

SIT総合研究所・研究センター 研究成果報告書

※各研究センターの成果報告書は、文部科学省の報告様式を基に作成しています。

- 1 **フレキシブル実装工学研究センター（2015年度予算:6,100千円）（5年目）** P. 1
集束陽子線描画を基軸とする微細な加工技術で、三次元柔構造を含む多種多様な材料群のハイブリッド構造体を形成し、機能発現、統合およびデバイス化に取り組む。従来のエレクトロニクス実装の枠組みを超えた超実装工学の構築を目指し、環境調和性に優れたモノづくりを探索する。
- 2 **レアメタルバイオリサーチセンター（2015年度予算:4,200千円）（5年目）** P. 16
特殊な金属代謝機能を有する微生物を利用して廃電子部品等に含まれるセレン等のレアメタルを不溶液化・濃縮して回収し、市場価値のある資源としてリサイクルする一連の技術群を開発する。
- 3 **建築ストック研究センター（2015年度予算:3,000千円）（4年目）** P. 35
日本がこれから迎える超高齢社会において、あらゆる世代が満足して住み続けることができるよう、都市部に数多く存在する既存共同住宅を主な研究対象として、地域社会、建築、インフィル（内装・設備）をいかに再生するかを研究する。
- 4 **パワーエレクトロニクス研究センター(2015年度予算:8,100千円）（3年目）** P. 47
消費電力削減のキー技術であるパワーエレクトロニクスにおいて、要素技術であるデバイス製作から応用技術である電力系統連系技術までの出口を見据えた垂直統合型研究を行う。デモンストラータとして10kW高周波非接触給電技術を開発する。
- 5 **ソフトウェア開発技術教育研究センター(2015年度予算:1,540千円)** P. 54
産業界におけるソフトウェア開発技術者不足やソフトウェアの品質低下という問題に対して、開発現場で利用可能な形式検証技術をはじめとするソフトウェア開発技術とその教育方法を研究し、ソフトウェア開発技能(技術を使用する能力)をもつ質の高い人材を各工学分野に関わる産業界に輩出する。
- 6 **脳科学ライフテクノロジー寄附研究センター(2015年度予算:5,000千円）（6年目）** P. 63
財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所からの寄附金を基金とし、同財団で実施されてきた脳科学及び生活支援技術の研究の発展と本分野での人材育成を目指す。
- 7 **グリーンイノベーション研究センター(2015年度予算:10,000千円）（3年目）** P. 70
財団法人新機能素子研究開発協会からの寄附金を基金とし、同財団で実施されてきたパワーデバイスの研究など、持続可能な地球を実現する鍵であるグリーンイノベーション研究の推進、プロジェクトへの参画、実践的な人材の育成を目指す。
- 8 **高齢者住環境デザイン研究センター** P. 85
リフォーム等の実践を通して高齢者とその家族の負担軽減に資する住空間デザイン、ケアリフォーム要件のマニュアル化、設備の開発提案、認知症の周辺症状(BPSD)対応支援技術等について研究を行う。
- 9 **ゼロエネルギー建築研究センター(2015年度予算:15,000千円)** P. 90
建築・都市のゼロエネルギー化に向けて、関連する技術開発と実証を行う。一般社団法人環境共創イニシアチブが推進するエネマネハウス等への参加により、ゼロエネルギー建築モデルにて実証し、公開することで普及を目指す。

【各研究センターの成り立ち】

該当 番号	事業名等	概要
1～4	文部科学省 戦略的研究基盤形成支援事業	本事業は、私立大学が、各大学の経営戦略に基づいて行う研究基盤の形成を支援するため、研究プロジェクトに対して重点的かつ総合的に補助を行う事業であり、もってわが国の科学技術の進展に寄与するものである。 http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/shinkou/07021403/002/002/1218299.htm
5	(独)情報処理推進機構 ソフトウェア工学分野の先導的研究支援事業	本事業は、我が国のソフトウェア工学の振興を通じて、ソフトウェア工学の先導的研究及びその成果の産業界への移転促進並びにソフトウェアの社会的認知の向上を図り、ソフトウェアの信頼性向上に貢献することを目的とし、中長期的な波及効果として、社会を支える IT 基盤の信頼性向上、産業の国際競争力強化、ソフトウェア工学分野の研究人材の育成を促進することも企図している。
6	(財)脳科学ライフテクノロジー研究所	左記財団からの寄附金を基金とし、同財団で実施されてきた脳科学及び生活支援技術の研究の発展と本分野での人材育成を目指す。
7	(財)新機能素子研究開発協会	左記財団からの寄附金を基金とし、持続可能な地球を実現する鍵であるグリーンイノベーション研究の推進、プロジェクトへの参画、実践的な人材の育成を目指す。
8	高齢者住環境デザイン研究センター	リフォーム実践を通して、高齢者とその家族の負担軽減に資する高齢者住環境デザイン分野の研究発展と人材育成を目指す。
9	ゼロエネルギー建築研究センター	国内外における建築や都市のゼロエネルギー化の必要性に伴い、環境技術開発を軸とした総合的な研究拠点として設立した。一般社団法人環境共創イニシアチブの推進するエネマネハウス事業等に参加することにより、実証研究を軸とした研究を行う。(※) ※ネット・ゼロ・エネルギー・ハウスの標準化に係る調査実証事業(エネマネハウス 2015)

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

平成 23 年度～平成 27 年度「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」 研究成果報告書概要

1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学

3 研究組織名 芝浦工業大学 SIT 総合研究所フレキシブル実装工学研究センター

4 プロジェクト所在地 先端工学研究機構棟 埼玉県さいたま市見沼区深作307

5 研究プロジェクト名 集束陽子線描画による三次元柔構造デバイスの創出、統合および
超実装工学の推進

6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
西川宏之	工学部電気工学科	教授

8 プロジェクト参加研究者数 16 名

9 該当審査区分 理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
西川 宏之	電気工学科・教授	PBW 専用装置開発、超実装工学支援プロセスの開発	プロジェクトの総括、テーマ1 (PBW によるものづくり基盤技術の開発)、2 (超実装工学の先導的研究) 担当
長谷川 忠大	電気工学科・教授	PBW 専用装置開発、ヘルスケアデバイス応用	テーマ1 (PBW によるものづくり基盤技術の開発)、テーマ2 (三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作) 担当
小池 義和	電子工学科・教授	生体適合型圧電体材料と応用	テーマ2 (機能発現する PBW 用材料探索) 担当
松村 一成	材料工学科・教授	バイオセンサー応用	テーマ2 (機能発現する PBW 用材料探索) 担当
大石 知司	応用化学科・教授	デバイス用新規材料探索	テーマ2 (機能発現する PBW 用材料探索) 担当
吉見 靖男	応用化学科・教授	三次元神経細胞培養への応用	テーマ2 (機能発現する PBW 用材料探索) 担当
山口 正樹	電子工学科・准教授	強誘電体 MEMS デバイス応用	テーマ2 (三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作) 担当
堀口 常雄	通信工学科・教授	光ファイバ・デバイス応用	テーマ2 (超実装工学の先導的研究) 担当
(共同研究機関等) 神谷 富裕	原子力機構・研究主幹	イオンビーム技術開発	テーマ1 (PBW によるものづくり基盤技術の開発) 担当

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

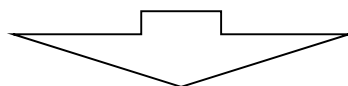
石井 保行	原子力機構・研究副主幹	イオンビーム技術開発	テーマ1(PBW によるものづくり基盤技術の開発)担当
前川 康成	原子力機構・研究主幹	放射線化学によるナノ空間反応	テーマ1(陽子線によるナノ空間反応性の研究)担当
成沢 忠	高知工科大学・教授	キャピラリー集束による大気中照射技術	テーマ1(PBW によるものづくり基盤技術の開発)担当
大木 義路	早大理工学術院・教授	ポリマー光デバイス開発	テーマ2(三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作)担当
内田 諭	首都大学東京・准教授	誘電泳動デバイス開発	テーマ2(三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作)担当
渡辺 徹	ナノプレATING 研究会・代表	電铸による三次元金属構造形成	テーマ2(テーマ2(三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作)担当
林 秀臣	エコデザイン推進機構・理事	超実装コンセプトモデルの構築	テーマ2(超実装工学の先導的研究)担当

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

(変更の時期:平成 年 月 日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

11 研究の概要(※ 項目全体を10枚以内で作成)

(1)研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

本研究の目的は、**集束陽子線描画(Proton Beam Writing、PBW)技術**を開発・駆使し、多様なフレキシブル材料の高精度な作製プロセスにより**三次元柔構造**を実現することである。本学のものづくりの伝統に則り、**高エネルギー陽子線**という先端的な**量子ビーム技術**をものづくりイノベーションに結びつけるための研究基盤形成に取り組んでいる。従来の工学の枠組みにとらわれず、バイオ・ナノテク・材料といった境界領域に微細なものづくりでアプローチすることで、新たな価値創造に取り組む。

具体的には、光・電子・化学情報処理機能を有する**三次元柔構造デバイス**を創出し、統合する取り組みを行うとともに、既存の実装を超えた枠組みの提案として、新たな**超実装工学**の概念を提唱、推進する。ものづくりイノベーションを推進する。また、本学のものづくりの伝統に則り、社会経済的価値の新たな創造に取り組む人材を輩出するとともに、我が国の安全・安心やグローバル化する環境問題に貢献する。

本プロジェクトでは、以下の2テーマに取り組んだ。

(テーマ1)集束陽子線描画による誘起反応性制御と三次元柔構造の実現

(1) PBW によるものづくり基盤技術の開発

MeV 級の陽子線の高い直進性を活かした三次元、長深度加工技術を開発し、三次元柔構

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

造を実現するPBW 基盤技術を開発する。1 μ m 以下の陽子線を安定に発生、制御し、三次元柔構造を高精度に再現性良く作製するため、現有 PBW 装置の加工装置としての限界性能を見極め、装置性能を向上させる。キャピラリー集束による描画、大気ビーム取り出し等の挑戦的課題に取り組む。

(2) 陽子線によるナノ空間反応性の研究

高エネルギー陽子線の物質中での飛跡近傍のナノ空間における反応性を明らかにし、微細加工の観点から研究を行う。

(テーマ2) 三次元柔構造の機能発現とデバイス応用および超実装工学の推進では、高エネルギー陽子線の最大の特徴を活かし、従来技術で適用不可能な新規材料系を見出し、安全・安心を守る三次元柔構造デバイスを創出する。

(1) 機能発現する PBW 用材料探索

光・電子・生体親和性機能に優れた材料群を探索し、上述の PBW 加工を駆使した加工プロセスを開発する。

(2) 三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作

個々の材料の優れた特性に加えて、三次元柔構造デバイスを創製する。前述の PBW によるプロトタイプを検証後、熱インプリントリソグラフィ用金型転写技術を用いて、三次元柔構造デバイスの低コストかつ高スループット加工技術を開発する。

(3) 超実装工学の先導的研究

上記(1)、(2)に加え、三次元柔構造デバイスの環境調和性を実現するため、多様な材料をフレキシブルな基板やファイバに三次元的に展開、加工することで、光・電子・生体親和性機能を統合化する、フレキシブル実装技術への取り組みを行う。これにより、従来の実装の延長線上にはない、工業システムの変革を促す「超実装」工学を推進する。

以上のテーマ1および2への取り組みにより、本研究計画の基盤となる PBW 技術の深化と三次元柔構造デバイスの創出・統合を図る。これにより、小型、多機能、生体適合性を有する高機能デバイスを材料レベルで統合し、**環境・エネルギー、医療分野**といった、グリーン・ライフイノベーションへの波及が期待できる。さらに材料レベルでデバイスの実装を検討し、環境調和にも配慮した超実装工学の可能性を拓く。

(2) 研究組織

学内 8 名、学外 8 名からなる研究体制を組織し、**(テーマ1) 集束陽子線描画による誘起反応性制御と三次元柔構造の実現、および(テーマ2) 三次元柔構造の機能発現とデバイス応用および超実装工学の推進**の 2 課題について研究を推進した。研究代表者の西川(量子ビーム応用)はプロジェクトを統括し、外部機関との連携と課題解決に取り組んだ。

テーマ1では、神谷・石井(ビーム発生・制御・計測)、長谷川(マイクロ化学デバイス)、成沢(キャピラリー集束技術)が、**PBW によるものづくり基盤技術の開発**に取り組んだ。前川(放射線化学)は陽子線による**ナノ空間反応性の研究**に取り組んだ。

テーマ2では、渡辺(めっき技術)、大石(新材料)、小池・山口(生体適合性圧電体、MEMS)、大木(光デバイス)、松村・内田・吉見(バイオデバイス)を中心に、**三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作**に取り組んだ。デバイス実装の観点から堀口(光ファイバデバイス)および林(実装技術)が**超実装工学の先導的研究**を推進した。

本研究計画では、大学院生の本研究計画への積極的な参画を図った。当該分野において H23 年度から H27 年度まで、修士課程 17 名および博士課程 1 名が学位を取得した。この間、H22-25 年度は上記の博士課程学生 1 名を RA として採用した。

研究支援体制としては、同研究計画の主たる実施場所である先端工学研究機構棟に、**共同実験室が設置**され、FIB、FE-SEM、TEM 等を備えるとともに、技術支援員が配置され、充実した研究支援体制が整備されており、有効活用している。また、豊洲キャンパスにおいても

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

H27 年度より、1F テクノプラザに全学に開放された**共同機器センターが整備**され、新たに原子間力顕微鏡や X 線回折装置などの先端分析機器による研究を行うことができた。

主たる外部機関との連携状況として、**原子力機構**と連携し、同機構 TIARA 施設にてシングルエンド加速器のマイクロビームラインを利用し、マシンタイム(H23:9 日、H24:9 日、H25:8 日、H26:5 日、H27:5 日)を課題申請・採択により得て、本学では困難な、**高エネルギー(～3MeV)**の集束陽子線描画や**蛍光 X 線分析**を利用した研究を推進した。これらのマシンタイムに合わせて、原子力機構の共同研究者神谷博士、石井博士、前川博士と**テーマ1**に関する進捗報告と情報交換を行った。その他の研究分担者とは、研究会を通じて定期的に意見交換を行った。**テーマ2**のデバイス応用面で主たる連携先の首都大学東京の内田博士とは、**誘電泳動デバイス開発のため**、H23～H27 年度の間、**月例ミーティング**を実施し、積み重ねている。

また、プロジェクト運営全体に係る、全体会合としては、第 6 回 PBW 研究会(2012 年1月 23 日、豊洲)、第 7 回 PBW 研究会(2014 年 3 月 10 日、日本原子力機構高崎)、第 8 回(2015 年 3 月)等、定期的に研究会を行い、連携を緊密化している。第 9 回目は PBW シンポジウム(2016 年 2 月 24 日、芝浦工大豊洲キャンパス)を開催し、成果の公開と研究プロジェクトの総括を行う。

(3)研究施設・設備等

実施場所

芝浦工業大学大宮キャンパス SIT 総合研究所 先端工学研究機構 101、104、201、202 室。
豊洲キャンパス 電気工学科電気材料実験室、首都大学東京内田諭研究室、日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所 TIARA。

研究施設・設備(大宮および豊洲)

水素イオンビーム発生装置および高エネルギーイオンビーム集束/計測装置(利用時間数:約 2000h/年)、ハイブリッド MEMS 評価装置(利用時間数:約 200h/年程度)、集束イオンビーム加工装置(FIB)(利用時間数:約 100h/年)、走査型電子顕微鏡(SEM)(利用時間数:約 1000h/年)、レーザ顕微鏡(約 1500h/年)

本プロジェクトによる導入機器

三次元柔構造作製システム(H25 年 2 月設置、クリーンルーム内設置)(約 1000h/年)、陽子線誘起反応計測システム(H26 年 3 月設置、約 1000h/年)

(4)研究成果の概要 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

研究プロジェクトの計画や目的・意義と関連づけて、当初の目標をどれだけ達成したか記述するとともに、新たに得られた知見などについても具体的に記述してください。

申請時に設定した研究テーマと項目、最終目標を以下に示し、その達成度を述べる。

●最終目標

(テーマ1)集束陽子線描画(PBW)による誘起反応性制御と三次元柔構造の実現

- (1) 三次元高アスペクト比構造(>100@TIARA、>30@SIT)を実現するビーム発生・制御と材料系を確立する。
- (2) 「超実装」を実現するための大気中プロセス(分解能:～1ミクロン)を可能とするビームラインを構築する。
- (3) 微細加工の観点から材料の反応性を系統的に整理し、加工可能な材料群を機能面からマッピングする。

テーマ1では、本学の研究グループと原子力機構の共同研究者が緊密に連携し、上記の目標(1)、(2)および(3)に対応した取り組みを行った。以下の成果を得て、最終目標を達成する見通しである。

(1)共同研究機関原子力機構における取組み

同研究グループと共に**ナノワイヤ、橋架け構造やドーム型構造等、特殊な 3 次元中空**

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

構造に関する加工プロセス、**ビーム強度分布の可視化技術等**を開発した(*1)。また、ポリイミドをエレクトロニクス実装用**エンジニアリングプラスチック**のモデル材料として、**ポジ型・ネガ型の反応性機構**を明らかにした(*2)。マイクロレンズ形成を始めとする三次元構造体の形成に成功し、柔軟性と耐熱性を備えた**PET フィルム上へのレンズ形成法**も確立した(*3)。これにより、マイクロ流路デバイス等、三次元柔構造デバイスへの PDMS 製マイクロレンズ等の導入などが可能になり、いわゆる optofluidics への展開の見通しを得た。

(2) 本学フレキシブル実装工学研究センターにおける取組み

芝浦工大での小型 PBW 装置開発にて、以下の成果を得た。加速器からの**陽子ビーム安定化**への取り組みとして、ビーム不安定化の原因となる加速器発電機のシャフト駆動に由来するターミナル電圧の変化を抑制し、ビームの安定化を図った。

ビーム描画技術の高度化を狙いとして、**照射ステージの XYZ θ 4 軸化**と駆動ソフトウェア開発を行った(*4)。これにより基板への斜め照射等、多様な三次元柔構造体の形成が可能なシステムを同装置にて構築した。H25 年度**陽子線誘起反応計測システム**を装置チャンバー内に導入し、試料からの**発光分光**および**蛍光 X 線分析**の観察によるその場反応性の評価が可能となった。典型的なレジストである、SU-8 および PMMA などにおいて、その動作を検証した。

ハード面では、PBW における陽子線描画機能を**高速化し、高精度な描画**を実現するため、これまで低速の電源(スルーレート: ~数百 μ s)により律速されていた描画システムに、より応答性の高い(立ち上がり数百 ns 程度)の**ブランキングアンプ**を導入し、ラスタースキャンによる描画システムを構築した。この際、ステージの駆動は**クローズドループ制御**による高い位置再現性により、ビーム走査の範囲(200 μ m 角)を超えた描画にも対応している。

(2)の課題として残る**大気中照射技術**に関しては、現有システムにおける光学系と干渉するという問題から、キャピラリー集束技術の導入を断念した。新たな大気照射手法の導入を検討した結果、現行システムと親和性の高い、樹脂フィルムによる真空隔壁を介した大気中照射法の開発に取り組んでいる。

また(3)に関連して、PMMA に代表されるポジ型反応を示す**分解性の高分子**における分子量の役割、ネガ型反応を示すエポキシ系 SU-8 における架橋反応時の**光酸発生剤の役割**、分解・ガス化により**直接エッチング**が進むポリ乳酸やテフロン樹脂、難加工性のダイヤモンドにおける**アモルファス化**等、種々の材料が示す多様な反応性を見いだすことが出来た。これらの反応を放射線化学および加工・応用の視点から見た整理を行って行く。

(テーマ2) 三次元柔構造の機能発現とデバイス応用および超実装工学の推進

●最終目標

- (1) 三次元柔構造作製プロセスの確立とデバイス機能の実現(微生物捕集デバイス等)
 - (2) インプリントリソグラフィを併用した低コスト、高スループットデバイスプロセスの確立
 - (3) 多機能フレキシブルデバイスを統合した超実装コンセプト実証モデル・プロセスの提示
- 上記(1)~(3)に対応する以下の3項目に取り組んだ。

(1) 機能発現のための材料・プロセス探索

PBW による**ポリ乳酸**(*5)、**テフロン**(*6)、**ポリフッ化ビニリデン(PVDF)**(*7)の直接加工プロセスを開発した。**生体適合性や生分解性を有するポリ乳酸**については、**生体適合性圧電素子の開発**に向けて、加工プロセスおよびデバイス化の検討を行った。PBW にて直接加工した**テフロンモールド**による**ポリジメチルシロキサン型加工**への応用を検討した。**PVDF の圧電性を活かした柔構造センサへの応用**のため、 **β 型 PVDF** や圧電性のより優れた**TrFE-PVDF 共重合体**によるデバイス化への取り組みを行った。

また、リボソームを用いたバイオセンサ用の新たな基材として**ハニカムフィルム**、および**コーゲン、インプリント高分子**等の機能性高分子の微細加工に関して研究した(*8)。

露光工程でのスループット向上のため**感光性ポリイミド**の陽子線誘起反応性を調査

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

し、PBW 技術の**エレクトロニクス実装分野**への適用の課題と可能性を検討した(*9)。さらにポリイミド基板への**電鍍による Cu 埋め込み**に関する知見(*10)に基づき、実装用配線技術への展開を検討した。また、無機材料として PBW による反応性を見出した、**ダイアモンドの改質**(*11)、**非鉛系のビスマス系強誘電体薄膜**のパターニング(*12)に関する研究を行った。

(2) デバイス応用

微生物濃縮、マイクロパーツなどの操作を目的として、**誘電泳動デバイス**の高機能化および応用研究(*13)を推進した。さらに誘電泳動デバイスを**柔構造化**し、実用性の高い**フレキシブル誘電泳動デバイス**を開発した(*14)。新たな取組みとして、触媒機能等を有する誘電泳動による**金属ナノ粒子の三次元集積化**(*15)を提案し、検証を行った。

PBW による**樹脂型、あるいは電鍍により作製した金型**を用いた転写プロセス(**PB-LIGA**)(*16)により、高アスペクト比でフレキシブルな三次元構造部材とマイクロ流路形成技術の確立に取り組んだ。本研究は H24 年度導入したインプリントリソグラフィ装置を中心とする**三次元柔構造作製システム**により大きく進展した。

また**三次元柔構造のベース**として、光ファイバへの三次元微細構造体の形成を試みた。**PMMA 光ファイバへの局所加工**(*17)、PMMA、感光性ポリイミド、PDMS の PBW による屈折率変化を利用した**光導波路作製プロセスおよびマッハツェンダー型光スイッチ**を試作した>(*18)。

三次元柔構造における、更なる機能性発現の探求のため、**無機ナノ粒子を導入したナノコンポジット材料**の加工プロセスの研究を行った(*19)。銀、二酸化ケイ素、チタニア、アルミナ等の金属、酸化物ナノ粒子を添加したレジストを PBW に適用し、その反応性、加工性を検討した。レジスト感度と解像度に及ぼすナノ粒子の添加効果を調べ、SU-8 や PDMS といった汎用レジスト材料との適合性を明らかにした。

(3) 超実装工学の先導研究

超実装工学の推進において、上記のビーム技術、材料、プロセス、デバイスにわたる、種々の基礎的研究の検討過程を通じて「**実装を超越した実装研究**」を基盤とする、概念実証モデルの構築に取り組んでいる。その基本構想は、従来の部品レベルのアセンブルに基づく従来の実装概念から脱却し、精密ビーム加工に基づく一括加工である。

具体的には、部品の製造と部品の組み立てを同時に行う新しい実装技術である。その一つの方向性として、**GTH 構造**を提案した(*20)。この構造では、機能性を発揮する材料を収納する**溝 (Groove)**を**接続穴 (Thru-Hole)**により連結するものであり、その材料系の探索とプロセスの検討を行っている。

またエコデザインの視点から超実装の概念モデルに基づく環境調和性を検討した。環境調和の観点からは、電子機器に実装される回路基板の製造から廃棄に至るまでのトレーサビリティが重要となる。そこで、**トレーサブルな微細標識**(*21)の作製を検討し、現在に至る。

その他、集束陽子線描画に**包括的かつ先導的に取り組む研究グループ**として、国際会議やセミナーに招かれ、本研究の取り組みに関する招待講演を行った(*22)。

<H25 中間審査結果>

H26 年 5 月通知の H25 年度の中間審査の結果、2 名の専門委員の評価による総合評価はいずれも **B(進捗は見られるが、改善すべき点がある)**であった。総合所見として、「研究拠点としての目標を一層具体的にして、成果と発展の道筋を明確にすること、論文としての成果発表によりいっそう取り組むこと」、などが挙げられており、今後、一層の成果発表に取り組む。

<課題点>

以下に、本研究計画の遂行において、課題点を挙げる。

(テーマ1)集束陽子線描画(PBW)による誘起反応性制御と三次元柔構造の実現

中間目標に掲げたキャピラリー集束系の試作、導入とそれを利用した大気中照射技術への

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

取り組みを残していたが、**キャピラリー集束系の導入**にあたり、現有システムとの干渉が生じるため、実施を見送り、新たに樹脂隔壁を介した大気中での照射法の開発に取り組んでいる。

(テーマ2)三次元柔構造の機能発現とデバイス応用および超実装工学の推進

超実装工学の先導研究は、「超実装」という新概念の構築から着手し、現在に至る。概念実証モデルである **GTH 構造**をいかに具現化し、その有用性を実験的に検証するかが課題である。モデル構造を樹脂および金属から、機能性を有する半導体材料に拡張するべく、**ペクタセン等**の有機半導体および **IGZO** 等の酸化物半導体の導入を検討し、モデル構造の作製と検証のための予備実験に着手した。

<評価体制>

本研究プロジェクトは、SIT 総合研究所の研究センター(フレキシブル実装工学研究センター)として推進している事業であり、毎年の自己点検とともに、総合研究所としての外部評価委員会による評価を受けている。H23～26 年度と過去 4 回の外部評価を受けている。

<研究期間終了後の展望>

プロジェクト最終年度である本年度を迎え、次年度以降も、これまで蓄積した陽子線描画装置および周辺技術の有効利用を図る。そのため、本研究プロジェクトを発展的に解消し、継ぎ目なく新規研究プロジェクトを立案するべく、現在検討中である。

<研究成果の副次的効果>

共同研究機関(原子力機構、首都大学東京)とともに出願済みの、「**三次元誘電泳動デバイス**」(特願 2010-010945、西川宏之、古田祐介、内田諭、神谷富裕、石井保行、佐藤隆博、(学)芝浦工業大学、(公)首都大学東京、(独)日本原子力研究開発機構、平成 22 年 1 月 21 日)について本学知財部による審査請求を経て、本特許を権利化することが出来た(特許第 5750661 号、平成 27 年 5 月 29 日)。

小型陽子線描画装置の実用化に向けて、共同研究機関である日本原子力研究開発機構の石井博士とともに、金属系の 3D プリンター技術に着目し、複数の関連装置メーカーと連携し、3D 微細加工用小型 MeV イオンマイクロビーム形成装置の開発のための外部資金を獲得する取り組みを開始した。

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- | | | |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| (1) <u>集束陽子線</u> | (2) <u>微細加工</u> | (3) <u>ナノ粒子</u> |
| (4) <u>インプリントリソグラフィ</u> | (5) <u>放射線化学</u> | (6) <u>マイクロフォトンクス</u> |
| (7) <u>マイクロ流体デバイス</u> | (8) <u>エレクトロニクス実装</u> | |

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付すこと。

<雑誌論文>

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

(2015 年)

- Frequency dependence and assembly characteristics of silver nanomaterials trapped by dielectrophoresis, R. Kataoka, H. Tokita, S. Uchida, R. Sano, H. Nishikawa, Journal of Physics: Conference Series 646 (2015) 012005. (*15)
- ソフトリソグラフィによる誘電体ピラーを利用した 3 次元誘電泳動効果、渡部涼、内田諭、西川宏之、電気学会論文誌 A、135 巻、No.9, 548-552 (2015). (*16)
- Development of embedded Mach-Zehnder optical waveguide structures in polydimethylsiloxane thin films by proton beam writing, W. Kada, K. Miura, H. Kato, R. Saru

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

ya, A. Kubota, T. Satoh, M. Koka, Y. Ishii, T. Kamiya, H. Nishikawa, O. Hanaizumi, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B348, 218-222 (2015). (*18)

(2014 年)

4. Fabrication of polydimethylsiloxane microlens arrays on a plastic film by proton beam writing, H. Kato, J. Takahashi, H. Nishikawa, J. Vac. Sci. Technol. B32, 06F506/1-4 (2014). (*3)

(2013 年)

5. Application of proton beam writing for the direct etching of polytetrafluoroethylene for polydimethylsiloxane replica molding, H. Nishikawa, T. Hozumi, J. Vac. Sci. Technol. B31, 06F403-1-4 (2013). (*6)
6. Enhancing proton beam writing system with auto scanning software and stage movement, T. P. Nguyen, R. Teshima, T. Hasegawa, H. Nishikawa, Microelectronic Engineering 102 (2013) pp.12–17. (*4)
7. Control of Refractive Index of Fluorinated Polyimide by Proton Beam Irradiation, Y. Arai, Y. Ohki, Keisuke Saito, and H. Nishikawa, Jpn. J. Appl. Phys. 52 (2013) 012601/1-5 (5 pages). (*18)
8. Fabrication of curved PDMS microstructures on silica glass by proton beam writing aimed for micro-lens arrays on transparent substrates, K. Saito, H. Hayashi, H. Nishikawa, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B306, 284-287 (July, 2013). (*1)
9. Fabrication of micro-prominences on PTFE surface using proton beam writing, Akane Kitamura(Ogawa), Takahiro Satoh, Masashi Koka, Tomohiro, Tomihiko Kamiya, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B306, 288-291 (July, 2013).
10. Fabrication of Micropatterns on Teflon Surface by Proton Beam Writing and Nitrogen Ion Beam Irradiation, Akane Kitamura, Takahiro Satoh, Masashi Koka, Tomihiko Kamiya, Tomohiro Kobayashi, Trans. Mat. Res. Soc. Japan 38[1] 101-104 (2013)

(2012 年)

11. Visualization of focused proton beam dose distribution by atomic force microscopy using blended polymer films based on polyacrylic acid, M. Omichi, K. Takano, T. Satoh, T. Kamiya, Y. Ishii, T. Ohkubo, M. Koka, W. Kada, M. Sugimoto, H. Nishikawa, S. Seki, Journal of Nanoscience and Nanotechnology 09/2012; 12(9):7401-4. (*1)
12. Microprocessing of Arched Bridge Structures with Epoxy Resin by Proton Beam Writing, K. Takano, A. Asano, Y. Maeyoshi, H. Marui, M. Omichi, A. Saeki, S. Seki, T. Satoh, Y. Ishii, T. Kamiya, M. Koka, T. Ohkubo, M. Sugimoto and H. Nishikawa, Journal of Photopolymer Science and Technology, Vol.25, No.1 (2012) pp.43-46. (*1)
13. Fabrication of Concave and Convex Structure Array Consisted of Epoxy Long-Nano wires by Light and Heavy Ion Beams Lithography, K. Takano, M. Sugimoto, A. Asano, Y. Maeyoshi, H. Marui, M. Omichi, A. Saeki, S. Seki, T. Satoh, Y. Ishii, T. Kamiya, M. Koka, T. Ohkubo, and H. Nishikawa, Transactions of Materials Research Society of Japan, Vol.37, No.2 (2012) pp.237-240. (*1)
14. Fabrication of Poly(9,90-dioctylfluorene)-Based Nano- and Microstructures by Proton Beam Writing, Y. Maeyoshi, K. Takano, A. Asano, H. Marui, M. Omichi, T. Satoh, T. Kamiya, Y. Ishii, T. Ohkubo, M. Koka, W. Kada, M. Sugimoto, H. Nishikawa, A. Saeki, and S. Seki, Jpn. J. Appl. Phys., 51 (2012) pp.045201/1-045201/4. (*1)
15. Ion-Beam-Induced Luminescence Analysis as Diagnostic Tool for Microstructure Patterning on Diamond by Proton Beam Writing, W. Kada, A. Yokoyama, M. Koka, K. Takano, T. Satoh, T. Kamiya, Jpn. J. Appl. Phys. 51 (2012) 06FB07 (5 pages).(*11)
16. Immobilization of a single intact liposome onto a peptide-modified glass microwell, Y. Kasuya, K. Tsukamoto, D. Yamada, K. Matsumura, Chemistry Letters, 2012; 41 (10) pp.1191-1192. (*8)

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

17. Optical counting of trapped bacteria in dielectrophoretic microdevice with pillar array, S. Uchida, R. Nakao, C. Asai, T. Jin, Y. Shiine, H. Nishikawa, Intelligent Automation and Soft Computing, Vol.18, No.2, (2012) pp.165-176. (*13)
18. Fabrication of Polymer Optical Waveguides for the 1.5- μ m Band Using Focused Proton Beam, K. Miura, Y. Machida, M. Uehara, H. Kiryu, Y. Ozawa, T. Sasaki, O. Hanaizumi, T. Satoh, Y. Ishii, M. Kohka, K. Takano, T. Ohkubo, A. Yamazaki, W. Kada, A. Yokoyama, T. Kamiya, and H. Nishikawa, Key Engineering Materials Vol.497 (2012) pp.147-150. (*18)
- (2011 年)
19. Electroforming of Ni mold for imprint lithography using high-aspect-ratio PMMA microstructures fabricated by proton beam writing, Y. Tanabe, H. Nishikawa, Y. Seki, T. Satoh, Y. Ishii, T. Kamiya, T. Watanabe and A. Sekiguchi, Microelectronic Engineering, Vol.88, Issue 8, (August 2011), pp.2145-2148. (*16)
20. Microbeam complex at TIARA: Technologies to meet a wide range of applications, T. Kamiya, K. Takano, T. Satoh, Y. Ishii, H. Nishikawa, S. Seki, M. Sugimoto, S. Okumura and M. Fukuda, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B 269, No.20 (October 2011) pp.2184-2188. (*1)
21. Fabrication of silica-based three-dimensional structures by changing fluence using proton beam writing, R. Tsuchiya and H. Nishikawa, Transactions of the Materials Research Society of Japan, Vol.36, No.3, (September 2011) pp.325-328. (*1)
22. Nano-micro Processing of Epoxy Resin Systems by Ion Beam Lithography with Multiple Energies and Species, K. Takano, T. Satoh, Y. Ishii, M. Koka, T. Kamiya, T. Ohkubo, M. Sugimoto, H. Nishikawa, S. Seki, Transactions of the Materials Research Society of Japan, Vol.36, No.3 (September 2011) pp.305-308. (*1)

<図書>

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

該当なし。

<学会発表>

学会名、発表者名、発表標題名、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

(2015 年)

1. Proton beam writing on a removable negative-tone resist as a mother for Ni electroplating, The 41st Micro and Nano Engineering (MNE2015), H. Nishikawa, J. Takahashi, Y. Ishii, T. Kamiya, Paper No.Tue-A-p50 (Sep. 21-24, 2015). (*16)
2. Proton beam writing on polyvinylidene difluoride films for high-aspect-ratio micro-structuring, H. Matsuoka, H. Hayashi, H. Nishikawa, H. Koshikawa, Y. Maekawa, The 59th International Conference on Electron, Ion, and Photon Beam Technology and Nanofabrication (EIPBN2015), Paper No. P07-03 (May 26-29, 2015). (*7)
3. Frequency dependence and assembly characteristics of Ag nanomaterials trapped by dielectrophoresis, R. Kataoka, H. Tokita, S. Uchida, R. Sano, H. Nishikawa, Paper No.P1.03, Electrostatics 2015 (12-16 April, 2015). (*15)
4. Robust Micro Identification Marking on FPC Surface, Hidetaka Hayashi, Ryo Sano, Hiroyuki Nishikawa, EcoDesign 2015, paper No.C5-4 (December 3, 2015). (*21)
5. 強誘電体厚膜へのプロトン照射効果、山口正樹、西川宏之、増田陽一郎、第 76 回応用物理学会 14a-PA1-1 (2015 年 9 月 14 日)(*12)

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

6. 三次元誘電泳動による金属ナノ粒子アセンブリーピット径及びピッチに対する捕集形状の影響ー、片岡良介、内田諭、佐野遼、西川宏之、第76回応用物理学会、Paper No.15 p-2A-22 (2015年9月15日) (*15)
7. 集束陽子線によるナノ粒子含有高アスペクト比微細構造体の作成、佐野遼、西川宏之、林秀臣、石井保行、電気学会 第46回電気電子絶縁材料システムシンポジウム、Paper No.MVP-10 (Sep. 3-5, 2015) (*19)

