

採用年度	平成20年度
種別	国際戦略型

先端研究拠点事業  
平成21年度 事業実績報告書

平成22年 3月31日

領域・分野	複合
分科細目名（分科細目コード）	ナノ・マイクロ科学（2101）
採用番号	18004
研究交流課題名（和文）	先進微粒子ハンドリング科学
研究交流課題名（英文）	Advanced Particle Handling Science
採用期間	平成20年4月1日～平成23年3月31日（36ヶ月）

《実施組織体制》

日本側

拠点機関名	京都大学大学院工学研究科
実施組織代表者（所属・職・氏名）	大学院工学研究科・研究科長・大嶋幸一郎
コーディネーター（所属・職・氏名）	大学院工学研究科・特命教授・東谷 公
協力機関数	9
参加者数	67

相手国1

国名	アメリカ合衆国
拠点機関名	フロリダ大学 微粒子工学研究センター
コーディネーター（所属・職・氏名）	研究センター長・教授・Brij M. Moudgil
協力機関数	0
参加者数	7
マッチングファンド （出資機関・プログラム名）	出資機関 State/University/Industry Partner funds/National funding agencies (NFS, NIH) プログラム名 The Mission activities of the Center including Research(& research collaboration), Education and Technology

## 相手国 2

国名	英国
拠点機関名	リーズ大学 微粒子科学・工学研究所
コーディネーター（所属・職・氏名）	研究所長・教授・Simon Biggs
協力機関数	0
参加者数	12
マッチングファンド （出資機関・プログラム名）	出資機関 EPSRC/EU/British Council & University of Leeds

## 相手国 3

国名	オーストラリア
拠点機関名	メルボルン大学 微粒子流体プロセスセンター
コーディネーター（所属・職・氏名）	センター長・教授・Geoff W. Stevens
協力機関数	0
参加者数	13
マッチングファンド （出資機関・プログラム名）	出資機関 The Australian Research Council (ARC) プログラム名 Australian Mineral Science Research Institute

## 相手国 4

国名	ドイツ
拠点機関名	フリードリッヒ・アレキサンダー大学 エアランゲン ニュールンベルグ 微粒子技術研究
コーディネーター（所属・職・氏名）	研究所長・教授 Wolfgang Peukert
協力機関数	1
参加者数	9
マッチングファンド （出資機関・プログラム名）	出資機関 German Research Association DFG, State Government Bavaria プログラム名 Cluster of Excellence

相手国 5

国名	スイス
拠点機関名	スイス連邦工科大学（チューリッヒ） 微粒子科学・工 学研究室
コーディネーター（所属・職・氏名）	室長・教授 Sotiris E. Pratsinis
協力機関数	0
参加者数	4
マッチングファンド （出資機関・プログラム名）	出資機関 Particle Technology Laboratory -ETH Zurich プログラム名 Exploratory Research on Advanced Materials and Processes

## 交流目標の達成（見込）状況

### ① 平成21年度事業計画における達成目標

昨年度、京都大学・工学研究科・高等研究院内に設置した横断型研究拠点「先進微粒子科学・技術部門」を中心に、新たに他大学の優秀な若手研究者も加わり、より緊密で大きな国内研究ネットワークを構築した。国際的には、昨年、フロリダ、リーズ、メルボルン、ドイツ・エアランゲン・ニュールンベルグ大学、マックスプランク研究所（マインツ）、スイス連邦工科大学の5カ国6微粒子科学技術研究機関との世界的ネットワークを構築した。今年度は、相手国側の世界トップレベルの研究者と日本の若手研究者とのface-to-faceの濃密な接触が可能となる種々の企画を行い、互いの研究レベルの向上、若手研究者育成に力点を置き、上記の世界的ネットワークをより強固なものとし、互いの信頼関係を深めることに腐心した。具体的には、数多くの研究者派遣を行なうと共に長期派遣の数を増やし、相手側研究機関で開催されるセミナーでは、必ず口頭発表を行うことを義務づけ、情報交換は勿論であるが、ディベート力や発表力が身につくようにした。また、相手側研究者や著名な研究者が来日したときには、セミナーを開催し最新の情報交換を行った。さらに、過去3年間で培った研究者間の個人的人脈を利用して、より実質的な研究成果が期待される共同研究の更なる推進や新たな立ち上げを強く推進した。その結果、来年度に向けて、20件の国際共同研究、12件の国内共同研究が行なわれるまでになった。

