

## 平成25年度 日中韓フォーサイト事業 事後評価資料(実施報告書)

### 1. 概要

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		
日本側拠点機関名	長岡技術科学大学		
研究代表者 所属・職・氏名	学長・新原 皓一		
相手国(地域)側	国名	拠点機関名	研究代表者 所属・職・氏名
	中国	武漢理工大学	材料複合新技術国家重点実験室・教授・Zhengyi Fu
	韓国	サンムーン大学	材料工学科・教授・Soo Wahn LEE

### 2. 研究交流目標

2カ年延長時に計画した目標とその達成度についても記入してください。

#### ○申請時の研究交流目標

世界的な社会発展の背景の下、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、研究交流開始時の日本側研究代表者であった新原は、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。

また、近年東アジア地域において環境およびエネルギー分野における技術革新の必要性が急激に高まっている。この背景の下、セラミックス材料を利用した環境浄化技術、環境低負荷型セラミックス製造技術、エネルギー創成技術、エネルギー蓄積技術の4つの技術領域に特に注力し、本事業を通じて東アジアが当該技術の学術的拠点となることを目指す。

## ○目標に対する達成度とその理由

- 研究交流目標は十分に達成された
- 研究交流目標は概ね達成された
- 研究交流目標はある程度達成された
- 研究交流目標はほとんど達成されなかった

### 【理由】

学術的側面においては、環境低負荷型のセラミックス、環境を浄化するセラミックス、エネルギーを貯蔵し、有効活用するためのセラミックス、軽量小型な風力発電に資する構造用セラミックス、バイオテクノロジーの検査キットのためのセラミックスなど多岐にわたるセラミックス材料の創成、特にエネルギー分野と環境分野に関する多様なセラミックス材料の創成に成功した。また、材料創製のみならず、ナノ秒パルス電場を用いた粒子配向技術、超高速カメラ撮影によるナノ秒領域の動画撮影技術、超小型 SPS 装置による低コスト焼結装置の開発など、セラミックスの合成プロセス、装置開発、解析技術など多岐にわたる研究成果を生み出すことに成功した。これら研究成果は正に世界の中で日本中国韓国の参加国がセラミックス分野の中心的存在であることを広く示すものになっており、当該分野の世界的な拠点形成に成功した。

また、実用展開の面においては、本研究の成果から、ベンチャー起業の設立へと結実している。特に、ベンチャー企業を設立した 40 歳以下の若手教員を輩出し、当該企業の製品が世界的な化学商社である和光純薬工業(株)から販売されたほか、本プロジェクトにより生み出された成果は、物質、試薬、製造装置など多岐にわたる商品として、四国計測工業、関東化学、和光純薬工業、コスモ・バイオ株式会社、SPS シンテックなどから販売されるに至っている。

これらの成果を世界に知らしめるために、世界のセラミックスに関する学術会議の中で最も権威が高く、また、最も多数が参画する国際会議 International Ceramics Congress を本プロジェクトの参画者が中心となって開催し、国際セラミックス協議会の会長も本プロジェクトの参画者から選出された。

更に、人材育成の面において、本事業のメンバーから例えば以下のように当該セラミックス分野における指導的な立場の人材が輩出されるに至っている。日本セラミックス協会会長・代表理事、日本セラミックス協会副会長・代表理事(2 名)、日本セラミックス協会 国際交流委員会委員長・常任理事、日本セラミックス協会 特命担当理事、日本学術振興会(国) 産学協力研究委員会 先進セラミックス第 124 委員会 委員長、韓国 MRS 会長(2 名)(うち 1 名は韓国表面科学会会長も勤めた)、韓国 MRS 次期会長予定の副会長、中国教育省の Cheung Kong Scholar 等が輩出されている。若手研究者も、本事業のセミナー等の機会をとらえ、レクチャーを行ってきた結果、科研費基盤(A)をはじめとする大型の研究費に採択されるに至った。

さらに、本研究交流を通じて、中国側拠点機関である武漢理工大学の研究レベル向上に寄与したとして、日本側研究代表者の新原が湖北省政府より表彰されている。このことから、国際的な連携の面でも当初の目的以上の成果を生み出すことができたと考える。

これらの研究面での卓越した成果、人的な連携の強さ、個々のメンバーの果たす役割の全てが世界のセラミックス研究を牽引していることから分かります。本プロジェクトは非常に効果的に運営されていると判断している。

### 3. 研究交流活動の成果

これまでの交流を通じての成果を、「学術的側面」「若手研究者の養成」及び「日中韓における継続的な研究教育拠点の構築」の観点から記入してください。また、活動成果の「社会への還元」「予期しなかった成果」がある場合には記入してください。

#### ○学術的側面

本研究交流を通じて得られた主たる学術的な成果は以下の通りである。知財の関係でまだ詳細を明らかにできないものもあるが、十二分に学術的な成果を上げることができたと確信する。

#### ・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レジスト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。

#### ・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られ、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 100mmφ、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。

#### ・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、これまで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、本研究課題において、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。

#### ・小型の放電プラズマ焼結装置の開発と装置販売

東北大学のグループにおいて開発された放電プラズマ焼結装置においては、金属やセラミックス等原料の粉体に圧力と直流パルスを印加することによって発生する熱を加えることで焼結させるが、この機構は従来非常に大型であり、数千万円以上の費用がかかる装置となっていた。しかしながら、当該グループではこれらの機構の小型化とダウンサイズ化に成功し、サイズを幅 1200mm×高さ 1645mm×奥行き 800mm と従来型の 2 分の 1 にコンパクトにすることに成功し、更に価格を従来の 3 分の 1 以下の 600-900 万円とすることに成功した。更に当該装置は、日本だけでなく、中国、韓国の研究機関に対して販売されており、日中韓のセラミックス焼結研究に対して極めて多大な貢献を及ぼしている。

#### ・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マテリアル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(TiO<sub>2</sub> 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 TiO<sub>2</sub> 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、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、通常のア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、ア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。また、有機色素を用いた色素増感太陽電池の構成部材としてのチタニアナノチューブの特性発現機構を解明し、高効率太陽電池設計の指針を明らかとした。

#### ・ナノネットワーク構築によるセラミックスの高次機能化

東北大多元研の関野准教授らは、長岡技術科学大学、中国武漢理工大学および韓国サムスン大学と連携して、一次元ナノマテリアルであるカーボンナノチューブ(CNT)などをセラミックス内部に三次元的に配置してナノネットワークを構築すると同時に、ナノ粒子を同時分散させたマルチフェーズナノコンポジットの創製と機能解明に関する共同研究を行い、導電性物質添加量を最小限にして ZrO<sub>2</sub> などの絶縁性セラミックスに導電性を付与すると共に、力学的・熱的特性を共生的に調和・向上させることに成功した。

#### ・保護材を使用しない環境に優しいナノ粒子分散液の実用化に成功

東北大学の研究グループが中心となり、四国計測工業(本社:香川県仲多度郡)と共同開発した保護剤を使用しない水系白金ナノ粒子分散液の製品実用化に四国計測工業が成功した。本製品「【水系】白金ナノ分散液 Water-based Platinum Nano Dispersion」は、関東化学より 2013 年 3 月に発売された。【水系】白金ナノ分散液 Water-based Platinum Nano Dispersion は、当該研究グループが新しく開発した合成法によって、(1)従来金属ナノ粒子合成で必要であった保護剤を使用することなく、(2)水系溶媒中で 3nm の一次粒子径を有し分散する白金ナノ粒子分散液を実現しました。また合成過程において(3)原料由来の廃棄物を発生させないプロセスを開発することで、ナノ粒子の洗浄と廃棄物の処理が不要になり、(4)環境負荷の低減と製造の高スループット化が可能となった。

この【水系】白金ナノ分散液は、粒子表面に保護剤が存在しないために物性における高活性化が期待できるだけでなく、水を主溶媒とし原料に毒物を使用しない安全な製法で合成されているために(特許第 4872083 号)、自動車排気ガス触媒や光触媒などの触媒用途だけではなく、生体に関する医薬・食品などの医療分野、生活分野など安全性がとわれる研究分野においても幅広く利用されることが期待されている。

#### ・ナノ粒界構造を有する高温構造材料に関する研究

東海大学では、非晶質相を有しないナノ粒界制御構造を有する高温構造材料に関する研究を中国・武漢理工大学と共同で行っている。具体的にはホウ化ケイ素(SiB<sub>6</sub>)焼結体の粒界にナノサイズの SiC および B<sub>4</sub>C 相を制御生成させて、高温で優れた強度および硬度を有するセラミック材料(エンジニアリングセラミックス)を作成する方法を見出した。

#### ・ナノ粒界構造を有する生体材料に関する研究

東海大学では、優れた生体活性を有する生体材料に関する研究を韓国・サムスン大学と共同で行っている。具体

的には水酸アパタイト( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ )焼結体を得る際に、大気中で焼成を行わず、水素ガス中で焼成を行うことにより、疑似体液(SBF)中で、優れた生体活性の発現がある可能性が見出された。

・優れた蛍光特性を有する蛍光性材料に関する研究

東海大学では、優れた蛍光性材料に関する研究を韓国・漢陽大学および中国・西安交通大学と共同で行っている。具体的には、Sr や Ca 系の酸化物セラミックスに肺活物質の Eu 成分などを添加して合成する際、水素以外の還元性ガスを用いることにより、優れた蛍光特性を有する試料が得られる可能性があることが明らかになった。

・高温等方加圧を利用した高強度シリケートガラス発泡体の作製

現在、発泡材料は吸音材、断熱材、触媒、フィルターあるいは生体材料など様々な分野で利用されている。そこで、長岡技術科学大学と西安交通大学では、高温等方加圧(HIP)を用いた新規の発泡材料作製方法を共同で開発した。本作製方法では、原料粉末をカプセル封入せずに直接HIPを行う。HIP後の高圧ガスに満たされた閉気孔を有するバルク体を、常圧下で熱処理を行うことで発泡体を得た。得られた発泡体の機械的性質に及ぼすHIP圧力の影響について調査した。