(2014年)

1. **(Invited Talk)** High-aspect-ratio micro-fabrication by proton beam writing, H. Nishikawa, Y. Ishii, and T. Kamiya, 27th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2014), Paper No. 6A-5-2 (November 4th-7th, 2014). (*22)
2. Local Refractive-Index Changes in Polydimethylsiloxane Induced by Proton Beam Writing Aimed for Optical Waveguides, H. Kato, A. Ikeda, H. Nishikawa, R. Saruya, W. Kada, K. Miura, O. Hanaizumi, International Union of Materials Research Societies- The IUMRS International Conference in Asia 2014 (IUMRS-ICA 2014), Paper No. D1-O26-002 (2014/8/26). (*18)
3. **(Invited Talk)** A flexible dielectrophoretic device with high-aspect-ratio pillar arrays fabricated by proton beam writing, G. Ayugase, H. Nishikawa, H. Tokita, S. Uchida, T. Sato, Y. Ishii, and T. Kamiya, 14th International Conference on Nuclear Microprobe Technology and Applications Book of Abstracts, p.34 (July 7-11, 2014). (*14)
4. Development of embedded Mach-Zehnder optical waveguide structures in PDMS thin films by proton beam writing, W. Kada, R. Saruya, O. Hanaizumi, H. Kato, A. Kubota, K. Miura, T. Sato, M. Koka, Y. Ishii, T. Kamiya, H. Nishikawa, 14th International Conference on Nuclear Microprobe Technology and Applications Book of Abstracts, p.35 (July 7-11, 2014). (*18)
5. Fabrication of PDMS micro-lens arrays on a PET film by proton beam writing, H. Kato, H. Hayashi, H. Nishikawa, The 58th International Conference on Electron, Ion, and Photon Beam Technology and Nanofabrication, Paper No.P14-01 (May 27-30, 2014). (*3)
6. ポリフッ化ビニリデン表面への陽子線照射効果、西川宏之、松岡北斗、佐野遼、林英臣、前川康成、第62回応用物理学会春季学術講演会、11a-B2-7 (2015/3/11) (*7)
7. 三次元構造誘電泳動デバイスを用いた金属ナノ材料の立体形成、片岡良介、時田寛也、内田諭、佐野遼、西川宏之、第62回応用物理学会春季学術講演会、13p-D5-9 (2015/3/13) (*15)
8. 集束陽子ビーム加工による PDMS 薄膜内包型光スイッチング素子の開発、川端駿介、猿谷良太、加藤聖、新木潤、三浦健太、加田渉、佐藤隆博、江夏昌志、石井保行、神谷富裕、西川宏之、花泉 修、第62回応用物理学会春季学術講演会 13p-P10-2 (2015/3/13) (*18)
9. ナノ粒子を添加した SU-8 の集束陽子線による加工に関する研究、佐野遼、林秀臣、西川宏之、第57回自動制御連合講演会(SICE)、オーガナイズドセッション「ナノ・マイクロ計測制御のためのイオンビーム加工と評価」、No.2D07-2 (2014/11/11) (*19)
10. 誘電泳動による金属ナノ材料の立体配置の基礎検討、時田寛也、内田諭、佐野遼、西川宏之、第75回応用物理学会 No.19p-A3-15 (2014/9/19) (*15)
11. プロトンビームによる誘電体厚膜への直接パターンニング、渡辺和貴、山口正樹、西川宏之、第61回応用物理学会春季学術講演会 17p-PG1-8 (2014/3/17) (*12)
12. PBW 微細加工による PDMS を基材としたフレキシブル光導波路の開発、猿谷良太、加藤

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

聖、久保田篤志、三浦健太、加田渉、佐藤隆博、江夏昌志、石井保行、神谷富裕、西川宏之、花泉修、第61回応用物理学会春季学術講演会、19a-PA1-28 (2014/3/19) (*18)

13. ピラー構造誘電泳動デバイスの菌捕集分布における流量及びピラー高さの影響、時田寛也、内田諭、鮎瀬銀也、西川宏之、第61回応用物理学会春季学術講演会、19p-E15-8 (2014/3/19) (*13)

(2013 年)

14. Effects of the Height of Pillar Arrays Fabricated by Proton Beam writing on the Trapping Capability of Bacteria by 3-D Dielectrophoresis, G. Ayugase, H. Nishikawa, T. Sato, Y. Ishii, T. Kamiya, H. Tokita, and S. Uchida, 26th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2013), 7P-7-112 (Nov. 5-8, 2013). (*13)
15. Micro-fabrication of polyimide films by proton beam writing, H. Nishikawa, Y. Takeno, H. Hayashi, Y. Maekawa, 39th International Conference on Micro and Nano Engineering, P-Fab-59 (16-19 September 2013). (*9)
16. (招待講演) イオンビームによる高アスペクト加工、西川宏之、日本学術振興会 荷電粒子ビームの工業への応用第132委員会 第208回研究会(2013/12/13) (*22)
17. (招待講演) 集束陽子ビーム描画によるフレキシブルな高アスペクト比微細加工と応用、西川宏之、新科学技術推進協会電子情報技術部会 MEMS分科会講演会「ナノ・マイクロ三次元加工の最新動向」(2013/11/26) (*22)
18. 集束プロトンビームにより作製した三次元構造体の誘電泳動に関する研究、佐野遼、西川宏之、内田諭、鮎瀬銀也、2013年放電学会 年次大会、P-10 (2013/11/13) (*13)
19. 集束プロトンビーム描画を利用した微細構造形成と転写プロセスの開発、高橋 潤一、加藤聖、林秀臣、西川宏之、2013年 放電学会 年次大会、P-11 (2013/11/13) (*16)
20. 集束陽子線による PET フィルム上のマイクロレンズアレイ作製、加藤 聖、林秀臣、西川宏之、日本機械学会マイクロ・ナノ工学部門主催、第5回マイクロ・ナノ工学シンポジウム、7PM1-D-3 (2013/11/7) (*3)
21. プロトンビーム描画によるフレキシブル誘電泳動デバイスの創成、鮎瀬銀也、西川宏之、内田諭、佐藤隆博、石井保行、神谷富裕、第8回高崎量子応用研究シンポジウム 1P-48 (2013/10/10) (*14)
22. 強誘電体厚膜形成におけるクラック抑制、山口正樹、渡辺和貴、西川宏之、第74回応用物理学会秋季学術講演会 18a-P1-2、(2013/9/18) (*12)
23. ピラー構造誘電泳動デバイスを用いた菌捕集量の流量依存性及びピラー配置依存性の検証、浅井千尋、時田寛也、内田諭、寺島大貴、西川宏之、春季第60回応用物理学関係連合講演会講演予稿集、29a-G17-11 (2013/3) (*13)
24. プロトンビームによる強誘電体および白金薄膜パターンの形成、渡辺和貴、山口正樹、西川宏之、塩寄忠、27a-PB1-9 (2013/3) (*12)
25. プロトンビーム描画を用いたフレキシブル誘電泳動デバイス作製、鮎瀬銀也、寺島大貴・西川宏之、内田諭、平成25年電気学会全国大会 3-101 (2013/3/20) (*14)
26. シリコン樹脂への集束プロトンビーム描画を用いたマイクロレンズアレイの形成、加藤聖、齋藤圭祐、林 秀臣、西川宏之、平成25年電気学会全国大会 3-110 (2013/3/22)
27. Si イオンを注入したシリコン熱酸化膜におけるナノ Si 形成の制御、村上了太、西川宏之、石井保行、神谷富裕、平成25年 電気学会全国大会 2-095 (2013/3/21)

(2012 年)

28. Effect of Pillar Structure in Dielectrophoretic Device on Trapping Characteristic of Microorganisms, C. Asai, H. Tokita, T. Enjoji, S. Uchida, D. Terajima, H. Nishikawa,

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

- SETAC (the Society of Environmental Toxicology and Chemistry) Asia Pacific 2012 Meeting, p. 267, 2P-8-9 (Sep. 2012). (*13)
29. Microelectronic devices on polyimide substrate processed by Proton Beam, H. Hayashi, Y. Takeno, H. Nishikawa, 13th International Conference on Nuclear Microprobe Technology & Applications, O-39, p.50 (22-27 July 2012). (*2)
30. Micromachining of Polytetrafluoroethylene by Direct Etching Using Proton Beam Writing, H. Nishikawa, S. Makita, Y. Harashima, 13th International Conference on Nuclear Microprobe Technology & Applications, O-42, p.53 (22-27 July 2012). (*6)
31. Flexible optical components of silicone fabricated by proton beam writing, K. Saito, H. Nishikawa, H. Hayashi, 13th International Conference on Nuclear Microprobe Technology & Applications, P-67, p.140 (22-27 July 2012). (*3)
32. Proton Beam Writer (PBW) for novel processing tool to increase surface utility of flexible printed circuits (FPC), Hidetaka Hayashi, Hiroyuki Nishikawa, Electronics Goes Green 2012+ (9-12 Sept. 2012). (*20)
33. 誘電泳動による微粒子のサイズ分離に関する研究、鮎瀬 銀也、寺島 大貴、西川宏之、内田諭、2012 年 放電学会年次大会 D-3-2, pp.71-72 (2012/12/1) (*13)
34. 集束プロトンビームを用いた PMMA 光ファイバの微細加工及びそのセンサ応用に関する研究、加藤聖、斎藤圭祐、高橋潤一、林秀臣、西川宏之、2012 年 放電学会年次大会 P-19, pp.123-124 (2012/12/1) (*17)
35. 感光性材料による誘電体膜の形成、山口正樹、西川宏之、第 73 回応用物理学会学術講演会、13a-PB1-1 (2012/9/13) (*12)
36. PB-LIGA を用いた局所インプリントプロセスとその応用展開、高橋潤一、岩本隆志、田邊裕介、西川宏之、林秀臣、石井保行、神谷富裕、佐藤隆博、エレクトロニクス実装学会、第 22 回マイクロエレクトロニクスシンポジウム(MES2012)、2B1-2(2012/9/13) (*16)
37. 集束プロトンビームを用いた PMMA 光ファイバーの微細加工、加藤 聖、西川宏之、林秀臣、エレクトロニクス実装学会、第 22 回マイクロエレクトロニクスシンポジウム秋季大会(MES2012)、2B1-4 (2012/9/13) (*17)
38. 誘電泳動によるリポソーム捕集効果に対するピラーアレイの及ぼす影響、鮎瀬銀也、寺島大貴、西川宏之、内田諭、A-3、第 43 回電気電子絶縁材料システムシンポジウム (2012/9/10-12) (*13)
39. ソフトリソグラフィによる誘電体ピラーを導入した 3 次元誘電泳動効果の検討、渡部 涼、坂下 裕介、西川宏之、内田諭、浅井 千尋、第 43 回電気電子絶縁材料システムシンポジウム、MVP-5 (2012/9/10-12) (*16)
40. 集束陽子線描画を用いた、誘電泳動用高アスペクト比誘電体ピラー作製条件の検討、寺島 大貴、鮎瀬 銀也、西川宏之、浅井千尋、内田諭、第 43 回電気電子絶縁材料システムシンポジウム、MVP-19 (2012/9/10-12) (*13)
41. プロトンビーム描画による PTFE の微細加工、牧田翔太、原島勇氣、西川宏之、第 59 回応用物理学関係連合講演会、17p-B5-4 (2012/3/17) (*6)
42. 誘電泳動デバイスにおける微小立体構造の捕集効果、神孝之、浅井千尋、内田諭、椎根康晴、西川宏之、第 59 回応用物理学関係連合講演会、17p-F8-2 (2012/3/17) (*13)
43. ピラー構造誘電泳動デバイスを用いた菌捕集量のピラー高さ依存性の検証、浅井千尋、神孝之、内田諭、西川宏之、第 59 回応用物理学関係連合講演会、17p-F8-3 (2012/3/17) (*13)
44. 感光性材料により形成した誘電体膜の漏れ電流特性、山口正樹、西川宏之、第 59 回応用物理学関係連合講演会、18p-A4-1 (2012/3/18) (*12)
45. 集束プロトンビーム照射によるポリ乳酸の照射効果、小池義和、竹内均、小倉智裕、萩原

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

- 央紀、青木大地、石川拓也、熊谷研、西川宏之、第 59 回応用物理学関係連合講演会、17p-DP2-4 (2012/3/17) (*5)
46. 集束プロトンビーム描画によるプラスチック上の微細電極作成、武野泰、西川宏之、林秀臣、第 26 回エレクトロニクス実装学会春季講演大会、論文番号 8C-09 (2012/3/8)(*10)
- (2011 年)
47. Investigation of basic characteristics of trapping bacteria with a three-dimensional dielectrophoretic device, C. Asai, T. Jin, S. Uchida, Y. Shiine and H. Nishikawa, Abstracts of International Union of Microbiological Societies 2011 Congress, P-AM06-2 (Sep. 2011). (*13)
48. Effect of pillars with additional structure in dielectrophoretic device on collection characteristic of E.coli, T. Jin, C. Asai, S. Uchida, Y. Shiine and H. Nishikawa, Abstracts of International Union of Microbiological Societies 2011 Congress, P-AM06-3 (Sep. 2011). (*13)
49. Micro processing of poly L lactic acid (PLLA) by proton beam writing, H. Takeuchi, Y. Koike, T. Ogura, H. Hagiwara, H. Nishikawa, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011), Paper No. BB4-6 (June 2011). (*5)
50. Negative Epoxy Resist for Permanent Use Optimized for Proton Beam Writing, H. Nishikawa, T. Nishiura, T. Mita, T. Takemori, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011), Paper No. BB1-4 (June 2011). (*16)
51. Micromachining of Polyimide Films by Proton Beam Writing, Y. Takeno, H. Nishikawa, H. Hayashi, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011), Paper No. BB-PO3-6 (June 2011). (*2)
52. Surface Modifications and Micromachining of Diamond by Proton Beam Writing, Y. Harashima, T. Kaneko, H. Nishikawa, H. Kato, S. Yamasaki, ICMAT2011, Paper No. BB-PO3-4 (June 2011).(*11)
53. Enhancing Proton Beam Writing System with Auto Scanning Software and Stage Movement, T. P. Nguyen, R. Teshima, T. Hasegawa, H. Nishikawa, ICMAT2011, Paper No. BB4-3 (June 2011). (*4)
54. 集束プロトンビームを用いた多段金属構造の作製と応用、岩本隆志、田邊祐介、西川宏之、2011 年放電学会年次大会講演予稿集 P-24 (2011/11/26)、pp.51-52 (*16)
55. イオン照射によるフッ素化ポリイミドの屈折率上昇、新井之貴、太木義路、齋藤圭祐、西川宏之、2011 年放電学会年次大会講演予稿集 P-23 (2011/11/26)、pp.49-50 (*18)
56. ソフトリソグラフィによる 3 次元構造の PDMS ピラーを用いた誘電泳動デバイスの作製、渡部涼、坂下裕介、神孝之、浅井千尋、内田諭、西川宏之、2011 年放電学会年次大会講演予稿集 D-3-6 (2011/11/26)、pp.118-119 (*16)
57. シリコーンゴムへの集束プロトンビーム描画による光デバイス作製とバイオチップへの応用、齋藤圭祐、西川宏之、林秀臣、2011 年放電学会年次大会講演予稿集 D-3-7(2011/11/26)、pp.120-121 (*18)
58. プロトンビーム描画による高アスペクト比ピラー配列の試作と誘電泳動特性、寺島大貴、椎根康晴、西川宏之、小池義和、佐藤隆博、石井保行、神谷富裕、神孝之、浅井千尋、内田 諭、第 72 回応用物理学学会学術講演会 1a-ZG-3 (2011/9/1) (*12)
59. プロトンビーム描画による圧電性ポリ乳酸薄膜の微細加工と評価、萩原央紀、小池義和、竹内 均、小倉智裕、青木大地、石川拓也、熊谷 研、西川宏之、原島勇氣、第 72 回応用物理学学会学術講演会、30a-ZL-6 (2011/8/30) (*5)
60. 粒子線露光量が誘電体薄膜パターンに及ぼす影響、山口正樹、西川宏之、第 72 回応用物理学学会学術講演会、30a-ZL-7 (2011/8/30) (*12)

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

<研究成果の公開状況>(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等

- ・フレキシブル実装工学研究センターウェブサイト URL、<http://www.flex.ae.shibaura-it.ac.jp>
- ・芝浦工業大学 産学官連携研究交流会 (2012 年 3 月 16 日(金)、於大宮校舎)
- ・第 22 回マイクロマシン/MEMS 展 (2011 年 7 月 13 日～15 日、東京ビッグサイト) にて「フレキシブル実装工学研究センター」として出展。
- ・2012 年度マイクロエレクトロニクスショー、「アカデミックプラザ」展示・発表(2012 年 6 月 13 日～15 日、東京ビッグサイト)。
- ・第 23 回マイクロマシン/MEMS 展アカデミック出展(2012 年 7 月 11 日～13 日、東京ビッグサイト)にて「フレキシブル実装工学研究センター」として出展。
- ・2013 年度マイクロエレクトロニクスショー、「アカデミックプラザ」展示・発表(2013 年 6 月 5 日～6 月 7 日、東京ビッグサイト)。
- ・ナノ・マイクロビジネス展(2013 年 7 月 7 日～5 日、東京ビッグサイト)にて「フレキシブル実装工学研究センター」として出展。
- ・2014 年度ナノ・マイクロビジネス展(2014 年 4 月 23 日～25 日、パシフィコ横浜)にて「芝浦工業大学マイクロナノコンソーシアム」参画研究センターとして出展。
- ・nanotech2015 (第 14 回国際ナノテクノロジー総合展・技術展)「芝浦工業大学マイクロナノコンソーシアム」として出展。(東京ビッグサイト、2015 年 1 月 28 日～30 日)
- ・2015 年度マイクロエレクトロニクスショー「アカデミックプラザ」展示・発表(2015 年 6 月 3 日～6 月 5 日、東京ビッグサイト)。
- ・nanotech2016 (第 16 回国際ナノテクノロジー総合展・技術展)「芝浦工業大学マイクロナノコンソーシアム」として出展。(東京ビッグサイト、2016 年 1 月 27 日～29 日)
- ・第 3 回プロトンビームライティングとその応用に関するシンポジウム (芝浦工業大学、2016 年 2 月 24 日)

14 その他の研究成果等

「13 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果、企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには下線及び＊を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

- ・**企業との共同研究** 2011.4～2011.12 丸善石油化学(株)「PBW(プロトンビーム描画)に適應する照射対象材料の研究」
- ・**外部資金による研究成果実用化への展開**:H25 年度 JST 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム【FS】ステージ(ASTEP)探索タイプ採択(「シリコン樹脂の三次元曲面加工によるプロジェクト用マイクロレンズアレイ応用」)により研究成果の展開を目指した。
- ・**学内コンソーシアム結成**:H25 年度、芝浦工業大学マイクロ・ナノイノベーションコンソーシアムを組織し、本研究プロジェクトの枠を超えた機械系研究者との連携を構築した。
- ・**産学官連携関連活動**:上記 MiNI コンソーシアムとして、以下の活動を行った。
- 平成 25 年度採択大学等シーズ・ニーズ創出強化支援事業(イノベーション対話促進プログラム)**において、「スマートコミュニティにおけるイノベーションの創出」に「マイクロ・ナノ技術」研究領域から参画した。「ロボット技術」、「M2M(machine to machine)技術」等の異分野との相乗効果を目指し、本学イノベーション創出活動に貢献した。
- ・**平成 25 年採択文科省 COC(知の拠点事業)、芝浦工業大学 地(知)の拠点整備事業**の 1 プロジェクトとして、2014 年度「地域と医療に貢献するマイクロ・ナノ医工連携イノベーション」、2015 年度「マイクロ・ナノものづくり教育イノベーション」という課題にて参画し、地域と連携したイノベーション創出に向けた活動を行っている。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

15 「選定時」及び「中間評価時」に付された留意事項とそれへの対応

<「選定時」に付された留意事項>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

該当なし

<「選定時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

<「中間評価時」に付された留意事項>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

該当なし。

<「中間評価時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

平成 23 年度～平成 26 年度「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」 研究成果報告書概要

1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学

3 研究組織名 芝浦工業大学 SIT 総合研究所レアメタルバイオリサーチセンター

4 プロジェクト所在地 さいたま市見沼区深作307芝浦工業大学先端工学研究機構棟内

5 研究プロジェクト名 微生物機能を用いたレアメタル回収技術開発研究

6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
山下光雄	工学部応用化学科	教授

8 プロジェクト参加研究者数 5 名

9 該当審査区分 理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

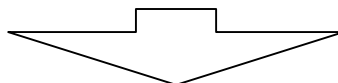
研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
山下光雄	工学部・教授	レアメタル代謝微生物のスクリーニングとリアクター回収	プロジェクト全体のとりまとめ
今林慎一郎	工学部・教授	レアメタルバイオセンサーの開発	レアメタル感知センサー開発
新井剛	工学部・准教授	バイオレアメタル精錬開発	レアメタル精錬プロセス開発
(共同研究機関等) 池道彦	大阪大学大学院 工学研究科・教授	微生物による金属還元機構の解析	レアメタル回収に適応できる微生物の機能解析
大貫敏彦	日本原子力研究 開発機構・主任 研究員	バイオレアメタルの分析	バイオ生成レアメタルを分析

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

(変更の時期:平成 年 月 日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

11 研究の概要(※ 項目全体を10枚以内で作成)

(1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

近年、IT 関連産業、自動車産業等の先端産業におけるレアメタルの消費が世界的に急伸しており、資源に乏しい我が国においては、技術力を基盤とした先端産業の国際競争力の高さが極めて重要となる。このような状況の中、資源ナショナリズム等によるレアメタル供給の不安定化は国の死活問題と言っても過言ではない。

本研究では、微生物の金属代謝機能を利用することで、現在では極めて困難とされている産業廃水・廃棄物などからのレアメタルの効率的除去と、市場価値のある資源としての鉱種の回収・リサイクルを同時に達成する実用的な一連の技術群を確立することを目的とする。微生物の金属代謝機能として水溶液中に溶けた金属を結晶にする生物固化(Biomineralization)や、水溶液中の金属を揮発化する生物気化(Biovolatilization)を利用するといったものである。技術開発は、既に有効な微生物を取得しているセレン(Se)を先行モデルとして実施するが、同時に希少性、商業性の高いレアアースの回収に有効な新規微生物の取得にも取り組み、各種レアメタルをめぐる資源循環型社会システムの基盤を形成するとともに、レアメタル回収プロセスの潜在的市場拡大の知的基盤を構築する。

(2) 研究組織

本研究プロジェクトに参画する研究者総数は5名で、学内研究者は以下の3名である。氏名、所属職名、役割分担を順に記載する。

山下光雄：芝浦工業大学工学部応用化学科・教授、研究代表者として各研究者と密に連携をとり、プロジェクト全体のとりまとめを行う。

今林慎一郎：芝浦工業大学工学部応用化学科・教授、物理化学的手法によるレアメタルの回収・メタルバイオセンサーの開発を行う。

新井剛：芝浦工業大学工学部材料科学科・准教授、バイオレアメタル精錬開発を行う。

学内研究者間是不定期に研究打ち合わせを行い、レアメタルの定量定性分析は以下の研究施設で行い、連携をとっている。

学外研究者は以下の2名である。

池道彦：大阪大学大学院工学研究科・教授、金属代謝微生物の作用メカニズムの解析を行う。

大貫敏彦：日本原子力研究開発機構先端基礎研究センター・上席研究主席、バイオレアメタルの分析を行う。

研究代表者と学外研究者は日本生物工学会メタルバイオテクノロジー研究部会員で大会毎に研究打ち合わせを行うと共に、電子メールで頻繁に情報交換を行っている。研究成果は代表者のホームページやメタルバイオテクノロジー研究部会に一部掲載している。毎年、数名の学部生や大学院生をアルバイト雇用し、一般生物化学実験や元素分析の補佐、簡単な報告書の作成を手伝っている。

(3) 研究施設・設備等

主として芝浦工業大学先端工学研究機構棟内レアメタルバイオリサーチセンター(実験室 100m²、居室 15m²)において、学生・研究員合わせて 6-8 名で研究している。レアメタルを代謝する微生物を分離するため、それらの反応を最適化するために、複数の振盪培養器と卓上型バイオリアクター(5L 容)を常時用いている。また実証研究を目指したスケールアップではバイオリアクター(100L 容)を用いている。微生物による反応サンプルの調整や遺伝子増幅のために、冷却小型遠心機や PCR 装置を常時用いている。微生物の形態観察とそれらが反応した元素を可視化分析するために、簡易型電子顕微鏡(SEM)とエネルギー分散 X 線分光装置(EDX)を常時用いている。微生物の動態を解析するために、微生物群集解析システムを使用している。微生物培養液の上清と沈殿物や固体サンプル中のレアメタル濃度を定性定量するために、誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS)、誘導結合プラズマ発光分光分析装置(ICP-AES)やイオンクロマトグラフィーを常時用いている。微生物によるレアメタルの相変化(気体)を定性定量するために、ガスクロマト質量分析装置(GC-MS)を用いている。微生物によるレアメタルを含む廃水等から有価金属を回収後の培養液中の有機物濃度、無機物濃度を測定するために、COD メータや多項目水質計を用いている。

(4) 研究成果の概要 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び＊を付すこと。

本研究プロジェクトを推進するために大きく3つの研究テーマごとに分けた。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

1. 廃水・廃棄物などからのレアメタル除去・回収バイオリアクターの開発

1. 1 セレン

セレン(Se)は非鉄金属製錬所で銅の副産物として生産され、2012年度世界総生産量の約33%に当たる650トンが日本で生産されており、その生産量は世界第一位である。セレンは工業的に重要な金属資源で、コピー機やガラス染色、CIGS 型太陽電池の半導体原料などに利用されている。Se は必須元素であり、体内ではセレン含有アミノ酸に合成されるが、過剰に摂取すると急性毒性を起し頭痛や嘔吐などの症状が現れる。工場廃水に含まれているセレン酸化物イオンであるセレン酸や亜セレン酸は生物に対して高い毒性を有することから、日本では2009年に一律排出基準が設けられ、環境中に排出する際には0.1ppm(0.1mg/L)以下まで浄化することが義務付けられている。非鉄金属製錬所やガラス製造工場、太陽電池製造工場、火力発電所ではセレンを含む廃水の排出基準を満たすために、廃水中のセレンは物理化学処理(電気・化学還元や凝集沈殿・吸着剤法)により浄化されている。このような処理では大量の薬剤を投入することや大量の汚泥が発生するために高コストとなるため新しい技術が望まれている。

1. 2 セレンの除去・回収バイオリアクターの開発

現状のセレン排水処理技術の問題点を解決する新たな処理方法として、廃水中に存在するセレン酸化物イオンを微生物により還元し、固体セレンや気体セレンに変換し回収する方法を提案している。この様なコンセプトから分離・育種した微生物が、好氣的セレン酸塩還元細菌 *Pseudomonas stutzeri* NT-I 株である(*14,*72)。NT-I 株はセレン酸を亜セレン酸へ還元し、亜セレン酸から固体の元素態セレンへ還元することができる。NT-I 株の生成する元素態セレンは赤色を呈しているため、培養を続けると培養液が赤くなる。その後も培養を続けると赤色が薄くなる。元素態セレンを還元して気体セレンを生成する特異的な NT-I 株の固化能と気化能を、セレン回収に応用することを考えた。

この NT-I 株を用いて、廃水中からセレンを浄化・回収するためのプロセスを開発するために培養中の温度、pH、攪拌速度、通気量を制御できるラボスケールのバイオリアクターの設計・構築を試みた(*63,*74)。バイオリアクターを用いて NT-I 株のセレン酸化物イオン(40ppm(0.5mM))の還元最適培養条件を求めた。その結果、還元最適培養条件を温度 38℃、pH9.0、攪拌速度 250rpm、通気量 1L/minと決定した(*74)。この培養条件でのセレン気化速度を計算したところ 14μmol/L・hであった(*10)。NT-I 株の気化速度は既存の報告値よりも速かった。以上のことからこの培養条件を NT-I 株のセレン気化回収方法とした。セレン酸濃度(0.5mM)の人工モデル(模擬)廃水を用いてセレン気化回収試験を行った。NT-I 株によって培養開始から 120 時間目には初期セレン濃度の 71.2%の DMDSe を硝酸で回収することができた。次に気化セレン化合物の同定と合成メカニズムの解析を行った(*57,*75)。気化セレンはセレン酸、亜セレン酸、元素態セレンからほぼ同等の率で生成された。ガスクロマトグラフィー質量分析から気化セレンは主としてジメチルジセレンイド(DMDSe)と極少量のジメチルセレンからなる、メチル化セレンであることが分かった(*10)。

気化回収条件で培養を行うと元素態セレンは速やかに DMDSe に還元される。NT-I 株は菌体増殖後には通気が無い状態でも、攪拌することによってセレン酸から元素態セレンまで還元できた。酸素が還元反応に重要な役割を果たしていることを明らかにした(*57)。以上の結果から、培養温度 38℃、pH9.0、攪拌速度 250rpm、通気量 1L/min の条件で培養して菌体を増殖させ、培養開始から 12 時間目に通気を止めた時点でセレン酸を添加し、元素態セレンに変換する方法をセレン固化回収方法とした。模擬廃水を用いたセレン固化回収実験では、培養開始から 22 時間目に元素態セレン量が最大となった。初期セレン濃度の 87.8%を元素態セレン(バイオセレン)として回収できた。

次に可溶性セレンを 5.5mM 含む実廃水セレン(セレン酸が約 85%、亜セレン酸が約 15%含有)からのセレン気化回収、固化回収実験を行った。セレン以外にもケイ素やカルシウム、カリウムが含まれていた。実廃水を培地で希釈して、模擬廃水のセレン濃度に合わせて回収試験を行った。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

気化回収試験での各セレンの経時変化は、培養開始から 120 時間で初期セレン濃度の 38.9%にあたる DMDS_e を硝酸にて回収できた。模擬廃水での回収率 71.2%と比べると、実廃水での回収率は約半分であり、培養液に未知セレンが 25.9%含まれていた。分析の結果、未知セレンは DMDS_e であった。以上の結果から、実廃水時の気体回収率の低下の原因は DMDS_e が可溶性セレンとして残存していることと考えられる。回収時に可溶性セレンに含まれる DMDS_e が全て気体として硝酸で回収できたとすると、気化回収率は初期セレン濃度の 64.8%(気体回収率 38.9%+可溶性セレンに含まれる DMDS_e 含量 25.9%)となる。これはモデル廃水を用いた時と同等の回収率である。

実廃水を用いた固化回収試験のセレンは培養開始から 24 時間で初期セレン濃度の 78.8%を元素態セレンとなり、この時点で回収することに成功した。モデル廃水と比較すると回収率が若干低下したものの、実廃水を用いても高い回収率が得られた。

以上実廃水の実験をまとめると、セレン固化回収最適化条件と気化回収最適化条件で培養し各々78.8%と38.9%の回収率が得られた(*7,*13,*41,*42,*43,*67,*71,*78,*79)。

1. 3 レアメタルバイオセンサーの開発

セレン代謝微生物菌体または酵素を用いて簡易なバイオセンサーの開発を行った。セレン酸還元菌 *Pseudomonas stutzeri* NT-1 懸濁液をグラッシーカーボン(GC)電極上に滴下、乾燥したあと、ポリカーボネート膜(孔径 0.4 μm)で被覆して、電極と膜間に閉じ込め、MV²⁺をメディエーターとするセレンオキシアニオンセンサーを作製した。その結果、この電極の-0.75 V における還元電流値は 0.1 ~1.0 mmol dm⁻³で亜セレン酸濃度に比例して増加し、亜セレン酸センサーとして使用できる可能性が分かった。ただし、現時点の感度は排水中に含まれる亜セレン酸の濃度領域は測定できるが、排出の許容限度 0.1 mg dm⁻³(1.3 μmol dm⁻³)をカバーできなかった。100 倍程度の高感度化が必要である。次に、セレン酸を用いた-0.75 V における還元電流値は 0.1~1.0 mmol dm⁻³でセレン酸濃度に比例して増加するが、電流値は亜セレン酸添加の 1/5 程度であり、感度がよくなかった。ストリッピング法(セレンオキシアニオン中の Se と電極表面の金属からなる合金を形成させることで、溶液中の Se を電極表面に濃縮させた後、合金を還元的に脱離させるときの電流値から溶液中の亜セレン酸を決定すること)や、電極自体を多孔化して実表面積を増やすことによって高感度化できると思われる。

2. レアメタル精錬プロセスの開発

2. 1 簡易精錬プロセスの検討

セレン酸濃度 0.5mM の模擬廃水を用いてセレン気化回収試験を行った。高純度セレンの気化回収を目指してガスフィルターユニットとして気液分離槽と回収槽(硝酸トラップ)を構築した。セレン酸還元細菌 NT-I 株によって培養開始から 120 時間目には初期セレン濃度の 71.2%の DMDS_e を硝酸で回収できた。硝酸による捕集効率を考慮するとセレンを 87.9%捕集することに成功した(*10,*20)。この硝酸中のセレン濃度を測定したところ7.2mMであり、模擬廃水中の初期セレン濃度よりも14倍濃縮して回収できた。検出した夾雑物は硫黄のみであり、高純度セレンの回収に成功した。

固化セレンを回収するために模擬廃水からの NT-I 株培養液を遠心分離し、沈殿物を得た。蒸留水とエタノール洗浄を行って元素態セレンを含む汚泥を簡易に濃縮できた(*10,*19)。汚泥(バイオセレン)を粗精製した後、誘導結合プラズマ発光分光分析(ICP-AES)で元素の定量分析を行ったところ、粗精製物にはセレンが 2%(wt/wt)、マグネシウムが 4%、カルシウムが 2%含まれていた。エネルギー分散型 X 線分析(EDX)の分析結果、粗精製物全体にセレンが検出・濃縮されており、粗精製物は平均 2%のセレンを含んでいた。模擬廃水の初期セレン濃度は 0.004%であるので、粗精製物は約 500 倍に濃縮され、資源化の可能性を示した。次にバイオセレンを蒸留水とエタノール洗浄を繰り返して、脱水を行った。その結果セレンを 11-14%(wt/wt)含有したバイオセレンの精錬に成功した(*7)。

2. 2 酸化焙焼による精錬プロセスの開発

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

バイオセレンは元素態セレンと微生物由来の有機成分と培地由来の無機塩からなる。バイオセレンを酸化焙焼に供すると、有機成分とともに Se は酸化揮発し、低温部にて焙焼ガスから二酸化セレン(SeO_2)を析出分離できると考えられる。酸化揮発傾向や焙焼生成物の水溶解性や還元性の相違から、無機成分の低減も期待できる。一方で、有機成分と Se は競合酸化し、Se の酸化が不十分な場合には不溶な元素態セレンが析出することが予想される。そこで、熱力学計算によってバイオセレンの焙焼条件を検討、試行した。その結果、バイオセレンを 700°C で酸化焙焼したところ、酸素量が大きい場合には Se は十分に酸化され、固体の SeO_2 が得られた。本実験では、酸素 50ml/min の流量で焙焼した際に、Se の総収量のうちの SeO_2 としての収率が最大 97% となった。析出した SeO_2 は金属成分の総和に対する Se 分率が約 99% であり、酸化焙焼による精製効果が認められた。より高純度のセレンを得るために還元剤を用いて精製したところ 99% 以上の金属セレンを得た。模擬廃水中から微生物代謝を利用し、バイオセレンから金属セレンを高純度にまで精錬することに成功した(*3)。

2. 3 セレン含有実廃棄物からのセレン浄化

セメント製造工程で発生する塩素バイパスダストは自然由来のセレンが含有し浄化対象となっており、高塩濃度のために大量の水で希釈した後に物理化学処理を行って浄化されている。そこで塩素バイパスダストからのセレンの新しい浄化回収を試みた。まず特定の溶出助剤を用いて水溶液中にセレンを溶出させ(*67,*71)、溶出液の4倍希釈溶液を NT-I 株を用いて初期濃度の 90% のセレンを固化回収することに成功した(*2,*40)。

2. 4 セレンオキサニオンの電解還元反応と元素態セレン回収

セレンオキサニオンの直接的な電極還元は、亜セレン酸については強酸性条件でのみで起こり、セレン酸については起こらないと報告されている。検討の結果、メチルビオロゲン(MV^{2+})をメディエーターとして用いると、中性 pH 領域においてセレンオキサニオンの還元が可能になることを電気化学手法によって見出した(*8)。

