

大阪大学  
接合科学研究所

年次報告



2022年度

**Joining and Welding Research Institute  
Osaka University**

大 阪 大 学  
接 合 科 学 研 究 所  
年 次 報 告

2 0 2 2 年 度

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



# ご 挨拶

大阪大学接合科学研究所長 藤井 英俊

2022 年度（令和 4 年度）の年次報告をお届けいたします。

およそ 3 年間の新型コロナウイルス感染症によるパンデミックから、ようやく日常が戻りつつあります。この間、本研究所の活動においても大きな影響を受けました。コロナ禍の影響により 2022 年度もほとんどの会議やイベントがリモートになりました。とりわけ、国際交流に大きな支障を来しましたが、オンライン会議を活用するなど新しい生活様式に適した学术交流の方法を見出し、これからの大学教育研究の在り方を考えるよい機会になりました。

そのような中、2022 年は本研究所の創立 50 周年であり、幸運にも 10 月 24 日は 50 周年記念式典、祝賀会を開催させて頂きました。記念式典、祝賀会にご参加頂いた皆様、50 周年記念基金にご寄付頂いた皆様、また、50 年間に渡り、本研究所を支えて頂いた皆様方に、心より感謝を申し上げたいと存じます。

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す。加えて、独創的なアディティブ・マニファクチャリングの新規創出を目指して、昨年度改組しました「多次元造形研究センター」が、新たな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。

文部科学大臣認定の「接合科学共同利用・共同研究拠点」として、国内の国公私立大学などから毎年 200 名以上の共同研究員を受け入れるとともに、国際共同研究員制度により多くの外国人研究者を受け入れ、活発な国際共同研究を推進しています。大阪大学憲章に掲げられている「実学の伝統」を実践した産学共創を展開し、革新的なものづくり技術の創出のためのオープンイノベーションを推進しています。2022 年度の本研究所としての主な取り組みでは、組織整備事業として、「マルチマテリアル革新力強化のための 6 大学研究所間連携体制の構築」がスタートしました。本事業は、多様な社会的要望や地球規模課題を「コア出島」で課題設計し、6 大学 6 研究所の専門性の垣根を越えた「マルチ出島」を通じて人と知の好循環により課題解決を図ることでイノベーション創出を加速し、社会実装を迅速化するものです。共同利用・共同研究拠点を含む全国的な拠点間のネットワーク連携による異分野横断的新学術分野の構築を目標にしています。

国際共同研究の観点では、2018 年 11 月に「大阪大学接合科学研究所ベトナム溶接研究会」を発足させ、ハノイ工科大学、本研究所と民間企業による国際産学連携の基盤を整備しました。現在では、在ベトナム日系企業を中心に民間企業 40 社が当研究会に参画しています。これらの活動の結果、2023 年 1 月にハノイに接合科学研究所 (HUST-OU) が設立されましたことは誠に喜ばしいことです。広域アジア地域の 10 大学・研究機関（特に ASEAN 拠点としてハノイ工科大学、中国拠点として上海交通大学に JWRI オフィスを設置し、強固で実践力を有する国際共同研究を推進しております。その結果、国際共著論文比率が 23%（2016 年度）から 42%（2022 年度）に増加し、着実に成果となって現れています。

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。2023 年度からも、OU マスタープラン実現加速事業「戦略的国際共創研究・グローバル D & I 人材育成事業」として、これまでの広域アジア

に加え、欧州・北米・アジアの各ハブ拠点を核として国際連携研究を推進して参ります。本学21世紀懐徳堂とのコラボ企画である「接合科学カフェ」を2022年度も継続し、1回の市民向け講座を大阪・中之島において開催しました。今後も、引き続き実施していく予定にしておりますので、何卒よろしくお願いいたします。

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、私藤井 (fujii.hidetoshi.jwri@osaka-u.ac.jp) までご連絡賜りますよう、よろしくお願いいたします。既に、お気づきになられた方もいらっしゃるかもしれませんが、2023年4月1日から所員のメールアドレスが変更になりました。わたくしのメールアドレスにありますように、jwriが@の前に来ます。従来のアドレスもしばらくは使用できる移行措置を取りますが、アドレス帳の変更をお願いいたします。

本研究所にとりましては、2023年は次の50年に向けての新しいスタートの1年になります。未来に輝く社会を夢見ながら、溶接・接合分野のグローバル研究拠点として人類の持続的な繁栄と発展に資するべく、新しいコンセプトとして「接合・分離統合技術の確立」を掲げ、所員一同努力していく所存です。引き続き、ご指導ご鞭撻のほど、何卒よろしくお願いいたします。

# 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	35
微細接合学分野	47
レーザプロセス学分野	61
接合機構研究部門	
溶接機構学分野	81
接合界面機構学分野	93
複合化機構学分野	121
接合評価研究部門	
接合構造化解析学分野	139
接合構造化設計学分野	161
接合組織評価学分野	169
多次元造形研究センター	
グリーン造形学分野	181
積層造形学分野	187
先端造形学分野	199
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
日本製鉄ものづくり未来協働研究所	225
大阪富士工業「先進機能性加工」共同研究部門	229
高度ジョイント生産システム構築共同研究部門	233
国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト - DEJI <sup>2</sup> MA プロジェクト -	235
グローバル D & I 推進室	239
国際連携溶接計算科学研究拠点 (CCWS)	243
接合技術拠点	247
青色半導体レーザー接合加工共創コンソーシアム	249

## V. 研究集会等

- 5. 1 第1回微細接合学分野研究集会「表面ナノ構造形成と固相接合への拡張」……………251
- 5. 2 ベトナム溶接研究会 第7回研究会（ベトナム・ハノイ）……………252
- 5. 3 ベトナム溶接研究会 第8回研究会（ベトナム・ハイフォン市）……………254

## VI. 国際交流

- 6. 1 国際交流協定締結大学等……………255
- 6. 2 海外出張・研修……………258
- 6. 3 来訪者……………263

## VII. ニュース

- 7. 1 「青色半導体レーザー接合加工共創コンソーシアム」第1回セミナー……………265
- 7. 2 接合科学研究所 第19回産学連携シンポジウム……………266
- 7. 3 オンラインで3か国がつながる国際連携・材料化学セミナー「SDGs Seminar 2022 Autumn」に参加……………267
- 7. 4 Visual-JW2022 & DEJI<sup>2</sup>MA-2……………269
- 7. 5 東京セミナー「溶接・接合技術におけるデジタルツインに関する研究」……………270
- 7. 6 第24回大阪大学と上海交通大学共催学術交流セミナー「接合ワークショップ」ご報告……………271
- 7. 7 接合科学研究所 HUST-OU 設立記念式典開催……………272
- 7. 8 国際連携 溶接計算科学研究拠点主催 第15回講演会の報告……………274
- 7. 9 接合科学カフェ 第16回「接合科学ベトナム通信」の開催……………275
- 7. 10 JWRI 道場プログラム……………276
- 7. 11 外国人研究員紹介……………281

I. 組

織



## 1. 1 研究所職員

(R5. 3. 1 現在)

所 長 (兼) 教 授	田 中 学	招へい研究員	P U J U A N
		招へい研究員	GAO RUNHUA
特任事務職員 (所長秘書)	吉 村 淳 子	事務補佐員	坂 田 祐 子
副所長 (兼)		[レーザプロセス学分野]	
教 授	節 原 裕 一	教 授	塚 本 雅 裕
教 授	藤 井 英 俊	准教授	佐 藤 雄 二
		特任研究員 (常勤)	徳 本 潤 平
接合プロセス研究部門		特任研究員	東 野 律 子
		特任研究員	吉 田 徳 雄
		特任研究員 S	竹 中 啓 輔
[エネルギー制御学分野]		招へい教授	菊 地 靖 志
教 授	田 中 学	招へい研究員	DEWI HANDIKA SANDRA
講 師	古 免 久 弥	技術補佐員	堀 英 治
助 教	田 代 真 一	技術補佐員	井 藤 里 香
特任准教授 (常勤)	L I F A N G	事務補佐員	池 内 嘉
招へい教授	中 田 一 博	事務補佐員	乾 純 子
招へい教授	三 田 常 夫	事務補佐員	宮ノ前 直 子
招へい教授	西 山 秀 哉		
招へい教授	細 井 宏 一		
招へい教員	X U B I N	[先端基礎科学分野]	
招へい研究員	藤 山 将 士	招へい教授	加 藤 秀 実
事務補佐員	増 田 万 里		
		接合機構研究部門	
[エネルギー変換機構学分野]		[溶接機構学分野]	
教 授	節 原 裕 一	教 授	伊 藤 和 博
准教授	竹 中 弘 祐	講 師 (兼)	高 橋 誠
助教	都 甲 将	助 教	山 本 啓
招へい教授	内 田 儀一郎	助 教	HONG SEONG MIN
招へい教授	斧 高 一	特任講師 (常勤)	ZHAO BINGBING
		招へい教授	小 川 和 博
[微細接合学分野]		[接合界面機構学分野]	
教 授	西 川 宏	教 授	藤 井 英 俊
講 師	巽 裕 章	助 教	山 下 享 介
招へい教授	高 橋 康 夫	助 教	三 浦 拓 也
招へい教授	CHAN YAN CHEONG	特任教授	潮 田 浩 作
特任研究員 (常勤)	直 永 卓 也	特任准教授 (常勤)	CHEN JUAN
特任研究員	金 智	特任講師	青 木 祥 宏
特任研究員	WANG JIANHAO		
招へい教員	ZHANG NING		

特任助教 SHARMA ABHISHEK  
 招へい教授 川井 昭陽  
 招へい教授 柳 楽知也  
 招へい教員 鍵谷 圭  
 特任研究員 釜井 正善  
 特任研究員 SHOTRI RISHABH  
 招へい研究員 AMBROSIO DANILO  
 特任研究員 S 川久保 拓海  
 特任研究員 S 相原 巧  
 特任研究員 S 伍 沢西  
 特任研究員 S 伊藤 鉄朗  
 技術補佐員 小倉 卓哉  
 事務補佐員 越野 恵子  
 事務補佐員 近藤 亜弥子

[複合化機構学分野]

教授 近藤 勝義  
 教授 梅田 純子  
 助教 刈屋 翔太  
 特任助教(常勤) ISSARIYAPAT AMMARUEDA  
 招へい教授 MA QIAN  
 招へい教授 三浦 秀士  
 招へい教授 YANG YAFENG  
 招へい教授 LI SHUFENG  
 招へい教員 AYMAN HAMADA ABDELHADY ELSAYED  
 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  
 招へい研究員 設楽 一希  
 技術補佐員 村木 義徳  
 特任研究員 S PETERSON JACK EDWARD  
 事務補佐員 武田 寛子

接合評価研究部門

[接合構造化解析学分野]

教授 麻 寧緒  
 准教授 芹澤 久  
 助教 GENG PEIHAO  
 特任助教(常勤) 王 倩  
 特任研究員 樋崎 邦男

招へい教授 LU FENGGUI  
 招へい研究員 呉 東升  
 事務補佐員 赤路 三紀  
 事務補佐員 菊地 路子

[接合構造化設計学分野]

教授 三上 欣希

[接合組織評価学分野]

教授 池田 倫正  
 准教授 門井 浩太  
 助教 HOU YUYANG  
 招へい研究員 SINGH HANDA SUKHDEEP  
 事務補佐員 榎本 純子

多次元造形研究センター

センター長(教授(兼)) 藤井 英俊

[先端造形学分野]

教授 内藤 牧男  
 助教 小澤 隆弘  
 特任研究員 近藤 光  
 招へい准教授 神谷 昌岳  
 事務補佐員 伊藤 夕佳  
 派遣職員 福山 香代

[積層造形学分野]

教授 桐原 聡秀  
 助教 SPIRRETT FIONA  
 事務補佐員 村井 玲子

[グリーン造形学分野]

准教授 阿部 浩也  
 特任研究員 LI FEI  
 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

[グローバル D&I 推進室]

教授 (兼) 梅田 純子  
 准教授 勝又 美穂子  
 助教 (兼) HONG SEONG MIN  
 助教 (兼) GENG PEIHAO  
 助教 (兼) SPIRRETT FIONA  
 技術職員 (兼) 植原 邦佳

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 田川 哲哉

[ダイヘン溶接・接合協働研究所]

教授 (兼) 藤井 英俊  
 教授 (兼) 田中 学  
 招へい教授 恵良 哲生  
 特任教授 浅井 知  
 招へい准教授 門田 圭二  
 特任助教 (常勤) 松田 夏芽

[日本製鉄ものづくり未来協働研究所]

教授 (兼) 藤井 英俊  
 招へい教授 井上 裕滋  
 招へい教授 富士本 博紀  
 招へい研究員 松井 翔  
 招へい研究員 浄徳 佳奈  
 招へい研究員 渡邊 耕太郎  
 招へい研究員 野元 将志  
 招へい研究員 岡田 徹

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]

特任教授 阿部 信行  
 特任助教 (常勤) 林 良彦  
 特任助教 (常勤) 水谷 正海  
 特任研究員 (常勤) 池田 圭一郎  
 招へい研究員 安積 一幸  
 招へい研究員 辰巳 佳宏

[[高度ジョイント生産システム構築] 共同研究部門]

特任教授 (常勤) 椋田 宗明  
 招へい研究員 甘崎 哲也  
 招へい研究員 村瀬 圭典  
 招へい研究員 原田 尚彦

文部科学省特別経費プロジェクト

[国際・産学連携インヴァースイノベーション]

材料創出プロジェクト -DEJ<sup>2</sup>MA プロジェクト-

拠点リーダー (教授 (兼)) 節原 裕一  
 特任教授 招へい教授 大原 智  
 事務補佐員 喜多 由紀子

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 李 長久  
 招へい教授 安木 剛  
 招へい教授 中尾 一成  
 招へい教授 藤久保 昌彦  
 招へい准教授 柴原 正和  
 准教授 (兼) 芹澤 久

研究所特命

招へい教授 安田 功一  
 招へい教授 中西 保正  
 招へい教授 小溝 裕一  
 招へい教授 大原 智  
 招へい教授 廣瀬 明夫

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 中辻 義弘  
 技術補佐員 村上 猛

技術補佐員	伊 東 万寿雄	事務部（国際チーム）	
技術補佐員	篠 原 睦 夫	事務補佐員	初 田 裕 貴
技術補佐員	安 部 由 朗		
技術補佐員	花 見 眞 司		
技術補佐員	遠 藤 豪 美		
技術補佐員	水 田 豊		
技術補佐員	村 井 福 司		
事務補佐員	山 口 純 子		
図書室			
事務補佐員	谷 村 宏 美		
産学連携室			
特任教授	菅 哲 男		
広報・データ管理室			
技術補佐員	毛 野 克 彦		
事務部			
事務長	中 原 栄 作		
庶務係			
係 長	中 澤 綾 子		
主 任	西 方 結 子		
特任事務職員	時 水 清 美		
派遣職員	加 藤 みどり		
派遣職員	玉 置 祥 子		
会計			
係 長	藺 部 孝 夫		
主 任	廣 田 佳 代		
事務職員	江 成 愛 美		
特任事務職員	松 本 守美恵		
派遣職員	杉 村 有 里		
派遣職員	山 地 樹 子		
研究推進係			
係 長	浅 野 正 浩		
事務職員	林 直 哉		
特任事務職員	清 水 秀 世		

## 1. 2 人事

[職 名]	[氏 名]	[異動内容]	[年月日]
教 授	梅 田 純 子	複合化機構学 昇任	R4. 4. 1
助 教	HONG SEONG MIN	溶接機構学 採用	R4. 4. 1
助 教	刈 屋 翔 太	複合化機構学 採用	R4. 4. 1
特任助教（常勤）	B A H A D O R A B D O L L A H	複合化機構学 所属変更	R4. 4. 1
特任助教（常勤）	王 倩 (WANG QIAN)	接合構造化解析学 採用	R4. 4. 1
特任研究員 S	伍 沢 西	接合界面機構学 採用	R4. 4. 1
招へい教授	加 藤 秀 実	先端基礎科学 受入れ	R4. 4. 1
招へい教授	廣 瀬 明 夫	研究所特命 受入れ	R4. 4. 1
招へい教授	川 井 昭 陽	接合界面機構学 受入れ	R4. 4. 1
招へい教授	YANG YAFENG	複合化機構学 受入れ	R4. 4. 1
招へい教授	LI SHUFENG	複合化機構学 受入れ	R4. 4. 1
招へい教授	LU FENGGUI	接合構造化解析学 受入れ	R4. 4. 1
招へい教授	中 尾 一 成	国際連携溶接計算科学研究拠点 受入れ	R4. 4. 1
招へい教授	藤久保 昌 彦	国際連携溶接計算科学研究拠点 受入れ	R4. 4. 1
招へい教授	富士本 博 紀	日本製鉄ものづくり未来協働研究所 受入れ	R4. 4. 1
招へい研究員	設 樂 一 希	複合化機構学 受入れ	R4. 4. 1
特任研究員	WANG JIANHAO	微細接合学 採用	R4. 4. 7
特任研究員 S	伊 藤 鉄 朗	接合界面機構学 採用	R4. 5. 1

招へい教授	井上裕滋	日本製鉄ものづくり未来協働研究所 受入れ	R4. 5. 1
招へい研究員	岡田徹	日本製鉄ものづくり未来協働研究所 受入れ	R4. 5. 1
招へい研究員	NEIKTER MAGNUS	接合組織評価学 受入れ	R4. 6. 9
特任研究員	SHOTRI RISHABH	接合界面機構学 採用	R4. 6. 16
准教授	勝又美穂子	グローバル D&I 推進室 採用	R4. 7. 1
助教	三浦拓也	接合界面機構学 採用	R4. 9. 1
特任研究員	近藤光	先端造形学 採用	R4. 9. 1
招へい教員	HUEBNER JAN	先端造形学 受入れ	R4. 9. 1
教授	池田倫正	接合組織評価学 採用	R4. 10. 16
招へい研究員	HAN JIANG	微細接合学 受入れ	R4. 11. 1
特任助教	SHARMA ABHISHEK	接合界面機構学 採用	R4. 11. 1
招へい研究員	AMBROSIO DANILO	接合界面機構学 受入れ	R5. 1. 1
招へい研究員	Gao Runhua	微細接合学 受入れ	R5. 2. 1
招へい教員	AYMAN HAMADA ABDELHADY ELSAIED	複合化機構学 受入れ	R5. 2. 1
特任研究員(常勤)	徳本潤平	レーザープロセス学 採用	R5. 3. 1

### 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	R4. 4. 1 ~ R6. 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	R4. 4.1 ~ R6. 3. 31
岡本 創	九州大学 応用力学研究所	所長	R4. 4. 1 ~ R6. 3. 31
才田 一幸	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	R4. 4. 13 ~ R6. 3. 31
原 亨和	東京工業大学 科学技術創成研究院 フロンティア材料研究所	所長	R3. 4. 1 ~ R5. 3. 31
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	R4. 4. 1 ~ R6. 3. 31
古原 忠	東北大学 金属材料研究所	所長	R4. 4. 1 ~ R6. 3. 31
安田 秀幸	京都大学 大学院工学研究科	教授	R3. 4. 1 ~ R5. 3. 31
学内委員			
桑畑 進	大学院工学研究科	研究科長	R4. 4. 1 ~ R6. 3. 31
関野 徹	産業科学研究所	所長	R4. 4. 1 ~ R6. 3. 31
所内委員			
田中 学	接合科学研究所	所長	R3. 4. 1 ~ R5. 3. 31
節原 裕一	接合科学研究所	副所長	R3. 4. 1 ~ R5. 3. 31
藤井 英俊	接合科学研究所 附属多次元造形研究センター	副所長 センター長	R4. 4. 1 ~ R5. 3. 31

#### 1. 4 共同研究運営委員会委員

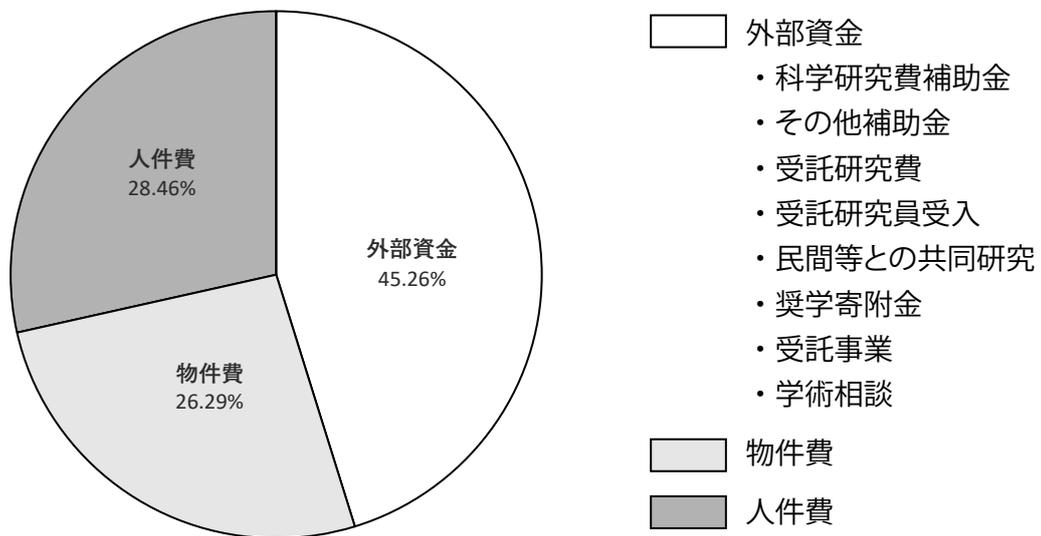
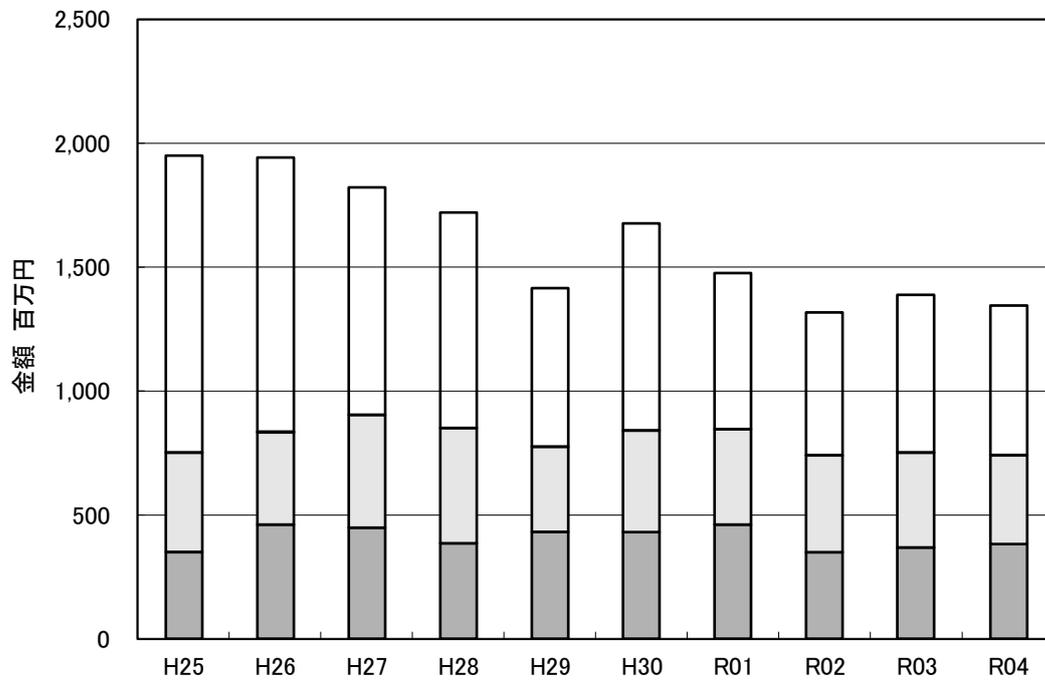
[氏 名]	[所 属]	[職 名]	[任 期]
学外委員			
川原田 洋	早稲田大学 理工学術院	教授	R3. 4. 1 ~ R5. 3. 31
久保 雅男	パナソニック株式会社 エレクトリックワークス社	常勤監査役員	R3. 4. 1 ~ R5. 3. 31
塩野谷 哲	トヨタ自動車株式会社 素形材技術部 製品開発室	主査	R3. 4. 1 ~ R5. 3. 31
井上 芳英	株式会社神戸製鋼所 溶接事業部門 技術センター	技術センター長	R4. 4. 1 ~ R5. 3. 31
大丸 成一	日本製鉄株式会社 技術開発本部 鉄鋼研究所	接合研究部長	R3. 4. 1 ~ R5. 3. 31
柳樂 知也	国立研究開発法人 物質・材料研究機構 構造材料研究拠点	主幹研究員	R3. 4. 1 ~ R5. 3. 31
成瀬 一郎	名古屋大学 未来材料・システム研究所	所長	R3. 4. 1 ~ R5. 3. 31
森井 孝	京都大学 エネルギー理工学研究所	所長	R3. 4. 1 ~ R5. 3. 31
山岡 弘人	株式会社 IHI 技術開発本部 技術基盤センター	副本部長 所長	R3. 4. 1 ~ R5. 3. 31
学内委員			
大畑 充	大学院工学研究科	教授 (生産科学コース長)	R3. 4. 1 ~ R5. 3. 31
中野 貴由	大学院工学研究科	教授 (マテリアル科学コース長)	R4. 4. 1 ~ R5. 3. 31
所内委員			
田中 学	接合科学研究所	所長	R3. 4. 1 ~ R5. 3. 31
節原 裕一	接合科学研究所	副所長	R3. 4. 1 ~ R5. 3. 31
藤井 英俊	接合科学研究所 附属多次元造形研究センター	副所長 センター長	R4. 4. 1 ~ R5. 3. 31
西川 宏	接合科学研究所	教授	R3. 4. 1 ~ R5. 3. 31

## II. 予 算

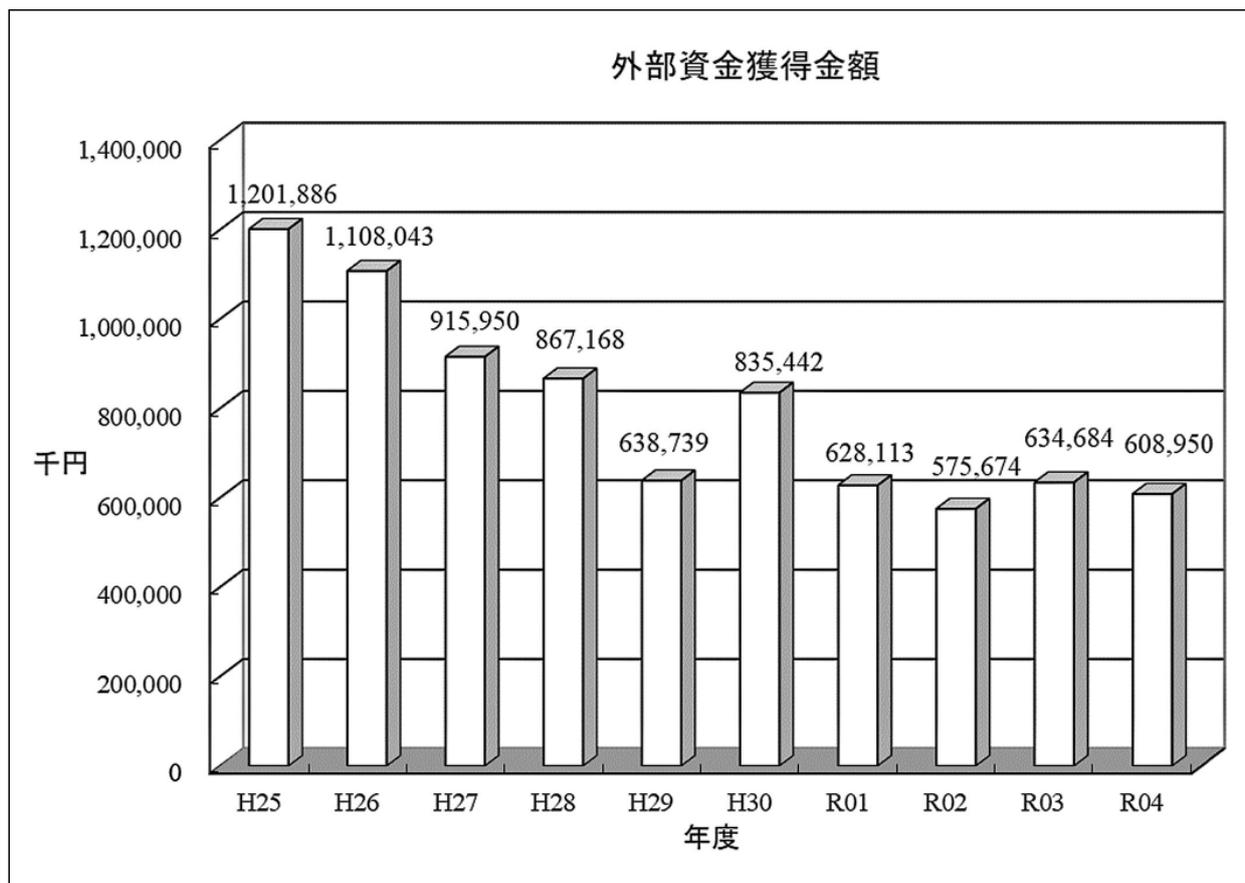


## 2. 予 算

### ① 総予算

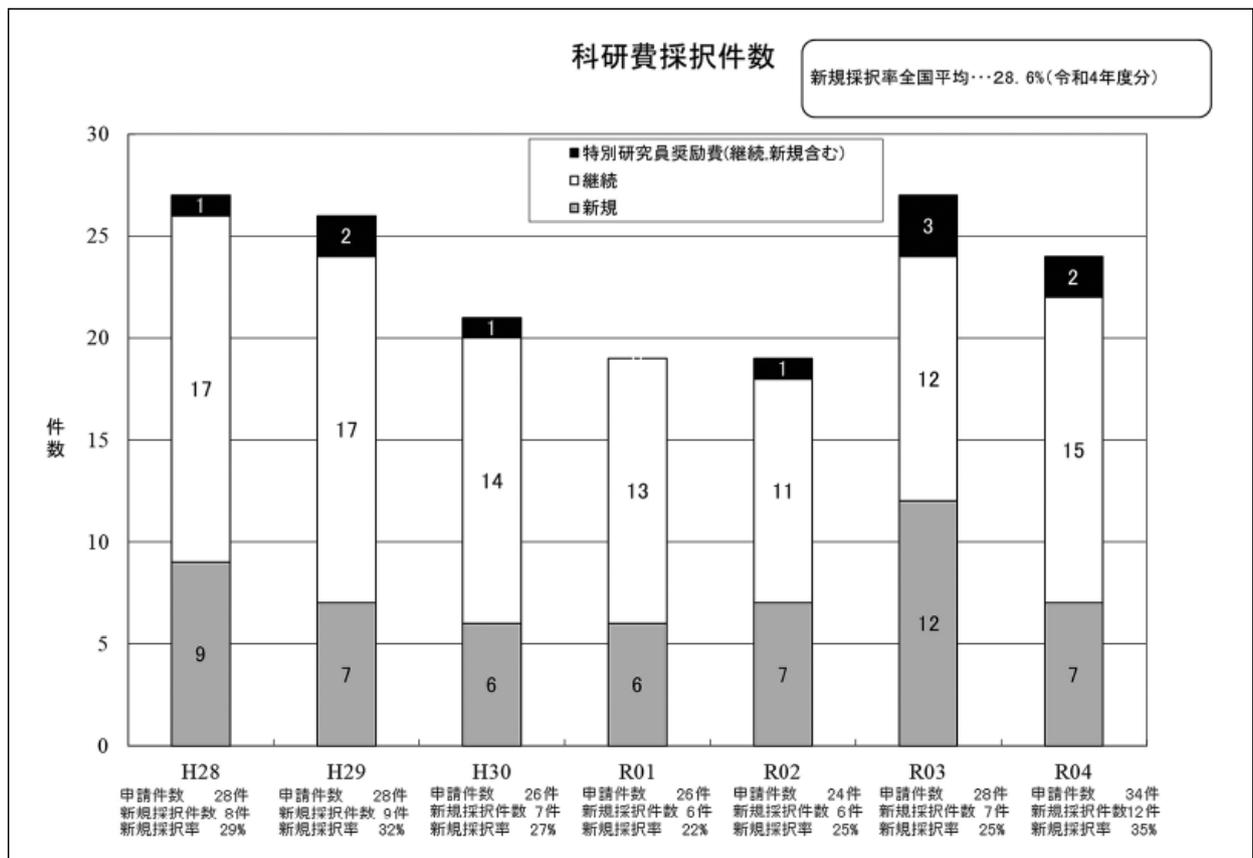
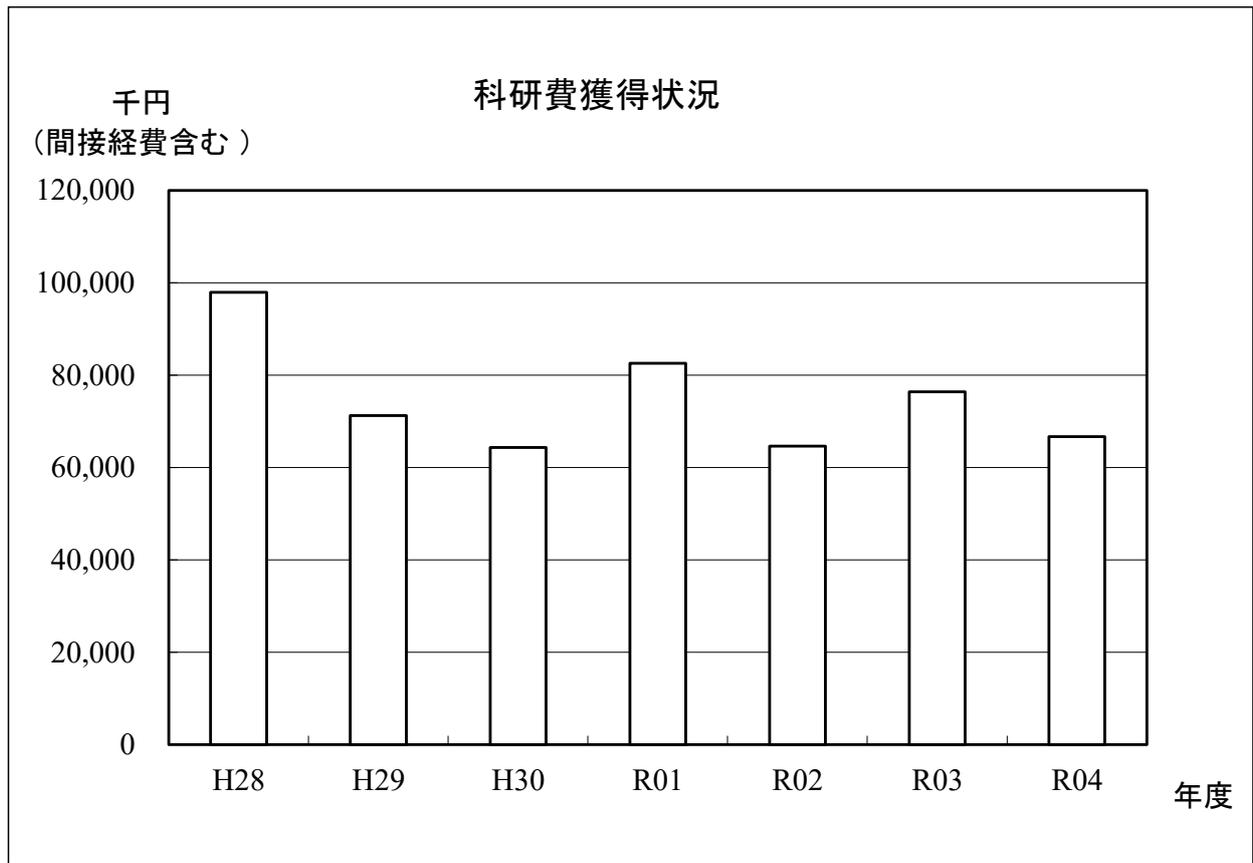


② 外部資金



区 分	R04 年度 獲得金額 (千円)
科学研究費補助金	68,890
その他補助金	13,928
受託研究費	127,082
受託研究員受入	1,417
民間等との共同研究	329,292
奨学寄附金	47,122
受託事業	0
学術相談	21,219
合 計	608,950

③ 科研費





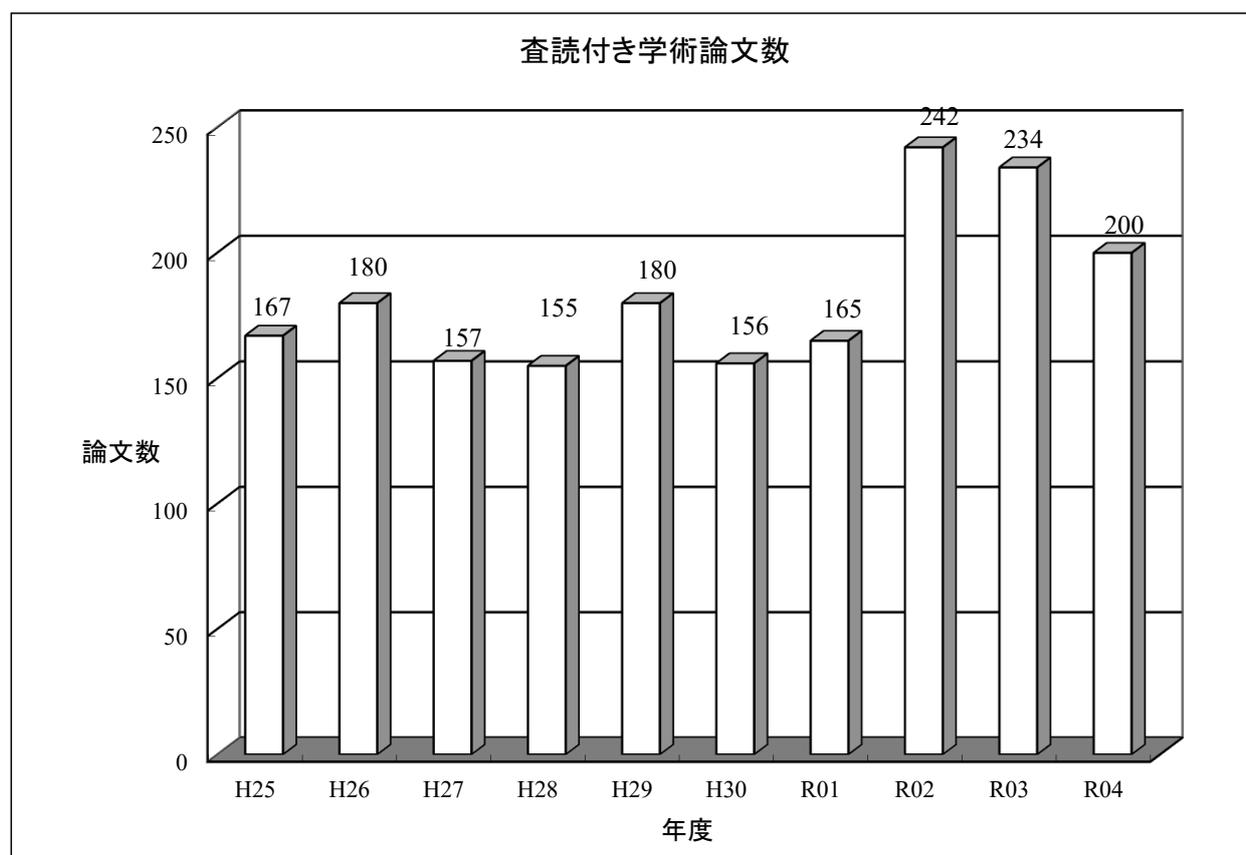
### Ⅲ. 研 究 業 績



### 3. 研究業績

研究業績件数

区分	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R01	R02	R03	R04
査読付き学术论文	167	180	157	155	180	156	165	242	234	200
国際会議発表論文	89	52	60	82	62	64	41	17	26	24
国内会議発表論文	8	35	24	13	32	13	36	6	22	8
国際会議発表	183	162	124	172	107	118	159	34	64	103
国内学会発表	243	243	250	241	234	231	202	154	190	222
講演	139	150	182	166	151	152	153	110	149	189
解説・総説	58	43	39	28	43	47	42	48	53	52
著書	30	15	11	8	7	9	15	5	5	2
国内特許	25	18	20	19	19	32	26	29	24	29
海外特許	5	17	5	15	10	18	24	27	21	26
受賞	27	29	30	29	32	23	24	12	26	13





## IV. 分野別活動成果 と自己評価



## 分野別活動成果と自己評価の内容(各分野共通)

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



接合プロセス研究部門  
エネルギー制御学分野



## 接合プロセス研究部門 エネルギー制御学分野

### 4. 1 研究概要

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

### 4. 2 研究課題

1. アーク溶接における電極飛散現象の実験的・理論的解析
2. 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
3. 外部磁場の影響を受けるアークの熱源特性の数値シミュレーション
4. 溶融金属の熱流動解析のための新型シミュレータ開発
5. アーク溶接における溶滴移行制御技術の開発

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. アーク溶接における電極飛散現象の実験的・理論的解析

この研究では、交流ティグ溶接中にタングステン電極表面から飛散が発生するメカニズムを明らかにすることを試みた。そのためにまず高速度カメラを用いてその飛散挙動を可視化した結果、溶融電極表面に直径 200  $\mu\text{m}$  程の凹みが形成され、その凹みの中央から液柱が伸長し、液柱の先端が離脱して液滴が放出されることが可視化された。次に電極飛散が発生するときの共通因子を特定するため、各溶接条件に対して飛散数と飛散タイミングを計測した。その結果、溶接電流が大きいとき、EP (Electrode Positive) 比率が大きいとき、交流周波数が小さいとき、および EP 極性の後半に飛散が発生しやすい傾向があった。これらの条件・タイミング下ではいずれも電極温度が高く、飛散液滴は電極の高温部から放出されると示唆された。

また酸化セリウムが添加されたタングステン電極においては、凹みが形成される直前に酸化セリウム由来の蒸気であると推察される青紫色の発光が確認された。このことから、電極内添加物のガス化が凹み形成に影響を及ぼすことが示唆された。また電極表面温度が電極内添加物の沸点以下であったときは飛散が発生しなかったのに対して、電極内添加物の沸点以上となる温度を有する領域の拡大に伴って飛散量が増加する傾向が確認された。さらに、電極飛散が発生した条件の下でアーク放電を行い、放電後の酸化セリウム入りタングステン電極の断面を分析した結果、酸素とセリウムで構成される直径 40  $\mu\text{m}$  程の孔が多数確認された。

以上の実験事実から、電極温度の上昇に伴い電極内部で形成された気泡が電極表面で破裂することで、蒸気を放出するとともに電極表面に凹みが形成されることが示された。凹みが形成された後は、凹みの縁に作用する表面張力によって液柱が形成された後に電磁気力等で液柱が破断して飛散が生じたと考えられ、一連の飛散発生メカニズムが明らかとなった。

2. 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

スラグ定着位置制御のため、マグ溶接におけるスラグの形成・輸送過程を明らかにすることを目的とし、マグ溶接中にスラグが溶融池表面で形成され、溶融池表面を輸送される一連の過程を対象

とした数値シミュレーションを行った。特に、スラグの形成に際し、酸化・脱酸反応を粒子法によってモデル化し、スラグの輸送を熔融金属とスラグの液液二相流問題として取り扱うための計算モデルを構築した。このモデルを用いた数値計算の結果、スラグの形成は主に熱源中心近傍で起こっていた。これは、熱源中心近傍は多くの酸素原子(O)が存在し、溶滴によって脱酸元素の供給が行われることで酸化反応および脱酸反応が起こりやすい環境であるためだということが明らかとなった。スラグ輸送過程を明らかにするため熔融金属とスラグの速度分布を比較したところ、両者の位置ごとの速度の方向、速度が大きくなる領域が一致していたことから、スラグは熔融金属によって輸送されていることが明らかとなった。そこで熔融池駆動力および溶滴移行がスラグ輸送に与える影響について調査を行った結果、Marangoni効果による力および表面せん断力がスラグの輸送に影響し得ることが示された。

### 3. 外部磁場の影響を受けるアークの熱源特性の数値シミュレーション

ティグ溶接中に外部磁場を付与することで、熔融池内部に働く電磁気力を増加させ、溶込み深さの増加を目指す ECMP (Electromagnetic Controlled Molten Pool) 法の溶込み増加のメカニズムを解明することを目的とし、外部磁場を付与する装置で計測した磁束密度を用いて外部磁場をモデル化した。そして外部磁場を付与したティグ溶接の三次元数値シミュレーションを行うことで、外部磁場が母材内部の電磁気力に与える影響を調査した。その結果、溶接方向前方で母材下向きの電磁気力が増加することが確認された。また ECMP 法を適用したティグ溶接では、電磁気力を決定する因子の1つである電流密度分布が溶接方向後方に偏向した。これはアークプラズマの偏向に起因していると考えられ、これによる電磁気力の分布の変化を調査するために、外部磁場を母材にのみに付与した条件と、母材以外の領域に付与した条件で数値計算を行った。その結果、両方の条件で溶接方向前方の母材内部に下向きの電磁気力が増加することが確認された。また急激に溶込み深さが増加した条件では、他の条件に比べて母材表面の入熱密度の高い領域と溶接方向前方の電磁気力が増加した領域が重なる範囲が増加することが明らかとなった。そしてこの領域では、通常のティグ溶接と比べて電磁気力が母材底部へと傾いていることが確認された。これらの結果から、高い入熱密度によって高温となった熔融池表面に従来のティグ溶接よりも大きな電磁気力が母材底部に向かって働くことで、高温の熔融金属が熔融池底部へ輸送され、溶込みが深くなることが示唆された。

### 4. 熔融金属の熱流動解析のための新型シミュレータ開発

軟鋼とアルミニウムの異材抵抗スポット溶接中の熔融金属流動による熱輸送が金属間化合物層の形成に及ぼす影響を明らかにするため、粒子法を用いた数値モデルを構築し、数値解析を行った。その結果、熔融金属は主に電磁気力によって流動し、特にアルミニウム合金の熔融域においては熔融域下部では周囲から中央に向かって熔融金属が流れた。また自動車等で用いられる亜鉛めっき鋼板とアルミ合金の異材抵抗スポット溶接では、亜鉛がナゲット端部に集中し、接合部の強度を低下させる一因となる。この亜鉛がナゲット端部に集中するメカニズムを明らかにするため、本研究で構築した計算モデルによって得られた結果から、軟鋼とアルミニウム合金との界面の熔融金属の挙動を可視化した。その結果、電極中心軸上に位置していた粒子は熔融とともに界面に沿って流動を開始し、およそ30 msで1 mmほどナゲット端部方向に流動した。このようなナゲット中心からナゲット端部に向かう流動が界面で生じることで、亜鉛めっき鋼板とアルミニウム合金の異材抵抗スポット溶接では亜鉛がナゲット端部に輸送され、集中していることが示唆された。

また接合界面の温度履歴を取得し、金属間化合物の厚さを推定したところ、実際の金属間化合物と同様に金属間化合物層は接合界面中央部で厚く、端部で薄くなる傾向が得られた。その厚さも実験から得られている1  $\mu\text{m}$ 程度であり、妥当な値を得ることに成功した。

## 5. アーク溶接における溶滴移行制御技術の開発

本年度は、メタルコアードワイヤを用いたガスメタルアーク溶接において、シールドガス中のアルゴンガス及び炭酸ガスの混合比が溶滴移行プロセスに及ぼす影響について、プラズマ分光計測を通じて詳細に検討した。シールドガス中の炭酸ガス濃度を変化させた場合、電流値 220-280A の範囲内では常に炭酸ガス濃度 15% で溶滴移行周波数は最大値となった。これはメタルフラックス未溶融部とアークルートの位置関係により支配されると考えられる。炭酸ガス濃度が低い場合、アークルートは未溶融部よりも高い位置に形成されるため電磁力が溶滴ネック部に有効に働かず溶滴の離脱が困難となり、一方で炭酸ガス濃度が高い場合、アークルートは未溶融部よりも低い位置に形成されるが、溶滴を押し上げるアーク圧力が上昇するため、溶滴の離脱が妨げられる。これらのバランスにより炭酸ガス濃度 15% で溶滴移行周波数が最大値となるものと思われる。これはシールドガス組成のコントロールを通じて、アークを安定化させるとともにスパッタ等も低減でき、溶接品質を大きく向上させることが可能となることを示す結果であるものと期待される。

### (2) 研究に対する自己評価

本研究分野は、溶接・接合を中心とした材料加工プロセスのためのエネルギー制御に焦点を合わせ、特にエネルギー源として世界のものづくり産業に普及しているアーク放電を取り上げ、高精度制御を目指してアークプラズマと材料との相互作用の解明に注力してきた。大気圧アークプラズマと材料との相互作用の解明を実験観察と数値シミュレーションの両面からアプローチする本研究分野の取り組みは、世界的に見てもユニークである。研究成果は国内外の査読付き学術論文に掲載し、社会に広く発信している。その一例として、田中教授と田代助教による成果が *Journal of Manufacturing Processes* (IF: 5.648) 等の多くの国際学術雑誌に論文として掲載された。他方、田中教授および古免講師は、(一社)溶接学会 溶接法研究委員会の溶接物理・技術奨励賞 1 件を受賞し、加えて田中教授は(一社)溶接学会論文賞を、古免講師は大阪大学賞若手教員部門を受賞した。また、本年度に雑誌掲載された査読付き論文数は 16 件であった。専任教員 1 人あたりに換算すると年間 5.3 件/人の査読付き論文を掲載したことになり、限られた教員数の中で努力したと考えている。研究予算については、民間企業との共同研究を幅広く展開するとともに、古免講師および田代助教が科学研究費補助金を獲得しており、外部資金の獲得にも積極的に取り組んできたと考えている。

### 4. 4 教育に対する自己評価

本研究分野は世界レベルの研究活動を通じて大学院教育を実施し、溶接・接合に関する高度な知識と研究推進能力を有する研究者・技術者の育成に努力している。また国内会議での研究発表はもちろんのこと、国際会議での研究発表も積極的に行わせ、研究成果の総括力と表現力ならびにコミュニケーション力の発現に努力している。具体的に、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 1 件、国際会議が 4 件、国内学会が 13 件ある。それらに対し 1 名の学生が溶接学会溶接法研究委員会の溶接物理・技術奨励賞を受賞し、1 名の学生がスマートプロセス学会の学術奨励賞を受賞した。

一方、工学研究科マテリアル生産科学専攻生産科学コースの協力講座として大学院講義ならびに学部講義を担当し、溶接・接合プロセスの物理現象を理解するために必要不可欠な輸送現象論といった基礎学問の習得およびプロセスの実現に必要な機器システムの専門知識習得に貢献している。さらに全学部に対して教育科目「学問への扉」を通じて、工学部以外の学生も含む学部 1 年生に向けたものづくり実習講義を設け、接合科学の基礎から最先端研究に渡る幅広い知識教育を行っている。その他、ISO に準拠した IIW 溶接技術者資格認証制度に基づく、大学院修士学生向け教育課程「国際溶接技術者 (IWE) コース」の運営に対して、田中教授はコース責任者として、古免講師はコース文書管理責任者補佐として尽力し、コースの第 14 期生 2 名の修了に大きく貢献した。

#### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

本研究分野は、国内外を問わず溶接・接合に関わる多くの学協会の運営に関わり、溶接・接合の学術・技術の幅広い振興と普及、ならびに溶接技術者の育成に貢献している。特に、田中教授は、(一社)日本溶接協会溶接技能者教育委員会委員長、(一社)軽金属溶接協会アルミニウム溶接教育委員会委員長、(一社)日本溶接協会溶接管理技術者教育委員会副委員長、など溶接分野の研究者・技術者・技能者コミュニティにおける人材育成に深く関わり、溶接教育に大きく貢献している。溶接技能者教育では、厚生労働省の「中小企業等担い手育成事業」や「就職氷河期世代の方向けの短期資格等習得コース事業」を推進し、溶接技能教育を通じて我が国の溶接技能者の不足と雇用促進に貢献した。

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

古免講師は(一社)溶接学会若手会員の会の運営委員に加え、(一社)軽金属溶接協会の編集委員、(一社)溶接学会溶接法研究委員会の幹事や(公社)応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会幹事を務め、溶接・接合分野や熱プラズマ分野の発展に貢献している。またIIW2022年次大会・国際会議の会議運営部会の委員として、2022年7月の開催と大会期間中の運営に貢献した。他にもMaterials Research Society of Japan主催の国際会議のContributed Symposium Organizerを務めた他、2件の国際会議のLocal Organizing Committeeに参画し、開催と運営に貢献した。田代助教は学術雑誌Materials誌(IF: 3.748)のManufacturing Processes and Systems部門のEditorial Board Memberとして活動し、当該学術分野の発展に貢献した。これと併せて、同誌のTopical Collections「Welding and Joining Processes of Materials」のエディターも務め、2023年度末時点で53報の論文を掲載した。

#### 4. 6 接合科学共同利用・共同利用拠点に関する研究成果に対する自己評価

本研究分野では、他の研究機関より国内は5名、海外は3名の共同研究員を迎えて共同研究を実施し、本年度は1本の査読付き学術論文を掲載した。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) A Resource-Efficient Process Design for Heavy Fabrication: A Case of Single-Pass-Per-Layer Narrow Gap Welding  
Sustain. Mater. Technol., 33 (2022), e00488.  
U. K. Mohanty, A. Kapil, Y. Abe, T. Suga, M. Tanaka and A. Sharma
- (2) 阪大接合研カップリング・インターンシップ総括と展開, 及びベトナム「接合科学研究所 HUST-OU」の展望  
溶接学会誌, 92, 1 (2023), 42-48.  
勝又美穂子, 近藤 勝義, 西川 宏, 田中 学
- (3) Dependency of Arc Efficiency on Welding Current in Gas Metal Arc Welding  
Welding letters, 40, 4 (2023), 9WL-12WL.  
S. Fujiyama, H. Komen and M. Tanaka
- (4) サブマージアーク溶接中の壁面移行形態の二次元粒子法シミュレーション  
スマートプロセス学会誌, 12, 2 (2023), 91-96.  
古免久弥, 森本 堅太, 田中 学, 寺崎 秀紀
- (5) Elucidation of Arc Coupling Mechanism in Plasma-MIG Hybrid Welding Process through Spectroscopic Measurement of 3D Distributions of Plasma Temperature and Iron Vapor Concentration  
J. Manuf. Process., 77 (2022), 743-753.  
K. Ishida, S. Tashiro, K. Nomura, D. Wu and M. Tanaka
- (6) Effect of Flux Ratio on Droplet Transfer Behavior in Metal-Cored Arc Welding  
metals, 12 (2022), 1069 (13pp).  
N. Q. Trinh, S. Tashiro, T. Suga, T. Kakizaki, K. Yamazaki, T. Morimoto, H. Shimizu, A. Lersvanichkool, H. V. Bui and M. Tanaka
- (7) Multi-physical Modelling of Alloy Element Transportation in Wire Arc Additive Manufacturing of a  $\gamma$ -TiAl Alloy  
Int. J. Therm. Sci., 179, 107641 (2022), 1-8.  
J. Xin, D. Wu, C. Shen, L. Wang, X. Hua, N. Ma, S. Tashiro and M. Tanaka
- (8) Metal Transfer Behavior of Metal-Cored Arc Welding in Pure Argon Shielding Gas  
metals, 12 (2022), 1577 (13pp).  
N. Q. Trinh, S. Tashiro, T. Suga, T. Kakizaki, K. Yamazaki, A. Lersvanichkool, H. V. Bui and M. Tanaka
- (9) Dynamic Keyhole Behaviors and Element Mixing in Paraxial Hybrid Plasma-MIG Welding with a Gap  
Int. J. Heat Mass Transf., 200 (2022), 123551 (12pp).  
D. Wu, K. Ishida, S. Tashiro, K. Nomura, X. Hua, N. Ma and M. Tanaka
- (10) Numerical Investigation of the Arc Properties in Gas Tungsten Arc-based Additive Manufacturing  
Weld. World (2023)  
X. Wang, J. Zhang, Y. Deng, D. Chen, N. Q. Trinh, S. Tashiro and M. Tanaka

- (11) Dynamic Vapor and Keyhole Behavior, and Equiaxed Dendrite Formation in Blue Laser Processing of Copper  
Int. J. Heat Mass Transf., 209 (2023), 124102 (10pp).  
D. Wu, J. Sun, Z. Li, S. Tashiro, A. B. Murphy, N. Ma, M. Tanaka, J. Huang, K. Feng, C. Liu and W. Jiao
- (12) Effect of Gap Bridging Distance on the Weldability of Aluminum Alloy to Galvanized Steel Joints in AC pulse GMAW  
Met. Mater.-Int., (2022),  
H. S. MIN, S. Tashiro, H.-S. Bang, M. Tanaka
- (13) Numerical Analysis of Physical Characteristics and Heat Transfer Decoupling Behavior in Bypass Coupling Variable Polarity Plasma Arc  
materials, 15 (2022), 3174 (19pp).  
F. Jiang, Q. Miao, B. Xu, S. Tashiro, M. Tanaka, S. Lin, C. Fan, S. Chen
- (14) Influence Mechanism of Metal Vapor in Plasma Arc Lap Welding -Metal vapor decreases arc energy efficiency in conduction plasma arc lap welding-  
WELDING JOURNAL, 101 (2022), 161-s.  
Z. Li, D. Wu, S. Tashiro, M. Tanaka, J. Xin, H. Wang, X. Hua
- (15) Effect of pumping gas on temperature field and pressure in hollow tungsten arc  
Int. J. Therm. Sci., 179 (2022), 107662 (13pp).  
F. Jiang, Q. Miao, Y. Zhang, B. Xu, S. Tashiro, M. Tanaka, S. Chen
- (16) Weldability of Dissimilar Materials (AA5052 Aluminium Alloy - Galvannealed High Strength Steel) Joints by Direct Current Pulsed Gas Metal Arc Welding  
AIP Conf. Proc., 2454 (2022), 060036-1.  
S. M. Hong, S. Tashiro, H.-S. Bang, M. Tanaka
- (17) Numerical Simulation of Arc Behaviour in TIG/MIG Hybrid Welding Process of Aluminium Alloy  
AIP Conf. Proc., 2454 (2022), '060009-1.  
R. A. E. Roslan, S. Mamat, P. T. Teo, F. Mohamad, Y. Toshifumi, S. Tashiro, M. Tanaka
- (3) 国際会議発表論文 (査読なし)
- (1) Effect of Welding Condition on Fracture Toughness for Ultra-Narrow Gap Submerged Arc Welding  
75th Annual Assembly of Int. Inst. Welding (IIW), Tokyo, Japan (2022.7.17-22), IIW Doc. XII-2524-2022.  
Y. Abe, T. Fujimoto, M. Nakatani, M. Shigeta and M. Tanaka
- (2) Narrow Gap Welding Process for Heavy Thick Steel Plates with CO<sub>2</sub> Gas Shielded Arc Welding Using REM Addition Wire  
75th Annual Assembly of Int. Inst. Welding (IIW), Tokyo, Japan (2022.7.17-22), IIW Doc. XII-2490-2022.  
S. Kozuki, T. Okabe, S. Igi and M. Tanaka
- (3) Effect of Flux Ratio on Droplet Transfer Behavior in Metal-Cored Arc Welding  
IIW Annual Assembly, 2022 (USB) (2022.7.17-22), IIW 2022 - Doc. XII-2527.  
N. Q. Trinh, S. Tashiro, T. Suga, T. Kakizaki, K. Yamazaki, T. Morimoto, H. Shimizu,  
A. Lersvanichkool, H. V. Bui and M. Tanaka

(5) 国内会議発表論文（査読なし）

- (1) Experimental Study of Dominant Factors for Droplet Ejection from Tungsten Electrode during AC TIG Welding  
IIW2022 - Int. Conf. on Welding and Joining, Tokyo (2022.7.17-18)  
K. Iida, H. Komen, M. Shigeta and M. Tanaka
- (2) Measurement of Electron Density Distribution of AC-GTA in Like Mars Atmosphere  
IIW2022 - Int. Conf. on Welding and Joining, Tokyo (2022.7.17-18)  
K. Aoyama, S. Shobako, T. Yamashita, N. Terajima, H. Komen and M. Tanaka
- (3) Numerical Investigation of Influencing Factors of Slag Transportation Process during Metal Active Gas Welding Using Incompressible Smoothed Particle Hydrodynamics Method  
IIW2022 - Int. Conf. on Welding and Joining, Tokyo (2022.7.17-18)  
T. Fukazawa, H. Komen, M. Shigeta, M. Tanaka, M. Fukahori, N. Saito and T. Yamada
- (4) Simulation of Heat Source Characteristics during Arc Spot Welding with Constricted Nozzle  
IIW2022 - Int. Conf. on Welding and Joining, Tokyo (2022.7.17-18)  
H. Komen, M. Tanaka, A. Murata and T. Murata
- (5) Investigation of Dominant Factors for Droplet Ejection from Electrode during AC TIG Welding by Visualization of Electrode Phenomena  
IIW Annual Assembly, 2022, Tokyo (2022.7.19-22)  
K. Iida, H. Komen, M. Shigeta and M. Tanaka
- (6) Numerical Investigation of Buried Space Formation Process in High-Current Gas Metal Arc Welding Using Particle Method  
IIW Annual Assembly, 2022, Tokyo (2022.7.19-22)  
H. Komen, M. Tanaka, H. Baba, K. Kadota, T. Era and H. Terasaki
- (7) Numerical Investigation of Slag Formation and Transfer Mechanisms during Metal Active Gas Welding Using Particle-Based Simulation  
IIW Annual Assembly, 2022, Tokyo (2022.7.19-22)  
T. Fukazawa, H. Komen, M. Shigeta, M. Tanaka, M. Fukahori, N. Saito and T. Yamada
- (8) Researching of AC-GTA Characteristics in Like Mars Atmosphere by Measuring Electron Density Distribution  
IIW Annual Assembly, 2022, Tokyo (2022.7.19-22)  
K. Aoyama, S. Shobako, T. Yamashita, N. Terajima, H. Komen and M. Tanaka
- (9) Experimental Study of CO<sub>2</sub> in Gas Tungsten Arc Using Double Shielding Torch  
Int. Welding & Joining Conf. - Korea 2022, Jeju island (2022.10.4-7)  
Y. Asai, H. Komen, M. Tanaka, M. Nomoto, K. Watanabe and T. Kamo
- (10) Identification of Dominant Factors for Droplet Ejection from Tungsten Electrode during AC TIG Welding  
Int. Welding & Joining Conf. - Korea 2022, Jeju island (2022.10.4-7)  
K. Iida, H. Komen, M. Shigeta and M. Tanaka
- (11) Measurement of Electron Density Distribution during AC-GTA Welding in Like Mars Atmosphere  
Int. Welding & Joining Conf. - Korea 2022, Jeju island (2022.10.4-7)  
K. Aoyama, S. Shobako, T. Yamashita, N. Terajima, H. Komen and M. Tanaka

- (12) Numerical Simulation of Slag Formation and Transfer Process during Metal Active Gas Welding Using Smoothed Particle Hydrodynamics Method  
Int. Welding & Joining Conf. - Korea 2022, Jeju island (2022.10.4-7)  
T. Fukazawa, H. Komen, M. Shigeta, M. Tanaka, M. Fukahori, N. Saito and T. Yamada
- (13) Dominant Factors in Arc Efficiency of Arc Welding Measured with Liquid Nitrogen Calorimetry  
Visual-JW 2022, Osaka (2022.10.25-26)  
S. Fujiyama, Y. Asai, H. Komen and M. Tanaka
- (14) Identification of Dominant Factor for Droplet Ejection from Electrode During AC TIG Welding by Visualization of Electrode Phenomena  
Visual-JW 2022, Osaka (2022.10.25-26)  
K. Iida, H. Komen, M. Shigeta and M. Tanaka
- (15) Investigation for Oxygen Absorption Mechanism During Gas Tungsten Arc Welding with Carbon Dioxide Gas  
Visual-JW 2022, Osaka (2022.10.25-26)  
Y. Asai, H. Komen, M. Tanaka, M. Nomoto, K. Watanabe and T. Kamo
- (16) Measurement of Electron Density Distribution During AC-GTA Welding in Like Mars Atmosphere by IR Method  
Visual-JW 2022, Osaka (2022.10.25-26)  
K. Aoyama, S. Shobako, T. Yamashita, N. Terajima, H. Komen and M. Tanaka
- (17) Particle-based Simulation of Slag Transfer Process During Metal Active Gas Welding  
Visual-JW 2022, Osaka (2022.10.25-26)  
T. Fukazawa, H. Komen, M. Shigeta, M. Tanaka, M. Fukahori, N. Saito and T. Yamada
- (18) Influence of Sulfur Content on Molten Pool Geometry in TIG Welding of High Manganese Stainless Steels  
IIW Annual Assembly, 2022 (2022.7.17-22)  
Y. Kisaka, S. Miki, F. Kimura, S. Tashiro, M. Tanaka, S. Ozawa and T. Suwa
- (19) Effect of Flux Ratio on the Droplet Transfer Behavior in Metal-Cored Arc Welding  
75th Annual Assembly of Int. Inst. Welding (IIW) (2022.7.21)  
N. Q. Trinh, S. Tashiro, T. Suga, T. Kakizaki, K. Yamazaki, T. Morimoto, H. Shimizu, A. Lersvanichkool, H. V. Bui and M. Tanaka

## (8) 国内学会発表

- (1) 高周波交流磁場がGMA溶接のアークおよびビード形状に及ぼす影響  
(一社)日本鉄鋼協会第184回秋季講演大会, 博多 (2022.9.21-23)  
松田 昇一, 棚原 靖, 田中 学, 二宮 和人
- (2) ラングミュアプローブ法を用いた擬似火星大気における直流 GTAの計測装置の改良  
第28回 溶接学会四国支部講演大会, 新居浜 (2023.3.3-4)  
福家 育実, 梶井 皓太, 正箱 信一郎, 寺嶋 昇, 山下 智彦, 田中 学, 古免 久弥
- (3) 擬似火星大気中における交流GTAの電子密度計測システムの構築  
第28回溶接学会四国支部講演大会, 新居浜 (2023.3.3-4)  
梶井 皓太, 福家 育実, 正箱 信一郎, 寺嶋 昇, 山下 智彦, 田中 学, 古免 久弥

- (4) Analyses of Oxygen Concentration on Anode Surface in Gas Tungsten Arc Welding Using CO<sub>2</sub> Gas  
2022 MRS Spring Meeting & Exhibit, WEB開催 (2022.5.23-25)  
Y. Asai, H. Komen, M. Tanaka, M. Nomoto, K. Watanabe and T. Kamo
- (5) Electron Density Distribution of AC-GTA in Like Mars Atmosphere  
2022 MRS Spring Meeting & Exhibit, WEB開催 (2022.5.23-25)  
K. Aoyama, S. Shobako, T. Yamashita, N. Terajima, H. Komen and M. Tanaka
- (6) Numerical Investigation of Heat Source Characteristics in Arc Spot Welding Using Constricted Nozzle  
2022 MRS Spring Meeting & Exhibit, WEB開催 (2022.5.23-25)  
H. Komen, M. Tanaka, A. Murata and T. Murata
- (7) Numerical Investigation of Influencing Factors of Slag Transportation Process During Metal Active Gas Welding Using Particle Method  
2022 MRS Spring Meeting & Exhibit, WEB開催 (2022.5.23-25)  
T. Fukazawa, H. Komen, M. Shigeta, M. Tanaka, M. Fukahori, N. Saito and T. Yamada
- (8) Experimental Study of Dominant Factors for Droplet Ejection from Electrode During AC TIG Welding  
2023 MRS Spring Meeting & Exhibit, WEB開催 (2022.5.24-27)  
K. Iida, M. Shigeta, H. Komen and M. Tanaka
- (9) Experimental Investigation of Dominant Factors for Droplet Ejection from Tungsten Electrode during AC TIG Welding  
The 6th Int. Union of Materials Research Societies Int. Conf. of Young Researchers on Adv. Materials, 博多 (2022.8.3-6)  
K. Iida, H. Komen, M. Shigeta and M. Tanaka
- (10) Numerical Simulation of Arc Phenomena During Tungsten Inert Gas Arc Spot Welding  
The 5th Int. Union of Materials Research Societies Int. Conf. of Young Researchers on Adv. Materials, 博多 (2022.8.3-6)  
H. Komen, M. Tanaka, A. Murata and T. Murata
- (11) 交流ティグ溶接における電極の液滴飛散を支配する因子の検討  
(一社)溶接学会 第258回溶接法研究委員会, 大阪 (2022.8.9-12)  
飯田 健太, 古免 久弥, 茂田 正哉, 田中学
- (12) IR法による擬似火星大気中における交流GTAの電子密度計測  
(一社)溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江 (2022.9.8-10)  
青山 海斐, 正箱 信一郎, 山下 智彦, 寺嶋 昇, 古免 久弥, 田中学
- (13) 交流ティグ溶接における電極飛散を支配する因子の特定  
(一社)溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江 (2022.9.8-10)  
飯田 健太, 古免 久弥, 茂田 正哉, 田中学
- (14) 交流ティグ溶接中のアークプラズマ温度の分光計測  
(一社)溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江 (2022.9.8-10)  
小林 裕生, 飯田 健太, 古免 久弥, 田中学, 松田 昇一
- (15) 二重シールドトーチを用いたガスタングステンアーク溶接中の二酸化炭素の挙動の検討  
(一社)溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江 (2022.9.8-10)  
浅井 祐輝, 古免 久弥, 田中学, 野元 将志, 渡邊 耕太郎, 加茂 孝浩

- (16) 溶融金属対流現象を考慮した軟鋼／アルミニウム合金異材抵抗スポット溶接中のナゲット形成過程の3次元粒子法シミュレーション  
(一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江 (2022.9.8-10)  
古免久弥, 築地 慎乃輔, 立花 瑞樹, 永瀬 裕也, 伊與田 宗慶, 城 鮎美, 佐野 智一, 菖蒲 敬久, 田中学, 茂田 正哉
- (17) 粒子法シミュレーションを用いたマグ溶接中のスラグ形成・輸送過程の調査  
(一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江 (2022.9.8-10)  
深澤 孝公, 古免久弥, 茂田 正哉, 田中学
- (18) 炭酸ガスを用いたガスタングステンアーク溶接における二酸化炭素挙動に関する実験観察  
(一社) 日本鉄鋼協会第184回秋季講演大会, 博多 (2022.9.22-23)  
浅井 祐輝, 古免久弥, 田中学, 野元 将志, 渡邊 耕太郎, 加茂 孝浩
- (19) 電極現象の可視化による交流ティグ溶接中の電極飛散を支配する因子の特定  
(一社) 日本鉄鋼協会 第184回秋季講演大会, 博多 (2022.9.22-23)  
飯田 健太, 古免久弥, 茂田 正哉, 田中学
- (20) 電子密度分布計測による擬似火星大気中における交流ティグ溶接の熱源特性調査  
(一社) 日本鉄鋼協会 第184回秋季講演大会, 博多 (2022.9.22-23)  
青山 海斐, 正箱 信一郎, 山下 智彦, 寺嶋 昇, 古免久弥, 田中学
- (21) 粒子法を用いたマグ溶接におけるスラグ形成・輸送過程の数値シミュレーション  
(一社) 日本鉄鋼協会 第184回秋季講演大会, 博多 (2022.9.22-23)  
深澤 孝公, 古免久弥, 茂田 正哉, 田中学
- (22) Strengthening of Al/Cu Dissimilar Joint Due to Complicated Interface Produced by Pulsed TIG Welding with a Constricted Nozzle  
VisualJW2022, 千里ライフサイエンスセンター (2022.10.25-26)  
Y. Yanagi, H. Yamamoto, K. Ito, H. Komen, M. Tanaka and A. Murata
- (23) IR法を用いた擬似火星大気中における交流GTAの電子密度分布計測  
(一社) スマートプロセス学会 2022年度学術講演会, 大阪 (2022.11.15)  
青山 海斐, 正箱 信一郎, 山下 智彦, 寺嶋 昇, 古免久弥, 田中学
- (24) SPH法を用いたマグ溶接中のスラグ形成・輸送過程の3次元数値シミュレーション  
(一社) スマートプロセス学会 2022年度学術講演会, 大阪 (2022.11.15)  
深澤 孝公, 古免久弥, 茂田 正哉, 田中学, 山田 哲生, 齊藤 直子, 深堀 貢
- (25) 交流ティグ溶接におけるタングステン電極の液滴飛散機構に関する一考察  
(一社) スマートプロセス学会 2022年度学術講演会, 大阪 (2022.11.15)  
飯田 健太, 古免久弥, 茂田 正哉, 田中学
- (26) 炭酸ガスを適用したガスタングステンアークにおける二酸化炭素の挙動に関する検討  
(一社) スマートプロセス学会 2022年度学術講演会, 大阪 (2022.11.15)  
浅井 祐輝, 古免久弥, 田中学, 野元 将志, 渡邊 耕太郎, 加茂 孝浩
- (27) Splashing Mechanism of Tungsten-Based Electrode in AC Arc Discharge  
IIW Commission I, IV, XII Intermediate Meeting, フランクフルト (2023.2.27-28)  
K. Iida, H. Komen, M. Shigeta and M. Tanaka

- (28) Three-dimensional Computation of Nugget Formation Process Considering Molten Metal Convection Phenomena in Steel/Al-Alloy Dissimilar Resistance Spot Welding Using Particle Method  
IIW Commission I, IV, XII Intermediate Meeting, フランクフルト (2023.2.27-28)  
H. Komen, S. Chikuchi, M. Shigeta, M. Tachibana, H. Nagase, M. Iyota, A. Shiro, T. Sano, T. Shobu and M. Tanaka
- (29) Three-dimensional Numerical Simulation of Slag Formation and Transfer Processes during Metal Active Gas Welding Using Particle Method  
IIW Commission I, IV, XII Intermediate Meeting, フランクフルト (2023.2.27-28)  
T. Fukazawa, H. Komen, M. Shigeta, M. Tanaka, T. Yamada, N. Saito and M. Fukahori
- (30) Effect of Flux Ratio on Droplet Transfer Behavior in Metal-Cored Arc Welding  
(一社) 溶接学会 2022年度 春季全国大会 (2022.4.13-20)  
N. Q. Trinh, S. Tashiro, T. Suga, T. Kakizaki, K. Yamazaki, T. Morimoto, H. Shimizu, A. Lersvanichkool, H. V. Bui and M. Tanaka
- (31) キーホールプラズマアーク溶接におけるアンダーカット形成メカニズム  
(一社) 溶接学会 2022年度 春季全国大会 (2022.4.13-20)  
田代 真一, Dongsheng WU, 田中 学, A. V. Nguyen
- (32) Effect of Additional Underneath Magnetic Field Direction on Fe-Al IMC Layer Distribution and Weldability of Aluminum Alloy to GI Steel Joints in AC Pulse GMAW  
2022年度秋季全国大会, 松江 (2022.9.8-10)  
S. M. Hong, 田代 真一, 田中 学, 伊藤 和博
- (33) プラズマ温度と金属蒸気濃度の三次元分光計測を通じたプラズマミグ溶接におけるアークカップリングメカニズムの解明  
(一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会 (2022.9.8-10)  
石田 和也, 田代 真一, 野村 和史, Wu Dongsheng, 田中 学
- (34) 金属コアアーク溶接における金属移動挙動に及ぼすシールドガスの影響  
(一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会 (2022.9.8-10)  
N. Q. Trinh, S. Tashiro, T. Suga, T. Kakizaki, K. Yamazaki, A. Lersvanichkool, H. V. Bui and M. Tanaka
- (35) Elucidation of Arc Coupling Mechanism in Plasma-MIG Hybrid Welding Process through Spectroscopic Measurement of 3D Distributions of Plasma Temperature and Iron Vapor Concentration  
2nd Bioengineering and technology postgraduate symposium 2022, マレーシア (2022.12.5-7)  
S. Tashiro
- (9) 国際会議講演
- (1) A Prospect Derived from the Visualization of Arc Welding Phenomena  
International Welding & Joining Conference - Korea 2022, Jeju, Korea (2022.10.5-7)  
M. Tanaka and H. Komen
- (10) 国内会議講演
- (1) 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 (2022.6.22-23)  
田中 学

- (2) 溶接法基礎論  
2022年度溶接工学夏季大学, オンライン (2022.7.25-8.8)  
田中学
- (3) 2022年度溶接工学企画講座「アーク溶接プロセス」  
溶接アーク物理, 東京 (2022.11.8)  
田中学
- (4) 新溶接アーク現象セミナー  
アーク物理, 大阪 (2022.11.28)  
田中学
- (5) マルチマテリアル時代の溶接・接合科学の進歩と発展  
令和4年度第3回ARC特別研究集会「接合入門」, 富山 (2022.12.8)  
田中学
- (11) **解説・総説**
  - (1) 接合科学研究所創立50周年を迎えて  
大阪大学工業会誌テクノネット, 596 (2022), 12-14.  
田中学
  - (2) 大阪大学接合科学研究所の50年を振り返る, 今後の展望  
溶接学会誌, 91, 3 (2022), 173-177.  
田中学
  - (3) 2022IIW東京大会への道-第4回「変革を図る年次大会・国際会議」  
溶接技術, 70, 6 (2022), 106-109.  
田中学
  - (4) 溶接技術の基本  
圧力設備の材料, 設計, 施工, 維持管理の基礎 (2022), 127-166.  
田中学
  - (5) 学会活動 (2021年)  
溶接学会誌, 91, 5 (2022), 321-322.  
田中学
  - (6) 溶接法基礎論  
2022年度溶接工学夏季大学教材 (2022), 1-28.  
田中学
  - (7) 「新溶接アーク現象セミナー」座談会  
溶接技術, 70, 10 (2022), 101-107.  
浅井 知, 田中学, 児玉 真二, 門田 圭二, 藤田 善宏, 迎井 直樹, 宮坂 史和, 野村 和史,  
荻野 陽輔, 山根 敏, 清水 弘之
  - (8) 国際溶接学会 (IIW) 2022年次大会・国際会議開催レポート-第1回「国際会議としての新しい  
取り組み」  
溶接技術, 70, 10 (2022), 85-89.  
田中学

- (9) 創立60周年記念号の発刊に当たり  
軽金属溶接, 60, 10 (2022), 419.  
田中学
- (10) スマートプロセス学にエールを！  
スマートプロセス学会誌, 12, 1 (2023), 1-2.  
田中学
- (11) 大阪大学接合科学研究所における溶接・接合に関するアウトリーチ活動  
溶接学会誌, 92, 1 (2023), 33-37.  
三上 欣希, 田中学
- (12) 極狭開先サブマージアーク溶接技術の開発  
溶接学会誌, 92, 2 (2023), 105-110.  
阿部 洋平, 藤本 貴大, 中谷 光良, 茂田 正哉, 田中学

### (15) 受賞

- (1) 溶接学会論文賞  
(一社) 溶接学会 (2022.04.13)  
山崎 圭, 浅野 涼, 戸田 亮, 齋藤 康之, 茂田 正哉, 田中学
- (2) 優秀ポスター発表賞  
(一社) 溶接学会 (2022.04.13)  
山下 悠登 (M2)
- (3) 溶接物理・技術奨励賞  
(一社) 溶接学会 溶接法研究委員会 (2022.08.09)  
深澤 孝公 (M2), 古免 久弥, 田中学, 茂田 正哉
- (4) 大阪大学賞 若手教員部門  
大阪大学 (2022.11.24)  
古免 久弥
- (5) 学術奨励賞  
(一社) スマートプロセス学会 (2022.12.14)  
飯田 健太 (M2)

### (17) 外部資金

(単位：千円)

#### 科学研究費補助金

- |     |         |  |       |     |
|-----|---------|--|-------|-----|
| (1) | 若手研究    | 粉体フラックス中のアークプラズマ-メタルラグ挙動の統合電磁熱流体解析       | 古免 久弥 | 130 |
| (2) | 基盤研究(C) | 厚鋼板の安定な低入熱1パス溶接のための高性能プラズマミグハイブリッド溶接法の開発 | 田代 真一 | 650 |

#### 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 | 2,500 |
|-----|--|----------------|------|-------|

(2)	JFEウエルディング協働研究所	田中	学	3,000
(3)	JFEウエルディング協働研究所	田中	学	2,000
(4)	日本製鉄ものづくり未来協働研究所	田中	学	2,000
(5)	株式会社ユメックス	田中	学	260
(6)	ウシオ電機株式会社	田中	学	1,481
(7)	太陽日酸株式会社	田中	学	1,300
(8)	オムロン株式会社	田中	学	2,600
(9)	マツダ株式会社 東北大学	田中	学	2,500
(10)	日立造船株式会社	田中	学	1,300

#### 学術相談 (元)

#### 奨学寄付金 (元)

(1)	田中教授 研究助成金	ファナック株式会社	田中	学	1,000
(2)	田中教授 研究助成金	株式会社ムラタ溶研	田中	学	1,111
(3)	田中教授 研究助成金	株式会社ユメックス	田中	学	1,200

#### 4. 8 教育

氏名：田中 学

##### (1) 大学院等講義科目

(1)	工学研究科博士前期課程	材料機能化設計学
(2)	工学研究科博士前期課程	溶接プロセス学特論
(3)	工学部	生産情報基礎学 I (2組)

##### (2) 博士論文 (主査)

(1)	マテリアル生産科学専攻, 石田 和也	プラズマ・ミグハイブリッド溶接のアーク干渉メカニズムの解明と厚板鋼板適応に関する研究
-----	--------------------	--

### (3) 博士論文 (副査)

(1) マテリアル生産科学専攻,  
Mauchamp Nicolas Aini

Molecular Dynamics Simulations of Surface  
Atomic Processes in Ion-beam and Plasma Etching

氏名：古免 久弥

### (1) 大学院等講義科目

(1) マテリアル生産科学専攻

材料機能化設計学

(2) マテリアル生産科学専攻

溶接プロセス学特論

(3) 応用理工学科

生産創成工学

(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 (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～」)

## 4. 9 社会貢献

氏名：田中 学

### (1) 学会役員

(1) (一社) スマートプロセス学会

会長

(2) (一社) 軽金属溶接協会

アルミニウム溶接教育委員会 委員長

(3) (一社) 軽金属溶接協会

理事

(4) (一社) 軽金属溶接協会

編集委員会 委員長

(5) (一社) 電気学会

論文委員会 委員

(6) (一社) 日本鉄鋼協会

接合・結合フォーラム 委員

(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        | 理事  |
| (15) (一社) 日本溶接協会        | IIW2022 & Welding Show企画実行委員会 委員          |
| (16) (一社) 日本溶接協会        | IIW2022年次大会 会議運営部会 部長                     |
| (17) (一社) 日本溶接協会        | IIW資格日本認証機構J-ANB特認コース<br>小委員会 委員長         |
| (18) (一社) 日本溶接協会        | 溶接情報センター委員会 委員                            |
| (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) 日本溶接協会, 産報出版  | 2024国際ウエルディングショー運営委員会<br>委員長              |
| (22) (一社) 溶接学会          | 溶接法研究委員会 委員長                              |
| (23) (一社) 溶接学会          | 溶接教育委員会 委員                                |
| (24) (一社) 溶接学会          | 論文査読・審査委員会 副委員長                           |
| (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 支部長                                  |
| (27) (一社) 溶接学会          | 理事  |
| (28) (一社) 溶接学会          | 副会長                                       |
| (29) (一社) 溶接学会          | 溶接情報化委員会 委員                               |
| (30) (一社) 溶接学会          | 研究推進部会 委員                                 |
| (31) (一社) 溶接学会          | 企画委員会 委員                                  |
| (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 (国際溶接学会)       | 理事  |
| (34) IIW (国際溶接学会)       | IIW2022 International Conference Chairman |
| (35) IIW (国際溶接学会)       | Commission XII Sub-commission F 委員長       |

## (2) 国際会議委員

(1) IIW2022 International Conference on Welding and Joining Conference Chairman

(2) IIW2022 International Conference on Welding and Joining Conference Chairman

## (5) 国・自治体・公益法人等への貢献

(1) (一財) 近畿高エネルギー加工技術研究所 副理事長

(2) (公社) 溶接接合工学振興会 評議員

(3) (公社) 溶接接合工学振興会 企画委員会 委員

(4) 山東大学 (中国, 済南市) 博士共同指導教授

(5) 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

(6) 蘭州理工大学 (中国, 蘭州市) 客座教授

## (7) 社会への情報発信

(1) 溶接学会各賞決まる 溶接学会 (2022.03.08)

(2) 国際ウェルディングショー溶接夏まつり 溶接ニュース (2022.04.26)

(3) 阪大・接合研,  
スタンドグラス製作体験が好評 溶接ニュース (2022.05.17)

(4) 政府, ハノイ工科大に溶接機材供与 溶接ニュース (2022.05.17)

(5) 溶接学会 夏期大学7月から 溶接ニュース (2022.05.31)

(6) ベトナムに溶接研究所阪大ハノイ工科大と連携 溶接ニュース (2022.06.16)

(7) 「接合・分離」科学確率で貢献 日刊工業新聞 (2022.07.11)

(8) 国際ウェルディングショー「溶接夏まつり」見てある記 溶接ニュース (2022.08.09)

(9) 研究所の創立50周年を機に, 接合科学賞を設ける 日刊工業新聞 (2022.08.22)

(10) 溶接機3件が未来技術遺産に登録 溶接ニュース (2022.09.13)

(11) 接合科学研究所 創立50周年記念特集 溶接ニュース (2022.11.08)

- |                                       |                     |
|---------------------------------------|---------------------|
| (12) 溶接学会企画講座を開催 基本原理から最新ロボット技術まで     | 溶接ニュース (2022.11.22) |
| (13) 2024国際ウエルディングショー, 8年ぶりに大阪で開催     | 溶接ニュース (2022.11.29) |
| (14) 新溶接アーク現象 溶接学会 溶接法委員会編が出版         | 溶接ニュース (2022.12.06) |
| (15) 新たな価値創造に向けて 溶接・接合技術              | 日刊工業新聞 (2022.12.21) |
| (16) ハノイ工科大学にて接合科学研究所 HUST-OU設立記念式典開催 | 溶接ニュース (2023.01.24) |

氏名：古免 久弥

**(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) 軽金属溶接協会    | 編集委員会 委員                |
| (3) (一社) 軽金属溶接協会    | ロードマップWG 委員             |
| (4) (一社) 日本溶接協会     | IIW2022年次大会 会議運営部会 委員   |
| (5) (一社) 溶接学会       | 溶接法研究委員会 幹事             |
| (6) (一社) 溶接学会       | 編集委員会 委員                |
| (7) (一社) 溶接学会       | 2022・2023年度 若手会員の会 運営委員 |
| (8) (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      |

**(2) 国際会議委員**

- |  |                                 |
|--|---------------------------------|
| (1) The 5th International Union of Materials Research Societies International Conference of Young Researchers of Young Resarchers on Advanced Materials  | Contributed Symposium Organizer |
| (2) 11th International Conference on Reactive Plasmas / 2022 Gaseous Electronics Conference / 40th Symposium on Plasma Processing (SPP-40) / 35th Symposium on Plasma Science for Materials (SPSM35) | Local Organizing Committee      |
| (3) 25th International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC25)  | Local Organizing Committee      |

(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・  
政策基盤調査研究センター 専門調査員

氏名：田代 真一

(1) 学会役員

- (1) Materials Guest Editor  
(2) Materials Editorial Board Member  
(3) Materials Editor

(2) 国際会議委員

- (1) Visual-JW2022 論文委員

4. 10 全国共同利用に関する研究

(1) 令和4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) 田中 慶吾 (地独)大阪産業技術研究所 キーホール形成を伴う溶融池対流現象の粒  
和泉センター 子法シミュレーション  
加工成形研究部
- (2) 寺崎 秀紀 熊本大学工学部 溶接金属マイクロ組織のフェーズフィールド  
機械数理工学科 シミュレーション
- (3) 正箱 信一郎 香川高等専門学校 疑似火星大気中における交流GTAの計測  
機械電子工学科
- (4) 松田 昇一 琉球大学工学部工学科 磁場を用いたTIG溶接の溶け込みメカニズ  
エネルギー環境工学コース ムの解明に関する研究

国際共同研究

- (1) Jiang Fan Beijing University of Technology Arc Behavior and Physics of Novel Welding Arc
- (2) Li Cheng Beijing University of Technology To investigate the physical characteristics and evolution of weld pool and keyhole in VPPA variable position welding by experiment and simulation methods.

