

大阪大学 接合科学研究所

最終評価報告書

(平成16年度～平成21年度)

平成22年11月

大阪大学 接合科学研究所

目 次

| | |
|-----------------------------------|----|
| はじめに | 1 |
| 1. 最終評価に向けた実施体制並びに実施経過 | 2 |
| 2. 最終評価の方法 | 4 |
| 3. 研究所の目的と特徴 | 5 |
| 3. 1 目的 | 5 |
| 3. 2 第 I 期中期計画における研究所の特徴的取り組み | 5 |
| 3. 3 第 II 期中期計画における研究所の特徴的取り組み | 7 |
| 4. 研究所に対する自己評価結果 | 9 |
| 4. 1 運営 | 9 |
| 4. 2 教育 | 11 |
| 4. 3 研究 | 12 |
| 4. 4 社会貢献 | 17 |
| 4. 5 全国共同利用研究所としての活動 | 18 |
| 5. 分野別自己評価結果 | 21 |
| 5. 1 エネルギー制御学 | 21 |
| 5. 2 エネルギー変換機構学 | 25 |
| 5. 3 エネルギープロセス学 | 31 |
| 5. 4 溶接機構学 | 34 |
| 5. 5 レーザ接合機構学 | 38 |
| 5. 6 複合化機構学 | 43 |
| 5. 7 数理解析学 | 47 |
| 5. 8 信頼性設計学 | 51 |
| 5. 9 機能性診断学 | 55 |
| 5. 10 スマートビームプロセス学 | 59 |
| 5. 11 スマートコーティングプロセス学 | 63 |
| 5. 12 ナノ・マイクロ構造制御プロセス学 | 67 |
| 5. 13 信頼性評価・予測システム学 | 71 |
| 5. 14 スマートグリーンプロセス学 | 75 |
| 5. 15 多元ハイブリッドプロセス技術（栗本鐵工所）寄附研究部門 | 79 |
| 5. 16 東洋炭素（先進カーボンデザイン）共同研究部門 | 81 |
| 5. 17 金属ガラス・無機材料接合技術開発拠点 | 83 |
| 5. 18 国際連携溶接計算科学研究拠点 | 85 |

はじめに

接合科学研究所は、全国の溶接工学関連の研究者、技術者の強い要望に応えた日本学術会議の勧告に基づいて、昭和44年に大阪大学工学部附属研究施設として設置された。その後、全国共同利用研究所として溶接工学に関する総合研究を目的として、昭和47年5月、学内の独立した部局である「溶接工学研究所」として設立された。

平成6年8月に研究所としての第1回外部評価を受け、その結果に基づき、平成8年5月に「接合科学研究所」に改組・改称した。その後、平成11年度に第2回外部評価を実施し、本研究所の活動を客観的に評価した。さらに、平成15年4月には研究所附属の二つのセンターを改組・転換し、スマートプロセス研究センターが設立され、現在に至っている。

接合科学研究所は、我が国における溶接・接合に関する唯一専門の国立大学法人における研究所であり、溶接・接合の科学技術に関するセンター・オブ・エクセレンス (COE) として、国内はもとより国際的規模での役割を果たしている。特に、平成16年4月に国立大学法人大阪大学として、6年間の中期計画の基に本研究所も活動を進めてきたが、法人化後3年目の平成18年度に平成16～17年度の2年間の活動に対する外部評価を実施した。また、平成19年度には、平成16～18年度の活動に対する中間評価を自己評価の形で実施し、外部評価における指摘事項に対する改善状況を含めた評価を行った。さらに、平成20年度には、平成18～19年度の活動成果に対する評価を中心に外部評価を受けることにより、平成16～19年度に亘る法人化後4年間全体の活動評価を行った。これら2回の外部評価は、平成22年度から始まる第Ⅱ期中期計画に第Ⅰ期中期計画の活動成果を反映させるために、いずれも当初予定を前倒して実施したものである。

本研究所の部局中期計画においては、大阪大学の第Ⅰ期中期計画を踏まえ、6年終了後の平成22年度に最終評価も実施することが計画されている。前述のとおり、平成16～19年度の4年間の活動成果に対しては、既に2回の外部評価を受けているので、最終評価としては、外部評価における評価結果並びに指摘事項を十分に踏まえ、その改善策と進捗状況について明らかにするとともに、平成20～21年度の活動に対する自己点検評価を加え、接合科学研究所の研究所としての評価と、研究所活動の基礎となる各分野における活動成果の評価を、6年間全体の自己評価による形で実施した。評価資料の取りまとめは、所内に設置した自己評価委員会委員による最終評価実行委員会が担当し、全教員による議論を踏まえ、最終評価報告書として公表するに至った。

本年度は、第Ⅱ期中期計画の初年度になるが、第Ⅰ期中期計画の最終評価結果を踏まえ、本研究所の第Ⅱ期中期計画の達成と、さらなる発展に向けて全所員一丸となって活動を行う所存である。関係者各位におかれては、本最終評価報告書に対して忌憚のないご意見を頂くとともに、本研究所の発展に向けて多大なるご指導、ご支援をお願いする次第である。

大阪大学接合科学研究所
所長 中田一博

1. 最終評価に向けた実施体制並びに実施経過

第I期最終評価に向けた実施経過を以下に示す。

- 平成22年2月25日 平成21年度第7回自己評価委員会
 - ・中期計画に従い、最終評価の平成22年度実施について検討
 - ・最終評価の概要、方法、日程等実施案について検討を行い、教員会議に附議することを決定

- 3月18日 教員会議
 - ・最終評価を自己評価の形式で実施する提案について審議
 - ・外部評価の形式での実施も視野に入れ、接合研として遺漏のない最終評価方法を選定することにし、他部局等の動向を調査した後、あらためて電子メールによる審議

- 3月25日 第9回自己評価委員会
 - ・学内の他の6部局に対して、最終評価方法、第I期中期計画期間中の外部評価実施状況、ならびに、同自己評価実施状況について調査。
 - ・その結果を踏まえ、あらためて、平成22年度に自己評価の形式で「部局独自による最終評価」を実施する案を提案することで決定。

- 4月1日～4月7日 教員会議（電子メールによる審議）
 - ・最終評価実施に関する提案について再度審議のうえ、自己評価の形式で「部局独自による最終評価」の実施を承認

- 4月15日 平成22年度第1回自己評価委員会
 - ・最終評価実行委員会及び同ワーキングを設置し、人選と役割分担を決定
 - ・最終評価用資料の作成計画及び分野別評価等について検討

- 4月28日 第1回最終評価実行委員会ワーキング
 - ・最終評価用資料の作成および分野別自己評価書のフォーマットについて検討

- 5月24日 第2回最終評価実行委員会ワーキング
 - ・最終評価用資料の内容について検討

- 6月9日 第2回自己評価委員会
 - ・第I期最終評価報告書の骨子、研究所評価の内容、年次報告書（2009版）及び分野別自己評価について検討

- 6月21日 第3回最終評価実行委員会ワーキング
 - ・第I期最終評価報告書（原案）等について検討

- 7月2日 第1回最終評価実行委員会
 - ・第I期最終評価報告書（案）等について検討

- 7月22日 教員会議
 - ・第I期最終評価報告書（案）について審議のうえ承認

- 7月30日 運営委員会
 - ・第I期最終評価報告書を報告、ならびに意見の拝聴

- 8月20日 第4回最終評価実行委員会ワーキング
 - ・第I期最終評価報告書の追記・修正事項について検討

- 9月3日 第5回最終評価実行委員会ワーキング
 - ・第I期最終評価報告書の追記・修正原案について検討

- 9月16日 教員会議
 - ・第I期最終評価報告書の追記・修正方針について審議のうえ承認

- 10月4日 第2回最終評価実行委員会
 - ・追記・修正事項を盛り込んだ第I期最終評価報告書（案）について検討

- 10月21日 教員会議
 - ・追記・修正事項を盛り込んだ第I期最終評価報告書（案）について審議のうえ承認

- 11月末
 - ・第I期最終評価報告書の製本、ならびに関係機関に送付
 - ・第I期評価報告書を接合研ホームページに掲載

2. 最終評価の方法

最終評価は、平成18年度ならびに平成20年度に実施された2回の外部評価と同様に、本研究所の研究所としての評価（研究所評価）と、研究所の基礎となる各分野における研究成果の評価（分野別評価）により行われた。研究所評価、分野別評価いずれにおいても、平成16～21年度6年間における活動を自己評価した。平成16～19年度の4年間の活動成果に対しては、既に2回の外部評価を受けているので、最終評価としては、指摘事項に対する改善策とその進捗について記載するとともに、それを踏まえた平成20～21年度の活動に対する自己評価を行い、6年間全体の自己評価とした。

最終評価報告書の取りまとめは、自己評価委員会のメンバーによる最終評価実行委員会が行い、10月21日に開催された教員会議において報告書の最終検討を行った。その結果を踏まえ、さらに加筆修正を加えて、11月に最終評価報告書として公表するに至った。

最終評価に使用した基礎資料を下記に記載する。

- ①最終評価用資料（平成16～21年度）
- ②外部評価報告書（平成18年度実施）
- ③中間評価報告書（平成19年度実施）
- ④外部評価報告書（平成20年度実施）
- ⑤年次報告 2008年度（平成20年度）
- ⑥年次報告 2009年度（平成21年度）
- ⑦年度計画・達成状況評価シート（平成16～18年度）
- ⑧年度計画・達成状況評価シート（平成19～21年度）
- ⑨国立大学法人・大学共同利用機関法人の中期目標期間の業務の実績に関する評価結果「学部・研究科等の現況分析結果（研究）」

3. 研究所の目的と特徴

3. 1 目的

接合科学研究所は、昭和47年5月に溶接工学研究所として設立され、平成8年5月に接合科学研究所に改組・改称し、現在に至っている。本研究所は、加工システム、接合機構、機能評価の三研究部門により溶接・接合に関わる総合的研究を推進しており、世界の最先端を走る我が国の材料の加工・組み立てに不可欠な溶接・接合技術の確立と接合科学の深化に貢献している。さらに平成15年4月には、超高エネルギー密度熱源センターと再帰循環システム研究センターの二つのセンターを改組・転換し、スマートプロセス研究センターを設立した。このセンターは、接合を中心とする材料加工技術を超精細制御する先進プロセス科学の構築を目指しており、接合科学の新たな展開と「次世代ものづくり」に貢献している。

このように、本研究所は、接合科学の基盤である三研究部門と先進プロセス科学を推進するセンターを陣容とした、溶接・接合技術に関する我が国唯一の総合研究所であり、「ものづくり」の基盤技術である溶接・接合に関する研究を通じて、人類社会のニーズに応える接合科学の学問構築を図ることを目的としている。さらに本研究所は、全国共同利用研究所として多くの共同研究員を受け入れ、溶接・接合に関する研究者コミュニティの中核的研究拠点としての役割を果たすとともに、世界のセンター・オブ・エクセレンス (COE) として国内外の先端的研究機関との共同研究などを通じて、溶接・接合技術に関する最新の研究開発を目指している。

以上二つの研究目的は、大阪大学の第I期中期計画「研究に関する目標を達成するための措置」の中で位置づけられている。

3. 2 第I期中期計画における研究所の特徴的取り組み

3. 2. 1 溶接・接合に関する研究拠点

接合科学の基盤である加工プロセス、接合機構、機能評価の三研究領域と、接合を中心とする先進プロセス科学に関する研究を両輪として、溶接・接合技術に関する最新の研究開発を推進するとともに、本研究所が誇る世界トップクラスの溶接・接合に関する設備、分析・評価装置、ソフトウェア、蔵書及び所員の学識・知識を共同研究に供することにより、溶接・接合に関わる研究者コミュニティに開かれた、接合科学の学問構築を目的とする世界唯一の研究拠点としての役割を果たした。

また、学内においても接合科学の視点から、工学研究科が推進している21世紀COEプログラム「構造・機能先進材料デザイン研究拠点の形成」やグローバルCOEプログラム「構造・機能先進材料デザイン教育研究拠点」において、本研究所の教員を積極的に参画させ、拠点形成に貢献した。同様に、全学を挙げて推進しているナノサイエンス・ナノテクノロジー研究推進機構やサステナビリティ・サイエンス研究機構に本研究所の教員を参画させ、材料、情報、生体、エネルギー、環境などの研究分野の枠を超えた部局間協力による本学の研究・教育プロジェクトに貢献した。

3. 2. 2 全国共同利用・共同研究の推進

全国共同利用研究所として、溶接・接合に関わる多くの共同研究員を、全国の国公立大学、公立研究機関、工業高等専門学校などから受け入れ、共同研究を推進した。さらに、共同研究成果の発表や研究集会等を通じ、溶接・接合に関する全国の研究者の中核的研究拠点

としての役割を果たした。

3. 2. 3 産学連携の推進

「ものづくり」の基盤となる溶接・接合の基礎から応用に至るまでの研究を実施し、幅広い産業界と活発な連携を行った。民間企業との共同研究、受託研究などを活発に推進するとともに、産学連携の研究会や寄附研究部門および共同研究部門の受け入れ等を通じて、溶接・接合に関わる産学連携研究拠点の形成づくりを行った。

3. 2. 4 溶接・接合における世界のネットワーク形成

本研究所は、英国の The Welding Institute (TWI)、米国の Edison Welding Institute (EWI) と共に溶接・接合の世界三大拠点としてグローバルに知られているが、TWI と EWI が共に、産業界を意識した技術開発に重点をおいた研究所であるため、本研究所は接合科学の学問構築を目的とする世界唯一の総合研究所として、溶接・接合における世界の COE を目指している。その実現に向けて、具体的には、本研究所が中核となり、溶接・接合に関する国際シンポジウムを毎年開催するとともに、各国の関連機関と学術交流協定を結ぶことなどにより、溶接・接合分野における活発な学術研究の交流を推進した。

さらに、本研究所は、溶接現象を解明するための手法として理論に基づく数値計算シミュレーションを1970年代に提案しており、この分野では世界の先駆けとなった。現在においても、溶接計算科学の分野では、本研究所が世界の中核的研究拠点の役割を担っており、本研究所で学んだ留学生や研究員が世界各地に拡がって活躍している。この世界のネットワークを基礎として、経験や熟練技能者に頼らない新しいものづくりが現在の産業界における重要なニーズになっているが、それに応え、理論的予測に基づく溶接技術の確立を果たすため、平成19年度に所内組織として国際連携溶接計算科学研究拠点を設立した。

3. 2. 5 溶接・接合に関わる人材育成

本研究所の教員が所属する研究科や専攻の協力講座として大学院教育に関わり、学生が工学に関して幅広い興味・知識を持てるように努めた。また、工学研究科マテリアル生産科学専攻と協力して、研究・技術開発や「ものづくり」の現場においてリーダーとして世界で活躍できる高度溶接専門技術者、管理技術者を育成するための教育組織の設置を検討した。その結果、平成21年度に、国際標準化機構 (ISO) に準拠した正規の ATB (Approved Training Body) として国際溶接学会 (IIW) 資格日本認証機構による認定を受けて、「接合科学研究所国際溶接技術者 (IWE) コース」が設置された。これにより、本コース修了者が、別途 IIW が実施する資格試験に合格すれば IIW 国際溶接技術者 (IWE) という、世界で通用するディプロマ資格を取得できることになった。平成21年度末に第一期生7名が本コースを修了し、そのうち6名が IWE 資格試験に挑戦した結果、4名が合格してディプロマ資格である IWE を取得した。

一方、本研究所は、留学生を含む大学院生支援の独自の取り組みとして、「所内奨学金制度」を平成14年度に発足させた。本制度の予算は、運営費交付金ではなく、企業や個人からの研究所への寄附によりまかなわれるが、本制度をさらに充実させるように努力した。具体的には、第I期中期計画の期間 (平成16～21年度) に、延べ91人に対して総額約2800万円の支援を行った。

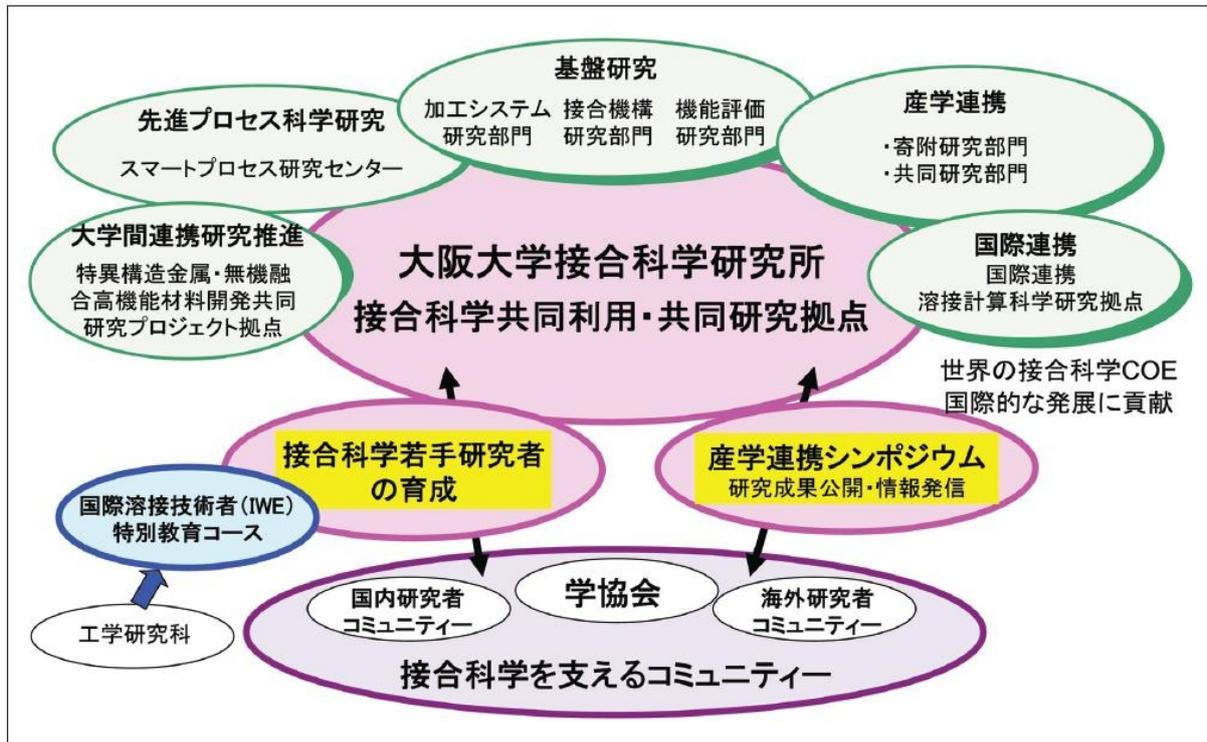
3.3 第II期中期計画における研究所の特徴的取り組み

本研究所の所員が一丸となって、第I期中期計画に沿って研究活動に取り組んだ成果の詳細については、本最終評価に使用した基礎資料（4ページ参照）に記載している。また、それらに対して分析を加え、第I期中期計画の6年間の研究所の評価を自己評価した結果は、本最終評価報告書の第4章に明記した。主な評価結果としては、文部科学省国立大学法人評価委員会による、中期目標期間の業務の実績に関する評価結果「学部・研究科等の現況分析結果（研究）」（暫定評価結果）を引用すれば、査読付き論文数、国際会議招待件数、特許出願・取得件数、共同研究の実績（受入数ならびに共著論文数）、外国人との共著論文発表数などの諸活動が優れた成果をもたらしたことから「期待される水準を上回る」との判断を受けた。さらに、同じく、科学研究費補助金、共同研究、受託研究、奨学寄附金等の競争的外部資金、ならびに寄附研究部門を積極的に受け入れ、活発な研究活動の展開に資していることから「期待される水準を上回る」との評価結果を得た。

第I期中期計画では、溶接・接合における世界のCOEを目指す取り組みの中で、国内に向けては全国共同利用研究所としてのネットワークの形成を、海外に向けては平成19年度に国際連携溶接計算科学研究拠点を設置し、当該拠点を軸にした国際ネットワークの形成を推進し、学術論文数、共同研究員の受入数、外国人との共著論文発表数、学術交流協定の締結数など数的増加をはかり、溶接・接合に関する研究拠点の基盤形成に注力した。これらの実績を受けて、第II期中期計画では、第I期中期計画における特徴的な取り組みをさらに充実させるとともに、第I期中期計画において形成した溶接・接合におけるグローバル・ネットワーク（国内外のネットワーク）の充実をはかりながら、平成22年度より認定された「接合科学共同利用・共同研究拠点」の機能を活用して、溶接・接合に関する研究拠点のさらなる質の向上をはかり、溶接・接合における世界のCOEを目指す。特徴的な取り組みは以下のとおりである。

- (1) 世界トップレベルの研究を推進するという理念のもと、接合科学の基盤である加工システム、接合機構、機能評価の三研究部門と、接合を中心とする先進プロセス科学に関するスマートプロセス研究センターを両輪として、長期的な視野にたち、「ものづくり」の高度化・発展に資するため、グリーン・イノベーションに貢献する高効率・省エネルギー型溶接・接合プロセスの開発とその実用化、安心・安全社会の構築に貢献する社会基盤構造体の信頼性評価、次世代ものづくり技術の構築に向けたナノ・メゾの視点で制御する先進プロセス科学等、に関する基盤的研究を推進する。
- (2) 全国の国公立大学、公立研究機関などの研究者コミュニティに開かれた接合科学に関する我が国唯一の共同利用・共同研究拠点として、従来の全国共同利用研究所としての実績を基礎としつつ、多様な先進材料の科学とともに、界面制御、微細構造・超精細制御など幅広い学問分野との連携を展開し、より深化・発展させた接合科学に関する拠点形成を目指す。
- (3) 接合科学共同利用・共同研究拠点の機能を活用して、国際共同研究や各国の関連機関との学術交流協定の締結を強化推進し、接合科学におけるグローバル・ネットワークを充実させる。特に、「国際連携溶接計算科学研究拠点」を中心に、溶接・接合における熱源、材料組織、力学の三要素に関する現象の可視化に取り組むとともに、それらを統合化することにより、複合的諸現象が絡む溶接・接合プロセスを総合的に理論予測する国際的な共同研究を推進し、溶接・接合における国際共同研究拠点の役割を果たす。
- (4) 高度な専門性を備え、21世紀知識基盤型社会のリーダーとなる研究者及び職業人を育てるため、平成21年度に設置した国際溶接技術者（IWE）コースを充実させ、世界で活

躍できる高度溶接専門技術者、管理技術者を育成する。さらに、大学院学生を対象とした本コースを発展させ、社会人にとっては、働きながら ISO に準拠した IWE 資格の取得が国内で唯一可能となる、社会人を対象とした高度溶接専門技術者、管理技術者育成のための人材育成プログラムの開設を検討する。また、平成 17 年度に設立した「産学連携研究会」の参加企業を中心とする産業界との連携を図りながら国内外の研究動向や社会的ニーズを掌握し、人材育成から研究開発に亘って「ものづくり」の基盤技術である溶接・接合分野における中核的拠点としての役割を果たす。



4. 研究所に対する自己評価結果

4. 1 運営

4. 1. 1 組織・運営形態

平成16～17年度2年間の活動に対する平成18年度外部評価結果（以下、単に平成18年度外部評価と記述）の評点は5点中4.4であり、高い評価を受けた。さらに、平成18～19年度2年間の活動に対する平成20年度外部評価結果（以下、単に平成20年度外部評価と記述）の評点は5点中4.8であり、平成18年度外部評価よりも向上している。平成20年度外部評価において、寄附研究部門を創設するなど組織の拡充がはかられ、運営能力は高く評価できる、とのコメントをいただいている。平成20、21年度の組織・運営も平成16～19年度とほぼ同様の体制で進めたことに加えて、平成20年度には共同研究部門を新たに創設したことから、組織・運営形態に関しては、引き続き高い水準を維持しているものと考えられる。

なお、平成18年度外部評価において技術専門職員の高齢化に伴う職員の補充に関して指摘を受けたが、技術専門職員については平成20、21年度においても同様の状況となっている。技術専門職員の高齢化に伴う職員の補充は、研究所の職員雇用枠の中で進める必要があり、時間を必要とする。しかし、技術補佐員については、広く求人活動を行うことによって、新規技術者を獲得し、研究所内の研究活動や共同利用・共同研究の支援向上などタイムリーなニーズに合わせて流動的な人事を行い、「技術部」全体として利用者に対する技術的支援体制の向上に努めている。

4. 1. 2 予算の状況

平成18年度外部評価の評点は4.9、平成20年度外部評価の評点は5.0であり、共に極めて高い評価を受けた。第I期中期計画期間（平成16～21年度）における外部資金の状況は、中期目標において平成9年度～14年度の実績を30%上回るよう計画されたが、各年度ともそれを大幅に上回り、平成21年度においては約350%上回った。また教員一人当たりの外部資金も平成16～21年度において14,000千円以上であり、特に、平成21年度には24,000千円以上に達している。平成20、21年度も引き続き高い水準を維持しているものと考えられる。文部科学省国立大学法人評価委員会による、中期目標期間の業務の実績に関する評価結果「学部・研究科等の現況分析結果（研究）」（暫定評価結果）においても、科学研究費補助金、共同研究、受託研究、奨学寄付金等の競争的外部資金、ならびに寄附研究部門を積極的に受け入れ、活発な研究活動の展開に資していることから、「期待される水準を上回る」との判断を受けた。

ただし、科学研究費補助金の獲得については、ほぼ全国平均レベルであり、決して十分であるとは言えず、平成20年度外部評価においても同様の指摘を受けた。これに対して、すべての教員が科学研究費補助金に申請するように努めるとともに、科学研究費補助金の獲得実績が豊富な教員が中核となり、各教員のテーマ、申請内容について具体的なアドバイスを行っている。

4. 1. 3 教員組織

平成18年度外部評価の評点は3.9であり、「運営」に関する項目の中では、最も低い評価を受けた。平成17年度末時点の教員組織の現状に対しては、外部評価における全体的な指摘事項として、以下のような対応策が求められている。

「人事組織、特に教員の年齢構成がゆがんでいるので、是正してほしい。これについては、評価委員全体の強い要望である。それに伴う研究所の活性化対策として、高年齢の准教授層の処遇の検討、各分野の構成員の見直し、必要に応じた新分野の創設など、可能な限り種々の改善策を考え、実行していただきたい。」

これを受け、平成18年度には、退職した教授の後任として42歳の教授1名（着任：平成18年3月）を新規採用するとともに、准教授1名（38歳）と助教1名（33歳）を新規採用した。あわせて、准教授1名（32歳）、講師1名（40歳）を助教から昇進させた。また平成19年度には、教授1名（40歳）を准教授から昇進させた。さらに、平成20年度に、新たに助教2名（31歳と36歳）を新規採用するとともに、平成21年度には、教授1名（44歳）を准教授から、准教授1名（37歳）と講師1名（36歳）をそれぞれ助教から昇進させた。これらを考慮すると、教授、准教授・講師、助教いずれの階層においても、若手の雇用が着実に進められている。これら一連の取り組みに対して、平成20年度外部評価において、教員年齢構成のひずみ解消に向けた努力は着実になされつつある、等の評価をいただいた。しかしながら、評点としては依然4.0に止まり、「運営」に関する項目の中では、最も低い評価であった。

研究所全体として教員の年齢のひずみの改善には時間を必要とする。今後退職教員の増加に伴い、公募による若手教員の採用を引き続き進めることにより、さらに是正を図りたいと考えるが、この点は大学全体の教員雇用枠の中で進めて行くことになる。

また、人事の流動化に関しても、教員の多くが大阪大学出身者であり不十分であることは、外部評価において指摘されたところである。平成18年度外部評価以降、大阪大学出身者の占める割合の変化をみると、教員全体で72%から66%に若干ではあるが減少しており、人事の流動化が少しずつではあるが進んでいるものと考えられる。

4. 1. 4 広報・評価活動

平成18年度外部評価の評点は4.6、平成20年度外部評価は4.8であり高い評価を受けた。外部評価以降も広報活動、評価活動の基礎となるインフラ整備を継続的に進めており、教員データベースなど、研究所の基礎データを集計・管理するシステムを平成18年度末までに構築するとともに、全学データベースのデータとの整合性も確保できるシステムとした。

評価活動において特筆すべきこととして、分野別、ならびに教員の自己点検・評価を目的として、既に平成17年度に「教員自己評価システム」を立案・導入し、平成18年度より、本システムによる教員評価、ならびに分野評価を開始したことが挙げられる。教員自己評価システムは、外部評価においても高く評価されており、今後、自己評価を繰り返し実施することによって、研究所に最適な評価システムを構築する必要性が指摘されている。平成18年度には、評価システムの向上を目指して、他大学などの評価システムの調査、さらには評価に対する教員の意見なども参考に、自己評価委員会において評価システムの改善を行った。また、評価の高い教員に対しては、業績手当などをアップすることによりインセンティブの向上を図るとともに、評価の低かった教員に対しては、執行部から改善を指導するなど、評価結果の有効活用を行なっている。これらの活動は今後も継続し、評価システムの改善を行うとともに、評価結果を教員、研究分野の活動改善、さらには研究所全体のアクティビティ向上に役立てていく予定である。

広報活動において特筆すべきこととして、迅速な情報発信を行うため積極的にホームページを活用し、随時、シンポジウムや研究集会の案内を発信するとともに、各教員の研究業績データベースともリンクさせ、各分野の最新の研究業績を公開したことが挙げられる。さらに、研究所の活動内容を紹介するため、接合研ニュースレターやスマートプロセス研究セン

ターニュースレター、欧文紀要の Transactions of JWRI をホームページ上から pdf 形式でダウンロードできるようにした。平成17年7月には、より情報を得やすくするため全面リニューアルを行った結果、平成17年度のアクセス数は約4万件、平成18、19年度は約5万件に達した。平成21年度に再度リニューアルを行い、最新の研究成果やニュースが“トピックス”というホームページトップ項目から、いち早く発信されるようになった。平成21年度のアクセス数は約5万件であった。一方、新聞などマスメディアを通じた広報活動を行い、主要新聞等への掲載件数が年間10件以上掲載されている。平成17年度以降は約20件に達しており、社会への情報発信についても積極的に行われているものと評価される。

4. 2 教育

平成18年度外部評価の評点は4.0、平成20年度外部評価の評点は4.3であり、良好との評価を受けた。中期計画の達成状況における特記事項としては、本研究所における独自の奨学金制度が挙げられる。本制度に関しては、外部評価においても独自の学生支援の取り組みとして高い評価を受けており、引き続き充実した取り組みが行われているものと考えられる。奨学金受け入れ額は毎年度順調に増加している。平成21年度は580万円の受入額があり、平成16年度と比較して約300万円の増加となった。受給者は博士前期課程と後期課程の学生を合わせて10人から16人と増え、平成21年度の大学院生の受入者数が99人であることから、全体の16%の学生が受給したことになる。

平成16年度～平成21年度にかけて、博士後期課程学生は約1.3倍、外国人研究留学生は約2倍増加し、増員を期待する外部評価コメントにも対応できたと考えられる。

本研究所の特徴を活かした教育活動としては、主に以下の4点が挙げられる。

①教養教育に対する当研究所独自の取り組みとして、前期基礎セミナー「つよく、やさしく、美しく—ものづくりの未来—」を実施するとともに、後期先端教養科目として「ものづくりにおける接合の科学と工学」を実施することにより、接合科学の教育を行っている。

②学部学生への教育に対する独自の取り組みとして、生産現場に広く普及しているアーク溶接ロボットを導入し、その実際を体験・観察できる環境を整備した。これを用いることにより、工学部応用理工学科生産科学コース3年生の講義「ロボットシステム」および「接合機器システム」の一環として、アーク溶接ロボットシステムの見学、教示ペンダントを用いたオンラインティーチング方式によるプレイバックの体験、自動アーク溶接の観察を実施し、学生の理解度を高めるための取り組みを行った。

③教育用パーソナルコンピュータに溶接ロボットオフライン・システムを導入し、コンピュータ化された生産技術をバーチャルに体験できる環境を構築した。また、自習教材システム構築の一環として、教育・訓練用の溶接変形および残留応力シミュレーションソフト「JWRIAN (ジュリアン)」を開発し、これに関する情報をホームページに公開するとともに、溶接変形に関する学習や設計の支援を目的とした溶接変形データの整備を行った。溶接・接合の実際を、バーチャルに観察できる教育システムの充実のため、最新の動画データや基礎的動画データを収集および編集し、「溶接・接合科学マルチメディア教材」として所内図書室に閲覧できるように整備した。

