

大 阪 大 学  
接 合 科 学 研 究 所  
年 次 報 告

2 0 2 1 年 度

**Joining and Welding Research Institute**  
**Osaka University**





# ご 挨拶

大阪大学接合科学研究所長 田中 学

2021 年度（令和 3 年度）の年次報告をお届けいたします。

新型コロナウイルス感染症の新たな変異株の出現により、2022 年に入ってもパンデミックによる影響が大きく、世界をあげて新型コロナウイルス感染症対策に取り組んでいます。本研究所の活動においても、コロナ禍の影響により 2021 年度はほとんどの会議やイベントがリモートになりました。とりわけ、国際交流に大きな支障を来しましたが、オンライン会議を活用するなど新しい生活様式に適した学術交流の方法を見出し、これからの大学教育研究の在り方を考えるよい機会になりました。本研究所としては、ウィズコロナ・ポストコロナ時代においても持続的に発展し、また、パンデミックの早期終息に向けて「接合科学」の視点から社会に貢献できるよう、しっかり努めて参りたいと思います。

さて、本研究所は、溶接・接合分野における我が国で唯一の総合研究所であるという特色を最大限に生かし、「接合プロセス」、「接合機構」、「接合評価」の 3 研究部門が「溶接・接合」の圧倒的な強みとなってその基盤研究を行い、また、「スマートプロセス研究センター」が接合科学の未来を探る役割を担うことにより、3 研究部門とセンターが個々の専門性を発揮しつつ相互が有機的に連携し、溶接・接合分野における世界の研究を先導しています。加えて、文部科学大臣認定の「接合科学共同利用・共同研究拠点」として、国内の国公立大学などから毎年 200 名以上の共同研究員を受け入れるとともに、国際共同研究員制度により多くの外国人研究者を受け入れ、活発な国際共同研究を推進しています。また、大阪大学憲章に掲げられている「実学の伝統」を実践した産学共創を展開し、革新的なものづくり技術の創出のためのオープンイノベーションを推進しています。

2021 年度の本研究所としての主な取り組みでは、「国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト-DEJI<sup>2</sup>MA プロジェクト-」事業がスタートしました。本事業は、多様な社会的要望や地球規模課題を「コア出島」で課題設計し、6 大学 6 研究所の専門性の垣根を越えた「マルチ出島」を通じて人と知の好循環により課題解決を図ることでイノベーション創出を加速し、社会実装を迅速化するものです。共同利用・共同研究拠点を含む全国的な拠点間のネットワーク連携による異分野横断的新学術分野の構築を目標にしています。

国際共同研究の観点では、広域アジア地域の 10 大学・研究機関（特に ASEAN 拠点としてハノイ工科大学、中国拠点として上海交通大学）に JWRI オフィスを設置し、強固で実践力を有する国際共同研究を推進しました。その結果、国際共著論文比率が 23%（2016 年度）から 47%（2021 年度）に増加し、着実に成果となって現れています。また、2018 年 11 月に「大阪大学接合科学研究所ベトナム溶接研究会」を発足させ、ハノイ工科大学、本研究所と民間企業による国際産学連携の基盤を整備しました。現在（2022 年 3 月）では、在ベトナム日系企業を中心に民間企業 40 社が当研究会に参画しています。この基盤を活用して 2021 年度に 1 件の国際産学共同研究の締結を実現し、合計 4 件になりました。

人材育成の観点では、広域アジアものづくり技術・人材高度化拠点形成事業で展開しているカップリング・インターンシップ（CIS）を推進しました。コロナ禍の影響を大きく受けつつも、タイ、ベトナム、インドネシア及び日本の 4 カ国の日系企業・海外連携大学学生とそれぞれオンラインで結び、創意工夫の下で全工程を無事に完遂し、グローバル人材育成を国内外で継続しました。他方、本学 21 世紀懐徳堂とのコラボ企画である「接合科学カフェ」を 2021 年度も継続し、4 回の市民向

け講座を大阪・中之島において開催しました。

本研究所は2022年に創立50周年を迎えます。本研究所にとりましては、2022年は第4期中期計画と次の50年に向けての新しいスタートの1年になります。未来に輝く社会を夢見ながら、溶接・接合分野のグローバル研究拠点として溶接・接合研究の絶え間ない追求を行い、人類の持続的な繁栄と発展に資するべく、所員一同努力していく所存です。この年次報告をご一読いただき、研究所の活動として不十分な点や改善すべき点など、お気づきの点がございましたら、ご遠慮なく、私田中（tanaka@jwri.osaka-u.ac.jp）までご連絡賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

# 目 次

I. 組 織	
1. 1 研究所職員	1
1. 2 人事	5
1. 3 運営委員会委員	8
1. 4 共同研究運営委員会委員	9
II. 予 算	
2. 予 算	11
III. 研究業績	
3. 研究業績 (研究業績件数表)	15
IV. 分野別活動成果と自己評価	
接合プロセス研究部門	
エネルギー制御学分野	17
エネルギー変換機構学分野	35
加工プロセス学分野	47
レーザープロセス学分野	59
接合機構研究部門	
溶接機構学分野	79
接合界面機構学分野	91
複合化機構学分野	115
接合評価研究部門	
接合構造化解析学分野	133
接合設計学分野	155
信頼性評価・予測システム学分野	173
スマートプロセス研究センター	
スマートコーティングプロセス学分野	185
ナノ・マイクロ構造制御プロセス学分野	199
スマートグリーンプロセス学分野	219
接合界面微細構造解析室	225
JFE ウエルディング協働研究所	227
ダイヘン溶接・接合協働研究所	231
日本製鉄ものづくり未来協働研究所	237
日立造船先進溶接技術共同研究部門	239
大阪富士工業「先進機能性加工」共同研究部門	243
高度ジョイント生産システム構築共同研究部門	249
国際・産学連携インヴァーソリューション材料創出プロジェクト - DEJI <sup>2</sup> MA プロジェクト -	251
広域アジアものづくり技術・人材高度化研究センター / 国際協働研究部門・国際人材育成部門	255
国際連携溶接計算科学研究拠点 (CCWS)	271
溶接構造の疲労性能設計手法国際研究拠点 (FDWS)	275
接合技術拠点	277
青色半導体レーザー接合加工研究会	279

V. 研究集会等	
5. 1 特別講演会	281
5. 2 共同研究員・共同研究成果発表会	282
VI. 国際交流	
6. 1 国際交流協定締結大学等	283
6. 2 海外出張・研修	286
6. 3 来訪者	286
VII. ニュース	
7. 1 接合科学研究所 第 18 回 産学連携シンポジウム	287
7. 2 6 大学連携・出島プロジェクト「キックオフシンポジウム」	288
7. 3 第 1 回 技術職員のためのグローバルセミナー	289
7. 4 シンポジウム「グローバル人材に求められる能力の普遍性と多様性」	290
7. 5 第 23 回大阪大学と上海交通大学共催学術交流セミナー	291
7. 6 東京セミナー「溶融加工プロセスでの凝固割れ発生現象とその防止」	292
7. 7 国際協働研究セミナー	293
7. 8 JST さくらサイエンスプランの支援による海外学生とのオンライン交流プログラム	294
7. 9 国際連携 溶接計算科学研究拠点主催 第 14 回講演会	295
7. 10 接合科学カフェ 第 13 回「せつごう剣 - 切先鋭く破壊の謎を斬る -」	296
7. 11 接合科学カフェ 第 14 回「せつごう剣 - 切先鋭く金属の謎を斬る -」	297
7. 12 接合科学カフェ 第 15 回「せつごう剣 - 切先鋭く腐食の謎を斬る -」	298
7. 13 JWRI 道場プログラム	299
7. 14 外国人研究員紹介	305

I. 組

織





## 1. 1 研究所職員

(R4. 3. 1 現在)

所長 (兼) 教 授	田 中 学	招へい教授	板 倉 啓二郎
		招へい教授	CHAN YAN CHEONG
特任事務職員 (所長秘書)	吉 村 淳 子	招へい教員	ZHANG NING
		招へい研究員	小日向 茂
副所長 (兼)		招へい研究員	P U J U A N
教 授	節 原 裕 一	事務補佐員	坂 田 祐 子
教 授	藤 井 英 俊	事務補佐員	島 林 有紀子

### 接合プロセス研究部門

#### [エネルギー制御学分野]

教 授	田 中 学
講 師	古 免 久 弥
助 教	田 代 真 一
特任准教授 (常勤)	L I F A N G
招へい教授	中 田 一 博
招へい教授	三 田 常 夫
招へい教授	西 山 秀 哉
招へい教授	細 井 宏 一
招へい教員	X U B I N
招へい研究員	藤 山 将 士
事務補佐員	増 田 万 里

#### [エネルギー変換機構学分野]

教 授	節 原 裕 一
准教授	竹 中 弘 祐
助 教	都 甲 将
招へい教授	内 田 儀一郎
招へい教授	斧 高 一

#### [加工プロセス学分野]

教 授	西 川 宏
講 師	巽 裕 章
招へい教授	高 橋 康 夫
特任研究員	佐々木 喜 七
特任研究員	金 智
特任研究員 (常勤)	直 永 卓 也
特任研究員 (常勤)	村 松 正 康
招へい教授	内 田 成 明

#### [レーザプロセス学分野]

教 授	塚 本 雅 裕
准教授	佐 藤 雄 二
特任研究員	東 野 律 子
特任研究員	吉 田 徳 雄
招へい教授	菊 地 靖 志
招へい研究員	DEWI HANDIKA SANDRA
技術補佐員	堀 英 治
技術補佐員	井 藤 里 香
特任研究員 S	竹 中 啓 輔
事務補佐員	池 内 嘉
事務補佐員	乾 純 子
事務補佐員	宮ノ前 直 子

#### [先端基礎科学分野]

招へい教授	高 田 和 典
-------	---------

### 接合機構研究部門

#### [溶接機構学分野]

教 授	伊 藤 和 博
教 授 (兼)	三 上 欣 希
講 師 (兼)	高 橋 誠
助 教	山 本 啓
特任講師 (常勤)	ZHAO BINGBING
招へい教授	小 川 和 博

#### [接合界面機構学分野]

教 授	藤 井 英 俊
助 教	山 下 享 介
特任教授	潮 田 浩 作

特任准教授 森 貞 好 昭  
 特任准教授（常勤） CHEN JUAN  
 特任講師 青 木 祥 宏  
 特任講師 三 浦 拓 也  
 特任研究員 釜 井 正 善  
 特任研究員 SHARMA ABHISHEK  
 特任研究員 S 川久保 拓 海  
 特任研究員 S 相 原 巧  
 招へい教授 柳 楽 知 也  
 招へい教員 鍵 谷 圭  
 事務補佐員 越 野 恵 子  
 事務補佐員 近 藤 亜 弥 子

[複合化機構学分野]

教 授 近 藤 勝 義  
 准教授 梅 田 純 子  
 助 教 設 楽 一 希  
 特任助教（常勤） ISSARIYAPAT AMMARUEDA  
 特任助教（常勤） 刈 屋 翔 太  
 招へい教授 MA QIAN  
 招へい教授 三 浦 秀 士  
 特任研究員 堀 江 光 雄  
 特任研究員 藤 井 寛 子  
 特任研究員 南 谷 良 二  
 技術補佐員 村 木 義 徳  
 特任研究員 S PETERSON JACK EDWARD  
 事務補佐員 武 田 寛 子

接合評価研究部門

[接合構造化解析学分野]

教 授 麻 寧 緒  
 准教授 芹 澤 久  
 助 教 GENG PEIHAO  
 特任助教 WANG QIAN  
 特任研究員 樋 崎 邦 男  
 招へい研究員 呉 東 昇  
 事務補佐員 赤 路 三 紀  
 事務補佐員 菊 地 路 子

[接合構造化評価学分野]

教 授（兼） 井 上 裕 滋

[接合設計学分野]

教 授 三 上 欣 希  
 准教授 堤 成 一 郎  
 特任講師 FINCATO RICCARDO  
 特任研究員 LUO PENGJUN

[信頼性評価・予測システム学分野]

教 授 井 上 裕 滋  
 准教授 門 井 浩 太  
 助 教 HOU YUYANG  
 招へい研究員 SINGH HANDA SUKHDEEP  
 事務補佐員 森 垣 章 子  
 事務補佐員 榎 本 純 子

スマートプロセス研究センター

センター長（教授（兼）） 藤 井 英 俊

[スマートコーティングプロセス学分野]

教 授 内 藤 牧 男  
 助 教 小 澤 隆 弘  
 招へい准教授 神 谷 昌 岳  
 事務補佐員 伊 藤 夕 佳  
 派遣職員 福 山 香 代

[ナノ・マイクロ構造制御プロセス学分野]

教 授 桐 原 聡 秀  
 助 教 SPIRRETT FIONA

[スマートグリーンプロセス学分野]

教 授（兼） 西 川 宏  
 准教授 阿 部 浩 也  
 特任研究員 L I F E I  
 派遣職員 吉 田 加 菜 子

接合界面微細構造解析室

講 師 高 橋 誠

協働研究所

[JFE ウエルディング協働研究所]  
 教授(兼) 田 中 学  
 招へい教授 大 井 健 次  
 招へい教授 田 川 哲 哉

[ダイヘン溶接・接合協働研究所]  
 教授(兼) 井 上 裕 滋  
 教授(兼) 田 中 学  
 招へい教授 恵 良 哲 生  
 特任教授 浅 井 知  
 招へい准教授 門 田 圭 二  
 特任助教(常勤) 松 田 夏 芽

[日本製鉄ものづくり未来協働研究所]  
 教授(兼) 藤 井 英 俊  
 招へい教授 平 田 弘 征  
 招へい准教授 富士本 博 紀  
 招へい研究員 松 井 翔  
 招へい研究員 浄 徳 佳 奈  
 招へい研究員 渡 邊 耕 太 郎  
 招へい研究員 野 元 将 志

共同研究部門

[日立造船先進溶接技術共同研究部門]  
 招へい教授 中 谷 光 良  
 招へい教授 片 山 聖 二  
 招へい教授 南 二 三 吉  
 特任准教授(常勤) 上 川 健 司  
 特任助教(常勤) 阿 部 洋 平  
 特任助教(常勤) 藤 本 貴 大  
 招へい研究員 谷 川 大 地

[大阪富士工業先進機能性加工共同研究部門]  
 特任教授 阿 部 信 行  
 特任助教(常勤) 林 良 彦  
 特任助教(常勤) 水 谷 正 海  
 特任研究員(常勤) 池 田 圭 一 郎  
 招へい研究員 安 積 一 幸

招へい研究員 辰 巳 佳 宏

[[高度ジョイント生産システム構築]共同研究部門]  
 特任助教(常勤) 椋 田 宗 明  
 招へい研究員 甘 崎 哲 也  
 招へい研究員 村 瀬 圭 典  
 招へい研究員 原 田 尚 彦

[国際・産学連携インヴァースイノベーション  
 材料創出プロジェクト-DEJ<sup>2</sup>MAプロジェクト-]  
 拠点リーダー(教授(兼)) 節 原 裕 一  
 特任教授 招へい教授 大 原 智  
 事務補佐員 喜 多 由 紀 子

文科省特別経費プロジェクト

[広域アジアものづくり技術・人材高度化研究センター  
 国際協働研究部門・国際人材育成部門]  
 センター長(教授(兼)) 田 中 学  
 国際協働研究部門長  
 (教授(兼)) 近 藤 勝 義  
 国際人材育成部門長  
 (教授(兼)) 西 川 宏  
 特任助教(常勤) 寺 西 未 沙  
 特任助教(常勤) BAHADOR ABDOLLAH  
 特任助教(常勤) MA YUNWU  
 事務補佐員 金 香 梅

国際共同研究拠点

[国際連携溶接計算科学研究拠点]  
 拠点リーダー(教授(兼)) 麻 寧 緒  
 招へい教授 村 川 英 一  
 招へい教授 平 岡 和 雄  
 招へい教授 松 山 欽 一  
 招へい教授 李 長 久  
 招へい教授 安 木 剛  
 招へい准教授 柴 原 正 和  
 准教授(兼) 芹 澤 久

[溶接構造の疲労性能設計手法国際研究拠点]  
 拠点リーダー（教授（兼）） 藤 井 英 俊  
 招へい教授 寺 田 賢二郎  
 准教授（兼） 堤 成 一郎  
 特任講師（兼） FINCATO RICCARDO

研究所特命

招へい教授 安 田 功 一  
 招へい教授 中 西 保 正  
 招へい教授 小 溝 裕 一  
 招へい教授 大 原 智

技術部

技術部長（教授（兼）） 藤 井 英 俊  
 技術副部長（兼）技術職員 植 原 邦 佳  
 技術補佐員 塔 本 健 次  
 技術補佐員 中 辻 義 弘  
 技術補佐員 村 上 猛  
 技術補佐員 伊 東 万寿雄  
 技術補佐員 篠 原 睦 夫  
 技術補佐員 安 部 由 朗  
 技術補佐員 花 見 眞 司  
 技術補佐員 遠 藤 豪 美  
 技術補佐員 水 田 豊  
 事務補佐員 山 口 純 子  
 事務補佐員 神 長 奈 々

図書室

事務補佐員 谷 村 宏 美

産学連携室

特任教授 菅 哲 男

広報・データ管理室

技術補佐員 田 中 喜 隆  
 技術補佐員 毛 野 克 彦

事務部

事務長 中 原 栄 作

庶務係

係 長 中 澤 綾 子  
 事務職員 岩 渕 実 季  
 特任事務職員 時 水 清 美  
 事務補佐員 中 村 久美子  
 派遣職員 伊 藤 美 紀

会計係

係 長 藺 部 孝 夫  
 主 任 北 島 美 絵  
 事務職員 江 成 愛 美  
 特任事務職員 松 本 守美恵  
 派遣職員 杉 村 有 里

研究推進係

係 長（兼） 藺 部 孝 夫  
 主 任 尾 崎 みち子  
 特任事務職員 清 水 秀 世

国際チーム

事務補佐員 初 田 裕 貴

## 1. 2 人事

[職 名]	[氏 名]	[異動内容]	[年月日]
特任教授 (常勤)	椋 田 宗 明	「高度ジョイント生産システム構築」共同研究部門 採用	R3. 4. 1
特任准教授 (常勤)	上 川 健 司	日立造船先進溶接技術共同研究部門 採用	R3. 4. 1
特任助教 (常勤)	松 田 夏 芽	ダイヘン溶接・接合協働研究所 採用	R3. 4. 1
特任助教 (常勤)	ISSARIYAPAT AMMARUEDA	複合化機構学 採用	R3. 4. 1
特任助教 (常勤)	藤 本 貴 大	日立造船先進溶接技術共同研究部門 採用	R3. 4. 1
特任助教 (常勤)	水 谷 正 海	大阪富士工業先進機能性加工共同研究部門 採用	R3. 4. 1
特任研究員 (常勤)	直 永 卓 也	加工プロセス学 採用	R3. 4. 1
特任研究員 (常勤)	池 田 圭一郎	大阪富士工業先進機能性加工共同研究部門 採用	R3. 4. 1
特任教授	菅 哲 男	産学連携室 採用	R3. 4. 1
特任講師	三 浦 拓 也	接合界面機構学 採用	R3. 4. 1
特任研究員 S	相 原 巧	接合界面機構学 採用	R3. 4. 1
招へい教授	高 橋 康 夫	加工プロセス学 受入れ	R3. 4. 1
招へい教授	李 長 久	国際連携溶接計算科学研究拠点 受入れ	R3. 4. 1
招へい教授	細 井 宏 一	エネルギー制御学 受入れ	R3. 4. 1
招へい教授	C H A N Y A N C H E O N G	加工プロセス学 受入れ	R3. 4. 1
招へい教授	高 田 和 典	先端基礎科学 受入れ	R3. 4. 1
招へい教授	平 田 弘 征	日本製鉄ものづくり未来協働研究所 受入れ	R3. 4. 1
招へい准教授	門 田 圭 二	ダイヘン溶接・接合協働研究所 受入れ	R3. 4. 1

招へい准教授	富士本 博 紀	日本製鉄ものづくり未来協働研究所 受入れ	R3. 4. 1
招へい研究員	呉 東 昇	接合構造化解析学 受入れ	R3. 4. 1
招へい研究員	松 井 翔	日本製鉄ものづくり未来協働研究所 受入れ	R3. 4. 1
招へい研究員	浄 徳 佳 奈	日本製鉄ものづくり未来協働研究所 受入れ	R3. 4. 1
招へい研究員	渡 邊 耕太郎	日本製鉄ものづくり未来協働研究所 受入れ	R3. 4. 1
招へい研究員	野 元 将 志	日本製鉄ものづくり未来協働研究所 受入れ	R3. 4. 1
招へい研究員	安 積 一 幸	大阪富士工業先進機能性加工共同研究部門 受入れ	R3. 4. 1
招へい研究員	甘 崎 哲 也	「高度ジョイント生産システム構築」共同研究部門 受入れ	R3. 4. 1
招へい研究員	村 瀬 圭 典	「高度ジョイント生産システム構築」共同研究部門 受入れ	R3. 4. 1
招へい研究員	原 田 尚 彦	「高度ジョイント生産システム構築」共同研究部門 受入れ	R3. 4. 1
特任助教（常勤）	刈 屋 翔 太	複合化機構学 採用	R3. 4. 16
特任准教授（常勤）	CHEN JUAN	接合界面機構学 採用	R3. 5. 1
特任講師（常勤）	ZHAO BINGBING	溶接機構学 採用	R3. 5. 1
特任研究員 S	清 水 那 弥	ナノ・マイクロ構造制御プロセス学 採用	R3. 5. 1
招へい教員	鍵 谷 圭	接合界面機構学 受入れ	R3. 5. 1
招へい研究員	SINGH HANDA Sukhdeep	信頼性評価・予測システム学 受入れ	R3. 6. 1
招へい研究員	DEWI HANDIKA SANDRA	レーザプロセス学 受入れ	R3. 6. 16
講師	古 免 久 弥	エネルギー制御学 採用	R3. 7. 16
招へい研究員	藤 山 将 士	エネルギー制御学 受入れ	R3. 8. 1
助教	SPIRRETT FIONA	ナノ・マイクロ構造制御プロセス学 採用	R3. 9. 1

招へい研究員	P U J U A N	加工プロセス学 受入れ	R3. 9. 1
招へい研究員	DEWI HANDIKA SANDRA	レーザープロセス学 受入れ	R3. 9. 16
教授	三 上 欣 希	接合設計学 昇任	R3. 10. 1
特任助教	WANG QIAN	接合構造化解析学 採用	R3. 10. 1
特任研究員 S	竹 中 啓 輔	レーザープロセス学 採用	R3. 10. 1
招へい教授	菊 地 靖 志	レーザープロセス学 受入れ	R3. 10. 1
講師	巽 裕 章	加工プロセス学 採用	R3. 11. 1
特任研究員	金 智	加工プロセス学 採用	R4. 1. 16

### 1. 3 運営委員会委員

[氏 名]	[所 属]	[職 名]	[任 期]
学外委員			
粟飯原周二	一般社団法人 日本溶接協会 東京大学	会長 名誉教授	R2. 4. 1 ~ R4. 3.31
石出 孝	三菱重工業株式会社 総合研究所	フェロー アドバイザー	R2. 4. 1 ~ R4. 3.31
岡本 創	九州大学 応用力学研究所	所長	R2. 4. 1 ~ R4. 3.31
原 亨和	東京工業大学 科学技術創成研究院 フロンティア材料研究所	所長	R3. 4. 1 ~ R5. 3.31
廣瀬 明夫	一般社団法人 溶接学会 大阪大学 大学院工学研究科	会長 教授	R2. 5.26 ~ R4. 3.31
藤本 光生	川崎重工業株式会社 技術開発本部ものづくり推進センター	理事 副センター長	R2. 4. 1 ~ R4. 3.31
古原 忠	東北大学 金属材料研究所	所長	R2. 4. 1 ~ R4. 3.31
安田 秀幸	京都大学 大学院工学研究科	教授	R3. 4. 1 ~ R5. 3.31
学内委員			
馬場口 登	大学院工学研究科	研究科長	R3. 4. 1 ~ R4. 3.31
関野 徹	産業科学研究所	所長	R2. 4. 1 ~ R4. 3.31
所内委員			
田中 学	接合科学研究所	所長	R3. 4. 1 ~ R5. 3.31
節原 裕一	接合科学研究所	副所長	R3. 4. 1 ~ R5. 3.31
藤井 英俊	接合科学研究所 附属スマートプロセス研究センター	副所長 センター長	R3. 4. 1 ~ R5. 3.31



#### 1. 4 共同研究運営委員会委員

[氏 名]	[所 属]	[職 名]	[任 期]
学外委員			
川原田 洋	早稲田大学 理工学術院	教授	R3.4.1 ~ R5.3.31
久保 雅男	パナソニック株式会社 ライフソリューションズ社	常勤監査役員	R3.4.1 ~ R5.3.31
塩野谷 哲	トヨタ自動車株式会社 モノづくり開発センター 開発試作部モビリティ製造技術室	主査	R3.4.1 ~ R5.3.31
清水 弘之	株式会社神戸製鋼所 溶接事業部門 技術センター	技術センター長	R3.4.1 ~ R5.3.31
大丸 成一	日本製鉄株式会社 技術開発本部 鉄鋼研究所	接合研究部長	R3.4.1 ~ R5.3.31
柳楽 知也	国立研究開発法人 物質・材料研究機構 構造材料研究拠点	主幹研究員	R3.4.1 ~ R5.3.31
成瀬 一郎	名古屋大学 未来材料・システム研究所	所長	R3.4.1 ~ R5.3.31
森井 孝	京都大学 エネルギー理工学研究所	所長	R3.4.1 ~ R5.3.31
山岡 弘人	株式会社 IHI 技術開発本部 技術基盤センター	副本部長 所長	R3.4.1 ~ R5.3.31
学内委員			
大畑 充	大学院工学研究科	教授 (生産科学コース長)	R3.4.1 ~ R5.3.31
吉矢 真人	大学院工学研究科	教授 (マテリアル科学コース長)	R3.4.1 ~ R4.3.31
所内委員			
田中 学	接合科学研究所	所長	R3.4.1 ~ R5.3.31
節原 裕一	接合科学研究所	副所長	R3.4.1 ~ R5.3.31
藤井 英俊	接合科学研究所 附属スマートプロセス研究センター	副所長 センター長	R3.4.1 ~ R5.3.31
西川 宏	接合科学研究所	教授	R3.4.1 ~ R5.3.31

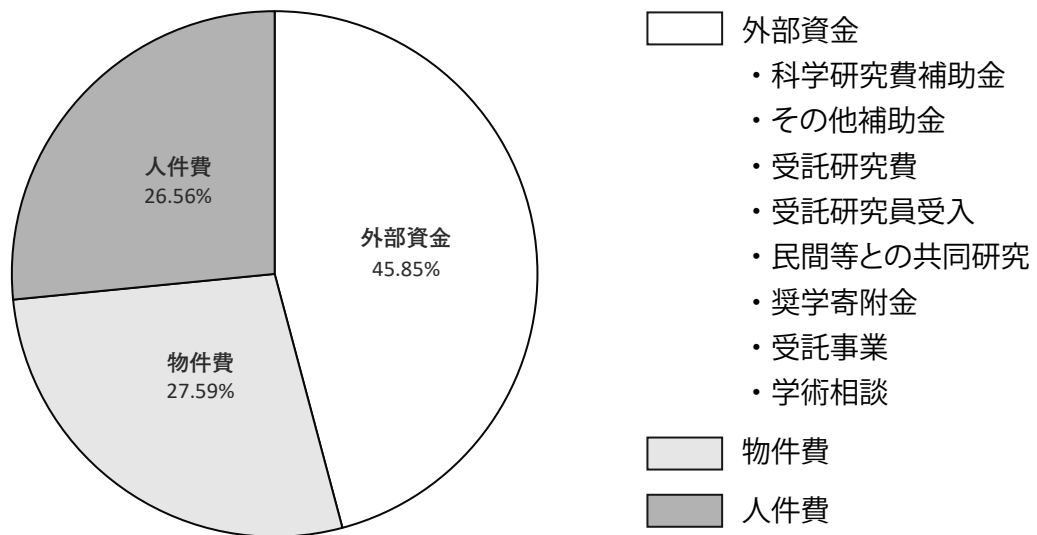
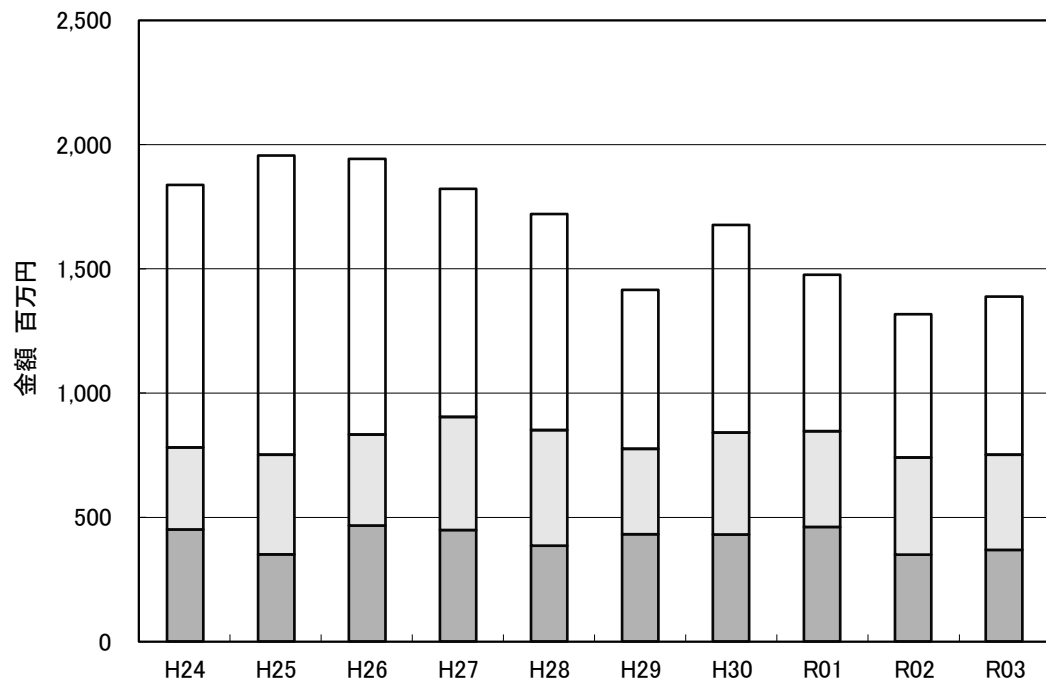


## II. 予 算

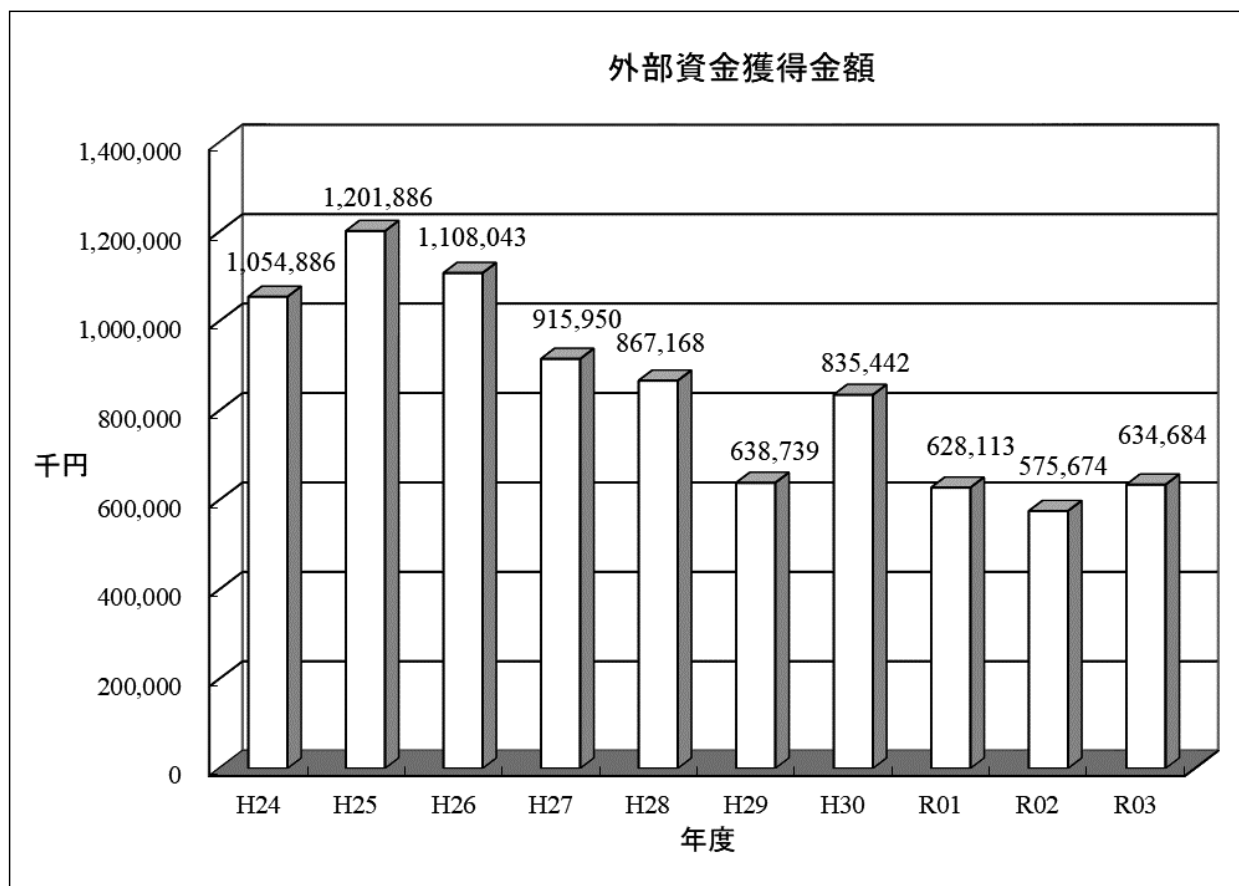


## 2. 予 算

### ① 総予算

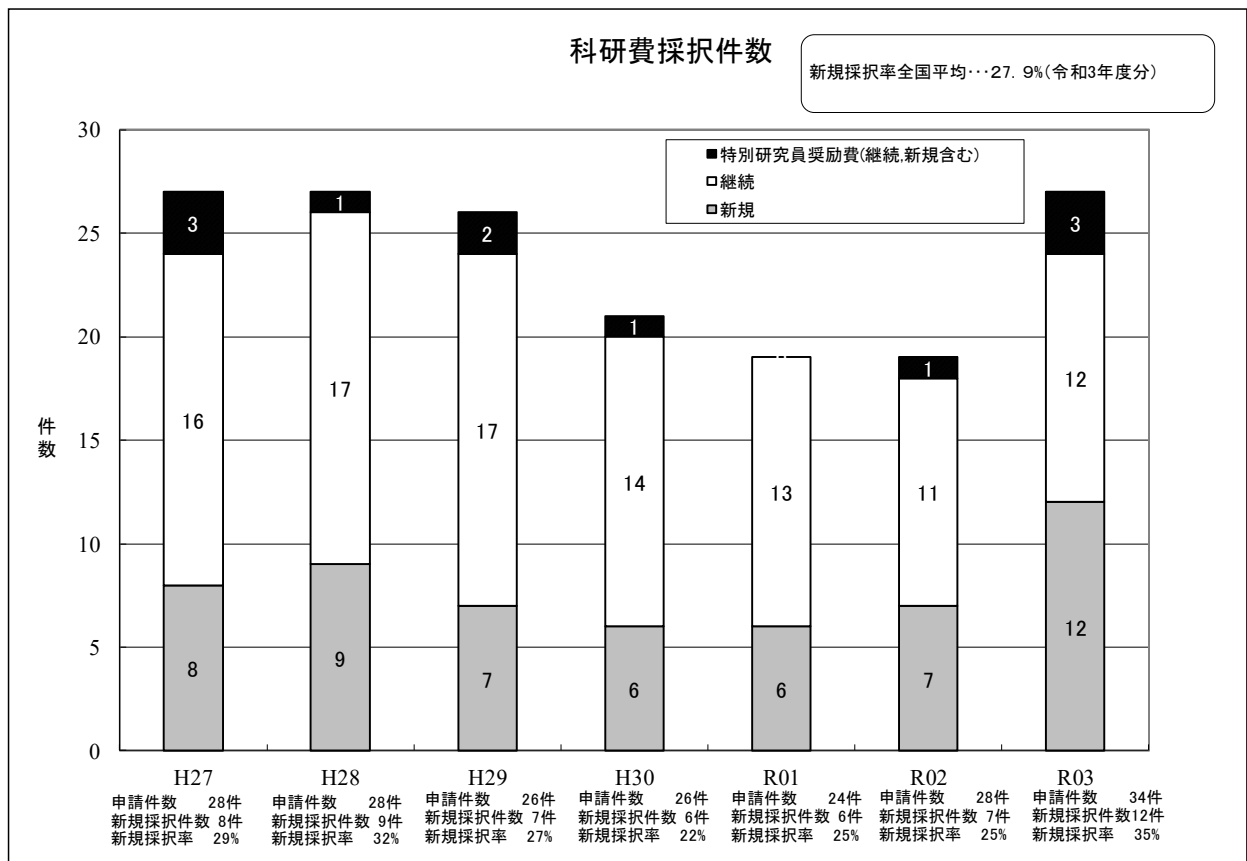
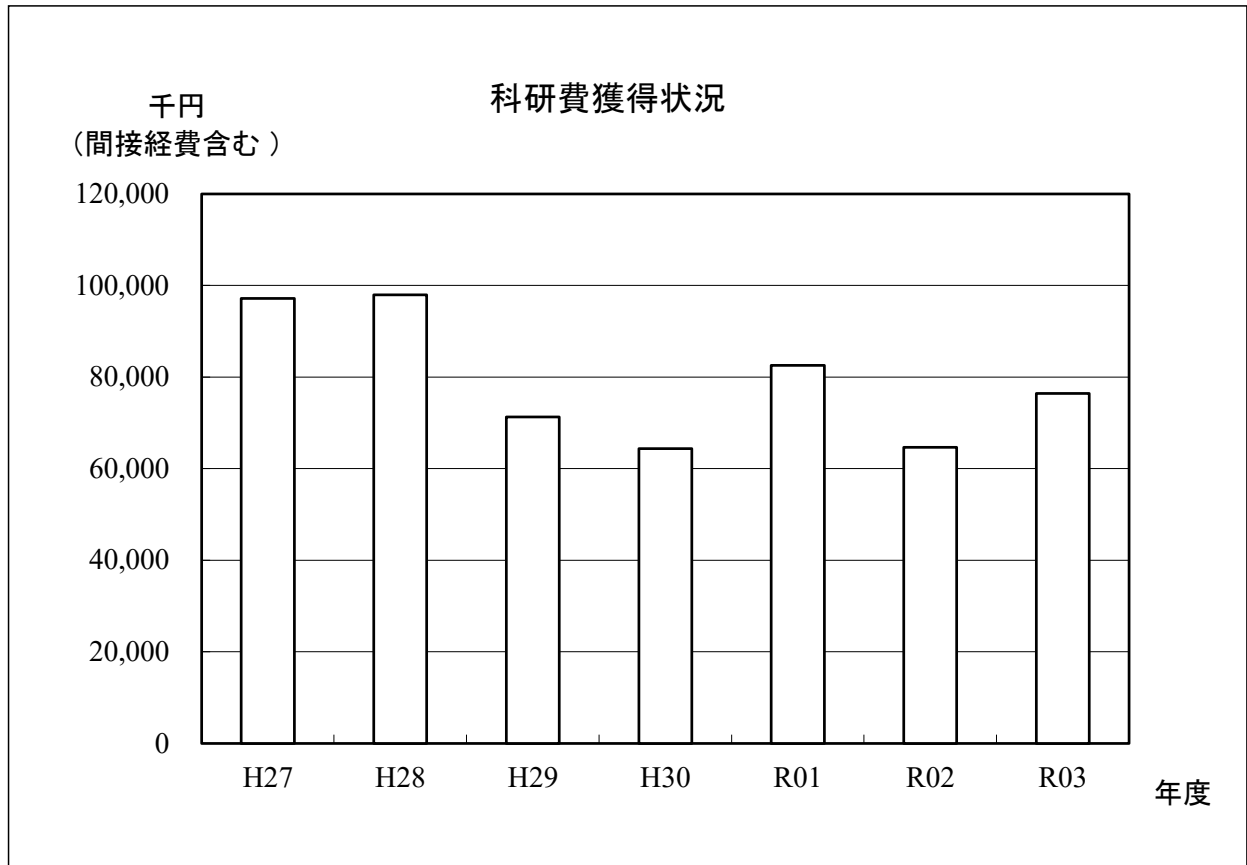


② 外部資金



区 分	R03 年度 獲得金額 (千円)
科学研究費補助金	76,410
その他補助金	23,784
受託研究費	156,564
受託研究員受入	0
民間等との共同研究	322,643
奨学寄附金	37,146
受託事業	275
学術相談	17,862
合 計	634,684

③ 科研費







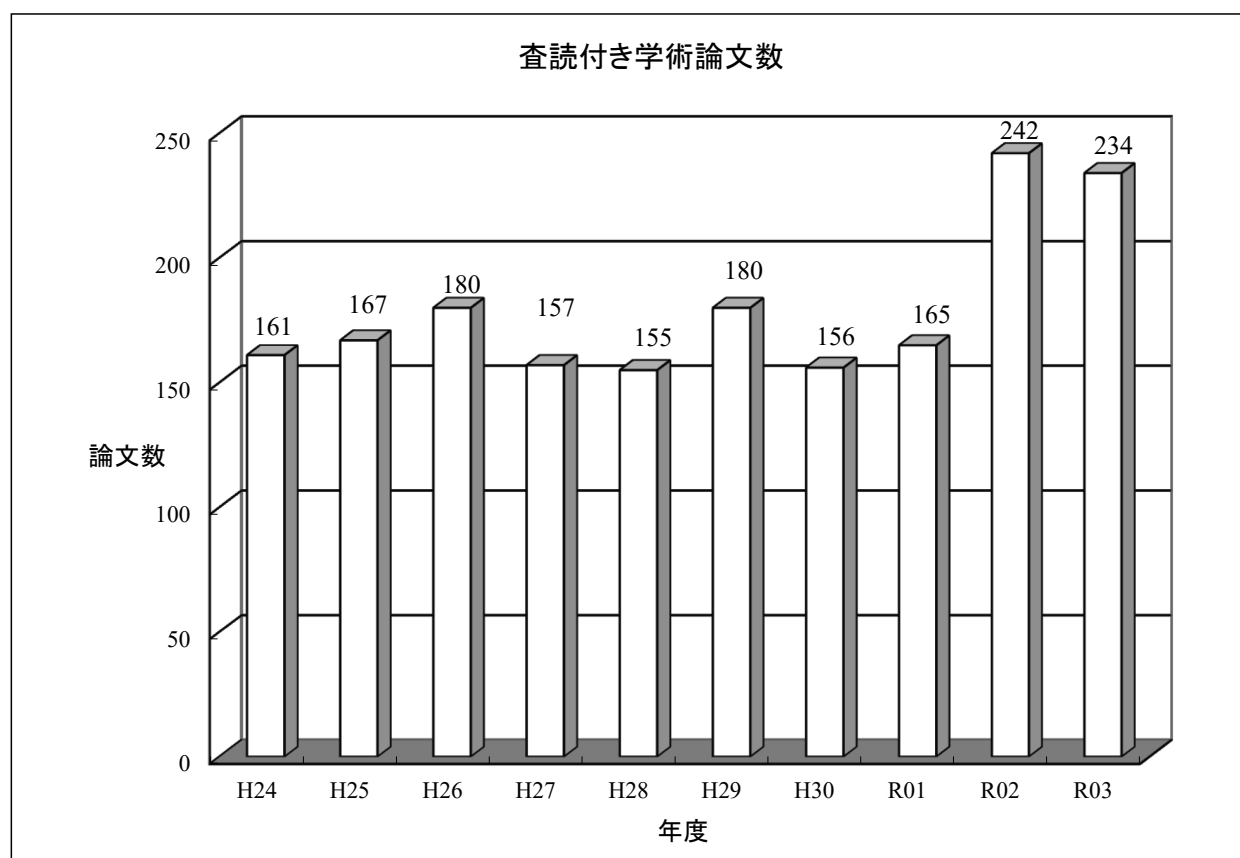
### Ⅲ. 研 究 業 績



### 3. 研究業績

研究業績件数

区 分	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R01	R02	R03
査読付き学術論文	161	167	180	157	155	180	156	165	242	234
国際会議発表論文	41	89	52	60	82	62	64	41	17	26
国内会議発表論文	13	8	35	24	13	32	13	36	6	22
国際会議発表	208	183	162	124	172	107	118	159	34	64
国内学会発表	214	243	243	250	241	234	231	202	154	190
講 演	132	139	150	182	166	151	152	153	110	149
解説・総説	58	58	43	39	28	43	47	42	48	53
著 書	14	30	15	11	8	7	9	15	5	5
国内特許	34	25	18	20	19	19	32	26	29	24
海外特許	22	5	17	5	15	10	18	24	27	21
受 賞	22	27	29	30	29	32	23	24	12	26





## IV. 分野別活動成果 と自己評価



## 分野別活動成果と自己評価の内容(各分野共通)

4. 1 研究概要
4. 2 研究課題
4. 3 研究成果と研究に対する自己評価
  - (1)研究成果
  - (2)研究に対する自己評価
4. 4 教育に対する自己評価
4. 5 社会貢献に対する自己評価
4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価
4. 7 研究業績
  - (1)査読付き学術論文
  - (2)国際会議発表論文(査読あり)
  - (3)国際会議発表論文(査読なし)
  - (4)国内会議発表論文(査読あり)
  - (5)国内会議発表論文(査読なし)
  - (7)国際会議発表
  - (8)国内学会発表
  - (9)国際会議講演
  - (10)国内会議講演
  - (11)解説・総説
  - (12)著書
  - (13)特許出願・登録
  - (14)その他資料
  - (15)受賞
  - (16)規準・規格等の作成
  - (17)外部資金
4. 8 教育
  - (1)大学院等講義科目
  - (2)博士論文(主査)
  - (3)博士論文(副査)
  - (4)修士論文
  - (5)卒業論文
4. 9 社会貢献
  - (1)学会役員
  - (2)国際会議委員
  - (3)他大学での非常勤講師
  - (4)企業等への貢献
  - (5)国・自治体・公益法人等への貢献
  - (6)外国人招へい研究員・研究留学生
  - (7)社会への情報発信
4. 10 全国共同利用に関する研究
  - (1)共同研究員と研究テーマ
  - (2)共同研究員との共著論文件数





接合プロセス研究部門  
エネルギー制御学分野



## 接合プロセス研究部門 エネルギー制御学分野

### 4. 1 研究概要

本研究分野では、集中性および分散性のエネルギー源の特性とその高度制御、すなわちエネルギー輸送の最適化、さらにはそれらのエネルギー源と材料との相互作用について基礎的研究を行うことにより、高精度・高機能材料加工のための新しいエネルギー制御の手法を探求している。特に、溶接、切断、加熱、高温反応、表面被覆、表面改質、物質合成などにおいて代表的エネルギー源として幅広く応用され、新しく熱プラズマによる材料プロセスという概念を生み出しつつあるアークプラズマの発生、制御および熱輸送現象に関して基礎的検討を加えている。

### 4. 2 研究課題

1. アーク溶接における電極現象の実験的・理論的解析
2. 溶融金属の熱流動解析のための新型シミュレータ開発
3. 熱プラズマ中の物質輸送過程の解明とその熱源特性の実験的調査
4. 熱プラズマの発生と制御、および新しい溶接プロセスの開発
5. アーク溶接における溶滴移行制御技術の開発

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. アーク溶接における電極現象の実験的・理論的解析

ティグ溶接中の陰極内添加物の拡散・蒸発プロセスの物理的メカニズムを明らかにすることを目的とし、電極-アークプラズマ間の相互作用を考慮した2次元軸対称円筒座標系モデルで数値解析を行い、陰極内添加物の空間的、時間的挙動を可視化した。またアーク点弧中のタングステン電極の表面観察を行い、実際の電極消耗現象の様子を調査した。

2 wt.% トリア入りタングステン電極を対象とした数値解析の結果、電極の上部から先端に向けたトリウムの拡散と、電極内部の温度勾配に依存した添加物粒子の移動の2つの要因によって電極先端部にトリウムが供給される一連の過程の可視化に成功した。また電極先端では時間経過に伴い電極先端部のトリウム濃度が低下し、0.1 wt.% を下回ると電極表面へのトリウムの供給が追いつかずタングステンが露出、これにより電極先端の実効仕事関数が上昇して電極温度が急激に高くなり、電極が寿命に達していることが明らかとなった。

タングステン電極の表面観察では、30分間アークを点弧した後の電極は面取りした形状を維持していたものの、電極表面にトリウムの濃化部が縞模様状に出現していた。他方、数値解析でも電極先端から1.3 mm 上方の電極表面近傍においてトリウムの濃化部が確認された。この数値解析結果を分析したところ、電極温度の低下により電極表面からのトリウムの蒸発量が減少する一方、電極内部の温度勾配に依存する添加物粒子の移動速度は上昇するため、電極内部から供給されるトリウム量が電極表面から蒸発するトリウム量を上回り、局所的にトリウムが濃化していることが明らかとなった。

2. 溶融金属の熱流動解析のための新型シミュレータ開発

軟鋼とアルミニウムの異材抵抗スポット溶接中の溶融金属流動による熱輸送が金属間化合物層の形成に及ぼす影響を明らかにするため、粒子法的一种である非圧縮性 SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) 法を用いた数値モデルを構築し、数値解析を行った。その結果、溶融金属は主に電磁気力によって流動し、特にアルミニウム合金の溶融域においては溶融域下部では周囲から中央

に向かって溶融金属が流れた。そして中央部では溶融域下部から上部に流動した後、接合界面付近では中央部から周囲に向かって流動するような速度分布となり、この対流によって溶融域内部の温度場に影響を及ぼすことが示唆された。また接合界面において温度履歴を取得し、金属間化合物の厚さを推定する計算を行ったところ、実際の金属間化合物と同様に金属間化合物層は接合界面中央部で厚く、端部で薄くなる傾向が得られた。その厚さについても実験から得られている  $1\ \mu\text{m}$  程度であり、妥当な値を得ることに成功した。今後は、本年度は簡単のため省略した被溶接材料の変形を考慮した数値解析を実施し、さらに実現象に近いシミュレータの開発を目指す。

### 3. 熱プラズマ中の物質輸送過程の解明とその熱源特性の実験的調査

二重構造のガスノズルによって内側のインナーガスと外側のアウターガスで異なるガスを流すことを可能とした二重シールドトーチを用いた際のガスタングステンアーク現象を対象とし、アウターガスに含まれる二酸化炭素がアークプラズマ現象および溶接部に与える影響を調査した。シュリーレン法によるガス流の可視化の結果、アウターガスとして二酸化炭素を含むガスを用いた場合に、タングステン電極近傍に発生する渦によって二酸化炭素がアーク中心部に輸送されることが示唆された。またインナーガスに不活性ガスであるアルゴンガスを流しているにもかかわらず、電極中心軸上では酸素が検出された。この結果から、アーク中に輸送された二酸化炭素が解離しながら母材表面へと輸送される過程で生じた酸素原子が、溶融池に吸収されていることが推察された。

### 4. 熱プラズマの発生と制御、および新しい溶接プロセスの開発

狭窄ノズルと呼ばれる小型のガスノズルを取り付けたアークスポット溶接を対象とした数値解析モデルを構築し、その熱源特性について調査した。その結果、同溶接条件下の従来ティグ溶接に比べ、タングステン電極先端の電流密度が低下し、母材へと流れる電流や母材への入熱が減少していた。そして母材へと流れる電流の不足分は、冷却ノズルと呼ばれる母材に接触している銅製のノズルの上部からアークプラズマを通過して、直接タングステン電極側面へと流れていることが明らかとなった。また電極先端における高温領域は従来のティグ溶接に比べて狭かった。これは狭窄ノズルを取り付けたアークスポット溶接では電極先端に流れる電流が溶接電流よりも小さいことによって、電極内部のジュール発熱の減少を引き起こすためであることが示唆された。このように電流経路が分かれることで、冷却ノズルは母材への入熱や電極の温度上昇を抑える役割を果たしていることが明らかとなった。これらの知見は、今後この溶接プロセスの制御指針確立に大きく寄与するものと考えられる。

### 5. アーク溶接における溶滴移行制御技術の開発

メタルコアードワイヤを用いたガスメタルアーク溶接において、メタルフラックスへの微量のアルカリ元素の添加が溶滴移行プロセスに及ぼす影響について、プラズマ分光計測を実施することで詳細に検討した。ここでは、アルカリ元素としてナトリウムを用いた。検討の結果、ナトリウム添加量が増加するにつれて、溶滴移行周波数が増加することがわかった。これは、揮発性が高くイオン化エネルギーが低いナトリウムが溶滴上部のワイヤ液柱ネック部から多く蒸発することでネック部から溶融池への直接的な電流経路が形成され、その分溶滴下部から溶融池へと流れる電流が減少し、溶滴の離脱を妨げるアーク圧が低下したことが原因と推測された。本成果はイオン化エネルギーが低い揮発性元素をメタルフラックスに添加することで溶滴移行プロセスを制御できることを示唆している。これによりアークを安定化させるとともにスパッタ等も低減でき、溶接品質を大きく向上させることが可能になるものと期待される。

## (2) 研究に対する自己評価

本研究分野は、溶接・接合を中心とした材料加工プロセスのためのエネルギー制御に焦点を合わせ、特にエネルギー源として世界に普及しているアーク放電を取り上げ、高精度制御を目指してアークプラズマと材料との相互作用の解明に注力してきた。大気圧アークプラズマと材料との相互作用の解明を実験観察と数値シミュレーションの両面からアプローチする本研究分野の取り組みは、世界的に見てもユニークである。研究成果は国内外の査読付き学术论文に掲載し、社会に広く発信している。その一例として、田中教授が中心に取り組んだ国際産学共創による研究成果や、田中教授と田代助教による成果が *Journal of Manufacturing Processes* (IF: 5.010) に掲載された。一方、田中教授および古免講師は、(一社)溶接学会の溶接学会論文賞1件を受賞し、田中教授は加えて令和3年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞(開発部門)、(一社)日本溶接協会の技術賞本賞とグローバル人材育成教育学会論文賞を受賞した。また、本年度に雑誌掲載された査読付き論文数は29件であった。専任教員1人あたりに換算すると年間9.7件/人の査読付き論文を掲載したことになり、限られた教員数の中で努力したと考えている。研究予算については、民間企業との共同研究を幅広く展開するとともに、古免講師および田代助教が科学研究費補助金を獲得しており、外部資金の獲得にも積極的に取り組んできたと考えている。

## 4. 4 教育に対する自己評価

本研究分野は、世界レベルの研究活動を通じて大学院教育を実施し、溶接・接合に関する高度な知識と研究推進能力を有する研究者・技術者の育成に努力している。また、国内会議での研究発表はもちろんのこと、国際会議での研究発表も積極的に行わせ、研究成果の総括力と表現力ならびにコミュニケーション力の発現に努力している。具体的には、学部生または大学院生が著者または共著者となった発表件数は、本年度だけでも査読付き雑誌論文14件、国際会議が4件、国内学会が13件ある。それらに対し、1名の学生が溶接学会全国大会において優秀ポスター発表賞を受賞し、2名の学生がスマートプロセス学会において学術奨励賞を受賞した。

一方、工学研究科マテリアル生産科学専攻生産科学コースの協力講座として大学院講義ならびに学部講義を担当し、溶接・接合プロセスの物理現象を理解するために必要不可欠な輸送現象論といった基礎学問の習得およびプロセスの実現に必要な機器システムの専門知識習得に貢献している。さらに全学部に対して教育科目「学問への扉」を通じて、工学部以外の学生も含む学部1年生に向けたものづくり実習講義を設け、接合科学の基礎から最先端研究に渡る幅広い知識教育を行っている。その他、ISOに準拠したIIW溶接技術者資格認証制度に基づく、大学院修士学生向け教育課程「国際溶接技術者(IWE)コース」の運営に対して、田中教授はコース責任者として、田代助教はコース文書管理責任者補佐として尽力し、コースの第13期生7名の修了に大きく貢献した。

## 4. 5 社会貢献に対する自己評価

本研究分野は、国内外を問わず溶接・接合に関わる多くの学協会の運営に関わり、溶接・接合の学術・技術の幅広い振興と普及、ならびに溶接技術者の育成に貢献している。特に、田中教授は、(一社)日本溶接協会溶接技能者教育委員会委員長、(一社)軽金属溶接協会アルミニウム溶接教育委員会委員長、(一社)日本溶接協会溶接管理技術者教育委員会副委員長、など溶接分野の研究者・技術者・技能者コミュニティにおける人材育成に深く関わり、溶接教育に大きく貢献している。溶接技能者教育では、厚生労働省の「中小企業等担い手育成事業」や「就職氷河期世代の方向けの短期資格等習得コース事業」を推進し、溶接技能教育を通じて我が国の溶接技能者の不足と雇用促進に貢献した。一方、溶接分野の研究者・技術者向けの書籍である「新溶接アーク現象」の執筆ならびに主査を務め、その発刊に貢献した。本書は1962年に初版が出された「溶接アーク現象」を半世紀以上ぶりに改訂しようという取り組みであり、(一社)溶接学会溶接法研究委員会において7年以上

に亘って多くの議論を重ね、最新の学術知見を取り入れ、アーク現象を正しく、より明確に取り纏めたものである。21世紀の溶接アーク現象を学ぶ入門書かつ専門書として、まったく新しいスタイルになって世の中に送り出した。

国際的には、田中教授は、2010年度より就任している山東大学の博士共同指導教授、2014年度より就任している蘭州理工大学の客座教授、さらには2016年度より就任している上海交通大学の重点研究室学術評価委員会外部有識者委員、として中国における大学の国際的な人材育成と学術発展に貢献した。また、IIW（国際溶接学会）の理事を務め、世界における溶接・接合分野における科学技術の振興と発展に鋭意努めている。一方、「大阪大学接合科学研究所ベトナム溶接研究会」の初代会長として、国際産学連携共同研究を通じた将来のベトナムの科学技術人材の育成と、それに係る研究機能の向上に寄与することを目指して、国際産学共創の推進に尽力した。また、東京で開催されるIIW年次大会・国際会議「IIW2022 Tokyo」のInternational Conference Chairmanとして2022年7月の開催に向けて会議を組織し、会議運営ならびに国内外への発信に大きく貢献している。

古免講師は（一社）溶接学会若手会員の会の運営委員に加え、（一社）軽金属溶接協会の編集委員、（一社）溶接学会溶接法研究委員会の幹事や（公社）応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会幹事に就任し、溶接・接合分野や熱プラズマ分野の発展に貢献している。またIIW2022年次大会・国際会議の会議運営部会の委員にも就任し、2022年7月の開催に向けて貢献している。

田代助教は学術雑誌Materials誌（IF: 3.623）のManufacturing Processes and Systems部門のEditorial Board Memberとして活動し、当該学術分野の発展に貢献した。これと併せて、同誌の「Welding and Joining Processes of Materials」特集号のゲストエディターも務め、2021年度末時点で46報の論文を掲載した。

#### 4.6 接合科学共同利用・共同利用拠点に関する研究成果に対する自己評価

本研究分野では、他の研究機関より国内は7名、海外は9名の共同研究員を迎えて共同研究を実施し、本年度は20本の査読付き学術論文と国際会議論文を掲載した。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Experimental Sensing of Molten Flow Velocity, Weld Pool and Keyhole Geometries in Ultrasonic-Assisted Plasma Arc Welding  
J. Manuf. Process., 64 (2021), 1412-1419.  
Y. Li, S. Tian, C. Wu and M. Tanaka
- (2) Influence of Ultrasonic Vibration on Keyholing/penetrating Capability in Plasma Arc Welding with Controlled Pulse Waveform  
Weld. World, 65, 4 (2021), 1107-1117.  
S. Tian, L. Wang, C. Wu and M. Tanaka
- (3) Comparison between Methods Measuring Arc Efficiency of Gas Tungsten Arc Welding  
Sci. Technol. Weld. Join., 26, 5 (2021), 371-376.  
S. Fujiyama, M. Shigeta and M. Tanaka
- (4) 三次元粒子法シミュレーションによる埋もれアーク溶接の埋もれ空間形成に及ぼす影響因子の解明  
スマートプロセス学会誌, 10, 3 (2021), 121-127.  
古免久弥, 馬場 勇人, 門田 圭二, 恵良 哲生, 田中学, 寺崎 秀紀
- (5) High Speed X-ray Observation of Digital Controlled Submerged Arc Welding Phenomena  
Sci. Technol. Weld. Join., 26, 4 (2021), 332-340.  
Y. Abe, T. Fujimoto, M. Nakatani, H. Komen, M. Shigeta and M. Tanaka
- (6) Mechanism of Gap Bridgeability in Lap-Fillet Laser-Arc Hybrid Welding  
Laser Manuf. Materi. Process., 8 (2021), 355-371.  
A. Sharma, U. K. Mohanty, M. Tanaka and T. Suga
- (7) 2次元粒子法を用いたエレクトロスラグ溶接における熱輸送過程の数値解析的研究  
溶接学会論文集, 39, 4 (2021), 363-370.  
上野 亮, 茂田 正哉, 田中学, 戸田 亮, 齋藤 康之, 山崎 圭
- (8) エレクトロスラグ溶接におけるスラグ浴内現象の観察  
溶接学会論文集, 39, 4 (2021), 347-362.  
山崎 圭, 浅野 涼, 戸田 亮, 齋藤 康之, 茂田 正哉, 田中学
- (9) Towards Hybrid Laser-Arc Based Directed Energy Deposition: Understanding Bead Formation through Mathematical Modeling for Additive Manufacturing  
J. Manuf. Process., 76 (2022), 457-474.  
A. Kapil, T. Suga, M. Tanaka and A. Sharma
- (10) 大阪大学カップリング・インターンシップにおける成果プロセス（プログラムの質的向上を目指して）  
グローバル人材育成教育研究, 9, 2 (2022), 95-108.  
寺西 未沙, 勝又 美穂子, 西川 宏, 近藤 勝義, 田中学
- (11) 狭窄ノズルを用いたアークスポット溶接プロセスの熱源特性の数値シミュレーション  
溶接学会論文集, 39, 2 (2021), 132-140.  
古免久弥, 田中学, 村田 彰久, 村田 唯介

- (12) ガス切断中のドロス形成過程の三次元粒子法シミュレーション  
スマートプロセス学会誌, 10, 6 (2021), 373-381.  
古免久弥, 須貝友裕, 茂田正哉, 田中学, 加藤隆, 北村祐一郎, 佐藤豊幸
- (13) ガスメタルアーク溶接における溶滴温度を決定する支配的因子の特定  
溶接学会論文集, 39, 4 (2021), 267-276.  
辰巳和也, 田中慶吾, 古免久弥, 田中学, 野元将志, 渡邊耕太郎, 加茂孝浩
- (14) 傾斜ティグアークプラズマを対象とした画像分光法における非対称Abel逆変換処理  
溶接学会論文集, 39, 4 (2021), 233-240.  
山下悠登, 茂田正哉, 古免久弥, 田中学
- (15) 交流ティグ溶接における電極飛散を支配する因子の実験的検討  
溶接学会論文集, 39, 4 (2021), 260-266.  
飯田健太, 田中慶吾, 茂田正哉, 古免久弥, 田中学
- (16) 軟鋼／アルミニウム合金異材抵抗スポット溶接におけるナゲット形成過程の3次元粒子法シミュレーションおよび金属間化合物の厚さの推定  
溶接学会論文集, 39, 4 (2021), 371-378.  
築地慎乃輔, 茂田正哉, 古免久弥, 田中学
- (17) 発光分光分析を用いたティグ溶接中のタングステン電極周囲における発光元素の同定  
溶接学会論文集, 39, 4 (2021), 248-259.  
田中慶吾, 茂田正哉, 古免久弥, 田中学
- (18) 非圧縮性SPH法を用いたマグ溶接時のスラグ輸送・定着の支配因子の調査  
溶接学会論文集, 39, 4 (2021), 277-290.  
深澤孝公, 田中慶吾, 古免久弥, 茂田正哉, 田中学, A. B. Murphy
- (19) Effects of Alkaline Elements on the Metal Transfer Behavior in Metal Cored Arc Welding  
J. Manuf. Process., 68 (2021), 1448-1457.  
N. Q. Trinh, S. Tashiro, K. Tanaka, T. Suga, T. Kakizaki, K. Yamazaki, T. Morimoto, H. Shimizu,  
A. Lersvanichkool, A. B. Murphy, H. V. Bui and M. Tanaka
- (20) Physical Mechanisms of Fluid Flow and Joint Inhomogeneity in Variable-Polarity Plasma Arc Welding of Thick Aluminum Alloy Plates  
Phys. Fluids, 33 (2021), 87103 (13p).  
B. Xu, S. Tashiro, M. Tanaka, F. Jiang and S. Chen
- (21) Numerical Analysis of the Effect of Heat Loss by Zinc Evaporation on Aluminum Alloy to Hot-Dip Galvanized Steel Joints by Electrode Negative Polarity Ratio Varied AC Pulse Gas Metal Arc Welding  
J. Manuf. Process., 69 (2021), 671-683.  
S. M. Hong, S. Tashiro, H.-S. Bang and M. Tanaka
- (22) Relationship among Welding Defects with Convection and Material Flow Dynamic Considering Principal Forces in Plasma Arc Welding  
Metals, 11 (2021), 1444.  
H. L. Nguyen, A. V. Nguyen, H. L. Duy, T.-H. Nguyen, S. Tashiro and M. Tanaka
- (23) Influence of Sulfur Content on Penetration Depth in TIG Welding for High Manganese Stainless Steels  
Metall. Mater. Trans. A (2021)  
Y. Kisaka, S. Miki, N. Sekiguchi, F. Kimura, S. Tashiro, M. Tanaka, S. Ozawa, T. Suwa and Y. Takahashi



- (24) Influence of Cross-Wind on CO<sub>2</sub> Arc Welding of Carbon Steel  
Metals, 11 (2021), 1677.  
S. Tashiro, N. Q. Trinh, T. Suga, N. Matsuda, N. Tsurumaru, T. Maeda, R. Tanaka, S. Nakatsu, G. Tsujii, H. V. Bui and M. Tanaka
- (25) Influence of Groove on Metal Vapour Behavior and Arc Characteristics in TIG Welding of High Manganese Stainless Steels  
Plasma Chem. Plasma Process., 42 (2021), 229-245.  
S. Tashiro, S. Miki, A. B. Murphy, M. Tanaka, Y. Kisaka, F. Kimura, T. Suwa and Y. Takahashi
- (26) 局所ガス添加ノズルを用いた狭開先GMA溶接部の酸素量低減に関する研究  
溶接学会論文集, 39, 4 (2021), 301-308.  
中島朋昭, 木坂有治, 木村文映, 小原昌弘, 田代真一, 田中学
- (27) Numerical Analysis of Metal Transfer Process in Plasma MIG Welding  
Metals, 12 (2022), 326.  
S. Tashiro, S. B. Mamat, A. B. Murphy, T. Yuji and M. Tanaka
- (28) Observation of Microstructure and Mechanical Properties in Heat Affected Zone of As-Welded Carbon Steel by Using Plasma MIG Welding Process  
Metals, 12 (2022), 315.  
S. Mamat, N. A. Sidek, N. A. A. M. Afandi, R. A. E. Roslan, T. P. Ter, T. Yuji, S. Tashiro and M. Tanaka
- (29) Mild Steel Metal Rotating Spray Transfer Behavior in Magnetically Controlled Gas Metal Arc Welding  
Mater. Today Commun., 31 (2022), 103352.  
L. Xiao, D. Fan, J. Huang, S. Tashiro and M. Tanaka
- (2) 国際会議発表論文 (査読あり)
- (1) Elucidate Fluid Vortex in Plasma Arc Welding  
Recent Advances in Manufacturing Engineering and Processes (2021.3.11-14), 79-86.  
T.-H. Nguyen, V. A. Nguyen, S. Tashiro, T. L. Quy and M. Tanaka
- (3) 国際会議発表論文 (査読なし)
- (1) Visualization and Predictions of Welding Phenomena for Smart Arc Welding Process  
Proc. 1st Okinawa-Int. Conf. on Welding and Allied Technology (OIC-WA2021), Naha, Japan (2021.4.16-17), 16-23.  
M. Tanaka
- (7) 国際会議発表
- (1) Numerical Investigation for Consumption Process of Tungsten Electrode in TIG Welding  
IIW Commission I, IV, XII Intermediate On-line Meeting, WEB (2022.3.21-22)  
H. Komen and M. Tanaka
- (2) 3D Spectroscopic Measurement of Plasma Temperature and Metal Vapor Concentration in Plasma-MIG Hybrid Welding Process  
IIW Annual Assembly, 2021, Web (2021.7.7-20)  
K. Ishida, S. Tashiro, K. Nomura, D. Wu and M. Tanaka

- (3) A Numerical Analysis on the Effect of Zinc Evaporation at the Joint Interface in Hot-dip Galvanized Steel to Aluminum Alloy Joining by AC Pulse GMAW  
IIW Annual Assembly, 2021, Web (2021.7.7-20)  
S. M. Hong, S. Tashiro, H.-S. Bang and M. Tanaka
- (4) Effects of Alkaline Elements on the Metal Transfer Behavior in Metal Cored Arc Welding  
IIW Annual Assembly, 2021, Web (2021.7.7-20)  
N. Q. Trinh, S. Tashiro, K. Tanaka, T. Suga, T. Kakizaki, K. Yamazaki, T. Morimoto, H. Shimizu, A. Lersvanichkool, A. B. Murphy, H. V. Bui and M. Tanaka
- (5) Physical Mechanisms of Fluid Flow and Joint Inhomogeneity in Variable Polarity Plasma Arc Welding of Thick Aluminum Alloy  
IIW Annual Assembly, 2021, Web (2021.7.7-20)  
B. Xu, S. Tashiro, M. Tanaka, F. Jiang and S. Chen

**(8) 国内学会発表**

- (1) 外部磁場がヘリウムガスタングステンアーク溶接の溶融池の流動及びビード形状に及ぼす影響  
(一社) 日本鉄鋼協会 第182回秋季講演大会, オンライン開催 (2021.9.2-4)  
松田昇一, 棚原靖, 田中学
- (2) 軟鋼／アルミニウム合金異材抵抗スポット溶接におけるナゲット形成過程の3次元粒子法シミュレーションおよび金属間化合物の厚さ推定  
(一社) 日本鉄鋼協会 第182回秋季講演大会, オンライン開催 (2021.9.2-4)  
築地 慎乃輔, 茂田 正哉, 田中学
- (3) Al/Cu異材薄板の狭窄TIG溶接  
(公社) 日本金属学会 2021年秋期 第169回講演大会, WEB開催 (2021.9.14-17)  
山本 啓, 伊藤 和博, 高橋 誠, 田中学, ヌエン ヴァン アン, 村田 彰久
- (4) Al/Cu異材薄板の狭窄TIG溶接  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
山本 啓, 伊藤 和博, 高橋 誠, 田中学, ヌエン ヴァン アン, 村田 彰久
- (5) 外部磁場を用いた高品質・高効率GMA溶接の研究  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
松田昇一, 棚原靖, 田中学
- (6) 軟鋼／アルミニウム合金異材抵抗スポット溶接中のナゲット形成過程におけるマランゴニ効果を考慮した対流現象の3次元粒子法シミュレーション  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
築地 慎乃輔, 田中学, 立花 瑞樹, 永瀬 裕也, 伊與田 宗慶, 城 鮎美, 佐野 智一, 菖蒲 敬久, 茂田 正哉
- (7) 外部磁界によるヘリウムガスタングステンアーク溶接の溶融池流動制御  
(一社) スマートプロセス学会 2021年度学術講演会, WEB開催 (2021.11.15)  
松田昇一, 棚原靖, 田中学
- (8) REM添加ワイヤを用いた狭開先CO<sub>2</sub>アーク溶接技術の開発  
(一社) 溶接学会第256回溶接法研究委員会, 東京 (2022.1.25)  
上月 渉平, 岡部 能知, 伊木 聡, 田中学

- (9) 地球および擬似火星大気中における交流GTAの電子密度分布計測  
(一社) 溶接学会四国支部 第27回溶接学会四国支部講演大会, WEB開催 (2022.3.9)  
青山 海斐, 正箱 信一郎, 寺嶋 昇, 山下 智彦, 田中 学, 古免 久弥
- (10) Particle-based Simulation of Molten Metal Behavior during Arc Welding Process  
The 1st Okinawa-Int. Conf. on Welding and Allied Technology (OIC-WA2021), 沖縄+WEB開催  
(2021.4.16)  
H. Komen
- (11) SPH粒子法に基づくアーク接合シミュレーション  
(独) 日本学術振興会第153委員会第151回研究会, 博多+WEB開催 (2021.6.17)  
古免 久弥
- (12) 狭窄ノズルを装着したティグアークスポット溶接現象の数値解析  
(一社) 溶接学会 第254回溶接法研究委員会, オンライン開催 (2021.8.3)  
古免 久弥, 田中 学, 村田 彰久, 村田 唯介
- (13) 狭窄ノズルを用いたアークスポット溶接中のアーク現象の数値解析  
(一社) 日本鉄鋼協会 第182回秋季講演大会, オンライン開催 (2021.9.2-4)  
古免 久弥, 田中 学, 村田 彰久, 村田 唯介
- (14) 傾斜ティグアークプラズマの分光計測への非対称 Abel 逆変換処理の適用  
(一社) 日本鉄鋼協会 第182回秋季講演大会, オンライン開催 (2021.9.2-4)  
山下 悠登, 茂田 正哉, 古免 久弥, 田中 学
- (15) 狭窄ノズルを用いたアークスポット溶接におけるアーク現象の数値シミュレーション  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
古免 久弥, 田中 学, 村田 彰久, 村田 唯介
- (16) 交流ティグ溶接における電極の飛散メカニズムの検討  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
飯田 健太, 茂田 正哉, 古免 久弥, 田中 学
- (17) 炭酸ガスを用いたガスタングステンアークにおける母材表面の酸素濃度分析  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
浅井 祐揮, 古免 久弥, 田中 学, 野元 将志, 渡邊 耕太郎, 加茂 孝浩
- (18) 非対称アーベル逆変換法を用いた傾斜ティグアークプラズマの分光計測  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
山下 悠登, 茂田 正哉, 古免 久弥, 田中 学
- (19) 粒子法シミュレーションを用いたマグ溶接時のスラグ輸送過程の支配的因子の調査  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
深澤 孝公, 古免 久弥, 茂田 正哉, 田中 学
- (20) 狭窄アークスポット溶接現象の数値シミュレーション  
(一社) スマートプロセス学会 2021年度学術講演会, WEB開催 (2021.11.15)  
古免 久弥, 田中 学, 村田 彰久, 村田 唯介
- (21) 交流ティグ溶接における電極の飛散メカニズムに関する実験的考察  
(一社) スマートプロセス学会 2021年度学術講演会, WEB開催 (2021.11.15)  
飯田 健太, 茂田 正哉, 古免 久弥, 田中 学

- (22) 軟鋼／アルミニウム合金異材抵抗スポット溶接中のナゲット形成過程におけるマランゴニ効果を考慮した対流現象の3次元粒子法シミュレーション  
 (一社) スマートプロセス学会 2021年度学術講演会, WEB開催 (2021.11.15)  
 築地 慎乃輔, 立花 瑞樹, 永瀬 裕也, 伊與田 宗慶, 城 鮎美, 佐野 智一, 菖蒲 敬久, 古免 久弥, 田中学, 茂田 正哉
- (23) 非対称性を考慮したAbel逆変換法による傾斜ティグアークプラズマの分光計測  
 (一社) スマートプロセス学会 2021年度学術講演会, WEB開催 (2021.11.15)  
 山下 悠登, 茂田 正哉, 古免 久弥, 田中学
- (24) 粒子法を用いたマグ溶接時のスラグ輸送過程の支配的因子の調査  
 (一社) スマートプロセス学会 2021年度学術講演会, WEB開催 (2021.11.15)  
 深澤 孝公, 古免 久弥, 茂田 正哉, 田中学
- (25) 数値計算による狭窄ノズルを装着したティグアークスポット溶接現象の可視化  
 (一社) 溶接協会 電気溶接機部会技術委員会 2021年度 溶接技術講演会, WEB開催 (2022.2.4)  
 古免 久弥
- (26) Effect of Additional Magnetic Field Direction on the Weldability of Dissimilar Materials (Aluminum Alloy - GI Steel) Joints in MIG Welding  
 (一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
 S. M. Hong, 田代 真一, 田中学
- (27) Effect of Alkaline Element on the Metal Transfer Behavior in Metal Cored Arc Welding  
 (一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
 N. Q. Trinh, S. Tashiro, K. Tanaka, T. Suga, T. Kakizaki, K. Yamazaki, H. Shimizu, T. Morimoto, A. Lersvanichkool, A. B. Murphy, H. V. Bui and M. Tanaka
- (28)  $\gamma$ -TiAl 材のプラズマアーク積層造形中における合金要素の流動現象  
 (一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
 呉 東升, 麻 寧緒, 田代 真一, 田中学, 華 学明
- (10) 国内会議講演**
- (1) 溶接法基礎論  
 2021年度溶接工学夏季大学, オンライン (2021.7.19-8.2)  
 田中学
- (2) 溶接技術の基本  
 HPI技術セミナー「圧力設備の材料, 設計, 施工, 維持管理の基礎」, オンライン (2021.11.9-10)  
 田中学
- (11) 解説・総説**
- (1) 「新溶接アーク現象」執筆者座談会  
 溶接技術, 69, 7 (2021), 141-143.  
 田中学, 宮坂 史和, 迎井 直樹
- (2) 学会活動 (2020年)  
 溶接学会誌, 90, 5 (2021), 346-347.  
 田中学

- (3) 溶接法基礎論  
2021年度溶接工学夏季大学教材 (2021), 1-28.  
田中学
- (4) 高電流埋もれアークを用いた厚板高能率溶接システム「D-Arc」の開発  
溶接技術, 69, 8 (2021), 92-96.  
馬場 勇人, 森 大輔, 恵良 哲生, 田中学
- (5) 2022IIW東京大会への道-第2回「年次大会の変革が生み出すIIWの新しい魅力」  
溶接技術, 69, 10 (2021), 98-100.  
田中学
- (6) 溶接技術の基本  
圧力設備の材料, 設計, 施工, 維持管理の基礎 (2021), 125-163.  
田中学
- (7) 「IIW2022年次大会・国際会議の日本開催に向けて」  
溶接学会誌, 90, 8 (2021), 541-547.  
平田 好則, 田中学, 水沼 渉
- (8) 今に学ぶ『温故知新』  
スマートプロセス学会誌, 11, 1 (2022), 1-2.  
田中学
- (9) 多様な人材と知の交差を育む場こそ学会の役割  
エレクトロニクス実装学会誌, 25, 1 (2022), 1.  
田中学
- (10) 浪速博士の溶接がってん！ R サブマージアーク溶接ってどうなってるの？の巻  
WE-COMマガジン (日本溶接協会), 44 (2022), 1-20.  
古免 久弥
- (11) 溶接の自動化・デジタル化の障害となる施工裕度に関して一熱管理と拡散性水素低減プロセスを例に—  
溶接技術, 70 (2022), 43-46.  
迎井 直樹, 田代 真一, 田中学
- (12) 著書**
- (1) 新溶接アーク現象  
産報出版 (株), (2021), 編集, 執筆  
田中学
- (2) Recent Advances in Manufacturing Engineering and Processes  
Springer, (2021), 分担執筆, 79-86.  
T.-H. Nguyen, V. A. Nguyen, S. Tashiro, T. L. Quy and M. Tanaka
- (15) 受賞**
- (1) 令和3年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 (開発部門)  
文部科学省 (2021.04.14)  
上山 智之, 恵良 哲生, 馬場 勇人, 田中学

- (2) 溶接学会論文賞  
 (一社) 溶接学会 (2021.04.26)  
 田中学, 古免久弥, 茂田正哉, 片岡時彦, 松下宗生, 上月渉平
- (3) 技術賞本賞  
 (一社) 日本溶接協会 (2021.06.09)  
 馬場勇人, 森大輔, 恵良哲生, 松下和憲, 田中学
- (4) 溶接物理・技術奨励賞  
 (一社) 溶接学会 溶接法研究委員会 (2021.08.03)  
 上野亮, 茂田正哉, 田中学
- (5) 溶接物理・技術奨励賞  
 (一社) 溶接学会 溶接法研究委員会 (2021.08.03)  
 田中慶吾, 茂田正哉, 田中学
- (6) 2021年度論文賞  
 グローバル人材育成教育学会 (2022.03.13)  
 寺西未沙, 勝又美穂子, 西川宏, 近藤勝義, 田中学

(17) 外部資金

(単位:千円)

科学研究費補助金

- |     |         |  |      |       |
|-----|---------|--|------|-------|
| (1) | 若手研究    | 粉体フラックス中のアークプラズマ-メタル-スラグ挙動の統合電磁熱流体解析     | 古免久弥 | 390   |
| (2) | 基盤研究(C) | 厚鋼板の安定な低入熱1パス溶接のための高性能プラズマミグハイブリッド溶接法の開発 | 田代真一 | 2,730 |

民間等との共同研究

- |     |  |                                  |     |       |
|-----|--|----------------------------------|-----|-------|
| (1) |  | ダイヘン溶接・接合協働研究所                   | 田中学 | 6,500 |
| (2) |  | JFE ウエルディング協働研究所                 | 田中学 | 5,000 |
| (3) |  | 日本製鉄ものづくり未来協働研究所                 | 田中学 | 2,000 |
| (4) |  | 衝撃科学共同研究講座                       | 田中学 | 1,000 |
| (5) |  | ショートアークランプの現象可視化に関する研究           | 田中学 | 260   |
| (6) |  | 高ArシールドガスMAG溶接現象の研究              | 田中学 | 3,000 |
| (7) |  | 放電ランプおよびランプ電極材料の評価に関する研究         | 田中学 | 1,000 |
| (8) |  | 開閉器のアークルト挙動メカニズム解明のための解析技術に関する研究 | 田中学 | 2,600 |

(9) TIG 方式 WAAM 専用トーチのアーキ現象解析 田中 学 1,300

#### 受託研究

(1) (64) マルチマテリアル接合技術の基盤研究 田中 学 4,961

#### 奨学寄付金

(1) 田中 学 4,811

### 4. 8 教育

氏名：田中 学

#### (1) 大学院等講義科目

(1) マテリアル生産科学専攻	材料機能化設計学
(2) マテリアル生産科学専攻	溶接プロセス学特論
(3) 応用理工学科	生産機器工学 I
(4) 応用理工学科	生産情報基礎学 I

#### (2) 博士論文 (主査)

(1) マテリアル生産科学専攻, 馬場 勇人	高電流埋もれアーキ溶接による厚板高能率溶接に関する研究
(2) マテリアル生産科学専攻, Seong-Min Hong	Joining Mechanism of Aluminum Alloy to Galvanized Steel by Pulsed Gas Metal Arc Welding

#### (3) 博士論文 (副査)

(1) マテリアル生産科学専攻, 平田 瑛子	先端半導体デバイス用プラズマ支援原子層エッチングの表面反応機構
(2) マテリアル生産科学専攻, 江田 賢司	アーキプラズマの非平衡性を考慮したガスマタルアーキ溶接プロセスの数値シミュレーションモデルの開発

#### (4) 修士論文

(1) マテリアル生産科学専攻, 築地 慎乃輔	3次元粒子法シミュレーションを用いた異材抵抗スポット溶接中の熔融金属対流現象および金属間化合物厚さの推定に関する研究
(2) マテリアル生産科学専攻, 山下 悠登	ティグ溶接における電極内添加物の輸送現象を考慮した陰極消耗プロセスに関する数値解析的研究

#### (5) 卒業論文

- (1) 応用理工学科マテリアル生産科学科目, 炭酸ガスを用いたガスタングステンアーク溶接  
浅井 祐揮 における二酸化炭素挙動に関する実験的検討

氏名：古免 久弥

#### (1) 大学院等講義科目

- (1) マテリアル生産科学専攻 材料機能化設計学  
(2) マテリアル生産科学専攻 溶接プロセス学特論

#### 4.9 社会貢献

氏名：田中 学

#### (1) 学会役員

- (1) (一社)スマートプロセス学会 会長  
(2) (一社)軽金属溶接協会 アルミニウム溶接教育委員会 委員長  
(3) (一社)軽金属溶接協会 理事  
(4) (一社)軽金属溶接協会 編集委員会 委員長  
(5) (一社)電気学会 論文委員会 委員  
(6) (一社)電気学会 令和3年電気学会全国大会実行委員会 委員  
(7) (一社)日本鉄鋼協会 接合・結合フォーラム 委員  
(8) (一社)日本溶接協会 IIW 資格日本認証機構特認コース小委員会 委員  
(9) (一社)日本溶接協会 電気溶接機部会技術委員会 副委員長  
(10) (一社)日本溶接協会 メールマガジン編集委員会 委員  
(11) (一社)日本溶接協会 溶接管理技術者教育委員会 副委員長  
(12) (一社)日本溶接協会 国際活動委員会 委員  
(13) (一社)日本溶接協会 IIW 資格日本認証機構 J-ANB 管理委員会 委員  
(14) (一社)日本溶接協会 溶接技能者教育委員会 委員長  
(15) (一社)日本溶接協会 理事



- |  |   |
|--|---|
| (16) (一社) 日本溶接協会   | IIW2022 & Welding Show 企画実行委員会 委員         |
| (17) (一社) 日本溶接協会   | IIW2022 年次大会 会議運営部会 部会長                   |
| (18) (一社) 日本溶接協会 日本溶接会議  | 第 212 委員会 委員長                             |
| (19) (一社) 日本溶接協会 日本溶接会議  | 共同企画委員会 委員                                |
| (20) (一社) 日本溶接協会 日本溶接会議  | 理事  |
| (21) (一社) 溶接学会   | 溶接法研究委員会 副委員長                             |
| (22) (一社) 溶接学会   | 溶接教育委員会 委員                                |
| (23) (一社) 溶接学会   | 論文査読・審査委員会 副委員長                           |
| (24) (一社) 溶接学会   | 企画委員会 委員長                                 |
| (25) (一社) 溶接学会   | 関西支部 副支部長                                 |
| (26) (一社) 溶接学会   | 理事  |
| (27) (一社) 溶接学会   | 溶接情報化委員会 委員                               |
| (28) (一社) 溶接学会   | 研究推進部会 委員                                 |
| (29) (独) 日本学術振興会   | プラズマ材料科学第 153 委員会 委員                      |
| (30) IIW (国際溶接学会)  | Study Group 212 委員会 委員長                   |
| (31) IIW (国際溶接学会)  | 理事  |
| (32) IIW (国際溶接学会)  | IIW2022 International Conference Chairman |
| <b>(2) 国際会議委員</b>  |   |
| (1) IIW2022 International Conference on<br>Welding and Joining | Conference Chairman                       |
| <b>(5) 国・自治体・公益法人等への貢献</b>                                     |   |
| (1) (公財) 溶接接合工学振興会   | 評議員                                       |
| (2) (公財) 溶接接合工学振興会   | 企画委員会 委員                                  |
| (3) 山東大学 (中国, 済南市)   | 博士共同指導教授                                  |
| (4) 上海交通大学 (中国, 上海市)   | 重点研究室学術評価委員会 委員                           |

(5) 蘭州理工大学 (中国, 蘭州市) 客座教授

## (7) 社会への情報発信

(1) 「第51回日本溶接協会賞」技術賞本賞 溶接ニュース (2021.04.13)

(2) ダイヘン・阪大に文科大臣賞 溶接ニュース (2021.04.20)

(3) JFEスチール 次世代の鋼材・加工技術  
開発 (ウエルディング協働研究所につ  
いての記述あり) 日刊工業新聞 (2021.05.14)

(4) 新刊案内 産報出版,  
「新溶接アーク現象」を発刊 溶接ニュース (2021.05.25)

(5) 阪大 IHI・ハノイ工科大と連携  
ベトナムの溶接技術向上を支援 溶接ニュース (2021.06.01)

(6) 新刊案内「新溶接アーク現象」  
アーク現象を正しく明確に 溶接ニュース (2021.06.08)

(7) 新刊案内「新溶接アーク現象」刊行  
新しい知見と情報を見やすい形で 溶接ニュース (2021.06.15)

(8) ムラタ技研 小径で高真円度溶接痕  
アークスポットで形成 日刊工業新聞 (2021.07.15)

(9) IIW, 年次大会開く 溶接ニュース (2021.07.27)

(10) 期待高まる2022国際ウエルディングシ  
ョー「新時代の溶接・接合技術を感じ  
たい」 溶接ニュース (2021.11.23)

(11) 3D印刷技術紹介  
DX時代のモノづくり支援 阪大が書籍 日刊工業新聞 (2021.12.22)

(12) 大阪大学接合科学研究所創立50周年  
田中学所長に聞く 日刊工業新聞 (2022.01.04)

氏名：古免 久弥

## (1) 学会役員

(1) (一社) 軽金属溶接協会 編集委員会 委員

(2) (一社) 日本溶接協会 IIW2022 年次大会 会議運営部会 委員

(3) (一社) 溶接学会 2020・2021 年度 若手会員の会 運営委員

(4) (一社) 溶接学会 溶接法研究委員会 幹事

(5) (公社) 応用物理学会 プラズマエレクトロニクス分科会 幹事

氏名：田代 真一

(2) 国際会議委員

(1) Visual-JW2022 論文委員

(5) 国・自治体・公益法人等への貢献

(1) Materials Editorial Board Member

(2) Materials Guest editor

#### 4. 10 全国共同利用に関する研究

(1) 令和3年度共同研究員と研究テーマ

氏名：田中 学

一般公募研究課題

- |                                  |       |                                  |
|----------------------------------|-------|----------------------------------|
| (1) (地独) 大阪産業技術研究所和泉センター 加工成形研究部 | 田中 慶吾 | ティグ溶接中における金属蒸気による電極汚染と電極表面状態の関係  |
| (2) 宮崎大学教育学部                     | 湯地 敏史 | ハイブリッド溶接における超合金溶接技術の確立           |
| (3) 熊本大学自然科学教育部                  | 寺崎 秀紀 | 電極の元素分布の可視化                      |
| (4) 熊本大学先進マグネシウム国際研究センター         | 古免 久弥 | マグ溶接中の溶融池表面におけるスラグ流動の粒子法シミュレーション |
| (5) 香川高等専門学校 機械電子工学科             | 正箱信一郎 | 疑似火星大気中における交流 GTA の計測            |
| (6) 東北大学工学研究科工学部 機械知能航空工学科       | 茂田 正哉 | 異材抵抗スポット溶接の粒子法シミュレーション           |
| (7) 琉球大学工学部工学科 エネルギー環境工学コース      | 松田 昇一 | 電磁力を用いた高品質・高効率 GMA 溶接の研究         |

国際共同研究

- |                                      |           |   |
|--------------------------------------|-----------|---|
| (1) Beijing University of Technology | Jiang Fan | Arc Behavior and Physics of Novel Welding Arc |
|--------------------------------------|-----------|---|

(2)	Beijing University of Technology	Li Cheng	To investigate the physical characteristics and evolution of weld pool and keyhole in VPPA variable position welding by experiment and simulation methods.
(3)	Chongqing University of Technology/School of Materials Science and Engineering/ Department of Welding Technology and Engineering	Wang Xinxin	Arc properties and oxygen transfer to the electrode in argon-oxygen gas mixture including metal vapor in arc welding
(4)	East china university of science of technology/ School of Resources and Environmental Engineering/ Institute of Clean Coal Technology	Lin Kuo	Liquid-solid two-phase flow at high temperature
(5)	KU Leuven, Belgium	Van Ryment Patrick	Research on use of Laser Arc Hybrid Welding for Additive Manufacturing
(6)	KU Leuven, Belgium	Sharma Abhay	Research on use of Laser Arc Hybrid Welding for Additive Manufacturing
(7)	Lanzhou University of Technology	Zhang Hengming	arc physics of flux cored wire
(8)	Nanjing University of Aeronautics and Astronautics / College of Materials Science and Technology	Zhao Wenyong	Modeling and Simulation of Heat transfer, Fluid flow and Geometric morphology in MIG-based Wire Arc Additive Manufacturing
(9)	University Malaysia Kelantan	Mamat Sarizam	Development of TIG/MIG hybrid welding process
(2)	共同研究員との共著論文件数 (査読付き学術論文, 国際会議論文)		
(1)	合計	20	

接合プロセス研究部門  
エネルギー変換機構学分野



## 接合プロセス研究部門 エネルギー変換機構学分野

### 4. 1 研究概要

本研究分野では、材料加工プロセスに介在する加工エネルギー源（プラズマ、粒子ビーム）から材料へのエネルギー変換ならびにエネルギー付与に伴う相互作用機序に関する研究を基軸に据えて、材料表界面の高機能化と高度制御に向けた基礎学理を追求すると共に、先進的な加工エネルギー源ならびにプロセス制御法の創成と診断評価を通じて、接合科学の高度化に資する基礎研究および応用技術開発ならびに人材育成を行っている。特に、次世代の科学・技術フロンティアを支える先進的表界面加工プロセスの創成を目指し、1) 加工エネルギー源と材料との相互作用に関する機序解明を通じて、2) エネルギー変換・付与過程に着目した先進的材料加工プロセスの研究開発に加えて、3) プロセスの高度制御に有効な新しい加工エネルギー源の開発と応用に関する研究を展開している。

具体的には、独自のプラズマ生成・制御技術に基づき、次世代の平面ディスプレイや太陽電池をはじめとする大面積プロセスへの応用を念頭に置いて、低温かつ低ダメージでの高品位材料プロセスの実現に資する先進的な表界面制御プロセスに関する研究開発を推進している。また、プラズマ生成・制御に関する基礎的知見を大気圧非平衡プラズマに展開し、科学研究費補助金・新学術領域研究「プラズマ医療科学の創成」で培った放電制御技術に加えて、有機材料とプラズマとの相互作用に関する知見を礎に、有機-金属異種材料接合への応用に向けて、材料表界面の高度制御と高強度な接合技術の開発に資する研究を展開している。加えて、プラズマプロセスを駆使したナノ構造制御機能材創成、さらには脱炭素社会の実現に向けたプラズマ触媒反応系に関する研究に挑んでいる。

これらの一見多岐に亘る研究内容に共通するテーマは、「表界面制御の高度化による材料プロセスの低温化と高品位化」に立脚しており、熱平衡状態では高温を要する材料プロセスを低温の材料上で実現するための新しい加工エネルギー発生・制御技術の開拓に集約される。

### 4. 2 研究課題

1. プラズマ-材料相互作用の解明と先進的な表界面制御プロセスの開発
2. 新しいプラズマ源、粒子ビーム源ならびに高度プロセス技術の開発
3. 大面積・低ダメージ・高密度プラズマ源の開発と先進的プロセス制御技術の研究
4. 高品質酸化物半導体薄膜ならびにデバイスの低温形成に関する研究
5. 大気圧非平衡プラズマを用いた有機-金属異種材料接合技術の開発
6. 脱炭素社会の実現に向けた先進的プラズマ触媒反応系の開発

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. 高密度プラズマ支援反応性プロセスによる次世代酸化物半導体薄膜の低温形成

透明酸化物半導体  $\text{InGaZnO}_x$  (IGZO) は、高速動作薄膜トランジスタ材料として期待されているが、現状の製造プロセスでは高温のアニールプロセスが不可欠であるためガラス上でのデバイス製造に限られており、次世代に向けたフレキシブルデバイス創成（有機材料基板上に形成）に向けた技術展開には、高移動度かつ高品質（安定性）の薄膜トランジスタを低温で形成するための新たなプロセス技術の開発が不可欠である。

このため、本研究では、独自の高密度プラズマ発生・制御技術に基づく新たなプロセス制御技術の開拓を通じて、低温製膜での高移動度化と安定性が両立した次世代のデバイス形成プロセス技術

を創成することを目的に据えて研究を推進している。

本年度は、スパッタ放電に高周波誘導結合型プラズマを重畳した高密度プラズマ支援スパッタ製膜プロセス装置を用いて IGZO 酸化物半導体薄膜を形成し、製膜パラメータに対する制御因子の解明に注力して研究を推進した。その結果、従来の製膜プロセスに比べてプラズマの高密度化により、薄膜トランジスタの高移動度化と構造緩和に資することが示唆された。さらに、光照射下負バイアス負荷不安定性 (NBIS) [光照射下において薄膜トランジスタの閾値電圧が変化する不安定性] に関する評価も加味した研究を始動した。

