



# NEDO 先導研究プログラム

NEDO Feasibility Study Program



## 2019~2020

# NEDO 先導研究プログラム

## NEDO Feasibility Study Program

### 事業の背景・目的

本事業は、我が国の省エネルギー、新エネルギー、CO<sub>2</sub>削減等に資するエネルギー・環境分野（エネルギー・環境新技術先導研究プログラム【エネ環】）及び新産業創出に結びつく産業技術分野（新産業創出新技術先導研究プログラム【新新】）の中長期的な課題を解決していくために必要となる技術シーズ、特に既存技術の延長とは異なる、2030年を目途とした持続可能なエネルギー供給の実現や、新産業創出による産業競争力の向上に有望な技術の原石を発掘し、将来の国家プロジェクト等に繋げていくことを目的としています。

なお、【エネ環】は2014年度から、【新新】は2018年度から実施しています。

### イメージ図



## 事業スキーム

公募開始前に、本事業で取り組むべき研究開発内容の情報提供依頼 (RFI: Request for Information) を行い、提供いただいた情報を参考の上、対象となる研究開発課題を設定し、研究開発テーマの公募を行います。その中で、優れた研究開発テーマについて、産学連携の体制で先導研究を実施します。

## 研究開発テーマの実施期間・規模

対象者	企業、大学等による産学連携体制	大学・公的研究機関のみ(※)
事業形態	委託(NEDO100%負担)	
費用	上限1億円以内/年・件	2千万円以内/件
事業期間	原則1年(12か月)以内(最長2年)	1年(12か月)以内
対象技術分野	～公募ごとに研究開発課題を設定します～ 【エネ環】省エネルギー、新エネルギー、CO <sub>2</sub> 削減等に資するエネルギー・環境分野 【新新】 新産業創出に結びつく産業技術分野	

※：産学連携体制の例外(大学等のみ)。将来的に産学連携となる研究開発体制の具体的な想定があり、かつ、少なくとも現時点で連携先となる企業を模索する具体的な取り組みが行われていることを前提とします。

## 実施内容

- ①国家プロジェクトの企画に必要な予備的研究  
原理・機構の解明、材料探索、システム成立性検証等
- ②国家プロジェクト化に向けた検討  
目的、目標、課題、方法論、体制、スケジュール、市場、ビジネスモデル等

## プログラムの設定

研究開発をより効果的に推進するため、関連する複数の研究開発テーマを一つに束ねた「プログラム」を設定しています。「プログラム」は研究開発の方向性を明確にした上で、複数の研究開発テーマを一体的に実施することを目的としたものです。以下の7プログラムを設定しております。①CO<sub>2</sub>フリー水素研究開発、②画期的なエネルギー貯蔵技術の開発、③省エネルギー社会を支える革新的機能性材料技術の開発、④革新的磁性材料の開発、⑤室温付近での小型熱電発電技術の研究開発、⑥反応性窒素の資源化技術開発、⑦海洋分解性プラスチックの技術開発

## 開発テーマ数(2019年10月現在)

採択年度	2014	2015	2016	2017	2018	2019	合計
採択件数	36	30	12	32	エネ環 27 新新 12	エネ環 44 新新 6	199

## 開発中テーマ

CO<sub>2</sub>フリー水素研究開発

- |   |     |
|---|-----|
| ① ナノカーボンを用いる太陽光水素製造 (2019年度採択)<br>Solar hydrogen production using nanocarbon materials                              | P7  |
| ② 高性能アニオン交換膜を用いた水電解水素製造技術の開発 (2019年度採択)<br>Hydrogen production by water electrolysis using high performance AEM     | P8  |
| ③ 低レアメタル擬固体電池技術の研究開発 (2019年度採択)<br>Development of quasi-solid-state batteries with a reduced amount of minor metals | P9  |
| ④ 高温化対応PEFC用革新的シナジー触媒の開発 (2018年度採択)<br>Innovative synergy electrocatalysts for high temperature PEFC                | P10 |
| ⑤ 革新的非白金触媒のビルドアップ的作製方法の研究開発 (2018年度採択)<br>Build-up approach for the development of innovative Pt-free catalysts     | P11 |

## 画期的なエネルギー貯蔵技術の開発

- |   |     |
|---|-----|
| ⑥ 酸化物電解質を用いた全固体ナトリウム二次電池の研究開発 (2019年度採択)<br>All-Solid-State Sodium Batteries Using Oxide Electrolytes   | P12 |
| ⑦ ナトリウムイオンを高効率輸送する界面接合技術の開発 (2019年度採択)<br>Engineering of Active Materials Surface for Effective Na <sup>+</sup> transportation at Electrode/Electrolyte Interface | P13 |
| ⑧ 高容量コバルトフリー正極材料の研究開発 (2019年度採択)<br>High-capacity Co-free positive electrode material   | P14 |
| ⑨ 高濃度水系電解液を用いるデュアルインターカレーション2次電池 (2018年度採択)<br>Dual intercalation rechargeable battery using highly concentrated aqueous electrolyte                              | P15 |

## 省エネルギー社会を支える革新的機能性材料技術の開発

- |   |     |
|---|-----|
| ⑩ 集積ハイブリット技術による超高速光変調技術の研究開発 (2019年度採択)<br>Integrated hybrid photonics for ultra-high speed optical modulation                          | P16 |
| ⑪ 材料・界面制御による接触抵抗変化メモリの開発 (2019年度採択)<br>Contact resistance change memory by material and interface control                               | P17 |
| ⑫ 3次元積層強誘電体メモリを実現する分極接合技術の研究開発 (2019年度採択)<br>3 dimensional stacked ferroelectric memory realized by the polarization bonding technology | P18 |

## 革新的磁性材料の開発

- |   |     |
|---|-----|
| ⑬ 次世代ヒートポンプ実現のための高感度メタ磁性材料の研究開発 (2018年度採択)<br>High sensitivity meta-magnetic materials for realization of next generation heat pump | P19 |
|---|-----|

## 室温付近での小型熱電発電技術の研究開発

- |  |     |
|--|-----|
| ⑭ ワイル磁性体を用いた熱発電デバイスの研究開発 (2019年度採択)<br>Thermoelectric device using Weyl magnets  | P20 |
| ⑮ 汎用普及に資する長期安定小型熱電電池の開発 (2019年度採択)<br>Eco-friendly and High-durability Thermoelectric voltaic cell                           | P21 |
| ⑯ IoT機器電源向け熱発電実装技術の研究開発 (2019年度採択)<br>Applicative technology development for thermoelectric power generation for IoT devices | P22 |
| ⑰ 革新的熱回収・量産技術による普及型熱電デバイスの開発 (2019年度採択)<br>Thermoelectric device by innovative heat recovery and mass production technology  | P23 |

## 反応性窒素の資源化技術開発

- |   |     |
|---|-----|
| ⑱産業廃水からの反応性窒素の高濃縮・資源化技術 (2019年度採択)  | P24 |
| Highly concentrating and recycling technology of reactive nitrogen in industrial wastewater |     |
| ⑲燃焼器から排出される窒素酸化物からのアンモニア創出プロセス開発 (2019年度採択)   | P25 |
| Ammonia synthesis with NOx derived from combustion process                                  |     |

## 海洋分解性プラスチックの技術開発

- |   |     |
|---|-----|
| ⑳ポリアミドを基軸とする新規海洋生分解性材料の開発 (2019年度採択)                                      | P26 |
| Novel Marine Biodegradable Materials Based on Polyamide                   |     |
| ㉑海洋環境を利用する新しい海洋生分解性プラスチック創出 (2019年度採択)                                    | P27 |
| Development of new marine biodegradable plastics using marine environment |     |
| ㉒優れた耐水性を有する生分解性澱粉複合材料の開発 (2019年度採択)                                       | P28 |
| Biodegradable starch-based composites with excellent water-resistance     |     |
| ㉓海洋環境調和型オールバイオマス成形品の研究開発 (2019年度採択)                                       | P29 |
| Marine environment-friendly all-biomass molding products                  |     |
| ㉔CO <sub>2</sub> 原料からの新規PHAブロック共重合体の微生物合成 (2019年度採択)                      | P30 |
| Microbial synthesis of novel PHA block copolymers from CO <sub>2</sub>    |     |
| ㉕様々な生分解性プラスチックの海洋分解性評価 (2019年度採択)   | P31 |
| Marine biodegradable assessment of various biodegradable plastics         |     |

## プログラム設定のない研究開発テーマ

- |  |     |
|--|-----|
| ㉖太陽光の超広帯域利用のための有機・無機複合波長変換シートの開発 (2019年度採択)  | P32 |
| Organic-inorganic hybrid wavelength converting sheet for ultra-wide band usage of sunlight     |     |
| ㉗メチルシクロヘキサンの直接利用を実現する中温作動燃料電池の開発 (2019年度採択)  | P33 |
| Development of intermediate-temperature fuel cells for direct utilization of methylcyclohexane |     |
| ㉘車載用蓄電池の内部状態解析に基づく診断技術の研究開発 (2019年度採択)   | P34 |
| Diagnosis of electric-vehicle battery based on its internal state analysis                     |     |
| ㉙異種材料集積による10テラビット級低消費電力光伝送デバイス技術開発 (2019年度採択)  | P35 |
| 10-Tbps Low Power Consumption Photonic Transceiver using Heterogenous Integration              |     |
| ㉚電磁波によるプロセスセンサー装置の研究開発 (2019年度採択)  | P36 |
| Sensor devices for thermal process monitoring based on electromagnetic wave propagation        |     |
| ㉛超高温設備の革新的オンライン監視システムの開発 (2019年度採択)  | P37 |
| Online monitoring system for ultra-high temperature facilities                                 |     |
| ㉜流況可視化機能をもつリアルタイム超音波パルス混相流量計の開発 (2019年度採択)   | P38 |
| Realtime Ultrasonic Multiphase Flowmeter with Flow Monitoring Functions                        |     |
| ㉝高温等過酷環境向けプロセスセンサの研究開発 (2019年度採択)  | P39 |
| Process sensor for harsh atmosphere such as high temperature                                   |     |
| ㉞航空機向け高出力・高密度モータの技術開発 (2019年度採択)   | P40 |
| Technological development of high-power, high-density motors for aircraft                      |     |
| ㉟低CO <sub>2</sub> エミッション航空機実現に向けた推進用高出力密度電気モータシステムの研究開発 (2019年度採択)                             | P41 |
| High Power and High density Propulsion Motor System R&D for Low emission Airplane              |     |
| ㊱MW級航空機電気モータ給電システムの技術開発 (2019年度採択)   | P42 |
| MW-class Power System for Hybrid Aircraft  |     |

## 開発中テーマ

③⑦ アルミニウム素材の高度資源循環システム構築 (2019年度採択) Development of advanced recycling system for aluminum materials	P43
③⑧ アルミニウム循環社会に向けたドロスの発生抑制と高度機能材料化 (2019年度採択) Reduce and advanced recycling of aluminum dross for aluminum recycling society	P44
③⑨ プラスチックの化学原料化再生プロセス開発 (2019年度採択) Development of Recycling Process of Plastics into Basic Chemical Raw Materials	P45
④① プラスチックの高度資源循環を実現するマテリアルリサイクルプロセスの研究開発 (2019年度採択) Advanced material recycling process to realize high circular resource economy	P46
④① 航空分野における現行接合以上の信頼性を達成するマルチマテリアル3D接合・最適成形技術の開発 (2019年度採択) Multi-material 3D joining and optimum molding technology for higher reliability than the current joining in the aviation field	P47
④② 複合材マルチマテリアルによる高レート/低コストに対応した航空機構造の接合・最適成形技術の研究 (2019年度採択) Joining and forming technology for multi-type composite material enabling high rate / low cost production of aircraft structure	P48
④③ 次世代機体構造用CFRPハイブリッド技術の研究開発 (2019年度採択) CFRP hybrid welding technology for new generation aircraft structure	P49
④④ 熱制御科学による革新的省エネ材料創製プロセスの研究開発 (2019年度採択) Innovative energy-saving material processing technology based on thermal science	P50
④⑤ 恒温鍛造用金型温度制御技術の研究開発 (2019年度採択) Temperature control technology of dies for isothermal forging	P51
④⑥ 固相生成制御型回転式高耐久・高速熱交換器の研究開発 (2019年度採択) Active heat exchanger with high durability and performance by controlling precipitation	P52
④⑦ 高効率エネルギー回収のための熱交換・熱利用技術 (2019年度採択) Heat exchange and thermal utilization for high-efficiency energy recovery	P53
④⑧ 熱・電場サイクルによる低品位排熱発電の技術開発 (2019年度採択) Low-grade waste heat power generation by heat and electric field cycle	P54
④⑨ 異なる電極活性点を利用したCO <sub>2</sub> からのC <sub>2</sub> 化合物製造技術およびシステムの研究開発 (2018年度採択) Hybrid Electrocatalysts for C <sub>2</sub> Production from CO <sub>2</sub> and the Appropriate System	P55
⑤① 革新的次世代軽量高強度構造材の研究開発 (2018年度採択) Innovative next-generation light-weight and high-strength structural materials	P56
⑤① 革新的ハイブリッド飛行システムの研究開発 (2018年度採択) Research and Development of Innovative Hybrid Flight System	P57
⑤② 有機溶剤の超ろ過膜法開発による化学品製造プロセス革新 (2018年度採択) Innovation in chemical production process by organic solvent hyper filtration (OHF) membrane method	P58
⑤③ エクセルギー損失削減のための熱交換・熱制御技術 (2018年度採択) Heat exchange and control technologies for exergy loss reduction	P59
⑤④ IoT社会を支える分散型独立電源の技術開発 (2018年度採択) Autonomous Power Supply for IoT Devices Using Thermoelectric Power Generation	P60
⑤⑤ ZEV用電池製造のための革新的異物検出技術の研究開発 (2018年度採択) Next generation inspection apparatus for batteries of zero emission vehicles	P61
⑤⑥ CFRP・異種接合材のための革新的X線検査システムの開発 (2018年度採択) The innovative X-ray inspection system for CFRP and bonded dissimilar materials	P62
⑤⑦ 積層造形プロセスに応用可能なリアルタイムCAEの開発 (2018年度採択) Development of real-time simulation applicable to additive manufacturing	P63

## ロボットが利活用される産業の創出につながる革新的ロボット技術の研究開発

- |   |     |
|---|-----|
| ⑤8 自律ロボットのための革新的熱電発電システムの開発 (2019年度採択)                                      | P64 |
| Innovative Thermoelectric Power Generation System for Autonomous Robots     |     |
| ⑤9 多能工ロボット実現のための機械的接触基盤ロボット技術開発 (2019年度採択)                                  | P65 |
| Mechanical contact-based robot technology for realizing multi-skilled robot |     |
| ⑥0 食材加工サポートシステムの研究開発 (2019年度採択)   | P66 |
| Research and development of food processing support system                  |     |