④国際溶接学会 (IIW) 国際溶接技術者資格は、国際標準化機構 (ISO) に準拠した世界で通用するディプロマ資格である。本研究所が有する溶接・接合に関する豊かな教育環境下で高度溶接専門技術者および管理技術者を育成するための教育カリキュラムの在り方について、IIW 国際溶接技術者教育用シラバス、ならびに工学部応用理工学科および工学研究科マテリアル生産科学専攻のそれぞれのシラバスを参考にして検討を行った。その結果、工学研究科マテリアル生産科学専攻の協力の下、平成19年度には、大学院前期課程学生向け教育課程「国際溶接技術者 (IWE) コース (仮称)」の本研究所への設置に向けた IWE コース開設ワーキンググループが発足し、平成21年度には、IIW 規程に準拠した正規の ATB (Approved Training Body) として IIW 資格日本認証機構による認定を受けて、「接合科学研究所国際溶接技術者 (IWE) コース」が正式に設置された。これにより、本コース修了者が、別途 IIW が実施する資格試験に合格すれば IIW 国際溶接技術者 (IWE) のディプロマ資格を取得できることになった。本コースにおいては、すでに第一期生として7名、第二期生として8名を受け入れている。平成21年度末に第一期生全員が本コースを修了し、そのうち6名が IWE 資格試験に挑戦した結果、4名が合格してディプロマ資格である IWE を取得した。なお、この4名は本来の大学院前期課程も修了し、修士の学位授与とあわせて本研究所を巣立った。

4. 3 研究

4. 3. 1 中期計画とその達成状況

平成18年度外部評価の評点は4.3で、平成20年度外部評価の評点は4.7とそれぞれ高い評価を受けた。教員一人当たりの査読付学术论文等の発表件数は、平成16年度～21年度で毎年6件以上を維持しており、個々の教員が積極的に研究活動に取り組んでいる。また、国内ならびに国際会議における招待講演数の合計は、平均して年123件に達している。受賞の状況は、溶接学会など毎年約20件であり、研究成果に対する関連学界などからの評価は極めて高いものと考えられる。以上より、学术论文等成果、招待講演、受賞、研究成果による知的財産権の出願・取得等の状況を見ても、第1期中期計画期間にわたって高い水準を維持しているものと考えられる。

なお、文部科学省国立大学法人評価委員会による、中期目標期間の業務の実績に関する評価結果「学部・研究科等の現況分析結果 (研究)」(暫定評価結果)においても、研究活動状況について、査読付き論文数、国際会議招待件数、特許出願・取得件数、共同研究の実績 (受入数ならびに共著論文数)、外国人との共著論文発表数などの諸活動が優れた成果をもたらしていることから「期待される水準を上回る」との評価結果を得ている。一方、研究成果の状況については、ハイブリッド溶接における流動現象に関する研究、高輝度放射光による凝固その場観察に関する研究、フラクタル構造による電磁波の局在効果の研究、ナノパーティクル・テクノロジーに関する書籍の発行や国内外で多くの学会賞を受賞していることなどから「期待される水準にある」との評価結果を得ている。

また、平成20年度外部評価においては、接合科学研究所としての知的財産管理体制を検討し、方針を明確化して頂きたいとの指摘を受けた。これを受けて、共同利用研究員を含む他機関と接合科学研究所教員間の知財の取り扱いについて、本学知財本部と緊密な情報交換を図っている。

中期計画とその達成状況を見ると、平成16～21年度6年間に特記すべき主な活動として以下が挙げられる。

(1) 21世紀 COE(平成14年度～18年度)

本学が推進している21世紀 COE プログラム「構造・機能先進材料デザイン研究拠点の形成(拠点リーダー:馬越佑吉理事・副学長、工学研究科教授)」に参画し、拠点の一翼を担った。本研究所からは、本プログラムに野城 清教授、宮本欽生教授が参画した。

プログラムは①構造先進材料の設計・実用化と信頼性評価グループ、②知的人工物創成のための機能デバイス・システムインテグレーショングループ、③生体再建材料の設計開発グループに分けられ、野城教授は①の構造先進材料の設計・実用化と信頼性評価グループ、宮本教授は②知的人工物創成のための機能デバイス・システムインテグレーションプロジェクトグループに属し、多大な成果を挙げた。その結果、本プログラムに対する文部科学省の評価は、中間評価、事後評価のいずれに対してもA評価であり、高い評価を受けた。

(2) グローバル COE(平成19年度～23年度)

(1)の21世紀 COE を受けて発展的に設置されたグローバル COE プログラム「構造・機能先進材料デザイン教育研究拠点(拠点リーダー:掛下知行工学研究科教授)」に本研究所から4名の教員(野城 清教授、節原裕一教授、藤井英俊教授、桐原聡秀准教授)が参画している。本プログラムは、「使われてこそ材料」の材料研究の原点に立ち、競争意識と自立心を具備し、国際感覚と独創性に富む若手教育研究者を、独自の教育プログラムを通じて恒常的に育成し、国内外で材料科学・工学分野の最前線を担う人材を輩出するグローバルセンターとなることを目的としている。野城 清教授は「宇宙溶接技術の確立と構造先進材料への応用・デバイス化」を、節原裕一教授は「新しい加工エネルギー源ならびに高度プロセス制御法の開発、材料創製への応用と高機能化」を、藤井英俊教授は「構造・機能先進材料の摩擦攪拌接合技術の確立」を、桐原聡秀准教授は「光造形法によるフォトニッククリスタルおよびフラクタルの創製」を、それぞれ担当している。

(3) 金属ガラス・無機材料接合技術開発拠点

平成17年度より平成21年度までの5ヵ年の予定で、本研究所が中核となり、東北大学金属材料研究所および東京工業大学応用セラミックス研究所とが有機的に連携した、文部科学省全国共同利用附置研究所連携事業「金属ガラス・無機材料接合技術開発拠点」を実施した。本事業は3つの全国共同利用附置研究所が連携して行う我が国初の連携研究事業として特筆されるものであり、本研究所では研究拠点として教員15名(うち特任3名、兼任12名)を配置し、連携研究棟に研究室を設置した。本研究所として合計16研究課題(平成21年度実績)を実施し、これまでに学術論文198報、国際会議発表論文138報を発表した。また連携研究の成果としてこれまでに3研究所連名の特許3件を出願した。さらに、3研究所共催国際会議を4回(平成18年9月、平成19年5月、平成20年12月、平成21年9月)と、3研究所連携研究成果公開シンポジウムを4回(平成19年3月阪大、平成20年3月東工大、平成21年3月東北大、平成21年8月阪大)開催した。研究成果を含むこれらの情報はニュースレターとして研究拠点ホームページに掲載し、広く国内外に発信した。

最終年度にあたる平成21年度には、本開発拠点事業で蓄えた基盤的研究成果をさらに深化・発展させ、その実用化を促進するため、次期研究推進(大学間連携研究)事業において、現行3大学に新たに名古屋大学エコトピア科学研究所、東京医科歯科大学生体材料工学研究所、早稲田大学ナノ理工学研究機構の3大学を加えた6大学連携研究事業「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」(仮称)の構築に向けて準備を進め、本共同研究プロジェクトの採択、ならびに平成22年度のスタートに結びつけた。

(4) 寄附研究部門および共同研究部門の設置

平成14～16年度の3年間、ホソカワミクロン株式会社からの寄附により、「ナノ粒子ボンディング技術（ホソカワミクロン）寄附研究部門」が設置された。この部門は、プロセス分野に属することから、本研究所附属スマートプロセス研究センターと連携して活動を行った。さらに、平成19年度より21年度までの3年間、株式会社栗本鐵工所からの寄附により、金属、無機材料の接合に加えて、有機、生体分子材料の接合までも研究対象とした接合科学に関する新部門「多元ハイブリッドプロセス技術（栗本鐵工所）寄附研究部門」が設置され、スマートプロセス研究センターと連携して活動を推進した。また、平成20～22年度の3年間の時限で東洋炭素株式会社の共同研究部門である、「東洋炭素（先進カーボンデザイン）共同研究部門」を設置している。このように平成16～21年度の6年間に於いて、2件の寄附研究部門ならびに1件の共同研究部門の活動が推進されたことは、接合科学の学理構築に対する産業界の高い期待を反映しているものと評価される。

(5) 大型国プロジェクト研究の推進

本研究所は、我が国唯一の溶接・接合に関する研究所として、産学連携の中心的な存在になることをコミュニティから要請されている。そのための一つの方策として、本研究所が設立した産学連携研究会の参加企業を中核とする産業界及び公的機関(JRCM)の協力を得て、溶接・接合に係る国家プロジェクトの企画、立案を推進した結果、平成19年6月から5年間の予定で、NEDOよりの受託事業として下記のプロジェクトを実施している。

プロジェクト名：「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発プロジェクト」

研究開発の概要：高級鋼材の革新的溶接接合技術の基盤開発と先端的制御鍛造技術の基盤開発に分かれているが、本研究所は高級鋼材の革新的溶接接合技術の基盤開発を担当し、野城教授をプロジェクトリーダーとし、産官学の連携体制を構築することによって、プロジェクトを推進する。

予算総額：58.5億円

(6) 産学連携研究の推進

本研究所は溶接・接合の基礎から応用までの研究を幅広く行ってきた。基礎研究も出口を意識したものであるため、産業界からの期待は大きく、民間企業を対象として以下の産学連携による研究会を推進した。これらの研究会は、緊密な産学連携に寄与するとともに、本研究所の共同研究、受託研究の推進に貢献している。

①産学連携研究会

本研究所と産業界の接点を強化するために会員制の「接合科学研究所産学連携研究会」が平成17年5月に発足し、平成21年度末現在、13社が加盟している。研究会では本研究所がこれまでに蓄積してきた先端研究設備を用いた研究成果を初めとして、種々多様な研究データを積極的に開示し産業界の利用を促すとともに、産業界のニーズに即した次世代接合技術の研究開発テーマの発掘と構築、さらには国家プロジェクトの企画・提案・推進を産業界と連携して実施することを目的としている。その結果の一つとして、上記大型プロジェクトの提案に向けて本研究会の参加企業7社が産業界の中核となり、産官学連携のもとに提案を行い、プロジェクトの実現につなげている。

②粉体接合プロセス研究会

ナノ粒子、粉体の接合に関する技術シーズをパッケージとして提供することにより、産業界の先端ものづくりに対するニーズに応えるため、本研究所を中核として国内の大学、研究機関と連携し、平成15年度に「粉体接合プロセス研究会」を発足させた。参加企業は、平成16～21年度の6年間で延べ296社であり、金属、セラミックス、医薬、食品など様々な産業分野からの参加があった。

③フォトニックフラクタル研究会

フォトニックフラクタル研究会は、宮本教授らと信州大学及び物質・材料研究機構の共同研究グループが、誘電体の3次元フラクタル構造に電磁波が局在し閉じ込められる現象を世界で初めて発見したのを契機に、フォトニックフラクタルに関する技術シーズの産業界への提供を目指して、平成15年に設立された企業会員のみでの研究会である。年3回の研究会が開催され、フォトニックフラクタルの設計、製法、電磁波特性、局在理論・解析、応用等に関する最新の研究報告、関連研究紹介及び討議を行った。研究会は当初の目標を達成し、平成19年度に終了したが、平成16～19年度の4年間に亘って毎回20名程度の参加者を得た。

(7)国際連携溶接計算科学研究拠点の設立

本研究所は、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、平成8年度には「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ている。その後、溶接における計算科学の展開をひとつの目的として、「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」をテーマとしたNEDOプロジェクトが本研究所を中心として実施され、その成果がさらに発展し現在に至っている。一方、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本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り、この目的を果たすために平成19年に所内組織として本研究拠点が設立された。初年度の事業としては、「溶接プロセス・材料組織・力学のシミュレーション」をテーマに設立記念講演会を開催し、企業などからの89名を含め約100名が参加した。また、教育用図書として「技術者のための溶接変形と残留応力攻略マニュアルーCDプログラムで体験計算」を共著として出版するとともに、企業の若手研究者、技術者を対象に「溶接変形と残留応力のシミュレーション実習セミナー」を平成19年度(大阪と東京で合計3回、総数41名)、20年度(大阪、21名)、21年度(大阪、24名)にわたり実施した。さらに、平成22年11月に国際会議(Visual-JW2010)の開催を計画し、その準備に着手した。

4. 3. 2 研究予算

平成18年度外部評価の評点は4.9で、平成20年度外部評価の評点は4.7と極めて高い評価を受けた。

平成16～21年度の6年間の研究資金の獲得状況を見ると、中期計画において目標とした獲得額の100%以上を常に維持し、最大で353%の増に達しており、高い水準を維持しているものと考えられる。

4. 3. 3 研究環境整備

平成18年度外部評価の評点は4.4であり、平成20年度外部評価の評点は4.3といずれも高い評価を受けた。中期計画に基づき、平成16～21年度の6年間に実施した主な研究環境整備は、次のとおりである。

①設備、機器の充実として、平成16年度にはナノインデンテーション試験システム、高温in-situ観察装置、フェムト秒レーザ加工システム、マイクロ光造形装置、遠赤外線パルス分光計測装置を導入した。平成17年度にはハイブリッドFSW、高速大容量コンピュータを導入した。平成18年度には、微小領域X線回折装置、大気圧プラズマ浸炭窒化処理システムなどを導入した。平成20年度には実用小型溶接ヘッドなどを導入した。平成21年度には、「国立大学法人施設整備費補助金」にて界面微細構造解析システムを導入した。その他、薄膜試料作製装置、鋳物表面硬化装置、傾斜プラズマ生成・解析チャンバー、大荷重摩擦攪拌接合装置、微細組織構造・方位解析システム、カラー3Dレーザ顕微鏡、リアルサーフェスビュー顕微鏡などを設置した。

これらに加えて、文部科学省全国共同利用附置研究所連携事業の予算で、平成17年度には高輝度・高効率・高出力ファイバーレーザ装置を、平成18年度には微小領域X線回折装置を、平成19年度にはナノ領域材料界面解析システムを、平成20年度には接合部信頼性多元評価システム（多方向超高感度高速度デジタル可視化システム、高速度ビデオカメラ）を、そして平成21年度には顕微レーザラマン分光装置を導入した。さらに、NEDOプロジェクト「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発プロジェクト」の予算で、平成19年度に以前からその老朽化が問題となっていた溶接熱応力再現装置（導入後21年経過）を、平成21年度には水素分析装置を導入した。

②研究スペース確保として、大型プロジェクト及び産学連携を推進するため、平成17年度に約600平方メートルの産学連携研究棟を建設した。平成18年度には、スマートプロセス研究センター2号館の改修を行い、新たな研究スペースとして約250平方メートルを確保し、有効利用した。平成17年度に建設した連携研究棟の有効活用については、その一部を平成19年度から3年間設置される「多元ハイブリッドプロセス技術（栗本鐵工所）寄附研究部門」の使用スペースとして活用するとともに、平成20年度から3年間設置される「東洋炭素（先進カーボンデザイン）共同研究部門」の使用スペースとしても活用することとした。また、外部資金による大型設備の設置を円滑に実施するための設置スペース配分方法について定めた。

③バリアフリー環境の整備のため、平成17年度に実験研究棟トイレの改修に合わせ車椅子用トイレを設置し、平成18年度には玄関スロープおよび荒田記念館スロープの改良を行った。また平成19年度には、スマートプロセス研究センター1号館のトイレを改修し、身体障害者用の手すりを取り付けた。さらに平成20年度には荒田記念館のトイレの改修を行うとともに、平成21年度には荒田記念館男女トイレの照明を自動感知式に改修した。

なお、研究環境整備における以下の中長期的課題に対しても、下記の対応を行っている。

①平成20年度外部評価において、「建物や設備の老朽化が目立つ部分があるため、建物改修もしくは改築、ならびに設備の更新など研究環境の一層の向上が必要と思われる。その実現に向けて、今後も努力して頂きたい。」とのコメントを頂戴した。新規設備の導入や産学連携

研究棟の建設、バリアフリー環境の整備など上記のように随時対応し、努力しているが、溶接・接合関係の基本的な設備（大部分が4,000万円～1億円の範囲）の老朽化が大きな課題となっている。平成元年以前のものが約45%を占めており、我が国の溶接・接合の中核研究機関としての役割を今後も担っていくためには、老朽化した設備の更新が急務であり、大阪大学からの概算要求として、必要な設備を要求している。

②本研究所の実験棟は昭和48年に、実験研究棟は昭和50年に建築され、築後30年以上経過しており、経年劣化および老朽化が著しく、耐震補強を含め今後の重要な課題となっている。これに対しては喫緊の課題として概算要求事項として本部と折衝するとともに改修時の研究スペースの確保に努める必要がある。

4. 4 社会貢献

4. 4. 1 中期計画とその達成状況

平成18年度外部評価の評点は4.1で、平成20年度外部評価の評点は、4.3といずれも高い評価を受けた。平成20～21年度においても中期計画は予定どおり達成されていることから、平成16～21年度の6年間における達成状況については、特に問題ないものと評価される。

4. 4. 2 学会等活動状況

平成18年度外部評価の評点は、4.1で、平成20年度外部評価の評点は、4.5と高い評価を受けた。平成16～21年度の6年間の国内外の学会等役員・委員としての参画件数は、教員一人当たり約11件である。また、その内訳について調べたところ、例えば平成21年度の学会役員・委員の内訳は、溶接学会60件、日本溶接協会36件、軽金属溶接構造協会15件であり、その合計は111件であった。また、溶接以外の接合科学に関する学会の役員・委員は103件であり、合計214件の役員を担っている。したがって、溶接工学を中核としつつ、接合科学の分野に多大な貢献をしているものと考えられる。

4. 4. 3 産学連携

平成18年度外部評価の評点は4.8で、平成20年度外部評価の評点は4.9といずれも極めて高い評価を受けた。産業界からの研究資金の受け入れ状況は毎年2億円近く、平成20～21年度は、リーマンショックに端を発した世界的な経済事情の劇的な悪化にもかかわらず高い水準を維持している。以上より、平成16～21年度の第1期中期計画期間において、産学連携において高い水準を維持してきたと考えられる。

4. 4. 4 国際貢献

平成18年度外部評価の評点は4.1で、平成20年度外部評価の評点は4.1と高い評価を受けた。まず国際会議については、若手研究者等の研究成果の公表機会を積極的に提供するとともに、溶接・接合科学に関する情報交換、国際交流の場を提供できるように努めた。特に、国立大学法人化後は、中期計画に記載されている毎年1回の開催目標を上回る2回以上の国際会議を主催した。このような国際連携を基盤として、活発な国際共同研究展開が行われた結果、毎年50報以上の査読付論文が、外国人との共著として発表されている。また、本研究所は、諸外国の大学、研究機関と積極的に溶接・接合科学に関する国際交流を推進し

ており、国際交流協定締結大学・研究機関も平成16年度から年々増加し、平成21年度には20件に達している。国際交流協定の締結数のみではなく、締結大学・研究機関等から留学生、ならびに研究員の受け入れを積極的にを行い、毎年8名以上の外国人招聘研究員及び4名以上の外国人研究留学生を受け入れている。さらに、国際交流を通じた国際貢献の一例として、本学との国際交流協定締結校である上海交通大学の金属基複合材料研究所と、所内スマートプロセス研究センターが、平成21年度に上海にてジョイントワークショップを開催し、その席上でセンターの教員2名が同研究所より招聘教授の称号を授与された。また、同締結校である清華大学の招聘により本研究所の教員が「数値溶接力学」に関する1週間の集中講義を大学院生対象に実施し、学術交流協定を締結する機関との交流を積極的に促進した。さらに、本研究所との国際交流協定締結校であるハルビン工業大学から顧問教授、また、同締結校の天津大学から招聘教授の称号が平成21年度に本研究所の教員に授与されている。その他、本研究所教員が平成21年度に中国の山東大学から博士共同指導教授の称号を授与されるなど、国際貢献への役割を果たしている。

一方、国際溶接学会（IIW）や平成16年に設立されたアジア溶接連盟（AWF）にも積極的に貢献している。平成16年に大阪で開催されたIIW年次大会においてはその運営に対して研究所の教員が重要な貢献をした。AWFについては、平成16年度にフィリピン、平成17年度にマレーシア、平成18年度に中国およびタイ、平成19年度にインドネシア、平成20年度にインド、平成21年度にシンガポールの各地においてAWF若手セミナーが開催され、毎回、本研究所の若手教員を派遣した。また、経済産業省による平成21年度経済連携促進のための産業高度化事業の一環として、インドネシアで開催された溶接技術者研修セミナーに対して、本研究所の教員1名を派遣し、アジアにおける教育研究拠点としての役割を果たした。

4. 4. 5 社会への情報発信

本研究所は、研究活動ならびにその成果を社会へ積極的に発信してきている。その手段としては、研究所ホームページへの最新情報の掲載、全国の研究者と溶接・接合に関する研究及び情報交換、ならびに優れた研究者との学術交流のため溶接・接合に関するシンポジウム形式の講演会である研究集会、溶接・接合に関する著名な研究者による特別講演会、全国共同利用の研究成果を発表する共同研究成果発表会などがあり、産業界に向けた研究成果の普及の場として、産学連携シンポジウムを開催している。加えて、国内外で開催される各種学会講演大会や国際会議での研究成果の発表もその質・量ともに十分に情報発信としての役割を果たしてきている。また、工学研究科マテリアル生産科学専攻と協力して溶接に関する夏季大学を毎年開催し、本研究所の高い水準の教育研究を活かして、溶接技術者に対する社会人教育を行い、平成16～21年度の6年間にわたり延べ400名の参加者があった。

これらの諸活動より、全国の溶接・接合に関わる研究者、技術者等のネットワーク形成に有効に貢献しているといえる。

4. 5 全国共同利用研究所としての活動

平成18年度外部評価は、①独創的・先端的な学術研究を推進するための全国共同利用の活動状況、②全国共同利用としての運営・支援体制、③人材育成への取り組み、④大学等の研究者に対する情報提供という四つの観点から行われ、評点は、それぞれ4.3、4.4、3.9、4.1であり、全体的に高い評価を受けたものの、人材育成への取り組みにおいて、

評点は3.9と他に比べて評価が低かった。平成20年度外部評価は全国共同利用に対する活動状況という観点から行われ、評点は4.5と高い評価を得た。

まず、全国共同利用研究所としての活動の基礎となる、平成16～21年度の6年間の共同研究員の受け入れ状況を見ると、毎年150名前後の研究者を共同研究員として受け入れており、順調に共同研究が行われている。また、共同研究員との共同発表について、平成16～21年度の6年間の実績を見ると、査読付学术论文、国際会議発表論文、解説、著書、Trans. JWRIの共同発表件数の合計は、毎年50件以上であり、平成21年度は89件であった。特に、その中で査読付学术论文が毎年34～65件と大半を占めていることから、全国共同利用における共同研究に対して、活発な研究成果発表が行われているものと評価される。

これらの活動状況に対して、文部科学省国立大学法人評価委員会による、中期目標期間の業務の実績に関する評価結果「学部・研究科等の現況分析結果（研究）」（暫定評価結果）において、共同研究員の受け入れ人数や共同研究員との共著論文数が高いとして、「期待される水準を上回る」との高い評価を得た。

外部評価による評点がやや低かった人材育成の取り組みに対する具体的な指摘事項をみると、人材育成の必要性、戦略と具体的方策が示されていない、ことが指摘されている。本研究所における人材育成は、これまで主に、①全国共同利用研究員の共同研究を通じた人材育成、②社会人ドクターの受入れによる産業界における人材育成、③協力講座の工学研究科での授業、ならびに大学院生受入れによる大学院生の人材育成、④教養教育における基礎セミナーなどを通じた学生の人材育成などにより、それぞれ行われてきた。このように、全国共同利用研究を含めて様々な観点から人材育成に努めてきたが、外部評価委員会をはじめ専門委員会などにおいても、産業界からの要望として「溶接・接合に関する人材育成」の重要性が指摘された。そこで、本研究所が有する溶接・接合に関する豊かな教育環境下で、溶接・接合に関する高度な人材を育成するための教育課程の在り方について議論を重ねた。その結果として、「3.2 教育」で説明したように、高度溶接専門技術者を養成する「接合科学研究所国際溶接技術者（IWE）コース」の設置を平成21年度に達成し、修了者が、別途IIWが実施する資格試験に合格すればIIW国際溶接技術者（IWE）のディプロマ資格を取得できる環境を整備した。

また、新たな動きとして、平成20年7月に文部科学省では、科学技術・学術審議会学術分科会研究環境基盤部会の報告を踏まえ、学校教育法施行規則を改正し、国公立大学を通じたシステムとして、新たに文部科学大臣による共同利用・共同研究拠点の認定制度を設けた。これに対して接合科学研究所は国内外の研究者コミュニティ（国際溶接学会、溶接学会、日本溶接協会、日本金属学会、日本鉄鋼協会、軽金属溶接構造協会、粉体工学会、日本セラミックス協会、粉体粉末冶金協会）からの強い要望を受け、材料加工・処理分野における拠点認定申請を行い、平成21年度に認定拠点として認められた（有効期限平成22年4月1日～平成28年3月31日）。申請の概要を以下に示す。

- ①接合全般に関する研究を通じて、人類社会のニーズに応える接合科学の発展と学問構築を図る。
- ②基盤である加工プロセス、接合機構、評価の3研究領域と接合を中心とする先進プロセス科学に関する研究を両輪として押し進めると共に本研究所が有する溶接・接合に関する設備、知識等を共同研究員に供することにより国内外の研究者コミュニティに開かれた接合科学に関する我が国唯一の拠点としての役割を果たす。

③産業界との多様な連携を行い産学連携の中核的拠点となること、また各国の関連機関との学術交流等を通じて、接合科学における世界の COE としての役割を果たすことを目指す。

共同利用・共同研究拠点の認定により、溶接・接合技術に関する我が国唯一の総合研究所として、溶接・接合分野の研究者コミュニティを先導することが、本研究所にとって今まで以上に重要となる。このため、平成 21 年度に「専門委員会」を「共同研究運営委員会」に改称するとともに、学外委員の数を委員総数の 2 分の 1 以上にする等の改正を行い、本研究所の共同利用・共同研究に関する事項を審議する上で外部の意見を積極的に取り入れる環境を整備した。さらに、全国の国公立大学、公立研究機関などの研究者コミュニティに開かれた接合科学に関する我が国唯一の共同利用・共同研究拠点として、従来的一般研究課題応募型に加えて研究所が重点的に取り組むプロジェクト研究課題公募型を設定し、全国から共同利用・共同研究者を募集することにした。平成 22 年度の共同利用・共同研究拠点のスタートに向けて、先導的重点研究課題「直接観察ならびにシミュレーションによる溶接・接合機構の可視化とその展開」を選定し、平成 21 年度にプロジェクト型共同研究を推進するため全国から研究者を公募した。

一方、サービス面においても、平成 20 年度に研究推進係を新設することにより、よりきめ細かいサービスを実施できるよう、充実したサポート体制の整備を行った。さらに、共同研究員のより一層の利便性向上を目的に、宿泊施設の整備を行うため、関係部局を中心とした全学的な委員会（民間資金等による施設整備検討ワーキングの事案に関するサブワーキング）に参画した結果、平成 22 年 5 月の竣工を目指して宿泊施設が新築されることになり、平成 21 年度の着工に結びつけた。このように、全国共同利用研究施設として、共同研究員の研究所への派遣に関する諸事務をはじめ共同研究員専用の宿舎の手配など、共同研究員への利便性の向上に随時努めている。

5. 分野別自己評価結果

5. 1 エネルギー制御学

| 年度 | 平成 16 | 平成 17 | 平成 18 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| 教授 | 牛尾誠夫 | — | — | 田中 学 | 田中 学 | 田中 学 |
| 准教授 | 田中 学 | 田中 学 | 田中 学 | — | — | — |
| 助教 | — | — | — | — | 田代真一 | 田代真一 |
| 特任研究員 | — | 田代真一 | 田代真一 | 田代真一 陳 姫 | — | — |

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索している。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。

2. 研究課題

1. 溶接アーク現象、熔融池現象、および溶接輸送現象解析
2. 放電の電極現象解析および新しい電極の開発
3. プラズマ診断による熱プラズマ解析
4. 放電の電極現象解析
5. アーク溶接における環境技術の開発
6. 熱プラズマの発生と制御、および新しい溶接プロセスの開発
7. 熱プラズマ材料プロセスの数値計算シミュレーション

3. 研究に対する自己評価

本研究分野は、溶接・接合を中心にした材料加工プロセスのためのエネルギー制御に焦点を合わせ、特にエネルギー源として世界に浸透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計算シミュレーションの両面から攻める本研究分野の研究アプローチは世界的に見てもユニークであり、また、その研究レベルは、英国物理協会の物理雑誌など多くの国際学術雑誌に掲載され、世界のトップレベルであると考えている。平成 11 年より現在に至るまで、アーク放電の世界的権威であるジョン・ローキー博士ならびにアンソニー・マーフィー博士(オーストラリア、CSIRO)と共同研究を継続し、数多くの共著論文を掲載させてきた点でも研究レベルが世界的であると考えている。また、溶

接アーク物理分野を世界的に代表する研究者として英国物理協会からレビュー論文の執筆を依頼され、「Predictions of Weld Pool Profiles Using Plasma Physics」というタイトルで物理雑誌(J. Phys. D: Appl. Phys.)にレビュー論文を掲載した。国際溶接学会 (IIW) 年次大会の Study Group 212 (溶接物理研究委員会) において、チェアマンから発表論文を IIW 機関誌「Welding in the World」に 3 年連続で掲載推薦されている点も、その研究レベルの高さを示すものと言える。また、雑誌掲載された査読付き論文数は、国立大学法人化後の過去 6 年間の合計が 86 件、平均して毎年 14 件以上の査読付き論文を掲載したことになり、限られた研究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し、外部資金の獲得にも積極的に取り組んできた。研究予算については、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(B)のみでなく、環境省の廃棄物処理等科学研究費補助金を取得している他、民間企業との共同研究も実施し、外部資金の獲得にも積極的に取り組んできたと考えている。

平成 16～17 年度の活動に対する平成 18 年度の外部評価において「Science を一層発展させることを望むとともに溶接技術の応用面への展開を期待する」とのコメントを賜った。応用面への展開の一環として、平成 19 年度にスタートした NEDO による「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」の国家プロジェクトに参画し、電離プラズマ流を活用するクリーンプラズマ MIG 溶接プロセス技術開発に挑戦し、新しいアーク溶接技術開発について積極的に取り組んだ結果、平成 21 年度に当初予定を 2 年前倒しして分担の目標を達成した。一方、基礎研究面に対しては、平成 19 年に 2 年連続で 4 度目の(社)溶接学会溶接アーク物理研究賞を、平成 20 年度には(社)溶接学会溶接プロセス技術奨励賞を、さらに同年に米国溶接学会より Professor Koichi Masubuchi Award を受賞し、溶接科学の解明に貢献したことが表彰された。その他、平成 18～19 年度の活動に対する平成 20 年度の外部評価において、「溶接の省電力化・ロボット化技術の確立などへの当分野の貢献度は大きい。世界をリードする”ものづくり力”の基盤を支える研究分野となる。継続した体制強化が必要」とのコメントを賜った。これに対しては、平成 20 年度に田代特任研究員を助教として採用し、本研究分野の体制強化を図っている。

4. 教育に対する自己評価

本研究分野は、プラズマ工学(協力)講座として工学研究科マテリアル生産科学専攻に所属している。本研究分野に所属する前期課程(修士課程)の学生数は、平成 16 年度は 2 名であるが、平成 17 年度が 4 名、平成 18 年度が 5 名、平成 19 年度以降は毎年 4 名であり、平成 17 年度以降は配属定員を満たしている。また、平成 19 年度以降は、毎年学部 4 年生が 2 名配属されている。平成 19 年度には後期課程(博士課程)の進学者 1 名を迎え、平成 21 年度に学位を取得した。また、平成 20 年度には社会人ドクター 1 名も加わっている。