本研究は、本年度に交付された科学研究費助成事業 (科学研究費補助金) 基盤研究 (B) を受けて実施したものである。

## 2. 高周波励起型大気圧高密度非平衡プラズマ源を用いた有機-金属異種材料接合技術の開発

本研究では、科学研究費補助金・新学術領域研究「プラズマ医療科学の創成」の計画研究「高度時空間制御による生体適合放電生成の基盤確立と革新的医療プラズマ源の創成 (研究代表者: 節原)」を通じて開発した新たな高周波励起型大気圧高密度非平衡プラズマジェット (大阪大学から特許出願し、登録済: 特許 6991543 [登録日: 令和 3 年 12 月 10 日] 節原、内田、竹中) を礎に、医療分野以外への研究展開として、有機材料と金属との異材接合の研究を精力的に推進している。特に、軽量化が希求される輸送機をはじめとする分野への展開において、従来の熱プロセスを凌駕する接合強度を実現することが期待されている。

本年度は、スーパーエンジニアリングプラスチック (Super Engineering Plastics) と金属材料 (ステンレス鋼、アルミニウム合金など) との異材接合に関する研究を推進し、当研究室で開発した高周波励起型大気圧高密度非平衡プラズマジェットを用いた表面活性化技術を適用することにより、従来の加熱のみによる接合法に比べて、格段に高い接合強度を実現した。さらに、接合メカニズムに関する系統的な研究を行い、当研究室で開発した高密度の大気圧非平衡プラズマジェットを用いた表面活性化技術の優位性を示した。

本研究の成果の一部は、**Journal of Manufacturing Processes** 誌 (Impact Factor = 5.35) に掲載された。さらに、大阪大学継承の知財として審査請求を行った。

## 3. 微小液滴を用いたプラズマ支援による 3 次元ナノ構造酸化亜鉛薄膜形成技術の確立

本研究では、フレキシブルデバイスの高性能化・高機能化技術、また革新的なフレキシブルデバイス創製技術の実現に向けた技術開発を念頭に、微小液滴を用いたプラズマ支援による 3 次元ナノ構造酸化亜鉛薄膜形成技術の開発を行っている。

本年度はミストに起因した粒径を有するテクスチャ構造を有する酸化亜鉛薄膜の形成メカニズムを明らかにするために、ミストを含むプラズマ中の診断を行い、プラズマ中の液滴から微粒子を形成する過程を明らかにすべく研究を推進した。

本研究は、本年度に交付された科学研究費助成事業 (科学研究費補助金) 基盤研究 (C) を受けて実施したものである。

## 4. 脱炭素社会の実現に向けた先進的プラズマ触媒反応系の開発

持続可能な脱炭素社会の実現に向けて、二酸化炭素のメタン化 (メタネーション) 技術の確立が切望されている。プラズマと触媒を組み合わせた手法 (プラズマ触媒) は、より低温でのプロセスが可能であり、高効率、高安定なメタネーションプロセスを実現可能であることから大いに注目されている。しかし、プラズマ触媒の反応機構は非常に複雑であり、現状では未解明な点が多く、最適な条件や装置設計が不明瞭であることが課題である。

このため、本研究では、プラズマ触媒反応系においてメタン生成に寄与する反応種を同定するこ



とに焦点を当てた。発光分光や0次元プラズマシミュレーションによって反応種と目される振動励起分子密度を推定、メタネーション反応への寄与の評価を通して、反応機構の解明及び装置設計の最適化を目指している。

本年度は、プラズマ放電管の開口部にCuメッシュを配置した系において低圧下でのCO励起種密度のメタン生成への寄与について評価した。その結果、CO励起種密度とメタン収率に相関が確認され、COの振動励起種がメタン生成に寄与していることが示された。

## (2) 研究に対する自己評価

### ① 研究の独自性

本研究分野では、材料加工プロセスに介在する加工エネルギー源（プラズマ、粒子ビーム）から材料へのエネルギー変換ならびにエネルギー付与に伴う相互作用機序に関する研究を基軸に据えて、材料表面の高機能化と高度制御に向けた基礎学理を追求すると共に、先進的な加工エネルギー源ならびにプロセス制御法の創成と診断評価を通じて、接合科学の高度化に資する基礎研究および応用技術開発ならびに人材育成を行っている。

特に、接合科学の高度化に資する基礎研究を通じて、次世代の科学・技術フロンティアを支える先進的な表界面加工プロセスの創成を目指し、1) 加工エネルギー源と物質との相互作用に関する機構解明の研究を通じて、2) 物質へのエネルギー変換・付与過程に着目した先進的材料加工プロセスの研究開発に加えて、3) プロセスの高精度制御に有効な新しい加工エネルギー源の開発と応用に関する研究を展開している。

本研究分野での研究アプローチは、既製の従来装置を用いた材料開発あるいはプロセス開発ではなく、装置で決まる従来プロセスでの境界条件（限界）を打破し、既存の装置では実現できないプロセス条件や新たな制御性を追求することを志向しており、その点において実際に得られた成果の意義があるものと考えている。

本研究分野での表界面制御に関する研究では、機能性デバイス形成プロセスの開発に向けて、内外で提案されていないオリジナリティーを重視した研究アプローチを採っている。特に、低圧におけるプラズマプロセス技術（低ダメージかつ高密度のプラズマ生成・制御技術）に加えて、高周波を用いた大気圧非平衡プラズマジェット生成・制御技術については、世界的なオリジナリティーを誇る独自の研究成果であり、これらを基盤として活用して応用研究に展開することにより、独自性の高い技術開発を推進している。

### ② 研究レベル

研究成果については、コロナ禍にも関わらず開催された国際会議での招待講演（国際会議：1件）に加えて、国内学会から **Best Review** 賞を授与され、内外において高く評価されているものと考ええる。さらに、学術誌への成果発表では、国際的に高いインパクト・ファクターを有する学術誌への投稿を目指しており、成果の一部は、**Journal of Manufacturing Processes** 誌（**Impact Factor = 5.35**）、**Springer Nature Publishing** 発刊の **Scientific Reports** 誌（**Impact Factor = 5.134**）に掲載された。加えて、本学継承の知財として、プラズマ源に関する特許が本年度に登録され、さらに異材接合技術に関する審査請求を行っている。

### ③ 研究成果の社会への貢献

研究成果の内、プラズマプロセスならびに半導体関連の研究については、研究成果の実用化に向けた研究開発や製品化に向けて、産学連携による社会貢献が図られているものとする。また、大気圧プラズマ源の応用に関する研究では、本学継承の知財として、プラズマ源に関する特許が本年

度に登録され、さらに異材接合技術に関する審査請求を行っており、産学連携による製品開発に向けた今後の展開が期待される。

#### ④ 研究予算

外部資金として、プラズマならびにプロセス関連の研究（節原）については、科学研究費助成事業（科学研究費補助金）基盤研究（B）の研究経費を受けている。また、科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）基盤研究（C）（竹中）を受けている。また、六大学六研究所連携プロジェクトに参画し、学外との共同研究を精力的に実施した。

### 4. 4 教育に対する自己評価

本研究分野は、本学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻における大学院教育を兼担しており、「材料電磁プロセス学」（節原、竹中）の講義を担当すると共に、大学院学生の研究指導を行っている。さらに、学部の教育では学問への扉（マチカネゼミ）での講義と実習を担当した。また、大阪大学ナノサイエンスデザイン教育研究センターの兼任教授（節原）として、学内での活動にも貢献している。

### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

#### ① 国内外での学会等活動

学協会での理事、評議員、幹事長等を歴任している。

#### ② 産学連携

民間企業への知見提供等を通じて、産学連携を推進している。

#### ③ 国際貢献

複数の国際会議において、組織委員等を歴任している。さらに、Asian Joint Committee for Applied Plasma Science and Engineering (AJC/APSE) の委員（節原）ならびに European Joint Committee on Plasma and Ion Surface Engineering (EJC/PISE) の Associate Member（節原）として、国際連携に関わる中長期的戦略の企画立案にも携わっている。

#### ④ その他社会貢献

日本学術振興会の産学協力研究委員会委員（プラズマ材料科学第 153 委員会、水の先進理工学第 183 委員会）ならびに大学改革支援・学位授与機構において社会貢献を図っている。また、六研連携プロジェクトでは、現行（平成 28～令和 3 年度）のプロジェクトリーダーとして所内外の取り纏めを行った。さらに、次期六研プロジェクト（令和 4 年度～令和 9 年度）教育研究組織整備事業「6 大学 6 研究所間連携研究組織（コア出島・マルチ出島）の整備」【関連プロジェクト：国際・産学連携インヴァーシブイノベーション材料創出プロジェクト－出島（DEJI2MA）プロジェクト－】の概算要求に当たり、概算要求書の作成と文部科学省との折衝を行い、採択に貢献した。

### 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

高密度プラズマの応用技術開発とプロセス制御に不可欠な基礎学理の追求と新しいプロセス創出を目指して、精力的な共同研究を実施している。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Morphological Control of Nanostructured Ge Films in High Ar-gas-pressure Plasma Sputtering Process for Li Ion Batteries  
Jpn. J. Appl. Phys., 61 (2021), SA1002.  
J. Hayashi, K. Nagai, Y. Habu, Y. Ikebe, M. Hiramatsu, R. Narishige, N. Itagaki, M. Shiratani, Y. Setsuhara and G. Uchida
- (2) Nanostructured Ge and GeSn Films by High-pressure He Plasma Sputtering for High-capacity Li Ion Battery Anodes  
Sci. Rep., 1742 (2022)  
G. Uchida, K. Nagai, Y. Habu, J. Hayashi, Y. Ikebe, M. Hiramatsu, R. Narishige, N. Itagaki, M. Shiratani and Y. Setsuhara
- (3) Development of a Non-Thermal Atmospheric Pressure Plasma-Assisted Technology for the Direct Joining of Metals with Dissimilar Materials  
J. Manuf. Process., 75 (2022), 664-669.  
K. Takenaka, R. Machida, T. Bono, A. Jinda, S. Toko, G. Uchida and Y. Setsuhara
- (4) Effect of Gas Flow Rate and Discharge Volume on CO<sub>2</sub> Methanation with Plasma Catalysis  
Jpn. J. Appl. Phys. (2022)  
S. Toko, M. Ideguchi, T. Hasegawa, T. Okumura, K. Kamataki, K. Takenaka, K. Koga, M. Shiratani and Y. Setsuhara

##### (7) 国際会議発表

- (1) Energy Utilization Efficiency in CO<sub>2</sub> Methanation with Plasma Catalysis  
The 42nd Int. Symp. on Dry Process (DPS2021), online (2021.11.18-19)  
S. Toko, M. Ideguchi, T. Hasegawa, K. Kamataki, K. Takenaka, K. Koga, M. Shiratani and Y. Setsuhara
- (2) Effect of Process Conditions on Characteristics of InGaZnO Thin-Film Transistors Fabricated with Plasma-Assisted Reactive Process  
The 42nd Int. Symp. on Dry Process (DPS2021), Web (2021.11.18-19)  
K. Takenaka, H. Hirayama, Y. Hayashi, H. Komatsu, G. Uchida, A. Ebe and Y. Setsuhara
- (3) Improvement of Energy Cost in Methanation of CO<sub>2</sub> with Plasma Catalysis  
Materials Research Meeting 2021 (MRM2021), online (2021.12.13-17)  
S. Toko, M. Ideguchi, T. Hasegawa, T. Okumura, K. Kamataki, K. Takenaka, K. Koga, M. Shiratani and Y. Setsuhara
- (4) Plasma-Enhanced Reactive Processes for Low-Temperature Fabrication of High-Mobility Oxide Thin Film Transistors  
INTERFINISH2020 20th World Congress, Web (2021.9.6-8)  
K. Takenaka, Y. Hayashi, H. Komatsu, S. Toko, G. Uchida, A. Ebe and Y. Setsuhara
- (5) Relation between CH<sub>4</sub> Yield and CO Emission Intensity Gradient in Plasma Assisted CO<sub>2</sub> Methanation Plasma Thin Film Int. Union Meeting 2021 (PLATHIUM2021), Web (2021.9.13-17)  
M. Ideguchi, T. Hasegawa, D. Yamashita, S. Toko, K. Kamataki, N. Itagaki, K. Koga and M. Shiratani

- (6) Kinetic Study of Effects of Discharge Power on CO<sub>2</sub> Methanation Using a Plasma Catalyst  
Materials Research Meeting 2021 (MRM2021), Web (2021.12.13-17)  
T. Hasegawa, M. Ideguchi, D. Yamashita, S. Toko, K. Kamataki, K. Koga and M. Shiratani
- (7) Effects of Pulse Rf Discharge on Carbon Dioxide Methanation in Plasma Catalytic Method  
Materials Research Meeting 2021 (MRM2021), Web (2021.12.13-17)  
M. Ideguchi, T. Hasegawa, D. Yamashita, S. Toko, K. Kamataki, N. Itagaki, K. Koga and M. Shiratani

**(8) 国内学会発表**

- (1) 反応性プラズマプロセスを用いた高移動度IGZO薄膜トランジスタの低温形成 (IV)  
2021年第82回応用物理学会秋季学術講演会, Web会議 (2021.9.10-13)  
竹中弘祐, 平山裕之, 藤村知輝, 林祐仁, 内田儀一郎, 江部明憲, 節原裕一
- (2) 高移動度IGZO薄膜トランジスタの大面積均一形成に向けたプラズマ支援反応性プロセスの開発  
2022年第69回応用物理学会春季学術講演会, ハイブリッド開催 (青山学院大学相模原キャンパス+オンライン) (2022.3.22-26)  
竹中弘祐, 吉谷友希, 都甲将, 内田儀一郎, 江部明憲, 節原裕一
- (3) プラズマ触媒反応において触媒が二酸化炭素リサイクルのエネルギコストに与える影響  
2021年第82回応用物理学会秋季学術講演会, Web会議 (2021.9.10-13)  
都甲将, 出口雅志, 長谷川大樹, 鎌滝晋礼, 竹中弘祐, 古閑一憲, 白谷正治, 節原裕一
- (4) プラズマ支援反応プロセスで作成されたIGZO薄膜トランジスタの特性評価  
The 39-th Symp. on Plasma Processing/The 34-th Symp. on Plasma Science for Materials (SPP-39/SPSM34), Web会議 (2022.1.24-26)  
林祐仁, 小松響, 都甲将, 竹中弘祐, 江部明憲, 節原裕一
- (5) プラズマ触媒を用いたCO<sub>2</sub>メタン化のためのプラズマシミュレーション  
The 39-th Symp. on Plasma Processing/The 34-th Symp. on Plasma Science for Materials (SPP-39/SPSM34), online (2022.1.24-26)  
都甲将, 出口雅志, 長谷川大樹, 鎌滝晋礼, 竹中弘祐, 古閑一憲, 白谷正治, 節原裕一
- (6) 大気圧RFプラズマジェットを用いた異材接合プロセスの開発  
The 39-th Symp. on Plasma Processing/The 34-th Symp. on Plasma Science for Materials (SPP-39/SPSM34), Web会議 (2022.1.24-26)  
陣田堯哉, 中本壮太郎, 都甲将, 竹中弘祐, 内田儀一郎, 節原裕一
- (7) プラズマ触媒作用を用いたCO<sub>2</sub>メタネーションにおける振動回転励起CO分子の役割  
2022年第69回応用物理学会春季学術講演会, ハイブリッド開催 (青山学院大学相模原キャンパス+オンライン) (2022.3.22-26)  
都甲将, 出口雅志, 長谷川大樹, 奥村賢直, 鎌滝晋礼, 竹中弘祐, 古閑一憲, 白谷正治, 節原裕一
- (8) パルス放電プラズマを用いたCO<sub>2</sub>メタン化に対する放電休止時間の効果  
2022年第69回応用物理学会春季学術講演会, 相模原 (2022.3.22-26)  
長谷川大樹, 出口雅史, 山下大輔, 都甲将, 鎌滝晋礼, 古閑一憲, 白谷正治

(9) 国際会議講演

- (1) Plasma-assisted Reactive Processes for Low-Temperature Formation of Functional Materials  
5th Asia Pacific Conference on Plasma Physics (AAPPS-DPP2021), Remote e-conference (2021.9.26-10.1)  
K. Takenaka, Y. Hayashi, H. Komatsu, S. Toko, G. Uchida, A. Ebe and Y. Setsuhara
- (2) The Role of Plasma and Catalyst in Methanation of CO<sub>2</sub> with Plasma Catalysis  
5th Asia Pacific Conf. on Plasma Physics (AAPPS-DPP2021), online (2021.9.26-10.2)  
S. Toko, M. Ideguchi, T. Hasegawa, T. Okumura, K. Kamataki, K. Takenaka, K. Koga, M. Shiratani and Y. Setsuhara

(10) 国内会議講演

- (1) 反応性プラズマプロセスによる酸化物半導体薄膜形成  
2021 (令和3) 年度第3回表面改質技術研究委員会, Web会議 (2022.2.21)  
竹中 弘祐, 都甲 将, 節原 裕一

(13) 特許出願・登録

- (1) プラズマ生成装置及びこれを用いたプラズマ生成方法  
特許第6991543号  
節原 裕一, 竹中 弘祐, 他1名

(15) 受賞

- (1) Best Review賞  
(一社) スマートプロセス学会 (2021.04.26)  
内田 儀一郎, 池田 純一郎, 竹中 弘祐, 節原 裕一

(17) 外部資金

(単位: 千円)

科学研究費補助金

- |     |         |   |       |       |
|-----|---------|---|-------|-------|
| (1) | 基盤研究(B) | 高密度プラズマ支援製膜によるナノ構造制御次世代酸化物半導体薄膜低温形成法の創成 | 節原 裕一 | 7,020 |
| (2) | 基盤研究(C) | 微小液滴を用いたプラズマ支援による3次元ナノ構造酸化亜鉛薄膜形成技術の確立   | 竹中 弘祐 | 2,210 |

奨学寄付金

- |     |  |  |       |     |
|-----|--|--|-------|-----|
| (1) |  |  | 節原 裕一 | 500 |
|-----|--|--|-------|-----|

#### 4. 8 教育

氏名：節原 裕一

##### (1) 大学院等講義科目

- |                 |  |
|-----------------|--|
| (1) マテリアル生産科学専攻 | 材料電磁プロセス学                                |
| (2) 全学教育推進機構    | 学問への扉（ものづくりサイエンス「表面の不思議－表面を変えると接合も変わる－」） |

##### (4) 修士論文

- |                        |   |
|------------------------|---|
| (1) マテリアル生産科学専攻, 林 祐仁  | 反応性プラズマプロセスによるフレキシブルデバイスのための酸化物半導体薄膜低温形成      |
| (2) マテリアル生産科学専攻, 陣田 堯哉 | 大気圧非平衡高周波プラズマジェットを用いた高機能プラスチック-金属接合技術の開発と機構解明 |

氏名：竹中 弘祐

##### (1) 大学院等講義科目

- |                 |  |
|-----------------|--|
| (1) マテリアル生産科学専攻 | 材料電磁プロセス学                                |
| (2) 全学教育推進機構    | 学問への扉（ものづくりサイエンス「表面の不思議－表面を変えると接合も変わる－」） |

氏名：都甲 将

##### (1) 大学院等講義科目

- |              |  |
|--------------|--|
| (1) 全学教育推進機構 | 学問への扉（ものづくりサイエンス「表面の不思議－表面を変えると接合も変わる－」） |
|--------------|--|

#### 4. 9 社会貢献

氏名：節原 裕一

##### (1) 学会役員

- |                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| (1) (公社) 応用物理学会 | プラズマエレクトロニクス分科会 幹事長 |
| (2) (公社) 応用物理学会 | 特別 WEB コラム編集委員      |
| (3) (一社) 日本溶接協会 | 表面改質技術研究委員会 副委員長    |
| (4) (一社) 表面技術協会 | 関西支部 顧問             |

## (2) 国際会議委員

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| (1) The 20th Interfinish World Congress   | International Organizing Committee |
| (2) The 14th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials / 15th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2022/IC-PLANTS2022)        | Organizing Committee               |
| (3) The 18th International Conference on Plasma Surface Engineering   | International Scientific Committee |
| (4) The 13th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering  | International Scientific Committee |
| (5) The 42nd International Symposium on Dry Process   | Program Committee                  |
| (6) The 11th International Conference on Reactive Plasmas / The 75th Annual Gaseous Electronics Conference / The 40th Symposium on Plasma Processing (SPP-40) / The 35th Symposium on Plasma Science for Materials (SPSM35) | International Organizing Committee |
| (7) The 12th International Conference on PROCESSING & MANUFACTURING OF ADVANCED MATERIALS (THERMEC'2023)  | International Advisory Committee   |
| <b>(5) 国・自治体・公益法人等への貢献</b>  |                                    |
| (1) (独) 大学改革支援・学位授与機構   | 専門委員                               |
| (2) (独) 日本学術振興会   | プラズマ材料科学第 153 委員会 学界委員             |
| (3) (一社) 大阪大学ナノ理工学<br>人材育成産学コンソーシアム   | 学術会員                               |
| (4) 名古屋大学未来材料・システム研究所   | 共同利用・共同研究委員会 委員                    |
| (5) European Joint Committee on Plasma and Ion Surface Engineering (EJC/PISE)   | Associated Member                  |
| (6) Asian Joint Committee for Applied Plasma Science and Engineering (AJC-APSE)   | Committee Member                   |

氏名：竹中 弘祐

(1) 学会役員

(1) (公社) 応用物理学会 応用物理学会大分類 8 プログラム委員

(2) 国際会議委員

(1) ISPlasma2022/IC-PLANTS2022 Program Committee

(2) Visual-JW2022 Executive Committee

(3) DPS2022 Publication Committee

4. 10 全国共同利用に関する研究

(1) 令和 3 年度共同研究員と研究テーマ

氏名：節原 裕一

一般公募研究課題

- |      |                          |       |                                 |
|------|--------------------------|-------|---------------------------------|
| (1)  | (国研) 産業技術総合研究所           | 布村 正太 | 酸化物半導体の欠陥の発生と修復のメカニズムの解明        |
| (2)  | 九州大学プラズマナノ界面工学センター       | 奥村 賢直 | コンビナトリアルプラズマプロセス解析装置の創成         |
| (3)  | 九州大学プラズマナノ界面工学センター       | 古閑 一憲 | コンビナトリアルプラズマプロセス解析装置の創成         |
| (4)  | 九州大学プラズマナノ界面工学センター       | 白谷 正治 | コンビナトリアルプラズマプロセス解析装置の創成         |
| (5)  | 九州大学プラズマナノ界面工学センター       | 鎌滝 晋礼 | コンビナトリアルプラズマプロセス解析装置の創成         |
| (6)  | 九州大学大学院システム情報科学研究院       | 板垣 奈穂 | コンビナトリアルプラズマプロセス解析装置の創成         |
| (7)  | 佐世保工業高等専門学校電気電子工学科       | 川崎 仁晴 | 粉体ターゲットを用いた透明導電膜の試作             |
| (8)  | 大阪工業大学工学部機械工学科           | 山浦 真一 | 新規な金属材料を用いた水素透過膜の研究             |
| (9)  | 大阪大学大学院工学研究科電気電子情報通信工学専攻 | 藤井 彰彦 | 一軸型塗布プロセスによる有機無機ペロブスカイト単結晶薄膜の創製 |
| (10) | 大阪大学大学院工学研究科電気電子情報通信工学専攻 | 尾崎 雅則 | 一軸型塗布プロセスによる有機無機ペロブスカイト単結晶薄膜の創製 |



- |      |                              |       |                                     |
|------|------------------------------|-------|-------------------------------------|
| (11) | 大阪大学大学院工学研究科<br>電気電子情報通信工学専攻 | 鶉野 弦也 | 一軸型塗布プロセスによる有機無機ペロブ<br>スカイト単結晶薄膜の創製 |
| (12) | 大阪大学大学院工学研究科<br>電気電子情報通信工学専攻 | 桑原 直  | 一軸型塗布プロセスによる有機無機ペロブ<br>スカイト単結晶薄膜の創製 |
| (13) | 大阪大学大学院工学研究科<br>電気電子情報通信工学専攻 | 齋藤 智樹 | 一軸型塗布プロセスによる有機無機ペロブ<br>スカイト単結晶薄膜の創製 |
| (14) | 名城大学理工学部                     | 内田儀一郎 | 金属 / 樹脂接合に向けた新規大気圧プラズ<br>マ源の開発      |
| (15) | 名城大学理工学部<br>電気電子工学科          | 平松美根男 | 大気圧プラズマを用いたグラフェンの成長<br>過程           |

**(2) 共同研究員との共著論文件数 (査読付き学術論文, 国際会議論文)**

- |     |    |   |
|-----|----|---|
| (1) | 合計 | 4 |
|-----|----|---|



接合プロセス研究部門  
加工プロセス学分野



## 接合プロセス研究部門 加工プロセス学分野

### 4. 1 研究概要

本研究分野では、種々のエネルギー源を用いた接合をはじめとする材料加工プロセスの機構解明と環境負荷低減に寄与できる高能率・高効率な先進加工プロセスの構築に関する研究に取り組む。特に、エレクトロニクス実装分野におけるマイクロ接合を対象に、優れた機能と高い信頼性を有する微細接合部を確立するための機能性接合材料の創出や各種エネルギー源を利用した新たな先進微細プロセスの構築、さらには界面構造・機能制御による接合部の高信頼性化を推進するとともに、関連する基礎学理の構築と実用化に向けた応用技術開発を行う。さらに次々に開発される新材料の接合プロセス問題の解決、既存材料との異材接合の接合可能性評価などを行い、新材料に適した新たな加工プロセス開発を図る。

### 4. 2 研究課題

1. 先進微細接合プロセスの開発と評価
2. 微細接合プロセスの現象解明と欠陥抑制
3. はんだ付界面の微細組織制御とその組織解析
4. レーザを熱源とした高効率レーザーはんだ付技術の基礎検討
5. 3次元ナノ構造を利用した焼結型高耐熱性接合部の構築
6. フレキシブル性を有する低温接合材料の開発

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

#### 1. Sn-Bi系低融点合金の特性向上

汎用の鉛フリーはんだとしてSn-Ag-Cu系はんだが利用されているが、接合対象部材に耐熱性の低い有機材料も多く含まれるようになってきていることから、接合プロセスの低温化が求められている。そこで、138℃の融点をもつSn-Bi共晶はんだが注目されているが、Biの脆い性質や、室温でもはんだ組織の粗大化が著しく特性劣化が懸念されており、Sn-Bi系合金自身とそのはんだ付部の信頼性向上が求められている。そこでSn-Bi系合金の特性向上を目的として、融点を大きく変化させることなく、機械的特性低下の原因となるBiの含有量を減らす方策を検討し、熱力学的計算を用いてSn-Bi-Znの3元系合金組成を提案してきた。更にInを添加したSn-Bi-Zn-Inの4元系合金を提案し、元素添加が合金の機械的性質、接合部の接合強度、界面微細構造に及ぼす影響評価を継続的に行っている。

#### 2. 青色半導体レーザーを用いた高効率レーザーはんだ付の検討

青色半導体レーザーは、金属に対する光吸収率が高く、近赤外線領域レーザーでは困難とされる金属の加工にも適しており、次世代レーザー加工機用の光源として応用が期待されている。そこで、Sn-Ag-Cu系はんだへのレーザーを熱源としたレーザーはんだ付の高効率化を目指し、青色半導体レーザーを用いたレーザーはんだ付の基礎的評価を開始した。今年度は、近赤外線領域レーザーと青色半導体レーザーを比較し、青色半導体レーザーと近赤外線領域レーザーとでははんだへの光吸収率が異なり、青色半導体レーザーで高効率なはんだ付を行える可能性があることが示された。また、接合強度やはんだ組織、はんだ付界面に与える影響の評価も開始した。

#### 3. ナノポーラス材料を利用した焼結型接合技術の開発

パワーモジュールなどに高温はんだとして使用される高Pb含有はんだ(Pb-10Snなど)の有害物

質フリー化が求められており、高 Pb 含有はんだ代替接合材料として低温焼結性にも優れたナノマテリアルを用いる新規接合プロセスの構築に向けた基礎研究を行っている。従来までの Au や Ag のナノポーラスシートから更に汎用的な材料である Cu のナノポーラスシートに関する研究を継続的に実施している。これまでに、Cu ナノポーラスシートを作製する際の前駆体合金の製造方法に着目し、通常、単ロール法による急速冷却により前駆体合金を作製するのが一般的であったが、安定して均質な合金を得ることが困難であるため、合金製造方法として一般的な冷間圧延を用い、Mn-Cu 合金薄帯を作製し、ナノポーラスシートの作製を検討してきた。今年度は、冷間圧延により作製した Mn-Cu 合金薄帯から、Cu ナノポーラス構造のシートを作製し、シートを接合材とした接合体の信頼性評価を実施した。その結果、Cu ナノポーラス構造を利用した接合体も十分な信頼性を得られることを明らかにした。

#### 4. Sn-In 系低融点合金の特性向上

汎用の鉛フリーはんだとして Sn-Ag-Cu 系はんだが利用されているが、接合対象部材に耐熱性の低い有機材料も多く含まれるようになってきていることから、接合プロセスの低温化が求められている。138℃の融点をもつ Sn-Bi 共晶はんだをベースにした Sn-Bi 系合金について検討を行ってきたが、更に低い融点 (117℃) を持つ Sn-In 共晶はんだにも注目し、フレキシブルデバイスやウェアラブルデバイスなどにも利用できる低融点合金の開発をスタートした。今年度は、Sn-In 共晶はんだの機械的特性の向上を目的とした添加物として ZrO<sub>2</sub> を選定し、実際に合金を試作し、その合金の機械的特性や微細組織について評価した。ZrO<sub>2</sub> を微量添加することにより、Sn-In 共晶はんだの組織を微細化でき、引張強度を向上させることが可能であることを明らかにでき、貴重な成果を得た。

#### 5. Ag 薄膜や Cu 薄膜でのエレクトロマイグレーション性評価

エレクトロマイグレーションとは、金属配線やはんだ付部に流れる電子が金属原子と衝突し、金属原子を輸送する現象である。この現象により、金属原子が減少する部分は断線し、一方で堆積する部分が発生し、配線部や接合部の信頼性に影響を及ぼす。従来は、接合部の微細化に伴う電流密度の高密度化による信頼性問題と認識されてきた。しかしながら、近年では印刷技術を利用した Ag ペーストや Cu ペーストによる配線も検討され始め、プリンテッドエレクトロニクスによる製品でも、マイグレーションを信頼性問題として考える必要が出てきている。そこで、配線材料として期待されている Ag ナノ粒子ペーストや Cu ナノ粒子ペーストを用いた微細配線に対するエレクトロマイグレーションの評価を実施し、鉛フリーはんだとの比較などを行っている。本年度は、Ag ナノ粒子ペーストにより形成した微細配線でのエレクトロマイグレーション現象について室温と高温環境で評価を実施し、Ag 薄膜のエレクトロマイグレーション現象の特徴などを明らかにし、貴重な成果を得た。

#### 6. Cu シート表面微細構造を利用した焼結型接合技術の開発

パワーモジュールなどに高温はんだとして使用される高 Pb 含有はんだ (Pb-10Sn など) の有害物質フリー化が求められており、高 Pb 含有はんだ代替接合材料として低温焼結性にも優れたナノマテリアルを用いる新規接合プロセスの構築に向けた基礎研究を行っている。今年度は、Cu シート表面に酸化・還元反応により微細構造を形成する独創性の高いプロセスに取り組み、Cu シート表面に微細構造を形成することにより、300℃程度でも焼結型接合が可能であることを明らかにした。

### (2) 研究に対する自己評価

#### ① 研究の独自性、研究レベル：

本研究分野は、エレクトロニクス実装分野におけるマイクロ接合を対象に、優れた機能と高い信頼性を有する微細接合部を確立するための機能性接合材料の創出や各種エネルギー源を利用した新

たな先進微細プロセスの構築、さらには界面構造・機能制御による接合部の高信頼性を推進している。具体的には、①鉛フリーはんだ接合部界面微細組織解析・継手特性評価、②低融点鉛フリーはんだ合金の探索とその特性向上、③ナノマテリアルやナノ構造を利用した高温はんだ代替接合プロセスの確立を3本柱として研究を進めており、独自性の高い先進的研究成果をあげている。特に世界に先駆けて Au や Ag, Cu ナノポーラス構造を利用する接合プロセスや、Cu シート表面やマイクロサイズ金属粒子表面に作製したナノ構造を利用する焼結型接合プロセスを提案するなど、常に独創性が高い先駆的な研究に取り組んでいる。先駆的な研究に取り組む一方で、得られた成果や知見を標準化活動にも活用している。これまでの高温はんだ代替接合技術に関する研究成果が認められ、省エネルギー等国際標準開発(国際電気標準分野)事業(テーマ名:パワーデバイス実装に関する国際標準化)や戦略的国際標準化加速事業(政府戦略分野に係る国際標準開発活動)(テーマ名:産業機器用電力半導体回路基板/放熱構造接合部の耐久性評価に関する国際標準化)に参画し、事業内で得られた成果により、IEC(国際電気標準会議)に日本から標準試験方法が5件提案され、その内の2件で西川教授が日本代表としてプロジェクトリーダーを務め、国際規格の成立に向けた取り組みを行っている。

#### ② 研究の成果発表等:

研究成果は海外の欧文誌を中心に掲載しており、今年度の研究論文は、査読付き学術論文15件(うち海外欧文誌14件)、査読有り国際会議論文1件、査読なし国際会議論文4件、解説・総説3件となっており、本分野の常勤研究者1名(令和3年11月より2名)による成果としては高く評価できる数値である。今年度も外国雑誌中心に投稿した結果、インパクトファクター(IF)が5.0を超える学術雑誌(Mater. Des., J. Taiwan Inst. Chem. Eng., Mater. Sci. Eng. A, J. Mater. Res. Technol.)に4件、3.0を超える学術雑誌(Mater. Res. Bull., Sci. Technol. Weld. Join., Sci. Rep., Mater. Today Commun. 等)に6件が掲載され、海外欧文誌分は全てIF 2.0以上の学術雑誌に掲載されており、溶接・接合分野としてはレベルの高い雑誌に掲載されていると自負しており、独自性に優れた研究を実施していることを裏付けている。継続してIFの高い欧文誌への投稿を増やすことに努力していく。

#### ③ 研究成果の社会への貢献:

国プロ・省エネルギー等国際標準開発(国際電気標準分野)事業(テーマ名:パワーデバイス実装に関する国際標準化)と戦略的国際標準化加速事業(政府戦略分野に係る国際標準開発活動(テーマ名:産業機器用電力半導体回路基板/放熱構造接合部の耐久性評価に関する国際標準化)に参画し、それぞれの事業で得られた成果によりIEC/TC91委員会において日本代表として計2件の試験方法を提案し、プロジェクトリーダーを務めている。現在は、後継として設置された国内フォローアップ委員会で国際規格の成立に向けた取り組みを継続している。その他、研究室独自には新たなシーズとして接合用材料としてのナノポーラスシートやマイクロサイズ粒子の表面改質方法を世界に先駆けて提案しており、他大学や民間企業との共同研究を通じて、実用化を目指している。

#### ④ 研究予算と共同研究:

令和3年度外部資金は、令和2年度に新規獲得したJST研究成果展開事業/研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)の産学共同(育成型)や科学研究費補助金「基盤研究(B)」を研究代表者として継続して実施した。科学研究費補助金1件2,600千円、一般公募型補助金研究1件5,000千円、民間等との共同研究3件68,951千円、受託研究2件15,812千円、奨学寄付金1件400千円で、外部資金合計は94,564千円となり、共同研究を継続して進め、更に、国プロなどの大型研究予算の新規獲得に向けて努力していく。

#### 4. 4 教育に対する自己評価

本研究分野は、大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻生産科学コースの協力講座として大学院教育を中心に行っている。西川教授が平成30年度から教授に採用され、新たな研究室としてスタートを切り、4年間が経過した。マテリアル生産科学専攻・生産科学コースからの学生の配属があり、大学院博士後期課程学生9名（社会人ドクター3名を含む）、大学院博士前期課程学生4名、学部4年生1名の研究指導を行うとともに、博士前期課程学生の向けの講義を1件担当した。接合科学研究所が実施している、共通教育機構の「学問への扉」も分担している。

#### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

##### ① 国内外での学会等活動：

本研究分野では溶接・接合、特にエレクトロニクス実装に関わる学協会を中心に活発な社会貢献を展開している。（一社）溶接学会、（一社）スマートプロセス学会、（一社）日本溶接協会、（一社）エレクトロニクス実装学会、その他学協会等の委員会、ワーキング等においても幹事、主査等を務めており、特に（一社）エレクトロニクス実装学会では令和3年度から常任理事を務めている。微細接合ならびに鉛フリーはんだ実装の進展、及び関連する評価試験方法の国際規格化、技術者教育にも貢献している。

##### ② 産学連携：

民間企業との共同研究を継続的に行うとともに、新規の共同研究もスタートしており、令和3年度は3件の共同研究を実施した。今後も大型外部資金獲得に繋げていきたい。また戦略的国際標準化加速事業（政府戦略分野に係る国際標準開発活動）で得られた成果の国際規格化を目指し、現在は、後継として設置された国内フォローアップ委員会で国際規格の成立に向けた取り組みを継続している。参画し、日本の産業界への貢献として、国際規格制定に向けた活動にも注力している。今後も、産学連携に注力しながら、外部資金獲得額の増加と継続的な大型プロジェクトの獲得が課題と位置付けている。

##### ③ 国際貢献

これまでから IEC /TC91 関連委員会と WG に参加しており、今年度は日本から提案したパワーデバイス実装部の評価に関する2件の試験方法を規格化するため、日本代表として WG に参加し、審議対応をおこなった。鉛フリーはんだおよびエレクトロニクス実装関連の日本発の IEC 国際規格制定に貢献している。また、今年度開催された4件の国際会議（海外3件、国内1件）で、Technical Committeeなどを務め、国際会議の運営に貢献した。特に、米国で毎年開催される TMS では、Leading Symposium Organizer を務めている。

また留学生（研究生を含む）が例年、複数在籍しており、本年度は生産科学コース以外に所属する学生を含め、中国からの留学生3名、韓国からの留学生2名、ベトナムから留学生1名が正規留学生として在籍しており、継続的に研究指導を行っている。今年度は、2名が博士（工学）の学位を取得した。

#### 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

本研究分野では、先進加工プロセス研究に関して共同研究員を募集しており、主としてエレクトロニクス実装にかかわる研究者が集まっている。本年度は国内から6名の共同研究員を迎えて共同研究を実施し、共同研究員との共著論文を2件発表した。今後も研究員の研究領域と人数の拡大を目指すとともに、共同研究員との共同成果発表を増やせるように務めていきたい。



#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Observation of Void Formation Patterns in SnAg Films Undergoing Electromigration and Simulation Using Random Walk Methods  
Sci. Rep., 11 (2021), 8668.  
Z. Jin, Y.-A. Shen, Y. Zuo, Y. C. Chan, S. H. Mannan and H. Nishikawa
- (2) Improvements in Mechanical Properties of Sn-Bi Alloys with Addition of Zn and In  
Mater. Sci. Eng. A., 813 (2021), 141131.  
Y. Hirata, C.-H. Yang, S.-K. Lin and H. Nishikawa
- (3) Fabrication and Characterization of Nanoporous Copper through Chemical Dealloying of Cold-Rolled Mn-Cu Alloy  
J. Porous Mat., 28 (2021), 1823-1836.  
B. Park, D. L. Han, M. Saito, J. Mizuno and H. Nishikawa
- (4) Large-area and Low-Cost Cu-Cu Bonding with Cold Spray Deposition, Oxidation and Reduction Processes under Low-Temperature Conditions  
J. Mater. Sci. -Mater. Electron., 32 (2021), 20461-20473.  
J. Hou, Q. Zhang, S. He, J. Bian, J. Jiu, C. Li and H. Nishikawa
- (5) Fabrication of NiO/ZrO<sub>2</sub> Nanocomposites Using Ball Milling-Pyrolysis Method  
Vacuum, 191 (2021), 110370.  
F. Hou, Y.-A. Shen, S. He, K. Zhang and H. Nishikawa
- (6) Low-pressure Micro-Silver Sintering with the Addition of Indium for High-Temperature Power Chips Attachment  
J. Mater. Res. Technol.-JMRT, 15 (2021), 4541-4553.  
C.-H. Tsai, W.-C. Huang, L. M. Chew, W. Schmitt, J. Li, H. Nishikawa and C. R. Cao
- (7) Interface Design and the Strengthening-Ductility Behavior of Tetra-Needle-Like ZnO Whisker Reinforced Sn1.0Ag0.5Cu Composite Solders Prepared with Ultrasonic Agitation  
Mater. Des., 210 (2021), 110038.  
F. Hou, Z. Jin, D. L. Han, K. Zhang and H. Nishikawa
- (8) Microstructure Evolution and Shear Strength of Tin-Indium-xCu/Cu Joints  
Metals, 12 (2021), 33.  
D. L. Han, Y.-A. Shen, F. Huo and H. Nishikawa
- (9) The Influence of Porosity and Pore Shape on the Thermal Conductivity of Silver Sintered Joint for Die Attach  
Mater. Today Commun., 29 (2021), 102772.  
Y.-J. Kim, B.-H. Park, S. K. Hyun and H. Nishikawa
- (10) Effect of Low Bi Content of Reliability of Sn-Bi Alloy Joints before and after Thermal Aging  
JOM, Online (2022)  
H. Nishikawa, Y. Hirata, C.-H. Yang and S.-K. Lin

- (11) Surface Modification of Cu Electroplated Layers for Cu-Sn Transient Liquid Phase Bonding  
Mater. Chem. Phys., 277 (2022), 125621.  
S.-Y. Hsu, C.-M. Chen, J.-M. Song and H. Nishikawa
- (12) Electrodeposition of Nanocrystalline Cu for Cu-Cu Direct Bonding, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers  
J. Taiwan Inst. Chem. Eng., 132 (2022), 10417.  
J.-J. Jhana, K. Wataya, H. Nishikawa and C.-M. Chen
- (13) Three-dimensional Interface and Property of SnPb Solder Joint under Extreme Thermal Shocking  
Sci. Technol. Weld. Join., 27, 3 (2022), 186-196.  
J. Wang, S. Xue, L. Liu, P. Zhang and H. Nishikawa
- (14) 大阪大学カップリング・インターンシップにおける成果プロセス（プログラムの質的向上を目指して）  
グローバル人材育成教育研究, 9, 2 (2022)  
寺西 未沙, 勝又 美穂子, 西川 宏, 近藤 勝義, 田中学
- (15) Novel Transient Liquid Phase Bonding Method Using In-coated Cu Sheet for High-Temperature Die Attach  
Mater. Res. Bull., 149 (2022), 111713.  
J. Wang, X. Liu, F. Huo, K. Kariya, N. Masago and H. Nishikawa
- (2) 国際会議発表論文（査読あり）**
- (1) The Reliability of ENIG Joint Bonded by In-coated Cu Sheet  
Proc. 2021 IEEE 71st Electronic Components and Technology Conf. (ECTC), Online (2021.6.1-7.4), 520-525.  
H. Nishikawa, J. Wang, K. Kariya and N. Masago
- (3) 国際会議発表論文（査読なし）**
- (1) Effect of 4.0 mass% Cu Addition on Microstructure and Mechanical Properties of In-48Sn Alloy  
Proc. 2021 Int. Conf. on Electronics Packaging (ICEP2021), Online (2021.5.12-14), 139-140.  
D. L. Han, B. Park and H. Nishikawa
- (2) Surface Modification of Tetra-Needle Like ZnO (T-ZnO) and Characterization of Interface between Sn1.0Ag0.5Cu and NiO Decorated T-ZnO  
Proc. 2021 Int. Conf. on Electronics Packaging (ICEP2021), Online (2021.5.12-14), 133-134.  
F. Hou, K. Zhang and H. Nishikawa
- (3) The Effect of Solid-State Nanoporous Cu Bonding for Power Device  
Proc. 2021 Int. Conf. on Electronics Packaging (ICEP2021), Online (2021.5.12-14), 159-160.  
B. Park, D. L. Han, M. Saito, J. Mizuno and H. Nishikawa
- (4) The Voids Growth Path on Sn-Ag Thin Film under High Current Density  
Proc. 2021 Int. Conf. on Electronics Packaging (ICEP2021), Online (2021.5.12-14), 115-116.  
Z. Jin, Y.-A. Shen, Y. Zuo, S. H. Mannan and H. Nishikawa

#### (4) 国内会議発表論文（査読あり）

- (1) ダイアタッチ用表面微細構造Cuシートの提案  
第28回エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術シンポジウム論文集, オンライン (2022.2.1-14), 108-111.  
綿谷一駿, 朴炳浩, 巽裕章, 西川宏
- (2) レーザはんだ付におけるはんだ溶融挙動の観察と継手の特性評価  
第28回エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術シンポジウム論文集, オンライン (2022.2.1-14), 84-87.  
金下征司, 佐藤雄二, 巽裕章, 塚本雅裕, 西川宏
- (3) 酸化銀マイクロ粒子を用いた銀-アルミニウム接合の低温化  
第28回エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術シンポジウム論文集, オンライン (2022.2.1-14), 42-43.  
碓井脩斗, 松田朋己, 藤野純司, 巽裕章, 小椋智, 加柴良裕, 廣瀬明夫

#### (5) 国内会議発表論文（査読なし）

- (1) 300℃高温放置によるマイクロサイズ銀粒子焼結層の微細組織変化  
第31回マイクロエレクトロニクスシンポジウム (MES2021) (2021.9.20-22), 159-162.  
淀将悟, 霍福鹏, 西川宏
- (2) 銀ナノペースト焼結体のエレクトロマイグレーション現象評価  
第28回エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術シンポジウム論文集, オンライン (2022.2.1-14), 313-314.  
黒田裕志, 金智, 巽裕章, 西川宏

#### (9) 国際会議講演

- (1) Bonding Materials and Processes for High-Temperature Electronics  
Sustainability Leads Weekly Webinars, Taiwan (2021.7.14)  
H. Nishikawa
- (2) Nanoporous-metal Sintering for High-Temperature Die Attach in Power Devices  
The 22nd International Conference on Electronic Packaging Technology (ICEPT2021), China (2021.9.14)  
H. Nishikawa
- (3) Novel Die Attach Materials and Processes for Power Devices  
6th International Conference of Advanced Electromaterials, Korea (2021.11.9-12)  
H. Nishikawa
- (4) Thermal Conductivity of Sintered Joint Using Micro-sized Ag Particles for Power Devices  
2021 Materials Research Society-Taiwan International Conference (2021 MRSTIC), Taiwan (2021.11.13-17)  
H. Nishikawa

#### (10) 国内会議講演

- (1) エレクトロニクス実装分野で求められる新たなマイクロ接合技術  
大阪大学接合科学研究所 第18回産学連携シンポジウム, WEB開催 (2021.7.2)  
西川宏

## (11) 解説・総説

- (1) マイクロエレクトロニクス実装分野で求められる新たなマイクロ接合技術  
生産と技術, 73, 4 (2021), 15-17.  
西川 宏
- (2) ナノ構造を利用した焼結型接合技術  
表面技術, 72, 12 (2021), 679-682.  
西川 宏
- (3) 大阪大学カップリング・インターンシップ実施中の「参加者の認識の変化調査」に関する結果  
と考察(プログラム活動の認識変化への影響とは)  
グローバル人材育成教育研究, 9, 2 (2022)  
勝又 美穂子, 橋本 智恵, 西川 宏, 近藤 勝義

## (15) 受賞

- (1) 2021年度 論文賞  
グローバル人材育成教育学会 (2022.03.13)  
寺西 未沙, 勝又 美穂子, 西川 宏, 近藤 勝義, 田中 学

## (17) 外部資金

(単位:千円)

### 科学研究費補助金

- |     |         |  |    |   |       |
|-----|---------|--|----|---|-------|
| (1) | 基盤研究(B) | 材料表面のナノ構造を利用した低温固相接合技術<br>の探求と接合メカニズムの解明 | 西川 | 宏 | 2,600 |
|-----|---------|--|----|---|-------|

### 一般公募型補助金研究

- |     |               |  |    |   |       |
|-----|---------------|--|----|---|-------|
| (1) | 公益財団法人<br>JKA | 次世代パワーデバイス用焼結型接合材料のマイグ<br>レーション性評価に関する研究 | 西川 | 宏 | 5,000 |
|-----|---------------|--|----|---|-------|

### 民間等との共同研究

- |     |  |                                    |    |   |        |
|-----|--|------------------------------------|----|---|--------|
| (1) |  | 鉛フリーはんだ合金粉末の高性能化と生産性向上<br>のための調査研究 | 西川 | 宏 | 1,089  |
| (2) |  | 異種無機材料ダイボンド焼結接合技術に関する研究            | 西川 | 宏 | 47,300 |
| (3) |  | 低温はんだの開発と評価に関する研究                  | 西川 | 宏 | 1,950  |

### 受託研究

- |     |  |                                       |    |   |        |
|-----|--|---------------------------------------|----|---|--------|
| (1) |  | 大面積銅接合技術開発                            | 西川 | 宏 | 862    |
| (2) |  | 次世代パワー半導体デバイス実現に資する高信頼<br>性焼結型接合技術の開発 | 西川 | 宏 | 14,950 |

## 奨学寄付金

(1) 西川 宏 400

### 4. 8 教育

氏名：西川 宏

#### (1) 大学院等講義科目

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| (1) マテリアル生産科学専攻 生産科学コース | 電子システムインテグレーション                          |
| (2) 国際教育交流センター          | カップリング・インターンシップ                          |
| (3) 全学教育推進機構            | 学問への扉（ものづくりサイエンス「表面の不思議－表面を変えると接合も変わる－」） |

#### (2) 博士論文（主査）

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| (1) マテリアル生産科学専攻, 金 智        | Reliability study of sintered silver joint under current stressing                 |
| (2) マテリアル生産科学専攻, Han Ke DUY | Improving the mechanical properties of the In52Sn48 alloy by adding third elements |
| (3) 環境エネルギー工学専攻, 川城 史義      | 大電流パワーモジュールのための高信頼超音波接合技術の研究   |

#### (3) 博士論文（副査）

- |                        |  |
|------------------------|--|
| (1) マテリアル生産科学専攻, 伊藤 宏文 | 応力緩和ダイアタッチ構造によるパワー半導体モジュールの高温信頼性向上に関する研究 |
|------------------------|--|

#### (4) 修士論文

- |                   |                             |
|-------------------|-----------------------------|
| (1) 生産科学専攻, 金下 征司 | 青色半導体レーザを用いたはんだ付継手形成機構      |
| (2) 生産科学専攻, 綿谷 一駿 | Cu シート表面微細構造を利用した高耐熱性接合部の形成 |

#### (5) 卒業論文

- |                    |  |
|--------------------|--|
| (1) 生産科学コース, 新田 隼也 | NiO 被覆 ZrO <sub>2</sub> 粒子添加による Sn-In 合金の機械的特性改善に関する研究 |
|--------------------|--|

#### 4. 9 社会貢献

氏名：西川 宏

##### (1) 学会役員

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| (1) (一社) エレクトロニクス実装学会 | 常任理事   |
| (2) (一社) エレクトロニクス実装学会 | 関西支部 副支部長                                    |
| (3) (一社) エレクトロニクス実装学会 | 第30回マイクロエレクトロニクスシンポジウム<br>実行委員               |
| (4) (一社) スマートプロセス学会   | エレクトロニクス生産科学部会 企画委員会<br>委員                   |
| (5) (一社) スマートプロセス学会   | エレクトロニクス生産科学部会<br>電子デバイス実装研究委員会 副委員長         |
| (6) (一社) スマートプロセス学会   | エレクトロニクス生産科学部会<br>有機/無機接合研究委員会 副委員長          |
| (7) (一社) スマートプロセス学会   | 編集委員会 委員長                                    |
| (8) (一社) スマートプロセス学会   | 理事   |
| (9) (一社) 電子情報技術産業協会   | IEC/TC91 国内委員会 委員                            |
| (10) (一社) 電子情報技術産業協会  | 電力半導体デバイス接合部の国際標準化研究<br>委員会フォローアップ委員会 副委員長   |
| (11) (一社) 日本溶接協会      | はんだ・微細接合部会技術委員会規格分科会<br>主査                   |
| (12) (一社) 日本溶接協会      | はんだ・微細接合部会微細接合技術委員会<br>幹事                    |
| (13) (一社) 日本溶接協会      | マイクロソルダリング教育委員会 委員                           |
| (14) (一社) 溶接学会        | マイクロ接合研究委員会 幹事                               |
| (15) (一社) 溶接学会        | 企画委員会 委員                                     |
| (16) (一社) 溶接学会        | 研究推進部会 委員                                    |
| (17) (一社) 溶接学会        | 第27回エレクトロニクス実装におけるマイク<br>ロ接合・実装技術シンポジウム 実行委員 |
| (18) (一社) 溶接学会        | 論文査読・審査委員会 委員                                |

(2) 国際会議委員

- |                   |                                     |
|-------------------|-------------------------------------|
| (1) ICEP2021      | Technical Program Committee Members |
| (2) ICEPT2021     | Technical Committee                 |
| (3) ICAE2021      | Symposium Co-Organizer              |
| (4) TMS2022       | Symposium Organizer                 |
| (5) ICEP2022      | Technical Program Committee Members |
| (6) Visual-JW2022 | Executive Committee                 |

(7) 社会への情報発信

- |                                     |                    |
|-------------------------------------|--------------------|
| (1) 3D印刷技術紹介 DX時代のモノづくり<br>支援 阪大が書籍 | 日刊工業新聞(2021.12.22) |
|-------------------------------------|--------------------|

4. 10 全国共同利用に関する研究

(1) 令和3年度共同研究員と研究テーマ

氏名：西川 宏

一般公募研究課題

- |                                 |       |   |
|---------------------------------|-------|---|
| (1) 室蘭工業大学大学院 工学<br>研究科しくみ解明系領域 | 葛谷 俊博 | I族合金ナノ粒子接合剤の開発とその接合<br>界面の機械的強度および熱伝導度の評価   |
| (2) 室蘭工業大学大学院 工学<br>研究科しくみ解明系領域 | 安藤 哲也 | I族合金ナノ粒子接合剤の開発とその接合<br>界面の機械的強度および熱伝導度の評価   |
| (3) 早稲田大学<br>ナノ・ライフ創新研究機構       | 齋藤美紀子 | 電析を用いたナノポーラス構造構築と接合<br>特性                   |
| (4) 大阪大学大学院工学研究科<br>環境エネルギー工学専攻 | 井上 大介 | 環境中から集積・分離した好塩性/耐塩性セ<br>レン酸還元菌によるセレン還元機構の解明 |
| (5) 大阪大学大学院工学研究科<br>環境エネルギー工学専攻 | 上田 優弥 | 環境中から集積・分離した好塩性/耐塩性セ<br>レン酸還元菌によるセレン還元機構の解明 |
| (6) 大阪大学大学院工学研究科<br>環境エネルギー工学専攻 | 内田 寛大 | 環境中から集積・分離した好塩性/耐塩性セ<br>レン酸還元菌によるセレン還元機構の解明 |

(2) 共同研究員との共著論文件数 (査読付き学術論文, 国際会議論文)

- |        |   |
|--------|---|
| (1) 合計 | 2 |
|--------|---|





接合プロセス研究部門  
レーザプロセス学分野



## 接合プロセス研究部門 レーザプロセス学分野

### 4. 1 研究概要

本研究分野では、レーザ科学と生産技術との高度な融合を目指し、レーザを活用した接合、切断、表面改質、分離・除去等の材料加工法に関する基礎研究を実施している。特に、溶接・接合現象について光学的観察法およびX線透視法等による可視化を行い、溶接・接合メカニズム解明やモニタリングの知能化等の研究に焦点を当てている。さらに、レーザの効率的且つ熱的な利用だけでなく、光と物質との相互作用に基づく物理化学的な作用を活用し、金属積層造形技術の開発等の革新的な新プロセス創出やその実用化に取り組むとともに、レーザ光源およびレーザ加工システムの開発を行い、社会に発信する。

### 4. 2 研究課題

1. 新機能材料のレーザ溶接・接合プロセスの開発と評価
2. レーザ溶接現象および溶接欠陥形成機構の解明と欠陥防止法の開発
3. 高出力青色半導体レーザの開発
4. 青色半導体レーザ加工システムの開発とその応用
5. 青色半導体レーザを用いたレーザメタルデポジション
6. 青色半導体レーザと近赤外線レーザを用いたハイブリッド溶接
7. レーザエネルギー制御による高精度金属積層造形
8. レーザ誘起微細構造による異材接合
9. レーザによる表面改質・除去加工おける現象解明
10. レーザ表層加工による細胞伸展制御

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. 青色半導体レーザと近赤外線ファイバーレーザを用いたハイブリッドレーザシステムの開発

純銅は、反射率が高いためレーザ溶接は難しい。そこで本研究では、純銅に対して高い吸収率を有する青色半導体レーザと、ビーム品質の高い近赤外線シングルモードファイバーレーザを同軸上に配置したハイブリッドレーザシステムを開発し、純銅のレーザ溶接法を開発した。開発したシステムを用いて電気自動車に用いられている純銅平角線の溶接を試みた結果、青色半導体レーザによる援用照射によって溶接部の温度勾配が緩和され、これが溶接プロセスを安定化させる因子であることを明らかにした。本成果は学術雑誌 *Journal of Laser Applications* に掲載された。

2. 青色半導体レーザを用いたレーザコーティング技術の開発と純銅の3D造形

出力200Wの高輝度青色半導体レーザを搭載したレーザコーティング(Laser Metal Deposition: LMD)装置を用いて純銅の3D造形を行い、造形メカニズムならびに純銅のロッド形状の積層造形技術を開発した。従来手法では純銅の3D造形は難しかったが、高輝度青色半導体レーザの開発とマルチビーム照射法による均一加熱によって、高速かつ高品質な純銅の造形を実現した。

3. フェムト秒レーザによる2波長ダブルパルス照射によるアブレーション抑制効果

回折限界以下の分解能で精密な材料加工を可能にするために、チタン基板へフェムト秒レーザの2波長ダブルパルス照射を行い、パルスの間隔(遅延時間)とアブレーション深さの関係を明らかにした。使用したレーザの波長は800nmと400nmで、最もアブレーションが抑制される遅延時間は、

先行パルスが 800 nm の時は 60 ps、400 nm の時は 200 ps であった。この遅延時間の違いから、先行パルスによって生成された膨張プラズマ密度が後方パルスの臨界密度の近傍でアブレーションが抑制されることを明らかにした。本成果は、学術雑誌 *Applied Physics Letter* に掲載された。

## (2) 研究に対する自己評価

### 1. 研究の独自性

半導体レーザーについては 1990 年代から基礎的研究を行ってきており、1999 年に近赤外線波長の 2 kW 半導体レーザーシステムを日本で最初に開発して以来、半導体レーザーによる厚板溶接から超薄板溶接、クラディングなど、半導体レーザーの特性を活かした応用分野を切り開いてきた。

青色半導体レーザーの社会実装に向けて、令和 2 年 12 月に鳥津製作所、日亜化学工業、古河電気工業とともに「青色半導体レーザー接合加工研究会」を大阪大学接合科学研究所内に立ち上げた。本研究会では、4 社の幹事会員企業と 21 社の一般会員企業で構成され、青色半導体レーザーの社会実装のために課題解決、応用技術開発、プロセスメカニズムの解明等を行うと同時に、基礎セミナーや安全セミナー、加工実験の見学などを行っている。

レーザー金属積層造形法 (SLM 法・LMD 法) においては、特に銅、銅合金などの金属の任意の形状への皮膜形成技術の開発、高効率な積層造形法の開発に取り組み、亜鉛を添加した銅合金では、純銅皮膜の形成効率に比べておよそ 6 倍高くなることを明らかにした。さらに融点差の大きいアルミニウム基板に純銅の皮膜を試み、基板成分が皮膜に混入する希釈率が低い皮膜形成法を開発した。本成果は、学術雑誌 *Journal of Laser Applications* に 2 報掲載された。

### 2. 研究レベル

研究成果については、国内では応用物理学会、レーザー学会、レーザー加工学会および溶接学会など計 15 件、国外では国際会議 LPM2021 (The 22st International Symposium on Laser Precision Microfabrication)、THERMEC'2021 にて 3 件、ICALEO (International Congress on Applications of Lasers and Electro-Optics) にて 7 件、Photonics West (LASE) にて 4 件の成果発表を行っている。さらに、学術雑誌 *Applied Physics Letter* (Impact Factor:3.79)、*Journal of Laser Application* (Impact Factor:2.17)、*Physics of Plasma* (Impact Factor:2.03) へ投稿し、国際的にインパクトファクターの高い雑誌に掲載されており、論文の質の向上に努めている。

### 3. 研究成果の社会への貢献

#### 【塚本】

令和 3 年度は、昨年度に続きレーザーによるものづくり中核人材育成講座(光産業創成大学院大学)等にて、主としてものづくり企業に対する教育「レーザー加工の研究開発の進め方」を行った。

青色半導体レーザー接合加工研究会にて、青色半導体レーザーの社会実装拠点として高輝度青色半導体レーザー及び加工技術の開発、ならびに産産学連携を推進している。

第 1 回関西 Photonix、OPIE カーボンニュートラルと光・レーザー技術セミナー、レーザークラディングセミナー、広島県金属加工技術講習会、大阪大学×大阪科学技術センター連携協力シンポジウム、溶接学会「高エネルギービーム加工研究委員会企画」RemoConference によるフォーラムを開催、またテレビ大阪「ミライヤー」に出演するなど、レーザー加工の知識の社会普及に貢献した。

#### 【佐藤】

令和 3 年度も引き続きレーザープラットフォーム協議会 3 級レーザー加工管理技術者講習会ならびに安全講習会にて、「レーザー加工の基礎」の講義を行った。

福岡県工業技術センター 主催第 1 回レーザー技術活用セミナー、日本機械学会 PD6 支部オンライ

ン講演会、溶接協会 LMP シンポジウム、レーザー学会ロボットフォトンクス技術専門委員会にて講演を行い、レーザー溶接・接合の社会普及に貢献した。

#### 4. 研究予算

青色半導体レーザーの開発及び加工技術開発は、青色半導体レーザー接合加工研究会の共同研究費で行っている。レーザー金属積層造形の研究では、科学研究費補助金基盤研究(C)「時間・空間を制御したパルスレーザーによる低歪かつスパッタレス金属積層造形技術の開発」(課題番号:19K05079)およびスズキ財団科学技術研究助成、アマダ財団一般研究助成資金で行っている。レーザー溶接の研究は大阪大学接合科学研究所先導的重点課題「レーザー溶接プロセスのモデリングと適応性技術の開発」の資金で行っている。

銅および銅合金の高品質レーザーコーティング技術の開発は、JST 研究成果展開事業 A-STEP (トライアウトタイプ)にて行った。

#### 4. 4 教育に対する自己評価

本研究分野は、大学院工学研究科機械工学専攻の協力講座として大学院教育を行い、全学共通教育機構には接合科学研究所として協力している。大学院教育では「レーザープロセス学」を担当し、レーザーによる材料加工プロセスの特徴とアブレーションおよび熱加工プロセスについて講義を行っている。授業中の質問とそれに対する回答、小テストとその解答の説明などを通じて、レーザープロセスの理解を深めさせている。共通授業「学問への扉(マチカネゼミ)」において、ものづくりサイエンス「金属・無機材料調査」(塚本)、ものづくりサイエンス「表面の不思議」(佐藤)を担当し、光でつくる機能性表面について講義を行っている。

大学院博士後期課程4名(社会人3名)、大学院博士前期課程4名、学部4年生2名の研究指導を行っている。大学院生及び学部4年生に対し、国内学会および国際会議での発表を推奨・推進し、本年度の学生の発表件数は、国際会議発表:10件、国内会議発表:11件である。本年度の学生受賞件数は、国際会議:2件、国内会議3件である。配属の大学院生に対しては、研究活動を通じて、実験・研究の進め方やプレゼンテーションの指導を行っている。また、国際共同研究において、学生が海外研究者と議論できる場を積極的に提供し、学生の英語能力の向上、議論の大切さおよび意思疎通の難しさを体感してもらい、大学院教育の国際化・グローバル化に貢献している。また、大学院生博士前期・後期課程の学生に査読付き学術論文の作成を指導し、本年度は査読付き論文:8件、国際会議論文:4件が掲載された。

#### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

##### 1. 国内外での学会活動

###### 【塚本】

溶接学会高エネルギービーム加工研究委員会委員長、溶接学会 研究推進部会委員、レーザー学会研究委員会委員、レーザー学会「社会実装に向けた次世代レーザー表層加工技術」専門委員会主査、レーザー加工学会理事、レーザー加工学会誌編集委員会委員長、レーザー加工学会講演会実行委員、スマートプロセス学会理事、スマートプロセス学会誌編集委員会委員、Best Review 賞審査委員会委員として活動している。

###### 【佐藤】

溶接学会高エネルギービーム加工研究委員会幹事、日本溶接協会レーザー加工技術研究委員会幹事、レーザー学会「社会実装に向けた次世代レーザー表層加工技術」専門委員会幹事、レーザー加工学会誌編集委員会編集委員、レーザー加工学会誌査読委員会査読委員、レーザー加工学会講演会 実行委員、溶接学会誌会員モニタを務め、情報を講演会や学会誌の記事で紹介するなど社会貢献している。

## 2. 産学連携

「青色半導体レーザー接合加工研究会」を幹事4社（大阪大学を含む）、一般会員22社にて青色半導体レーザーの普及促進、応用展開及び社会実装を実現させるためセミナーや安全講習会、技術相談を行っている。

### 【塚本】

令和元年度に引き続き令和3年度戦略的高度化支援事業「超硬合金積層造形とハイブリッド加工による超薄肉長尺精密ジグの革新的製造技術の開発」では、研究開発委員会アドバイザーとしてレーザー技術に対する助言を行っている。

### 【佐藤】

令和3年度中小企業経営支援等対策補助金（戦略的基盤技術高度化支援事業）において、参画企業と連携し「高耐食、高効率、低コストのボイラー管被膜を実現する飛行中粉末溶融型レーザークラディング工法の開発」を推進している。

## 3. 国際貢献

### 【塚本】

国際会議 IHW2021 において Commission- IV の Delegate、Visual JW 2022 では議長、国際会議 The 39th International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO2021) において Stairing Committee および、Laser Macro-Processing の Co-Chair を務めている。

### 【佐藤】

国際会議 The 16th International Conference on Laser Ablation (COLA2021/2022) において実行委員、国際会議 The 39th International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO2021) において Program Committee、国際会議 Smart Laser Processing Conference (SLPC) においては実行委員長、Visual JW 2022 においては実行委員を務めている。

## 4. その他社会貢献

### 【塚本】

一般社団法人 レーザプラットフォーム協議会（中小企業へのレーザー加工の利用・導入に向け、企業、大学、公設試験研究機関、支援機関等の連携を図り、普及啓発、人材育成及び機器の利用等を実施することを通じて、「ものづくり」中小企業におけるイノベーション創出、新事業の創出、新製品の開発を促進することを目的とした組織）の会長として、大阪富士工業先進機能性加工共同研究部門 阿部信行特任教授（同協議会理事）と企画を行い、令和3年度事業として、オンラインセミナーを2回開催した。

### 【佐藤】

一般社団法人 レーザプラットフォーム協議会にて、レーザー加工管理技術者認証委員として令和3年度「3級レーザー加工管理技術者講習会」を企画し、講習会を開催した。

### 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

本研究分野は、令和3年度25名の共同研究員と共同研究を行い、5編の共著論文と7件の国際会議論文を発表している。国内外の学会発表もほぼすべて連名発表となっている。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Direct-drive Implosion Experiment of Diamond Capsules Fabricated with Hot Filament Chemical Vapor Deposition Technique  
Phys. Plasmas, 28 (2021), 104501.  
K. Kawasaki, D. Tanaka, H. Yamada, S. Ohmagari, Y. Mokuno, A. Chayahara, T. Tamagawa, Y. Hironaka, K. Yamanoi, M. Tsukamoto, Y. Sato, T. Somekawa, H. Nagatomo, K. Mima and K. Shigemori
- (2) Directionally-Dependent Mechanical Properties of Ti6Al4V Manufactured by Electron Beam Melting (EBM) and Selective Laser Melting (SLM)  
Materials, 14, 13 (2021), 3603.  
T. Pasang, B. Tavlovich, O. Yannay, B. Jackson, M. Fry, Y. Tao, C. Turangi, J.-C. Wang, C.-P. Jiang, Y. Sato, M. Tsukamoto and W. Z. Misiolek
- (3) Development of High Intensity Multibeam Laser Metal Deposition System with Blue Diode Lasers for Additively Manufacturing of Copper Rod  
J. Laser Appl., 33 (2021), 042014.  
K. Ono, Y. Sato, Y. Takazawa, Y. Morimoto, K. Takenaka, Y. Yamashita, Y. Funada, N. Abe and M. Tsukamoto
- (4) Laser Lap Joining of High-Strength Steel to Aluminum with Cold Sprayed Steel Coating  
J. Laser Appl., 33 (2021), 042017.  
K. Maeda, Y. Sato, R. Suzuki, T. Suga and M. Tsukamoto
- (5) Effect of Energy on Ti Plate Fabrication by Vacuum Selective Laser Melting for Uniformity of Grain Size  
J. Laser Appl., 33 (2021), 042027.  
Y. Mizuguchi, T. Arimura, M. Ihama, Y. Sato, N. Yoshida, M. Yoshida and M. Tsukamoto
- (6) Pure Copper Layer Formation on Stainless-Steel and Aluminum Substrate with a Multibeam Laser Metal Deposition System with Blue Diode Laser  
J. Laser Appl., 33 (2021), 042033.  
K. Takenaka, Y. Sato, K. Ono, Y. Funada and M. Tsukamoto
- (7) In Situ X-Ray Observation of Keyhole Dynamics for Laser Beam Welding of Stainless Steel with 16 kW Disk Laser  
J. Laser Appl., 33 (2021), 042043.  
Y. Sato, N. Shinohara, T. Arita, M. Mizutani, T. Ohkubo, H. Nakano and M. Tsukamoto
- (8) Welding of Pure Copper Wires Using a Hybrid Laser System with a Blue Diode Laser and a Single-Mode Fiber Laser  
J. Laser Appl., 33 (2021), 042056.  
S. Fujio, Y. Sato, K. Takenaka, R. Ito, M. Ito, M. Harada, T. Nishikawa, T. Suga and M. Tsukamoto
- (9) Pure Titanium Fabrication with Spatter-Less Selective Laser Melting in Vacuum  
Results in Optics, 5 (2021), 100184.  
Y. Sato, Y. Mizuguchi, K. Takenaka, N. Yoshida, S. Srisawadi, D. Tanprayoon, T. Ohkubo, T. Suga and M. Tsukamoto

- (10) Delay Times for Ablation Rate Suppression by Femtosecond Laser Irradiation with a Two-Color Double-Pulse Beam  
Appl. Phys. Lett., 119 (2021), 231603.  
K. Takenaka, N. Shinohara, M. Hashida, M. Kusaba, H. Sakagami, Y. Sato, S. Masuno, T. Nagashima and M. Tsukamoto
- (11) Fabrication of Pure Copper Rod by Multi-beam Laser Metal Deposition with Blue Diode Lasers  
J. Laser Micro Nanoeng., 16, 3 (2021), 189-193.  
Y. Sato, K. Ono, K. Takenaka, K. Morimoto, Y. Funada, Y. Yamashita, T. Ohkubo, N. Abe and M. Tsukamoto
- (12) 高輝度青色半導体レーザマルチビームクラッディングシステムを用いた純銅皮膜の高速形成技術の開発  
レーザ加工学会誌, 29, 1 (2022), 23-30.  
森本 健斗, 佐藤 雄二, 竹中 啓輔, 水谷 正海, 東條 公資, 林 良彦, 安積 一幸, 阿部 信行, 塚本 雅裕
- (13) Analysis of Vase Shaped Pumping Cavity for Solar-Pumped Laser  
J. Adv. Comput. Intell. Inform., 25, 2 (2022), 242-247.  
H. Koshiji, T. Ohkubo, T. Shimoyama, T. Nagai, E. Matsunaga, Y. Sato and T.-H. Dinh
- (3) 国際会議発表論文 (査読なし)**
- (1) Development of SLM 3D Printing System Using Galvano Scanner for Pure Copper Additive Manufacturing by 200 W Blue Diode Laser  
Proc. LIM2021, WEB (2021.6.21-24), 727-731.  
K. Takenaka, Y. Sato, K. Tojo and M. Tsukamoto
- (2) Effect of Microstructure for Additively Manufactured Ti64 Plate on Modulated Pulses by Vacuum SLM  
Proc. LIM2021, WEB (2021.6.21-24), 949-958.  
Y. Mizuguchi, T. Arimura, M. Ihama, Y. Sato, N. Yoshida, M. Yoshida and M. Tsukamoto
- (3) Fabrication of Pure Copper Rod by Multi-Beam Laser Metal Deposition with Blue Diode Lasers  
Proc. LPM2021, WEB (2021.6.8-11), #21-039-1-#21-039-5.  
Y. Sato, K. Ono, K. Takenaka, K. Morimoto, Y. Funada, Y. Yamashita, T. Ohkubo, N. Abe and M. Tsukamoto
- (4) Effect of Fluctuation in Light Absorption Rate on Pure Copper Fabrication by SLM  
Proc. ICALEO, WEB (2021.10.18-20), P0021.  
T. Arimura, K. Takenaka, M. Ihama, Y. Mizuguchi, Y. Sato, M. Yoshida, N. Yoshida and M. Tsukamoto
- (4) 国内会議発表論文 (査読あり)**
- (1) レーザはんだ付におけるはんだ溶融挙動の観察と継手の特性評価  
第28回エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術シンポジウム論文集, オンライン (2022.2.1-14), 84-87.  
金下 征司, 佐藤 雄二, 巽 裕章, 塚本 雅裕, 西川 宏



(5) 国内会議発表論文（査読なし）

- (1) 太陽光励起レーザーの高効率化に向けたCPCを用いた太陽光キャビティの形状検討  
レーザー学会第553回研究会報告「高機能固体レーザーとその応用」, オンライン, RTM-21  
(2021.7.16), 9-14.  
宗像 宏純, 越地 駿人, 掘込 一寿, 大久保 友雅, 松永 栄一, ゼン タンファン, 佐藤 雄二
- (2) レーザー加熱による単結晶ダイヤモンドとろう材の海面反応  
レーザー学会第556回研究会報告「次世代レーザー加工」, オンライン (2021.9.29)  
瀬知 啓久, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕
- (3) レーザ粉体肉盛法による傾斜組成超硬合金の形成技術開発  
レーザー学会第556回研究会報告「次世代レーザー加工」, オンライン (2021.9.29)  
山下 順広, 舟田 義則, 國峯 崇裕, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕
- (4) 高輝度青色半導体レーザーを用いた純銅溶接  
レーザー学会第556回研究会報告「次世代レーザー加工」, オンライン (2021.9.29)  
竹中 啓輔, 藤尾 駿平, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕
- (5) フェムト秒レーザ二波長ダブルパルスビームによるチタン基板へのナノアブレーション  
第96回レーザ加工学会講演論文集 (2022.1.17), 41-44.  
竹中 啓輔, 橋田 昌樹, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕
- (6) レーザ加熱による単結晶ダイヤモンド/ろう材のぬれ性と界面反応  
第96回レーザ加工学会講演論文集 (2022.1.17), 85-90.  
瀬知 啓久, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕

(7) 国際会議発表

- (1) Developments of Advanced High Power Blue Diode Laser Systems for Additive Manufacturing and Welding of Pure Copper Materials  
THERMEC'2021, on line (2021.6.1-5)  
M. Tsukamoto, Y. Sato, K. Tojo and K. Asano
- (2) Development of High Power Blue Diode Laser Systems for Laser Metal Deposition and Selective Laser Melting in Additive Manufacturing  
3D PEIM2021 (3D Electronics Integration and Manufacturing), on line (2021.6.21-23)  
M. Tsukamoto
- (3) Antibacterial Nano-Sized Silver Agent Modified on Titanate Nanomesh Intermediated by Chitosan  
STAC12, on line (2021.7.6-8)  
J. Nishimoto, Y. Kubota, T. Wada, H. Kato, K. Kuroda, M. Tsukamoto, T. Hanawa,  
T. Ikoma and N. Matsushita
- (4) Controlling Biodegradation Rate Magnesium Alloys by Forming Protective Layers via Hydrothermal Treatment  
STAC12, on line (2021.7.6-8)  
M. Uemura, S. Nagai, Y. Fujii, Y. Kubota, T. Kiguchi, T. Konno, M. Tsukamoto, T. Hanawa,  
T. Ikoma and N. Matsushita

- (5) 1493 Formation of Cemented Tungsten Carbide Layer with Compositional Gradient Processed by Directed Energy Deposition  
THERMEC'2021, on line (2021.6.1-5)  
Y. Yamashita, Y. Funada, K. Takahiro, Y. Sato and M. Tsukamoto
- (6) Ti-6Al-4V Additive Manufacturing by Sputter-Less SLM Using Modulated Pulses  
THERMEC'2021, on line (2021.6.1-5)  
Y. Mizuguchi, Y. Sato and M. Tsukamoto
- (7) Dependence of Light Absorptance of Substrate on Pure Copper Layer Formation with a Multi Beam Laser Metal  
ICALEO2022, on line (2021.10.18-20)  
K. Takenaka, Y. Sato and M. Tsukamoto
- (8) Development of High Intensity Multibeam Laser Metal Deposition System with Blue Diode Lasers for Additively Manufacturing of Copper Rod  
ICALEO2022, on line (2021.10.18-20)  
K. Ono, Y. Sato, Y. Takazawa, Y. Morimoto, K. Takenaka, Y. Yamashita, Y. Funada,  
N. Abe and M. Tsukamoto
- (9) EFFECT OF FLUCTUATION IN LIGHT ABSORPTION RATE ON PURE COPPER FABRICATION BY SLM  
ICALEO2022, on line (2021.10.18-20)  
T. Arimura<sup>1</sup>, K. Takenaka, M. Ihama, Y. Mizuguchi, Y. Sato, M. Yoshida, N. Yoshida and M. Tsukamoto
- (10) Effect of Pulse Energy on Ti Plate Fabrication by Vacuum Selective Laser Melting for Uniformity of Grain Size  
ICALEO2022, on line (2021.10.18-20)  
Y. Mizuguchi, T. Arimura, M. Ihama, Y. Sato, N. Yoshida, M. Yoshida and M. Tsukamoto
- (11) In Situ X-Ray Observation of Keyhole Dynamics for Laser Beam Welding of Stainless Steel with 16 kW Disk Laser  
ICALEO2022, on line (2021.10.18-20)  
Y. Sato, N. Shinohara, T. Arita, M. Mizutani, T. Ohkubo, H. Nakano and M. Tsukamoto
- (12) Laser Lap Joining of High-Strength Steel to Aluminum with Cold Sprayed Steel Coating  
ICALEO2022, on line (2021.10.18-20)  
K. Maeda, Y. Sato, R. Suzuki, T. Suga and M. Tsukamoto
- (13) Welding of Pure Copper Wires Using a Hybrid Laser System with a Blue Diode Laser and a Single-Mode Fiber Laser  
ICALEO2022, on line (2021.10.18-20)  
S. Fujio, Y. Sato, K. Takenaka, R. Ito, M. Ito, M. Harada, T. Nishikawa, T. Suga and M. Tsukamoto
- (14) Development of Copper Deposition on Tungsten with Multiple Laser Beams Focusing System  
The 20th Int. Conf. on Fusion Reactor Materials (ICFRM-20), Online Event (2021.10.24-29)  
H. Serizawa, Y. Sato, M. Tsukamoto, T. Nozawa and H. Tanigawa

## (8) 国内学会発表

- (1) 2波長ダブルパルス照射による均一な微細周期構造形成  
日本物理学会2021年秋季大会, オンライン開催 (2021.9.14-17)  
橋田 昌樹, 井上 峻介, 坂上 仁志, 竹中 啓輔, 塚本 雅裕, 草場 光博
- (2) 表面改質と金属積層造形～レーザーコーティング技術～  
2021年度日本溶射学会秋季第114回全国講演大会, オンライン (2021.11.12)  
塚本 雅裕
- (3) 高効率・高品質な3D造形を実現するマルチビームレーザーコーティング法の開発  
PD (Particle Deposition) プロセス研究会 講演会, オンライン (2021.3.8)  
佐藤 雄二
- (4) SLM法を用いたTi64の積層造形における変調パルスによる入熱制御の効果  
(一社) 溶接学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.4.14-19)  
水口 佑太, 有村 恒良, 井濱 雅弘, 佐藤 雄二, 吉田 徳雄, 吉田 実, 塚本 雅裕
- (5) ジルカロイ-SiC/SiC接合体作製時の接合補助剤に関する検討  
(一社) 溶接学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.4.14-19)  
芹澤 久, 中里 真史, 佐藤 雄二, 崎本 博史, 西條 友章, 塚本 雅裕, 岸本 弘立
- (6) 近赤外線ファイバーレーザーによる純銅板の重ね溶接における青色半導体レーザー先行加熱の効果  
(一社) 溶接学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.4.14-19)  
藤尾 駿平, 佐藤 雄二, 竹中 啓輔, 井藤 里香, 塚本 雅裕
- (7) 選択的レーザー溶融法におけるSUS316L粉末の溶融挙動観察  
第82回応用物理学会秋季学術講演会, オンライン開催 (2021.9.11-17)  
井濱 雅弘, 水口 佑太, 有村 恒良, 竹中 啓輔, 吉田 徳雄, 佐藤 雄二, 吉田 実, 塚本 雅裕
- (8) 16kWディスクレーザを用いたキーホール溶接におけるスパッタの発生機構の解明  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
有田 智貴, 佐藤 雄二, 水谷 正海, 中野 人志, 塚本 雅裕
- (9) コールドスプレー法を利用した超高張力鋼板とアルミニウム合金のレーザー接合 (第2報)  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
前田 恭兵, 鈴木 励一, 佐藤 雄二, 菅 哲男, 塚本 雅裕
- (10) 青色半導体レーザーを用いたマルチビーム式レーザーコーティング装置による銅皮膜の形成  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
森本 雄喜, 小野 和宏, 高澤 悠馬, 竹中 啓輔, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕, 部谷 学
- (11) 高輝度青色半導体レーザーを用いたLMDシステムの開発と純銅皮膜の形成  
スマートプロセス学会2021年度学術講演会, オンライン (2021.11.15)  
高澤 悠馬, 小野 和宏, 森本 雄喜, 竹中 啓輔, 森本 健斗, 佐藤 雄二, 部谷 学, 塚本 雅裕
- (12) ウイルス不活化作用を有する銅のレーザーコーティング技術の開発  
レーザー学会ロボットフォトンクス技術専門委員会, 大阪大学/オンライン (2021.12.3)  
佐藤 雄二

- (13) CPC型キャビティによる太陽光励起レーザーの高効率化に向けて  
レーザー学会学術講演会第42回年次大会, オンライン (2022.1.13-15)  
宗像 宏純, 越地 駿人, 大久保 友雅, 松永 栄一, ゼン タンフン, 佐藤 雄二
- (14) ウイルス不活化のための青色半導体レーザーマルチビーム式LMD法を用いた銅合金皮膜の形成  
レーザー学会学術講演会第42回年次大会, オンライン (2022.1.13-15)  
森本 雄喜, 小野 和宏, 高澤 悠馬, 竹中 啓介, 佐藤 雄二, 部谷 学, 塚本 雅裕
- (15) フェムト秒レーザーの二波長ダブルパルス照射によるアブレーション抑制  
レーザー学会学術講演会第42回年次大会, オンライン (2022.1.13-15)  
竹中 啓輔, 橋田 昌樹, 古川 雄規, 坂上 仁志, 草場 光博, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕
- (16) 高品質レーザー加工のための高温領域における純銅の光吸収率変動因子の解明  
レーザー学会学術講演会第42回年次大会, オンライン (2022.1.13-15)  
有村 恒良, 竹中 啓輔, 水谷 正海, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕, 吉田 実
- (17) 純銅のレーザー溶接における溶融挙動の実時間測定と不安定性因子の解明  
レーザー学会学術講演会第42回年次大会, オンライン (2022.1.13-15)  
貴田 優希, 藤尾 駿平, 竹中 啓輔, 佐藤 雄二, 吉田 実, 塚本 雅裕
- (18) 青色半導体レーザーを搭載したSLM装置を用いた高充填率な銅の積層造形法の開発  
レーザー学会学術講演会第42回年次大会, オンライン (2022.1.13-15)  
葎谷 充成, 竹中 啓輔, 佐藤 雄二, 部谷 学, 塚本 雅裕
- (19) 青色半導体レーザーを用いたマルチビーム型LMD法による銅の造形  
レーザー学会学術講演会第42回年次大会, オンライン (2022.1.13-15)  
小野 和宏, 高澤 悠馬, 森本 雄喜, 竹中 啓輔, 佐藤 雄二, 舟田 義則, 阿部 信行, 部谷 学, 塚本 雅裕
- (20) 変調パルスレーザーを用いたチタンの3D積層造形と材料組織制御  
レーザー学会学術講演会第42回年次大会, オンライン (2022.1.13-15)  
水口 佑太, 井濱 雅弘, 佐藤 雄二, 吉田 徳雄, 塚本 雅裕
- (21) 16kWディスクレーザーを用いたキーホール溶接におけるスパッタの抑制技術の開発  
レーザー学会学術講演会第42回年次大会, オンライン (2022.1.14-16)  
栗田 喜章, 有田 智貴, 水谷 正海, 佐藤 雄二, 中野 人志, 塚本 雅裕
- (22) 高出力青色半導体レーザーを用いた純銅溶接における溶融挙動の観察  
レーザー学会学術講演会第42回年次大会, オンライン (2022.1.14-16)  
西田 圭佑, 藤尾 駿平, 竹中 啓輔, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕
- (23) 青色半導体レーザーと近赤外線ファイバーレーザーを重畳したハイブリッドレーザーによる純銅平角線の溶接  
レーザー学会学術講演会第42回年次大会, オンライン (2022.1.14-16)  
藤尾 駿平, 貴田 優希, 竹中 啓輔, 佐藤 雄二, 吉田 実, 塚本 雅裕

(9) 国際会議講演

- (1) Development of Additively Manufacturing for Copper Using High Brightness Blue Diode Laser  
NSTDA-Osaka Univ. Webinar, on line (2022.12.23)  
Y. Sato

## (10) 国内会議講演

- (1) 高輝度青色半導体レーザー開発と拡大する加工分野への応用  
第1回「関西」Photonix 専門技術セミナー, 大阪 (2021.6.25-27)  
塚本 雅裕
- (2) カーボンニュートラルと青色レーザー加工  
OPIE (OPTICS & PHOTONICS International Exhibition), 横浜 (2021.6.30-7.2)  
塚本 雅裕
- (3) 産学連携による先進レーザーコーティング分野への取り組み  
大阪大学接合科学研究所 第18回 産学連携シンポジウム, WEB開催 (2021.7.2)  
林 良彦, 池田 圭一郎, 辰巳 佳宏, 阿部 信行, 水谷 正海, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕

## (11) 解説・総説

- (1) DOE (回折光学素子) を使用したレーザークラッディングの技術開発  
光アライアンス, 32, 4 (2021), 24-29.  
塚本 雅裕, 阿部 信行, 林 良彦, 安積 一幸
- (2) 青色半導体レーザーによる積層造形と溶接技術  
月刊オプトロニクス, 472 (2021), 94-98.  
塚本 雅裕
- (3) 高輝度青色半導体レーザーによる細菌・ウイルスリスク低減のための銅コーティング  
フォトニクスニュース, 7, 1 (2021), 12-16.  
塚本 雅裕
- (4) Advances in Material Processing Technology of Copper Using Short Wavelength Lasers  
Furukawa Electric Review, 52 (2021), 2-9.  
M. Tsukamoto, Y. Sato, R. Higashino, N. Abe, Y. Funada, Y. Sakon, S. Ouchi, K. Asano and K. Tojo
- (5) 短波長レーザーによる銅加工技術の進展  
古河電工時報, 140 (2021), 2-8.  
塚本 雅裕, 佐藤 雄二, 東野 律子, 阿部 信行, 舟田 義則, 左今 佑, 大内 誠悟, 浅野 孝平,  
東條 公資
- (6) 高エネルギービーム加工研究委員会  
溶接学会誌, 90, 5 (2021), 64-70.  
塚本 雅裕, 東野 律子
- (7) 青色半導体レーザー接合加工研究会を設立！溶接と積層造形で青色半導体レーザーの可能性を示す  
月刊オプトロニクス, 475 (2021), 115-118.  
塚本 雅裕
- (8) 高輝度青色半導体レーザー及び加工技術の開発  
レーザー加工学会誌, 28, 3 (2021), 62-67.  
塚本 雅裕, 佐藤 雄二, 東野 律子, 竹中 啓輔, 堀 英治, 東條 公資, 諏訪 雅也, 宇野 進吾,  
浅野 孝平, 大内 誠悟

- (9) カーボンニュートラルと青色レーザー加工  
月刊オプトロニクス, 479 (2021), 138-142.  
塚本 雅裕
- (10) 高輝度加工用青色半導体レーザー開発  
光アライアンス, 33, 2 (2022), 45-51.  
塚本 雅裕, 佐藤 雄二, 東野 律子, 竹中 啓輔, 堀 英治, 東條 公資, 宇野 進吾, 諏訪 雅也,  
大内 誠悟, 浅野 孝平
- (11) ICALEO 2020 国際会議報告  
レーザー加工学会誌, 28, 1 (2021), 50-53.  
溝尻 瑞枝, 堀 英治, 佐藤 雄二
- (12) レーザプロセスの変遷と用途拡大  
日本溶射学会誌, 58, 2 (2021), 71-76.  
佐藤 雄二
- (13) SPIE Photonics West 2021 国際会議報告  
レーザー加工学会誌, 28, 2 (2021), 36-39.  
溝尻 瑞枝, 佐藤 雄二
- (14) ICALEO2021 国際会議報告  
レーザー加工学会誌, 29, 1 (2022), 37-39.  
佐藤 雄二
- (13) 特許出願・登録**
- (1) レーザ溶接方法及びそれを用いた回転電気機械の製造方法  
特許第7016114号  
塚本 雅裕, 佐藤 雄二, 菅 哲男, 他2名
- (14) その他資料**
- (1) レーザー溶接中の飛散粒子の評価  
(公財) 若狭湾エネルギー研究センター研究年報令和2年度, 23 (2021), 44-45.  
山田 知典, 佐藤 雄二
- (15) 受賞**
- (1) Best Student Poster Awards  
SPIE Photonics West 2021 (2021.04.14)  
藤尾 駿平 (M2)
- (2) 論文発表奨励賞  
(一社) レーザー学会 (2021.05.31)  
篠原 直希 (M2)
- (3) Best student poster award  
The International Society for Optical Engineering, SPIE (2022.02.28)  
竹中 啓輔 (D1)

(4) 三浦賞  
 (一社)日本機械学会(2022.03.24)  
 藤尾 駿平(M2)

(5) 優秀大学院生奨励賞「林俊一賞」  
 (公社)日本マリンエンジニアリング学会(2022.03.24)  
 小野 和宏(M2)

(17) 外部資金 (単位:千円)

科学研究費補助金

(1) 基盤研究(C) 時間・空間を制御したパルスレーザーによる低歪かつスパッタレス金属積層造形技術の開発 佐藤 雄二 910

一般公募型補助金研究

(1) 近畿経済産業局 中小企業経営支援等対策費補助金(戦略的基盤技術高度化支援事業) 佐藤 雄二 8,237

民間等との共同研究

(1) ダイヘン溶接・接合協働研究所 塚本 雅裕 1,000  
 (2) 青色半導体レーザーを用いた銅の金属積層造形技術の基礎的研究 塚本 雅裕 2,078  
 (3) 青色半導体レーザーを用いたレーザー加工に関する研究 塚本 雅裕 1,167  
 (4) 青色半導体レーザー接合加工に関する研究 塚本 雅裕 18,000  
 (5) 金属積層造形技術に関する研究 塚本 雅裕 2,389  
 (6) 青色 Laser Metal Deposition (LMD) 法を用いた銅材皮膜の形成 塚本 雅裕 4,950  
 (7) 公衆衛生に着目した、安心・安全なまちづくり研究 塚本 雅裕 1,100  
 (8) JFE ウエルディング協働研究所 佐藤 雄二 2,000  
 (9) 溶射法と摩擦攪拌表面処理およびレーザー加工によるタングステン補修技術開発 佐藤 雄二 1,100

受託研究

(1) 抗菌・ウイルス不活化作用を有する銅合金の3Dレーザーコーティング技術の開発 佐藤 雄二 2,990

学術相談

(1) 塚本 雅裕 11,000

## 奨学寄付金

- |     |       |       |
|-----|-------|-------|
| (1) | 塚本 雅裕 | 1,300 |
| (2) | 佐藤 雄二 | 3,250 |

## 4. 8 教育

氏名：塚本 雅裕

### (1) 大学院等講義科目

- |     |          |                              |
|-----|----------|------------------------------|
| (1) | 機械工学専攻   | レーザプロセス学                     |
| (2) | 全学教育推進機構 | 学問への扉（ものづくりサイエンス「金属・無機材料調査」） |

### (3) 博士論文（副査）

- |     |             |                           |
|-----|-------------|---------------------------|
| (1) | 機械工学専攻，澤田晋也 | 単一微粉炭粒子燃焼におけるすす生成挙動に関する研究 |
|-----|-------------|---------------------------|

### (4) 修士論文

- |     |              |                                      |
|-----|--------------|--------------------------------------|
| (1) | 機械工学専攻，藤尾 駿平 | 青色レーザーと IR レーザーを用いたハイブリッドレーザーによる銅の溶接 |
|-----|--------------|--------------------------------------|

### (5) 卒業論文

- |     |             |   |
|-----|-------------|---|
| (1) | 機械工学科目，西田圭佑 | 青色半導体レーザーを用いた純銅溶接のレーザーパワー密度依存性に関する基礎的研究 |
|-----|-------------|---|

氏名：佐藤 雄二

### (1) 大学院等講義科目

- |     |          |  |
|-----|----------|--|
| (1) | 機械工学専攻   | レーザプロセス学                                 |
| (2) | 全学教育推進機構 | 学問への扉（ものづくりサイエンス「表面の不思議－表面を変えると接合も変わる－」） |

### (4) 修士論文

- |     |              |                                     |
|-----|--------------|-------------------------------------|
| (1) | 機械工学専攻，小野 和宏 | 青色半導体レーザーを用いたマルチビーム式照射法による純銅の 3D 造形 |
|-----|--------------|-------------------------------------|



## (5) 卒業論文

- (1) 機械工学科目, 栗田 喜章  
16 kW ディスクレーザーを用いたステンレス鋼溶接におけるスパッタ抑制メカニズムに関する研究

## 4. 9 社会貢献

氏名：塚本 雅裕

### (1) 学会役員

- (1) (一社) スマートプロセス学会 2021 年度スマートプロセス学会 理事
- (2) (一社) スマートプロセス学会 2021 年度スマートプロセス学会誌編集委員会 委員
- (3) (一社) スマートプロセス学会 スマートプロセス学会 2021 年度論文賞・Best Review 賞審査委員会 委員
- (4) (一社) スマートプロセス学会 論文賞・Best Review Paper 賞 審査委員会委員
- (5) (一社) レーザー学会 レーザー学会 Carbon Neutral タスクフォース委員会 委員
- (6) (一社) レーザ加工学会 編集委員会 委員長
- (7) (一社) レーザ加工学会 SLPC2022 第 4 回スマートレーザプロセス国際会議 議長
- (8) (一社) レーザ加工学会 2021 年度レーザ加工学会 理事
- (9) (一社) レーザ加工学会 第 96 回レーザ加工学会講演会実行副委員長
- (10) (一社) レーザ加工学会 第 97 回レーザ加工学会講演会実行委員長
- (11) (一社) 溶接学会 2020・2021 年度研究推進部会 委員
- (12) (一社) 溶接学会 2020・2021 年度高エネルギービーム加工研究委員会 委員長

### (2) 国際会議委員

- (1) Photonics West High power laser materials procesing; Applications ,Diagnostics and Systems11 Program Committee
- (2) ICALEO2021 Stairing Committee

