

日中韓フォーサイト事業 平成 21 年度 実施報告書

1. 拠点機関

日本側拠点機関：	長岡技術科学大学
中国側拠点機関：	武漢理工大学
韓国側拠点機関：	サンムーン大学

2. 研究交流課題名

(和文)： セラミックス「らしさ」の追求による多機能性セラミックスの新機能と実用性の
顕在化

(交流分野：材料科学)

(英文)： Exploring of New Functions and Application Potentials of Multifunctional Ceramics

(交流分野：材料科学)

研究交流課題に係るホームページ：[http:// etigo.nagaokaut.ac.jp/foresight/top.html](http://etigo.nagaokaut.ac.jp/foresight/top.html)

3. 開始年度

平成 20 年度 (2 年目)

4. 実施体制

日本側実施組織

拠点機関：長岡技術科学大学

研究代表者（所属部局・職・氏名）：極限エネルギー密度工学研究センター・
特任教授・新原皓一

実施組織代表者（所属部局・職・氏名）：学長 小島 陽

協力機関：東北大学、東京大学、東海大学、信州大学、京都大学、大阪大学、
大阪府立大学、九州大学、佐賀大学、長崎大学、鹿児島大学

事務組織：長岡技術科学大学 学務部国際課・課長 高橋 俊二

学務部国際課国際交流係・係員 中村 宏

相手国側実施組織（拠点機関名・協力機関名は、和英併記願います。）

拠点機関：(英文) Wuhan University of Technology

(和文) 武漢理工大学

研究代表者（所属部局・職・氏名）：(英文)

State Key Lab of Advanced Technology Materials Synthesis and

Processing・Professor・Zhengyi FU

協力機関：(英・和文) Tsinghua University (清華大学), Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences (上海セラミックス研究所, 中国科学院), Technical Institute of Physics and Chemistry, Chinese Academy of Sciences (物理化学技術研究所, 中国科学院), Wuhan University (武漢大学), Huazhong Normal University (華中師範大学), Huazhong University of Science and Technology (华中科技大学), China University of Geosciences (中国地質大学), Guilin University of Technology (桂林工学院)

(2) 韓国側実施組織

拠点機関：(英文) Sun Moon University

(和文) 韓国 私立 サンムーン大学

研究代表者 (所属部局・職・氏名)：(英文)

Department of Materials Engineering, College of Engineering・
Professor・Soo Wahn LEE

協力機関：(英・和文) KIST(韓国科学技術研究院), Hanyang University(漢陽大学),

Inha University (仁荷大学), Soon Chun Hyang University(順天卿大学),

Gyung Sang National University (慶尚国立大学)

5. 全期間を通じた研究交流目標

世界的な社会発展の背景の元、日本、中国、韓国を中心とした人口集積地域における環境問題やエネルギー問題が喫緊の課題となっている。これらの問題を克服するためには、日本を中心とした東アジア諸国が世界的にも優れた研究を発信している材料分野の技術革新が不可欠である。とりわけ、セラミックスは当該地域の歴史的な発展の背景と、材料自体の有する多様な機能性の魅力の双方の観点から当該地域における最も重要な戦略的材料の一つであるといえる。この種のセラミックスは一般に構造用セラミックスと機能性セラミックスに分別されてきた。これはセラミックスの多様性の一つを物語るものであるが、これまでのセラミックス研究はそれぞれが独自の進化を遂げている。これに対し、日本側研究代表者である新原は、ナノコンポジットの概念をセラミックスを中心とする材料に導入することで、シームレスにこれらの異種材料が複合出来ることを世界に先駆けて提案し、具現化してきた。これら研究は JSPS 拠点大学交流事業によって日韓連携研究として推進され、学術的な成果はもちろんのこと、これを踏まえた多くの実用化材を開発し、日韓併せて 6 社のベンチャー企業を生み出すなど多くの成果を生み出した。これらの研究を深化する中で、多機能調和型のセラミックス材料設計指針が提案されると同時に、コーティング材料としてのセラミックス多機能調和材料の優位性が明らかとなった。直近においてはナノレベルでの積層コーティング型の機能調和材料において、各層に異なる構造・機能を分

担させることが出来れば、これまでの複合体に見られない卓越した新機能が発現することを予見されている。本研究交流の目的は、この材料設計指針を具現化するために、日中韓の卓越したセラミストが結集することで社会システムを支える基板技術としての材料科学に革新的な進化をもたらそうとするものである。日本側代表者は本研究交流で構築される武漢理工大・SunMoon 大から計 5 名の博士後期課程学生を受け入れ、全員が学位を取得して新進気鋭の研究者として母国および日本で活躍している他、既に多数の共著論文を生み出すなどの「絆」を有している。そこで、本研究交流の目標はこの「絆」を基礎に、本交流事業を触媒とすることで、これまでの交流事業にない踏み込んだ形での連携体制を構築し、三国が共生できる社会を材料科学の分野から構築する事を目指す。また、次代を担う若手研究者に対し、真のマルチディシプリナリーな素養を身につけさせると共に、若いうちに多様な経験を与えることで先導的な人材を育成することを目指す。

6. 平成 21 年度研究交流目標

昨年度までに形成された互いの連携と信頼を踏まえ、実効的な研究の芽を促進させ、結実させる。昨年度の研究交流、セミナーなどの活動を通して予想以上に早く研究者同士の信頼関係を構築できたため、そのような交流関係が構築できた者においては実効的な研究を進めていく。本年は共同研究を実効的に進展させる年であり、最重点課題として取り組んでいるエネルギー問題、環境問題を克服するための多機能性セラミックス分野に対し、数多くの先導的な研究事例を生み出すことを目標とする。

これらの研究において得られた成果を中間報告的に韓国と中国のセミナーで発表するとともに、日本でのセミナーにおいて主要な研究者が集い、年次報告を行う。それぞれのセミナーでは単なる成果報告の場とするのではなく、後述するような特徴を持たせることで、本事業をより効率的に推進させる。