本研究分野では、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常に努力している。具体的には、大学院生が著者または共著者となった発表件数は、平成 16～18 年度の間では、査読付き雑誌論文 2 件、国際会議が 5 件、国内学会が 13 件であったが、平成 19～21 年度では、査読付き雑誌論文 23 件、国際会議が 47 件、国内学会が 49 件と大幅に増加している。このうち、優れた研究発表に対して贈られる国内学会のポスター発表賞についても 2 件受賞している。

一方、田中教授(平成 19 年度～)は、工学研究科マテリアル生産科学専攻の協力講座として大学院講義を担当し、大学院前期課程学生の座学教育についても努力している。また、学部学生(2 年生、3 年生)の講義も担当し、溶接・接合プロセスに必要な機器システムの専門知識習得に貢献している。その他、マテリアル生産科学専攻と協力しながら、ISO に準拠した IIW 溶接技術者資格認証制度に基づく、大学院前期課程学生向け教育課程「接合科学研究所国際溶接技術者(IWE)コース」の開設に対して中心的な役割を果たすとともに、その運営に尽力している。また、コースに関する所内規定の作成やコース運営委員会の設立に対しても中心的な役割を果たし、さらに、コースの第 1 期生 7 名の修了(平成 22 年 3 月)、ならびに内 4 名の IWE 資格取得に大きく貢献した。

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、牛尾特任教授(平成 16 年度)は(社)溶接学会長を務めると共に国際溶接学会(IIW)副会長を務め、さらには、国際学術雑誌の Plasma Chem. & Plasma Process. の編集委員を務めるなど世界に亘って活動している。また、平成 16 年度の IIW 年次大会を大阪で開催するにあたり実行委員長を務め、総勢 700 名以上、海外からの参加者が 400 名を越える大盛會に本大会を導き、大きな国際貢献となった。

一方、田中教授(平成 19 年度～)は、ISO に準拠した IIW 溶接技術者資格認証制度の国内整備を通じて溶接技術者教育に貢献している。特に、IIW 国際溶接技術者資格制度の一つとして IIW 資格日本認証機構において整備された特認コースの国内発足に尽力した。また、平成 18 年度溶接工学夏季大学(溶接学会主催、接合科学研究所後援)を総務・指揮し、講師も務め、溶接に関わる研究者・技術者の社会人教育に貢献した。さらに、アジア溶接連盟 AWF (Asian Welding Federation) の活動と連携して(社)溶接学会若手会員の会が中心になって企画したアジア諸国での溶接基礎セミナー(平成 16 年フィリピン、平成 17 年マレーシア、平成 18 年北京及びタイ、平成 19 年度インドネシア)において講師を務め、アジア地域における溶接教育に貢献した。また、経済産業省平成 21 年度経済連携促進のための産業高度化推進事業の一環として実施された「溶接技術に係わるインドネシアとの連携の在り方に関するミッション派遣によるセミナー事業」に参加し、日本代表講師としてインドネシア人溶接技術者教育の現地指導を行った。一方、中国の済南で開催された国際会議 Int. Symp. Computer-Aided Welding Eng. (中国溶接学会主催)の学術委員会国際委員を務め、本国際会議の成功に貢献した。また、平成 20 年 11 月に開催された第 8 回国際溶接会議(溶接学会主催)の実行委員会論文委員会副委員長として準備から開催運営に至るまで中心的役割を果たした。さらに、平成 21 年度には山東大学(中国、済南市)の博士共同指導教授に就任し、国際交流を通じた学生の研究指導に貢献した。その他、経済産業省近畿経済産業局の各種委員に就任し、国のものづくり基盤技術の高度化施策に貢献している。産学連携では、小規模ながら多くの民間企業と連携した研究開発を実施し、その研究成果は数多くの学術論文として公開されている。

また、田代助教は平成 20 年度より(社)溶接学会若手会員の会運営委員会の編集委員を務め、国内外の企業や教育機関における若手研究者間の交流を通じた新たなネットワーク形成や情報交換の促進を目的とした、本会主催の研究会・見学会の活動報告記事等の編集作業を担当し、その溶接学会誌への掲載に貢献した。

6. 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

本研究分野では、主として、本研究所が有する計測機器や観察機器を利用したアークプラズマの診断と現象観察を通じて、次の研究シーズ発掘を目的にした学術交流を実施している。特に、低圧アーク放電の非熱陰極によるクリーニングアクションを利用した表面清浄化に関する研究では、高速度デジタルビデオカメラにより高速に移動する陰極点挙動の細部まで把握することに成功し、酸化物除去速度の支配因子を明確化することができた。本研究成果により2件の共著論文が国際学術雑誌 (Thin Solid Films 及び ISIJ Int.) に掲載されている。また、「タングステン電極-アークプラズマ-熔融池」を同時に解くティグ溶接の統合モデルに、熔融池の固液共存領域を考慮に加えて本モデルを拡張し、数値計算シミュレーションにより極めて複雑な現象を定量的に明確化することができた。本研究成果に対しては(社)溶接学会より溶接アーク物理研究賞が授与された。さらに、本研究成果の一部は共著論文として国際学術雑誌 (ISIJ Int.) に掲載されている。以上のように、学会で表彰されるような優れた共同研究成果を、国際学術雑誌を通じて世界に発信することにより、接合科学における溶接アーク放電物理の国内外の拠点形成に貢献しているものと考えている。

平成18年度の外部評価において共同利用に関する評価点に3をいただいた。これに対して、(1)大学ならびに公的研究機関の若手研究者を中心に、装置利用だけではなく研究室独自の数値計算シミュレーションの利用も提案し、エネルギー制御学分野との共同利用の魅力をアピールする、(2)また、相互の話し合いの中から魅力ある研究テーマを提案し、共同研究に展開させるとともに、研究成果は共著として学会等で広く公開する、(3)上記の一環として、共同利用先の大学院生を広く受け入れ、研究成果の充実を図るとともに教育に関しても貢献する、(4)科学研究費補助金など外部資金を利用しながら共同利用として魅力ある実験設備・装置の充実を図る、の4点を改善策として掲げ、全国共同利用研究所としての活動をより一層努力した。その結果、(1)の数値計算シミュレーションの利用に関しては、アーク溶接分野のみならずアークによる廃棄物処理やアークランプ等にも広く応用され、多くの研究成果を残した。(2)については、平成16~18年度の間の記事件数は、査読付き雑誌論文3件、国際会議が1件、国内学会が16件であったが、平成19~21年度では、査読付き雑誌論文9件、国際会議が18件、国内学会が19件と大幅に増加した。(3)に対しては共同利用先の大学院生7人の修士号、2人の博士号取得に大きく貢献した。(4)に関しては、科学研究費補助金などの外部資金を利用して、世界的にもユニークな高速度イメージング分光器を新規導入し、新たな共同研究テーマを創出しつつある。平成21年度には、共同利用先の大学院生5名を含む共同研究員13名を受入れており、上記改善策は順調に進んでいると考えている。

5. 2 エネルギー変換機構学

| 年度 | 平成 16 | 平成 17 | 平成 18 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 教授 | 節原 裕一 |
| 准教授 | 巻野 勇喜雄 |
| 助教 | — | — | — | — | 竹中 弘祐 | 竹中 弘祐 |
| 特任研究員 | — | 竹中 弘祐 | 竹中 弘祐 | 竹中 弘祐 | — | — |

1. 研究概要

本研究分野では、次世代のフロンティアを支える先進的表面加工プロセスの創成と学術的基盤の確立に資することを旨として、1) 加工エネルギー源（プラズマ、粒子ビーム、電磁波）と物質との相互作用に関する機構解明の研究を通じ、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とともに、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。

具体的には、平面ディスプレイや薄膜太陽電池をはじめとする大面積プロセスへの応用に向けて、独自のプラズマ生成制御技術を活用したメートル級の超大面積プラズマの生成ならびに高度制御技術の開発、さらには機能性材料の低温かつ低ダメージでの高品位プロセスの創成に関する研究を展開している。加えて、当該プラズマ生成制御技術を基に、平成 19 年度より、「戦略的創造研究推進事業 CREST（科学技術振興機構）」の一環として、コンビナトリアルプラズマ解析装置を開発し、プラズマナノ科学の基盤構築とプロセスナビゲーション技術の創成を目的とする研究プロジェクトを展開している。

また、プラズマプロセス、粒子プロセス、液相プロセスを駆使したナノコンポジット機能材の創成と構造制御に関する研究を進めている。さらに、新しい低温プロセスの実現を目指して、フォノンの非平衡励起プロセスに関する研究を進め、次世代半導体プロセスへの応用に関する基礎研究を展開している。

これらの一見多岐に亘る研究内容に共通するテーマは、「プロセスの低温化と高品位化」であり、熱平衡状態では高温を要する材料プロセスを低温の基材上で実現するための新しいエネルギー供給技術と制御手法の開拓に集約される。（節原）

一方、電磁エネルギー支援プロセスの中で、エコプロセスとして注目されているミリ波帯電磁波加熱法とパルス通電法によりナノ構造セラミックス、CMC などの機能材料の創製を遂行している。また、これらのプロセスの特徴を材料的特性から解明することを進めている。さらに、電子論的設計論に基づいて硬質材料の設計を構築し、これによる硬質材料の創製を進めている。（巻野）

2. 研究課題

1. 新しいプラズマ源、粒子ビーム源の開発と高精度プロセス制御の研究
 - a) 低インダクタンスアンテナを用いた大面積・高品位プラズマ発生・制御技術の開発
 - b) フレキシブルデバイス創製に向けた低ダメージ界面制御プロセス技術の開発
 - c) デスクトップ型コンビナトリアルプラズマ解析装置の開発
 - d) 有機・無機ハイブリッド製膜技術の開発
 - e) 新しい液中プラズマ生成技術の開発

2. 非平衡なエネルギー変換・付与過程に着目した先進的ナノプロセスの開発
 - a) フォノン励起プロセスによる極浅半導体接合形成に関する研究
 - b) フォノン励起プロセスによるナノ表面改質に関する研究
3. プラズマプロセス、粒子プロセスを用いたナノ構造制御機能材の開発
 - a) ナノ粒子製膜プロセスによる酸化物ナノコンポジット形成プロセスの開発
 - b) 高気圧誘導結合プラズマを用いた粒子改質プロセスとナノ粒子ビーム源の開発
 - c) ミスト混合高密度プラズマを用いた酸化物ナノコンポジット薄膜形成技術の開発
4. 材料学的見地から見たミリ波帯電磁波加熱プロセスの解明と機能性材料の創製
 - a) ミリ波加熱による高熱伝導性 AlN 焼結体の合成
 - b) ミリ波加熱によるアルミナ/ジルコニア複合体の創製に関する研究
 - c) ミリ波加熱によるアルミナ焼結体の TEM 解析
5. パルス通電加熱法によるナノ構造セラミックスの創製と結晶学的特性発現の解明
 - a) BaTiO₃-SrTiO₃ 固溶反応によるパルス通電加熱 (SPS) 効果の検証
 - b) アナターゼの結晶学的特性によるパルス通電焼結の均質性評価法の開発
 - c) ダイヤモンドと銅、アルミ合金、Ag 合金との複合体の作製
 - d) ナノ構造アルミナ焼結体の合成
 - e) ジルコニア (3Y)/SUS410L 傾斜複合材料の結晶学的評価
 - f) (Al₂O₃+Yb₂O₃) 添加 SiC 焼結体の低温合成
6. 電子論的設計論に基づく硬質材料の設計・創製
 - a) ランタノイドの結合特性の評価
 - b) 擬二元系窒化物硬質被膜の合成、金属原子間の結合特性の評価

3. 研究に対する自己評価

①研究の独自性

本研究分野は、加工エネルギー源（プラズマ、粒子ビームならびに電磁波）と材料との相互作用に関する機構解明をベースに、材料加工における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探求と新しい加工エネルギー源ならびに高度プロセス制御法の開発から材料創製への応用に関する研究を行っている。

本研究分野でのアプローチ（節原：上述の研究課題 1. ～ 3.）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、独創的な加工エネルギー源の開発を基に、プロセスを決定する本質である粒子種あるいはエネルギー状態などの機構解明に基づく新しいプロセスの高度制御法の開発や新規な材料開発を対象領域としており、独自性を有すると考えている。さらに、上記のアプローチは、装置で決まる従来プロセスでの境界条件（限界）を打破し、従来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、実際に得られた成果の意義があるものと考えている。

特に、独自の高品位プラズマの生成・制御技術に関する研究では、従来よりも格段にダメージを低減したプロセスを実現するとともに、平成 19 年度には名古屋大学の堀教授らと共同で申請した「戦略的創造研究推進事業 CREST（科学技術振興機構）」にも採択され実施してきており、当該研究の独自性と先駆性に対する評価を反映しているものと考えている。さらに、ナノ粒子製膜プロセス、液中プラズマ生成、そしてフォノン励起による半導体プロセスにおいても、内外において従来提案されていないオリジナリティーの高い研究アプローチを採っており、成果を上げてきている。

また、電磁支援反応場プロセスの解析とそれらを用いた材料合成を遂行している。（巻野：

上述の研究課題4.～6.)。パルス通電加熱 (SPS) 加熱法は本邦独自のプロセス技術である。材料機能発現の本質が殆ど明らかになっていないが、熱解析などのプロセス特性は明らかにされつつある。我々の成果においては世界に先駆けて新たな機能発現および材料機能・構造とプロセス特性の関連を報告しており、とけわけ高熱伝導ダイヤモンド/金属 (Al, Cu または Ag) 複合体の作製に成功している。ミリ波加熱プロセスは独、露、米においても注目されているプロセスであるが、PZT のポストアニール法の開発など材料機能発現とミリ波効果に関する課題では、我々が先行した成果を報告している。

②研究レベル

研究成果については、国際会議ならびに国内会議等での数々の招待講演 (H16 年度 [節原 5 件、巻野 3 件]、H17 年度 [節原 5 件]、H18 年度 [節原 4 件]、H19 年度 [節原 5 件、巻野 2 件]、H20 年度 [節原 : 7 件]、H21 年度 [節原 : 7 件]) や学協会での執筆依頼を受けるなど、内外において評価されているものとする。

成果発表を行った主な学術誌のインパクトファクター (ISI : 5-Year Impact Factor @ 2010.05) は、Journal of Physical Chemistry B (4.581)、Applied Physics Letters (3.780)、Plasma Processes and Polymers (3.580)、Applied Physics Express (2.223)、Surface & Coatings Technology (2.148)、Thin Solid Films (1.902)、Journal of Vacuum Science & Technology A (1.338)、Journal of Vacuum Science & Technology B (1.331)、Japanese Journal of Applied Physics (1.096)、Journal of Alloys and Compounds (1.973) 等であり、当該分野では国内外において比較的高いインパクトファクターを有する学術誌への投稿と論文の質の向上にも注力している。

一方、査読付論文数については、節原が教授として着任した H16 年度 (5 報) の低調を猛省し、H17 年度 (9 報) に続いて、H18 年度 (19 報)、H19 年度 (21 報)、H20 年度 (15 報)、H21 年度 (17 報) と推移しているが、質を維持しつつ、さらなる発表論文数の増加を図ることが必須と認識しており、今後の課題として戒めたい。また、研究成果は国内ならびに国際特許として積極的に出願・登録してきている。

③研究成果の社会への貢献

研究成果の中で、プラズマならびに半導体プロセス関連の研究 (節原) については、企業との共同研究、受託研究ならびに技術顧問兼業を通じて、研究成果の実用化に向けた研究開発や商品化へと結実しており、産学連携による社会貢献を積極的に推進している。

また、電磁支援反応場プロセス関連の研究 (巻野) では、粉体粉末冶金協会電磁プロセス委員会、EMAP 研究会などを運営することにより、産官学の研究者に提供すると共に、新たな機能材料探索とその合成などを実用化するために様々なプロジェクトを企画あるいは参画している。また、関西パルス通電懇話会を立ち上げて中小企業の新規製品開発を支援する場を提供している。科学研究費特定領域「マイクロ波励起・高温非平衡反応場の科学」に参画してマイクロ波プロセスと材料の相互作用の解明に尽力している。

④研究予算

外部資金として、プラズマならびに半導体プロセス関連の研究 (節原) については、科学研究費補助金、民間との共同研究に加えて、文部科学省産学官連携イノベーション創出事業費補助金、科学技術振興機構平成 16 年度成果育成プログラム B 独創モデル化事業、さらに平成 19 年度には戦略的創造研究推進事業 CREST (科学技術振興機構) 採択されるとともに、大阪大学グローバル COE プログラム「構造・機能先進材料デザイン教育研究拠点」の事業推進担当者として研究経費を受けている。

また、プラズマプロセス関連の研究 (竹中) についても、科学研究費補助金と大阪大学グ

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」の研究経費を受けている。

一方、電磁支援反応場プロセス関連の研究（巻野）では、科学研究費補助金とともに財団等からの受託研究を受けている。

平成 16 年度当初は、大型プロジェクトの創出が当分野の課題であったが、プラズマならびに半導体プロセス関連の研究（節原）において、戦略的創造研究推進事業 CREST（科学技術振興機構）に採択され継続実施しており、民間との共同研究においても H19 年度より 1 社で 15,000 千円規模の本格的な研究開発プロジェクトを始動することができた。これらの点では、従来から懸案となっていた課題をある程度はクリアできたものと考えているが、今後も持続的な発展を期して不断の努力を要するものと考えている。

⑤外部評価における分野別指摘事項に対する改善策と進捗

【平成 18 年度実施の外部評価における評価点】評価委員 1（4 点）、評価委員 2（4 点）

【平成 20 年度実施の外部評価における評価点】評価委員 1（5 点）、評価委員 2（5 点）

平成 18 年度実施の外部評価においては、何れの評価委員からも「4. 良い」との評価点を与えて戴いた。一方、評価コメント中で、分野内での研究室運営の強化が望まれることが指摘された。このため、平成 20 年度に助教を 1 名採用し、研究体制としての強化を図ってきた。

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、巻野）の講義を担当する共に、博士前期課程学生の研究指導を行うと共に、博士論文の審査にも携わった。「材料電磁プロセス学」に関する講義では、講義内容に関連した異なる論文を各自にレポートとしてまとめさせると共に、内容の理解を徹底するために個別に各自と質議し、全体で議論することによって動的な教育を行っている。また、講義において不足な点は個別に別途時間を設けて、マンツーマンの議論で補足して最大限の効率良い大学院教育を行っている。

外部評価における分野別指摘事項に対する改善策と進捗

【平成 18 年度実施の外部評価における評価点】評価委員 1（4 点）、評価委員 2（2 点）

【平成 20 年度実施の外部評価における評価点】評価委員 1（4 点）、評価委員 2（5 点）

平成 18 年度に行われた外部評価において指摘いただいた事項「研究スタッフや学生が少ないと思います。平成 17 年度からの新任若手教授ということなので、その理由は理解できませんが、現状の教育活動の絶対評価としては低いといわざるを得ません。」を受けて、以下の改善策を講じた。まず、担当のマテリアル生産科学専攻からの大学院博士前期課程の学生配属については、学内進学者は 2 名までとの制限があるため、学外からの推薦入学者（別枠）の確保に努めた。その結果、平成 18 年に実施された大学院入試（平成 19 年度入学者選抜）において、学外より大学院博士前期課程に 1 名の受験を受け入れ、平成 19 年 4 月からの入学が決定した。また、大学院博士後期課程においても、学外より社会人 1 名を受け入れた。

5. 社会貢献に対する自己評価

（節原）

- ①国内外での学会等活動：学協会での理事、評議員、幹事長等を歴任している。
- ②産学連携：民間企業との共同研究と技術顧問兼業を通じて、積極的に産学連携を推進している。
- ③国際貢献：複数の国際会議において、組織委員、チェア等を歴任している。さらに、Asian

Joint Committee for Applied Plasma Science and Engineering (AJC/APSE)ならびに Flexible Electronics Research Institute International Committee の委員に就任し、国際連携に関わる中長期的な戦略企画にも携わっている。

④その他社会貢献：

(節原)

日本学術振興会の委員会委員（2件）ならびに大学評価・学位授与機構の学位審査会専門委員に就任し、社会貢献を図っている。また、文部科学省の科学技術・学術審議会専門委員（学術分科会）を兼任した。

(巻野)

国内では粉体粉末冶金協会電磁プロセス委員会において電磁プロセスに関する研究の発展と広報に努めると共に、同学会においては“電磁プロセス”関連の特集を企画し、新技術を社会に広く紹介している。また、企業との連携研究を促進するために、EMAP 研究会および関西パルス通電懇話会を企画・運営し、電磁プロセスの実用化に対して個別指導を行って産業界に大いに貢献している。さらに、新規産業技術開発費補助金事業を通してミリ波加熱法による新材料部品の実用化開発にも大いに貢献している。

外部評価における分野別指摘事項に対する改善策と進捗

【平成 18 年度実施の外部評価における評価点】評価委員 1（4 点）、評価委員 2（4 点）

【平成 20 年度実施の外部評価における評価点】評価委員 1（5 点）、評価委員 2（5 点）

平成 18 年度ならびに平成 20 年度に実施された外部評価では、上記のように、「4. 良い」ならびに「5. 大変良い」との評価点を与えて戴いた。

6. 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

(節原、竹中)

プラズマプロセスに関わる共同研究では、大面積プラズマ制御に関する要素技術の開発、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ラジカル計測技術の開発と新しいプロセスパラダイム創出を目指して精力的な共同研究を実施している。

特に、平成 19 年度には、当研究所の共同研究員に就任いただいている名古屋大学の堀教授ならびに九州大学の白谷教授と共同して申請した「戦略的創造研究推進事業 CREST（科学技術振興機構）」にも採択され継続して実施してきており、新しいプロセスパラダイム創出を目指し、卓越した研究拠点の形成にも貢献している。

(巻野)

本所の共同研究者と共に電磁エネルギープロセスによる材料合成を進展させ、熱的環境の観点から重要な高熱伝導材料（とくにダイヤモンド/金属複合体）の創製や環境材料として重要なアナターゼを中心とするナノ構造セラミックスの創製に成功している。

外部評価における分野別指摘事項に対する改善策と進捗

【平成 18 年度実施の外部評価における評価点】評価委員 1（4 点）、評価委員 2（3 点）

【平成 20 年度実施の外部評価における評価点】評価委員 1（5 点）、評価委員 2（4 点）

平成 18 年度に実施された外部評価では、上記のように、「3. 普通」との評価が示されたことから、共同研究員と連携して共著論文の増加や大型の外部資金獲得あるいは研究プロジェクトによる研究拠点形成など、共同利用による研究体制の質的向上にも努めてきた。その結果として、平成 19 年度には、当研究所の共同研究員に就任いただいている名古屋大学の堀

教授ならびに九州大学の白谷教授と共同して申請した「戦略的創造研究推進事業 CREST（科学技術振興機構）」に採択され、当研究所の共同研究から発展した研究プロジェクトとして継続して実施してきており、新しいプロセスパラダイム創出を目指し、卓越した研究拠点の形成にも貢献している。

5. 3 エネルギープロセス学

| 年度 | 平成 16 | 平成 17 | 平成 18 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|-------|-------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------------|
| 教授 | 中田 一博 | 中田 一博 | 中田 一博 | 中田 一博 | 中田 一博 | 中田 一博 |
| 助教 | 津村 卓也 | 津村 卓也 | 津村 卓也 | 津村 卓也 | 津村 卓也 | 津村 卓也 |
| 特任研究員 | — | 叶 福興 | 叶 福興 金 永坤 | 陳 迎春 申 玫考 | 陳 迎春 于 麗娜 | 陳 迎春 劉 宏 劉 多 |

1. 研究概要

本研究分野では、種々のエネルギーを用いた溶接・接合、表面改質などの材料加工過程の機構解明とそのモデル化、シミュレーション、およびその成果に基づくプロセス制御と最適化システムの構築を目指している。

構造体や部材・部品の溶接・接合を対象として、摩擦攪拌接合 (FSW) やレーザ溶接、ブレード溶接などの先進プロセス、これらとアーク溶接、プラズマ溶接などの従来プロセスとのハイブリッド化・タンデム化などによる高能率・高効率プロセスの開発とそのシステムの最適化、ならびに接合部の材料科学的特性の最適化を行うとともに、Al 合金、Mg 合金や Ti 合金などの軽量構造材料や高強度金属材料、あるいは異種材料接合への適用性評価などを進めた。

さらに、金属ガラス、発泡金属、超微細粒金属、ナノ複合材料、チクソモルディング材料など次々と開発される新機能材料の溶接・接合問題の解決、既存材料との異材接合の可能性評価などを行い、これらの材料に適した新たな溶接・接合プロセスの開発と新機能材料の構造材料としての実用化を目指した研究を進めた。

また、材料の実用化のために必要不可欠な表面機能を付与するための表面改質プロセスに対しても、溶射、肉盛、浸炭窒化法などの厚膜プロセスを対象に、省エネルギー化・高品質化の観点から新しいエネルギーであるプラズマ、レーザなどの適用を進めた。

2. 研究課題

(1) 溶融溶接関係

- ・ 高効率・高能率タンデムパルスアーク溶接システムの開発と薄板高速溶接への適用
- ・ Al 合金、Mg 合金および亜鉛めっき鋼板薄板のレーザ・アークハイブリッド高速溶接
- ・ 厚鋼板におけるファイバーレーザ・マグアークハイブリッド溶接部の特性評価
- ・ 低周波パルス溶接を利用した溶融池振動による Al ダイカスト材の気孔防止とその解析
- ・ 各種 Mg 合金および Mg 合金ダイカスト材のファイバーレーザ溶接性評価

(2) 摩擦攪拌接合関係

- ・ Al 合金、Mg 合金および銅合金の摩擦攪拌接合部の特性評価
- ・ 鉄鋼、ステンレス鋼および Ni 基耐熱合金の摩擦攪拌接合部の特性評価
- ・ Al 合金および Mg 合金の摩擦攪拌点接合の接合過程と強度特性評価
- ・ ハイブリッド式摩擦攪拌接合法の開発とその特性評価
- ・ 各種 Mg 合金および Mg 合金ダイカスト材の摩擦攪拌接合性評価
- ・ Al 合金ダイカスト材の摩擦攪拌プロセッシングによる鑄造組織改質

(3) 異材接合関係

- ・ Al 合金と鉄鋼のプラズマおよびレーザブレイズ溶接による異材接合性評価
- ・ Al 合金と亜鉛めっき鋼板との摩擦攪拌接合による異材接合性評価
- ・ Mg 合金と鉄鋼材料のレーザブレイズ溶接および摩擦攪拌接合による異材接合性評価
- ・ Mg 合金と Ti 合金との摩擦攪拌接合による異材接合性評価
- ・ 窒化ホウ素と超硬合金の異材レーザブレイジング用ろう材の開発と継手の特性評価

(4) 新機能材料の接合関係

- ・ 発泡金属の最適溶接プロセス開発と溶け込み形状の数値解析
- ・ 各種金属ガラスの溶接・接合性評価とプロセス最適化
- ・ 粉末焼結高強度 Mg 合金のレーザ溶接および摩擦攪拌接合性評価
- ・ 難燃性 Mg 合金の FSW 性およびファイバーレーザ溶接性評価とプロセス最適化
- ・ セラミックス粒子分散金属基複合材料の摩擦攪拌接合性評価

(5) 表面改質関係

- ・ 金属ガラスおよび複合粉末による軽量構造材料への耐食・耐摩耗溶射皮膜形成と特性評価
- ・ 低温プラズマ浸炭窒化処理によるステンレス鋼の耐食耐摩耗表面処理法の開発

3. 研究に対する自己評価

本研究分野は、高効率・高能率・高品質溶接プロセスの開発と、新たに開発された高機能材料の溶接・接合技術の開発、およびその溶接・接合特性の評価を主たる研究テーマとしている。すなわち、取り扱うプロセスあるいは対象材料のいずれかは必ず新規性のあるものであり、さらに新規開発材料に対しては既存プロセスの適用が困難な場合が多く、新しい溶接・接合プロセスを適用することにより解決を図ってきている。これは、溶接・接合研究のみならず、表面改質分野でも同様である。このように本研究分野は、現場と直結した研究テーマも多く、日本のものづくり技術の基幹を支えている分野の一つである。

研究成果に関しては、平成 16 年度からの年度ごとの査読付き学術論文は、4 件、12 件、21 件、32 件、27 件、33 件の総計 129 件（うち英文 100 件）であり、当該期間前半に年度順に顕著に増加した後、期間後半で高い研究活動ならびに研究水準を維持している。また国際会議発表論文は、当該期間合計で 109 件であり国際的にも高い研究活動ならびに研究水準を維持している。さらに国内学会発表 133 件、国内招待講演 43 件、解説・総説 36 件、著書 4 件、新聞発表 8 件などを通じた研究成果の公開を行っている。またこれら研究成果の公開とともに、民間との共同研究・受託研究などを通じて研究成果の社会への貢献を行った。

研究予算に関しては、科学研究費補助金は、教授は基盤研究 A（平成 17-20 年度、研究代表者）、基盤研究 A（平成 21-24 年度、研究代表者）、および特定領域研究（平成 16-17 年度公募研究代表者）の 3 件、また助教は若手研究 B（平成 15-16 年度、研究代表者）、基盤研究 C（平成 17-20 年度、研究代表者）、および特定領域研究（平成 18-19 年度、公募研究代表者）の 3 件を獲得している。また国プロジェクトでは、教授は経済産業省「地域新生コンソーシアム研究事業（革新的マグネシウム合金製造技術の開発）」（再受託研究代表者、平成 16-17 年度）、文部科学省「原子力システム研究開発事業（液体金属中で適用可能な摩擦攪拌接合補修技術の開発）」（再受託研究代表者、平成 17-20 年度）、経済産業省「高度機械加工システム研究開発事業（軽量高剛性構造材料と評価技術の開発）」（再受託研究代表者、平成 17-19 年度）、経済産業省「地域新生コンソーシアム研究事業（革新的低温熱処理技術とステンレス鋼の耐食・耐摩耗部材開発）」（総括研究代表者、平成 18-19 年度）、文部科学省「原子力システム研究開発事業（液体金属中で適用可能な摩擦攪拌接合補修装置の開発）」（再受託研究代表

者、平成 21-23 年度)、の 5 件を獲得し、研究開発を実施している。また助教は、経済産業省「戦略的基盤技術高度化支援事業（小物部品のバレル式プラズマ浸炭・窒化大量処理システムの開発研究）」(研究分担者、平成 20-22 年度)にも参画し、教授とともに研究開発を実施している。さらに、民間との共同研究、受託研究、奨学寄附金を各年度まんべんなく獲得している。各年度の外部獲得資金総計は、6,604 千円、37,041 千円、65,094 千円、52,401 千円、48,792 千円、51,208 千円であり、専任教員 2 名と少ない研究スタッフを補うためこれらの一部を特任研究員雇用費に充て、研究環境の充実と速やかな研究成果の公開を図ってきた。

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、大学院ならびに学部教育を行っている。大学院生は、この期間で博士後期課程が 16 年度からの年度ごとに 3 名、5 名、4 名、4 名、5 名、7 名の延べ 28 名、博士前期課程は年度ごとに 5 名、5 名、5 名、5 名、6 名の延べ 31 名の教育研究指導を行った。また教授ならびに助教はともに大学院講義を担当し、また学部 1 年生に対する全学共通教育ならびに学部 3 年生に対する生産創成工学を担当した。さらに、博士後期課程留学生 3 名の課程修了後の就職に際し積極的なアドバイスをを行い、それぞれの専門性を生かして出身国である韓国の国立研究機関と大企業ならびに我が国の世界的な企業に就職した。

5. 社会貢献に対する自己評価

当該教授は、溶接学会、溶接協会、軽金属溶接構造協会、高温学会など溶接関係における学協会の役員や主要な委員会の委員長など多数の重要な役職を務めるとともに、省庁や各種公益法人の専門委員を務めた。産学連携として、民間との共同研究を進め、受託研究員を積極的に受け入れるとともに、当該助教とともに文部科学省「原子力システム研究開発事業」、経済産業省「高度機械加工システム研究開発事業」、「戦略的基盤技術高度化支援事業」、NEDO「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」の再委託研究を受けるなど産学連携を推進した。さらに経済産業省「地域新生コンソーシアム研究事業」の総括研究代表者としてプロジェクト課題の発案、コンソーシアムの取りまとめを行い、公募事業を獲得するとともにその事業運営を指導し、事業に参画した複数の中小企業に対し顕著な社会貢献を行った。さらに、企業からの要請による技術顧問、一般向けの講演会の講師などを通じて社会人教育を積極的に行った。研究成果の一般社会への公開を、国内招待講演 43 件、解説・総説 36 件、著書 4 件、新聞発表 8 件などを通じて行った。また国際貢献として国際会議の組織委員などを務め、海外研究機関との学術交流協定の締結を交渉担当者として行うとともに、当該期間で外国人研究員を延べ 7 名、外国人留学生を延べ 5 名受け入れた。