- |   |   |
|---|---|
| (3) The 12th Asia-Pacific Laser Symposium (APLS 2021)   | Program Committee Member                                    |
| (4) Photonics West (High-Power Laser Materials Processing: Applications, Diagnostics, and Systems XI) | Program Committee   |
| (5) SLPC2022 第4回スマートレーザプロセス国際会議   | チェア   |
| (6) Visual-JW2022   | Conference Chaiman  |
| <b>(3) 他大学等での非常勤講師</b>  |   |
| (1) 光産業創成大学院大学  | AD/3D プリンタ 2  |
| <b>(5) 国・自治体・公益法人等への貢献</b>  |   |
| (1) (一財) 大阪科学技術センター   | 研究開発推進委員会 委員  |
| (2) (一社) OPTICS & PHOTONICS International 協議会   | 一般社団法人 OPTICS & PHOTONICS International 協議会 理事              |
| (3) (一社) レーザプラットフォーム協議会   | レーザプラットフォーム協議会 会長   |
| (4) (一社) 日本溶接協会   | 一般社団法人日本溶接協会 第 37 期学識会員                                     |
| (5) (公財) レーザ技術総合研究所   | 共同研究員   |
| (6) (公財) 石川県産業創出支援機構  | 「超硬合金積層造形とハイブリッド加工による超薄肉長尺精密ジグの革新的製造技術の開発」に係る研究開発委員会 アドバイザー |
| (7) (公財) 天田財団   | 天田財団 選考委員会  |
| (8) 職業訓練法人 アマダスクール  | 「優秀板金製品技能フェア」運営委員   |
| <b>(7) 社会への情報発信</b>   |   |
| (1) NEDO「高輝度・高効率次世代レーザー技術開発」プロジェクト成果報告会   | 日刊工業新聞 (2021.04.21)   |
| (2) 高輝度青色半導体レーザー及び加工技術の開発   | 日刊工業新聞 (2021.04.27)   |
| (3) ブルーレーザーとAM技術を融合   | 溶接ニュース (2021.08.03)   |
| (4) 高出力・高輝度化が進む青色半導体レーザー  | 日刊工業新聞 (2021.09.10)   |

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| (5) 関西のミライヤーに会いに行こうSP!<br>「新型コロナを乗り越えろ!! 青の錬金術師」 | テレビ大阪 エデュテイメント番組「ミライヤー」(2021.09.11) |
| (6) 光沢感ある便座も 三井金属が抗ウイルスの銅皮膜製品                    | 日経クロステック (2021.12.10)               |
| (7) 緑色ディスクレーザー設置                                 | 日刊工業新聞 (2022.02.04)                 |

氏名：佐藤 雄二

**(1) 学会役員**

- |                  |                                |
|------------------|--------------------------------|
| (1) (一社) レーザー学会  | レーザー学会技術専門委員会 幹事               |
| (2) (一社) レーザー学会  | レーザー学会研究委員会 委員                 |
| (3) (一社) レーザー学会  | レーザー学会学術講演会<br>第42回年次大会プログラム委員 |
| (4) (一社) レーザー学会  | 次世代産業用レーザー専門委員会 幹事             |
| (5) (一社) レーザ加工学会 | レーザ加工学会誌査読委員会 査読委員             |
| (6) (一社) レーザ加工学会 | レーザ加工学会編集委員会 委員                |
| (7) (一社) レーザ加工学会 | 第95回レーザ加工学会講演会 実行副委員長          |
| (8) (一社) レーザ加工学会 | 第96回レーザ加工学会講演会 実行委員            |
| (9) (一社) レーザ加工学会 | 第97回レーザ加工学会講演会<br>プログラム委員長     |
| (10) (一社) 日本溶接協会 | レーザ加工技術研究委員会 幹事                |
| (11) (一社) 溶接学会   | 溶接学会高エネルギービーム加工研究委員会<br>幹事     |
| (12) (一社) 溶接学会   | 溶接学会誌会員モニタ                     |

**(2) 国際会議委員**

- |  |               |
|--|---------------|
| (1) The 16th International Conference on Laser Ablation (COLA2021) | COLA2021 実行委員 |
| (2) SLPC2022   | 実行委員長         |
| (3) Visual-JW2022  | Secretary     |

### (3) 他大学等での非常勤講師

- |                          |                                    |
|--------------------------|------------------------------------|
| (1) 一般社団法人レーザプラットフォーム協議会 | 令和3年度 第1回「3級レーザ化国管理技術者講習会」レーザ加工の基礎 |
|--------------------------|------------------------------------|

### (5) 国・自治体・公益法人等への貢献

- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| (1) (一財)大阪科学技術センター     | 研究開発推進委員会 副委員長     |
| (2) (一財)大阪科学技術センター     | 研究開発推進委員会 副委員長     |
| (3) (一社)レーザプラットフォーム協議会 | レーザ加工管理技術者認証委員会 委員 |

### (7) 社会への情報発信

- |                               |                       |
|-------------------------------|-----------------------|
| (1) ブルーレーザーとAM技術を融合           | 溶接ニュース (2021.08.03)   |
| (2) 光沢感ある便座も 三井金属が抗ウイルスの銅皮膜製品 | 日経クロステック (2021.12.10) |
| (3) 緑色ディスクレーザー設置              | 日刊工業新聞 (2022.02.04)   |

## 4. 10 全国共同利用に関する研究

### (1) 令和3年度共同研究員と研究テーマ

氏名：塚本 雅裕

一般公募研究課題

- |  |       |                                     |
|--|-------|-------------------------------------|
| (1) (国研)産業技術総合研究所電子光基礎技術研究部門             | 加藤 進  | 短パルスレーザーによる色中心生成に関するモデル構築           |
| (2) 宮崎大学地域連携センター                         | 甲藤 正人 | 超短パルスレーザーによる加工プロセスに関する研究            |
| (3) 京都大学化学研究所                            | 橋田 昌樹 | 複合レーザービーム照射による新しい表面機能の創成            |
| (4) 近畿大学大学院<br>総合理工学研究科<br>エレクトロニクス系工学専攻 | 有田 智貴 | 高出力レーザーを用いた熱加工プロセスにおける熔融池挙動の解明      |
| (5) 近畿大学大学院<br>総合理工学研究科<br>エレクトロニクス系工学専攻 | 有村 恒良 | 選択的レーザー溶融法を用いた純銅の造形における光吸収率温度依存性の評価 |
| (6) 近畿大学理工学部<br>電気電子工学科                  | 中野 人志 | レーザ加工におけるビームと材料の相互作用                |

(7)	近畿大学理工学部 電気電子工学科	吉田 実	選択的レーザー溶融法を用いた金属材料の造形における光吸収率温度依存性の評価
(8)	金沢大学理工研究域 機械工学系	國峯 崇裕	レーザープロセスによる Ti 合金の微細組織制御
(9)	山梨大学大学院総合研究部	宇野 和行	パラメータ制御CO <sub>2</sub> レーザーによるガラス・樹脂加工特性の研究
(10)	秋田大学大学院 理工学研究科	宮野 泰征	レーザープロセスで作製した機能付与金属表面と生物細胞の相互作用
(11)	石川工業高等専門学校	山下 順広	レーザの光吸収特性評価
(12)	大阪産業大学工学部 電子情報通信工学科	部谷 学	マルチビームレーザー金属堆積法を用いた Co-Cr 合金の積層造形
(13)	大阪大学 レーザー科学研究所	重森 啓介	レーザー核融合燃料保持のためのダイヤモンドカプセルの性能評価
(14)	大阪大学 レーザー科学研究所	川崎 昂輝	レーザー核融合燃料保持のためのダイヤモンドカプセルの性能評価
(15)	大阪大学 レーザー科学研究所	田中 大裕	レーザー核融合燃料保持のためのダイヤモンドカプセルの性能評価
(16)	東海大学 総合科学技術研究所	橋田 昌樹	複合レーザービーム照射による新しい表面機能の創成
(17)	東京工科大学工学研究科 サステイナブル工学専攻	中尾根美樹	レーザ照射条件を提案する AI の開発
(18)	東京工科大学 工学部機械工学科	大久保友雅	レーザ照射条件を提案する AI の開発
(19)	東京農工大学大学院 工学研究院	宮地 悟代	フェムト秒レーザーによる固体表面の微細周期構造生成現象の物理過程の解明と制御
(20)	福岡県工業技術センター 機械電子研究所材料技術課	小川 俊文	レーザ加工におけるレーザ加工現象の解明
(21)	福岡県工業技術センター 機械電子研究所材料技術課	菊竹 孝文	レーザ加工におけるレーザ加工現象の解明
(22)	福岡県工業技術センター 機械電子研究所材料技術課	島崎 良	レーザ加工におけるレーザ加工現象の解明

氏名：佐藤 雄二

一般公募研究課題

- |      |  |       |   |
|------|--|-------|---|
| (1)  | 近畿大学生物理工学部                                 | 三上 勝大 | 生体材料薄膜表面のレーザー局所加熱による結晶化技術の探求              |
| (2)  | 大阪大学大学院医学系研究科健康スポーツ科学講座スポーツ医学              | 金本 隆司 | 生体組織（ヒト関節軟骨・半月板・三次元培養組織）の表面形状評価           |
| (3)  | 武蔵野大学工学部                                   | 高石 武史 | フェーズフィールドモデルを用いた、レーザークラッキングにおける割れ発生の機構の解明 |
| (4)  | 先導的重点課題 [レーザー溶接プロセスのモデリングと適応性技術の開発（役割分担型）] |       |   |
| (5)  | 福岡県工業技術センター機械電子研究所材料技術課                    | 島田 雅博 |   |
| (6)  | (公財) 若狭湾エネルギー研究センター 研究開発部<br>レーザー技術開発室     | 山田 知典 |   |
| (7)  | (国研) 産業技術総合研究所電子光基礎技術研究部門                  | 加藤 進  |   |
| (8)  | 石川工業高等専門学校                                 | 山下 順広 |   |
| (9)  | 東京工科大学工学研究科<br>サステイナブル工学専攻                 | 越地 駿人 |   |
| (10) | 東京工科大学<br>工学部機械工学科                         | 大久保友雅 |   |

(2) 共同研究員との共著論文件数 (査読付き学術論文, 国際会議論文)

- |     |    |   |
|-----|----|---|
| (1) | 合計 | 7 |
|-----|----|---|

接合機構研究部門  
溶接機構学分野





## 接合機構研究部門 溶接機構学分野

### 4. 1 研究概要

本研究分野では、溶融溶接、液相/固相接合、および固相接合された接合構造体が有する機能および力学的特性の支配機構を、材料科学的な視点による微細組織観察・構造解析に加え、観察・解析結果に基づくモデリングとシミュレーションを通じて明らかにするための研究を行っている。これらを通して、欠陥がなくかつ優れた機能を有する接合界面を得るための材料設計の基礎の確立と、新しい接合法の開発、および接合構造体の特性評価へとつなげることを目指す。これらの目的達成のため、接合・界面微細組織の X 線回折法を用いた構成相および組織の配向などの同定、走査型電子顕微鏡や透過型電子顕微鏡および付属機器による接合・界面構造のナノ微細組織観察、元素分析、結晶方位同定、それらを数値シミュレーションなどの手法を用いて再現あるいはフィッティングし、その形成過程および接合構造体が有する機能および力学的特性との関連について材料科学的な視点で検討を加えていく。

### 4. 2 研究課題

1. 摩擦攪拌プロセス (FSP) を用いた溶接継手疲労強度増加機構の解明
2. 狭窄パルス TIG 溶接による Al/Cu 異材継手の異相界面複雑化
3.  $\delta$  フェライト含有オーステナイトステンレス溶接金属の極低温じん性増加に関して
4. 高炭素鋼の溶接割れと溶接条件の関係
5. アーク溶接用高耐久チップ材料の研究開発
6. タンデム - パルス GMAW における被溶接体振動とタンデムトーチ配置の関係が溶込み形状に及ぼす影響の解明
7. 破壊靱性試験における残留応力緩和処理による材料損傷挙動の結晶塑性論的検討

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. 摩擦攪拌プロセス (FSP) を用いた溶接継手疲労強度増加機構の解明

球面 WC ツールを用いて入熱量を増加させた FSP を施工することで、溶接継手の疲労強度改善率が增大した要因のひとつに、鋼中へのツール構成元素 W と C の固溶に起因した表面硬さの増加や従来 FSP にはみられない圧縮残留応力の発生が関与していると考えられた。今年度は、そのツール摩耗を伴う摩擦攪拌プロセスにおける圧縮残留応力発生機構の解明を試みた。攪拌部表層では、FSP 入熱量の増大に伴って鋼中へのツール構成元素供給量が增大し、それとともに圧縮残留応力が増加する傾向がみられたが、最高入熱条件では引張残留応力が分布する領域も存在した。この FSP により生じる残留応力は、その各位置におけるツール構成元素の固溶量から計算したマルテンサイト変態開始温度  $M_s$  点に依存しており、 $M_s$  点が  $150^\circ\text{C}$  近傍で圧縮方向に最大となり、その前後で引張方向に変化することを明らかにした。ツール構成元素供給量増加に伴って  $M_s$  点が低下することにより、マルテンサイト変態に伴う膨張量が増加し圧縮残留応力が増加するが、ツール構成元素供給量がある一定量より多くなり  $M_s$  点低下が過剰になると室温でのマルテンサイト変態が未完了となり、残留オーステナイト量が増加することで引張残留応力が生じたと考えられる。また、残留オーステナイトを多く含んだ攪拌部表層から採取した試験片に引張試験を行った結果、その変形過程において残留オーステナイトが加工誘起変態することにより高延性化したことから、ツール構成元素供給量が過剰な場合でも加工誘起変態によるき裂の発生・進展の抑制が期待でき、疲労強度向上の効果に寄与し得ることを示した。

## 2. 狭窄パルス TIG 溶接による Al/Cu 異材継手の異相界面複雑化

熱・電気伝導特性に優れる Cu と軽量な Al の異材接合は、軽量かつ高機能な製品を実現するうえで重要な技術である。Al/Cu 異材接合の従来手法として、接合界面での金属間化合物層生成の抑制を目的に、摩擦攪拌接合や電子ビーム溶接などの低入熱プロセスが検討されていたが、これらは適用可能範囲の制約やコスト面での課題を有している。そこでこれらとは異なるアプローチとして、従来の TIG 溶接トーチの内側にシールドガスの流れを制御する狭窄ノズルを装着することで高速かつ薄板溶接に特化した狭窄パルス TIG 溶接による異材接合に着目した。溶接速度の高速化 (100 mm/s) により、ビードは周期的なパルスアークに起因する波紋が連結したような形状となり、その内部では両金属が鉤型に入り組んだ複雑な形状の接合界面を形成することに成功した。シリアルセクションング法により接合界面の 3 次元像を作成・観察した結果、この複雑な界面形状はパルスアークによる入熱を 2 度受けた領域にて、溶融した Cu の一部が Al 側に流れ込むことにより形成した可能性が示唆され、また反応層の体積は低溶接速度条件 (50 mm/s) と比較して約 8 分の 1 に低減していることを明らかにした。また引張試験及び接合部への 3 点曲げ試験の両結果から、この接合界面形状の複雑化と反応層の低減は継手の高強度化に寄与することを示した。

## 3. $\delta$ フェライト含有オーステナイトステンレス溶接金属の極低温じん性増加に関して

極低温用途のオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属は、じん性確保の観点から低フェライト率とすることが一般的だが、溶接時の凝固割れが懸念される。そこで、適量のフェライトを生成させつつ高い極低温じん性を得ることが望ましいが、その組織形態は明らかでなく、合金元素を系統的に変化させることで、高いシャルピー吸収エネルギーが得られるフェライト率範囲を見出した。そのシャルピー吸収エネルギーが高いフェライト率範囲では、液体窒素温度でのシャルピー衝撃試験後の破面から得られる X 線回折が体心立方 (BCC) 構造のパターンを示し、破面から 2 mm 程はなれた部分では面心立方 (FCC) 構造のパターンを示した。つまり、衝撃試験時に FCC 構造から BCC 構造への変態が起こる場合、その変態に衝撃エネルギーの多くが費やされ吸収エネルギーが増加したことを示唆している。鋼母材では、TRIP として有名で、延性増加の観点で議論されているが、衝撃試験時のエネルギー吸収という観点で議論したものはない。

## 4. 高炭素鋼の溶接割れと溶接条件の関係

高炭素鋼のレーザー溶接時の割れ有無と溶接条件の関係を、有限要素法を用いて計算機上での再現を試み、現象理解できないか検討した。

## 5. アーク溶接用高耐久チップ材料の研究開発

現状のチップ材より、高温域でより高硬度となる材料を検討した。まず、現状チップ材料の組織観察より、その強化機構を理解した上で、より高硬度となるように、析出物の高温での安定性 (粗大化阻止) のため高融点金属の添加の可能性を考え、Thermo-Calc 市販ソフトを用いて既存チップ材への高融点金属添加による析出物濃度の変化を調べた。

## 6. タンデム - パルス GMAW における被溶接体振動とタンデムトーチ配置の関係が溶込み形状に及ぼす影響の解明

タンデム - パルス GMAW は施工効率が良い溶融溶接法であるが、フィンガー状の深い溶込みが特徴である。フィンガー状溶込みの凹み部直下に広い熱影響部 (HAZ) が形成され、この部分が硬化部となり、溶接金属と母材との間に大きな強度差のある不連続部を生じてしまう。当グループでは、被溶接体のある振動数の正弦波で最大振幅 1 $\mu$ m 程の振動をさせることで、なべ底状の溶込みに変化できることを発見している。この形状下に均一で薄い HAZ が形成でき、強度差の不連続性、

不均一性を低減できる。この形成機構を市販 Flow-3D ソフトに独自サブルーチンを加えた数値シミュレーションにて昨年明らかにした。被溶接体の正弦波振動下でアークを保持するため、パルス溶接電源コントローラが実効電流、電圧を設定値から変化させ、設定値から見積もられる入熱より実効入熱が低減し、溶融域にてマランゴニ対流が起こる温度域になり溶接止端部で渦ができ、溶込み形状を均一ななべ底状にしていたことを見出した。本年は、その機構を理解した上で、タンデムトーチの配置と振動方向の組合せを変え、この振動効果が溶込み形状に与える影響を調べ、その形状変化を明らかにした。

#### 7. 破壊靱性試験における残留応力緩和処理による材料損傷挙動の結晶塑性論的検討

溶接構造物の脆性破壊を防止することを目的として三点曲げ CTOD 試験が行われるが、片側切欠き曲げ試験片の切欠き底に疲労予亀裂を導入し、その疲労予亀裂の前縁形状には直線性が規定されている。しかし、溶接部には溶接残留応力が存在し、前縁形状の直線性を確保できない場合がある。規定を満たす疲労予亀裂を導入するための残留応力緩和処理に注目し、特に局部圧縮法による残留応力緩和挙動とメカニズムを検討した。本手法を用いて、残留応力緩和と破壊靱性値の低下回避を両立する処理方法への提言をまとめることができた。

### (2) 研究に対する自己評価

溶融溶接から複数の固相接合法を用いて形成した接合界面の微細組織観察と解析、その用途に応じた機械特性試験結果を基に最適な接合法や条件を明らかにしている。また、破面観察、元素濃度分析、構造解析を組み合わせ、生じた事実を明らかにし、その事実を説明するに十分な機構を考察している。組織観察など専門領域においては、その専門性からより詳細に事象を観察することに努め、また、これまでの異分野、異なる研究対象の研究経験を活かして、溶接接合関係者が気付かない点を探求することに努め、事象発現に対してこれまで言及・示唆されていない理由を実証した。研究成果の量は少ないかもしれないが、溶接機構学としての矜持は共同・協働研究先や溶接界に示しているかと自己評価する。

昨年度の溶融池中の熱と物質の流れの計算機上での再現（不純物元素による表面張力およびその微分値の温度変化に起因するマランゴニ対流変化を加味し、世界最小メッシュで溶接中央部のみならず止端部での熱と物質の流れが再現可能となり溶込み形状変化を説明可能）などの発展はコロナ禍にて、議論、まとめができず次年度へ持ち越すこととした。

国内・国際学会では、院生教育も含め多数の成果発表をはじめ、査読付き会議録、雑誌論文などの成果を挙げたが、引き続き論文投稿準備中のものもあり、鋭意進めていく。

科学研究費において、伊藤が基盤研究 (C) を、山本が若手研究をそれぞれ新規に獲得した。また、民間等との複数の共同研究・受託研究を伊藤、三上 (4月 - 9月在籍時)、高橋が行った。

### 4. 4 教育に対する自己評価

学内の講義科目として、マテリアル生産科学専攻の博士前期課程の学生に、伊藤と高橋は、機能材料学の講義 (夏学期) を行った。特に組織制御による高強度化の機能付加を講義の中心に据え、光学顕微鏡と電子顕微鏡を用いた組織観察について解説した。三上は、応用理工学科 2 年次の学生に材料力学 I および 1 年次の学生に統計学 C-I の講義 (前期配当) を行った。材料力学 I は構造部材の応力・変形評価、統計学 C-I は実験データ処理の基礎となるもので、実際の応用例を交えながら重要性を認識させることを目指した。全学共通科目について、高橋と山本は、学問への扉 (マチカネゼミ) 「強くて軽い新聞紙橋を設計しよう」を担当した (前期配当)。山本は後期配当の生産創成工学の分担講義を行った。

山本は、関西大学 非常勤講師として「マテリアル工学実験」を前期と後期にそれぞれ 2 講義ずつ

担当した。

本年度は、博士前期課程2年生2名と1年生1名、学部学生2名が在籍した。各学生に独自の研究テーマを与え、十分な指導を行い、博士前期課程の学生3名には研究成果を溶接学会にて口頭発表を行わせ、研究・成果発表の基盤を養わせた。また、伊藤は所内の他研究室の博士論文2件の副査を担当した。

#### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

伊藤は、(一社)溶接学会にて、2020・2021年度代議員、編集担当代表理事、編集委員会委員長、研究推進部会委員、企画委員会委員、溶接教育委員会委員及びWG委員、論文査読委員会委員、溶接冶金研究委員会学術幹事、界面接合研究委員会副委員長を、(一社)日本溶接協会にて、第37期学識会員、第37期溶接管理技術者、溶接材料部会技術委員会副委員長、WL運営委員会副委員長兼問題選択を、日本溶接会議(JIW)第17委員会委員長を、(公社)日本金属学会にて、講演大会委員会第6分野委員長、調査・研究企画委員会第6分野委員長を、国際溶接学会(IIW)-IX-L委員会副委員長を担当した。2022 Joint Intermediate Meeting of IIW Commission II and IXの参加者登録とpre-meeting(オンデマンド開催)のシステム運用を行った。また、Korean Society for Heat TreatmentのGuest Editors(Foreign Researchers)として論文査読を行った。国・自治体・公益法人等への貢献として、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構の事前書面審査委員として登録している。

山本は、(一社)溶接学会にて、編集委員会委員、若手会員の会運営委員として活動した。また、Visual-JW2022ではProgram Committeeを担当した。

#### 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

(国研)産業技術総合研究所、(国研)物質・材料研究機構、西日本工業大学、学内複数研究室から共同利用・共同研究者と研究補助者を受入れ、接合界面などの微細組織観察・評価を行った。継続利用の方もおられ、本年度も査読付き学術論文、国際・国内会議発表などの研究成果の発信を行った。詳細は研究成果をご参照下さい。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Microstructure Evolution along Build Direction for Thin-Wall Components Fabricated with Wire-Direct Energy Deposition  
Rapid Prototyping J., 27, 7 (2021), 1289-1301.  
J. D. Kulkarni, S. B. Goka, P. K. Parchuri, H. Yamamoto, K. Ito and S. Simhambhatla
- (2) Alloying a Topmost Steel-Plate Layer with WC-tool Constituent Elements during Friction Stir Processing  
J. Manuf. Process., 69 (2021), 311-319.  
H. Yamamoto, Y. Imagawa, K. Ito, K. Chen and L. Zhang
- (3) Microstructure Features and Formation Mechanism in a Newly Developed Electroslag Welding  
Weld. World, 66 (2021), 313-324.  
T. Kakizaki, S. Koga, H. Yamamoto, Y. Mikami, K. Ito, K. Yamazaki, S. Sasakura and H. Watanabe
- (4) Fatigue Strength Improvement Due to Alloying Steel Weld Toes with WC Tool Constituent Elements through Friction Stir Processing  
Int. J. Adv. Manuf. Technol. (2022)  
H. Yamamoto, S. Koga, K. Ito and Y. Mikami

##### (2) 国際会議発表論文 (査読あり)

- (1) Experimental Study on Improving the Additively Manufactured GMAW and TIG Beads Using FSP  
Materials Today: Proc., On line, 56 (2022.3.4-6), 690-705.  
M. Imam, S. N. S. H. Chittajallu, H. Gururani, H. Yamamoto, K. Ito, P. K. Parchuri, R. Mishra, A. Sharma, A. Richhariya and V. Chinthapent

##### (3) 国際会議発表論文 (査読なし)

- (1) Feature of Microstructure and Its Formation Mechanism in a Newly Developed Electro Slag Welding  
Proc. 74th IIW on-line Assembly & Int. Conf., on line, IX-L-1237-2021 (2021.7.7-21)  
T. Kakizaki, S. Koga, H. Yamamoto, Y. Mikami, K. Ito, K. Yamazaki, S. Sasakura and H. Watanabe
- (2) Investigation of WC-tool-component Solution Mechanism Arose in a Steel Surface Layer during Friction Stir Processing  
Proc. 74th IIW on-line Assembly & Int. Conf., on line, IX-L-1236-2021 (2021.7.7-21)  
H. Yamamoto, Y. Imagawa and K. Ito

##### (7) 国際会議発表

- (1) Investigation of WC-tool-component Solution Mechanism Arose in a Steel Surface Layer during Friction Stir Processing  
The 74th IIW on-line Assembly & Int. Conf., on line (2021.7.7-21)  
H. Yamamoto, Y. Imagawa and K. Ito
- (2) Feature of Microstructure and Its Formation Mechanism in a Newly Developed Electro Slag Welding  
74th IIW Annual Assembly and Int. Conf, On line (2021.7.14)  
T. Kakizaki, S. Koga, H. Yamamoto, Y. Mikami, K. Ito, K. Yamazaki, S. Sasakura and H. Watanabe

- (3) Experimental Study on Improving the Additively Manufactured GMAW and TIG Beads Using FSP  
Int. Conf. on Materials, Mechanics & Modelling 2021 (ICMMM-2021), Online (2022.3.4)  
M. Imam, S. N. S. H. Chittajallu, H. Gururani, H. Yamamoto, K. Ito, P. K. Parchuri, R. Mishra,  
A. Sharma, A. Richhariya and V. Chinthapent
- (4) Toughening Due to Deformation Induced Martensitic Transformation in Delta Ferrite-Containing  
Austenitic Stainless Steel Weld Metals  
IIW 2021 Joint Intermediate Meeting of Commission C-II and -IX, On line (2022.3.14)  
H. Yamamoto, R. Oda, K. Ito, H. Maniwa, Y. Kitagawa and H. Watanabe

## (8) 国内学会発表

- (1) 溶接部破壊靱性試験における負荷履歴の微視的影響に関する結晶塑性解析  
(一社) 日本鉄鋼協会 第182回秋季講演大会, オンライン開催 (2021.9.2-4)  
三上 欣希, 伊藤 和博, 中尾 俊貴, 川畑 友弥
- (2) 二相ステンレス鋼溶接部における水素割れに及ぼす微視組織形態の影響に関する検討  
(一社) 日本機械学会 M&M2021 材料力学カンファレンス, 名古屋大学 東山キャンパス (オン  
ライン開催) (2021.9.15-16)  
三上 欣希, 伊藤 和博
- (3) 破壊靱性試験における予ひずみの影響の結晶塑性解析による基礎的検討  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
中尾 俊貴, 三上 欣希, 伊藤 和博, 川畑 友弥
- (4) 破壊靱性試験における残留応力緩和処理による材料損傷挙動の結晶塑性論的検討  
第240回 溶接構造研究委員会, オンライン開催 (2022.3.15)  
三上 欣希, 中尾 俊貴, 伊藤 和博, 川畑 友弥
- (5) 摩擦攪拌プロセスによるWCツール構成元素の鋼中固溶機構  
(一社) 溶接学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.4.14-19)  
山本 啓, 今川 雄大, 伊藤 和博
- (6) Al/Cu異材薄板の狭窄TIG溶接  
(公社) 日本金属学会 2021年秋期 第169回講演大会, WEB開催 (2021.9.14-17)  
山本 啓, 伊藤 和博, 高橋 誠, 田中 学, ヌエン ヴァン アン, 村田 彰久
- (7) Al/Cu異材薄板の狭窄TIG溶接  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
山本 啓, 伊藤 和博, 高橋 誠, 田中 学, ヌエン ヴァン アン, 村田 彰久
- (8) 摩擦攪拌プロセス施工鋼表層のWCツール構成元素固溶量に及ぼす鋼化学成分の影響  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
小田 怜佳, 山本 啓, 伊藤 和博, 高橋 誠
- (9) 摩擦攪拌プロセス施工鋼表層の残留応力とWCツール構成元素固溶量との関係  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
山元 優士, 山本 啓, 伊藤 和博, 三上 欣希

**(9) 国際会議講演**

- (1) Explosion Welding of W/Cu and Mo/Cu Clads and Related Shock Wave Damages  
International Conference on Materials Science and Engineering, On line & Brisbane, Australia  
(2021.10.11-14)  
K. Ito, P. K. Parshuri, S. Kotegawa, H. Yamamoto, A. Mori, S. Tanaka and K. Hokamoto

**(10) 国内会議講演**

- (1) 摩擦攪拌プロセスによるWCツール構成元素の鋼中固溶機構  
第117回界面接合研究委員会, Teams WEB会議 (2021.5.21)  
山本 啓, 今川 雄大, 伊藤 和博
- (2) 摩擦攪拌プロセスによる表面改質とその効果・機構  
表面分析研究会第56回研究会, Gather Town WEB会議 (2021.6.24)  
伊藤 和博
- (3) オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属のひずみ誘起マルテンサイト変態による極低温じん  
性増加  
第248回溶接冶金研究委員会, Teams WEB会議 (2022.1.24)  
山本 啓, 小田 怜佳, 伊藤 和博, 馬庭 啓史, 北川 良彦, 渡邊 博久

**(15) 受賞**

- (1) 支部長特別賞  
(一社) 溶接学会 関西支部 (2021.06.04)  
伊藤 和博, 三上 欣希
- (2) 大阪大学女性大学院生交流会優秀発表賞  
大阪大学 (2021.12.20)  
小田 怜佳 (M1)
- (3) 2020年度溶接学会全国大会優秀研究発表賞  
(一社) 溶接学会 (2021.04.26)  
山本 啓
- (4) 2020年度溶接学会論文奨励賞  
(一社) 溶接学会 (2021.04.26)  
山本 啓
- (5) 接合科学共同利用・共同研究賞  
大阪大学接合科学研究所 (2021.09.16)  
山本 啓, 伊藤 和博, 高橋 誠

**(17) 外部資金**

(単位:千円)

**科学研究費補助金**

- (1) 基盤研究(C) 被溶接体振動によるガスメタルアーク溶接溶込み形状鍋底化への改善とその機構解明 伊藤 和博 1,560

(2)	若手研究	摩擦攪拌ツール元素の強制固溶に基づく表層組織 / 残留応力の同時制御	山本 啓	2,470
-----	------	------------------------------------	------	-------

#### 民間等との共同研究

(1)		ダイヘン溶接・接合協働研究所	伊藤 和博	1,000
(2)		日本製鉄ものづくり未来協働研究所	伊藤 和博	2,000

#### 学術相談

(1)			伊藤 和博	1,000
(2)			高橋 誠	550

#### 奨学寄付金

(1)			伊藤 和博	600
(2)			山本 啓	2,000

### 4. 8 教育

氏名：伊藤 和博

#### (1) 大学院等講義科目

(1)	マテリアル生産科学専攻	機能材料学
-----	-------------	-------

#### (3) 博士論文 (副査)

(1)	マテリアル生産科学専攻, 間 竜一	低炭素鋼低酸素溶接金属の粒内変態に関する研究
(2)	マテリアル生産科学専攻, Seong Min, HONG (洪 聖旻)	Joining Mechanism of Aluminum alloy to Galvanized Steel by Pulsed Gas Metal Arc Welding

#### (4) 修士論文

(1)	マテリアル生産科学専攻, 中尾 俊貴	破壊靱性試験における溶接残留応力緩和処理の微視的影響に関する結晶塑性解析
(2)	マテリアル生産科学専攻, 山元 優士	WCツール摩耗を伴う摩擦攪拌プロセス施工鋼表層における圧縮残留応力発生機構

#### (5) 卒業論文

(1)	生産科学コース, 植村 幹太	二相ステンレス鋼溶接金属の三次元組織モデルによる水素拡散・集積挙動の検討
-----	----------------	--------------------------------------



(2) 生産科学コース, 柳 悠輔

狭窄パルスTIG溶接を用いた異相界面複雑化によるAl/Cu 接合強度の増加

氏名：高橋 誠

(1) 大学院等講義科目

(1) マテリアル生産科学専攻

機能材料学

(2) 全学教育推進機構

学問への扉 (ものづくりサイエンス「強くて軽い新聞紙橋を設計しよう」)

氏名：山本 啓

(1) 大学院等講義科目

(1) 工学部

情報工学演習

(2) 工学部

生産創成工学

(3) 全学教育推進機構

学問への扉 (ものづくりサイエンス「強くて軽い新聞紙橋を設計しよう」)

#### 4. 9 社会貢献

氏名：伊藤 和博

(1) 学会役員

(1) (一社) 日本溶接協会

WL 運営委員会 副委員長兼問題選択

(2) (一社) 日本溶接協会

日本溶接会議 (JIW) 第 17 委員会委員 (委員長)

(3) (一社) 日本溶接協会

溶接材料部会技術委員会 副委員長

(4) (一社) 日本溶接協会

日本溶接協会第 37 期学識会員

(5) (一社) 日本溶接協会

日本溶接協会第 37 期溶接管理技術者

(6) (一社) 溶接学会

界面接合研究委員会 副委員長

(7) (一社) 溶接学会

企画委員会 委員

(8) (一社) 溶接学会

研究推進部会 委員

(9) (一社) 溶接学会

編集委員会 委員長

(10) (一社) 溶接学会

溶接教育委員会 委員

- (11) (一社) 溶接学会 溶接冶金研究委員会 学術幹事
- (12) (一社) 溶接学会 論文査読委員会 委員
- (13) (一社) 溶接学会 編集代表担当理事
- (14) (一社) 溶接学会 溶接教育委員会 WG 委員
- (15) (一社) 溶接学会 2020・2021 年度代議員
- (16) (公社) 日本金属学会 講演大会企画委員
- (17) (公社) 日本金属学会 新第 6 分野 委員長
- (18) (公社) 日本金属学会 調査・研究企画委員会 委員
- (19) (公社) 日本金属学会 本多記念講演委員会委員
- (20) IIW IIW-IX-L 委員会 副委員長
- (21) Korean Society for Heat Treatment Guest Editors (Foreign Researchers)

**(2) 国際会議委員**

- (1) Online Intermediate Meeting of Commission IX Organization

**(5) 国・自治体・公益法人等への貢献**

- (1) (国研) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 事前書面審査委員

氏名：山本 啓

**(1) 学会役員**

- (1) (一社) 溶接学会 若手会員の会 運営委員
- (2) (一社) 溶接学会 編集委員会 委員

**(2) 国際会議委員**

- (1) Visual-JW2022 Program Committee

**(3) 他大学等での非常勤講師**

- (1) 関西大学化学生命工学部 マテリアル工学実験 I
- (2) 関西大学化学生命工学部 マテリアル工学実験 II

#### 4. 10 全国共同利用に関する研究

##### (1) 令和3年度共同研究員と研究テーマ

氏名：伊藤 和博

一般公募研究課題

- |     |                                       |       |  |
|-----|---------------------------------------|-------|--|
| (1) | (国研)物質・材料研究機構                         | 大井 暁彦 | 金属電極 / 酸化物絶縁膜 / 金属電極の異種<br>接合界面における反応及び微細構造の解析 |
| (2) | (国研)物質・材料研究機構<br>ナノテクノロジー<br>融合ステーション | 生田目俊秀 | 金属電極 / 酸化物絶縁膜 / 金属電極の異種<br>接合界面における反応及び微細構造の解析 |
| (3) | (国研)物質・材料研究機構<br>ナノテクノロジー<br>融合ステーション | 池田 直樹 | 金属電極 / 酸化物絶縁膜 / 金属電極の異種<br>接合界面における反応及び微細構造の解析 |
| (4) | 西日本工業大学<br>総合システム工学科                  | 高橋 雅士 | iIn718 三次元積層造形材のクリープ劣化挙<br>動の解明ほか              |
| (5) | 大阪大学工学研究科アル<br>バック未来技術共同研究所           | 國吉 望月 | 急速加熱液相エピタキシャル成長により作<br>製した半導体微細構造の結晶性評価        |
| (6) | 大阪大学大学院工学研究科                          | 志村 考功 | 急速加熱液相エピタキシャル成長により作<br>製した半導体微細構造の結晶性評価        |
| (7) | 大阪大学大学院工学研究科<br>物理学系専攻                | 山口 凌雅 | 急速加熱液相エピタキシャル成長により作<br>製した半導体微細構造の結晶性評価        |
| (8) | 大阪大学大学院工学研究科<br>物理学系専攻                | 田淵 直人 | 急速加熱液相エピタキシャル成長により作<br>製した半導体微細構造の結晶性評価        |

氏名：高橋 誠

一般公募研究課題

- |     |                                    |       |                           |
|-----|------------------------------------|-------|---------------------------|
| (1) | 大阪大学大学院工学研究科<br>ビジネスエンジニアリング<br>専攻 | 清野 智史 | 樹脂板表面に固定化された金属ナノ粒子の<br>解析 |
|-----|------------------------------------|-------|---------------------------|

##### (2) 共同研究員との共著論文件数 (査読付き学術論文, 国際会議論文)

- |     |    |   |
|-----|----|---|
| (1) | 合計 | 2 |
|-----|----|---|



接合機構研究部門  
接合界面機構学分野



## 接合機構研究部門 接合界面機構学分野

### 4. 1 研究概要

本研究分野は、鉄鋼材料、非鉄材料、非金属材料およびそれらの組み合わせた接合・溶接界面における諸現象を巨視的、微視的に解析することで、種々の接合・溶接プロセスにおける界面の形成機構を明らかにするとともに、その知見を活用した新規界面制御技術を確立することを目的とする。

新たな価値創出のコアとなる強みを有する摩擦接合法（摩擦攪拌接合（FSW）、摩擦圧接、線形摩擦接合）や溶融溶接法を主軸とし、次世代接合 & 改質プロセス技術を創出し、新たな学術基盤を体系化するとともに我が国の産業競争力向上による持続的な成長の一助となることを目指す。

### 4. 2 研究課題

1. 摩擦接合（FSW、摩擦圧接、線形摩擦接合）界面制御と形成機構の解明
2. 新規接合 & 改質プロセスの開発
3. 溶接界面、溶融池形成機構の解明
4. 接合界面構造の解析

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. 摩擦接合（FSW、摩擦圧接、線形摩擦接合）界面制御と形成機構の解明

中・高炭素鋼、高 Mn ダンパー合金鋼、高 P 鋼、C-Si-Mn 鋼、溶融亜鉛メッキ鋼、高強度 Ti 合金、Al 合金厚板、Al 合金丸棒、難燃性 Mg 合金などの難接合材の摩擦接合や、異種の Al 合金、炭素鋼 / Al（重ね）、ステンレス鋼 / Al、Al / CFRP、Ti / CFRP、ポーラス Al / プラスチックなどの組み合わせにおける異種接合に取り組んだ。

ツールを用いない線形摩擦接合法や摩擦圧接を用いて低温で接合できる手法を確立し、異種材料の接合へ発展させた。条件の最適化のための法則性を整理した結果、これまでの鉄鋼材料に加えて、Ti-6Al-4V 合金や A1050、A 5052、A 5083、A 6061、A 7075 など、加工硬化型、固溶強化型、析出強化型を含む種々の Al 合金のすべての合金で完全に軟化を抑制し、継手効率 100% を達成することができた。異種材料に対しても、Ti-6Al-4V 合金と SUS316L の線形摩擦接合及び摩擦圧接を行い、無欠陥で混合層の無い継手を得ることで 100% の継手効率を達成した。現在は、融点降下の大きい Al 合金と Mg 合金の異種材料の接合や Ti 字継手の接合に取り組んでいる。

新規の接合法として、真ん中の材料を振動させることで、3つの材料を同時に接合できるセンタードライブ両面線形摩擦接合を開発した。これにより、当該学生が軽金属溶接協会賞を受賞した。線形摩擦接合、センタードライブ両面線形摩擦接合に関しては、企業との連携により装置の開発も行っており、今後展開を図っていく。（2021年10月12日付中部経済新聞）

FSW に関しては、窒化ケイ素ツールの開発を用いた 15 mm 厚板鋼板の接合に成功するとともに、ショルダとプローブが別駆動する複動式ツールを用いることで平らな継手表面が得られるフラット FSW を開発し、Mg 合金、異種の Mg 合金、高強度鋼などの接合メカニズムを解明した。

摩擦圧接に関しては、3次元 X 線透過装置を用いて、これまで不可能であった、現象の可視化に世界で初めて成功しており、当該学生が溶接学会優秀発表賞ならびに軽金属溶接協会賞を受賞した。この他にも、薄板亜鉛メッキ鋼板などの難接合材の摩擦攪拌接合などにも取り組み、多くの論文発表に繋げている。

摩擦エレメント接合やセルフシアリベットにも取り組み、前者で鋼と鋼の接合を、後者で A7075-T6 同士の接合に成功した。

## 2. 新規接合 & 改質プロセスの開発

ジュール熱を利用した新規接合法である圧力制御通電圧接の開発に取り組み、短時間で100%の継手効率が得られる手法を開発した。炭素鋼の接合に留まらず、Al合金、純Cuの同種の接合や、Ti合金とステンレス鋼、あるいはAl合金と鋼の異種材料の接合に取り組んだ。Al合金と鋼のように、2つの材料の強度が同じになる温度が存在しない組み合わせは、一般に接合が困難であるが、この問題を解決したことにより、担当学生が軽金属溶接協会から優秀研究発表賞を頂いた。この接合法を用いて、パイプ材の接合についても、内部にバリを形成させないで接合する技術の確立にも繋がった。

加えて、固相で抵抗スポット接合を行う技術の開発を行った。電極の消耗を抑制する目的で、電流供給部以外に加圧部を設けることで、大荷重を印加可能となり、鉄鋼材料を $A_1$ 点以下で抵抗スポット接合する技術を開発した。本手法も、日刊工業新聞に3度(2021年8月30日、12月6日、12月17日)も紹介されるなど、国内外から大いに注目されている技術となっている。当該学生も溶接学会優秀発表賞を受賞した。

摩擦攪拌接合に関連した技術としては、前進側に回転ツールを傾斜させる「傾斜ツールFSW」が特筆に値する。一般に回転ツールはショルダとプローブからなり、ショルダがバリの形成を抑制する役割を有するが、ツールを傾斜させることで、ショルダが無くてもバリの抑制が可能であることを明らかにした。この技術は、今後、ツール寿命の短い鉄鋼材料等のFSW有効な技術となると考えられる。

その他、Al/CFRP、Ti/CFRPなどの金属/非金属の摩擦接合技術の確立に取り組み、界面反応の活性化と気泡形成の抑制を両立することによって、母材破断する継手の作製に成功した。鋼とAlの継手に関して、炭酸カルシウムを用いた継手の分離技術についても取り組んだ。グラフェンを用いたFSPをAl合金へ適用し、曲げ特性を向上させることができた。この成果は、IF 9.594のCarbon誌への掲載に繋がった。

## 3. 溶接界面、熔融池形成機構の解明

Spring-8を活用して、溶接中の相変態を回折パターンから同定することで、Fe-Mn-Si合金の凝固モードなどの溶接凝固現象を明らかにし、割れの抑制法について検討した。この手法は、今後、割れが課題となっている材料の課題解決に大きな武器となると考えられる。TIG溶接時における結晶の成長速度、熔融池内の溶質の濃度分布変化、ひずみ分布を測定することにより、割れの発生メカニズムの解明ならびにその改善案を提案した。

その他、抵抗スポット溶接継手強度に及ぼす塗装焼き付け熱履歴の影響について取り組み、溶接界面付近における組織および特性の変化を明らかにした。

深溶け込みを可能にしたAA-TIGを用いて接合した9Ni鋼の機械的向上を目指して、摩擦攪拌プロセスを施す手法を確立すると共に、摩擦熱を利用したポーラス材料の作製や気孔形成および変形挙動の透過X線観察を用いたプロセスの可視化を行った。

## 4. 接合界面構造の解析

液体CO<sub>2</sub>とストップアクション法を組み合わせる摩擦攪拌接合を実施し、その後の熱処理を組み合わせることにより、FSWの攪拌中の組織形成と冷却中の焼きなまし効果を分離し、組織形成メカニズムを解明に取り組んだ。純度の異なる純Alに対して実験を行い、組織形成に及ぼす純度の影響を明らかにした。

FSW継手の疲労特性の評価を行った。耐食性の向上が期待できる高P鋼を中心に接合界面の形成状態と疲労特性の関係をマクロ及びミクロの観点から解明した。P量や接合温度を $A_1$ 点以下と $A_3$ 点以上などに変化させ、強度と疲労特性、耐食性と鏽の構造に及ぼす影響を明らかにした。継手の残留応力の分布についても測定した。

摩擦接合を念頭においたCr-Si鋼、Mn-Si鋼などを開発するとともに、マルテンサイト鋼にMo、



V を添加し、2 次析出硬化を利用することで、HAZ 軟化を抑制する技術を確立した。2 次硬化の温度と  $A_1$  点を同時に制御することにより、継手効率 93% を達成した。1500MPa 級のマルテンサイト鋼の継手効率としては、従来と比較して極めて高い値である。また、マルテンサイト鋼に対しては極低温線形摩擦接合が有効であることも示した、HAZ 軟化が効果的に抑制される他、界面近傍では、シングルバリエーションマルテンサイトの形成により、従来にない高い硬度を有する組織が形成することを明らかにした。

6Ni 鋼に対して、FSW の強加工を付与することで結晶粒を微細化させ、オーステナイト安定化、TRIP 効果の発現をもたらす技術のメカニズムの解明を行った。また、集合組織から、FSW 中の流動挙動についても明らかにした。2 相ステンレス鋼の FSW の攪拌部における微細組織の不均一性、特に板厚方向の不均一性とその形成機構を明らかにした。

## (2) 研究に対する自己評価

本研究分野は、高融点金属、難接合材を含む種々の素材の摩擦攪拌接合、接合部における現象の解明とそれに基づく高効率・高品質溶接法の開発、摩擦攪拌プロセス等を用いた表面改質とその評価などを中心に多くの成果を挙げ、査読付き原著論文を 39 報発表した。また、これら多くは Carbon (9.594)、Journal of Materials Science and Technology (8.067) 3 報、International Journal of Machine and Tool (7.880)、Construction and Building Materials (6.141) に掲載されたのを始め、Journal of Materials Processing Technology (5.551) 3 報、Materials and Science and Engineering A (5.234) 3 報、International Journal of Fatigue (5.186)、Journal of Materials Research Technology (5.039) 2 報、Journal of Manufacturing Process (5.010) 4 報、Science and Technology of Welding and Joining (4.564) などインパクトファクターが高く、国際的に認められた雑誌に掲載された。また、Spring-8 や溶接現象 3 次元可視化システム等を活用した溶接凝固割れのメカニズムを始めとする溶接現象の解明などにも取り組み、一方で将来の解体を考えて、分離技術についても検討した。

特許は 28 件出願し、以前出願した特許が 10 件権利化された。国際会議の招待講演が 2 件、国内招待講演 15 件、解説・著書 3 件と研究成果を社会に対して還元し、十分にその責務を果たしている。これらの一連の研究成果に対して、日本マグネシウム協会奨励賞、軽金属溶接協会賞 2 件、溶接学会優秀発表賞 2 件、軽金属溶接協会優秀発表賞、軽金属学会優秀研究講演賞 2 件などの多数の受賞をした。研究予算に関しても、科学研究費補助金 3 件や経済産業省 (ISMA) の革新的新構造材料等技術開発、JST 未来社会創造事業、経済産業省「戦略的基盤技術高度化支援事業」、NEDO 先導研究プログラム / エネルギー・環境新技術先導研究プログラムなどから外部資金を獲得するとともに、奨学寄付金を含めた種々の業種の企業との共同研究も積極的に推進した。R3 年度における研究予算 (外部資金獲得総額) は、約 1 億 4670 万円であり、研究環境も十分に整備できたと考える。藤井は h-index が 57 であり、世界 4033 位にランクされた (国内 233 位)。

## 4. 4 教育に対する自己評価

大学院教育においては、マテリアル生産科学専攻の協力講座として、機能性評価学およびマテリアル生産科学ゼミナールの授業を担当した。授業後のアンケート調査等によれば、毎年、極めて高い評価を得ている。また、接合研全体として担当しているマチカネゼミにおいても授業を行い、学部生に対する教育を行った。さらに、藤井はグローバル COE プログラム「構造・機能先進材料デザイン教育研究拠点」の後継である、構造・機能先進材料デザイン教育研究センターの教授を兼任している。溶接学会主催の「夏期大学」の非常勤講師を務め、若手研究者の育成に尽力した。

博士後期課程 10 名、博士前期課程 7 名、研究生 1 名の指導を行い、博士前期課程 2 件の主査、博士後期課程 2 件の主査及び 2 件の副査を担当した。世界に通用する知識・技量を身につけるための十分な研究指導を行うことにより、学生自身による論文発表、学会発表等の多くの成果に結びついている。学生が、軽金属溶接協会賞 2 件、溶接学会優秀発表賞 2 件、軽金属溶接協会優秀発表賞、

軽金属学会優秀研究講演賞2件などの多数の受賞したことは、このような教育研究活動が評価されたものとする。

常勤教員(准教授)として外国人研究者を雇用するだけでなく、海外から研究員(特任研究員)を1名および留学生7名を受け入れ、国際化も図るとともに、社会人ドクターを3名受け入れるなど、社会人教育も積極的に進めた。今年度、退職した劉准教授が上海交通大学へ異動し、終了した中国人留学生が精華大学に就職が決まるなど、毎年、各国の最高峰の大学への就職へ繋がっている。また、学生、研究員、教員に対して、吹田祭や冶金杯などへの積極的参加も促し、心の健全性を維持するよう努めている。来年度は、万全な形での開催を切望している。

#### 4.5 社会貢献に対する自己評価

本研究分野は、社会貢献に対しても精力的に行っている。外部機関に対する貢献、すなわち、学会役員、国際会議委員、企業との連携、国・自治体・公益法人における種々の活動の委員等のいずれにおいても積極的に進んでいる。

学会においては、(一社)溶接学会、(一社)日本溶接協会、(一社)日本鉄鋼協会、(公社)日本金属学会、(一社)軽金属溶接協会、(一社)スマートプロセス学会、(公社)日本鑄造工学会、(一社)日本マグネシウム協会それぞれ各種委員等としてその責務を果たしている。特に溶接学会では理事、研究推進部会部会長を務めた。海外においても、Nature誌の系列誌であるScientific ReportsのMember of Editorial Boardを務め、溶接・接合分野の活性化に寄与すると共に、International Journal of Materials Engineering InnovationのMember of Editorial BoardやPoland Foundry Research InstituteのMember of Science Committeeなども務めている。また、新たに鋼のFSW-ISOの制定のためのWGがIIW内に立ち上げられ、日本代表として参画した。この他、国・自治体・公益法人等に対しても、各種委員、審査委員を多数務めた。

さらに、民間企業との共同研究も着実に推進することにより、産学連携にも大きく貢献している。これにより、多くの特許や論文などの成果が得られ、また、成果が日刊工業新聞などに5件掲載されるなど、社会への情報発信も積極的に行っている。NEDOの推進により、令和3年4月に研究所に接合技術拠点を設定した。加えて、新たに協働研究所(日本製鉄ものづくり未来協働研究所)、共同研究部門(高度ジョイント生産システム構築共同研究部門)をそれぞれ1つずつ立ち上げた。

#### 4.6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

本研究分野は、東北から沖縄に至る全国の研究機関と34件の共同研究を行った。特に、中・高炭素鋼、高Mn鋼、FMS合金、Fe-Cr原子炉材料の接合を始めとした種々の鉄鋼材料、アルミニウム合金、マグネシウム合金、マグネシウム合金と鉄鋼材料、アルミニウム合金とCFRP、フッ素樹脂と異種材料を始めとした様々な材料の摩擦攪拌接合を行い、厚板鋼板の接合にも取り組んだ。また、線形摩擦接合に関しては、アルミニウム合金とマグネシウム合金の異材の接合を行った。難燃性マグネシウムに関しては、疲労亀裂進展機構の解明や寿命評価法を検討した。

この他、球面ツールを用いた点接合技術(摩擦アンカー接合)の開発、厚板鉄鋼材料用耐熱FSWツール材の開発、FSWツールの形状の最適化、摩擦攪拌プロセスを用いた軽金属材料の改質、摩擦攪拌プロセスを用いたポーラス材の作製や発泡材の接合などのテーマにおいては積極的に研究を遂行し、多くの成果が得られた。加えて、SPring-8などを用いた溶接現象の解明や接合研所有の高輝度X線システムを用いてFSW流動の可視化などにも積極的に取り組んだ。

その結果、共同研究員との共著の雑誌掲載論文は10件に上り、Journal of Materials Science and Technology (8.067) 3報、International Journal of Machine and Tool (7.880)に掲載されたのを始め、Science and Technology of Welding and Joining (4.564)、Materials Letters (3.423)、Metals (2.351)、ISIJ International (1.739)などの国際的な一流誌にも多数掲載された。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Flat Hardness Distribution in AA6061 Joints by Linear Friction Welding  
Sci. Rep., 11, 11756 (2021), 1-7.  
J.-W. Choi, W. Li, K. Ushioda and H. Fujii
- (2) Microstructural Evolutions of 2N Grade Pure Al and 4N Grade High-Purity Al during Friction Stir Welding  
Materials, 14, 13 (2021), 3606.  
T. Nagira, X. Liu, K. Ushioda and H. Fujii
- (3) Friction Stir Welding of High Phosphorus Weathering Steel -Weldabilities, Microstructural Evolution and Mechanical Properties  
ISIJ Int., 61, 7 (2021), 2150-2158.  
T. Kawakubo, T. Nagira, K. Ushioda and H. Fujii
- (4) The Correlation of Austenite Stability and Sequence of Strain Accommodation during Room Temperature Deformation of a Duplex Lightweight Steel  
J. Mater. Res. Technol-JMRT, 13 (2021), 1923-1932.  
B. Mirshekari, A. Zarei-Hanzaki, A. Barabi, H. R. Abedi, S.-J. Lee and H. Fujii
- (5) Microstructure and Mechanical Properties of Weathering Mild Steel Joined by Friction Stir Welding  
Mater. Sci. Eng. A., 823, 141715 (2021), 1-10.  
Y. Wang, S. Tsutsumi, T. Kawakubo and H. Fujii
- (6) Effect of Si Concentration of a Brazing Precursor on the Bonding Strength of Aluminum Foam Bonded via Foaming Bonding  
Mater. Trans., 62, 8 (2021), 1210-1215.  
R. Suzuki, Y. Hangai, Y. Asakawa, I. Shohji, H. Fujii and M. Matsubara
- (7) スポット溶接継手強度に及ぼす塗装焼付け熱履歴の影響  
溶接学会論文集, 39, 3 (2021), 209-217.  
岡田 徹, 泰山 正則, 内原 正人, 藤井 英俊
- (8) Fatigue Performance of Friction Stir Welded Weathering Mild Steels Joined below A1 Temperature  
Int. J. Fatigue, 156 (2022), 106667.  
Y. Wang, S. Tsutsumi, T. Kawakubo and H. Fujii
- (9) 摩擦エレメント接合した鋼板継手における下板の炭素量と十字引張強さの関係  
溶接学会論文集, 40, 1 (2022), 9-17.  
松井 翔, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (10) Grain Boundary Segregation and Toughness of Friction-Stir-Welded High-Phosphorus Weathering Steel  
Mater. Sci. Eng. A., 832 (2022), 142350.  
T. Kawakubo, K. Ushioda and H. Fujii
- (11) Effects of Phosphorus Content on Fatigue Performance of Friction Stir Welded Mild Steels  
Constr. Build. Mater., 324 (2022), 126682.  
Y. Wang, S. Tsutsumi, T. Kawakubo and H. Fujii

- (12) Effect of Paint Baking Thermal Cycle on Joint Strength of Spot Welds  
Weld. Int., 36, 2 (2022), 76-86.  
T. Okada, M. Yasuyama, M. Uchihara and H. Fujii
- (13) Effect of Applied Pressure on Microstructure and Mechanical Properties of Linear Friction Welded AA1050-H<sub>24</sub> and AA5052-H34 Joints  
Sci. Technol. Weld. Join., 27, 2 (2022), 92-102.  
J.-W. Choi, W. Li, K. Ushioda, M. Yamamoto and H. Fujii
- (14) Degradation of Nickel-Bonded Tungsten Carbide Tools in Friction Stir Welding of High Carbon Steel  
Int. J. Adv. Manuf. Technol., 115 (2021), 1049-1061.  
B. Vicharapu, H. Liu, Y. Morisada, H. Fujii and A. De
- (15) A Novel Pressure-Controlled Joule-Heat Forge Welding Method to Fabricate Sound Carbon Steel Joints below the A1 Point  
J. Manuf. Process., 68 (2021), 770-777.  
H. Liu, T. Miyagaki, Y.-S. Lim, M. Kamai and H. Fujii
- (16) Microstructural Evolution in Friction Self-Piercing Riveted Aluminum Alloy AA7075-T6 Joints  
J. Mater. Sci. Technol., 82 (2021), 80-95.  
Y. Ma, S. Niu, H. Liu, Y. Li and N. Ma
- (17) Work Hardening Behavior of Dual Phase Copper-Iron Alloy at Low Temperature  
Mater. Sci. Eng. A., 819 (2021), 141509.  
T. Yamashita, N. Koga, T. Kawasaki, S. Morooka, S. Tomono, O. Umezawa and S. Harjo
- (18) Microstructure and Plasticity Evolution During Lüders Deformation in an Fe-5Mn-0.1C Medium-Mn Steel  
ISIJ Int., online (2022)  
M. Koyama, T. Yamashita, S. Morooka, T. Sawaguchi, Z. Yang, T. Hojo, T. Kawasaki and S. Harjo
- (19) In-situ Neutron Diffraction Study of Lattice Deformation Behavior of Commercially Pure Titanium at Cryogenic Temperature  
Sci. Rep., 12 (2022), 3719.  
M.-S. Lee, T. Kawasaki, T. Yamashita, S. Harjo, Y.-T. Hyun, Y. Jeong and T.-S. Jun
- (20) Enhancements on Dissimilar Friction Stir Welding Between AZ31 and SPHC Mild Steel With Al-Mg as Powder Additives  
J. Manuf. Sci. Eng., 143 (2021), 071005-1-10.  
M. R. Muhamad, S. Raja, M. F. Jamaludin, F. Yusof, Y. Morisada, T. Suga and H. Fujii
- (21) アルミニウム合金A2024/A6061摩擦攪拌接合継手の疲労強度特性に及ぼす再時効の影響  
軽金属溶接, 59, 7 (2021), 279-288.  
奥本良博, 西本浩司, 西野精一, 森貞好昭, 藤井英俊
- (22) Influence of Aluminium-Rich Intermetallics on Microstructure Evolution and Mechanical Properties of Friction Stir Alloyed Al-Fe Alloy System  
J. Manuf. Process., 68 (2021), 668-682.  
A. Sharma, Y. Morisada and H. Fujii

- (23) Interface Development and Microstructure Evolution during Double-Sided Friction Stir Spot Welding of Magnesium Alloy by Adjustable Probes and Their Effects on Mechanical Properties of the Joint  
J. Mater. Process. Technol., 294 (2021), 117104.  
X. Wang, Y. Morisada and H. Fujii
- (24) X-ray Radiography Inspection of Pores of Thin Aluminum Foam during Press Forming Immediately after Foaming  
Metals, 11, 8 (2021), 1226.  
Y. Hangai, D. Kawato, M. Ohashi, M. Ando, T. Ogura, Y. Morisada, H. Fujii, Y. Kamakoshi, H. Mitsugi and K. Amagai
- (25) Interface Strengthening in Dissimilar Double-Sided Friction Stir Spot Welding of AZ31/ZK60 Magnesium Alloys by Adjustable Probes  
J. Mater. Sci. Technol., 85 (2021), 158-168.  
X. Iwang, Y. Morisada and H. Fujii
- (26) AA-TIG溶接された9%Ni鋼の機械的性質に及ぼす摩擦攪拌プロセスの影響  
溶接学会論文集, 39, 3 (2021), 200-208.  
森 正和, 徳田 龍也, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (27) 摩擦攪拌接合によるチタンとCFRPの異材接合  
チタン, 69, 4 (2021), 321-325.  
森貞 好昭, 崔 正原, 藤井 英俊
- (28) Ti-6Al-4V/SUS316L Dissimilar Joints with Ultrahigh Joint Efficiency Fabricated by a Novel Pressure-Controlled Joule Heat Forge Welding Method  
J. Mater. Process. Technol., 298 (2021), 117283.  
Y.-S. Lim, Y. Morisada, H. Liu and H. Fujii
- (29) Bending Induced Mechanical Exfoliation of Graphene Interlayers in a through Thickness Al-GNP Functionally Graded Composite Fabricated via Novel Single-Step FSP Approach  
Carbon, 186 (2022), 475-491.  
A. Sharma, Y. Morisada and H. Fujii
- (30) Double-sided Friction Stir Spot Welding of Ultra-High Strength C-Mn-Si Martensitic Steel by Adjustable Probes  
J. Mater. Process. Technol., 300 (2022), 117422.  
X. Wang, Y. Morisada, K. Ushioda and H. Fujii
- (31) Investigation of Residual Stress within Linear Friction Welded Steel Sheets by Alternating Pressure via X-ray Diffraction and Contour Method Approaches  
J. Manuf. Process., 54 (2021), 1223-1234.  
R. Gadallah, S. Tsutsumi, Y. Aoki and H. Fujii
- (32) Thermo-mechanical Modeling and Analysis of Friction Spot Joining of Al Alloy and Carbon Fiber-Reinforced Polymer  
J. Mater. Res. Technol.-JMRT, 12 (2021), 1777-1793.  
N. Ma, P. Geng, Y. Ma, K. Shimakawa, J.-W. Choi, Y. Aoki and H. Fujii

- (33) Thermal-mechanical Coupling Analysis and Strength Assessment of Friction Lap Spot Joining of A6061 Alloy and Carbon Fiber Reinforced Polymer  
*J. Mater. Res. Technol-JMRT*, 12 (2021), 1777-1793.  
 N. Ma, K. Shimakawa, P. Geng, Y. Ma, J.-W. Choi, Y. Aoki and H. Fujii
- (34) Flat Friction Spot Joining of Aluminum Alloy to Carbon Fiber Reinforced Polymer Sheets: Experiment and Simulation  
*J. Mater. Sci. Technol.*, 107 (2021), 266-289.  
 P. Geng, N. Ma, H. Ma, Y. Ma, K. Murakami, H. Liu, Y. Aoki and H. Fujii
- (35) Friction Welding of Porous Aluminum and Polycarbonate Plate  
*Mater. Lett.*, 304 (2021), 130610.  
 Y. Hangai, R. Kishimoto, M. Ando, H. Mitsugi, Y. Goto, Y. Kamakoshi, R. Suzuki, M. Matsubara, Y. Aoki and H. Fujii
- (36) Effects of Rotation Tool-Induced Heat and Material Flow Behaviour on Friction Stir Lapped Al/steel Joint Formation and Resultant Microstructure  
*Int. J. Machine Tools and Manufacture*, 174 (2022), 103858.  
 P. Geng, Y. Ma, N. Ma, H. Ma, Y. Aoki, H. Liu, H. Fujii and C. Chen
- (37) 異種合金からなる複合ポーラスアルミニウムのプリカーサの摩擦攪拌プロセス時の摩擦熱による発泡  
*軽金属*, 72, 2 (2022), 54-57.  
 永井孝直, 諸橋寛海, 半谷禎彦, 三ツ木寛尚, 青木祥宏, 藤井英俊
- (38) Effect of the Welding Parameters on Microstructure and Mechanical Properties of Linear Friction Welded Ti-6Al-4V Alloy  
*J. Manuf. Process.*, 75 (2022), 651-663.  
 J.-W. Choi, Y. Aoki, K. Ushioda and H. Fujii
- (5) 国内会議発表論文 (査読なし)**
- (1) センタードライブ両面線形摩擦接合を用いた鋼とアルミニウム合金の異材接合  
*JAAA2021シンポジウム「先進自動車製造技術における接合技術2021」講演論文集*, WEB開催 (2021.11.30-12.1), 34-37.  
 伊藤鉄朗, 釜井正善, 森貞好昭, 藤井英俊
- (2) 無変態接合を可能とする固相抵抗スポット接合法の開発  
*JAAA2021シンポジウム「先進自動車製造技術における接合技術2021」講演論文集*, WEB開催 (2021.11.30-12.1), 168-171.  
 相原巧, 釜井正善, 森貞好昭, 藤井英俊
- (7) 国際会議発表**
- (1) Effect of Tool Rotation Speed on Friction Stir Welded Ti-CFRP Joints  
*Material Research Meeting 2021, Yokohama* (2021.12.13-17)  
 J. W. Choi, Y. Morisada, H. H. Liu, K. Ushioda, H. Fujii, K. Nagatsuka, K. Nakata and M. Yamamoto
- (2) Fabrication of AL-Fe Alloy by Friction Stir Alloying  
*Material Research Meeting 2021, Yokohama* (2021.12.13-17)  
 A. Sharma, Y. Morisada and H. Fujii

(3) Through Thickness Localized Strain Distribution and Microstructural Characterization of Functionally Graded Al/GNP Composite Fabricated by Friction Stir Processing  
TMS2022 (2022.2.27-3.3)  
A. Sharma, Y. Morisada and H. Fujii

(4) Fabricating Sound High-carbon-steel Joints below the A1 Point by a Novel Pressure-controlled Joule-heat Forge Welding Method and Its Welding Principle Elucidation  
Material Research Meeting 2021, Yokohama (2021.12.13-17)  
H. H. Liu, T. Miyagaki, M. Kamai, Y. Ma, N. Ma and H. Fujii

## (8) 国内学会発表

(1) 鉄とアルミニウム接合部のポーラス化による分離方法の検討  
(一社) 軽金属学会 140 回春期大会講演概要, オンライン開催 (2021.4.14-15)  
増田 敦哉, 半谷 禎彦, 三ツ木 寛尚, 鈴木 良祐, 松原 雅昭, 藤井 英俊

(2) 発泡補修における補修部材の気孔率制御  
(一社) 軽金属学会 140 回春期大会講演概要, オンライン開催 (2021.4.14-15)  
鈴木 良祐, 浅川 友祐, 松原 雅昭, 半谷 禎彦, 荘司 郁夫, 藤井 英俊

(3) 摩擦攪拌接合した Si-Mn 炭素鋼の組織と機械的性質に及ぼす Mo および V 添加の影響  
(一社) 溶接学会 2021 年度 春季全国大会, WEB 開催 (2021.4.14-19)  
伍 沢西, 潮田 浩作, 藤井 英俊, 宮本 吾郎

(4) 摩擦攪拌接合した高 P 鋼における P の粒界偏析と凝固偏析  
(一社) 溶接学会 2021 年度 春季全国大会, WEB 開催 (2021.4.14-19)  
川久保 拓海, 潮田 浩作, 藤井 英俊

(5) 鑄造を利用したプリカーサ法における溶湯への増粘剤粒子添加方法の検討  
(公社) 日本鑄造工学会 第 177 回全国講演大会, オンライン開催 (2021.5.21-25)  
鈴木 良祐, 松原 雅昭, 半谷 禎彦, 荘司 郁夫, 藤井 英俊

(6) 鉄の摩擦攪拌プロセス時の熱によるポーラス ADC12 の発泡と生成する界面反応層の観察  
(公社) 日本鑄造工学会 第 177 回全国講演大会, オンライン開催 (2021.5.21-25)  
諸橋 寛海, 半谷 禎彦, 三ツ木 寛尚, 藤井 英俊, 青木 祥宏

(7) Al 合金と CFRP のピンレス摩擦攪拌スポット接合の有限要素シミュレーションと強度評価  
(一社) 塑性加工学会 2021 年度 春季全国大会, WEB 開催 (2021.6.1-3)  
村上 和輝, 耿 培皓, 麻 寧緒, 藤井 英俊

(8) 摩擦攪拌接合を施した高リン炭素鋼に形成するさび層の耐食性  
(一社) 日本鉄鋼協会第 182 回秋季講演大会, オンライン開催 (2021.9.2-4)  
初田 和夫, 土谷 博昭, 川久保 拓海, 柳楽 知也, 藤井 英俊, 藤本 慎司

(9) 摩擦攪拌接合中の P の粒界偏析に及ぼす結晶粒微細化の影響  
(一社) 日本鉄鋼協会 第 182 回秋季講演大会, オンライン開催 (2021.9.2-4)  
川久保 拓海, 潮田 浩作, 藤井 英俊

(10) 6%Ni 炭素鋼の摩擦攪拌接合における攪拌部の残留オーステナイト量に及ぼす炭素量およびオーステナイト粒径の影響  
(一社) 溶接学会 2021 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2021.9.21-28)  
三浦 拓也, 藤井 英俊, 潮田 浩作

- (11) V添加によるマルテンサイト鋼摩擦攪拌接合部のHAZ軟化抑制機構  
(一社)溶接学会 2021年度秋季全国大会, WEB開催(2021.9.21-28)  
伍沢西, 潮田浩作, 藤井英俊
- (12) 耐候性厚鋼板の線形摩擦接合  
(一社)溶接学会 2021年度秋季全国大会, WEB開催(2021.9.21-28)  
川久保拓海, 潮田浩作, 藤井英俊, 柳樂知也, 中村照美
- (13) 摩擦圧接時の回転数と接合時間がポアラスAI/熱可塑性樹脂の接合強度に及ぼす影響  
第72回塑性加工連合講演会, WEB開催(2021.10.29-30)  
松島慶幸, 半谷禎彦, 三ツ木寛尚, 鎌腰雄一郎, 藤井英俊
- (14) 炭酸カルシウムを用いた鉄とアルミニウム接合部のポアラス化による分離の検討  
(一社)軽金属学会第141回秋期大会, WEB開催(2021.11.13-14)  
増田敦哉, 半谷禎彦, 三ツ木寛尚, 鈴木良祐, 松原雅昭, 藤井英俊
- (15) 摩擦圧接を利用したポアラスアルミニウムと熱可塑性樹脂の異種材料接合  
第29回機械材料・材料加工技術講演会, WEB開催(2021.11.18-19)  
北村明寛, 大美賀康揮, 半谷禎彦, 三ツ木寛尚, 藤井英俊
- (16) 鉄とアルミニウム接合部のポアラス化による分離方法の検討  
一般社団法人 軽金属学会 2021年度第6回若手研究者講演発表会, WEB開催(2021.11.27-28)  
増田敦哉, 半谷禎彦, 三ツ木寛尚, 鈴木良祐, 松原雅昭, 藤井英俊
- (17) 6Ni炭素鋼の摩擦攪拌接合攪拌部の集合組織に与える接合条件の影響  
(公社)日本金属学会 2022年秋期第170回講演大会, オンライン開催(2022.3.15-17)  
三浦拓也, 潮田浩作, 藤井英俊
- (18) FSWされた耐候性鋼の延性および疲労特性  
日本鉄鋼協会 第183回春季講演大会シンポジウム, オンライン開催(2022.3.15-17)  
WANG Yixun, 堤成一郎, 川久保拓海, 藤井英俊
- (19) FSWされた耐候性鋼の機械的特性に及ぼすC、Pの影響  
日本鉄鋼協会 第183回春季講演大会シンポジウム, オンライン開催(2022.3.15-17)  
川久保拓海, 潮田浩作, 藤井英俊, 加茂浩治, 北村捻
- (20) LFWされた耐候性鋼の延性および疲労特性  
日本鉄鋼協会 第183回春季講演大会シンポジウム, オンライン開催(2022.3.15-17)  
WANG Yixun, 堤成一郎, 川久保拓海, 藤井英俊
- (21) 放射光X線を利用したFe-Mn-Si系合金の溶接凝固現象の解明  
(公社)日本金属学会 2022年秋期第170回講演大会, オンライン開催(2022.3.15-17)  
柳樂知也, 中村照美, 吉中奎貴, 澤口孝宏, 藤井英俊
- (22) 摩擦攪拌接合を施した高リン炭素鋼に大気腐食環境で生成するさび層の構造と耐食性  
日本鉄鋼協会 第183回春季講演大会シンポジウム, オンライン開催(2022.3.15-17)  
土谷博昭, 初田和大, 川久保拓海, 潮田浩作, 藤井英俊, 山下正人, 藤本慎司
- (23) テーパー試料形状を利用した中炭素鋼の圧力制御通電圧接  
(一社)溶接学会 2021年度春季全国大会, WEB開催(2021.4.14-19)  
劉恢弘, 宮垣徹也, 釜井正善, 藤井英俊



- (24) テーパー試料形状を利用した中炭素鋼における圧力制御通電圧接  
(公社) 日本金属学会 2021 年秋期 第 169 回講演大会, WEB 開催 (2021.9.14-17)  
劉 恢弘, 宮垣 徹也, 釜井 正善, 馬 運五, 麻 寧緒, 藤井 英俊
- (25) A11100 と A316L ステンレス鋼における摩擦攪拌突き合わせ接合に及ぼす Zn 中間層の影響  
(一社) 溶接学会 2021 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2021.9.21-28)  
サリ モハメド, 劉 恢弘, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (26) Effect of Zn Interlayer in Friction Stir Butt Welding of A11100 and A316L Stainless Steel  
(一社) 溶接学会 2021 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2021.9.21-28)  
SALEH Mohamed, 劉 恢弘, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (27) 圧力制御通電圧接による中炭素鋼パイプ材の固相接合  
(一社) 溶接学会 2021 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2021.9.21-28)  
劉 恢弘, 藤井 英俊
- (28) 高空間分解 X 線イメージングを利用した Fe-Mn-Si 系合金における溶接凝固現象のその場観察  
(一社) 溶接学会 2021 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2021.9.21-28)  
柳楽 知也, 中村 照美, 吉中 奎貴, 澤口 孝宏, 劉 恢弘, 青木 祥宏, 釜井 正善, 藤井 英俊
- (29) 2 相ステンレス鋼の摩擦攪拌接合攪拌部における微細組織の不均一性と形成機構  
(一社) 日本鉄鋼協会 第 182 回秋季講演大会, オンライン開催 (2021.9.2-4)  
山下 享介, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (30) その場中性子回折法による中 Mn 鋼の低温変形挙動解析  
(一社) 日本鉄鋼協会 第 182 回秋季講演大会, オンライン開催 (2021.9.2-4)  
山下 享介, 諸岡 聡, 川崎 卓郎, ハルヨ ステファヌス
- (31) 摩擦攪拌接合された 2 相ステンレス鋼の板厚方向に沿った微細組織の不均一性  
(一社) 溶接学会 2021 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2021.9.21-28)  
山下 享介, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (32) 乾湿繰り返し環境で各種低合金鋼に生成するさび層の耐食性評価  
日本鉄鋼協会 第 183 回春季講演大会シンポジウム, オンライン開催 (2022.3.15-17)  
小林 雄一郎, 土谷 博昭, 川久保 拓海, 三浦 拓也, 山下 享介, 潮田 浩作, 藤井 英俊, 山下 正人,  
藤本 慎司
- (33) 摩擦攪拌接合された二相ステンレス鋼攪拌部の引張特性  
(公社) 日本金属学会 2022 年秋期 第 170 回講演大会, オンライン開催 (2022.3.15-17)  
山下 享介, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (34) A6061 アルミニウム合金の低温摩擦圧接  
(一社) 溶接学会 2021 年度 春季全国大会, WEB 開催 (2021.4.14-19)  
太田 匡人, 森貞 好昭, 釜井 正善, 藤井 英俊
- (35) 圧力制御通電圧接法を用いた AA5052 と S45C の異材固相接合  
(一社) 溶接学会 2021 年度 春季全国大会, WEB 開催 (2021.4.14-19)  
林 泳錫, 森貞 好昭, 劉 恢弘, 藤井 英俊
- (36) 軽金属 /CFRP 異材線形摩擦接合  
(一社) 溶接学会 2021 年度 春季全国大会, WEB 開催 (2021.4.14-19)  
伊藤 鉄朗, 雀 正原, 森貞 好昭, 藤井 英俊

- (37) 高 Mn 系制振ダンパー合金の FSW と組織形成機構  
(一社) 溶接学会 2021 年度 春季全国大会, WEB 開催 (2021.4.14-19)  
柳楽 知也, Nikulin Ilya, 中村 照美, 澤口 孝宏, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (38) 窒化珪素製ツールを用いた 15mm 厚鋼板の摩擦攪拌接合  
(一社) 溶接学会 2021 年度 春季全国大会, WEB 開催 (2021.4.14-19)  
森 正和, 伴 竜弥, 森貞 好昭, 藤井 英俊, 竹内 裕貴
- (39) シランカップリング剤を用いた純アルミニウムと CFRP の摩擦攪拌重ね接合  
(一社) 溶接学会 2021 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2021.9.21-28)  
長岡 亨, 平野 寛, 木元 慶久, 武内 孝, 山田 浩二, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (40) 厚鋼板の T 字線形摩擦接合  
(一社) 溶接学会 2021 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2021.9.21-28)  
苗 暉淋, 堤 成一郎, 川久保 拓海, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (41) 高輝度 X 線透過装置を用いた摩擦圧接現象の 3 次元その場観察  
(一社) 溶接学会 2021 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2021.9.21-28)  
太田 匡人, 森貞 好昭, 釜井 正善, 藤井 英俊
- (42) 高張力鋼の両面摩擦攪拌点接合における接合界面形成機構の解明  
(一社) 溶接学会 2021 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2021.9.21-28)  
汪 小培, 森貞 好昭, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (43) 窒化珪素製ツールを用いた 15mm 厚鋼板の摩擦攪拌接合における裏面加熱効果  
(一社) 溶接学会 2021 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2021.9.21-28)  
森 正和, 伴 竜弥, 野田 能修, 森貞 好昭, 藤井 英俊, 原 康
- (44) 摩擦攪拌プロセスによる溶射タングステン皮膜の改質  
(一社) 溶接学会 2021 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2021.9.21-28)  
森貞 好昭, 藤井 英俊, 谷川 博康
- (45) 摩擦攪拌接合法による金属とプラスチックのハイブリッド接合構造  
(一社) 溶接学会 2021 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2021.9.21-28)  
高 業飛, 山本 尚嗣, 山本 匡昭, 廖 金孫, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (46) 溶融亜鉛めっき鋼板の圧力制御線形摩擦接合  
(一社) 溶接学会 2021 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2021.9.21-28)  
魚澄 将俊, 森貞 好昭, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (47) 圧力制御通電圧接法を用いた軽金属と鉄鋼材料の異材固相接合  
JAAA2021 シンポジウム「先進自動車製造技術における接合技術 2021」, WEB 開催  
(2021.11.30-12.1)  
林 泳錫, 森貞 好昭, 劉 恢弘, 藤井 英俊
- (48) 制振ダンパー用 Fe-Mn-Si 系合金の摩擦攪拌接合  
日本鉄鋼協会 第 183 回春季講演大会シンポジウム, オンライン開催 (2022.3.15-17)  
柳楽 知也, Nilulin Ilya, 中村 照美, 澤口 孝弘, 森貞 好昭, 森 正和, 藤井 英俊
- (49) Ti-6Al-4V 線形摩擦接合継手の微細組織および機械的性質に及ぼす接合条件の影響  
(一社) 溶接学会 2021 年度 春季全国大会, WEB 開催 (2021.4.14-19)  
崔 正原, 青木 祥宏, 潮田 浩作, 藤井 英俊

- (50) 高張力鋼の線形摩擦接合  
 (一社) 溶接学会 2021 年度 春季全国大会, WEB 開催 (2021.4.14-19)  
 青木 祥宏, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (51) 窒化ケイ素製鉄鋼用摩擦攪拌接合ツールの特徴  
 (一社) 溶接学会 2021 年度 春季全国大会, WEB 開催 (2021.4.14-19)  
 生田 明彦, 青木 祥宏, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (52) ALE 要素技術を用いたアルミと CRRP 摩擦スポット接合の界面温度解析  
 (一社) 溶接学会 2021 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2021.9.21-28)  
 耿 培皓, 麻 寧緒, 青木 祥宏, 藤井 英俊
- (53) マルテンサイト鋼の高印加圧力線形摩擦接合: 継手の異常硬化に注目して  
 (一社) 溶接学会 2021 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2021.9.21-28)  
 青木 祥宏, 潮田 浩作, 津崎 兼彰, 藤井 英俊
- (54) 中炭素鋼の無変態固相抵抗スポット接合  
 (一社) 溶接学会 2021 年度 春季全国大会, WEB 開催 (2021.4.14-19)  
 相原 巧, 釜井 正善, 藤井 英俊
- (55) 二面同時接合を可能とするセンタードライブ両面線形摩擦接合法の開発  
 (一社) 溶接学会 2021 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2021.9.21-28)  
 伊藤 鉄朗, 釜井 正善, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (56) 溶融亜鉛めっき鋼板の固相抵抗スポット接合  
 (一社) 溶接学会 2021 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2021.9.21-28)  
 相原 巧, 釜井 正善, 藤井 英俊

**(9) 国際会議講演**

- (1) Low-temperature Linear Friction Welding of Carbon Steel for Complex Cross-sectional Shaped Structures  
 Material Research Meeting 2021, 横浜 (2021.12.13-17)  
 H. Fujii
- (2) Linear Friction Welding of Various Metals with 100% Joint Efficiency  
 NSTDA-Osaka University Webinar, オンライン (2021.12.23)  
 H. Fujii

**(10) 国内会議講演**

- (1) 鉄鋼材料の摩擦接合  
 土木学会鋼構造委員会, オンライン (2021.5.20)  
 藤井 英俊
- (2) 難接合材を溶接可能にする固相抵抗スポット接合法  
 新技術説明会, オンライン (2021.5.28)  
 藤井 英俊
- (3) 摩擦攪拌接合共通基盤研究  
 2020年度成果報告会, オンライン (2021.7.1)  
 藤井 英俊

- (4) 摩擦攪拌接合技術  
2021年度溶接工学夏季大学, オンライン (2021.7.19-8.2)  
藤井 英俊
- (5) Linear Friction Welding of AA6061  
第134回軽構造接合加工委員会, オンライン (2021.9.1)  
崔 正原, 李 蔚豪, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (6) マルチマテリアル接合技術開発とガルバニック腐食  
3府省合同 構造材料プログラム「研究成果報告会」, オンライン (2021.9.22)  
藤井 英俊
- (7) 最新摩擦接合技術による薄板構造物の接合  
溶接学会2021年度秋季全国大会フォーラム, オンライン (2021.9.24)  
藤井 英俊
- (8) 無変態接合を可能にする種々の新規接合法の開発  
第255回 溶接法研究委員会, オンライン (2021.11.4)  
藤井 英俊
- (9) マルチマテリアルの実現に向けた新たな接合技術  
2021年度マルチマテリアル・シンポジウム, オンライン (2021.11.25)  
藤井 英俊
- (10) センタードライブ両面線形摩擦接合を用いた鋼とアルミニウム合金の異材接合  
「先進自動車製造技術における接合技術2021」JAAA2021, オンライン (2021.11.30-12.1)  
伊藤 鉄朗, 釜井 正善, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (11) 固相抵抗スポット接合法の開発  
「先進自動車製造技術における接合技術2021」JAAA2021, オンライン (2021.12.1-2)  
相原 巧, 釜井 正善, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (12) 二面同時接合を可能とするセンタードライブ両面線形摩擦接合法の開発  
(一社) 軽金属溶接協会2021年度年次講演大会研究成果発表会, オンライン (2021.12.1)  
伊藤 鉄朗, 藤井 英俊, 教員 削除
- (13) 高輝度X線透過装置を用いた摩擦圧接現象の3次元その場観察  
(一社) 軽金属溶接協会2021年度年次講演大会研究成果発表会, オンライン (2021.12.7)  
太田 匡人, 藤井 英俊, 教員 削除
- (14) 摩擦攪拌接合共通基盤研究  
2022年度成果報告会, オンライン (2022.1.31)  
藤井 英俊
- (15) 窒化珪素製ツールによる厚鋼板の摩擦攪拌接合  
摩擦接合技術協会, オンライン (2022.2.7)  
森 正和, 森貞 好昭, 藤井 英俊, 原 康
- (11) **解説・総説**
  - (1) 摩擦攪拌接合技術  
2021年度溶接工学夏季大学教材 (2021)  
藤井 英俊

- (2) LFW (線形摩擦接合)  
溶接学会誌, 90, 7 (2021), 39-48.  
藤井 英俊
- (3) 高強度アルミニウム合金の接合技術開発 : 接合部が特異点とならない線形摩擦接合  
溶接技術, 69, 5 (2021), 84-88.  
森貞 好昭, 藤井 英俊

### (13) 特許出願・登録

- (1) 摩擦攪拌接合装置及び摩擦攪拌接合方法  
特許第6875698号  
藤井 英俊, 他2名
- (2) 摩擦攪拌接合用ツール  
特許第7019161号  
藤井 英俊, 森貞 好昭
- (3) 摩擦接合方法  
米国特許第11161199号  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他1名
- (4) 摩擦攪拌接合装置  
特許第6964311号  
藤井 英俊, 他2名
- (5) 窒化珪素焼結体製摩擦攪拌接合ツール部材およびそれを用いた摩擦攪拌接合装置  
中国特許第ZL201780048170.9号  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他4名
- (6) 摩擦攪拌接合用ツール部材およびそれを用いた摩擦攪拌接合装置並びに摩擦攪拌接合方法  
米国特許第11130194号  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他4名
- (7) 摩擦攪拌接合用ツール部材およびそれを用いた摩擦攪拌接合装置並びに摩擦攪拌接合方法  
ヨーロッパ特許第3498415号  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他5名
- (8) 窒化珪素焼結体製摩擦攪拌接合ツール部材およびそれを用いた摩擦攪拌接合装置  
米国特許第11097374号  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他4名
- (9) 線形摩擦接合方法  
中国特許第ZL201880010054.2号  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏
- (10) 摩擦圧接方法  
米国特許第11110542号  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏
- (11) 固相接合方法、固相接合継手、固相接合構造体及び固相接合装置  
特願2021-133759  
藤井 英俊, 劉 恢弘, 森貞 好昭

- (12) テーラードブランク材及びその製造方法並びにプレス成形品  
特願2021-134686  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他4名
- (13) 亜鉛めっき鋼板の摩擦接合方法及び接合構造体  
特願2021-134687  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他3名
- (14) 摩擦圧接方法  
PCT/JP2021/032079  
藤井 英俊, 劉 恢弘, 森貞 好昭
- (15) 固相接合用耐候性鋼、固相接合用耐候性鋼材、固相接合構造物及び固相接合方法  
米国17/435.875  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他2名
- (16) 固相接合用耐候性鋼、固相接合用耐候性鋼材、固相接合構造物及び固相接合方法  
中国202080020607.X  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他2名
- (17) 鉄鋼材の表面改質方法及び鉄鋼構造物  
米国17/441.569  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏
- (18) 鉄鋼材の表面改質方法及び鉄鋼構造物  
中国202080025057  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏
- (19) 摩擦攪拌接合用ツール及び摩擦攪拌点接合方法  
特願2021-179991  
麻 寧緒, 耿 培皓, 藤井 英俊
- (20) ステンレス鋼材の線形摩擦接合方法及び線形摩擦接合継手並びに接合構造物  
特願2022-015170  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏
- (21) 異材固相接合方法及び異材固相接合構造物  
米国17/632,714  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏
- (22) 異材固相接合方法及び異材固相接合構造物  
ヨーロッパ20849258.7  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏
- (23) 線形摩擦接合方法  
特願2022-016032  
藤井 英俊, 青木 祥宏, 森貞 好昭
- (24) 異材固相接合方法及び異材固相接合構造物  
中国202080055988.5  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏

- (25) 固相接合方法及び固相接合継手  
特願2022-027713  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他1名
- (26) 線形摩擦接合装置  
特願2022-031746  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 釜井 正善, 他2名
- (27) 線形摩擦接合方法及び線形摩擦接合継手並びに接合構造物  
特願2022-33477  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他1名
- (28) 摩擦攪拌接合方法  
特願2022-33462  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他1名

#### (15) 受賞

- (1) 軽金属学会第140回春季ポスターセッション 軽金属溶接協会賞  
(一社) 軽金属溶接協会 (2021.05.15)  
増田 敦哉, 半谷 禎彦, 三ツ木 寛尚, 鈴木 良佑, 松原 雅昭, 藤井 英俊
- (2) 軽金属溶接協会賞  
(一社) 軽金属溶接協会 (2021.09.22)  
伊藤 鉄朗 (M2)
- (3) 軽金属溶接協会賞  
(一社) 軽金属溶接協会 (2021.09.22)  
太田 匡人 (M2)
- (4) 大阪大学賞 大学運営部門「共同利用・共同研究拠点整備に関する技術部の大学運営支援」  
大阪大学 (2021.11.25)  
植原 邦佳, 安部 由朗, 伊東 万寿雄, 篠原 睦夫, 塔本 健次, 中辻 義弘, 花見 眞司, 村上 猛,  
山口 純子, 藤井 英俊
- (5) 優秀研究講演賞  
(一社) 軽金属学会 関東支部 (2021.11.27)  
増田 敦哉 (M2)
- (6) 優秀発表賞  
(一社) 軽金属溶接協会 (2021.12.07)  
林 泳錫 (D3)
- (7) 優秀研究発表賞  
(一社) 溶接学会 (2021.12.17)  
相原 巧 (D1)
- (8) 優秀研究発表賞  
(一社) 溶接学会 (2021.12.17)  
太田 匡人 (M2)

- (9) 日本マグネシウム協会賞奨励賞  
 (一社)日本マグネシウム協会 (2021.06.10)  
 劉 恢弘

(17) 外部資金

(単位:千円)

科学研究費補助金

- |     |         |   |       |       |
|-----|---------|---|-------|-------|
| (1) | 基盤研究(A) | 完全接合(接合部のない接合)技術の開発と新規構造材料の提案   | 藤井 英俊 | 9,230 |
| (2) | 基盤研究(C) | Dissimilar friction welding of titanium alloy and stainless steel and its welding principle elucidation for spinal fixation application | 劉 恢弘  | 1,040 |
| (3) | 若手研究    | 摩擦攪拌接合部における加工誘起相変態の統一的理解と積極的活用  | 山下 享介 | 2,860 |

一般公募型補助金研究

- |     |             |                                     |       |       |
|-----|-------------|-------------------------------------|-------|-------|
| (1) | 中部<br>経済産業局 | 中小企業経営支援等対策費補助金<br>(戦略的基盤技術高度化支援事業) | 藤井 英俊 | 2,153 |
|-----|-------------|-------------------------------------|-------|-------|

民間等との共同研究

- |      |  |                                      |       |        |
|------|--|--------------------------------------|-------|--------|
| (1)  |  | ダイヘン溶接・接合協働研究所                       | 藤井 英俊 | 500    |
| (2)  |  | 日本製鉄ものづくり未来協働研究所                     | 藤井 英俊 | 5,000  |
| (3)  |  | 高度ジョイント生産システム構築共同研究部門                | 藤井 英俊 | 16,523 |
| (4)  |  | コマツみらい建機協働研究所                        | 藤井 英俊 | 3,300  |
| (5)  |  | 摩擦圧接による薄肉パイプの接合に関する基礎研究              | 藤井 英俊 | 600    |
| (6)  |  | FSW ツールの耐久性評価                        | 藤井 英俊 | 2,000  |
| (7)  |  | 摩擦圧接のバリ低減に関する研究                      | 藤井 英俊 | 2,600  |
| (8)  |  | 摩擦接合手法の確立と最適化                        | 藤井 英俊 | 1,000  |
| (9)  |  | 摩擦接合技術の高度化と鋼材設計指針の提案                 | 藤井 英俊 | 4,432  |
| (10) |  | FSW 継手の評価に関する研究                      | 藤井 英俊 | 2,200  |
| (11) |  | 銅コーティングオーバーパックに適用する摩擦攪拌接合技術の開発(その2)  | 藤井 英俊 | 2,534  |
| (12) |  | 溶射法と摩擦攪拌表面処理およびレーザー加工によるタンゲステン補修技術開発 | 藤井 英俊 | 1,100  |



(13)	圧力制御通電圧接法による接合装置の開発	藤井 英俊	1,001
------	---------------------	-------	-------

#### 受託研究

(1)	難接合材料を可能にする革新的接合技術の確立	藤井 英俊	25,537
(2)	(46) 摩擦接合共通基盤研究	藤井 英俊	30,474
(3)	(42) 材料・接合等技術動向調査研究	藤井 英俊	19,818
(4)	サステナブルな鋼構造系インフラ用の高性能鋼材と利用技術の研究開発	藤井 英俊	12,000

#### 奨学寄付金

(1)		藤井 英俊	800
-----	--	-------	-----

#### 4. 8 教育

氏名：藤井 英俊

##### (1) 大学院等講義科目

(1)	マテリアル生産科学専攻	マテリアル生産科学ゼミナール
(2)	マテリアル生産科学専攻	機能性評価学
(3)	全学教育推進機構	学問への扉（ものづくりサイエンス「金属・無機材料調査」）

##### (2) 博士論文（主査）

(1)	マテリアル生産科学専攻, 汪 小培	両面複動式ツールを用いた摩擦攪拌点接合（FSSW）の接合機構の解明と接合部微細組織の制御
(2)	マテリアル生産科学専攻, 林 泳錫	圧力制御通電圧接を用いた金属材料の固相接合

##### (3) 博士論文（副査）

(1)	マテリアル生産科学専攻, 長谷川 格	易酸化性元素を含むファスナー用銅合金の溶製プロセス制御に関する研究
(2)	マテリアル生産科学専攻, 武岡 正樹	複動式摩擦攪拌点接合を用いたアルミニウム合金と鋼の異種金属接合法の開発

##### (4) 修士論文

(1)	マテリアル生産科学専攻, 伊藤 鉄朗	異種材料の接合を可能にする新規線形摩擦接合法の開発
-----	--------------------	---------------------------

- (2) マテリアル生産科学専攻, 太田 匡人 高輝度 X 線を用いた摩擦圧接現象の 3 次元その場観察とアルミニウム合金の低温摩擦圧接

氏名：山下 享介

(1) 大学院等講義科目

- (1) 全学教育推進機構 学問への扉（ものづくりサイエンス「強くて軽い新聞紙橋を設計しよう」）

4. 9 社会貢献

氏名：藤井 英俊

(1) 学会役員

- |                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| (1) (一社) 軽金属溶接協会        | FSW 技術委員会 委員長         |
| (2) (一社) 日本マグネシウム協会     | マグネシウム合金高速車両構体実用化技術委員 |
| (3) (一社) 日本鉄鋼協会         | 代議員                   |
| (4) (一社) 日本鉄鋼協会         | 建設用鋼材利用検討 WG 委員       |
| (5) (一社) 日本鉄鋼協会         | 関西支部 支部特別委員           |
| (6) (一社) 日本鉄鋼協会         | 関西支部 支部委員             |
| (7) (一社) 日本溶接協会         | 溶接管理技術者評価員            |
| (8) (一社) 日本溶接協会         | 学識委員                  |
| (9) (一社) 日本溶接協会         | 鉄系 FSW 規格検討小委員会委員長    |
| (10) (一社) 日本溶接協会 日本溶接会議 | 第Ⅲ委員会委員               |
| (11) (一社) 溶接学会          | 理事                    |
| (12) (一社) 溶接学会          | 代議員                   |
| (13) (一社) 溶接学会          | 研究推進部会部会長             |
| (14) (一社) 溶接学会          | 企画委員会委員               |
| (15) (一社) 溶接学会          | 溶接教育委員                |
| (16) (一社) 溶接学会          | 溶接情報化委員               |