## 革新的なロボット技術の研究開発

- |  |     |
|--|-----|
| ⑥1 大深度・極限環境に適応する掘削物揚重用ぜん動ポンプの研究開発 (2018年度採択)   | P67 |
| Peristaltic transportation system for lifting excavated soil in deep underground and extreme environments                              |     |
| ⑥2 次世代産業用ソフトロボットの実現に向けた革新的MR材料×駆動機構の融合研究開発 (2019年度採択)  | P68 |
| Multidisciplinary R&D of Innovative Magnetorheological Materials and Actuation Mechanism for Smart Soft Robots for Advanced Industries |     |

## プログラム設定のない研究開発テーマ

- |   |     |
|---|-----|
| ⑥3 高出力密度パッケージ向け塗布型機能性銅合金材料の研究開発 (2019年度採択)  | P69 |
| Copper Alloy-based Functional Nanopastes for Packaging Materials with High Power Density    |     |
| ⑥4 ポスト・ムーア時代の次世代配線開発 (2019年度採択)   | P70 |
| Next generation interconnect technology in post-Moore's law age                             |     |
| ⑥5 ダイヤモンド直接接合による高耐熱性界面の研究開発 (2019年度採択)  | P71 |
| High thermal stability interface by direct bonding of diamond                               |     |
| ⑥6 ヒト嗅覚システムを活用した匂いセンサの開発 (2018年度採択)   | P72 |
| Development of odor sensor utilizing human olfactory system                                 |     |
| ⑥7 ヒトマイクロバイオームの産業利用に向けた、解析技術及び革新的制御技術の開発 (2018年度採択)   | P73 |
| Human microbiome analytical and innovative modulation technology for industrial application |     |
| ⑥8 日本人の体質を反映するヒトフローラマウスの開発と実証 (2018年度採択)  | P74 |
| Human gut-flora associated mice based on the constitutional medicine for Japanese           |     |
| ⑥9 “竹由来ナノセルロース・ハニカム筋樹脂”製造法の開発 (2018年度採択)  | P75 |
| Nanocomposites reinforced by embedded bamboo-nanocellulose honeycomb                        |     |

終了テーマ

## ナノカーボンを用いる太陽光水素製造

Solar hydrogen production using nanocarbon materials

## 研究開発の背景

我国では、温室効果ガス排出量を、2050年までに、2013年比で80%削減するという目標を掲げ、CO<sub>2</sub>フリー水素製造の革新的技術を探求し続けていますが、まだ目標とする水素製造コスト(20円/Nm<sup>3</sup>)を達成可能な技術が見出されていません。光触媒を利用した太陽光水素製造法(人工光合成技術)は、他のCO<sub>2</sub>フリー水素製造法にくらべて、デバイスの価格は低く抑えられるものの、太陽光エネルギー水素変換効率(STH)が十分ではなく、また、希少元素を多く含んでいるといった点が課題となっていました。安価で大量のCO<sub>2</sub>フリー水素を安定供給することで、CO<sub>2</sub>を一切排出しない水素社会を実現するために、希少元素を含まない、新しいタイプの高性能光触媒の開発が望まれています。

## 研究開発の内容と目標

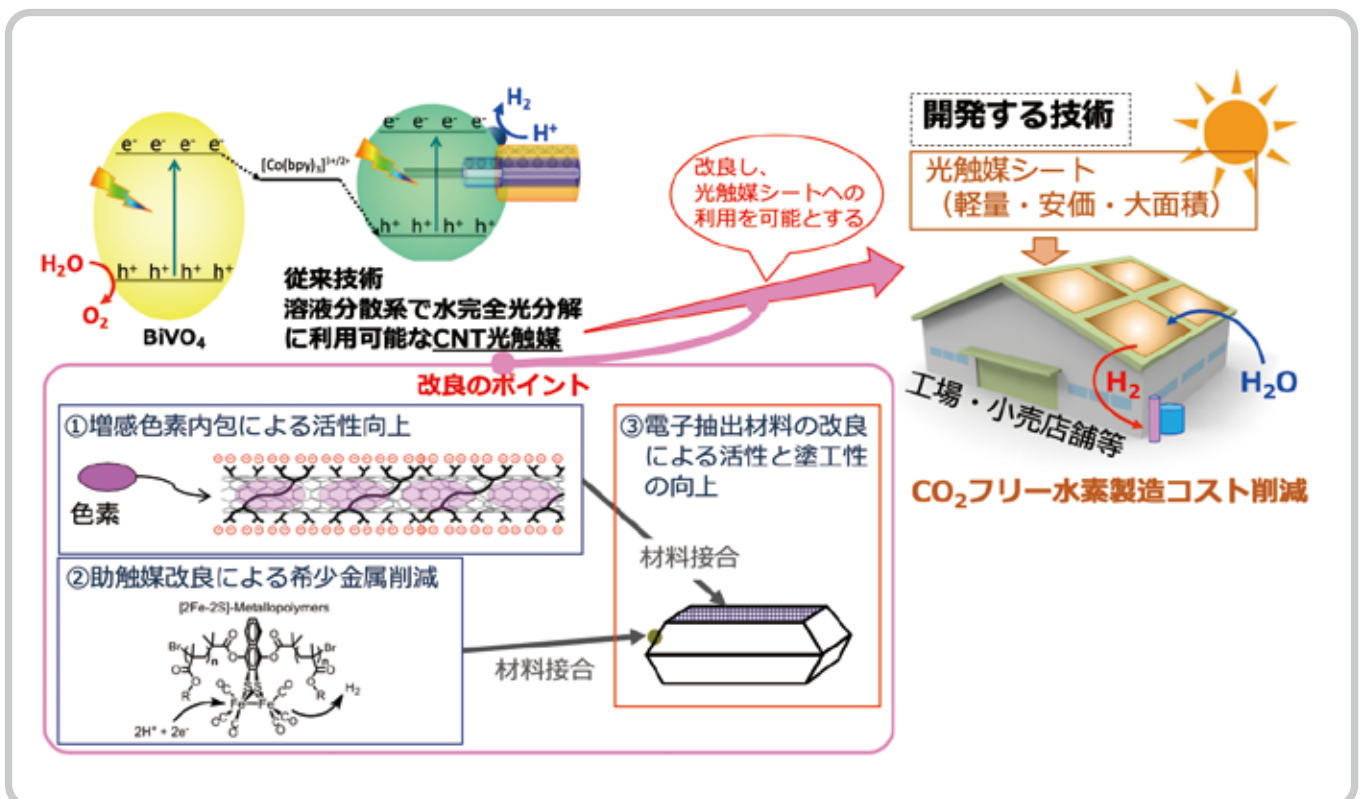
半導体性カーボンナノチューブ(s-CNT)を水素発生光触媒(HEP)に、無機半導体を酸素発生光触媒(OEP)に用いる二段階光励起系の活性向上、および、シート状デバイスへの加工プロセス開発を行うことで、課題解決を目指します。s-CNTは、炭素のみから成る材料ですので、従来技術に比べて希少元素の使用量を大幅に削減することが可能です。また、s-CNTを用いた水素発生試験では、従来の無機半導体光触媒では難しかった近赤外光(波長1000 nm)での水素発生も可能となるため、STHの向上が見込まれます。さらに、有機色素内包技術や助触媒の改良、無機半導体との接合技術などを複合的に開発することで、最終的に従来の性能を超える光触媒シートを開発することを目標としています。

## 研究開発項目

1. カーボンナノチューブ光触媒の活性向上
2. 希少元素使用量を著しく低減した水完全分解触媒技術開発
3. 光触媒シートの性能向上

## 研究開発の実施体制

国立大学法人岡山大学





## 高性能アニオン交換膜を用いた水電解水素製造技術の開発

Hydrogen production by water electrolysis using high performance AEM

## 研究開発の背景

我が国の第5次エネルギー基本計画において、「水素の調達・供給コストを従来エネルギーと遜色ない水準まで低減させていくことが不可欠であり、このため、中長期的な水素コストの低減と製造・貯蔵・輸送、利用までを一気通貫したサプライチェーンの構築」を図ることが明記されています。これを受けて、水素社会実現に向けた産学官のアクションプランでは、2030年に水電解システムコストを5万円/kwに低減し、水電解効率を4.3kWh/Nm<sup>3</sup>に向上する目標が定められました。この目標を達成するために、高効率化と低コスト化を両立できるアニオン膜型水電解システムの開発が求められています。

## 研究開発項目

1. 高性能アニオン交換膜の設計と物性解析
2. アニオン交換膜の量合成プロセスおよび薄膜形成の最適化
3. 微細構造・界面構造を制御した非貴金属系電極触媒開発と量産化
4. アニオン交換膜と触媒界面の設計と構築
5. 水電解デバイスの構築と性能評価

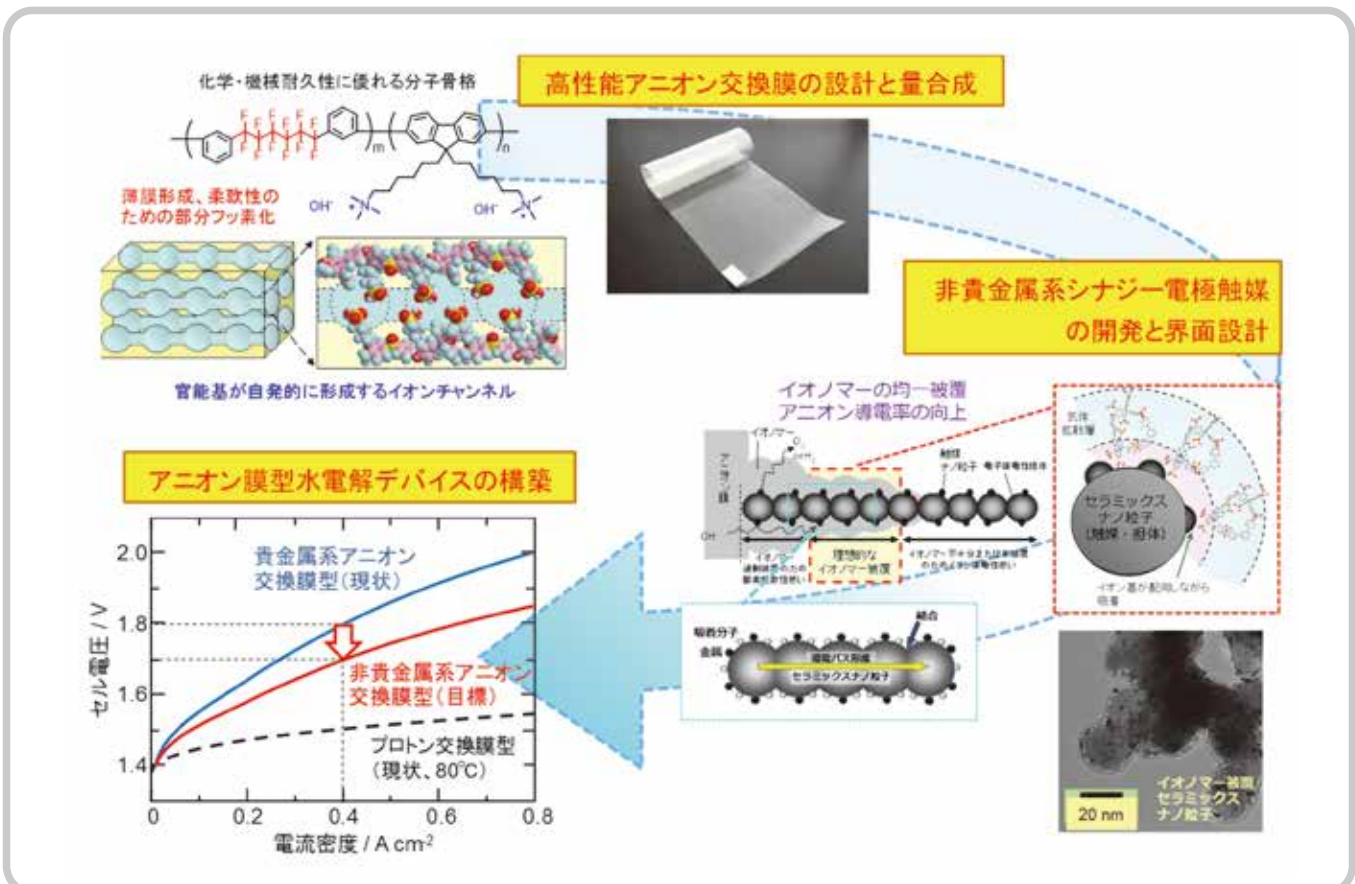
## 研究開発の内容と目標

本研究では、アルカリ水電解の利点（貴金属触媒が不要、大規模化が容易）と固体高分子型（プロトン交換膜型）水電解の利点（高電流密度が可能、得られる水素が高純度）を併せ持ち、高効率化と低コスト化を両立できるアニオン膜型水電解システムの開発を行います。

我々が世界に先駆けて最近開発に成功した高性能なアニオン交換膜技術を基にして、ナノスケールで微細構造・界面構造を制御した非貴金属系シナジー電極触媒と組み合わせた高性能な触媒層を設計・創製します。これらの研究により、現在のプロトン交換膜型水電解水素製造デバイスをアニオン交換膜型で置き換える可能性を実証します。得られた成果は連携企業などに展開する体制が整っており、実用条件でアニオン膜型水電解システムを評価し、早期社会還元を目指します。

## 研究開発の実施体制

国立大学法人山梨大学  
タカハタプレジジョン株式会社



## 低レアメタル擬固体電池技術の研究開発

Development of quasi-solid-state batteries with a reduced amount of minor metals

## 研究開発の背景

全固体電池が次世代の蓄電池として注目されており、現行の電解液を用いるリチウムイオン電池よりも安全性やエネルギー密度、高速充放電性能が向上することが期待されています。全固体電池が抱える本質的課題は、電極と電解質の固体界面接合技術の開発ですが、未だ解決の糸口が掴めていません。また、仮に固体界面を形成できたとしても充放電に伴って数%も膨張・収縮する電極に対して接合界面を保持することは極めて困難です。このような固体界面に関する核心的課題を解消して固体電池の実用化に道筋をつけることが求められています。