6. 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

本研究分野の共同研究員は、16 年度から年度ごとに 11 名、7 名、8 名、11 名、10 名、10 名の延べ計 57 名であり、共著論文はこの 6 年間で 40 件である。これは分野全体として年間約 6.6 件、教員一人当たり年間約 2.3 件と高い水準であり、当該期間中に成果発表に至らなかった件については、引き続き成果発表を目指している。

5. 4 溶接機構学

| 年度 | 平成 16 | 平成 17 | 平成 18 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------------|
| 教授 | 池内建二 | 池内建二 | 池内建二 | 池内建二 | 池内建二 | 池内建二 |
| 准教授 | 黒田敏雄 | — | — | 柴柳敏哉 | 柴柳敏哉 | 柴柳敏哉 |
| 助教 | 高橋 誠 | 高橋 誠 |
| 特任研究員 | — | — | 北川良彦 | 北川良彦 | S. A. Khodir | S. A. Khodir |

1. 研究概要

溶接継手の機能・性能に関する材料科学的支配機構を解明し、無欠陥で且つ高機能を有する継手を得るための材料設計の基礎の確立、および新しい接合法の開発へとつなげることを目指す。近年の科学技術の進歩は、構造体に用いる材料の一層の高性能化と多様化を進めつつある。これらの多くは、材料性能を支配する微細組織についての深い学理的洞察に支えられるものであり、溶接・接合技術もこれに応じた発展を遂げねばならない。このため、本分野では、金属材料からセラミックスに至る広汎な材料と、材料の組み合わせに応じた各種接合法を研究対象とし、種々の先進的手法による継手部の微細組織の観測と理論的考察を通じて、その形成機構を解明し、また材料特性との関係を明らかにすることにより、接合部組織の制御指針を提示する。

2. 研究課題

1. 高級鋼の溶接部における組織の解析と継手性能の改善
2. 超高強度・耐食性合金の開発と溶接性評価
3. 溶接部の脆化現象の金属組織学および破面解析
4. セラミックスおよび金属の固相接合機構
5. 先進材料開発における溶接・接合現象の展開
6. 陽極接合における界面接合機構の解明
7. レーザ局所加熱法の開発と特異組織材料の創製

3. 研究に対する自己評価

本研究分野は、材料としては鉄鋼、非鉄金属、金属ガラス、ガラス、およびセラミックスを研究対象とし、また溶接法についても熔融溶接から各種固相接合法まで含み、材料およびプロセスとも研究対象は広範囲に及んでいる。平成 16 年度から 21 年度までの 6 年間に於いて実施された研究活動成果の概略をまず述べる。

①共通した独自性は、実用材料とその接合・加工技術に関わる課題を取り上げ、その根底にある支配機構あるいは原理について、材料科学的にナノさらには原子・分子のレベルにいたるまで深く考察することにより、本質に迫ろうとするもので、溶接・接合工学分野では世界的に見ても類例は少ない。本年度は、超高張力鋼溶接金属の組織を精密かつ体系的に整理することに成功し、また摩擦攪拌接合における材料の変形挙動を高温変形研究として取り扱うための荷重・トルク測定システムの構築、アルミニウム合金の圧延接合における接合界面近傍の変形挙動と接合機構の研究に着手するなど、挑戦的な研究活動を推進した。

②研究レベルについては、平均的な水準の学術論文数を維持することができた。摩擦攪拌

接合時の材料の変形モードに関する海外出張先での研究成果が、Metall. Mater. Trans. 誌の編集委員から高い評価を受けその推薦により、Springer website に Open access article として掲載された（年間数件の採択数）。

但し、論文の大半は和文であり、インパクトファクターの高い英文論文数の増加に向けた一層の努力が必要である。

③本分野の研究課題には、民間企業との交流の中で発案されたもの、あるいは実用技術を意識したものであり、得られた成果を積極的に専門誌などに公表することにより社会に貢献している。また一般技術者向けの講演も引き受け、蓄積した研究成果の普及にも努めた。

④研究予算については、ほとんどの研究は民間から研究費、資材提供、試験片加工などの支援を得て行っているが、金額は低く、さらに一層の外部資金の獲得の努力が必要と考えている。特に、科学研究費の獲得は2件にとどまり、獲得に向けた一層の努力が必要である。

次に、最近の研究成果の中からいくつか例を挙げて、当研究室の学術的独自性を説明する。

3-1. 高級鋼の溶接金属の微細組織と水素脆化

980 MPa級高張力鋼や低温用鋼等の高級鋼の溶接において、水素割れ等の欠陥の発生を防ぎ、かつ高い生産能率を持ち得る方法としてクリーンMIG溶接法の開発が進められている。本研究は、このクリーンMIG法による溶接金属の微細組織の特徴を把握し、機械的性質との関係を調べると共に、特に高級鋼で重要な問題となる水素割れに対して残留 γ による水素のトラップ効果が及ぼす影響を評価しようとするもので、クリーンMIG法を模擬して作製した980 MPa級鋼共合金系溶接金属について、Ni含有量および溶接熱履歴を系統的に変化させて検討した。

その結果、溶接金属は主にベイナイトとマルテンサイトから成るラス状の組織で構成され、溶接入熱の増加によって粗大化はするものの構成組織はほとんど変わらず、また引張強度特性も大きな変化は生じないことが示唆され、従来法による酸化物介在物を大量に含む溶接金属とは異なる傾向を示すことが分かった。結晶方位異方性の高い溶接金属からX線回折法によって残留 γ を定量的に評価する手法を確立し、Ni量とともに増加するが、溶接入熱による変化は僅かであることを示唆した。さらに残留 γ はラス境界、および旧 γ 粒界に優先的に分布し、大部分は厚さ100 nm以下の板状であることを明らかにした。また、水素挙動の微視的評価法としてマイクロプリンティング法を導入し、同手法の有用性を実証した。

3-2. スーパー二相ステンレス鋼の突合せ抵抗溶接部の微細組織と継手特性

スーパー二相ステンレス鋼(329J4L)の突合せ抵抗溶接を行い、接合界面の微細組織と継手特性の関係を調べた。接合部の衝撃吸収エネルギーは母材に比べてかなり低く、これは接合界面上の未密着領域の残存、ならびに酸化膜の介在によることが破面形態から示唆された。透過電子顕微鏡観察により、接合界面でCr酸化膜が検出され、スーパー二相ステンレス鋼の抵抗溶接における接合界面は安定なCr酸化膜領域が連続的に存在するため、新生面の接合領域が少なく接合部の衝撃エネルギーが低くなるものと結論された。

3-3. 陽極接合

陽極接合はガラスと金属もしくは半導体の強固な直接接合を実現できる手法であるが、従来、陽極接合の主な応用対象はシリコンデバイスの封止等の精密接合に限られている。これに対して、代表的な構造用材料である鉄基合金へガラスを陽極接合することを目指して、純鉄およびSUS430ステンレス鋼の陽極接合を試みた。純鉄とSUS430の常温近くでの線膨張率に近い線膨張率を持つソーダアルミノケイ酸ガラス Matsunami 801 とソーダカリガラス Matsunami 7622 をこれらの金属と陽極接合し、SUS430と801ガラスの組み合わせにおいてガ

ラスの破損のない継手が得られることを初めて実証した。また、接合界面の透過型電子顕微鏡観察により、SUS430 継手では純鉄と比べ界面の鉄酸化物の生成が少なく、また SUS430 では表面のクロム酸化膜が接合時の界面反応を阻害することが接合を妨げることを突き止めた。

3-4. 摩擦現象を利用した接合機構の解明

摩擦現象を利用する接合法として、摩擦圧接と摩擦攪拌接合、摩擦攪拌スポット接合を研究対象として取り上げ、それぞれの特徴的な界面組織形成過程を材料学的な観点から詳細に調べている。摩擦圧接研究では、Ni 基合金同種材接合界面やアルミニウム合金と鋼との異材界面の電子顕微鏡レベルでの詳細な解析を行っている。特に異材界面では残存する酸化物層の役割が明確になった。

摩擦攪拌接合については、単結晶アルミニウムを用いたスポット接合実験により圧縮応力場の存在を実証し、同接合過程は複数の変形モードが競合していることを指摘した。さらに、接合中の温度、荷重を精密に測定するシステムを構築し、高温変形研究の範疇で同接合法を理解する先駆けとなる成果を挙げた。また、摩擦攪拌接合部の微細組織が高温環境下では異常粒成長を引き起こす危険性があることを実証している。さらに、本接合法を利用した粉末分散法によるアルミニウム合金の表面改質においては、粒子分散と塑性流動の関係解明やマトリクスとの積極的な相反応を利用した粒子分散組織の創出などの成果を挙げた。

4. 教育に対する自己評価

生産科学専攻の博士前期課程の大学院生に機能材料学の講義を行い、毎年、高い受講率を維持してきている。研究指導については、平成 16 年度から 21 年度までの 6 年間に於いて、博士後期課程院生を 6 名（うち外国人留学生は 4 名）の研究指導を行い、全員が学位を授与されている。後期課程大学院生に対する研究指導は高い水準を維持してきたと考えるが、在籍者数についてみればその充足率は十分であるとは必ずしも言えない。この点については、優秀な前期課程院生に対する後期課程進学を勧めるなどの積極的な措置が、他大学の院生に対する募集などと併せて、時期中期計画期間における課題と認識している。

博士前期課程については、平成 16 年度から 21 年度までの 6 年間に於いて、10 名の在籍者が有り、研究所に於ては平均的な水準を維持したものの、年度によっては修士号取得者がゼロであることもあり、継続的な教育活動であったとは言えない。また、平成 20 年度ならびに 21 年度の 2 年間に於いて、同課程院生の留年という問題が 1 件あり、心のケアを第一に考えた肌理細かい研究指導に努めたものの、休学という結果に終わった。

大学院生の充足率改善については、毎週グループミーティングや研究報告会を行い、学会発表の奨励なども併せて研究意欲ならびに学習意欲を高める措置を講じたことに加えて、院生の居室環境改善に力を尽くした。その結果が研究意欲の向上となって徐々に顕在化し始めており、意欲的な学会発表へと結実している。平成 21 年度に於いては 2 名の博士前期課程院生がそれぞれ優秀ポスター賞を受賞した。最近では学部生が当研究室への配属を希望するケースも見られるようになってきており、大学院生への教育サービスの質的向上が着実に院生・学生から評価されるようになってきている。さらに他大学での学部生向けの講義を行い、接合科学の知識の広範な普及にも貢献した。今後はこれまで行ってきた教育活動の水準と環境の一層の向上を図り、優秀な大学院生を継続的に社会に排出し続けていきたい。

5. 社会貢献に対する自己評価

国内の複数の学会で、評議員、委員会幹事・委員などを務め、国際的にも米国材料学会の

部会委員や、IIW の常置委員会委員、専門誌の編集委員、国際会議委員を務めている。産学連携に関しては、民間企業との共同研究および交流を積極的に推進した。

国際貢献については、外国人の博士後期課程の学生を 4 名受け入れ、カナダの大学との学術交流協定を前提とした研究交流など、次代を担う若者を対象にした活動を行った。平成 19 年 8 月から平成 20 年 7 月までの 1 年間、教員を一名カナダのトロント大学に客員研究員として派遣し、同大学の研究者との交流はもとより、同大学院生への研究指導の補助を通じて部局間学術交流協定に資する活動を展開した。現在、同大学博士課程修了者が所属するカナダのアルバータ大学との学術交流協定締結のためのやりとりが進められており、また、スロバキアのコシチェ工科大学やドイツのドルトムント工科大学との学術交流協定についても積極的な取り組みを始めている。

これらの国際的な活動に加えて、国際溶接会議に対応する国内組織の日本溶接会議第 VI 用語委員長を務めた。その他、溶接協会技術者向けの講師を引き受け、産業界の技術レベルの向上に貢献している。原子力関係の公益法人の委員として、溶接・接合工学の立場から意見を述べ、技術の発展と、安心・安全社会の構築に貢献した。

国際貢献については、当事者双方の利益に資する活動であるべきということはいまでもないが、先方の研究能力を最大限に引き出して我が国の学術の発展に寄与させる戦略的な共同研究を真剣に考える時期に来ていると考える。すなわち、国際会議発表や国際交流と称する相互訪問あるいは留学生への研究指導というレベルにとどまるのではなく、世界の頭脳が研究室に集まり、相互に刺激し合いながら真に科学技術の発展に資する先鋭な発想を生み出していく研究体制の構築が必要で、そのための人間関係・信頼関係が今後の課題であると認識している。実際、先に述べたアルバータ大学との学術交流協定については、同大学に最近設置された溶接研究センターとの共同研究を策定する作業を進めている。

6. 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

共同利用研究の成果に基づく論文発表・学会発表としての成果充実に努めてきている。平成 16 年度から 21 年度までの 6 年間において、学術論文 8 報、学会発表 11 件となった。最近では金属材料やセラミックスの接合以外に、エンジニアリングプラスチックの接合という新しいジャンルへ挑戦する共同研究を実施してきており、今後の発展が期待できる。

共同利用研究は、例えば日本有数の教育研究機関に所属する研究者との先進的研究活動と接合科学研究所に比べて予算規模や研究施設の面で不利な研究環境にありながらユニークな研究活動を展開している研究者との研究などが挙げられる。我々の研究室では、前者の共同研究形態の実施は言うまでもなく、後者の場合に於いても積極的かつ具体的な活動を展開してきている。例えば、他大学に在籍する当研究室の卒業生については毎年共同研究員契約を結び、接合科学研究所において実験や議論を通じて彼らの研究活動の一助となっている。これは彼らが将来主体的に研究できる立場に立った時に接合科学研究所の強力なパートナーになることを意図したのものである。すなわち、短期的な成果ではなく、我が国の学術の発展に資する人を育てるという中長期的な成果を目指した共同研究活動を続けている。

共同研究成果による特許出願はなく、これは主として学術上の懸案事項の究明を目指した基礎研究課題を重点目標としてきたことが一因と考えられるが、知的財産という概念への理解度が不足している結果でもある。今後の共同研究活動において、特許性を意識した課題設定ならびに研究計画の立案など、効果的な改善を要する問題として認識している。

5. 5 レーザ接合機構学

| 年度 | 平成 16 | 平成 17 | 平成 18 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|-------|-------|-------|-------|-------------|-------------|-------|
| 教授 | 片山 聖二 | 片山 聖二 | 片山 聖二 | 片山 聖二 | 片山 聖二 | 片山 聖二 |
| 准教授 | — | — | — | — | — | 川人 洋介 |
| 助教 | 川人 洋介 | 川人 洋介 | 川人 洋介 | 川人 洋介 | 川人 洋介 | — |
| 特任研究員 | — | 王 暁峰 | 王 暁峰 | Hafez K. M. | Hafez K. M. | — |

1. 研究概要

本研究分野は、レーザを高度に活用した接合、表面改質、分離・除去などの材料加工法の開発と加工機構の解明に関する基礎研究を行うことを目的に設立された。

現在、レーザ溶接・接合現象について光学的手法、電気的手法、X線透視法等により高速度に観察・計測し、レーザ誘起プルーム挙動、レーザと物質との相互作用、熔融溶接現象および溶接欠陥発生機構の解明に関する研究を行っている。また、金属材料において高品質・高機能なレーザ接合部を常時作製するための基礎知見を得るため、溶接時のセンシング、モニタリングおよび適応制御法に関する研究を行っている。さらに、リモート溶接、レーザ・アークハイブリッド溶接、レーザブレイジング、水中レーザ補修溶接、金属とプラスチックのレーザ異材接合、レーザ切断などに関する研究も行っている。

2. 研究課題

1. レーザ誘起プルームの特性およびプルームとレーザとの相互作用の解明
2. レーザリモート溶接時の溶込み特性およびプルーム挙動と屈折率分布
3. 金属材料のレーザ表面吸収
4. 高パワー・高輝度ファイバーレーザ溶接現象と溶込み深さ
5. 高パワー・高輝度ディスクレーザによる溶接現象と溶込み特性
6. ホットワイヤ利用による高張力鋼の高パワーレーザ溶接
7. マグネシウム合金のレーザ溶接性
8. 金属ガラスのレーザ溶接性
9. 低合金鋼と鋳鉄のレーザ異材接合
10. 低真空・減圧雰囲気における高パワーレーザ溶接特性
11. アルミニウム合金と鉄鋼材料とのレーザ異材接合
12. 金属材料とプラスチックまたはCFRPとのレーザ直接異材接合
13. レーザブレイジング現象とピットおよびポロシティの生成挙動の高速度観察
14. レーザ・アークハイブリッド溶接現象、溶込み特性およびポロシティ防止機構
15. アルミニウム合金YAGレーザ溶接現象の高速度観察とモニタリング
16. アルミニウム合金薄板のパルスYAGレーザ重ね溶接時のモニタリングと適応制御
17. 純チタンのパルスYAGレーザ突合せ溶接時のモニタリングと適応制御
18. Ni基超耐熱合金単結晶のワイヤ利用または粉末利用レーザクラディング
19. CFRPのレーザ切断
20. 水中レーザ溶接および補修溶接

3. 研究に対する自己評価

1. レーザ誘起プルームの特性およびプルームとレーザーとの相互作用の解明

レーザー溶接時の誘起プルームの特性、挙動、温度、レーザーとの相互作用などの基礎現象を明らかにした。分光分析の結果、温度が約 6000 K 以下の弱電離プラズマ状態であり、透過プローブ光との相互作用を可視化し、レーザーは誘起プルーム発生に伴い生成する超微粒子によるレイリー散乱を受けることを明確にした。なお、その相互作用は小さいことも明らかにした。レーザーと誘起プルームの相互作用を可視化して挙動観察を行った世界で初めての基礎研究の成果であり、この分野のバイブルとなる。(国内会議や国際会議に発表し、査読付き論文 5 件)

2. レーザリモート溶接時の溶込み特性およびプルーム挙動と屈折率分布

数 kW ファイバーレーザーによる亜鉛めっき鋼板のリモート溶接中のプルーム挙動と屈折率分布を高速度ビデオとマイケルソン干渉系で観察した結果、レーザー誘起プルームが試料表面の上方に高く形成し、プルーム上方で屈折率の低下した領域が広く形成していること、その結果、屈折作用と焦点位置が下方へ移動する挙動が誘起され、レーザーの集光特性が変化するため、溶融特性が低下することなどを明らかにした。また、ファンを用いることにより、それらの形成領域を低くでき、溶込み特性が改善できることを明確にした。レーザー溶接時の屈折率分布の高速度ビデオ観察は世界で初めてであり、この種の観察において世界をリードしている。(国内・国際会議に発表し好評、LAMP 2009 および ICALE02009 学生発表賞第 1 位獲得。論文投稿予定)

3. 金属材料のレーザー表面吸収に関する検討

ステンレス鋼もしくはアルミニウム合金板に YAG レーザまたはファイバーを照射し、レーザーの吸収率を測定した。カロリメータ法による検討の結果、熱伝導型溶接時からキーホール型溶接時になると、約 30% から約 75% 程度に増加し、高集光の場合、低速度溶接ではさらに 90% まで増加すること、溶接速度が速くなると、溶融池とキーホールの前面が後退してレーザービームがキーホール内に入らなくなり、吸収率が低下することなどを明らかにした。従来、実用材料に対するレーザーの吸収については、定性的に解釈されているだけで不明な点が多かったが、キーホールとの相互作用から明確した点で評価できる。(国際会議等で発表し、査読付き論文 2 件)

4. & 5. 高パワー・高輝度ファイバーまたはディスクレーザー溶接現象と溶込み深さ

金属材料に対して、種々の条件でファイバーまたはディスクレーザー溶接を行い、溶込み特性と溶接欠陥の生成条件を明確にした。また、それぞれの欠陥の生成機構と防止法も明らかにした。高パワー・超高パワー密度の連続レーザー溶接を世界で初めて行った結果を含んでいる。高速度ビデオ観察法では、半導体レーザーを照明用として採用し、溶融池の鮮明な画像を示したので、国際会議ではインパクトを与え、司会者から賞賛の言葉を頂く。国内外で溶接時のこの高速度観察法の採用が増加。(国内会議や国際会議に発表し、査読付き論文 6 件、今後も発表・論文投稿予定)

6, 7, ホットワイヤ利用による高張力鋼の高パワーレーザー溶接、 マグネシウム合金の

8, 9. レーザ溶接性、金属ガラスのレーザー溶接性、 低合金鋼と鋳鉄のレーザー異材接合

それぞれに良好な貫通溶接部の作製条件を明らかにし、溶接現象も明らかにしている。金属ガラスでは、HAZ の結晶化を防止する連続レーザーによる超高速溶接およびパルスレーザーによるスポット溶融の条件を明示した。低合金鋼と鋳鉄の異材溶接では、割れの発生位置と条件を明示し、防止法を提案した。学会発表や国際会議で発表をしている。(査読付き論文に投稿予定)

10. 低真空・減圧雰囲気における高パワーレーザー溶接特性

低真空・減圧雰囲気において、長焦点の集光光学系を用いて高パワーのファイバーまたはディスクレーザー溶接を行った結果、低速度では、真空度の減少に伴って深い溶込みが得られ、1/10~1/100の減圧で大気圧のものより2倍以上深くなることを明らかにした。今後、電子ビーム溶接に代わるX線発生のない高品質溶接部作製の溶接法として期待される。(特許出願済みで、今後、学会発表、国際会議発表を行い、論文投稿の予定)

11. アルミニウム合金と鉄鋼材料とのレーザー異材接合

アルミニウム合金と鉄鋼材料のレーザー異材接合において、重ね溶接ビード数の効果について検討した結果、純アルミニウム A1100 では2つの溶接ビードで Al 母材破断をし、アルミニウム合金 A5052 では3溶接ビードで SPCC 母材破断をする良好な継手が得られること、また、溶接ビード間の距離は離れている方がよいことなどが判明した。レーザー異材接合と継手強度特性の基礎知見が得られたので、今後、集光径の異なるレーザーにより他の合金系の組合せも検討拡大予定。

12. 金属材料とプラスチックまたはCFRPとのレーザー直接異材接合

各種金属材料と PET などのエンジニアリングプラスチックのレーザー直接接合が可能であることを明示した。プラスチックの熔融と小さな気泡の発生、熔融プラスチックが金属表面の酸化皮膜と接合していることなどを明らかにした。また、レーザー非透過性のファイバー入り CFRP などでも金属側からのレーザー照射により、高強度の接合部が得られることを明らかにした。金属とエンジニアリングプラスチックとのレーザー直接接合法の開発では、接着剤を用いず従来にはない高強度の接合ができることを明らかにし、その成果は、学会、書籍、解説、論文などで報告し、新聞でも報道され、企業との共同研究も遂行し、社会への貢献は大である。(阪大100選(2009)に採択)

13. レーザーブレイジング現象とピットおよびポロシティの生成挙動の高速度観察

亜鉛めっき鋼板の拌み突合せ溶接継手のレーザーブレイジングで、良好な表面の得られる条件、欠陥が生成する条件などを明確にし、熔融池の表面および内部を高速度ビデオとX線透視法で観察した結果より、ポロシティとピットの生成機構を明らかにした。レーザーブレイジング中の熔融池内部現象の観察は世界で初めてであり、ポロシティとピットの生成機構を明示した初めての研究である。国内・国際会議で発表、溶接学会研究発表賞 (学生) を受賞。今後、論文投稿予定。

14. レーザ・アークハイブリッド溶接現象、溶込み特性およびポロシティ防止機構

ハイブリッド溶接時のアーク挙動、表面張力対流、電磁対流、蒸発の反跳力による湯流れ、高電流でのアークプラズマ気流によるせん断的湯流れなどを高速度ビデオとX線透視法で観察し、熔融池内部のポロシティの生成・防止挙動や湯流れを明らかにした。レーザー・TIGアークハイブリッド溶接時の熔融池内部を世界で初めて観察し、溶接現象を世界で初めて明確にした。国際会議等で発表し、溶接学会では4編の論文を発表して、平成18年度溶接学会論文賞を受賞。

アルミニウム合金のYAG・MIGハイブリッド溶接現象や欠陥の発生と防止条件も明らかにした。この結果は、国際会議等でも発表され、第25回軽金属溶接構造協会論文賞を受賞。

15. アルミニウム合金YAGレーザー溶接時の熔融挙動の高速度観察とモニタリング

アルミニウム合金のYAGレーザー溶接を、熔融池とプルームおよび反射光(フィルタを通して)を観察しながら行い、同時に、同軸および後方への反射光および熱放射光をモニタリングした。各モニタリング信号強度がスパッタ発生や未熔融などの溶接現象と関連することを明らかにした。

従来、レーザ溶接時のモニタリング信号の意味と解釈が不明であったが、溶接現象との対応を世界で初めて明示した。(国内学会論文集、国際会議に発表、査読付き論文1件)

16. アルミニウム合金薄板のパルスYAGレーザ重ね溶接時のモニタリングと適応制御

アルミニウム合金薄板に対して基本波パルスYAGレーザによる重ね溶接を行い、レーザ照射時の熱放射光と反射光のインプロセスモニタリングを行った。溶接中の反射光と熱放射光は、溶接現象に対応する信号であり、モニタリング信号として有効であった。特に、薄板同士の重ね溶接では、反射光と熱放射光の急激な変動を抑制する適応制御法が有効であった。最も進んだ適応制御法を開発した。査読付き論文8編を報告した。第24回軽金属溶接構造協会論文賞を受賞。

17. 純チタンのパルスYAGレーザ突合せ溶接時のモニタリングと適応制御

純チタンの突合せ継手において、レーザ照射時の熱放射光と反射光のインプロセスモニタリングを行い、スパッタが少なく、アンダーフィルの少ない表面で、溶融幅も狭く、深溶込みを得るためのレーザ波形を明らかにし、さらに、深溶込みでポロシティの少ない溶接部を得るために有効なテーリングパワー設定の適応制御法を試み、その有用性も確認した。(論文3件報告)

18. Ni基超耐熱合金単結晶のワイヤ利用または粉末利用レーザクラディング

Ni基超耐熱合金単結晶材のレーザ補修溶接法およびプロトタイピングに関して、クラディング状況の高速度ビデオ観察やマイクロ組織観察により基礎的な知見を得た。(特許出願1件、査読付き論文1件)

19, 20 CFRPのレーザ切断、水中レーザ溶接および補修溶接

CFRPのレーザ切断では、連続発振のレーザで、低パワー・超高速切断の条件により、熱影響(プラスチックの蒸発除去部)の少ない切断部が得られることを明らかにした。

水中レーザ溶接および補修溶接(電力各社との共研)では、水中でのレーザ溶接および補修溶接が可能であり、従来にない補修技術を確立した。(今後、学会発表と論文投稿を予定)

以上、研究成果は、研究構成員の人数の割に着実に得られていると判断している。

4. 教育に対する自己評価

大学院の講義では、授業中の質問、小テストなどを通じて、レーザプロセス学の理解を深めさせている。配属の大学院生に対しては、実験・研究を通じて、実験・研究の仕方や発表・講演の仕方を教えている。特に、大学院生に対しては、溶接学会、レーザ加工学会、米国レーザ協会などによる全国大会や国際会議出席を支援し、論文発表の仕方や日本語論文・英語論文の書き方を指導している。その結果、溶接学会論文賞や軽金属溶接論文賞、4年生卒業論文発表会での優秀発表賞、国際会議 ICALEO 2009 や LAMP2009 では学生発表第1位を獲得し、学生に対して的確に指導してきたものと考え、今後も同様に指導をしていきます。

5. 社会貢献に対する自己評価

片山は、溶接学会で軽構造接合加工研究委員会副委員長・高エネルギービーム加工研究委員会幹事・溶接法研究委員会幹事、日本溶接協会のレーザ加工技術研究委員会で副委員長、レーザ加工学会では副会長、理事、査読委員長など、軽金属溶接構造協会では理事、レーザ溶接委員会委員長、高温学会では理事、査読委員長を務めた。また、川人は、若手の会の副委員長、軽構造接合加工研究委員会・高エネルギービーム加工研究委員会の幹事や軽金属溶接構造協会レーザ溶接委員会の幹事を務めている。両者とも国内外のレーザ加工関連の会議に出席し、社会貢献をしている。最近、外国、特にレーザ加工適用の最も進んだドイツでの

国際会議における招待講演も幾つか行い、外国からの研究者や学生を受け入れ、国際貢献もしている。さらに、学会の研究委員会やセミナーの講演、新聞報道やインタビューなどを通じて成果を公表し、社会貢献をしている。さらに、民間等との共同研究、受託研究を遂行し、国のプロジェクトにも共同参画し、種々の会社や研究機関、企業研究者からの技術相談にも応じ、社会の発展に貢献している。今後も、同様に、社会貢献をしていきます。

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、レーザ異材接合、高張力鋼のハイブリッド溶接などで、共同研究の成果が論文として発表された。また、歯学の分野でも共同研究の成果として発表されている。共同研究の成果として、レーザ加工学会や ICALEO 国際会議などで発表賞を受賞された研究者もおられ、工学博士号を取得されるように指導した。共同研究の成果については、常に、発表できるレベルにもっていく努力をしてきている。なお、共同研究員数が比較的少ないとの指摘を受けてきたが、この点の大幅な改善ができていない点は反省する必要がある。

5. 6 複合化機構学

| 年度 | 平成 16 | 平成 17 | 平成 18 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|-------|-------|-------|--------------|----------------------|----------------------|------------------------------|
| 教授 | 奈賀正明 | 奈賀正明 | 近藤勝義 | 近藤勝義 | 近藤勝義 | 近藤勝義 |
| 准教授 | 柴柳敏哉 | 柴柳敏哉 | 柴柳敏哉 | — | — | — |
| 特任研究員 | — | — | 荻沼秀樹 梅田純子 | 梅田純子 今井久志 村木義徳 | 梅田純子 今井久志 村木義徳 | 梅田純子 今井久志 李 樹豊 村木義徳 |

1. 研究概要

H16～17 年度は、異なる性質を有する素材を接合して構造体を作り出す際に必要不可欠な「接合界面組織制御」に関する学理の構築とそれによる材料複合化機構の体系化を目指した基礎的研究を材料学的立場から推進してきた。

H18～21 年度は、材料の組織構造・界面制御と多機能化に着目し、エネルギーの効率的利活用と環境低負荷エネルギーの創出を主題に、材料・加工プロセスの観点からナノ・ミクロン・ミリ単位での階層的マルチスケール微細構造設計による材料の複合化・高機能化に関する基礎学理の構築と実用化研究を遂行してきた。具体的には、粉末冶金プロセスを基調に、完全鉛フリー高強度・快削性黄銅や、ナノオーダーの微細組織制御による Mg や Al 等の軽合金の高強靱性化手法と構造解析による強化機構の解明、バイオマスからの高付加価値資源の創製とエネルギー回収技術、カーボンナノチューブの単分散・複合化による金属材料の超高強度化と強化機構の解明などに取り組んできた。

2. 研究課題

(H16～17 年度)

1. 異種材料界面の原子配列構造と界面物性・界面組織の計算
2. セラミックスと耐熱金属・金属間化合物の接合ならびに接合界面の制御

(H18～21 年度)

1. 組織・集合組織制御によるマグネシウム合金の動的強度の向上と Ballistic 性能評価
2. 非食部バイオマスの再資源化（籾殻由来シリカ粒子の超高純度化と機能評価）
3. スパッタ法を用いたアモルファス薄膜による表面高品質・高機能化転写プロセス
4. 固相焼結法による完全鉛フリー・高強度・快削性黄銅粉末合金の創製
5. 炭素系ナノ粒子の単分散化を利用した金属との複合化および多機能発現機構の解明
6. 高温濡れ現象解析による新たな複合材料設計
7. ケルビンプローブ原子間力顕微鏡による局所界面での電位差に起因する腐食機構の解明