- |  |  |
|--|--|
| (17) (一社) 溶接学会   | 軽構造接合加工研究委員会副委員長   |
| (18) (一社) 溶接学会   | 溶接法研究委員幹事  |
| (19) (一社) 溶接学会   | 論文査読委員会副部門長  |
| (20) (一社) 溶接学会   | 関西支部幹事   |
| (21) (一社) 溶接学会   | 溶接教育委員講習会 WG 委員  |
| (22) (公社) 日本金属学会   | 会誌編集委員会基幹編集委員  |
| (23) (公社) 日本金属学会   | 欧文誌編集委員会基幹編集委員   |
| (24) (公社) 日本金属学会   | 関西支部委員   |
| (25) (公社) 日本鑄造工学会  | 査読委員   |
| (26) (公社) 日本鑄造工学会  | 関西支部理事   |
| (27) (公社) 日本鑄造工学会  | 関西支部代議員  |
| (28) ICF17   | Member of Scientific Committee   |
| (29) IIW   | Member for ISO standard for friction stir welding of ferrous materials |
| (30) International Journal of Materials Engineering Innovation | Member of Editorial Board  |
| (31) Poland Foundry Research Institute                         | Member of Science Committee  |
| (32) Scientific Reports  | Member of Editorial Board  |
| <b>(2) 国際会議委員</b>  |  |
| (1) Material Research Meeting 2021                             | Organizer  |
| <b>(4) 企業等への貢献</b>   |  |
| (1) (株)フルヤ金属   | 技術顧問 (非常勤)   |
| <b>(5) 国・自治体・公益法人等への貢献</b>                                     |  |
| (1) (国研) 科学技術振興機構  | 創発的研究支援事業 外部専門家  |
| (2) (独) 日本学術振興会  | 特別研究等審査会専門委員   |
| (3) (独) 日本学術振興会  | 卓越研究候補者選考委員会書面審査委員   |

- (4) (独) 日本学術振興会 国際事業委員会書面審査員
- (5) (独) 日本学術振興会 科学研究費助成事業 審査意見書作成担当
- (6) 新構造材料技術研究組合 「革新的マグネシウム材の鉄道車両および自動車構造部材への提供技術開発」に関するアドバイザー
- (7) 新構造材料技術研究組合 「マグネシウム材の性能・寿命に関するマテリアルズ・インテグレーション (MI) 活用技術の開発」に関するアドバイザー

**(6) 研究留学生**

- (1) 研究生 (JWRI道場プログラム) : 高 C-Si-Mn TRIP 鋼の作製と摩擦攪拌接合による接合の可能性の検討  
陳 軾銘

**(7) 社会への情報発信**

- (1) 圧力・電流で低温接合 金属変質せず 強靱性保つ 阪大が新技術 日刊工業新聞 (2021.07.30)
- (2) 製網機メーカーの東洋工業—自動車部品に参入 中部経済新聞 (2021.10.12)
- (3) 固相抵抗スポット接合 金属同士, 低温域で 日刊工業新聞 (2021.12.06)
- (4) 技術で新たな価値創造—溶接・接合技術 日刊工業新聞 (2021.12.17)
- (5) 「マルチマテリアル連携ハブ」創設 大阪大学に接合拠点 溶接ニュース (2022.02.08)

**4. 10 全国共同利用に関する研究**

**(1) 令和3年度共同研究員と研究テーマ**

氏名：藤井 英俊

一般公募研究課題

- (1) (国研) 物質・材料研究機構 柳樂 知也 高 Mn 鋼の摩擦攪拌接合技術の確立と接合機構の解明
- (2) (国研) 物質・材料研究機構 中村 照美 摩擦攪拌接合により接合した FMS 合金接合部の特性解析  
材料創製・加工ステーション
- (3) (地独) 大阪産業技術研究所 長岡 亨 アルミニウム合金と CFRP の摩擦攪拌接合におけるカップリング剤の効果  
物質・材料研究部

(4)	(地独)大阪産業技術研究所 物質・材料研究部	木元 慶久	摩擦攪拌プロセスによる軽金属材料の改質
(5)	広島大学大学院 先進理工系科学研究科	蘇 金銘	Al合金とMg合金の異材線形摩擦接合
(6)	阿南工業高等専門学校	西本 浩司	アルミニウム合金の摩擦攪拌接合と機械的強度特性評価
(7)	阿南工業高等専門学校	西野 精一	アルミニウム合金の摩擦攪拌接合と機械的強度特性評価
(8)	沖縄工業高等専門学校 機械システム工学科	政木 清孝	難燃性マグネシウム合金FSW接合材の強度信頼性評価と強度改善
(9)	近畿大学工学部機械工学科	生田 明彦	鉄鋼材料用接合ツール形状による攪拌領域温度の検証
(10)	群馬大学大学院理工学府	永井 孝直	摩擦攪拌接合を用いた金属材料のポーラス化
(11)	群馬大学大学院理工学府	諸橋 寛海	摩擦攪拌接合を用いた金属材料のポーラス化
(12)	群馬大学大学院理工学府	松島 慶幸	摩擦攪拌接合を用いた金属材料のポーラス化
(13)	群馬大学大学院理工学府	大塚 駿	摩擦攪拌接合を用いた金属材料のポーラス化
(14)	群馬大学大学院理工学府	天谷 賢児	摩擦攪拌接合を用いた金属材料のポーラス化
(15)	群馬大学大学院理工学府	鈴木 良祐	摩擦攪拌接合を用いた金属材料のポーラス化
(16)	群馬大学大学院理工学府	鈴木 滉大	摩擦攪拌接合を用いた金属材料のポーラス化
(17)	群馬大学大学院理工学府	青木 智史	摩擦攪拌接合を用いた金属材料のポーラス化
(18)	群馬大学大学院理工学府	増田 敦哉	摩擦攪拌接合を用いた金属材料のポーラス化
(19)	群馬大学大学院理工学府	半谷 禎彦	摩擦攪拌接合を用いた金属材料のポーラス化
(20)	群馬大学大学院理工学府	藤岡 巧	摩擦攪拌接合を用いた金属材料のポーラス化
(21)	群馬大学大学院理工学府	小澤 創	摩擦攪拌接合を用いた金属材料のポーラス化
(22)	広島県立総合技術研究所 東部工業技術センター 加工技術研究部	松葉 朗	球面ツールを用いた点接合技術の開発
(23)	広島県立総合技術研究所 東部工業技術センター 加工技術研究部	坂村 勝	球面ツールを用いた点接合技術の開発

- |      |                                      |       |  |
|------|--------------------------------------|-------|--|
| (24) | 広島県立総合技術研究所<br>東部工業技術センター<br>加工技術研究部 | 山形 亮太 | 球面ツールを用いた点接合技術の開発                      |
| (25) | 広島県立総合技術研究所<br>東部工業技術センター<br>加工技術研究部 | 大田 耕平 | 球面ツールを用いた点接合技術の開発                      |
| (26) | 広島大学大学院<br>先進理工系科学研究科                | 崔 正原  | Al 合金の異材線形摩擦接合                         |
| (27) | 秋田県産業技術センター                          | 木村 光彦 | 炭素鋼摩擦攪拌接合継手の金属組織と機械的特性                 |
| (28) | 秋田大学大学院<br>理工学研究科                    | 宮野 泰征 | 炭素鋼摩擦攪拌接合継手の金属組織と機械的特性                 |
| (29) | 秋田大学大学院<br>理工学研究科                    | 花井 惇弥 | 炭素鋼摩擦攪拌接合継手の金属組織と機械的特性                 |
| (30) | 秋田大学大学院<br>理工学研究科                    | 齋藤 嘉一 | 摩擦攪拌プロセッシングを利用した希土類含有 Mg 合金の組織制御       |
| (31) | 大阪大学大学院工学研究科<br>附属精密工学研究センター         | 大久保雄司 | フッ素樹脂と異種材料の摩擦攪拌接合 (FSW)                |
| (32) | 東京大学大学院<br>工学系研究科原子力専攻               | 楊 会龍  | 原子力材料 Fe-Cr 合金の FSW に関する研究             |
| (33) | 東京大学大学院<br>工学系研究科原子力専攻               | 阿部 弘亨 | 原子力材料 Fe-Cr 合金の FSW に関する研究             |
| (34) | 龍谷大学先端理工学部                           | 森 正和  | 窒化珪素製ツールを用いた 6 mm 厚銅板の FSW における基板加熱の影響 |

**(2) 共同研究員との共著論文数 (査読付き学術論文, 国際会議論文)**

- |        |    |
|--------|----|
| (1) 合計 | 10 |
|--------|----|

接合機構研究部門  
複合化機構学分野





## 接合機構研究部門 複合化機構学分野

### 4. 1 研究概要

資源・エネルギーの有効利用は、省エネルギーとしての直接的効果の他、環境負荷削減や人体・生命への負荷軽減といった波及効果を伴う。また、近い将来における化石資源の枯渇を考えると、再生可能エネルギーの積極的な利活用の必要性も明らかである。そこで本分野では、材料の表界面制御および組織構造制御に着目し、材料・加工プロセスの高度化によるエネルギーの効率的利活用と環境軽負荷エネルギーの創出を主題に、原子～ナノ～ミクロンの階層的トランススケール設計による材料の複合化に関する基礎学理の構築と工学的応用研究を遂行する。

### 4. 2 研究課題

1. 原子配列制御と第一原理計算を駆使したチタン粉末合金の高強度・高延性機構の解明
2. チタン積層造形体における局所相変態を利用した結晶集合組織制御と力学異方性の解消
3. 界面に着目した炭素系ナノカーボン分散金属基複合材料の強化・延性機構の解明
4. 界面構造解析を通じた異種金属材料の固相接合機構の解明

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. 原子配列制御と第一原理計算を駆使したチタン粉末合金の高強度・高延性機構の解明

本研究では、汎用チタン合金におけるレアメタル元素添加依存から脱却すべく、資源的に豊富で極めて廉価なユビキタス軽元素に着目し、相変態過程にてそれら元素を原子状態でチタン結晶格子内に溶質原子として配置した $\alpha$ -Ti材の高強靱化に関する基礎的研究および実用化研究に関して、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム SIP 事業・第2期統合型材料開発システムによるマテリアル革命(2018～2022年度・実験解析と計算科学の融合による固溶強化チタン粉末合金の合金設計データベースの構築)およびJST A-STEP 事業産学共同フェーズ・シーズ育成タイプ(2019～2022年度・航空機部材向け廉価な高強度・高延性レアメタルフリーチタン粉末鍛造合金の開発)を通じて実施している。

先ず SIP 研究事業では、実験解析と理論計算の融合を通じて固溶強化機構を活用した高強度・高延性チタン粉末合金を創製することを目的に、要求特性の発現に資する合金成分やプロセス条件の適正化に関する研究を実施行う。具体的には、実験解析データベースと理論計算(第一原理計算)データベースによる $\alpha$ -Tiを対象とした組成探索・最適化による強化量予測を可能とする順問題解析に関する研究を進めている。これまで侵入型(O, N)および置換型(Al, Zr)固溶元素を対象に、引張試験結果(耐力値)と計算予測値(第一原理計算結果を用いて固溶強化理論 Labusch モデルにより導出)の間で強い正の相関関係を見出した。そこで、侵入型元素である炭素(C)の固溶強化量の定量予測を行うべく、固相焼結法および選択的レーザー溶融法(SLM)を用いてTi-C系材料を試作すべく、炭素供給源として炭化チタニウムTiC粒子を選択し、両製法過程での熱分解と解離した炭素元素の固溶現象を促した。その際、第一原理計算によれば、酸素や窒素と同様に炭素溶質原子はその固溶状態が最安定となる八面体孔サイトに存在し、c軸方向への格子定数の拡張を誘発することで高強度化に資することが予想される。作製したTi-C系材料の組織構造解析を通じて、焼結押出材では目的とするサイトへの炭素原子固溶が確認され、また溶質原子の Solute-drag 効果による $\alpha$ -Ti結晶粒の微細化現象を確認した。その結果、TiC添加量の増加に伴い引張耐力値の著しい増加傾向が生じた。他方、SLM材ではTiC添加粒子の熱分解の後に微細なTiC粒子として再析出することで炭素固溶状態は形成されず、格子定数の顕著な増加も確認されなかった。但し、TiC添加量とともに、針状

マルテンサイト相  $\alpha'$  の微細化と結晶異方性の緩和（配向性の無秩序化）が進行することで強度と延性の両者が同時に増大することを明らかにした。

上述した軽元素を主とする侵入型固溶元素（O, N, C, B, F）の  $\alpha$ -Ti 相内での拡散挙動に及ぼす各元素の電荷遷移の影響を明らかにすべく、第一原理計算を用いて固溶状態でのエネルギー解析を行った。生成エネルギー値の比較よりいずれの元素も八面体孔サイトにおいて最安定状態となり、また安定／遷移状態の差異に係る固溶原子の電荷密度とマイグレーションエネルギーの間に強い相関を見出し、既往研究における実験結果との良い一致を確認した。さらにマイグレーションエネルギーに起因する拡散挙動は、その原子半径のみならず、電荷量変化にも依存することを明らかにした。

A-STEP 事業では、Ti-Fe-O 系焼結合金を対象に、適正なプロセス条件範囲の選定とプロトタイプ素材の試作・評価を中心に連携企業と取り組んでいる。特に航空機用部材への展開を念頭に常温付近での疲労強度特性を解析し、Fe/O 固溶強化  $\beta$ -Ti 相と微量 Si 添加による  $\alpha$ -Ti 相強化による疲労き裂の伝播抑制効果を実証した。その結果、汎用 Ti64 合金の常温疲労強度の約 1.3 倍の特性を発現することを確認した。

上記の研究成果に関して、博士前期課程学生が軽金属学会・希望の星賞を受賞した。Additive Manufacturing (IF; 10.998), Scripta Materialia (IF;), Materials & Design (IF; 7.991), J. Alloys & Compounds (IF; 5.316), Materials Science & Technology A (IF; 5.234) など査読付き学術論文 15 報（うち海外の大学との国際共著論文は 14 報）として掲載された。

## 2. チタン積層造形体における局所相変態を利用した結晶集合組織制御と力学異方性の解消

選択的レーザ溶融法 (SLM) をはじめとする金属積層造形法で作製した  $\alpha$ -Ti 相を含むチタン合金では、その製法に由来した旧  $\beta$ -Ti 結晶粒のエピタキシャル成長に基づく結晶異方性が生じ、その結果、積層造形方向に対する強度や延性など力学特性の異方性が顕著になることが知られている。そこで本研究では、このような力学異方性の解消を目指し、局所的な相変態 ( $\beta \rightarrow \alpha + \beta \rightarrow \alpha/\alpha'$ ) を利用した結晶集合組織制御による結晶配向性の緩和を試みた。具体的には、 $\alpha$  相安定化元素の添加による純 Ti 材での  $\alpha + \beta$  相温度域の拡大に着目し、従来の  $\beta \rightarrow \alpha$  相変態過程において、初析  $\alpha$  相による 2 次  $\alpha$  析出相の粗大化を抑えることで  $\alpha/\alpha'$  結晶粒の微細化と一方向成長の抑制を同時に実現することを提案・検証した。ここでは、 $\alpha$  相安定化元素の一つである窒素 (N) を選出し、Ti 積層材への窒素成分の添加・固溶を促すべく、当分野で開発した Core-Shell 構造 Ti-N 球状粉末（表面を  $\text{Ti}_2\text{N}/\text{TiN}$  層が被覆、素地に窒素が固溶）を用いた。まず、純 Ti 粉末 (N 量; 0.01 wt.%) を用いて SLM 法により作製した Ti 積層造形体では、造形方向に沿って結晶成長した粗大  $\alpha$ -Ti 粒（平均長径; 94  $\mu\text{m}$ ）の生成と (0001) 底面の強い結晶配向（集積度合  $I_{\text{max}}=34.5$ ）を確認した。また同一素材内において、積層方向 ( $\theta=0^\circ$ ) とそれに対して垂直方向 ( $\theta=90^\circ$ ) までの範囲で集合組織の異方性を調査したところ、 $\theta$  値の増加に伴い  $\{10\cdot10\}\langle 11\cdot20\rangle$  柱面すべりのシュミット因子は 0.36 から 0.20 へと低下傾向を示した。引張耐力は 412 ~ 505 MPa に増加し、顕著な強度異方性が生じた。一方、Core-Shell 構造 Ti-N 粉末と純 Ti 粉末の混合比率を変えて原料粉末中の窒素量を 0.02 ~ 0.69 wt.% の範囲に調整した後、同一条件で Ti-N 積層造形体を作製し、結晶集合組織および引張強度特性を評価した結果、僅か 0.04 wt.% の窒素固溶により平均 10  $\mu\text{m}$  を下回る微細針状  $\alpha'$  粒の生成と (0001) 底面配向性の緩和挙動 ( $I_{\text{max}}$ ; 4.0) を確認した。また窒素量を 0.31 wt.% とした際に  $\theta=0 \sim 90^\circ$  の範囲では、上述のシュミット因子は 0.31 ~ 0.35 と一定値を示し、耐力値は窒素固溶強化によって 963 ~ 995 MPa に増大した。このように微量の窒素固溶により結晶集合組織の異方性が解消され、その結果、力学特性の等方化が実現できるといったチタン積層造形材の力学機能化に関する新たな知見を見出した。なお、本研究課題は本学国際共同研究促進プログラム（豪州王立メルボルン工科大学、シンガポール南洋理工大学）を通じて実施し、国際共著論文 4 報が Additive Manufacturing (IF; 10.998), JALCOM (IF; 5.316), MSEA (IF; 5.234) に掲載され、国際会議にて 3 件の口頭発表を行った。

### 3. 界面に着目した炭素系ナノカーボン分散金属基複合材料の強化・延性機構の解明

粉末冶金プロセスを用いて炭素系ナノ材料（多層カーボンナノチューブ CNT とグラフェン）の均一分散による金属基複合材料の高強度設計ならびに強化機構解明に関する研究に関して、広域アジア事業を通じて中国・西安理工大学と西北工業大学の3機関国際共同研究を実施した。純 Al 粉末と CNT の混合体に対して、混合過程にて強塑性加工（高歪み加工）を施すことで  $\alpha$ -Al 結晶粒の微細化と、その粒成長抑制のための単分散 CNT の粒界 pinning および in-situ 反応による  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ナノ粒子の pinning によるシナジー効果を活用し、高強度と高延性を両立するアルミニウム基ナノコンポジットを創製した。各強化機構に基づく理論計算の結果、本複合材料では  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粒子による Load-transfer 効果が CNT 分散強化 (Orowan-Ashby model) よりも高強度化に際して支配的であることを定量的に実証した。また 400℃ までの高温域における強度解析を実施した結果、純 Al 材の UTS; 30 MPa に対して 2.5 vol.% CNT/Al 材と 5 vol.% CNT/Al 材ではそれぞれ 165 MPa、205 MPa と著しい高強度特性を達成した。同様の定量解析を通じて、高温での強化および塑性変形は CNT 分散による Orowan 機構が支配的であることを明らかにした。上記の研究成果に関して、Carbon (IF; 9.594), J. Materials Science Technology (IF; 8.609), MSEA (IF; 5.234) などの学術誌に国際共著論文 4 報が掲載された。

### 4. 界面構造解析を通じた異種金属材料の固相接合機構の解明

摩擦攪拌加工を利用した固相接合法により作製した Al-Mg および Al 合金 - ハイエントロピー合金 HEA (Fe<sub>20</sub>Co<sub>20</sub>Cr<sub>20</sub>Ni<sub>20</sub>Mn<sub>20</sub>/at.%) の異種材料における界面構造解析と接合部の力学特性評価を通じて、各試料の接合機構の解明に関して上海交通大学との共同研究を実施した。先ず、前者 (A6061-AZ31) において、加工時の発熱量を抑制すべく低回転数の条件下で接合体を作製し、界面の組織構造解析と接合強度を評価した。厚み 700 nm ~ 2  $\mu$ m の Al-Mg 化合物 IMC 層 (主 Al<sub>3</sub>Mg<sub>2</sub>, 従  $\beta$  相 Mg<sub>17</sub>Al<sub>12</sub>) が界面に連続的に存在しており、応力を付与した際に Al/IMC の界面に沿って亀裂が進展した。またツールの接触面 (表面) と反対の裏面をそれぞれ一方を除去した後に引張強度を評価した結果、裏面側の欠陥部の存在により強度全体の約 15% (22.4 MPa) が低下することを確認した。一方、HEA- 純 Al の接合界面を詳細に調査した結果、厚み < 2  $\mu$ m の金属間化合物層が均一に生成しており、その内部は異なる 3 組成から形成すること、また HEA の構成元素が濃化する Al<sub>13</sub>Fe<sub>4</sub> 型単相 IMC 層内に多数の積層欠陥が存在することを明らかにした。なお、上記の研究成果に関して、Scripta Materialia (IF; 5.611), Sci. Tech. Weld. Join (IF; 4.38) に国際共著論文 2 報が掲載された。

## (2) 研究に対する自己評価

2021 年度の研究活動を通じて、査読付き学術論文 37 報 (うち IF 付英文誌 36 報、国際共著論文 33 報) が掲載され、国際会議にて 3 件の講演発表を行うなど、同研究領域では国内外で高い研究水準にあると考える。他に 3 件の特許登録など積極的な活動を通じて知の社会還元も十分に果たした。文部科学省特別経費「広域アジアものづくり技術・人材高度化拠点形成事業」を通じて、モンクト王立工科大学、チュラロンコン大学、上海交通大学、中国科学技術院、西安理工大学、キング Saud 大学等との国際協働研究を積極的に実施し、上記の国際共著論文の掲載に結実した。また、本学国際共同研究推進プログラムに基づき、米国 UCLA、豪州 RMIT、タイ KMUTT、サウジアラビア KSU、シンガポール南洋理工大学との国際共同研究を活発に行うことで 7 報の共著論文の掲載に至った。科学研究費補助金事業に加え、経済産業省、環境省の研究事業、民間企業との共同研究を実施し、2021 年度における外部資金獲得総額は約 76 百万円となり研究環境も十分に整備できたと考える。

#### 4. 4 教育に対する自己評価

機械系博士前期課程学生を対象に「機械材料学」「ナノ界面設計学」の講義を行い、機械材料の設計に不可欠な破壊力学・構造力学に加えて、加工・熱処理による金属材料の高強靱性化に関して講義を行った。また博士後期課程学生1名の学位審査委員（副査）を担当すると共に、博士後期課程学生1名、前期課程学生4名、学部4年生2名の研究指導を行った。

#### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

①国内外での学会等活動：材料系学協会において理事・幹事・主査・各分科会委員長などを継続就任すると共に、JICA「エジプト日本科学技術大学 E-JUST 設立プロジェクト」国内支援委員会委員、JICA「AUS/Seed-Net 事業」国内支援委員、NEDO 技術委員（分科会会長）、民間企業の技術顧問を務めるなど、産官学連携の効率的推進に向けた活動に積極的に携わった。

一般社団法人軽金属学会における運営活動に対して同学会から近藤教授に70周年記念功労賞が授与された。

②アウトリーチ活動：梅田准教授が当研究所に所属する女性所員（教職員および学生）の集まり「JWRI 女会」をハイブリッド型で開催し、コロナ禍においてもダイバーシティ環境の推進を継続的に図った。

③産学連携：民間との共同研究2件の他、JST A-STEP 事業2件を実施した。

④国際貢献：サウジ・日本両国政府による Saudi-Japan Vision 2030 プロジェクトにおいて、両国閣僚級会議での審査を経てキングサウド大学との高強度チタン粉末合金に関する共同研究課題が採択された。マレーシア工科大学の Provost 選考委員および学位審査委員会委員、タイ王立 KMUTT 客員教授、海外学術雑誌にて Co-Editor や Editorial Board Member を務めた。

⑤女性研究者比率が低い理工系分野のすそ野拡大を目指した本学の女子中高生向けイベント「ハンダイ理工系女子フェス 2021」（参加者約450名）をオンラインにて開催し、運営総括および司会を務めた。また、自然科学系分野女子学生ネットワーク「asiam」を立ち上げ、小中高生に科学の魅力を伝えるイベントや学部生と大学院生との交流会を実施した。

#### 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

2021年度は17名の全国共同利用研究員ならびに国際共同研究員1名を受け入れ、それらの研究成果に関して査読付き学術論文16報が掲載された。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Effect of Mo Addition on the Mechanical and Wear Behavior of Plasma Rotating Electrode Process Atomized Ti6Al4V Alloy  
J. Mater. Eng. Perform., 30 (2021), 3203-3212.  
R. Yamanoglu, A. Bahador and K. Kondoh
- (2) Improved Mechanical Properties in Titanium Matrix Composites Reinforced with Quasi-Continuously Networked Graphene Nanosheets and In-Situ Formed Carbides  
J. Mater. Sci. Technol., 96 (2021), 85-93.  
Q. Yan, B. Chen, L. Cao, K. Y. Liu, S. Li, L. Jia, K. Kondoh and J. S. Li
- (3) Interfacial Microstructure and Mechanical Property in Friction Stir Welded Mg/Al Joints under Low Rotation Speed  
Sci. Technol. Weld. Join., 26 (2021), 470.  
X. Fu, K. Chen, Z. Zhang, K. Kondoh, M. Wang and X. Hua
- (4) Effect of Sintering Temperature on Mechanical Property of Ti + ZrO<sub>2</sub> Prepared by Spark Plasma Sintering for Biomedical Applications  
Mater. Sci. Forum, 1033 (2021), 93-97.  
T. Tansiranon, K. Kondoh, K. Ishikawa, Y. Miyajima and A. Khantachawana
- (5) Simulation-informed Laser Metal Powder Deposition of Ti-6Al-4V with Ultrafine  $\alpha$ - $\beta$  Lamellar Structures for Desired Tensile Properties  
Addit. Manuf., 46 (2021), 102139.  
T. Song, T. Dong, S. L. Lu, K. Kondoh, R. Das, M. Brandt and Q. Ma
- (6) Microstructure Evolution and Reaction Behavior of Cu-Ni-Si Powder System under Solid-State Sintering  
Mater. Chem. Phys., 271 (2021), 124942.  
L. Jia, M.-F. Yang, S.-P. Tao, H. Xie, Z.-L. Lu, K. Kondoh and Z.-G. Xing
- (7) Fabrication Methods of Porous Titanium Implants by Powder Metallurgy  
Trans. Indian Inst. Met., 74 (2021), 2555-2567.  
R. Yamanoglu, A. Bahador and K. Kondoh
- (8) Interfacial Phases Formed in Friction Stir Lap Welding High Entropy Alloy to Al Alloy  
Scr. Mater., 201 (2021), 113972.  
H. Yao, H. Wen, K. Chen, M. Jiang, K. M. Reddy, K. Kondoh, M. Wang, X. Hua and A. Shan
- (9) New Magnesium Composite with Mg17Al12 Intermetallic Particles  
Powder Metall. Met. Ceram., 60 (2021), 110-120.  
R. Yamanoglu, A. Bahador, K. Kondoh, S. Gumus, S. Gokce and O. Muratal
- (10) Quantitative Strengthening Evaluation of Powder Metallurgy Titanium Alloys with Substitutional Zr and Interstitial O Solutes via Homogenization Heat Treatment  
Materials, 14, 21 (2021), 6561.  
K. Kondoh, S. Kariya, A. Khantachawana, A. Alhazaa and J. Umeda

- (11) Microstructure Examination and Sliding Wear Behavior of Al-15%Mg<sub>2</sub>Si-xGd In Situ Composites before and after Hot Extrusion  
Lubricants, 10, 1 (2021), 3.  
H. Ghandvar, M. A. Jabbar, A. Bahador, T. A. A. Bakar and K. Kondoh
- (12) Effects of the Secondary Shot in the Double Shot Peening Process on the Residual Compressive Stress Distribution of Ti-6Al-4V  
Heliyon, 8 (2022), e08758.  
G. Ongtrakulkij, A. Khantachawana, J. Kajornchaiyakul and K. Kondoh
- (13) Quantitative Analysis on Surface Potentials of Impurities and Intermetallic Compounds Dispersed in Mg Alloys Using Scanning Kelvin Probe Force Microscopy and Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy  
Mater. Chem. Phys., 279 (2022), 125760.  
K. Kondoh, R. Takei, S. Kariya, S. Li and J. Umeda
- (14) Effect of Nb Content and Water Quenching on Microstructure and Mechanical Properties of Ti-Nb Alloys Fabricated by Spark Plasma Sintering  
Powder Metall. (2022)  
N. Suesawadwanid, A. Khantachawana, K. Srirussamee and K. Kondoh
- (15) Preparation of Cu/CrB<sub>2</sub> Composites with Wellbalanced Mechanical Properties and Electrical Conductivity by Ex-Situ Powder Metallurgy  
J. Mater. Res. Technol.-JMRT, 17 (2022), 1605-1615.  
X.-F. Guo, L. Jia, Z.-L. Lu, Z.-G. Xing, H. Xie and K. Kondoh
- (16) Superior High-Temperature Tensile Properties of Aluminum Matrix Composites Reinforced with Carbon Nanotubes  
Carbon, 191 (2022), 403-414.  
L. Cao, B. Chen, J. Wan, K. Kondoh, B. Guo, J. Shen and J. S. Li
- (17) Developing Dual-Textured Titanium (Ti) Extrudates via Utilizing the  $\beta$  Transus in Commercially Pure Ti  
Mater. Des., 215 (2022), 110459.  
J. Wan, B. Chen, J. Shen, W. Shi, K. Kondoh, S. Li and J. S. Li
- (18) Enhanced Densification of Copper during Laser Powder Bed Fusion through Powder Surface Alloying  
J. Mater. Process. Technol., 305 (2022), 117575.  
R. Zheng, J. Cui, Y. Yang, S. Li, R. D. K. Misra, K. Kondoh, Q. Zhu, Y. Lu and X. Li
- (19) 大阪大学カップリング・インターンシップにおける成果プロセス（プログラムの質的向上を目指して）  
グローバル人材育成教育研究, 9, 2 (2022), 95-108.  
寺西 未沙, 勝又 美穂子, 西川 宏, 近藤 勝義, 田中学
- (20) Precipitation and Distribution Behavior of In Situ-Formed TiB Whiskers in Ti64 Composites Fabricated by Selective Laser Melting  
Crystals, 11, 4 (2021), 374.  
J. Umeda, L. Jia, B. Chen, K. Chen, S. Li, K. Shitara and K. Kondoh
- (21) TiB Whisker and Nitrogen Solid-Solution Synergistic-Strengthened Titanium Matrix Composites by Ti-BN via Spark Plasma Sintering and Hot Extrusion  
Adv. Eng. Mater., 23 (2021), 2100344.  
D. Pan, S. Li, L. Gao, L. Liu, X. Zhang, X. Ji, J. Umeda and K. Kondoh

- (22) Syntheses, Microstructure Evolution and Performance of Strength-Ductility Matched Aluminum Matrix Composites Reinforced by Nano SiC-cladded CNTs  
Mater. Sci. Eng. A., 824 (2021), 141784.  
L. Liu, S. Li, X. Zhang, D. Pan, L. Gao, B. Chen, J. Umeda and K. Kondoh
- (23) Ultrafine-grain Formation and Improved Mechanical Properties of Novel Extruded Ti-Fe-W Alloys with Complete Solid Solution of Tungsten  
J. Alloy. Compd, 875 (2021), 160031.  
A. Bahador, J. Umeda, R. Yamanoglu, A. Amrin, A. Alhazaa and K. Kondoh
- (24) ASB Induced Phase Transformation in High Oxygen Doped Commercial Purity Ti  
Mater. Sci. Eng. A., 830 (2021), 142321.  
W. Shi, S. Lu, J. Shen, B. Chen, J. Umeda, Q. Wei, K. Kondoh and Y. Li
- (25) Enhanced Strength and Ductility of Nano-TiB<sub>w</sub>-Reinforced Titanium Matrix Composites Fabricated by Electron Beam Powder Bed Fusion Using Ti6Al4V-TiB<sub>w</sub> Composite Powder  
Addit. Manuf., 50 (2021), 102519.  
D. Pan, S. Li, L. Liu, X. Zhang, B. Li, B. Chen, M. Chu, X. Hou, Z. Sun, J. Umeda and K. Kondoh
- (26) Micro-compression of High Oxygen Doped Single-Crystal Titanium along Different Orientations  
Mater. Sci. Eng. A., 832 (2021), 142449.  
X. Wang, S. Liu, C. Biao, J. Umeda, Y. Shibutani, K. Kondoh and J. Shen
- (27) Advanced Tensile Properties and Strain Rate Sensitivity of Titanium Matrix Composites Reinforced with CaTiO<sub>3</sub> Particles  
J. Alloy. Compd, 897 (2021), 163229.  
J. Yang, J. Shen, Y. Liang, W. Shi, B. Chen, J. Umeda and K. Kondoh
- (28) Compressive Behavior of CNT-reinforced Aluminum Matrix Composites under Various Strain Rates and Temperatures  
Ceram. Int. (2021), in Press.  
M. Wang, J. Shen, B. Chen, Y. Wang, J. Umeda, K. Kondoh and Y. Li
- (29) Anion Ordering Enables Fast H-conduction at Low Temperatures  
Sci. Adv., 7, 23 (2021), eabf7883.  
H. Ubukata, F. Takeiri, K. Shitara, T. Cedric, T. Saito, T. Kamiyama, T. Broux, A. Kuwabara, G. Kobayashi and H. Kageyama
- (30) Substantial Role of Charge Transfer on the Diffusion Mechanism of Interstitial Elements in  $\alpha$ -Titanium: A First-principles Study  
Scr. Mater., 203 (2021), 114065.  
K. Shitara, M. Yoshiya, J. Umeda and K. Kondoh
- (31) Kinetically Stabilized Cation Arrangement in Li<sub>3</sub>YCl<sub>6</sub> Superionic Conductor during Solid-State Reaction  
Adv. Sci., 8, 15 (2021), 2101413.  
H. Ito, K. Shitara, Y. Wang, K. Fujii, M. Yashima, Y. Goto, C. Moriyoshi, N. C. R. Navarro, A. Miura and K. Tadanaga
- (32) Development of Core-Shell-Structured Ti- (N) Powders for Additive Manufacturing and Comparison of Tensile Properties of the Additively Manufactured and Spark-Plasma-Sintered Ti-N Alloys  
Adv. Powder Technol., 32, 7 (2021), 2379-2389.  
A. Issariyapat, T. Song, P. Visuttipitukul, J. Umeda, Q. Ma and K. Kondoh

- (33) Strength-ductility Balance of Powder Metallurgy Ti-2Fe-2W Alloy Extruded at High-Temperature  
*J. Mater. Res. Technol-JMRT*, 14 (2021), 677-691.  
 A. Bahador, A. Issariyapat, J. Umeda, R. Yamanoglu, C. Pruncu, A. Amrin and K. Kondoh
- (34) Strengthening and Deformation Mechanism of Selective Laser-Melted High-Concentration Nitrogen Solute  $\alpha$ -Ti Materials with Heterogeneous Microstructures via Heat Treatment  
*Mater. Sci. Eng. A.*, 826 (2021), 141935.  
 A. Issariyapat, A. Bahador, P. Visuttiptikul, S. Li, J. Umeda and K. Kondoh
- (35) Additive Manufacturing and Characterization of High Strength Ti-Zr Gyroid Scaffolds Using Pre-Mixed Ti-ZrH<sub>2</sub> Powders  
*JOM*, 73, 12 (2021), 4166-4176.  
 A. Issariyapat, S. Kariya, A. Alhazaa, J. Umeda and K. Kondoh
- (36) Ductility Improvement of High-Strength Ti-O Material upon Heteromicrostructure Formation  
*Mater. Sci. Eng. A.* (2022), 143041.  
 S. Kariya, A. Issariyapat, A. Bahador, J. Umeda, J. Shen and K. Kondoh
- (7) 国際会議発表
- (1) Additively Manufactured High-Performance Commercially Pure Titanium Strengthened with Ubiquitous Light Elements  
 LightMAT 2021, Web (2021.11.2-4)  
 A. Issariyapat, J. Umeda and K. Kondoh
- (2) Fabrication and Investigation on Mechanical Response of Selective Laser Melted Ti-Zr Cellular Lattices  
 The 23rd Annual Academic Exchange Seminar between Shanghai Jiao Tong University and Osaka University - 2021 Academic Exchange Workshop on Materials Joining -, Web (2021.11.8)  
 A. Issariyapat
- (3) Effect of Impurities on the Microstructures of SLMed Ti-6Al-4V Alloy  
 6th Asian Symp. on Materials and Processing 2022, Virtual (2022.1.26)  
 S. Kariya, A. Issariyapat, J. Umeda and K. Kondoh
- (4) Selective Laser Melting (SLM) of Ti-Zr Material: Process Optimization, Strengthening Mechanism and Its Application  
 6th Asian Symp. on Materials and Processing 2022, Virtual (2022.1.26)  
 A. Issariyapat, S. Kariya, J. Umeda and K. Kondoh
- (8) 国内学会発表
- (1) 軽元素による純チタン焼結材の固溶強化量予測と検証  
 (一社)日本鉄鋼協会 第182回秋季講演大会, オンライン開催 (2021.9.2-4)  
 近藤 勝義, 刈屋 翔太
- (2) Low Cost Duplex Ti Alloys with Excellent Tensile Strength and Tailored Microstructure  
 (公社)日本金属学会 2021年秋期 第169回講演大会, WEB開催 (2021.9.14-17)  
 A. Bahador, J. Umeda and K. Kondoh



- (3) Microstructure and Mechanical Properties of Powder Metallurgy Ti-Fe-W Alloy Consolidated by Spark Plasma Sintering Incorporating with Thermomechanical Processing  
粉体粉末冶金協会2021年度秋季大会（第128回講演大会），WEB開催（2021.11.9-11）  
A. Bahador, J. Umeda and K. Kondoh
- (4) SLM Induced Carbon Solid Solution in Titanium Alloys  
粉体粉末冶金協会2021年度秋季大会（第128回講演大会），WEB開催（2021.11.9-11）  
J. E. Peterson, E. Ichikawa, J. Umeda and K. Kondoh
- (5) 実験および第一原理計算の系統的データベースに基づくチタン固溶強化量予測モデルの構築  
（公社）日本金属学会 2021年秋期 第169回講演大会，WEB開催（2021.9.14-17）  
設樂 一希，吉矢 真人，梅田 純子，近藤 勝義
- (6) チタン積層造形材の組織と力学特性に及ぼす炭素添加の影響  
（一社）軽金属学会創立70周年記念 第141回秋期大会，WEB開催（2021.11.13-14）  
市川 絵理，刈屋 翔太，設樂 一希，梅田 純子，近藤 勝義
- (7) Lightweight Micro-Architected Lattice Ti-Zr Materials Manufactured by SLM  
粉体粉末冶金協会2021年度秋季大会（第128回講演大会），WEB開催（2021.11.9-11）  
A. Issariyapat, J. Umeda and K. Kondoh
- (10) 国内会議講演**
- (1) 負の添加元素が拓くチタン積層造形材の力学機能化  
大阪大学接合科学研究所 第18回 産学連携シンポジウム，WEB開催（2021.7.2）  
近藤 勝義
- (2) 粉末冶金法を基調とした工程内チタン廃材の高度再資源化技術と応用  
粉体粉末冶金協会2021年度秋季大会（第128回講演大会，WEB開催（2021.11.9-11）  
近藤 勝義，刈屋 翔太，梅田 純子
- (3) 文系から理系教員への歩み，そしてダイバーシティ実現への挑戦  
第7回国際公共政策コンファレンス（待兼山会議），オンライン（2022.3.27）  
梅田 純子
- (11) 解説・総説**
- (1) 生体適合性に優れたTi-Zr焼結合金における固溶強化機構  
チタン，69, 2（2021），43-49.  
近藤 勝義，寺前 拓馬，設樂 一希，梅田 純子
- (2) 負の添加元素が拓くチタン積層造形材の力学機能化  
生産と技術，73, 4（2021），18-21.  
近藤 勝義，梅田 純子，Ammarueda Issariyapat，刈屋 翔太，市川 絵理
- (3) 大阪大学カップリング・インターンシップ実施中の「参加者の認識の変化調査」に関する結果  
と考察（プログラム活動の認識変化への影響とは）  
グローバル人材育成教育研究，9, 2（2022），51-60.  
勝又 美穂子，橋本 智恵，西川 宏，近藤 勝義

### (13) 特許出願・登録

- (1) 窒素固溶チタン粉末材料、チタン素材及び窒素固溶チタン粉末材料の製造方法  
ブラジルBR112016016577-2  
近藤 勝義, 他
- (2) 酸素固溶チタン材料焼結体およびその製造方法  
アメリカ11213889  
近藤 勝義
- (3) Ti-Fe系焼結合金素材およびその製造方法  
特許第6885900号  
近藤 勝義
- (4) Ti-Fe系焼結合金素材およびその製造方法  
アメリカ11084093  
近藤 勝義
- (5) 酸素固溶チタン材料焼結体  
アメリカ17/532,373  
近藤 勝義

### (15) 受賞

- (1) 優秀講演発表賞  
(一社) 粉体粉末冶金協会 (2021.11.11)  
J. E. Peterson (D1)
- (2) 70周年記念功労賞  
(一社) 軽金属学会 (2021.11.12)  
近藤 勝義
- (3) 令和3年度軽金属希望の星賞  
(一社) 軽金属学会 (2022.01.21)  
市川 絵理 (M2)
- (4) 2021年度 論文賞  
グローバル人材育成教育学会 (2022.03.13)  
寺西 未沙, 勝又 美穂子, 西川 宏, 近藤 勝義, 田中学
- (5) 大阪大学工学賞  
大阪大学 (2022.03.15)  
花田 滉生 (M1)

### (17) 外部資金

(単位: 千円)

#### 科学研究費補助金

- (1) 基盤研究(C) 高濃度酸素含有チタン積層造形体の高強度・高延性化に資する特異な組織形成機構の解明 梅田 純子 1,170

(2)	研究活動 スタート支援	高濃度酸素固溶チタン積層造形材における高延性 発現機構の解明	刈屋 翔太	1,430
-----	----------------	-----------------------------------	-------	-------

#### 一般公募型補助金研究

(1)	経済産業省	令和3年度産油国石油精製技術等対策事業費補助金	近藤 勝義	8,394
-----	-------	-------------------------	-------	-------

#### 民間等との共同研究

(1)		粉末特性が積層造形体の強度特性に及ぼす影響の 解明	近藤 勝義	2,860
-----	--	------------------------------	-------	-------

#### 受託研究

(1)		航空機部材向け廉価な高強度・高延性レアメタル フリーチタン粉末鍛造合金の開発	近藤 勝義	5,200
(2)		チタン焼結合金の高次機能化に向けた実験解析と 計算科学の融合によるマルチスケールでの合金設 計とプロセスデザインの最適化手法の確立	近藤 勝義	12,008
(3)		完全リモート型金属積層造形プロセスの開発	近藤 勝義	2,990
(4)		工程内廃材使用による廉価高強度チタン合金開発 と応用	近藤 勝義	35,960

#### 受託事業

(1)	JST・さくら サイエンス プログラム	JST	近藤 勝義	275
-----	---------------------------	-----	-------	-----

#### 奨学寄付金

(1)			近藤 勝義	3,600
(2)			梅田 純子	150
(3)			刈屋 翔太	2,000

#### 4.8 教育

氏名：近藤 勝義

##### (1) 大学院等講義科目

(1)	機械工学専攻	ナノ界面設計学
(2)	機械工学専攻	機械材料学



(2) 応用理工学科, 永田 晃貴

Ti-Zr-Sc 焼結合金における結晶組織と力学特性  
の Sc 含有量依存性

#### 4. 9 社会貢献

氏名：近藤 勝義

##### (1) 学会役員

- |                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| (1) (一社) スマートプロセス学会    | 編集委員会 委員             |
| (2) (一社) 日本機械学会        | 日本機械学会論文集 アソシエイトエディタ |
| (3) (一社) 日本機械学会        | M&P 部門運営委員会 副委員長     |
| (4) (一社) 日本機械学会        | M&P 部門第 5 技術委員会 副委員長 |
| (5) (一社) 日本塑性加工学会      | 粉体加工成形プロセス分科会 企画幹事   |
| (6) (一社) 日本塑性加工学会 関西支部 | 第 57 期・58 期商議員       |
| (7) (一社) 粉体粉末冶金協会      | 理事                   |
| (8) (一社) 粉体粉末冶金協会      | 財務・会員増強委員会 委員        |
| (9) (一社) 粉体粉末冶金協会      | 海外広報委員会 委員長          |
| (10) (一社) 粉体粉末冶金協会     | 粉体成形分科会 主査           |
| (11) (一社) 粉体粉末冶金協会     | 2021 年度秋季大会 プログラム委員  |
| (12) (一社) 粉体粉末冶金協会     | 2021 年度粉末冶金講座 実行委員   |
| (13) (一社) 粉体粉末冶金協会     | 2021 年度協会賞 推薦委員      |
| (14) (一社) 粉体粉末冶金協会     | 論文賞選考委員会委員           |
| (15) (一社) 粉体粉末冶金協会     | 工業会賞選考委員             |

##### (2) 国際会議委員

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| (1) 4th International Conference on Advanced Composite Materials (ICACM 2021)         | Technical Committee                |
| (2) The 3rd International Conference on Advanced Materials and Ecological Environment | Technical Program Committee Member |

- |  |  |
|--|--|
| (3) Global Expo on 3D Printing and Additive Manufacturing Technology (3D Printing Expo-2022) | Organizing Committee Member  |
| (4) Virtual Conference on "Design for Additive Manufacturing"                                | Scientific Committee member  |
| (5) PowderMet2022 and AMPM2022   | Technical Program Committee Member   |
| (6) International Conference on Powder and Powder Metallurgy, 2022, Kyoto (JSPMIC2022)       | Program Committee  |
| <b>(4) 企業等への貢献</b>   |  |
| (1) (株) 小矢部精機  | 技術アドバイザー   |
| (2) トーホーテック (株)  | アドバイザー   |
| <b>(5) 国・自治体・公益法人等への貢献</b>   |  |
| (1) (国研) 科学技術振興機構  | 創発的研究支援事業 事前評価 外部専門家   |
| (2) (独) 国際協力機構   | エジプト日本科学技術大学 (E-JUST) プロジェクトフェーズ 3」国内支援委員会専門部会工学ワーキング・グループ委員                                 |
| (3) (独) 国際協力機構   | 「エジプト日本科学技術大学 (E-JUST) プロジェクトフェーズ 3」国内支援委員会委員  |
| (4) (独) 国際協力機構   | アセアン工学系高等教育ネットワークプロジェクト・フェーズ 4 国内支援委員会委員   |
| (5) Archives of Earth and Environment Sciences   | Editorial board member   |
| (6) Archives of Materials Science  | Editorial board member   |
| (7) Biomolecules   | Guest Editor for Special Issue "State-of-the-Art Biomaterials and Bionanomaterials in Japan" |
| (8) Cardiovascular & Hematological Agents in Medicinal Chemistry                             | Board member   |
| (9) Current Graphene Science   | Executive Guest Editor   |
| (10) Current Mechanics and Advanced Materials  | Editorial board member   |
| (11) International Journal of Additive-Manufactured Structures                               | Editorial board member   |

- |   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| (12) International Journal of Mineral Processing and Extractive Metallurgy  | Editorial board member            |
| (13) International Journal of Nuclear Materials                             | Editorial Committee member        |
| (14) Journal of Material Science and Technology Research                    | Editorial board member            |
| (15) Journal of Mineral, Metal and Material Engineering                     | Editorial board member            |
| (16) Journal of Modern Industry and Manufacturing                           | Editorial board member            |
| (17) Journal of Modern Polymer Chemistry and Materials                      | Editorial board member            |
| (18) Journal of Nanotechnology in Diagnosis and Treatment                   | Editorial board member            |
| (19) Powder Metallurgy  | Editorial board member            |
| (20) SVR-Materials Science and Engineering Technology                       | Editorial board member            |
| (21) The Hong Kong Polytechnic University                                   | Referee for the post of Professor |
| (22) University of Malaya   | Programme External Assessor       |
| (23) World Journal of Advances in Applied Physics and Mathematical Theories | Editorial board member            |
| (24) World Journal of Environmental Science and Energy                      | Editorial board member            |

**(7) 社会への情報発信**

- |                                |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| (1) 3D印刷技術紹介DX時代のモノづくり支援 阪大が書籍 | 日刊工業新聞 (2021.12.22) |
|--------------------------------|---------------------|

**氏名：梅田 純子**

**(7) 社会への情報発信**

- |                               |                     |
|-------------------------------|---------------------|
| (1) 活躍する女性リーダーたち 理系女性研究者の裾野拡大 | 大商ニュース (2021.06.25) |
| (2) 国立大 ジェンダー対応加速 女性教員増へ数値目標  | 読売新聞 (2021.07.30)   |

氏名：設樂 一希

(5) 国・自治体・公益法人等への貢献

- (1) (一社) ファインセラミックスセンター 客員研究員  
(2) (公社) 自動車技術会 校閲委員

(7) 社会への情報発信

- (1) 京大など、室温で高速イオン伝導実現  
- 固体材料開発 日刊工業新聞 (2021.06.03)

4. 10 全国共同利用に関する研究

(1) 令和3年度共同研究員と研究テーマ

氏名：近藤 勝義

一般公募研究課題

- |      |                             |       |  |
|------|-----------------------------|-------|--|
| (1)  | 関西大学化学生命工学部                 | 川崎 英也 | アモルファスシリカ / 色素複合体の創製と<br>歯科医療への応用        |
| (2)  | 関西大学大学院<br>理工学研究科           | 森 七星  | アモルファスシリカ / 色素複合体の創製と<br>歯科医療への応用        |
| (3)  | 関西大学大学院<br>理工学研究科           | 齋田 慧  | アモルファスシリカ / 色素複合体の創製と<br>歯科医療への応用        |
| (4)  | 九州大学大学院工学研究院<br>材料工学部門      | 尾崎由紀子 | Ti 系合金 -AM 材の延性破壊過程における<br>結晶配向観察による数値化  |
| (5)  | 九州大学大学院工学研究院<br>材料工学部門      | 重田 雄二 | Ti 系合金 -AM 材の延性破壊過程における<br>結晶配向観察による数値化  |
| (6)  | 九州大学大学院工学研究院<br>材料工学部門      | 楠 涼太郎 | Ti 系合金 -AM 材の延性破壊過程における<br>結晶配向観察による数値化  |
| (7)  | 大阪大学大学院工学研究科<br>マテリアル生産科学専攻 | 吉矢 真人 | 第一原理計算による固溶元素の力学特性への<br>振舞いと界面構造・界面特性の解明 |
| (8)  | 大阪大学大学院工学研究科<br>物理学系専攻      | 長久保 白 | ナノ多結晶体の弾性率計測を通じた機能性<br>焼結材の機械特性の解明       |
| (9)  | 大阪大学大学院工学研究科<br>物理学系専攻      | 木元 万聡 | ナノ多結晶体の弾性率計測を通じた機能性<br>焼結材の機械特性の解明       |
| (10) | 大阪大学大学院文学研究科                | 福永 伸哉 | 超高精細表面性状分析による古代青銅鏡の<br>摩滅痕生成過程の解明        |



(11)	東京大学 未来ビジョン研究センター	古月 文志	単分散 CNT を利用した金属材料の高機能 発現機構の解明
(12)	東北大学 材料科学高等研究所	熊谷 明哉	電気化学プローブ顕微鏡を応用した合金内 における腐食反応機構の解明
(13)	東北大学大学院 環境科学研究科	小山 毅士	セルロースナノファイバーを前駆体にした 高強度チタンの創製と力学特性評価
(14)	東北大学大学院環境科学研 究科先端環境創成学専攻	栗田 大樹	セルロースナノファイバーを前駆体にした 高強度チタンの創製と力学特性評価
(15)	福井工業大学工学部 機械工学科	井藤 幹夫	電磁エネルギー支援プロセスを利用した金 属・半導体材料の機能制御
(16)	北海道大学 病院歯周・歯内療法科	宮治 裕史	アモルファスシリカの高機能化と光殺菌治 療への応用
(17)	北海道大学 病院歯周・歯内療法科	西田絵利香	アモルファスシリカの高機能化と光殺菌治 療への応用
国際共同研究			
(1)	Northwestern Polytechnical University	Chen Biao	High-performance Ti alloys processed by selective laser melting
(2)	共同研究員との共著論文件数 (査読付き学術論文, 国際会議論文)		
(1)	合計	16	



接合評価研究部門  
接合構造化解析学分野



## 接合評価研究部門 接合構造化解析学分野

### 4. 1 研究概要

本研究分野では、溶接・接合・積層造形科学における、熱源・材料・プロセス・力学が連成した諸現象を、数理解析モデル化と Artificial Intelligence に基づく数値シミュレーションし、構造物の製造時および使用時の問題を解決するための教育および研究を行っている。

まず AI 計算科学と先進な実験計測技術に基づき接合構造の製造時におけるマルチ物理現象を解明するための基礎研究を行う。本研究分野は、非線形有限要素法、CAD を直接用いる IGA 解法および逆解析を含む新しい解法とそれらのソフトウェア JWRIAN を開発している。加えて、内部 3 次元残留応力分布を測定するために、固有ひずみ法や断面切断コンター法を開発し、X 線回折法も利用している。さらに溶接部や熱影響部 (HAZ) の性能を評価するため、微小試験装置とひずみ分布測定技術 (DIC) を活用している。最近、溶接・接合のデジタルツインを構築し、計測データと有限要素法を統合した解法 (M-FEM) を開発している。

本研究分野は、AI 計算科学のシーズを元に開発したソフトウェア JWRIAN および先進計測技術を二つの柱として、各種接合構造体の機能および信頼性評価という実用的ニーズに向けて展開している。

さらに接合構造化解析学分野は、溶接における計算科学に関する応用研究の推進と人材の育成を目的とし所内組織として設立された国際連携溶接計算科学研究拠点において、溶接力学シミュレーション技術を産業界へ実用化するための活動を積極的に行っている。

### 4. 2 研究課題

1. 陽解法と陰解法のハイブリッド解法に関する研究とソフト JWRIAN-Hybrid 開発
2. 場計測技術と有限要素法を融合したソフト JWRIAN-MFEM の研究開発
3. 低変態温度溶接材料を用いた伸長ビード肉盛溶接による船舶補修技術と疲労寿命向上
4. 機能傾斜材料 3D プリンティングの熱伝導・熱応力・熱変形の解析
5. 金属と樹脂複合材の 3 種類接合プロセスにおける数値解析熱力学モデルの構築
6. 第 3 世代超高張力鋼板のスポット溶接プロセスと強度評価に関する研究
7. 自動車部品の型レス塑性加工とレーザ曲げ加工における数値解析モデルの構築
8. コールドスプレー固相結合による積層プロセスの数理解析モデリング
9. 摩擦熱を活用した異材固相接合プロセスの数値解析モデリング
10. MAG 溶接法を用いた車体部品溶接継手の溶込み形状予測
11. マルチマテリアル接合技術における継手性能データベースの構築
12. マルチレーザ加工技術を用いた先進パワー半導体用ヒートシンクシステムの開発
13. 低放射化フェライト鋼とステンレス鋼との異材接合技術開発

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. 陽解法と陰解法のハイブリッド解法に関する研究とソフト JWRIAN-Hybrid 開発

大規模な溶接熱弾塑性解析の計算時間を短縮するために、村川、柴原、麻は、それぞれ ISM 陰解法、理想化陽解法 (IEFEM)、加速陽解法 (ACEXP) を提案した。これらの解法には優れた点があれば課題もある。本研究では、溶接の加熱過程と冷却過程に陽解法と陰解法の利点をそれぞれ活用したハイブリッド解法を開発し、解析の効率化と精度向上を図った。また、溶接構造体の建造には薄板や厚板をそれぞれ利用していることを考慮し、ソリッド要素およびシェル要素を用いるハイブリッドモデリング手法と要素技術を開発した。さらにハイブリッド有限要素法の溶接プログラム JWRIAN-Hybrid を開発し、溶接非定常熱伝導・熱弾塑性力学挙動の解析を実施し、解析精度を保証しながら、隅肉継手やパイプ突合せ継手および重ね継手を対象にして溶接変形と残留応力を高効率かつ高精度で予測した。

2. 場計測技術と有限要素法を融合したソフト JWRIAN-MFEM の研究開発

近年、試験体の表面にスプレーにより作られたランダムパターンの表面模様を利用した画像相関 DIC 法または電気エッチングによる規則的なグリッドパターンを使用したデジタル画像グリッド法 (DIGM) は変位場計測技術として広く利用されている。本研究では、薄板鋼板やアルミ合金における非線形変形特性、局所破断ひずみ、延性破壊限界を高精度に解析するため、変位場計測技術 (Measurement) と有限要素法 (FEM) を融合させる解法 (MFEM) を開発した。本手法の利用手順としては、まず計測点を有限要素法 (FEM) の節点とし、計測点の過渡変位を節点変位に代入し、応力とひずみを直接に計算することになる。本 MFEM 手法に基づいて開発したソフトウェア JWRIAN-MFEM により自動車用超高強度鋼板やアルミ合金の薄板引張試験中における局所的な大塑性変形、局所応力および延性破壊損傷値の計算

を行い、MFEM 実用性を検証した。特に、従来の複雑な試験による延性破壊限界の測定法と比較して、MFEM を用いることにより簡単な単軸引張試験で材料の延性破壊限界値を同定できる。

### 3. 低変態温度溶接材料を用いた伸長ビード肉盛溶接による船舶補修技術と疲労寿命向上

船舶修繕における課題として、船舶に発生した疲労亀裂を補修しても、数年後に補修部に疲労亀裂が再発してしまう現象が挙げられる。そのため、補修部で亀裂を再発しない溶接施工法が望まれている。

この対策に、本研究グループが考案した低変態温度 (LTT) 溶接材料を用いた圧縮残留応力の付与技術と応力集中の低減技術である「LTT 伸長ビード肉盛溶接法」が実用化される可能性が高まっている。本施工法は、疲労寿命 4 ~ 10 倍の延伸が実証され、且つ脆性破壊の抑制効果も数値解析から予測され、破壊靱性試験で実証されている。

本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構「研究成果展開事業・研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP)」に採択され、補修施工法を最適化し、実船適用に必要な船級承認データをすべて取得している。研究成果としては、全姿勢溶接が可能な低変態温度溶接材料 (LTT-B) を開発した。さらに実船適用のために、第 2 期 A-STEP 産学共同 [本格型] に採択され、再補修フリーの溶接施工法を確立するための疲労試験を行い、実用性が見えてきた。

### 4. 機能傾斜材料 3D プリンティングの熱伝導・熱応力・熱変形の解析

現在、同種材料 3D プリンティング技術の研究が盛んに行われているが、今後、機能傾斜材料 3D プリンティング技術は必ず必要とされる。このような次世代異材製造技術を研究するには、造形過程の熱流動・熱伝導と熱ひずみ・熱応力を高速・高精度でシミュレーションできる技術の開発が必須となる。

本研究では、陽解法と陰解法の長所を活用したハイブリッド高速化計算手法とソフトウェア JWRIAN-Hybrid を開発すると共に、機能傾斜材料 3D プリンティングによる熱伝導および熱ひずみ・熱応力などの過渡現象の解析を行った。具体的な応用例としては、異材 3D プリンティング技術を用いて、直接接合できないチタン TC4 とセラミックス ZrC-SiC の間に TC4 と SiC の機能傾斜材料 (FGM) という中間層を作ることにより、TC4-FGM/ZrC-SiC の接合継手を製作し、諸製造工程における熱伝導・熱応力・熱変形を精度高く解析した。

### 5. 金属と樹脂複合材の 3 種類接合プロセスにおける数値解析熱力学モデルの構築

近年、輸送機器においては軽量化を目的に薄板超高張力鋼材やアルミニウム合金が使われている。また、更なる軽量材料として非金属である樹脂複合材の利用が注目されている。本研究では、レーザや抵抗スポットおよび摩擦熱などの 3 種類熱源をそれぞれ用いた金属と樹脂複合材を接合し、接合メカニズムを解明した。さらに、3 種類の接合プロセスにおける熱・力学の連成現象を数値解析し、接合条件と接合強度の相関関係を明らかにした。

### 6. 第 3 世代超高張力鋼板のスポット溶接プロセスと強度評価に関する研究

自動車車体の衝突安全性能や軽量化および車体構造の合理化を図るため、引張強度も伸び率もよい第 3 世代超高張力鋼板の利用技術や接合技術が求められている。同時に接合継手、特に車体構造の組立によく利用されている抵抗スポット溶接継手の強度評価技術と強度予測技術の確立が不可欠である。本研究では、スポット溶接部や熱影響部およびコロナボンド部などの局部における非線形力学特性および破断限界を明らかにするため、微小引張試験片を用いて溶接継手の不均一な材料の応力ひずみ特性や破断ひずみを同定した。

### 7. 自動車部品の型レス塑性加工にとレーザ曲げ加工における数値解析モデルの構築

インクリメンタルシートフォーミング (ISF) は、型レス塑性加工技術として注目されている。板材プレス成形法と比較して、ISF 成形法は、簡単な工具を所定の加工経路に移動させることにより薄板を設計形状に徐々に成形する方法であり、高価な金型と専用プレス機を必要としない。本研究では、大型自動車部品の型レス ISF で成形する数値シミュレーション技術を開発し、型レスの ISF 成形時に生じる割れ、しわおよびスプリングバックを、高精度・高効率で予測した。さらにスプリングバックを見込んだ部品形状と加工経路の最適化設計を行った。

レーザ熱源を用いて、自動車車体の美しさを求める鋭角曲げのキャラクターラインを加工するレーザフォーミングの数値解析モデルを構築した。さらに、型レス ISF による車体の全体曲面形状を加工し、キャラクターラインを加工する ISF-Laser 型レス成形法を新たに開発した。数値解析および実験による ISF-Laser 型レス成形法の実用性を明らかにした。

### 8. コールドスプレー固相结合による積層プロセスの数理解析モデリング

超音速コールドスプレーの数十ナノ秒間で起こる動的な粒子変形と結合過程が直接観察で

きない。本研究では、従来のコールドスプレーと独創的なその場ピーニングと融合した金属固相積層材における粒子の変形と界面の再結晶形態を、FIB/SEM/EBSD/TEM などの先進装置で分析し、結合粒子の動的変形、再結晶現象および内部残留応力を定量化・可視化する新しい動的な材料モデルを開発した。さらにコールドスプレーの 4 次元動的解析モデル (3 次元形状と動的時間) を用いて、純 Cu や Al 合金、純 Ni および Inconel718 の粒子内部と表面で数十ナノ秒間に起こる、①超高ひずみ速度、②超大塑性変形、③衝突発熱、④酸化層の破壊、⑤固相動的再結晶という 5 つの材料挙動を数値解析で再現した。

## 9. 摩擦熱を活用した異材固相接合プロセスの数値解析モデリング

自動車、鉄道車両、宇宙船などの輸送機器の設計と溶接による製造には、軽量化・低コスト化・高性能化を図るため、軽量と高強度のマルチマテリアルを用いたハイブリッド構造の使用が増加している。その中、アルミニウム合金、炭素繊維強化複合材料 (CFRP)、高張力鋼などの異材接合には、摩擦熱を活用した点接合技術 (FSSW : Friction Stir Spot Welding) や線接合技術 (Friction Stir Welding) および面接合技術 (Linear Friction Welding) がそれぞれ提案された。これらの異材固相接合プロセスにおける摩擦熱の発生や塑性流動および固相接合メカニズムを明らかにするため、マルチ物理現象を連成した数値解析モデリングを開発した。本開発モデルを用いて、異材固相接合の界面における欠陥の形成メカニズムと抑制方法を評価し、強度に及ぼす残留応力分布特性も予測した。特に新に設計した凹型摩擦接合ツールを用いたことで、アルミニウム合金 / CFRP の引張せん断強度を大幅に向上した。

## 10. MAG 溶接法を用いた車体部品溶接継手の溶込み形状予測

MAG 溶接法は高効率なアーク溶接法であり、様々な溶接継手の作製に用いられているが、MAG 溶接では溶込み形状がフィンガー形状になるという特徴を有しており、その溶込み形状が継手の溶接変形や強度に影響を及ぼす。そのため、溶込み形状の予測法の確立が強く望まれている。これまで、新たに開発した点熱源を含んだ三次元非定常熱伝導解析法を用いて、実用溶接継手である、重ね溶接ならびに水平隅肉溶接継手の溶け込み形状予測に必要な、アーク圧力半径、熱源比率 (= 点熱源とアークによる表面分布熱源の比)、アークの狙い位置を明らかにしてきた。さらに、アーク圧力やアークによる表面からの入熱範囲を実現現象と同じく、熱源位置からの円錐形でモデル化する手法に改良した。2021 年度は、この新しい円筒形熱源モデルを用いた三次元非定常熱伝導解析法を用いて、実用継手の一つであるフレア形状継手の溶け込み形状予測解析を行い、フレア形状特有の幅が広い開先に対応したギャップ要素の設定方法を構築することで、溶け込み形状を解析により再現可能であることを明らかにした。

## 11. マルチマテリアル接合技術における継手性能データベースの構築

近年、自動車を中心とした輸送機器の抜本的な軽量化を目的として、鉄鋼、軽量金属、熱可塑性炭素繊維強化樹脂 (CFRTP) の高強度・高機能化に加えて、これらの新材料を活用したマルチマテリアル車体に必要不可欠な、接合・接着技術の開発も進められている。本研究では、将来のマルチマテリアル構造設計に必要な、部材に応じた最適な材料の組み合わせ、ならびに最適な接合・接着技術の選定を支援するための、継手性能データベースを構築することを目的としている。2021 年度においては、新たに開発された革新アルミニウム合金と CFRTP との重ね異材接合継手を、二種類の接合方法を用いて作製し、その静的引張せん断強度、ならびにせん断疲労強度特性を計測し、継手性能データベースとして蓄積した。また、実用異材継手の重要な継手性能の一つである腐食特性として、腐食疲労特性を計測するための装置を開発した。そして市中材の超高強度鋼、アルミニウム合金、CFRTP を用いて、重ね異材接合・接着継手を作製し、その腐食疲労特性を計測し、継手性能データベースとして蓄積した。

## 12. マルチレーザ加工技術を用いた先進パワー半導体用ヒートシンクシステムの開発

次世代の輸送機器の電力化および省電力化のためには、シリコンカーバイド (SiC) 製パワー半導体の活躍が期待されており、その実現のためには、SiC 製パワー半導体を健全に動作させるための新たな冷却機構 (ヒートシンクシステム) の開発が必要不可欠である。本研究では、新たに、SiC へのタングステン薄膜の接合技術の開発、ならびにマルチレーザ加工技術を用いたタングステン薄膜への銅肉盛層の生成技術を確立することで、健全性ならびに冷却機能を保持する、新たな先進パワー半導体用ヒートシンクシステムの開発を進めている。2021 年度は、まず、熱間等方圧加圧法 (HIP : Hot Isostatic Pressing) を用いて、2.0 mm 厚さの  $\alpha$ -SiC 板に、0.025 または 1.0 mm 厚さの純タングステン薄膜の接合実験を行い、固相拡散接合により、両薄膜が接合することを明らかにした。また、1 mm 厚さのタングステン薄膜と 2.0 mm 厚さの  $\alpha$ -SiC 板とを接合させた W/SiC 接合体のタングステン表面に、マルチレーザ加工システムを用いて、純銅粉体の肉盛層形成実験を行い、銅肉盛層の連続的な形成が可能であることを明らかにした。さらに、W/SiC 接合体への銅肉盛層形成過程において、W/SiC 接合体が剥離あるいは破壊しないことも確認できた。

## 13. 低放射化フェライト鋼とステンレス鋼との異材接合技術開発

低放射化フェライト鋼 F82H は、現在、フランスで建設が進められている、国際核融合実験炉 ITER において、日本がトリチウム増殖ブランケットの試験に用いる機器 (テストブランケットモジュール) の第一候補材料である。そして、F82H で作製予定のテストブランケットモジュールを ITER に設置する場合には、ステンレス鋼 SUS316L で作製される冷却水配管との異材接合が必要不可欠である。これまで、F82H と SUS316L との異材接合技術として、高輝度・高出力ファイバー・レーザを用いた、突き合わせ異材接合継手作製実験を行い、F82H と SUS316L との間に中間層として Inconel 625 を封入した上で、レーザの照射位置を SUS316L 側に移動させることで、溶融金属部のマルテンサイト化を抑制可能であることを見出してきた。2021 年度は、中間層を用いない新たな接合法として、固相接合法の一つである摩擦攪拌接合法 (FSW) を用いた F82H と SUS316L との突合せ異材接合体作製実験を行い、FSW ツールとして、窒化珪素系の FSW ツールを用いて、FSW 時の前進側に F82H を配置し、FSW ツールのプローブを F82H

側に挿入すると、健全な突合せ異材接合体が作製可能であることを明らかにした。

## (2) 研究に対する自己評価

本研究分野は、溶接接合技術に関連した力学現象の数値シミュレーションに関する研究を主として実施しており、実構造物への適用を視野に入れた大規模かつ高速な熱弾塑性解析法の開発においては世界のトップレベルであり、薄板構造から厚板構造に至る幅広い実用問題に対する適用も進んでいる。具体的には、上記の13研究テーマについて、数値計算手法の研究とソフトウェア JWRIAN の開発、さらにそれらを用いた数値シミュレーションにより物理現象を明らかにした。研究成果は、各種溶接構造物の安全性、健全性をより高め、その信頼性向上に大いに貢献している。具体的には、Additive Manufacturing (IF10.998) や Acta Materialia (IF8.203) などの高ランク国際ジャーナルを含め44件の査読付き学術論文、10件の国際会議講演発表、33件の国内学会発表、国際会議で1件のキーノート講演と1件の招待講演、3件の解説・総説の執筆という実績があった。特許は8件、受賞は7回(学生4回を含む)であった。外部資金については合計総額132,531千円、そのうち科学研究費補助金3件(8,090千円)、受託研究3件(95,677千円)、民間との共同研究10件(総額21,179千円)、奨学金寄付3件(総額7,585千円)を受け入れた。

## 4. 4 教育に対する自己評価

本研究分野は、主として工学研究科地球総合工学専攻(船舶海洋工学コース)および工学部地球総合工学科(船舶海洋工学科目)の学生を対象として教育を行っており、講義においては、『数値構造解析』(大学院)、『弾塑性学』(大学院)、『船舶海洋工学ゼミナールⅠ』(大学院)、『船舶海洋工学ゼミナールⅡ』(大学院)、『数値構造解析学』(学部3年)、『海事専門実用英語』(学部3年)、『基礎構造解析学』(学部3年)、『海洋工学実験』(学部3年)『先端教養科目』(全学共通教育)、『基礎セミナー』(全学共通教育)を担当している。大学院生の研究指導においては、5名の博士論文の主査と1名の博士論文の副査を努め、博士後期課程9名、博士前期課程12名の指導を行った。また、学部学生7名の卒業研究指導も行っており、教育・研究指導の両面において貢献している。

## 4. 5 社会貢献に対する自己評価

本研究分野は、以下の役職などを通して社会貢献において期待される役割を果たしている。

- ① 国内外での学会等活動：(一社)日本塑性加工学会理事会直属財務委員会委員、(一社)日本塑性加工学会レーザー分科会幹事、(一社)溶接学会の軽構造接合加工研究委員会委員長、溶接情報化委員会副委員長、溶接構造研究委員会幹事、(一社)日本溶接協会の溶接情報センター運営委員会委員長、同システム検討委員会委員長、広報ワーキング委員、同コミック制作グループリーダー、出版委員会委員、試験問題DB検討ワーキング委員、溶接技術者交流会運営グループ委員、学識会員、日本溶接会議の第3委員会委員長、第10委員会委員を務めた。
- ② 産学連携：民間企業との共同研究等を通じて、産学連携を推進している。
- ② 国際貢献：International Institute of Welding (IIW) 第3委員会日本代表を務めた。
- ③ その他社会貢献：公的委員会の主査など：(独)日本学術振興会第133委員会委員、(国研)量子科学技術研究開発機構核融合炉工学研究委員会専門委員、核融合科学研究所共同研究員、関西原子力懇談会調査委員会委員、また公益財団の審査委員を務めた。
- ④ 国際会議「Metal forming 2020」、「3D Printing Conference」、「Advances in Welding and Additive Manufacturing Research」プログラム委員会委員、「THERMEC'2020 (11th International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials)」のアドバイザー委員を務めた。

## 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

本研究分野は、全国共同利用の制度を活用して、令和3年度は、「溶接・接合技術におけるデジタルツイン」という重点課題で国内共同研究員6名、一般研究課題で「国内共同研究員14名、国際共同研究員8名(来日2名)をそれぞれ受入れ、共同研究の成果を28件の共著論文として発表した。個別の共同研究としては、東北大学と「レーザー加熱インプリント加工を用いた金属ガラス回折格子作製における温度分布のシミュレーション解析」、東海大学と「ショットピーニングによる圧縮残留応力の生成に関する研究」、豊橋科学技術大学と「接着と機械結合のハイブリッド接合の力学解析」、慶応義塾大学と「自動車スポット溶接の強度予測」、大阪公立大学と「Inconel718材の超高ひずみ速度による硬化の試験」および「溶接高温割れの予測技術」、和歌山大学と「画像処理技術と溶接温度場の予測技術に関するAI手法に関する研究開発」、金属材料技術研究所と「3D金属積層による残留応力の予測・測定に関する研究」や室蘭工業大学と「セラミックス-金属材料の接合に関する研究」、本学工学研究科と「核融合炉用低放射化金属に関する研究」、本学工学研究科と「LTT伸長ビード法による疲労寿命の大幅延伸に関する研究」も行い、成果を挙げている。



#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Dynamic Evolution of Oxide Scale on the Surfaces of Feed Stock Particles from Cracking and Segmenting to Peel-Off While Cold Spraying Copper Powder Having a High Oxygen Content  
J. Mater. Sci. Technol., 67 (2021), 105-115.  
X.-T. Luo, Y. Ge, Y. Xie, Y. Wei, R. Huang, N. Ma, C. S. Ramachandran and C.-J. Li
- (2) Additive Manufacturing of a High-Strength ZrC-SiC and TC4 Gradient Structure Based on a Combination of Laser Deposition Technique and Brazing, Journal of Materiomics  
J. Materiomics, 7, 3 (2021), 1-10.  
Q. Wang, J. M. Shi, L. X. Zhang, J. T. Xiong, J. L. Li, N. Ma and J. C. Feng
- (3) Measurement of Local Material Properties and Failure Analysis of Resistance Spot Welds of Advanced High-Strength Steel Sheets  
Mater. Des., 201, 3 (2021), 1-10.  
Y. Ma, A. Takikawa, J. Nakanishi, K. Doira, T. Shimizu, Y. Lu and N. Ma
- (4) Modelling and Experimental Observation of the Deposition Geometry and Microstructure Evolution of Aluminum Alloy Fabricated by Wire-Arc Additive Manufacturing  
J. Manuf. Process., 64, 64 (2021), 369-378.  
G. Ruwei, J. Du, Z. Wei, S. Xu and N. Ma
- (5) Study on the Laves Phase Precipitation Behavior and Its Effect on Toughness of 10Cr-1Mo Steel Weld Joint after Thermal Aging  
J. Manuf. Process., 64 (2021), 1287-1295.  
A. Zuo, C. Shao, X. Huo, N. Ma and F. Lu
- (6) Capturing Cold-Spray Bonding Features of Pure Cu from in Situ Deformation Behavior Using a High-Accuracy Material Model  
Surf. Coat. Technol., 413 (2021), 1-11.  
Q. Wang, N. Ma, X.-T. Luo and C.-J. Li
- (7) Thermo-mechanical Modeling and Analysis of Friction Spot Joining of Al Alloy and Carbon Fiber-Reinforced Polymer  
J. Mater. Res. Technol.-JMRT, 12 (2021), 1777-1793.  
N. Ma, P. Geng, Y. Ma, K. Shimakawa, J.-W. Choi, Y. Aoki and H. Fujii
- (8) Development of FEA-ANN Integrated Approach for Process Optimization of Coaxial One-Side Resistance Spot Welding of Al5052 and CFRP  
J. Manuf. Sci. Eng, 144 (2021), 1-13.  
S. Ren, Y. Ma and N. Ma
- (9) Size Effect on Welding Residual Stress in Low Transformation Temperature Welded Joints  
Mar. Struct., 78 (2021), 1-11.  
Z. Feng, N. Ma and S. Tsutsumi
- (10) 3-D Modelling of the Coaxial One-Side Resistance Spot Welding of AL5052/CFRP Dissimilar Material  
J. Manuf. Process., 68 (2021), 940-950.  
S. Ren, Y. Ma, N. Ma, S. Saeki and Y. Iwamoto

- (11) Advanced Structural Health Monitoring Method by Integrated Isogeometric Analysis and Distributed Fiber Optic Sensing  
Sensors, 21, 17 (2021), 5794.  
T. L. Aung, N. Ma, K. Kishida and A. Guzik
- (12) In-situ DIC Investigation on Local Stress-Strain Behavior in Creep-Fatigue Test of Dissimilar Steel Welded Joint  
Int. J. Fatigue, 152 (2021), 1-13.  
M. Fan, C. Shao, Y. Wang, X. Huo, N. Ma and F. Lu
- (13) 溶接残留応力を考慮したき裂先端特異場の特性テンソル法による評価  
溶接学会論文集, 39, 2 (2021), 105-114.  
齊藤 啓, 平島 禎, 麻 寧緒, 村川 英一
- (14) Microstructural Evolution in Friction Self-Piercing Riveted Aluminum Alloy AA7075-T6 Joints  
J. Mater. Sci. Technol., 82 (2021), 80-95.  
Y. Ma, S. Niu, H. Liu, Y. Li and N. Ma
- (15) Characteristics of Welding Distortion and Residual Stresses in Thin-Walled Pipes by Solid-Shell Hybrid Modelling and Experimental Verification  
J. Manuf. Process., 69 (2021), 532-544.  
Y. Liu, P. Wang, H. Fang and N. Ma
- (16) Development of Die-Less Single-Tool Multi-Point Plate Forming Technology for 3D Curved Shape  
Int. J. Adv. Manuf. Technol. (2021)  
S. Wu, N. Ma, S. Rashed and N. Osawa
- (17) Digital Twin for the Transient Temperature Prediction during Coaxial One-Side Resistance Spot Welding of Al5052/CFRP  
J. Manuf. Sci. Eng, 144, 3 (2021), 1-8.  
S. Ren, Y. Ma, N. Ma, Q. Chen and H. Wu
- (18) Isogeometric Analysis and Bayesian Optimization on Efficient Weld Geometry Design for Remarkable Stress Concentration Reduction  
Comput. -Aided Des., 139 (2021), 1-13.  
T. L. Aung and N. Ma
- (19) Post-weld Cold Working for Fatigue Strength Improvement of Resistance Spot Welded Joint of Advanced High-Strength Steel  
J. Mater. Process. Technol., 299 (2021), 117364.  
S. Ren, N. Ma, S. Tsutsumi, G. Watanabe, C. Cao and S. Luo
- (20) Characteristic-tensor Method for Efficient Estimation of Stress-Intensity Factors of Three-Dimensional Cracks  
Eng. Fract. Mech., 257, 11 (2021), 1-21.  
K. Saito, T. Hirashima, N. Ma and H. Murakawa
- (21) Mitigation of Residual Stress and Deformation Induced by TIG Welding in Thin-Walled Pipes through External Constraint  
J. Mater. Res. Technol.-JMRT, 15, 11 (2021), 4636-4651.  
Y. Liu, P. Wang, H. Fang and N. Ma

- (22) 力学および冶金学的因子を考慮した溶接高温割れ解析手法の開発  
溶接学会論文集, 39, 4 (2021), 386-395.  
前田 新太郎, 生島 一樹, 柴原 正和, 麻 寧緒
- (23) 突合せ溶接時の溶接高温割れ防止技術に関する検討  
溶接学会論文集, 39, 4 (2021), 396-405.  
前田 新太郎, 生島 一樹, 柴原 正和, 三輪 剛士, 山崎 圭, 西原 健作, 武田 裕之, 麻 寧緒
- (24) Fast Prediction for Resistance Spot Welding Deformation Using Inherent Strain Method and Nugget Model  
Materials, 14 (2021), 1-11.  
T. Chino, A. Kunugi, T. Kawashima, G. Watanabe, C. Can and N. Ma
- (25) In-situ DIC Study on LCF Behavior of Retired Weld Joint Subjected to Prolonged Service at Elevated Temperature  
Acta Metall. Sin., 39 (2021), 1-12.  
A. Zuo, X. Liu, C. Shao, M. Fan, N. Ma and F. Lu
- (26) Measurement and Analysis of Welding Deformation and Residual Stress in CMT Welded Lap Joints of 1180 MPa Steel Sheets  
J. Manuf. Process., 72 (2021), 515-528.  
R. Nishimura, N. Ma, Y. Liu, W. Li and T. Yasuki
- (27) Towards Better Understanding Supersonic Impact-Bonding Behavior of Cold Sprayed 6061-T6 Aluminum Alloy Based on a High-Accuracy Material Model  
Addit. Manuf., 48 (2021), 1-11.  
Q. Wang, N. Ma, X.-T. Luo and C.-J. Li
- (28) Multi-step Toolpath Approach to Improve Dimensional Accuracy of a Nonaxisymmetric Part in Incremental Sheet Forming and Its Mechanism Analysis  
J. Mech. Sci. Technol., 67 (2021), 1-12.  
S. Wu, L. Gao, Y. Matsuoka, S. Rashed, Y. Zhao and N. Ma
- (29) Crack Singular Field Evaluation with Characteristic Tensor Considering Residual Stress  
Weld. Int., 2021, ID2014662 (2021), 1-13.  
K. Saito, T. Hirashima, N. Ma and H. Murakawa
- (30) Influence of Heat Input on the Laser Welded Steel/CFRP Lapped Joints  
Compos. Struct., 2022 (2022), 1-13.  
H. Xia, Y. Ma, J. Su, C. Tan, L. Li and N. Ma
- (31) Study of Plastic Flow on Intermetallic Compounds Formation in Friction Welding of Aluminum Alloy to Stainless Steel  
J. Manuf. Process., 64 (2021), 20-29.  
D. Zhang, G. Qin, P. Geng and H. Ma
- (32) Numerical Modelling on the Plastic Flow and Interfacial Self-Cleaning in Linear Friction Welding of Superalloys  
J. Mater. Process. Technol., 296 (2021), 117198.  
P. Geng, G. Qin, H. Ma, J. Zhou, C. Zhang and N. Ma

- (33) Interfacial Microstructure and Property of 6061 Aluminium Alloy/stainless Steel Hybrid Inertia Friction Welded Joint with Different Steel Surface Roughness  
*Mater. Charact.*, 179 (2021), 111347.  
 H. Ma, G. Qin, Z. Dang and P. Geng
- (34) Fracture Modeling of Resistance Spot Welded Ultra-High Strength Steel Considering the Effect of Pre-Crack  
*Mater. Des.*, 210 (2021), 110075.  
 Y. Ma, Y. Yu, P. Geng, R. Ihara, K. Maeda, R. Suzuki, T. Suga and N. Ma
- (35) Non-uniformity of Intermetallic Compounds and Properties in Inertia Friction Welded Joints of 2A14 Al Alloy to 304 Stainless Steel  
*J. Manuf. Process.*, 68 (2021), 834-842.  
 D. Zhang, G. Qin, H. Ma and P. Geng
- (36) Combined Strengthening Mechanism of Solid-State Bonding and Mechanical Interlocking in Friction Self-Piercing Riveted AA7075-T6 Aluminum Alloy Joints  
*J. Mater. Sci. Technol.*, 105 (2021), 109-121.  
 Y. Ma, B. Yang, S. Hu, H. Shan, P. Geng, Y. Li and N. Ma
- (37) Flat Friction Spot Joining of Aluminum Alloy to Carbon Fiber Reinforced Polymer Sheets: Experiment and Simulation  
*J. Mater. Sci. Technol.*, 107 (2021), 266-289.  
 P. Geng, N. Ma, H. Ma, Y. Ma, K. Murakami, H. Liu, Y. Aoki and H. Fujii
- (38) Correlation of Heterogeneous Interface Microstructure and Mechanical Performance of Inertia Friction Welded 6061 Al Alloy Joint  
*J. Mater. Res. Technol.-JMRT*, 17 (2022), 166-183.  
 H. Ma, G. Qin, Q. Zhao and P. Geng
- (39) Effect of Intermetallic Compounds on the Mechanical Property and Corrosion Behaviour of Aluminium Alloy/steel Hybrid Fusion-Brazed Welded Structure  
*J. Manuf. Process.*, 75 (2022), 170-180.  
 H. Ma, G. Qin, P. Geng, Z. Ao and Y. Chen
- (40) Influence of Laser Welding Power on Steel/CFRP Lap Joint Fracture Behaviors  
*Compos. Struct.*, 285 (2022), 115247.  
 H. Xia, Y. Ma, C. Chen, J. Su, C. Zhang, C. Tan, L. Li, P. Geng and N. Ma
- (41) Interfacial Microstructure Evolution and Mechanical Properties of Inertia Friction Welded Aluminium Alloy/stainless Steel Joint with Preheat Treatment  
*Mater. Sci. Eng. A.*, 836 (2022), 142671.  
 H. Ma, G. Qin, Z. Dang, S. Qu, L. Chen and P. Geng
- (42) Effects of Rotation Tool-Induced Heat and Material Flow Behaviour on Friction Stir Lapped Al/steel Joint Formation and Resultant Microstructure  
*Int. J. Machine Tools and Manufacture*, 174 (2022), 103858.  
 P. Geng, Y. Ma, N. Ma, H. Ma, Y. Aoki, H. Liu, H. Fujii and C. Chen

- (43) Contact-induced Vibration Tool in Incremental Sheet Forming for Formability Improvement of Aluminum Sheets  
J. Mater. Res. Technol-JMRT, 17 (2022), 1363-1379.  
S. Wu, P. Geng, N. Ma and F. Lu
- (44) Microstructural Response at the Interface and Its Effect on the Fatigue Fracture Behavior of Rotary Friction Welded Dissimilar Titanium Alloys: Ti-5Al-2Sn-2Zr-4Mo-4Cr (Ti17) and Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo (Ti6242)  
Mater. Res. Express, 8, 10 (2021), 106513.  
B. Wang, X. Chen, J. Yang, F. Jin and Q. Wang
- (45) Effect of Cr Content on the Wetting Behavior of Cu–Cr/SiC System  
Vacuum, 194 (2021), 110591.  
M. Guo, Z. Fan, W. Fu, Q. Wang, S. Hu and X. Song
- (46) Reactive Wetting and Interfacial Reaction Mechanism of ZrC-SiC Ceramic and Ag-Zr Filler  
J. Eur. Ceram. Soc., 41, 15 (2021), 7464-7468.  
J. Shi, Q. Wang, F. Tian, L. Zhang and X. Zhang
- (47) Interfacial Reaction and Thermoelectric Properties of  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$  Ceramic Diffusion Bonding Joints with Different Electrode Intermediate Layers  
Ceram. Int., 48, 6 (2022), 8540-8547.  
H. Chen, S. Zhao, C. Zhang, Z. Shi, F. Gao, Q. Wang, Z. Shen and W. Li
- (3) 国際会議発表論文 (査読なし)
- (1) Influence of Heat Input on the Laser Welded Steel/CFRP Lapped Joints  
Int. Conf. on Composite Structures (ICCS2021), online, ICCS2021, ID2162 (2021.6.14-16)  
H. Xia, Y. Ma, J. Su, C. Tan, L. Li and N. Ma
- (2) Characteristic Tensor Method for Singularity Evaluation of Two Dimensional Cracks with Welding Residual Stress  
iiw2021\_C-X\_1989, online, iiw2021\_C-X\_1989, iiw2021\_C-X\_1989 (2021.7.13)  
K. Saito, T. Hirashima, N. Ma and H. Murakawa
- (3) Ma-Wang Material Model for Cold-Spray Additive Manufacturing Simulation  
3DPRINTINGMEET2021, online (2021.10.11-12), 20.  
N. Ma and Q. Wang
- (4) Fabricating Sound High-carbon-steel Joints below The A1 Point by A Novel Pressure Controlled Joule-heat Forge Welding Method and Its Welding Principle Elucidation  
Materials Research Meeting 2021 (MRM2021), hybrid, Symposium [C-2] Materials and Fabrication Processes for Automobiles, C2-O5-05 (2021.12.13)  
H. Liu, T. Miyagaki, M. Kamai, Y. Ma, N. Ma and H. Fujii
- (5) Numerical Modeling of Advanced Spot Welding/joining for Automotive Light Bodies  
Materials Research Meeting 2021 (MRM2021), hybrid, Symposium [C-2] Materials and Fabrication Processes for Automobiles, C2-O7-04 (2021.12.13-16)  
N. Ma, Y. Ma and P. Geng

## (5) 国内会議発表論文（査読なし）

- (1) マルチマテリアル異材継手のせん断疲労特性評価  
シンポジウム「先進自動車製造技術における接合技術2021」講演論文集，オンライン  
(2021.11.30-12.1)，147-153.  
芹澤久，猪瀬幸太郎，大橋良司，杉本幸弘，箕田正，村上俊夫
- (2) マルチマテリアル異材継手の引張せん断強度特性評価  
シンポジウム「先進自動車製造技術における接合技術2021」講演論文集，オンライン  
(2021.11.30-12.1)，130-137.  
芹澤久，猪瀬幸太郎，大橋良司，杉本幸弘，箕田正，村上俊夫
- (3) 点熱源を用いた鉄鋼MAG溶接の溶け込み形状解析法の適用検討  
シンポジウム「先進自動車製造技術における接合技術2021」講演論文集，オンライン  
(2021.11.30-12.1)，73-76.  
岩下一晶，玉置玲奈，岡本努，居山浩士，安座間尚之，宮坂史和，芹澤久

## (7) 国際会議発表

- (1) Influence of Heat Input on the Laser Welded Steel/CFRP Lapped Joints, 24th International Conference on Composite Structures,  
24th Int. Conf. on Composite Structures (ICCS2021), ID2162, online (2021.6.14-16)  
H. Xia, Y. Ma, J. Su, C. Tan, L. Li and N. Ma
- (2) Characteristic Tensor Method for Singularity Evaluation of Two Dimensional Cracks with Welding Residual Stress  
IIW2021\_C-X\_1989, online (2021.7.15-17)  
K. Saito, T. Hirashima, N. Ma and H. Murakawa
- (3) Fabricating Sound High-carbon-steel Joints below the A1 Point by a Novel Pressure-controlled Joule-heat Forge Welding Method and Its Welding Principle Elucidation  
Material Research Meeting 2021, Yokohama (2021.12.13-17)  
H. H. Liu, T. Miyagaki, M. Kamai, Y. Ma, N. Ma and H. Fujii
- (4) Development of Copper Deposition on Tungsten with Multiple Laser Beams Focusing System  
The 20th Int. Conf. on Fusion Reactor Materials (ICFRM-20), Online Event (2021.10.24-29)  
H. Serizawa, Y. Sato, M. Tsukamoto, T. Nozawa and H. Tanigawa

## (8) 国内学会発表

- (1) TransVarestraint試験の高温割れ解析  
(一社)溶接学会 2021年度 春季全国大会，WEB開催 (2021.4.14-19)  
伊藤貴哉，織田祐輔，前田新太郎，麻寧緒，生島一樹，柴原正和
- (2) データ同化手法を用いた熱伝導パラメータの推定に関する基礎的検討  
(一社)溶接学会 2021年度 春季全国大会，WEB開催 (2021.4.14-19)  
高橋陸，木谷悠二，麻寧緒，生島一樹，柴原正和
- (3) 材料特性の異なる薄い鋼板のアーク溶接重ね継手の溶接変形の測定と分析  
(一社)溶接学会 2021年度 春季全国大会，WEB開催 (2021.4.14-19)  
Y. Liu and N. Ma

- (4) 新低変態温度溶接材料と全姿勢伸長ビード補修法による溶接接手の高疲労寿命化 (-第1報：新低変態温度溶接材料の成分系設計と全姿勢溶接性の検証)  
(一社) 溶接学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.4.14-19)  
馮中元, 麻寧緒, 平岡和雄, 村川英一, 岡田公一, 木村俊介, 松崎拓也, 加納覚, 志賀千晃, 矢島浩
- (5) 新低変態温度溶接材料と全姿勢伸長ビード補修法による溶接接手の高疲労寿命化 (第2報：全姿勢伸長ビード補修法による角回し溶接継手の疲労寿命延伸)  
(一社) 溶接学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.4.14-19)  
馮中元, 麻寧緒, 平岡和雄, 村川英一, 岡田公一, 木村俊介, 松崎拓也, 加納覚, 志賀千晃, 矢島浩
- (6) 断面切断法とX線回折法による内部三次元残留応力分布の測定  
(一社) 溶接学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.4.14-19)  
山上捷太, 植崎邦男, 堤成一郎, 麻寧緒, 堤雅子, 宮本祐司
- (7) 溶接時の柱状晶凝固成長簡易解析手法の開発  
(一社) 溶接学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.4.14-19)  
前田新太郎, 麻寧緒, 生島一樹, 柴原正和
- (8) 冷間圧縮加工による高強度鋼板スポット溶接継手の疲労強度向上の検証  
(一社) 溶接学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.4.14-19)  
渡辺吾朗, 任森栋, 麻寧緒, 堤成一郎, 村川英一, 曹灿, 罗时清
- (9) インクリメント板成形技術の研究開発と実用「薄板マルチステップインクリメント成形の数値解析と実験検証 (第5報)」  
(一社) 塑性加工学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.6.1-3)  
呉松, 馬運五, Sherif Rashed, 麻寧緒
- (10) 高精度材料モデルを用いた純銅コールドスプレーの粒子変形と結合現象の解析  
(一社) 塑性加工学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.6.1-3)  
富高宙, 王倩, 麻寧緒
- (11) テーパー試料形状を利用した中炭素鋼における圧力制御通電圧接  
(公社) 日本金属学会 2021年秋期 第169回講演大会, WEB開催 (2021.9.14-17)  
劉恢弘, 宮垣徹也, 釜井正善, 馬運五, 麻寧緒, 藤井英俊
- (12) 超高ひずみ速度下でのニッケル材の応力-ひずみ関係の同定とそのモデル化  
日本機械学会 M&M2021 材料力学カンファレンス, WEB開催 (2021.9.15-17)  
三村耕司, 学原一貴, 麻寧緒, 渡邊誠
- (13) 蓮型多孔質銅製フィンの伝熱性能を高速予測する数値モデルの開発  
2021年9月第20回エレクトロニクスシンポジウム・秋季大会, WEB開催 (2021.9.20-22)  
植崎邦男, 麻寧緒, 大川陽子, 田井友里恵, 井手拓哉, 大串哲朗, 村上政明, 沼田富行, 水谷久美子
- (14) 9%Cr耐熱超厚溶接鋼管の局所溶接後熱処理による過渡温度場の数値解析と実験検証  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
胡磊, 麻寧緒, 大沢直樹

- (15) ALE 要素技術を用いたアルミとCRRP 摩擦スポット接合の界面温度解析  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
耿培皓, 麻寧緒, 青木 祥宏, 藤井 英俊
- (16)  $\gamma$ -TiAl 材のプラズマアーク積層造形中における合金要素の流動現象  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
呉 東升, 麻寧緒, 田代 真一, 田中 学, 華 学明
- (17) アークワイヤ積層造形したSUS308材の壁モデルと円筒モデルにおける残留応力の測定と数値解析  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
黄 文嘉, 榎崎 邦男, 麻寧緒, 北野 萌一
- (18) ソリッドとシェルのハイブリッド要素モデリングによる薄肉パイプ溶接変形の数値解析と実験検証  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
劉 永, 麻寧緒
- (19) タンデム下向突合せ溶接時における高温割れ防止についての検討  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
前田 新太郎, 麻寧緒, 生島 一樹, 河原 充, 三輪 剛士, 山崎 圭, 西原 健作, 武田 裕之, 柴原 正和
- (20) 凝固収縮ひずみを考慮した溶接高温割れ解析手法の開発  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
前田 新太郎, 麻寧緒, 生島 一樹, 柴原 正和
- (21) 超ハイテン抵抗スポット溶接部・HAZ・コロナボンド部の特性同定と破断強度予測  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
馬 運五, 麻寧緒, 滝川 輝, 中西 淳, 土井 良一剛, 清水 哲雄
- (22) 抵抗スポット溶接変形の固有ひずみ法による高速予測技術の開発および適用検証  
第34 回計算力学講演会 (CMD2021), WEB開催 (2021.9.21-23)  
千野 剛, 功刀 厚志, 川嶋 俊一, 渡辺 吾朗, 曹 灿, 麻寧緒
- (23) 抵抗スポット溶接変形の固有ひずみ法による高速予測技術の基礎研究  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
千野 剛, 功刀 厚志, 川嶋 俊一, 麻寧緒
- (24) 同芯電極を用いた金属と樹脂複合材の片側抵抗スポット溶接のデジタルツイン「-Al5052/CFRP接合部過渡温度場のデジタルツイン (第 4報)-」  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
任 森棟, 馬 運五, 麻寧緒, 呉 海元
- (25) 特性テンソル法を用いた三次元き裂先端特異応力場の評価  
第34 回計算力学講演会 (CMD2021), WEB開催 (2021.9.21-23)  
齊藤 啓, 平島 偵, 麻寧緒, 村川 英一
- (26) 溶接時に生じる温度場・力学場のデジタルツイン  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
木谷 悠二, 麻寧緒, 生島 一樹, 柴原 正和