・新規強誘電体ニチタン酸バリウムの薄膜化とデバイス化

東北大学後藤グループの発見した強誘電体ニチタン酸バリウム( $\text{BaTi}_2\text{O}_5$ )の薄膜化およびデバイス化について、武漢理工大学と共同研究を行っている。 $\text{BaTi}_2\text{O}_5$ は鉛を含まないことから、環境に優しく、現在圧電材料等に広く用いられているチタンジルコン酸鉛に代わりうる材料として期待されている。武漢理工大学では、レーザーアブレーションによる薄膜化、東北大学ではレーザーCVDによる薄膜化を行い、その微細構造および誘電特性の評価を行っている。また、共同で $\text{BaTi}_2\text{O}_5$ の大型単結晶を作製し、基礎物性を明かにするとともに、圧電デバイスへの応用を目指している。

・高性能レーザー用材料の開発

東北大学後藤研究室と漢陽大学量子光子科学研究センターは高性能レーザー用材料の共同研究を行っている。後藤研究室では、SPS焼結による透明セラミックスの作製と評価、漢陽大学は透明膜の作製と評価を行っている。高性能透明セラミックスの開発、および、バルク体での結果を基にした高性能膜の開発を目指している。

・CNT/セラミックスナノ複合材料の研究開発

カーボンナノチューブをベースとした複合材料の研究開発で、以下のような成果を得ることができた。

CNT/PyC/SiC コーティング：CVD法でカーボンナノチューブの成長、熱分解炭素および炭化ケイ素の蒸着によりCNT/PyC/SiC複合コーティングの合成技術を開発した。CNTはコーティング中の亀裂の発生を抑制し、コーティングに優れた耐酸化性に付与した。

CNF/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  複合材料：直径150nmの気相成長炭素繊維(Vapor Grown Carbon Fiber, VGCF)を用いてCNF/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ 複合材料をホットプレス法で作製した。アルミナセラミックスに比べ、破壊靱性は50%向上した。亀裂進展する時、VGCFのブリッジング効果が破壊靱性の向上に寄与することを明らかになった。

CNT/TiC/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  複合材料：切削工具として用いられるTiC/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ 複合材料はCNTの少量添加により、機械強度や導電性が著しく改善された。

CNT表面のナノ粒子の担持：化学修飾を施したCNT表面に各種酸化物ナノ粒子、コーティングを合成することに成功した。

#### ・各種ガスセンサの合成

低炭素化社会へ向け、水素自動車などが実用化されはじめているが、酸素ガスは助燃性が高く、水素ガスは爆発性が高いなど、極めて危険であり、万が一ガス漏れした際に迅速に検知を行えるセンサの開発は必須課題となっている。そこで、半導体セラミックス線材の通電により発生するホットスポット現象を利用した酸素センサに関して、複合材料の組成や構造を制御することによりセンサの耐久性及び応答性が向上することを見いだした。また、金属の水素化により起こる光学特性の変化を検出原理とする光検知式水素センサの作製方法を検討し、耐久性の高いセンサを得ることに成功した。

#### ・砥粒を最大限有効に利用した研削工具の開発

LED 基板材料として利用されているサファイアの加工には、主に研削が用いられているが、一般的な砥石では砥粒が数百  $\mu\text{m}$  間隔で一様に配置されており、実際に研削を行う砥粒とその背後にある研削に寄与しない多数の砥粒から構成されている。本研究では、研削に寄与しない砥粒を減らすために、砥粒を含む砥粒部を回転方向に垂直に配置し、その間を多孔質セラミックスで充填した放射線型砥石を作製した。開発した放射線型砥石は従来の砥石に比べ研削に寄与する砥粒の数が約 10 倍であることがわかった。このことにより、研削に必要なエネルギーと原材料の砥粒の低減を図ることができることを明らかにした。

#### ・新規青色発光材料の開発

圧力容器内に水溶液原料を封入し、外部ヒータにより通電加熱することにより水熱条件を作り出す手法(水熱合成法)を用いて新規青色発光材料を合成した。母体材料はヒドロニウムアルナイトであり、発光イオンとして銅、マンガン、銀を用いることで、それぞれ波長 420、540、300nm の発光を示すことを明らかにした。

#### ・三次元造形法によるサブミクロンレベル微細構造の製造プロセスの創成

ラピッドプロトタイプによる迅速な商品開発の必要性により、三次元プリンターや 3D 造形というような造形手法が目ざされている。しかし、これらの手法の殆どはミクロからミリレベルの精度からなっている。これに対して、多光子励起の原理を利用した三次元造形手法を用いることにより、ナノレベルの三次元構造体の合成に成功した。本プロジェクトで独自に開発された有機無機ハイブリッド型のレジスト材料を用いることにより、ナノ～サブミクロンレベルを基本構成単位とするセラミックス微小構造体を合成することに成功した。更に、これを用いた新しい発電手法について研究を行っている。また、当該装置を用いた新たなビジネスモデルの提案を高専の学生らとともに取り組んでおり、実践的なセラミックス教育手法の一つとして検証している。

#### ・ナノ秒パルス技術を用いた有機無機ハイブリッド材料中の無機フィラー構造制御

ナノ秒パルス電場は、極めて高いエネルギーを極めて短時間だけ印加するという手法である。特に、高電圧、低電流なナノ秒パルス場を用いることで、例えば液晶ディスプレイの液晶分子の回転や、DNA の電気泳動のような粒子回転、平行移動などと組み合わせることが出来る。本学においては、世界に先駆けて有機無機ハイブリッド材料中の無機フィラーの配向制御手法としてのナノ秒パルス電場利用の有効性に着目し、これを具現化し、電気化学工業(株)、東北大学らと共同で次世代電気自動車で採用される 1200V 級の電気回路周りのサーマルインターフェース材料(TIM)用途材料を開発することに成功した。

#### ・燃料改質器の腐食メカニズムを解明

燃料電池の燃料改質器は腐食に強い金属材料でも腐食する。そこで、代表的な耐食合金であるステンレス鋼の腐食メカニズムを熱力学的な観点から解明することに成功した。この知見を生かし、ナノ金属セラミックハイブリッドや熱

電変換材料の高温酸化挙動についても熱力学的な解析を行うことに成功した。

・新規二次電池用材料の探索

次世代の鉄リン酸塩系リチウム二次電池正極材料をガラス結晶化法という新規な手法で開発することに成功した。リチウム、酸化鉄(III)、リン酸の酸化物混合粉を大気開放下 1200℃ 前後で熔融、ガラス化した後、ガラス粉末をグラファイトやグルコースなどと混ぜ、500~800℃ で熱処理(結晶化)することによってリン酸鉄リチウム(LiFePO<sub>4</sub>)を合成した。従来法に比べて安価な酸化鉄(III)が原料として使え、固相法で問題となるリチウムイオンの揮発の心配も無く、単純で時間のかからない(熔融に数分、還元結晶化に数十分)プロセスであるため、大幅なコストダウンが期待されている。また、ガラスの結晶化というプロセスと、本研究室が独自に開発したレーザー等の光誘起結晶化技術を活かして、薄膜状やマイクロ電池への展開など、粉末形状を用いない新構造のリチウムイオン二次電池の開発が期待されている。さらに、上述のリン酸鉄リチウムの技術と全く同じ合成法で Na<sub>2</sub>FeP<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 結晶を見出した。この Na<sub>2</sub>FeP<sub>2</sub>O<sub>7</sub> はナトリウムイオン電池の正極活物質として機能し、3V, 89mAh/g (理論容量 97mAh/g)を示し、さらには 100 サイクルまでの繰り返しで、93~96%の容量維持率を示す。全くレアメタルに依存しない安価な二次電池への実現に有望な材料候補の1つと期待されている。

この他に下記の様な成果をあげている。

・従来世界でまだ合成に成功していないジルコニウムナノ粒子の合成に世界で初めて細線放電法による合成に成功した。

・グラフェンなどの次世代炭素材料の耐酸化挙動について精査することにより、これら炭素材料の実用展開に対して指針を示した。

・大学発ベンチャーとの共同開発により、天然石材でしか成し遂げられなかった超大型液晶ディスプレイ等基板設置基板の人工セラミックス置換に成功し、製品化に結びつけた。

・高温耐熱材料である SiC セラミックスの表面をナノレベルで加工することにより、高温摺動部材などへの応用への道筋を示した。

・火力発電所や大型ディーゼルエンジンから排出される排気ガス中の NO<sub>x</sub> を除去するための SCR 触媒ハニカムの大型部材(20cm×20cm×50cm 級)の合成に成功した。また、当該ハニカムをリサイクルする技術を提案し、検証することに成功した。

・高熱伝導有機無機ハイブリッド材料の合成に成功し、フィラー添加量 5vol%の少量で熱伝導性を向上させることに成功した。

・従来の投入エネルギーの半分のエネルギーでナノ粒子を合成するための細線放電技術を確立し、省エネルギー型ナノ材料の合成プロセスを確立した。

これらに見られるように、日中韓の各参加機関がそれぞれ得意とする技術を持ち寄ることで、いくつもの「世界初」となる成果を生み出すことができた。

また、以下に本研究交流期間における参加メンバーの主要な受賞を列挙する。

○アメリカセラミックス協会 Distinguished Life Membership Award 長岡技術科学大学 新原 皓一

○同 John Jepson Award 長岡技術科学大学 新原 皓一

○同 フェロー 長岡技術科学大学 高田 雅介、東北大学 後藤 孝、九州大学 北條 純一

なお、本研究交流開始以前から長岡技術科学大学 新原 皓一、植松 敬三、東京大学 香川 豊、産総研 大司 達樹の4名が同協会フェローに選ばれている。

○科学技術分野の文部科学大臣表彰 長岡技術科学大学 石崎 幸三、松丸 幸司

○World Ceramics Academy(世界セラミックスアカデミー)Academician 東北大学 後藤 孝

なお、本研究交流開始以前から長岡技術科学大学 新原 皓一、植松 敬三、産総研 大司 達樹、東京大学 香川 豊、九州大学 北條 純一の5名が同アカデミーAcademicianに選ばれている。

これらは、本研究交流参加者が上げた成果が学術的に優れていることを客観的に証明するものである。

### ○若手研究者の養成

若手研究者の養成の一環として、主にセミナーの機会をとらえ、シニアの研究者からセラミックスの研究開発に関する最新の動向、良い論文の書き方、研究の進め方、外部資金の獲得方法、研究者としてのキャリアパス等について密な指導を行う機会を設けてきた。さらに、Nature や Science といった超一流誌に論文が採択された経験を持つゲスト研究者との意見交換を行う機会も設けた。また、英語でのコミュニケーションスキル向上に向けた取り組みも、セミナー等で多数の若手研究者が一堂に会する機会を利用し、積極的に図ってきた。