## 研究開発の内容と目標

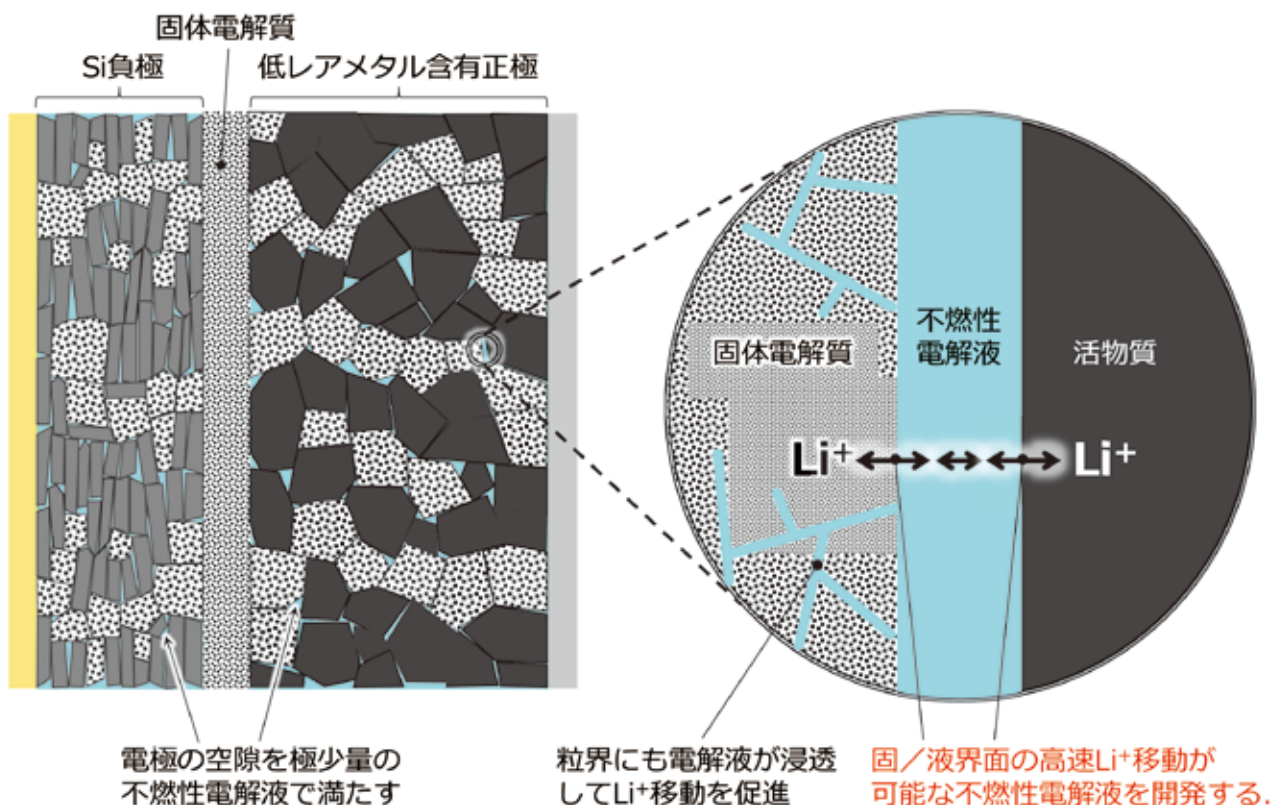
Si負極および低レアメタル含有正極、固体電解質からなる全固体リチウムイオン電池をベースとし、これに極少量の高耐久不燃性電解液を導入して現行のリチウムイオン電池と同等の電極/電解質界面を構築することにより、安全性の高い“擬固体”リチウムイオン電池の開発に取り組みます。一般的に、固体電解質/電解液間の界面リチウムイオン移動抵抗が高いことが問題となりますが、これまでに開発した飽和電解液の設計を極限まで追究して固/液界面抵抗の大幅な低減を図ることにより擬固体電池の実用化に向けたブレークスルーを目指します。

## 研究開発項目

1. Si負極用および低レアメタル含有正極用不燃性電解液の開発
2. 低抵抗固/液界面の開発
3. 不燃性電解液の安全性評価
4. 擬固体電池の作製と充放電特性評価

## 研究開発の実施体制

学校法人同志社  
TDK株式会社



## 高温化対応PEFC用革新的シナジー触媒の開発

Innovative synergy electrocatalysts for high temperature PEFC

## 研究開発の背景

省エネルギー・新エネルギー・CO<sub>2</sub>削減に向けて、モビリティにおける水素利用は必要不可欠である。燃料電池自動車（FCV）の普及はその中核的な課題であり、量産化や低価格化はもとより出力及び耐久性の向上が必要である。しかし、現在の電極触媒はPt・Pt合金触媒をカーボン担体に高分散担持したものであり、高温・高電位での耐久性が乏しく、セル性能が低下する。2040年頃の本格普及を見据え、出力の向上と共にセルの運転温度は高温（120℃まで）に、高電位（0.85V）での作動が予想される。このような従来とは異なる環境にてFCVを作動させるには、従来の材料技術によらない革新的な担体材料・触媒材料の開発が長期的視野の観点から必要とされている。

## 研究開発の内容と目標

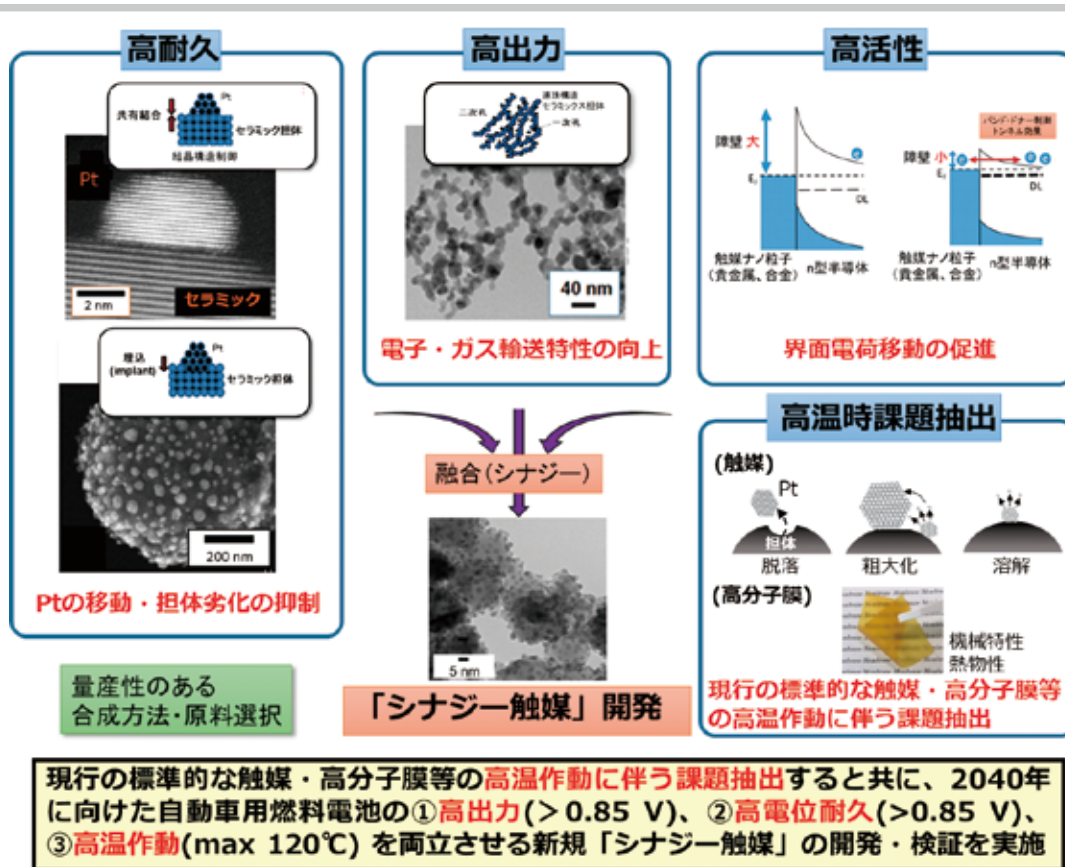
NEDO「固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業」において、導電性セラミックナノ粒子に注目し、その微細構造を特殊な“連珠構造”にして、従来型のPt担持カーボン触媒より高い触媒活性と耐久性をもつ電極触媒を創製した。本研究プログラムでは、セル抵抗及び課題抽出と並行して、従来のカーボンでは得られない優位性（高い結晶性・表面特性・化学的安定性・多孔性）をもつ導電性セラミックナノ粒子に特徴的な貴金属触媒を担持させた革新的電極触媒（シナジー触媒）の設計コンセプトを構築する。そして、高出力・高耐久を兼ね備えた2040年頃の本格普及期を見据えた電極触媒の設計及び検証を行う。

## 研究開発項目

1. 標準的な現行触媒・高分子膜等の高温下での性能評価と課題抽出
2. セラミックス担体系電極触媒の高温作動下での高活性化
3. セラミックス担体系電極触媒における物質輸送特性の向上
4. セラミックス担体系電極触媒を用いた高温作動下での高耐久化

## 研究開発の実施体制

国立大学法人山梨大学  
日本化学産業株式会社



## 革新的非白金触媒のビルドアップ的作製方法の研究開発

Build-up approach for the development of innovative Pt-free catalysts

## 研究開発の背景

環境負荷低減、エネルギーセキュリティの確保、新規産業創出などの社会的課題を解決する方策として、水素エネルギーを活用する社会（水素社会）の実現が期待されており、燃料電池はその実現に必須のエネルギー変換デバイスとして位置づけられています。現在実用化されている固体高分子形燃料電池（PEFC）の電極触媒には、単体もしくは合金として白金が用いられていますが、白金は希少かつ高価であることから、2025年度以降の燃料電池の大量普及期を見据え、白金代替電極触媒の開発がこれまで以上に強く求められています。

## 研究開発の内容と目標

これまで、鉄、窒素、炭素源を含む前駆体を熱処理して得た物質が、PEFC用非白金触媒として盛んに研究されてきましたが、その触媒活性点は熱処理中にブレイクダウン的に生成するので、活性点の高密度化が困難でした。

本先導研究では、従来の非白金触媒の作製方法とは異なり、高活性かつ高耐久な非白金系触媒活性点を、ボトムアップ的に高密度に導入する手法を集中的に開発します。触媒活性点の高密度化が可能となれば、非白金触媒が様々な燃料電池で利用可能となり、水素社会の実現に大きく貢献します。

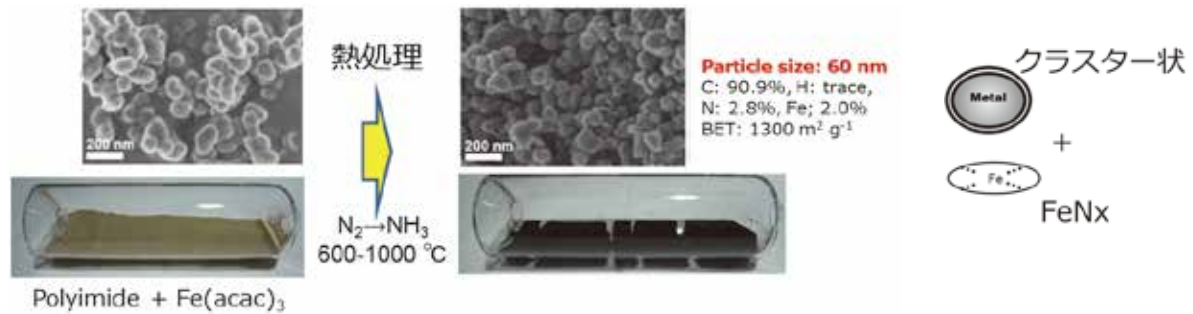
## 研究開発項目

1. 新規触媒物質の合成と電気化学評価
2. 新規触媒物質の構造解析
3. 新規触媒物質のPEMFC単セル試験
4. 新規触媒物質のin-situ放射光分光
5. 非白金触媒先導研究アドバイザー会議の開催

## 研究開発の実施体制

国立大学法人東京工業大学  
国立大学法人静岡大学  
国立大学法人熊本大学  
旭化成株式会社

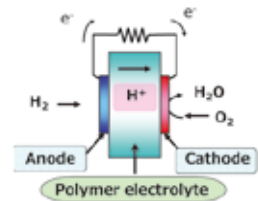
## これまでのカーボン系非白金触媒



活性点はFe, N, Cを含む前駆体の熱処理中に、ブレイクダウン的に偶然生成する  
→ 活性点の高密度化が困難

## 本先導研究

新規錯体合成 → 高次構造制御 → 構造決定  
電気化学測定  
単セル試験



活性点をビルドアップ的に作製する手法を集中的に開発し、高性能化の指針を得る  
→ アプリケーション分野を明確化する

## 酸化物電解質を用いた全固体ナトリウム二次電池の研究開発

All-Solid-State Sodium Batteries Using Oxide Electrolytes

### 研究開発の背景

近年、リチウムイオン電池の全固体化に関する研究開発が盛んに行われている。一方、ナトリウムイオン電池は元素戦略的な観点からポストリチウムイオン電池の位置づけとして世界中で研究開発が行われているが、安全性の向上が非常に重要な課題となっている。ナトリウムイオン電池の全固体化は安全性を担保するとともに、材料開発の多様化が可能であり、さらに高電圧化ができるため、ナトリウムイオン電池の課題の一つであったエネルギー密度についても大きく向上させることが可能となる。