2. 4. 1 セレンオキサニオン電気還元の検討

メチルビオロゲン (MV^{2+}) 添加によるセレンオキサニオンの還元が促進される反応機構について解析した。その結果、① MV^{2+} が電極から亜セレン酸に電子を運搬するメディエーターとして働いており、還元電流は $[\text{MV}^{2+}] = 5\text{ mmol dm}^{-3}$ までは濃度とともに増加し、それ以上では飽和した(*64,*65,*68)。② MV^{2+} 以外にも、ビオロゲン、キノン、フェナジン各化合物のなかにメディエーターとして機能する物質があり、式量電位が負であるメディエーターほど還元電流が大きい傾向があった(*48,*64,*65)。③電極表面にアルキル鎖を介して固定化した MV^{2+} もメディエーターとして機能することがわかった。固定化により排液毎に MV^{2+} を添加する必要がなくなるため、実用に適する。④リン酸緩衝液 (PBS)、クエン酸緩衝液、イミダゾール/HCl 緩衝液、Tris/HCl 緩衝液、MES 緩衝液、PIPES 緩衝液は亜セレン酸還元に必要な H^+ の供給源であると同時に、電解質の pH を亜セレン酸が活性型 HSeO_3^- をとる領域に保持する働きをしている。従って、共役酸 HA である必要があり、緩衝液の pK_a が亜セレン酸の酸塩基平衡 ($\text{SeO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{HSeO}_3^-$) の pK_a より大きいことが必要である(*48,*65,*59)。⑤ COOH 基をもつイオン交換ビーズを緩衝液の代わりに使用できる。 H^+ 供給により COOH 基は COO^- に変化するが、イオンビーズは COOH 基を再生後、利用可能である。⑥ MV^{2+} 添加によりセレン酸も還元可能になるが、反応促進は亜セレン酸還元よりも小さかった(*64,*65)。酸化還元電位と亜セレン酸還元に対するメディエーター能には相関がある。ビオロゲン化合物の疎水性の R 基を変換することによってより優れたメディエーター能を発揮する化合物を探した。その結果プロピオン酸を R 基にもつプロピオン酸ビオロゲンは COOH 基の影響を大きく受けることが分かった(*36,*37)。

2. 4. 2 元素態セレン回収方法の検討

セレンオキサニオンのメディエーター型電解還元反応による元素態セレン回収の可能性を検討す

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

るために、電解試験を行った。[MV²⁺] = 1 mmol dm⁻³, [HSeO₃⁻] = 10, 1.0, or 0.1 mmol dm⁻³ また [SeO₄²⁻] = 10 mmol dm⁻³を含む 1 mol dm⁻³ PBS (pH6)を電解液とし、77mL を自家製セルに入れ、Ar で除酸素した。作用極:カーボンフェルト電極(MV 還元ピーク電流からは見積もった表面積 76.29 cm²)、対極:白金黒線、参照極:Ag|AgCl (飽和 KCl)を入れ、定電位-0.8 V vs. Ag|AgCl で電解した。原子吸光測定と ICP 発光測定によってオキシアニオン濃度を定量し、電解に使用した電流量と除去率から電流効率を決定した。その結果、①亜セレン酸[HSeO₃⁻] = 10, 1.0 mmol dm⁻³ の時、除去率は 99%以上、回収率は 95%以上であり、除去した亜セレン酸が Se として回収されることがわかった。MV による亜セレン酸還元は電極近傍の電解液中で起こるため、生成した Se は電極表面に析出せず、電解液に懸濁した状態で得られ、ろ別が容易である。MV²⁺を添加しない場合でも亜セレン酸の電解は可能であったが、2 倍以上の電解時間を要し、かつ生成した Se のほとんどが回収に適さない電極上に析出した状態で得られた (*38,*47)。②セレン酸[SeO₄²⁻] = 10 mmol dm⁻³における除去率および回収率はそれぞれ 13%, 10%と、亜セレン酸と比べて低かった。MV²⁺による SeO₄²⁻の還元効率が低いために電流が流れにくいことを示唆する。MV²⁺を添加しない場合は、セレン酸はまったく還元されなかった。電気化学的にセレン酸が還元される例はほとんど報告がなく、今後電流効率の向上は課題である。③排水中の SO₄²⁻、NO₃⁻、NO₂⁻、CO₃²⁻を妨害物質として調べた。SO₄²⁻、NO₃⁻、CO₃²⁻については、亜セレン酸共存および非共存下とも、10 mmol dm⁻³までの濃度では MV²⁺のレドックスを妨害しなかった。亜セレン酸電解還元の電流効率は NO₂⁻を加えることで 93 % から 3 %減少するに留まり、ほとんど妨害の影響がなかった。

2. 5 イオン液体を用いたレアメタル精錬開発

微生物等を利用したバイオ分離技術は特定の金属イオンに対して選択性を示す菌体を用いて、バイオメタルとして目的の金属を分離・回収する技術である。しかし、バイオメタルは菌体由来の有機物が多く、菌体内の金属イオンを精錬する必要がある、一般的な製錬技術を適用することは難しい。分離を菌体で行うため、夾雑物質の可能性も否定できず、純度の低下が懸念される。これまで、バイオメタルから酸性水溶液への抽出の可能性及び新規の無機-有機複合型イオン交換体へのレアメタルの吸脱着特性の基礎性能を明らかにした(*16)。さらに高効率・高純度の精錬を目指して、イオン液体を用いたレアメタルの精錬技術開発を検討した。イオン液体には金属イオンの抽出能の他に高導電性、難燃性などの特長を有するので、新たな製錬技術が開発できる可能性があると思われる。以上のことから、イオン液体を用いたレアメタル製錬プロセスについて基礎研究を行った(*9,*49)。

2. 5. 1 イオン液体の合成と金属イオンの抽出率

イオン液体は一般に、カチオンとなる物質にアルキル基を導入するアルキル化反応と、目的物質を得るためのアニオン交換反応の 2 つの反応で構成される。本研究では 1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムヘキサフルオロホスファート([C₄mim][PF₆])を合成することにした。この[C₄mim][PF₆]に対する各金属イオンの抽出特性を調査するためバッチ式抽出試験を行った。その結果、Al(III)、Fe(III)は高い抽出分率を示した(*61,*69)。特に、イオン交換樹脂等では殆ど吸着されない Al(III)が塩酸濃度によらず抽出されることは特筆すべき特徴である。Al(III)は塩酸濃度の増加に伴う抽出量の増大傾向が確認され、1 M 以上では 90 %を超える抽出分率が示された。Cu(II)は何れの塩酸濃度においても非抽出であった。Zn(II)は塩酸濃度の増加に伴い抽出分率が増加したが、最大 25 %であった。鉄族元素は塩酸濃度の増加に伴う抽出分率の増大が見られた。Co(II)、Ni(II)とも 20 %前後の抽出分率であり、抽出に適していない。白金族元素の抽出傾向に関しては、Ru(III)は塩酸濃度によらずほぼ非抽出、Pd(II)と Pt(IV)については塩酸濃度の増加に伴い抽出分率は低下し、負の相関を示した。0.1 M 塩酸において Pd (II)と Pt(IV)の抽出分率は各々80%と 90 %であり良好な抽出性が得られた。希土類元素も塩酸濃度と抽出分率の間に正の相関が確認されたが、6 M 以上の塩酸では試験後に沈殿物の生成が確認された。この沈殿の影響により、抽出分率が 100 %近い値になったと推察される。他

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

の元素に関しては、V(III)、Ga(III)、Zr(IV)、In(III)は塩酸濃度と抽出分率に正の相関が得られた。Mo(VI)、Re(VII)は本実験の塩酸濃度では何れにおいても抽出された。Se(IV)はほぼ非抽出であることが示され、Bi(III)については最も抽出される 1 M 塩酸においても 20 %であり低抽出性であった。

2. 5. 2 イオン液体に抽出された金属イオンの抽出速度

これまでに得られた抽出試験結果より、良好な抽出反応を示す Al(III)、V(III)、Fe(III)、Ga(III)、Zr(IV)、Mo(VI)、Pd(II)、In(III)、Re(VII)、Pt(IV)の抽出速度試験を行った。その結果、V(III)と In(III)を除く 8 元素に関しては 10 分以内に抽出反応は平衡に達することが確認でき、良好な抽出速度であることが示された。これは抽出剤として用いる場合において有利な特徴であり、実プロセスにも適した性能であると考えられる。V(III)と In(III)は抽出に最適な塩酸濃度が 6 M であるため、[C₄mim][PF₆]の溶解反応などにより平衡到達時間の推定は困難であった。V(III)や In(III)をアニオン種とするイオン液体は、疎水性が弱いことが予想される。

2. 5. 3 イオン液体に抽出された金属イオンの電気化学挙動

イオン液体の特長として、高導電性であることが挙げられる。この特長を活かし、金属イオンが抽出されたイオン液体を電解還元し、電析により直接金属として回収するプロセスの構築を目指している。本試験では、[C₄mim][PF₆]に抽出された金属イオンの電気化学挙動についてサイクリックボルタンメトリー (CV) により検討した(*56,*60)。その結果、[C₄mim][PF₆]は幅広い 2~-2V の電位窓を持つことにより、イオン液体中における金属の価数変化や電析が期待できるものと考えた。また、全体を通してフラットな電流-電位曲線であり、不純物などの影響も僅かであることが示され、イオン液体中での金属の価数変化が良好に観測される可能性が示唆された。先述の試験結果から良好な結果が得られ、電析による直接回収の可能性がある Pd(II)の CV を行った。Pd(II)は 0.1 M 塩酸において抽出した [C₄mim][PF₆]を CV に用いた。その結果 Pd(II)抽出後の CV は非可逆を示し、幾つかのピークが確認され、Pd(II)の還元波と考えられるピークが-0.5 V 付近に観察された。また酸化波が 0 V 近傍に観察された。非可逆性を示していることから、CV 測定中に析出物が生成されている可能性が示された。繰り返し試験の結果、CV に用いた[C₄mim][PF₆]から黒色の析出物を確認した。これはパラジウムブラックの可能性が考えられ、電析試験により Pd(II)が回収される可能性が示唆された。

2. 5. 4 イオン液体に抽出された Pd(II)の電析挙動

電気化学試験より、[C₄mim][PF₆]に抽出された Pd(II)は、電解還元反応により直接回収できる可能性が示唆された。本試験では、[C₄mim][PF₆]に抽出された Pd(II)の電析挙動について検討した。電析試験中の外観写真から、[C₄mim][PF₆]中に黒色の電析物の生成が確認された。この黒色析出物の同定を行うため、蛍光 X 線と SEM-EDX による分析を行った。両分析装置とも溶液を測定することは困難であるため、メンブレンを用いてろ過、回収して分析に用いた。SEM 像より、電析物は微小な球状物質の集合体であることが示され、電析物は Pd 単体である可能性が示された(*50)。続いて電解還元法による[C_nmim][PF₆]に抽出された金属イオンの電析回収について詳細に検討した。[C_nmim][PF₆]に抽出された Pd(II)は、電解還元により数μm 径のワイヤー状を呈した電析物として回収できた。また、[C_nmim][PF₆]のアルキル側鎖長や希釈剤が Pd の電析物の形状に影響を及ぼすことが確認された。さらに、[C_nmim][PF₆]よりも電気化学特性に優れる 1-アルキル-3-メチルイミダゾリウムビス(トリフルオロメタンスルホニル)イミド([C_nmim][Tf₂N]と略記)の金属イオンの抽出特性並びに電気化学特性について検討した。[C_nmim][Tf₂N]は[C_nmim][PF₆]と比較して金属イオンの抽出性能が低いこと、広い電位窓を有し電気化学的に優れることを明らかにした(*28,*31,*33,*35)。

3. 多様なレアメタル回収・資源化に適用できる新規金属代謝微生物の取得と遺伝子の特定

3. 1 セレン酸代謝遺伝子の特定

好氣的セレン酸塩還元細菌 *Pseudomonas stutzeri* NT-I 株はセレン酸を亜セレン酸と元素態セレ

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

ンを介して、メチル化セレン(ジメチルセレニド)に還元することができる(*10)。しかし各還元に関する遺伝子や酵素の知見は明らかでない。そこで基礎的知見を得るためにNT-I株のゲノムDNAを解析後(*62)、金属還元酵素遺伝子やメチル基転移酵素遺伝子との相同性を調べ、NT-I株内に数個の候補遺伝子を見出した(*57)。その結果、セレン酸を亜セレン酸に還元するセレン酸還元遺伝子と元素態セレンをジメチルセレニドに合成する遺伝子を特定し、組換え大腸菌において発現に成功した。

3. 2 セレン以外の新規な金属代謝微生物の分離

3. 2. 1 テルル酸代謝微生物の取得

セレン以外のレアメタルを回収・資源化するため新規な金属代謝微生物の分離を試みた。

テルルはセレンと同周期にある半金属である。テルルの主要用途は、鉄の機械加工性を向上させるための冶金用添加剤、加硫剤およびゴム生成の促進剤、合成繊維生産用の触媒として使用される。機能的用途としては近年、Cd-Te系太陽電池への使用が増加している。テルルも工業的に幅広い用途で使用されるが、セレンと同様に生体に対する高い毒性を有しており、環境省によって水質汚濁防止法の要調査項目に指定されている。高毒性や近年の使用量の増加から、その処理と再資源化方法の確立が急務であるといえる。

テルル酸化物陰イオン(テルル酸、亜テルル酸)は毒性が高く、亜テルル酸は 3.9 μM の低濃度でほとんどの微生物に対して毒性を示す。一般的に金属の固体や揮発化物はその酸化物陰イオンよりも毒性が小さいため、その固体化・揮発化反応は解毒メカニズムの一種であると考えられている。そこでテルルの浄化・回収プロセスを構築するため、金属精錬工場から採取した排水溝底泥水から亜テルル酸耐性微生物を分離し、固体化・揮発化能力を有しているかを調べた。その結果、1mM の亜テルル酸に対して耐性を示す集積培養系から、亜テルル酸耐性を有する細菌 Ti-1 株、Ti-2 株、Ti-3 株を分離することに成功した。分離した Ti-1 株、Ti-2 株、Ti-3 株は 30mM の亜テルル酸存在下で増殖可能なことから、これまで報告されている微生物の中で最も高い亜テルル酸耐性を有しているだけでなく、テルル酸、亜テルル酸に対して強い還元能を示した(*70)。同定した結果、これら 3 株を *Stenotrophomonas maltophilia* Ti-1, *Ochrobactrum anthropi* Ti-2, *Ochrobactrum anthropi* Ti-3 と命名した(*58)。次にテルル酸還元細菌 3 株の還元特徴を解析した。Ti-2,3 はテルル酸還元能に差はなかったが、Ti-1 株はこの 2 株に比べて低温、低 pH、高塩濃度での還元能が優れていた(*11,*58)。合成された元素態テルルは細胞外に分泌され、遠心分離や限外濾過などの方法で簡単に回収ことに成功した(*70)。また浄化・回収対象となる廃水・廃棄物は多元素で高塩濃度であることが多いので、塩耐性を持つ新たなテルル酸・亜テルル酸還元微生物を海洋環境試料から分離することを試みた結果、初発濃度の 50%以上を溶液から取り除くことができる微生物を 18 株分離した(*44,*45)。それらの細菌は多様な分類系統で 9 属に分類できた。その内 6 属はこれまでテルル酸化物の還元が報告されていない新しい菌株であった(*26)。

3. 2. 2 レアアースエレメント(REE)代謝微生物の取得

REE とは、周期表第三族の原子番号 21 番のスカンジウム(Sc)及び 39 番のイットリウム(Y)と、57 番から 71 番のランタノイドと総称される 15 元素のグループのことをいう。REE は特殊な電子軌道の原子構造をしており、蛍光材料や永久磁石、超伝導材料として日本の産業にとって必須金属である。特に、ジスプロシウム(Dy)は耐熱性ネオジム(Nd)磁石と呼ばれる高温に耐える強力磁石の原料としてその需要が増加している。この Nd 磁石はモーターとして次世代型自動車や携帯電話、パソコンに利用されており、その製造工程から排出される研磨屑は、物理化学的処理によるリサイクルが試みられているが、この方法では完全に回収することが出来ず、その廃棄物中の残存 REE の回収が望まれている。そこで、固形廃棄物から選択的に REE 抽出を行う微生物の取得と REE 含有溶液から特異的に REE を分離・濃縮する新規代謝微生物の分離を行い、バイオプロセス構築に向けて検討した。

バイオリッチングは低品位鉱石から微生物を用いて銅などの有用非鉄金属を抽出する技術であ

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

る。現在ではバイオリーチングの応用研究が進み、ウランやコバルト、金などの抽出にも利用されている。本研究では REE リーチング微生物を分離することを主とし、その REE リーチング能を評価して REE 回収に向けた有用性を検討した。実験の結果、酸性湖の環境試料から REE 抽出微生物群を 3 菌群得た。このうち S20 菌群は、培養 1 日目で REE 含有廃棄物から Dy を約 70%、Nd を約 55%、Pr を約 65%抽出し、リサイクルに不要な Fe はほとんど抽出しなかった(*54)。

有用金属の濃縮・回収手段として、金属代謝微生物によるバイオミネラリゼーションは広く研究されている。これまで金属イオン還元菌 *Shewanella algae* を利用した Pd, Pt, Au 等の貴金属回収があげられる。そこで、REE の中でも高価なジスプロシウム(Dy)に重点をおき、Dy 含有溶液から特異的に Dy を固化・濃縮する新規代謝微生物を分離して、その固化・濃縮能を評価して REE 回収に向けた有用性を検討した。その結果、廃鉱山の環境試料から Dy 代謝能をもつ微生物 T9 株を単離した(*4)。SEMとEDXによる解析から、菌体上にDyとリン(P)を固化濃縮していることが分かった。さらに、生育培地にリン酸を添加することで、Dy の蓄積率が 90%に向上した。以上の結果から、取得した Dy 代謝微生物 T9 株は高効率に Dy を濃縮する可能性があると思われる(*54)。Dy を蓄積した T9 株を焙焼することにより酸化ジスプロシウムを得ることができ、一連のリサイクル系を構築できた。

3. 2. 3 バイオ鉱物合成微生物の取得

福島県原子力発電所の事故で問題となっている放射性核種は全てレアメタルに属する元素であり、それらの核種(コバルト(Co)、ストロンチウム(Sr)、セシウム(Ce))を浄化・回収対象とした新規なバイオ修復材料を開発し、社会貢献していくことを目指している。高塩濃度条件では地下水で有効であるスメクタイト(粘土鉱物)などの吸着効率が非常に低下するため、Co や Sr は従来の吸着材料を用いることは困難である。そこで高塩濃度下で微生物が合成するバイオ鉱物に Co や Sr を取り込ませて固化し浄化・回収することを目的とした。海水試料からカルサイト(炭酸カルシウム)を生成する菌種を探索したところ TK2d 株を単離した。この微生物は1mM の Sr を5日間で約 99.3%培養液から取り除く能力があった(*24)。

<優れた成果があがった点>

好氣的セレン酸還元細菌 *Pseudomonas stutzeri* NT-I 株を用いた、ラボスケールのバイオリアクターの設計・構築に成功した(*63,*74)。40ppm (0.5mM)濃度のセレン酸、亜セレン酸を含む模擬廃水から、固体セレン又は気体セレンを、約 90%という高効率で回収に成功した(*7,*10,*19)。実廃水から固体セレンまたは気体セレンを各 78.8%、38.9%の収量で回収することに成功した。気体セレンを質量分析により定性分析をした結果、気体セレンは主として DMDSe であることを発見した(*10)。回収した沈殿物から、エタノール洗浄という簡易な処理を検討し、セレンの結晶化物を濃縮・精錬し(*7,*10,*19)、その後酸化焙焼することによって 96.7%の収量で金属セレンを精錬することに成功した。微生物によるバイオセレンから金属セレンを高純度で精錬した初めての例である。レアアースエレメントにおいては、模擬廃水中の Dy を蓄積・固化する T9 株を獲得し、Dy 蓄積後の菌体を焙焼することにより酸化ジスプロシウムを得ることができる一連の回収系を構築できた。

レアメタルの電気化学的手法により精錬においては、セレンオキシアニオンの直接的な電極還元は、亜セレン酸については強酸性条件でのみで起こり、セレン酸については起こらない。検討の結果、メチルビオロゲン(MV²⁺)をメディエーターとして用いると、中性 pH 領域においてセレンオキシアニオンの還元が可能になることを電気化学手法によって見出した(*8)。

貴金属の電気化学的手法により精錬においては、本試験結果より[C₄mim][PF₆]に抽出された Pd(II)は、電解還元により Pd 単体として回収可能であることが示された(*50)。

セレン以外のレアメタルであるテルル、レアアースエレメントを代謝する新規な微生物の分離に成功した(*11,*54)。

本年度における優れた成果としては、模擬廃水から微生物作用によって得られたバイオセレンを高純度(99%以上)にまで精錬する一連のプロセスの構築ができた。セレン代謝に関する遺伝子が特定でき基礎的知見が得られた。レアアースエレメントを蓄積する微生物を用いて模擬廃水から初発濃度の 90%の収量で Dy を回収資源化できるプロセスの構築ができた。放射性核種の 1 種である Sr を 5 日

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

間で初発濃度の 99%以上バイオ鉱物として取込む微生物を獲得できた。

<問題点>

先行研究として行ったセレンを含む模擬廃水を用いて *Pseudomonas stutzeri* NT-I 株を培養した場合、固体セレンも気体セレンも、約 90%という高効率でセレンの回収に成功したが、実廃水からの回収効率は模擬廃水よりもよくなかった。実廃水はセレン酸と亜セレン酸が混在しているので、各還元反応速度が異なり、単純に通気を止めるだけでは元素態セレンの還元を完全に抑制することができていない。セレン酸化物イオンの混合比によって培養条件を変える等の工夫が必要である。元素態セレンの還元を完全に阻止できれば、より高回収率で固化回収ができると考える。特にセレン気化回収ではモデル廃水と比べると回収率は低かった。その原因は実廃水に固体セレン、気化セレンの合成プロセスを阻害する物質が存在すること、培養液中に未知セレンが多く存在して気化しなかったことなどが考えられ、合成メカニズムを解明すると共に、阻害因子を特定・除去することで、NT-I 株によるセレン気化回収の回収率が高くなる可能性がある。

セレン酸還元細菌 NT-I 株を用いてレアメタルバイオセンサーを構築しているが、排水基準値を直接測定できない。ストリッピング法や電極自体の実表面積を増やすことにより高感度化できるかもしれない。

電気化学手法によるレアメタルの精錬を検討したが、セレン酸については、特定のメディエーターを添加しても除去率および回収率が、亜セレン酸と比べて低かった。電流効率の向上が課題である。

イオン液体を用いてレアアースの回収を試みたが、特定の Pd(II)の回収には成功したが、多くの有用元素を回収できるイオン液体を用いた系を開発する必要がある。

テルル酸、REE、他のレアアースを代謝する特異な微生物を取得できたが、廃水・廃棄物から有用元素を回収できるに耐える可能性があるかなど実用化に向けての検討をする必要はある。

<外部(第三者)評価の実施結果及び対応状況>

SIT 総合研究所の研究センター(レアメタルバイオリサーチセンター)として推進している事業であり、毎年、自己点検を行っている。また、客観評価について、SIT 総合研究所として、年に1回、外部の有識者(大学、企業等)からなる評価委員会を実施し、多角的な視点から忌憚のない評価やアドバイス等を受けている。以下外部評価者のコメントに対しての対応を記述する。

- (1)今年度の成果の増分を優れた成果があがった点の項目に記述した。
- (2)実用化への展開は研究期間終了後の展望の項目に記述した。
- (3)レアメタル回収に果たす微生物の役割やリサイクル回収技術を、「地球を救うメタルバイオテクノロジー」を編集し周知した。さらに本学生命化学研究室やメタルバイオテクノロジー研究部会のホームページにアップしていく。
- (4)高価なレアメタルや放射性核種の浄化回収技術開発の成果は本報告書全体に渡って記述した。

<研究期間終了後の展望>

将来日本の産業が生き残る道は、技術力をベースにした、省エネやリサイクル技術を含む技術開発力に集約されると思われる。特にレアメタルから発展する環境・エネルギービジネスがキーテクノロジーとなる。太陽発電、燃料電池、電気自動車等はレアメタルから発想できる事業である。持続的にレアメタルを供給するために、備蓄する事、新規な探鉱を開発する事や代替材料を開発する事は必須であるが、かなりの時間がかかると言われている。本技術開発は、既に多量に存在する使用済製品や廃水・廃棄物からの有価金属の回収であり、免税制度から民間活力を利用すれば、3R (reduce, reuse, recycle) 技術が確立できるとと思われる。レアメタルは有用資源として注目されているが、新たな環境汚染が懸念されている。本研究は廃棄物からのレアメタル処理技術も兼ねており、資源循環と環境保全の一石二鳥の技術として、循環型社会の構築に大いに寄与するものである。

セレンを先行研究とした廃水・廃棄物からセレンを回収できるプロセスフローを資源化まで開発したので、他のレアメタル除去・回収を達成する微生物を活用した一連の技術群の基盤が構築できた。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

と思われる。学術的(微生物や遺伝子の特定)にも経済的にも(特許を含む)、さらなる知的基盤情報が構築できると思われる。これら一連の大きな成果はブラジルの大手資源開発企業 Vale 社と我々が日本では初めて共同研究して、微生物を用いた鉱物の新処理方法の開発を目指すことになった。さらに実用化するためには共同研究先を増やし実証化レベルのプラントを設置すると共に、国内外に循環型社会システムの必要性をマスメディアを通して認知、流布させることにより、市場拡大を目指したレアメタルの資源循環型社会システムの基盤を形成することである。また新たに、福島県原子力発電所の事故で問題となっている放射性核種は全てレアメタルに属する元素である。それらの核種を浄化・回収対象とした新規なバイオ修復材料を開発し、社会貢献していくことを目指している。

<研究成果の副次的効果>

得られた研究成果は特許出願し、セレン関連会社と共同出願となっている。

@<発明者>山下光雄, <発明名称>タンパク質、核酸、組み換えベクター、形質転換体、及びジメチルジセレニドの製造方法, <出願人>芝浦工業大学, <出願日>成27年12月14日, <出願番号>特願2015-243298号

@<発明者>山下光雄, <発明名称>放射性核種を固化する能力を有する好塩菌, <出願人>芝浦工業大学, <出願日>平成27年7月2日, <出願番号>特願2015-133419号

@<発明者>山下光雄, <発明名称>希土類元素の回収方法, <出願人>芝浦工業大学, <出願日>平成27年4月24日, <出願番号>特願2015-089492号

@<発明者>山下光雄, 三浦彰, <発明名称>新規セレン還元微生物及び該当微生物を使用したセレン処理方法, <出願人>JX 日鉱日石金属株式会社(*79), <出願番号>特願 2014-131926, <出願日>平成 26 年 12 月 24 日

@<発明者>山下光雄, <発明名称>希土類元素を固化する能力を有する微生物及び希土類元素の固化する方法, <出願人>芝浦工業大学, <出願日>平成25年7月17日(特許出願番号特願2013-148344)

@<発明者>山下光雄, <発明名称>希土類元素を溶出させる能力を有する微生物及び希土類元素の溶出方法, <出願人>芝浦工業大学, <出願日>平成25年7月17日(特許出願番号特願2013-148343)

@<発明者>山下光雄, 三浦彰, <発明名称>セレンの処理方法, <出願人>JX 日鉱日石金属株式会社(*79), <出願番号>特願 2013-131926, <出願日>平成 25 年 6 月 24 日。

@<発明者>山下光雄, <発明名称>セレンの回収方法, <出願人>芝浦工業大学, <国際特許出願番号>PCT/JP2012/052922, <出願日>平成24年2月9日(特許出願番号特願2011-191309, 出願日:平成23年9月2日)。

@<発明者>山下光雄, 池道彦, 惣田訓, 鈴木務, 花田昌子, <発明名称>セメント製造工程における金属の回収方法, <出願人>芝浦工業大学, 大阪大学, 太平洋セメント(株)(*78), <出願番号>特願2012-26189, <出願日>平成24年2月9日。

@<発明者>山下光雄, 池道彦, <発明名称>セレン酸還元活性を示すタンパク質, <出願人>芝浦工業大学, <国際特許出願番号>PCT/JP2011/071442, <出願日>平成23年9月21日(特許出願番号:特願2011-65289, 出願日:平成23年3月24日)。

@<発明者>山下光雄, <発明名称>セレンの回収方法, <出願人>芝浦工業大学, <出願番号>特願2011-191309, <出願日>平成23年9月2日。

@<発明者>山下光雄, 惣田訓, 池道彦, 花田昌子, 鈴木務, <発明名称>セメント製造工程における金属の回収方法, <出願人>芝浦工業大学, 大阪大学, 太平洋セメント(株)(*78), <出願番号>特願2011-172045, <出願日>平成23年8月5日。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- | | | |
|---------------------|-----------------------|------------------|
| (1) <u>金属代謝微生物</u> | (2) <u>レアメタル</u> | (3) <u>セレン</u> |
| (4) <u>テルル</u> | (5) <u>レアアースエレメント</u> | (6) <u>微生物変換</u> |
| (7) <u>バイオリアクター</u> | (8) <u>バイオメタルセンサー</u> | |

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付すこと。

<雑誌論文>

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

1. Bioleaching of gallium from gallium arsenide by *Cellulosimicrobium funkei* and its application to semiconductor/electronic wastes. Sirikan Maneesuwannarat, Alisa S. Vangnai, Mitsuo Yamashita, and Paitip Thiravetyan, Process Safety and Environment Protection, 査読有. 99, 80-87, (2016).
- *2. Selenium recovery from kiln powder of cement manufacturing by chemical leaching and bioreduction. Satoshi. Soda, Ai Hasegawa, Masashi Kuroda, Akiko Hanada, Mitsuo Yamashita, and Michihiko Ike. Water Science and Technology, 査読有. 72(8), 1294-1300, (2015). 査読有
- *3. 酸化焙焼によるバイオセレンからのセレン分離の検討, 大塚治、築場豊、吉川健、山下光雄、日本金属学会誌, 査読有. 79 (6), 330-337, (2015).
- *4. A new isolate, *Penidiella* sp. T9, accumulates the rare earth element dysprosium. Takumi Horiike, and Mitsuo Yamashita, Appl. Environ. Microbiol., 査読有. 81(9), 3062-3068, (2015).
5. Draft Genome Sequence of *Bacillus selenatarsenatis* SF-1^T, a promising agent for bioremediation of environments contaminated with selenium and arsenic. Masashi Kuroda, Hiroyuki Ayano, Kazunari Sei, Mitsuo Yamashita, and Michihiko Ike, Genome Announc., 査読有. 3(1), 1-2, (2015).
- *6. 高効率分離を目指したトリフェニルホスフィン抽出剤による都市鉱山からの白金族元素の分離プロセスの提案, 松本佑美、鈴木亮利、千葉雄大、新井剛, Journal of MMIJ, 査読有. 131(8-9), 481-486 (2015).
- *7. セレン酸還元細菌 NT-I 株を用いた廃水からのセレン回収, 山下光雄、大塚治, 水環境学会誌、査読無、37(2)、1-5 (2014).
- *8. Fumiya Koshikumo, Wakana Murata, Akiyuki Ooya, and Shin-ichiro Imabayashi, "Acceleration of Electroreduction Reaction of Water-Soluble Selenium Compounds in the Presence of Methyl Viologen", *Electrochemistry*, 査読有. 81(5), 350-52 (2013).
- *9. イオン液体を用いた都市鉱山からの有用金属の分離・回収技術の開発, 新井剛、駒持達也、十時一晃, 化学工業、査読無、Vol.64, 148-156, 2013.
- *10. Selenium volatilization under aerobic conditions and recovery from aqueous phase by *Pseudomonas stutzeri* NT-I. Tsubasa Kagami, Takanobu Narita, Masashi Kuroda, Emi Notaguchi, Mitsuo Yamashita, Kazunari Sei, Satoshi Soda, and Michihiko Ike. Water Research. 査読有. 47, 1361-1368, 2012.

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

- *11. Isolation and characterization of bacteria capable of reducing tellurium oxyanions to insoluble elemental tellurium for tellurium recovery from wastewater. Tsubasa Kagami, Akira Fudemoto, Noriyuki Fujimoto, Emi Notaguchi, Masaya Kanzaki, Masashi Kuroda, Satoshi Soda, Mitsuo Yamashita, and Michihiko Ike. Waste and Biomass Valorization. 査読有. 3(4), 409-418, 2012.
- *12. メタルバイオ技術による排水からのレアメタル回収の可能性, 池道彦、山下光雄、黒田真史, 環境バイオテクノロジー学会誌、査読無、vol.12、3-8、(2012).
- *13. Laboratory-scale bioreactors for soluble selenium removal from selenium refinery wastewater using anaerobic sludge. Satoshi Soda, Masami Kashiwa, Tsubasa Kagami, Masashi Kuroda, Mitsuo Yamashita, and Michihiko Ike. Desalination. 査読有. 279, 433-438 (2011).
- *14. Characterization of *Pseudomonas stutzeri* NT-I capable of removing soluble selenium from the aqueous phase under aerobic conditions. Masashi Kuroda, Emi Notaguchi, Akiko Sato, Masaya Yoshioka, Ai Hasegawa, Tsubasa Kagami, Takanobu Narita, Mitsuo Yamashita, Kazunari Sei, Satoshi Soda, and Michihiko Ike. J. Biosci. Bioeng., 査読有. 112(3), 259-264 (2011).
15. Molecular cloning and characterization of the *srdBCA* operon encoding the respiratory selenate reductase complex from the selenate-reducing bacterium, *Bacillus selenatarsenatis* SF-1. Masashi Kuroda, Mitsuo Yamashita, Kanako Imao, Noriyuki Fujimoto, Hisayo Ono, Kouta Nagano, Emiko Miwa, Kazunari Sei, and Michihiko Ike. J. Bacteriol., 査読有. 193(9), 2141-2148 (2011).
- *16. イオン交換法による使用済液晶パネル中からのインジウム分離・回収の基礎研究, 井上亮、山田竜生、河村卓哉、新井剛、永山勝久, 日本イオン交換学会誌、査読有.Vo1.22, No.3, p.87-95, (2011)

<図書>

- 図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。
17. 「セレン等の揮発化回収」, 山下光雄、大塚治, バイオベース元素戦略 ―都市鉱山・海底鉱山に眠る貴金属・レアメタル回収技術― 小西康裕編集, 2017年7月10日(株)シーエムシー出版
- *18. 「第2章 メタルバイオテクノロジー」, 山下光雄、清和成編集, “地球を救うメタルバイオテクノロジー -微生物と金属資源のはなし-” 成山堂書店. 2014年.
- *19. 「レアメタルのバイオ濃縮回収技術の可能性」. 成田尚宣、山下光雄. 応用微細藻類学. 小柳津広志、倉橋みどり編集. 成山堂書店. 分担. 190. 2012.
- *20. 「バイオボータリゼーションによるセレンの回収」. 成田尚宣, 山下光雄. リサイクル・廃棄物事典. 産業調査会事典出版センター. 分担. 600. 2012.
21. Phytoremediation for soils contaminated by heavy metals using the symbiosis between *Astragalus sinicus* with rhizobacteria. Mitsuo Yamashita. Handbook of Metal Biotechnology — Applications for Environmental Conservation and Sustainability. Pan Stanford Publishing. 231. 2012.
22. 「レンゲと根粒菌の共生による重金属ファイトレメディエーション」. 山下光雄. 植物機能のポテンシャルを活かした環境保全・浄化技術 ～地球を救う超環境適合・自然調和型システム～. CMC 出版. 261. 2011.