(3)	Wang Xinxin	Chongqing University of Technology/School of Materials Science and Engineering/ Department of Welding Technology and Engineering	Arc properties and oxygen transfer to the electrode in argon-oxygen gas mixture including metal vapor in arc welding
(4)	Lin Kuo	East china university of science of technology/ School of Resources and Environmental Engineering/ Institute of Clean Coal Technology	Liquid-solid two-phase flow at high temperature
(5)	Sharma Abhay	KU Leuven, Belgium	Research on use of Laser Arc Hybrid Welding for Additive Manufacturing
(6)	Van Rymenant Patrick	KU Leuven, Belgium	Research on use of Laser Arc Hybrid Welding for Additive Manufacturing
(7)	Zhang Hengming	Lanzhou University of Technology	arc physics of flux cored wire
(8)	Zhao Wenyong	Nanjing University of Aeronautics and Astronautics / College of Materials Science and Technology	Modeling and Simulation of Heat transfer, Fluid flow and Geometric morphology in MIG-based Wire Arc Additive Manufacturing
(9)	Mamat Sarizam	University Malaysia Kelantan	Development of TIG/MIG hybrid welding process

氏名：古免 久弥

一般公募研究課題

(1)	兒玉 直人	名古屋大学大学院 工学研究科	固体を用いたアーク限流遮断過程におけるアーク組成の実験的推定
-----	-------	----------------	--------------------------------

(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  
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。

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メートル級の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に関する研究開発を推進している。また、プラズマ生成・制御に関する基礎的知見を大気圧非平衡プラズマに展開し、科学研究費補助金・新学術領域研究「プラズマ医療科学の創成」の計画研究で培った放電制御技術に加えて、有機材料とプラズマとの相互作用に関する知見を礎に、有機－金属異種材料接合への応用に向けて、材料表界面の高度制御と高強度な接合技術の開発に資する研究を展開している。加えて、プラズマプロセスを駆使したナノ構造制御機能材創成、さらには脱炭素社会の実現に向けたプラズマ触媒反応系に関する研究に挑んでいる。

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

### 4. 2 研究課題

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

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

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

酸化物半導体は、透明かつ高速動作が可能な薄膜トランジスタへの応用をはじめ次世代の機能性材料として期待されているが、現状のデバイス製造においては高温のアニールプロセスが不可欠であることから、使用可能な基板材料に制約があり、次世代のフレキシブルデバイス創成に向けた技術展開には、有機材料をはじめとするフレキシブルな材料基板上に、高品質の薄膜トランジスタを低温で形成することが可能な新たなプロセス技術の開発が不可欠である。加えて、デバイスの安定性を根本的に改善する観点から、従来とは異なる新たな酸化物半導体材料の開発も望まれている。

本年度は、新たな制御性を付加した次世代のデバイス形成プロセス技術の創成を目指して、スバッ

タ放電に高周波誘導結合型プラズマを重畳した高密度プラズマ支援スパッタ製膜プロセス装置を用いて酸化物半導体薄膜を形成し、製膜パラメータに対する制御因子の解明に注力して研究を推進した。その結果、薄膜形成において反応性を制御する新たなプロセスを導入することにより、酸化物薄膜の電気的特性をはじめとする特性制御に資することが示唆された。さらに、従来とは異なる新たな酸化物半導体に関する研究にも着手し、薄膜トランジスタとして動作可能な酸化物半導体の形成プロセスを開発した。

本研究の一部は、科学研究費助成事業（科学研究費補助金）基盤研究（B）を受けて実施したものである。

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

本研究では、科学研究費補助金・新学術領域研究「プラズマ医療科学の創成」の計画研究「高度時空間制御による生体適合放電生成の基盤確立と革新的医療プラズマ源の創成（研究代表者：節原）」を通じて開発した新たな高周波励起型大気圧高密度非平衡プラズマジェット【特許第 6991543 号、令和 3 年 12 月 10 日、発明者：節原、内田、竹中】を礎に、有機材料と金属との異材接合の研究を精力的に推進している。特に、様々な産業分野において、従来の熱プロセスを凌駕する接合強度を実現することが期待されている。

本年度は、スーパーエンジニアリングプラスチック（Super Engineering Plastics）と金属材料との異材接合に関する研究を推進し、当研究室で開発した大気圧非平衡プラズマジェットを用いたプロセス開発と接合メカニズムの解明により、従来の加熱のみによる接合法に比べて、格段に高い接合強度を実現するための因子を明らかにした。さらに、本研究を通じて開発した接合技術が特許登録された。【大阪大学から出願・登録：特許第 7239134 号、登録日：令和 5 年 3 月 6 日、発明者：内田、節原、竹中】

本研究の一部は、本年度に交付された科学技術振興機構・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）トライアウトを受けて実施したものである。

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

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

本年度は、ミストを含有するプラズマについて、光学的手法を用いた診断を行い、プラズマ中の液滴から微粒子を形成する過程を明らかにすべく研究を推進した。その結果、プラズマ中での液滴を原料とした酸化亜鉛微粒子形成に、液滴の蒸発により供給される原料に起因した、プラズマ中で生成されるラジカルによって、微粒子の形成および物性に影響を与えていることを示唆する結果を得た。

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

## 4. 脱炭素社会の実現に向けた先進的プラズマ触媒反応系の開発

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

このため、本研究では、プラズマ触媒反応系を用いたメタネーションの反応機構の解明に向けた

基礎研究を推進している。発光分光や0次元プラズマシミュレーションによって実験的、かつ数値的に反応機構を予測、最適化指針の構築を目指している。

本年度は、容量結合型高周波プラズマ装置を用いたメタネーションの促進を目指して、ガス流量と放電体積がメタネーション効率に与える影響について調べ、活性種の生成量やガス滞在時間、触媒表面への活性種の供給の観点から考察した。その結果、CO<sub>2</sub>変換率は主に放電体積と電子密度によって決定される一方、CH<sub>4</sub>選択率は活性種の輸送率が重要であることが明らかになった。また、発光分光により気体分子の振動温度を測定し、メタネーション効率との関係について調べた結果、高振動温度ほどメタン選択率が増加すること示した。

## (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、大気圧における非平衡プラズマジェットの生成・制御技術については、世界的なオリジナリティーを誇る独自の研究成果であり、これらを基盤として活用して応用研究に展開することにより、独自性の高い技術開発を推進している。

### ②研究レベル

研究成果については、招待講演（国際会議：2件、国内会議：3件）に加えて、国内学会から **Poster Award** を授与され、内外において評価されているものとする。さらに、学術誌への成果発表では、**IEEE Open Journal of Nanotechnology** 誌、**Japanese Journal of Applied Physics** 誌に掲載された。加えて、本学継承の知財として、前年度の特許登録に続いて、有機材料－金属異種材料接合に関する特許【大阪大学から出願・登録：特許第 7239134 号、登録日：令和 5 年 3 月 6 日、発明者：内田、節原、竹中】が本年度に登録された。

### ③研究成果の社会への貢献

研究成果の内、プラズマプロセスならびに半導体関連の研究については、研究成果の実用化に向けた研究開発や製品化に向けて、産学連携による社会貢献が図られているものとする。また、大気圧プラズマ源の開発と応用に関する研究では、本学継承の知財として、前年度のプラズマ源に関する特許に続いて、異種材料接合に関する特許が本年度に登録され、産学連携による製品開発に向けた今後の展開が期待される。

#### ④研究予算

外部資金として、プラズマならびにプロセス関連の研究（節原）については、科学研究費助成事業（科学研究費補助金）基盤研究（B）の研究経費を受けている。また、科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）基盤研究（C）（竹中）ならびに科学技術振興機構・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）トライアウト（竹中）を受けている。6大学6研究所連携プロジェクトに参画し、連携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、大阪大学エマージングサイエンスデザイン R<sup>3</sup> 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、評議員等を歴任している。

②産学連携：民間企業への知見提供等を通じて、産学連携を推進している。

③国際貢献：複数の国際会議において、組織委員等を歴任している。さらに、European Joint Committee on Plasma and Ion Surface Engineering（EJC/PISE）の Associate Member（節原）をはじめ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）ならびに大学改革支援・学位授与機構の委員として社会貢献を図っている。また、6大学6研究所連携プロジェクトでは、教育研究組織整備事業「6大学6研究所間連携研究組織（コア出島・マルチ出島）の整備」（令和4年度～令和9年度）の概算要求に当たり、概算要求書の作成と文部科学省との折衝を行い、予算獲得と運営に貢献した。

#### 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

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

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Plasma Synthesis of Silicon Nanoparticles: From Molecules to Clusters and Nanoparticle Growth  
IEEE Open J. Nanotechnol., 3 (2022), 94-100.  
S. Nunomura, K. Kamataki, T. Nagai, T. Misawa, S. Kawai, K. Takenaka, G. Uchida and K. Koga
- (2) Plasma Processing Technique by Combination of Plasma-Assisted Reactive Sputtering and Plasma Annealing for Uniform Electrical Characteristics of InGaZnO Thin Film Transistors Formed on Large-Area Substrates  
Jpn. J. Appl. Phys., 62 (2023), SI1005/1-SI1005/9.  
K. Takenaka, T. Yoshitani, M. Endo, H. Hirayama, S. Toko, G. Uchida, A. Ebe and Y. Setsuhara
- (3) Effect of Gas Flow Rate and Discharge Volume on CO<sub>2</sub> Methanation with Plasma Catalysis  
Jpn. J. Appl. Phys., 61 (2022), SI1002/1-SI1002/6.  
S. Toko, M. Ideguchi, T. Hasegawa, T. Okumura, K. Kamataki, K. Takenaka, K. Koga, M. Shiratani and Y. Setsuhara

##### (7) 国際会議発表

- (1) Low-Temperature Formation of High-Mobility IGZO Thin Films Transistors Fabricated with Plasma-Assisted Reactive Processes  
11th Int. Conf. on Reactive Plasmas (ICRP-11)/2022 Gaseous Electronics Conf. (GEC 2022)/40th Symp. on Plasma Processing (SPP-40)/35th Symp. on Plasma Science for Materials (SPSM35), Sendai International Center, Sendai, Japan (2022.10.3-7)  
Y. Setsuhara, H. Komatsu, S. Toko, K. Takenaka and A. Ebe
- (2) Development of Virus Inactivation Technology with Integration of Atmospheric Pressure and Low Temperature Plasma Generation Control and Environmental Catalyst Technology  
The 6th Int. Symp. on Visualization in Joining & Welding Science through Adv. Measurements and Simulation (Visual-JW2022) & The 2nd Int. Symp. on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-2), Senri Life Science Center, Osaka, Japan (2022.10.25-26)  
Y. Setsuhara, K. Takenaka, S. Toko and M. Hattori
- (3) Development Plasma Processing Technology for Low-temperature Formation of High Quality Functional Thin Films  
The 6th Int. Symp. on Visualization in Joining & Welding Science through Adv. Measurements and Simulation (Visual-JW2022) & The 2nd Int. Symp. on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-2), Senri Life Science Center, Osaka, Japan (2022.10.25-26)  
Y. Setsuhara, K. Takenaka, S. Toko, K. Ide and T. Kamiya
- (4) Development of Plasma-Assisted Reactive Process for Large-Area Uniform Formation of High Mobility IGZO Thin-Film Transistors  
The 43rd Int. Symp. on Dry Process (DPS2022), Osaka International Convention Center, (Osaka, Japan) & Online (2022.11.24-25)  
K. Takenaka, T. Yoshitani, G. Uchida, A. Ebe and Y. Setsuhara

- (5) Development of Plasma Assisted Reactive Process for Uniform Formation of High Mobility Oxide Semiconductor Thin Film Transistors over Large Areas  
7th Int. Conf. on Advances in Functional Materials (AFM2022), Centennial Hall of Kyushu University, Kyushu, Japan (2023.1.9-12)  
K. Takenaka, T. Yoshitani, S. Toko, G. Uchida, A. Ebe and Y. Setsuhara
- (6) Droplet-Vaporization Behavior Analysis in Plasma for Fabrication of 3D Nanostructured Zinc Oxide Thin Films by Plasma-assisted Mist CVD  
15th Int. Symp. on Adv. Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma 2023) / 16th Int. Conf. on Plasma Nano Technology & Science (IC-PLANTS 2023), Gifu University, Gifu, Japan (2023.3.5-9)  
K. Takenaka, S. Toko and Y. Setsuhara
- (7) Relationship between Vibrational Temperature and CO<sub>2</sub> Methanation with Plasma Catalysis  
11th Int. Conf. on Reactive Plasmas (ICRP-11)/2022 Gaseous Electronics Conf. (GEC 2022)/40th Symp. on Plasma Processing (SPP-40)/35th Symp. on Plasma Science for Materials (SPSM35), Sendai International Center, Sendai, Japan (2022.10.3-7)  
S. Toko, T. Hasegawa, T. Okumura, K. Kamataki, K. Takenaka, K. Koga, M. Shiratani and Y. Setsuhara
- (8) **国内学会発表**
- (1) プラズマ支援ミストCVDによる3次元ナノ構造酸化亜鉛薄膜形成に向けたプラズマ中の液滴蒸発挙動の解析  
2022年第83回応用物理学会秋季学術講演会, 東北大学川内キャンパス&ハイブリッド開催 (2022.9.20-23)  
竹中 弘祐, 都甲 将, 節原 裕一
- (2) 反応性プラズマプロセスを用いた高性能IGZO薄膜トランジスタの低温形成  
2022年第83回応用物理学会秋季学術講演会, 東北大学川内キャンパス&ハイブリッド開催 (2022.9.20-23)  
竹中 弘祐, 林 祐仁, 都甲 将, 江部 明憲, 節原 裕一
- (3) プラズマ支援反応性プロセスを用いた機能性薄膜の低温形成  
第38回九州・山口プラズマ研究会, 指宿白水館 (2022.11.7-8)  
竹中 弘祐, 都甲 将, 内田 儀一郎, 江部 明徳, 節原 裕一
- (4) プラズマ支援反応性スパッタリングによるアモルファス酸化ガリウム薄膜形成  
2023年第70回応用物理学会春季学術講演会, 上智大学四谷キャンパス+オンライン (2023.3.15-18)  
竹中 弘祐, 小松 響, 藤村 知輝, 都甲 将, 井手 啓介, 江部 明憲, 神谷 利夫, 節原 裕一
- (5) 大気圧非平衡プラズマジェットを用いた有機材料-金属異材接合技術の開発  
2023年第70回応用物理学会春季学術講演会, 上智大学四谷キャンパス+オンライン (2023.3.15-18)  
竹中 弘祐, 中本 壮太郎, 小鐘 亮輔, 都甲 将, 内田 儀一郎, 節原 裕一
- (6) プラズマ触媒反応において触媒が二酸化炭素リサイクルのエネルギーコストに与える影響  
第82回秋季応用物理学会, オンライン (2021.9.10-13)  
都甲 将, 出口 雅志, 長谷川 大樹, 鎌滝 晋礼, 竹中 弘祐, 古閑 一憲, 白谷 正治, 節原 裕一

- (7) プラズマ触媒を用いたCO<sub>2</sub>メタン化のためのプラズマシミュレーション  
The 39-th Symp. on Plasma Processing/ The 34-th Symp. on Plasma Science for Materials (SPP-39/SPSM34), オンライン (2022.1.24-26)  
都甲 将, 出口 雅志, 長谷川 大樹, 奥村 賢直, 鎌滝 晋礼, 竹中 弘祐, 古閑 一憲, 白谷 正治, 節原 裕一
- (8) プラズマ触媒作用を用いた低温下メタネーションプロセスの開発  
2022年度 放電学会シンポジウム「カーボンニュートラルの研究動向」, オンライン (2022.8.24)  
都甲 将, 奥村 賢直, 鎌滝 晋礼, 竹中 弘祐, 古閑 一憲, 白谷 正治, 節原 裕一
- (9) プラズマ触媒作用を用いたCO<sub>2</sub>メタネーションのためのゼロ次元シミュレーション  
第83回秋季応用物理学会, オンライン (2022.9.20-23)  
都甲 将, 長谷川 大樹, 奥村 賢直, 鎌滝 晋礼, 竹中 弘祐, 古閑 一憲, 白谷 正治, 節原 裕一
- (10) Relationship between Vibrational Temperature and CO<sub>2</sub> Methanation with Plasma Catalysis  
11th Int. Conf. on Reactive Plasmas/ 2022 Gaseous Electronics Conf. / 40 th Symp. on Plasma Processing/ 35th Symp. on Plasma Science for Materials, オンライン (2022.10.3)  
S. Toko, T. Hasegawa, T. Okumura, K. Kamataki, K. Takenaka, K. Koga, M. Shiratani and Y. Setsuhara
- (11) プラズマ触媒作用によるメタネーションにおけるH<sub>2</sub>O吸着の効果  
第38回九州山口プラズマ研究会, 鹿児島県指宿市 指宿白水館 (2022.11.6-7)  
S. Toko, T. Hasegawa, T. Okumura, K. Kamataki, K. Takenaka, K. Koga, M. Shiratani and Y. Setsuhara
- (12) Effect of H<sub>2</sub>O Capture in Methanation with Plasma Catalysis  
DPS2022, オンライン (2022.11.24-25)  
S. Toko, T. Hasegawa, T. Okumura, K. Kamataki, K. Takenaka, K. Koga, M. Shiratani and Y. Setsuhara
- (13) Effects of Water Absorbent Materials on CO<sub>2</sub> Methanation Using Plasma Catalyst  
MRS-J 2022, 相模原 (2022.12.5-7)  
T. Hasegawa, D. Yamashita, S. Toko, K. Kamataki, K. Koga and M. Shiratani
- (14) Improvement of Energy Efficiency for CO<sub>2</sub> Decomposition Using Molecular Capture Catalysts  
第32回日本MRS年次大会 (MRS-J2021), 産業貿易センター (横浜) (2022.12.5-7)  
S. Toko, T. Hasegawa, T. Okumura, K. Kamataki, K. Takenaka, K. Koga, M. Shiratani and Y. Setsuhara
- (15) Relationship between Vibrational Temperature and CO<sub>2</sub> Methanation with Plasma Catalysis  
MRS-J 2022, 神奈川県横浜市 産業貿易センタービル (2022.12.5-7)  
S. Toko, T. Hasegawa, T. Okumura, K. Kamataki, K. Takenaka, K. Koga, M. Shiratani and Y. Setsuhara
- (16) Estimation of the Excited CO Density in Plasma Contributing to CO<sub>2</sub> Methanation by Optical Emission Spectroscopy  
AFM2023, 福岡県福岡市 九大医学部 百年記念講堂 (2023.1.9-12)  
S. Toko, T. Hasegawa, T. Okumura, K. Kamataki, K. Takenaka, K. Koga, M. Shiratani and Y. Setsuhara
- (17) The Effect of Plasma off Time on CO<sub>2</sub> Methanation Using Pulsed Discharge Plasma  
AFM2023, 福岡県福岡市 九大医学部 百年記念講堂 (2023.1.9-12)  
T. Hasegawa, D. Yamashita, S. Toko, K. Kamataki, K. Koga and M. Shiratani
- (18) プラズマ触媒作用を用いたCO<sub>2</sub>メタネーション  
2022年度第3回表面改質技術研究委員会, オンライン (2023.2.22)  
都甲 将, 奥村 賢直, 鎌滝 邦弘, 竹中 弘祐, 古閑 一憲, 白谷 正治, 節原 裕一

## (9) 国際会議講演

- (1) Reactive Plasma Processes for Low-Temperature Formation of High-Mobility IGZO Thin-Film Transistors Annual Meeting, Center For Plasma and Thin Film Tech, online (2022.6.17)  
Y. Setsuhara, K. Takenaka, H. Hirayama, G. Uchida and A. Ebe
- (2) Low-temperature Formation of Functional Oxide Materials with Plasma-Assisted Reactive Processes 第32回日本MRS年次大会 (MRS-J2021), 産業貿易センター (横浜) (2022.12.5)  
K. Takenaka, S. Toko and Y. Setsuhara

## (10) 国内会議講演

- (1) 大気圧非平衡高周波プラズマジェットの開発と有機-金属異種材料接合への応用 一般社団法人 溶接学会 第139回マイクロ接合研究委員会, Web会議 (2022.9.29)  
節原 裕一, 町田 陸朗, 坊野 哲也, 陣田 克哉, 都甲 将, 竹中 弘祐, 内田 儀一郎
- (2) 大気圧プラズマの可視化研究 -医療応用, Liイオン電池応用に向けて 日本学術振興会プラズマ材料科学第153委員会第155回研究会, Web会議 (2022.4.27)  
内田 儀一郎, 竹中 弘祐, 節原 裕一
- (3) プラズマ触媒作用を用いたCO<sub>2</sub>メタネーション 2022年度第3回表面改質技術研究委員会, オンライン開催 (2023.2.22)  
都甲 将, 奥村 賢直, 鎌滝 晋礼, 竹中 弘祐, 古閑 一憲, 白谷 正治, 節原 裕一

## (13) 特許出願・登録

- (1) 樹脂材と金属材との接合体およびその製造方法 特許第7239134号  
節原 裕一, 竹中 弘祐, 他1名

## (15) 受賞

- (1) 第20回 (2022年秋季) 応用物理学会 Poster Award 応用物理学会 (2022.11.16)  
竹中 弘祐, 都甲 将, 節原 裕一

## (17) 外部資金

(単位:千円)

### 科学研究費補助金

- |     |         |   |       |       |
|-----|---------|---|-------|-------|
| (1) | 基盤研究(B) | 高密度プラズマ支援製膜によるナノ構造制御次世代酸化物半導体薄膜低温形成法の創成 | 節原 裕一 | 3,250 |
| (2) | 基盤研究(C) | 微小液滴を用いたプラズマ支援による3次元ナノ構造酸化亜鉛薄膜形成技術の確立   | 竹中 弘祐 | 1,040 |

### 受託研究

- |     |  |   |       |       |
|-----|--|---|-------|-------|
| (1) |  | 金属・プラスチック異材接合に向けた幅大大気圧非平衡高周波プラズマジェット生成技術の開発 | 竹中 弘祐 | 1,775 |
|-----|--|---|-------|-------|

## 奨学寄付金（元）

- |     |                    |       |     |
|-----|--------------------|-------|-----|
| (1) | 節原教授 斧 高一<br>研究助成金 | 節原 裕一 | 500 |
|-----|--------------------|-------|-----|

## 4. 8 教育

氏名：竹中 弘祐

### (1) 大学院等講義科目

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

### (4) 修士論文

- |     |                        |   |
|-----|------------------------|---|
| (1) | マテリアル生産科学専攻, 小松 響      | 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トランジスタ形成とプロセス制御に関する研究          |
| (2) | マテリアル生産科学専攻,<br>中本 壮太郎 | 大気圧非平衡高周波プラズマジェットを用いた金属とエンジニアリングプラスチックの異材接合技術の開発と接合機構解明に関する研究 |

## 4. 9 社会貢献

氏名：節原 裕一

### (2) 国際会議委員

- |     |   |                                    |
|-----|---|------------------------------------|
| (1) | The 18th International Conference on Plasma Surface Engineering   | International Scientific Committee |
| (2) | The 13th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering  | International Scientific Committee |
| (3) | The 11th International Conference on Reactive Plasmas / The 75th Annual Gaseous Electronics Conference / The 40th Symposium on Plasma Processing (SPP-40) / The 35th Symposium on Plasma Science for Materials (SPSM35) | International Organizing Committee |
| (4) | The 12th International Conference on PROCESSING & MANUFACTURING OF ADVANCED MATERIALS (THERMEC' 2023)   | International Advisory Committee   |

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     | 応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会<br>幹事 |

(2) 国際会議委員

- |     |                            |                            |
|-----|----------------------------|----------------------------|
| (1) | ISPC-25                    | Local Organizing Committee |
| (2) | ICRP11/GEC2022             | Publication Committee      |
| (3) | Visual-JW2022              | Executive Committee        |
| (4) | DPS2023                    | Publication Committee      |
| (5) | DPS2022                    | Publication Committee      |
| (6) | ISPlasma2022/IC-PLANTS2022 | Program Committee          |

4. 10 全国共同利用に関する研究

(1) 令和4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) | 鎌滝 晋礼 | 九州大学<br>システム情報科学研究所<br>プラズマナノ界面工学センター | コンビナトリアルプラズマプロセス解析装置の創成  |
| (2) | 古閑 一憲 | 九州大学<br>システム情報科学研究所<br>プラズマナノ界面工学センター | コンビナトリアルプラズマプロセス解析装置の創成  |
| (3) | 奥村 賢直 | 九州大学<br>システム情報科学研究所<br>プラズマナノ界面工学センター | コンビナトリアルプラズマプロセス解析装置の創成  |
| (4) | 山下 尚人 | 九州大学<br>システム情報科学研究所<br>プラズマナノ界面工学センター | 新しいプラズマ源, 粒子ビーム源の開発と<br>高度プロセス技術 (CVD, PVD) の研究<br>コンビナトリアルプラズマプロセス解析装置の<br>創成 |

- |      |        |                               |   |
|------|--------|-------------------------------|---|
| (5)  | 白谷 正治  | 九州大学システム情報科学研究院プラズマナノ界面工学センター | 新しいプラズマ源, 粒子ビーム源の開発と高度プロセス技術 (CVD, PVD) の研究 コンビナトリアルプラズマプロセス解析装置の創成 |
| (6)  | 板垣 奈穂  | 九州大学大学院システム情報科学研究院            | コンビナトリアルプラズマプロセス解析装置の創成   |
| (7)  | 川崎 仁晴  | 佐世保工業高等専門学校電気電子工学科            | 粉体ターゲットを用いた透明導電膜の試作   |
| (8)  | 藤井 彰彦  | 大阪大学大学院工学研究科電気電子情報通信工学専攻      | 一軸型塗布プロセスによる有機無機ペロブスカイト単結晶薄膜の創製                                     |
| (9)  | 鶉野 弦也  | 大阪大学大学院工学研究科電気電子情報通信工学専攻      | 一軸型塗布プロセスによる有機無機ペロブスカイト単結晶薄膜の創製                                     |
| (10) | 齋藤 智樹  | 大阪大学大学院工学研究科電気電子情報通信工学専攻      | 一軸型塗布プロセスによる有機無機ペロブスカイト単結晶薄膜の創製                                     |
| (11) | 阿部 健太郎 | 大阪大学大学院工学研究科電気電子情報通信工学専攻      | 一軸型塗布プロセスによる有機無機ペロブスカイト単結晶薄膜の創製                                     |
| (12) | 尾崎 雅則  | 大阪大学大学院工学研究科電気電子情報通信工学専攻      | 一軸型塗布プロセスによる有機無機ペロブスカイト単結晶薄膜の創製                                     |
| (13) | 太田 貴之  | 名城大学理工学部                      | 大電力パルススパッタを用いた酸化物半導体材料の成膜   |
| (14) | 内田 儀一郎 | 名城大学理工学部                      | 大気圧プラズマを用いた高強度金属/樹脂接合技術の開発  |

(2) 共同研究員との共著論文件数 (査読付き学術論文, 国際会議論文)

- (1) 合計 3



接合プロセス研究部門  
微細接合学分野



## 接合プロセス研究部門 微細接合学分野

### 4. 1 研究概要

本研究分野では、エレクトロニクス実装分野での新規接合材料の開発から先進的な接合プロセスの構築・機構解明、微細接合部の高信頼化・長寿命化まで、実験科学と計算科学の両面から広く微細接合に関する研究に取り組む。特に、優れた機能と高い信頼性を有する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、ナノ・マイクロスケールでの界面現象解明、界面構造・機能制御による微細接合部の高信頼性化、シミュレーションを活用した微細接合部の特性予測に関する研究を推進しながら、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。

### 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高耐熱性接合部の構築
6. シミュレーションを活用した微細接合部の特性予測

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

#### 1. Sn-Bi 系低融点合金の特性向上

汎用の鉛フリーはんだとして Sn-Ag-Cu 系はんだが利用されているが、接合対象部材に耐熱性の低い有機材料も多く含まれるようになってきていることから、接合プロセスの低温化が求められている。そこで、138℃の融点をもつ Sn-Bi 共晶はんだが注目されているが、Bi の脆い性質や、室温でもはんだ組織の粗大化が著しく特性劣化が懸念されており、Sn-Bi 系合金自身とそのはんだ付部の信頼性向上が求められている。そこで Sn-Bi 系合金の特性向上を目的として、融点を大きく変化させることなく、機械的特性低下の原因となる Bi の含有量を減らす方策を検討し、熱力学的計算を用いて Sn-Bi-Zn の3元系合金組成を提案してきた。更に In を添加した Sn-Bi-Zn-In の4元系合金を提案し、耐衝撃性の観点から合金バンプの長期信頼性を評価した。一方、新たに 200℃以下のプロセス温度を実現する Sn-Bi 系合金の検討も開始した。

#### 2. 青色半導体レーザーを用いた純 Cu リボン配線のはんだ付技術

本研究では、パワーエレクトロニクスの基幹部品であるパワーモジュールの配線技術として、銅リボンを用いた青色半導体レーザーはんだ付技術を提案し、従来の配線技術に比べ、大電流に対応できる信頼性の高い配線を可能とすることを目指す。また、純銅への光吸収率に優れる青色半導体レーザーをはんだ付熱源として活用することにより、エネルギー効率の極めて高い接合プロセスを実現できる。これまでに、レーザー照射条件がはんだ付継手の諸特性に与える影響を明らかにし、入熱エネルギー分布と照射時間を制御することによって、良好な接合部を実現できることを実証した。

#### 3. 3次元ナノ構造を利用した焼結型接合技術の開発

パワーモジュールなどに高温はんだとして使用される高 Pb 含有はんだ (Pb-10Sn など) の有害物質フリー化が求められており、高 Pb 含有はんだ代替接合材料として低温焼結性にも優れた3次元

ナノ構造を有する新規接合材料を提案するとともに、接合プロセスの基礎研究を行っている。従来までの Au や Ag、Cu の 3 次元ナノポーラス構造や酸化・還元を利用した 3 次元ナノ構造を利用した接合プロセスの研究などを継続的に実施している。今年度は、特殊ないがぐり形状のマイクロサイズ Ag 粒子を用いた接合層の熱伝導性評価や接合部の信頼性評価を実施した。マイクロサイズ Ag 粒子も用いた場合、高い熱伝導性が得られるとともに、セラミックス粒子を添加することで接合部の信頼性を向上できることを明らかにし、高温はんだ代替接合技術の確立に向けた貴重な成果を得た。

#### 4. Sn-In 系低融点合金の特性向上

汎用の鉛フリーはんだとして Sn-Ag-Cu 系はんだが利用されているが、接合対象部材に耐熱性の低い有機材料も多く含まれるようになってきていることから、接合プロセスの低温化が求められている。138℃の融点をもつ Sn-Bi 共晶はんだをベースにした Sn-Bi 系合金について検討を行ってきたが、更に低い融点 (117℃) を持つ Sn-In 共晶はんだにも注目し、フレキシブルデバイスやウェアラブルデバイスなどにも利用できる低融点合金の開発を継続して実施している。今年度も、Sn-In 共晶合金の機械的特性、特に引張強度の向上を目的として ZrO<sub>2</sub> を添加した合金を試作し、その合金の機械的特性や微細組織について評価した。ZrO<sub>2</sub> を適切に微量添加することにより、Sn-In 共晶合金の組織を微細化でき、引張強度を向上させることが可能であることを明らかにでき、貴重な成果を得た。一方、合金の伸びは明らかに低下することが分かり、引張強度と伸びの両立が課題となった。

#### 5. Ag 焼結薄膜のエレクトロマイグレーション性評価

現在、プリントエレクトロニクス分野で用いられる金属の薄膜配線について、使用時の信頼性の懸念が示されている。とりわけ、エレクトロマイグレーションと呼ばれる、通電時の電子の流れを駆動力とした金属原子の輸送により、配線の断線や変形が重要な課題となっている。本研究では、銀ナノ粒子を印刷し加熱して作製した配線 (銀ナノ粒子焼結体) について、通電に伴う配線の形態の変化の様子を調査した。常温および高温下で通電し観察した結果、常温下の試験では電流密度によらず配線の断線や変形が見られなかったのに対し、150℃の高温環境下では配線の表面に顕著な形態変化が生じることを明らかにした。これらの成果は、今後の当該分野の配線の信頼性を考えるうえで重要な知見となることが期待できる。

#### 6. ポーラス Cu とはんだを複合化した高熱伝導接合技術の開発

電力制御用パワー半導体に対して、大電流に対応するための高電流密度化の要求が高まっている。そのため、パワー半導体内部の半導体チップと回路基板をつなぐ接合部には、熱を効率的に伝えるための高熱伝導性が求められている。本研究では、一方向性貫通孔を有するポーラス Cu と Sn 基はんだを複合化する接合プロセスの開発と、得られた構造が伝熱特性に及ぼす影響を評価した。はんだが熔融し自発的に空隙に浸透する現象を活用することによって、従来のはんだ付と同等の簡便な接合プロセスでありながら、従来のはんだの熱伝導率の 2.5 倍に相当する高熱伝導率を実現した。本手法が、今後のパワー半導体の熱界面構造形成技術として有望であることを示した。

### (2) 研究に対する自己評価

#### ① 研究の独自性、研究レベル：

本研究分野では、半導体製品を応用先に見据えた接合技術を専門として、世界に先駆けた新規材料・プロセスの創出から、実用化を見据えた応用研究まで一貫して取り組んでいる。産業界との協働を通じて得た将来の理想像から逆算した、あるべき接合部を目指して材料・プロセスを設計する取り組みを推進している。具体的には、①鉛フリーはんだ接合部界面微細組織解析・継手特性評価、②低融点鉛フリーはんだ合金の探索とその特性向上、③ナノマテリアルやナノ構造を利用した高温は

んだ代替接合プロセスの確立、④2種類以上の材料をメゾスケールで複合化して所望の特性を実現するテーラーメイド型の接合部実現に取り組んでおり、独自性の高い研究テーマを心掛け、世界に先駆けた研究を推進している。特に世界に先駆けて Au や Ag, Cu ナノポーラス構造を利用する接合プロセスや、Cu シート表面やマイクロサイズ金属粒子表面に作製したナノ構造を利用する焼結型接合プロセスを提案するなど、常に独創性が高い先駆的な研究に取り組んでいる。また、先進的な材料・プロセスの構築に資するマルチスケールシミュレーション技術を取り入れた取り組みも開始している。実験的アプローチのみからは理解が難しかった、ミクロスケールの物理現象の理解、ならびにミクロスケールの現象とマクロスケールの接合部特性との関係性を体系的に明らかにすることを目指している。先駆的な研究に取り組む一方で、得られた成果や知見を標準化活動にも活用している。これまでの高温はんだ代替接合技術に関する研究成果が認められ、複数の国際標準開発事業に参画し、事業内で得られた成果により、IEC（国際電気標準会議）に日本から標準試験方法が5件提案され、その内の2件で西川が日本代表としてプロジェクトリーダーを務め、国際規格の成立に向けた取り組みを行っている。

#### ② 研究の成果発表等：

研究成果は海外の欧文誌を中心に掲載しており、今年度の研究論文は、査読付き学術論文17件（うち海外欧文誌16件）、査読有り国際会議論文2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2名による成果としては高く評価できる数値である。今年度も外国雑誌中心に投稿した結果、インパクトファクター（IF）が5.0を超える学術雑誌（Mater. Des., J. Taiwan Inst. Chem. Eng., Mater. Sci. Eng. A, J. Mater. Res. Technol.）に6件、3.0を超える学術雑誌（Mater. Res. Bull., Sci. Technol. Weld. Join., Sci. Rep., Mater. Today Commun. 等）に4件が掲載され、溶接・接合分野としてはレベルの高い雑誌に掲載されていると自負しており、独自性に優れた研究を実施していることを裏付けている。今後も継続してIFの高い欧文誌への投稿を増やすことに努力していく。

#### ③ 研究成果の社会への貢献：

国プロの国際標準開発に参画し、それぞれの事業で得られた成果によりIEC/TC91委員会において日本代表として計2件の試験方法を提案し、プロジェクトリーダーを務めている。現在は、後継として設置された国内フォローアップ委員会で国際規格の成立に向けた取り組みを継続している。その他、研究室で独自に開発したメゾスケールでCu/はんだを複合化する接合技術は、特許出願を完了し、技術シーズとして企業との協働を開始している。また研究室の保有する接合界面を詳細に理解するための実験的・計算的アプローチについては、他研究所との連携による当該手法に関するさらなる研究の発展、ならびに企業との協働による社会実装に活用されている。

#### ④ 研究予算と共同研究：

令和4年度外部資金は、西川がJST研究成果展開事業/研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)の「産学共同(育成型)」や「トライアウト」を、巽が科学研究費補助金「研究活動スタート支援」、成長型中小企業等研究開発支援事業(Go-Tech)を研究代表者として獲得した。合計は科学研究費補助金1件1,430千円、一般公募型補助金研究1件4,589千円、民間等との共同研究4件81,126千円、受託研究2件16,261千円、奨学寄付金5件3,400千円で、外部資金合計は106,806千円となり、共同研究を継続して進め、更に、国プロなどの大型研究予算の新規獲得に向けて努力していく。

### 4.4 教育に対する自己評価

本研究分野は、大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻生産科学コースの協力講座として大学院教育を中心に行っている。平成30年度に新たな研究室としてスタートを切り、5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、今年度は大学院博士後期課程学生 10 名（社会人ドクター 4 名を含む）、大学院博士前期課程学生 5 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。西川は、(一社)溶接学会、(一社)スマートプロセス学会、(一社)日本溶接協会、(一社)エレクトロニクス実装学会、その他学協会等の委員会、ワーキング等においても幹事、主査等を務めており、特に(一社)エレクトロニクス実装学会では令和 3 年度から常任理事を務めている。巽は、(一社)溶接学会、(一社)スマートプロセス学会、(一社)日本溶接協会の各種委員を務めている。それぞれが、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 4 年度は 4 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。また国際標準化事業で得られた成果の国際規格化を目指し、現在は、後継として設置された国内フォローアップ委員会で国際規格の成立に向けた取り組みを継続し、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。積極的に特許出願を行い、技術シーズとして企業との協働にも努めている。今後も、産学連携に注力しながら、外部資金獲得額の増加と継続的な大型プロジェクトの獲得が課題と位置付けている。

##### ③ 国際貢献

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

また留学生（研究生を含む）が例年、複数在籍しており、本年度は中国からの留学生 4 名、韓国からの留学生 1 名、台湾から留学生 1 名が正規留学生として在籍しており、継続的に研究指導を行っている。今年度は、2 名が博士（工学）の学位を取得した。

#### 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

本研究分野では、微細接合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 9 名の共同研究員を迎えて共同研究を実施し、特に巽が先導的重点課題「特異な構造を内包したマイクロ接合部の高機能・高信頼化に関する研究(FS 型)」を進めた。これまでの成果として、共同研究員との共著論文を 4 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) Adhesion Mechanism between Mold Resin and Sputtered Stainless Steel Ground Films for Electromagnetic Wave Shield Packages  
Mater. Trans., 63, 6 (2022), 766-775.  
S. Homma, Y. Takano, T. Watanabe, K. Murakami, M. Fukuda, T. Imoto and H. Nishikawa
- (2) Effect of Various Parameters on the Shear Strength of Solid-State Nanoporous Cu Bonding in Cu-Cu Disks for Power Device Packaging  
J. Electronic Mater., 51, 7 (2022), 3851-3862.  
B. Park, D. L. Han, M. Saito, J. Mizuno and H. Nishikawa
- (3) Robust Shear Strength of Cu-Au Joint on Au Surface-Finished Cu Disks by Solid-State Nanoporous Cu Bonding  
Microelectron. Eng., 260 (2022), 111807.  
B. Park, M. Saito, J. Mizuno and H. Nishikawa
- (4) High-strength Sn-Bi-based Low-Temperature Solders with High Toughness Designed via High-Throughput Thermodynamic Modelling  
Sci. Technol. Weld. Join., 27, 7 (2022), 572-578.  
C.-H. Yang, Y.-c. Liu, Y. Hirata, H. Nishikawa and S.-K. Lin
- (5) Synthesis of Hierarchical Structured Cu-Sn Alloy Mesoparticles and Its Application of Cu-Cu Joint Materials  
Mater. Trans., 63, 6 (2022), 794-799.  
T. Kuzuya, T. Takedachi, T. Ando, Y. Matsunaga, R. Kobayashi, Y. Shimotori, N. Nakazato, H. Nishikawa and T. Naoe
- (6) Adhesion Mechanism between Mold Resin and Sputtered Copper for Electromagnetic Wave Shield Packages  
Thin Solid Films, 750 (2022), 139188.  
S. Homma, M. Shima, Y. Takano, T. Watanabe, K. Murakami, M. Fukuda, T. Imoto and H. Nishikawa
- (7) Fabrication of Micron-Sized Protrusions on Metal Surface for Metal/polymer Easy-Disassembly Joining by Selective Laser Melting Technology  
Mater. Des., 220 (2022), 110873.  
T. Wang, K. Yasuda and H. Nishikawa
- (8) Novel Interface Regulation of Sn1.0Ag0.5Cu Composite Solders Reinforced with Modified ZrO<sub>2</sub>: Microstructure and Mechanical Properties  
J. Mater. Sci. Technol., 125 (2022), 157-170.  
F. Hou, Z. Jin, D. L. Han, J. Li, K. Zhang and H. Nishikawa
- (9) Behavior of Sn-3.0Ag-0.5Cu Solder/Cu Fluxless Soldering via Sn Steaming under Formic Acid Atmosphere  
J. Mater. Res. Technol.-JMRT, 21 (2022), 2352-2362.  
S. He, Y.-A. Shen, B. Xiong, F. Huo, J. Li, J. Ge, Z. Pan, W. Li, C. Hu and H. Nishikawa

- (10) Contact Angle Analysis and Intermetallic Compounds Formation between Solders and Substrates under Formic Acid Atmosphere  
*J. Adv. Join. Process.*, 6 (2022), 100118.  
 S. He, Y. Bi, Y.-A. Shen, Z. Chen, G. Yue, C. Hu and H. Nishikawa
- (11) Development of Crack-Less and Deformation-Resistant Electroplated Ni/electroless Ni/Pt/Ag Metallization Layers for Ag-sintered Joint during a Harsh Thermal Shock  
*Mater. Des.*, 224 (2022), 111389.  
 Y. Liu, C. Chen, Z. Zhang, M. Ueshima, T. Sakamoto, T. Naoe and H. Nishikawa
- (12) Study on the SPCC and CFRTP Hybrid Joint Performance Produced with Additional Nylon-6 Interlayer by Ultrasonic Plastic Welding  
*Polymers*, 14 (2022), 5235.  
 T. Wang, K. Yasuda and H. Nishikawa
- (13) 阪大接合研カップリング・インターンシップ総括と展開, 及びベトナム「接合科学研究所 HUST-OU」の展望  
*溶接学会誌*, 92, 1 (2023), 42-48.  
 勝又美穂子, 近藤 勝義, 西川 宏, 田中 学
- (14) Thermomigration Suppression in Sn<sub>3.5</sub>Ag Solder Joints by Hot-End FeCoNiMn Alloy  
*Intermetallics*, 154 (2023), 107821.  
 Y.-A. Shen, Y.-X. Lin, F.-Y. Ouyang, H. Nishikawa and M.-H. Tsai
- (15) Solid-State Bonding Behavior between Surface-Nanostructured Cu and Au: A Molecular Dynamics Simulation  
*Sci. Rep.*, 12 (2022), 12755.  
 H. Tatsumi, C. R. Kao and H. Nishikawa
- (16) Highly Efficient Soldering of Sn-Ag-Cu Solder Joints Using Blue Laser  
*J. Manuf. Process.*, 82 (2022), 700-707.  
 H. Tatsumi, S. Kaneshita, Y. Kida, Y. Sato, M. Tsukamoto and H. Nishikawa
- (17) Anisotropic Highly Conductive Joints Utilizing Cu-Solder Microcomposite Structure for High-Temperature Electronics Packaging  
*Mater. Des.*, 223 (2022), 111204.  
 H. Tatsumi and H. Nishikawa
- (2) 国際会議発表論文 (査読あり)
- (1) Effect of Isothermal Aging on Properties of In-48Sn and In-Sn-8Cu Alloys  
*Proc. 2022 IEEE 72nd Electronic Components and Technology Conf. (ECTC)*, San Diego (2022.5.31-6.3), 2148-2152.  
 D. L. Han, H. Tatsumi, F. Huo and H. Nishikawa
- (2) Mechanical Properties of Transient Liquid Phase Bonded Joints by Using Ag-In Sandwich Structure  
*Proc. 2022 IEEE 24th Electronics Packaging Technology Conf. (EPTC)*, Singapore (2022.12.7-9), 71-75.  
 X. Liu, Z. Jin, H. Tatsumi and H. Nishikawa

**(3) 国際会議発表論文（査読なし）**

- (1) Electromigration Comparison Study of Sn, Ag, and Cu Stripes Fabricated by Electron-Beam Physical Vapor Deposition  
Proc. 2022 Int. Conf. on Electronics Packaging (ICEP2022), Sapporo, Japan (2022.5.11-14), 203-204.  
Z. Jin, F. Huo, X. Liu and H. Nishikawa
- (2) Mechanical Properties of Sn-Bi-Ag Low-Temperature Pb-free Solders  
Proc. 2022 Int. Conf. on Electronics Packaging (ICEP2022), Sapporo, Japan (2022.5.11-14), 37-38.  
C.-H. Yang, Y.-c. Liu, Y. Hirata, H. Nishikawa and S.-K. Lin
- (3) Reliability Evaluation on Ag Sintering Die Attach for SiC Power Modules During Long-term Thermal Aging/cycling  
Proc. 2022 Int. Conf. on Electronics Packaging (ICEP2022), Sapporo, Japan (2022.5.11-14), 49-50.  
Y. Liu, C. Chen, M. Ueshima, T. Sakamoto, T. Naoe, H. Nishikawa and K. Suganuma
- (4) Effect of Low Bi Content on Mechanical Properties of Sn-Bi-Zn-In Alloy and Its Joint with Cu  
Proc. 2022 9th Electronics System-Integration Technology Conf., Sibiu, Romania (2022.9.13-16), 146-1-146-4.  
H. Nishikawa, Y. Hirata, C.-H. Yang and S.-K. Lin

**(4) 国内会議発表論文（査読あり）**

- (1) 表面改質したZnO<sub>2</sub>ナノ粒子を添加したSn-In合金の作製と評価  
第32回マイクロエレクトロニクスシンポジウム (MES 2022) 論文集 (2022.9.5-7), 199-202.  
新田隼也, 巽裕章, 西川宏
- (2) 銀ナノ粒子ペースト焼結体のエレクトロマイグレーション現象における試験温度の影響  
第29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, 横浜 (2023.1.24-25), 90-93.  
黒田裕志, 巽裕章, 西川宏

**(5) 国内会議発表論文（査読なし）**

- (1) Sn-Bi-Zn-In合金の機械的特性に及ぼすBi添加量の影響  
第29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, 横浜 (2023.1.24-25), 132-133.  
中脇啓貴, 巽裕章, C.-H. Yang, S.-K. Lin, 西川宏
- (2) 銀シートを用いた固相拡散接合の接合強度にシート内残留応力が及ぼす影響  
第29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, 横浜 (2023.1.24-25), 73-74.  
淀将悟, 巽裕章, 西川宏
- (3) 青色半導体レーザー照射条件が純銅リボンのはんだ付継手特性に与える影響  
第29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, 横浜 (2023.1.24-25), 134-135.  
貴田優希, 巽裕章, 佐藤雄二, 塚本雅裕, 西川宏

## (7) 国際会議発表

- (1) Effect of Cu Addition on Mechanical Properties of In-Sn Alloy Before and After Isothermal Aging  
TMS2023 152nd Annual Meeting Exhibition, San Diego (2023.3.19-23)  
H. Nishikawa, H. L. Duy and H. Tatsumi
- (2) Thermal and Mechanical Evaluation of Anisotropic Cu-Solder Composite Joint on High Temperature Storage  
TMS2023 152nd Annual Meeting Exhibition, San Diego (2023.3.19-23)  
H. Tatsumi and H. Nishikawa

## (8) 国内学会発表

- (1) 100℃での銀ナノペースト焼結体のエレクトマイグレーション現象評価  
実装フェスタ関西2022, 大阪 (2022.7.7-8)  
黒田 裕志, 巽 裕章, 西川 宏
- (2) マイクロサイズ銀粒子ペーストへのセラミック粒子添加による接合部の耐熱性向上  
第31回 2022JIEPワークショップ, 川崎 (2022.10.14)  
淀 将悟, 巽 裕章, 西川 宏
- (3) 表面改質したZrO<sub>2</sub>ナノ粒子を添加したSn-In共晶はんだの機械的特性と接合強度  
2022年度 スマートプロセス学会 学術講演会, 大阪 (2022.11.15)  
新田 隼也, 巽 裕章, 西川 宏
- (4) Comparative Study of Sn-based Solder Wettability and Interfacial Reactions on Aluminum Substrate  
Visual-JW 2022, 大阪 (2022.11.25-26)  
J. Li, H. Tatsumi and H. Nishikawa
- (5) Nano-materials and Nano-Structures for Assembly of Power Electronics Devices  
Nano- & Micro-Joining (NMJ) Virtual Meeting, オンライン (2023.1.25)  
H. Tatsumi

## (9) 国際会議講演

- (1) Die Bonding Process Using Nanostructured Surface for Power Devices  
International Welding/Joining Conference-Korea 2022, Korea (2022.10.4-7)  
H. Nishikawa

## (11) 解説・総説

- (1) 表面ナノ構造インサート材を利用したダイボンド向け焼結型接合技術  
科学と工業, 96, 8 (2022), 232-239.  
西川 宏
- (2) シート状インサート材による焼結型接合の提案  
エレクトロニクス実装学会誌, 25, 7 (2022), 685-690.  
西川 宏
- (3) 次世代パワー半導体デバイスのダイアタッチ向け焼結型接合技術  
鋳山, 75, 9 (2022), 175-183.  
西川 宏

(13) 特許出願・登録

- (1) 低温接合方法及び接合体  
第7233680  
西川 宏
- (2) ヒートシンクおよび半導体モジュール  
特許第7106013号  
巽 裕章, 他
- (3) 熱伝導接合構造, 熱伝導接合方法, 該熱伝導接合構造を有するヒートシンク, 並びに該熱伝導接合構造を有する半導体装置  
特願2022-133874  
巽 裕章, 他

(17) 外部資金 (単位:千円)

科学研究費補助金

- (1) 研スタ 高熱伝導で低剛性な半導体接合部を実現する異方性微細複合構造の創出 巽 裕章 1,430

一般公募型補助金研究

- (1) ノーステック・Go-Tech 巽 裕章 4,589

民間等との共同研究

- (1) ハリマ化成株式会社 西川 宏 938
- (2) 株式会社ダイセル 西川 宏 77,569
- (3) 株式会社ペガソスエレクトラ, 株式会社コスモアールエス 西川 宏 1,825
- (4) 株式会社ニホンゲンマ 西川 宏 794

受託研究

- (1) 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 14,950
- (2) 二酸化炭素排出量削減に貢献する低温実装材料の開発 西川 宏 1,311

学術相談 (元)

- (1) 学術相談: ジーメド 西川 宏 550

## 奨学寄付金（元）

(1)	西川教授 研究助成金	東芝デバイス&ストレージ株式会社	西川 宏	500
(2)	西川教授 研究所成金	一般社団法人 日本溶接協会	西川 宏	400
(3)	巽講師 研究助成金	一般社団法人 スマートプロセス学会	巽 裕章	300
(4)	巽講師 研究助成金	一般社団法人 日本溶接協会	巽 裕章	200
(5)	巽講師 研究助成金	公益財団法人 天田財団	巽 裕章	2,000

## 4. 8 教育

氏名：西川 宏

### (1) 大学院等講義科目

- |     |                     |  |
|-----|---------------------|--|
| (1) | マテリアル生産科学専攻 生産科学コース | 電子システムインテグレーション                          |
| (2) | 全学教育推進機構            | 学問への扉（ものづくりサイエンス「表面の不思議－表面を変えると接合も変わる－」） |

### (2) 博士論文（主査）

- |     |                           |   |
|-----|---------------------------|---|
| (1) | マテリアル生産科学専攻, Byungho PARK | Solid-state bonding process using nanoporous Cu sheet for high-temperature application  |
| (2) | マテリアル生産科学専攻, Fupeng HUO   | Preparation of modified ZrO <sub>2</sub> nanoparticle and T-ZnO whisker hybrid reinforced Sn1.0Ag0.5Cu composite solder and soldering |

### (3) 博士論文（副査）

- |     |                    |   |
|-----|--------------------|---|
| (1) | マテリアル生産科学専攻, 山田 由香 | パワーモジュールの異材接合部におけるインサート材を用いた接合性向上と熱応力緩和 |
|-----|--------------------|---|

### (4) 修士論文

- |     |               |                                |
|-----|---------------|--------------------------------|
| (1) | 生産科学専攻, 淀 将悟  | Agシートを用いた固相拡散接合にシート内残留応力が及ぼす影響 |
| (2) | 生産科学専攻, 黒田 裕志 | 通電試験における銀ナノ粒子焼結体配線の劣化挙動        |

#### (5) 卒業論文

- (1) 生産科学コース, 高橋翔太郎 異方性銅-はんだ複合構造による高熱伝導接合技術の開発

氏名: 巽 裕章

#### (1) 大学院等講義科目

- (1) 全学教育推進機構 学問への扉

#### 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 支部長
- (2) (一社) エレクトロニクス実装学会 常任理事
- (3) (一社) エレクトロニクス実装学会 第31回マイクロエレクトロニクスシンポジウム  
実行委員
- (4) (一社) スマートプロセス学会 エレクトロニクス生産科学部会  
企画委員会 委員
- (5) (一社) スマートプロセス学会 エレクトロニクス生産科学部会  
電子デバイス実装研究委員会 副委員長
- (6) (一社) スマートプロセス学会 エレクトロニクス生産科学部会  
有機/無機接合研究委員会 副委員長
- (7) (一社) スマートプロセス学会 編集委員会 委員長
- (8) (一社) スマートプロセス学会 理事
- (9) (一社) 電子情報技術産業協会 IEC/TC91国内委員会 委員
- (10) (一社) 電子情報技術産業協会 電力半導体デバイス接合部の国際標準化研究  
委員会フォローアップ委員会 副委員長
- (11) (一社) 日本溶接協会 はんだ・微細接合部会技術委員会規格分科会  
主査
- (12) (一社) 日本溶接協会 はんだ・微細接合部会微細接合技術委員会  
幹事
- (13) (一社) 日本溶接協会 焼結型接合材料調査委員会 委員長



- |     |       |                         |  |
|-----|-------|-------------------------|--|
| (2) | 安藤 哲也 | 室蘭工業大学大学院工学研究科しくみ解明系領域  | 階層型金属メソ粒子接合剤の開発とその接合界面の機械的強度および熱伝導度の評価 |
| (3) | 武田 翼  | 室蘭工業大学大学院生産システム工学系専攻    | 階層型金属メソ粒子接合剤の開発とその接合界面の機械的強度および熱伝導度の評価 |
| (4) | 松永 泰治 | 室蘭工業大学大学院生産システム工学系専攻    | 階層型金属メソ粒子接合剤の開発とその接合界面の機械的強度および熱伝導度の評価 |
| (5) | 井上 大介 | 大阪大学大学院工学研究科環境エネルギー工学専攻 | 環境試料から分離した耐塩性セレン酸塩還元菌によるセレン還元機構の解明     |
| (6) | 上田 優弥 | 大阪大学大学院工学研究科環境エネルギー工学専攻 | 環境試料から分離した耐塩性セレン酸塩還元菌によるセレン還元機構の解明     |

氏名：巽 裕章

先導的重点課題 [特異な構造を内包したマイクロ接合部の高機能・高信頼化に関する研究 (FS 型)]

- |     |       |                         |   |
|-----|-------|-------------------------|---|
| (1) | 小林 竜也 | 群馬大学大学院理工学府知能機械創製部門     | 特異な構造を内包したマイクロ接合部の高機能・高信頼化に関する研究 (FS 型) |
| (2) | 松田 朋己 | 大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻 | 特異な構造を内包したマイクロ接合部の高機能・高信頼化に関する研究 (FS 型) |

(2) 共同研究員との共著論文件数 (査読付き学术论文, 国際会議論文)

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



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取り組んでいる。さらに、レーザの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プロセス創出やその実用化を推進するとともに、レーザ光源およびレーザ加工システムの開発を行い、社会に発信する。

### 4. 2 研究課題

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

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. 高出力青色半導体レーザを用いた純銅の溶接

純銅は、反射率が高いためレーザ溶接は難しい。そこで本研究では、純銅に対して高い吸収率を有する高出力青色半導体レーザを開発し、純銅のレーザ溶接メカニズムを明らかにした。開発した青色半導体レーザは、出力が1.5 kWに達し、これを用いて純銅板に集光照射した。その結果、レーザパワー密度が高くなると熱伝導溶接からキーホール溶接に移行することを明らかにし、その閾値を得た。本成果は国際学術論文 *Welding in The World* に掲載された。

2. 金属の3D造形におけるレーザの時・空間ビーム制御の効果

レーザ金属積層造形法には、ガウシアン分布のレーザを用いるのが一般的である。しかし、レーザ集光スポット内部のエネルギー分布が不均一であるため、安定した溶融池が形成されなかった。そこでエネルギー分布が均一なフラットトップビームを整形し、これを用いてステンレス鋼の造形を行うと、溶融池が安定するだけでなく、スパッタの発生が減少することが明らかになった。さらにフラットトップビームでステンレス鋼を3D造形すると、造形内部への空隙の発生が減少し高品質な造形が可能であることがわかった。本成果は国際学術論文 *Journal of Laser Application, Applied Physics A* に掲載された。

3. フェムト秒レーザの2波長ダブルパルス照射により形成されるナノ周期構造の均一性評価

フェムト秒レーザ照射によって形成されるナノ周期構造を制御するため、二波長ダブルパルス照

射方式を用いてチタン基板へ集光照射し、フルーエンスや遅延時間によるナノ周期構造の構造変化を実験結果に基づき解析した。構造の均一性を解析範囲の大きさの影響を受けずに定量評価することは困難であったが、ナノ周期構造の周期と位相に分けて安定性を定量評価する方法 (Perpendicular Period and Phase method; P<sup>3</sup>S 法) を提案した。P<sup>3</sup>S 法を用いることで二波長ダブルパルス照射によって形成されたナノ周期構造の周期と位相が最も安定になる照射条件が明らかになった。さらに P<sup>3</sup>S 法を用いた定量評価によって 3 次元電磁粒子解析コードを用いたシミュレーション結果が実験結果を精度よく再現出来ていることも明らかになった。本成果は、国際学術論文 Review of Scientific Instruments に掲載された。

## (2) 研究に対する自己評価

### 1. 研究の独自性

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

青色半導体レーザーの社会実装に向けて、2020 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共創コンソーシアム (令和 3 年 4 月名称変更)」を大阪大学接合科学研究所内に設立した。本研究会では、4 社の幹事会員企業と 28 社の一般会員企業で構成され、青色半導体レーザーの社会実装のために課題解決、応用技術開発、プロセスメカニズムの解明等を行うと同時に、基礎セミナーや安全セミナー、加工実験の見学などを行っている。

純銅のレーザー溶接においては、純銅に対して高い吸収率を有する青色半導体レーザーと、ビーム品質の高い近赤外線レーザーを用いたハイブリッドレーザーシステムを構築し、スパッタレスで且つ、溶け込みが大きいレーザー溶接法を開発した。開発したシステムを用いて純銅の溶接を試みた結果、青色半導体レーザーによる援用照射の強度が高くなるにしたがって溶融池の不安定性が緩和され、これがスパッタを抑制する因子であることを明らかにした。本成果は国際学術論文 Journal of Laser Applications に掲載された。

### 2. 研究レベル

研究成果については、国内では溶接学会、応用物理学会、スマートプロセス学会、レーザー学会など計 12 件、国外では国際会議 SLPC (Smart Laser Conference2022) 8 件、COLA2021/2022 (Conference on Laser Ablation) 3 件、LPM2022 (The 22st International Symposium on Laser Precision Microfabrication)、にて 2 件、IIW2022 にて 3 件、ICALEO (International Congress on Applications of Lasers and Electro-Optics) にて 6 件、Photonics West にて計 5 件の成果発表を行っている。さらに、査読付き論文 Applied Physics A (Impact Factor:2.98)、Journal of Laser Applications (Impact Factor:2.521)、Welding in The World (Impact Factor:1.984) 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 4 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を行った。青色半導体レーザー接合加工共創コンソーシアムにて、青色半導体レーザーの社会実装拠点として高輝度青色半導体レーザー及び加工技術の開発、ならびに産産学連携を推進している。三菱電機 先端技術総合研究所主催セミナー、OPIC 実行委員会企画セミナー、OPIE オープンセミナー、レーザー加工技術研究委員会 (LMP) 特別講演、国際ウェルディングショー溶接・接合カフェ、光・レーザー関西 2022 会場内セミナー、日本 AM 協会主催

DED/クラッディング技術セミナー、JIMTOF2022 インブースセミナー、レーザ加工技術講演会「銅合金のレーザ加工」、多元技術融合光プロセス研究会、浜松市参入啓発セミナー、次世代光フォーラム in 徳島にて講演を行いレーザ加工の社会普及に貢献した。

#### 【佐藤】

令和4年度も引き続き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ならびに安全講習会にて、「レーザー加工の基礎」の講義を行った。

日本溶接協会特殊材料溶接研究委員会、Photonix、NSTDA-Osaka Univ. Webinar、溶接協会 LMP シンポジウム、にて講演を行い、レーザ溶接・接合の社会普及に貢献した。

### 4. 研究予算

青色半導体レーザの開発及び加工技術開発は、青色半導体レーザ接合加工共創コンソーシアムの共同研究費で行っている。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)「青色・近赤外線レーザを用いた2波長複合3Dレーザクラッディング法の開発」(課題番号:22K04776)およびアマダ財団一般研究助成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。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、光でつくる機能性表面について講義を行っている。

大学院博士後期課程5名(社会人3名)、大学院博士前期課程4名、学部4年生3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:17件、国内会議発表:14件である。本年度の学生受賞件数は、国際会議:3件、国内会議2件である。配属の学生に対しては、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、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:9件、国際会議論文:2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、レーザー学会研究会委員、レーザー学会「社会実装に向けた次世代レーザー表層加工技術」専門委員会主査、レーザ加工学会理事、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長、国際会議第4回スマートレーザプロセス会議(SLPC2022)議長、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 Paper 賞審査委員会委員として活動。またアマダスクールの優秀板金製品技能フェア運営委員、天田財団委員を務めている

#### 【佐藤】

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

## 2. 産学連携

「青色半導体レーザー接合加工共創コンソーシアム」を幹事4社（大阪大学を含む）、一般会員28社にて青色半導体レーザーの普及促進、応用展開及び社会実装を実現させるためセミナーや安全講習会、技術相談を行っている。

### 【塚本】

令和4年度戦略的基盤技術高度化支援事業「高耐食、高効率、低コストのボイラー管被膜を実現する飛行中粉末溶融型レーザークラッディング工法の開発」では、研究開発推進委員会委員としてレーザー技術に対する助言を行っている。また、成長型中小企業等研究開発支援事業「超高速レーザー粉体肉盛コーティングによる高耐久硬質層形成技術の開発と低環境負荷表面処理プロセスの実用化」を公益財団法人石川県産業創出支援機構（ISICO）と進めている。

### 【佐藤】

令和4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、「高耐食、高効率、低コストのボイラー管被膜を実現する飛行中粉末溶融型レーザークラッディング工法の開発」では、研究開発推進委員会副委員長として参画企業と連携して推進している。

## 3. 国際貢献

### 【塚本】

国際会議では、Smart Laser Processing Conference (SLPC) 2022（第4回スマートレーザープロセス国際会議）のChairman、Visual JW 2022では議長を務めている。JSPS（日本学術振興会）サマープログラムで、スウェーデンからの研究者を9週間受入れた。

### 【佐藤】

国際会議 The 16th International Conference on Laser Ablation (COLA2021/2022) において実行委員、国際会議 Smart Laser Processing Conference (SLPC) において実行委員長、Visual JW 2022 において Conference Secretariat を務めている。

## 4. その他社会貢献

### 【塚本】

一般社団法人 レーザプラットフォーム協議会（中小企業へのレーザー加工の利用・導入に向け、企業、大学、公設試験研究機関、支援機関等の連携を図り、普及啓発、人材育成及び機器の利用等を実施することを通じて、「ものづくり」中小企業におけるイノベーション創出、新製品の開発を促進することを目的とした組織）の会長として推進している。