### 研究開発項目

1. 固体電解質のイオン伝導性の向上および可塑性化
2. 新規正極材料の創成
3. 固体電解質/電極界面の高速電荷移動反応の確立
4. 擬固体電解質の創製

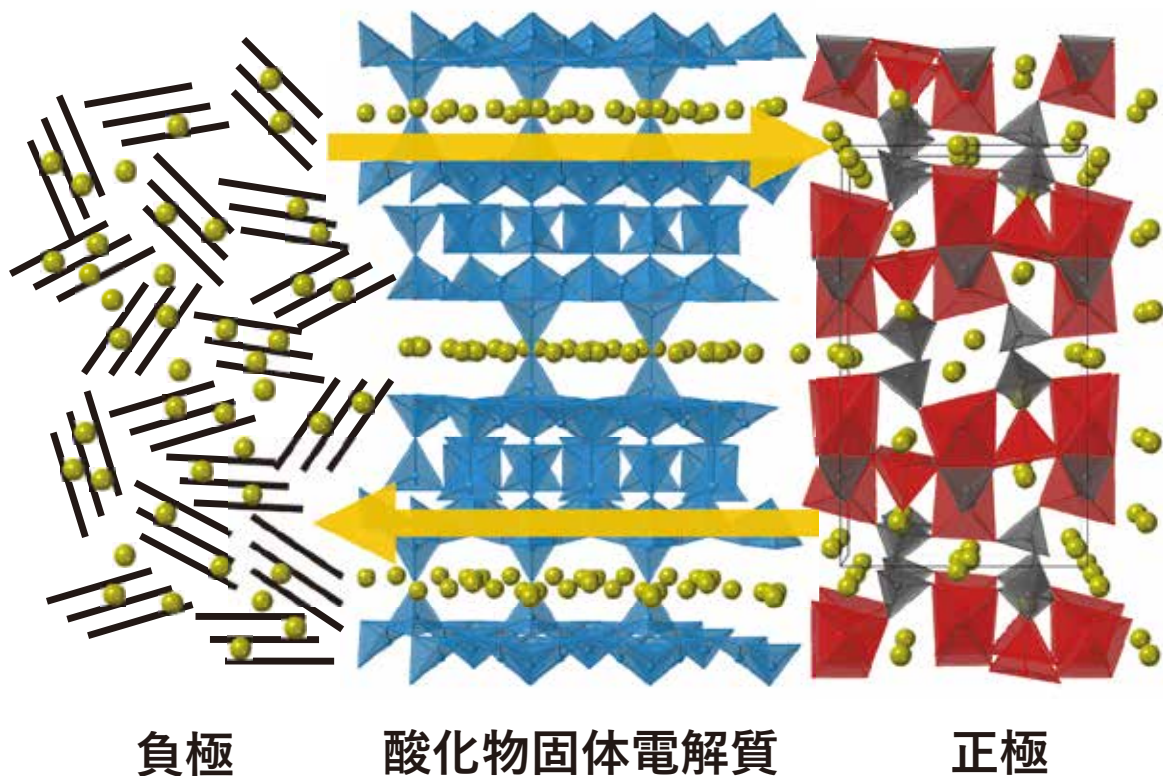
### 研究開発の内容と目標

左記の全固体ナトリウム二次電池を創出する際の技術的な課題に対し、本事業では次の研究開発事項を実施する。

- ・ 酸化物を用いた固体電解質のイオン伝導性の向上および可塑性化を行う。
- ・ 高電位で作動する新規正極材料の探索を行う。
- ・ 電極/電解質界面での電荷移動反応の高速化に関する基礎的な知見を得る。
- ・ 擬固体電解質の創製を行う。

### 研究開発の実施体制

国立大学法人京都大学  
国立大学法人九州大学  
国立大学法人山口大学  
国立大学法人名古屋大学  
トヨタ自動車株式会社



## ナトリウムイオンを高効率輸送する界面接合技術の開発

Engineering of Active Materials Surface for Effective Na<sup>+</sup> transportation at Electrode/Electrolyte Interface

### 研究開発の背景

ナトリウムイオン電池の課題は、活物質を中心とする材料開発の未成熟さにある。現状では、リチウムイオン電池に比べて基本性能に大きく劣る。とりわけ、繰り返し耐性が低い。劣化の主たる原因のほとんどが電極/電解液界面で起こる副反応と密接に関与することがわかっている。これまでの開発状況を鑑みると、不可逆容量の低減、熱暴走や短絡を見据えた安全対策に関する既存の電池・材料技術では、界面で起こる副反応を抑制するための受動的アクションが多い。イオンや電子をより高効率に輸送する反応場を電極/電解液界面に形成するという本質的な課題に対する技術提案はほとんどなかった。

### 研究開発の内容と目標

本研究では、電極活物質表面加工の観点から左記課題解決の道筋をつける技術開発に取り組む。具体的には、活物質の単結晶化による高出力・高耐久性、複合アニオン化表面による副反応制御によるSEI層構造制御、固体電解質超薄膜被膜によるナトリウムイオン濃度の局所的濃化と高出力界面形成を指導原理とする、ナトリウムイオンや電子をより高効率に輸送する反応場を電極/電解液界面を形成し、出力特性と繰り返し耐久性を兼ね備えたナトリウムイオン電池用正・負極活物質を開発する。とりわけ、界面制御メカニズムの解明に注力して研究を実施する。

### 研究開発項目

1. 活物質粒子結晶の晶癖発達面制御
2. 活物質粒子表面の複合アニオン化
3. 活物質粒子表面への固体電解質超薄膜被覆

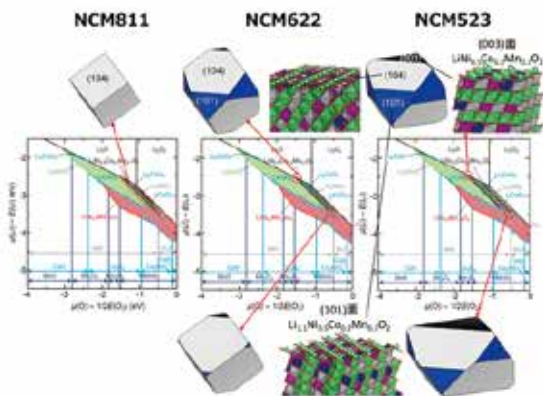
### 研究開発の実施体制

国立大学法人信州大学

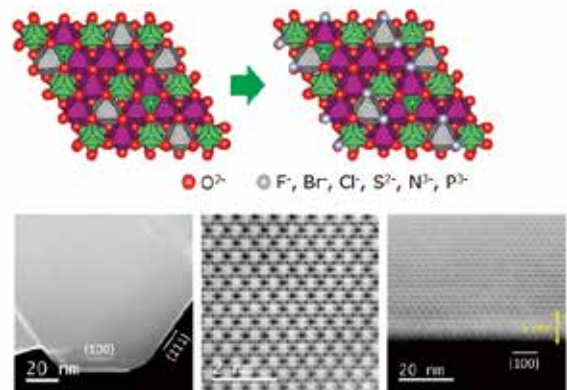
#### 【基盤技術】

☆イオンの高効率輸送と安全性を兼ね備えた結晶面で覆われた単結晶粒子活物質を提案

#### 原子論的結晶育成技術： フラックス法×量子計算＝完全表面創成

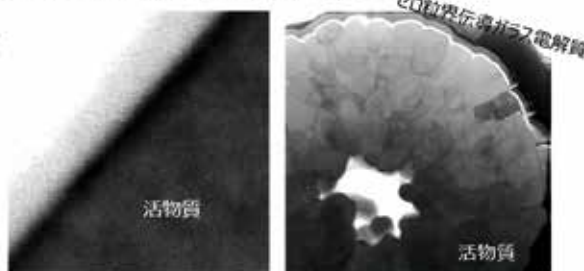
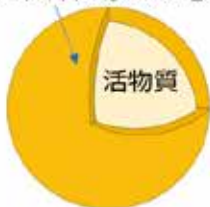


#### 複合アニオン化表面形成による機能創発



#### 固体電解質薄膜被覆による電極近傍の局所的電解質濃化

ゼロ粒界伝導ガラス電解質



#### 量産化に向けた動き出し

- ☆ 4 L 圏鉢での合成設備 (ローラーハースキルン)
- ☆ 連続焼成炉 (ローラーキルン)
- ☆ 査技術開発 (品質管理)
- ☆ 試薬販売ビジネス販路構築 (信大クリスタル®)

## 高容量コバルトフリー正極材料の研究開発

High-capacity Co-free positive electrode material

### 研究開発の背景

近年のエネルギー・環境問題に対応するために、電気自動車等の電動車両、定置用電力負荷平準化システムの開発が急務となっている。その開発におけるキーデバイスの一つが高エネルギー密度のリチウムイオン二次電池の開発である。リチウムイオン二次電池の構成部材の中でエネルギー密度改善に直結するのが正極材料であり、正極材料の性能が単電池の作動電圧及び電池容量を決定づける。また正極材料の多くが希少元素であるコバルトを含んでおり、正極材料価格の安定化、省資源化のために、高性能かつコバルトを含まない正極材料が求められている。

### 研究開発の内容と目標

大型リチウムイオン二次電池のさらなる普及に資するため、現在リチウムイオン二次電池において用いられているニッケルマンガンコバルト系正極(NMC正極)の2倍相当の極めて高い充放電容量(300mAh/g、NMC系は150mAh/g程度)と高い作動電圧(3.6V以上、NMC系とほぼ同等)を兼ね備えた、コバルトフリーのニッケルマンガン系正極材料(NM系)を開発する。この材料をコインセルにて評価し、上記特性達成のみならず、高サイクル特性(100サイクル後90%の容量維持率)や高出力特性を見いだすべくチャレンジする。

### 研究開発項目

1. 合成条件の詳細な検討と充放電特性評価
2. 充放電特性支配因子抽出のための素材特性評価技術開発

### 研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所

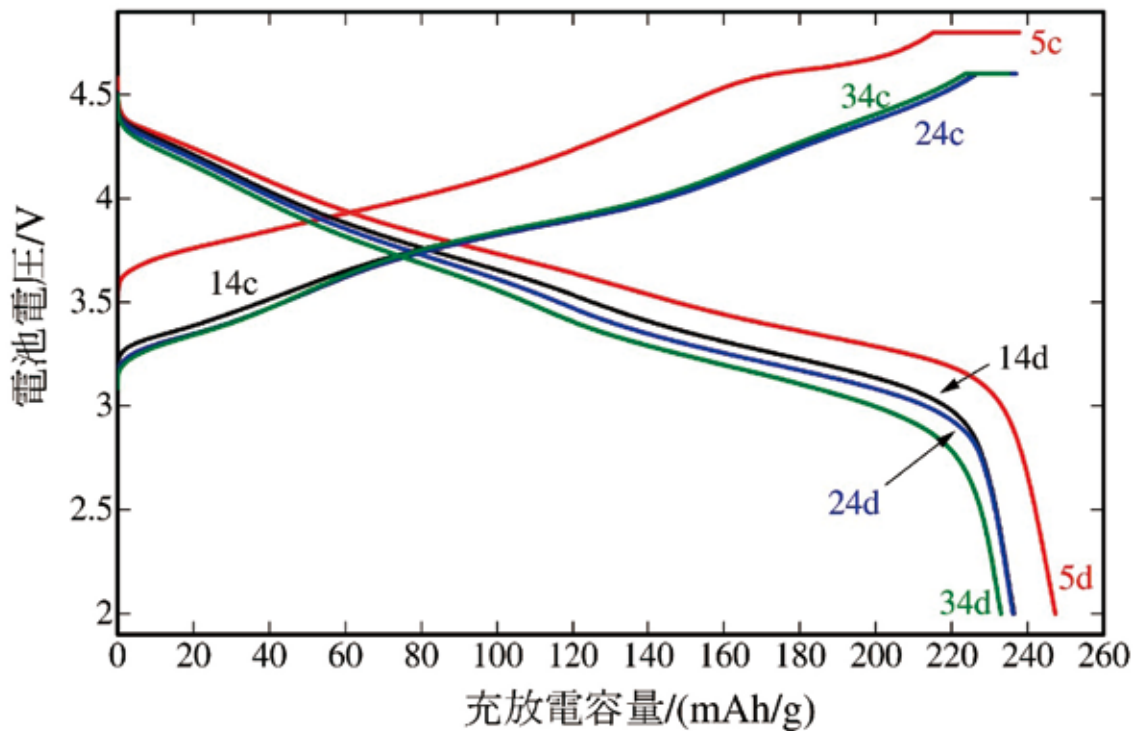


図1 開発しているニッケルマンガン系正極材料の30℃における充放電特性。  
(電流密度40mA/g、1-4サイクルは段階充電法による電気化学活性化過程のため割愛)  
cの添字は充電にdの添字は放電に対応。

## 高濃度水系電解液を用いるデュアルインターカレーション2次電池

Dual intercalation rechargeable battery using highly concentrated aqueous electrolyte

### 研究開発の背景

現在までの電池では主にカチオンの酸化・還元反応を利用して蓄電を行ってきました。一方で、電池内の電解液にはアニオンも含有されているにも関わらず、電池の蓄電反応には全く用いられていません。そこで、現在需要の高い高エネルギー、高容量な2次電池の開発を目的に、蓄電へのアニオンとカチオンの電気化学的な挿入反応を行う新しい水系電解液を用いるデュアルインターカレーション2次電池(DIB)の開発を行います。水系電解液を用いる電池は、高濃度に支持塩を溶解できるので、デュアルインターカレーション型電池では、エネルギー密度の向上が期待できます。

### 研究開発の内容と目標

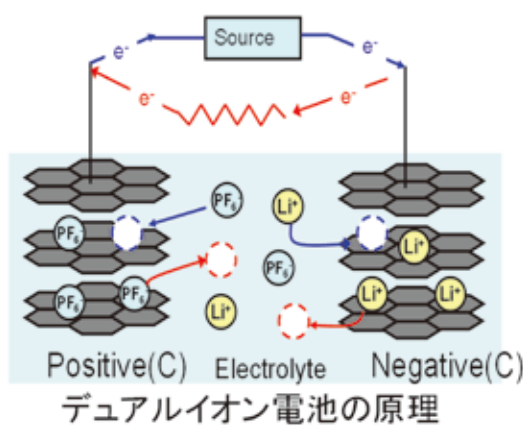
本研究では負極に活性炭へのLiの吸着やLi(La)TiO<sub>3</sub>などに着目し、高濃度水系電解液を用いることで、従来のデュアル炭素電池に比べて大きなエネルギー密度の電池の開発を行います。目標として正極、負極、電解液の電池作動特性を検討し、最適化を行うとともに、正極、負極可逆性の向上をおこない、電池として電極の膨張・収縮の充放電特性やエネルギー密度に及ぼす影響を明確にします。支持塩の種類や電気分解を抑制し、クーロン効率の向上に有効な添加物などの開発を行い、2-3V程度の開回路電位を有する新しい水系DIBの基礎的な知見を得ることを目標とします。

### 研究開発項目

1. DIB用高濃度水系電解液の基礎的検討
2. 水系電解液に適した炭素正極の開発
3. 水系電解液に適した負極材料の開発
4. コイン電池を用いる電池としての課題抽出
5. 本電池に適した応用先の検討

### 研究開発の実施体制

国立大学法人九州大学  
平河ヒューテック株式会社



### 革新電池への展開

- 水系高濃度電解液の基礎科学の展開
- 2.5V程度の放電電位とセルとして150Wh/kg, 3000W/kgを見通せるセルの基礎データの取得
- 可逆性を向上できる添加物の検討