### ② 平成21年度事業計画の達成状況

**A 学術的な成果：**班員が昨年度出版した論文総数168件中、本事業名が期されている論文が35件、共同研究の共著論文が11件と、確実に本プログラムの共同研究の成果が出始めている。微粒子ハンドリング科学の分野のみならず、いずれの分野においても画期的な研究成果を出すためには、高度な科学・技術を如何に組み合わせるかが重要である。班員の共同研究から、学問分野の境界を越えた共同研究でしか実現することができない学術的成果が出始め、特に、若手研究者の間で、共同研究の輪が急激に広がりつつある。

**B 持続的な協力関係の基盤構築：**今年度までの、派遣、セミナー、共同研究を通じた情報交換で、5カ国6研究機関が、それぞれ特徴を持ちつつも、互いの研究レベルの高さを認め合うと共に、いずれの相手側研究機関も、次世代若手研究者育成に関する本プログラムの重要性を認識しており、協力関係は盤石なものになっている。”Core-to-Core”という表現も世界語になりつつある。また、本プログラム後の持続的な協力関係を如何に維持するかが模索され始めている。

**C 若手研究者養成における成果：**若手研究者の本プログラムによる成長は著しい。相手国研究者の日本の若手研究者の英語での発表力、ディベート力に対する成長に対するのみならず、研究内容に対する評価も極めて高い。日本の若手研究者の方にも、英語による表現力はNativeにかなわないとしても、研究内容では劣ることはないと言う自負が感じられ、臆すること無く、口頭発表やDiscussionを行っている。また、若手研究者の間の共同研究の成功例が出ていることに刺激され、本プログラムのネットワークを基に、科学研究費、JST、NEDOへの共同応募の試みも数多く行われている。

**D 国際的学術情報の収集整備：**日本側研究拠点を含む6研究組織については、各国コーディネーターの属する学会の系統の違いから、微粒子ハンドリング科学の確立には十分には組織だっていなかった。しかし、本プログラムが中心となって、国際的な異分野交流、頻繁な情報収集・情報交換の結果、互いの不十分な点を埋め合わせ、国際的に学術情報の収集整備が促進された。

**E 事業の波及効果：**本プログラムの重要性は、相手側研究機関のコーディネーターは勿論のこと、多くの海外からのセミナー講演者が認めることである。即ち、本プログラムの国際・国内ネットワークから得られる多大な情報交換と共同研究は、微粒子から生成される先端材料およびその生成プロセスに多大な影響を及ぼし、本プログラムの目指す「高度な微粒子ハンドリング科学」の体系化に大きな波及効果をもたらす。また、本プログラムで構築されたネットワークを如何に長く保持して行くかが、日本側、相手国側を問わず模索され始めている。

## 実施状況

### 日本側拠点機関における研究交流課題への取り組み（事務支援体制等の観点より）

研究交流課題への取り組み方に対しては、京都大学・工学研究科・高等研究院・先進微粒子科学技術部門の当プログラム・コーディネーターの強いリーダーシップの下、年度初めと終わりの全体会議、ならびに数多くのセミナーにおいて、参加班員間で常に活発な議論がなされ、順調に推移してきた。また、本プログラムのセミナー、派遣、共同研究への膨大な事務は、京都大学・工学研究科・事務部スタッフによる献身的なサポートにより、極めて順調に推移した。

## 共同研究

共同研究は、本プログラムの交流目標を実質的に達成する「基本」と考えており、特に若手研究者間の共同研究の推進を強く促してきた。H21年度は、計14件の共同研究が若手研究者を中心に実施された。