先述の通り、本研究交流にはアジアだけでなく世界的に見ても有数のセラミックス研究者が多数参画しており、これらの研究者と若手研究者が少人数で、ざっくばらんに、研究における失敗体験も含めて話をする機会は、極めて得難いものであり、参加研究者から好評を得た。

これらの取組を継続してきた結果、複数の准教授・助教クラスの若手研究者が科研費基盤(A)、若手(A)といった大型の研究費に相次いで採択された。このような競争的資金は、今後の国際研究交流の継続にも大いに資するものであると考える。

学生についても、関連各学会におけるポスター賞・発表賞の受賞、また、Journal of Materials Science 誌の Robert W. Cahn Best Paper Prize の月間最優秀論文(2013.6)や、日本セラミックス協会 セラミックスに関する写真賞・優秀賞(2013.3)、日本金属学会 優秀ポスター賞(2013.3)、日本科学協会笹川研究奨励賞(2013.4)の受賞等の成果が上がっており、参加若手研究者の全体的なスキルアップに成功していると確信する。

### ○日中韓における継続的な研究教育拠点の構築

本研究交流は、開始時において既に何らかの国際交流を有していた研究者同士をコアとして開始しており、十分な共同研究が行える体制にあった。その後、各国における研究者ネットワークを通じ、また、関連学会に出席した際に成果発表等を通じて新規参加者の誘引に努めた結果、着実に新規の協力研究者を得て、研究の規模・範囲を拡大してきた。

参加機関間での学術交流協定も複数締結されており、今後も協定に基づく着実な共同研究・交流を推進することが期待できる。

また、当初の申請時に計画していた通り中国・韓国から若手研究者を長期的に受け入れ、Uターンさせる流れができた。例えば、日本で博士課程を修了した韓国人が母国に帰って公的研究機関の研究員の職を得たり、日本でポスドクを行っていた中国人が母国の大学教員の職を得たり、といった事例がある。これら留学経験者と机を並べ研究を行っていた日本人の若手研究者との間で、今後も継続的に交流が進むことが期待できる。

また、長岡技術科学大学の新原皓一は、本研究交流を通じて武漢理工大学の研究レベルの向上に寄与したことが

評価され、2011年に湖北省人民政府より“Chime Bell Award”（湖北省の発展に多大な貢献をした外国人に対して与えられる賞）を受賞した。国際共同研究・教育体制が十分に整ったことが評価されての受賞と考える。

これらの事から、日中韓における継続的な研究教育拠点の構築に成功したと考える。

### ○社会への還元

各参加機関におけるオープンキャンパス・公開講座等の機会を通じ、広く一般への成果の還元を図った。また、以下に掲げるように、参加研究者が関連学協会の要職を歴任し、当該分野の発展に寄与してきた。

○日本セラミックス協会 会長 長岡技術科学大学 新原 皓一

副会長 長岡技術科学大学 高田 雅介

九州大学 北條 純一

理事 東北大学 後藤 孝

産業技術総合研究所 大司 達樹

○日本 MRS 理事

○日本化学連合 理事

○韓国 MRS 会長 サンムーン大学 Soo Wahn Lee ら 2 名、および次期会長予定者 1 名

さらに、研究成果については、ベンチャー企業の設立や企業との共同研究を通じ、社会への還元を図っている。

### ○予期せぬ成果

韓国側研究代表者の Soo Wahn Lee 教授が ISO/TC107 (Metallic and other inorganic coatings) の Secretary に選ばれた。今後、本研究交流で得られた成果を、国際標準策定へ反映させることが期待できる。

さらに、長岡技術科学大学教員が、ソーラーエネルギーに関するベンチャー企業を共同設立し、教員から同企業の技術担当役員へ転身した。本研究交流関連では 2 例目の大学発ベンチャーとなる。

長岡技術科学大学から韓国生産技術研究院へ、修士課程進学予定の学部 4 年生を 5 か月間送り込み、インターンシップを行う体制が確立できた。本インターンシップに参加し、修士課程に進学した学生も、今後の継続的な共同研究体制の一翼を担ってくれるものと確信する。今後、修士課程及び博士後期課程の学生のインターンシップについても拡充を図ることとしている。

長岡技術科学大学で、オープンアクセスのオンラインジャーナルを刊行した。今後、本研究交流参加経験者による共同研究成果の投稿を促して行きたい。

#### 4. 研究交流活動の交流実績

これまでの研究交流活動について、「共同研究」、「セミナー」及び「研究者交流」の交流の形態ごとに、派遣及び受入の概要を記入してください。※各年度における派遣及び受入実績については、「事後評価資料(経費関係調書)」に記入してください。

##### ○共同研究

###### 【概要】

共同研究では、当初、以下2つの課題に取り組んだ。

###### ①ナノテクノロジーを基礎とした多機能型セラミックス

本共同研究課題では、日本が世界においてリードしている分野の一つである、セラミックス工学のナノテクノロジーの運用技術について共同で研究を行った。セラミックスの表面にナノレベルの微細構造を付与する技術や、ナノコンポジットとして添加する微粒子の作成などの技術について、共同研究を行った。

###### ②先進セラミックス創成のための新規なプロセス技術

本共同研究課題では、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った。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んだ。

また、平成23年度の延長以降は、社会のニーズ等を踏まえ、上記の内容を含む以下2つの課題に発展させ、国際共同研究を推進してきた。

###### ①ナノテクノロジーを基礎とした環境用セラミックス

本研究課題では、上記“ナノテクノロジーを基礎とした多機能型セラミックス”において共同研究を推進する中で得られた、セラミックスの表面にナノレベルの微細構造を付与する技術、ナノコンポジットとして転化する微粒子の作成、チタニアナノチューブの構造制御技術等を発展させ、太陽電池、光触媒等の環境関連材料の高機能化・量産化等について共同研究を進めた。

###### ②エネルギー問題を克服するためのセラミックス工学の新展開

本研究課題では、上記“ナノテクノロジーを基礎とした多機能型セラミックス”及び“先進セラミックス創製のための新規なプロセス技術”において共同研究を推進する中で得られたセラミックスの表面改質、ナノコンポジット技術及び成膜プロセスを基盤とし、エネルギー問題を克服するための革新的な材料開発、例えば、火力発電所の高効率化に資する耐熱摺動部材の開発や、エコカー、スマートグリッド等の分野で使用されているリチウムイオン電池用電極の開発等について共同研究を行った。

共同研究によって得られた成果は、前項までに記載した通りであり、また、後述のように論文誌への投稿及び国内外の学会で発表を行った。

##### ○セミナー

	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度
国内開催	1回	1回	1回	1回	1回	1回
海外開催	1回	2回	3回	4回	1回	1回
合計	2回	3回	4回	5回	2回	2回

###### 【概要】

研究交流開始から、延べ15回のセミナーを開催した。セミナーでは、研究成果の公開、共有、若手研究者の育成を図った。また、本研究交流参加者が学会運営に携わる機会を利用し、分科会の一部としてセミナーを実施することで

広く研究成果を公表するとともに、新規参加研究者の誘引に努めた。

概要について、時系列順に示す。

<平成20年度>

平成20年に中国・武漢で開催されたセミナーでは、日中韓の各参加研究者が一堂に会し、本研究交流を円滑に進めるために不可欠な相互理解を得ることができた。また、この際に、日中韓だけでなく欧米諸国からの研究者ともミーティングを行うことで、世界のセラミックス製品に関するニーズについての調査を行うとともに、本研究交流で生み出された先進的な成果について広く公表することができた。

平成21年2月に日本・長岡で開催されたセミナーは、本研究交流の関係者のみが参加し、深い議論を行った。日中韓の各拠点機関の中でも、とりわけ優れており、また特殊な設備を有する長岡技術科学大学を見学する時間を設けることで、特に国際的なプロジェクトに初めて参加する中韓の若手研究者が理解を深めることが可能になった。

<平成21年度>

平成21年6月に韓国・済州島で開催されたセミナーでは、特に若手研究者の育成に主眼を置いた。本研究交流に参加しているシニアの研究者たちが、英文での論文執筆法、セラミックス研究開発の動向などについてレクチャーを行った。このレクチャーは教授層からも好評であり、次年度以降もこの形式を踏襲することとした。また、合宿形式をとることで、特に中韓で問題となる上下関係の壁を取り去り、自由な環境での議論が可能となった。

平成22年2月に中国・武漢で開催されたセミナーは、本研究交流を推進する上でのコアメンバーのみが集まり、次年度以降の共同研究等の進め方について確認した。

平成22年3月に日本・東京で開催されたセミナーでは、本研究交流に欠けている理論計算の研究者から基調講演を頂くことで、これまでに見出した研究成果について理論面から再度検証を行う機会を得た。また、次年度以降の共同研究の方針について、環境材料にリソースを集約する方向で意見の一致を得ることができた。

<平成22年度>

平成22年6月に中国・武漢で開催されたセミナーでは、前年度に引き続き若手研究者の育成に主眼を置き、合宿形式をとることで自由な環境で議論を行わせるとともに、シニアの研究者たちからセラミックスの歴史と最新の技術について時間軸に沿って体系的に整理されたレクチャーを行った。また、Nature, Science あるいはそれに準ずる雑誌に論文を掲載した経験を持つ研究者から基調講演を頂いた。

平成22年8月に中国・フフホトで開催したセミナーでは、元素戦略、及び代替材料としてのセラミックスの可能性について議論を行った。セラミックスに関わらず、高機能性材料にはレアアース・レアメタルは必須のものとなっている。しかし、産出可能な地域が大きく偏っており、政治等のリスクで供給が止まるリスクをはらんでいる。そこで、これらレアアース・レアメタルの使用量低減に寄与できる、あるいは完全代替材料となりうるセラミックスの開発について議論が行われた。

平成22年11月に日本・大阪で開催されたセミナーは、世界最大規模のセラミックスに関する国際学会である第3回国際セラミックス会議の分科会の一つとして開催することで、本研究交流で得られた成果を世界中に発表することができた。

平成23年2月に韓国・天安市で開催されたセミナーでは、若手研究者の養成にさらに力を入れ、若手研究者に通常より長い時間の口頭発表を課し、その発表に対してシニアの研究者から講評やアドバイスを行うことで、口頭発表能力の向上を図った。また、韓国の有力企業を訪問し、セラミックスの産業界への展開の実例について学ぶことができた。