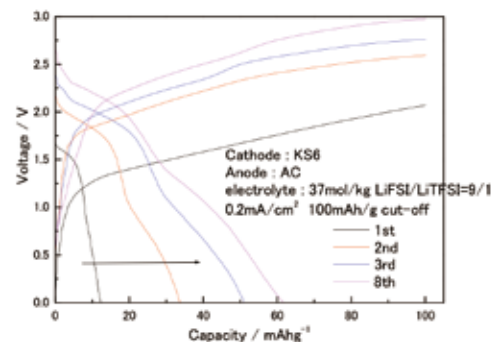


Fig. LiFSI/LiTFSI=9/1水系電解液を用いるセルの定電流充放電試験

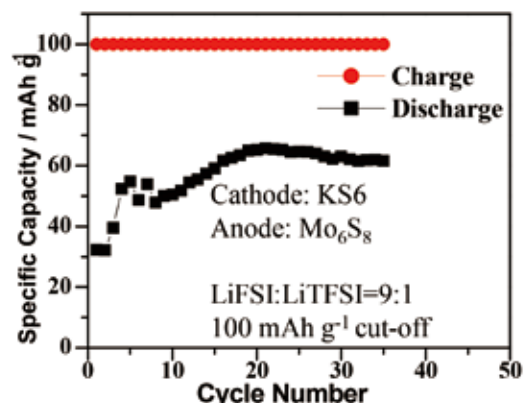


Fig. フルセルでの、充放電の繰り返し特性



## 集積ハイブリッド技術による超高速光変調技術の研究開発

Integrated hybrid photonics for ultra-high speed optical modulation

### 研究開発の背景

高速化が進む短・中距離通信分野における光イーサネット技術では、1テラビットを超える光データ伝送の研究開発が進められ、2030年の商用化に向けたロードマップも示されている。高速・低消費電力の光変調はこのような高速通信を実現する鍵となるが、既存の技術の延長では応えることが困難であることから、革新的な材料・デバイスの開発が求められている。本研究開発は、高速化の鍵となる変調チップの格段の高性能化を狙い、将来的には1テラビット級伝送技術の小型化と消費電力、製造コストの抑制及び多様なネットワーク活用技術への展開を狙う。

### 研究開発項目

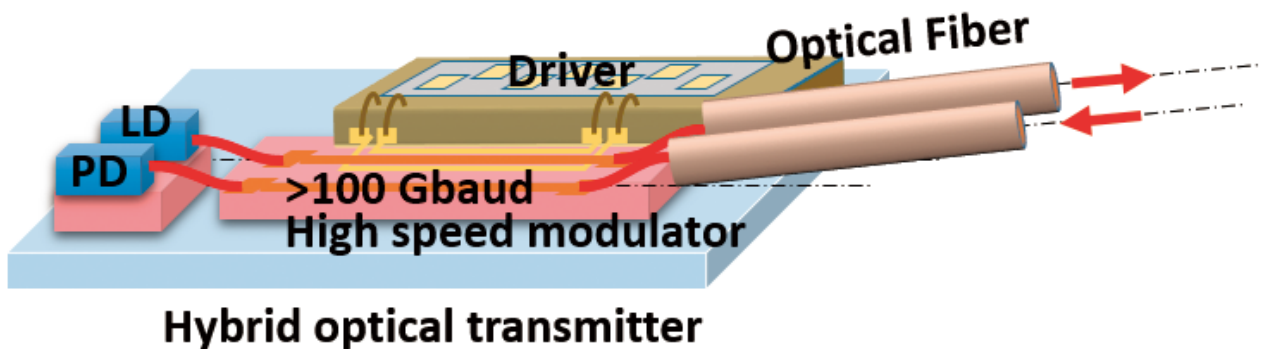
1. 高精度ハイブリッド光変調器の開発
2. 低消費電力変調技術の開発
3. 簡易低損失光接続技術の開発評価
4. 光ファイバ実装技術の開発

### 研究開発の内容と目標

現在、実用化が進んでいる光トランスミッタ技術ではデータの並列伝送方式による高速化が主流である。さらなる光伝送量の拡大では各レーンが持つシンボルレートの向上と高精度な並列制御が必要となる。本研究開発では、消費電力、小型化、製造コストの抑制などの点から優れたデバイス性能の発揮が期待できるポリマー応用のハイブリッド型光変調器の開発を進め、光ファイバ接続やシリコン光集積技術も高めることで車載搭載、ディスプレイ、産業機械制御など幅広いネットワーク応用技術への活用を目指す。

### 研究開発の実施体制

国立大学法人九州大学  
国立大学法人宇都宮大学  
アダマンド並木精密宝石株式会社



### 集積ハイブリッド技術による超高速光変調の開発

本研究開発では、高性能光学材料、光デバイス技術、光インターコネクト、および光ファイバ実装技術による超高速変調を実証する。本研究開発により、1レーンあたりの伝送速度が100Gbit/s以上の変調特性を達成し、消費電力を1/10以下とする高速高効率光伝送デバイス技術に貢献する。

## 材料・界面制御による接触抵抗変化メモリの開発

Contact resistance change memory by material and interface control

### 研究開発の背景

あらゆるものがインターネットにつながるIoT現代では、そのデータ量は増加の一途を辿っている。それ故、それらデータを保管するメモリ容量の増大は不可欠であり、同時に省電力化が必須である。現在主流のフラッシュメモリを凌駕する次世代メモリとして、 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ に代表される相変化材料の半導体アモルファス相と金属的結晶相間の抵抗差を利用してデータ記憶する相変化メモリが注目されている。その単純な原理から他メモリに比して低コスト、高集積化が可能である。但し、次世代に向けては動作エネルギーが高い課題を抱えている。本研究では、従来とは異なり、半導体アモルファス相と半導体結晶相間の相変化を示す新材料： $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$ を提案し、電極接触抵抗制御により動作エネルギーの劇的な低減を可能とする接触抵抗変化メモリの創成に挑戦する。

### 研究開発の内容と目標

相変化メモリでは、アモルファス化のために相変化材料を融解する必要があるが、 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  (GST) の結晶相は金属的に低抵抗を有するため、融点以上のジュール加熱に大電流が必要であり必然的に動作エネルギーが高くなってしまう。その課題に対し、本研究では結晶相の方がアモルファス相よりも高い抵抗を有する $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$  (CrGT) に着目する。結晶相の高抵抗化は動作エネルギーの削減に極めて有効であるが、メモリサイズの微細化に伴い、セル抵抗は材料自身の抵抗ではなく電極との接触抵抗に支配される。本研究では、電極材料の最適化および元素ドーピングによるCrGTのキャリア濃度制御による接触抵抗率制御により、相変化メモリの動作エネルギーの劇的な低減を可能とする接触抵抗変化メモリの実現に挑戦する。

### 研究開発項目

1. 動作エネルギーに及ぼす電極/相変化材料の接触サイズ依存性
2. 接触抵抗率に及ぼす電極材料依存性
3. ドーピングによるキャリア濃度制御およびその接触抵抗

### 研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学

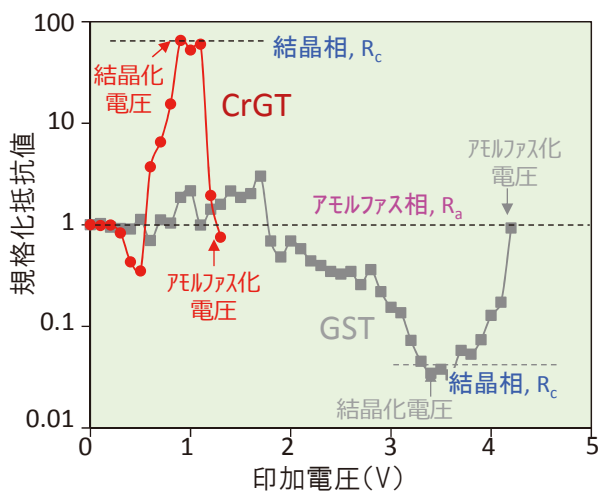


図. GSTおよびCrGTメモリ素子の動作特性例。縦軸はアモルファス状態の抵抗で規格化。CrGTメモリ素子は従来型のGSTメモリとは逆の抵抗変化を示し、従来型のGSTに比して低電力で動作可能。

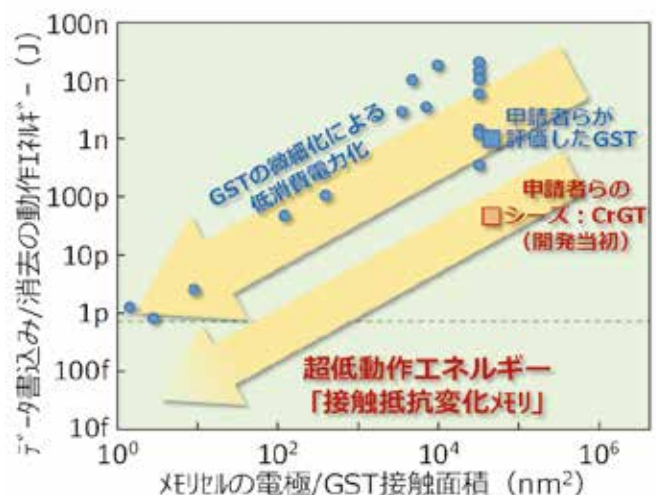


図. GSTの動作エネルギーに及ぼすメモリ微細化の影響 (Ref. S. Lee et al., Nature Comm., 6 (2015) 8407.) 電極/相変化材料の接触面積を小さくすることで動作エネルギーは劇的に低減。カーボンナノチューブ電極(接触面積 $< 5 \text{ nm}^2$ )により  $1 \text{ pJ}$  以下実現。本提案では、CrGTのキャリア濃度制御および電極材料の仕事関数制御によりGSTの超越に挑戦。

### 3次元積層強誘電体メモリを実現する分極接合技術の研究開発

3 dimensional stacked ferroelectric memory realized by the polarization bonding technology

#### 研究開発の背景

近年の電子情報システムの進展に伴い、高性能な不揮発性メモリの需要が高まっています。強誘電体メモリ (FeRAM) は強誘電体薄膜の分極特性を利用した不揮発性メモリであり、原理的に高速性・低消費電力性に優れているため、現在のフラッシュメモリを置き換えることが期待されています。

本研究開発では、強誘電性ノンドープハフニウム酸化膜 (HfO<sub>2</sub>) をSi基板上に直接形成した強誘電体ゲートトランジスタ (MFSFET) を作製し、強誘電体を用いた分極接合技術により、3次元積層強誘電体メモリの研究開発を推進します。

#### 研究開発の内容と目標

本研究開発では、反応性スパッタ法における酸素流量比を制御することにより、強誘電性HfO<sub>2</sub>薄膜のSi基板上への形成を行います。さらに、形成条件の検討を行うことにより、優れたメモリ特性を有する5 nm級に極薄膜化したHfO<sub>2</sub>薄膜を用いたMFSFETを実現します。

次に、強誘電体の分極特性を利用した、常温での分極接合技術に関する検討を行います。分極接合に適した強誘電体薄膜形成技術を検討します。さらに、分極領域を制御した接合構造を検討することにより、自己整合アラインメント技術の指針を示します。

#### 研究開発項目

1. 強誘電体ゲートトランジスタの研究開発
2. 分極接合技術の研究開発
3. 強誘電体薄膜形成技術の研究開発
4. 強誘電体メモリ集積化技術の研究開発

#### 研究開発の実施体制

国立大学法人東京工業大学

#### 強誘電体メモリの構成

1T1C/2T2C型

MOSFET  
強誘電体コンデンサ

- ◆ 破壊読出し
- ◆ 集積度低

1T型

MFSFET

- ◆ 非破壊読出し
- ◆ 高集積化

#### 強誘電性ノンドープHfO<sub>2</sub>を用いたMFSFET

分極P  
抗電界  
電界E

#### 強誘電体の分極による自己整合アラインメント技術

各チップ接合面に強誘電体薄膜を形成

アラインメント領域 (垂直と水平方向に分極)  
強誘電体 (互いに逆方向に分極)

アラインメント領域に沿って自己整合的に接合

接合面 (自己整合的に静電接合)

・強誘電体の分極ドメインサイズの位置合わせ精度を実現  
・静電接合のため低ダメージ

従来技術に対し高い優位性

#### MFSFET基板の分極接合

3次元集積化による強誘電体メモリの大容量化

$$F = \frac{p^2}{2\epsilon_0(\epsilon_r - 1)^2}$$

F: Maxwellの張力  
P: 分極  
 $\epsilon_0$ : 真空の誘電率  
 $\epsilon_r$ : 比誘電率

HfO<sub>2</sub>系強誘電体により実現

## 次世代ヒートポンプ実現のための高感度メタ磁性材料の研究開発

High sensitivity meta-magnetic materials for realization of next generation heat pump

### 研究開発の背景

室温磁気ヒートポンプの主要な特徴はノンフロンであることに加え、従来の蒸気圧縮式に比べ約20%の省エネの可能性があるとされています。現在、高い性能を示す磁気冷凍材料（メタ磁性）の登場、高性能永久磁石の汎用化などで、これは現実的な技術になりつつありますが、材料とシステムを統合した検討が進んでおらず、原理的な性能が引き出せてはいません。また、高い磁場発生（～1.5T）のために大型の永久磁石が必要であり、大能力を必要とする空調機などの実用化は、重量、コスト的に不可能でした。さらに材料開発も、低磁場での高性能化、プロセス制御性、性能劣化などが未解決のままです。

### 研究開発項目

1. 高感度メタ磁性による磁気冷凍材料高性能化
2. 磁気冷凍材料性能劣化現象抑制条件の確立
3. 磁気ヒートポンプシステムシミュレーション
4. 磁気ヒートポンプシステム機能試作

### 研究開発の内容と目標

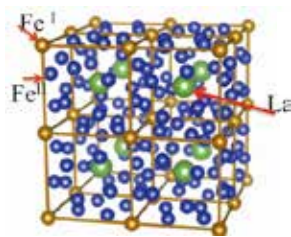
本研究では、新材料（高感度メタ磁性）の創製と、新材料に最適化した磁気ヒートポンプシステムの構築を目的としています。新材料の創製では、 $\text{La}(\text{Fe},\text{Si})_{13}\text{H}$  化合物をベースに他元素を添加することで、低磁場でも高い性能を得ることができ、さらに長期間の使用でも性能が劣化しない高感度メタ磁性材料の試作に成功しました。また、磁気ヒートポンプシステムの構築では、シミュレーションによりシステムの性能が最大となる条件を算出するとともに、新材料を用いたカスケード型AMRの機能試作により、システムの重量、コスト等が従来より大幅に低減できる可能性が明らかになってきました。

### 研究開発の実施体制

ダイキン工業株式会社

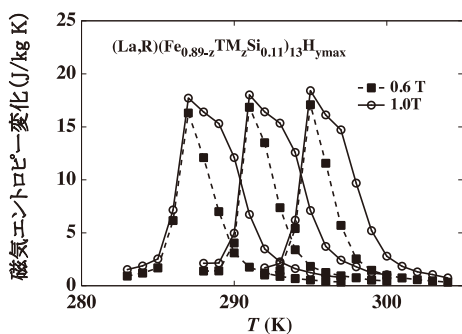
国立研究開発法人産業技術総合研究所

- 新規磁気冷凍材料（高感度メタ磁性）
  - ・ 低磁場で高いエントロピー変化を持つ新材料の創製
  - ・ 動作温度域が狭くなるため、材料を多段カスケードで重ねることで使用温度域を拡大