若手研究者の育成の観点から、7 月に開催される韓国での国際会議において、三カ国の助教、博士後期過程学生を中心としたメンバーを合宿スタイルで一同に介する場を設け、各国のプロジェクト代表者を初めとした指導的立場の教授陣からのレクチャーを授け、大局的なものの見方、また、今後のセラミックス科学の進むべき道についての指導を与え、10 年後にこの領域で世界を先導する科学者としての指導を行う。

また、更に強固な研究活動を国内外での口頭発表や論文発表などの形を通して対外的に発表していく。

7. 平成 21 年度研究交流成果

7-1 研究協力体制の構築状況

三カ国の研究代表者同士は過去 8 年以上にわたって何らかの国際交流活動を行ってきた実績を有していた。しかしながら、本事業においては、セラミックス分野に於ける国際的先導研究拠点形成を目指すために、新進気鋭の若手研究者同士の濃密な交流が不可欠であ

るが、必ずしも全ての参画者が互いの研究内容を知っていたわけでは無かった。

また、材料研究の国際交流においては、情報科学分野などとは異なり、実際の「もの」を互いに触ることなしに、その材料の特性、長所、問題点を知り合うことは不可能である。確かに、論文などにおいて、その材料の特性を知ることは出来るが、例えば材料プロセス上でのノウハウなど、論文には取って書かれていないコツなどが有るため、セミナーなどでの口頭発表などの「情報」のやりとりだけといった安易な方法で革新的な材料を生み出すことは不可能と言って良い。しかしながら、材料研究者にとって、「もの」を提供すると言うことは相当多くのノウハウを流出させることにつながる。特に、異国の研究者に「もの」を渡すということは、材料研究の分野においては知的財産の意味でも相当に問題となるため、真の相互理解と信頼関係が無くては前進させることは出来ない。もちろん、最先端の「もの」を相互にやりとりすることは個々の研究者の最重要な部分を開示することになるため、極めて難しい。従って、共同研究を行うためには真に違いを尊敬しあえ、互いの研究を取り入れることで自らの研究が進展すると感じられるような研究能力を持った者同士が連携し、開示できる範囲で最大限協調しようと思える人間関係を構築出来ることが必要不可欠である。この考えの下、プログラム初年度においては、それぞれの国の代表者だけでなく、参画者同士が可及的速やかに互いの研究内容、スキル、コンセプトに加え、互いの「もの」について共有化し、真に尊敬できる関係なのかどうかを知る事ができた。状況をふまえ、2年目においては、さらなる共同研究の加速を行った。具体的には、共同研究を実効的に進めるためには、単純にセミナーや研究打ち合わせだけで表面上の交流を行うだけではなく、実際にその現場に行き物を作り、観察し、測定するというリアルな交流が必要不可欠であった。幸いなことに本プロジェクトにおいては、日本、中国、韓国側のいずれにも多くの若手教授（40代前半）、若手准教授（30代）、および助教、博士後期課程学生が所属しており、国際共同研究という大型のプロジェクトであるが、その構成員の60%以上が30代以下という極めて実効的に動かし易い年齢構成であるために、互いの研究室を訪問したり、互いの実験条件を公開し合ってその実験を各国の研究室でもトレースして行ってみたりするなど、真の共同研究を行うことが可能となった。

7-2 学術面の成果

日中韓でのそれぞれの得意分野を出し合って共同研究を行うことによって、以下のような学術面での成果を生み出すことに成功した。いくつかの代表的な成果例を箇条書きにて報告する。

① ナノインプリント法による環境浄化セラミックス触媒担体の微細構造制御

近年、ナノインプリントあるいはナノキャストと呼ばれる微細加工技術に注目が集まっている。ナノインプリントとは、CD-ROM を作製する時のように、ナノレベルの金型を加熱した樹脂などに押し当てることによって、パターンニングを行う技術のことである。その寸法精度はフォトリソに匹敵するレベルにまで迫ってきており、プロセスコストが劇的に下がることから、触媒担体製造技術分野におけるイノベーションが期待できる。即ち、人

工的で理想的な触媒構造を極めて低コストに合成出来ることでこれまでにない理想的な触媒を合成出来ると考えられる。しかしながら、ナノレベル領域においては、毛細管現象や表面吸着の影響が指数関数的に高まるため、金型と樹脂の離型性が著しく低下する現象が知られている。このため、現時点では高アスペクト比部材の作製が困難であるという問題点を有している。ここで、カーボンナノチューブやフラーレンにおいては、高い潤滑性を有していることが知られており、この特性を金型技術に転用することが出来れば、最大の壁を克服できる可能性があると考えている。そこで、樹脂と金型の離型性を向上させる事を目的として研究を行った。特に中国側においてノウハウを有していた様々な材料とカーボンナノチューブとの複合化技術を用いることによって、金属基、セラミックス基、ガラス基からなるカーボンナノチューブ複合材料を利用することに成功し、触媒担体に対して、高アスペクト比加工を実現するためのナノインプリンティング用モールドを合成することに成功した。この技術を触媒担体用のセラミックス材に適用することでセラミックス焼結体表面に 300nm 程度の微細加工が可能となり、この値はセラミックスの粉末冶金的な手法による微細加工として世界で最も微細な値であることをヨーロッパセラミックス学会誌に投稿し、採択された。このようにナノカーボンの離型特性を最高に発揮することで、これまでに類を見ない微細なセラミックス焼結体を合成出来ることを世界で初めて提案し実証することに成功した。

② ナノ秒パルス電源を用いたナノ粒子配向技術の確立

長岡技術科学大学においては、ナノ秒でのパルス電源構築技術を有していた。これに対して、韓国側においては、様々な構造からなるナノ粒子を合成するためのノウハウを有していた。これらの技術を組み合わせることによって、ナノ秒パルス電源を用いた新たなナノ粒子の配列手法を提案することに成功した。具体的には下記の通りである。

