

大阪大学  
接合科学研究所  
年次報告

2020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

2020年度(令和2年度)の年次報告をお届けいたします。

2021年に入っても新型コロナウイルス感染症(COVID-19)のパンデミックによる影響が色濃く残り、2020年度は対面式での学術交流、特に国際交流に大きな支障を受けましたが、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すことにより、ポストコロナ時代を見据えた新しい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考えています。

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、国内外から200名を超える共同研究員を受け入れ、本研究所が有する特色ある設備や世界最先端の研究装置を共同利用・共同研究に広く供することにより、溶接・接合研究の裾野を広げるとともにその学術基盤の向上に努め、「接合科学共同利用・共同研究拠点」としての役割を果たしています。また、大阪大学憲章に掲げられている「実学の伝統」を实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。

2020年度の本研究所としての主な取り組みでは、ベトナムのハノイ工科大学に設置したJWRIオフィス(本研究所ASEANハブ拠点)がハノイ工科大学やJETROハノイと連携することにより、「大阪大学接合科学研究所ベトナム溶接研究会」(2018年11月発足)の定期セミナーを、2020年10月28日、2021年3月23日にそれぞれオンラインで開催し、研究活動および技術課題等の共有と意見交換を行い、国際産学連携強化を図りました。これらの在ベトナム日系企業を中心とした産業界との継続的な連携が認められ、国際協力機構(JICA)の草の根技術協力事業に本研究所が提案した「ハノイ工科大学における溶接管理技術者育成能力向上事業」が採択されました。研究者コミュニティの一つである(一社)日本溶接協会と協力し、ベトナム現地の産業界も巻き込んで、溶接管理技術者資格認証制度を利用した高度溶接技術者育成のための教育システムの構築に努める所存です。

拠点間の取り組みとしては、6大学6研究所(本研究所、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)の連携による「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」を推進しました。加えて、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、ミャンマー及びインドネシアの4カ国の海外日系企業・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。

新たな取り組みとしては、国内で実施している市民向けの「接合科学カフェ」を世界展開することを試み、「接合科学地球カフェ」として、第1回を2020年10月6日に、第2回を同年12月3日にハノイ工科大学(ベトナム)とオンラインで結んで開催しました。さらに、第3回を2021年1月

27日に本学 ASEAN キャンパスが設置されているマヒドン大学(タイ)とオンラインで結んで開催しました。現地の学生に接合科学の魅力を伝え、本研究所を舞台に世界へ羽ばたく夢を与える絶好の機会になりました。

2022年に第4期中期計画期間を迎えます。他方、2022年は本研究所の創立50周年にもあたります。本研究所にとりましては、2021年はそれに繋がる重要な1年となります。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	7
1. 4 共同研究運営委員会委員	8
II. 予 算	
2. 予 算	9
III. 研究業績	
3. 研究業績 (研究業績件数表)	13
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	15
エネルギー変換機構学分野	37
加工プロセス学分野	45
レーザープロセス学分野	55
接合機構研究部門	
溶接機構学分野	75
接合界面機構学分野	89
複合化機構学分野	111
接合評価研究部門	
接合構造化解析学分野	129
接合設計学分野	149
信頼性評価・予測システム学分野	161
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	173
ナノ・マイクロ構造制御プロセス学分野	187
スマートグリーンプロセス学分野	203
ライフイノベーション材料プロセス学分野	205
接合界面微細構造解析室	213
JFE ウエルディング協働研究所	215
ダイヘン溶接・接合協働研究所	219
日立造船先進溶接技術共同研究部門	223
大阪富士工業「先進機能性加工」共同研究部門	227
学際・国際的高度人材育成ライフイノベーション材料創製共同研究プロジェクト拠点	233
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	237
国際連携溶接計算科学研究拠点 (CCWS)	253
溶接構造の疲労性能設計手法国際研究拠点 (FDWS)	257
V. 研究集会等	
5. 1 特別講演会	259
5. 2 研究集会 9/29, 2/22	260
5. 3 共同研究員・共同研究成果発表会	262

VI. 国際交流	
6. 1	国際交流協定締結大学等……………263
6. 2	海外出張・研修……………266
6. 3	来訪者……………266
VII. ニュース	
7. 1	接合科学研究所 第17回 産学連携シンポジウム ……267
7. 2	溶接学会 2020年度秋季全国大会「溶接技術の歴史散歩」&「溶接学問カフェ」……………268
7. 3	東京セミナー「非金属異材接合に向けた先進材料プロセスの開発」……………269
7. 4	第1回接合科学地球カフェ in Vietnam ……270
7. 5	第2回接合科学地球カフェ in Vietnam ……271
7. 6	第3回接合科学地球カフェ (Joining Science Cafe in ASEAN Campus -Mahidol University-) ……272
7. 7	第5回ベトナム溶接研究会……………273
7. 8	第6回ベトナム溶接研究会……………274
7. 9	第9回接合科学カフェ「60分のミステリーツアー -粒(つぶ)-」……………275
7. 10	第10回接合科学カフェ「60分のミステリーツアー -ゆがみ-」……………276
7. 11	第11回接合科学カフェ「60分のミステリーツアー -プラズマ-」……………277
7. 12	第12回接合科学カフェ「60分のミステリーツアー -原子間-」……………278
7. 13	第22回大阪大学と上海交通大学共催学術交流セミナー「材料・接合ワークショップ」……………279
7. 14	国際連携 溶接計算科学研究拠点主催 第13回講演会「マルチマテリアルの接合技術と数値解析」……………279
7. 15	Smart MADE 2021 ……280
7. 16	2nd JWRI IMS Seminar on Joining and Materials Science ……281
7. 17	「青色半導体レーザー接合加工研究会」発足式……………282
7. 18	溶接構造の疲労性能設計手法国際研究拠点主催 第4回講演会 「溶接構造の疲労性能評価技術の最前線」……………283
7. 19	JWRI 道場プログラム ……284
7. 20	外国人研究員紹介 ……289

I. 組

織



1. 1 研究所職員

(R3. 3. 1 現在)

所長 (兼) 教 授	田 中 学	[レーザプロセス学分野]	
特任事務職員 (所長秘書)	吉 村 淳 子	教 授	塚 本 雅 裕
副所長 (兼)		准教授	佐 藤 雄 二
教 授	節 原 裕 一	特任研究員 (常勤)	竹 中 啓 輔
教 授	藤 井 英 俊	特任研究員	東 野 律 子
接合プロセス研究部門		特任研究員	堀 英 治
		特任研究員	吉 田 徳 雄
		技術補佐員	井 藤 里 香
		事務補佐員	池 内 嘉
		事務補佐員	小 林 初 芽
		事務補佐員	宮ノ前 直 子
[エネルギー制御学分野]		[先端基礎科学分野]	
教 授	田 中 学	招へい教授	武 藤 泉
准教授	茂 田 正 哉	接合機構研究部門	
助 教	田 代 真 一		
特任准教授 (常勤)	L I F A N G	[溶接機構学分野]	
招へい教授	中 田 一 博	教 授	伊 藤 和 博
招へい教授	三 田 常 夫	准教授	三 上 欣 希
招へい教授	西 山 秀 哉	講 師 (兼)	高 橋 誠
招へい准教授	細 井 宏 一	助 教	山 本 啓
招へい教員	X U B I N	招へい教授	小 川 和 博
事務補佐員	増 田 万 里		
[エネルギー変換機構学分野]		[接合界面機構学分野]	
教 授	節 原 裕 一	教 授	藤 井 英 俊
准教授	竹 中 弘 祐	准教授	劉 恢 弘
助 教	都 甲 将	助 教	山 下 享 介
招へい教授	内 田 儀一郎	特任教授	潮 田 浩 作
招へい教授	斧 高 一	特任准教授	森 貞 好 昭
		特任講師	青 木 祥 宏
[加工プロセス学分野]		特任研究員	釜 井 正 善
教 授	西 川 宏	特任研究員	崔 正 原
特任研究員	佐々木 喜 七	特任研究員	SHARMA ABHISHEK
特任研究員	直 永 卓 也	特任研究員 S	川久保 拓 海
招へい教員	ZHANG NING	招へい教授	柳 楽 知 也
招へい研究員	小日向 茂	招へい研究員	CHENG CHUN
事務補佐員	坂 田 祐 子	事務補佐員	越 野 恵 子
派遣職員	米 澤 藍 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	設樂一希
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
特任研究員	樋崎邦男
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]

准教授	堤成一郎
特任講師	FINCATO RICCARDO
特任研究員	RAMY SAEED SHAFEAK GADALLAH
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
事務補佐員	森垣章子

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
特任研究員(常勤)	近藤光
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
----	------

[スマートグリーンプロセス学分野]

教授(兼)	西川宏
准教授(兼)	阿部浩也

[ライフイノベーション材料プロセス学分野]

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
特任教授	浅井知
招へい教授	恵良哲生
招へい研究員	門田圭二

共同研究部門

[日立造船先進溶接技術共同研究部門]

特任准教授(常勤)	山崎洋輔
特任助教(常勤)	阿部洋平

招へい教授	北 側 彰 一	(教授 (兼))	西 川 宏
招へい教授	片 山 聖 二	特任准教授 (常勤)	勝 又 美穂子
招へい教授	中 谷 光 良	特任講師 (常勤)	橋 本 智 恵
招へい教授	南 二 三 吉	特任助教 (常勤)	寺 西 未 沙
招へい研究員	谷 川 大 地	特任助教 (常勤)	BAHADOR ABDOLLAH
招へい研究員	藤 本 貴 大	特任助教 (常勤)	MA YUNWU

[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)	安 積 一 幸
特任研究員 (常勤)	水 谷 正 海
招へい研究員	辰 巳 佳 宏

[先端接合技術 共同研究部門]

招へい教員	矢 野 良 明
招へい教員	村 山 雅 智

環境資源開発プロジェクト

特任教授	高 橋 康 夫
特任研究員	村 松 正 康
招へい教授	内 田 成 明
招へい教授	板 倉 啓 二 郎
招へい准教授	平 木 博 久
事務補佐員	島 林 有 紀 子

文科省特別経費プロジェクト

[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拠点]

拠点リーダー (教授 (兼))	節 原 裕 一
特任教授	大 原 智
事務補佐員	喜 多 由 紀 子

[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	

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	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

客員教授	菅 哲 男
招へい教授	安 田 功 一
招へい教授	小 溝 裕 一
招へい教授	大 原 智
招へい教授	中 西 保 正

技術部

技術部長 (教授 (兼))	藤 井 英 俊
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	浅 野 健 司

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
事務補佐員	山 口 純 子

事務部

事務長	今 井 京 子
-----	---------

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
事務補佐員	渡 文 恵

会計係

係 長	近 藤 裕
主 任	北 島 美 絵
事務職員	南 原 智 実
事務職員	江 成 愛 美
特任事務職員	松 本 守美恵

研究推進係

係 長 (兼)	近 藤 裕
主 任	尾 崎 みち子
特任事務職員	清 水 秀 世
特任事務職員 (兼)	松 本 守美恵

図書室

事務補佐員	谷 村 宏 美
-------	---------

広報・データ管理室

技術補佐員	田 中 喜 隆
-------	---------

産学連携室

客員教授 (兼)	菅 哲 男
----------	-------

## 1. 2 人事

[職 名]	[氏 名]	[異動内容]	[年月日]
特任准教授（常勤）	山 崎 洋 輔	日立造船先進溶接技術共同研究部門 採用	R2. 4. 1
特任准教授（常勤）	L I F A N G	エネルギー制御学 採用	R2. 4. 1
特任教授	浅 井 知	ダイヘン溶接・接合協働研究所 採用	R2. 4. 1
特任研究員	釜 井 正 善	接合界面機構学 採用	R2. 4. 1
特任研究員	崔 正 原	接合界面機構学 採用	R2. 4. 1
特任研究員 S	川久保 拓 海	接合界面機構学 採用	R2. 4. 1
招へい教授	武 藤 泉	先端基礎科学 受入れ	R2. 4. 1
招へい教授	柳 楽 知 也	接合界面機構学 受入れ	R2. 4. 1
招へい准教授	神 谷 昌 岳	スマートコーティングプロセス学 受入れ	R2. 4. 1
招へい教授	南 二三吉	日立造船先進溶接技術共同研究部門 受入れ	R2. 4. 1
招へい教授	中 谷 光 良	日立造船先進溶接技術共同研究部門 受入れ	R2. 4. 1
招へい教授	安 木 剛	国際溶接計算科学研究拠点 受入れ	R2. 4. 1
招へい研究員	HE SILIANG	加工プロセス学 受入れ	R2. 4. 1
特任研究員	吉 田 徳 雄	レーザプロセス学 受入れ	R2. 5. 1
特任研究員（常勤）	竹 中 啓 輔	レーザプロセス学 採用	R2. 1. 1
准教授	劉 恢 弘	接合界面機構学 昇任	R2. 1. 1
招へい教員	GENG PEIHAO	接合構造化解析学 受入れ	R2. 1. 1
招へい研究員	SHARMA ABHISHEK	接合界面機構学 受入れ	R2. 1. 1

助教	山下 享介	接合界面機構学 採用	R2. 10. 1
特任研究員（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	R2. 10. 1
招へい教員	内田 儀一郎	エネルギー変換機構学 受入れ	R2. 10. 1
助教	GENG PEIHAO	接合構造化解析学 採用	R2. 10. 29
助教	都甲 将	エネルギー変換機構学 採用	R2. 11. 1
招へい教員	ZHANG NING	加工プロセス学 採用	R2. 11. 16
特任研究員	L I F E I	ライフイノベーション材料プロセス学 採用	R2. 12. 9
特任研究員	直永 卓也	加工プロセス学 採用	R2. 12. 16
助教	HOU YUYANG	信頼性評価・予測システム学 採用	R2. 12. 16
特任研究員	SHARMA ABHISHEK	接合界面機構学 採用	R3. 1. 1
特任研究員 S	PETERSON JACK EDWARD	複合化機構学 採用	R3. 1. 1
特任研究員	LUO PENGJUN	接合設計学 採用	R3. 1. 16

### 1. 3 運営委員会委員

[氏 名]	[所 属]	[職 名]	[任 期]
学外委員			
栗飯原周二	一般社団法人 日本溶接協会 東京大学	会長 名誉教授	R 2. 4. 1 ~ R 4. 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	R 2. 4. 1 ~ R 4. 3.31
岡本 創	九州大学 応用力学研究所	所長	R 2. 4. 1 ~ R 4. 3.31
神谷 利夫	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	H31. 4. 1 ~ R 3. 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	R 2. 5.26 ~ R 4. 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	R 2. 4. 1 ~ R 4. 3.31
古原 忠	東北大学 金属材料研究所	所長	R 2. 4. 1 ~ R 4. 3.31
安田 秀幸	京都大学 大学院工学研究科	教授	H31. 4. 1 ~ R 3. 3.31
学内委員			
馬場口 登	大学院工学研究科	研究科長	R 1. 8.26 ~ R 3. 3.31
関野 徹	産業科学研究所	所長	R 2. 4. 1 ~ R 4. 3.31
所内委員			
田中 学	接合科学研究所	所長	H31. 4. 1 ~ R 3. 3.31
節原 裕一	接合科学研究所	副所長	H31. 4. 1 ~ R 3. 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	H31. 4. 1 ~ R 3. 3.31

#### 1. 4 共同研究運営委員会委員

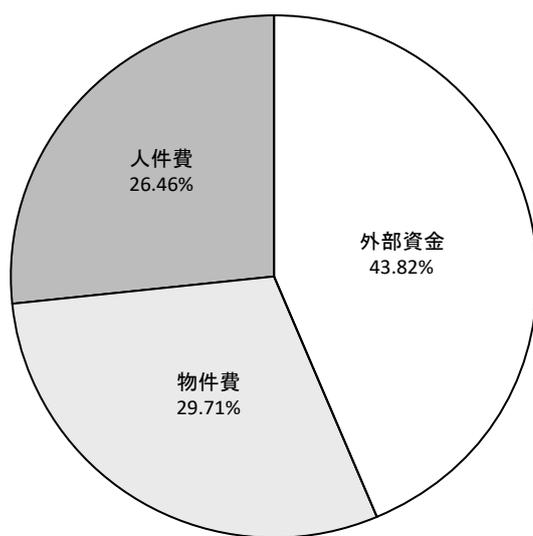
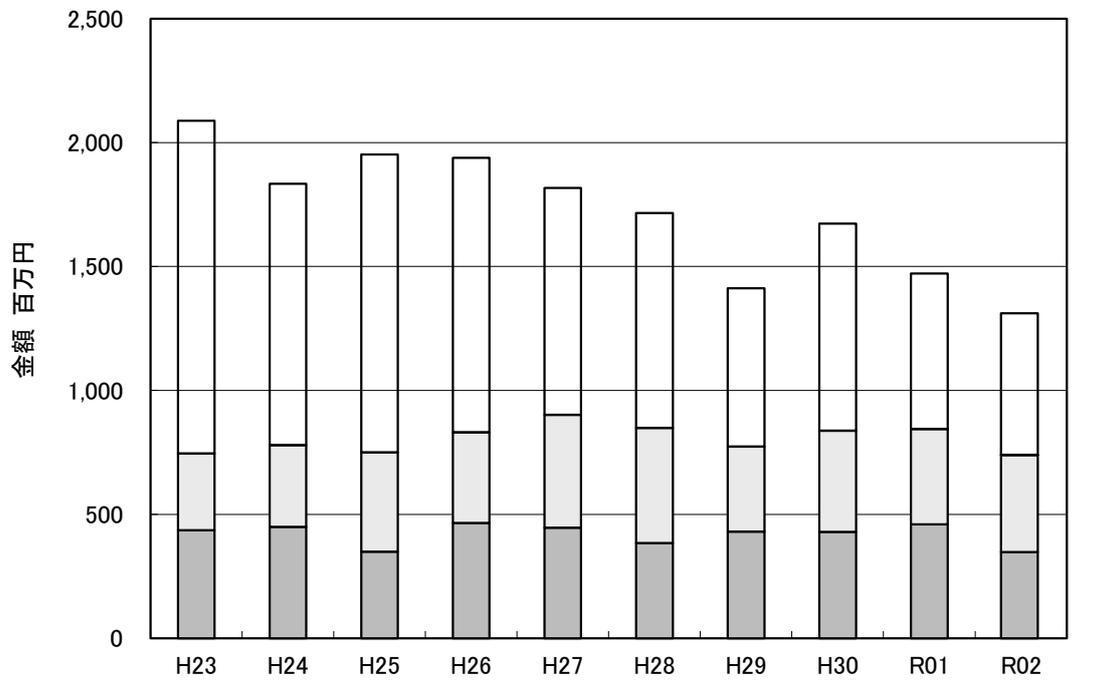
[氏 名]	[所 属]	[職 名]	[任 期]
学外委員			
岸本 泰明	京都大学 エネルギー理工学研究所	所長	H31. 4. 1 ~ R 3. 3.31
久保 雅男	パナソニック株式会社 ライフソリューションズ社	常勤監査役員	H31. 4. 1 ~ R 3. 3.31
黒田 聖治	国立研究開発法人 物質・材料研究機構 構造材料研究拠点	特命研究員	H31. 4. 1 ~ R 3. 3.31
塩野谷 哲	トヨタ自動車株式会社 素形材技術部 製品開発室	室長	H31. 4. 1 ~ R 3. 3.31
清水 弘之	株式会社神戸製鋼所 溶接事業部門 技術センター	技術センター長	H31. 4. 1 ~ R 3. 3.31
成瀬 一郎	名古屋大学 未来材料・システム研究所	所長	R 2. 4. 1 ~ R 3. 3.31
平田 弘征	日本製鉄株式会社 技術開発本部 鉄鋼研究所	上席主幹研究員	H31. 4. 1 ~ R 3. 3.31
牧野 吉延	東芝エネルギーシステムズ株式会社 京浜事業所	シニアエキスパート	H31. 4. 1 ~ R 3. 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	H31. 4. 1 ~ R 3. 3.31
学内委員			
才田 一幸	大学院工学研究科	教授 (前生産科学コース長)	R 2. 4. 1 ~ R 3. 3.31
山下 弘巳	大学院工学研究科	教授 (マテリアル科学コース長)	R 2. 4. 1 ~ R 3. 3.31
所内委員			
田中 学	接合科学研究所	所長	H31. 4. 1 ~ R 3. 3.31
節原 裕一	接合科学研究所	副所長	H31. 4. 1 ~ R 3. 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	H31. 4. 1 ~ R 3. 3.31
西川 宏	接合科学研究所	教授	H31. 4. 1 ~ R 3. 3.31

## II. 予 算



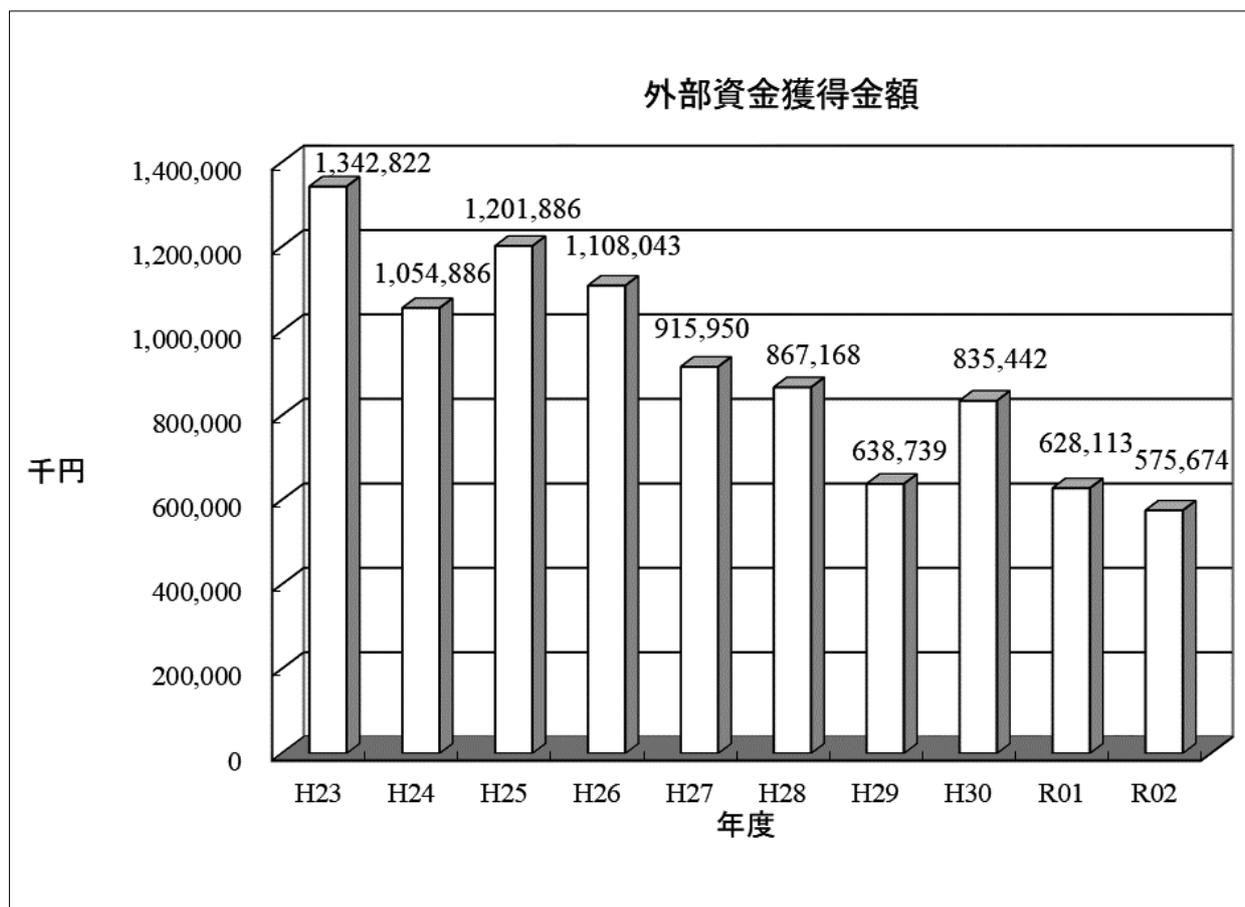
## 2. 予 算

### ① 総予算



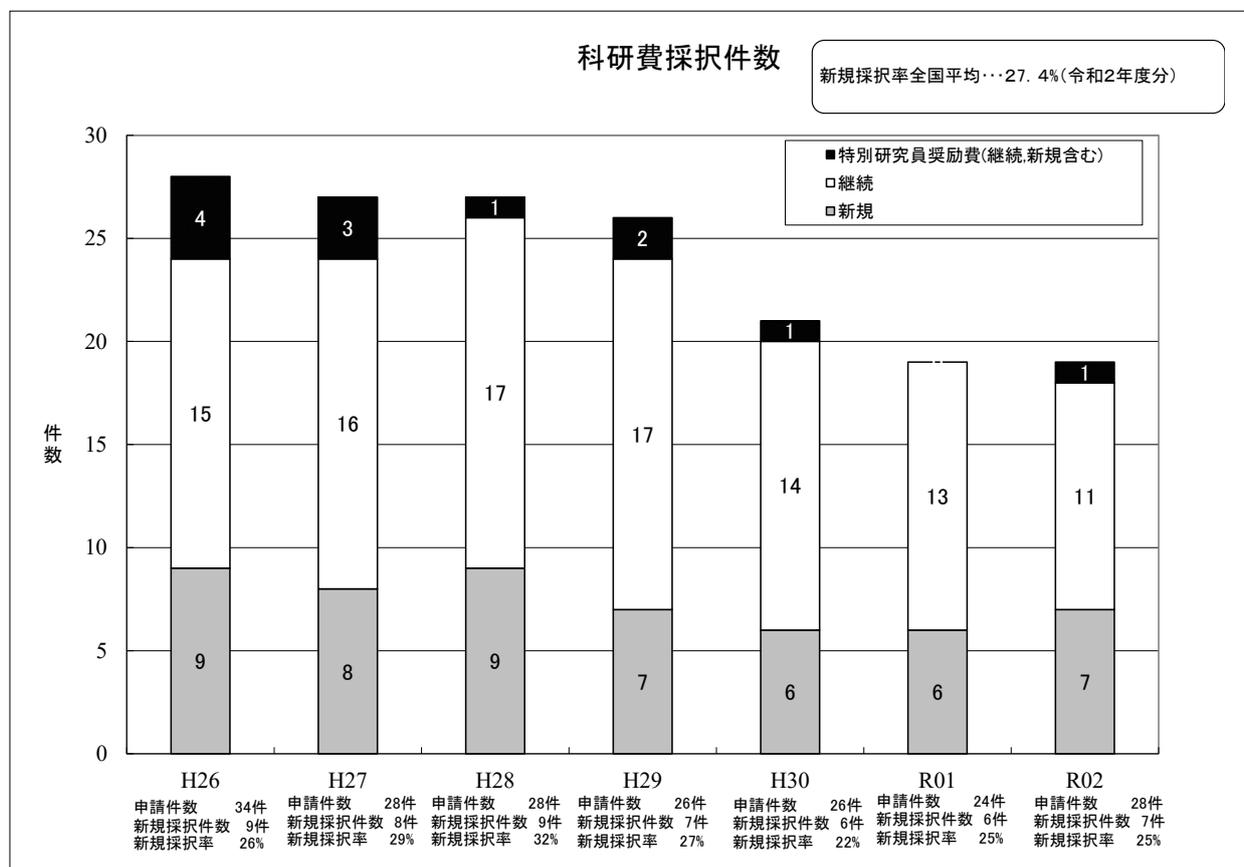
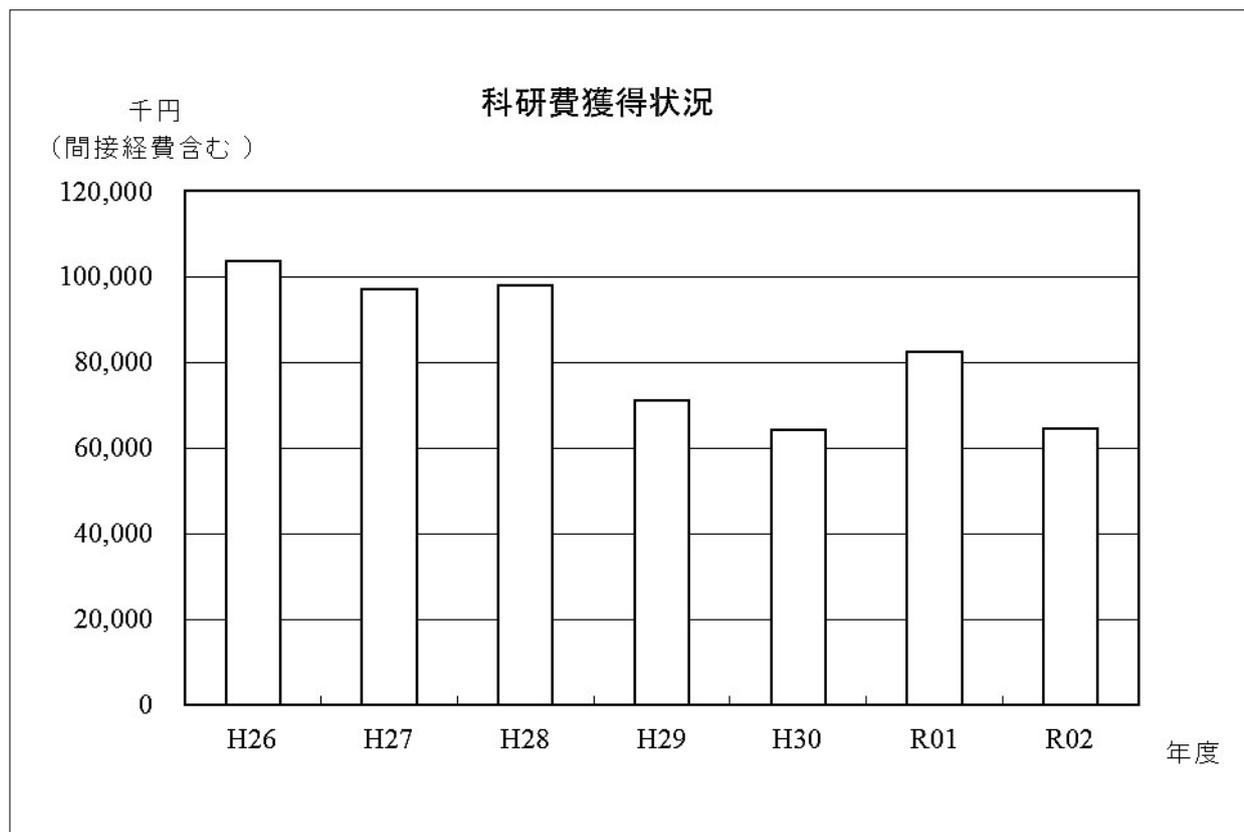
- 外部資金
  - ・科学研究費補助金
  - ・その他補助金
  - ・受託研究費
  - ・受託研究員受入
  - ・民間等との共同研究
  - ・奨学寄附金
  - ・受託事業
  - ・学術相談
- 物件費
- 人件費

② 外部資金



区 分	R02 年度 獲得金額 (千円)
科学研究費補助金	64,643
その他補助金	1,647
受託研究費	225,849
受託研究員受入	1,701
民間等との共同研究	236,811
奨学寄附金	31,683
学術相談	13,340
合 計	575,674

③ 科研費





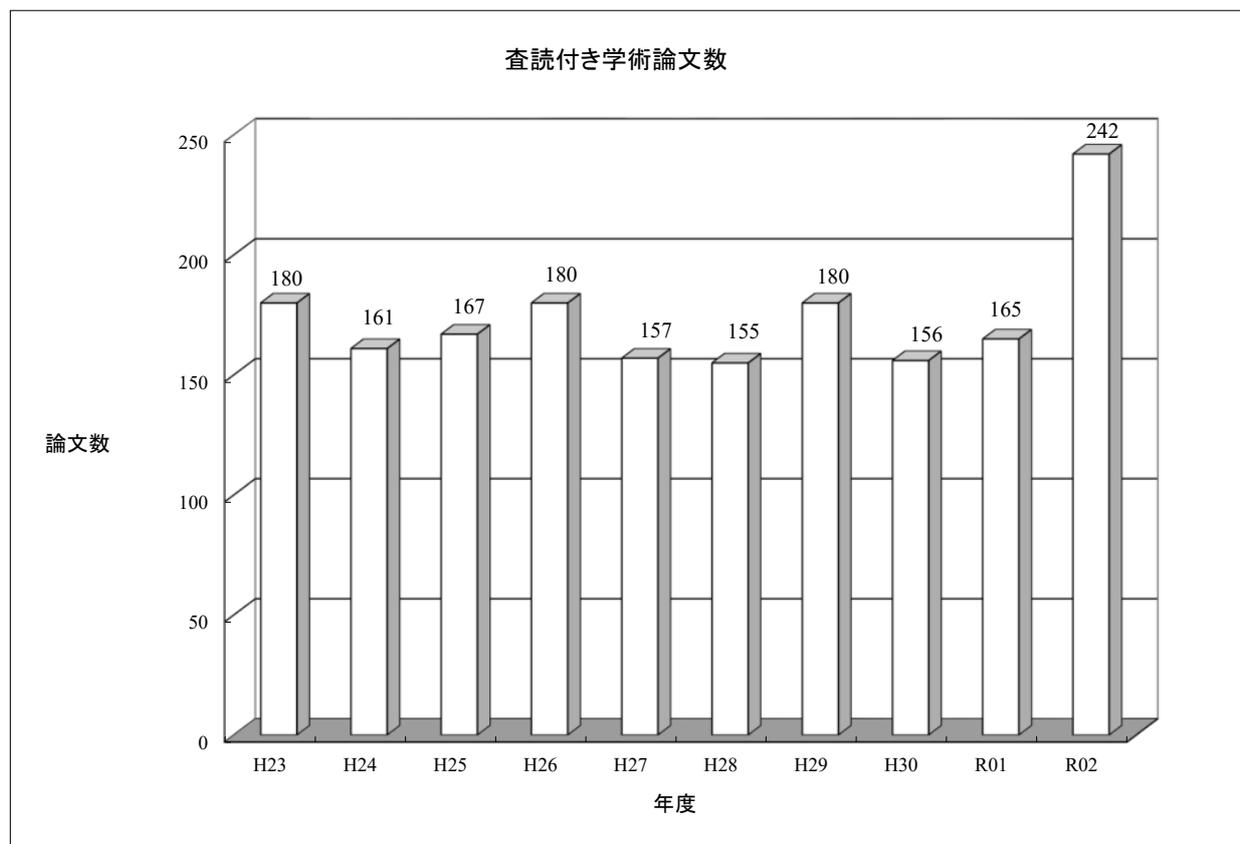
### Ⅲ. 研 究 業 績



### 3. 研究業績

研究業績件数

区 分	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R01	R02
査読付き学术论文	180	161	167	180	157	155	180	156	165	242
国際会議発表論文	57	41	89	52	60	82	62	64	41	17
国内会議発表論文	25	13	8	35	24	13	32	13	36	6
国際会議発表	121	208	183	162	124	172	107	118	159	34
国内学会発表	231	214	243	243	250	241	234	231	202	154
講 演	136	132	139	150	182	166	151	152	153	110
解説・総説	47	58	58	43	39	28	43	47	42	48
著 書	17	14	30	15	11	8	7	9	15	5
国内特許	29	34	25	18	20	19	19	32	26	29
海外特許	12	22	5	17	5	15	10	18	24	27
受 賞	26	22	27	29	30	29	32	23	24	12





## 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. 溶接アーク現象の実験的・理論的解析
2. 溶融池熱流動解析のための新型シミュレーター開発
3. 熱プラズマ流動 - 材料プロセス解析のための高精度計算手法の開発
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融池制御技術の開発

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

##### 1. 溶接アーク現象の実験的・理論的解析

ティグ溶接において溶融池表面あるいはタングステン電極表面から生じる金属蒸気を対象とし、アークプラズマ中における金属蒸気輸送やそれに起因する電極消耗機構の解明を目的として、高分解能イメージ分光分析システムを用いた発光分光分析を行い、溶融池表面ならびにタングステン電極表面から発生する金属蒸気のアークプラズマ中における発光スペクトル強度分布を計測した。その結果、溶融池表面から発生する金属蒸気の一部はアークプラズマ中でイオン化し、金属原子はアークプラズマ外縁部、金属イオンはアークプラズマ内部でそれぞれ溶融池表面からタングステン電極近傍に至るまで弧を描くように帯状に分布し、アークプラズマ中において青い二層の発光領域が出現させることが明らかになった。とりわけ、輸送現象に電極間の電場が大きな影響を及ぼすというメカニズムを明らかにした。

他方、タングステン電極先端から上部近傍で白や青色に見える傘状の発光領域の分光分析を行った。その結果、傘状の発光領域は電子エミッター（ランタン）蒸気による発光であり、上層の白い発光領域は主にランタン原子、下層の青い発光領域は主にランタンイオンによる発光領域であることを明らかにし、電極近傍においてもアークプラズマの温度場およびその形状に応じて、傘状に二層の発光領域が出現することを明らかにした。

##### 2. 溶融池熱流動解析のための新型シミュレーター開発

粉粒状フラックスを用いた高能率溶接法であるエレクトロスラグ溶接を対象とし、溶接中の熱輸送メカニズムと支配因子を解明することを目的に、現象のモデル化および数値シミュレーションを行った。数値シミュレーションには、非圧縮性 SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) 法を用いた。その結果、母材の左右方向に溶込みが生じ、溶融金属がスラグ浴の下方へ沈下することで溶融池が形成されるとともに、高温のスラグ浴の対流熱輸送によって母材の左右壁面とスラグ浴の界面が高温に加熱されることで、母材の溶込み形成が促進されることが明らかになった。また、エネルギーバランスを算出した結果、投入されたエネルギーの大部分はスラグ浴内におけるジュール発熱

によって熱エネルギーに変換され、発生した熱エネルギーのうち約 80% は左右の母材へ輸送される一方、残りの約 20% が下部の溶融池へ輸送されることが明らかになった。さらに、本計算で得られたエネルギーバランスを、ガスメタルアークプラズマのエネルギーバランスと比較したところ、エレクトロスラグ溶接では熱源であるスラグ浴が熱伝導率の高い母材と接触していることから、母材への入熱量が増加し、溶融池への入熱量が減少したことがわかった。また、スラグ浴が深い場合、熱源が左右の母材と接触する面積が大きくなるため、母材壁面へ輸送されるエネルギーの割合が増加し、溶融池へ輸送されるエネルギーの割合が減少することを明らかにした。

### 3. 熱プラズマ流動－材料プロセス解析のための高精度計算手法の開発

マグ溶接におけるスラグの輸送・定着の支配因子を明らかにすることを目的とし、非圧縮性 SPH 法を用いてマグ溶接の開始から溶接終了後、全体が凝固するまでの数値シミュレーションを行った。溶融池表面を浮上するスラグはプラズマ気流から抗力を受けることを考慮し、プラズマ気流による抗力のモデル化を行った。更に、スラグを輸送する支配的因子の解明のため、マランゴニ効果による力、プラズマ気流による表面せん断力、ローレンツ力、浮力の 4 つの溶融池駆動力に加えて、プラズマ気流による抗力を考慮に入れ、スラグの輸送・定着に影響を与える因子を考察した。その結果、ローレンツ力、浮力はスラグの輸送に影響をほとんど与えておらず、マランゴニ効果による力、表面せん断力、プラズマ気流による抗力の 3 つの力がスラグの輸送に支配的であることが明らかになった。また、熱源近傍では表面せん断力、プラズマ気流による抗力が支配的となり、スラグを熱源近傍から溶融池端部へ輸送し、溶融池後方ではマランゴニ効果による力が支配的となり、スラグを溶融池後方から熱源の方向へ輸送することが明らかとなった。

### 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

純アルゴンシールドガスを用いたミグ溶接は、高い強度や靱性をもつ溶接継手の作成に適していると言われている。しかしながら、純アルゴンミグ溶接はアークが不安定となるだけでなく、溶接ビードのぬれ性が低く溶込み深さも浅くなるため、その実適用には未だに多くの課題が残されている。この問題解決のため新たな溶接プロセスとして二段給電ミグ溶接を開発した。二段給電ミグ溶接ではワイヤ先端近くにて第二電流を別途給電することにより、ワイヤ送給速度と溶接電流の独立制御が可能となる。

当該年度はこの溶接材料が二段給電ミグ溶接の基本特性およびビード形成に及ぼす影響について検討した。本試験では溶接材料にはアルミニウム、鉄、ステンレス鋼 SUS308、インコネル 625 を使用した。検討の結果、二段給電適用による電流増加効果は、鉄、SUS308、インコネル 625 では大きく、アルミニウムでは小さくなることが分かった。特に溶接材料の電気伝導率が低い場合、電流増加や溶滴保有熱量の増加に顕著な効果をもたらす。二段給電ミグ溶接においては、溶滴保有熱量の増加だけでなく全電流増加による母材の予熱効果によっても、ビード形状が大きく改善されることが示された。

### 5. アーク溶接における溶融池制御技術の開発

鋼板やアルミニウム合金板等のプラズマキーホール溶接におけるキーホール及び溶融池の形成プロセスを明らかにしその制御を可能とすることを目的としている。ここでは、溶融池内部に対する高輝度 X 線透過型溶接接合機構 4 次元可視化システムによる三次元流動計測ならびに溶融池表面に対するトレーサ法による二次元流動計測及び二色測温法による二次元温度場計測から成る総合的な実験観察を実施した。これと併せてアークプラズマモデルと溶融池モデルを連成させた新たな統合シミュレーションモデルを開発しこれを用いてキーホール及び溶融池の形成プロセスを理論的にも検討した。詳細な検討の結果、シールドガスに極微量の酸素を混入した場合、表面張力の低下によ

りキーホールが変形し、キーホールに加わるプラズマせん断力の変化を通じて、溶融池の熱輸送が大きく変動することが判明した。

## (2) 研究に対する自己評価

本研究分野は、溶接・接合を中心に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攻める本研究分野の研究アプローチ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・茂田准教授が中心に取り組んだ国際産学共創による研究成果が *International Journal of Heat and Mass Transfer* (IF: 4.947) に掲載、田中教授・田代助教による 4.3- (1) -5 の成果が *J. Manufacturing Processes* (IF: 4.086) 及び *Welding Journal* 等に掲載された。一方、田中教授および茂田准教授は、(一社) 溶接学会の溶接アーク物理研究賞 1 件と溶接物理・技術奨励賞 3 件を受賞、また、田中教授と田代助教が米国溶接学会の *The William Spraragen Memorial Certificate Award* を受賞するなど、本研究分野から発信している研究成果が国内外において高く評価された。また、本年度に雑誌掲載された査読付き論文数は 38 件であり、国立大学法人化後の過去 17 年間の合計が 290 件、平均して毎年 17 件程度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、茂田准教授が科学研究費補助金に採択されるとともに、民間企業との共同研究を幅広く展開し、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 29 件、国際会議が 7 件、国内学会が 24 件ある。それらを受け、1 名の学生が国際会議 *The 17th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2020)* において *Best Presentation Award for Students Session* を受賞し、また、2 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、スマートプロセス学会において学術奨励賞をそれぞれ受賞した。

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 12 期生 5 名の修了及び 6 名の IWE 資格取得 (過年度生 1 名含む) 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。また、溶接技術者向けの教科書「新版改訂 溶接・接合技術入門」の第1章を分担執筆した。

また、田中教授は、(一社)溶接学会2020年度秋季全国大会実行委員長を務めた。新型コロナウイルス感染症によるパンデミックの影響を受けながらも大会実行に努め、溶接学会オリジナルのオンデマンド方式オンライン会議システムを開発し、オンラインでの秋季全国大会の開催に結びつけた。参加者は歴代2番目の多数を達成し、成功を収めた。

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。一方、「大阪大学接合科学研究所ベトナム溶接研究会」の初代会長に就任し、国際的な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、(独)国際協力機構(JICA)2020年度草の根技術協力事業(草の根パートナー型)に「ハノイ工科大学における溶接管理技術者育成能力向上事業」の課題で応募し、採択された。今後5年間で、ハノイ工科大学溶接学科と連携し、ベトナムの裾野産業を担う溶接管理技術者の育成体制をハノイ工科大学に整備・構築することを目指す。

また、茂田准教授は(一社)日本流体力学会代議員、(一社)日本機械学会流体工学部門広報委員会委員、(一社)溶接学会全国大会運営委員会委員、査読委員会委員などを務め、各学会の取り組みや最新の研究成果を社会へ向けて情報発信することに尽力している。

一方、田代助教はプラズマ応用科学会の運営委員会委員及び学術雑誌Materials誌(IF: 3.057)Manufacturing Processes and Systems部門のEditorial Board Memberとして活動し、当該分野の活性化に貢献した。これと併せて、同誌では"Welding and Joining Processes of Materials"特集号のゲストエディターも務めており当該年度末時点で32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11名の共同研究員を迎えて共同研究を実施した。また、他大学から大学院生3名を共同研究員として受け入れ、全国共同利用による共同研究を通じて人材育成にも貢献した。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Three-Dimensional Simulation of Gas Metal Arc Welding Process Using Particle-Grid Hybrid Method  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38 (2020), 25s-29s.  
H. Komen, M. Tanaka and H. Terasaki
- (2) REM 添加ワイヤを用いたガスメタルアーク溶接現象に与えるシールドガス組成の影響  
溶接学会論文集, 38, 4 (2020), 438-447.  
田中学, Titinan Methong, 古免久弥, 茂田正哉, 片岡時彦, 松下宗生, 上月渉平
- (3) 極低温時の高導電率を低下させないための超高純度アルミニウム薄板の摩擦攪拌接合  
溶接学会論文集, 38, 4 (2020), 253-262.  
山本啓, 青山雄亮, 伊藤和博, 山田哲生, 田中学, 星河浩介, 永田章, 熊谷俊昭
- (4) 重ねすみ肉アーク溶接におけるガスシールド性に関する実験的検討  
溶接学会論文集, 39, 1 (2021), 51-63.  
田中学, 山田哲生, 茂田正哉, 古免久弥, 深堀貢, 斉藤直子
- (5) 太径  $\phi 1.6\text{mm}$  ワイヤを用いた高電流埋もれアーク溶接の電圧振幅制御による安定化  
溶接学会論文集, 39, 1 (2021), 75-86.  
馬場勇人, 古免久弥, 五十嵐友也, 門田圭二, 恵良哲生, 寺崎秀紀, 田中学
- (6) Thermal Modelling of Alternating Current Square Waveform Arc Welding  
Case Stud. Therm. Eng., 25 (2021), 100885.  
U. K. Mohanty, A. Sharma, Y. Abe, T. Fujimoto, M. Nakatani, A. Kitagawa, M. Tanaka and T. Suga
- (7) 高電流 GMA 溶接によるステンレス鋼厚板の片面貫通溶接  
溶接学会論文集, 39, 1 (2021), 39-50.  
馬場勇人, 門田圭二, 恵良哲生, 上山智之, 前嶋基志, 門井浩太, 井上裕滋, 田中学
- (8) 大阪大学カップリング・インターンシップにおけるキャリア教育的効果について(実践型短期  
海外インターンシップ成果報告書からの分析)  
グローバル人材育成教育研究, 8, 2 (2021), 1-12.  
寺西未沙, 勝又美穂子, 西川宏, 近藤勝義, 田中学
- (9) Imaging Spectroscopy for Transient Transport of Chromium Vapor During Helium TIG Welding  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38, 2 (2020), 21s-24s.  
K. Tanaka, M. Shigeta, M. Tanaka and A. B. Murphy
- (10) Development of a Welding Condition Optimization Program for Narrow Gap SAW  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38, 2 (2020), 98s-102s.  
Y. Abe, T. Fujimoto, M. Nakatani, M. Shigeta and M. Tanaka
- (11) Numerical Simulation of Droplet Transfer with  $\text{TiO}_2$  Flux Column During Flux Cored Arc Welding by  
3D Smoothed Particle Hydrodynamics Method  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38, 2 (2020), 84s-88s.  
R. Ueno, H. Komen, M. Shigeta and M. Tanaka

- (12) Investigation of Transient Metal Vapour Transport Processes in Helium Arc Welding by Imaging Spectroscopy  
J. Phys. D-Appl. Phys., 53, 42 (2020), 425202(8 pages).  
K. Tanaka, M. Shigeta, M. Tanaka and A. B. Murphy
- (13) Modelling and Measurements of Gas Tungsten Arc Welding in Argon-Helium Mixtures with Metal Vapour  
Weld. World, 65 (2021), 767-783.  
J. Xiang, K. Tanaka, F. F. Chen, M. Shigeta, M. Tanaka and A. B. Murphy
- (14) 極狭開先サブマージアーク溶接における適正溶接条件の検討  
溶接学会論文集, 39, 1 (2021), 64-74.  
阿部 洋平, 藤本 貴大, 中谷 光良, 茂田 正哉, 田中 学
- (15) Numerical Investigation of Heat Transfer During Submerged Arc Welding Phenomena by Coupled DEM-ISPH Simulation  
Int. J. Heat Mass Transf., 171 (2021), 121062 (15 pages).  
H. Komen, M. Shigeta, M. Tanaka, Y. Abe, T. Fujimoto, M. Nakatani and A. B. Murphy
- (16) Electrode Contamination Caused by Metal Vapour Transport during Tungsten Inert Gas Welding  
Sci. Technol. Weld. Joining, 26, 3 (2021), 258-263.  
K. Tanaka, M. Shigeta, H. Komen and M. Tanaka
- (17) Numerical Prediction of Influence of Gas Species on Gas Convective Pattern of Short Arc Lamp  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38 (2020), 30-34.  
S. Maenaka, S. Tashiro, A. B. Murphy, K. Fujita and M. Tanaka
- (18) Numerical Simulation of the Behavior of Hydrogen Source in a Novel Welding Process to Reduce Diffusible Hydrogen  
Materials, 13 (2020), 1619(18pp).  
S. Tashiro, N. Mukai, Y. Inoue, A. B. Murphy, T. Suga and M. Tanaka
- (19) Influence of Shielding Gas Composition on Molten Metal Flow Behavior during Plasma Keyhole Arc Welding Process  
J. Manufacturing Processes, 53 (2020), 431-437.  
A. V. Nguyen, S. Tashiro, M. H. Ngo, A. H. Le, H. V. Bui and M. Tanaka
- (20) Influence of Welding Materials of Duplex Current Feeding MIG Welding  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38 (2020), 16s-20s.  
A. Aoki, S. Tashiro, H. Kurokawa and M. Tanaka
- (21) Numerical Prediction of Feasibility to Lower Droplet Temperature in Duplex Current Feeding MIG Welding Process  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38 (2020), 44s-48s.  
S. Tashiro, A. Aoki, H. Kurokawa and M. Tanaka
- (22) Numerical Simulation of Magnetic Blowout Process of Air Arc Plasma in Electrical Contacts  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38 (2020), 74s-78s.  
S. Tashiro, S. Itoda, T. Morichi, A. B. Murphy and M. Tanaka

- (23) Investigation of the Influence of Buoyancy on Gas Convection of a Horizontal Xenon Short Arc Lamp through 3D Numerical Simulation  
J. Phys. D-Appl. Phys., 53 (2020), 85205 (17pp).  
S. Maenaka, S. Tashiro, A. B. Murphy, K. Fujita and M. Tanaka
- (24) ガスの熱力学・輸送特性がショートランプのバルブへの熱負荷に及ぼす影響  
スマートプロセス学会誌, 9, 3 (2020), 148-155.  
前中 志郎, 田代 真一, A. B. Murphy, 藤田 和宣, 田中 学
- (25) ニッケル基合金溶接材料を用いた二段給電式ミグ溶接の肉盛溶接への適用  
スマートプロセス学会誌, 9, 3 (2020), 140-147.  
青木 篤人, 田代 真一, 黒川 英朗, 田中 学
- (26) Effect of Focal Position on Laser-MAG Arc Hybrid Weld Bead of Thick High-Strength Steel Plate  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38 (2020), 131s-134s.  
K. Ishida, S. Tashiro, M. Mizutani and M. Tanaka
- (27) Study on the Weld Bead Formation on Square-Groove Butt Joint Using Plasma-MIG Hybrid Welding Process  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38 (2020), 135s-138s.  
K. Ishida, S. Tashiro, M. Mizutani and M. Tanaka
- (28) 数値シミュレーションによる拡散性水素低減プロセスのシールド性に関する検討  
スマートプロセス学会誌, 9, 4 (2020), 199-207.  
迎井 直樹, 田代 真一, A. B. Murphy, 井上 芳英, 菅 哲男, 田中 学
- (29) Interactive Phenomena in Hybrid KPAW-GMAW-P  
Weld. J., 99 (2020), 146-s-155-s.  
D. Wu, S. Tashiro, Z. Wu, K. Nomura, X. Hua and M. Tanaka
- (30) Numerical Analysis on Thermal Characteristics of Direct Current Pulsed Gas Metal Arc Welded Joints of AA5052 Aluminum Alloy to DP590 High Strength Steel  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38 (2020), 93s-97s.  
S. M. Hong, S. Tashiro, H.-S. Bang and M. Tanaka
- (31) Numerical Study of Keyhole Behaviors and Thermal Fluid Flow in High Current Plasma Arc Welding  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38 (2020), 40s-43s.  
D. Wu, S. Tashiro, X. Hua and M. Tanaka
- (32) Effect of Plasma Flow in Plasma MIG Welding Process to the Microstructure Refinement at Heat Affected Zone of As-Welded Carbon Steel  
Mater. Sci. Forum, 1010 (2020), 15-20.  
S. Mamat, A. A. M. Afandi, M. B. A. Baker, M. N. Masri, M. Mohamed, M. K. A. A. Razab, T. Yuji, S. Tashiro and M. Tanaka
- (33) Effect of the Eddies Formed inside a Weld Pool on Welding Defects during Plasma Keyhole Arc Welding  
J. Manufacturing Processes, 59 (2020), 649-657.  
A. V. Nguyen, S. Tashiro, M. H. Ngo, H. V. Bui and M. Tanaka

- (34) Coupled Mechanisms of the Keyhole, Energy Transfer and Compositional Change Associated with the Variable Polarity Plasma Arc Process  
J. Phys. D-Appl. Phys., 54 (2020), 115204.  
D. Wu, S. Tashiro, X. Hua and M. Tanaka
- (35) 3D Numerical Study of External Axial Magnetic Field-Controlled High-Current GMAW Metal Transfer Behavior  
Materials, 13 (2020), 5792 (16pp).  
L. Xiao, D. Fan, J. Huang, S. Tashiro and M. Tanaka
- (36) Physical Mechanism of Material Flow in Variable Polarity Plasma Arc Keyhole Welding Revealed by in Situ X-ray Imaging  
Phys. Fluids, 33, 1 (2021), 017121-1-10.  
B. Xu, S. Chen, S. Tashiro, F. Jiang and M. Tanaka
- (37) Observation of Arc Behaviour in TIG/MIG Hybrid Welding Process  
IOP Conf. Ser. : Earth Environ. Sci., 596 (2021), 12025 (7pp).  
R. A. E. Roslan, S. Mamat, P. T. Teo, F. Mohamad, S. Gudur, Y. Toshifumi, S. Tashiro and M. Tanaka
- (38) A Study on the Effect of Current Waveform on Intermetallics Formation and the Weldability of Dissimilar Materials Welded Joints (AA5052 Alloy-GI Steel) in AC Pulse GMAW  
Metals, 11 (2021), 561.  
S. M. Hong, S. Tashiro, H.-S. Bang and M. Tanaka
- (3) 国際会議発表論文(査読なし)**
- (1) Single-Pass Full-Penetration Welding for Stainless Steel Using High-Current GMAW  
The 73rd IIW Annual Assembly & Int. Conf., Online, XII-2450-2020 (2020.7.20-25), 1-15.  
H. Baba, K. Kadota, T. Era, T. Ueyama, M. Maeshima, K. Kadoi, H. Inoue and M. Tanaka
- (2) 3D Numerical Study on High-Current GMAW Metal Transfer Behavior with an External Alternating Axial Magnetic Field  
IIW Annual Assembly, 2020 (USB) (2020.7.15-25), Doc. 212-1666-20.  
L. Xiao, D. Fan, J. K. Huang, S. Tashiro and M. Tanaka
- (3) Research and Development of a Novel Welding Technology for Joining Ultra-thin Sheet Applying in Metal Forming Fields  
IIW Annual Assembly, 2020 (USB) (2020.7.15-25), Doc. XII-2348-19.  
A. N. Van, A. Murata, S. Tashiro, M. N. Huu and M. Tanaka
- (7) 国際会議発表**
- (1) Stabilization of High Current Buried Arc and Microstructure Observation of Welded Joint  
Joint Intermediate Meeting of IIW Comm. I, IV, XII and SG212, On-line (2021.3.30-31)  
H. Baba, R. Honda, K. Kadota, T. Era, H. Komen, M. Tanaka and H. Terasaki
- (2) The Relation between TIG Electrode Consumption and a Light Emitting Region near Electrode  
The 73rd IIW Annual Assembly & Int. Conf., Online (2020.7.23)  
K. Tanaka, M. Shigeta, M. Tanaka and A. B. Murphy

- (3) Identification of Light Emitting Elements near Electrode During TIG Welding  
Institute of Fluid Science, Tohoku University, Online (2020.10.28-30)  
K. Tanaka, M. Shigeta and M. Tanaka
- (4) Three-dimensional SPH Simulation of Droplet Transfer with Flux Column During Flux Cored Arc Welding  
Institute of Fluid Science, Tohoku University, Online (2020.10.28-30)  
R. Ueno, M. Shigeta and M. Tanaka
- (5) Alloy Elements Transportation Mechanisms in Plasma Arc Additive Manufacturing of a  $\gamma$ -TiAl Alloy  
IIW Annual Assembly, 2020 (online) (2020.7.15-25)  
D. Wu, C. Shen, L. Wang, X. Hua, N. Ma, S. Tashiro and M. Tanaka
- (6) Dissimilar Materials Welded Joints (AA5052 Alloy - GI Steel) in AC Pulse GMAW  
IIW Annual Assembly, 2020 (online) (2020.7.15-25)  
S. M. Hong, S. Tashiro, H.-S. Bang and M. Tanaka
- (7) Numerical Simulation of the Behavior of Hydrogen Source in a Novel Welding Process to Reduce Diffusible Hydrogen  
IIW Annual Assembly, 2020 (online) (2020.7.15-25)  
S. Tashiro, N. Mukai, Y. Inoue, A. B. Murphy, T. Suga and M. Tanaka
- (8) 国内学会発表**
- (1) フラックス入りワイヤを用いた厚板高能率溶接法の開発  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
馬場 勇人, 五十嵐 友也, 門田 圭二, 恵良 哲生, 田中学
- (2) 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 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
松田 昇一, 棚原 靖, 田中学
- (3) 極低温時の高導電率を低下させないための超高純度アルミニウム薄板の摩擦攪拌接合  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
山本 啓, 青山 雄亮, 伊藤 和博, 山田 哲生, 田中学, 星河 浩介, 永田 章, 熊谷 俊昭
- (4) 非圧縮性 SPH 法を用いた高電流 GMA 溶接中の埋もれ空間形成シミュレーション  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
古免 久弥, 寺崎 秀紀, 馬場 勇人, 門田 圭二, 恵良 哲生, 田中学
- (5) 極低温時の高導電率を低下させないための超高純度アルミニウム薄板の摩擦攪拌接合  
(公社)日本金属学会 2020 年秋期 第 167 回講演大会, オンライン開催 (2020.9.15-18)  
山本 啓, 青山 雄亮, 伊藤 和博, 山田 哲生, 田中学, 星河 浩介, 永田 章, 熊谷 俊昭
- (6) 非圧縮性 SPH 法による埋もれアーク溶接中の熔融金属挙動の数値解析  
(一社)日本鉄鋼協会 第 180 回秋季講演大会, オンライン開催 (2020.9.16-18)  
古免 久弥, 馬場 勇人, 門田 圭二, 恵良 哲生, 田中学, 寺崎 秀紀
- (7) 熔融金属中に発生する気泡の挙動に関する一考察—ソフトマター物理からのアプローチ—  
(一社)スマートプロセス学会 2020 年度学術講演会, WEB 開催 (2020.11.27)  
細井 宏一, 日野 実, 瀬戸 秀紀, 田中学

- (8) ティグ溶接における電極近傍の発光領域と電極消耗の関係  
(一社)溶接学会 第 251 回溶接法研究委員会, Online (2020.8.5)  
田中 慶吾, 茂田 正哉, 田中 学
- (9) フラックスコアードアーク溶接におけるフラックス柱形成を伴う溶滴移行の三次元粒子法シミュレーション  
(一社)溶接学会 第 251 回溶接法研究委員会, Online (2020.8.5)  
上野 亮, 茂田 正哉, 田中 学
- (10) 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  
(一社)溶接学会 第 251 回溶接法研究委員会, Online (2020.8.5)  
築地 慎乃輔, 茂田 正哉, 田中 学
- (11) 3 次元粒子法を用いた軟鋼／アルミニウム合金異材抵抗スポット溶接のナゲット形成シミュレーションおよび金属間化合物の厚さ推定  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
築地 慎乃輔, 茂田 正哉, 田中 学
- (12) ティグ溶接中の電極近傍における発光元素の同定  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
飯田 健太, 田中 慶吾, 茂田 正哉, 田中 学
- (13) フラックスコアードアーク溶接におけるフラックス柱および溶滴形成過程の 3 次元 SPH シミュレーション  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
上野 亮, 茂田 正哉, 田中 学
- (14) マグ溶接におけるスラグ形成・輸送過程の 3 次元粒子法シミュレーション  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
深澤 孝公, 辰巳 和也, 茂田 正哉, 田中 学, 古免 久弥
- (15) 軟鋼／アルミニウム合金異材抵抗スポット溶接における金属溶融課程の 3 次元粒子法シミュレーション  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
築地 慎乃輔, 茂田 正哉, 田中 学
- (16) 母材からの金属蒸気輸送によるティグ電極の温度上昇因子の調査  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
田中 慶吾, 茂田 正哉, 田中 学
- (17) 母材からの金属蒸気輸送に起因するティグ電極消耗メカニズムの解明  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
田中 慶吾, 茂田 正哉, 田中 学
- (18) 溶接ワイヤへの希土類金属添加による正極性炭酸ガスアーク溶接の熱源特性に及ぼす影響  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
山下 悠登, 茂田 正哉, 田中 学, 上月 渉平, 岡部 能知, 伊木 聡
- (19) 溶融アークプラズマの分光画像に対する非対称 Abel 逆変換処理の適用  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
山下 悠登, 茂田 正哉, 田中 学

- (20) 粒子法シミュレーションを用いたエレクトロスラグ溶接における溶込み形成メカニズムの解明  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
上野 亮, 茂田 正哉, 田中 学, 戸田 亮, 齋藤 康之, 山崎 圭聖旻
- (21) タングステン電極の消耗予測に向けた電極近傍における発光メカニズムの解明  
(一社)日本鉄鋼協会 第 180 回秋季講演大会, オンライン開催 (2020.9.16-18)  
田中 慶吾, 茂田 正哉, 田中 学
- (22) フラックスコアードアーク溶接におけるフラックス柱形成を伴う溶滴移行の 3 次元 SPH シミュレーション  
(一社)日本鉄鋼協会 第 180 回秋季講演大会, オンライン開催 (2020.9.16-18)  
上野 亮, 茂田 正哉, 田中 学
- (23) モデル遮断器における空気および SF6 アークプラズマの乱流的挙動の数値シミュレーション  
(一社)日本機械学会 第 98 期流体工学部門講演会, WEB 開催 (2020.11.11-13)  
茂田 正哉, 田中 康規, 稲田 優貴, 菊池 諒, 熊田 亜紀子, 藤野 貴康
- (24) エレクトロスラグ溶接における溶込み形成過程の粒子法シミュレーション  
(一社)スマートプロセス学会 2020 年度学術講演会, WEB 開催 (2020.11.27)  
上野 亮, 茂田 正哉, 田中 学, 戸田 亮, 齋藤 康之, 山崎 圭
- (25) ティグ溶接における電極近傍での発光メカニズムの解明  
(一社)スマートプロセス学会 2020 年度学術講演会, WEB 開催 (2020.11.27)  
田中 慶吾, 茂田 正哉, 田中 学
- (26) 傾斜ティグアークプラズマの分光画像に対する非対称 Abel 逆変換処理  
(一社)スマートプロセス学会 2020 年度学術講演会, WEB 開催 (2020.11.27)  
山下 悠登, 茂田 正哉, 田中 学
- (27) 傾斜ティグアークプラズマの分光画像に対する非対称 Abel 逆変換処理  
(一社)スマートプロセス学会 2020 年度学術講演会, WEB 開催 (2020.11.27)  
山下 悠登, 茂田 正哉, 田中 学
- (28) 交流ティグ溶接における電極の飛散機構に対する電極内添加物の影響  
(一社)スマートプロセス学会 2020 年度学術講演会, WEB 開催 (2020.11.27)  
飯田 健太, 茂田 正哉, 田中 学
- (29) 粒子法を用いたマグ溶接におけるスラグ輸送・定着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 2020 年度学術講演会, WEB 開催 (2020.11.27)  
深澤 孝公, 辰巳 和也, 古免 久弥, 茂田 正哉, 田中 学
- (30) A Study on the Effect of Joining Parameters to IMC Layer Growth in Dissimilar Materials Joints (AA5052 - DP590 GA) by DC Pulsed MIG  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
聖旻 洪, 田代 真一, 田中 学, H.-S. Bang
- (31) アルミニウム A1050 の AC タングステン不活性ガス溶接における溶接プールの表面温度分布の光学測定  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
ゴック クアン チン, 田代 真一, 田中 学

(32) 外部磁場を利用した陰極点挙動制御交流ティグ溶接の開発  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
ファンレ, 田代 真一, 田中 学

(33) 新しい可変極性プラズマアークプロセスにおけるエネルギー輸送  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
呉 東升, 田代 真一, 田中 学, S. M. Hong, 華 学明

#### (9) 国際会議講演

(1) Visualizations and Predictions of Welding Arcs Towards New Era Manufacturing  
RWIA & CCRW 2020, Shanghai & Lanzhou, China (with Online) (2020.12.26-27)  
M. Tanaka

(2) Understanding of Arcs through Visualizations of Phenomena for Smart Arc Welding Technology  
Chosun University Special Lecture, Online (2021.1.18)  
M. Tanaka

(3) Modelling and Simulation of Turbulent Thermal Plasma Flows for Nanopowder Mass Production  
7th Plasma Science & Entrepreneurship workshop, online (2020.11.3-4)  
M. Shigeta

#### (10) 国内会議講演

(1) 溶接アークの電極現象について  
日本溶接協会電気溶接機部会 2020 年度溶接技術講演会, オンライン (2020.10.26)  
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 (2020.12.9-10)  
田中 学

(3) 接合科学研究所の国際戦略～ベトナムにおける人材育成のこれまでとこれから～  
大阪大学のグローバル化促進のための講習会～世界に羽ばたくための国際戦略～, 大阪  
(2020.12.11)  
田中 学

(4) 溶接法基礎論  
令和 2 年度溶接工学冬の夏季大学, オンライン (2021.2.1-8)  
田中 学

(5) 大阪大学 接合科学研究所が魅せる 溶接可視化の最前線!～ハイスピード撮影と数値シミュレーションによる溶接可視化のハイブリッド解説～  
株式会社フォトロン Web セミナー, WEB 開催 (2020.8.7-9)  
茂田 正哉

(6) 溶接プロセスシミュレーションの手法・適用例・活用法  
溶接学会 2020 年度秋季全国大会 ワークショップ, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
茂田 正哉

- (7) 高エンタルピープラズマ流による材料プロセッシングの数値解析的研究  
第37回プラズマ・核融合学会, シンポジウム7「大気圧近傍におけるプラズマ生成とその応用」,  
WEB開催 (2020.12.1-3)  
茂田 正哉
- (8) 熱プラズマ流体・材料プロセス研究を主軸として歩み得てきたもの  
2021年第68回応用物理学会春季学術講演会, プラズマエレクトロニクス分科会30周年記念  
特別セッション, WEB開催 (2021.3.16-19)  
茂田 正哉