#### <平成23年度>

平成23年6月に日本・新潟で開催されたセミナーは、事業の総括を目的として開催され、三か国の研究代表者が一堂に会し、これまでの研究成果について発表するとともに、今後の継続的な交流を目的として、若手研究者同士の交流を深めることを目的としたフリーディスカッションの機会を設け、率先して共同研究に取り組もうという機運の醸成を図った。また、東北電力の発電所見学を通じ、高温・高腐食環境下におけるエンジニアリングセラミックスの使用の実際や、今後の改良点について、技術者の観点からの意見を得、今後の共同研究に反映させることとした。

平成23年10月に韓国・釜山で開催されたセミナーは、研究交流の延長が決定してから初のセミナーであり、また、前年度までに課題設定していた環境セラミックスに加え、エネルギー分野の研究を2つの大きな研究領域として掲げた初めての会議であるため、この領域への研究リソース集約の意識づけを目的として、グラフェンなどのエネルギー輸送材料、LED等の省エネルギーデバイス材料、および環境用セラミックスの3分野に絞り、これらエネルギーおよび環境材料の領域における日中韓の専門的研究者が集う会合とし、より深い議論を行い今後2年間の研究のアウトラインについて検討を行った。また、本会議はハイブリッドマテリアルとプロセッシングに関する国際会議(HyMap2011)と共同で行われ、最新の研究成果について、多くの研究者と議論を交わすことができ、今後の共同研究方針について指針を定めることができた。

平成23年11月に中国・アモイで開催されたセミナーは、第7回高性能セラミックス国際会議(The 7<sup>th</sup> International Conference on High-Performance Ceramics)の分科会として開催されており、会議全体では日中韓を含め24か国の研究者が参加した大規模な国際会議となった。前回のセミナーとは異なり、欧米諸国からの参加者が多数を占めており、先進諸国におけるセラミック研究開発動向の情報収集の場、あるいは本研究交流の成果を世界に還元する場としても大変有意義なものになった。関係者のみが集まったクローズドのセミナーでは、全体の会合を通して見えてきた世界的なセラミックス系材料研究開発の動向を踏まえ、本研究交流が世界において確固たる地位を築き上げるためには、どのような戦略の下に共同研究を進めていくかについて、広範な議論を行うことができた。特に、若手のモチベーション向上策、また、近年中国で急速にセラミックス工業に対する高度の知見を有する人材不足が叫ばれていること、セラミックス産業が極めて活性化していることなどが紹介された。

また、本研究交流メンバーの教授陣により、中国の学生に対して研究をわかりやすく紹介し、逆に学生がこれら教授陣の前で自らの研究成果を発表するという教育的な取組も行われた。学生の英語力をサポートするために質疑の一部は座長が中国語—英語の通訳を行うなど、一部において初めての取組であるが故の進行の困難さも見受けられたが、各国のスター教員による懇切丁寧な最新動向の紹介は、学生のモチベーションを高めるに十分で有り、多くの留学希望者が懇親会において教員に連絡先を伝えている姿が印象的であった。

平成24年1月に中国・桂林で開催されたセミナーはエコマテリアルのプロセスと設計に関する国際会議(ISEPD2012)と同時開催することで、二つの主要な共同研究課題の内、特に環境用材料に注力した会議として位置づけ、環境用セラミックスの合成プロセス、機能改善、応用展開の可能性の領域について深く議論を行うとともに、ISEPD2012に参加者した世界各国の環境用セラミックスの専門家と意見交換を行い、本研究交流の優位性、弱点等についての分析を行った。

平成 24 年 3 月に韓国・慶州で開催されたセミナーは、平成 23 年度の活動の総まとめとして、3 カ国の平成 23 年度の研究成果について報告・ディスカッションを行い、次年度以降の共同研究の進め方について決定することを第一の目的として、日中韓の関係者のみで開催した。また、特に学生の研究発表能力向上に資するべく、「良い論文の書き方」「正しいポディーランゲージ」「プレゼン手法」について教授陣からレクチャーを行った。特に、ポディーランゲージを用いたコミュニケーションに関するレクチャーは、若手研究者のみならず、教授陣からもユニークで実用的なレクチャーだったと高い評価を受けた。レクチャーの後に口頭及びポスターで発表する機会を設けることで、レクチャーの成果をすぐに実践に移すことができ、講師陣も即座に講評を行えるため、よい成果を得ることができた。

#### <平成 24 年度>

平成 24 年 6 月に中国・武漢で開催されたセミナーは、本事業で遂行している共同研究の進展の途中経過について、クローズドな状況で突っ込んだ意見を交換し合うための会議として開催され年度目標の達成までの互いの役割を明確にした。若手研究者のための交流会と、指導的な立場の教員から若手研究者へのセラミックス科学の重要な観点を伝える機会を設けることも目的の一つとし、武漢理工大学の大学院生に対し、日本および韓国側教員がセラミックス材料や日本でのものづくりに関する基礎的な学問についてのレクチャーが企画され、約 25 名程度の学生が聴講した。

平成 25 年 1 月に鹿児島で開催されたセミナーでは、前年の桂林で開催されたセミナーに引き続き、エコマテリアルのプロセスと設計に関する国際会議 (ISEPD2013) と合同で開催することで、セラミックスを用いた環境技術に関して、世界の最先端で活躍する研究者、技術者が一同に介することにより、当該分野の最新の動向を討論することができた。また、クローズドのランチミーティングにおいては、次年度で本研究交流の支援が終了した後の共同研究体制継続について深い議論が行われた。基本的には、本共同研究を継続していくことで合意の形成がなされたが、引き続き、予算の獲得、次世代の研究者による運営体制等について議論を重ねることとした。若手研究者向けのセミナーでは、シニアの研究者から、特にコミュニケーションスキル向上に向けたレクチャーが行われた。受講者を少人数のグループに分けて、“国際共同研究で必要とされる”コミュニケーションスキルの向上を図った。また、シニアの研究者の成功体験・失敗体験から、材料研究を進めていくうえでの手法・考え方について学ぶ機会を設けた。特に、シニアの研究者がいかにして研究を進めてきたか、その失敗体験も含めてざっくばらんな雰囲気の中で意見交換を行うことは、今後のキャリアを考える上でのよい機会となった。

#### <平成 25 年度>

平成 25 年 7 月に北海道で開催されたセミナーは、本事業の総括を目的とし、日中韓三カ国の研究代表者と、共同研究において中核的役割を担ってきた研究者が一堂に会し、本事業の全体のまとめを行った。それぞれの研究者はこれまでに共同で行ってきた研究の成果を紹介し合い、互いの研究内容に対して意見を出し合った。また、本事業の成果から得られた様々な知見を国際標準あるいは企画として制定するための検討や、本事業で得られた成果を如何に産業応用展開に結びつけていくのかについて話し合われた。

平成 25 年 7 月に韓国・晋州で開催されたセミナーは、総括会議で得られた成果、提言等を基に、事業終了後の継続的な共同研究体制構築を目指し、特に若手研究者同士で今後のセラミックスの学術領域をどのように発展させるかについて話し合うために行った。今後の国際協力体制の継続的については、若手研究者が主体となって各種競争的資金の獲得を図ることで合意がなされ、本研究交流で得られた成果を発展させた、新たな共同研究テーマについての意見交換が行われた。

これらの通り、国際会議との共催、若手研究者の養成等に気を配った構成としてセミナーを開催し、効率よく運営を行ってきた。

## ○研究者交流

### 【概要】

研究者交流については、主に学术交流に関する協議と、関連の会議における意見交換、情報収集、新規参加者の誘引を目的として、随時行われた。

## 5. 事業の実施体制

本事業における、「日本側拠点機関の実施体制」「中国・韓国の拠点機関との協力体制」及び「日本側拠点機関の事務支援体制」について記入してください。

### ○日本側拠点機関の実施体制（拠点機関としての役割・国内の協力機関との協力体制等）

日本側研究代表者の新原は本プログラムの開始後に日本セラミックス協会の会長に就任した。しかも、同学会の会長職を初めて2年連続で行った。また、世界で最も大きなセラミックスに関する国際会議であるICC3(大阪市)の実行委員長を務めたほか、アメリカセラミックス学会の最高名誉賞を受賞するなど世界的なセラミックスの権威となった。代表者だけでなく、本学の高田副学長も日本セラミックス協会副会長を勤めているほか、日本の代表的なセラミックス研究拠点の一つであるJFCCの理事長も兼務している。その他にも、学内にはセラミックス協会論文誌の編集委員長経験者など、日本セラミックス協会の要職の経験者が多数存在しており、正に日本のセラミックス界をリードする人材からなる拠点が単独の大学内に形成されている。

研究代表者である新原は、同時に、長岡技術科学大学の学長でも有り、このことを活かし、本学内の各学科に分散しているセラミックス研究者を学科横断で取りまとめる事が可能となっている。事実、電気系、物質・材料系、生物系、機械系といった異分野の教員同士が連携した学会発表や学生の研究指導委託などが進んでいる。このことは学長としての強いリーダーシップがあつてこそその成果であると考えられる。

具体的には、学長を委員長としたA3 foresight program 実行推進会議(教員からなる組織)を年4回ずつ開催し、そこで決定した内容を中国側、および韓国側組織へと電子メールにより連絡した。種にこの推進会議においては、どのような研究を重点的にやっていくか、セミナーの開催、共同研究の日程調整などを行ってきた。この他に、学内のセラミックス研究者の意思疎通を図るためのセミナーの運営、予算管理状況の確認などを行ってきた。これら実行推進会議の他、各セミナー開催の時には、学内にセミナー実行委員会を適宜立ちあげ、セミナー運営における各種手配を実効的に行った。

セラミックスの有力研究者が集う特色を有する本学において、本事業を推進することによって、以下のような拠点形成の波及効果が得られた。

・2013年には日本セラミックス協会 東北北海道支部大会が長岡において開催される予定であり、これの運営母体は本事業で培った学内のセラミックス研究者の連携から生み出された組織となっている。

・さらに、2013年3月には、本学内の若手セラミックス研究者を中心とした技術者集団である、Nagaoka Innovation Ceramics Expertsを本事業推進者を中心に設立し、若手研究者間の情報共有の場、また、外部研究者招聘によるセミナーの開催などを積極的に推進している。

また、東北大学、東京大学、筑波大学、東海大学、九州大学、鹿児島大学などの各協力機関とは、主にメーリングリストを活用したメール審議による運営会議を行ってきた。当該メーリングリストは本事業が修了後もそのまま引き続き運用することが可能であり、さらなる拠点の絆の強化に資することが出来る。