放熱材料 (Thermal Interface Material、TIM) は CPU などの発熱体とヒートシンクの間に入れ、発生した熱を効果的に冷却システム (ヒートシンクなど) に伝える役割を担う。TIM には、グリス、エラストマーシート、RTV (Room Temperature Vulcanization)、ゲル、フェイズチェンジシートなど様々な性状の材料があるが、ポリマーだけでは熱伝導率に限界がある。そこで近年ではこれら有機物マトリックス中に無機フィラーを混合した有機無機ハイブリッド材料が注目されている。特に、これら材料中の無機フィラーを配列制御することが高い熱伝導率を担保するために必要な要素技術となっている。長岡技術科学大学と東北大学、韓国サムスン大学および中国武漢理工大の研究グループにおいては、それぞれの研究者の有する得意なプロセス場として、超伝導マグネットならびにナノ秒パルス電場の 2 つの場を用い、ポリシリコンマトリックス中の BN ナノシートの配向実験を行った。BN ナノシートをポリシロキサン (触媒、硬化剤などを混合したもの、約 14 時間で完全硬化する) と混合したのち、磁場ならびにナノ秒パルス電場中で電磁場を印加しながら硬化させた。磁場中配向のためには、ボア径 100mm ϕ 、最高印加磁場 10Tesla の超伝導マグネットを利用した。また、ナノ秒パルス電場配向のために

は、自作の電源（パルス幅 30nsec、40kV）を用い、電極面積 2mm にて電圧を印加した。超伝導マグネットにより磁場を印加しながら硬化したサンプルにおいて、無磁場と比較して膜面垂直方向に高い配向度を示す BN/ポリシリコンゴム複合体が合成出来ることが明らかとなった。ただし、BN の添加量が増えると、互いに回転を阻害しあうために配向度が低下してしまうことが確認された。ただし、この問題はポリシリコンモノマーの粘度を低下させるなどの工夫によって解決できると考えられる。ナノ秒パルス電場においても同様の配向制御を行うことが可能であることが確認された。本実験で用いたナノ秒パルス電源は誘導型エネルギー蓄積回路であるため、負荷が高いほどパルス幅も最高電圧も高くすることが可能となり、高面積の処理を行うためには好適であることが確認された。しかしながら、ナノ秒パルス電場を用いた場合、処理時間が長くなると電気泳動のように、片方の電極に BN ナノシートが凝集する傾向が見いだされた。これに対し、磁場中配向ではそのような傾向は確認されなかった。以上の結果から高熱伝導性を有し、小型モバイル端末の放熱に最適で、かつ、その信頼性を高めることの出来る放熱材料の合成に成功した。

③ 液中レーザーアブレーション法による新規ナノセラミックス合成技術の確立

特異な構造や形状を有する異方性ナノ材料はその構造・形状に起因して、球形ナノ粒子では得られない種々の特性の発現が期待できる。また、従来真空中で形成されてきた高エネルギー密度場を液中で形成して材料合成を行う液相レーザーアブレーション法やソノケミストリー法が提案されており、これら手法の高い非平衡性を利用することによって異方性ナノ材料が合成できることが中国側において達成された。さらに、日本側において、これら技術を活用することで液相レーザーアブレーション法によって異方性を有した銀ナノシートの作製に成功した。しかし、昨年度までにおいて異方性ナノ材料形成過程については必ずしも検討されてこなかった。そこで本年は銀化合物が光に対して敏感な性質を有している点に着目し、銀ナノシート形成と光の影響について調査した。この点を元に、超音波と光の同時照射による銀ナノシートの合成に関する実験を中国側と日本側の研究者の共同により、様々な溶液法で行い、厚み 10-30nm の銀ナノシート上に均一粒径で単分散からなるナノ粒子が付着した構造をもつナノ複合体が合成出来ることを見いだした。また、光照射の光源波長を短くするにつれナノ粒子の付着量が増加傾向にあることを見出した。これは、超音波によるナノシート形成に加え、光励起の還元作用によってナノシート上にナノ粒子が析出したと考えられ、その形成速度によって形成物の構造が決定することを示唆しており、光照射と超音波の照射条件の最適化によって初めてシート/粒子複合体の合成が可能となることを示した。この技術は新しい断熱材料へと適用が可能であり、住みやすい住宅づくりに貢献できるだけでなく、省エネルギー住宅への適用も期待できる。

④ 酸化チタンナノチューブの構造・機能設計と環境・エネルギーシステムへの展開

低次元構造を持つナノ材料はその特異構造に由来する多様な機能が期待できる。東北大学、長岡技術科学大学、及び韓国の大学とでは、低温溶液化学プロセスや電気化学プロセスを適用・展開することで、多様な酸化チタンナノチューブ (TiO₂ Nanotube, TNT) の合成を行っている。本材料は酸化物半導体材料であるTiO₂ が持つ多様な物理化学的機能と低次元ナノ構造の協奏により優れた機能発現や高次機能化が期待できることから、本年度は次世代型の環境保全やエネルギー創成システムへの展開を視野に、高次構造制御プロセスを適用したTNT系材料の創成と多様な機能評価・機構解明を行った。合成条件および粉末処理条件を制御して得たTNTを色素増感型太陽電池 (DSC) 光電極へ応用した場合、通常のナノ粒子系電極に比較して発電特性を向上できることを確認した。これは、ナノ粒子系に比較して大きな比表面積とそれに伴う吸着色素量の増加、ナノチューブ構造内での長電子寿命など低次元ナノ構造による機能向上のためと考えられた。一方、電気化学的手法を展開し、従来プロセスでは必須であったフッ化物イオンを含まない電解液を用いた陽極酸化法によるTi金属上へのTNT高速直接合成法を最適化すると共に、これを光電極として直接DSCへ適用することで高い開放端電圧とフィルファクター特性を有する太陽電池として機能することを見いだした。以上のことから、セラミックス系複合材料を利用することで、新しい太陽電池材料に関する新しいアイデアを提案し実証することに成功した。

以上の様に、初年度において構築した研究者同士の交流の絆を確固たる太い綱に変え、2年目である本年度はリアルな共同研究を進展することに成功した。また、これらの成果は多くの共著論文および国際会議発表にて公表されている。また、特に若手研究者の育成のために各セミナーにおいては、単なる研究発表の場としてだけではなく、次世代を担う研究者へのエンカレッジを促進するようなレクチャーを各国の重鎮教授層からいただき、日中韓のチーム全体の研究力の底上げとモチベーションの向上に成功した。