3. 研究に対する自己評価

研究の独自性・新規性と質に加え、社会ニーズとのマッチングを考慮した研究課題の選定・遂行が研究成果の効率的・効果的な社会還元策であると位置づけ、本研究分野では「環境・人体への負荷を軽減できる材料・プロセスの確立」により省エネ・CO₂削減に直接・間接的に寄与する軽量化技術に係わる基盤構築とその実用化研究を進めてきた。第1回外部評価にお

いて、研究内容に関する低い評価との指摘があったが、H18 年度以降では、Acta Materialia (IF;3.729)、Scripta Materialia (IF; 2.887)、Composites Science and Technology (Impact Factor;2.533)、Materials Science and Engineering A (IF;1.806)、Powder Technology (IF;1.766)、Wear(1.509)、Materials and Design (IF;1.107)など材料科学分野では高い I.F を有するジャーナルを中心に継続的に論文投稿を行い、総数 84 報（国際会議プロシーディング・Trans. JWRI など除く）が掲載されている。またこれらの研究成果に関する学術面での独創性・新規性が認められた結果、国内外での学協会や国際会議等における受賞総数は 16 件に至っている。特に、カーボンナノチューブ CNT の研究成果に関しては、その分野の第一人者である信州大学・遠藤守信教授らの研究グループとの連携研究を開始し、Materials Science and Engineering A をはじめとする著名なジャーナルへの学術論文投稿を行い、遠藤教授には平成 19 年度の当研究所・客員教授として就任頂いた。

他方、研究成果の社会還元といった産業面における実績に関して、NEDO や JST、環境省などの研究開発事業を活用することで技術移転を積極的に進めており、なかでもマグネシウム、チタンといった軽金属材料に関しては、(株)栗本鐵工所・(株)ゴーシューや(株)イノアック技術研究所にて、完全鉛フリー黄銅粉体合金については国内最大手・サンエツ金属(株)において、それぞれ量産化に向けた設備投資ならびに生産技術開発を実施しており、現時点においても支援研究を遂行している。また海外研究機関との連携も積極的に実施しており、マグネシウム合金の新規機能発現に関しては米国陸軍研究所と、CNT の単分散・複合化プロセスに関してはドイツ・フランクフォーファー研究所と、それぞれ共同研究を実施しており、前者からは年間 11 百万円の研究費を獲得している。得られた成果に関して、TMS M&S Awards 受賞やドイツ政府主催 Nanodays2009 での招待講演などの実績がある。他方、農業廃棄物（非食品部バイオマス）の再資源化に関しては、滋賀県（東びわこ JA）および富山県（射水市 JA）の自治体との連携において、研究成果を用いたフィールド試験を実施し、高純度シリカの抽出検証と稲の育成効果実証を行い、さらには、その成果を活用してミャンマーでの広域フィールド実証試験を NEDO/JICA の協力事業として遂行している。なお、非食品部バイオマスの利活用によるエネルギー・資源の抽出プロセスに関しては、環境省科研費事業の 2 期（1 期 3 年間）連続採択（研究事業費総額 98 百万円）からも判るように、国内・海外における社会的ニーズが極めて高い研究開発テーマであるといえる。上記した当分野での研究成果に関して、特許 32 件出願（うち 6 件登録）、新聞発表 11 件、民放 TV 放映 1 件、NHK ラジオ放送 1 件など外部発信による知の社会還元も十分に果たしている。

研究費獲得に関して、第 1 回外部評価における H16-17 年度の結果が極端に少ないとの指摘に対して、H18 年度以降は、文部科学省および環境省の科学研究費に加えて、NEDO・JST などの研究開発事業、民間企業との共同研究や奨学寄附金を含めた外部資金獲得総額として、年間 78～232 百万円へと大幅に向上・改善でき、第 2 回外部評価においてもその効果は認められている。特に、当分野に所属する特任研究員が科研費・若手研究(B)および JST シーズ発掘事業を獲得するための研究指導を行った。来年度以降も、研究成果の質向上と社会還元、それに要する研究費獲得に対して継続的な努力を行う所存である。

4. 教育に対する自己評価

本研究分野は、大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻の協力講座として、当該専攻大学院生ならびに当該学部生への教育・研究指導を分担している。講義科目としては、博士前期課程においては「機械材料学特論」（平成 16 年度まで）、「材料システム学」（平成 16 年度まで）、「機械材料学」（平成 17 年度から）を、後期課程においては「ナノ界面設計学」を担当

してきた。特に、機械材料学に関しては、平均出席率 88%→91%→94%と向上している。なお、研究指導は、機械系学部 4 年生の卒業研究ならびに修士・博士研究をそれぞれ分担している。

当分野の所属学生に関しては、卒業研究成果を英語論文として仕上げ、メジャーな英文学術誌に投稿（2 報以上）することを義務付けている。また、外国人留学生を定期的に受け入れてきており、平成 19 年度にはエジプト国費留学生 1 名を、平成 20 年度にはタイ国費留学生 1 名をそれぞれ博士後期課程に受け入れて研究・教育指導を行っている。日本人大学院生の海外留学に関して、大学間学術協定に基づき、博士課程前期 1 年生をカナダ McGill 大学に 1 年間留学する機会を与え、当地での英語による専門科目受講に加えて、当分野と関連する研究室での研究活動を遂行できる環境を整えた。院生・学部生に対しては、研究指導の一環として国内での学会発表の機会（平均 2.6 回／人・年）を与え、顕著な研究成果を挙げた場合には、国際会議へ派遣することにしており、これまでに米国・ドイツ・シンガポールなどで開催した学会に出席している。また平成 20～21 年度において、学部生・大学院生で合計 6 件の学会賞を受賞しており、専門分野での高い評価を得た。その結果、高い成績を収めたことが承認され、H20 年度以降は毎年、博士課程前期 2 年生が JASSO 奨学金免除対象者に選定されている。また大阪大学および他大学での博士課程学生の論文審査委員（副査）計 8 件を担当し、さらに、平成 21 年度には当分野での特任研究員の論文審査委員（主査）を務め、博士（工学）の取得に至った。

以上のように、第 1 回外部評価における指導事項に対して十分に改善できており、来年度以降も学部生・大学院生の教育指導における質の向上を目指す所存である。

5. 社会貢献に対する自己評価

①国内外での学会等活動：日本金属学会・粉体粉末冶金学会・溶接学会・軽金属学会・塑性加工学会・高温学会等の材料・加工系学協会において理事・幹事・各種委員を務めるなか、経済産業省・希土類磁石リサイクル調査研究会委員、NEDO・素形材技術開発動向調査委員会委員に就任し、産官学連携の効率的推進に向けて学協会活動に積極的に携わった。

②産学連携：民間との共同研究 19 件を実施するなかで、平成 20 年度は当分野で開発したマグネシウム合金を用いた義足用補助装具の実用化に成功した。また同年には、政府系法人主催のイノベーション・ジャパン 2008 にて当分野からのナノ材料分野で成果講演を行い、平成 21 年度からの共同研究（3 件）に発展させた。

③国際貢献：Journal of Bio Resources、Journal of Composite Materials、Composite Science and Technology などのジャーナルにて Editor や International reviewer を務めた。平成 18 年度成果として、JICA 人道的支援プログラムにてミャンマーを訪問し、籾殻・稲藁の再資源化技術の導入に向けた現地調査を実施すると共に、本技術に関してヤンゴン工科大学にて講演・実験を行い、NEDO 国際協力支援事業を獲得した。平成 19 年度には、タイ王立金属技術研究センターのテクニカルアドバイザーに就任し、日タイ科学技術フォーラムの開催に協力した。平成 21 年度の成果として、タイにおけるバイオマスのガス化燃料製造技術に関して現地企業での装置開発とその実用化に成功した。

④社会貢献：内閣府承認 NPO 法人環境・エネルギー・農林業ネットワークでは理事に就任し、カンボジアやマダガスカルなどでの当地バイオマス利活用の方策提言を行った。またマグネシウム協会・日本アルミニウム協会・金属加工技術協会・長岡技術科学大学等の学協会委員を就任し、次世代金属材料創製プロジェクト始動に向けた経済産業省への骨子提案を行った。以上のように、第 1 回外部評価委員による指導事項に対しても H18 年度以降は十分改善されており、今後も上記の実績を維持・向上する所存である。

6. 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

研究所の目標値（年間 10 名以上の共同研究員受入れ）に対して、H19 年度以降は達成しており、積極的な研究活動を展開してきた。そこで得られた研究成果は、それぞれの研究員が共著論文（計 14 件）ならびに国内外での学会発表（計 29 件）を通じて公表してきている。また、共同研究活動を通じて得た人脈は、上記主催国際会議へのより多くの参加者を促すことに結実し、さらに研究者間の新たな共同研究の創出へとつながっている。特に、共同研究員の一人である富山県立大学・今井久志氏は優れた研究成果を上げ、今後も大きな発展が期待できることから平成 19 年度より当研究所・特任研究員として就任を予定している。また、北海道大学・古月文志教授との共同研究成果（CNT の単分散化と金属との複合化により超高機能発現）に関しては、国内外での国際会議にて多数の受賞を得る成果であり、関連してドイツ・スイス等の大学、国立研究機関や企業からのアライアンス研究提案を受けており、平成 22 年度より日本-ドイツ政府間共同研究事業の一環としてフランフォーファー研究所との共同研究を実施する計画にある。以上のように、全国共同利用に関する研究成果として十分な内容であると考えており、工学系研究所としての研究活動の責務を十分に果たしたと考える。

5. 7 数理解析学

| 年度 | 平成 16 | 平成 17 | 平成 18 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|-------|-------------|------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|
| 教授 | 村川英一 | 村川英一 | 村川英一 | 村川英一 | 村川英一 | 村川英一 |
| 准教授 | 中長啓治 芹澤久 | 中長啓治 芹澤久 | 中長啓治 芹澤久 | 中長啓治 芹澤久 | 中長啓治 芹澤久 | 中長啓治 芹澤久 |
| 特任教授 | — | Sherif Rashed | Sherif Rashed | Sherif Rashed | Sherif Rashed | Sherif Rashed |
| 特任講師 | — | 山本隆夫 | 山本隆夫 | 山本隆夫 | 山本隆夫 | 山本隆夫 |
| 特任研究員 | — | 梁偉 | 梁偉 | 河原充 山里久仁彦 森下誠 王 蕊 | 河原充 山里久仁彦 森下誠 王 蕊 | 河原充 山里久仁彦 森下誠 |

1. 研究概要

本研究分野では、溶接・接合科学における、熱源・材料・プロセス・力学が連成した諸現象の数学的モデル化と数値シミュレーションの工学問題への展開に関する研究および教育を行っている。前者は未解明現象のモデリングに必要な数値計算技術に関する基礎研究であり、研究のシーズに相当し、後者はこうしたシーズの各種接合構造体の製作時に発生する溶接変形、残留応力、割れの予測、製品の機能および信頼性評価という実用的ニーズに向けての展開である。また、溶接・接合技術を用いて作製される製品に対する溶接変形・残留応力などの影響、および異種材料で作製される不均質構造体の強度についても研究を行っている。さらに、数理解析学分野は、溶接における計算科学に関する基礎研究の推進と人材の育成を目的とし平成 19 年に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分野を担当している。

2. 研究課題

1. 熱源・プロセス・材料・力学が連成した非線形・複合問題の解析法開発
2. 大規模熱弾塑性問題の高速解析法の開発
3. 薄板および厚板大型構造物を対象とした溶接変形予測
4. 各種溶接割れ現象の解析および制御
5. 原子炉溶接継手の残留応力測定
6. 界面結合のモデル化によるセラミックス接合体の継手強度評価
7. 低放射化構造材料の接合性評価
8. 金属材料の強度特性に及ぼす組織分布の影響評価
9. 電磁圧接法における力学的接合メカニズムの解明

3. 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および溶接・組立変形予測法の開発においては世界のトップレベルであり、産業界において広く利用可能な実用シミュレーションソフトの開発を目指して研究を進めている。また、溶

接割れのシミュレーション法の開発、固有ひずみを用いた溶接残留応力・変形解析、セラミックス接合体の継手強度評価、電磁圧接法に対する力学的接合メカニズムの解明はそれぞれユニークな研究であり着実に成果を挙げている。その成果は、原子力発電機器や輸送機器などの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だけでなく、将来の発電システム実現に向けた基盤技術の確立に対しても多大な貢献を行っている。さらに超大規模計算に関する基礎研究は、長期的な視点に立った先行的研究であり、鋳造製品の熱応力・変形を対象に 100 万自由度程度の解析をパソコン上で実現した。熱加工技術に関する新たな取り組みとしては、金型設計支援システムの開発においても成果を挙げている。これらの研究成果の一つである”溶接残留応力の高精度解析技術と測定法に関する研究”に対して、(社)溶接学会より平成 19 年度溶接学会論文賞が授与された。なお、この論文賞は外部評価にておいて研究活動が見えないと指摘された教員が受賞したものであり、目立たないが堅実に成果を積み重ねて来た成果と考えられる。知財としては、4 件の国内特許と 1 件の国際特許を出願するとともに、7 件のシミュレーションプログラムを大阪大学の著作物として登録しており、特許の実施権を 5 企業に許諾し、ソフトウェア利用許諾契約を 6 企業と結んでいる。

論文等の発表および外部資金については平成 19 年度からの 3 年間に注目すると、査読付き学術論文 32 件、国際会議発表論文 24 件、Trans. JWRI 論文 12 件、国際会議講演 22 件、国内学会発表論文 27 件、国内会議講演 15 件、解説・総説 6 件を執筆あるいは講演し、著書としては、「計算力学ハンドブック」(分担執筆、朝倉書店)、「溶接・接合技術データブック」(分担執筆、産業技術サービスセンター)、「技術者のための溶接変形と残留応力攻略マニュアル」(共著、産報出版)を執筆した。また、外部資金としては、科学研究費補助金 1 件(4,680,000 円)、民間との共同研究 22 件(総額 55,132,000 円)、受託研究 7 件(総額 33,858,000 円)を受け入れた。

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、『弾塑性学』(大学院)、『数値構造解析』(大学院)、『船舶海洋工学ゼミナールⅠ』(大学院)、『船舶海洋工学ゼミナールⅡ』(大学院)、『基礎構造解析学』(学部 3 年)、『数値構造解析学』(学部 3 年)、『海洋構造物製図』(学部 3 年)、『先端教養科目』(全学共通教育)、『基礎セミナー』(全学共通教育)を担当している。研究においては平成 16 年からの 6 年間に累計で、博士前期課程 49 名(外国人 1 名)、後期課程 7 名(外国人 3 名)の指導を行った。また、学部学生の卒業研究の指導も行っており、指導した学部学生の累計は 32 名である。さらに、学位審査については、主査を 4 件および副査 21 件(他大学 1 件)を担当し、外国人の研究生も 1 名受け入れており、教育・研究指導の両面において貢献している。

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：溶接学会国際交流委員長、溶接構造研究委員会副委員長および幹事、軽構造接合加工研究委員会幹事、第 8 回国際溶接シンポジウム実行委員会総務委員長、同副委員長、日本溶接協会溶接情報センター運営委員会委員、同システム検討委員会委員長、同 FSW データベース小委員会委員、高温学会評議員、日本船舶海洋工学会関西支部商議員、

Computer Modeling in Engineering & Science の編集委員などを務めている。また、これまでの学協会への貢献が認められ、溶接学会功績賞（溶接学会、平成 19 年）、溶接学会会長特別賞 2 件（溶接学会、平成 21 年）、功労賞（溶接学会軽構造接合加工研究委員会、平成 21 年）、会長特別賞（日本溶接協会、平成 22 年）を受賞している。

②産学連携：住友金属、小松製作所などとの包括提携の一環としての共同研究を含め毎年 5 件～7 件の民間との共同研究を実施するとともに、(独) 日本原子力研究開発機構との共同研究、経済産業省の“革新的実用原子力技術開発提案公募事業” NEDO の“中小企業知的基盤整備事業”、(財) 福岡県産炭地域振興センターの“新産業創造等基金センター委託事業”などを通して産業界に貢献している。

③国際貢献：International Workshop on Development and Advancement of Computational Mechanics（平成 17 年、神戸、Co-Chairman）、Welding Engineering and Science 2005（平成 17 年、西安、Co-Chairman）、15th International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences（平成 20 年、ホノルル、General Chairman）、2007 International Forum on Welding Science and Engineering（平成 19 年、北京）、8th International Welding Symposium（8WS）（平成 20 年、京都、Secretary）、International Conference on Welding Science and Engineering（平成 21 年、上海）を開催あるいは主要メンバーとして運営に参加した。国際連携溶接計算科学研究拠点の事業として、清華大学において「数値溶接力学」に関する 1 週間の集中講義を実施した。その他、第一回日中大学学術フォーラム（復旦大学、上海、中国）において大阪大学代表の一人として講演を行なうとともに、国際連携では、韓国および英国から各 1 名の外国人招へい研究員を受け入れた。なお韓国からの 1 名は、国際連携計算溶接科学研究拠点として受け入れたものである。

④その他社会貢献：公的委員会の主査：人口バリア特性体系化調査検討委員会（(財)原子力環境整備促進・資金管理センター）、委員：「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」研究開発推進委員会（NEDO）、材料評価技術検討会（(独)原子力安全基盤機構）、水中レーザクラッド溶接及び封止溶接適用に関する確性試験委員会健全性評価分科会（(財)発電設備技術検査協会）、インコネル封止溶接工法確性試験委員会（(財)発電設備技術検査協会）、アドバイザー委員：省エネルギー型鋼構造接合技術の開発プロジェクト技術委員会（(財)金属系材料研究開発センター）、(独) 日本学術振興会第 133 委員会委員、(独) 日本原子力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、また学協会などが主催する講習会において講師（21 件）を務めた。

さらに、国際連携計算溶接科学研究拠点の活動として平成 19 年度より、『溶接プロセス・材料組織・力学のシミュレーション』、『日本・中国・韓国および産業界における溶接シミュレーションの現状と課題』、『実用を目指した溶接シミュレーション技術の開発』をそれぞれのテーマとして毎年講演会を開催するとともに、若手研究者および技術者を対象に『溶接変形と残留応力のシミュレーション実習セミナー』を通算 5 回開催した。国際的には、『Joint Seminar on Welding Mechanics, Osaka' 08』を接合研にて開催するとともに、前述のように清華大学において「数値溶接力学」に関する 1 週間の集中講義を実施した。

6. 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

本研究分野は、全国共同利用の制度を活用して、大阪大学工学研究科、大阪府立大学、近

畿大学、九州工業大学、福島工業高等専門学校などから共同研究員を受入れ、溶接割れの予測、熱弾塑性解析法の高速度化、画像データから溶接変形を計測する技術、メッシュレス法の溶接シミュレーションへの適用、船体構造における歪取りに関する研究、疲労き裂伝ば経路の予測、溶接後熱処理における力学的挙動の解析、金型設計支援システムの開発、低放射化フェライト鋼の溶接性に関する研究、摩擦攪拌接合技術に関する研究において共同研究の成果を挙げており、最近の3年間では、10編を共著論文として発表している。

5. 8 信頼性設計学

| 年度 | 平成 16 | 平成 17 | 平成 18 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 教授 | 金 裕哲 |
| 助教 | 崎野良比呂 | 崎野良比呂 | 崎野良比呂 | 崎野良比呂 | 崎野良比呂 | 崎野良比呂 |
| 特任講師 | — | — | — | 李 相亨 | 李 相亨 | 李 相亨 |
| 特任助教 | — | — | — | — | 廣畑幹人 | 廣畑幹人 |
| 特任研究員 | 李 相亨 | 李 相亨 | — | 李 在翼 | — | — |

1. 研究概要

従来型設計法では、構造体の信頼性評価において外力や部材強度を単なる確率現象と捉え、安全性、耐久性を採求してきた。これに対し本研究分野では、時代背景に即応し、人文科学、社会科学をも念頭に、「ものづくり」における素材の切断、加工および組立てといった個々の高精度化・高品質化の達成と維持管理、補修補強および余寿命評価まで視野に入れた構造体の造出と健全性診断について考究する。さらには、寿命を迎えたものは安全に解体し、廃棄、あるいは、利用可能なものは再利用する循環ループの具現化を目指した『頼りになる設計学 (Dependability)』の確立に向けた基礎研究を行う。

2. 研究課題

1. 疲労き裂の発生・進展監視と余寿命評価
2. 加熱/プレス矯正に伴う構造体の弾塑性力学挙動の解明と健全度診断
3. 交通供用下における溶接による補修法の開発
4. 高経年鋼材の溶接性および継手特性評価
5. 溶接変形・残留応力の予測・制御・防止
6. 高速繰返し载荷における実大柱梁溶接部の破壊挙動の解明
7. レーザピーニングによる溶接部の疲労強度向上効果の検証

3. 研究に対する自己評価

本研究分野は、社会基盤構造物の中でも、既設鋼橋梁（高経年橋梁）の補修補強における長寿命化、疲労き裂の発生検知と進展監視、交通供用下における溶接補修法の開発、火災や地震などにより被災した鋼構造物の早期復旧における構造健全性の診断・評価など、社会基盤の安全安心担保に関する基礎研究を行っている。

国土交通省近畿地方整備局の橋梁ドクターとして、国民の安全安心に向けた社会基盤の維持管理に大きく寄与している。また、阪神高速道路管理センターおよび寒地土木研究所との共同研究で得られた知見は実橋梁の維持管理や橋梁に要求される破壊靱性値のあり方など、国民の安全安心を担保するための基礎データを提供している。

各年の外部獲得資金：

平成 16 年度は約 42,000 千円、

平成 17 年度は約 33,000 千円、

平成 18 年度は約 18,000 千円

平成 19 年度は約 8,920 千円（NEDO プロジェクト研究の分担として 2,684 千円）

平成 20 年度は約 14,200 千円 (NEDO プロジェクト研究の分担として 5,000 千円)

平成 21 年度は約 49,000 千円であった。

平成 16 年度は査読付き研究論文 3 件、国際会議発表論文 14 件、国内会議発表論文 7 件が掲載され、学会発表 6 件および 4 件の講演を行った。その他、学会内設置の委員会において 3 件の資料を提出発表した。

平成 17 年度は査読付き研究論文 7 件、国際会議発表論文 5 件、国内会議発表論文 6 件が掲載され、学会発表 10 件および 4 件の講演を行った。

平成 18 年度は査読付き研究論文 8 件 (内：国際会議 3 件)、国際会議発表論文 5 件、国内会議発表論文 12 件が掲載されると共に、学会発表 20 件を行った。その他、学協会内設置の委員会において 2 件の資料を提出発表した。

平成 19 年度は査読付き研究論文 13 件が掲載された。また、国内において 5 件の研究発表、海外において 9 件の研究発表を行った。

平成 20 年度査読付き研究論文 11 件 (内：国際会議 3 件)、国際会議発表論文 12 件、国内会議発表論文 3 件、国際会議発表 7 件が掲載されると共に、韓国 POSCO において招待講演 2 件、国内会議講演 1 件および国内学会発表 17 件を行った。

平成 21 年度査読付き研究論文 10 件 (内：国際会議 4 件)、国際会議発表論文 14 件、国内会議発表論文 7 件、国際会議発表 2 件が掲載されると共に、国内会議講演 3 件および国内学会発表 24 件を行った。解説 2 件が掲載された。

助教に対し、研究に集中し、査読付き論文を多く執筆するよう、促した。平成 19 年度は査読付き研究論文 2/13 であったが、平成 20 年度は査読付き研究論文 3/11 件 (内：国際会議 1 件)、平成 21 年度は査読付き研究論文 6/10 (内：国際会議 1 件) と増加傾向にある。

4. 教育に対する自己評価

本研究分野は、工学研究科 地球総合工学専攻 (社会基盤工学部門) の協力講座として、学部学生および大学院生の教育研究に携わっている。学部 3 年生 (通年)、大学院前期課程および後期課程における社会基盤工学ゼミナール (通年) および前期課程 (第 2 学期)、後期課程 (第 1 学期) の講義を行っている。現在までのところ、2 名の学部学生が卒業研究のために配属されているが、増員を要請した結果、4 名までの学部学生が配属されるようになった。平成 20 年度および平成 21 年度は各年 3 名の学部学生が配属された。

平成 16 年度は前期課程 3 名、後期課程 3 名、平成 17 年度は前期課程 3 名、後期課程 4 名 (社会人 1 名)、平成 18 年度は前期課程 4 名、後期課程 3 名 (社会人 1 名) および研究生 (外国人留学生) 1 名、平成 19 年度は前期課程 4 名、後期課程 3 名 (社会人 1 名)、平成 20 年度は前期課程 2 名、後期課程 3 名 (社会人 1 名) および研究留学生 (中国) 1 名、平成 21 年度は前期課程 3 名、後期課程 3 名 (社会人 1 名) および研究留学生 (中国) 1 名の研究指導を行った。

博士論文審査において、平成 16 年度は副査 2 件、平成 17 年度は主査 1 件、副査 4 件、平成 18 年度は主査 1 件、韓国朝鮮大学校における論文審査 1 件の副査、平成 19 年度は主査 1 件、平成 20 年度は主査 1 件、平成 21 年度は副査 1 件を担当した。

前期課程および後期課程学生に、平成 16 年度は国内において 8 件の研究発表、海外において英語による研究発表 6 件を経験させた。平成 17 年度は国内において 7 件の研究発表、海外において英語による研究発表 5 件を経験させた。平成 18 年度は国内において 14 件の研究発表、海外において英語による研究発表 4 件を経験させた。平成 19 年度は国内において 5 件の研究発表、海外において英語による研究発表 9 件を経験させた。平成 20 年度、前期課程およ

び後期課程学生と共著論文として、査読付論文 2 件、国際会議発表論文 5 件、国内会議発表論文 2 件が掲載された。また、国内において 4 件の研究発表、海外において英語による研究発表 2 件を経験させた。平成 21 年度は前期課程および後期課程学生と共著論文として、査読付論文 4 件、国際会議発表論文 9 件、国内会議発表論文 4 件が掲載された。また、国内において 9 件の研究発表、英語による研究発表 9 件を経験させた。

一方、本研究分野とドイツ国 Fachhochschule, Oldenburg/Ostfriesland/Wilhelmshaven, University of Applied Sciences との間で「鋼構造物の品質管理」に関する国際共同研究を行った。平成 16 年度は本分野で 1 回、平成 17 年度はドイツで 1 回（院生 2 名を同伴させ、英語による講演と学生間の交流を行った）、本分野において 2 度の研究打合せを行った。また、韓国浦項産業科学研究院（RIST）と本研究所間に国際学術交流協定が締結されており、これに関連し、平成 16 年度は本分野、平成 17 年度は RIST、平成 18 年度は本分野において、各年 1 回の研究打合せと今後の研究活動について意見交換を行った。

韓国朝鮮大学と本研究所間に国際学術交流協定が締結されている。その一環として、毎年学生の研究発表会を行っている。平成 16 年度は本研究所、平成 17 年度は韓国、平成 18 年度は本研究所、平成 19 年度は朝鮮大学において 3 件の研究発表（英語）、平成 20 年度は 1/13-1/19 の期間、朝鮮大学から教授 2 名と大学院生 6 名が本研究所を訪問、平成 21 年度は 3/04-3/06 の期間、朝鮮大学を訪問（教授 1 名、特任助教 1 名と大学院生 4 名、学部生 2 名）、研究発表および意見交換を行った。これらを通じ学生間の交流と英語による研究発表を経験させている。

5. 社会貢献に対する自己評価

国内における主な所属学協会は、溶接学会、溶接協会、土木学会、建築学会および鋼構造協会であり、溶接学会では溶接構造委員会に所属、委嘱委員として活動している。溶接協会では、JIW XV 委員会の副委員長、個人会員、規格委員会および日本溶接会議標準化委員会の幹事として日本溶接協会規格（WES）、溶接関連の日本工業規格（JIS）ならびに国際標準規格（ISO）の制定・改正に寄与している。

国土交通省近畿地方整備局が管理の橋梁群、阪神高速道路管理センター管理の橋梁群および JR 西日本所有の橋梁群に対する維持管理、補修補強および耐震補強に関連し、産官学連携の共同研究を実施している。

国際貢献としては、International Journal of Steel Structures の International Editorial Board, International Journal of Ships & Offshore Structure の Editor, 5th International Symposium on Steel Structures ISSS' 09 における International Advisory Committee, 8th International Symposium on of the Japan Welding Society における実行委員会論文委員会委員および IIW（国際溶接会議）、XV 委員会における SG-A の委員長を務めている。International Journal of Steel Structure の投稿論文 6 件と IWJC-Korea 2007 における論文集掲載のための査読 3 件を行った。

国土交通省近畿地方整備局橋梁ドクター、国土交通省近畿地方整備局奈良国道事務所 奈良ブロック総合評価委員会の学識委員および建設コンサルタント協会近畿支部における橋梁の維持管理委員会委員長・学識委員として参画、国民の安全安心に向けた活動を行っている。JR 西日本旅客鉄道（株）管轄化の橋梁群に対する維持管理における溶接 WG の主査を務め、側面から国民の安全安心の担保に寄与している。また、既設橋梁鋼床版に疲労き裂が散見されてきており、これらを如何に検知、監視するのか、社会問題化している。これに関連し、（株）アトラスの技術顧問として、技術指導している。

一方、日本鉄筋継手協会（旧日本圧接協会）における国際対応委員会副委員長、技術委員会委員および鉄筋溶接継手性能小委員会委員長およびエコウエル協会の技術委員を務め、鉄筋接合における国際化に向けた対応、機種認定、継手性能評価、中でも、鉄筋溶接継手の品質性能および接合部の健全度診断など、この分野の発展に寄与している。

平成16年度本研究所において、第5回「橋梁の維持管理に関する日韓ジョイントセミナー」を主催。平成19年度は韓国において第6回セミナーが開催され、日本サイドの委員長として参画、日本から14件の研究発表を行った。セミナーにおいて、既設橋梁（経年鋼材）に対する溶接接合が抱える諸問題に関し、基調講演を行った。平成21年度は、委員長として第7回セミナーを本研究所において主催した。会議は2日間開催され、参加者は延べ130名（韓国側20名が参加）であった。

平成19および20年度、どなたでも自由に参加できる自由参加型のシンポジウムとして「地震減災を科学する市民公開シンポジウム」を開催した。このシンポジウムは、安全・安心社会の構築に向けた本研究所の取り組みのひとつとして、開催した。

以上述べたように、本研究分野は社会基盤の維持管理といった観点から、国民の安全安心を担保するため社会に貢献している。

6. 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

共同研究成果として、平成16年度は国内会議発表論文1件、学会発表1件。平成17年度は学会発表2件。平成18年度は国内会議発表論文1件、学会発表1件。平成19年度は査読付論文2件。平成20年度は査読付論文2件および学会発表3件。平成21年度は査読付論文1件、国際会議発表1件および学会発表7件を行った。

なお、平成16年度は国内から7名の共同研究員と外国人研究員1名、平成17年度は国内から7名の共同研究員、平成18年度は国内から共同研究員6名と外国人研究員2名、平成19年度は国内から共同研究員8名、平成20年度は国内から共同研究員4名、平成21年度は国内から共同研究員6名と外国人研究員1名を受け入れた。また、(独)土木研究所 寒地土木研究所と寒冷地における要求靱性を明確にするための共同研究を開始した。

研究成果は上述のように各種国内会議や学会などで公表した。

国内からの共同研究員の増員を目的に、日本鋼構造協会主催の鋼構造シンポジウム2006に本分野の研究内容と設備を紹介するため、ポスター掲示のブースを設け、ポスターを掲示した。

5. 9 機能性診断学

| 年度 | 平成 16 | 平成 17 | 平成 18 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|-------|-------|
| 教授 | 野城 清 | 野城 清 | 野城 清 | 野城 清 | 野城 清 | 藤井英俊 |
| 准教授 | 藤井英俊 | 藤井英俊 | 藤井英俊 | 藤井英俊 | 藤井英俊 | — |
| 助教 | 松本大平 | 松本大平 | 松本大平 | 松本大平 | — | — |
| 特任研究員 | 陸 善平 | 陸 善平 | Zifcak Peter | Zifcak Peter | 孫 玉峰 | 孫 玉峰 |