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

<学会発表>

学会名、発表者名、発表標題名、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

*23. 山下光雄, 微生物培養による廃水や廃棄物からのレアメタル回収技術(2015 年度第 67 回日本生物工学会大会、鹿児島、10 月 26-28 日)

*24. T. Ohnuki, N. Kozai, F. Sakamoto, T. Saito, Q. Yu, M. Yamashita, T. Horiike, S. Utsunomiya. Coprecipitation of radioactive strontium in sea water during formation of biogenic calcite. 15th International Conference on the Chemistry and Migration Behaviour of Actinides and Fission Products in the Geosphere. September 13-18, 2015, Santa Fe Community Convention Center, Santa Fe, NM, USA

*25. Selenium recovery from simulated wastewater using Selenium reducing bacteria *Pseudomonas stutzeri* NT-I. Osamu Otsuka, Masashi Kuroda, Satoshi Soda, Michihiko Ike, and Mitsuo Yamashita. Hydroprocess 2015 (7th International Seminar on Process Hydrometallurgy. July 22-24, 2015, Antofagasta, Chile)

*26. 海洋環境から分離した好気性テルル酸還元微生物の多様性、堀池巧、大塚治、寺原猛、今田千秋、山下光雄 (マリンバイオテクノロジー学会 2015 年度大会 (平成 27 年度)、東京海洋大学、5 月 30 日-31 日)

*27. セレン酸還元菌 *Pseudomonas stutzeri* NT-I 株を用いた模擬廃水からのセレン再資源化。大塚治、築場豊、吉川健、山下光雄 (廃棄物資源循環学会 2014 年度春の研究発表会 (平成 27 年度)、川崎、5 月 28 日)

*28. 北義弘、大胡貴仁、新井剛 “[C_nmim][PF₆] による複合反応系を用いた都市鉱山からの希少金属回収技術開発”、2015 年日本イオン交換学会・日本溶媒抽出学会連合年会、(2015)

29. 松本佑美、矢田祐士、山中拓実、新井 剛 “イオン液体を溶媒とした白金族元素回収の新規・分離回収技術開発”、2015 年日本イオン交換学会・日本溶媒抽出学会連合年会、(2015)

30. 大胡貴仁、北義弘、新井剛 “LCST 型イオン液体を用いた金属イオンの抽出挙動の基礎研究”、2015 年日本イオン交換学会・日本溶媒抽出学会連合年会、(2015)

*31. 矢田祐士、松本佑美、新井剛 “[C_nmim][Tf₂N]-Tributyl phosphate 混合抽出相からのギ酸アンモニウムによる希土類元素の逆抽出”、2015 年日本イオン交換学会・日本溶媒抽出学会連合年会、(2015)

32. 北義弘、大胡貴仁、新井剛 “イオン液体を用いた複合反応系による都市鉱山からの有用金属の直接回収技術開発”、平成 27 年度資源・素材関係学協会合同秋季大会、(2015)

*33. 松本佑美、矢田祐士、室井悟、新井剛 “[C_nmim][Tf₂N] を溶媒とした都市鉱山からの白金族元素新規分離・回収技術開発”、平成 27 年度資源・素材関係学協会合同秋季大会、(2015)

34. 大胡貴仁、北義弘、新井剛 “イミダゾリウム系イオン液体の抽出挙動に及ぼすアニオン構造変化の影響”、平成 27 年度資源・素材関係学協会合同秋季大会、(2015)

*35. 矢田祐士、松本佑美、新井剛 “Tributyl Phosphate の希釈溶媒に [C_nmim][Tf₂N] を用いた場合の塩酸水溶液中における希土類元素の抽出・逆抽出挙動”、平成 27 年度資源・素材関係学協会合同秋季大会、(2015)

*36. 村上大昌、今林慎一郎、「亜セレン酸の電極還元促進に対するビオロゲンメディエーター構造の影響」、第 61 回ポラログラフおよび電気分析化学討論会、2015/11/24、イーグレひめじ。

*37. 今林慎一郎、村上大昌、越雲文也、「メディエーター型亜セレン酸還元反応に対するメデ

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

- イエーター構造の影響」、2015 年電気化学秋季大会、2015/9/11、埼玉工業大学。
- *38. 赤塚秀太、越雲文也、今林慎一郎、「メディエータ型水溶性セレン還元反応に基づくセレン回収法の可能性」、電気化学会第 82 回大会、2015/3/17、横浜国立大学。
39. Biorecovery of gallium from semiconductor/electronic wastes: Screening and characterization of gallium arsenide-extracting bacteria. Sirikan Maneesuwannarat, Alisa S. Vangnai, Mitsuo Yamashita and Paitip Thiravetyan. ENRIC2014: Global Climate Change and Sustainability pathway 6-7/November, 2014, Bangkok, Thailand.
- *40. Selenium recovery from kiln powder as by-product of cement manufacturing by using chemical leaching and bacterial reduction. S. Soda, A. Hasegawa, M. Kuroda, A. Hanada, M. Yamashita, M. Ike. (The International water association (IWA) World Water Congress & Exhibition, September 21-26, 2014, Lisbon, Portugal)
- *41. Recovery of Selenium in Wastewater through Biovolatilization by Using *Pseudomonas stutzeri* NT-I. M. Ike, T. Narita, M. Kuroda, S. Soda, M. Yamashita, (The International water association (IWA) World Water Congress & Exhibition, September 21-26, 2014, Lisbon, Portugal)
- *42. 循環型社会を目指した実廃水・実廃棄物からのレアメタル回収技術。大塚治、山下光雄(エコデザインプロダクツ&サービスシンポジウム、東京大学本郷キャンパス、2014)
- *43. 微生物を用いた廃水からのセレン酸化回収技術の検討。大塚治、黒田真史、池道彦、山下光雄(廃棄物資源循環学会 2014 年度春の研究発表会(平成 26 年度)、川崎)
- *44. 海洋環境からの好気性テルル酸還元微生物の単離とテルル酸還元能の解析。堀池巧、大塚治、田中康寛、寺原猛、今田千秋、山下光雄(マリンバイオテクノロジー学会 2014 年度大会(平成 26 年度)、三重大学)
- *45. テルルを代謝する新規海洋性微生物の獲得とその機能解析。堀池巧、大塚治、田中康寛、寺原猛、今田千秋、山下光雄(日本農芸化学会 2014 年度(平成 26 年度)、東京、3 月 27-30 日)
- *46. *Pseudomonas stutzeri* NT-I のジメチルジセレニド合成能の特徴。大塚治、成田尚宣、黒田真史、池道彦、山下光雄(日本農芸化学会 2014 年度大会(平成 26 年度)、東京、3 月 27-30 日)
- *47. 赤塚秀太、今林慎一郎、「メディエータ型亜セレン酸還元反応はセレン回収方法として有用か？ー反応機構解析結果に基づく電解還元条件の検討ー」、第 60 回ポーラログラフおよび電気分析化学討論会、2014/11/16、京都工繊大
- *48. 越雲文也、今林慎一郎、「電子メディエータを介する亜セレン酸の電極還元反応機構の解析」、電気化学会第 81 回大会、2014/3/29、関西大学千里山キャンパス
- *49. 北義弘、新井剛、十時一晃、「廃棄物の減容化を目指した都市鉱山からのイオン液体による有用資源の直接回収技術の創生」、平成 26 年度資源・素材関係学協会合同秋季大会、2014.
- *50. 北義弘、十時一晃、新井剛、「 $[C_n\text{mim}][PF_6]$ を用いた複合反応系による塩酸水溶液中からの Pd の直接回収に関する基礎研究」、エコデザイン学会/NPO エコデザイン推進機構「エコデザイン・プロダクツ&サービスシンポジウム」、2014.
- *51. ジャーファーマンターを用いた *Pseudomonas stutzeri* NT-I によるセレンオキソアニオン還元特性の検討。樋口靖典、成田尚宣、黒田真史、惣田訓、山下光雄、池道彦(2013 年度(第 50 回)日本水処理生物学会、神戸市、11 月 13-15 日)
52. Analyses of selenate reduction mechanism in *Pseudomonas stutzeri* NT-I, the promising biocatalyst for selenium-removal and recovery from contaminated water.

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

Masashi Kuroda, Emiko Miwa, Kazunari Sei, Satoshi Soda, Mitsuo Yamashita, and Michihiko Ike. (Metals and Related Substances in Drinking Water 5th international Conference, November 6-9, 2013, Shanghai, China)

53. *Pseudomonas stutzeri* NT-I capable of reducing selenate/selenite into elemental selenium and methyl selenides; a versatile microbial agent for biotreatment/bioremediation of selenium contamination. M. Kuroda, T. Kagami, T. Narita, S. Soda, M. Yamashita, and M. Ike. (VJSE: Vietnamese-Japanese Students' Scientific Exchange Meeting, September 23, 2013, Osaka, Japan)

*54. Development of recycling technology of rare-earth elements (REE) from wastes using microorganism's metabolism). Mitsuo Yamashita, Takumi Horiike. (Japan Sustainable Mining, Investment & Technology business forum 2013, 東京、5月16-17日)

*55. 越雲文也、今林慎一郎、「メチルビオロゲンを介した亜セレン酸の電極還元反応に対する緩衝液の影響」、電気化学会第80回大会(東北大学)、2013/3/29、東北大学川内キャンパス

*56. 十時一晃、北義弘、新井剛、「[C_nmim][PF₆]₂によるレアメタルの抽出及び電気化学挙動に関する研究」、日本溶媒抽出学会「第32回溶媒抽出討論会」、2013.

*57. *Pseudomonas stutzeri* NT-Iによるセレン酸還元機構の解析。黒田真史、三輪美恵子、清和成、惣田訓、山下光雄、池道彦(日本農芸化学会2013年度(平成25年度)、仙台、3月25-28日)

*58. テルル酸還元細菌 *Ochrobactrum anthropi* Ti-3株のテルル酸還元能の解析。大塚治、長谷川智美、坂本康太、生田裕馬、池道彦、山下光雄(日本農芸化学会2013年度(平成25年度)、仙台、3月25-28日)

*59. 越雲文也、今林慎一郎、「回転電極測定法を用いた水溶性セレン化合物の電極還元反応の解析」、第58回ポーラログラフおよび電気分析化学討論会(高尾)、2012/11/27、八王子市高尾の森わくわくビレッジ

*60. 十時一晃、劔持達也、木暮勇、佐々木琴江、新井剛、「イオン液体に含まれる金属イオンの電氣的回収に関する研究」、平成24年度資源・素材関係学協会合同秋季大会、2012.

*61. 木暮勇、十時一晃、劔持達也、新井剛、「低融点イオン液体のアルキル鎖変化による塩酸溶液中の金属イオンの抽出挙動に関する研究」、平成24年度資源・素材関係学協会合同秋季大会、2012.

62. 二種のセレン酸還元細菌のセレン酸還元関連遺伝子の解析。黒田真史、三輪恵美子、清和成、惣田訓、山下光雄、池道彦(2012年度(第49回)日本水処理生物学会、北里大学白金高輪キャンパス、11月24-25日)

*63. *Pseudomonas stutzeri* NT-Iを用いたセレン揮発化除去・回収プロセスの試行。黒田真史、成田尚宣、三輪美恵子、鏡つばさ、惣田訓、山下光雄、池道彦(2012年度日本生物工学会大会、神戸国際会議場、10月23-26日)

*64. F. Koshikumo, W. Murata, A. Ooya and S. Imabayashi, "Electrochemical reduction of selenite and selenate accelerated by methyl viologen", PRiME2012, 2012/10/9, Honolulu, Hawaii.

*45. 越雲文也、今林慎一郎、「メチルビオロゲン共存下における水溶性セレン化合物の電極還元反応の解析」、電気化学会第79回大会、2012/3/30、アクトシティ(浜松)。

*46. セレン酸還元細菌 *Pseudomonas stutzeri* NT-Iを用いたセレン酸および亜セレン酸還元の最適化。成田尚宣、鏡つばさ、黒田真史、惣田訓、池道彦、山下光雄(2012年度日本農

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

芸化学会大会、京都女子大学、3月22-25日)

*67. Recycling of selenium from K-powder in selenate reducing bacterium, *Pseudomonas stutzeri* NT-I. Shun Ochiai, Takanobu Narita, Kazunari Sei, Satoshi Soda, Michihiko Ike, and Mitsuo Yamashita (SEATUC 6th congress, March, 6-7, 2012)

*68. 越雲文也、今林慎一郎、「水溶性セレン化合物の電極還元反応におけるメチルピオロゲンの役割」、第 57 回ポーラログラフおよび電気分析化学討論会、2011/12/1、沖縄県男女共同参画センター(那覇)。

*69. 劔持達也、木暮勇、新井剛、永山勝久“イオン液体を用いた塩酸水溶液中からの有用金属の分離・回収プロセスの研究”資源・素材 2011(堺)、2011.

*70. Isolation and characterization of bacteria capable of reducing tellurium oxyanions to insoluble elemental tellurium. Tsubasa Kagami, Akira Fudemoto, Noriyuki Fujimoto, Emi Notaguchi, Masaya Kanzaki, Masashi Kuroda, Satoshi Soda, Mitsuo Yamashita, and Michihiko Ike. (Ecomate, 2011 年 11 月 28-30 日)

*71. セメント工場から発生する K パウダーからのセレン回収方法の基礎検討。長谷川愛、黒田真史、花田晶子、惣田訓、山下光雄、池道彦(廃棄物資源循環学会第 22 回研究発表会、東洋大学、11 月 3-5 日)

*72. メタルバイオ技術による排水からのレアメタル回収の可能性。池道彦、山下光雄(2011 年日本生物工学会、東京農工大学、東京、9 月 26-28 日)

*50. セレン酸還元細菌 *Pseudomonas stutzeri* NT-I 株を用いた K パウダーからのセレンの回収。落合俊、成田尚宣、清和成、惣田訓、池道彦、山下光雄(2011 年日本生物工学会、東京農工大学、東京、9 月 26-28 日)

*74. Optimization of seleno-oxyanions reduction and recovery of elemental and gaseous selenium with selenate reducing bacterium, *Pseudomonas stutzeri* NT-I. T. Narita, M. Kashiwa, S. Yamazaki, T. Horiike, Y. Tokunaga, S. Kuboyama, H. Shirai, S. Ogiyama, S. Soda, M. Ike, and M. Yamashita. (International Union of Microbiological societies 2011 Congress, Sapporo, 2011 年 9 月 6-10 日)

*75. *Pseudomonas stutzeri* NT-I capable of reducing selenater/selenite into elemental selenium and voltatizing them as methylated selenium. E. Miwa, M. Kuroda, E. Notagushi, A. Sato, M. Yoshioka, A. Hasegawa, T. Kagami, K. Sei, S. Soda, M. Yamashita, and M. Ike. (International Union of Microbiological societies 2011 Congress, Sapporo, 2011 年 9 月 6-10 日)

76. Molecular cloning and characterization of the *srdBCA* operon encoding the respiratory selenate reductase complex from the selenate-reducing bacterium, *Bacillus selenatarsenatis* SF-1. Masahi Kuroda, Mitsuo Yamashita, Emiko Miwa, Kazunari Sei, and Michihiko Ike. (Asian Congress on Biotechnology ACB-2011, Outstanding awards for young scientists, 2011 年 5 月 11-15 日, Shanghai, China)

<研究成果の公開状況>(上記以外)

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等

※ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

<既に実施しているもの>

芝浦工業大学工学部応用化学山下研究室(生命化学研究室)のホームページ(<http://www.ch.shibaura-it.ac.jp/yamashitalab/index.html>)に一部情報を公開している。

公益社団法人 日本生物工学会 メタルバイオテクノロジー研究部会の代表をしており、(http://www.sbj.or.jp/division/division_metalbio.html)に一部情報を公開している。

<これから実施する予定のもの>

* *Pseudomonas stutzeri* NT-I株のDimethyl diselenide合成速度促進因子の探索。大塚治、黒田真史、池道彦、山下光雄(日本農芸化学会2016年度大会(平成28年度)、札幌、3月27-30日)

* 耐塩性テルル酸還元細菌のテルル酸還元能の解析。堀池巧、大塚治、寺原猛、今田千秋、山下光雄(マリンバイオテクノロジー学会 2016 年度大会(平成 28 年度)、北海道大学)

14 その他の研究成果等

「13 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果、企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには下線及び*を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

*77. ブラジル Vale 社と「Investigation of ore processing using microorganisms」という題目で日本との初めて共同研究締結

*78. 太平洋セメント(株)と「セメント製造工程におけるセレンおよび他の有害物質浄化技術の開発」という題目で共同研究。

*79. JX 日鉱日石金属(株)とJX 日鉱日石金属由来の廃水サンプルを用いて低コストで高効率なレアメタルを回収するためのプロセスの開発を目指して、「レアメタル回収実証プラント構築を目指した開発研究」という研究題目で共同研究。

80. 三菱レーヨン(株)と「分離膜を用いたセレン処理・回収技術の研究」という研究題目で共同研究。

81.テレビ朝日 スーパーJ チャンネル 平成25年5月1日(水)「ゴミに隠れた『宝』を発掘 レアメタル鑑定」という番組で本研究内容の微生物によるレアメタル回収が取材、放映された。

82.朝日新聞 平成25年7月31日(水)夕刊「レアメタル 微生物で回収」とタイトルの記事が掲載された。

83.電気新聞 平成25年10月15日(火)「全国理系学び舎紀行」に研究室と研究内容が紹介された。

84.化学工業日報 平成26年1月6日(月)「グリーンイノベーション」に研究内容(微生物でレアメタル回収)が掲載された。

85. 化学工業日報平成27年11月17日(火)「微生物でレアアース回収」が掲載された。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1191004

15 「選定時」及び「中間評価時」に付された留意事項とそれへの対応

＜「選定時」に付された留意事項＞

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

基盤形成の観点からの研究成果に留意されたい。

＜「選定時」に付された留意事項への対応＞

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

将来につなげる基礎的な実験結果を取得することを心がけ、学術論文や著書や学会発表での成果をあげることを重視した。さらに基礎的な研究を実用化に結びつけるため、企業と共同研究を行ない、特許申請も行った(研究成果の副次的効果参考)。

＜「中間評価時」に付された留意事項＞

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

学術論文・学会・特許出願などの成果が認められる。しかしながら、研究代表者と学外研究者1名の成果のみで、プロジェクトとしての連携が必ずしもうまくいっているとは思えない。

今後、連携を深め、基盤形成のための研究成果の蓄積を期待する。

＜「中間評価時」に付された留意事項への対応＞

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

中間報告では提出枚数に制限があり、全てを網羅して記述できなかった。そこで本報告では研究発表の状況欄に加筆した。当初の目標であるレアメタル代謝微生物の分離、リアクターの構築、精錬技術の開発及び一連のフローからの派生研究までを示すことができる研究成果をあげた。

学内研究者の業績欄に研究代表者の名前が記載されていないのは、貢献度を低く設定したので削除した。実際上は、本実験研究で行った元素分析の一部を分担し、担当学生の実験技術指導を行っている。

学外研究者のうち1名は東北地域で生じた災害のために研究ができなくなり、レアメタル分析に関しての示唆をいただくことでプロジェクトの役割を担って頂くことにした。その後、実験研究する事が可能になったので、多様なレアメタル回収に適用できる微生物の取得と分析研究に関しての役割を担って頂いた。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1201021

平成 24 年度～平成 27 年度「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」 研究成果報告書概要

- 1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学
- 3 研究組織名 芝浦工業大学 SIT 総合研究所 建築ストック研究センター
- 4 プロジェクト所在地 東京都江東区豊洲3-7-5
- 5 研究プロジェクト名 木材を使用した住宅用内装・設備の開発とその市場化による地域産業の振興
- 6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
南 一誠	建設工学専攻	教授

- 8 プロジェクト参加研究者数 10 名

- 9 該当審査区分 理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
南 一誠	工学部・教授	木材を活用した住宅内装の開発	地場産業を活かした住宅内装の開発と事業化
蟹澤宏剛	工学部・教授	共同住宅内装用家具の開発	木材加工技術の育成
秋元 孝之	工学部・教授	改修用住宅設備の開発	住宅設備の開発
土方 勝一郎	工学部・教授	インフィルの耐震性確保	耐震性分析
(共同研究機関等) 澤田 誠二	客員教授	建築構法、団地再生	サプライチェーンマネジメントの計画
山崎 尚	(株)山康商店・ 代表取締役社長	木材加工、流通	地場産業の育成、技術支援
Stephen Kendall	Ball State 大学・教授	オープンビルディング	インフィルの市場開発
Tedd Benson	Bensonwood・ 代表取締役社長	木造工法	木造住宅生産の先進技術供与
近角 真一	集工舎都市建築デザイン研究所・所長	SI 工法	スケルトンインフィル技術の開発
安達 好和	(株)インテリックス空間設計・取締役	インフィル開発	インフィル下地の技術開発

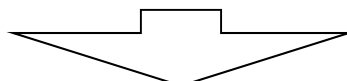
法人番号	131024
プロジェクト番号	S1201021

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
改修工事の施工性	工学部・教授	木本 健二	現場施工性の向上

(変更の時期:平成24年4月1日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
(新採用)	工学部・教授	土方 勝一郎	耐震性分析

11 研究の概要(※ 項目全体を10枚以内で作成)

(1)研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

日本の住宅ストックの約4割は共同住宅であり、そのかなりの部分を占める区分所有マンションの老朽化が進んでいる。外から見ると健全に見えるマンションでも、入居者の高齢化、独居化が進み、住まい手の人間関係が崩壊しつつある。高齢化が進み、世帯用の住戸に1人、2人の高齢者が住まう。共同住宅の人口構成は歪で、地域コミュニティとしても機能していない。構造体として十分、耐久性、耐震性がある住宅ストックのインフィル(住宅の内装・設備)改修を行い、「住まい」と「住まい手」のミスマッチを解消して、健全な住共同体として再生することが急務である。技術的にどのように改修工事をするかだけでなく、住宅改修により、今後、どのように快適な地域社会を構築するかについても研究を行っている。共同住宅を、高齢者が住み続け、若い世帯も入居する、持続可能性を持った「すまい」として再生するため、ハード、ソフトの両面で総合的に検討する。

持続可能性や資源の有効活用の側面からも、これまでのように短い期間で、住宅をスクラップアンドビルドにより浪費することはできない。若い世代が今後、住居に負担できる資金は限られている。都心にリーズナブルな費用負担で、真に豊かな住環境を手に入れるためには、既存の住宅ストックを、有効に活用していくことが必須である。次の世代に、既存住宅ストックを、適切な姿で、引き継ぐ手法を構築することが、本研究の社会的意義である。

芝浦工業大学に近接する江東区新木場の木材流通企業と連携して、インフィル改修に木材を活用する手法を開発している。本研究は、既存住宅のストック改修と言う社会的課題と、景気低迷に苦しんでいる地元の木材流通加工業の振興と言う経済的課題とを組み合わせ、複合的に解決することを目指している。

(2)研究組織

研究目的を達成するため、この分野の研究、実務に精通する学内外の専門家による産学連携の研究組織を構成し、定期的に打ち合わせを行うことにより、研究を進めている。研究を円滑に進めるため、学外研究者には芝浦工業大学 SIT 総合研究所客員教授、客員研究員を委嘱している。芝浦工業大学理工学研究科の建設工学専攻分野における連携大学院客員教授には、オブザーバーになっていただき、定期的に助言をいただいている。

研究代表者の南一誠は、研究全体の総括、工程管理を行うとともに、自らは木材を活用した住宅内装の開発を研究課題とし、地場産業を活かした住宅内装の開発と事業化に取り組んでいる。研究代表者と各研究者は定期的に打ち合わせを行い、研究課題全体として、進行管理を行っている。土方勝一郎教授らは、共同住宅内装家具の開発、改修用住宅設備の開発、インフィルの耐震性確保などを研究課題として、木材加工技術の育成、住宅設備の開発、耐震性分析を担当している。

学外研究者である、澤田誠二客員教授(明治大学・工学部元教授)は、専門性を活かして建築構法、団地再生を研究課題としてとりあげ、サプライチェーンマネジメントの計画を分担している。山崎尚株式会社山康・代表取締役社長は、木材加工、流通を専門とし、地場産業の育成や技術支援のあり方の検討について、研究代表者を補佐している。Ball State 大学の Stephen Kendall 教授は、研究代表者とはオープンビルディングの研究を30年以上にわたって協同しており、定期的に訪日して、インフィルの市場開発の研究を分担している。集工舎都

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1201021

市建築デザイン研究所の近角真一所長は、我が国の SI 工法に関する第一人者であり、スケルトンインフィル技術の開発を担当している。(株)インテリックスの安達 好和、取締役も、わが国におけるマンションのリフォームを先導する企業の技術責任者であり、本研究組織においては、インフィル開発におけるインフィル下地の技術開発を担っている。

(3) 研究施設・設備等

・研究施設の場所、面積及び使用人数：

芝浦工業大学豊洲キャンパス研究棟 7 階 C28 室、8 階 C25 室(面積、約 75 m²)及び教室棟1階テクノプラザに設備を設置し、研究拠点として、プロジェクト所属の研究者および大学院院生が常時、研究を行っている。

・主な研究設備の名称と利用時間

2013 年度において BIM 対応 CAD システムを整備した。設備は常時使用可能な状態に有る。2014 年度において、木工製作機械として、6 軸多関節ロボットおよびガントリー型 NC ルーターを整備し、豊洲キャンパス1階テクノプラザに設置し、ほぼ連日、使用している。

(4) 研究成果の概要 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び＊を付すこと。

研究プロジェクトの計画や目的・意義と関連づけて、当初の目標をどれだけ達成したか記述するとともに、新たに得られた知見などについても具体的に記述してください。

申請書に記載した研究内容について、計画的に研究を進めており、予定通り当初の目標を達成できる見込みである。研究 4 年目となる平成 27 年度においては、構想調書に記載した下記の研究を計画的、重点的に進めた。

- ① 建設作業、特に熟練工の不足が深刻化している状況を鑑み、居住者がセルフビルドにより共同住宅の内装を改修できる構法を、実際の大きさの居室を試作することにより開発した。江東区の木材企業の注目を得て、2015 年 10 月に試作品の一般展示を行った。
- ② 無垢材の国産木材を利用した遮音性の高いフォローリングの開発を、遮音材メーカーのコスモプロジェクト社、長谷エコーポレーションと共同で行い、一級相当の遮音性を有する建材を開発した。
- ③ 築 30 年以上を経過した多摩ニュータウンの共同住宅(200 以上の住戸)の改修履歴、間取り変更の実態を調査し、長期間に渡って住み続ける場合に必要となる改修工事とその建築設計上の対応方法について分析を行い、国内外の学会で発表した。
- ④ プロジェクトメンバーの安達好和が開発した内装下地構法が、三井不動産レジデンシャルなどの企業により、実際に販売される物件の工事にて採択されることが決まった。
- ⑤ 研究成果の発信として、7 月と 8 月に日本建築学会にて、9 月にスイス連邦工科大学にて、11 月に中国、合肥工業大学などにて、11 月にマンションリフォーム推進協議会会員(約 100 社が会員)の研修会にて、講演を行った。国土交通省社会資本整備審議会にて委員として、研究成果を踏まえ発言した。

平成 24 年度から 27 年度における、主な研究内容と成果は以下の通り。

(1) 市場調査(担当:南、安達、橋本)

1) 江東区におけるマンションリフォームの市場調査

- ・住宅統計データ分析、人口統計データ分析
- ・江東区において分譲された、リフォームされた中古マンションの価格と、そのマンションの分譲時の価格を比較し、マンション改修の経済効果を分析
- ・江東区における共同住宅のインフィル改修需要を分析
(日本建築学会大会論文、日刊建設工業新聞、「集合住宅のインフィル改修」にて発表)

2) マンションリフォーム業者へのヒアリング調査など

- ・中古マンションを買い取り、リフォーム後に分譲しているインテリックス社や、長谷エリフォームなどにヒアリング調査
- ・TOTO、LIXIL、大建工業などの住宅用建材、住宅設備メーカーの調査
- ・長谷エコーポレーションのインフィル調査
(「集合住宅のインフィル改修」、新建築、技術セミナー、シンポジウム講演で発表)

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1201021

(2)学術研究(主な担当者:南、土方)

1)居住履歴および改修履歴の分析

長寿命化を目指して可変性、更新性を付加した実験住宅の30年にわたる居住履歴、改修履歴を分析。リフォームの設計要件を検討。

- ・住宅 CAD データ作成
- ・CHS(長寿命共同住宅、センチュリーハウジングシステム)現地調査、
- ・KEP(UR 都市再生機構が1980年代初頭に多摩ニュータウンに建設)現地調査
(日本建築学会大会、日本建築学会論文報告集、国際学会 CIB で論文発表)

(3)技術開発・市場化(主な担当者:南、土方、山崎、安達、近角、橋本、ケンドル)

1)マンション改修用設計図書の作成および施工実験

①マンションの改修工事の標準的設計図書を作成

- ・建築設計図書の作成
- ・マンションリフォーム設計図書作成(インフィル改修モデルプランをタイプ別に作成)
- ・現場施工を分析し、設計図書を検証
(「マンションリフォームの標準的な設計図書」に成果をとりまとめた。)

②標準的設計図書に基づき、リフォーム工事を試行

- ・試行工事対象住戸の選定
- ・マンションリフォーム工事の現場施工
(「集合住宅のインフィル改修」、技術セミナー、シンポジウム講演に成果を発表した。)

③木製インフィルの開発

- ・インフィル部品の市場調査
- ・木材の卸市場、小売市場の現地調査
- ・インフィルの製作図作成
- ・遮音性の高い国産無垢木材床フローリングの開発
(床遮音測定報告書に成果を取りまとめた。)
- ・木造インフィル空間ユニットの試作

④インフィルの製作上の課題、市場化における課題(価格、流通等)の検討

- ・インフィル部品の市場調査、木材の卸市場、小売市場の現地調査。
- ・現場施工に基づき、インフィルを商品化するための要件検討
- ・企業化に向けての準備
- ・木材の利用促進策について、専門家へのヒアリング、具体的手法を明確化。
(「集合住宅のインフィル改修」、都市住宅学会(2013.8)、国際学会誌 OHI にて研究成果を発表した。)

(4)木造インフィル空間ユニットの試作 (担当:南、土方、安達、山崎)

木造インフィルの設計・製作・組立て・解体を行い、技術開発上の課題を分析した。木を感じられる和の空間であり、プレハブ建築としての特徴もある茶室を空間単位として考え、検討対象とした。人工数、組み立て手順などについて、数寄屋建築を専門とする建築家や伝統木造建築の棟梁の意見を参考とし、少人数での施工を可能とするため軸組構法を採用することとした。製作においては、木の特性や使い勝手等を踏まえて、どこにその部材を用いるのかを検討しながら製作作業を行った。設計段階で決めた人工数で組立て・解体を行い、施工時間を計測した。設定した人工で施工が可能かを確認した。

今回の試作では、仮組みを行ったことが奏功し、本組の施工時間は予想より短かった。組み立て手順として、組んだ土台を定規にして足固めを組み、それから束を打ち込む施工手順としたため、足元周りの施工時間の短縮が図れた。材料に木を使う場合、経年により木が痩せて隙間が出るためホゾをキツくしたいが、一方で組立て、解体の際に、仕口の欠損や変形が生じる危険性が高まる。両者の条件を満たすには高度な寸法調整が求められる。

セルフビルドでインフィルを製作する上で、最も重要な課題は人工と仕口である。住宅の室内にてインフィルを組み立て、解体するためには、施工時間が重要な要素である。本研究において確認した施工時間は非熟練工によるものであるが、計画していた時間通りの短い時間で組み立てることができ、今後の開発につながる成果が得られた。部材の長さを短くし、仕口を統一することにより施工が容易になり、非熟練工によるセルフビルドが可能なインフィルの可能性が高まると考えられる。

木は同じ材から取ったものであっても各々に反りの具合や節の有無等が異なるため、均一な品質の材料のように品質管理をすることは困難である。上下左右を反転して使用しても成立するインフィルを開発した場合、施工が簡略化でき施工時間の短縮につながると考えられるかもしれないが、木には使い勝手が決まっている。経年による部材の変形を考慮

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1201021

し、別れ継ぎを防ぐために元側を外から見て右側にする等の部材の向きへの配慮や、上むくり、下むくりの配慮、逆さ木にして使わない等多様なルールがあり、部材の入れ替えが簡単にはできない事を木造インフィルの開発の際には考慮する必要がある。

(5) 遮音性の高い国産無垢木材床フローリングの開発、試作・性能試験（担当：南、安達、山崎）

1) 開発の目的

化学繊維を利用した建材(以下、SS ボード)と無垢フローリング材を組み合わせる事により、どの程度の遮音性能を確保できるのか実験により確認した。今回の実験では無垢フローリング材に対しての SS ボードの性能を測る事を目的とし、その結果を今後の分析、考察、研究に活用する。

2) 実験方法

試験体はコンクリートスラブの上に直置きとした。測定対象の床の上にタッピングマシンを設置し、衝撃音を発生させた。タッピングマシン設置位置は、室の周壁から 50cm 以上離れた床平面内で、中央点付近一点と1/4対角点に設置した。梁やリブをもつ異方性を持った床構造の場合は、各ハンマを結ぶ線が、梁やリブの方向に対して 45° の向きとなるようにタッピングマシンを設置した。測定は、発生音のレベルが安定してから行う。加振点は3点とし、試験体は 600 角のものを2枚使用(一部試験体については1枚)して行った。受音室の測定点は、騒音計一台のみを利用し、移動しながら5点計測を行った。各5点の高さはそれぞれ異なる高さ(0.8m 1.0m 1.2m 1.4m 1.6m)で測定した。始めにスラブ素面測定を行った後に、試験体セット→測定→試験体撤去→データ速報の1サイクル15分程度で各試験体を測定した。

3) 試験結果と考察

SS ボード5mm あたり衝撃音5dB の軽減が確認された。20mm の厚みで $\Delta L-45$ が取得できる。音の印象としては、スラブ素面の衝撃音に比べ音の角が取れた印象であった。遮音シート(厚さ 1mm 面密度 2.1kg/m²)の効果の有無の検証したところ、衝撃音に対しては効果が無い事が分かった。防音マット(厚み 4.5mm 面密度 6.8kg/m²)の効果については、SS ボードと比べ衝撃音の減少量が少ない結果となった。防音マットが無垢フローリングに近い構成の方が遮音性能で高い性能が得られた。以上から、衝撃音に対する層構成は表面材に接している部分に制振性能が高いものを配置する事が重要である事が分かった。遮音シート・防音マットのメーカーはスラブ面に、これらのシートもしくはマットを設置するようにアドバイスしていたが、衝撃音に対しては異なるという結果であった。

(6) センチュリーハウジングシステムによる住宅の居住履歴、改修履歴の調査結果(担当：南、近角他)

長期居住履歴の調査はその重要性が指摘されながら、調査対象を何十年にも渡って継続調査することが困難なため、これまで多くは行われてこなかった。研究代表者らがこれまで、多摩ニュータウンエステート鶴牧3団地等において行った研究手法は、入居直後、入居後 10 年超経過後、20 年超経過後に住まい方を調査することにより、その変化を分析するものであった。本研究でも調査対象とした世帯に、入居開始から現在までの住まい方の変遷をアンケートやヒアリングにより調査・分析することを試みている。途中で転出した世帯の状況については調査できないことや、回答者の記憶に頼る調査のため調査結果の正確さに留意する必要があるが、長期居住の実態を把握するための、一つの現実的な調査手法であると考え採用した。

本調査では、アンケート調査において複数枚の住戸平面図を居住者に渡し、現在の住居の状態と過去の住戸内の住まい方についての記入を依頼した。住戸平面図を用いて家族構成の変化に伴う居住履歴の変遷、居住環境の評価、インフィル改修の履歴と今後の改修予定、CHS の認知度についての調査を行った。また、了解の得られた住戸に対してはアンケートの回答をもとにヒアリング調査を行った。234 戸中 228 戸に配布し、58 戸から回答を得ることができた。回収率は 25.4%である。ヒアリングは 14 戸を対象に実施した。

管理組合理事会、自治会、管理組合員への調査と並行して、管理会社へのヒアリングを行った。また調査対象とした集合住宅を当初、設計・施工した企業およびその関連会社で当該住宅の改修工事を担当している企業へのヒアリングを行った。設計・施工を担当した企業からは設計図書や CHS に関する資料等を提供いただいた。当初、建築、設備の設計を担当した技術者には調査結果を報告し、CHS の評価について意見交換を行った。

(7) 査読付き論文5編、一般論文18編を発表した(* 13の査読付き論文(A)、* 13の査読なし論文)。

本研究の成果を反映して、単著(P.200)1冊、共著6冊を出版した(* 13<図書>)。日本建築学会での学術講演9編(* 13の<学会発表>)、専門家やマンション管理組合役員を対象としたセミナーなどで講演、パネルディスカッションを行い、研究成果を報告した(13の<研究成果の公開状況>)。研究内容について国土交通省社会資本審議会等で発言し、議事録が国土交通省のウェブサイトで公開された(* 14その他の研究成果の7)。

<優れた成果があがった点>

- (1) 文化庁 平成 27 年度 地域の核となる美術館・歴史博物館支援事業により実施された埼玉ミューズフォーラム(日本建築家協会協力)から、試作した木造軸組みインフィルの展示(川口アートファクトリー)および講演の依頼があり、実施した(2015 年 10 月 10 日～18 日)。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1201021