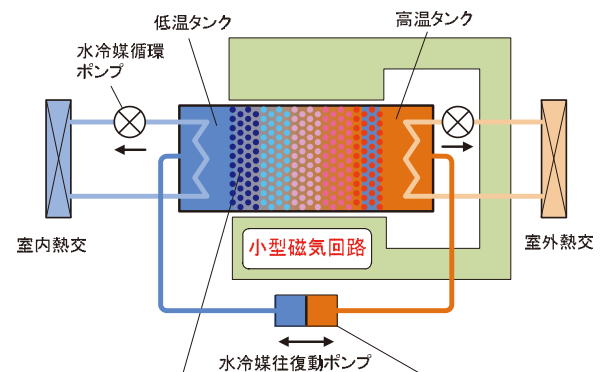
LaおよびFeサイトを他元素で置換することで、高性能化を実現

$\text{La}(\text{Fe},\text{Si})_{13}\text{H}$ 系化合物（ベース材料）



複合置換による高感度メタ磁性材料

- 磁気ヒートポンプシステム
  - ・ 新材料に最適化した次世代ヒートポンプシステム構築（シミュレーション／機能試作）
  - ・ 重量（サイズ）、コストを大幅に低減



- 積層型（カスケード）高感度メタ磁性材料
  - ・ 低磁場に対応するカスケード材料構成
  - ・ 高熱伝達/低圧損カスケード型AMR
- 高周波流体回路
  - ・ ポンプ構造
  - ・ 流量、圧力制御



試作された高感度メタ磁性材料と5段カスケード型AMR

## ワイル磁性体を用いた熱発電デバイスの研究開発

Thermoelectric device using Weyl magnets

### 研究開発の背景

熱電材料の研究は半世紀以上の歴史がありますが、依然として広く普及されるには至っておりません。我々は全く新しい熱電技術として、磁性体における異常ネルンスト効果に着目した研究開発を行います。異常ネルンスト効果は熱流方向に垂直に発電する現象であるため、従来技術（ゼーベック効果）に比べ、薄膜化・テープ化が容易で曲面からの熱回収に適しており、効率良く発電が行えると期待されています。近年、電子構造のトポロジーを制御した「ワイル磁性体」において、異常ネルンスト効果が増強されることがわかってきました。

### 研究開発の内容と目標

本事業ではこれまでに東京大学で開発されたワイル磁性体のバルク単結晶を用いて、異常ネルンスト効果を動作原理とした熱電変換モジュールを作製します。さらに、ワイル磁性体の薄膜開発を行い、それに微細加工を施すことによって平面構造が可能であるという利点を活かした「異常ネルンスト熱流センサー」の開発を行います。これらの異常ネルンストモジュール・熱流センサーは既存の装置で評価をすることが難しいため、評価装置の開発も同時に行います。

### 研究開発項目

1. 異常ネルンスト熱電モジュールの作製と評価
2. ワイル磁性体の薄膜化
3. 異常ネルンスト熱流センサーの開発
4. 磁場下小型熱流センサー評価装置の開発
5. 製品化に向けた調査と研究

### 研究開発の実施体制

国立大学法人東京大学  
 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
 DOWAホールディングス株式会社

#### 新技術：異常ネルンスト効果

**磁気熱電効果（異常ネルンスト効果）**

- 自発磁化によりゼロ磁場で発電可能
- 温度勾配と垂直方向に発電

$$V = S_N \Delta T (l/t)$$

∝ 温度勾配 × 長さ  
 $S_N$ : ネルンスト係数

**ゼーベック効果**

- 温度勾配と同じ方向に発電

$$V = S \Delta T \propto \text{温度差}$$

$S$ : ゼーベック係数

#### 新技術の優位性

従来技術 vs 新技術（板状）

● 熱源に沿うように展開可能  
 ● 接触抵抗・プロセス数の低減  
 ● 単位面積当たりの高い発電電圧

● 同じZTで大きな発電効率  
 ● 安全・安価な材料

【問題点】従来の材料では発電量が非常に小さい ( $S_N \sim 0.1 \mu\text{V/K}$ )

#### 巨大異常ネルンスト効果の発見

19世紀後半～最近までの常導  
 ネルンスト効果は磁化に比例  
 → 磁化の大きい強磁性体が□

反強磁性体  $\text{Mn}_3\text{X}$  において  
 磁化から期待される1000倍  
 の異常ネルンスト効果を発見  
 Nature Physics (2017)

強磁性体  $\text{Co}_2\text{MnGa}$  において  
 室温巨大異常ネルンスト効果を発見  
 Nature Physics (2018)

電子構造のトポロジーに由来した新しい機構。  
 ネルンスト効果の熱電応用へ向けた飛躍的増強への指針！

#### 研究フローと実施体制

物質のトポロジーに関する最新学理

1. モジュール作製と発電評価（東大物性研）
2. 薄膜化と熱流センサー開発（産総研スピエン）
3. 磁場下熱電モジュール及び小型熱流センサー評価装置開発（産総研熱物性）
4. 製品化に向けた調査と研究（DOWA）

世界を変える 革新的熱発電デバイス

排熱回収、無毒&安定、低コスト、熱流の感知・管理、フィルム化

## 汎用普及に資する長期安定小型熱電電池の開発

Eco-friendly and High-durability Thermoelectric voltaic cell

### 研究開発の背景

インフラ構造物や地形環境などの長期間のモニタリング用にIoT機器が社会に普及するためには、長期的に安定した出力が得られる分散電源が必要不可欠です。熱電発電は、宇宙空間での長期稼働実績があり、熱源の確保で大きな出力が得られるためIoT機器用の分散電源に適しています。この際、IoT機器と共に熱電モジュールも大量に使用されるため、資源・環境リスクが少なく安価で大きな出力が得られる熱電変換材料で長期的に使えるモジュール構造の開発が不可欠です。本研究ではこれに適した小型熱電電池の開発を行います。

### 研究開発項目

1. Mg<sub>2</sub>SiSn熱電材料性能の向上
2. 半導体加工技術による熱電電池の開発

### 研究開発の内容と目標

本研究プロジェクトは、資源・環境リスクが少なく安価で大量利用が可能な熱電変換材料Mg<sub>2</sub>SiSnを用い、室温付近で高安定かつ高信頼で実用的に汎用普及できる出力密度100 μW/cm<sup>3</sup>以上の小型熱電発電モジュール（熱電電池）を開発することを目標としています。

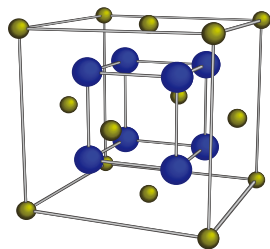
そのために、Mg<sub>2</sub>SiSn熱電材料の耐久性も含めた熱電性能を向上させると共に、先端半導体加工技術を駆使した熱電電池モジュール製造プロセス技術の開発を行います。これにより、10年以上の長期的な安定性と信頼性を持つ小型熱電電池の実現を目指します。

### 研究開発の実施体制

国立大学法人茨城大学  
 国立研究開発法人物質・材料研究機構  
 株式会社ミツバ

### Mg<sub>2</sub>SiSn熱電材料

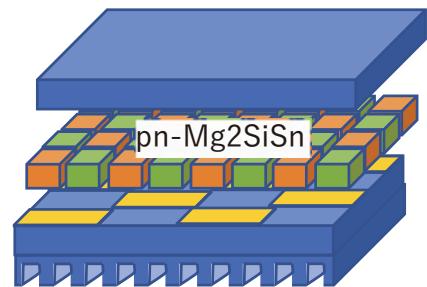
- ◎ 資源量が豊富
- ◎ 低コスト
- ◎ p型n型で比較的高い熱電性能
- ◎ RoHS対応
- ◎ 高い安定性



実用的に普及可能な材料

### 先端半導体・MEMS加工技術の活用

接合技術、精密ダイシング  
 積層基板技術



10年以上の長期的安定性・信頼性の確保

## IoT 機器電源向け熱電発電実装技術の研究開発

Applicative technology development for thermoelectric power generation for IoT devices

### 研究開発の背景

Society 5.0の実現には無数(トリリオン)のIoT向けセンサなどが活用されるが、電池交換などは現実的でなく、動作電源となり得る動的なエネルギー・ハーベスティングシステムの開発は、社会の喫緊の課題である。エネルギー・ハーベスティング技術の中で、熱エネルギーを電気に固体素子で変換できる熱電材料を活用した技術は有望であるが、その発電出力と、用途に即したモジュール構造の最適化などの実装技術が確立していないことが大きな問題である。

### 研究開発の内容と目標

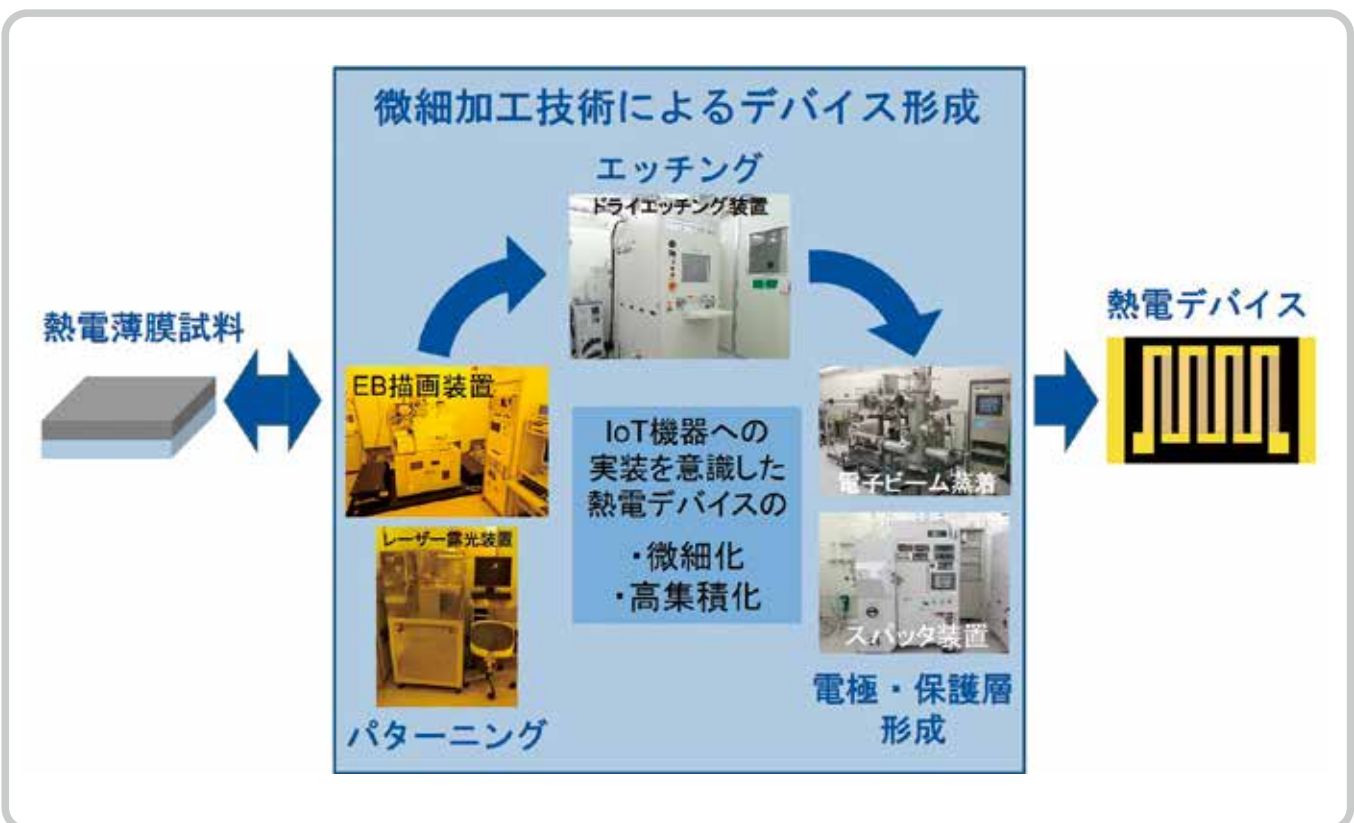
本事業は、既開発材料を活用し、半導体プロセスを利用した薄膜型熱電発電モジュールおよび有機・無機ハイブリットによる熱電発電シートの実装技術の開発、すなわち、モジュールデザイン、作製、評価に関わる技術を開発する。Society 5.0を支える無数(トリリオン)のIoT向けセンサ、カメラや通信デバイスなどのIoT機器を、メンテナンスフリーで駆動するための動作電源を供給するに資するような熱電発電エネルギー・ハーベスティングシステムの実装技術の開発を目標としている。

### 研究開発項目

1. 半導体薄膜型発電モジュールの実装技術の開発
2. 有機・無機ハイブリットによる熱電発電シートの実装技術の開発
3. モジュールの評価技術の開発
4. モジュールの試作・発電試験

### 研究開発の実施体制

国立研究開発法人物質・材料研究機構  
株式会社日立製作所  
国立研究開発法人産業技術総合研究所



## 革新的熱回収・量産技術による普及型熱電デバイスの開発

Thermoelectric device by innovative heat recovery and mass production technology

室温付近での小型熱電発電技術の研究開発

### 研究開発の背景

トリリオン・センサ時代における小型センサーや通信機を駆動する「大量にばら撒ける」熱電発電デバイスの実現を目指す。そのためには、以下が課題である。

◆ 室温付近の数十℃の温度差で100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ オーダーの発電ができること。

◆ 超量産に耐える材料・プロセスからなること。

ここでは、材料の熱電性能指数よりも、費用対効果と熱回収率が本質である。ただし、自律分散デバイスでは能動的な冷却様式は使えないため、自然放熱機構の革新が必須である。

### 研究開発項目

1. 狭バンドギャップシリサイドと安価金属をナノ複合化した熱電材料作製技術の開発
2. 量産型シリコンと安価金属をナノ複合化した熱電材料作製技術の開発
3. 乾燥空気から水を自然採取して気化熱を利用して冷却する放熱技術の開発
4. センシング/データ通信と一体型の小型熱電デバイスの開発

### 研究開発の内容と目標

左記を踏まえて本研究では、(i) 超量産に耐える材料系プロセスを革新し、(ii) 受動的な冷却様式で高い熱伝達率を達成し、(iii) 素子の高密度集積化を達成することを目標としている。

そのために、以下の研究を行う。

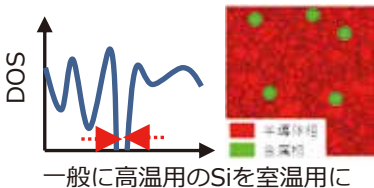
- i. シリコン系材料と安価金属を複合した $ZT=0.5@$ 室温を超えるバルク材料を開発
- ii. 凝縮水を作って毛細管現象により誘導し気化させる技術を利用した受動的冷却法を開発
- iii. 熱電発電部、パワーマネジメント部、センシング部、無線送信部の熱設計と電気回路設計による高集積デバイスの開発