- (27) ジルカロイ-SiC/SiC接合体作製時の接合補助剤に関する検討  
(一社) 溶接学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.4.14-19)  
芹澤 久, 中里 真史, 佐藤 雄二, 崎本 博史, 西條 友章, 塚本 雅裕, 岸本 弘立
- (28) 先進マルチマテリアル重ね異材接合継手の引張せん断強度に関する検討  
(公社) 日本金属学会 2021年秋期 第169回講演大会, WEB開催 (2021.9.14-17)  
芹澤 久, 猪瀬 幸太郎, 大橋 良司, 杉本 幸弘, 箕田 正, 村上 俊夫
- (29) 1.5GPa級超高強度鋼を用いた重ね異材接合継手の引張せん断強度に関する検討  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
芹澤 久, 猪瀬 幸太郎, 大橋 良司, 杉本 幸弘, 箕田 正, 村上 俊夫
- (30) 先進マルチマテリアル重ね異材接合継手のせん断疲労強度に関する検討  
(公社) 日本金属学会 2022年春期大会, オンライン開催 (2022.3.15-17)  
芹澤 久, 猪瀬 幸太郎, 大橋 良司, 杉本 幸弘, 箕田 正, 村上 俊夫
- (31) Ni基超合金の線形摩擦圧接における発熱と塑性流動挙動に関する数値研究  
(一社) 溶接学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.4.14-19)  
P. Geng, G. Qin and N. Ma
- (32) Al合金とCFRPのピンレス摩擦攪拌スポット接合の有限要素シミュレーションと強度評価  
(一社) 塑性加工学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.6.1-3)  
村上 和輝, 耿 培皓, 麻 寧緒, 藤井 英俊

## (9) 国際会議講演

- (1) Development of New Particle Method Based on MPS and Its Applicability for Friction Stir Welding of Dissimilar Joint  
11th International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials (THERMEC 2021), on line (2021.6.1-5)  
H. Serizawa, K. Mitsufuji and F. Miyasaka

## (10) 国内会議講演

- (1) FE解析によるインクリメンタルフォーミング部品形状の高精度化、  
塑性加工学会・板材成形分科会2021年度総会・第82回SMFセミナー, WEB開催 (2021.4.6)  
麻 寧緒
- (2) 溶接接合部の疲労破壊  
第25回災害シミュレーション懇談会, WEB開催 (2021.10.9)  
麻 寧緒
- (3) 溶接接合部の疲労破壊  
第240回溶接学会溶接構造研究委員会, WEB開催 (2022.3.15)  
麻 寧緒
- (4) テーマ64B「マルチマテリアル接合技術における継手性能データベースの構築」  
革新的新構造材料等研究開発2020年度成果報告会, オンライン (2021.7.1)  
芹澤 久

- (5) テーマ64B「マルチマテリアル接合技術における継手性能データベースの構築」  
革新的新構造材料等研究開発2021年度成果報告会, オンライン (2022.1.31)  
芹澤 久

**(11) 解説・総説**

- (1) Isogeometric解析の車体構造への適用  
自動車技術会誌, 74, 4 (2022), 110-116.  
田賢治, 西紳之介, 清水則雄, 麻寧緒
- (2) 摩擦アシスト固相接合の熱・力学シミュレーション  
ぷらすとす, 5, 51 (2022), 143-147.  
麻寧緒, Peihao Geng, Yunwu Ma
- (3) 軽構造接合加工研究委員会  
溶接学会誌, 90, 5 (2021), 71-81.  
芹澤久, 伊與田宗慶, 小椋智, 木村真晃, 薩田寿隆, 安井利明, 池庄司敏孝

**(13) 特許出願・登録**

- (1) 低変態温度フラックス入りワイヤ  
特願2021-067856  
麻寧緒, 他2名
- (2) 統合化IGA-DFOSシステム  
PCT/JP2021-30223  
麻寧緒, 他1名
- (3) スポット溶接継手における溶接変形の計算システム及び計算プログラム  
特願2020-104201  
麻寧緒, 他3名
- (4) スポット溶接継手における溶接変形の計算システム及び計算プログラム  
特願2021-134795  
麻寧緒, 他3名
- (5) 成形方法及び成形装置、並びにプログラム  
その他B2D 22/00  
麻寧緒, 他3名
- (6) 成形方法及び成形装置、並びにプログラム  
特願2021-165281  
麻寧緒, 他3名
- (7) 摩擦攪拌接合用ツール及び摩擦攪拌点接合方法  
特願2021-179991  
麻寧緒, 耿培皓, 藤井英俊
- (8) 溶接シミュレーションによる鋼橋鈹桁の高精度変形予測システムの開発  
特願2021-213655  
麻寧緒, 他5名

## (15) 受賞

- (1) 科学技術振興賞  
(一社)日本高圧力技術協会(2021.05.28)  
麻寧緒
- (2) フェロー認定  
(一社)日本塑性加工学会(2021.06.03)  
麻寧緒
- (3) 接合科学共同利用・共同研究研究賞  
大阪大学接合科学研究所(2021.09.16)  
岡田 公一, 麻寧緒
- (4) 第34回計算力学講演会優秀講演賞  
(一社)日本機械学会(2021.11.30)  
齊藤 啓(D3)
- (5) 学生奨励賞  
(一社)日本塑性加工学会(2022.02.28)  
山田 悠貴(M2)
- (6) 大学院研究奨励賞  
(公社)自動車技術会(2022.03.02)  
山上 捷太(M2)
- (7) 2021年度庚子造船会賞  
大阪大学 庚子造船会(2022.03.24)  
田井 友理恵(B4)

## (17) 外部資金

(単位:千円)

### 科学研究費補助金

- |     |                        |  |    |    |       |
|-----|------------------------|--|----|----|-------|
| (1) | 基盤研究(B)                | コールドスプレーとその場ピーニングによる固相積層材の結合メカニズムの解明             | 麻  | 寧緒 | 5,200 |
| (2) | 特別研究員奨励費<br>(外国人特別研究員) | ワイヤーと粉末のプラズマアークによる溶融積層技術の開発と $\gamma$ -TiAl合金の製造 | 麻  | 寧緒 | 1,200 |
| (3) | 基盤研究(C)                | マルチレーザ加工技術を用いた先進パワー半導体用ヒートシンクシステムの創成             | 芹澤 | 久  | 1,690 |

### 民間等との共同研究

- |     |  |                             |   |    |       |
|-----|--|-----------------------------|---|----|-------|
| (1) |  | スポット継手の強度評価に関する研究           | 麻 | 寧緒 | 1,155 |
| (2) |  | ダイレス成形の加工メカニズム、数値解析手法に関する研究 | 麻 | 寧緒 | 1,100 |

(3)	高強度鋼板の衝突時破断予測技術開発	麻 寧緒	4,800
(4)	スポット継手の強度評価に関する研究	麻 寧緒	1,700
(5)	Crack propagation analysis with residual stresses	麻 寧緒	5,070
(6)	IGA (Isogeometric Analysis) 手法の商用ソフトウェア化に向けた研究	麻 寧緒	624
(7)	車体部品の溶接継手部の最適化技術の開発	芹澤 久	1,950
(8)	核融合炉ブランケット及びダイバータ材料の高温 高圧水腐食に関する研究	芹澤 久	650
(9)	スポット溶接シミュレーション手法の確立	芹澤 久	880
(10)	車体部分の溶接継手部の最適化技術の開発 (アルミ溶接の溶込み深さと熱割れ現象をシミュ レーションする技術の開発)	芹澤 久	3,250

#### 受託研究

(1)	ロータスアロイ放熱構造の熱シミュレーション	麻 寧緒	862
(2)	実船適用に向けた低変態温度溶接材料による伸長 ビード疲労亀裂補修溶接技術の研究開発	麻 寧緒	11,050
(3)	(64B)マルチマテリアル接合技術における継手性 能データベースの構築	芹澤 久	83,765

#### 奨学寄付金

(1)		麻 寧緒	3,700
(2)		耿 培皓	1,890
(3)		呉 東昇	1,995

#### 4. 8 教育

氏名：麻 寧緒

##### (1) 大学院等講義科目

(1)	工学研究科	数値構造解析
(2)	全学教育推進機構	学問への扉（ものづくりサイエンス「強くて 軽い新聞紙橋を設計しよう」）
(3)	地球総合工学科	海事英語

- (4) 地球総合工学科 数値構造解析学
- (2) 博士論文 (主査)**
- (1) 地球総合工学専攻, 齊藤 啓 特性テンソル法を用いたき裂先端特異応力場の評価手法に関する研究
- (2) 地球総合工学専攻, Qian Wang Material Model Development for Accurate Analysis of Cold Spraying Induced Dynamic Plasticity
- (3) 地球総合工学専攻, Zhongyuan Feng Compressive Residual Stress Generation of Low Transformation Temperature Welding Wires and Elongated Bead Method for Fatigue Enhancement of Boxing Fillet Joints
- (4) 地球総合工学専攻, Sendong Ren Digital Twin of Coaxial One-side Resistance Spot Welding for Aluminum CFRP Dissimilar Material
- (5) 地球総合工学専攻, 前田 新太郎 力学および冶金学的因子を考慮した溶接高温割れ解析技術に関する研究
- (3) 博士論文 (副査)**
- (1) 地球総合工学専攻, 小谷 祐樹 付加溶接による溶接構造物の疲労強度向上に関する研究
- (4) 修士論文**
- (1) 地球総合工学専攻, Wenjia Huang Residual Stress in Wire and Arc Additive Manufacturing Using Low Transformation Temperature Material 10Cr-10Ni
- (2) 地球総合工学専攻, 角 和磨 Development of a numerical analysis model for prediction of residual stress and deformation caused by gouging and welding
- (3) 地球総合工学専攻, 高宮 健裕 Analysis and measurement of residual stress in arc welded lap joints of high strength steels 780SF and 590R
- (4) 地球総合工学専攻, 森村 将志 Efficient analysis of residual stress in friction stir welded aluminum/steel lap joints
- (5) 地球総合工学専攻, 山田 悠貴 Establishment of inherent deformation database and efficient simulation of laser forming of sharp angle
- (6) 地球総合工学専攻, 山上 捷太 Prediction of quenching residual stress in a cylinder of material SUJ3 considering phase transformation induced plasticity

#### (5) 卒業論文

- |                      |  |
|----------------------|--|
| (1) 地球総合工学専攻, 網本 健吾  | 網本 健吾麻 V-tool によるインクリメンタルシートフォーミングの成形性向上 |
| (2) 地球総合工学専攻, 岡田 雄二  | LTT 伸長ビードの補修溶接モデルにおける圧縮残留応力の測定と数値解析      |
| (3) 地球総合工学専攻, 斎藤 智博  | 高張力鋼板レーザースクリー溶接の熱解析及び残留応力の測定             |
| (4) 地球総合工学専攻, 田井 友理恵 | 熱伝導解析による金属ガラスとシリコン基盤のレーザー加熱条件最適化         |
| (5) 地球総合工学専攻, 橋本 優花  | 高張力鋼板/CFRP のレーザー溶接温度分布に及ぼす入熱条件の影響        |

氏名：芹澤 久

#### (1) 大学院等講義科目

- |              |                                     |
|--------------|-------------------------------------|
| (1) 全学教育推進機構 | 学問への扉 (ものづくりサイエンス「強くて軽い新聞紙橋を設計しよう」) |
| (2) 地球総合工学科  | 基礎構造解析学                             |
| (3) 地球総合工学科  | 船舶海洋工学実験                            |
| (4) 地球総合工学専攻 | 弾塑性学                                |

#### (4) 修士論文

- |                    |  |
|--------------------|--|
| (1) 地球総合工学専攻, 成廣 翔 | Study on simulation models of resistance spot welding for Al/Steel joint |
|--------------------|--|

#### (5) 卒業論文

- |                    |  |
|--------------------|--|
| (1) 地球総合工学科, 浅岡 祐貴 | FSSW を用いた金属/CFRTP 継手作製時の発熱現象に関する基礎的検討    |
| (2) 地球総合工学科, 菊川 直樹 | FSSW を用いた 5083-O/CFRTP 継手の機械的特性に関する基礎的研究 |

### 4. 9 社会貢献

氏名：麻 寧緒

#### (1) 学会役員

- |                  |      |
|------------------|------|
| (1) (一社)日本塑性加工学会 | フェロー |
|------------------|------|

- (2) (一社) 日本塑性加工学会 学会賞推薦委員会
- (3) (一社) 日本塑性加工学会 レーザ分科会・幹事
- (4) (一社) 日本塑性加工学会 財務委員会委員
- (5) (一社) 溶接学会 溶接構造研究委員会幹事
- (6) (公社) 日本船舶海洋工学会 代議員
- (7) Advances in Welding and Additive Manufacturing Research Committee member, USA

(5) 国・自治体・公益法人等への貢献

- (1) Materials Editor board member

氏名：芹澤 久

(1) 学会役員

- (1) (一社) 日本原子力学会 和文・英文論文誌編集委員会 第8分野副委員長
- (2) (一社) 日本溶接協会 溶接情報センター運営委員会委員長
- (3) (一社) 日本溶接協会 溶接情報センター運営委員会システム検討委員会委員長
- (4) (一社) 日本溶接協会 溶接情報センター委員会委員
- (5) (一社) 日本溶接協会 試験問題 DB 検討ワーキング委員
- (6) (一社) 日本溶接協会 出版委員会委員
- (7) (一社) 日本溶接協会 広報ワーキング委員
- (8) (一社) 日本溶接協会 溶接技術者交流会運営グループ委員
- (9) (一社) 日本溶接協会 学識会員
- (10) (一社) 日本溶接協会 日本溶接会議 日本溶接会議第10委員会委員
- (11) (一社) 日本溶接協会 日本溶接会議 日本溶接会議第3委員会委員長
- (12) (一社) 溶接学会 溶接構造研究委員会幹事
- (13) (一社) 溶接学会 軽構造接合加工研究委員会委員長

(14) (一社) 溶接学会 シンポジウム「先進自動車製造技術における  
軽構造接合加工研究委員会 接合技術 2021」議長

(2) 国際会議委員

(1) THERMEC'2021 (11th International International Advisory Committee  
Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials)

(2) The 20th International Conference on Technical Program Committee  
Fusion Reactor Materials (ICFRM-20)

(5) 国・自治体・公益法人等への貢献

(1) (公財) スズキ財団 審査委員

(2) (国研) 量子科学技術研究開発機構 核融合炉工学研究委員会原型炉設計・工学  
R&D 専門部会専門委員

(3) 核融合科学研究所 共同研究員

4. 10 全国共同利用に関する研究

(1) 令和3年度共同研究員と研究テーマ

氏名：麻 寧緒

一般公募研究課題

- |     |   |       |  |
|-----|---|-------|--|
| (1) | (国研) 産業技術総合研究所 構造材料研究拠点 接合・造型分野 溶接・接合技術グループ | 北野 萌一 | 低変態温度溶接材料のWAAMプロセス適用効果の検証              |
| (2) | 京都大学大学院エネルギー科学研究科                           | 浜 孝之  | マグネシウム合金における材料力学モデルの開発と強度評価            |
| (3) | 大阪大学大学院工学研究科 マテリアル生産科学専攻                    | 于 麗娜  | 多層溶接後の残留応力と熱ひずみの解析                     |
| (4) | 大阪大学大学院工学研究科 マテリアル生産科学専攻                    | 浅井 郁海 | 多層溶接後の残留応力と熱ひずみの解析                     |
| (5) | 長崎総合科学大学大学院 工学研究科                           | 岡田 公一 | 低変態温度溶接材料を用いた伸長ビード溶接による角回し溶接部の疲労寿命延伸効果 |
| (6) | 長崎総合科学大学大学院 工学研究科                           | 木村 俊介 | 低変態温度溶接材料を用いた伸長ビード溶接による角回し溶接部の疲労寿命延伸効果 |
| (7) | 東海大学工学部 動力機械工学科                             | 太田 高裕 | ショットピーニング力学現象の数値解析手法に関する研究             |



- |     |                      |       |  |
|-----|----------------------|-------|--|
| (8) | 福井工業大学工学部<br>電気電子工学科 | 中尾 一成 | IGA手法とリンクした攪拌槽内の熱流体・翼構造連成解析手法 (FSI) の構築とインテリジェント攪拌システムの実用化研究 |
|-----|----------------------|-------|--|

先導的重点課題 [溶接・接合技術におけるデジタルツインに関する研究 (役割分担型)]

- |     |                             |       |  |
|-----|-----------------------------|-------|--|
| (1) | 慶應義塾大学理工学部<br>機械工学科         | 大宮 正毅 |  |
| (2) | 大阪府立大学大学院工学研<br>究科航空宇宙海洋系専攻 | 生島 一樹 |  |
| (3) | 大阪府立大学大学院工学研<br>究科航空宇宙海洋系専攻 | 柴原 正和 |  |
| (4) | 和歌山大学<br>システム工学研究科          | 張 継偉  |  |
| (5) | 和歌山大学<br>システム工学研究科          | 王 開   |  |
| (6) | 和歌山大学データ・インテ<br>リジェンス教育研究部門 | 呉 海元  |  |

国際共同研究

- |     |  |                          |   |
|-----|--|--------------------------|---|
| (1) | Department of Plasticity<br>Technology, School of<br>Materials Science and<br>Engineering, Shanghai Jiao<br>Tong University        | Renhao Wu                | Computational modelling of solid-state joining processes of dissimilar materials  |
| (2) | Harbin Institute of<br>Technology/ State Key<br>Laboratory of Advanced<br>Welding and Joining/ Welding<br>Mechanics and Evaluation | LIU YONG                 | Numerical simulation of welding residual stress and distortion  |
| (3) | School of Materials Science<br>and Engineering, Anhui<br>University of Technology  | Hu Lei                   | Multiscale modeling and simulation of welding residual stress   |
| (4) | Shanghai Jiao Tong<br>University   | Shao Chendong            | Residual stress and strength analysis of welded joints considering defects  |
| (5) | Tsinghua University /<br>Department of Mechanical<br>Engineering   | Xie Pu                   | Numerical simulation of welding residual stress   |
| (6) | University of Sydney, Civil<br>Engineering/ANSTO   | Paradowska Anna<br>Maria | Cross-correlation of neutron diffraction and contour residual stress measurements techniques for welding and additive manufacturing |

- (7) Xi'an Polytechnic University Li Yu-Juan Preparation of high-performance dispersion-strengthened copper-based composite coating by cold spraying combined with internal oxidation and study on its strengthening mechanism

氏名：芹澤 久

一般公募研究課題

- |     |                                      |       |  |
|-----|--------------------------------------|-------|--|
| (1) | 室蘭工業大学大学院<br>工学研究科もの創造系領域            | 中里 直史 | 先進パワー半導体ヒートシンクシステム用のSiC-タングステン異材接合技術に関する研究 |
| (2) | 室蘭工業大学大学院<br>工学研究科もの創造系領域            | 岸本 弘立 | 先進パワー半導体ヒートシンクシステム用のSiC-タングステン異材接合技術に関する研究 |
| (3) | 室蘭工業大学大学院<br>工学研究科もの創造系領域            | 高橋 裕三 | 先進パワー半導体ヒートシンクシステム用のSiC-タングステン異材接合技術に関する研究 |
| (4) | 室蘭工業大学大学院<br>工学研究科もの創造系領域            | 垣内 陸  | 先進パワー半導体ヒートシンクシステム用のSiC-タングステン異材接合技術に関する研究 |
| (5) | 電気通信大学大学院<br>情報理工学研究科<br>機械知能システム学専攻 | 遊佐 泰紀 | 繰返し大荷重を受ける溶接接手の三次元弾塑性極低サイクル疲労き裂進展解析の基盤構築   |
| (6) | 東京理科大学理工学部<br>機械工学科                  | 岡田 裕  | 繰返し大荷重を受ける溶接接手の三次元弾塑性極低サイクル疲労き裂進展解析の基盤構築   |

(2) 共同研究員との共著論文件数 (査読付き学術論文, 国際会議論文)

- |     |    |    |
|-----|----|----|
| (1) | 合計 | 28 |
|-----|----|----|

接合評価研究部門  
接合設計学分野



## 接合評価研究部門 接合設計学分野

### 4. 1 研究概要

本分野は、各種構造物の信頼性（安全性、耐久性）評価手法の高度化、維持管理・補修補強の最適化、さらに高機能を有する材料および構造体の創出を目指し、先進の計測技術を用いた実験的研究と数値シミュレーションを用いた解析的研究をマルチスケール（マイクロからマクロレベル）に実施する。さらに、寿命を迎えたものは安全に解体し、廃棄、あるいは、利用可能なものは再利用する循環ループの具現化を目指した『頼りになる設計学』の確立に向けた基礎研究を行う。このため「ものづくり」における素材の切断、加工、組立てといった個々の高精度化・高品質化の達成と維持管理、補修補強および余寿命評価を包括する循環ループにおける頼りになる設計学の構築を目指す。

### 4. 2 研究課題

- 1) 構造部材および接合部の信頼性評価
- 2) 材料変形挙動のモデリング技術の高精度化
- 3) 疲労（き裂発生・進展）寿命評価手法の高度化
- 4) 変形・き裂計測技術の高精度化
- 5) 鋼構造物の長寿命化技術の開発
- 6) 高張力鋼や高経年鋼材の溶接性および継手性能評価
- 7) 厚板多層溶接部の破壊靱性試験における残留応力緩和手法の検討
- 8) 二相ステンレス鋼母材および溶接金属の水素割れ発生特性の評価
- 9) 溶接残留応力解析のための熱源モデル構築手法の提案

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

#### 1. 疲労中の材料および溶接継手の弾塑性挙動の解明

多くの溶接構造物が社会インフラとして活用されているが、現在でも多くの疲労損傷が報告されている。社会インフラの疲労損傷は大規模死亡事故を誘発する事もあり、溶接構造物における疲労損傷事故を防止することは、豊かかつ安全な社会活動を営むために極めて重要な課題である。しかし従来法に則って、一定荷重振幅下で得られる疲労設計曲線（S-N 曲線）を用いて疲労強度設計をする場合、個々の機械・構造物が受ける荷重履歴の影響を評価できない、また疲労事例の多くは繰返し応力に伴う疲労き裂の発生とその後の伝播挙動に支配されているにもかかわらず、そのプロセスが全く考慮されていない、という二つの大きな問題が挙げられる。つまり、疲労設計の高度化には、疲労き裂の発生メカニズムを解明し、荷重履歴の影響も含めて、“疲労き裂の発生から、伝播までの寿命を定量的に評価可能なシステムの確立”が極めて重要である。そこで、巨視的には弾性と見なせるような小さな応力（以降、“巨視的弾性応力”と称する）振幅一定・準静的繰返し試験を行ない、①低回数の繰返しに対しては弾性応答を示すが、その後②突如、塑性ひずみ（ヒステリシスループ）が発生する現象を各種試験条件下で計測すると共に、本現象を対象とした弾塑性モデルを定式化し、溶接継手の疲労問題に適用した。その結果、実験により計測される寿命との良い一致を得ることができ、その適応性の高さを示した。

#### 2. 各種ピーニングによる溶接部の疲労強度向上効果の検証

これまで各種機械や構造部の溶接部に疲労き裂が生じることが報告され、社会問題となっている。この種の疲労き裂の発生をハンマーおよびレーザー等によるピーニング技術の適用により、引張応力

場を圧縮応力場に変えることで長寿命化する、あるいは疲労破壊を防止する研究を行っている。パルスエネルギーを小さくしたレーザーピーニング条件に関しては実験的に、ハンマーピーニング処理効果に関しては数値解析を用いて、生成される残留応力と疲労寿命に及ぼす影響について検討した。その結果、パルスエネルギーが小さくても表面および最大圧縮残留応力の低下は小さいが、圧縮残留応力の生成深さは急激に浅くなり、疲労寿命も短くなることが明らかになった。また、ハンマーピーニング中の死荷重の影響を定量的に明らかにした。

### 3. 高強度鋼実大柱梁溶接部の破壊挙動の解明

高強度鋼を中高層建築物に使用した場合の、柱梁溶接接合部の合理的な設計やディテール等の改善を行うための研究を行っている。具体的には、建築構造用高張力鋼 H-SA700 を用いた実大柱梁溶接供試体複数を製作し、繰返し曲げ試験に供した。梁端の形状を、通常のスレートとしたもの、拡幅ハンチとしたものおよび溶接でハンチを取り付けたものとした。実験の結果、スレートのままではエネルギーをほとんど吸収せずに脆性破壊するが、ハンチを用いればエネルギー吸収が期待できることを明らかにした。

### 4. 突合せ継手および角廻し継手に対する応力集中係数 (Kt) 簡易評価式の開発

溶接構造物の疲労寿命と応力集中との相関は高く、これまで公称応力と局所最大応力の比で定義される応力集中係数 (Kt) を簡易に推定可能な式が複数提案されている。止端半径やのど厚などの溶接表面形状パラメータを推定式に入力することにより Kt が算出されるが、近年、余盛形状としてスプライン曲線を採用することで実形状との乖離を小さくした高精度な推定式も提案されている。一方、橋梁接合部の止端形状を対象に、レプリカ法を用いて実施した先行研究では、計測者個人のもつクセや評価範囲設定の差などが原因で計測結果にばらつきが生じると報告されており、形状パラメータを個人に左右されることなく、一意に決定可能な手法は確立されていないのが現状であろう。そこで、止端半径や余盛部スプライン曲線を含む複数の溶接継手形状パラメータを計測者に依存することなく、統一かつ一意に自動決定可能な手法を提案した。

### 5. 厚板多層溶接部の破壊靱性試験における残留応力緩和手法の検討

溶接構造物の脆性破壊を防止することを目的として、溶接部に対して破壊靱性要求がなされ、国内では、CTOD (crack tip opening displacement) 試験が広く用いられている。三点曲げ CTOD 試験には、片側切欠き曲げ試験片が用いられ、切欠き底に疲労予亀裂を導入するが、導入される疲労予亀裂の前縁形状には直線性が規定されている。しかし、溶接部の試験においては、溶接残留応力が存在し、前縁形状の直線性を確保できない場合がある。規定を満たす疲労予亀裂を導入することは、溶接部の破壊靱性を適正に評価するためにも、また、試験を効率的・経済的に実施するためにも不可欠である。本研究では、疲労亀裂前縁形状の直線性を確保するための残留応力緩和処理に注目し、特に局部圧縮法による残留応力緩和挙動とメカニズムを検討した。さらに、残留応力分布を考慮した破壊靱性試験までも一貫してシミュレーションする手法へと発展させた。本手法を用いて、有効な残留応力緩和と破壊靱性値の低下回避を両立する局部圧縮法を検討し、有効な圧縮位置と圧縮量を提案した。これらは、破壊靱性試験のための ISO 規格への反映を目指しており、現在、条件の明確化や検証実験を進めている。

### 6. 二相ステンレス鋼母材および溶接金属の水素割れ発生特性の評価

二相ステンレス鋼が使用される環境は、腐食性、深度ともに過酷化しており、二相ステンレス鋼の適用拡大が期待される。ところが、構成するフェライト相およびオーステナイト相の強度および拡散係数に差があり、材料組織レベルでは応力・ひずみ分布および拡散性水素濃度分布が不均一に

なっていると予想される。この不均一性が拡散性水素の関与する割れの発生特性に及ぼす影響を明確にすることが本研究の目的である。本年度は、二相ステンレス鋼の三次元組織モデルを機械学習を用いて再構築する手法の適用を試みた。これにより、従来の二次元組織モデルと、新たに作成した三次元組織モデルとでは、拡散挙動が大きく異なることを明らかにし、より定量的な評価につながる事が期待できる成果となった。本研究は、科学研究費補助金 基盤研究 (C) の一部としても実施した。

#### 7. 溶接残留応力解析のための熱源モデル構築手法の提案

溶接残留応力の主たる発生要因は、溶接による局所的な温度場であり、溶接残留応力解析において、いかにして溶接温度場を再現するかは重要な課題である。従来、溶接温度場を得るための数値解析は、試行錯誤的に条件を設定する必要があり、解析実施者の経験や技量にも多分に作用されるという課題があった。本研究では、限られた温度履歴や溶接部断面マクロ写真といった情報に基づいて、機械学習によって適切な溶接熱源モデルを構築する手法の提案を目指すものである。本年度は、数値解析を活用して学習データと模擬実験データのセットを生成し、機械学習アプローチの基本コンセプトを検証した。その結果、限られたデータから熱源モデルを構築することに成功し、手法に関する論文も採択されるに至った。

#### (2) 研究に対する自己評価

本研究分野は、地震などにより被災した社会基盤鋼構造物の早期復旧・回復における溶接接合の可能性探求、構造健全性診断、さらには、過積載車の運行により、社会問題化してきている鋼橋に生じる疲労き裂の発生と進展の監視および長寿命化、地震防災、さらには新材料の開発を目指した研究などを対象として、先進の計測技術を用いた実験的研究と数値シミュレーションを用いた解析的研究をマルチスケールに実施することを主眼としている。また、溶接学会の溶接疲労強度研究委員会および溶接構造研究会の幹事としての活動を通じて産学による共同研究を行い、得られた知見は新材料開発や溶接継手の強度評価手法の高精度化に寄与するなど、国民の安全安心を担保する研究を効果的に実施することができた。

#### 4. 4 教育に対する自己評価

本研究分野は、工学研究科地球総合工学専攻(社会基盤工学部門)の協力講座(信頼性設計学領域)として、博士前期・後期課程学生および学部学生の教育研究も担っている。

大学院前・後期課程において、社会基盤工学ゼミナール(通年)、設計解析学特論、Safety Assessment Methodology in Civil Engineering(英語講義)、を担当した。また、学部でも複数科目の講義を担当した。研究室としては、博士前期・後期課程学生、学部学生、研究生を受け入れ、上述の各研究テーマの指導を行い、学会発表・論文投稿などの成果につながった。

#### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

当分野の教員の国内における主な所属学協会は、溶接学会、日本溶接協会、土木学会、日本船舶海洋工学会、日本建築学会、日本鋼構造協会、日本鉄鋼協会、日本塑性加工学会、鑄造学会、自動車技術会、日本材料学会および日本機械学会である。溶接学会では溶接構造委員会および溶接疲労強度研究委員会に所属し、幹事および副幹事長として活動をサポートしている。また、土木学会全国大会実行委員を務めている。一方、日本船舶海洋工学会の溶接構造研究委員会や日本材料学会の疲労部門委員会などの各種委員会に参画することにより、溶接分野以外でも、材料および塑性力学分野の発展に寄与することができた。

国際貢献としては、溶接、材料力学、疲労・破壊問題に関連する数多くの国内及び国際的論文集

の査読者として貢献している。

社会貢献としては、従来、超高速衝撃試験機などの実験設備の公開、見学受入れを積極的に行ってきたが、対面での実施が制約された状況において、バーチャル見学動画の製作へも協力した。また、当研究所が主催する「接合科学カフェ」でも話題提供をし、アウトリーチ活動も積極的に取り組んでいる。

以上に述べたように、本研究分野は新材料の開発、各種強度評価手法の高精度化や社会基盤の維持管理といった観点から、国民の安全安心を担保するため社会に貢献している。

#### **4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価**

2021年度は一般公募研究課題の他、先導的重点課題「溶融加工プロセスでの凝固割れ発生現象の解明とその防止技術の構築」、「溶接・接合技術におけるデジタルツインに関する研究」、「構造用材料溶接部の水素割れ評価手法の高度化に関する研究」に所内共同研究者として参画し、それぞれで共同研究員を受け入れた。



#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Experimental Proof of Reverse Bending Technique for Modifying Weld Residual Stress in Weld CTOD Specimen and Comparison of Effect with Other Techniques  
J. Test. Eval., 49, 6 (2021)  
T. Tagawa, Y. Morikage, T. Kubo, T. Handa, Y. Mikami and T. Kawabata
- (2) Typical Local Compression Effect on Crack Front Straightness and Fracture Toughness  
Weld. World, 65 (2021), 1777-1790.  
T. Ozawa, H. Kosuge, Y. Mikami and T. Kawabata
- (3) Simplified Prediction Method of Stress Intensity Factor in Mid-Thick Plane in 3D Cracked Body and Its Difference from 2D Handbook Formula  
J. Test. Eval., 50, 1 (2021)  
T. Kawabata, H. Kosuge, T. Ozawa and Y. Mikami
- (4) Microstructure Features and Formation Mechanism in a Newly Developed Electroslag Welding  
Weld. World, 66 (2021), 313-324.  
T. Kakizaki, S. Koga, H. Yamamoto, Y. Mikami, K. Ito, K. Yamazaki, S. Sasakura and H. Watanabe
- (5) Fatigue Strength Improvement Due to Alloying Steel Weld Toes with WC Tool Constituent Elements through Friction Stir Processing  
Int. J. Adv. Manuf. Technol. (2022)  
H. Yamamoto, S. Koga, K. Ito and Y. Mikami
- (6) Generalized SCF Formula of Out-of-Plane Gusset Welded Joints and Assessment of Fatigue Life Extension by Additional Weld  
Materials, 14, 5 (2021), 1249.  
Y. Wang, Y. Luo, Y. Kotani and S. Tsutsumi
- (7) Investigation of Residual Stress within Linear Friction Welded Steel Sheets by Alternating Pressure via X-ray Diffraction and Contour Method Approaches  
J. Manuf. Process., 54 (2021), 1223-1234.  
R. Gadallah, S. Tsutsumi, Y. Aoki and H. Fujii
- (8) 付加溶接形状の制御と止端グラインダー仕上げの併用による面外ガセット溶接継手の疲労強度向上効果  
構造工学論文集, 67A (2021), 497-508.  
小谷 祐樹, 津山 忠久, Ayang Buerlihan, 堤 成一郎
- (9) ブラジャーカップの設計支援のための紙模型の三次元形状予測 第二報：3枚接ぎカップへの適用  
J. Text. Eng., 67, 3 (2021), 41-56.  
白井 恭介, 若松 栄史, 森永 英二, 久保 貴裕, 堤 成一郎
- (10) Size Effect on Welding Residual Stress in Low Transformation Temperature Welded Joints  
Mar. Struct., 78 (2021), 1-11.  
Z. Feng, N. Ma and S. Tsutsumi

- (11) Design of Developable Surfaces Using the Given Data Points  
J. Adv. Mech. Des. Syst. Manuf., 15, 5 (2021), 21-00131.  
K. Yoshida, H. Wakamatsu, E. Morinaga, S. Tsutsumi and T. Kubo
- (12) Microstructure and Mechanical Properties of Weathering Mild Steel Joined by Friction Stir Welding  
Mater. Sci. Eng. A., 823, 141715 (2021), 1-10.  
Y. Wang, S. Tsutsumi, T. Kawakubo and H. Fujii
- (13) 樹脂充填によるソールプレートの溶接ルート部の疲労強度向上効果  
鋼構造論文集, 28, 110 (2021), 51-60.  
玉利仁, 石川敏之, 廣畑幹人, 堤成一郎
- (14) Post-weld Cold Working for Fatigue Strength Improvement of Resistance Spot Welded Joint of Advanced High-Strength Steel  
J. Mater. Process. Technol., 299 (2021), 117364.  
S. Ren, N. Ma, S. Tsutsumi, G. Watanabe, C. Cao and S. Luo
- (15) Fatigue Life Assessment of Welded Joints by Combined Measurements Using DIC and XRD  
Materials, 14 (2021), 5802.  
Y. Wang, K. Ueda, R. Nagao and S. Tsutsumi
- (16) Numerical Investigation on the Effect of Thickness and Stress Level on Fatigue Crack Growth in Notched Specimens  
Theor. Appl. Fract. Mec., 116 (2021), 103138.  
R. Gadallah, H. Murakawa, K. Ikushima, M. Shibahara and S. Tsutsumi
- (17) Fatigue Performance of Friction Stir Welded Weathering Mild Steels Joined below A1 Temperature  
Int. J. Fatigue, 156 (2022), 106667.  
Y. Wang, S. Tsutsumi, T. Kawakubo and H. Fujii
- (18) 塑性ひずみ範囲の依存性を考慮した硬化則を用いた弾塑性モデルのための主双対内点法による陰的解法  
日本計算工学会論文集, 2022 (2022), 20220001.  
新宅勇一, 中村文俊, 堤成一郎, 寺田賢二郎
- (19) Effects of Phosphorus Content on Fatigue Performance of Friction Stir Welded Mild Steels  
Constr. Build. Mater., 324 (2022), 126682.  
Y. Wang, S. Tsutsumi, T. Kawakubo and H. Fujii
- (20) Numerical Study on Fatigue Notch Sensitivity of High and Middle Strength Carbon Steels for Weld Structures  
土木学会論文集A2, 72, 2 (2022), I\_145-I\_153.  
S. Tsutsumi, R. Fincato and A. Buerlihan
- (21) 平坦状の先端を有する飛来物衝突を受ける鋼板の貫通破壊に関する研究  
土木学会論文集A2, 72, 2 (2022), I\_359-I\_370.  
濱田匠李, 別府万寿博, 堤成一郎, 市野宏嘉
- (22) 有効応力集中係数を考慮した修正ENS法の提案－裏当て金付突合せ溶接継手への適用－  
土木学会論文集A2, 72, 2 (2022), I\_307-I\_317.  
柴田誉, 佐藤啓介, 堀川秀信, 浜崎幸平, 李博, 堤成一郎

- (23) A CDM-like Constitutive Law for Predicting Degradation of Strength and Ductility of Steel Subjected to Cyclic Loading  
Int. J. Plast. (2022), 103237.  
Y. Shintaku, S. Tsutsumi and K. Terada
- (24) Exploration of Fatigue Performance of Slotted CHS Tube-to-Gusset Plate Connection  
Thin-Walled Struct., 173 (2022), 108920.  
Y. Luo, K. Qiu, M. He, R. Ma, R. Fincato and S. Tsutsumi
- (25) Microstructure, Mechanical Properties and Fatigue Behaviors of Linear Friction Welded Weathering Steels  
Int. J. Fatigue (2022), 106829.  
Y. Wang, S. Tsutsumi, T. Kawakubo and H. Fujii
- (26) 高強度鋼の超高サイクル疲労における内部き裂発生・進展挙動に関する確率モデルの構成  
日本機械学会論文集 (2022), 22-00021.  
小熊 規泰, 中川 明義, 中村 裕紀, 堤 成一郎, 酒井 達雄
- (27) 低炭素鋼母材と再現HAZ材の疲労亀裂伝播特性および十字溶接継手の疲労寿命の評価 (繰返し弾塑性応答に基づく溶接継手の疲労性能評価)  
溶接学会論文集, 40, 1 (2022), 27-35.  
森田 花清, 毛利 雅志, アヤンブリハン, フィンカトリカルド, 堤 成一郎
- (28) Effects of Weld Geometry and HAZ Property on Low-Cycle Fatigue Behavior of Welded Joint  
Int. J. Fatigue, 156 (2022), 106683.  
S. Tsutsumi, R. Fincato, P. Luo, M. Sano, T. Umeda, T. Kinoshita and T. Tagawa
- (29) Microstructure and Mechanical Properties of Friction Stir Welded High Phosphorus Weathering Steel  
Sci. Technol. Weld. Join. (2022), 2055290.  
Y. Wang, S. Tsutsumi, T. Kawakubo and H. Fujii
- (30) 平坦状の先端を有する飛来物衝突を受ける鋼板の貫通評価モデルに関する検討  
土木学会構造工学論文集, 68A (2022), 907-919.  
濱田 匠李, 別府 万寿博, 市野 宏嘉, 堤 成一郎
- (31) Fully Implicit Numerical Integration of the Yoshida-Uemori Two-Surface Plasticity Model with Isotropic Hardening Stagnation  
Fract. Struct. Integrity, 57 (2021), 114-126.  
R. Fincato, S. Tsutsumi, A. Zilio, G. Mazzucco and V. Salomoni
- (32) Coupled Elasto-Viscoplastic and Damage Model Accounting for Plastic Anisotropy and Damage Evolution Dependent on Loading Conditions  
Comput. Methods Appl. Mech. Engrg., 387 (2021), 114165.  
R. Fincato and S. Tsutsumi
- (33) Ductile Fracture Modeling of Metallic Materials: a Short Review  
Frat. ed Integrita Strutt., 59 (2022), 1-17.  
R. Fincato and S. Tsutsumi

(2) 国際会議発表論文 (査読あり)

- (1) Fatigue Strength Improvement for Weld Root of Sole Plate by Filling Resin  
Proc. Tenth Int. Conf. on Bridge Maintenance, Safety and Management (IABMAS 2020), online (2021.4.11-18), 1-8.  
J. Tamari, T. Ishikawa, M. Hirohata and S. Tsutsumi

(3) 国際会議発表論文 (査読なし)

- (1) Feature of Microstructure and Its Formation Mechanism in a Newly Developed Electro Slag Welding  
Proc. 74th IIW on-line Assembly & Int. Conf., on line, IX-L-1237-2021 (2021.7.7-21)  
T. Kakizaki, S. Koga, H. Yamamoto, Y. Mikami, K. Ito, K. Yamazaki, S. Sasakura and H. Watanabe
- (2) Formation Mechanism of FGA around Interior Inclusion Based on Discrete Micro-Debondings and Their Coalescence in Very High Cycle Fatigue  
Eighth Int. Conf. on Very High Cycle Fatigue (VHCF8), Web (2021.7.5-9), 1-6.  
T. Sakai, A. Nakagawa, D. S. Paolino, S. Tsutsumi, R. Fincato, W. Li and N. Oguma
- (3) Influence of Soft/hard Inclusions on the Stress Distribution and the Slip Formation in a Polycrystal Matrix  
Eighth Int. Conf. on Very High Cycle Fatigue (VHCF8), Web (2021.7.5-9), 1-4.  
S. Tsutsumi, R. Fincato, T. Sakai, K. Terada and D. S. Paolino
- (4) Fatigue Life Extension by Additional Weld and Its Assessment by High Performance SCF Formula Considering Spline Bead Profile  
IIW Commission XIII (Fatigue of welded components and structures), Web (2021.7.7-21), XIII-2907-2021.  
Y. Wang and S. Tsutsumi

(5) 国内会議発表論文 (査読なし)

- (1) 平坦状の先端を有する飛来物衝突を受ける鋼板の貫通破壊に関する研究  
土木学会 第24回応用力学シンポジウム, Web (2021.5.14-15), S03C-04.  
濱田 匠李, 別府 万寿博, 堤 成一郎, 市野 宏嘉
- (2) 裏当て金付突合せ溶接継手に対するENS法検討  
土木学会 第24回応用力学シンポジウム, Web (2021.5.14-15), S03C-03.  
柴田 誉, 佐藤 啓介, 堀川 秀信, 浜崎 幸平, 堤 成一郎
- (3) Implicit Numerical Integration of the Yoshida-Uemori Two-Surface Plasticity Model with Isotropic Hardening Stagnation  
土木学会 第24回応用力学シンポジウム, Web (2021.5.14-15), S02A-06.  
R. Fincato, S. Tsutsumi, A. Zilio, G. Mazzucco and V. Salomoni
- (4) Numerical Study on Fatigue Notch Sensitivity of High and Middle Strength Carbon Steels for Weld Structures  
土木学会 第24回応用力学シンポジウム, Web (2021.5.14-15), SS01A-04.  
A. Buerlihan, R. Fincato and S. Tsutsumi

(7) 国際会議発表

- (1) Feature of Microstructure and Its Formation Mechanism in a Newly Developed Electro Slag Welding  
74th IIW Annual Assembly and Int. Conf, On line (2021.7.14)  
T. Kakizaki, S. Koga, H. Yamamoto, Y. Mikami, K. Ito, K. Yamazaki, S. Sasakura and H. Watanabe
- (2) Local Compression Process Avoiding Toughness Change  
74th IIW Annual Assembly and Int. Conf. Online 2020/7/19-2020/7/19, Online (2021.7.15-16)  
T. Ozawa, T. Kawabata and Y. Mikami

(8) 国内学会発表

- (1) 溶接部破壊靱性試験における負荷履歴の微視的影響に関する結晶塑性解析  
(一社) 日本鉄鋼協会 第182回秋季講演大会, オンライン開催 (2021.9.2-4)  
三上 欣希, 伊藤 和博, 中尾 俊貴, 川畑 友弥
- (2) 厚板多層溶接部の破壊靱性試験における残留応力緩和手法の検討  
(一社) 日本機械学会 M&M2021 材料力学カンファレンス, 名古屋大学 東山キャンパス (オンライン開催) (2021.9.15-16)  
三上 欣希, 小沢 匠, 川畑 友弥
- (3) 二相ステンレス鋼溶接部における水素割れに及ぼす微視組織形態の影響に関する検討  
(一社) 日本機械学会 M&M2021 材料力学カンファレンス, 名古屋大学 東山キャンパス (オンライン開催) (2021.9.15-16)  
三上 欣希, 伊藤 和博
- (4) 破壊靱性値を維持する局部圧縮法  
(一社) 日本機械学会 M&M2021 材料力学カンファレンス, 名古屋大学 東山キャンパス (オンライン開催) (2021.9.15-16)  
小沢 匠, 小菅 寛輝, 三上 欣希, 川畑 友弥
- (5) 破壊靱性試験における予ひずみの影響の結晶塑性解析による基礎的検討  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
中尾 俊貴, 三上 欣希, 伊藤 和博, 川畑 友弥
- (6) 摩擦攪拌プロセス施工鋼表層の残留応力とWCツール構成元素固溶量との関係  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
山元 優士, 山本 啓, 伊藤 和博, 三上 欣希
- (7) 破壊靱性試験における残留応力緩和処理による材料損傷挙動の結晶塑性論的検討  
第240回 溶接構造研究委員会, オンライン開催 (2022.3.15)  
三上 欣希, 中尾 俊貴, 伊藤 和博, 川畑 友弥
- (8) 断面切断法とX線回折法による内部三次元残留応力分布の測定  
(一社) 溶接学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.4.14-19)  
山上 捷太, 植崎 邦男, 堤 成一郎, 麻 寧緒, 堤 雅子, 宮本 祐司
- (9) 冷間圧縮加工による高強度鋼板スポット溶接継手の疲労強度向上の検証  
(一社) 溶接学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.4.14-19)  
渡辺 吾朗, 任 森栋, 麻 寧緒, 堤 成一郎, 村川 英一, 曹 灿, 罗 时清

- (10) Numerical Investigation on Fatigue Failure Mechanism of Corroded-Lap Fillet Welded Joints of Ultra-High Strength Steel Sheets  
 (一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
 Y. Guan, Y. Ishikawa, S. Tsutsumi, K. Konishi, C. Sawanishi, H. Matsuda and S. Igi
- (11) 厚鋼板のT字線形摩擦接合  
 (一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
 苗暉淋, 堤成一郎, 川久保拓海, 森貞好昭, 藤井英俊
- (12) 超ハイテン重ね隅肉アーク溶接継手の疲労特性に及ぼす腐食の影響  
 (一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
 小西恭平, 澤西央海, 松田広志, 伊木聡, 堤成一郎
- (13) FSWされた耐候性鋼の延性および疲労特性  
 日本鉄鋼協会 第183回春季講演大会シンポジウム, オンライン開催 (2022.3.15-17)  
 WANG Yixun, 堤成一郎, 川久保拓海, 藤井英俊
- (14) LFWされた耐候性鋼の延性および疲労特性  
 日本鉄鋼協会 第183回春季講演大会シンポジウム, オンライン開催 (2022.3.15-17)  
 WANG Yixun, 堤成一郎, 川久保拓海, 藤井英俊
- (15) 局所的繰返し弾塑性挙動に基づく溶接継手の疲労き裂発生および伝播寿命評価  
 (一社) 溶接学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.4.14-19)  
 花. 森田, 雅. 毛利, A. Buerlihan, R. Fincato, 成. 堤

#### (10) 国内会議講演

- (1) 応力および水素濃度の微視的分布に基づく二相ステンレス鋼溶接金属の水素割れ発生特性の検討  
 2022年度第4回特殊材料溶接研究委員会 本委員会, オンライン開催 (2022.3.16)  
 三上欣希
- (2) 水素割れ評価に向けた材料組織レベルの応力および水素濃度分布の評価  
 一般社団法人軽金属学会 アルミニウム中の水素と材料物性研究部会, オンライン開催 (2022.3.30)  
 三上欣希
- (3) 局所的繰返し弾塑性挙動に基づく継手の疲労き裂発生および伝播寿命評価  
 溶接学会 第269回 溶接疲労強度研究委員会, Web (2021.4.13)  
 森田花清, 毛利雅志, ブーリーハンアヤン, フィンカトリカルド, 堤成一郎
- (4) 付加溶接形状の制御と止端グラインダー仕上げの併用による面外ガセット溶接継手の疲労強度向上効果  
 溶接学会 第269回 溶接疲労強度研究委員会, Web (2021.4.13)  
 小谷祐樹, 津山忠久, ブーリーハンアヤン, 堤成一郎
- (5) 付加溶接形状の制御と止端グラインダー仕上げの併用による面外ガセット溶接継手の疲労強度向上効果  
 溶接学会 第236回 溶接構造研究委員会, Web (2021.6.7)  
 小谷祐樹, 津山忠久, ブーリーハンアヤン, 堤成一郎

- (6) Fatigue Life Extension by Additional Weld and Its Assessment by High-Performance SCF Formula Considering Spline Bead Profile  
溶接学会 第270回 溶接疲労強度研究委員会, Web (2021.6.23)  
Y. Wang and S. Tsutsumi
- (7) ハンマーピーニングによる溶接継手の疲労性能向上技術開発  
大阪大学接合科学研究所 第18回 産学連携シンポジウム, WEB開催 (2021.7.2)  
石川 敏之, 堤 成一郎
- (8) 上降伏,下降伏挙動を含む降伏挙動に関する結晶塑性からのアプローチ-  
鉄鋼材料の変形と強度: マルチスケール理解への期待とその課題-, Web (2021.11.2)  
堤 成一郎
- (9) 金属材料の疲労強度  
溶接工学専門講座-溶接疲労強度評価の基礎と応用-, Web (2021.11.9)  
堤 成一郎
- (10) 溶接止端部の形状と強度分布が低サイクル疲労性能に及ぼす影響  
溶接学会 第272回 溶接疲労強度研究委員会, Web (2022.1.18)  
堤 成一郎
- (11) 解説・総説**
- (1) I 溶接継手および構造物の疲労 -溶接疲労強度研究委員会-, 1. 鋼材の繰返し弾塑性応答を考慮した溶接継手の疲労き裂発生および伝播寿命評価  
溶接学会誌, 90, 5 (2021), 3.  
堤 成一郎, 森田 花清, 毛利 雅志
- (2) I 溶接継手および構造物の疲労 -溶接疲労強度研究委員会-, 2. 溶接継手疲労寿命に及ぼす熱影響部の繰返し負荷下の材料挙動の影響  
溶接学会誌, 90, 5 (2021), 4.  
堤 成一郎
- (3) ハンマ-ピ-ニングによる溶接継手の疲労性能向上技術開発  
生産と技術, 73, 4 (2021), 8-11.  
石川 敏之, 堤 成一郎
- (14) その他資料**
- (1) Experimental Study on Deformation Capacity of Field Welding Beam-To-Column Joint with Different Beam End Details Consideration of Fracture Toughness and Non-Welded Part in Submerged Arc Weld of Pre-Assembled H-shaped Beam  
Welding Int., 2021 (2021), 1-15.  
T. Nakagomi, H. Kaneko, S. Tsutsumi, R. Horiba and T. Kasuga
- (15) 受賞**
- (1) 支部長特別賞  
(一社) 溶接学会 関西支部 (2021.06.04)  
伊藤 和博, 三上 欣希

- (2) 科学技術振興賞  
 (一社)日本高圧力技術協会(2021.05.28)  
 堤 成一郎

**(16) 規準・規格等の作成**

- (1) 日本溶接協会規格 WES1109 溶接継手のCTOD試験方法(解)  
 (一社)日本溶接協会  
 三上 欣希

**(17) 外部資金**

(単位:千円)

**科学研究費補助金**

- |     |  |       |       |
|-----|--|-------|-------|
| (1) | 基盤研究(C) 応力・ひずみ・拡散性水素の不均一分布を考慮した水素割れの微視組織形態依存性の解明 | 三上 欣希 | 1,170 |
| (2) | 基盤研究(B) 溶接構造物の疲労性能を最大化する溶接プロセス条件の探査技術開発          | 堤 成一郎 | 5,070 |

**民間等との共同研究**

- |     |                               |       |       |
|-----|-------------------------------|-------|-------|
| (1) | JFE ウエルディング協働研究所              | 三上 欣希 | 1,500 |
| (2) | JFE ウエルディング協働研究所              | 堤 成一郎 | 1,500 |
| (3) | 日本製鉄材料基礎協働研究所                 | 堤 成一郎 | 917   |
| (4) | コマツみらい建機協働研究所                 | 堤 成一郎 | 4,388 |
| (5) | 溶接構造物の長寿命化に関する研究(その4)         | 堤 成一郎 | 8,787 |
| (6) | すみ肉溶接継手の疲労強度に対する付加溶接の効果に関する検討 | 堤 成一郎 | 1,950 |
| (7) | 繰返し応力下における応力ひずみ挙動の推定に関する研究    | 堤 成一郎 | 1,040 |

**受託研究**

- |     |   |       |       |
|-----|---|-------|-------|
| (1) | 省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費(省エネルギー等国際標準開発(国際標準分野)) | 三上 欣希 | 1,089 |
|-----|---|-------|-------|

**奨学寄付金**

- |     |  |       |       |
|-----|--|-------|-------|
| (1) |  | 三上 欣希 | 800   |
| (2) |  | 堤 成一郎 | 2,000 |



#### 4. 8 教育

氏名：三上 欣希

##### (1) 大学院等講義科目

- |                |                                     |
|----------------|-------------------------------------|
| (1) 工学部        | インターンシップ (生産)                       |
| (2) 工学部応用理工学科  | 材料力学 I                              |
| (3) 工学部応用理工学科  | 統計学 C-I                             |
| (4) 工学部地球総合工学科 | 地球環境学概論                             |
| (5) 全学教育推進機構   | 学問への扉 (ものづくりサイエンス「強くて軽い新聞紙橋を設計しよう」) |

##### (3) 博士論文 (副査)

- |                        |                                    |
|------------------------|------------------------------------|
| (1) マテリアル生産科学専攻, 清水 万真 | 混合モード荷重下での耐脆性破壊性能評価のための破壊モデリング     |
| (2) マテリアル生産科学専攻, 村上 寛企 | 熱収縮法による溶接変形の簡易解析手法の構築とその実機適用に関する研究 |

氏名：堤 成一郎

##### (1) 大学院等講義科目

- |               |                                     |
|---------------|-------------------------------------|
| (1) 全学教育推進機構  | 学問への扉 (ものづくりサイエンス「強くて軽い新聞紙橋を設計しよう」) |
| (2) 地球総合工学科   | マトリックス構造解析学                         |
| (3) 地球総合工学科   | 構造材料学                               |
| (4) 地球総合工学科   | 社会基盤材料学実験                           |
| (5) 地球総合工学専攻  | 社会基盤安全工学                            |
| (6) 地球総合工学専攻  | 社会基盤工学ゼミナール I (構造系)                 |
| (7) 地球総合工学専攻  | 社会基盤工学ゼミナール II (構造系)                |
| (8) 地球総合工学専攻  | 社会基盤工学ゼミナール III (構造系)               |
| (9) 地球総合工学専攻  | 社会基盤工学ゼミナール IV (構造系)                |
| (10) 地球総合工学専攻 | 設計解析学特論                             |

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| (11) 地球総合工学専攻           | 地球総合工学特論   |
| <b>(2) 博士論文 (主査)</b>    |  |
| (1) 地球総合工学専攻, 小谷 祐樹     | 付加溶接による溶接構造物の疲労強度向上に関する研究  |
| <b>(3) 博士論文 (副査)</b>    |  |
| (1) 地球総合工学専攻, Qian WANG | Material Model Development for Accurate Analysis of Cold Spraying Induced Dynamic Plasticity |

#### 4. 9 社会貢献

氏名：三上 欣希

##### (1) 学会役員

- |                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| (1) (一社) 日本溶接協会 | 鉄鋼部会 CTE 委員会 中立機関委員 |
| (2) (一社) 日本溶接協会 | 鉄鋼部会 CRB 委員会 中立機関委員 |
| (3) (一社) 日本溶接協会 | 鉄鋼部会 技術委員会 中立委員     |
| (4) (一社) 溶接学会   | 編集委員会 委員            |
| (5) (一社) 溶接学会   | 溶接構造研究委員会 幹事        |
| (6) (一社) 溶接学会   | 溶接冶金研究委員会 委員        |
| (7) (一社) 溶接学会   | 2021 年度溶接工学夏季大学総務   |

##### (5) 国・自治体・公益法人等への貢献

- |                |  |
|----------------|--|
| (1) 経済産業省・東京大学 | 令和3年度 省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費 (省エネルギー等国際標準開発 (国際標準分野)) (エネルギー技術を支える鋼溶接継手破壊靱性評価試験方法に関する国際標準化) における LCP 委員会 委員    |
| (2) 経済産業省・東京大学 | 令和3年度 省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費 (省エネルギー等国際標準開発 (国際標準分野)) (エネルギー技術を支える鋼溶接継手破壊靱性評価試験方法に関する国際標準化) における LCP 委員会 WG 委員 |

氏名：堤 成一郎

(1) 学会役員

- |      |                 |                                    |
|------|-----------------|------------------------------------|
| (1)  | (一社) スマートプロセス学会 | 学術・技術奨励賞審査委員会 委員                   |
| (2)  | (一社) 日本機械学会     | マルチスケール計算固体力学研究会委員                 |
| (3)  | (一社) 日本機械学会     | 材料力学部門 水素研究分科会 委員                  |
| (4)  | (一社) 日本溶接協会     | 学識会員                               |
| (5)  | (一社) 日本溶接協会     | 規格委員会 SC5 副幹事長                     |
| (6)  | (一社) 日本溶接協会     | 鉄鋼部会 委員                            |
| (7)  | (一社) 溶接学会       | 溶接学会誌編集委員会力学分野モニター                 |
| (8)  | (一社) 溶接学会       | 溶接構造シンポジウム 幹事                      |
| (9)  | (一社) 溶接学会       | 溶接構造研究委員会 副幹事長                     |
| (10) | (一社) 溶接学会       | 溶接疲労強度研究委員会 幹事                     |
| (11) | (一社) 溶接学会       | 溶接力学シミュレーション研究会 委員                 |
| (12) | (公社) 土木学会       | 関西支部講演会委員会                         |
| (13) | (公社) 土木学会       | 調査研究部 応用力学委員会 委員                   |
| (14) | (公社) 土木学会       | 調査研究部 応用力学委員会 応用力学論文集<br>編集小委員会 委員 |
| (15) | (公社) 土木学会       | 構造工学論文集編集委員会 委員                    |
| (16) | (公社) 日本材料学会     | 強度設計・安全性評価部門委員会委員                  |
| (17) | (公社) 日本材料学会     | 塑性工学部門委員会委員                        |
| (18) | (公社) 日本材料学会     | 破壊力学部門委員会委員                        |
| (19) | (公社) 日本材料学会     | 疲労部門委員会委員                          |
| (20) | (公社) 日本船舶海洋工学会  | KSSG 委員                            |

(2) 国際会議委員

- |     |                |                   |
|-----|----------------|-------------------|
| (1) | Visual-JW 2022 | Program committee |
|-----|----------------|-------------------|

#### (5) 国・自治体・公益法人等への貢献

- |     |             |                  |
|-----|-------------|------------------|
| (1) | (一社) 日本鉄鋼連盟 | 土木鋼構造研究ネットワーク 委員 |
| (2) | ADSIC 研究会   | ADSIC 研究会・勉強会主査  |

#### (6) 研究留学生

- |     |                              |                   |
|-----|------------------------------|-------------------|
| (1) | 研究生 (JWRI 道場プログラム) :<br>管 韞文 | 溶接構造物の疲労寿命評価      |
| (2) | 研究生 (JWRI 道場プログラム) :<br>姚 清之 | 溶接構造物の疲労性能評価技術の開発 |

### 4. 10 全国共同利用に関する研究

#### (1) 令和3年度共同研究員と研究テーマ

氏名：三上 欣希

一般公募研究課題

- |     |   |       |                                      |
|-----|---|-------|--------------------------------------|
| (1) | (国研)(国研)産業技術総合<br>研究所 構造材料研究拠点<br>接合・造型分野 溶接・接<br>合技術グループ | 北野 萌一 | 機械学習を用いた溶接熱源形状決定システ<br>ムの構築          |
| (2) | 海上技術安全研究所<br>産業システム系<br>物理システム研究グループ                      | 小沢 匠  | 破壊靱性試験等で要求されている試験片の<br>冷却時間に関する解析的検討 |
| (3) | 東京大学大学院<br>工学系研究科   | 川畑 友弥 | 破壊靱性試験等で要求されている試験片の<br>冷却時間に関する解析的検討 |
| (4) | 先導的重点課題 [構造用材<br>料溶接部の水素割れ評価<br>手法の高度化に関する研究<br>(FS型)]    |       |                                      |
| (5) | 新居浜工業高等専門学校   | 日野 孝紀 |                                      |
| (6) | 新居浜工業高等専門学校<br>環境材料工学科                                    | 真中 俊明 |                                      |
| (7) | 大阪大学大学院<br>基礎工学研究科  | 堀川敬太郎 |                                      |
| (8) | 帝京大学先端総合研究機構  | 尾関 郷  |                                      |
| (9) | 帝京大学先端総合研究機構  | 横堀 壽光 |                                      |

氏名：堤 成一郎

一般公募研究課題

- |     |                          |       |                                      |
|-----|--------------------------|-------|--------------------------------------|
| (1) | 愛媛大学工学部<br>附属船舶海洋工学センター  | 豊貞 雅宏 | 変動荷重下の疲労亀裂発生・伝播寿命評価<br>手法の確立         |
| (2) | 愛媛大学大学院<br>理工学研究科        | 勝田 順一 | 疲労亀裂先端の弾塑性挙動を考慮した亀裂<br>の進展寿命予測の高度化   |
| (3) | 三重大学大学院<br>工学研究科建築学専攻    | 佐藤 公亮 | 多様な繰返し荷重を受ける建築鋼構造柱梁<br>部材・接合部の性能評価   |
| (4) | 神戸大学大学院<br>海事科学研究所       | 野村 昌孝 | ボルト締結体のゆるみ特性解析                       |
| (5) | 神戸大学大学院<br>海事科学研究所       | 植木 亮太 | ボルト締結体のゆるみ特性解析                       |
| (6) | 大阪大学大学院工学研究科<br>地球総合工学専攻 | 寺澤 広基 | X線を用いたグラウンドアンカー緊張力の<br>非破壊評価手法に関する研究 |
| (7) | 防衛大学校建設環境工学科             | 濱田 匠李 | 飛来物衝突を受ける鋼板の変形及び貫通挙<br>動の解明          |
| (8) | 防衛大学校建設環境工学科             | 別府万寿博 | 飛来物衝突を受ける鋼板の変形及び貫通挙<br>動の解明          |
| (9) | 防衛大学校建設環境工学科             | 市野 宏嘉 | 飛来物衝突を受ける鋼板の変形及び貫通挙<br>動の解明          |

(2) 共同研究員との共著論文件数 (査読付き学術論文, 国際会議論文)

(1) 合計 15



接合評価研究部門  
信頼性評価・予測システム学分野





## 接合評価研究部門 信頼性評価・予測システム学分野

### 4. 1 研究概要

次世代ものづくり技術を活かした健全な構造物を得るためには、溶接・接合部の諸特性の支配要因を理解、制御し、これらを改善・向上する技術の確立が重要である。本研究分野では、金属材料の凝固・変態挙動などの材料学的な現象の理解を基に、溶接・接合過程におけるマイクロ組織形成現象を解明し、機械構造物の安心・安全確保に資する新たなマイクロ組織制御技術やその信頼性評価、予測システムの開発を目指している。金属材料のマイクロ・ナノ構造を制御することで、長寿命化対応材料や高強度材料に対応した溶接接合技術を開発し、環境に優しい社会の実現を目指す。溶接接合部のマイクロ組織形成挙動を液相から室温に至るまでの、凝固や固相変態まで一貫して理解するとともに、それらが靱性、耐高温割れ性、耐食性などの特性に及ぼす影響を解明し、更なる特性向上を目指した研究を推進している。

### 4. 2 研究課題

1. 積層造形過程での凝固割れ感受性とその評価方法の構築
2. 銅/ステンレス鋼異材肉盛溶接とその冶金学的特徴
3. 埋れアーク溶接した二相ステンレス鋼溶接熱影響部の孔食発生機構

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. 積層造形過程での凝固割れ感受性とその評価方法の構築

金属積層造形技術であるアディティブマニュファクチャリング (Additive Manufacturing、以下AM) の適用が拡大する一方で、AM過程で割れや空孔の発生が報告されている。しかし、欠陥発生に関する基礎的な知見は皆無に等しく、その発生原理や影響因子は未解明である。加えて、評価方法も確立されておらず、AMに適した評価方法の確立は重要な課題となる。

そこで、AMの中で最も熱源走査速度の速い選択的レーザー溶融法 (Selective laser melting、以下SLM) を対象とし、SLMに近い溶融条件での凝固割れ感受性を定量的に評価する方法の確立を目的とした。高精度に任意に付加応力を制御できる横型引張式高温割れ試験を新たに考案し、実験と数値解析の両側面から凝固割れ感受性を評価し、割れ発生の支配因子を調査した。

考案した割れ試験を実施した結果、レーザー走査速度 83.3 mm/s、評点間距離 200  $\mu\text{m}$  の、高速、微小領域でのひずみ履歴を直接計測でき、初期付加応力の任意制御により凝固割れ感受性を定量評価できることを見出した。この条件を用いることで、SLMに近い溶融条件での評価も可能であった。初期付加応力を変化させて凝固割れ感受性を評価したところ、割れ発生の臨界初期付加応力は、積層造形時のレーザーの走査方向によって異なる値を示し、割れ試験時のレーザーの走査方向が造形時と垂直方向の方が割れ感受性は高いことが示唆された。マイクロ組織観察を行ったところ、割れ試験時のレーザーの走査方向が平行な試験片では、溶融部中央に積層方向に平行に成長する柱状晶が観察されるのに対し、垂直方向では、様々な結晶方位を有する柱状晶が溶融部中央で会合する形態を呈するため、液膜の残留しやすいつランダムな方位の柱状晶による界面が形成しやすかったために凝固割れ感受性は高くなったと推察された。さらに、割れ試験過程でのひずみ履歴を数値解析により評価した結果、割れ発生の臨界初期付加応力に応じてひずみ速度が異なり、これが割れ発生限界ひずみに差を生じさせた一因であることが示唆された。

これらの成果については、溶接学会秋季全国大会において成果発表を行った。

## 2. 銅/ステンレス鋼異材肉盛溶接とその冶金学的特徴

新型コロナウイルスの影響から、公衆衛生環境の整備は喫緊の課題である。ウイルスの主たる感染経路の一つに接触感染が挙げられる。そのため、ドアノブや手すりなどに抗ウイルス性のある銅をコーティング、すなわち既存の金属製の手すり等の必要な部分に対して銅の異材肉盛溶接を行うことは、耐久性や環境(湿度や温度)に左右されない抗ウイルス性を担保できる、かつコストや現場施工性にも優れる。しかし、手すり等に主として用いられるステンレス鋼と銅の異材溶接は相性が悪く、液体金属脆化割れなどの欠陥の発生がしばしば問題となる。そこで、現場施工に適用可能であり、かつ母材溶融を低減可能な交流パルス MIG 溶接を適用し、ステンレス鋼への銅の異材肉盛溶接での溶接現象や適正条件を検討した。特に、溶接条件や溶接ワイヤ中の合金元素が組織形成や界面形態などに対する影響、侵銅現象を冶金学的な観点から調査した。

母材への投入熱量や溶着量の制御を目的に検討したところ、溶接電流 150 A、溶接速度 0.3 m/min、EN 比率約 48 ~ 50%、溶接電圧 30 ~ 40V の範囲において欠陥のない異材肉盛溶接部が得られることがわかった。銅とステンレス鋼の異材肉盛溶接部において、銅合金溶接ワイヤ中の合金元素である Ni、Si、Al は溶融境界において Fe と混合した濃化層を形成した。濃化層は、希釈率の増大とともに厚くなる傾向を示し、Cu-Ni 系ワイヤを用いた場合では最も厚さの増加量が大きく、Cu-Si 系ワイヤや Cu-Al 系ワイヤは増加量が小さかった。

加えて、母材オーステナイト系ステンレス鋼側に銅が侵入する、すなわち侵銅は、母材希釈率の増大に伴い最大侵銅深さは減少した。Cu-Ni 系を用いた場合は希釈率が同程度の中で最大侵銅深さが最も短い傾向であった。また、異材肉盛溶接部を高温で保持すると、最大侵銅深さは減少することがわかった。

これらの成果については、日本鉄鋼協会第 183 回講演大会において成果発表を行った。

## 3. 埋れアーク溶接した二相ステンレス鋼溶接熱影響部の孔食発生機構

厚板溶接の高能率化が求められる背景の下、深い溶け込みが得られる埋れアーク溶接法が開発されている。一方、レアメタル節減、高強度・薄肉化による鋼材重量低減、価格変動の大きい Ni 含有量低減によるコスト安定性、および、耐食性、溶接性に優れることから、二相ステンレス鋼の需要は多岐にわたっているが、このような二相ステンレス鋼を大入熱で溶接する場合、溶接部の耐食性劣化の懸念がある。そこで本研究では、埋れアーク溶接を二相ステンレス鋼に適用した場合の HAZ の耐孔食性を調査するとともに、孔食発生機構について検討を行った。

二相ステンレス鋼の埋れアーク溶接部では、溶融境界に近いフェライト単相温度域に加熱された領域(高温 HAZ)で最も耐孔食性は低下した。そこで、高温 HAZ における孔食発生について析出物の観点から調査した。高温 HAZ はフェライト量が多いために、オーステナイト中に固溶しきれなかった N がフェライト粒内で Cr 窒化物として析出したことによって Cr 欠乏層が形成されることに起因して孔食が発生すると言われている。本研究でも、フェライト粒内に Cr 窒化物の析出と Cr 欠乏層の形成を確認したが、高温 HAZ での孔食の大部分は、Cr 窒化物で発生するのではなく、フェライト中の (Ti,Cr) N から発生していることが明らかとなった。この (Ti,Cr) N の周囲には明確な Cr 欠乏層の形成は確認されないが、(Ti,Cr) N 表面にはほとんど不動態皮膜が形成されないことが明らかとなった。このことから、二相ステンレス鋼の高温 HAZ で発生する孔食は、Cr 窒化物の周囲の Cr 欠乏層だけではなく、(Ti,Cr) N 表面の不動態皮膜の不安定性によって発生するものと考えられる。

これらの成果は、ダイヘン溶接・接合協働研究所の共同研究で行った成果であり、溶接学会秋季全国大会において成果発表を行うとともに、Corrosion Science に掲載が決定した。

## (2) 研究に対する自己評価

鉄鋼材料は最重要な構造部材・機能部材であるにも関わらず、その溶接に関する研究を行っている大学の研究機関は少なく、減少しているのが現状である。本研究分野では、そのような鉄鋼材料を主な研究対象として、溶接部の健全性に資する溶接部の組織形成機構の解明、構造物の安心・安全を確保するための新しい組織制御技術および信頼性評価ならびにその予測システムの開発を目指している。今年度は、昨年度導入したオートグラフ（引張試験装置）や結晶方位解析装置（EBSD）に加え、新たにエネルギー分散形蛍光 X 線分析装置（EDS）や真空溶解炉を導入し、高温引張試験や高温割れ評価試験、EBSD と EDS の同時分析法などを確立し、溶接・接合部の信頼性評価や組織形成過程解明に欠かせない材料特性評価の設備を拡充させた。継続して進めている研究設備の導入や実験手法の確立がこれらの研究成果に着実に反映され、これらの研究によって得られた成果は次のように発表している。材料分野で権威ある Material Science and Engineering A に 1 報、Material Today Communications に 2 報、Canadian Metallurgical Quarterly に 1 報、鉄と鋼に 1 報が掲載された。なお、この内の 1 報は海外共著論文である。また、国内外の学会では、大学院生教育も含め多数の成果発表を行い、IIW 年次大会での発表 1 件、Thermec2021 での発表 2 件（1 件は招待講演）、Intermediate Meeting of IIW Commission IX での発表 1 件、溶接学会春季全国大会および秋季全国大会での 7 件、日本鉄鋼協会秋季講演大会での 2 件、溶接学会溶接研究委員会での 2 件、日本 Casting 学会での 2 件の講演を行った。また、井上が溶接学会から業績賞、学術振興賞、(株)コマツから大阪大学 - コマツ産学連携実用化賞を受賞するなど、高い評価を得ている。また、新たに日本学術振興会外国人特別研究員を受け入れるとともに、University West（スウェーデン）などとの共同研究も開始した。

研究資金面においては、科学研究費補助金 基盤研究 (B) を井上が、基盤研究 (C)、および天田財団重点研究開発助成を門井が継続として獲得した。新たに文部科学省 原子力システム研究開発事業や科学研究費補助金特別研究員奨励費に門井が代表者として採択された。これらに加え、企業との共同研究も積極的に推進した。これらの研究を通して、今後も多くの研究成果を効率よく得るとともに、各分野の共同研究員との連携による専門分野のさらなる深化が期待される。

## 4. 4 教育に対する自己評価

本研究分野は、マテリアル生産科学専攻生産科学コースの協力講座として、大学院生および学部生の教育研究を行っている。大学院においては、「接合プロセスメタラジー論」を井上、門井が担当した。また、学部においては、「接合プロセス工学 III」を門井が担当した。

接合研全体として担当している全学共通教育の「学問の扉（マチカネゼミ）」において、井上が講義を担当し、学部生に対する教育を行った。また、井上は、溶接学会主催・接合研共催の「夏季大学」の講師を務め、若手研究者・技術者の育成に尽力した。

2021 年度は博士前期課程 2 名、学部 4 年生 1 名の学生が在籍したほか、社会人ドクター 2 名の受け入れを行った。また、マテリアル生産科学専攻マテリアル科学コースの博士後期課程 1 名の博士論文審査の主査を井上が、また、博士後期課程 3 名の博士論文審査の副査を井上、博士後期課程 1 名の博士論文審査の副査を門井が担当した。

## 4. 5 社会貢献に対する自己評価

井上は、(一社)溶接学会にて溶接冶金研究員会委員長・破面写真集作成 WG 主査、編集委員会委員、フェローを、(一社)日本溶接協会にて溶接管理技術者評価委員、特殊材料溶接研究委員会幹事、学識会員、(一社)日本鉄鋼協会にて接合結合フォーラム幹事、材料の組織と特性部会運営委員、(一社)スマートプロセス学会にて編集委員会委員を、門井は、(一社)溶接学会にて溶接冶金研究員会 幹事、企画委員会委員、編集委員会委員、論文査読委員会委員、関西支部監事、を(一社)日本溶接協会

にて特殊材料溶接研究委員会幹事、材料部会共研第4部会委員を、(一社)日本鉄鋼協会にて編集委員会専門委員、接合結合フォーラム幹事、若手フォーラム幹事を、(公社)日本鑄造工学会にて査読委員を努めるなど、鉄鋼材料の溶接・接合研究、特に材料科学分野で日本の中核として認知されている。一方、国際貢献としては、雑誌 *Materials* の Topic Editor を務めている。さらに自治体への貢献として、尼崎市消防局の消防防災専門委員を務めている。

#### 4.6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

本年度は、東北大学、広島大学、秋田大学、群馬大学、神戸大学、関西大学などの全国の大学、日本原子力研究開発機構、東京都立産業技術研究センター等の公的機関などから計10名の共同研究員を受け入れ、相変態や腐食、力学といった各分野の専門家との共同研究による研究の高度化を図るとともに、鑄造やポラス金属などの異分野の研究者との学際研究にも着手している。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) The Role of Shot Peening on Liquation Cracking in Laser Cladding of K447A Nickel Superalloy Powders Over Its Non-weldable Cast Structure  
Mater. Sci. Eng. A., 823 (2021), 141678.  
Z. Zhang, Y. Zhao, J. Shan, A. Wu, Y. Sato, K. Kadoi, H. Inoue, H. Gu and X. Tang
- (2) Acceleration of 475 ° C Embrittlement in Weld Metal of 22 mass% Cr-duplex Stainless Steel  
Mater. Today Commun., 29 (2021), 102800.  
M. Sakata, K. Kadoi and H. Inoue
- (3) Effects of Ti and Al on the Formation of Intragranular Ferrites in the Ultra-Low-Oxygen Si-Mn Weld Metals of Low-Carbon Steel  
Mater. Today Commun., 29 (2021), 102963.  
R. Homma, K. Kadoi and H. Inoue
- (4) 低炭素鋼の低酸素濃度溶接金属における酸化物/母相界面のMn欠乏挙動  
鉄と鋼, 108, 3 (2022)  
本間 竜一, 重里 元一, 藤岡 政昭, 門井 浩太, 井上 裕滋
- (5) Effects of Titanium Content on the Large Precipitates in 443 Ultra-Pure Ferritic Stainless Steel  
Can. Metall. Q., 60, 4 (2021), 239-248.  
X. Chena, G. Cheng and Y. Hou

##### (2) 国際会議発表論文 (査読あり)

- (1) Evaluation of Fatigue Strength Based on Dissipated Energy for Laser Welds  
Engineering Proc., On-line, 8, 1 (2021.10.26-28), 6.  
Y. Ogawa, T. Horita, N. Iwatani, K. Kadoi, D. Shiozawa and T. Sakagami

##### (3) 国際会議発表論文 (査読なし)

- (1) Relationship between Microstructure Evolution and Toughness of Weld Metal of Carbon Steel  
Proc. 1st Okinawa-Int. Conf. on Welding and Allied Technology (OIC-WA2021), Naha, Japan (2021.4.16-17), 24-27.  
K. Kadoi
- (2) Influential Factors on Weld Solidification Cracking Susceptibility of Stainless Steels with F-mode Solidification  
IIW 74th Annual Assembly, On-line (2021.7.7-21), IX-2727-2021.  
K. Kadoi, S. Ueno and H. Inoue

##### (7) 国際会議発表

- (1) Effect of S and Si on Formation of Intragranular Ferrite and Inclusions in Electron Beam Weld Metal of Low Carbon Steel  
Thermec'2021, Online (2021.6.1-5)  
R. Homma, Y. Shinohara, H. Inoue and K. Kadoi

- (2) Effect of Chemical Composition on Corrosion Property of Weld Metal of Austenitic Stainless Steels  
Intermediate Meeting of IIW Commission IX (2022.3.15-17)  
K. Kadoi, Y. Kanno, S. Aoki and H. Inoue
- (3) Formation of Mn Depletion Zone around Oxide as Intragranular Ferrite Nucleus in Low Oxygen Weld Metal of Low Carbon Steel  
Intermediate Meeting of IIW Commission IX (2022.3.15-17)  
R. Homma, G. Shigesato, M. Fujioka, K. Kadoi and H. Inoue

**(8) 国内学会発表**

- (1) 高強度溶接金属の組織に及ぼす酸素の影響  
(一社) 溶接学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.4.14-19)  
中村 修一, 門井 浩太, 井上 裕滋
- (2) 溶融加工中の凝固現象とその制御  
(公社) 日本鋳造工学会 第177回全国講演大会, オンライン開催 (2021.5.21-25)  
門井 浩太
- (3) Fモード凝固するステンレス鋼の凝固割れ感受性支配因子  
(一社) 日本鉄鋼協会 第182回秋季講演大会, オンライン開催 (2021.9.2-4)  
門井 浩太, 上野 誓也, 井上 裕滋
- (4) ステンレス鋼埋もれアーク溶接部における組織形成とその耐食性  
(一社) 日本鉄鋼協会 第182回秋季講演大会, オンライン開催 (2021.9.2-4)  
門井 浩太, 中森 雄大, 前嶋 基志, 井上 裕滋
- (5) Ni 基合金溶接熱影響部における粒界液化と粒界性格分布の関係  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
門井 浩太, 前嶋 基志, 井上 裕滋, 浄徳 佳奈, 小薄 孝裕
- (6) SLM 過程での凝固割れ感受性評価方法の検討  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
松本 幸弥, 門井 浩太, 千葉 浩行, 井上 裕滋
- (7) 極低酸素溶接金属中の Ti 酸化物からの粒内フェライト生成機構  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
本間 竜一, 門井 浩太, 井上 裕滋
- (8) 指向性凝固でのオーステナイト系ステンレス鋼中のフェライト生成挙動  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
門井 浩太, 小暮 真莉, 井上 裕滋
- (9) 低酸素溶接金属における酸化物/母相界面のMn欠乏挙動  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
本間 竜一, 重里 元一, 門井 浩太, 井上 裕滋
- (10) 埋もれアーク溶接した二相ステンレス鋼溶接部の組織形態と耐食性の関係  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
中森 雄大, 門井 浩太, 井上 裕滋, 馬場 勇人, 門田 圭二, 恵良 哲生, 五十嵐 友也

- (11) ステンレス鋼溶接金属中のCu濃度と微生物挙動の相互作用  
(一社)日本鉄鋼協会 第183回秋季講演大会, オンライン開催 (2022.3.17-19)  
宮野 泰征, 小代田 宗一, 門井 浩太, 川畑 竣大, 井上 裕滋

**(9) 国際会議講演**

- (1) Effect of Eutectic Phase Formation on Weld Solidification Cracking Susceptibility in Austenitic Stainless Steel  
Thermec'2021, Online (2021.6.1-5)  
K. Kadoi, S. Ueda and H. Inoue

**(10) 国内会議講演**

- (1) 溶接冶金学 I -2  
2021年度溶接工学夏季大学, オンライン (2021.7.19-8.2)  
井上 裕滋
- (2) オーステナイトステンレス鋼溶接金属部における組織形態と耐食性の関係  
大阪大学接合科学研究所 第18回 産学連携シンポジウム, WEB開催 (2021.7.2)  
門井 浩太, 井上 裕滋
- (3) 片状黒鉛鉄溶接のための共金系溶接材料の検討  
日本鑄造工学会第31回関西鑄造懇話会, WEB開催 (2021.9.10)  
門井 浩太
- (4) 溶接過程で生じる凝固割れの支配因子とその発生防止  
大阪大学接合科学研究所東京セミナー「溶融加工プロセスでの凝固割れ発生現象とその防止」,  
WEB開催 (2021.12.2)  
門井 浩太

**(11) 解説・総説**

- (1) 溶接冶金学 I -2  
2021年度溶接工学夏季大学教材 (2021)  
井上 裕滋
- (2) オーステナイトステンレス鋼溶接金属部における組織形態と耐食性の関係  
生産と技術, 73, 4 (2021), 5-7.  
青木 聡, 門井 浩太, 井上 裕滋
- (3) 浪速博士の溶接がっせん! 高能率溶接ってどうやればいいのか? の巻  
WE-COMマガジン (日本溶接協会), 40 (2021), 1-20.  
門井 浩太

**(15) 受賞**

- (1) 溶接学会業績賞  
(一社) 溶接学会 (2021.04.26)  
井上 裕滋

- (2) 溶接学術振興賞  
(一社) 溶接学会 (2021.04.26)  
井上 裕滋
- (3) 大阪大学-コマツ 産学連携 実用化賞  
(株) 小松製作所 (2021.12.06)  
井上 裕滋, 白井 謙太郎

(17) 外部資金 (単位: 千円)

科学研究費補助金

- |     |                                |   |       |       |
|-----|--------------------------------|---|-------|-------|
| (1) | 基盤研究(B)                        | ステンレス鋼の異相界面性格制御に基づく高耐食溶接金属の材料設計・開発原理の構築 | 井上 裕滋 | 1,950 |
| (2) | 基盤研究(C)                        | 金属積層造形中の割れ発生機構の解明とその防止技術の確立             | 門井 浩太 | 1,170 |
| (3) | 特別研究員<br>奨励費<br>(外国人特別<br>研究員) | Ni 超合金積層造形材の溶接性と高温割れ感受性に関する研究           | 門井 浩太 | 300   |

民間等との共同研究

- |     |  |                  |       |       |
|-----|--|------------------|-------|-------|
| (1) |  | ダイヘン溶接・接合協働研究所   | 井上 裕滋 | 9,100 |
| (2) |  | 日本製鉄ものづくり未来協働研究所 | 井上 裕滋 | 3,000 |

受託研究

- |     |  |                                   |       |       |
|-----|--|-----------------------------------|-------|-------|
| (1) |  | 原子炉自在設計のためのテーラード溶接シミュレーションシステムの構築 | 門井 浩太 | 9,994 |
|-----|--|-----------------------------------|-------|-------|

学術相談

- |     |  |  |       |     |
|-----|--|--|-------|-----|
| (1) |  |  | 門井 浩太 | 495 |
|-----|--|--|-------|-----|

奨学寄付金

- |     |  |  |       |     |
|-----|--|--|-------|-----|
| (1) |  |  | 井上 裕滋 | 650 |
|-----|--|--|-------|-----|

4. 8 教育

氏名: 井上 裕滋

(1) 大学院等講義科目

- |     |             |              |
|-----|-------------|--------------|
| (1) | マテリアル生産科学専攻 | 接合プロセスメタラジー論 |
|-----|-------------|--------------|



(2) 全学教育推進機構 学問への扉 (ものづくりサイエンス「金属・無機材料調査」)

**(2) 博士論文 (主査)**

(1) マテリアル生産科学専攻, 本間 竜一 低炭素鋼低酸素溶接金属の粒内変態に関する研究

**(3) 博士論文 (副査)**

(1) マテリアル生産科学専攻, 馬場 勇人 高電流埋もれアーク溶接による厚板高能率溶接に関する研究

(2) マテリアル生産科学専攻, 金 東助 (DongCho Kim) Numerical simulation of  $\alpha/\gamma$  phase transformation in duplex stainless steel welds

(3) マテリアル生産科学専攻, 清水 万真 混合モード荷重下での耐脆性破壊性能評価のための破壊モデリング

**(4) 修士論文**

(1) マテリアル生産科学専攻, 松本 幸弥 金属積層造形における凝固割れ感受性評価方法の検討および凝固割れ発生予測

氏名：門井 浩太

**(1) 大学院等講義科目**

(1) マテリアル生産科学専攻 生産プロセス学 I

(2) マテリアル生産科学専攻 生産プロセス学 II

(3) マテリアル生産科学専攻 生産科学特別講義

(4) マテリアル生産科学専攻 接合プロセスメタラジー論

(5) 応用理工学科 接合プロセス工学 III

**(3) 博士論文 (副査)**

(1) マテリアル生産科学専攻, 本間 竜一 低炭素鋼低酸素溶接金属の粒内変態に関する研究

**(4) 修士論文**

(1) マテリアル生産科学専攻, 松本 幸弥 金属積層造形過程での凝固割れ感受性とその評価法の構築

## (5) 卒業論文

- (1) 応用理工学科 マテリアル生産科学科目 交流パルス MIG 溶接による銅 / ステンレス鋼  
生産科学コース, 川畑 竣大 の異材肉盛溶接とその冶金学的特徴

## 4. 9 社会貢献

氏名：井上 裕滋

### (1) 学会役員

- (1) (一社) スマートプロセス学会 編集委員会 委員
- (2) (一社) 日本鉄鋼協会 材料の組織と特性部会運営委員会 委員
- (3) (一社) 日本鉄鋼協会 接合・結合フォーラム幹事
- (4) (一社) 日本溶接協会 化学機械溶接研究委員会  
二相ステンレス鋼溶接小委員会委員
- (5) (一社) 日本溶接協会 学識会員
- (6) (一社) 日本溶接協会 特殊材料溶接研究委員会  
ブリテン書籍化 WG 委員
- (7) (一社) 日本溶接協会 特殊材料溶接研究委員会幹事
- (8) (一社) 日本溶接協会 溶接管理技術者 評価委員会 委員
- (9) (一社) 溶接学会 溶接冶金研究員会 委員長
- (10) (一社) 溶接学会 研究推進部会 委員
- (11) (一社) 溶接学会 フェロー
- (12) (一社) 溶接学会 編集委員会委員
- (13) (一社) 溶接学会 溶接冶金研究委員会  
破面写真集作成 WG 主査

### (5) 国・自治体・公益法人等への貢献

- (1) 尼崎市消防局 消防防災専門委員

氏名：門井 浩太

### (1) 学会役員

- (1) (一社) 日本鉄鋼協会 接合・結合フォーラム 幹事・会計

- |      |              |                       |
|------|--------------|-----------------------|
| (2)  | (一社) 日本鉄鋼協会  | 創形創質工学部会若手フォーラム 幹事    |
| (3)  | (一社) 日本鉄鋼協会  | 論文誌編集委員会 専門委員         |
| (4)  | (一社) 日本溶接協会  | 特殊材料研究委員会 幹事          |
| (5)  | (一社) 日本溶接協会  | 溶接材料部会 共研第4分科会 委員     |
| (6)  | (一社) 溶接学会    | 関西支部 監事               |
| (7)  | (一社) 溶接学会    | 企画委員会 委員              |
| (8)  | (一社) 溶接学会    | 編集委員会 委員              |
| (9)  | (一社) 溶接学会    | 溶接冶金研究委員会 幹事          |
| (10) | (一社) 溶接学会    | 溶接冶金研究委員会 破面写真集 WG 幹事 |
| (11) | (一社) 溶接学会    | 論文査読委員会 委員            |
| (12) | (公社) 日本鑄造工学会 | 査読委員                  |

#### (6) 研究留学生

- |     |                                |                                 |
|-----|--------------------------------|---------------------------------|
| (1) | 特別研究学生 (JWRI道場プログラム) :<br>賀 凤东 | ステンレス鋼溶接金属部の組織形成過程制御<br>と耐食性の向上 |
|-----|--------------------------------|---------------------------------|

#### 4. 10 全国共同利用に関する研究

##### (1) 令和3年度共同研究員と研究テーマ

氏名：井上 裕滋

一般公募研究課題

- |     |                                      |       |                                |
|-----|--------------------------------------|-------|--------------------------------|
| (1) | (国研) 物質・材料研究機構                       | 柳樂 知也 | 高 Mn 鋼の溶接凝固割れ感受性評価と凝固割れ発生機構の解明 |
| (2) | 秋田大学大学院<br>理工学研究科                    | 宮野 泰征 | オーステナイト系ステンレス鋼溶接部組織の微生物腐食感受性評価 |
| (3) | 大阪大学大学院工学研究科<br>日本製鉄協働研究所            | 丸山 直紀 | 熱影響部モデル組織の組織設計と評価手法の研究         |
| (4) | 大阪大学大学院工学研究科<br>日本製鉄協働研究所            | 杉山 昌章 | 熱影響部モデル組織の組織設計と評価手法の研究         |
| (5) | 東北大学工学研究科<br>知能デバイス材料学専攻<br>材料電子化学講座 | 小鯖 匠  | Fe-Al 異材接合に関する研究               |

- |     |   |      |                                  |
|-----|---|------|----------------------------------|
| (6) | 東北大学大学院工学研究科<br>知能デバイス材料学専攻<br>材料電子化学講座 | 武藤 泉 | 接合部の耐食性評価とその高度化 Fe-Al 異材接合に関する研究 |
|-----|---|------|----------------------------------|

氏名：門井 浩太

一般公募研究課題

- |      |                                    |                   |                                    |
|------|------------------------------------|-------------------|------------------------------------|
| (1)  | 関西大学化学生命工学部<br>化学・物質工学科            | 丸山 徹              | ハイエントロピー合金の凝固組織と変形双晶の評価            |
| (2)  | 群馬大学大学院理工学府                        | 西田 進一             | 溶融加工プロセスでの凝固割れ発生現象の解明とその防止技術の構築    |
| (3)  | 群馬大学大学院理工学府                        | 山本 貴也             | 溶融凝固を利用した発泡金属の創製                   |
| (4)  | 群馬大学大学院理工学府                        | 半谷 禎彦             | 溶融凝固を利用した発泡金属の創製                   |
| (5)  | 広島大学デジタルものづくり教育研究センター              | 荒川 仁太             | レーザ溶接継手における疲労破壊現象の解明               |
| (6)  | 広島大学大学院工学研究院                       | 曙 紘之              | 優れた動的強度特性を発現する溶接接合技術の開発            |
| (7)  | 広島大学大学院<br>先進理工系科学研究科<br>機械工学プログラム | セルバラージ<br>トーマスプラブ | 高品質溶接部を実現する組織制御技術の開発               |
| (8)  | 神戸大学大学院工学研究科<br>機械工学専攻             | 堀田 大樹             | 散逸エネルギーに基づくレーザ溶接部の疲労限度評価に関する研究     |
| (9)  | 神戸大学大学院<br>工学研究科機械工学専攻             | 小川 裕樹             | 非破壊評価に基づく接合継手の動的強度特性評価             |
| (10) | 日本原子力研究開発機構<br>原子力基礎工学研究センター       | 青木 聡              | 自在設計のためのテーラード溶接プロセスシミュレーションシステムの構築 |

(2) 共同研究員との共著論文件数 (査読付き学術論文, 国際会議論文)

- |     |    |   |
|-----|----|---|
| (1) | 合計 | 2 |
|-----|----|---|

スマートプロセス研究センター  
スマートコーティングプロセス学分野



## スマートプロセス研究センター スマートコーティングプロセス学分野

### 4. 1 研究概要

本研究分野では、ナノ粒子、粉体プロセスを基礎としたコーティングプロセスの開発によって、我が国のものづくり技術の発展と安心、安全、環境、エネルギー問題等への貢献を通じて、スマートコーティングプロセス学の構築に寄与することを目指している。具体的には、機械的手法を基礎とした粉体プロセスであるブレイクダウン法をはじめ、気相法、液相法を基礎としたビルドアップ法、さらには水蒸気を導入した新しい固相プロセスなどによって、スマートコーティングプロセスの開発を進めている。

ブレイクダウン法では、ナノ粒子、粉体の持つ特異な性質を活かすことにより、大気圧下非加熱で粒子表面に微粒子等をコーティングするプロセスや微粒子を合成するプロセスなどの開発が行われている。さらに、高い遠心加速度をボールミルに与えることのできる遊星ボールミルや、装置のスケールアップや量産化が可能な媒体攪拌型粉砕機を用いて、液中で加熱操作を施さずに微粒子を合成するプロセスの開発なども進めている。またビルドアップ法では、液相プロセスによる磁性ナノ粒子の粒子径や粒子形状の構造制御などが行われている。

これらの方法により構造制御された粒子を用いて、全固体電池などリチウムイオン二次電池の電極材料や固体電解質材料、超低熱伝導材料、蛍光体材料、磁気粘性流体など、様々な材料の開発を進めている。

### 4. 2 研究課題

1. 機械的手法による機能性ナノ粒子の非加熱合成技術の開発
2. 環境負荷低減のための二次電池用電極製造プロセスに関する研究
3. 複合粒子を用いた超低熱伝導材料の開発
4. 機能性微粒子合成のための水蒸気固相プロセスの開発
5. セラミックス粉体の超微粉砕技術の確立に関する研究

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. 機械的手法による機能性ナノ粒子の非加熱合成技術の開発

原料粉体表面に機械的な作用を繰り返し与えることにより、非加熱で複合酸化物などのナノ粒子を合成することができる。具体的な合成手法として、大気圧下非加熱で、粒子層に強力な圧縮力とせん断力を繰り返し付与する摩砕式ミルによって粒子合成を行う研究を実施した。一方、ミリングにおいて高い遠心加速度を与えることを特徴とする遊星ボールミルや、スケールアップや量産化が可能な媒体攪拌型粉砕機を用いて、液中にて強力な機械的作用を原料粉体に与えることによって、非加熱で粒子合成などを行うプロセスについても研究を進めた。