(2)国土交通省、社会資本整備審議会・建築分科会等(*14その他の研究成果の7)の委員として、委員会の審議に研究成果を還元し、社会貢献に努めている。

(3)新聞(日刊建設工業新聞)、雑誌(ダイヤモンドムック)などの取材を受け、研究成果が報道された。出版物を読んだ読者等から、居住する住宅団地の再生について問い合わせや協力依頼を受け、情報提供した(*14その他の研究成果の1, 2, 3, 4, 5, 6)。実際にマンションのリフォーム工事を実施した。

<問題点>

特に大きな問題はありませんが、2014年度末に配備した研究設備の運用に習熟するのに時間がかかっております。

<評価体制>

大学の研究戦略の総合的な企画立案をする SIT 総合研究所が研究代表者とヒアリングを実施し、研究成果の評価、今後の展開の確認を行っている。その結果を受け、研究戦略会議において、各事業の次年度の予算配分を決定する仕組みとしている。また、客観評価については、SIT 総合研究所として、年に1回、外部の有識者4名(大学、企業等)からなる評価委員会を実施し、多角的な視点から忌憚りの無い評価・アドバイス等を受けている。

2015年3月2日、文部科学省高等教育局担当者(私学部私学助成課:平野正幸官、伊藤新悟官)及び外部評価委員(京都大学溝口文雄教授、東京理科大学北村隆行名誉教授)の現地審査を実施していただいた。文部科学省高等教育局による現地審査において、建築ストックセンターとして独自に行った学部評価について下記のとおり説明した。

「SIT 総合研究所の外部評価者は4名とも、建築分野以外の研究者であるため、独自に建築分野の外部専門家の意見を聴くように努めている。

- ・本研究分野の権威である東京理科大学元理工学部長・元教授の真鍋恒博氏に、芝浦工業大学 SIT 総合研究所客員教授を委嘱し、原則として毎月1回、研究の進捗状況などについて、指導・助言をいただいている。真鍋教授の紹介で、産業界の専門家からヒアリングする機会を得ることができ、研究内容が実務の実態に即したものとなる成果が得られている。

- ・本研究課題に関連する分野において研究実績が豊富な京都大学工学系研究科教授の高田光雄氏に助言をいただいている。

- ・私立大学戦略的研究基盤形成支援事業の建築系分野に採択され研究を進めている関大大学環境都市工学部建築学科の江川直樹教授の研究成果報告会に参加し、戦略研究の進め方、特に成果の公表などについて学んでいる。

- ・本研究分野と関連する研究課題にて COE 拠点リーダーの経験がある首藤大学東京の深尾精一教授から、助言をいただいている。

- ・米ポール州立大学のステファン・ケンドル教授に研究組織に参加いただき、国際的な視点で、技術開発の方向性について助言をいただいている。

上記の専門家の方がたの評価、助言を踏まえて、研究目標と成果について、絶えず確認を行い、必要に応じて見直すよう心がけている。」

上記に対して、外部評価委員から適切な対応であるとの評価をいただいた。

<研究期間終了後の展望>

本プロジェクト終了後も、整備した研究装置・設備を最大限に活用して、木質系インフィルユニットの更なる開発を行い、実用化に向けての研究を進めていきたい。

<研究成果の副次的効果>

下記の審議会などで、研究成果を活かした社会貢献活動を行っている。

- *1)国土技術政策総合研究所 総合技術開発プロジェクト 地域安心居住機能の戦略的ストックマネジメント技術の開発 委員、2015年
- *2)公益社団法人 ロングライフビル推進協会 ビルのライフサイクルマネジメント指針等作成委員会 副委員長、委員、2015年5月1日～2016年3月31日
- *3)公益社団法人 建築技術教育普及センター インテリアプランナー更新講習委員会、委員長、2015年3月18日～現在
- *4)公益社団法人 ロングライフビル推進協会 建築・設備総合管理技術者講習委員会 委員長、2014年1月22日～現在

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1201021

12 キーワード

- | | | |
|------------------|----------------------|-------------------------|
| (1) <u>共同住宅</u> | (2) <u>ストック活用</u> | (3) <u>インフィル(内装・設備)</u> |
| (4) <u>既存改修</u> | (5) <u>木材利用</u> | (6) <u>地域産業再生</u> |
| (7) <u>高齢者居住</u> | (8) <u>ビジネスモデル構築</u> | |

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

<雑誌論文>

(1)国内学会採択・発表済

2015 年度においては、日本建築学会大会において下記の 3 編の論文を発表した。

- * 1) KEP 方式集合住宅における住まい方と住戸改修に関する研究 (1)
- * 2) KEP 方式集合住宅における住まい方と住戸改修に関する研究 (2)
- * 3) KEP 方式集合住宅における住まい方と住戸改修に関する研究 (3)

(2)国際学会査読付き論文、発表済

- * 1) 2015 年 9 月に、スイス連邦工科大学で開催された The Future of Open Building Conference にて、論文「Long-Term Occupancy Records and Infill Renovation of Housing Designed Based on the Century Housing System」の発表を行った。ハブラーケン MIT 名誉教授から発表を評価するコメント、英国ケンブリッジやデルフト工科大学の先生方からはオープンビルディングの手法による改修と在来構法による改修の比率とその理由、外壁の可変性に関する日本の技術開発の状況に関する質問があり回答した。

(3)論文(掲載済み)、発表状況

査読付き論文 5 編、一般論文 1 8 編を発表した(下記に概要を記載)。また研究成果を元に、単著(P.200)1 冊、共著 6 冊を出版した。日本建築学会での学術講演 1 2 編、専門家やマンション管理組合役員を対象としたセミナーなどで講演、パネルディスカッションを 6 回行い、研究成果を報告した。

(A)査読有りの論文

- * 1) Long-Term Occupancy Records and Infill Renovation of Housing Designed Based on the Century Housing System, Kazunobu Minami, The Future of Open Building Conference 2015, ETH Zurich, September 9-11 2015
- * 2) センチュリーハウジングシステムを採用した集合住宅の居住履歴とインフィル改修、南一誠、丸山諒太郎、日本建築学会計画系論文集 第 80 巻 第 711 号, 1075-1084, 2015 年 5 月
- * 3) Infill Renovation, Kazunobu Minami, Open House International, Vol 40 no1, 2015, pp. 44-47
- * 4) 成熟社会における共同住宅ストックの再生、南一誠、都市住宅学会 20 周年記念誌, pp. 114-117, 2013 年 8 月
- * 5) センチュリーハウジングシステムを採用した集合住宅の居住履歴とインフィル改修、南一誠、丸山諒太郎、日本建築学会計画系論文集 第 80 巻 第 711 号, 1075-1084, 2015 年 5 月

(B)査読なしの論文

- * 1) コ・ベネフィット型のストック活用へ ビル・マンションの再生・改修がもたらす多様な効果、友澤史紀、坊垣和明、南一誠、安達和男、REFORM 2016 年 1 月号, pp. 1-16
- * 2) 公共施設の長寿命化に関する施策と庁舎再編の実態、南一誠、シンポジウム「公共施設再編の計画と実践」ー公共施設マネジメント小委員会のこれまでの活動の中間報告, pp. 33-36, 2015 年 7 月 27 日
- * 3) KEP 方式集合住宅における住まい方と住戸改修に関する研究 (1), 永田圭甫(芝浦工業大)・佐藤慎吾・横田裕・荒木優太・吉田早織・山中尚典・南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、E-1 分冊, pp. 1201-1202, 2015 年 9 月
- * 4) KEP 方式集合住宅における住まい方と住戸改修に関する研究 (2), 佐藤慎吾・永田圭甫・横田裕・吉田早織・荒木優太・山中尚典・南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、E-1 分冊, pp. 1201-1202, 2015 年 9 月
- * 5) KEP 方式集合住宅における住まい方と住戸改修に関する研究 (3), 横田裕・荒木優太・山中尚典・吉田早織・佐藤慎吾・永田圭甫・南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、E-1 分冊, pp. 1201-1202, 2015 年 9 月
- * 6) 埼玉県における市町村合併に伴う庁舎再編, 山中尚典(芝浦工業大)・南一誠・永田圭甫・佐藤慎吾、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、E-1 分冊, pp. 1201-1202, 2015 年 9 月
- * 7) CHS 方式集合住宅における居住者属性 -センチュリーハウジングシステムを採用した集合住宅の研究-, 山中尚典、日比野雄大、石川翔一、荒木優太、山田知洋、吉田早織、横田裕、川島啓輔、丸山諒太郎、南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)、E-1 分冊, pp. 1201-1202, 2014 年 9 月
- * 8) CHS 方式集合住宅における居住履歴(1) -センチュリーハウジングシステムを採用した集合住宅の研究-, 横

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1201021

- 田裕、日比野雄大、石川翔一、荒木優太、山田知洋、吉田早織、山中尚典、川島啓輔、丸山諒太郎、南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）、E-1 分冊、pp. 1225-1226、2014 年 9 月
- * 9) CHS 方式集合住宅における居住履歴(2) -センチュリーハウジングシステムを採用した集合住宅の研究-、吉田早織、日比野雄大、石川翔一、荒木優太、山中尚典、横田裕、山田知洋、川島啓輔、丸山諒太郎、南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）、E-1 分冊、pp. 1227-1228、2014 年 9 月
- * 10) CHS 方式集合住宅におけるインフィル改修 -センチュリーハウジングシステムを採用した集合住宅の研究-、日比野雄大、山中尚典、石川翔一、荒木優太、山田知洋、吉田早織、横田裕、川島啓輔、丸山諒太郎、南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）、E-1 分冊、pp. 1203-1204、2014 年 9 月
- * 11) 茨城県における市町村合併に伴う庁舎再編(3)、荒木優太、日比野雄大、石川翔一、山中尚典、山田知洋、吉田早織、横田裕、川島啓輔、丸山諒太郎、南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）、E-1 分冊、pp. 427-428、2014 年 9 月
- * 12) 茨城県における市町村合併に伴う庁舎再編(4)、山田知洋、日比野雄大、石川翔一、山中尚典、荒木優太、吉田早織、横田裕、川島啓輔、丸山諒太郎、南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）、E-1 分冊、pp. 429-430、2014 年 9 月
- * 13) 公共施設ストックの戦略的マネジメント、南一誠、公共建築、Vol. 56 no. 1 No. 206、pp. 4-7、2014 年 4 月
- * 14) 時と共に変化する建築 使い続ける技術と文化 リフォーム&リニューアルによる新しい価値の創造、南一誠、月間リフォーム、第 31 巻 1 号通巻 358 号、pp. 46-49、2014 年 1 月
- * 15) マンションストックの再生技術と専門家の役割、南一誠、日本ウレタン建材工業会誌ウレタン建材 37 号、2014 年 1 月
- * 16) 「マンション再生に係る専門家の育成」について、南一誠、市街地再開発、pp. 30-45、No. 523、2013 年 11 月
- * 17) 木材を使用した住宅用内装・設備の開発とその市場化による地域産業の振興、南一誠他、日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道）、pp. 1017-1018、2013 年 8 月
- * 18) 長寿命建築と都市、社会、技術、南一誠、公益社団法人ロングライフビル推進協会 BELCA NEWS、pp. 11-19、2013 年 7 月

(C)学術図書等

- * 1) 時と共に変化する建築 使い続ける技術と文化、南一誠、UNIBOOK、2014 年 2 月 28 日
- * 2) 木の魅力を伝える、南一誠他、pp. 4-28、pp. 158-159、UNIBOOK、2014 年 2 月 28 日
- * 3) 集合住宅のインフィル改修、集合住宅のインフィル再生技術 ～インテリアの新技術～、南一誠、安達好和、近角真一、川崎直宏、安孫子義彦、井上書院、2014 年 2 月 28 日
- 4) 日本建築学会叢書「市民と専門家が協働する成熟社会の建築・まちづくり」、南一誠、和田章、後藤治、中井検裕、桑田仁、樋口秀、高木次郎、川瀬貴晴、鈴木祥之、2014 年 2 月 28 日
- * 5) 共同住宅ストックの再生のための技術の概要 総合、高齢者対応、南一誠、pp. 8-43、耐用性、pp. 44-49、マンションストック再生技術、テツアドー出版、2013 年 6 月 28 日
- 6) 包括的な生活サービスへの拡大とサプライチェーンを活かしたインフィル産業の構築、南一誠、プレハブ建築協会 50 年史、第 4 章「これからのプレハブ建築」、p. 190、2013 年 5 月
- 7) 平成 26 年インテリアプランナー更新講習テキスト、財団法人日本建築技術教育普及センター、南一誠、福井潔、近角真一、川崎直宏、2014 年 4 月、2015 年 4 月

(D)日本建築学会学術講演

- * 1) KEP 方式集合住宅における住まい方と住戸改修に関する研究 (1)、永田圭甫・南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概、2015 年 9 月
- * 2) KEP 方式集合住宅における住まい方と住戸改修に関する研究 (2)、佐藤慎吾・南一誠、日本建築学会大会学術講演、2015 年 9 月
- * 3) KEP 方式集合住宅における住まい方と住戸改修に関する研究 (3)、横田裕・南一誠、日本建築学会大会学術講演、2015 年 9 月
- * 4) 埼玉県における市町村合併に伴う庁舎再編、山中尚典・南一誠、日本建築学会大会学術講演、2015 年 9 月
- * 5) CHS 方式集合住宅における居住者属性 -センチュリーハウジングシステムを採用した集合住宅の研究-、山中尚典、南一誠、日本建築学会大会学術講演、2014 年 9 月
- * 6) CHS 方式集合住宅における居住履歴(1) -センチュリーハウジングシステムを採用した集合住宅の研究-、横田裕、南一誠、日本建築学会大会学術講演、2014 年 9 月
- * 7) CHS 方式集合住宅における居住履歴(2) -センチュリーハウジングシステムを採用した集合住宅の研究-、吉田早織、南一誠、日本建築学会大会学術講演、2014 年 9 月
- * 8) CHS 方式集合住宅におけるインフィル改修 -センチュリーハウジングシステムを採用した集合住宅の研究-、日比野雄大、南一誠、日本建築学会大会学術講演、2014 年 9 月
- * 9) 茨城県における市町村合併に伴う庁舎再編(3)、荒木優太、南一誠、日本建築学会大会学術講演、2014 年 9 月
- * 10) 茨城県における市町村合併に伴う庁舎再編(4)、山田知洋、南一誠、日本建築学会大会学術講演、2014 年 9 月

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1201021

<図書>

- * 1) ロングライフを目指すビルのライフサイクルマネジメント、共著、170 ページ、公益社団法人ロングライフビル推進協会、2015 年 10 月
- * 2) 長く暮らせるマンション 多様な住まい方を実現するストック再生の手法、共著（分担執筆）、団地再生まちづくり 4、水曜社、pp.142-146、2015 年 9 月
- * 3) 時と共に変化する建築 使い続ける技術と文化、南一誠、200 ページ、UNIBOOK、2014 年 2 月 28 日
- * 4) 木の魅力を伝える、南一誠、山下浩一、三浦清史、pp.4-28、pp.158-159、UNIBOOK、2014 年 2 月 28 日
- * 5) 集合住宅のインフィル改修、集合住宅のインフィル再生技術 ～インテリアの新技術～、南一誠、安達好和、近角真一、川崎直宏、安孫子義彦、井上書院、2014 年 2 月 28 日
- * 6) 日本建築学会叢書「市民と専門家が協働する成熟社会の建築・まちづくり」、南一誠、和田章、後藤治、中井検裕、桑田仁、樋口秀、高木次郎、川瀬貴晴、鈴木祥之、「はじめに」、「あとがき」、2014 年 2 月 28 日
- * 7) 共同住宅ストックの再生のための技術の概要 総合、高齢者対応、南一誠、pp.8-43、共同住宅ストックの再生のための技術の概要 耐用性、pp.44-49、マンションストック再生技術、テツアドー出版、2013 年 6 月 28 日
- * 8) 包括的な生活サービスへの拡大とサプライチェーンを活かしたインフィル産業の構築、南一誠、プレハブ建築協会 50 年史、第 4 章「これからのプレハブ建築」、p.190、2013 年 5 月
- * 9) 平成 26 年インテリアプランナー更新講習テキスト、財団法人日本建築技術教育普及センター、南一誠、福井潔、近角真一、川崎直宏、2014 年 4 月

<学会発表>

- * 1) 既存共同住宅ストックの再生に向けたインフィル改修 Long Life, Loose Fit、南一誠、(一社) マンションリフォーム推進協議会 (REPCO) 平成 27 年度 第 2 回「会員交流講演会」、2015 年 12 月 3 日、明治薬科大学 剛堂会館ビル
- * 2) 共同住宅の〓期居住履歴と改修に関する実態調査と可変型住宅の課題について、南一誠、長谷工コーポレーション共同調査・研究解説講演会、2015 年 11 月 25 日
- * 3) ハブラーケンの思想、南一誠、文化庁 平成 27 年度 地域の核となる美術館・歴史博物館支援事業アート井戸端かいぎ「“き” がわりを“き” がえる」、川口市芝公民館 2015 年 10 月 18 日
- * 4) 建築・住宅分野における長寿命化技術と計画手法、日本学術会議第 3 部 土木工学・建築学委員会 大地震に対する大都市の防災・減災分科会、2015 年 8 月 18 日
- * 5) 公共施設再編の計画と実践ー公共施設マネジメント小委員会のこれまでの活動の中間的総括ー、日本建築学会建築計画委員会 設計計画運営委員会主催シンポジウム、2015 年 7 月 27 日
- * 6) 新浦安 CHS による共同住宅の長期居住履歴と改修に関する実態調査と可変型住宅の課題について、日本建築学会建築計画委員会各部構法小委員会、オープンビルディング小委員会、現代構法計画研究WG、オープンビルディング事例情報収集WG合同委員会、2015 年 7 月 22 日
- * 7) 公共施設の長寿命化に関する施策と庁舎再編の実態、南一誠、シンポジウム「公共施設再編の計画と実践」ー公共施設マネジメント小委員会のこれまでの活動の中間報告、pp.33-36、2015 年 7 月 27 日
- * 8) 新しい空間を提示するリノベーション、馬場正尊、松村秀一と、第 20 回 R&R 建築再生展 2015、2015 年 6 月 4 日
- * 9) 建築・住宅分野における長寿命化技術と計画手法、日本学術会議第 3 部土木工学・建築学委員会 インフラ健全化システム分科会、2015 年 6 月 2 日
- * 10) 埼玉県における市町村合併に伴う庁舎再編、山中尚典・南一誠、日本建築学会大会学術講演、2015 年 9 月
- * 11) KEP 方式集合住宅における住まい方と住戸改修に関する研究 (1)、永田圭甫・南一誠、日本建築学会大会学術講演、2015 年 9 月
- * 12) KEP 方式集合住宅における住まい方と住戸改修に関する研究 (2)、佐藤慎吾・南一誠、日本建築学会大会学術講演、2015 年 9 月
- * 13) KEP 方式集合住宅における住まい方と住戸改修に関する研究 (3)、横田裕・南一誠、日本建築学会大会学術講演、2015 年 9 月
- * 14) 自治体の設計・コンサル発注の状況に関する日本学術会議によるアンケート調査結果、山田知洋・南一誠、日本建築学会大会学術講演、2015 年 9 月
- * 15) 木都水園 新木場再開発、胡天行・南一誠、日本建築学会大会学術講演、2015 年 9 月
- * 16) 山中尚典、南一誠他：CHS 方式集合住宅における居住者属性 -センチュリーハウジングシステムを採用した集合住宅の研究-、日本建築学会大会学術講演、2014 年 9 月
- * 17) 日比野雄大、南一誠他：CHS 方式集合住宅におけるインフィル改修 -センチュリーハウジングシステムを採用した集合住宅の研究-、日本建築学会大会学術講演、2014 年 9 月
- * 18) 横田裕、南一誠他：CHS 方式集合住宅における居住履歴(1) -センチュリーハウジングシステムを採用した集合住宅の研究-、日本建築学会大会学術講演、2014 年 9 月
- * 19) 吉田早織、南一誠他：CHS 方式集合住宅における居住履歴(2) -センチュリーハウジングシステムを採用し

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1201021

た集合住宅の研究-、日本建築学会大会学術講演、2014 年 9 月 *20) 木材を使用した住宅用内装・設備の開発とその市場化による地域産業の振興、丸山諒太郎、南一誠、日本建築学会大会学術講演、2013 年 8 月 *21) 茨城県における市町村合併に伴う庁舎再編 (1)、加藤達也、南一誠、日本建築学会学術講演、2013 年 8 月 *22) 茨城県における市町村合併に伴う庁舎再編 (2)、原田亮介、南一誠、日本建築学会学術講演、2013 年 8 月 *23) 茨城県における市町村合併に伴う庁舎再編 (3)、荒木優太、南一誠、日本建築学会大会学術講演、2014 年 9 月 *24) 茨城県における市町村合併に伴う庁舎再編 (4)、山田知洋、南一誠、日本建築学会大会学術講演、2014 年 9 月

＜研究成果の公開状況＞(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等

＜既に実施しているもの＞

研究成果公開用ホームページ <http://www.minami.arc.shibaura-it.ac.jp>

- *1) 既存共同住宅ストックの再生に向けたインフィル改修 Long Life, Loose Fit、南一誠、(一社) マンションリフォーム推進協議会 (REPCO) 平成 27 年度 第 2 回「会員交流講演会」、2015 年 12 月 3 日、明治薬科大学 剛堂会館ビル
- *2) ハブラーケンの思想、南一誠、文化庁 平成 27 年度 地域の核となる美術館・歴史博物館支援事業アート井戸端かいぎ「“き”がわりを“き”がえる」、川口市芝公民館 2015 年 10 月 18 日
- *3) 公共施設再編の計画と実践ー公共施設マネジメント小委員会のこれまでの活動の中間的総括ー、日本建築学会建築計画委員会 設計計画運営委員会主催シンポジウム、2015 年 7 月 27 日
- *4) 新浦安 CHS による共同住宅の長期居住履歴と改修に関する実態調査と可変型住宅の課題について、日本建築学会建築計画委員会各部構法小委員会、オープンビルディング小委員会、現代構法計画研究WG、オープンビルディング事例情報収集WG 合同委員会、2015 年 7 月 22 日
- *5) 公共施設の長寿命化に関する施策と庁舎再編の実態、南一誠、シンポジウム「公共施設再編の計画と実践」ー公共施設マネジメント小委員会のこれまでの活動の中間報告、pp. 33-36、2015 年 7 月 27 日
- *6) 新しい空間を提示するリノベーション、第 20 回 R&R 建築再生展 2015、2015 年 6 月 4 日
- *7) 木の魅力を伝える 趣旨説明、南一誠、パネルディスカッション、「地(知)の拠点整備事業」イベント、木の魅力を伝える、第 19 回 東京バリエリア産学官連携シンポジウム、2014 年 1 月 25 日、芝浦工業大学
- *8) マンションの長寿命化に向けた診断と予防保全、南一誠、公益社団法人ロングライフビル推進協会 (BELCA) BELCA セミナー、長く安心して住めるマンションをめざしてーこれからのマンション管理のあり方ー、2013 年 9 月 4 日、連合会館
- *9) マンション再生に係る専門家の育成、南一誠、マンション再生協議会総会・シンポジウム、2013 年 7 月 10 日、すまいるホール <http://www.uraja.or.jp/mansion/doc/news/130710/document02.pdf>
- *10) 「総合」及び「耐用性」について 国土交通省「持続可能社会における既存共同住宅ストックの再生に向けた勉強会」の成果より、南一誠、第 18 回 リフォーム&リニューアル建築再生展 マンション・ビルのストック再生技術、2013 年 7 月 3 日、東京ビッグサイト <http://rr2013.rrshow.jp/>
- *11) 可変型集合住宅のライフサイクルデザインー既存共同住宅ストックの再生に向けてー、南一誠、日本建築家協会メンテナンス部会 プロフェッショナルのための技術セミナー、2014 年 10 月 15 日
- *12) 世界の木造建築、南一誠、新木場木まつり 2014・冬、江東区新木場シンポジウム、2014 年 12 月 6 日

＜これから実施する予定のもの＞

- *1) 2016 年 3 月 9 日、日本建築学会建築計画委員会オープンビルディング小委員会で講演予定。
- *2) 2016 年 3 月、江東区新木場にてシンポジウムを開催する予定。

14 その他の研究成果等

- *1) 日刊建設工業新聞ストック活用特集号、インタビュー記事「地域、時代のニーズに合わせたストック管理を」が掲載 (2014 年 3 月 26 日)。
http://www.shibaura-it.ac.jp/society/advanced_engineering_organization/center11.html
- *2) 長く暮らせるマンション 多様な住まい方を実現するストック再生の手法、南一誠、ウエインディ 2013 年 8 月 15 日号、第 291 号、9 ページ (全国のマンション管理組合に配布されているフリーペーパー)
- *3) これからの住まいづくりに求められることとは?、長谷工コーポレーション社内報 SHIN 2013 Autumn vol. 23、pp. 14-15
- *4) 住民合意をまとめていく 話し合いの糸口をつかむ、ダイヤモンド MOOK 蘇るマンション みんなで決める再生への第一歩、P. 21、2013 年 4 月
- *5) 既存住宅ストックの有効利用が目標 木を活かしたリフォームを開発中、総合資格学院 Architekton PLUS vol. 7、pp. 13-16、2013 年 4 月

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1201021

- * 6) CHS による共同住宅の長期居住履歴と改修に関する実態調査、ハウジングアンドコミュニティ財団との共同研究、2013年7月1日～12月27日
- * 7) 国土交通省、社会資本整備審議会・交通政策審議会 社会資本メンテナンス戦略小委員会委員
国土交通省、社会資本整備審議会建築分科会委員
国土交通省、社会資本整備審議会建築分科会建築基準制度部会委員
- * 8) 建築士法第15条の6第3項の規定により準用する同法第15条の3の規定に基づく二級建築士および木造建築士試験の試験委員、財団法人建築技術教育普及センター
- 9) 日本学術会議連携会員（第3部）土木工学・建築学委員会
大規模地震災害総合対策分科会、大学等研究・キャンパス整備に関する検討分科会、デザイン等の創造性を喚起する社会システム検討分科会、低炭素建築・都市マネジメント分科会 委員

15 「選定時」及び「中間評価時」に付された留意事項とそれへの対応

＜「選定時」に付された留意事項＞

「外部評価を含む評価体制を整備されたい。」との記載をいただいている。

＜「選定時」に付された留意事項への対応＞

本研究分野の権威である東京理科大学元理工学部長・元教授の真鍋恒博氏に、芝浦工業大学 SIT 総合研究所客員教授を委嘱し、原則として毎月1回、研究の進捗状況などについて、指導・助言をいただいている。真鍋教授の紹介で、産業界の専門家からヒアリングする機会を得ることができ、研究内容が実務の実態に即したものとなる成果が得られている。

本研究課題に関連する分野において研究実績が豊富な京都大学工学系研究科教授の高田光雄氏と米ボール州立大学のステファン・ケンドル教授に助言をいただいた。私立大学戦略的研究基盤形成支援事業の建築系分野に採択され研究を進めている関大大学環境都市工学部建築学科の江川直樹教授の研究成果報告会に参加し、戦略研究の進め方、特に成果の公表などについて学んだ。本研究分野と関連する研究課題にて COE 拠点リーダーの経験がある首都大学東京の深尾精一教授からも、助言をいただいた。

上記の専門家の方がたの評価、助言を踏まえて、研究目標と成果について、絶えず確認を行い、必要に応じて見直すよう心がけている。

＜「中間評価時」に付された留意事項＞

下記①～⑥に掲載。

＜「中間評価時」に付された留意事項への対応＞

芝浦工業大学 SIT 総研外部点検評価委員会における主な指摘事項とそれへの対応は以下の通り。

- ①本テーマは共同住宅の再生、地元江東区の木材産業の活性化を狙っており、行政の面からも大変重要なテーマである。価格をおさえた共同住宅再生手法のような形でまとめていただくと産業界での利用価値が高い。

対応：国土交通省住宅局住宅生産課や東京新木場木材商工協同組合などと定期的に意見交換を行い、研究を進めています。

- ②年数を経たマンション等ストックの補修・延命による有効活用は時流に乗ったテーマである。通常のマンション市場では建設費用の抑制が重要で、仕様の統一、材料の大量購入によりコストダウンとすることが多いと聞いている。内装の多くの部位に木材を使用することであり、生産・流通体制など、良く検討する必要があると思われる。

対応：東京中央木材市場の調査や新木場の木材流通企業へのヒアリングを行っています。多段階にわたる複雑な流通機構が、卸売価格が低い木材の末端価格を高いものとしているため、インターネットにより木材をエンドユーザーが購入し、DIY で組み立てるインフィルユニットの開発を行っています。

- ③木材は、日本文化の根源であり、日常生活の多様な面に木材を取り込むことにより石油を原料と

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1201021

する素材 (synthetic materials) に汚染された国土を再生する鍵となる。本研究の取り組みは、このような視点からも重要であり、高齢者のみならず若年層も考慮すべきと思われる。ここでも触れられている流通過程のみならず、森林の保全・水資源の保全・労働力の恒常的な確保・国際競争力の向上など多面的なアプローチも期待したい。

対応：2012 年度において、江東区を対象としてマンションの居住者像とマンションストックの現況調査を行い、今後の改修（リフォーム）需要を、高齢者が住み続けるための改修や、子育てする若い世代が住むための改修など、分類整理しました。その結果も踏まえて、2013 年度、マンションリフォームの標準的な設計図書を作成しました。森林の保全など重要な課題ですが、本研究の課題の範囲で検討をしたいと存じます。

- ④木材を住宅用内装に生かし、さらに地域産業への貢献も含めた研究。行程に時間を要する、また費用が高額となるような困難な面があるが、どのように普及し、評価をしていくかが課題であると感じる。

対応：国産木材の卸値は非常に安価であり、流通加工の工程で高額なものになっています。本研究では、エンドユーザーがホームセンターやネットで材料を購入し、DIY に近い形で施工できるインフィルを開発しています。2014, 2015 年度においては、非熟練工が組み立てることが出来る四畳半程度のインフィル空間ユニットの開発を行いました。

- ⑤日本における物づくりの原点とも言える木材加工・利用技術の維持・継承および木材資源の有効利用の立場から、地味ながら重要かつ有意義な拠点形成と思われる。本研究の計画と進捗から、供給側のアプローチは良く理解できたが、需用側・顧客側への市場調査が十分ではないのではと懸念される。一段と高い視野から、ニーズを調査され分析されることを推奨したい。

対応：需要側、顧客側の市場調査については、共同住宅のリフォームや工業化住宅の生産を行う民間企業において 30 年以上に渡る実務経験を有している安達好和氏、集合住宅の設計実績豊富な建築家の近角真一氏、木材加工流通業の代表取締役をしている山崎尚氏が、本研究組織に参画し、市場の実情について情報提供を行っていただいている。また市場の現況と今後の展望について、2012 年 11 月 17 日に開催したシンポジウムで、安達氏が講演し、共同執筆した「集合住宅のインフィル改修」にて執筆している、2012、2013 年度において、マンションリフォーム最大手の長谷工リフォーム、三井不動産リフォーム、インテリックスや江東区の地場で小規模なリフォーム工事を行っている企業にヒアリングを行っている。江東区で販売された 152 戸の中古マンションの価格とリフォームの関係について市場調査を行い、マンションリフォームの経済的効果を分析した。

- ⑥高齢化社会における共同住宅の内装・設備の改修というユニークなテーマであり、今後の研究成果に期待したい。研究対象地域を江東区に選び、かつ地場産業である新木場の木材流通企業と連携した開発となっているのも新しい試みである。ただ、地域的な特性に依存したものと、地域によらず共通化したものとを区分けして研究が進められているかを常に意識しておくことが肝要と思われる。改修工事担当の先生が急逝され、体制の立て直しを図られており、遺志を継いだ研究の継続をお願いしたい。

対応：江東区の中にも老朽化がすすむマンションに高齢者が多く住む北東部と、超高層マンションに若い世代が多く住む豊洲地区など、地域による差がある。東京ベイエリア地区は再開発が進む地域で人口の流入があり、人口減少に伴う空き家の増加が社会問題化している日本の多くの地域とは状況が異なる。技術的な課題は比較的に普遍性があるが、市場性については地域差が大きいことに注意しながら研究を進めたい。木本教授は本研究の中核をなす存在として、CAD システムの構築などに貢献いただけるものと期待されていた。本研究に対する影響は大きい、民間企業との連携を構築するなどして、木本教授の担当分野を補うように努力している。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1311010

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

学校法人名	芝浦工業大学	大学名	芝浦工業大学
研究プロジェクト名	デバイスから電力システムまで考慮した EV 用 MHz 帯域ワイヤレス電力伝送方式の研究		
研究観点	研究拠点を形成する研究		

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

社会的な省エネ要求、CO₂削減要求から個々の機器の省エネだけでなく、自然エネルギーによる発電、電力輸送、電力貯蔵を含んだ電力ネットワークの形成が必要とされている。特に輸送分野では電気自動車(EV)の普及が省エネ、CO₂排出量削減の鍵となっており、停止時の充電のみならず家庭での電力ネットワーク結合(V2H)、ならびに走行中の充電および系統への電力回生についても研究が行われており、EVの普及を妨げているバッテリーエネルギー密度の問題を克服しようとしている。つまりEVが創エネ、省エネ、蓄エネの役割を果たせるようになれば、大きな社会革新が実現される。この電力ネットワークの一部としてのEVに必要なキー技術がワイヤレス電力伝送技術であり、すでに東大や埼玉大をはじめとした研究機関がEVへの応用を前提として研究を行っている。ワイヤレス電力伝送技術は、1m程度の距離でも非接触で電力を送れる技術であるが、まだ1kW程度の小電力伝送しか実現できず、EV走行中での電力授受や、急速充電および電力ネットワークの一部としてEVが役割を果たすためには送受信電力が不足している。大電力伝送が困難な理由は、電力の伝送周波数がMHz帯域と高いために、MHz帯域での大電力インバータが実現できていないためである。MHz帯域の大電力インバータの実現には、ワイドバンドギャップ半導体を用いた高速スイッチングデバイスの開発のみならず、インバータ主回路のインピーダンス低減や、分布定数での回路設計、高周波磁気回路設計が必要である。以上の背景を鑑み、本研究プロジェクトでは同一大学ではあるが異なる学科に所属する、半導体、材料、通信、電力変換、電気機器、電力系統の一流研究者を一同に集め、上記MHz帯域の大電力(10kW)電力ワイヤレス伝送用インバータを研究開発し、実際に非接触で送信した電力によりモータを駆動、回生電力を系統に連携するまでの複合領域プロジェクトを実施することを目的とする。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

2015年度は13.56MHz駆動インバータの実機実験ならびにアンテナ、整流器の最適設計を行い、アンテナ効率70%のもと50cmの伝送距離で300W出力を確認した。インバータはGaNデバイスを用いて3kW出力可能な設計が完了し実機実験による確認済。これらの成果を国内学会および国際会議に投稿した。走行中給電についてはキャパシタを用いたスケールモデルを実機作成し、エネルギー消費量の検討を実施した。GaNダイオードの作成に成功し、MOS-FET作成を進めている。モータはインホイールバーニアモータのスケールモデル設計完了し試作中。年度内の実験を予定している。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1311010

**平成 26 年度選定「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」
研究進捗状況報告書**

- 1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学
- 3 研究組織名 芝浦工業大学 SIT 総合研究所パワーエレクトロニクス研究センター
- 4 プロジェクト所在地 東京都江東区豊洲 3-7-5 / 埼玉県さいたま市見沼区深作 307
- 5 研究プロジェクト名 デバイスから電力システムまで考慮した EV 用 MHz 帯域ワイヤレス電力
伝送方式の研究
- 6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
赤津 観	工学部電気工学科	教授

- 8 プロジェクト参加研究者数 6 名

- 9 該当審査区分 理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
赤津 観	工学部電気工学科・ 教授	電力受信ならびに利用方法の研究	研究代表者 MHz 帯電力伝送コイルの実現 と 10kW の電力伝送
下村 昭二	工学部電気工学科・ 教授	電力受信ならびに利用方法の研究	伝送電力による高効率モータ 駆動と力率制御
藤田 吾郎	工学部電気工学科・ 教授	電力受信ならびに利用方法の研究	回生された電力のスムーズな 系統連系
石川 博康	工学部電子工学科・ 教授	高周波インバータの研究	MHz 帯域で動作する大電力ス イッチングデバイスの実現
上野 和良	工学部電子工学科・ 教授	高周波インバータの研究	低抵抗配線材料による低イン ピーダンスインバータの実現
田中 慎一	工学部通信工学科・ 教授	高周波インバータの研究	MHz 帯での高周波インバータ 回路のパターン実現
(共同研究機 関等)			