1. 研究概要

構造体はその用途に応じた機能性を要求される。たとえば大型構造物では強度、靱性などの機械的特性、化学プラント機器では機械的特性以外に化学的特性、小型のものでは用途に応じて、電気的特性、熱的特性、光学的特性、化学的特性、生体機能的特性などが求められる。

本研究分野では、最終的により高機能な構造体（接合体）を得るという目的を達成するために、(1) 素材の機能評価、最適化 (2) 接合プロセスの機能評価、最適化 (3) 構造体（接合体）の機能評価、高機能化を 3 つの柱とした総合的な研究を行い、構造体の安全性および機能性を総合的に評価するための学問体系の確立ならびに合理的な補修、補強、延命対策のための基礎研究を行う。

2. 研究課題

1. ニューラルネットワークシステムによる溶接部の特性および経年変化の予測
2. 高温融液の熱物性値の測定
3. 摩擦攪拌接合部の特性評価技術の確立
4. 高効率・高品質 TIG 溶接技術の開発
5. 構造体の機能性付与のための表面改質技術の確立と経年変化の解析に関する研究
6. 機能性複合粉末の創製に関する研究
 - (1) 機能性複合粉末の複合材料製造プロセスへの応用に関する研究
 - (2) 固体酸化物形燃料電極の高機能化に関する研究

3. 研究に対する自己評価

本研究分野は、平成 16～21 年度に熔融金属の表面張力、濡れ性の高精度測定、熔融池内の対流現象の解明とそれに基づく深溶け込み溶接法の開発、高融点金属の摩擦攪拌接合、摩擦攪拌プロセスによる材料の表面改質とその評価、複合材料の製造および評価、機能性薄膜の製造と評価、機能性微粒子の製造およびその応用などを中心に多くの成果を挙げてきた。その結果、査読付き原著論文は平成 16～21 年度の 6 年間に 122 報に達し、十分な成果を得ていると言える。また、これらのほとんどは *Acta Materialia* (3. 729), *Scripta Materialia* (2. 887), *Journal of American Ceramic Society* (2. 101), *Thin Solid Films* (1. 884), *Materials Science and Engineering A* (1. 806), *Materials Chemistry and Physics* (1. 799), *Materials Letters* (1. 748), *Journal of Materials Research* (1. 743) 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ており、いずれの研究テーマにおいても、世界を

リードする立場にあると自負している。これらの成果により、野城が(社)日本金属学会の谷川・ハリス賞、藤井が功績賞を受賞したのをはじめとして、Scripta Materialia、溶接学会、軽金属溶接構造協会、日本マイクログラフィティ応用学会、粉体粉末冶金協会等から計 11 件の受賞をし、これ以外にも、学生が 8 件（溶接学会研究発表賞 2 件、溶接プロセス技術奨励賞、軽金属溶接技術賞、8WS Best Poster Toshiba Award、大阪大学論文 100 選、金属学会優秀ポスター賞、21 世紀 COE プログラム最優秀ポスター賞）および若手研究員（陸）が 1 件（溶接学会論文奨励賞）の受賞をした。また、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」においても野城、藤井の 2 名が推進委員として参加し、世界最先端の研究を行った。

研究の内容においては、特に、従来困難とされていた、炭素鋼、ステンレス鋼、高張力鋼、超微細粒鋼などの種々の鉄鋼材料および、工業用純 Ti、Ti-4V-6Al 合金、モリブデンなどの高融点金属の摩擦攪拌接合に成功し、現時点で、世界で最も高い融点（2620℃）を有する材料の摩擦攪拌接合に成功している点が特筆に値する。さらに、これらの技術を展開して、炭素鋼を A₁ 点（723℃）以下で接合する技術を開発し、炭素量に関係なく、接合することを可能にしたことは、日刊工業新聞の 1 面（2007 年 4 月 18 日）に掲載されるなど、自動車業界を中心とした産業界において大いに注目されている。また、6 年間のうち 4 回大阪大学論文 100 選、Annual Report of Osaka University, Academic Achievement に選出（2006 年はグラフィックス 24 選にも選出）されるなど、そのレベルの高さは国内外から評価されている。

また、平成 16～21 年度のそれぞれの年度において、特許を 12 件、13 件、10 件、8 件、20 件、5 件出願するなど、研究成果を社会に対する還元も行っている。国内外の招待講演はそれぞれの年度において 14 件、10 件、14 件、3 件、10 件、11 件で、解説や著書（分担執筆を含む）もこの 3 年間でそれぞれ 30 件、10 件と多く、社会に対する還元も十分にその責務を果たしている。

研究予算に関しても、科学研究費補助金基盤 A、B、経済産業省戦略的基盤技術高度化支援事業 2 件、新エネルギー・産業技術開発機構（NEDO）の“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”、“革新的複合機能製造プロセスの開発”、産業技術研究開発助成、東レ研究助成金、グローバル COE プログラムなどから多くの外部資金を獲得するとともに、奨学寄付金を含めた企業との共同研究も積極的に推進しており、最終年度には、1 億 6 千万円を超える外部資金を獲得した。尚、2 回の外部評価において分野別指摘事項は特になかった。

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基礎セミナーおよび先端教養科目において、学部生に対する教育を行った。また、平成 21 年度には、学生生活委員としても取りまとめも行った。さらに、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」の事業推進委員として、教育拠点の形成に協力し、構造・機能先進材料デザイン教育研究センターの教授（准教授）を兼任している。

博士論文および修士論文の主査、副査は、平成 16～21 年度のそれぞれの年度において、他学科の担当も含めて、3 件、6 件、4 件、5 件、5 件、5 件を担当した。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、国際会議での発表、国内の学会発表等の多くの成果に結びついている。特に、崔が「摩擦攪拌接

合継手の機械的特性に及ぼすツール形状の影響」の内容で溶接学会研究発表賞、「種々の鉄鋼材料の摩擦攪拌接合」の内容で 21 世紀 COE プログラム最優秀ポスター賞、北村が「超音波 TIG 溶接法の開発」の内容で溶接学会研究発表賞および溶接プロセス技術奨励賞、宋が「Grain refinement and mechanical properties evolution of friction stir welded Ni base alloy」の内容で 8WS Best Poster Toshiba Award および「インコネル 625 合金の摩擦攪拌接合特性」の内容で金属学会優秀ポスター賞、石川が「構造用アルミニウム合金中板の摩擦攪拌接合継手の諸特性に関する研究」の内容で軽金属溶接技術賞を受賞した他、若手研究員の陸が「超溶込み TIG 溶接における溶融池形状に及ぼす He- O_2 シールドガス中の O_2 量の影響」によって溶接学会論文奨励賞を受賞し、また学生（崔靈）が執筆した論文“Friction Stir Welding of a High Carbon Steel”, Scripta Mater., 56 (2007) 637-640 が大阪大学論文 100 選、Annual Report of Osaka University, Academic Achievement, 2005-2006, Vol. 8 に選ばれたことは、このような教育研究活動が評価されたものと考えている。

各年度において、中国、韓国あるいはスロバキアからの特任研究員や留学生を受け入れ、国際化を図るとともに、社会人ドクターを毎年 2~3 名受け入れ、社会人教育も積極的に進めた。また、大阪経済大学や豊橋科学技術大学での非常勤講師も行った。尚、2 回の外部評価において分野別指摘事項は特になかった。

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、他大学での非常勤講師、企業との連携、国・自治体・公益法人における種々の活動の委員等のいずれにおいても積極的に行っている。

学会においては、(社)日本金属学会、(社)日本鉄鋼協会、(社)日本溶接協会、(社)溶接学会、(社)高温学会、(社)粉体粉末冶金協会、(社)日本粉体工業技術協会、(社)軽金属溶接構造協会、International Institute of Welding でそれぞれ理事、役員、各種委員等としてその責務を果たしている。藤井は FSW の ISO 化委員会の日本の代表として参加して、規格の作成に対して大きく貢献した。

国・自治体・公益法人等に対しても、各種理事、評議員、委員、審査委員を務め、特に、野城は、日本学術会議連携会員、全国材料系教室協議会会長、(独)大学評価・学位授与機構専門委員、(独)産業技術総合研究所「ナノ粒子特性評価手法の研究開発推進委員会」委員、文部科学省研究推進局基礎基盤研究課「ナノテクノロジー・材料を中心とした融合振興分野開発」の外部専門委員等の要職に就いた。

国際会議においても、”The Second International Conference on the Characterization and Control of Interfaces for High Quality Advanced Materials, and Joining Technology for New Metallic Glasses and Inorganic Materials” および”International Symposium on “Center of Excellence for Advanced Structural and Functional Materials Design” の 2 件を主催した他、16 件の国際会議の組織委員も行っている。

また、民間企業との共同研究も着実に推進することにより、産学連携へも大きく貢献している。これにより、多くの特許や論文などの成果が得られ、また、新聞等の社会への情報発信も各年度において 2 件、3 件、7 件、4 件、4 件、2 件と積極的に行っている。特に、野城は一部上場企業の社外取締役あるいは Advisory Board Member を務めるなど、その社会貢献は著しい。開発された技術シーズを応用する上で、重要な役割を果たしている。また、産学連携の「粉体接合プロセス研究会」に参画し、それぞれの年度において「第Ⅱ期：ナノ・微粒子高次分散制御による材料のナノ・マイクロ構造制御」、「第Ⅲ期：ナノ・微粒子構造制御

による材料のナノ配列構造・多孔構造・複合構造の創製」、「第Ⅳ期：ナノ粒子分散技術の確立と材料のナノ構造制御」のテーマに関して、毎年度 50 社を超える会員のもと、年 4 回の研究委員会および年 5 回の技術指導を行うことで、技術シーズとニーズのマッチングを図った。

民間企業との共同研究によって開発した、シールドガスを変化させることにより、従来の 5 倍の溶込み深さが得られる AA-TIG 法においては、アメリカ、ヨーロッパにおいても権利化され、共同研究を行った民間企業において実用化が行われている。本年度さらに技術の改良を行ったが、その用途は、現在、着実に拡大しつつあり、国内および国際社会への還元が行われている。大学によるメカニズムの解明と民間企業による実用化に対する最適化が行われた好例である。尚、2 回の外部評価において分野別指摘事項は特になかった。

6. 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

本研究分野は、北海道から九州に至る全国の研究機関と平成 16～21 年度で、それぞれ 12 件、15 件、19 件、24 件、21 件、21 件の共同研究を行った。特に、種々の濡れ性の測定やそれを利用した応用技術、摩擦攪拌プロセスを用いた表面高機能化、高窒素鋼、TWIP 鋼の摩擦攪拌接合、プラズマ支援スパッタリング法による薄膜生成とその機能評価などのテーマにおいては積極的に研究を遂行し、多くの成果が輩出された。その結果、共同研究員との共著論文は各年度において 4 件、10 件、8 件、6 件、4 件、4 件と着時に成果を残し、Acta Materialia (3.729) , Scripta Materialia (2.887) , Journal of American Ceramic Society (2.101) , Thin Solid Films (1.884) , Surface Coating Technology (1.860), Materials Science and Engineering A (1.806) などの国際的な一流誌に掲載された。

特に、高温融体の熱物性の測定に関しては、本分野が長年にわたり継続して取り組んできたテーマであるが、英国の NPL (National Physics Laboratory) から最も測定精度の高い研究機関という評価を得るなど、その高い測定精度には定評があり、中立の研究機関のみならず、企業等からも測定あるいは評価の依頼が頻繁にあり、表面張力、濡れ性等の測定に関しては、すでに研究拠点の地位を築いている。

一方、摩擦攪拌接合技術に関しては、秋田大学、岩手大学、東北大学、京都大学、近畿大学、大阪大学、香川大学、熊本大学、産業技術総合研究所、長野県工業技術総合センター、大阪市立工業研究所とともに、世界最高レベルの研究を推進している。溶接学会等の講演大会においても、主な講演の多くが接合科学研究所およびその共同研究者によってなされており、接合科学研究所を中心とした摩擦攪拌接合に関する拠点が形成されたと考えている。また、TWI (英国溶接研究所) が情報収集のために数度来所するなど、その実力は世界的にも認知されている。

また、炭素鋼を A_1 点 (723°C) 以下で接合する技術に関しては、炭素量に依存することなく無変態で接合でき、強度および靱性に優れた接合強度が得られる点で画期的であり、2 度の新聞報道 (日刊工業新聞平成 19 年 4 月 18 日および日刊産業新聞平成 19 年 11 月 20 日) が行われるなど、産業界から極めて注目度が高い内容となっている。また、レーザと FSW を組み合わせた工具鋼の表面処理に関する手法においても、レーザによる炭化物の粒界における微細析出と FSW の結晶粒微細化の効果が相乗効果を生み出し、炭化物および結晶粒がともに 100nm 程度に微細化され、極めて高い硬度が得られるという画期的な結果が得られ、新聞に掲載 (日刊工業新聞平成 20 年 7 月 7 日) された。また、これをさらに発展させ、このような材料の窒化処理について検討したり、超硬皮膜の硬化処理についても展開を図り、日刊工業新聞一面 (平成 22 年度 2 月 26 日) に掲載された。尚、2 回の外部評価において分野別指摘事項は特になかった。

5. 10 スマートビームプロセス学

| 年度 | 平成 16 | 平成 17 | 平成 18 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 准教授 | 阿部 信行 |
| 講師 | — | — | 塚本 雅裕 | 塚本 雅裕 | 塚本 雅裕 | 塚本 雅裕 |
| 助教 | 塚本 雅裕 | 塚本 雅裕 | — | — | — | — |

1. 研究概要

近年の地球環境問題の高まりとともに、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おり、付加価値の高い微細な新機能材料がますます要求されると共に、それらの材料に対する高能率・高性能・高機能を効率的に付与することのできるスマート加工が必要とされている。本研究分野においては、レーザビーム、超微粒子ビーム等を高次接合・加工プロセスに適用し、新機能創製技術及び機能性構造体創製技術の開発をめざしている。

2. 研究課題

1. 超短パルスレーザによる材料加工の基礎現象解明とその応用
2. 材料加工用スマート高出力半導体レーザシステムの開発とその応用
3. 超微粒子ビーム源の開発と材料加工への応用
4. ファイバーレーザによる超微細加工技術の開発

3. 研究に対する自己評価

本研究分野は、主にフェムト秒レーザ、半導体レーザ、超微粒子ビーム、ファイバーレーザの4つのスマートビームを用いたスマート加工に関する研究を行っている。

1. 研究の独自性

フェムト秒レーザ加工の研究はガラスやプラスチックのような非金属が主流であったが、金属材料加工への応用性に早くから着目し、他機関との共同研究により基礎研究を進め、いち早く基礎データの収集を行ってきた。2004年には雰囲気可変の微細加工室を持つフェムト秒レーザ微細加工装置を開発し、金属材料に対するフェムト秒レーザ加工の研究では基礎、応用ともに最先端の研究を行っている。

半導体レーザの熱加工への有効性についても早くから着目し、1990年代から基礎的研究を行ってきており、1999年に2kW半導体レーザシステムを日本で初めて開発して以来、半導体レーザによる10mmまでの厚板溶接から5mmまでの超薄板溶接、クラディング、焼き入れ、表面改質など、半導体レーザの特性を活かした応用分野を切り開いてきた。

超微粒子ビームによる薄膜形成についても早くから着目し、2001年度から2006年度まで行われたNEDOの「ナノレベル電子セラミックス低温成形・集積化技術プロジェクト」の立ち上げに貢献し、産業技術総合研究所と共同研究を行ってきた。

ファイバーレーザについては、一般的に考えられている大出力化の流れよりも高品質小出力レーザの微細加工特性に着目し、フェムト秒レーザ、半導体レーザ、超微粒子ビームとともに新機能付加技術及び機能性金属構造体創製のための要素技術の一つとして位置付け、新たな応用分野を開発しようとしている。

2. 研究レベル

フェムト秒レーザーの研究成果は国内では主に応用物理学会とレーザー学会で、国外では超短パルスレーザーアブレーションの中心的国際会議 COLA (International Conference on Laser Ablation) に発表している。査読付論文数は、平成 17 年度 1 件、平成 18 年度 2 件、平成 19 年度 2 件、平成 20 年度 1 件、平成 21 年度 1 件。

半導体レーザーの研究成果は国内では主に溶接学会と高温学会で、国外ではレーザー加工の中心的国際会議 ICALEO (International Congress on Applications of Lasers and Electro-Optics) に発表している。査読付論文数は、平成 16 年度 2 件、平成 17 年度 2 件、平成 18 年度 3 件、平成 19 年度 1 件、平成 20 年度 2 件。

超微粒子ビームの研究成果は国内で主に溶接学会と MRS-J で発表を行っている。査読付論文数は、平成 16 年度 1 件、平成 17 年度 1 件、平成 18 年度 2 件、平成 20 年度 1 件。

ファイバーレーザーの研究成果はレーザー加工学会、レーザー学会、金属学会等で発表を行っている。査読付論文数は、平成 17 年度 1 件、平成 18 年度 2 件、平成 19 年度 2 件。

いずれの研究テーマも発表件数、査読付論文数とも増加傾向にある。

3. 研究成果の社会への貢献

フェムト秒レーザーによるナノ周期構造形成の研究成果は経済産業省地域新生コンソーシアム研究開発事業「フェムト秒レーザーを使った省エネルギー・長寿命部品加工機の開発」(平成 17~18 年度) に採択された。またフェムト秒レーザーによるアブレーション加工の研究成果は経済産業省地域新生コンソーシアム研究開発事業「超短パルスレーザーを用いた電子部品用微細トリミング金型の開発」(平成 18~19 年度) に採択された。

半導体レーザーによる溶接の研究成果は自動車用テーラードブランク溶接に適用され、微細溶接に関する研究成果は圧力センサーへの適用が実用化された。

超微粒子ビームの研究は平成 14 年から 5 年間の NEDO の「ナノレベル電子セラミックス低温成形・集積化技術プロジェクト」に共同研究として参画し、産総研等中立機関 5 機関、企業 6 社と共同研究を行った。

レーザー加工に関する成果を社会に還元するために、八尾市中小企業サポートセンターと協力して八尾レーザー微細加工研究会を発足させ、近畿フロントランナープロジェクトのネオクラスター推進共同体から特定コミュニティとして支援を受けて、中小企業へのレーザー微細加工の啓蒙普及活動を行っている。

4. 研究予算

フェムト秒レーザー加工研究は経済産業省の地域新生コンソーシアム研究開発事業や三大学連携プロジェクトの予算を獲得し、遂行している。平成 17 年度~平成 18 年度、地域新生コンソーシアム (経済産業省) 2,000 千円、平成 18 年度~平成 19 年度、地域新生コンソーシアム (経済産業省) 6,518 千円。

半導体レーザー加工に関する研究は実用レベルに達しており、現在は個々の企業からの寄付金で研究を行っている。

超微粒子ビームの研究は主に NEDO プロジェクト及び科学研究費補助金にて遂行している。平成 15 年度~平成 17 年度、科学研究費補助金 若手研究 (B) 3,500 千円。

ファイバーレーザー加工研究については、科学研究費を獲得し進めた。平成 18 年度~平成 19 年度、科学研究費補助金 萌芽研究 3,400 千円。

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の協力講座として大学院教育を

行い、全学共通教育機構には接合科学研究所として協力している。大学院教育では加工物理学 I 及び II でレーザや電子ビームなどの高エネルギー密度ビームによる材料加工プロセスの特徴とその熱・物質輸送現象の物理について講義を行っている。さらに毎年 2 名の大学院前期課程学生の卒業研究指導を行っている。また工学部生産科学専攻 3 年生の生産創成工学を分担している。H17 年度には岐阜大学大学院で集中講義を行った。大学院学生の国際会議での発表件数は、平成 17 年度 2 件、平成 18 年度 2 件、平成 19 年度 1 件、平成 20 年度 1 件、平成 21 年度 4 件。平成 19 年度、高温学会学術奨励賞：曾我幸弘（大学院博士前期課程 2 年）平成 21 年度、溶接学会研究発表賞：矢野良明（大学院博士前期課程 2 年）

5. 社会貢献に対する自己評価

1. 国内外での学会活動

- ・国内では主に溶接学会、応用物理学会、レーザー学会、レーザ加工学会、高温学会等で発表活動を行った。

- ・発表件数は平成 16 年度 15 件、平成 17 年度 17 件、平成 18 年度 25 件、平成 19 年度 13 件、平成 20 年度 9 件、平成 21 年度 15 件である。

- ・学会では溶接学会、電気学会、レーザー学会、レーザ加工学会等の役員、研究委員会委員長、専門委員会主査、編集委員、学術講演会プログラム委員等の委員を勤めた。

- ・海外では LAMP、ICCCI、ICALEO、ATSC、PICALO、STAC、IIW、NOLAMP、COLA、LPM、IEBW、ICCCES、ICCI 等に参加し、平成 16 年度 3 件、平成 17 年度 6 件、平成 18 年度 13 件、平成 19 年度 12 件、平成 20 年度 6 件、平成 21 年度 10 件の発表を行った。

2. 産学連携

- ・平成 14～18 年度 NEDO「ナノレベル電子セラミックス低温成形・集積化技術プロジェクト」へ研究者として参加し、産業技術総合研究所・大学等中立機関 5 機関、企業 6 社と共同研究を行った。

- ・平成 17～18 年度経済産業省地域新生コンソーシアム研究開発事業「フェムト秒レーザを使った省エネルギー・長寿命部品加工機の開発」で、総括研究代表者、研究者として企業 4 社、大学・研究機関 5 機関と共同で研究開発を推進した。

- ・平成 18～19 年度経済産業省地域新生コンソーシアム研究開発事業「超短パルスレーザを用いた電子部品用微細トリミング金型の開発」で、副総括研究代表者、研究者として企業 3 社、大学・研究機関 4 機関と共同で研究開発を推進した。

- ・平成 20 年度科学技術振興機構産学共同シーズイノベーション化事業顕在化ステージ「半導体レーザによる超薄板の超高速微細接合装置の実用化」で、研究リーダーとして参加した。

- ・企業との受託研究は平成 20 年度～平成 21 年度古河電気工業(株)、平成 19 年度～21 年度(株)日立プラントテクノロジー

- ・平成 21 年度経済産業省ものづくり中小企業製品開発等支援事業「レーザ接合による微細加工用超硬工具の省資源低コスト製造装置な試作開発」で、開発支援を行った。

3. 国際貢献

LAMP、ICCCI、ICALEO、ATSC、PICALO、STAC、IIW、NOLAMP、COLA、LPM、IEBW、ICCCES、ICCI 等に参加し、発表を行った。

平成 17 年度には ISMPT、平成 18 年度には ICCCI 及び平成 19 年度には SPT の運営に参画した。

4. その他社会貢献

- ・平成 14～18 年度(財)製造科学技術センター「ナノレベル電子セラミックス低温成形・集積化技術プロジェクト」に推進委員会委員・総合調査委員会委員として参加。

- ・平成16年度経済産業省産業クラスター計画「モノづくりクラスター協議会・レーザ微細加工研究会・フェムト秒レーザ加工分科会」でフェムト秒レーザ微細加工に関する啓蒙活動を行った。
- ・平成17年度八尾市中小企業サポートセンターと協力し、近畿経済産業局の支援を受けて、八尾市内企業16社と「八尾レーザ微細加工研究会」を立ち上げ、毎月1回レーザ微細加工に関する勉強会を開催した。
- ・平成18年度～H21年度「関西フロントランナープロジェクト Neo Cluster、レーザプラットフォーム協議会」副会長として活動。
- ・平成20年度～21年度「レーザーによるものづくり中核人材育成事業」のプログラム委員として活動
- ・平成21年度経済産業省産業技術人材育成支援事業産学人材育成パートナーシップ等プログラム開発・実証(機械)「省エネ、省資源加工プロセス開発型人材育成プログラム」プロジェクトコーディネータ、カリキュラム・シラバス作成委員長、テキスト編集委員長、として事業を行った。
- ・平成19年度、「高品質化した加工用レーザーと開拓される新加工領域に関する調査研究」(機械システム振興協会)、平成20年度「産業用次世代レーザー応用・開発に関する調査研究」(機械システム振興協会)、平成20年度「省エネルギー効果が期待されるレーザ加工に関する垂直統合型技術開発テーマ抽出のための調査」(NEDO)にて主査・幹事等の中心的役割を担い調査を行った。
- ・平成21年度(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「高出力多波長複合レーザー技術開発プロジェクト」レーザー加工技術検討会の委員として調査研究を行った。
- ・平成21年度(財)製造科学技術センター「革新的材料(CFRP)加工技術の事前研究「次世代レーザー加工プロセス検討委員会」に委員として参加し、調査研究を行った。
- ・その他、静岡県浜松工業技術センター、産業技術総合研究所、(財)レーザー技術総合研究所、(財)近畿高エネルギー加工研究所の客員研究員

6. 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

- ・共同研究相手は東北大学、千葉大学、岐阜大学等の国立大学法人をはじめとして、産業技術総合研究所、石川県工業試験場、静岡県工業技術センター等の公的研究機関、近畿大学、龍谷大学等の私立大学、レーザ技術総合研究所等の財団法人等多岐にわたって幅広く共同研究を進めている。共同研究成果であるフェムト秒レーザーを用いた微細構造形成技術は、三大学連携プロジェクト「金属ガラス・無機材料接合技術開発拠点プロジェクト」高度生体材料創製分野における金属ガラスへの生体活性付加研究に必要な不可欠な技術である。
- ・共同研究員数は平成16年度13名、平成17年度19名、平成18年度17名、平成19年度16名、平成20年度11名、平成21年度11名である。
- ・研究成果は平成16年度8編、平成17年度13編、平成18年度13編、平成19年度12編、平成20年度7編、平成21年度3編の共著論文を公表している。国内外の学会発表もほぼすべて連名発表となっている。

5. 11 スマートコーティングプロセス学

| 年度 | 平成 16 | 平成 17 | 平成 18 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|-----------|-------|--------------|--|--|--------------|--------------|
| 教授 | 大森 明 | 内藤牧男 | 内藤牧男 | 内藤牧男 | 内藤牧男 | 内藤牧男 |
| 准教授 | 小林 明 | 小林 明 | 小林 明 | 小林 明 | 小林 明 | 小林 明 阿部浩也 |
| 特任講師 | — | — | — | — | 奥宮正太郎 | 奥宮正太郎 |
| 特任 研究員 | 吐 福興 | 佐藤和好 近藤 光 | 佐藤和好 近藤 光 Y.Boonsongirit Xu Hui | 近藤 光 Y.Boonsongirit Xu Hui Hanna Magdi FM | 近藤 光 譚 振権 | 近藤 光 譚 振権 |

1. 研究概要

本研究分野では、ナノ粒子プロセスを基礎としたスマートコーティングプロセスの開発により、我が国のものづくり技術の発展と安心、安全、環境、エネルギー問題等に資するプロセス学の構築を目的とする。ナノ粒子、粉体の持つ特異な性質を活かすことにより、ドライプロセス、非加熱等での成膜が可能になるため、高次に構造制御されたナノ多孔質膜などを、任意の基材に創製することが可能になる。また、出発原料となる粉体のナノ・マイクロ構造を制御することにより、ウェットプロセスなどの従来のコーティング技術の高度化が実現される。さらに、粒子自体にスマートコーティングを行なうことにより、DDS（ドラッグデリバリーシステム）、燃料電池などの新分野に資する高機能粒子が創製できる。また、材料界面の接合と分離の制御を基礎とした新しい材料循環システムに関する研究開発も進めている。

一方、本研究分野では、高精度制御プラズマプロセス、プラズマ・レーザハイブリッドプロセス等のスマートコーティングに関する研究開発も進めている。具体的には、エンジン・タービン用超耐熱高機能材料の創製・開発によるエネルギーの効率化、チタニアナノ粒子から構成される造粒粉体を用いたナノ光触媒厚膜の創製、有害物質・廃棄物の処理、再資源化による環境浄化・循環システムの開発、ガストンネル型プラズマ溶射による各種金属ガラス膜の研究、高機能アパタイト膜などの生体材料の開発研究を推進している。

2. 研究課題

1. ナノ粒子ドライプロセスによるナノ高機能膜低温創製プロセスの開発
2. ナノ粒子構造制御によるコンポジット膜創製プロセスの開発
3. 低環境負荷型ナノ多孔体材料製造プロセスの開発
4. スマートコーティングによる粒子表面構造制御とその応用研究
5. 材料界面の接合と分離の制御に基づく新しい材料循環システムに関する研究
6. ナノ組織二酸化チタン溶射皮膜の開発とその光触媒特性
7. スマートプラズマ溶射による超耐熱高機能材料の開発
8. ガストンネル型プラズマ反応溶射による高速・高性能窒化チタン膜の作製
9. 高密度・省電力プラズマジェットを用いる新しいスマートコーティングプロセスの開発

3. 研究に対する自己評価

本研究分野は、平成16年度に大森 明教授が退職し、17年度より内藤牧男教授が分野長を担当している。スマートコーティングプロセスは、様々な角度からのアプローチが必要なため、平成17年度からは、これまで得られた溶射技術の中核とするコーティングプロセスの高度化とともに、環境・エネルギー問題にも配慮した新しい視点にもとづくナノ粒子、粉体を活用したコーティングプロセスに関する研究を進めている。

このような分野活動の結果、査読付学術論文に関しては、平成16年度の17報から17年度に19報、18年度は29報、さらには19～21年度は30報を超える学術論文を発表した。平成18年度に実施された外部評価では、プラズマ分野の論文に対してマイナーなジャーナルへの投稿が見られるとの指摘がなされたが、平成18年度以降には、Mat. Sci. and Eng. Bなどの国際誌への掲載が行われ改善されている。その他、当分野全体としては、J. Power SourcesなどIFが2以上の国際誌への掲載が継続的に行われている。

著書においては、多数の分担執筆に加えて、内藤教授がエディターとなり、英文図書Nanoparticle Technology Handbookを公益法人の支援を受けてElsevier社より発行した。また国内において、内藤教授が編著となった著書には、「究極の粉をつくる」(日刊工業新聞社)を初めとして、平成21年度末までに4冊が挙げられる。

外部資金に関しては、科学技術研究費、環境省の科学研究費補助金などの獲得に加えて、本分野では産学との共同研究が活発に行われている。本分野で得られた技術シーズを産業界のニーズと連携させて、成果を社会に役立てるべく努力を続けている。その結果、平成17年度以降、外部資金は格段に増加している。

以上の成果により、平成20年度に実施された外部評価においては、活発な研究活動を行っており、高く評価できるとの評価を受けた。この結果を踏まえ、今後とも積極的な研究活動を推進する予定である。

4. 教育に対する自己評価

内藤牧男教授は、平成17年10月1日より工学研究科マテリアル生産科学専攻マテリアル科学コースの協力講座を担当したため、平成17年度の大学院講義は実施できなかった。また、修士学生の配属も行われなかったため、平成17年度における修士学生への教育活動は実施できなかった。平成18年度より、大学院の講義として「粉体機能化工学特論」を担当するとともに、工学研究科の学生配分により、毎年大学院修士学生1名の教育を担当している。一方、社会人を対象とした大学院教育は活発に行っており、平成17、18、20年度各1名、21年度2名の合計5名の社会人ドクターを受け入れている。その結果、これまで2名が工学博士を取得した。さらに大阪大学とタイのチュラルンコン大学との学術交流協定により、大学院生を1名受け入れた。同学生は、平成18年度にチュラルンコン大学より学位を取得している。その他、企業からの受託研究員を、平成17年度3名、18、19年度5名、20年度2名の延べ15名受入れ、研究指導を行なう中で、社会人教育を積極的に実施した。

小林 明准教授は、基礎工学研究科機能創成専攻等の授業を担当するとともに、教育活動の成果として、平成17、18年度に指導学生が機械学会より三浦賞を受賞した。

以上の教育に関する活動に対して、2度実施された外部評価においては、いずれも高い評価を受け、特段の問題点は指摘されなかった。

5. 社会貢献に対する自己評価

1. 国内外での学会等活動

本分野は、ナノ粒子、界面を切り口とした新しいコーティングプロセスと、プラズマを基礎としたコーティングプロセスと言う幅広い視点で研究を推進しているため、様々な学問領域と連携しながら国内外の学会等活動を進めている。