過去4年間、セミナー、派遣を通して密度の濃いface-to-faceの接触を図ってきた結果、現在、来年度に向けて、多数の新たな共同研究（国際共同研究6件、国内共同研究4件）への希望が表明されている。

今年度の国際共同研究の状況は下記の通りである。

### 継続国際研究：

#### 1) 荷電微粒子分散系における電気流体力学現象の解析

山本量一（京都大学大学院工学研究科）－ S. Biggs (Univ. of Leeds)

本研究は、山本研究グループがシミュレーションを、Biggs研究グループが対応する実験を受け持つことで、分担等の検討を重ねてきたが、互いの研究グループ内の研究員の人的な対応が取れなかったため、本共同研究を、一旦、終了することとなった。

#### 2) 帯電粒子の計測と応用

松坂修二（京都大学産官学連携センター）－ M. Ghadiri (Univ. of Leeds)

共同研究は順調に進み、その成果として、Chemical Engineering Science 誌に“Triboelectric Charging of Powders”が投稿された。粒子帯電プロセスの数値計算手法の開発および粒子帯電実験は継続している。

#### 3) がんの診断及び中性子捕捉療法に適用可能なガドリニウム含有ナノ粒子の開発

市川秀喜（神戸学院大学薬学部）－ B. Moudgil and P. Sharma (Univ. of Florida)

昨年度、調製に成功したがん中性子捕捉療法用のGd<sup>203</sup>ナノ粒子の細胞毒性試験を実施し、本ナノ粒子が低毒性（cytotoxicity：10%程度）であることを明らかにした。動物実験のための粒子大量調製法を継続検討中である。また、先に開発したGd含有キトサンナノ粒子のMRイメージングへの適用性を評価し、その成果を学術雑誌にて報告した。

#### 4) コロイド結晶形成プロセスの現象解明

渡邊 哲（京都大学大学院工学研究科）－ P. Jiang (Univ. of Florida)

コロイド結晶、特にストライプ状コロイド結晶の形成過程についての検討を進め、その形成メカニズムを明らかにするとともに、形成構造の応用についての検討も行った。この結果、国内の会議で口頭発表を行うことにつながり、学術雑誌へ投稿予定である。

#### 5) 固気流動層を用いた乾式比重分離法の選鉱技術としての利用

押谷 潤（岡山大学自然科学研究科）－ G. Franks (Univ. of Melbourne)

岡山大学に実証試験用の大型連続分離装置を導入し、メルボルン大学を通じて入手した塊状鉄鋼石の分離実験を行い、良好な結果を得ている。メルボルン大学では、塊状石炭を対象とした分離実験を行い、石炭の高品位化に適した諸条件の洗い出しに成功している。引き続き、粒状の鉄鋼石および石炭の分離を共同して進める予定である。なお、塊状鉄鋼石分離の基礎に関する共同研究の共著論文がAdvanced Powder Technology 誌に掲載されることが決定した。

#### 6) 界面に吸着した高分子微粒子の接触角に関する研究

藤井秀司（大阪工業大学工学部）－ H. Butt and M. Kappl (Max Planck Institute)

大阪工業大学にて合成したミクロンサイズのpH応答性ヘアーを有する高分子微粒子の空気-水表面での接触角をMax Planck研究所にてAFM法測定することに成功している。来年度は温度応答性分子微粒子の接触角測定に関する研究を行うことで合意に達している。

### H21年度新規国際共同研究：

#### 7) 無機ナノファイバーの作製とナノ流体技術への応用

長嶺信輔（京都大学大学院工学研究科）－ Y. Ding (Univ. of Leeds)

酸化チタン中空ファイバー、酸化チタン-カーボン複合ファイバーの作製に成功しており、今後ナノ流体への応用可能性の検討を進める予定である。

8) 感温性ポリマーの機能性凝集剤への応用

石田尚之(産業技術総合研究所) — G. Franks (Univ. of Melbourne)