#### (11) 解説・総説

- (1) 来たるべき時代に向けた接合科学研究所の取り組み  
生産と技術, 72, 2 (2020), 1-2.  
田中学
- (2) 第II部 溶接・接合工学の最近の動向, I 溶接法研究委員会  
溶接学会誌, 89, 5 (2020), 38-51.  
浅井 知, 田中学, 山根 敏, 宮坂 史和, 茂田 正哉, 野村 和史, 荻野 陽輔
- (3) ポストコロナ時代を見据えて  
スマートプロセス学会誌, 10, 1 (2021), 1.  
田中学
- (4) 溶接法基礎論  
令和2年度溶接工学冬の夏季大学教材 (2021), 1-28.  
田中学
- (5) アーク溶接現象解明に向けた最先端診断・数値熱流体解析  
電気学会誌, 140, 6 (2020), 350-353.  
茂田 正哉, 田中学
- (6) 高エンタルピープラズマ流動場を利用したナノ粒子大量創製プロセスにおける諸現象のモデ  
リングと数値計算法の研究  
スマートプロセス学会誌, 10, 1 (2021), 32-37.  
茂田 正哉

#### (15) 受賞

- (1) 溶接物理・技術奨励賞  
(一社)溶接学会 溶接法研究委員会 (2020.08.05)  
古免 久弥, 寺崎 秀紀, 馬場 勇人, 門田 圭二, 恵良 哲生, 田中学
- (2) 溶接アーク物理研究賞  
(一社)溶接学会 溶接法研究委員会 (2020.08.05)  
茂田 正哉, 須貝 友裕, 田中学, 古免 久弥, 迎井 直樹, 井上 芳英
- (3) 溶接物理・技術奨励賞  
(一社)溶接学会 溶接法研究委員会 (2020.08.05)  
阿部 洋平, 中谷 光良, 藤本 貴大, 茂田 正哉, 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 (2020.08.05)  
田中 慶吾, 茂田 正哉, 田中 学
- (5) The William Spraragen Memorial Certificate Award  
American Welding Society (2020.11.19)  
S. Tashiro, A. V. Nguyen, D. Wu, M. Tanaka
- (6) 学術奨励賞  
(一社)スマートプロセス学会 (2020.11.27)  
辰巳 和也(M2)
- (7) 学術奨励賞  
(一社)スマートプロセス学会 (2020.11.27)  
田中 慶吾(D3)
- (8) Best Presentation Award for Students Session  
The 17th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2020) (2020.12.01)  
上野 亮(M2)
- (9) 優秀ポスター発表賞  
(一社)溶接学会 (2020.12.08)  
辰巳 和也(M2)

(17) 外部資金

(単位:千円)

科学研究費補助金

- (1) 基盤研究(B) 超臨界プラズマ流動制御による有機修飾複合ナノ粒子のワンステップ合成プロセスの開発 茂田 正哉 1,170

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 1,000
- (2) JFE ウエルディング協働研究所 田中 学 1,500
- (3) 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
- (4) 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 240
- (5) 大入熱溶接金属の組織形成に関する研究等 田中 学 2,880
- (6) 高 Ar シールドガス MAG 溶接現象の研究 田中 学 2,000
- (7) 開閉器におけるアーク放電再点弧現象メカニズム解明のためのアーク放電解析技術に関する研究 田中 学 2,620
- (8) JFE ウエルディング協働研究所 茂田 正哉 1,500

## 受託研究

(1)	マルチマテリアル接合技術の基盤研究	田中 学	1,068
(2)	マルチマテリアル接合技術の基盤研究	茂田 正哉	1,068

## 学術相談

(1)		田中 学	275
-----	--	------	-----

## 奨学寄付金

(1)		田中 学	7,533
(2)		茂田 正哉	1,000

## 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
(5)	全学教育推進機構	学問への扉(マチカネゼミ)

### (2) 博士論文(主査)

(1)	マテリアル生産科学専攻, 青木 篤人	二段給電式ミグ溶接の溶接プロセスの解明と実用化に関する研究
(2)	マテリアル生産科学専攻, 前中 志郎	キセノンショートアークランプの長寿命化・高輝度化に関する研究
(3)	マテリアル生産科学専攻, 迎井 直樹	アーク溶接金属中の拡散性水素量に影響する溶接材料因子の挙動と影響抑制プロセスに関する研究
(4)	マテリアル生産科学専攻, 田中 慶吾	ティグアークプラズマ中の金属蒸気輸送およびそれに起因する電極消耗機構の解明

(5) マテリアル生産科学専攻, 阿部 洋平 デジタル波形制御電源を用いたサブマージアーク溶接現象の解明と極狭開先溶接技術に関する研究

(6) マテリアル生産科学専攻, Dongsheng Wu A Study on the Interactive Phenomena in the Hybrid Keyhole Plasma Arc Welding-Gas Metal Arc Welding Process

### (3) 博士論文(副査)

(1) マテリアル生産科学専攻, Hamed Zargari Habib Penetration Shape Change in Workpiece-vibration Assisted Tandem-pulsed Gas Metal Arc Welding

(2) マテリアル生産科学専攻, 笠野 和輝 溶接画像センシング技術の高度化とインプロセス溶接品質管理技術への応用に関する研究

### (4) 修士論文

(1) マテリアル生産科学専攻, 上野 亮 粉粒状フラックスを用いた高能率溶接法における熱輸送過程の数値解析的研究

(2) マテリアル生産科学専攻, 辰巳 和也 ガスメタルアーク溶接における極性が溶滴温度に与える影響

### (5) 卒業論文

(1) 応用理工学科マテリアル生産科学科目, 飯田 健太 交流ティグ溶接における電極の飛散発生メカニズムの検討

(2) 応用理工学科マテリアル生産科学科目, 深澤 孝正 粒子法を用いたマグ溶接におけるスラグ輸送・定着の支配的因子の調査

氏名：茂田 正哉

### (1) 大学院等講義科目

(1) マテリアル生産科学専攻 加工物理学 I

(2) マテリアル生産科学専攻 材料機能化設計学

(3) 応用理工学科 エネルギー加工学 II

(4) 応用理工学科 輸送現象論 I

(5) 全学教育推進機構 学問への扉(マチカネゼミ)

氏名：田代 真一

### (1) 大学院等講義科目

(1) 全学教育推進機構 学問への扉(マチカネゼミ)

#### 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)電気学会          | 論文委員会 委員                          |
| (5)  | (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              |
| (6)  | (一社)日本鉄鋼協会        | 接合・結合フォーラム 主査                     |
| (7)  | (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          |
| (8)  | (一社)日本溶接協会        | 電気溶接機部会技術委員会 副委員長                 |
| (9)  | (一社)日本溶接協会        | メールマガジン編集委員会 委員                   |
| (10) | (一社)日本溶接協会        | 溶接管理技術者教育委員会 副委員長                 |
| (11) | (一社)日本溶接協会        | 国際活動委員会 委員                        |
| (12) | (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       |
| (13) | (一社)日本溶接協会        | 溶接技能者教育委員会 委員長                    |
| (14) | (一社)日本溶接協会        | IIW2022 年次大会実行準備委員会 委員            |
| (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                       |
| (25) (一社)溶接学会                  | 企画委員会 委員長                      |
| (26) (一社)溶接学会                  | 関西支部 副支部長                      |
| (27) (一社)溶接学会                  | 理事                             |
| (28) (一社)溶接学会                  | 溶接情報化委員会 委員                    |
| (29) (一社)溶接学会                  | 研究推進部会 部会長                     |
| (30) (一社)溶接学会                  | 研究推進部会 委員                      |
| (31) (一社)溶接学会                  | 溶接学会 2020 年度秋季全国大会実行委員会<br>委員長 |
| (32) (独)日本学術振興会                | プラズマ材料科学第 153 委員会 委員           |
| (33) IIW                       | 理事                             |
| (34) IIW(国際溶接学会)               | Study Group 212 委員会 委員長        |
| (35) IIW(国際溶接学会)               | 理事                             |
| <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                           |
| <b>(7) 社会への情報発信</b>            |                                |
| (1) フープ材溶接装置 ムラタ溶研, 圧延<br>自動制御 | 日刊工業新聞 (2020.06.11)            |
| (2) 阪大接合研, 「溶接文化」を発信           | 溶接ニュース (2020.06.30)            |

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| (3) 学術・技術・芸術ー溶接文化をつむぐ                               | 溶接ニュース (2020.06.30)            |
| (4) 期待される「海外人材の力」座談会                                | 溶接ニュース (2020.06.30)            |
| (5) 産学共創の取り組み                                       | 溶接ニュース (2020.06.30)            |
| (6) インタビュー 研究に成果上げた光速<br>度カメラ                       | 溶接ニュース (2020.06.30)            |
| (7) IIW, 年次大会開く. 新理事に大阪大<br>学接合科学研究所の田中学所長          | 溶接ニュース (2020.08.04)            |
| (8) 溶接学会・秋季全国大会 田中学実行<br>委員長に聞く                     | 溶接ニュース (2020.08.25)            |
| (9) ムラタ溶研 世界初アース接続不要ス<br>ポット溶接機 阪大と共同開発のノズ<br>ル使用   | 溶接ニュース (2020.10.06)            |
| (10) 溶接学会 2020 年度秋季全国大会 初の<br>オンライン開催               | 溶接技術 2020 年 11 月号 (2020.10.20) |
| (11) 「接合科学地球カフェ」をオープン 阪<br>大接合研がハノイ工科大とオンライン<br>で結び | 文教速報 (2020.10.21)              |
| (12) 大阪大学 第 1 回「接合科学地球カフェ」<br>オープン !!               | 文教ニュース (2020.10.26)            |
| (13) 阪大接合研が「接合科学地球カフェ」日・<br>タイ・ベトナムを結んで " 開店 "      | 文教速報 (2021.02.05)              |
| (14) オンデマンドでいつでも受講 溶接学<br>会, 冬の夏季大学                 | 溶接ニュース (2021.03.16)            |

**氏名：茂田 正哉**

**(1) 学会役員**

- |  |   |
|--|---|
| (1) (一社)スマートプロセス学会                           | 学術企画運営委員会 委員                                    |
| (2) (一社)日本機械学会流体工学部門                         | 技術委員会講演会 WG 幹事                                  |
| (3) (一社)日本機械学会流体工学部門                         | Web Conf. タスクフォース 幹事                            |
| (4) International Institute of Welding (IIW) | Principal Reviewer (主査) of Welding in the World |

**(3) 他大学等での非常勤講師**

- |                        |  |
|------------------------|--|
| (1) 国立大学共同利用・共同研究拠点協議会 | 知の拠点【すぐわかアカデミア。】すぐにわかる変化球のしくみ～流れの科学と接合の科学～ |
|------------------------|--|

## (7) 社会への情報発信

- (1) 阪大接合研 研究内容を動画で配信 茂田 准教授, 一般に溶接 PR 溶接ニュース (2020.05.12)
- (2) すぐわかる変化球のなぜ 流れの科学 (工学・力学)と接合科学 溶接ニュース (2020.06.30)

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 Special issue editor

## 4. 10 全国共同利用に関する研究

### (1) 令和2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) 宮崎大学教育学部 湯地 敏史 Plasma-MIG ハイブリッド溶接手法におけるアルミニウム材の溶接技術の確立
- (2) 熊本大学自然科学教育部 寺崎 秀紀 埋もれアーク現象の数値解析モデルの構築
- (3) 熊本大学先進マグネシウム国際研究センター 古免 久弥 埋もれアーク現象の数値解析モデルの構築
- (4) 足利大学工学部 安藤 康高 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物半導体皮膜の高速形成
- (5) 琉球大学工学部工学科 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 / Engineering Research Center of Advanced Manufacturing Technology of Automotive Structural Parts Li Cheng To investigate the physical characteristics and evolution of weld pool and keyhole in VPPA variable position welding by experiment and simulation methods.

- |     |   |                |   |
|-----|---|----------------|---|
| (2) | East china university of science of technology/<br>School of Resources and Environmental Engineering/<br>Institute of Clean Coal Technology | Kuo Lin        | Liquid-solid two-phase flow at high temperature   |
| (3) | Hanyang university / Energy engineering / nano device process laboratory  | Sun Seho       | Research on low temperature fabrication process of nano-structured functional layers with prof. naito |
| (4) | KU Leuven, Belgium  | Sharma Abhay   | Research on Laser Arc Hybrid Welding  |
| (5) | Lanzhou University of Technology  | Zhang Hengming | Modeling of Self-shielded Flux Cored Arc Welding  |

氏名：茂田 正哉

一般公募研究課題

- |     |               |       |                              |
|-----|---------------|-------|------------------------------|
| (1) | (国研)産業技術総合研究所 | 平山 悠介 | 熱プラズマ流によるナノ材料合成反応の探索と輸送現象の解明 |
|-----|---------------|-------|------------------------------|

(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 | 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ならびに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。さらに、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（研究領域提案型）「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基に、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推進している。また、プラズマプロセスを駆使した機能材創成と構造制御に関する研究を進めている。

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基材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. 新しい大気圧非平衡プラズマ源ならびに有機－金属異種材料接合技術の開発

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. 反応性プラズマプロセスの高度制御による高品質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 (thin film transistor: TFT) 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（有機材料等のフレキシブルな基材上に形成したデバイス）の創成に向けた技術展開には、高移動度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、酸化物半導体薄膜形成プロセスにおける反応過程の解明を通じて、プラズマ反応性の高度制御により、デバイス形成の低温化と大面積プロセスの実現に向けた新しいプラズマ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、IGZO 薄膜形成後のプラズマアニールプロセスの高度化に向けた研究を推進した。そ

の結果、反応性プラズマプロセスが高移動度 TFT の低温形成に資するのみならず、TFT 動作特性における閾値電圧の改善においても重要な効果を発揮することを示した。これらの結果は、前年度までに行ってきた気相の反応性制御ならびに半導体薄膜中の弱結合酸素に関する知見とも相関を示すことが明らかになった。

さらに、上記の IGZO 薄膜トランジスタ形成におけるプラズマアニールプロセスに関する研究成果を発表した国際会議 13th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma 2021) / 14th International Conference on Plasma Nano Technology & Science (IC-PLANTS 2021) において、The Best Short Presentation Awards を受賞し、国際的にも高く評価された。

## 2. 高密度反応性プラズマプロセスによる新規酸窒化物半導体薄膜の形成

酸化物半導体の応用においては、次世代に向けたフレキシブルデバイスの創成に向けた技術展開 [高移動度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] に加えて、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光劣化 [光照射下負バイアス負荷不安定性 (NBIS)] の抑制が重要な研究課題となっており、新たな薄膜半導体材料の開発が望まれている。

このため、本研究では、従来の研究例が希少なガリウム酸窒化物を研究対象とし、薄膜形成プロセスにおける反応過程の解明を通じて、プラズマ反応性の高度制御により、ガリウム酸窒化物薄膜の導電性制御に向けた研究を推進した。

その結果、薄膜形成時のプラズマの生成条件を制御することによりガリウム酸窒化物薄膜の導電性を広範に制御することが可能であることを実験的に示すと共に、薄膜トランジスタとしてのスイッチング動作に向けた指針を得ることができた。

## 3. 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」(平成 24 ~ 28 年度)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)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(従来よりも格段に高密度の活性種生成と幅広い制御性を具備)を礎に、有機材料と金属との異材接合の研究に展開している。

本年度は、ポリカーボネートならびに炭素繊維強化プラスチック (CFRP) をはじめとする有機材料とステンレス鋼との接合に、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を適用し、従来の熱圧着法(加熱後に圧着するプロセス)に比べて、格段に高い接合強度を実現することに成功した。

特に、高強度の有機-金属異材接合を実現する上でのプロセス制御因子について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。

本研究では、従来の熱プロセスを格段に凌駕する接合強度を実現し、軽量化の進展が著しい輸送機の製造分野への展開が期待される。

本研究で用いた高周波励起型大気圧高密度非平衡プラズマジェットの生成・制御技術は、平成 28 年度まで実施した科学研究費助成事業(科学研究費補助金)新学術領域研究の支援を受けて培った学術的知見を活用したものである。また、本研究内容の一部については、大阪大学発の知財として審査請求を行った。

## (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、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基礎研究の成果であり、これらを基盤技術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ならびに国内会議において、招待講演（国際会議：2件、国内会議：2件）を依頼され、内外において高く評価されているものと考ええる。また、今年度までに得られた学術的な成果については、応用物理学会誌ならびに溶接学会誌をはじめとする学会から執筆を依頼された解説論文（5編）として掲載され、高い評価を受けている。さらに、IGZO 薄膜トランジスタ形成におけるプラズマアニールプロセスに関する研究成果を発表した国際会議 13th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma 2021) / 14th International Conference on Plasma Nano Technology & Science (IC-PLANTS 2021) において、The Best Short Presentation Awards を受賞し、国際的にも高く評価された。加えて、有機材料-金属接合技術に関する研究開発の成果については、本学発の知財として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考ええる。さらに、大気圧プラズマ源の応用に関する研究では、知財（大阪大学継承）の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

科学研究費補助金については、これまで絶え間なく継続して獲得してきたが、本年度はいずれも不採択であった。このため、次年度での採択に向けて、基礎研究を更に充実して実施すると共に、

応用研究に向けた成果の集積に注力して研究を精力的に推進した。また、六大学六研究所連携プロジェクト「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、学会等の活動に貢献している。

##### 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、チェア等を歴任している。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2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3年度～)においては、主幹校のプロジェクトリーダーとして概算要求ならびに文科省学術機関課への対応を図り、採択に尽力した。

#### 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

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

##### (7) 国際会議発表

- (1) Effects of Post-Plasma Annealing Processing on Performance on IGZO TFTs  
13th Int. Symp. on Adv. Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma 2021) / 14th Int. Conf. on Plasma Nano Technology & Science(IC-PLANTS 2021), Web Conference (2021.3.7-11)  
K. Takenaka, H. Hirayama, T. Fujimura, Y. Hayashi, A. Ebe and Y. Setsuhara

##### (8) 国内学会発表

- (1) プラズマ支援反応性プロセスで作製された IGZO 薄膜トランジスタの特性に対するポストプロセス温度の影響  
第 38 回プラズマプロセッシング研究会(SPP-38)/ 第 33 回プラズマ材料科学シンポジウム (SPSM33), Web 会議 (2021.1.27-29)  
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) 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(II)  
2021 年第 68 回応用物理学会春季学術講演会, Web 会議 (2021.3.16-19)  
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

##### (9) 国際会議講演

- (1) Paradigms Explored with Non-Equilibrium Plasmas -from Low-Pressure to Atmospheric-Pressure Plasma Processing of Materials -  
MRS-Taiwan Annual Meeting 2020, Web conference (2020.11.7)  
Y. Setsuhara, K. Takenaka, G. Uchida and A. Ebe
- (2) Low-temperature Fabrication of High-Mobility InGaZnO Thin-Film Transistors Using Plasma-Assisted Reactive Processes  
4th Asia Pacific Conference on Plasma Physics (AAPPS-DPP2020), Remote e-conference (2020.10.26-31)  
K. Takenaka, G. Uchida, A. Ebe and Y. Setsuhara

##### (10) 国内会議講演

- (1) 機能性酸化物・窒化物薄膜の長尺低温形成に向けた反応性プラズマプロセスの開発  
スパッタリングおよびプラズマプロセス技術部会(SP 部会)第 164 回定例研究会, Web 会議 (2020.9.7)  
節原 裕一, 竹中 弘祐, 平山 裕之, 内田 儀一郎, 江部 明憲
- (2) 低圧から大気圧にわたる非平衡プラズマプロセス - 高移動度半導体薄膜形成から医療, 有機/金属異材接合まで -  
2020 (令和 2)年度第 3 回表面改質技術研究委員会, Web 会議 (2021.2.17)  
節原 裕一, 竹中 弘祐, 内田 儀一郎

## (11) 解説・総説

- (1) 大気圧低温プラズマジェット照射溶液によるがん細胞殺傷に関する研究  
スマートプロセス学会誌, 9, 3 (2020), 90-96.  
内田 儀一郎, 池田 純一郎, 竹中 弘祐, 節原 裕一
- (2) プラズマ支援反応性プロセスを用いた機能性酸化物薄膜の形成  
溶接学会誌, 89, 7 (2020), 472-475.  
竹中 弘祐, 節原 裕一
- (3) 非平衡プラズマが拓くパラダイム - 薄膜トランジスタ形成から医療, 異材接合まで -  
生産と技術, 72, 4 (2020), 15-19.  
竹中 弘祐, 節原 裕一, 内田 儀一郎, 江部 明憲
- (4) プラズマ支援反応性プロセスによるアモルファス InGaZnO<sub>x</sub> 薄膜形成  
応用物理, 90, 1 (2021), 35-39.  
竹中 弘祐, 節原 裕一, 内田 儀一郎, 江部 明憲
- (5) ミストを用いたプラズマ支援反応性プロセスによる機能性酸化物薄膜の形成  
スマートプロセス学会誌, 10, 1 (2021), 10-14.  
竹中 弘祐, 節原 裕一

## (15) 受賞

- (1) The Best Short Presentation Awards  
Organizing Committee of ISPlasma2021/IC-PLANTS2021 (2021.03.11)  
K. Takenaka, H. Hirayama, T. Fujimura, Y. Hayashi, A. Ebe and Y. Setsuhara

## (17) 外部資金

(単位: 千円)

### 受託研究

- |     |                                    |       |       |
|-----|------------------------------------|-------|-------|
| (1) | ミストプラズマを用いた3次元ナノ構造を持つ酸化亜鉛薄膜形成技術の開発 | 竹中 弘祐 | 1,430 |
|-----|------------------------------------|-------|-------|

## 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(マチカネゼミ) |

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(マチカネゼミ)

#### (4) 修士論文

(1) マテリアル生産科学専攻, 藤村 知輝 プラズマ支援反応性スパッタリング製膜法を用いた酸化ガリウム薄膜形成に関する研究

(2) マテリアル生産科学専攻, 坊野 哲也 大気圧非平衡プラズマジェットによる金属-有機材料接合におけるプロセス制御因子に関する研究

### 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

氏名: 竹中 弘祐

#### (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) (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) ISPlasma2021/IC-PLANTS2021 Program Committee

### 4. 10 全国共同利用に関する研究

#### (1) 令和 2 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 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

(3) 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

- |     |                                    |       |                                  |
|-----|------------------------------------|-------|----------------------------------|
| (4) | 九州大学プラズマナノ<br>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          |
| (5) | 九州大学大学院<br>システム情報科学研究所             | 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          |
| (6) | 佐世保工業高等専門学校                        | 川崎 仁晴 | 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研究  |
| (7) | 東京工業大学<br>科学技術創成研究所<br>フロンティア材料研究所 | 井手 啓介 | プラズマ反応性プロセスを用いた新規アモルファス酸化物半導体の創成 |
| (8) | 東北大学大学院工学研究科<br>電子工学専攻             | 岡田 健  | プラズマプロセスによる歪み導入グラフェンの表面反応制御      |
| (9) | 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マ源の開発         |

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. 還元雰囲気を利用した低環境負荷型フラックスレスはんだ付プロセスの開発
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。今年度は、更にInを添加したSn-Bi-Zn-Inの4元系合金を提案し、合金の機械的性質、更には接合部の接合強度、界面微細構造の評価を行った。その結果、Sn-Bi共晶はんだよりも優れた機械的性質を確認するとともに、接合部の信頼性向上も認められ、低融点合金を用いたはんだ付部の信頼性向上に向けた貴重な成果を得た。

#### 2. 低融点金属めっきCuシートを利用した高Pb含有はんだ代替接合技術の開発

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金属粒子ペーストや金属シートを用いる新規接合プロセスの構築に向けた基礎研究を継続的に行っている。今年度は、InめっきしたCuシートをインサート材とし、無電解Ni/Auめっき同士の液相拡散接合を試みた。特に、ペースト状ではなく、シート状のインサート材とすることで、有機物の残存を無くし、ボイド形成を抑制できるプロセスの検討を行った。その結果、窒素雰囲気でも接合温度250℃、接合時間30min、加圧力10MPaの接合条件で、25MPa以上の接合強度が得られることが分かり、また接合部の断面観察を行った結果、初期のIn層は金属間化合物化していることが確認できた。シート状のインサ-

ト材料の開発に向け、貴重な指針を得た。

### 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、Cu 同士や無電解 Ni/Au めっき同士の接合実験を試みた。その結果、冷間圧延により得られた Mn-Cu 合金薄帯から作製した Cu ナノポーラス構造でも、焼結型の接合が十分に可能であることが確認できた。今後は、接合界面での現象を明確にするとともに、接合信頼性に関する評価を行っていく予定である。

### 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元素を選定し、第3元素を添加した複数の組成で、実際に合金を試作し、その熱的特性や微細組織、機械的性質についての評価を開始した。

### 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、近年では高温動作が期待され、大電流を制御するようなパワーデバイスなどの分野でもエレクトロ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、パワーデバイスのダイアタッチ部の接合用材料として期待されている Ag ナノ粒子や Cu ナノ粒子を用いた焼結型接合部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、蒸着した Ag 薄膜でのエレクトロマイグレーション現象について評価し、昨年度に行った Sn 及び Sn-3.0Ag-0.5Cu はんだ組成のエレクトロマイグレーション現象と比較することで、Ag 薄膜のエレクトロマイグレーション現象の特徴や両者の違いを明確にすることができ、貴重な成果を得た。

## (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化を推進している。具体的には、鉛フリーはんだ接合部界面微細組織解析・継手特性評価と低融点鉛フリーはん

だの探索とその特性向上、ナノマテリアルやナノ構造を利用した新規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マイクロサイズの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国際標準化事業にも活用している。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、平成27年度から開始された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)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提案され、西川教授が日本代表として本提案のプロジェクトリーダーとなり、国際規格の成立に向けた取り組みを行っている。更に、平成30年度からは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)にも、副委員長として参画し、令和2年度、新たにもう1件の新規国際規格提案を行った。

#### 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、研究論文は、査読付き学术论文10件(うち海外欧文誌9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3.0を超える学術雑誌(Appl. Surf. Sci., Mater. Sci. Eng. A, J. Mater. Sci. 等)に6件が掲載され、海外欧文誌分は全てIF 1.0以上の学術雑誌に掲載されており、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:

H27年度から開始された国プロ・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)と平成30年度から開始され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(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))に参画しており、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、国際規格の成立に向けた取り組みを行っている。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2年度外部資金は、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)で産学共同(育成型)を研究代表者として新規に獲得するとともに、科学研究費補助金「基盤研究(B)」や経済産業省「戦略的国際標準化加速事業」を継続して実施した。科学研究費補助金1件4,030千円、民間等との共同研究5件68,951千円、受託研究3件20,183千円、奨学寄付金1,400千円で、外部資金合計は94,564千円となり、大型の共同研究を開始することができ大幅に総額を上積みすることができた。更に、国プロなどの大型研究予算の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、3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 6 名、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、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 2 年度は 5 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。また平成 30 年度からは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)に参画し、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、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 4 名、韓国からの留学生 1 名、ベトナムから留学生 1 名が正規留学生として在籍するとともに、研究留学生として特別研究学生 3 名と研究生 1 名を受け入れた。

#### 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 11 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 1 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) Microstructure and Mechanical Properties of the In-48Sn-xAg Low-Temperature Alloy  
J. Mater. Sci., 55 (2020), 10824-10832.  
D. L. Han, Y.-A. Shen, S. Jin and H. Nishikawa
- (2) Interfacial Transformation of Preoxidized Cu Microparticles in a Formic-Acid Atmosphere for Pressureless Cu-Cu Bonding  
J. Mater. Sci. -Mater. Electron., 31 (2020), 14635-14644.  
R. Gao, S. He, J. Li, Y.-A. Shen and H. Nishikawa
- (3) Effect of Surface Potential Distribution on Corrosion Behavior of Cu/Al Interface in Cu Wire Bonding Applications  
Microelectronics Reliability, 113 (2020), 113942.  
O. Mokhtari and H. Nishikawa
- (4) Isolation and Characterization of Facultative-Anaerobic Antimonate-Reducing Bacteria  
Microorganisms, 8, 9 (2020), 1435.  
Z. Yang, H. Hosokawa, T. Sadakane, M. Kuroda, D. Inoue, H. Nishikawa and M. Ike
- (5) Mechanical and Microstructural Enhancements of Ag Microparticle-Sintered Joint by Ultrasonic Vibration  
J. Mater. Sci. -Mater. Electron., 31 (2020), 21711-21722.  
R. Gao, Y.-A. Shen, J. Li, S. He and H. Nishikawa
- (6) Investigation of FeCoNiCu Properties: Thermal Stability, Corrosion Behavior, Wettability with Sn-3.0Ag-0.5Cu and Interlayer Formation of Multi-Element Intermetallic Compound  
Appl. Surf. Sci., 546 (2021), 148931.  
Y.-A. Shen, H.-M. Hsieh, S.-H. Chen, J. Li, S.-W. Chen and H. Nishikawa
- (7) Microstructures Analysis and Quantitative Strengthening Evaluation of Powder Metallurgy Ti-Fe Binary Extruded Alloys with ( $\alpha+\beta$ )-dual-phase  
Mater. Sci. Eng. A., 803 (2021), 140708.  
J. Umeda, T. Tanaka, T. Teramae, S. Kariya, J. Fujita, H. Nishikawa, Y. Shibutani, J. Shen and K. Kondoh
- (8) Effect of Cu Addition on the Microstructure and Mechanical Properties of In-Sn-based Low-Temperature Alloy  
Mater. Sci. Eng. A., 804 (2021), 140785.  
D. L. Han, Y.-A. Shen, S. He and H. Nishikawa
- (9) Electromigration Behavior of Silver Thin Film Fabricated by Electron-Beam Physical Vapor Deposition  
J. Mater. Sci., 56 (2021), 9769-9779.  
Z. Jin, Y.-A. Shen, F. Huo, Y. C. Chan and H. Nishikawa
- (10) 大阪大学カップリング・インターンシップにおけるキャリア教育的効果について（実践型短期海外インターンシップ成果報告書からの分析）  
グローバル人材育成教育研究, 8, 2 (2021), 1-12.  
寺西 未沙, 勝又 美穂子, 西川 宏, 近藤 勝義, 田中学

**(2) 国際会議発表論文(査読あり)**

- (1) Sintered Micro-Silver Paste Doped with Indium for Die Attachment Applications of Power ICs  
Proc. 2020 IEEE 70th Electronic Components and Technology Conf. (ECTC), Online (2020.5.26-29),  
1430-1435.  
C.-H. Tsai, W.-C. Huang, C. Robert, L. M. Chew, W. Schmitt and H. Nishikawa

**(3) 国際会議発表論文(査読なし)**

- (1) Effect of High-temperature Storage at 300 °C on Sintered Layer Using Micro-sized Ag Particles for High-temperature Packaging Technology  
Proc. 8th Electronics System-Integration Technology Conf. (2020.9.15-18), 126-129.  
H. Nishikawa and S. Yamano
- (2) Metal Deposition Using Solutions on High-Density and Well-Aligned CNTs  
Proc. 8th Electronics System-Integration Technology Conf., Online (2020.9.15-18), 43-47.  
M. Saito, H. Kuwae, J. Mizuno, W. Norimatsu, M. Kusunoki and H. Nishikawa
- (3) Textile-based Passive Sensor for Air Humidity  
Proc. 8th Electronics System-Integration Technology Conf. (2020.9.15-18), 7-9.  
H. He, X. Chen, Z. Khan, L. Sydanheimo, L. Ukkonen, J. Li, H. Nishikawa and J. Virkki
- (4) Effects of Minor Element Addition on Mechanical Properties of Sn-Bi Alloy  
Proc. 15th Int. Microsystems, Packaging, Assembly and Circuits Technology Conf., Online (2020.10.21-23), AS0105.  
Y. Hirata, C.-H. Yang, S.-K. Lin and H. Nishikawa

**(4) 国内会議発表論文(査読あり)**

- (1) Sn-Bi-Zn-In 合金を用いた接合部の特性評価  
第27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,  
27 (2021.2.2-15), 298-301.  
平田 侑希, C.-H Yang, S.-K. LIN, 西川 宏

**(5) 国内会議発表論文(査読なし)**

- (1) Cu-Zn 合金の腐食を利用した Cu 微細構造による接合プロセスの検討  
第27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  
(2021.2.2-15), 229-230.  
綿谷 一駿, 朴 炳浩, 西川 宏
- (2) 青色半導体レーザーを用いたレーザーはんだ付継手の界面評価  
第27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  
(2021.2.2-15), 320-321.  
金下 征司, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕, 西川 宏

**(11) 解説・総説**

- (1) レーザーはんだ付の特徴  
UYEMURA TECHNICAL REPORTS, 80 (2020), 3-10.  
西川 宏

- (2) マイクロサイズ Ag 粒子を利用した高耐熱用焼結型接合  
スマートプロセス学会誌, 9, 6 (2020), 259-263.  
西川 宏
- (3) 文理・異文化融合課題解決型グローバル人材育成プログラムが参加学生の進路検討に与える  
効果 (カップリング・インターンシップ参加学生の進路追跡調査より)  
グローバル人材育成教育研究, 8, 2 (2021), 45-53.  
橋本 智恵, 勝又 美穂子, 西川 宏, 近藤 勝義

(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の探求と接合メカニズムの解明 | 西川 | 宏 | 4,030 |
|-----|--|----|---|-------|

**民間等との共同研究**

- |     |                                 |    |   |        |
|-----|---------------------------------|----|---|--------|
| (1) | 高信頼ダイボンディング接合技術の開発と評価に関する研究     | 西川 | 宏 | 2,400  |
| (2) | 電力半導体 Die Attach Sintering 材料研究 | 西川 | 宏 | 1,120  |
| (3) | 鉛フリーはんだ合金粉末の高性能化と生産性向上のための調査研究  | 西川 | 宏 | 2,233  |
| (4) | 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 | 32,400 |
| (5) | 界面工学を利用した環境保全技術開発共同研究プロジェクト     | 西川 | 宏 | 30,798 |

**受託研究**

- |     |   |    |   |        |
|-----|---|----|---|--------|
| (1) | 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 | 西川 | 宏 | 10,733 |
| (2) | 大面積銅接合技術開発                              | 西川 | 宏 | 2,300  |
| (3) | 次世代パワー半導体デバイス実現に資する高信頼性焼結型接合技術の開発       | 西川 | 宏 | 7,150  |

**奨学寄付金**

- |     |  |    |   |       |
|-----|--|----|---|-------|
| (1) |  | 西川 | 宏 | 1,400 |
|-----|--|----|---|-------|

#### 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<br>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(マチカネゼミ)   |

##### (2) 博士論文(主査)

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| (1) 環境・エネルギー工学専攻,<br>Runhua Gao | Die-attach Bonding Process Using Metallic<br>Microparticles for High-temperature Applications |
|---------------------------------|---|

##### (3) 博士論文(副査)

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| (1) マテリアル生産科学専攻, 巽 裕章 | Nanocomposite and Microcomposite Materials for<br>Power Electronics Interconnections |
|-----------------------|--|

##### (4) 修士論文

- |                   |  |
|-------------------|--|
| (1) 生産科学専攻, 平田 侑希 | Zn, In 添加による Sn-Bi 合金の特性改善に関する研究       |
| (2) 生産科学専攻, 井上 健司 | はんだの腐食特性に及ぼすはんだ / 基板間での<br>金属間化合物形成の影響 |

##### (5) 卒業論文

- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| (1) マテリアル生産科学科目, 淀 将悟 | Ag 粒子の焼結現象を利用した接合部の長寿命化 |
|-----------------------|-------------------------|

#### 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 | 関西支部 幹事                          |
| (2) (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 |
| (3) (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       |

- (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 電子デバイス実装研究委員会 副委員長
- (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 有機/無機接合研究委員会 副委員長
- (6) (一社)スマートプロセス学会 編集委員会 委員長
- (7) (一社)スマートプロセス学会 理事
- (8) (一社)電子情報技術産業協会 IEC/TC91 国内委員会 委員
- (9) (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委員会 副委員長
- (10) (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 主査
- (11) (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 幹事
- (12) (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
- (13) (一社)溶接学会 企画委員会 委員
- (14) (一社)溶接学会 研究推進部会 委員
- (15) (一社)溶接学会 マイクロ接合研究委員会 幹事
- (16) (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ロ接合・実装技術シンポジウム 実行委員
- (17) (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) ICEP2020 Technical Program Committee Members
- (2) The Electronics System-Integration Technology Conferences Technical Program Committee
- (3) TMS2021 Symposium Organizer
- (4) ICEP2021 Technical Program Committee Members

**(6) 研究留学生**

- (1) 特別研究学生(JWRI 道場プログラム) : 亜鉛ベースの高温はんだの腐食挙動  
罗 萃

- |                 |                                   |
|-----------------|-----------------------------------|
| (2) 特別研究学生：王 劍豪 | エレクトロマイグレーションによる Sn-Bi はんだ接合部への影響 |
| (3) 特別研究学生：金 容在 | 鉛フリーはんだの高信頼性化                     |
| (4) 研究生：王 泰     | エンジニアリングプラスチックと軽量金属の異種材料接合        |

#### 4. 10 全国共同利用に関する研究

##### (1) 令和2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) 群馬大学大学院理工学府                  | 竹内 裕也 | 新規表面改質法を用いた接合界面及び表面特性の向上                |
| (2) 群馬大学大学院理工学府                  | 田中 陸  | 新規表面改質法を用いた接合界面及び表面特性の向上                |
| (3) 群馬大学大学院理工学府                  | 山坂 健登 | 新規表面改質法を用いた接合界面及び表面特性の向上                |
| (4) 群馬大学大学院理工学府                  | 陳 彤   | 溶融塩中のほう素とチタンの表面反応挙動の解明                  |
| (5) 群馬大学大学院理工学府                  | 小山 真司 | 溶融塩中のほう素とチタンの表面反応挙動の解明                  |
| (6) 早稲田大学<br>ナノ・ライフ創新研究機構        | 齋藤美紀子 | めっき法を用いたナノ材料と接合特性                       |
| (7) 大阪大学工学研究科<br>マテリアル生産科学専攻     | 松嶋 道也 | 導電性樹脂材の低融点金属架橋構造への微細金属凝集による高伝導化         |
| (8) 大阪大学大学院<br>工学研究科             | 福本 信次 | アディティブマニュファクチャリングによる三次元配線の形成            |
| (9) 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／耐塩性セレン酸還元菌によるセレン還元機構の解明 |
| (10) 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／耐塩性セレン酸還元菌によるセレン還元機構の解明 |
| (11) 大阪大学大学院工学研究科<br>環境エネルギー工学専攻 | 池田美紗希 | 環境中から集積・分離した好塩性／耐塩性セ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でポジション
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. ナノ秒レーザ誘起プルームを利用したニッケル基板上への微細構造形成

樹脂と金属の異材接合では、接合前に粗化处理された金属表面の微細構造の制御が重要となる。本研究では、パルスレーザを金属表面に照射した際に発生するレーザ誘起プルームの後方運動を活用し、金属表面にナノ構造体の形成を行った。さらに形成した構造のアスペクト比3以上のナノ構造を「ナノ柱状構造体」と定義し、ナノ秒レーザを用いた後方パルスレーザ堆積法によって金属基板上にナノ柱状構造を形成する手法およびメカニズムを明らかにした。

2. 高出力青色半導体レーザ開発および加工システム開発

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) プロジェクト「高輝度・高効率次世代レーザー技術開発」にて、大阪大学接合科学研究所は鳥津製作所と連携してコア径 200  $\mu\text{m}$  の光ファイバーからNA (開口数) が0.2で出力される500W級青色半導体レーザを開発した。さらに、200W青色半導体レーザを搭載したパウダーベッド式レーザ金属積層造形装置を開発し、純銅の3D造形技術の開発を行った。

3. 16 kW ディスクレーザによるステンレス鋼のキーホール溶接における雰囲気圧力の影響

16 kW ディスクレーザを用いてステンレス鋼板への溶接試験を行い、溶接プロセスにX線透過観察装置を用いたオペランド計測を行い、キーホールの形成過程を観察した。その結果、雰囲気圧力に依存してキーホールの安定性が向上することを明らかにした。さらに、溶融挙動の観察と溶接ビー

ドの断面観察解析を関連付けて溶接欠陥の発生因子を明らかにした。

## (2) 研究に対する自己評価

本研究分野は、主にフェムト秒レーザー、ピコ秒レーザー、ナノ秒レーザー、半導体レーザー、青色半導体レーザー、ファイバーレーザー、ディスクレーザーおよび超微粒子ビームを用いたスマート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月に島津製作所、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一般会員企業で構成され、青色半導体レーザーを応用する上での様々な問題を解決し、基礎セミナーや安全セミナー、加工実験の見学、学術相談などを通じ、青色半導体レーザーの幅広い応用展開、加工機構の解明を行っている。

レーザー金属積層造形法 (SLM 法・LMD 法) においては、チタン、チタン合金、ステンレス鋼、銅などの金属の積層造形に取り組み、レーザーのビームプロファイルやパルス波形が造形に及ぼす影響について検討した。チタン合金の造形では、連続発振 (CW) のレーザーを用いて造形すると、 $\alpha$  相が支配的な組織が形成され、変調パルスを用いることで  $\alpha + \beta$  相が支配的な組織が形成され、レーザーの入熱量を精密に制御することで、材料組織を制御できることを明らかにした。本研究は、「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、タイ国立金属材料研究センター (MTEC) との国際共同研究を行い、積層造形で課題であったボーリング効果を抑えたレーザー照射法の開発に繋がった。本成果は、国際共著論文として査読付論文 *Journal of Optics and Laser Technology*、*Journal of Optics and Lasers in Engineering* に掲載された。さらに、波長を 450 nm の青色半導体レーザーの高出力化およびその加工技術の開発に取り組み、純銅のヘアピン溶接、微細接合、3D 積層造形技術の開発を行った。本成果は、査読付論文 *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 LPM2020 (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7件の成果発表を行っている。さらに、査読付き論文 *Journal of Optics and Lasers in Engineering* (Impact Factor:4.27)、*Journal of Laser Applications* (Impact Factor:2.17)、*Journal of Optics and Laser Technology* (Impact Factor:3.23) 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2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。

NEDO プロジェクト「高輝度・高効率次世代レーザー技術開発」にて、接合科学研究所研究開発拠点において高輝度青色半導体レーザー及び加工技術の開発を推進している。

公衆衛生×光技術 WEB セミナー、Formnext Forum Tokyo 2020、光とレーザーの科学技術フェア

レーザーセミナー、3 地域未来オープンイノベーション・プラットフォーム構築事業セミナー、第 13 回レーザー加工技術展 専門技術セミナー、第 32 回新産業技術促進検討会シンポジウムにおいて講演を行い、レーザ加工の知識の社会普及に貢献した。

#### 【佐藤】

令和元年度に引き続き令和 2 年度もレーザプラットフォーム協議会 3 級レーザ加工管理技術者講習会にて、「レーザー加工の基礎」の講義を行った。

第 27 回レーザー夏の学校、接合技術研究会、日本機械学会北陸信越支部 オンライン特別講演会、接合科学地球カフェ、JWRI-IMS International Joint Lab Online Seminar on Joining and Materials Science、ベトナム溶接研究会、において講演を行い、レーザ溶接・接合の社会普及に貢献した。

#### 4. 研究予算

フェムト秒レーザーによる生体適合性向上に関する研究は令和 2 年度特別経費「全国共同利用・共同実施分」「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」(6 大学連携プロジェクト)の資金で行っている。NEDO プロジェクト「高輝度・高効率次世代レーザー技術開発」は NEDO からの委託費で行っている。レーザ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)の資金で行っている。レーザ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。

#### 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「レーザプロセス学」を担当し、レーザ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「金属ぬれ性」(佐藤)を担当している。

大学院博士後期課程(社会人)2 名、大学院博士前期課程 4 名、学部 4 年生 1 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：4 件、国内会議発表：13 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：3 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、レーザー学会次世代産業用レーザー専門委員会主査、レーザ加工学会理事、レーザ加工学会誌編集委員会委員長、レーザ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、レーザー学会次世代産業用レーザー専門委員会幹事、レーザ加工学会誌編集委員会編集委員、レーザ加工学会講演会 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

NEDO プロジェクト「高輝度・高効率次世代レーザー技術開発」（2016年度～2020年度）では参画企業と連携して「高輝度青色半導体レーザー及び加工技術の開発」を推進している。令和2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「非モルテンプール型レーザクラディングによる超耐熱玉軸受（ボールベアリング）の開発」を推進している。「青色半導体レーザー接合加工研究会」を発足し、一般会員企業に向け産業用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2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。

#### 3. 国際貢献

#### 【塚本】

国際会議 IIW2020 において Commission- IV の Delegate、国際会議 The 39th International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO2020) において Program 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) において実行委員、国際会議 The 39th International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO2020) において Program Committee 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2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、レーザ加工管理技術者認証委員として令和2年度「3級レーザ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2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) Microstructure and Mechanical Properties of Laser Welded Ti-10V-2Fe-3Al (Ti1023) Titanium Alloy  
J. Mater. Res. Technol-JMRT, 9, 4 (2020), 7721-7731.  
A. Chamanfara, M.-F. Huang, T. Pasang, M. Tsukamoto and W. Z. Misiolek
- (2) Microstructure and Hardness Response of Novel 316L Stainless Steel Composite with TiN Addition Fabricated by SLM  
Opt. Laser Technol., 129 (2020), 106238.  
D. Tanprayoona, S. Srisawadi, Y. Sato, M. Tsukamoto and T. Suga
- (3) Pure Copper Layer Formation on Pure Copper Substrate Using Multi-Beam Laser Cladding System with Blue Diode Lasers  
Appl. Phys. A, 26 (2020), 418.  
T. Hara, Y. Sato, R. Higashino, Y. Funada, T. Ohkubo, K. Morimoto, N. Abe and M. Tsukamoto
- (4) Spatter Behavior for 316L Stainless Steel Fabricated by Selective Laser Melting in a Vacuum  
Opt. Lasers Eng., 134 (2020), 106209.  
Y. Sato, S. Srisawadi, D. Tanprayoon, T. Suga, T. Ohkubo and M. Tsukamoto
- (5) Development of SLM Process Using 200 W Blue Diode Laser for Pure Copper Additive Manufacturing of High Density Structure  
J. Laser Appl., 33, 1 (2020), 012008.  
E. Hori, Y. Sato, T. Shibata, K. Tojo and M. Tsukamoto
- (6) Pure Copper Rod Formation by Multibeam Laser Metal Deposition Method with Blue Diode Lasers  
J. Laser Appl., 33, 1 (2020), 012013.  
K. Ono, Y. Sato, R. Higashino, Y. Funada, N. Abe and M. Tsukamoto
- (7) Effect of Input Energy on Hardness and Surface Quality in Ti64 by Sputter-Less Selective Laser Melting with Modulated Pulse  
J. Laser Appl., 33 (2020), 012031.  
Y. Mizuguchi, Y. Sato, N. Yoshida and M. Tsukamoto
- (8) Formation of Cemented Tungsten Carbide Layer with Compositional Gradient Processed by Directed Energy Deposition  
Mater. Sci. Forum, 1016 (2021), 1676-1681.  
Y. Yamashita, Y. Funada, T. Kunimine, Y. Sato and M. Tsukamoto
- (9) Proposal of Vase Shaped Pumping Cavity for Solar-Pumped Laser  
J. Adv. Comput. Intell. and Intell. Inform., 25, 2 (2021), 242-247.  
H. Koshiji, T. Ohkubo, T. Shimoyama, T. Nagai, E. Matsunaga, Y. Sato and T.-H. Dinh
- (10) Numerical Simulation of Laser-Induced Bubble and Metal-Free Water Cannon  
J. Adv. Comput. Intell. and Intell. Inform., 25, 1 (2021), 50-55.  
T. Ohkubo, E. Matsunaga and Y. Sato

(2) 国際会議発表論文(査読あり)

- (1) Development of SLM Process Using 200W Blue Diode Laser for Pure Copper Additive Manufacturing of High Density Structure  
Proc. ICALEO2020, WEB 開催 (2020.10.19-20), LAM708.  
E. Hori, Y. Sato, T. Shibata, K. Tojo and M. Tsukamoto
- (2) Effect of Input Energy on Hardness and Surface Quality in Ti64 by Spatter-Less Slm with Modulated Pulse  
Proc. ICALEO2020, WEB 開催 (2020.10.19-20), LAM170.  
Y. Mizuguchi, Y. Sato, N. Yoshida and M. Tsukamoto
- (3) Pure Copper Rod Formation by Multibeam Laser Metal Deposition Method with Blue Diode Lasers  
Proc. ICALEO2020, WEB 開催 (2020.10.19-20), MACRO P134.  
K. Ono, Y. Sato, R. Higashino, Y. Funada, N. Abe and M. Tsukamoto

(3) 国際会議発表論文(査読なし)

- (1) Development of Hybrid Laser Welding System with Blue Diode Laser and Single Mode Fiber Laser  
Proc. ICALEO2020, WEB 開催 (2020.10.19-20), paper# MACRO302.  
Y. Sato, S. Fujio and M. Tsukamoto
- (2) Effect of Preheating on Pure Copper Welding by Hybrid Laser System with Blue Diode Laser and IR Laser  
Proc. SPIE, WEB 開催, 11673 (2021.3.22-26), 116731D1-7.  
S. Fujio, Y. Sato, E. Hori, R. Ito, S. Masuno, N. Abe and M. Tsukamoto
- (3) Influence of Ambient Pressure on SS316L Plate Fabricated with Single Mode Fiber Laser  
Proc. SPIE, WEB 開催, 11673 (2021.3.22-26), 116731C1-6.  
T. Arimura, Y. Sato, M. Ihama, N. Yoshida, M. Yoshida and M. Tsukamoto
- (4) Quantitative Evaluation of Spatter during Ti Plate Fabricated by SLM in Vacuum  
Proc. SPIE, WEB 開催, 11673 (2021.3.22-26), 116770Q1-6.  
Y. Sato, M. Ihama, Y. Mizuguchi, N. Yoshida, S. Srisawadi, D. Tanprayoon and M. Tsukamoto

(5) 国内会議発表論文(査読なし)

- (1) フェムト秒レーザーによる Si 表面の相変化  
レーザー学会第 546 回研究会報告 - フォトニクスワークショップ in 九州 -, 佐賀 (2020.9.14)  
甲藤 正人, 横谷 篤至, 加来 昌典, 大久保 友雅, 塚本 雅裕
- (2) 青色半導体レーザーを用いたレーザーはんだ付継手の界面評価  
第 27 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 (2021.2.2-15), 320-321.  
金下 征司, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕, 西川 宏
- (3) 太陽光励起レーザーの高効率化に向けたコーン型励起キャビティの検討  
レーザー学会第 550 回研究会報告「レーザーのカオス・ノイズダイナミクスとその応用」,  
オンライン, RTM21, 106 (2021.2.26), 1-5.  
越地 駿人, 大久保 友雅, 高山 虎之輔, 長井 健, 松永 栄一, 佐藤 雄二, チン タンフン

(7) 国際会議発表

- (1) Development of Hybrid Laser System with Blue Diode Laser and Single Mode Fiber Laser for Welding of Pure Copper  
21st Int. Symp. on Laser Precision Microfabrication 2020 (LPM2020), WEB (2020.6.23-26)  
S. Fujio, Y. Sato, E. Hori, R. Ito, N. Abe and M. Tsukamoto
- (2) Effect of Input Energy on Hardness and Surface Quality in Ti64 by Spatter-Less Slm with Modulated Pulse  
39th Int. Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO 2020), Web Conference (2020.10.19-20)  
Y. Mizuguchi, Y. Sato, N. Yoshida and M. Tsukamoto
- (3) Influence of Ambient Pressure on SS316L Plate Fabricated with Single Mode Fiber Laser  
Development of Hybrid Laser Welding System with Blue Diode Laser and Single Mode Fiber Laser  
The 39th Int. Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO2020), Web (2020.10.19-20)  
Y. Sato, S. Fujio and M. Tsukamoto
- (4) Improvement of Osteoconduction of Preosteoblast by Titanium with Patterned Periodic Nano Surface Topography Fabricated by Femtosecond Laser Irradiation  
Int. Joint Symp. 2020 The 15th Int. Workshop on Biomaterials in Interface Science The 11th Symp. on Innovative Dental-Engineering Alliance (IDEA), Online meeting (held at Webinar) (2020.12.14-15)  
P. Chen, N. Shinohara, T. Shinonaga, M. Ashida, Y. Sato, Y. Tsutsumi, M. Tsukamoto and T. Hanawa
- (5) Basic Studies on Joinability of Zircaloy and SiC/SiC Composite with Titanium Powder & Brazing Material  
The 45th Int. Conf. on Adv. Ceramics & Composites, Online Only Event (2021.2.8-12)  
H. Serizawa, N. Nakazato, Y. Sato, M. Tsukamoto and H. Kishimoto
- (6) Effect of Preheating on Pure Copper Welding by Hybrid Laser System with Blue Diode Laser and IR Laser  
Photonics West 2021, On-Line (2021.3.6-11)  
S. Fujio, Y. Sato, E. Hori, R. Ito, S. Masuno, N. Abe and M. Tsukamoto
- (7) Influence of Ambient Pressure on SS316L Plate Fabricated with Single Mode Fiber Laser  
Photonics West 2021, On-Line (2021.3.6-11)  
T. Arimura, Y. Sato, M. Ihama, N. Yoshida, M. Yoshida and M. Tsukamoto
- (8) Quantitative Evaluation of Spatter during Ti Plate Fabricated by SLM in Vacuum  
Photonics West 2021, Online meeting (2021.3.6-11)  
Y. Sato, M. Ihama, Y. Mizuguchi, N. Yoshida, S. Srisawadi, D. Tanprayoon and M. Tsukamoto

(8) 国内学会発表

- (1) 細胞挙動制御のためのフェムト秒レーザーを用いたフッ素樹脂表面へのナノ周期構造形成  
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第5回公開討論会, オンライン開催 (2020.11.30)  
篠原直希, 塚本雅裕, 佐藤雄二, 竹中啓輔, 陳鵬, 塙隆夫, 黒田健介, 篠永東吾

- (2) シングルモードファイバーレーザーを用いたチタンの積層造形におけるスパッタの抑制  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
佐藤 雄二, 吉田 徳雄, 塚本 雅裕
- (3) マルチレーザー集光システムを用いたタンゲステンへの銅肉盛り接合体作製試験  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
島岡 淳, 芹澤 久, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕, 野澤 貴史
- (4) レーザー急速加熱による Ag-Cu 共晶ろう材のぬれ広がりとステンレス基板上の酸素濃化領域の相関  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
瀬知 啓久, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕
- (5) 青色半導体レーザーを用いたマルチビーム照射式 LMD 法による純銅ロッドの造形  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
小野 和宏, 佐藤 雄二, 東野 律子, 阿部 信行, 塚本 雅裕, 舟田 義則
- (6) 青色半導体レーザーの先行加熱を用いた近赤外線ファイバーレーザーによる純銅の溶接  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
藤尾 俊平, 佐藤 雄二, 堀 英治, 井藤 里香, 阿部 信行, 塚本 雅裕
- (7) 選択的レーザー溶融法を用いた SUS316L の造形における雰囲気圧力の影響  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
有村 恒良, 吉田 実, 水口 佑太, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕
- (8) 変調パルスを用いたスパッタレス SLM による Ti64 の材料組織制御  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
水口 佑太, 佐藤 雄二, 吉田 徳雄, 塚本 雅裕
- (9) フェムト秒レーザー照射でチタン表面に形成した微細構造パターンによる骨芽前駆細胞の増殖と石灰化のバランス調整  
(公社)日本金属学会 2020 年秋期 第 167 回講演大会, オンライン開催 (2020.9.15-18)  
陳 鵬, 篠原 直希, 篠永 東吾, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕, 蘆田 茉希, 塙 隆夫
- (10) 16kW ディスクレーザーを用いた SUS304 基板のキーホール溶接  
レーザー学会学術講演会 第 41 回年次大会, オンライン開催 (2021.1.18-20)  
篠原 直希, 有田 智貴, 佐藤 雄二, 水谷 正海, 中野 人志, 塚本 雅裕
- (11) ディスクレーザーによる SUS304 のキーホール溶接におけるスパッタの解析手法の開発  
レーザー学会学術講演会 第 41 回年次大会, オンライン開催 (2021.1.18-20)  
有田 智貴, 篠原 直希, 佐藤 雄二, 水谷 正海, 中野 人志, 塚本 雅裕
- (12) ファイバーレーザーと青色半導体レーザーを用いたハイブリッドレーザーシステムによる銅の溶接  
レーザー学会学術講演会 第 41 回年次大会, オンライン開催 (2021.1.18-20)  
黒田 裕志, 藤尾 駿平, 竹中 啓輔, 井藤 里香, 佐藤 雄二, 吉田 実, 塚本 雅裕
- (13) 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  
レーザー学会学術講演会 第 41 回年次大会, オンライン開催 (2021.1.18-20)  
寺岡 怜児, 小野 和宏, 佐藤 雄二, 舟田 義則, 阿部 信行, 塚本 雅裕, 部谷 学

- (14) 選択的レーザー溶融法における SUS316L 粉末の溶融挙動観察とスパッタ制御法の開発  
レーザー学会学術講演会 第 41 回年次大会, オンライン開催 (2021.1.18-20)  
井濱 雅弘, 水口 佑太, 有村 恒良, 吉田 徳雄, 佐藤 雄二, 吉田 実, 塚本 雅裕
- (15) 変調パルスレーザーを用いた SLM による Ti64 の積層造形と材料組織観察  
レーザー学会学術講演会 第 41 回年次大会, オンライン開催 (2021.1.18-20)  
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
- (16) マルチレーザー集光システムを用いたタングステンへの銅肉盛り接合体作製法の開発  
(公社)日本金属学会 2021 年春期大会, オンライン開催 (2021.3.16-19)  
芹澤 久, 島岡 淳, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕, 野澤 貴史
- (17) 高輝度、高密度な選択的レーザー溶融法の開発のための欠陥形成因子の解明  
第 68 回応用物理学会春季学術講演会, オンライン開催 (2021.3.16-19)  
有村 恒良, 井濱 雅弘, 竹中 啓輔, 吉田 徳雄, 森本 健斗, 佐藤 雄二, 吉田 実, 塚本 雅裕

#### (9) 国際会議講演

- (1) Development of 3D Laser Metal Deposition with Blue Diode Lasers for Pure Copper Rod Formation  
接合科学地球カフェ, オンライン (2021.1.27)  
佐藤 雄二
- (2) Laser Additive Manufacturing with Blue Diode Lasers  
JWRI-IMS International Joint Lab Online Seminar on Joining and Materials Science, Online  
(2021.3.11)  
佐藤 雄二
- (3) 青色半導体レーザーを用いた次世代金属積層造形技術の開発  
ベトナム溶接研究会, オンライン (2021.3.23)  
佐藤 雄二

#### (10) 国内会議講演

- (1) 細菌・ウイルスによるリスクを低減する公衆衛生環境実現化のための高輝度青色半導体レーザーを用いた銅コーティング技術開発  
公衆衛生×光技術 WEB セミナー, WEB セミナー (2020.8.26)  
塚本 雅裕
- (2) 高輝度青色半導体レーザーを利用した LMD 方式金属 3D プリンティング技術  
Formnext Forum Tokyo 2020, 東京 (2020.9.25-26)  
塚本 雅裕
- (3) 高輝度加工用青色半導体レーザーの新展開  
光とレーザーの科学技術フェア レーザーセミナー, 東京 (2020.11.13)  
塚本 雅裕
- (4) コロナ禍社会におけるブルーレーザーの役割  
3 地域未来オープンイノベーション・プラットフォーム構築事業セミナー, 石川 (2020.11.17)  
塚本 雅裕

- (5) 構造材料分野の成果 - 原型炉内異材接合体作製技術および残留応力推定法に関する研究 - 核融合エネルギーフォーラム 令和2年度第1回 実用化戦略クラスター DEMO 設計サブクラスター会合, オンライン (2020.11.17)  
芹澤 久, 塚本 雅裕, 野澤 貴史, 廣瀬 貴規, 加藤 太一郎
- (6) 新型コロナウイルス禍 青色半導体レーザーが拓く未来 - スマートカントリー構想「人にやさしく人が集まれるまちづくり」 -  
第94回レーザ加工学会講演会, オンライン (2020.11.27-28)  
塚本 雅裕
- (7) 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13回レーザー加工技術展 専門技術セミナー, 千葉 (2020.12.2-4)  
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  
第32回新産業技術促進検討会シンポジウム, オンライン (2021.2.26)  
塚本 雅裕
- (9) コロナ禍社会におけるブルーレーザーコーティングの役割 - スマートカントリー構想「人にやさしく人が集まれるまちづくり」 -  
SIP 設計生産技術 第2回情報交換会, オンライン (2021.3.1)  
塚本 雅裕
- (10) 高精度・高効率を実現するレーザー金属積層造形法の開発  
第27回レーザー夏の学校, オンライン (2020.9.20-21)  
佐藤 雄二
- (11) 高精度・高効率な金属積層造形を実現するマルチビーム式 LMD 法  
日本機械学会北陸信越支部 オンライン特別講演会, オンライン (2020.11.17)  
佐藤 雄二
- (12) 先進機能性表面・構造を創出するレーザ金属積層造形技術  
接合技術研究会, 新潟 (2020.11.17)  
佐藤 雄二
- (11) 解説・総説**
- (1) 浪速博士の溶接がってん! 「レーザによる金属のアディティブ・マニユファクチャリングって何? の巻」  
WE-COM マガジン(日本溶接協会), 38 (2020), 1-18.  
塚本 雅裕
- (2) 銅の接合・3D プリンティング・精密レーザコーティング - スマートカントリー構想 - 「人にやさしく人が集まれるまちづくり」  
溶接技術, 28, 12 (2020), 96-100.  
塚本 雅裕
- (3) レーザ局所過熱を用いたセラミックス複合材料 - 金属材料の異材接合技術の開発  
生産と技術, 72, 4 (2020), 9-11.  
中里 直史, 岸本 弘立, 西條 友章, 芹澤 久, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕

- (4) 青色半導体レーザーを用いたマルチビーム式 LMD 法の開発と純銅の皮膜形成過程の実時間観察  
スマートプロセス学会誌, 10, 1 (2021), 15-19.  
佐藤 雄二, 菖蒲 敬久, 塚本 雅裕

### (13) 特許出願・登録

- (1) 炭素繊維複合材料の加工方法および加工装置  
特許第 6719231 号  
塚本 雅裕, 升野 振一郎, 佐藤 雄二, 他 6 名
- (2) レーザ加工装置及びレーザー加工方法  
特許第 6757877 号  
塚本 雅裕, 他 3 名
- (3) 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  
特願 2020-079962  
塚本 雅裕, 佐藤 雄二, 菅 哲男, 他 2 名
- (4) 銅・銅合金のコーティング方法  
特願 2020-112686  
塚本 雅裕, 阿部 信行, 佐藤 雄二, 他 6 名
- (5) 電気接点の製造方法、電気接点および真空バルブ  
PCT/JP2020/47348  
林 良彦, 塚本 雅裕, 阿部 信行, 安積 一幸, 他 1 名
- (6) 複合照射ビームシステム  
特願 2021-44701  
塚本 雅裕, 佐藤 雄二, 竹中 啓輔, 東野 律子, 他 1 名

### (15) 受賞

- (1) 論文発表奨励賞  
(一社)レーザー学会 (2020.05.29)  
原 隆裕 (M2)
- (2) 論文発表奨励賞  
(一社)レーザー学会 (2020.05.29)  
小野 和宏 (M1)
- (3) Best Student Poster Awards  
The 21st International Symposium on Laser Precision Microfabrication (LPM2020) (2020.06.26)  
藤尾 駿平 (M1)
- (4) First Place Poster Award  
ICALEO2020 (2020.10.20)  
小野 和宏 (M1)
- (5) 2020 年度溶接学会優秀ポスター発表賞  
(一社)溶接学会 (2020.12.08)  
小野 和宏 (M1)

(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 | 1,300 |
|-----|---|-------|-------|

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)  | 金属積層造形技術に関する研究                 | 塚本 雅裕 | 2,239  |
| (4)  | 高出力レーザーを用いた高品質クラディングに関する研究     | 塚本 雅裕 | 1,639  |
| (5)  | コールドスプレー法を利用したレーザー異種金属接合に関する研究 | 塚本 雅裕 | 1,800  |
| (6)  | レーザーを用いた金属材料の粗面化に関する研究         | 塚本 雅裕 | 4,369  |
| (7)  | 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 | 2,107  |
| (8)  | 多層巻き平角銅線の低入熱レーザー接合に関する研究       | 塚本 雅裕 | 6,195  |
| (9)  | 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 |
| (10) | JFE ウエルディング協働研究所               | 佐藤 雄二 | 2,500  |

受託研究

- |     |                    |       |        |
|-----|--------------------|-------|--------|
| (1) | 高輝度・高効率次世代レーザー技術開発 | 塚本 雅裕 | 92,998 |
|-----|--------------------|-------|--------|

学術相談

- |     |  |       |       |
|-----|--|-------|-------|
| (1) |  | 塚本 雅裕 | 9,900 |
| (2) |  | 佐藤 雄二 | 550   |

奨学寄付金

- |     |  |       |       |
|-----|--|-------|-------|
| (1) |  | 塚本 雅裕 | 1,800 |
| (2) |  | 佐藤 雄二 | 3,000 |

#### 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   | レーザープロセス学     |
| (2) 全学教育推進機構 | 学問への扉(マチカネゼミ) |

##### (2) 博士論文(主査)

- |                   |  |
|-------------------|--|
| (1) 機械工学専攻, 神田 和輝 | 後方パルスレーザー堆積法におけるレーザー誘起プルーム挙動に依存したナノ柱状構造体創製に関する研究 |
|-------------------|--|

##### (3) 博士論文(副査)

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| (1) 機械工学専攻, 泰中 一樹                    | 混相燃焼場における燃焼挙動と環境負荷物質の生成特性に関する研究   |
| (2) 機械工学専攻, 多久島 秀                    | レーザー加工制御のための機上光学式変位計測に関する研究   |
| (3) 機械工学専攻,<br>Ammarueda ISSARIYAPAT | Mechanical behavior and strengthening mechanism of selective laser melted high-concentration nitrogen solute $\alpha$ -Ti materials |

##### (4) 修士論文

- |                   |  |
|-------------------|--|
| (1) 機械工学専攻, 水口 佑太 | レーザー金属積層造形法によるチタン合金の造形における変調パルスを用いた入熱制御の効果 |
|-------------------|--|

##### (5) 卒業論文

- |                   |                                     |
|-------------------|-------------------------------------|
| (1) 機械工学科目, 井濱 雅弘 | ステンレス鋼の選択的レーザー溶融池における雰囲気圧力の効果に関する研究 |
|-------------------|-------------------------------------|

氏名：佐藤 雄二

##### (1) 大学院等講義科目

- |              |               |
|--------------|---------------|
| (1) 機械工学専攻   | レーザープロセス学     |
| (2) 全学教育推進機構 | 学問への扉(マチカネゼミ) |

##### (3) 博士論文(副査)

- |                   |  |
|-------------------|--|
| (1) 機械工学専攻, 神田 和輝 | 後方パルスレーザー堆積法におけるレーザー誘起プルーム挙動に依存したナノ柱状構造体創製に関する研究 |
|-------------------|--|

#### (4) 修士論文

- (1) 機械工学専攻, 篠原 直希 16kW ディスクレーザを用いたステンレス鋼の溶接における溶融池挙動の解明に関する研究

#### 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 2020 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 2020 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 2020 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 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
- (5) (一社)レーザー学会 レーザー学会研究委員会 委員
- (6) (一社)レーザ加工学会 2020 年度レーザ加工学会 理事
- (7) (一社)レーザ加工学会 2020 年度レーザ加工学会誌編集委員会 委員長
- (8) (一社)溶接学会 2020・2021 年度研究推進部会 委員
- (9) (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) OPTICS&PHOTONICS International Congress 2020 運営委員会 委員
- (2) OPTICS&PHOTONICS International Congress 2020 組織委員会 委員
- (3) SLPC2020 チェア
- (4) IIW2020 Commission-IV Delegate (日本代表)
- (5) The 39th International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO2020) program committee