前者においては、Ce を添加した  $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$  (YAG) 蛍光体の合成プロセスの検討を引き続き行い、外部加熱を施すことなく非加熱での YAG 蛍光体の直接合成を試みた。本年度も、昨年度に引き続き、反応を促進するためのフッ化物系のフラックスを添加せずに、YAG 蛍光体粒子の非加熱合成を目指した。具体的には、摩砕式ミルにおいて原料混合粉体を処理する際の処理雰囲気、大気中から水素と窒素の混合ガスによる還元雰囲気に変えるとともに、粉体に与える機械的エネルギーも増加させた。その結果、短時間の機械的処理によって、結晶性の高い YAG 相が合成できた。さらに得られた粉体は、良好な蛍光体特性を示すことを確認した。

また、全固体リチウムイオン電池の安全な固体電解質として注目される高性能の酸化物固体電解

質材料を開発するために、高いイオン伝導率が期待される Ga 添加  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  系の電解質粉体の合成研究を継続し、原料粉体の非加熱処理のみで短時間での合成を達成した。この方法では、ワンポットの機械的処理によって、粒子合成に加えて、成形性向上に有効な造粒体の作製が可能であることから、成形体を作製後、焼結によって固体電解質を作製した結果、高いイオン伝導率 ( $\sigma_{\text{total}} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$ ) を示すことを見出した。

一方、後者においては、媒体攪拌型粉砕機を用いて、リチウムイオン二次電池の負極へ変換可能な  $\text{Li}_{1.81}\text{H}_{0.19}\text{Ti}_2\text{O}_5 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  (LHTO) の合成を試みた。既に遊星ボールミルによる原料混合粉体の水中処理によって LHTO が合成できることが示されているので、本研究においては遊星ボールミルの場合と同じ原料粉体を用いて処理を行った。その結果、高い遠心加速度を負荷しない媒体攪拌型粉砕機においても、LHTO が合成できることを明らかにした。さらに、媒体ボールのサイズが大きいほど、LHTO の反応率は高くなることを示した。既に遊星ボールミルにおける LHTO の合成実験において、LHTO の生成率を媒体ボールの法線方向の衝突エネルギーの積算値との関係でプロットすると、媒体ボールのサイズごとに、それぞれ 1 本の線で整理できることが分かっている。このことから、媒体攪拌型粉砕機においても、媒体ボールのサイズが大きいほど、媒体ボールの法線方向での衝突エネルギーが増大するため、LHTO の反応率が高くなるものと考察された。

## 2. 環境負荷低減のための二次電池用電極製造プロセスに関する研究

リチウムイオン二次電池の電極は活物質、導電助剤、バインダーで構成され、これらの粉体が混合した電極スラリーを集電体 (Al または Cu) に塗布することで作製される。電極スラリーの調製には一般的に有機溶媒が使用され、多段階の電極作製プロセスであることから、より低環境負荷な電極製造プロセスの開発が求められている。これまで水溶媒下での粉砕処理による電極活物質前駆体粒子の合成に成功していることから、合成粒子が分散した溶液内で集電体に直接成膜し、さらに電極へ変換できれば、リチウムイオン二次電池の電極製造プロセスの飛躍的な低コスト化に繋がる。そこで、本研究では溶媒中に分散させた微粒子を帯電させて電極基板上に直接堆積させる電気泳動堆積 (EPD) 法を適用し、液中粉砕法で合成した粒子の成膜、電極への変換プロセスの可能性を検討した。具体的には、液中粉砕法により LHTO の合成を行い、EPD 法により LHTO ナノ粒子を再分散させた溶媒中で Cu 箔上に成膜、LHTO/Cu 箔を焼成することで  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  (LTO)/Cu 負極を作製し、その負極特性を評価した。その結果、EPD 条件で LHTO 膜の厚みが制御できること、LHTO/Cu 箔を水素/アルゴン気流中で焼成することで LTO/Cu 負極が作製できることを明らかにした。さらに、作製された LTO/Cu 負極は導電助剤やバインダーが含まれていないにもかかわらず、電極膜が剥離することなく、良好な負極特性が得られることを示した。

## 3. 複合粒子を用いた超低熱伝導材料の開発

ナノ粒子を直接接合する低環境負荷型の非加熱複合化プロセスにより、断熱性能の極めて高い軽量ナノ多孔質材料を作製するプロセスを既に開発している。この方法は、ナノ粒子を繊維粒子表面に多孔質状に接合した複合繊維粒子を調製し、それを加圧成形することによって断熱材を作製するものである。本年度は、耐熱性の高いセラミック繊維粒子とシリカナノ粒子を原材料として選定し、高温場での断熱材料としての特性を検討した。作製した材料の熱伝導率を  $200^\circ\text{C}$  から最高  $1,200^\circ\text{C}$  まで繰り返し測定した結果、 $1,100^\circ\text{C}$  での熱伝導率は、 $0.11 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  と優れた低熱伝導率を維持しているが、 $1,200^\circ\text{C}$  まで加熱した際の熱伝導率は、材料の密度増加などの変化によって急激に増加することを明らかにした。一方、アルミナナノ粒子を用いて作製したナノ多孔質断熱材料を用いて熱伝導率の繰り返し測定を行った結果、 $1,200^\circ\text{C}$  まで加熱した際の熱伝導率は  $0.13 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  であり、従来から広く使用されているセラミック繊維断熱材料の熱伝導率に比べて、半分以下の優れた値で



あることを明らかにした。以上より、ナノ多孔質断熱材料においては、原料となるナノ粒子の熱的特性の違いによって、高温場での熱伝導率が大きく異なることを示した。

#### 4. 機能性微粒子合成のための水蒸気固相プロセスの開発

水蒸気雰囲気下では炭酸マンガン ( $\text{MnCO}_3$ ) の熱分解が低温から進行するとともに、生成する酸化マンガン ( $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ) の粒成長も促進される。これらの反応を利用し、 $\text{MnCO}_3$  球状粒子から多孔質  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  球が合成できることを見出し、その細孔構造内にカーボンナノ粒子を挿入させた  $\text{Mn}_3\text{O}_4/\text{C}$  複合粒子の作製に成功している。本年度は、リチウムイオン二次電池における  $\text{Mn}_3\text{O}_4/\text{C}$  複合粒子の負極特性を詳細に検討した。その結果、カーボンナノ粒子の複合化量の増加に伴い容量劣化が抑制でき、サイクル性能が向上することを明らかにした。カーボン添加量を増加させた際、カーボンナノ粒子は多孔質  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  球内への挿入に加え、粒子表面で凝集体を形成した。この複合構造が負極活物質である  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  粒子内外での導電経路の構築に加え、充放電時の体積変化の緩和に寄与したものと考察した。

一方、超微粉碎によって作製した非晶質固体電解質ナノ粒子の結晶化反応に及ぼす水蒸気作用を検討した。その結果、大気中での熱処理と比べ、同程度の結晶化度を有する粉体は水蒸気中では  $150^\circ\text{C}$  から  $100^\circ\text{C}$  程度低温で得られることを見出した。分光学的な構造解析から、結晶構造の再配列が水蒸気によって促進されていることを明らかにした。

#### 5. セラミックス粉体の超微粉碎技術の確立に関する研究

セラミックス微粉体の量産的製造技術の確立は、セラミックス材料の高機能化とコスト低減に不可欠である。その有力な製造プロセスが液中粉碎である。このプロセスでは、粉碎時間とともに粒子径は減少するが、ある時間で粉碎がストップし、粒子の再凝集が生じる。本研究では、このような超微粉碎プロセスを粒子運動シミュレーション (DEM) によって解析することを目指す。本年度は、ボール媒体ミルの中で汎用されている媒体攪拌型粉碎機を用いて、各種粉体の液中での粉碎実験を行い、粉碎結果を解析した。粉碎実験における各種因子を昨年度よりも広げて検討した結果、媒体攪拌型粉碎機による粉碎結果も、転動ボールミルや遊星ボールミルによる粉碎結果と同様に、媒体ボールによる衝突エネルギーによって整理できることを確認した。

### (2) 研究に対する自己評価

本研究分野では、主に機械的手法を基礎としたブレイクダウン法や、気相法、液相法を基礎としたビルドアップ法、さらには水蒸気を導入した新しい固相プロセスなど、多様なアプローチにより、スマートコーティングプロセスに関する研究開発を進めている。さらに、これらの連携によるシナジー効果を有効に活かして分野全体としての研究を進めている。このような分野運営の結果、10報の査読付き学術論文を発表した。また合計7件の解説記事を執筆するとともに、1件の著書を監修した。なお、本年度は、内藤教授が、「セラミックス材料の高機能化と高品質化のための革新的粉体プロセスの研究開発」に対して、アメリカセラミックス学会より、Samuel Geijsbeek PACRIM International Award を受賞した。その他、当分野では外部資金の獲得も積極的に進め、科学研究費補助金、環境研究総合推進費の研究予算に加えて、企業との共同研究予算も獲得した。

#### 4. 4 教育に対する自己評価

マテリアル生産科学専攻マテリアル科学コースの担当分野として、大学院の授業を担当するとともに大学院学生の研究指導を行った。また、内藤教授は、大学院後期課程の学生1名の博士学位の主査を担当した。その他、内藤教授、小澤助教は、全学教育推進機構の「学問の扉 (マチカネゼミ)」の講義を担当した。

#### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

##### 1. 国内外での学会等活動

本分野では、ナノ粒子、粉体工学を基礎としたコーティングプロセスの開発とともに、これらのプロセス技術を応用して、様々な材料開発を進めている。したがって、粉体工学を中核としながら、多様な学問領域と連携して国内外の学会活動を進めている。

その結果、内藤教授は、学会、公益法人等の委員計 35 件、12 件の国際会議委員を担当し、国内外の学会等活動に寄与した。特に、アメリカセラミックス学会の理事に 2020 年 10 月に就任するとともに、世界のセラミックス研究者の代表的団体である World Academy of Ceramics においては、Advisory Board Member として引き続き活動を進めており、セラミックス研究分野の国際的活動に貢献している。また、小澤助教は、学会公益法人等の委員 4 件、2 件の国際会議委員を担当した。

国際会議においては、(一社)粉体工学会が主催となり、当研究所が共催機関である「材料界面の評価と制御に関する国際会議」(ICCCI2022)の開催に向けた準備を進めている。この国際会議は 3～4 年に 1 度開催されるが、今回は内藤教授が名誉議長を担当し、小澤助教が国内委員会委員を担当している。新型コロナウイルスの状況を考慮した結果、当初の予定を延期し、2022 年 11 月 15 - 18 日に日本で開催の予定である。このように、委員等の参画に関して、本分野は十分な活動を展開したものと自己評価できる。

##### 2. 国際貢献

本分野においては、上記に記載したように、多くの国際会議に委員として参加し国際貢献を進めた。本年度も新型コロナウイルス問題のために、海外の研究機関への訪問、海外の国際会議への出席などが不可能であったが、オンライン会議などを活用して国際連携を進めた。

学術交流協定締結機関である上海セラミックス研究所、並びに国立台湾大学とは、共同研究に関する学術論文の作成を行った。また、グルノーブル工科大学等とは、担当者とオンライン会議を通じて、引き続き研究情報交換を行った。さらに広東工業大学からは、国際共同研究員として博士課程に在籍中の学生が 1 年間の予定で来日し、新型コロナウイルスの感染状況を考慮して 2021 年 10 月に帰国した。

以上のように、本年度は新型コロナウイルスの影響により、通常の活発な国際交流を実施できなかったが、オンラインなどでの交流を通じて充実した国際貢献を展開できた。

#### 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

本年度に当分野では、一般課題として計 26 名の共同研究員を受け入れ、活発な共同研究を進めた。その結果、当分野における共同研究員との連名の学術論文は 4 件であった。

さらに国際共同研究員として、広東工業大学より博士課程の学生 1 名を受け入れた。この研究員は、2020 年 12 月から 2021 年 10 月まで当分野に滞在し、共同研究を展開した。また、研究成果として、学術論文 1 件が掲載予定である。

以上報告したように、本分野では積極的に全国共同利用に関する活動を推進しているものと自己評価される。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Magnetorheological Fluids with Surface-Modified Iron Oxide Magnetic Particles with Controlled Size and Shape  
ACS Appl. Mater. Interfaces, 13 (2021), 20581-20588.  
C. Shen, Y. Oda, M. Matsubara, J. Yabuki, S. Yamanaka, H. Abe, M. Naito, A. Muramatsu and K. Kanie
- (2) Sintering of Degradable Bone Substitutes at Room Temperature  
Ceram. Int., 47, 15 (2021), 21714-21720.  
H.-Yi. Lin, Y.-K. Huang, P.-Y. Hsu, W.-H. Tuan and M. Naito
- (3) Smart Powder Processing for Excellent Advanced Materials and Its Applications  
KONA Powder Part. J., 39 (2021), 2023001.  
M. Naito, T. Kozawa, A. Kondo and C. C. Huang
- (4) Combined Wet Milling and Heat Treatment in Water Vapor for Producing Amorphous to Crystalline Ultrafine  $\text{Li}_{1.3}\text{Al}_{0.3}\text{Ti}_{1.7}(\text{PO}_4)_3$  Solid Electrolyte Particles  
RSC Adv., 11 (2021), 14796-14804.  
T. Kozawa
- (5) Development of Graphene Aerogels with High Strength and Ultrahigh Adsorption Capacity for Gas Purification  
Mater. Des., 208 (2021), 109903.  
J. Li, X. Li, X. Zhang, J. Zhang, Y. Duan, X. Li, D. Jiang, T. Kozawa and M. Naito
- (6) Solution-Based Approach for the Continuous Fabrication of Thin Lithium-Ion Battery Electrodes by Wet Mechanochemical Synthesis and Electrophoretic Deposition  
Adv. Eng. Mater., 23 (2021), 2100524.  
T. Kozawa, C. Zhang, T. Uchikoshi, K. Fukuyama, A. Kondo and M. Naito
- (7) Rapid Synthesis of YAG Phosphor by Facile Mechanical Method  
Int. J. Appl. Ceram. Technol. (2021)  
A. Kondo, T. Kozawa, T. Ishikawa and M. Naito
- (8) Low Temperature Synthesis of Ga-doped  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  Garnet-Type Solid Electrolyte by Mechanical Method  
Adv. Powder Technol., 32, 10 (2021), 3860-3868.  
K. Kanai, S. Ozawa, T. Kozawa and M. Naito
- (9) Microstructural Development of  $\text{MnCO}_3$  Microsphere Compacts through Hydrothermal Hot-Pressing  
J. Eur. Ceram. Soc., 42, 4 (2022), 1530-1536.  
T. Kozawa
- (10) アルミナナノ粒子断熱材の特性におよぼす加熱処理の影響  
粉体工学会誌, 58 (2021), 596-602.  
田坂 太一, 大村 高広, 近藤 光, 小澤 隆弘, 内藤 牧男

## (7) 国際会議発表

- (1) Improvement of Mechanical Properties of Geopolymer Produced from Mechanically Activated Coal Fly Ash  
8th Int. Congress on Ceramics (ICC8), Virtual, Korea (2021.4.25-30)  
M. Matsuoka, K. Okura, N. Murayama and M. Naito
- (2) Synthesis of Anisotropic Nanoparticles by Wet Planetary Ball Milling  
8th Int. Congress on Ceramics (ICC8), Virtual, Korea (2021.4.25-30)  
T. Kozawa, K. Fukuyama, A. Kondo and M. Naito
- (3) Preparation of Conversion-Type Porous  $Mn_3O_4/C$  Composite Anode for Lithium-Ion Batteries  
The 8th Asian Particle Technology Symp., Hybrid (Osaka + Online) (2021.10.11-14)  
F. Kitabayashi, T. Kozawa and M. Naito

## (8) 国内学会発表

- (1) A Kinetic Study of Tetrabromobisphenol Mechanochemical Degradation in Planetary Milling  
粉体工学会2021年度春期研究発表会, オンライン開催 (2021.6.2-3)  
Yiyun Xiao, 綱澤 有輝, 高谷 雄太郎, 加藤 達也, 内藤 牧男, 所 千晴
- (2) 高エネルギー粉砕による酸化物固体電解質の超微粒子作製と表面特性  
日本セラミックス協会 第34回秋季シンポジウム, オンライン (2021.9.1-3)  
小澤 隆弘
- (3) 水蒸気焼成による非晶質固体電解質の低温結晶化  
日本セラミックス協会 第34回秋季シンポジウム, オンライン (2021.9.1-3)  
小澤 隆弘
- (4) 水熱ホットプレスによる炭酸マンガン球の微構造変化  
無機マテリアル学会第143回学術講演会, オンライン (2021.11.10-11)  
小澤 隆弘
- (5) LATP被覆 $LiNi_{1/2}Mn_{3/2}O_4$ の電気化学インピーダンス法による評価  
第62回電池討論会, 横浜 (ハイブリッド) (2021.11.30-12.2)  
今崎 充康, 今泉 純一, 菊池 剛, 福山 香代, 小澤 隆弘, 内藤 牧男
- (6) 多孔質 $Mn_3O_4/C$ 複合粒子によるコンバージョン型リチウムイオン二次電池負極のサイクル性能向上  
日本セラミックス協会2022年年会, オンライン (2022.3.10-12)  
小澤 隆弘, 北林 史弥, 福山 香代, 内藤 牧男

## (9) 国際会議講演

- (1) High Quality Advanced Ceramics by the Microstructure Control of Particles and Powders  
8th International Congress on Ceramics (ICC8), Virtual, Korea (2021.4.25-30)  
M. Naito
- (2) Smart Powder Processing for High Quality Advanced Materials  
The 8th Asian Particle Technology Symposium (APT2021), Osaka, Japan (2021.10.11-14)  
M. Naito, T. Kozawa and A. Kondo

- (3) Smart Powder Processing for Sustainable Society  
MS&T21, Hybrid, USA (2021.10.17-22)  
M. Naito, T. Kozawa and A. Kondo
- (4) Wet Mechanochemical Synthesis of Morphology-Controlled Functional Particles  
14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM 14) including Glass & Optical Materials Division 2021 Annual Meeting (GOMD 2021), Virtual (2021.12.13-16)  
T. Kozawa, A. Kondo and M. Naito

#### (10) 国内会議講演

- (1) 私たちの生活を支える粉体の話  
(一社)粉体工学会主催, 芸術と粉体工学に関するワークショップ2021年度第1回研究会, 愛媛 (2021.8.6)  
内藤 牧男
- (2) 粉体とは?  
(一社)粉体工学会主催, 第2回粉体塾, オンライン開催 (2021.9.17)  
内藤 牧男
- (3) 粉体とは?  
(一社)粉体工学会主催, 第3回粉体塾, オンライン開催 (2021.9.30)  
内藤 牧男
- (4) 私たちの生活を支える粉体の魅力と粉体工学会の活動について  
(一社)粉体工学会主催, 芸術と粉体工学に関するワークショップ2021年度第2回研究会, 山梨 (2021.12.27)  
内藤 牧男
- (5) 粉砕とは?  
(一社)日本粉体工業技術協会主催, 粉体技術者養成講座「粉砕」, オンライン開催 (2022.2.25)  
内藤 牧男
- (6) 粉砕技術の応用と今後の展開  
(一社)日本粉体工業技術協会主催, 粉体技術者養成講座「粉砕」, オンライン開催 (2022.2.25)  
内藤 牧男
- (7) 微粒子・粉体プロセスの電池材料への展開  
日本化学会第102春季年会コラボレーション企画「全固体電池のプロセスサイエンス」, オンライン開催 (2022.3.24)  
内藤 牧男
- (8) 特異反応場を駆使した機能性微粒子の作製とその応用  
大阪大学接合科学研究所 第18回 産学連携シンポジウム, WEB開催 (2021.7.2)  
小澤 隆弘
- (9) 微構造制御された正極活物質粒子の合成と全固体電池用コンポジット正極の作製  
全固体リチウムイオン電池技術の研究開発動向, オンライン (2021.8.25)  
小澤 隆弘
- (10) 逃がさない穴で資源リサイクルに挑戦  
APPIE産学官連携フェア2021, 大阪 (2021.10.14)  
小澤 隆弘

## (11) 解説・総説

- (1) 持続可能な社会を支えるナノ粒子，微粒子プロセスの新展開  
化学装置， 63, 5 (2021), 17-24.  
内藤 牧男， 小澤 隆弘， 近藤 光
- (2) 粉碎技術の最近の動向と今後の展開—湿式微粉碎技術を中心に  
粉体技術， 13, 9 (2021), 676-682.  
内藤 牧男， 小澤 隆弘， 近藤 光
- (3) 持続可能な社会に貢献する粉体技術  
工業材料， 69, 10 (2021), 14-19.  
内藤 牧男， 小澤 隆弘， 近藤 光
- (4) 国際粉体工業展大阪に見る粉体技術—最近の動向—  
化学装置， 64, 3 (2022), 17-23.  
内藤 牧男
- (5) 水蒸気固相反応プロセスによる粒子合成  
セラミックス， 56, 8 (2021), 526-530.  
小澤 隆弘
- (6) 特異反応場を駆使した機能性微粒子の作製とその応用  
生産と技術， 73, 4 (2021), 22-24.  
小澤 隆弘， 近藤 光， 内藤 牧男
- (7) 湿式粉碎過程における碎料粒子径の予測法とソフトウェアKIK-DEM  
粉体技術， 13, 9 (2021), 683-689.  
石原 真吾， 久志本 築， 加納 純也， 近藤 光， 小澤 隆弘， 内藤 牧男

## (12) 著書

- (1) 「ソサエティー 5.0を目指した次世代粉体技術ガイダンス - IoT, AI, 粉体計測とシミュレーションの最新動向 -」, 「化学装置」2021年9月号別冊  
(株)工業通信, (2021), 監修  
内藤 牧男

## (15) 受賞

- (1) Samuel Geijsbeek PACRIM International Award  
The American Ceramic Society (2021.12.13)  
内藤 牧男

## (17) 外部資金

(単位：千円)

### 科学研究費補助金

- |     |         |                               |       |       |
|-----|---------|-------------------------------|-------|-------|
| (1) | 基盤研究(B) | 白色 LED 用蛍光体の大気圧下非加熱合成プロセスの開発  | 内藤 牧男 | 2,470 |
| (2) | 基盤研究(B) | 水蒸気焼成による正極活物質－固体電解質の固固界面接合の実現 | 小澤 隆弘 | 7,410 |

## 民間等との共同研究

- |     |                        |       |       |
|-----|------------------------|-------|-------|
| (1) | 粉体の微細構造制御に関する研究        | 内藤 牧男 | 5,720 |
| (2) | 水蒸気焼成による層状岩塩型正極の合成可否検討 | 小澤 隆弘 | 2,000 |

## 受託研究

- |     |                               |       |       |
|-----|-------------------------------|-------|-------|
| (1) | 廃棄二次電池からのリチウム循環利用を促す酸化物多孔体の開発 | 小澤 隆弘 | 4,860 |
|-----|-------------------------------|-------|-------|

## 奨学寄付金

- |     |  |       |       |
|-----|--|-------|-------|
| (1) |  | 内藤 牧男 | 1,000 |
|-----|--|-------|-------|

## 4. 8 教育

氏名：内藤 牧男

### (1) 大学院等講義科目

- |     |             |                              |
|-----|-------------|------------------------------|
| (1) | マテリアル生産科学専攻 | 粉体機能化学                       |
| (2) | 全学教育推進機構    | 学問への扉（ものづくりサイエンス「金属・無機材料調査」） |

### (2) 博士論文（主査）

- |     |                    |                         |
|-----|--------------------|-------------------------|
| (1) | マテリアル生産科学専攻, 田坂 太一 | 高温用断熱材料の作製とその特性評価に関する研究 |
|-----|--------------------|-------------------------|

### (4) 修士論文

- |     |                    |  |
|-----|--------------------|--|
| (1) | マテリアル生産科学専攻, 北林 史弥 | 高容量多孔質 $\text{Mn}_3\text{O}_4/\text{C}$ 複合負極材料の微構造設計 |
|-----|--------------------|--|

氏名：小澤 隆弘

### (1) 大学院等講義科目

- |     |          |  |
|-----|----------|--|
| (1) | 全学教育推進機構 | 学問への扉（ものづくりサイエンス「表面の不思議－表面を変えると接合も変わる－」） |
|-----|----------|--|

#### 4. 9 社会貢献

氏名：内藤 牧男

##### (1) 学会役員

- |      |                           |                                   |
|------|---------------------------|-----------------------------------|
| (1)  | (一社) スマートプロセス学会           | 監事                                |
| (2)  | (一社) 日本粉体工業技術協会           | 「粉体技術」誌編集委員会 委員長                  |
| (3)  | (一社) 粉体工学会                | 参事                                |
| (4)  | (一社) 粉体工学会                | 監事                                |
| (5)  | (一社) 粉体工学会                | 井伊谷賞推薦委員会委員長                      |
| (6)  | (一社) 粉体工学会                | 芸術と粉体工学に関するワークショップ代表世話人           |
| (7)  | (一社) 粉体工学会                | ダイバーシティー委員会委員                     |
| (8)  | (公社) 日本セラミックス協会           | 2021 年年会 開催地実行委員会委員               |
| (9)  | World Academy of Ceramics | Advisory Board Member             |
| (10) | World Academy of Ceramics | Prize Committee Member            |
| (11) | World Academy of Ceramics | Professional Member (Academician) |
| (12) | アメリカセラミックス学会              | 理事                                |

##### (2) 国際会議委員

- |     |  |  |
|-----|--|--|
| (1) | ICC8   | Member of the International Steering Committee                         |
| (2) | ICC8   | Organizer of Advanced Powder Processing and Manufacturing Technologies |
| (3) | ModTech 2021   | Honory President   |
| (4) | APT2021  | Local Organizing Committee Member                                      |
| (5) | Symposium of Advanced Powder Processing and Manufacturing Technologies, PACRIM14 | Organizer  |
| (6) | Congress on Particle Technology (PARTEC2022)                                     | Member of Scientific Committee   |



- |      |   |   |
|------|---|---|
| (7)  | Symposium of 6th International Richard M. Fulrath Symposium, PACRIM14 | Organizer   |
| (8)  | CIMTEC2022  | Member of International Advisory Board              |
| (9)  | CIMTEC2022  | International Advisory Board Member of Symposium CA |
| (10) | ModTech 2022  | Honory President                                    |
| (11) | ICC9 Ceramics in Europe 2022  | Member of International Advisory Committee          |
| (12) | ICCCI 2022  | Emeritus chairman                                   |
| (5)  | <b>国・自治体・公益法人等への貢献</b>  |   |
| (1)  | (NPO 法人) 富士山からはじまる天然顔料と粉砕の研究会   | 副理事長  |
| (2)  | (一社) 日本ファインセラミックス協会   | 標準化委員会 EC-3 委員長                                     |
| (3)  | (一社) 日本ファインセラミックス協会   | ファインセラミックス標準化連絡協議会委員                                |
| (4)  | (一社) 日本ファインセラミックス協会   | 標準化テーマ選定委員会委員                                       |
| (5)  | (一社) 日本ファインセラミックス協会   | 標準化委員会委員  |
| (6)  | (一社) 日本粉体工業技術協会   | 常務理事  |
| (7)  | (一社) 日本粉体工業技術協会   | 粉砕分科会コーディネーター                                       |
| (8)  | (公財) ホソカワ粉体工学振興財団   | 論文誌 KONA 編集委員                                       |
| (9)  | (公財) ホソカワ粉体工学振興財団   | 理事  |
| (10) | (公財) 近藤記念財団   | 研究助成選考委員  |
| (11) | (国研) 科学技術振興機構   | A-STEP 産学共同 (育成型) 機能材料分野<br>評価アドバイザー                |
| (12) | (独) 日本学術振興会   | 先進セラミックス材料第 124 委員会運営委員                             |
| (13) | (独) 日本学術振興会   | 先進セラミックス材料第 124 委員会<br>粉体プロセス分科会幹事                  |
| (14) | Ceramics International published by Elsevier                          | Editorial Board Member                              |

- |   |  |
|---|--|
| (15) International Journal of Manufacturing Economics and Management (IJMEM)      | Member of the Scientific Committee               |
| (16) Journal of Modern Manufacturing Technology                                   | Associate Editor                                 |
| (17) Particle Journal   | Member of International Editorial Advisory Board |
| (18) The State Key Lab. of Metal Matrix Composites, Shanghai Jiao Tong University | Guest Professor                                  |
| (19) 山梨県  | 京都山梨県人会理事  |
| (20) 山梨県  | やまなし産業立地アドバイザー                                   |
| (21) 物質・デバイス共同研究拠点  | 共同研究員  |
| (22) 粉体工学情報センター   | 学術奨励賞選考委員  |
| (23) 粉体工学情報センター   | 理事   |

氏名：小澤 隆弘

**(1) 学会役員**

- |                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| (1) (一社)粉体工学会      | 編集委員会 委員                     |
| (2) (公社)日本セラミックス協会 | 第34回秋季シンポジウム<br>セッションオーガナイザー |

**(2) 国際会議委員**

- |                   |                                   |
|-------------------|-----------------------------------|
| (1) ICCCI 2022    | Local organizing committee member |
| (2) Visual-JW2022 | Executive committee member        |

**(5) 国・自治体・公益法人等への貢献**

- |                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| (1) Advanced Powder Technology      | Editorial Board Member |
| (2) 文部科学省 / 科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センター | 専門調査員                  |

#### 4. 10 全国共同利用に関する研究

##### (1) 令和3年度共同研究員と研究テーマ

氏名：内藤 牧男

一般公募研究課題

- |      |  |        |   |
|------|--|--------|---|
| (1)  | (一財) 建材試験センター<br>中央試験所 環境グループ              | 田坂 太一  | 超低熱伝導材料の熱物性評価   |
| (2)  | (一財) 電力中央研究所<br>エネルギー技術研究所                 | 野田 直希  | 石炭灰微粒子の有効利用拡大に向けた粒子<br>表面制御技術の検討                          |
| (3)  | (一財) 電力中央研究所<br>エネルギー技術研究所                 | 牧野 尚夫  | 石炭灰微粒子の有効利用拡大に向けた粒子<br>表面制御技術の検討                          |
| (4)  | (国研) 産業技術総合研究所                             | 阿部 陽香  | 多孔質材料の熱物性評価   |
| (5)  | (国研) 産業技術総合研究所                             | 阿子島めぐみ | 複合材料の熱物性評価  |
| (6)  | (国研) 産業技術総合研究所<br>地質調査総合センター<br>地圏資源環境研究部門 | 綱澤 有輝  | メカノケミカル反応を用いた遊星ボールミ<br>ル粉砕による臭素系難燃剤を含有するプラ<br>スチックからの臭素除去 |
| (7)  | 関西大学環境都市工学部<br>エネルギー・環境工学科                 | 松岡 光昭  | 機械的手法による廃棄物の表面改質と機能<br>性材料の開発に関する研究                       |
| (8)  | 関西大学環境都市工学部<br>エネルギー・環境工学科                 | 村山 憲弘  | 機械的手法による廃棄物の表面改質と機能<br>性材料の開発に関する研究                       |
| (9)  | 岐阜大学工学部                                    | 高井 千加  | シェルの微構造を考慮した ZnO 担持ナノシ<br>リカ中空粒子の合成                       |
| (10) | 九州工業大学大学院<br>工学研究院                         | 本塚 智   | 粉砕中の金属粒子の凝着機構の解明と超極<br>薄偏平軟磁性金属粒子の創出に関する研究                |
| (11) | 山形大学学術研究院<br>システム創成工学分野                    | 木俣 光正  | 摩砕ミルによるポリマー処理粒子の構造制<br>御に関する研究                            |
| (12) | 山口東京理科大学大学院<br>工学研究科                       | 石川 敏弘  | セラミックス粉体の構造制御に関する研究                                       |
| (13) | 女子美術大学芸術学部                                 | 荒 姿寿   | 天然無機物の微粒子分散プロセスが色彩特<br>性、造形素材に及ぼす影響                       |
| (14) | 女子美術大学芸術学部                                 | 稲田亜紀子  | 天然無機物の微粒子分散プロセスが色彩特<br>性、造形素材に及ぼす影響                       |
| (15) | 女子美術大学<br>染織文化資源研究所                        | 橋本 信   | 天然無機物の微粒子分散プロセスが色彩特<br>性、造形素材に及ぼす影響                       |

- |      |                                    |       |   |
|------|------------------------------------|-------|---|
| (16) | 女子美術大学日本画研究室                       | 宮島 弘道 | 天然無機物の微粒子分散プロセスが色彩特性, 造形素材に及ぼす影響                  |
| (17) | 早稲田大学理工学術院                         | 所 千晴  | メカノケミカル反応を用いた遊星ボールミル粉碎による臭素系難燃剤を含有するプラスチックからの臭素除去 |
| (18) | 大阪府立大学大学院<br>工学研究科                 | 野村 俊之 | ナノ粒子を用いた金属表面の加工とその利用技術の開発                         |
| (19) | 長岡技術科学大学工学部                        | 田中 諭  | 全固体リチウムイオン二次電池の電極の成形と焼結                           |
| (20) | 東北大学<br>多元物質科学研究所                  | 蟹江 澄志 | 液相合成チタン酸リチウム系ナノ粒子の特性評価                            |
| (21) | 東北大学<br>多元物質科学研究所<br>機能性粉体プロセス研究分野 | 石原 真吾 | 湿式ボールミルの粉碎挙動解析                                    |
| (22) | 東北大学<br>多元物質科学研究所<br>機能性粉体プロセス研究分野 | 久志本 築 | 湿式ボールミルの粉碎挙動解析                                    |
| (23) | 東北大学<br>多元物質科学研究所<br>機能性粉体プロセス研究分野 | 加納 純也 | 湿式ボールミルの粉碎挙動解析                                    |
| (24) | 名古屋工業大学 先進セラ<br>ミックス研究センター         | 藤 正督  | シェルの微構造を考慮した ZnO 担持ナノシリカ中空粒子の合成                   |
| (25) | 名城大学理工学部                           | 内田儀一郎 | Li イオン電池電極用ナノ材料の基礎的研究                             |
| (26) | 和歌山工業高等専門学校<br>知能機械工学科             | 大村 高弘 | 超低熱伝導材料の熱物性評価                                     |

#### 国際共同研究

- |     |   |             |  |
|-----|---|-------------|--|
| (1) | Guangdong University<br>of Technology/School<br>of Electromechanical<br>Engineering | Tan Da-Wang | Structure control and characterization of fine particles and nanoparticles |
|-----|---|-------------|--|

(2) 共同研究員との共著論文件数 (査読付き学術論文, 国際会議論文)

- |     |    |   |
|-----|----|---|
| (1) | 合計 | 3 |
|-----|----|---|

スマートプロセス研究センター  
ナノ・マイクロ構造制御プロセス学分野



## スマートプロセス研究センター ナノ・マイクロ構造制御プロセス学分野

### 4. 1 研究概要

本分野では、実用部材へ複数素材を導入し複雑形状を付与する工学的アプローチとして、アディティブ・マニファクチャリングにおける接合科学を探究し、高機能を発現する実用材料の独創的な造形プロセスを実践している。環境様相を安定させるために機能構造を大規模に構築し、都市発展を保障するために物質資源を効率的に循環させ、持続可能社会を実現する施策案を積極的に検討する。環境構築工学や物質循環工学として体系化するべく、人工知能技術の活用も視野に入れつつ、設計・製造・評価プロセスの自動化を含めて研究開発を進めている。

環境構築ならびに物質循環工学は、持続可能な開発目標 SDGs の実現に寄与するため、既存の科学技術を駆使して、戦略的に取り組もうとする学究姿勢である。これを牽引するのが、アディティブ・マニファクチャリングであり、任意形状の2次元断面を積層しつつ接合し、複雑形状の3次元構造を高速かつ精密に製造するプロセスである。そのなかで、ペースト化した粉体素材をステージ上に塗布し、紫外線レーザーによる描画を経て、積層と接合を順次繰り返す、独自のリソグラフィ手法を考案した。また、ペースト素材をノズルから部材上へ噴射しつつ、レーザービームやプラズマ照射による熱アシストを経て、肉盛り溶接や接合を繰り返す、デポジション手法も考案した。

リソグラフィ方式の造形プロセスは、紫外線硬化性の液体樹脂へ粉体材料を高濃度に分散した、ペースト状の接合素材を用いるのが特徴である。はじめに、機械制御のナイフエッジを動作し、ガラス基板上にペースト素材を平滑塗布する。つぎに、紫外線レーザー描画により、任意形状の2次元断面層を得る。さらに、積層と接合を繰り返し、複雑形状の3次元構造体を得る。フィラー分散型の樹脂部材として、そのまま使用を検討するととも可能であるし、脱脂および焼成を経て、金属やセラミック部材へも転換できる。紫外線レーザーの強度増加により、描画処理や積層接合と同時に、有機成分の脱脂や微粒子の焼結を達成し、実用部材を直接造形にも成功している。

デポジション方式の造形プロセスは、粉体を分散した樹脂ペーストを原料素材として用いる。はじめに、機械制御のシリンジ動作により、分量を精密に制御しつつ、ペースト素材を細孔ノズルから吐出する。つぎに、ノズル先端へ高圧ガスを噴射し、ペースト素材をスパッタしつつ、マイクロミストを形成する。さらに、吐出孔の周辺へ環状に配置したレーザーやプラズマ源から、熱エネルギーを照射しつつ接点へマイクロミストを導入する。樹脂成分が燃焼すると同時に微粒子が加熱加速され、ターゲット部材へ衝突しつつ焼結し堆積が進む。ノズルや基材を移動させれば、緻密コーティング層や機能性パターンを形成できるし、肉盛り積層による立体部材の造形も可能である。

研究開発の実践においては、コンピュータグラフィックを活用した理論設計から、自動制御のロボット装置による精密作製を経て、ビジュアル化技術を重視した計測評価について、必要最小限のループ数で繰り返した。最適な構造体を短時間で効率的に製造する、独自のスマートプロセスを実践し、産学連携を基盤とした社会貢献を進めた。学問の体系化を主眼とする教育活動では、環境構築ならびに物質循環工学を教材として、学生への講義や実習を進めた。すなわち、金属・セラミック・樹脂素材を複合し、数学的に設計された幾何学図形を立体構築することで、材料物性の向上は勿論のこと、全く異なる機能特性を発掘しようとする、独自の学究姿勢である。

将来的な溶接・接合プロセスの実践領域として、新たに調査研究を始めているのが、ブロック方式の構造構築である。積層造形した大型部材を立体的に勘合させ、継目部分へ意図的に導入した微細溝を開先として、効率的な一体化を達成する。造形物の製作に用いたペースト素材を高温熱源へ投入し、熔融凝固または固相焼成を経て溶接・接合を達成する。配置エントロピー制御による多次元的な複合材料の開発も同時に進め、地球規模での地政学的な観点から実践領域を検討し、環境構築工学ならびに物質循環工学としての体系化をめざして研鑽を積む。

## 4. 2 研究課題

1. 数列制御した樹枝分岐を有するセラミック製ガスノズルの造形と水素火力発電への応用検討
2. 溶融金属からの酸素分離を可能にする微細凹凸表面を導入した固体電解質電極の積層造形
3. 深紫外線殺菌用のシリカガラスフィルタ造形と空間充填多面体における光導波軌跡の最適化
4. 連通した微細孔を有するセラミックスタックの作製と熱音響変換による高効率熱輸送の検討
5. マイクロパターンを付与した圧電体素子からの指向性超音波発振と海水淡水化処理への応用
6. 分散粒子における光散乱シミュレーションとシリコンカーバイド製高温耐熱部材の積層造形
7. 高強度セラミック部材の精密造形と人工歯冠インプラントの耐久性ならびに透光性組織制御
8. エバネッセント領域における現象効果の検討と環境構築工学ならびに物質循環工学の実践

## 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

### (1) 研究成果

1. 数列制御した樹枝分岐を有するセラミック製ガスノズルの造形と水素火力発電への応用検討  
廃気体中に炭酸ガスを含まない、水素を利用した火力発電が検討され、高温の燃焼環境に耐え得る部材が求められている。候補としてセラミック構造体の製造が挙げられるが、燃焼炎を噴射するバーナノズルなど、複雑形状の部材成型が困難とされた。内部構造では複数種類の気体輸送路を分岐させ、熱影響を考慮しつつ効率的に配置し、適切に混合して燃焼させる工夫が必要である。

立体的に展開する気体の輸送路には、フィボナッチ数列に従い展開する、樹脂分岐パターンを導入した。水素ならびに酸素が単管から導入され、多分岐した輸送路に沿い、分布する微細孔から噴射される。気体輸送路の総断面積を常に一定に保つことで、圧力損失を低減するように設計した。バーナノズルには熱伝導性の高いアルミナを採用し、輸送気体による冷却効果も持たせた。

2. 溶融金属からの酸素分離を可能にする微細凹凸表面を導入した固体電解質電極の積層造形

アルミニウムは国内で大量に使用されているが、地金製造の大部分を海外に依存している。溶融塩電解によるアルミニウム精錬において、分離した酸素イオンが炭素陽極と反応し、大量の炭酸ガスを発生させるためである。炭素の代替としてジルコニア固体電解質を採用すれば、酸素伝導を示す高温耐久性のセラミック陽極としてアルミニウム精錬に用い、廃気体を酸素のみに限定できる。

電極反応の効率を最大化するには、比表面積が大きい多孔質電極が適している。規則的な多孔質構造としてデンドライトパターンを採用し、流体解析による構造の最適化を実施した。セラミック電極の素材として、イットリウムやスカンジウムを添加した、ジルコニア固体電解質を採用した。酸素伝導が活性化する温度域を制御しつつ、微細で複雑な多孔構造を立体成形することに成功した。

3. 深紫外線殺菌用のシリカガラスフィルタ造形と空間充填多面体における光導波軌跡の最適化

効果的な殺菌用光源として、深紫外域で発光する DUV-LED が注目されている。従来は水銀灯が利用されてきたが、人体や環境への有害性が大きな問題となり、現在ではほとんど製造されていない。代替光源としての DUV-LED は、長寿命で小型化も可能である。空気殺菌への応用を目的として、想定し省電力での効率向上をめざし、通気性と透光性を有するフィルタ構造を作製した。

シリカガラス製のフィルタ構造として、微細な正八面体と正四面体を組み合わせ、多孔構造を設計した。多面体表面で光を屈折させ、紫外線への効果的な暴露を達成した。光線追跡と流体解析を経て、フィルタ効果を可視化しつつ最適化した。微細経路を複数枝分かれさせ、効率的な空間展開を実現した。紫外線殺菌と大気導入の効率が両立する、多孔質フィルタの造形に成功した。

4. 連通した微細孔を有するセラミックスタックの作製と熱音響変換による高効率熱輸送の検討

環境負荷の高い冷媒を使用せずに、廃熱や自然熱をエネルギー源として利用できる、熱音響変換



が注目されている。ループ管システムは、熱を投入して音波を発生させるプライムバと、音波から温度差を作り出すヒートポンプで構成され、熱エネルギーを音波として伝搬できる。出力として温度差が得られ、高温端を室温の冷却水で冷却すれば、低温端では氷点下の温度も発生できる。

レーザー描画のパラメータを系統的に制御しつつ、多数作製したシート状サンプルから、積層造形における硬化深度や寸法誤差を測定し、高速で精密な造形を実現するプロセス条件の最適化を進めた。造形物へ脱脂焼成を施し、フルセラミック部材に転換することに成功し、熱音響デバイスの自動造形プロセスが完成した。熱音響冷却解析により変換効率を評価し、構造再設計を実施した。

#### 5. マイクロパターンを付与した圧電体素子からの指向性超音波発振と海水淡水化処理への応用

圧電振動子から発生した超音波は、球面波として全体に広がり伝搬する。波面を平面に近づけると、指向性が高まることが知られており、これを海水の淡水化処理へ応用しようと考えた。有限要素法による音響シミュレーションにより、複数の振動数に対する音圧強度から、超音波発振スペクトルを描いた。発振スペクトルでのピーク周波数において、振動子付近の音圧分布を可視化した。

振動子に用いる圧電セラミックとして、チタン酸バリウムを想定し有限要素解析を進めた。微細な角柱振動子を設計し、前方の音圧分布を可視化した。六角柱構造からの合成波面が、最も高い直進性を示した。容器底部から満たされた海水へ、高強度の超音波を指向性発振すれば、水面から微細液滴が噴射され、霧状に浮遊する状態が容易に実現し、塩分と水分を効率的に分離できる。

#### 6. 分散粒子における光散乱シミュレーションとシリコンカーバイド製高温耐熱部材の積層造形

シリコンカーバイド系セラミックス複合材料は、優れた耐熱性に加えて、高靱性かつ高強度であることから、航空宇宙分野で幅広く利用されている。しかしながら、高強度ゆえに加工が難しく、微細で複雑な構造は製造しにくい。積層造形により複雑構造の部材を効率よく実施し、粉体焼成を併用することで、高い機能性品質を示すシリコンカーバイド部材の製造法として確立しようと考えた。

光硬化性樹脂にシリコンカーバイド粒子を分散すると、粒径に応じてレーザー透過に極端な差異が生じた。光波長に比べて分散粒子が小さいと、後方散乱により伝搬する光量が減少し、樹脂の光硬化が困難になる。直径の比較的大きな粒子を分散し、光線が隙間を伝搬する余裕を持たせ、前方散乱による十分な光量を導入したところ、シリコンカーバイド部材の積層造形が達成できた。

#### 7. 高強度セラミック部材の精密造形と人工歯冠インプラントの耐久性ならびに透光性組織制御

歯科治療において、天然歯の色調が再現可能で、金属アレルギー等の歯周組織への悪影響が少なく、生体親和性が良好とされる、セラミックス製人工歯冠への需要が高まっている。ジルコニア微粒子を分散したアクリル樹脂を素材として、積層造形により歯冠形状を作製し、形態再現性を確認した。脱脂焼結による組織緻密化を経て、フルセラミックスの人工歯冠インプラントを試作した。

造形体は設計構造を精密に再現しており、層間剥離や積層段差は認められなかった。焼結後の線収縮率には、水平方向と垂直方向で差異が見られたが、自重の影響でありプロセスの再現性も確認された。焼結体は理想密度の99%に達し、緻密組織には透光性も確認された。機械的強度を評価すると実用レベルの十分な値が得られ、歯科用インプラントとしての有用性が確認された。

#### 8. エバネッセント領域における現象効果の検討と環境構築工学ならびに物質循環工学の実践

アディティブ・マニファクチャリングの実践において、これまでに検討されていない工学的効果を創造するために、エバネッセント領域での現象解析を進めた。これは、既知の現象が生じる極めて直前の状態を精密に再現し、物質量の空間配置や活動量の時間分布に僅かなゆらぎを生じさせることで、予想外の効果が表れる様相を系統的に調査するアプローチ法である。複素材料における結晶粒の配置エントロピーを制御することで、強度や耐熱性に関して特異的な機能が発現した。

## (2) 研究に対する自己評価

本分野では、積層造形工学における、接合科学の研究実践を基盤として、教授1名ならびに助教1名が学生5名とともに鋭意活動を進めた。今年度の研究成果は、和文誌ならびにインパクトファクター付の英文誌へ査読付の学術論文として、それぞれ3報ならびに3報が掲載された。

当該教授は、近年のアディティブ・マニュファクチャリングへの関心の高まりから、様々な国際会議より招待を受け68件の基調講演へ登壇した。学生の研究発表も含めた、国内および国際学会での研究発表は、それぞれ3件および8件であり、学術的知見の迅速な公開を果たした。

今年度の外部資金は合計2,953千円であり、公的研究助成の補完研究を含む競争的資金に加え、民間企業からの共同研究や学術相談に関わる研究資金や、財団などからの奨学寄附金を含めて、全体的に適度な金額バランスで獲得し、成果創出ならびに指導支援を継続した。

## 4. 4 教育に対する自己評価

本分野は、接合科学研究所において活動を進めつつ、工学部環境・エネルギー工学科ならびに工学研究科環境・エネルギー工学専攻と連携しつつ、協力領域として教育活動を進めた。当該教授は、7件の学部講義と1件の大学院講義を担当し、接合科学の実践教育を進めた。

今年度は、学部生1名と博士前期課程の大学院生4名について、教育研究指導を行った。学部学生については、本学ならびに他大学の大学院へ合格を果たし、最終的に他大学の大学院へ入学した。博士前期課程学生については、いずれも製造系の民間企業へ就職を果たした。

また、全学的な教育制度として、大学院生が独自の専門分野を探究しつつ、異分野の知見も取得できる、オーナー大学院プログラムにも参画した。当該教授は部局代表として、持続可能な社会の構築に寄与する、創造的な接合科学をテーマに、環境材料デザインユニットを主導した。

さらに、全学的な高大連携の一環として、意欲的な高校生が最先端の科学技術に触れる、体感教育講座として、SEEDSプログラムが例年に倣い実施された。当該教授と助教は6名の生徒を受け入れ、造形工学と接合科学をテーマに、オンラインと対面の併用で実験講義を開講した。

## 4. 5 社会貢献に対する自己評価

当該教授は、溶接学協会やスマートプロセス学会など国内の学術団体において、理事会や部会などで3件の役員を務めた。また、海外に拠点を置く学術団体において、合計58件の国際会議で組織委員を担当し、国際論文誌9件の編集委員を務め、積極的な社会貢献を果たした。

今年度は、積層造形工学と接合科学の融合をテーマとして、オンライン中継方式の国際会議を数多く開催し、国内ならびに海外研究者との学術交流を推進した。また、スマートプロセス学会の部会セミナーを2回にわたり開催し、民間企業を主体として合計95名の参加者を迎えた。

さらに、民間企業との共同研究および学術相談を複数実施し、成果創出ならびに指導支援を基盤とする産学連携を推し進めた。これに加えて、近畿経済産業局の産業振興連携を通じて、関西地域における技術知見の社会実装を進めるかたちで、社会貢献にも積極的に参画した。

## 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

本分野では、独創的な造形工学と接合科学の分野融合を指針として、実験主体の研究連携を活発に進めた。今年度の活動では、国立大学や公的研究機関から、医歯学系研究者を共同研究員として受け入れ、異分野にまたがる連携活動を進め、成果を共著論文として発表した。

また、これまで参画した複数の共同研究員を共著者として、分担執筆により和文の学術書籍を編纂し、スマートプロセス学会より刊行した。民間企業からの一括購入が複数あるなど、産業界からの高い興味関心が伺える結果となった。共同利用ならびに共同利用を経た、アディティブ・マニュファクチャリングにおける接合科学の産業展開について、良い貢献が果たせたと考えている。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) イットリア安定化ジルコニア製人工歯冠の光造形アディティブ・マニュファクチャリングスマートプロセス学会誌, 10, 4 (2021), 270-273.  
王星月, 清水 那弥, 吉原 久美子, 桐原 聡秀
- (2) デンドライト格子構造を有する固体電解質の光造形と アルミニウム製錬への応用検討  
スマートプロセス学会誌, 10, 4 (2021), 274-278.  
高橋 昌也, 桐原 聡秀
- (3) 固体電解質エンボスシートの光造形と加圧および加熱処理による組織の緻密化  
スマートプロセス学会誌, 10, 4 (2021), 279-283.  
清水 那弥, 桐原 聡秀
- (4) Stereolithographic Additive Manufacturing of Zirconia Electrodes with Dendritic Patterns for Aluminum Smelting  
Appl. Sci., 11, 17 (2021), 8168.  
M. Takahash and S. Kirihara
- (5) Stereolithographic Additive Manufacturing of Acoustic Devices with Spatially Modulated Cavities  
Int. J. Appl. Ceram. Technol. (2021), 13925-1-13925-8.  
S. Kirihara
- (6) Systematic Compounding of Ceramic Pastes in Stereolithographic Additive Manufacturing  
Materials, 14, 22 (2021), 1895611-1895945.  
S. Kirihara

##### (7) 国際会議発表

- (1) Fabrication of Ultrasonic Oscillators with Micro Polygon Pillars by Laser Reverse Machining  
74th IIW Annual Assembly and Int. Conf. (IIW 2021), WEB (2021.7.15-17)  
Y. Uemura and S. Kirihara
- (2) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Graded Stacks for Effective Thermoacoustic Conversions  
74th IIW Annual Assembly and Int. Conf. (IIW 2021), WEB (2021.7.15-17)  
T. Ito and S. Kirihara
- (3) Ultraviolet Laser Lithography of Ceramic Components as Directional Additive Manufacturing  
74th IIW Annual Assembly and Int. Conf. (IIW 2021), WEB (2021.7.15-17)  
S. Kirihara
- (4) Effect Of Polymerization On Additive Manufacturing Of Zirconia Ceramics  
Int. Association for Dental Research (IADR 2021), Boston (2021.7.21-24)  
K. Yoshihara, T. Shimizu, N. Nagaoka, Y. Yoshida, B. V. Meerbeek and S. Kirihara
- (5) Additive Manufacturing of Silicon Carbide Component by Thermolithography  
14th Pacific Rim Conf. on Ceramic and Glass Technology (PACRIM 2021), WEB (2021.12.13-16)  
T. Shimizu and S. Kirihara

- (6) Spatially Filled Polyhedrons with Glass Blocks and Air Cavities for Virus Sterilization Filters Using Deep Ultraviolet Rays  
14th Pacific Rim Conf. on Ceramic and Glass Technology (PACRIM 2021), WEB (2021.12.13-16)  
S. Kirihara
- (7) Stereolithographic Additive Manufacturing of Thermoacoustic Converters with Ceramic Vascular Bundles  
14th Pacific Rim Conf. on Ceramic and Glass Technology (PACRIM 2021), WEB (2021.12.13-16)  
T. Ito and S. Kirihara
- (8) Stereolithographic Additive Manufacturing of Zirconia Dendritic Electrodes for Sustainable Aluminum Refining without Carbon Dioxide Emissions  
14th Pacific Rim Conf. on Ceramic and Glass Technology (PACRIM 2021), WEB (2021.12.13-16)  
M. Takahashi and S. Kirihara
- (9) Fabrication of Ultrasonic Oscillators with Micro Polygon Pillars by Laser Reverse Machining  
46th Int. Conf. and Expo on Adv. Ceramics and Composites, WEB (2022.1.24-28)  
Y. Uemura and S. Kirihara
- (10) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Graded Stacks for Effective Thermoacoustic Conversions  
46th Int. Conf. and Expo on Adv. Ceramics and Composites, WEB (2022.1.24-28)  
T. Ito and S. Kirihara
- (11) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Heat Exchanger Using Magnetic Refrigeration  
46th Int. Conf. and Expo on Adv. Ceramics and Composites, WEB (2022.1.24-28)  
S. Hashima and S. Kirihara
- (12) Stereolithographic Additive Manufacturing of Lithium Compound Electrolyte with Dense Microstructure  
46th Int. Conf. and Expo on Adv. Ceramics and Composites, WEB (2022.1.24-28)  
S. Kirihara

**(8) 国内学会発表**

- (1) 光造形法による超音波振動子の構造制御  
2021年度スマートプロセス学会学術講演会, WEB (2021.11.15)  
植村 泰拓, 桐原 聡秀
- (2) 磁場冷却用セラミック熱交換器の光造形  
2021年度スマートプロセス学会学術講演会, WEB (2021.11.15)  
橋間 俊, 桐原 聡秀
- (3) 微細流路束を有するセラミック熱音響交換器の光造形  
2021年度スマートプロセス学会学術講演会, WEB (2021.11.15)  
伊藤 竜也, 桐原 聡秀

**(9) 国際会議講演**

- (1) Stereolithographic Additive Manufacturing of Practical Materials Components  
Global Webinar on Applied Science, Engineering and Technology (ASET 2021), Webinar (2021.4.12-14)  
S. Kirihara

- (2) Nanoparticles Joining in Stereolithographic Additive Manufacturing for Practical Components Fabrications  
2nd Edition of International Materials Science & Nanoscience Webinar (V-Materials 2021), Webinar (2021.4.16-17)  
S. Kirihara
- (3) Nanoparticles Joining in Smart Additive Manufacturing, Design & Evaluation  
2nd Edition of World Nanotechnology Conference (NANO 2021), Orlando (2021.4.19-21)  
S. Kirihara
- (4) Stereolithographic Additive Manufacturing  
2nd Global Congress on 3D Printing & Additive Manufacturing (3D Printing-2021), Seoul (2021.4.19-21)  
S. Kirihara
- (5) Stereolithographic Additive Manufacturing of Geometric Patterned for Spatial Modulations of Energy and Material Distributions  
International Conference on Advanced Materials and Nanotechnology (ICAMN 2021), Webinar (2021.4.20)  
S. Kirihara
- (6) Direct Ceramic Fabrications by Stereolithographic Additive Manufacturing  
International Conference on Applied Materials and Technology (AMT 2021), Tokyo (2021.4.23-24)  
S. Kirihara
- (7) Direct Ceramic Additive Manufacturing by Ultraviolet Laser Lithography  
8th International Congress on Ceramics (ICC 2021), Busan (2021.4.25-29)  
S. Kirihara
- (8) Ultraviolet Laser Lithography of Bioceramic Implants with Graded and Fluctuated Structures  
8th International Congress on Ceramics (ICC 2021), Busan (2021.4.25-29)  
S. Kirihara
- (9) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components for Effective Energy Storages  
2nd International Webinar on Energy (ENERGY 2021), Webinar (2021.4.26-27)  
S. Kirihara
- (10) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components Using Nanoparticles Paste  
Webinar on Nano Science and Nanotechnology (W-NSNT 2021), Webinar (2021.4.29)  
S. Kirihara
- (11) Direct Ceramic Additive Manufacturing by Ultraviolet Laser Lithography  
19th International Conference on Material Research and Technology (MR&T 2021), Osaka (2021.5.21-22)  
S. Kirihara
- (12) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Biological Scaffolds with Graded Porosities and Fluctuated Patterns  
Global Webinar on Biopolymers and Polymer Chemistry (GWBPC 2021), Webinar (2021.5.21-23)  
S. Kirihara
- (13) Stereolithographic Additive Manufacturing of Functional Components for Environmental Control  
Global Webinar on Materials Science and Nanoscience (GWMSN 2021), Webinar (2021.5.21-23)  
S. Kirihara

- (14) Systematic Fabrication of Environmental Materials Using Stereolithographic Additive Manufacturing  
2nd International Webinar on Material Science and Technology (IWMST 2021), Webinar (2021.5.21-22)  
S. Kirihara
- (15) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components for Streamline Modulations on Material and Energy Transfers  
International Conference on Material Science and Engineering (ICMSE 2021), Webinar (2021.5.24-25)  
S. Kirihara
- (16) Stereolithographic Additive Manufacturing of Functional Components for Functional Modulations of Energy Distributions  
The 8th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO 2021), Toyama (2021.5.31-6.3)  
S. Kirihara
- (17) Stereolithographic Additive Manufacturing, Design & Evaluation  
11th International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials (THERMEC 2021), Vienna (2021.6.1-6)  
S. Kirihara
- (18) Smart Additive Manufacturing of Ceramic Components with Functional Geometries through Dimensional Modulation in Stereolithographic Technology  
Advance 3D Printing And Modelling (3DP&M 20201), Webinar (2021.7.8-9)  
S. Kirihara
- (19) Stereolithographic Additive Manufacturing of Functionally Modulated Components for Environmental Geometries  
Global Congress and Expo on Advance 3D Printing and Modelling (A3DPM 2021), Webinar (2021.7.8-9)  
S. Kirihara
- (20) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components for Functionally Geometric Modulations  
Global Webinar on Materials Science and Engineering (GWMSE 2021), Webinar (2021.7.9-11)  
S. Kirihara
- (21) Stereolithographic Additive Manufacturing as Practical Ceramic Processing with Nanoparticles Paste Materials  
2nd Edition of Nanotechnology and Nanomaterials Virtual (V-NANO 2021), Webinar (2021.7.16-17)  
S. Kirihara
- (22) Geometric Modulations of Ceramic Components by Stereolithographic Additive Manufacturing  
International conference on Advanced Nano Materials (ICANM 2021), Dubai (2021.7.23-24)  
S. Kirihara
- (23) Stereolithographic Additive Manufacturing of Practical Ceramic Components Using Nanoparticles Paste Materials  
International E-Conference on Nanomaterials and Nanotechnology (N&N 2021), Webinar (2021.8.13-14)  
S. Kirihara

- (24) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Component for Energies and Materials Flow Modulations  
4th Edition of Applied Science, Engineering and Technology (V-Appliedscience 2021), Webinar (2021.8.21-22)  
S. Kirihara
- (25) Structural Modulations in Functional Components by Stereolithographic Additive Manufacturing for Energy and Material Flows  
2nd Global Webinar on Applied Science and Engineering Technology (GWASET 2021), Webinar (2021.8.27-28)  
S. Kirihara
- (26) Stereolithographic Additive Manufacturing of Functional Ceramic Components  
3rd Global Conference & Expo on Materials Science and Engineering (ISTMAE 2021), Amsterdam (2021.8.28-29)  
S. Kirihara
- (27) Stereolithographic Additive Manufacturing of Solid Electrolytes for Effective Energy Storage  
3rd International Conference on Biopolymers & Polymer Chemistry (ISTPOLYMER 2021), Amsterdam (2021.8.28-29)  
S. Kirihara
- (28) Direct Additive Manufacturing of Ceramic Components by Laser Lithography  
Global Summit and Expo on Mechanical and Mechatronics Engineering (GSEMME 2021), Lisbon (2021.9.6-7)  
S. Kirihara
- (29) Direct Laser Lithography for Ceramic Additive Manufacturing  
Global Conference and Expo on Applied Science, Engineering and Technology (ISTAS 2021), Webinar (2021.9.11-12)  
S. Kirihara
- (30) Stereolithographic Additive Manufacturing of Practical Components with Geometric Patterns  
2nd Global Webinar on Applied Science, Engineering and Technology (GWASET 2021), Webinar (2021.9.11-12)  
S. Kirihara
- (31) Structural Modulations of Ceramic Components by Using Stereolithographic Additive Manufacturing  
2nd Global Webinar on Mechanical and Mechatronics Engineering (WMME 2021), Webinar (2021.9.11-12)  
S. Kirihara
- (32) Direct Ceramic Fabrication by Lithographic Additive Manufacturing  
3rd International Webinar on Material Science & Nanotechnology (IWMSN 2021), Webinar (2021.9.16-17)  
S. Kirihara
- (33) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components with Nanoparticles Paste Materials  
Webinar on Materials Science & Nanotechnology (WMSN 2021), Webinar (2021.9.17-18)  
S. Kirihara

- (34) Direct Additive Manufacturing of Ceramic Components by Ultraviolet Laser Lithography  
Global Summit on 3D Printing and Additive Manufacturing (3D Printing 2021), Vancouver  
(2021.9.20-22)  
S. Kirihara
- (35) Stereolithographic Additive Manufacturing of Bio ceramic Implants from Nanoparticles Resin Pastes  
6th International Conference on Biopolymers & Polymer Chemistry (ICBPC 2021), Venice  
(2021.9.23-25)  
S. Kirihara
- (36) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Geometries for Energy Conversion and Storage  
Renewable and Sustainable Energy Virtual (Webinar 2021), Webinar (2021.9.24-25)  
S. Kirihara
- (37) Photonic Crystals Fabrication for Electromagnetic Wave Modulations in Terahertz Frequency Range by  
Stereolithographic Additive Manufacturing  
Global Meet on Magnetism and Magnetic Materials (GMMMM2022), Scotland (2021.9.27-28)  
S. Kirihara
- (38) Stereolithographic Additive Manufacturing of Bioceramic Implants with Dendrite Patterns  
International Conference on Industrial Biotechnology and Bioprocessing (ICIBB 2021), Scotland  
(2021.9.27-28)  
S. Kirihara
- (39) Stereolithographic Additive Manufacturing of Bioscaffolds with Modulated Dimensions  
4th International Conference on Biomaterials and Nanomaterials (ICBN 2021), Webinar (2021.9.29-30)  
S. Kirihara
- (40) Stereolithographic Additive Manufacturing of Practical Structures  
International Meet & Expo on 3D Printing and Additive Manufacturing (3DPAM 2021), Valencia  
(2021.10.11-13)  
S. Kirihara
- (41) Stereolithographic Additive Manufacturing and Functionally Geometric Modulations of Spatial  
Ceramic Patterns  
International Webinar on Nanoscience, Nanotechnology & Advanced Materials (IWNNAM 2021),  
Webinar (2021.10.14-15)  
S. Kirihara
- (42) Stereolithographic Additive Manufacturing of Dental Crowns with Functionally Distributed  
Translucencies  
19th installment of the Materials Science & Technology (MS&T 2021), Columbus (2021.10.17-21)  
S. Kirihara
- (43) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components with Geometric Structures  
2nd Global Webinar on Materials Science and Engineering (GWMSE 2021), Webinar (2021.11.5-7)  
S. Kirihara
- (44) Stereolithographic Additive Manufacturing of Electromagnetic Crystals with Ceramic Patterns  
International Webinar on Magnetism and Magnetic Materials (ICMMM 2021), Webinar (2021.11.8-9)  
S. Kirihara



- (45) Ceramic Additive Manufacturing of Electromagnetic Crystals for Terahertz Wave Modulations  
Global Meet on Optoelectronics & Quantum Physics (Optoelectronics 2021), Miami (2021.11.15-16)  
S. Kirihara
- (46) Stereolithographic Additive Manufacturing of Electromagnetic Structures with Geometrically Modulated Micropatterns  
2nd International Conference on Nanotechnology and Engineering (ICNE 2021), Thailand (2021.11.15-16)  
S. Kirihara
- (47) Stereolithographic Additive Manufacturing of Functional Ceramic Structures  
Global Conference on Polymer Science and Engineering (Polymer Science 2021), Luxembourg (2021.11.15-16)  
S. Kirihara
- (48) Smart Digital Processing on in Stereolithographic Additive Manufacturing  
International Conference on Data Mining and Data Analysis (DM&DA 2021), Webinar (2021.11.16-17)  
S. Kirihara
- (49) Stereolithographic Additive Manufacturing of Functional Structures for Energy and Material Flow Modulations  
2nd Global Webinar on Materials Science and Engineering (GWMSE 2021), Webinar (2021.11.22-23)  
S. Kirihara
- (50) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components with Geometric Patterns  
2nd Global Webinar on Polymer Science & Engineering (GWPOLYMER 2021), Webinar (2021.11.25-26)  
S. Kirihara
- (51) Direct Additive Manufacturing of Ceramic Components by Ultraviolet Laser Lithography  
3D Printing Technology and Research World Forum (3D Printech 2021), Frankfurt (2021.12.2-4)  
S. Kirihara
- (52) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Biological Implants  
Bacterial Diseases and Antibiotics Webinar (BDAW 2021), Webinar (2021.12.6-7)  
S. Kirihara
- (53) Stereolithographic Additive Manufacturing of Biological Ceramic Implants  
2nd Global Virtual Summit Virology and Microbiology (GVSVM 2022), Webinar (2021.12.7-8)  
S. Kirihara
- (54) Direct Laser Lithography of Microwave Structures as Additive Manufacturing  
14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM 2021), Vancouver (2021.12.12-17)  
S. Kirihara
- (55) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components with Functionally Modulated Structures  
12th China International Conference on High-performance Ceramics (CICC 2021), Suzhou (2021.12.19-22)  
S. Kirihara

- (56) Stereolithographic Additive Manufacturing of Bioceramic Implants  
2nd International Conference on Microbiology and Infectious Diseases (MID 2021), Webinar (2021.12.29-30)  
S. Kirihara
- (57) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Component with Modulated Geometries  
46th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites, Webinar (2022.1.24-28)  
S. Kirihara
- (58) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components for Energy Generations  
2nd International Webinar on Biofuel and Biomass (IWBB 2022), Webinar (2022.1.24-25)  
S. Kirihara
- (59) Stereolithographic Additive Manufacturing for Sustainable Developments  
2nd Edition of Renewable and Sustainable Energy (V-Renewable 2022), Webinar (2022.2.4-5)  
S. Kirihara
- (60) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components for Sustainable Resource Circulations  
United Conference of Sustainable and Renewable Energy (UCSRE 2022), Webinar (2022.2.8-9)  
S. Kirihara
- (61) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components with Functionally Modulated Dimensions  
3rd Global Webinar on Applied Science, Engineering and Technology (ASET 2022), Webinar (2022.2.18-20)  
S. Kirihara
- (62) Stereolithographic Additive Manufacturing of Photonic Crystal with Dielectric Patterns for Electromagnetic Wave Modulation  
3rd International Conference on Physics (ICP 2022), Rome (2022.2.18-19)  
S. Kirihara
- (63) Smart Additive Manufacturing on Ceramic Stereolithography  
2nd Global Congress and Expo on Advance 3D Printing and Modelling (A3DPM 2022), Webinar (2022.2.21-22)  
S. Kirihara
- (64) Ceramic Additive Manufacturing by Stereolithographic Engineering  
Global Webinar on 3D Printing and Additive Modelling (3DP&AM 2022), Webinar (2022.2.25-26)  
S. Kirihara
- (65) Ceramic Additive Manufacturing for Electromagnetic Wave Modulations  
3rd Global Webinar on Applied Science, Engineering and Technology (WEBAS 2022), Webinar (2022.3.5-6)  
S. Kirihara
- (66) Nanoparticle Paste Utilizations for Stereolithographic Additive Manufacturing  
3rd International Conference on Material Science and Technology (IC-MST 2021), Webinar (2022.3.7-8)  
S. Kirihara

(67) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components with Multi-Dimensional Structures  
3rd Global Webinar on Material Science and Engineering (GGWMSE 2022), Webinar (2022.3.11-13)  
S. Kirihara

(68) Stereolithographic Additive Manufacturing of Biological Implants with Artificial Metabolism  
Global E-Conference on Metabolism, Obesity Health and Diseases (MOHD 2022), Webinar  
(2022.3.14-15)  
S. Kirihara

(11) 解説・総説

(1) アディティブマニファクチュアリングの持続可能な開発目標への貢献  
スマートプロセス学会誌, 10, 4 (2021), 152-158.  
清水 那弥, 桐原 聡秀

(12) 著書

(1) デジタル化時代のAdditive Manufacturingの基礎と応用  
リプロ社, (2022), 編集  
中野 貴由, 桐原 聡秀, 近藤 勝義, 西川 宏, 田中 学

(15) 受賞

(1) Late Shri J.S. Minhas Memorial Award  
Indian Ceramic Society (2021.09.08)  
S. Kirihara

(17) 外部資金 (単位: 千円)

学術相談

(1) 桐原 聡秀 1,453

奨学寄付金

(1) 桐原 聡秀 1,500

4. 8 教育

氏名: 桐原 聡秀

(1) 大学院等講義科目

(1) 環境・エネルギー工学科 環境工学演習・実験Ⅱ

(2) 環境・エネルギー工学科 環境工学演習・実験Ⅲ

(3) 環境・エネルギー工学科 環境工学特別講義Ⅱ

- |                  |   |
|------------------|---|
| (4) 環境・エネルギー工学科  | 金属材料プロセス学   |
| (5) 環境・エネルギー工学科  | 材料・構造力学   |
| (6) 環境・エネルギー工学科  | 資源材料循環工学  |
| (7) 環境・エネルギー工学科  | 都市環境工学  |
| (8) 環境・エネルギー工学専攻 | Environmental Materials and Resource Circulation Processing |
| (9) 環境・エネルギー工学専攻 | 環境材料循環プロセス学   |
| (10) 全学教育推進機構    | 学問への扉（環境工学入門1—都市環境問題を考える）                                   |

### (3) 博士論文（副査）

- |                            |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| (1) 環境・エネルギー工学専攻,<br>川城 史義 | 大電流パワーモジュールのための高信頼超音波接合技術の研究 |
|----------------------------|------------------------------|

### (4) 修士論文

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| (1) 環境・エネルギー工学専攻,<br>植村 泰拓 | 紫外線レーザー付加造形ならびに除去加工による超音波振動子の作製と海水淡水化を経た水素燃料製造への応用検討 |
| (2) 環境・エネルギー工学専攻,<br>伊藤 竜也 | 光造形アディティブ・マニファクチャリングの高速高精細化と持続可能社会を支えるセラミック部材の立体成形   |

### (5) 卒業論文

- |                        |                              |
|------------------------|------------------------------|
| (1) 環境・エネルギー工学専攻, 橋間 俊 | 磁場冷却セラミック熱交換器の光造形と水素資源への液化応用 |
|------------------------|------------------------------|

## 4.9 社会貢献

氏名：桐原 聡秀

### (1) 学会役員

- |                                      |                     |
|--------------------------------------|---------------------|
| (1) (一社)スマートプロセス学会                   | 理事                  |
| (2) (一社)スマートプロセス学会                   | アディティブマニファクチャリング部会長 |
| (3) (一社)スマートプロセス学会                   | 副会長                 |
| (4) 3D-Printed Materials and Systems | Editorial Board     |

- |                   |  |   |
|-------------------|--|---|
| (5)               | Applied Sciences   | Editorial Board                         |
| (6)               | International Journal of Applied Ceramic Technology  | Editorial Board                         |
| (7)               | International Scholarly Research Network - Materials Science   | Editorial Board                         |
| (8)               | Journal of Nanoengineering and Nanomanufacturing   | Editorial Board                         |
| (9)               | Magnetism  | Editorial Board                         |
| (10)              | Materials  | Editorial Board                         |
| (11)              | Materials Transactions   | Editorial Board                         |
| (12)              | The American Ceramic Society   | Engineering Ceramics Division Organizer |
| <b>(2) 国際会議委員</b> |  |   |
| (1)               | 12th International Symposium on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications (CMCEE) | Organizing Committee                    |
| (2)               | Global Webinar on Applied Science, Engineering and Technology (ASET)   | Organizing Committee                    |
| (3)               | 2nd Edition of World Nanotechnology Conference (NANO)  | Organizing Committee                    |
| (4)               | 16th International Conference and Exhibition on Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies (CICMT) | Organizing Committee                    |
| (5)               | International Conference on Applied Materials and Technology (AMT)   | Organizing Committee                    |
| (6)               | 8th International Congress on Ceramics (ICC)   | Organizing Committee                    |
| (7)               | 14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM)   | Organizing Committee                    |
| (8)               | 19th International Conference on Material Research and Technology (MR&T)   | Organizing Committee                    |
| (9)               | Global Webinar on Materials Science and Nanoscience (GWMSN)  | Organizing Committee                    |

- |   |                      |
|---|----------------------|
| (10) Global Summit on 3D Printing and Additive Manufacturing (3D Printing)                              | Organizing Committee |
| (11) International Conference on Modern Materials and Technologies (CIMTEC)                             | Organizing Committee |
| (12) Global Conference on Polymer Science and Engineering (Polymer Science)                             | Organizing Committee |
| (13) 2nd World Congress on Smart Material and Material Science (SM&MS)                                  | Organizing Committee |
| (14) 2nd Global Webinar on Mechanical and Mechatronics Engineering (WMME)                               | Organizing Committee |
| (15) 2nd Global Webinar on Mechanical and Mechatronics Engineering (GWMME)                              | Organizing Committee |
| (16) 3rd International Conference on Biopolymers & Polymer Chemistry (ISTPOLYMER 2021)                  | Organizing Committee |
| (17) Global Conference and Expo on Applied Science, Engineering and Technology (ISTAS 2021)             | Organizing Committee |
| (18) 3rd Global Conference & Expo on Materials Science and Engineering (ISTMAE 2021)                    | Organizing Committee |
| (19) 3D Printing Technology and Research World Forum (3D Printech)                                      | Organizing Committee |
| (20) Global Summit and Expo on Mechanical and Mechatronics Engineering (GSEMME)                         | Organizing Committee |
| (21) 2nd Global Webinar on Applied Science, Engineering and Technology (GWASET)                         | Organizing Committee |
| (22) International Conference on 3D Printing and Additive Manufacturing (3DP)                           | Organizing Committee |
| (23) 2nd International Conference and Exhibition on Carbon Nanotubes & Graphene Technologies (Graphene) | Organizing Committee |
| (24) Global Conference on Polymer Science and Engineering (Polymer Science)                             | Organizing Committee |
| (25) World Nanotechnology Summit (W-Nano)   | Organizing Committee |

(26)	2nd Global Webinar on Materials Science and Engineering (GWMSE)	Organizing Committee
(27)	2nd Global Webinar on Polymer Science & Engineering (GWPOLYMER)	Organizing Committee
(28)	3D Printing Technology and Research World Forum (3Dprintech)	Organizing Committee
(29)	3rd Global Webinar on Applied Science, Engineering and Technology (ASET)	Organizing Committee
(30)	Virtual Meet on 2D Materials and Graphene (2DMG)	Organizing Committee
(31)	3rd Global Webinar on Material Science and Engineering (GWMSE)	Organizing Committee
(32)	Virtual Meet on Biomaterials (vBIOMAT)	Organizing Committee
(33)	Virtual Meet on Magnetism and Magnetic Materials (vMMM)	Organizing Committee
(34)	Global Conference on Semiconductors, Optoelectronics and Nanostructures (GCSOM)	Organizing Committee
(35)	Global Expo on 3D Printing and Additive Manufacturing Technology (3DP-Expo)	Organizing Committee
(36)	2nd International Conference on Polymer Science and Technology (ICPST)	Organizing Committee
(37)	Global Webinar on 3D Printing and Additive Modelling (GWPAM)	Organizing Committee
(38)	2nd Global Congress & Expo on Nanotechnology & Nanoscience (ISTNANO)	Organizing Committee
(39)	4th Global Conference & Expo on Materials Science and Engineering (ISTMSE)	Organizing Committee
(40)	2nd World Congress & Expo on Chemical Engineering & Catalysis (ISTCCE-2022)	Organizing Committee
(41)	4th International Conference on Biopolymers & Polymer Chemistry (ISTBPC)	Organizing Committee
(42)	Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies (CICMT)	Organizing Committee

- |      |  |                      |
|------|--|----------------------|
| (43) | International Conference on Materials Science and Technology (ICMST)                 | Organizing Committee |
| (44) | Global Summit on Nanotechnology and Materials Science (GSNMS)                        | Organizing Committee |
| (45) | Global Meet on Power and Energy Engineering (GMPOWER)                                | Organizing Committee |
| (46) | Global Meet on Bio-Polymers and Polymer Science (GMBPPS 2022)                        | Organizing Committee |
| (47) | Global Summit and Expo on Mechanical and Mechatronics Engineering (GSEMME)           | Organizing Committee |
| (48) | 11th International Conference on High Temperature Ceramic Matrix Composites (HT-CMC) | Organizing Committee |
| (49) | Global Meet on Condensed Matter Physics (GMCMP)                                      | Organizing Committee |
| (50) | International Forum on Biopolymers and Polymer Science (IFBPS)                       | Organizing Committee |
| (51) | 2nd World Graphene Technology Summit (GTS)   | Organizing Committee |
| (52) | 6th World Congress on Materials Science and Engineering (WCMSE)                      | Organizing Committee |
| (53) | 5th Edition of World Nanotechnology Conference (W-Nano)                              | Organizing Committee |
| (54) | International Conference on 3D Printing and Additive Manufacturing (3DP)             | Organizing Committee |
| (55) | Global Conference on Polymer Science and Engineering (PSE)                           | Organizing Committee |
| (56) | 2nd International Forum on 3D Printing and Additive Manufacturing (IF-3DPAM)         | Organizing Committee |
| (57) | 3rd International Conference on Nanotechnology & Material Science (Nanotechnology)   | Organizing Committee |
| (58) | International Conference on Green Chemistry and Environmental Engineering (GCEE)     | Organizing Committee |



(3) 他大学等での非常勤講師

(1) 大阪大学 体感科学研究

(7) 社会への情報発信

(1) 3D印刷技術紹介 DX時代のモノづくり 日刊工業新聞(2021.12.22)  
支援 阪大が書籍

4. 10 全国共同利用に関する研究

(1) 令和3年度共同研究員と研究テーマ

(2) 共同研究員との共著論文数(査読付き学术论文, 国際会議論文)

(1) 合計 1



スマートプロセス研究センター  
スマートグリーンプロセス学分野



## スマートプロセス研究センター スマートグリーンプロセス学分野

### 4. 1 研究概要

環境・エネルギー問題が地球規模で深刻化する中、本研究分野では環境負荷を大きく減らすような材料プロセス技術および環境調和型材料の研究開発に取り組む。特に機能発現の要素となるナノ・マイクロ粒子に焦点をあて、それらの合成、分散、成膜および3次元造形のための低環境負荷な方法論の開拓を行う。また、本研究分野で開発された新プロセス技術を用いて、環境・エネルギー関連材料およびデバイスの研究開発を進めている。本年度は以下の研究課題に取り組んだ。

### 4. 2 研究課題

1. 環境に優しいナノ・マイクロ粒子の液相合成
2. 環境に優しいナノ・マイクロ粒子のアセンブリ技術
3. 環境調和材料の開発

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

#### 1. 環境に優しいナノ・マイクロ粒子の液相合成

環境に優しいナノ・マイクロ粒子の合成法として、3つの液相法の開発を進めた。液相法はボトムアップ的手法である。対象とする粒子は遷移金属酸化物マイクロ粒子、貴金属ナノ粒子、およびハイエントロピーセラミックス (HEC) ナノ粒子である。以下、本研究課題の概要を示す。

遷移金属酸化物の液相合成では、一般的にハロゲン化物や硝酸塩が前駆体 (原料試薬) として使用されている。合成後には  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$  などのアニオンが残存し、その除去にコストを要する。そこで低環境負荷合成という観点から、水酸化物系の前駆体を検討した。その結果、ゲータイト ( $\alpha\text{-FeOOH}$ 、オキシ水酸化物) を前駆体として用いて、ヘマタイト ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) やマグネタイト ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) のマイクロ粒子の合成に成功した。ゲータイトは難溶性 (溶解度積  $\ll 1$ ) であるが、生成物を析出 (核生成・成長) によって溶液中から取り除くことにより、合成反応が可能になる。また、この方法は核生成と核成長をほぼ分離できるため、単分散性の高い  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  マイクロ粒子の合成も可能である。さらに、反応速度の制御により形状を変えることもできる。今後は別の材料系への展開も進めていく予定である。

最近の貴金属ナノ粒子の合成では、有害な還元剤を使用しない合成プロセスの開発が求められている。そこで本研究では、還元剤フリー合成技術の開発を進めている。界面を反応場する方法を検討した結果、 $\text{Ag}$  ナノ粒子の還元剤フリー合成に成功した。また、貴金属の難溶塩を前駆体として使うことにも成功した。本方法の合成反応が界面近傍で生じていることを明らかにしたが、反応メカニズムを解明するまでには至っていない。次年度はこの現象を解明するとともに、他の貴金属材料や形状制御性についても検討を行う。また、還元剤を使用しない方法で得られたナノ粒子の特徴を活かした応用を検討する予定である。

ハイエントロピーセラミックス (HEC) という、金属元素を4~5つ以上含む多成分系セラミックスに関する研究が国外で行われている。本研究では HEC のナノサイズ化による新機能性発現に着目している。これを遂行するために、本年度はまず HEC ナノ粒子合法を開発した。5種類の金属イオンを水酸化物として析出し、その後熱処理によって HEC ナノ粒子を合成する方法を採用した。溶解度積差に戻づく不均質析出を回避するために、溶媒の誘電率、溶質濃度、加水分解速度に着目した実験を進めた。その結果、5元素の遷移金属イオンを均質に含む HEC 水酸化物の析出に成功した。さらに、熱処理により岩塩型の HEC 酸化物ナノ粒子が得られた。この方法は 3d 遷移金属元素

からなる HEC の合成に有効である。

## 2. 環境に優しいナノ・マイクロ粒子のアセンブリ技術

2次元あるいは3次元の機能構造体を、粒子接合によって行うプロセス技術（アセンブリ技術）の開発を進めている。これは環境・エネルギー分野への応用を視野に入れて行っているものである。本年度は二つの研究開発を実施した。

一つはオンデマンドに直接描画する方法（ダイレクト・ライティング法）である。積層造形技術の中で、押し出し法に分類される方式である。粒子分散系のマクロスケールなレオロジーを制御することにより、この方法は可能になる。本年度は前項で示したナノ粒子やマイクロ粒子の分散系を検討した。その結果、ダイレクト・ライティング法に適用可能なゾルーゲル転移現象を示す粒子分散系が得られた。

もう一つは2次元あるいは3次元の構造体に液相中で直接粒子をコーティングする技術である。前項で示した粒子合成は液相中での均一核生成に戻づくものであるのに対し、コーティングは不均一核生成に基づく。溶媒として環境に優しい水を用いて、溶解した金属イオンを還元あるいは加水分解を基板上で生じさせて、金属、水酸化物あるいは酸化物粒子の直接コーティングを試みた。その結果、フレキシブル性の高いポリマー表面や金属多孔体表面への粒子コーティングに成功した。コーティング条件はほぼ見出したが、詳細なメカニズムについては未解明である。次年度はこの現象を解明するとともに、他のナノ材料との複合化へと発展させる予定である。さらに、環境・エネルギー分野への応用を検討する。

## 3. 環境調和材料の開発

合成したマグネタイト・マイクロ粒子の環境浄化機能を評価した。その結果、有機色素分子に対して良好な吸着と磁気分離能を示した。今後はタンパク質を含む生体分子への磁気分離能についても調べる予定である。

合成した貴金属ナノ粒子が分散したコロイドを用いて、水中の微量金属イオンを検知する比色分析を試みた。金属イオンにより貴金属ナノ粒子の分散状態が変化するため、表面プラズモン共鳴波長の変化が色の変化として観察できる。この原理を検証したが、応答時間、波長変化、金属イオンの選択性等、改善すべき点があった。今後はこれらの課題解決と実用性について調べていく予定である。

HEC 酸化物粒子に関する基礎実験として、還元雰囲気下での安定性を調べた。この粒子は700℃以上で強い熱還元挙動を示し、この温度域で内部から表面への酸素イオンの拡散が生じた。また、二元系酸化物よりも熱還元温度が十分に高かった。これらの実験結果から、HEC 酸化物はより安定な構造であることが示唆された。

ベトナム科学技術アカデミー材料科学研究所と共同で、水中に存在する極微量の汚染物質（グリホサート）を電気化学的に検出するセンサーの開発を進めている。本年度はナノ複合体からなる電極を新規に作製し、その性能を調べた。また、国内共同研究として、HEC 酸化物ナノ粒子のNO<sub>2</sub>ガスセンシング機能、環境に優しい無機顔料、酸化物の磁気物性および固体酸化物形燃料電池に関する研究を進めた。今後、これらの成果の公表を行う予定である。

### (2) 研究に対する自己評価

本年度はこれまで取り組んできた粒子合成法を発展させて、遷移金属酸化物マイクロ粒子、貴金属ナノ粒子、およびハイエントロピーセラミックスナノ粒子への合成法に展開できたこと、またこれら粒子の機能と応用について検討したこと、さらにはこれらの研究成果の一部が査読付学術論文に掲載されたことから、当該年度の研究目標に対しては概ね達成できたと自己評価した。本年度の

成果は、査読付学術論文6報、国際招待講演（オンライン）2件、国内招待講演（オンライン）1件、著書（分担執筆）1件である。なお、これらの研究は運営費、国際・産業連携インヴェアスイノベーション材料創出プロジェクト費（6大学）、広域アジアものづくり技術・人材高度化研究センター費の他に、JSPS 科研費基盤研究（B）（新規採択課題）および2件の共同研究費（民間）などによって実施された。

#### 4. 4 教育に対する自己評価

学部学生の教育についての貢献度は接合研内では相対的に高く、一方で大学院学生の研究指導に関する貢献度は低いと自己評価した。昨年度から工学部環境エネルギー工学科の協力領域（スマートグリーンプロセス学領域）の教員を兼務し、本年度は卒業論文（学生1人）の指導を行った。また、学部講義として、「セラミック材料プロセス学」、「環境工学演習・実験Ⅰ」、「環境工学演習・実験Ⅱ」担当し、「構造・材料力学」、「特別講義Ⅱ」、総合科目、「学問の扉（マチカネゼミ）」については他の先生と共同で実施した。大学院講義として、「Advanced Environmental Engineering」の1回分（英語）を担当した。接合研の「学問の扉（マチカネゼミ）」にも担当した。次年度からは修士論文の指導も始める。

#### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

下記の活動に取り込んだ。この項目に対しては、概ね貢献できたと自己評価した。

##### 1. 国内外での学会等活動

（一社）スマートプロセス学会・総合企画運営委員会委員、（一社）日本フルードパワーシステム学会・機能性流体テクノロジーの次世代FPSへの展開に関する研究委員会外部委員および（一社）日本機械学会・機能性流体工学研究会委員を務めた。

##### 2. 産学連携

産学連携として、民間との共同研究を2件、および学術相談を2件行った。

##### 3. 国際貢献

本年度も引き続き、ベトナム科学技術アカデミー材料科学研究所と大阪大学との国際ジョイントラボの枠組みの中で国際共同研究を進めた。この成果は国際協働研究セミナー（2021.1.13）などで発表した。また、本年度はDonghua University（中国）との国際共同研究も進め、その結果国際共著論文（査読付）1報が掲載された。

##### 4. その他（国・自治体・公益法人等）

文部科学省／科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センターの専門調査委員を務め、当該活動の調査に協力した。

#### 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

コロナ禍のため例年より一般課題の件数が少なかった（1件）。また、緊急事態宣言などもあり、共同利用研究員の来所回数も例年と比べて減った。ただし、このような状況下でも、共同利用研究員との共著論文（査読付）が1件ではあるが掲載された。そのため、本項目に対しては概ね貢献できたと自己評価した。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Magnetorheological Fluids with Surface-Modified Iron Oxide Magnetic Particles with Controlled Size and Shape  
ACS Appl. Mater. Interfaces, 13 (2021), 20581-20588.  
C. Shen, Y. Oda, M. Matsubara, J. Yabuki, S. Yamanaka, H. Abe, M. Naito, A. Muramatsu and K. Kanie
- (2) Synthesis, Microstructure and Electrochemical Characterization of NiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles via a Simple Citric Acid Method  
J. Ceram. Soc. Jpn., 129, 6 (2021), 332-336.  
H. Ishitsuka, Y. Nakamura, H. Abe and Y. Suzuki
- (3) Cluster Glass Transition and Relaxation in the Random Spinel CoGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub>  
Phys. Rev. B., 103 (2021), 224408.  
T. Naka, T. Nakane, S. Ishii, M. Nakayama, A. Ohmura, F. Ishikawa, A. De, H. Abe and T. Uchikoshi
- (4) Effect of Transition Metal Oxides Addition on the Color Tone of Bi<sub>4</sub>V<sub>2</sub>O<sub>11</sub>-based Red Pigments  
J. Ceram. Soc. Jpn., 130, 2 (2022), 236-242.  
T. Nakajima, H. Abe and Y. Suzuki
- (5) Low-temperature Synthesis of High-Entropy (Mg<sub>0.2</sub>Co<sub>0.2</sub>Ni<sub>0.2</sub>Cu<sub>0.2</sub>Zn<sub>0.2</sub>)O Nanoparticles via Polyol Process  
Open Ceramics, 9 (2022), 100223.  
F. Li, G.-J. Zhang and H. Abe
- (6) PH-Controlled Synthesis and Spark Plasma Sintering of Fine and Homogeneous MgZr<sub>4</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub> Powder  
J. Ceram. Soc. Jpn., 130, 2 (2022), 243-248.  
K. Fukushima, T. S. Suzuki, C. E. Özbilgin, K. Kobayashi, H. Abe and Y. Suzuki

##### (9) 国際会議講演

- (1) Metal Oxide Nano/microparticles Designed in Modified Polyol Process and Their Applications  
ICMaSS 2021, Online (2021.11.4-6)  
H. Abe and F. Li
- (2) Facile Syntheses of Ceramics Nanoparticles for Direct Ink Writing  
46th International conference and exposition on advanced ceramics and composites, Online (2022.1.23-28)  
H. Abe and F. Li

##### (10) 国内会議講演

- (1) 複合粒子アセンブリーによる多孔体の微構造制御とその機能  
第135回溶接学会・マイクロ接合研究委員会, オンライン開催 (2021.9.17)  
阿部 浩也

##### (12) 著書

- (1) 分散系のレオロジー -基礎・評価・制御、応用-  
(株) エヌ・ティー・エス, (2021), 分担執筆, 191-196.  
阿部 浩也



(17) 外部資金 (単位:千円)

科学研究費補助金

- |     |   |       |       |
|-----|---|-------|-------|
| (1) | 基盤研究(B) 磁性コロイドの外場応答ジャミング・ライク転移と硬軟プログラミング材料の創製 | 阿部 浩也 | 4,680 |
|-----|---|-------|-------|

民間等との共同研究

- |     |                                  |       |       |
|-----|----------------------------------|-------|-------|
| (1) | 温和な条件下での無機ナノ粒子の生成機構に関する研究        | 阿部 浩也 | 1,500 |
| (2) | 革新的メカトロニクス機構向け外部刺激(磁場)応答材料の最適化研究 | 阿部 浩也 | 358   |

学術相談

- |     |  |       |       |
|-----|--|-------|-------|
| (1) |  | 阿部 浩也 | 1,000 |
|-----|--|-------|-------|

奨学寄付金

- |     |  |       |     |
|-----|--|-------|-----|
| (1) |  | 阿部 浩也 | 800 |
|-----|--|-------|-----|

4.8 教育

氏名:阿部 浩也

(1) 大学院等講義科目

- |     |             |  |
|-----|-------------|--|
| (1) | 環境・エネルギー工学科 | セラミック材料プロセス学                             |
| (2) | 環境・エネルギー工学科 | 環境工学演習・実験Ⅰ                               |
| (3) | 環境・エネルギー工学科 | 環境工学演習・実験Ⅱ                               |
| (4) | 環境・エネルギー工学科 | 構造・材料力学                                  |
| (5) | 環境・エネルギー工学科 | 特別講義Ⅱ                                    |
| (6) | 環境エネルギー工学専攻 | Advanced Environmental Engineering       |
| (7) | 全学教育推進機構    | 学問への扉(ものづくりサイエンス「表面の不思議-表面を変えると接合も変わる-」) |
| (8) | 全学教育推進機構    | 学問への扉(環境工学入門1-都市環境問題を考える)                |

(5) 卒業論文

- (1) 環境・エネルギー工学科, 上村 昌史 銀ナノ粒子の低環境負荷合成に関する研究

4. 9 社会貢献

氏名：阿部 浩也

(1) 学会役員

- (1) (一社) スマートプロセス学会 総合企画運営委員会 委員
- (2) (一社) 日本フルードパワーシステム学会 機能性流体フルードパワーシステムに関する研究委員会 委員
- (3) (一社) 日本機械学会 機能性流体工学研究会 委員

(5) 国・自治体・公益法人等への貢献

- (1) 文部科学省 / 科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センター 専門調査員

4. 10 全国共同利用に関する研究

(1) 令和3年度共同研究員と研究テーマ

氏名：阿部 浩也

一般公募研究課題

- (1) 筑波大学数理物質系 鈴木 義和 水熱合成プロセスを用いた複酸化物ナノ粒子の低温合成と機能探索
- (2) 共同研究員との共著論文件数 (査読付き学術論文, 国際会議論文)
- (1) 合計 1

## 接合界面微細構造解析室



## 接合界面微細構造解析室

### 4. 1 研究概要

日々進歩する材料と接合技術によって得られる継手の性質を理解するには、接合界面や継手部の材料組織の構造を詳細に把握することが必要である。そのため当解析室では研究所内外からの要請に応じて、分析機能を備えた透過型電子顕微鏡 (TEM) による継手材料組織の微細構造観察を行い、また集束イオンビーム加工装置 (FIB) やイオンミリング装置によって、加工が困難な異材継手や複合材料などの TEM 用の薄膜試料作成の技術を提供する。

また異材精密接合の金属組織学的研究等の、TEM を用いた独自のテーマの研究を進めることで、継手組織の TEM 観察技術の維持・向上に努める。

### 4. 2 研究課題

1. 各種溶接・接合組織や機能材料等の微細構造の解明
2. 陽極接合継手の接合界面微細構造と継手性能の関係の解明
3. 陽極接合の原理を応用した金属・無機材料の接合と加工手法の開発

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

本年度、当解析室では、研究所内の 9 分野、学内 1 講座、また国内他大学や研究機関 3 か所からの依頼により、各種の材料・継手組織の TEM 観察およびそのための試料作成に協力した。加工・観察を行った試料は溶接、FSW、FW、ろうづけ、さらにナノ粒子を利用した新しい手法などによる接合継手、焼結体、電子デバイス用積層構造体、セラミックス、電池材料などの粉体等と多岐にわたり、位置を絞った TEM 試料の作成、微細な空間的構造の観察、結晶構造の解析や EDS を用いた元素分析による組織中の元素分布の観察と構成相の同定、結晶中の格子欠陥の観察等、FIB・TEM なしには取得困難な多くのデータを提供した。これらの要求にこたえるため、解析室員の観察・試料作成技術のさらなる向上と利用者の指導に努めた。また、解析室独自の研究活動としては以下のことを行った。

#### 1. 多層陽極接合における 2 番目以降の接合界面の健全性

陽極接合はナトリウムなどの動きやすい陽イオンを含むガラスと金属または半導体を接触させ、導体側を陽極として両者の間に電圧をかけて接合を行う方法である。電圧を加えるとガラス中の陽イオンは電場から力を受けて陰極側に移動し、陽極である導体との接触面に近いガラス中には、陽イオンの欠乏層が生じる。陽イオン欠乏層はもともと陽イオン元素と結びついていた  $O^{2-}$  イオンを過剰に含むので強い負電荷を帯びており、その負電荷と導体の表面に誘起される正電荷の間に働くクーロン力によってガラスと導体が密着する。さらに陽イオン欠乏層中で働く強い電場によってガラスと導体の接触面に運ばれた  $O^{2-}$  イオンによって導体側の元素が酸化されることで恒久的な接合が成立する。

ガラスの表面に導体層を製膜し、その上にもう 1 枚別のガラスを重ね合わせて導体層を陽極、両側のガラスを陰極として電圧を加えることで、導体層を仲立ちとしたガラス同士の重ね接合を行うこともできる。この方法で作ったガラス同士の重ね継手に同様の方法で 3 枚目のガラスを接合しようとする、2 番目の接合のための電圧印加中に、最初に接合した継手中を移動する陽イオンの流れが最初の接合の仲立ちの導体層に遮られてそこで集積し、最初の接合界面とそ近傍のガラスの損傷を招くためうまくいかない。しかし最初の接合において仲立ちの導体層を完全に酸化させてしまえば、その継手にさらに別のガラスを陽極接合しても酸化物となった最初の導体層はもはや陽イオ

ンの移動を妨げず、ガラス3枚の健全な重ね継手が得られるのではないかと考え、ソーダライムガラスと、仲立ちの導体にはアルミニウムを用いて、この方法で最初の接合、2番目の接合ともに健全な接合界面が得られることを前年度の研究において確認して、これを「多層陽極接合」と名づけた。

2番目の接合でも仲立ちの導体層を完全に酸化すれば得られた継手にさらに4枚目のガラスを接合でき、さらに同様の繰り返しが可能になると考えられるが、複数枚のガラスを接合した重ね継手と新しいガラス板では厚みが異なるため、接合電圧の印加中に厚みの大きい継手中では新しいガラス中と比べて陽イオンの流れが遅くなり、継手側と仲立ちの導体層の接合が不十分になるのではないかと考えられた。そこで実際に繰り返しの多層陽極接合を試行して、ガラス3枚の重ね陽極接合継手と新しいガラスの接合において仲立ちのアルミニウム層を新しいガラスの側に製膜した場合、重ね継手とアルミニウム層の界面に未接合部が残ることを見出した。そこで、重ね継手の側と新しいガラスの側でガラスの厚みを揃えることで未接合部の残存を抑制できるのではないかと考え、同様の接合を新しいガラスの側に同材のバッファガラスを重ねて両側のガラスの厚みを揃えて行うと残存する未接合部が大幅に縮小することを確認した。

## 2. 導体層を仲立ちとしたガラス同士の陽極接合に対する接合温度の影響

陽極接合の進行には電圧印加によるガラス中の陽イオンの移動が必要なので、接合温度を陽イオンの拡散移動が可能になる温度にしてやる必要がある。適切とされる接合温度は用いるガラスの品種によって異なるが通常500 K～700 K程度とされており、ソーダライムガラスではこれまで473 Kで接合を行ってきた。しかし接合温度は低いほど接合中に継手部材が受ける熱変性が小さく、また異材接合で線膨張率の異なる素材同士を接合する場合接合後に継手中に生じる残留応力も小さくなる。そこでアルミニウムを仲立ちとしたソーダライムガラス同士の陽極接合において接合温度をどこまで下げられるかを探った。その結果、接合温度393 Kまでは電圧印加時間3600 sで接合界面全体が密着した継手が得られた。さらに低い接合温度でも電圧印加時間を延ばすと全面密着の継手が得られ、333 K、60℃でも電圧印加時間172800 sで健全な接合が得られた。接合温度にかかわらず、電圧印加中にガラスを流れる電流が運ぶ電荷密度が100 C/m<sup>2</sup>を超えると全面密着の継手が得られることが示唆された。室温近傍での陽極接合は、線膨張率の大きく異なる素材同士の接合を可能にする。

### (2) 研究に対する自己評価

当解析室は、研究所内外の材料・接合研究に対してTEM観察技術の提供による協力を行うことを第一の業務としている。そこで本年度も引き続きTEM試料作成・観察技術の向上に努めつつ多くの観察を行い、得られた結果の解析の指導・支援を行った。こうして本年も多くの所内分野、学内講座および学外研究機関へデータを提供し、協力した研究者からは、解析室員を共著者とした雑誌論文1件、また国内学会・国際会議で多数の講演・論文が発表された。また研究成果に示した解析室独自の研究活動を行った。今後もTEM観察の結果の解析の支援や議論を通じて共同研究型の研究協力活動を増やし、独自の研究活動も進めていく。

研究の発展に伴う材料組織観察のニーズの高度化に対応していくため、今後も新しいTEM試料作成技術や組織解析手法の取得・開発に努める。

JFE ウエルディング協働研究所





## JFE ウエルディング協働研究所

### 4. 1 研究概要

設置から4年目を迎えたJFE ウエルディング協働研究所では、溶接・接合に関わる現象解明、新溶接技術探求、新溶接材料開発、シミュレーション技術の開発など基礎から応用に渡る複数の研究プロジェクトを、工学研究科との連携のもと進めている。

2021年度は、これまでのプロジェクトテーマの継続に加えて、実用化を視野に入れたプロジェクトに注力しながら、先導的な新規テーマについても取り組んだ。

### 4. 2 研究課題

1. アーク現象の解明
2. 最先端接合技術の追求および最先端材料での溶接部性能向上技術の開発
3. 実用化を視野に入れた研究開発

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

##### 1. アーク現象の解明

J-STAR (JFE Spray Transfer Arc) 溶接の現象を高速度カメラにより詳細に観察し、さらには金属蒸気や温度分布を計測することで、メカニズムの解明を行ってきた。希土類金属の添加の役割を明確にするために、希土類金属の添加位置、量などを変化させたワイヤを用いて、プラズマの状態を観察してきた。

今年度は、上記の観察に加え、カラー高速度ビデオカメラを用いたアーク外観観察と、レーザおよびモノクロ高速度ビデオカメラを用いたライティングによるワイヤと溶滴の観察により、メタルコアードワイヤの溶融現象を明らかにすることを試みた。

メタルコアードワイヤを用いた場合では、アークの振舞いはソリッドワイヤを用いたときとは異なり、ワイヤ先端に形成された溶滴の表面を起点とし、溶滴周辺を偏向したまま回転していた。これは溶滴内部のREMの分布に偏りが生じていることで、電流経路がREM濃化部に集中してアークルート部がREM濃化部直下に形成され、溶融金属中のREMが電磁気力等の溶滴内駆動力によって流動するためであると考えられた。

しかしながら、各ワイヤを用いた際の溶融速度の変化量から、固液界面位置の変動が短時間で生じていることがわかり、REMの添加位置によらずこの傾向が現れていることが明らかになった。よって、メタルコアードワイヤの溶接の不安定性はREMの添加位置によるものよりも、ソリッドワイヤとメタルコアードワイヤの構造の違いによって定電圧制御が十分になされていないことに起因するものであると考えられた。今後はこの不安定性をどのように制御するかについて検討を進めていく。

##### 2. 最先端接合技術の追求および最先端材料での溶接部性能向上技術の開発

自動車分野においては軽量化のために超ハイテンが積極的に使われ始めている。しかしながら、その溶接においてはアーク溶接、抵抗スポット溶接、レーザ溶接など様々な方法が用いられているが、多くの課題を抱えているのが現状である。その課題の一つとして、自動車の足回りに利用される重ね隅肉CO<sub>2</sub>溶接部の耐疲労性能である。重ね隅肉溶接部は、厳しい腐食環境にさらされることから、腐食挙動が疲労寿命に及ぼす影響が懸念される。また同時に超ハイテン化が進む中で、軽量化の観点からハイテン化による板厚の削減が検討されているが、溶接止端部の応力集中による耐疲労強度の向上が困難であるという従来からの問題も残されている。すなわち、腐食環境下における

超ハイテン継手部の疲労性能向上を考慮した継手設計が求められている。本研究では低 CO<sub>2</sub> 溶接技術を適用し、溶接止端部形状の改善による耐疲労特性を実験と数値解析により向上させることに成功した。また、アーク溶接部での腐食・疲労特性に関する多くの知見が得られた。<sup>[1][4]</sup>

さらに超ハイテンでのもう一つの課題である継手特性についても検討を行った。超ハイテンでは、高強度化のために高 C 設計が行われる。そのため、これまでの溶融溶接技術をこれらの材料に適用すると、硬質なマルテンサイト生成による靱性の低下や遅れ破壊などの継手特性への影響が懸念される。そこで、非溶融接合である摩擦攪拌接合 (FSW) が着目されており、その継手におけるミクロ組織についてレーザ継手と比較しながら詳細な検討を行った。一部分ではあるが、C 量変化による継手ミクロ組織の特徴や溶接熱影響部 (HAZ) での組織変化、機械的特性について明らかにできた。<sup>[5]</sup>

また、レーザ溶接については高出力化での雰囲気の影響を調査すべく、従来から行われてきた高輝度 X 線透過装置によるタングステントレーサーを用いた湯流れ観察を行った。湯流れと実際の溶け込み深さやスパッタ飛散などの観察により、キーホール内でのレーザ溶接現象や溶け込み深さ・形状のメカニズムを引き続き考察中である。

### 3. 実用化を視野に入れた研究開発

地球環境を考慮したエネルギーとして、LNG や水素が注目されている。極低温での機械的特性に優れる材料の一つとして高 Mn オーステナイト鋼 (以降、高 Mn 鋼) の実用化に向けた検討を行ってきた。高 Mn 鋼はオーステナイト安定性を十分に確保するために、Mn 添加量を 20 ~ 30% 程度にまで高めるとともに、Cr などの合金元素を添加するケースが多く、溶接性や母材特性において、重要な課題があり、溶接熱影響部への影響などについて検討してきた。<sup>[6][8]</sup>

今年度は、溶接金属について、トランスバレストレイン試験により各種添加元素の影響を実験的に評価するとともに、数値モデルを用いた理論的な検討を実施し、高温割れメカニズムを考察した。<sup>[9]</sup>

さらに、破壊のメカニズムについても高多軸度応力下においても、局所伸びが小さいにもかかわらず、一様伸びが大きいことから破壊靱性に優れることを明確にした。そして延性損傷数値モデルを構築し、大型試験での破壊靱性の予測ができるようになった。<sup>[10]</sup>

上記の実用化テーマに加えて、建築分野での実用化に向けた継手の評価研究も行っている。建築分野では、柱梁溶接接合部における現場での省力化を加味した耐震安全性確保が重要である。そこで、柱梁部に大きな繰り返し負荷を考慮した耐震性を評価するために、延性き裂進展解析手法の構築に取り組んだ。繰り返し載荷時の破面接触を考慮可能なモデルの構築や FEM による溶接パラメータの定量化などを行い、延性き裂進展シミュレーション技術を作成した。<sup>[11]</sup>

#### <関連発表文献>

- [1] C. Sawanishi, H. Matsuda, T. Tagawa, R. Ikeda and S. Tsutsumi, "Influence of shape of weld toe and hardness of weld metal on fatigue properties in GMA welded fillet lap joint of UHSS sheet", *Welding International*, Vol.34, No.10-12 (2020) 375-387.
- [2] 小西恭平, 澤西央海, 松田広志, 伊木聡, 堤成一郎, "超ハイテン重ね隅肉アーク溶接継手の疲労特性に及ぼす腐食の影響", 溶接学会全国大会講演概要, 第109集 (2021-9) 206-207.
- [3] Y. Guan, Y. Ishikawa, S. Tsutsumi, K. Konishi, C. Sawanishi, H. Matsuda and S. Igi, "Numerical investigation on fatigue failure mechanism of corroded-lap fillet welded joints of ultra-high strength steel sheets", 溶接学会全国大会講演概要, 第109集 (2021-9) 208-209.
- [4] 小西恭平, 澤西央海, 松田広志, 伊木聡, Y. Guan, 堤成一郎, "超ハイテンアーク溶接継手の疲労特性に及ぼす腐食挙動の影響", JAAA2021シンポジウム「先進自動車製造技術における接合技術2021」, US-2 (2021).