7-3 若手研究者養成

本プロジェクトには、各国のセラミックス学会でのリーダー格の教員 (主に教授層) が多数参加している。(日本セラミックス協会会長、日本セラミックス協会副会長、韓国表面科学学会会長、韓国 MRS 次期会長等) これら、セラミックスの学術面を引っ張るエース的な教員が、次世代の若手研究者を育成するためのレクチャーを今年度開催した3回すべてのセミナーの期間中に行った。特に、6月に開催したCJK2009国際会議 (韓国 済州島) においては、1日みっちり若手研究者のために各国のエース級教授がレクチャーを行った。その内容は、英文論文を書くためのポイント、今後セラミックスの分野でどのような研究が成長するかの予測 (特にナノバイオ分野の動向と予測)、研究者としてのこれからの人生設計について、など通常の大学の講義や、学会などでは聞くことのできないすばらしい内容であった。中でも、英文論文を書くためのポイントの講義については、日本の教授や准教授の層からも、ビデオ撮影をしていなかったことが惜しまれるとの声が上がった。

7-4 社会貢献

国際交流プログラムにおける成果を社会に還元するために、研究初年度と同様に、引き続き本年度においても、ホームページの開設と同ホームページにおける様々なデータの提供を行っている。本プロジェクトのホームページにおいては、セミナーの会告、レクチャーの会告、ワークショップの会告など行事予定を発信すると共に、これらの報告を行う。また、これらの成果の中から、酸化物超伝導体の結晶構造に関するデータベースを公開している。また、本研究を遂行している研究者らは、本プロジェクトで得られた知見を含めた先端的な研究内容を、ながおか市民大学、高専技術職員教育講習会、高度技術者講習会、高等学校教員研修会、高専生へのオープンキャンパスなどの機会において教育普及活動に努めている。

さらに本年度においては、これらの活動に加えて、本研究の技術シーズを世の中に還元することを目的として、たとえば日本国内では JST 主催の新技术説明会 (<http://jstshingi.jp/nagaoka/2009/program.html>) などを通じ、本プロジェクトで得られた成果を積極的に公開した。このことによって、日中韓での研究の成果が、いくつもの企業との共同研究が新規に開始された。具体的な企業名は守秘義務のために記載を避けるが、これらの共同研究の中には、日本の大学と中国の企業、あるいは、中国の大学と韓国の企業というように国を超えた共同研究に至っている事例も存在している。

また、このように国際的な共同研究において形成された研究成果を国際標準規格の設定に対して適用する試みもなされている。本研究プロジェクトに参画するメンバーが世界標準化の委員に選ばれ、本プロジェクトで得られた成果を基に国際標準の算定に取り組んでいる。このように、地域レベルでの社会貢献から、企業との産学レベルでの地域貢献、さらに、国際的な規格作りによる国際的な社会貢献など、様々なフェーズでの社会貢献を同時並行的に進めることで多角的な社会貢献を進展している。

7-5 今後の課題・問題点

本年の研究成果において、数多くの実用化に近いフェーズの研究成果を多く生み出すことが出来た。例えば、太陽電池材料、放熱材料、触媒材料、ナノ粒子合成技術などである。これらの成果に対して、特許出願を行う必要があるが、このために学术交流協定の中に特許の条項を新たに設ける必要が生じた。当初の共同研究前の段階では、共同での論文執筆は想定していたが、特許出願や実用に近いフェーズの研究がこれほど多く生み出されるとは想定していなかったためである。今後は、共同での起業なども視野に入れ、実用化を行うときに異国と win-win の関係を構築するための最適なスキームを考えていかねばならないと考えている。

7-6 本研究交流事業により発表された論文

平成21年度論文総数 48本

うち、相手国参加研究者との共著 16本

うち、本事業がJSPSの出資によることが明記されているもの 4本

(※ 詳細は別紙「論文リスト」に記入して下さい。)

8. 平成21年度研究交流実績概要

8-1 共同研究

昨年度までの共同研究において、個人と個人、という形での共同研究を多く遂行することが可能となった。これを推進するためには短期間での交流に加えて、ある程度長期間に渡る若手研究者の派遣による実効的な交流が必要不可欠であると判断した。これは、材料工学の研究においては、材料の設計、作成、プロセスの改良、材料の解析、および特性の評価の一連の流れを取り組むためには少なくとも一ヶ月、出来れば一年程度の期間をかけることが必要不可欠であると判断したためである。このことに基づき、中国西安交通大学の博士課程の学生が、昨年度の前半には韓国サンムーン大学において、触媒材料の測定に関して1ヶ月の滞在を行い、多孔体セラミックスの触媒特性評価についてみっちり実習研修を行い、さらに同じ人物が日本の長岡技術科学大学において、セラミックスの高速焼結プロセス実験を行い、多孔体材料を合成するための世界最先端の装置を用いて材料合成を行った。この学生は現在中国の西安交通大学に戻り、現地の研究室に韓国の触媒測定装置を模した装置を設計試作しており、日本で焼結合成した多孔体の触媒特性を韓国の技法で中国において実験する環境を整備している。そのほかにも、中国武漢理工大学の博士研究員が日本の長岡技術科学大学においてナノセラミックスの合成プロセスについて日本にしかない装置で実験を行っているなど、特に若手研究者の間での数多くのリアルな交流を加速することに成功した。これらの成果は既に7-2項などで記述されているように多くの学術的あるいは応用的な業績を得ることが出来た。

8-2 セミナー

研究初年度においては、セミナーは主にそれぞれの研究者の研究シーズの紹介的な側面が大きかった。本年度は既に走っているそれぞれの共同研究の成果の発表とそれを相互的に評価し、よりよい協力関係を構築していくためのセミナーという位置づけとなった。