### 研究開発の実施体制

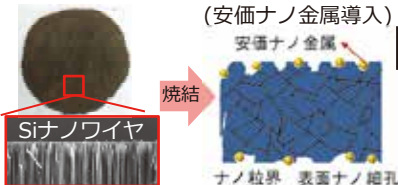
東ソー株式会社  
 国立大学法人名古屋工業大学  
 国立大学人東京大学  
 学校法人早稲田大学

#### 熱電材料の革新

材料系①: 狭バンドギャップシリサイドと安価金属のナノ複合材料



材料系②: 量産型シリコンと安価金属のナノ複合材料  
 ウエハサイズ

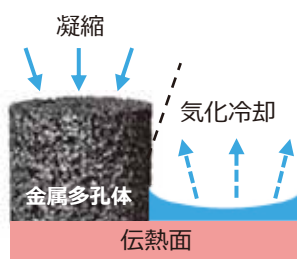


超量産プロセス確立  
 ・ Si熱電では世界トップ性能のシーズ技術を応用  
 ・ 費用対効果を指標にした材料開発

- (i) シリコン系材料と安価金属を複合した $ZT=0.5@$ 室温を超えるバルク材料を開発
- (ii) 凝縮水を作って毛細管現象により誘導し気化させる技術を利用した受動的冷却法を開発
- (iii) 熱電発電部、パワーマネジメント部、センシング部、無線送信部に関して熱設計と電気回路設計⇒高効率集積

#### 冷却機構の革新

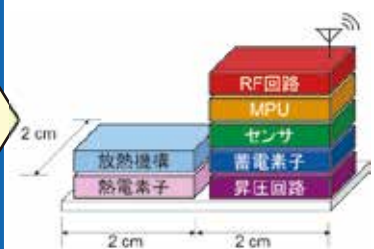
乾燥空気から水を自然採取して気化冷却する放熱技術



・ 気化熱を利用した熱電デバイス  
 ・ 相変化×濡れ性×伝熱の統合的な制御技術を駆使

#### デバイスの統合実装

センシング/データ通信と一体型の小型熱電デバイス



・ 高度な熱電デバイス実装での実績  
 ・ Self-foldingによる3次元形状形成など独自の技術



## 産業廃水からの反応性窒素の高濃縮・資源化技術

Highly concentrating and recycling technology of reactive nitrogen in industrial wastewater

### 研究開発の背景

廃水中の窒素化合物は、活性汚泥(微生物)による硝化・脱窒処理により窒素( $N_2$ )として無害化してきました。硝化には、相当の電力をかけて廃水に多量の空気を吹き込む必要があり、汚泥の焼却処理や脱窒の際には温室効果ガス( $N_2O$ )が発生します。

本プロジェクトでは廃水中窒素化合物のほぼ全てを省エネルギーでアンモニア態窒素に変換・資源化するための研究開発に取り組み、廃水処理のゲームチェンジを目指します。

### 研究開発の内容と目標

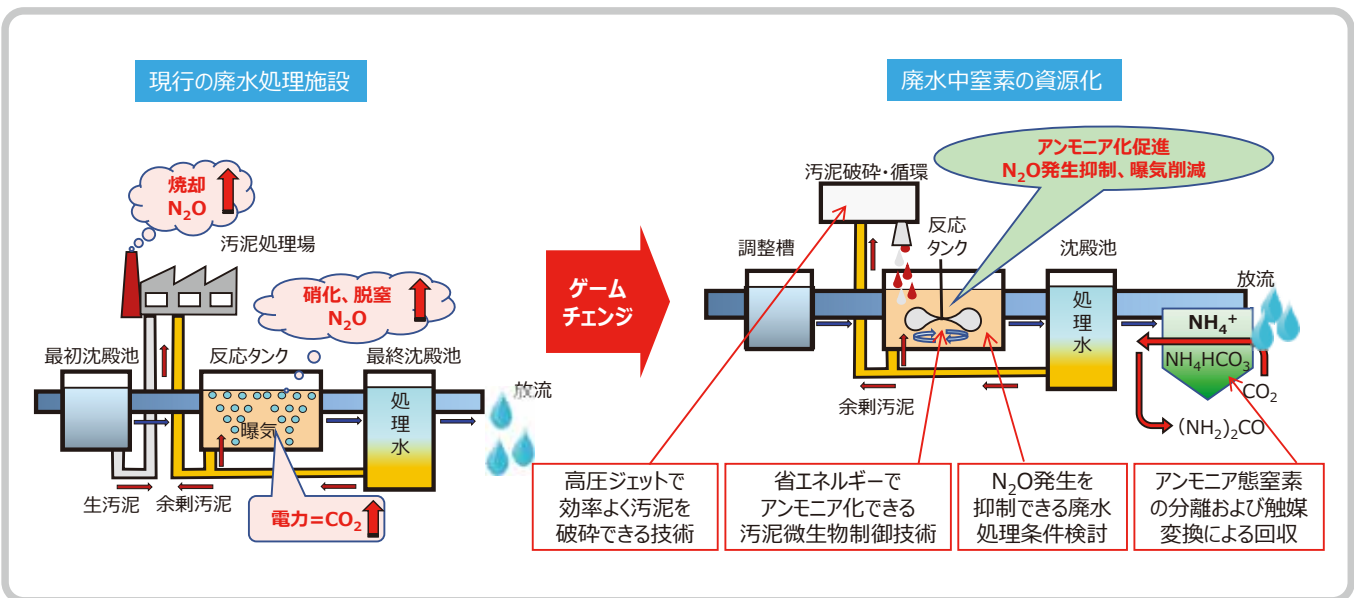
本事業で提案する新プロセスでは、微生物の働きに着目し、廃水中窒素化合物のほぼ全てを省エネルギーでアンモニア態窒素に変換・蓄積するとともに、 $N_2O$ 排出量を大幅に減少させることを目指します。また、汚泥に含まれる窒素化合物を効率よく回収するための、高圧ジェット装置による汚泥破砕技術や、得られたアンモニア態窒素を効率よく回収・資源化するための技術開発を行います。

### 研究開発項目

1. 新規なアンモニア生成微生物の同定・制御による廃水中反応性窒素の高濃縮条件の検討
2. 活性汚泥中の窒素化合物の変換の迅速モニタリングと $N_2O$ 排出抑制方法の検討
3. 汚泥資源化のための破砕、混合技術の検討
4. 処理水からの低濃度 $NH_4^+$ の分離・資源化技術の検討

### 研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所  
 国立大学法人東京農工大学  
 株式会社土壌環境プロセス研究所  
 国立大学法人東京工業大学



# 燃焼器から排出される窒素酸化物からのアンモニア創出プロセス開発

Ammonia synthesis with NOx derived from combustion process

反応性窒素の資源化技術開発

## 研究開発の背景

基本構想=ゲームチェンジ

ネガティブ・エミッション:現代社会のあらゆる内燃機関から発生する窒素酸化物(NOx)は、大気汚染の原因となるため、無害な窒素(N<sub>2</sub>)に戻すために大量のエネルギーが投入されている。

ポジティブ・エミッション:NOxは、空気中N<sub>2</sub>と比較するとはるかに反応性が高く、反応性窒素化合物と見なすことができる。これを除去するためのエネルギーの不要化もしくは有用化合物への変換プロセスを実現する。

将来構想=窒素循環社会の構築

- ・NOx排出を促進する高温燃焼プロセスによる高熱効率エネルギー変換の実現
- ・排出NOxのアンモニア化による再資源化

## 研究開発の内容と目標

本先導研究では、反応性窒素のうち、燃焼器から排出される一酸化窒素(NO)に着目し、NOからの資源化プロセスを提案する。これまで無害化のためだけに投入してきたエネルギーを不要化する或いは有用化学品の生産に活用することを目指す(ポジティブ・エミッション)。ここでは有用化学品をアンモニア(NH<sub>3</sub>)と定義して、NOxを還元剤によってNH<sub>3</sub>に選択的に転換するNTA(NOx to Ammonia)反応の開発プロジェクトとして推進を図る。

開発課題を以下の3つに絞って集中検討する。

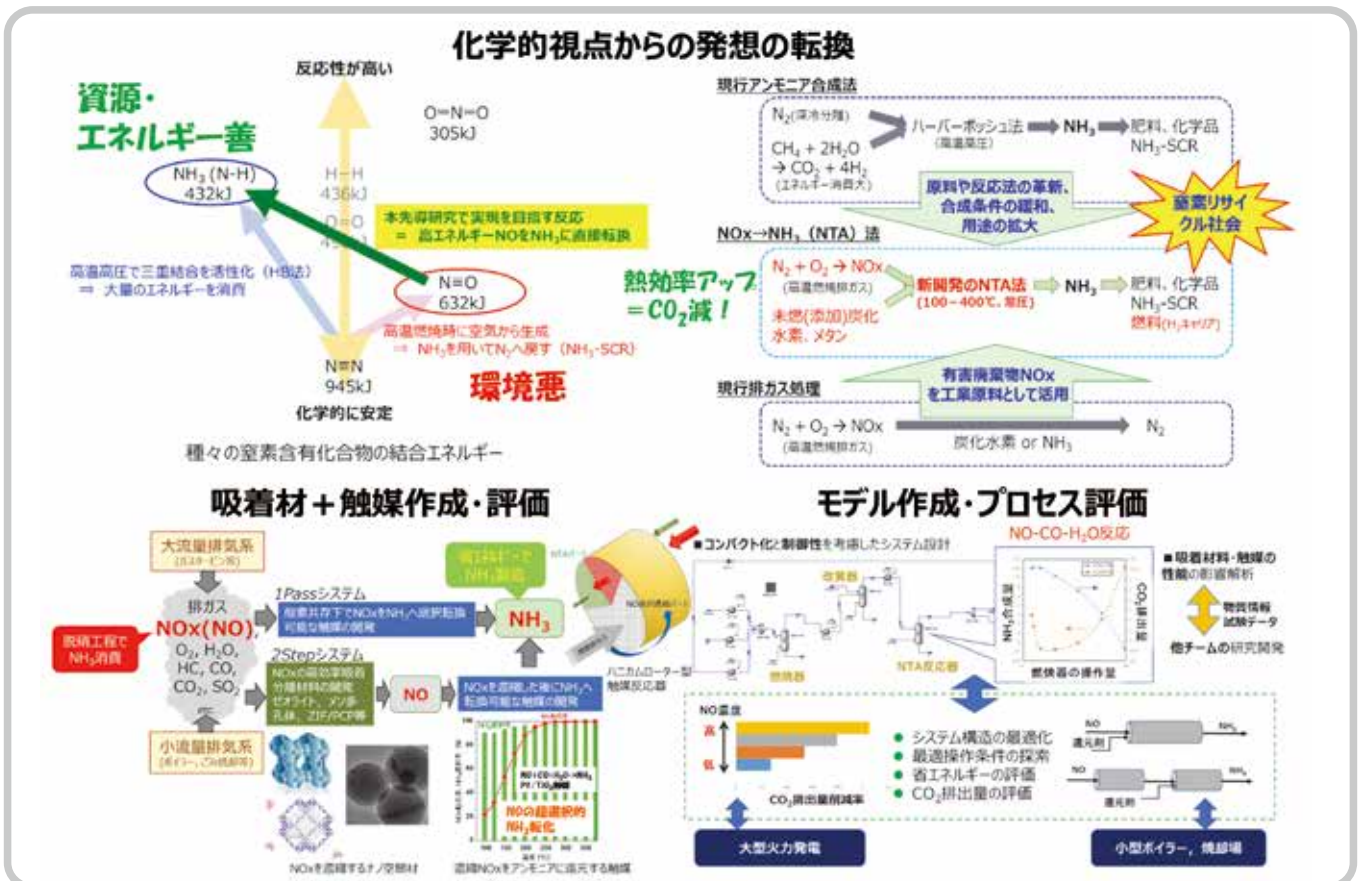
- ・排出NOを選択的に吸着し濃縮する素材の創製
- ・NOをNH<sub>3</sub>へ選択的に還元する触媒の創製
- ・プロセスとしての要件を評価するモデル構築

## 研究開発項目

1. NOの濃縮プロセスに関わる材料設計
2. NOの転換プロセスに関わる触媒開発
3. NTAプロセス・シミュレーションと評価

## 研究開発の実施体制

国立大学法人東京大学  
 国立大学法人東京工業大学  
 学校法人早稲田大学  
 東京瓦斯株式会社  
 日鉄エンジニアリング株式会社  
 国立研究開発法人産業技術総合研究所



## ポリアミドを基軸とする新規海洋生分解性材料の開発

### Novel Marine Biodegradable Materials Based on Polyamide

#### 研究開発の背景

環境の持続可能性確保、とくに海の豊かさを守るため、海洋プラスチックごみ問題の解決が喫緊の課題であり、浮遊ごみとして大きな部分を占めるディスポーザブルな包装材料、容器類や水産用資材などを生分解性材料に置き換えることが求められています。本課題では汎用プラスチックと同程度の実用的な物性を有しつつ良好な生分解性を併せ持つ新規材料として、ポリエチレンのような柔軟な材料からポリアミドの強靭さを示す材料まで物性制御可能な海洋生分解性材料の開発を通して持続可能なプラスチック産業、豊かな生活環境を実現することを目的とします。

#### 研究開発の内容と目標

エンジニアリングプラスチックの強靭さと耐熱性を有しつつも良好な海洋生分解性を有するポリアミド4と、他の材料と相溶性が良く、かつ良好な成形加工性を持つ生分解性材料として実績を持つコハク酸ベースの脂肪族ポリエステル類との複合化により、両素材の長所を兼ね備えた海洋生分解性、強度、成形加工性に優れた新材料を創出します。そのために表面分析、組成、モルフォロジー等の解析により、熱物性、初期強度、生分解性に及ぼす影響を明確にし、短期に生分解・消滅する用途、一定期間物性維持する用途など、目的に即した海洋中での物性、生分解性を制御する技術の開発を進めています。

#### 研究開発項目

1. ポリアミド/ポリエステル相溶化剤の開発
2. 複合化技術の開発
3. 組成最適化と物性評価
4. 海洋生分解性に適した組成の最適化技術
5. 生分解性制御技術の開発

#### 研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所  
 三菱ケミカル株式会社  
 国立大学法人神戸大学  
 地方独立行政法人大阪産業技術研究所和泉センター  
 地方独立行政法人大阪産業技術研究所森之宮センター