- [5] 南 耕太, 松田 朋己, 小椋 智, 佐野 智一, 廣瀬 明夫, 岩田 匠平, 松下 宗生, 木谷 靖, 伊木 聡, “高張力鋼板摩擦攪拌接合継手のマイクロ組織および機械的特性評価” 2021年度溶接学会春季全国大会講演発表 B-1-5.
- [6] Keiji Ueda, Daichi Izumi, Toshinori Ishida, Takako Yamashita, Atsushi Takada, Satoshi Igi, Shotaro Yamashita, Tomo Ogura and Kazuyoshi Saida, “Change in Charpy impact toughness and carbide precipitation after ageing heat treatment of high Mn austenitic steel”, *Welding International*, Vol.34 (2020), No.7-9, 314-328.
- [7] Keiji Ueda, Daichi Izumi, Atsushi Takada, Toshinori Ishida, Satoshi Igi, Shotaro Yamashita, Tomo Ogura and Kazuyoshi Saida, “Dominant factors of cryogenic toughness of heat-affected zone of welding in high Mn austenitic steel”, *Welding International*, Vol.34 (2020), No.7-9, 335-348.
- [8] Keiji Ueda, Shotaro Yamashita, Atsushi Takada, Naoki Sahara, Tomo Ogura and Kazuyoshi Saida, “Characterization of hot cracking in multi-pass weld metal of high manganese austenitic steel”, *Welding International*, Vol.34 (2020), No.10-12, 388-398.
- [9] 中野敬久, 佐原直樹, 山下正太郎, 才田一幸, 渡邊一史, 安藤彰芳, “高Mnオーステナイト鋼の凝固割れ感受性に及ぼす冷却速度の影響”, 溶接学会全国大会講演概要, 第109集 (2021-9) 70-71.
- [10] 辻勇悟, 山本昂育, 庄司博人, 大畑充, 泉大地, 平出隆志, “高Mnオーステナイト鋼の損傷発展挙動と破壊靱性予測”, 溶接学会全国大会講演概要, 第109集 (2021-9) 198-199.
- [11] 速水 俊広, 庄司 博人, 大畑 充, 梅田 敏弘, 木下 智裕, 田川 哲哉, “大変形繰返し荷重による延性破断挙動に及ぼす溶接・接合部性状の影響”, 2021年度溶接学会秋季全国大会講演発表 D-3-7.
- [12] Seiichiro Tsutsumi, Riccardo Fincato, Pengjun Luo, Moe Sano, Toshihiro Umeda, Tomohiro Kinoshita, Tetsuya Tagawa, " Effects of weld geometry and HAZ property on low-cycle fatigue behavior of welded joint ", *International Journal of Fatigue*, Vol.156 (2022) 1-15.

## (2) 研究に対する自己評価

協働研究所発足4年目として、種々の課題に取り組み着実に成果をあげている。とくに実用化を視野に入れた研究開発については、利用可能なレベルに到達したものもあり、今後に期待ができる。最先端接合技術についてもFSWやレーザー技術で多くの知見が得られた。とくに今年度は自動車から建築分野における耐疲労性能に関するプロジェクトに注力した。

### 4.4 教育に対する自己評価

現在進めている工学研究科での研究プロジェクトを発展させて、博士学位取得を目指している企業側の若手研究員が来年度から社会人ドクターコースへ入学する。来年度もその研究の一部を自主的な提案型研究プロジェクトとして採用する予定である。

さらに、企業の若手研究員の社会人ドクターコースへの入学とその研究プロジェクトの設定についても積極的に行っていく予定である。

### 4.5 社会貢献に対する自己評価

本協働研究所の副所長である大井健次ならびに田川哲哉招へい教授は学協会において溶接・破壊分野に関わる積極的な活動によって社会貢献を行っている。大井招へい教授は溶接学会監事、日本工学会理事、日本溶接協会総務副委員長、千葉県溶接協会理事および溶接・接合工学会の評議員として活動している。また、溶接学会の溶接冶金研究委員会委嘱委員、日本溶接協会の溶接・接合プロセス研究委員会副委員長として重要な役割と学術的な発展にも貢献している。

田川招へい教授は、日本鉄鋼協会、日本材料学会主催の破壊・破壊力学に関わる社会人セミナー、日本溶接協会の溶接管理技術者資格認定に関わる講習会講師など、技術者教育を通じて国内工業界の人材育成に貢献している。加えて、日本溶接協会の理事を務め、国内の溶接技術振興のための仕組み作りに努めている。また、ISO TC164（金属材料の機械試験）の日本代表委員を務めており、国内で策定した破壊靱性試験方法のISO化など、規格整備の観点で国内基盤技術の国際化に貢献している。

ダイヘン溶接・接合協働研究所



## ダイヘン溶接・接合協働研究所

### 4. 1 研究概要

ダイヘン溶接・接合協働研究所は、溶接・接合分野の革新的な高機能化・高効率化に向けた技術開発を目指して2019年4月に設置された。接合科学研究所と工学研究科における学術的知見とダイヘンが有する溶接・接合技術および溶接機器制御技術の融合により、モノづくりに変革をもたらす世界トップレベルの溶接・接合技術の共同研究に取り組んでいる。

厚板高効率アーク溶接法の研究では、ダイヘンの開発した溶接技術を大学の持つシミュレーション技術や接合性能評価技術により解析し、アーク物理現象のさらなる解明や、実用化促進のための品質評価を進めている。可視化技術を用いた溶接プロセスの監視および応用技術の研究開発では、大学が有する知見とダイヘンのシステム開発力を融合させ、レーザ超音波技術を活用した溶接欠陥の非接触探傷手法の確立と実用化に取り組んでいる。異種材料接合法の研究開発では、斬新な入熱制御手法の発案とその具現化により、難接合材料を対象とした異材接合技術の確立と接合強度の向上に向けた研究開発を進めている。

また、若手技術者に共同研究を通じた学位取得を奨励し、溶接機器制御の観点だけでなく、アーク物理や冶金的観点での技術開発もできる技術者への成長を促している。

本研究所においては、以上の取り組みを通じて、産学共創による革新的な接合技術の開発と、世界に通用する技術者育成を推進している。

### 4. 2 研究課題

1. 厚板高効率アーク溶接法の研究
2. 可視化技術を用いた溶接プロセスの監視および応用技術の研究開発
3. 異種材料接合法の研究開発

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

#### 1. 厚板高効率アーク溶接法の研究

厚板高効率アーク溶接法のさらなるアプリケーションを拡大するため、高機能材料への適用を進めている。昨年度は二相ステンレス鋼への同溶接法の適用を検討し、継手の耐食性を明らかにした。本年度は、その研究成果を学術的方面にさらに発展させ、二相ステンレス鋼の熱影響部における孔食の発生メカニズムについて新たな知見を得た。二相ステンレス鋼溶接継手の耐食性に関する知見は少なく、工学的に重要な成果が得られたと評価している。

#### 2. 可視化技術を用いた溶接プロセスの監視および応用技術の研究開発

レーザ超音波法を活用したインプロセスで溶接内部欠陥を検出する技術の研究開発を進めている。自動車業界での実用化を目標に、自動車製造で課題となる薄板亜鉛めっき鋼板の溶接時に生じる、ブローホールと呼ばれる内部欠陥を検出するロボットシステムの開発に取り組んでいる。2020年度には基本となる検出アルゴリズムを開発した。本年度はロボットシステム化を目指し、レーザメーカーとの共同開発によりマイクロチップレーザ技術を活用した小型レーザを開発することができた。これにより、ポストプロセスではあるがロボットシステムでの欠陥検出を実現することができた。また、超音波の受信において受信点の表面性状が課題となるが、これもマイクロチップレーザを受信点に照射することで向上できることを明らかにした。検査装置の可搬性と検査品質の向上を両立する成果であり、目標である実用化に大きく貢献するものと評価している。

### 3. 異種材料接合法の研究開発

難接合継手を対象とした、異種材料接合法の研究開発を進めている。本年度は昨年度より継続して、合金化溶融亜鉛めっき鋼板とアルミニウム合金の異材接合を対象とした、レーザー・アークハイブリッド溶接の研究を行った。溶接ワイヤに含まれる Si 元素が、接合界面における脆弱な金属間化合物の生成を抑制することを見出すとともに、ワイヤ径の最適化により低入熱化と厚向上を組み合わせることで、昨年度の課題であった溶接部の強度向上（母材破断）を達成した。

#### (2) 研究に対する自己評価

協働研究所の最低設置期間となる3年目を迎えた本年度は、各研究テーマが成熟し、斬新かつ重要な知見・成果を得られたと評価している。厚板高能率アーク溶接の研究に関しては、従来研究してきた埋もれアーク溶接の枠を飛び越え、二相ステンレス鋼の熱影響部における孔食発生についての根本的かつ学術的な知見を明らかにした。可視化技術を用いた溶接プロセスの監視および応用技術の研究開発では、小型で高ピーク出力のパルスレーザーとしてマイクロチップレーザーの開発に成功し、ロボットシステム化を実現するとともに、特許を出願することができた。異種材料接合法の研究開発については、合金化溶融亜鉛めっき鋼板とアルミニウム合金の異材接合継手の接合強度向上（母材破断）を達成し、実用化に際して大きな進展を得た。

次年度より二期目を迎え、今後も新たに実用的なテーマや挑戦的なテーマを追加していく予定である。

#### 4. 4 教育に対する自己評価

本協働研究所所属の若手研究員が、2021年度9月に接合科学研究所の博士後期課程を修了して学位を取得しており、若手の教育に関して大きな成果が得られている。また、大阪大学のクロス・アポイントメント制度により、2021年度からダイヘンの若手女性技術者が特任助教として採用されており、大阪大学におけるダイバーシティ環境の改革に貢献しつつ、若手技術者の育成をますます活性化していく所存である。

#### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

本協働研究所の副所長である恵良哲生招へい教授、ならびに門田圭二招へい准教授は、アーク溶接法と機器、アーク物理の分野で積極的な社会貢献を行っている。恵良哲生招へい教授は、溶接学会理事、軽金属溶接協会理事をはじめ、日本溶接協会、および溶接接合工学会を含めて各種委員を務めており、学术界の発展と溶接技術の普及に貢献している。また、各種講演会やシンポジウムの講師、および大学の非常勤講師を通じて、溶接法・機器の基礎から最新の溶接技術の普及・啓蒙と人材育成にも携わっている。門田圭二招へい准教授は、溶接学会の溶接法研究委員会の幹事を務め、学術面から溶接技術の発展に貢献している。また、学会誌の編集委員やセミナー講師の他、溶接協会の教育委員にも参加し、溶接技術の啓蒙、教育にも貢献している。



#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Non-equilibrium Modeling of Arc Plasmas in the Gas-metal Arc-welding Process  
J. Phys. D-Appl. Phys., 54, 32 (2021), 325204.  
S. Eda, Y. Ogino, S. Asai and T. Sano
- (2) Numerical Simulation of Liquid Bridge Breakup in Short-Circuit Transfer Process  
Weld. World, 66 (2021), 117-133.  
Y. Sato, S. Eda, Y. Ogino and S. Asai
- (3) インプロセスでのブローホール発生検知手法の実用化に向けた検証  
溶接学会論文集, 39, 4 (2021), 334-346.  
笠野 和輝, 萩野 陽輔, 佐野 智一, 浅井 知
- (4) ルチール系フラックスコアードワイヤによるFCA溶接の溶融池シミュレーションモデル  
溶接学会論文集, 39, 4 (2021), 291-300.  
萩野 陽輔, 平田 好則, 浅井 知
- (5) 三次元粒子法シミュレーションによる埋もれアーク溶接の埋もれ空間形成に及ぼす影響因子の解明  
スマートプロセス学会誌, 10, 3 (2021), 121-127.  
古免 久弥, 馬場 勇人, 門田 圭二, 恵良 哲生, 田中 学, 寺崎 秀紀

##### (5) 国内会議発表論文 (査読なし)

- (1) レーザ超音波法による薄板重ね隅肉溶接の内部欠陥検出に関する研究  
JAAA2021シンポジウム講演論文集, WEB開催 (2021.11.30-12.1), 185-192.  
門田 圭二, 松井田 丈斗, 野村 和史, 恵良 哲生, 浅井 知
- (2) レーザ超音波法を用いた薄板重ね隅肉溶接のブローホール検出に関する研究  
第29回超音波による非破壊評価シンポジウム講演論文集, WEB開催 (2022.1.24-25), 9-14.  
野村 和史, 松井田 丈斗, 門田 圭二, 恵良 哲生, 浅井 知

##### (7) 国際会議発表

- (1) Non-equilibrium Modeling of Gas Metal Arc Welding Process with Molten Metal Behavior  
74th Annual Assembly of IIW, Web (2021.7.7-20)  
S. Eda, Y. Ogino, S. Asai and T. Sano
- (2) Numerical Simulation of the Pulsed-MAG Welding Process from the Heat Source Properties to the Weld Pool Formation  
74th Annual Assembly of IIW, Web (2021.7.7-20)  
Y. Ogino, S. Asai and T. Sano
- (3) Study on Blow Hole Detection Technology Using Image Sensing Method with Deep Learning  
74th Annual Assembly of IIW, Web (2021.7.7-20)  
K. Kasano, Y. Ogino, T. Sano and S. Asai

- (4) In-line Detection of Blowholes in Lap Joint Welding of Galvanized Steel Sheet by Laser Ultrasonic Technique  
Joint Intermediate Meeting of IIW Comm. I, IV, XII and SG212, On-line (2022.3.21-22)  
K. Nomura, T. Matsuida, K. Kadota, T. Era and S. Asai

## (8) 国内学会発表

- (1) アーク直下気泡発生現象と気孔欠陥発生との相関性検証—インプロセスアーク溶接品質管理技術の開発 第7報—  
(一社) 溶接学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.4.14-19)  
笠野 和輝, 萩野 陽輔, 佐野 智一, 浅井 知
- (2) ガスメタルアーク溶接の非平衡モデルにおける電極近傍領域の取り扱いに関する検討  
(一社) 溶接学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催 (2021.4.14-19)  
江田 賢司, 萩野 陽輔, 浅井 知, 佐野 智一
- (3) Additive Manufacturingプロセスの数値シミュレーションとモニタリング技術の開発  
第250回溶接法研究委員会, オンライン開催 (2021.5.28)  
萩野 陽輔, 嵐 亮介, 中山 知哉, 浅井 知
- (4) 短絡移行プロセスにおける橋絡液柱破断現象の数値解析  
第254回溶接法研究委員会, オンライン開催 (2021.8.3)  
佐藤 祐理子, 江田 賢司, 萩野 陽輔, 浅井 知
- (5) 電極の溶融・変形を考慮したガスメタルアーク溶接の非平衡モデリング  
第254回溶接法研究委員会, オンライン開催 (2021.8.3)  
江田 賢司, 萩野 陽輔, 浅井 知, 佐野 智一
- (6) アーク直下での気泡発生現象モニタリングによるブローホール発生検知指標の検討 インプロセスアーク溶接品質管理技術の開発第8報  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
笠野 和輝, 萩野 陽輔, 佐野 智一, 浅井 知
- (7) パルスマグ溶接プロセスの熱源および溶込み形成シミュレーション  
スマートプロセス学会2021年度学術講演会 (2021.11.15)  
萩野 陽輔, 浅井 知, 佐野 智一
- (8) 画像センシングによるインプロセス溶接欠陥検知技術の実用化に向けた研究  
第256回溶接法研究委員会・第248回溶接冶金研究委員会 (2022.1.25)  
笠野 和輝, 萩野 陽輔, 佐野 智一, 浅井 知
- (9) 埋もれアーク溶接した二相ステンレス校溶接部の組織形態と耐食性の関係  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
中森 雄大, 門井 浩太, 井上 裕滋, 馬場 勇人, 門田 圭二, 恵良 哲生, 五十嵐 友也

## (10) 国内会議講演

- (1) 先端センシング技術が拓く高信頼性自動溶接の世界  
(公財) 燕三条地場産業振興センター 接合技術研究会, WEB開催 (2021.10.7)  
浅井 知

- (2) レーザ超音波を用いた溶接品質のインプロセスモニタリング  
中部レーザ応用技術研究会 第112回研究会, WEB開催 (2021.11.19)  
浅井 知

**(11) 解説・総説**

- (1) レーザ超音波を用いた溶接品質のインプロセスモニタリング  
非破壊検査, 70, 9 (2021), 386-391.  
浅井 知, 野村 和史
- (2) 高電流埋もれアークを用いた厚板高能率溶接システム「D-Arc」の開発  
溶接技術, 69, 8 (2021), 92-96.  
馬場 勇人, 森 大輔, 恵良 哲生, 田中 学

**(13) 特許出願・登録**

- (1) 溶接検査装置, 溶接システム, 及び溶接検査方法  
特願2021-125644  
浅井 知, 門田 圭二, 恵良 哲生, 他1名
- (2) 欠陥判定装置  
特願2022-007935  
門田 圭二, 浅井 知, 他3名
- (3) 欠陥判定装置  
特願2022-007936  
門田 圭二, 浅井 知, 他3名

**(15) 受賞**

- (1) 令和3年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 (開発部門)  
文部科学省 (2021.04.14)  
上山 智之, 恵良 哲生, 馬場 勇人, 田中 学
- (2) 技術賞本賞  
(一社) 日本溶接協会 (2021.06.09)  
馬場 勇人, 森 大輔, 恵良 哲生, 松下 和憲, 田中 学



日本製鉄ものづくり未来協働研究所



## 日本製鉄ものづくり未来協働研究所

### 4. 1 研究概要

日本製鉄ものづくり未来協働研究所は、鉄鋼材料を用いたものづくりの未来を拓く革新的な溶接・接合技術の開発を目指し、2021年4月に設置された。本協働研究所では、接合科学研究所および工学研究科マテリアル生産科学専攻の有する世界最先端の溶接・接合研究と日本製鉄株式会社の有する鉄鋼材料技術を融合させ、鉄鋼材料のもつ素材としての潜在能力を最大限発揮させる溶接・接合技術の研究開発に取り組んでいる。

具体的には、先進鉄鋼材料の溶接・接合技術を確立すべく、高性能鋼材のアーク溶接現象および溶接部での冶金現象の解明に取り組み、それに基づく溶接部の組織および特性制御に関する研究を進めている。また、超高強度鋼板の非溶融接合技術の開発に取り組み、その接合現象の理解と特性評価を進めている。

また、これらの取り組みを通じ、若手研究者には学位取得を奨励するとともに、大学教員、学生との積極的な交流を促し、より広い技術的視野と深い知識の獲得を図っている。

本協働研究所は、このように産学連携による将来のものづくりに資する溶接・接合技術に関わる研究開発とその中核となる研究者の育成を推進している。

### 4. 2 研究課題

1. 先進鉄鋼材料の利用拡大に資する溶接・接合プロセスの研究開発
2. 先進鉄鋼材料溶接構造物の信頼性向上に資する溶接・接合冶金の研究開発

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

本協働研究所での研究成果を以下に記載する。

#### 1. 高強度鋼板の非溶融接合技術の開発

非溶融接合である線形摩擦接合(LFW)は低温での接合が可能であるため、熱の影響を受けやすい高強度鋼板やめっき鋼板への適用が期待される。本年度は各種亜鉛めっき鋼板のLFWについて検討を行った。その結果、亜鉛めっき鋼板のLFWにおいて印加圧力を制御し低温で接合することで、亜鉛の粒界侵入のない健全な継手が得られ、継手の耐食性も高いことが明らかとなった<sup>1)</sup>。次年度は、LFWの特徴を生かして高強度めっき鋼板への適用性検討を進める予定である。

#### 2. 高性能鋼材のアーク溶接現象の解明

ガスマタルアークにおける溶接金属へのガス吸収挙動の解明に取り組み、本年度は以下の二点が明らかとなった。二重シールドトーチを備えたGTAを用いた検討から、熔融池表面でのガス(酸素)吸収の要因として、シールドガス(炭酸ガス)由来に加え、シールドから外れた大気由来のものが存在することが明らかになった<sup>2)</sup>。また、溶滴表面でのガス吸収に影響を及ぼすと考えられる溶滴表面温度には、シールドガス種および極性が影響を及ぼすとの知見を得、溶滴温度の支配的な決定因子は溶接電流値、イオン電流率、シールドガスの比熱であることが特定された<sup>3)</sup>。次年度は、溶接金属中酸素量に溶滴温度が与える影響を明確化すべく、溶滴の移行形態が酸素吸収量に与える影響を調査する。

#### 3. 高性能鋼材の溶接冶金現象の解明

高温で使用される高合金耐熱鋼の時効脆化割れ機構の解明に取り組んでいる。今年度は、時効過

程における組織変化に着目し、FEM解析を用いて、粒界近傍での歪み分布に及ぼす組織変化の影響を検討した。その結果、時効に伴った組織変化により粒界析出物近傍の元素欠乏域でひずみ集中が助長され、時効脆化割れの影響要因の一つであることが示唆された<sup>4)</sup>。次年度以降、時効脆化割れの支配要因のさらなる特定とその制御指針の確立に取り組む予定である。

Ni基合金の溶接熱影響部に発生する液化割れ現象の解明と支配要因の特定に取り組んでいる。支配要因の一つであると考えられる粒界性格の影響を検討するために、本年度は、母材の低エネルギー粒界(対応粒界)生成頻度に及ぼす製造条件について検討した。その結果、冷間加工度および熱処理条件の調整により、対応粒界生成頻度が変化し、母材の化学成分が影響することを把握した<sup>5)</sup>。次年度以降、粒界液化挙動ならびに液化割れ感受性との関係を調査する予定である。

#### <関連発表文献>

- 1) 魚澄 将俊, 森貞 好昭, 藤井 英俊, 平田弘征, 富士本博紀 “溶融亜鉛めっき鋼板LFWの耐食性に及ぼす接合条件の影響” 溶接学会全国大会講演概要 第110集 82-83
- 2) 浅井祐輝, 古免久弥, 田中学, 野元将志, 渡邊耕太郎, 加茂孝浩 “炭酸ガスを用いたガスタングステンアークにおける母材表面の酸素濃度分析”, 2021年度溶接学会秋季全国大会ポスター発表 P37
- 3) 辰巳和也, 田中慶吾, 古免久弥, 田中学, 野元将志, 渡邊耕太郎, 加茂孝浩 “ガスマタルアーク溶接における溶滴温度を決定する支配因子の特定” 溶接学会論文集, Vol.39, No.4, (2021) 267-276
- 4) 野村謙信, 山下正太郎, 才田一幸, 小簿孝裕, 浄徳佳奈, 平田弘征, “耐熱合金溶接部の時効脆化割れに及ぼすミクロ組織要因の影響” 溶接学会全国大会講演概要 第109集 68-69
- 5) 前嶋 基志, 門井 浩太, 井上 裕滋, 浄徳 佳奈, 小簿 孝裕 “Ni基合金溶接熱影響部における粒界液化と粒界性格分布の関係” 溶接学会全国大会講演概要 第109集 66-67

## (2) 研究に対する自己評価

本協働研究所の設立初年度である本年度は、設定した研究テーマが円滑に立ち上がり、それぞれの課題に対し一定以上の重要な成果が得られたと評価する。例えば、高強度鋼の非溶融接合技術開発については、その適用により従来の溶融溶接における課題を解決できる可能性があり、次年度以降、さらなる研究の進展が期待される。また、他にもアーク溶接現象や溶接部における冶金現象について、新たな知見が得られており、継続した研究が望まれる。次年度以降は、本年度の研究テーマを一層加速させるとともに、新たな研究テーマも設定していく予定である。

## 4. 4 教育に対する自己評価

本協働研究所に所属する招へい研究員3名が博士後期課程に在学し、接合科学研究所教員の指導の下、学位取得に取り組んでいる。これ以外にも研究者が積極的に大学教員および学生との技術議論の機会をもつ等、教育の観点からは期待を超える成果が得られていると評価する。次年度以降も本協働研究所を若手研究者の育成の拠点として積極的に活用してゆく予定である。

## 4. 5 社会貢献に対する自己評価

本協働研究所の招へい教員ならびに招へい研究員は、(一社)溶接学会や(一社)溶接協会の様々な委員を務めるとともに、学会での講演や論文投稿を積極的に行い、溶接・接合技術の普及ならびに発展、さらにはこれら活動を通じ、ものづくりの技術の発展に大きく貢献していると評価する。



日立造船先進溶接技術共同研究部門



## 日立造船先進溶接技術共同研究部門

### 4. 1 研究概要

本共同研究部門（2011年1月1日発足）では、国際競争力のあるものづくりを実現するための溶接技術、表面処理技術の研究開発を推進してきた。接合科学研究所が保有するレーザ溶接技術や数理解析技術などの先進的な技術と日立造船株式会社が保有する製造技術を融合し、広範な鋼構造物の製造を革新する溶接技術、表面処理技術を開発した。

本共同研究部門で開発した厚板に対する大出力レーザ溶接技術は実用レベルに達した。また、極厚板に対する高効率な溶接技術として注目されるデジタル波形制御の大入熱サブマージアーク溶接（SAW）の研究において、その基礎現象を解明し、1層1パスの極狭開先積層溶接技術を開発したため、2021年度で研究課題を完了とした。製品性能を向上させる表面処理技術として、高温での高耐食、高耐磨耗の性能を有する三次元造形肉盛溶接技術の開発を推進した。高温部品の耐食性向上をねらいとしたナノ微粒子溶射技術は、プラズマ溶射により気孔率1%以下を達成し、2018年度で研究課題を完了とした。また、レーザ肉盛溶接（LMD：Laser Metal Deposition）はごみ焼却施設内の部品の耐食性、耐磨耗性の向上を目的とし、溶接割れの生じない肉盛プロセスを確立したため、2021年度で研究課題を完了とした。研究開発を国際的な観点で強化するため、インド工科大学ハイデラバード校（IITH）との共同研究を2016年10月より開始し、SAWの溶込み形状および硬さ予測シミュレーションモデルを完成させたため、2019年度で完了とした。

なお、本共同研究部門は上記研究成果が十分に得られたこと、契約期間が満了となったことから、2021年度で終了とする。

### 4. 2 研究課題

1. 高効率 SAW 技術
2. 三次元造形肉盛溶接技術

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

#### 1. 高効率 SAW 技術

SAWは厚板の溶接に適した溶接方法として、広く用いられている。しかしながら、完全自動化は実現されておらず、溶接士が監視しながらの施工となっている。近年、開発されたデジタル電源は、完全自動化を実現するための大きなツールである。

本年度は、1層1パス極狭開先溶接部の供用時の継手性能を検証するため、デジタル電源を用いて試験継手（板厚32mm）を作製し、溶接部の冶金的分析と破壊試験による評価を行った。その結果、開発したプロセスで作製した試験継手はASME規格で要求される性能を満足した。さらに、本プロセスを実用レベルとするため、開先做いを備えた自動溶接装置を開発・設計した。

#### 2. 三次元造形肉盛溶接技術

三次元造形肉盛溶接の適用対象として、ごみ焼却施設内で高温での耐腐食性を要求される部品を選定した。当該部品はCrを多く含む高合金鋼で、炭素量も0.8%程度の高炭素鋼であるため、低温割れ感受性が非常に高く、また肉盛材料もNi基合金であるため、高温割れも生じやすい。

本年度は、低温割れおよび高温割れを防止するため、LMDによる低希釈肉盛プロセスと熱処理条件（予熱、後熱）を検討した。低温割れおよび高温割れの生じない条件を選定した。その条件で、実製品の部品に肉盛溶接を実施し、溶接部の健全性を検証した。

## (2) 研究に対する自己評価

本年度の研究成果は、3件の査読付き学术论文である。

なお、本研共同研究部門は企業との共同研究部門の性格上、外部資金の導入は慎重にしている。

2011年1月に発足した本共同研究部門は、着実な研究成果をあげてきたと評価している。

## 4.4 教育に対する自己評価

本共同研究部門は、研究スタッフ以外に、日本人学生および留学生等は在籍せず、また講義も実施していない。

## 4.5 社会貢献に対する自己評価

本共同研究部門は、大阪大学が積極的な産学連携を通じて社会貢献するために、全国に先駆けて設置した共同研究講座制度に則り、接合科学研究所と日立造船株式会社が共同研究を推進してきた。また、大学で得た研究成果を迅速に産業応用し、その成果をグローバルに展開してきた。

中谷招へい教授は溶接学会編集委員、溶接法研究委員会副幹事長、溶接構造研究委員会副委員長、溶接接合工学振興会評議員、スマートプロセス学会理事など各種学協会において主要な委員を務めている。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) High Speed X-ray Observation of Digital Controlled Submerged Arc Welding Phenomena  
Sci. Technol. Weld. Join., 26, 4 (2021), 332-340.  
Y. Abe, T. Fujimoto, M. Nakatani, H. Komen, M. Shigeta and M. Tanaka



大阪富士工業「先進機能性加工」共同研究部門





## 大阪富士工業「先進機能性加工」共同研究部門

### 4. 1 研究概要

近年の地球資源・環境問題の高まりとともに、カーボンニュートラル・脱炭素社会への動きが加速しており、自動車、鉄道などの輸送機器、ロケットなどの宇宙構造体、微細エレクトロニクス電子機器など多くの産業分野で、工業製品の小型・軽量化、省エネ・省資源化の要求が激しさを増してきて、それらの材料に対して付加価値の高い機能を効率的に付与することのできる先進機能性加工が求められている。

本共同研究部門は、接合科学研究所が有するレーザ加工や材料科学などの先進加工技術と大阪富士工業株式会社が有する製造技術を融合し、微細から長大までの広範な構造物に様々な先進機能を付加する「先進機能性加工」技術を開発することを目的としている。

具体的には、半導体レーザ、ディスクレーザ、ファイバーレーザなどを用いたレーザクラッティング法による機能性材料の効率的表面処理法の開発および純銅などの難溶接材の接合など新しいレーザ加工技術の開拓を行い、最終的には開発した技術を応用した次世代機能性加工技術の実用化を目指している。

### 4. 2 研究課題

1. レーザクラッティング法による材料表面機能高度化技術の開発
  - (1) レーザクラッティングに関する基礎研究
  - (2) レーザクラッティングに適したレーザ装置及びプロセス技術の開発
2. 各種部品への表面機能高度化技術の確立
  - (1) 各種材料への表面機能化に関する基礎研究
  - (2) 各種材料への表面機能化に適した装置とプロセス技術の開発
3. 表面改質技術とレーザ技術との複合化
4. レーザアディティブマニュファクチャリング（LAM）技術の確立

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. レーザクラッティング法による材料表面機能高度化技術の開発

－モルテンプール型レーザコーティングの基礎的研究－

大型部品のレーザクラッディングにおいてはさらなる高速化が必要とされている。DOE（回折光学素子）を用いたビーム成形により従来の円形ビームから様々なビームプロファイルを作成し、その効果を検証するため最大出力6000Wの高出力ファイバーレーザを用いた大面積高速レーザクラッディング法の開発研究を行っている。

これまでにレーザ強度の一樣なフラットビームや伝熱効果を加味したサイド強調ビームを作成しその効果を確認している。

本年度は、さらなる大面積高速クラッディングを可能にするために、長尺大容量粉末供給ノズルの開発に着手した。

## 2. 小径、薄板部品への表面機能高度化技術の開発

### －非モルテンプール型レーザーコーティングの基礎的研究－

小径、薄板材料への表面機能化に適した装置とプロセス技術の開発を目指し、微量粉末を効率よく成膜できる直噴型半導体レーザークラディング方式を開発し研究を進めている。本方式では少量の粉末供給を中心軸に配置し、レーザーを周囲から集光して粉末を直接にレーザーで熔融するマルチレーザー方式により、基板に与える熱影響を著しく低減することができ、薄板部品に対しても熱影響を抑制してコーティングできる。

本年度はさらなる大出力化に向けた開発研究を行った。

## 3. 難溶接材料の接合加工

青色半導体レーザーの高出力化に取り組み、これまで 200W クラスの青色半導体レーザーによる純銅薄膜の溶接に成功した。純銅は温度によりレーザーの吸収率が変化するため、近赤外線レーザーでは安定な溶接が困難とされてきた。

本年度は高温領域における純銅の光吸収率変動因子の解明に関する研究を行った。

## 4. レーザーアディティブマニュファクチャリング (LAM) 技術

これまでの基礎研究の成果を LAM 技術へ応用し、純 Ti や純銅の積層造形を行っている。

本年度は青色半導体レーザーを用いたマルチビーム照射式 LMD 法による純銅皮膜の高速形成技術の研究を行った。

## (2) 研究に対する自己評価

本研究部門は高出力半導体レーザー、ディスクレーザー、ファイバーレーザーなどを用いた先進機能性加工に関する研究を行っている。

### 1. 研究の独自性

半導体レーザーは既存レーザー中では最も電気-光変換効率が高く、コストパフォーマンスの高いレーザーであり、構造的に簡単なため、表面熱加工を必要とする産業用には最も適していると考えられる。半導体レーザーを多数個集合させて高出力化し材料加工を行うことは従来より行われてきたが、本研究では個々の半導体レーザーを効率的に配置することによりビームプロファイルを自由に変更することができる。これにより効率的な表面熱加工を行い、処理品質や速度の向上と装置の低価格化の両立を目指している。

大出力レーザーを用いた研究では、大型部品に対する実用化研究を行っている。実用化を目指して DOE (回折光学素子) を用いた大面積高速クラディングの実用化研究を行い、産業化に寄与することを目指している。

また、青色半導体レーザーを用いた高出力加工装置の開発と表面機能化への応用の試みは、世界的にも新しい試みであり、本研究では純銅などの難溶融材に対する応用展開を目指すとともに、3D 造形への応用研究も行っている。

### 2. 研究レベル

研究成果は国内では溶接学会、レーザー加工学会、レーザー学会および学会付置の各種研究委員会で発表を行っている。国外ではレーザー加工に関する世界最大級の国際会議である ICALEO (International Congress on Applications of Lasers and Electro-Optics) や光応用における世界的学会である SPIE-The International Society for Optics and Photonics 主催の Photonics West などにおいて発表を行っている。

### 3. 研究成果の社会への貢献

一般社団法人レーザプラットフォーム協議会の理事として、啓発セミナーやレーザ加工技術者講習会などを通じ、ものづくり中小企業に対するレーザ加工の安全啓発活動を行っている。

#### 4. 4 教育に対する自己評価

本共同研究部門には学生は在籍せず講義も実施していない。

#### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

##### 1. 国内外での学会活動

国内では溶接学会、レーザー学会、に参加し合計3件の発表を行った。

国際会議では、新型コロナウイルスの世界的感染拡大継続により、多くの国際会議が中止もしくは規模を縮小したオンライン会議となったため、LPM2021 および ICALEO2021 に合計3件の発表を行った。

溶接学会「高エネルギービーム加工研究委員会」委員、レーザー学会「次世代産業用レーザー」技術専門委員会委員、電気学会「パワー光源産業応用技術調査専門委員会」委員として活動を行った。

##### 2. 産学連携

大阪富士工業株式会社と連携し、令和4年度より近畿経済産業局の戦略的基盤技術高度化支援事業の採択を受け、「高耐食、高効率、低コストのボイラー管被膜を実現する飛行中粉末溶融型レーザークラディング工法の開発」を開始するとともに、その他の企業ともレーザークラディング技術に関する共同研究および技術相談やアドバイスをを行った。

##### 3. その他社会貢献

一般社団法人レーザプラットフォーム協議会の理事として、近畿地方の公設試や企業、大学の協力を得て、ものづくり中小企業会員約40社に対し各種セミナーやフォーラムを通じ、レーザ加工の普及啓発活動、技術支援、レーザ加工技術者認証事業等を推進している。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Development of High Intensity Multibeam Laser Metal Deposition System with Blue Diode Lasers for Additively Manufacturing of Copper Rod  
J. Laser Appl., 33 (2021), 042014.  
K. Ono, Y. Sato, Y. Takazawa, Y. Morimoto, K. Takenaka, Y. Yamashita, Y. Funada, N. Abe and M. Tsukamoto
- (2) Fabrication of Pure Copper Rod by Multi-beam Laser Metal Deposition with Blue Diode Lasers  
J. Laser Micro Nanoeng., 16, 3 (2021), 189-193.  
Y. Sato, K. Ono, K. Takenaka, K. Morimoto, Y. Funada, Y. Yamashita, T. Ohkubo, N. Abe and M. Tsukamoto
- (3) In Situ X-Ray Observation of Keyhole Dynamics for Laser Beam Welding of Stainless Steel with 16 kW Disk Laser  
J. Laser Appl., 33 (2021), 042043.  
Y. Sato, N. Shinohara, T. Arita, M. Mizutani, T. Ohkubo, H. Nakano and M. Tsukamoto
- (4) 高輝度青色半導体レーザマルチビームクラッディングシステムを用いた純銅皮膜の高速形成技術の開発  
レーザ加工学会誌, 29, 1 (2022), 23-30.  
森本 健斗, 佐藤 雄二, 竹中 啓輔, 水谷 正海, 東條 公資, 林 良彦, 安積 一幸, 阿部 信行, 塚本 雅裕

##### (3) 国際会議発表論文 (査読なし)

- (1) Fabrication of Pure Copper Rod by Multi-Beam Laser Metal Deposition with Blue Diode Lasers  
Proc. LPM2021, WEB (2021.6.8-11), #21-039-1-#21-039-5.  
Y. Sato, K. Ono, K. Takenaka, K. Morimoto, Y. Funada, Y. Yamashita, T. Ohkubo, N. Abe and M. Tsukamoto

##### (7) 国際会議発表

- (1) Development of High Intensity Multibeam Laser Metal Deposition System with Blue Diode Lasers for Additively Manufacturing of Copper Rod  
ICALEO2022, on line (2021.10.18-20)  
K. Ono, Y. Sato, Y. Takazawa, Y. Morimoto, K. Takenaka, Y. Yamashita, Y. Funada, N. Abe and M. Tsukamoto
- (2) In Situ X-Ray Observation of Keyhole Dynamics for Laser Beam Welding of Stainless Steel with 16 kW Disk Laser  
ICALEO2022, on line (2021.10.18-20)  
Y. Sato, N. Shinohara, T. Arita, M. Mizutani, T. Ohkubo, H. Nakano and M. Tsukamoto

##### (8) 国内学会発表

- (1) 16kWディスクレーザを用いたキーホール溶接におけるスパッタの発生機構の解明  
(一社) 溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催 (2021.9.21-28)  
有田 智貴, 佐藤 雄二, 水谷 正海, 中野 人志, 塚本 雅裕

- (2) 高品質レーザー加工のための高温領域における純銅の光吸収率変動因子の解明  
レーザー学会学術講演会第42回年次大会, オンライン (2022.1.13-15)  
有村 恒良, 竹中 啓輔, 水谷 正海, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕, 吉田 実
- (3) 16kWディスクレーザーを用いた キーホール溶接におけるスパッタの抑制技術の開発  
レーザー学会学術講演会第42回年次大会, オンライン (2022.1.14-16)  
栗田 喜章, 有田 智貴, 水谷 正海, 佐藤 雄二, 中野 人志, 塚本 雅裕

**(10) 国内会議講演**

- (1) 産学連携による先進レーザーコーティング分野への取り組み  
大阪大学接合科学研究所 第18回 産学連携シンポジウム, WEB開催 (2021.7.2)  
林 良彦, 池田 圭一郎, 辰巳 佳宏, 阿部 信行, 水谷 正海, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕

**(11) 解説・総説**

- (1) DOE (回折光学素子) を使用したレーザークラッディングの技術開発  
光アライアンス, 32, 4 (2021), 24-29.  
塚本 雅裕, 阿部 信行, 林 良彦, 安積 一幸
- (2) Advances in Material Processing Technology of Copper Using Short Wavelength Lasers  
Furukawa Electric Review, 52 (2021), 2-9.  
M. Tsukamoto, Y. Sato, R. Higashino, N. Abe, Y. Funada, Y. Sakon, S. Ouchi, K. Asano and K. Tojo
- (3) 短波長レーザーによる銅加工技術の進展  
古河電工時報, 140 (2021), 2-8.  
塚本 雅裕, 佐藤 雄二, 東野 律子, 阿部 信行, 舟田 義則, 左今 佑, 大内 誠悟, 浅野 孝平,  
東條 公資
- (4) DOE回折光学素子を使用したレーザークラッディング技術の開発  
生産と技術, 73, 4 (2021), 12-14.  
林 良彦

**(17) 外部資金**

(単位: 千円)

**民間等との共同研究**

- |     |              |       |       |
|-----|--------------|-------|-------|
| (1) | レーザークラッド技術開発 | 阿部 信行 | 1,500 |
|-----|--------------|-------|-------|



高度ジョイント生産システム構築共同研究部門





## 高度ジョイント生産システム構築共同研究部門

### 4. 1 研究概要

本研究部門では、環境問題への対応とともに高い信頼性が要求される電気自動車の電動システムやエレクトロニクス製品をターゲットに、生産性、品質および環境に配慮した接合技術の研究開発を進めている。接合技術を高度なアSEMBルプロセスあるいはモジュール化プロセスと位置づけ、先端金属接合を展開する高度ジョイント生産システムの構築を目指している。

具体的には、摩擦攪拌接合 (FSW) によるアルミ合金を対象としたマイクロ接合、異種金属接合の高速化と高精度化を探索し、それらを製品製造現場へ導入展開していくため、接合科学研究所が保有する研究成果と実験装置を活用しながら、高効率な接合生産設備の試作開発、接合品質の管理手法の確立を進めている。

### 4. 2 研究課題

1. アルミ合金構造部品的高速高精度摩擦攪拌接合技術の開発
2. 接合部材の最適固定機構の構築
3. 摩擦攪拌接合ツールの長寿命化

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. アルミ合金構造部品的高速高精度接合技術の開発

本研究専用に設計製作した高速摩擦攪拌接合装置 (回転速度 20,000rpm、接合速度 5,000mm/min) を使用し、電気自動車向けインバーターシステムの熱交換器を製造するための高速摩擦攪拌接合技術の開発を進めている。この熱交換器は、異なる2種類のアルミ合金の特性を活かし、それぞれに最適な製造プロセスで得られた鋳造アルミ合金 (ADC12) と押出し加工されたアルミ合金 (A6063) を組み合わせて冷却水路が形成されるもので、高い水密性能と低歪接合が求められると同時に、大量生産に適した生産性が要求される。本研究では、熱交換器における ADC12/A6063 の継ぎ手構造の最適設計を検討すると同時に、独自の「螺旋形状ツール」を開発して高速精密接合を実現、安定した接合品質を確保することに成功した。研究成果として得られた「螺旋形状ツール」の改良を進めることで、バリレス化により一層の接合品質の向上と生産性向上が期待できる。

2. 被接合部材の最適固定機構の構築

摩擦攪拌接合では、接合設備と接合ツール開発に加え、接合部近傍を固定し、接合動作を安定させることが重要である。本研究で対象とする電気自動車向けインバーターシステムの熱交換器では、水密構造を形成するため2次元の閉ループを描く接合構造に対してシームレスに一括接合する新たな固定機構が必要となる。これまで、2次元の閉ループ接合構造に対して、ループの内側と外側の固定機構を分割し、接合ツールの動作に合わせて固定クランプが自動で退避と固定の切り替え動作を行う「アクティブクランプ方式」を採用してきた。しかし、接合速度のさらなる高速化を進める上で、「アクティブクランプ」の動作速度が律速となることが課題であった。そこで、接合部近傍の固定構造を最適化すべく、接合部から固定治具の固定点までの距離が接合品質へ与える影響を詳細に評価するとともに、接合ツールの改良も加えて、接合品質の安定化を検討した。その結果、2次元の閉ループ接合構造に対して、閉ループの内側の固定治具を廃止した新規固定機構を構築した。これにより、「アクティブクランプ」を用いない静的固定機構で2次元閉ループの安定的な接合が可能となり、さらなる接合速度の高速化を可能にした。

### 3. 摩擦攪拌接合ツールの長寿命化

アルミ合金の摩擦攪拌接合ツールの材質として、本研究ではアルミ合金の接合に標準的な工具鋼を採用しつつ、独自開発した「螺旋形状ツール」による応力集中緩和の優位性を活かしてツール1本あたり240m/本のツール寿命を確保できた。しかし、接合速度の高速化による生産性向上を進めるにあたり、ツールの限界寿命の検証と、さらなる長寿命化が要求されていた。そこで、ツールに対して高負荷の摩擦攪拌接合を連続して行う加速試験法を検討した。また、アルミ合金接合用としてコストや入手性を考慮して工具鋼をベースに、その表面処理（窒化処理）による表面硬度がツール長寿に与える影響について評価分析を行った。その結果、初期のツール表面硬度に加えて、ツール母材の硬度の温度依存性がツール寿命に大きく影響することを明らかにし、常温での硬度が比較的低いが高温時の硬度が安定している工具鋼に窒化処理を施した新たなツールを開発し、従来ツールの約3倍以上の長寿命化を実現した。

#### (2) 研究に対する自己評価

本研究で開発された高速高精度接合技術は、順次、実製品に適用されており、アルミ合金の2次元閉ループ接合構造の接合速度としては業界トップクラスの接合が実現できている。独自開発した「螺旋形状ツール」は、ショルダーレスでありながら安定した接合品質とツール寿命の観点で、アルミ合金の摩擦攪拌接合としては、他の類のない新たな接合領域を確立し、摩擦攪拌接合の普及拡大に寄与するものと評価している。また、周辺技術の研究として取り組んだ「固定機構の最適化」、「接合ツールの長寿命化」は、普及が進むアルミ合金の摩擦攪拌接合において、接合装置、接合ツールのキーテクノロジーを補完する重要技術として位置づけられるものである。これら研究開発の継続により高速高精度の接合技術の開発の加速化、高効率な接合生産装置の開発および製品適用への拡大が見込める。

#### 4. 4 教育に対する自己評価

本共同研究部門に、学生は在籍していない。また講義も実施していない。

#### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

本共同研究部門では、産学共創により接合科学研究所が保有する知見と装置を活用して、生産時のエネルギー消費抑制や生産効率向上による環境配慮型接合の確立を目指している。さらに確立した接合技術を電気自動車向けインバーターシステムの熱交換器へと適用することにより、生産側の視点では中小を含む生産企業の裾野の拡大と生産現場活性化、消費者側の視点では消費者に対して技術適用した製品を提供することの副次的間接的な効果としてゆとりある社会の実現に貢献できるものと考えられる。本研究の成果の一部は、既に自動車メーカーが製造するハイブリッド自動車に適用され、市場に展開されている。

国際・産学連携インヴァースイノベーション  
材料創出プロジェクト  
ー DEJI<sup>2</sup>MA プロジェクトー



## 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト － DEJI<sup>2</sup>MA プロジェクト－

### 4. 1 研究概要

大阪大学接合科学研究所は、平成 17 年度開始の「金属ガラス・無機材料接合技術開発拠点プロジェクト」、続く平成 22 年度開始の「特異構造金属・無機融合高機能材料開発共同研究プロジェクト」、さらに続く平成 28 年度開始の「学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト」に 16 年間に亘って継続して参画し、新機能材料の実用化に不可欠な新接合技術の開発を推進してきた。そして、これらの先行プロジェクトの成果を基に、本年度（令和 3 年度）から開始した本プロジェクトである「国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト－ Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture : DEJI<sup>2</sup>MA－（6 大学連携・出島プロジェクト）」に主幹校として参画している（正確には本年度は令和 4 年度から始まる第 4 期中期目標期間での本格始動に向けての態勢を整える年としての位置付けになっている）。

本プロジェクトは、大阪大学接合科学研究所、東北大学金属材料研究所、東京工業大学フロンティア材料研究所、名古屋大学未来材料・システム研究所、東京医科歯科大学生体材料工学研究所、早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構がその強みを発揮・連携して、新概念「インヴァースイノベーション」に基づく共同研究を実施することで、社会的要求の大きい環境・エネルギー材料分野、バイオ・医療機器材料分野、情報通信材料分野での革新的な技術創出を加速する。またこの材料研究を共通基盤とした国際交流・企業連携を推進し、未来を豊かにする革新材料を創出できる若手研究者の育成と人材の創出を図る。

具体的には、新概念「インヴァースイノベーション」に基づいて、多様な社会的要望や地球規模課題を「コア出島」で課題設計し、6 大学 6 研究所の専門性の垣根を越えた「マルチ出島」を通じて人と知の好循環により課題解決を図ることでイノベーション創出を加速し、社会実装を迅速化する。すなわち、本プロジェクトは、共同利用・共同研究拠点を含む全国的な拠点間ネットワーク連携によって、先鋭的な研究力を有する各々の単独拠点のメリットを生かしながら、拠点間の学際融合・異分野融合による「知」のネットワーク連携によって初めて、単独拠点だけでは課題設定すら困難であった社会からの要望を研究課題として設定し、多様な社会ニーズに対してスピード感をもって応える、新しいスタイルの共同研究プロジェクトである。

本研究所はこの 6 大学連携・出島プロジェクトの主幹校として、材料をつなぐ溶接・接合分野と産学共創の強みを生かしながら、イノベーションのスピード創出に繋がるよう「コア出島」の機能と好循環を生み出す役割を担っている。また本プロジェクトの推進に努めるとともに、生み出された多くのインパクトある研究成果を、学術論文や国際会議発表等を通して社会に広く情報発信することにも努める。本研究所は 6 大学連携・出島プロジェクトを通じて、我が国の産業界の発展はもとより、安心安全で豊かな人類社会の創造に貢献することを目指している。

### 4. 2 研究課題

接合科学研究所では、「環境・エネルギー材料分野」、「バイオ・医療機器材料分野」、「情報通信材料分野」「要素材料・技術開発分野」の 4 研究分野に対して、教職員（特任も含む）22 名が 15 件の研究課題を掲げて参画した。それらは、研究所間での学際的な共同研究を視野に入れたものあり、他の研究所との強固な連携を強く意識して取り組んだ。

#### 1. 環境・エネルギー材料分野

1-1 低温作動固体酸化物燃料電池のナノ・ミクロ・マクロ高次構造制御

1-2 最新溶接・接合技術による低放射化材料異材接合技術確立と革新的核融合炉発電システム

## 技術の創成

- 1-3 多成分系ナノ材料合成プロセスの開発とその応用
- 1-4 軽量金属と CFRP の異種材熱圧接技術および性能制御
- 2. バイオ・医療機器材料分野
  - 2-1 抗菌・ウイルス不活化作用を有する銅のコーティングと表面構造制御
  - 2-2 高機能性セラミック人工歯材の光造形アディティブ・マニファクチャリング
  - 2-3 大気圧低温プラズマ生成制御と環境触媒技術の融合による大気中ウイルス不活化技術の創成
  - 2-4 金属ガラスの温間インプリント加工に関する数値解析と実験検証
  - 2-5 ナノチタン酸化物の高次構造・集積制御
  - 2-6 超急冷バルクアロイングが拓くチタン合金の力学機能化
- 3. 情報通信材料分野
  - 3-1 高品質酸化物薄膜デバイスの低温形成に向けたプラズマプロセス技術の開発
  - 3-2 ワイドギャップ半導体の特性を引き出す高耐熱高放熱接合技術の構築
- 4. 要素材料・技術開発分野
  - 4-1 塑性すべりと加工誘起変態を考慮した結晶塑性解析の基盤確立と革新的疲労性能予測技術の創成
  - 4-2 ガラス同士の陽極接合の多層化手法の開発
  - 4-3 プラズマミグハイブリッド溶接を用いた高張力鋼厚板のワンパス溶接法の開発

## 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

### (1) 研究成果

接合科学研究所では所内公募によって教職員（特任も含む）22名が4研究分野に関して15件の研究を実施した。研究成果は令和3年度研究成果報告書を作成して配布した。また、令和3年7月19日にキックオフシンポジウムにおいて、また、令和3年11月5日には第1回国際会議「International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI<sup>2</sup>MA-1)」において、本プロジェクトの研究成果の一部を発表し、社会に向けて情報発信を行った。

### (2) 研究に対する自己評価

接合科学研究所の15件の研究課題の内10件は研究所間での横断的な共同研究であり他の研究機関と連携を図った。その結果、本年度の接合科学研究所に係る研究成果としては、投稿論文21件、国際会議発表が28件、国内会議発表が20件あり、密度の高い成果が得られた。

また、キックオフシンポジウムではプロジェクト全体の研究成果の代表の一つとして、本研究所から劉恢弘助教が若手招待講演を行った。さらに、国際会議「International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI<sup>2</sup>MA-1)」ではプロジェクト全体の研究成果として、招待講演セッションで計12件の講演が行われ、接合科学研究所からは大原特任教授、阿部准教授が招待講演を行った。

本プロジェクトは本年度が初年度になるが、研究所間の有機的な連携により当初の目標を達成し、世界に大きなインパクトを与える研究成果がたくさん生み出されたものと確信している。

なお、大原特任教授は金属やセラミックス等の無機ナノ粒子の高次構造制御と特異接合に関する研究に取り組み、国際会議1件および国内会議1件の招待講演を行った。また、SDGsのための文

理融合研究にも積極的に取り組み、解説1報を発表した。また、本文理融合研究はサントリー文化財団2021年度研究助成「学問の未来を拓く」に採択され、今後、注目を集めるものと自負する。

#### 4.4 教育に対する自己評価

6 大学連携・出島プロジェクトの研究活動を通じてそれぞれの研究機関に所属する研究者、特任研究員、大学院生等がお互いに異なる研究分野の情報を共有し、接合科学の新しい潮流を起こすべく人材の育成に努めた。

なお、大原特任教授は大学院の協力講座を担当していないが、招へい教授として協力した。

#### 4.5 社会貢献に対する自己評価

接合科学研究所内の活動状況、国際会議等をニュースレター（Vol.1, No.1, 2021年9月30日発行、Vol.1, No.2, 2022年3月31日発行）やホームページにより、社会に幅広く紹介することに努めた。

#### 4. 7 研究業績

##### (9) 国際会議講演

- (1) Integration of Advanced Ceramic Nanocrystals Towards Solid Oxide Fuel Cell and Biomedical Applications  
The 1st International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-1), Nagoya (online) (2021.11.5)  
S. Ohara

##### (10) 国内会議講演

- (1) 南方マンダラと生物多様性  
賢材研究会2021年度第2回学術交流会, 田辺 (2021.9.7)  
大原 智

##### (11) 解説・総説

- (1) 南方熊楠－「緑」を探求した自由人－  
きんか (近畿化学工業界), 73, 8 (2021), 1-5.  
大原 智

##### (17) 外部資金

(単位: 千円)

##### 奨学寄付金

- (1) 大原 智 1,100



広域アジアものづくり技術・人材高度化研究センター  
国際協働研究部門・国際人材育成部門



**広域アジアものづくり技術・人材高度化研究センター**  
**国際協働研究部門・人材育成部門**

**4. 1 研究概要（活動概要）**

国際社会において、教育・研究機関におけるグローバル化の流れは激しく、日本の教育機関においても人材と活動のグローバル化が喫緊の課題であり、中でも、発展の著しいアジア地域での連携強化は必須である。こうした背景を基に「広域アジアものづくり技術・人材高度化拠点形成事業」は2013年度～2017年度（第一フェーズ）にて、同地域における大学・研究機関や企業とのネットワーク構築及びグローバル人材育成教育を行った。それらの活動成果に基づき、2018年度より開始した第二フェーズにおいて、国際協働研究部門では、同地域におけるトップレベルの大学・研究機関との国際協働研究（産学連携含む）を通じた国際共著論文の増強、国際人材育成部門では、グローバル人材の素養醸成を目的としたカップリング・インターンシップ（CIS）の実施をそれぞれの主要課題と位置付け、学内他部局と連携して国際力強化に向けた研究教育活動を実施している。

**4. 2 研究（活動）課題**

1. 大学・研究機関との国際協働研究（産学連携含む）の実施と国際共著論文の投稿促進
2. カップリング・インターンシップ（CIS）の推進と展開

**4. 3 研究成果と研究（活動）に対する自己評価**

**(1) 国際協働研究部門成果**

1-1. 大学・研究機関との国際協働研究の実施と国際共著論文の投稿に係る成果

2021年度は2020年度に続き、コロナ禍における活動となり、これまで推進してきた連携している海外研究者の招へいや当研究所教員・研究者の海外出張による国際協働研究に係る連携活動が著しく制限された。一方で、2019年度より運用を充実化した国際協働研究費支援制度をより活発に運用し、国際協働研究実施と国際共著論文執筆の推進を行った。海外からの研究者の受入れや、試料のやりとり等が困難だったことから研究連携については遠隔でのよりきめ細やかな協議と対応が必要となった。

こうした状況下でも、国際協働研究活動及び国際共著論文の執筆活動は活発に行われ、結果としてまず、国際協働研究数は申請ベースで67件（目標12件）となった。連携先海外大学は広域アジア地域内の多岐にわたるが一部抜粋すると、キングサウド大学（サウジアラビア）、マレーシア工科大学（マレーシア）、モンクット王トンプリ工科大学（タイ）、上海交通大学、西安交通大学、北京工業大学（以上中国）、インド工科大学ハイデラバード校、同ボンベイ校（以上インド）、ソウル大学校（韓国）、国立台湾大学（台湾）、ハノイ工科大学、ベトナム科学技術アカデミー（以上ベトナム）、他である。これらの国際協働研究実施の成果として、2022年3月末時点の国際共著論文の投稿数は95報、内81報が学術論文誌に掲載された（目標36報）。その一部を抜粋して表1に、また章末には81報全リストを掲載している。

表1 2021年度国際共著論文掲載概要抜粋

投稿	掲載	協働研究先機関	掲載先ジャーナル情報
95報	81報	マレーシア工科大学、西安理工大学、上海交通大学、インド工科大学ハイデラバード校、ソウル大学校、国立成功大学、ハノイ工科大学 他	Journal of Materials Science & Technology, Materials Science and Engineering: A, Journal of Alloys and Compounds, Science and Technology of Welding and Joining, Metals, Journal of Manufacturing Processes, Journal of Materials Research and Technology 他

1 - 2. 国際協働研究活動について

国際協働研究の更なる強化を目的とし、特任教員 2 名が国際協働研究に専従しており、2021 年度における研究成果の一部概要を以下に報告する。

**【研究 1】 Effect of Rhenium on microstructure and mechanical properties of titanium using powder metallurgy route and hot extrusion**

Rhenium is a noble element with exceptional properties that considerably raises the hardness, strength and recrystallization temperature of Ti alloys. EBSD mapping of extruded Ti - xRe (x = 0,2,4,6 wt%) alloys shows that Re addition resulted in remarkable grain refinement. By adding 2, 4 and 6 wt% of Re, the average grain size decreased to 1.4 μm 0.52 μm and 0.42 μm, respectively (compared to CP-Ti with coarse grains of 11.9 μm). TEM/EDS analysis also evidenced the preferential diffusion of Re into the β phase in Ti-Re alloys. Room temperature tensile results clearly show that Re addition causes a gradually increasing of yield strength (YS) of alloys. Ti-2Re alloy exhibited almost two times (620 MPa) higher YS in comparison with CP-Ti (300 MPa) while showing excellent elongation of more than 25%. The YS was measured as approximately 910 MPa and 1070 MPa for Ti-4Re and Ti-6Re, respectively.

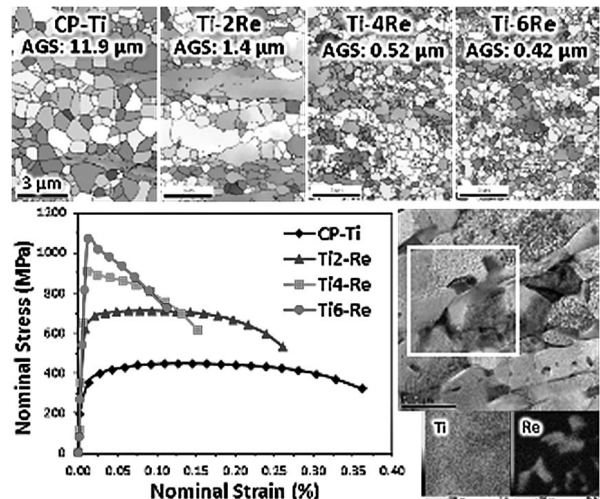


図 1 Microstructure characterization (using EBSD and TEM/EDS) and tensile properties of extruded Ti-xRe (x=0,2,4,6 wt%) alloys

**【研究 2】 Influence of laser welding power on steel/CFRP lap joint fracture behaviors**

Integrating CFRP and metals in one structure is a cost-effective way to match the goal of weight reduction in vehicle bodies, which also offers more flexibility in complex product design. Therefore, it is essential to obtain satisfactory joining between CFRP and metals to form a metal/CFRP hybrid structure. This research employed both experiment and numerical simulation methods to analyze the effect of laser power on the interfacial thermal process, metal/resin bonding condition, and the strength of laser welded metal/CFRP joints. At the laser power of 300W, the interface is unbonded. Compact-bonding was produced with the laser power range of 400 W-700 W. Decomposition of CFRP occurred with the further increase of laser power to 800 W due to excessively high peak temperature. As a result, the highest joining strength with cohesion fracture was achieved at 700 W.

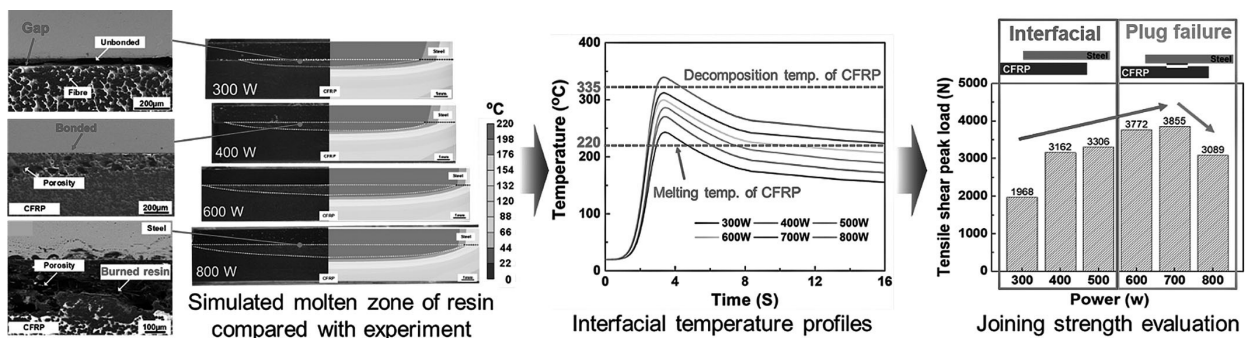


図 2 Interfacial melting/decomposition condition and its influence on joining strength

### 1-3. ワークショップ・セミナーの開催

国際協働研究の拡充を目的とし、学术交流協定を締結した海外大学、研究機関と継続的なワークショップなどを開催してきた。今年度は事業最終年度として、これまで国際協働研究を実施し、研究成果を上げている連携先と協力した総括セミナーを2022年1月13日にオンラインで開催した。同セミナーでは国際協働研究についての研究成果に関する講演発表と、今後の複数連携（Multilateral collaboration）による国際協働研究の可能性について協議を行った。

## (2) 国際人材育成部門成果

### 2-1. オンラインカップリング・インターンシップ（CIS）の実施に係る成果

同活動は本学学生と海外連携大学の学生（文理共に）が合同で国内外ものづくり企業における研修に参加し、チームワークを通して課題に取り組む活動である。本年度は昨年に引き続き、海外への渡航が叶わなかったことから、学内での事前研修は従来通りの内容をオンラインで実施し、これまで実施してきた2週間の現地活動を8日間に短縮し、活動形態はほぼ変更せずにオンラインにより実施した。各連携企業の工場見学や現場視察を除き、現地社員へのインタビュー、海外学生と本学学生の異分野混合チームによる課題への取り組み等の活動についてはオンラインCISでもこれまでと同様に実施した。企業インタビューでは企業より幹部、社員等課題に沿った立場の方にご参加頂き学生から次々と出る質問に熱心に回答いただいた。参加学生は、日本と海外をオンラインで結んだ英語によるチームワークに最も苦勞する様子がみられたが、プログラム時間外にも相互にオンライン接続し、各地域の様子の理解や雑談を通して関係を深めることで、距離を縮める様子が伺えた。本年度は、こうした活動の総括として、グローバル人材育成に係るシンポジウム「グローバル人材に求められる能力の普遍性と多様性－世界が急速に変化する今、求められる能力とは－」を開催し、多様な専門家をお招きし、広い視野からグローバル人材育成教育の今後の姿を議論した。

表2 2021年度オンラインカップリング・インターンシップ実績

	国名	期間・日程	連携大学	実習企業
1	日本	8/23-8/30	マラヤ大学	IHI 相生工場
2	タイ	8/23-8/30	カセサート大学	OTC ダイヘンアジア
3	ベトナム	9/13-9/20	ハノイ工科大学	IHI インフラストラクチャーアジア
4	インドネシア	11/22-11/30	インドネシア大学	チレゴンファブリーケーターズ

### 2-2. グローバル人材育成に係る調査・研究

第二フェーズからは主にCISのデータを集積し、グローバル人材育成としての効果、学生の学び等について調査、研究に取り組み、2か月に1回程度の研究会を開催することで結果の報告や研究進捗の確認等を行っている。また、国内外の多様なインターンシップを含むグローバル人材育成活動についても調査を行い、CISの教育的改善や活動展開への参考としている。こうした活動を通し、2021年度は2022年3月に合計2報、査読付き論文「大阪大学カップリング・インターンシップにおける成果プロセスについて」、と査読付き実践報告「大阪大学カップリング・インターンシップ実施中の“参加者の認識の変化調査”に関する結果と考察」がグローバル人材育成教育学会誌に掲載された。

## (3) 研究（活動）に対する自己評価

国際協働研究活動では上述の通り、これまでに構築・発展された各海外連携機関及び企業との具体的な活動が、国際協働研究は勿論、国際人材育成部門にも有効に機能し、研究活動とグローバル人材育成活動が有機的に展開され成果を出している。本年は昨年度と同様に研究活動においても主

に遠隔での進行となったが、その中でも上述の通り、海外機関との強固な連携基盤に基づき、当事業において構築されている国際協働研究のための研究経費支援が有効に活用され、活発な国際協働研究活動の実施と国際共著論文の執筆活動の維持に繋がったと言える。

他方、グローバル人材育成活動として継続している CIS では、2 年目となるオンライン実施であったが、ものづくり企業、グローバル企業への理解の促進、小グローバルチームにおける作業の難しさや達成感などについて、昨年度と同様に、十分な学びが得られることが分かった。一方、工場における製造工程や現場環境の理解、現場での社員同士のコミュニケーション状況や業務への取り組み姿勢への理解、各国の文化理解等の側面には不足があることが把握できている。その不足する点の一部を補う目的で、グローバル展開している日本国内のものづくり企業を訪問し研修を行うなど、オンラインとオフラインを組み合わせ、ハイブリッド形式で CIS 活動を行うことで教育効果の確保に努めた。

#### 4. 4 教育に対する自己評価

グローバル人材育成を目的として実施している CIS では、上述の通り本年度はオンラインによる実施となった。そのため、事前準備の充実化を図ることで遠隔による理解の難しさや学びの低減を極力無くすよう努めた。具体的には事前研修において各研修企業の調査をこれまで以上に学生自身に取り組んでもらい、企業理解を深めると共にチーム作業の方法について学びを強化した。また、カリキュラムとして組まれた事前研修時間外でも、各本学学生と海外学生への活動や課題の追加説明、そして、本学学生と海外生合同（各実施箇所毎）での顔合わせなどを事前に重ねることで、限られた時間と環境であるオンラインでの円滑な活動促進につながったと考えている。

#### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

国際協働研究においては昨年度に引き続き、国際産学連携共同研究活動として、2 社の日系ものづくり企業と、ハノイ工科大学、当研究所による研究連携を行い、企業に有益な研究成果が出ている。

また、CIS においては3社の在外ものづくり企業、1社の国内ものづくり企業と連携し実施することで、連携企業からは、同活動は社内教育にも有効で、課題や対策を再考する機会を得られているとの声を頂戴している。

国際貢献としてはオンライン CIS 活動を通して、海外学生 16 名に対し日系ものづくり企業における実践経験の機会を提供すると共に、グローバル企業への理解促進、異文化・コミュニケーション、問題解決力等に係る学習及び体験の機会を提供した。

その他、同活動の研究・連携基盤の拡大と強化の一環で設置している JWRI ベトナムオフィスでは、国際協力機構（JICA）による「草の根技術協力事業」の採択を受け、ベトナムにおける溶接技術者の育成と溶接に関連する裾野産業育成への貢献を目的とした活動に向けて各関係機関の調整を進めている。更に、当研究所が主催するベトナム溶接研究会加入の、41 社の日系及び現地企業からのご理解を得ながら、ベトナム溶接技術研究所（仮称）の設立支援を行っており、ベトナムにおける溶接技術人材の育成に向けた基盤作りに尽力した。また海外学生への支援では、「JST さくらサイエンス事業」の採択を受け、2022 年 1 月 13～14 日で海外学生 10 名とのオンライン交流を実施した。JST さくらサイエンスによる交流は 2014 年から続けており、同交流をきっかけとして当研究所との協働研究や留学受け入れに繋がっている。

2021 年度 広域アジア事業に係る国際共著論文掲載分リスト

No.	協働研究連携先 (海外機関名)	研究テーマ	国際共著論文
1	西安理工大学, Northwestern Polytechnical University, 上海交通大学 (中国)	軽金属 (Al, Ti) を対象としたバルク固化体における高強度化機構の解明	Precipitation and Distribution Behavior of In Situ-Formed TiB Whiskers in Ti64 Composites Fabricated by Selective Laser Melting Crystals, 11, 4 (2021), 374. J. Umeda, L. Jia, B. Chen, K. Chen, S. Li, K. Shitara and K. Kondoh
2	西安理工大学, Northwestern Polytechnical University, (中国)	金属基複合材料の変形機構解明	Improved Mechanical Properties in Titanium Matrix Composites Reinforced with Quasi-Continuously Networked Graphene Nanosheets and In-Situ Formed Carbides J. Mater. Sci. Technol., 96 (2021), 85-93. Q. Yan, B. Chen, L. Cao, K. Y. Liu, S. Li, L. Jia, K. Kondoh and J. S. Li
3	西安理工大学 (中国)	金属基複合材料の変形機構解明	TiB Whisker and Nitrogen Solid-Solution Synergistic-Strengthened Titanium Matrix Composites by Ti-BN via Spark Plasma Sintering and Hot Extrusion Adv. Eng. Mater., 23 (2021), 2100344. D. Pan, S. Li, L. Gao, L. Liu, X. Zhang, X. Ji, J. Umeda and K. Kondoh
4	西安理工大学 (中国)	金属基複合材料の変形機構解明	Syntheses, Microstructure Evolution and Performance of Strength-Ductility Matched Aluminum Matrix Composites Reinforced by Nano SiC-cladded CNTs Mater. Sci. Eng. A., 824 (2021), 141784. L. Liu, S. Li, X. Zhang, D. Pan, L. Gao, B. Chen, J. Umeda and K. Kondoh
5	西安理工大学 (中国)	金属基複合材料の変形機構解明	Microstructure Evolution and Reaction Behavior of Cu-Ni Alloy and B4C Powder System Prog. Nat. Sci., 31, 1 (2021), 55-62. L. Jia, M.-F. Yang, Z.-L. Lua, J. Xu, H. Xie and K. Kondoh
6	マレーシア工科大学 (マレーシア), キング Saud 大学 (サウジアラビア)	軽金属 (Al, Ti) を対象としたバルク固化体における高強度化機構の解明	Ultrafine-grain Formation and Improved Mechanical Properties of Novel Extruded Ti-Fe-W Alloys with Complete Solid Solution of Tungsten J. Alloy. Compd, 875 (2021), 160031. A. Bahador, J. Umeda, R. Yamanoglu, A. Amrin, A. Alhazaa and K. Kondoh
7	上海交通大学 (中国)	異種材料接合プロセスの構築	Interfacial Phases Formed in Friction Stir Lap Welding High Entropy Alloy to Al Alloy Scr. Mater., 201 (2021), 113972. H. Yao, H. Wen, K. Chen, M. Jiang, K. M. Reddy, K. Kondoh, M. Wang, X. Hua and A. Shan
8	上海交通大学 (中国)	異種材料接合プロセスの構築	Interfacial Microstructure and Mechanical Property in Friction Stir Welded Mg/Al Joints under Low Rotation Speed Sci. Technol. Weld. Join., 26 (2021), 470. X. Fu, K. Chen, Z. Zhang, K. Kondoh, M. Wang and X. Hua
9	Chulalongkorn University (タイ)	チタン積層造形体の力学機能化	Development of Core-Shell-Structured Ti- (N) Powders for Additive Manufacturing and Comparison of Tensile Properties of the Additively Manufactured and Spark-Plasma-Sintered Ti-N Alloys Adv. Powder Technol., 32, 7 (2021), 2379-2389. A. Issariyapat, T. Song, P. Visutti pitukul, J. Umeda, Q. Ma and K. Kondoh

No.	協働研究連携先 (海外機関名)	研究テーマ	国際共著論文
10	マレーシア工科大学 (マレーシア), Kocaeli University (トルコ)	軽金属 (Al, Ti) を対象としたバルク固化体における高強度化機構の解明	Strength-ductility Balance of Powder Metallurgy Ti-2Fe-2W Alloy Extruded at High-Temperature J. Mater. Res. Technol.-JMRT, 14 (2021), 677-691. A. Bahador, A. Issariyapat, J. Umeda, R. Yamanoglu, C. Pruncu, A. Amrin and K. Kondoh
11	King Mongkutt University (タイ)	軽金属 (Al, Ti) を対象としたバルク固化体における高強度化機構の解明	Effect of Sintering Temperature on Mechanical Property of Ti + ZrO <sub>2</sub> Prepared by Spark Plasma Sintering for Biomedical Applications Mater. Sci. Forum, 1033 (2021), 93-97. T. Tansiranon, K. Kondoh, K. Ishikawa, Y. Miyajima and A. Khantachawana
12	西安理工大学 (中国)	金属基複合材料の変形機構解明	Microstructure Evolution and Reaction Behavior of Cu-Ni-Si Powder System under Solid-State Sintering Mater. Chem. Phys., 271 (2021), 124942. L. Jia, M.-F. Yang, S.-P. Tao, H. Xie, Z.-L. Lu, K. Kondoh and Z.-G. Xing
13	Chulalongkorn University (タイ), 西安理工大学 (中国)	チタン積層造形体の力学機能化	Strengthening and Deformation Mechanism of Selective Laser-Melted High-Concentration Nitrogen Solute $\alpha$ -Ti Materials with Heterogeneous Microstructures via Heat Treatment Mater. Sci. Eng. A., 826 (2021), 141935. A. Issariyapat, A. Bahador, P. Visuttipitukul, S. Li, J. Umeda and K. Kondoh
14	Kocaeli University (トルコ)	軽金属 (Al, Ti) を対象としたバルク固化体における高強度化機構の解明	New Magnesium Composite with Mg <sub>17</sub> Al <sub>12</sub> Intermetallic Particles Powder Metall. Met. Ceram., 60 (2021), 110-120. R. Yamanoglu, A. Bahador, K. Kondoh, S. Gumus, S. Gokce and O. Muratal
15	キングサウド大学 (サウジアラビア), King Mongkutt University (タイ)	軽金属 (Al, Ti) を対象としたバルク固化体における高強度化機構の解明	Quantitative Strengthening Evaluation of Powder Metallurgy Titanium Alloys with Substitutional Zr and Interstitial O Solutes via Homogenization Heat Treatment Materials, 14, 21 (2021), 6561. K. Kondoh, S. Kariya, A. Khantachawana, A. Alhazaa and J. Umeda
16	キングサウド大学 (サウジアラビア)	チタン積層造形体の力学機能化	Additive Manufacturing and Characterization of High Strength Ti-Zr Gyroid Scaffolds Using Pre-Mixed Ti-ZrH <sub>2</sub> Powders JOM, 73, 12 (2021), 4166-4176. A. Issariyapat, S. Kariya, A. Alhazaa, J. Umeda and K. Kondoh
17	Kocaeli University (トルコ)	軽金属 (Al, Ti) を対象としたバルク固化体における高強度化機構の解明	Fabrication Methods of Porous Titanium Implants by Powder Metallurgy Trans. Indian Inst. Met., 74 (2021), 2555-2567. R. Yamanoglu, A. Bahador and K. Kondoh
18	Northwestern Polytechnical University, (中国) University of North Carolina at Charlotte (US)	軽金属 (Al, Ti) を対象としたバルク固化体における高強度化機構の解明	ASB Induced Phase Transformation in High Oxygen Doped Commercial Purity Ti Mater. Sci. Eng. A., 830 (2021), 142321. W. Shi, S. Lu, J. Shen, B. Chen, J. Umeda, Q. Wei, K. Kondoh and Y. Li
19	西安理工大学, Northwestern Polytechnical University (中国)	チタン積層造形体の力学機能化	Enhanced Strength and Ductility of Nano-TiBw-Reinforced Titanium Matrix Composites Fabricated by Electron Beam Powder Bed Fusion Using Ti <sub>6</sub> Al <sub>4</sub> V-TiBw Composite Powder Addit. Manuf., 50 (2021), 102519. D. Pan, S. Li, L. Liu, X. Zhang, B. Li, B. Chen, M. Chu, X. Hou, Z. Sun, J. Umeda and K. Kondoh



No.	協働研究連携先 (海外機関名)	研究テーマ	国際共著論文
20	Northwestern Polytechnical University, (中国)	軽金属 (Al, Ti) を対象としたバルク固化体における高強度化機構の解明	Micro-compression of High Oxygen Doped Single-Crystal Titanium along Different Orientations Mater. Sci. Eng. A., 832 (2021), 142449. W. Xiuxia, L. Siyu, C. Biao, J. Umeda, S. Yoji, K. Katsuyoshi and S. Jianghua
21	Northwestern Polytechnical University, (中国)	軽金属 (Al, Ti) を対象としたバルク固化体における高強度化機構の解明	Compressive Behavior of CNT-reinforced Aluminum Matrix Composites under Various Strain Rates and Temperatures Ceram. Int. (2021), in Press. M. Wang, J. Shen, B. Chen, Y. Wang, J. Umeda, K. Kondoh and Y. Li
22	マレーシア工科大学 (マレーシア)	軽金属 (Al, Ti) を対象としたバルク固化体における高強度化機構の解明	Microstructure Examination and Sliding Wear Behavior of Al-15%Mg2Si-xGd In Situ Composites before and after Hot Extrusion Lubricants, 10, 1 (2021), 3. H. Ghandvar, M. A. Jabbar, A. Bahador, T. A. A. Bakar and K. Kondoh
23	Northwestern Polytechnical University, (中国)	金属基複合材料の変形機構解明	Advanced Tensile Properties and Strain Rate Sensitivity of Titanium Matrix Composites Reinforced with CaTiO <sub>3</sub> Particles J. Alloy. Compd, 897 (2021), 163229. J. Yang, J. Shen, Y. Liang, W. Shi, B. Chen, J. Umeda and K. Kondoh
24	King Mongkutt University (タイ)	軽金属 (Al, Ti) を対象としたバルク固化体における高強度化機構の解明	Effects of the Secondary Shot in the Double Shot Peening Process on the Residual Compressive Stress Distribution of Ti-6Al-4V Heliyon, 8 (2022), e08758. G. Ongtrakulkij, A. Khantachawana, J. Kajornchaiyakul and K. Kondoh
25	西安理工大学 (中国)	軽金属 (Al, Ti) を対象としたバルク固化体における高強度化機構の解明	Quantitative Analysis on Surface Potentials of Impurities and Intermetallic Compounds Dispersed in Mg Alloys Using Scanning Kelvin Probe Force Microscopy and Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy Mater. Chem. Phys., 279 (2022), 125760. K. Kondoh, R. Takei, S. Kariya, S. Li and J. Umeda
26	西安理工大学 (中国)	金属基複合材料の変形機構解明	Preparation of Cu/CrB <sub>2</sub> Composites with Wellbalanced Mechanical Properties and Electrical Conductivity by Ex-Situ Powder Metallurgy J. Mater. Res. Technol-JMRT, 17 (2022), 1605-1615. X.-F. Guo, L. Jia, Z.-L. Lu, Z.-G. Xing, H. Xie and K. Kondoh
27	King Mongkutt University (タイ)	軽金属 (Al, Ti) を対象としたバルク固化体における高強度化機構の解明	Effect of Nb Content and Water Quenching on Microstructure and Mechanical Properties of Ti-Nb Alloys Fabricated by Spark Plasma Sintering Powder Metall. (2022) N. Suesawadwanid, A. Khantachawana, K. Srirussamee and K. Kondoh
28	Northwestern Polytechnical University, (中国)	軽金属 (Al, Ti) を対象としたバルク固化体における高強度化機構の解明	Superior High-Temperature Tensile Properties of Aluminum Matrix Composites Reinforced with Carbon Nanotubes Carbon, 191 (2022), 403-414. L. Cao, B. Chen, J. Wan, K. Kondoh, B. Guo, J. Shen and J. S. Li
29	Northwestern Polytechnical University, (中国)	軽金属 (Al, Ti) を対象としたバルク固化体における高強度化機構の解明	Developing Dual-Textured Titanium (Ti) Extrudates via Utilizing the $\beta$ Transus in Commercially Pure Ti Mater. Des., 215 (2022), 110459. J. Wana, B. Chen, J. Shen, W. Shi, K. Kondoh, S. Li and J. S. Li

No.	協働研究連携先 (海外機関名)	研究テーマ	国際共著論文
30	西安理工大学 (中国)	金属基複合材料の変形機構 解明	Accelerated Diffusion Phenomenon of Ti-B4C System and its Influence on Resulted Composites J. Mater. Eng. Perform. (2022) L. Jia, M. Hou, C. Zhanga, J. Xua, S. Lia, Z. Lua, K. Kondoh
31	ハノイ工科大学 (ベトナム)	FCAWにおける溶滴移行及 びアーク現象の解明	Effects of Alkaline Elements on the Metal Transfer Behavior in Metal Cored Arc Welding J. Manuf. Process., 68 (2021), 1448-1457. N. Q. Trinh, S. Tashiro, K. Tanaka, T. Suga, T. Kakizaki, K. Yamazaki, T. Morimoto, H. Shimizu, A. Lersvanichkool, A. B. Murphy, H. V. Bui and M. Tanaka
32	北京工業大学 (中国)	交流プラズマ溶接の性能向 上に関する研究	Physical Mechanisms of Fluid Flow and Joint Inhomogeneity in Variable-Polarity Plasma Arc Welding of Thick Aluminum Alloy Plates Phys. Fluids, 33 (2021), 87103 (13p). B. Xu, S. Tashiro, M. Tanaka, F. Jiang and S. Chen
33	朝鮮大学 (韓国)	MIG溶接法による異材接合 におけるIMC層形成メカニ ズムの解明	Numerical Analysis of the Effect of Heat Loss by Zinc Evaporation on Aluminum Alloy to Hot-Dip Galvanized Steel Joints by Electrode Negative Polarity Ratio Varied AC Pulse Gas Metal Arc Welding J. Manuf. Process., 69 (2021), 671-683. S. M. Hong, S. Tashiro, H.-S. Bang and M. Tanaka
34	ハノイ工科大学 (ベトナム)	プラズマキーホールの安 定化	Relationship among Welding Defects with Convection and Material Flow Dynamic Considering Principal Forces in Plasma Arc Welding Metals, 11 (2021), 1444. H. L. Nguyen, A. V. Nguyen, H. L. Duy, T.-H. Nguyen, S. Tashiro and M. Tanaka
35	ハノイ工科大学 (ベトナム)	GMAWの耐風性向上のた めのノズル形状最適化	Influence of Cross-Wind on CO <sub>2</sub> Arc Welding of Carbon Steel Metals, 11 (2021), 1677. S. Tashiro, N. Q. Trinh, T. Suga, N. Matsuda, N. Tsurumaru, T. Maeda, R. Tanaka, S. Nakatsu, G. Tsujii, H. V. Bui and M. Tanaka
36	インド工科大学ハイ デラバード校 (インド)	レーザー・アークハイブリッ ド溶接の 溶接現象解明	Mechanism of Gap Bridgeability in Lap-Fillet Laser-Arc Hybrid Welding Laser Manuf. Materi. Process., 8 (2021), 355-371. A. Sharma, U. K. Mohanty, M. Tanaka and T. Suga
37	University Malaysia Kelantan (マレーシア)	複合溶接法におけるアーク 特性等の解明	Observation of Microstructure and Mechanical Properties in Heat Affected Zone of As-Welded Carbon Steel by Using Plasma MIG Welding Process Metals, 12 (2022), 315. S. Mamat, N. A. Sidek, N. A. A. M. Afandi, R. A. E. Roslan, T. P. Ter, T. Yuji, S. Tashiro and M. Tanaka
38	University Malaysia Kelantan (マレーシア)	複合溶接法におけるアーク 特性等の解明	Numerical Analysis of Metal Transfer Process in Plasma MIG Welding Metals, 12 (2022), 326. S. Tashiro, S. B. Mamat, A. B. Murphy, T. Yuji and M. Tanaka
39	朝鮮大学 (韓国)	MIG溶接法による異材接合 におけるIMC層形成メカニ ズムの解明	Weldability of Dissimilar Materials (AA5052 Aluminium Alloy - Galvanized High Strength Steel) Joints by Direct Current Pulsed Gas Metal Arc Welding AIP Conference Proceedings S. M. Hong, S. Tashiro, H.-S. Bang and M. Tanaka