### 【佐藤】

一般社団法人 レーザプラットフォーム協議会にて、レーザー加工管理技術者認証委員として令和4年度「3級レーザー加工管理技術者講習会」を企画し、講習会を開催した。

## 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

本研究分野は、令和4年度30名の共同研究員と共同研究を行い、10編の共著論文と9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) Blue Diode Laser Welding of Commercially Pure Titanium Foils  
Quantum Beam Sci., 6 (2022), 1-11.  
P. Tim, P.-C. Lin, W. Z. Misiolek, J.-Y. Wei, S. Masuno, M. Tsukamoto, E. Hori, Y. Sato, Y. Tao, D. Yudhistiro and S. Yunus
- (2) Articular Surface Integrity Assessed by Ultrasound Is Associated with Biological Characteristics of Articular Cartilage in Early-Stage Degeneration  
Scientific Reports volume, 12 (2022), 11970.  
W. Shi, T. Kanamoto, M. Aihar, S. Oka, S. Kuroda, T. Nakai, T. Mazuka, K. Takenaka, Y. Sato, M. Tsukamoto, K. Ebina and K. Nakata
- (3) Meniscus Surface Texture Is Associated with Degenerative Changes in Biological and Biomechanical Properties  
Scientific Reports volume, 12 (2022), 11977.  
S. Otani, T. Kanamoto, S. Oyama, S. Yamakawa, W. Shi, R. Miyazaki, M. Aihara, S. Oka, S. Kuroda, T. Nakai, K. Takenaka, Y. Sato, M. Tsukamoto, A. Tsujii, K. Ebina, S. Okada and K. Nakata
- (4) Numerical Simulation of a Laser-induced Bubble of New Laser Propulsion Method Inhaling Water  
Appl. Phys. A, 128 (2022), 811-1-811-8.  
T. Ohkubo, T. Senda, E. Matsunaga and Y. Sato
- (5) Highly Efficient Soldering of Sn-Ag-Cu Solder Joints Using Blue Laser  
J. Manuf. Process., 82 (2022), 700-707.  
H. Tatsumi, S. Kaneshita, Y. Kida, Y. Sato, M. Tsukamoto and H. Nishikawa
- (6) In Situ Observation of Dynamics of Keyhole and Molten Pool in Laser Welding for Development of Spatter Suppression  
J. Laser Appl., 34 (2022), 32017.  
T. Arita, Y. Sato, Y. Kurita, M. Mizutani, H. Nakano and M. Tsukamoto
- (7) Effect of Polymer Permittivity on Periods of LIPSS Formed on Titanium with Femtosecond Laser Pulses.  
Appl. Phys. A, 128 (2022), 881.  
K. Takenaka, Y. Sato and M. Tsukamoto
- (8) Uniformity Evaluation of Laser-Induced Periodic Surface Structures Formed by Two-Color Double-Pulse Femtosecond Laser Irradiation  
Rev. Sci. Instrum., 93, 9 (2022)  
K. Takenaka, M. Hashida, H. Sakagami, S. Masuno, M. Kusaba, S. Yamaguchi, S. Iwamori, Y. Sato and M. Tsukamoto
- (9) Effect of Modulated Pulses on the Fabrication of Ti-6Al-4V by Spatter-Less Selective Laser Melting in Vacuum  
Appl. Phys. A, 128 (2022), 939.  
Y. Mizuguchi, M. Ihama, Y. Sato, N. Yoshida, S. Srisawadi, D. Tanprayoon and M. Tsukamoto

- (10) 青色半導体レーザーを用いたマルチビーム式レーザーコーティングによるCu-Zn合金皮膜の形成  
電気学会論文誌C, 142 (2022), 1075-1080.  
佐藤 雄二, 森本 雄喜, 小野 和宏, 竹中 啓輔, 鎌田 恒好, 部谷 学, 塚本 雅裕
- (11) Effect of Blue Diode Laser Intensity on Welding of Pure Copper Wire Using Blue-IR Hybrid Laser  
J. Laser Appl., 34 (2022), 42021.  
S. Fujio, K. Takenaka, Y. Sato, R. Ito, E. Hori and M. Tsukamoto
- (12) Behavior of Melt Flow and Porosity Formation in Laser Welding of Steel to Aluminum with Cold-Sprayed Steel Interlayer  
J. Laser Appl., 34 (2022), 42033.  
K. Maeda, Y. Sato, K. Takenaka, S. Fujio, R. Suzuki, T. Suga and M. Tsukamoto
- (13) Bead-on-plate Welding of Pure Copper with a 1.5-kW High-Power Blue Diode Laser  
Weld. World, 67 (2022), 99-107.  
K. Takenaka, Y. Sato, S. Fujio, K. Nishida, R. Ito, E. Hori, S. Kato, M. Suwa, S. Uno, K. Tojo and M. Tsukamoto
- (14) Additive Manufactured of Pure Copper by Blue Diode Laser Induced Selective Laser Melting  
J. Laser Appl., 34 (2022), 42041.  
K. Takenaka, Y. Sato, N. Yoshida, M. Yoshitani, M. Heya and M. Tsukamoto
- (15) Effect of Particle Size Distribution on Pure Copper Layer Formation in a Multi-Beam Laser Cladding System with Pure Copper Powder and Two Blue Diode Lasers  
Appl. Phys. A, 129 (2022), 12.  
K. Morimoto, Y. Sato, K. Takenaka, Y. Funada, Y. Hayashi, N. Abe and M. Tsukamoto
- (16) Suppression of Denudation Zone Using Laser Profile Control in Vacuum Selective Laser Melting  
J. Laser Appl., 35 (2022), 12004.  
M. Ihama, Y. Sato, Y. Mizuguchi, N. Yoshida, S. Srisawadi, D. Tanprayoon, T. Suga and M. Tsukamoto
- (17) High Speed Coating for Pure Copper by Multi-Beam Laser Metal Deposition Method with High Intensity Blue Diode Lasers  
J. Laser Appl., 35 (2023), 12029.  
Y. Takazawa, Y. Sato, K. Takenaka, Y. Yamashita, T. Kunimine and M. Tsukamoto
- (3) 国際会議発表論文 (査読なし)
- (1) Experimental Study on Mechanism of Spatter Generation in Keyhole Welding Using 16 kW Disk Laser  
Proc. SPIE, WEB (2022.2.21-27), 119880G-1-119880G-6.  
T. Arita, Y. Kurita, M. Mizutani, Y. Sato, H. Nakano and M. Tsukamoto
- (2) Formation of Pure Copper Layer by LMD Method with Blue Diode Lasers for Antibacterial and Virus Inactivation  
Proc. SPIE, WEB (2022.2.21-27), 119880H-1-119880H-7.  
Y. Takazawa, K. Ono, Y. Morimoto, K. Takenaka, K. Morimoto, Y. Sato, M. Heya and M. Tsukamoto
- (3) Effect of Denudation Zone on Ambient Pressure for Development of SLM in Vacuum  
Proc. SPIE, WEB (2022.2.21-27), 1199204-1-1199204-7.  
M. Ihama, Y. Mizuguchi, N. Yoshida, Y. Sato and M. Tsukamoto

(5) 国内会議発表論文（査読なし）

- (1) スパッタレスな選択的レーザー溶融法における変調パルスレーザーを用いた結晶相および結晶粒径制御 –青色半導体レーザーによるアディティブマニファクチャリングへの展開–  
レーザー学会第568回研究会「次世代レーザー加工」(2022.9.13)  
水口 佑太, 佐藤 雄二, 吉田 徳雄, 塚本 雅裕
- (2) 青色半導体レーザー照射条件が純銅リボンのはんだ付継手特性に与える影響  
第29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, 横浜  
(2023.1.24-25), 134-135.  
貴田 優希, 巽 裕章, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕, 西川 宏

(7) 国際会議発表

- (1) Laser Welding of Ultra-high Strength Steel to Aluminum with Cold-sprayed Steel Coating Interlayer  
SLPC2022 -The 4th Smart Laser Processing Conf. (2022.4.28)  
K. Maeda<sup>1</sup>, Y. Sato, R. Suzuki, T. Suga and M. Tsukamoto

(8) 国内学会発表

- (1) カーボンニュートラル社会実現に貢献する高輝度青色半導体レーザーを用いたアディティブマニファクチャリング  
第97回レーザー加工学会講演会, 大阪大学 (2022.5.16-17)  
塚本 雅裕
- (2) 1.5 kW高出力青色半導体レーザーを用いた純銅溶接  
2022年度溶接学会春季全国大会, オンライン (2022.4.13-20)  
竹中 啓輔, 西田 圭佑, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕
- (3) 16 kWディスクレーザーを用いたキーホール型溶接におけるキーホール形状のリアルタイム観察  
2022年度溶接学会春季全国大会, オンライン (2022.4.13-20)  
有田 智貴, 中野 人志, 栗田 喜章, 佐藤 雄二, 水谷 正海, 塚本 雅裕
- (4) BLUE-IRハイブリッドレーザーによる純銅平角線の溶接  
2022年度溶接学会春季全国大会, オンライン (2022.4.13-20)  
藤尾 駿平, 貴田 優希, 竹中 啓輔, 井藤 里香, 佐藤 雄二, 吉田 実, 塚本 雅裕
- (5) Control of Cell Behavior on the PMMA Surface by LIPSS with a Femtosecond Laser Pulse  
SLPC2022, パシフィコ横浜/対面 (2022.4.19-21)  
K. Takenaka, Y. Sato and M. Tsukamoto
- (6) Copper Alloy Layer Formation of High Intensity Blue Diode Lasers for Inactivation of Virus  
SLPC2022, パシフィコ横浜/対面 (2022.4.19-21)  
Y. Sato, K. Takenaka, T. Kamata and M. Tsukamoto
- (7) Copper Rod Formation Using Multi-Beam Laser Metal Deposition System with Blue Diode Lasers  
SLPC2022, パシフィコ横浜/対面 (2022.4.19-21)  
R. Higashino, Y. Sato, K. Takenaka, K. Ono, Y. Fukuda, Y. Yamashita, N. Abe and M. Tsukamoto
- (8) Effect of Ambient Pressure on Denudation Zone for Development of SLM in Vacuum  
SLPC2022, パシフィコ横浜/対面 (2022.4.19-21)  
M. Ihama, Y. Mizuguchi, K. Takenaka, N. Yoshida, Y. Sato and M. Tsukamoto

- (9) Homogenization Towards a Grain Size of SLMed Plate with Modulated Pulsed Laser  
SLPC2022, パシフィコ横浜/対面 (2022.4.19-21)  
Y. Mizuguchi, M. Ihama, Y. Sato, N. Yoshida, S. Srisawadi, D. Tanprayoon and M. Tsukamoto
- (10) Investigation of Keyhole Dynamics in Laser Welding of Pure Copper Using in Situ X-ray Observation System  
SLPC2022, パシフィコ横浜/対面 (2022.4.19-21)  
S. Fujio, T. Arita, Y. Kurita, K. Takenaka, M. Mizutani, Y. Sato and M. Tsukamoto
- (11) Micro-coating of Pure Copper by Multi-Beam LMD with High Intensity Blue Diode Lasers  
SLPC2022, パシフィコ横浜/対面 (2022.4.19-21)  
Y. Takazawa, K. Ono, Y. Morimoto, K. Takenaka, Y. Sato, M. Heya and M. Tsukamoto
- (12) Real-time Observation of Molten Pool Shape in Keyhole-Type Welding for Stainless Steel Using a 16 kW Disk Laser  
SLPC2022, パシフィコ横浜/対面 (2022.4.19-21)  
T. Arita, Y. Kurita, M. Mizutani, Y. Sato, H. Nakano and M. Tsukamoto
- (13) Control of Cell Behavior on the Surface of Biomaterials by Femtosecond Laser Irradiation  
COLA2021/2022, くにびきメッセ/対面 (2022.4.24-29)  
K. Takenaka, Y. Sato and M. Tsukamoto
- (14) Effect of Laser Heat Input Control on Fabrication of Ti-6Al-4V by Spatter-Less SLM in Vacuum  
COLA2021/2022, くにびきメッセ/対面 (2022.4.24-29)  
Y. Mizuguchi, M. Ihama, Y. Sato, S. Srisawadi, D. Tanprayoon and M. Tsukamoto
- (15) Effect of Particle Size Distribution on Pure Copper Layer Formation in a Multi Beam Laser Cladding System with Pure Copper Powder and Blue Diode Lasers  
COLA2021/2022, くにびきメッセ/オンライン (2022.4.24-29)  
K. Morimoto, Y. Sato, K. Takenaka, Y. Funada, Y. Hayashi and M. Tsukamoto
- (16) Effect of Laser Intensity on the Welding of Pure Copper Wire Using Hybrid Laser with Blue Diode Laser and IR Fiber Laser  
LPM2022, Deutsches Hygiene-Museum/オンライン (2022.6.7-10)  
S. Fujio, Y. Sato, K. Takenaka, R. Ito and M. Tsukamoto
- (17) Experimental Study on Copper Alloy Coating on Stainless Steel by Multi Beam Laser Metal Deposition with Blue Diode Lasers  
LPM2023, Deutsches Hygiene-Museum/オンライン (2022.6.7-10)  
Y. Sato, T. Kamada, K. Takenaka and M. Tsukamoto
- (18) Additive Manufacturing of Copper with High Intensity Blue Diode Laser  
IIW2022, Grand Nikko Tokyo Daiba/対面 (2022.7.17-22)  
Y. Sato, K. Takenaka and M. Tsukamoto
- (19) Bead-on Plate Welding of Pure Copper with 1.5 kW High-Power Blue Diode Laser  
IIW2022, Grand Nikko Tokyo Daiba/対面 (2022.7.17-22)  
K. Takenaka, Y. Sato and M. Tsukamoto
- (20) Hairpin Welding of Pure Copper Wire Using Hybrid Laser System with Blue Diode Laser and Single-Mode Fiber Laser  
IIW 2022, Grand Nikko Tokyo Daiba/対面 (2022.7.17-22)  
S. Fujio, Y. Sato, K. Takenaka, R. Ito and M. Tsukamoto

- (21) 16 kWディスクレーザを用いたレーザ溶接における溶融挙動観察とスパッタ低減効果  
2022年度溶接学会秋季全国大会, くにびきメッセ/対面 (2022.9.8-10)  
栗田 喜章, 有田 智貴, 水谷 正海, 佐藤 雄二, 中野 人志, 塚本 雅裕
- (22) 高輝度青色半導体レーザを用いたSLM法による純銅の3D造形  
2022年度溶接学会秋季全国大会, くにびきメッセ/対面 (2022.9.8-10)  
水口 佑太, 竹中 啓輔, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕
- (23) フェムト秒レーザー二波長ダブルパルス照射によるチタン基板表面へのLIPSS形成  
2022年第83回応用物理学会秋季学術講演会, 東北大学/オンライン (2022.9.21-23)  
竹中 啓輔, 橋田 昌樹, 坂上 仁志, 岩森 暁, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕
- (24) SUS304のレーザー溶接におけるキーホールおよび溶融池のリアルタイム観察  
2022年度スマートプロセス学会学術講演会, パナソニックリゾート大阪 (2022.11.15)  
有田 智貴, 栗田 喜章, 水谷 正海, 佐藤 雄二, 中野 人志, 塚本 雅裕
- (25) 超短パルスレーザーの二波長ダブルパルス照射における偏光制御による表面構造制御  
2022年度スマートプロセス学会学術講演会, パナソニックリゾート大阪 (2022.11.15)  
山本 航生, 竹中 啓輔, 橋田 昌樹, 岩森 暁, 坂上 仁志, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕
- (26) 1.5 kW青色半導体レーザーを用いた純銅溶接時の不安定因子の解明  
レーザー学会学術講演会第43回年次大会, ウィンクあいち/対面 (2023.1.18-20)  
須藤 真央, 藤尾 駿平, 竹中 啓輔, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕
- (27) 200 W高輝度青色半導体レーザーを用いたSLM法による銅の積層造形  
レーザー学会学術講演会第43回年次大会, ウィンクあいち/対面 (2023.1.18-20)  
辻尾 和久, 水口 裕太, 井濱 雅弘, 竹中 啓輔, 部谷 学, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕
- (28) レーザ溶接におけるスパッタ抑制メカニズム解明のための溶融池挙動のリアルタイム観察  
レーザー学会学術講演会第43回年次大会, ウィンクあいち/対面 (2023.1.18-20)  
有田 智貴, 栗田 喜章, 水谷 正海, 佐藤 雄二, 中野 人志, 塚本 雅裕
- (29) 抗ウイルス作用を付与するための青色レーザー金属堆積法による純銅3Dコーティング  
レーザー学会学術講演会第43回年次大会, ウィンクあいち/対面 (2023.1.18-20)  
高澤 悠馬, 松田 隆平, 竹中 啓輔, 佐藤 雄二, 部谷 学, 塚本 雅裕
- (30) 高出力青色半導体レーザーを用いた純銅溶接における溶融挙動の観察Ⅱ  
レーザー学会学術講演会第43回年次大会, ウィンクあいち/対面 (2023.1.18-20)  
西田 圭佑, 藤尾 駿平, 竹中 啓輔, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕
- (31) 青色半導体レーザーを用いたSLM法における純銅粉末の溶融池挙動解析  
レーザー学会学術講演会第43回年次大会, ウィンクあいち/対面 (2023.1.18-20)  
水口 裕太, 竹中 啓輔, 吉田 徳雄, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕
- (32) 青色半導体レーザーを用いたマルチビーム型LMD法によるインコネル718の造形  
レーザー学会学術講演会第43回年次大会, ウィンクあいち/対面 (2023.1.18-20)  
松田 隆平, 高澤 悠馬, 佐藤 雄二, 部谷 学, 塚本 雅裕
- (33) 青色半導体レーザーを用いた純銅のワイヤー型レーザークラディング法の開発  
レーザー学会学術講演会第43回年次大会, ウィンクあいち/対面 (2023.1.18-20)  
吉田 怜史, 水谷 正海, 竹中 啓輔, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕

(34) 青色半導体レーザーを用いた粉末床溶融結合法によるステンレス鋼の造形  
レーザー学会学術講演会第43回年次大会, ウィンクあいち/対面 (2023.1.18-20)  
上田 涼雅, 井濱 雅弘, 水口 裕太, 竹中 啓輔, 吉田 徳雄, 佐藤 雄二, 吉田 実, 塚本 雅裕

(35) 選択的レーザー溶融法を用いたステンレス鋼の造形におけるビームプロファイルの効果  
レーザー学会学術講演会第43回年次大会, ウィンクあいち/対面 (2023.1.18-20)  
井濱 雅弘, 上田 涼雅, 水口 裕太, 竹中 啓輔, 吉田 徳雄, 佐藤 雄二, 吉田 実, 塚本 雅裕

## (9) 国際会議講演

(1) Additive Manufacturing of Copper with High Intensity Blue Diode Lasers  
The 75th IIW Annual Assembly and International Conference, on line (2022.8.8)  
Y. Sato and M. Tsukamoto

## (10) 国内会議講演

(1) Development of High Power Blue Diode Laser System Required for Pure Copper Welding and Additive Manufacturing in Carbon Neutral Society  
CSIRO/JWRIセミナー, 大阪大学 (2022.4.4)  
塚本 雅裕

(2) 「レーザーコーティングとカーボンニュートラル社会実現のための次世代レーザー加工」  
SIP同窓会, 大阪大学 (2022.4.13)  
塚本 雅裕

(3) 「青色半導体レーザー開発と社会実装に向けた取り組み」  
三菱電機 先端技術総合研究所主催セミナー, 兵庫県尼崎市 (2022.4.15)  
塚本 雅裕

(4) 「カーボンニュートラル社会実現のためのスマートレーザー加工」  
OPIC実行委員会企画セミナー, パシフィコ横浜 (2022.4.20)  
塚本 雅裕

(5) 「カーボンニュートラルに貢献する次世代レーザー加工」  
OPIE'22オープンセミナー「青色半導体コンソ主催セミナー」, パシフィコ横浜 (2022.4.22)  
塚本 雅裕

(6) カーボンニュートラル社会実現に貢献する青色半導体レーザー加工技術  
レーザー加工技術研究委員会LMP特別講演, 東京 溶接会館 (2022.6.1)  
塚本 雅裕

(7) 錬金術師? - 金属コーティングの極意 -  
国際ウェルディングショー「溶接・接合カフェ」, 東京ビッグサイト (2022.7.14-17)  
塚本 雅裕

(8) 青色半導体レーザーを用いた精密クラッディング  
「第4回光・レーザー関西2022」会場内オープンセミナー, 大阪マイドーム大阪 (2022.7.21-22)  
塚本 雅裕

(9) カーボンニュートラル社会実現のための青色半導体レーザー AM技術開発  
DED/クラッディング技術セミナー, 名古屋市工業研究所 (2022.10.31)  
塚本 雅裕

- (10) カーボンニュートラル社会実現に貢献する青色半導体レーザー加工技術開発  
レーザー加工技術講演会「銅合金のレーザー加工」, 尼崎リサーチ・インキュベーションセンター  
(2022.12.2)  
塚本 雅裕
- (11) カーボンニュートラル社会実現に貢献する高出力青色半導体レーザー加工技術開発  
多元技術融合光プロセス研究会, 東京都立産業貿易センター (2022.12.14)  
塚本 雅裕
- (12) カーボンニュートラル社会実現のための青色半導体レーザー加工技術開発  
次世代光フォーラム2023in徳島, 徳島大学 (2023.2.4)  
塚本 雅裕
- (13) カーボンニュートラル社会実現に貢献する青色半導体レーザー接合加工技術開発  
浜松市参入啓発セミナー, アクトシティ浜松 (2023.3.8)  
塚本 雅裕
- (14) 高輝度青色半導体レーザーによる銅のアディティブマニュファクチャリング  
日本溶接協会特殊材料溶接研究委員会, 日立金属株式会社 グローバル技術革新センター  
“GRIT” (2022.9.16)  
佐藤 雄二
- (15) 銅のレーザー溶接性に及ぼす波長（グリーンおよびブルー）の効果  
Photonix, 幕張メッセ (2022.12.7-9)  
佐藤 雄二, 塚本 雅裕

**(11) 解説・総説**

- (1) 青色レーザーを用いた金属のアディティブマニュファクチャリング  
月刊オプトロニクス「型技術」, 37, 6 (2022), 18-21.  
塚本 雅裕
- (2) 高輝度青色半導体レーザーを用いたアディティブマニュファクチャリング  
スマートプロセス学会, 11, 4 (2022), 158-162.  
塚本 雅裕, 佐藤 雄二, 東野 律子, 竹中 啓輔, 堀 英治, 大内 誠悟, 浅野 孝平, 東條 公資
- (3) 自動車を取り巻くカーボンニュートラル対応の動向 - ブルーレーザー加工技術の適用事例紹介  
月刊「溶接技術」, 70, 9 (2022), 88-92.  
塚本 雅裕
- (4) レーザークラッディングを用いた表面改質技術によるマルチマテリアル化とその適用事例  
レーザー学会誌, 50, 9 (2022), 520-526.  
林 良彦, 北村 祐樹, 阿部 信行, 池田 圭一郎, 辰巳 佳宏, 塚本 雅裕
- (5) 青色半導体レーザー開発とカーボンニュートラル社会実現に向けた取り組み  
溶接学会誌「集まれエンジニア」, 91, 7 (2022), 7-11.  
塚本 雅裕
- (6) 「カーボンニュートラル社会実現に貢献する青色半導体レーザーと加工技術の社会実装に向けた取り組み」  
光技術コンタクト, 60, 10 (2022), 32-37.  
塚本 雅裕

- (7) 「カーボンニュートラル社会実現に貢献する可視光レーザー加工」特集によせて  
スマートプロセス学会, 12, 2 (2023), 53.  
塚本 雅裕
- (8) Photonics West 報告  
レーザー加工学会誌, 29, 2 (2022), 39-41.  
佐藤 雄二
- (9) マルチ半導体レーザー集光システムを用いたITERダイバータ用タングステンへの純銅粉体肉盛り  
接合試験  
レーザー加工学会誌, 29, 2 (2022), 22-28.  
芹澤 久, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕, 野澤 貴史, 谷川 博康
- (10) マルチマテリアル化を実現する青色半導体レーザーを用いたマルチビーム式コーティング法の  
開発  
レーザー研究, 50, 9 (2022), 504-509.  
佐藤 雄二, 塚本 雅裕
- (11) 輸送機軽量化に貢献する銅とアルミニウムのレーザー溶接技術の開発  
レーザー学会誌, 50 (2022), 515-519.  
前田 恭兵, 鈴木 励一, 佐藤 雄二, 菅 哲男, 塚本 雅裕
- (12) マルチビーム式レーザー粉体肉盛り法による傾斜組成超硬合金の形成  
レーザー学会誌, 50 (2022), 527-531.  
山下 順広, 國峯 崇裕, 佐藤 雄二, 舟田 義則, 塚本 雅裕
- (13) 青色半導体レーザーの高出力化と銅の接合加工技術の開発  
溶接技術, 70, 11 (2022), 40-44.  
佐藤 雄二

### (13) 特許出願・登録

- (1) コーティング方法及びコーティング装置  
特願2022-096596  
佐藤 雄二, 塚本 雅裕, 他4名

### (15) 受賞

- (1) First Place Poster Award  
Laser Institute of America (2022.10.20)  
藤尾 駿平 (D1)
- (2) Third Place Poster Award  
Laser Institute of America (2022.10.20)  
井濱 雅弘 (M2)
- (3) Best Student Poster Award  
The International Society for Optical Engineering, SPIE (2023.02.01)  
栗田 喜章 (M1)

(4) 振興賞学生賞  
(公社) 空気調和・衛生工学会 (2023.03.17)  
須藤 真央

(5) 武藤栄次賞  
(公社) 日本設計工学会 (2023.03.23)  
井濱 雅弘 (M2)

(17) 外部資金 (単位: 千円)

科学研究費補助金

(1) 基盤研究(C) 青色・近赤外線レーザを用いた2波長複合3Dレーザクラディング法の開発 佐藤 雄二 2,080

一般公募型補助金研究

(1) 塚本 雅裕 159

(2) ISICO・Go-Tech 塚本 雅裕 3,998

(3) 近畿経済産業局 中小企業経営支援等対策費補助金(戦略的基盤技術高度化支援事業) 佐藤 雄二 4,225

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) 日本電子工業株式会社 塚本 雅裕 3,751

(3) 小橋工業株式会社 塚本 雅裕 1,999

(4) 株式会社新免鉄工所 塚本 雅裕 2,390

(5) 古河電気工業株式会社, 株式会社島津製作所, 日亜化学工業株式会社 塚本 雅裕 31,225

(6) DOWA ホールディングズ株式会社, 石川県工業試験場 塚本 雅裕 1,372

(7) トヨタ自動車株式会社 塚本 雅裕 1,858

(8) 株式会社神戸製鋼所 塚本 雅裕 1,950

(9) 株式会社デンソー 塚本 雅裕 598

(10) 株式会社島津製作所 塚本 雅裕 7,800

(11) JFE ウエルディング協働研究所 佐藤 雄二 3,500

(12)	パナソニック株式会社	佐藤 雄二	2,353
(13)	大学共同利用機関法人自然科学研究機構核融合科学研究所 国立研究開発法人物質・材料研究機構 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	佐藤 雄二	902

#### 学術相談（元）

(1) 学術相談	三島光産	塚本 雅裕	400
----------	------	-------	-----

#### 奨学寄付金（元）

(1) 塚本教授 研究助成金	日立造船株式会社	塚本 雅裕	300
(2) 塚本教授 研究助成金	株式会社片岡製作所	塚本 雅裕	1,000
(3) 塚本教授 研究助成金	大阪富士工業株式会社	塚本 雅裕	500
(4) 塚本教授 研究助成金	レーザーシステム研究会	塚本 雅裕	500
(5) 塚本教授 研究助成金	大阪富士工業株式会社	塚本 雅裕	500
(6) 塚本教授 研究助成金	公益財団法人電気通信普及財団	塚本 雅裕	220
(7) 佐藤准教授 研究助成金	一般社団法人日本銅学会	佐藤 雄二	250
(8) 佐藤准教授 研究助成金	一般社団法人日本銅センター	佐藤 雄二	1,400
(9) 佐藤准教授 研究助成金	公益財団法人 天田財団	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) 工学研究科博士前期課程	レーザープロセス学
(2) 工学研究科博士前期課程	レーザープロセス学
(3) 工学部	マチカネゼミ学問への扉（ものづくりサイエンス「金属・無機材料調査」）

## (2) 博士論文 (主査)

- (1) 機械工学専攻, 竹中啓輔  
高強度パルスレーザー加工における表面電界強度分布に依存した超解像微細構造形成に関する研究

## (4) 修士論文

- (1) 機械工学専攻, 高澤悠馬  
マルチビーム照射方式青色レーザー金属堆積法における入熱および粉末供給量制御による皮膜形成効率向上に関する研究

## (5) 卒業論文

- (1) 機械工学科目, 須藤真央  
1.5 kW青色半導体レーザーを用いた純銅のキーホール溶接時に発生するレーザー誘起プルームの分光解析

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 (ものづくりサイエンス「表面の不思議 - 表面を変えると接合も変わる -」)

## (4) 修士論文

- (1) 機械工学専攻, 井濱雅弘  
選択的レーザー溶融法によるステンレス鋼の造形プロセスにおける集光スポット強度分布および雰囲気圧力に依存した粉末溶融挙動に関する研究

## (5) 卒業論文

- (1) 機械工学科目, 吉田怜史  
1.5 kW青色半導体レーザーを用いたクラッディングシステムにおけるワイヤ供給速度に依存した純銅皮膜形成に関する研究

## 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  
2022・2023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  
2022・2023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                | 2023年度論文賞・Best Review Paper賞<br>審議委員会 委員 |
| (4)                        | (一社) レーザ加工学会                   | 2021年度レーザ加工学会 理事                         |
| (5)                        | (一社) レーザ加工学会                   | SLPC2022 第4回スマートレーザプロセス<br>国際会議 議長       |
| (6)                        | (一社) レーザ加工学会                   | 第97回レーザ加工学会講演会実行委員長                      |
| (7)                        | (一社) レーザ加工学会                   | 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                      | 2022・2023年度高エネルギービーム加工研究<br>委員会 委員長      |
| (10)                       | (一社) 溶接学会                      | 2022・2023年度研究推進部会 委員                     |
| (11)                       | (一社) 溶接学会                      | 2022・2023年度高エネルギービーム加工研究<br>委員会 委員長      |
| <b>(2) 国際会議委員</b>          |                                |  |
| (1)                        | SLPC2022<br>第4回スマートレーザプロセス国際会議 | チェア                                      |
| (2)                        | SLPC2022<br>第4回スマートレーザプロセス国際会議 | チェア                                      |
| (3)                        | Visual-JW2022                  | Conference Chaiman                       |
| (4)                        | Visual-JW2022                  | Conference Chairman                      |
| <b>(3) 他大学等での非常勤講師</b>     |                                |  |
| (1)                        | 光産業創成大学院大学                     | AD/3Dプリンタ2                               |
| (2)                        | 光産業創成大学院大学                     | AD/3Dプリンタ2                               |
| <b>(5) 国・自治体・公益法人等への貢献</b> |                                |  |
| (1)                        | (一財) 近畿高エネルギー加工技術研究所           | 評議員                                      |
| (2)                        | (一財) 大阪科学技術センター                | 研究開発推進委員会 委員                             |
| (3)                        | (一社) レーザプラットフォーム協議会            | レーザプラットフォーム協議会 会長                        |
| (4)                        | (一社) 日本溶接協会                    | 一般社団法人日本溶接協会 第37期学識会員                    |

- (5) (公財)レーザー技術総合研究所 共同研究員
- (6) (公財)天田財団 天田財団 選考委員会
- (7) 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) 青色半導体レーザー社会実装へ 日刊工業新聞(2022.11.28)

氏名：佐藤 雄二

**(1) 学会役員**

- (1) (一社)スマートプロセス学会 スマートプロセス学会学術企画運営委員会 委員
- (2) (一社)レーザー学会 レーザー学会技術専門委員会「社会実装社会実装に向けた次世代レーザー表層加工技術」幹事
- (3) (一社)レーザ加工学会 レーザ加工学会誌査読委員会 査読委員
- (4) (一社)レーザ加工学会 レーザ加工学会編集委員会 委員
- (5) (一社)日本溶接協会 レーザ加工技術研究委員会 副委員長

**(2) 国際会議委員**

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

**(3) 他大学等での非常勤講師**

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

**(5) 国・自治体・公益法人等への貢献**

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

#### 4. 10 全国共同利用に関する研究

##### (1) 令和4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)  | 谷内 大世  | 石川県工業試験場/<br>機械金属部                   | 青色半導体レーザーによるセラミックス材料への純銅層形成技術の開発                |
| (2)  | 坂上 仁志  | 核融合科学研究所基礎物理<br>シミュレーション研究系          | 粒子シミュレーションによる周期的ナノ構造の形成機構解析                     |
| (3)  | 甲藤 正人  | 宮崎大学研究・<br>産学地域連携推進機構                | 超短パルスレーザーによる加工プロセスに関する研究                        |
| (4)  | 有田 智貴  | 近畿大学大学院総合理工学<br>研究科エレクトロニクス系<br>工学専攻 | 16 kWディスクレーザーを用いたキーホール型溶接におけるスパッタの抑制機構の解明に関する研究 |
| (5)  | 吉田 実   | 近畿大学理工学部<br>電気電子工学科                  | レーザーの溶接・接合における欠陥抑制法の開発                          |
| (6)  | 中野 人志  | 近畿大学理工学部<br>電気電子工学科                  | レーザー加工におけるビームと材料の相互作用                           |
| (7)  | 國峯 崇裕  | 金沢大学 理工研究域<br>機械工学系                  | レーザープロセスによるTi合金の微細組織制御                          |
| (8)  | 宇野 和行  | 山梨大学大学院総合研究部                         | 予熱パルスを持つ新奇CO <sub>2</sub> レーザーパルスによるガラス・樹脂加工の研究 |
| (9)  | 加藤 進   | 産業技術総合研究所<br>電子光基礎技術研究部門             | 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                       |
| (10) | 宮野 泰征  | 秋田大学大学院<br>理工学研究科                    | 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) | 山下 順広  | 石川工業高等専門学校                           | 肉盛部の温度評価  |
| (12) | 部谷 学   | 大阪産業大学工学部<br>電子情報通信工学科               | 青色半導体レーザーを搭載したSLM装置を用いた高充填率な銅の積層造形法の開発          |
| (13) | 川崎 昂輝  | 大阪大学<br>レーザー科学研究所                    | レーザー核融合燃料保持のためのダイヤモンドカプセルの性能評価                  |
| (14) | 田中 大裕  | 大阪大学<br>レーザー科学研究所                    | レーザー核融合燃料保持のためのダイヤモンドカプセルの性能評価                  |
| (15) | 井手坂 朋幸 | 大阪大学<br>レーザー科学研究所                    | レーザー核融合燃料保持のためのダイヤモンドカプセルの性能評価                  |

(16)	重森 啓介	大阪大学 レーザー科学研究所	高品質ダイヤモンドカプセルによるレーザー核融合性能の向上
(17)	川崎 昂輝	大阪大学 レーザー科学研究所	高品質ダイヤモンドカプセルによるレーザー核融合性能の向上
(18)	橋田 昌樹	東海大学 総合科学技術研究所	複合レーザービーム照射による新奇な表面機能創成
(19)	中尾根 美樹	東京工科大学工学研究科 サステイナブル工学専攻	レーザー照射条件を提案するAIの開発
(20)	大久保 友雅	東京工科大学工学部 機械工学科	レーザー照射条件を提案するAIの開発
(21)	宮地 悟代	東京農工大学大学院 工学研究院	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)	島崎 良	福岡県工業技術センター 機械電子研究所材料技術課	ブルーレーザーを用いた銅の加工現象の解明
(23)	小川 俊文	福岡県工業技術センター 機械電子研究所材料技術課	ブルーレーザーを用いた銅の加工現象の解明
(24)	菊竹 孝文	福岡県工業技術センター 機械電子研究所材料技術課	ブルーレーザーを用いた銅の加工現象の解明
(25)	島田 雅博	福岡県工業技術センター 機械電子研究所材料技術課	ブルーレーザーを用いた銅の加工現象の解明
(26)	西海 綾人	石川県工業試験場/ 機械金属部	青色半導体レーザーによるセラミックス材料への純銅層形成技術の開発

氏名：佐藤 雄二

一般公募研究課題

(1)	加藤 進	産業技術総合研究所 電子光基礎技術研究部門	
(2)	山下 順広	石川工業高等専門学校	レーザー溶接プロセスのモデリングと適応性技術の開発（役割分担型）
(3)	宗像 宏純	東京工科大学工学研究科 サステイナブル工学専攻	
(4)	大久保 友雅	東京工科大学工学部 機械工学科	

(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）

合計 6



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、熔融溶接や固相接合などで作製された接合構造体が有する機能および力学特性の支配機構を、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、および力学特性の高い接合構造体の製造へとつなげることを目指す。具体的には、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を考察する。

### 4. 2 研究課題

1.  $\delta$  フェライト含有率の高いオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属の加工誘起変態による極低温じん性増加
2. オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属の極低温じん性向上に寄与する因子の検討
3. Al/Fe 異材接合部の組織形成に及ぼす添加元素の影響
4. 二相ステンレス鋼溶接金属の三次元組織モデルによる水素拡散・集積挙動の数値シミュレーション
5. 高炭素鋼薄板レーザ溶接時の凝固割れと溶接条件の関係
6. タンデム - パルス GMAW における被溶接体振動とタンデムトーチ配置の関係が溶込み形状に及ぼす影響の解明
7. アーク溶接用高耐久チップ材料の研究開発

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1.  $\delta$  フェライト含有率の高いオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属の加工誘起変態による極低温じん性増加

液化天然ガス (LNG) の貯留槽製造に関し  $-162^{\circ}\text{C}$  での強度とじん性要求を満たすため、オーステナイト系ステンレス鋼溶接材料に注目した。この溶接金属では、 $\delta$  フェライト量の増加に伴って強度が増加するが、じん性が低下する。一方、加工誘起マルテンサイト変態は極低温じん性向上に寄与すると考えられ、これら組合せにて極低温で高強度高じん性が得られる可能性がある。本研究では、供試材としてフラックス入りワイヤを使用したガスシールドアーク溶接法により Cr、Ni、Mo、Mn の添加量を変化させた多層盛溶着金属を多数作製した中で、特徴的な 7 試料に着目して特性を明らかにした。全 7 試料ともウイドマンステッテンオーステナイトを主体とした凝固組織となり、 $\delta$  フェライトを 15 ~ 30 vol.% 程度含有していた。各溶接金属の室温での 0.2% 耐力は全試料で同程度の値であったのに対し、 $-196^{\circ}\text{C}$  でのシャルピー吸収エネルギーと横膨出量は試料間で大きく異なった。横膨出量と吸収エネルギーの大小はおおむね一致していたが、その一致から逸脱する試料もみられた。これら試料では、シャルピー衝撃試験前の FCC 領域が無拡散の加工誘起マルテンサイト変態を起こし、その変態量の増加に伴って吸収エネルギーと横膨出量が直線的に増加する傾向がみられた。

## 2. オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属の極低温じん性向上に寄与する因子の影響

液体水素貯蔵タンク製造にオーステナイト系ステンレス鋼の使用が検討されている。その合金系溶接金属について、 $\delta$ フェライト組織制御による極低温じん性の改善がこれまで提案されてきた。本研究では、微細組織に加え、オーステナイト相の加工誘起マルテンサイト変態に着目した。供試材としてフラックス入りワイヤを使用した炭酸ガスアーク溶接により種々の化学組成を有するオーステナイト系ステンレス鋼合金系溶着金属を作製し、液体窒素温度 ( $-196^{\circ}\text{C}$ ) でシャルピー衝撃試験を行った。得られた吸収エネルギーと横膨出量には線形の関係がみられたが、その関係から逸脱する試料も多く見られた。WRC-1992 線図におけるフェライトナンバー  $FN$  (WRC) が 8 ~ 12 付近において、凝固モード変化により  $\delta$ フェライト組織がアシキュラーフェライト主体となり、 $\delta$ フェライト総量が増加しているにもかかわらず吸収エネルギー増加の要因となっていた。一方、破面下の加工誘起マルテンサイト変態量の合計値の増加に伴い、横膨出量は線形的に増加した。横膨出量と吸収エネルギーに線形相関がある場合、吸収エネルギーでも同様の線形的相関が見られたが、施線形相関から逸脱した試料では線形的相関が見られなかった。逸脱の原因は  $\delta$ フェライト組織の影響と考えられる。

## 3. Al/Fe 異材接合部の組織形成に及ぼす添加元素の影響

Al/Fe 接合界面では強度低下原因となる金属間化合物 (IMC) 層が容易に形成され、第三元素添加などの従来対策では IMC 層厚さ低減は可能だが根本的な抑制には至っていない。本研究では、界面付近を高濃度多元系化し固溶体の安定化により IMC 層形成を抑制する方法に着目した。それぞれ等しい原子量の NiCu, NiCuCo, NiCuCr, NiCuCoCr インサート材を Al 板と Fe 板との間に設置し、レーザ溶接により 5 種類の継手を作製した。この継手の溶接金属断面では、全継手において、Fe 板側の溶接金属では Fe が約 70 at%、接合界面付近に形成された針状 IMC 層では Al が約 80 at% と、いずれもそれ以外の元素濃度分布はインサート材の化学組成比と同様に概ね同量であった。Fe 板側の希釈溶接金属は BCC 相が主体であり固溶体が安定化していた。5 種類以上の元素が存在した領域では、結晶粒の微細化が顕著であった。Fe 板側溶接金属では、NiCu インサート材継手の硬さが最も高く、NiCuCo, NiCuCr, NiCuCoCr 各インサート材継手ではほぼ同程度の値を示した。引張せん断応力は NiCuCr, NiCu 各インサート材継手でそれぞれ最大、最小値を示し、多元系インサート材継手で高い強度を示した。

## 4. 二相ステンレス鋼溶接金属の三次元組織モデルによる水素拡散・集積挙動の数値シミュレーション

二相ステンレス鋼のフェライト相体積分率の異なる 3 つの断面組織から Slice GAN を用いて 3 次元組織を有するモデルを形成した。3 次元組織を有するモデルサイズについて水素拡散速度のモデル厚み依存性が無くなる最小サイズをシミュレーションに供することとした。モデルに与える曲げ試験時の V ノッチ底の塑性ひずみを別に計算に、その変位を上記モデルに与えて、モデル上面水素濃度一定にて、水素濃度分布の時間変化を曲げ変形変位の有無について調べた。その結果、フェライト分率が高いほうがモデル下面までの水素拡散は速かったが、曲げ変形変位がある場合には、フェライト分率が約 50% にて変位効果がある水素濃度分布になるまでの時間が最も長くなり、水素濃度変化による上面から下面への水素拡散でのフェライト分率に比例した拡散の速さとは異なった現象がみられた。今後、この傾向が普遍的なものか検証し、その理由を考察する。

## 5. 高炭素鋼薄板レーザ溶接時の凝固割れと溶接条件の関係

高炭素鋼薄板を片側固定で、もう片方の端からある一定の距離の位置をレーザ溶接した時に凝固割れが生じる生じないを、有限要素法と破面観察から予測できるかどうか検討した。鋼板破面の表面か内部か、割れ発生個所を明らかにし、レーザ溶接時の鋼薄板温度変化とシミュレーション時の

温度変化を合わせるなど工夫をして、鋼薄板端面からの距離と凝固割れ発生の有無とが定性的に一致し、融点直下での溶接変形ひずみ増分の影響が大きいと明らかになった。

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

タンデム-パルス GMAW にて被溶接体がある振動数の正弦波で最大振幅 1  $\mu\text{m}$  程振動させると溶込み形状をなべ底にでき、均一で薄い HAZ を形成できる。この形成機構を市販 Flow-3D ソフトに独自サブルーチンを加えた CFD シミュレーションにて明らかにしてきた。本年は、溶込み形状の周波数依存性(実験結果)を再現できるか、再現できた時に熔融池内の対流や実効電圧・電流変化と合わせてその機構を考察した。最もなべ底に近い溶込み形状では、HAZ での温度上昇が最も低く、最も低い入熱となる特定周波数があることが明らかとなった。

#### 7. アーク溶接用高耐久チップ材料の研究開発

現状のチップ材をより高温域かつより耐久性を向上させるため、析出物の高温安定性(粗大化阻止)を目的に高融点金属の添加に着目し、Thermo-Calc 市販ソフトを用いて既存チップ材への高融点金属添加による時効時間に対する析出物濃度の変化を調べた。Mo、W が候補元素であったが、少量添加により Cu 合金の融点が 2000 $^{\circ}\text{C}$  程度変化するため、融点の低い Mo 添加を選択し溶解による合金作製を試みた。Mo の偏析や気相中への蒸発など融解による試料作製は困難で、粉末冶金と融点近傍での長時間熱処理にて試料作製を来期に試みることにした。

### (2) 研究に対する自己評価

溶接金属や接界面の微細組織観察と構造・元素濃度分布解析、その用途に応じた機械特性試験結果などを基に、研究課題に対して解を得ることが出来た。特に LNG 貯留用構造物用溶接金属の極低温じん性を向上させた溶接金属/溶接ワイヤの開発にて、極低温じん性向上の機構を解明したことにより、さらに極低温となる液体水素貯留用構造物用の溶接金属にもその機構を適用して開発期間を半分にできた。また、片側固定の薄板レーザ溶接にて凝固割れが生じない薄板端からの距離と割れの起点を、破面観察と有限要素法とにより定性的に理解できるようにしたので、凝固割れ感受性の汎用試験とは異なり、実用的な観点で割れ防止に役立つ成果と期待できる。Cu 合金の材料開発では苦戦を強いられていて、異なったアプローチの検討が必要となっている。個別研究である熔融池中の熱と物質の流れの計算機上での再現に関しては、コロナ禍にて持ち越しになっていたが、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の影響のみならず、物理的な振動も影響していることが振動数による熔融池内の熱と物質の流れの再現で明らかになり、その結果を論文投稿したが、マニアックなトピックスのため査読者の問題で現在も査読中である。

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。

伊藤が基盤研究(C)を、山本が若手研究を継続にて、民間等との複数の共同研究・学術相談を伊藤、高橋が行った。また、伊藤と山本の研究に対して奨学寄附金を受け取った。

### 4. 4 教育に対する自己評価

学内の講義科目として、マテリアル生産科学専攻の博士前期課程の学生に、伊藤と高橋は、機能材料学の講義(春学期)を行った。特に組織制御による高強度化の機能付加を講義の中心に据え、光学顕微鏡と電子顕微鏡を用いた組織観察について解説した。全学共通科目の学問への扉(マチカネゼミ)では、伊藤は「水を遠くまで、かつ広範囲に飛ばすためには」を担当した(前期担当)。山

本は、関西大学化学生命工学部 非常勤講師として「マテリアル工学実験」の前期と後期の計2講義を担当した。

本年度は、博士前期課程2年生1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、博士前期課程の学生3名には研究成果を溶接学会にて口頭発表を、Visual-JW2022にてポスター発表を行わせた。また、伊藤は所内の他研究室の博士論文1件の副査を担当した。

#### 4.5 社会貢献に対する自己評価

伊藤は、(一社)溶接学会にて、学術担当理事、2022・2023年度代議員、全国大会運営委員会委員長、編集委員会副委員長、研究推進部会、企画委員会、溶接教育委員会、論文査読委員会の業務委員、溶接冶金研究委員会 学術幹事、界面接合研究委員会 副委員長を、(一社)日本溶接協会にて、第38期学識会員、第38期溶接管理技術者、溶接材料部会技術委員会 委員長、WL 運営委員会 委員長兼問題選択を、日本溶接会議(JIW)第17委員会 委員長を、国際溶接学会(IIW)にてIX-L委員会 副委員長を、(公社)日本金属学会にて、講演大会委員会第6分野 委員長、調査・研究企画委員会 第6分野委員長を担当した。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審査を行った。

山本は、(一社)溶接学会にて編集委員会 委員、若手会員の会 運営委員として、(一社)日本鉄鋼協会にて学会部門 創形創質工学部会 接合・結合フォーラム委員として活動した。また、IIW2022やVisual-JW2022の国際会議運営に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、西日本工業大学、学内複数研究室から共同利用・共同研究者を受入れ、接合界面などの微細組織観察・評価を行った。本年度も査読付き学術論文、国際・国内会議発表などの研究成果の発信を行った。詳細は研究成果をご参照下さい。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Low-Temperature Bonding of Copper by Copper Electrodeposition  
Mater. Trans., 63, 6 (2022), 783-788.  
S. Fukumoto, K. Nakamura, M. Takahashi, Y. Tanaka, S. Takahashi and M. Matsushima
- (2) 超高ひずみ速度に対応する材料モデルによる純Ni粒子コールドスプレーの超大塑性変形予測と実験観察  
塑性と加工, 63, 740 (2022), 121-126.  
麻寧緒, 王倩, 富高宙, 高橋誠, 三村耕司, 原一貴, 雫暁濤
- (3) Orientation Dependence of Plastic Deformation of Sintered Nd-Fe-B Magnets at High Temperature  
Acta Mater., 244 (2022), 118559.  
M. Liu, L. Zhang, B. Zhao, F. Chen, X. Xia, Y. Yu, H. Yamamoto and K. Ito
- (4) Weldability of Dissimilar Materials (AA5052 Aluminium Alloy - Galvannealed High Strength Steel) Joints by Direct Current Pulsed Gas Metal Arc Welding  
AIP Conf. Proc., 2454 (2022), 060036-1-060036-5.  
S. M. Hong, S. Tashiro, H.-S. Bang and M. Tanaka
- (5) Effect of Gap Bridging Distance on the Weldability of Aluminum Alloy to Galvanized Steel Joints in AC Pulse GMAW  
Met. Mater. -Int. (2022)  
S. M. Hong, T. Shinichi, H.-S. Bang and T. Manabu

##### (3) 国際会議発表論文 (査読なし)

- (1) Toughening Due to Deformation Induced Martensitic Transformation in Delta Ferrite-Containing Austenitic Stainless Steel Weld Metals  
Proc. 75th IIW Assembly & Int. Conf., 東京, IX-2767-2022 (IX-H-929-2022) (2022.7.17-22)  
H. Yamamoto, R. Oda, K. Ito, H. Maniwa, Y. Kitagawa and H. Watanabe

##### (4) 国内会議発表論文 (査読あり)

- (1) 導体層を仲立ちとしたガラス重ね陽極接合の進行に対する接合電圧の影響  
28th Symp. on "Microjoining and Assembly Technology in Electronics", オンライン (2022.2.1-14), 120-125.  
高橋誠

##### (7) 国際会議発表

- (1) Toughening Due to Deformation Induced Martensitic Transformation in Delta Ferrite-Containing Austenitic Stainless Steel Weld Metals  
IIW Annual Assembly 2022, Tokyo (2022.7.17-22)  
H. Yamamoto, R. Oda, K. Ito, H. Maniwa, Y. Kitagawa and H. Watanabe
- (2) Surface Alloying Due to WC Tool Wear during FSP and Its Effects on the Microstructure and Mechanical Properties of Topmost Steel Layer  
TMS 2023 152nd Annual Meeting & Exhibition, San Diego, California, USA (2023.3.19-23)  
H. Yamamoto, Y. Imagawa, Y. Yamamoto and K. Ito

- (3) Directional Effect of Additionally Applied Underneath Magnetic Field on Joining Process of Al Alloy to GI Steel in AC Pulse GMAW  
IWJC 2022, Jeju, Republic of Korea (2022.10.4-7)  
S. M. Hong, T. Shinichi, T. Manabu and I. Kazuhiro

**(8) 国内学会発表**

- (1) 二相ステンレス鋼溶接金属の三次元組織モデルによる水素拡散・集積挙動の数値シミュレーション  
(一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 島根県松江市 (2022.9.8-10)  
植村 幹太, 三上 欣希, 伊藤 和博
- (2) 二相ステンレス鋼溶接金属の三次元組織モデルによる水素拡散・集積挙動の数値シミュレーション  
2022年度溶接学会秋季全国大会, 島根県松江市 (2022.9.8-10)  
植村 幹太, 三上 欣希, 伊藤 和博
- (3) Post Weld Tungsten Alloying in a Topmost Steel Layer through Friction Stir Processing Using a WC Tool  
VisualJW2022, 千里ライフサイエンスセンター (2022.10.25-26)  
K. Ito, H. Yamamoto, Y. Mikami and M. Takahashi
- (4) コールドスプレー積層の材料モデリングによる純ニッケル粒子の超大塑性変形予測と実験観察  
2022年4月溶接学会春春季全国大会, Online (2022.4.13-15)  
王 倩, 富高 宙, 麻 寧緒, 高橋 誠, 三村 耕司, 原 一貴, 雫 暁濤
- (5) 導体層を仲立ちとしたガラス同士の陽極接合に対する接合温度の影響  
2022年度 溶接学会春季全国大会, オンライン (2022.4.13-20)  
高橋 誠
- (6) 低温陽極接合継手界面の組織と強さ  
2022年度 溶接学会秋季全国大会, 島根県松江市 (2022.9.8-10)  
高橋 誠
- (7) 導体層を仲立ちとしたホウケイ酸ガラス同士の陽極接合への接合温度の影響  
2022年 秋期 第171回講演大会, 福岡県福岡市 (2022.9.20-23)  
高橋 誠
- (8) 音速衝撃の塑性変形を利用した固相積層ニッケルの組織と性能  
第73回塑性加工連合講演会 (2022.11.18-19)  
王 倩, 富高 宙, 高橋 誠, 麻 寧緒, 渡邊 誠, 三村 耕司, 原 一貴
- (9) オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属の加工誘起マルテンサイト変態による極低温じん性増加  
2022年度溶接学会春季全国大会, オンライン開催 (2022.4.13-20)  
小田 怜佳, 山本 啓, 伊藤 和博, 馬庭 啓史, 北川 良彦, 渡邊 博久
- (10) 狭窄TIGパルス溶接を用いた異相界面複雑化によるAl/Cu接合強度の増加  
2022年度溶接学会春季全国大会, オンライン開催 (2022.4.13-20)  
山本 啓, 柳 悠輔, 伊藤 和博, 古免 久弥, 田中 学, 村田 彰久

- (11) Toughening Due to Deformation Induced Martensitic Transformation in Delta Ferrite-Containing Austenitic Stainless Steel Weld Metals  
The 75th IIW Assembly & Int. Conf., 東京都 (2022.7.17-22)  
H. Yamamoto, R. Oda, K. Ito, H. Maniwa, Y. Kitagawa and H. Watanabe
- (12) WCツール摩擦攪拌プロセスによる鋼表層への圧縮残留応力と残留オーステナイトの付与  
2022年度溶接学会秋季全国大会, 島根県松江市 (2022.9.8-10)  
柳 悠輔, 山元 優士, 山本 啓, 伊藤 和博, 三上 欣希
- (13) オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属の加工誘起マルテンサイト変態による極低温じん性増加に及ぼすMn量の影響  
2022年度溶接学会秋季全国大会, 島根県松江市 (2022.9.8-10)  
小田 怜佳, 山本 啓, 伊藤 和博, 馬庭 啓史, 北川 良彦, 渡邊 博久
- (14) WCツール摩擦攪拌プロセスにより鋼表層に生じる圧縮残留応力と残留オーステナイト  
日本金属学会 2022年秋期 (第171回) 講演大会, 福岡県福岡市 (2022.9.20-24)  
山本 啓, 山元 優士, 伊藤 和博, 三上 欣希
- (15) Effect of Deformation-Induced Martensitic Transformation on Low-Temperature Toughness in Delta Ferrite-Containing Austenitic Stainless Steel Weld Metals  
VisualJW2022, 千里ライフサイエンスセンター (2022.10.25-26)  
R. Oda, H. Yamamoto, K. Ito, H. Maniwa, Y. Kitagawa and H. Watanabe
- (16) Strengthening of Al/Cu Dissimilar Joint Due to Complicated Interface Produced by Pulsed TIG Welding with a Constricted Nozzle  
VisualJW2022, 千里ライフサイエンスセンター (2022.10.25-26)  
Y. Yanagi, H. Yamamoto, K. Ito, H. Komen, M. Tanaka and A. Murata
- (17) WC ツール摩擦攪拌プロセス施工面における疲労き裂進展速度に及ぼす残留 $\gamma$ の影響  
日本金属学会 2023年春期 (第172回) 講演大会, 東京都目黒区 (2023.3.7-10)  
山本 啓, 山元 優士, 伊藤 和博
- (18) Effect of Additional Underneath Magnetic Field Direction on Fe-Al IMC Layer Distribution and Weldability of Aluminum Alloy to GI Steel Joints in AC Pulse GMAW  
2022年度秋季全国大会, 松江 (2022.9.8-10)  
S. M. Hong, 田代 真一, 田中 学, 伊藤 和博
- (19) Effect of the Direction of Additional Underneath Magnetic Field on the Weldability of Dissimilar Materials (GI Steel - Aluminum Alloy) Joints in AC Pulse GMAW  
Visual-JW 2022 & DEJ2MA 2022, 大阪 (2022.10.25-26)  
S. M. Hong, T. Shinichi, T. Manabu and I. Kazuhiro
- (10) 国内会議講演
- (1) ここまで分かったFSWによる鋼接合部の表面改質  
第120回 界面接合研究委員会, Teams WEB会議 (2022.5.27)  
伊藤 和博
- (2) 研究室シーズと共研課題のソリューション事例  
第19回産官学連携シンポジウム, 大阪市 (2022.6.30)  
伊藤 和博

## (11) 解説・総説

- (1) 溶接・接合機構を詳細にみる－4つの事例－  
生産と技術, 74, 4 (2022)  
伊藤 和博
- (2) 超高純度アルミニウムのクリーン接合  
WE-COMマガジン (日本溶接協会) (2022)  
山本 啓

## (17) 外部資金

(単位: 千円)

### 科学研究費補助金

- |             |  |       |       |
|-------------|--|-------|-------|
| (1) 基盤研究(C) | 被溶接体振動によるガスメタルアーク溶接溶込み形状鍋底化への改善とその機構解明 | 伊藤 和博 | 1,690 |
| (2) 若手研究    | 摩擦攪拌ツール元素の強制固溶に基づく表層組織/残留応力の同時制御       | 山本 啓  | 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   | 伊藤 和博 | 1,000 |
| (2) | 日本製鉄ものづくり未来協働研究所 | 伊藤 和博 | 1,000 |
| (3) | 株式会社神戸製鋼所        | 伊藤 和博 | 1,560 |

### 学術相談 (元)

- |           |           |      |     |
|-----------|-----------|------|-----|
| (1) 学術相談: | 光進化学機器製作所 | 高橋 誠 | 275 |
|-----------|-----------|------|-----|

### 奨学寄付金 (元)

- |               |             |       |     |
|---------------|-------------|-------|-----|
| (1) 伊藤教授研究助成金 | 株式会社鷺宮製作所   | 伊藤 和博 | 600 |
| (2) 山本助教研究助成金 | 公益財団法人 天田財団 | 山本 啓  | 350 |

## 4. 8 教育

氏名: 伊藤 和博

### (1) 大学院等講義科目

- |                      |                                  |
|----------------------|----------------------------------|
| (1) 工学研究科マテリアル生産科学専攻 | 機能材料学                            |
| (2) 全学共通教育           | マチカネゼミ<br>「水を遠くまで、かつ広範囲に飛ばすためには」 |

### (3) 博士論文 (副査)

- (1) 生産科学専攻, Ngoc Quang TRINH      Research on Arc and Metal Transfer Phenomenon in Flux-cored Arc Welding

### (4) 修士論文

- (1) 生産科学専攻, 小田怜佳       $\delta$ フェライト含有率の高いオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属の加工誘起変態による極低温じん性増加

### (5) 卒業論文

- (1) 生産科学専攻, 瀧名菜々子      Al/Fe異材接合部の組織形成に及ぼす添加元素の影響
- (2) 生産科学専攻, 星野佑介      オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属の極低温じん性向上に寄与する因子の検討

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

## 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 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 委員長
- (4) (一社)日本溶接協会      日本溶接協会第38期学識会員
- (5) (一社)日本溶接協会      日本溶接協会第38期溶接管理技術者
- (6) (一社)溶接学会      界面接合研究委員会 副委員長
- (7) (一社)溶接学会      企画委員会 委員
- (8) (一社)溶接学会      研究推進部会 委員
- (9) (一社)溶接学会      編集委員会 副委員長

- (10) (一社) 溶接学会 全国大会運営委員会委員長
- (11) (一社) 溶接学会 溶接教育委員会 委員
- (12) (一社) 溶接学会 溶接冶金研究委員会 学術幹事
- (13) (一社) 溶接学会 論文査読委員会 委員
- (14) (一社) 溶接学会 理事 (学術担当)
- (15) (一社) 溶接学会 2022・2023年度代議員
- (16) (公社) 日本金属学会 講演大会企画委員
- (17) (公社) 日本金属学会 新第6分野 委員長
- (18) (公社) 日本金属学会 調査・研究企画委員会 委員
- (19) (公社) 日本金属学会 本多記念講演委員会委員
- (20) IIW IIW-IX-L委員会 副委員長
- (21) Korean Society for Heat Treatment Guest Editors (Foreign Researchers)

**(5) 国・自治体・公益法人等への貢献**

- (1) (国研) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 事前書面審査委員

氏名：山本 啓

**(1) 学会役員**

- (1) (一社) 日本鉄鋼学会 学会部門 創形創質工学部会 接合・結合フォーラム 委員
- (2) (一社) 溶接学会 若手会員の会 運営委員
- (3) (一社) 溶接学会 編集委員会 委員

**(2) 国際会議委員**

- (1) IIW2022 IIW2022年次大会 会議運営部会 ICプログラム 編成小委員会 委員
- (2) Visual-JW2022 Program Committee

**(3) 他大学等での非常勤講師**

- (1) 関西大学化学生命工学部 マテリアル工学実験 I

## 4. 10 全国共同利用に関する研究

## (1) 令和4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) | 高橋 雅士  | 西日本工業大学<br>総合システム工学科         | In718三次元積層造形材のクリープ劣化挙動の解明, W三次元積層造形材の構造評価ほか  |
| (2) | 國吉 望月  | 大阪大学工学研究科アルバック未来技術協働研究所      | 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          |
| (3) | 孫 栄硯   | 大阪大学大学院工学研究科<br>附属精密工学研究センター | (多結晶ダイヤモンドの表面観察)                             |
| (4) | 田淵 直人  | 大阪大学大学院工学研究科<br>物理学系専攻       | 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          |
| (5) | 志村 考功  | 大阪大学大学院工学研究科                 | 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          |
| (6) | 池田 直樹  | 物質・材料研究機構ナノテクノロジー融合ステーション    | 半導体/酸化物絶縁膜/金属膜のスタック構造における異種接合界面の反応性及び微細構造の解析 |
| (7) | 生田目 俊秀 | 物質・材料研究機構ナノテクノロジー融合ステーション    | 半導体/酸化物絶縁膜/金属膜のスタック構造における異種接合界面の反応性及び微細構造の解析 |
| (8) | 大井 暁彦  | 物質・材料研究機構<br>技術開発・共用部門       | 半導体/酸化物絶縁膜/金属膜のスタック構造における異種接合界面の反応性及び微細構造の解析 |

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

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



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を組み合わせた接合・溶接界面における諸現象を巨視的、微視的に解析することで、種々の接合・溶接プロセスにおける界面の形成機構を明らかにするとともに、その知見を活用した新規界面制御技術を確立することを目的とする。

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

### 4. 2 研究課題

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

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. 摩擦接合（FSW、摩擦圧接、線形摩擦接合）界面制御と形成機構の解明

中・高炭素鋼、高 Mn ダンパー合金鋼、高強度鋼、高 P 鋼、C-Si-Mn 鋼、溶融亜鉛メッキ鋼、高 Ni 鋼、2 相ステンレス鋼、高強度 Ti 合金、Al 合金厚板、冷間圧延した高強度 Al 合金、Al 合金丸棒、難燃性 Mg 合金、高強度 Mg 合金などの難接合材の摩擦接合や、異種の Al 合金、炭素鋼 / Al（重ね）、ステンレス鋼 / Al、Al / CFRP、Ti / CFRP、ポーラス Al / プラスチックなどの組み合わせにおける異種接合に取り組んだ。

ツールを用いない線形摩擦接合法（LFW）や摩擦圧接（RW）を用いて低温で接合できる手法を確立し、異種材料の接合へ発展させた。条件の最適化のための法則性を整理した結果、これまでの鉄鋼材料に加えて、Ti-6Al-4V 合金や加工硬化型、固溶強化型、析出強化型を含む種々の Al 合金のすべての合金で完全に軟化を抑制し、継手効率 100% を達成することができた。異種材料に対しても、Ti-6Al-4V 合金と SUS316L の LFW 及び摩擦圧接を行い、無欠陥で混合層の無い継手を得ることで 100% の継手効率を達成した。現在は、融点降下の大きい Al 合金と Mg 合金の異種材料の接合や鋼と Al 合金、Cu と Al 合金、T 字継手の接合に取り組んでいる。これらの中でも、特に Ti 合金の低温 LFW を航空機のブリスクへ適用する技術は、接合後の熱処理工程を省ける技術として注目されている。

新規の接合法として、真ん中の材料を振動させることで、3つの材料を同時に接合できるセンタードライブ両面 LFW を開発し、これにより、当該学生が溶接学会優秀研究発表賞を受賞した。LFW、センタードライブ両面 LFW に関しては、企業との連携により装置の開発も行っており、今後、さらなる展開を図っていく。

FSW に関しては、窒化ケイ素ツールの開発を用いた 15m 厚板鋼板の接合に成功し、実用化に向けて大きく前進している。加えて、水冷機構を利用して、鉄鋼材料製のツールを用いて鉄鋼材料を FSW 技術も確立した。摩擦エレメント接合にも取り組み、前者で鋼と鋼や鋼と Al 合金の接合に成功した。

2. 新規接合 & 改質プロセスの開発

固相で抵抗スポット接合を行う技術、すなわち、「固相抵抗スポット接合：CSJ」の開発を行った。電流供給部以外に加圧部を設けることで、電極の消耗を抑制できるとともに、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。本手法は、2022 年 7 月に開

催されたウェルディングショーで大々的に公開するとともに、JST News 2022 年 11 月に特集記事として掲載された。加えて、株式会社ダイヘンが、本技術を実用化し、装置販売の計画をプレスリリースしたため、日本経済新聞 (2021 年 11 月 8 日)、日刊工業新聞 (2021 年 11 月 8 日)、日刊産業新聞 (2021 年 11 月 14 日)、溶接ニュース (2021 年 11 月 15 日)、MONOist (2021 年 11 月 22 日)、電子デバイス産業新聞 (2021 年 12 月 1 日) の各紙で報道された。その結果、国内だけでなく、海外からも大いに注目されている技術となっている。この技術の成果に対して、第 55 回市村学術賞を受賞した。

摩擦攪拌接合に関連した技術としては、前進側に回転ツールを傾斜させる「傾斜ツール FSW」が特筆に値する。一般に回転ツールはショルダとプローブからなり、ショルダがバリの形成を抑制する役割を有するが、ツールを傾斜させることで、ショルダが無くてもバリの抑制が可能であることを明らかにした。本技術に対して、当該学生が溶接学会優秀研究発表賞を受賞するとともに、2 回 (2022 年 9 月 8 日と 2022 年 10 月 3 日) にわたって日刊工業新聞に掲載された。この技術は、今後、ツール寿命の短い鉄鋼材料等の FSW 有効な技術となると考えられる。

加えて、ジュール熱を利用した新規接合法であり、短時間で 100% の継手効率が得られる「圧力制御通電圧接」の開発を行い、その適用範囲の拡大を行った。従来の炭素鋼、Al 合金、純 Cu 等に加えて、球状黒鉛鋳鉄の接合に成功し、日刊工業新聞一面 (2022 年 9 月 9 日) に掲載された。鋳鉄は、一旦、溶融すると炭化物からなるチル層が形成したり、大きな変形を加えると、黒鉛が線状に分散し、破壊の起点となることため、接合が困難とされていた。これらの成果に対して、担当学生が軽金属溶接協会優秀発表賞、軽金属学会優秀研究講演賞、自動車技術会大学院研究奨励賞を頂いた。この接合法を用いて、パイプ材の接合についても、内部にバリを形成させないで接合する技術の確立にも繋がった。加えて、断面積の大きい、例えば、200mm×200mm などの大型の角材においても、使用電力量を抑える新技術を確立した。

### 3. 溶接界面、溶融池形成機構の解明

Spring-8 を活用して、溶接中の相変態を回折パターンから同定することで、Fe-Mn-Si 合金の凝固モードなどの溶接凝固現象を明らかにし、割れの抑制法について検討した。この手法は、今後、割れが課題となっている材料の課題解決に大きな武器となると考えられる。TIG 溶接時における結晶の成長速度、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。

J-PARC を用いて、12mm 板厚の高 P 鋼の LFW 継手に対して、残留応力分布を測定したことも特筆に値する。板厚方向、板幅方向あるいは面からの距離に対して、どのように残留応力が変化するか測定した。LFW 継手に関しては、LME や水素脆化挙動についても調査した。特に、 $A_1$  点以下で接合した LFW 継手は界面にマルテンサイトが生成しないため、界面破断しないことを明らかにした。

摩擦圧接に関しては、3 次元 X 線透過装置を用いて、これまで不可能であった、現象の可視化に世界で初めて成功した。この他にも、薄板亜鉛メッキ鋼板などの難接合材の摩擦攪拌接合などにも取り組み、多くの論文発表に繋げている。摩擦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。その他、抵抗スポット溶接継手強度に及ぼす塗装焼き付け熱履歴の影響について取り組み、溶接界面付近における組織および特性の変化を明らかにした。

### 4. 接合界面構造の解析

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

摩擦接合を念頭においた Cr-Si 鋼、Mn-Si 鋼などを開発するとともに、マルテンサイト鋼に Mo、V を添加し、2 次析出硬化を利用することで、HAZ 軟化を抑制する技術を確立した。2 次硬化の温度と  $A_1$  点を同時に制御することにより、継手効率 96% を達成した。1500MPa 級のマルテンサイト鋼の継手効

率としては、従来と比較して極めて高い値である。また、マルテンサイト鋼の接合に対しては極低温LFW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、シングルバリアントマルテンサイトの形成により、従来にない高い硬度を有する組織が形成することを明らかにした。

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

## (2) 研究に対する自己評価

本研究分野は、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54報発表した。これらの多くはJournal of Magnesium Alloys (11.862)、Composites Part B: Engineering (11.322)、Journal of Materials Science and Technology (10.320) など、インパクトファクターが10を超える雑誌に掲載されたのを始め、Journal of Alloys and Compounds 2報 (6.371)、Scripta Materialia (6.302)、Journal of Materials Research Technology (6.267) 2報、Journal of Materials Processing Technology (6.126)、Journal of Manufacturing Process (5.684) 2報、Science and Technology of Welding and Joining 4報 (4.224) 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。Spring-8や溶接現象3次元可視化システム等を活用した溶接凝固割れのメカニズムを始めとする溶接現象の解明などにも取り組み、一方で将来の解体を考えて、分離技術についても検討した。

特許は28件出願し、以前出願した特許が10件権利化された。国際会議の招待講演が4件、国内招待講演9件、解説・著書4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、第55回市村学術賞を始めとして、溶接学会優秀研究発表賞3件、溶接学会優秀ポスター発表賞、自動車技術会大学院研究奨励賞、鉄鋼協会ポスターセッション努力賞などの11件の受賞をした。JST News 2022年11月に特集記事として掲載されたことも特筆に値する。

研究予算に関しても、科学研究費補助金や経済産業省 (ISMA) の革新的新構造材料等技術開発、JST 未来社会創造事業、経済産業省「戦略的基盤技術高度化支援事業」、NEDO 先導研究プログラム／エネルギー・環境新技術先導研究プログラムなどから外部資金を獲得するとともに、奨学寄付金を含めた種々の業種の企業との共同研究も積極的に推進した。R4年度における研究予算(外部資金獲得総額)は、約1億7355万円であり、研究環境も十分に整備できたと考える。research.comのまとめによると、藤井のこれまでの成果はh-indexが60であり、世界4307位にランクされた(国内230位)。(株)パテント・リザルトの分析において、全領域で注目度の高い発明者6名(うち阪大2名)にランクインした。「大阪大学の注目度の高い発明者は、再生医療の松崎典弥教授と摩擦接合の藤井英俊教授」とある。

## 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10名、博士前期課程7名、研究生2名の指導を行い、博士前期課程4件の主査、博士後期課程3件の主査を担当した。世界に通用する知識・技量を身につけるための十分な研究指導を行うことにより、学生自身による論文発表、学会発表等の多くの成果に結びついている。学生が、軽金属溶接協会賞2件、溶接学会優秀発表賞2件、溶接学会優秀ポスター発表賞、軽金属溶接協会

優秀発表賞、軽金属学会優秀研究講演賞などの多数の受賞したことは、このような教育研究活動が評価されたものと考えられる。

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3名および留学生7名を受け入れ、国際化も図るとともに、社会人ドクターを3名受け入れるなど、社会人教育も積極的に進めた。今年度、卒業した中国人留学生が上海交通大学に就職が決まるなど、毎年、各国の最高峰の大学への就職へ繋がっている。また、学生、研究員、教員に対して、吹田祭や冶金杯などへの積極的参加も促し、心の健全性を維持するよう努めている。来年度は、万全な形での開催を切望している。

#### 4.5 社会貢献に対する自己評価

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

学会においては、(一社)溶接学会、(一社)日本溶接協会、(一社)日本鉄鋼協会、(公社)日本金属学会、(一社)軽金属溶接協会、(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、軽構造接合加工研究委員会委員長を務めた。海外においても、Nature 誌の系列誌である Scientific Reports の Member of Editorial Board を務め、溶接・接合分野の活性化に寄与すると共に、International Journal of Materials Engineering Innovation の Member of Editorial Board や IIW Com.III で、鋼の FSW-ISO の制定のための日本代表として参画した。この他、国・自治体・公益法人等に対しても、各種委員、審査委員を多数務めた。

さらに、民間企業との共同研究も着実に推進することにより、産学連携にも大きく貢献している。これにより、多くの特許や論文などの成果が得られるとともに、日本経済新聞、日刊工業新聞などに合計15件、成果が掲載されるなど、社会への情報発信も積極的に行っている。NEDOの推進により、研究所に設立した接合技術拠点の運営や日本製鉄ものづくり未来協働研究所、ダイヘン溶接・接合協同研究所、高度ジョイント生産システム構築共同研究部門の所長あるいは担当教員として活動した。

#### 4.6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

本研究分野は、広く全国の研究機関と34件の共同研究を行った。特に、高Mn鋼、FMS合金、Fe-Cr原子炉材料の接合を始めとした種々の鉄鋼材料、チタン合金、アルミニウム合金、マグネシウム合金、銅合金などの様々な材料の同種接合、アルミニウム合金とCFRP、フッ素樹脂と異種材料を始めとした様々な組み合わせの摩擦攪拌接合を行い、厚板鋼板の接合にも取り組んだ。また、線形摩擦接合に関しては、異なるアルミニウム合金の接合やアルミニウム合金とマグネシウム合金の異材の接合を行った。チタン合金に関しては、Cold Dwell疲労挙動の解明や寿命評価法を検討した。

この他、球面ツールを用いた点接合技術(摩擦アンカー接合)の開発、厚板鉄鋼材料用耐熱FSWツール材の開発、FSWツールの形状の最適化、摩擦攪拌プロセスを用いた軽金属材料の改質、摩擦攪拌プロセスを用いたポーラス材の作製や発泡材の接合、接合分離統合術の開発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20件に上り、Journal of Materials Science and Technology (10.320)、Scripta Materialia (6.302)、Journal of Materials Research Technology (6.267) 2報、Journal of Manufacturing Process (5.684)、に掲載されたのを始め、Materials Characterization (4.537) 2報、Science and Technology of Welding and Joining (4.224)、International Journal of Advanced Manufacturing Technology (3.563)、Journal of Porous Materials (2.520)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) Elucidation of Intermetallic Compounds and Mechanical Properties of Dissimilar Friction Stir Lap Welded 5052 Al Alloy and DP590 Steel  
J. Alloy. Compd, 906, 164381 (2022), 1-17.  
P. Geng, M. Morimura, H. Ma, Y. Ma, N. Ma, H. Liu, Y. Aoki and H. Fujii
- (2) Microstructure Evolution and Hardness Distribution of Linear Friction Welded AA5052-H34 Joint and AA5083-O Joint  
J. Mater. Res. Technol.-JMRT, 17 (2022), 2419-2430.  
J.-W. Choi, W. Li, K. Ushioda, M. Yamamoto and H. Fujii
- (3) Suppression of Softening in Heat Affected Zone by Mo Addition in Friction Stir Welded Martensitic Steel  
Sci. Technol. Weld. Join., 27, 3 (2022), 204-212.  
W. Zexi, K. Ushioda and H. Fujii
- (4) Corrosion Resistant and High-Strength Dual-Phase Mg-Li-Al-Zn Alloy by Friction Stir Processing  
Commun. Mater., 3 (2022), 1-10.  
Z. Zeng, M. Zhou, M. Esmaily, Y. Zhu, S. Choudhary, J. C. Griffith, J. Ma, Y. Hora, Y. Chen, A. Gullino, Q. Shi, H. Fujii and N. Birbilis
- (5) Effect of Porosity of Aluminum Foam on Welding between Aluminum Foam and Polycarbonate Plate during Friction Welding  
Int. J. Adv. Manuf. Technol., 120 (2022), 1071-1078.  
Y. Hangai, K. Omika, M. Inoue, A. Kitamura, H. Mitsugi, H. Fujii and Y. Kamakoshi
- (6) 摩擦圧接時の回転数と接合時間がポラスAl/熱可塑性樹脂の接合強度に及ぼす影響  
日本金属学会誌, 86, 5 (2022), 71-76.  
松島慶幸, 半谷禎彦, 三ツ木寛尚, 藤井英俊
- (7) Fabrication of Porous Aluminum Composites Containing Hollow Ceramics  
J. Porous Mat., 29 (2022), 1363-1368.  
T. Yamamoto, Y. Hangai, H. Mitsugi, S. Koyama, R. Suzuki, M. Matsubara and H. Fujii
- (8) A1050アルミニウム/SS400鋼接合体のポラス化による分離の検討  
軽金属, 72, 6 (2022), 366-370.  
増田敦哉, 半谷禎彦, 三ツ木寛尚, 鈴木良祐, 松原雅昭, 藤井英俊
- (9) Fatigue Strength and Fracture Characteristics of Linear Friction Welded Joints of Weathering Mild Steel  
Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct., 45, 10 (2022), 2769-2783.  
Y. Wang, S. Tsutsumi, T. Kawakubo and H. Fujii
- (10) Effect of Zn Interlayer on Friction Stir Butt Welding of A1100 and SUS316L Stainless Steel  
Sci. Technol. Weld. Join., 27, 5 (2022), 361-373.  
M. Saleh, H. Liu, K. Ushioda and H. Fujii