韓国で開催したセミナーは前述の7-3項で示されているように、若手研究者の教育としての側面を強く打ち出したセミナーとした。本プロジェクトに参画している日中韓において指導的な役割を担っている教授陣が若手研究者に論文の書き方や研究ターゲットの設定方法等について経験を基にレクチャーをする機会を設けた。このことは他のシニアの研究者にも多大なる影響を与え、懇親会や個々の部屋において深夜まで多くの研究に関する議論を引き起こす良い引き金となった。中国のセミナーにおいては、個々の研究ではなく、

共同研究の全体の流れについてお互いに確認し合い、それぞれの研究者がどのような連携を深めていくかについて、検討を行った。特に、近年の日中韓でのニーズの高まりや、本研究グループの多くが携わっていることなどから、環境材料をキーワードとして取り上げ、今後、本研究グループではセラミックス材料の中でも、環境に関連する材料およびプロセスに研究リソースを集約することで、離散的にならないように集中した研究を進めることを確認した。

日本での会議においては、本年度に個々の研究者同士が行ってきた共同研究の成果を報告しあうことに主眼をおいた。このことにより、それぞれの研究者の共同研究の進展を互いに確認すると共に、新たな共同研究のきっかけを作ることが出来た。特に、多くの実用的な研究成果が得られたことが分かり、将来的に特許化、起業化を目指すフェーズに入っていることが確認された。これらのフェーズに進むために、学術共同協定などを再度見直す必要があるのではないかという意見がでた。これに乗っ取り、将来的な共同研究のスキームや決まり事を新たに構築する必要があると考えられたので、次年度においてはこれらスキームや決まり事を担当者を決めて確認しあうこととした。

これら異なる環境に於ける異なる性質のセミナーを開催することで、本事業が志向する世界に冠たる先導的な研究を実効的に行うための場を提供した。

8-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

研究初年度においては、共同研究、セミナー以外のスキームでの研究者交流（例えば、実験装置を互いに見る機会を設けるなど）が必要であったが、本年度は既に実効的な共同研究をいくつも進めることが出来たため、主に共同研究やセミナーでの交流に注力したため、最低限の研究者交流として、現物を見ながら行わないと、具体的に打ち合わせる事の出来ない、触媒特性評価装置の作業工程に関する打ち合わせや、学術交流協定に付するメモランダムの内容の確認などの事務的に必要な打ち合わせのみを行った。具体的には、日中韓各国において、主としてナノセラミックスの合成を研究している研究者が、2010年1月に一堂に会し、付加価値の高いナノセラミックス合成について、原料から焼結手法、加工についてまで一元的な議論を行うとともに、作成したセラミックスについての特性評価装置の使用法、分析工程等について、実機を使いながら、打ち合わせを行った。合わせて、本事業によるサポート終了後も、共同研究体制を維持・発展させていくために、学術交流協定を締結することとし、文面の確認や事務の流れについて、調整をおこなった。

9. 平成21年度研究交流実績人数・人日数

9-1 相手国との交流実績

派遣先 派遣元	日本 〈人／人日〉	中国 〈人／人日〉	韓国 〈人／人日〉	合計
日本〈人／人日〉		3/13	19/91 (2/6)	22/104 (2/6)
中国〈人／人日〉	10/116		(23/104)	10/116 (23/104)
韓国〈人／人日〉	26/122	(5/18)		26/122 (5/18)
合計 〈人／人日〉	36/238	3/13 (5/18)	19/91 (25/110)	58/342 (30/128)

※各国別に、研究者交流・共同研究・セミナーにて交流した人数・人日数を記載してください。(なお、記入の仕方の詳細については「記入上の注意」を参考にしてください。)

※日本側予算によらない交流についても、カッコ書きで記入してください。(合計欄は()をのぞいた人・日数としてください。)

9-2 国内での交流実績

実施計画	実績
38/148 〈人／人日〉	25/63 〈人／人日〉

10. 平成21年度研究交流実績状況

10-1 共同研究

整理番号	R-1	研究開始年度	平成20年度	研究終了年度	平成23年度	
研究課題名	(和文) ナノテクノロジーを基礎とした多機能型セラミックス (英文) Multi-functional ceramic materials based on nanotechnology					
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 新原 皓一・長岡技術科学大学・特任教授 (英文) Koichi NIIHARA, Nagaoka Univ. of Tech., Designated Professor					
相手国側代表者 氏名・所属・職	<中国側> Zhengyi FU, 武漢理工大学、教授 <韓国側> Soo Wahn LEE, サンムーン大学・教授					
交流人数 (※日本側予算によらない交流についても、カッコ書きで記入のこと。)	① 相手国との交流					
	派遣先		日本	中国	韓国	計
	派遣元		<人/人日>	<人/人日>	<人/人日>	<人/人日>
	日本 <人/人日>	実施計画		2/8	2/8	4/16
		実績		0/0	1/6	1/6
	中国 <人/人日>	実施計画	3/12		(2/8)	3/12 (2/8)
		実績	2/76		(2/8)	2/76 (2/8)
	韓国 <人/人日>	実施計画	3/20	(2/8)		3/20 (2/8)
		実績	2/34	(1/4)		2/34 (1/4)
	合計 <人/人日>	実施計画	6/32	2/8 (2/8)	2/8 (2/8)	10/48 (4/16)
		実績	4/110	0/0 (1/4)	1/6 (2/8)	5/116 (3/12)
	② 国内での交流		2/6 人/人日			
21年度の研究交流活動	日本が世界においてリードしている分野の一つである、セラミックス工学におけるナノテクノロジーの適用技術に関し、主として中国および韓国側からの派遣研究員の受け入れを行う。具体的には、研究設備の見学の他、互いの研究ニーズおよびシーズのプレゼンテーションを通し、研究初年度においては先ずは具体的な共通の問題の設定とその解決方法についての指針をとりまとめる。ナノテクノロジーを駆使することで材料が本質的に有する物性を引き出すための構造制御を行い、それによって具現化された多様な機能性についての解析手法についても討論を行う。					
研究交流活動成果	日本が世界においてリードしている分野の一つである、セラミックス工学におけるナノテクノロジーの適用技術に関し、主として中国および韓国側からの					