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

研究代表者 赤津 観 職名変更 (准教授→教授)

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1311010

11 研究進捗状況(※ 5枚以内で作成)

(1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

社会的な省エネ要求、CO₂削減要求から個々の機器の省エネだけでなく、自然エネルギーによる発電、電力輸送、電力貯蔵を含んだ電力ネットワークの形成が必要とされている。特に輸送分野では電気自動車(EV)の普及が省エネ、CO₂排出量削減の鍵となっており、停止時の充電のみならず家庭での電力ネットワーク結合(V2H)、ならびに走行中の充電および系統への電力回生についても研究が行われており、EVの普及を妨げているバッテリーエネルギー密度の問題を克服しようとしている。つまりEVが創エネ、省エネ、蓄エネの役割を果たせるようになれば、大きな社会革新が実現される。この電力ネットワークの一部としてのEVに必要なキー技術がワイヤレス電力伝送技術であり、すでに東大や埼玉大をはじめとした研究機関がEVへの応用を前提として研究を行っている。ワイヤレス電力伝送技術は、1m程度の距離でも非接触で電力を送れる技術であるが、まだ1kW程度の小電力伝送しか実現できず、EV走行中での電力授受や、急速充電および電力ネットワークの一部としてEVが役割を果たすためには送受信電力が不足している。大電力伝送が困難な理由は、電力の伝送周波数がMHz帯域と高いために、MHz帯域での大電力インバータが実現できていないためである。MHz帯域の大電力インバータの実現には、ワイドバンドギャップ半導体を用いた高速スイッチングデバイスの開発のみならず、インバータ主回路のインピーダンス低減や、分布定数での回路設計、高周波磁気回路設計が必要である。以上の背景を鑑み、本研究プロジェクトでは同一大学ではあるが異なる学科に所属する、半導体、材料、通信、電力変換、電気機器、電力系統の一流研究者を一同に集め、上記MHz帯域の大電力(10kW)電力ワイヤレス伝送用インバータを研究開発し、実際に非接触で送信した電力によりモータを駆動、回生電力を系統に連携するまでの複合領域プロジェクトを実施することを目的とする。

(2) 研究組織

研究代表者(赤津観)は研究の進捗とりまとめおよび予算管理、月例ミーティングの開催など各研究者での研究がスムーズに進むようマネジメントを行っている。研究代表者を含めた各研究者6人は研究プロジェクトの一部となるそれぞれ独立した研究テーマをもち、各研究テーマについて責任をもって研究を遂行しており、それぞれの研究成果の集合体が研究プロジェクトの成果となる課題設定を行っている。また各研究テーマにおいては研究者の研究室の学生が担当しRA(3名)がとりまとめを行っている。各研究テーマの進捗は月1回の月例ミーティングで報告を行い、それぞれのテーマについて技術的なディスカッションを通して相互補完するとともに全体の進捗を確認している。またプロジェクトの予算管理や書類業務は本学研究支援課が支援している。

(3) 研究施設・設備等

研究施設は大宮キャンパス先端工学研究機構棟に3部屋(50m²)、豊洲キャンパス交流棟に50m²を実験室として使用しており、先端工学研究機構棟には金属膜スパッタ装置およびモータ、インバータの実験装置を設置、豊洲キャンパス交流棟には電子ビーム真空蒸着器ならびにインバータ実装装置、評価装置を設置している。電子ビーム真空蒸着器ではGaNデバイスの作成を行いダイオード試作に成功、金属膜スパッタ装置ではGaN基板上にグラフェンを蒸着させた低抵抗デバイスの作成を行っている。

(4) 進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

<現在までの進捗状況及び達成度>

2014年度に開発した13.56MHz駆動インバータの論文投稿を行い掲載が決定した(*1)。また当該成果は国際会議にて 2nd paper prize を受賞した(*3)。さらに改良を行いダンピ

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1311010

ング回路を付与することで1kW出力時のインバータ効率93%を達成した(*2)。アンテナ設計は高電圧キャパシタの問題をクリアすべく、寄生キャパシタを利用するアンテナに設計変更し、解析も含め理論通りの実験結果が得られるようになり、作成したインバータを用いて 50cm の距離を 300W の電力伝送に成功、アンテナ効率 70%を得た(*8, *9)。さらにシステムとして受電側の検討も進めており、新開発の共振型整流器による効果(力率改善)を得ることができた(*6, *7)。1st step である 1kW インバータを用いた実機検証は 750W 級のモータをワイヤレスで動作させて終了し、現在 GaN デバイスを用いて作成中の 3kW 出力インバータの実機検証を行い国際会議に投稿中。

走行中給電の検討は LEGO を用いたミニモデルを作成し、実際に走行中の給電状態を模擬した実験を進めている(*11~*14)。電力伝送方式は磁界結合方式であるが、どのような頻度で給電を行えば良いか検討中。また GaN ダイオードの試作が完了し、良好な特性を得ることができた。さらに GaN 上にグラフェンを蒸着させて低抵抗特性を得る試みを行っており、数種類の試作を完了。現在条件出しを実施中。モータはインホイールバーニアモータの設計が完了(*9, *10)し試作中であり、今年度末に評価予定。

<特に優れた研究成果>

アンテナ設計において外部環境(電磁シールドの有無)変化に伴う効率変化が明らかとなり、外部環境が変わった場合でもアンテナのパラメータ変更により所望の効率が得られることが分かった(*8)。通信工学と電気工学の学内コラボレーションにより達成できた成果である。

<問題点とその克服方法>

外部環境変化を検知してインピーダンスを変化させる手法が高効率電力伝送に必要なことが分かった。そのため受電側整流器の制御方法を検討し、瞬時インピーダンス制御を導入していく。

<研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見通しを含む。)>

工場で用いられる AGV に非接触給電を用いる例が増加しており、企業との共同研究を次年度から実施する予定。大距離送電ではないが、今まで得られたインピーダンス設計やアンテナ設計の成果を生かしたシステム構築が可能となったためである。

<今後の研究方針>

平成 28 年度では 3kW インバータおよびアンテナの 3 並列化を検討し、10kW 電力出力を目指す。また受電側インピーダンス制御手法を確立させる。また、10kW モータによる回生電力向上策の検討および回生電力の系統連系方法の検討を行う。

平成 29 年度では 10kW システムの安定的な動作を目指し、本テーマで作成した GaN デバイスを用いた駆動を目指し、本研究のまとめを行う。

<今後期待される研究成果>

本プロジェクトの実現により、高周波電力伝送に関する個々の分野での学術的貢献はもちろんのこと、パワーエレクトロニクスの新しい学術領域の創造ならびに複合領域研究の必要性を明確にでき、実社会にて即戦力となる学生の創出ならびにニーズオリエンテッドな研究者の創出が期待され、私立大学ならではのフレキシブルな研究体制による成果創出の規範モデルとなる成果が期待される。

個々の分野の成果としては、“小型高効率高周波大電力インバータの実現”によりEV等の走行中非接触給電が可能になり、また要素技術として“高効率インバータの設計方法”や“

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1311010

高周波デバイスの設計方法”が明らかになることで学術的な貢献が期待される。さらには”受電電力の系統連系”によりEVの電力ネットワークが実現できる。

＜プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)＞

大学の研究戦略の総合的な企画立案をする SIT 総合研究所が研究代表者とヒアリングを実施し、研究成果の評価、今後の展開の確認を行っている。その結果を受け、研究戦略会議において、各事業の次年度の予算配分を決定する仕組みとしている。また、客観評価については、SIT 総合研究所として、年に1回、外部の有識者4名(大学, 企業等)からなる評価委員会を実施し、多角的な視点から忌憚りの無い評価・アドバイス等を受けている。

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- | | | |
|-----------------|--------------|------------|
| (1) 非接触電力伝送 | (2) 高周波インバータ | (3) アンテナ |
| (4) パワーエレクトロニクス | (5) 低抵抗配線 | (6) 高効率モータ |
| (7) 三次元実装 | (8) 電力系統連系 | |

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付すこと。

＜雑誌論文＞

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

1. Nguyen Kien Trung, Takuya Ogata, Shinichi Tanaka and Kan Akatsu, “Analysis and PCB design of a class D inverter for wireless power transfer systems operating at 13.56MHz”, IEEJ Journal of Industry Applications, Vol. 4, No. 6, pp. 703-713, 2015
2. Nguyen Kien Trung, Takuya Ogata, Shinichi Tanaka and Kan Akatsu, “Attenuate influence of parasitic elements in 13.56MHz inverter for wireless power transfer systems”, IEEE Trans. on Power Electronics (under reviewing)

＜図書＞

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

該当なし

＜学会発表＞

学会名、発表者名、発表標題名、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

3. Nguyen Kien Trung and Kan Akatsu, “PCB design for 13.56MHz half-bridge class D inverter for wireless power transfer system”, ICPE –ECCE Asia- 2015, May 2015 (2nd Prize Award).
4. Nguyen Kien Trung and Kan Akatsu, “ Ringing suppressing method in 13.56MHz resonant inverter for wireless power transfer systems”, IEEE ECCE2015
5. Nguyen Kien Trung, Takuya Ogata, Shinichi Tanaka and Kan Akatsu, “Attenuate influence of parasitic elements in 13.56MHz inverter for wireless power transfer systems”, 電気学会 産業応用部門大会, 2015
6. 佐藤雅一, 赤津 観, “13.56MHz 利用非接触給電における受電側インピーダンス整合の検討”, 電気学会 産業応用部門大会, 2015
7. Masakazu Sato, Nguyen Kien Trung and Kan Akatsu, “An Examination of Impedance Matching in Receiving

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1311010

Side of Wireless Power Transfer system operating at 13.56MHz”, IEEE IFEEC 2015

8. 尾形卓也, ニュエン キエン トウルン, ニュエン トリ クオン, 赤津観, 田中慎一, 慎間接給電アンテナの周囲環境変動に対する制御方法の検討”接給電子情報通信学会総合大会 2016 (発表予定)
9. 小久保陽平, 下村昭二:「弱め磁束制御のためのデュアルロータアキシャルフラックス PMVM」, 平成 27 年度電気学会産業応用部門大会, Vol.3, No.24, pp.163-166(2015)
10. 小久保陽平, 下村昭二:「デュアルロータアキシャルフラックス PMVM の極数構成の比較」, 電気学会研究会資料 (モータドライブ・回転機・自動車合同研究会), MD-15-85・RM-15-66・VT-15-13, pp.65-70(2015)
11. BIN OMAR Azreezal Zairee, et al, 'Electric Vehicle Dynamic Charging and Safety Related Studies' ICEE2015, 15A-182 (2015-7, HongKong)
12. HONDA Yukimori, et al, 'Preliminary Review of Electric Vehicle In-Motion Wireless Charging IECC2015, 15A-181 (2015-7, HongKong)
13. Z. Omar, N. A. Jalalludin, T. Takeuchi, Y. Honda, G. Fujita, 'ELECTRIC VEHICLE IN-MOTION CHARGING-EMF EXPOSURE SAFETY REGULATION', SEATUC2015 (2015-7, Thailand)
14. BIN OMAR Azreezal Zairee, et al, 'Towards Japan's Future EV-Friendly Highway Concept With In-Motion Road-Embedded Wireless Chargers', SEATUC 2016 (2016-3, Tokyo)
15. Nguyen Tri Cuong and Kan Akatsu, and Kan Akatsu, SEATUC 2016 (2016-3, Tokyo) EXPOSURE SAFETY REGULATION', SEATUC2015 (2015-7, Thailand)tem operatin2016 SEATUC Symposium (to be presented).
16. 尾形卓也, ニュエン キエン トウルン, 赤津観, 田中慎一, “平面回路電磁界シミュレータを用いた 3 次元構造インバータの解析”, 電子情報通信学会大会 2015 年 3 月
17. N. K. Trung 他, "Design of 1.5kW 13.56MHz class D resonant inverter for wireless power transfer systems", H26 年電気学会産業応用部門大会 1-84
18. Yohei Kokubo, Shoji Shimomura. "Design of Dual Rotor - Axial Gap PMVM for Hybrid Electric Vehicle," *International Conference of Electrical Machines and systems (ICEMS)*, 2014.
19. Daisuke Fukai, Shoji Shimomura. "Integrated Radial and Dual Axial-flux Variable-reluctance Vernier Machine," 40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON), 2014 International Conference. IEEE
20. Nguyen Kien Trung and Kan Akatsu, "Analysis And Design Of A 13.56 MHz Resonant Inverter For Wireless Power Transfer Systems", 2013 SEATUC symposium, March, 2014
21. Noor Hidayah Binti Mustafa Kamal and Kan Akatsu, "Antenna Design for 13.56MHz Magnetic Power Transfer Technology", 2013 SEATUC symposium, March, 2014
22. M. Takano, S. Shimomura, "Study of variable reluctance vernier motor for hybrid electric vehicle", Conference record of *ECCE Asia Downunder (ECCE Asia)*, 2013 IEEE , pp.1341,1347, 3-6 June 2013
23. M. Takano, S. Shimomura, "Improvement of torque density of variable reluctance vernier machine for hybrid electric vehicle," Conference record of *Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, 2013 IEEE , pp.1205,1212, 15-19 Sept. 2013
24. R. Ishikawa, K. Sato, S. Shimomura, and R. Nishimura, “Design of In-Wheel Permanent Magnet Vernier Machine to reduce the armature current density”, Conference record of *International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS Busan)*, 2013, pp. 459-464, 26-29 Oct. 2013

<研究成果の公開状況> (上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等

ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

<既に実施しているもの>

該当なし

<これから実施する予定のもの>

研究成果に関しては研究代表者の HP にて公表予定

<http://www.sic.shibaura-it.ac.jp/~akatsu/index.html>

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには * を付してください。

※ 論文や学会発表等にならない研究である場合は、本欄を充実させること

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1311010

日産自動車(株)との連携により半導体デバイス実装装置(約 10 点)の貸与を受け豊洲校舎研究棟1階に設置した。本装置により大学でも先進的な半導体実装が可能となり研究の幅を大きくすることができる。当該貸与により日産自動車からも研究者が週 2,3 日のペースで駐在することになり、一緒に研究を進めていくことができる。

15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

<「選定時」に付された留意事項>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

産業界との連携に配慮されたい

<「選定時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

学会等で積極的に成果を公開することにより、徐々に研究成果が認知されていき、AGV への急速非接触充電へのニーズから1社共同研究の申し込みがある。次年度からスタートさせる予定。

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

学校法人名	芝浦工業大学	大学名	芝浦工業大学
研究プロジェクト名	ソフトウェア開発技術教育研究センター		
研究観点	ソフトウェア開発技術教育研究		

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

本研究センターでは、文部科学省平成 21 年度大学教育・学生支援推進事業【テーマ A】大学教育・学生支援推進事業に「工学系技術者のソフトウェア開発技能育成」のテーマで採択されたことを契機に、Incusphere Project を立ち上げ、活動を行っている。

今年度は、LUMINOUS の運用、WebStudy の授業への導入、昨年度の IPA ソフトウェア工学分野の先導的研究支援事業のテーマ「保守プロセスにおけるモデル検査技術の開発現場への適用に関する研究」の継続に加え、ソフトウェア開発のわかりやすい事例を教科書としてまとめる活動および、大学院システム理工専攻の授業において MOT 研究室との共同研究を実施し、大学院授業におけるソフトウェア開発技能育成の授業設計に関わる活動を行った。本活動は、平成 27 年度 産学連携サービス経営人材育成事業(プロジェクト責任者 大学院工学マネジメント研究科 平田貞代)の一環として実施している。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

ソフトウェア開発では、一般に要求分析・基本設計・詳細設計・実装・テストの工程を経て開発が行われる。近年、M2M や IoT によるサービスや製品を利用する環境が社会の中に拡大し、価値のあるシステムを構築することと、その高品質化が重要な課題となっている。

ソフトウェアはシステムを構成するハードウェアや外部システムを統合してサービス・製品としての要求を満たすようにシステムを制御する役割を担う。しかし、要求には機能要求以外の非機能要求があり、要求分析の方法がシステムの価値と品質、開発効率の良し悪しを決める大きな要因となる。非機能要求は、ソフトウェアの内部の特性に起因する要求と、人間による業務活動やハードウェア・外部システムなどのソフトウェアの外部の活動の特性に起因するものがある。利用環境やシステムの構成要素が拡大されたことにより、こうした外部活動要求の機能要求に与える影響が大きくなっている。これらの要求の仕様化ならびにその検証方法を明らかにし、開発者が高品質なソフトウェアを作成する観点を教育することが本センターの目標である。

そこで、これまでの学部生教育から得られた知見をもとに、要求分析の方法を整理し、学部生向けの教材を開発することとし、来年度の出版を予定している。さらに、知識背景の異なる学生の共同作業により、要求を獲得・定義する演習を通じて要求分析において重要なポイントを学習する授業の設計を開始した。本年度は、MOT 研究室との共同で、授業を試行し、次年度に向けた授業設計への課題を抽出した。

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

平成 27 年度選定「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」 研究進捗状況報告書

1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学

3 研究組織名 ソフトウェア開発技術教育研究センター

4 プロジェクト所在地 芝浦工業大学 大宮校舎

5 研究プロジェクト名 Incusphere Project

6 研究観点 ソフトウェア開発技術教育研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
松浦佐江子	システム理工学部	教授

8 プロジェクト参加研究者数 3 名

9 該当審査区分 理工・〇情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

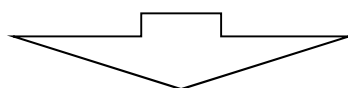
研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
松浦佐江子	システム理工学部・教授	検証方法の策定・事例の検討	リーダー・研究全般
小形真平	SIT 総研研究員	検証方法の策定・事例の検討	研究・ツールの開発
青木善貴	SIT 総研研究員	検証方法の策定・事例の検討	研究・事例の検討
(共同研究機関等)			

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

(変更の時期:平成 年 月 日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

11 研究進捗状況(※ 5枚以内で作成)

(1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

ソフトウェア開発では、一般に要求分析・基本設計・詳細設計・実装・テストの工程を経て開発が行われる。近年、M2M(Machine to Machine)やIoT(Internet of Things)によるサービスや製品を利用する環境が社会の中に拡大し、価値のあるシステムを構築することと、その高品質化が重要な課題となっている。

ソフトウェアはシステムを構成するハードウェアや外部システムを統合してサービス・製品としての要求を満たすようにシステムを制御する役割を担う。しかし、要求には機能要求以外の非機能要求があり、要求分析の方法がシステムの価値と品質、開発効率の良し悪しを決める大きな要因となる。非機能要求は、ソフトウェアの内部の特性に起因する要求と、人間による業務活動やハードウェア・外部システムなどのソフトウェアの外部の活動の特性に起因するものがある。利用環境やシステムの構成要素が拡大されたことにより、こうした外部活動要求の機能要求に与える影響が大きくなっている。

本研究センターでは、ソフトウェア開発技能(技術を使用する能力)をもつ質の高い人材を各工学分野に関わる産業界に輩出することを目的として、開発現場で利用可能な形式検証技術をはじめとするソフトウェア開発技術とその教育方法を研究している。

ソフトウェア開発技術は技術としての形式知に加え、多くの暗黙知により、高品質なソフトウェアを効率よくつくことに貢献していると考えられる。こうした暗黙知を多くの開発者が身に付けることがソフトウェア全体の質の向上につながる技能育成である。そのための教育方法の研究開発として、本研究センターでは、下記の項目を実施している。

- 要求分析や検証方法等の開発支援方法の研究
- 学習支援ツールの開発と運営
- 事例の開発
- 学部演習の授業設計

本年度は、特に下記の活動を新たに開始した。

- ① ソフトウェア開発のわかりやすい事例を教科書としてまとめる(来年度秋に出版予定)
- ② 大学院システム理工専攻の授業にMOT平田研究室との共同研究を実施し、中小企業が抱える課題解決の要求分析を事例として、講義および演習を実施する。

①の教科書は、学部生を対象とした、ソフトウェアの分析・設計・実装に関して、これまでに蓄積してきた事例を用いて説明するものであり、学部教育、社会人の再教育教材とすることを予定している。

MOT平田研究室では、「町工場における製品管理の効率化支援について」の研究を行っている。そこで、共同研究を行うことで、リアリティのある課題と、これを大学院生・学部生に教育する際の問題点を洗い出し、要求分析の授業設計を行うことを目的として②を実施した。本活動は、平成27年度 産学連携サービス経営人材育成事業(プロジェクト責任者 大学院工学マネジメント研究科 平田貞代)の一環として実施している。

本書では②の活動について報告する。

(2) 研究組織

ソフトウェア工学を専門とする SIT 総合研究所研究員 3 名
 大学院 MOT 教員
 大学院修士課程学生 3 名

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

(3) 研究施設・設備等

特になし

(4) 進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

＜現在までの進捗状況及び達成度＞

本研究の狙いは、つぎのとおりである。

- IT 化の進んでいない中小の製造業の要求獲得プロセスを要求仕様の項目・機能／非機能要求の観点・品質の観点から検討し、要求分析の暗黙知の形式化を検討する。
- 要求の妥当性を確認するための方法を検討する。ここでは、これまで研究してきたモデル検査の適用性の検討を行う。

対象となる大学院講義は理工学研究科システム理工学専攻「システムモデリング」である。本講義の目的は、つぎのとおりである。表1はスケジュールである。

- 小規模の金属製造企業が抱える課題を分析対象とすることで、様々な要求分析の観点を理解する。
- 学部で学習してきた UML (Unified Modeling Language) を用いたソフトウェア設計方法を応用する。

表1 講義スケジュール

9月17日	イントロダクション
9月24日	レクチャー 要求獲得技術
10月1日	事例紹介 要求獲得の観点から議論 不明点の洗い出し
10月8日	事例説明 (MOT合同) 質問 議論
10月15日	レクチャー ゴール指向分析 要求仕様の品質 分析項目の説明
10月22日	レポート作成 (分析項目をまとめる)
10月29日	レポート内容に関する議論
11月12日	レポート内容に関する議論
11月19日	外部講師の講演「システム開発で求められる品質について考える」
11月26日	レポート作成
12月3日	各自の研究紹介
12月10日	レクチャー モデリング(検証)
12月17日	レクチャー 要求仕様書の例と品質
1月7日	レクチャー モデリング
1月14日	まとめ MOTからのフィードバック紹介

これまでの研究では、実効性のあるモデル駆動開発へつなげることを目的とし、ユースケース分析を形式知として整理して、後工程に品質の高い要求仕様を提供する方法を研究してきた。ゴール指向分析など、ユースケースに至るプロセスについても形式知とするための研究が行われているが、要求の多様性から暗黙知の多い領域である。そこで、今回の課題に取り組むにあたって、要求獲得からの要求分析プロセスのゆるい形式知化に向けた仮説を設け、その仮説に基づき、つぎのような方針で授業を進めた。

- 要求分析のプロセスの仮説に対して、必要な知識をレクチャーとして講義する。
- 事例を解説することから問題意識を喚起する。背景知識の異なる学生(MOT)から提供された情報を自己の土俵から議論する。
- 提示された方針に従い、実際に分析を行い、レポートとしてまとめる。
- レポート内容について議論する。
- 互いの結果を報告し、議論する。

レクチャーの項目は下記のとおりであり、主に情報処理学会会誌の論文や要求仕様書の事例を教材とした。

- 要求仕様書 IEEE std 830-1998

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

- 品質特性 ISO/IEC9126 JIS X25010:2013(ISO/IEC 25010:2011)
- 機能要求と非機能要求 情報処理学会会誌 Vol.49 No.4
- 要求獲得方法 情報処理学会会誌 Vol.49 No.4
- 要求仕様の品質 情報処理学会会誌 Vol.49 No.4
- モデリングと検証 情報処理学会会誌 Vol.49 No.4

要求分析プロセスの仮説について

山本修一郎氏の情報処理学会会誌 Vol.49 No.4「非機能要求とゴール指向要求定義」では機能要求と非機能要求を機能とその特性およびソフトウェアの内部と外部という切り口から図1のように分け、IEEEが推奨している要求仕様の記述方法であるIEEE std 830-1998に基づき、非機能要求を表2のように分類している。

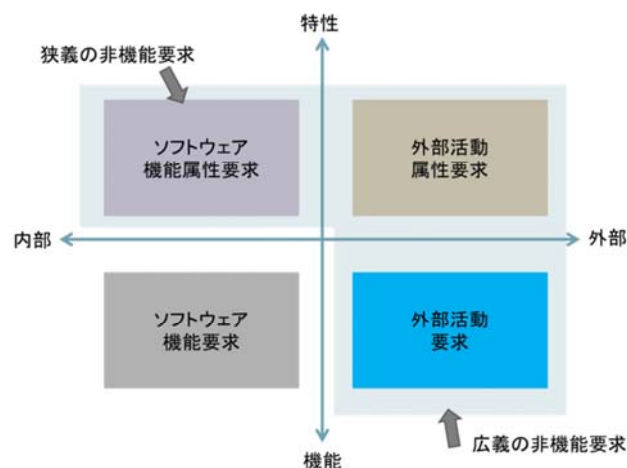


図1 機能要求と非機能要求

表2 非機能要求の分類

非機能要求	ソフトウェア要求仕様の構成要素
機能属性	狙い、スコープ(利益、目的、目標)
	実現時間の配分
	性能
	論理データベース(使用頻度、アクセス性能、一貫性制約、保持条件)
	ソフトウェア属性(信頼性、可用性、セキュリティ、保守性、移植性)
外部活動	製品の位置づけ(システムインタフェース、ユーザインタフェース、ハードウェアインタフェース、ソフトウェアインタフェース、通信インタフェース、メモリ、運用、サイト適応要求)
	外部インタフェース
	制約(制度、ハードウェア制限、他APインタフェース、並列操作、監査機能、制御機能)
	標準化(書式、命名規約、会計手続き、監査証跡)
	付録(コード、媒体の梱包に関わる指示事項)
	オブジェクト(外部活動実体)
	フィーチャー
外部活動属性	ユーザ特性(教育レベル、経験、専門技能)とその必要性の根拠
	要求に重要な影響を与える前提条件、依存関係
	制約(上位言語、信号プロトコル、信頼性、臨界性、安全性、セキュリティ)
	付録(費用分析、背景情報、解決すべき課題)

本研究では、表1のソフトウェア機能要求はユースケースの集合であるとし、「要求仕様では、【システムの目標】に合致して想定される【システムの利用環境における有効かつ有用なシナリオ】を満たす【ユースケース】を決定することで、その機能要件を明らかにすることができる。」と考える。表2の非機能要求は、システムを利用するユーザ特性、使用可能なハードウェア、制度等、要求を分析する初期段階で大きな影響を与えるものがある。

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

上記の要求仕様の考え方より、要求分析プロセスをつぎの形式知を用いた手順として考える。目標への適合性や、ユースケースがシナリオを満たすことを検証する必要があるが、今回は、レビューという形で確認することとした。

- ソフトシステムズ方法論の CATWOE
- シナリオ
- ユースケース分析(UML ユースケース図・アクティビティ図・クラス図)

機能属性としての「目標」は対象システムの最終的に達成したいことに相当するが、そのステークホルダー毎に異なることが多い。ソフトシステムズ方法論の CATWOE を定義し、ステークホルダーごとの目標を見つける。

この「目標」を外部活動や外部活動属性にある様々な項目に関して、どのような環境の下、どのような特性を持つユーザが、どのような作業を行うことで達成できるかを明らかにする必要がある。ここでは、これを「シナリオ」により定義する。「シナリオ」はシステムが振る舞う様子を事例として表した文であり、自然言語で記述する。記述方式として、箇条書きで定義する、登場する言葉をクラスや非要求(要求されていないこと)として定義する、使用する組込み機器を含めた作業者のワークフローで定義することにする。

シナリオからユースケースを抽出する。ユースケースは、アクター、事前条件、事後条件、基本フロー、例外フローから構成され、フローは振舞い系列と対象とするデータから構成される。ユースケースは UML のアクティビティ図で、データはクラス図により定義し、形式化を進める。

ソフトシステムズ方法論の CATWOE

1970 年代に英国ランカスタ大学教授ピーターチェックランドを中心としたグループによって開発された方法論である。問題状況に関わる人々の間に原則として終わることのない学習のサイクルを活性化させる行為指向の学習のための方法論である。

CATWOE とは基本定義を構成する基本的な要素の頭文字を列挙したものであり、「キャトウ」と読む。

C: 受益者(Customer)はシステムの恩恵を受ける対象である。

A: 実行者(Agent)はシステムの活動を実行する行為者のことである。

T: 変換はシステム入力をシステム出力に変換する。

W: 世界観は基本定義の意味を与える現実世界の状況に対する見方(フィルタ)である。

O: 所有者(Owner)は関心の対象となっているシステムの所有者である。

E: 環境(Environment)はシステムを取り巻く環境やシステムの外部にありシステムを包含する外部システムからの制約である。

このような観点で、対象世界を検討することで、ステークホルダーAにとっての上位目標のWに対して、下位目標であるTや、その制約から得られる下位目標Eが見えてくる。

課題概要

2018 年に 100 周年を迎える鋳物技術を軸とした、非金属製品製造企業における課題を対象とする。主に、建材メーカーなどから受注した建築金物手掛けており、多品種小ロットに特化している。従業員は 20 名弱であり、小規模な工場であるが、地域に点在するそれぞれの協力工場が持つ製造技術を用いて、製品の製造から加工まで、一貫したサービスを手掛けている。小回りの効く協力工場との連携は強みである。しかし、多くの部品が協力工場間を移動して、多種の製品化に至るため、これらの作業工程を管理することが困難になっている。

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

課題の CATWOE の例

- Customer 町工場 A の社長 協力会社 作業員…
- Actor 町工場 A の部品管理責任者 作業員…
- Transformation process (荷物の授受時に情報読み取りを行うことで、管理情報の無かった状態から)遅延や工程管理情報が得られる
- World view 遅延なく、やり直さなく工程が進み、進捗状況と部品の個数といった工程管理情報を好きな時に関係者(町工場 A と協力工場)が正確に把握できる
- Owner 町工場 A の社長
- Environment 各工程の作業現場で情報を正確に記録でき、好きな時に容易に情報を閲覧できる環境である
 - 作業者の時間や能力に関する制約(システム利用の学習に関する制約)
 - 管理対象の物理的な制約 タグが付けられる範囲

この分析から、「すべての作業員が、遅延や工程管理情報が得ること」がシステム化の目標であることがわかるが、実際にどのような「工程管理情報」が有効であるかを明らかにする必要がある。

<特に優れた研究成果>

システム理工学専攻の学生とMOTの学生という背景知識と研究の視点の異なる学生の交流を実現できたことは大きな意味がある。実際に、エスノグラフィー調査により、町工場の現状を認識するといった研究は、システム理工専攻の学生には経験がない。一方、MOTの学生はUMLを用いたユースケース分析等については十分に学習していない。そうした中で、1つの課題を連携して取り組む際の課題を検討できた。

<問題点とその克服方法>

今回の試行に関して、つぎのような課題が見えた。以下のように検討したいと考えている。

- 「シナリオに対して、実際の作業で達成したいこと(今できていること、今できていないがしたかったこと)が達成できることを確認する」というチェックができていないため、想定したシナリオが、ユーザの満足するものであるかが確認できていない。
- 情報の価値がなくなるため、製品と情報との不一致があってはならないが、IT機器の操作に不慣れな作業員がいるため、ユーザ特性に見合った確認機能が必須である。
- 管理したい情報は何かは調査によりある程度は見えたが、これで十分であるかが確認できていない。
- RFIDの利用を想定したが、調査段階において、RFIDを用いた既存のソリューションと現場の違いを分析することで、環境制約の発見につながるかもしれない。
- そもそも、ユーザが IT 環境に不慣れであることから導入を躊躇する傾向があるため、以下のような対策を検討する必要がある。
 - 効果が明確であるところから提示する。
 - 利用の壁をできる限り低くするシステム構成を考える。
 - 実際の作業プロセスを明らかにする必要があるが、観察、インタビューだけでは十分でない。作業で達成したいことを明らかにするための対策が必要であり、ユーザによるシナリオの確認を行えるプロトタイプの開発が考えられる。

<研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見通しを含む。)>
特になし

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

＜今後の研究方針＞

教科書の出版を行う。来年度のシステム理工学専攻の授業「システムモデリング」では今年度の経験を踏まえ、授業設計を行う予定である。

要求獲得フェーズも含めた要求分析プロセスの形式知化を行い、これまでの検証方法の適用を実験する予定である。

Incusphre Project の HP <http://www.sayo.se.shibaura-it.ac.jp/incusphere/> における技術の紹介や、以下のような学習環境を通じたソフトウェア開発技術教育教材の公開や開発を行い、ソフトウェア開発技能育成に貢献したいと考えている。

＜今後期待される研究成果＞

学部生向けの教科書および大学院の実践的な教育の授業設計を授業に適用することで、ソフトウェア開発技術に関する教育への効果が期待される。

＜プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)＞

今年度は準備段階であり、次年度に出版および直接的な研究成果の論文化を行う予定である。

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- | | | |
|---------------------|---------------------|-------------------|
| (1) <u>ソフトウェア工学</u> | (2) <u>要求分析</u> | (3) <u>検証</u> |
| (4) <u>UML</u> | (5) <u>ソフトウェア品質</u> | (6) <u>小規模製造業</u> |
| (7) <u>IT 化</u> | (8) <u>授業設計</u> | |

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには＊を付すこと。

＜雑誌論文＞

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

- [1] S.Kawai and S.Matsuura, Model Driven Development by Separating Concerns in UML Requirements Specification, Proc. of IEEE 39th International Conference on Computer Software and Applications, 2015, pp.668-669.

＜図書＞

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

＜学会発表＞

学会名、発表者名、発表標題名、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

- [2] 松浦佐江子, モデリングの観点と検証, ソフトウェアエンジニアリングシンポジウムワークショップ, 2015.
- [3] 川合, 松浦, インタラクティブロボットの UML 要求仕様と実装, ソフトウェア工学の基礎 XVII, 日本ソフトウェア科学会 FOSE 2015, pp. 217-218, 2015.