### ○中国・韓国の拠点機関との協力体制（各国の役割分担・ネットワーク構築状況等）

各国との間においては、研究代表者および各国3名ほどのメンバーからなるA3 foresight 推進会議を定期的に行なう。特に、各セミナーの期間中には毎回当該会議を開催した。研究内容、セミナーの主目的、開催日時と場所、人材育成の方針と手法などに関しては、主にこのA3 foresight 推進会議の場において決定された。

日本は主に、環境浄化やエネルギー関連に関するセラミックスの先端研究ならびに基礎研究ならびに実用研究と産業展開を担当した。また、韓国に置いては主に環境浄化セラミックスの産学連携研究を、中国においては、特に環境浄化とエネルギー変換および貯蔵に資するセラミックス焼結体に関する基礎から応用にかけての研究の推進を行った。

それぞれの研究者のネットワークを構築するために、A3 foresight 推進メンバーにおいてはメーリングリストを作成

し、本事業における連絡事項、確認事項については随時メールによる審議と連絡を行ってきた。また、特に若手のメンバー間において、自発的な組織形成として、日中韓若手セラミスト会議が組織され、セミナーの際に重鎮となる先生方からどのような講義を戴くかについての企画立案、および、共同研究でそれぞれの国を訪問するときのホスピタリティの組織化に役立った。

#### ○日本側拠点機関の事務支援体制（拠点機関全体としての事務運営・支援体制等）

本事業は学長の強いリーダーシップの基、事務局としても全学的なバックアップ体制を構築した。事務局国際課を中心とした支援体制チームを財務課、学務課、産学地域連携課、研究推進課、企画・広報室などの支援を受けながら構築した。

日常的には事務局国際課が参加研究者、各協力機関と連絡調整・折衝を行い、国内でのセミナー運営時においては、これらチームが有機的に連携してサポートを行った。また、日常的な雑務に関しては、事務職員・事務補佐員と一部若手教員らとの連携を行いながら運営を行った。

## 6. 今後の課題と展望

5カ年の活動によって明確になった本分野・体制等における課題、本事業から得られた成果や拠点機関としての研究交流活動の展開について将来的な展望を記入してください。

### ○課題等

本事業においては、非常に多くの研究成果を生み出すことが出来た。また、世界のセラミックス界の重鎮とも言える多くの卓越した研究者を輩出することに成功した。しかしながら、プロジェクトの最終年度である本年度の時点において、プロジェクトを構成する人員の世代として、60代以上の世代と40代以下の世代の二つの世代が多く、学会などで中心的に活躍するべきである50代の世代の教員の参加が比較的少ない人員構成となった。このため、次の10年の世界のリーダーとなる人材の育成という面で課題があると言える。ただし、本事業においては若手研究者の育成に取り組んできたため、非常に多くの大学院生にセラミックスへの関心を引きつけることに成功し、多くの博士学生を輩出することが出来た。しかしながら、これら博士学生が大学を初めとしたアカデミックなポジションを獲得するためには、ポスト数の問題からなかなか難しいケースも見られた。

例えば、日本の大学においては、人員配置として、教育面への配慮から、物理学科においては力学、電磁気学、熱力学、量子力学など様々な領域の教員を配置する必要があるが、イギリスの大学においては、研究を中心として考え、各大学の強みを引き出すために、非常に偏った分野の教員配置を行っている。例えばヨーク大学物理学科においては、磁性体物理、宇宙物理の教員が学科の教員の7割を占めており、だからこそヨーク大学は当該領域の世界的な研究拠点となっている。日本の大学においては、仮に熱力学が強いと言われている物理学科があったとしても、学科内に熱力学を専門とする教員はたかだか4名程度しか存在しない。このような研究指向型の教員システムを日本の大学でも取り得ることが出来れば、本事業のように、世界的な拠点から輩出された優秀な若手人材を大学等に残すことが出来るのでは無いかと考えている。

### ○将来的な展望

本事業においては、当初の3年間に於いて著しい成果を得ることに成功し、多くのメンバーが世界のセラミックスの学術的な重鎮と言ってもよい存在になったため、延長となった2年間に於いては、これら重鎮の教員らによる世界的な研究拠点の地位向上に加えて、若手研究者の育成にもまた、力を注いだ。特に、大学院学生への研究の心構え、産業展開の重要性、論文の書き方講習会などを行ってきた。このことにより、大学院生あるいは助教・准教授層といった若手研究者同士の交流が深まった。この絆を活かすため、今後も継続した国際交流を自助努力で継続する他、若手研究者をリーダーとして、外部資金の獲得を目指すこととした。

また、本研究交流にはこれまで日中韓以外にもネパール・ベトナム・タイ・マレーシア等からの留学生がメンバーとして参加してきた。このため、これら研究者とのネットワークも強化し、日中韓を核としたアジア全域における多機能性セラミックス研究開発のネットワークへと拡充を図っていくこととした。特に、タイやベトナムはセラミックス原料の生産地でもあり、日本のセラミックス企業も多く進出している土地である。従って、日本中国韓国という拠点を中心として、東南アジア諸国を含めたアジア地域を核として、研究・実用化の両面での拠点形成へと拡張展開する予定である。

## 7. 本事業に関連した主な発表論文名・著者名

研究代表者あるいは参加研究者が実施期間中に発表した論文等で、この交流の成果であり、本事業名が明記されているものを記載してください。研究代表者・参加研究者の氏名にはアンダーラインを付してください。また、相手国の参加研究者との共著論文には、文頭の番号に○印を付した上で、どの国の参加研究者との共著論文かがわかるように「相手国」欄に記入してください。

### (1) 学術雑誌等(紀要・論文集等も含む)に発表した論文又は著書

・査読がある場合、印刷済及び採録決定済のものに限り、査読中・投稿中のものは除く。また「査読」欄に○印を付すこと。

整理番号	著者名、発表論文名、学会誌名、発表年月巻号等	査読	相手国名 (共著の場合)
①	<u>Kuibao Zhang, Zhengyi Fu, Tadachika Nakayama, Masatoshi Okumura, Koichi Niihara:</u> "Preparatiolssuef Refined SiC Patterns from Imprinting of Partially Cross-Linked Solid Polycarbosilane", <i>Journal of the American Ceramic Society</i> , Vol.95, Issue 5, pp.1503-1535(2012)	○	中国
②	<u>Bo Wang, Koji Matsumaru, Jianfeng Yang, Zhengyi Fu, Kozo Ishizaki:</u> " The Effect of cBN Additions on Densification, Microstructure and Properties of WC-Co Composites by Pulse Electric Current Sintering", <i>Journal of the American Ceramic Society</i> , Vol.95, Issue 8, pp.2499-2503(2012)	○	中国
③	<u>Zhangfu Yang, Hao Wang, Xinmin Min, Weimin Wang, Zhengyi Fu, Soo Wahn Lee, Koichi Niihara:</u> "Optical and mechanical properties of Mg-doped sialon composite with La2O3 as additive", <i>Journal of the European Ceramic Society</i> , Vol.32, Issue 4 pp.2499-2503(2012)	○	中国 韓国
④	<u>Bhupendra Joshi, Hyun Hwi Lee, Young Heon Kim, Zhengyi Fu, Koichi Niihara, Soo Wahn Lee:</u> "Hot pressed translucent (Mg,Y)- $\alpha/\beta$ -Sialon ceramics", <i>Materials Letters</i> , Vol.80, pp178-180(2012)	○	中国 韓国
⑤	<u>Bhupendra Joshi, Hyun H. Lee, Hao Wang, Zhengyi Fu, Koichi Niihara, Soo W. Lee:</u> "The effect of different rare earth oxides on mechanical and optical properties of hot pressed $\alpha/\beta$ -Sialon ceramics", <i>Journal of the European Ceramics Society</i> , Vol.32, Issue13, pp.3603-3610(2012)	○	中国 韓国
⑥	<u>Kuibao Zhang, Zhengyi Fu, Tadachika Nakayama, Tsuneo Suzuki, Hisayuki Suematsu, Koichi Niihara:</u> " One-pot synthesis of hierarchically macro/mesoporous Al2O3 monoliths from a facile sol-gel process", <i>Materials Research Bulletin</i> , Vol.46, Issue 11, pp.2155-2162(2011)	○	中国
⑦	<u>Guimin Zhang, Zhengyi Fu, Yucheng Wang, Hao Wang, Weimin Wang, Jinyong Zhang, Soo Wahn Lee, Kochi Niihara:</u> "Boron-doped mullite derived from single-phase gels", <i>Journal of the European Ceramics Society</i> , Vol.30, Issue 12, pp.2435-2441(2010)	○	中国 韓国
⑧	<u>Kuibao Zhang, Zhengyi Fu, Jinyong Zhang, Weiming Wang, Soo Wahn Lee and Koichi Niihara:</u> "Charactrization of nanocrystalline CoCrFeNiTiAl high-entropy solid solution by mechanical alloying", <i>Journal of Alloys and Compounds</i> , Vol.495, Issue 1, pp.33-38(2010)	○	中国
⑨	<u>Guimin Zhang, Yucheng Wang, Zhengyi Fu, Hao Wang, Weiming Wang, Jinyong Zhang, Soo Wahn Lee, Kochi Niihara:</u> "Transparent mullite ceramic from single-phase gel by Spark Plasma Sintering", <i>Journal of the European Ceramic Society</i> , Vol.29, Issue 13, pp.2705-2711(2009)	○	中国 韓国
⑩	<u>H. Wang, T. Sekino, K. Niihara, Z. Y. Fu,</u> "Preparation of mullite-based iron magnetic nanocomposite powders by reduction of solid solution", <i>J. Mater. Sci.</i> , Vol. 44, pp.2489-2496, (2009).	○	中国
⑪	<u>K.B. Zhang, Z.Y. Fu, J.Y. Zhang, W.M. Wang, S.W. Lee and K. Niihara:</u> "Characterization of nanocrystalline CoCrFeNiTiAl high-entropy solid solution processed by mechanical alloying", <i>Journal of Alloys and Compounds</i> , Vol.495,pp.33-38(2010)	○	中国
⑫	<u>Bo Wang, Koji Matsumaru, Jianfeng Yang, Zhengyi Fu, and Kozo Ishizaki:</u> "The effect of cBN additions on densification, microstructure and properties of WC-Co composites by Pulse	○	中国