- (11) Measurement and Simulation of Thermal-Induced Residual Stresses within Friction Stir Lapped Al/steel Plate  
*J. Mater. Process. Technol.*, 310, 117760 (2022), 1-15.  
 P. Geng, M. Morimura, N. Ma, W. Huang, W. Li, K. Narasaki, T. Ogura, Y. Aoki and H. Fujii
- (12) Relationship between Cross Tension Strength and Carbon Content of Lower Sheet in Friction Element Welded Steel Joints  
*Welding International*, 36, 8 (2022), 500-509.  
 S. Matsui, K. Ushioda and H. Fujii
- (13) Improving Toughness of Medium-Mn Steels after Friction Stir Welding through Grain Morphology Tuning  
*J. Mater. Sci. Technol.*, 118 (2022), 243-254.  
 M. S. Jeong, T. M. Park, D.-I. Kim, H. Fujii, H. J. Im, P.-P. Choi, S.-J. Lee and J. Han
- (14) Strengthening Mechanism of High-Pressure Linear Friction Welded AA7075-T6 Joint  
*Mater. Charact.*, 191, 112112 (2022)  
 J.-W. Choi, W. Li, K. Ushioda, M. Yamamoto and H. Fujii
- (15) 異強度板組の抵抗スポット溶接接手の引張せん断強さと破断位置に及ぼす材料強度の影響  
*溶接学会論文集*, 40, 4 (2022), 216-225.  
 岡田 徹, 上田 秀樹, 松田 和貴, 宮崎 康信, 泰山 正則, 藤井 英俊
- (16) 異強度板組の抵抗スポット溶接接手の剥離強度と破断位置に及ぼす材料強度の影響  
*溶接学会論文集*, 40, 4 (2022), 226-237.  
 岡田 徹, 上田 秀樹, 宮崎 康信, 泰山 正則, 藤井 英俊
- (17) 摩擦エレメント接合体の十字引張強さに及ぼすフェライト形態の影響  
*溶接学会論文集*, 40, 3 (2022), 149-158.  
 松井 翔, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (18) The Material Flow and Texture-Weakening Mechanism in Double-Sided Friction Stir Welded Mg Alloy  
*Sci. Technol. Weld. Join.*, 28, 2 (2022), 154-161.  
 M.-r. Zhou, Y.-f. Sun, Y. Morisada, Q.-y. Shi and H. Fujii
- (19) 摩擦攪拌接合した0.2%C-2%Si-Cr鋼の組織と機械的性質  
*鉄と鋼*, 108, 12 (2022), 911-925.  
 伍 沢西, 柳楽 知也, 潮田 浩作, 宮本 吾郎, 藤井 英俊
- (20) 摩擦攪拌接合した耐候性鋼の微視組織と機械的特性に及ぼすC, Pの影響  
*鉄と鋼*, 108, 12 (2022), 926-936.  
 川久保 拓海, 潮田 浩作, 藤井 英俊, 加茂 孝浩, 横田 智之
- (21) 摩擦攪拌接合を施した高リン炭素鋼に形成するさび層の防食性  
*鉄と鋼*, 108, 12 (2022), 937-944.  
 土谷 博昭, 初田 和大, 川久保 拓海, 潮田 浩作, 藤井 英俊, 山下 正人, 藤本 慎司
- (22) Effect of Welding Conditions on Microstructural Evolution of Friction-Stir-Welded Ti-Cu Plate  
*Arch. Metall. Mater.*, 68, 1 (2023), 131-135.  
 Y.-J. Lee, W.-K. Jeong, S.-J. Lee, H. Fujii, S. E. Shin and D.-G. Lee

- (23) Statistical Analysis of Influential Factors on the Stability of Retained Austenite in Low Alloy TRIP Steel  
Mater. Trans., 63, 5 (2022), 693-702.  
N. Koga, T. Yamashita, K. Ogawa and O. Umezawa
- (24) Hierarchical Deformation Heterogeneity during Lüders Band Propagation in an Fe-5Mn-0.1C Medium Mn Steel Clarified through in Situ Scanning Electron Microscopy  
ISIJ Int., online (2022)  
M. Koyama, T. Yamashita, S. Morooka, Z. Yang, R. S. Varanasi, T. Hojo, T. Kawasaki and S. Harjo
- (25) Revisit Deformation Behavior of Lath Martensite  
ISIJ Int., online (2022)  
S. Harjo, W. Gong, T. Kawasaki, S. Morooka and T. Yamashita
- (26) 摩擦攪拌接合された二相ステンレス鋼攪拌部の板厚方向に沿った微細組織の不均一性  
鉄と鋼, 108, 12 (2022), 966-978.  
山下 享介, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (27) Elucidation of Solidification Mode of Fe-Mn-Si Alloy during TIG Spot Welding Using Synchrotron X-ray  
溶接学会論文集, 41, 2 (2023), 1s-5s.  
T. Nagira, T. Nakamura, T. Kimura, F. Yoshinaka, T. Sawaguchi, T. Yamashita, Y. Aoki and H. Fujii
- (28) Neutron Stress Measurement of W/Ti Composite in Cryogenic Temperatures Using Time-of-Flight Method  
Quantum Beam Sci., 7, 1 (2023), 8-23.  
M. Nishida, S. Harjo, T. Kawasaki, T. Yamashita and W. Gong
- (29) 6%Ni炭素鋼の摩擦攪拌接合における攪拌部の残留オーステナイト量に及ぼす炭素量およびオーステナイト粒径の影響  
鉄と鋼, 108, 6 (2022), 343-353.  
三浦 拓也, 藤井 英俊, 潮田 浩作
- (30) 6%Ni炭素鋼の摩擦攪拌接合における攪拌部の集合組織解析による流動挙動の推定  
日本金属学会誌, 86, 6 (2022), 87-96.  
三浦 拓也, 藤井 英俊, 潮田 浩作
- (31) Effect of Welding Condition on Texture Evolution of Austenite in Stir Zone and Martensitic Transformation Behavior during Cooling in Ni-C  
鉄と鋼, 108, 9 (2022), 631-641.  
T. Miura, H. Fujii and K. Ushioda
- (32) Effects of Carbon Content and Austenite Grain Size on Retained Austenite Fraction in Stir Zone of Friction Stir Welded 6%Ni Carbon Steels  
ISIJ Int., 62, 9 (2022), 1908-1917.  
T. Miura, H. Fujii and K. Ushioda
- (33) センタードライブ両面線形摩擦接合による中炭素鋼の二面同時接合  
溶接学会論文集, 41, 1 (2023), 71-78.  
伊藤 鉄朗, 釜井 正善, 三浦 拓也, 森貞 好昭, 藤井 英俊

- (34) Through-Thickness Localized Strain Distribution and Microstructural Characterization of Functionally Graded Al/GNP Composite Fabricated by Friction Stir Processing  
*Light Metal* 2022 (2022), 274-282.  
A. Sharma, Y. Morisada and H. Fujii
- (35) 純アルミニウムとCFRPの摩擦攪拌接合におけるシランカップリング処理の影響  
*軽金属溶接*, 60, 4 (2022), 138-143.  
長岡 亨, 平野 寛, 木元 慶久, 竹内 孝, 山田 浩二, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (36) 圧力制御通電圧接 AA5052-H34 継手の微細組織と機械的特性に及ぼす寄り速度の影響  
*スマートプロセス学会誌*, 11, 3 (2022), 135-140.  
林 泳錫, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (37) Friction Stir Alloying of AZ61 and Mild Steel with Al-CNT Additive  
*Sci. Technol. Weld. Join.*, 27, 7 (2022), 533-540.  
S. Raja, M. R. Muhamad, F. Yusof, M. F.I. Jamaludin, T. Suga, H. Liu, Y. Morisada and H. Fujii
- (38) Enhanced Strength-Ductility Combination in the Cold-Rolled Spark Plasma Sintered Pure Aluminium by FSP  
*Mater. Charact.*, 188, 111914 (2022), 1-13.  
A. Sharma, Y. Morisada, T. Nagaoka and H. Fujii
- (39) Influence of the Number of FSP Passes on the Strength-Ductility Synergy of Cold-Rolled Spark Plasma Sintered Pure Aluminium  
*J. Manuf. Process.*, 79 (2022), 296-304.  
A. Sharma, Y. Morisada, T. Nagaoka and H. Fujii
- (40) A Sound Dissimilar AA5052/S45C Joint Formed by Uniform and Simultaneous Deformation of Both Materials Using Pressure-controlled Joule Heat Forge Welding  
*ISIJ Int.*, 62, 8 (2022), 1715-1724.  
Y. Lim, Y. Morisada, H. Liu and H. Fujii
- (41) Friction Stir Alloying of AZ61 and Mild Steel with Cu-CNT Additive  
*J. Mater. Res. Technol.-JMRT*, 21 (2022), 2400-2415.  
M. A. b. Ariffin, M. R. b. Muhamad, S. Raja, M. F.I. Jamaludin, F. Yusof, T. Suga, H. Liu, Y. Morisada and H. Fujii
- (42) Investigation of Through-Thickness Microstructural Evolution and Mechanical Properties Variation in Friction Stir Alloyed Al-Fe Alloy System  
*J. Alloy. Compd*, 921 (2022), 166154.  
A. Sharma, Y. Morisada and H. Fujii
- (43) 窒化珪素製ツールを用いた厚鋼板の摩擦攪拌接合  
*鉄と鋼*, 108, 12 (2022), 958-965.  
森 正和, 伴 竜弥, 竹内 裕貴, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (44) Effect of the Processing Route on the Microstructure and Mechanical Behavior of Superlight Mg-9Li-1Zn Alloy via Friction Stir Processing  
*J. Magnes. Alloy.*, 10, 11 (2022), 3064-3081.  
M. Zhou, Z. Zeng, C. Cheng, Y. Morisada, Q. Shi, J. Y. Wang and H. Fujii

- (45) 窒化ケイ素製ツールを用いた鋼のFSW特性とツール寿命に及ぼす窒化ケイ素微細組織の影響  
溶接学会論文集, 40, 4 (2022), 195-201.  
船木 開, 森貞 好昭, 深澤 孝幸, 阿部 豊, 藤井 英俊
- (46) Interfacial Microstructure and Strengthening Mechanisms of SPSed Al/GNP Nanocomposite Subjected to Multi-Pass Friction Stir Processing  
Mater. Charact., 197 (2023), 112652.  
A. Sharma, Y. Morisada and H. Fujii
- (47) 溶融亜鉛めっき鋼板の圧力制御線形摩擦接合  
溶接学会論文集, 41, 1 (2023), 62-70.  
魚澄 将俊, 森貞 好昭, 飴山 恵, 藤井 英俊
- (48) Process of Simultaneously Fabricating and Foaming Precursor Using Frictional Heat Generated during Friction Stir Welding  
Int. J. Adv. Manuf. Technol., 121, 5 (2022), 3207-3214.  
Y. Hangai, H. Morohashi, Y. Aoki, H. Mitsugi and H. Fujii
- (49) Prediction of Residual Stresses within Dissimilar Al/steel Friction Stir Lap Welds Using an Eulerian-based Modeling Approach  
J. Manuf. Process., 79 (2022), 340-355.  
P. Geng, M. Morimura, S. Wu, Y. Liu, Y. Ma, N. Ma, Y. Aoki, H. Fujii, H. Ma and G. Qin
- (50) Direct Observation of Solidification Behaviors of Fe-Mn-Si Alloys during TIG Spot Welding Using Synchrotron X-ray  
Scr. Mater., 216, 114743 (2022)  
T. Nagira, T. Nakamura, F. Yoshinaka, T. Sawaguchi, Y. Aoki, M. Kamai, H. Fujii, A. Takeuchi and M. Uesugi
- (51) シャルピー吸収エネルギーに及ぼす中高炭素鋼の線形摩擦接合条件の影響  
鉄と鋼, 108, 12 (2022), 1002-1010.  
誉田 登, 北村 智孝, 森 正和, 青木 祥宏, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (52) マルテンサイト鋼の線形摩擦接合部の組織と硬さに及ぼす印加圧力の影響  
鉄と鋼, 108, 12 (2022), 1011-1020.  
青木 祥宏, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (53) 引張強度1.4 GPa級焼戻しマルテンサイト鋼の摩擦攪拌接合  
鉄と鋼, 108, 12 (2022), 945-957.  
宮野 泰征, 鷺谷 洋希, 佐藤 啓陸, 青木 祥宏, 木村 光彦, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (54) Improving Bonding Strength of Al/CFRTP Hybrid Joint through Modifying Friction Spot Joining Tools  
Compos. Pt. B-Eng., 254 (2023), 110588-11058.  
P. Geng, H. Ma, W. Li, K. Murakami, Q. Wang, N. Ma, Y. Aoki, H. Fujii and C. Chen
- (3) 国際会議発表論文 (査読なし)
- (1) Development of Cold Spot Joining (solid State Resistance Spot Joining) Method for Various Steels  
IIW2022 Int. Conf., Tokyo (2022.7.17-23), 1-4.  
H. Fujii, T. Aibara, M. Kamai, Y. Morisada, T. Miyauchi and S. Hasegawa

- (2) Linear Friction Welding of AA1050-H<sub>2</sub>4 Joint and AA5052-H34 Joint  
IIW2022 Int. Conf., Tokyo (2022.7.17-23), 1-3.  
J.-W. Choi, W. Li, K. Ushioda, M. Yamamoto and H. Fujii
- (7) 国際会議発表
- (1) High Efficiency of Al Alloy Joints in Linear Friction Welding  
IIW2022 Int. Conf., Tokyo (2022.7.17-23)  
J.-W. Choi, M. Yamamoto, K. Ushioda and H. Fujii
- (2) Multi-scale In Situ Characterization of Micro-deformation during Lüders Band Propagation in a Medium Mn Steel  
Int. Conf. on Electronic Materials and Nanotechnology for Green Environment (ENGE 2022), Jeju, Korea (2022.12.9-12)  
M. Koyama, T. Yamashita, S. Morooka, Z. Yang, R. S. Varanasi, T. Hojo, T. Kawasaki and S. Harjo
- (3) Friction Stir Welding of Steel with Steel Tool by Efficient Cooling Method  
Visual-JW 2022 (2022.10.25-26)  
T. Miura, Y. Morisada, K. Ushioda and H. Fujii
- (4) Friction Stir Welding of Steel with Steel Tool  
TMS (2023.3.19-23)  
T. Miura, Y. Morisada, K. Ushioda and H. Fujii
- (5) Development of a New Tool-Tilted Friction Stir Welding Method  
Joint Int. Symp. on Friction Stir Welding and Processing, Luneburg, Germany (2022.9.28-30)  
A. Noguchi, T. Ogura, M. Mukuda, Y. Morisada and H. Fujii
- (6) Interface Structure and Mechanical Properties of Al/Fe Dissimilar Joint Fabricated by Friction Stir Welding Using an Adjustable Tool  
Joint Int. Symp. on Friction Stir Welding and Processing, Luneburg, Germany (2022.9.28-30)  
Y. Morisada, X. Wang, H. Fujii, M. Matsushita and S. Igi
- (7) Investigation of Through-Thickness Microstructural Evolution and Mechanical Properties in Friction Stir Processed Al-Fe Alloy System  
Joint Int. Symp. on Friction Stir Welding and Processing, Luneburg, Germany (2022.9.28-30)  
A. Sharma, Y. Morisada and H. Fujii
- (8) Microstructural Evolutions and Enhanced Mechanical Properties of Dissimilar Aluminum and Carbon Steel Friction Stir Welded Joints Using Zn Interlayer  
Joint Int. Symp. on Friction Stir Welding and Processing, Luneburg, Germany (2022.9.28-30)  
M. Saleh, Y. Morisada, K. Ushioda and H. Fujii
- (9) Hydrogen Absorption Properties of Magnesium Alloys Processed by Various Severe Plastic Deformation Methods  
Visual-JW 2022 (2022.10.25-26)  
Y. Kimoto, Y. Morisada, H. Fujii, G. Krexner, M. Zehetbauer and E. Schafner
- (10) Pressure-Controlled Joule-Heat Forge Welding: Process Modelling  
Visual-JW 2022 (2022.10.25-26)  
R. Sorti, Y. Morisada and H. Fujii

- (11) Friction Stir Welding of Thick Steel Plate by Silicon Nitride Tool  
TMS (2023.3.19-23)  
Y. Morisada, M. Mori and H. Fujii
- (12) Applicability of Linear Friction Welding to RAFM Steel F82H  
32nd Symp. on Fusion Technology, Dubrovnik, Croatia (2022.9.18-22)  
H. Tanigawa, T. Kato, M. Ando, Y. Aoki, H. Fujii and T. Nozawa
- (13) Development of Solid State Resistance Spot Joining Method  
IIW2022 Commission III, Tokyo (2022.7.17-23)  
T. Aibara, M. Kamai, Y. Morisada, T. Miyauchi, S. Hasegawa and H. Fujii

**(8) 国内学会発表**

- (1) オイラー・ラグランジ連成技術を用いたAl/Steel摩擦攪拌重ね溶接の熱塑性流動に関する数値解析  
2022年4月溶接学会春春季全国大会, Online (2022.4.13-15)  
P. Geng, N. Ma, Y. Aoki and H. Fujii
- (2) マルテンサイト鋼線形摩擦接合部に及ぼす印加圧力の影響  
2022年度溶接学会春季全国大会, オンライン (2022.4.13-20)  
青木 祥宏, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (3) 摩擦エレメント接合した鋼板同士の継手における下板の炭素量と十字引張強さの関係  
2022年度溶接学会春季全国大会, オンライン (2022.4.13-20)  
松井 翔, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (4) 線形摩擦接合された析出強化型Al合金の強化機構の解明  
(一社)溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江 (2022.9.8-10)  
崔 正原, 山本 元道, 李 蔚豪, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (5) 摩擦攪拌接合したマルテンサイト鋼におけるV添加によるHAZ 軟化抑制の機構  
日本鉄鋼協会第185回春季講演大会 (2023.3.8-10)  
伍 沢西, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (6) 放射光X線回折法による5Mn-0.1C鋼のリューダース変形その場観測  
日本鉄鋼協会 第183回春季講演大会シンポジウム, オンライン開催 (2022.3.15-17)  
諸岡 聡, 山下 享介, 小山 元道, 城 鮎美, 富永 亜希, 菖蒲 敬久
- (7) 摩擦攪拌接合された二相ステンレス鋼攪拌部の引張特性  
(公社)日本金属学会 2022年春期 第170回講演大会, オンライン開催 (2022.3.16-18)  
山下 享介, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (8) 摩擦攪拌接合された二相ステンレス鋼攪拌部の微細組織と変形挙動の関係  
(一社)2022年度溶接学会春季全国大会, オンライン開催 (2022.4.13-20)  
山下 享介, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (9) 0.6C高強度TRIP鋼の摩擦攪拌接合  
(一社)2022年度溶接学会秋季全国大会, 鳥根, く に び き メ ッ セ (2022.9.8-10)  
陳 軾 銘, 山下 享介, 潮田 浩作, 藤井 英俊

- (10) 耐候性厚鋼板を用いた線形摩擦接合継手の残留応力  
 (一社) 2022年度溶接学会秋季全国大会, 島根, くにびきメッセ (2022.9.8-10)  
 川久保 拓海, 山下 享介, 潮田 浩作, 藤井 英俊, 柳樂 知也, 中村 照美, ゴン ウー, 川崎 卓郎,  
 ハルヨ ステファヌス
- (11) 摩擦攪拌接合された中Mn鋼攪拌部の微細組織の不均一性  
 (一社) 2022年度溶接学会秋季全国大会, 島根, くにびきメッセ (2022.9.8-10)  
 山下 享介, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (12) 線形摩擦接合された耐候性鋼板の残留応力  
 日本金属学会2022年秋季(第171回)講演大会, 福岡 (2022.9.20-23)  
 川久保 拓海, 山下 享介, 潮田 浩作, 藤井 英俊, 柳樂 知也, 中村 照美, ゴン ウー, 川崎 卓郎,  
 ハルヨ ステファヌス
- (13) 耐候性厚鋼板を用いた線形摩擦接合継手の残留応力  
 日本鉄鋼協会 第184回秋期講演大会シンポジウム, 福岡, 福岡工業大学 (2022.9.21-23)  
 川久保 拓海, 山下 享介, 潮田 浩作, 藤井 英俊, 柳樂 知也, ハルヨ ステファヌス
- (14) 中Mn鋼におけるリューダース変形挙動のマルチスケール解析  
 日本鉄鋼協会 第184回秋期講演大会シンポジウム, 福岡, 福岡工業大学 (2022.9.21-23)  
 小山 元道, 北條 智彦, 山下 享介, 諸岡 聡, 川崎 卓郎, ハルヨ ステファヌス
- (15) 中Mn鋼の摩擦攪拌接合部に形成された微細組織の不均一性  
 (公社) 日本金属学会 2022年秋期 第171回講演大会, 福岡, 福岡工業大学 (2022.9.21-23)  
 山下 享介, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (16) 中性子回折法によるその場測定を用いた5Mn-0.1C鋼の低温挙動解析  
 日本鉄鋼協会 第184回秋期講演大会シンポジウム, 福岡, 福岡工業大学 (2022.9.21-23)  
 諸岡 聡, 川崎 卓郎, ハルヨ ステファヌス, 山下 享介, 小山 元道, 澤口 孝宏
- (17) その場中性子回折法による摩擦攪拌接合した二相ステンレス鋼攪拌部構成相の変形挙動解析  
 (公社) 日本金属学会 2022年秋期 第171回講演大会, 東京, 東京大学駒場キャンパス (2023.3.8-10)  
 山下 享介, 潮田 浩作, 藤井 英俊, ゴン ウー, ハルヨ ステファヌス, 川崎 卓郎, 諸岡 聡
- (18) その場中性子回折法による摩擦攪拌接合した二相ステンレス鋼攪拌部構成相の変形挙動解析  
 日本金属学会2023年春期(第172回)講演大会, 東京 (2023.3.8-10)  
 山下 享介, 潮田 浩作, 藤井 英俊, ゴン ウー, ハルヨ ステファヌス, 川崎 卓郎, 諸岡 聡
- (19) 線形摩擦接合した中炭素鋼継手の水素脆化挙動  
 日本鉄鋼協会第185回春季講演大会 (2023.3.8-10)  
 虎本 陸希, 山下 享介, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (20) SM490 鋼十字線形摩擦接合継手の疲労特性  
 2022 年度 溶接学会春季全国大会, オンライン (2022.4.13-20)  
 苗 暉淋, 堤 成一郎, 三浦 拓也, 川久保 拓海, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (21) 集合組織解析による6%Ni炭素鋼の摩擦攪拌接合中の材料流動挙動の推定  
 2022 年度 溶接学会春季全国大会, オンライン (2022.4.13-20)  
 三浦 拓也, 藤井 英俊, 潮田 浩作
- (22) 鋼製水冷ツールによる鋼の反転摩擦攪拌接合  
 (一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江 (2022.9.8-10)  
 三浦 拓也, 森貞 好昭, 潮田 浩作, 藤井 英俊

- (23) 鋼製水冷ツールを用いた軟質冷延鋼板の摩擦攪拌接合部の微細組織  
日本金属学会2023年春季(第172回)講演大会, 東京(2023.3.8-10)  
三浦 拓也, 森貞 好昭, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (24) W-Mo-Re 合金製鉄鋼用摩擦攪拌接合ツールの特徴  
2022年度 溶接学会春季全国大会, オンライン(2022.4.13-20)  
生田 明彦, 青木 祥宏, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (25) 圧力制御通電圧接法を用いた純銅の固相接合  
2022年度 溶接学会春季全国大会, オンライン(2022.4.13-20)  
橋本 康裕, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (26) 傾斜ツール摩擦攪拌接合法の開発  
2022年度 溶接学会春季全国大会, オンライン(2022.4.13-20)  
野口 敦司, 小倉 卓哉, 椋田 宗明, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (27) 厚鋼板の摩擦攪拌接合速度に及ぼす裏面加熱の影響  
2022年度 溶接学会春季全国大会, オンライン(2022.4.13-20)  
森 正和, 向井 健人, 野田 能修, 森貞 好昭, 藤井 英俊, 原 康
- (28) 複動式ツールを用いたFe-Al 異材重ねFSW  
2022年度 溶接学会春季全国大会, オンライン(2022.4.13-20)  
森貞 好昭, 藤井 英俊, 松下 宗生, 伊木 聡
- (29) 摩擦攪拌法を用いた冷間圧延スパークプラズマ焼結純Al 接合部の組織変化と機械的特性  
2022年度 溶接学会春季全国大会, オンライン(2022.4.13-20)  
Abhishek Sharma, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (30) 溶融亜鉛めっき鋼板LFW 継手の耐食性に及ぼす接合条件の影響  
2022年度 溶接学会春季全国大会, オンライン(2022.4.13-20)  
魚澄 将俊, 森貞 好昭, 藤井 英俊, 平田 弘征, 富士本 博紀
- (31) 980MPa級合金化溶融亜鉛めっき鋼板の線形摩擦接合  
(一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江(2022.9.8-10)  
魚澄 将俊, 森貞 好昭, 平田 弘征, 富士本 博紀, 藤井 英俊
- (32) SM490鋼突合せ線形摩擦接合継手の疲労特性に及ぼすバリの影響  
(一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江(2022.9.8-10)  
苗 暉淋, 堤 成一郎, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (33) SUS304薄肉管の継手特性に及ぼす摩擦圧接条件の影響  
(一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江(2022.9.8-10)  
森 正和, 吉田 陸, 市 龍太郎, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (34) ショルダレスツールによるアルミ合金重ね継手の高速摩擦攪拌接合  
(一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江(2022.9.8-10)  
甘崎 哲也, 村瀬 圭典, 原田 尚彦, 柗山 繁信, 椋田 宗明, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (35) 金属と樹脂の異材接合継手の長期安定性評価  
(一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江(2022.9.8-10)  
高 業飛, 山本 尚嗣, 廖 金孫, 森貞 好昭, 藤井 英俊

- (36) 傾斜ツール摩擦攪拌接合法の接合機構の解明と鉄鋼材料への適用  
(一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江 (2022.9.8-10)  
野口 敦司, 小倉 卓哉, 椋田 宗明, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (37) 鋳鉄の圧力制御通電圧接  
(一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江 (2022.9.8-10)  
小倉 卓哉, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (38) テーラードブランクに資する亜鉛めっき高張力鋼板の低温線形摩擦接合  
日本鉄鋼協会第184回秋季講演大会, 福岡 (2022.9.21-23)  
魚澄 将俊, 森貞 好昭, 藤井 英俊, 平田 弘征, 富士本 博紀
- (39) 圧力制御通電圧接法による銅とアルミニウムの異材固相接合  
2022年度軽金属溶接協会研究成果発表会, オンライン (2022.11.30-12.1)  
橋本康裕, 釜井 正善, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (40) 放射光 X 線を利用した Fe-Mn-Si 系合金の溶接凝固現象の解明  
(公社) 日本金属学会 2022年春期 第170回講演大会, オンライン開催 (2022.3.15-17)  
柳樂 知也, 中村 照美, 吉中 奎貴, 澤口 孝宏, 青木 祥宏, 山下 享介, 藤井 英俊
- (41) 放射光X線を利用したFe-Mn-Si系合金の凝固モードの解析  
(一社) 2022年度溶接学会春季全国大会, オンライン開催 (2022.4.13-20)  
柳樂 知也, 中村 照美, 吉中 奎貴, 澤口 孝宏, 青木 祥宏, 山下 享介, 藤井 英俊
- (42) マルテンサイト鋼のLFW継手の機械的特性評価  
(一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江 (2022.9.8-10)  
青木 祥宏, 潮田 浩作, 藤井 英俊
- (43) 異種Al合金線形摩擦接合継手の機械的特性  
(一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江 (2022.9.8-10)  
蘇 金銘, 崔 正原, 山本 元道, 青木 祥宏, 藤井 英俊
- (44) 鉄鋼用摩擦攪拌接合ツール使用時の攪拌領域温度  
(一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江 (2022.9.8-10)  
生田 明彦, 青木 祥宏, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (45) 放射光X線を利用したFe-Mn-Si系合金のビード部における溶接凝固現象の解明  
(一社) 2022年度溶接学会秋季全国大会, 島根, くにびきメッセ (2022.9.8-10)  
柳樂 知也, 中村 照美, 吉中 奎貴, 澤口 孝宏, 青木 祥宏, 山下 享介, 藤井 英俊
- (46) Ti-6Al-4V 合金の線形摩擦接合体のcold-dwell疲労特性  
日本金属学会2022年秋季(第171回)講演大会, 福岡 (2022.9.20-23)  
趙 艶華, 青木 祥宏, 潮田 浩作, 藤井 英俊, 仲井 正昭
- (47) 放射光X線を利用したFe-Mn-Si系合金のビード部における溶接凝固現象のその場観察  
日本金属学会2023年春期(第172回)講演大会, 東京 (2023.3.8-10)  
柳樂 知也, 中村 照美, 吉中 奎貴, 澤口 孝宏, 青木 祥宏, 山下 享介, 藤井 英俊
- (48) センタードライブ両面線形摩擦接合を用いた異種材料の接合  
2022 年度 溶接学会春季全国大会, オンライン (2022.4.13-20)  
伊藤 鉄朗, 釜井 正善, 三浦 拓也, 森貞 好昭, 藤井 英俊

- (49) 固相抵抗スポット接合法による銅/アルミニウム合金の異材接合  
2022年度 溶接学会春季全国大会, オンライン (2022.4.13-20)  
相原 巧, 釜井 正善, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (50) 圧力制御通電圧接法による銅とアルミニウムの異材固相接合  
(一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江 (2022.9.8-10)  
橋本 康裕, 釜井 正善, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (51) 高張力鋼板の固相抵抗スポット接合  
(一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 松江 (2022.9.8-10)  
相原 巧, 釜井 正善, 森貞 好昭, 藤井 英俊, 宮内 貴章, 長谷川 慎一

## (9) 国際会議講演

- (1) Introduction to JWRI  
CSIRO/JWRI Seminar, オンライン (2022.4.4)  
藤井 英俊
- (2) Multi-materials:The Challenges of the Drastic Weight Reduction in Automobile Materials by the Japanese National Project  
Materials in Car Body Engineering 2022, BAD NAUHEIM (2022.7.6-7)  
T. Hyodo and H. Fujii
- (3) Challenge to Welding and Joining Technology for Applying Multi-Material Electric Vehicle Production  
IIW Internationa Conference, Tokyo (2022.7.17-23)  
T. Ueyama, S. Hasegawa, T. Era and H. Fujii
- (4) Friction Stir Processing and Alloying for Simple Materials  
Metal Additive Manufacturing and Friction Stir Processing:Present and Future, On-line (2022.9.7-8)  
H. Fujii

## (10) 国内会議講演

- (1) 接合温度の正確な制御を可能とする固相抵抗スポット接合法の開発  
第137回軽構造接合加工研究委員会, オンライン (2022.6.7)  
相原巧, 釜井 正善, 森貞 好昭, 藤井 英俊, 宮内貴章, 長谷川 慎一
- (2) 革新摩擦接合技術による構造材料接合技術  
自動車技術会フォーラム2022, オンライン (2022.7.13-16)  
藤井 英俊
- (3) 摩擦攪拌接合技術  
2022年度溶接工学夏季大学, オンライン (2022.7.25-8.8)  
藤井 英俊
- (4) FSW技術  
ISMA成果発表会@大阪大学, オンライン (2022.8.1)  
藤井 英俊
- (5) 接合技術拠点  
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, 東京 (2022.10.21)  
藤井 英俊

- (6) いくつかの新規接合技術と大型構造物への適用の可能性  
第18回鉄鋼材料と鋼構造に関するシンポジウム「摩擦（攪拌）接合技術とインフラ構造物への適用の可能性」, 東京 (2022.11.17-18)  
藤井 英俊
- (7) A1050/SS400接合体の接合面への発泡剤添加によるポーラス化を用いた分離の検討  
第73回塑性加工連合講演会, 仙台 (2022.11.18-19)  
増田 敦哉, 半谷 禎彦, 鈴木 良祐, 松原 雅昭, 藤井 英俊, 青木 祥宏
- (8) 圧力制御通電圧接法による銅とアルミニウムの異材固相接合  
2022年度軽金属溶接協会研究成果発表会, オンライン (2022.11.30-12.1)  
橋本康裕, 釜井 正善, 森貞 好昭, 藤井 英俊
- (9) 同種接合  
革新的構造材料等研究開発「最終成果シンポジウム」, 東京 (2023.3.16)  
藤井 英俊
- (11) 解説・総説**
- (1) 摩擦かくはん接合 (FSW)+線形摩擦+摩擦圧接  
軽金属溶接, 60, 10 (2022), 1-5.  
藤井 英俊
- (2) Challenge to Welding and Joining Technology for Applying Multi-material in Electric Vehicle Production  
J. Mater. Sci. Eng. A, 12, 4 (2022), 107-114.  
T. Ueyama, S. Hasegawa, T. Miyauchi, T. Era and H. Fujii
- (3) チタン合金の低温線形摩擦接合 (低温LFW)  
JRCM NEWS, 432 (2022), 2-4.  
藤井 英俊
- (4) 摩擦攪拌プロセスを用いた溶射皮膜の改質  
溶射技術, 41, 4 (2022), 20-24.  
森貞 好昭, 藤井 英俊
- (13) 特許出願・登録**
- (1) 摩擦攪拌接合方法  
7083150  
藤井 英俊, 森貞 好昭
- (2) 非鉄金属の電解採取方法およびそれに用いるアノードの製造方法  
7108483  
藤井 英俊, 青木 祥宏, 他9名
- (3) 窒化珪素焼結体製摩擦攪拌接合ツール部材およびそれを用いた摩擦攪拌接合装置  
ヨーロッパ3498414  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他4名
- (4) マグネシウムーリチウム系合金の接合方法及び接合体  
特願2019-535043  
藤井 英俊, 森貞 好昭

- (5) 金属材の固相接合方法及び固相接合装置  
7126719  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏, 釜井 正善, 他1名
- (6) 摩擦攪拌接合用ツール部材およびそれを用いた摩擦攪拌接合装置並びに摩擦攪拌接合方法  
中国ZL201780048238.3  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他4名
- (7) 鑄造用砂型の製造方法  
7061925  
藤井 英俊, 他2名
- (8) 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  
米国17/775421  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏, 他1名
- (9) 摩擦圧接方法  
中国ZL201880018841.1  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏
- (10) 摩擦攪拌接合用ツール及び摩擦攪拌接合方法  
7082356  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏, 他1名
- (11) 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  
特願2022-508373  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他2名
- (12) 固相接合方法, 固相接合継手, 固相接合構造体及び固相接合装置  
PCT/JP2022/028765  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他1名
- (13) テーラードブランク材及びその製造方法並びにプレス成形品  
PCT/JP2022/029778  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他4名
- (14) 亜鉛めっき鋼板の摩擦接合方法及び接合構造体  
PCT/JP2022/029779  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他3名
- (15) 固相点接合方法及び固相点接合装置  
特願2022-507207  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他2名
- (16) 線形摩擦接合装置  
特願2022-512041  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏, 他1名
- (17) 摩擦攪拌接合方法及び摩擦攪拌接合用ツール  
特願2022-126594  
藤井 英俊, 三浦 拓也, 森貞 好昭

- (18) 固相点接合方法及び固相点接合装置  
カナダ3172876  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他2名
- (19) 接合造形体およびその製造方法  
特願2022-138404  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他1名
- (20) 固相点接合方法及び固相点接合装置  
韓国10-2022-7030768  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他2名
- (21) 線形摩擦接合装置  
欧州21778918.9  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏, 他1名
- (22) 固相点接合方法及び固相点接合装置  
欧州21767016.5  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他2名
- (23) 固相点接合方法及び固相点接合装置  
オーストラリア2021233410  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他2名
- (24) 固相点接合方法及び固相点接合装置  
タイ2201005700  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他2名
- (25) 固相点接合方法及び固相点接合装置  
米国17/910.588  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他2名
- (26) 固相点接合方法及び固相点接合装置  
中国202180020823.9  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他2名
- (27) 線形摩擦接合装置  
中国202180026477.5  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 青木 祥宏, 他1名
- (28) 金属接合体の製造方法  
特願2022-162721  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他1名
- (29) 固相接合方法及び固相接合継手  
PCT/JP2023/000938  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他1名
- (30) 線形摩擦接合方法  
PCT/JP2023/001191  
藤井 英俊, 青木 祥宏, 森貞 好昭

- (31) 線形摩擦接合方法及び線形摩擦接合継手並びに接合構造物  
PCT/JP2023/001203  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他1名
- (32) 金属材の接合方法及び金属接合体  
特願2023-013549  
藤井 英俊, 森貞 好昭
- (33) 摩擦攪拌接合方法  
PCT/JP2023/003934  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他1名
- (34) 線形摩擦接合装置  
特願2023-030855  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他3名
- (35) 管接合方法及び装置  
特願2023-037679  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他1名
- (36) 摩擦圧接方法  
米国18/028.000  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他1名
- (37) 摩擦攪拌接合方法  
特願2023-047422  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他2名
- (38) 固相接合体の分離方法及びそれを備えるリサイクル金属材の製造方法, ならびに, 構造体  
特願2023-057896  
藤井 英俊, 森貞 好昭, 他1名

**(15) 受賞**

- (1) 接合科学共同利用・共同研究賞  
大阪大学接合科学研究所 (2022.09.26)  
藤井 英俊
- (2) 2022年度溶接学会優秀ポスター発表賞  
(一社) 溶接学会 (2022.12.02)  
魚澄 将俊 (M2)
- (3) 2022年度溶接学会優秀研究発表賞  
(一社) 溶接学会 (2022.12.02)  
伊藤 鉄朗 (D1)
- (4) 2022年度溶接学会優秀研究発表賞  
(一社) 溶接学会 (2022.12.02)  
野口 敦司 (M2)
- (5) 大学院研究奨励賞  
(公社) 自動車技術会 (2023.03.07)  
橋本康裕 (M2)

- (6) 学生ポスターセッション 努力賞  
(一社) 日本鉄鋼協会 (2023.03.09)  
虎本 陸希 (M1)
- (7) 第55回市村賞「市村学術賞」貢献賞  
(公社) 入市村清新技術財団 (2023.03.15)  
藤井 英俊
- (8) 溶接学会優秀研究発表賞  
(社) 溶接学会 (2022.12.02)  
山下 享介, 潮田 浩作, 藤井 英俊

(17) 外部資金

(単位: 千円)

科学研究費補助金

- |     |         |                                |       |       |
|-----|---------|--------------------------------|-------|-------|
| (1) | 基盤研究(A) | 完全接合(接合部のない接合)技術の開発と新規構造材料の提案  | 藤井 英俊 | 9,880 |
| (2) | 若手研究    | 摩擦攪拌接合部における加工誘起相変態の統一的理解と積極的活用 | 山下 享介 | 780   |

一般公募型補助金研究

- |     |  |  |       |     |
|-----|--|--|-------|-----|
| (1) |  |  | 藤井 英俊 | 840 |
|-----|--|--|-------|-----|

民間等との共同研究

- |      |  |                              |       |       |
|------|--|------------------------------|-------|-------|
| (1)  |  | ダイヘン溶接・接合協働研究所               | 藤井 英俊 | 1,000 |
| (2)  |  | 日本製鉄ものづくり未来協働研究所             | 藤井 英俊 | 2,500 |
| (3)  |  | 日本製鉄ものづくり未来協働研究所             | 藤井 英俊 | 2,500 |
| (4)  |  | 龍谷大学 ミック工業株式会社               | 藤井 英俊 | 531   |
| (5)  |  | 日本特殊陶業株式会社 龍谷大学              | 藤井 英俊 | 2,845 |
| (6)  |  | イズミ工業株式会社                    | 藤井 英俊 | 4,588 |
| (7)  |  | 東洋工業株式会社                     | 藤井 英俊 | 3,610 |
| (8)  |  | 富士発條株式会社                     | 藤井 英俊 | 2,024 |
| (9)  |  | 一般社団法人日本鉄鋼協会 国立大学法人物質・材料研究機構 | 藤井 英俊 | 9,762 |
| (10) |  | JFEエンジニアリング株式会社              | 藤井 英俊 | 266   |
| (11) |  | 秋田大学 原子力発電環境整備機構             | 藤井 英俊 | 3,891 |

(12)	株式会社日本フラッシュ	藤井 英俊	1,771
(13)	株式会社丸島アクアシステム	藤井 英俊	385
(14)	株式会社川金コアテック	藤井 英俊	3,000
(15)	JFEエンジニアリング株式会社	藤井 英俊	1,000
(16)	株式会社技研製作所	藤井 英俊	2,728
(17)	大学共同利用機関法人自然科学研究機構核融合科学研究所 国立研究開発法人物質・材料研究機構 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	藤井 英俊	902
(18)	日立造船株式会社	藤井 英俊	1,300

#### 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	18,535
(2)	(46) 摩擦接合共通基盤研究	藤井 英俊	54,133
(3)	サステナブルな鋼構造系インフラ用の高性能鋼材と利用技術の研究開発	藤井 英俊	23,970
(4)	(42) 材料・接合等技術動向調査研究	藤井 英俊	19,818

#### 学術相談 (元)

(1)	学術相談： フェローテックマテリアルテクノロジーズ	藤井 英俊	160
(2)	学術相談： 小松製作所	藤井 英俊	330

#### 奨学寄付金 (元)

(1)	藤井教授 研究助成金	株式会社木村铸造所	藤井 英俊	500
-----	------------	-----------	-------	-----

#### 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)	工学研究科博士前期課程	機能性評価学

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

## (2) 博士論文 (主査)

- (1) マテリアル生産科学専攻, 伍 澤西 高強度鋼の摩擦攪拌接合とHAZ軟化抑制のための基本原理
- (2) マテリアル生産科学専攻, 岡田 徹 自動車用高強度鋼板の抵抗スポット溶接の継手強度特性に関する研究
- (3) マテリアル生産科学専攻, 川久保 拓海 固相接合を前提とした高P耐候性鋼の開発指針と固相接合技術の適用性

## (4) 修士論文

- (1) マテリアル生産科学専攻, 魚澄 将俊 テーラードブランクに資するめっき鋼板の線形摩擦接合
- (2) マテリアル生産科学専攻, 趙 艶華 航空機用エンジン用チタン合金の線形摩擦継手のCold-Dwell疲労特性
- (3) マテリアル生産科学専攻, 野口 敦司 傾斜ツール摩擦攪拌接合法の開発
- (4) マテリアル生産科学専攻, 橋本 康裕 圧力制御通電圧接法による鋼の固相接合と新機構の開発

## 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 材料の組織と特性部会委員
- (6) (一社) 日本鉄鋼協会 関西支部 支部特別委員
- (7) (一社) 日本溶接協会 規格委員会
- (8) (一社) 日本溶接協会 鉄系 FSW 規格検討小委員会委員長
- (9) (一社) 日本溶接協会 学識委員

(10) (一社) 日本溶接協会	溶接情報センター運営委員会委員
(11) (一社) 日本溶接協会 日本溶接会議	第Ⅲ委員会委員
(12) (一社) 溶接学会	理事
(13) (一社) 溶接学会	代議員
(14) (一社) 溶接学会	研究推進部会委員
(15) (一社) 溶接学会	企画委員会委員
(16) (一社) 溶接学会	溶接教育委員会委員長
(17) (一社) 溶接学会	溶接情報化委員会委員長
(18) (一社) 溶接学会	軽構造接合加工研究委員会委員長
(19) (一社) 溶接学会	溶接法研究委員委嘱委員
(20) (一社) 溶接学会	論文査読委員会副部門長
(21) (一社) 溶接学会	関西支部幹事
(22) (一社) 溶接学会	溶接教育委員講習会 WG 委員
(23) (公社) 日本金属学会	会誌編集委員会基幹編集委員
(24) (公社) 日本金属学会	欧文誌編集委員会基幹編集委員
(25) (公社) 日本金属学会	関西支部委員
(26) (公社) 日本鑄造工学会	査読委員
(27) (公社) 日本鑄造工学会	関西支部理事
(28) (公社) 日本鑄造工学会	関西支部代議員
(29) ICF17	Member of Scientific Committee
(30) IIW	Member for ISO standard for friction stir welding of ferrous materials
(31) International Journal of Materials Engineering Innovation	Member of Editorial Board
(32) Poland Foundry Research Institute	Member of Science Committee
(33) Scientific Reports	Member of Editorial Board

### (3) 他大学等での非常勤講師

- (1) 東京大学工学部マテリアル工学専攻 博士論文副査

### (5) 国・自治体・公益法人等への貢献

- (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) 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
- (7) 新構造材料技術研究組合 摩擦接合共通基盤研究テーマリーダー
- (8) 新構造材料技術研究組合 大阪大学接合技術拠点テーマリーダー
- (9) 新構造材料技術研究組合 ISMA 専門委員
- (10) 先進軽金属材料国際研究機構 共同研究拠点運営協議会委員

### (7) 社会への情報発信

- (1) 阪大, 接合研通じ勉強会 日刊工業新聞 (2022.05.27)
- (2) 高融点金属を摩擦攪拌接合 阪大が新手法 工具消耗・コスト抑える 日刊工業新聞 (2022.09.08)
- (3) 鋳鉄接合 強度を維持 阪大接合研 手法確立 異材でも活用期待 日刊工業新聞 (2022.09.09)
- (4) 鉄系FSW規格検討小委員会 参加企業・機関募集 鉄鋼新聞 (2022.09.30)
- (5) 摩擦攪拌接合技術 大阪大学 高融点の金属”つなぐ”傾斜付けて押し当てる 日刊工業新聞 (2022.10.03)
- (6) 鉄系FSW ISO規格へ 溶接ニュース (2022.10.11)
- (7) 強度特性を保つ金属同士の「低温接合」省電力, 廃棄物削減につながる新技術 JST news (2022.11.01)

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| (8) 薄板を溶かさず接合 ダイヘン, 阪大と軽量化技術  | 日刊工業新聞 (2022.11.08)     |
| (9) ダイヘン, EV向け接合装置  | 日本経済新聞 (2022.11.08)     |
| (10) ダイヘンが大阪大学接合科学研究所の研究成果をベースに, 難接合素材を安定接合する固相抵抗スポット接合システム「Cold Spot Joining」を開発 | 日刊産業新聞 (2022.11.14)     |
| (11) 固相抵抗スポット接合システム, コールドスポットジョイニング (CSJ) を開発                                     | 溶接ニュース (2022.11.15)     |
| (12) 難接合材を低温域で安定接合, ダイヘンが固相抵抗スポット接合システムを開発  | MONOist (2022.11.22)    |
| (13) 共同研究で新たな技術ー摩擦攪拌接合, 線形摩擦接合, 固相抵抗スポット接合  | 日刊工業新聞 (2022.11.28)     |
| (14) ダイヘンと大阪大学, 新溶接技術を開発, EV軽量化し省エネ   | 電子デバイス産業新聞 (2022.12.01) |
| (15) ISMA 自動車メーカー参画し接合拠点設立へ   | 溶接ニュース (2023.03.28)     |

氏名：山下 享介

(1) 学会役員

- |                 |             |
|-----------------|-------------|
| (1) 一般社団法人 溶接学会 | 若手会員の会 運営委員 |
|-----------------|-------------|

4. 10 全国共同利用に関する研究

(1) 令和4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) 田中 努  | (地独) 大阪産業技術研究所         | 鉄鋼とアルミニウム合金の突合せFSW材の接合強度に及ぼすツール回転数の影響 |
| (2) 木元 慶久 | (地独) 大阪産業技術研究所         | 摩擦攪拌プロセスによる軽金属材料の改質                   |
| (3) 長岡 亨  | (地独) 大阪産業技術研究所物質・材料研究部 | アルミニウム合金とCFRPの摩擦攪拌接合における接合温度の影響       |
| (4) 森貞 好昭 | 近畿大学/理工学部/機械工学科        | Ti-6Al-4V合金線形摩擦接合体のcold-dwell疲労特性     |

(5)	生田 明彦	近畿大学工学部機械工学科	攪拌領域温度制御による鉄鋼材料用接合ツール長寿命化の検証
(6)	仲井 正昭	近畿大学理工学部	チタン合金摩擦摩擦接合継手のDwell疲労特性
(7)	小澤 創	群馬大学大学院理工学府	透過X線による発泡中のアルミニウムの気孔観察
(8)	鈴木 滉大	群馬大学大学院理工学府	透過X線による発泡中のアルミニウムの気孔観察
(9)	天谷 賢児	群馬大学大学院理工学府	透過X線による発泡中のアルミニウムの気孔観察
(10)	鈴木 翼	群馬大学大学院理工学府	透過X線による発泡中のアルミニウムの気孔観察
(11)	鈴木 良祐	群馬大学大学院理工学府	透過X線による発泡中のアルミニウムの気孔観察
(12)	増田 敦哉	群馬大学大学院理工学府	摩擦攪拌接合を用いたポラスアルミニウムの作製
(13)	藤岡 巧	群馬大学大学院理工学府	摩擦攪拌接合を用いたポラスアルミニウムの作製
(14)	高木 樹	群馬大学大学院理工学府	摩擦攪拌接合を用いたポラスアルミニウムの作製
(15)	青木 智史	群馬大学大学院理工学府	摩擦攪拌接合を用いた鉄鋼材料のポラス化
(16)	半谷 禎彦	群馬大学大学院理工学府	摩擦攪拌接合を用いた鉄鋼材料のポラス化
(17)	坂村 勝	広島県立総合技術研究所 東部工業技術センター 加工技術研究部	球面ツールを用いた点接合技術の開発
(18)	大田 耕平	広島県立総合技術研究所 東部工業技術センター 加工技術研究部	球面ツールを用いた点接合技術の開発
(19)	大石 郁	広島県立総合技術研究所 東部工業技術センター 加工技術研究部	球面ツールを用いた点接合技術の開発
(20)	山形 亮太	広島県立総合技術研究所 東部工業技術センター 加工技術研究部	球面ツールを用いた点接合技術の開発
(21)	松葉 朗	広島県立総合技術研究所 東部工業技術センター 加工技術研究部	球面ツールを用いた点接合技術の開発

(22)	市川 皓基	広島県立総合技術研究所 東部工業技術センター 加工技術研究部	球面ツールを用いた点接合技術の開発
(23)	崔 正原	広島大学大学院先進理工系 科学研究科	線形摩擦接合中に発生する接合現象の観察 および解明
(24)	蘇 金銘	広島大学大学院先進理工系 科学研究科	線形摩擦接合中に発生する接合現象の観察 および解明
(25)	野澤 貴史	国立研究開発法人量子科学 技術研究開発機構量子エネ ルギー部門六ヶ所研究所核 融合炉材料研究開発部核融 合炉構造材料開発グループ	核融合構造材料の摩擦接合技術適用性の評価
(26)	宮野 泰征	秋田大学大学院 理工学研究科	炭素鋼摩擦攪拌接合継手の金属組織と機械 的特性
(27)	榊 和彦	信州大学学術研究院	コールドスプレー皮膜の摩擦攪拌プロセス による複合皮膜作製の基礎的研究
(28)	堤 成一郎	大阪大学大学院工学研究科	FSW・LFW継手の疲労性能評価
(29)	大久保 雄司	大阪大学大学院工学研究科 附属精密工学研究センター	フッ素樹脂と異種材料の摩擦攪拌接合(FSW)
(30)	柳樂 知也	物質・材料研究機構	高Mn鋼の摩擦攪拌接合技術の確立と接合機 構の解明
(31)	森 正和	龍谷大学先端理工学部	窒化珪素製ツールの接合速度に及ぼす裏面 加熱の影響
(32)	野田 能修	龍谷大学大学院 理工学研究科	PCBN製ツールを用いた摩擦攪拌接合に及 ぼす裏面加熱の影響
(33)	長谷川 裕介	龍谷大学大学院 理工学研究科	窒化珪素製ツールの摩耗に及ぼすシールド ガスの影響

(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 10



接合機構研究部門  
複合化機構学分野



## 接合機構研究部門 複合化機構学分野

### 4. 1 研究概要

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

### 4. 2 研究課題

1. 原子配列制御と第一原理計算を駆使したチタン粉末合金の高強度・高延性機構の解明
2. 軽元素が固溶するチタン積層造形体における特異な結晶組織形成機構と力学挙動
3. 界面に着目した炭素系ナノカーボン分散金属基複合材料の強化・延性機構の解明
4. 界面構造解析を通じた異種金属材料の固相接合機構の解明

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

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

本研究では、レアメタル添加に依存する従来の合金設計指針から脱却すべく、資源的に豊富で廉価なユビキタス軽元素に着目した新規チタン合金の創製を目指す。具体的には、軽元素が $\alpha$ -Ti 結晶格子内に溶質原子として安定配置したチタン合金の高強度・高延性化に関する研究に関して、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム SIP 第2期(2018～2022年度・実験解析と計算科学の融合による固溶強化チタン粉末合金の合金設計データベースの構築)およびJST A-STEP 事業シーズ育成タイプ(2019～2022年度・航空機部材向け廉価な高強度・高延性レアメタルフリーチタン粉末鍛造合金の開発)を通じて実施してきた。

SIP 研究事業では、実験解析と理論計算の融合を通じて固溶強化機構を活用した高強度・高延性チタン粉末合金を創製することを目的に、要求特性の発現に資する合金成分やプロセス条件の適正化に関する研究を実施してきた。その際、実験解析データベースと理論計算(第一原理計算)データベースによる $\alpha$ -Ti を対象とした組成探索・最適化による強化量予測を可能とする順問題解析に関する研究を進めてきた。当該事業の最終年度となる2022年度においては、静的および動的強度を高い水準で発現するチタン粉末合金(固相焼結材および積層造形材)の合金成分設計に応えるべく、充実した実験および計算データベース(DB)の構築を目指した。その際、力学特性に対する固溶原子の振舞いを実験解析と計算科学(第一原理計算、固溶強化 Labusch モデル等)を用いて定量的に理解し、強化機構の定量解析を実施した。また、理論計算により結晶格子歪みを導出し、その結果と上記の固溶強化量の相関を見出した上で、要求される力学特性と固溶強化成分の相関性を提示する順問題に帰着する計算DBの構築を進めた。その過程にて、企業で試作するチタン合金についても特性を調査・解析し、実験DBに加えることでDBの高度化を図った。最終的には、両者の成果を連携して固溶強化量予測システムを提案し、チタン粉末合金において引張および疲労強度を高い精度で推定できることを示した。

A-STEP 事業も2022年度に最終年度を迎えるため、事業総括として連携企業と共同で熱間鍛造加工法に係る量産化基盤技術の確立と長尺焼結ビレットを用いた鍛造材の特性評価を中心に研究活動を実施した。対象とするTi-Fe-O系焼結合金の熱物性値を用いて熱間鍛造加工シミュレーション

を実施し、き裂発生限界の圧縮変形量（歪み量）を予測した上で、その加工条件を用いて $\phi 43 \times L80$ の円筒形状焼結体の単軸圧縮試験（試料加熱温度：830～1030℃）を実施した。試作した鍛造素材から直径方向に採取した引張試験片を用いて力学特性を評価した結果、UTS: 1074 MPa、破断伸び30.5%と同組成の焼結押出材の特性と同等以上であることを確認した。また、回転曲げ疲労試験で得られた疲労強度（ $10^7$ 回を疲労限界として導出）は、市販Ti64合金と同等の600～700 MPaであった。ゆえに、熱間鍛造加工による3次元複雑形状部品の造形を想定した2次加工実験においても、本開発合金が有する本来の力学特性が鍛造加工後においても発現し、部品加工技術として成立することを実証した。

上記の研究成果に関して Materials & Design (IF; 9.417)、Scripta Materialia (IF; 6.302)、Materials Science & Technology A (IF; 6.044) など査読付き学術論文 12 報が掲載された。

## 2. 軽元素が固溶するチタン積層造形体における特異な結晶組織形成機構と力学挙動

汎用チタン合金である Ti-6Al-4V (Ti64) は、高強度化添加元素として有毒なレアメタル成分・バナジウムを必要とする。元素戦略の観点からレアメタルフリー合金設計を確立すべく、これまでに酸素、窒素、炭素、鉄、シリコンなど資源的に豊富で安価かつ無害な成分を強化元素とした新たなチタン合金の研究開発を進めてきた。なかでも、酸素はチタン材の脆化を招くとされることからその添加は忌避されてきたが、加工熱処理条件の適正化を通じて、酸素固溶状態の均質化により高い延性を維持しながら優れた強度を発現できることを見出した。そこで、科研費・研究活動スタート支援事業（2021～2022年度・高濃度酸素固溶チタン積層造形体における高延性発現機構の解明）において、レーザ粉末床溶融法（LPBF）を用いて作製した高濃度酸素固溶チタン積層造形体における高延性の発現機構を解明すべく、微視的領域での変形挙動のその場観察を実施した。 $\alpha$ -Ti 粒内への酸素原子の固溶により双晶変形の発生が抑制されると共に、結晶粒界に亀裂が形成される。Ti-O 焼結材では、結晶粒の微細化により粒界亀裂を微小化し、亀裂端部への応力集中を緩和することで亀裂進展を抑制し、高延性化することを明らかにした。また、Ti-O 積層造形合金では、高い冷却速度によりその結晶構造を $\alpha$ -Ti からマルテンサイト $\alpha'$ -Ti とすることにより双晶変形と複数のすべり系を活性化し、優れた塑性変形能を実現することを明らかにした。

その一方で、力学特性が強く依存する結晶組織の形成機構に関する酸素や炭素など不純物元素の影響に関する詳細な解析結果や考察は報告されていない。そこで、科研費・若手研究（2022～2024年度・核生成によるチタン合金積層造形体の結晶集合組織・力学特性の等方化機構の解明）および学術変革領域 A（2022～2023・軽元素固溶による粉末の溶融・凝固特性制御と造形組織形成ダイナミクスの解明）を通じて、酸素および炭素が組織形成に及ぼす影響とそのメカニズムの解明を試みた。工業用純チタン（CP-Ti）においては、 $\alpha$ -Ti の底面が造形方向に配向した組織を形成したが、これに微量の炭素を添加することで柱面配向へと変化することを明らかにした。また、このような $\alpha$ -Ti により構成される単結晶ライクの粗大柱状結晶の形成とその配向性制御を行った既往研究成果は報告がなく、独創的な研究課題であると共に、今後は底面配向の形成機構の解明に向けた研究を遂行する計画である。

さらに、計算科学による $\beta$ -Ti の合金設計指針の構築に向けて、第一原理電子状態計算 VASP を用いて各溶質原子における固溶安定化状態と結晶格子歪み（拡張率）、剛性率を網羅的に算出し、計算データベースの充実を図った。

以上の研究成果に関する国際共著論文 5 報が Additive Manufacturing (IF; 11.637)、J. Alloys and Compounds (IF; 6.371)、MSEA (IF; 6.044)、Materials Characterization (IF; 4.537) などに掲載され、国際会議にて 2 件の口頭発表を行った。

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

粉末冶金法を用いて Al 粉末とグラフェンナノ粒子 GNP の混合体に対して、高エネルギー機械的混合（高歪み加工）と低温焼結を施すことでハイブリッドナノ粒子分散アルミ基複合材料を作製し、その強化機構解明に向けた国際協働研究を西安理工大学・西北工業大学との3大学間連携により実施した。混合過程において、純 Al 粉末と GNP の固相反応および  $\alpha$ -Al 結晶粒の微細化が進行すると同時に、雰囲気中の微量酸素とのその場反応により  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ナノ粒子を合成した。本複合材料では、 $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ナノ粒子による Load-transfer 効果が GNP 分散強化 (Orowan-Ashby model) に比べて強化量に対して大きく寄与していることを理論計算により定量的に実証した。また、400℃での強化および塑性変形は GNP 分散による Orowan 機構が支配的であることを明らかにした。以上のように添加した GNP と in-situ 合成 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ナノ粒子のハイブリッド化による pinning 効果によって高温での  $\alpha$ -Al 結晶粒の粗大化を抑制することで常温および高温域において高強度と高延性を両立するアルミニウム基ナノ複合材を創製した。上記の研究成果に関して Carbon (IF; 11.307)、Powder Technology (IF; 5.64) に国際共著論文2報が掲載された。

### 4. 界面構造解析を通じた異種金属材料の固相接合機構の解明

摩擦攪拌加工により固相接合した Mg 合金 AZ31-Ti 合金 TC4 および 6061Al 合金-ハイエントロピー合金 HEA (Fe<sub>20</sub>Co<sub>20</sub>Cr<sub>20</sub>Ni<sub>20</sub>Mn<sub>20</sub>/at.%) の異種材料における接合機構の解明に関して上海交通大学との共同研究を実施した。AZ31-TC4 の組合せ材料に関して、工具の回転速度を 600 ~ 1400 rpm の範囲に設定することで試料の最高到達温度を 694 ~ 763 K とし、その結果、AZ31 合金側の平均結晶粒径を 5.8 ~ 13.5  $\mu$ m に調整した。接合界面に均一に生成した TiAl<sub>3</sub> 金属間化合物の厚みを 10 ~ 25 nm に抑えることで接合せん断強度は 99.5 ~ 108 MPa が得られ、AZ31 母材強度に対して 77 ~ 83% となり既往研究成果と比較して顕著に向上した。6061-HEA の接合体の作製においても工具回転数を 900 ~ 1800 rpm の範囲で変更することで界面付近に生成する金属間化合物の厚みを 70 ~ 250 nm に調整した。せん断強度は、6061 母材の約 73% と比較的高い値となり、これまでの共同研究成果と同様、HEA の構成元素が濃化する Al<sub>13</sub>Fe<sub>4</sub> 型単相化合物層内に多数の積層欠陥が存在することを明らかにした。なお、上記の研究成果に関して、Mater Des (IF; 9.417)、Mater Charac (IF; 4.537) に国際共著論文2報が掲載された。

## (2) 研究に対する自己評価

2022年度の研究活動を通じて、査読付き学術論文31報(うちIF付英文誌30報、国際共著論文23報)の掲載、国際会議での6件の講演発表、World PM2022 国際会議での Keynote Paper Award や粉体粉末冶金協会・研究進歩賞の受賞などに繋がると共に、Acta Materialia に掲載された国際共著論文(2017)が Web of Science の年間 Highly Cited Paper10 位に選出され、当該研究領域では国内外で高い研究水準にあると考える。また、所属する学生が4件の学会発表を行い、優秀講演発表賞1件を受賞した。さらに、当分野の招へい教授である Prof. Ma Qian (豪州王立メルボルン工科大学 RMIT) がオーストラリア材料学会の最高賞 Materials Australia Awards・Highest Honour: the Silver Medal を受賞した。この他、3件の特許登録など積極的な活動を通じて、知の社会還元も十分に果たした。文部科学省特別経費「広域アジアものづくり技術・人材高度化拠点形成事業」での2021年度研究成果に関して、上海交通大学、中国科学技術院、西安理工大学、西北工業大学、キング Saud 大学 KSU、モンクット王立工科大学 KMUTT 等との国際協働研究を積極的に実施し、23報の国際共著論文の掲載に結実した。また、本学国際共同研究推進プログラムに基づき、米国 UCLA、豪州 RMIT、タイ KMUTT、サウジアラビア KSU、シンガポール南洋理工大学との共同研究を活発に行うことで5報の国際共著論文の掲載に至った。さらに2021年度国際共同研究員である Biao Chen 教授(中国西北工業大学)の炭素ナノ粒子強化金属基複合材料に関する優れた研究成果に対して2022年度接合科学

奨励賞が授与された。科学研究費補助金事業に加えて、JST や環境省の研究事業、各種財団研究助成事業、民間企業との共同研究などを実施し、2022 年度における外部資金獲得総額は約 59 百万円となり研究環境も十分に整備できたと考える。

#### 4. 4 教育に対する自己評価

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

#### 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：梅田教授が当研究所に所属する女性所員の集い「JWRI 女会」を 3 回開催して、女子学生や女性教職員が一層活躍できる環境作りを継続的に実施した。また、3 件のダイバーシティ活動に関する講演発表を行った。

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

④国際貢献：マレーシア工科大学の Provost 選考委員および学位審査委員会委員、タイ王立 KMUTT 客員教授、海外学術雑誌にて Co-Editor や Editorial Board Member を務めた。また、エジプト政府派遣事業を通じてエジプト中央金属研究所の研究者 1 名を半年間招へいし、アルミおよび銅系ナノコンポジットの試料作製および組織構造解析を実施した。

⑤その他：梅田教授が総長裁量ポストにて 2022 年 4 月 1 日付けで教授に昇進した。また、グローバル D & I 推進室長を兼任し、真に個々の可能性を発揮できる環境の醸成を推進し、多様なロールモデルを排出することを目指して活動を行った。さらに、本学の自然科学系分野女子学生ネットワーク「asiam」の運営総括を担当し、女性研究者比率が低い理工系分野のすそ野拡大を目指して、小学生に科学の魅力を伝えるイベントや高校生向け相談会の開催、学部生と大学院生との交流会などを実施した。

#### 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

2022 年度は 12 名の全国共同利用研究員ならびに国際共同研究員 2 名（エジプト、中国）を受け入れ、それらの研究成果に関して査読付き学術論文 6 報が掲載された。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Laser Powder Bed Fusion of Cemented Carbides by Developing a New Type of Co Coated WC Composite Powder  
Addit. Manuf., 55 (2022), 102820.  
L. Zhang, C. Hu, Y. Yang, R. D. K. Misra, K. Kondoh and Y. Lu
- (2) Local Galvanic Corrosion Analysis on Cast Mg-Ca Binary Alloy Using Scanning Kelvin Probe Force Microscopy  
Mater. Lett., 319 (2022), 132266.  
K. Kondoh, R. Takei, S. Kariya, S. Li and J. Umeda
- (3) Sintering-free Fabrication of High-Strength Titanium Matrix Composites Reinforced with Carbon Nanotubes  
Carbon, 197 (2022), 412-424.  
K. Y. Liu, J. S. Li, J. Wan, Q. Yan, K. Kondoh, J. Shen, S. Li and B. Chen
- (4) Simulation on the Direct Powder Rolling Process of Cu Powder by Drucker-Prager/Cap Model and Its Experimental Verification  
metals, 12 (2022), 1145.  
C. Zhang, L. Jia, H. Xie, R. Niu, Z. Lu and K. Kondoh
- (5) Investigation of Ti-Zr-Fe-N-H System Properties for Marine Applications  
Mater. Today Commun., 32 (2022), 103978.  
A. Degnah, H. F. Alnaser, E.-S. M. Sherif, I. Alhoweml, K. Kondoh and A. Alhazaa
- (6) A Thermal Activation Based Constitutive Model for the Dynamic Deformation of AA5083 Processed by Large-Scale Equal-Channel Angular Pressing  
Chin. J. Aeronaut. (2022)  
Y. Wang, M. Wang, B. Chen, H. Sun, K. Kondoh, L. J. KECSKES and J. Shen
- (7) Accelerated Diffusion Phenomenon of Ti-B<sub>4</sub>C System and Its Influence on Resulted Composites  
J. Mater. Eng. Perform. (2022)  
L. Jia, M. Hou, C. Zhanga, J. Xua, S. Lia, Z. Lua and K. Kondoh
- (8) Printability Enhancement and Mechanical Property Improvement via in Situ Synthesis of Carbon Nanotubes on Aluminium Powder  
Powder Technol., 413 (2022), 118038.  
J. Cui, S. Li, R. D. K. Misra, K. Geng, K. Kondoh, G. Li and Y. Yang
- (9) Elimination of  $\eta$  Phase in WC-Co Cemented Carbides during Laser Powder Bed Fusion by Powder Coating Compensation Strategy  
J. Am. Ceram. Soc., 106, 3 (2022), 1681-1693.  
Y. Wang, L. Zhang, Y. Yang, K. Kondoh, L. Sun and Y. Lu
- (10) Matrix Effect on Strengthening Behavior of Carbon Nanotubes in Aluminum Matrix Composites  
Mater. Charact., 195 (2022), 112484.  
H. Geng, B. Chen, J. Wan, J. Shen, K. Kondoh and J. S. Li

- (11) Friction Stir Lap Welding of AZ31 and TC4: Mechanical Properties and Bonding Mechanism  
Mater. Charact., 195 (2022), 112507.  
X. Zhuo, H. Yao, K. Chen, K. Kondoh, M. Wang, X. Hua and A. Shan
- (12) Microstructure and Mechanical Properties of Friction Stir Lap Welds between FeCoCrNiMn High Entropy Alloy and 6061 Al Alloy  
Mater. Des., 224 (2022), 111411.  
R. Yao, K. Chen, K. Kondoh, X. Dong, M. Wang, X. Hua and A. Shan
- (13) Investigation of Microstructure, Residual Stress, and Hardness of Ti-6Al-4V after Plasma Nitriding Process with Different Times and Temperatures  
coatings, 12, 12 (2022), 1932.  
G. Ongtrakulkij, J. Kajornchaiyakul, K. Kondoh and A. Khantachawana
- (14) Evading Ductility Deterioration in Aluminum Matrix Composites via Intragranulation of Nano-Reinforcement by Reactive Selective Laser Melting  
Mater. Sci. Eng. A., 863 (2022), 144552.  
J. Wan, H. Geng, B. Chen, J. Shen, K. Kondoh and J. Li
- (15) Superior Tensile Properties of Graphene/Al Composites Assisted by In-Situ Alumina Nanoparticles  
Carbon, 204 (2023), 447-455.  
J. Wan, J. Yang, X. Zhou, B. Chen, J. Shen, K. Kondoh and J. Li
- (16) 阪大接合研カップリング・インターンシップ総括と展開, 及びベトナム「接合科学研究所 HUST-OU」の展望  
溶接学会誌, 92, 1 (2023), 42-48.  
勝又美穂子, 近藤勝義, 西川宏, 田中学
- (17) Simultaneously Enhancing Strength and Ductility of Selective Laser Melted AlSi10Mg via Introducing In-Cell Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub> Nanorods  
Mater. Res. Lett., 11, 6 (2023), 422-429.  
J. Wan, K. Li, H. Geng, B. Chen, J. Shen, Y. Guo, K. Kondoh, A. Bahador and J. Li
- (18) Assessing the Thermal Stability of Laser Powder Bed Fused AlSi10Mg by Short-Period Thermal Exposure  
Virtual Phys. Prototyp., 18, 1 (2023)  
J. Wan, H. Geng, B. Chen, J. Shen, K. Kondoh and J. Li
- (19) Phase Transformation Induced Twinning in Commercially Pure Titanium: An In-Situ Study  
Scr. Mater., 229 (2023), 115350.  
S. Lu, S. Lu, B. Chen, M. Qian, Q. Wei, K. Kondoh and J. Shen
- (20) Achieving Synergy of Mechanical Isotropy and Tensile Properties by Constructing Equiaxed Microstructure in As-Printed Ti Alloys  
Scr. Mater., 229 (2023), 115379.  
S. X. Wang, S. Li, X. M. Gan, R. Zheng, D. Ye, R. D. K. Misra, K. Kondoh and Y. F. Yang
- (21) First-principles Design and Experimental Validation of  $\beta$ -Ti Alloys with High Solid-Solution Strengthening and Low Elasticities  
Mater. Sci. Eng. A., 843 (2022), 143053.  
K. Shitara, K. Yokota, M. Yoshiya, J. Umeda and K. Kondoh

- (22) Investigation into the Intermetallic Layers in Ti/Al Multi-Layer Composites Produced via Accumulative Rolling and Sintering  
 Sci. Adv. Mater., 14 (2022), 1-6.  
 Y. Yang, J. Shen, J. Umeda, K. Kondoh and Y. Li
- (23) Microstructure and Mechanical Characterizations of Additively Manufactured High Oxygen-Doped Titanium  
 Mater. Charact., 189 (2022), 112008.  
 S. Wendi, Y. Yahui, K. Nan, W. Minjie, C. Biao, L. Yulong, J. Umeda, K. Katsuyoshi and S. Jianghua
- (24) Tribological Behavior of Titanium-Sintered Composites with Ring-Shaped TiN Dispersoids  
 Lubricants, 10 (2022), 254.  
 J. Umeda, H. Fujii, R. Takizawa, T. Teramae, A. Issariyapat, S. Kariya, Y. Yang, S. Li and K. Kondoh
- (25) Effect of Bimodal Grain Structure on the Yielding Behavior of Commercial Purity Titanium Under Quasi-static Tension  
 Met. Mater. -Int., 229 (2023)  
 X. Shi, X. Wang, B. Chen, J. Umeda, K. Kondoh and J. Shen
- (26) Rose Bengal-Decorated Rice Husk-Derived Silica Nanoparticles Enhanced Singlet Oxygen Generation for Antimicrobial Photodynamic Inactivation  
 J. Mater. Sci. (2023)  
 N. Mori, H. Kawasaki, E. Nishida, Y. Kanemoto, H. Miyaji, J. Umeda and K. Kondoh
- (27) Precision Control of Oxygen Content in CP-Ti for Ultra-High Strength through Titanium Oxide Decomposition: An In-Situ Study Xianzhe Shi  
 Mater. Des., 227 (2023), 111797.  
 X. Wang, B. Chen, J. Umeda, A. Bahador, K. Kondoh and J. Shen
- (28) An In-Situ Study of Static Recrystallization in Mg Using High Temperature EBSD  
 J. Magnes. Alloy. (2023)  
 X. Ye, Z. Suo, Z. Heng, B. Chen, Q. Wei, J. Umeda, K. Kondoh and J. Shen
- (29) Solute-induced Near-Isotropic Performance of Laser Powder Bed Fusion Manufactured Pure Titanium  
 Addit. Manuf., 56 (2022), 102907.  
 A. Issariyapat, S. Kariya, K. Shitara, J. Umeda and K. Kondoh
- (30) The Effects of Heat Treatment and Carbon Content on the Microstructure and Mechanical Properties of Laser Powder Bed Fusion Ti-6Al-4V with Dissolved TiC Particles  
 J. Alloy. Compd, 920 (2022), 165930.  
 J. Peterson, A. Issariyapat, J. Umeda and K. Kondoh
- (31) Room Temperature and High-Temperature Properties of Extruded Ti-4Fe-3W/2TiC Composites in  $\alpha+\beta$  and  $\beta$  Phases  
 Mater. Des., 220 (2022), 110901.  
 A. Bahador, A. Yurtsever, A. Amrin, S. Kariya, J. Umeda, J. Shen, B. Chen, T. Fukuma and K. Kondoh

(2) 国際会議発表論文 (査読あり)

- (1) High Strength Ti-Zr Alloys With Balanced Ductility Fabricated By Powder Metallurgy And Additive Manufacturing Routes  
Proc. World PM2022, Lyon, France (2022.10.9-13)  
K. Kondoh, A. Issariyapat, S. Kariya, S. Li, A. Alhazaa and J. Umeda
- (2) Advanced Powder Metallurgy Process for High-strengthened Titanium Materials Using Ubiquitous Solid Solutes  
Proc. JSME Int. Conf. on Materials and Processing 2022, Okinawa (2022.11.6-10)  
K. Kondoh, S. Kariya, A. Issariyapat, S. Li and J. Umeda
- (3) Advanced Coating Process of Un-bundled Carbon Nanotubes on Titanium Plate to Improve Tribological Property and Biocompatibility  
Proc. JSME Int. Conf. on Materials and Processing 2022, Okinawa (2022.11.6-10)  
J. Umeda, H. Miyaji, B. Fugetsu, S. K. MOON, A. Khantachawana, S. Kariya and K. Kondoh

(7) 国際会議発表

- (1) High Strength Ti-Zr Alloys With Balanced Ductility Fabricated By Powder Metallurgy And Additive Manufacturing Routes  
World PM2022, France (2022.10.9-12)  
K. Kondoh, A. Issariyapat, S. Kariya, S. Li, A. Alhazaa and J. Umeda
- (2) Understanding The Effect Of Process Parameters On Three-dimensional Pore Configurations And Mechanical Properties Of Laser Additive Manufactured Ti Using Synchrotron X-ray Computed Tomography And Homology  
World PM2022, France (2022.10.9-12)  
Y. Shigeta, M. Aramaki, K. Kudo, K. Shinagawa, N. Nomura, K. Kondoh, M. Hoshino, K. Uesugi and Y. Ozaki
- (3) Advanced Powder Metallurgy Process for High-strengthened Titanium Materials Using Ubiquitous Solid Solutes  
Int. Conf. on Materials and Processing 2022, Okinawa (2022.11.9-12)  
K. Kondoh, S. Kariya, A. Issariyapat, S. Li and J. Umeda
- (4) Utilization of High-Purity Amorphous Silica Originated in Rice Husks as Biomass Resource  
SDGs Seminar 2022 Autumn of Int. Seminar on Materials Science in 2022 (2022.9.26-28)  
J. Umeda
- (5) Advanced Coating Process of Un-bundled Carbon Nanotubes on Titanium Plate to Improve Tribological Property and Biocompatibility  
Int. Conf. on Materials and Processing 2022, Okinawa (2022.11.9-12)  
J. Umeda, H. Miyaji, B. Fugetsu, S. K. MOON, A. Khantachawana, S. Kariya and K. Kondoh
- (6) Strength Enhancement in Laser-Based Powder Bed Fusion Processed Ti via Interstitial Solutes  
The 75th IIW Annual Assembly and Int. Conf. (IIW 2022), Tokyo (2022.7.17-22)  
A. Issariyapat, S. Kariya, J. Umeda and K. Kondoh