<p>派遣研究員の受け入れを行った。具体的には、研究設備の見学の他、互いの研究ニーズおよびシーズのプレゼンテーションを通し、研究初年度においては先ずは具体的な共通の問題の設定とその解決方法についての指針をとりまとめた。ナノテクノロジーを駆使することで材料が本質的に有する物性を引き出すための構造制御を行い、それによって具現化された多様な機能性についての解析手法についても討論を行った。本分野は我が国が特に世界に誇る先導的な役割を持っている分野であり、中国および韓国の技術ニーズに対して的確な研究面での協力が可能となった。</p> <p>本年度から、長岡技術科学大学が中国武漢理工大学博士課程学生の1年間の受け入れを始め、本研究の推進を開始した。</p> <p>また、実験装置使用法や研究内容に関して日本人学生との討論を行うことにより、若年層の国際交流への精神的障壁を除去することができた。さらに高い向学心と学力を有する上記学生との交流により、日本人学生に大きな刺激を与えることが可能となった。</p> <p>これらの成果によって、主たる成果として下記の2項目について日本中国韓国の三カ国の共同研究から卓越した成果を得ることが出来た。(詳細は前項までに記載済み) ①ナノ秒パルス電源を用いたナノ粒子配向技術の確立②液中レーザーアブレーション法による新規ナノセラミックス合成技術の確立</p>	
日本側参加者数	
6 名	(14-1 日本側参加者リストを参照)
中国側参加者数	
6 名	(14-2 中国側参加研究者リストを参照)
韓国側参加者数	
5 名	(14-3 韓国側参加研究者リストを参照)

整理番号	R-2	研究開始年度	平成 20 年度	研究終了年度	平成 23 年度	
研究課題名	(和文) 先進セラミックス創成のための新規なプロセス技術					
	(英文) Advanced Synthesis and Processing Technology for Ceramics					
日本側代表者 氏名・所属・ 職	(和文) 新原 皓一・長岡技術科学大学・特任教授					
	(英文) Koichi NIIHARA, Nagaoka Univ. of Tech., Designated Professor					
相手国側代表者 氏名・所属・ 職	<中国側> Zhengyi FU, 武漢理工大学、教授 <韓国側> Soo Wahn LEE, サンムーン大学・教授					
交流人数 (※日本側予算 によらない交流 についても、カ ッコ書きで記入 のこと。)	① 相手国との交流					
	派遣先		日本	中国	韓国	計
	派遣元		<人/人日>	<人/人日>	<人/人日>	<人/人日>
	日本 <人/人日>	実施計画		6/24	1/4	7/28
		実績		1/5	0/0	1/5
	中国 <人/人日>	実施計画	4/16		(2/6)	4/16 (2/6)
		実績	0/0		(2/6)	0/0 (2/6)
	韓国 <人/人日>	実施計画	3/20	(2/6)		3/20 (2/6)
		実績	5/27	(2/6)		5/27 (2/6)
	合計 <人/人日>	実施計画	7/36	6/24 (2/6)	1/4 (2/6)	14/64 (4/12)
		実績	5/27	1/5 (2/6)	0/0 (2/6)	6/32 (4/12)
	② 国内での交流		2/9 人/人日			
21年度の研 究交流活動	本課題においては、実用化を強く志向した、セラミックスの合成プロセス、特に、粉体合成、スラリー調整、成形、焼結、加工の一連のバルクセラミックス創成プロセスに加え、物理的・化学的な成膜プロセスに関する共同研究を行う。加えて、プロセス時の現象を明らかとするための解析手法や、得られた材料の構造と機能の相関を明らかとするための微細構造解析手法の確立にも取り組む。韓国のサンムーン大学や中国の武漢理工大学においてもセラミックスのプロセッシングに関する研究が盛んに行われていることから、この課題においては、これまでに類を見ない新しいセラミックスプロセッシングや、材料設計コンセプト指針の提案を促すことを目的として、特に若手研究者の交流を積極的に推進する。					

研究交流活動 成果	<p>長岡技術科学大学が韓国サンムーン大学教員を短期間受け入れた。これにより、日本で進んでいるナノインプリント、プラズマ焼結、パルス細線放電などの極端条件を利用した材料作製手法をセラミックス材料の合成と作製に適用し、炭化物ナノコンポジット材料、金属超微粒子担持異方性窒化物ナノプレートや酸化物ナノチューブ、有機物被覆金属超微粒子など、他の方法では作製困難な材料の実現あるいは、より実用化に適した作製プロセスの構築が可能となった。</p> <p>上記の材料中、金属超微粒子担持異方性窒化物ナノプレートや酸化物ナノチューブでは、特性発現に担持粒子の組成が重要である。このため、日本で作製された材料を、中国武漢理工大学の電界放射型透過型電子顕微鏡によってナノメートルレベルでの分析を行い、微構造と組成を決定した。</p> <p>更に、韓国側の若手研究者を日本に長期間受け入れることによって、ナノインプリント法による環境浄化セラミックス触媒担体の微細構造制御および、酸化チタンナノチューブの構造・機能設計と環境・エネルギーシステムへの展開に関する多くの卓越した成果を得ることが出来た。</p>
日本側参加者数	
7 名	(14-1 日本側参加者リストを参照)
中国側参加者数	
6 名	(14-2 中国側参加研究者リストを参照)
韓国側参加者数	
6 名	(14-3 韓国側参加研究者リストを参照)

10-2 セミナー

整理番号	S-1
セミナー名	(和文) JSPS 日中韓フォーサイト事業 環境調和材料プロセスの研究開発に関する日中韓国際セミナーおよびサマーワークショップ (英文) JSPS A3 Foresight Program, CJK2009 seminar and summer workshop
開催時期	平成21年6月28日～平成20年7月3日(6日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 韓国 済州島 (英文) Jeju Island, Korea
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 新原 皓一・長岡技術科学大学・特任教授 (英文) Koichi Niihara, Nagaoka univ. of Tech., Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外での開催の場合)	Soo Wahn LEE, 韓国 サンムーン大学・教授