- (6) ICALEO2020 (Laser Macro-Processing) Co-Chair
- (7) The 12th Asia-Pacific Laser Symposium (APLS 2021) Program Committee Member
- (3) 他大学等での非常勤講師**
- (1) 光産業創成大学院大学 レーザによるものづくり中核人材育成講座
- (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 「非モルテンプール型レーザークラッディングによる超耐熱玉軸受(ボールベアリング)の開発」研究開発推進委員会 委員
- (2) (一社)OPTICS & PHOTONICS International 協会 一般社団法人OPTICS & PHOTONICS International 協会 理事
- (3) (一社)レーザープラットフォーム協会 レーザープラットフォーム協会 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)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
- (6) 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
- (7) 社会への情報発信**
- (1) 金属積層ソフト「LUNA」阪大・塚本研の研究支える 溶接ニュース (2020.06.30)
- (2) NEDO・阪大・ヤマザキマザック・島津製作所、従来比6倍速で銅コーティング可能な青色半導体レーザー複合加工機を開発 日本経済新聞 (2020.07.01)
- (3) 従来比6倍速で銅コーティング可能な青色半導体レーザー複合加工機を開発 テック・アイ技術研究所 (2020.07.01)
- (4) NEDO プロ、レーザーの銅コーティングを6倍速に OPTORONICS ONLINE (2020.07.01)
- (5) 銅のコーティング、従来比6倍以上に高速化。NEDOなどが新加工機 鉄鋼新聞 (2020.07.02)
- (6) 従来比6倍速で銅コーティング可能な青色半導体レーザー複合加工機を開発 All about PHOTONICS (2020.07.02)

- |  |                                  |
|--|----------------------------------|
| (7) 高速/精密に銅コーティングできる青色半導体レーザー複合加工機を開発－ウイルスリスク低減による公衆衛生環境への活用 阪大ヤマザキマザックら | fab cross for エンジニア (2020.07.02) |
| (8) 高輝度青色半導体レーザーでの銅の高速コーティング加工機開発  | 航空新聞社 (2020.07.02)               |
| (9) 金属に銅被膜6倍速 青色半導体レーザー搭載複合機   | 日刊工業新聞 (2020.07.02)              |
| (10) 6倍速で銅コート 青色半導体レーザー複合加工機 公衆衛生分野などに応用                                 | 化学工業日報 (2020.07.02)              |
| (11) 抗菌作用、銅加工を6倍速で ヤマザキマザックなど試作機開発                                       | 中日新聞 (2020.07.08)                |
| (12) 特別インタビュー レーザで公衆衛生環境作る 期待される銅コーティング                                  | 溶接ニュース (2020.07.21)              |
| (13) ブルーレーザー複合加工機開発 従来6倍速で銅コーティング  | 溶接ニュース (2020.07.21)              |
| (14) NEDO など、青色半導体レーザー複合加工機を開発 従来に比べ6倍速で銅コーティングが可能に                      | 溶接技術 Vol.68, No.8 (2020.08.01)   |
| (15) 青色半導体レーザーが導く金属加工革命  | 日本物流新聞 (2020.09.10)              |
| (16) 「人が集まれる」街づくりへ工学技術の結集を   | 日本物流新聞 (2020.10.10)              |
| (17) ブルーレーザーで公衆衛生環境作り 青色半導体レーザー接合加工研究会設立へ                                | 溶接ニュース (2020.10.13)              |
| (18) 日本の次世代ものづくりを支える、高性能な青色レーザー  | 国立大学附置研究所・センター会議 (2020.12.11)    |
| (19) 感染症リスク減の公衆衛生実現へ   | 日刊工業新聞 (2020.12.24)              |
| (20) 新型コロナに負けない高度な公衆衛生を！阪大などが1月に研究会                                      | ニュースイッチ (2020.12.25)             |

氏名：佐藤 雄二

(1) 学会役員

- |                  |                    |
|------------------|--------------------|
| (1) (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 |
| (2) (一社)レーザー加工学会 | レーザー加工学会編集委員会 委員   |

- |                            |   |                                      |
|----------------------------|---|--------------------------------------|
| (3)                        | (一社)レーザー加工学会  | 第95回レーザー加工学会講演会 実行副委員長               |
| (4)                        | (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 幹事              |
| (5)                        | (一社)溶接学会  | 溶接学会誌会員モニタ                           |
| <b>(2) 国際会議委員</b>          |   |                                      |
| (1)                        | The 4th Smart Laser Processing Conference 2020(SLPC2020)                                | SLPC2020 実行委員長                       |
| (2)                        | The 39th International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO2020) | Program Committee                    |
| (3)                        | The 16th International Conference on Laser Ablation(COLA2021)                           | COLA2021 実行委員                        |
| <b>(3) 他大学等での非常勤講師</b>     |   |                                      |
| (1)                        | 一般社団法人レーザープラットフォーム協議会   | 令和2年度 第1回「3級レーザー化国管理技術者講習会」レーザー加工の基礎 |
| <b>(5) 国・自治体・公益法人等への貢献</b> |   |                                      |
| (1)                        | (一社)レーザープラットフォーム協議会   | レーザー加工管理技術者認証委員会 委員                  |

#### 4. 10 全国共同利用に関する研究

##### (1) 令和2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<br>電子光技術研究部門 | 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        | 有村 恒良 | 青色半導体レーザーを用いたAl合金基板上への銅皮膜の積層 |
| (5) | 近畿大学理工学部<br>電気電子工学科        | 中野 人志 | レーザー加工におけるビームと材料の相互作用        |

(6)	近畿大学理工学部 電気電子工学科	吉田 実	青色半導体レーザーを用いた Al 合金基板上への銅皮膜の積層
(7)	山梨大学大学院総合研究部	宇野 和行	軸方向放電励起 CO <sub>2</sub> レーザーによる薄板ガラスの穴あけ加工・切断加工
(8)	鹿児島県工業技術センター 生産技術部	瀬知 啓久	青色半導体レーザーを用いた異材接合に関する研究
(9)	秋田大学大学院 理工学研究科	小玉 展宏	マルチパルスレーザーアブレーションによる酸化物表面のナノドット構造の作製
(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)	石川県工業試験場	山下 順広	レーザーの光吸収特性評価
(12)	石川県工業試験場 機械金属部	舟田 義則	レーザー光の吸収特性評価
(13)	大阪産業大学工学部 電子情報通信工学科	草場 光博	レーザープラズマ制御による半導体の微細加工に関する研究
(14)	大阪産業大学工学部 電子情報通信工学科	部谷 学	選択的レーザー溶融法を用いた SUS316L の積層造形
(15)	大阪大学大学院工学研究科	安田 清和	LD レーザ照射による高強度軽合金表面構造化と異材接合性の評価
(16)	大阪大学 レーザー科学研究所	重森 啓介	ダイヤモンドカプセルの高品質化
(17)	大阪大学 レーザー科学研究所	川崎 昂輝	ダイヤモンドカプセルの高品質化
(18)	東京医科歯科大学 生体材料工学研究所	陳 鵬	フェムト秒レーザー表面加工による次世代インプラントスマート界面の創製
(19)	東京工科大学工学研究科 サステイナブル工学専攻	越地 駿人	波長の異なるレーザーによる銅のレーザー溶接に関する数値計算
(20)	東京工科大学工学部	大久保友雅	簡易計算モデルと機械学習を組み合わせたレーザー加工 CPS の開発
(21)	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
(22)	東北大学 多元物質科学研究所	中村 貴宏	Co-Cr 合金を用いた三次元造形構造中におけるタングステンの状態分析

国際共同研究

- |   |                 |   |
|---|-----------------|---|
| (1) Auckland University of Technology; Mechanical Engineering | Pasang Timotius | 1. Evaluation of Ti64 plate fabricated by vacuum selective laser melting. (2) Laser welding with Blue diode laser |
|---|-----------------|---|

氏名：佐藤 雄二

一般公募研究課題

- |   |       |   |
|---|-------|---|
| (1) (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 | レーザー加工現象及び飛散粒子の評価                         |
| (2) 近畿大学生物理工学部<br>医用工学科                   | 三上 勝大 | 生体材料薄膜表面のレーザー照射による結晶化技術の検討                |
| (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 |

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(FS 型)]

- |                                |       |
|--------------------------------|-------|
| (1) 鹿児島県工業技術センター<br>生産技術部      | 瀬知 啓久 |
| (2) 石川県工業試験場                   | 山下 順広 |
| (3) 石川県工業試験場<br>機械金属部          | 舟田 義則 |
| (4) 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 |
| (5) 東京工科大学工学部                  | 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 | 11 |
|--------|----|



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. 被溶接体振動によるタンデム - パルス GMAW 溶込み形状改善に関する実験および独自サブルーチン組込み市販 Flow3D を用いた溶融池中の熱と物質の流れの再現による形状改善機構の解明
3. Mo/Cu 爆発圧接材の Mo 板でのショックウェーブ損傷と爆発圧接条件の関係解明
4. 超高純度アルミニウムの摩擦攪拌接合と接合強度・低温電気、熱特性への影響評価
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
6. 高強度鋼抵抗スポット溶接部の残留応力分布に及ぼす施工および材料因子の影響評価

### 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 の固溶が関与していると考えられた。その W 及び C の供給量について、本年度は低炭素鋼板 SM490A に加えて、フェライト系ステンレス鋼 SUS430 及びオーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 に対しても調査し、鋼種依存性の解明を試みた。その結果、いずれの鋼種でもツールと鋼の両構成元素を含む反応層が形成され、その一部が鋼側へと離脱している様子が観察された。熱力学相平衡計算ならびに詳細な組織観察を行ったところ、それらの主要相は SM490A で  $M_6C$ 、SUS430 と SUS304 で  $M_{23}C_6$  と推定された。このように FSP 中にツール / 鋼界面に形成される化合物相は鋼中の Cr 含有量に依存するが、ツール構成元素、特に W と C の供給・固容量は、反応層を摩耗・離脱させるための鋼の変形抵抗、すなわちツール進行方向前方が FSP 中にフェライト相かオーステナイト相かによって決定され得ることを明らかにした。本手法によって得られるツール構成元素固溶層におけるより詳細な理解とその特性評価については、次年度以降も引き続き行っていく見込みである。

2. 被溶接体振動によるタンデム - パルス GMAW 溶込み形状改善に関する実験および独自サブルーチン組込み市販 Flow3D を用いた溶融池中の熱と物質の流れの再現による形状改善機構の解明  
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  $\mu\text{m}$  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。この被溶接体振動支援タンデム - パルス GMAW での溶込み形成を市販 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で再現することに成功し、振動の効果を考察し、その起因を理解することに成功している。本研究は、広域アジア事業における、IITH 校 Sharma 准教授（現在ベルギー KU Leuven 准教授、IITH 准教授兼任）との複数年の共同研究の成果であり、Int.J.Heat&MassTrans. で公開（2020/8）、複数の読者から Recommending されている（ResearchGate より）。

### 3. Mo/Cu 爆発圧接材の Mo 板でのショックウエーブ損傷と爆発圧接条件の関係解明

Mo/Cu 爆発圧接材（共同研究先作製）の接合界面組織評価、Mo 薄板内のショックウエーブ損傷の爆発圧接条件依存性を明らかにした（Metals 掲載（2021/3））。W/Cu 爆発圧接材と比較して損傷を可視化するのが困難であり、爆発圧接材作製後に Mo と Cu 板をその板厚比を一定に厚さを減少させ（Mo 板表層の損傷部分を削除）、曲げ試験の伸び変化を複数爆発圧接条件にて調べた。また、イオン顕微鏡や硬さ試験の荷重を増加させ損傷面積を増やし、可視化できない損傷の影響を明らかにし、ショックウエーブ損傷の爆発圧接条件依存性を明らかにした。

### 4. 超高純度アルミニウムの摩擦攪拌接合と接合強度・低温電気、熱特性への影響評価

高純度アルミニウム（Al）は、電気や熱の伝導性が高く、極低温での伝導性が優れることなどから、電子材料、超電導機器用周辺材料など幅広い用途での利用が期待されている。極低温での伝導性を損なうことなく高強度継手を作製するために、摩擦攪拌接合（FSW）を採用し、従来の熔融溶接法である TIG 溶接と比較し、5N-Al 薄板の FSW 突合せ継手作製条件探索と、その強度と極低温での伝導性を明らかにした（溶接学会論文集第 38 巻 4 号 pp.253-262）。関連して、Al 板純度依存性（5N と 6N）、超高純度 Al 材でこれまで得られなかった超微細粒形成機構、超高純度 Al 板と Cu 板との狭窄 TIG を用いた異材接合についての研究を引続き継続中。

### 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処理方法の確立に向けて、パラメトリックな検討に着手し、基本的な方針を見いだすことができた。

### 6. 高強度鋼抵抗スポット溶接部の残留応力分布に及ぼす施工および材料因子の影響評価

自動車への高強度鋼の適用拡大により、抵抗スポット溶接部における水素割れに対する関心が高まっている。本研究では、水素割れに関係する残留応力に注目し、抵抗スポット溶接部における分布特性に及ぼす諸因子の影響を検討した。まず、抵抗スポット溶接は鋼板を荷重によって密着させ

て施工するため、鋼板間の初期間隙が残留応力分布に影響する。さらに初期間隙は、部材や製造工程によって変動するため、その影響を明らかにすることは実施工で生じる残留応力分布の範囲を把握することにつながる。そこで、電気・構造・熱連成解析による抵抗スポット溶接シミュレーションモデルを構築し、抵抗スポット溶接部の残留応力分布の数値解析を行った。表面における X 線残留応力測定結果とよい一致を示すことを確認した。このシミュレーションモデルを用いて残留応力分布に及ぼす板隙の影響を検討し、板隙が大きいほどコロナボンド部の応力が高まることを確認した。また、高強度鋼では熱影響による軟化が生じ、コロナボンド部の応力集中の観点からは、軟化による緩和も期待できる。その可能性について焼戻しによる軟化を考慮した材料モデルを導入して検討し、応力集中の緩和はほとんどないことを明らかにした。

## (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を中心に、その用途に応じた機械特性試験と合わせて、接合機構解明、微細組織と機械的特性との関係、界面での拡散機構、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）などにより、その接合プロセスに開発指針を発信することを目的とした。複数分野の研究経験や接合に関わる複数分野の研究者との共同研究による知見を生かし、特異な発想と従来実験手法の組合せで接合機構の解明に努めた。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。

研究予算では、三上と高橋が基盤研究 (C) を、山本が研究活動スタート支援を継続した。また、民間等との複数の共同研究・受託研究を、伊藤、三上、高橋が行った。

## 4. 4 教育に対する自己評価

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、今年度より学問への扉（マチカネゼミ）を全教員で担当することとなり、伊藤は「3次元プリンタを用いたものづくり」、三上、高橋、山本は「強くて軽い新聞紙橋を設計しよう」を担当した。山本は後期配当の情報工学演習の分担講義を行った。

伊藤は CIS 日本事前研究プログラム中の接合技術講義の講師を例年通り務めた。

本年度は、博士後期課程 1 名、前期課程 2 年生 2 名と 1 年生 2 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、研究成果を日本金属学会、溶接学会、国際シンポジウム、国際溶接学会第 9 委員会中間会議などにて複数口頭発表やポスター発表を行わせ、研究成果発表の基盤を養わせた。

## 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、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、論文査読委員会委員、2020 年秋季全国大会実行委員会オンライン WG 主査等の業務委員会と、溶接冶金研究委員会 学術幹事、界面接合研究委員会 幹事を、(一社)日本溶接協会にて、協会推薦学識会員、溶接材料部会技術委員会 副委員長、WL 運営委員会 副委員長を、日本溶接会議 (JIW) 第 17 委員会 委員長、国際溶接学会 (IIW) -IX-L 委員会 副委員長を、

(公社) 日本金属学会では、講演大会委員会第6分野 副委員長、調査研究委員会第6分野 副委員長、第66回本多記念講演講師候補者選考委員を担当した。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。

三上は、(一社)溶接学会にて、溶接構造研究委員会幹事、溶接冶金研究委員会委員、編集委員会委員、2020年秋季全国大会実行委員会委員、2020年度溶接工学冬の夏季大学総務、(一社)日本溶接協会にて、鉄鋼部会CTE委員会中立機関委員、鉄鋼部会CRB委員会中立機関委員、経済産業省の国際標準化事業におけるLCP委員会委員として活動した。

高橋は、(公社)日本金属学会の会誌編集委員会・欧文誌編集委員会査読委員として活動した。

山本は、(一社)溶接学会にて、編集委員会委員として活動した。

#### 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)物質・材料研究機構、芝浦工業大学、岩手大学、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・国内会議発表論文、国際・国内会議発表を行った。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) A Unique CEL Numerical Method on Material Flow in a Molten Pool of Workpiece Vibration Assisted Welding  
Quarterly J. Japan Welding Soc., 38, 2 (2020), 54s-58s.  
H. Hamed, K. Ito, Y. Mikami and A. Sharma
- (2) Microstructure and Impact Toughness Relationship for Different Nickel Level of Electrode in Multi-pass FCA Welded SM570-TMC Steel Joint  
Quarterly J. Japan Welding Soc., 38, 2 (2020), 154s-158s.  
H. Oktadinata, W. Winarto, E. S. Siradj, D. Priadi, H. R. Muslih and K. Ito
- (3) Study on Residual Stress by Neutron Diffraction in SM570-TMC Welded by Flux-Cored Wires Containing Different Nickel  
Quarterly J. Japan Welding Soc., 38, 2 (2020), 116s-120s.  
H. Oktadinata, W. Winarto, E. S. Siradj, D. Priadi, H. R. Muslih and K. Ito
- (4) Predicting Tensile Properties of Friction-Stir-Welded 6063 Aluminum with Experimentally Measured Welding Heat Input  
Acta Metall. Sin., 33, 9 (2020), 1235-1242.  
T. Zhao, Y. S. Sato, H. Kokawa and K. Ito
- (5) Metallurgical Characterization of Penetration Shape Change in Workpiece Vibration-Assisted Tandem-Pulsed Gas Metal Arc Welding  
Materials, 13 (2020), 3096.  
H. H. Zargari, K. Ito, T. Miwa, P. K. Parchuri, H. Yamamoto and A. Sharma
- (6) Visualizing the Vibration Effect on the Tandem-Pulsed Gas Metal Arc Welding in the Presence of Surface Tension Active Elements  
Int. J. Heat Mass Transf., 161 (2020), 120310.  
H. Hamed, K. Ito, M. Kumar and A. Sharma
- (7) Characterization of Shock Wave Damages in Explosion Welded Mo/Cu Clads  
Metals, 11, 3 (2021), 501.  
P. K. Parchuri, S. Kotegawa, K. Ito, H. Yamamoto, A. Mori, S. Tanaka and K. Hokamoto
- (8) Growth Behaviour of Creep Cracks in the Simulated Heat-Affected Zone of Modified 9Cr-1Mo Steel  
Mater. High Temp., 37, 4 (2020), 268-277.  
S. Nishikawa, T. Hasegawa and M. Takahashi
- (9) Development of a Material Model for Predicting Extreme Deformation and Grain Refinement during Cold Spraying  
Acta Mater., 199 (2020), 326-339.  
Q. Wang, N. Ma, M. Takahashi, X. Luo and C. Li
- (10) Understanding Corrosion Behavior of Magnesium Surface by X-Ray Irradiation for Improved Surface Design and Applications  
JOM, 72, 12 (2020), 4657-4664.  
K. Kondoh, K. Funatsu, M. Takahashi, S. Li, F. Akamatsu and J. Umeda

- (11) Evaluation of Hydrogen-induced Cracking Behavior in Duplex Stainless Steel by Numerical Simulation of Stress and Diffusible Hydrogen Distribution at the Microstructural Scale  
 ISIJ Int., 61, 4 (2020)  
 G. Ogita, K. Matsumoto, M. Mochizuki, Y. Mikami and K. Ito
- (12) Numerical Simulation on Effect of Microstructure on Hydrogen-induced Cracking Behavior in Duplex Stainless Steel Weld Metal  
 ISIJ Int., 61, 4 (2020)  
 G. Ogita, K. Matsumoto, M. Mochizuki, Y. Mikami and K. Ito
- (13) Surface Microstructure Modifications of Low Carbon Steel Welds Produced by Low-Heat-Input Friction Stir Processing  
 Mater. Trans., 61, 8 (2020), 1613-1619.  
 H. Yamamoto, T. Nishiura, H. Nishibata, M. Yonemura, K. Fujiwara, K. Kawano and K. Ito
- (14) 極低温時の高導電率を低下させないための超高純度アルミニウム薄板の摩擦攪拌接合  
 溶接学会論文集, 38, 4 (2020), 253-262.  
 山本 啓, 青山 雄亮, 伊藤 和博, 山田 哲生, 田中 学, 星河 浩介, 永田 章, 熊谷 俊昭
- (4) 国内会議発表論文(査読あり)**
- (1) 導通部と絶縁部が共存するガラス同士の陽極接合界面の作成  
 第27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, 27 (2021.2.2-15)  
 高橋 誠
- (7) 国際会議発表**
- (1) Numerical Study of Material Flow in a Molten Pool of the Workpiece Vibration Assisted Welding  
 Int. Institute of Welding (Commission III Annual Assembly 2020 online), On line (2020.7.22-24)  
 H. H. Zargari, K. Ito and A. Sharma
- (2) Typical LC Effect on Crack Front Straightness and Fracture Toughness  
 73rd IIW Annual Assembly and Int. Conf., Online (2020.7.19-24)  
 T. Ozawa, H. Kosuge, Y. Mikami and T. Kawabata
- (3) Feature of Microstructure and Its Formation Mechanism in a Newly Developed Electro Slag Welding  
 IIW-IX, On line (2021.3.9-10)  
 T. Kakizaki, S. Koga, H. Yamamoto, Y. Mikami, K. Ito, K. Yamazaki, S. Sasakura and H. Watanabe
- (4) Investigation of WC-tool-component Solution Mechanism Arose in a Steel Surface Layer during Friction Stir Processing  
 IIW-IX, On line (2021.3.9-10)  
 H. Yamamoto, Y. Imagawa and K. Ito
- (8) 国内学会発表**
- (1) チタンを仲立ちに用いたガラス同士の陽極接合界面の強さに影響を与える因子  
 (一社)溶接学会 2020年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
 高橋 誠

- (2) 貴金属粒子を分散させたガラス同士の陽極接合界面  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, Web 開催 (2020.9.9-11)  
高橋 誠
- (3) 抵抗スポット溶接部のたがね試験における力学的挙動の数値シミュレーション  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
三上 欣希, 天野 剛志, 吉野 鋭, 伊藤 和博
- (4) 抵抗スポット溶接部のたがね試験における力学的挙動の数値シミュレーション  
第 234 回 溶接構造研究委員会, WEB 開催 (2021.2.5)  
三上 欣希
- (5) エレクトロスラグ及びエレクトログラスアーク溶接における溶接金属中のアシキュラーフェライト量に及ぼすプロセス因子の影響  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
古賀 将大, 山本 啓, 伊藤 和博, 柿崎 智紀, 山崎 圭, 笹倉 秀司, 渡邊 博久
- (6) 極低温時の高導電率を低下させないための超高純度アルミニウム薄板の摩擦攪拌接合  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
山本 啓, 青山 雄亮, 伊藤 和博, 山田 哲生, 田中 学, 星河 浩介, 永田 章, 熊谷 俊昭
- (7) 極低温時の高導電率を低下させないための超高純度アルミニウム薄板の摩擦攪拌接合  
(公社)日本金属学会 2020 年秋期 第 167 回講演大会, オンライン開催 (2020.9.15-18)  
山本 啓, 青山 雄亮, 伊藤 和博, 山田 哲生, 田中 学, 星河 浩介, 永田 章, 熊谷 俊昭
- (9) 国際会議講演**
- (1) Numerical Study of Material Flow in a Molten Pool of the Workpiece Vibration Assisted Welding  
India-UK SPARC Webinar on Metal Additive Manufacturing and Friction Stir Processing: Present and Future, 2020, On line (2020.9.16-17)  
H. H. Zargari, K. Ito and A. Sharma
- (10) 国内会議講演**
- (1) Numerical Study of Material Flow in a Molten Pool of the Workpiece Vibration Assisted Welding  
第 241 回溶接冶金研究委員会, Teams WEB 会議 (2020.8.24)  
H. H. Zargari, K. Ito and A. Sharma
- (2) 摩擦攪拌プロセスによる組織改質が低炭素鋼溶接部の破壊靱性に及ぼす影響  
(一社)スマートプロセス学会 2020 年度学術講演会, オンライン開催 (2020.11.27)  
山本 啓, 和泉 博貴, 伊藤 和博
- (11) 解説・総説**
- (1) 溶接部破壊靱性試験高度化のための残留応力シミュレーションの活用  
検査技術, 25, 5 (2020), 61-64.  
三上 欣希
- (2) III 溶接構造研究委員会(溶接・接合をめぐる最近の動向 / 第 II 部 溶接・接合工学の最近の動向)  
溶接学会誌, 89, 5 (2020), 358-365.  
望月 正人, 柴原 正和, 堤 成一郎, 三上 欣希, 生島 一樹, 岡野 成威

(3) 溶接残留応力を考慮した破壊靱性試験プロセスの一貫シミュレーション  
溶接学会誌, 89, 7 (2020), 494-498.  
三上 欣希

(4) 溶接継手の性能評価における残留応力分布の影響の考慮とその課題  
スマートプロセス学会誌, 10, 1 (2021), 20-25.  
三上 欣希

### (13) 特許出願・登録

(1) アルミニウム部材およびその製造方法  
特願 2020-129167  
伊藤 和博, 山本 啓

### (15) 受賞

(1) 2020 年度 論文賞  
(一社)スマートプロセス学会 (2020.11.27)  
山本 啓, 和泉 博貴, 伊藤 和博

### (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	2,080
(2)	研究活動 スタート支援 摩擦攪拌現象中のツール摩耗を利用した局所的元素添加手法の確立	山本 啓	1,430

#### 民間等との共同研究

(1)	液相拡散接合技術の確立研究	伊藤 和博	1,200
(2)	JFE ウエルディング協働研究所	三上 欣希	1,500

#### 受託研究

(1)	マルチマテリアル接合技術の基盤研究	伊藤 和博	1,078
(2)	マルチマテリアル接合技術の基盤研究	高橋 誠	1,078
(3)	マルチマテリアル接合技術の基盤研究	三上 欣希	1,078
(4)	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	三上 欣希	2,585

#### 学術相談

(1)		伊藤 和博	1,000
-----	--	-------	-------

(2) 高橋 誠 275

#### 奨学寄付金

(1) 伊藤 和博 600

(2) 三上 欣希 1,800

(3) 山本 啓 4,000

#### 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

(2) 全学教育推進機構 学問への扉(マチカネゼミ)

##### (2) 博士論文(主査)

(1) マテリアル生産科学専攻, HAMED ZARGARI HABIB Penetration Shape Change in Workpiece-vibration Assisted Tandem-pulsed Gas Metal Arc Welding (被溶接体振動により支援されたタンデムパルスガスメタルアーク溶接における溶け込み形状変化)

##### (3) 博士論文(副査)

(1) マテリアル生産科学専攻, 迎井 直樹 アーク溶接金属中の拡散性水素量に影響する溶接材料因子の挙動と影響抑制プロセスに関する研究

(2) マテリアル生産科学専攻, 田中 慶吾 アーク溶接金属中の拡散性水素量に影響する溶接材料因子の挙動と影響抑制プロセスに関する研究

##### (4) 修士論文

(1) マテリアル生産科学専攻, 古賀 将大 開発エレクトロスラグ溶接による高じん性組織形成と溶接金属組成やプロセス条件との関連性解明

##### (5) 卒業論文

(1) 生産科学コース, 小田 怜佳 摩擦攪拌プロセスにおける WC ツール構成元素の鋼表層への供給・固溶機構とその鋼種の影響

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) 国際教育交流センター  | 応用理工学入門       |
| (3) 全学教育推進機構    | 学問への扉(マチカネゼミ) |

氏名：三上 欣希

(1) 大学院等講義科目

- |               |               |
|---------------|---------------|
| (1) 工学部応用理工学科 | 材料力学 I        |
| (2) 工学部応用理工学科 | 統計学 C-I       |
| (3) 全学教育推進機構  | 学問への扉(マチカネゼミ) |

(3) 博士論文(副査)

- |   |  |
|---|--|
| (1) マテリアル生産科学専攻,<br>Hamed Zargari Habib | Penetration shape change in workpiece-vibration assisted tandem-pulsed gas metal arc welding |
|---|--|

(4) 修士論文

- |                       |                                      |
|-----------------------|--------------------------------------|
| (1) マテリアル生産科学専攻, 奥田 匠 | 高張力鋼抵抗スポット溶接部の残留応力分布に及ぼす施工および材料因子の影響 |
|-----------------------|--------------------------------------|

(5) 卒業論文

- |                    |  |
|--------------------|--|
| (1) 生産科学コース, 河田 侃士 | 二相ステンレス鋼溶接金属の水素割れ感受性に対する微視的応力・拡散性水素分布の影響評価 |
|--------------------|--|

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) 全学教育推進機構 | 学問への扉(マチカネゼミ) |

(4) 修士論文

- |                        |  |
|------------------------|--|
| (1) マテリアル生産科学専攻, 古賀 将大 | 開発エレクトロスラグ溶接による高じん性組織形成と溶接金属組成やプロセス条件との関連性解明 |
|------------------------|--|

## (5) 卒業論文

- (1) 生産科学コース, 小田 怜佳 摩擦攪拌プロセスにおける WC ツール構成元素の鋼表層への供給・固溶機構とその鋼種の影響

## 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 2020 年秋季全国大会実行委員会 カタログ展示小委員会委員長
- (7) (一社)溶接学会 界面接合研究委員会 幹事
- (8) (一社)溶接学会 企画委員会 委員
- (9) (一社)溶接学会 研究推進部会 委員
- (10) (一社)溶接学会 日本溶接会議(JIW)第 9 委員会委員(副委員長)
- (11) (一社)溶接学会 編集委員会 委員長
- (12) (一社)溶接学会 溶接教育委員会 委員
- (13) (一社)溶接学会 溶接冶金研究委員会 学術幹事
- (14) (一社)溶接学会 論文査読委員会 委員
- (15) (一社)溶接学会 溶接学会オンライン WG 主査
- (16) (一社)溶接学会 編集代表担当理事
- (17) (公社)日本金属学会 講演大会企画委員
- (18) (公社)日本金属学会 新第 6 分野副委員長

- (19) (公社)日本金属学会 第 29 回奨励賞選考委員会 委員
- (20) (公社)日本金属学会 調査・研究企画委員会 副委員長
- (21) (公社)日本金属学会 本多記念講演委員会委員
- (22) IIW IIW-IX-L 委員会 副委員長
- (23) Korean Society for Heat Treatment Guest Editors (Foreign Researchers)

**(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：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 2020 年秋季全国大会実行委員会 Web 講演システム構築 WG 委員
- (8) (一社)溶接学会 2020 年度溶接工学冬の夏季大学総務

**(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 2 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 2 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

## (7) 社会への情報発信

- (1) 時代に応じた技術開発が進む溶接・接合技術 二相ステンレス鋼の水素割れに対する微視組織レベルでのアプローチ 日刊工業新聞 (2020.12.17)

氏名：山本 啓

### (1) 学会役員

- (1) (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

## 4. 10 全国共同利用に関する研究

### (1) 令和2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<br>ナノテクノロジー<br>融合ステーション               | 生田目俊秀 | 酸化膜/ワイドバンドギャップ半導体の異種接合界面における構造解析  |
| (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               | 池田 直樹 | 酸化膜/ワイドバンドギャップ半導体の異種接合界面における構造解析  |
| (3) | (国研)物質・材料研究機構<br>構造材料研究拠点<br>接合・造型分野<br>溶接・接合技術グループ | 北野 萌一 | 機械学習を用いた溶接シミュレーション手法の高度化  |
| (4) | (国研)物質・材料研究機構<br>材料研究機構<br>技術開発・共用部門                | 大井 暁彦 | 酸化膜/ワイドバンドギャップ半導体の異種接合界面における構造解析  |
| (5) | 岩手大学理工学部  | 西川 聡  | 陽極接合継手におけるガラスの種類と接合条件が接合界面強度に及ぼす影響<br>↓<br>改良 9Cr-1Mo 鋼摩擦圧接継手のクリープ特性(10/9 変更) |
| (6) | 岩手大学理工学部<br>物理材料理工学科                                | 井上 有人 | 陽極接合継手におけるガラスの種類と接合条件が接合界面強度に及ぼす影響  |

(7)	西日本工業大学 総合システム工学科	高橋 雅士	In718 三次元積層造形材のクリープ劣化挙動の解明
(8)	大阪大学工学研究科 アルバック未来技術協働研究所	國吉 望月	急速加熱液相エピタキシャル成長により作製した半導体微細構造の結晶性評価
(9)	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製した半導体微細構造の結晶性評価
(10)	大阪大学大学院工学研究科	岡本 昂大	急速加熱液相エピタキシャル成長により作製した半導体微細構造の結晶性評価
(11)	大阪大学大学院工学研究科	山口 凌雅	急速加熱液相エピタキシャル成長により作製した半導体微細構造の結晶性評価
(12)	大阪大学大学院工学研究科 マテリアル生産科学専攻	松田 朋己	ナノ構造解析に基づく同種・異種材接合部の高信頼化組織制御
(13)	大阪大学大学院工学研究科 マテリアル生産科学専攻	木村真之介	ナノ構造解析に基づく同種・異種材接合部の高信頼化組織制御
(14)	大阪大学大学院工学研究科 マテリアル生産科学専攻	山際 大貴	ナノ構造解析に基づく同種・異種材接合部の高信頼化組織制御
(15)	大阪大学大学院工学研究科 マテリアル生産科学専攻	大垣 俊也	ナノ構造解析に基づく同種・異種材接合部の高信頼化組織制御
(16)	大阪大学大学院工学研究科 マテリアル生産科学専攻	川端 玲	ナノ構造解析に基づく同種・異種材接合部の高信頼化組織制御
(17)	大阪大学大学院工学研究科 マテリアル生産科学専攻	廣瀬 明夫	ナノ構造解析に基づく同種・異種材接合部の高信頼化組織制御

氏名：三上 欣希

一般公募研究課題

(1)	海上技術安全研究所 産業システム系 物理システム研究グループ	小沢 匠	破壊靱性値の確率分布を考慮した有意差検証
(2)	東京大学大学院 工学系研究科	川畑 友弥	「鋼材の組織因子がバウシング効果に及ぼす影響に関する SGP と CP による考察」
(3)	東京大学大学院 工学系研究科	小菅 寛輝	「鋼材の組織因子がバウシング効果に及ぼす影響に関する SGP と CP による考察」

(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	12
--------	----

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 鋼、高 P 鋼、C-Si-Mn 鋼、Cr-Ti 中炭素鋼、低放射化鋼、Fe-Al 合金、高強度 Ti 合金、Al 合金厚板、Al 合金丸棒、カーボンナノチューブ強化 Al 合金、純 Mg、Mg-Al-Li 合金、難燃性 Mg 合金、Cu-Zn 合金、Ag-Sn 合金、CoCrFeNi ハイエントロピー合金などの難接合材の摩擦接合や、異種の Al 合金、Al / Mg、炭素鋼 / Al、ステンレス鋼 / Al、Ti / CFRP、Al / プラスチック、V 合金 / ステンレス鋼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。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。

線形摩擦接合の振動方向の影響を明確にすることで、平板や角柱材のみに適用された線形摩擦接合を、例えばコの字や口の字のような複雑断面形状となっている部材に対して接合可能する技術を確立した。振動方向に垂直に配置される部分と平行に配置される部分が、同時に A<sub>1</sub> 点以下で接合できることを明らかにした点は特筆に値する。この成果により、鉄鋼協会学生ポスターセッション奨励賞を受賞した。本手法は、国内外から大いに注目されている技術となっており、日本経済新聞（2020 年 5 月 18 日付）、日刊工業新聞（2020 年 10 月 27 日付）などに掲載された。

摩擦攪拌接合において、塑性流動を可視化し、超硬ツールの摩耗現象について明確にした。計算機シミュレーションにより、ツールに対する負荷に及ぼす被接合材の影響や継手の残留応力を計算した。この他にも、窒化ケイ素ツールの開発、厚板鋼板の接合のための新規ツールの開発、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。

2. 新規接合 & 改質プロセスの開発

線形摩擦接合法や摩擦圧接において、任意の温度で接合できる手法を開発した。高圧力で接合することにより、接合温度の低温化を図り、A1050、A5052、A5083、A6061、A7075 などの種々の Al 合金に対して、完全に軟化を抑制し、継手効率 100% を達成したことは、日刊工業新聞（2020 年 12 月 8 日付）や溶接ニュース（2020 年 12 月 15 日付）で報道された。この他、ジュール熱を利用した

新規接合法にも成功し、短時間で 100% の継手効率が得られる手法として、Ti 合金 - ステンレス鋼の異種接合に取り組み、日刊工業新聞一面 (2020 年 9 月 9 日付) に掲載された。低温摩擦圧接法に関しては、日刊工業新聞 (2021 年 2 月 22 日および 2 月 24 日付) に掲載されたように実用化を達成し、企業と連携して装置販売に繋げている。

加えて、固相で抵抗スポット接合を行える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<sub>1</sub> 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、国内外から大いに注目されている技術となっており、自動車技術協会から大学院研究奨励賞 (2021 年 3 月 8 日) が授与された。

重ね継手の上下共に複動式ツールを配置したフラット FSW を開発し、Mg 合金、炭素鋼の接合に加えて、Al 合金と炭素鋼の異種接合に対してその有効性を示した。加えて、2 組の高輝度 X 線を用いて、界面の形成メカニズムを明らかにした。この成果に対して、軽金属溶接協会優秀発表賞を授与された。

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。

### 3. 溶接界面、溶融池形成機構の解明

Spring-8 を活用した Al-Cu 合金および種々のステンレス鋼板の TIG 溶接時における初晶及び共晶の成長速度、溶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。割れ速度は溶接速度と同じではなく、周期性を有することなどを明らかにするなどの新たな知見を得た。これにより、2019 年度まで当研究室在籍した柳樂元准教授 (現招へい教授) が、金属学会功績賞を受賞した。

この他、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。さらには、3D 造形にも取り組んだ。3D 造形は通常とは異なり、構造物ではなく、2 液自硬性の砂型鋳型を 3D 造形し、複雑形状を作製する手法について取り組んだ。

### 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 Al、純銅、黄銅、純銀、Ag-Sn 合金に対して実験を行い、組織形成に及ぼす積層欠陥エネルギー、温度の影響を明らかにし、積層欠陥エネルギーの異なる FCC 金属の組織形成を整理した。

摩擦接合を念頭においた Cr-Si 鋼、Cr-Ti 鋼、Mn-Si 鋼、高耐候性鋼などを開発し、韌性及び P、C 添加の影響を明確にした。この成果に対して、鉄鋼協会学生ポスターセッション奨励賞を受賞した。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認した。これにより継手効率 93% を達成した。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。

Ti-6Al-4V、Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al 合金、Mg-9Li-1Zn 合金などにおいても摩擦攪拌プロセスを施すことで、超塑性現象が発現することを明らかにした。Mg-Li 合金に対して、摩擦攪拌プロセスを施すことで結晶粒を 500nm 以下にすることにより、473K で 1000% を超える超塑性現象が発現した。

線形摩擦接合においては、炭素鋼及び Ti 合金の継手において、変形、再結晶、粒成長、集合組織などの現象が、界面からの距離によってどのように変化するかを詳細に調査することで、詳細な

接合メカニズムを明らかにした。

## (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40報発表した。また、これら多くは Acta Materialia (7.656)、Journal of Magnesium and Alloys (7.115)、Journal of Materials Science and Technology (6.155) 2報に掲載されたのを始め、Scripta Materialia (5.079) 2報、Materials and Science and Engineering (4.652) 7報、Journal of Alloys and Compounds (4.650)、Journal of Materials Processing Technology (4.086) 2報、Materials Characterization (3.562) 3報、Journal of Materials Science (3.553) 2報、Science and Technology of Welding and Joining (3.422) 6報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んだ。

特許は18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4件、解説・著書5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、鉄鋼協会学生ポスターセッション優秀賞、軽金属溶接協会優秀発表賞、溶接学会軽構造加工研究委員会講演奨励賞、大阪大学賞若手部門賞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」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企業との共同研究も積極的に推進した。R2年度における研究予算 (外部資金獲得総額) は、約2億6000万円であり、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

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9名、博士前期課程5名、研究生2名の指導を行い、博士前期課程3件の主査、博士後期課程1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。特に、日本鉄鋼協会学生ポスターセッションで優秀賞を受賞したのを始め、軽金属溶接協会優秀発表賞、自動車技術協会大学院研究奨励賞等を受賞したことは、このような教育研究活動が評価されたものと考えている。

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2名および留学生8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、終了した韓国人の特任研究員が広島大学、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。

#### 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行っている。

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ている。海外においても、Poland Foundry Research Institute の Member of Science Committee を務めている。また、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、成果が日本経済新聞や日刊工業新聞に掲載されるなど、社会への情報発信も積極的に行っている。H30 に開設した共同研究講座においても十分な成果を収め、実用化に向けて目途が立ったため、終了することとなったが、令和3年4月に新たに協働研究所、共同研究講座をそれぞれ1つずつ立ち上げるための準備を進めた。

#### 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、青森から沖縄に至る全国の研究機関と30件、国外との研究者と1件の共同研究を行った。特に、中・高炭素鋼、高Mn鋼の接合を始めとした種々の鉄鋼材料、原子炉用材料、Fe-Cr合金、アルミニウム合金、ハイエントロピー材料を始めとした種々の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、マグネシウム合金や高炭素鋼の線形摩擦接合に取り組む、S55C継手の疲労特性を評価した。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の検討にも取り組んだ。

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、鉄鋼材料用耐熱超硬・サーメット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、希土類含有Mg合金の組織改質と機械的性質の改質、摩擦攪拌プロセスを用いたポーラス材の作製やダイキャスト材の発泡化、摩擦インクリメンタルフォーミング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16件に上り、Journal of Magnesium and Alloys (7.115)、Scripta Materialia (5.079)、Materials and Science and Engineering A (4.652) 2報に掲載されたのを始め、Journal of Materials Processing Technology (4.086)、Materials Characterization (3.562)、Journal of Materials Science (3.553)、Science and Technology of Welding and Joining (3.422) 2報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) Influences of Temperature and Sn-addition on Microstructural Evolution of Ag during FSW  
Sci. Technol. Weld. Joining, 25, 3 (2020), 198-207.  
T. Nagira, X. C. Liu, K. Ushioda and H. Fujii
- (2) Effect of Process Parameters on Microstructure and Mechanical Properties of Friction Stir Welded CoCrFeNi High Entropy Alloy  
Mater. Sci. Eng. A., 782 (2020)  
X. Qin, Y. Xu, Y. Sun, H. Fujii, Z. Zhu and C. H. Shek
- (3) バインダジェット法積層造形砂型の曲げ強度に及ぼす積層ピッチおよび樹脂添加量の影響  
鑄造工学, 92, 5 (2020), 225-231.  
富田 祐輔, 藤井 英俊
- (4) Effect of Stacking Fault Energy on the Grain Structure Evolution of FCC Metals During Friction Stir Welding  
Acta Metall. Sin., 33 (2020), 1001-1012.  
X. Liu, Y. Sun, T. Nagira, K. Ushioda and H. Fujii
- (5) Effect of Ultrasound on Microstructure Evolution of Friction Stir Welded Aluminum Alloys  
J. Manufacturing Processes, 56 (2020), 362-371.  
Y. Hu, H. Liu, H. Fujii and K. Ushioda
- (6) Low Temperature Linear Friction Welding of Metal and Alloys with with 100% Joint Efficiency  
軽金属溶接, 58 (2020), 8-13.  
H. Fujii
- (7) Mechanism of Grain Structure Development for Pure Cu and Cu-30Zn with Low Stacking Fault Energy during FSW  
Sci. Technol. Weld. Joining, 25, 8 (2020), 669-678.  
T. Nagira, X. C. Liu, K. Ushioda and H. Fujii
- (8) Ultrasonic-induced Excess Vacancies in Friction Stir Processing and Exploration of Acoustoplastic Effect  
Scr. Mater., 185 (2020), 117-121.  
Y. Hu, H. Liu, H. Fujii, H. Araki, K. Sugita and K. Liu
- (9) 合金化溶融亜鉛めっき鋼とアルミニウム合金の摩擦アンカー接合における問題点と対策に関する考察  
軽金属溶接, 58, 8 (2020), 7-11.  
坂村 勝, 舟木 開, 藤井 英俊
- (10) Vacancy-induced  $\theta'$  Precipitation during Ultrasonic-Affected Friction Stir Welding of Al-Cu Alloy  
J. Mater. Sci., 55 (2020), 14626-14641.  
Y. Hu, H. Liu, H. Fujii, K. Ushioda, H. Araki, K. Sugita and K. Liu
- (11) Influence of Reinforcement Incorporation Approach on Mechanical and Tribological Properties of AA6061- CNT Nanocomposite Fabricated via FSP  
J. Manufacturing Processes, 59 (2020), 604-620.  
A. Sharma, H. Fujii and J. Paul

- (12) 縦型双ロールキャストリングを用いたプリカーサ法によるポーラスアルミニウムの製作  
鑄造工学, 92, 11 (2020), 577-582.  
鈴木良祐, 増渕匠, 西田進一, 荳司郁夫, 半谷禎彦, 藤井英俊, 松原雅昭
- (13) Corrosion Behavior and Microstructure of Stir Zone in Fe-30Mn-3Al-3Si Twinning-Induced Plasticity  
Steel after Friction Stir Welding  
Metals, 10, 11 (2020)  
H.-J. Kim, H. Fujii and S.-J. Lee
- (14) 高P耐侯性鋼の摩擦攪拌接合 - その接合性, 組織の発達および機械的特性 -  
鉄と鋼, 106, 12 (2020), 892-901.  
川久保拓海, 柳樂知也, 潮田浩作, 藤井英俊
- (15) Elucidation of Fatigue Characteristics and Fracture Mechanism of Friction Stir Spot-Welded Tension-  
Shear Joint Steels  
Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct., 44, 1 (2021), 74-84.  
T. Selvaraj, S. Ishida, J. Arakawa, H. Akebono, A. Sugeta, Y. Aoki and H. Fujii
- (16) An Anomalous Effect of Grain Refinement on Yield Stress in Friction Stir Processed Lightweight Steel  
Mater. Sci. Eng. A., 799 (2021), 140057.  
B. Mirshekaria, A. Zarei-Hanzaki, A. Barabia, H. R. Abedi, S.-J. Lee and H. Fujii
- (17) Microstructures and Tensile Properties of Friction Stir Welded 0.2%C-Si-Mn Steel  
Mater. Sci. Eng. A., 799 (2021), 140068.  
Z. Wu, T. Nagira, K. Ushioda, G. Miyamoto and H. Fujii
- (18) Linear Friction Welding of Ti-6Al-4V Alloy Fabricated below  $\beta$ -Phase Transformation Temperature  
Scr. Mater., 191 (2021), 12-16.  
J.-W. Choi, Y. Aoki, K. Ushioda and H. Fujii
- (19) Improved Strength and Ductility Balance of Medium-carbon Steel with Chromium and Titanium  
Fabricated by Friction Stir Welding Process  
Mater. Sci. Eng. A., 803 (2021), 140689.  
C. Cheng, K. Kadoi, H. Fujii, K. Ushioda and H. Inoue
- (20) 厚板アルミ FSW による熱ひずみと残留応力の数値解析と実験測定  
軽金属溶接, 59, 2 (2021), 1-10.  
于民澗, 麻寧緒, 檜崎邦男, 堤成一郎, 藤井英俊
- (21) Deformation Modes during Room Temperature Tension of Fine-Grained Pure Magnesium  
Acta Mater., 206 (2021), 116648.  
Z. Zeng, M. Zhou, P. Lynche, F. Momprou, Q. Gu, M. Esmaily, Y. Yan, Y. Qiu, S. Xu, H. Fujii,  
C. Davies, J.-F. Nie and N. Birbilis
- (22) 溶融法人工砂を用いたバイндаジェット式砂型積層造形における砂の流動性に及ぼす粒径の  
影響  
鑄造工学, 93, 3 (2021), 115-120.  
富田祐輔, 藤井英俊
- (23) Superplastic Deformation Mechanism of the Friction Stir Processed Fully Lamellar Ti-6Al-4V Alloy  
Mater. Sci. Eng. A., 785 (2020), 139390.  
W. J. Zhang, H. Liu, H. Ding and H. Fujii

- (24) The Optimal Temperature for Enhanced Low-Temperature Superplasticity in Fine-Grained Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al Alloy Fabricated by Friction Stir Processing  
*J. Alloy. Compd*, 832 (2020), 154917.  
 W. J. Zhang, H. Liu, H. Ding and H. Fujii
- (25) The Deformation Behavior of Oxygen-Modified Ti<sub>29</sub>Nb<sub>13</sub>Ta<sub>4</sub>.6Zr (wt.%)  
*MATEC Web of Conferences*, 321 (2020), 11003.  
 V. Khademi, H. Liu, M. Nakai, M. Niinomi and C. J. Boehlert
- (26) Ultralow Rotation Speed Produces Hig-Quality Joint in Dissimilar Friction Welding of Ti-6Al-4V Alloy and SUS316L Stainless Steel  
*Mater. Sci. Eng. A.*, 800 (2021), 140303.  
 H. Liu and H. Fujii
- (27) Friction Stir Lap Welding of Plastic to Metal Using Adjustable Tool  
*Sci. Technol. Weld. Joining*, 25, 3 (2020), 190-197.  
 Y. Gao, Y. Morisada, H. Fujii and J. Liao
- (28) Pronounced Low-Temperature Superplasticity of Friction Stir Processed Mg-9Li-1Zn Alloy  
*Mater. Sci. Eng. A.*, 780 (2020)  
 M. Zhou, Y. Morisada, H. Fujii and J.-Y. Wang
- (29) Medium and High Carbon Steel Joints Formed by Friction Welding below A1 Temperature  
*Sci. Technol. Weld. Joining*, 25, 5 (2020), 438-445.  
 Y. Morisada and H. Fujii
- (30) Dissimilar Friction Stir Welding of Pure Ti and Carbon Fibre Reinforced Plastic  
*Sci. Technol. Weld. Joining*, 25, 7 (2020), 600-608.  
 J. W. Choi, Y. Morisada, H. Liu, K. Ushioda, H. Fujii, K. Nagatsuka and K. Nakata
- (31) Flat Friction Stir Spot Welding of AZ31B Magnesium Alloy Using Double Side Adjustable Tools: Microstructure and Mechanical Properties  
*Sci. Technol. Weld. Joining*, 25, 8 (2020), 644-652.  
 X. Wang, Y. Morisada and H. Fujii
- (32) Effects of Al-Ni Powder Addition on Dissimilar Friction Stir Welding between AA7075-T6 and 304L  
*Materialwiss. Werkstofftech.*, 51 (2020), 1274-1284.  
 M. R. Muhamad, M. F. Jamaludin, F. Yusof, R. Mahmoodian, Y. Morisada, T. Suga and H. Fujii
- (33) Elucidation of Interfacial Microstructure and Properties in Friction Stir Lap Welding of Aluminium Alloy and Mild Steel  
*Mater. Charact.*, 168 (2020)  
 A. Kar, B. Vicharapu, Y. Morisada and H. Fujii
- (34) Nondestructive Observation of Pores during Press Forming of Aluminum Foam by X-ray Radiography  
*Mater. Charact.*, 170 (2020)  
 Y. Hangai, D. Kawato, M. Ando, M. Ohashi, Y. Morisada, T. Ogura, H. Fujii, R. Nagahiro, K. Amagai, T. Utsunomiya and N. Yoshikawa

- (35) Quasi-in-situ Investigation into the Microstructure and Texture Evolution of Pure Magnesium during Friction Stir Welding  
J. Magnes. Alloy., 8, 4 (2020), 1071-1083.  
M. Zhou, Y. Sun, Y. Morisada, K. Ushioda and H. Fujii
- (36) High-strength Fe/Al Dissimilar Joint with Uniform Nanometer-Sized Intermetallic Compound Layer and Mechanical Interlock Formed by Adjustable Probes during Double-Sided Friction Stir Spot Welding  
J. Mater. Sci. Technol., 809 (2021), 1-7.  
X. Wang, Y. Morisada and H. Fujii
- (37) Flat Friction Stir Spot Welding of Low Carbon Steel by Double Side Adjustable Tools  
J. Mater. Sci. Technol., 66 (2021), 1-9.  
X. Wang, Y. Morisada and H. Fujii
- (38) 摩擦攪拌接合を利用したプリカーサ作製とその発泡の連続プロセスの開発  
軽金属, 71, 2 (2021), 121-126.  
諸橋 寛海, 半谷 禎彦, 青木 祥宏, 藤井 英俊, 吉川 暢宏
- (39) Time-resolved X-ray Imaging of Solidification Cracking for Al-Cu Alloy at the Weld Crater  
Mater. Charact., 167 (2020), 110469.  
T. Nagira, D. Yamashita, M. Kamai, H. Liu, Y. Aoki, H. Fujii, K. Uesugi and A. Takeuchi
- (40) In Situ Observation of Solidification Crack Propagation for Type 310S and 316L Stainless Steels during TIG Welding Using Synchrotron X-ray Imaging  
J. Mater. Sci., 56 (2021), 10653-10663.  
T. Nagira, D. Yamashita, M. Kamai, H. Liu, Y. Aoki, K. Uesugi, A. Takeuchi and H. Fujii
- (7) 国際会議発表
- (1) Ultrasonic Assisted Friction Stir Welding of 2219-T6 Aluminum Alloy and Mechanism of Acoustoplastic Effect  
IIW Annual Assembly, 2020, (online) (2020.7.15-25)  
Y. Hu, Y.-S. Sun, H. Liu and H. Fujii
- (2) Effects of Mo and V Additions on the Suppression of HAZ Softening of Friction Stir Welded Si-Mn Martensitic Steel  
TMS2021 VIRTUAL, On-Line (2021.3.15-18)  
Z. Wu, K. Ushioda and H. Fujii
- (3) Phosphorus Segregation and Its Effect on Properties in Friction Stir Welded High Phosphorus Weathering Steel  
TMS2021 VIRTUAL, On-Line (2021.3.15-18)  
T. Kawakubo, K. Ushioda and H. Fujii
- (4) Fabrication of High-Quality Joint in Dissimilar Friction Welding of Ti-6Al-4V Alloy and SUS316L Stainless Steel  
Int. Institute of Welding (Commission III Annual Assembly 2020 online), Online (2020.7.23-25)  
H. Liu, Y. Aoki, Y. Aoki and H. Fujii
- (5) Dissimilar Friction Stir Welding of Pure Ti and Carbon Fiber Reinforced Plastic  
Int. Institute of Welding (Commission III Annual Assembly 2020 online), Online (2020.7.23-25)  
J.-W. Choi, Y. Morisada, H. Liu, K. Ushioda, H. Fujii, K. Nagatsuka and K. Nakata

- (6) Dissimilar Friction Stir Spot Welding of Low Carbon Steel and Aluminum Alloy by Double Side Adjustable Tools  
TMS2021 VIRTUAL, On-Line (2021.3.15-18)  
X. Wang, Y. Morisada and H. Fujii

**(8) 国内学会発表**

- (1) 高純度 Al の摩擦攪拌接合中における微細組織形成の解明  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
柳楽 知也, 潮田 浩作, 藤井 英俊, 劉 小超
- (2) 中炭素マルテンサイト鋼摩擦攪拌接合部における微細組織と引張特性の関係  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
程 春, 門井 浩太, 鴫田 駿, 藤井 英俊, 潮田 浩作, 井上 裕滋
- (3) 摩擦攪拌接合した Si-Mn 炭素鋼の HAZ 軟化抑制に及ぼす Mo および V 添加の影響  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
伍 沢西, 柳楽 知也, 潮田 浩作, 藤井 英俊, 宮本 吾郎
- (4) 摩擦攪拌接合を前提として開発した高 P 添加の耐候性鋼の靱性評価  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
川久保 拓海, 柳楽 知也, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (5) プレス加工を施した発泡アルミニウムの個々の気孔追跡  
(一社)軽金属学会 関東支部 第 7 回若手研究者ポスター発表会, オンライン開催 (2020.8.1-31)  
川戸 大輔, 半谷 禎彦, 安藤 瑞季, 天谷 賢児, 藤井 英俊, 森貞 好昭, 小倉 卓哉
- (6) 耐候性鋼の摩擦攪拌接合における C および P の影響  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
川久保 拓海, 潮田 浩作, 藤井 英俊, 加茂 孝浩, 北村 稔
- (7) 低い積層欠陥エネルギーを有する fcc 金属における FSW 中の微細組織形成機構の解明  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
柳楽 知也, 劉 小超, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (8) 摩擦攪拌接合した Si-Mn 炭素鋼における V および Mo 添加による HAZ 軟化抑制の機構  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
伍 沢西, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (9) 摩擦攪拌接合した耐候性鋼の機械的特性に及ぼす C および P の影響  
(一社)日本鉄鋼協会 第 180 回秋季講演大会, オンライン開催 (2020.9.16-18)  
川久保 拓海, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (10) X 線その場観察を用いたポラスアルミニウムの気孔追跡  
(公社)日本鑄造工学会第 176 回全国講演大会, オンライン開催 (2020.9.23-25)  
川戸 大輔, 半谷 禎彦, 安藤 瑞季, 天谷 賢児, 藤井 英俊, 森貞 好昭, 小倉 卓哉
- (11) 摩擦攪拌接合によるプリカーサ作製とその発泡の連続工程の開発  
(公社)日本鑄造工学会第 176 回全国講演大会, オンライン開催 (2020.9.23-25)  
諸橋 寛海, 半谷 禎彦, 藤井 英俊, 青木 祥宏, 吉川 暢宏

- (12) 摩擦攪拌接合のみで作製するポーラス Al の攪拌条件の検討  
(公社)日本鋳造工学会第 176 回全国講演大会, オンライン開催 (2020.9.23-25)  
諸橋 寛海, 半谷 禎彦, 藤井 英俊, 青木 祥宏, 吉川 暢宏
- (13) Superplastic Deformation Mechanism for Fully Lamellar Ti-6Al-4V Alloy Processed by Friction Stir Processing  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
W. Zhang, H. Liu, H. Ding and H. Fujii
- (14) ジュール熱大荷重局部変形接合法による Ti-6Al-4V と SUS316L の健全異種継手の作製  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
林 泳錫, 劉 恢弘, 藤井 英俊
- (15) ジュール熱大荷重局部変形接合法を利用した高炭素鋼の低温圧接: 界面組織観察と接合機構解明  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
劉 恢弘, 宮垣 徹也, 釜井 正善, 馬 運五, 麻 寧緒, 藤井 英俊
- (16) ジュール熱大荷重局部変形接合法を利用した高炭素鋼の低温圧接: 界面組織観察と接合機構解明  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
劉 恢弘, 宮垣 徹也, 釜井 正善, 馬 運五, 麻 寧緒, 藤井 英俊
- (17) 圧力制御通電圧接 Ti-6Al-4V/SUS316L 異材継手における接合界面形成機構の解明  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
林 泳錫, 劉 恢弘, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (18) 高炭素鋼の圧接制御通電圧接における界面接合機構の解明  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
劉 恢弘, 宮垣 徹也, 釜井 正善, 馬 運五, 麻 寧緒, 藤井 英俊
- (19) 極低回転速度による健全な Ti-6Al-4V/SUS316L 摩擦圧接継手の作製  
(公社)日本金属学会 2020 年秋期 第 167 回講演大会, オンライン開催 (2020.9.15-18)  
劉 恢弘, 藤井 英俊
- (20) Mg-Li 合金 FSW 継手の機械的性質に及ぼす Al 添加の影響  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
森貞 好昭, 藤井 英俊, 王 建義
- (21) 両面複動式ツールを用いた低炭素鋼のフラット摩擦攪拌点接合  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
汪 小培, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (22) アルミニウム合金の低温線形摩擦接合  
(一社)軽金属学会第 138 回春期大会, 高松 (2020.5.22-24)  
李 蔚豪, 森貞 好昭, 青木 祥宏, 藤井 英俊
- (23) High-Fluence Irradiation Behavior of Reduced Activation Fusion Reactor Materials  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
T. Nozawa, M. Ando, H. Hayashi, O. Hashitomi, Y. Morisada and H. Fujii

- (24) Mg-Li-Al 合金の摩擦攪拌接合  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
森貞好昭, 周夢然, 藤井英俊, 王建義
- (25) Ti-CFRP 摩擦攪拌接合継手の機械的性質に及ぼす接合温度の影響  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
崔正原, 森貞好昭, 劉恢弘, 潮田浩作, 藤井英俊, 永塚公彬, 中田一博
- (26) ポリフェニレンスルフィドとアルミニウム合金の摩擦攪拌重ね接合  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
長岡亨, 平野寛, 木元慶久, 武内孝, 森貞好昭, 藤井英俊
- (27) 低温線形摩擦接合によるアルミニウム継手の HAZ 軟化抑制  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
李蔚豪, 森貞好昭, 青木祥宏, 藤井英俊
- (28) 両面複動式ツールを用いた低炭素鋼とアルミニウム合金の異材摩擦攪拌点接合  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
汪小培, 森貞好昭, 藤井英俊
- (29) マグネシウム合金のフラット摩擦攪拌点接合  
(一社)軽金属溶接協会 2020 年度年次講演大会研究成果発表会, オンライン開催 (2021.11.13-14)  
汪小培, 森貞好昭, 藤井英俊
- (30) 純アルミニウム A1050 の低温線形摩擦接合  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
李蔚豪, 青木祥宏, 藤井英俊
- (31) 線形摩擦接合の継手特性に及ぼす振動方向の影響  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
福良篤司, 青木祥宏, 藤井英俊
- (32) 炭素鋼の線形摩擦接合における HAZ 軟化抑制  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
青木祥宏, 藤井英俊
- (33) 鉄鋼用摩擦攪拌接合ツール形状の提案  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
生田明彦, 青木祥宏, 森貞好昭, 藤井英俊
- (34) HAZ 軟化を抑制する高張力鋼板の低温線形摩擦接合  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
青木祥宏, 潮田浩作, 藤井英俊
- (35) 超硬合金を用いた鉄鋼用摩擦攪拌接合ツールの特徴  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
生田明彦, 青木祥宏, 森貞好昭, 藤井英俊
- (36) 複雑な断面形状を有する中炭素鋼部材の線形摩擦接合  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
福良篤司, 青木祥宏, 藤井英俊

(37)  $\beta$  トランザス温度以下で摩擦攪拌接合した Ti-6Al-4V 攪拌部の集合組織  
(公社)日本金属学会 2020 年秋期 第 167 回講演大会, オンライン開催 (2020.9.15-18)  
崔 正原, 青木 祥宏, 潮田 浩作, 藤井 英俊

(38) 鉄鋼材料の低温接合に資する圧力制御通電圧接法の開発  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
相原 巧, 釜井 正善, 藤井 英俊

(39) 固相抵抗スポット接合法の開発  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
相原 巧, 釜井 正善, 藤井 英俊

## (9) 国際会議講演

(1) Low-temperature Liner Friction Welding of Various Alloys with 100% Joint Efficiency  
Metal Additive Manufacturing and Friction Stir Processing:Present and Future, On-line (2020.9.16-17)  
H. Fujii

(2) Friction Stir Welding of Metal and Carbon Fiber Reinforced Plastic (CFRP)  
TMS2021 VIRTUAL, On-line (2021.3.15-18)  
H. Fujii, J.-W. Choi, Y. Morisada, K. Nagatsuka and K. Nakata

## (10) 国内会議講演

(1) 難接合材料を可能にする革新的接合技術の確立  
「低炭素社会を実現する先端的耐熱材料・軽量材料の開発」公開シンポジウム, オンライン  
(2020.9.14)  
藤井 英俊

(2) 線形摩擦接合技術(LFW)  
東関東支部 第 61 回技術懇談会「塑性流動を用いた接合技術について」, オンライン (2021.1.29)  
藤井 英俊

(3) 摩擦攪拌接合技術  
2020 年度溶接工学冬の夏季大学, オンライン (2021.2.1-8)  
藤井 英俊

(4) 「摩擦攪拌接合技術」の最新動向  
CASE 革命下における技術向上セミナー, オンライン (2021.2.12)  
藤井 英俊

## (11) 解説・総説

(1) FSW の基礎と接合の革新  
WE-COM マガジン, WE-COM 溶接技術者交流会, 36 (2020)  
藤井 英俊

(2) 溶接施工管理技術の進歩  
溶接施工管理技術者再認証資料 (2020), 72-79.  
藤井 英俊

- (3) 自動車関連材料(鉄系)の新規接合方法：ISMA 関連  
溶接学会誌, 89, 6 (2020), 25-29.  
藤井 英俊
- (4) 装置開発に基づく FSW 技術の高度化と教育  
軽金属溶接, 58, 6 (2020), 17-21.  
森貞 好昭, 藤井 英俊
- (5) Mg-Li 合金の摩擦攪拌接合  
軽金属溶接, 59, 1 (2021), 6-10.  
森貞 好昭, 藤井 英俊

### (13) 特許出願・登録

- (1) 鉄鋼材の製造方法  
インド第 343366 号  
藤井 英俊, 森貞 好昭
- (2) 溶接方法, 溶接用ノズル及び溶接装置  
ヨーロッパ第 2848352 号  
藤井 英俊, 森貞 好昭
- (3) マグネシウム合金材の接合方法  
特許第 6731601 号  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他 2 名
- (4) 線形摩擦接合方法  
特許第 6819958 号  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他 2 名
- (5) 線形摩擦接合方法  
特許第 6819959 号  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他 2 名
- (6) 線形摩擦接合方法及び線形摩擦接合装置  
特許第 6796839 号  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他 2 名
- (7) 溶接部の改質方法  
特許第 6840383 号  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他 1 名
- (8) 金属材の低温接合方法及び接合構造物  
中国 ZL201780016606.6  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他 1 名
- (9) 線形摩擦接合方法  
韓国第 10-2182709 号  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏
- (10) 摩擦圧接方法  
特許第 6739854 号  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏

- (11) 異材接合部材及びその製造方法  
特願 2020-073831  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他 1 名
- (12) 金属材の固相接合方法及び固相接合装置  
特願 2020-507455  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 劉 恢弘, 青木 祥宏, 釜井 正善
- (13) 異材固相接合方法及び異材固相接合構造物  
PCT/JP2020/026796  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏
- (14) 異材摩擦攪拌接合方法及び異材摩擦攪拌接合部材  
特願 2020-149882  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 劉 恢弘
- (15) 防食構造および防食構造の製造法  
PCT/JP2020/033837  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏, 他 6 名
- (16) 金属材の固相接合方法及び固相接合装置  
ヨーロッパ 1970353.1  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 劉 恢弘, 青木 祥宏, 釜井 正善
- (17) 金属材の固相接合方法及び固相接合装置  
中国 201980037370.3  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 劉 恢弘, 青木 祥宏, 釜井 正善
- (18) 摩擦圧接方法  
特願 2020-160467  
藤井 英俊, 劉 恢弘, 森貞 好昭
- (19) 建築用シャッター装置におけるシャッターカーテンのスラット接合方法, シャッターカーテンの補修方法およびシャッターカーテンのスラット接合装置  
特願 2020-179472  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏, 他 1 名
- (20) 異材固相接合方法, 異材固相接合構造物及び異材固相接合装置  
PCT/JP2020/040395  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏, 釜井 正善
- (21) 摩擦攪拌接合用ツール及び摩擦攪拌接合方法  
米国 15/734,338  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏, 他 1 名
- (22) 摩擦攪拌接合用ツール及び摩擦攪拌接合方法  
中国 201980037370.3  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏, 他 1 名
- (23) 摩擦攪拌接合用ツール及び摩擦攪拌接合方法  
欧州 19814304.2  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏, 他 1 名