## (8) 国内学会発表

- (1) 微量添加元素を利用したチタン積層造形体の力学機能化  
第97回レーザー加工学会講演会 (2022.5.17-18)  
近藤 勝義, Ammarueda Issariyapat, 刈屋 翔太, 梅田 純子
- (2) チタン積層造形材における3次元構造欠陥が引張強度に及ぼす影響  
粉体粉末冶金協会2022年度春季大会 (第129回講演大会), WEB開催 (2022.5.24-26)  
重田 雄二, 荒牧 正俊, 工藤 健太郎, 品川 一成, 野村 直之, 近藤 勝義, 尾崎 由紀子
- (3) 高濃度炭素含有チタン焼結材の強化機構  
粉体粉末冶金協会2022年度春季大会 (第129回講演大会), WEB開催 (2022.5.24-26)  
近藤 勝義, 市川 絵理, J. E. Peterson, 林 雄大, 刈屋 翔太, 設樂 一希, 梅田 純子
- (4) チタンとPET樹脂の接合機構に及ぼす界面での気泡の影響  
日本機械学会 2022年度年次大会, 富山 (2022.9.11-14)  
近藤 勝義, 西村 のどか, 刈屋 翔太, 梅田 純子
- (5) Mapping a Novel Columnar-To-Isotropic Transition in Laser Powder Bed Fusion Ti-10Mo (15+5)  
日本金属学会2022年秋期講演大会, 福岡 (2022.9.20-23)  
J. E. Peterson, J. Umeda and K. Kondoh
- (6) Ti-Cu積層造形合金における熱処理過程での金属間化合物の析出機構解明  
粉体粉末冶金協会2022年度春季大会 (第129回講演大会), WEB開催 (2022.5.24-26)  
花田 滉生, 刈屋 翔太, 設樂 一希, 梅田 純子, 近藤 勝義
- (7) 不純物酸素がTi-64合金積層造形体の微細組織形成に及ぼす影響  
粉体粉末冶金協会2022年度春季大会 (第129回講演大会), WEB開催 (2022.5.24-26)  
刈屋 翔太, A.Issariyapat, A.Bahador, 梅田 純子, 近藤 勝義
- (8) 酸素固溶チタン合金焼結材およびL-PBF材の引張破壊挙動  
日本金属学会2022年秋期講演大会, 福岡 (2022.9.20-23)  
刈屋 翔太, 瀧沢 良太, 梅田 純子, 近藤 勝義
- (9) 酸素固溶チタン材における塑性変形機構に及ぼすひずみ速度の影響  
粉体粉末冶金協会2022年度秋季大会 (第130回講演大会), 京都 (2022.11.15-17)  
瀧沢 良太, 刈屋 翔太, 近藤 勝義, 梅田 純子
- (10) The Role of Solutes and Process Parameters in Grain Structure Control of Additively Manufactured Ti (10+5)  
日本金属学会2022年秋期講演大会, 福岡 (2022.9.20-23)  
A. Issariyapat, S. Kariya, J. Umeda and K. Kondoh

## (9) 国際会議講演

- (1) High Strength Ti-Zr Alloys With Balanced Ductility Fabricated By Powder Metallurgy And Additive Manufacturing Routes  
World PM2022-Session 12, Lyon, France (2022.10.9-13)  
K. Kondoh, A. Issariyapat, S. Kariya, S. Li, A. Alhazaa and J. Umeda
- (2) Utilization of High-Purity Amorphous Silica Originated in Rice Husks as Biomass Resource  
SDGs Seminar 2022 Autumn, Online (2022.9.27)  
J. Umeda

## (10) 国内会議講演

- (1) SDGsに関する取組紹介「非食部バイオマスの利活用研究とダイバーシティ推進活動」  
第109回大阪大学工業会機械工学系技術交流会, WEB開催 (2022.5.27)  
梅田 純子
- (2) STEM分野におけるダイバーシティの推進  
第2回チェンバーカレッジ, オンライン (2022.11.21-12.5)  
鍋島 美奈子, 梅田 純子
- (3) 大阪大学自然科学系女子学生ネットワークasiamの活動  
第7回STEAM人材育成研究会, オンライン (2022.12.7)  
梅田 純子

## (11) 解説・総説

- (1) 粉末冶金材料としての積層造形材料 組織の数値化による機械的特性予測への試み  
ふえらむ, 27, 12 (2022), 825-835.  
尾崎 由紀子, 野村 直之, 重田 雄二, 近藤 勝義, 荒牧 正俊, 大林 一平
- (2) チタン合金積層造形体の組織形成に及ぼす不純物酸素の影響  
ふえらむ, 27, 12 (2022), 906-912.  
刈屋 翔太, Ammarueda Issaryapat, 梅田 純子, 近藤 勝義

## (13) 特許出願・登録

- (1) 非晶質シリカおよびその製造方法  
タイ88963  
近藤 勝義, 他
- (2) チタン粉末材料, チタン素材及び酸素固溶チタン粉末材料の製造方法  
ヨーロッパ3093085  
近藤 勝義, 他
- (3) ベローズ型伸縮管継手  
特願2022-071266  
近藤 勝義, 他
- (4) ベローズ型伸縮管継手の変化量検出機構  
特願2022-099717  
近藤 勝義, 他
- (5) 窒素固溶チタン粉末材料, チタン素材及び窒素固溶チタン粉末材料の製造方法  
メキシコ393954  
近藤 勝義, 他
- (6) 不同沈下対策用伸縮可撓継手ユニット  
特願2022-109394  
近藤 勝義, 他

- (7) ベローズ型伸縮管継手  
特願2022-129953  
近藤 勝義, 他

**(15) 受賞**

- (1) 2021年度粉体粉末冶金協会研究進歩賞  
(一社)粉体粉末冶金協会(2022.05.24)  
近藤 勝義, 梅田 純子, Ammarueda Issariyapat, 市川 絵理
- (2) Keynote paper awards  
World PM2022 (2022.10.10)  
近藤 勝義
- (3) The EPMA Keynote Papers Award for World PM2022  
PM2022 (2022.10.10)  
K. Kondoh, A. Issariyapat, S. Kariya, S. Li, A. Alhazaa, J. Umeda
- (4) 岡山大学SDGs推進表彰奨励賞  
岡山大学(2023.02.02)  
梅田 純子, 伍 沢西, 植原 邦佳

**(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	1,040
(2)	公募研究(A)	軽元素固溶による粉末の溶融・凝固特性制御と造形組織形成ダイナミクスの解明	刈屋 翔太	4,030
(3)	若手研究	核生成によるチタン合金積層造形体の結晶集合組織・力学特性の等方化機構の解明	刈屋 翔太	1,820
(4)	研スタ	高濃度酸素固溶チタン積層造形材における高延性発現機構の解明	刈屋 翔太	1,560

**民間等との共同研究**

(1)		株式会社大阪チタニウムテクノロジーズ	梅田 純子	780
-----	--	--------------------	-------	-----

**受託研究**

(1)		航空機部材向け廉価な高強度・高延性レアメタルフリーチタン粉末鍛造合金の開発	近藤 勝義	5,200
(2)		実験解析と計算科学の融合による固溶強化チタン粉末合金の合金設計データベースの構築	近藤 勝義	10,994
(3)		工程内廃材使用による廉価高強度チタン合金開発と応用	近藤 勝義	14,898

- |     |                           |       |        |
|-----|---------------------------|-------|--------|
| (4) | 工程内廃材使用による廉価高強度チタン合金開発と応用 | 近藤 勝義 | 13,598 |
|-----|---------------------------|-------|--------|

#### 奨学寄付金 (元)

- |     |               |                  |       |       |
|-----|---------------|------------------|-------|-------|
| (1) | 近藤教授<br>研究助成金 | 公益財団法人軽金属奨学会     | 近藤 勝義 | 250   |
| (2) | 近藤教授<br>研究助成金 | 一般社団法人日本鉄鋼協会     | 近藤 勝義 | 1,250 |
| (3) | 近藤教授<br>研究助成金 | シモダフレンジ株式会社      | 近藤 勝義 | 1,000 |
| (4) | 梅田教授<br>研究助成金 | 公益財団法人軽金属奨学会     | 梅田 純子 | 150   |
| (5) | 梅田教授<br>研究助成金 | 一般財団法人ササクラ環境科学財団 | 梅田 純子 | 500   |
| (6) | 梅田教授<br>研究助成金 | 公益財団法人JFE21世紀財団  | 梅田 純子 | 2,000 |

#### 4. 8 教育

氏名：近藤 勝義

##### (1) 大学院等講義科目

- |     |             |         |
|-----|-------------|---------|
| (1) | 工学研究科博士前期課程 | ナノ界面設計学 |
| (2) | 工学研究科博士前期課程 | 機械材料学   |

##### (4) 修士論文

- |     |                    |                                    |
|-----|--------------------|------------------------------------|
| (1) | 工学研究科機械工学専攻, 瀧沢 良太 | 結晶粒径およびひずみ速度が酸素固溶チタン材の塑性変形機構に及ぼす影響 |
| (2) | 工学研究科機械工学専攻, 林 雄大  | 圧延加工によるTi-Si積層造形合金の微細結晶粒形成と強化機構解明  |

##### (5) 卒業論文

- |     |               |                                   |
|-----|---------------|-----------------------------------|
| (1) | 応用理工学科, 釘宮 尚大 | チタン中における酸化チタン分解反応過程での微細粒組織形成機構の解明 |
| (2) | 応用理工学科, 宮本 晴  | TiC粒子分散Ti-Zr焼結圧延材の強化機構解明          |

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) 工学研究科博士前期課程 | 機械材料学                        |
| (3) 全学教育推進機構    | 学問への扉（ものづくりサイエンス「金属・無機材料調査」） |
| (4) 全学教育推進機構    | 基盤教養教育科目（総合）                 |

(4) 修士論文

- |                        |                                    |
|------------------------|------------------------------------|
| (1) 工学研究科機械工学専攻, 瀧沢 良太 | 結晶粒径およびひずみ速度が酸素固溶チタン材の塑性変形機構に及ぼす影響 |
| (2) 工学研究科機械工学専攻, 林 雄大  | 圧延加工によるTi-Si積層造形合金の微細結晶粒形成と強化機構解明  |

(5) 卒業論文

- |                   |                                   |
|-------------------|-----------------------------------|
| (1) 応用理工学科, 釘宮 尚大 | チタン中における酸化チタン分解反応過程での微細粒組織形成機構の解明 |
| (2) 応用理工学科, 宮本 晴  | TiC粒子分散Ti-Zr焼結圧延材の強化機構解明          |

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    | 論文賞・Best Review Paper 賞 審査委員 |
| (2) (一社)スマートプロセス学会    | 編集委員会 委員                     |
| (3) (一社)日本機械学会        | 新学術誌編修委員会 委員                 |
| (4) (一社)日本塑性加工学会 関西支部 | 第57期・58期 商議員                 |
| (5) (一社)粉体粉末冶金協会      | 理事                           |
| (6) (一社)粉体粉末冶金協会      | 粉体成形分科会 主査                   |
| (7) (一社)粉体粉末冶金協会      | 協会賞 推薦委員                     |
| (8) (一社)粉体粉末冶金協会      | 粉末冶金講座 実行委員                  |

- (9) (一社) 粉体粉末冶金協会 渉外広報委員会 委員長
- (10) (一社) 粉体粉末冶金協会 工業会賞 選考委員
- (2) 国際会議委員**
- (1) Global Expo on 3D Printing and Additive Manufacturing Technology (3D Printing Expo-2022) Organizing Committee Member
- (2) Global Expo on 3D Printing and Additive Manufacturing Technology (3D Printing Expo-2022) Organizing Committee Member
- (3) Virtual Conference on “Design for Additive Manufacturing” Scientific Committee member
- (4) Virtual Conference on “Design for Additive Manufacturing” Scientific Committee member
- (5) PowderMet2022 and AMPM2022 Technical Program Committee Member
- (6) PowderMet2022 and AMPM2022 Technical Program Committee Member
- (7) 10th Annual International Conference on Material Science and Engineering Technical Program Committee member
- (8) International Conference on Powder and Powder Metallurgy, 2022, Kyoto (JSPMIC2022) Program Committee
- (9) International Conference on Powder and Powder Metallurgy, 2022, Kyoto (JSPMIC2022) Program Committee
- (10) International Conference on Materials Science, Engineering & Technology Conference Committee Member
- (5) 国・自治体・公益法人等への貢献**
- (1) (独) 国際協力機構 「エジプト日本科学技術大学(E-JUST)プロジェクトフェイズ3」に係る国内支援委員会・専門部会工学ワーキンググループ委員
- (2) (独) 国際協力機構 「エジプト日本科学技術大学(E-JUST)プロジェクトフェイズ3」に係る国内支援委員会委員
- (3) (独) 国際協力機構 アセアン工学系高等教育ネットワークプロジェクト・フェーズ4 国内支援委員会委員

- |   |   |
|---|---|
| (4) (独) 日本学術振興会   | 特別研究員等審査会専門委員,<br>卓越研究員候補者選考委員会書面審査員,<br>国際事業委員会書面審査員・書面評価員 |
| (5) (独) 日本学術振興会   | 特別研究員等審査会委員   |
| (6) Advanced Manufacturing  | Advisory board member                                       |
| (7) Advanced Powder Materials   | Editorial Manager   |
| (8) Concrete Technology (ISSN 2251-3337)                                    | Section editor  |
| (9) Current Graphene Science  | Executive Guest Editor                                      |
| (10) Current Physics  | Editorial Board Member                                      |
| (11) Insight-Mechanics  | Section editor  |
| (12) International Conference on Neutrino<br>Physics and Astrophysics       | Committee Member  |
| (13) International Journal of Materials Science<br>and Applications (IJMSA) | Editorial board member                                      |
| (14) Journal of Composites and Biodegradable<br>Polymers                    | Editorial board member                                      |
| (15) Materials  | Guest Editor  |
| (16) Metals   | Guest Editor for the open access journal Metals             |
| (17) Metals   | Guest Editor  |
| (18) Modern Plasma Medicine   | Editorial board member                                      |
| (19) STM Journals   | Editorial board member                                      |
| (20) 日本粉末冶金工業会  | 評議員   |
| (21) 日本粉末冶金工業会  | 工業会賞選考委員会 委員長及び委員   |

氏名：梅田 純子

(1) 学会役員

- |                   |           |
|-------------------|-----------|
| (1) (一社) 粉体粉末冶金協会 | 一般社団法人代議員 |
|-------------------|-----------|

## (7) 社会への情報発信

- (1) JWRI 女会メンバーが、みのおエフエムの公開生放送「みのたんらじお」に出演し、本学の自然科学系分野女子学生ネットワーク「asiam」（アザイム）を紹介  
みのおエフエム（2022.07.02）

## 4. 10 全国共同利用に関する研究

### (1) 令和4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) 川崎 英也   | 関西大学化学生命工学部                 | バイオシリカ/色素複合体の創製と歯科医療への応用             |
| (2) 森 七星    | 関西大学大学院理工学研究科               | バイオシリカ/色素複合体の創製と歯科医療への応用             |
| (3) 吉矢 真人   | 大阪大学大学院工学研究科<br>マテリアル生産科学専攻 | 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 |
| (4) 福永 伸哉   | 大阪大学大学院文学研究科                | 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        |
| (5) 古月 文志   | 東京大学<br>未来ビジョン研究センター        | 単分散CNTを利用した金属材料の高機能発現機構の解明           |
| (6) 山中 謙太   | 東北大学金属材料研究所                 | 金属積層造形法によるチタン材の作製と強化機構の解明            |
| (7) 熊谷 明哉   | 東北大学<br>材料科学高等研究所           | 電気化学プローブ顕微鏡を応用した合金内における電気化学反応機構の解明   |
| (8) 小山 毅士   | 東北大学大学院環境科学研究科<br>先端環境創成学専攻 | セルロースナノファイバーを前駆体にした高強度チタンの創製と力学特性評価  |
| (9) 栗田 大樹   | 東北大学大学院環境科学研究科<br>先端環境創成学専攻 | セルロースナノファイバーを前駆体にした高強度チタンの創製と力学特性評価  |
| (10) 井藤 幹夫  | 福井工業大学<br>工学部機械工学科          | 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      |
| (11) 宮治 裕史  | 北海道大学<br>病院歯周・歯内療法科         | アモルファスシリカの高機能化と光殺菌治療への応用             |
| (12) 金本 佑生実 | 北海道大学<br>病院歯周・歯内療法科         | アモルファスシリカの高機能化と光殺菌治療への応用             |

国際共同研究

- |     |                                  |  |  |
|-----|----------------------------------|--|--|
| (1) | Abolkassem<br>Shimaa             | Central Metallurgical Research<br>and Development Institute,<br>Egypt  | Study of Multi-layered metal/ceramic composite |
| (2) | Liu Lei                          | Xi'an University of Technology<br>/ School of Materials Science<br>and Engineering / Department<br>of Materials Physics and<br>Chemistry |  |
| (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                               | 23   |  |



接合評価研究部門  
接合構造化解析学分野



## 接合評価研究部門 接合構造化解析学分野

### 4. 1 研究概要

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

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

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

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. CAD を直接用いる IGA 順解法・逆解法とそのソフト JWRIAN-IGA の研究開発
4. 材料降伏関数・移動硬化則・異方硬化則・破壊条件式の実験測定と定式化の研究
5. 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
6. 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
7. 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
8. 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
9. 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
10. 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
11. 摩擦熱を活用した異材固相结合プロセスの数値解析モデリング
12. アーク溶接法を用いた車体部品溶接継手の溶込み形状予測
13. 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
14. マルチレーザ加工技術を用いた先進パワー半導体用ヒートシンクシステムの開発
15. 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. CAD を直接用いる IGA 順解法・逆解法とそのソフト JWRIAN-IGA の研究開発

従来の有限要素法 (FEM) による構造解析では、要素分割の作業時間が長く、要素サイズが大きくなると形状近似精度が悪くなる。新しい IGA 解法では、CAD データを直接用いるため、形状精度が高く、要素分割の作業がなくなり、解析精度も高くなる。本研究では日本初の構造解析ソフトウェア JWRIAN-IGA を開発し、さらに光ファイバの計測ひずみから構造体の変形場と応力場を逆算出する Inverse-IGA 解法を提案し、精度検証を行った。関連論文を国際ジャーナル *Applied Mathematic Modelling* に掲載されている。

### 4. 材料降伏関数・移動硬化則・異方硬化則・破壊条件式の実験測定と定式化の研究

先進高張力鋼板 DP980 材は、多くの自動車部品に適用している。その部品には加工による予ひずみが存在する。予ひずみによる加工硬化が良く知られているが、予ひずみによる異方硬化、特に軟化現象が報告されていなかった。本研究では、予ひずみ方向の再負荷試験と予ひずみ方向に垂直する方向の再負荷試験をそれぞれ実施し、直交方向の負荷による降伏応力が低下する現象を発見し、予ひずみによる異方硬化挙動を定式化した M-A 異方硬化モデルを開発した。その成果を国際ジャーナル *Journal of Materials Research & Technology* に掲載されている。本 M-A 異方硬化材料モデルは、衝突解析の汎用ソフトウェア LS-DYNA サブルーチンとして組み込まれて、自動車メーカーにより検証されている。

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

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

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

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

### 6. 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。

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

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

### 8. 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。

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

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

形状と加工経路の最適化設計を行った。

レーザー熱源を用いて、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ー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。

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

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

#### 11. 摩擦熱を活用した異材固相结合プロセスの数値解析モデリング

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

#### 12. アーク溶接法を用いた車体部品溶接継手の溶込み形状予測

アーク溶接法は高効率な溶接法の一つであり、様々な溶接継手の作製に用いられるが、その溶込み形状はシールドガスの種類により変化し、例えば MAG 溶接ではフィンガー形状になるという特徴を有している。そして溶込み形状は、継手の溶接変形や強度に影響を及ぼすため、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、鉄鋼材料を用いた重ね継手、水平隅肉継手、ならびにフレア形状継手を対象に様々な解析を行ってきた。そして、アーク圧力やアークによる表面からの入熱範囲を実現現象と同じく、熱源位置からの円錐形でモデル化し、さらにアーク圧力半径、熱源比率 (= 点熱源とアークによる表面分布熱源の比)、点熱源投入可能深さなどのパラメータを適切に設定することで、溶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てきた。2022 年度は、開発してきた三次元非定常熱伝導解析法を、アルミニウム合金溶接継手に適用し、その溶込み形状予測解析を行った。その結果、鉄鋼材料よりも熱伝導が早いアルミニウム合金の特徴を考慮し、点熱源ではなく線状分布熱源を用いることで、アルミニウム合金溶接継手に広く用いられるウィービング溶接で得られる幅の広い溶込み形状を精度よく予測することが可能であることを明らかにした。

#### 13. 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。2022 年度においては、新たに開発された高強度で高延性を有する革新鋼板を用いて、革新アルミニウム合金ならびに CFRTP との異材接合継手を作製し、その静的引張せん断強度、ならびにせん断疲労強度特性を計測し、継手性能データベースとして蓄積した。また、2021 年度に開発した腐食疲労特性を計測する装置を用いて、革新材料を用いた重ね異材接合・接着継手を作製し、その腐食疲労特性を計測し、継手性能データベースとして蓄積した。

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

次世代の輸送機器の電力化および省電力化のためには、シリコンカーバイド (SiC) 製パワー半導体の活躍が期待されており、その実現のためには、SiC 製パワー半導体を健全に動作させるための新たな冷却機構 (ヒートシンクシステム) の開発が必要不可欠である。本研究では、新たに、SiC へのタングステン薄膜の接合技術の開発、ならびにマルチレーザー加工技術を用いたタングステン薄膜への銅肉盛層の生成技術を確立することで、健全性ならびに冷却機能を保持する、新たな先進パワー半導体用ヒートシンクシステムの開発を進めている。2022 年度は、昨年度に得られた熱間等方圧加圧法 (HIP : Hot Isostatic Pressing) を用いたタングステン薄膜と  $\alpha$ -SiC 板との接合体への、マルチレーザー加工システムを用いた銅肉盛層の形成過程を明らかにするため、W/SiC 接合体のタングステン薄膜の厚さと、銅肉盛層形成時のレーザー出力および肉盛速度の影響について検討した。その結果、良好な銅肉盛層の形成のためには、レー

ザ照射によるタンゲステンの硬化を抑制するため、少なくとも 1.0 mm 厚さが必要であること、さらにレーザー出力の低減や肉盛速度の低速は、連続的な銅肉盛層の形成に悪影響を及ぼすことを明らかにした。

#### 15. 低放射化フェライト鋼とステンレス鋼との異材接合技術開発

低放射化フェライト鋼 F82H は、現在、フランスで建設が進められている、国際核融合実験炉 ITER において、日本がトリチウム増殖ブランケットの試験に用いる機器（テストブランケットモジュール）の第一候補材料である。そして、F82H で作製予定のテストブランケットモジュールを ITER に設置する場合には、ステンレス鋼 SUS316L で作製される冷却水配管との異材接合が必要不可欠である。これまで、F82H と SUS316L との異材接合技術として、高輝度・高出力ファイバー・レーザーを用いた、突き合わせ異材接合継手作製実験を行い、F82H と SUS316L との間に中間層として Inconel 625 を封入した上で、レーザーの照射位置を 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。また、固相接合法の一つである摩擦攪拌接合法（FSW）を用いて、中間層を用いずに、F82H と SUS316L との突き合わせ異材接合体が作製可能であることも見出してきた。2022 年度は、これまでに作製してきた、レーザー溶接法を用いて作製した中間層を含んだ F82H と SUS316L との異材接合体、ならびに FSW を用いて作製した中間層を含まない F82H と SUS316L との異材接合体を対象に、すきま付き低ひずみ曲げ（CBB）試験法による応力腐食割れ（SCC）感受性を評価し、試験時間 1000 時間までの耐久性を明らかにした。

#### (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 15 研究テーマについて、数値計算手法の研究とソフトウェア JWRIAN の開発、さらにそれらを用いた数値シミュレーションにより物理現象を明らかにした。研究成果は、各種溶接構造物の安全性、健全性をより高め、その信頼性向上に大いに貢献している。具体的には、1 冊の英文書籍、34 編のジャーナル査読論文、6 編の解説論文、3 件の特許出願、20 編の国際会議論文発表、42 編の国内学会論文があった。さらに、学生 5 名と教員 2 名は、自動車技術会大学院生奨励賞、塑性加工学会学生奨励賞・優秀発表賞、軽金属溶接協会論文賞、大阪大学賞（若手部門）、優秀留学生賞をそれぞれ受賞した。外部資金については合計総額 143,827 千円、そのうち科学研究費補助金 4 件（9,960 千円）、受託研究 1 件（104,299 千円）、民間との共同研究 10 件（総額 133,867 千円）、奨学金寄付 4 件（総額 8,345 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、大学院生を対象に 6 科目（数値構造解析、弾塑性学、接合強度学特論、接合強度学ゼミナール、船舶海洋工学ゼミナールⅠ、船舶海洋工学ゼミナールⅡ）、学部 3 年生を対象に 6 科目（数値構造解析学、基礎構造解析学、溶接施工法、溶接力学、海事専門実用英語論、海事専門実用英語論、海洋工学実験）を担当している。大学院生の研究指導においては、1 名の博士論文の主査と 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 12 名の指導を行った。また、学部学生 5 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）日本塑性加工学会レーザー分科会幹事、（一社）溶接学会の軽構造接合加工研究委員会委員長、溶接情報化委員会副委員長、溶接構造研究委員会幹事、（一社）日本溶接協会の溶接情報センター運営委員会委員長、同システム検討委員会委員長、広報ワーキング委員、同コミック制作グループリーダー、出版委員会委員、試験問題 DB 検討ワーキング委員、溶接技術者交流会運営グループ委員、学識会員、日本溶接会議の第 3 委員会委員長、第 10 委員会委員を務めた。
- ② 産学連携：民間企業との共同研究等を通じて、産学連携を推進している。
- ② 国際貢献：International Institute of Welding（IIW）第 3 委員会日本代表を務めた。
- ③ その他社会貢献：公的委員会の主査など：（独）日本学術振興会第 133 委員会委員、（国研）量子科学技術研究開発機構核融合炉工学研究委員会専門委員、核融合科学研究所共同研究員、関西原子力懇談会調査委員会委員、また公益財団の審査委員を務めた。

#### 4. 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、2018 年から取り組んできた先導的重点課題である「溶接・接合技術におけるデジタルツインに関する研究」と題して、2022 年 11 月 22 日、東京日本橋ライフサイエンス HUB にて成果報告セミナーを 3 年ぶりで対面開催した。本セミナーでは、本研究所が共同研究賞の受賞講演 2 件をはじめ、最新の研究成果を交えた 2 件講演を行った。令和 4 年、一般研究課題で「国内共同研究員 18 名、国際共同研究員 10 名をそれぞれ受入れた。共同研究の成果として、18 編のジャーナル査読論文を発表した。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Analysis and Mitigation of the Bending Deformation in Girth-Welded Slender Pipes with Numerical Modelling and Experimental Measurement  
J. Manuf. Process., 78 (2022), 278-287.  
Y. Liu, Y. Yu, P. Wang, H. Fang and N. Ma
- (2) Crack Branching Behavior and Amorphous Film Formation Mechanism during SCC Expanding Test for Multi-Layers Weld Metal of NiCrMoV Steels  
Mater. Des., 216, 110520 (2022), 1-11.  
T. Chu, C. Shao, Y. Wang, N. Ma and F. Lu
- (3) Effect of Transverse Restraint on Welding Residual Stress in V-groove Butt Welding  
Metals, 12, 654 (2022), 1-19.  
J. Park, G. An, N. Ma and S.-j. Kim
- (4) Measurement and Simulation of Residual Stresses in Laser Welded CFRP/steel Lap Joints  
Compos. Struct., 292, 115687 (2022), 1-15.  
T. Wu, Y. Ma, H. Xia, T. Niendorf and N. Ma
- (5) Multi-physical Modelling of Alloy Element Transportation in Wire Arc Additive Manufacturing of a  $\gamma$ -TiAl Alloy  
Int. J. Therm. Sci., 179, 107641 (2022), 1-8.  
J. Xin, D. Wu, C. Shen, L. Wang, X. Hua, N. Ma, S. Tashiro and M. Tanaka
- (6) A Position-Adjustable Universal Backing Plate to Improve Geometric Accuracy in Incremental Sheet Forming  
Int. J. Adv. Manuf. Technol., 121, 8 (2022), 8143-8158.  
S. Wu, N. Ma, S. Rashed, Y. Matsuoka, F. Lu and K. Miyamoto
- (7) Investigation of Residual Stress Distribution Pattern in Typical Wall and Pipe Components Built by Wire Arc Additive Manufacturing  
J. Manuf. Process., 82 (2022), 434-447.  
W. Huang, Q. Wang, N. Ma and H. Kitano
- (8) Evaluation of Thermal Fatigue Life and Crack Morphology in Brake Disc of Low Alloy Steel for High-Speed Trains  
Materials, 6837 (2022), 1-15.  
J. Wang, Y. Chen, L. Zuo, H. Zhao and N. Ma
- (9) 超高ひずみ速度に対応する材料モデルによる純Ni粒子コールドスプレーの超大塑性変形予測と実験観察  
塑性と加工, 63, 740 (2022), 121-126.  
麻寧緒, 王倩, 富高宙, 高橋誠, 三村耕司, 原一貴, 笹暁壽
- (10) Dynamic Keyhole Behaviors and Element Mixing in Paraxial Hybrid Plasma-MIG Welding with a Gap  
Int. J. Heat Mass Transf., 200 (2022), 123551 (12pp).  
D. Wu, K. Ishida, S. Tashiro, K. Nomura, X. Hua, N. Ma and M. Tanaka

- (11) Development of 16Cr8Ni Low Transformation Temperature Welding Material for Optimal Characteristics under Various Dilutions Due to All Repair Welding Positions  
Sci. Technol. Weld. Join., 2158282 (2022), 1-9.  
Z. Feng, N. Ma, K. Hiraoka, Y. Komizo, S. Kano and M. Nagami
- (12) Effect of Mg Remelting and Mechanical Hooks of Steel on the Mechanical and Fatigue Responses of Resistance Element Welded AZ31/DP780 Joints: Experimental, FEM and Thermodynamic Calculation Studies  
J. Mater. Res. Technol-JMRT, 22 (2023), 1210-1237.  
S. Baek, N. Ma, J. Song, D.-K. Kim, S.-J. Lee, C. Chen and D. Kim
- (13) Enhanced Mechanical and Anticorrosion Properties in Cryogenic Friction Stir Processed Duplex Stainless Steel  
Mater. Des., 225, 111492 (2023), 1-16.  
F. Cao, T. Sun, J. Hu, W. Hou, G. Huang, Y. Shen, N. Ma, P. Geng, W. Hu and X. Qu
- (14) Measurement and Modelling of Strain-Path Dependent Anisotropic Hardening Behaviors of High Strength Steels Subjected to Pre-Strains  
J. Mater. Res. Technol-JMRT, 2158282 (2023), 1-9.  
T. L. Aung, N. Ma, Y. Okitsu, S. Hayashi, K. Takada and T. Naito
- (15) 蓮型多孔質銅製フィンの伝熱特性を評価する高速解析モデルの開発  
エレクトロニクス実装学会誌, 26, 1 (2023), 151-157.  
麻寧緒, 檜崎 邦男, 大川 陽子, 田井 友理恵, 大串 哲朗, 井手 拓哉
- (16) Wet Collapse Mechanism of Steel-Reinforced Flexible Pipe Structures under Curvature Effect: Physical Experimentation and Numerical Simulation  
Compos. Struct., 307, 116539 (2023), 1-21.  
Y. Gao, P. Geng, P. Cheng, N. Ma, M. Fujikubo and Y. Bai
- (17) Dynamic Vapor and Keyhole Behavior, and Equiaxed Dendrite Formation in Blue Laser Processing of Copper  
Int. J. Heat Mass Transf., 209 (2023), 124102 (10pp).  
D. Wu, J. Sun, Z. Li, S. Tashiro, A. B. Murphy, N. Ma, M. Tanaka, J. Huang, K. Feng, C. Liu and W. Jiao
- (18) アルミニウム合金と炭素繊維強化樹脂の摩擦攪拌点接合とそのウェルドボンド  
軽金属, 72, 10 (2022)  
杉本 幸弘, 峯岡 誠太郎, 芹澤 久
- (19) マルチマテリアル異材継手のせん断疲労特性評価  
溶接学会論文集, 41, 1 (2023), 133-140.  
芹澤 久, 猪瀬 幸太郎, 大橋 良司, 杉本 幸弘, 箕田 正, 村上 俊夫
- (20) マルチマテリアル異材継手の引張せん断強度特性評価  
溶接学会論文集, 41, 1 (2023), 124-132.  
芹澤 久, 猪瀬 幸太郎, 大橋 良司, 杉本 幸弘, 箕田 正, 村上 俊夫
- (21) Adhesive Dynamic Behavior in the Clinch-Bonding Process of Aluminum Alloy A5052-H34 and Advanced High-Strength Steel JSC780  
J. Mater. Process. Technol., 305, 117602 (2022), 1-15.  
Y. Ma, Y. Abe, P. Geng, R. Akita, N. Ma and K.-i, Mori

- (22) Elucidation of Intermetallic Compounds and Mechanical Properties of Dissimilar Friction Stir Lap Welded 5052 Al Alloy and DP590 Steel  
*J. Alloy. Compd*, 906, 164381 (2022), 1-17.  
 P. Geng, M. Morimura, H. Ma, Y. Ma, N. Ma, H. Liu, Y. Aoki and H. Fujii
- (23) Formation of Nanoscale Reaction Layer with Several Crystallinities in the Friction-Welded 6061 Al Alloy/steel Joint  
*Mater. Des.*, 219 (2022)  
 H. Ma, Y. Zhao, G. Qin and P. Geng
- (24) Prediction of Residual Stresses within Dissimilar Al/steel Friction Stir Lap Welds Using an Eulerian-based Modeling Approach  
*J. Manuf. Process.*, 79 (2022), 340-355.  
 P. Geng, M. Morimura, S. Wu, Y. Liu, Y. Ma, N. Ma, Y. Aoki, H. Fujii, H. Ma and G. Qin
- (25) Measurement and Simulation of Thermal-Induced Residual Stresses within Friction Stir Lapped Al/steel Plate  
*J. Mater. Process. Technol.*, 310, 117760 (2022), 1-15.  
 P. Geng, M. Morimura, N. Ma, W. Huang, W. Li, K. Narasaki, T. Ogura, Y. Aoki and H. Fujii
- (26) Interfacial Bonding Behaviours of AA5052/DC05 in Synchronous Thermomechanical Joining-Forming Process  
*J. Manuf. Process.*, 83 (2022), 787-798.  
 R. Wu, P. Geng, M. Li, N. Ma and J. Chen
- (27) Constitutive Modeling and Dynamic Recrystallization Mechanism Elaboration of FGH96 with Severe Hot Deformation  
*J. Mater. Res. Technol.-JMRT*, 21 (2022), 2947-2964.  
 C.-a. Li, G. Qin, H. Wang and P. Geng
- (28) Achieving Superior Property by Forming Fine-Sized Multi-Principal Element Layer at the Weld Interface of Stainless Steel and Medium Entropy Alloy  
*Mater. Des.*, 223, 111255 (2022), 1-13.  
 H. Ma, P. Geng, G. Qin, C. Zhang, J. Zhou, W. Huang and N. Ma
- (29) Improving Bonding Strength of Al/CFRTP Hybrid Joint through Modifying Friction Spot Joining Tools  
*Compos. Pt. B-Eng.*, 254 (2023), 110588-11058.  
 P. Geng, H. Ma, W. Li, K. Murakami, Q. Wang, N. Ma, Y. Aoki, H. Fujii and C. Chen
- (30) Unravelling the Ultrasonic Effect on Residual Stress and Microstructure in Dissimilar Ultrasonic-Assisted Friction Stir Welding of Al/Mg Alloys  
*Int. J. Machine Tools and Manufacture*, 186 (2023), 104004.  
 N. A. Muhammad, P. Geng, C. S. Wu and N. Ma
- (31) Interfacial Reaction and Thermoelectric Properties of  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$  Ceramic Diffusion Bonding Joints with Different Electrode Intermediate Layers  
*Ceram. Int.*, 48, 6 (2022), 8540-8547.  
 H. Chen, S. Zhao, C. Zhang, Z. Shi, F. Gao, Q. Wang, Z. Shen and W. Li

- (32) Welding Characterization Evolutions for Dual Spot Laser Welded-Brazed Al/steel Joint with Various Spot Configurations  
J. Mater. Res. Technol-JMRT, 19 (2022), 697-708.  
B. Yang, D. Lin, H. Xia, H. Li, P. Wang, J. Jiao, X. Chen, C. Tan, L. Li, Q. Wang and N. Ma
- (33) In Situ SEM Study on Tensile Fractured Behavior of Al/steel Laser Welding Brazing Interface  
Mater. Des., 224, 111320 (2022), 1-11.  
H. B. Xia, L. Li, C. Tan, J. Yang, H. Li, W. Song, K. Zhang, Q. Wang and N. Ma
- (34) Heat-pattern Induced Non-Uniform Radial Microstructure and Properties of Ti-6Al-4V Joint Prepared by Rotary Friction Welding  
Mater. Charact., 195, 112536 (2023), 1-15.  
F. Jin, H. d. Rao, Q. Wang, G. Wen, P. Liu, J. Liu, J. Shen, J. Li, J. Xiong and N. Ma
- (2) 国際会議発表論文 (査読あり)
- (1) Effect of Alloying Elements of Al Alloy on the Interfacial Microstructure and Fracture Behaviour of Al Alloy/Steel Inertia Friction Welded Joint: A Comparative Study  
Int. Manufacturing Science and Engineering Conf., America, 85196 (2022)  
H. Ma, P. Geng and G. Qin
- (2) Mechanical Property and Microstructure of IN718/FGH96 Dissimilar Superalloy Linear Friction Weldment  
Int. Manufacturing Science and Engineering Conf., America, 85288 (2022)  
M. Wang, P. Geng, H. Ma and G. Qin
- (3) 国際会議発表論文 (査読なし)
- (1) Study on Mechanical Properties of Advanced Multi-Material Dissimilar Lap Joint  
Proc. IIW2022 - Int. Conf. on Welding and Joining, Tokyo, Japan (2022.7.17-18), 567-570.  
H. Serizawa
- (5) 国内会議発表論文 (査読なし)
- (1) 異種材料接合とガルバニック腐食  
日本材料強度学会誌増刊号「第63回材料強度と破壊総合シンポジウム講演論文集」, オンライン, 55, Special Issue (2022.5.13), 19-26.  
藤田 栄, 小崎 匠, 芹澤 久
- (7) 国際会議発表
- (1) Residual Stress Distribution in Wire and Arc Additive Manufacturing Using SUS308LSi  
the 1st Advances in Welding and Additive Manufacturing Research Conf. 2022 (AWAMR2022), online (2022.6.13-15)  
W. Huang, Q. Wang and N. Ma
- (2) Ultra-high Strain Rate and Temperature Dependent MW Material Model for Cold-Spray Additive Manufacturing Simulation  
the 1st Advances in Welding and Additive Manufacturing Research Conf. 2022 (AWAMR2022), online (2022.6.13-16)  
Q. Wang and N. Ma

- (3) Fatigue Life Extension of Boxing Fillet Joints with New LTT Elongated Weld Bead Available to All Welding Positions  
IIW2022, Tokyo (2022.7.17-23)  
N. Ma, K. Hiraoka, H. Murakawa, N. Osawa, T. Takeuchi, Z. Feng, T. L. AUNG, K. Okada, T. Matsuzaki, S. Kano, C. Shiga and H. Yajima
- (4) Gouging Heat Source Model and Analysis of Gouging/welding Residual Stresses  
IIW2022, Tokyo (2022.7.17-23)  
N. Ma, K. Kado, S. Rashed, K. Narasaki, Y. Agano and N. Tanaka
- (5) Material Flow and Thermal-Mechanical Analysis of Al/steel Friction Stir Lap Joining Process  
IIW2022, Tokyo (2022.7.17-23)  
N. Ma, P. Geng and H. Fujii
- (6) Residual Stress Comparison in Wire Arc Additive Manufactured Stainless Wall and Cylinder  
IIW2022, Tokyo (2022.7.17-23)  
W. Huang, Q. Wang, N. Ma and H. Kitano
- (7) Integrated Method of Inverse Isogeometric Analysis and Distributed Fiber Optic Strain for Monitoring Structure Deformation and Stress  
The 15th World Congress on Computational Mechanics and 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (WCCM-APCOM 2022), online (2022.7.31-8.2)  
T. L. Aung, S. Matsumoto, N. Ma, K. Nakao, M. Nakamachi, N. Iwasa and K. Kishida
- (8) Numerical Prediction of Crack Initiation and Propagation for Spot Welded Advanced High-strength Steel Sheets  
The 15th World Congress on Computational Mechanics and 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (WCCM-APCOM 2022), online (2022.7.31-8.2)  
Z. Yao, M. Omiya, Y. Ma and N. Ma
- (9) New Evaluation Method for Singular Stress Field of Cracks in Various Stress Conditions  
USACM Thematic Conf. on Meshfree and Novel Finite Elements with Applications (MFEM) (2022.9.25-27)  
K. Saito, N. Ma and H. Murakawa
- (10) Efficient Analysis of Welding Thermal Stress and Deformation by Implicit, Explicit and Their Hybrid Methods  
The Int. Welding & Joining Conf. -Korea 2022 (IWJC-Korea 2022) (2022.10.4-7)  
N. Ma
- (11) Modeling of Gouging and Welding Residual Stress/distortion  
The Int. Welding & Joining Conf. -Korea 2022 (IWJC-Korea 2022) (2022.10.4-7)  
N. Ma, K. Kado, S. Rashed and K. Narasaki
- (12) Creep Analysis of Large-scale Weld Pipe Structure in Thermal Power Plant  
The 6th Int. Symp. on Visualization in Joining & Welding Science through Adv. Measurements and Simulation (VJW2022) (2022.10.25-26)  
Y. Kitani, Y. Yamauchi, K. Ikushima, H. Nishida, N. Ma and M. Shibahara

- (13) Effect of Load Changing on Creep-Fatigue Life of Pipe Joints  
The 6th Int. Symp. on Visualization in Joining & Welding Science through Adv. Measurements and Simulation (VJW2022) (2022.10.25-26)  
Y. Kitani, K. Ikushima, M. Arai, H. Nishida, N. Ma and M. Shibahara
- (14) Extended Contour Method Combining with XRD for Measuring 3D Internal Residual Stresses in Carburized Steel for Large Rolling Bearings  
The 6th Int. Symp. on Visualization in Joining & Welding Science through Adv. Measurements and Simulation (VJW2022) (2022.10.25-26)  
M. Tsutsumi, D. Watanuki, Y. Miyamoto, S. Yamagami, K. Narasaki and N. Ma
- (15) Simulation Model of Resistance Heating and Thermal Cycles of Metallic Glass for Its Formability Improvement  
The 6th Int. Symp. on Visualization in Joining & Welding Science through Adv. Measurements and Simulation (VJW2022) (2022.10.25-26)  
Y. Tai, N. Ma, K. Narasaki, R. Yamada, H. Kato and M. Datekyu
- (16) Visualization and Estimation of Deformation for an Impeller Plate by Inverse Isogeometric Analysis and Fiber Optic Strain Sensing  
The 6th Int. Symp. on Visualization in Joining & Welding Science through Adv. Measurements and Simulation (VJW2022) (2022.10.25-26)  
T. L. Aung, N. Ma, K. Nakao, M. Nakamachi and K. Kishida
- (17) A Simple Reinforcement Boxing Corner Welding for Fatigue Life Extension  
The 4th Int. Conf. on Adv. Convergence Engineering (ICACE2022), online (2022.11.19-20)  
N. Ma
- (18) Analysis of Additive Manufacturing Induced Residual Stresses  
The 4th Int. Conf. on Adv. Convergence Engineering (ICACE2022), online (2022.11.26-27)  
N. Ma
- (19) Study on Tensile Shear Strength and Shear Fatigue Property of Advanced Multi-Material Dissimilar Lap Joint  
Int. Materials, Applications & Technologies 2022, IMAT2022, New Orleans, Louisiana, USA (2022.9.12-15)  
H. Serizawa

## (8) 国内学会発表

- (1) FeCoNiCrAl超高速レーザークラッディング割れの研究  
2022年4月 溶接学会春春季全国大会, Online (2022.4.13-15)  
胡磊, 麻寧緒, 大沢直樹
- (2) LTT補修溶接部やアークワイヤ積層材における内部残留応力の中性子測定  
2022年4月 溶接学会春春季全国大会, Online (2022.4.13-15)  
岡田雄二, 角和磨, 黄文嘉, 馮中元, 麻寧緒, 平岡和雄, 諸岡聡, 菖蒲敬久
- (3)  $\gamma$ -TiAl材のプラズマアーク積層造形における残留応力の制御  
2022年4月 溶接学会春春季全国大会, Online (2022.4.13-15)  
呉東升, 麻寧緒, 胡磊, 華学明

- (4) ガウジングと溶接の数値解析モデルの構築による残留応力と変形の予測  
2022年4月 溶接学会春春季全国大会, Online (2022.4.13-15)  
角 和磨, Sherif Rashed, 檜崎 邦男, 麻 寧緒, 上野 康雄, 田中 伸也
- (5) コールドスプレー積層の材料モデリングによる純ニッケル粒子の超大塑性変形予測と実験観察  
2022年4月 溶接学会春春季全国大会, Online (2022.4.13-15)  
王 倩, 富高 宙, 麻 寧緒, 高橋 誠, 三村 耕司, 原 一貴, 雫 暁濤
- (6) 鋼/CFRP重ね継手の組織と強度に及ぼすレーザー溶接熱量の影響  
2022年4月 溶接学会春春季全国大会, Online (2022.4.13-15)  
馬 運五, 夏 鴻博, 麻 寧緒
- (7) 三次元溶接残留応力場におけるき裂先端特異性の特性テンソル法による評価  
2022年4月 溶接学会春春季全国大会, Online (2022.4.13-15)  
齊藤 啓, 平島 禎, 麻 寧緒, 村川 英一
- (8) アルミニウム合金板の接着・多点クリンチング接合継手の強度評価  
2022年5月 日本自動車技術春季講演会, Hybrid (2022.5.25-27)  
秋田 麗佳, Yunwu Ma, Pengjun Luo, 堤 成一郎, 麻 寧緒, 安部 洋平, 森 謙一郎
- (9) 薄板アルミ合金の重ねアーク溶接継手における溶接残留応力及びせん断引張強度の予測  
2022年5月 日本自動車技術春季講演会, Hybrid (2022.5.25-27)  
末房 真保, 檜崎 邦男, 麻 寧緒
- (10) インクリメント板成形技術の研究開発と実用 -薄板インクリメント成形の成形性を改善と実験検証 (第6報)  
2022年度日本塑性加工学会春季講演会, Online (2022.6.3-5)  
Wu Song, 麻 寧緒
- (11) 固有変形DBの構築とその活用によるマルチパスレーザーフォーミングの鋭角曲げ変形の高速度予測  
2022年度日本塑性加工学会春季講演会, Online (2022.6.3-5)  
山田 悠貴, 麻 寧緒, Sherif Rashed, 宮本 健二, 三輪 紘敬
- (12) データ同化技術を用いた溶接配管継手のクリープ損傷デジタツツインシステム  
2022年9月 溶接学会秋季全国大会, 松江市 (2022.9.8-10)  
木谷 悠二, 麻 寧緒, 西田 秀高, 山内 悠輝, 生島 一樹, 柴原 正和
- (13) レーザー高温ピーニングとアーク溶接の複合技術開発  
2022年9月 溶接学会秋季全国大会, 松江市 (2022.9.8-10)  
呉 東昇, 麻 寧緒, 張 長康
- (14) 薄板アルミ合金A6N01-T5の重ね溶接継手における引張せん断強度の予測  
2022年9月 溶接学会秋季全国大会, 松江市 (2022.9.8-10)  
末房 真保, 檜崎 邦男, 麻 寧緒, 西村 津
- (15) 広ひずみ速度域 ( $10^{-3}/s \sim 2 \times 10^4/s$ ) におけるニッケル基材料 (純Ni, Inconel718) の応力-ひずみ関係の同定とその定式化  
日本機械学会 2022年度年次大会, Online (2022.9.11-14)  
三村 耕司, 原 一貴, 大原 弘睦, Qian Wang, 麻 寧緒, 渡邊 誠

- (16) 高張力鋼板スポット溶接部の局所力学的特性評価と破断予測モデルの構築  
日本機械学会 2022年度年次大会, Online (2022.9.11-14)  
么 振鐸, 大宮 正毅, 麻寧緒, 麻運五
- (17) 光ファイバセンシングを用いた攪拌システムの溶液温度分布・粘度計測の検証  
第65回自動制御連合講演会 (2022.11.12-13)  
岩佐 虹志, 中道 正紀, 中尾 一成, 麻寧緒, 岸田 欣増
- (18) Al/CFRTP摩擦スポット接合の過渡温度場に及ぼすツール形状寸法の影響に関する数値解析  
第73回塑性加工連合講演会 (2022.11.18-19)  
村上 和輝, Peihao Geng, 麻寧緒
- (19) アルミニウムと鋼板のFSW重ね継手における残留応力の数値解析  
第73回塑性加工連合講演会 (2022.11.18-19)  
李 蔚豪, 森村 将志, Peihao Geng, 麻寧緒
- (20) ステンレス鋼SUS301の加工誘起マルテンサイト変態特性に及ぼす応力状態の影響  
第73回塑性加工連合講演会 (2022.11.18-19)  
天野 悠己, 太田 高裕, Lei Hu, 麻寧緒
- (21) レーザ加熱と抵抗加熱による金属ガラスの温度履歴最適化解析  
第73回塑性加工連合講演会 (2022.11.18-19)  
田井 友理恵, 麻寧緒, 檜崎 邦男, 山田 類, 達久 将成, 加藤 秀実
- (22) 音速衝撃の塑性変形を利用した固相積層ニッケルの組織と性能  
第73回塑性加工連合講演会 (2022.11.18-19)  
王 倩, 冨高 宙, 高橋 誠, 麻寧緒, 渡邊 誠, 三村 耕司, 原 一貴
- (23) 高張力鋼板レーザースクリーウェルディングの熱解析及び残留応力の測定  
第73回塑性加工連合講演会 (2022.11.18-19)  
斎藤 智博, 末房 真保, 西村 津, 麻寧緒
- (24) 薄板高張力鋼板における予ひずみ依存の異方硬化挙動の測定とモデリング  
第73回塑性加工連合講演会 (2022.11.18-19)  
T. L. Aung, N. Ma, Y. Okitsu, S. Hayashi, K. Takada and T. Naito
- (25) 薄板高張力鋼板における予ひずみ依存の異方硬化挙動の測定とモデリング  
第73回塑性加工連合講演会 (2022.11.18-19)  
Yifan Gao, 麻寧緒, 藤久保 昌彦, 白 勇
- (26) 1.5GPa級超高強度鋼を用いた重ね異材接合継手のせん断疲労特性に関する検討  
(一社) 溶接学会 2022年度春季全国大会, WEB開催 (2022.4.13-20)  
芹澤 久, 猪瀬 幸太郎, 大橋 良司, 杉本 幸弘, 箕田 正, 村上 俊夫
- (27) マルチマテリアル重ね異材接合・接着継手の腐食疲労特性評価試験法の開発  
(一社) 溶接学会 2022年度秋季全国大会, 島根 (2022.9.8-10)  
芹澤 久, 藤田 栄
- (28) 抵抗スポット溶接法による鉄鋼/アルミニウム合金異材接合プロセス解析法に関する検討  
(公社) 日本金属学会 2022年秋期第171回講演大会, 福岡 (2022.9.20-23)  
芹澤 久, 成廣 翔

- (29) アルミニウム合金／CFRTP重ね異材接合・接着継手の腐食疲労特性に関する検討  
(公社)日本金属学会 2023年春期第171回講演大会, 東京 (2023.3.7-10)  
芹澤久, 藤田 栄
- (30) オイラー・ラグランジ連成技術を用いたAl/Steel摩擦攪拌重ね溶接の熱塑性流動に関する数値解析  
2022年4月 溶接学会春春季全国大会, Online (2022.4.13-15)  
P. Geng, N. Ma, Y. Aoki and H. Fujii
- (10) 国内会議講演**
- (1) 新低変態温度 (LTT) 溶接材料と全姿勢伸長ビード補修溶接法の開発による角回し溶接継手の長疲労寿命化  
溶接学会 第237回溶接疲労強度研究委員会, WEB開催 (2022.4.8)  
平岡 和雄, 麻 寧緒
- (2) 先進数値解析技術による各種スポット接合強度の評価  
日本自動車技術会 2022年度第1回疲労信頼性部門委員会, WEB開催 (2022.5.12)  
麻 寧緒
- (3) WAAM壁部材と円管部材における残留応力の数値解析と実験検証  
日本溶接協会3D積層造形委員会, 2022年度第38期第2回, WEB開催 (2022.5.20)  
麻 寧緒
- (4) 先進数値解析技術による各種スポット接合強度の評価  
溶接学会 第137回マイクロ接合研究委員会, WEB開催 (2022.5.20)  
麻 寧緒
- (5) 低変態温度溶接材料と伸長ビード補修溶接による疲労寿命延伸  
全国溶接・接合研究者間ネットワークー全国溶接・接合 道の駅, 現地開催 (2022.7.13)  
麻 寧緒
- (6) インテリジェントIHを用いたオール電化攪拌システムによる省エネ化とグリーン化  
イノベーション・ジャパン2022, WEB開催 (2022.10.4)  
麻 寧緒
- (7) 溶接・接合技術におけるデジタルツインの研究開発  
接合科学研究所 東京セミナー, 東京 (2022.11.22)  
麻 寧緒
- (8) 高張力鋼板とアルミニウム合金板の接着・クリンチング接合継手の強度解析  
溶接学会 第140回軽構造接合加工研究委員会, 東京 (2023.1.12)  
秋田 麗佳, 麻 寧緒, 安部 洋平
- (9) 溶接・接合技術へデジタルツインの取り込み  
日本船舶海洋工学会関西支部 2022年度若手技術者研修会, 大阪 (2023.2.16)  
麻 寧緒
- (10) 接合DB  
ISMA成果発表会@大阪大学 ～マルチマテリアル接合～, オンライン (2022.8.1)  
芹澤久

- (11) 異種材料接合の疲労特性  
第3回疲労信頼性部門委員会, 東京/オンライン (2022.9.16)  
芹澤 久
- (12) テーマ64B「マルチマテリアル接合技術における継手性能データベースの構築」  
革新的新構造材料等研究開発 2022年度成果報告会, 東京/オンライン (2022.12.20)  
芹澤 久

#### (11) 解説・総説

- (1) Isogeometric解析の車体構造への適用  
自動車技術会誌, 74, 4 (2022), 92-98.  
田賢治, 西紳之介, 清水則雄, 麻寧緒
- (2) 摩擦アシスト固相接合の熱・力学シミュレーション  
ぷらすとす, 5, 51 (2022), 143-147.  
麻寧緒, Peihao Geng, Yunwu Ma
- (3) 応力集中の低減設計と圧縮溶接残留応力の生成によるLTT伸長ビード溶接継手の疲労寿命延伸  
生産と技術, 74, 4 (2022), 19-24.  
麻寧緒, 平岡和雄, 村川英一
- (4) 高張力鋼板とアルミニウム合金板の接着・クリンチング接合継手の強度評価  
溶接技術, 2022, 9 (2022), 1-5.  
秋田麗佳, 麻寧緒, 安部洋平
- (5) 低変態温度溶接材料を用いた伸長ビード溶接による角回し溶接部の疲労寿命延伸効果と溶接金属の破壊靱性に関する一考察  
生産と技術, 74, 4 (2022), 5-10.  
岡田公一, 麻寧緒
- (6) マルチ半導体レーザ集光システムを用いたITERダイバータ用タングステンへの純銅粉体肉盛り接合試験  
レーザ加工学会誌, 29, 2 (2022), 22-28.  
芹澤久, 佐藤雄二, 塚本雅裕, 野澤貴史, 谷川博康

#### (12) 著書

- (1) Welding Deformation and Residual Stress Prevention  
Elsevier, (2022), 執筆  
N. Ma, D. Deng, N. Osawa, S. Rashed, H. Murakawa and Y. Ueda

#### (13) 特許出願・登録

- (1) インクリメンタルシート成形用ツール, インクリメンタルシート成形装置及びその成形方法  
特願2022-094157  
麻寧緒, 他3名
- (2) 加熱攪拌装置, 加熱方法  
特願2022-094619  
麻寧緒, 他3名

- (3) 変形予測システム及びプログラム  
PCT/JP2022/023775  
麻寧緒, 他3名
- (4) インクリメンタルシート成形工具, インクリメンタルシート成形装置, 及びインクリメンタルシート成形方法  
特願2022-126906  
麻寧緒, 他2名

**(15) 受賞**

- (1) 軽金属溶接協会論文賞  
(一社)軽金属溶接協会(2022.06.07)  
木谷 悠二 (D3)
- (2) 優秀論文講演奨励賞  
(一社)塑性加工学会(2023.01.17)  
T. L. Aung (D3)
- (3) 塑性加工学会学生奨励賞  
(一社)塑性加工学会(2023.02.28)  
榎本 光玖 (B4)
- (4) 塑性加工学会学生奨励賞  
(一社)塑性加工学会(2023.02.28)  
富高 宙 (M2)
- (5) 若手教員部門 大阪大学賞  
大阪大学(2022.11.24)  
耿 培皓
- (6) The 2021 Chinese Government Award for Outstanding Self-financed Students Abroad  
China Scholarship Council (2022.06.30)  
Q. Wang

**(17) 外部資金**

(単位:千円)

**科学研究費補助金**

- |     |                                |   |      |       |
|-----|--------------------------------|---|------|-------|
| (1) | 基盤研究(B)                        | コールドスプレーとその場ピーニングによる固相積層材の結合メカニズムの解明              | 麻 寧緒 | 5,720 |
| (2) | 特別研究員<br>奨励費<br>(外国人特別<br>研究員) | ワイヤーと粉末のプラズマアークによる溶融積層技術の開発と $\gamma$ -TiAl 合金の製造 | 麻 寧緒 | 1,100 |
| (3) | 基盤研究(C)                        | マルチレーザ加工技術を用いた先進パワー半導体用ヒートシンクシステムの創成              | 芹澤 久 | 1,040 |

## 民間等との共同研究

(1)	浙江吉利汽车研究院有限公司	麻 寧緒	2,255
(2)	株式会社構造計画研究所	麻 寧緒	480
(3)	株式会社デンソー	麻 寧緒	1,950
(4)	本田技研工業株式会社	麻 寧緒	2,145
(5)	ジャトコ株式会社	麻 寧緒	2,600
(6)	JFE スチール株式会社	麻 寧緒	4,800
(7)	日産自動車株式会社	麻 寧緒	3,575
(8)	スズキ株式会社	芹澤 久	3,250
(9)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 国立大学法人室蘭工業大学	芹澤 久	1,300
(10)	日産自動車株式会社	芹澤 久	880

## 受託研究

(1)	(64B) マルチマテリアル接合技術における継手性能データベースの構築	芹澤 久	104,299
-----	-------------------------------------	------	---------

## 学術相談 (元)

(1)	学術相談	Jiangsu XCMG Construction Machinery Research Institute	麻 寧緒	1,815
(2)	学術相談	JSOL	麻 寧緒	594
(3)	学術相談	JSOL	麻 寧緒	909
(4)	学術相談	Jiangsu XCMG Construction Machinery Research Institute	麻 寧緒	1,815

## 奨学寄付金 (元)

(1)	麻教授 研究助成金	日本精工株式会社	麻 寧緒	600
(2)	麻教授 研究助成金	日本精工株式会社	麻 寧緒	600

## 4. 8 教育

氏名：麻 寧緒

### (1) 大学院等講義科目

- |              |             |
|--------------|-------------|
| (1) 地球総合工学科  | 海事専門英語実践    |
| (2) 地球総合工学科  | 海事専門英語論     |
| (3) 地球総合工学科  | 数値構造解析      |
| (4) 地球総合工学科  | 船舶海洋工学実験 I  |
| (5) 地球総合工学科  | 船舶海洋工学実験 II |
| (6) 地球総合工学科  | 溶接施工法       |
| (7) 地球総合工学専攻 | 数値構造解析      |

### (2) 博士論文 (主査)

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| (1) 地球総合工学専攻, Song WU | Studies on formability and geometric accuracy improvement for incremental sheet forming parts |
|-----------------------|---|

### (3) 博士論文 (副査)

- |                    |                                   |
|--------------------|-----------------------------------|
| (1) 地球総合工学専攻, 吉原幸秀 | 継手形状・破壊起点によらない溶接疲労平均応力影響評価法に関する研究 |
|--------------------|-----------------------------------|

### (4) 修士論文

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| (1) 地球総合工学専攻, Kawai Kento      | Analysis and measurement of residual stresses in arc welded lap joints of high strengthsteels  |
| (2) 地球総合工学専攻, Suefusa Maho     | Mesurement and analysis of tensile strength and residual stress in laser screw welded U-shapejoints of high strength steels          |
| (3) 地球総合工学専攻, Tomitaka Sora    | Inconel718 cold spray additive manufactured material properties and solid state bondingmechanism                                     |
| (4) 地球総合工学専攻, Matsumoto Shohei | Evaluation of Mixer blade strain and temperature as well as fluid viscosity based on optical fibermeasurement and numerical analysis |

- (5) 地球総合工学専攻, Murakami Kazuki Numerical Analysis of Effect of Tool Geometry on Transient Temperature Field of Al/CFRTP Friction Spot Joining

**(5) 卒業論文**

- (1) 地球総合工学科, 榎本光玖 DP980 薄鋼板の降伏面とバウシंगा効果に及ぼす予ひずみの影響
- (2) 地球総合工学科, 深町 岳 アルミニウム合金のレーザーピーニングによる圧縮残留応力の測定と数値解析
- (3) 地球総合工学科, 三原 大季 車体部品の形状精度に及ぼす型レス加工条件とポスト加熱の影響
- (4) 地球総合工学科, 若泉 潤也 高張力鋼板アーク溶接重ね継手における破断強度解析

氏名：芹澤 久

**(1) 大学院等講義科目**

- (1) 地球総合工学科 基礎構造解析学
- (2) 地球総合工学科 船舶海洋工学実験 II
- (3) 地球総合工学科 船舶海洋工学実験 I
- (4) 地球総合工学科 溶接施工法
- (5) 地球総合工学専攻 弾塑性学

**(5) 卒業論文**

- (1) 地球総合工学科, 福井 達海 減肉再現モデルを用いた鉄板三枚重ねスポット溶接解析法の開発

**4. 9 社会貢献**

氏名：麻 寧緒

**(3) 他大学等での非常勤講師**

- (1) 上海交通大学 大学院生へのオンライン講義「Computational welding mechanics」
- (2) 上海交通大学 博士学位審査委員会

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<br>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        | 溶接情報センター委員会委員             |
| (4)  | (一社) 日本溶接協会        | 試験問題 DB 検討ワーキング委員         |
| (5)  | (一社) 日本溶接協会        | 出版委員会委員                   |
| (6)  | (一社) 日本溶接協会        | 広報ワーキング委員                 |
| (7)  | (一社) 日本溶接協会        | 溶接技術者交流会運営グループ委員          |
| (8)  | (一社) 日本溶接協会        | 学識会員                      |
| (9)  | (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            |
| (10) | (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            |
| (11) | (一社) 溶接学会          | 溶接構造研究委員会幹事               |
| (12) | (一社) 溶接学会          | 軽構造接合加工研究委員会幹事            |

(2) 国際会議委員

- |     |   |                                  |
|-----|---|----------------------------------|
| (1) | The 6th International Symposium on<br>Visualization in Joining & Welding Science<br>through Advanced Measurements and<br>Simulation | Secretariat                      |
| (2) | THERMEC'2023 (12th International<br>Conference on Processing & Manufacturing<br>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・<br>工学 R&D 専門部会専門委員 |
| (3) | 核融合科学研究所          | 共同研究員                                |

#### 4. 10 全国共同利用に関する研究

##### (1) 令和4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) 太田 高裕  | 広島工業大学工学部<br>機械システム工学科                    | ショットピーニングにおける力学現象の数値解析手法に関する研究         |
| (2) 么 振鐸   | 慶應義塾大学大学院<br>理工学研究科                       | スポット溶接部における破断クライテリアの構築とCAEによる予測技術の開発   |
| (3) 大宮 正毅  | 慶應義塾大学理工学部<br>機械工学科                       | スポット溶接部における破断クライテリアの構築とCAEによる予測技術の開発   |
| (4) 生島 一樹  | 大阪公立大学大学院工学研究科航空宇宙海洋系専攻                   | 溶接力学問題におけるデジタルツインに関する研究                |
| (5) 岡田 公一  | 長崎総合科学大学大学院<br>工学研究科                      | 低変態温度溶接材料を用いた伸長ビード溶接による角回し溶接部の疲労寿命延伸効果 |
| (6) 村上 尚紀  | 東海大学工学研究科<br>機械工学専攻                       | ショットピーニングにおける力学現象の数値解析手法に関する研究         |
| (7) 天野 悠己  | 東海大学工学研究科<br>機械工学専攻                       | ショットピーニングにおける力学現象の数値解析手法に関する研究         |
| (8) 河野 直季  | 東海大学工学研究科<br>機械工学専攻                       | ショットピーニングにおける力学現象の数値解析手法に関する研究         |
| (9) 太田 高裕  | 東海大学工学部動力<br>機械工学科                        | ショットピーニングにおける力学現象の数値解析手法に関する研究         |
| (10) 桑原 利彦 | 東京農工大学<br>大学院工学研究院<br>先端機械システム部門          | 2軸応力試験を用いた高強度鋼板の高度材料モデルの構築             |
| (11) 山田 類  | 東北大学金属材料研究所<br>非平衡物質工学研究部門                | 金属ガラス成形の温度履歴最適化                        |
| (12) 北野 萌一 | 物質・材料研究機構 構造材料研究拠点 接合・造型分野<br>溶接・接合技術グループ | 低変態温度溶接材料のWAAMプロセス適用効果の検証              |
| (13) 安部 洋平 | 豊橋技術科学大学<br>機械工学系                         | メカニカルクリンチングの接合性の向上, および, 解析モデルの開発      |

国際共同研究

- |     |                          |  |   |
|-----|--------------------------|--|---|
| (1) | Renhao Wu                | Department of Plasticity<br>Technology, School of Materials<br>Science and Engineering,<br>Shanghai Jiao Tong University           | Computational modelling of solid-state joining<br>processes of dissimilar materials   |
| (2) | LIU YONG                 | Harbin Institute of<br>Technology/ State Key<br>Laboratory of Advanced<br>Welding and Joining/ Welding<br>Mechanics and Evaluation | Numerical simulation of welding residual<br>stress and distortion   |
| (3) | Hu Lei                   | School of Materials Science<br>and Engineering, Anhui<br>University of Technology  | Multiscale modeling and simulation of welding<br>residual stress  |
| (4) | Shao Chendong            | Shanghai Jiao Tong<br>University   | Residual stress and strength analysis of welded<br>joints considering defects   |
| (5) | AGARI<br>SHAILESH RAO    | The National Institute of<br>Engineering Mysuru  |   |
| (6) | Xie Pu                   | Tsinghua University /<br>Department of Mechanical<br>Engineering   | Numerical simulation of welding residual stress   |
| (7) | Ke Wenchao               | University of Electronic<br>Science and Technology of<br>China / School of Mechanical<br>and Electrical Engineering                |   |
| (8) | Paradowska Anna<br>Maria | University of Sydney, Civil<br>Engineering/ANSTO   | Cross-correlation of neutron diffraction and<br>contour residual stress measurements techniques<br>for welding and additive manufacturing   |
| (9) | Li Yu-Juan               | Xi'an Polytechnic University   | Preparation of high-performance dispersion-<br>strengthened copper-based composite coating by<br>cold spraying combined with internal oxidation<br>and study on its strengthening mechanism |

氏名：芹澤 久

一般公募研究課題

- |     |       |                    |  |
|-----|-------|--------------------|--|
| (1) | 永井 哲平 | 室蘭工業大学大学院<br>工学研究科 | 先進パワー半導体ヒートシンクシステムへ<br>向けたタングステン-SiC異材接合技術に関<br>する研究 |
| (2) | 中里 直史 | 室蘭工業大学大学院<br>工学研究科 | 先進パワー半導体ヒートシンクシステムへ<br>向けたタングステン-SiC異材接合技術に関<br>する研究 |

- |     |       |                                      |   |
|-----|-------|--------------------------------------|---|
| (3) | 岸本 弘立 | 室蘭工業大学大学院<br>工学研究科                   | 先進パワー半導体ヒートシンクシステムへ<br>に向けたタンゲステン-SiC異材接合技術に関<br>する研究 |
| (4) | 遊佐 泰紀 | 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 | アイソジオメトリックアナリシス (IGA) に<br>よる溶接接手破壊問題解析の基礎研究          |
| (5) | 乙黒 雄斗 | 東京理科大学理工学部<br>機械工学科                  | アイソジオメトリックアナリシス (IGA) に<br>よる溶接接手破壊問題解析の基礎研究          |
| (6) | 岡田 裕  | 東京理科大学理工学部<br>機械工学科                  | アイソジオメトリックアナリシス (IGA) に<br>よる溶接接手破壊問題解析の基礎研究          |

接合評価研究部門  
接合構造化設計学分野



## 接合評価研究部門 接合構造化設計学分野

### 4. 1 研究概要

本分野では、設計、溶接・接合などの加工や施工といった構造物の設計・施工プロセスから、試験・供用、補修補強・維持管理に至る構造物のライフサイクルを通した時間軸を「スループロセス」、材料の組織から溶接・接合部材、構造物といったマイクロからマクロにわたる空間軸を「トランススケール」という二つの軸で捉え、それらの各ステージやスケールにおける各種構造物の性能や信頼性の評価に関する研究を行う。特に、溶接・接合部材や構造物の性能に及ぼす、残留応力や変形に代表される熱加工の影響を微視的および巨視的な観点から考慮して、詳細かつ合理的に評価する手法の開発に取り組む。これにより、溶接・接合を用いた構造化プロセスの高度化に貢献できる設計学の構築を目指す。

### 4. 2 研究課題

1. 構造部材および溶接・接合部の強度特性および信頼性の評価手法の構築
2. 残留応力を考慮した溶接鋼構造物の性能評価技術の開発
3. 設計への展開を想定した熱加工プロセスシミュレーション技術の開発
4. 材料の微視的塑性変形挙動を考慮した損傷評価手法の構築
5. 構造材料および溶接・接合部の不均質性を考慮した割れ発生特性の評価

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

1. 建築構造部材の破壊特性に及ぼす製作方法の影響に関する研究

柱などの建築構造部材としては、低中層建築物では形鋼などが用いられるが、高層・超高層建築物では溶接によって製作された部材が用いられる。建築物の高層化のトレンドにより、その割合は増加することが見込まれるとともに、高強度鋼の適用ニーズも高まっている。そのため、溶接熱影響や溶接残留応力などの影響が顕著になる可能性があり、具体的にどのような影響が想定されるかを詳細に把握し、設計や施工に反映していく必要がある。2022年度は、溶接熱影響や溶接残留応力を詳細に評価するために必要な温度分布および温度履歴を定量的にシミュレーションする手法を構築した。

2. 薄板レーザ溶接部に生じる割れ発生因子に関する研究

自動車部材などに用いられる薄鋼板の接合には、従来、抵抗スポット溶接が多用されてきたが、近年、レーザ溶接の適用拡大も期待されている。自動車の車体軽量化を背景として、鋼板のごく端部を溶接することが求められているが、過度に端部を溶接すると溶接部に割れが発生することが実験結果により確認されている。この割れ発生メカニズムを解明し、割れを回避する溶接施工法や溶接条件を導出することが本研究の目的である。2022年度は、端部溶接のシミュレーションモデルを構築するとともに、板端部からの溶接線の距離によって、溶接部に生じる力学的挙動がどのように変化するかを明らかにすることができた。

3. 二相ステンレス鋼溶接部における水素割れ発生条件に関する研究

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

なっていると予想される。また、溶接条件によってフェライト相とオーステナイト相の比率も変化
する。このような不均一性と分率の変化が拡散性水素の関与する割れの発生特性に及ぼす影響を明
確にすることが本研究の目的である。これまでに、敵対的生成ネットワークを採用した手法を導入
し、二相ステンレス鋼溶接金属の三次元微視組織モデルを構築した。2022年度は、このモデルを用
いたシミュレーションを進め、三次元微視組織モデルにおいて応力集中および水素集積が生じる位
置を把握して、その位置の微視組織形態の観点での特徴を見いだすことができた。

#### 4. 破壊靱性試験における温度管理条件の適正化に関する研究

破壊靱性試験では、ある温度環境下での破壊を模擬するため、試験片の温度管理が求められる。
そのための温度制御手法は各種の破壊靱性試験規格に定められているものの実用上の観点では、長
時間の温度保持が必要になるなどの課題があった。特に、構造物の大型化を受けて試験対象部材が
厚板になると、極めて長時間が必要となり試験実施を阻害しかねないことが懸念される。本研究
では、温度管理条件の適正化を目的として実験および数値解析を実施し、2022年度には推奨条件の提
示にまで至ることができた。今後論文投稿を進めたうえで、規格への反映提案などを検討していく。

#### 5. 溶接熱源モデル構築手法に関する研究

溶接残留応力の主たる発生要因は、溶接による局所的な温度場であり、溶接残留応力解析におい
て、いかにして溶接温度場を再現するかは重要な課題である。従来、溶接温度場を得るための数値
解析は、試行錯誤的に条件を設定する必要があり、解析実施者の経験や技量にも多分に作用される
という課題があった。本研究では、限られた温度履歴や溶接部断面マクロ写真といった情報に基づ
いて、機械学習によって適切な溶接熱源モデルを構築する手法の提案を目指すものである。2021年
度に手法の基本部分は構築を終えており、2022年度は検証データの増強などを図った。また、本研
究は、当研究所の共同利用・共同研究拠点としての共同研究により実施しており、共同利用・共同
研究賞を受賞することができた。

### (2) 研究に対する自己評価

本分野は、構造化を見据えて溶接・接合部を設計することを目的とした研究・教育の推進をミッ
ションとしている。2021年10月の三上教授着任後、2022年4月の名称変更によりそれを明確にした。
当初は、溶接残留応力評価や割れ発生特性評価に関する研究課題が主であったが、2022年度をと
おして徐々に設計への展開を始めることができた。特に、溶接力学と破壊力学の境界領域における研
究課題が増加傾向にある。これにより、例えば、溶接残留応力の影響を詳細に考慮して破壊安全性
に優れた溶接継手を製作するための知見を見いだすことが可能になると考えられ、この知見は設計
につながるものと期待されることから、分野としては順調に立ち上がっているものと自己評価して
いる。今後、助教の採用などによりさらなる研究力の向上を図っていく。

#### 4.4 教育に対する自己評価

本分野は、本学大学院工学研究科地球総合工学専攻社会基盤工学部門および工学部地球総合工学
科社会基盤工学コースの協力講座(信頼性設計学領域)として、博士前期・後期課程学生および学
部学生の教育を担当している。博士前期・後期課程において、社会基盤工学ゼミナールⅠ・Ⅱ・Ⅲ・
Ⅳ(構造系)(分担)、学部において連続体力学、地球環境学概論(分担)、鋼構造学(分担)を担当
した。社会基盤構造物と溶接・接合は密接な関係があるが、学生にとってはその認識を得られてい
ない場合が多いため、講義内容と溶接・接合の接点を積極的に紹介し、溶接・接合への興味・関心
を持つ学生の増加を図った。

2021年10月の教授着任、2022年4月の名称変更後、本分野としては最初の学部学生1名を受け

入れ、卒業研究を指導した。

#### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

当分野の教員の国内における主な所属学協会は、(一社)溶接学会、(一社)スマートプロセス学会、(公社)土木学会、(一社)日本鉄鋼協会、(一社)鋼構造協会、(一社)日本機械学会である。溶接学会では、溶接構造研究委員会および溶接冶金研究委員会に所属し、それぞれ幹事および委嘱委員を務め、学会における研究活動に貢献した。運営面でも編集委員会委員、関西支部副支部長、溶接工学夏季大学総務を務め、学会員の情報交換や交流、教育に貢献した。スマートプロセス学会では理事および学術企画運営委員会委員、日本鉄鋼協会では接合結合フォーラム幹事を務め、運営に寄与している。日本機械学会では、M&M2021 材料力学カンファレンスにおいて溶接学会溶接構造研究委員会との共催でオーガナイズドセッション「溶接力学とその関連技術」のオーガナイザーを担当して学会間での交流を促進した実績を受けて、M&M2023 材料力学カンファレンスにおける同様のオーガナイズドセッションの企画に着手し、学会を越えた連携を推進した。

研究者として所属する学協会に加え、(一社)日本溶接協会では、鉄鋼部会技術委員会中立委員、鉄鋼部会 BUH 委員会中立機関委員、鉄鋼部会 WES2805 改正委員会中立機関委員を務め、鋼構造物の溶接部の安全性などに関連する鉄鋼技術や評価技術の向上に貢献した。

この他、複数の行政機関において専門委員や有識者として指導や助言にあたっている。

また、2022 国際ウエルディングショーでは、「溶接夏まつり」と題した一般向け企画の取りまとめを担当し、当研究所ならびに溶接・接合分野のアウトリーチ活動を推進した。