参加者数

派遣先 派遣元	セミナー開催国 (韓国)	
	A.	B.
日本 〈人/人日〉	A.	18/85
	B.	0/0
	C.	2/6
中国 〈人/人日〉	A.	0/0
	B.	0/0
	C.	19/90
韓国 〈人/人日〉	A.	0/0
	B.	0/0
	C.	24/130
合計 〈人/人日〉	A.	18/85
	B.	0/0
	C.	45/226

A. セミナー経費から負担

B. 共同研究・研究者交流から負担

C. 本事業経費から負担しない(参加研究者リストに記載されていない研究者は集計しないでください。)

セミナー開催の目的	<p>本セミナーは合宿形式をとることで、やや交通の便の悪いところであえて開催する。このことで、寝食を共にすることで特に若手研究者同士の交流を深めることを目的とする。</p> <p>内容としては、特にプロセスの中でもエコマテリアル(環境材料)を合成するためのプロセスや、高機能性セラミックスを合成するための環境低負荷型のプロセスに関する討論を行い、当該分野における世界的な研究成果の発表の場とする。</p>		
セミナーの成果	<p>本セミナーでは特に若手研究者の研究能力向上を目的とし、若手研究者による英語による口頭発表および、各国のセラミックス研究の第一人者からなる教授陣による論文の書き方や研究ターゲットの設定方法等に関するレクチャー、一般講演などから構成された。最初に、大学院学生を対象にした科学論文の簡潔、効果的、明瞭な記載法と題する講演が行われ、学生から若手研究者の論理構築と研究プレゼンテーション技術の底上げを目指した。このような形式をとることにより、若手研究者、特に博士後期課程学生の国境を越えた交流を活性化することが可能となった。また、第一線の研究者からのレクチャーは学生だけでなく、ポスドクをはじめとした若手教員に広く影響を与え、本研究グループ全体の研究能力の底上げにつながった。続いて、中国におけるアパタイト生体材料の研究から実用化まで、および、日本における低環境負荷のための光触媒技術に関する基調講演が行われ、最先端の材料科学研究が成し遂げた実用化の成功事例を学生が高い関心を持って拝聴した。最後に、主に教員による口頭発表と学生によるポスター発表が行われ、本事業が金属やセラミックスの多孔体、焼結体、薄膜、微粒子などの分野で成果を上げている様子が見られた。また、主要メンバーにより、研究方針の明確化が行われた。</p> <p>学生間においては、合宿によりうち解けた雰囲気の中、中韓でとくに問題となる上下関係の壁がない自由な環境での討論が可能となった。各人が自分の研究の深度を増し、さらに広がりを得るような知識を共有し、これを各拠点に持ち帰って研究の発展に資することが出来た。初年度に得られた多くの共同研究の成果を公開しあうことにより、互いの研究分野をよく知ることにもつながり、本年度のさらなる共同研究の加速進展に貢献した。</p>		
セミナーの運営組織	<p>韓国 サンムーン大学</p> <p>日本 長岡技術科学大学 極限エネルギー密度工学研究センター</p> <p>中国 武漢理工大学 材料合成およびプロセス国家重点先導研究所</p>		
開催経費 分担内容 と金額	日本側	内容	金額
		外国旅費	1,644,692
	中国側	内容	金額
		外国旅費	1,200,350
	韓国側	内容	金額
		会場借り上げ費用	500,000
		国内旅費	1,950,000
		懇親会費	800,000

整理番号	S-2
セミナー名	(和文) JSPS 日中韓フォーサイト事業 先進材料創成のための新規なプロセス技術に関する国際会議
	(英文) JSPS A3 Foresight Program, International Symposium on Advanced Synthesis and Processing Technology for Materials
開催時期	平成22年2月26日～平成22年3月1日(4日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 中国、武漢
	(英文) Wuhan, China
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 新原 皓一・長岡技術科学大学・特任教授
	(英文) Koichi Niihara, Nagaoka univ. of Tech., Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外での開催の場合)	Zhengyi FU, 中国 武漢理工大学、教授

参加者数

派遣先 派遣元	セミナー開催国 (中国)	
	A.	
日本 〈人/人日〉	A.	2/8
	B.	0/0
	C.	0/0
中国 〈人/人日〉	A.	0/0
	B.	0/0
	C.	3/12
韓国 〈人/人日〉	A.	0/0
	B.	0/0
	C.	2/8
合計 〈人/人日〉	A.	2/8
	B.	0/0
	C.	5/20

A. セミナー経費から負担

B. 共同研究・研究者交流から負担

C. 本事業経費から負担しない(参加研究者リストに記載されていない研究者は集計しないでください。)

セミナー開催の目的	<p>本セミナーは通常のセミナーと異なり、日本、中国、韓国で実効的に共同研究を先導しているグループリーダーのみで構成されるセミナーであり、個々の研究の打ち合わせや報告などではなく、各国の全体的な進行状況や、問題の提案、それに関する対応方法について大局的な立場から検討をおこなうものである。大人数のセミナーと異なり、少人数で開催することで、本プロジェクトを遂行するための大きな方向性を明確に打ち出すことを目的とした。</p>		
セミナーの成果	<p>本セミナーを行うことにより、各国の間でどのような共同研究が進んでいるのかをトータルで俯瞰することが出来た。その結果、本プロジェクトではその殆どの研究が環境に関連したセラミックスに取り組まれていることが明確になった。今まで総花的にセラミックスの高機能化に取り組んできた印象があったため、ここでターゲットをある程度絞った方が効率的に共同研究を行うことが出来るという中国側からの意見があり、そのため、今回の国際共同研究のターゲットを環境材料セラミックスに絞っていくことで、研究のリソースを集約することが出来るようになった。このため、プロセスの環境低負荷化、製品利用の省エネルギー分野への集中に対してのコンセンサスの一致を見ることが出来た。次年度においては、更に具体的なスキーム、ターゲットに絞り込み、本事業の成果を、より明確かつ大きなものとして提案できるようにしていくことが合議された。</p>		
セミナーの運営組織	<p>中国 武漢理工大学 材料合成およびプロセス国家重点先導研究所 韓国 サンムーン大学 日本 長岡技術科学大学 極限エネルギー密度工学研究センター</p>		
開催経費 分担内容 と金額	日本側	内容	金額
		海外旅費	503,679
	中国側	内容	金額
		国内旅費	4,000
		会場借り上げ費用	200,000
		懇親会費用	30,000
韓国側	内容	金額	
	海外旅費	102,000	