その結果、内藤牧男教授は、平成17～21年度の学会、公益法人等の委員が15～22件、4～7件の国際会議委員を担当し活発な活動を進めた。特に、平成21年度は、2件の国際会議の議長を務めた。また小林 明准教授は、平成16～21年度学会等委員3～7件、国際会議委員2～5件であった。プラズマ分野に関する学会活動にマイナーなものが見られるという平成18年度の外部評価の指摘に対しては、平成18年度の後半から、改善のため新規分野への学会活動を行うとともに、海外の著名な国際会議に積極的に参加して研究成果の公表を行っている。

2. 産学連携

当分野における平成16年度の受託研究員は皆無であったが、平成17年度に3名、平成18、19年度に5名、また20年度には2名を受入れ、研究指導を行った。また、外部資金のデータに見られるように、企業との共同研究も活発に推進することにより、産学連携に寄与した。さらに企業への兼業も、本分野では平成16年度皆無であったものが、平成17年度からは実施されており、開発された研究成果を実用化する上で、重要な役割を果たしている。

平成16年度に実施された産学連携の「粉体接合プロセス研究会」は、平成17年度より本分野にて活動を進め、平成21年度まで毎年30社を超える企業の参加により推進された。この研究会では、ナノ粒子、粉体プロセスに関する大学の技術シーズと産業界のニーズとをマッチングさせて技術交流を行うことを目的としており、当研究所を中核として、他大学、他研究機関との連携により推進している。この研究会を通じて、スマートコーティングの産業界への基盤構築に資するとともに、研究会を通じて形成されたネットワークを基礎として、産学の共同研究、プロジェクト提案等への展開に寄与した。

さらに医薬品分野へのスマートコーティングプロセスの展開を目指して、産学連携の「ソフトマテリアルプロセス研究会」が、平成17年度より組織された。本研究分野を中核として、他4大学と企業18社が連携して、DDS 開発のための粒子設計、粒子コーティングに関する情報交換を進めた。なお、この成果を基礎として、平成18～19年度に第二期ソフトマテリアルプロセス研究会を発足させ、神戸学院大学、京都薬科大学、岐阜薬科大学などの研究者と連携して、14社の参加のもとに技術シーズの産業への展開について交流を進めた。

以上、本分野は技術シーズを十分活かして、多面的かつ発展的な産学連携を推進した。

3. 国際貢献

本分野における国際会議委員の状況は、平成16年度の2件に対して、平成17年度以降、内藤教授が毎年4～7件、小林准教授が2～5件の委員を担当している。特に、平成18年9月に岡山県倉敷市で開催された界面の評価と制御に関する国際会議（ICCCI2006）においては、内藤牧男教授が事務局を務めることにより、国際会議の成功に貢献した。その結果、約200名（外国人80名、日本人120名）の出席者であった。さらにICCCI2009においては、内藤教授が実行委員長として開催し、167名（外国人60名、日本人107名）の参加で活発な国際会議となった。発表成果の一部は、アメリカセラミックス

学会より、論文誌 (Transaction) として発行されている。

本分野での外国人留学生は、平成16年度3名、17年度5名、18年度6名、19年度2名であった。特に平成17年度には、大阪大学とタイ・チュラルンコン大学との学術交流協定により、大学院生1名を受け入れた。また JSPS の外国人招聘研究者として、平成20年度にはベオグラード大学から著名教授1名を2ヶ月招聘するとともに、JSPS 外国人特別研究員を1名採用して高機能溶射コーティングに関する共同研究を行った。さらに平成21年度には、インド・デリー大学から教授1名を2ヶ月間招聘するとともに、JSPS 外国人特別研究員を2名採用した。その他、海外研究者を特任研究員として、平成16年度に1名、18年度に2名、19年度に3名、20～21年度に各1名を採用しており、多大な国際貢献を行っている。

海外との国際共同研究も活発に行なわれており、「新材料と標準に関するベルサイユプロジェクト (VAMAS)」の TWA 27 (セラミック粉体及び成形体評価) においては、内藤牧男教授が副議長として参加した。また、内藤教授は、平成21年度より、上海交通大学の招へい教授として、同大学との研究交流に貢献した。その他、研究活動でも述べたように、「Nanoparticle Technology Handbook」を世界に先駆けて出版し、この分野の学問発展の国際的な基盤構築に貢献した。

4. その他

社会への情報発信は、平成17年度より活発に進められており、17年度には、雑誌掲載を含む10件、18年度は5件、19年度は4件、20年度は9件、21年度は11件の新聞等への発表が行われた。

その他、小林 明准教授が、大阪、名古屋等で青少年、一般市民に対して接合科学研究所のものづくり科学技術の普及啓発を、平成17年度より毎年行っている。

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、平成16年度は29名、17年度は43名、18年度は39名、19年度は30名、20年度は34名、そして21年度には34名の共同研究員を受け入れており、平成16年度と比べて共同研究員数が格段に増加している。その内訳を平成17年度以降で見ると、毎年、内藤牧男教授担当12～23名、小林 明准教授担当13～22名である。また、共同研究員との共著発表論文数を見ると、平成17年度には11件、18年度は5件、19年度は23件、20年度は13件、そして21年度は13件であり、極めて活発な研究成果の発信を行っていることが分かる。

本分野の共同研究が接合科学の拠点形成に果たしている役割を見ると、内藤牧男教授は、膨大な界面の集合体であるナノ粒子、粉体の接合に関する学理の構築を目指して研究を進めている。その成果は、共同研究による論文発表のみならず、国際会議 ICCC I 2006 や ICCC I 2009 におけるナノ粒子・粉体のセッションでの活発な討論、産学連携の各種研究会の運営に見られるように、この分野における国内外の研究者コミュニティーの中核になるとともに、産業界の研究者・技術者コミュニティーの中核として機能しているものと評価される。

小林 明准教授は、プラズマ科学を中核とした共同研究を積極的に進めており、外部評価でも指摘されたように、今後、研究者コミュニティーの中で、さらに活発な展開を目指して活動を進めている。

5. 12 ナノ・マイクロ構造制御プロセス学

| 年度 | 平成 16 | 平成 17 | 平成 18 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 教授 | 宮本欽生 | 宮本欽生 | 宮本欽生 | 宮本欽生 | — | — |
| 准教授 | 桐原聡秀 | 桐原聡秀 | 桐原聡秀 | 桐原聡秀 | 桐原聡秀 | 桐原聡秀 |
| 特任研究員 | — | 陳衛武 | 陳衛武 | 陳衛武 | — | 堀田幹則 |

1. 研究概要

本研究分野では、金属・セラミックス・高分子などのナノ粒子やマイクロバルクを連続的に接合または被覆し、内部や表面に複雑構造を有する新部材を構築することで、素材特性を超える特異な機能の発現を目指している。これまでに、材料の微小要素を連続的に接合または被覆する手段として、誘電体や磁性体のナノ粒子を光硬化性の液体樹脂に分散し、紫外線レーザスキャンにより立体構造を成型するマイクロ光造形法や、複数種類の純金属ワイヤを電極下に自動供給し、アーク放電により特殊合金ビードを溶融合成しながら配列するマイクロ溶接法など、新たな構造化接合被覆プロセスを確立している。さらに、複雑構造の幾何学デザインにおいては、材料が等間隔に配列する周期構造や、間隔が連続的に変化する傾斜構造に加えて、自己相似性を示すフラクタル構造や、無秩序な配列を有するランダム構造を対象に、電磁場をはじめとして熱場や力場に関しても検討を加えながら、有限要素法を基盤とした計算機シミュレーションにより現象を可視化し、構造制御による機能発現の理論構築と最適化を進めている。誘電体や磁性体の空間配列により、電磁波エネルギーを自在に制御する人工回折格子や共振空洞多孔体の作製をはじめ、バイオセラミックスによる人工歯骨構造の成型や、硬質材料と高靱性金属によるハイブリッド構造の形成を通して、構造化接合被覆プロセスの確立と幾何学構造デザインの最適化に関して研究開発を遂行した。さらに、機能性構造体の要素となる新規ナノ素材の創生も進め、地球に優しい持続発展型社会の構築に寄与する、省エネルギーで低環境負荷の材料開発を目指した。気相合成プロセスによるダイヤモンド微粒子やカーボンナノチューブへの炭化珪素セラミックス被覆をはじめ、燃焼合成プロセスによる高熱伝導率の窒化アルミニウム製ナノファイバー形成や、耐磨耗性に優れたサイアロン製ナノ粒子形成に成功した。

2. 研究課題

1. 構造化接合被覆プロセスの解析と確立
2. 誘電体マイクロ構造の形成とテラヘルツ波の制御
3. 金属性構造体の作製によるミリ波メーザの発振
4. バイオセラミックスによる生体構造モデルの形成
5. セラミックス気複合材料における金属相の幾何学展開
6. 傾斜気組織構造を有する新型超硬工具の開発
7. 高機能の炭素系素材に対する炭化珪素のナノコーティング
8. 高熱伝導率の窒素化アルミニウム製ナノファイバーの燃焼合成
9. 耐磨耗性に優れたサイアロン製ナノ粒子の燃焼合成

3. 研究に対する自己評価

本研究分野では、各種材料へ構造化接合被覆プロセスを適用し、材料の内部や表面における幾何学構造デザインを実践構築することで、素材単体では得られない特殊機能の発現を目指している。使用する各種素材は、工業的に一般化された製品が大部分を占めるが、微小要素を連続接合および被覆することで、幾何学的な設計に沿った、精緻な構造体を得ようとするならば、入力エネルギーの精細制御や、必要最小限の材料投入が不可欠である。これら諸条件の最適化においては、計算機シミュレーションを積極的に活用し、接合部や被覆層が形成される過程を動的に可視化するとともに、デジタル電子機器による観察ならびに計測を交えて、接合および被覆におけるエネルギーおよびマテリアルフローの様態を解析した。試行錯誤の繰り返しだけに依存しない、理論に基づいたプロセスの体系化を推し進めた。研究成果は査読付の学术论文として、和文誌および英文誌にそれぞれ65編および10編が掲載され、内47編の掲載誌にインパクトファクターの付されており、高い水準に達している。国際的な学術誌である Journal of the American Ceramic Society (9編, IF:2.101) や Journal of the European Ceramic Society (2編, IF:1.580) をはじめとして、Materials Science & Engineering (3編, IF:1.806) や Journal of Materials Research (1編, IF:1.743) ならびに Applied Physics (1編, IF:2.167) や Applied Physics Letters (3編, IF:3.726) に掲載されている事実を鑑みても、研究水準は客観的に高く位置付けられる。また、当該教授は、国内および国際会議でそれぞれ31件および22件の招待講演を受けるとともに、当該准教授も、国内および国際会議でそれぞれ22件および16件の招待講演を受けており、研究成果に対する国内外の関心も高い。国際会議への発表論文は69報がプロシーディングに掲載され、内66報は査読を経て採択された。国内および国際学会での講演発表もそれぞれ166件および112件を数え、学術知見の迅速な公開を果たした。学術団体が編纂する雑誌や書籍に対して、解説や著書としてそれぞれ14編および11編を寄稿し執筆協力を行うとともに、民間企業との共同研究や受諾研究を通じて特許を24件出願し、学術知見の社会還元も果たした。外部資金の総計は173,296千円であり、文部科学省からの科学研究費補助金として、基盤研究〔A〕(平成14～16年度)をはじめとして、若手研究〔B〕(平成17～18年度)や基盤研究〔S〕(平成17～19年度)を獲得するとともに、科学技術振興機構JSTの推進する、京都府地域結集型共同研究事業(平成16～20年度)や、本学工学研究科の進める21世紀COEプログラム(平成14～18年度)およびグローバルCOEプログラム(平成19～23年度)に参画し、公的研究助成を含む競争的資金を継続して獲得した。民間企業との連携により、共同研究および受諾研究を6件および19件それぞれ実施し、活動の遂行や成果の創出に応じた研究費をはじめ、財団からの奨学寄附金なども含めて、全体として適度な金額とバランスで外部資金を獲得した。特記事項として当該教授は、本学の研究推進室員(平成16～18年度)を勤め、理工学研究戦略ワーキング主査として、研究戦略立案と外部資金獲得の支援を実施するとともに、研究倫理検討ワーキング主査(平成18～19年度)を務め、全学的な研究公正に関する遵守要綱や委員会規定の策定に携わり、本学のグランドデザイン構築に尽力した。第1回および第2回外部評価いずれにおいても、研究成果の発表数をはじめ、外部資金の獲得額や特許出願の件数を鑑みて、高い水準に達しているとのコメントが寄せられ、委員2名それぞれから満点として評価5点が付された。当該教授が定年退職後(平成20～21年度)においても、当該准教授の活動を中心として、研究成果の発表に関する質と量は高い水準で維持されており、今後も引き続き活動量を高めていきたい。外部資金の獲得に関しては、産学連携に関わる企業数の増加している現状を踏まえ、特許出願などを通じた研究成果の社会還元に尽力したいと考えている。

4. 教育に対する自己評価

本研究分野では、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に協力講座として参画し、当該期間において、学部生18名および大学院生20名の教育研究指導を行った。学部学生については、本学大学院に全員合格するとともに、学士号を取得し卒業を果たした。大学院生については、博士前期課程の学生14名が修士号を取得するとともに、博士後期課程の学生6名が博士号を取得し、卒業後は全員が民間企業や公立研究所への就職を果たした。前期課程の1回生に対する、研究指導や就職活動への支援も積極的に行った。研究成果の積極的な発表を推奨し、学生が主著者である査読付論文は35件を数え、共著者に含む査読付論文は10件となった。学生本人が登壇した国内および国際会議における発表はそれぞれ89件および43件であり、主著者の国際会議発表論文は13件であった。大学院生2名は、国内および国際会議における発表に対して講演賞を授与され、別の大学院生1名は、国際会議発表論文に対して論文賞を授与された。さらに、博士課程学生1名は、日本学術振興会の特別研究員（平成19～20年度）に採用されている。当該教授ならびに准教授は同学科および専攻において、前期もしくは後期に週平均5件の学部講義と週1件の大学院講義を担当した。当該教授は、本学の国際交流推進本部における中国との交流促進ワーキングにおいて委員を務め、博士課程留学生の受け入れに関する、全学的な体制作りを進めた。当該准教授は、当該教授より西安交通大学との学術交流協定に関するコンタクトパーソンを引き継ぎ、制度の延長交渉や留学生の受け入れに尽力した。第1回外部評価においては、博士後期課程の学生数や外国人留学生の受入数を鑑みて、高い水準に達しているとのコメントが寄せられ、委員2名いずれからも評価5点が付された。第2回外部評価においては、委員2名それぞれから評価4点および5点が付され、当該教授の定年退職にともない、分野教員数の減少を懸念する趣旨のコメントが寄せられた。研究所裁量により、特任研究員1名（平成19年度）の採用枠が設けられたことを受け、教育体制の増強を図った。

5. 社会貢献に対する自己評価

当該教授ならびに准教授は、日本セラミックス協会において役員を務め、事業の立案や運営に参画するとともに、同協会の基礎科学部会ならびに関西支部においても役員を務め、地域から国内外におよぶ学会活動への貢献を果たした。その他21団体においても同様に学術活動への協力を行った。本研究所や工学研究科COEプログラムの主催行事をはじめ、国内外の学術団体への参画を通じ、組織委員として実質的な運営に参加した国際シンポジウムは44件を数え、国際社会への貢献も果たした。当該教授はセラミックス分野における国際的な学術交流事業への貢献により、世界セラミックスアカデミー会員ならびに米国セラミックス学会フェローに任命され、中国セラミックス学会から学会賞を授与された。当該准教授は米国セラミックス協会の国際事業に若手委員として積極的に参画し、同学会より貢献賞を授与された。大学間交流協定に基づき、上海交通大学ならびに西安交通大学から、それぞれ3名および2名の学生を博士課程留学生として受け入れ、研究指導や生活支援も行った。当該准教授は、上海交通大学の金属基複合材料研究所との研究連携を推進し、同研究所より招聘教授の称号を授与された。民間企業10社と共同研究および受諾研究契約を結び、若手技術者への研究指導や技術相談などを通じて、産学連携を推し進めた。世界最小レベルのマイクロ構造形成を可能にする、光造形システムの市販ビジネス化に貢献するとともに、高機能のサイアロン製ナノ粒子の省エネルギー合成技術を基盤とした、ベンチャー企業の育成にも尽力した。私立大学の産学連携研究センターにおける委員などを通じて、関西圏における新材

料創製プロジェクトへ参画するなど、地域的な社会貢献も積極的に行った。民間企業の研究者や技術者の要望に応じて、フォトニックフラクタル研究会（平成16～19年度）も組織した。当該研究会は年3回の割合で合計12回にわたり開催し、毎回20名程度の参加者が得られた。最終回は国際ワークショップとして開催し、国内外から合計30名程度の研究者および技術者が終結した。本研究所の主催行事としては、三次元ナノ・マイクロ構造研究集会を年2回の割合で合計12回にわたり開催し、学内外から毎回20程度の参加者が得られた。第1回外部評価においては、高い水準に達しているとのコメントが寄せられ、委員2名いずれからも評価5点が付された。第2回外部評価においては、委員2名それぞれから評価5点および3点が付され、当該教授の定年退職にともなう、学会協会事業や産学連携活動に対する貢献度の低下を懸念するコメントが寄せられた。当該准教授と特任研究員の分野スタッフ2人体制を敷くことで、これまで以上の社会貢献を成すべく鋭意活動を継続している。

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、微小素材の接合や被覆プロセスにより、材料の内部や表面に複雑構造を有する新部材を構築し、バルク特性を超える特異な機能の発現をめざして、全国の国公立大学ならびに公設研究機関より、共同研究員として60名を受け入れた。共同利用研究者との共著により、査読付学術論文および国際会議発表論文は、それぞれ21報および36報を数え、国内および国際会議における発表数は、それぞれ37報および34報に上り、充実した研究成果が得られた。当該教授の進めた共同研究員との学術連携では、新たに得られた独創的な知見や成果を基盤として、フォトニックフラクタル研究会を設立し、国内外の研究者や技術者が集うコミュニティの形成に貢献し、新しい学術分野の創出を促した。本研究所が共同利用施設として目標に掲げる、国内外における接合科学の拠点形成に関して、積極的な寄与を果たした。当該准教授が現在も進めている、独立行政法人の物質材料研究機構ならびに産業技術総合研究所との共同研究では、ナノ・マイクロ素材のコーティングやビルドアップに関する先進プロセスを基盤として、新規の構造化接合被覆を推し進めた。成果の一部は共同研究成果発表会にて公開された。当該研究員からは、今後も継続して協力関係を進める方針に内諾を得ており、更なる参画人数の増加も視野に入れ、今後も挑戦的な共同研究を展開し、潜在的な成果を着実に積み重ね、連携の発展を推し進める予定である。第1回および第2回外部評価いずれにおいても、共同研究員との共著による研究成果の発表件数や、接合科学に関する拠点形成への貢献を鑑みて、委員2名それぞれから評価5点が付された。当該教授の定年退職後は、共同研究員の構成にも入れ替りが生じているが、人数および連携活動の質は十分に維持されているため、更なる学術的成果の創出が可能であると考えている。

5. 13 信頼性評価・予測システム学

| 年度 | 平成 16 | 平成 17 | 平成 18 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 教授 | 小溝裕一 | 小溝裕一 | 小溝裕一 | 小溝裕一 | 小溝裕一 | 小溝裕一 |
| 講師 | — | — | — | — | — | 寺崎秀紀 |
| 助教 | — | — | 寺崎秀紀 | 寺崎秀紀 | 寺崎秀紀 | |
| 特任研究員 | 寺崎秀紀 | 寺崎秀紀 | — | — | 張 迪 | 張 迪 |

1. 研究概要

本研究分野では、構造物の安心・安全を確保するための信頼性評価ならびにその予測システムの開発を目指している。材料のナノ構造を制御することにより、長寿命化対応材料や自動車などを対象とした超軽量高強度材料およびその接合技術を提案し、環境に優しい社会の実現を目指していきたいと考えている。現在は、特に、溶接部のマイクロ組織形成挙動を固相変態のみならず、液相－固相変態過程まで遡って、一貫して理解するために、溶接中その場観察技術の開発、ならびにその結果を用いた組織予測シミュレーションの開発に注力している。これまでに、溶接急冷サイクル下で、実空間、逆格子空間における組織形態、結晶構造をその場観察できるシステムを開発した。本システムを用いて、NEDO/JRCM「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究」プロジェクトを推進している。さらに、溶接の特徴である急速冷却と不均質核生成を利用した微細粒組織の創成を行っている。また、溶接時の電流・電圧波形の解析から溶接品質を判定するアルゴリズム開発も手がけている。

2. 研究課題

1. 放射光を用いた急冷凝固過程の in-situ 観察
2. 溶接時の凝固・変態挙動の解析とフェーズ・フィールド・シミュレーション(Phase-Field-Simulation)
3. ナノ粒子を活用した超微細粒組織の生成(微細粒鋼、微細粒チタン)
4. 超高強度鋼の溶接技術(NEDO プロジェクト)
5. バリエーション解析に基づくマルテンサイト変態カイネティックス
6. Cr-Mo 鋼溶接部の再熱割れ
7. レーザによる精密金型補修技術
8. デジタル信号処理による溶接品質判定法

3. 研究に対する自己評価

本研究分野は、平成16年に研究室発足し、基盤構築を整えた段階であるが、その間にもすでに世界に誇れる成果が生まれている。

溶接凝固過程の速度論的情報を得る解析手法として、第3世代の放射光施設である SPring8 (JASRI) にあるアンジュレータビームラインを用いた溶接 in-situ 観察システムを世界に先駆けて開発した。ステッピングモータのついたステージにより溶接トーチ (TIG) を駆動し、溶接中に放射光を照射し、回折像をその場で記録できる。相変態を一方向凝固下で in-situ 観察できる画期的なシステムである。空間分解能が 100 μm 幅、時間分解能 0.01 秒で二次元回折データが得られる。検出器も大面積化を図ることにより測定確度が大幅に向上し、一方向凝固に因る配向にも対応できるようになった。

普通の X 線の約 1 億倍にも達する放射光の極めて高い輝度、指向性、単色性を利用することにより、回折データを高時間分解能で記録することが可能となり、溶接中の凝固、変態、析出挙動がその場で観察できる。例えば、液相からの核生成挙動やデンドライトの成長挙動も観察できた。また、NEDO/JRCM「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究」プロジェクトに適用し、これまではあまりに短時間で補足できなかった δ 相の検出にも成功した。さらに、高温レーザ顕微鏡と組み合わせることにより、実空間データも同時に採取できるようになり、マルテンサイト系ステンレス鋼の残留オーステナイト測定法の問題点を指摘した。これにより、これまで直接目で見ることの出来なかった溶接中の組織変化を可視化することができ、新しい溶接材料学が生まれる可能性がある。このシステムを応用し、不均質核生成による低炭素鋼アシキュラーフェライト生成に関して、介在物を核とした粒内アシキュラーフェライト（粒内ベイナイト）の生成過程を明らかにした。また、純チタンにナノ粒子を添加し、晶出粒子を利用した結晶粒微細化を検討した。その結果、この晶出粒子が核生成物質として作用し、不均質核生成を生じさせるため、微細粒チタンが得られることが明らかとなった。晶出粒子は、 β 単相領域への再加熱時にピン止め効果により結晶粒粗大化を抑制するとともに、 β 相領域からの冷却時には、 $\beta \rightarrow \alpha$ 変態の核として働くことを明らかにした。

これらの研究は Acta Materialia (IP:3.73) , Journal of Applied Physics(IP:2.2) , Metallurgical and Materials Transaction A (IP:1.389) , Microscopy Research and Technique (IP:1.64), Journal of Alloys and Compounds (IP:1.61), Science and Technology of Welding and Joining (IP: 1.426) など材料関係の世界的学術誌に多数掲載された。中間評価で指摘された査読付雑誌掲載論文数も、研究室が発足した平成 16 年より年々増加し、平成 21 年度には 25 件を数えている (表 1 参照)。これらの研究の先進性が認められ、平成 19 年には溶接学会論文賞、日本金属学会論文賞ならびに日本鉄鋼協会俵論文賞をトリプル受賞した。また、新しい手法により明らかになった内容が評価され、溶接学会からははじめて平成 21 年文部科学大臣表彰を受けた。さらに、日本熱処理技術協会より技術賞・粉生記念賞、日本チタン協会技術賞など多数の賞を授賞している。

中間における外部評価で指摘された外部資金についても、発足時の 4,200 千円から徐々に増加し、平成 21 年度では 24,803 千円となっている。

また、「溶接品質判定装置」など 4 件の特許を出願している。

表 1 研究実績の推移 (H16-H21 の 6 年分)

| | 平成 16 | 平成 17 | 平成 18 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 査読付掲載論文 | 2 | 5 | 14 | 14 | 15 | 25 |
| 国際会議発表論文 | 2 | 2 | 3 | 6 | 1 | 2 |
| 国内会議発表論文 | 0 | 8 | 6 | 4 | 2 | 4 |
| 学会発表 | 7 | 16 | 14 | 23 | 32 | 24 |
| 講演 | 3 | 1 | 2 | 1 | 7 | 5 |
| 解説 | 0 | 3 | 2 | 0 | 1 | 5 |
| 著書 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 授賞 | 4 | 1 | 1 | 8 | 3 | 3 |

4. 教育に対する自己評価

本研究分野は、マテリアル生産科学専攻生産科学コースの「接合プロセスメタラジー論」、

「生産創成工学」を分担している。発足時の平成16年度は学生数が零であったが、年々増加し、これまで博士論文主査4人、副査8人、修士論文9人、卒業論文9人の指導を行った。世界に通用する知識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、国内外の学会発表などの多くの成果に結びついている。なかでも山田知典（学生）が溶接学会論文奨励賞（鋼溶接金属におけるアシキュラーフェライト生成に関する介在物の微視的観察）を、柳田和寿（学生）が The 8th International Welding Symposium において Best Poster Award (In-situ Observation of Solidification Behavior of 14Cr-Ni Steel Weld) を授賞したことは、このような教育研究活動が評価されたものとする。

平成21年度に注目すると、院生の査読付き論文11件、国際会議論文6件、国内発表論文2件、発表論文9件、国際会議発表3件、国内学会発表17件の指導を行った。さらに、3名の海外からの研究留学生を受け入れた。

表2 指導学生数の推移 (H16-H21の6年分)

| | 平成16 | 平成17 | 平成18 | 平成19 | 平成20 | 平成21 |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| 博士論文主査 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 博士論文副査 | 1 | 1 | 0 | 3 | 2 | 1 |
| 修士論文 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| 卒業論文 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |

5. 社会貢献に対する自己評価

本研究分野は、外部機関に対する貢献など積極的に社会貢献を行っている。

小溝は溶接学会理事、溶接学会研究推進部会長、日本鉄鋼協会接合結合フォーラム座長、日本溶接会議（JIW）研究戦略委員会幹事、日本溶接協会教育委員会委員、日本熱処理技術協会常任幹事を努めるなど、鉄鋼材料の溶接・接合研究の日本の中核として認知されている。また、日本チタン協会溶接分科会主査として、チタンのアーク溶接データベースを取りまとめ、産総研のホームページに開示した。また、発電設備の溶接規格対応のため、日本電気技術規格委員会委員を務めている。さらに、原子力環境整備促進機構の委員も務めている。

国際貢献としては American Welding Society(AWS)D1.9 委員会日本代表委員、International Society of Offshore and Polar Engineering (ISOPE) の Technical Committee、1st International Workshop on In-situ Studies with Photon, Neutron and Electron Scattering の Organizing Committee を努めた。また、International Institute of Welding (IIW) 第IX委員会の日本代表として責務を果たしている。

寺崎は溶接学会若手会員の会幹事、委員長をつとめ、日本における溶接の将来を担う若手研究者として活躍している。また、溶接学会の電子出版物である「溶接・接合プロセスのデジタル化最前線」の製作・出版に幹事として貢献した。本出版物はアーク挙動や凝固割れ、レーザ溶接時のポロシティやアンダーフィルの発生過程を対象とした最新の高速カメラ画像による映像とその解説などが収録されている。“溶接ニュース”などでとりあげられ好評を博している。

6. 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

中間における外部評価で指摘のあった共同利用研究員数は、表3に示すように徐々に増加

し、平成21年度は、11名の共同研究員を受け入れるにいたっている。接合科学研究所が全国共同利用研究所として培ってきた連携の賜として、日本鉄鋼協会接合・結合フォーラムでは、活発な活動が展開されている。関西大学化学生命工学部池田研究室とチタンの結晶粒微細化の共同研究を行い、TiB 接種による不均質核生成を利用することで、微細粒チタンの創成に成功した。この成果は国内外の学会で発表し、放射光による純チタンの変態挙動に関する論文は 溶接学会で発表され、溶接学会論文集に掲載された。

また、低炭素鋼溶接部の特性改善に関し、愛媛大学理工学研究科 物質生命工学専攻機能材料工学コース 物性制御工学研究室（仲井研究室）と共同研究を行い、ベイナイトの結晶学的特徴を検討するとともに、結晶粒微細化のために、オーステナイト粒界から変態を起こすのではなく、粒内から多数のベイニティックフェライトを生じさせるための手法を研究した。それらの成果は、鉄と鋼、Proc. 17th IFHTSE Congress (Int. Federation for Heat Treatment and Surface Engineering)に掲載された。

さらに、物質・材料研究機構と共同研究を行い、超高強度鋼溶接金属の特性調査を行った。また、徳島県立工業技術センターとの共同研究も実施した。

共同研究員との共著は査読付き学術論文計17件を数えた。

表3 全国共同利用実績の推移（H16-H21の6年分）

| | 平成 16 | 平成 17 | 平成 18 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 共同研究員 | 2 | 4 | 4 | 7 | 7 | 11 |
| 共著論文 | 0 | 1 | 4 | 6 | 2 | 4 |

5. 14 スマートグリーンプロセス学

| 年度 | 平成 16 | 平成 17 | 平成 18 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------------|
| 教授 | 竹本 正 | 竹本 正 |
| 准教授 | — | — | — | 西川 宏 | 西川 宏 | 西川 宏 |
| 助教 | 西川 宏 | 西川 宏 | 西川 宏 | — | — | — |
| 特任研究員 | | 高 峰 | 高 峰 | 高 峰 | Ho LiNgee | 王 宏芹 王 剛 |

1. 研究概要

本研究分野では、ものづくり、廃棄とリサイクルにおける環境負荷低減に寄与できる先進的技術（スマートグリーンプロセス）開発を目的としてその基礎学術及び要素技術の開発を行う。また資源循環型社会構築のキーワード、Recycle、Reduce、Reuseに加えて、製品の長寿命化に重要な接合継手の信頼性確保と補修（Reliability、Repair）、素材を有害物質フリーに置き換える（Resource、Replace）の7Rを研究の主要キーワードとして研究を推進する。特に、微細高密度実装製品の信頼性向上、接合継手の信頼性確保、省資源・省エネルギーのための低温接合、電気・電子機器及び輸送機器関連製品の鉛フリー化、接合プロセスにおける環境低負荷物質の使用、軽量素材と異種材料の接合、素材の高度リサイクルに向けてのスマート分別技術開発と環境低負荷型リサイクル技術の構築などを旨とする。

2. 研究課題

1. 電気・電子機器微細高密度実装における有害物質フリー化
2. 鉛フリーはんだ接合界面制御と実装機器・接合継手の長寿命化
3. 鉛フリーはんだの各種特性評価とその機械的特性の改善
4. レーザを用いた微細接合プロセス開発とその継手性能評価
5. 導電性接着継手の高信頼性化
6. ナノ粒子援用スマートボンディング
7. 金属ガラスなどの先端材料の低温接合特性評価
8. バイオリーチングによる貴金属回収技術の開発
9. アルミニウム合金のスマート分別技術開発
10. 水蒸気プラズマを利用した廃棄物等のダイオキシンフリー分解

3. 研究に対する自己評価

① 研究の独自性：本研究分野は、環境調和型プロセスとして、特にマイクロ接合の分野で世界を牽引する成果を挙げている。電子実装における鉛フリー化に関連して、鉛フリーはんだ材料試験方法の標準化、鉛フリーはんだ接合部界面微細組織解析と継手特性評価・改善、鉛フリーはんだ代替導電性接着の高強度・高導電性化、導電性接着用銅系金属フィラーの高信頼性化、実装機器の損傷防止用鉛フリーはんだ開発等に関してオリジナリティの高い先進的研究成果を挙げている。一方、グリーンプロセスとして、アルミニウム合金スクラップを合金毎に分けるスマート分別、廃エレクトロニクスから微生物を用いた環境低負荷型貴金属リーチング、水蒸気プラズマを利用した廃棄物の有害物質フリー分解処理プロセス等に関する