#### 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

一般公募研究課題の他、先導的重点課題「構造用材料溶接部の水素割れ評価手法の高度化に関する研究」を研究代表者として推進した。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Constructing a Heat Source Parameter Estimation Model for Heat Conduction Finite Element Analysis Using Deep Convolutional Neural Network  
Mater. Today Commun., 31 (2022), 103387.  
H. Kitano and Y. Mikami
- (2) Proposal of New MOTE Methods for Brittle Fracture Toughness Determination  
ISIJ Int., 62, 6 (2022)  
T. Ozawa, T. Kawabata and Y. Mikami
- (3) Quantitative Evaluation of Fracture Toughness Deterioration Due to Pre-strain  
Eng. Fract. Mech., 272 (2022), 108683.  
T. Ozawa, T. Kawabata and Y. Mikami
- (4) Local Compression Process Avoiding Toughness Change  
Weld. World, 67, 3 (2023), 607-615.  
T. Ozawa, H. Kosuge, T. Kawabata and Y. Mikami

##### (7) 国際会議発表

- (1) Search for Good Local Compression Process Condition with Bayesian Optimization  
23rd European Conf. on Fracture, Funchal, Madeira, Portugal (2022.6.27-7.1)  
T. Ozawa, T. Kawabata and Y. Mikami
- (2) Identification for Better Local Process Condition with Bayesian Optimization  
75th IIW Annual Assembly and Int. Conf. Online 2020/7/19-2020/7/19, Tokyo, Japan (2022.7.19-21)  
T. Ozawa, T. Kawabata and Y. Mikami
- (3) Pre-crack Straightening Treatment for CTOD Testing of Welds with Unchanged Toughness Evaluation  
75th IIW Annual Assembly and Int. Conf. Online 2020/7/19-2020/7/19, Tokyo, Japan (2022.7.19-21)  
T. Kawabata, Y. Mikami, T. Ozawa and H. Kitano
- (4) Understanding the Mechanism of Weld Residual Stress Change by Local Compression Method  
75th IIW Annual Assembly and Int. Conf. Online 2020/7/19-2020/7/19, Tokyo, Japan (2022.7.19-21)  
Y. Mikami, T. Ozawa and T. Kawabata

##### (8) 国内学会発表

- (1) WCツール摩擦攪拌プロセスによる鋼表層への圧縮残留応力と残留オーステナイトの付与  
2022年度溶接学会秋季全国大会, 鳥根県松江市 (2022.9.8-10)  
柳 悠輔, 山元 優士, 山本 啓, 伊藤 和博, 三上 欣希
- (2) 二相ステンレス鋼溶接金属の三次元組織モデルによる水素拡散・集積挙動の数値シミュレーション  
(一社) 溶接学会 2022年度 秋季全国大会, 鳥根県松江市 (2022.9.8-10)  
植村 幹太, 三上 欣希, 伊藤 和博

- (3) 二相ステンレス鋼溶接金属の三次元組織モデルによる水素拡散・集積挙動の数値シミュレーション  
2022年度溶接学会秋季全国大会, 島根県松江市 (2022.9.8-10)  
植村 幹太, 三上 欣希, 伊藤 和博
- (4) WCツール摩擦攪拌プロセスにより鋼表層に生じる圧縮残留応力と残留オーステナイト  
日本金属学会 2022年秋期 (第171回) 講演大会, 福岡県福岡市 (2022.9.20-24)  
山本 啓, 山元 優士, 伊藤 和博, 三上 欣希
- (5) Post Weld Tungsten Alloying in a Topmost Steel Layer through Friction Stir Processing Using a WC Tool  
VisualJW2022, 千里ライフサイエンスセンター (2022.10.25-26)  
K. Ito, H. Yamamoto, Y. Mikami and M. Takahashi

**(11) 解説・総説**

- (1) 破壊靱性試験前処理による溶接残留応力変化挙動を追跡可能な一貫解析  
日本船舶海洋工学会誌 KANRIN, 18, 4 (2022), 26-32.  
三上 欣希
- (2) 大阪大学接合科学研究所における溶接・接合に関するアウトリーチ活動  
溶接学会誌, 92, 1 (2023), 33-37.  
三上 欣希, 田中 学

**(15) 受賞**

- (1) Journal of Testing and Evaluation Best Paper Award  
ASTM International (2022.09.23)  
Y. Mikami

**(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 | 三上 欣希 | 2,000 |
| (2) | 日本製鉄ものづくり未来協働研究所 | 三上 欣希 | 1,000 |

**奨学寄付金 (元)**

- |     |               |                   |     |
|-----|---------------|-------------------|-----|
| (1) | 三上教授<br>研究助成金 | 日本製鉄株式会社<br>三上 欣希 | 300 |
|-----|---------------|-------------------|-----|

#### 4. 8 教育

氏名：三上 欣希

##### (1) 大学院等講義科目

- |                |         |
|----------------|---------|
| (1) 工学部        | 鋼構造学    |
| (2) 工学部        | 連続体力学   |
| (3) 工学部地球総合工学科 | 地球環境学概論 |

##### (3) 博士論文（副査）

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| (1) マテリアル生産科学専攻, 安富 隆   | 残留オーステナイトを含む複相組織鋼の経路変化を伴う変形下の破壊モデルの提案とメカニズム解明 |
| (2) マテリアル生産科学専攻, 川久保 拓海 | 固相接合を前提とした高P耐候性鋼の開発指針と固相接合技術の適用性              |

##### (5) 卒業論文

- |                     |                              |
|---------------------|------------------------------|
| (1) 社会基盤工学科目, 中瀬 敦朗 | 四面ボックス柱溶接部における熱影響部組織分布に関する検討 |
|---------------------|------------------------------|

#### 4. 9 社会貢献

氏名：三上 欣希

##### (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 | 学術企画運営委員会 委員              |
| (3) (一社)日本溶接協会     | 鉄鋼部会 BUH 委員会 中立機関委員       |
| (4) (一社)日本溶接協会     | 鉄鋼部会 WES2805 改正委員会 中立機関委員 |
| (5) (一社)日本溶接協会     | 鉄鋼部会 技術委員会 中立委員           |
| (6) (一社)溶接学会       | 編集委員会 委員                  |
| (7) (一社)溶接学会       | 溶接構造研究委員会 幹事              |
| (8) (一社)溶接学会       | 溶接冶金研究委員会 委員              |
| (9) (一社)溶接学会       | 2022 年度溶接工学夏季大学総務         |

(10) (一社) 溶接学会関西支部 副支部長

#### (7) 社会への情報発信

(1) 研究対象としての魅力を伝えたい 溶接ニュース (2022.10.04)  
溶接人材の強みは異分野連携

### 4. 10 全国共同利用に関する研究

#### (1) 令和4年度共同研究員と研究テーマ

氏名：三上 欣希

一般公募研究課題

- |            |   |                                       |
|------------|---|---------------------------------------|
| (1) 堤 成一郎  | 大阪大学大学院工学研究科                                    | 溶接構造物の疲労性能評価技術の確立                     |
| (2) 岡野 成威  | 大阪大学大学院工学研究科<br>マテリアル生産科学専攻                     | 結晶塑性論を導入した溶接部微視組織レベル力学特性評価手法の構築に向けた検討 |
| (3) 長坂 明彦  | 長野工業高等専門学校<br>工学科機械ロボティクス系                      |                                       |
| (4) 大見 敏仁  | 湘南工科大学機械工学科                                     |                                       |
| (5) 尾関 郷   | 帝京大学先端総合研究機構                                    |                                       |
| (6) 横堀 壽光  | 帝京大学先端総合研究機構                                    |                                       |
| (7) 北條 智彦  | 東北大学金属材料研究所                                     |                                       |
| (8) 北野 萌一  | 国立研究開発法人 物質・材料研究機構 構造材料研究拠点 接合・造型分野 溶接・接合技術グループ | 機械学習を用いた溶接熱源形状決定システムの構築               |
| (9) 廣畑 幹人  | 大阪大学大学院工学研究科<br>地球総合工学専攻                        | 有限要素解析による厚板多層溶接のシミュレーションにおける簡易化に関する研究 |
| (10) 川畑 友弥 | 東京大学大学院<br>工学系研究科                               | SUS316L の水素性破壊挙動に及ぼす溶接残留応力の影響         |

先導的重点課題 [構造用材料溶接部の水素割れ評価手法の高度化に関する研究 (役割分担型)]

- |            |                       |                                     |
|------------|-----------------------|-------------------------------------|
| (1) 堀川 敬太郎 | 大阪大学基礎工学研究科<br>機能創成専攻 | 構造用材料溶接部の水素割れ評価手法の高度化に関する研究 (役割分担型) |
| (2) 堀川 敬太郎 | 大阪大学基礎工学研究科<br>機能創成専攻 | 構造用材料溶接部の水素割れ評価手法の高度化に関する研究 (役割分担型) |

(2) 共同研究員との共著論文件数 (査読付き学術論文, 国際会議論文)

(1) 合計 4

接合評価研究部門  
接合組織評価学分野



## 接合評価研究部門 接合組織評価学分野

### 4. 1 研究概要

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

### 4. 2 研究課題

2022年度は主として以下の課題に取り組んだ。

1. 異材接合部の脆化分離技術の構築
2. 自在設計のための溶接シミュレーションシステムの検討
3. Ni 基合金の粒界性格制御と液化割れ現象
4. Ni 基合金金属積層造形部の割れ感受性、機械的特性とマイクロ組織の関係
5. 二相ステンレス鋼の 475℃脆化挙動とその支配要因
6. ステンレス鋼溶接部の等軸晶生成現象とその制御

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

先に示した研究課題について主な成果を以下に記す。

#### 1. Ni 基合金の粒界性格制御と液化割れ現象

Ni 基合金では、溶接熱サイクル過程において凝固偏析や低融点共晶相に起因した結晶粒界の局所液化による液化割れがしばしば問題となる。そのため、液化割れ感受性低減のため、結晶粒の微細化による粒界面積の増大、均質化熱処理による偏析の低減、不純物元素の低減などがこれまでに検討されてきた。液化割れが HAZ 部の結晶粒界で発生することから、粒界劣化現象を抑制する粒界工学 (Grain Boundary Engineering、以下 GBE) を適用し、材料中に対応粒界と呼ばれるエネルギーの低い粒界を効率的に生成・分散させることで、結晶粒界での偏析や液化挙動が改善するのではと着想した。

そこで本研究では、Ni 基 625 合金を対象とし、粒界工学を活用した粒界性格制御と液化割れ現象の関係を調査した。対応粒界頻度を効果的に増加させるため、加工熱処理を施す必要がある。加工熱処理条件である圧延の圧下率や熱処理温度、熱処理時間を最適化することで、対応粒界頻度 80%、 $\Sigma 9 + \Sigma 27$  粒界頻度 25 ~ 30% 程度を得ることができた。液化割れに関与する各種生成相や粒界などの溶接加熱過程における局所的な溶融現象を調査するため、加熱過程での溶融現象のその場観察したところ、生成相がはじめに溶融し、その後ランダム粒界が溶融し、対応粒界は最後 (高温) で溶融することがわかった。

これらの成果は、日本製鉄ものづくり協働研究所との共同研究に基づくものであり、溶接学会秋季全国大会や Visual-JW において成果発表を行った。

## 2. Ni 基合金金属積層造形部の高温割れ感受性、機械的特性とミクロ組織の関係

優れた高温強度に優れる Ni 基合金は、溶接高温割れが発生しやすいことが知られている。ひずみ時効割れや溶接補修特性に優れる Ni 基超合金 Haynes282 を対象とし、材料の特性を把握するため、Haynes282 の合金元素である C や Mn、Si、B、Zr が高温割れ感受性に及ぼす影響をバレストレイン試験や Cast Pin Tear 試験により評価した。C や B は適切な含有量であれば、凝固末期での共晶相の生成により高温割れ感受性は改善するものの、含有量が少ないと割れ感受性は増大した。熱力学シミュレーションにより凝固過程において MC 型炭化物や、 $M_3B_2$  型ホウ化物が生成し、液相中の偏析元素を低減することが示され、実際の溶接金属部からは、Ti-Mo に富む炭化物や Mo に富むホウ化物の生成が認められた。一方 HAZ においては、C と B の含有量が低い方が液化割れ感受性は完全した。これは、生成相が溶接熱で溶融することに起因することが示唆された。

続いて電子ビーム溶融粉末層融合 (EB-PBF) にて作製した Haynes282 の製造過程での組織形成や機械的特性との関係を調査した。第二相の析出は積層過程中に生じ、約 1000°C、8 時間での熱履歴を経ると炭化物が生成することが示唆された。積層材底部では、約 1  $\mu\text{m}$  の  $M_3B_2$  や炭化物や約 110 nm の  $\gamma'$  相が形成した。底部の硬さは 350 Hv 程度、上部は 400 HV を示し、 $\gamma'$  の大きさが硬さに影響を及ぼすことを見出した。また、底部及び上部の引張強度、降伏強度、破断伸びは、それぞれ 1040 MPa、1090 MPa、805 MPa、825 MPa、20%、24% であった。鍛造材は、940 MPa、650 MPa、40% であることから、鍛造材に比して高い破断強度と降伏強度を示すのに対し、破断伸びは低下する傾向を示すことがわかった。

これらの成果は、日本学術振興会特別研究員や University West との国際共同研究によるものであり、溶接学会秋季全国大会にて口頭発表を行うとともに Materials & Design に掲載された。

## 3. 二相ステンレス鋼の 475°C 脆化挙動とその支配要因

二相ステンレス鋼は、250 ~ 500°C にさらされると脆化、硬化することが 475°C 脆化として知られている。これまでの 475°C 脆化に関する研究のほとんどが溶体化処理された材料を対象として行われており、溶接部、特に溶接金属に関する研究は殆ど行われていない。

そこで、熱処理時間や Cr 含有量を変化させた二相ステンレス鋼溶接金属部におけるナノスケールの組織形態と硬化との関係を検討した。

22% Cr 二相ステンレス鋼溶接金属では、熱処理時間の増大に伴いスピノーダル分解が生じ、BCC 構造のフェライト相内に Ni-Mn に富む溶質クラスターの存在が認められた。熱力学シミュレーションの結果、このクラスターは G 相の前駆体であることがわかった。この溶質クラスターの生成とスピノーダル分解の重畳によって、溶接金属内のフェライト相の時効硬化が促進されることを見出した。また、溶接金属内のフェライト相の硬化は、25% Cr 二相ステンレス鋼に比して 22% Cr 二相ステンレス鋼の方が大きいことがわかった。これは、G 相前駆体の生成が 25% Cr DSS よりも 22% Cr の方が顕著であり、G 相前駆体の生成挙動の差がフェライトの硬化度に大きな影響を与えることを示した。

これらの成果は、溶接学会秋季全国大会や溶接冶金研究委員会、日本鉄鋼協会秋季講演大会において口頭発表を行うとともに、Materials Today's Communication や Journals of Nuclear Materials に掲載された。

### (2) 研究に対する自己評価

鉄鋼材料は最重要な構造部材・機能部材であるにも関わらず、その溶接に関する研究を行っている大学の研究機関は少なく、減少しているのが現状である。本研究分野では、そのような鉄鋼材料を主な研究対象として、溶接部の健全性に資する溶接部の組織形成機構の解明、構造物の安心・安全を確保するための新しい組織制御技術および信頼性評価ならびにその予測システムの開発を目指す

している。

今年度は、これまでに構築・確立してきた、高温強度試験や高温割れ評価試験、EBSDとEDSの同時分析法など、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駆使することで、これらの研究成果に着実に反映されている。また、学術交流協定を結ぶUniversity West（スウェーデン）との継続的な共同研究を行い、日本学術振興会外国人特別研究員（サマー・プログラム）を通して研究員を受け入れなど、国際連携も積極的に展開した。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Materials & Design、Corrosion Science, Material Science and Engineering A、Journal of Alloys and Compounds、Metallurgical Materials and Transactions Bをはじめ、Material Today Communications、Infrared Physics & Technology、Steel Research Internationalに論文が掲載された。なお、この内の5報が海外共著論文、1報が国内共同研究員との共著論文である。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、国際会議はIWJC-Korea 2022での招待講演をはじめ、IIW年次大会にて2件、Visulal-JWにて3件、Intermediate Meeting of IIW Commission IXにて1件、国内では溶接学会春季および秋季全国大会にて9件、日本鉄鋼協会秋季講演大会にて2件、日本金属学会講演大会にて1件、溶接学会溶接研究委員会にて1件発表した。また、溶接学会や日本溶接協会、腐食防食学会での講習会や講座等での講師も務めた。

研究資金面においては、門井が新たに科学研究費補助金 基盤研究 (B) に、Hou が科学研究費補助金 若手研究に代表者として採択された。門井の代表者としての継続課題である文部科学省 原子力システム研究開発事業や科学研究費補助金特別研究員奨励費に関する研究も実施するとともに、企業との共同研究や学術相談等も積極的に推進した。門井が計 27,768 千円、Hou が計 2,340 千円の外部資金を獲得した。これらの研究を通して、今後も多くの研究成果を効率よく得るとともに、各分野の共同研究員との連携による専門分野のさらなる深化に向けた研究活動を展開していく。

#### 4. 4 教育に対する自己評価

本研究分野は、マテリアル生産科学専攻生産科学コースの協力講座として、大学院生および学部生の教育研究を行っている。「生産プロセス学 I」および「生産プロセス学 II」、卒業論文や修士論文の研究などを通して研究室に所属する大学院生、学部生の教育や研究指導を行った。また、応用理工学科「接合プロセス工学 III」ならびにマテリアル生産科学専攻「接合プロセスメタラジー論」の講義を門井が担当した。加えて、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）」の一部も担当した。2022年度は博士前期課程2名、学部4年生1名の学生が在籍し、大学院生、学部生への教育を行った他、社会人ドクター2名、海外からの研究生を受け入れた。

#### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

池田は、(一社)溶接学会にて軽構造接合加工研究委員会副委員長、溶接教育委員会委員、(一社)日本溶接協会にて規格委員会幹事、メールマガジン編集委員会委員、鉄系FSW規格検討小委員会委員、学識委員を務めている。

門井は、(一社)溶接学会にて溶接冶金研究員会幹事、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、材料部会共研第4部会委員、学識委員、関西地区溶接技能検定委員会幹事を務めるなど、溶接関連の学協会において運営や研究、教育での多岐にわたる活動を行っている。加えて、(一社)日本鉄鋼協会にて論文誌編集委員会幹事、接合結合フォーラム幹事、若手フォーラム幹事、(公社)日本铸造工学会にて査読委員や代議員を務めるなど、溶接接合以外の分野の学会においても溶接接合分野の担当として活動するなど、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。また、国際溶接学会IIW第IX委員会(Behavior of metals subjected to welding)の副委員長に選出され、Welding in the WorldのPrincipal reviewerを務めるなど、溶接冶金分野の国際的な研究コミュニティにおいて中心

的な役割を担う活動を展開している。

#### **4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価**

本年度は、広島大学、秋田大学、群馬大学、神戸大学、関西大学などの全国の大学、日本原子力研究開発機構等の公的機関などから計11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、鋳造やポーラス金属などの異分野の研究者との学際研究にも着手し、新たな展開を進めている。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Development of Double-sided Friction Stir Welding of Advanced High Strength Steel Sheets  
Weld. World, 67 (2023), 561-571.  
M. Matsushita, D. Yamagishi, S. Igi and R. Ikeda
- (2) 多段適応制御を活用した高強度鋼板の短ピッチ抵抗スポット溶接技術の開発  
溶接学会論文集, 41, 1 (2023), 1-10.  
澤西 央海, 松田 広志, 沖田 泰明, 池田 倫正
- (3) Evaluation of Fatigue Strength Based on Dissipated Energy for Laser Welds  
Infrared Phys. Technol., 125 (2022), 104288.  
Y. Ogawa, T. Horita, N. Iwatani, K. Kadoi, D. Shiozawa and T. Sakagami
- (4) Mechanism for Enhanced Age Hardening of 22% Cr Duplex Stainless Steel Weld Metal Fabricated with Grade 2209 Filler Material  
Mater. Today Commun., 33 (2022), 104201.  
M. Sakata, K. Kadoi and H. Inoue
- (5) Tensile Properties of Laser Powder Bed Fusion Built JBK-75 Austenitic Stainless Steel  
Mater. Sci. Eng. A. (2023), 144911.  
M. Neikter, P. Bhaskar, S. Singh, K. Kadoi, C. Lyphout, F. Svahn and R. Pederson
- (6) The Effects of Chemistry Variations on Hot Cracking Susceptibility of Haynes® 282® for Aerospace Applications  
Mater. Des., 228 (2023), 111853.  
S. Singh, K. Kadoi, O. Ojo, B. Alexandrov and J. Andersson
- (7) Initiation Mechanism of Pitting Corrosion in Weld Heat Affected Zone of Duplex Stainless Steel  
Corrosion Sci., 110278 (2022).  
Y. Hou, Y. Nakamori, K. Kadoi, H. Inoue and H. Baba
- (8) Acceleration Mechanism of Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on TiN Formation and  $\delta$ -Ferrite Nucleation of Ferritic Stainless Steel  
J. Alloy. Compd, 912 (2022), 165221.  
Y. Hou, G. Cheng, K. Kadoi and H. Inoue
- (9) Formation Mechanism of Stripe Pattern Defect in Cold-Rolled AISI 441 Stainless Steel Stabilized by Ti and Nb  
Metall. Mater. Trans. B, 53 (2022), 2499-2511.  
Y. Hou, G. Cheng, K. Kadoi, H. Inoue, Q. Ruan, J. Pan and X. Chen
- (10) Effects of the Cooling Rate and Recovery Temperature on the Growth of AlN Precipitates in Gear Steel  
Steel Res. Int., 93, 10 (2022).  
W. Shen, G. Cheng, Y. Hou, Y. Li, X. Zhan, J. Liu and H. Zheng

##### (3) 国際会議発表論文 (査読なし)

- (1) Effect of Chemical Composition on Corrosion Property of Weld Metal of Austenitic Stainless Steels  
Tokyo (2022.7.19-22).  
K. Kadoi, Y. Kanno, S. Aoki and H. Inoue

- (2) Formation of Mn Depletion Zone around Oxide as Intragranular Ferrite Nucleus in Low Oxygen Weld Metal of Low Carbon Steel  
Tokyo (2022.7.19-22).  
R. Homma, G. Shigesato, M. Fujioka, K. Kadoi and H. Inoue

(7) 国際会議発表

- (1) Effect of Chemical Composition on Corrosion Property of Weld Metal of Austenitic Stainless Steels  
IIW Annual Assembly, Tokyo (2022.7.19-22)  
K. Kadoi, Y. Kanno, S. Aoki and H. Inoue
- (2) Formation of Mn Depletion Zone around Oxide as Intragranular Ferrite Nucleus in Low Oxygen Weld Metal of Low Carbon Steel  
IIW Annual Assembly, Tokyo (2022.7.19-22)  
R. Homma, G. Shigesato, M. Fujioka, K. Kadoi and H. Inoue
- (3) Accelerating Effect of Oxides on TiN Formation to Promote  $\delta$ -Ferrite Nucleation in Ferritic Stainless Steel Weld Metals  
Visual-JW 2022 (2022.10.25-26)  
Y. Hou and K. Kadoi
- (4) Influential Factor on Grain Boundary Liquation in HAZ of Alloy 625  
Visual-JW 2022 (2022.10.25-26)  
Y. Nakamori, K. Kadoi, K. Jotoku and T. Osuki
- (5) Microstructure Gradient Formation in Electron Beam Melting-Powder Bed Fusion of Ni-based Superalloy Haynes 282 Sukhdeep Singh  
Visual-JW 2022 (2022.10.25-26)  
J. Andersson and K. Kadoi
- (6) Development of Evaluation Method for Solidification Cracking Susceptibility during Additive Manufacturing Process  
IIW Intermediate meeting (2023.3.6-8)  
K. Kadoi, Y. Matsumoto, H. Chiba and H. Inoue

(8) 国内学会発表

- (1) 22%Cr系二相ステンレス鋼溶接部の475℃脆化に関する研究（第1報）二相ステンレス鋼多層盛溶接金属の475℃脆化現象  
溶接学会 令和4年度秋季全国大会，鳥根（2022.9.8-10）  
坂田 幹宏，門井 浩太，井上 裕滋
- (2) 22%Cr系二相ステンレス鋼溶接部の475℃脆化に関する研究（第2報）スピノーダル分解と溶質元素クラスター生成の促進による溶接金属での475℃脆化の加速メカニズム  
溶接学会 令和4年度秋季全国大会，鳥根（2022.9.8-10）  
坂田 幹宏，門井 浩太，井上 裕滋
- (3) 718合金のSLM過程における凝固割れ感受性の支配因子  
溶接学会 令和4年度秋季全国大会，鳥根（2022.9.8-10）  
門井 浩太，松本 幸弥，千葉 浩行，井上 裕滋

- (4) Cu合金/ステンレス鋼異材肉盛溶接部の組織形態と抗菌性  
溶接学会 令和4年度秋季全国大会, 鳥根 (2022.9.8-10)  
門井 浩太, 宮野 泰征, 川畑 竣大, 小代田 宗一, 井上 裕滋
- (5) Haynes282合金を用いたEBM積層造形部のマイクロ組織分布  
溶接学会 令和4年度秋季全国大会, 鳥根 (2022.9.8-10)  
S.Singh, J.Andersson, 門井 浩太
- (6) Ni基625合金の粒界溶融現象とその支配因子  
溶接学会 令和4年度秋季全国大会, 鳥根 (2022.9.8-10)  
中森 雄大, 門井 浩太, 浄徳 佳奈, 小薄 孝裕
- (7) 金属積層造形過程における凝固割れ感受性評価法の構築  
日本金属学会 第171回講演大会, 福岡 (2022.9.21-23)  
門井 浩太, 松本 幸弥, 千葉 浩行
- (8) 二相ステンレス鋼溶接金属においてG相の前駆体が時効硬化に及ぼす効果  
日本鉄鋼協会 第184回秋季講演大会, 福岡 (2022.9.21-23)  
坂田 幹宏, 門井 浩太, 井上 裕滋
- (9) 埋もれアーク溶接した二相ステンレス鋼溶接熱影響部での孔食発生機構  
日本鉄鋼協会 第184回秋季講演大会, 福岡 (2022.9.21-23)  
門井 浩太, HOU YUYANG, 馬場 勇人, 井上 裕滋
- (10) 金属積層造形過程における凝固割れ感受性評価法の構築とその影響因子  
溶接学会 第252回溶接冶金研究委員会 (2023.1.25)  
門井 浩太, 松本 幸弥, 千葉 浩行, 井上 裕滋
- (11) 二相ステンレス鋼の溶接熱影響部における孔食発生メカニズム  
溶接学会 令和4年度春季全国大会, オンライン開催 (2022.4.13-20)  
Y.Hou, 中森 雄大, 門井 浩太, 井上 裕滋, 馬場 勇人
- (12) フェライト系ステンレス鋼溶接金属での $\delta$ フェライト核生成促進のためのTiN生成に及ぼす酸化物の影響  
溶接学会 令和4年度秋季全国大会, 鳥根 (2022.9.8-10)  
HOU YUYANG, 門井 浩太
- (9) 国際会議講演**
  - (1) Influential Factors on Weld Solidification Cracking in Stainless Steels  
IWJC-Korea 2022, Online (2022.10.5-7)  
K. Kadoi, S. Ueno and H. Inoue
- (10) 国内会議講演**
  - (1)  $\gamma$ 系ステンレス鋼溶接金属の耐食性に及ぼす合金元素の影響  
溶接学会 第248回溶接冶金研究委員会, WEB開催 (2022.1.24)  
門井 浩太, 冠野裕大, 青木聡, 井上裕滋
  - (2) 凝固割れと先進評価方法  
溶接学会 溶接工学専門講座, 東京 (2022.10.12)  
門井 浩太

(3) オーステナイト系のトラブル事例と原因・対策  
日本溶接協会 特殊材料溶接研究委員会 講習会, 東京 (2023.3.17)  
門井 浩太

(4) ステンレス鋼溶接金属の耐食性に及ぼす材料学的影響因子  
腐食防食学会 溶接部腐食分科書会, 東京 (2023.3.17)  
門井 浩太

#### (11) 解説・総説

(1) 研究室紹介「大阪大学接合科学研究所 接合組織評価学分野」  
日本鑄造工学会誌, 94, 7 (2022), 390.  
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)	金属脆化・割れ誘発を活用したテーラード分離技術の開発	門井 浩太	11,310
(2)	特別研究員 奨励費 (外国人特別 研究員)	Ni超合金積層造形材の溶接性と高温割れ感受性に関する研究	門井 浩太	1,100
(3)	若手研究	Oxide Accelerating Primary Ferrite Nucleation of Austenitic Stainless Steel Weldment	HOU YUYANG	2,340

##### 一般公募型補助金研究

(1)	JSPS 外国人研究者招へい事業	門井 浩太	159
-----	------------------	-------	-----

##### 民間等との共同研究

(1)	ダイヘン溶接・接合協働研究所	門井 浩太	2,600
(2)	日本製鉄ものづくり未来協働研究所	門井 浩太	2,000

##### 受託研究

(1)	原子炉自在設計のためのテーラード溶接シミュレーションシステムの構築	門井 浩太	10,000
-----	-----------------------------------	-------	--------

##### 学術相談 (元)

(1)	学術相談	日鉄エンジニアリング	門井 浩太	500
-----	------	------------	-------	-----

##### 奨学寄付金 (元)

(1) 門井准教授 一般社団法人 日本鉄鋼協会  
研究助成金

門井 浩太

100

#### 4. 8 教育

氏名：池田 倫正

##### (3) 博士論文 (副査)

(1) マテリアル生産科学専攻, 岡田 徹 自動車用高強度鋼板の抵抗スポット溶接の継手強度特性に関する研究

氏名：門井 浩太

##### (1) 大学院等講義科目

(1) マテリアル生産科学専攻 生産プロセス学Ⅰ  
(2) マテリアル生産科学専攻 生産プロセス学Ⅱ  
(3) マテリアル生産科学専攻 接合プロセスメタラジー論  
(4) 応用理工学科 接合プロセス工学Ⅲ  
(5) 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, 中森 雄大 Ni 基 625 合金の粒界制御と液化割れ現象

##### (5) 卒業論文

(1) 応用理工学科, 鈴木 隆仁 鋼/AI 合金レーザーアークハイブリッド異材接合部における金属間化合物形成と脆化強度

#### 4. 9 社会貢献

氏名：池田 倫正

##### (1) 学会役員

(1) (一社) 日本溶接協会 学識委員  
(2) (一社) 日本溶接協会 規格委員会 幹事  
(3) (一社) 日本溶接協会 メールマガジン編集委員会 委員  
(4) (一社) 日本溶接協会 鉄系 FSW 規格検討小委員会 委員

- (5) (一社) 日本溶接協会 日本溶接会議 第Ⅲ委員会委員
- (6) (一社) 溶接学会 代議員
- (7) (一社) 溶接学会 軽構造接合加工研究委員会 副委員長
- (8) (一社) 溶接学会 軽構造接合加工研究委員会  
スポット溶接テキスト WG
- (9) (一社) 溶接学会 溶接教育委員会 委員

氏名：門井 浩太

(1) 学会役員

- (1) (一社) 日本鉄鋼協会 接合・結合フォーラム 幹事・会計
- (2) (一社) 日本鉄鋼協会 創形創質工学部会若手フォーラム 幹事
- (3) (一社) 日本鉄鋼協会 論文誌編集委員会 幹事
- (4) (一社) 日本溶接協会 特殊材料研究委員会 幹事
- (5) (一社) 日本溶接協会 溶接材料部会 共研第4分科会 委員
- (6) (一社) 日本溶接協会 学識委員
- (7) (一社) 日本溶接協会 関西地区溶接技術検定委員会幹事
- (8) (一社) 日本溶接協会 試験委員
- (9) (一社) 溶接学会 編集委員会 委員
- (10) (一社) 溶接学会 溶接冶金研究委員会 幹事
- (11) (一社) 溶接学会 溶接冶金研究委員会 破面写真集 WG 幹事
- (12) (一社) 溶接学会 論文査読委員会 委員
- (13) (公社) 日本鑄造工学会 査読委員
- (14) (公社) 日本鑄造工学会 代議員
- (15) Welding in the World  
(国際溶接学会 (IIW)) Principal reviewer
- (16) 国際溶接学会 (IIW) Comission IX Vice-Chair  
(第 IX 委員会 副委員長)

(2) 国際会議委員

(1) Visual-JW 2022

Program Committee

4. 10 全国共同利用に関する研究

(1) 令和4年度共同研究員と研究テーマ

氏名：門井 浩太

一般公募研究課題

- |      |       |                               |   |
|------|-------|-------------------------------|---|
| (1)  | 丸山 徹  | 関西大学化学生命工学部                   | fcc系高エントロピー合金の凝固組織と変形双晶の評価                              |
| (2)  | 西田 進一 | 群馬大学大学院理工学府                   | 溶接高温割れ感受性評価法の高度化とその支配因子の解明                              |
| (3)  | 半谷 禎彦 | 群馬大学大学院理工学府                   | 溶融凝固を利用した発泡金属の創製  |
| (4)  | 曙 紘之  | 広島大学大学院<br>先進理工系科学研究科         | 鉄鋼材料溶接部の組織形成機構と機械的特性との関係の解明, および優れた動的強度特性を発現する溶接接合技術の開発 |
| (5)  | 宮野 泰征 | 秋田大学大学院<br>理工学研究科             | 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                          |
| (6)  | 小川 裕樹 | 神戸大学大学院工学研究科                  | 非破壊評価に基づく接合継手の動的強度特性評価                                  |
| (7)  | 山本 拓実 | 神戸大学工学部機械工学科<br>構造安全評価学研究室    | Al合金のレーザー溶接継手の散逸エネルギーに基づく疲労強度評価                         |
| (8)  | 金子 大夏 | 大阪大学大学院工学研究科                  | 原子炉圧力容器鋼のレーザー溶接における熱影響部・溶込み形状に関する検討                     |
| (9)  | 杉山 昌章 | 大阪大学大学院工学研究科<br>日本製鉄材料基礎協働研究所 | 熱影響部モデル組織の組織設計と評価手法の研究                                  |
| (10) | 丸山 直紀 | 大阪大学大学院工学研究科<br>日本製鉄材料基礎協働研究所 | 熱影響部モデル組織の組織設計と評価手法の研究                                  |
| (11) | 濱崎 洋  | 中部大学工学部機械工学科                  | 異種金属接合部のテーラード分離シミュレーションの開発                              |

(2) 共同研究員との共著論文件数 (査読付き学術論文, 国際会議論文)

(1) 合計 1



多次元造形研究センター  
グリーン造形学分野



## 多次元造形研究センター グリーン造形学分野

### 4. 1 研究概要

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

### 4. 2 研究課題

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

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

#### 1. 環境に優しいナノ粒子の液相合成

環境に優しいナノ粒子の合成法として、3つの液相ボトムアップ法の開発を進めている。対象とする粒子は遷移金属酸化物ナノ粒子、貴金属ナノ粒子、およびハイエントロピーセラミックスナノ粒子であり、環境・エネルギー分野への応用を想定している。以下、本研究成果の概要を示す。

遷移金属酸化物の液相合成は、一般的にハロゲン化物や硝酸塩が前駆体（原料試薬）として使用されている。低環境負荷合成の観点から、ゲータイト ( $\alpha\text{-FeOOH}$ ) などのオキシ水酸化物を前駆体として用いて、マグネタイト ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) などのマイクロ粒子の合成に成功している。溶媒は多価アルコールと水の混合溶媒を用いた。本年度は  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  のナノサイズ化を試みた。ナノサイズ化のためには高い過飽和度の実現が不可欠である。本研究では混合溶媒中の水濃度の制御により高過飽和度が実現できることを見出し、結果として平均粒子径約 100 nm の  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  粒子を得た。今後は別の材料系への適用を進める予定である。

最近の貴金属ナノ粒子の合成では、有害な還元剤を使用しない合成プロセスの開発が求められている。植物由来などの環境に優しい還元剤を用いる報告があるが、粒子特性の再現性やコスト面で課題がある。そこで本研究では、還元剤を全く使用しない合成法の開発を進めている。貴金属の難溶塩を液中で熱分解する方法を考案し、その検証実験を行った。その結果、貴金属ナノ粒子の液相還元剤フリー合成に成功した。この方法は還元剤を全く使用しないだけでなく、合成後に副産物がほとんど残らない。そのため、洗浄工程が必要なくなるなど、コスト面での優位性もある。

ハイエントロピーセラミックスは金属元素（イオン）を5つ以上含むセラミックスである。本研究では多価アルコール-水混合溶媒中で3d遷移金属イオンの加水分解により、5つの3d遷移金属イオンを含む水酸化物ナノシートの合成に成功した。金属イオン数を増やすと、ナノシートの厚さが減少することも見出した。金属イオンの組み合わせにもよるが、Mn、Co、Ni、Fe、Znのイオンを含む水酸化物ナノシートの厚さは1.7 nmであった。また、熱処理によってハイエントロピーセラミックスの酸化物ナノ粒子を合成した。金属イオンの組み合わせにより、スピネル型、岩塩型、パイロクロア型等のハイエントロピー酸化物ナノ粒子の合成に成功した。

## 2. 環境に優しいナノ粒子のアセンブリ技術

本研究では、ナノ粒子の接合・集積によって2次元あるいは3次元の機能構造体を低環境負荷に創製することを目的としている。なお、これらの機能構造体は環境・エネルギー分野への応用を視野に入れて行っているものである。本年度は二つの研究開発を実施した。

一つは2次元あるいは3次元の構造体に液相中で直接粒子をコーティングする技術である。前項で示した粒子合成は液相中での均一核生成に基づくものであるのに対し、コーティングは不均一核生成に基づく。溶媒として環境に優しい水を用いて、溶解した金属イオンを還元あるいは加水分解を基板上で生じさせて、Auあるいはハイエントロピー水酸化物のナノ粒子の直接コーティングを試みた。その結果、ポリマー表面や金属多孔体表面への粒子コーティングに成功した。また、これらの現象解明と環境・エネルギー分野への応用を検討した。

もう一つは可視光により液相中で基板上に金属ナノ粒子を直接析出させる方法である。用いた液相は金属イオンが溶解した水溶液である。この水溶液には還元剤などの有害な化学物質は一切溶解していない。上述した貴金属ナノ粒子の液相還元剤フリー合成の原理を利用した方法であるが、コーティングのメカニズムについてはまだ十分な理解に至っていない。今後の課題である。

## 3. 環境調和材料の開発

本研究で合成したナノ粒子を用いて、超高齢化問題や環境・エネルギー問題の解決を目指して材料開発を行った。

高齢者およびリハビリ用患者の歩行をアシストするためのパッシブ・ロボティクス用材料の開発を行った。この材料は $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ナノ粒子を分散質とする磁気粘性流体(MR流体)である。せん断弾性率を磁場強度によって $10^3$ から $10^7\text{Pa}$ まで変化することができる硬軟材料である。今後は応用を視野に入れて、弾性率の変化幅を増やすことを目指す。

有毒物質の検出は環境モニタリングのために重要である。本研究で合成したナノ粒子を用いて3つの環境センサーを作製した。一つ目はAgナノ粒子の局在表面プラズモン共鳴を利用した比色センサーである。水溶液中の重金属イオンの微量検出の可能性が示唆された。二つ目はハイエントロピースピネル型ナノ粒子を用いたガスセンサーである。有毒ガスの検出特性は金属元素の組み合わせによって変化した。Co、Cr、Fe、Ni、Zrの組み合わせでは硫化水素に対する選択的なセンサー応答を示した。三つ目は水中に存在する極微量の汚染物質(グリホサート)を電気化学的に検出するセンサーの開発を進めた。このテーマはベトナム科学技術アカデミー材料科学研究所(VAST/IMS)と共同で実施した。本年度は本研究室で合成したAuナノ粒子とVAST/IMSが合成したナノカーボンとを複合化した電極が比較的大きな電気化学活性を示した。また、polyalanine/CuClとナノカーボンとを複合化して作製した電気化学センサーがグリホサートに対して良好な検出特性を示した。

水の電気分解は理想的な水素製造プロセスであるが、アノードで起こる酸素発生反応(OER)がボトルネックとなり、全体の効率を制限している。そこで、ハイエントロピー水酸化物ナノシートのOER用触媒の可能性を調べた。その結果、3d遷移金属元素の組み合わせにもよるが、比較的低い過電圧が観察された。今後は、4dあるいは5d遷移金属の組み合わせによる効果を調べる予定である。

工場からの合成染料(色素)の廃液は水中の環境および生物に悪影響を与えていると考えられている。色素の除去には活性炭による吸着が有効であるが、更なる吸着速度の向上も求められている。そこで、高比表面積で且つ水中で帯電しているハイエントロピー水酸化物ナノシートの色素吸着特性を調べた。その結果、活性炭よりも高い吸着速度を得た。ハイエントロピー水酸化物ナノシートは色素除去に有効な材料である。

## (2) 研究に対する自己評価

本年度はこれまで取り組んできた粒子合成法を発展させて、遷移金属酸化物ナノ粒子、Ag/Au 金属ナノ粒子、およびハイエントロピー水酸化物ナノシートの合成法を開発できたこと、またこれら粒子の機能と応用について検討したこと、さらにはこれらの研究成果の一部が査読付学術論文に掲載されたことから、当該年度の研究目標に対しては概ね達成できたと自己評価した。本年度の成果は、査読付学術論文 8 報、国内学会招待講演 2 件、解説記事 2 件である。なお、これらの研究は運営費、国際・産業連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト費 (6 大学) の他に、JSPS 科研費基盤研究 (B) (継続課題) および 2 件の共同研究費 (民間) などによって実施された。

## 4. 4 教育に対する自己評価

学部および大学院学生の教育に関しては概ね達成できたと自己評価した。工学部および工学研究科から B4 学生および M1 学生を受入れ、卒業論文および修士論文の教育・研究指導を行った。その結果、B4 学生は研究成果を国内学会に、M1 学生は国内学会と国際会議の場で発表した。また、学部講義として、「セラミック材料プロセス学」、「環境工学演習・実験Ⅰ」、「環境工学演習・実験Ⅱ」担当し、「構造・材料力学」、「特別講義Ⅱ」、総合科目、「学問の扉 (マチカネゼミ)」については他の先生と共同で実施した。接合研が担当する「学問の扉 (マチカネゼミ)」にも担当した。

## 4. 5 社会貢献に対する自己評価

下記の活動に取り込んだ。この項目に対しては、概ね貢献できたと自己評価した。

### 1. 国内外での学会等活動

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

### 2. 産学連携

産学連携活動の一環として、民間との共同研究を 2 件、および学術相談を 2 件行った。

### 3. 国際貢献

本年度も引き続き、ベトナム科学技術アカデミー材料科学研究所と大阪大学との国際ジョイントラボの枠組みの中で国際共同研究を進めた。その結果、国際共著論文 (査読付) 2 報が掲載された。その他に、Donghua University (中国) および Foshan University (中国) 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。

## 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

本年度は国内の大学から 3 名の共同利用研究員を受け入れた。コロナ禍が落ち着いたため、国内の共同利用研究員との対面での実験や打ち合わせの回数を増やすことができた。その結果、共同利用研究員との共著論文 (査読付) 2 件が掲載された。そのため、本項目に対しては概ね貢献できたと自己評価した。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Growth of Strontium-doped Lanthanum Chromium Manganite/Gadolinium-doped Ceria (LSCM/GDC) Nanocomposite Particles as Ni-free Solid Oxide Fuel Cell Anode Material  
燃料電池, 22, 4 (2022), 86-90.  
Y. Inaba, K. Sato, N. Kannari, H. Abe, A. Sciazko and N. Shikazono
- (2) Slow Spin Dynamics in a  $\text{CoM}_2\text{O}_4$  A-site Spinel (M=Al, Ga, and Rh)  
J. Phys. Commun., 6, 5 (2022), 055001.  
T. Naka, T. Nakane, J. Valenta, H. Mamiya, S. Ishii, M. Nakayama, H. Abe, T. Togashi and T. Uchikoshi
- (3) Development of Electrochemical Sensor Based on Polyalanine/CuCl-Gr/DWCNTs for Highly Sensitive Detection of Glyphosate  
Diam. Relat. Mat., 128 (2022), 109312.  
C. T. Thanh, P. N. D. Duoc, N. T. Huyen, V. T. Thu, N. X. Nghia, N. H. Binh, P. V. Trinh, N. V. Tu, C. T. Anh, V. C. Tu, P. N. Minh, H. Abe, E. D. Obraztsova and N. V. Chuc
- (4) 3D Porous Graphene/double-Walled Carbon Nanotubes/gold Nanoparticles Hybrid Film for Modifying Electrochemical Electrode  
Mater. Lett., 330 (2022), 133308.  
C.T.Thanh, P. N. D. Duoc, P. V. Trinh, N.T.Huyen, N. V. Tu, C. T. Anh, P. V. Hai, K. Yoshida, H. Abe and N. V. Chuc
- (5) Bottom-up Synthesis of 2D Layered High-Entropy Transition Metal Hydroxides  
Nanoscale Adv., 4, 11 (2022), 2468-2478.  
F. Li, S.-K. Sun, Y. Chen, T. Naka, T. Hashishin, J. Maruyama and H. Abe
- (6) Useful High-Entropy Source on Spinel Oxides for Gas Detection  
Sensors, 22, 11 (2022), 4233-4245.  
T. Hashishin, H. Taniguchi, F. Li and H. Abe
- (7) Sintering of High-Entropy Nanoparticles Obtained by Polyol Process: A Case Study of  $(\text{La}_{0.2}\text{Y}_{0.2}\text{Nd}_{0.2}\text{Sm}_{0.2}\text{Gd}_{0.2})_2\text{Ce}_2\text{O}_{7-\delta}$   
Journal of the European ceramic Society, 42, 16 (2022), 7538-7545.  
F. Li, G.-J. Zhang and H. Abe
- (8) Defective Multi-Element Hydroxides Nanosheets for Rapid Removal of Anionic Organic Dyes from Water and Oxygen Evolution Reaction  
J. Hazard. Mater., 447 (2023), 130803.  
F. Li, N. Kannari, J. Maruyama, K. Sato and H. Abe

##### (7) 国際会議発表

- (1) Thermal Diffusivity of Thermal Insulation Composite Made of Carbon Nanoparticle and Flat Carbon Particle by the Laser Flash Method  
The 13th Asian Thermophysical Properties Conf., ATPC2022, Online (2022.9.26-30)  
M. Akoshima, H. Abe, A. Kondo and M. Naito

(2) Bottom-up Synthesis of 2D Layered High-Entropy Transition Metal Hydroxides  
The 6th Int. Symp. on Visualization in Joining & Welding Science (Visual-JW), Osaka (2022.10.25-26)  
F. Li, T. Hashishin, J. Maruyama and H. Abe

(3) Green Synthesis of Silver Nanoparticles and Their Calorimetric Sensing  
The 6th Int. Symp. on Visualization in Joining & Welding Science (Visual-JW), Osaka (2022.10.25-26)  
M. Uemura, Y. Yagi, K. Yoshida, F. Li and H. Abe

#### (8) 国内学会発表

(1) 酸化銀を前駆体とする銀ナノ粒子の還元剤フリー合成  
(一社) スマートプロセス学会 2022年度学術講演会, 大阪 (2022.11.15)  
上村 昌史, 吉田 加菜子, 阿部 浩也

(2) 疎水性界面を用いた金ナノ粒子の還元剤フリー合成  
(一社) スマートプロセス学会 2022年度学術講演会, 大阪 (2022.11.15)  
八木 唯奈, 吉田 加奈子, 阿部 浩也

(3) 2022年度 第2回 時空間変調磁場の制御と応用に関する調査研究会  
低温工学・超電導学会, 大阪 (2023.3.14)  
阿部 浩也

(4) Synthesis of High-Entropy (La<sub>0.2</sub>Y<sub>0.2</sub>Nd<sub>0.2</sub>Sm<sub>0.2</sub>Gd<sub>0.2</sub>)<sub>2</sub>Ce<sub>2</sub>O<sub>7-δ</sub> Nanoparticles by Polyol Process and Their Sintering Behavior  
(一社) スマートプロセス学会 2022年度学術講演会, 大阪 (2022.11.15)  
F. Li, G. Zhang and H. Abe

#### (10) 国内会議講演

(1) ポリオールプロセスによる(水)酸化物粒子の構造多様性/多元素化設計  
日本セラミックス協会 第35回秋季シンポジウム (2022年度), 徳島 (2022.9.14-16)  
阿部 浩也, 李 飛

#### (11) 解説・総説

(1) ダイレクトライティングのためのナノ・マイクロ粒子合成  
スマートプロセス学会誌, 11, 4 (2022), 148-152.  
阿部 浩也, 李 飛, 佐藤 和好

(2) 溶液を反応場とする機能性ナノ構造体の創製 半導体の異種ナノ接合と環境センシング  
生産と技術, 74, 4 (2022), 11-14.  
橋新 剛, 阿部 浩也, 松田 元秀, 連川 貞弘, 久保田 弘

(17) 外部資金 (単位: 千円)

#### 科学研究費補助金

(1) 基盤研究(B) 磁性コロイドの外場応答ジャミング・ライク転移と硬軟プログラミング材料の創製 阿部 浩也 8,320

## 民間等との共同研究

- |     |                    |       |       |
|-----|--------------------|-------|-------|
| (1) | 第一稀元素化学工業株式会社      | 阿部 浩也 | 1,500 |
| (2) | 日本ペイントホールディングス株式会社 | 阿部 浩也 | 245   |

## 学術相談（元）

- |     |      |         |       |       |
|-----|------|---------|-------|-------|
| (1) | 学術相談 | イシダ     | 阿部 浩也 | 1,000 |
| (2) | 学術相談 | アドバンテスト | 阿部 浩也 | 440   |

## 奨学寄付金（元）

- |     |               |          |       |     |
|-----|---------------|----------|-------|-----|
| (1) | 阿部教授<br>研究助成金 | 藤倉化成株式会社 | 阿部 浩也 | 500 |
|-----|---------------|----------|-------|-----|

## 4. 10 全国共同利用に関する研究

### (1) 令和4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) | 橋新 剛  | 熊本大学大学院<br>先端科学研究部 | ハイエントロピー酸化物によるガス検知            |
| (2) | 佐藤 和好 | 群馬大学大学院理工学府        | ヘテロ界面を有する酸化物ナノ粒子構造体の創製とその機能評価 |
| (3) | 鈴木 義和 | 筑波大学数理物質系          | 液相プロセスを用いた複酸化物ナノ粒子のスマートグリーン合成 |

### (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 | 5 |
|-----|----|---|

多次元造形研究センター  
積層造形学分野



## 多次元造形研究センター 積層造形学分野

### 4. 1 研究概要

本分野では、実用部材へ多様な素材群を導入しつつ複雑な形状を付与する工学的アプローチを主眼に据えており、アディティブ・マニファクチャリングにおける接合科学の探求により、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。また、都市発展を保障するために物質資源の効率的な循環をはかり、周辺環境の安定化を狙いつつ機能構造を大規模に構築し、持続可能社会の実現に寄与している。さらに、獲得知見を環境構築工学や物質循環工学として体系化するべく、人工知能も活用し設計・製造・評価プロセスの自動化を進めている。

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

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

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

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

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

## 4. 2 研究課題

1. 低温処理ならびに再資源化が可能なガラス造形における部材組織の制御と積層工程の最適化
2. 人工歯冠インプラントの光造形における微粒子ペーストの品質向上と熱処理プロセスの時間短縮
3. 数列制御した樹枝分岐を有するセラミック製ガスノズルの造形と水素火力発電への応用検討
4. 溶融金属からの酸素分離を可能にする微細凹凸表面を導入した固体電解質電極の積層造形
5. 深紫外線殺菌用のシリカガラスフィルタ造形と空間充填多面体における光導波軌跡の最適化
6. 連通した微細孔を有するセラミックスタックの作製と熱音響変換による高効率熱輸送の検討
7. マイクロパターンを付与した圧電体素子からの指向性超音波発振と海水淡水化処理への応用
8. エバネッセント領域における現象効果の検討と環境構築工学ならびに物質循環工学の実践

## 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

### (1) 研究成果

1. 低温処理ならびに再資源化が可能なガラス造形における部材組織の制御と積層工程の最適化  
酸化ケイ素の結晶構造へ添加原子を導入し非晶質化した素材は、比較的低温での成形が容易なソーダ石灰ガラスとして知られており、他の無機材料と比較して再資源化が容易である。このようなガラス素材を調合し、低温成形や再資源化が容易な造形素材として利用した。幾何学理論に基づいて部材内部に自己相似的な階層構造を導入し、気体や液体の空間的な伝搬を制御した。  
導入した階層図形はヒルベルト曲線と称されるフラクタル構造であり、単位体積に長大な連通孔の折曲パターンにより、応力や熱などのエネルギー分布だけでなく、流体などマテリアル分布を自在に制御できる。これら空間分布の可視化シミュレーションを基にして、造形ペーストの粘度調整やレーザ描画条件の検討をはじめ、熱処理工程や焼結組織の制御などプロセス最適化を進めた。
2. 人工歯冠インプラントの光造形における微粒子ペーストの品質向上と熱処理プロセスの時間短縮  
歯科治療においては、天然歯の色調が再現可能で、金属アレルギー等の歯周組織への悪影響が少なく、生体親和性が良好とされる、セラミックス製人工歯冠への需要が高まっている。ジルコニア微粒子を分散したアクリル樹脂を素材として、積層造形により歯冠形状を作製し、形態再現性を確認した。脱脂焼結による組織緻密化を経て、フルセラミックスの人工歯冠インプラントを試作した。  
造形素材であるジルコニア分散ペーストの調合において、離散要素解析を用いた微粒子の高濃度充填を検討した。微粒子が高濃度分散しながら低粘度のペースト素材が完成し、光造形における成形寸法にも高い精度を実現することができた。従来素材を用いた場合と比較して、脱脂焼結に関わる処理時間が約 20 分の 1 に短縮できるなど、プロセス工学的に特筆すべき成果が得られた。
3. 数列制御した樹枝分岐を有するセラミック製ガスノズルの造形と水素火力発電への応用検討  
廃気体中に炭酸ガスを含まない、水素を利用した火力発電が検討され、高温の燃焼環境に耐え得る部材が求められている。候補としてセラミック構造体の製造が挙げられるが、燃焼炎を噴射するバーナノズルなど、複雑形状の部材成型が困難とされた。内部構造では複数種類の気体輸送路を分岐させ、熱影響を考慮しつつ効率的に配置し、適切に混合して燃焼させる工夫が必要である。  
立体的に展開する気体の輸送路には、フィボナッチ数列に従い展開する、樹脂分岐パターンを導入した。水素ならびに酸素が単管から導入され、多分岐した輸送路に沿い、分布する微細孔から噴射される。気体輸送路の総断面積を常に一定に保つことで、圧力損失を低減するように設計した。バーナノズルには熱伝導性の高いアルミナを採用し、輸送気体による冷却効果も持たせた。
4. 溶融金属からの酸素分離を可能にする微細凹凸表面を導入した固体電解質電極の積層造形  
アルミニウムは国内で大量に使用されているが、地金製造の大部分を海外に依存している。溶融塩電解によるアルミニウム精錬において、分離した酸素イオンが炭素陽極と反応し、大量の炭酸ガ

スを発生させるためである。炭素の代替としてジルコニア固体電解質を採用すれば、酸素伝導を示す高温耐久性のセラミック陽極としてアルミニウム精錬に用い、廃気体を酸素のみに限定できる。

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

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

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

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

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

環境負荷の高い冷媒を使用せずに、廃熱や自然熱をエネルギー源として利用できる、熱音響変換が注目されている。ループ管システムは、熱を投入して音波を発生させるプライムバと、音波から温度差を作り出すヒートポンプで構成され、熱エネルギーを音波として伝搬できる。出力として温度差が得られ、高温端を室温の冷却水で冷却すれば、低温端では氷点下の温度も発生できる。

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

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

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

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

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

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

## (2) 研究に対する自己評価

本分野では、積層造形工学における、接合科学の研究実践を基盤として、教授1名ならびに助教1名が学生3名とともに鋭意活動を進めた。今年度の研究成果は、和文誌ならびにインパクトファクター付の英文誌へ査読付の学術論文として、それぞれ2報ならびに3報が掲載された。

当該教授は、近年のアディティブ・マニュファクチャリングへの関心の高まりから、様々な国際会議より招待を受け108件の基調講演へ登壇した。学生の研究発表も含めた、国内および国際学会での研究発表は、それぞれ3件および8件であり、学術的知見の迅速な公開を果たした。

今年度の外部資金は合計4,888千円であり、公的研究助成の補完研究を含む競争的資金に加え、民間企業からの共同研究や学術相談に関わる研究資金や、財団などからの奨学寄附金を含めて、全体的に適度な金額バランスで獲得し、成果創出ならびに指導支援を継続した。

## 4.4 教育に対する自己評価

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

今年度は、学部生1名と博士前期課程の大学院生2名について、教育研究指導を行った。学部学生については、本学ならびに他大学の大学院へ合格を果たし、さらに欧州への留学プログラムにも採用された。博士前期課程学生は、いずれも製造系の民間企業へ就職を果たした。

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

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

## 4.5 社会貢献に対する自己評価

当該教授は、溶接学協会やスマートプロセス学会など国内の学術団体において、理事会や部会などで3件の役員を務めた。また、海外に拠点を置く学術団体において、合計99件の国際会議で組織委員を担当し、国際論文誌9件の編集委員を務め、積極的な社会貢献を果たした。

今年度は、積層造形工学と接合科学の融合をテーマとして、オンライン中継方式の国際会議を数多く開催し、国内ならびに海外研究者との学術交流を推進した。また、スマートプロセス学会の部会セミナーを2回にわたり開催し、民間企業を主体として合計61名の参加者を迎えた。

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

## 4.6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

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

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

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) Powder-fed Directed Energy Deposition of Soda Lime Silica Glass on Glass Substrates  
J. Am. Ceram. Soc. (2022), 1-14.  
F. Spirrett, K. C. Datsiou, M. Magallanes, I. Ashcroft and R. Goodridge
- (2) High-Speed Alumina Stereolithography  
mdpi Applied Sciences, 12, 19 (2022), 9760.  
F. Spirrett, T. Ito and S. Kirihara
- (3) Reduction of Dewaxing and Sintering Time by Controlling the Particle Size of YSZ Particles for Stereolithography  
Ceramics, 5, 4 (2022), 814-820.  
M. Takahashi, F. Spirrett and S. Kirihara

##### (7) 国際会議発表

- (1) Nanoparticles Joining Mechanisms in Stereolithographic Additive Manufacturing  
The 75th IIW Annual Assembly and Int. Conf. (IIW 2022), Tokyo (2022.7.17-22)  
S. Kirihara and F. Spirrett
- (2) Stereolithographic Additive Manufacturing of Metals and Ceramic Components with Geometrically Modulated Structures  
The 6th Int. Symp. on Visualization in Joining & Welding Science (Visual-JW), Osaka (2022.10.25-26)  
S. Kirihara and F. Spirrett
- (3) Optimisation of Powder Based Laser Additive Manufacturing of Soda Lime Silica Glass  
Glass and Optical Materials Division Annual Meeting, Baltimore, Maryland, US (hybrid-online) (2022.5.26)  
F. Spirrett, K. Datsiou, R. Goodridge, I. Ashcroft, M. Magallanes
- (4) Investigations Into The Processability of Glass Materials By Additive Manufacturing Techniques  
IIW 2022 Int. Conf. on Welding and Joining, Tokyo (2022.7.18)  
F. Spirrett, R. Goodridge, I. Ashcroft, K. Datsiou and S. Kirihara
- (5) Ceramic Stereolithography for Sustainable Societies  
Visual JW and DEJI2MA 2022, Osaka, Japan (2022.10.25)  
F. Spirrett and S. Kirihara
- (6) Stereolithographic Additive Manufacturing of Glass/Ceramic Components as Sustainable Materials Engineering  
The 6th Int. Symp. on Visualization in Joining & Welding Science (Visual-JW), Osaka (2022.10.25-26)  
A. Oi, F. Spirrett and S. Kirihara
- (7) Systematic Nanoparticles Sintering on Stereolithographic Additive Manufacturing for Fine Ceramic Microstructures  
The 6th Int. Symp. on Visualization in Joining & Welding Science (Visual-JW), Osaka (2022.10.25-26)  
M. Takahashi, F. Spirrett and S. Kirihara

- (8) Ceramic Stereolithography for Sustainable Manufacturing  
47th Int. Conf. and Expo on Adv. Ceramics and Composites, Daytona Beach, Florida, USA (2023.1.24)  
F. Spirrett and S. Kirihara

**(8) 国内学会発表**

- (1) ガラス／セラミック複合材の光造形プロセスと環境材料創製  
2022年度スマートプロセス学会学術講演会, Osaka (2022.11.15)  
大井 彩也夏, スピレット フィオナ, 桐原 聡秀
- (2) ジルコニア固体電解質の立体格子造形と環境制御デバイスの構築  
2022年度スマートプロセス学会学術講演会, Osaka (2022.11.15)  
高橋 昌也, スピレット フィオナ, 桐原 聡秀
- (3) Ceramic Stereolithography: Sustainable Solutions to Engineering Problems  
2022年度スマートプロセス学会学術講演会, Osaka, Japan (2022.11.15)  
F. Spirrett and S. Kirihara

**(9) 国際会議講演**

- (1) Stereolithographic Additive Manufacturing of Practical Ceramic Components with Functional Geometries  
International Conference and Exhibitions on 3D Printing and Additive Manufacturing Technology  
(3DP&AMT 2022), Dubai (2022.4.13-14)  
S. Kirihara
- (2) Additive Manufacturing of Ceramic Components Using Viscose Resin Pastes with Multimodal  
Nanoparticles Dispersions  
Global Expo on 3D Printing and Additive Manufacturing Technology (3DP-Expo 2022), Barcelona  
(2022.4.18-19)  
S. Kirihara
- (3) Direct Additive Manufacturing of Ceramic Components by Ultraviolet Laser Lithography  
2nd Global Congress and Expo on Advance 3D Printing and Modelling (A3DPM 2022), Webinar  
(2022.5.5-6)  
S. Kirihara
- (4) Direct Ceramic Fabrication by Lithographic Additive Manufacturing for Energy Harvesting  
International Conference on Modern Materials and Technologies (CIMTEC 2021), Italy (2022.6.20-24)  
S. Kirihara
- (5) Stereolithographic Additive Manufacturing of Multi-Dimensional Components  
5th Annual Conference of Holistic Innovation in Additive Manufacturing (HI-AM 2022), Montreal  
(2022.6.21-25)  
S. Kirihara
- (6) Stereolithographic Additive Manufacturing for Functional Ceramic Components  
2nd Global Webinar on 3D Printing and Additive Modelling (3DPAM 2022), Webinar (2022.7.1-3)  
S. Kirihara
- (7) Energy and Material Flow Modulations by 3D Printed Geometries  
4th International Conference on Material Science and Technology (ICMST 2022), Webinar (2022.9.7-8)  
S. Kirihara

- (8) Stereolithographic Additive Manufacturing  
International Conference on 3D Printing and Additive Manufacturing (3DP 2022), Rome (2022.10.5-7)  
S. Kirihara
- (9) Nanoparticles Paste Compounding for Stereolithographic Additive Manufacturing  
2nd International Conference on 3D Printing and Additive Manufacturing (3DPRINTINGMEET 2022), Chicago (2022.11.7-9)  
S. Kirihara
- (10) Substrate Stereolithography of Fine Ceramic Additive Manufacturing  
Global Conference on 3D Printing and Additive Manufacturing (3DPAM 2022), Valencia (2022.11.10-12)  
S. Kirihara
- (11) Stereolithographic Additive Manufacturing of Geometric Components for Sustainable Resource Circulations  
2nd International Forum on 3D Printing and Additive Manufacturing (IF-3DPAM 2022), Valencia (2022.11.14-16)  
S. Kirihara
- (12) Stereolithographic Additive Manufacturing  
3rd Global Congress and Expo on Advance 3D Printing and Modelling, Webinar (2022.11.28-29)  
S. Kirihara
- (13) Direct Additive Manufacturing of Ceramic Components for Functionally Modulated Structures  
3rd Global Webinar on 3D Printing and Additive Manufacturing, Webinar (2022.12.8-9)  
S. Kirihara
- (14) Stereolithographic Additive Manufacturing of Functional Components for Sustainable Developments  
2nd International Meet on Renewable and Sustainable Energy (RENEWABLEMEET 2023), Rome (2023.3.13-15)  
S. Kirihara
- (15) Stereolithographic Additive Manufacturing for Electromagnetic Wave Control  
2nd International Meet on Magnetism and Magnetic Materials (MAGNETISMMEET 2023), Rome (2023.3.16-18)  
S. Kirihara
- (10) 国内会議講演**
- (1) 光造形プロセスによる多次元アディティブ・マニユファクチャリング  
日本溶接協会積層造形技術委員会, Tokyo (2022.6.6)  
S. Kirihara
- (11) 解説・総説**
- (1) 光造形アディティブ・マニユファクチャリングによる金属製構造体の作製  
スマートプロセス学会誌, 11, 4 (2022), 171-174.  
桐原 聡秀
- (2) ガラス材料の積層造形プロセス  
スマートプロセス学会誌, 11, 4 (2022), 163-170.  
F. Spirrett, R. Goodridge, I. Ashcroft, K. Datsiou, C. Holcroft and S. Kirihara

## (12) 著書

- (1) Additive Manufacturing in Biomedical Applications: Stereolithographic Additive Manufacturing of Biological Scaffolds  
ASM, (2022), 分担執筆  
S. Kirihara

## (17) 外部資金

(単位:千円)

### 学術相談 (元)

- |     |      |          |       |     |
|-----|------|----------|-------|-----|
| (1) | 学術相談 | エスケーフライン | 桐原 聡秀 | 435 |
| (2) | 学術相談 | エスケーフライン | 桐原 聡秀 | 958 |
| (3) | 学術相談 | 三菱重工業    | 桐原 聡秀 | 495 |

### 奨学寄付金 (元)

- |     |                        |                 |                   |       |
|-----|------------------------|-----------------|-------------------|-------|
| (1) | 桐原教授<br>研究助成金          | 住友化学株式会社        | 桐原 聡秀             | 1,000 |
| (2) | 桐原教授<br>研究助成金          | 第一希元素化学工業株式会社   | 桐原 聡秀             | 1,000 |
| (3) | スピレット<br>フィオナ助教<br>助成金 | 公益財団法人 大倉和親記念財団 | SPIRRETT<br>FIONA | 1,000 |

## 4. 8 教育

氏名: 桐原 聡秀

### (1) 大学院等講義科目

- |     |             |            |
|-----|-------------|------------|
| (1) | 環境・エネルギー工学科 | 環境工学演習・実験Ⅱ |
| (2) | 環境・エネルギー工学科 | 環境工学演習・実験Ⅲ |
| (3) | 環境・エネルギー工学科 | 環境工学特別講義Ⅱ  |
| (4) | 環境・エネルギー工学科 | 金属材料プロセス学  |
| (5) | 環境・エネルギー工学科 | 材料・構造力学    |
| (6) | 環境・エネルギー工学科 | 資源材料循環工学   |
| (7) | 環境・エネルギー工学科 | 都市環境工学     |

- |                  |   |
|------------------|---|
| (8) 環境・エネルギー工学専攻 | Environmental Materials and Resource Circulation Processing |
| (9) 環境・エネルギー工学専攻 | 環境材料循環プロセス学   |
| (10) 全学教育推進機構    | 学問への扉<br>(環境工学入門1 —都市環境問題を考える)                              |

#### 4. 9 社会貢献

氏名：桐原 聡秀

##### (2) 国際会議委員

- |   |                      |
|---|----------------------|
| (1) Global Conference on Semiconductors, Optoelectronics and Nanostructures (GCSOM) | Organizing Committee |
| (2) Global Expo on 3D Printing and Additive Manufacturing Technology (3DP-Expo)     | Organizing Committee |
| (3) Global Webinar on 3D Printing and Additive Modelling (GWPAM)                    | Organizing Committee |
| (4) 2nd Global Congress & Expo on Nanotechnology & Nanoscience (ISTNANO)            | Organizing Committee |
| (5) 4th Global Conference & Expo on Materials Science and Engineering (ISTMSE)      | Organizing Committee |
| (6) 2nd World Congress & Expo on Chemical Engineering & Catalysis (ISTCCE-2022)     | Organizing Committee |
| (7) 4th Global Webinar on Applied Science, Engineering and Technology (ASET 2022)   | Organizing Committee |
| (8) 2nd Global Webinar on 3D Printing and Additive Modelling (3DPAM 2022)           | Organizing Committee |
| (9) Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies (CICMT)              | Organizing Committee |
| (10) Global Webinar on Magnetic and Magnetism Materials (GWMAGM 2022)               | Organizing Committee |
| (11) Global Meet on Power and Energy Engineering (GMPOWER)                          | Organizing Committee |
| (12) Global Summit and Expo on Mechanical and Mechatronics Engineering (GSEMME)     | Organizing Committee |

- |      |  |                      |
|------|--|----------------------|
| (13) | 11th International Conference on High Temperature Ceramic Matrix Composites (HT-CMC)   | Organizing Committee |
| (14) | Global Meet on Condensed Matter Physics (GMCMP)  | Organizing Committee |
| (15) | 4th Global Webinar on Aero Space, Mechanical and Mechatronics Engineering (GWMEC 2022) | Organizing Committee |
| (16) | International Conference on 3D Printing and Additive Manufacturing (3DP)               | Organizing Committee |
| (17) | 4th Edition of Renewable and Sustainable Energy (RSE 2022)                             | Organizing Committee |
| (18) | 3rd Global Webinar on Civil, Architectural, and Environmental Engineering (GWCAE 2022) | Organizing Committee |
| (19) | 3rd Global Conference & Expo on Nanotechnology & Nanoscience (ISTNANO 2022)            | Organizing Committee |
| (20) | Global Conference on 3D Printing and Additive Manufacturing (3DPAM 2022)               | Organizing Committee |
| (21) | 2nd International Forum on 3D Printing and Additive Manufacturing (IF-3DPAM)           | Organizing Committee |
| (22) | 3rd Global Congress and Expo on Advance 3D Printing and Modelling                      | Organizing Committee |
| (23) | International Conference on Green Chemistry and Environmental Engineering (GCEE)       | Organizing Committee |
| (24) | 2nd Global Summit on Power and Energy Engineering (GSPEE 2023)                         | Organizing Committee |
| (25) | 4th Global Webinar on 3D Printing and Additive Manufacturing (3DP&AM 2023)             | Organizing Committee |
| (26) | International Meet on Civil, Structural and Environmental Engineering (CIVILMEET 2023) | Organizing Committee |
| (27) | Global Summit and Expo on Magnetism and Magnetic Materials (GSEMMM 2023)               | Organizing Committee |
| (28) | International Conference on Optics, Photonics and Lasers (ICOPL 2022)                  | Organizing Committee |

- |  |                              |
|--|------------------------------|
| (29) 3rd International Conference on Aerospace, Mechanical and Mechatronics Engineering (ICAMME-2023)              | Organizing Committee         |
| (30) 2nd International Conference and Exhibition on 3D Printing and Additive Manufacturing Technology (3DPAM 2023) | Organizing Committee         |
| (31) 7th International Conference on Material Science and Engineering  | Organizing Committee         |
| (32) Global Meet on Photonics, Optics and Laser Technology (Opticstechnology 2023)                                 | Organizing Committee         |
| (33) Global Conference on Nanotechnology, Nanoscience and Nanomaterials (NNN-2023)                                 | Organizing Committee         |
| (34) International Conference on Artificial Intelligence (ICAI 2023)   | Organizing Committee         |
| (35) 3rd International Meet & Expo on Nanotechnology (NANOMEET 2023)   | Committee Member             |
| (36) 2nd Global Summit and Expo on Sustainable and Renewable Energy (GSESRE 2023)                                  | Organizing Committee         |
| (37) International Meet & Expo on Mechanical and Mechatronics Engineering (MECHMEET 2023)                          | Organizing Committee         |
| (38) Global Experts Conference on Civil Engineering and Infrastructure (GECCEI 2023)                               | Organizing Committee         |
| (39) International Conference and Expo on Condensed Matter Physics (CMP 2023)                                      | Organizing Committee         |
| (40) 3rd Global Congress & Expo on Renewable & Non Renewable Energy (RENEWABLE 2023)                               | Organizing Committee         |
| (41) The 12th International Conference on Microwave Materials and Applications (MMA 2023)                          | International Advisory Board |
| (42) European Congress on Biomaterials and Bio-devices (ECBIOMAT 2023)   | Organizing Committee         |
| (43) 8th European Congress on 3D Printing & Additive Manufacturing (3DP&AM 2023)                                   | Organizing Committee         |

- |      |  |                      |
|------|--|----------------------|
| (44) | Global Congress on 3D Printing and Additive Manufacturing (GC3DPRINT 2023)                                 | Scientific Committee |
| (45) | 15th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM15)                                     | Organizing Committee |
| (46) | 5th International Conference on Renewable Energy, Resources and Sustainable Technologies (EnergyTech 2023) | Organizing Committee |
| (47) | International Conference and Expo on Renewable and Sustainable Energy (ICERSE 2023)                        | Organizing Committee |
| (48) | 4th Global Summit and Expo on Magnetism and Magnetic Materials (GSEMMM 2024)                               | Organizing Committee |

#### 4. 10 全国共同利用に関する研究

##### (1) 令和4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) | 吉原 久美子 | 国立研究開発法人産業技術総合研究所生命工学領域健康医工学研究部門くらし工学研究グループ | 歯科用高透過マルチレイヤージルコニア3次元造形法の確立      |
| (2) | 松垣 あいら | 大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻                     | 金属積層造形法による新規生体材料創製               |
| (3) | 中野 貴由  | 大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻                     | 積層造形法による金属構造体の異方化特性制御            |
| (4) | 小笹 良輔  | 大阪大学工学研究科マテリアル生産科学専攻                        | 金属積層造形法による新規機能性材料の創製             |
| (5) | 伊藤 理彩  | 大阪大学大学院工学研究科                                | 環境中の有害元素の挙動解明                    |
| (6) | 岡崎 祐樹  | 大阪大学大学院工学研究科                                | 環境中の有害元素の挙動解明                    |
| (7) | 藤本 慎司  | 大阪大学大学院工学研究科                                | 金属系積層造形物の表面改質と複雑構造内電気化学現象の数値モデル化 |
| (8) | 金高 弘恭  | 東北大学大学院歯学研究科歯学イノベーションリエゾンセンター               | セラミックス積層造形体の医療応用                 |

多次元造形研究センター  
先端造形学分野



# 多次元造形研究センター 先端造形学分野

## 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、先端造形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、新造形プロセスの開発を進めている。

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

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

## 2. 研究課題

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

## 3. 研究成果と研究に対する自己評価

### (1) 研究成果

1. 機械的手法による機能性ナノ粒子の非加熱合成技術の開発

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

前者においては、Ceを添加した $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$  (YAG) 蛍光体の合成プロセスの検討を引き続き行い、外部加熱を施すことなく非加熱でのYAG蛍光体の直接合成を実現するとともに、直接合成に及ぼす各種プロセス条件の検討を行った。本年度は、これらの検討結果を基礎として、酸窒化物の蛍光体の直接合成を試みた。窒化ケイ素にアルミニウムと酸素が固溶した白色LED用サイアロン蛍光体をモデル例として、まず酸化カルシウム、窒化ケイ素、窒化アルミニウム、さらに酸化ユーロピウムを所定の配合割合で混合した。圧縮力と摩擦力を粉体に付与することを原理とする摩砕式ミルに混合粉体を投入し、16分間処理したサンプルと、処理品を窒素フロー中で2時間1,600℃で熱処理したサンプルを用いて基礎検討を行った。その結果、前者のサンプルを窒素ガス下で1,800℃で加圧焼成したところ、比較的良好な蛍光特性を示すことを確認した。さらに後者のサンプルにお

いては、窒素加圧せずに熱処理したにもかかわらず、蛍光特性を示すことを明らかにした。

また、全固体リチウムイオン電池の安全な固体電解質として注目される高性能の酸化物固体電解質材料を開発するために、高いイオン伝導率が期待される Ga 添加  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  系の電解質粉体の合成研究を継続し、原料粉体の非加熱処理のみで短時間での合成に寄与する各種プロセス因子の影響を検討した。この方法では、ワンポットの機械的処理によって、粒子合成に加えて、成形性向上に有効な造粒体の作製が可能であることから、成形性の向上に寄与する造粒体の構造に及ぼすプロセス因子の影響についても検討を行った。

一方、後者においては、従来の遊星ボールミルに比べて高い公転速度を与えることができる小型の高加速度遊星ボールミルを用いて、リチウムイオン二次電池の負極へ変換可能な  $\text{Li}_{1.81}\text{H}_{0.19}\text{Ti}_2\text{O}_5 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  (LHTO) の短時間合成を試みた。その結果、1,000 G の遠心加速度を付与する条件によって LHTO の合成実験を行った結果、0.3 mm、0.5 mm のサイズの媒体ビーズを用いると、60 分という短時間処理によって、LHTO の生成率 90% を達成することができた。また、合成された LHTO を 500℃ で 2 時間熱処理を行い、得られた LTO ( $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ) のリチウムイオン電池としての負極特性を評価したところ、良好な特性を示すことを明らかにした。