整理番号	S-3
セミナー名	(和文) 第2回 JSPS 日中韓フォーサイト事業 ナノテクノロジーによる多機能型セラミックスセミナー
	(英文) 2 nd JSPS A3 Foresight Program International Seminar on Multi-functional ceramic materials based on nanotechnology
開催時期	平成22年3月6日～平成22年3月8日 (3日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 東京ビックサイト、東京都
	(英文) Tokyo Big Site, Tokyo
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 新原 皓一・長岡技術科学大学・特任教授
	(英文) Koichi Niihara, Nagaoka univ. of Tech., Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外での開催の場合)	

参加者数

派遣先 派遣元	セミナー開催国 (日本)	
	A.	
日本 〈人/人日〉	A.	19/42
	B.	0/0
	C.	19/48
中国 〈人/人日〉	A.	5/25
	B.	1/2
	C.	0/0
韓国 〈人/人日〉	A.	15/45
	B.	0/0
	C.	0/0
合計 〈人/人日〉	A.	39/112
	B.	1/2
	C.	19/48

A. セミナー経費から負担

B. 共同研究・研究者交流から負担

C. 本事業経費から負担しない (参加研究者リストに記載されていない研究者は集計しないでください。)

セミナー開催の目的	<p>本セミナーは基本的には外部への積極的なアナウンスはせずに、当該プロジェクト関係者のみで開催を予定するセミナーである。ただし、本研究グループの有していないいくつかのスキルについての世界的な専門家を招聘し、それらについての基調講演を行っていただくことで、弱点の強化に務めた。このセミナーには、本プロジェクトの関係者のみが一同に介することによって、より、本音での議論を深めるという意図がある。特に本年度の最後の3月に行うことにより、各共同研究グループで取り組まれた研究事例の年度報告の側面を有している。それぞれの個々のグループで行われた研究に対して、異分野からの意見を頂戴することで、さらなる共同研究へとつなげていくことも目的の一つである。</p>		
セミナーの成果	<p>日本の年度末、および韓国の年度初めの開催のため、各主要メンバーの拠点から集合が容易な東京でセミナーを開催した。セラミックスの多機能性に関して、日本、中国、韓国の新進気鋭の教員がそれぞれ研究成果の報告を行った。併せて、本研究グループはプロセス開発者、構造解析者、測定計測技術者は多く存在していたが、理論計算者は殆どいなかったため、基調講演としてこの分野の世界的な権威であるNovak先生らから、ナノレベル材料で近年問題になっている硬さ測定時の相転移現象等についての基調講演が行われた。このレクチャーは非常に好評であり、機能材料の研究者からも構造材料の研究者からも役に立ったとの評価を得た。この後、各拠点での本事業の進展状況が口頭発表とポスター発表によって提示され、これを基に主要メンバーが今後の研究方針について討論を行った。これらを通じて、個々の研究者による国際共同研究の進捗状況報告を受け、全体の進捗が進んでいることが分かった。特に、環境材料に関する4つのトピックスについては当初のもくろみ以上に研究が進んでおり、実用化のフェーズにまで達していることが明らかとなった。これらの研究について、出来れば国際的な実用化を行いたいとの意見が出され、特許出願や起業化において、どのようにすれば日中韓でお互いにスムーズに連携を持って行けるかについて、中長期的な視野で取り決めをきちんとしておいた方が良いという意見が出され、次年度以降にこれらのスキームを確立することが確認された。</p>		
セミナーの運営組織	<p>長岡技術科学大学 長岡技術科学大学 極限エネルギー密度工学研究センター 韓国 サンムーン大学 中国 武漢理工大学 材料合成およびプロセス国家重点先導研究所</p>		
開催経費 分担内容 と金額	日本側	内容	金額
		内国旅費	1,688,420
	中国側	内容	金額
		海外旅費	780,000
	韓国側	内容	金額
		海外旅費	1,306,000

10-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

① 相手国との交流

派遣先		日本	中国	韓国	計
派遣元		<人/人日>	<人/人日>	<人/人日>	<人/人日>
日本 <人/人日>	実施計画		2/8	2/8	4/16
	実績		0/0	0/0	0/0
中国 <人/人日>	実施計画	1/4		(6/24)	1/4 (6/24)
	実績	3/15		(0/0)	3/15 (0/0)
韓国 <人/人日>	実施計画	1/4	(5/15)		1/4 (5/15)
	実績	4/16	(0/0)		4/16 (0/0)
合計 <人/人日>	実施計画	2/8	2/8 (2/6)	2/8 (6/24)	6/24 (8/30)
	実績	7/31	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	7/31 (0/0)
② 国内での交流		2/6	人/人日		

1 1. 平成 2 1 年度経費使用総額

	経費内訳	金額 (円)	備考
研究交流経費	国内旅費	3,401,200	利息 0 円
	外国旅費	2,417,231	
	謝金	0	
	備品・消耗品購入費	2,577,505	
	その他経費	704,064	
	外国旅費・謝金に係る消費税	0	
	計	9,100,000	消費税額は内税
委託手数料		900,000	
合 計		10,000,000	

1 2. 四半期毎の経費使用額及び交流実績

	経費使用額 (円)	交流人数<人/人日>
第 1 四半期	48,020	20/93
第 2 四半期	1,761,112	1/30
第 3 四半期	220,840	1/5
第 4 四半期	7,070,028	61/277
計	9,100,000	83/405

13. 平成21年度相手国マッチングファンド使用額

相手国名	平成21年度使用額 [現地通貨] (円相当)
中国	650,000 [RMB] (8,500,000 円相当)
韓国	10,000,000 [Won] (9,000,000 円相当)

※ 交流実施期間中に、相手国が本事業のために使用したマッチングファンドの金額について、現地通貨での金額、及び日本円換算額を記入してください。