	Electric Current Sintering”, <i>Journal of the American Ceramic Society</i> , Vol.95, Issue 1, pp.1–5 (2012)		
⑬	Bo Wang, Koji Matsumaru, Jianfeng Yang, Zhengyi Fu, Kozo Ishizaki: “Mechanical behavior of cellular borosilicate glass with pressurized Ar-filled closed pores”, <i>Acta Materialia</i> , Vol.60 pp.4185–4193(2012)	○	中国
⑭	Liwen Lei, Zhengyi Fu, Jinyong Zhang, Hao Wang, Koichi Niihara, Low field magnetoresistance of $La_{0.7}Ca_{0.3}MnO_3$ ceramics fabricated by fast sintering process, <i>Journal of Alloys and Compounds</i> , 530 (2012): 164–168.	○	中国
⑮	Kim, T.-H., Rodríguez-González, V., Gyawali, G., Cho, S.-H., Sekino, T., Lee, S.-W. “Synthesis of solar light responsive Fe, N co-doped TiO <sub>2</sub> photocatalyst by sonochemical method”, <i>Catalysis Today</i> , vol.212, pp. 75–80(2013).	○	韩国
⑯	Adhikari, R., Malla, S., Gyawali, G., Sekino, T., Lee, S.W. “Synthesis, characterization and evaluation of the photocatalytic performance of Ag–CdMoO <sub>4</sub> solar light driven plasmonic photocatalyst”, <i>Materials Research Bulletin</i> , Vol.48, Issue 9, pp. 3367–3373. (2013)	○	韩国
⑰	Gyawali, G., Adhikari, R., Kim, H.S., Cho, H.-B., Lee, S.W. “Effect of h-BN nanosheets codeposition on electrochemical corrosion behavior of electrodeposited nickel composite coatings”, <i>ECS Electrochemistry Letters</i> , Vol.2 Issue 3, pp. C7–C10 (2013).	○	韩国
⑱	Joshi, B., Gyawali, G., Wang, H., Sekino, T., Lee, S.W.: “Thermal and mechanical properties of hot pressed translucent Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> doped Mg- $\alpha/\beta$ -Sialon ceramics”, <i>Journal of Alloys and Compounds</i> , Vol.557, pp. 112–119.(2013)	○	韩国
⑲	Kim, T.-H., Jo, Y.-H., Gyawali, G., Adhikari, R., Sekino, T., Lee, S.-W.: “Synthesis of TiO <sub>2</sub> -xNy/Ag-PbMoO <sub>4</sub> nanocomposites: An effective approach for photoinactivation of green tide under simulated solar light”, <i>Materials Letters</i> , Vol.101, pp. 99–102(2013).	○	韩国
⑳	Adhikari, R., Gyawali, G., Kim, T.H., Sekino, T., Lee, S.W.: “Synthesis of Er <sup>3+</sup> loaded barium molybdate nanoparticles: A new approach for harvesting solar energy” <i>Materials Letters</i> , Vol.91, pp. 294–297(2013).	○	韩国
㉑	Cho, S.H., Fu, Z., Niihara, K., Obregon-Alfaro, S., Lee, S.W.: “Red tide inactivation by silver doped TiO <sub>2</sub> produced in sono-chemistry method” <i>Materials Science Forum</i> , Vol.658, pp. 280–283(2010)	○	韩国
㉒	Joshi, B., Fu, Z., Niihara, K., Lee, S.W.:”Optical, mechanical and tribological properties of boronnitride dispersed silicon nitride Ceramics”, <i>Korean Journal of Materials Research</i> , Vol.20 Issue8, pp. 444–449(2010).	○	中国 韩国
㉓	Zhang, K., Fu, Z., Zhang, J., Nakayama, T., Niihara, K., Lee, S.W.: “Facile synthesis of hierarchical alumina monoliths with tubular macropores and ordered mesoporous walls”, <i>Chemistry Letters</i> , Vol.39, Issue 9, pp. 980–982(2010).	○	中国 韩国
㉔	Huang, F., Fu, Z., Wang, W., Wang, H., Wang, Y., Zhang, J., Zhang, Q., Lee, S.W., Niihara, K.: “Synthesis of shape-controlled Nb <sub>3</sub> O <sub>7</sub> F/Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> heterostructure: A new idea to synthesize binary hybrid materials by incomplete reaction”, <i>Materials Research Bulletin</i> , Vol.45, Issue6, pp. 739–743(2010).	○	中国 韩国
㉕	Li, J., Fu, Z., Wang, W., Wang, H., Lee, S., Niihara, K.: “Preparation of ZrC by self-propagating high-temperature synthesis”, <i>Journal of the Chinese Ceramic Society</i> , Vol.38, Issue 5, pp. 979–985(2010)	○	中国 韩国

(2)国際会議における発表

・著者(参加研究者を含む全員の氏名を、論文等と同一の順番で記載すること)、発表題目名、発表した学会名、開催場所、口頭・ポスター等の形式、論文等の番号、発表年月日を記載すること。発表者に○印を付すこと。

・査読がある場合、「査読」欄に○印を付すこと。

整理番号	著者名、発表論文名、学会誌名、発表年月巻号等	査読	相手国名 (共著の場合)
1	○ <u>Tadachika Nakayama</u> (Oral)“The Particle array technique with nanosecond pulsed field and nano mold, 13th Conference of the European Ceramic Society,	○	
2	○ <u>Tadachika Nakayama</u> (Oral), <u>Hong Beak Cho</u> , <u>Takeshi Fujihara</u> , <u>Hisayuki Suematsu</u> , <u>Tsuneo Suzuki</u> , <u>Weihua Jiang</u> , <u>Satoshi Tanaka</u> , <u>Koichi Niihara</u> : “Anisotropic Structure Design with Nanosecond Pulsed Power Technology for Ceramics and Polymer Hybrid Materials”, Materials Science & Technology 2012 Conference & Exhibition(MS&T’ 12),	○	
3	○ <u>Koichi Niihara</u> (Plenary Lecture): International Symposium on Core Technology in Ceramics 2009 abstract, 27, “New Design and Processing Concept for Future Ceramic Materials -From Nano to Molecular/Lattice Level Composite- “ (Pohang University of Science and Technology, Pohang, Korea, April 23-24,2009)	○	
4	○ <u>Koichi Niihara</u> (invited) : NSTDA-NUT Joint Symposium between, “Ceramic Based Nanocomposites with Multifunctionality and Industrial Applications” (The Thailand Science Park Convention Center, Pathumthani, Thailand, 22 May, 2009)	○	
5	○ <u>Koichi Niihara</u> (invited), <u>T. Nakayama</u> , <u>H. Suematsu</u> : 8 <sup>th</sup> Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology, 38, “New Nanocomposite Materials with Multi Functionality” (Hyatt Regency Vancouver, British Columbia, Canada, May 31-June 5,2009)	○	
6	<u>T. Sekino</u> , <u>T. Kusunose</u> , <u>S. Tanaka</u> , <u>K. Niihara</u> : 8 <sup>th</sup> Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology, 53, “Fabrication and Properties-Structure Correlations of Zirconia-based Nuclei-phase Nanocomposites Dispersed with CNTs and Nanoparticles”	○	
7	<u>K. Niihara</u> , <u>OT. Nakayama</u> (Keynote Lecture), <u>H. Suematsu</u> : International Conference on Sintering Abstract Book, 3, “Innovative Sintering Processing of Nanocomposite Ceramics with Multifunctionality” (Kiev, Ukraine, September 7-11, 2009)	○	
8	○ <u>Zhengyi FU</u> (Oral), <u>Fei Huang</u> , <u>Hao Wang</u> , <u>Weiming Wang</u> , <u>Soo Wahn Lee</u> , <u>Koichi Niihara</u> : The 11th International Symposium on Eco-Materials Processing and Design (ISEPD2010), 50, “Variation of Composition, Structure and Properties of Electric Conducting Ceramic Particles in HF and H2O2 Liquid” (Osaka prefecture Univ. Sakai, Japan, January 9-12, 2010)	○	中国 韓国
9	○ <u>Hao WANG</u> (Oral), <u>Zhangfu YANG</u> , <u>Weimin WANG</u> , <u>Zhengyi FU</u> , <u>Soo-Wahn LEE</u> , <u>Koichi NIIHARA</u> : The 11th International Symposium on Eco-Materials Processing and Design (ISEPD2010), 202, “Fabrication and Properties of Translucent Sialon Ceramics Stabilized by Alkali and Alkaline Earth Cations”	○	中国 韓国
10	○ <u>Tadachika Nakayama</u> (Oral), <u>Hong Dae Kim</u> , <u>Yoshinori Tokoi</u> , <u>Tsuneo Suzuki</u> , <u>Soo Wahn Lee</u> (SuunMoon Univ.), <u>Zheng Yi Fu</u> (Wuhan Univ. of Tech.), <u>Hisayuki Suematsu</u> and <u>Koichi Niihara</u> : The 3rd International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO2010), 46, “Fabrication and Characterization of the Nanosized Surface Modification via Nanoimprint and Sintering Method”	○	中国 韓国
11	○ <u>Hong-Baek Cho</u> (Poster), <u>Yoshinori Tokoi</u> , <u>Tadachika Nakayama</u> , <u>Satoshi Tanaka</u> , <u>Weihua Jiang</u> , <u>Hisayuki Suematsu</u> and <u>Koichi Niihara</u> : The 3rd International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO2010), 81, “Orientation	○	