No.	協働研究連携先 (海外機関名)	研究テーマ	国際共著論文
40	University Malaysia Kelantan (マレーシア)	複合溶接法におけるアーク特性等の解明	Numerical Simulation of Arc Behaviour in TIG/MIG Hybrid Welding Process of Aluminium Alloy AIP Conference Proceedings S. Mamat, R. A. Ellyana Roslan, P. T. Teo, F. Mohamad, Y. Toshifumi, S. Tashiro and M. Tanaka
41	上海交通大学 (中国)	プラズマミグハイブリッド溶接法の開発	Influence Mechanism of Metal Vapor in Plasma Arc Lap Welding Metal Vapor Decreases Arc Energy Efficiency in Conduction Plasma Arc Lap Welding Welding Journal Z. Li, Dongsheng Wu, S. Tashiro, M. Tanaka, J. Xin, H. Wang and X. Hua
42	上海交通大学 (中国)	プラズマミグハイブリッド溶接法の開発	Elucidation of Arc Coupling Mechanism in Plasma-MIG Hybrid Welding Process through Spectroscopic Measurement of 3D Distributions of Plasma Temperature and Iron Vapor Concentration J. Manuf. Process. 77, (2022) 743-753. K. Ishida, S. Tashiro, K. Nomura, D. Wu and M. Tanaka
43	蘭州理工大学 (中国)	外部磁場によるGMA溶接の溶滴移行プロセスの制御	Mild Steel Metal Rotating Spray Transfer Behavior in Magnetically Controlled Gas Metal Arc Welding Mater. Today Commun., 31 (2022), 103352. L. Xiao, D. Fan, J. Huang, S. Tashiro and M. Tanaka
44	上海交通大学 (中国)	鋼材や軽金属の接合部強度に関する数値解析モデリング	In-situ DIC Investigation on Local Stress-Strain Behavior in Creep-Fatigue Test of Dissimilar Steel Welded Joint Int. J. Fatigue, 152 (2021), 1-13. M. Fan, C. Shao, Y. Wang, X. Huo, N. Ma and F. Lu
45	上海交通大学 (中国)	鋼材や軽金属の接合部強度に関する数値解析モデリング	Study on the Laves Phase Precipitation Behavior and Its Effect on Toughness of 10Cr-1Mo Steel Weld Joint after Thermal Aging J. Manuf. Process., 64 (2021), 1287-1295. A. Zuo, C. Shao, X. Huo, N. Ma and F. Lu
46	上海交通大学 (中国)	スポット溶接の強度評価	Combined Strengthening Mechanism of Solid-State Bonding and Mechanical Interlocking in Friction Self-Piercing Riveted AA7075-T6 Aluminum Alloy Joints J. Mater. Sci. Technol., 105 (2021), 109-121. Y. Ma, B. Yang, S. Hu, H. Shan, P. Geng, Y. Li and N. Ma
47	西安交通大学 (中国)	コールドスプレー固相積層の熱・力学現象を可視化する数値解析モデルの構築	Capturing Cold-Spray Bonding Features of Pure Cu from in Situ Deformation Behavior Using a High-Accuracy Material Model Surf. Coat. Technol., 413 (2021), 1-11. Q. Wang, N. Ma, X.-T. Luo and C.-J. Li
48	ハルビン工業大学 (中国)	薄板溶接変形を予測する数値解析	Characteristics of Welding Distortion and Residual Stresses in Thin-Walled Pipes by Solid-Shell Hybrid Modelling and Experimental Verification J. Manuf. Process., 69 (2021), 532-544. Y. Liu, P. Wang, H. Fang and N. Ma
49	ハルビン工業大学 (中国)	薄板溶接変形を予測する数値解析	Mitigation of Residual Stress and Deformation Induced by TIG Welding in Thin-Walled Pipes through External Constraint J. Mater. Res. Technol.-JMRT, 15, 11 (2021), 4636-4651. Y. Liu, P. Wang, H. Fang and N. Ma
50	Shandong University (中国)	超合金の線形摩擦溶接におけるプラスチック流れと界面自己洗浄の数値モデル化	Numerical Modelling on the Plastic Flow and Interfacial Self-Cleaning in Linear Friction Welding of Superalloys J. Mater. Process. Technol., 296 (2021), 117198. P. Geng, G. Qin, H. Ma, J. Zhou, C. Zhang and N. Ma

No.	協働研究連携先 (海外機関名)	研究テーマ	国際共著論文
51	Hubei University of Arts and Science (中国)	1180 MPa鋼板のCMT溶接ラップジョイントにおける溶接変形と残留応力の測定と解析	Measurement and Analysis of Welding Deformation and Residual Stress in CMT Welded Lap Joints of 1180 MPa Steel Sheets J. Manuf. Process., 72 (2021), 515-528. R. Nishimura, N. Ma, Y. Liu, W. Li and T. Yasuki
52	Xian Jiaotong University (中国)	高精度材料モデルに基づく6061-T6アルミニウム合金の超音速衝撃結合挙動の理解向上に向けて	Towards Better Understanding Supersonic Impact-Bonding Behavior of Cold Sprayed 6061-T6 Aluminum Alloy Based on a High-Accuracy Material Model Addit. Manuf., 48 (2021), 1-11. Q. Wang, N. Ma, X.-T. Luo and C.-J. Li
53	上海交通大学 (中国)	薄板アルミ合金の成形・接合に関する解析	In-situ DIC Study on LCF Behavior of Retired Weld Joint Subjected to Prolonged Service at Elevated Temperature Acta Metall. Sin., 39 (2021), 1-12. A. Zuo, X. Liu, C. Shao, M. Fan, N. Ma and F. Lu
54	山東大学 (中国)	炭素繊維強化ポリマーシートへのアルミニウム合金の平坦摩擦スポット接合:実験とシミュレーション	Flat Friction Spot Joining of Aluminum Alloy to Carbon Fiber Reinforced Polymer Sheets: Experiment and Simulation J. Mater. Sci. Technol., 107 (2021), 266-289. P. Geng, N. Ma, H. Ma, Y. Ma, K. Murakami, H. Liu, Y. Aoki and H. Fujii
55	浙江工業大学 (中国)	溶接疲労強度改善解析	Post-weld Cold Working for Fatigue Strength Improvement of Resistance Spot Welded Joint of Advanced High-Strength Steel J. Mater. Process. Technol., 299 (2021), 117364. S. Ren, N. Ma, S. Tsutsumi, G. Watanabe, C. Cao and S. Luo
56	山東大学 (中国)	2A14 Al合金から304ステンレス鋼の金属間化合物の不均一性と慣性摩擦溶接継手の特性	Non-uniformity of Intermetallic Compounds and Properties in Inertia Friction Welded Joints of 2A14 Al Alloy to 304 Stainless Steel J. Manuf. Process., 68 (2021), 834-842. D. Zhang, G. Qin, H. Ma and P. Geng
57	上海交通大学 (中国)	薄板アルミ合金の成形・接合に関する解析	Contact-induced Vibration Tool in Incremental Sheet Forming for Formability Improvement of Aluminum Sheets J. Mater. Res. Technol.-JMRT, 17 (2022), 1363-1379. S. Wu, P. Geng, N. Ma and F. Lu
58	揚州大学 (中国)	鋼板/CFRP溶接挙動	Influence of Laser Welding Power on Steel/CFRP Lap Joint Fracture Behaviors Compos. Struct., 285 (2022), 115247. H. Xia, Y. Ma, C. Chen, J. Su, C. Zhang, C. Tan, L. Li, P. Geng and N. Ma
59	Henan University of Science and Technology (中国)	鉛フリーはんだの特性向上と新プロセスの検討	Fabrication of NiO/ZrO <sub>2</sub> Nanocomposites Using Ball Milling-Pyrolysis Method Vacuum, 191 (2021), 110370. F. Hou, Y.-A. Shen, S. He, K. Zhang and H. Nishikawa
60	Henan University of Science and Technology (中国)	鉛フリーはんだの特性向上と新プロセスの検討	Interface Design and the Strengthening-Ductility Behavior of Tetra-Needle-Like ZnO Whisker Reinforced Sn1.0Ag0.5Cu Composite Solders Prepared with Ultrasonic Agitation Mater. Des., 210 (2021), 110038. F. Hou, Z. Jin, D. L. Han, K. Zhang and H. Nishikawa
61	Inha University (韓国)	高耐熱微細接合技術の提案とその特性評価	The Influence of Porosity and Pore Shape on the Thermal Conductivity of Silver Sintered Joint for Die Attach Mater. Today Commun., 29 (2021), 102772. Y.-J. Kim, B.-H. Park, S. K. Hyun and H. Nishikawa

No.	協働研究連携先 (海外機関名)	研究テーマ	国際共著論文
62	国立台湾大学 (台湾)	高耐熱微細接合技術の提案 とその特性評価	Low-pressure Micro-Silver Sintering with the Addition of Indium for High-Temperature Power Chips Attachment J. Mater. Res. Technol-JMRT, 15 (2021), 4541-4553. C.-H. Tsai, W.-C. Huang, L. M. Chew, W. Schmitt, J. Li, H. Nishikawa and C. R. Cao
63	国立中興大学 (台湾)	高耐熱微細接合技術の提案 とその特性評価	Electrodeposition of Nanocrystalline Cu for Cu-Cu Direct Bonding J. Taiwan Inst. Chem. Eng., 132 (2022), 10417. J.-J. Jhana, K. Wataya, H. Nishikawa and C.-M. Chen
64	国立中興大学 (台湾)	高耐熱微細接合技術の提案 とその特性評価	Surface Modification of Cu Electroplated Layers for Cu-Sn Transient Liquid Phase Bonding Mater. Chem. Phys., 277 (2022), 125621. S.-Y. Hsu, C.-M. Chen, J.-M. Song and H. Nishikawa
65	ハノイ工科大学 (ベトナム)	低温接合向け低融点合金の 探索と特性評価	Microstructure Evolution and Shear Strength of Tin-Indium-xCu/Cu Joints Metals, 12 (2021), 33. D. L. Han, Y.-A. Shen, F. Huo and H. Nishikawa
66	Nanjing University of Aeronautics and Astronautics (中国)	高耐熱接合部形成のための プロセスの検討	Novel Transient Liquid Phase Bonding Method Using In-coated Cu Sheet for High-Temperature Die Attach Mater. Res. Bull., 149 (2022), 111713. J. Wang, X. Liu, F. Huo, K. Kariya, N. Masago and H. Nishikawa
67	Nanjing University of Aeronautics and Astronautics (中国)	高耐熱接合部形成のための プロセスの検討	Three-dimensional Interface and Property of SnPb Solder Joint under Extreme Thermal Shocking Sci. Technol. Weld. Join., 27, 3 (2022), 186-196. J. Wang, S. Xue, L. Liu, P. Zhang and H. Nishikawa
68	国立成功大学 (台湾)	低温接合向け低融点合金の 探索と特性評価	Effect of Low Bi Content of Reliability of Sn-Bi Alloy Joints before and after Thermal Aging JOM, Online (2022) H. Nishikawa, Y. Hirata, C.-H. Yang and S.-K. Lin
69	Indian Institute of Technology Palakkad (インド)	高炭素鋼の摩擦攪拌接合に おけるツールの摩耗挙動	Degradation of Nickel-Bonded Tungsten Carbide Tools in Friction Stir Welding of High Carbon Steel Int. J. Adv. Manuf. Technol., 115 (2021), 1049-1061. B. Vicharapu, H. Liu, Y. Morisada, H. Fujii and A. De
70	Southeast University (中国)	摩擦攪拌接合によるAl異材 接合時の組織形成挙動	Microstructural Evolutions of 2N Grade Pure Al and 4N Grade High-Purity Al during Friction Stir Welding Materials, 14, 13 (2021), 3606. T. Nagira, X. Liu, K. Ushioda and H. Fujii
71	Korea Polytechnic University (韓国)	複合組織鋼の変形中のオーステナイトの安定性とひずみ緩和の相関	The Correlation of Austenite Stability and Sequence of Strain Accommodation during Room Temperature Deformation of a Duplex Lightweight Steel J. Mater. Res. Technol-JMRT, 13 (2021), 1923-1932. B. Mirshekari, A. Zarei-Hanzaki, A. Barabi, H. R. Abedi, S.-J. Lee and H. Fujii
72	清華大学 (中国)	摩擦攪拌接合された超軽量 Mg-9Li-1Zn合金の微細組織 と機械的特性に及ぼす処理 過程の影響	Effect of the Processing Route on the Microstructure and Mechanical Behavior of Superlight Mg-9Li-1 Zn Alloy via Friction Stir Processing J. Magnes. Alloy. (2022). M. Zhou, Z. Zeng, C. Cheng, Y. Morisada, Q. Shi, J.-Y. Wang and H. Fujii
73	上海交通大学 (中国)	摩擦攪拌接合を用いた表面 改質	Alloying a Topmost Steel-Plate Layer with WC-tool Constituent Elements during Friction Stir Processing J. Manuf. Process., 69 (2021), 311-319. H. Yamamoto, Y. Imagawa, K. Ito, K. Chen and L. Zhang

No.	協働研究連携先 (海外機関名)	研究テーマ	国際共著論文
74	IITH (インド)	溶接ビードへのFSPの効果	Experimental Study on Improving the Additively Manufactured GMAW and TIG Beads Using FSP Materials Today: Proc. (2022) M. Imam, S. N. S. H. Chittajallu, H. Gururani, H. Yamamoto, K. Ito, P. K. Parchuri, R. Mishra, A. Sharma, A. Richhariya and V. Chinthapent
75	Donghua University (中国)	ハイエントロピーセラミックスナノ粒子の合成と機能探索	Low-temperature Synthesis of High-Entropy (Mg <sub>0.2</sub> Co <sub>0.2</sub> Ni <sub>0.2</sub> Cu <sub>0.2</sub> Zn <sub>0.2</sub> )O Nanoparticles via Polyol Process Open Ceramics, 9 (2022), 100223. F. Li, G.-J. Zhang and H. Abe
76	タイ国立金属材料技術研究センター (タイ)	SLMの造形におけるスパッタが溶接欠陥に与える評価	Pure Titanium Fabrication with Spatter-Less Selective Laser Melting in Vacuum Results in Optics, 5 (2021), 100184. Y. Sato, Y. Mizuguchi, K. Takenaka, N. Yoshida, S. Srisawadi, D. Tanprayoon, T. Ohkubo, T. Suga and M. Tsukamoto
77	Shanghai Institute of Ceramics (中国)	カーボン材料の高機能化	Development of Graphene Aerogels with High Strength and Ultrahigh Adsorption Capacity for Gas Purification Mater. Des., 208 (2021), 109903. J. Li, X. Li, X. Zhang, J. Zhang, Y. Duan, X. Li, D. Jiang, T. Kozawa and M. Naito
78	国立中興大學 (台湾)	レーザ支援焼結法による銅の直接接合	Geometrical Effects on Ultrasonic Al Bump Direct Bonding for Microsystem Integration: Simulation and Experiments Micromachines, 12, 7 (2021), 750. J.-H. Lee, P.-K. Li, H.-W. Hung, W. Chuang, E. Schellkes, K. Yasuda and J.-M. Song
79	国立中興大學 (台湾)	レーザ支援焼結法による銅の直接接合	Hydrophilic Nanoporous Copper Surface Prepared by Modified Formic Acid Vapor Treatment Surf. Interfaces, 28, (2022), 101620. L.-H. Chan, K. Yasuda, J.-M. Song and T. Suga
80	ソウル大学校 (韓国)	マイクロ流路デバイスを用いたバイセル連続調製のための簡易手法	A Simple Method for Continuous Synthesis of Bicelles in Microfluidic Systems Langmuir, 37, 42 (2021) 12255-12262. S. Choi, B. Kang, S. Taguchi, H. Umakoshi, K. Kim, M. K. Kwak and H.-S. Jung
81	ソウル大学校 (韓国)	バイセルを用いた基板上脂質二分子膜の調製および膜特性の評価	Preparation of Planar Lipid Bilayer Membrane by Utilizing Bicelles and Its Characterization KAGAKU KOGAKU RONBUNSHU S. Taguchi, Y. Okamoto, K. Suga, H.S. Jung and H. Umakoshi

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) 大阪大学カップリング・インターンシップにおける成果プロセス（プログラムの質的向上を目指して）  
グローバル人材育成教育研究, 9, 2 (2022)  
寺西 未沙, 勝又 美穂子, 西川 宏, 近藤 勝義, 田中学
- (2) Measurement of Local Material Properties and Failure Analysis of Resistance Spot Welds of Advanced High-Strength Steel Sheets  
Mater. Des., 201, 3 (2021), 1-10.  
Y. Ma, A. Takikawa, J. Nakanishi, K. Doira, T. Shimizu, Y. Lu and N. Ma
- (3) Thermal-mechanical Coupling Analysis and Strength Assessment of Friction Lap Spot Joining of A6061 Alloy and Carbon Fiber Reinforced Polymer  
J. Mater. Res. Technol.-JMRT, 12 (2021), 1777-1793.  
N. Ma, K. Shimakawa, P. Geng, Y. Ma, J.-W. Choi, Y. Aoki and H. Fujii
- (4) Development of FEA-ANN Integrated Approach for Process Optimization of Coaxial One-Side Resistance Spot Welding of Al5052 and CFRP  
J. Manuf. Sci. Eng, 144 (2021), 1-13.  
S. Ren, Y. Ma and N. Ma
- (5) 3-D Modelling of the Coaxial One-Side Resistance Spot Welding of AL5052/CFRP Dissimilar Material  
J. Manuf. Process., 68 (2021), 940-950.  
S. Ren, Y. Ma, N. Ma, S. Saeki and Y. Iwamoto
- (6) Fracture Modeling of Resistance Spot Welded Ultra-High Strength Steel Considering the Effect of Pre-Crack  
Mater. Des., 210 (2021), 110075.  
Y. Ma, Y. Yu, P. Geng, R. Ihara, K. Maeda, R. Suzuki, T. Suga and N. Ma
- (7) Microstructural Evolution in Friction Self-Piercing Riveted Aluminum Alloy AA7075-T6 Joints  
J. Mater. Sci. Technol., 82 (2021), 80-95.  
Y. Ma, S. Niu, H. Liu, Y. Li and N. Ma
- (8) Combined Strengthening Mechanism of Solid-State Bonding and Mechanical Interlocking in Friction Self-Piercing Riveted AA7075-T6 Aluminum Alloy Joints  
J. Mater. Sci. Technol., 105 (2021), 109-121.  
Y. Ma, B. Yang, S. Hu, H. Shan, P. Geng, Y. Li and N. Ma
- (9) Digital Twin for the Transient Temperature Prediction during Coaxial One-Side Resistance Spot Welding of Al5052/CFRP  
J. Manuf. Sci. Eng, 144, 3 (2021), 1-8.  
S. Ren, Y. Ma, N. Ma, Q. Chen and H. Wu
- (10) Flat Friction Spot Joining of Aluminum Alloy to Carbon Fiber Reinforced Polymer Sheets: Experiment and Simulation  
J. Mater. Sci. Technol., 107 (2021), 266-289.  
P. Geng, N. Ma, H. Ma, Y. Ma, K. Murakami, H. Liu, Y. Aoki and H. Fujii

- (11) Influence of Heat Input on the Laser Welded Steel/CFRP Lapped Joints  
Compos. Struct., 2022 (2022), 1-13.  
H. Xia, Y. Ma, J. Su, C. Tan, L. Li and N. Ma
- (12) Influence of Laser Welding Power on Steel/CFRP Lap Joint Fracture Behaviors  
Compos. Struct., 285 (2022), 115247.  
H. Xia, Y. Ma, C. Chen, J. Su, C. Zhang, C. Tan, L. Li, P. Geng and N. Ma
- (13) Effects of Rotation Tool-Induced Heat and Material Flow Behaviour on Friction Stir Lapped Al/steel Joint Formation and Resultant Microstructure  
Int. J. Machine Tools and Manufacture, 174 (2022), 103858.  
P. Geng, Y. Ma, N. Ma, H. Ma, Y. Aoki, H. Liu, H. Fujii and C. Chen
- (14) Effect of Mo Addition on the Mechanical and Wear Behavior of Plasma Rotating Electrode Process Atomized Ti6Al4V Alloy  
J. Mater. Eng. Perform., 30 (2021), 3203-3212.  
R. Yamanoglu, A. Bahador and K. Kondoh
- (15) Strength-ductility Balance of Powder Metallurgy Ti-2Fe-2W Alloy Extruded at High-Temperature  
J. Mater. Res. Technol-JMRT, 14 (2021), 677-691.  
A. Bahador, A. Issariyapat, J. Umeda, R. Yamanoglu, C. Pruncu, A. Amrin and K. Kondoh
- (16) Fabrication Methods of Porous Titanium Implants by Powder Metallurgy  
Trans. Indian Inst. Met., 74 (2021), 2555-2567.  
R. Yamanoglu, A. Bahador and K. Kondoh
- (17) Strengthening and Deformation Mechanism of Selective Laser-Melted High-Concentration Nitrogen Solute  $\alpha$ -Ti Materials with Heterogeneous Microstructures via Heat Treatment  
Mater. Sci. Eng. A., 826 (2021), 141935.  
A. Issariyapat, A. Bahador, P. Visutti pitukul, S. Li, J. Umeda and K. Kondoh
- (18) Ultrafine-grain Formation and Improved Mechanical Properties of Novel Extruded Ti-Fe-W Alloys with Complete Solid Solution of Tungsten  
J. Alloy. Compd, 875 (2021), 160031.  
A. Bahador, J. Umeda, R. Yamanoglu, A. Amrin, A. Alhazaa and K. Kondoh
- (19) New Magnesium Composite with Mg17Al12 Intermetallic Particles  
Powder Metall. Met. Ceram., 60 (2021), 110-120.  
R. Yamanoglu, A. Bahador, K. Kondoh, S. Gumus, S. Gokce and O. Muratal
- (20) Microstructure Examination and Sliding Wear Behavior of Al-15%Mg<sub>2</sub>Si-xGd In Situ Composites before and after Hot Extrusion  
Lubricants, 10, 1 (2021), 3.  
H. Ghandvar, M. A. Jabbar, A. Bahador, T. A. A. Bakar and K. Kondoh
- (21) Ductility Improvement of High-Strength Ti-O Material upon Heteromicrostructure Formation  
Mater. Sci. Eng. A. (2022), 143041.  
S. Kariya, A. Issariyapat, A. Bahador, J. Umeda, J. Shen and K. Kondoh



## (8) 国内学会発表

- (1) インクリメント板成形技術の研究開発と実用「薄板マルチステップインクリメント成形の数値解析と実験検証(第5報)」  
(一社)塑性加工学会 2021年度 春季全国大会, WEB開催(2021.6.1-3)  
呉松, 馬運五, Sherif Rashed, 麻寧緒
- (2) テーパー試料形状を利用した中炭素鋼における圧力制御通電圧接  
(公社)日本金属学会 2021年秋期 第169回講演大会, WEB開催(2021.9.14-17)  
劉恢弘, 宮垣徹也, 釜井正善, 馬運五, 麻寧緒, 藤井英俊
- (3) 超ハイテン抵抗スポット溶接部・HAZ・コロナボンド部の特性同定と破断強度予測  
(一社)溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催(2021.9.21-28)  
馬運五, 麻寧緒, 滝川輝, 中西淳, 土井良一剛, 清水哲雄
- (4) 同芯電極を用いた金属と樹脂複合材の片側抵抗スポット溶接のデジタルツイン「-Al5052/CFRP接合部過渡温度場のデジタルツイン(第4報)-」  
(一社)溶接学会 2021年度 秋季全国大会, WEB開催(2021.9.21-28)  
任森棟, 馬運五, 麻寧緒, 呉海元
- (5) Low Cost Duplex Ti Alloys with Excellent Tensile Strength and Tailored Microstructure  
(公社)日本金属学会 2021年秋期 第169回講演大会, WEB開催(2021.9.14-17)  
A. Bahador, J. Umeda and K. Kondoh
- (6) Microstructure and Mechanical Properties of Powder Metallurgy Ti-Fe-W Alloy Consolidated by Spark Plasma Sintering Incorporating with Thermomechanical Processing  
粉体粉末冶金協会2021年度秋季大会(第128回講演大会), WEB開催(2021.11.9-11)  
A. Bahador, J. Umeda and K. Kondoh

## (10) 国内会議講演

- (1) CISに係る教育効果の分析と考察  
グローバル人材に求められる能力の普遍性と多様性, オンライン開催(2021.10.25)  
勝又美穂子

## (11) 解説・総説

- (1) 大阪大学カップリング・インターンシップ実施中の「参加者の認識の変化調査」に関する結果と考察(プログラム活動の認識変化への影響とは)  
グローバル人材育成教育研究, 9, 2 (2022)  
勝又美穂子, 橋本智恵, 西川宏, 近藤勝義

## (15) 受賞

- (1) 2021年度論文賞  
グローバル人材育成教育学会(2022.03.13)  
寺西未沙, 勝又美穂子, 西川宏, 近藤勝義, 田中学

(17) 外部資金

(単位：千円)

科学研究費補助金

(1) 若手研究	Dynamic thermo-mechanical phenomenon and multi-scale strengthening mechanism during friction stir weld-riveting process	馬 運五	2,340
----------	---	------	-------

奨学寄付金

(1)		馬 運五	1,900
-----	--	------	-------

# 国際連携溶接計算科学研究拠点 (CCWS)



## 国際連携溶接計算科学研究拠点 (CCWS)

### 4. 1 研究概要

接合科学研究所は、溶接現象を解明するための手法として理論に基づくシミュレーションを 1970 年代に提案しており、この分野ではまさに世界の先駆であり、1996 年には”Theoretical Prediction in Joining and Welding”をテーマとした国際シンポジウムを開催した。2000 年代から、日本のものづくりは経済・社会のグローバル化の中で大きな変革期を迎えており、経験や熟練技能者に頼らない新しいものづくり、すなわち理論的予測に基づく生産技術が求められている。このようなニーズに応えるとともに接合科学研究所の世界的な地位を維持するためには、基礎研究のさらなる充実と人材の育成が不可欠である。そのため、2007 年、国際連携溶接計算科学研究拠点 (CCWS: Global Collaborative Research Center for Computational Welding Science) を設立した。

本国際連携研究拠点の設立後、溶接における計算科学の展開を目的として、“溶接技術の高度化による高効率・高信頼性溶接技術の開発”の NEDO プロジェクトを実施し、その成果がさらに発展し、2010 年 11 月 “The 1<sup>st</sup> Visualization in Joining & Welding Science through Advanced Measurements and Simulation”した。さらに、本研究拠点の国際連携役割を果たす活動として、2011 年 11 月 “The 4<sup>th</sup> International Seminar on Welding Science and Engineering (WSE2011) & CCWS Seminar 2011”を主催し、2019 年 11 月 “The 8<sup>th</sup> International Conference on Welding Science and Engineering (WSE2019)”の主催に協力した。成果として CCWS の国際連携を深化した。

### 4. 2 研究課題

1. 大規模高速溶接シミュレーション手法の開発
2. 実用溶接シミュレーションソフト JWRIAN の開発
3. 溶接変形・残留応力データベースの構築
4. 溶接変形・残留応力・割れの力学的解明
5. 溶接計算科学の普及教育

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

溶接現象は、アークやレーザーなどからエネルギーが投与されプラズマや溶融池が形成される過程を研究対象としたプロセス学、溶融された金属が凝固する際に金属組織が形成される過程を対象とした材料学、凝固・収縮の結果生じる溶接変形・残留応力・割れを対象とした力学の 3 本の学問的柱がそろって真に統一的な理解が可能な複雑な現象である。したがって、本研究拠点は将来構想としてプロセス、材料、力学の 3 分野における計算科学の構築を目指す。設立時点では力学分野をまず立ち上げ、順次プロセス分野および材料分野を立ち上げる予定である。設立後 15 年が経過し、その間 14 回の講演会と 16 回の実習セミナーを開催している。なお、CCWS は兼任教授 1 名、兼任准教授 1 名、招へい教授 4 名、招へい准教授 1 名で構成された組織である。現在は一般に公開し広く活用して頂くための溶接変形・残留応力解析ソフトウェア群 JWRIAN-family の開発に力を注いでおり、JWRIAN を基本にしてソフトウェア会社が溶接組立変形予測および溶接変形・残留応力詳細解析を目的とした商用ソフトを開発し販売を行っている。なお、基礎研究の成果については接合評価研究部門接合構造化解析学分野の項を参照願いたい。

#### (2) 研究に対する自己評価

国際的な研究拠点として認知されるためには、突出した研究成果が必要であり、薄板から厚板構造にいたる幅広い実構造物への適用を視野に入れた大規模かつ高速な熱弾塑性解析法の開発およ

び、溶接変形・残留応力の生成源である固有変形に着目した研究では、世界のトップレベルであり実用問題に対する適用も進んでいる。2020年度は、コロナ伝染の影響があったが、オンライン形式にて大阪大学のGKPである上海交通大学との国際共同研究を中断なく推進した。一方、溶接計算科学の普及に関しては、生産現場の技術者でも簡便に使うことができ、しかも溶接組立順序や逆歪など生産技術のノウハウ的な部分も考慮したシミュレーションが実施できる溶接組立変形シミュレーションソフトを媒体として共同研究や技術相談を実施した。現在、鉄鋼、造船、自動車、建設機械などの10数社は、JWRIANを導入している。また、計測技術(Measurement)と有限要素法(FEM)を融合したソフトJWRIAN-MFEM、溶接構造物の疲労寿命や亀裂進展を予測する実用なソフトJWRIAN-CPROPおよびCADデータを直接用いる解法とそのソフトJWRIAN-IGAを開発し、企業における活用推進を行った。

#### 4.4 教育に対する自己評価

溶接はその現象が複雑な連成問題であるために、企業の生産現場における溶接技術の多くの部分が経験に依存しているが、熟練技術者、技能者が減少するという時代の流れの中で、経験工学から理論的予測に基づいた科学への脱皮が求められている。そのような変革を推進するためには、基礎研究の推進と人材の育成が必要であり、村川英一博士、平岡和雄博士、安木剛博士を招へい教授、柴原正和博士を招へい准教授として招き、若手研究者および学生の研究に対して指導や助言を頂いた。また、本研究拠点では、2007年度に共著出版した『技術者のための「溶接変形と残留応力」攻略マニュアル』をテキストとして、企業の若手研究者、技術者を対象に毎年実習セミナーを開催していた。『第17回実習セミナー』を、(一社)溶接学会溶接構造研究委員会の共催で接合研にて計画したが、新型コロナウイルス伝染の拡大により実習セミナーを次年度に延期することになった。

#### 4.5 社会貢献に対する自己評価

国際連携溶接計算科学研究拠点(CCWS)は、2022年3月9日(水)『数値解析技術と計測技術に基づく接合構造安全性の評価』というテーマで、第14回講演会を対面とオンラインのハイブリッド形式にて開催した。7名の講師の方々が基調講演や招待講演および研究報告を行い、88名(対面8名、オンライン80名)の方にご参加いただいた。

本講演会の午前中の部で、大阪大学・工学研究科・マテリアル生産科学専攻・大畑充教授の、「材料特性と溶接構造性能をつなぐ延性・脆性破壊モデリング」についての基調講演に続いてJSOL株式会社・エンジニアリング事業部・齊藤啓様に「特性テンソル法を用いた溶接残留応力場におけるき裂進展」を講演いただいた。その後、本研究拠点の村川英一招へい教授が「特性テンソル法とJWRIAN-Cpropによるき裂評価解析の新しい展開」について報告した。

午後の部では、慶応義塾大学・理工学部機械工学科・大宮正毅教授に自動車用高強度薄板鋼板におけるき裂発生・進展挙動計測とその予測」について基調講演をいただき、本田技研工業株式会社・材料開発部・土井良一剛様に「自動車用超ハイテンのSPOT溶接継手強度評価～課題と対応～」について講演いただいた。その後、ニューブックス株式会社・岸田欣増様にひずみと温度を長距離でモニタリングするための「高精度光ファイバ分布計測技術を活用する数値解析の新しい可能性」を講演いただいた。本講演会の最後には本研究拠点の麻寧緒教授が「先進計測・計算技術に基づくソフトウェアJWRIANの研究開発と拡大利用」について成果を報告した。

#### 4.6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

2007年設立した本研究拠点は、溶接計算科学の既存技術を継承しながら、新しい計算技術を積極的に導入してきた。2017年度からは、陽解法と陰解法を活用した溶接熱応力解析ソフトJWRIAN-Hybrid、疲労亀裂進展解析ツールJWRIAN-CPROP、計測技術(Measurement)と有限要素

法 (FEM) を融合したソフト JWRIAN-MFEM、CAD データを直接用いるソフト JWRIAN-IGA、3次元抵抗スポット溶接技術におけるデジタルツイン JWRIAN-DigitalTwin を新たに開発した。本研究拠点は、これらの文部科学省共同利用・共同研究拠点制度を活用しながら、国内共同研究先に JWRIAN ソフトウェアを貸出し、溶接・接合における力学課題の解決に努めている。





## 溶接構造の疲労性能設計手法国際研究拠点 (FDWS)



## 溶接構造の疲労性能設計手法国際研究拠点

### 4. 1 活動方針

各国の規格・基準・認証制度の違いが貿易障害とならないよう、GATTスタンダードコードが1994年5月にTBT協定として改定合意され、翌年1月にWTO協定に包含されてWTO一括協定となった。これを機に、我が国の規格・基準・認証制度を国際標準とするか、あるいは国際標準に整合させることが重要になっている。新しい製品化技術・構造化技術の国際標準化は、国際市場の新たな開拓と拡大に直結することから、各国とも極めて活発な国際標準化活動を展開している。構造設計は、近年の巨大災害を背景に、安心・安全な社会インフラを実現すべく、これまでの「仕様設計」から「性能設計」へ向かっており、すでに土木業界は性能設計を取り入れ、他の業界も追随する動きが見られる。しかし、構造物の損傷の大部分は疲労によるものと言われていながら、各国とも疲労設計は、依然として等級分類に基づく「仕様設計」の域を出ていないのが実情である。

一方、溶接構造に生じる疲労破壊現象の詳細な理解には、アークやレーザなどからエネルギーが投与されプラズマや溶融池が形成される過程を研究対象としたプロセス学、溶融された金属が凝固する際に金属組織が形成される過程を対象とした材料学、凝固・収縮の結果生じる溶接変形・残留応力・割れやその後の疲労破壊を対象とした力学の3本の学問的柱がそろって真に統一的な理解が可能となる。また、等級分類に頼る従来の疲労設計法は、小型試験片と大型構造要素の力学場の違いを考慮しておらず、そのため過度に安全側になることがある。その結果、優れた材料（高機能高強度鋼など）が開発されてもその機能を活かしきれないばかりか、設計の自由度を自ずと狭めてしまうことになる。この問題をブレークスルーするには、小型試験片の疲労特性を大型構造要素の疲労特性に置き換える手法（疲労特性のtransferability analysis）が必要であり、試験片間の疲労特性の変換や、無亀裂状態から任意ランダム荷重下での疲労寿命予測も不可欠である。

以上より、疲労が問題となる溶接構造物の安全性を設計段階から保証する設計・評価手法を確立できれば、ものづくり技術立国の復活につながり、国際社会における我が国の構造化技術の優位性を主張できる。このような視点から、2016年度に「溶接構造の疲労性能設計手法国際研究拠点(FDWS)」が設立された。本拠点は、接合科学研究所の接合科学共同利用・共同研究拠点としての特徴を活かし、学内外の研究機関・研究者との連携によって、溶接構造の破壊安全性、特に疲労破壊に対する安全性を設計段階から保証する設計・評価手法を研究開発するもので、亀裂安全性を見える化した破壊評価手法の国際標準化を目指している。また、軽量化、許容応力の倍増、設計自由度の拡大などにより、従来のコンセプトを大きく変えるノベル・デザイン構造の創出を目指す。

### 4. 2 研究課題

1. 疲労設計の現状分析
2. 構造不連続部からの亀裂発生評価と破壊力学的手法のリンク
3. 塑性拘束の影響を組み入れた疲労強度評価法の研究
4. 溶接構造の疲労性能設計を実現できる試験法の開発
5. 疲労性能設計手法の国際標準化

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

FDWSの構成員は兼任教授1名、兼任准教授1名、兼任特任講師1名、兼任特任教員1名、招へい教授1名である。構成員が共同執筆した査読付き研究論文は、疲労分野において世界的に著名な国際誌International Journal of Fatigueへの掲載3件を含め、全部で29件であった。

## (2) 研究に対する自己評価

疲労き裂の発生と進展のメカニズム解明および長寿命化、地震防災、さらには新材料の開発を目指した研究などを対象として、先進の計測技術を用いた実験的研究と数値シミュレーションを用いた解析的研究をマルチスケールに実施している。また、溶接学会溶接構造研究会および溶接疲労強度研究委員会の幹事やその他多くの関係学協会での活動および産学による共同研究を行い、得られた知見は新材料開発の基礎的な知見として、また溶接構造物の強度評価手法の高度化に寄与している。

### 4. 4 教育に対する自己評価

FDWS 研究拠点の兼任教員の協力講座先である大阪大学大学院工学研究科社会基盤工学部門における大学院生対象の社会基盤工学ゼミⅠ & Ⅲや博士後期課程を対象とする設計解析学特論では、最新の疲労研究の紹介を行うことで社会インフラの老朽化問題や疲労寿命評価・寿命延伸技術に関する研究の重要性を伝えている。また関連して、博士後期課程の学生5名を主担当として指導しており、いずれも鋼構造物の疲労性能評価に関する研究により博士取得を目指している。

### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

FDWS の活動を通じて得られた各種知見は、下記のように疲労強度評価に関連する学協会主催の講演会などにおいて積極的に公表している。

- ・付加溶接形状の制御と止端グラインダー仕上げの併用による面外ガセット溶接継手の疲労強度向上効果、小谷祐樹、津山忠久、ブーリーハン アヤン、堤 成一郎、溶接学会 第 269 回 溶接疲労強度研究委員会、2021/4/13
- ・局所的繰返し弾塑性挙動に基づく継手の疲労き裂発生および伝播寿命評価、森田花清、毛利雅志、ブーリーハン アヤン、フィンカトリカルド、堤 成一郎、溶接学会 第 269 回 溶接疲労強度研究委員会、2021/4/13
- ・付加溶接形状の制御と止端グラインダー仕上げの併用による面外ガセット溶接継手の疲労強度向上効果、小谷祐樹、津山忠久、ブーリーハン アヤン、堤 成一郎、溶接学会 第 236 回 溶接構造研究委員会、2021/6/7
- ・Fatigue Life Extension by Additional Weld and its Assessment by High-Performance SCF Formula Considering Spline Bead Profile, Yixun Wang, Seiichiro Tsutsumi, 溶接学会 第 270 回 溶接疲労強度研究委員会、2021/6/23
- ・ハンマーピーニングによる溶接継手の疲労性能向上技術開発、石川敏之、堤 成一郎、大阪大学接合科学研究所第 18 回産学連携シンポジウム、2021/7/2
- ・金属材料の疲労強度、堤 成一郎、溶接学会 溶接工学専門講座－溶接疲労強度評価の基礎と応用－、2021/11/9
- ・上降伏、下降伏挙動を含む降伏挙動に関する結晶塑性からのアプローチ、堤 成一郎、大阪大学大学院工学研究科 - 日本製鉄材料基礎協働研究所、2021/11/2
- ・溶接止端部の形状と強度分布が低サイクル疲労性能に及ぼす影響、堤 成一郎、溶接学会 第 272 回 溶接疲労強度研究委員会、2022/1/18

### 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

多くの共同研究を実施し疲労寿命評価および寿命延伸技術開発に関する基礎研究を進めている。また FDWS は全国共同利用制度を活用しながら国内外における研究ネットワークの形成に努めている。2021 年度は、疲労性能評価に関する研究として、共同研究員・一般公募研究課題 18 名を受け入れた。また、共同研究員との研究成果として、査読付きの学術論文 9 件が掲載された。

## 接合技術拠点



## 接合技術拠点

### 4. 1 研究概要

構造材料のさらなる軽量化・長寿命化・強靱化には、軽量材料を中心とした各材料の信頼性の確立とともに、それらを適材適所に組み合わせた部材のマルチマテリアル化の積極的な推進が不可欠である。大阪大学はこれまで NEDO-ISMA プロジェクトにおいて「摩擦接合共通基盤研究(46)」、「マルチマテリアル接合技術の基盤研究(64)」および「マルチマテリアル接合技術における継手性能データベースの構築(64-B)」を推進してきた。これらのプロジェクトで開発された新規接合技術やそれにより創出され、蓄積したデータを有効に活用するためには、新たな枠組みが必要である。我が国で開発された新規接合法や解析技術をシーズとして、産業界や中立機関と連携し、実用化を見据えた研究活動を推進することにより、これまで得られた技術や知見を継続的に活用していくために「接合技術拠点」を形成した。

### 4. 2 研究課題

1. 接合プロセス技術（新規接合法の開発、接合メカニズムの解明）、評価解析技術（継手特性評価、その場観察による現象解析）のまとめと、共同研究でのデータの集積と活用手段の整備
2. シーズ技術、設備の紹介
3. 共同研究・スタートアップフォロー窓口による、企業との実用化に向けた共同研究の立案
4. 企業、中立機関との共同研究の実施
5. 共同開発のための協働研究所・共同研究講座の設置、コンソーシアムの形成

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

##### 1. コンテンツライブラリーの構築

コンテンツライブラリー（ホームページ <http://www.jwri.osaka-u.ac.jp/~jthub/index>）を構築し運用を開始した。このホームページは、ホーム（概要、NEWS & TOPICS）、活動内容、動画ライブラリー、研究設備、知的財産・特許、論文・発表、メンバー、問い合わせ先、サイトポリシーで構成され、逐次更新した。

コンテンツの一つである動画ライブラリーにおいて、新規接合法（シーズ）の原理を説明するとともに、本拠点が所有する接合装置、分析装置群を実際の接合映像も含め紹介し、共同研究を参画して頂く企業への周知を促した。

##### 2. 知的財産・特許

本接合技術拠点を通じて、メンバーが保有する知的財産・特許を本ホームページ上で公開している。2022年3月現在、248件の特許を公開し、参画して頂く企業の共同研究内容策定の参考にして頂いている。

##### 3. 共同研究

参画して頂く企業が、速やかに共同研究を進めることのできるように共同研究相談シートを作成し、本ホームページに掲載するとともに、担当教員を配置し、共同研究を始めるためのフローを明確にした。今年度は、すでに自動車メーカーを含む10社の企業から問い合わせがあり、うち1社と共同研究が開始され、うち2社と共同研究の協議中である。

##### 4. 他の拠点との連携

接合技術を共通課題として、AIST マルチマテリアル信頼性拠点、NIMS 鉄鋼信頼性拠点、名古屋

大学 (NCC) 拠点、京都大学 CAE 拠点などの他の拠点とも連携した。

## (2) 研究に対する自己評価

大阪大学が、これまで NEDO-ISMA プロジェクトにおいて活動してきた「摩擦接合共通基盤研究 (46)」、「マルチマテリアル接合技術の基盤研究 (64)」および「マルチマテリアル接合技術における継手性能データベースの構築 (64-B)」の3つの研究グループが連携して、新たな10年に向けて、「接合技術拠点」を形成できたことは大きな意義があると考えられる。

これらのプロジェクトで開発された新規接合技術やそれにより創出され、蓄積したデータを有効に活用するために、我が国で開発された新規接合法や解析技術をシーズとして、産業界や中立機関と連携し、実用化を見据えた研究活動を推進する。

既に、ホームページ (<http://www.jwri.osaka-u.ac.jp/~jthub/index>) を開設し、運用を開始している。このホームページは、ホーム (概要、NEWS & TOPICS)、活動内容、動画ライブラリー、研究設備、知的財産・特許、論文・発表、メンバー、問い合わせ先、サイトポリシーで構成されており、本ホームページを通じて、共同研究相談シートをご記入頂くことで、共同研究を実施させて頂く体制が整った。加えて、(a) 超学校 ONLINE 大阪大学リサーチクラウドカフェ第2回「溶かさないうで溶接する」、(b) nanotech 2022、(3) 難接合材を接合可能にする固相抵抗スポット接合法、などの動画もアップしており、接合技術そのものの理解を深めることもできる内容となっている。

## 4. 4 教育に対する自己評価

本拠点に、学生は在籍していない。また講義も実施していない。

## 4. 5 社会貢献に対する自己評価

これまでに接合研が有した、摩擦攪拌接合装置、複動式摩擦攪拌接合装置、円柱・円管用摩擦攪拌接合装置、大荷重摩擦攪拌接合装置、摩擦圧接装置、高輝度 X 線透過型溶接現象 4 次元可視化システムに加えて、ISMA プロジェクトで導入した、透過 X 線付き摩擦攪拌接合装置 (フラット FSW 装置)、線形摩擦接合装置 (低温摩擦接合装置)、異材接合用線形摩擦接合装置 (センタードライブ両面リニア摩擦接合装置)、メゾ・マイクロスケール異材接合部観察・分析装置、IN-Situ SEM/FIB 内ナノメカニカル評価装置、ナノレベル異材接合部観察・分析・評価装置、レーザ予熱装置、GPU ワークステーションなどを活用して、産学間共同研究や、産産学連携プロジェクトなどを推進する体制が整った。これにより、これまで国から支援によって得られた種々の研究成果を引き続き発展させ、国内外の産業の発展に寄与することができる。

現在、本接合技術拠点を通じて、メンバーが保有する知的財産・特許を本ホームページ上で公開している。2022 年 3 月現在、248 件の特許を公開し、参画して頂く企業の共同研究内容策定の参考にして頂いている。これらを参考に、ホームページ内の「大阪大学接合技術拠点共同研究相談シート」を提出頂けると、接合技術拠点担当者が提出されたシートの記載内容を確認の上、メール / Web 会議 / 電話 / 対面面談などによる打ち合わせを経て、合意が得られたら共同研究等を実施する体制となっている。

### 成果普及のための活動 (プレス発表等)

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
藤井英俊	大阪大学 接合科学研究所	ISMA 成果 接合技術	nanotech 2022	2022 年 1 月
新構造材料技術 研究組合	新構造材料技術 研究組合	ISMA プロジェクト 「マルチマテリアル 連携ハブ」創設 大 阪大学に接合拠点	溶接ニュース	2022 年 2 月



青色半導体レーザー接合加工研究会



## 青色半導体レーザー接合加工研究会

### 4. 1 研究概要

青色半導体レーザー接合加工研究会は、株式会社島津製作所、古河電気工業株式会社、日亜化学工業株式会社、企業3社と共に青色半導体レーザー・加工技術の情報を提供し、社会実装の促進のために2020年12月に設立した。

産業用レーザーとして用いられている近赤外線レーザーでは、銅などの高反射材料の加工が難しかった。そこでこれら銅材料に対する吸収率が高く、効率よく加工することが可能な青色半導体レーザーを開発した。青色半導体レーザーは発振効率や出力が飛躍的に向上し、工業用途に使用できる段階になってきたが、コストや施工方法をはじめとする様々な課題が残されている。これら応用上の様々な問題解決を目指し、セミナーや安全講習会などを定期的で開催し、技術相談などを設けることで、産業用レーザーとして大きな可能性を持つ青色半導体レーザーの普及促進、幅広い応用展開および社会実装を実現する。

### 4. 2 研究課題

1. 高輝度・高効率青色半導体レーザー開発および加工技術開発
2. 青色半導体レーザーを用いた銅のレーザー溶接技術の開発
3. 青色半導体レーザーを搭載したアディティブマニュファクチャリング技術の開発

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. 青色半導体レーザーによる高充填率な純銅積層造形法の開発

選択的レーザー溶融法 (Selective Laser Melting : SLM) は、上下駆動ステージに敷かれた金属粉末に選択的にレーザー照射し、溶融・凝固させることで、積層造形を行う手法である。従来 SLM に用いられている近赤外線レーザーは銅への吸収率が低いため純銅の積層造形は困難であった。そこで、本研究では高輝度青色半導体レーザーを搭載した SLM 装置を新たに開発し、純銅の積層造形を行った。その結果、200 W の青色半導体レーザーを純銅粉末に照射して、 $5.0 \times 5.0 \times 1.6\text{mm}$  の直方体の造形を行い、充填率が 99.6 % の積層物を造形することが出来た。

2. 高輝度青色半導体レーザーを用いたレーザーコーティング法による銅合金皮膜の形成

銅は、抗菌・ウイルス不活化作用を有する材料である。そこで高輝度青色半導体レーザーを用いたマルチビーム式レーザーコーティング法を用いて、ドアノブなど不特定多数の人が触れる箇所に純銅のコーティングを行った。しかし純銅は、空気に触れると酸化被膜が形成され表面が黒色化し、この変色は、純銅コーティング (製品) の普及を妨げている。そこで、銅の化学的変性を防ぐ目的で銅に亜鉛を添加した銅合金粉末を開発し、青色半導体レーザーによるマルチビーム式レーザーコーティング法を用いてステンレス基板上に銅合金皮膜を形成し、抗菌・ウイルス不活化作用を有する機能性コーティング膜の開発を行った。

#### (2) 研究に対する自己評価

本研究会では、幹事企業3社、一般会員企業22社にて、高輝度青色半導体レーザーの開発とその応用技術開発に関する研究会を実施した。研究成果は、7月にパシフィコ横浜で開催された展示会 OPIE (Optics and Photonics International Exhibition) に NEDO の協力のもと出展し、5月はインテックス大阪 (大阪府大阪市)、12月は幕張メッセ (千葉県市川市) でそれぞれ開催された高機能金属展に日本銅センターおよび日本伸銅協会の協力のもと出展し、社会に向けて情報発信を行い、他の研究

者、技術者との密接な情報交換を行った、また、令和4年3月27日に開催した青色半導体レーザー接合加工研究会成果報告会を開催し、令和3年度研究成果報告書を配布した。

#### 4. 4 教育に対する自己評価

本研究会では、学生は在籍していない。当研究会では、4回の青色半導体レーザー接合加工研究会セミナーと成果報告会を開催し、青色半導体レーザー接合加工技術が創るイノベーションを起こすべく、技術者、研究者の人材育成に努めた。

#### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

##### 1. 国内外での学会活動

国内では、レーザー学会、レーザ加工学会および溶接学会など計11件、国外では国際会議LPM2021 (The 21st International Symposium on Laser Precision Microfabrication)、ICALEO (International Congress on Applications of Lasers and Electro-Optics) にて4件、Photonics West (LASE) など計6件の成果発表を行っている。さらに、査読付き論文 Journal of Laser Application (Impact Factor: 2.17)、Journal of Laser Micro/nano fabrication へ投稿し、3報が掲載された。

## V. 研究集会等



## 5. 1 特別講演会

### 固体電池開発における界面イオン伝導

日時 2021年12月21日(火) 15:00～16:30

場所 荒田記念館

講演者 高田 和典 招へい教授

国立研究開発法人物質・材料研究機構 エネルギー・環境材料研究拠点 拠点長

参加者 22名

#### 概要

接合科学研究所先端基礎科学分野 招へい教授(国立研究開発法人 物質・材料研究機構 エネルギー・環境材料研究拠点 拠点長)である高田和典先生をお招きし、「固体電池開発における界面イオン伝導」と題した特別講演会を2021年12月21日に開催した。

固体イオニクスの歴史や黎明期の全固体電池について分かりやすく解説頂くとともに、現在幅広く用いられているリチウムイオン電池の問題点を基に固体電池化することの利点や開発状況を概説頂いた。特に、異種固体同士の接合界面での特異なイオン伝導現象(ナノイオニクス)に立脚した界面設計に関して、電極材料表面への酸化物ナノコーティングによる硫化物固体電解質との優れたイオン伝導界面の構築、元素置換による格子歪移動を利用した自己組織化粒子の作製等のこれまでの研究成果をご紹介頂いた。そのなかで、既存のリチウムイオン電池の性能に匹敵する、あるいは凌駕する固体電池を実現するためには、固体間の接合界面現象を理解し、積極的に利用していく必要性が示された。その上で、優れたイオン伝導性を有する材料開発や接合技術の開発を含む基礎研究の重要性についても再認識できる機会となった。当日は研究所内の教職員や学生、企業等から20名を超える参加があり、質疑応答も活発に行われ、大変有意義な特別講演会となった。



## 5. 2 共同研究員・共同研究成果発表会

日時 2021年11月24日(水) 13:00～15:40

場所 Webexによるオンライン開催

参加者 56名

### 概要

当研究所は接合科学共同利用・共同研究拠点として、共同研究員により得られた研究成果を広く一般に公開するために、共同研究成果発表会を毎年開催している。本年度は昨年に続き、新型コロナウイルス感染拡大防止のため、オンライン開催(Webex)にて2021年11月24日(水)に行われた。本年度は、接合プロセス研究部門、およびスマートプロセス研究センターの共同研究員の7名の方から、接合科学共同利用・共同研究拠点を利用してえられた研究成果をご発表いただいた。今回の共同研究成果発表会には56名の方々にご参加頂いた。コロナ禍の中、オンライン開催でしたが、活発な質疑応答が行われ、主催者・視聴者ともに有意義な発表会となった。

### ・プログラム

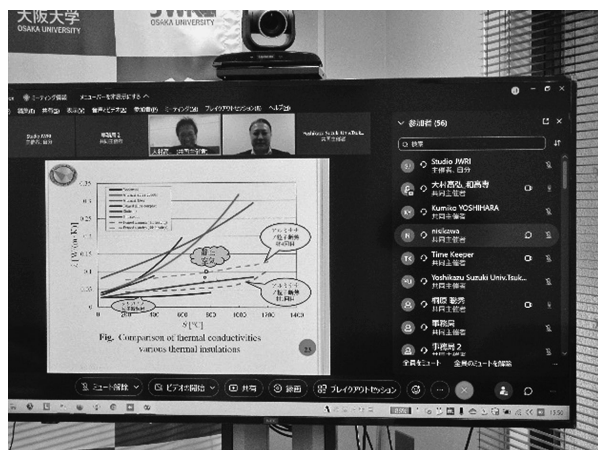
セッションⅠ：接合プロセス研究部門

- ・「タンデム型旋回流プラズマ溶射装置を用いた液相前駆体溶射による酸化半導体皮膜の高速形成」安藤康高氏(足利大学工学部)
- ・「金属/樹脂接合に向けた新規大気圧プラズマの開発」内田儀一郎氏(名城大学理工学部)
- ・「耐塩性亜セレン酸還元微生物の集積及び特徴づけ」井上大介氏(大阪大学大学院工学研究科)
- ・「レーザ加工における純銅反射率の温度依存性に対する理論的考察」加藤進氏(産業技術総合研究所電子光基礎技術研究部門)

セッションⅡ：スマートプロセス研究センター

- ・「光造形法を用いた歯科用ジルコニア製作」吉原久美子氏(産業技術総合研究所健康医工学研究部門)
- ・「溶液を反応場とする微粒子合成と機能探索：液相プロセスを用いた複酸化ナノ粒子の合成とライフィノベーション関連材料への展開」鈴木義和氏(筑波大学数理物質系)
- ・「超低熱伝導率材料の熱物性評価」大村高弘氏(和歌山工業高等専門学校知能機械工学科)

### ・発表会の様子





# VI. 国 際 交 流



## 6. 1 国際交流協定締結大学等

[締結大学等名]	[国名]	[担当教員]
オハイオ州立大学産業溶接システム工学科	アメリカ合衆国	田中 学
スロバキア溶接研究所	スロバキア共和国	伊藤 和博
ハルピン工業大学材料科学及工程学院	中華人民共和国	藤井 英俊
西ボヘミア大学応用物理学部	チェコ共和国	節原 裕一
エジプト中央金属研究所	エジプト共和国	近藤 勝義
セルビア科学芸術アカデミー技術科学研究所	セルビア共和国	大原 智
山東大学材料連接技術研究所	中華人民共和国	田中 学
ドイツ材料技術研究所	ドイツ連邦共和国	内藤 牧男
オークランド工科大学設計創造科学技術学部	ニュージーランド	塚本 雅裕
マラヤ大学工学部	マレーシア	田中 学
インド工科大学ハイデラバード校機械工学科	インド共和国	田中 学
インドネシア大学工学部	インドネシア共和国	田中 学
国立台湾大学工学部	台湾	阿部 浩也
香港城市大学工学部	中華人民共和国	西川 宏
香港城市大学理学部	中華人民共和国	西川 宏
ハノイ工科大学溶接工学金属技術学科	ベトナム社会主義共和国	田中 学
カセサート大学工学部	タイ王国	田中 学
タイ国立科学技術開発庁	タイ王国	近藤 勝義
デ・ラ・サール大学工学部	フィリピン共和国	田中 学
デ・ラ・サール大学理学部	フィリピン共和国	田中 学
ハノイ国家大学科学技術大学	ベトナム社会主義共和国	田中 学
中国科学院上海セラミックス研究所 高性能セラミックス・超微細構造研究室	中華人民共和国	内藤 牧男

韓国先端科学技術大学機械工学科	大韓民国	西川 宏
チュラロンコン大学工学部	タイ王国	近藤 勝義
ローマ大学ベルガータ校 インダストリアル・エンジニアリング学科	イタリア共和国	内藤 牧男
モンクット王トンブリ工科大学 キングウエルド溶接研究・コンサルティングセンター	タイ王国	田中 学
モンクット王トンブリ工科大学工学部	タイ王国	近藤 勝義
蘭州理工大学非鉄金属高度処理 及び再利用国家重点研究所	中華人民共和国	田中 学
西安理工大学材料工学部	中華人民共和国	近藤 勝義
広東工業大学機械工学科	中華人民共和国	内藤 牧男
朝鮮大学校接合工学科	大韓民国	麻 寧緒
オーストラリア連邦科学産業研究機構製造事業分野	オーストラリア連邦	田中 学
北京工業大学 材料と製造学部	中華人民共和国	麻 寧緒
西安石油大学材料工学部	中華人民共和国	麻 寧緒
カリフォルニア大学ロサンゼルス校機械航空工学部	アメリカ合衆国	近藤 勝義
ミシガン大学船舶海洋工学科	アメリカ合衆国	麻 寧緒
朝鮮大学校船舶海洋工学科	大韓民国	麻 寧緒
東北大学制御圧延・自動化国家重点研究室	中華人民共和国	田中 学
ホーチミン市国家大学工科大学機械工学部	ベトナム社会主義共和国	田中 学
中国科学院プロセス工学研究所	中華人民共和国	近藤 勝義
ベトナム科学技術アカデミー材料科学研究所	ベトナム社会主義共和国	近藤 勝義
東義大学溶接工学教育センター	大韓民国	田中 学
グルノーブル工科大学マテリアル科学・工学研究所	フランス共和国	内藤 牧男
フレミッシュ科学技術研究所	ベルギー王国	内藤 牧男
AGH 科学技術大学	ポーランド共和国	内藤 牧男
ロイヤルメルボルン工科大学	オーストラリア連邦	近藤 勝義

アルファイサル大学	サウジアラビア王国	西川 宏
チャルマース工科大学機械船舶海洋工学科	スウェーデン王国	麻 寧諸
明志科技大学プラズマ・薄膜工学研究センター	台湾	節原 裕一
シレジア工科大学	ポーランド共和国	内藤 牧男
ルーヴァン・カトリック大学工学技術学部	ベルギー王国	田中 学
重慶大学材料工程学院	中華人民共和国	麻 寧諸
鄭州大学材料科学工学院	中華人民共和国	藤井 英俊
キング・サウド大学 キングアブドラナノテクノロジー研究所	サウジアラビア王国	近藤 勝義
国立中興大学工学部	台湾	西川 宏
ハノイ工科大学機械工学部	ベトナム社会主義共和国	田中 学
ウェスト大学基礎工学科	スウェーデン王国	門井 浩太

## 6. 2 海外出張・研修

該当なし

## 6. 3 来訪者

該当なし

## VII. ニ ュ ー ス





## 7. 1 接合科学研究所第 18 回産学連携シンポジウム

接合プロセス研究部門 レーザプロセス学分野

教授 塚本 雅裕

2021 年 7 月 2 日に大阪商工会議所と一般社団法人生産技術振興協会との共催にて、大阪大学接合科学研究所第 18 回産学連携シンポジウムを開催した。本年は新型コロナウイルス感染拡大状況を鑑みて、オンライン開催となった。セッション 1 では共同利用・共同研究の受賞講演が 2 件、セッション 2 では、接合科学研究所の大阪富士工業「先進機能性加工」共同研究部門より産学連携活動について講演があった。またセッション 3 では接合科学研究所シーズとして所内から 3 件の講演を行った。本シンポジウムの参加企業・団体数は 136 社、参加者人数は学内参加者 45 名を含む、合計 208 名の方々にご参加いただいた。各講演後の質疑応答も活発に行われ、その関心の高さが伺えた。



接合科学研究所  
第 18 回産学連携シンポジウム  
(オンライン)  
2021 年 7 月 2 日

### セッション 1：共同利用・共同研究 受賞講演

---

オーステナイトステンレス鋼溶接金属部における組織形態と耐食性の関係  
青木 聡 (日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究センター)

ハンマーピーニングによる溶接継手の疲労性能向上技術開発」  
石川 敏之 (関西大学)

### セッション 2：産学連携活動

---

産学連携による先進レーザコーティング分野への取り組み  
林 良彦 (大阪大学接合科学研究所大阪富士工業「先進機能性加工」共同研究部門)

### セッション 3：接合科学研究所シーズ

---

エレクトロニクス実装分野で求められる新たなマイクロ接合技術  
西川 宏 (大阪大学接合科学研究所)

負の添加元素が拓くチタン積層造形材の力学機能化  
近藤 勝義 (大阪大学接合科学研究所)

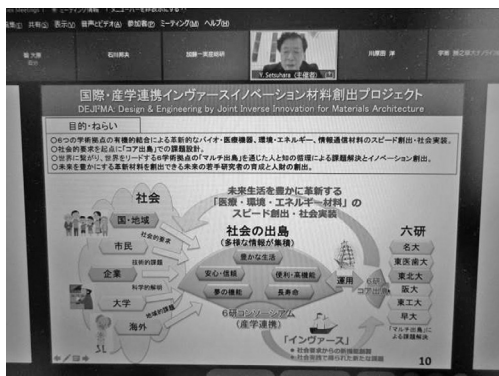
特異反応場を駆使した機能性微粒子の作製とその応用  
小澤 隆弘 (大阪大学接合科学研究所)

## 7. 2 6大学連携・出島プロジェクト「キックオフシンポジウム」

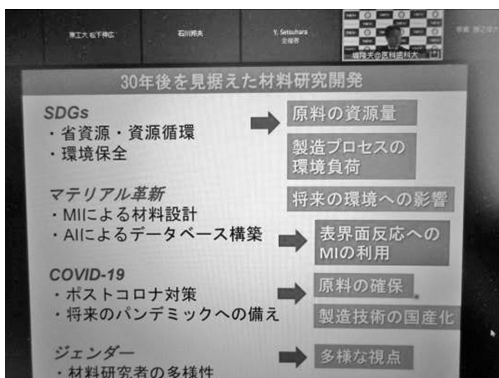
国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト - DEJ2MA プロジェクト -

特任教授 大原 智

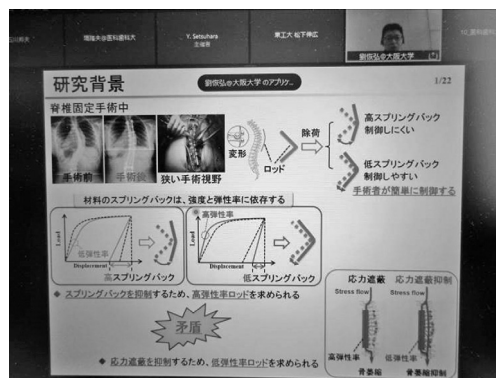
国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト (DEJ2MA プロジェクト) を本年度より開始するにあたり、2021年7月19日(月)にキックオフシンポジウムをオンラインで開催した。当該6大学連携・出島プロジェクトは、大阪大学接合科学研究所、東北大学金属材料研究所、東京工業大学フロンティア材料研究所、名古屋大学未来材料・システム研究所、東京医科歯科大学生体材料工学研究所、早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構が各々の強みを発揮・連携して、従来の研究開発アプローチ(学術的成果から応用開発を志向)とは逆に、社会的要求を出発点とした新概念「インヴァースイノベーション」により、環境・エネルギー材料分野、バイオ・医療機器材料分野、情報通信材料分野での革新的な技術創出を加速化し、新たな学術研究体系を構築する。幹事校である接合科学研究所の田中 学 所長の開会挨拶の後、節原 裕一 プロジェクトリーダーからプロジェクト概要の紹介があった。その後、塙 隆夫 先生(東京医科歯科大学)より「インヴァースイノベーションで実現する新材料創出と技術革新」と題して基調講演が行われた。講演ではイノベーションに果たす材料の役割、医療イノベーションに果たすバイオマテリアルの役割等が述べられ、インヴァースイノベーション推進にあたり非常に有意義な内容であった。更に劉恢 弘 先生(大阪大学)より「脊椎固定手術用ロッドの高品質化に向けた連携研究」と題して若手招待講演が行われ、これまで行われてきた共同研究成果と本プロジェクトで取り組む更なる展開について具体的に説明された。参加登録者は258名(企業20名含む)で、キックオフシンポジウムはオンライン開催にも関わらず、無事、成功裏に終了した。



節原 先生プロジェクト紹介



塙 先生 基調講演



劉 先生 招待講演

### 7. 3 第1回 技術職員のためのグローバルセミナー

#### 世界の研究現場を知ろう！～ベトナムの大学ってどんなの？～

技術部

技術職員 植原 邦佳

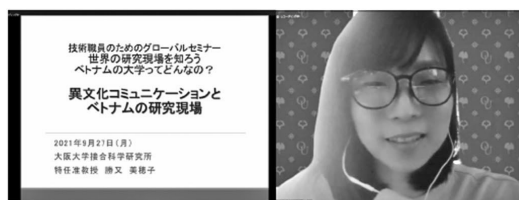
令和3年9月27日(月)に「第1回 技術職員のためのグローバルセミナー 世界の研究現場を知ろう！～ベトナムの大学ってどんなの？～」が開催された。大学などのグローバル化が問われている中、研究者や学生ばかりでなく技術職員のグローバル化が大きな課題となっている。しかし、現在に至るまで技術職員が国際的な視野を広げる機会はほとんどなかった。そこで、植原 技術職員が中心となり、全国の技術職員を対象に本セミナーを企画した。技術職員が諸外国に関する見識を深め、より良い研究支援の輪を広げられるよう、世界各国の研究環境について学ぶことを目的としたセミナーの第1回となる今回は、接合科学研究所の協力によりベトナムに焦点を当てたセミナーとした。

まず始めに「異文化コミュニケーションとベトナムの研究現場」と題して、接合科学研究所 広域アジアものづくり技術・人材高度化研究センターの勝又 美穂子 特任准教授にご講演頂いた後、勝又 特任准教授の進行で接合科学研究所のベトナム人留学生2名と他大学の技術職員3名によるパネルディスカッションを実施した。そして最後に、参加者が少人数のグループに分かれてセミナーを振り返り、感想や学びを共有した。

勝又 特任准教授による講演では、一般的なコミュニケーションやミスコミュニケーションがおこる仕組みについて述べられた後、異文化コミュニケーションの基本や異文化理解において求められる態度についての説明があった。その後、ハノイ工科大学の研究環境やベトナムの教育システムについて述べられた。

ベトナム人留学生とのパネルディスカッションでは、「最先端の装置がたくさんあって驚いた」「先輩・後輩文化に戸惑った」のように、留学生ならではの視点で留学の体験談が語られた。また、技術職員パネラーから留学生へ、「機器を購入する際の予算」や「研究室制度がない場合の研究の進め方」についての質問が挙がった。また、留学生向けに英語の装置説明動画を作製する取り組みも紹介された。少人数グループでのセミナー振り返りでは、「留学生とのコミュニケーションを考える機会になった」「日頃触れることのない話を聞いた」「ベトナムの研究制度との違いに驚いた」といった声が飛び交った。さらに、各大学の留学生対応についても活発な意見交換がなされ、日本に来て研究を行う方々にいかにしてより良い環境を提供するかを考える第一歩となった。

今後も、様々な国やテーマに焦点を当て、全国の技術職員が異文化理解に意識を向ける小さなきっかけや、留学生と良好な関係を築くヒントが得られるようなセミナーを開催していく予定である。



上：勝又 美穂子 准教授の講演の様子  
下：植原 技術職員 (モデレータ)



パネルディスカッションの様子



## 7. 5 第 23 回大阪大学と上海交通大学共催学術交流セミナー

接合評価研究部門 接合構造化解析学分野

教授 麻 寧緒

2021 年 11 月 8 日に第 23 回大阪大学－上海交通大学学術交流セミナーが、オンラインにて開催された。本セミナーは、当時の溶接工学研究所が溶接分野を中心とした先方との国際共同研究を起源とし、1995 年から始まった国際交流であり、現在は「接合」「材料」「情報」「物理・レーザー」「船舶海洋」「スマートシティ」の 6 つの分野にまで発展して全学として取り組んでいる。

「接合ワークショップ」の開会式で、当研究所・田中 所長と上海交通大学レーザー加工溶接研究所・LI Zhuguo 所長よりご挨拶を頂き、コロナ・パンデミックの中でも両大学接合分野の連携による研究成果をオンラインにて PR する重要性を強調した。

本ワークショップには、上海交通大学から約 14 名、接合研から 10 名の教員と学生が参加し、両校からそれぞれ 4 件の研究発表を行った。接合研から劉 准教授、田代 助教、Ammarueda 特任助教と大学院後期課程 2 年生 Aung さんが、最新の研究成果を発表し、活発な質疑討論が行われた。

閉会式では、近藤教授が両分野の共同研究成果をまとめ、2022 年度のワークショップをぜひ対面開催したいとの期待を述べた。



## 7. 6 東京セミナー「溶融加工プロセスでの凝固割れ発生現象とその防止」

接合評価研究部門 信頼性評価・予測システム学分野

准教授 門井 浩太

2021年12月2日(木)に、接合科学共同利用・共同研究拠点 大阪大学接合科学研究所 令和3年東京セミナー「溶融加工プロセスでの凝固割れ発生現象とその防止」が開催されました。新型コロナウイルス感染拡大防止のため、昨年につきWEB形式にて行われた。

講演に先立ち、接合科学共同利用・共同研究賞の受賞式が行われ、熊本大学 外本 和幸 氏、田中茂 氏(テーマ名：爆発圧接法によって接合された高融点金属薄板材料の異材接合界面の組織評価)が受賞された。

講演会では、はじめに本受賞に関する記念講演が行われた。続いて、本年度のセミナーは、平成30年度より3年間実施しました先導的重点課題「溶融加工プロセスでの凝固割れ発生現象とその防止」に関して、金属の溶融加工プロセス中に発生する凝固割れの基礎現象の解明とその制御を目標に据えた取り組みに関する最新の研究成果について以下の3件の講演が行われた。

放射光X線を利用した凝固割れ発生・進展挙動のその場観察

柳樂 知也 氏(物質・材料研究機構)

金属AM(LPBF)における凝固割れ感受性評価法の検討

千葉 浩行 氏(東京都立産業技術研究センター)

溶接過程で生じる凝固割れの支配因子とその発生防止

門井 浩太(大阪大学)

文部科学省や全国の大学や国公立研究所、公設試、企業などから50名を超える参加者があり、活発な議論が交わされた。

The image shows a screenshot of a webinar interface. At the top, there are four small video thumbnails for participants: Kota KADOI (大阪大学), 外本 和幸 (熊本大学), 熊本大学 田中茂, and a fourth participant. Below the thumbnails, the main title of the seminar is displayed: 大阪大学 接合科学研究所「東京セミナー」溶融加工プロセスでの凝固割れ発生現象とその防止. The central focus is a large white box with black text that reads: 放射光X線を利用した 凝固割れ発生・進展挙動のその場観察. Below this box, the date and format are given: 2021年12月2日(木) オンライン開催. At the bottom, the speaker's name and affiliation are listed: 物質・材料研究機構 柳樂知也.

## 7. 7 国際協働研究セミナー

接合機構研究部門 複合化機構学分野

教授 近藤 勝義

2022年1月13日(木)に国際協働研究セミナー「Seminar on Materials Science and Joining Technology」をオンラインにて開催した。当研究所では多くの海外大学、研究機関との国際協働研究を実施しているが、今回のセミナーはその中でも主に広域アジアものづくり技術・人材高度化拠点形成事業の活動により構築された連携ネットワークに基づき実施された国際協働研究についてその成果の報告を行う目的で開催した。今回は海外8機関、8名の研究者より成果を発表頂いた。セミナーは田中学所長の開会の挨拶により開始された。各発表の最初に当研究所の連携研究室が5分程度の研究紹介を行い、続いて海外研究者からの研究発表が実施された。

今回研究発表を行った8名はそれぞれ、ベトナム科学技術アカデミー(ベトナム) Dr.Chuc、国立成功大学(台湾) Prof.Lin、上海交通大学(中国) Prof. Lu、ハノイ工科大学(ベトナム) Dr. Le、マラヤ大学(マレーシア) Dr. Ridha、モンクット王トンプリ工科大学(タイ) Assoc.Prof. Anak、タイ国立金属材料技術研究センター(タイ) Dr. Sasitorn、KU ルーベン(ベルギー) Prof. Sharmaであった。それぞれの各国際協働研究の開始時期は様々であるが、中には10年を越えて連携しているパートナーもあり、これまでの有意義な連携成果が本日のセミナーにて共有されたと言える。また、今回発表された成果は、既に論文として公表済の内容であり、各連携により多数の論文が発表されていることが改めて確認できた。

研究発表後には、それぞれテーマ毎に当研究所教員や研究者、そして海外連携機関からの研究者混合による3つのチームに分かれ、今後の複数連携(Multilateral collaboration)による国際協働研究の可能性について協議を行った。それぞれ研究の取り組みは異なるが、各成果を活用した次の研究ステージへの発展の可能性を模索した。協議終了後には各グループから協議結果と連携の可能性について共有が行われ、閉会となった。

こうした国際連携は研究としての成果は勿論、学生交流の機会としても有機的な機会となっている。そして、確実な成果を得るためには長期的な取り組みと信頼関係の構築が不可欠であり、本日のようなセミナーを通じて定期的に連携パートナー同士が横断的に顔を合わせて情報を交換することが重要だと考えている。

また本セミナーには、JSTの支援によるさくらサイエンスプログラムの参加学生10名を含めて計42名の参加があった。このセミナーを機に新たな複数連携へと発展することが期待される。



## 7. 8 JST さくらサイエンスプランの支援による海外学生とのオンライン交流プログラム

接合機構研究部門 複合化機構学分野

教授 近藤 勝義

2022年1月13日～14日の2日間に渡り、JST さくらサイエンスプランの支援による海外学生10名とのオンライン交流プログラムを実施した。2019年のさくらサイエンスによる当研究所への受け入れ以降、コロナ禍の影響によって日本への海外学生の受け入れが困難であったが、本年はオンラインによる2日間の活動として実現することができた。

今回は合計10名の学生の参加があり、その内訳はマレーシア大学ケランタン1名(マレーシア)、国立台湾大学2名(台湾)、モンクット王トンプリ工科大学2名(タイ)、ベトナム科学技術アカデミー材料科学研究所2名(ベトナム)、インド工科大学ハイデラバード校1名、上海交通大学1名(中国)、西安交通大学1名(中国)であった。本交流に当たり、当研究所からはそれぞれ田中研、西川研、伊藤研、近藤研、麻研、内藤研、阿部准教授が連携した。1月13日は、学生10名が当研究所主催で開催した国際協働研究セミナーに参加し、主に広域アジア地域の大学や研究機関をパートナーに当研究所がと実施してきた国際協働研究の成果発表を視聴した。学生にとり内容は簡単ではなかったと思われるが、最先端の研究成果に触れることは貴重な機会になったものと思う。1月14日には近藤勝義教授司会の下、午前中には当研究所の上記各研究室から約20分ずつ研究活動の紹介や研究室の紹介が行われた。同日午後は、参加学生より一人ずつが現在取り組んでいる各自の研究内容について口頭発表を行った。焼結材料、異材接合、微細構造解析など、研究分野は異なるが、それぞれの熱心な取り組みが大変よく伝わり、相互に刺激を受ける機会であったと思う。

当研究所ではJST さくらサイエンスでの交流を2014年から続けており、中には参加学生と当研究所の連携研究室との協働研究や留学受け入れとして発展するケースもあり、重要な活動となっている。今後、状況の改善により実際に海外学生を受け入れることができる日が早く来ることを祈る。





## 7. 9 国際連携 溶接計算科学研究拠点主催 第 14 回講演会 『数値解析技術と計測技術に基づく接合構造安全性の評価』

国際連携溶接計算科学研究拠点リーダー

教授 麻 寧緒

2022年3月9日(水)国際連携溶接計算科学研究拠点(CCWS)は『数値解析技術と計測技術に基づく接合構造安全性の評価』というテーマで、第14回講演会を対面とオンラインのハイブリッド形式にて開催した。7名の講師の方々が基調講演や招待講演および研究報告を行い、88名(対面8名、オンライン80名)の方にご参加いただいた。

本講演会の午前中の部で、大阪大学・工学研究科・マテリアル生産科学専攻・大畑 充 教授の、「材料特性と溶接構造性能をつなぐ延性・脆性破壊モデリング」についての基調講演に続いてJSOL株式会社・エンジニアリング事業部・齊藤 啓 様に「特性テンソル法を用いた溶接残留応力場におけるき裂進展」を講演いただいた。その後、本研究拠点の村川 英一 招へい教授が「特性テンソル法とJWRIAN-Cpropによるき裂評価解析の新しい展開」について報告した。

午後の部では、慶応義塾大学・理工学部機械工学科・大宮 正毅 教授に自動車用高強度薄板鋼板におけるき裂発生・進展挙動計測とその予測」について基調講演をいただき、本田技研工業株式会社・材料開発部・土井良 一剛 様に「自動車用超ハイテンのSPOT溶接継手強度評価～課題と対応～」について講演いただいた。その後、ニューブックス株式会社・岸田 欣増 様にひずみと温度を長距離でモニタリングするための「高精度光ファイバ分布計測技術を活用する数値解析の新しい可能性」を講演いただいた。本講演会の最後には本研究拠点の麻 寧緒 教授が「先進計測・計算技術に基づくソフトウェアJWRIANの研究開発と拡大利用」について成果を報告した。



オンライン講演

講演者写真(左から、大宮 教授、麻 教授、齊藤 様、土井良 様、大畑 教授、岸田 様、村川 招へい教授)

## 7. 10 接合科学カフェ 第13回「せつごう剣 一切先鋭く破壊の謎を斬る」

技術部

技術職員 植原 邦佳

令和3年11月12日(金)にアートエリアB1(京阪電車中之島線『なにわ橋駅』地下1階コンコース)にて第13回接合科学カフェを開催した。

今年度の接合科学カフェは、メインテーマを『せつごう剣 一切先鋭く接合の謎を斬る』とし、全3回のシリーズでお送りした。シリーズの第1回となる今回は、カフェマスター 井上 裕滋 教授の司会進行のもと、ゲストスピーカーの三上 欣希 教授が「せつごう剣 一切先鋭く破壊の謎を斬る」と題して講演を行った。

近年、カーボンニュートラルに向けて注目されている水素だが、金属材料や溶接箇所にとっては割れの原因になり得る。「溶接と水素は長い付き合いがある」というお話から、溶接における破壊の謎に迫る講演が始まった。

次に、“水素による割れを防止するために割れるべき3密”として「水素」「応力」「硬さ」の密が紹介され、それぞれの“密”についての説明があった。参加の皆様には、3つの密が割れの原因となる理由や水素による割れを防止する対策についてクイズを通して考えて頂いた。最後に、「ちょっとミクロの割れの世界」として、金属材料のミクロな不均質についての説明の後、小さな領域内の複雑な割れについて知る手法としてシミュレーションが紹介された。シミュレーションは、割れの要因を考察するだけでなく割れを防止する対策をたてるためにも有力なツールとなる。

今回の接合科学カフェは、実来場観覧とオンライン観覧を合わせて20名をこえる皆様に参加して頂いた。また、金属と水素の関係や鉄のミクロな組織についての質問を頂くことができ、皆様と一緒に“破壊の謎”に斬りこむことができたように思う。



ゲストスピーカー 三上 欣希 教授



カフェマスター 井上 裕滋 教授



会場の様子



## 7. 11 接合科学カフェ 第14回「せつごう剣 一切先鋭く金属の謎を斬る」

技術部

技術職員 植原 邦佳

令和4年1月28日(金)にアートエリアB1(京阪電車中之島線『なにわ橋駅』地下1階コンコース)にて第14回接合科学カフェが開催された。

メインテーマを『せつごう剣 一切先鋭く接合の謎を斬る』とした接合科学カフェの第2回となる今回は、カフェマスター 植原 邦佳 技術職員の司会進行のもと、ゲストスピーカーの高橋 誠 講師が「せつごう剣 一切先鋭く金属の謎を斬る」と題して講演を行った。

金属の性質には、内部の組織や構成要素が大きくかかわっており、金属の研究にはその組織を観察するための道具が不可欠である。金属の謎を斬るための“剣”に相当する“顕微鏡”の謎に迫る講演が始まった。

まずは、顕微鏡の重要な構成要素である“レンズ”に注目し、凸レンズで物を拡大して見る仕組みについて説明があった。さらに、光学顕微鏡の歴史と構成の説明の後、実際に金属を観察する手順や観察例が紹介された。次に、透過電子顕微鏡(TEM)と走査電子顕微鏡(SEM)が紹介された。さらに、像を観察するだけでなく、含有元素を分析したり金属内部の結晶の向きを調べたりと、電子顕微鏡を利用した様々な観察手法と応用例についての説明があった。講演は、「顕微鏡は金属・材料の研究だけでなく、様々な分野での研究・開発や、生産現場での検査などのために大きな役割を果たしています。」と締め括られた。

実来場観覧とオンライン観覧で参加頂いた約20名の皆様には、講演中に行われるクイズにも挑戦して頂き、“金属の謎”に斬りこむための“顕微鏡”の面白さを共有することができた。



ゲストスピーカー 高橋 誠 講師



カフェマスター 植原 邦佳 技術職員



会場(左)とオンライ配信(右)の様子

## 7. 12 接合科学カフェ 第15回「せつごう剣 一切先鋭く腐食の謎を斬る」

技術部

技術職員 植原 邦佳

令和4年3月18日(金)にアートエリア B1(京阪電車中之島線『なにわ橋駅』地下1階コンコース)にて第15回 接合科学カフェが開催された。

メインテーマを『せつごう剣 一切先鋭く接合の謎を斬る』とした、接合科学カフェシリーズの第3回となる今回は、カフェマスター 伊藤 和博 教授の司会進行のもと、ゲストスピーカーの井上 裕滋 教授が「せつごう剣 一切先鋭く腐食の謎を斬る」と題して講演を行った。

腐食とは、金属が周囲の環境と化学反応を起こして錆びたり溶けたりすることだが、腐食を起こしやすい環境は身の回りの至る所に存在し、腐食が原因の事故も発生しているというお話から“腐食”の謎に迫る講演が始まった。

始めに、腐食が発生しやすい環境について説明があった後、日本における腐食事故による損害額(部材交換、修理作業、腐食対策など)が莫大な金額になることが示された。さらに表面処理や耐食材料などの腐食対策について説明があり、表面にクロム(Cr)の不動態被膜を形成することで腐食を防ぐステンレス鋼が紹介された。

次に、ステンレス鋼を溶接した際に発生する腐食として「溶接金属の孔食」と「熱影響部の粒界腐食」が示され、溶接時にステンレス鋼に発生する腐食は、材料のマイクロ組織や外的要因によってCrが少なくなった部分に発生することが説明された。さらに、溶接時に金属が溶けて固まることでCrの偏りができ、腐食に繋がる例が示され、Crの偏りを防ぐ手法として熱処理と溶接材料の選定が紹介された。すき間腐食と微生物腐食についての説明の後、「環境に適合した材料の選択が重要」と講演は締め括られた。

今回の接合科学カフェは、実来場観覧とオンライン観覧を合わせて30名をこえる皆様に参加していただき、講演中に投げかけられるクイズにも挑戦していただいた。講演後のアンケートには、「腐食による損失が非常に大きいことに驚いた」、「なぜステンレスが錆びるのかよくわかった」などの感想を頂き、参加者の皆様と一緒に“腐食の謎”に斬りこむことができたように思う。

令和4年度も「接合科学カフェ」を開催予定である。詳細が決まり次第、研究所ホームページなどを通じて案内する。



配信の様子



ゲストスピーカー 井上 裕滋 教授



カフェマスター 伊藤 和博 教授

## 7. 13 JWRI 道場プログラム

### (1) 参加対象者

- ① 海外の大学院に在籍しながら、本研究所で研究指導を受けることを希望する者（特別研究学生）
- ② プログラム開始までに、大学を卒業した者（卒業見込みの者を含む）及びこれと同等以上の学力と研究能力がある者で、本学大学院工学研究科への進学を希望する者（研究生）

### (2) 令和3年度 JWRI 道場プログラム参加者一覧

氏名 (国籍)	所属・職名等	受入部門等	研究題目	プログラム 期間
ヘェ フェント HE FENG DONG 贺 凤东 (中国)	西南交通大学 (中国) 令和2年7月学部卒業	接合評価研究部門 信頼性評価・予測 システム学分野 門井 浩太 准教授	ステンレス鋼溶接金属部の 組織形成過程制御と耐食性 の向上	R4. 3. 16 ～ R4. 3. 31
チン シミン CHEN SHI MING 陳 軾銘 (中国)	ハルビン工程大学 (中国) 令和2年8月学部卒業	接合機構研究部門 接合界面機構学分野 藤井 英俊 教授	高 C-Si-Mn TRIP 鋼の作製 と摩擦攪拌接合による接合 の可能性の検討	R3. 1. 1 ～ R3. 9. 30
ヨウ セイシ YAO QING ZHI 姚 清之 (中国)	猿力教育科学技術有限公司 (中国) 令和2年5月15日退職	接合評価研究部門 接合設計学分野 堤 成一郎 准教授	溶接構造物の疲労性能評価 技術の開発	R3. 1. 1 ～ R3. 9. 30
グワン ユンウェン GUAN YUN WEN 管 韞文 (中国)	東南大学成賢学院 (中国) 令和2年6月学部卒業	接合評価研究部門 接合設計学分野 堤 成一郎 准教授	溶接構造物の疲労寿命評価	R3. 1. 1 ～ R3. 9. 30

### (3) JWRI 道場プログラム 参加報告

HE FENGDONG

Master student,  
Department of Joining Metallurgical Evaluation  
Joining and Welding Research Institute, Osaka University



I have successfully completed the JWRI DOJO Program under the supervision of Associate Professor Kadoi from March 16 to March 31, at the Department of Joining Metallurgical Evaluation with the subject of Electrical corrosion mechanism research of the welding joint of austenite Stainless steel.

My research mainly focus on the corrosion property of weld metal. I have done a lot of investigation about the intergranular corrosion with its solving method, grain boundary engineering and how to use it to solve the weld delay. In addition, I also read a lot of literatures about different factors that could affect the corrosion resistance of austenite stainless steel welding joint, and have known about the experiment methods to measure the corrosion resistance of metal.

I spent a wonderful research life during the period of staying at Inoue Lab, and I also feel quite honor to have the chance of keeping studying at Inoue Lab as a Master student. Greatly appreciate for Prof. Inoue, Associate Prof. Kadoi, and other members during this period, their kindly support and supervision help me a lot. I hope I could spend a pleasant research life with them for the continuous two years, too.

## CHEN SHIMING

Research Student,  
Joining and Welding Research Institute  
Osaka University



I have completed the JWRI DOJO Program at Department of Materials and Manufacturing Science, Joining and Welding Research Institute (JWRI), Osaka University under the supervision of Prof. Fujii Hidetoshi, on “Fabrication of high C-Si-Mn TRIP steels and the investigation of the possibility of joining by friction stir welding”, from December 1, 2021 to June 30, 2021, six months. In my research, development of fifth generation TRIP steel and its weldability was explored.

Specifically I explored the influences of high carbon, microalloyed elements, and heat treatment on the TRIP effect. And studied the welding feasibility through Friction Stir Welding, ensuring the TRIP effect can be retained into the joint.

It was a wonderful time during the stay in JWRI, Osaka University, which let me further learn about the modern species of steel and welding processes. I appreciate Prof. Fujii for his supervision and members in the laboratory for their kind support during my stay here.

## YAO QINGZHI

Research student,  
Joining and Welding Research Institute,  
Osaka University,  
11-1, Mihogaoka, Ibaraki, Osaka.



I have completed the JWRI DOJO Program at the Department of Joining Design and Dependability, Joining and Welding Research Institute (JWRI), Osaka University under the supervision of Associate Prof. Seiichiro TSUTSUMI, on “Development of fretting fatigue evaluation technique for high-strength steel”, from January 1st, 2021 to September 30th, 2021 for nine months.

Tensile and fatigue tests of the high-strength steel material have been conducted for the characterization of mechanical behavior. Fretting fatigue tests have been carried out by using a “pin in dovetail” configuration for studying the crack formation mechanism. Apart from these, A 1/4 finite element model of fretting test configuration has been developed.

For the material test, after heat treatment, the steel has very high hardness and strength, which has higher requirements for the control of experimental conditions. To guarantee the success rate of the experiment and the reliability of the results, various methods have been tried to improve the experiment, and in this process, my experimental skills have improved.

Contact fatigue test is also a challenge including slip measurement, contact surface observation, and so on. Now, we have completed the first phase of the experiment and obtained some reliable experimental data for analysis.

The finite element method is an effective research tool. At the beginning of the program, I established the model for the contact test configuration, its simulation results had important reference significance for the setting of experiment conditions and observation equipment. After the experiment, I optimized the model according to the experimental results. At this time, the finite element model can help me deeper understand the results. Then, it is possible to develop a prediction method based on the finite element model. I can't imagine how difficult things would be without this technology.

This research is just beginning and still faces many challenges. But personally, I have gained a lot, not only in terms of experimental skills and expertise but more importantly, it improved my scientific thinking.

I would like to thank Prof. Seiichiro TSUTSUMI for academic guidance, the DOJO program for financial assistance, and S.A. Researcher LUO pengjun for academic discussion. At last, I want to express my appreciation to laboratory members who helped me a lot.



## GUAN YUNWEN

Research student,  
Joining and Welding Research Institute,  
Osaka University,



I have completed the JWRI DOJO Program at the Department of Joining Design and Dependability, Joining and Welding Research Institute (JWRI), Osaka University under the supervision of Associate Prof. Seiichiro TSUTSUMI, on “Proposal of a design method for corrosion fatigue problem of welded structures”, from January 1st, 2021 to September 30th, 2021 for nine months.

The purpose of my research is to propose a design method for the corrosion fatigue of welded structures with high strength steels. And the first stage, aiming at achieving a thorough understanding about the mechanism of corrosion fatigue, consists of two parts: an experimental part and a fatigue life numerical simulation part. Through daily study and discussion during the research in our laboratory, my language communication ability and academic knowledge have been improved.

For the experimental part, I studied processes and details of different machines and tests, such as the welding experiment, corrosion acceleration test, and fatigue test. Moreover, I learned the different methods to explore the performances of specimens after fatigue test, for example, the VR series 3D scanner, which can be utilized to measure surface and profile messages of the corroded joints and export the basic geometry data file for the following numerical analysis models, and the magnetic particle testing for observe the narrow cracks which can hardly be found by VR. The VR-related application software was also grasped to measure and process the acquired surface roughness factors affecting the fatigue life.

For the numerical analysis part, the pre/post software for FEM analysis, ABAQUS 6.14, was adopted to found the elasto-plasticity analysis models based on the geometry data file, which will used to complement the insufficiencies in the real fatigue test and gain deeper understanding of the fatigue and corrosion mechanisms. The magnitude and distribution of the local stresses can be obtained from the analysis result, which can be regarded as a reference to predict the location of crack initiation. In this process, I grasped FEM software utilizing skills and gathered amount of experiences of numerical simulation modelling. At last, I could compare the crack initiation of the fatigue tests with the numerical simulation results to analyze factors influencing the fatigue performance of corroded joints. In the meantime, I could reach the research conclusion of the present study about the fatigue failure mechanism of corroded-lap fillet welded joints of ultra-high strength steel sheets, and I could have the honor to have a presentation at national meeting held by JWS in September this year. In addition, I got to know some mechanics theories, such as the fatigue cumulative damage theory and fracture mechanics theory, which will be used to evaluate the total fatigue life.

Through this program, I gained in two aspects: on the one hand, I got to know how to operate the advanced experiment machines and had a deeper understanding of conducting experiments and research. On the other hand, I enriched my knowledge about mechanics as the theoretical basis, grasped the method to apply the pre/post software for FEM analyses as an effective way to conduct welding fatigue research, and obtained valuable experiences as a foundation for future research.

Besides plentiful academic gains which made me feel charming of welding fatigue studying, I also have the chance to make acquaintance with researchers from various countries which widens my horizon.

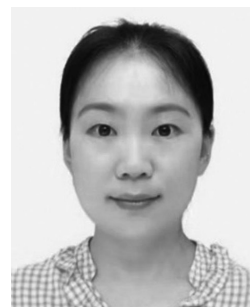
In the end, I want to show the thanks to all the people who were in very instrumental in my life this year.

Firstly, I would like to express my sincere gratitude to Prof. Seiichiro TSUTSUMI who offered me such an opportunity to participate in this program and provide guidance and support for my academic life. Also, I want to appreciate this program for relieving my financial burden on the life of studying abroad that enabled me to focus on the research. At last, I feel grateful to the laboratory members who helped me a lot in the study and research at JWRI during the first year in Japan. I couldn't have such a colorful and fruitful life without their supports. With a sense of gratitude, I will take effort to continue the following research and study in the future.

## 7. 14 外国人研究員紹介

### CHENG CHUN

上海交通大学



I have worked as a specially-appointed researcher in Joining and Welding Research Institute (JWRI), Osaka University for more than three years. I received my Ph.D. degree in materials science from Tohoku University. My early research mainly focused on the structure and properties of high-performance ceramics and microstructural characterization of ceramics and metallic materials at atomic scale. My research on the effect of chemical compositions on microstructure and mechanical properties of boron carbide reveals that the structure of single-phase covalent materials could be tailored by self-alloying to improve mechanical properties.

After I joined in JWRI, I mainly worked on how to improve the weldability and the mechanical properties of medium carbon steels. A series of medium carbon steels with low cost and high strength and toughness were developed by hot rolling, friction stir welding and microalloying methods. The tensile strength of the stir zone of 0.2C mass% carbon steel with chromium alloying is up to 1.5 GPa, and the elongation is up to 30%. The stir zone of 0.4C mass% carbon steel with chromium and titanium alloying shows a tensile strength of up to 2.3 GPa and an elongation of up to 18%. The deformation behaviors of medium carbon steels weldments with ductile and brittle fracture modes at the microstructure scale were also in-situ recorded by scanning electron microscopy (SEM) and further analyzed by digital image correlation (DIC). The detailed microstructural analysis of the medium carbon steels indicates that the prior austenite grain refinement and microstructural heterogeneity in the martensite structure play an important role on the excellent strength and ductility balance.

It's a precious experience for me to work in JWRI. I am so grateful for the great supports from Fujii Lab and Inoue Lab. I would like to specially thank Professor Fujii for his tremendous support and impact on my research career.

大阪大学接合科学研究所年次報告 2021 年度

---

令和 4 年 7 月発行

編 集 大阪大学接合科学研究所自己評価委員会

発 行 大阪大学接合科学研究所  
大阪府茨木市美穂ヶ丘 11 - 1  
電話 06 (6877) 5111 番

印 刷 株式会社シンメイ社

---