- (24) 線形摩擦接合方法及び接合構造体  
特願 2021-036522  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他 4 名
- (25) 異材固相接合方法及び異材固相接合構造物  
特願 2021-037269  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他 1 名
- (26) 固相点接合方法及び固相点接合装置  
PCT/JP2021/009182  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 釜井 正善
- (27) 固相接合用鋼, 固相接合用鋼材, 固相接合継手及び固相接合構造物  
PCT/JP2021/010577  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他 2 名
- (28) 線形摩擦接合装置  
PCT/JP2021/012371  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏, 釜井 正善

(15) 受賞

- (1) 大阪大学賞 若手教員部門  
大阪大学 (2020.11.26)  
劉 恢弘
- (2) 軽構造接合加工研究委員会講演奨励賞  
(一社)溶接学会 軽構造接合加工研究委員会 (2020.07.02)  
青木 祥宏(特任講師)
- (3) 第 179 回春季講演大会学生ポスターセッション 奨励賞  
(一社)日本鉄鋼協会 (2020.04.14)  
川久保 拓海(D1)
- (4) 第 179 回春季講演大会学生ポスターセッション 奨励賞  
(一社)日本鉄鋼協会 (2020.04.14)  
福良 篤司(M2)
- (5) 優秀発表賞  
(一社)軽金属溶接協会 (2020.11.18)  
汪 小培 (D3)
- (6) 大学院研究奨励賞  
(公社)自動車技術会 (2021.03.08)  
相原 巧 (M2)
- (7) 第 181 回春季講演大会学生ポスターセッション優秀賞  
(一社)日本鉄鋼協会 (2021.03.26)  
相原 巧 (M2)

(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	8,580
(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	2,210
(3)	若手研究	高強度鋼板の局所変形と加工誘起相変態の統一的理解	山下 享介	1,623

一般公募型補助金研究

(1)	経済産業省	戦略的基盤技術高度化・連携支援事業	藤井 英俊	684
-----	-------	-------------------	-------	-----

民間等との共同研究

(1)		摩擦接合技術の鋼橋等インフラへの適用性検討	藤井 英俊	3,000
(2)		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	300
(3)		JFE ウエルディング協働研究所	藤井 英俊	1,500
(4)		先端接合技術 共同研究部門	藤井 英俊	5,701
(5)		FSW ツールの耐久性評価	藤井 英俊	2,000
(6)		鋼の摩擦攪拌接合に関する研究	藤井 英俊	2,500
(7)		摩擦圧接のバリ低減に関する研究	藤井 英俊	2,400
(8)		摩擦接合手法の確立と最適化	藤井 英俊	1,000
(9)		高速高精度マイクロ FSW(摩擦攪拌接合)に関する研究	藤井 英俊	550
(10)		シャッター, ドア等の部品, 部材の接合に関する研究	藤井 英俊	1,800
(11)		線形摩擦接合を利用した異形材の部分接合の検討	藤井 英俊	2,400
(12)		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	藤井 英俊	2,957
(13)		FSW を用いた薄板 SUS 材の接合性の評価	藤井 英俊	1,100

(14)	線形摩擦攪拌接合等を活用した耐震補強技術に関する研究	藤井 英俊	2,400
(15)	圧力制御通電圧接による銅とアルミニウムの丸棒の接合に関する研究	藤井 英俊	2,500
(16)	異種金属接合に関する研究	藤井 英俊	2,000

#### 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	22,364
(2)	摩擦接合共通基盤研究	藤井 英俊	187,037

#### 受託研究員

(1)	高 業飛 (短期)	鋳造合金の摩擦攪拌接合	藤井 英俊
(2)	阿野 元貴 (短期) 岩本 祐一 (短期)	厚物平板および円筒材への FSW 技術の適用	藤井 英俊

#### 奨学寄付金

(1)		藤井 英俊	900
(2)		森貞 好昭	1,000

#### 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(マチカネゼミ)

##### (3) 博士論文(副査)

(1)	マテリアル生産科学専攻, Jaebon Yeon	Metal joining using super-spread wetting into surface fine crevice structure and interface fine mesh structure
-----	--------------------------	--

#### (4) 修士論文

- |                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| (1) マテリアル生産科学専攻, 相原 巧  | 固相抵抗スポット接合法の開発        |
| (2) マテリアル生産科学専攻, 福良 篤司 | 自動車用高強度鋼板および部材の線形摩擦接合 |
| (3) マテリアル生産科学専攻, 李 蔚豪  | 種々のアルミニウム合金の線形摩擦接合    |

氏名：劉 恢弘

#### (1) 大学院等講義科目

- |                 |               |
|-----------------|---------------|
| (1) マテリアル生産科学専攻 | 機能性評価学        |
| (2) 全学教育推進機構    | 学問への扉(マチカネゼミ) |

#### 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 日本溶接会議 | 第Ⅲ委員会委員               |
| (10) (一社)溶接学会         | 理事                    |
| (11) (一社)溶接学会         | 代議員                   |
| (12) (一社)溶接学会         | 研究推進部会部会長             |
| (13) (一社)溶接学会         | 企画委員会委員               |

- |   |   |
|---|---|
| (14) (一社)溶接学会   | 溶接教育委員  |
| (15) (一社)溶接学会   | 溶接情報化委員                                       |
| (16) (一社)溶接学会   | 軽構造接合加工研究委員会副委員長                              |
| (17) (一社)溶接学会   | 溶接法研究委員幹事                                     |
| (18) (一社)溶接学会   | 論文査読委員会副部門長                                   |
| (19) (一社)溶接学会   | 関西支部幹事  |
| (20) (一社)溶接学会   | 2020 年度溶接学会秋季全国大会実行委員会                        |
| (21) (公社)日本金属学会   | 会誌編集委員会編集委員                                   |
| (22) (公社)日本金属学会   | 欧文誌編集委員会編集委員                                  |
| (23) (公社)日本金属学会   | 関西支部委員  |
| (24) (公社)日本鑄造工学会  | 査読委員  |
| (25) (公社)日本鑄造工学会  | 関西支部理事  |
| (26) (公社)日本鑄造工学会  | 関西支部代議員                                       |
| (27) International Journal of Materials<br>Engineering Innovation | Member of Editorial Board                     |
| (28) Poland Foundry Research Institute                            | Member of Science Committee                   |
| <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) 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 |

- (6) 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) 特別研究学生(JWRI 道場プログラム): 張 文井 Ti合金の摩擦攪拌処理
- (2) 研究生(JWRI 道場プログラム): 陳 軾銘 アルミニウム合金薄板摩擦攪拌接合変形機構と制御
- (3) 研究生: 趙 艶華 鉄鋼材料のFSW

**(7) 社会への情報発信**

- (1) 金属の新接合技術 航空機や電車軽く 日本経済新聞 (2020.05.18)
- (2) 阪大, 異種材料を強固に接合 短時間・低温で省エネ 日刊工業新聞 (2020.09.09)
- (3) 複雑線形を摩擦接合 阪大が技術, 低音・短時間処理 日刊工業新聞 (2020.10.27)
- (4) アルミ合金完全接合 阪大 低温・短時間で強度確保 日刊工業新聞 (2020.12.08)
- (5) アルミの「完全接合」実現 阪大接合研, リニア摩擦接合応用 溶接ニュース (2020.12.15)
- (6) 北川鉄工所, 低温摩擦接合で実用機 阪大から技術 日刊工業新聞 (2021.02.22)
- (7) 自動車軽量化と溶接接合技術 溶接ニュース (2021.02.23)
- (8) あすを創る 低温摩擦接合機-摩擦接合の次世代装置 北川鉄工所 日刊工業新聞 (2021.02.24)

氏名: 劉 恢弘

**(1) 学会役員**

- (1) (一社)溶接学会 溶接学会若手会員の会 ML・広報委員

#### 4. 10 全国共同利用に関する研究

##### (1) 令和2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)  | (地独)大阪産業技術研究所             | 木元 慶久 | 摩擦攪拌プロセスによる軽金属材料の改質              |
| (3)  | (地独)大阪産業技術研究所<br>物質・材料研究部 | 長岡 亨  | 異種材料の突合わせ摩擦攪拌接合における材料流動挙動の解明     |
| (4)  | 沖縄工業高等専門学校<br>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 |
| (5)  | 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が接合温度におよぼす影響         |
| (6)  | 群馬大学大学院理工学府               | 安藤 瑞季 | 摩擦攪拌接合を用いた金属材料のポーラス化             |
| (7)  | 群馬大学大学院理工学府               | 川戸 大輔 | 摩擦攪拌接合を用いた金属材料のポーラス化             |
| (8)  | 群馬大学大学院理工学府               | 大橋 政孝 | 摩擦攪拌接合を用いた金属材料のポーラス化             |
| (9)  | 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             |
| (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               | 鈴木 良祐 | 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               | 半谷 禎彦 | 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               | 松島 慶幸 | 摩擦攪拌接合を用いた金属材料のポーラス化             |
| (16) | 広島県立総合技術研究所<br>東部工業技術センター | 坂村 勝  | 球面ツールを用いた点接合技術の開発                |
| (17) | 広島県立総合技術研究所<br>東部工業技術センター | 大田 耕平 | 球面ツールを用いた点接合技術の開発                |
| (18) | 広島県立総合技術研究所<br>東部工業技術センター | 山形 亮太 | 球面ツールを用いた点接合技術の開発                |

(19)	広島県立総合技術研究所 東部工業技術センター	松葉 朗	鉄鋼材料の摩擦攪拌接合(FSW)と継手の機能評価 球面ツールを用いた点接合技術の開発
(20)	秋田県産業技術センター 素形材開発部	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
(21)	秋田大学院理工学研究科	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
(22)	秋田大学大学院 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
(23)	秋田大学大学院 理工学研究科	齋藤 嘉一	摩擦攪拌プロセッシングによる希土類含有Mg合金の組織改質と機械的性質
(24)	東京大学工学系研究科 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
(25)	東京大学工学系研究科 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
(26)	福井大学学術研究院 工学系部門機械工学講座	三浦 拓也	摩擦攪拌接合部の形態および機械的特性に与えるツール形状の影響
(27)	福井大学大学院 工学研究科機械工学専攻	苗 暉淋	摩擦攪拌接合部の形態および機械的特性に与えるツール形状の影響
(28)	立命館大学理工学部 機械工学科	飴山 恵	マグネシウム合金の線形摩擦接合
(29)	龍谷大学先端理工学部	誉田 登	S55C 材の LFW 継手の疲労強度に及ぼす最高到達温度の影響に関する研究
(30)	龍谷大学理工学部	森 正和	厚鋼板の摩擦攪拌接合・裏板加熱の影響

#### 国際共同研究

(1)	City University of Hong Kong	Xiaomeng QIN	Establishment of surface modification technology by friction stir processing
(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材の高強度・高延性機構の解明
2. チタン積層造形体における微量固溶元素による局所相変態を利用した Bi-modal 組織形成
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. 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材の高強度・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配列した  $\alpha$ -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 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・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) および JST A-STEP 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) を活用して実施している。特に、前者の 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・高延性チタン焼結材料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係る逆問題に関する研究を行う。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  $\alpha$  単相および  $\beta$  単相チタンの組成探索・最適化を可能とする順問題解析に関する研究を進めている。まず、 $\alpha$  単相合金における酸素固溶強化量の予測に関して、固溶強化理論に基づく Labusch model を活用し、 $\alpha$ -Ti 結晶内で侵入固溶型溶質原子 (酸素・窒素) における、固溶原子と転位間の相互作用力  $F_m$  値の導出に対して実験データベースを用いて高精度で予測することに成功した。他方、原子レベルでの理論計算 (第一原理計算) を用いて、溶質原子による格子歪み量を算出し、その結果と上記の  $F_m$  値の強い相関を見出したことで、これらを通じて第一原理計算と Labusch model の連成により固溶強化量と高い精度で予測できる順問題解析に対応できる計算システムを構築した。さらに、人工骨や人工股関節などに用いる生体材料として有用な  $\beta$ -Ti 合金への展開を目指し、 $\beta$  単相 Ti-35at.%Ta 合金を対象に、第一原理計算に基づいて  $\beta$  型 Ti 合金の力学特性 (ヤング率と強化量) 制御のための元素探索を行い、精緻な合金試料の特性解析結果と第一原理計算を用いて算出した力学特性の比較検証を行った。また、各組成を有する  $\beta$ -Ti 合金素材の試作・評価を通じて理論計算結果の妥当性を検証し、理論計算主導の合金設計の可能性を示した。具体的には、第一原理計算による元素探索において、まずは  $\beta$ -Ti 系および Ta 系に分けてヤング率と強化量の計算を行い、両者の結果を統合して上記の  $\beta$  単相 Ti-35at.%Ta 合金における力学特性を導出した。その結果、Al, Si, Cr, Cu, Zr, Nb, W

のような合金化元素は $\beta$ 型 Ti-Ta 系合金の低ヤング率化に資すること、固溶強化に対しては、侵入型 C, N, O 元素が非常に大きく寄与すること、また、置換型固溶元素として Si, Cr, Mn, Fe, Zr, Sn も十分に強化作用を有することを定量的に実証した。このような計算結果について物性解析を通じて明らかにすべく、先ず、添加元素間のヤング率の差異を電子状態に基づいて解析した。その結果、高ヤング率を示した C 添加系では、添加した C 原子付近に電子が局在しており、さらに電子を周囲の Ti 原子と共有する電子雲の重なりが確認されたことから共有結合性が強いといえる。一方、ヤング率が低い Nb 添加系では、Nb 原子付近に電子の局在は見られず、金属結合性が強い。一般に、共有結合では結合強度が高く、金属結合では低く、またヤング率は原子間結合強度と相関関係が成立することが知られている。よって、第一原理計算により算出したヤング率の差は、母相と固溶元素間の結合状態の違いに起因することが明らかとなった。さらに、固溶強化の支配的因子について知見を得るため、固溶強化量と格子歪みとの関係を解析した結果、両者の間に強い相関が確認され、一方、剛性率やポアソン比とは相関関係が認められず、計算対象とした添加元素の範囲では、固溶強化の支配要因は格子歪みであり、以上の理論計算結果は、これまでの素材の特性解析を通じて得られた結果と一致することが明らかとなった。上記の計算結果を踏まえて、Ti-35Ta 系合金のヤング率と固溶強化量の実験値と比較・検証した結果、両力学特性の実験値と計算値の間には強い線形相関が確認された。したがって、第一原理計算により選択した N, O, Si, Zr を添加元素として作製した Ti-35Ta 系合金試料において、低ヤングを維持しつつ高強度化の実現が可能であることを実証した。なお、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。また Materials Science & Technology A (IF; 4.652)、J. Alloys & Compounds (IF; 4.650)、Mechanics of Materials (IF; 2.993) など査読付き学術論文 14 報 (うち海外の大学との国際共著論文は 11 報) として掲載されると共に、6 大学連携プロジェクト・第 5 回公開討論会にて講演を行った。

## 2. チタン積層造形体における微量固溶元素による局所相変態を利用した Bi-modal 組織形成

選択的レーザ溶融法 (SLM) により作製した高濃度酸素 ( $\alpha$ -Ti 相安定化元素) 含有チタン合金積層造形体において、上記 1 項の研究成果に基づき、固相焼結過程での固溶強化機構を超急凝固・冷却現象を伴う金属粉末積層造形プロセスに展開すべく、JST 未来社会創造事業 (2017 ~ 2020 年度・酸素・窒素を活用したチタン積層造形体の高強靱化) において積層造形過程での両元素による相変態と組織形成機構の解明を行った。2020 年度においては、固溶強化による顕著な強度向上と同時に高延性を有する新奇な力学挙動の解明を目的に、急速凝固・冷却過程で形成される特異な組織形態 (acicular  $\alpha/\alpha'$  マルテンサイト相および bi-modal 組織) と結晶配向性および酸素固溶分布に着目し、これらの組織構造因子と力学異方性の相関関係の解明を通じて、金属積層造形材の課題である力学特性の異方性を解消するための合金・プロセス設計指針の構築を試みた。一般に、金属積層造形体の組織および結晶サイズは、積層方向と入熱量に強く起因する。また高濃度酸素固溶チタン材においては、静的変形過程での変形双晶の発生が抑制されることで局所伸びが低減し、一様伸びが向上する特異な力学挙動が確認されている。また、高歪み速度下での変形による衝撃特性の低下が問題視されている。そこで、本研究では、①入熱量をパラメータとして異なる組織・結晶サイズからなる Ti 試料を試作し、引張試験および SEM 内引張その場観察 + EBSD 解析を通じて  $\alpha/\alpha'$  結晶粒の変形挙動を解析した。また、②異なる組織を有する Ti 試料を作製し、上記①と同様の方法で異なる歪速度におけるマクロ変形機構を解析した。そして、これらの結果に関する包括的な理解を通じて、高濃度酸素含有 Ti 積層造形体における高強度・高延性化に資する特異な組織形成機構の解明を試みた。その結果、微細 acicular 粒と等軸粒の bi-modal 組織からなる post 熱処理材では、微細 acicular 組織が局所的な塑性変形を担保することで高延性を発現した。また単位体積当りの入熱量が増大すると、凝固・冷却速度が低下することによって相変態後の粗大粒化と等軸粒化 (アスペクト比の低減) が進行するが、固溶酸素原子が結晶粒界に拡散・移動するには十分な時間は確保でき

ないため、均一固溶状態は維持される。その結果、等軸 $\alpha$ 粒と針状 $\alpha'$ 結晶粒の界面でのすべり変形が活発化することで延性（破断伸び）の更なる増大につながったと考えられる。上記の成果に関して、国際共著論文6報が Additive Manufacturing (IF; 7.002)、Materials Science & Technology A (IF; 4.652)、J. Alloys & Compounds (IF; 4.650)、Materials Characterization (IF; 3.562) に掲載され、また当分野の博士後期課程学生が学位を取得した。

### 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を行っている。本研究課題に関して、主に中国・西北工業大学および同国・西安理工大学との3機関国際共同研究を実施した。これまでに純 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かした高強度と高延性を同時に発現するアルミニウム基ナノコンポジットの作製に成功した。本複合材料は、CNT/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ナノ粒子の分散量の増加に伴って引張強さは約 530MPa まで増大するが、破断伸び値は 10 ~ 12% ではほぼ変化なく高延性を維持した。このような特異な力学挙動を解明すべく、巨視的その場観察として、引張変形過程での加工硬化率と $\alpha$ -Al 結晶粒内部およびナノ分散相（CNT/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粒子）周辺の転位導入挙動を解析した結果、素地を構成する結晶粒内において加工硬化曲線に対応する転位密度の急激な増加は確認されず、また粒界すべりも上記のナノ分散相によって抑制されていたことから、個々の純 Al 結晶粒の変形が材料全体の塑性変形を担っていると考えられる。他方、ナノ分散相の周辺における転位密度は、加工硬化挙動に対応して増大しており、特に $\gamma$ -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 SEM 内引張試験その場観察と高分解能 TEM 観察により明らかにした。加えて、高温域でのナノ分散相による強化機構の解析を通じて、合金元素を添加することなく耐熱性の向上を達成できたことから、高温での力学特性に加えて、優れた電気・熱伝導性の発現に貢献する新たなアルミ基ナノ複合材料の設計指針を確立した。上記の研究成果に関して、Materials Science & Technology A (IF; 4.652)、J. Alloys & Compounds (IF; 4.650)、Materials Letters (IF; 3.204) に合計7報の国際共著論文として掲載された。

#### (2) 研究に対する自己評価

2020 年度の研究活動を通じて、査読付き学術論文 38 報（うち I.F 付英文誌 35 報、国際共著論文 32 報）が掲載され、国内学会発表 7 件、国際会議にて 4 件の講演発表（うち基調講演 2 件）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、5 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、モンクット王立工科大学、チュラロンコン大学、中国科学技術院、西安理工大学、西北工業大学、キングサウド大学等との国際協働研究を通じて、査読付き共著学術論文 32 報が Additive Manufacturing、Materials Science & Technology A、J. Alloys and Compounds などに掲載された。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 との国際ジョイントラボ拠点を通じて共同研究を実施し、それぞれの成果に関して国際共著論文の投稿・掲載に結実した。なお、民間企業との共同研究を含めた 2020 年度における研究予算（外部資金獲得総額）は約 53 百万円であり、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 M1/M2 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 3 名の学位審査委員（主査・副査）を担当すると共に、博士後期課程学生 2 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。加えて、JICA 事業の一環によりエジプト日本科学技術大学 (E-JUST) から博士後期課程学生 1 名が研究生として 7 か月滞在して研究活動に従事し、その結果は国際共著論文 (Materials Science & Engineering A) として掲載されると共に、帰国後に学位 (工学) を取得した。以上のように国内外の学生および社会人に対する教育の質の向上を果たすことができたと考える。

#### 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：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。

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」をオンライン開催し、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。また、SDGs の課題解決に必要不可欠である理系女性研究者のすそ野拡大に対する活動が認められ、大阪サクヤヒメ賞を受賞した。

③産学連携：民間との共同研究 2 件の他、JST A-STEP 事業 1 件を継続実施した。

④国際貢献：サウジアラビア・キングサウド大学からの提案によりサウジ・日本両国政府による Saudi-Japan Vision 2030 プロジェクトへチタン合金の共同研究開発案件を申請した。本提案では、研究教育活動を通じて、同国の若手研究者や学生の育成を図り、将来の両国間の連携および経済発展に資することを目的とする。既にサウジ投資省から我が国経産省に打診があり、両省間閣僚級会議での審査を経て 2021/7 頃に採択可否が決定する予定である。また、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、多数の海外学術雑誌にて Co-Editor や Editorial Board Member 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

H31 年度は 10 名の全国共同利用研究員ならびに 1 名の国際共同研究員を受け入れ、それらの成果に関して査読付き学術論文 2 報が掲載された。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Comparison Study on Microstructure and Mechanical Properties of Ti-6Al-4V Alloys Fabricated by Powder-Based Selective-Laser-Melting and Sintering Methods  
Mater. Charact., 160 (2020), 110358.  
Q. Yan, B. Chen, N. Kang, X. Lin, S. Lv, K. Kondoh, S. Li and J. S. Li
- (2) Selective Laser-Melted Titanium Materials with Nitrogen Solid Solutions for Balanced Strength and Ductility  
Mater. Sci. Eng. A., 790 (2020), 139641.  
K. Kondoh, A. Issariyapat, J. Umeda and P. Visuttiptikul
- (3) Microstructure, Tensile Properties and Deformation Behaviors of Aluminium Metal Matrix Composites Co-Reinforced by Ex-Situ Carbon Nanotubes and In-Situ Alumina Nanoparticles  
Mater. Sci. Eng. A., 795 (2020), 139930.  
B. Chen, X. Y. Zhou, B. Zhang, K. Kondoh, J. S. Li and Q. Ma
- (4) Mechanism of Defect Formation during Friction Spot Joining of 3D-printed TC4 Alloy and Ultra-High Molecular Weight Polyethylene  
Mater. Des., 195 (2020), 108989.  
X. Zou, M. Y. Jiang, K. Chen, B. X. Chen, K. M. Reddy, S. Y. Zhang, K. Kondoh, M. Wanga, X. M. Huaa, L. T. Zhang and A. D. Shan
- (5) Tensile Property Enhancement by Oxygen Solutes in Selectively Laser Melted Titanium Materials Fabricated from Pre-Mixed Pure Ti and TiO<sub>2</sub> Powder  
Mater. Sci. Eng. A., 795 (2020), 139983.  
K. Kondoh, E. Ichikawa, A. Issariyapat, K. Shitara, J. Umeda, B. Chen and S. Li
- (6) Designable Interfacial Structure and Its Influence on Interface Reaction and Performance of MWCNTs Reinforced Aluminum Matrix Composites  
Mater. Sci. Eng. A., 793 (2020), 139783.  
X. Zhang, X. Hou, D. Pan, B. Pan, L. Liu, B. Chen, K. Kondoh and S. Li
- (7) TiB Nano-Whiskers Reinforced Titanium Matrix Composites with Novel Nano-Reticulated Microstructure and High Performance via Composite Powder by Selective Laser Melting  
Mater. Sci. Eng. A., 795 (2020), 140137.  
D. Pan, X. Zhang, X. Hou, Y. Han, M. Chu, B. Chen, L. Jia, K. Kondoh and S. Li
- (8) Obvious Yielding Phenomenon and Selective Fracture Behavior in Powder Metallurgy (TiC<sub>p</sub>+TiB<sub>w</sub>)/Ti Composites  
J. Mater. Res. Technol-JMRT, 9, 5 (2020), 10184-10188.  
L. Jia, C. Zhang, K. Kondoh, R. Niu, B. Chen, S. Li and Z. Lu
- (9) Quantitative Strengthening Evaluation of Powder Metallurgy Ti-Zr Binary Alloys with High Strength and Ductility  
J. Alloy. Compd, 852 (2020), 156954.  
K. Kondoh, M. Fukuo, S. Kariya, K. Shitara, S. Li, A. Alhazaa and J. Umeda

- (10) Understanding Corrosion Behavior of Magnesium Surface by X-Ray Irradiation for Improved Surface Design and Applications  
JOM, 72, 12 (2020), 4657-4664.  
K. Kondoh, K. Funatsu, M. Takahashi, S. Li, F. Akamatsu and J. Umeda
- (11) Tribological Properties of Low-Cost Titanium Alloys by Using Rice Husk as Reinforcement  
Rare Metal Mat. Eng., 49, 10 (2020), 3309-3313.  
L. Jia, M. Yang, J. Chen, Z. Lu, K. Kondoh and H. Xie
- (12) Dissolution Kinetics of Iron-Based Intermetallic Compounds ( $\tau_{sc}$  IMCs) in a Commercial Steel Strip Metallic Alloy Coating Process  
Metall. Mater. Trans. B, 52 (2020), 41-50.  
A. Khaliq, D. J. Parker, N. Setargew, K. Kondoh and Q. Ma
- (13) Microstructure Evolution and Reaction Behavior of Cu-Ni Alloy and  $B_4C$  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
- (14) Balanced Development in Strength-Ductility of Ultrahigh-Strength Aluminum Matrix Composites by Controlled Oxidation Method  
Mater. Sci. Eng. A., 804 (2021), 140781.  
X. Zhang, S. Li, L. Liu, D. Pan, L. Gao, X. Ji and K. Kondoh
- (15) Effect of Metal Powder Characteristics on Structural Defects of Graphene Nanosheets in Metal Composite Powders Dispersed by Ball Milling  
Crystals, 11, 3 (2021), 260.  
Q. Yan, B. Chen, X. Zhou, K. Kondoh and J. Li
- (16) Role  $B_4C$  Addition on Microstructure, Mechanical, and Wear Characteristics of Al-20%Mg<sub>2</sub>Si Hybrid Metal Matrix Composite  
Appl. Sci., 11, 7 (2021), 3047.  
H. Ghandvar, M. A. Jabba, S. S.R. Koloor, M. Petrú, A. Bahador, T. A. A. Bakar and K. Kondoh
- (17) 大阪大学カップリング・インターンシップにおけるキャリア教育的効果について(実践型短期海外インターンシップ成果報告書からの分析)  
グローバル人材育成教育研究, 8, 2 (2021), 1-12.  
寺西 未沙, 勝又 美穂子, 西川 宏, 近藤 勝義, 田中学
- (18) Effect of Quenching Media on the Properties of TiNi Shape Memory Alloys Fabricated by Powder Metallurgy  
J. Alloy. Compd, 842 (2020), 155931.  
A. Elsayed, J. Umeda and K. Kondoh
- (19) An In-Situ Study on Deformation and Cracking Initiation in Oxygen-Doped Commercial Purity Titanium  
Mech. Mater., 148 (2020), 103519.  
J. Shen, B. Chen, J. Umeda, J. Zhang, Y. Li and K. Kondoh
- (20) Reduction Mechanism of Thermally Stable CaO during Heating Mg-Al Composites with CaO Particles  
J. Sci. Eng. Res., 7 (2020), 85-93.  
J. Umeda, J. Fujita, S. Li and K. Kondoh

- (21) Comparison Study on Mechanical Properties of Powder Metallurgy Titanium Materials with Nitrogen Solutes and TiN Dispersoids  
 J. Alloy. Compd, 846 (2020), 156455.  
 J. Umeda, H. Ishizaka, S. Li, A. Alhzaa and K. Kondoh
- (22) Deformation Mechanism and Enhanced Properties of Cu-TiB<sub>2</sub> Composites Evaluated by the In-Situ Tensile Test and Microstructure Characterization  
 J. Alloy. Compd, 847 (2020), 156555.  
 A. Bahador, J. Umeda, R. Yamanoglu, H. Ghandvar, A. Issariyapat, T. A. A. Bakar and K. Kondoh
- (23) Mechanical Properties and Biocompatibility of Titanium with a High Oxygen Concentration for Dental Implants  
 Mater. Sci. Eng. C, 117 (2020), 111306.  
 H. Luo, Y. Wu, X. Diao, W. Shi, F. Feng, F. Qian, J. Umeda, K. Kondoh, H. Xin and J. Shen
- (24) Improved Ductility of Spark Plasma Sintered Aluminium-Carbon Nanotube Composite through the Addition of Titanium Carbide Microparticles  
 Mater. Sci. Eng. A., 795 (2020), 139959.  
 P. Nyanor, A. Bahador, O. A. El-Kady, J. Umeda, K. Kondoh and M. A. Hassan
- (25) Refined Grain Formation Behavior and Strengthening Mechanism of  $\alpha$ -Titanium with Nitrogen Fabricated by Selective Laser Melting  
 Addit. Manuf., 36 (2020), 101537.  
 A. Issariyapat, P. Visuttipitukul, J. Umeda and K. Kondoh
- (26) Strengthening Evaluation and High-Temperature Behavior of Ti-Fe-O-Cu-Si Alloy  
 Mater. Sci. Eng. A., 800 (2020), 140324.  
 A. Bahador, J. Umeda, R. Yamanoglu, T. A. A. Bakar and K. Kondoh
- (27) Tensile Properties Improvement by Homogenized Nitrogen Solid Solution Strengthening of Commercially Pure Titanium through Powder Metallurgy Process  
 Mater. Charact., 170 (2020), 110700.  
 A. Issariyapat, P. Visuttipitukul, T. Song, A. Bahador, J. Umeda, Q. Ma and K. Kondoh
- (28) その場合成法による Al<sub>3</sub>Zr 粒子分散 Al 基焼結複合材の創製および摩擦摩耗特性  
 粉体および粉末冶金, 67, 10 (2020), 536-542.  
 西村 のどか, 梅田 純子, 藤井 寛子, Lei JIA, 近藤 勝義
- (29) Microstructure Globularization of High Oxygen Concentration Dual-Phase Extruded Ti Alloys via Powder Metallurgy Route  
 Mater. Charact., 172 (2020), 110855.  
 A. Bahador, J. Umeda, H. Ghandvar, T. A. A. Bakar, R. Yamanoglu, A. Issariyapat and K. Kondoh
- (30) Effect of Sintering Temperature on the Microstructure and Mechanical Properties of the Ti-2.5Zr Alloy  
 Mater. Res. Express, 8 (2021), 016522.  
 A. Alhazaa, A. Assaifan, M. Hezam, M. A. Shar, J. Umeda and K. Kondoh
- (31) Microstructures Analysis and Quantitative Strengthening Evaluation of Powder Metallurgy Ti-Fe Binary Extruded Alloys with ( $\alpha + \beta$ )-dual-phase  
 Mater. Sci. Eng. A., 803 (2021), 140708.  
 J. Umeda, T. Tanaka, T. Teramae, S. Kariya, J. Fujita, H. Nishikawa, Y. Shibutani, J. Shen and K. Kondoh

- (32) In-Situ Formed Al<sub>3</sub>Zr Compounds Reinforced Al Composites and Tribological Application  
Crystals, 11, 3 (2021), 227.  
J. Umeda, N. Nishimura, H. Fujii, L. Jia and K. Kondoh
- (33) The Rate-Dependent Mechanical Behavior of CNT-reinforced Aluminum Matrix Composites under Tensile Loading  
Mater. Sci. Eng. A., 808 (2021), 140893.  
M. Wang, Y. Li, B. Chen, D. Shi, J. Umeda, K. Kondoh and J. Shen
- (34) Computational Design of Stable and Highly Ion-Conductive Materials Using Multi-Objective Bayesian Optimization: Case Studies on Diffusion of Oxygen and Lithium  
Computational Mater. Sci., 184 (2020), 109927.  
M. Karasuyam, H. Kasugai, T. Tamura and K. Shitara
- (35) Ionic Conduction Mechanism in Ca-doped Lanthanum Oxychloride  
Dalton Trans., 50 (2020), 151-156.  
K. Shitara, A. Kuwabara, K. Hibino, K. Fujii, M. Yashima, J. R. Hester, M. Umeda, N. Nunotani and N. Imanaka
- (36) Acicular Microstructure Formation and Strengthening Behavior of Ti-4%Fe Alloys by Zr Addition  
J. Alloy. Compd, 858 (2020), 158292.  
T. Teramae, T. Tanaka, M. Fukuo, K. Shitara, J. Umeda, S. Li, A. Alhazaad and K. Kondoh
- (37) Mechanisms of Tensile Strengthening and Oxygen Solid Solution in Single  $\beta$ -Phase Ti-35 At.%Ta+O Alloys  
Mater. Sci. Eng. A., 802 (2020), 140677.  
K. Yokota, A. Bahador, K. Shitara, J. Umeda and K. Kondoh
- (38) レーザ積層造形法により作製した酸素固溶チタン材における結晶組織と強化機構  
粉体および粉末冶金, 68, 2 (2021), 67-75.  
市川 絵理, 設楽 一希, 梅田 純子, Shufeng LI, Biao CHEN, 近藤 勝義
- (2) 国際会議発表論文(査読あり)**
- (1) Multi-objective Bayesian Optimization Using Pareto-frontier Entropy  
Proc. Int. Conf. on Machine Learning 1 pre-proceedings (ICML 2020), virtual conference (2020.7.12-18), 6243.  
S. Suzuki, S. Takeno, T. Tamura, K. Shitara and M. Karasuyama
- (7) 国際会議発表**
- (1) Nitrogen Influence on Microstructure Evolution and Tensile Properties of Commercially Pure Ti Fabricated by SLM  
The 22nd Annual Academic Exchange Seminar between Osaka University and Shanghai Jiao Tong University- 2020 Academic Exchange Workshop on Materials Joining -, (WEB) (2020.11.27)  
A. Issariyapat, J. Umeda and K. Kondoh
- (8) 国内学会発表**
- (1) 医療デバイス用 TiNi 系焼結合金の結晶組織制御による高機能化  
(一社)粉体粉末冶金協会 2020 年度秋季大会, WEB 開催 (2020.10.27)  
近藤 勝義, 米澤 隆行, 枝 知樹, 梅田 純子

- (2) 生体適合性 Ti-Zr 系焼結合金の特性  
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(6 大学連携プロジェクト) 第 5 回公開討論会, WEB 開催 (2020.11.30)  
近藤 勝義, 寺前 拓馬, 設樂 一希, 梅田 純子
- (3) その場合成法による Al<sub>3</sub>Zr 粒子分散 Al 焼結複合材の摩擦摩耗特性  
(一社)軽金属学会第 138 回春期大会, 高松 (2020.5.22-24)  
西村 のどか, 梅田 純子, 設樂 一希, 近藤 勝義
- (4) レーザー積層造形法により作製した酸素固溶チタン材の組織形成機構と力学特性  
(一社)軽金属学会第 138 回春期大会, 高松 (2020.5.22-24)  
市川 絵理, 設樂 一希, 梅田 純子, 近藤 勝義
- (5) 高強度  $\alpha + \beta$  型 Zr 固溶 Ti-4Fe 粉末押出材の組織形成挙動のその場観察  
(一社)軽金属学会第 138 回春期大会, 高松 (2020.5.22-24)  
寺前 拓馬, 設樂 一希, 梅田 純子, 近藤 勝義
- (6) 第一原理計算による Ca 添加 LaOCl 中の欠陥構造とイオン伝導機構解析  
日本セラミックス協会 第 33 回秋季シンポジウム, オンライン開催 (2020.9.2-4)  
設樂 一希, 桑原 彰秀, 布谷 直義, 今中 信人
- (7)  $\alpha$ -Ti 中の格子間固溶元素の拡散機構と電子状態  
日本金属学会 2021 年春期(第 168 回)講演大会, WEB 開催 (2021.3.16-19)  
設樂 一希, 吉矢 真人, 梅田 純子, 近藤 勝義

#### (9) 国際会議講演

- (1) Advanced Materials Innovation Saving the Earth  
UTM Engineering Distinguished Lecture Series, Malaysia(Web) (2020.8.13)  
K. Kondoh
- (2) Strengthening Mechanism of Selectively Laser Melted Ti-Zr Alloys  
Smart MADE 2021, Osaka, Japan (2021.3.10)  
K. Kondoh, A. Issariyapat and J. Umeda
- (3) Tribological Properties of Carbon Nanotubes Assisted Light Metal Materials  
JWRI-IMS International Joint Lab, Online Seminar on Joining and Materials Science, Online (2021.3.11)  
J. Umeda and K. Kondoh

#### (10) 国内会議講演

- (1) チタン粉末積層造形体における酸素・窒素固溶強化と加工・熱処理の適用  
粉体粉末冶金協会第 12 回粉末積層 3D 造形技術委員会, Web 講演 (2020.9.4)  
近藤 勝義
- (2) 粉末冶金で作られる製品(粉末冶金製品や材料すべての概論)  
第 2 回粉末冶金入門講座, 名古屋 (2020.10.2)  
近藤 勝義

- (3) C=O 結合を利用した樹脂 - 金属異材の直接接合プロセス  
大阪大学接合科学研究所東京セミナー, WEB 開催 (2020.10.25)  
近藤 勝義

#### (11) 解説・総説

- (1) チタン材料における酸素や窒素による固溶強化  
素形材, 61, 6 (2020), 24-32.  
近藤 勝義, 刈屋 翔太, Patama Visutti pitukul, 梅田 純子
- (2) 酸素を活用した高強度チタン積層造形材の開発  
金属, 90, 7 (2020), 38-43.  
近藤 勝義
- (3) 選択的レーザー溶融法で作製したチタン積層造形体における酸素固溶強化  
スマートプロセス学会誌, 9, 4 (2020), 158-163.  
近藤 勝義, 市川 絵理, Ammarueda Issariyapat, Patama Visutti pitukul, 設楽 一希, 梅田 純子
- (4) 文理・異文化融合課題解決型グローバル人材育成プログラムが参加学生の進路検討に与える  
効果(カップリング・インターンシップ参加学生の進路追跡調査より)  
グローバル人材育成教育研究, 8, 2 (2021), 45-53.  
橋本 智恵, 勝又 美穂子, 西川 宏, 近藤 勝義
- (5) 金属材料のトランススケール複合・機能化に関する基礎研究と社会実装  
スマートプロセス学会誌, 10, 1 (2021), 3-9.  
梅田 純子

#### (12) 著書

- (1) 複合アニオン化合物の化学  
丸善出版, (2021), 分担執筆, 205-209.  
設楽 一希

#### (13) 特許出願・登録

- (1) 有機系廃棄物由来の球状シリカ粒子およびその製造方法  
ベトナム 25528  
近藤 勝義, 他
- (2) 放射性廃棄物処分場用セメント系材料  
米国 10807910  
近藤 勝義, 他
- (3) 酸素固溶チタン材料焼結体およびその製造方法  
特許第 6861164 号  
近藤 勝義
- (4) 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 10807164  
近藤 勝義

- (5) 窒素固溶チタン焼結体  
アメリカ 17/024,508  
近藤 勝義

**(15) 受賞**

- (1) 令和2年度軽金属希望の星賞  
(一社)軽金属学会(2021.01.20)  
寺前 拓馬(M2)
- (2) 大阪サクヤヒメ賞  
大阪商工会議所(2020.10.08)  
梅田 純子

**(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 |
|-----|--|-------|-------|

**民間等との共同研究**

- |     |                          |       |       |
|-----|--------------------------|-------|-------|
| (1) | 積層造形体の力学特性に及ぼす粉末特性の影響の解明 | 近藤 勝義 | 1,440 |
| (2) | 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 | 720   |

**受託研究**

- |     |   |       |        |
|-----|---|-------|--------|
| (1) | 高窒素・酸素含有チタン粉末の試作および各元素の含有量の制御性に関する事前検討他                         | 近藤 勝義 | 15,275 |
| (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 | 29,001 |
| (3) | 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  |

**奨学寄付金**

- |     |  |       |     |
|-----|--|-------|-----|
| (1) |  | 近藤 勝義 | 500 |
| (2) |  | 梅田 純子 | 300 |

## 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           |
| (3) 国際教育交流センター | カップリング・インターンシップ |
| (4) 全学教育推進機構   | 学問への扉(マチカネゼミ)   |

### (2) 博士論文(主査)

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| (1) 機械工学専攻,<br>ISSARIYAPAT AMMARUEDA | Mechanical behavior and strengthening mechanism of selective laser melted high-concentration nitrogen solute $\alpha$ -Ti materials |
|--------------------------------------|---|

### (3) 博士論文(副査)

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| (1) 機械工学専攻, 神田 和輝                    | 後方パルスレーザー堆積法におけるレーザー誘起ブルーム挙動に依存したナノ柱状構造体創製に関する研究 |
| (2) 上海交通大学 材料科学与工程学院,<br>Xuebin Zhuo |  |

### (4) 修士論文

- |                   |  |
|-------------------|--|
| (1) 機械工学専攻, 寺前 拓馬 | Ti-Fe-Re 焼結押出材の組織形成挙動と強化機構                           |
| (2) 機械工学専攻, 横田 克哉 | $\beta$ 型 Ti 合金の高強度と低ヤング率の両立に向けた第一原理計算による固溶元素群の探索と検証 |

### (5) 卒業論文

- |                   |  |
|-------------------|--|
| (1) 応用理工学科, 須藤 大晴 | その場合成法による Al-CNT-Al <sub>3</sub> Zr 複合材の摩擦摩耗特性 |
| (2) 応用理工学科, 塩満 隆矢 | Ti-Fe 積層造形合金の組織形成機構と力学特性                       |

氏名：梅田 純子

### (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
- (3) 全学教育推進機構 学問への扉(マチカネゼミ)
- (4) 全学教育推進機構 基盤教養教育科目(総合)
- (3) 博士論文(副査)**
- (1) 機械工学専攻,  
ISSARIYAPAT AMMARUEDA Mechanical behavior and strengthening mechanism of selective laser melted high-concentration nitrogen solute  $\alpha$ -Ti materials
- (4) 修士論文**
- (1) 機械工学専攻, 寺前 拓馬 Ti-Fe-Re 焼結押出材の組織形成挙動と強化機構
- (2) 機械工学専攻, 横田 克哉  $\beta$ 型 Ti 合金の高強度と低ヤング率の両立に向けた第一原理計算による固溶元素群の探索と検証
- (5) 卒業論文**
- (1) 応用理工学科, 須藤 大晴 その場合成法による Al-CNT-Al<sub>3</sub>Zr 複合材の摩擦摩耗特性
- (2) 応用理工学科, 塩満 隆矢 Ti-Fe 積層造形合金の組織形成機構と力学特性

氏名：設楽 一希

- (1) 大学院等講義科目**
- (1) 全学教育推進機構 学問への扉(マチカネゼミ)

#### 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 Mechanical Engineering Journal  
アソシエイトエディタ
- (4) (一社)日本機械学会 Mechanical Engineering Letters  
アソシエイトエディタ
- (5) (一社)日本塑性加工学会 支部役員(支部商議員)56期

- |            |   |  |
|------------|---|--|
| (6)        | (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                       |
| (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  | 第2回新粉末冶金講座 実行委員                          |
| (11)       | (一社)粉体粉末冶金協会  | 粉体成形分科会 主査                               |
| (12)       | (一社)粉体粉末冶金協会  | 2020年度新技術・新製品賞ならびに論文賞選考委員                |
| (13)       | (一社)粉体粉末冶金協会  | 2021年度秋季大会 プログラム委員                       |
| (14)       | (一社)粉体粉末冶金協会  | 2021年度粉末冶金講座 実行委員                        |
| <b>(2)</b> | <b>国際会議委員</b>   |  |
| (1)        | 4th International Conference on Advanced Composite Materials (ICACM 2021) | Technical Committee                      |
| <b>(4)</b> | <b>企業等への貢献</b>  |  |
| (1)        | トーホーテック(株)  | アドバイザー                                   |
| <b>(5)</b> | <b>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   | JICA E-JUST プロジェクト国内支援委員会委員              |
| (3)        | (独)国際協力機構   | JICA E-JUST プロジェクト工学ワーキング・グループ委員         |
| (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ト・フェーズ4 国内支援委員会委員 |
| (5)        | (独)日本学術振興会  | 科学研究費委員会専門委員 第2段階書面審査審査委員                |
| (6)        | Archives of Earth and Environment Sciences                                | Editorial board member                   |
| (7)        | Archives of Materials Science   | Editorial board member                   |
| (8)        | Cardiovascular & Hematological Agents in Medicinal Chemistry              | Board member                             |

(9) Current Graphene Science	Editor-in-Chief
(10) Current Graphene Science	Editorial Board Member
(11) Current Graphene Science	Executive Guest Editor
(12) Current Materials Science	Editorial Board Member
(13) Current Mechanics and Advanced Materials	Editorial board member
(14) European Research Council Executive Agency	Peer Reviewer
(15) International Journal of Materials Research in Science & Technology	Editorial Board member
(16) International Journal of Materials Technology and Innovation	Editorial Board Member
(17) International Journal of Nuclear Materials	Editorial Committee member
(18) Journal of Material Science and Technology Research	Editorial board member
(19) Journal of Mineral, Metal and Material Engineering	Editorial board member
(20) Mechanical Engineering	Editor
(21) Powder Metallurgy	Editorial board member
(22) Science and Engineering of Composite Materials	Editorial Advisory Board Member
(23) SVR-Materials Science and Engineering Technology	Editorial board member
(24) The Open Materials Engineering	Editorial Board Member
(25) University of Malaya	Programme External Assessor
(26) World Journal of Environmental Science and Energy	Editorial board member
<b>(6) 研究留学生</b>	
(1) 特別研究学生：Peter Nyanor	TiC 粒子と CNT 添加によるアルミニウム複合材料の創製

#### (7) 社会への情報発信

- (1) 真空浸炭強みアピール 松徳工業所 日刊工業新聞 (2021.03.25)

氏名：梅田 純子

#### (7) 社会への情報発信

- (1) 「ピンチをチャンスに、その手で未来を描こう」2020バーチャルシンポジウム  
日経ウーマノミクスフォーラム 日本経済新聞 (2020.08.08)
- (2) 大商女性リーダー表彰「第5回サクヤヒメ表彰」 日刊工業新聞 (2020.10.09)

氏名：設楽 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

### 4. 10 全国共同利用に関する研究

#### (1) 令和2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 | シリカ/有機色素複合体材料の創製と光線力学療法(PDT)への応用     |
| (2) | 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振舞いと界面構造・界面特性の解明 |
| (3) | 大阪大学大学院工学研究科<br>附属アトミックデザイン<br>研究センター | 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      |
| (4) | 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焼結材の機械特性の解明       |
| (5) | 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焼結材の機械特性の解明       |
| (6) | 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摩滅痕生成過程の解明        |

- |      |                      |       |   |
|------|----------------------|-------|---|
| (7)  | 東京大学<br>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<br>発現機構の解明  |
| (8)  | 東北大学<br>材料科学高等研究所    | 熊谷 明哉 | ケルビンプローブ原子間力顕微鏡による局<br>所界面での電位差に起因する腐食機構の解<br>明：SKPM 及び SECM 複合解析法を用いた<br>異種金属の接合界面の腐食反応の検証 |
| (9)  | 北海道大学病院<br>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<br>療への応用  |
| (10) | 北海道大学病院<br>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<br>療への応用  |

国際共同研究

- |                                      |   |               |  |
|--------------------------------------|---|---------------|--|
| (1)                                  | RMIT University/ School<br>of Engineering/ Centre for<br>Additive Manufacturing | Song Tingting | The development of low-cost and high-<br>performance Ti-alloys by Additive Manufacturing |
| (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・接合科学を主としてものづくり全工程における熱源・材料・プロセス・力学が連成した諸現象の数値モデル化に関する研究と教育を行い、その成果に基づいて、工学問題へ実用化する数値シミュレーションのソフトウェア JWRIAN を開発している。前者は、未解明現象のモデリングに必要な現象の理解と数値計算手法に関する基礎研究であり、研究のシーズに相当し、後者は、こうしたシーズの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の展開である。また、溶接・接合技術および各種加工技術を用いて作製される製品における変形や残留応力などの予測と制御、ならびに、異種材料で作製される不均質構造体の強度についても研究を行っている。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り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结合による積層プロセスの数理解析モデリング
9. MAG 溶接法を用いた車体部品溶接継手の溶込み形状予測
10. ジルカロイ円管と SiC/SiC 複合材料円管との直接接合法の開発
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. タングステンへの銅肉盛り接合体作製技術の開発
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っている。

### 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、レーザや電気抵抗発熱および摩擦熱などの 3 種類熱源をそれぞれ用いて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、接合条件と接手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、大型自動車部品を型レス 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合金および純Ni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. 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。2020年度は、これまでアーク圧力やアークによる表面からの入熱範囲について、熱源位置から円筒形でモデル化してきた手法を、実現象と同じく、熱源位置からの円錐形でモデル化する手法に改良した。そして、溶接時のアーク分布の動画観察結果に基づいて、円錐形の頂角を実現象と同じ角度に設定することで、これまで実現象を再現させるために、解析が必要であったアークの狙い位置の移動の必要なく、実施工と同じ条件で、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。

## 10. ジルカロイ円管と SiC/SiC 複合材料円管との直接接合法の開発

軽水炉型原子力発電所における、事故耐性燃料システムの開発の一つとして、現在はジルカロイ円管が使用されている燃料被覆管の代替材料の開発研究が進められており、その一つとして、炭化ケイ素繊維強化型炭化ケイ素複合材料(SiC/SiC 複合材料)で作製された円管が考えられている。本研究では、SiC/SiC 複合材料円管を燃料被覆管として用いる場合に必要要素技術の一つである、円管の封止技術として、SiC/SiC 複合材料円管とジルカロイ円管との直接接合法の開発を進めている。2020年度は、昨年度に SiC/SiC 複合材料平板とジルカロイ平板の実験で明らかにした、チタン-ジルコニウム-銅系のロウ材の効果を確認するため、SiC/SiC 複合材料円管とジルカロイ円管との間に、チタン微粉末とチタン-ジルコニウム-銅系のロウ材との混合物を封入し、レーザ照射による接合試験を実施した。その結果、従来のチタン微粉体のみを封入した場合よりも、レーザ照射による入熱量を低減させることで、良好な継手が作製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。2020年度においては、市中材の超高強度鋼板として引張強度 1.5 GPa 級実験室冷間圧延鋼板を、市中材の先進炭素繊維強化複合材料板として炭素繊維強化熱可塑性樹脂ペレットの射出成形板を作製するとともに、アルミニウム合金 5083-O 材を用いて、超高強度鋼/アルミ材、超高強度鋼/先進炭素繊維強化複合材料、アルミ材/先進炭素繊維強化複合材料の重ね異材接合継手を、それぞれ二種類の接合方法を用いて作製した。そして、それら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。

## 12. タングステンへの銅肉盛り接合体作製技術の開発

次世代の発電システムとして期待されている核融合炉の実現に向けて、国際熱核融合実験炉 ITER の建築が日本、EU、ロシア、米国、韓国、中国、インドの 7 極の協力により進められている。そして、ITER の炉内構造物のなかで、炉心プラズマ中の不純物の排気、ならびに高熱負荷・粒子負荷の除去を行うダイバータは高 Z 材であるタングステンで作製される予定であり、冷却管を構成する銅合金 (CuCrZr) との異材接合が必要不可欠である。これまで、ロウ材を用いた接合法や熱間等方加圧 (HIP) 接合法を用いたタングステンと銅合金との異材接合研究が行われているが、両材料の線膨張係数の違いに起因する割れの危険性を解決するには至っていない状況である。これまで、新たに開発された青色レーザーと赤外線 (IR) レーザとを複合させたレーザー加工システムを用いて、タングステンへの銅肉盛り接合体作製試験を行い、基材となるタングステンの寸法を変化させることで、部分的ではあるが連続的な銅肉盛り接合体を作製することに成功してきた。2020年度は、連続的銅肉盛り接合体作製に必要な、タングステン基材の寸法を、有限要素法による熱伝導解析により推定し、推定した Y 字形形状のタングステン基材を用いて銅肉盛り接合体作製実験を行った。その結果、Y 字形にすることで、銅肉盛り接合体作製開始時および終了時における極度な温度上昇を抑制することが可能になり、その結果として、連続的な銅肉盛り接合体の作製に成功した。

## 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、国際熱核融合実験炉 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・レーザーを用いた、突き合わせ異材接合継手作製実験を進めており、F82H と SUS316L との間に中間層として Inconel 625 を封入した上で、レーザーの照射位置を SUS316L 側に移動させることで、熔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。2020年度は、作製した異材接合継手を冷却水配管として用いるうえで必要不可欠な検討項目である水腐食特性の基礎的検討のため、高温高圧水腐食試験装置を用いて、静水腐食特性評価試験を実施し、浸漬時間 150 時間までにおいて認められた異材接合継手の重量増加の主要因が、F82H 母材の重量増加に拠るもの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。査読付き学術論文 33 件、国際会議発表論文 2 件 (査読有り)、国内学会発表 6 件、国際会議招待講

演1件、解説・総説3件を、執筆あるいは講演した。特許は3件、受賞は1回であった。外部資金については合計総額106,367千円、そのうち科学研究費補助金2件(7930千円)、受託研究4件(68,541千円)、民間との共同研究10件(総額25,147千円)、奨学金寄付3件(総額3,700千円)、技術相談2件(総額1,050千円)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、4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13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。
- ③ 国際貢献：International Institute of Welding (IIW) 第3委員会日本代表を務めた。
- ④ 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。
- ⑤ 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、国際学術誌「Materials」ゲストエディター、「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2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3名、一般研究課題で「国内共同研究員13名、国際共同研究員8名をそれぞれ受入れ、共同研究の成果を25件の共著論文として発表した。又、先導的重点課題での連携を引継ぐ形で東京理科大学、広島大学等と“溶接プロセスから経年化構造までの一貫通貫シミュレーションの実現”を目指した共同研究を実施した。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」、金沢大学と「超音速衝撃による固相積層Cu材の残留応力測定」、大阪府立大学と「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」、本学産業科学研究所と「低温と圧力なしの条件によるAgとAuの焼結接合」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) Influences of Cooling Conditions on the Liquation Cracking in Laser Metal Deposition of a Directionally Solidified Superalloy  
Metals, 10, 4 (2020), 466.  
B. Chang, S. Yang, G. Liu, W. Li, D. Du and N. Ma
- (2) A Design Method of Tensile Triangles and Low Transformation Temperature Weld Metal for Reduction of Stress Concentration and Residual Stress of Welded Joints  
Mar. Struct., 72 (2020), 102759.  
Z. Feng, T. L. Aung, C. Shao, F. Lu, S. Tsutsumi and N. Ma
- (3) Impacts of Laser Cladding Residual Stress and Material Properties of Functionally Graded Layers on Titanium Alloy Sheet  
Addit. Manuf., 35 (2020), 1-10.  
Q. Wang, J. Shi, L. Zhang, S. Tsutsumi, J. Feng and N. Ma
- (4) Measurement and Analysis of Cold Spray Residual Stress Using Arbitrary Lagrangian-Eulerian Method  
Addit. Manuf., 35 (2020), 101296.  
Q. Wang, X. Luo, S. Tsutsumi, T. Sasaki, C. Li and N. Ma
- (5) Toward Large-Scale Simulation for Residual Stress and Distortion in Wire and Arc Additive Manufacturing  
Addit. Manuf., 34 (2020), 101248 (10Pages).  
H. Huang, N. Ma, J. Chen, Z. Feng and H. Murakawa
- (6) Influence of Shielding Gas on Microstructure and Mechanical Properties of Laser Welded-brazed Al/steel Lapped Joint  
J. Manufacturing Processes, 54 (2020), 347-358.  
H. Xia, C. Tan, R. Tian, S. Meng, L. Li and N. Ma
- (7) Study on Fracture Toughness of 617 Ni-based Alloy Welded Joint under Different Elevated Temperatures  
J. Mater. Res., 35, 14 (2020), 1-13.  
Q. Gao, C. Shao, H. Cui, N. Ma and F. Lu
- (8) A Comparative Study of Friction Self-Piercing Riveting (F-SPR) and Self-Piercing Riveting (SPR) of Aluminum Alloy AA5182-O  
Engineering (2020)  
Y. Ma, H. Shan, S. Niu, Y. Li, Z. Lin and N. Ma
- (9) Impact of Stack Orientation on Self-Piercing Riveted and Friction Self-Piercing Riveted Aluminum Alloy and Magnesium Alloy Joints  
Automot. Innov., 3 (2020), 242-249.  
Y. Ma, S. Niu, H. Shan, Y. Li and N. Ma
- (10) Measurement of Shot Velocity Using Particle Image Velocimetry and Numerical Analysis of Residual Stress at Two Shot Peening Conditions,  
Mech. Eng. J., 7, 4 (2020), 1-9.  
T. Ohta and N. Ma

- (11) Robust Bonding and Thermal-Stable Ag-Au Joint on ENEPIG Substrate by Micron-Scale Sinter Ag Joining in Low Temperature Pressure-Less  
J. Alloy. Compd, 828 (2020), 1-11.  
C. Chen, Z. Zhang, Q. Wang, B. Zhang, Y. Gao, T. Sasamura, Y. Oda, N. Ma and K. Suganuma
- (12) A Novel Multi-Step Strategy of Single Point Incremental Forming for High Wall Angle Shape  
J. Manufacturing Processes, 56 (2020), 697-708.  
S. Wu, Y. Ma, L. Gao, Y. Zhao, S. Rashed and N. Ma
- (13) Development of a Material Model for Predicting Extreme Deformation and Grain Refinement during Cold Spraying  
Acta Mater., 199 (2020), 326-339.  
Q. Wang, N. Ma, M. Takahashi, X. Luo and C. Li
- (14) Fracture Mechanism and Strength Evaluation of Al5052/CFRP Joint Produced by Coaxial One-Side Resistance Spot Welding  
Compos. Struct., 252, 11 (2020), 112766.  
S. Ren, Y. Ma, S. Saeki, Y. Iwamoto, C. Chen and N. Ma
- (15) Influence of Ultrasonic Vibrations on the Microstructure and Mechanical Properties of Al/Ti Friction Stir Lap Welds  
J. Mater. Process. Technol., 282 (2020), 1-8.  
M. Yu, H. Zhao, F. Xu, T. Chen, L. Zhou, X. Song and N. Ma
- (16) Investigation of Creep-Fatigue Crack Growth of G115 Steel Using a Novel Damage Mode  
Int. J. Mech. Sci., 183, 10 (2020), 105827.  
Z. Tang, H. Jing, L. Xu, D. Chi, L. Zhao, Y. Han, H. Li and N. Ma
- (17) Microstructural Evolution and Shear Strength of Interface Layer between Steel and Aluminum Materials under Thermal and Mechanical Coupled Loading  
J. Manufacturing Processes, 56 (2020), 981-989.  
J. Lin, Y. Lei, N. Ma and F. Guo
- (18) Shot Velocity Measurement Using Particle Image Velocimetry and a Numerical Analysis of the Residual Stress in Fine Particle Shot Peening  
J. Manufacturing Processes, 58, 10 (2020), 1138-1149.  
T. Ohta and N. Ma
- (19) Effect of Solidified Grain Boundary on Interfacial Creep Failure Behavior for Steel/nickel Dissimilar Metal Welded Joint  
Mater. Sci. Eng. A., 803 (2020), 140482.  
Y. Wang, C. Shao, M. Fan, N. Ma and F. Lu
- (20) MTT and LTT Weld Metal for Reduction of Stress Concentration and Tensile Residual Stress of Cruciform Welded Joint  
ISOPE2020, 30, 30 (2020), 3154-3156.  
Z. Feng, N. Ma and F. Lu
- (21) Progressive Collapse Analysis of Stiffened Panel Structure with Consideration of Actual Welding Distortion and Residual Stresses  
ISOPE2020, 30, 30 (2020), 2962-2968.  
H. Huang, H. Murakawa, N. Ma and Z. Feng

- (22) 低変態温度溶接材料を用いた全姿勢炭酸ガスアーク伸長ビード溶接による疲労寿命延伸効果と溶接金属の破壊靱性に関する一考察  
圧力技術, 58, 6 (2020), 315-328.  
松崎 拓也, 麻寧緒, 村川 英一, 平岡 和雄, 馮 中元, 岡田 公一, 木村 俊介, 加納 覚, 志賀 千晃, 矢島 浩
- (23) Direct Measurement of Shot Velocity and Numerical Analysis of Residual Stress from Pneumatic Shot Peening  
Surf. Coat. Technol., 22, 22 (2020), 1-12.  
T. Ohta, S. Tsutsumi and N. Ma
- (24) Efficient Analysis of Welding Thermal Conduction Using the Newton–Raphson Method, Implicit Method, and Their Combination  
Int. J. Adv. Manuf. Technol., 111 (2020), 1929-1940.  
Z. Feng, N. Ma, W. Li, K. Narasaki and F. Lu
- (25) Multiscale Modelling of Microstructure, Micro-segregation and Mechanical Properties of Al-Cu Alloy in Wire and Arc Additive Manufacturing  
Addit. Manuf., 36 (2020), 101735.  
R. Geng, J. Du, Z. Wei and N. Ma
- (26) Study of Hot Cracking on Automatic Tandem Butt Welding  
J. Offshore Mech. Arct. Eng. (OMAE) (2020), 1-8.  
S. Maeda, M. Shibahara, K. Nishihara, H. Takeda, T. Miwa, K. Yamazaki, T. Morimoto and N. Ma
- (27) Investigation of Residual Stress in Multi-Pass T-welded Joint Using Low Transformation Temperature Welding Wire  
Materials, 14, 2 (2021), 1-15.  
Z. Feng, N. Ma, S. Tsutsumi and F. Lu
- (28) Material Model Development of Magnesium Alloy and Its Strength Evaluation  
Materials, 14, 2 (2021), 1-16.  
W. Huang, N. Ma, Y. Ma, T. Amaishi, K. Takada and T. Hama
- (29) Transformation Temperatures, Mechanical Properties and Residual Stress of Two Low-Transformation-Temperature Weld Metals  
Sci. Technol. Weld. Joining (2021), 1-10.  
Z. Feng, X. Di, S. Wu and N. Ma
- (30) 厚板アルミ FSW による熱ひずみと残留応力の数値解析と実験測定  
軽金属溶接, 59, 2 (2021), 1-10.  
于民澗, 麻寧緒, 榎崎 邦男, 堤 成一郎, 藤井 英俊
- (31) 新低変態温度溶接材料と全姿勢伸長ビード補修溶接法による角回し溶接継手の長疲労寿命化  
日本船舶海洋工学会論文集, 32, 365 (2021), 153-161.  
松崎 拓也, 平岡 和雄, 馮 中元, 麻寧緒, 村川 英一, 加納 覚, 岡田 公一, 木村 俊介, 志賀 千晃, 矢島 浩
- (32) Measurement and Analysis of Welding Deformation in Arc Welded Lap Joints of Thin Steel Sheets with Different Material Properties  
J. Manufacturing Processes, 61 (2021), 507-517.  
Y. Liu, N. Ma, F. Lu and H. Fang

- (33) Development of New Particle Method Based on MPS and Its Applicability for Friction Stir Welding of Dissimilar Joint  
Mater. Sci. Forum, 1016 (2021), 218-222.  
H. Serizawa, K. Mitsufuji and F. Miyasaka
- (34) Characterization of Microstructures and Hot-Compressive Behavior of GH4169 Superalloy by Kinetics Analysis and Simulation  
J. Mater. Process. Technol., 288 (2020), 116879.  
P. Geng, G. Qin, J. Zhou, T. Li and N. Ma
- (35) Microstructural Characterisation and Corrosion Behaviour of Aluminium Alloy/steel Hybrid Structure Produced by Friction Welding  
J. Manufacturing Processes, 61 (2021), 349-356.  
H. Ma, G. Qin, P. Geng, S. Wang and D. Zhang
- (36) Numerical Analysis of Stress Evolution in MIG Arc Brazing-fusion Welding of Al Alloy to Galvanized Steel Plate  
J. Mech. Eng., 57, 2 (2021), 87-96.  
G. Qin, P. Geng, Y. Chen and W. Ren
- (37) Linear Friction Welding of Dissimilar Ni-based Superalloys: Microstructure Evolution and Thermo-Mechanical Interaction  
J. Mater. Res. Technol.-JMRT, 11 (2021), 633-649.  
P. Geng, G. Qin, H. Ma, J. Zhou and N. Ma

**(7) 国際会議発表**

- (1) Basic Studies on Joinability of Zircaloy and SiC/SiC Composite with Titanium Powder & Brazing Material  
The 45th Int. Conf. on Adv. Ceramics & Composites, Online Only Event (2021.2.8-12)  
H. Serizawa, N. Nakazato, Y. Sato, M. Tsukamoto and H. Kishimoto

**(8) 国内学会発表**

- (1) ジュール熱大荷重局部変形接合法を利用した高炭素鋼の低温圧接：界面組織観察と接合機構解明  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
劉 恢弘, 宮垣 徹也, 釜井 正善, 馬 運五, 麻 寧緒, 藤井 英俊
- (2) 2 種類 LTT 溶接金属におけるマルテンサイト変態温度や機械的特性および溶接残留応力の比較  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
馮 中元, 麻 寧緒, 邸 新杰, 吳 世品
- (3) アークエアガウジングを含めた溶接変形の解析  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
角 和磨, 前田 新太郎, 檜崎 邦男, シェルフ ラシッド, 麻 寧緒, 上野 康雄, 田中 伸也, 大久保 宣人
- (4) アルミ合金アーク積層過程における凝固組織形態と偏析現象のフェーズフィールド解析  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
耿 汝偉, 麻 寧緒, 杜 軍, 魏 正英

- (5) コールドスプレー残留応力の測定と ALE 法を用いた解析  
 (一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
 王倩, 麻寧緒, 堤成一郎, 佐々木敏彦, Xiatao Luo, 李永久
- (6) ジュール熱大荷重局部変形接合法を利用した高炭素鋼の低温圧接: 界面組織観察と接合機構  
 解明  
 (一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
 劉恢弘, 宮垣徹也, 釜井正善, 馬運五, 麻寧緒, 藤井英俊
- (7) 遺伝的アルゴリズムを用いた高温割れ防止仮付け施工に関する検討  
 (一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
 前田 新太郎, 麻寧緒, 生島一樹, 柴原正和
- (8) 高温割れ解析の高度化に関する検討  
 (一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
 前田 新太郎, 柴原正和, 麻寧緒
- (9) 高炭素鋼の圧接制御通電圧接における界面接合機構の解明  
 (一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
 劉恢弘, 宮垣徹也, 釜井正善, 馬運五, 麻寧緒, 藤井英俊
- (10) 高張力鋼板抵抗スポット溶接の破断解析に関する研究  
 (一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
 馬運五, 麻寧緒, 菅哲男, 余洋, 前田恭平, 井原涼平, 鈴木励一
- (11) 属粉末超音速衝撃結合とその場ピーニングを融合した高密度固相積層プロセスの可視化解析  
 「第 1 原理による Cu/Al コールドスプレー臨界速度の計算 (第 3 報)」  
 (一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
 張程松, 王倩, 麻寧緒
- (12) 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 接合部の強度評価と破壊特性分析 (第 2 報)」  
 (一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
 任森棟, 馬運五, 佐伯修平, 岩本善昭, 檜崎邦男, 麻寧緒
- (13) 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「人工知能技  
 術を用いた Al5052 / CFRP 接合部の界面温度の予測 (第 3 報)」  
 (一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
 任森棟, 馬運五, 檜崎邦男, 麻寧緒, 佐伯修平, 岩本善昭
- (14) 摩擦攪拌処理した Near- $\alpha$  チタン合金のマイクロ組織と機械的特性  
 (一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
 於明潤, 陳偉光, 張自立, 周利, 趙洪運, 麻寧緒
- (15) 溶接高温割れ問題に対する AI 強化学習の応用  
 (一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
 前田 新太郎, 麻寧緒, 識田祐輔, 生島一樹, 柴原正和
- (16) 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による評価  
 (一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
 齊藤啓, 平島禎, 麻寧緒, 村川英一