	of Boron Nitride Nanosheets Using Electrophoresis in Polymer”		
12	○ <u>Tadachika Nakayama(Poster)</u> , Kevin O’ Grady(*Univ. of York), Atsufumi Hirohata*, <u>Yoshikazu Suzuki(Kyoto Univ.)</u> , Hisayuki Suematsu and Koichi Niihara : The 3rd International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO2010), 103, “Phase Formation and Characterization of the Co <sub>2</sub> MnSi films deposited by High Target Utilisation Sputtering Method”	○	
13	○ <u>Hisayuki Suematsu(Oral)</u> , Keisuke Josho, Yahya Muhammad Izuari, Tsuneo Suzuki, <u>Tadachika Nakayama</u> , Koichi Niihara, Zhengyi Fu, and Soo Wohn Lee: China-Japan-Korea Seminar and Summer Workshop for Advanced Materials (CJK2010), 11, “Growth of Silver Nanoplates by Pulsed Wire Discharge in Water” (Wuhan University of Technology Wuhan, China, July 1-6,2010)	○	中国 韩国
14	○ <u>Tadachika Nakayama(Oral)</u> , Hong Dae KIM, Yoshinori Tokoi, Tsuneo Suzuki, <u>Soo Wohn Lee</u> , <u>ZhengYi Fu</u> , Hisayuki Suematsu, and Koichi Niihara: China-Japan-Korea Seminar and Summer Workshop for Advanced Materials (CJK2010), 33, “Fabrication of the Nanostructure Patterned Sintered Ceramics with the quartz nano mold”	○	中国 韩国
15	○ <u>Ji Won Lee(Poster)</u> , Masahiro Terauchi, Ken-ichi Minato, <u>Tadachika Nakayama</u> , Tsuneo Suzuki, Hisayuki Suematsu, Koichi Niihara: China-Japan-Korea Seminar and Summer Workshop for Advanced Materials (CJK2010), 58, “The Synthesis of the Low Environmental Emission Type Dye-Sensitized Solar Cell using Natural Dye and Titania Nanotube”	○	
16	○ <u>T. Nakayama(Poster)</u> , H. D. Kim, Y. Tokoi, T. Sekino(Tohoku Univ.), T. Yoshimura(OsakaPrefecture Univ.), T. Suzuki, H. Suematsu, K. Niihara : 7th International Conference on High Temperature Ceramic matrix Composites(HT-CMC7), “Sub Micron Sized Surface Patterning for Sintered Ceramics via Nanoimprint Forming Process”	○	
17	<u>Hong Baek Cho</u> , ○ <u>Tadachika Nakayama(Oral)</u> , Satoshi Tanaka, Weihua Jiang, Shin Endo, <u>Hisayuki Suematsu</u> , Koichi Niihara: MS&T’ 10, “Alignment of BN Nanosheets Using DC and Nano Pulse-Width Electric Field”	○	
18	○ <u>L. Jiwon(Poster)</u> , M. Terauchi, K. Minato, T. Suzuki, T. Nakayama, H. Suematsu, K. Niihara: 3rd International Congress on Ceramics, 78, “Use of a natural-dye of TiO <sub>2</sub> Nanotube for Dye-Sensitized Solar Cells” (Osaka International Convention Center, Japan, Nov. 14-18, 2010)	○	
19	○ <u>S. Amarume(Poster)</u> , T. Nakayama, K. Niihara, H. D. Kim, Y. Ohba, T. Suzuki, H. Suematsu, <u>Z. Fu</u> , <u>S.W. Lee</u> : 3rd International Congress on Ceramics, 74, “Synthesis of Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiC nanocomposites using the nano slurry which homogeneous dispersion by beads mill” (Osaka International Convention Center, Japan, Nov. 14-18, 2010)	○	中国 韩国
20	○ <u>H.B. Cho(Oral)</u> , T. Nakayama, H. Suematsu, S. Tanaka, T. Suzuki, W. Jiang, K. Niihara: 3rd International Congress on Ceramics, 75, “Self-Assembled Linear Bundles of BN Nanosheets in Polysiloxane Film under Alternating DC Electric Field” (Osaka International Convention Center, Japan, Nov. 14-18, 2010)	○	
21	○ <u>Soo Wohn Lee(Oral)</u> , Bhupendra Joshi, Zhengyu Fu, Koichi Niihara: The 27th International Korea-Japan Seminar on Ceramics, 49, “Rare Earth Oxide (REO <sub>9</sub> Toughened Translucent Polycrystalline Silicon Nitride” (Songdo Convensia, Incheon, Korea, Nov. 23-26, 2010)	○	中国 韩国
22	○ <u>T. Nakayama(Oral)</u> , A. Konno, <u>H.B. Cho</u> , S. Endo, <u>S.W. Lee</u> , <u>Z. Fu</u> , <u>W. Jiang</u> , <u>T. Suzuki</u> , <u>H. Suematsu</u> , K. Niihara: The 12th International Symposium on Eco-Materials Processing and Design Proceedings, 71, “Crossover of the Nano Second Technology for Eco-processing” (The Empress Hotel Chiang Mai, Thailand, January 8-11, 2011)	○	中国 韩国
23	○ <u>Tadachika Nakayama(Oral)</u> , Koichi Niihara: 1st International Workshop on Rare Metals Program (Preliminary), “Rare Metals Related Issues in Japan” (Sheraton Incheon Hotel, Incheon, Korea, April 18-19,2011)	○	
24	<u>Tadachika Nakayama(Oral)</u> , Hong Dae Kim, Yoshinori Tokoi, Tsuneo Suzuki, Soo Wohn Lee, Zheng Yi Fu, Kazuhiro Tada, Hisayuki Suematsu and Koichi Niihara :The 4th International	○	

	Symposium on Functional Materials(ISFM2011), p86, "Fabrication of the Nanostructure Patterned Films by Nanoimprint Method" (Tohoku University, Sendai, Japan, August 2-6,2011)		
25	<u>O.Z.Y. Fu(Oral)</u> , <u>H. Wang</u> , <u>W.M. Wang</u> , <u>S. W. LEE</u> and <u>K. Niihara</u> : The Seventh International Conference on High-Performance Ceramics, 34, "Ultra-fast densification based on Combustion reaction for nano-grain ceramics" (Xiamen, China, Nov. 4-7, 2011)	○	中国 韩国
26	<u>O.T. Nakayama(Poster)</u> , <u>Z.Y. Fu</u> , <u>S.W. Lee</u> , <u>H.B. Cho</u> , <u>W.H. Jiang</u> , <u>S. Endo</u> , <u>H. Suematsu</u> , <u>A. Tokuchi</u> and <u>K. Niihara</u> : The Seventh International Conference High-Performance Ceramics Abstracts, 47, "Crossover of the nano second technology and nanotechnology for fabrication of the hybrid materials for thermal management" (Xiamen University, China, Nov. 4-7, 2011) (Xiamen, China, Nov. 4-7, 2011)	○	中国 韩国
27	<u>O.H. Suematsu(Oral)</u> , <u>S. Ishihara</u> , <u>T. Suzuki</u> , <u>T. Nakayama</u> and <u>K. Niihara</u> : International Conference on Energy Efficient Materials Manufacturing Methods & Machineries for Ceramic Industries (IC2E4MCI-11), 19, "Pulsed Wire Discharge: An Energy-Efficient Metal & Compound Nanosized Powder Synthesis Method" (Agra, India, 19 December, 2011)	○	
28	<u>O.H. Suematsu(Oral)</u> , <u>R. Kurosawa</u> , <u>T. Suzuki</u> , <u>T. Nakayama</u> , and <u>K. Niihara</u> : The 13th International Symposium on Eco-materials Processing and Design Abstract, 141, "Magnetic Property Change in NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> Nanosized Particles with Organic Molecule Layers" (Lijiang Waterfall Hotel, Guilin, China, Jan. 7-10, 2012)	○	
29	<u>O.T. Nakayama(Oral)</u> , <u>T. Fujihara</u> , <u>H. Cho</u> , <u>S. Endo</u> , <u>H. kim</u> , <u>K. Tada</u> , <u>W. Jiang</u> , <u>H. Suematsu</u> , <u>K. Niihara</u> : 36th International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites, 37, "Fabrication of the anisotropic structured BN/Polymer composites with Nanoimprint and Electric Field Process" (Florida, USA, January 22-27, 2012)	○	
30	<u>O.H. Cho(Oral)</u> , <u>M. Mitsuhashi</u> , <u>T. Nakayama</u> , <u>T. Suzuki</u> , <u>S. Tanaka</u> , <u>W. Jiang</u> , <u>H. Suematsu</u> , <u>K. Niihara</u> : 36th International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites, 28, "Thermal anisotropy of epoxy resin-based nano hybrid film with oriented boron nitride nanosheets under rotation magnetic field" (Florida, USA, January 22-27, 2012)	○	
31	<u>O.H. Suematsu(Oral)</u> , <u>T. Suzuki</u> , <u>J. Shirahata</u> , <u>K. Suzuki</u> , <u>T. Nakayama</u> , <u>K. Niihara</u> : 36th International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites, 45, "Electronic and Grain Boundary Structure Control for Hardening in Chromium Oxynitride Based Thin Films" (Florida, USA, January 22-27, 2012)	○	
32	<u>O.M. Mitsuhashi(Poster)</u> , <u>T. Nakayama</u> , <u>S. Endo</u> , <u>M. Terauchi</u> , <u>W. Jiang</u> , <u>T. Suzuki</u> , <u>H. Kim</u> , <u>H. Suematsu</u> , <u>K. Niihara</u> : 36th International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites, 40, "Fabrication of the rubber and cersmics electrets with nano second pulsed discharge" (Florida, USA, January 22-27, 2012)	○	
33	<u>O.Tadachika Nakayama(Poster)</u> , <u>Zhengyi FU</u> , <u>Soo Wahn Lee</u> <u>Hong Baek Cho</u> , <u>Weihua Jiang</u> , <u>Shin Endo</u> , <u>Hisayuki Suematsu</u> , <u>Akira Tokuchi</u> and <u>Koichi Niihara</u> : The 1st International GIGAKU Conference in Nagaoka (IGCN), 171, "Crossover of the Nano Second Technology and Nanotechnology for Materials Crux Control" (Nagaoka University of Technology, Japan, Feb. 3-5, 2012)	○	中国 韩国
34	<u>O.T. Nakayama(Oral)</u> , <u>R. Nowak</u> , <u>K. Niihara</u> : Nature Conference 2012, 75, "Nanopulsed Field Induced Control of Hybrid Materials and Its Functionarty" (Eurogress Conference Centre, Aachen, Germany, June 17-20,2012)	○	
35	<u>O.H.B. Cho(Oral)</u> , <u>S. Yanahara</u> , <u>T. Takayama</u> , <u>T. Suzuki</u> , <u>W. Jiang</u> , <u>S. Tanaka</u> , <u>K. Niihara</u> : Tech Connect World Summit, Expo & Shoecase 2012, 76, "Fabrication of controlled linear assemblies of graphite nanosheets in polysiloxane-based nanocomposite films and enhancement of thermal property" (Santa Clara Convention Center, Santa Clara, CA, June 18-21, 2012)	○	
36	<u>O.Tadachika Nakayama(Poster)</u> , <u>Hong-Baek Cho</u> , <u>Shota Yanahara</u> , <u>Huynh Diep Phuoc</u> , <u>Hisayuki Suemtsu</u> , <u>Tsuneo Suzuki</u> , <u>Weihua Jiang</u> and <u>Koichi Niihara</u> : 31st International Conference on the	○	