感温性ポリマーの固体への吸着機構と凝集性能の関係性を明らかにし、論文1報を共著により国際誌に発表した。来年度はさらに新たな機能を付加した凝集剤について検討を行うことで同意している。

9) 複数の環境刺激に応答可能な新規機能性粒子の開発

石田尚之(産業技術総合研究所) — S. Biggs (Univ. of Leeds)

環境刺激に応答するポリマーを固定化した表面の構造変化を観察し、表面機能との関連を見いだした。この結果を共著で論文発表準備中である。来年度は複合重合化による複数刺激に同時に応答する表面の創製を試みる。

10) ナノ粒子の液中分散法の開発

後藤邦彰(岡山大学大学院自然科学研究科) — W. Peukert (Univ. of Erlangen-Nuremberg)

日本側で開発したキャリア粒子を用いた分散法の成果とドイツ側がこれまで検討してきたビーズミル法の成果について情報交換し、今後の研究の進め方を議論した。その過程で、日本側成果について意見交換し、その内容を含めた学術論文を発表した。今後も、双方での検討と情報交換、日本側試料のドイツでの分析・解析などを予定している。

11) 気液界面での粒子と分子膜の相互作用

マクナミー・キャシー(信州大学・ファイバーナノテク国際若手研究者育成拠点) — 東谷 公(京都大学工学研究科) — H. Butt (Max Planck Institute) — D. Chan (Univ. of Melbourne)

Max Planck 研究所にしかないMP I A(液体中、界面—粒子の間にフォースを測る装置)を用い、空気・媒体界面の単分子膜と粒子との表面間力を測定し、その実験結果を理論的に解析した。現在論文をLangmuirに投稿中である。

12) ナノ粒子のセルフアセンブル技術とその応用

菅野公二(京都大学大学院工学研究科) — W. Peukert (Univ. of Erlangen-Nuremberg)

コロイド粒子間相互作用を制御することで、ナノ粒子配列における粒子間隔をナノメートルスケールで制御することに成功した。この成果を基に、ナノ粒子配列の電気的・光学的特性の計測とセンサへの応用に入る予定である。

13) 格子ボルツマン法による固体表面上の濡れのシミュレーション

新戸浩幸(京都大学大学院工学研究科) — Y. Ding (Univ. of Leeds)

日本側で開発された格子ボルツマン法の計算コードを、リーズ大学と共有して、固体表面上の濡れの解析を進めている。

14) 凝集する性質を有するコロイド分散系のレオロジー特性

足立泰久(筑波大学大学院生命環境科学研究科) — P. Scales (Univ. of Melbourne)

コロイド懸濁液の流動特性をフロック形成と懸濁液の粘度および降伏値の關係に着目して解析した。その結果、コロイド粒子の希薄限界に対し適合される粘度式の粒子間相互作用を反映する項において、フロックの構造形成とフロック間の流体力学的相互作用が重要な影響を及ぼしていることが推定された。一方、降伏値の測定限界となる準希薄領域において、凝集状態のモンモリロナイト懸濁液の降伏値をメルボルン大学で開発されたベーン法を用いて測定し、同手法の有効性を考察した。

## セミナー

今年度のセミナーは、当初計画とは講演者に1名の変更があったものの、ほぼ計画通り、合計10回のセミナーを開催した。最終的な研究者・学生（班員外も含む）のセミナーへの参加者数は、のべ約360名に達した。