- (17) 理想化陽解法 FEM を用いた大規模クリーブ損傷解析  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
木谷 悠二, 麻 寧緒, 西川 聡, 生島 一樹, 柴原 正和
- (18) インクリメント板成形技術の研究開発と実用(第 4 報)-厚板インクリメント成形の数値解析と  
実験検証 -  
(一社)塑性加工学会 2020 年度 71 回連合講演会, WEB 開催 (2020.11.14-16)  
Song WU, 麻 寧緒
- (19) 超音速コールスプレー積層の材料モデル開発と結合機構の観察  
(一社)塑性加工学会 2020 年度 71 回連合講演会, WEB 開催 (2020.11.14-16)  
王 倩, 麻 寧緒
- (20) 超音波ショットピーニングにおける残留応力分布の数値解析  
(一社)塑性加工学会 2020 年度 71 回連合講演会, WEB 開催 (2020.11.14-16)  
太田 高裕, 原田 泰典, 麻 寧緒
- (21) 改良型粒子法を用いたバナジウム合金／ステンレス鋼異材摩擦攪拌接合プロセス解析  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
芹澤 久, 小倉 啓嵩, 光藤 健太, 宮坂 史和
- (22) マルチレーザ集光システムを用いたタングステンへの銅肉盛り接合体作製試験  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
島岡 淳, 芹澤 久, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕, 野澤 貴史
- (23) 円錐型熱源モデルを用いた水平隅肉 MAG 溶接の溶け込み形状解析  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
芹澤 久, 宮坂 史和
- (24) マルチレーザ集光システムを用いたタングステンへの銅肉盛り接合体作製法の開発  
(公社)日本金属学会 2021 年春期大会, オンライン開催 (2021.3.16-19)  
芹澤 久, 島岡 淳, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕, 野澤 貴史

#### (10) 国内会議講演

- (1) 新しい材料モデルによる超音速衝突結合現象の数値解析  
第 233 溶接構造研究委員会, WEB 開催 (2020.11.12)  
麻 寧緒
- (2) CFRP と金属の接合プロセスにおける熱・力学現象の数値解析技術  
「東京セミナー」-非金属異材接合に向けた先進材料プロセスの開発-, WEB 開催 (2020.11.25)  
麻 寧緒
- (3) 60 分のミステリーツアー - ゆがみ -  
第 10 回接合科学カフェ, 大阪 (2020.12.18)  
麻 寧緒
- (4) 新低変態温度溶接材料と全姿勢伸長ビード補修溶接法による角回し溶接継手の長疲労寿命化  
溶接学会「第 235 溶接構造研究委員会」および日本船舶海洋工学会「第 47 回材料・溶接研究会」との合同委員会, WEB 開催 (2021.3.16)  
麻 寧緒

(5) 接合技術の最適化に向けた継手性能データベースについて  
SAMPE Japan 先端材料技術展 2020 ONLINE - NEDO 革新的新構造材料等研究開発プロジェクトシンポジウム-, オンライン (2020.10.14)  
芹澤 久

(6) 構造材料分野の成果 - 原型炉内異材接合体作製技術および残留応力推定法に関する研究 -  
核融合エネルギーフォーラム 令和2年度第1回 実用化戦略クラスター DEMO 設計サブクラスター会合, オンライン (2020.11.17)  
芹澤 久, 塚本 雅裕, 野澤 貴史, 廣瀬 貴規, 加藤 太一郎

#### (11) 解説・総説

(1) IGA と板成形シミュレーションへの応用  
ぷらすとす, 3, 31 (2020), 400-404.  
麻寧緒, 高田 賢治, 清水 則雄

(2) 固相接合プロセスにおける熱・力学現象のシミュレーション  
素形材, 61, 9 (2020), 1-8.  
麻寧緒, 馬 運五, Peihao Geng

(3) レーザ局所過熱を用いたセラミックス複合材料 - 金属材料の異材接合技術の開発  
生産と技術, 72, 4 (2020), 9-11.  
中里 直史, 岸本 弘立, 西條 友章, 芹澤 久, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕

#### (13) 特許出願・登録

(1) 超高歪み速度衝突材料の熱力学挙動の解析方法および超高速コールドスプレー固相積層造形方法  
特願 2020-100443  
麻寧緒, 他1名

(2) メッシュ生成方法、解析方法、設計方法、コンピュータプログラム及び解析装置  
特願 2020-104201  
麻寧緒, 他1名

(3) 断面切断による内部3次元残留応力分布の測定法  
特願 2021-28651  
麻寧緒, 他2名

#### (15) 受賞

(1) 大学院研究奨励賞  
(公社)自動車技術会 (2021.03.08)  
佐藤 真之介(M2)

(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	6,500
-------------	--------------------------------------	------	-------

(2)	基盤研究(C) 金属微粉体援用による局所レーザ加熱無機-金属材料直接接合法の確立	芹澤 久	1,430
-----	--	------	-------

#### 民間等との共同研究

(1)	高張力鋼の抵抗スポット溶接の引張試験における破断解析に関する研究	麻 寧緒	1,800
(2)	鋼橋の製作における溶接変形予測ソフトのカスタマイズ開発	麻 寧緒	1,320
(3)	高張力鋼板の微小曲げワレ現象の計測と解析	麻 寧緒	2,400
(4)	スポット継手の強度評価に関する研究	麻 寧緒	2,310
(5)	レーザ溶接ひずみの数値解析	麻 寧緒	500
(6)	インクリメンタルフォーミングの加工部品の精度向上に関する研究	麻 寧緒	1,100
(7)	高張力鋼板の移動硬化モデルの研究	麻 寧緒	2,772
(8)	レーザ点溶接の継手強度に関する研究	麻 寧緒	8,712
(9)	車体部品の溶接継手部の最適化技術の開発	芹澤 久	3,000
(10)	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	1,233

#### 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	2,300
(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	4,875
(3)	マルチマテリアル接合技術の基盤研究	芹澤 久	1,078
(4)	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	60,288

#### 学術相談

(1)		麻 寧緒	1,050
-----	--	------	-------

#### 奨学寄付金

(1)		麻 寧緒	3,700
-----	--	------	-------

## 4. 8 教育

氏名：麻 寧緒

### (1) 大学院等講義科目

- |              |                                  |
|--------------|----------------------------------|
| (1) 全学教育推進機構 | 学問への扉(マチカネゼミ)                    |
| (2) 地球総合工学科  | 海事英語                             |
| (3) 地球総合工学科  | 数値構造解析学                          |
| (4) 地球総合工学専攻 | Computational Structure Analysis |

### (3) 博士論文(副査)

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| (1) 地球総合工学専攻, Han Htoo Htoo Ko | Collapse Analysis of Ship Hull Girder Using Hydro-Elastoplastic Beam Model |
| (2) 地球総合工学専攻, 白石 哲平            | 全船荷重・構造一貫解析による単船側バルクキャリアの荷重および最終強度評価に関する研究                                 |
| (3) 地球総合工学専攻, 白土 透             | LNG 運搬船および LNG 燃料推進船における溶接構造部の疲労強度評価法の高度化                                  |
| (4) 地球総合工学専攻, 佐野 敦司            | 液化ガス運搬船向け非真球タンクの部分積み時の座屈強度に関する研究   |

### (4) 修士論文

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| (1) 地球総合工学専攻, Thein Lin AUNG | Development of Iso-Geometric Analysis Software JWRIAN-IGA for Weld Bead Geometry Design Using Bayesian Optimization                       |
| (2) 地球総合工学専攻, 大川 陽子          | In-situ Interfacial Stress-strain Analysis and Local Strength Measurement of Medium-P32 Pressure-control Joule-heat Forged Welding Joints |
| (3) 地球総合工学専攻, 佐藤 真之介         | Fracture Prediction due to Multi-stage and Small Radius Bending of Advanced High Strength Steels  |
| (4) 地球総合工学専攻, 田中 大貴          | Residual Stress Analysis of Wire and Arc Additive Manufactured Cylinders Using SUS308LSi and 10Cr-10Ni Welding Materials                  |

### (5) 卒業論文

- |                    |                                     |
|--------------------|-------------------------------------|
| (1) 地球総合工学科, 河合 健人 | 伸びと曲げの複合負荷による超高張力薄板鋼板の破断ひずみ曲面に関する研究 |
|--------------------|-------------------------------------|

- |                    |   |
|--------------------|---|
| (2) 地球総合工学科, 末房 真保 | 薄板アルミ合金 A6N01-T5 の重ね溶接継手における残留応力と引張せん断強度の予測     |
| (3) 地球総合工学科, 富高 宙  | 超音速衝撃時における純 Ni 材の力学挙動とコールドスプレー積層材の残留応力測定        |
| (4) 地球総合工学科, 村上 和樹 | アルミ合金と樹脂複合材 CFRP の摩擦スポット接合による熱伝導現象に及ぼすツール形状の影響  |
| (5) 地球総合工学科, 松岡 裕介 | 型レスインクリメント成形法の開発と形状精度の向上                        |
| (6) 地球総合工学科, 森本 圭  | 角回し溶接部の LTT 伸長ビード補修法による疲労寿命延伸効果に及ぼす形状寸法と過大負荷の影響 |

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(マチカネゼミ) |
| (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, 崎本 博史 | Study on Joinability of Zircaloy and SiC/SiC Composite with Titanium Powder & Brazing      |
| (2) 地球総合工学専攻, 島岡 淳  | Development of Copper Deposition on Tungsten By Using Multiple Laser Beams Focusing System |

(5) 卒業論文

- |                   |                                  |
|-------------------|----------------------------------|
| (1) 地球総合工学科, 覚前 怜 | 円錐型熱源モデルを用いた水平隅肉 MAG 溶接の溶け込み形状解析 |
|-------------------|----------------------------------|

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 | レーザ分科会・幹事 |
|------------------|-----------|

- (2) (一社)日本塑性加工学会 財務委員会委員
- (3) (一社)溶接学会 溶接構造研究委員会幹事
- (4) (公社)日本船舶海洋工学会 代議員
- (5) 3D Printing Conference Committee member, Spain
- (6) Advances in Welding and Additive Manufacturing Research Committee member, USA

**(2) 国際会議委員**

- (1) Metal forming 2020 Committee member

**(5) 国・自治体・公益法人等への貢献**

- (1) (一社)日本溶接協会 学識会員
- (2) 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
- (2) 国際会議委員
- (1) THERMEC'2021 (11th International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials) International Advisory Committee
- (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) (独)日本学術振興会 第 133 委員会委員
- (4) 核融合科学研究所 共同研究員
- (5) 関西原子力懇談会 原子力構造物の高経年化に関わる維持技術の高度化に関する調査委員会委員

#### 4. 10 全国共同利用に関する研究

##### (1) 令和 2 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) | 九州工業大学大学院<br>工学研究院              | 趙 徳超  | Numerical analysis of the joining process and optimal joining conditions of the AlFeCrCoNi high-entropy alloy coating on magnesium alloy prepared by resistance seam welding |
| (2) | 大阪府立大学大学院<br>工学研究科<br>航空宇宙海洋系専攻 | 生島 一樹 | 溶接力学解析手法の高度化に関する研究   |
| (3) | 長崎総合科学大学<br>新技術創成研究所            | 岡田 公一 | 溶接継手のき裂進展や疲労寿命向上   |
| (4) | 長崎総合科学大学大学院<br>工学研究科            | 木村 敏之 | 溶接継手のき裂進展や疲労寿命向上   |
| (5) | 長崎総合科学大学大学院<br>工学研究科            | 木村 俊介 | 溶接継手のき裂進展や疲労寿命向上   |
| (6) | 東海大学工学部<br>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   |

- |     |                        |           |                             |
|-----|------------------------|-----------|-----------------------------|
| (7) | 東海大学大学院工学研究科<br>機械工学専攻 | Ha Jiaxin | 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) | 豊橋技術科学大学<br>機械工学系      | 森 謙一郎     | 塑性変形を使った接合加工における接着層を考慮した解析法 |

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) | 大阪府立大学大学院<br>工学研究科             | 柴原 正和 |  |
| (2) | 和歌山大学<br>システム工学研究科             | 張 繼偉  |  |
| (3) | 和歌山大学<br>データインテリジェンス<br>教育研究部門 | 呉 海元  |  |

国際共同研究

- |     |   |             |   |
|-----|---|-------------|---|
| (1) | Xi'an Jiaotong University/<br>School of Materials Science<br>and Engineering/ State Key<br>Laboratory for Mechanical<br>Behavior of Materials | Luo Xiaotao | Bonding mechanism of Al and Cu in cold-spraying                                       |
| (2) | Department of mechanical<br>and engineering, Tsinghua<br>University   | Jinnan Wang | Established a fatigue life prediction model based on simulation and experimental data |
| (3) | Harbin Institute of<br>Technology/ School of<br>Materials Sciences and<br>Engineering/ Welding<br>Mechanics and Reliability<br>(中国)           | Liu Yong    | Simulation of welding residual stress and distortion                                  |
| (4) | Soochow University/Shagang<br>School of Iron and Steel/<br>Metal Materials Engineering  | Xia Hongbo  | Development of Material model and strength evaluation of welded joints                |
| (5) | University of Kassel, Institute<br>of Materials Engineering   | Wu Tao      | Residual stress measurement and analysis in CFRP composites                           |
| (6) | Xi'an Jiaotong University/<br>School of Mechanical<br>Engineering   | Geng Ruwei  | Development of fast computing method for welding problems                             |
| (7) | Harbin Institute of<br>Technology   | Yu Mingrun  | Digital twin for advanced welding and joining technologies                            |

- (8) Southwest Jiaotong University, PR China      Zhang Chengsong      Digital twin for advanced welding and joining technologies

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 | レーザ局所加熱によるセラミック-金属材料の接合に関する研究開発        |
| (2) | 室蘭工業大学大学院<br>工学研究科もの創造系領域            | 西條 友章 | レーザ局所加熱によるセラミック-金属材料の接合に関する研究開発        |
| (3) | 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 | レーザ局所加熱によるセラミック-金属材料の接合に関する研究開発        |
| (4) | 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 | 建造から品質・安全性・寿命まで評価可能な四次元可視化 CAE システムの開発 |
| (5) | 東京理科大学理工学部<br>機械工学科                  | 岡田 裕  | 溶接継手のき裂進展や疲労寿命向上の予測シミュレーション            |

(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 | 27 |
|-----|----|----|



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

### 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

多くの溶接構造体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、豊かに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な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. 3次元結晶塑性 FE 解析による破壊までの数値材料試験技術

オーステナイト組織が力学的な作用によりマルテンサイト変態する、いわゆる TRIP 効果を活用した材料の特性向上策が積極的に導入されている。このマルテンサイト相への相転移の間に体積膨張を呈することから、材料の応力ひずみ関係に留まらず、破壊・疲労き裂の発生時期・進展速度などに大きく影響を与えることが確認されている。

さらに、溶接熱影響部 HAZ に残留したオーステナイトは、破壊靱性値を大きく低下させることが指摘され、そのメカニズム解明を通じた破壊因子の定量化が求められている。そこで本研究では、マルテンサイト変態を考慮可能な結晶塑性 FE 解析により、弾塑性挙動を示す多結晶材料内に残存するオーステナイトの TRIP 効果が局所的な応力ひずみ挙動に与える影響を明らかにした。

巨視的弾性応力でも、それを繰返し加えると、何れ非弾性ひずみが確認されようになる。本現象は、繰返し軟化挙動として認識され、各種金属材料で計測されている。巨視的弾性状態にある繰返し载荷初期段階においても材料組織レベルでは、微視的な非弾性ひずみが発生していると思われるが、本現象の素過程全般を実験的に計測することは容易ではない。そこで巨視的弾性条件下で発生する塑性ひずみとその後の繰返し载荷に伴う累積・顕在化など、繰返し負荷に伴う軟化挙動のメカニズム解明およびそれら変形挙動に対する介在物の影響に関する基礎的検討を行うことを目的として結晶塑性モデルを導入した有限要素シミュレーションを行なった。その結果、単調载荷時の塑性ひずみ発生及びその後の進展挙動は、母材内部に存在する介在物の組織や材料特性の影響を受けて変化する。繰返し初期段階では、塑性域は島状に孤立しているが、载荷回数の増加と共に、塑性域が拡大し、周辺塑性域と連結・パーコレーションして拡大する。繰返し载荷応力が小さい場合は、塑性域の拡大は小さく、介在物周りに代表される局所的な領域にのみ塑性ひずみが累積することを明らかにしている。

## 6. 腐食疲労性能評価技術の開発

鋼橋をはじめとする社会基盤構造物の老朽化が著しく、特に腐食環境で使用される場合には、疲労と腐食の影響が重畳し、非常に複雑な問題となっている。また、今後も交通量や供用年数の増加に伴う損傷件数の増加が予想され、腐食疲労損傷の拡大防止に対する要求が高まっていくことは容易に予想される。一方、鋼構造物の疲労性能を評価する手法として公称応力ベースのS-N曲線や線形累積損傷則が用いられている。しかし、現状の疲労性能設計指針は腐食影響を考慮したものとなっておらず、種々の腐食環境因子を考慮した疲労設計手法の確立が望まれている。そこで、腐食環境中の疲労性能を評価可能な評価手法の提案を目的として研究を展開した。具体的には、実験データベース確立のための腐食促進試験および疲労試験とそれらを模した数値解析を実施し、評価則を規定する方法論を提案した。

### (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積極的に行っている。

2020年度は査読付き研究論文28件、査読あり国際会議発表論文1件が掲載されると共に、国際会議発表2件、国内学会発表6件、国内講演2件を行った。研究予算は、運営費交付金を除き、15,375千円であった。

## 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、大学院生および学部の教育研究を行っている。

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）、を行っている。また、学部では3科目の講義を行っている。2020年度は、博士後期課程4名、博士前期課程4名および学部学生3名、研究生4名の指導を行なうとともに、2名の博士論文副査を担当した。一方、学部および前期課程学生との共著論文として、査読あり研究論文19件、査読あり国際会議発表1件が掲載されると共に、国内学会発表6件を経験させた。

## 4. 5 社会貢献に対する自己評価

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、材料及び塑性力学分野の発展に寄与している。

国際貢献としては、サクラサイエンスプログラム等を通じて海外の若手研究者を受け入れている。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の査読者として貢献し

ている。また、超高速衝撃試験機などの実験設備の公開、見学受け入れを積極的に行っている。

以上述べたように、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**

2020年度は国内から共同研究員・一般公募研究課題19名、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(FS型)〕として1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10件が掲載された。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) A Design Method of Tensile Triangles and Low Transformation Temperature Weld Metal for Reduction of Stress Concentration and Residual Stress of Welded Joints  
Mar. Struct., 72 (2020), 102759.  
Z. Feng, T. L. Aung, C. Shao, F. Lu, S. Tsutsumi and N. Ma
- (2) Impacts of Laser Cladding Residual Stress and Material Properties of Functionally Graded Layers on Titanium Alloy Sheet  
Addit. Manuf., 35 (2020), 1-10.  
Q. Wang, J. Shi, L. Zhang, S. Tsutsumi, J. Feng and N. Ma
- (3) Measurement and Analysis of Cold Spray Residual Stress Using Arbitrary Lagrangian-Eulerian Method  
Addit. Manuf., 35 (2020), 101296.  
Q. Wang, X. Luo, S. Tsutsumi, T. Sasaki, C. Li and N. Ma
- (4) Effect of Blowholes on Fatigue Crack Initiation Life of Aluminum Alloy Lap-Joint  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38, 2 (2020), 159s-162s.  
S. Tsutsumi, G. Daimon and R. Fincato
- (5) Effects of Additional Weld and Grinding on Fatigue Life Extension of Non-Load-Carrying Cruciform Joints  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38, 2 (2020), 172s-176s.  
S. Tsutsumi, K. Takaya and R. Fincato
- (6) Experimental Study for the Effect of Additional Weld on Fatigue Strength in Out-of-Plane Gusset Welded Joints  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38, 2 (2020), 139s-143s.  
Y. Kotani, T. Tsuyama, S. Tsutsumi and A. Buerlihan
- (7) Fatigue Crack Initiation and Propagation Life Assessment of Butt Joint Considering the Effect of Corrosion  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38, 2 (2020), 168s-171s.  
S. Tsutsumi, H. Nagahama and R. Fincato
- (8) Measurement of Residual Stress Distribution at the Weld Root for a U-rib Specimen Using the Contour Method  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38, 2 (2020), 49s-53s.  
R. Gadallah, S. Tsutsumi, T. Yonezawa and H. Shimanuki
- (9) Numerical Study for the Effect of Shape of Additional Weld on Fatigue Strength in Out-of-Plane Gusset Welded Joint  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38, 2 (2020), 163s-167s.  
S. Tsutsumi, A. Buerlihan, R. Fincato, Y. Kotani and T. Tsuyama
- (10) Residual Stress Measurement at the Weld Root of Rib-To-Deck Welded Joints in Orthotropic Steel Bridge Decks Using the Contour Method  
Eng. Struct., 219 (2020), 110946.  
R. Gadallah, S. Tsutsumi, T. Yonezawa and H. Shimanuki

- (11) Ductile Behaviour of Carbon Steel for Welded Structures: Experiments and Numerical Simulations  
J. Constr. Steel. Res., 172 (2020), 106185.  
S. Tsutsumi, T. Kitamura and R. Fincato
- (12) A Gurson Model Improved by Cohesive Traction-Separation Law to Realize Transition from Ductile to Brittle Fracture  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38, 2 (2020), 126s-130s.  
T. Kagimura, Y. Shintaku, S. Tsutsumi and K. Terada
- (13) Effect of Pre-overload on Fatigue Life Extension of U-rib Steel Floor Slab Root  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38, 2 (2020), 177s-180s.  
S. Tsutsumi, H. Shibata, R. Fincato, T. Yonezawa and H. Shimanuki
- (14) 繰り返し载荷における塑性誘起損傷による強度と靱性の低下を考慮した結合力埋込型弾塑性構成則  
鉄と鋼, 106, 9 (2020), 662-671.  
新宅 勇一, 副島 克哉, 堤 成一郎, 寺田 賢二郎
- (15) 溶接止端部の形状と強度分布がひずみ分布ならびに低サイクル疲労寿命に及ぼす影響  
鋼構造論文集, 27, 106 (2020), 39-49.  
梅田 敏弘, 佐野 萌, 堤 成一郎, 木下 智裕, 田川 哲哉
- (16) An Interaction Integral Retardation Model for Predicting Fatigue Life under Multi-Step Loading  
Eng. Fract. Mech., 236 (2020), 107224 (1-19).  
R. Gadallah and S. Tsutsumi
- (17) Parametric Formula for Stress Concentration Factor of Fillet Weld Joints with Spline Bead Profile  
Materials, 13, 20 (2020), 4639.  
Y. Wang, Y. Luo and S. Tsutsumi
- (18) 風力を受ける低層鋼構造建築柱梁溶接接合部の疲労損傷評価  
鋼構造年次論文報告集, 28 (2020), 956-967.  
佐藤 公亮, 松本 拓, 堤 成一郎, 植松 康
- (19) Direct Measurement of Shot Velocity and Numerical Analysis of Residual Stress from Pneumatic Shot Peening  
Surf. Coat. Technol., 22, 22 (2020), 1-12.  
T. Ohta, S. Tsutsumi and N. Ma
- (20) 高強度薄鋼板 GMA 溶接重ね隅肉継手の疲労特性に及ぼす溶接止端部形状および溶接金属硬さの影響  
溶接学会論文集, 38, 4 (2021), 448-457.  
澤西 央海, 松田 広志, 田川 哲哉, 池田 倫正, 堤 成一郎
- (21) Investigation of Residual Stress in Multi-Pass T-welded Joint Using Low Transformation Temperature Welding Wire  
Materials, 14, 2 (2021), 1-15.  
Z. Feng, N. Ma, S. Tsutsumi and F. Lu
- (22) SS400 鋼材の動的力学特性に及ぼす応力三軸度の影響に関する基礎的研究  
土木学会論文集 A2, 76, 2 (2021), I\_379-I\_387.  
濱田 匠李, 別府 万寿博, 堤 成一郎, 市野 宏嘉

- (23) 局所弾塑性応答に基づく鋼材の疲労亀裂伝播寿命評価 - 応力集中場に存在する表面亀裂の進展特性 -  
土木学会論文集 A2, 76, 2 (2021), I\_399-I\_410.  
堤 成一郎, 長濱 啓和, 清川 裕樹, Riccardo FINCATO
- (24) 継手疲労寿命に対する板厚効果に関する検討  
土木学会論文集 A2, 76, 2 (2021), I\_389-I\_397.  
堤 成一郎, 大門 岳, Riccardo FINCATO
- (25) 厚板アルミ FSW による熱ひずみと残留応力の数値解析と実験測定  
軽金属溶接, 59, 2 (2021), 1-10.  
于民潤, 麻寧緒, 檜崎 邦男, 堤 成一郎, 藤井 英俊
- (26) 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  
土木学会論文集 A2, 76, 2 (2021), I\_143-I\_152.  
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
- (27) An Overstress Elasto-Viscoplasticity Model for High/low Cyclic Strain Rates Loading Conditions: Part I - Formulation and Computational Aspects  
Int. J. Solids Struct., 207 (2020), 279-294.  
R. Fincato and S. Tsutsumi
- (28) An Overstress Elasto-Viscoplasticity Model for High/low Cyclic Strain Rates Loading Conditions: Part II - Numerical Analyses  
Int. J. Solids Struct., 208-209 (2020), 247-261.  
R. Fincato and S. Tsutsumi
- (2) 国際会議発表論文(査読あり)**
- (1) Experimental Research and Parametric Study on the Fatigue Performance of Slotted Tubular Connection Based on the Effective Notch Stress Approach  
EASEC16. Lecture Notes in Civil Engineering, 101 (2020), 1467-1477.  
Y. X. Luo, R. L. Ma, M. J. He, R. Fincato and S. Tsutsumi
- (8) 国内学会発表**
- (1) 面外ガセット溶接継手の疲労強度に及ぼす付加溶接とグラインダー仕上げの影響に関する検討  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
小谷 祐樹, 津山 忠久, ブーリーハン アヤン, 堤 成一郎
- (2) Parametric Formula for Stress Concentration Factor of Fillet Weld Joints with Spline Bead Shape  
令和 2 年度土木学会全国大会, オンライン (2020.9.9-11)  
王 益遜, 堤 成一郎
- (3) SS400 鋼材の動的力学特性に及ぼす応力三軸度の影響に関する実験的研究  
令和 2 年度土木学会全国大会, オンライン (2020.9.9-11)  
濱田 匠李, 別府 万寿博, 堤 成一郎, 市野 宏嘉
- (4) コールドスプレー残留応力の測定と ALE 法を用いた解析  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
王 倩, 麻寧緒, 堤 成一郎, 佐々木 敏彦, Xiatao Luo, 李 永久

(5) 面外ガセット溶接継手の疲労強度に及ぼす付加溶接形状の影響  
令和2年度土木学会全国大会, オンライン(2020.9.9-11)  
小谷 祐樹, 津山 忠久, ブーリーハン アヤン, 堤 成一郎

(6) 溶接継手の表面形状パラメータ自動決定手法  
令和2年度土木学会全国大会, オンライン(2020.9.9-11)  
堤 成一郎, 下築 瑠奈

#### (10) 国内会議講演

(1) 局所弾塑性応答に基づく疲労亀裂発生伝播寿命評価  
溶接学会「第235溶接構造研究委員会」および日本船舶海洋工学会「第47回材料・溶接研究会」との合同委員会, Web(2021.3.16)  
堤 成一郎

(2) 溶接構造の疲労性能評価ため研究開発動向  
溶接構造の疲労性能設計手法国際研究拠点主催第4回講演会, Web(2021.3.16)  
堤 成一郎

(3) 溶接構造の疲労性能評価のための研究開発動向  
大阪大学接合科学研究所 溶接構造の疲労性能設計手法国際研究拠点(FDWS), Web(2021.3.26)  
堤 成一郎

#### (11) 解説・総説

(1) III 溶接構造研究委員会(溶接・接合をめぐる最近の動向 / 第II部 溶接・接合工学の最近の動向)  
溶接学会誌, 89, 5(2020), 358-365.  
望月 正人, 柴原 正和, 堤 成一郎, 三上 欣希, 生島 一樹, 岡野 成威

#### (17) 外部資金 (単位:千円)

##### 民間等との共同研究

(1)	JFE ウエルディング協働研究所	堤 成一郎	1,500
(2)	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	1,800
(3)	溶接構造物の長寿命化に関する研究(その3)	堤 成一郎	6,200
(4)	ギヤの疲労き裂発生・進展メカニズム解明	堤 成一郎	2,088
(5)	データ科学を活用した鉄鋼材料マルチスケールシミュレーション技術の開拓	堤 成一郎	963

##### 受託研究

(1)	局部破損解析法等の調査・検討	堤 成一郎	825
-----	----------------	-------	-----

## 学術相談

- (1) 堤 成一郎 1,325

## 奨学寄付金

- (1) 堤 成一郎 2,000

## 4. 8 教育

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(マチカネゼミ)
- (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 社会基盤工学英語
- (5) 地球総合工学科 創成実験
- (6) 地球総合工学科 地球総合工学特論
- (7) 地球総合工学専攻 設計解析学特論
- (8) 地球総合工学専攻 地球総合工学特論
- (9) 地球総合工学専攻 社会基盤安全工学  
社会基盤工学コース

### (3) 博士論文(副査)

- (1) 地球総合工学科, 市川 滋己 非破壊試験を用いたコンクリートダム堤体の性能評価に関する研究
- (2) 地球総合工学科, 白土 透 Study on advanced evaluation methods of fatigue strength for welded structures of LNG carriers and LNG fuel ships

### (4) 修士論文

- (1) 地球総合工学科, Ayang Buerlihan Study for the Effect of Weld Bead Shape on Fatigue Strength in Out-of-Plane Gusset Welded Joint
- (2) 地球総合工学科, 大門 岳 腐食影響を考慮した鋼構造物の疲労性能評価手法の開発

- |                    |                                  |
|--------------------|----------------------------------|
| (3) 地球総合工学科, 高田 耕庸 | 突合せ継手の疲労性能支配因子解明と溶接形状品質の自動評価手法開発 |
| (4) 地球総合工学科, 長濱 啓和 | 繰返し弾塑性応答に基づく鋼材の疲労亀裂伝播寿命評価手法の開発   |
| <b>(5) 卒業論文</b>    |                                  |
| (1) 地球総合工学科, 石川 義也 | 腐食した溶接継手の疲労性能支配因子に関する基礎検討        |

#### 4. 9 社会貢献

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     | 材料力学部門 水素研究分科会 委員                      |
| (3) (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                    |
| (4) (一社)日本溶接協会     | 鉄鋼部会 委員                                |
| (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     | 学識会員                                   |
| (7) (一社)溶接学会       | 溶接力学シミュレーション研究会 委員                     |
| (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       | 溶接疲労強度研究委員会 幹事                         |
| (10) (一社)溶接学会      | 溶接学会誌編集委員会力学分野 モニター                    |
| (11) (一社)溶接学会      | 溶接構造研究委員会 副幹事長                         |
| (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                          |
| (15) (公社)日本材料学会    | 応用力学論文集編集小委員会 委員<br>強度設計・安全性評価部門委員会 委員 |
| (16) (公社)日本材料学会    | 塑性工学部門委員会 委員                           |

(17) (公社)日本材料学会 破壊力学部門委員会 委員

(18) (公社)日本材料学会 疲労部門委員会 委員

(19) (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): 李 博 溶接構造物の疲労性能評価技術の開発

(2) 研究生(JWRI 道場プログラム): 姚 清之 溶接構造物の疲労性能評価技術の開発

(3) 研究生(JWRI 道場プログラム): 管 韞文 溶接構造物の疲労寿命評価

**4. 10 全国共同利用に関する研究**

**(1) 令和2年度共同研究員と研究テーマ**

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 | 疲労亀裂発生・伝播寿命評価手法の開発                  |
| (2) 愛媛大学大学院<br>理工学研究科       | 勝田 順一 | 亀裂先端の弾塑性挙動を考慮した疲労亀裂<br>の進展寿命推定の高度化  |
| (3) 近畿大学工学部建築学科             | 崎野良比呂 | ピーニング処理による溶接部の疲労強度向<br>上効果に関する基礎的研究 |
| (4) 神戸大学大学院<br>海事科学研究科      | 風間 亮佑 | 各種ボルト締結部の健全性評価手法の確立                 |
| (5) 神戸大学大学院<br>海事科学研究科      | 野村 昌孝 | 各種ボルト締結部の健全性評価手法の確立                 |

(6)	大阪大学大学院工学研究科	寺澤 広基	X線を用いた土木構造物変状の非破壊評価手法に関する研究
(7)	大阪大学大学院工学研究科	緒方 瞭	X線を用いた土木構造物変状の非破壊評価手法に関する研究
(8)	大阪大学大学院工学研究科	福本 晃太	X線を用いた土木構造物変状の非破壊評価手法に関する研究
(9)	筑波大学システム情報系	新宅 勇一	き裂発生・進展シミュレーション技術の高度化
(10)	筑波大学システム情報系	今井 大貴	き裂発生・進展シミュレーション技術の高度化
(11)	筑波大学大学院 システム情報工学研究科 構造エネルギー工学専攻	神田 寛明	き裂発生・進展シミュレーション技術の高度化
(12)	筑波大学大学院 システム情報工学研究科 構造エネルギー工学専攻	金澤 凌平	き裂発生・進展シミュレーション技術の高度化
(13)	筑波大学大学院 システム情報工学研究科 構造エネルギー工学専攻	中村 文俊	き裂発生・進展シミュレーション技術の高度化
(14)	東北大学大学院工学研究科	佐藤 公亮	多様な繰返し荷重を受ける建築鋼構造柱梁部材・接合部の性能評価
(15)	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および貫通挙動の解明
(16)	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および貫通挙動の解明
(17)	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および貫通挙動の解明
(18)	防衛大学校建設環境工学科	清田 翔吾	飛来物衝突を受ける鋼板の変形および貫通挙動の解明
(19)	立命館大学 総合科学技術研究機構	酒井 達雄	介在物周りの応力ひずみ分布と疲労き裂発生・進展挙動のモデル化
(2)	<b>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)</b>		
(1)	合計	10	

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・接合部の特性支配要因の解明、特性劣化原因の究明、および、特性改善・向上技術の確立が重要である。本研究分野では、それらを達成するために、材料の凝固・変態挙動の理解を踏まえて、溶接・接合部の組織形成機構を明らかにするとともに、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特性改善技術の確立、溶接・接合部の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。材料のマイクロ・ナノ構造を制御することにより、長寿命化対応材料や高強度材料およびその溶接技術を提案し、環境に優しい社会の実現を目指していきたいと考えている。溶接部のマイクロ組織形成挙動を固相変態のみならず、凝固過程から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. Fモード凝固するステンレス鋼の凝固割れ感受性の影響因子
2. オーステナイト系ステンレス鋼の異相界面性格制御に基づく溶接金属組織制御と耐食性
3. 埋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

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. Fモード凝固するステンレス鋼の凝固割れ感受性の影響因子

ステンレス鋼では、溶接施工時に発生する凝固割れがしばしば問題となり、この凝固割れの防止には、PやSなどの不純物元素の低減や、オーステナイト相に比してPやSの固溶限が大きい $\delta$ フェライトを数%晶出することが有効である。一方、 $\delta$ フェライト量が20%以上では、フェライト量の増加とともに凝固割れ感受性が增大することが従来から報告されている。しかしながら、PやSの凝固偏析を緩和するために生成させた $\delta$ フェライトの増大が、凝固割れ感受性の増大を招く要因については明らかにされていない。また、フェライト系ステンレス鋼では、ウェルドディケイ対策にNbが添加される場合があるが、Nbは分配係数が小さく、オーステナイト系ステンレス鋼では凝固割れ感受性を増大させる一方、凝固中にNbCやLaves相を晶出させることで、凝固割れ感受性が改善することも報告されている。しかし、フェライト系ステンレス鋼では第二相の晶出が凝固割れ感受性に及ぼす影響について未だ明らかではない。そこで本研究では、Fモードで凝固するステンレス鋼溶接金属の凝固割れ感受性に及ぼすフェライト量およびC、Si、Nbの影響について調査を行った。

CとSi量が同一の場合、フェライト量の増加に伴う凝固脆性温度範囲(BTR)の変化は認められない。一方、CやSi含有量の増加によりBTRは増大することが判明した。したがって、従来から報告されてきた割れ感受性の増大は、フェライト量の増加によるものではなく、CやSi含有量の増大が主たる原因であることが示唆された。また、Nb量の増加によってもBTRは増大した。しかしながら、NbとCを同時に添加した場合は、BTRが低減した。このことを組織観察および凝固計算から検討した結果、フェライト系ステンレス鋼ではNbとCが競合偏析し、Nbの凝固偏析が緩和され、Cが助長されることが判明した。そのため、Nb添加材のC量の増加に伴うBTRの低減は、NbCの晶出とC量の増加によるNbの凝固偏析の緩和が主たる要因であると考えられた。以上より、Nb及びCを添加したフェライト系ステンレス鋼において凝固割れ感受性を低減するためには、NbとCの競合偏析および第二相の晶出による影響を常に考慮した上での合金設計が必要になることが

示唆される。

これらの成果については、溶接学会秋季全国大会、溶接学会第 242 回溶接冶金研究委員会、溶接協会特殊材料溶接研究員会、Intermediate Meeting of IIW Commission IX において成果発表を行い、74th IIW Annual Assembly and International Conference で発表予定である。

## 2. オーステナイト系ステンレス鋼の異相界面性格制御に基づく溶接金属組織制御と耐食性

オーステナイト系ステンレス鋼の溶接金属において、耐孔食性の低下はしばしば問題となり、これは溶接金属の溶質偏析や組織の不均一性などに起因している。一方、FA モードで凝固するオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属では、バミキュラー $\delta$ フェライトとレーシー $\delta$ フェライトの二つの形態が存在し、特に、レーシー $\delta$ フェライトでは、 $\delta$ フェライト/オーステナイト間の整合性が良好なために、界面での Cr 炭化物の析出が抑制され、耐孔食性が向上するとされている。このようなレーシー $\delta$ フェライトの生成を促進するには、 $\delta$ フェライトとオーステナイト間に K-S 関係を維持させる必要であり、そのための条件の 1 つに $\delta$ フェライト核生成の下地となるオーステナイトの  $\langle 100 \rangle$  方向を溶接熱流方向に一致させることであるが、その手法は未だ確立されていない。そこで本研究では、2 パスのレーザ溶接を適用し、オーステナイトの成長方向を制御した 1 パス目溶接金属の上に 2 パス目のレーザ溶接を行うことにより、レーザ溶接条件がレーシー $\delta$ フェライトの生成挙動に及ぼす影響を検討し、レーシー $\delta$ フェライトの生成機構の解明を行うと共に、 $\delta$ フェライトの形態が耐孔食性に及ぼす影響を調査した。

1 パス目にガルバノスキャナを用いたディスクレーザ溶接、2 パス目にファイバーレーザ溶接を行い、溶接条件を最適にすることで、レーシー $\delta$ フェライトの生成比率が著しく増加できることを明らかにした。また、レーシー $\delta$ フェライトの生成機構としては、① $\delta$ フェライトがオーステナイトと K-S 関係を満たして核生成する、② K-S 関係を満たした $\delta$ フェライトとオーステナイトがその関係を維持したままエピタキシャル成長を続ける、③成長結晶粒の選択により、 $\delta$ フェライトと K-S 関係を満たすオーステナイトが選択成長して異なるオーステナイトと置き換わる、の 3 つの機構が確認でき、本研究で実施した 2 パス溶接においては、これら 3 つの機構の可能性が高くなり、レーシー $\delta$ フェライトの生成を促進させることが可能であることを確認した。さらに、孔食試験の結果、レーシー $\delta$ フェライト/オーステナイト界面では、バミキュラー $\delta$ フェライト/オーステナイト界面に比べて、Cr 炭化物の析出が抑えられ、耐孔食性の上昇が確認された。以上の結果より、レーシー $\delta$ フェライトの生成促進指針を提案すると共に、レーシー $\delta$ フェライトの生成促進が、溶接金属の耐孔食性を改善する一つ的手段と成り得ることを明らかにした。

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。

## 3. 埋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

厚板溶接の高効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 について、組織形態に及ぼす最高到達温度と冷却速度の影響、および組織と耐孔食性の関係を調査し、二相ステンレス鋼への埋れアーク溶接法の適用性について評価を行った。

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) でフェライト量は多くなり、また、溶接電流が大きく、入熱量が大きいほどフェライトは少なく、高温 HAZ の幅は大きくなる。すなわち、オーステナイト析出温度域での冷却速度が小さいほどフェライト量は少なくなる。この傾向は、再現熱サイクル試験によっても同様に確

認められた。溶接部の耐孔食性を評価した結果、HAZで耐孔食性は低下し、HAZの中でもフェライト粗大域である高温HAZで最も耐孔食性は劣化した。これは、フェライト量が多くなったことにより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欠乏層が形成されたことに起因していると考えられる。しかしながら、入熱量が大きいほど、上述したように高温HAZでのフェライト量が低減するため、高温HAZでの孔食発生は減少する。したがって、1パスの入熱量が大きく、深い溶込みが得られる埋れアーク溶接法を二相ステンレス鋼に適用することは、高効率化のみではなく、HAZのフェライト量の低減効果による耐孔食性の観点からも有効な溶接法と考えられる。

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る。

## (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、昨年度導入した高周波誘導加熱（溶接再現熱サイクル試験機）装置やデジタルマイクロスコープを用いた組織解析手法を確立するとともに、新たにオートグラフ（引張試験装置）、EBSD解析装置を導入し、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、Journal of Alloys and Compoundsに2報、Materials Characterizationに1報、Corrosion Scienceに1報、ISIJ-Internationalに1報、溶接学会論文集に4報が掲載された。なお、この内の2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、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、溶接学会溶接研究委員会での1件の講演を行った。また、門井が（公社）日本鑄造工学会から日下賞を受賞するなど、分野の垣根を超えて高い評価を得ている。

研究資金面において、井上が科研費基盤研究（B）を、門井が科研費基盤研究（C）および天田財団重点研究開発助成を採択されている、また、研究分野として企業との複数の共同研究・受託研究を行った、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、各分野の共同研究者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「接合プロセスメタラジー論」を井上、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、門井が講義や実習を担当し、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。国際的な教育活動として、門井が第5回ベトナム溶接研究会、第17回産学連携シンポジウムにおいて特別講義を行った。

2020年度は博士前期課程4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3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5名の博士論文審査の副査を井上が担当した。

常勤教員（助教）として外国人研究者を雇用し、2021年度は外国人研究者（日本学術振興会特別研究員）・研究者を受け入れ予定であり、より一層の国際化を図る。

#### 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、(一社) 日本鉄鋼協会にて接合結合フォーラム幹事を、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、(一社) 日本溶接協会にて特殊材料溶接研究委員会幹事、材料部会委員を、(一社) 日本鉄鋼協会にて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。加えて、2020年度溶接学会秋季全国大会の副実行委員長(井上)、事務局(門井)として中軸の委員を担った。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、広島大学、秋田大学、群馬大学、神戸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15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、建築分野などの異分野の研究者との学際研究にも着手している。共同研究員との共著として、国際学術誌への論文1報が掲載され、接合科学共同利用・共同研究賞を受賞した。

また、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の解明とその防止技術の構築(FS型)」に代表研究者として参画し、2名の共同研究員を受け入れ、研究所内外の研究者とともに優れた研究成果を挙げている。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Effects of Heat Input on Microstructures, Hardness, and Residual Stress of GMA Weld Dissimilar Butt Joints between Stainless Steel SUS 316 and Marine Steel AH 36  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38, 2 (2020), 182s-185s.  
W. Winarto, A. Prihastomo, E. S. Siradj, R. Muslih and H. Inoue
- (2) Relationship between Solidification Sequence and Toughness of Carbon Steel Weld Metal  
Mater. Charact., 165 (2020), 110402.  
K. Kadoi, Y. Nakata, H. Inoue and S. Saruwatari
- (3) Relationship between the Microstructure and Local Corrosion Properties of Weld Metal in Austenitic Stainless Steels  
Corrosion Sci., 175 (2020), 108867.  
S. Tokita, K. Kadoi, S. Aoki and H. Inoue
- (4) Effect of MC Carbide Formation on Weld Solidification Cracking Susceptibility of Austenitic Stainless Steel  
J. Alloy. Compd, 828 (2020), 154423.  
K. Kadoi, S. Ueda, S. Tokita and H. Inoue
- (5) 鋼溶接金属の粒界破壊に及ぼす粒界移動の影響  
溶接学会論文集, 38, 4 (2020), 222-228.  
猿渡 周雄, 加茂 孝浩, 中田 有紀, 門井 浩太, 井上 裕滋
- (6) 二相ステンレス鋼溶接金属の耐孔食性を支配する組織的要因  
溶接学会論文集, 38, 4 (2020), 263-268.  
門井 浩太, 高田 駿, 井上 裕滋, 北條 優武, 吉岡 優馬
- (7) Effect of S and Si on the Formation of Intragranular Ferrite and Inclusions in Ultra-Low Oxygen Weld Metal of Low Carbon Steel  
ISIJ Int., 61, 1 (2021), 309-316.  
R. Homma, Y. Shinohara, K. Kadoi and H. Inoue
- (8) Evolution Behavior of Liquid Film in the Heat-Affected Zone of Laser Cladding Non-Weldable Nickel-Based Superalloy  
J. Alloy. Compd, 863 (2021), 158463.  
Z. Zhang, Y. Zhao, J. Shan, A. Wu, Y. S. Sato, S. Tokita, K. Kadoi, H. Inoue, H. Gu and X. Tang
- (9) Improved Strength and Ductility Balance of Medium-carbon Steel with Chromium and Titanium Fabricated by Friction Stir Welding Process  
Mater. Sci. Eng. A., 803 (2021), 140689.  
C. Cheng, K. Kadoi, H. Fujii, K. Ushioda and H. Inoue
- (10) 高電流 GMA 溶接によるステンレス鋼厚板の片面貫通溶接  
溶接学会論文集, 39, 1 (2021), 39-50.  
馬場 勇人, 門田 圭二, 恵良 哲生, 上山 智之, 前嶋 基志, 門井 浩太, 井上 裕滋, 田中 学

**(3) 国際会議発表論文(査読なし)**

- (1) Single-Pass Full-Penetration Welding for Stainless Steel Using High-Current GMAW  
The 73rd IIW Annual Assembly & Int. Conf., Online, XII-2450-2020 (2020.7.20-25), 1-15.  
H. Baba, K. Kadota, T. Era, T. Ueyama, M. Maeshima, K. Kadoi, H. Inoue and M. Tanaka

**(7) 国際会議発表**

- (1) Influential Factors on Weld Solidification Cracking Susceptibility of Stainless Steels with F-mode Solidification  
Intermediate Meeting of IIW Commission IX (2021.3.9)  
K. Kadoi, S. Ueno and H. Inoue

**(8) 国内学会発表**

- (1) 金属積層造形における凝固割れ感受性評価とその支配因子の検討  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
門井 浩太, 松本 幸弥, 千葉 浩行, 井上 裕滋
- (2) 中炭素マルテンサイト鋼摩擦攪拌接合部における微細組織と引張特性の関係  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
程 春, 門井 浩太, 鴫田 駿, 藤井 英俊, 潮田 浩作, 井上 裕滋
- (3) Fモード凝固するステンレス鋼の溶接金属の凝固割れ感受性に及ぼすフェライト量と Nb の影響  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
上野 誓也, 門井 浩太, 井上 裕滋
- (4) SUS630 積層造形材の凝固割れ感受性と SLM 条件の関係  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
松本 幸弥, 門井 浩太, 井上 裕滋
- (5) オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属でのレーシー  $\delta$  フェライト生成のための凝固過程制御  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
小暮 真莉, 門井 浩太, 井上 裕滋
- (6) ステンレス鋼埋もれアーク溶接部の組織形態と耐食性の関係  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
前嶋 基志, 門井 浩太, 井上 裕滋, 馬場 勇人, 門田 圭二, 恵良 哲生
- (7) Fモード凝固するステンレス鋼における凝固割れ感受性の影響因子  
(一社)溶接学会 第 242 回溶接冶金研究委員会, WEB 開催 (2020.11.24)  
門井 浩太, 上野 誓也, 井上 裕滋

**(9) 国際会議講演**

- (1) 溶接金属部の耐食性に及ぼす材料学的影響因子  
第 5 回ベトナム溶接研究会, Web (2020.10.28)  
門井 浩太

## (10) 国内会議講演

- (1) 溶接高温割れ発生現象とその防止方法  
大阪大学接合科学研究所 第17回産学連携シンポジウム, Web (2020.6.26)  
門井 浩太
- (2) 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  
2020年度第4回特殊材料溶接研究委員会本委員会, 対面(東京)・WEB併催 (2021.3.9)  
門井 浩太, 上野 誓也, 井上 裕滋

## (11) 解説・総説

- (1) 孔食事例とその対策  
溶接学会誌, 89, 5 (2020), 345-346.  
井上 裕滋
- (2) 粒界腐食事例とその対策  
溶接学会誌, 89, 5 (2020), 347-348.  
井上 裕滋
- (3) ステンレス鋼溶接金属の組織形成と腐食挙動  
溶接学会誌, 89, 8 (2020), 538-549.  
井上 裕滋
- (4) 溶接高温割れ発生現象とその防止法  
生産と技術, 72, 4 (2020), 20-22.  
門井 浩太, 井上 裕滋
- (5) 溶接過程での状態変化の理解と溶接金属部の特性制御  
スマートプロセス学会誌, 10, 1 (2021)  
門井 浩太, 井上 裕滋

## (15) 受賞

- (1) 日下賞  
(公社)日本鑄造工学会 (2020.05.25)  
門井 浩太

## (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 | 4,420 |
| (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 | 1,300 |

### 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 | 2,000 |
|-----|--|----------------|-------|-------|

(2)	銅溶接金属中の不純物元素の偏析挙動に及ぼす凝固形態の影響(溶接部における水素拡散挙動に関する研究)	井上 裕滋	963
(3)	TS1000MPa 超高強度溶接部の組織解析	井上 裕滋	578
(4)	JFE ウエルディング協働研究所	門井 浩太	1,500

#### 学術相談

(1)		井上 裕滋	550
(2)		門井 浩太	495

#### 奨学寄付金

(1)		井上 裕滋	150
(2)		門井 浩太	500

#### 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(マチカネゼミ)

##### (3) 博士論文(副査)

(1)	マテリアル生産科学専攻, 青木 篤人	二段給電式ミグ溶接の溶接プロセスの解明と実用化に関する研究
(2)	マテリアル生産科学専攻, 李 齋炯	Solidification Cracking Prevention by Thermal Strain Control
(3)	マテリアル生産科学専攻, WU Dongsheng	A study on the interactive phenomena in the hybrid keyhole plasma arc welding - gas metal arc welding process
(4)	マテリアル生産科学専攻, 阿部 洋平	デジタル波形制御電源を用いたサブマージアーク溶接現象の解明と極狭開先溶接技術に関する研究
(5)	マテリアル生産科学専攻, 植田 圭治	極低温用高マンガンオーステナイト鋼溶接部のミクロ組織制御技術と溶接継手設計指針の提案

#### (4) 修士論文

- |     |                    |  |
|-----|--------------------|--|
| (1) | マテリアル生産科学専攻, 上野 誓也 | Fモード凝固するステンレス鋼の凝固割れ感受性の影響因子              |
| (2) | マテリアル生産科学専攻, 木暮 真莉 | オーステナイト系ステンレス鋼の異相界面性格制御に基づく溶接金属の組織制御と耐食性 |

#### (5) 卒業論文

- |     |                    |                                  |
|-----|--------------------|----------------------------------|
| (1) | マテリアル生産科学専攻, 中森 雄大 | 埋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 |
|-----|--------------------|----------------------------------|

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 | 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(マチカネゼミ) |

#### 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<br>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 プラント材溶接部腐食合同研究委員会 プリテン作成 WG 幹事
- (13) (一社)溶接学会 プラント材溶接部腐食合同研究委員会 事例講習会 WG 幹事
- (14) (一社)溶接学会 プラント材溶接部腐食合同研究委員会幹事
- (15) (一社)溶接学会 編集委員会委員
- (16) (一社)溶接学会 溶接学会 2020 年度秋季全国大会実行委員会 副委員長
- (17) (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

**(7) 社会への情報発信**

- (1) 産学共創の取り組み  
ダイヘン溶接・接合協働研究所 溶接ニュース (2020.06.30)

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
- (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 溶接材料部会 共研第4分科会 委員
- (5) (一社)日本溶接協会 特殊材料研究委員会 幹事
- (6) (一社)溶接学会 溶接冶金研究委員会 幹事
- (7) (一社)溶接学会 溶接冶金研究委員会 破面写真集 WG 幹事
- (8) (一社)溶接学会 企画委員会 委員
- (9) (一社)溶接学会 編集委員会 委員
- (10) (一社)溶接学会 論文査読委員会 委員

(11) (一社)溶接学会 全国大会実行委員会 事務局

(12) (一社)溶接学会 関西支部 監事

(13) (公社)日本鑄造工学会 査読委員

(5) 国・自治体・公益法人等への貢献

(1) Materials Topic Editor

#### 4. 10 全国共同利用に関する研究

##### (1) 令和2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) | 秋田大学院理工学研究科                       | 姚 程巍  | 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 研 |
| (2) | 秋田大学大学院理工学研究科                     | 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                      | 丸山 茂宏 | 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                      | 西岡 宏祐 | 熱影響部モデル組織の組織設計と評価手法の研究           |
| (5) | 大阪大学大学院工学研究科                      | 山田 理久 | 熱影響部モデル組織の組織設計と評価手法の研究           |
| (6) | 大阪大学大学院工学研究科                      | 竹村 勇樹 | 熱影響部モデル組織の組織設計と評価手法の研究           |
| (7) | 大阪大学大学院工学研究科<br>日本製鉄材料<br>基礎協働研究所 | 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           |
| (8) | 大阪大学大学院工学研究科<br>日本製鉄材料<br>基礎協働研究所 | 山本 三幸 | 熱影響部モデル組織の組織設計と評価手法の研究           |
| (9) | 大阪大学大学院工学研究科<br>日本製鉄材料<br>基礎協働研究所 | 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           |

氏名：門井 浩太

一般公募研究課題

- |     |                             |                   |                         |
|-----|-----------------------------|-------------------|-------------------------|
| (1) | 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        |
| (2) | 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        |
| (3) | 広島大学<br>デジタルものづくり<br>研究センター | 荒川 仁太             | 溶接接合継手の動的強度特性評価と周辺組織の関係 |
| (4) | 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 |
| (5) | 広島大学大学院工学研究科<br>機械物理工学専攻    | セルバラーヂ<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    |
| (6) | 神戸大学大学院工学研究科                | 小川 裕樹             | 接合継手の動的強度特性における非破壊的評価   |

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(役割分担型)]

- |     |                                 |       |  |
|-----|---------------------------------|-------|--|
| (1) | (地独)東京都立産業技術<br>研究センター          | 千葉 浩行 |  |
| (2) | 群馬大学大学院理工学府                     | 西田 進一 |  |
| (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に加えて、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を進めている。またビルドアップ法では、液相プロセスによる複合ナノ粒子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、超低熱伝導材料、蛍光体材料など、様々な材料開発を進めている。

### 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. 粒子構造制御による二次電池用電極材料の開発
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. ナノ粒子接合を利用した微生物の付着抑制機構の解析
6. セラミックス粉体の超微粉碎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

粉体原料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。本年度は、この目的のために、新たに新規の非加熱粒子合成装置を試作した。この装置では、高速で回転する楕円ローターとその反対方向に回転する処理容器の相対運動によって、摩砕を主とする機械的作用を集中的に粉体原料層に与えることができる。本年度は、反応を促進するために通常添加するフッ化物系のフラックスを使用せずに、YAG蛍光体粒子の非加熱合成を目指した。具体的には、粉体原料にメカノケミカル反応を促進する効果のある酸化物と水酸化物の組み合わせを利用し、 $Al_2O_3$ に加えて $Al(OH)_3$ を粉体原料として用いることによって、非加熱のYAG蛍光体の合成に成功した。

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、複数種類の酸化物電解質を選定し、原料粉体からの非加熱合成を試みた。その結果、高いイオン電導度が期待される Ga 添加  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  系の電解質粉体を、原料粉体の非加熱処理のみで合成できることを明らかにした。さらに、この方法によって、粒子合成に加えて、成形性向上に有効な造粒体構造形成が可能であることを見出した。

一方、後者においては、リチウムイオン二次電池の高電位正極活物質へ変換可能なリン酸マンガナンモニウム水和物 ( $\text{NH}_4\text{MnPO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ ) の合成を検討した。具体的には、水中での原料粉体 ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  および  $\text{MnCO}_3$ ) の遊星ボールミル処理を行い、非加熱で  $\text{NH}_4\text{MnPO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$  のナノ粒子が合成できることを明らかにした。さらに、媒体ボール径、遠心加速度、処理時間を変えることによって、合成されるナノ粒子の形状を、板状、フレーク状、ロッド状、ナノ粒子状に制御できることを見出した。

また、液中での遊星ボールミル処理によるナノ粒子合成プロセスを解明するため、粒子運動シミュレーション (Discrete Element Model, DEM) を導入して、ミル容器内の媒体ボールの運動を解析し、ナノ粒子合成結果との関係を検討した。水酸化リチウム粉体と二酸化チタン粉体を原料として  $\text{Li}_{1.81}\text{H}_{0.19}\text{Ti}_2\text{O}_5 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  (LHTO) ナノ粒子を合成した実験において、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た。このことから、ナノ粒子の液中合成においては、媒体ボールの法線方向での運動状態が重要な役割を果たしていることを示唆した。

## 2. 粒子構造制御による二次電池用電極材料の開発

車載用高電位正極材料として注目されている  $\text{LiCoPO}_4$  (LCP) は、リチウムイオンの拡散経路が一次元方向のオリビン型であるため、イオン伝導性の低さが課題となっている。正極性能を改善する試みとして、イオンの拡散距離低減に寄与するナノ粒子化や拡散方向に特化した形状異方性粒子の合成が行われている。そこで、本研究では遊星ボールミルを利用した機械的手法によって、 $\text{NH}_4\text{CoPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  の形状異方性粒子を合成するとともに、その形状を維持したまま、LCP への変換を行った。さらに、作製した LCP 正極粒子の形状と電池特性との関係を検討した結果、初回充放電特性は粒子形状によって異なり、鱗片状の LCP 正極において最も高い放電容量が得られ、以下、ナノ粒子、板状粒子の順に低下した。この理由を、粒子径に加えて、拡散方向に対する平行な結晶面の配列構造の違いなどによって説明できた。

## 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、シリカナノ粒子をガラス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、耐熱温度の高いセラミックス繊維粒子とアルミナナノ粒子を原材料として選定し、高温場で使用可能な高性能の断熱材料の開発を検討した。1200℃まで熱拡散率測定が可能な周期加熱法によって熱伝導率を評価した結果、作製された多孔質材料は、200～1000℃の温度範囲で 0.065～0.04 W/(m·K) の熱伝導率を有する、極めて高性能の断熱特性を示すことが分かった。

一方、1000～1200℃においては、熱伝導率は約 0.1 W/(m·K) まで増加したが、降温操作後、3 回昇温過程を繰り返してもその増加率は小さいことを実験的に明らかにした。この熱伝導率は、従来使用されている断熱材料よりもはるかに低い値であることから、今後さらに検討を進める予定である。

#### 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

リチウムイオン二次電池のコンバージョン型負極として期待される酸化マンガン ( $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ) の性能向上を検討した。炭酸マンガン ( $\text{MnCO}_3$ ) 球状粒子の熱分解反応を水蒸気焼成下で行い、多孔質球を得た。得られた  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  多孔質球をカーボン微粒子分散溶液内で処理することで、その細孔内にカーボン微粒子を複合化させることに成功した。10 サイクルの充放電試験の結果、カーボン微粒子との複合化によって容量低下が抑制され、負極特性が改善できる知見を得た。

一方、超微粉碎によって作製した非晶質ナノ粒子の低温結晶化が水蒸気焼成により実現した。今後、高結晶性微粒子粉体の作製へ展開予定である。

#### 5. ナノ粒子接合を利用した微生物の付着抑制機構の解析

微生物と他の材料との接合特性に関する研究として、微生物の各種基板への付着機構を解析した。例えば、カビ胞子は、医療汚染、食品汚染、配管腐食などの弊害を起こすが、カビ胞子の付着を抑制する材料表面設計ができれば、これらの問題解決に貢献できる。本年度は、昨年度と同様に、配管や反応容器などに汎用されているステンレス材料を対象とし、ステンレス基板表面に親水性チタニアナノ粒子を接合することで、微生物の付着抑制の定量的評価を行った。SUS304 基板表面にチタニアナノ粒子を接合すると、乳酸菌の付着数は約 97% 減少するが、そのメカニズムを原子間力顕微鏡 AFM によって解析した。生きた乳酸菌 1 細胞を固定したシングルセルプローブを作製し、乳酸菌-SUS 基板間の付着力を AFM で直接測定した結果、乳酸菌とチタニアナノ粒子を接合した基板との間には、付着力はほとんど作用しないことを明らかにした。

#### 6. 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 (ビーズミル) を用いて、アルミナ粉体の液中での粉碎実験を行い、粉碎結果を解析した。その結果、ビーズミルによる粉碎結果も、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明らかにした。

### (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、11 報の査読付き学術論文を発表した。また合計 5 件の解説記事を執筆するとともに、1 件の著書を分担執筆した。なお、本年度は、内藤教授と近藤研究員が、「微生物の固体表面への付着特性評価」の共同研究に対して、接合科学共同利用・共同研究賞を受賞した。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、JST 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 名の博士学位の副査を担当した。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 36 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 3 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リスクはあるものの、予定通り 2022 年 7 月 5 - 8 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. 産学連携

本年度は、企業との共同研究によって特許 12 件を共同出願し、活発な産学連携を推進した。

##### 3. 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。本年度は、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、国際学会への出席などが不可能であったが、オンライン会議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交通大学、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、セルビア科学芸術アカデミー研究所等とは、担当者とオンライン会議を通じて、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、現在共同研究を続けている。

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国際交流をできなかったが、オンライン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 23 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 8 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 12 月まで当分野に滞在し、共同研究を展開する予定である。

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) 新型コロナウイルス COVID-19 のエアロゾル感染の可能性—微粒子工学の立場からの考察  
粉体工学会誌, 57 (2020), 526-529.  
向阪 保雄, 野村 俊之, 内藤 牧男
- (2) Smart Mechanical Powder Processing for Producing Carbon Nanotube Reinforced Aluminum Matrix Composites  
KONA Powder Part. J., 38 (2021), 1-11.  
B. Sadeghi, G. Fan, Z. Tan, Z. Li, A. Kondo and M. Naito
- (3) A New Process for Creating a Solid-Phase Sintered Body Using a Unique Densification Process between Powders  
Int. J. Ceramic Eng. Sci., 2021;00: (2021), 1-7.  
T. Ishikawa and M. Naito
- (4) Macroporous  $Mn_3O_4$  Microspheres as a Conversion-Type Anode Material Morphology for Li-ion Batteries  
J. Solid State Electrochem., 24 (2020), 1283-1290.  
T. Kozawa and K. Nishikawa
- (5) Strengthening Bioceramic through an Approach of Powder Processing  
Adv. Powder Technol., 31, 10 (2020), 4180-4186.  
H.-Y. Chang, Y.-C. Chen, P.-Y. Hsu, W.-H. Tuan, A. Kondo, T. Kozawa and M. Naito
- (6) Effect of Ball Collision Direction on a Wet Mechanochemical Reaction  
Sci. Rep., 11 (2021), 210.  
T. Kozawa, K. Fukuyama, K. Kushimoto, S. Ishihara, J. Kano, A. Kondo and M. Naito
- (7) Wet Milling Synthesis of  $NH_4CoPO_4 \cdot H_2O$  Platelets: Formation Reaction, Growth Mechanism, and Conversion into High-Voltage  $LiCoPO_4$  Cathode for Li-Ion Batteries  
Mater. Res. Bull., 135 (2021), 111149.  
T. Kozawa, K. Fukuyama, A. Kondo and M. Naito
- (8) 遊星ボールミルによる液中粉碎結果と DEM シミュレーションにより算出した衝突エネルギー分布との関係  
粉体工学会誌, 57 (2020), 176-183.  
近藤 光, 石原 真吾, 久志本 築, 小澤 隆弘, 加納 純也, 内藤 牧男
- (9) 親水性ナノ粒子を用いたバイオフィルムの形成抑制  
粉体工学会誌, 57 (2020), 588-592.  
田中 智彦, 藤澤 瑛梨, 吉原 章仙, 小西 康裕, 野村 俊之, 近藤 光, 内藤 牧男
- (10) アルミナ粒子断熱材の熱的および機械的特性におよぼす温度履歴の影響  
粉体工学会誌, 57 (2020), 612-618.  
田坂 太一, 大村 高弘, 萩原 伸治, 近藤 光, 内藤 牧男
- (11) 不均一温度場における高温下での熱伝導率測定  
熱物性, 34, 4 (2020), 137-146.  
大村 高弘, 石井 健登, 田坂 太一, 近藤 光, 内藤 牧男

## (8) 国内学会発表

- (1) ジオポリマー硬化体の圧縮強度および耐酸性におよぼすフライアッシュ粒子への機械的処理の効果  
粉体工学会 2020 年度春期研究発表会, 姫路 (2020.5.26-27)  
松岡 光昭, 大倉 滉平, 村山 憲弘, 内藤 牧男
- (2) 湿式遊星ボールミルによる異形状を有するリン酸アンモニウム塩の合成  
日本セラミックス協会 第 33 回秋季シンポジウム, (オンライン開催) (2020.9.2-4)  
小澤 隆弘, 福山 香代, 近藤 光, 内藤 牧男
- (3) 湿式メカニカル法による異方性ナノ粒子の合成と高電位正極材料への展開  
粉体工学会 2020 年度秋期研究発表会, 東京+オンライン (2020.11.17-18)  
樽美 良紀, 小澤 隆弘, 内藤 牧男
- (4) 表面コーティング LNMO/LTO リチウムイオン電池のガス抑制効果  
第 61 回電池討論会, オンライン (2020.11.18-20)  
今泉 純一, 今崎 充康, 菊池 剛, 福山 香代, 小澤 隆弘, 内藤 牧男
- (5) 液中ボールミル粉碎実験結果の DEM シミュレーションを用いた解析  
日本セラミックス協会 第 33 回秋季シンポジウム, (オンライン開催) (2020.9.2-4)  
近藤 光, 石原 真吾, 久志本 築, 小澤 隆弘, 加納 純也, 内藤 牧男