## 2. 環境負荷低減のための二次電池用電極製造プロセスに関する研究

リチウムイオン二次電池に用いられる正極活物質はリチウム複合酸化物からなり、主としてレアアースの Co や Ni を含む。そのため、近年では廃棄二次電池からの資源回収が注目されている。選別工程後、正極部材を溶解させた処理溶液からの元素抽出、精錬工程を経て、各種遷移金属化合物が回収されている。一方、リチウム価格の高騰を受け、リチウム資源の循環利用も求められている。これまで、後述する多孔質酸化マンガン ( $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ) 球の作製に成功している。多孔質球を用いてリチウム化合物のナノ粒子を回収し、焼成することで再び正極活物質として利用できれば、リチウムイオン二次電池の電極製造プロセスの飛躍的な低コスト化に繋がる。そこで、本研究ではリチウムイオンを含んだ模擬溶液から炭酸リチウム ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ) ナノ粒子を析出させ、 $\text{Mn}_3\text{O}_4$  多孔質球に捕集させることを目指した。その結果、炭酸ガスの吹き込みによって  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  ナノ粒子が析出する条件を見出し、 $\text{Mn}_3\text{O}_4$  多孔質球表面の開気孔に捕集されている様子を確認した。攪拌時間や添加量などの諸条件に対する  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  析出量を網羅的に評価することで、捕集効率に関する基礎的知見を得た。

さらに、得られた  $\text{Li}_2\text{CO}_3/\text{Mn}_3\text{O}_4$  複合粒子を焼成することで、リチウムイオン二次電池の正極活物質へ変換できることを実証した。

## 3. 複合粒子を用いた超低熱伝導材料の開発

ナノ粒子を直接接合する低環境負荷型の非加熱複合化プロセスにより、断熱性能の極めて高い軽量ナノ多孔質材料を作製するプロセスを既に開発している。この方法は、ナノ粒子を繊維粒子表面に多孔質状に接合した複合繊維粒子を調製し、それを加圧成形することによって断熱材を作製するものである。本年度は、耐熱性の高いセラミック繊維粒子と各種ナノ粒子を用いて作製したナノ多孔質断熱材料を用いて、熱伝導率の繰り返し測定などを行い、材料の熱伝導率、並びに機械的特性に及ぼす影響について検討を行った。その結果、ナノ多孔質断熱材料においては、原料となるナノ粒子の熱的特性の違いによって、高温場での熱伝導率、並びに機械的強度が大きく異なることを示した。

## 4. 機能性微粒子合成のための水蒸気固相プロセスの開発

水蒸気雰囲気下では炭酸マンガン ( $\text{MnCO}_3$ ) の熱分解が低温から進行するとともに、生成する  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  の粒成長も促進される。これらの反応を利用し、 $\text{MnCO}_3$  球状粒子から多孔質  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  球が合成できることを見出している。本年度は、粒子径の異なる多孔質  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  球を調製し、多孔質球一粒

での圧縮挙動を評価した。具体的には、走査型電子顕微鏡内において二本のカンチレバーを用いて圧縮した際の変形距離をその場観察した。その結果、粒子径 3  $\mu\text{m}$  の多孔質球では粒子が変形した後も圧縮可能であることを明らかにした。一方、粒子径 10  $\mu\text{m}$  の多孔質球では変形することなく破断した。粒子径に応じて、多孔質球内部の細孔構造が外部からの圧縮応力を緩和できることが示唆された。

一方、固体の加熱における水蒸気分圧の影響を調査するため、示差熱 - 熱重量分析においては室温付近での飽和蒸気圧を調整した湿潤ガス、管状炉を用いた加熱においては最大 70 kPa の加湿ガスを導入することで検討し、水蒸気分圧の増加に伴う反応開始温度の低下を明らかにした。

#### 5. セラミックス粉体の超微粉砕技術の確立に関する研究

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。このプロセスでは、粉砕時間とともに粒子径は減少するが、ある時間で粉砕がストップし、粒子の再凝集が生じる。本研究では、このような超微粉砕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、これまで超微粉砕プロセスの解析に用いてきた DEM の手法を、機械的手法による粒子複合化プロセスの解析に適用する研究を進めた。そのモデル例として、平板状粒子表面へのナノ粒子の複合化プロセスの解析を行った。その結果、複合化処理時に処理容器内で形成される平板状粒子の粒子配向構造と、平板状粒子に作用する法線方向、並びに接線方向の衝突エネルギーによって、平板状粒子表面のナノ粒子複合構造の形成過程を定性的に説明することができた。

#### (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、先端造形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、7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した。なお、本年度は、内藤教授が、これまでのグローバルなセラミックス分野のコミュニティー形成や国際共同研究推進の業績に対して、アメリカセラミックス学会より、ACerS Global Ambassador Award を受賞した。その他、当分野では外部資金の獲得も積極的に進め、科学研究費補助金、環境研究総合推進費の研究予算に加えて、企業との共同研究予算も獲得した。

#### 4. 教育に対する自己評価

マテリアル生産科学専攻マテリアル科学コースの担当分野として、大学院の授業を担当するとともに大学院学生の研究指導を行った。その結果、大学院前期課程の学生 1 名が国際会議 (ICCCI2022) において KONA Young Researcher Award を受賞した。また、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。その他学外においては、内藤教授が早稲田大学大学院理工学研究科において、「先端粉体プロセス特論」の講義を担当した。

#### 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先端造形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 39 件、6 件の国際会議委員を担当し、国内

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

国際会議においては、(一社)粉体工学会が主催となり、当研究所が共催機関である「材料界面の評価と制御に関する国際会議」(ICCCI2022)を、2022年11月15日～18日に、山梨県のホテルハイランドリゾート & スパで開催した。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た。完全対面方式で開催したが、全体で約220名が参加し、海外からの参加者は約80名であり、充実した国際会議を実施することができた。このように、委員等の参画に関して、本分野は十分な活動を展開したものと自己評価できる。

## 2. 国際貢献

本分野においては、上記に記載したように、多くの国際会議に委員として参加し国際貢献を進めた。本年度も前半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、海外の国際会議への出席などが十分できなかったが、オンライン会議などを活用して国際連携を進めた。

学術交流協定締結機関である上海交通大学、並びに広東工業大学とは、共同研究に関する学術論文の発表を行った。また、グルノーブル工科大学等とは、担当者とオンライン会議を通じて、引き続き研究情報交換を行った。さらに、ポーランドのAGH科学技術大学から招へい研究員を受け入れ、共同研究を推進した。

以上のように、本年度は引き続き新型コロナウイルスの影響により、通常の活発な国際交流を十分実施できなかったが、オンラインなどでの交流を通じて充実した国際貢献を展開できた。

## 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22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3件であった。

さらに2021年度に広東工業大学より受け入れた国際共同研究員の論文1件が、学術論文として掲載された。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) Self-assembly of Nanoparticles and Flake Powders by Flake Design Strategy via Dry Particle Coating, Powder Technology  
Powder Technol., 418, 15 (2023), 118294.  
G. Fan, Q. Liu, A. Kondo, M. Naito, K. Kushimoto, J. Kano, Z. Tan and Z. Li
- (2) Fabrication and Modelling of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Ceramics with Radial Grain Alignment Generated through Centripetal Sinter-Forging  
J. Mater. Sci. Technol., 126 (2022), 1-14.  
D.-W. Tan, Z.-Y. Lao, W.-M. Guo, A. Kondo, T. Kozawa, M. Naito, K. Plucknett and H.-T. Lin
- (3) Carbon Nanoparticle-Entrapped Macroporous Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Microsphere Anodes with Improved Cycling Stability for Li-ion Batteries  
Sci. Rep., 12 (2022), 11992.  
T. Kozawa, F. Kitabayashi, K. Fukuyama and M. Naito
- (4) Wet Milling Synthesis of Ammonium Cobalt Phosphate Hydrate Platelets for LCP-olivine Cathodes for LIB Using a Bead Mill  
Int. J. Appl. Ceram. Technol. (2022), 1-8.  
A. Kondo, T. Kozawa, T. Ishii and M. Naito
- (5) Formation Mechanism of Maze-Like Open Macropores in Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Microspheres by Heating in Water Vapor and Their Single-Particle Compressive Behavior  
Adv. Powder Technol., 33, 12 (2022), 103844.  
T. Kozawa, Y. Li and K. Hirahara
- (6) シリカナノ粒子断熱材の特性におよぼす加熱温度の影響  
粉体工学会誌, 59 (2022), 152-159.  
田坂 太一, 大村 高広, 近藤 光, 内藤 牧男
- (7) 媒体攪拌ミルを用いたチタン酸リチウム水和物の機械的液相合成  
粉体工学会誌, 59 (2022), 324-330.  
近藤 光, 小澤 隆弘, 石井 利博, 加納 純也, 内藤 牧男

##### (7) 国際会議発表

- (1) Thermal Diffusivity of Thermal Insulation Composite Made of Carbon Nanoparticle and Flat Carbon Particle by the Laser Flash Method  
The 13th Asian Thermophysical Properties Conf., ATPC2022, Online (2022.9.26-30)  
M. Akoshima, H. Abe, A. Kondo and M. Naito
- (2) Effect of Grinding Process of Coal Fly Ash on Curing Reaction of Geopolymer from Industrial By-Products  
The 7th Int. Conf. on the Characterization and Control of Interfaces for High Quality Adv. Materials (ICCCI2022) and the 57th Summer Symp. on Powder Technology, Fujiyoshida (2022.11.15-18)  
M. Matsuoka, T. Tanaka, N. Murayama and M. Naito

- (3) Specific Heat Capacity Measurement of Composite Materials for Thermal Insulation by Differential Scanning Calorimeter  
The 7th Int. Conf. on the Characterization and Control of Interfaces for High Quality Adv. Materials (ICCCI2022) and the 57th Summer Symp. on Powder Technology, Fujiyoshida (2022.11.15-18)  
H. Abe, M. Akoshima, A. Kondo and M. Naito
- (4) Thermal Diffusivity of Thermal Insulation Composite Made of Fumed Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiC Powder and Ceramic Fiber by the Laser Flash Method  
The 7th Int. Conf. on the Characterization and Control of Interfaces for High Quality Adv. Materials (ICCCI2022) and the 57th Summer Symp. on Powder Technology, Fujiyoshida (2022.11.15-18)  
M. Akoshima, H. Abe, A. Kondo and M. Naito
- (5) Synthesis of NH<sub>4</sub>CoPO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O Platelets by Wet Milling with a Bead Mill and Their Conversion into LiCoPO<sub>4</sub> Cathodes for Li-ion Batteries  
The 7th Int. Conf. on the Characterization and Control of Interfaces for High Quality Adv. Materials and the 57th Summer Symp. on Powder Technology, Yamanashi (2022.11.15-18)  
A. Kondo, T. Ishii, T. Kozawa and M. Naito
- (6) Template-free Preparation of Macroporous Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and Its Application as Anodes for Li-ion Batteries  
The 7th Int. Conf. on the Characterization and Control of Interfaces for High Quality Adv. Materials and the 57th Summer Symp. on Powder Technology, Yamanashi (2022.11.15-18)  
T. Kozawa, F. Kitabayashi, K. Fukuyama and M. Naito
- (7) Wet Mechanical Route to Synthesize Morphology-Controlled NH<sub>4</sub>ZnPO<sub>4</sub> and Its Application for Ammonia Gas Absorption  
The 7th Int. Conf. on the Characterization and Control of Interfaces for High Quality Adv. Materials and the 57th Summer Symp. on Powder Technology, Yamanashi (2022.11.15-18)  
T. Hashiba, T. Kozawa and M. Naito
- (8) 国内学会発表**
- (1) 水蒸気熱分解法による多孔質酸化マンガン球の形成機構とその単粒子解析  
日本セラミックス協会 第35回秋季シンポジウム, 徳島 (ハイブリッド) (2022.9.14-16)  
小澤 隆弘, Li Yuexuan, 平原 佳織
- (9) 国際会議講演**
- (1) Powder Processing for Excellent Advanced Materials  
The 7th International Conference on the Characterization and Control of Interfaces for High Quality Advanced Materials (ICCCI2022) and the 57th Summer Symposium on Powder Technology, Fujiyoshida (2022.11.15-18)  
M. Naito
- (2) Smart Powder Processing for Advanced Materials  
2nd Taiwan-Japan Workshop on Powder Processing Technology for High Quality Products, Taipei (2023.3.9)  
M. Naito
- (10) 国内会議講演**
- (1) 粉砕技術の最近の動向と今後の展開  
化学工学会関西支部主催, 粉体技術の最前線～粉砕・分級・シミュレーション～, 大阪 (2022.8.19)  
内藤 牧男

- (2) 微粒子・粉体の構造制御による材料の特性向上と高機能化  
ホソカワ粉体工学振興財団主催，第54回粉体工学に関する講演討論会，大阪（2022.9.5）  
内藤 牧男
- (3) 材料特性向上に果たす粒子・粉体の構造制御の役割  
第59回粉体に関する討論会，京都（2022.12.23）  
内藤 牧男，小澤 隆弘，近藤 光
- (4) 粉碎とは？  
粉体技術者養成講座「粉碎」，広島（2023.1.12）  
内藤 牧男
- (5) 粉碎技術の応用と今後の展開  
粉体技術者養成講座「粉碎」，栃木（2023.1.13）  
内藤 牧男
- (6) 粉体プロセスと材料開発  
第9回機能性粉体プロセス研究会，仙台（2023.1.23）  
内藤 牧男
- (7) 微粒子の構造制御による電池材料への展開  
特別シンポジウム「二次電池におけるナノ粒子プロセス」，東京（2023.2.1）  
内藤 牧男
- (8) 材料開発と粉体プロセス  
横浜国立大学「先進セラミックス創造研究拠点」等主催ワークショップ，横浜（2023.2.17）  
内藤 牧男
- (9) 私たちの生活を支える粉体の魅力  
石が絵具に！？手作り岩絵具教室，京都（2023.3.26）  
内藤 牧男
- (10) 水蒸気固相反応プロセスによる粒子合成への展開  
第188回電子セラミック・プロセス研究会，オンライン（2022.8.29）  
小澤 隆弘
- (11) **解説・総説**
  - (1) 持続可能な未来社会に貢献する粉体技術の役割  
工業材料，70, 6（2022），56-60.  
内藤 牧男
  - (2) 粉体の構造制御による材料特性の向上と高機能化  
化学工学，86, 11（2022），565-568.  
内藤 牧男
  - (3) 材料開発を支える粉体技術の役割とその応用  
化学装置，64, 11（2022），2-9.  
内藤 牧男
  - (4) 微粒子・粉体の構造制御による材料の特性向上と高機能化  
粉碎，66（2022），3-12.  
内藤 牧男，小澤 隆弘

- (5) 高エネルギー粉砕機を用いた湿式粉砕による形状異方性粒子のメカノケミカル合成粉体および粉末冶金, 70 (2023), 100-105.  
小澤 隆弘, 福山 香代, 近藤 光, 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ZL201980056193.3  
内藤 牧男, 他2名

**(17) 外部資金**

(単位: 千円)

**科学研究費補助金**

- |     |         |                               |       |       |
|-----|---------|-------------------------------|-------|-------|
| (1) | 基盤研究(B) | 白色 LED 用蛍光体の大気圧下非加熱合成プロセスの開発  | 内藤 牧男 | 2,470 |
| (2) | 基盤研究(B) | 水蒸気焼成による正極活物質-固体電解質の固固界面接合の実現 | 小澤 隆弘 | 2,210 |

**民間等との共同研究**

- |     |  |                   |       |       |
|-----|--|-------------------|-------|-------|
| (1) |  | カネカ株式会社           | 内藤 牧男 | 5,657 |
| (2) |  | LG Japan Lab 株式会社 | 小澤 隆弘 | 1,538 |
| (3) |  | LG Japan Lab 株式会社 | 小澤 隆弘 | 5,940 |

**受託研究**

- |     |  |                               |       |       |
|-----|--|-------------------------------|-------|-------|
| (1) |  | 廃棄二次電池からのリチウム循環利用を促す酸化物多孔体の開発 | 小澤 隆弘 | 4,378 |
|-----|--|-------------------------------|-------|-------|

**奨学寄付金 (元)**

- |     |               |               |       |     |
|-----|---------------|---------------|-------|-----|
| (1) | 内藤教授<br>研究助成金 | 株式会社テクノソルートラボ | 内藤 牧男 | 300 |
|-----|---------------|---------------|-------|-----|

**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 (ものづくりサイエンス「金属・無機材料調査」) |

#### (4) 修士論文

- (1) 先端造形学, 羽柴 泰 湿式メカニカル法による  $\text{NH}_4\text{ZnPO}_4$  の合成とアンモニア吸蔵材への応用

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（ものづくりサイエンス「表面の不思議－表面を変えると接合も変わる－」）

#### 4.9 社会貢献

氏名：内藤 牧男

#### (1) 学会役員

- (1) (一社) スマートプロセス学会 監事
- (2) (一社) スマートプロセス学会 監事
- (3) (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
- (4) (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
- (5) (一社) 粉体工学会 参事
- (6) (一社) 粉体工学会 参事
- (7) (一社) 粉体工学会 参事
- (8) (一社) 粉体工学会 参事
- (9) (一社) 粉体工学会 監事
- (10) (一社) 粉体工学会 井伊谷賞推薦委員会委員長
- (11) (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
- (12) (一社) 粉体工学会 ダイバーシティ委員会委員
- (13) World Academy of Ceramics Advisory Board Member
- (14) World Academy of Ceramics Prize Committee Member
- (15) World Academy of Ceramics Professional Member (Academician)

- (16) アメリカセラミックス学会 理事
- (17) アメリカセラミックス学会 賞選考委員 (Medal for leadership in the advancement of ceramic technology)
- (2) 国際会議委員**
- (1) CIMTEC2022 Member of International Advisory Board
- (2) CIMTEC2022 International Advisory Board Member of Symposium CA
- (3) ModTech 2022 Honory President
- (4) ICC9 Ceramics in Europe 2022 Member of International Advisory Committee
- (5) ICCCI 2022 Emeritus chairman
- (6) Congress on Particle Technology (PARTEC2022) Member of Scientific Committee
- (3) 他大学等での非常勤講師**
- (1) 早稲田大学理工学術院 先端粉体プロセス特論
- (4) 企業等への貢献**
- (1) 東洋炭素株式会社 社外取締役
- (5) 国・自治体・公益法人等への貢献**
- (1) (NPO法人) 富士山からはじまる天然顔料と粉砕の研究会 副理事長
- (2) (一社) 日本ファインセラミックス協会 新規格提案委員
- (3) (一社) 日本ファインセラミックス協会 標準化委員会 EC-3 委員長
- (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標準化連絡協議会 委員
- (5) (一社) 日本ファインセラミックス協会 標準化テーマ選定委員会 委員
- (6) (一社) 日本ファインセラミックス協会 標準化委員会 委員
- (7) (一社) 日本粉体工業技術協会 理事
- (8) (一社) 日本粉体工業技術協会 粉砕分科会 コーディネーター
- (9) (公財) ホソカワ粉体工学振興財団 論文誌 KONA 編集委員長

- |  |  |
|--|--|
| (10) (公財) ホソカワ粉体工学振興財団   | 常務理事   |
| (11) (公財) ホソカワ粉体工学振興財団   | 論文誌 KONA 編集委員                                    |
| (12) (公財) ホソカワ粉体工学振興財団   | 常任理事   |
| (13) (公財) 近藤記念財団   | 理事   |
| (14) (公財) 近藤記念財団   | 理事   |
| (15) (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             |
| (16) (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             |
| (17) (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                         |
| (18) (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               |
| (19) Ceramics International published by<br>Elsevier                                 | Editorial Board Member                           |
| (20) International Journal of Manufacturing<br>Economics and Management (IJMEM)      | Member of the Scientific Committee               |
| (21) Journal of Modern Manufacturing<br>Technology                                   | Associate Editor                                 |
| (22) Particle Journal  | Member of International Editorial Advisory Board |
| (23) The State Key Lab. of Metal Matrix<br>Composites, Shanghai Jiao Tong University | Guest Professor                                  |
| (24) 山梨県   | 京都山梨県人会 理事                                       |
| (25) 山梨県   | やまなし産業立地 アドバイザー                                  |
| (26) 物質・デバイス共同研究拠点   | 共同研究員  |
| (27) 物質・材料研究機構   | リサーチアドバイザー                                       |
| (28) 粉体工学情報センター  | 学術奨励賞選考委員  |
| (29) 粉体工学情報センター  | 理事   |

氏名：小澤 隆弘

(1) 学会役員

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

(2) 国際会議委員

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

(5) 国・自治体・公益法人等への貢献

- |     |                                  |                        |
|-----|----------------------------------|------------------------|
| (1) | Advanced Powder Technology       | Editorial Board Member |
| (2) | 文部科学省/科学技術・学術政策研究所<br>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4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) | 牧野 尚夫 | 一般財団法人電力中央研究所<br>エネルギートランスフォー<br>メーション研究本部<br>エネルギー化学研究部門 | 粉砕による石炭の灰分と可燃分の単体分離<br>技術の検討   |
| (2) | 野田 直希 | 一般財団法人電力中央研究所<br>エネルギートランスフォー<br>メーション研究本部<br>エネルギー化学研究部門 | 粉砕による石炭の灰分と可燃分の単体分離<br>技術の検討   |
| (3) | 松岡 光昭 | 関西大学環境都市工学部<br>エネルギー環境・化学工学科                              | フライアッシュ粒子の表面改質による硬化<br>体の作製と評価 |
| (4) | 村山 憲弘 | 関西大学環境都市工学部<br>エネルギー環境・化学工学科                              | フライアッシュ粒子の表面改質による硬化<br>体の作製と評価 |
| (5) | 高井 千加 | 岐阜大学工学部   | 機械的外力がナノ繊維に与える物理化学的<br>影響と評価   |

(6)	本塚 智	九州工業大学大学院 工学研究院物質工学研究系	摩砕ミルを用いた軟磁性微粒子の磁気特性の改善
(7)	阿部 陽香	国立研究開発法人 産業技術総合研究所	多孔質材料の熱物性評価
(8)	阿子島 めぐみ	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 物質計測標準研究部門	複合材料の熱物性評価
(9)	石川 敏弘	山陽小野田市立山口東京理 科大学大学院工学研究科	セラミックス粉体の構造制御に関する研究
(10)	綱澤 有輝	産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門	媒体攪拌型ミルを用いた混合粉碎における多成分粉碎特性の速度論的評価
(11)	稲田 亜紀子	女子美術大学芸術科学部	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)	荒 姿寿	女子美術大学芸術学部	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)	橋本 信	女子美術大学 染織文化資源研究所	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)	宮島 弘道	女子美術大学日本画研究室	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
(15)	所 千晴	早稲田大学理工学術院	媒体攪拌型ミルを用いた混合粉碎における多成分粉碎特性の速度論的評価
(16)	野村 俊之	大阪公立大学大学院 工学研究科	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
(17)	蟹江 澄志	東北大学 国際放射光イノベーション・ スマート研究センター	液相合成チタン酸リチウム系ナノ粒子の特性評価
(18)	石原 真吾	東北大学 多元物質科学研究所	湿式ボールミルの粉碎挙動解析
(19)	加納 純也	東北大学 多元物質科学研究所	湿式ボールミルの粉碎挙動解析
(20)	藤 正督	名古屋工業大学 先進セラミックス研究センター	機械的外力がナノ繊維に与える物理化学的影響と評価
(21)	内田 儀一郎	名城大学理工学部	Liイオン電池応用を目指したナノ材料探索研究
(22)	大村 高弘	和歌山工業高等専門学校 知能機械工学科	超低熱伝導材料の熱物性評価

国際共同研究

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

(2) 共同研究員との共著論文件数（査読付き学術論文, 国際会議論文）

(1) 合計                      4

## 接合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 6 分野、また国内他大学や研究機関 4 か所、海外研究機関 1 ケ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. 導体層を仲立ちとして低温で接合したガラス同士の陽極接合界面の組織

陽極接合の接合温度は低いほど接合中に継手部材に生じる熱変性が小さくなり、また接合する部材の線膨張率の違いによって接合後に継手中に生じる残留応力も小さくなる。従って接合温度はなるべく常温に近くすることが望ましい。そこで 2021 年度の研究で、アルミニウムを仲立ちとしたソーダライムガラス同士の陽極接合において接合温度をどこまで下げられるかを探った。その結果、従来適切とされた 500 K 付近から接合温度を下げると接合の進行は遅くなるものの代わりに接合電圧の印加時間を延ばすと接合界面の密着が進み、常温にほど近い 333 K、60℃ でも電圧印加時間 172800 s 以上とすることで界面全体が密着した継手が得られた。しかしこのように大幅に低い温度で接合した界面には従来の温度で接合したものと比べて違いがあることが考えられたので、接合界面の微細組織を TEM を用いて観察して比較した。473 K、373 K、333 K で接合した界面にはいずれも接合電圧の印加中にガラス中の Na イオンが移動することで接合界面の近傍に Na イオン欠乏層が生じており、その厚さは接合温度に依らず電圧印加中にガラスを流れた電流が運んだ電荷量に比例していた。このことは移動した電荷量が接合の進行の指標として利用できることを示している。また低温でも仲立ちのアルミニウム層とガラスの界面ではアルミニウムの酸化と界面の微視的密着が生じており、従来の接合温度で得られた継手と同等の接合が生じていることが明らかになった。

## 2. 導体層を仲立ちとした硬質ガラス同士の陽極接合に対する接合温度の影響

ソーダライムガラスとホウケイ酸ガラスの一種である硬質ガラスの線膨張率にはそれぞれ常温付近で  $3.3 \times 10^{-6} / \text{K}$  と  $8.4 \times 10^{-6} / \text{K}$  と大きな違いがあり、従来の陽極接合温度で導体層を仲立ちとした両者の異材陽極接合を行うと接合後の冷却中に生じる残留応力によってガラスの破損が生じる。しかしソーダライムガラスの接合温度を大幅に下げることができたので、硬質ガラスについても同様の温度で接合できれば残留応力を大幅に低減することが可能になり、ソーダライムガラスと硬質ガラスの重ね陽極接合の可能性が開けると考えられた。そこで、硬質ガラス同士のアルミニウムを仲立ちとした陽極接合についても接合温度の低温化を図った。しかし硬質ガラスでは接合温度 433 K で接合界面全体が密着した継手を得るのに 115200 s の接合時間を要し、そこからさらに接合温度を下げるのが困難であった。硬質ガラスにおいてもソーダライムガラスの場合と同様、接合温度にかかわらず電圧印加中にガラスを流れる電流が運ぶ電荷密度が  $100 \text{ C/m}^2$  を超えると全面密着の継手が得られることが示唆された。陽極接合においては電圧印加時間が長くなるとガラスを流れる電流が小さくなり電流が運ぶ電荷密度は飽和に近づくが、ソーダライムガラスにおいては長時間の電圧印加によって運ばれる電荷密度が  $600 \text{ C/m}^2$  以上になるのに対し硬質ガラスでは  $200 \text{ C/m}^2$  以下であり、そのため硬質ガラスの接合温度は大きく下げられないものと考えられた。

ソーダライムガラスと硬質ガラスを一度に低温で陽極接合することがかなわないので、真空蒸着でアルミニウム層を製膜した硬質ガラスの接合面にソーダライムガラスを重ね合わせ、まず高温で硬質ガラスとアルミニウム層を陽極接合してから低温でアルミニウム層とソーダライムガラスを陽極接合する 2 段階の接合を行うことで接合後の残留応力の抑制を図った。その結果、ソーダライムガラスの接合温度を 353 K 以下とすることでガラスの破損が生じず、接合界面全体が密着した継手を得ることができた。得られた継手には残留応力に起因する反りが生じたが、それも接合温度を下げることで大幅に低減することができた。ソーダライムガラスとアルミニウム層の接合温度を下げると必要な電圧印加時間が非常に長くなるが、まず低い接合温度で仮止めを行いその後温度を上げて本接合を行うことで、残留応力によって生じる継手の反りを抑えつつ接合時間を短縮することができた。

### (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在所内分野、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 2 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ように解析室独自の研究活動を行い、関連の国内学会発表 3 件、国際会議発表 1 件、国内会議論文発表 1 件、それに講演 1 件を行った。また企業からの技術相談 1 件を継続している。今後も TEM 観察の結果の解析や解釈の支援を通じて共同研究型の研究協力活動を行い、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

2022年度で設置から5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下、継続的に進めてきた。2022年度は、これまでのプロジェクトテーマの継続に加えて、溶接DXを意識した先導的な新規シミュレーションテーマについても取り組んだ。

### 4. 2 研究課題

1. アーク現象の解明、アークシミュレーションモデルの構築
2. 最先端接合技術の実用にむけた現象把握
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. アーク現象の解明とアークシミュレーションモデルの構築

J-STAR (JFE Spray Transfer Arc) 溶接では、直流正極性、微量の希土類元素の添加により、アークプラズマの安定化と極低スパッタ化を実現した新技術である。これまでに、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アークプラズマの状態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の計測を行ってきた。これにより、希土類金属の役割を明確にでき、溶滴の安定的なスプレー移行のメカニズムが解明されてきた。

現状のJ-STAR 溶接はソリッドワイヤに限られるが、成分設計の自由度の観点、希土類元素の歩留りの観点から、メタルコアードワイヤ化が今後の適用拡大の鍵となる。昨年度(2021年度)までのメタルコアードワイヤの研究において、充填材と外皮の溶融タイミングが溶滴移行現象に大きな影響を与える知見が得られている。そのため、希土類元素は充填材に添加することを前提に、異なる合金元素組成の充填材を用いたメタルコアードワイヤの溶断実験を行い、充填材と外皮の溶融速度の違いおよび溶滴の成長状況を検討した。着目した合金元素は表面張力、融点の観点からTiおよびNiである。その結果、Tiによる溶滴表面張力と外皮と充填材の溶融バランスの調整は必要ではあるものの、メタルコアードワイヤによる安定的な溶滴移行の実現の可能性が示唆された。

J-STAR 溶接の適用拡大を図る上では、溶接部の特性予測も重要なポイントとなる。直流正極性、希土類元素の添加により、その熱源現象は通常プロセスと現象が大きく異なる。そのため、まずアークプラズマと溶滴移行現象を計算する熱源シミュレーションモデルを用い、J-STAR 溶接特有の熱源特性を予測、溶融池シミュレーションに活用することにより、J-STAR 溶接に即したシミュレーション技術の構築を行った。その結果、スプレー移行となる溶滴移行現象を再現することができたものの、電極ワイヤに対する入熱の取り扱いには改善の余地があり、埋もれ空間の形成など溶込み形成現象も加味する課題が明確になった。

自動車足回り部品の溶接では、化成処理の被膜安定性の観点から溶接スラグの発生するマグ(MAG: Metal Active Gas)／炭酸ガスアーク溶接よりも、純アルゴンガスをシールドガスに用いるミグ(MIG: Metal Inert Gas) 溶接が指向される。しかし、一般にミグ溶接ではアーク現象や溶滴移行現象が不安定となることが知られており、スラグレス化と安定的なプロセスの両立が難しい。この問題に対して、新たな電流波形制御によりミグ溶接の溶滴移行を周期的な短絡移行とし、スラグレスかつ良好なビード形状とすることに成功した。ただし、提案した電流波形がミグ溶接現象の安定化に寄与する機構については不明であり、これを実験的に明らかにすることは難しい。そこでアー

ク空間を解く格子法と熔融金属挙動を解く粒子法を組み合わせた連成計算手法によって、提案された電流波形に応じた溶滴移行現象を再現計算した。電流波形に応じた溶滴移行や圧力分布の変化が溶融池形成に及ぼす影響について考察し、実機適用に向けた今後のモデル拡張における課題点が明らかになった。

## 2. 最先端接合技術の実用にむけた現象把握

レーザー溶接の厚板溶接への適用を考える場合、十分な溶込み深さの確保と安定的な溶接現象の両立が課題となる。これを両立できる可能性の一つに真空環境での溶接施行がある。ただし、実応用を念頭におくと、出来るだけ低真空で達成できる方が好ましい。そこで、高輝度 X 線透過装置を用い、幅広い真空度 (100 Pa ~ 1500 Pa) の下でレーザー溶接透過観察を実施した。観察ではタングステントレーザーによりレーザー溶接溶融池の湯流れを観察、キーホール形状の変動、溶融池内部の温度分布、溶融池と固体の固液境界における挙動の変化を詳細に把握した。大気圧下を含め真空度が低い場合に飛散するスパッタは、溶融池で生じる周期的な振動によって溶融池後方の固液境界から融液が押し出され発生すること、750Pa 以下に真空度を上げると溶融現象が安定化することがわかった。さらに、これらの現象変化にはキーホール内の金属蒸気によるレーザー光の干渉が強く関わっていることが判明した。こうした基礎的な現象知見を基に部分真空装置の検討を行い、実用に向けた取り組みに移行する予定である。

## 3. 実用化を視野に入れた研究開発

これまで LNG 貯槽の候補材料の一つとして高 Mn オーステナイト鋼 (以降、高 Mn 鋼) の実用化に向けた研究開発を行ってきた。高 Mn 鋼はオーステナイト安定性を十分に確保するために、Mn 添加量を 20 ~ 30% 程度にまで高めるとともに Cr などの合金元素を添加するケースが多く、溶接性や破壊特性において課題があり、溶接材料の適性成分系や溶接熱影響部の特性について検討を進めてきた。今年度はこれまで検討対象としてきた 25%Mn 系の材料に加え、液体水素温度での供用も視野に入れた 35%Mn 系の材料も含めて検討対象とした。検討項目は溶接材料の耐高温割れ性および溶接継手熱影響部 (HAZ) の韌性である。溶接材料の耐高温割れ性に関しては、25%Mn を超える Mn 組成でも凝固脆性温度範囲 (BTR) は大きく変化することはないと、また 25%Mn 組成に対して構築した合金組成による BTR の簡易推定式がそのまま適用可能である見通しを得た。一方、高 Mn 鋼では室温から低温に至る引張試験において非常に大きな一様伸びを示すのに対して、くびれ後の局部伸びが著しく小さい。このことから特に延性き裂進展抵抗に懸念があったが、実験的にも解析的にも高 Mn 鋼は高い延性き裂進展抵抗を有することが明らかとなった。高 Mn 鋼は安定なオーステナイトであり極低温であっても延性破壊を呈することから、延性き裂進展の挙動を延性損傷モデルにより評価した。その結果、再現 HAZ 材の延性損傷限界ひずみは母材のそれに比較して若干小さいものの、延性損傷の発生に対しては一様伸びレベルのひずみ下限界が存在することが示唆され、HAZ であっても延性損傷の機構自体は母材とほぼ同様に取扱いすることがわかった。

実用化テーマでは、建築分野での実用化に向けた溶接施工法の評価研究を行っている。昨今の建築設計では柱梁溶接接合部における耐震安全性確保だけでなく、現場での施工省力化にも配慮する必要がある。これらを同時に検討する手法構築を目的に、柱梁溶接接合部が受ける繰り返し大変形に対して構造耐力の維持性能を評価できる延性き裂進展解析手法の構築に取り組んだ。HAZ 軟化部を含む梁フランジ継手に対し、繰り返し載荷時の破面接触、正負反転変形に伴うパウジンガー効果を考慮可能なモデルの構築や FEM における不均質材料パラメータの定量化などを行い、延性き裂進展シミュレーション技術を構築、実継手試験の耐力変化を参照した検証を行った。

建築分野では、4 面ボックス柱の施行を対象とした熱弾塑性解析にも着手した。4 面ボックス柱は超高層ビル低層階で用いられる 4 面スキンプレートの内側にダイヤフラムを配した構造要素であ

り、いずれにも極厚鋼板が用いられる。施工効率の観点から大入熱溶接が用いられているが、溶接線が近隣で3次的に交差する施工であり、鋼板は非常に過酷な条件に曝される。これにより、この溶接構造のHAZには溶接残留応力と熱履歴が複雑に分布する。これを把握するために、4面ボックス柱の大入熱組立て溶接の工程すべてに渡るシミュレーションを目的とし、熱弾塑性の連成解析モデルの構築を行っている。昨年度から今年度上期に渡り1線溶接に対する解析チューニングが完了し、今年度下期には3線交差する複雑な大入熱溶接による残留応力分布、HAZが受ける熱履歴マップが解析できるようになった。

## (2) 研究に対する自己評価

協働研究所発足5年目として、種々の課題に取り組み着実に成果をあげている。最先端接合技術では、真空下でのレーザ溶接技術において基礎的ではあるが実応用を支える現象知見が得られた。また、実用化を視野に入れた研究開発では、昨年度から開始した4面ボックス柱の大入熱組立て溶接の工程のシミュレーション技術構築では、これまで知り得なかった残留応力分布、HAZが受ける複雑な熱履歴とその分布の知見が得られるようになった。これらは、溶接施行法の改善提案だけでなく、より安全性の高い建築柱向け鋼材の開発に発展するものと期待している。

## 4. 4 教育に対する自己評価

これまでに進めてきた工学研究科での研究プロジェクトを発展させ、JFEスチールの若手研究員が社会人ドクターコースへ入学、博士学位取得を目指している。来年度も継続的に、若手研究員の社会人ドクターコースへの入学とその研究プロジェクトの設定・支援について積極的に行っていく予定である。

2022年度は、工学研究科生産科学専攻からの依頼により本協働研究所の副所長 田川哲哉招へい教授が学部4年生および大学院修士1年生に対して特別講義を行った(2022年6月2日)。55名の学生に対し、社会における鉄鋼産業の位置づけ、製鉄の面白さを講演し、学生の社会的意識づけに貢献した。

## 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田川招へい教授は溶接・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。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、2022年度に二期目を迎えた。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。

固相抵抗スポット接合法（Cold Spot Joining：CSJ）の研究開発では、自動車製造において軽量化素材の筆頭である1GPa超の超高張力鋼において適用可能な接合プロセスの研究開発と実用化に取り組んでいる。可視化技術を用いた溶接プロセスの監視および応用技術の研究開発では、大学が有する知見とダイヘンのシステム開発力を融合させ、レーザ超音波技術を活用した溶接欠陥の非接触検査の確立と実用化に取り組んでいる。異種金属分離法の研究開発では、社会的ニーズの高まっているマルチマテリアル構造体のリサイクル技術を確立すべく、接合界面における脆弱な金属間化合物を熱処理により取除き生成・成長させ、異種金属の分離に利用する研究開発に取り組んでいる。

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. 固相抵抗スポット接合法の研究開発
2. 可視化技術を用いた溶接プロセスの監視および応用技術の研究開発
3. 異種金属分離法の研究開発

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

#### 1. 固相抵抗スポット接合法の研究開発

産業界への適用を想定した定置式の固相抵抗スポット接合システム試作機を完成させた。加えて、従来の抵抗スポット溶接を超高張力鋼に適用すると、900 MPaをピークとして母材強度が高くなるにしたがって十字引張強度が低下していくという課題に対し、最高強度1.2 GPaの超高張力鋼においても母材を溶融させない低温での接合によって接合部の脆化を抑制し、高い十字引張強度を達成しその破断形態もプラグ破断となる接合プロセスの確立に成功した。

#### 2. 可視化技術を用いた溶接プロセスの監視および応用技術の研究開発

レーザ超音波法を活用したインプロセスで溶接内部欠陥を検出する技術の研究開発を進めている。自動車業界での実用化を目標に、自動車製造で課題となる薄板亜鉛めっき鋼板の溶接時に生じる、ブローホールと呼ばれる内部欠陥を検出するロボットシステムの開発に取り組んでいる。検出プログラムを見直すことで1断面あたり0.1 sの検出を実現し、より高速な検査に対応できるようになった。また、新たな検出手法として欠陥による超音波の到達遅延を評価する方法を開発した。従来の強度の減衰を評価する方法は、超音波の受信感度の影響で検出に誤判定が発生することがあったが、この方法では誤判定を少なくすることができた。

#### 3. 異種金属分離法の研究開発

マルチマテリアル構造体のリサイクルを目的として、合金化溶融亜鉛めっき鋼板／アルミニウム

合金のレーザー・アークハイブリッド溶接部を対象に、異種金属の分離技術に関する研究開発に取り組んだ。十分な強度を有する健全な異種金属接合部に対して適切な熱処理を施すことで、脆化相の生成・成長を誘発することができ、これによる界面強度の低下促進が接合部での異種金属分離に有効であることを見出した。また、接合部の化学組成が脆化相生成挙動に影響を及ぼすことが示唆された。

## (2) 研究に対する自己評価

協働研究所における活動が二期目を迎え、従来研究テーマの研究成果は成熟し、斬新かつ重要な知見・成果を得られたと同時に、新規研究テーマを追加し活発に活動できたと評価している。固相抵抗スポット接合法の研究開発においては、抵抗スポット接合の課題を解決する超高張力鋼における高い十字引張強度とプラグ破断を実現し、レーザー超音波法を活用したインプロセスでの溶接内部欠陥検出においては検査速度の高速化と欠陥誤判断を少なくする新たな欠陥検出アルゴリズムを開発できた。異種金属分離法の研究開発については、接合部への適切な熱処理による界面強度の低下促進の有効性を見出せた。

二期目二年目を迎えにあたり、今後も新たに実用的なテーマや挑戦的なテーマを追加していく予定である。

## 4. 4 教育に対する自己評価

本協働研究所所属の若手研究員が東京で開催された IIW2022 年時大会に多数参加し、協働研究成果を海外に発信すると同時に、海外技術者・研究者との交流を深めた。ディスカッションを通じて自身の研究成果に対する自信を深めるとともに、他者の研究活動に触れることで自己啓発にも繋がり、若手技術者の育成に対しても大きな成果が得られたと考えている。また、大阪大学のクロス・アポイントメント制度に沿って 2021 年度から当社若手女性技術者が特任助教として採用されており、継続的に研究活動に勤しんでいる。今後も、大阪大学におけるダイバーシティ環境の改革に貢献しつつ、若手技術者の育成をますます活性化していく所存である。

## 4. 5 社会貢献に対する自己評価

本協働研究所の副所長である恵良哲生招へい教授、ならびに門田圭二招へい准教授は、アーク溶接法と機器、アーク物理の分野で積極的な社会貢献を行っている。恵良哲生招へい教授は、溶接学会理事、軽金属溶接協会理事をはじめ、日本溶接協会、および溶接接合工学会を含めて各種委員を務めており、学术界の発展と溶接技術の普及に貢献している。また、各種講演会やシンポジウムの講師、および大学の非常勤講師を通じて、溶接法・機器の基礎から最新の溶接技術の普及・啓蒙と人材育成にも携わっている。門田圭二招へい准教授は、溶接学会の溶接法研究委員会の幹事を務め、学術面から溶接技術の発展に貢献している。また、学会誌の編集委員やセミナー講師の他、溶接協会の教育委員にも参加し、溶接技術の啓蒙、教育にも貢献している。

浅井特任教授も積極的な研究活動を継続しており、査読付き学術論文をはじめ、国内外の学会で精力的に発表し、その成果は高く評価され三つの受賞に至っている。また、学協会の要職を務めると同時に、講演や解説・総説記事の執筆を通じて非破壊検査分野やインプロセスモニタリングの分野における啓蒙・教育活動に勤しみ、溶接界の発展に寄与している。

#### 4. 7 研究業績

##### (1) 査読付き学術論文

- (1) レーザ超音波法を用いた薄板重ね隅肉溶接のブローホール検出に関する研究  
溶接学会論文集, 41, 1 (2023) 141-149  
野村 和史, 松井田 丈斗, 門田 圭二, 恵良 哲生, 浅井 知
- (2) Fundamental study of the quality measurement for wire arc additive manufacturing process by laser ultrasonic technique  
Welding in the World, 66 (2022) 2271-2280  
K. Nomura, T. Matsuida, S. Otaki and S. Asai
- (3) レーザ・アークハイブリッド溶接における溶接ビード安定形成に関する一考察  
溶接学会論文集, 40, 2, (2022) 114-121  
岩田 匠平, 伊木 聡, 木谷 靖, 野村 和史, 浅井 知
- (4) In situ measurement of ultrasonic behavior during lap spot welding with laser ultrasonic method  
NDT & E International, 130, (2022) 102662-102662  
K. Nomura, S. Deno, T. Matsuida, S. Otaki and S. Asai
- (5) Simultaneous multipoint emissivity measurement via Zebra-patterned blackbody spray method and application to gas tungsten arc welding process  
Journal of Manufacturing Processes, 78, (2022) 22-31  
K. Nomura, H. Okuda, T. Sano and S. Asai
- (6) Development of a simulation model of the manual gas tungsten arc welding process and visualization of the welder's skill  
Welding in the World, 66-7 (2022), 1381-1393  
Y. Ogino, K. Imai, S. Asai, Y. Tsujimura, S. Nakamura and T. Ogawa
- (7) Numerical simulation of liquid bridge breakup in short-circuit transfer process  
Welding in the World, 66, 1 (2022) 117-133  
Y. Sato, S. Eda, Y. Ogino and S. Asai

##### (5) 国内会議発表論文 (査読なし)

- (1) レーザ超音波法による薄板溶接部の内部診断ロボットシステムの開発  
第30回超音波による非破壊評価シンポジウム講演論文集 (2023) 119-122  
新田 誠也, 門田 圭二, 野村 和史, 恵良 哲生, 浅井 知

##### (7) 国際会議発表

- (1) In-line Detection of Blowholes in Lap Joint Welding of Galvanized Steel Sheet by Laser Ultrasonic Technique and Its Robotic Application Using Microchip Laser, Doc. No. XII-2509-2022 (2022/7/20)  
iiw2022 Annual Assembly及びInternational Conference on Welding and Joining @ Grand Nikko Tokyo Daiba (Tokyo)  
K. Nomura, T. Matsuida, K. Kadota, S. Nitta, T. Era and S. Asai

- (2) Weld Depth Estimation and Its Visualization of Judgement Basis by CNN Model through Molten Pool Monitoring in GMAW, Doc. No. XII-2541-2022 (2022/07/19)  
iiw2022 Annual Assembly 及び International Conference on Welding and Joining  
W. Tanahara, T. Matsumura, K. Nomura, T. Sano and S. Asai
- (3) In-line Detection of Internal Defects for Lap Joint welding of Galvanized Steel Sheet by Laser Ultrasonic Technique, Proceedings of IIW2022 - International Conference on Welding and Joining (2022) 192-195 (2022/7/18)  
K. Kadota, T. Matsuida, K. Nomura, T. Era and S. Asai
- (4) Study on Detecting Method of Internal Defects by Laser Ultrasonics in Lap Joint Welding of Galvanized Steel Sheet and Finite Element Analysis of its Detectability, (2022) 167-168  
Visual-JW 2022 & DEJI2MA-2  
N. Okuyama, T. Matsuida, K. Nomura, T. Sano, K. Kadota, S. Nitta, T. Era and S. Asai
- (5) Development of weld quality monitoring technique by using a visual sensor and numerical simulation  
Visual-JW 2022  
Y. Ogino, S. Nitta, S. Asai and T. Sano

**(8) 国内学会発表**

- (1) In-line Detection of Blowholes in Lap Joint Welding of Galvanized Steel Sheet by Laser Ultrasonic Technique and Its Robotic Application Using Microchip Laser  
溶接法資料 SW-3934-22 / JIW-XII-2919-22 (2022/11/25), 第259回溶接法研究委員会  
野村 和史, 松井田 丈斗, 門田 圭二, 新田 誠也, 恵良 哲生, 浅井 知
- (2) レーザ超音波法による薄板溶接部の内部診断ロボットシステムの開発  
溶接学会全国大会講演概要, 111 (2022) 78-79, (2022/9/10), 溶接学会R4年度秋季全国大会  
新田 誠也, 門田 圭二, 野村 和史, 恵良 哲生, 浅井 知
- (3) レーザ超音波法を用いた薄板重ね隅肉溶接のブローホール検出に関する研究  
溶接学会全国大会講演概要, 110 (2022) 148-149, (2022/4/13), 溶接学会R4年度春季全国大会  
@Online  
野村 和史, 松井田 丈斗, 門田 圭二, 恵良 哲生, 浅井 知
- (4) 多方向同期観察による溶融池内ガス混入時の溶融池表面・内部溶接現象検証 溶接欠陥形成機構と溶接中センシング情報の相関付けに向けた検討 第2報  
溶接学会全国大会講演概要2022年度秋季全国大会  
笠野 和輝, 荻野 陽輔, 佐野 智一, 浅井 知
- (5) パルスGMA溶接における熱源特性とその溶込み形成現象に及ぼす影響に関する数値シミュレーション  
溶接学会全国大会講演概要2022年度秋季全国大会  
荻野 陽輔, 浅井 知, 佐野 智一

**(9) 国際会議講演**

- (1) In-situ Detection of Weld Quality Using Laser Ultrasonics toward Intelligent Manufacturing (Invited), 2022-12-17  
2022 International Conference on Robotic Welding, Intelligence and Automation (RWIA2022) & The 14th Chinese Conference on Robotic Welding (CCRW2020)  
S. Asai and K. Nomura

- (2) Study on Non-contact In-situ Measurement Method of Weld Joint Quality by Laser Ultrasonic Method, (Invited), 2022-10-26  
Visual-JW 2022 & DEJI2MA-2 Ultrasonic  
K. Nomura and S. Asai

**(10) 国内会議講演**

- (1) プラント溶接施工管理と配管の最新溶接技術動向  
(公財)三重県産業支援センター主催コンビナートプラント運営人材育成セミナー, 2022年11月22日  
浅井 知

**(11) 解説・総説**

- (1) レーザ超音波による薄板溶接継手品質の非接触計測とロボットシステム化 (特集:非接触超音波試験の最前線)  
非破壊検査, 72, 2 (2023) 48-52  
野村 和史, 浅井 知
- (2) レーザ超音波による溶接施工中の欠陥計測  
月刊オプトロニクス, 488, (2022年8月号) 73-78  
野村 和史, 浅井 知
- (3) アーク溶接のインプロセスモニタリング  
スマートプロセス学会誌, 11, 3 (2022), 121-133  
浅井 知
- (4) 技能者育成に向けた溶接技能のデジタル化  
溶接学会誌, 92, 1 (2023), 13-21  
浅井 知

**(15) 受賞**

- (1) (一社)溶接学会溶接法研究委員会2022年度溶接アーク物理研究賞  
野村 和史, 松村 匠, 棚原 渉, 佐野 智一, 浅井 知, 津山 忠久, 小谷 祐樹, 藤原 康平
- (2) (一社)溶接学会溶接法研究委員会2022年度溶接物理・技術奨励賞  
江田 賢司, 荻野 陽輔, 浅井 知, 佐野 智一
- (3) (一社)溶接学会溶接法研究委員会2022年度溶接物理・技術奨励賞  
佐藤 祐理子, 江田 賢司, 荻野 陽輔, 浅井 知



日本製鉄ものづくり未来協働研究所



## 日本製鉄ものづくり未来協働研究所

### 4. 1 研究概要

日本製鉄ものづくり未来協働研究所は、鉄鋼材料を用いたものづくりの未来を拓く革新的な溶接・接合技術の開発を目指し、2021年4月に設置された。本協働研究所では、接合科学研究所および工学研究科マテリアル生産科学専攻の有する世界最先端の溶接・接合研究と日本製鉄株式会社の有する鉄鋼材料技術を融合させ、鉄鋼材料のもつ素材としての潜在能力を最大限発揮させる溶接・接合技術の研究開発に取り組んでいる。

具体的には、先進鉄鋼材料の溶接・接合技術を確立すべく、高性能鋼材のアーク溶接現象および溶接部での冶金現象の解明に取り組み、それに基づく溶接部の組織および特性制御に関する研究を進めている。また、超高強度鋼板の非熔融接合技術の開発に取り組み、その接合現象の理解と特性評価を進めている。

また、これらの取り組みを通じ、若手研究者には学位取得を奨励するとともに、大学教員、学生との積極的な交流を促し、より広い技術的視野と深い知識の獲得を図っている。

本協働研究所は、このように産学連携による将来のものづくりに資する溶接・接合技術に関わる研究開発とその中核となる研究者の育成を推進している。

### 4. 2 研究課題

1. 先進鉄鋼材料の利用拡大に資する溶接・接合プロセスの研究開発
2. 先進鉄鋼材料溶接構造物の信頼性向上に資する溶接・接合冶金の研究開発

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

本協働研究所での研究成果を以下に記載する。

#### 1. 高強度鋼板の非熔融接合技術の開発

非熔融接合である線形摩擦接合(LFW)は低温での接合が可能であるため、熱の影響を受けやすい高強度鋼板やめっき鋼板への適用が期待される。本年度は自動車のテラードブランクを想定し、引張強さが980MPa級の高強度亜鉛めっき鋼板のLFW特性について検討を行った。その結果、LFWでは接合条件を適正化することで、接合部の硬化や軟化が少ない比較的フラットな硬さ分布を持つ継手が得られた。また、成形時の張出高さはプラズマ溶接より高く、レーザー溶接と同程度の変形能を示すことが明らかとなった<sup>1),2)</sup>。次年度は、接合部の硬さ分布が比較的フラットであるというLFWの特徴を生かして、さらに高強度な鋼板での適用性検討を進める予定である。

#### 2. 高性能鋼材のアーク溶接現象の解明

ガスマタルアーク溶接における溶接金属へのガス吸収挙動の解明に取り組んでいる。今年度は溶融池近傍の酸素分圧に着目し、吸収過程を実験的に評価した。その結果、以下の二点が明らかとなった。二重シールドトーチを備えたGTAを用いた検討から、アウターガス(炭酸ガス)由来の二酸化炭素が電極近傍の渦により溶融池直上に巻き込まれ解離することを明らかにした<sup>3)-7)</sup>。また、解離した酸素は溶融池へ巻き込まれジューベルトの法則に基づき溶接金属中の酸素量を増加させることを明らかにした<sup>4),7)</sup>。次年度は、溶接金属中酸素量に溶滴温度が与える影響を明確化するべく、溶滴の移行形態が酸素吸収量に与える影響を調査する予定である。

### 3. 高性能鋼材の溶接冶金現象の解明

高温で使用される高合金耐熱鋼 Alloy800H の時効脆化割れ機構の解明に取り組んでいる。Ti + Al を変量した Alloy800H を用いて、実験および解析の両面から時効脆化割れの支配要因について検討した。時効脆化割れ感受性評価指標である限界き裂開口ひずみを測定した結果、時効時間の増加、Ti + Al 量の増加に伴って、割れ感受性は増加した。時効に伴って粒内硬さが上昇、粒界炭化物近傍での合金欠乏域が形成されたことが要因であると考えられた<sup>8),9)</sup>。さらに、FEM を用いて時効による組織変化の影響を検証した結果、粒界近傍の合金欠乏域にてひずみが集中することが明らかとなり、割れの発生につながると推定された。次年度以降、長時間時効下での時効脆化割れ感受性に及ぼす組織変化の影響、および不純物元素が割れ感受性に及ぼす影響を調査し、割れ感受性予測指針の確立に取り組む予定である。

Ni 基合金では溶接熱影響部に発生する液化割れ発生が問題となる場合が多いため、その現象の解明と支配要因の特定に取り組んでいる。支配要因の一つであると考えられる粒界性格が液化割れ感受性に及ぼす影響を Nb および C を変量した Ni 基合金 Alloy625 を用いて評価した。対応粒界頻度に及ぼす圧下率、熱処理時間、成分の影響を明らかにし、対応粒界では溶接熱サイクル下での溶融温度が最も高いことを明らかにした<sup>10),11)</sup>。加えて割れ感受性を評価した場合、局所液化はランダム粒界で発生し、対応粒界ではほとんど発生しないことがわかった。次年度は Alloy800H へ展開していく予定である。

#### <関連発表文献>

- 1) 魚澄将俊、森貞好昭、藤井英俊、平田弘征、富士本博紀 “980 MPa級合金化溶融亜鉛めっき鋼板の線形摩擦接合” 溶接学会全国大会講演概要 第111集 68-69
- 2) 魚澄将俊、森貞好昭、藤井英俊、平田弘征、富士本博紀 “テーラードブランクに資する亜鉛めっき高張力鋼板の低温線形摩擦接合” 日本鉄鋼協会第184回秋季講演大会、福岡 2022年9月
- 3) Yuki ASAI, Hisaya KOMEN, Manabu TANAKA, Masashi NOMOTO, Kotaro WATANABE, Takahiro KAMO “Investigation for Oxygen Transfer Mechanism During Gas Tungsten Arc Welding with Carbon Dioxide Gas”, 溶接学会論文集 投稿中
- 4) 浅井祐輝、古免久弥、田中学、野元将志、渡邊耕太郎、加茂孝浩 “炭酸ガスを用いたガスタングステンアーク溶接中における酸素吸収過程の実験観察” 溶接学会全国大会講演概要 第111集 278-279
- 5) Yuki Asai, Hisaya Komen, Manabu Tanaka, Masashi Nomoto, Koutaro Watanabe, Takahiro Kamo “Analyses of Oxygen Concentration on Anode Surface in Gas Tungsten Arc Welding Using CO<sub>2</sub> Gas” 2022 MRS Spring Meeting & Exhibit MF01.11.12
- 6) 浅井祐輝、古免久弥、田中学、野元将志、渡邊耕太郎、加茂孝浩 “炭酸ガスを適用したガスタングステンアークにおける二酸化炭素の挙動に関する検討” スマートプロセス学会 学術講演会 セッション 2-7
- 7) 浅井祐輝、古免久弥、田中学、野元将志、渡邊耕太郎、加茂孝浩 “炭酸ガスを用いたガスタングステンアーク溶接中における酸素吸収過程の実験的調査” 材料とプロセス Vol.35 No.2 (2022) ROMBUNNO.131.
- 8) 野村謙信、山下正太郎、才田一幸、小簿孝裕、浄徳佳奈、平田弘征、“耐熱合金溶接部の時効脆化割れに及ぼすマイクロ組織要因の影響” 溶接学会全国大会講演概要 第109集 68-69
- 9) 野村謙信、山下正太郎、才田一幸、平田弘征、小簿孝裕、浄徳佳奈、“耐熱合金溶接部の時効脆化割れに及ぼす粒内硬化の影響” 溶接学会全国大会講演概要 第111集 174-175
- 10) 前嶋基志、門井浩太、井上裕滋、浄徳佳奈、小簿孝裕 “Ni基合金溶接熱影響部における粒界液化と粒界性格分布の関係” 溶接学会全国大会講演概要 第109集 66-67

- 11) 中森雄大、門井浩太、浄徳佳奈、小薄孝裕 “Ni基625合金の粒界溶融現象とその支配因子” 溶接学会全国大会講演概要 第111集 172-173

## (2) 研究に対する自己評価

本協働研究所の設立2年目である本年度は、設定した研究テーマが円滑に立ち上がり、それぞれの課題に対し一定以上の重要な成果が得られたと評価する。例えば、高強度鋼の非溶融接合技術開発については、その適用により従来の溶融溶接における課題を解決できる可能性があり、次年度以降、さらなる研究の進展が期待される。また、他にもアーク溶接現象や溶接部における割れなど冶金現象について、新たな知見が得られており、継続した研究が望まれる。次年度以降は、本年度の研究テーマを一層加速させるとともに、新たな研究テーマも設定していく予定である。

## 4. 4 教育に対する自己評価

本協働研究所に所属する招へい研究員3名が博士後期課程に在学し、接合科学研究所教員の指導の下、学位取得に取り組んでいる。これ以外にも研究者が積極的に大学教員および学生との技術議論の機会をもつ等、教育の観点からは期待を超える成果が得られていると評価する。次年度以降も本協働研究所を若手研究者の育成の拠点として積極的に活用してゆく予定である。

## 4. 5 社会貢献に対する自己評価

本協働研究所の招へい教員ならびに招へい研究員は、(一社)溶接学会や(一社)溶接協会の様々な委員を務めるとともに、学会での講演や論文投稿を積極的に行い、溶接・接合技術の普及ならびに発展、さらにはこれら活動を通じ、日本のものづくりの技術の発展に大きく貢献していると評価する。



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。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 6000 W 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や伝熱効果を加味したサイド強調ビームを作成しその効果を確認し、さらなる大面積高速クラッティングを可能にするために、長尺大容量粉末供給ノズルの開発を行ってきた。

本年度はレーザ出力を 10 kW に増強し、これに耐えうるノズル改良を進め、耐熱性の向上と集束距離の長尺化を行った。

## 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クラディング方式を開発し研究を進めている。本方式では少量の粉末供給を中心軸に配置し、レーザを周囲から集光して粉末を直接にレーザで溶融するマルチレーザ方式により、基板に与える熱影響を著しく低減することができ、薄板部品に対しても熱影響を抑制してコーティングできる。

本年度はさらなる大出力化に向けた開発研究を行った。

## 3. 難溶接材料の接合加工法の開発

純銅は温度によりレーザの吸収率が変化するため、近赤外線レーザでは安定な溶接が困難とされてきた。本研究では青色半導体レーザの高出力化に取り組み、これまで 200 W クラスの青色半導体レーザによる純銅薄膜の溶接に成功した。さらに高温領域における純銅の光吸収率変動因子の解明に関する研究を進めている。

## 4. レーザアディティブマニュファクチャリング (LAM) 技術の開発

これまでの基礎研究の成果を LAM 技術へ応用し純銅の積層造形を行っており、青色半導体レーザを用いたマルチビーム照射式 LMD 法による純銅皮膜の高速形成技術を開発してきた。本年度は純銅のクラディングにおける供給粉末の粒径分布の影響について研究を行うとともに、純銅のワイヤー型レーザクラディング法の開発を行った。

## (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、ディスクレーザ、ファイバーレーザ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

半導体レーザは既存レーザ中では最も電気-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を効率的に配置することによりビームプロファイルを自由に変更することができる。これにより効率的な表面熱加工を行い、処理品質や速度の向上と装置の低価格化の両立を目指している。

大出力レーザを用いた研究では、大型部品に対する実用化研究を行っている。実用化を目指して DOE (回折光学素子) を用いた大面積高速クラディングの実用化研究を行い、産業化に寄与することを目指している。

また、青色半導体レーザを用いた高出力加工装置の開発と表面機能化への応用の試みは、世界的にも新しい試みであり、本研究では純銅などの難溶融材に対する応用展開を目指すとともに、3D 造形への応用研究も行っている。

### 2. 研究レベル

研究成果は国内では溶接学会、レーザ加工学会、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安全啓発活動を行っている。

### 4. 4 教育に対する自己評価

本共同研究部門には学生は在籍せず講義も実施していない。

### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

#### 1. 国内外での学会活動

国内活動ではレーザー学会に参加し合計3件の発表を行った。

国際会議では、新型コロナウイルスの世界的感染拡大継続により、多くの国際会議が中止もしくは規模を縮小していたが、沈静化を受けて Photonics West に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、令和3年度に近畿経済産業局の戦略的基盤技術高度化支援事業の採択を受けた、「高耐食、高効率、低コストのボイラー管被膜を実現する飛行中粉末溶融型レーザークラディング工法の開発」を継続するとともに、その他の企業ともレーザークラディング技術に関する共同研究および技術相談やアドバイスをを行った。

#### 3. その他社会貢献

一般社団法人レーザ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社および会員外企業に対して、レーザー加工の普及啓発活動、安全教育、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) Effect of Particle Size Distribution on Pure Copper Layer Formation in a Multi-Beam Laser Cladding System with Pure Copper Powder and Two Blue Diode Lasers  
Appl. Phys. A, 129 (2022), 12.  
K. Morimoto, Y. Sato, K. Takenaka, Y. Funada, Y. Hayashi, N. Abe and M. Tsukamoto

##### (3) 国際会議発表論文（査読なし）

- (1) Cu-Zn Alloy Coating with Multi-Beam Laser Metal Deposition Using Blue Diode Lasers  
, USA (2023.1.28-2.3), 12412-12440.  
R. Higashino, Y. Sato, K. Takenaka, N. Abe and M. Tsukamoto

##### (8) 国内学会発表

- (1) レーザー溶接におけるスパッタ抑制メカニズム解明のための溶融池挙動のリアルタイム観察  
レーザー学会学術講演会第43回年次大会, ウィンクあいち/対面 (2023.1.18-20)  
有田 智貴, 栗田 喜章, 水谷 正海, 佐藤 雄二, 中野 人志, 塚本 雅裕
- (2) 青色半導体レーザーを用いた純銅のワイヤー型レーザークラッディング法の開発  
レーザー学会学術講演会第43回年次大会, ウィンクあいち/対面 (2023.1.18-20)  
吉田 怜史, 水谷 正海, 竹中 啓輔, 佐藤 雄二, 塚本 雅裕

##### (11) 解説・総説

- (1) レーザークラッディングを用いた表面改質技術によるマルチマテリアル化とその適用事例  
レーザー学会誌, 50, 9 (2022), 520-526.  
林 良彦, 北村 祐樹, 阿部 信行, 池田 圭一郎, 辰巳 佳宏, 塚本 雅裕

高度ジョイント生産システム構築共同研究部門



## 高度ジョイント生産システム構築共同研究部門

### 4. 1 研究概要

自動車の電動化関連製品や家電、及びエレクトロニクス製品などの量産製品を対象として、生産性、品質および環境に配慮した接合技術の研究開発を進めている。特に、製品の小型化・高機能化に伴い内部実装部品の高密度化が進展し、限られたスペースでの接合技術が重要となっており、省スペース化に貢献する接合技術を高度なアSEMBルプロセスあるいはモジュール化プロセスと位置づけ、先端金属接合を展開する高度ジョイント生産システムの構築を目指している。

具体的には、アルミニウム合金を被接合材とする摩擦攪拌接合 (FSW) の高速化と高精度化を進め、それらを実際の量産製品へ展開していくため、接合科学研究所が保有する研究成果と実験装置を活用しながら、高効率な接合生産設備の試作開発、接合品質の管理手法の確立を進めている。

### 4. 2 研究課題

1. 鋳造用アルミニウム合金の高速 FSW の課題抽出
2. 接合負荷低減のためのツール形状の最適化
3. 接合ツールの長寿命化

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

#### 1. 鋳造用アルミニウム合金の高速 FSW の課題抽出

アルミニウム合金部品の接合では、各部品に求められる性能と生産性を考慮して異なる製造プロセスから得られるアルミニウム合金同士の接合が行われることが多く、本研究が対象とした電気自動車向けインバーターシステムの熱交換器では、複雑な流路構造を有するジャケット部品は鋳造アルミニウム合金 (ADC12)、比較的平坦な放熱面を形成するベース板は押出し加工されたアルミニウム合金 (A6063)、これら部品を組み合わせて冷却水路が形成される。比較的加工性に優れた A6063 を主とする FSW では広い接合条件で安定した接合が得られ、最高 5,000 mm/min の高速接合を達成した。一方、ADC12 を主とする FSW では、バリの発生等による接合品質の低下、ツール折損による接合プロセスの不安定化により、接合速度は A6063 の 1/3 程度が限界である。これは、A6063 と ADC12 の固相状態での機械特性や変形抵抗の温度依存性の相違に起因するが、これら材料特性の相違が FSW の攪拌プロセス下でどのように作用し、接合負荷として応答しているのかを調査し、鋳造用アルミニウム合金 ADC12 の高速 FSW のための課題抽出を行った。そして、ADC12 の FSW では、接合中にツールの回転軸方向に加わる Z 軸荷重に比べ、接合移動方向に水平な荷重の増大が顕著となり、接合動作を不安定化していることを明らかにした。さらに、この水平荷重は、接合時の入熱量に大きく寄与するツール回転数に対する依存性が殆どなく、接合速度が支配的に依存しているなど、鋳造用アルミ合金の FSW における特徴的な現象を見出した。

#### 2. 接合負荷低減のためのツール形状の最適化

これまでの研究成果として独自に開発したきた「螺旋形状ツール」を用い、鋳造用アルミニウム合金の高速 FSW に最適なツール形状について、接合実験と流動シミュレーションから検討を行った。上述の ADC12 の高速 FSW の課題抽出で明らかとなった水平荷重の増大の抑制をターゲットに、ツール先端の溝構造を決定する溝ピッチやテーパ角度を制御パラメータとして各種ツールを製作し、接合実験と解析を行った。その結果、接合時の水平荷重は、ツール先端の溝構造のピッチに対して敏感に変化することを確認し、水平荷重とツール先端の溝空間の体積の間に良好な相関関係が存在することを見出した。この結果に基づき、ツールの最適形状決定のための試作評価を進め

ている。

### 3. 摩擦攪拌接合ツールの長寿命化

前年度に引き続き、接合ツールの材質と表面改質による長寿命化の検討を継続的に行っている。各種工具鋼をベースに、その表面処理（窒化処理）による表面硬度がツール長寿に与える影響について評価分析を進めている。常温での表面硬度に加えて高温時の表面硬度が安定している工具鋼に窒化処理を施したツールを選定し、ツール寿命の評価を行っている。

#### (2) 研究に対する自己評価

本研究で開発された高速高精度接合技術は、既の実製品に適用されており、業界トップクラスの接合が実現できている。前年から引き続き改良開発を進める「螺旋形状ツール」は、ショルダーレスでありながら安定した接合品質とツール寿命の観点で、アルミ合金の摩擦攪拌接合としては、他の類のない新たな接合領域を確立し、摩擦攪拌接合の普及拡大に寄与するものと評価している。また、開発技術の適用拡大を目標に、鋳造用アルミ合金の摩擦攪拌接合における課題抽出と課題解決のためのツール形状の改良の検討において、鋳造用アルミ合金で発現される特徴的な流動挙動を明らかにし、ツール形状の最適化により適用拡大の可能性を着実に広げている。さらに、周辺技術の研究として取り組んだ、「接合ツールの長寿命化」は、普及が進むアルミ合金の摩擦攪拌接合において、接合ツールのキーテクノロジーを補完する要素技術として位置づけられるものである。これら研究開発の継続により高速高精度の接合技術の開発の加速化、高効率な接合生産装置の開発および製品適用への拡大が見込める。

#### 4. 4 教育に対する自己評価

本共同研究部門に、学生は在籍していない。また講義も実施していない。

#### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

本共同研究部門では、産学共創により接合科学研究所が保有する知見と装置を活用して、生産時のエネルギー消費抑制や生産効率向上による環境配慮型接合の確立を目指している。さらに確立した接合技術を電気自動車向けインバーターシステムの熱交換器へと適用することにより、生産側の視点では中小を含む生産企業の裾野の拡大と生産現場活性化、消費者側の視点では消費者に対して技術適用した製品を提供することの副次的間接的な効果としてゆとりある社会の実現に貢献できるものとする。本研究の成果の一部は、既に自動車メーカーが製造するハイブリッド自動車に適用され、市場に展開されている。

国際・産学連携インヴァースイノベーション  
材料創出プロジェクト  
ー DEJI<sup>2</sup>MA プロジェクトー



## 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト － DEJI<sup>2</sup>MA プロジェクト－

### 4. 1 研究概要

大阪大学接合科学研究所は、平成 17 年度開始の「金属ガラス・無機材料接合技術開発拠点プロジェクト」、続く平成 22 年度開始の「特異構造金属・無機融合高機能材料開発共同研究プロジェクト」、さらに続く平成 28 年度開始の「学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト」に 16 年間に亘って継続して参画し、新機能材料の実用化に不可欠な新接合技術の開発を推進してきた。そして、これらの先行プロジェクトの成果を基に、令和 3 年度から開始した本プロジェクトである「国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト－Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture：DEJI<sup>2</sup>MA－（6 大学連携・出島プロジェクト）」に主幹校として参画している。

本プロジェクトは、大阪大学接合科学研究所、東北大学金属材料研究所、東京工業大学フロンティア材料研究所、名古屋大学未来材料・システム研究所、東京医科歯科大学生体材料工学研究所、早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構がその強みを発揮・連携して、新概念「インヴァースイノベーション」に基づく共同研究を実施することで、社会的要求の大きい環境・エネルギー材料分野、バイオ・医療機器材料分野、情報通信材料分野での革新的な技術創出を加速する。またこの材料研究を共通基盤とした国際交流・企業連携を推進し、未来を豊かにする革新材料を創出できる若手研究者の育成と人材の創出を図る。

具体的には、新概念「インヴァースイノベーション」に基づいて、多様な社会的要望や地球規模課題を「コア出島」で課題設計し、6 大学 6 研究所の専門性の垣根を越えた「マルチ出島」を通じて人と知の好循環により課題解決を図ることでイノベーション創出を加速し、社会実装を迅速化する。すなわち、本プロジェクトは、共同利用・共同研究拠点を含む全国的な拠点間ネットワーク連携によって、先鋭的な研究力を有する各々の単独拠点のメリットを生かしながら、拠点間の学際融合・異分野融合による「知」のネットワーク連携によって初めて、単独拠点だけでは課題設定すら困難であった社会からの要望を研究課題として設定し、多様な社会ニーズに対してスピード感をもって応える、新しいスタイルの共同研究プロジェクトである。

本研究所はこの 6 大学連携・出島プロジェクトの主幹校として、材料をつなぐ溶接・接合分野と産学共創の強みを生かしながら、イノベーションのスピード創出に繋がるよう「コア出島」の機能と好循環を生み出す役割を担っている。また本プロジェクトの推進に努めるとともに、生み出された多くのインパクトある研究成果を、学術論文や国際会議発表等を通して社会に広く情報発信することにも努める。本研究所は 6 大学連携・出島プロジェクトを通じて、我が国の産業界の発展はもとより、安心安全で豊かな人類社会の創造に貢献することを目指している。

### 4. 2 研究課題

接合科学研究所では、「環境・エネルギー材料分野」、「バイオ・医療機器材料分野」、「情報通信材料分野」「要素材料・技術開発分野」の 4 研究分野に対して、教職員（特任も含む）25 名が 14 件の研究課題を掲げて参画した。それらは、研究所間での学際的な共同研究を視野に入れたものあり、他の研究所との強固な連携を強く意識して取り組んだ。

#### 1. 環境・エネルギー材料分野

- 1-1 非平衡プラズマと環境触媒の融合による環境・エネルギー技術の創成
- 1-2 Mo 固溶ジルコニウムクロム銅作製基盤確立と革新的コンタクトチップの創成
- 1-3 ワイドギャップ半導体の特性を引き出す高耐熱高放熱接合技術の構築

- 1-4 低温作動固体酸化燃料電池の高次ナノ・マイクロ構造制御
- 1-5 最新溶接・接合技術による低放射化材料異材接合技術確立と革新的核融合炉発電システム技術の創成
- 2. バイオ・医療機器材料分野
  - 2-1 抗菌・ウイルス不活化作用を有する銅の高速コーティングと機能性表面の創製
  - 2-2 光造形プロセスにおける組織制御法の確立と人工歯冠への多次元機能発現
  - 2-3 金属ガラスの温間加工性を向上するための加熱条件最適化解析
  - 2-4 ナノチタン酸化物の高次構造・集積制御
  - 2-5 Ti 積層造形合金の高強度高延性化を実現する等軸集合組織の形成機構の解明
- 3. 情報通信材料分野
  - 3-1 高品質酸化物薄膜トランジスタの低温形成に向けたプラズマプロセス技術の開発
- 4. 要素材料・技術開発分野
  - 4-1 多成分系ナノ粒子の合成とその応用
  - 4-2 陽極接合の接合温度の低温化
  - 4-3 プラズマミグハイブリッド溶接を用いた高張力鋼厚板のワンパス溶接法の開発

#### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

##### (1) 研究成果

接合科学研究所では所内公募によって教職員（特任も含む）25名が4研究分野に関して14件の研究を実施した。研究成果は令和4年度研究成果報告書を作成して配布した。また、令和4年10月25日には第2回国際会議「The 2<sup>nd</sup> International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJ<sup>2</sup>MA-2)」において、また、令和5年3月11日に第1回公開討論会において、本プロジェクトの研究成果を発表し、社会に向けて情報発信を行った。

##### (2) 研究に対する自己評価

接合科学研究所の14件の研究課題の内11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22件、国際会議発表が36件、国内会議発表が26件あり、密度の高い成果が得られた。

また、国際会議「International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJ<sup>2</sup>MA-2)」ではプロジェクト全体の研究成果として、招待講演セッションで計12件の講演が行われ、接合科学研究所からは伊藤教授、Spirrette 助教が招待講演を行った。さらに、公開討論会ではプロジェクト全体の研究成果の代表の一つとして、佐藤准教授が招待講演を行った。

本プロジェクトは本年度が2年目になるが、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、3報の査読付き原著論文（その内3報は国内研究機関、1報は海外研究機関との共同研究）を発表するとともに、国際会議1件および国内会議1件の招待講演を行った。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、特に米国科学振興協会（AAAS）が発行する科学誌 Science Advances (IF=14.98) に発表された論文は、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・出島プロジェクトの研究活動を通じてそれぞれの研究機関に所属する研究者、特任研究員、大学院生等がお互いに異なる研究分野の情報を共有し、接合科学の新しい潮流を起こすべく人材の育成に努めた。

なお、大原特任教授は大学院の協力講座を担当していないが、招へい教授として協力した。

#### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

接合科学研究所内の活動状況、国際会議等をニュースレター（Vol.2, No.1, 2022年9月30日発行、Vol.2, No.2, 2023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) Ferromagnetism and Exchange Bias in Compressed Ilmenite–hematite Solid Solution as a Source of Planetary Magnetic Anomalies  
Sci. Adv., 8, 14 (2022)  
S. Ohara, T. Naka and T. Hashishin
- (2) Supercritical Hydrothermal Reactions for Material Synthesis  
Bull. Chem. Soc. Jpn., 96 (2023)  
T. Adschiri, S. Takami, M. Umetsu, S. Ohara, T. Naka, K. Minami, D. Hojo, T. Togashi, T. Arita, M. Taguchi, M. Itoh, N. Aoki, G. Seong, T. Tomai and A. Yoko
- (3) Development of TiO<sub>2</sub> Nanosheets with High Dye Degradation Performance by Regulating Crystal Growth Materials, 16, 3 (2023), 1229.  
Y. Kowaka, K. Nozaki, T. Mihara, K. Yamashita, H. Miura, Z. Tan and S. Ohara