**セミナーの位置づけ**：本年度のセミナーでは、相手側研究機関から、世界屈指の研究者 Hans -J. Butt 教授 (Max Planck Institute)、N. Spencer 教授 (Swiss Federal Institute of Technology)、D.Chan 教授 (Melbourne Univ.)、新進気鋭の W. Stark 准教授 (Swiss Federal Institute of Technology)、S.Brown 上級研究者 (Florida Univ.) E. Bonaccorso 上級研究者 (Max Planck Institute) によるセミナー講演が行われた。相手側研究機関以外では、世界屈指の研究者、V.Craig 教授 (National Australia Univ)、G.Pollack 教授 (Washington Univ.)、K.Troev 教授 (Bulgarian Academy Sci)、M.Stintz 教授 (Dresden Tech. Univ.)、E.Tombacz 教授 (Univ. Szeged, Hungary)、A.Arora 教授 (Indira Gandhi Center)、他、新進気鋭の C.Wang 准教授 (National Univ. Singapore) 並びに A. Dukhin 博士 (Dispersion Tech Inc) の計14名の研究者のセミナー講演も行い、本交流事業の基本概念の確認および紹介、今後さらに研究交流を推進するための意見交換などを行った。各回のセミナーでは、講演テーマを絞り、日本側から毎回異なる2名程度の講演者を組み合わせ、当該研究テーマを中心とした活発な議論および最新情報の交換を行っている。

この様に、セミナーは、世界一流の研究者と班員との密な接触により、班員の研究レベルの向上と共に、班員の研究内容の世界への発信を行う場となっている。

**セミナーが果たした貢献**：セミナーの開催により、アメリカ、イギリス、オーストラリア、ドイツ、スイスの先端的な研究における微粒子ハンドリングに関する情報共有が行われると共に、現在、行っている共同研究に対する重要性の確認が益々高まり、研究分担による研究の高度化が図られると共に、研究者間の個人的な交流が促進され、来年度の国際共同研究20件、国内共同研究12件が行なわれるに至っている。

特筆すべきは、例年行っている Young Researchers' Meeting に対する各国の研究機関の評価が極めて高く、今年度は、英国リーズ大学が、第35回セミナーとして、英国ヨーク市並びにリーズ大学にて4日間にわたり開催された。参加研究者合計47名（日本：15名、英国：21名、オーストラリア：4名、ドイツ：7名）の若手研究者によって合宿形式の密度の濃いセミナーが行われ、次世代を担う若手研究者同士で face-to-face のネットワークが形成された。これは次世代の世界的研究者ネットワークとして、微粒子ハンドリング科学の発展に大きく貢献をすると確信している。



## 研究者交流

日本側研究者の派遣については、フロリダ大学、リーズ大学、メルボルン大学、エアランゲン—ニューレンベルグ大学、マックスプランク研究所、スイス連邦工科大学、カールスルーエ大学、シンガポール国立大学、カーテン大学の各研究機関へ班員を派遣し、現地での合同セミナー、交流会を通して、情報交換を行った。今年度は特に、メルボルン大学の班員として登録されていたカーテン大学のQinLi 講師の企画並びにカーテン大学の強力なバックアップにより、当大学の微粒子研究者との情報交換セミナーを行い、若手研究者間のネットワークが更に広がった。

**研究者交流の位置づけ:** 上記のような若手を中心としたのべ15名の日本側研究者を主に9相手側研究機関へ派遣した。現地での合同セミナーでは、口頭発表させることを義務づけており、発表力、交渉力、ディベート力、国際的感覚などが向上を図るようにしている。その他、研究施設・設備の見学、交流会などを通じて、face-to-faceの接触をさせ、各自ネットワークが構成されるように組み立てている。これらの成果は、日本で開催されたセミナーによる接触だけでは、期待できないもので、新たに提案されている多くの共同研究にその成果が現れていると考えている。

**研究者交流が果たした貢献:** 以上のように、本研究者交流は、本プログラムの目標に相応しい先進微粒子科学技術に関する最新情報交換、情報収集、研究者間ネットワークの構築、共同研究の推進、研究者の意識向上とレベルアップに確実に貢献している。特に若手研究者が、自らの研究に自信を持ち、積極的に共同研究を提案し、相手側研究者との共著論文も出し始めている。一方、相手側研究者も日本の若手研究者の研究内容、並びに研究レベルの高さを評価し、共同研究に積極的になっている。