## (10) 国内会議講演

- (1) 粉体とは?  
(一社)粉体工学会主催、第 1 回粉体塾, 京都 (2020.9.23)  
内藤 牧男
- (2) 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 2020 年度第 1 回研究会, 山梨 (2020.11.6)  
内藤 牧男
- (3) 私たちの生活を支える粉体とは?  
葦崎大村美術館主催ワークショップ、「先端技術が開く日本画天然岩絵具の新展開～粉体工学から染色まで～」, 山梨 (2020.11.7)  
内藤 牧男
- (4) 初歩から学ぶ粉碎技術－基礎から応用まで－  
国際粉体工業展東京 2020、粉体機器ガイダンス, 東京 (2020.11.20)  
内藤 牧男
- (5) 粉碎と結晶成長を両立させた機能性微粒子合成法の開発  
国際粉体工業展東京 2020 アカデミックコーナー, 東京 (2020.11.19)  
小澤 隆弘

## (11) 解説・総説

- (1) 造粒体及び成形体特性評価法の基礎  
化学装置, 62, 8 (2020), 59-64.  
内藤 牧男, 近藤 光

- (2) 粒子ボンディング技術を用いた機能性粒子の設計とその応用  
PHARM TECH JAPAN, 36 (2020), 1811-1818.  
内藤 牧男, 小澤 隆弘, 近藤 光
- (3) 材料開発の鍵を握る粉体プロセスの開発とその応用  
化学装置, 62, 11 (2020), 17-26.  
内藤 牧男, 小澤 隆弘, 近藤 光
- (4) 機能性粉体の作製技術とその応用  
工業材料, 68, 12 (2020), 14-19.  
内藤 牧男, 小澤 隆弘, 近藤 光
- (5) 国際粉体工業展に見る粉体技術の最近の動向  
化学装置, 63, 3 (2021), 25-31.  
内藤 牧男

## (12) 著書

- (1) エレクトロニクス用セラミックスの開発、評価手法と応用  
(株)技術情報協会, (2020), 分担執筆, 481-492.  
内藤 牧男

## (13) 特許出願・登録

- (1) ガーネット型複合金属酸化物及びその製造方法  
特願 2020-533491  
内藤 牧男, 他 2 名
- (2) ガーネット型複合金属酸化物粒子とその製造方法、及びガーネット型複合金属酸化物の圧縮成形物  
特願 2020-540159  
内藤 牧男, 他
- (3) 断熱充填材、断熱材、断熱構造  
特願 2020-529066  
内藤 牧男, 他 3 名
- (4) 被覆正極活物質、リチウムイオン二次電池の製造方法及びリチウムイオン二次電池  
特願 2020-541030  
内藤 牧男, 小澤 隆弘, 他 3 名
- (5) ガーネット型複合金属酸化物及びその製造方法  
中国 201980051658.6  
内藤 牧男, 他 2 名
- (6) ガーネット型複合金属酸化物及びその製造方法  
米国 17/163,804  
内藤 牧男, 他 2 名
- (7) 固体電解質  
PCT/JP2021/003720  
内藤 牧男, 他 1 名

- (8) ガーネット型複合金属酸化物粒子とその製造方法、及びガーネット型複合金属酸化物の圧縮成形物  
米国 17/184,147  
内藤 牧男, 他
- (9) ガーネット型複合金属酸化物粒子とその製造方法、及びガーネット型複合金属酸化物の圧縮成形物  
中国 201980056193.3  
内藤 牧男, 他
- (10) ガーネット型複合金属酸化物粒子とその製造方法、及びガーネット型複合金属酸化物の圧縮成形物  
ヨーロッパ 19855682.1  
内藤 牧男, 他
- (11) 被覆正極活物質、リチウムイオン二次電池の製造方法及びリチウムイオン二次電池  
米国 17/192,975  
内藤 牧男, 小澤 隆弘, 他 3 名
- (12) 被覆正極活物質、及びその製造方法  
特願 2021-058117  
内藤 牧男, 小澤 隆弘, 他 3 名

**(15) 受賞**

- (1) 接合科学共同利用・共同研究賞  
接合科学研究所 (2020.09.24)  
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 | 13,390 |
| (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 | 6,760  |

**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 | 13,720 |
|-----|--|-----------------|-------|--------|

**受託研究**

- |     |  |                                 |       |        |
|-----|--|---------------------------------|-------|--------|
| (1) |  | セラミックス粉体の超微粉碎技術の確立と革新的粉体プロセスの開発 | 内藤 牧男 | 11,232 |
|-----|--|---------------------------------|-------|--------|

**奨学寄付金**

- |     |  |  |       |       |
|-----|--|--|-------|-------|
| (1) |  |  | 内藤 牧男 | 1,500 |
|-----|--|--|-------|-------|

#### 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 | 粉体機能化学特論      |
| (2) 全学教育推進機構    | 学問への扉(マチカネゼミ) |

##### (3) 博士論文(副査)

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| (1) マテリアル生産科学専攻, 徐 寧浚 | Development of Low-temperature Sintering Process Inspired by Biomineralization for Densification and Functionalization of Bioactive Glass Nanoparticles |
|-----------------------|---|

##### (4) 修士論文

- |                        |  |
|------------------------|--|
| (1) マテリアル生産科学専攻, 樽美 良紀 | 湿式メカニカル法による形状異方性粒子の合成と二次電池用高電位正極材料への応用 |
|------------------------|--|

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(マチカネゼミ) |
|--------------|---------------|

#### 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 | 編集委員会委員                 |
| (2) (一社)スマートプロセス学会 | 総合企画運営委員会委員             |
| (3) (一社)スマートプロセス学会 | 理事                      |
| (4) (一社)スマートプロセス学会 | 監事                      |
| (5) (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        |
| (6) (一社)粉体工学会      | 監事                      |
| (7) (一社)粉体工学会      | 井伊谷賞推薦委員会委員長            |
| (8) (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 |

- |  |  |
|--|--|
| (9) (一社)粉体工学会  | ダイバーシティー委員会委員  |
| (10) (一社)粉体工学会   | 参事   |
| (11) (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  |
| (12) World Academy of Ceramics   | Advisory Board Member  |
| (13) World Academy of Ceramics   | Prize Committee Member   |
| (14) World Academy of Ceramics   | Professional Member (Academician)  |
| (15) アメリカセラミックス学会  | 理事   |
| <b>(2) 国際会議委員</b>  |  |
| (1) CIMTEC2020   | Member of International Advisory Board   |
| (2) CIMTEC2020   | International Advisory Board Member of Symposium CA                              |
| (3) ModTech 2020   | Member of Scientific Committee   |
| (4) ICC8   | Member of the International Steering Committee                                   |
| (5) ICC8   | Symposium Organizer of Advanced Powder Processing and Manufacturing Technologies |
| (6) CMCEE-13   | Symposium organizer  |
| (7) Symposium of Advanced Powder Processing and Manufacturing Technologies, PACRIM14 | Organizer  |
| (8) ModTech 2021   | Honory President   |
| (9) APT2021  | Local Organizing Committee Member  |
| (10) Congress on Particle Technology (PARTEC2022)                                    | Member of Scientific Committee   |
| (11) ICCCI 2022  | Emeritus chairman  |
| (12) Symposium of 6th International Richard M. Fulrath Symposium, PACRIM14           | Organizer  |
| <b>(5) 国・自治体・公益法人等への貢献</b>   |  |
| (1) (一社)日本ファインセラミックス協会   | ISO-TC206/WG2(粉体)委員  |

- |   |  |
|---|--|
| (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                                   |
| (3) (一社)日本ファインセラミックス協会  | 標準化委員会委員   |
| (4) (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国際標準化推進協議会<br>幹事国業務委員会委員               |
| (5) (一社)日本粉体工業技術協会  | 常務理事   |
| (6) (一社)日本粉体工業技術協会  | 粉碎分科会コーディネーター                                    |
| (7) (公財)ホソカワ粉体工学振興財団  | 論文誌 KONA 編集委員                                    |
| (8) (公財)ホソカワ粉体工学振興財団  | 理事   |
| (9) (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               |
| (10) (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                          |
| (11) (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               |
| (12) Ceramics International published by Elsevier                                 | Editorial Board Member                           |
| (13) International Journal of Manufacturing Economics and Management (IJMEM)      | Member of the Scientific Committee               |
| (14) Journal of Modern Manufacturing Technology                                   | Associate Editor                                 |
| (15) Particle Journal   | Member of International Editorial Advisory Board |
| (16) The State Key Lab. of Metal Matrix Composites, Shanghai Jiao Tong University | Guest Professor                                  |
| (17) 山梨県  | 京都山梨県人会理事  |
| (18) 山梨県  | やまなし産業立地アドバイザー                                   |
| (19) 物質・デバイス共同研究拠点  | 共同研究員  |
| (20) 粉体工学情報センター   | 学術奨励賞選考委員  |
| (21) 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 | 2021 年年会 現地実行委員 |

(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) | 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 2 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  | 超低熱伝導率材料の熱物性評価                 |
| (2) | (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                    |
| (3) | (国研)産業技術総合研究所<br>物質計測標準研究部門 | 阿子島めぐみ | 複合材料の熱物性評価                     |
| (4) | 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  | 機械的手法による未利用資源および廃棄物の表面改質に関する研究 |
| (5) | 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  | 機械的手法による未利用資源および廃棄物の表面改質に関する研究 |
| (6) | 岐阜大学工学部                     | 高井 千加  | サーモクロミック特性を有する中空ナノ粒子の設計        |
| (7) | 九州工業大学大学院工学府                | 本塚 智   | せん断変形による金属粒子の結晶方位制御に関する研究      |
| (8) | 山形大学学術研究院<br>システム創成工学分野     | 木俣 光正  | 剪断エネルギーによる微粒子へのポリマー被覆構造制御      |

- |      |                            |       |  |
|------|----------------------------|-------|--|
| (9)  | 山口東京理科大学工学部<br>応用化学科       | 石川 敏弘 | 炭化ケイ素ナノ粒子の焼結特性の解析                              |
| (10) | 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性、造形素材に及ぼす影響                |
| (11) | 女子美術大学<br>染色文化資源研究所        | 橋本 信  | 天然無機物の微粒子分散プロセスが色彩特性、造形素材に及ぼす影響                |
| (12) | 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                |
| (13) | 女子美術大学日本画研究室               | 稲田亜紀子 | 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                |
| (14) | 早稲田大学創造理工学部                | 加藤 達也 | メカノケミカル反応を用いた臭素系難燃剤を含有するプラスチックからの臭素除去およびその固体分析 |
| (15) | 早稲田大学大学院理工学院               | 所 千晴  | メカノケミカル反応を用いた臭素系難燃剤を含有するプラスチックからの臭素除去およびその固体分析 |
| (16) | 早稲田大学大学院理工学院               | 肖 壹匀  | メカノケミカル反応を用いた臭素系難燃剤を含有するプラスチックからの臭素除去およびその固体分析 |
| (17) | 大阪府立大学大学院<br>工学研究科         | 野村 俊之 | 親水性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                   |
| (18) | 長岡技術科学大学工学部                | 田中 諭  | リチウムイオン電池の固体電解質の微構造制御                          |
| (19) | 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                         |
| (20) | 東北大学<br>多元物質科学研究所          | 加納 純也 | 液中粉碎挙動のシミュレーション                                |
| (21) | 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  | サーモクロミック特性を有する中空ナノ粒子の設計                        |
| (22) | 名城大学理工学部                   | 内田儀一郎 | Li イオン電池材料の基礎的研究                               |
| (23) | 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)                                 | Hanyang University /<br>Department of Energy<br>Engineering | Lee Dongsoo | Structure control and characterization of fine<br>particles and nanoparticles with Prof. Naito |
| (3)                                 | Shanghai Jiao Tong<br>University                            | Fan Genlian | Development of the flake design technique for<br>fabricating advanced nanocomposites           |
| (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  | 8           |  |

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、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。大規模な物質移動やエネルギー伝搬を効率化し、持続可能社会の構築へ積極的に貢献する、ジオエンジニアリングとして体系化するべく、設計・製造・評価プロセスの自動化を含め研究開発を進めている。

ジオエンジニアリングとは、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、戦略的に取り組む環境エネルギー工学である。この動きを牽引するのが、アディティブ・マニュ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、ガスフレームやプラズマ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。フィルタ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ガスノズルから、高温高圧のフレームを噴射し、それらの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、微粒子がガスフレームにより加熱加速され、ターゲット部材へ衝突しつつ焼結される。ノズル部を移動させれば、緻密なコーティング層を形成できるし、肉盛り積層による立体パターン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得る、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、材料テクニクス工学を教材として進めた。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。すなわち、3次元造形され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プロセスである。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、溶融凝固または固相焼成を経て溶接・接合を達成する。対象素材として高エントロピー合金やセラミック基複合材料などを想定している。

## 4. 2 研究課題

1. 金属精錬における酸素分離を可能にする微細な多孔構造を有する固体電解質電極の作製
2. 深紫外線殺菌用シリカガラスフィルタの作製と空間充填多面体における光散乱軌跡の最適化
3. 傾斜径微細孔を有するセラミック製スタックの作製と高効率の熱輸送を実現する熱音響変換
4. マイクロパターンを有する圧電体素子からの指向性超音波発振と低環境負荷の表面洗浄
5. 微粒子に対する光散乱シミュレーションとケイ素化合物の光造形による高機能部材の創製
6. 高強度セラミック部材の精密光造形と生体インプラントの長寿命化ならびに透光性制御

## 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

### (1) 研究成果

1. 金属精錬における酸素分離を可能にする微細な多孔構造を有する固体電解質電極の作製

アルミニウムは国内で大量に消費されているが、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、分離した酸素が炭素電極と反応し、大量の二酸化炭素を発生させるためである。この炭素電極の代替として、ジルコニア固体電解質が注目されている。高温耐久性のセラミック素材として、酸素伝導体としての特徴も示し、精錬電極の陽極に用いることにより、二酸化炭素ではなく酸素の生成が見込める。

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、流体の移動に再現性のある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、イットリウムならびに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。添加元素に応じて、酸素伝導が活性化する温度域が変化する。微細で複雑な多孔構造を立体造形することにも成功した。

2. 深紫外線殺菌用シリカガラスフィルタの作製と空間充填多面体における光散乱軌跡の最適化

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、長寿命で小型化が可能など、素子として様々な利点を有している。空気殺菌への導入するため、省電力での効率向上を目的として、通気性と透光性を両立させるフィルタ構造の作製を進めた。

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、マイクロ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ようと考えた。光線追跡と流体解析によるシミュレーションを経て、フィルタ効果を可視化し、最適化した構造を立体造形した。複数枝分かれする微細経路を、効率的に空間展開させることに成功し、紫外線殺菌の効率と効果と両立させ得る、ガラスフィルタが得られた。

3. 傾斜径微細孔を有するセラミック製スタックの作製と高効率の熱輸送を実現する熱音響変換

有害な冷媒を使用せずに、廃熱や自然熱をエネルギー源として利用できる、環境に優しい冷却として、熱音響変換が注目されている。なかでも、ループ管型熱音響冷却器は、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るため、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。

レーザ描画のパラメータを最適値に設定するため、焦点径・強度・走査速度を系統的に変化させながら、シート状サンプルを多数作製し、造形における硬化深度や寸法誤差を測定した。高速かつ正確に造形が可能である条件を最適化した。得られ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で、スタックの自動造形プロセスが完成した。今後の展開としては、熱音響冷却

シミュレーションによる性能評価を検討する。

#### 4. マイクロパターンを有する圧電体素子からの指向性超音波発振と低環境負荷の表面洗浄

超音波は、圧電素材を利用した超音波振動子から発せられ、球面波として全体に広がりながら伝搬する。超音波の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、これを低環境負荷の洗浄技術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、物性値を使用しつつ有限要素解析を進めた。微細な3角柱・4角柱・6角柱で振動子を設計し、前方の音圧分布を可視化した。そのなかでも、六角柱構造からの波面が、最も高い直進性を示した。指向性の高い超音波発振が実現すれば、手の届かない水中の場所を狙い、選択的に汚れを除去したり、汚染物質を特定箇所を集めるなど、様々な応用が期待できる。

#### 5. 微粒子に対する光散乱シミュレーションとケイ素化合物の光造形による高機能部材の創製

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、高韌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。光造形プロセスを駆使して、複雑構造のパーツ成型を効率よく実施し、粉体焼成プロセスを併用することで、宇宙航空部品の高品質化を実現する、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。

ペースト素材に波長355nmの紫外線レーザーを照射すると、分散粒子径に応じて、光硬化性に極端な差異が生じた。入射しようとする光波長に対して、分散粒子の直径が小さい場合には、後方へのレイリー散乱が生じ、重合硬化に必要な光量が不足したと考えられる。そこで、分散粒子の直径を大きく、隙間を光が伝搬する余裕を持たせ、前方へのミー散乱とともに、十分な光量で重合硬化を進め、シリコンカーバイド部材の光造形を達成した。

#### 6. 高強度セラミック部材の精密光造形と生体インプラントの長寿命化ならびに透光性制御

歯科治療において、セラミックス製人工歯冠の需要が高まっている。これらは、オールセラミッククラウンと呼ばれ、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、生体親和性が良好である。ジルコニア粉末を分散したアクリル樹脂を素材として、光造形法により歯冠形状を作製し、形態再現性を確認した。また、得られた造形体を脱脂焼結し、フルセラミック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に差異が見られたが、自重の影響であり再現性も確認された。焼結体は相対密度99%に達し、組織は緻密化していた。電子顕微鏡観察から、ジルコニア組織の粒径は約2 $\mu\text{m}$ と微小であり、過度の粒成長は観察されなかった。機械的強度を評価したところ十分な値が得られ、インプラントとしての有用性が確認された。

### (2) 研究に対する自己評価

本分野では、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名が学生6名とともに活動を進めた。今年度の研究成果は、和文ならびに英文の査読付き学術論文誌へ、それぞれ3報ならびに1報が掲載された。また、国内の学会誌において3件の解説も執筆した。

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、国際会議で5件ならびに42件の招待講演を受けた。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

表もそれぞれ4件および8件を数え、学術知見の迅速な公開を果たした。

今年度の外部資金は合計3,900千円であり、科学技術振興機構や近畿経済産業局など、公的研究助成を含む競争的資金に加えて、民間企業からの共同研究資金や、財団からの奨学寄附金を含め、適度な金額とバランスで獲得し、成果の創出を進めた。

#### 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、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、接合科学の学問体系化を進めた。

今年度は、学部生2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、本学大学院へ合格を果たした。博士前期課程の学生については、留学生1名が民間企業へ就職し、日本人学生1名が博士後期課程へ合格し進学を果たした。

また、全学的な教育制度として、大学院生が専門分野を探究しつつ、異分野の知見も取得する、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プログラムが今年度も実施された。当該教授は、関西地域より6名の生徒を受け入れ、造形工学と接合科学をテーマに、オンラインの実験授業を開講した。

#### 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学術団体において、理事会や部会などの3件の役員を務めた。また、海外学術団体においても、42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るなど、積極的な社会貢献を果たした。

今年度は、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開催し、6ヶ国の研究者より16件の英文講演を集め、国内54名と海外6名が参加した。また、スマートプロセス学会の部会セミナーも開催し、民間企業を含む99名の参加者を迎えた。

また、民間企業と共同研究および受諾研究契約を複数締結し、指導支援を基盤とする産学連携を推進した。さらに、科学技術振興機構や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方針で、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、国立大学の医歯学系研究科より、共同研究員を受け入れ、医工学にまたがる異分野との連携活動を進めた。また、これまで参画した共同研究員を共著者として、分担執筆により英文書籍を編纂し、定評のある海外の学術出版社より刊行を果たした。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) 大鋸屑を分散した光硬化性樹脂ペーストによる人工樹木造形  
スマートプロセス学会誌, 9, 4 (2020), 190-193.  
清水 那弥, 桐原 聡秀
- (2) 炭化ケイ素セラミック成形体の光造形アディティブ・マニユファクチュアリング  
スマートプロセス学会誌, 9, 4 (2020), 185-189.  
清水 那弥, 桐原 聡秀
- (3) 断面積が傾斜した微細流路を有する熱音響変換器の光造形  
スマートプロセス学会誌, 9, 4 (2020), 194-198.  
伊藤 竜也, 桐原 聡秀
- (4) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components with Functionally Modulated Structures  
Open Ceramics, 5, 100068 (2021), 1-8.  
S. Kirihara

##### (7) 国際会議発表

- (1) Fabrication of SiC Ceramic Components by Thermolithographic Additive Manufacturing  
The 59th Ceramic Basic Science Symp. (CBS 2021), Webinar (2021.1.7-8)  
T. Shimizu and S. Kirihara
- (2) Stereolithography Additive Manufacturing of Zirconia Artificial Crown  
The 59th Ceramic Basic Science Symp. (CBS 2021), Webinar (2021.1.7-8)  
X. Wang, T. Shimizu and S. Kirihara
- (3) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components with Modulated Structural Dimensions  
45th Int. Conf. and Expo on Adv. Ceramics and Composites (ICACC 2021), Webinar (2021.2.8-12)  
S. Kirihara
- (4) Stereolithographic Additive Manufacturing of Piezoelectric Prisms for Ultrasonic Beam Oscillations  
45th Int. Conf. and Expo on Adv. Ceramics and Composites (ICACC 2021), Webinar (2021.2.8-12)  
Y. Uemura and S. Kirihara
- (5) Stereolithographic Additive Manufacturing of Silicon Carbide Components Based on Layer Bonding Simulations  
45th Int. Conf. and Expo on Adv. Ceramics and Composites (ICACC 2021), Webinar (2021.2.8-12)  
T. Shimizu and S. Kirihara
- (6) Stereolithographic Additive Manufacturing of Thermoacoustic Converters with Ceramic Vascular Bundles  
45th Int. Conf. and Expo on Adv. Ceramics and Composites (ICACC 2021), Webinar (2021.2.8-12)  
T. Ito and S. Kirihara

## (8) 国内学会発表

- (1) 光造形アディティブマニュファクチャリングを用いた熱音響熱交換器の作製  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
伊藤 竜也, 桐原 聡秀
- (2) 光造形法を用いた SiC セラミック構造体の作製  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
清水 那弥, 桐原 聡秀
- (3) 超音波発振器の構造制御  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
植村 泰拓, 桐原 聡秀
- (4) ジルコニア構造体の光造形とアルミニウム精錬電極への応用  
(一社)スマートプロセス学会 2020 年度学術講演会, WEB 開催 (2020.11.27-29)  
高橋 昌也, 桐原 聡秀
- (5) 超音波振動子の光造形と構造制御  
(一社)スマートプロセス学会 2020 年度学術講演会, WEB 開催 (2020.11.27-29)  
植村 泰拓, 桐原 聡秀
- (6) 透光性と通気性を有する空間重点多面体の光造形と深紫外光による空気殺菌への応用検討  
(一社)スマートプロセス学会 2020 年度学術講演会, WEB 開催 (2020.11.27-29)  
都築 甫, 桐原 聡秀
- (7) 熱造形法による SiC セラミック部材の作製  
(一社)スマートプロセス学会 2020 年度学術講演会, WEB 開催 (2020.11.27-29)  
清水 那弥, 桐原 聡秀
- (8) 微細流路束を有するセラミック熱音響交換機の光造形  
(一社)スマートプロセス学会 2020 年度学術講演会, WEB 開催 (2020.11.27-29)  
伊藤 竜也, 桐原 聡秀

## (9) 国際会議講演

- (1) Additive Manufacturing of Ceramic Components by Using Ultraviolet Laser Lithography  
14th International Conference on Materials Science and Technology (ICMST 2020), Miami, USA  
(2020.4.15-16)  
S. Kirihara
- (2) Direct Fabrication of Fluctuated Walls in Ceramic Tubes by Lithographic Additive Manufacturing  
4th International Microfluidics Congress (Microfluidics 2020), Miami, USA (2020.4.15-16)  
S. Kirihara
- (3) Direct Additive Manufacturing of Ceramic Components  
Webinar on 3D Printing (i3DP 2020), Webinar (2020.6.18-20)  
S. Kirihara

- (4) Direct Ceramic Additive Manufacturing by Ultraviolet Laser Lithography  
18th International Conference on Material Research and Technology (MR&T 2020), Osaka, Japan  
(2020.6.22-23)  
S. Kirihara
- (5) Direct Fabrication of Ceramic Components by Ultraviolet Laser Lithography  
15th International Congress on Laser Advanced Materials Processing (LAMP 2020), Osaka, Japan  
(2020.6.22-23)  
S. Kirihara
- (6) Direct Fabrication of Ceramic Components by Ultraviolet Laser Lithography  
15th International Congress on Laser Advanced Materials Processing (LAMP 2020), Osaka, Japan  
(2020.6.22-23)  
S. Kirihara
- (7) Stereolithographic Additive Manufacturing of Fine Ceramic Components  
36th World Congress on Materials Science and Nanotechnology (WC-MST 2020), Tokyo, Japan  
(2020.7.27-28)  
S. Kirihara
- (8) Stereolithographic Additive Manufacturing for Direct Ceramic Fabrication  
Webinars on Materials Engineering (WME 2020), Webinar (2020.7.30-31)  
S. Kirihara
- (9) Stereolithographic Additive Manufacturing of Bio-ceramic Implants from Nanoparticles Resin Pastes  
5th International Conference on Biopolymers & Polymer Chemistry (ICBPC 2020), Venice, Italy  
(2020.8.17-18)  
S. Kirihara
- (10) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components with Functionally Modulated  
Geometry  
17th International Conference on Material Science and Engineering (MS&E 2020), Dubai (2020.8.26-27)  
S. Kirihara
- (11) Directional Fabrication of Ceramic Components by Ultraviolet Laser Lithography  
Euro Materials Science Congress (EMSC 2020), Paris, France (2020.9.1-2)  
S. Kirihara
- (12) Direct Ceramic Forming by Lithographic Additive Manufacturing  
Nanotechnology Research and Applications World Forum (NanoReAp 2020), Luxembourg (2020.9.7-8)  
S. Kirihara
- (13) Direct Forming of Ceramic Artificial Crystal by Ultraviolet Laser Lithography  
International Conference and Exhibition on Crystallography & Novel Materials (CNM 2020),  
Vancouver, Canada (2020.9.10-11)  
S. Kirihara
- (14) Stereolithographic Additive Manufacturing of Metal and Ceramic Solid Geometries as Structural  
Components  
Mechanical Engineering Virtual (V-Mech 2020), Webinar (2020.9.29-30)  
S. Kirihara

- (15) Laser Lithographic Sintering on Ceramic Additive Manufacturing  
International Webinar on Nanotechnology (V-Nano 2020), Webinar (2020.10.1-2)  
S. Kirihara
- (16) Laser Lithographic Sintering of Dielectric Structures with Functional Geometries for Electromagnetic Wave Modulation  
International Webinar on Applied Science (V-Applied 2020), Webinar (2020.10.5-6)  
S. Kirihara
- (17) Ultraviolet Laser Lithography of Ceramic Components Using Nanoparticles Pastes  
2nd International Conference on Advanced Nanotechnology and Nanomaterials (Nanomaterials 2020), Rome (2020.10.19-20)  
S. Kirihara
- (18) Ultraviolet Laser Lithography of Ceramic Micro Lattices for Electromagnetic Wave Modulations  
International Webinar on Nanomaterials (IWN 2020), Webinar (2020.10.30)  
S. Kirihara
- (19) Stereolithographic Additive Manufacturing of Bioceramic Implants  
Materials Science & Technology (MS&T 2020), Pittsburgh (2020.11.2-6)  
S. Kirihara
- (20) Stereolithographic Additive Manufacturing of Practical Ceramic Components  
Webinar on Materials Science & Nanoscience (N-Materials 2020), Webinar (2020.11.11-12)  
S. Kirihara
- (21) Stereolithographic Additive Manufacturing and Nanoparticles Sintering  
International Nanotechnology and Nanoscience Conference (Nanotechnology 2020), Vancouver (2020.11.23-24)  
S. Kirihara
- (22) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Parts by Ultraviolet Laser Dewaxing and Sintering  
3rd International Conference on Materials Research & Nanotechnology (ICMRN 2020), Osaka (2020.11.23-25)  
S. Kirihara
- (23) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components with Dendritic Lattices  
Materials Engineering and Nanotechnology Conference (ME&NT 2020), Singapore (2020.11.25-26)  
S. Kirihara
- (24) Stereolithographic Additive Manufacturing on Ceramic Components with Modulated Dimensions  
International Webinar on Nano-Technology (IWNT 2020), Webinar (2020.11.25)  
S. Kirihara
- (25) Stereolithographic Additive Manufacturing of Functional Ceramic Components  
International Conference on Mechanical and Mechatronic (Mechanical 2020), Vancouver (2020.11.26-27)  
S. Kirihara
- (26) Directional Fabrication of Ceramic Components with Functional Geometries by Ultraviolet Laser Lithography  
International Webinar on Sustainable Material (IW-SM 2020), Webinar (2020.11.28)  
S. Kirihara

- (27) Stereolithographic Additive Manufacturing of Bioceramic Implants  
Materials Research Society Spring Meeting (MRS 2020), Phoenix (2020.11.28-12.4)  
S. Kirihara
- (28) Dimensional Modulations in Ceramic Components by Stereolithographic Additive Manufacturing  
International Webinar on Applied Materials (IW-AM 2020), Webinar (2020.11.30)  
S. Kirihara
- (29) Directional Ceramic Additive Manufacturing through Lamination Joining in Ultraviolet Laser Lithography  
International Webinar on Material Science & Technology (IWMST 2020), Webinar (2020.12.1-3)  
S. Kirihara
- (30) Biological Implant Fabrications with Fluctuated and Graded Dimensions by Stereolithographic Additive Manufacturing  
International E-Conference on Virology (IECV 2020), Webinar (2020.12.7-8)  
S. Kirihara
- (31) Direct Ceramic Forming by Lithographic Additive Manufacturing  
Annual Congress on Smart Materials (Smart 2020), Frankfurt (2020.12.7-8)  
S. Kirihara
- (32) Dimensional Modulations of Ceramic Components to Expand Reaction Surfaces by Stereolithographic Additive Manufacturing  
2nd Edition of Applied Science and Engineering (w-Applied 2020), Webinar (2020.12.11-12)  
S. Kirihara
- (33) Directional Fabrication of Ceramic Components with Functional Geometries by Ultraviolet Laser Lithography  
International Webinar on Sustainable Materials (IWSM 2020), Webinar (2020.12.26)  
S. Kirihara
- (34) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components with Fluctuated Patterns to Modulate Liquid Streamlines  
United Conference of Nanotechnology and Medicine (UCNM 2021), Webinar (2021.2.19-20)  
S. Kirihara
- (35) Direct Additive Manufacturing of Micro Dielectric Lattices by Ultraviolet Laser Lithography  
International Conference on Material Science and Nanotechnology (MS&NT 2020), Bangkok (2021.3.8-9)  
S. Kirihara
- (36) Stereolithographic Additive Manufacturing, Design & Evaluation  
International Congress on Advanced Materials Sciences and Engineering (AMSE 2020), Vienna (2021.3.12-15)  
S. Kirihara
- (37) Stereolithographic Additive Manufacturing of Biocompatible Ceramic Implants  
Global Webinar on Immunology and Vaccines (GWIV 2021), Webinar (2021.3.19-20)  
S. Kirihara

- (38) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components  
Global Conference on Mechanical and Mechatronics Engineering (ISTMME 2021), Prague  
(2021.3.23-24)  
S. Kirihara
- (39) Direct Ceramic Additive Manufacturing by Ultraviolet Laser Lithography  
10th Global Nanotechnology Congress and Expo (Nano 2020), Valencia (2021.3.25-26)  
S. Kirihara
- (40) Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Component  
2nd Global Conference & Expo on Materials Science and Nanoscience (ISTMSN 2021), Prague  
(2021.3.25-26)  
S. Kirihara
- (41) Stereolithographic Additive Manufacturing of Polymer Precursors with Nanoparticles Dispersion for Ceramic Sintering  
2nd International Conference on Biopolymers & Polymer Chemistry (ISTBPC 2021), Prague  
(2021.3.25-26)  
S. Kirihara
- (42) Stereolithographic Additive Manufacturing of Practical Material Components  
Global Webinar on Mechanical and Mechatronics Engineering (GWMME 2021), Webinar (2021.3.29-30)  
S. Kirihara
- (11) 解説・総説
- (1) 光造形法によるバイオセラミック・インプラントの作製  
砥粒加工学会誌, 64, 4 (2020), 181-184.  
桐原 聡秀
- (2) セラミック構造体の光造形と電磁波制御デバイスの創製  
化学工学会誌, 84, 5 (2020), 2-4.  
桐原 聡秀
- (3) 光造形アディティブ・マニュファクチャリングによる空間格子の配位数制御  
スマートプロセス学会誌, 9, 4 (2020), 174-179.  
桐原 聡秀
- (12) 著書
- (1) Laser Micro-Nano-Manufacturing and 3D microprinting  
SPRINGER, (2020), 分担執筆  
S. Kirihara
- (2) Multi-Dimensional Additive Manufacturing  
SPRINGER, (2020), 監修  
S. Kirihara and K. Nakata

(17) 外部資金

(単位:千円)

受託研究

- (1) 光造形法を用いた固体電解質の三次元構造化 桐原 聡秀 3,900

奨学寄付金

- (1) 桐原 聡秀 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・エネルギー工学コア演習・実験Ⅱ   |
| (2) 環境・エネルギー工学科  | 環境・エネルギー工学コア演習・実験Ⅲ   |
| (3) 環境・エネルギー工学科  | 環境・エネルギー特別講義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 | 先端材料・資源循環利用システム学特論   |
| (9) 全学教育推進機構     | 学問への扉(ものづくりサイエンス「3次元プリンタを用いたものづくり～遠くまで多量に飛ばす散水ポンプのノズルの設計と製造～」) |
| (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>Runhua GAO | Die-attach Bonding Process Using Metallic Microparticles for High-temperature Applications |
|---------------------------------|--|

#### 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   | アディティブマニュファクチャリング部会長                    |
| (3) (一社)日本溶接協会   | 表面改質技術研究委員会副幹事長                         |
| (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 |

##### (2) 国際会議委員

- |  |                      |
|--|----------------------|
| (1) Global Webinar on Biopolymers and Polymer Chemistry (GWBPC)                    | Organizing Committee |
| (2) 18th International Conference on Material Research and Technology (MR&T)       | Organizing Committee |
| (3) 15th International Congress on Laser Advanced Materials Processing (LAMP 2020) | Organizing Committee |
| (4) 36th World Congress on Materials Science and Nanotechnology (WC-MST)           | Organizing Committee |
| (5) Euro Materials Science Congress (EMSC)   | Organizing Committee |

(6)	Nanotechnology Research and Applications World Forum (NANOREAP)	Organizing Committee
(7)	International Conference and Exhibition on Crystallography & Novel Materials (CNM)	Organizing Committee
(8)	International Conference and Exhibition on Solid State Devices and Materials (SSDM)	Organizing Committee
(9)	2nd International Conference on Advanced Nanotechnology and Nanomaterials (Nanomaterials)	Organizing Committee
(10)	International Conference on Material Science and Nanotechnology (MS&NT)	Organizing Committee
(11)	International Conference on Nanomaterials and Nanophotonics (Nano M&P)	Organizing Committee
(12)	International Nanotechnology and Nanoscience Conference (Nanotechnology)	Organizing Committee
(13)	3rd International Conference on Materials Research & Nanotechnology (ICMRN)	Organizing Committee
(14)	Materials Engineering and Nanotechnology Conference (ME&NT 2020)	Organizing Committee
(15)	United Conference of Nanotechnology and Medicine (UCNM)	Organizing Committee
(16)	International Conference on Material Science and Nanotechnology (MS&NT)	Organizing Committee
(17)	Smart MADE 2021	General Chair
(18)	International Congress on Advanced Materials Sciences and Engineering (AMSE)	International Scientific Advisory Board
(19)	Global Conference on Mechanical and Mechatronics Engineering (ISTMME)	Organizing Committee
(20)	10th Global Nanotechnology Congress and Expo (Nano)	Organizing Committee
(21)	2nd Global Conference & Expo on Materials Science and Nanoscience (ISTMSN)	Organizing Committee

- |   |                      |
|---|----------------------|
| (22) 2nd International Conference on Biopolymers & Polymer Chemistry (ISTBPC)   | Organizing Committee |
| (23) 12th International Symposium on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications (CMCEE) | Organizing Committee |
| (24) Global Webinar on Applied Science, Engineering and Technology (ASET)   | Organizing Committee |
| (25) 2nd Edition of World Nanotechnology Conference (NANO)  | Organizing Committee |
| (26) 16th International Conference and Exhibition on Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies (CICMT) | Organizing Committee |
| (27) International Conference on Applied Materials and Technology (AMT)   | Organizing Committee |
| (28) 8th International Congress on Ceramics (ICC)   | Organizing Committee |
| (29) 14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM)   | Organizing Committee |
| (30) 19th International Conference on Material Research and Technology (MR&T)   | Organizing Committee |
| (31) Global Webinar on Materials Science and Nanoscience (GWMSN)  | Organizing Committee |
| (32) Global Summit on 3D Printing and Additive Manufacturing (3D Printing)  | Organizing Committee |
| (33) International Conference on Modern Materials and Technologies (CIMTEC)   | Organizing Committee |
| (34) Global Conference on Polymer Science and Engineering (Polymer Science)   | Organizing Committee |
| (35) 3rd International Conference on Biopolymers & Polymer Chemistry (ISTPOLYMER 2021)                                  | Organizing Committee |
| (36) Global Conference and Expo on Applied Science, Engineering and Technology (ISTAS 2021)                             | Organizing Committee |

- |   |                      |
|---|----------------------|
| (37) 3rd Global Conference & Expo on Materials Science and Engineering (ISTMAE 2021)                    | Organizing Committee |
| (38) 3D Printing Technology and Research World Forum (3D Printech)                                      | Organizing Committee |
| (39) Global Summit and Expo on Mechanical and Mechatronics Engineering (GSEMME)                         | Organizing Committee |
| (40) 2nd International Conference and Exhibition on Carbon Nanotubes & Graphene Technologies (Graphene) | Organizing Committee |
| (41) Global Conference on Polymer Science and Engineering (Polymer Science)                             | Organizing Committee |
| (42) 3D Printing Technology and Research World Forum (3Dprintech)                                       | Organizing Committee |

**(3) 他大学等での非常勤講師**

- |                      |        |
|----------------------|--------|
| (1) 大阪大学 SEEDS プログラム | 体感科学研究 |
|----------------------|--------|

**4. 10 全国共同利用に関する研究**

**(1) 令和2年度共同研究員と研究テーマ**

**氏名：桐原 聡秀**

一般公募研究課題

- |                             |       |                       |
|-----------------------------|-------|-----------------------|
| (1) (国研)産業技術総合研究所 健康医工学研究部門 | 吉原久美子 | 光造形法を用いた歯科用インプラントの開発  |
| (2) 東北大学大学院歯学研究科            | 金高 弘恭 | 光造形法を用いた生体インプラントの精密成型 |



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

本研究分野では、ものづくり、廃棄とリサイクルにおける環境負荷低減に寄与できる先進的技術（スマートグリーンプロセス）開発を目的として、その基礎学術および要素技術の確立を行う。特に、エレクトロニクス製品及び輸送関連機器のものづくりにおいて、有害物質フリー・エコマテリアル等への材料代替、接合プロセスにおける環境低負荷物質の使用・省エネルギー化、微細高密度実装部の信頼性向上などを旨とする。このため、希少金属や貴金属からの汎用材料への接合材料の代替、ナノ材料や低融点材料を用いた新規接合プロセスの確立、接合界面制御による継手信頼性の向上、低温接合のための導電性接着継手の高機能化など、環境面にも配慮したエレクトロニクス向け各種スマート接合プロセス及びその要素技術の研究開発を推進する。

### 4. 2 研究課題

1. 電気・電子機器微細高密度実装における有害物質フリー化
2. 鉛フリーはんだ接合界面制御と実装機器の長寿命化
3. レーザを用いた微細接合プロセス開発とその継手性能評価
4. 金属フィラーを用いた導電性接着継手の高信頼性化
5. ナノ材料・ナノ構造を利用したスマートボンディング技術の確立
6. 金属ガラスなど先端材料の低温接合プロセス開発及び接合特性評価

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

兼任のため加工プロセス学分野に記載

### 4. 4 教育に対する自己評価

本研究分野は、大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻（工学部環境・エネルギー工学科）の協力講座として参加している。

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

兼任のため加工プロセス学分野に記載

### 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、環境に優しいスマートグリーンプロセスの研究に関して共同研究員を募集している。



スマートプロセス研究センター  
ライフイノベーション材料プロセス学分野



## スマートプロセス研究センター ライフイノベーション材料プロセス学分野

### 4. 1 研究概要

本研究分野は、ライフイノベーション（生活革新）材料ならびにそのプロセス技術の開発により、人々が健康的に暮らすサステイナブル社会の実現を目指している。本分野では特に微粒子に関するプロセス科学に注力し、微粒子並びに微粒子集合体の高次構造制御を実現しうる新しい方法論の開拓を行う。さらに、開発した微粒子プロセス技術を用いて、環境・エネルギー分野およびソフトロボティクス分野に応用可能な機能性材料の開発を進める。本年度は以下の研究課題に取り組んだ。

### 4. 2 研究課題

1. 微粒子の液相合成
2. 微粒子接合プロセス
3. 微粒子応用（材料化およびデバイス化への展開）

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

#### 1. 微粒子の液相合成

これまでに本研究室で得られた知見に基づいて、本年度は3つの微粒子合成プロセス技術の開発を進めた。3つの合成法は全て溶液を反応場とするボトムアップ的手法であり、対象とする微粒子は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。これらは機能発現の要素となる微粒子材料である。以下、本研究課題の概要を示す。

近年の金属酸化物粒子の合成では粒子の形状制御法に注目が集まっている。ボトムアップ的手法ではその制御が可能であり、テンプレートあるいは界面活性剤の利用によって様々な形状の粒子が得られている。本研究では低環境負荷合成という観点から、これらの助剤を一切添加しない形状制御法の研究を進めた。その結果、過飽和度の制御によって形状制御が可能であることを明らかにし、広範な過飽和度の制御を実現する液相合成法を開発した。この技術により、球状や多面体のマグネタイト・マイクロ粒子の合成に成功した。

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進められている。環境に優しい植物由来の有機分子や微生物を還元剤として使用する研究報告例がある。一方、還元剤を使わない合成法に関しては報告例がほとんどない。そこで本研究では還元剤フリーな合成法の開発に挑戦した。その結果、溶質の界面集積を制御することにより、貴金属ナノ粒子の合成が可能であることを新規に見出した。次年度はこの現象を積極的に公表していく予定である。

近年、ハイエントロピー合金と呼ばれる新規な多成分系合金に興味が集まっている。セラミックスの分野においても2015年以降、HECという多成分系セラミックスに関する報告が国外で活発に行われてる。今後はHECのナノサイズ化による機能性発現等が期待されている。そこで本研究室では、溶液を反応場とするHECナノ粒子合成に着手した。本年度は遷移金属を5成分含むHECナノ粒子（スピネル構造）の合成に成功した。

#### 2. 微粒子接合プロセス

本年度は、「自己組織化」と「異種接合」をキーワードに微粒子接合プロセスの開発を進めた。

「1. 微粒子の液相合成」の研究を進めていく中で、マグネタイト・ナノ粒子が自発的に接合して球状化する現象を見つけた。この現象を「自己組織化」と捉え、この自発的な接合過程を、時間をパラメータにして実験的に解析した。その結果、ナノ粒子上の多核生成・成長によることが明らか

となった。また、過飽和度を変えることにより、別の成長モードになることも見出した。この現象は古典核生成・成長理論では説明がつかない。我々の特筆すべき点は、従来の研究で使用されている添加剤を、一切使用していない点である。つまり、より単純な系での現象の解析を可能にする。このテーマについては今後も詳細に調べていく予定である。また、工学的な視点での興味は、マグネタイト・ナノ粒子の球状集積体が超常磁性ライクな磁化特性を示す点である。今後は機能性微粒子としての応用を探索する予定である。

「異種接合」では、昨年度に引き続き、プラスチックや生体膜などの柔らかい物質（ソフトマターあるいはソフトマテリアル）上に貴金属ナノ粒子を物理的に接合する方法論を検討した。貴金属イオン種が溶解した水溶液中にソフトマターを浸し、その界面近傍のみに物質の過飽和度を外部励起によって高めることにより、貴金属ナノ粒子がソフトマター上に析出する。本年度はソフトマターの表面構造の制御によって、析出した貴金属ナノ粒子の集合構造が変化することを新たに見出した。例えば、表面処理した PET 上に、銀ナノ粒子を多孔質状に成膜することができるため、この銀コーティングは透光性と導電性を併せ持つ。今後論文等で成果の公表を行っていく予定である。

### 3. 微粒子応用（材料化およびデバイス化への展開）

本研究分野では、微粒子の有する機能（サイズ効果や高比表面積など）を活かした応用を進めている。本年度は以下の3つの応用を検討した。

一つ目は微粒子を分散質とする機能性コロイドの開発である。本研究室で合成したマグネタイト・マイクロ粒子をオイル中に分散したコロイドを調製し、磁気粘性流体としての性能を調べた。本年度は高濃度化を実現し、磁気粘性効果の向上を観察した。今後は民間企業と共同で、他のソフトマテリアル（エラストマー）への分散と磁気粘性効果を調べる予定である。なお、この材料系は人間共存型ロボットや次世代リハビリロボット等への要素材料として期待されている。

二つ目は微粒子を利用した環境センサーの開発である。本研究室で合成したマグネタイト・マイクロ粒子とベトナム科学技術アカデミー材料科学研究所が合成したナノカーボン材料を複合化して作製した電気化学センサーに、環境汚染物質の高感度検出の可能性を見出した。今後は本研究室で合成した貴金属ナノ粒子を用いて、更なる検出感度の向上を試みる予定である。また、接合科学共同利用・共同研究員と共同で、本研究室で合成したマグネタイト・マイクロ粒子を用いて、 $\text{MgO}/\text{MgFe}_2\text{O}_4$  から成るコア・シェル型の PN 接合を作製し、その接合界面の空乏層電位をケルビンプローブフォース顕微鏡 (KPFM) によって可視化することに成功した。得られた知見は今後の化学ガスセンサー開発に役立つものである。

三つ目は微粒子のサイズ効果に関する応用検討である。本年度は、金のナノクラスター（径 $\sim 2\text{nm}$ ）の合成に成功するとともにこの粒子にフォトルミネッセンス現象を観察した。これは極めて小さい粒子のみに見られる不連続な電子エネルギー準位間の遷移によって生じる。従来技術と比較して、有機助剤を一切使用しない点が本方法の特筆すべき点である。今後は、この特徴を活かした用途開発、特に環境・エネルギー分野への応用を進めていく予定である。

## (2) 研究に対する自己評価

上述したように、微粒子プロセスに注力した研究開発を行っている。本年度は、オリジナルな液相合成法が新規に開発できたこと、また研究室で合成した微粒子を用いて国内外の機関と環境センシングデバイスの開発を進めたこと、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、一定の研究活動は達成できたと自己評価した。なお本年度の成果は、査読付学術論文5報、国際講演（全てオンライン）3件、国際講演1件、解説記事2報、著書（分担執筆）1件である。これらの研究は運営費、国際・産業連携インヴァーسیون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、基盤研究（B）（継続

課題) および 2 件の共同研究費 (民間) などによって行われた。

#### 4. 4 教育に対する自己評価

学部学生の教育、特に講義についての貢献度は接合研内では相対的に高く、一方で修論等の研究指導に関する貢献度は低いと自己評価した。本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兼務) の教員を兼務し、「構造・材料力学」(分担)、「セラミック材料プロセス学」、「特別講義Ⅱ」(分担)、「環境工学演習・実験Ⅰ」、「環境工学演習・実験Ⅱ」の講義を担当した。また、接合研担当する「学問の扉 (マチカネゼミ)」にも協力した。一方、研究室にはまだ学生が配属されていないため、修論等の研究指導については行っていない。

#### 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ため、社会貢献度は高いと自己評価した。

##### 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、日本フルードパワーシステム学会と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

大連理工大学 (中国)、ベトナム科学技術アカデミー材料科学研究所との国際共同研究を進めた。その結果、国際共著論文 (査読付) 2 報が掲載された。本年度は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の国際ジョイントラボも創設され、次年度はこの国際ジョイントラボにて引き続き国際共同研究を進めていく。国際会議等への貢献に関しては、CIMTEC2020 が 2022 年に延期になったため、引き続き Symposium CA (International advisory board) を務めた。

##### 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低かった (3 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、掲載されたため当該分野の発展に貢献したと自己評価した。

## 4. 7 研究業績

### (1) 査読付き学術論文

- (1) Chemical and Physical Pressure Effects in the A-site Spinel Antiferromagnets  $\text{CoM}_2\text{O}_4$  (M=Al, Co, Rh)  
Mater. Res. Express, 7 (2020), 056105 (13pages).  
T. Naka, J. Valenta, J. Kastil, M. Misek, J. Prchal, V. Sechovsky, H. Abe, T. Nakane, M. Nakayama and T. Uchikoshi
- (2) Direct Observation of Potential Phase at Joining Interface between p-MgO and n-MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>  
Sci. Rep., 10 (2020), 17055.  
C. Sakaguchi, Y. Nara, T. Hashishin, H. Abe, M. Matsuda, S. Tsurekawa and H. Kubota
- (3) Preparation of 2D Ultrathin Titanium Dioxide Nanosheets with Enhanced Visible-Light Photocatalytic Activity  
Micro Nano Lett., 16 (2021), 313-318.  
Z. Dai, X.-Z. Song, F. Tang, X. Kang, S. Liu, H. Abe, S. Ohara and Z. Tan
- (4) Electrochemical Sensor Based on Reduced Graphene Oxide/Double-Walled Carbon Nanotubes/Octahedral Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Chitosan Composite for Glyphosate Detection  
Bull. Environ. Contam. Toxicol. (2021)  
C. T. Thanh, N. H. Binh, P. N. D. Duoc, V. T. Thu, P. V. Trinh, N. N. Anh, N. V. Tu, N. V. Tuyen, N. V. Quynh, V. C. Tu, B. T. P. Thao, P. D. Thang, H. Abe and N. V. Chuc
- (5) High-Entropy A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-type Oxide Ceramics: A Potential Immobilising Matrix for High-Level Radioactive Waste  
J. Hazard. Mater., 415 (2021), 125596.  
L. Zhou, F. Li, J.-X. Liu, S.-K. Sun, Y. Liang and G.-J. Zhang

### (8) 国内学会発表

- (1) 有機物膜分離に向けた多孔質セラミックスのマクロ孔内充填プロセスの検討  
日本セラミックス協会第33回秋季シンポジウム, WEB開催(2020.9.2-4)  
鈴木義和, 阿部浩也, 鈴木達
- (2) ナノ粒子集合体の3Dボトムアップ造形  
(一社)溶接学会2020年度秋季全国大会, WEB開催(2020.9.9-11)  
阿部浩也

### (9) 国際会議講演

- (1) Synthesis of Nanocomposite Particles and Colloidal Additive Manufacturing for SOFC  
Virtual 45th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites 2021, Webinar (2021.2.8-12)  
H. Abe
- (2) Stimuli Responsive Rheology of Suspensions for 3D Printing and Soft Robotics  
Smart MADE 2021, Osaka, Japan (2021.3.10)  
H. Abe

- (3) Development of Solid Oxide Fuel Cell with Nanocomposite Porous Electrodes  
JWRI-IMS International Joint Lab, Online Seminar on Joining and Materials Science, Online  
(2021.3.11)  
H. Abe

**(10) 国内会議講演**

- (1) 多様なインク設計と微粒子アセンブリ  
大阪大学接合科学研究所第17回産学連携シンポジウム, WEB開催(2020.6.26)  
阿部 浩也

**(11) 解説・総説**

- (1) ダイレクトライティングによる3Dセラミックス成形  
スマートプロセス学会誌, 9, 4 (2020), 169-173.  
阿部 浩也
- (2) 多様なインク設計と微粒子アセンブリ  
生産と技術, 72, 4 (2020), 23-25.  
阿部 浩也

**(12) 著書**

- (1) エレクトロニクス用セラミックスの開発、評価手法と応用  
(株)技術情報協会, (2020), 分担執筆, 179-190.  
佐藤 和好, 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) 磁性ナノクラスター流体のレオロジカルな刺激応答化とソフト・ロボティクスへの展開 | 阿部 浩也 | 3,000 |
|-----|---|-------|-------|

**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 |
|-----|---------------------------|-------|-------|

**学術相談**

- |     |  |       |       |
|-----|--|-------|-------|
| (1) |  | 阿部 浩也 | 1,880 |
|-----|--|-------|-------|

**奨学寄付金**

- |     |  |       |     |
|-----|--|-------|-----|
| (1) |  | 阿部 浩也 | 500 |
|-----|--|-------|-----|

#### 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) 全学教育推進機構    | 学問への扉(マチカネゼミ) |

#### 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) (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         |

##### (2) 国際会議委員

- |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| (1) CIMTEC 2020 Symposium CA | International Advisory Board |
|------------------------------|------------------------------|

##### (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2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) | 熊本大学大学院<br>先端科学研究部 | 橋新 剛  | 異種酸化物間ヘテロ接合における空乏層の<br>可視化                       |
| (2) | 群馬大学大学院理工学府        | 佐藤 和好 | 酸化物ナノ結晶複合体の合成とその構造 -<br>機能相関の解明                  |
| (3) | 筑波大学数理物質系          | 鈴木 義和 | 液相プロセスを用いた複酸化物ナノ粒子の<br>合成とライフイノベーション関連材料への<br>展開 |

(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 8 分野、学内 2 講座、また国内他大学や企業 4 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. 陽極接合を用いて、3 枚以上のガラス板を重ね接合する方法 (多層陽極接合) の開発

陽極接合は、動きやすい陽イオンを含むガラスと金属もしくは半導体を接触させ、陽イオンの拡散が活性化される温度に加熱してから両者の間に導体側を陽極として電圧を印加して接合を行う方法である。導体の薄膜を仲立ちとしてガラス同士の重ね陽極接合を行うこともできる。多層陽極接合とは、ガラス同士の陽極接合継手にさらに別のガラスを陽極接合することで 3 枚以上のガラスの重ね継手を得る接合である。従来、そのような接合は困難であると考えられてきた。それは、2 番目の接合中に最初に接合した継手中で生じる陽イオンの流れを最初の接合界面に残った仲立ちの導体層がさえぎり、そこに陽イオン元素が集積することで最初の接合界面に欠陥が発生するためである。しかし、陽極接合では接合中に導体側の材料がガラスから供給される  $O^{2-}$  イオンによる酸化を受けるので、1 番目の接合中に仲立ちの導体層が完全に酸化されるようにすれば、酸化が完了した層は 2 番目の接合中に陽イオンの流れをさえぎらず、そこで欠陥が生じることもないのではないかと考えられた。そこで、そのような方法で、ガラス同士の陽極接合継手に 1 番目の接合界面に損傷を生じることなく 3 枚目のガラスを陽極接合できるかどうかを確かめるため、仲立ちの導体層の酸化の進行度の異なるガラス同士の陽極接合継手を作製し、その継手に 3 枚目のガラスを陽極接合して、2 番目の接合中に 1 番目の接合界面に生じる変化を観察した。

片面に 15 nm と 30 nm の 2 通りの厚さの Al 層を真空蒸着したソーダライムガラスの円板に、同

材のガラス円板を Al 層をはさむように重ね合わせ、473 K に加熱した後に、Al 層を陽極、両側のガラスを陰極として 500 V の電圧を印加してガラス同士の陽極接合継手を得た。電圧印加時間 43 s では、Al 層厚さ 15 nm の継手では接合界面に未酸化の Al 層が薄く、30 nm の継手では厚く残った。電圧印加時間 600 s では、15 nm、30 nm いずれの厚さでも Al 層は接合中に完全に酸化された。こうして得た継手の片面に厚さ 15 nm の Al 層を蒸着し、同形のガラス円板を重ね合わせて 473 K に加熱してから Al 層とガラス円板、ガラス同士の継手の間に 500 V の電圧を 1200 s 印加して再び陽極接合を行い、ガラス板 3 枚の重ね継手を得た。2 回目の接合の後、それぞれの継手の 1 回目の接合界面を観察すると、未酸化の Al 層が薄く残っていた接合前の Al 層厚さ 15 nm、電圧印加時間 43 s の界面は一部に剥離が生じており、厚い未酸化アルミニウム層が残っていた接合前の Al 層厚さ 30 nm、電圧印加時間 43 s の界面では界面からガラス中に亀裂が生じていた。Al 層が完全に酸化されていた電圧印加時間 600 s の界面には欠陥は生じなかった。これらの接合界面の断面組織を TEM 観察すると、剥離やガラスの亀裂が生じていた電圧印加時間 43 s の界面には Na の集積が生じていたのに対し、欠陥が生じなかった電圧印加時間 600 s の界面には Na の集積はなく、欠陥の発生の原因が 2 回目の接合中に生じた 1 回目の接合界面への Na の集積であることが明らかになった。

## 2. 貴金属粒子を分散させたガラス同士の陽極接合界面の作製

酸化物層の中に導体が分散したガラス同士の陽極接合界面の作製を目指して、酸化性の金属に非酸化性の貴金属を合金化した層を仲立ちとしたガラス同士の陽極接合継手を作製し、接合界面の状態を観察した。

RF スパッタを用いて、純チタン、Ti-18at%Au、Ti-43%Au の厚さ約 20 nm の層をソーダライムガラス円板の片面に製膜し、それらの導体層をはさむようにして同材のガラス円板を重ね合わせ、接合温度 473 K で、導体層を陽極、両側のガラスを陰極として 600 V の接合電圧を印加して陽極接合した。接合前の導体層は、純チタンと Ti-18at%Au は微結晶、Ti-43at%Au はアモルファスとなっていた。接合中にこれらの導体層中のチタンは酸化され、酸化されない金は分離した。Ti-18at%Au の金は酸化チタン中に数 nm 径の微粒子となって分散したのに対し、Ti-43at%Au の金は酸化チタン層に両側からはさまれた連続した層となり、最初の導体層の結晶状態が接合後の金の形態に影響することが示唆された。

### (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 3 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3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。

2020年度は、これまでのプロジェクトテーマの継続に加えて、新規テーマ、実用化を視野に入れたプロジェクトに注力しながら、先導的な最先端の研究についても並行して行った。

### 4. 2 研究課題

1. アーク現象の解明および抵抗スポット溶接とシミュレーション
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. アーク現象の解明および抵抗スポット溶接とシミュレーション

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いる。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、アークの温度分布や硬直性、鉄蒸気の発生位置、溶滴の大きさなども比較した<sup>[1]</sup>。

また、高速度ビデオカメラによるアーク外観および溶滴移行の観察とイメージ分光分析による溶接中のアークプラズマ診断の結果を重ね合わせることにより、シールドガス組成がそのアーク現象に与える影響について考察した。

その結果、酸素プラズマの高温部がアークの中心から離れた位置に形成され、中心軸近傍は低温になるというスプレー移行で見られる特徴的な温度場の形成条件やシールドガス中のアルゴンガスの割合が高くなると高温部の温度は低下し、アーク中心部近傍との温度差が小さくなる現象を明らかにした。すなわち、溶滴移行をスプレー移行にするためには、①仕事関数の低いREM添加ワイヤを用いた棒マイナスの溶接による熱陰極の発生および安定化と、②シールドガスの熱的ピンチ効果によるアークの緊縮と溶滴温度上昇の2つの要素が必要であることが分かった。<sup>[2]</sup>

今後はさらなる検討により、スプレー移行発現のための条件範囲を明確にし、J-STAR 溶接の適用範囲の拡大を目指す。

各種シミュレーション技術を駆使した研究においては、自動車用超高張力鋼板の抵抗スポット溶接部に三次元粒子シミュレーションを用いて、鋼板の変形も含め、抵抗溶接プロセス中のメタルフロー挙動を表現可能な数値計算モデルを構築した。それを用いて、各種溶接条件による溶接部の応力ひずみ変化を定量的に評価可能とした。

また、温度・応力変化を考慮した水素拡散解析による遅れ破壊挙動のシミュレーションについても検討した。とくに、溶接熱影響部の組織変化や硬さ変化をシミュレーションに取り入れ<sup>[3]</sup> 応力集中部と水素侵入の挙動を半定量的に明らかにした。

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

摩擦攪拌接合 (FSW) については、Fe-Al の異材接合における組織変化を調査し、健全な接合強度を得るための適正接合条件の導出を行った。接合界面の温度と塑性流動を制御するために、独立制御可能なプローブ回転速度とショルダ回転速度の適正範囲を求め、金属間化合物の生成量と組成を

一定の範囲とすることで、狙いの接合継手強度が得られた。

レーザー・アークハイブリッド溶接においては、比較的出力のレーザーと TIG アークを組み合わせた熱源に対し分光計測器および三次元発光分光法を用いたプラズマ状態の計測を行った。その結果、アークとレーザーに大きな相互作用は見られなかったが、母材の金属蒸気 (Cr, Mn) の発生が母材表面でのプラズマの広がりにも影響を与えることが分かった。<sup>[4]</sup>

溶接部性能向上技術については、高強度薄鋼板の重ね隅肉継手における疲労特性について、溶接金属硬さと溶接止端部形状の影響について検討した。シールドガスおよび溶接ワイヤの組み合わせを変化させて 980 MPa 級熱延鋼板での平面曲げ疲労試験における疲労限および疲労寿命を評価した結果、溶接止端部の平滑化、溶接金属の硬質化ともに疲労特性を向上可能であることが分かった。また、Ar+5%CO<sub>2</sub> 溶接による溶接止端部の平滑化の効果や、止端部の平滑化が疲労亀裂の進展へ与える影響についても明らかにできた。<sup>[5]</sup>

### 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、いくつかの課題が考えられる。

そこで、母材においては構造体の施工時における線状加熱や溶接歪取りなどを想定した加工性に関する検討、溶接熱影響部については極低温での靱性支配因子の明確化を行った。また、とくに重要である溶接金属については、高温割れ感受性の評価、割れ性に及ぼす P, S などの不純物や各種合金元素の影響について詳細に調査した。

その結果、LNG や液体水素など次世代エネルギー貯槽用極低温構造材料として期待されている高 Mn 鋼について、時効熱処理や溶接熱影響部の特定の再加熱温度域での炭化物生成が、靱性に影響を与えることを明らかにした。<sup>[6]-[8]</sup>

また、溶接金属についてはトランスバレストレイン試験や多層盛での高温割れ感受性を詳細に評価し、P, S の影響を明らかにするとともに各種合金元素の影響から割れ感受性に優れる成分系の設計指針を導出することができた。<sup>[9]-[14]</sup>

#### <関連発表文献>

- [1] 山下悠登, 茂田正哉, 田中学, 上月渉平, 岡部能知, 伊木聡, “溶接ワイヤへの希土類金属添加による正極性炭酸ガスアーク溶接の熱源特性に及ぼす影響”, 2020 年度溶接学会秋季全国大会講演発表 A-2-1
- [2] 田中学, Titinan Methong, 古免久弥, 茂田正哉, 片岡時彦, 松下宗生, 上月渉平, “REM 添加ワイヤを用いたガスマタルアーク溶接現象に与えるシールドガス組成の影響”, 溶接学会論文集, Vol.38, No.4 (2020) 438-447
- [3] 松田広志, 谷口公一, 池田倫正, 大井健次, “超ハイテン抵抗スポット溶接部のミクロ組織と硬さの推算”, 溶接学会論文集, Vol.38, No.4 (2020) 234-242
- [4] 奥田博之, 野村和史, 浅井知, 岩田匠平, 木谷靖, 大井健次, “レーザービーム照射による TIG アーク誘導現象のプラズマ診断による基礎検討”, 溶接学会論文集, Vol.38, No.2 (2020) 60-67
- [5] 澤西央海, 松田広志, 田川哲哉, 池田倫正, 堤成一郎, “高強度薄鋼板 GMA 溶接重ね隅肉継手の疲労特性に及ぼす溶接止端部形状および溶接金属硬さの影響”, 溶接学会論文集, Vol.38, No.4 (2020) 448-457
- [6] 辻勇悟, 庄司博人, 大畑充, 山田航平, 泉大地, 平出隆志, 植田圭治, “高 Mn 鋼の機械的特

- 性と破壊靱性の関係の検討”，2020年度溶接学会秋季全国大会ポスターセッション
- [7] 植田圭治，泉大地，石田倫教，山下孝子，高田充志，伊木聡，山下正太郎，小椋智，才田一幸，"高 Mn オーステナイト鋼における時効熱処理後のシャルピー靱性変化と炭化物析出の影響"，溶接学会論文集，Vol.38，No.4 (2020) 199-210
- [8] 植田圭治，泉大地，高田充志，石田倫教，伊木聡，山下正太郎，小椋智，才田一幸，"高 Mn オーステナイト鋼における溶接熱影響部の極低温靱性支配因子"，溶接学会論文集，Vol.38，No.4 (2020) 211-221
- [9] 植田圭治，高田充志，佐原直樹，山下正太郎，平松幸成，小椋智，才田一幸，"高 Mn オーステナイト鋼の高温割れ性 (第一報)"，溶接学会全国大会講演概要，第 106 集 (2020-4) 104-105
- [10] 佐原直樹，山下正太郎，小椋智，才田一幸，植田圭治，高田充志，"高 Mn オーステナイト鋼の高温割れ性 (第二報)"，溶接学会全国大会講演概要，第 106 集 (2020-4) 106-107
- [11] 植田圭治，山下正太郎，高田充志，佐原直樹，小椋智，才田一幸，"高 Mn オーステナイト鋼の多層盛溶接金属における高温割れのキャラクタリゼーション"，溶接学会論文集，Vol.38，No.4 (2020) 297-305
- [12] 植田圭治，山下正太郎，高田充志，小椋智，才田一幸，"高 Mn オーステナイト鋼の凝固割れ感受性に及ぼす不純物元素の影響"，溶接学会論文集，Vo.38，No.4 (2020) 306-315
- [13] 山下正太郎，植田圭治，高田充志，泉大地，佐原直樹，小椋智，才田一幸，"高 Mn オーステナイト鋼の凝固割れ感受性に及ぼす合金元素の影響"，溶接学会論文集，Vol.39，No.1 (2021) 87-96
- [14] 植田圭治，"極低温用高マンガンオーステナイト鋼溶接部のマイクロ組織制御技術と溶接継手設計指針の提案"，大阪大学大学院工学研究科博士学位論文 (2021)

## (2) 研究に対する自己評価

協働研究所発足 3 年目として種々の課題に取り組み多くの成果が得られた。とくにアーク現象やシミュレーションに関しては実用的に利用可能なレベルに到達したものもあり、今後の展開に期待ができる。最先端接合技術についても FSW やレーザ技術で多くの知見が得られた。とくに今年度は実用化テーマとして極低温材料の開発に注力した結果、溶接性に優れる高性能材料の開発の指針が得られたことが大きな成果であった。

## 4. 4 教育に対する自己評価

工学研究科の社会人ドクターコースで研究を進めている企業側の若手研究員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し、当該研究員の学位取得に繋がった。今後も社会人ドクターコースを考慮した研究プロジェクトの設定も行う予定である。

## 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溶接・破壊分野において学協会におけ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・接合工学振興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幹事、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。

厚板高能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。異種プロセスハイブリッド接合法の研究では、大学が有する異材接合における材料の知見とダイヘンが有するアーク制御技術、接合システム開発力を融合させ、精密な入熱制御手法のアイデアとして具現化し、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. 厚板高能率アーク溶接におけるアーク現象の体系的解明
2. 高機能材料への厚板高能率アーク溶接法の適用ならびに継手信頼性評価
3. 異種プロセスハイブリッド接合法の研究開発と実用化