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

- [4] 松井, 松浦, スマートフォンアプリケーション設計に特化した UML 及び GUI ビルダによる相互的なモデリング手法, ソフトウェア工学の基礎 XVII, 日本ソフトウェア科学会 FOSE 2015, pp. 231-232, 2015.
- [5] 川合怜, 松浦佐江子, 実効性のあるモデル駆動開発のための関心事の分離による段階的な要求仕様の洗練手法, ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム, pp. 220-221, 2015
- [6] 川合怜, 松浦佐江子, 要求仕様における関心事の分離によるモデル駆動開発手法, 信学技報, vol. 115, no. 154, KBSE2015-17, pp. 81-86, 2015 年
- [7] 松井浩司, 松浦佐江子, スマートフォンアプリケーション設計に特化した UML および GUI ビルダによる相互的なモデリング手法, 情報処理学会研究報告, SE-187, pp. 1-8, 2015

<研究成果の公開状況>(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等
ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

<既に実施しているもの>

Incusphere Project の HP <http://www.sayo.se.shibaura-it.ac.jp/incusphere/>

<これから実施する予定のもの>

2016 年 3 月 17 日に本学で行われる産学官連携研究交流会において、MOT との合同授業についてポスター展示する予定である。

教科書は秋に出版予定である。

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには * を付してください。
※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

<「選定時」に付された留意事項>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

該当なし

<「選定時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

学校法人名	芝浦工業大学	大学名	芝浦工業大学
研究プロジェクト名	脳科学・ライフテクノロジー寄付研究センター		
研究観点	研究拠点を形成する研究		

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

脳科学・ライフテクノロジー寄附研究センターは、財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所からの寄附金を基金とし、財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所で実施されてきた脳科学及び生活支援技術の研究の発展と本分野での人材育成を目指すことを目的として2010年7月に設立された。本学の他のセンターとは異なり、以下の事業内容を実施している。

1) 人材育成事業

- ①脳科学及び生活支援技術関連外国人研究員の短期及び長期の招聘
- ②脳科学及び生活支援技術関連研究者の海外渡航支援
- ③脳科学及び生活支援技術関連ハイブリッドツイニングプログラム支援

2) 顕彰事業

脳科学及び生活支援技術関連研究で顕著な成果を挙げた本学学生、大学院生に対して「脳科学・ライフテクノロジー奨励賞」の授与

3) 脳科学及び生活支援技術関連研究への研究費支援

4) シンポジウム等開催

5) 外部からの事業寄附等の受入れ

これらの事業実施に当たっては、財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所からの寄附金を原資とし、以下のように使用する。

- ①単年度予算500万円×10年とする。
- ②年度ごとに予算計画を立てて実施し、残預金が発生した場合は次年度へ繰り越す。
- ③残余原資がある限り本センターを継続する。

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

1) 人材育成事業

①外国人研究員の招聘

2015年11月にマレーシア・マラ工科大機械工学部のLow Cheng Yee 准教授と同じくマラ工科大医学部リハビリテーション科のFazah Akhtar Hanapiah上級講師を招聘し、共同研究打合せと共同研究の実施を行うとともに、本学学生の博士論文審査にも参加してもらい、意見をいただいた。両名は昨年度本センターで行ったマレーシアでの生活支援技術研究視察の際にお世話になっており、相互交流が実現した。

②海外渡航支援

以下の3件の海外渡航に対して支援を行った。

1) 山本紳一郎先生：トロント・ボルチモア（2015/6/7－6/14）

国際医用生体工学会（IUPESM2015）にて研究発表及びNIHにて研究打合せ

2) 花房昭彦先生：リヨン（2015/6/21－6/27）

第15回国際義肢装具学会 ISPO World Congress2015にて研究発表

3) 伊藤和寿先生：中国杭州（2015/7/26－8/1）

CCC-SICE2015 国際学会運営・研究発表及び浙江工業大学研究打合せ

③長期留学生支援

1) ポルトガル・ノバ大学からの留学生に対して2015年3月～8月の6ヶ月間奨学金を給付した。研究については、福祉機器用の材料開発であったため、デザイン工学部相澤教授に指導をしていただいた。

2) マレーシア・サラワク大学の大学院生6名に対して2015年9月～2016年1月の4ヶ月間奨学金を給付した。指導教員は本センターの山本、伊藤、米田が一人ずつ受け入れるとともに、分野的に近いシステム理工学部三好教授、布施教授、岩田准教授に依頼した。

④学生交流支援

2015年9月に実施した地域イノベーション推進福祉機器開発国際ワークショップを協賛し、将来福祉機器開発のスペシャリストとなる大学院生のグローバル化をサポートした。

2) 顕彰事業

2010年以降度脳科学・ライフテクノロジー寄附研究センター奨励賞として、大学院生1名を毎年顕彰している。2015年度も学生1名を顕彰予定である。

3) 研究費支援

米田らが行っている「急性期リハビリテーション用下肢ステッピング装置の開発」の研究に対して研究費支援を行った。

4) シンポジウム等開催

2015年度は日程調整ができずに開催できなかった。このため、2016年7月に国際シンポジウムが開催できるよう既に準備に入っている。

5) 海外研究調査

昨年度実施した海外調査の成果として国際共同研究が始まったことから、本年度も海外研究調査を実施した。2015年11月にポーランド・AGH科学技術大学とオーストリア・ウィーン工科大学を訪問し、共同研究に関するディスカッションを実施した。

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

**平成 年度選定「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」
研究進捗状況報告書**

1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学

3 研究組織名 先端工学研究機構

4 プロジェクト所在地 〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区深作 307

5 研究プロジェクト名 脳科学・ライフテクノロジー寄付研究センター

6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
米 田 隆 志	システム理工学部	教授

8 プロジェクト参加研究者数 7 名

9 該当審査区分 理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
山本紳一郎	システム理工学部生命科学学科・教授	神経生理に関する研究	生体生理情報の計測と評価
堀江亮太	工学部通信工学科・准教授	ブレイン・マシンインターフェースの研究	脳科学解析
花房昭彦	システム理工学部生命科学学科・教授	福祉機器開発	機器開発
伊藤和寿	システム理工学部機械制御システム学科・教授	水圧制御福祉機器開発	制御技術の応用展開
(共同研究機関等)			

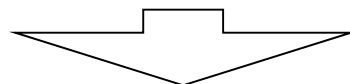
法人番号	131024
プロジェクト番号	-

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

(変更の時期:平成 年 月 日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

11 研究進捗状況(※ 5枚以内で作成)

(1)研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

脳科学・ライフテクノロジー寄附研究センターは、財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所からの寄附金を基金とし、財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所で実施されてきた脳科学及び生活支援技術の研究の発展と本分野での人材育成を目指すことを目的として2010年7月に設立された。本学の他のセンターとは異なり、以下の事業内容を実施している。

1) 人材育成事業

- ①脳科学及び生活支援技術関連外国人研究員の短期及び長期の招聘
- ②脳科学及び生活支援技術関連研究者の海外渡航支援
- ③脳科学及び生活支援技術関連ハイブリッドツイニングプログラム支援

2) 顕彰事業

脳科学及び生活支援技術関連研究で顕著な成果を挙げた本学学生、大学院生に対して「脳科学・ライフテクノロジー奨励賞」の授与

3) 脳科学及び生活支援技術関連研究への研究費支援

4) シンポジウム等開催

5) 外部からの事業寄附等の受入れ

これらの事業実施に当たっては、財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所からの寄附金を原資とし、以下のように使用する。

- ①単年度予算500万円×10年とする。
- ②年度ごとに予算計画を立てて実施し、残預金が発生した場合は次年度へ繰り越す。
- ③残余原資がある限り本センターを継続する。

(2)研究組織

本学システム理工学部生命科学科に所属する教員を中心に、学内で関連する研究に従事しているシステム理工学部機械制御システム学科、工学部通信工学科の教員が参加して組織する。学外からは、本研究プロジェクトに密接に関係する脳科学の専門家に協力してもらい、エンジニアだけの狭い視野での研究とならないようにしている。

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

(3)研究施設・設備等

研究施設は特に持たず、事務局を先端工学研究機構棟内に設置している。研究自体は各教員実験室で実施する。設備についても特に有していない。

(4)進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。**<現在までの進捗状況及び達成度>****1) 人材育成事業****①外国人研究員の招聘**

2015年11月にマレーシア・マラ工科大機械工学部のLow Cheng Yee 准教授と同じくマラ工科大医学部リハビリテーション科のFazah Akhtar Hanapiah上級講師を招聘し、共同研究打合せと共同研究の実施を行うとともに、本学学生の博士論文審査にも参加してもらい、意見をいただいた。両名は昨年度本センターで行ったマレーシアでの生活支援技術研究視察の際にお世話になっており、相互交流が実現した。

②海外渡航支援

以下の3件の海外渡航に対して支援を行った。

1) 山本紳一郎先生：トロント・ボルチモア（2015/6/7-6/14）

国際医用生体工学会（IUPESM2015）にて研究発表及びNIHにて研究打合せ

2) 花房昭彦先生：リヨン（2015/6/21-6/27）

第15回国際義肢装具学会 ISPO World Congress2015にて研究発表

3) 伊藤和寿先生：中国杭州（2015/7/26-8/1）

CCC-SICE2015 国際学会運営・研究発表及び浙江工業大学研究打合せ

③長期留学生支援

1) ポルトガル・ノバ大学からの留学生に対して2015年3月～8月の6ヶ月間奨学金を給付した。研究については、福祉機器用の材料開発であったため、デザイン工学部相澤教授に指導をしていただいた。

2) マレーシア・サラワク大学の大学院生6名に対して2015年9月～2016年1月の4ヶ月間奨学金を給付した。指導教員は本センターの山本、伊藤、米田が一人ずつ受け入れるとともに、分野的に近いシステム理工学部三好教授、布施教授、岩田准教授に依頼した。

④学生交流支援

2015年9月に実施した地域イノベーション推進福祉機器開発国際ワークショップを協賛し、将来福祉機器開発のスペシャリストとなる大学院生のグローバル化をサポートした。

2) 顕彰事業

2010年以降度脳科学・ライフテクノロジー寄附研究センター奨励賞として、大学院生1名を毎年顕彰している。2015年度も学生1名を顕彰予定である。

3) 研究費支援

米田らが行っている「急性期リハビリテーション用下肢ステッピング装置の開発」の研究に対して研究費支援を行った。

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

4) シンポジウム等開催

2010 年以来、毎年 1 回シンポジウムを開催していたが、2015 年度は時間調整ができずに開催できなかった。このため、2016 年 7 月に国際シンポジウムが開催できるよう既に準備に入っている。

5) 海外研究調査

昨年度実施した海外調査の成果として国際共同研究が始まったことから、本年度も海外研究調査を実施した。2015 年 11 月にポーランド・AGH 科学技術大学とオーストリア・ウィーン工科大学を訪問し、共同研究に関するディスカッションを実施した。

<プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)>

本センターの運営に当たっては、運営委員会を構成し、事業内容及び予算を決定している。本運営委員会には寄附元である財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所関係の外部委員4名、学内のセンター員4名と事務職員1名の9名で行っており、運営委員会自体が外部評価委員会としてのチェック機能が働いている。

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- (1) 脳科学 (2) 福祉機器 (3) ライフテクノロジー
 (4) リハビリテーション工学 (5) バリアフリー (6) _____
 (7) _____ (8) _____

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付すこと。

<雑誌論文>

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

<図書>

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

<学会発表>

学会名、発表者名、発表標題名、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

＜研究成果の公開状況＞（上記以外）

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等
ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

＜既に実施しているもの＞

シンポジウムについては毎年最低 1 回は実施し、広く成果を公表する。

学会については、関連分野の学会に積極的に参加するとともに、論文投稿をできるだけ増やして成果を公表する。

＜これから実施する予定のもの＞

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには＊を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

該当なし

15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

＜「選定時」に付された留意事項＞

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

該当なし

＜「選定時」に付された留意事項への対応＞

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

-	-
---	---

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

学校法人名	芝浦工業大学	大学名	芝浦工業大学
研究プロジェクト名	グリーンイノベーションの基盤技術研究と人材育成		
研究観点	研究推進と人材育成		

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

(目的・意義)

グリーンイノベーションは、地球温暖化の抑制という世界的課題の解決とともに、今後の産業の発展方向として期待されている。例えば、電気自動車(EV)やハイブリッド車(HV)、太陽電池の普及を支える効率的なパワーエレクトロニクス用デバイス、材料の研究の重要性が増している。またスマートグリッドなど効率的に大量のデータを低消費電力で処理するデバイスが必要とされている。これらの技術は地球資源の有限性が顕在化し、地球温暖化による問題が顕在化しつつある中で、持続可能な地球、人類社会を実現する鍵である。

本センターでは、本学の有する材料、デバイス、システムの人材を活用して、国プロ等で展開されるグリーンイノベーション(GI)研究プロジェクトに対応できる研究基盤を整備し、SiC、GaN パワーデバイス、低抵抗ナノカーボン配線、高効率電力変換システム、低消費電力集積回路、太陽電池等の研究発表を促進し、シンポジウムや研究会開催による研究分野の活性化、プロジェクトへの学生参画や学会参加の補助、奨学金、留学支援等を通じて人材育成を図ることを目的とする。

(計画の概要)

本センターでは幅広い GI 分野の中で、研究員の強みを生かして、パワエレ素子、低消費電力素子を中心に研究を進め、さらに、エネルギーハーベスト、環境エネルギーの利用、太陽電池、超電導材料、ナノデバイス・プロセス等の研究を推進する計画である。またグローバル化が進む中で、研究者の海外派遣、海外からの招聘など、国内外の研究機関との連携を図り、研究の国際化を推進する。

パワエレ素子では、パワーエレクトロニクス研究センターと協力して、SiC や GaN 等を用いた高周波インバータやそれを利用する機器等の開発を実施する。低消費電力素子では、国プロの一環として、低消費電力回路や低抵抗ナノカーボン材料の研究を実施し、それらの研究を発展させ、ナノカーボンのデバイス応用など、センターの特徴となる研究テーマを深化させ、グリーンイノベーションの実現を目指す。

さらに GI 研究の展開のために、センター員の持つ超電導材料、太陽電池材料、ナノデバイス・プロセス、微細加工、機械制御等の基盤技術や、GI につながる新たなアイデアの研究を推進し、情報発信を推進する。また実践的な人材を育成するため、大学院生を中心に研究プロジェクトに参画させ、研究発表を促進するとともに、奨学制度により博士課程の高度人材の育成を図る。

-	-
---	---

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

(2015 年度計画)

2015 年度は、2014 年度に引き続き、国プロ（NEDO）IT イノベーションプログラム/低炭素社会を実現する超低電圧ナノエレクトロニクス（超低電圧デバイス）プロジェクトに参画し、またパワーエレクトロニクス関連のプロジェクト活動の本格化を図る計画である。

また、学内外の GI 研究の活性化のため、グリーンイノベーションに関するシンポジウムや研究会を継続的に開催し、研究の促進と学内外での連携を図る。

また、国プロや海外研究機関との連携（派遣、招聘）に向けた調査や具体化を行う。研究の加速と高度人材の育成を図るため博士課程奨学生の支援を継続する。

(進捗および成果の概要)

計画に沿って、低炭素社会を実現する超低電圧デバイスプロジェクト（NEDO）をはじめ各研究員が研究を実施し、学会発表や論文発表を行い、センターでは 25 件の研究発表（国内および国外）の補助を実施した。研究テーマは多岐に渡るが、低炭素社会を目的とした低消費電力デバイス、エネルギーの利用効率を高めるパワーエレクトロニクス、太陽電池技術等である。

グリーンイノベーションに関するシンポジウムに関して、一昨年の SiC を中心としたパワーエレクトロニクスに関する第 1 回グリーンイノベーションシンポジウム、昨年の GaN を中心とした次世代パワーデバイス材料に関する第 2 回グリーンイノベーションシンポジウムに引き続き、今年度も、パワーエレクトロニクス研究センターと共催で第 3 回シンポジウムを 2016 年 3 月 1 日に開催する。テーマは、炭素である。実用化が進む SiC、GaN パワーデバイスの最新動向と、実用化に向けて研究が進むダイヤモンドデバイスの最新成果について議論する。また、低消費電力デバイスなど、ナノカーボンのデバイス応用の研究動向を議論する。

また今年度も昨年に引き続き、学内の活動を知ってもらい、連携のきっかけとするため、センター員が指導する学生によるポスター発表も行うが、今年は幅広く一般からのポスターも募集する。

グリーンイノベーション研究会を、昨年度に引き続き 4 回開催し、グラフェンナノ構造体の電子構造、ナノ構造・先端材料の物理と応用、2 次元結晶、ナノカーボン技術の現状と課題について第一線の研究者を講師に招き、議論を行った。学内外から各回数 20 名の参加があった。

研究プロジェクトへの参画として、「低炭素社会を実現する超低電圧ナノエレクトロニクス（超低電圧デバイス）プロジェクト」（NEDO）に参画し、「低抵抗ナノカーボン配線の研究」（上野和良）を行った。また SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)、次世代パワーエレクトロニクス、次世代パワーモジュールの応用に関する基盤研究開発、EV モーター駆動用機電一体インバータの研究開発（赤津観）を継続して実施した。

また新たな研究プロジェクトへの参画として、2015 年 10 月より、JST-CREST(戦略的創造研究推進事業)の研究領域「素材・デバイス・システム融合による革新的ナノエレクトロニクスの創成」の研究課題「デジタルデータの長期保管を実現する高信頼メモリシステム」に参画し、「高信頼配線技術」の研究を開始した。

TIA との連携に関して、CNT の電気的特性評価など、産業技術総合研究所の Nano

-	-
---	---

Processing Facility (NPF) を利用した研究を進めている。

海外との共同研究の推進に関して、カリフォルニア大学サンタバーバラ校 (UCSB) の Banerjee 教授、サンタクララ大学の Gary Yang 教授を本学に招聘し、共同研究の具体的検討を行い、UCSB と低抵抗ナノカーボンを用いた高効率回路素子の共同研究を開始した。また新たに研究交流の可能性を検討するため、ケンブリッジ大学の Robertson 教授を訪問する予定である。

高度人材の育成に関して、昨年博士課程の学生としてバングラデシュより 1 名を採用し、研究を開始したが本年も引続き支援を行い、初めて国際会議での発表 (9 月) と論文投稿 (10 月) を行った。

-	-
---	---

平成 25 年度 グリーンイノベーション研究センター 研究進捗状況報告書

1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学

3 研究組織名 芝浦工業大学 SIT 総合研究所グリーンイノベーション研究センター

4 プロジェクト所在地 東京都江東区豊洲 3-7-5 / 埼玉県さいたま市見沼区深作 307

5 研究プロジェクト名 グリーンイノベーションの基盤技術研究と人材育成

6 研究観点 _____

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
上野 和良	電子工学科	教授

8 プロジェクト参加研究者数 13 名

9 該当審査区分 理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	役割
上野 和良	電子工学科・教授	低消費電力、高効率電力応用に適したナノカーボン等の電気伝導材料の研究	研究実施、総括
村上 雅人	材料工学科・教授	高効率電力応用に適した超伝導材料の開発	研究実施
弓野 健太郎	材料工学科・教授	Si、Ge 薄膜の低温結晶化に関する研究	研究実施
ムラリダ ミリアラ	大学院理工学研究科・教授	高効率電力応用に適した超伝導材料の開発	研究実施
西川 宏之	電気工学科・教授	太陽電池、パワエレ、MEMS 実装用材料の微細加工と応用	研究実施
赤津 観	電気工学科・准教授	低消費電力電気機械エネルギー変換の研究	研究実施
小池 義和	電子工学科・教授	洋上発電データの収集システムの構築	研究実施
石川 博康	電子工学科・教授	酸化物薄膜の結晶成長と太陽電池応用、オールカーボン太陽電池の研究	研究実施
山口 正樹	電子工学科・准教授	微細加工技術を用いた圧電特性向上に関する研究	研究実施

-	-
---	---

横井 秀樹	電子工学科・教授	シリコンフォトニクスを用いた光配線の研究	研究実施
田中 慎一	通信工学科・教授	RF エネルギーハーベスティング用レクテナ回路の研究	研究実施
宇佐美 公良	情報工学科・教授	高度情報化社会に向けた低消費電力回路の研究	研究実施
柴田 英毅	グリーンイノベーション研究センター・客員教授(東芝)	低消費電力デバイス技術の研究	
谷本 智	グリーンイノベーション研究センター・客員教授(日産アーク)	高効率パワーデバイス実装技術の研究	
小林 敏夫	グリーンイノベーション研究センター・客員教授(神奈川大学)	長期保管用メモリーおよび高信頼配線の調査研究	

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)> 学内の研究員として、電子工学科の横井 秀樹教授、学外の研究員として、小林 敏夫客員教授(神奈川大学)が加わった。

11 研究進捗状況

(1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

(目的・意義)

グリーンイノベーション(GI)は、今後の産業の発展方向として期待されている(図1)。例えば電気自動車(EV)やハイブリッド車(HV)、太陽電池の普及を支える効率的なパワーエレクトロニクス用デバイス、材料の研究の重要性が増している。またビッグデータ、スマートグリッドなど効率的に大量のデータを低消費電力で処理するデバイスが必要とされている。これらの技術は地球資源の有限性が顕在化し、地球温暖化による問題が顕在化しつつある今日において、持続可能な地球、人類社会を実現する鍵である。

本センターでは、本学の有する材料、デバイス、システムの人材を活用して、国プロ等で展開される研究プロジェクトに対応できる研究基盤を整備し、SiC、GaN パワーデバイス、低抵抗ナノカーボン配線、高効率電力変換システム、低消費電力集積回路、太陽電池等の研究に参画し、学生をプロジェクトに参画させることを通じて、実践的な人材を育成することを目的とする。また、シンポジウムや研究会の開催を通じて、研究分野の活性化を図る。

研究の活性化、促進、人材育成を通じて、新たなグリーンイノベーション産業の育成に貢献するとともに、低炭素社会の実現につながるものである。

(計画の概要)

本センターでは幅広いGI分野の中で、研究員の強みを生かしてTIA等との連携が見込めるパワエレ素子、低消費電力素子を中心に研究を進め、研究基盤の整備強化を図りなが

-	-
---	---

ら、エネルギーハーベスト、環境エネルギーの利用、太陽電池、超電導材料、ナノデバイス・プロセス等を取り込んで、研究テーマの深化と展開を図る計画である。またグローバル化が進む中で、研究者の海外派遣、海外からの招聘など、国内外の研究機関との連携を図り、研究の国際化を推進する。

パワーエレクトロニクスでは、パワーエレクトロニクス研究センターと協力して、SiC や GaN 等を用いた高周波インバータや、それを利用する機器等の開発を実施する。低消費電力素子では、国プロ(NEDO)の一環として、低消費電力回路や低抵抗ナノカーボン材料の研究を実施し、それらを発展させ、低消費電力・高効率・高信頼を目指したナノカーボンのデバイス応用など特徴ある研究に繋げ、グリーンイノベーションの実現を目指す。

さらに GI 研究の深化と展開のために、センター員の持つ超電導材料、太陽電池材料、ナノデバイス・プロセス、微細加工、機械制御、フォトリソ等々の基盤技術や、GI につながる新たなアイデアの研究を推進し、情報発信を推進する。また実践的な人材を育成するため、大学院生を中心に研究プロジェクトに参画させ、研究発表を促進するとともに、奨学制度により博士課程の高度人材の育成を図る。

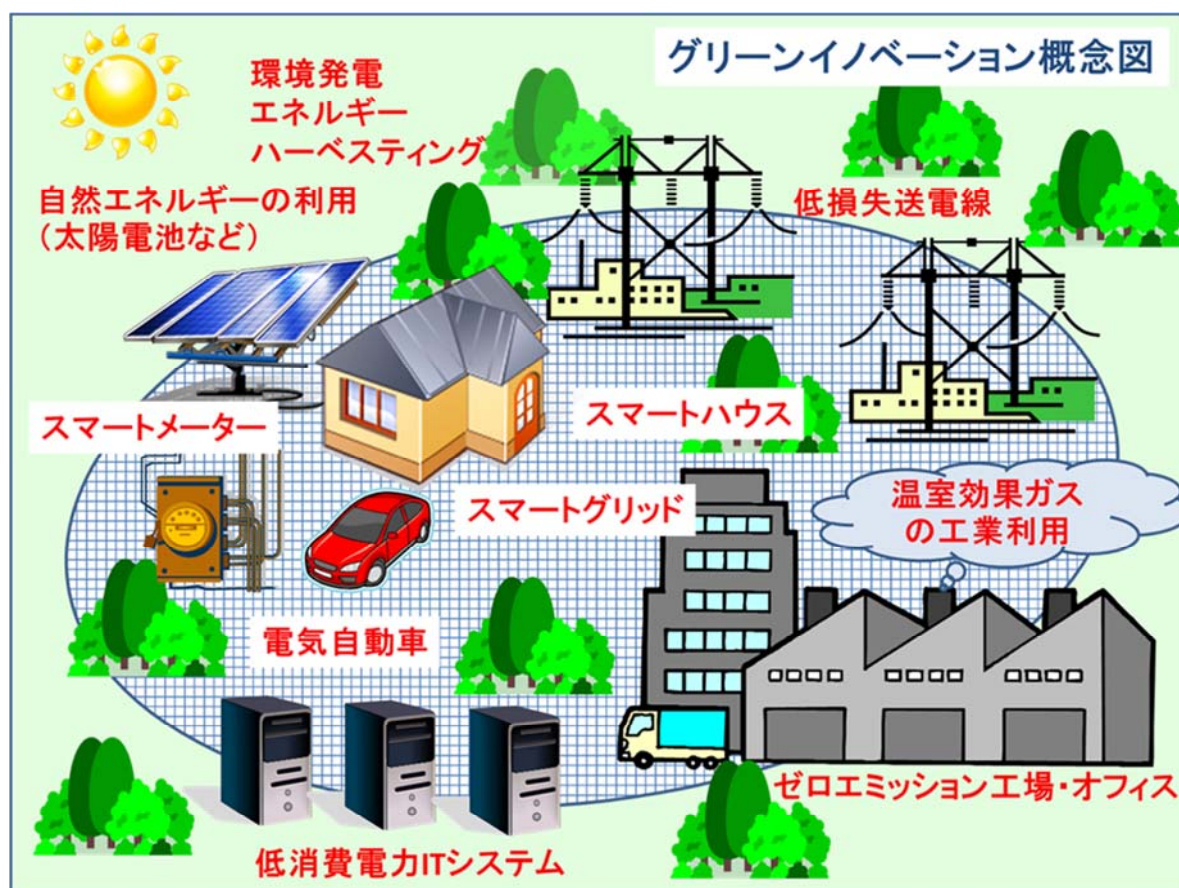


図1. 低炭素社会に向けたグリーンイノベーションの概念図.

(2) 研究組織

-	-
---	---

本研究センターでは、図 1 に概念図を示した低炭素社会に向けたグリーンイノベーションに関わる広範囲の研究を推進するに当たり、下記の本学教員が当初、独立して基盤となる研究を実施し、研究センター長がグリーンイノベーションに結びつく研究を、シンポジウム、研究会の実施、大学院生の学会発表支援等を通じて促進し、プロジェクト終了時点において全体を俯瞰した時、個々の基盤技術がグリーンイノベーションや低炭素化に貢献する技術、人材育成となっていることを目指すとともに、ナノカーボンのデバイス応用など特徴ある研究分野を育成して、それによりグリーンイノベーションへの貢献を目指す。

その研究組織として、表1に示す研究員がそれぞれ分担する基盤研究を実施し、研究センター長がセンター会議等を通じて研究を総括する体制とする。またセンター長の下に事務局を置き、シンポジウム、研究会、定例センター会議での議論を通じて、研究テーマ毎の活性化、組織化を図っていきたいと考えている。本年度は、パワーエレクトロニクス研究センター（赤津センター長）と連携し、パワーエレクトロニクス分野で、石川、田中、上野が研究拠点形成に関係するパワエレプロジェクトを実施している。中長期的には、例えばカーボンをコア技術として、低炭素社会につながる特徴あるテーマの組織化も図っていきたいと考えている。

表1. 研究組織(研究員と研究分担)

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題
上野 和良	電子工学科・教授	低消費電力、高効率電力応用に適したナノカーボン等の電気伝導材料の研究
村上 雅人	材料工学科・教授	高効率電力応用に適した超伝導材料の開発
弓野 健太郎	材料工学科・教授	Si、Ge 薄膜の低温結晶化に関する研究
ムラリダ ミリアラ	大学院理工学研究科・教授	高効率電力応用に適した超伝導材料の開発
西川 宏之	電気工学科・教授	太陽電池、パワエレ、MEMS 実装用材料の微細加工と応用
赤津 観	電気工学科・准教授	低消費電力電気機械エネルギー変換の研究
小池 義和	電子工学科・教授	洋上発電データの収集システムの構築
石川 博康	電子工学科・教授	酸化物薄膜の結晶成長と太陽電池応用、オールカーボン太陽電池の研究
山口 正樹	電子工学科・准教授	微細加工技術を用いた圧電特性向上に関する研究
横井 秀樹	電子工学科・教授	シリコンフォトニクスを用いた光配線の研究
田中 慎一	通信工学科・教授	RF エネルギーハーベスティング用レクテナ回路の研究
宇佐美 公良	情報工学科・教授	高度情報化社会に向けた低消費電力回路の研究
柴田 英毅	グリーンイノベーション研究センター・客員教授(東芝)	低消費電力デバイス技術の研究

-	-
---	---

谷本 智	グリーンイノベーション研究センター・客員教授(日産アーク)	高効率パワーデバイス実装技術の研究
小林 敏夫	グリーンイノベーション研究センター・客員教授(神奈川大学)	長期保管用メモリーおよび高信頼配線の調査研究

(3) 研究施設・設備等

各研究室で管理する本学の施設・設備を当面使用するが、必要に応じて、外部資金の調達等を含め必要な研究施設、設備を整備し、研究基盤を強化していく予定である。また、筑波にある共同利用施設(例えば産業技術総合研究所の Nano Fabrication Facility(NPF))を活用する。

(4) 進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

(現在までの進捗状況及び達成度)

本研究センターは、グリーンイノベーションに関する基盤技術の研究推進と人材育成を目標とする。

グリーンイノベーション研究の推進として、昨年度に引き続き、第3回グリーンイノベーションシンポジウムを開催する(図2)。本シンポジウムは、一昨年度にSiCを中心としたパワーエレクトロニクスの実用化の課題について議論したことを踏まえ、昨年度はGaNに焦点を当て、技術の現状と今後の展開について議論した。今年度はSiC、GaNパワーデバイスの最新動向と、実用化に向けて研究が進むダイヤモンドデバイスの最新成果について議論する。株式会社東芝の四戸孝氏にSiCパワーデバイスとその応用の最新動向について、豊田合成株式会社の岡徹氏に縦型GaNパワーデバイス開発の最近の進展について、産業技術総合研究所の山崎聡氏にダイヤモンドの特異な物性を用いたデバイス応用と実用化への取り組みについて、早稲田大学理工学術院の川原田洋氏に2次元正孔ガス層を利用した高耐圧高速ダイヤモンドMOS電界効果トランジスタについて、東京工業大学の岩崎孝之氏にダイヤモンド半導体による高性能パワーJFETの開発について、株式会社富士通研究所佐藤信太郎氏にナノカーボン材料の電子デバイス応用について、慶應義塾大学の栗野祐二氏にナノカーボン配線の最新動向についてご講演いただく。

また、一昨年、昨年度開催の計5回の研究会に引き続き、今年度4回のグリーンイノベーション研究会を開催した。研究会では、ひとつのテーマについて2時間程度、学内外の専門家が集まって議論している。第6回研究会は、榎 敏明 名誉教授(東京工業大学)を講師に招き、グラフェンナノ構造体の電子構造について、先生の研究を中心に紹介があり、今後の研究課題について議論した(図3)。第7回目、Prof.M.S.Ramachandra Rao(インド工科大学マドラス校)を講師に招き、ナノ構造・先端材料の物理と応用について研究を紹介いただいた(図4)。第8回目は、Prof. Kaustav Banerjee(カリフォルニア大学サンタバーバラ校)を講師に招き、スマートライフに向けた2次元結晶について議論した(図5)。第9回目は、Prof. John Robertson(ケンブリッジ大学)教授を講師に招き、スマートシステム・デバイスのためのナノカーボン技術の現状と課題などについて議論した(図6)。これらの研究会を通じて得られた情報は、研究センター員の低消費電力デバイスや、高効率パワーデバイ

-	-
---	---

スに関する研究に役立つとともに、学内外の研究促進に役立つものと考えられる。

また、各研究センター員がそれぞれのプロジェクトや研究の成果発表をセンターが支援した。今年度は後述する25件の研究発表を支援した。低炭素社会に向けた低消費電力デバイスに関しては、上野が低抵抗ナノカーボン配線の研究を、国プロ「低炭素社会のための低電圧デバイスプロジェクト」に参画して実施した。また、上野がJST-CREST「デジタルデータの長期保管長期保管を実現する高信頼メモリシステム」に参画し、超高信頼性配線の研究に着手した。この研究は、広く社会で使用されており、さらに今後需要の大きくなる不揮発性メモリの信頼性を高めることによって、資源の有効活用、情報保管の環境負荷を低減することにつながると期待される。また、パワーエレクトロニクスに関して、赤津(パワーエレクトロニクス研究センター長)、石川、田中、上野が、高周波高出力パワーインバータ開発に関する研究をパワーエレクトロニクス研究センターの活動の一環として行った。他に、各研究員が各自のテーマについて研究を実施した。例えば太陽電池を目指した半導体結晶成長技術の研究(弓野)を実施した。

高度人材の育成に関して2014年10月より、バングラデシュのダッカ工科大学より、MD Sahab Uddinを博士課程奨学生に採用したが、今年度もUddinは、センター長の研究指導の下で、グラフェンの新しい形成方法とパワーデバイスへの応用に向けた研究を実施している。今年度初めて国際会議での発表と論文投稿を行った。

海外との共同研究に推進に関して、Prof. Cary Yang (Santa Clara University)教授を2015年4月27日から4月28日—2日間招聘し、相互の研究テーマについて議論を行った。また、University of California, Santa Barbara (UCSB)のKaustav Banerjee教授を2015年8月20日から8月27日—8日間招聘し、相互の研究テーマについて議論を行った。その後、12月に開催された学会において具体的な共同研究の進め方を相談し、低抵抗グラフェンを用いたデバイスの高性能化に関して、共同研究を開始している。今後、2016年3月19日から27日にセンター長上野がベルギーで開催されるMAM(Materials for Advanced Metalization)に参加する際に、新たな共同研究の可能性を検討するため、ケンブリッジ大学のProf. John Robertsonを訪問する予定である。TIAとの連携では、筑波にある産業技術総合研究所のNPFと連携した研究を実施している。具体的には、CNTの電気的特性評価に関して、NPFのナノプローバ等の設備を活用し、CNTの低抵抗化の研究を実施している。

(問題点とその克服方法)

研究センターでは、各研究員の研究室に所属する学生の発表について支援を行ったが、研究の状況によって発表支援をする研究室に偏りが生じた。また、海外発表等においては、出張先によってかかる費用に差があり、公平な支援となるように、今後ルール作りが必要である。また、今後はセンターの特徴ある研究分野の強化も課題と考えており、例えばn低消費電力・高効率・高信頼性を目指したナノカーボンのデバイス応用など、特徴ある研究を育成し、それによるグリーンイノベーションへの貢献を目指す。

(今後の方針)

今後も、継続的に研究会、シンポジウムを開催する。また海外との連携や人材育成に関して、国際共同研究を推進し、また海外発表の推進を行い、研究力向上を図る。研究に関して、当面は低消費電力デバイスに関する研究、高効率パワーエレクトロニクスに関する研究を中心に進め、定期的な研究センター会議等を通じて、中長期的に、各研究員の持つ基盤技術から新テーマ、特徴ある研究分野を掘り起し、グリーンイノベーションへの方向づけと、学会発表助成等を通じた研究推進を行う。

-	-
---	---

図 2. 第 3 回グリーンイノベーションシンポジウム

第3回グリーンイノベーションシンポジウム
 芝浦工業大学
 SHIBURA INSTITUTE OF TECHNOLOGY
 Institute 307

SiC, GaN, ダイヤモンドパワーデバイスとナノカーボンデバイスの最新動向(仮)

開催日: 2016年3月1日(火)13:00 ~ 18:00
会 場: 芝浦工大豊洲キャンパス 交流棟6階大講義室
会 費: 無料
 お申込み方法: 事務局ホームページ専用フォームにて
 お名前・ご所属・ご連絡先をお知らせ下さい。
 芝浦工業大学グリーンイノベーション研究センター事務局
 URL: <http://www.nsl.shibaura-it.ac.jp/info/3rdsymposium/>
締 切: 2016年2月22日(月)
定 員: 200名

プログラム(敬称略)

13:00 Opening remark:	芝浦工業大学学長 村上 隆人
13:10 SiCパワーデバイスとその応用の最新動向	株式会社東芝 西戸 幸
13:45 縦型SiCパワーデバイス開発の最近の進展	豊田合成株式会社 岡 敬
14:20 (ポスターセッション)	芝浦工業大学各研究室 一般公開
14:55 ダイヤモンドの特殊な物性を用いたデバイス応用と実用化への取り組み	産業技術総合研究所 山崎 聡
15:30 2次元正孔穴層を利用した高効率正偏置ダイヤモンドの電界効果トランジスタ	早稲田大学理工学術院 川原田 洋
16:05 ダイヤモンド半導体による 高性能パワーFETの開発	東京工業大学 岩崎 幸之
16:40 ナノカーボン材料の電子デバイス応用	株式会社富士通研究所 佐藤 信太郎
17:15 ナノカーボン配線の最新動向(仮)	慶応義塾大学 荒野 祐二
17:50 Closing remark:	芝浦工業大学 上野 和良
18:15 <懇談会>	

お問い合わせ先: 芝浦工業大学グリーンイノベーション研究センター事務局
 〒135-8548 東京都江東区豊洲3-7-5
 e-mail: osk791@shibaura-it.ac.jp fax: 03-5859-8201

図 3. 第 6 回
グリーンイノベーション研究会

第6回グリーンイノベーション研究センター研究会

グラフェンナノ構造体の電子構造

日 時: 2015年4月13日(月) 16:00 ~ 17:30
場 所: 芝浦工業大学 豊洲キャンパス 教室棟 304教室
講 師: 榎 敏明 名誉教授(東京工業大学)

<講演要旨>
 2次元物質グラフェン中の電子は質量の無いDirac fermionとして振舞い、ゼロギャップ半導体としての電子構造を発現する。このようなグラフェンを切断し、ナノ構造体とすると、端の幾何学構造を反映した境界条件により、電子構造は大きく影響を受ける。ここでは、グラフェン端は、シグザグ端とアームチェア端の2つの独立な幾何学構造を有し、シグザグ端では、スピントラップした局在状態が発生し、電子的、磁氣的、化学的活性の起源となる。一方、アームチェア端では電子波の干渉により、電荷密度波が生じる。本講演では、グラフェンナノ構造における端の幾何学構造に依存した電子状態の多様な発現について、ラマン効果、STM/STS、AFM、電子状態計算等による結果を踏まえて議論を行う。

お問合せ: 芝浦工業大学 電子工学科
 上野 和良

図 4. 第 7 回グリーンイノベーション
研究会

第7回グリーンイノベーション研究センター研究会

ナノ構造・先端材料の物理と応用
Physics and Applications of Nanostructures and Advanced Materials

日 時: 2015年7月8日(水) 16:30 ~ 18:00
場 所: 芝浦工業大学 豊洲キャンパス 教室棟 404教室
講 師: Prof. M.S. Ramachandra Rao (インド工科大学マドラス校)
 Department of Physics, Nano Functional Materials Technology Centre,
 Material Science Research Centre, Indian Institute of Technology (IIT) Madras
 Fellow of Institute of Physics (UK)

<講演要旨>
 低次元系のナノ構造体は、今日の科学において注目を集めている分野である。本講演では、ナノサイエンスの基本的な概念を簡単に述べた後、インド工科大学マドラス校で実施している研究活動について紹介する。具体的には、ZnOナノ構造を用いた発光素子、不純物ドーブ、紫外～深紫外発光の研究や、高温応用のための磁性微粒子の研究、CIS/ClGSナノインクによるフレキシブル太陽電池、CoFeO₂のナノフォームによるCO₂捕獲、SnO₂ TFT (薄膜トランジスタ)、ナノダイヤモンドによる耐摩耗性コーティング、ドーパダイヤモンドの超伝導などのトピックスについて紹介する。

お問合せ: 芝浦工業大学 電子工学科
 上野 和良

-	-
---	---

第8回グリーンイノベーション研究センター研究会

スマートライフに向けた2次元結晶

2D Crystals for Smart Life

日 時：2015年8月27日(木) 15:00 ~ 17:00
場 所：芝浦工業大学 豊洲キャンパス 教室棟 301教室
講 師：Prof. Kaustav Banerjee (カリフォルニア大学サンタバーバラ校)
Department of Electrical and Computer Engineering, IEEE Fellow

<講演要旨>
グラフェンやMoS₂などの2次元結晶は、Si集積回路のスケールアップをブレークスルーする技術として注目されています。UCSBのBanerjee教授は、グラフェン配線の理論的な性能予測等で広く知られていますが、グラフェンを含む2次元結晶を用いたデバイス研究の世界的なリーダーであり、2次元結晶を用いた集積回路、インタクタ、センサなどのデバイス、2次元結晶と金属のコンタクトの物理など、最先端の研究を展開しています。本講演では、これらの研究成果を中心に、2次元結晶を用いたデバイス研究の現状と課題についてご講演いただきます。

お問合せ：芝浦工業大学 電子工学科 上野 和良

図 5. 第 8 回グリーンイノベーション研究会

第9回グリーンイノベーション研究センター研究会

スマートシステム・デバイスのための

ナノカーボン技術の現状と課題

Present Status and Issues of Nanocarbon Research for Smart Systems and Devices

日 時：2015年10月1日(木) 16:30 ~ 18:00
場 所：芝浦工業大学 豊洲キャンパス 教室棟 301教室
講 師：Prof. John Robertson (ケンブリッジ大学)
Department of Engineering, The University of Cambridge

<講演概要 Abstract>
今回の研究会では、ナノカーボン配線に関する研究で著名なケンブリッジ大学のRobertson教授を講師に迎え、配線応用に適した高密度CNTやグラフェンの成長について議論します。また低抵抗化のための、安定なドーピング方法について議論します。
The talk will discuss the problems of growing high density carbon nanotubes suitable for interconnect and via applications. It will also cover some aspects of the CVD of graphene, and how it is possible to dope graphene to increase its carrier density and conductivity, as initially used for OLED applications. From this, we develop a stable route to dope carbon nanotube bundles.