	Physics of Semiconductors 2012, “Nano Pulsed Electric Field Induced Texture Control of Few-Layer Graphene in Polysiloxane-based Nanocomposite Films” (Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Switzerland, July 29–August 3, 2012)		
37	H. Suematsu, T. Orikawa, Y. Tokoi, T. Suzuki, <u>○T. Nakayama(Oral)</u> , K. Niihara : Materials Science & Technology 2012 Conference & Exhibition(MS&T’ 12), 101, “Preparation of Organic Matter Coated Metal Nanosized Powders by Pulsed Wire Discharge” (Pittsburgh, Pennsylvania, USA, Oct. 7–11, 2012)	○	
38	<u>○T. Nakayama(Oral)</u> , H.B. Cho, T. Fujihara, T. Suzuki, W. Jiang, H. Suematsu, K. Niihara: The 5th International Symposium on Designing, Processing and Properties of Advanced Engineering Materials(ISAEM-2012)/ The 3rd International Symposium on Advanced Materials Development and Integration of Novel Structural Metallic and Inorganic Materials(AMDI-3), “Field-Induced Orientation of Ceramics Nanosheets and Polymer Hybrids” (Loisir Hotel Toyohashi, November 5–8, 2012)	○	
39	Tsukasa Yanagita, <u>○Tadachika Nakayama(Oral)</u> , Masayuki Ishii, Yoshiyuki Yokoyama, Hisayuki Suematsu, Takeshi Yoshimura, Tsuneo Suzuki, Koichi Niihara : Materials Science & Technology 2012 Conference & Exhibition(MS&T’ 12), 122, “Fabrication of An Active Device That Enables the Single-Particle Conductivity Measurement” (Pittsburgh, Pennsylvania, USA, Oct. 7–11, 2012)	○	
40	<u>○Tadachika Nakayama(Oral)</u> , Hong Baek Cho, Takeshi Fujihara, Hisayuki Suematsu, Tsuneo Suzuki, Weihua Jiang, Satoshi Tanaka, Koichi Niihara : Materials Science & Technology 2012 Conference & Exhibition(MS&T’ 12), 111, “Anisotropic Structure Design with Nanosecond Pulsed Power Technology for Ceramics and Polymer Hybrid Materials” (Pittsburgh, Pennsylvania, USA, Oct. 7–11, 2012)	○	
41	H. Suematsu, T. Koishi, S. Ishihara, T. Suzuki, <u>○T. Nakayama(Oral)</u> , K. Niihara : Materials Science & Technology 2012 Conference & Exhibition(MS&T’ 12), 95, “Preparation of Aluminum Nickel Nanosized Powders by Pulsed Wire Discharge” (Pittsburgh, Pennsylvania, USA, Oct. 7–11, 2012)	○	
42	<u>○Hong-Baek Cho(Oral)</u> , Tadachika Nakayama, Hisayuki Suematsu, Tsuneo Suzuki, Weihua Jiang, Satoshi Tanaka, Yoshinori Tokoi and Koichi Niihara : 12th International Symposium on Novel and nano Materials, “Exfoliation and Functionalization of BN Nanosheets and fabrication of Densely Packed Linear Assembly in Polymer Nanocomposites” (Suleyman Demirel Cultural Center, Istanbul, Turkey, August 26–30, 2012)	○	

### (3) 国内学会・シンポジウム等における発表

・(2)と同様に記載すること

整理番号	著者名、発表論文名、学会誌名、発表年月巻号等	査読	相手国名 (共著の場合)
1	<u>○藤原健志, Hong Baek Cho, 中山忠親, 江 偉華, 鈴木常生, 末松久幸, 新原皓一</u> : “電場および微細形状を利用したポリシロキサン中六方晶窒化ホウ素の垂直配向制御”, 粉体粉末冶金協会平成24年度春季大会、	○	
2	<u>○中山忠親(Oral)</u> , 山田 昇, 藤原健志, 鈴木常生, 末松久幸, 新原皓一: 日本機械学会 熱工学コンファレンス 2010 講演論文集, 31, “太陽光輻射熱を利用した化学エネルギー変換用触媒の合成”(長岡技術科学大学 平成22年10月30日—31日)	○	
3	<u>○今城一嘉(Poster)</u> , <u>中山忠親, 鈴木常生, 末松久幸, 新原皓一</u> : 平成22年度(第20回)電気学会東京支部新潟支所研究発表会, 55, “熱インプリント法による低融点金属への微細構造付与”(長岡技術科学大学 平成22年11月27日–28日)	○	
4	<u>○藤原健志(Poster)</u> , 趙 洪栢, 中山忠親, 鈴木常生, 江 偉華, 末松久幸, 新原皓一: 日本セラミックス協会 2011 年年会講演予稿集, 139, “電気泳動を利用した微小空間への六方晶窒化	○	

	ホウ素ナノシート垂直配向制御”(静岡大学 2011年3月16日-18日)		
5	○黒澤 遼(Poster)、鈴木常生、中山忠親、末松久幸、新原皓一:日本セラミックス協会 2011 年年会講演予稿集、164、“有機物脱着による NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 超微粒子の磁化特性の変化”(静岡大学 2011年3月16日-18日)	○	
6	○今野 歩(Poster)、中山忠親、白幡 淳、鈴木常生、末松久幸、新原皓一、福田光男(ライトニックス株):日本セラミックス協会 2011 年年会講演予稿集、184、“ポリ乳酸製微細注射針と微細電極を用いた血液中有機物センサー”(静岡大学 2011年3月16日-18日)	○	
7	○寺内雅裕(Poster)、李 智媛、中山忠親、鈴木常生、末松久幸、新原皓一、石井将之(阪大)、関野 徹(東北大):日本セラミックス協会 2011 年年会講演予稿集、193、“超音波化学法を利用したチタネートナノチューブの新規 Ag イオン交換手法”(静岡大学 2011年3月16日-18日)	○	
8	○李 智媛(Poster)、寺内雅裕、中山忠親、鈴木常生、末松久幸、新原皓一、湊 賢一(函館高専)、関野 徹、金長烈(東北大):日本セラミックス協会 2011 年年会講演予稿集、202、“チタニアナノチューブと天然色素を用いた色素増感太陽電池の特性”(静岡大学 2011年3月16日-18日)	○	
9	○遠藤 慎(Poster)、中山忠親、江 偉華、鈴木常生、末松久幸、新原皓一:日本セラミックス協会 2011 年年会講演予稿集、209、“ナノ秒パルス電源による大気圧非平衡プラズマを用いた有機金属錯体の分解”(静岡大学 2011年3月16日-18日)	○	
10	○Hong-Beak Cho(Oral)、Tadachika Nakayama、Satoshi Tanaka、Weihua Jiang、Hisayuki Suematsu、and Koichi Niihara:日本セラミックス協会 2011 年年会講演予稿集、353、“Fabrication of self-assembles of linearly aligned diamond fillers in polysiloxane/diamond composite films”(静岡大学 2011年3月16日-18日)	○	
11	○中山忠親(Invited)、趙 洪栢、田中 諭、鈴木常生、末松久幸、新原皓一:日本セラミックス協会 第24回秋季シンポジウム、p70、“ナノ秒技術とナノテクのクロスオーバー(北海道大学 札幌キャンパス 2011年9月7日-9日)	○	
12	○末松久幸(Oral)、石原 知、鈴木常生、中山忠親、新原皓一:2012年春季(第59回)応用物理学関係連合講演会、29、“粉体原料のパルス細線放電による超微粒子作製法開発”(早稲田大学 早稲田キャンパス、2012年3月15日~18日)	○	
13	○加藤貴仁(Oral)、末松久幸、鈴木常生、中山忠親、新原皓一:2012年春季(第59回)応用物理学関係連合講演会、77、“Sr <sub>2</sub> Ca(n-1)Cu <sub>n</sub> O <sub>y</sub> 相の超高压下合成”(早稲田大学 早稲田キャンパス、2012年3月15日~18日)	○	
14	○小瀧侑央(Oral)、加藤孝弘、安井寛治、鈴木常生、中山忠親、末松久幸、新原皓一:2012年春季(第59回)応用物理学関係連合講演会、77、“希塩酸法で作製された Bi-2212 固有ジョセフン接合における BiOCl 絶縁層のステップ成長”(早稲田大学 早稲田キャンパス、2012年3月15日~18日)	○	
15	○折川拓也(Poster)、小石哲也、石原 知、中山忠親、鈴木常生、末松久幸、新原皓一:日本セラミックス協会 2012 年年会、133、“パルス細線放電法による有機物被覆 Zr 超微粒子の作製”(京都大学 吉田キャンパス 2012年3月19日~21日)	○	
16	○藤原健志(Oral)、趙 洪栢、中山忠親、鈴木常生、末松久幸、江 偉華、阿尻雅文(東北大)、新原皓一:第22回電気学会東京支部新潟支所研究発表会、19、“電場によるポロシロキサン中六方晶窒化ホウ素の構造制御”(長岡技術科学大学、平成24年11月10日)	○	
17	○柳原将太(Poster)、趙 洪栢、中山忠親、江 偉華、鈴木常生、末松久幸、新原皓一:第22回電気学会東京支部新潟支所研究発表会、76、“パルス電場印加によるポリマー内のカーボン系ファイバーの配列制御”(長岡技術科学大学、平成24年11月10日)	○	
18	○柳田 宰(Oral)、中山忠親、石井将之*、吉村 武*( *大阪府大)、横山義之**(**富山工技センター)、鈴木常生、末松久幸、新原皓一:平成24年度応用物理学学会北陸・信越支部学術講演会、70、“温度応答性高分子を用いた粒子操作用レジスト微細加工チップの設計と評価”(富山県民会館、平成24年11月16日-17日)	○	

19	○末松久幸、小石哲也、石原 知、鈴木常生、中山忠親、新原皓一：“パルス細線放電によるNiAl 金属間化合物超微粒子の作製”、2013 年第 60 回応用物理学会春季学術講演会、神奈川県工科大学、口頭、28p-B6-2、2013 年 3 月 28 日	○	
20	○佐藤蒼生、遠藤稔之、鈴木知真、鈴木常生、中山忠親、末松久幸、新原皓一：“CrN 系化合物における高硬度化および高電気伝導化”、日本金属学会 2013 年春季(第 152 回)大会、東京理科大学、ポスター、p90、2013 年 3 月 27 日(優秀ポスター賞受賞)	○	