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. 厚板高能率アーク溶接におけるアーク現象の体系的解明

ダイヘンでは「埋もれアーク」というアーク現象を利用した厚板高能率アーク溶接法「D-Arc」を開発・実用化しており、本協働研究所では、この埋もれアーク現象の解明に取り組んできた。D-Arcでは溶接電流波形制御により埋もれアークを安定化しており、2019年度は、代表的な溶接条件における埋もれアークの安定化メカニズムを数値シミュレーションにより示した。本年度はさらに研究を掘り下げ、適用する溶接ワイヤ径によって埋もれアーク現象が変化することを実験観察により示すとともに、その溶融池現象について数値シミュレーションを行い、実験観察と数値解析の両観点から埋もれアーク現象を明らかにした。以上の成果により、溶接条件と対応付けた埋もれアーク現象の体系的な理解が進み、学術的知見の充実に大いに寄与したと評価している。2021年度は、これまで構築した数値解析モデルを活用して種々の材料物性が埋もれアークに及ぼす影響を解析し、埋もれアーク現象のさらなる解明に取り組む。

2. 高機能材料への厚板高能率アーク溶接法の適用ならびに継手信頼性評価

上述の厚板高能率アーク溶接法の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。2019年度は汎用ステンレス鋼への適用性について検証したが、本年度はさらなる高機能材料として、二相ステンレス鋼への同溶接法の適用を検討した。二相ステンレス鋼は成分元素として窒素を含有するため、溶接時に気孔欠陥が生じやすいことが知られているが、本協働研究所で開発した溶接電流波形制御により、溶融池をアークで振動させて気孔の離脱を促し、欠陥のない良好な溶接継手を得ることができた。さらに、溶接継手の重要な特性である耐食性を明らかにし、同溶接

法の適用により耐食性の向上が見込めることを示すとともに、その理由について溶接時の温度履歴および金属組織と関連付けて考察した。二相ステンレス鋼溶接継手の耐食性が詳細に評価された例は少なく、工学的に重要な成果が得られたと評価している。今後は継手熱影響部の機械的特性評価を行い、継手の信頼性に係る知見をより充実させていく。

### 3. 異種プロセスハイブリッド接合法の開発と実用化

合金化溶融亜鉛メッキ鋼板とアルミニウム合金の異材接合を目標に、レーザー・アークハイブリッド溶接技術の開発に取り組んだ。送給制御と電流波形制御が高速・高精度で同期する低入熱・低スパッタアーク溶接法により低入熱で市販のアルミ合金ワイヤを溶融させて十分な溶接金属を供給し、レーザーの高い指向性と高精度な入熱制御とレーザービーム制御技術を融合するとともに、Fe-Alの低じん性な金属間化合物の生成抑制と、幅の広い接合ビードの形成による接合面積アップを両立させ、単位長さ当たり引張強度が抵抗スポット溶接より2倍以上の接合強度を実現した。レーザー入熱制御においてオーバーラップ率という新たな概念を導入することで、条件設定の簡素化による操作性の向上とシステムの実用化に貢献した。今後はその入熱制御精度をより高精度化することで、接合強度の向上と他異種材料への水平展開を進めていく。

#### (2) 研究に対する自己評価

協働研究所を設立して2年目になる本年度は、初年度に立ち上げた研究がそれぞれ成熟し、多くの重要な知見・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、アーク現象の解明および高機能材料への適用という2つの方向性を確立し、基礎研究と実用化の両観点での成果が得られた。レーザー・アークハイブリッドについては様々なアプリケーションへの展開が行われ、実用化に際して大きな進展を得た。次年度は各研究の完成度をさらに高め、協働研究所設立から3年目の年として成果をまとめつつ、新たに実用的なテーマや挑戦的なテーマも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接合科学研究所の博士後期課程に在学しており、共同研究成果の対外発表を意欲的に行っている。本年度は、3件の査読付き原著論文投稿、2件の国際会議発表、ならびに2件の国内学会・委員会発表を行っており、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を活用し、2021年度より若手女性技術者が特任助教として採用されている。大阪大学におけるダイバーシティ環境の改革に貢献するとともに、協働研究所研究員としてダイヘンの若手技術者の育成にも大いに期待できる。

### 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研究員は、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、及び溶接接合工学振興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、及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。門田圭二招へい研究員は、溶接学会の溶接法研究委員会、軽構造接合加工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。門田圭二招へい研究員は、これらの成果が認められ2021年度より招へい准教授として活動を始めている。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) 可視および赤外線波長領域におけるアーク・溶融池発光特性に基づいた溶接現象観察手法の研究—インプロセス溶接モニタリングに向けた画像センシング技術の開発—  
溶接学会論文集, 38, 2 (2020), 103-113.  
笠野 和輝, 萩野 陽輔, 福本 智, 浅井 知
- (2) 画像センシングによる薄板重ねすみ肉溶接のインプロセス溶接品質モニタリング  
溶接学会論文集, 38, 2 (2020), 114-124.  
新田 誠也, 萩野 陽輔, 浅井 知
- (3) 高電流 GMA 溶接によるステンレス鋼厚板の片面貫通溶接  
溶接学会論文集, 39, 1 (2021), 39-50.  
馬場 勇人, 門田 圭二, 恵良 哲生, 上山 智之, 前嶋 基志, 門井 浩太, 井上 裕滋, 田中 学
- (4) 太径  $\phi 1.6\text{mm}$  ワイヤを用いた高電流埋もれアーク溶接の電圧振幅制御による安定化  
溶接学会論文集, 39, 1 (2021), 75-86.  
馬場 勇人, 古免 久弥, 五十嵐 友也, 門田 圭二, 恵良 哲生, 寺崎 秀紀, 田中 学

##### (3) 国際会議発表論文 (査読なし)

- (1) Single-Pass Full-Penetration Welding for Stainless Steel Using High-Current GMAW  
The 73rd IIW Annual Assembly & Int. Conf., Online, XII-2450-2020 (2020.7.20-25), 1-15.  
H. Baba, K. Kadota, T. Era, T. Ueyama, M. Maeshima, K. Kadoi, H. Inoue and M. Tanaka

##### (7) 国際会議発表

- (1) Stabilization of High Current Buried Arc and Microstructure Observation of Welded Joint  
Joint Intermediate Meeting of IIW Comm. I, IV, XII and SG212, On-line (2021.3.30-31)  
H. Baba, R. Honda, K. Kadota, T. Era, H. Komen, M. Tanaka and H. Terasaki

##### (8) 国内学会発表

- (1) アーク発光特性に基づいた溶接現象モニタリング手法の開発(第1報) バンドパスフィルタを用いた実験的検証  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
笠野 和輝, 萩野 陽輔, 福本 智, 浅井 知
- (2) アーク発光特性に基づいた溶接現象モニタリング手法の開発(第2報) 分光計測・数値シミュレーションによる考察  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
萩野 陽輔, 福本 智, 浅井 知, 笠野 和輝
- (3) プライマー塗布隅肉継手溶接中におけるブローホール発生時の溶接現象観察 インプロセス溶接品質管理技術の開発(第5報)  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
笠野 和輝, 浅井 知, 萩野 陽輔

- (4) 初層裏波ティグ溶接における溶接士技能評価技術の開発(第1報) 裏波形状に影響を与えるパラメータ評価  
(一社)溶接学会 2020年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
辻村 吉寛, 仲村 晋一郎, 小川 剛史, 今井 航太, 荻野 陽輔, 浅井 知
- (5) 初層裏波ティグ溶接における溶接士技能評価技術の開発(第2報) 数値シミュレーションによる検討  
(一社)溶接学会 2020年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
今井 航太, 荻野 陽輔, 浅井 知, 辻村 吉寛, 仲村 晋一郎, 小川 剛史
- (6) 電流・ワイヤ送給制御が短絡移行プロセスに及ぼす効果の数値的検討  
(一社)溶接学会 2020年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
江田 賢司, 荻野 陽輔, 浅井 知
- (7) フラックス入りワイヤを用いた厚板高能率溶接法の開発  
(一社)溶接学会 2020年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
馬場 勇人, 五十嵐 友也, 門田 圭二, 恵良 哲生, 田中 学
- (8) 非圧縮性 SPH 法を用いた高電流 GMA 溶接中の埋もれ空間形成シミュレーション  
(一社)溶接学会 2020年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
古免 久弥, 寺崎 秀紀, 馬場 勇人, 門田 圭二, 恵良 哲生, 田中 学
- (11) **解説・総説**
  - (1) 第II部 溶接・接合工学の最近の動向, I 溶接法研究委員会  
溶接学会誌, 89, 5 (2020), 38-51.  
浅井 知, 田中 学, 山根 敏, 宮坂 史和, 茂田 正哉, 野村 和史, 荻野 陽輔
- (15) **受賞**
  - (1) 溶接物理・技術奨励賞  
(一社)溶接学会 溶接法研究委員会 (2020.08.05)  
古免 久弥, 寺崎 秀紀, 馬場 勇人, 門田 圭二, 恵良 哲生, 田中 学

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いる。接合科学研究所が保有するレーザー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ている。

本研究部門で開発した厚板に対する大出力レーザー溶接技術は実用レベルに達し、現在は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）の研究を基礎現象の解明から実施している。

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ている。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。

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。

### 4. 2 研究課題

1. レーザ溶接技術
2. 高効率 SAW 技術
3. 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. レーザ溶接技術

揺動レーザーとワイヤ供給を用いた極狭開先溶接に関する現象解明と積層方法、インプロセス制御方法などのプロセス技術を開発してきた。しかし、溶接品質を左右するシールド方法は経験的に決定している。

本年度は、ステンレス鋼厚板の狭開先レーザー溶接において、酸化防止し高品質な施工を実現するため、数値流体力学による流体解析、および実験計画法を用いた実験から、適正なシールド方法を検討した。

厚板狭開先内において溶接部近傍の酸素濃度を低減するシールド方法を明らかにし、それを実現するためのシールドノズルを設計した。試作したノズルを用いて狭開先溶接を実施し、十分なシールド性能を得られることを確認した。

#### 2. 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、デジタル電源に対応した極狭開先対応のフラックス散布ノズルを開発した。さらに、溶接部の靱性を向上させるため、冶金的アプローチからフラックスと溶接条件を適正化した。デジタル電源を用いて、適正化した条件で実機を想定した厚板極狭開先継手（板厚120mm）を作製し、溶接部の健全性と靱性を評価した。非破壊試験により溶接部は無欠陥であり、溶接金属部で規格を満足する高い靱性を得られた。

次年度は、供用時の継手性能を確保するため、溶接部の冶金的分析を実施し、破壊試験による評価を行う。

### 3. 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い。

本年度は、溶接部の低温割れを防止するため、レーザ肉盛溶接（LMD：Laser Metal Deposition）による溶接条件と熱処理条件（予熱、後熱）を検討した。検討した条件で実際の部品に肉盛溶接を実施し、溶接部の健全性を評価した。

肉盛溶接部の低温割れは防止できたが、溶接金属部で高温割れが発生した。これは肉盛材料に含まれる合金成分が高温割れを促進したと考えられる。

次年度は、高温割れを防止するため、冶金的アプローチによる肉盛材料の適正化と、溶接部の希釈を抑えるための肉盛プロセスを検討する。

## (2) 研究に対する自己評価

本年度の研究成果は、4 件の査読付き学術論文、1 件の解説・総説である。査読付き学術論文の内 1 件は、IITH との共同研究の成果であり、*Case Studies in Thermal Engineering* に掲載された。

極狭開先 SAW 溶接技術は、溶接学会 溶接法研究委員会にて溶接物理・技術奨励賞を受賞した。

なお、本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 月に発足した本研究部門は、着実な研究成果をあげてきていると評価している。今後は、当部門の設立目的と整合性の高い分野でのより一層充実した研究成果を目指す。

## 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いる。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ようとしている。

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) Development of a Welding Condition Optimization Program for Narrow Gap SAW  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38, 2 (2020), 98s-102s.  
Y. Abe, T. Fujimoto, M. Nakatani, M. Shigeta and M. Tanaka
- (2) 極狭開先サブマージアーク溶接における適正溶接条件の検討  
溶接学会論文集, 39, 1 (2021), 64-74.  
阿部 洋平, 藤本 貴大, 中谷 光良, 茂田 正哉, 田中 学
- (3) Thermal Modelling of Alternating Current Square Waveform Arc Welding  
Case Stud. Therm. Eng., 25 (2021), 100885.  
U. K. Mohanty, A. Sharma, Y. Abe, T. Fujimoto, M. Nakatani, A. Kitagawa, M. Tanaka and T. Suga
- (4) Numerical Investigation of Heat Transfer During Submerged Arc Welding Phenomena by Coupled DEM-ISPH Simulation  
Int. J. Heat Mass Transf., 171 (2021), 121062 (15 pages).  
H. Komen, M. Shigeta, M. Tanaka, Y. Abe, T. Fujimoto, M. Nakatani and A. B. Murphy

##### (15) 受賞

- (1) 溶接物理・技術奨励賞  
(一社)溶接学会 溶接法研究委員会 (2020.08.05)  
阿部 洋平, 中谷 光良, 藤本 貴大, 茂田 正哉, 田中 学



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ティングにおいてはさらなる高速化が必要とされている。従来の円形ビームのままでは出力を増加させるだけでは高品質な平坦皮膜を得ることが困難であるため、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テ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を作成しその効果を確認したところ、円形ビームより高速かつ一樣な皮膜が形成できることが分かった。

本年度は、シミュレーションにより決定した最適ビーム形状を用いて局面照射の研究を行い、入熱を平坦化させることで熱歪を抑制できることを確認した。

## 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。従来のモルテンプル型レーザークラディングでは、レーザーによって形成されたモルテンプルにレーザーの周囲から粉末を供給して熔融させているが、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を採用した。これにより、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。

本年度は耐熱玉軸受けに1mm以下の薄皮膜の被覆を行い、熱歪を抑えた良好な結果が得られた。

## 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。

本年度は近赤外線ファイバーレーザーによる純銅の溶接に青色半導体レーザーの先行加熱を行うことで、効率的な基板加熱による溶接性能の向上を確認した。

## 4. レーザ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法による純銅ロッドの造形を行った。

## (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。

大出力ディスク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ー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ー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ー加工の普及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 5 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、LIM2020 および Photonics West2021 に各 1 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、平成 30 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「非モルテンプール型レーザークラディングによる超耐熱玉軸受(ボールベアリング)の開発」を行うとともに、レーザー加工技術に関する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ー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 50 社に対し各種セミナーやフォーラムを通じ、レーザー加工の普及啓発活動、技術支援、レーザー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) Pure Copper Layer Formation on Pure Copper Substrate Using Multi-Beam Laser Cladding System with Blue Diode Lasers  
Appl. Phys. A, 26 (2020), 418.  
T. Hara, Y. Sato, R. Higashino, Y. Funada, T. Ohkubo, K. Morimoto, N. Abe and M. Tsukamoto
- (2) Pure Copper Rod Formation by Multibeam Laser Metal Deposition Method with Blue Diode Lasers  
J. Laser Appl., 33, 1 (2020), 012013.  
K. Ono, Y. Sato, R. Higashino, Y. Funada, N. Abe and M. Tsukamoto
- (3) Effect of Focal Position on Laser-MAG Arc Hybrid Weld Bead of Thick High-Strength Steel Plate  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38 (2020), 131s-134s.  
K. Ishida, S. Tashiro, M. Mizutani and M. Tanaka
- (4) Study on the Weld Bead Formation on Square-Groove Butt Joint Using Plasma-MIG Hybrid Welding Process  
Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38 (2020), 135s-138s.  
K. Ishida, S. Tashiro, M. Mizutani and M. Tanaka
- (5) Evolution Behavior of Laser Welding in Hybrid Structure between Open-Cell Aluminum Foam and Solid Aluminum Shell  
Weld. World, 65, 2 (2021), 263-274.  
P. Wattanapomphan, C. Phongphisutthinan, T. Suga, M. Mizutani and S. Katayama

##### (2) 国際会議発表論文(査読あり)

- (1) Pure Copper Rod Formation by Multibeam Laser Metal Deposition Method with Blue Diode Lasers  
Proc. ICALEO2020, WEB 開催 (2020.10.19-20), MACRO P134.  
K. Ono, Y. Sato, R. Higashino, Y. Funada, N. Abe and M. Tsukamoto

##### (3) 国際会議発表論文(査読なし)

- (1) Effect of Preheating on Pure Copper Welding by Hybrid Laser System with Blue Diode Laser and IR Laser  
Proc. SPIE, WEB 開催, 11673 (2021.3.22-26), 116731D1-7.  
S. Fujio, Y. Sato, E. Hori, R. Ito, S. Masuno, N. Abe and M. Tsukamoto

##### (7) 国際会議発表

- (1) Development of Hybrid Laser System with Blue Diode Laser and Single Mode Fiber Laser for Welding of Pure Copper  
21st Int. Symp. on Laser Precision Microfabrication 2020 (LPM2020), WEB (2020.6.23-26)  
S. Fujio, Y. Sato, E. Hori, R. Ito, N. Abe and M. Tsukamoto
- (2) Effect of Preheating on Pure Copper Welding by Hybrid Laser System with Blue Diode Laser and IR Laser  
Photonics West 2021, On-Line (2021.3.6-11)  
S. Fujio, Y. Sato, E. Hori, R. Ito, S. Masuno, N. Abe and M. Tsukamoto

## (8) 国内学会発表

- (1) 青色半導体レーザーを用いたマルチビーム照射式 LMD 法による純銅ロッドの造形  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
小野 和宏, 佐藤 雄二, 東野 律子, 阿部 信行, 塚本 雅裕, 舟田 義則
- (2) 青色半導体レーザーの先行加熱を用いた近赤外線ファイバーレーザーによる純銅の溶接  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
藤尾 俊平, 佐藤 雄二, 堀 英治, 井藤 里香, 阿部 信行, 塚本 雅裕
- (3) 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  
レーザー学会学術講演会 第 41 回年次大会, オンライン開催 (2021.1.18-20)  
寺岡 怜児, 小野 和宏, 佐藤 雄二, 舟田 義則, 阿部 信行, 塚本 雅裕, 部谷 学
- (4) 16kW ディスクレーザーを用いた SUS304 基板のキーホール溶接  
レーザー学会学術講演会 第 41 回年次大会, オンライン開催 (2021.1.18-20)  
篠原 直希, 有田 智貴, 佐藤 雄二, 水谷 正海, 中野 人志, 塚本 雅裕
- (5) ディスクレーザーによる SUS304 のキーホール溶接におけるスパッタの解析手法の開発  
レーザー学会学術講演会 第 41 回年次大会, オンライン開催 (2021.1.18-20)  
有田 智貴, 篠原 直希, 佐藤 雄二, 水谷 正海, 中野 人志, 塚本 雅裕

## (10) 国内会議講演

- (1) 接合研は私のプレイ・グラウンド  
令和 2 年度溶接学会関西支部講演会, オンライン開催 (2020.11.17)  
水谷 正海

## (13) 特許出願・登録

- (1) 銅・銅合金のコーティング方法  
特願 2020-112686  
塚本 雅裕, 阿部 信行, 佐藤 雄二, 他 6 名
- (2) 電気接点の製造方法、電気接点および真空バルブ  
PCT/JP2020/47348  
林 良彦, 塚本 雅裕, 阿部 信行, 安積 一幸, 他 1 名



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拠点



## 学際・国際的高度人材育成ライフィノベーションマテリアル創製 共同研究プロジェクト拠点

### 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」、そして平成 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」に 11 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、平成 28 年度から本プロジェクトである「学際・国際的高度人材育成ライフィノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト」に参画している。

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、「ライフィノベーションマテリアル（生活革新材料）」を志向した共同研究を実施することで、新しい社会基盤材料の提案と実用化を図ると共に、研究を通じた国際交流・産学連携・高度人材育成を推進する。本年（令和 2 年）度は 5 年間実施したプロジェクトの最終年度となる。

本プロジェクトにおいて本研究所は主に、東北大学金属材料研究所と東京工業大学フロンティア材料研究所と連携し、素材の特性と機能を活かす接合技術の開発を通じて、国民生活に役立ち、そして、その生活の革新に繋がる新たな材料創製を担っている。また、ここで創製された新材料は、名古屋大学未来材料・システム研究所、早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構、東京医科歯科大学生体材料工学研究所のそれぞれが有する環境・エネルギー、エレクトロニクス・デバイス、生体・医療の各分野の卓越した学術研究と融合することにより、具体的な「生活革新材料」として創製される。本研究所は、この 6 大学 6 研究所の学際連携を通じて、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、「環境保全・持続可能材料分野」、「生体医療・福祉材料分野」、「要素材料・技術開発分野」の 3 研究分野に対して、教職員（特任も含む）22 名が 16 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. 環境保全・持続可能材料分野

- 1-1 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
- 1-2 環境用金属・セラミックスナノクリスタルの高次構造制御と複合・集積化
- 1-3 反応性プラズマプロセスを用いた機能性酸窒化物薄膜の低温形成
- 1-4 3次元ナノポーラス材料を利用した高耐熱接合技術の構築
- 1-5 微粒子のグリーン合成と機能化
- 1-6 核融合炉用先進高機能異材溶接・接合継手の照射特性に関する基礎的研究

#### 2. 生体医療・福祉材料分野

- 2-1 表面微細構造に依存した細胞挙動に関する研究
- 2-2 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 医療用金属・セラミックスナノクリスタルの高次構造制御と特異接合
- 2-4 生体用途を指向した Ti-6Al-4V/SUS316L における異材摩擦圧接

### 3. 要素材料・技術開発分野

- 3-1 摩擦攪拌プロセスを用いた組織改質による機能性向上
- 3-2 レーザ加熱による Si 基板内の熱伝導現象に関する研究
- 3-3 多結晶体の変形挙動と延性亀裂発生に関する数値解析手法確立
- 3-4 多重陽極接合法の開発
- 3-5 プラズマミグプロセスの高度制御技術の開発及び異材接合への適用
- 3-6 フェライト系ステンレス鋼溶接金属の組織制御と高信頼性化

## 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3研究分野に関して16件の研究を実施した。研究成果は令和3年3月24日に開催された接合科学研究所所内研究成果報告会で発表・議論すると共に、令和2年度研究成果報告書を作成して配布した。また、本プロジェクトの特任教員および兼任教員は拠点リーダーの下で接合科学研究所のみならず他の研究所の研究者との連携を深めた。複数の研究機関が連携して開催した各分野分科会に参加し密接な情報交換を行い、共同研究における研究役割分担を明確にした。また、令和2年11月30日には第5回6大学連携プロジェクト公開討論会において、本プロジェクトの研究成果を取り纏めて発表し、社会に向けて情報発信を行った。

また、本年度もこれまでに引き続き、世界をリードする6大学6研究所のポテンシャルの高い研究集団が有機的に連携・協力するための交流の場を設けた。それによって、6研究所間の共同研究が効率的に行われる環境整備に努めるとともに、生み出された多くのインパクトある研究成果を社会に広く情報発信することに努めた。

### (2) 研究に対する自己評価

接合科学研究所の16件の研究課題の内13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25件、国際会議発表が13件、国内会議発表が23件あり、密度の高い成果が得られた。

また、第5回6大学連携プロジェクト公開討論会においても、全体の研究成果として招待講演セッションで計6件の招待講演が行われ、本研究所からは近藤教授が講演した。また、ポスターセッションにおいて当研究所から5件の発表が行われた。

本プロジェクトは今年度が最終年度になるが、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、5報の査読付き原著論文（その内2報は海外研究機関、3報は国内研究機関との共同研究）を発表するとともに、特許を1件出願した。発表論文はインパクトファクター（IF）が高く国際的に認識された雑誌に掲載されており、特に英国のオンライン科学誌 *Scientific Reports* に発表された論文（ $\text{FeTiO}_3$  微粒子を超高速遊星ボールミル処理することで、格子圧縮による電荷移動（ $\text{Fe}^{2+}\text{Ti}^{4+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}\text{Ti}^{3+}$ ）により機能（常磁性→強磁性）が発現）は、今後、世界からの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. 5, No. 1, 2020年9月30日発行、Vol. 5, No. 2, 2021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

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Emergence of Ferromagnetism Due to Charge Transfer in Compressed Ilmenite Powder Using Super-High-Energy Ball Milling  
Sci. Rep., 10 (2020), 5293-1-7.  
S. Ohara, T. Naka, K. Sunakawa, S. Kubuki, M. Senna and T. Hashishin
- (2) In Situ Observation of Catalytic CeO<sub>2</sub>-nanocube (100) Surface with Carbon Contamination by Environmental TEM: a Model for Soot Combustion  
Jpn. J. Appl. Phys., 60 (2020), SAAC04.  
M. Ozawa, K. Higuchi, K. Nakamura, M. Hattori, S. Ohara and S. Arai
- (3) Soft X-ray-Enhanced Reactive Oxygen Species Generation in Mesoporous Titanium Peroxide and the Application in Tumor Synergistic Therapy  
ACS Appl. Bio Mater., 3, 11 (2020), 7408-7417.  
Z. Dai, J. Cao, Z. Guo, K. Zheng, X.-Z. Song, W. Wen, X. Xu, X. Qi, S. Ohara and Z. Tan
- (4) Anomalous Low-Temperature Sintering of a Solid Electrolyte Thin Film of Tailor-Made Nanocrystals on a Porous Cathode Support for Low-Temperature Solid Oxide Fuel Cells  
Ceram. Int., 47 (2021), 15939-15946.  
K. Yamamoto, K. Sato, M. Matsuda, M. Ozawa and S. Ohara
- (5) Preparation of 2D Ultrathin Titanium Dioxide Nanosheets with Enhanced Visible-Light Photocatalytic Activity  
Micro Nano Lett., 16 (2021), 313-318.  
Z. Dai, X.-Z. Song, F. Tang, X. Kang, S. Liu, H. Abe, S. Ohara and Z. Tan

##### (13) 特許出願・登録

- (1) 磁気機能素子及び磁気機能装置  
特願 2021-039841  
大原 智

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

2020年度は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61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)、成均館大学校(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、2021年3月末現在の国際共著論文の投稿数は105報、内95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95報全リストを掲載している。

表1 2020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
105報	95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、成均館大学校、国立成功大学、ハノイ工科大学 他	Welding Journal, Journal of Manufacturing Processes, Journal of Physics D: Applied Physics, Materials Science and Engineering: A, Journal of Alloys and Compounds, International Journal of Heat and Mass Transfer, Engineering Failure Analysis 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、2020 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】 Ultrafine-grain formation and improved mechanical properties of novel extruded Ti-Fe-W alloys with complete solid solution of tungsten

Thermomechanical processing and solid-solution strengthening are effective ways to improve the mechanical properties of Ti alloys. In this study the effect of W on the strengthening of Ti-Fe alloys was studied by preparation of Ti-4Fe-xW (x = 0–3 wt.%) alloys using spark plasma sintering, homogenization heat treatment and hot extrusion. The microstructure of the sintered specimens included undissolved W particles distributed in the acicular  $\alpha + \beta$  matrix. However, heat treatment at 1300 °C for 1 h led to the complete dissolution of W. After hot extrusion at 850 °C, an ultrafine equiaxed (globular) microstructure was observed. The main effect of W on the microstructure was a remarkable grain refinement by activation of dynamic recrystallization and impediment of the grain boundary mobility in Ti-4Fe-(1–3)W (~1  $\mu\text{m}$ ) when compared to Ti-4Fe (~3  $\mu\text{m}$ ). The tensile yield strength increased as W content increased so that the Ti-4Fe-3 W alloy exhibited a remarkably high tensile strength, yielding at ~1123 MPa with an elongation of ~26%.

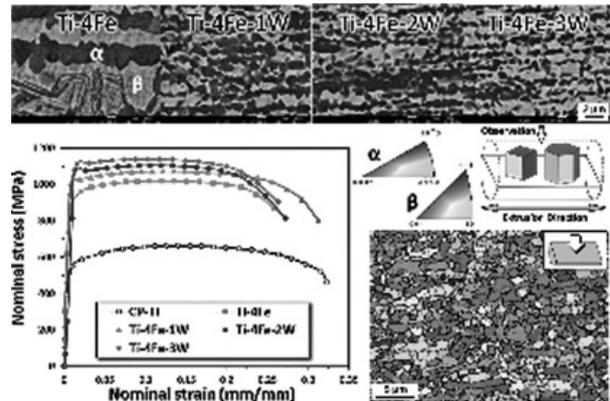


図 1 Microstructure evolution (include crystallographic orientation) and tensile properties of extruded Ti-4Fe-(0–3)W alloys.

【研究 2】 Measurement of local material properties and failure analysis of resistance spot welds of advanced high-strength steel sheets

Safety evaluation of resistance spot welds necessitates accurate measurement of local constitutive properties. In this study, novel mini-peel and miniature tensile tests were developed for numerical inverse calibration of constitutive parameters in the nugget and heat-affected zone (HAZ) of DP980 steel welds. A damage accumulation index  $D_c/C_k$  was put forward to evaluate the crack initiation and propagation. The result indicates that the increase of nugget diameter from 3.5 mm to 6.8 mm slowed down the damage accumulation rate in the nugget and accelerated that in the HAZ, resulting in the transition of failure mode from a brittle interfacial mode to a ductile button pull-out mode.

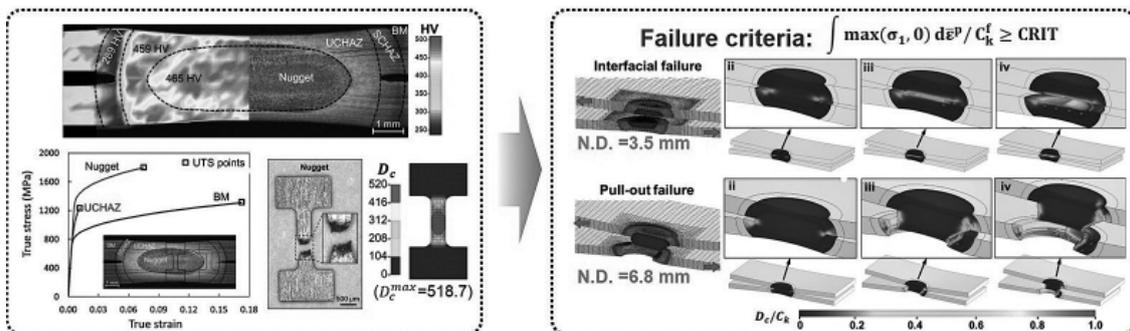


図 2 Local material tests and calculated damage accumulation process of DP980 steel resistance spot welds under tensile-shear loading

### 1-3. ジョイントラボ設立とワークショップ等の開催

国際協働研究の拡充を目的とし、本学 ASEAN キャンパスと連携し、ベトナム科学技術アカデミー (VAST) 内、材料科学研究所 (IMS) と ASEAN キャンパスジョイントラボを設立した。また、本設立を記念し、2021年3月11日は IMS とオンラインによるセミナーを開催し、双方の研究成果に関する講演発表と今後の連携協議を行った。

## (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。事後アンケートでは、全員がオンライン CIS はグローバル人材育成教育として効果があったと回答した。

表2 2020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	ベトナム	12/14-12/21	ハノイ工科大学	IHI インフラストラクチャーアジア
2	ミャンマー	12/14-12/21	ヤンゴン工科大学	J&M スチールソリューションズ
3	インドネシア	2/8-2/15	インドネシア大学	チレゴンファブrikエーターズ
4	タイ	2/15-2/22	カセサート大学	OTC ダイヘンアジア

### 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、2020年度は2021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キャリア教育的効果について」、と査読付き実践報告「文理・異文化融合課題解決型グローバル人材育成プログラムが参加学生の進路検討に与える効果」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、例年以上に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、新たなオンラインによる実施という展開があり、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はオンラインでも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た。不足する点について、より理解を促進し学びを深めるためにはどうすべきかがオンライン活動における今後の検討課題である。

#### 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4社の在外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の実施が決まった。更に、当研究所が主催するベトナム溶接研究会の活動では、40社の日系及び現地企業と共にオンラインセミナーを2020年10月28日と、2021年3月23日の2回開催し学術研究発表や経済・産業動向に係る報告を行うことで現地における産業動向の理解や溶接技術向上に貢献した。

2020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 (中国), キング Saud 大学 (サウジアラビア)	選択的レーザー積層造形チタン材におけるユビキタス元素による強化機構の解明	Tensile Property Enhancement by Oxygen Solutes in Selectively Laser Melted Titanium Materials Fabricated from Pre-Mixed Pure Ti and TiO <sub>2</sub> Powder Mater. Sci. Eng. A., 795 (2020), 139983. K. Kondoh, E. Ichikawa, A. Issariyapat, K. Shitara, J. Umeda, B. Chen and S. Li
2	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	Designable Interfacial Structure and Its Influence on Interface Reaction and Performance of MWCNTs Reinforced Aluminum Matrix Composites Mater. Sci. Eng. A., 793 (2020), 139783. X. Zhang, X. Hou, D. Pan, B. Pan, L. Liu, B. Chen, K. Kondoh and S. Li
3	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	Comparison Study on Microstructure and Mechanical Properties of Ti-6Al-4V Alloys Fabricated by Powder-Based Selective-Laser-Melting and Sintering Methods Mater. Charact., 160 (2020), 110358. Q. Yan, B. Chen, N. Kang, X. Lin, S. Lv, K. Kondoh, S. Li and J. S. Li
4	西安理工大学 (中国)	選択的レーザー積層造形チタン材におけるユビキタス元素による強化機構の解明	TiB Nano-Whiskers Reinforced Titanium Matrix Composites with Novel Nano-Reticulated Microstructure and High Performance via Composite Powder by Selective Laser Melting Mater. Sci. Eng. A., 795 (2020), 140137. D. Pan, X. Zhang, X. Hou, Y. Han, M. Chu, B. Chen, L. Jia, K. Kondoh and S. Li
5	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	Obvious Yielding Phenomenon and Selective Fracture Behavior in Powder Metallurgy (TiC <sub>p</sub> +TiB <sub>w</sub> )/Ti Composites J. Mater. Res. Technol.-JMRT, 9, 5 (2020), 10184-10188. L. Jia, C. Zhang, K. Kondoh, R. Niu, B. Chen, S. Li and Z. Lu
6	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	Microstructure, Tensile Properties and Deformation Behaviors of Aluminium Metal Matrix Composites Co-Reinforced by Ex-Situ Carbon Nanotubes and In-Situ Alumina Nanoparticles Mater. Sci. Eng. A., 795 (2020), 139930. B. Chen, X. Y. Zhou, B. Zhang, K. Kondoh, J. S. Li and Q. Ma
7	Chulalongkorn University (タイ)	選択的レーザー積層造形チタン材におけるユビキタス元素による強化機構の解明	Selective Laser-Melted Titanium Materials with Nitrogen Solid Solutions for Balanced Strength and Ductility Mater. Sci. Eng. A., 790 (2020), 139641. K. Kondoh, A. Issariyapat, J. Umeda and P. Visuttiptikul
8	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	Mechanical Properties and Biocompatibility of Titanium with a High Oxygen Concentration for Dental Implants Mater. Sci. Eng. C, 117 (2020), 111306. H. Luo, Y. Wu, X. Diao, W. Shi, F. Feng, F. Qian, J. Umeda, K. Kondoh, H. Xin and J. Shen
9	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	An In-Situ Study on Deformation and Cracking Initiation in Oxygen-Doped Commercial Purity Titanium Mech. Mater., 148 (2020), 103519. J. Shen, B. Chen, J. Umeda, J. Zhang, Y. Li and K. Kondoh
10	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	Comparison Study on Mechanical Properties of Powder Metallurgy Titanium Materials with Nitrogen Solutes and TiN Dispersoids J. Alloy. Compd, 846 (2020), 156455. J. Umeda, H. Ishizaka, S. Li, A. Alhzaa 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
11	上海交通大学 (中国)	無機有機異種材料の接合 機構解明	Mechanism of Defect Formation during Friction Spot Joining of 3D-printed TC4 Alloy and Ultra-High Molecular Weight Polyethylene Mater. Des., 195 (2020), 108989. X. Zou, M. Y. Jiang, K. Chen, B. X. Chen, K. M. Reddy, S. Y. Zhang, K. Kondoh, M. Wanga, X. M. Huaa, L. T. Zhang and A. D. Shan
12	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	Reduction Mechanism of Thermally Stable CaO during Heating Mg-Al Composites with CaO Particles J. Sci. Eng. Res., 7 (2020), 85-93. J. Umeda, J. Fujita, S. Li and K. Kondoh
13	Universiti Teknologi Malaysia (マレーシア), Kocaeli University (トルコ)	金属基複合材料の変形機構解明	Deformation Mechanism and Enhanced Properties of Cu-TiB <sub>2</sub> Composites Evaluated by the In-Situ Tensile Test and Microstructure Characterization J. Alloy. Compd, 847 (2020), 156555. A. Bahador, J. Umeda, R. Yamanoglu, H. Ghandvar, A. Issariyapat, T. A. A. Bakar and K. Kondoh
14	Chulalongkorn University (タイ)	選択的レーザー積層造形チタン材におけるユビキタス元素による強化機構の解明	Refined Grain Formation Behavior and Strengthening Mechanism of $\alpha$ -Titanium with Nitrogen Fabricated by Selective Laser Melting Addit. Manuf., 36 (2020), 101537. A. Issariyapat, P. Visuttiptikul, J. Umeda and K. Kondoh
15	西安理工大学 (中国), 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	Quantitative Strengthening Evaluation of Powder Metallurgy Ti-Zr Binary Alloys with High Strength and Ductility J. Alloy. Compd, 852 (2020), 156954. K. Kondoh, M. Fukuo, S. Kariya, K. Shitara, S. Li, A. Alhazaa and J. Umeda
16	西安理工大学 (中国)	金属基複合材料の変形機構解明	その場合合成法による Al <sub>3</sub> Zr 粒子分散 Al 基焼結複合材の創製および摩擦摩耗特性 粉体および粉末冶金, 67, 10 (2020), 536-542. 西村 のどか, 梅田 純子, 藤井 寛子, Lei JIA, 近藤 勝義
17	Universiti Teknologi Malaysia (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	Strengthening Evaluation and High-Temperature Behavior of Ti-Fe-O-Cu-Si Alloy Mater. Sci. Eng. A., 800 (2020), 140324. A. Bahador, J. Umeda, R. Yamanoglu, T. A. A. Bakar and K. Kondoh
18	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	Understanding Corrosion Behavior of Magnesium Surface by X-Ray Irradiation for Improved Surface Design and Applications JOM, 72, 12 (2020), 4657-4664. K. Kondoh, K. Funatsu, M. Takahashi, S. Li, F. Akamatsu and J. Umeda
19	Chulalongkorn 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	Tensile Properties Improvement by Homogenized Nitrogen Solid Solution Strengthening of Commercially Pure Titanium through Powder Metallurgy Process Mater. Charact., 170 (2020), 110700. A. Issariyapat, P. Visuttiptikul, T. Song, A. Bahador, J. Umeda, Q. Ma and K. Kondoh
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	The Rate-Dependent Mechanical Behavior of CNT-reinforced Aluminum Matrix Composites under Tensile Loading Mater. Sci. Eng. A., 808 (2021), 140893. M. Wang, Y. Li, B. Chen, D. Shi, J. Umeda, K. Kondoh and J. Shen

No.	協働研究連携先 (海外機関名)	研究テーマ	国際共著論文
21	西安理工大学 (中国), 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	Acicular Microstructure Formation and Strengthening Behavior of Ti-4%Fe Alloys by Zr Addition J. Alloy. Compd, 858 (2020), 158292. T. Teramae, T. Tanaka, M. Fukuo, K. Shitara, J. Umeda, S. Li, A. Alhazaad and K. Kondoh
22	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	Microstructures Analysis and Quantitative Strengthening Evaluation of Powder Metallurgy Ti-Fe Binary Extruded Alloys with $(\alpha+\beta)$ -dual-phase Mater. Sci. Eng. A., 803 (2021), 140708. J. Umeda, T. Tanaka, T. Teramae, S. Kariya, J. Fujita, H. Nishikawa, Y. Shibutani, J. Shen and K. Kondoh
23	Universiti Teknologi Malaysia (マレーシア), Kocaeli University (トルコ)	金属基複合材料の変形機構解明	Microstructure Globularization of High Oxygen Concentration Dual-Phase Extruded Ti Alloys via Powder Metallurgy Route Mater. Charact., 172 (2020), 110855. A. Bahador, J. Umeda, H. Ghandvar, T. A. A. Bakar, R. Yamanoglu, A. Issariyapat and K. Kondoh
24	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	Effect of Sintering Temperature on the Microstructure and Mechanical Properties of the Ti-2.5Zr Alloy Mater. Res. Express, 8 (2021), 016522. A. Alhazaa, A. Assaifan, M. Hezam, M. A. Shar, J. Umeda and K. Kondoh
25	西安理工大学 (中国)	金属基複合材料の変形機構解明	Balanced Development in Strength-Ductility of Ultrahigh-Strength Aluminum Matrix Composites by Controlled Oxidation Method Mater. Sci. Eng. A., 804 (2021), 140781. X. Zhang, S. Li, L. Liu, D. Pan, L. Gao, X. Ji and K. Kondoh
26	University of Hai' 1 (サウジアラビア)	金属基複合材料の変形機構解明	Dissolution Kinetics of Iron-Based Intermetallic Compounds ( $\tau_{sc}$ IMCs) in a Commercial Steel Strip Metallic Alloy Coating Process Metall. Mater. Trans. B, 52 (2020), 41-50. A. Khaliq, D. J. Parker, N. Setargew, K. Kondoh and Q. Ma
27	Northwestern Polytechnical University (中国)	金属基複合材料の変形機構解明	Effect of Metal Powder Characteristics on Structural Defects of Graphene Nanosheets in Metal Composite Powders Dispersed by Ball Milling Crystals, 11, 3 (2021), 260. Q. Yan, B. Chen, X. Zhou, K. Kondoh and J. Li
28	西安理工大学 (中国), Northwestern Polytechnical University (中国)	選択的レーザー積層造形チタン材におけるユビキタス元素による強化機構の解明	レーザー積層造形法により作製した酸素固溶チタン材における結晶組織と強化機構 粉体および粉末冶金, 68, 2 (2021), 67-75. 市川 絵理, 設楽 一希, 梅田 純子, Shufeng LI, Biao CHEN, 近藤 勝義
29	マレーシア工科大学 (マレーシア)	金属基複合材料の変形機構解明	Role B <sub>4</sub> C Addition on Microstructure, Mechanical, and Wear Characteristics of Al-20%Mg <sub>2</sub> Si Hybrid Metal Matrix Composite Appl. Sci., 11, 7 (2021), 3047. H. Ghandvar, M. A. Jabba, S. S.R. Koloor, M. Petru, A. Bahador, T. A. A. Bakar and K. Kondoh
30	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	In-Situ Formed Al <sub>3</sub> Zr Compounds Reinforced Al Composites and Tribological Application Crystals, 11, 3 (2021), 227. J. Umeda, N. Nishimura, H. Fujii, L. Jia 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
31	西安交通大学 (中国)	数値解析と試験計測によるアルミと純銅の超音速衝撃固相積層メカニズムの解明	Development of a Material Model for Predicting Extreme Deformation and Grain Refinement during Cold Spraying Acta Mater., 199 (2020), 326-339. Q. Wang, N. Ma, M. Takahashi, X. Luo and C. Li
32	西安交通大学 (中国)	数値解析と試験計測によるアルミと純銅の超音速衝撃固相積層メカニズムの解明	Measurement and Analysis of Cold Spray Residual Stress Using Arbitrary Lagrangian-Eulerian Method Addit. Manuf., 35 (2020), 101296. Q. Wang, X. Luo, S. Tsutsumi, T. Sasaki, C. Li and N. Ma
33	ハルビン工業大学 (中国)	アーク溶接薄板変形の数値解析	Impacts of Laser Cladding Residual Stress and Material Properties of Functionally Graded Layers on Titanium Alloy Sheet Addit. Manuf., 35 (2020), 1-10. Q. Wang, J. Shi, L. Zhang, S. Tsutsumi, J. Feng and N. Ma
34	北京工業大学 (中国)	鋼板とアルミの溶接継手における強度評価	Microstructural Evolution and Shear Strength of Interface Layer between Steel and Aluminum Materials under Thermal and Mechanical Coupled Loading J. Manufacturing Processes, 56 (2020), 981-989. J. Lin, Y. Lei, N. Ma and F. Guo
35	天津大学 (中国)	溶接接手のクリープ疲労損傷の評価と数値解析	Investigation of Creep-Fatigue Crack Growth of G115 Steel Using a Novel Damage Mode Int. J. Mech. Sci., 183, 10 (2020), 105827. Z. Tang, H. Jing, L. Xu, D. Chi, L. Zhao, Y. Han, H. Li and N. Ma
36	上海交通大学 (中国)	車体用薄板の溶接変形と残留応力に関する解析技術	A Novel Multi-Step Strategy of Single Point Incremental Forming for High Wall Angle Shape J. Manufacturing Processes, 56 (2020), 697-708. S. Wu, Y. Ma, L. Gao, Y. Zhao, S. Rashed and N. Ma
37	山東大学 (中国)	Ni合金の線摩擦接合力学現象の数値解析と実験検証	Characterization of Microstructures and Hot-Compressive Behavior of GH4169 Superalloy by Kinetics Analysis and Simulation J. Mater. Process. Technol., 288 (2020), 116879. P. Geng, G. Qin, J. Zhou, T. Li and N. Ma
38	上海交通大学 (中国)	車体用薄板の固相接合法と強度予測技術の開発	A Comparative Study of Friction Self-Piercing Riveting (F-SPR) and Self-Piercing Riveting (SPR) of Aluminum Alloy AA5182-O Engineering (2020) Y. Ma, H. Shan, S. Niu, Y. Li, Z. Lin and N. Ma
39	上海交通大学 (中国)	車体用薄板の固相接合法と強度予測技術の開発	Impact of Stack Orientation on Self-Piercing Riveted and Friction Self-Piercing Riveted Aluminum Alloy and Magnesium Alloy Joints Automot. Innov., 3 (2020), 242-249. Y. Ma, S. Niu, H. Shan, Y. Li and N. Ma
40	清華大学 (中国)	金属溶融接合プロセスの熱力学解析	Influences of Cooling Conditions on the Liquefaction Cracking in Laser Metal Deposition of a Directionally Solidified Superalloy Metals, 10, 4 (2020), 466. B. Chang, S. Yang, G. Liu, W. Li, D. Du and N. Ma
41	上海交通大学 (中国)	溶接金属の力学特性と引張残留応力の低減法に関する研究	A Design Method of Tensile Triangles and Low Transformation Temperature Weld Metal for Reduction of Stress Concentration and Residual Stress of Welded Joints Mar. Struct., 72 (2020), 102759. Z. Feng, T. L. Aung, C. Shao, F. Lu, S. Tsutsumi and N. Ma
42	西安石油大学 (中国)	スポット溶接強度の評価	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

No.	協働研究連携先 (海外機関名)	研究テーマ	国際共著論文
43	上海交通大学 (中国)	溶接金属の力学特性と引張残留応力の低減法に関する研究	Effect of Solidified Grain Boundary on Interfacial Creep Failure Behavior for Steel/nickel Dissimilar Metal Welded Joint Mater. Sci. Eng. A., 803 (2020), 140482. Y. Wang, C. Shao, M. Fan, N. Ma and F. Lu
44	上海交通大学 (中国)	車体用薄板の溶接変形と残留応力に関する解析技術	Efficient Analysis of Welding Thermal Conduction Using the Newton-Raphson Method, Implicit Method, and Their Combination Int. J. Adv. Manuf. Technol., 111 (2020), 1929-1940. Z. Feng, N. Ma, W. Li, K. Narasaki and F. Lu
45	西安交通大学 (中国)	アークワイヤ溶融積層プロセスの数値解析	Multiscale Modelling of Microstructure, Micro-segregation and Mechanical Properties of Al-Cu Alloy in Wire and Arc Additive Manufacturing Addit. Manuf., 36 (2020), 101735. R. Geng, J. Du, Z. Wei and N. Ma
46	ハルビン工業大学 (中国)	アーク溶接薄板変形の数値解析	Measurement and Analysis of Welding Deformation in Arc Welded Lap Joints of Thin Steel Sheets with Different Material Properties J. Manufacturing Processes, 61 (2021), 507-517. Y. Liu, N. Ma, F. Lu and H. Fang
47	上海交通大学 (中国)	溶接金属の力学特性と引張残留応力の低減法に関する研究	MTT and LTT Weld Metal for Reduction of Stress Concentration and Tensile Residual Stress of Cruciform Welded Joint ISOPE2020, 30, 30 (2020), 3154-3156. Z. Feng, N. Ma and F. Lu
48	天津大学 (中国)	低変態温度溶接材料による圧縮残留応力の生成と疲労寿命の延伸	Transformation Temperatures, Mechanical Properties and Residual Stress of Two Low-Transformation-Temperature Weld Metals Sci. Technol. Weld. Joining (2021), 1-10. Z. Feng, X. Di, S. Wu and N. Ma
49	東華大学 (台湾)	優れた室温成形性を発現するMg-Li合金における摩擦攪拌接合	Pronounced Low-Temperature Superplasticity of Friction Stir Processed Mg-9Li-1Zn Alloy Mater. Sci. Eng. A., 780 (2020) M. Zhou, Y. Morisada, H. Fujii and J.-Y. Wang
50	東北大学 (中国)	摩擦攪拌プロセスによるチタン合金の超塑性の発現	The Optimal Temperature for Enhanced Low-Temperature Superplasticity in Fine-Grained Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al Alloy Fabricated by Friction Stir Processing J. Alloy. Compd, 832 (2020), 154917. W. J. Zhang, H. Liu, H. Ding and H. Fujii
51	City University of Hong Kong (中国)	ハイエントロピー合金における摩擦攪拌接合	Effect of Process Parameters on Microstructure and Mechanical Properties of Friction Stir Welded CoCrFeNi High Entropy Alloy Mater. Sci. Eng. A., 782 (2020) X. Qin, Y. Xu, Y. Sun, H. Fujii, Z. Zhu and C. H. Shek
52	東北大学 (中国)	摩擦攪拌プロセスによるチタン合金の超塑性の発現	Superplastic Deformation Mechanism of the Friction Stir Processed Fully Lamellar Ti-6Al-4V Alloy Mater. Sci. Eng. A., 785 (2020), 139390. W. J. Zhang, H. Liu, H. Ding and H. Fujii
53	ハルビン工業大学 (中国)	超音波付加摩擦攪拌接合による作製したアルミニウム合金継手の微細組織と力学的特性	Ultrasonic-induced Excess Vacancies in Friction Stir Processing and Exploration of Acoustoplastic Effect Scr. Mater., 185 (2020), 117-121. Y. Hu, H. Liu, H. Fujii, H. Araki, K. Sugita and K. Liu
54	ハルビン工業大学 (中国)	超音波付加摩擦攪拌接合による作製したアルミニウム合金継手の微細組織と力学的特性	Vacancy-induced $\theta'$ Precipitation during Ultrasonic-Affected Friction Stir Welding of Al-Cu Alloy J. Mater. Sci., 55 (2020), 14626-14641. Y. Hu, H. Liu, H. Fujii, K. Ushioda, H. Araki, K. Sugita and K. Liu

No.	協働研究連携先 (海外機関名)	研究テーマ	国際共著論文
55	マラヤ大学 (マレーシア)	異種材料のパウダー添加 摩擦攪拌接合	Effects of Al-Ni Powder Addition on Dissimilar Friction Stir Welding between AA7075-T6 and 304L Materialwiss. Werkstofftech., 51 (2020), 1274-1284. M. R. Muhamad, M. F. Jamaludin, F. Yusof, R. Mahmoodian, Y. Morisada, T. Suga and H. Fujii
56	ハルビン工業大学 (中国)	超音波付加摩擦攪拌接合 による作製したアルミニ ウム合金継手の微細組織 と力学的特性	Effect of Ultrasound on Microstructure Evolution of Friction Stir Welded Aluminum Alloys J. Manufacturing Processes, 56 (2020), 362-371. Y. Hu, H. Liu, H. Fujii and K. Ushioda
57	西北工業大学 (中国)	摩擦攪拌接合による金属 材料における微細組織形 成	Effect of Stacking Fault Energy on the Grain Structure Evolution of FCC Metals During Friction Stir Welding Acta Metall. Sin., 33 (2020), 1001-1012. X. Liu, Y. Sun, T. Nagira, K. Ushioda and H. Fujii
58	Indian Institute of Technology Dhanbad (インド)	鉄鋼材料とアルミニウム 合金の異種摩擦攪拌重ね 接合	Elucidation of Interfacial Microstructure and Properties in Friction Stir Lap Welding of Aluminium Alloy and Mild Steel Mater. Charact., 168 (2020) A. Kar, B. Vicharapu, Y. Morisada and H. Fujii
59	Korea Polytechnic University (韓国)	鉄鋼材料の摩擦攪拌プロ セス	An Anomalous Effect of Grain Refinement on Yield Stress in Friction Stir Processed Lightweight Steel Mater. Sci. Eng. A., 799 (2021), 140057. B. Mirshekaria, A. Zarei-Hanzaki, A. Barabia, H. R. Abedi, S.-J. Lee and H. Fujii
60	清華大学 (中国)	摩擦攪拌接合によるマグ ネシウム合金における微 細組織形成機構の解明	Quasi-in-situ Investigation into the Microstructure and Texture Evolution of Pure Magnesium during Friction Stir Welding J. Magnes. Alloy., 8, 4 (2020), 1071-1083. M. Zhou, Y. Sun, Y. Morisada, K. Ushioda and H. Fujii
61	西北工業大学 (中国)	摩擦攪拌接合による金属 材料における微細組織形 成	Mechanism of Grain Structure Development for Pure Cu and Cu-30Zn with Low Stacking Fault Energy during FSW Sci. Technol. Weld. Joining, 25, 8 (2020), 669-678. T. Nagira, X. C. Liu, K. Ushioda and H. Fujii
62	Korea Polytechnic University (韓国)	摩擦攪拌接合による TWIP 鋼の組織形成と耐食性向 上	Corrosion Behavior and Microstructure of Stir Zone in Fe-30Mn- 3Al-3Si Twinning-Induced Plasticity Steel after Friction Stir Welding Metals, 10, 11 (2020) H.-J. Kim, H. Fujii and S.-J. Lee
63	マラヤ大学 (マレーシア)	異種材料のパウダー添加 摩擦攪拌接合	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
64	清華大学 (中国)	超微細粒を有する純マグ ネシウムにおける変形機 構の解明	Deformation Modes during Room Temperature Tension of Fine- Grained Pure Magnesium Acta Mater., 206 (2021), 116648. Z. Zeng, M. Zhou, P. Lynche, F. Mompou, Q. Gu, M. Esmaily, Y. Yan, Y. Qiu, S. Xu, H. Fujii, C. Davies, J.-F. Nie and N. Birbilis
65	上海交通大学 (中国)	プラズマ溶接及びミグ溶 接のハイブリッド溶接の 開発	Interactive Phenomena in Hybrid KPAW-GMAW-P Weld. J., 99 (2020), 146-s-155-s. D. Wu, S. Tashiro, Z. Wu, K. Nomura, X. Hua and M. Tanaka
66	ハノイ工科大学 (ベトナム)	プラズマキーホール溶接 のキーホール及び溶融池 現象の実験観察	Influence of Shielding Gas Composition on Molten Metal Flow Behavior during Plasma Keyhole Arc Welding Process J. Manufacturing Processes, 53 (2020), 431-437. A. V. Nguyen, S. Tashiro, M. H. Ngo, A. H. Le, H. V. Bui 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
67	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	Application of Pulse Plasma MIG Welding Process to Al/steel Dissimilar Joining Weld. World, 64 (2020), 857-871. S. B. Mamat, S. Tashiro, M. N. Masri, S. M. Hong, H.-S. Bang and M. Tanaka
68	Chosun University (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 on Thermal Characteristics of Direct Current Pulsed Gas Metal Arc Welded Joints of AA5052 Aluminum Alloy to DP590 High Strength Steel Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38 (2020), 93s-97s. S. M. Hong, S. Tashiro, H.-S. Bang and M. Tanaka
69	上海交通大学 (中国)	プラズマ溶接及びミグ溶接のハイブリッド溶接の開発	Numerical Study of Keyhole Behaviors and Thermal Fluid Flow in High Current Plasma Arc Welding Q. J. Jpn. Weld. Soc., 38 (2020), 40s-43s. D. Wu, S. Tashiro, X. Hua and M. Tanaka
70	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	Effect of Plasma Flow in Plasma MIG Welding Process to the Microstructure Refinement at Heat Affected Zone of As-Welded Carbon Steel Mater. Sci. Forum, 1010 (2020), 15-20. S. Mamat, A. A. M. Afandi, M. B. A. Baker, M. N. Masri, M. Mohamed, M. K. A. A. Razab, T. Yuji, S. Tashiro and M. Tanaka
71	蘭州理工大学 (中国)	GMA 溶接におけるローテーション移行の発生原理解明	3D Numerical Study of External Axial Magnetic Field-Controlled High-Current GMAW Metal Transfer Behavior Materials, 13 (2020), 5792(16pp). L. Xiao, D. Fan, J. Huang, S. Tashiro and M. Tanaka
72	ハノイ工科大学 (ベトナム)	プラズマキーホール溶接のキーホール及び溶融池現象の実験観察	Effect of the Eddies Formed inside a Weld Pool on Welding Defects during Plasma Keyhole Arc Welding J. Manufacturing Processes, 59 (2020), 649-657. A. V. Nguyen, S. Tashiro, M. H. Ngo, H. V. Bui and M. Tanaka
73	上海交通大学 (中国)	プラズマ溶接及びミグ溶接のハイブリッド溶接の開発	Coupled Mechanisms of the Keyhole, Energy Transfer and Compositional Change Associated with the Variable Polarity Plasma Arc Process J. Phys. D-Appl. Phys., 54 (2020), 115204. D. Wu, S. Tashiro, X. Hua and M. Tanaka
74	Chosun University (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	A Study on the Effect of Current Waveform on Intermetallics Formation and the Weldability of Dissimilar Materials Welded Joints (AA5052 Alloy-GI Steel) in AC Pulse GMAW Metals, 11 (2021), 561. S. M. Hong, S. Tashiro, H.-S. Bang and M. Tanaka
75	北京工業大学 (中国)	アルミニウム合金の交流アーク溶接	Physical Mechanism of Material Flow in Variable Polarity Plasma Arc Keyhole Welding Revealed by in Situ X-ray Imaging Phys. Fluids, 33, 1 (2021), 017121-1-10. B. Xu, S. Chen, S. Tashiro, F. Jiang and M. Tanaka
76	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 Arc Behaviour in TIG/MIG Hybrid Welding Process IOP Conf. Ser. : Earth Environ. Sci., 596 (2021), 12025(7pp). R. A. E. Roslan, S. Mamat, P. T. Teo, F. Mohamad, S. Gudur, Y. Toshifumi, S. Tashiro and M. Tanaka
77	インド工科大学 ハイデラバード校 (インド)	波形制御 SAW の溶融現象解明	Thermal Modelling of Alternating Current Square Waveform Arc Welding Case Stud. Therm. Eng., 25 (2021), 100885. U. K. Mohanty, A. Sharma, Y. Abe, T. Fujimoto, M. Nakatani, A. Kitagawa, M. Tanaka and T. Suga

No.	協働研究連携先 (海外機関名)	研究テーマ	国際共著論文
78	Guilin University of Electronic Technology (中国)	高耐熱接合部形成のためのプロセスの検討	Interfacial Transformation of Preoxidized Cu Microparticles in a Formic-Acid Atmosphere for Pressureless Cu-Cu Bonding J. Mater. Sci. -Mater. Electron., 31 (2020), 14635-14644. R. Gao, S. He, J. Li, Y.-A. Shen and H. Nishikawa
79	Hanoi University of Science and Technology (ベトナム)	低温接合向け低融点合金の探索と特性評価	Microstructure and Mechanical Properties of the In-48Sn-xAg Low-Temperature Alloy J. Mater. Sci., 55 (2020), 10824-10832. D. L. Han, Y.-A. Shen, S. Jin and H. Nishikawa
80	Feng Chia University (台湾)	高耐熱接合部形成のためのプロセスの検討	Mechanical and Microstructural Enhancements of Ag Microparticle-Sintered Joint by Ultrasonic Vibration J. Mater. Sci. -Mater. Electron., 31 (2020), 21711-21722. R. Gao, Y.-A. Shen, J. Li, S. He and H. Nishikawa
81	Hanoi University of Science and Technology (ベトナム)	低温接合向け低融点合金の探索と特性評価	Effect of Cu Addition on the Microstructure and Mechanical Properties of In-Sn-based Low-Temperature Alloy Mater. Sci. Eng. A., 804 (2021), 140785. D. L. Han, Y.-A. Shen, S. He and H. Nishikawa
82	City University of Hong Kong (中国)	高耐熱接合部形成のためのプロセスの検討	Electromigration Behavior of Silver Thin Film Fabricated by Electron-Beam Physical Vapor Deposition J. Mater. Sci., 56 (2021), 9769-9779. Z. Jin, Y.-A. Shen, F. Huo, Y. C. Chan and H. Nishikawa
83	Feng Chia University (台湾)	高耐熱接合部形成のためのプロセスの検討	Investigation of FeCoNiCu Properties: Thermal Stability, Corrosion Behavior, Wettability with Sn-3.0Ag-0.5Cu and Interlayer Formation of Multi-Element Intermetallic Compound Appl. Surf. Sci., 546 (2021), 148931. Y.-A. Shen, H.-M. Hsieh, S.-H. Chen, J. Li, S.-W. Chen and H. Nishikawa
84	National Cheng Kung University (台湾)	低温接合向け低融点合金の探索と特性評価	Improvements in mechanical properties of Sn-Bi alloys with addition of Zn and In Mater. Sci. Eng. A-Struct. Mater., 813 (2021), 141131 Y Hirata, C.-H. Yang, S.-K. Lin, H. Nishikawa
85	City University of Hong Kong (中国)	高耐熱接合部形成のためのプロセスの検討	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, H. Nishikawa
86	同済大学 (中国)	溶接十字継手の高精度応力集中係数(Kt)算式の提案	Parametric Formula for Stress Concentration Factor of Fillet Weld Joints with Spline Bead Profile Materials, 13, 20 (2020), 4639. Y. Wang, Y. Luo and S. Tsutsumi
87	同済大学 (中国)	溶接十字継手の高精度応力集中係数(Kt)算式の提案	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
88	Indian Institute of Technology Hyderabad (インド)	Workpiece 振動アシストパルス GTA 溶接における溶接溶込み形状改良とその機構に関して	Metallurgical Characterization of Penetration Shape Change in Workpiece Vibration-Assisted Tandem-Pulsed Gas Metal Arc Welding Materials, 13 (2020), 3096. H. H. Zargari, K. Ito, T. Miwa, P. K. Parchuri, H. Yamamoto and A. Sharma
89	Indian Institute of Technology Hyderabad (インド)	Workpiece 振動アシストパルス GTA 溶接における溶接溶込み形状改良とその機構に関して	Visualizing the Vibration Effect on the Tandem-Pulsed Gas Metal Arc Welding in the Presence of Surface Tension Active Elements Int. J. Heat Mass Transf., 161 (2020), 120310. H. Hamed, K. Ito, M. Kumar and A. Sharma

No.	協働研究連携先 (海外機関名)	研究テーマ	国際共著論文
90	大連理工大学 (中国)	異種ナノ材料界面の創製 と機能探索	Preparation of 2D Ultrathin Titanium Dioxide Nanosheets with Enhanced Visible-Light Photocatalytic Activity Micro Nano Lett. (2021), 1-6. Z. Dai, X.-Z. Song, F. Tang, X. Kang, S. Liu, H. Abe, S. Ohara and Z. Tan
91	ベトナム科学技術アカデミー (ベトナム)	異種ナノ材料界面の創製 と機能探索	Electrochemical Sensor Based on Reduced Graphene Oxide/Double-Walled Carbon Nanotubes/Octahedral Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /Chitosan Composite for Glyphosate Detection Bull. Environ. Contam. Toxicol. (2021) C. T. Thanh, N. H. Binh, P. N. D. Duoc, V. T. Thu, P. V. Trinh, N. N. Anh, N. V. Tu, N. V. Tuyen, N. V. Quynh, V. C. Tu, B. T. P. Thao, P. D. Thang, H. Abe and N. V. Chuc
92	タイ国立金属材料技術研究センター (タイ)	アルミ・シートとアルミ・フォーム のレーザー溶接現象	Evolution Behavior of Laser Welding in Hybrid Structure between Open-Cell Aluminum Foam and Solid Aluminum Shell Weld. World, 65, 2 (2021), 263-274. P. Wattanapomphan, C. Phongphisutthinan, T. Suga, M. Mizutani and S. Katayama
93	国立台湾大学 (台湾)	複合材料を活用した生体セラミックス材料の高機能化	Strengthening Bioceramic through an Approach of Powder Processing Adv. Powder Technol., 31, 10 (2020), 4180-4186. H.-Y. Chang, Y.-C. Chen, P.-Y. Hsu, W.-H. Tuan, A. Kondo, T. Kozawa and M. Naito
94	国立中興大學 (台湾)	レーザー支援焼結法による銅の直接接合	Relationship between Nanomechanical Responses of Interfacial Intermetallic Compound Layers and Impact Reliability of Solder Joints Nanomaterials, 10, 8 (2020), 1456. J.-M. Song, B.-C. Huang, D. Tarnng, C.-P. Hung, K. Yasuda
95	Brawijaya 大学 (インドネシア)	水溶液中で3成分界面活性剤混合物から調製する脂質名のキャリアの系統的な界面特性の評価	Systematic Characterization of Nanostructured Lipid Carriers from Cetyl Palmitate/Caprylic Triglyceride/Tween 80 Mixtures in an Aqueous Environment Langmuir, 37, 14 (2021), 4284-4293. N. Izza, K. Suga, Y. Okamoto, N. Watanabe, T. Bui, Y. Wibisono, C. Fadla, 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キャリア教育的効果について(実践型短期海外インターンシップ成果報告書からの分析)  
グローバル人材育成教育研究, 8, 2 (2021), 1-12.  
寺西 未沙, 勝又 美穂子, 西川 宏, 近藤 勝義, 田中学
- (2) A Comparative Study of Friction Self-Piercing Riveting (F-SPR) and Self-Piercing Riveting (SPR) of Aluminum Alloy AA5182-O  
Engineering (2020)  
Y. Ma, H. Shan, S. Niu, Y. Li, Z. Lin and N. Ma
- (3) Impact of Stack Orientation on Self-Piercing Riveted and Friction Self-Piercing Riveted Aluminum Alloy and Magnesium Alloy Joints  
Automot. Innov., 3 (2020), 242-249.  
Y. Ma, S. Niu, H. Shan, Y. Li and N. Ma
- (4) A Novel Multi-Step Strategy of Single Point Incremental Forming for High Wall Angle Shape  
J. Manufacturing Processes, 56 (2020), 697-708.  
S. Wu, Y. Ma, L. Gao, Y. Zhao, S. Rashed and N. Ma
- (5) Fracture Mechanism and Strength Evaluation of Al5052/CFRP Joint Produced by Coaxial One-Side Resistance Spot Welding  
Compos. Struct., 252, 11 (2020), 112766.  
S. Ren, Y. Ma, S. Saeki, Y. Iwamoto, C. Chen and N. Ma
- (6) Joint Formation Mechanism and Performance of Resistance Rivet Welding (RRW) for Aluminum Alloy and Press Hardened Steel  
J. Mater. Process. Technol., 286 (2020), 116830.  
S. Niu, Y. Ma, M. Lou, C. Zhang and Y. Li
- (7) Study on the Microstructure and Mechanical Performance for Integrated Resistance Element Welded Aluminum Alloy/press Hardened Steel Joints  
Mater. Sci. Eng. A., 800 (2021), 140329.  
S. Niu, M. Lou, Y. Ma and Y. Li
- (8) Material Model Development of Magnesium Alloy and Its Strength Evaluation  
Materials, 14, 2 (2021), 1-16.  
W. Huang, N. Ma, Y. Ma, T. Amaishi, K. Takada and T. Hama
- (9) Deformation Mechanism and Enhanced Properties of Cu-TiB<sub>2</sub> Composites Evaluated by the In-Situ Tensile Test and Microstructure Characterization  
J. Alloy. Compd, 847 (2020), 156555.  
A. Bahador, J. Umeda, R. Yamanoglu, H. Ghandvar, A. Issariyapat, T. A. A. Bakar and K. Kondoh
- (10) Improved Ductility of Spark Plasma Sintered Aluminium-Carbon Nanotube Composite through the Addition of Titanium Carbide Microparticles  
Mater. Sci. Eng. A., 795 (2020), 139959.  
P. Nyanor, A. Bahador, O. A. El-Kady, J. Umeda, K. Kondoh and M. A. Hassan