##### (9) 国際会議講演

- (1) Inorganic Materials Discovery at High Pressures Using Super-High-Energy Ball Milling  
International Congress on Pure & Applied Chemistry Kotakinabalu 2022, Sabah, Malaysia (2022.11.23-28)  
S. Ohara

##### (10) 国内会議講演

- (1) 南方マンダラと生物多様性－魚つき林の理を科学する－  
賢材研究会2022年度第1回学術交流会，静岡（2022.6.7）  
大原 智

##### (17) 外部資金

(単位：千円)

##### 奨学寄付金（元）

- |                  |                  |      |       |
|------------------|------------------|------|-------|
| (1) 大原特任教授 研究助成金 | 公益財団法人 泉科学技術振興財団 | 大原 智 | 1,000 |
|------------------|------------------|------|-------|

#### 4. 9 社会貢献

氏名：大原 智

##### (1) 学会役員

- (1) 賢材研究会 幹事

##### (3) 他大学等での非常勤講師

- (1) Universite de Toulon (France) Visiting Professor

グローバル D & I 推進室



## グローバル D & I 推進室

### 4. 1 研究概要（活動概要）

グローバル D & I (ダイバーシティ & インクルージョン) 推進室は、地球規模な課題である「誰一人取り残さない」社会実現を掲げる SDGs の達成に向け、性別・国籍・年齢や文化的背景等などに囚われず、多様性を真に受容し、一人ひとりの個性を尊重することで、所員と本研究所が持つ強みを最大限発揮できる環境整備を推進する。また、学術研究における国際化の潮流に対して、これまでに構築した国際ネットワークを基軸に国際産学共同研究を発展させると共に、世界規模の課題に立ち向かう多様なグローバル人材を育成し、溶接・接合分野の世界最高峰の研究拠点として接合科学のイノベーション活性化に努め、多様な人材が活躍する研究所の実現を目指す。

### 4. 2 研究（活動）課題

1. 接合科学研究所 HUST-OU 設立と運営支援
2. 国際産学連携ネットワークの拡大
3. 多様な人材の活躍推進と研究環境の整備

### 4. 3 研究成果と研究（活動）に対する自己評価

#### (1) グローバル活動成果

##### 1-1. 接合科学研究所 HUST-OU 設立に係る成果

同推進室では、グローバルダイバーシティ推進の一環として、ベトナム・ハノイ工科大学と連携し、2023年1月よりハノイ工科大学内に接合科学研究所 HUST-OU を設立した。

同研究所は2013年より阪大 (OU) 接合科学研究所とハノイ工科大学機械工学部が中心となり、溶接・接合に関する研究拠点が不在である ASEAN 地域における研究拠点を創設すべく設立に向け連携して来たものである。設立においては、日越両政府、多数の日系企業及び現地企業から支援を頂戴した。

接合科学研究所 HUST-OU (以下「HUST-OU 研究所」) は、研究機材支援を日本政府の無償資金協力「経済社会開発計画」より、実質的な研究所の活動となる溶接技術者育成や研究に関する能力強化については国際協力機構 (JICA) の「草の根技術支援事業」より、その他研究所で利用する機材・消耗品・設備についても多数の企業から支援を受けている。

2023年1月10日には設立記念式典がハノイ工科大学内にて執り行われ、式典当日は、多数の大学、省庁、及び企業関係者の出席があった。

HUST-OU 研究所ではベトナムにおける溶接技術の向上と発展を目指し、国内外の企業との産学連携活動を通じて活発な研究活動が行われることが期待されている。HUST-OU 研究所は溶接技術に不可欠である溶接プロセス、溶接材料、そして溶接評価に関する3つの研究室を設置し、研究活動を行う。同様の研究所が ASEAN 地域に不在である中、地域に密着した研究と溶接技術の向上に取り組み、同地域における製造業、社会インフラ他、広く産業界の発展に貢献することを目指すものである。

##### 1-2. 国際産学連携ネットワークの拡大に関する成果

##### 1-2-1. ベトナム溶接研究会の開催

ベトナム溶接研究会は2018年より接合科学研究所の下部組織として設立され、最新研究の共有と企業の持つ革新的な技術の勉強を通し、ベトナムにおける同分野の産学連携の促進と溶接技術の向上を目指して活動している。

同研究会は3 - 4カ月に一度の頻度で開催され、企業や大学関係者と講演会や工場見学などの

活動を行っている。2022年度についてはコロナ禍を経て交流が可能になって以降、2022年11月と2023年2月に開催した。11月についてはハイブリッド形式で講演会を開催し当研究所教員からの研究紹介と企業からのデモンストレーションを含んだ最新技術紹介を行った。翌2月の研究会では、ハノイから東に位置する港湾都市の工業団地にて日系製造業2社を訪問し、工場見学を行った。また、企業の最新技術に関する講演も実施し、遠方にも関わらず多数の会員が参加した。

同研究会は2023年3月現在で44社が会員として参加している。今後は更にベトナム現地企業の参加を拡大できるようアウトリーチに取り組む所存である。

#### 1-2-2. 新規国際産学連携共同研究の開始

研究所におけるグローバルダイバーシティの推進を目的として、当研究所、海外研究機関及び海外に拠点を持つ（置く）企業との国際産学連携協働研究を促進している。この取り組みでは、主に企業から提案された技術課題について、当研究所と海外大学が連携して実験、分析作業を行うことで、双方の研究能力を持ちより技術課題解決へアプローチしている。

2023年1月、上述の通り接合科学研究所 HUST-OU の設立記念式典にて、神戸製鋼所、タイコベルコウェルディング、本学接合科学研究所、及びハノイ工科大学の連携による国際産学連携共同研究が新たに締結された。本研究は向こう2年間の契約で、1年に2回程度、ハノイ工科大学の教員が当研究所に渡航し、実験を行う等して進められる予定である。

このような形で企業を含めた3者以上で実施する国際産学連携共同研究の数は多くなく、挑戦的な取り組みと言える。関係機関が多いため、研究のコーディネートや進捗管理は容易ではないが、各機関の強みを最大限活用した意義ある研究連携となっている。なお、同活動についてはグローバル D&I 推進室の他、当研究所産学連携室の支援において、活動が進められているものである。

#### (2) ダイバーシティ活動成果

女性教職員自身の意識や行動の改革が重要になっていることを鑑み発足した、当研究所に在籍する女性教職員や女子学生の集い「JWRI 女会」を2回開催し、女子学生や女性教職員が所属や立場にこだわらない連携体制を築き、一層活躍できる環境作りを継続的に実施した。

また、本学の部局横断型女性技術職員ネットワークや自然科学系分野女子学生ネットワーク組織「asiam」（アザイム）と協力して、大阪・関西万博開催1000日前イベントにおいて児童向け実験教室の実施、箕面市の小学校や図書館において科学教室を3回開催した。参加した女子学生らは、実験を通じて子供たちの探求心や発想力を引き出した経験、学年や専門を超えた協働が自身の研究活動の自信へと繋がった。さらに、当室の教授は本学ダイバーシティ & インクルージョンセンターの兼任教授として、技術職員は部局横断型女性技術職員ネットワークに参画して、学内の D&I 活動にも積極的に貢献している。

海外からの研究者や留学生が、円滑に研究活動を行うための提案や意見を発信できる環境を整備すべく、意見交換を実施した。

#### (3) 研究（活動）に対する自己評価

グローバル活動については、これまで当研究所で構築してきた各海外連携機関及び企業との継続した連携を行いつつ、接合科学研究所 HUST-OU の設立等、海外での活動基盤形成として新たな展開に踏み出したことが大きな成果と言える。これまで実施してきた国際産学連携共同研究や、ベトナム溶接研究会の活動、そしてベトナムに留まらず、主に ASEAN 地域における研究・教育機関、企業との研究連携等が一層効果的に実施できる基盤が構築された。新たな展開を目指した仕組みづくりと、そこにおける活動内容の充実化に並行して取り組むことが重要であるため、HUST-OU 研究所の設立と共に、これまでと同様、ベトナム溶接研究会の開催や、国際産学連携共同研究につい

でも継続的に実施することで、連携交流の内容を強固にできるよう、活動を推進した。

ダイバーシティ活動については、女性研究者や女子学生が真に活躍できる研究環境の整備と理解の促進、海外研究者や留学生が円滑に研究活動を行うための環境作りに取り組んだ。

#### 4. 4 教育に対する自己評価

グローバル活動における教育的効果としては、各連携先と実施してきた国際産学連携共同研究を通じて、複数の当研究所学生が研究に携わり、また海外研究者との交流の機会などを得ていることから、当推進室が目指す教育的効果は高いと言える。他方、ハノイ工科大学から当研究所の「JWRI道場」プログラムへ修士学生を受け入れる等の支援を実施し、3か月の当研究所での研究活動が実現するなど、海外との連携を通して多様な教育的効果が生れていると言える。

ダイバーシティ活動における教育的効果としては、全学共通教育科目「女性リーダーとの対話」を当該教授が担当し、受講生約200名に対して、関西の多様な分野で活躍する女性リーダーによるオムニバス講義を実施した。学生が今まで触れる機会が少なかった実社会で活躍する女性リーダーとの対話を通じ、現代社会の複雑性や多様性を学び、かつ将来のキャリアの方向性を探索している。

#### 4. 5 社会貢献に対する自己評価

国際協働研究や接合科学研究所 HUST-OU の設立等のグローバル活動、女性の活躍推進に関する学外での講演活動や3か国5機関によるSDGsセミナーを通して、多数の当研究所研究者及び学生がこれらの活動に参画することで、多様な研究・教育機関や企業、多様な世代や背景を持つ外部構成員との連携経験が積み、当推進室が目的とするダイバーシティへの理解の深化とその中で自身が共に活動し、共に成果を創造するインクルージョンの両側面について実行されていると言える。

接合科学研究所 HUST-OU の設立には、大変多くの関係者と支援者との協議や交流があり、同研究所設立の必要性や意義等について議論を交わした。特にハノイ工科大学にとってはこうした研究所の設立はほぼ初の取り組みであり、研究所設立における構想作成、実現までのプロセスの具現化、課題への対応等、大学運営の新たな展開と結びつく大きな転換期となった。また、HUST-OU 研究所の活動が開始されれば、前述の通り、同地域における溶接研究能力の向上はもとより、溶接技術者の育成等、人材の強化も促進され同地域の経済・社会活動の発展に繋がることが期待される。更に、前述したようにベトナム溶接研究会では現地で活躍する多数の日系及び現地企業と交流し、同地域における溶接技術者の育成と溶接技術の向上を通じ、地域社会の発展に貢献すべく取り組んでいる。



# 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。

2018年度から科学技術振興機構 A-STEP プログラム (VP3031808871 (2018-2019) と JPMJTR202D (2020-2022)) のご支援を頂き、実用化を目標とする「低変態溶接材料による伸長ビード溶接法」を研究開発し、大きな成果が得られた。

### 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15年が経過し、その間15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6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年以降、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データを直接用いる解法とそのソフトJWRIAN-IGAを開発し、企業における活用推進を行った。

## 4. 4 教育に対する自己評価

溶接はその現象が複雑な連成問題であるために、企業の生産現場における溶接技術の多くの部分を経験に依存しているが、熟練技術者、技能者が減少するという時代の流れの中で、経験工学から理論的予測に基づいた科学への脱皮が求められている。そのような変革を推進するためには、基礎研究の推進と人材の育成が必要であり、村川英一博士、平岡和雄博士、李博士、安木剛博士、中尾博士、藤久保博士を招へい教授、柴原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、2023年3月3日『溶接・接合構造の数値解析とDT/DXへの展開』というテーマで、第15回講演会を対面形式にて開催した。7名の講師の方々が基調講演や招待講演および研究報告を行い、64名の方にご参加いただいた。

本講演会の午前中の部で、大阪大学接合科学研究所・藤久保昌彦招へい教授が、「船体構造デジタルツインの研究開発とDXへの展開」について基調講演を行いました。続いて、大阪公立大学・生島一樹准教授が「溶接・接合技術におけるデジタルツインの研究」に関して招待講演をしました。その後、物質材料研究機構・北野萌一主任研究員が「機械学習を用いた溶接熱源形状決定システムの構築」に関して招待講演をしました。

午後の部では、トヨタ自動車株式会社・小島茂樹様が、「CAE/機械学習技術を活用した車両構造と乗員安全の連成解析」について講演を行い、本田技研工業株式会社・西紳之介様が「Isogeometric解析による車両衝突強度の評価」に関して講演しました。その後、株式会社JSOL・功刀厚志様が、「産学連携による溶接組立変形の予測ソフトJWELD開発とDXへの展開」について講演しました。本講演会の最後には本研究拠点の麻寧緒教授が「DT/DXに向けた溶接・接合力学ソフトJWRIANの研究開発」について成果報告しました。

## 4. 6 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

2007年設立した本研究拠点は、溶接計算科学の既存技術を継承しながら、新しい計算技術を積極

的に導入してきた。2017年度からは、陽解法と陰解法を活用した溶接熱応力解析ソフト JWRIAN-Hybrid、疲労亀裂進展解析ツール JWRIAN-CPROP、計測技術 (Measurement) と有限要素法 (FEM) を融合したソフト JWRIAN-MFEM、CAD データを直接用いるソフト JWRIAN-IGA、3次元抵抗スポット溶接技術におけるデジタルツイン JWRIAN-DigitalTwin を新たに開発した。本研究拠点は、これらの文部科学省共同利用・共同研究拠点制度を活用しながら、国内共同研究先に JWRIAN ソフトウェアを貸出し、溶接・接合における力学課題の解決に努めている。



## 接合技術拠点



## 接合技術拠点

### 4. 1 研究概要

構造材料のさらなる軽量化・長寿命化・強靱化には、軽量材料を中心とした各材料の信頼性の確立とともに、それらを適材適所に組み合わせた部材のマルチマテリアル化の積極的な推進が不可欠である。大阪大学はこれまで NEDO-ISMA プロジェクトにおいて「摩擦接合共通基盤研究(46)」、「マルチマテリアル接合技術の基盤研究(64)」および「マルチマテリアル接合技術における継手性能データベースの構築(64-B)」を推進してきた。これらのプロジェクトで開発された新規接合技術やそれにより創出され、蓄積したデータを有効に活用するためには、新たな枠組みが必要である。我が国で開発された新規接合法や解析技術をシーズとして、産業界や中立機関と連携し、実用化を見据えた研究活動を推進することにより、これまで得られた技術や知見を継続的に活用していくために「接合技術拠点」を形成した。

### 4. 2 研究課題

1. 接合プロセス技術（新規接合法の開発、接合メカニズムの解明）、評価解析技術（継手特性評価、その場観察による現象解析）のまとめと、共同研究でのデータの集積と活用手段の整備
2. シーズ技術、設備の紹介
3. 共同研究・スタートアップフォロー窓口による、企業との実用化に向けた共同研究の立案
4. 企業、中立機関との共同研究の実施
5. 共同開発のための協働研究所・共同研究講座の設置、コンソーシアムの形成

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

##### 1. コンテンツライブラリーの構築

コンテンツライブラリー（ホームページ <http://www.jwri.osaka-u.ac.jp/~jthub>）を構築し運用を開始した。このホームページは、ホーム（概要、NEWS & TOPICS）、活動内容、動画ライブラリー、研究設備、知的財産・特許、論文・発表、メンバー、問い合わせ先、サイトポリシーで構成され、逐次更新している。今年度は、英語翻訳を行い国際展開も可能な体制を整えた。

##### 2. 知的財産・特許

本接合技術拠点を通じて、メンバーが保有する知的財産・特許を本ホームページ上で公開している。2023年3月現在、255件の特許を公開し、参画して頂く企業の共同研究内容策定の参考にして頂いている。

##### 3. 共同研究

参画して頂く企業が、速やかに共同研究を進めることのできるように共同研究相談シートを作成し、本ホームページに掲載するとともに、担当教員を配置し、共同研究を始めるためのフローを明確にした。今年度は、すでに自動車メーカーを含む多くの企業から問い合わせがあり、共同研究の協議中である。

##### 4. 他の拠点との連携

接合技術を共通課題として、AIST マルチマテリアル信頼性拠点、NIMS 鉄鋼信頼性拠点、名古屋大学 (NCC) 拠点、京都大学 CAE 拠点などの他の拠点とも連携した。そして、ISMA ホームページへ本拠点の概要 (<https://isma.jp/randd/hub/>) を公開し、社会への周知拡充を図った。

## (2) 研究に対する自己評価

大阪大学が、これまで NEDO-ISMA プロジェクトにおいて活動してきた「摩擦接合共通基盤研究 (46)」、「マルチマテリアル接合技術の基盤研究 (64)」および「マルチマテリアル接合技術における継手性能データベースの構築 (64-B)」の3つの研究グループが連携して、新たな10年に向けて、「接合技術拠点」を形成できたことは大きな意義があると考えます。

これらのプロジェクトで開発された新規接合技術やそれにより創出され、蓄積したデータを有効に活用するために、我が国で開発された新規接合法や解析技術をシーズとして、産業界や中立機関と連携し、実用化を見据えた研究活動を推進する。

既に、ホームページ (<http://www.jwri.osaka-u.ac.jp/~jthub>) を開設し、運用を開始している。このホームページは、ホーム (概要、NEWS & TOPICS)、活動内容、動画ライブラリー、研究設備、知的財産・特許、論文・発表、メンバー、問い合わせ先、サイトポリシーで構成されており、本ホームページを通じて、共同研究相談シートをご記入頂くことで、共同研究を実施させて頂く体制が整った。加えて、2023年3月現在、ホームページにアップされている (a) 超学校 ONLINE 大阪大学リサーチクラウドカフェ第2回「溶かさないうで溶接する」は、同番組内の505本の動画の内、人気ランキング33位、(b) 難接合材を接合可能にする固相抵抗スポット接合法は、JST「channel 新技術説明会」1871本の動画の内人気ランキング66番目となっており、接合技術そのものの理解周知を継続して行っていると考える。

## 4. 4 教育に対する自己評価

本拠点に、学生は在籍していない。また講義も実施していない。

## 4. 5 社会貢献に対する自己評価

これまでに接合研が有した、摩擦攪拌接合装置、複動式摩擦攪拌接合装置、円柱・円管用摩擦攪拌接合装置、大荷重摩擦攪拌接合装置、摩擦圧接装置、高輝度 X 線透過型溶接現象4次元可視化システムに加えて、ISMA プロジェクトで導入した、透過 X 線付き摩擦攪拌接合装置 (フラット FSW 装置)、線形摩擦接合装置 (低温摩擦接合装置)、異材接合用線形摩擦接合装置 (センタードライブ両面リニア摩擦接合装置)、メゾ・マイクロスケール異材接合部観察・分析装置、IN-Situ SEM/FIB 内ナノメカニカル評価装置、ナノレベル異材接合部観察・分析・評価装置、レーザー予熱装置、GPU ワークステーションなどを活用して、産学間共同研究や、産産学連携プロジェクトなどを推進する体制が整った。これにより、これまで国から支援によって得られた種々の研究成果を引き続き発展させ、国内外の産業の発展に寄与することができる。

現在、本接合技術拠点を通じて、メンバーが保有する知的財産・特許を本ホームページ上で公開している。2023年3月現在、255件の特許を公開し、参画して頂く企業の共同研究内容策定の参考にして頂いている。これらを参考に、ホームページ内の「大阪大学接合技術拠点共同研究相談シート」を提出頂けると、接合技術拠点担当者が提出されたシートの記載内容を確認の上、メール／Web 会議／電話／対面面談などによる打ち合わせを経て、合意が得られたら共同研究等を実施する体制となっている。

### 成果普及のための活動 (プレス発表等)

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
藤井英俊	大阪大学 接合科学研究所	接合技術拠点	先端材料技術展 2022 (SAMPE Japan) 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	2022年10月
藤井英俊	大阪大学 接合科学研究所	大阪大学接合技術 拠点	革新的新構造材料等研究開発 「2022年度成果報告会」	2022年12月
藤井英俊	大阪大学 接合科学研究所	同種接合	革新的新構造材料等研究開発 最終成果シンポジウム	2023年3月

青色半導体レーザー接合加工共創コンソーシアム



## 青色半導体レーザー接合加工共創コンソーシアム

### 4. 1 研究概要

青色半導体レーザー接合加工共創コンソーシアムは、株式会社島津製作所、古河電気工業株式会社、日亜化学工業株式会社、企業3社と共に青色半導体レーザー・加工技術の情報を提供し、社会実装の促進のために「青色半導体レーザー接合加工研究会」という名称で2020年12月に設立し、2022年4月に「青色半導体レーザー接合加工共創コンソーシアム」に名称変更した。

産業用レーザーに用いられている近赤外線波長を有するレーザーでは、銅などの高反射材料の加工が難しかった。そこでこれら銅材料に対する吸収率が高く、効率よく加工することが可能な青色半導体レーザーを開発した。青色半導体レーザーは発振効率や出力が飛躍的に向上し、工業用途に使用できる段階になってきたが、コストや施工方法をはじめとする様々な課題が残されている。これら応用上の様々な問題解決を目指し、セミナーや安全講習会などを定期的に開催し、技術相談などを設けることで、産業用レーザーとして大きな可能性を持つ青色半導体レーザーの普及促進、幅広い応用展開および社会実装を実現する。

### 4. 2 研究課題

1. 高輝度・高効率青色半導体レーザー開発および加工技術開発
2. 青色半導体レーザーを用いた銅のレーザー溶接技術の開発
3. 青色半導体レーザーを搭載したアディティブマニュファクチャリング技術の開発

### 4. 3 研究成果と研究に対する自己評価

#### (1) 研究成果

#### 1. 青色半導体レーザーを用いた純銅溶接中の分光計測

純銅は電気伝導率と熱伝導率の高さから電気自動車に用いられるモーターコイルやバッテリー、パワーデバイス等に広く用いられている。近年、電気自動車の需要の増加に伴い純銅の接合加工技術の更なる高度化が求められている。高効率・高品質な純銅溶接を実現することで時間的・エネルギー的な生産効率の向上や品質の向上が期待されている。しかし、青色半導体レーザーを用いた純銅の溶接においてもスパッタ等、溶接挙動が不安定になる事象が発生することがわかり、この不安定性の発生機構を解明することが急務の課題である。そこで本研究では、1.5 kW 青色半導体レーザーを用いた純銅溶接時に発生するレーザー誘起プルームを解析するためにプルーム検出用光学系を設計開発し、本検出器を用いて純銅のキーホール溶接におけるレーザー誘起プルームの発光分光の基本特性を明らかにした。溶接時に発生するプルームの輝線を同定し、銅と酸化銅の中性線であることがわかった。

#### 2. 青色半導体レーザーによるワイヤー型レーザークラッディング

銅は高い電気、熱伝導性の他、超抗菌性を有するため手すりやドアノブなど不特定多数の人が触れる場所に使用することで公衆衛生環境の向上も期待されている。これまでに銅粉末を用いた付加造形技術を研究開発してきたが、銅価格の高騰により、さらに低コストを実現した加工技術の開発が必要とされてきている。そこでワイヤーとレーザーを用いた付加造形技術であるワイヤー型レーザー金属堆積法 (Wire Laser Metal Deposition : WLMD) に着目した。WLMDは、熱源としてレーザーを用いて加工点に金属ワイヤーを供給することで皮膜を形成する手法であり、ワイヤーを使用することで材料コストが少なくなると期待されている。本年度は、青色半導体レーザーを用いた純銅のWLMD装置を開発し、純銅の皮膜形成を試みた。ワイヤー供給速度に依存して基板に対する溶け込み深さや希釈量の異なる皮膜が得られることがわかった。

## (2) 研究に対する自己評価

本研究会では、幹事企業3社、一般会員企業28社にて、高輝度青色半導体レーザーの開発とその応用技術開発に関する研究会を実施した。研究成果は、4月にパシフィコ横浜で開催されたOPTICS PHOTONICS International Exhibition 2022 (OPIE'22)、7月にマイドームおおさかで開催された光レーザー関西2022に出展した。11月に東京ビッグサイトで開催された日本国際工作機械見本市JIMTOF2022では、青色半導体レーザー搭載レーザークラッディング装置と青色半導体レーザー搭載SLMタイプ3Dプリンター装置の2台の装置の動体展示を行い、加工デモと展示を併せて行った。5月はインテックス大阪、12月は幕張メッセでそれぞれ開催されたメタルジャパンに日本銅センターおよび日本伸銅協会の協力のもと出展した。本コンソーシアムの活動性は展示会出展を通じて社会に向けて情報発信し、他の研究者、技術者との密接な情報交換を行った、また、令和5年3月30日に開催した青色半導体レーザー接合加工共創コンソーシアム成果報告会を開催し、令和4年度研究成果報告書を配布した。

## 4.4 教育に対する自己評価

本研究会では、学生は在籍していない。当研究会では、年4回の青色半導体レーザー接合加工共創コンソーシアム主催セミナーと成果報告会を開催し、青色半導体レーザー接合加工技術が創るイノベーションを起こすべく、技術者、研究者の人材育成に努めた。

## 4.5 社会貢献に対する自己評価

### 1. 国内外での学会活動

国内では、レーザー学会、スマートプロセス学会および溶接学会など計12件、国外では国際会議SLPC (Smart Laser Conference2022) 4件、COLA2021/2022 (Conference on Laser Ablation) 1件、LPM2022 (The 22st International Symposium on Laser Precision Microfabrication)、にて2件、IIW2022にて3件、ICALEO (International Congress on Applications of Lasers and Electro-Optics) にて3件、Photonics West 2023 にて計3件の成果発表を行っている。さらに、査読付き論文 Applied Physics A (Impact Factor:2.98)、Journal of Laser Applications (Impact Factor:2.521)、Welding in The World (Impact Factor:1.984) へ投稿し、7報が掲載された。

## V. 研究集会等



## 5. 1 第1回 微細接合学分野研究集会「表面ナノ構造形成と固相接合への拡張」

日 時 2022年6月17日(金) 13:00～16:50

場 所 接合科学研究所 2階大会議室

### 概要

接合科学研究所 微細接合学分野主催にて、第1回微細接合学分野研究集会を当研究所で開催した。本研究集会では、「表面ナノ構造形成と固相接合への拡張」をテーマに、核融合科学研究所、早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構の研究者らによる計5件の講演を行った。低炭素社会の実現に不可欠な次世代パワーデバイスへの応用が期待される高耐熱微細接合技術や、IoT社会の実現に不可欠なセンサーデバイスへの応用が期待される低温微細接合技術や三次元配線技術などのトピックスについて、計算科学と実験科学の両面から最新の研究動向を共有した。本研究集会を通じて、表面ナノ構造に特有の現象を基盤とした最先端の材料・プロセスについての議論が深まり、今後一層の盛り上がりが見込まれる。

### プログラム

- 「【特別講演】動的モンテカルロ計算における有限温度モデルと表面拡散系への適用」  
伊藤 篤史 氏 (核融合科学研究所)
- 「原子層堆積法により形成した薄膜金属中間層を用いた低温 Cu-Cu 疑似直接接合法の開発」  
水野 潤 氏 (早稲田大学)
- 「タングステン表面における原子拡散経路の密度汎関数理論計算による評価」  
高山 有道 氏 (核融合科学研究所)
- 「電気化学的手法を用いた Cu ナノ粒子の作製と添加剤 PVP の挙動解析」  
齋藤 美紀子 氏 (早稲田大学)
- 「表面ナノ構造を利用した接合部形成とその界面現象」  
西川 宏 氏 (大阪大学)



## 5. 2 ベトナム溶接研究会 第7回研究会（ベトナム・ハノイ）

グローバルD & I推進室  
准教授 勝又 美穂子

2022年11月11日（金）、約2年半ぶりに対面にて第7回目の研究会をJETROハノイ事務所で開催した。今回はハイブリッド形式で開催し、対面での参加が22名、オンラインでの参加が21名、合計43名の皆様に参加頂いた。オンラインではホーチミン市や日本、あるいは海外ご出張先からの参加があった。

ベトナム溶接研究会では、3か月に一度の頻度でこのような研究会や企業見学、セミナーなど、メンバーが集まることの出来る機会を作る計画で活動している。コロナ禍では対面での開催ができず、2回程オンラインにて開催したが、そうした経験がハイブリッドでの開催として一歩進んだ形へ展開する推進力となった。

研究会は毎回2件の講演で構成している。1件は企業の最新技術紹介や開発経験等からの発表を、2件目は大学における先端研究の紹介等、学術的視点からの講演である。

始めに、同研究会副会長のハノイ工科大学機械工学部溶接学科、Bui Van Hanh 学科長より開会の挨拶を頂戴した。その後、企業からは川田工業株式会社、生産開発室の津山忠久室長をお招きし「超広視野可視化技術を備えた3Dデジタル溶接マスクによる技能伝承DX」と言うタイトルで講演いただいた。これまで溶接マスクを通し、非常に狭く暗い視野の中で実施されてきた溶接だが、本講演では、カメラとヘッドマウントディスプレイを搭載し、広視野でアーク溶接中の手元が明快に確認できる同社開発の溶接マスクについて紹介頂いた。このマスクを活用することで溶接をしている指導者の見ている視野が共有できるようになり、多数のトレーニーに対してもより効率的に的確溶接指導が可能となる。また溶接中の画像に基づいたデータの収集も行えることから、経験値や勘所に頼らざるを得なかった溶接技能教育が明確な数値に基づいて行えるようになる。当日はデモ用のヘッドマウントディスプレイも準備頂き、研究会最後には参加者が実際に見え方を体験した。

二件目の講演では、大阪大学接合科学研究所の古免久弥講師より「粒子法を用いた3次元溶接シミュレーション」と言うタイトルで講演頂いた。溶接プロセス中に形成される溶滴の動きや、溶融池の流動等を粒子群の動きとして捉えることで、各箇所でのどのような現象が起こり変化しているかについて詳細を計算し、明らかにすることが可能となる研究である。発表では複数の異なる溶接プロセスに粒子法の計算が適用され、その結果について3Dのシミュレーション画像が紹介された。溶接技術の奥深さと更なる潜在性を強く感じた発表となった。

また、今回は、同研究会会長、大阪大学接合科学研究所の田中 所長より2023年1月10日に設立記念式典が開催される「接合科学研究所 HUST-OU」に関する設立紹介も行われた。田中所長からは、本件についてこれまで研究会会員にも多大なる支援を頂き設立に至ったことに関し、謝辞が述べられた。

第7回研究会は最後に同研究会副会長のJFEスチールベトナム芳木泰正社長より閉会の言葉を頂戴し、閉幕となった。今回は久しぶりの対面を含む、初のハイブリッド開催であったが、場所を問わず、沢山の方に参加頂けたことに感謝申し上げます。また開催後には、どの講演も大変興味深い内容であったと多くのコメントを頂戴した。こうした活動を通して、研究会の目的である産学の連携強化と溶接に関する技術発展への貢献に対し、今後も皆様にご指導頂きながら取り組んでいきたいと考えている。



第7回ベトナム溶接研究会開催の様子 (@JETRO ハノイ)



津山様ご発表の様子



古免先生ご発表の様子



田中会長研究所設立紹介の様子



Hanh 副会長のご挨拶



芳木副会長のご挨拶

### 5.3 ベトナム溶接研究会 第8回研究会（ベトナム・ハイフォン市）

グローバルD&I推進室  
准教授 勝又 美穂子

2023年2月10日（金）、ベトナム・ハイフォン市にて第8回ベトナム溶接研究会を開催した。ハイフォン市はベトナムの首都ハノイ市から約120km（車で約1.5時間）東に位置する北部で最大の港湾都市である。今回はハイフォンのDinh Vu（ディンヴ）工業団地にある日系企業2社の工場見学と、企業からの最新技術に係る講演という構成で開催した。研究会には29名の参加があり盛況となった。

まず最初に訪問したのは十一屋工業ベトナムである。鉄骨の製造を行われており、ベトナムにおいても100%日本向けの鉄骨を製造されている。十一屋工業ベトナムの中杉総務部長によるご案内で工場内での製造工程を細かく見学した後、日本におられる同社佐々木社長とオンラインで繋ぎ、会社説明及び質疑応答を実施した。

次に訪問したのは、IHI インフラストラクチャーアジア（IIA）である。ベトナム国内に留まらず海外向けの社会インフラ設備（橋梁、高架鉄道橋他）の製造・建設を行われている。工場見学の前に山中工場長より同社についてご紹介頂いた後、梶間社長と山中工場長のお二人によるご案内で工場見学を実施した。一つのグループは製造工程の上流から下流の順序で、別のグループは製造工程の下流から上流の順序で二班に分かれて見学を行った。両社の工場見学は大変貴重な機会となり、鋼板の状態から溶接作業を含む様々な行程を経て最終製品の形になるまでを時間をかけて拝見することができた。

工場見学後は、企業の最新技術に関する技術研究講演として(株)神戸製鋼所溶接事業部門技術センター山崎圭主任部員より「産学連携による溶接ソリューション－新立向自動溶接プロセスの開発－」というタイトルでご講演頂いた。大阪大学接合科学研究所との共同研究を活用した研究開発事例が紹介され、複雑な溶接現象の理解と産学連携の重要性が述べられた。研究会最後には同研究会会長で本研究所の田中所長より、企業への御礼が述べられ閉会となった。ハイフォンの地における初の開催であったが大変有意義な研究会となった。

ベトナム溶接研究会は今後も産学連携の強化及びベトナムにおける溶接技術向上と技術者育成を目的として、こうした活動を継続的に実施致す。今後も企業及び関係大学からのご理解とご協力の程、何卒宜しくお願い申し上げます。



IIA 工場見学中の集合写真



山崎氏講演会の様

# VI. 国 際 交 流



## 6. 1 国際交流協定締結大学等

[締結大学等名]	[国 名]	[担当教員]
オハイオ州立大学産業溶接システム工学科	アメリカ合衆国	田中 学
スロバキア溶接研究所	スロバキア共和国	伊藤 和博
ハルピン工業大学材料科学及工程学院	中華人民共和国	藤井 英俊
西ボヘミア大学応用物理学部	チェコ共和国	節原 裕一
エジプト中央金属研究所	エジプト共和国	近藤 勝義
山東大学材料連接技術研究所	中華人民共和国	田中 学
ドイツ材料技術研究所	ドイツ連邦共和国	内藤 牧男
オークランド工科大学設計創造科学技術学部	ニュージーランド	塚本 雅裕
マラヤ大学工学部	マレーシア	田中 学
インド工科大学ハイデラバード校機械工学科	インド共和国	田中 学
インドネシア大学工学部	インドネシア共和国	田中 学
国立台湾大学工学部	台湾	阿部 浩也
香港城市大学工学部	中華人民共和国	西川 宏
香港城市大学理学部	中華人民共和国	西川 宏
ハノイ工科大学溶接工学金属技術学科	ベトナム社会主義共和国	田中 学
カセサート大学工学部	タイ王国	田中 学
タイ国立科学技術開発庁	タイ王国	近藤 勝義
デ・ラ・サール大学工学部	フィリピン共和国	田中 学
デ・ラ・サール大学理学部	フィリピン共和国	田中 学
ハノイ国家大学科学技術大学	ベトナム社会主義共和国	田中 学
中国科学院上海セラミックス研究所 セラミックス・超微細構造研究室	中華人民共和国	内藤 牧男
韓国先端科学技術大学機械工学科	大韓民国	西川 宏

チュラロンコン大学工学部	タイ王国	近藤 勝義
ローマ大学ベルガータ校 インダストリアル・エンジニアリング学科	イタリア共和国	内藤 牧男
モンクット王トンブリ工科大学 キングウエルド溶接研究・コンサルティングセンター	タイ王国	田中 学
モンクット王トンブリ工科大学工学部	タイ王国	近藤 勝義
蘭州理工大学非鉄金属高度処理 及び再利用国家重点研究所	中華人民共和国	田中 学
西安理工大学材料工学部	中華人民共和国	近藤 勝義
広東工業大学機械工学科	中華人民共和国	内藤 牧男
朝鮮大学校接合工学科	大韓民国	麻 寧諸
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 寧諸
西安石油大学材料工学部	中華人民共和国	麻 寧緒
カリフォルニア大学ロサンゼルス校機械航空工学部	アメリカ合衆国	近藤 勝義
朝鮮大学校船舶海洋工学科	大韓民国	麻 寧諸
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
A G H科学技術大学	ポーランド共和国	内藤 牧男
ロイヤルメルボルン工科大学	オーストラリア連邦	近藤 勝義
アルファイサル大学	サウジアラビア王国	西川 宏
チャルマース工科大学機械船舶海洋工学科	スウェーデン王国	麻 寧諸

明志科技大学 プラズマ・薄膜工学研究センター	台湾	節原 裕一
シレジア工科大学	ポーランド共和国	内藤 牧男
ルーヴァン・カトリック大学工学技術学部	ベルギー王国	田中 学
重慶大学材料工程学院	中華人民共和国	麻 寧諸
鄭州大学材料科学工学院	中華人民共和国	藤井 英俊
キング・サウド大学 キングアブドラナノテクノロジー研究所	サウジアラビア王国	近藤 勝義
国立中興大学工学部	台湾	西川 宏
ハノイ工科大学機械工学部	ベトナム社会主義共和国	田中 学
ウェスト大学基礎工学科	スウェーデン王国	門井 浩太
天津大学材料科学工程学院	中華人民共和国	麻 寧諸
イスタンブールゲディック大学	トルコ共和国	三上 欣希

## 6. 2 海外出張・研修

[氏 名]	[期 間]	[国 名]	[用 務]
西川 宏	R4.5.31 ~ R4.6.5	アメリカ合衆国	IEEE 主催の国際会議 The 2022 IEEE 72nd Electronic Components and Technology Conference (ECTC2022) に出席し、関連実装技術に関する情報収集を行うため
金 智	R4.6.20 ~ R4.6.23	シンガポール	南洋理工大学・シンガポール工科大学を訪問しエレクトロニクス実装分野の現状について意見交換し、ダイセルとの共同研究へ参画できる可能性やダイセル・阪大と新たに国際共同研究を行える可能性を議論する
西川 宏	R4.6.20 ~ R4.6.23	シンガポール	南洋理工大学、シンガポール工科大学を訪問しエレクトロニクス実装分野の現状について意見交換し、ダイセルとの共同研究へ参画できる可能性やダイセル・阪大と新たに国際共同研究を行える可能性について議論する
勝又美穂子	R4.7.2 ~ R4.7.25	ベトナム	ベトナム溶接研究所開所式に係る準備業務等
梅田 純子	R4.8.5 ~ R4.8.18	タイ	もみ殻由来シリカに関する研究打合せを行う / 移動日 / 国際ジョイントラボでの共同研究内容の打合せ、留学希望学生との面談を行う / 共同研究に関する実験および研究成果の論文執筆打合せを行う / 移動日 / もみ殻由来シリカに関する研究打合せを行う
近藤 勝義	R4.8.7 ~ R4.8.13	タイ	国際ジョイントラボでの共同研究内容の打合せ、留学希望学生との面談、セミナーでの講演を行う
大原 智	R4.8.10 ~ R4.8.23	フランス・ドイツ	インヴァースイノベーション材料に関する共同研究を行う
勝又美穂子	R4.8.19 ~ R5.3.13	ベトナム	移動日 / 接合科学研究所 HUST-OU 開所式典準備ほか
芹澤 久	R4.9.10 ~ R4.9.15	アメリカ合衆国	国際会議 IMAT2022 に参加し、研究課題に関する発表を行う
藤久保昌彦	R4.9.11 ~ R4.9.17	カナダ	ISSC2022 に参加
西川 宏	R4.9.12 ~ R4.9.18	ルーマニア	IEEE 主催の国際会議 The Electronics System-Integration Technology Conference (ESTC2022) に参加し、共同研究に関連する焼結型接合技術動向に関する情報収集をおこなうため
藤井 英俊	R4.9.26 ~ R4.10.1	ドイツ	ISFSWP2022 に参加して鉄鋼材料の摩擦攪拌接合に関する情報収集をする

SHARMA ABHISHEK	R4.9.27 ~ R4.10.2	ドイツ	ISFSWP2022 に参加して摩擦接合に関する情報を収集する
森貞 好昭	R4.9.27 ~ R4.10.1	ドイツ	ISFSWP2022 に参加して摩擦接合に関する情報を収集する
HONG SEONGMIN	R4.10.3 ~ R4.10.7	韓国	国際学会 IWJC2022 にて講演発表すると共に、溶接・接合科学に関する最新の情報収集を行う
田中 学	R4.10.3 ~ R4.10.7	韓国	国際学会 IWJC2022 にて貴重講演として出席すると共に、溶接・接合科学に関する最新の情報収集を行う
三上 欣希	R4.10.4 ~ R4.10.8	韓国	国際会議 IWJC-2022 に参加し、講演および情報収集を行う
西川 宏	R4.10.4 ~ R4.10.7	韓国	INHA 大学の玄教授を訪問し、今後の共同研究の可能性について議論する / 国際会議・International Welding/Joining Conference (IWJC2022) に参加し、招待講演を行うとともに、関連の研究者・技術者と情報交換を行う
藤久保昌彦	R4.10.4 ~ R4.10.11	イタリア	ジェノバ大 La Spezia キャンパスでの講義、ジェノバキャンパスでのフォーラムで講演
近藤 勝義	R4.10.6 ~ R4.10.14	フランス・ スイス・ アラブ首長国連邦	WORLD PM2022 での受賞講演に際しての事前打合せと、講演発表および研究に関する情報収集を行う
梅田 純子	R4.10.6 ~ R4.10.14	フランス・ スイス・ アラブ首長国連邦	WORLD PM2022 での受賞講演に際しての事前打合せと、講演発表および研究に関する情報収集を行う
藤井 英俊	R4.10.10 ~ R4.10.13	アメリカ合衆国	自動車の軽量構造体の接合に関する情報を収集する
佐藤 雄二	R4.10.16 ~ R4.10.21	アメリカ合衆国	ICALEO2022 に参加し招待講演者として発表、及び情報収集を行う
田中 学	R4.11.7 ~ R4.11.12	ベトナム	溶接学会溶接工学企画講座 / ベトナム溶接技術研究所学内開所セレモニー出席 / ベトナム溶接研究会出席
植原 邦佳	R4.11.7 ~ R4.11.12	ベトナム	溶接学会溶接工学企画講座 / ベトナム溶接技術研究所学内開所セレモニー出席 / ベトナム溶接研究会出席
中原 栄作	R4.11.8 ~ R4.11.12	ベトナム	溶接学会溶接工学企画講座 / ベトナム溶接技術研究所学内開所セレモニー出席 / ベトナム溶接研究会出席

吉村 淳子	R4.11.8 ~ R4.11.12	ベトナム	溶接学会溶接工学企画講座 / ベトナム溶接技術研究所学内開所セレモニー出席 / ベトナム溶接研究会出席
古免 久弥	R4.11.8 ~ R4.11.12	ベトナム	溶接学会溶接工学企画講座 / ベトナム溶接技術研究所学内開所セレモニー出席 / ベトナム溶接研究会出席
西川 宏	R4.11.28 ~ R4.12.3	イギリス	ダイセルとの共同研究内容となっているダイボンド焼結接合技術に関する最新研究動向に関して、英国の4つの大学を訪問し、関連する研究者との面談により調査する
門井 浩太	R4.12.13 ~ R4.12.19	スウェーデン	学術交流協定を締結している University West にて、講義及び Andersson 教授と Valiente 准教授と国際共同研究に関する打合せを行う
田中 学	R5.1.7 ~ R5.1.12	ベトナム	VAST 訪問・面談、接合科学研究所 HUST-OU 開所式典出席、企業訪問
中原 栄作	R5.1.7 ~ R5.1.12	ベトナム	VAST 訪問・面談、接合科学研究所 HUST-OU 開所式典出席、企業訪問
植原 邦佳	R5.1.7 ~ R5.1.12	ベトナム	接合科学研究所 HUST-OU 開所式典準備、当日対応、企業訪問
吉村 淳子	R5.1.7 ~ R5.1.12	ベトナム	接合科学研究所 HUST-OU 開所式典準備、当日受付業務、企業訪問
佐藤 雄二	R5.1.8 ~ R5.1.12	ベトナム	移動 / 翌日開催の式典準備手伝い / ハノイ工科大学大ホールにて開催される式典に参加 / 工場見学
SPIRRETT FIONA	R5.1.20 ~ R5.1.31	アメリカ合衆国	国際会議での発表のため
東野 律子	R5.1.28 ~ R5.2.4	アメリカ合衆国	Photonics West2023 に参加し、加工技術に関する研究成果発表および情報収集を行う
佐藤 雄二	R5.1.28 ~ R5.2.6	アメリカ合衆国	Photonics West2023 に参加し、加工技術に関する研究成果発表および情報収集を行う / 塚本研究室の国際共同研究先であるオレゴン工科大学 Pasang 研究室にて、Pasang 教授とミーティングを行う
阿部 信行	R5.1.28 ~ R5.2.4	アメリカ合衆国	Photonics West 2023 に参加し、発表を行うとともに、最新のレーザー加工の情報を収集する
田中 学	R5.2.9 ~ R5.2.12	ベトナム	ベトナム溶接研究会開催（企業訪問・工場見学・講演会） / 「接合科学研究所 HUST-OU」の今後の活動についての打合せ

勝又美穂子	R5.2.10 ~ R5.2.11	ベトナム	ベトナム溶接研究会開催
田中 学	R5.2.24 ~ R5.3.5	ドイツ・トルコ	IIW 中間会議講演会に出席し、最新の溶接技術情報を収集する /IIW 中間会議見学会に参加し、最新の溶接技術情報を収集する /Gedik 大学 を訪問し部局間協定を締結する
古免 久弥	R5.2.24 ~ R5.3.5	ドイツ・トルコ	IIW 中間会議講演会に出席し、高 Ar シールドガス MAG 溶接現象の研究についての発表を行う /IIW 中間会議見学会に参加し、最新の溶接技術情報を収集する /Gedik 大学 を訪問し、最新の溶接技術情報を収集する
吉村 淳子	R5.2.24 ~ R5.3.5	ドイツ・トルコ	中間会議講演会 / 中間会議見学会 /Gedik 大学との部局間協定締結
西川 宏	R5.2.28 ~ R5.3.3	台湾	国際共同研究促進プログラムで実施する国立台湾大学 Kao 教授との共同研究の状況報告を行うとともに、最終取りまとめ内容と今後の共同研究について議論を行う / 国立成功大学を訪問し、Kao 教授との共同研究についてを紹介し、内容の議論やコメントもらうとともに、今回の成果をベースにした共同研究の可能性について議論を行う
勝又美穂子	R5.3.1 ~ R5.3.3	ベトナム	ASEAN キャンパスを利用した教育活動に係る打ち合わせのため
門井 浩太	R5.3.3 ~ R5.3.10	ドイツ	国際溶接学会第 IX 委員会、第 II 委員会中間会議に参加し、研究発表ならびに情報収集を行う
内藤 牧男	R5.3.8 ~ R5.3.11	台湾	国立台湾大学材料工学科の Prof. Wei-Hsing Tuan 教授の研究室を訪問し見学を行う /2nd Taiwan-Japan Workshop on Powder Processing Technology for High Quality Products に出席 / 台湾企業及び研究機関の見学会に参加 / 台湾企業及び研究機関の見学会に参加 / 台湾企業及び研究機関の見学会に参加
近藤 光	R5.3.8 ~ R5.3.11	台湾	国立台湾大学材料工学科の Prof. Wei-Hsing Tuan 教授の研究室を訪問し見学を行う /2nd Taiwan-Japan Workshop on Powder Processing Technology for High Quality Products に出席 / 台湾企業及び研究機関の見学会に参加 / 台湾企業及び研究機関の見学会に参加 / 台湾企業及び研究機関の見学会に参加
麻 寧緒	R5.3.11 ~ R5.3.18	オーストラリア	共同研究の打合せを行うため

山本 啓	R5.3.19 ~ R5.3.25	アメリカ合衆国	TMS 2023 Annual Meeting & Exhibition に出席し、研究成果の口頭発表を行う。
巽 裕章	R5.3.19 ~ R5.3.25	アメリカ合衆国	学会（TMS 2023）への参加
森貞 好昭	R5.3.19 ~ R5.3.23	アメリカ合衆国	TMS 2023 Annual Meeting & Exhibition で FSW ツール及び鋼の FSW に関する発表、情報収集
三浦 拓也	R5.3.19 ~ R5.3.25	アメリカ合衆国	TMS2023Annual Meeting & Exhibition に参加して鋼板の摩擦接合に関する情報を収集する
藤井 英俊	R5.3.19 ~ R5.3.23	アメリカ合衆国	TMS2023Annual Meeting & Exhibition に参加して鋼板の摩擦接合に関する情報を収集する
西川 宏	R5.3.19 ~ R5.3.24	アメリカ合衆国	米国・サンディエゴで開催される国際会議（TMS2023 Annual Meeting & Exhibition）に出席し、エレクトロニクス実装に関する情報収集を行うとともに、専門家と意見交換を行うため
勝又美穂子	R5.3.25 ~ R5.3.30	ベルギー・ドイツ	CIS 打合せ /CIS 打合せ

### 6. 3 来訪者

[氏 名]	[国 籍]	[所属・身分]	[来訪日]	[目 的]
Gyubaek An	韓国	Chosun University ・ professor	2023.1.11	施設見学
Myung Su Yi	韓国	Chosun University ・ professor	2023.1.11	施設見学
Soyeon Park	韓国	Chosun University ・ Administrative staff	2023.1.11	施設見学
Changwoo Park	韓国	Chosun University ・ Senior Engineer	2023.1.11	施設見学
Sasitorn Srisawadi	タイ	National Metal and Materials Technology Center ・ Senior Researcher	2023.03.20 ~ 2023.03.28	研究打合せ
Dhritti Tanprayoon	タイ	National Metal and Materials Technology Center ・ Researcher	2023.03.20 ~ 2023.03.28	研究打合せ



## VII. ニ ュ ー ス



## 7. 1 「青色半導体レーザー接合加工共創コンソーシアム」第1回セミナー

接合プロセス研究部門 レーザプロセス学分野

准教授 佐藤 雄二

青色半導体レーザー接合加工共創コンソーシアムでは、2022年度に、セミナーを5月、8月、12月、2月と計4回、荒田記念館による対面形式とWebオンラインを併用したハイブリッド方式で開催した。近年、青色半導体レーザーは発振効率や出力が飛躍的に向上し、工業用途に使用できる段階になってきたが、コストや施工方法をはじめとする様々な問題が残されている。これらの応用上の問題解決を目指し、当コンソーシアム一般会員向けにセミナー、安全講習会、見学会などを定期的で開催するとともに技術交流会や個別技術相談会などを設け、ユーザー企業が直面している課題の把握に努め、産業用レーザーとして大きな可能性を持つ青色半導体レーザーの普及促進、幅広い応用展開に繋げている。2022年度に開催したセミナーでは、第1回セミナーでは、特別講演として山本光学(株)加尻氏より「レーザー加工における安全の基礎と実践」、本研究所竹中研究員より「グリーンレーザーを用いた純銅溶接 第一報」、第2回セミナーでは、日亜化学工業(株)長濱氏より「GaN高出力半導体レーザーとその応用」、本研究所竹中研究員より「グリーンレーザーを用いた純銅溶接 第二報」、第3回セミナーでは、レーザーライン(株)皆川氏より「高出力ブルーレーザーの最新動向とその適用例」、(株)島津製作所宇野氏より「青色レーザーによる加工事例と分析計測機器を用いた品質評価」、第4回セミナーでは、古河電気工業(株)行谷氏より「Blue-IRハイブリッドレーザーBRACE®Xによる銅加工事例と進化」、本研究所 巽講師より「青色半導体レーザーのエレクトロニクス実装への応用」と題した講演をそれぞれ行い、一般会員企業との活発な議論を交わした。セミナー後、青色半導体レーザー実験室の見学を行い、盛会裏に終了した。



セミナーおよび見学会の様子

## 7. 2 接合科学研究所 第 19 回産学連携シンポジウム

接合機構研究部門 接合界面機構学分野

助教 山下 享介

接合科学研究所の研究活動・シーズを産業界・学术界の方々に幅広く周知することを目的とした産学連携シンポジウムを 2022 年 6 月 30 日に大阪商工会議所地下 1 号会議室にて大阪商工会議所および一般社団法人生産技術振興協会との共催にて開催した。新型コロナウイルス感染症によるパンデミックの影響により 2020 年、2021 年はオンラインでの開催であったが、本年は 3 年ぶりに対面式での開催となり、57 名の方にご参加いただいた。接合科学研究所の各研究部門・研究センター・協働研究所から計 4 件、共同利用・協働研究賞受賞講演から 2 件の合計 6 件の講演があり、活発な質疑応答が行われ、その関心の高さが伺えた。



接合科学研究所  
第 19 回産学連携シンポジウム  
(大阪商工会議所)  
2022 年 6 月 30 日

### セッション 1：共同利用・共同研究 受賞講演

---

「低変態温度溶接材料を用いた伸長ビード溶接による角回し溶接部の疲労寿命延伸効果」

岡田 公一 (長崎総合科学大学)

「溶液を反応場とする機能性ナノ構造体の創製」

橋新 剛 (熊本大学)

### セッション 2：産学連携活動

---

「産学連携による鉄鋼材料の先端接合技術開発の取り組み」

富士本 博紀 (大阪大学・日本製鉄ものづくり未来協働研究所)

### セッション 3：接合科学研究所シーズ

---

「高輝度青色半導体レーザを用いたマルチビーム式 LMD による銅の造形」

佐藤 雄二 (大阪大学)

「圧縮溶接残留応力の生成と応力集中の低減設計による溶接継手の疲労寿命延伸」

麻 寧緒 (大阪大学)

「研究室シーズと共研課題のソリューション事例」

伊藤 和博 (大阪大学)

### 7.3 オンラインで3か国がつながる国際連携・材料化学セミナー「SDGs Seminar 2022 Autumn」に参加

グローバル D&I 推進室  
技術職員 植原 邦佳

令和4年9月26日(月)～28日(水)に材料化学を基本とした体系的な学びを共有する国際連携セミナー「SDGs Seminar 2022 Autumn」が開催された。本セミナーは、岡山大学工学部が主催し、大阪大学、中国の浙江工業大学、マレーシアの INTEC 教育大学と Sekolah Menengah Sains Teluk Intan (SEMESTI) が連携し、英語と日本語を交えた講演や科学実験を通して文化交流・キャリアに関する情報交換を行うことを目的としたものである。

セミナー1日目は、日本語を学習する INTEC 教育大学の学生と日本人大学生・技術職員の交流会が開催され、お互いの国の印象や文化の違いなどを紹介し合った。

2日目は、菅誠治 岡山大学工学部長の挨拶の後、大阪大学の近藤勝義 総長補佐(ダイバーシティ & インクルージョンオフィス)と INTEC 教育大学の Nor Bahiyah Omar 部長が参加者にエールを送った。続いて、大阪大学接合科学研究所 梅田純子教授、浙江工業大学 Xiao Fan 准教授が自身のキャリアや最新の研究について講演を行った。その後、それぞれの大学の学生による研究発表が行われ、接合科学研究所からは、接合界面機構学分野の Zexi Wu さんが、“Application of Friction Stir Welding to Steel”と題して発表を行った。

3日目は、岡山大学の共通設備機器管理に係る職種であるサイテック・コーディネーターの紹介の後、大阪大学基礎工学研究科 中本有紀特任准教授と接合科学研究所の卒業生でもある岡山大学工学部 篠永東吾助教の講演が行われた。3日目の後半は、岡山大学 SDGs アンバサダーの大学院生によるマレーシアの中高校生・大学生に向けてのオンライン科学実験「人工イクラづくり」や INTEC 教育大学と SEMESTI の学生からのマレーシアの文化や学生生活についての紹介が行われ、オンライ



2日目集合写真(上)と梅田純子教授の講演の様子(下)



岡山大学 SDGs 推進表彰 (President Award) 奨励賞状

ンながらお互いの距離が近づいたように思う。セミナーは、INTEC 教育大学の Halim Mamat 先生による講演で締めくくられた。

本セミナーは、岡山大学ダイバーシティ推進本部・女性教員支援助成金（マネジメント力向上支援型）の一環として実施され、女性技術職員 2 名（岡山大学・中村有里 技術専門職員、大阪大学・植原邦佳 技術職員）がオーガナイザーはをつとめた。3 日間を通して合計 121 名が参加し、日本と中国、マレーシアの 3 か国 5 機関が講演・文化交流を行う他に類を見ない新しい国際連携セミナーとして、中高生・大学生・大学院生・教職員と多様なステークホルダーで体系的な学びを共有することができた。なお、本セミナーは、岡山大学 SDGs 推進表彰（President Award）奨励賞を受賞した。

## 7. 4 Visual-JW2022 & DEJI<sup>2</sup>MA-2

接合プロセス研究部門 レーザプロセス学分野

教授 塚本 雅裕

2022年10月25-26日の2日間、千里ライフサイエンスセンターに於いて国際会議 Visual-JW & DEJI<sup>2</sup>MA-2 が接合科学研究所主催、溶接学会の共催で開催された。当会議には日本及び海外合わせて8か国から総勢203名の参加をいただき、最新の計測技術とシミュレーションによる、溶接・接合および材料加工に関わる複雑な現象の可視化を主題として、口頭・ポスター合わせて総数161件の発表と活発な議論が行われ、互いの研究成果について意見を交わし知見を深める貴重な機会となった。

またコロナ渦ではあったが、感染防止対策をした上で会議後のバンケットを千里阪急ホテルに於いて開催した。鏡割りや太鼓ショーには、海外からの来賓の方々にも参加していただき、大変盛況のうちに終了した。



会場の様子



ポスターセッション



和太鼓ショー



鏡開き

## 7. 5 東京セミナー「溶接・接合技術におけるデジタルツインに関する研究」

接合評価研究部門 接合構造化解析学分野

教授 麻 寧緒

2022年11月22日、接合科学研究所主催の東京セミナーを東京日本橋ライフサイエンス HUB にて開催した。本セミナーでは、本研究所が2018年から取り組んできた先導的重点課題である「溶接・接合技術におけるデジタルツインに関する研究」と題して、共同研究賞の受賞講演2件をはじめ、最新の研究成果を交えた講演2件を行った。【セッション1：共同利用・共同研究賞受賞講演】では、生島一樹准教授（大阪公立大学）より、データ同化手法と溶接温度場および溶接管クリープ損傷の評価に関するデジタルツインについてご講演頂いた。続いて、北野萌一主任研究員（物質材料研究機構）より、機械学習を用いた溶接熱源形状決定システムの構築に関してご講演頂いた。【セッション2：溶接構造および溶接・接合技術におけるデジタルツインの研究開発】では、本研究所の藤久保昌彦招へい教授より、船体構造デジタルツインの研究開発について日本船海業界の取組みと成果をご紹介頂き、最後に本研究所の麻寧緒教授が、溶接・接合技術におけるデジタルツインに関して接合研の研究成果を報告した。3年ぶりの対面開催となった本セミナーには35名の方々が参加し、それぞれの講演と最後のパネルディスカッションにおいて活発な質疑応答がなされた。



## 7. 6 第24回大阪大学と上海交通大学共催学術交流セミナー「接合ワークショップ」ご報告

接合評価研究部門 接合構造化解析学分野

教授 麻 寧緒

2022年11月29日に第24回大阪大学－上海交通大学学術交流セミナーが、オンラインにて開催された。本セミナーは、当時の溶接工学研究所が溶接分野を中心とした先方との国際共同研究を起源とし、1985年から始まった国際交流であり、現在は「接合」「材料」「情報」「物理・レーザー」「船舶海洋」「スマートシティ」の6つの分野にまで発展して全学として取り組んでいる。

「接合ワークショップ」の開会式で、本研究所・節原副所長よりご挨拶を頂き、両大学接合分野のさらなる連携を促進する期待を述べた。

本ワークショップでは、上海交通大学から4件の研究発表を行った。接合研の田代助教、Ammarueda 特任助教、JSPS ポスドク Wuさんと工学研究科野村助教はそれぞれの研究成果を発表した。上海交通大学から16名、接合研から12名の教員と学生が参加し、活発な質疑討論が行われた。

閉会式では、上海交通大学 溶接・レーザー加工研究所 LU 副所長が両分野の共同研究成果や学術・教育の交流実績をまとめ、2023年度のワークショップをぜひ対面開催したい期待を述べた。



## 7. 7 接合科学研究所 HUST-OU 設立記念式典開催

グローバル D & I 推進室  
准教授 勝又 美穂子

2023年1月10日(火) ベトナム・ハノイ市、ハノイ工科大学(HUST)にて「接合科学研究所 HUST-OU」の設立記念式典が開催された。同研究所は2013年より阪大(OU)接合科学研究所とハノイ工科大学機械工学部が中心となり、溶接・接合に関する研究拠点が不在であるASEAN地域における研究拠点を創設すべく設立に向け連携して来たものである。設立においては、日越両政府、多数の日系企業及び現地企業から支援頂き実現した。

接合科学研究所 HUST-OU (以下「HUST-OU 研究所」)は、ハノイ工科大学のメインキャンパスから徒歩5分程度の大学所有の3階建て建物(計約660m<sup>2</sup>)をリノベーションして利用する。研究機材支援を日本政府の無償資金協力「経済社会 開発計画」より、実質的な研究所の活動となる溶接技術者育成や研究に関する能力強化については国際協力機構(JICA)の「草の根技術支援事業」より、その他研究所で利用する機材・消耗品・設備についても多数の企業から支援を受けている。

式典当日は、本学より西尾章治郎総長、河原源太理事・副学長、接合科学研究所田中学所長ほか、そしてベトナム教育訓練省 Hoang Minh Son (ホアン・ミン・ソン) 副大臣、日本大使館より山田滝雄特命全権大使代理、古舘誠幾一等書記官、ハノイ工科大学 Huynh Quyet Thang (フイン・クェット・タン) 学長ほか、企業からは日本酸素ホールディングス濱田敏彦社長ほか、沢山の来賓列席頂いた。

全体では約500名弱の参加がある中、設立に関する決定書の公表、テープカット式、更に企業とHUST-OU 研究所間における新たな国際産学連携共同研究調印式などが行われ、HUSTと本学の連携を確認すると共に、ASEAN溶接・接合研究拠点としてのHUST-OU 研究所の今後が大いに期待される盛大なセレモニーとなった。

式典では当研究所田中学所長より設立経緯の説明が行われ、構想開始当初からの取り組みや各企業からの支援、日越両政府の調印に至る過程について振り返ると共に、今後の活動方針が紹介された。その後、HUST 機械工学部溶接工学金属材料学科、Bui Van Hanh (ブイ・バン・ハイン) 学科長より、HUST-OU 研究所に導入予定の機材など概要紹介が行われた。また、西尾章治郎総長からは「HUST-OU 研究所は、ベトナムをはじめとするASEAN地域の溶接・接合に関する学術の発展は勿論、社会実装に繋がる技術開発へ新たな風を吹き込み、社会の更なる発展に大きく貢献することが期待される」との言葉が述べられ、強い期待が示された。

式典後には、ランチレセプションが行われ、会場横の屋外に特設された大テントの下、立食により交流が行われた。

HUST-OU 研究所は多くの方々のご理解とご支援により設立に至ることができた。HUST-OU 研究所はこれからが本番であり、沢山の挑戦が待ち受けている。今後共、皆様からのご指導とご支援をお願いするとともに、ハノイ工科大学と大阪大学の連携を強固にし、今後も取り組みを深化する所存である。



HUST-OU 研究所設立のテープカット式



右から：田中阪大接合研所長、河原理事、西尾総長、日本大使館古舘書記官、Son 教育訓練省副大臣、Thang 学長、Chinh 副学長、Son 機械工学部長



田中所長登壇の様子



設立決定書の受領（右から：Tuan 理事長、田中阪大接合研所長、Son 機械工学部長、Hanh 溶接学科長、Thang 学長）

## 7. 8 国際連携溶接計算科学研究拠点第 15 回講演会の報告

国際連携溶接計算科学研究拠点リーダー

教授 麻 寧緒

2023 年 3 月 3 日 (金) 国際連携溶接計算科学研究拠点 (CCWS) は、『溶接・接合構造の数値解析と DT/DX への展開』というテーマで、第 15 回講演会を対面形式で開催した。7 名の講師の方々が基調講演や招待講演および研究報告を行い、64 名の方が参加した。

本講演会の午前中の部では、大阪大学接合科学研究所・藤久保昌彦招へい教授が、「船体構造デジタルツインの研究開発と DX への展開」について基調講演を行った。続いて、大阪公立大学・生島一樹准教授が「溶接・接合技術におけるデジタルツインの研究」に関して招待講演を行った。その後、物質材料研究機構・北野萌一主任研究員が「機械学習を用いた溶接熱源形状決定システムの構築」に関して招待講演を行った。

午後の部では、トヨタ自動車株式会社・小島茂樹様が、「CAE/ 機械学習技術を活用した車両構造と乗員安全の連成解析」について講演を行い、本田技研工業株式会社・西紳之介様が「Isogeometric 解析による車両衝突強度の評価」に関して講演を行った。その後、株式会社 JSOL・功刀厚志様が、「産学連携による溶接組立変形の予測ソフト JWELD 開発と DX への展開」について講演した。本講演会の最後には本研究拠点の麻寧緒教授が「DT/DX に向けた溶接・接合力学ソフト JWRIAN の研究開発」について成果報告を行った。



## 7. 9 接合科学カフェ 第16回「接合科学ベトナム通信」の開催

技術部

技術職員 植原 邦佳

令和5年3月22日(水)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16回接合科学カフェが開催された。

今回は、接合科学研究所ベトナムオフィスに常駐する勝又美穂子准教授が『接合科学ベトナム通信』と題して講演を行った。

始めに、GDP・平均年齢・識字率などベトナムを特徴づけるデータと政治に関する基本情報が共有されました。日本と比較して15歳以上若い平均年齢や高い識字率など、今後のベトナムの成長に期待が高まった。

次に、ベトナムの教育制度が紹介された。義務教育の制度やその後の進路が説明され、理数系に強く、外国語の習得にも重点を置いているといった特徴が示された。また、大学の制度や学生の生活についても紹介があり、技術士(大学に5年間通うことで取得可能な資格)という日本にはない進路が示された。講演中に会場に投げかけられた義務教育にかかる教師の初任給についてのクイズでは、日本の10分の1を下回るという金額に驚きの声があがる場面もあった。

最後に接合科学研究所のベトナムでの取り組みが2つ紹介された。1つめは、「カップリング・インターンシップ(CIS)」である。CISは、国内外で活動する企業で行われるインターンシップを通して人材育成をすることを目的としたプログラムで国籍や専門の異なる学生がチームとなって1つの課題に取り組むことを特徴とした異文化・異分野融合の実践型教育プログラムである。もう1つは、阪大(OU)接合科学研究所とハノイ工科大学(HUST)機械工学部が中心となり令和5年1月10日に開設した「接合科学研究所 HUST-OU」である。これは、溶接・接合に関する研究拠点が不在であったASEAN地域に研究所を設立し、溶接・接合に関する科学技術の発展だけでなく人材育成も含めた社会の発展に貢献することを目指した研究所で、今後が大いに期待されている。

勝又先生から会場参加者へベトナムのお菓子が配られ、講演は和やかな雰囲気終了した。ご参加の皆様には普段見ることのできないディープなベトナムを楽しんでいただけたのではないだろうか。



ゲストスピーカー 勝又美穂子 准教授



カフェマスター 田中学 接合科学研究所長



会場の様子

## 7. 10 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4年度 JWRI 道場プログラム合格者一覧（辞退者除く）

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
レダン コイ LE DANG KHOI (ベトナム)	ハノイ工科大学 (ベトナム) 修士課程在学中	接合プロセス研究部門 エネルギー制御学分野 田中 学 教授	フラックスコールドアーク 溶接におけるアーク及び溶 滴移行現象の研究	R4.5.16 ～ R4.9.15
フルカン FURKAN (インド)	インド工科大学ジョードプル (インド) 令和2年12月 修士課程 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	鋼／Al合金の線形摩擦接 合継手の耐食性	R4.6.1 ～ R4.9.30
リ ウェイホー LI WEIHAO 李 蔚豪 (中国)	ファーウェイ・ テクノロジーズ株式会社 (中国) 令和4年2月退職予定	接合評価研究部門 接合構造化解析学分野 麻 寧緒 教授	溶接残留応力の数値解析	R4.5.11 ～ R4.9.30
ユウ セイショウ YU ZHENGXIAO 于 正瀟 (中国)	University of Alberta (カナダ) 令和3年11月学部卒業	接合評価研究部門 接合構造化解析学分野 麻 寧緒 教授	溶接継手の疲労強度デー タベース構築と計算科学によ る予測	R4.4.1 ～ R4.9.30
ワン カイ WANG KAI 王 凱 (中国)	北京航空航天大学 (中国) 博士課程在学中	接合機構研究部門 接合界面機構学分野 藤井 英俊 教授	摩擦攪拌加工を施したTi- 10V-2Fe-3Al合金の動的相 変態とその超塑性への影響	R4.11.1 ～ R6.3.31
シュン クン SHENG KUN 盛 坤 (中国)	鄭州大学 (中国) 博士課程在学中	接合機構研究部門 接合界面機構学分野 藤井 英俊 教授	生分解性血管ステントのた めのマグネシウム合金ミニ チューブの作成	R4.9.1 ～ R5.8.31
チョウ ホウ ZHANG PENG 张 鹏 (中国)	南京航空航天大学 (中国) 博士課程在学中	接合プロセス研究部門 微細接合学分野 西川 宏 教授	エポキシ樹脂添加による鉛 フリーはんだ材料の耐熱性 向上	R4.9.1 ～ R6.3.31
チン セイカ CHEN JINGJIA 陳 靖佳 (中国)	江蘇科技大学 (中国) 令和3年7月学部卒業 現在、名校教育日本語学校 在学中 (令和4年9月自主退学予定)	接合評価研究部門 接合構造化解析学分野 麻 寧緒 教授	接触誘起振動ツールによる インクリメンタルフォーミ ングプロセスが製品表面品 質に与える影響に関する研 究	R4.10.1 ～ R5.9.30

### (3) JWRI 道場プログラム 参加報告

#### FURKAN

PhD student,  
Division of Materials and Manufacturing Science,  
Graduate School of Engineering,  
Osaka University, Japan.



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 “Investigation on Corrosion Resistance of Steel-Aluminum Linear Friction Welded Joint”, from June 1, 2022 to September 30, 2022.

I have carried out research on the fabrication of dissimilar weld joint between S45C steel and A-7075 aluminum alloy using center driven double-sided linear friction welding technique. In this study, a new joining method, center-driven double-sided linear friction welding (center-driven double-sided LFW), was developed to further expand the application of LFW. The dissimilar joint between S45C/A-7075 alloys was fabricated successfully using suitable joint parameters. Moreover, the mechanical and microstructure investigations were performed on the fabricated joint. Furthermore, in the general LFW process, two materials are brought into contact and joined by the frictional heat generated by the linear motion. In contrast, in center-driven double-sided LFW, the center material is placed between the two side materials to be welded and the center material is allowed to vibrate at a high frequency while the three materials are pressed against each other. Hence, the center material and the two side materials are simultaneously joined by vibrating the center part while the three materials are pressed against each other. All in all, by using center driven double-sided LFW technique, three different materials can be joined simultaneously.

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, I have worked on such a high quality equipment which is being used first time and no publication is reported yet on these techniques.

It was a fruitful and rewarding period at JWRI as a research student, currently I have been enrolled as a PhD student in Graduate School of Engineering, Osaka University and I hope very much to study and research on the Linear Friction Welding (LFW) as a PhD student in the future, and I would take my effort to continue research here with my gratitude.

I would like to sincerely appreciate Prof. Hidetoshi FUJII for his supervision and members of the laboratory for their kind support both personally and professionally during my research period as a research student at JWRI, Osaka University.

## Khoi Dang Le

Master student,  
School of Mechanical Engineering,  
Hanoi University of Science and Technology, Vietnam.



I have completed the JWRI DOJO Program (Research Scholarship Program) at Department of Energy Control of Processing, Joining and Welding Research Institute (JWRI), Osaka University under the supervision of Prof. Manabu TANAKA on “Research on the arc and metal transfer phenomenon in flux-cored arc welding” from May 16, 2022 to September 15, 2022 in four months.

My research includes doing the experiments and evaluating the effects of CO<sub>2</sub> content in shielding gas on metal transfer behavior in metal flux-cored wire arc welding. Due to this program, I could enhance my knowledge and have a basic vision about doing research. Specially, I knew how to observe the arc and metal transfer behavior through using high speed video camera (HSVC), used my experiences and other findings in some other papers to assess the experimental results and analysis these phenomena. Moreover, I could improve my teamwork skill with foreigners.

This course was a valuable and interesting experience at JWRI. Certainly, it was my honor to take part in this program. Besides, I exactly express my heart to be able to come back and study on welding as a PhD student at JWRI in the future.

I would like to sincerely appreciate Prof. Manabu TANAKA for his supervision and members in his laboratory especially Assistant Prof. Shinichi TASHIRO and Ngoc-san for their support during my course at JWRI, Osaka University.

## LI WEIHAO

JWRI *DOJO* Research student,  
Joining and Welding Research Institute,  
Osaka University,



I have completed the JWRI *DOJO* Program at Department of Joining Mechanics and Analysis, Joining and Welding Research Institute (JWRI), Osaka University under the supervision of Prof. Ninshu Ma, on “Numerical Analysis of Welding Residual Stress”, from May 11, 2022 to September 30, 2022 for five months.

My research mainly focused on welding of the Al alloy and CFRP using idealized thermal-compression process and its numerical model. Through quantifying and obtaining the microstructure characteristics of the Al-CFRP interface under different temperature and compression conditions, the correlations between the interfacial structure, strength, and the corresponding fracture mechanism were investigated. These databases will be used for creating the numerical model.

It was a fruitful stay for me to start my Ph.D. study from Oct. 2022 based on the support by JWRI *DOJO* program. I would like to sincerely appreciate Prof. Ninshu Ma for his supervision and members of his laboratory for their kindness as well as the financial support supplied by JWRI, Osaka University.

## YU ZHENGXIAO

JWRI *DOJO* Research Student,  
JWRI, Osaka University,  
Osaka, Japan



I have completed the JWRI *DOJO* Program at Ma Lab, Joining and Welding Research Institute (JWRI), Osaka University under the supervision of Prof. Ma Ninshu, on “Fatigue strength database construction of welded joints and prediction by computing science” from April 1, 2022 to September 30, 2022.

My research includes the design of computer algorithms, combined with physical phenomena, to predict the fatigue strength of resistance spot weld. To reduce the number of fatigue experiments, the fatigue curve SN is predicted with the aid of mathematical AI approach. In the process, I also learned a lot of related knowledge about physics, mechanics, and material mechanics. For example, the effect of stress concentration and residual stress on the fatigue strength of spot-welded, etc.

I would like to sincerely appreciate Prof. Ma for his supervision and members in his laboratory as well as the financial support of JWRI *DOJO* program, Osaka University.

## 7. 11 外国人研究員紹介

Ambrosio Danilo, Ph.D, Specially Appointed Researcher



I have worked as Specially Appointed Researcher, in the Research Division of Materials Joining Mechanism at the Department of Joint Interface Structure and Formation Mechanism, Joining and Welding Research Institute (JWRI), Osaka University, from January 2023 to January 2024.

My research activity at JWRI falls under the JSPS grant, which Professor Fujii and I were awarded in September 2022. The activities I carried out at JWRI includes:

1. Investigating the feasibility of friction stir welding employing a **hemispherical tool** tilted towards the retreating side. The mechanisms governing material flow with the new tool are revealed. Additionally, it has been used to manufacture friction stir welds of 3 mm AA6061-T6 and Fe-Al friction stir lap welds.
2. Controlling the formation of **intermetallic compound (IMC)** layers during friction stir lap welding of Fe-Al alloys using an **adjustable tool**. The tool enables different rotation rates and directions for the shoulder and probe, and the heat input can be controlled and localized at the probe.
3. Revealing mechanisms governing **material flow** in friction stir welding. In-situ observations of material flow were possible following the movement of a tracer particle with an **X-ray system** embedded in the FSW machine. Based on the particle movement, information related to material flow depending on the considered aluminum alloys and process parameters are revealed.

The experience was incredible, and we were able to achieve major results. The success was possible because of JWRI laboratories facilities, as well as, the support of world-leading researchers, which allowed me to carry out my research activities smoothly.

Thus, I sincerely thank Professor Fujii for making my experience possible in his worldwide recognized solid-state welding technologies laboratory at JWRI.

大阪大学接合科学研究所年次報告 2022 年度

---

令和 5 年 7 月発行

編 集 大阪大学接合科学研究所自己評価委員会

発 行 大阪大学接合科学研究所  
大阪府茨木市美穂ヶ丘 11 - 1  
電話 06 (6877) 5111 番

印 刷 株式会社シンメイ社

---

JWRI JWRI JWRI JWRI  
JWRI JWRI JWRI JWRI



大阪大学