お問合せ：芝浦工業大学 電子工学科 上野 和良

図 6. 第 9 回グリーンイノベーション研究会

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- (1) 低炭素社会 (2) 温室効果ガス削減 (3) 低消費電力
(4) 高電力効率 (5) パワーエレクトロニクス (6) エネルギーハーベスティング
(7) 太陽電池 (8) カーボン

-	-
---	---

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

<雑誌論文>

(1) Muralidhar Miryala, K. Nozaki, H. Kobayashi, X.L. Zeng, A. Koblishka-Veneva, M. R. Koblishka, K. Inoue, M. Murakami, "Optimization of sintering conditions in bulk MgB_2 material for improvement of critical current density" ELSEVIER Journal of Alloys and Compounds 649 (2015) 833–842, Published online July 2015.

(2) Muralidhar Miryala, Nakazato Kenta, Xian Lin Zeng, Michael R. Koblishka, Pavel Diko and Masato Murakami, "Record critical current densities in IG processed bulk $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ fabricated using ball-milled Y_2BaCuO_5 phase" Physica Status Solidi A, 1–7 (2015), Published online 23 November 2015.

<学会発表>

グリーンイノベーション研究センターの助成により実施したもの(学生)

- 1) 田辺 遼, 赤津 観「Direct Torque Control of Permanent Magnet Synchronous Motor Using Real-time Simulator with FEA Motor Model for Pulsation Torque Reduction」EPE'2015 ECCE Europe (2015年9月8日5ジュネーブ)
- 2) 小泉聡太, 田中 慎一「F 級増幅器に向けた CRLH スタブ高調波処理回路の小型化の検討」電子情報通信学会(2015年9月8日仙台市)
- 3) 高田圭, 田中 慎一「均等セルを用いた CRLH スタブ共振器による無負荷 Q の改善」電子情報通信学会(2015年9月9日仙台市)
- 4) 榎本学祥, 松島佑将, 上野和良「熱 CVD による GaN 表面への直接グラフェン成長」第 76 回応用物理学会秋季学術講演会(2015年9月10日名古屋)
- 5) 山本怜, 杉山貴俊, 神子公男, 弓野健太郎「Au と Ge の同時スパッタによる Ge 薄膜の結晶化の膜厚依存性」第 76 回応用物理学会秋季学術講演会(2015年9月14日名古屋)
- 6) 若林陽介, 橋口浩平, 神子公男, 弓野健太郎「Au(111)表面上における Ge の STM 観察」第 76 回応用物理学会秋季学術講演会(2015年9月14日名古屋)
- 7) 鈴木竜也, 高鳥毛怜, 杉山貴俊, 神子公男, 弓野健太郎「Au と Ge の同時スパッタによる結晶 Ge 薄膜の作製: リンドープの影響」第 76 回応用物理学会秋季学術講演会(2015年9月14日名古屋)
- 8) 藤原 一樹, 寺村 瑞樹, 谷口 凱, 田口 健太郎, 石川 博康「常圧 MOCVD 法を用いた CuO 薄膜の作製」第 76 回応用物理学会秋季学術講演会(2015年9月14日名古屋)
- 9) 戸田 聡, 坂本 祐樹, 羽坂 奨馬, 石川 博康「HMDS を用いた CVD 樟脳カーボン薄膜の広バンドギャップ化」第 76 回応用物理学会秋季学術講演会(2015年9月15日名古屋)
- 10) 市川 博康, 内田 昂紀, 上野和良「熱 CVD 中の電流印加による多層グラフェンの膜質改善」第 76 回応用物理学会秋季学術講演会(2015年9月16日名古屋)
- 11) Md. Sahab Uddin, Hiroyasu Ichikawa, Shota Sano, Kazuyoshi Ueno「Improvement of multilayer graphene crystallinity by solid phase precipitation applying current stress during annealing」ADMETA-Plus 2015(2015年9月18日Seoul)
- 12) 市川 博康, 内田 昂紀, 上野和良「Effect of Current stress during thermal CVD of Multilayer Graphene on Cobalt Catalytic Layer」SOLID STATE DEVICES AND MATERIALS (2015年9月28日札幌)
- 13) Md. Sahab Uddin, Hiroyasu Ichikawa, Shota Sano, Kazuyoshi Ueno「Fabrication of multilayer graphene by solid phase precipitation with current stress」Technical Committee on Silicon Device and Materials (SDM) 2015(2016年10月27日Tokyo)

-	-
---	---

- 14) 岡田 幸大, Kouya Kobayashi, Yuya Shoji, Tetsuya Mizumoto, Hideki Yokoi「 DESIGN OF OPTICAL ISOLATOR WITH STRIP-LOADED WAVEGUIDE EMPLOYING NONRECIPROCAL GUIDED-RADIATION MODE CONVERSION」20th Microoptics Conference (MOC '15)(2015 年 10 月 27 日福岡)
- 15) 岡田桂祐, 赤津 観「Design of Axial typw Slot-less PMSM and Systems for Electric Wheelbarrow」The 18th International Conference on Electrical Machines and Systems(2015 10 月 27 日パタヤ)
- 16) 伊藤 亨, 赤津 観「Electromagnetic Force Acquisition Distributed in Electric Motor to Reduce Vibration」The 18th International Conference on Electrical Machines and Systems(2015 年 10 月 27 日パタヤ)
- 17) 小林航也, 岡田幸大, Salinee Choowitsakunlert, 庄司雄哉, 水本哲弥, 横井秀樹「ストリップ装荷型磁気光学導波路を用いた非相反放射モード変換型光アイソレータの波長依存性」集積光デバイスと応用技術研究会(電子情報通信学会)(2016 年 3 月 3 日熱海)
- 18) 井上優太, 横井秀樹「導波路型光トリプレクサを構成する交差光導波路の伝搬特性」集積光デバイスと応用技術研究会(電子情報通信学会)(2016 年 3 月 3 日熱海)
- 19) 岡田幸大, 小林航也, 庄司雄哉, 水本哲弥, 横井秀樹「Ce:YIG 導波層を有するストリップ装荷型磁気光学導波路を用いた非相反導波モード放射モード変換型光アイソレータ」光エレクトロニクス研究会(電子情報通信学会)(2016 年 1 月 29 日神戸)
- 20) Md. Sahab Uddin, Hiroyasu Ichikawa, Shota Sano, Kazuyoshi Ueno「Effect of current stress on formation and crystallinity of multilayer graphene by solid phase precipitation」10th South Asian Technical University Consortium (SEATUC) 2016(01/22/2016-01/24/2016Tokyo)
- 21) Md. Sahab Uddin, Kazuyoshi Ueno「Catalyst free direct deposition of multilayer graphene on GaN by solid phase precipitation」63rd JSAP Spring Meeting 2016(03/19/2016 - 03/22/2016Tokyo)
- 22) Keisuke Kawamoto, Munehiro Kenmoku, Yuya Tsukamoto, Kazuyoshi Ueno「In-situ Passivation of MoCl₅ doped MLG with MoO₃.」Materials for Advanced Metallization 2016(03/20/2016-03/23/2016Belgium)
- 23) 藤原 一樹, 寺村 瑞樹, 田口 健太郎, 酒井 駿吾, 谷口 凱, 石川 博康「常圧 MOCVD 法による CuO 薄膜の作製 (2)」第 63 回応用物理学会春季学術講演会(03/19/2016 - 03/22/2016 東京)
- 24) 小泉聡太, 齊藤賢吾, 吾妻俊明, 田中慎一「右手／左手系複合線路を用いた高調波処理スタブ回路とその高効率増幅器への応用」(マイクロ波研究会)(2016 年 3 月 3 日広島)
- 25) 小泉聡太, 吾妻俊明, 田中慎一「CRLH 線路ダブルスタブ高調波処理回路を用いた F 級増幅器」(電子情報通信学会)(2016 年 3 月 15 日 福岡)
- 26) 尾形拓也, ニュエンキエン トウルン, ニュエントリ クオン, 赤津観, 田中慎一「間接給電アンテナの周囲環境変動に対する制御方法の検討」(電子情報通信学会)(2016 年 3 月 17 日 福岡)

グリーンイノベーション研究センターで実施したもの(学生以外)

- 26) 谷本 智, Kenichi Ueoka, Takaya Fujita, Sawa Araki, Kazutoshi Kojima, Toshiharu Makino, Satoshi Yamasaki「A New Type of Single Carrier Conduction Rectifier on SiC」The 16th International Conference on Silicon Carbide and Related Materials, ICSCRM 2015(2015 年 10 月 7 日 Giardini Naxos, Italy)
- 27) 谷本 智, 上岡 健一, 藤田 高弥, 荒木 祥和, 児島 一聡, 牧野 俊晴, 山崎 聡「シングルキャリア伝導新型 SiC ダイオード」応用物理学会先進パワー半導体分科会 第2回講演会(2015 年 11 月 9 日大阪)
- 28) Muralidhar Miryala, M. Higuchi, K. Inoue, M. Murakami「Fabrication of High Performance Bulk MgB₂ using Carbon Coated Amorphous Boron」28th International Symposium on Superconductivity, ISS 2015(2015 年 11 月 16 日東京)

<研究成果の公開状況>(上記以外)

-	-
---	---

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等
グリーンイノベーション研究センターHP:

<http://www.nel.ele.shibaura-it.ac.jp/green-innovation/>

＜既に実施しているもの＞

- ① 第6回グリーンイノベーション研究センター研究会(2015年4月13日)
- ② 第7回グリーンイノベーション研究センター研究会(2015年7月8日)
- ③ 第8回グリーンイノベーション研究センター研究会(2015年8月27日)
- ④ 第9回グリーンイノベーション研究センター研究会(2015年10月1日)

＜これから実施する予定のもの＞

第3回グリーンイノベーションシンポジウム: 3月1日
(パワーエレクトロニクス研究センターと共催)

14 その他の研究成果等

- (1) NEDO-IT イノベーションプログラム、ナノテク・部材イノベーションプログラム/低炭素社会を実現する超低電圧ナノエレクトロニクスプロジェクト(超低電圧デバイスプロジェクト)/超低抵抗ナノカーボン配線(上野和良)
- (2) JST-CREST(戦略的創造研究推進事業)/デジタルデータの長期保管を実現する高信頼メモリシステム/高信頼配線技術(上野和良)
- (3) SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)/次世代パワーエレクトロニクス/次世代パワーモジュールの応用に関する基盤研究開発/EV モータ駆動用機電一体インバータの研究開発(赤津観)

【依頼講演】

- (1) 谷本 智, "High Output Density SiC Inverter and Related Module Packaging Technologies" The International SiC Power Electronics Applications Workshop, ISiCPEAW (May 26 - 28, 2015, Stockholm, Sweden).
- (2) 谷本 智, "The Coming SiC Age: Expectations and Challenges for Achieving High-Density Power Conversion Systems," The 25th Asian Session of Advanced Metallization Conference, ADMETA Plus 2015 (Sept. 16 - 18, 2015 Seoul, Korea).
- (3) 谷本 智, 松井 康平 "パワエレは SiC/GaN の時代へ～早期開発を支える最新実装・解析新技術～," よこはま高度実装技術コンソーシアム(YJC)実装(JISSO)スクール(電子機器実装技術者育成講座)(2015/12/8, 横浜市).

【査読論文】

- (1) Satoshi Tanimoto, Kenichi Ueoka, Takaya Fujita, Sawa Araki, Kazutoshi Kojima, Toshiharu Makino and Satoshi Yamasaki, "SA New Type of Single Carrier Conduction Rectifier on SiC[上野1]" Materials Science Forum (to be published).
- (2) Kazuyoshi Ueno, Hiroyasu Ichikawa, and Takaki Uchida, "Effect of current stress during thermal CVD of multilayer graphene on cobalt catalytic layer", Japanese J. Appl. Phys. (accepted for publication).

15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

-	-
---	---

<「選定時」に付された留意事項>

該当なし

<「選定時」に付された留意事項への対応>

該当なし

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

学校法人名	芝浦工業大学	大学名	芝浦工業大学
研究プロジェクト名	高齢者住環境デザイン研究センター		
研究観点	高齢者住環境デザイン		

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

高齢者，とりわけ認知症患者とその家族が生活する住宅の増改築要求は個々の症状，生活者の状況によって異なり，また変化する。こうした要求に効率よく合致させる方法を開発する上で，生活者の生活実態把握，最適な生活パターンと住宅環境の理解，最適な住宅改築計画と実施が必要となる。本センターでは，以下の項目について研究する。

- a. 高齢者住環境デザインの情報モデリング：高齢者とその家族の生活に適合した「オーダーメイド」の住空間デザイン，ケアリフォームを提案するための 3D を始めとした情報技術の標準的な活用方法の研究。
- b. ケアリフォームの実践を通じた新しい住環境デザインの提案：リフォーム要件整理，マニュアル化，対応システムおよび設備の開発，住生活の負担を軽減する住環境デザインの提案。
- c. 住空間における BPSD 対応支援技術の研究：徘徊防止センサの開発と性能評価，住宅への組み込み等に関する研究。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

- a-1. 株式会社東急コミュニティーと共同研究契約を締結し，先方が管理するマンションを対象に，ケアリフォームに関するアンケートを実施中。
- a-2. 高齢化予防リフォームの提案を目的に，ケアマネージャー，理学療法士，リハビリセンター等にヒアリングを実施中。
- b-1. 文献，カタログ，Web等調査より，ケアリフォーム要件を整理し，心身機能症状ごとの困りごとケアリフォームマップを作成。
- b-2. 日本建築学会技術報告集への論文投稿準備中。予定題目「高齢者・認知症高齢者の自立支援，介護負担軽減に関する住宅デザイン研究ー心身機能症状に適応するモノ（道具）の研究ー」
- c-1. 赤外線距離センサによる歩行速度変化の計測手法を開発中。
- c-2. 徘徊防止センサとして重要な緊張性ストレスの検出が心拍変化より可能となり，実用化の基礎ができた。

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

2015 年度高齢者住環境デザイン研究センター 研究進捗状況報告書

1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学

3 研究組織名 SIT総合研究所

4 プロジェクト所在地 芝浦校舎, 大宮校舎, 豊洲校舎

5 研究プロジェクト名 高齢者住環境デザイン研究センター

6 研究観点 高齢者住環境デザイン

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
篠崎道彦	デザイン工学科	教授

8 プロジェクト参加研究者数 8 名

9 該当審査区分 理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
米田隆志	生命科学科・教授	BPSD 対応支援技術開発	
志手一哉	建築工学科・准教授	高齢者住環境デザインの情報モデリング	
中山千秋	理工学研究科・教授	負担軽減高齢者住環境デザイン	
(共同研究機関等) 吉久保誠一	客員教授	負担軽減高齢者住環境デザイン	
野村廣方	客員研究員・本学非常勤講師	ケアリフォーム軽減・ケアリフォーム実践	
植村尚子	客員研究員・TOTO 株式会社	ケアリフォーム軽減・ケアリフォーム実践	
石田航星	工学院大学	高齢者住環境デザインの情報モデリング	

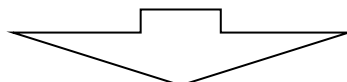
<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

(変更の時期:平成 年 月 日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

11 研究進捗状況(※ 5枚以内で作成)

(1)研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

高齢者,とりわけ認知症患者とその家族が生活する住宅の増改築要求は個々の症状,生活者の状況によって異なり,また変化する。こうした要求に効率よく合致させる方法を開発する上で,生活者の生活実態把握,最適な生活パターンと住宅環境の理解,最適な住宅改築計画と実施が必要となる。本センターでは,以下の項目について研究する。

- a. 高齢者住環境デザインの情報モデリング:高齢者とその家族の生活に適合した「オーダーメイド」の住空間デザイン,ケアリフォームを提案するための 3D を始めとした情報技術の標準的な活用方法の研究。
- b. ケアリフォームの実践を通じた新しい住環境デザインの提案:リフォーム要件整理,マニュアル化,対応システムおよび設備の開発,住生活の負担を軽減する住環境デザインの提案。
- c. 住空間における BPSD 対応支援技術の研究:徘徊防止センサの開発と性能評価,住宅への組み込み等に関する研究。

(2)研究組織

3学部1研究科の学内教員4名および関連分野の客員教員・研究員4名により構成

(3)研究施設・設備等

特になし

(4)進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

<現在までの進捗状況及び達成度>

- a-1. 株式会社東急コミュニティーと共同研究契約を締結し,先方が管理するマンションを対象に,ケアリフォームに関するアンケートを実施中。
- a-2. 高齢化予防リフォームの提案を目的に,ケアマネージャー,理学療法士,リハビリセンター等にヒアリングを実施中。
- b-1. 文献,カタログ,Web等調査より,ケアリフォーム要件を整理し,心身機能症状ごとの困りごとケアリフォームマップを作成。
- b-2. 日本建築学会技術報告集への論文投稿準備中。予定題目「高齢者・認知症高齢者の自立支援,介護負担軽減に関する住宅デザイン研究ー心身機能症状に適応するモノ(道具)の研究ー」
- c-1. 赤外線距離センサによる歩行速度変化の計測手法を開発中。
- c-2. 徘徊防止センサとして重要な緊張性ストレスの検出が心拍変化より可能となり,実用化の基礎ができた。

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

＜問題点とその克服方法＞

- a. リフォームアンケート回収件数が145件/配布1800件と少ないため2016/3/末まで延長し回収率アップを図る。
- b. ケアリフォームマップ精度向上のためケアマネージャー、理学療法士等ヒアリングの実施。
- c. 緊張性ストレス検出の精度向上のためノイズ除去の改良を図る。

＜研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見通しを含む。)＞

- a.b 特になし
- c. 心拍計測の臨床評価の精度向上による特許出願。

＜今後の研究方針＞

- a. 特定マンションでのケアリフォームのBIM活用によるワークショップ開催。
- b. ケアリフォームマップの精度向上によるケアリフォームの実践。
- c. 赤外線センサの定量的計測手法の開発及び心拍センサデータと合わせた室内設置可能な徘徊予防システムの構築。

＜今後期待される研究成果＞

- a. BIMを用いたケアリフォームの実施による妥当性評価。
- b. ケアリフォームマップ精度向上によるBPSDデザイン概念の構築。
- c. 徘徊防止につながる心拍センサの実用化。

＜プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)＞

- ・年度ごとのプロジェクト成果報告書によるSIT総研/外部評価。
- ・学生の卒業論文による学内外評価。
- ・研究論文の学会発表とその評価。

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- | | | |
|-------------|----------------|---------------|
| (1) ケアリフォーム | (2) 高齢化予防リフォーム | (3) BPSD デザイン |
| (4) 心拍センサ | (5) 緊張性ストレス | (6) _____ |
| (7) _____ | (8) _____ | |

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付すこと。

＜雑誌論文＞

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

なし

＜図書＞

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されて

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

いれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。
なし

<学会発表>

学会名、発表者名、発表標題名、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。
なし

<研究成果の公開状況>(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等
ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

<既に実施しているもの>
なし

<これから実施する予定のもの>

- ・2016 年度日本建築学会大会学術講演発表。
- ・ジャーナル, 国際会議への査読付論文発表(日本建築学会技術報告集他)。

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

なし

15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

<「選定時」に付された留意事項>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

なし

<「選定時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

なし

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

学校法人名	芝浦工業大学	大学名	芝浦工業大学
研究プロジェクト名	ゼロエネルギー建築に関する研究		
研究観点	研究拠点を形成する研究		

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

国内すべての建築物における環境基準適応の段階的な義務化が2020年までに進められることが決定され、建築や都市のゼロエネルギー化の必要性が高まっている。これに伴い、環境技術開発を軸としたゼロエネルギー建築に対する総合的な研究を行う。

建築・都市のゼロエネルギー化に向けて、①設備や建築材料による環境技術の革新、②ゼロエネルギー建築・都市を実現するためのサステナブルなデザイン、③それを建物や街の資産価値として評価する手法、④流通や廃材活用も含めたトータルのエネルギー収支が重要である。さらに、⑤アジア等への技術展開を目指したグローバル基準を満たした戦略的な開発が必要とされる。

本センターではモックアップを利用した各種の実験や、地域住民との意見交換を通じた新しいサステナブル型社会におけるライフスタイルの確立を通して、ゼロエネルギー建築技術の推進方策を提案するための研究を行なう。また、ゼロエネルギー建築技術のグローバル化を目指し、海外の実務者との協力体制を構築して国際的な共同研究を行う。

ゼロエネルギー化を目指して実施された研究成果等の対外的な発表により、ゼロエネルギーハウス・ゼロエネルギービルの普及を目指す。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

- a. ゼロエネルギー建築の実証研究：エネマネハウス実証事業への参加により実験棟を建設し、実証実験を行いながら一般ユーザーへの普及を目指した公開展示を行った。(エネマネハウス 2015: 大学と民間企業の連携により、“学生が考える、将来の家”をテーマに、“エネルギー”、“ライフ”、“アジア”の3つのコンセプトの下、先進的な技術や新たな住まい方を提案するモデルハウス5棟を建築・展示したもの。)これに伴い、学生への実践教育の場を提供した。
- b. 新建材等を利用したゼロエネルギー建築の設計手法の研究：重量システム鉄骨構造とCLT および W.ALC といった木質厚板パネル工法を採用し、環境性能を向上させる構法を検証し、国産材の利活用を前提とした新たな木造技術の確立や、環境配慮型建築の設計手法を検討した。
- c. 生産システム研究：建設時の施工記録調査を行い、採用した木質厚板パネル工法の生産効率等の分析を行った。

採択された5大学(関東学院大学、芝浦工業大学、山口大学、立命館大学、早稲田大学)の内、最優秀賞(早稲田大学と2大学同立)と一般来場者投票によるPeople's Choice Awardを獲得した。

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

平成27年度選定「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」 研究進捗状況報告書

1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学

3 研究組織名 芝浦工業大学 SIT 総合研究所 ゼロエネルギー建築研究センター

4 プロジェクト所在地 東京都江東区豊洲3-7-5

5 研究プロジェクト名 ゼロエネルギー建築に関する研究

6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
秋元 孝之	工学部建築工学科	教授

8 プロジェクト参加研究者数 8 名

9 該当審査区分 理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
秋元 孝之	工学部・教授	建築環境技術	建築設備研究
村上 公哉	工学部・教授	都市のゼロエネルギー化	都市エネルギー研究
赤堀 忍	工学部・教授	ゼロエネルギー建築の計画	意匠設計
佐藤 宏亮	工学部・准教授	都市のゼロエネルギー化	まちづくり研究
志手 一哉	工学部・准教授	ゼロエネルギー建築の構法	生産システム研究
橋田 規子	デザ工・教授	ゼロエネルギー建築の計画	プロダクトデザイン
青島 啓太	工学部・特任講師	ゼロエネルギー建築の計画	意匠設計
青笹 健	ミュートック(株)	建築環境技術研究	建築設備研究
(共同研究機関等)			

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

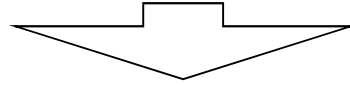
旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
--------------	-------	-------	------------

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

--	--	--	--

(変更の時期:平成 年 月 日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

11 研究進捗状況(※ 5枚以内で作成)

(1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

国内すべての建築物における環境基準適応の段階的な義務化が2020年までに進められることが決定され、建築や都市のゼロエネルギー化の必要性が高まっている。これに伴い、環境技術開発を軸としたゼロエネルギー建築に対する総合的な研究を行う。

建築・都市のゼロエネルギー化に向けて、①設備や建築材料による環境技術の革新、②ゼロエネルギー建築・都市を実現するためのサステナブルなデザイン、③それを建物や街の資産価値として評価する手法、④流通や廃材活用も含めたトータルのエネルギー収支が重要である。さらに、⑤アジア等への技術展開を目指したグローバル基準を満たした戦略的な開発が必要とされる。

本センターではモックアップを利用した各種の実験や、地域住民との意見交換を通じた新しいサステナブル型社会におけるライフスタイルの確立を通して、ゼロエネルギー建築技術の推進方策を提案するための研究を行なう。また、ゼロエネルギー建築技術のグローバル化を目指し、海外の実務者との協力体制を構築して国際的な共同研究を行う。

ゼロエネルギー化を目指して実施された研究成果等の対外的な発表により、ゼロエネルギーハウス・ゼロエネルギービルの普及を目指す。

(2) 研究組織

建築や都市のゼロエネルギー化に向けた総合的な研究を行うため、研究センターを設置し、学内 7 名のゼロエネルギー建築に関連した多角的な分野の専門家により研究組織を構成する。

建築・都市における総合的なゼロエネルギー化に向けた可能性を検証するため、研究代表者である秋元孝之教授、青笹建研究員による、建築環境技術に関する研究を軸として、ゼロエネルギー建築の設計・デザイン手法(赤堀忍教授、橋田規子教授、青島啓太特任講師)、ゼロエネルギー建築の生産システム研究(志手一哉准教授)都市のゼロエネルギー化(村上公哉教授、佐藤宏亮准教授)による多角的な研究を行う。

エネマネハウス事業等によるゼロエネルギー建築の実証事業毎に、民間企業との産学連携による共同研究体制を組み、実践的かつ先進的な技術の開発を目指す。

(エネマネハウス 2015 参加企業／旭化成ホームズ株式会社、株式会社イトレス&ACD、パナソニック株式会社、株式会社長府製作所、福島県 CLT 推進協議会、福島県 WOOD-ALC 推進協議会、会津土建株式会社、協和木材株式会社、藤田建設工業株式会社、菅野建設株式会社、日本ユニシス株式会社、株式会社ニチベイ、旭硝子株式会社、三協立山株式会社、株式会社フルハウス・イグゼ、スリーエムジャパン株式会社)

また、上記の研究体制に加え、各研究員の研究室に所属する大学院生 11 名が、それぞれの研究課題に参画している。

(3) 研究施設・設備等

・研究施設の場所

芝浦工業大学豊洲キャンパス研究棟 5 階と 6 階の建築工学科各研究室を拠点として、専門分野毎に研究活動を行う。

・実証事業の場所

エネマネハウス実証事業における建設場所

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

〒220-0011 神奈川県横浜市西区高島1丁目 2-73
 建設から解体:2015年9月24日(木)～11月7日(土)
 一般公開:2015年10月17日(土)～20日(火)、30日(金)～11月1日(日)

(4)進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

＜現在までの進捗状況及び達成度＞

2015年7月3日ゼロエネルギー建築研究センター キックオフミーティング

- d. ゼロエネルギー建築の実証研究:実験棟を建設し、実証実験を行いながら一般ユーザーへの普及を目指すとともに、学生への実践教育の場を提供

・エネマネハウス実証事業への参加により実験棟を建設

*エネマネハウス 2015:大学と民間企業の連携により、“学生が考える、将来の家”をテーマに、“エネルギー”、“ライフ”、“アジア”の3つのコンセプトの下、先進的な技術や新たな住まい方を提案するモデルハウス5棟を建築・展示したもの。

2015年3月20日 参加大学の公募開始

2015年5月14日 応募、6月1日採択

2015年6月19日 キックオフミーティング

2015年8月5日 エネマネハウス中間報告会

2015年8月19日 静岡県富士市において、事前モックアップの作成

2015年9月24日～10月13日 施工実施

2015年10月17日～20日、30日～11月1日 一般公開

2015年10月31日 最終プレゼンテーション

2015年11月2日～7日 解体工事

2015年12月9日 エネマネハウス成果報告会

- e. 新建材等を利用したゼロエネルギー建築の設計手法の研究:国産材の利活用を前提とした新たな木造技術の確立や、環境配慮型建築の設計手法(デザイン、構造、構法)に関する研究

・同上、エネマネハウス事業において、重量システム鉄骨とCLTおよびW.ALCといった木質厚板パネル工法を採用し、環境性能を向上させる構法を検証し、環境に配慮した建築の設計を実践した。

- f. 生産システム研究:新しい木造架構の生産を支える技術や職人、建設後の建物や街の価値を評価する仕組みの研究

・同上、エネマネハウス事業において、建設時の施工記録調査を行い、採用した木質厚板パネル工法の生産効率等の分析を行った。

＜特に優れた研究成果＞

エネマネハウス事業において、実験棟のエネルギー消費量や、室内住環境性能を実測し、検証をおこなった。

結果、採択された5大学(関東学院大学、芝浦工業大学、山口大学、立命館大学、早稲田

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

大学)の内、最優秀賞(早稲田大学と2大学同立)と一般来場者投票による People's Choice Award を獲得した。

その他、雑誌や新聞などのメディアからの取材を受け、数多くの研究成果を公表する機会を設けている。

<問題点とその克服方法>

特に大きな問題点等はなし

<研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見通しを含む。)>

- ・エネマネハウス事業は、学生への実践教育の場を提供し、ゼロエネルギー建築に関する技術者の育成にも寄与している。
- ・エネマネハウス事業において採用した、木質パネル工法に関連して、共同研究にあたった企業と共に、共同出願を行う予定である。

<今後の研究方針>

- ・実証研究における研究成果の学会等における発表
- ・エネマネハウス 2015 にて展示した実験棟の移築による、継続研究
- ・次回エネマネハウス事業等の実証事業についての準備計画

<今後期待される研究成果>

平成 28 年度以降、

- ① エネマネハウス 2015 にて公開した実験棟を移築し、継続研究による長期の評価を行う。
- ② 公開した実験棟をモデルとして、施工性を向上させ市場展開に向けた準備を行う。
- ③ 関連した特許等の出願等により、採用技術の展開に向けた準備を行う。

<プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)>

本プロジェクトの軸としているエネマネハウス事業に関しては、主催:エネマネハウス事務局、共催:横浜市、後援:国土交通省、一般社団法人日本建築学会で開催され、その評価等に関しては、下記の実行委員会により実施された。

委員長、村上 周三 | 一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構 理事長

赤池 学 | 株式会社 ユニバーサルデザイン総合研究所 所長

柏木 孝夫 | 東京工業大学 特命教授

木場 弘子 | キャスター・千葉大学 客員教授

隈 研吾 | 東京大学 教授

中上 英俊 | 株式会社 住環境計画研究所 代表取締役会長

信時 正人 | 横浜市 温暖化対策統括本部 環境未来都市推進担当理事

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- | | | |
|-----------------------|-------------------|------------------|
| (1) <u>ゼロエネルギーハウス</u> | (2) <u>環境負荷</u> | (3) <u>住環境計画</u> |
| (4) <u>集合住宅</u> | (5) <u>木質構造</u> | (6) <u>木材利用</u> |
| (7) <u>生産・施工管理</u> | (8) <u>地域産業再生</u> | |

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには＊を付すこと。

<雑誌論文>

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

(A)査読あり

(B)査読なし

宮澤由紀, 秋元孝之, 高田幸, 瓦口泰一, 田澤慎也, ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス実証棟に関する研究 その 1 建築的工夫による温熱環境特性の把握と年間暖冷房負荷削減効果の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2015 年 9 月 4 日, pp.919-920.

高田幸, 秋元孝之, 宮澤由紀, 瓦口泰一, 田澤慎也, ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス実証棟に関する研究 その 2 設備システムにより生成される温熱環境と快適性の把握および省エネ性の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2015 年 9 月 4 日, pp. 921-922.

高田幸, 秋元孝之, 瓦口泰一, 田澤慎也, 宮澤由紀, ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス実証棟に関する研究, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, 2015 年 9 月 16 日, pp.157-160.

青島啓太, 秋元孝之, 母の家 2030 呼吸する屋根・環境シェルターによるシェア型居住スタイル, , 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2014 年 9 月 14 日, pp.100

<図書>

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

<学会発表>

学会名、発表者名、発表標題名、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

法人番号	131024
プロジェクト番号	-

＜研究成果の公開状況＞（上記以外）

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等

ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

＜既に実施しているもの＞

▼「エネマネハウス 2015」web ページ

<http://sii.or.jp/house2015/>

▼「芝浦工業大学 継ぎの住処」web ページ

www.kk.shibaura-it.ac.jp/akimotolab/zeh2015/

▼「芝浦工業大学 ZEH プロジェクト」Facebook

www.facebook.com/zehsit

第 1 回 太陽と地球のエネルギープラットフォーム研究会共催

2015 年 12 月 12 日(土)

「再生可能エネルギーの最前線 ～太陽と地球の恵み～」

秋田の地球熱利用・地域振興 WG「太陽と地球のエネルギープラットフォーム研究講演」

主催 秋田産業サポータークラブ:秋田の地球熱利用・地域振興 WG

共催 NPO あきた地球熱利用事業ネットワーク

芝浦工業大学

＜これから実施する予定のもの＞

未定

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには＊を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

＜「選定時」に付された留意事項＞

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

該当なし

＜「選定時」に付された留意事項への対応＞

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。