- (11) Strengthening Evaluation and High-Temperature Behavior of Ti-Fe-O-Cu-Si Alloy  
Mater. Sci. Eng. A., 800 (2020), 140324.  
A. Bahador, J. Umeda, R. Yamanoglu, T. A. A. Bakar and K. Kondoh
- (12) Tensile Properties Improvement by Homogenized Nitrogen Solid Solution Strengthening of Commercially Pure Titanium through Powder Metallurgy Process  
Mater. Charact., 170 (2020), 110700.  
A. Issariyapat, P. Visuttiptikul, T. Song, A. Bahador, J. Umeda, Q. Ma and K. Kondoh
- (13) Mechanisms of Tensile Strengthening and Oxygen Solid Solution in Single  $\beta$ -Phase Ti-35 At.%Ta+O Alloys  
Mater. Sci. Eng. A., 802 (2020), 140677.  
K. Yokota, A. Bahador, K. Shitara, J. Umeda and K. Kondoh
- (14) Microstructure Globularization of High Oxygen Concentration Dual-Phase Extruded Ti Alloys via Powder Metallurgy Route  
Mater. Charact., 172 (2020), 110855.  
A. Bahador, J. Umeda, H. Ghandvar, T. A. A. Bakar, R. Yamanoglu, A. Issariyapat and K. Kondoh
- (15) Role B<sub>4</sub>C Addition on Microstructure, Mechanical, and Wear Characteristics of Al-20%Mg<sub>2</sub>Si Hybrid Metal Matrix Composite  
Appl. Sci., 11, 7 (2021), 3047.  
H. Ghandvar, M. A. Jabba, S. S.R. Koloor, M. Petrú, A. Bahador, T. A. A. Bakar and K. Kondoh

## (8) 国内学会発表

- (1) ジュール熱大荷重局部変形接合法を利用した高炭素鋼の低温圧接：界面組織観察と接合機構解明  
(一社)溶接学会 2020 年度 春季全国大会, 東京 (2020.4.22-24)  
劉 恢弘, 宮垣 徹也, 釜井 正善, 馬 運五, 麻 寧緒, 藤井 英俊
- (2) ジュール熱大荷重局部変形接合法を利用した高炭素鋼の低温圧接：界面組織観察と接合機構解明  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
劉 恢弘, 宮垣 徹也, 釜井 正善, 馬 運五, 麻 寧緒, 藤井 英俊
- (3) 高炭素鋼の圧接制御通電圧接における界面接合機構の解明  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
劉 恢弘, 宮垣 徹也, 釜井 正善, 馬 運五, 麻 寧緒, 藤井 英俊
- (4) 高張力鋼板抵抗スポット溶接の破断解析に関する研究  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
馬 運五, 麻 寧緒, 菅 哲男, 余 洋, 前田 恭平, 井原 涼平, 鈴木 励一
- (5) 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 接合部の強度評価と破壊特性分析(第2報)」  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
任 森棟, 馬 運五, 佐伯 修平, 岩本 善昭, 檜崎 邦男, 麻 寧緒

- (6) 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「人工知能技術を用いた Al5052 / CFRP 接合部の界面温度の予測 (第 3 報)」  
(一社)溶接学会 2020 年度 秋季全国大会, WEB 開催 (2020.9.9-11)  
任 森棟, 馬 運五, 檜崎 邦男, 麻 寧緒, 佐伯 修平, 岩本 善昭

**(10) 国内会議講演**

- (1) Negative Capability とグローバル人材力に関する研究計画について  
第 8 回全国大会・第 1 回国際遠隔会議, オンライン開催 (2021.2.6-7)  
勝又 美穂子
- (2) アジア・太平洋最新教育事情と国際交流のニューノーマルー現地の COVID-19・大学の授業状況・派遣と受け入れ留学の現状ー  
第 8 回全国大会・第 1 回国際遠隔会議, オンライン開催 (2021.2.6-7)  
勝又 美穂子

**(11) 解説・総説**

- (1) 文理・異文化融合課題解決型グローバル人材育成プログラムが参加学生の進路検討に与える効果(カップリング・インターンシップ参加学生の進路追跡調査より)  
グローバル人材育成教育研究, 8, 2 (2021) 45-53.  
橋本 智恵, 勝又 美穂子, 西川 宏, 近藤 勝義
- (2) 固相接合プロセスにおける熱・力学現象のシミュレーション  
素形材, 61, 9 (2020), 1-8.  
麻 寧緒, 馬 運五, Peihao Geng

**(15) 受賞**

- (1) 2019 年度 論文賞  
グローバル人材育成教育学会 (2021.02.06)  
勝又 美穂子, 橋本 智恵

# 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熔融池が形成される過程を研究対象としたプロセス学、熔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14年が経過し、その間13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、コロナ感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データをそのまま利用するソフト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、松山欽一博士、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感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、JWRI オフィス@上海交通大学と連携し、SDGs(持続可能な開発目標)に向けた取り組みとして世の中の関心が高い『マルチマテリアルの接合技術と数値解析』をテーマに設定し、2020年12月4日第13回講演会をオンラインにて開催した。

本講演会で、大阪大学・廣瀬明夫教授と上海交通大学・Yongbing Li教授は、それぞれ「マルチマテリアル接合技術の現状とトレンド」と「中国における自動車薄板構造の接合技術とトレンド」について基調講演を行い、日産自動車・宮本健二様は「鋼板とアルミ合金板の抵抗スポット溶接およびその数値解析」を、神戸製鋼所・伊原涼平様は「異種金属接合技術の課題とSPR+接着併用構造部材の評価解析」を、電元社トーア・伯修平様は「同軸電極を用いたアルミとCFRPの片側抵抗スポット溶接技術と数値解析」を、それぞれ講演した。最後、本研究拠点・村川英一招へい教授は、「特性テンソル法とJWRIAN-Cpropによるき裂進展解析と疲労寿命予測」に関して研究紹介し、本研究拠点・麻寧緒教授は、「溶接・接合の残留応力ひずみを予測・測定するソフトJWRIANの開発と応用」について最新の研究開発成果を報告した。講演会の休憩時間に本研究拠点と米倉製作所は、オンラインの媒体を活用して、「CCWSが開発したソフトJWRIANの数値解析事例」と「材料試験方法や高精度な試験装置」をそれぞれ技術展示した。講演会には、57名(国内56名、海外1名)の方にご参加頂いた。

#### 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

2007～2016年の研究成果を引き継ぎ、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データをそのまま利用するソフト

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。このように CCWS は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における研究ネットワークの形成に努めており、今後の展開が期待される。



## 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 (FDWS)

### 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、招へい教授1名である。構成員が共同執筆した疲労性能に関連する査読付き研究論文は28件、査読あり国際会議発表論文1件であった。また、Engineering Structuresに掲載された論文が世界的に優れた成果であるとして、Advances in Engineering (AIE)により引用公開された。

## (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（マイクロからマクロレベル）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、最新疲労研究の紹介を行っている。これらを通じて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るとともに、学生からも多くの質問を受け付けている。

### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

昨年度から延期となっていた第 4 回講演会『溶接構造の疲労性能評価技術の最前線』が 2021 年 3 月 26 日午後 14 時から 17 時 10 分まで開催された。今年度はオンライン方式での開催であり、173 名の研究者・技術者の方の参加があった。本講演会では、まず特別基調講演として、法政大学大学院デザイン工学研究科客員教授の森 猛先生より「鋼道路橋の疲労設計と疲労強度」と題した講演を賜った。続く基調講演では、九州大学大学院 工学研究院教授の松永久生先生より「水素環境中における金属材料の各種強度特性に関する最新の研究」と題してご講演いただいた。最後に、本研究所の堤成一郎准教授により、溶接構造の疲労性能評価のための研究開発動向に関する講演が行われた。本講演会は、外部講師による講演時間をそれぞれ 90 mim. および 70 mim. と長く設定しての開催であった。また、半数以上が産業界からの参加であり、鋼橋の疲労性能設計に関する最新の技術分野から、精緻な計測技術を駆使する水素環境中の材料強度研究分野に関して、活発な意見交換が行われ、盛会裡に終了した。

FDWS の活動を通じて得られた各種知見は、下記のように FDWS 講演会以外でも、溶接および疲労強度評価に関連する学協会主催の講演会やフォーラムにおいて積極的に公表している。

局所弾塑性応答に基づく疲労亀裂発生伝播寿命評価、溶接学会「第 235 溶接構造研究委員会」および日本船舶海洋工学会「第 47 回材料・溶接研究会」との合同委員会、Web、(2021.03.16)

### 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

2020 年度は FDWS 設立 5 年目であるが、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。2020 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 19 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 10 件が掲載された。

## V. 研究集会等



## 5. 1 特別講演会

### 介在物を起点とする鋼材の孔食発生機構と固溶炭素を利用した高耐食化

日時 2021年2月8(月) 10:00～12:00

場所 オンライン

講演者 武藤 泉 東北大学大学院 工学研究科 知能デバイス材料学専攻教授

参加者 28名

#### 概要

2020年度 先端基礎科学分野の招へい教授である東北大学の武藤 泉先生（東北大学大学院 工学研究科 知能デバイス材料学専攻 教授）による特別講演会が2021年2月8日（月）にオンライン形式により開催された。「介在物を起点とする鋼材の孔食発生機構と固溶炭素を利用した高耐食化」と題した講演は、マイクロ電気化学システムを用いたミクロ領域での孔食発生挙動の観察とその結果を基にした孔食発生機構の解明など、非常に興味深い内容であった。ステンレス鋼中のMnS系介在物を起点とする孔食については、鋼/MnS界面での溝状腐食から始まり、孔食に進展していく様子が映像で明確に映し出された。これは、従来のMnSそのものが溶解して孔食に進展するという機構ではなく、MnSがアノード溶解によってSを溶出し、このSとCl<sup>-</sup>イオンが共存する環境において、Sが鋼/MnS界面の脱不動態化を促進し、不動態皮膜の再生を妨げていることが要因であるとの新しい機構が示された。また、セメンタイト(Fe<sub>3</sub>C)とフェライトとの層状組織となるパーライトでは、孔食は層状(ラメラ)フェライトに沿って一方向に成長することが映像で示され、同じ結晶構造の初析フェライトよりも孔食が発生しやすくなっている。これは、パーライトが初析フェライトよりもSが濃化したオーステナイトから生成されるために、層状(ラメラ)フェライト中にSの偏析が起こり、このSが溶出することによってMnSの場合と同様に孔食が発生することが示された。さらに、このような耐孔食性劣化現象に対しては、鋼の溶解速度を低減することが耐孔食性の向上に有効であり、そのためには鋼にCを多量に固溶させることで効果があることが示された。例えば、浸炭処理によって活性溶解速度を低下させることが可能であり、また、Cを多量に固溶したマルテンサイトも良好な耐孔食性を示し、韌性ととのバランスから焼戻し条件を制御することによって、韌性と耐孔食性を両立できる可能性が示された。従来は当研究所に来ていただいて講演会を開催するところ、新型コロナウイルス感染拡大で緊急事態宣言が発令されていることから、初めてのオンライン開催となったが、非常にわかりやすく、また、貴重な内容を含む講演であったことから、参加者からも多数の質問が出され、非常に有意義な講演会となった。

## 5. 2 研究集会

### a. 「先進機能性表面・構造を創出するレーザー表層加工」研究集会

日時 2020年9月29日(火) 13:00～17:00

場所 接合科学研究所 荒田記念館

講演者 塚本 雅裕 大阪大学接合科学研究所・教授  
宮野 泰征 秋田大学・准教授  
奈良崎愛子 産業総合研究所・研究グループ長  
橋田 昌樹 京都大学化学研究所・准教授  
宮地 悟代 東京農工大学・准教授  
三瓶 和久 株式会社タマリ工業・理事  
佐藤 雄二 大阪大学接合科学研究所・准教授

参加者 70名

#### 概要

2020年9月29日(火)当研究所荒田記念館にて「先進機能性表面・構造を創出するレーザー表層加工」と題した研究集会が開催された。本研究集会ではレーザー表層加工技術や次世代加工技術に関して最前線でご活躍中の、大阪大学接合科学研究所・塚本雅裕教授、秋田大学・宮野泰征准教授、産業技術総合研究所・奈良崎愛子氏、京都大学化学研究所・橋田昌樹准教授、東京農工大学・宮地五代准教授、株式会社タマリ工業・三瓶和久氏にご講演頂き、最後に佐藤が講演した。

本研究集会は、コロナ禍中のため、検温、アルコール消毒、ソーシャルディスタンス確保、マスク・フェイスシールド着用など、ウイルス感染拡大防止措置を講じての研究集会となり、70名の研究者・技術者の方にご参加いただいた。参加者の半数以上が産業界の方となり、産学連携に向けて活発な意見交換が行われ、盛会裏に終了した。



## b. 第2回 先進機能性表面・構造を創出するレーザー表層加工

日時 2021年2月22日(月) 13:00～17:00

場所 「Webex」によるオンライン会議

講演者 竹中 啓輔 大阪大学接合科学研究所・特任研究員  
神田 和輝 株式会社デンソー  
板倉 雅彦 ダイセルミライズ株式会社  
津山 美穂 近畿大学・講師  
甲藤 正人 宮崎大学・准教授  
有本 太郎 ウシオ電機株式会社  
大久保友雅 東京工科大学・准教授

参加者 83名

### 概要

2021年2月22日(月)に第2回「先進機能性表面・構造を創出するレーザー表層加工」と題して研究集会をオンライン形式にて開催した。レーザー表層加工は、レーザーの高エネルギービームを利用して機能性表面を創出する技術として多方面で利用されている技術である。例えば、紫外線レーザーの高光子エネルギーを利用した光化学的表面改質、フェムト秒パルスレーザーを用い微細周期構造の形成、ナノ秒パルスレーザー誘起ブルームによるナノ構造の形成、半導体レーザーやファイバーレーザーを用いて、その照射部に材料粉末を供給して表面付加加工する手法などがある。これらレーザー表層加工技術は、マルチマテリアルの開発に必要不可欠な技術として用いられており、近年、学術会、産業界ともに注目されている技術分野である。そこで本研究集会では、レーザー表層加工技術に関連した最前線で活躍している研究者、企業の方に講演を頂き、当該分野の理解を深めるプラットフォームを提供した。

当研究所からは、竹中啓輔研究員がレーザー加工光源として注目されている青色半導体レーザー光源の開発と純銅コーティングに関する講演を行った。続いて金属との異種材料接合に関する講演として、(株)デンソー・神田氏よりパルスレーザーを用いた表層加工技術を用いた車載半導体パッケージにおける樹脂と金属の直接接合に関する講演、ダイセルミライズ(株)・板倉氏よりCWレーザーを用いた微細構造形成法(D-LAMP)に関する講演を行った。次に表面改質に関する講演として、近畿大学・津山講師よりレーザピーニングに関する講演、宮崎大学・甲藤准教授より真空紫外光による表面励起プロセスとその応用に関する講演、ウシオ電機(株)・有本氏より真空紫外エキシマランプを用いた表面改質に関する講演、東京工科大学・大久保准教授による高出力レーザーの高速掃引による高温加熱試験に関する講演を行った。

約80名の参加者のうち半数以上が産業界の方となり、産学連携に向けて活発な意見交換が行われた。

### 5. 3 共同研究員・共同研究成果発表会

日時 2020年11月16日(月) 13:00～16:10

場所 ZoomによるWEB開催

参加者 50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。例年、国際会議との共催という形で実施していたが、2020年度はコロナ感染拡大の防止を目的として、Zoomを用いたオンラインでの開催となった。全体で9件の研究発表がなされ、50名の方々に出席いただくことができ、コロナ禍という厳しい状況下でも多くの研究者に参加頂けたことで、成果発表に対する活発な意見交換を行うことができた。



# 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]
ロシア極東連邦総合大学高等教育機関	ロシア連邦	田中 学
ドルトムント工科大学機械工学科	ドイツ連邦共和国	田中 学
イスタンブール工科大学船舶海洋構造工学学科	トルコ	近藤 勝義
天津理工大学材料工学部	中華人民共和国	南 二三吉
モンクット王北バンコク工科大学機械教育工学科	タイ王国	田中 学
スペイン・マドリッド州立先進材料研究所	スペイン共和国	内藤 牧男
マレーシアペルリス大学材料工学部	マレーシア	西川 宏
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
ヤンゴン工科大学	ミャンマー連邦共和国	近藤 勝義
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	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	勝又美穂子
カセサート大学工学部	タイ王国	勝又美穂子
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	勝又美穂子
デ・ラ・サール大学理学部	フィリピン共和国	勝又美穂子
ハノイ国家大学科学技術大学	ベトナム社会主義共和国	勝又美穂子
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	西川 宏
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	勝又美穂子
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
ブラウンホーファー研究機構・材料・ ビーム技術研究所	ドイツ連邦共和国	佐藤 雄二
金烏工科大学先端材料・部材自発的創造教育センター	大韓民国	伊藤 和博
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 寧諸
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	井上 裕滋
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	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	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	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	勝又美穂子

## 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17回産学連携シンポジウム

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

教授 桐原 聡秀

2020年6月26日に大阪商工会議所ならびに生産技術振興協会との共催にて、シンポジウムを開催した。感染拡大防止の観点から、講演動画を特設サイトで視聴する形式が採用された。共同研究賞の受賞講演2件をはじめ、溶接・接合科学に関する、所内の研究シーズ講演4件をWEBコンテンツとして含めた。参加企業・団体は156を数え、学内32名を含む、合計215名の方々に参加頂いた。各動画の視聴率も90%を超えており、興味関心の高さが伺える結果となった。

2020年  
6/26 (金)  
10:00 ~ 17:00  
(講演動画を視聴可能な時間帯)

会場 シンポジウム ウェブサイト  
参加費 無料  
(講演動画の資料費用は発生しません)

大阪大学 接合科学研究所  
第17回 産学連携シンポジウム  
「接合って何? Joining & Welding world Resource Innovation」  
～ものづくりを支える・変革する～

WEB  
シンポジウム

### セッション1：共同利用・共同研究 受賞講演

---

航空機用チタン合金摩擦攪拌接合継手の高疲労強度化のための組織制御技術の開発

仲井 正昭 (近畿大学)

レーザ局所加熱を用いたセラミックス複合材料-金属材料の異材接合技術の開発

中里 直史 (室蘭工業大学)

### セッション2：産学連携活動

---

埋れアーク現象を利用した高能率厚板溶接の適用拡大に関する研究

門田 圭二 (ダイヘン溶接接合協働研究所)

### セッション3：接合科学研究所シーズ

---

非平衡プラズマが拓くパラダイム - 薄膜トランジスタ形成から医療、異材接合まで -

節原 裕一 (大阪大学接合科学研究所)

溶接高温割れ発生現象とその防止方法

門井 浩太 (大阪大学接合科学研究所)

多様なインク設計と微粒子アセンブリ

阿部 浩也 (大阪大学接合科学研究所)

## 7. 2 溶接学会 2020 年度秋季全国大会「溶接学問カフェ」 & 「溶接技術の歴史散歩」

接合評価研究部門 信頼性評価・予測システム学分野

教授 井上 裕滋

溶接学会 2020 年度秋季全国大会は、関西支部が担当し、9月9日（水）から11日（金）の3日間の日程で、当初は、兵庫県立大学姫路工学キャンパスを会場として開催される予定であったが、新型コロナウイルス感染拡大防止の措置として、オンデマンド方式によりWEB開催されることとなった。関西支部としては、初めてのWEB開催であることから、多くの会員の参加をめざした注目企画として、当研究所が「溶接学問カフェ」と「溶接技術の歴史散歩」を企画・作成し、全国大会で配信された。

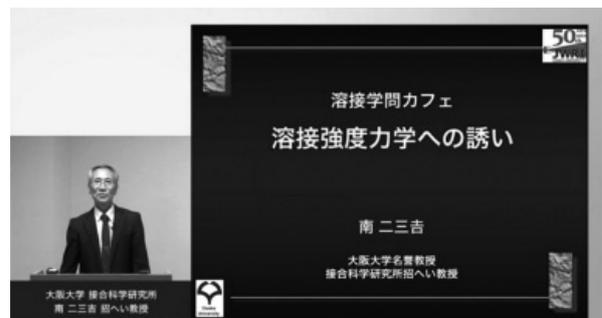
「溶接学問カフェ」では、専門家による溶接技術のトピックス提供として、大阪大学接合科学研究所特任教授の浅井知氏から「先端センシング技術が拓く高信頼性自動溶接の世界」と題して信頼性の高い自動溶接に必要なセンシングとモニタリング技術についての講義が、また、大阪大学名誉教授の南二三吉氏からは「溶接強度力学への誘い」と題して溶接部特有の現象が継手強度に及ぼす影響と評価法についての講義が行われた。

「溶接技術の歴史散歩」では、歴史や開発経緯を学ぶことで、ものづくりにおける溶接・接合技術の重要性を再認識していただくことを狙い、大阪大学接合科学研究所招へい教授の三田常夫氏から「アーク溶接法・電源の発展経過」と題して各種アーク溶接法における溶接プロセスの開発経過とそれに用いられるアーク溶接電源の発展経過についての講演が、また、同じく大阪大学接合科学研究所招へい教授の中西保正氏から「日本の鋼構造物の歴史から紐解く溶接技術開発」と題して船舶、車両、貯蔵タンク、橋梁、ダム・水門など溶接構造物のものづくりの歴史と溶接技術の関係についての講演があり、溶接機器、溶接技術、材料技術、溶接構造物の発展の歴史について解説された。

こうして初めてWEB開催された秋季全国大会には、過去2番目の566名が参加し、盛況のうちに終了した。



溶接学問カフェの一場面（浅井 知氏）



溶接学問カフェの一場面（南 二三吉氏）



歴史散歩一場面（三田 常夫氏）



歴史散歩一場面（中西 保正氏）

### 7. 3 東京セミナー「非金属異材接合に向けた先進材料プロセスの開発」

接合プロセス研究部門 エネルギー変換機構学分野

准教授 竹中 弘祐  
教授 節原 裕一

2020年11月25日に接合科学研究所の主催でシンポジウムを開催し、感染拡大防止の観点から、講演動画を特設サイトで視聴頂いた。共同研究賞の受賞講演2件をはじめ、今回は、非金属異材接合に向けた先進材料プロセスの開発」と題して、金属と有機材料との異材接合に関する研究活動について、最新の研究成果を交えた講演3件をWEBコンテンツに含めた。

【セッション1：共同利用・共同研究賞 受賞講演】では、昨年度の接合科学研究所共同利用・共同研究賞ご受賞の西安交通大学、Xiao Tan Luo 先生に受賞課題である「Microstructures and mechanical properties of cold-spray additive manufactured materials」について、同じく昨年度ご受賞の大阪府立大学、野村 俊之先生に「ナノ粒子を接合した固体表面へのカビ胞子の付着抑制」について、ご受賞課題に対する最新の研究成果も交えながらご講演いただいた。

続いて、【セッション2：非金属異材接合に向けた先進材料プロセスの開発】では、接合科学共同利用・共同研究拠点における昨年度まで3年間取り組んできた「先導的重点課題」である「非金属異材接合に向けた先進材料プロセスの開発」において本研究で主に本課題に関わられた3名の先生方に、これまでの成果についてご講演いただいた。接合科学研究所、近藤 勝義先生には「C=O結合を利用した樹脂-金属異材の直接接合プロセス」、麻 寧緒先生には「CFRPと金属の接合プロセスにおける熱・力学現象の数値解析技術」について、これまでの成果についてご発表いただいた。また、名城大学の内田 儀一郎先生には「新規高周波プラズマジェットを用いた金属/樹脂プラズマ接合法の開発」について、最新の成果も踏まえてご講演いただいた。

今回の東京セミナーには74名の方々にご参加頂いた。例年と異なりコロナ禍の中、オンデマンド配信のWEBシンポジウムであったが、「視聴時間の制約がなく何度も視聴でき理解を深めることができた」、「ウェブで参加できる機会は、地方在住者には大変ありがたい」等の感想を頂戴し、WEB開催による新たな利点を見出すと共に、大変有意義なセミナーとなった。

大阪大学  
OSAKA UNIVERSITY

大阪大学 接合科学研究所 東京セミナー  
非金属異材接合に向けた先進材料プロセスの開発  
(WEB シンポジウム)  
2020年11月25日(水) 10:00 ~ 17:00  
(講演動画を視聴可能な時間帯)

参加費無料  
(講演動画の視聴費用は発生しません)

東京セミナーアンケート調査  
(講演資料集を無料進呈)

セッション1：共同利用・共同研究賞 受賞講演

「Microstructures and mechanical properties of cold-spray additive manufactured materials」  
Xiao Tan Luo (西安交通大学)  
講演動画 25分18秒

「ナノ粒子を接合した固体表面へのカビ胞子の付着抑制」  
野村 俊之 (大阪府立大学)  
講演動画 25分38秒

セッション2：非金属異材接合に向けた先進材料プロセスの開発

「C=O結合を利用した樹脂-金属異材の直接接合プロセス」  
近藤 勝義 (接合科学研究所)  
講演動画 25分23秒

「CFRPと金属の接合プロセスにおける熱・力学現象の数値解析技術」  
麻 寧緒 (接合科学研究所)  
講演動画 25分11秒

「新規高周波プラズマジェットを用いた金属/樹脂プラズマ接合法の開発」  
内田 儀一郎 (名城大学)  
講演動画 19分43秒

= 主催 =  
1972  
2022  
50  
JWRI  
OSAKA UNIVERSITY  
大阪大学 接合科学研究所

## 7. 4 第1回接合科学地球カフェ in Vietnam

接合評価研究部門 信頼性評価・予測システム学分野

教授 井上 裕滋

広域アジアものづくり技術・人材高度化拠点形成事業国際人材育成部門 合評価研究部門

特任准教授（常勤） 勝又 美穂子

2020年10月6日（火）、接合科学研究所とハノイ工科大学溶接工学金属技術学科（以下、ハノイ工大溶接学科）をオンラインでつなぎ、初の「接合科学地球カフェ」を開催した。同活動を通し、より多くの学生に当研究所の活動を知ってもらい学生交流を活発化すること、及び海外大学との連携促進を目指すものである。

今回のカフェマスターはハノイ工大溶接学科講師で、本年3月に当研究所にて博士号を取得したDr. Phan Huy Leであった。当日カフェにはハノイ工大溶接学科の学生と教員約40名が集った。

今回のカフェメニューは、当研究所田中 学所長の開店挨拶に続き、ハノイ工大溶接学科より現在当研究所博士後期課程に留学中のMr. Han Le Duyが本学及び当研究所の紹介、そして現在取り組んでいる研究についての講演を行った。研究紹介は、マイクロ接合（電子機器のパッケージング）に関する内容で、環境にやさしい材料を利用した低温溶接研究が紹介された。

参加学生は日本からモニターを通して届く講演に身を乗り出すように聞き入り、本学及び当研究所での研究に非常に興味を持ってくれたようだ。カフェ閉店後も留学方法や日本での研究活動の様子、また当研究所が実施する「JWRI 道場プログラム」に関する質問などが長時間続いた。

元々、接合科学カフェは当研究所が2017年より京阪電車なにわ橋駅構内のコミュニティスペースで1年に3回実施してきた活動である。コロナ禍で「リモート」が促進される中、新しく同カフェの地球展開が提案され、様々な国へメニューを届けることが可能となった。今回はベトナムと繋いで初の取り組みであったが、早速参加学生より当研究所プログラムへの応募について問い合わせがあるなど、手応えを感じている。

今後も「接合科学地球カフェ」は知的好奇心をくすぐるメニューを多く用意し展開予定だ。



写真左上：左 カフェマスター Le氏

写真左下：講演者 Duy氏

写真上：田中所長より開店挨拶の様子

## 7. 5 第2回接合科学地球カフェ in Vietnam

接合評価研究部門 信頼性評価・予測システム学分野

教授 井上 裕滋

広域アジアものづくり技術・人材高度化拠点形成事業 国際人材育成部門 合評価研究部門

特任准教授（常勤） 勝又 美穂子

2020年12月3日（木）、前回、10月6日の初回開催に続き、接合科学研究所とハノイ工科大学溶接工学金属技術学科（以下、ハノイ工大溶接学科）をオンラインでつなぎ、第二回「接合科学地球カフェ」を開催した。同カフェの目的はより多くの学生に当研究所の活動を知ってもらい学生交流を活性化すること、及び海外大学との連携促進を目指すものである。初回では、本学、当研究所の概要紹介と研究紹介が行われましたが、第二回目ではより具体的に大学生活の様子がレポートされた。

今回のカフェマスターは前回に引き続きハノイ工科大学溶接学科講師で、本年3月に当研究所にて博士号を取得したDr. Phan Huy Leであった。当日カフェにはハノイ工科大学溶接学科の学生と教員約15名が集った。

今回のカフェメニューは、当研究所田中 学所長の開店挨拶に続き、ハノイ工科大学溶接学科修士課程修了後、現在当研究所博士後期課程に留学中のMr. Quang Trinh Ngocが本学及び当研究所の紹介、そして現在取り組んでいる研究について講演を行った。大学生活の紹介では、Mr. Ngocが研究室仲間と共に自作した所属研究室での研究活動や仲間との様子、日々のキャンパスライフを学生目線で捉えたビデオが放映された。研究紹介では、Mr. Ngocが現在国際産学連携共同研究で取り組んでいるアーク現象に係る紹介が行われた。

ハノイ側から参加した学生は、自身も構内を歩いているかのような感覚を覚える紹介ビデオに興味深く見入っていた。また、溶接学科の教員からはMr. Ngocの研究内容に対するアドバイスやコメントも多くあり、学生と教員共に楽しんだカフェ時間となった。

初回及び第二回の同カフェはベトナムと繋いでの取り組みであったが、今後は他国の連携大学とも開催を検討しており、カフェの地球展開を継続中である。



写真上：ハノイ工科大学側の様子

写真右：（右）田中所長開店挨拶の様子

（左）笑顔で見つめる講演者のMr. Ngoc



## 7. 6 第3回接合科学地球カフェ (Joining Science Cafe in ASEAN Campus -Mahidol University-)

接合評価研究部門 信頼性評価・予測システム学分野

教授 井上 裕滋

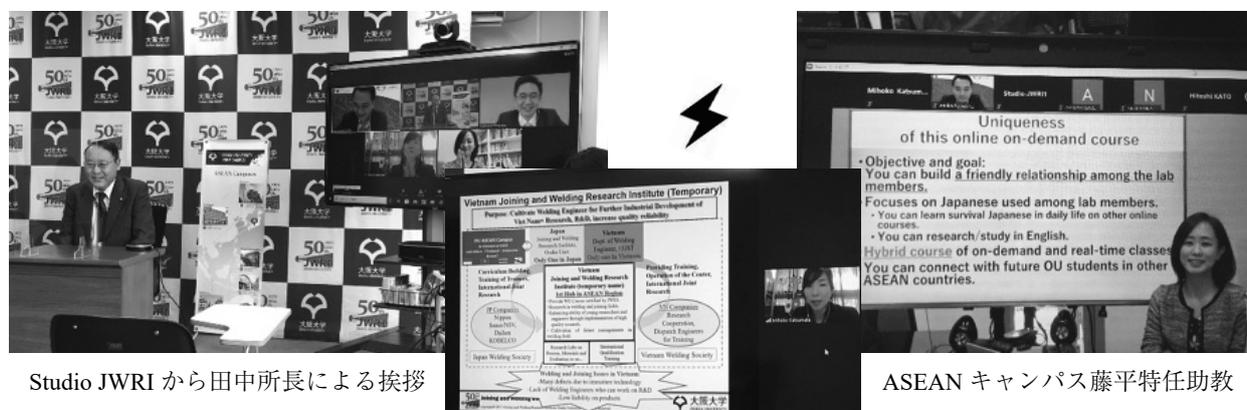
広域アジアものづくり技術・人材高度化拠点形成事業 国際人材育成部門 合評価研究部門

特任准教授 (常勤) 勝又 美穂子

2021年1月27日(水)、接合科学研究所 Studio JWRI (日本)と本学 ASEAN キャンパス@マヒドン大学 (タイ)、そして当研究所ベトナムオフィス@ハノイ工科大学 (ベトナム) の3カ国を接続した「接合科学地球カフェ」第3回目がオープンした。「接合科学地球カフェ」は、より多くの学生に当研究所の活動を知ってもらい学生交流を活発化すること、及び海外大学との連携促進を目的とし活動している。同カフェとして今回は初の本学 ASEAN キャンパスとの連携、初の3カ国接続による開催となった。本学がマヒドン大学に設置している ASEAN キャンパスに滞在の日本語・日本文化教育センター藤平愛美特任助教及びマヒドン大学 Ekkachai Warinsiriruk 教授の多大なるご協力の下、開催を実現することが出来た。当日は3カ国より合計50名程がカフェに集った。

今回のカフェマスターは日本へ留学経験を持ち当研究所とも連携の深いマヒドン大学工学部 Ekkachai Warinsiriruk 教授であった。田中 学当研究所長より本日開店の挨拶に続き、マヒドン大学工学部副学部長 Yodchanan Wongsawat 教授より今後の連携への期待が述べられた。続いて今回のカフェメニューとして、当研究所 勝又美穂子特任准教授より研究所の紹介、続いて同 佐藤雄二准教授より独自開発レーザによるアディティブ・マニファクチャリングについて、同 近藤研究室タイ出身博士留学生 Ammarueda Issariyapat さんからアディティブ・マニファクチャリングによる先進チタン合金材料の研究に係る発表が行われた。マヒドン大学からも2名の学生による研究紹介があり、続いて藤平特任助教より、遠隔による工学系日本語教育(留学前教育)に関する取り組み紹介が行われ、最後に当研究所 井上裕滋教授の挨拶により閉店した。当研究所や本学の取り組み紹介に留まらず、最新研究の紹介も有り、大変充実したメニューとなった。今回の地球カフェをきっかけに、多くのマヒドン大学学生が本学での研究に関心を持ってくれること、及び双方機関の一層の研究連携へ繋がることを強く期待している。今後も本学 ASEAN キャンパスとの連携により、各地域の大学との有機的な連携発展に取り組む予定である。

コロナ禍で発想された同カフェは、新時代のニーズに応えつつ、当研究所が従来から大切にしているアットホームな距離感を維持しながら、今後も様々な国へメニューを届ける予定である。



Studio JWRI から田中所長による挨拶

ASEAN キャンパス 藤平特任助教

JWRI ベトナムオフィス  
勝又特任准教授

## 7. 7 第5回ベトナム溶接研究会

広域アジアものづくり技術・人材高度化拠点形成事業 国際人材育成部門

特任准教授（常勤） 勝又 美穂子

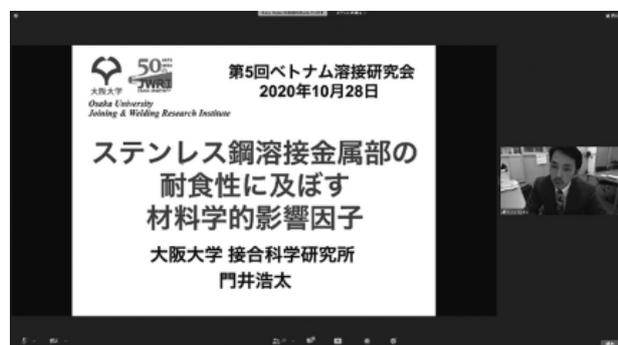
2020年10月28日（水）、本年2月のベトナム溶接研究会セミナー（ハノイ）に続き、第五回目の研究会をウェビナーとして開催した。新型コロナの影響により、少し時間が空いての開催となったが、今回はウェビナー開催ということで日本、ホーチミン市、ハノイ市などから合計40名近い参加があり、オンラインのメリットを活かしたセミナーとなった。

今回は本学から2名の講師が、溶接接合に関する分野での研究報告を行った。

田中 学会長（接合科学研究所長）からの開会の挨拶に続き、一件目の講演は本学工学研究科マテリアル生産科学専攻の大畑 充教授より行われた。発表タイトルは「大規模地震下での溶接構造部材における延性亀裂進展予測シミュレーション」であった。二件目の講演は本学接合科学研究所の門井浩太准教授から行われ、発表タイトルは「溶接金属部の耐食性に及ぼす材料学的影響因子」であった。2件の講演はともに大学らしい大変学術的な見地からの研究であり、参加者からは、日常業務においてなかなか聞くことのできない内容で大きな刺激となった、業務上扱っている金属に関して新しい知識を得ることができて勉強になった、などのフィードバックを頂戴した。会の最後には当研究会副会長の Bui Van Hanh 准教授（ハノイ工科大学機械工学部溶接工学金属技術学科長）から閉会の言葉が述べられ、終了した。

今回は新型コロナの影響により前回の開催から暫く時間が経ったが、各地から多くの方に参加いただき、また、研究会を毎回心待ちにしているというコメントも頂戴し、新たな励みとなった。

この場をお借りし、同研究会の活動を支えて頂いている企業及び関係者の皆様に厚く御礼する。



左上：田中会長からの開会の挨拶

左下：講演する門井准教授

右上：講演する大畑教授

## 7. 8 第6回ベトナム溶接研究会

広域アジアものづくり技術・人材高度化拠点形成事業 国際人材育成部門

特任准教授（常勤） 勝又 美穂子

2021年3月23日（火）、昨年10月のベトナム溶接研究会セミナー（オンライン）に続き、第六回目の研究会をウェビナーとして開催した。今回はウェビナー開催ということで日本、ホーチミン市、ハノイ市、バンコクなどから合計30名の参加があり、オンラインのメリットを活かしたセミナーとなった。

田中 学会長（接合科学研究所長）からの開会の挨拶に続き、一件目の講演は日本貿易振興機構（JETRO）ハノイの小林恵介次長より、『ベトナム経済概況と日系企業の動向～新型コロナウイルスの影響を受けて』と題し、コロナ禍のベトナムにおける企業の最新動向についてご報告いただいた。本会はベトナムへ進出されている、あるいは進出を考えている企業が参加されていることから、現状における最新動向の共有は今後を見通す上でも非常に有意義であった。二件目の講演は当研究所、佐藤雄二准教授より、『青色半導体レーザーを用いた次世代金属積層造形技術の開発』と題し、独自開発のレーザーヘッドを利用した最先端の積層造形技術の紹介等が行われた。溶接・接合技術の一つとして最先端を行く同技術が、これからどのように社会で活用されていくかを想像しながら、参加者は興味深く聞き入った。その後、オンラインならではのと言える、接合科学研究所バーチャル見学を放映し、当研究所の一部設備を訪問いただいた。

セミナーの最後には当研究会副会長の Bui Van Hanh 准教授（ハノイ工科大学機械工学部溶接工学金属技術学科長）から今後の継続的な連携と会の発展を願う閉会の言葉が述べられ、終了した。セミナープログラムの終了後には、ネットワーキングセッションとして参加者をランダムに4名程度のブレイクアウトルームに分割し、個別に挨拶及び歓談をお楽しみいただいた。

今回も対面での実施は叶わなかったが、オンライン上でも定期的に企業の皆様と顔を合わせ、最新情報・技術について勉強することに強く意義を感じている。

この場を借り、同研究会の活動を支えて頂いている企業及び関係者の皆様に厚く御礼する。



JETRO 小林 次長



接合研 佐藤 准教授

## 7. 9 第9回接合科学カフェ「60分のミステリーツアー ―粒(つぶ)―」

技術部

技術職員 植原 邦佳

令和2年11月17日(火)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)の実来場観覧とオンライン観覧を併用した形式で第9回接合科学カフェが開催された。

『接合科学のミステリーツアー』をメインテーマとした接合科学カフェの第3弾となる今回は、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阿部 浩也 准教授が「60分のミステリーツアー ―粒(つぶ)―」と題して講演を行った。

米や片栗粉に代表されるように“粒”は身の回りにも多く存在しているが、実は複雑で“未知”にあふれている。“粒”の秘密を探るミステリーツアーが始まった。

まず、粉砂糖と氷砂糖を例に、「小さい粒ほど溶けやすく、反応速度が速い」といった、粒の反応性についての説明があり、その後ナノサイズの粒の接合体を燃料電池開発に応用する研究事例が紹介された。次に、粒の大きさによって色が変わる様子や小さなガラス粒でコーティングした水滴の挙動、磁石を近づけると固まる液体など、とても興味深い実験の様子を織り込みつつ、“粒”の不思議な性質が紹介された。途中で投げかけられるクイズでは、実来場観覧者とオンライン観覧者が共に挙手にて講演に参加する場面も見受けられた。また、オンラインにて多くの質問やコメントを頂くことができ、30名をこえるたくさんの皆様と“粒”のミステリーツアーを楽しむことができた。



カフェマスター 伊藤 和博 教授



ゲストスピーカー 阿部 浩也 准教授



会場の様子



## 7. 10 第10回接合科学カフェ「60分のミステリーツアー－ゆがみ－」

技術部

技術職員 植原 邦佳

令和2年12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)から配信されるオンライン観覧形式で第10回接合科学カフェが開催された。

『接合科学のミステリーツアー』をメインテーマとした接合科学カフェの第4弾となる今回は、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麻 寧緒 教授が「60分のミステリーツアー－ゆがみ－」と題して講演を行った。

橋梁・船舶・鉄道車両などの組み立ての際には、“溶接ゆがみ”が発生するが、溶接科学者や溶接エンジニアがゆがみの発生を制御し、安全な構造物を作り上げている。この、“ゆがみを制する技”の秘密を探るミステリーツアーが始まった。まず、ゆがみの基本として、ゆがみの種類やゆがみに影響を与える溶接条件や材料特性が紹介された。次に、ゆがみを防止する方法として治具などで固定する拘束法と溶接前または後に逆のゆがみを与える方法について説明があった。

また、「見えないゆがみが存在すると、それが“ストレス”になる」として、数値シミュレーションや実験で見えない“ストレス”を測定する方法が紹介された。さらに、ストレスの中にも“良いストレス”と“悪いストレス”があり、“悪いストレス”の周辺を加熱したり“悪いストレス”を叩いたりすることで“良いストレス”に変えることができることが示された。最後は、「溶接のストレスも人間のストレスと同じように、温泉につかったり(加熱)、マッサージをしたり(叩く)、薬膳・漢方薬(化学成分の添加)の力を借りることによって解消されている」と締め括られ、参加された皆様にとって“溶接ゆがみ”がより身近に感じられたのではないかと思う。途中で投げかけられるクイズに投票形式で参加して頂いたり、質問やコメントを頂いたり、35名の皆様と“ゆがみ”のミステリーツアーを楽しむことができた。



カフェマスター  
井上 裕滋 教授



ゲストスピーカー  
麻 寧緒 教授



配信の様子

## 7. 11 第 11 回接合科学カフェ「60 分のミステリーツアー –プラズマ–」

技術部

技術職員 植原 邦佳

令和 3 年 1 月 21 日（木）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）から配信されるオンライン観覧形式で第 11 回 接合科学カフェが開催された。

『接合科学のミステリーツアー』をメインテーマとした接合科学カフェの第 5 弾となる今回は、カフェマスター 田中 学 教授の司会進行のもと、ゲストスピーカーの竹中 弘祐 准教授が「60 分のミステリーツアー –プラズマ–」と題して講演を行った。身の回りにはプラズマを用いて「ものづくり」されたものがたくさんあり、そこではプラズマ中の粒子が様々な役割を演じている。この、“プラズマ”の秘密を探るミステリーツアーが始まった。

まず、かみなり・太陽・オーロラなどを例に、身の回りで発生するプラズマが紹介された。さらに、蛍光灯を例に放電の仕組みについての説明があった。さらに「低圧プラズマ」と「大気圧プラズマ」の生成方法とそれぞれの特徴について解説がなされた。

次に、プラズマの熱・光・核融合といった特徴を利用した、身近なところから宇宙開発に至るまで多方面にわたるプラズマの応用例が紹介された。特に、プラズマを使用したガン治療や創傷治療、植物の成長促進効果といった最新の医療・農業への応用例についても興味深い説明があった。最後に、「プラズマを用いたものづくり」と題して、半導体プロセスの紹介や竹中 准教授の研究室で実際に研究している「金属と樹脂の接合技術」についての説明があった。

ご参加下さった約 50 名の皆様には、講演途中に投げかけられるクイズに投票形式で参加して頂いた。また、皆様からたくさんの質問を頂くことができ、“プラズマ”の面白さを知っていただくことができたように思う。



カフェマスター  
田中 学 教授



ゲストスピーカー  
竹中 弘祐 准教授



配信の様子

## 7. 12 第12回接合科学カフェ「60分のミステリーツアー－原子間－」

技術部

技術職員 植原 邦佳

令和3年3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）の実来場観覧とオンライン観覧を併用した形式で第12回接合科学カフェが開催された。

『接合科学のミステリーツアー』をメインテーマとした接合科学カフェの第6弾となる今回は、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設楽 一希 助教が「60分のミステリーツアー－原子間－」と題して講演を行った。

始めに、原子の大きさ、構造、原子が集まった結晶についての説明があった。さらに、結晶中で原子同士が繋がる方法として金属結合・イオン結合・共有結合と、それぞれの結合において電子が“原子間”でどのように存在しているかが説明された。物質の特性のカギとなる“原子間”。その秘密を探るミステリーツアーが始まった。

次に、“原子間をみる”方法として、計算機実験が紹介された。今回説明のあった計算機実験は、実際に観察することが難しい微小領域や極短時間の電子の状態を計算により再現し、物質の物理的・化学的性質を知るといものである。原子同士の結合に関する計算結果やチタンに様々な元素を添加した際の計算結果など、多くの応用例が紹介された。

最後に、計算機実験が解析だけではなく、目的の性能を有した新規材料を設計する際にも使用されていることが紹介され、これからの計算機実験の発展が期待される講演となった。

ご参加下さった30名をこえる皆様には、講演途中に投げかけられるクイズに参加して頂いた。また、計算機実験についての質問をたくさん頂くことができ、“原子間”の不思議をみなさんと共有することができたように思う。



カフェマスター 伊藤 和博 教授



ゲストスピーカー 設楽 一希 助教



配信の様子

## 7. 13 第 22 回大阪大学と上海交通大学共催学術交流セミナー「材料・接合ワークショップ」

接合評価研究部門 接合構造化解析学分野

教授 麻 寧緒

大阪大学と上海交通大学学術交流セミナーは、溶接分野を中心とした両大学の国際共同研究を起源とし、1995年から始まったものであり、現在は「材料・接合」「情報」「物理・レーザー」「船舶海洋」「スマートシティ」の5つの分野にまで発展して全学として取り組んできた。

2020年11月27日（金）、第22回の本セミナーは、オンラインにて開催された。「材料・接合」分野のワークショップでの開会式において、田中所長より両大学の長期的な協力関係を振り返り、接合科学研究所ご出身で現在上海交通大学の Zhuguo LI 教授に大阪大学 Alumni Fellow の賞状を授与した。今年度のワークショップには、上海交通大学から約16名の教員と学生、接合研から教員11名が参加した。両大学からそれぞれ7件のプレゼンテーションを行い、接合研から劉准教授、馬特任助教、後期課程大学院生 Wu 君と Ammarueda 君が最新の研究成果を発表し、活発な質疑討論が行われました。閉会式では、近藤教授が両分野の共同研究成果をまとめ、2021年度の学術交流セミナーへの期待を述べた。



## 7. 14 国際連携 溶接計算科学研究拠点主催

### 第 13 回講演会「マルチマテリアルの接合技術と数値解析」

接合評価研究部門 接合構造化解析学分野

教授 麻 寧緒

2020年12月4日（金）、国際連携溶接 計算科学研究拠点（CCWS）は、JWRI オフィス@上海交通大学と連携し、SDGs（持続可能な開発目標）に向けた取り組みとして世の中の関心が高い『マルチマテリアルの接合技術と数値解析』をテーマに設定し、第13回講演会をオンラインにて開催した。本講演会の午前中の部で、大阪大学 廣瀬明夫教授は、「マルチマテリアル接合技術の現状とトレンド」について基調講演を行い、その後、日産自動車 宮本健二様と神戸製鋼所 伊原涼平様は、「鋼板とアルミ合金板の抵抗スポット溶接およびその数値解析」と「異種金属接合技術の課題と SPR + 接着併用構造部材の評価解析」をそれぞれ講演した。午後の部では、上海交通大学 Yongbing Li 教授は、「中国における自動車薄板構造の接合技術とトレンド」について基調講演を行い、電元社 トーア 佐伯修平様は、「同軸電極を用いたアルミと CFRP の片側抵抗スポット溶接技術と数値解析」に関して講演した。加えて、本研究拠点 村川英一 招へい教授は、「特性 テンソル法と JWRIAN-Cprop によるき裂進展解析と疲労寿命予測」に関して研究紹介を行い、本研究拠点 麻寧緒教授は、「溶接・接合の残留応力ひずみを予測・測定するソフト JWRIAN の開発と応用」について最新の研究開発成果を報告した。講演会の休憩時間に本研究拠点と株米倉製作所は、オンラインの媒体を活用して、「CCWS が開発したソフトウェア JWRIAN の数値解析事例」と「材料試験方法や高精度な試験装置」をそれぞれ技術展示した。講演会には、57名（国内56名、海外1名）の方にご参加頂いた。

## 7. 15 Smart MADE 2021: 2nd Global Forum on Smart Additive Manufacturing, Design & Evaluation

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

教授 桐原 聡秀

2021年3月10日～12日に大阪大学中之島センターを会場として、第2回となる標記の国際会議を開催した。国内外において、近年急激な進歩を遂げつつある、3次元造形を主たる会議テーマとして、コンピュータ制御による設計・製造・評価を基盤とする、スマートプロセスとの連携についても検討し、最新の事例を紹介しつつ、今後の接合科学の発展を議論した。国内からの52名に加え、海外から9名の参加者が得られた。講演は合計15件であり、国内外の著名な研究者を招待し執り行った。感染拡大防止の観点から、参加者の密接を避けつつ、会場にて対面式の講演会を実施するとともに、国内外に向けてオンラインで同時配信した。時差の影響がありながらも、会場と海外とで質疑応答も実現した。さらに、講演を動画として録画し、ビデオアーカイブとしてWEB上に公開した。参加者がパスワードを入力してアクセスし、視聴のみが可能となるシステムを採用した。



### Additive Manufacturing of Ceramics

Alexander Michaelis (Fraunhofer IKTS, Germany)

### First Time Additively Manufactured Advanced Ceramics by Using Two-Photon Polymerization for Powder Processing

Johanna C. Sanger and Jens Gunster (BAM, Germany)

### Multi-functional Bone Scaffold Fabrication Based on Material Extrusion and Self-setting Reaction

Hui-suk Yun (KIMS, Korea)

### Formation of Crystallographic Texture by Metal Powder Bed Fusion

Takayoshi Nakano (Osaka University, Japan)

### Strengthening Mechanism of Selectively Laser Melted Ti-Zr Alloys

Katsuyoshi Kondoh, Ammarueda Issariyapat, and Junko Umeda (Osaka University, Japan)

### Computer Simulations for Microstructure Control in Powder Bed Fusion (PBF) Type Additive Manufacturing (AM)

Yuichiro Koizumi and Masayuki Okugawa (Osaka University, Japan)

### Stimuli Responsive Rheology of Suspensions for 3D Printing and Soft Robotics

Hiroya Abe (Osaka University, Japan)

### Additive Manufacturing: A Game Changer in Global Supply Chain

Mrityunjay Singh (Global Alliance for Technology and Society, USA)

### Additive Manufacturing of Ceramics using Pre-ceramic Polymers

Paolo Colombo (University of Padova, Italy)

### Integrated design and 3D printing of Porous ceramics

Zhangwei Chen (Shenzhen University, China)

### Highly Packed Powder Beds For Additive Manufacturing and Hybrid Processing

Andrea Zocca, Raphael Bernardino, Giorgia Franchin, and Jens Gunster (BAM, Germany / University of Padua, Italy)

### Single Droplet Assembly of 2D Nanosheets for Additive Manufacturing

Yue Shi and Minoru Osada (Nagoya University, Japan)

### Cold Crystallization and Morphology Control of SnO<sub>2</sub> Nanosheets for Gas Sensors and Chemical Sensors

Yoshitake Masuda, Pilgyu Choi, Kyusung Kim, and Toshio Itoh (AIST, Japan)

### Coatings of Protective and Functional Ceramic Layers by CVD Techniques Utilizing Laser

Hirokazu Katsui and Mikinori Hotta (AIST, Japan)

### Stereolithographic Additive Manufacturing of Ceramic Components with Electromagnetic Structures

Soshu Kirihara (Osaka University, Japan)

## 7. 16 2nd JWRI IMS Seminar on Joining and Materials Science

広域アジアものづくり技術・人材高度化拠点形成事業 国際人材育成部門

特任准教授（常勤） 勝又 美穂子

2021年3月11日に、当研究所とベトナム科学技術アカデミー（VAST）の Institute of Materials Science (IMS) との間で“2<sup>nd</sup> JWRI-IMS Seminar on Joining and Materials Science”をオンラインにて開催した。今回の開催は、2020年11月に設立した両機関による国際ジョイントラボの設立記念として開催し、双方より合計35名が参加した。IMS との国際ジョイントラボは本学が展開する ASEAN キャンパス構想の一環としてベトナムで連携する VAST との一層の研究連携強化を目的として設立されたものである。

セミナーは当研究所近藤教授の挨拶により開会し、当研究所からは、阿部准教授、梅田准教授、佐藤准教授が、IMS からは4名の研究者が発表を行った。セッション1はIMSのPhuong所長が、セッション2は当研究所近藤教授がチェアを務め、活発な質疑応答や議論が行われた。セミナー最後には当研究所田中所長より、2022年に50周年を迎える当研究所についての紹介が行われた。

上述の通り、本学は2017年12月よりベトナム科学技術アカデミー内に ASEAN キャンパスオフィスを設置し、同アカデミーとの研究は勿論、ダブルデグリー等の学生交流も念頭に連携を強化している。当研究所もIMSと2018年5月に学術交流協定を締結し、以降具体的な研究連携やJSTさくらサイエンスでの受け入れ等による活動連携を進めている。

今後も同様のセミナーを継続的に開催することで、より多くの国際協働研究及びその成果に結びつくことが期待される。



## 7. 17 「青色半導体レーザー接合加工研究会」発足式

日 時 2021年3月23(火) 10:00～11:00

場 所 「Webex」オンライン

出席者 (幹事会員) 大阪大学接合科学研究所  
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  
(一般会員) 16社

### 概要

2021年3月23(火)「Webex」オンラインにて、「青色半導体レーザー接合加工研究会」の発足式が開催された。本研究会の幹事会員である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の企業3社と国立大学法人大阪大学は、青色半導体レーザー・加工技術の情報を提供し、技術交流を促進する「青色半導体レーザー接合加工研究会」を2020年12月に設立した。

コロナ禍のため、「Webex」オンラインでの発足式となったが、一般会員16社の出席を頂くことができた。大阪大学接合科学研究所・田中学所長、大阪大学接合科学研究所・塚本雅裕教授、株式会社島津製作所・東條公資氏、古河電気工業株式会社・行谷武氏、日亜化学工業株式会社・濱敦智氏からそれぞれ挨拶があり、本研究会の会長(塚本雅裕教授)より活動内容が紹介された。続いて、「スマートカントリー構想 ～人にやさしく 人が集まれる まちづくり～ 青色半導体レーザー接合加工の役割」についての特別講演があり、盛会裏に終了した。

## 7. 18 溶接構造の疲労性能設計手法国際研究拠点主催 第4回講演会「溶接構造の疲労性能評価技術の最前線」

接合評価研究部門 接合設計学分野

准教授 堤 成一郎

溶接構造の疲労性能設計手法国際研究拠点（FDWS）の第4回講演会『溶接構造の疲労性能評価技術の最前線』が2021年3月26日午後14時から17時10分まで開催された。今年はオンライン方式での開催であり、173名の研究者・技術者の方の参加であった。本講演会では、まず特別基調講演として、法政大学大学院デザイン工学研究科客員教授の森 猛先生より「鋼道路橋の疲労設計と疲労強度」と題した講演を賜った。続く基調講演では、九州大学大学院 工学研究院教授の松永久生先生より「水素環境中における金属材料の各種強度特性に関する最新の研究」と題してご講演いただいた。最後に、本研究所の堤成一郎准教授により、溶接構造の疲労性能評価のための研究開発動向に関する講演が行われた。本講演会は、外部講師による講演時間をそれぞれ90min. および70min. と長く設定しての開催であった。また、半数以上が産業界からの参加であり、鋼橋の疲労性能設計に関する最新の技術分野から、精緻な計測技術を駆使する水素環境中の材料強度研究分野に関して、活発な意見交換が行われ、盛会裡に終了した。

法政大学大学院 デザイン工学研究科 森 猛 客員教授 (特別基調講演) 鋼道路橋の疲労設計と疲労強度
九州大学大学院 工学研究院 機械工学部門 松永 久生 教授 (基調講演) 水素環境中における金属材料の各種強度特性に関する最新の研究
大阪大学 接合科学研究所 堤 成一郎 准教授 溶接構造の疲労性能評価のための研究開発動向

## 7. 19 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2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
ツァン ウェンジン ZHANG WENJING 張文井 (中国)	Northeastern University, China (中国) 博士課程4年	接合機構研究部門 接合界面機構学分野 藤井 英俊 教授	Ti合金の摩擦攪拌処理	R2. 1. 1 ～ R2. 8. 31
チン シミン CHEN SHIMING 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	アルミニウム合金薄板摩擦 攪拌接合変形機構と制御	R3. 1. 1 ～ R4. 3. 31
ラスイ LUO CUI 罗萃 (中国)	吉林大学 (中国) 博士課程3年	接合プロセス研究部門 加工プロセス学分野 西川 宏 教授	亜鉛ベースの高温はんだの 腐食挙動	R2. 1. 1 ～ R2. 11. 30
リ ハク LI BO 李博 (中国)	合肥工業大学 (中国) 令和元年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	溶接構造物の疲労性能評価 技術の開発	R2. 1. 1 ～ R2. 9. 30
ヨウ セイシ YAO QINGZHI 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 YUNWEN 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

Wenjing ZHANG

PhD student,  
School of Materials Science and Engineering,  
Northeastern University,  
Shenyang city, Liaoning Province, China



I have completed the JWRI *DOJO* Program at Department of Joint Interface Structure and Formation Mechanism, Joining and Welding Research Institute (JWRI), Osaka University under the supervision of Prof. Hidetoshi Fujii, on “Severe plastic deformation and superplasticity of the titanium alloys”, from January 1 to August 31, 2020.

I studied the microstructural evolution process of the beta-type and duplex-phase titanium alloys during friction stir processing. Specifically, I studied the superplastic deformation behavior and mechanism of the friction stir processed fine-grained Ti-6Al-4V alloy and Ti-15-3 alloy. Based on the investigations mentioned above, I have published 2 papers including 1 paper on “Journal of Alloys and Compounds” and 1 paper on “Materials Science and Engineering A” in the period of this program. In addition to these, I still have some interesting data to write papers.

It was a fruitful and rewarding stay at JWRI and I hope I have the chance to come here again to do more meaningful and attractive research in the future.

I would like to sincerely appreciate Prof. Hidetoshi Fujii for his supervision and members of his laboratory for their kind help and support during my stay at JWRI, Osaka University.

## LUO CUI

PhD student,  
School of Materials Science and Engineering,  
Jilin University,  
No. 5988 Renmin Street, Changchun 130025, China



I have completed the JWRI *DOJO* Program at Department of Materials Joining Processing, Joining and Welding Research Institute (JWRI), Osaka University under the supervision of Prof. NISHIKAWA Hiroshi, on “Corrosion behavior of Zn-based high-temperature solder”, from January 1, 2020 to November 30, 2020 for eleven months.

We investigated the effect of Bi addition on the corrosion resistance of Zn-based high-temperature solder. Accordingly, the corrosion mechanism of the ZS-xBi high-temperature solders were studied. Furthering the understanding of how adding Bi changes the corrosion mechanisms is essential for developing of strong corrosion-resistant high-temperature solders and advancing functional material connections. In addition, we also conducted research on another subject (Effect of Ni addition on interfacial reaction and IMC growth of Sn<sub>0.7</sub>Cu/Cu soldered joint under laser soldering and aging). The effect of laser soldering and Ni addition on the microstructure and interfacial growth was investigated. Impact tests were performed and the strength of soldered joints with different composition were compared. The fracture morphology and fracture location were analyzed. Accordingly, the correlation between the IMC thickness and impact strength was revealed.

I feel very honored to have this opportunity to carry out JWRI *DOJO* Program. I learned a lot of knowledge through this process and broadened my research horizons. In this process, I keep learning and improving myself. In the following research, I will think more about scientific research problems and practice more, and actively discuss with teachers when I have difficulties.

I would like to appreciate Prof. Hiroshi NISHIKAWA for his supervision and members of his laboratory for their support during my stay at JWRI, Osaka University.

## LI BO

Research student,  
Joining and Welding Research Institute,  
Osaka University,  
11-1, Mihogaoka, Ibaraki, Osaka.



*DOJO* Program at the Department of Joining Design and Dependability, Joining and Welding Research Institute (JWRI), Osaka University under the supervision of Prof. Seiichiro TSUTSUMI, on “Prediction of fatigue strength of joints with different welding conditions”, from January 1<sup>st</sup>, 2020 to September 30<sup>th</sup>, 2020 for nine months.

My research topic, aiming at clarifying the factors that influence the fatigue strength of tapered butt weld joints with backing plate, consists of two parts, including an experiment part and a fatigue life numerical simulation part. I reported the results of these two parts at our laboratory seminar weekly, which improved my Japanese speaking and academic abilities dramatically.

For the first part, experiments, I studied using relative experiment machine, for example, I learned how to measure profile messages (such as distortion between two welding sides and weld toe) of welded butt joints specimens by using the VL series 3D scanner which could help us to found FEM models in later steps. Under the instruction of Pro. TSUTSUMI and laboratory members, I also grasped the method of measuring X-ray residual stress and capture photos of fracture surface by SEM microscope. For exploring critical fatigue performances of specimens, I learned the experiment method and conducted several fatigue strength tests by utilizing 30 Tons servo fatigue test machine.

For the second part, the numerical analysis, I learned not only software to conduct finite element analyses to calculate stress concentration factors and simulate fatigue life but also studied mechanics theories, such as the Von Mises theory and the Paris theory, which are essential to welding joint fatigue life simulation. The fatigue life is usually divided into two parts, fatigue crack initiation life, and fatigue crack propagation life. Correspond to different fatigue life stages, I studied using FEM method software, ABAQUS 6.14, to found the FEM model and calculate stresses and strains of models under cyclic loadings, to simulate crack initiation life. For the crack propagation life part, I studied and acquire proficiency in another France FEM software, Salome 2017, which is powerful to calculate stress intensity factors and crack propagation path but tough to be set numerical analysis condition. In the numerical analysis part, I have grasped FEM software utilizing skills and gathered amount of experiences of fatigue life simulation, which gradually helps me to figure out factors of fatigue performance. At last, I could compare the results of experiments and simulation combining crack initiation and propagation, to analyze factors that influence the fatigue performance of welding butt joints. In the meantime, I could acquire several research results about clarifying factors of fatigue performance between equal and unequal thickness plate butt joints, which is a lack of researches at present, and I could have the honor to have a presentation in Material Week held by JSMS October this year.

During the process of this program, I have gained two main harvests about academic. On the one hand, I knew and learned how to use a vast of advanced experiment machines and enrich my ideas of conducting experiments. On the other hand, about theories, I did not only gain so abundant mechanics knowledge and realize the importance of welding fatigue strength but also obtained numerical simulation analyses experiences that are an effective way to welding fatigue researches. Besides plentiful academic harvests which made me

feel charming of welding fatigue studying, I also harvested friendships with other researchers from various countries, which brings me about excellent ideas and opened my horizon of academics and life.

In the end, I would like to express my sincere appreciation to Prof. Seiichiro TSUTSUMI who offered me the chance to conducting researches here and provided me with academic and life support for me. I also want to show my thanks to this program, which relieved my worries about the financial problem of studying abroad. At last, I want to appreciate the laboratory members who helped me a lot in the study at JWRI and live in Japan first year. It is because of them and their supports, my life of studying abroad could be so colorful and fruitful. So, thanks again to the people who helped me a lot this year, and I would take my effort to continue my research here with my gratitude.

## 7. 20 外国人研究員紹介

### SHARMA ABHISHEK

Specially Appointed Researcher  
Joining and Welding Research Institute (JWRI),  
Osaka University, Japan



I first felt the thrill of pursuing a dedicated scientific research, when I read about the great physicist and a Noble prize awardee Richard Feynman, in his popular book- “Surely You`re Joking Mr. Feynman: Adventures of a Curious Character”, in my sophomore undergraduate year. Since then, the passion to excel and to innovate has always hosted a hungry and foolish soul in me.

I have completed graduation in Mechanical Engineering from Govt. Engg. College, Vidisha (India) in year 2011 and then joined as a project fellow in a prestigious CSIR lab - Advanced Materials and Processes Research Institute (AMPRI), Bhopal (India). This was the turning moment of my life, and for the first time I was introduced to the details of material science and various processing strategies. The working at CSIR-AMPRI is full of knowledge with heated arguments, debates, and discussions over various scientific phenomenon with material scientists from various backgrounds. And within three months itself, I was fascinated with the research career and decided to go for perusing the higher studies and research at premier institute of India. The learning about the materials and their metallurgical backgrounds guided me to the stream of foundry and forge technology at the National Institute of Foundry and Forge Technology (NIFFT), Ranchi. It is the only institute in all over Asia which provides a specialization in foundry and forge technology. The curriculum was exhaustive, and I learned about the basics of iron and steel making, metallurgical aspects of light metals such as aluminium, magnesium etc. In the project work I have carried out the casting of Austempered ductile iron (ADI) with Cu addition in different weight fractions. The competitive environment prevalent in my institute along with the research work and the projects done by the faculty motivated me to pursue Ph.D in the area of material processing.

The Ph.D experience at IIT Kharagpur was entirely different. The world-class exposure and interaction with the internationally reputed faculties (especially my supervisor Prof. Jinu Paul) bring out the true researcher in me. My thesis title was “Development of friction based solid state processing strategies for the surface modification of aluminium alloys”. Here I have developed and modified the existing friction-based strategies such as friction stir processing and friction surfacing. I have conceptualized, designed and executed the novel powder metallurgy assisted friction surfacing process for the surface alteration of aluminium alloys. I have worked with various carbonaceous reinforcement such as graphene, carbon nanotubes and graphite for the improvement in the tribological performance of the aluminium alloys.

My association with the Fujii laboratory at JWRI, Osaka University begins in January, 2021 when I joined here as a specially appointed researcher (Post doc). Here, my research topic is the development of Al-graphene nanocomposites through flake powder metallurgy assisted friction stir processing (FSP). The objective of the research is to study the microstructural evolution, dispersion characteristics of graphene, and the various strengthening mechanisms involved when the two very important techniques of composite fabrication i.e. spark plasma sintering and FSP are combined. Prof. H. Fujii is a very reputed and renowned scientist in the field of friction stir welding and processing. Working under his guidance and being a member of Fujii lab

is like a dream come true situation for me. Prof. Fujii and his team are very supportive and introduced me with the various new aspects of research. Moreover, I am thankful to the JWRI for providing a world class infrastructure which enhanced the overall quality of my research work.



大阪大学接合科学研究所年次報告 2020 年度

---

令和 3 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 株式会社セイエイ印刷

---