る研究・開発で世界でも唯一無二の成果を挙げている。特に、ステンレス鋼の溶融鉛フリーはんだによる損傷（エロージョン）ならびに銅系フィラーを用いた導電性接着剤開発に関しては両者とも平成19～21年度の3年間で国家プロジェクトを実施し、当該研究に関しては世界のトップランナーであると自負している

② 研究レベル：研究成果は、国内外の数種の欧文誌を中心に掲載しており、研究論文は平成16年度、査読付学術論文8件、国際会議報告13件、解説6件、平成17年度は、査読付学術論文9件、国際会議報告7件、解説6件、平成18年度は、査読付学術論文15件、国際会議報告8件、解説2件、平成19年度は、査読付学術論文16件、国際会議論文3件、解説5件、平成20年度は、査読付学術論文16件、国際会議論文2件、解説2件、著書2件、平成21年度は、査読付学術論文9件、国際会議報告1件、解説2件となっている。査読付学術論文は年平均12件以上あり、また Trans. JWRA にも毎年1件公表しており、限られたスタッフの成果として十分に評価できる数値である。投稿している主な欧文誌の最新のインパクトファクター (IF) は 1.748 (Mater. Lett.)、1.510 (J. Alloy. Compd.)、1.290 (Microelectron. Reliab.)、12.83 (J. Electronic Mater.)、1.143 (J. Mater. Process. Technol.) であり、国際的にも認知された、接合分野としてはレベルの高いジャーナルに掲載されており、関連研究分野において高い研究水準であると自負している。また研究レベルの高さは、各種表彰にも反映されていると考えており、国際会議、国内論文等で平成16年度4件（竹本2件、西川2件）、平成17年度6件（竹本2件、西川1件、高1件、学生2件）、平成18年度2件（竹本1件、学生1件）、平成19年度2件（西川1件、高1件）、平成20年度1件（竹本1件）、平成21年度1件（竹本1件）の表彰を受け、この6年間で合計16件（重複は除く）にのぼる。このよう表彰は、分野としての研究レベルの高さを示しているものと自負している。

③ 研究成果の社会への貢献：鉛フリーはんだによるステンレス鋼のエロージョンに関する研究成果は、その試験方法について日本発の国際標準化試験方法の策定に大いに貢献しており、すでに IEC/TC91 委員会に提案されており、審議中である。またステンレス鋼の損傷（エロージョン）抑制に優れた Co, Ni 添加鉛フリーはんだを開発しており、やに入りはんだとして試作品提供段階にある。導電性接着剤に関しては、Cu 系フィラーを利用した接着剤の電気特性に関する長期信頼性は世界でもトップクラスであり、今後も民間企業との共同研究を継続して、ナノ領域のフィラーや各種酸化防止被覆処理技術について研究を進め、Cu 系フィラーを高信頼性化することで実用化を目指す。金属ガラスの超音波ワイヤボンディングは東北大学と民間会社とで特許出願を行った。

④ 研究予算：毎年、複数のプロジェクトや企業との共同研究、受託研究を実施しており、共同研究、受託研究、奨学寄付金、科学研究費等で獲得した平成16年度外部資金は10件、約1130万円、平成17年度は7件、約810万円、産学連携関係4社600万円を加えると約1410万円、平成18年度は8件、約820万円、平成19年度は5件、2780万円、平成20年度は7件、約3060万円、平成21年度は7件、約3690万円であった。特に、平成19年度以降、研究予算の増額に成功しており、外部評価で指摘のあった大型予算獲得に一定の成果を挙げている。この6年間の年平均の外部資金は約2150万円であり、今後もこの水準を継続しながら、さらに大型研究予算の獲得に努力する。

4. 教育に対する自己評価

本研究分野は、平成16年度は大学院環境工学専攻（工学部環境工学科科目）、平成17年度以降は大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻（工学部環境・エネルギー工学科）協

力講座として参加しており、大学院では「先端環境材料・資源循環利用システム学特論」（竹本、西川）を担当すると共に、全教員担当の複数の講義（集中講義を含む）を分担している。学部では、3年生対象の「環境・エネルギー工学コア演習・実験第2部」（西川）と「環境材料・資源循環システム学」（竹本、西川）を担当しており、大きな教育貢献と考える。学生は大学院生ならびに学部生が配属されており、平成16年度の大学院博士前期・後期課程在籍者は11名、学部4年生は3名、平成17年度の大学院博士前期・後期課程在籍者は10名、学部4年生は3名、平成18年度は大学院博士前期・後期課程在籍者は9名、学部4年生は2名、平成19年度は大学院博士前期・後期課程在籍者は4名、学部4年生は3名、平成20年度は大学院博士前期・後期課程在籍者は5名、学部4年生は2名、研究生2名、平成21年度は大学院博士前期・後期課程在籍者は9名、学部4年生は3名であり、協力分野としては、平均以上の人数であり、こちらも貢献度は高い。

接合科学研究所が実施している、共通教育機構の授業も分担しており、毎年、「基礎セミナー」と「先端教養科目（旧特別科目）」の各授業を竹本教授、西川准教授の両名が担当している。

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、8つの学協会において活発な社会貢献を展開している。特に、(社)日本溶接協会では、竹本教授がはんだ・微細接合部会技術委員会（旧はんだ研究委員会）の委員長、MS認証評価委員会常任委員、MS要員評価委員会委員長などを務め多くの委員会で国際及び国内規格制定、シンポジウム開催、鉛フリーはんだ対応の認証・評価等積極的な活動を行っている。また、WG設置、委員会メンバーとの共同研究やアンケート調査を実施して、その成果等を公表するなど社会貢献度は大きい。

(社)溶接学会においては、マイクロ接合研究委員会委員長を3期務めた後に委嘱委員として広範な活躍をすると共に、理事経験（平成14～17年度）もあり、界面接合研究委員会では発足時から幹事として発展に多大な貢献をしている。

その他、(社)軽金属溶接構造協会では理事、機関誌「軽金属溶接」編集委員会委員長、低温接合委員会委員長、(社)高温学会理事、(社)電子情報技術産業協会各種委員、銅および銅合金研究会理事および複数の委員会委員、(社)軽金属学会評議員および関西支部理事などを務めている。いずれも軽量、省エネ、有害物質フリーなどのスマートグリーンプロセスのキーワードに合致した委員会において活発に活動し、学術誌の発行、JIS規格を始めとする各種規格類の整備、セミナーやシンポジウム等の学術講演企画などを通じて大きな社会貢献をしている。

西川准教授は、(社)溶接学会マイクロ接合研究委員会幹事として、委員会と分科会の運営に多大な貢献をしているのを始め、(社)エレクトロニクス実装学会関西支部役員など、その他複数の学協会などの委員会、WG等において主査や委員を務め、微細接合ならびに鉛フリーはんだ実装の進展に貢献している。また高特任研究員は(社)日本溶接協会のプロジェクト研究に、王特任研究員は(社)電子情報技術産業協会のプロジェクト研究に参加し学術的データ解析を行い科学技術の進歩に貢献している。

このように、本分野での学協会を通じた社会活動は研究所の中でもトップクラスであり、貢献度は大きいと自負している。

② 産学連携：平成16年度は受託研究、共同研究で合計5件、委任経理金4件、平成17年度は共同研究2件、委任経理金6件（3件）、平成18年度は共同研究1件、委任経理金7件（1件）（括弧内は産学連携研究費件数で内数）、平成19年度は受託研究3件、委任経

理金2件、平成20年度は受託研究3件、委任経理金9件、平成21年度は受託研究、共同研究4件、委任経理金3件であった。特に、平成19年度から開始された経済産業省プロジェクト「基準認証研究開発事業（鉛フリーはんだを用いたフローはんだ付け機器の損傷抑制技術の評価試験方法に関する標準化）」は、当研究室が世界に先駆けて研究した内容が採択されたものであり、3年間（各年度総額約3000万円）で国際規格制定に向けて、民間会社26社が参加している。受入件数は平均的と考えるが、評価指標としての金額は平成19年度以降大幅に伸び、上位に来る傾向となっており努力の成果がでたものとする。今後もこの水準を継続しながら、さらに大型研究予算の獲得が課題と位置づけている。民間企業への兼業についてはいくつかの委員会委員長などの要職に就いているため避けざるをえなかった。

③ 国際貢献：竹本教授は、(社)日本溶接協会および(社)電子情報技術産業協会におけるISO/TC44/SC12 および IEC/TC91 関連委員会と WG に参加し、鉛フリーはんだおよびエレクトロニクス実装関連の ISO と IEC 国際規格制定、改正およびこれらと JIS との整合化に貢献している。また西川准教授は、平成21年度から IEC/TC91/WG3 にメンバーとして参加し、エロージョン評価試験方法の提案をリーダーとしておこなっている。

国際交流協定を提携している中国・ハルビン工業大学から特任研究員として、平成17～19年度には高峰博士を受け入れ、平成21年度には王剛博士、王宏芹博士を受け入れた。また平成17年10月から平成18年3月までの6ヶ月間、外国人招へい研究員としてハルビン理工大学の孟副教授を、平成17年10月から平成20年9月までの3年間、留学研究生として天津大学の程副教授を受け入れた。なお、毎年、複数の留学生在籍している。

④ その他社会貢献：接合科学研究所の特別講演会ならびに研究集会を(社)高温学会と共催で、「環境対応エレクトロニクス実装関連のシンポジウム」として6年間毎年開催し、毎回70～90名程度の参加者を集め、研究所の活動の広報にも貢献している。

竹本教授は、富山県立工業試験場、(財)名古屋産業科学研究所等におけるエレクトロニクス実装関係行事のコーディネータ、講演および講義を実施、国内のマイクロ接合、グリーンエレクトロニクス製造技術の向上に貢献している。類似の貢献はいくつかの学協会でも実施している。

6. 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

本研究分野では、環境に優しいスマートグリーンプロセスの研究に関して共同研究員を募集しており、多くが鉛フリーはんだ実装やマイクロ接合に関わる研究者が集まってきている。これは当研究室での鉛フリーはんだ研究が高く評価されているからであり、マイクロ接合の分野での研究拠点として機能していると自負している。共同研究員数は、毎年、10名程度であったが、平成20年は13名、平成17名受け入れており、数的な拡大は達成できたが、スマートグリーンプロセスは幅広い領域にまたがるので、研究員の研究領域拡大が課題であるといえる。また共同研究員との研究成果は、毎年、1件ないしは数件程度の共著論文発表や国際会議発表であることから、共同研究員との共著論文数のさらなる増加は今後の目標でもあり、改善努力が必要と考える。

5. 15 多元ハイブリッドプロセス技術（栗本鐵工所）寄附研究部門

| 年度 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|-----|-------|-------|-------|
| 准教授 | 大原 智 | 大原 智 | 大原 智 |
| 助教 | 佐藤和好 | 佐藤和好 | 佐藤和好 |

1. 研究概要

本研究部門では、無機、有機から生体分子までも視野に入れたナノ材料加工・プロセス技術に関する基礎研究を行い、次世代の超微細接合・加工技術と新材料創製の基盤技術の構築に資することを目的とした。具体的には、無機・有機・生体分子などの相異なった物質の接合を含む多元ハイブリッド化により、従来の単一素材には見られない新しい機能を有する物質・材料を創製するためのプロセス技術の研究を行った。また、無機・有機・生体分子といった異種物質のハイブリッド・ビルディング化による機能性材料の設計と応用に関する研究を行った。さらに、ナノハイブリッド材料の構造・機能、特に、界面を精密に測定・観察する評価・解析手法の開発を行い、異種物質界面の新しい科学現象の発見に取り組んだ。

2. 研究課題

1. 特異反応場創出によるテーラーメイドナノ材料の合成とプロセスの研究
2. バイオミネラリゼーションによるセラミックス材料のグリーンプロセスの研究
3. 無機ナノクリスタルのバイオインテグレーション
4. コンポジットナノ粒子の環境・エネルギー分野への応用
5. ハイブリッドナノ粒子の医療・バイオ分野への展開
6. ハイブリッドナノおよびメソ構造体の構造・機能の解析・評価
7. 無機・有機、無機・生体分子ナノ界面科学現象の解明に向けた基礎研究

3. 研究に対する自己評価

本研究部門は、独自の先進ナノ材料製造プロセスの研究を行い、テーラーメイド無機ナノ材料の合成とその超微細多元物質接合による新規コンポジット・ハイブリッド材料の創製に取り組み多くの成果を上げ、平成 19 年度からの 3 年間で 48 報の査読付き原著論文を発表した。これらの多く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、Journal of the American Chemical Society (IP=8.091), Advanced Materials (IP=7.896), Advanced Drug Delivery Reviews (IP=7.977) 等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。これらの成果により、Materials Research Society、Fuel Cell Focus、日本粉末冶金工業協会、粉体工学会から計 4 件の受賞を受けた。また、DNA の折り畳み構造をテンプレートとした金属ナノ材料の高次構造制御により開発した高性能小型水素センサーは、燃料電池の国際会議で高く評価されるとともに、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）のホームページでも紹介された。さらに、平成 19 年度からの 3 年間で特許は 4 件出願し、また、国外招待講演 3 件、国内招待講演 11 件、解説 5 件、著書 2 件と研究成果の社会に対する還元も十分にその責務を果たしたといえる。

また、研究予算に関しては、科学研究費補助金基盤研究(B)、科学研究費補助金若手研究(B)、NEDO 産業技術研究開発助成金などから外部資金を獲得した。また、稲盛財団、大倉和親記念財団、住友財団、旭硝子財団、スズキ財団、ホソカワ粉体工学振興財団、関西エネルギー・

リサイクル科学研究振興財団のような研究助成金制度にも数多く採択された。

4. 教育に対する自己評価

本研究部門は、大学院の協力講座を担当していないが、平成 19 年度からの 3 年間、全学共通教育において先端教養科目と基礎セミナーを担当した。

5. 社会貢献に対する自己評価

平成 19 年度は「ナノ界面特異的バイオ分子から発想されるナノテク産業展開調査」に NEDO 外部委員として参画し、年 3 回の外部評価委員会を行い、異種ナノ材料間接合技術に関して検討を行った。また、平成 19 年度と平成 20 年度の 2 年間は、産学連携の「粉体接合プロセス研究会」に研究開発委員として参画し、毎年、約 50 社の会員のもと年 4 回の研究委員会に参加し、産業界とのマッチングを図った。さらに、当研究部門が中核となり、平成 20 年 2 月に接合科学研究所－多元物質科学研究所第 1 回合同シンポジウム「多元接合界面制御－ディスプレイアセンブリー可能な材料創製を目指して－」（約 100 名の参加）を、また、平成 20 年 7 月には第 2 回合同シンポジウム「新機能創製のための界面制御」（約 70 名参加）を開催し、産業界を中心に多くの参加を得て情報交換を行った。また 3 年間、九州地区ナノテクノロジー拠点ネットワーク超顕微解析支援拠点を通して共同研究を行った。

6. 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

平成 19 年度は研究部門発足の 1 年目であるため、当部門への共同研究員の受け入れは行わなかったが、他部門と連携して受け入れた共同研究員との共著論文は 12 報あり、十分な成果発信を行ったと考える。また、平成 20 年度から本研究部門は、全国の大学・研究機関とナノ材料の合成とプロセスをテーマに、2 年間で 10 件の共同研究を行った。その結果、共同研究員との共著論文は 13 報に上り、いずれも、Journal of Biological Chemistry (IP=5.520) や Journal of Physical Chemistry B (IP=4.189) 等の国際一流誌に掲載され、十分な成果発信を行ったものと自己評価できる。

5. 16 東洋炭素（先進カーボンデザイン）共同研究部門

| 年度 | 平成 20 | 平成 21 |
|--------|--------------|--------------|
| 招へい教授 | 東城哲朗 | 東城哲朗 |
| 特任准教授 | 陳衛武 | 陳衛武 |
| 特任講師 | — | 中村文滋 |
| 招へい教員 | 中村正治 | 中村正治 |
| 特任研究員 | 黄大成 | 黄大成 |
| 招へい研究員 | 宮本欽生 松本大平 | 宮本欽生 松本大平 |

1. 研究概要

本共同研究部門は、東洋炭素株式会社と接合科学研究所が効率的な産学連携をめざし、平成 20 年 10 月に 3 年の時限で設置された。接合科学研究所が有する異種材料の接合やナノ粒子複合化技術および界面評価技術と、東洋炭素株式会社が有するカーボンの処理技術とデバイス化技術を融合し、新機能創出や、炭素材料の欠点を克服し長所を伸ばす先進カーボン材料の設計および製造プロセスの研究開発をしている。先進カーボンデザインにより、強度、電気絶縁性、放熱性、耐酸化性や触媒活性を含むさまざまな機械的、物理的、化学的特性に優れた新たなカーボン/セラミックス複合材料を創製し、資源・エネルギー・環境問題に貢献する先進カーボン製品への応用をめざす。

2. 研究課題

1. ナノセラミックス被覆黒鉛微粒子の開発と応用
2. セラミックス/黒鉛複合材料(Ceramic Bonded Carbon)の創製と応用
3. ナノセラミックス/生体構造由来多孔質カーボンの複合化による高効率水質浄化研究
(上海交通大学との共同研究)

3. 研究に対する自己評価

本研究分野は、炭素複合材料をベースにした独創的な基礎研究を遂行し、その成果を迅速に産業応用することを目的にしている。炭素微粒子に SiC を被覆する簡便な手法を開発し、その反応被覆機構を解析するとともに、SiC 被覆黒鉛粒子の応用展開を図っている。また、炭素とセラミックスの融合を図る Ceramic Bonded Carbon (CBC) の新たな複合化概念を提案し、強度、熱伝導性、耐酸化性、耐発塵性等に優れた SiC/CBC や AlN/CBC の製造に成功している。これらの成果は、平成 21 年 9 月に開催された第 3 回 ICCCI 国際会議で発表し、また日本セラミックス協会の秋季シンポジウム及び炭素材料学会等で報告し、高い評価を得ている。他の炭素複合化による新機能材料開発として、上海交通大学と共同研究を実施し、中国で多量に食されている“真菰”の廃棄部分を炭化処理によって多孔質炭素に転換し、酸化チタンナノ粒子を担持することで、有機汚染水の光触媒による高い浄化作用を確認している。このような研究は、深刻になっている中国の環境問題に取り組む国際共同研究として評価される。今期に得た研究成果は、6 件の査読付き学術論文、1 件の Trans. JWRI 論文、3 件の国際会議発表、11 件の国内学会発表、1 件の国内会議講演、1 件の解説等である。また CBC に関する

基本特許 1 件を阪大と共同出願した。なお、本研究分野は企業との共同研究部門の性格上、外部資金の導入は慎重にしている。

4. 教育に対する自己評価

本共同研究部門には、研究スタッフ以外に、日本人学生は在籍せず、また講義も実施していない。上海交通大学の大学院博士課程学生を 1 年間特任研究員として受け入れて研究指導を行い、研究成果を国内学会・国際会議で発表し、論文投稿を積極的に行わせている。現在、上海交通大学でこれらの成果をまとめ、博士論文を執筆している。

5. 社会貢献に対する自己評価

本共同研究部門は、大阪大学が積極的な産学連携を通じて社会貢献するために、全国に先駆け設置した共同研究講座に則り、接合科学研究所と東洋炭素株式会社が共同研究を推進し、大学で得た研究成果を迅速に産業応用し、地域の発展に寄与しようとしている。共同研究の成果として、CBC に関する特許 1 件を共同出願している。

6. 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

当該研究分野に共同研究員は在籍していない。

5. 17 金属ガラス・無機材料接合技術開発拠点

| 年度 | 平成 17 | 平成 18 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 特任教授 | 黒田敏雄 | 黒田敏雄 | 黒田敏雄 | 黒田敏雄 | 黒田敏雄 |
| 准教授 | 阿部浩也 | 阿部浩也 | 阿部浩也 | 阿部浩也 | 阿部浩也 |
| 特任助教 | 寺島岳史 | 寺島岳史 | 寺島岳史 | 寺島岳史 | 寺島岳史 |

1. 研究概要

金属ガラス・無機材料接合技術開発拠点（文部科学省、全国共同利用附置研究所連携事業）は、H17～H21 年度の 5 年間に渡って、金属材料研究所、応用セラミックス研究所および接合科学研究所が有機的に連携して研究開発を実施した。新機能金属ガラスおよびセラミックス材料の創製、新しい接合技術の開発等によって金属ガラス／セラミックスがハイブリッド化した新しい材料の開発を進めるとともに、連携研究を通じて異なる学問分野の融合による新たな材料科学の学問体系の確立を目的とした。本拠点の教員はそれぞれが独立した研究テーマを所内連携の下に実施するとともに、金属材料研究所および応用セラミックス研究所との連携推進に努めた。

2. 研究課題

本拠点では下記の 5 つの研究課題を推進した。接合科学研究所ではこれらの研究課題について毎年約 15 件の共同研究を実施した。

1. 環境・エネルギー材料開発プロジェクト
セラミックス・金属ガラス水素分離膜を用いた 2 段式水素分離・精製システムの構築
2. エレクトロニクス材料開発プロジェクト
環境調和型低温・微細接合技術の開発
3. 高度生体材料創製プロジェクト
チタン-ハイドロキシアパタイト接合技術の開発
4. ナノ構造界面制御接合プロセスプロジェクト
新接合技術の開発（ハイブリッド FSW）
5. 異材ナノ界面高機能化プロジェクト
異材複層構造体の高信頼性ナノ構造界面設計法の確立

3. 研究に対する自己評価

本拠点の教員がそれぞれ、エレクトロニクス材料開発プロジェクト、ナノ構造界面制御接合プロセスプロジェクト、そして異材ナノ界面高機能化プロジェクトに参加し、主として金属ガラスの抵抗溶接技術の開発、金属ガラスの異材接合技術開発、金属ガラスの低温接合技術開発などの研究テーマを研究所の専任教員らとの共同で実施した。具体的には、超精密抵抗溶接によるナノ領域接合技術の開発、金属ガラスをインサート材とする界面制御技術の開発、金属ガラス過冷却領域（粘性流動）の接合技術への応用などを実施するとともに、金属ガラス抵抗溶接における雰囲気ガスの影響や異材接合における界面のガラス形成能への影響等を初めて明らかにした。また表面改質技術としての金属ガラスの電気化学的選択溶解にも初めて取り組んだ。H17～H21 年度に本拠点の教員が第 1 著者もしくは共著者として掲載された査読付論文数は約 100 報にのぼるなど、新接合技術の基盤構築に関する有益で広範な研究

成果等を得ることができた。

また、3 研究所連携事業の円滑な実施のために、金属ガラス・無機材料接合技術開発拠点協議会を毎年開催した。さらに、3 研究所連携研究セミナーや所内研究発表会を定期的に行うなど、金属材料研究所、応用セラミックス研究所との連携研究並びに所内共同研究の推進を積極的に努めた。

4. 教育に対する自己評価

黒田特任教授は大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻の池内建二教授とともに前期に機能材料学を担当した。そこでは従来の機能材料だけでなく、新材料としての金属ガラスの接合と特異な性質などを講義した。また、共通教育基礎セミナー・特別科目では、超塑性を利用した新接合技術や金属ガラスの接合など、最新の材料とその接合技術について講義した。また、本プロジェクト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、学生・大学院生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。

5. 社会貢献に対する自己評価

下記に示す 4 つの国際会議に金属ガラス・無機材料接合技術のセッションを設けて、最新のプロジェクト成果を数多く発表するなど、連携研究の成果公表を積極的に進めた。

1. 2nd International Conference on the Characterization and Control of Interface for high quality advanced materials (ICCCI 2006), 2006/9/6~9/9, 倉敷
2. 1st International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics and the 2nd International Conference on Joining Technology for New Metallic Glasses and Inorganic Materials (STAC-JTMC), 2007/5/23~5/25, 湘南
3. IUMRS-ICA 2008, 2008/12/10~12/12, 名古屋
4. 3rd International Conference on the Characterization and Control of Interface for high quality advanced materials (ICCCI 2009), 2009/9/6~9/9, 倉敷

また下記に示すように、3 大学 3 研究所連携プロジェクト公開討論会を 4 回開催するとともに、ニュースレターの発行（毎年 3 回）や新聞発表を行うなど、多くのメディアを通して、本拠点の活動状況を社会に広く紹介することに努めた。

1. 第一回「金属ガラス・無機材料新接合技術と先進材料創製」、大阪、2007/3/9
2. 第二回「先進材料・新接合技術とその応用」、東京、2008/3/14
3. 第三回「先進材料・新接合技術とその応用」、仙台、2009/1/30
4. 第四回「特異構造金属・無機融合高機能材料開発に向けて」、東京、2009/8/4

6. 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

全国共同利用附置研究所である東北大学金属材料研究所及び東京工業大学応用セラミックス研究所との連携によって多くの成果を上げており、この 3 大学 3 研究所の連携研究によって掲載された共著論文数および共著での国際会議発表数はそれぞれ約 50 報であった。また、全国共同利用研究所として共同利用研究員の本連携研究プロジェクトへの参加も推進し、全国的な規模で新接合技術に関する研究ネットワークの構築に努めた。

5. 18 国際連携溶接計算科学研究拠点

| 年度 | 平成 19 | 平成 20 | 平成 21 |
|---------|-------------|-------------|-------------|
| 教授（兼任） | 村川英一 | 村川英一 | 村川英一 |
| 准教授（兼任） | 中長啓治 芹澤久 | 中長啓治 芹澤久 | 中長啓治 芹澤久 |
| 招へい教授 | | 寺崎俊夫 | 寺崎俊夫 |
| 招へい准教授 | 麻寧緒 | 麻寧緒 | 麻寧緒 |

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ている。その後、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」をテーマとした NEDO プロジェクトが当研究所を中心として実施され、その成果がさらに発展し現在に至っている。一方、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り、本研究拠点は溶接計算科学の分野でこの目的を果たすために 2007 年度に設立され 3 年が経過した。

2. 研究課題

1. 次世代溶接シミュレーション法開発
2. 溶接変形・残留応力・割れの力学的解明
3. 実用溶接シミュレーションソフト開発
4. 溶接変形・残留応力データベースの構築
5. 溶接計算科学の構築と普及

3. 研究に対する自己評価

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と、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と、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 3 年経過したばかりであり、構成員も兼任教授 1 名、兼任准教授 2 名、招聘教授 1 名、招聘准教授 1 名と限られており、現在は一般に公開し広く活用して頂くための溶接変形や残留応力解析ソフトの開発に力を注いでいるために、新規の研究成果の面ではやや物足りないものがある。なお、基礎研究の成果については構成員の兼任元である機能評価研究部門数理解析学分野の項を参照願いたい。

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。これが評価され、韓国のソウル大学から Chang Doo Jang 教授が JSPS の招聘教授として研究拠点を訪れ（平成 20 年 10 月～平成 20 年 11 月）、研究・教育の両面での交流を行った。また、英国の Imperial College から外国人招聘研究員を 1 名受入れ（平成 20 年 10 月～平成 21 年 2 月、平成 21 年 10 月～11 月）、マルテンサイトとオーステナイトの 2 相鋼の溶接残留応力および変形に及ぼす変態温度の影響に関する共同研究を実施した。一方、欧米では国際的な共同研究が盛んに実施されており、当該分野での追い上げには厳しいものがあり、当研究拠点ではこれらトップレベルにある研究にさらに磨きをかけ、新しい技術を創成するための持続的な基礎研究の実施が今後の課題であると認識している。そのため、平成 20 年 11 月 19 日には海外から 9 名の研究者を招き“Joint Seminar on Welding Mechanics, Osaka’ 08”を開催した。また、溶接計算科学の普及に関しては、生産現場の技術者であって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の実用版（JWRIAN）がほぼ完成し、平成 22 年度内には公開する予定であり、産業界に貢献できると考えられる。

4. 教育に対する自己評価

溶接はその現象が複雑な連成問題であるために、企業の生産現場における溶接技術の多くの部分が経験に依存しているが、熟練技術者、技能者が減少するという時代の流れの中で、経験工学から理論的予測に基づいた科学への脱皮が求められている。そのような変革を推進するためには、基礎研究の推進と人材の育成が必要であり、九州工業大学の寺崎俊夫教授を招聘教授として招き、学内外の若手研究者を対象に研究会を開催した。また、本研究拠点では、平成 19 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、平成 19 年度より 5 回の『溶接変形と残留応力のシミュレーション実習セミナー』を開催し（東京 1 回、大阪 1 回、接合研 3 回）、5 回の累計で 93 名が受講した。また、同様な実習セミナーを造船所の技術者を対象に 2 回開催した（平成 21 年 3 月 17 日～19 日：参加 5 名、平成 21 年 7 月 7 日～8 日：参加 6 名）。

5. 社会貢献に対する自己評価

平成 19 年に本研究拠点の設立を記念し、「溶接プロセス・材料組織・力学のシミュレーション」をテーマにと講演会が荒田記念館にて開催され所外から 89 名が参加した。平成 20 年度は、アジア諸国における最新の研究動向および国内のさまざまな産業分野における溶接シミュレーション技術の実用展開に関する情報を提供するため、「日本・中国・韓国および産業界における溶接シミュレーションの現状と課題」をテーマに、第 2 回の CCWS 講演会を 12 月 3 日に開催した。この講演会には 80 名が参加し、国際間のみならず異業種間での交流の場となった。さらに、平成 21 年度は 3 年間にわたる研究成果の報告を目的として「実用を目指した溶接シミュレーション技術の開発」を主題に第 3 回 CCWS 講演会を 12 月 4 日に開催し、85 名の参加を得た。この講演会では、CCWS が開発を進めている溶接シミュレーションソフト（JWRIAN）を直接体験して頂くための『体験コーナー』を設置し、講演会に参加した企業の方々に溶接変形・残留応力予測技術の現状を紹介した。国際的には、清華大学において大学院の学生を対象に「数値溶接力学」に関する 1 週間（平成 21 年 9 月 14 日～18 日）の集中講義を実施するとともに、共同セミナーへの参加および共同研究に関する打合せを行った。また、

平成 21 年 11 月 12 日～14 日には第 3 回 “International Conference on Welding Science and Engineering” を上海（中国）において上海交通大学などと共催し、CCWS を中心に接合研から 12 名の教員と学生が参加した。

6. 全国共同利用に関する研究成果に対する自己評価

本研究拠点も独自に共同研究員を受け入れる体制を平成 20 年度から整え、実質的な受入れを開始した。具体的な共同研究の形にはまだ発展していないが、本研究拠点が開催した上記の実習セミナーには、東京工業大学および鹿児島大学から合わせて 3 名の若手研究者が参加し大学間における連携を進めることができた。平成 21 年度は、大阪府立大学などとの共同研究で、大規模熱弾塑性解析技術や溶接プロセスと力学を統合したシミュレーション技術に関する基礎研究において成果が得られた。

大阪大学接合科学研究所
最終評価実行委員会

| | | |
|-----|------|------------------|
| 委員長 | 教授 | 田中 学 (全学評価委員会委員) |
| 委員 | 教授 | 中田 一博 (所 長) |
| | 教授 | 内藤 牧男 (副所長) |
| | 教授 | 村川 英一 (執行部) |
| | 准教授 | 柴柳 敏哉 |
| | 講 師 | 寺崎 秀紀 |
| | 助 教 | 崎野良比呂 |
| | 助 教 | 竹中 弘祐 |
| | 事務長 | 佐々木信隆 |
| | 庶務係長 | 黒杭 裕 |

最終評価実行委員会ワーキング

| | | |
|-----|------------|-------|
| 委員長 | 教授 | 田中 学 |
| 委員 | 准教授 | 柴柳 敏哉 |
| | 講 師 | 寺崎 秀紀 |
| | 庶務係長 | 黒杭 裕 |
| | 広報・データ管理室員 | 田中 喜隆 |

最終評価報告書 (平成16～21年度)

平成22年11月 発行

編集・発行 大阪大学接合科学研究所

住 所 〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘11番1号

電 話 06 (6879) 5111

ホームページ <http://www.jwri.osaka-u.ac.jp/index.jsp>