#### 既存の生分解性材料

- **PBS**  
 良好な物性  
 優れた成形加工性  
 他の材料との相溶性、長年の実績
- **PBSA**  
 良好な生分解性  
 優れた成形加工性  
 他の材料との相溶性、長年の実績

#### 新材料 ポリアミド4

- 良好な生分解性
- バイオ由来原料から製造可能
- エンプラとしての優れた物性  
 (◎問題点：成形加工性)

複合化

相溶化技術の開発

#### 新しい海洋生分解性製品

- 軟質で良好な海洋生分解性を有する材料  
 ⇒海洋に流出した場合には分解し易い包装材料、ワンウェイ用途のストロー、カトラリー類
  - 高強度でかつ海洋生分解性を有する材料  
 ⇒使用後には分解する水産分野資材(漁具等)、マイクロプラスチック化の懸念のない容器材料
- 良好な成形性を確保するとともに良好な海洋生分解性を実現する**

## 海洋環境を利用する新しい海洋生分解性プラスチック創出

Development of new marine biodegradable plastics using marine environment

### 研究開発の背景

現状商業利用できる生分解性プラスチックは、海洋生分解性が低い事が問題となっています。それらのプラスチックにも海洋生分解性を付与することで、将来のマイクロプラスチックへの懸念を低減する社会を実現することができます。

生分解性プラスチックが自然環境で安定的に分解されるためには、分解酵素ではなく、それらの酵素を生産する微生物叢（分解微生物を含む）との関係がより支配的です。よって、海洋環境におけるプラスチック分解に関わる微生物叢形成を制御する技術を確立することが様々な種類の海洋生分解性プラスチックの創出に重要であると考えられます。

### 研究開発の内容と目標

海洋環境で生分解性プラスチック上に形成される微生物叢（マイクロバイオーム）を制御するための海洋生分解性制御化合物（リード化合物）を、様々なサイズの分子から広くスクリーニングします。選出したリード化合物を海洋生分解性の低い生分解性プラスチックにブレンドしその効果を検証します。ラボ試験やフィールド実証試験でのメタオミクス解析（網羅的な遺伝子配列解読やその発現量の定量）を通して、マイクロバイオームの質（機能）や量（活性）と開発中のプラスチックの生分解速度との相関解明を行い、より環境にやさしい新素材の開発へとつなげます。

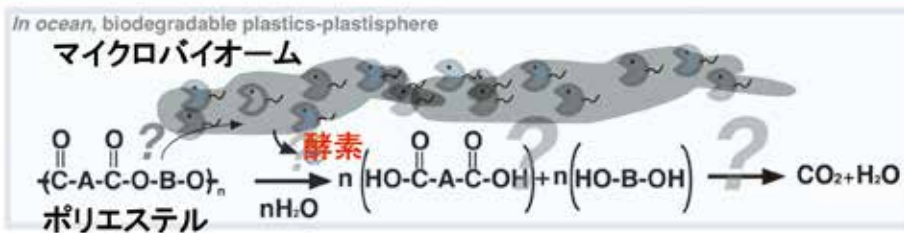
### 研究開発項目

1. 海洋生分解性制御化合物の合成
2. 実海洋環境およびラボ海水での生分解性試験
3. 物性および耐久性試験
4. 生分解性試験での代謝物の同定
5. プラスチックのマイクロバイオーム解析

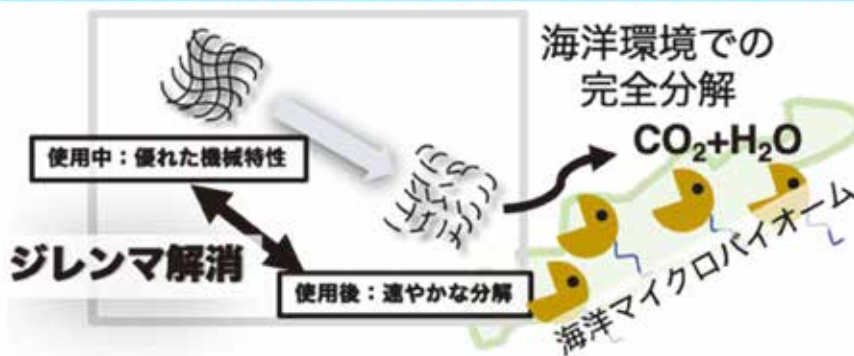
### 研究開発の実施体制

国立大学法人群馬大学  
日清紡ケミカル株式会社  
(再委託先)  
国立研究開発法人海洋研究開発機構  
国立大学法人群馬大学食健康科学教育研究センター

#### 先導研究での研究：海洋での生分解性プラスチック分解に関わるマイクロバイオーム構造の解明と、これを制御する物質（リード化合物）の特定



#### 2050年までに実現する最終目標：海洋生分解性プラスチック創出



新規生分解性樹脂上市、逸失漁具(ALDFG)問題解決

## 優れた耐水性を有する生分解性澱粉複合材料の開発

Biodegradable starch-based composites with excellent water-resistance

### 研究開発の背景

プラスチックは安価、軽量、自在な成形性による高い意匠性・デザイン対応性などの特性で、我々の日々の生活を豊かにしてきました。また、プラスチックは化学産業の中心を担い、自動車産業を中心として多くの製造業を支え、日本経済の発展に大きく寄与してきました。

一方でプラスチックの多くが自然環境中で生分解しないことが、昨今の海洋プラスチックごみの社会問題としてクローズアップされ、その対策は社会的に急務です。しかし、既存の海洋分解性プラスチックは一部のポリエステルに限定されるのが現状です。

したがって、海洋分解性プラスチックの開発には脂肪族ポリエステル以外の材料による既存プラスチックの特性限界を超える挑戦が不可欠です。

### 研究開発の内容と目標

澱粉誘導体とセルロースナノファイバー (CNF)を複合化することで、優れた耐水性を有する海洋分解性プラスチックシートを開発します。

澱粉単独では乏しい機械的特性と耐水性をCNFの添加により大幅に向上させ、実用レベルの物性を有するプラスチックシートを創出します。澱粉やセルロースの誘導体の構造等のパラメーターを系統的に検討することで組成を最適化します。また、大量生産に向けたシート化基盤技術の開発にも取り組むとともに海洋分解性評価を実施します。

既存の海洋分解性プラスチックと全く異なる材料の複合化による独創的な材料設計指針に基づき、次世代型海洋分解性プラスチックシートを開発します。

### 研究開発項目

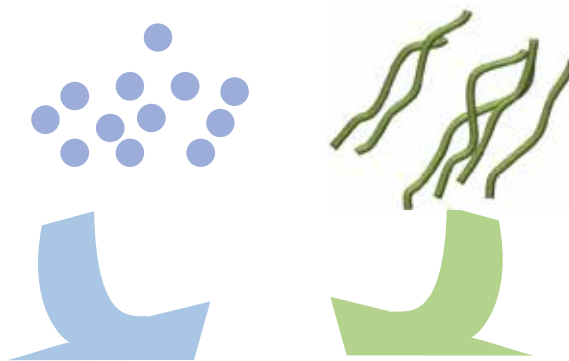
1. 澱粉誘導体の開発
2. CNFの設計
3. 澱粉複合材料の作製
4. 海洋分解性評価
5. 工業製造技術の開発と市場調査

### 研究開発の実施体制

国立大学法人大阪大学  
日本食品化工株式会社

#### 澱粉

- ✓ 分子設計
- ✓ 大量製造

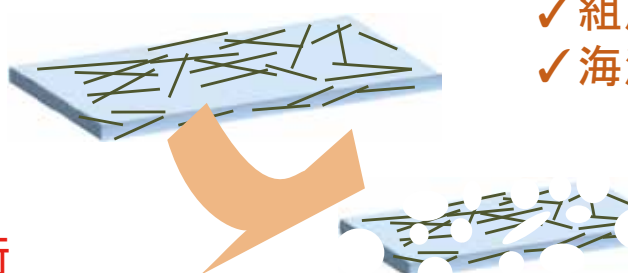


#### CNF

- ✓ ファイバー径
- ✓ 表面修飾

#### 複合シート

- ✓ 耐水性
- ✓ 機械的強度
- ✓ 透明性
- ✓ 工業製造技術



#### 海洋分解性

- ✓ 組成・分解性相関
- ✓ 海洋分解機構解明

## 海洋環境調和型オールバイオマス成形品の研究開発

Marine environment-friendly all-biomass molding products

海洋分解性プラスチックの技術開発

### 研究開発の背景

石油系プラスチック製品は、海洋プラゴミやマイクロプラスチックとなり、深刻な環境問題や生態系の攪乱を引き起こしつつあります。これに対し、バイオマス資源そのものや、その主成分であるセルロースは、太古の昔より地球上に存在し、流木や海藻同様、海洋中では微生物の働きによっていずれは分解され、CO<sub>2</sub>と水へと変換されます。製品が意図せず環境中に廃棄された際、生態系攪乱を起こさず、海洋中で自然に分解するためには、石油系プラスチック不使用の「オールバイオマス成形品」を開発することが重要です。本研究では、セルロース系増粘剤を用いて、バイオマス粉末に、常温流動性と保形性を付与するアイデアにより、これまでにないバイオマス成形技術・システムの創出を目指します。

### 研究開発の内容と目標

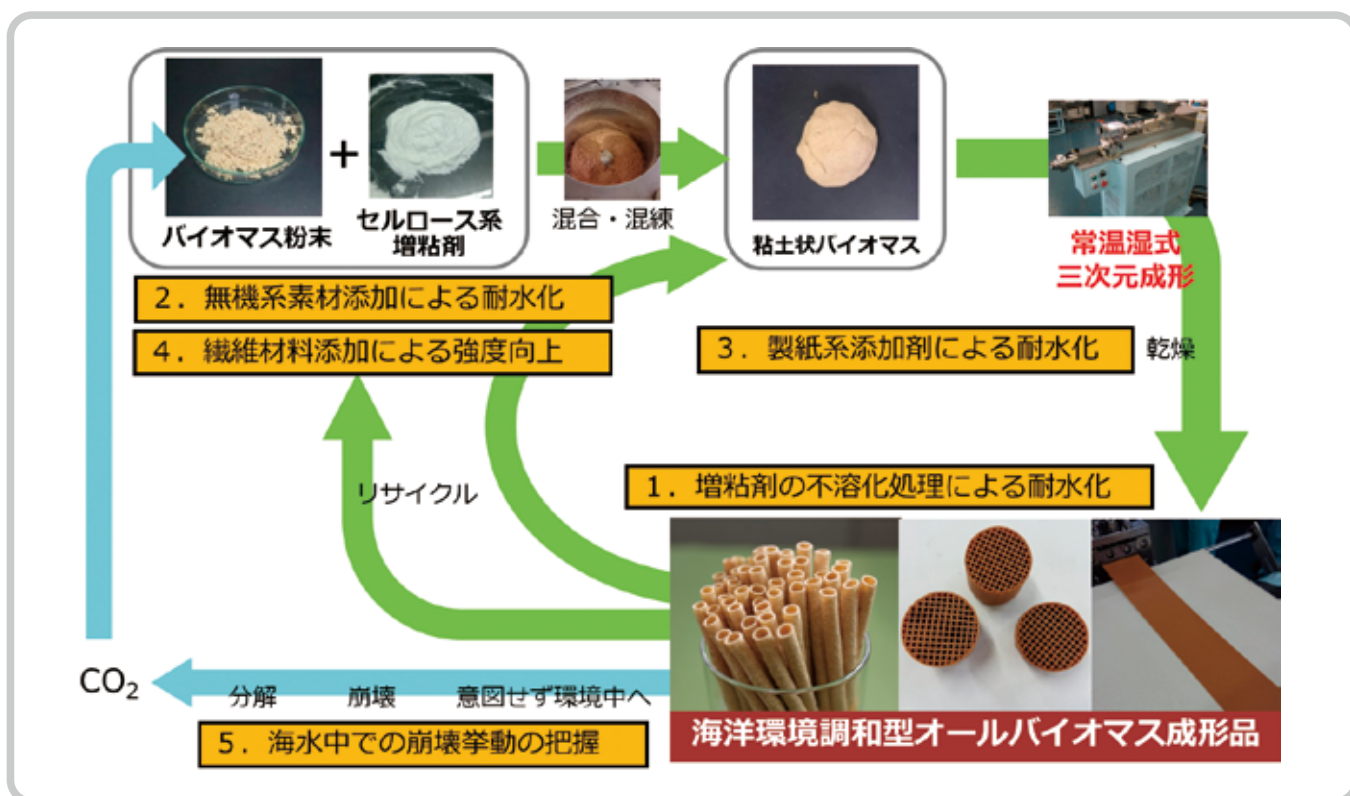
本システムでは、バイオマス粉末、セルロース系増粘剤、水を適当な比率で混合・混練して粘土状とし、押出成形等の成形加工後、乾燥によりオールバイオマス成形品を得ます。そのため成形品は水に浸漬すると速やかに水を吸収し、優れた崩壊性(=海洋調和性)を示す一方、実使用には一定の耐水性や強度も必要となります。そこで本研究では、セルロース系増粘剤の水不溶化処理、炭酸カルシウムや紙のにじみ止め剤に使われるアルキルケテンダイマー等の添加による耐水性、セルロース繊維添加による強度向上、さらには、成形品の水中・海水中における崩壊特性評価について集中的に研究を行い、実使用可能かつ海洋分解性を兼ね備えた「海洋環境調和型オールバイオマス成形品」のプロトタイプを開発することを目標とします。

### 研究開発項目

1. 増粘剤の不溶化処理による耐水化
2. 無機系素材添加による耐水化
3. 製紙系添加剤による耐水化
4. 繊維材料添加による強度向上
5. 海水中での崩壊挙動の把握

### 研究開発の実施体制

国立大学法人三重大学  
国立大学法人東京農工大学



## CO<sub>2</sub>原料からの新規PHAブロック共重合体の微生物合成

Microbial synthesis of novel PHA block copolymers from CO<sub>2</sub>

### 研究開発の背景

プラスチックは機能性・耐久性に優れた安価な材料として現代社会に広く用いられている一方で、近年ではプラスチック廃棄物による環境汚染の脅威が認識され、その対策が世界的に急務となっています。

一方、温暖化ガス排出削減と社会の低炭素化に向け、石油に依存しないプラスチック生産技術が望まれます。バイオマスを原料とするバイオベースプラスチックに加え、火力発電所や工場から排出されるCO<sub>2</sub>を原料としてプラスチックを生産できれば、持続発展可能社会の構築に貢献できるものと考えられます。

### 研究開発項目

1. 新規なPHAブロック共重合体の微生物合成と物性解析
2. 独立栄養細菌によるCO<sub>2</sub>原料からの新規PHAブロック共重合体の生産

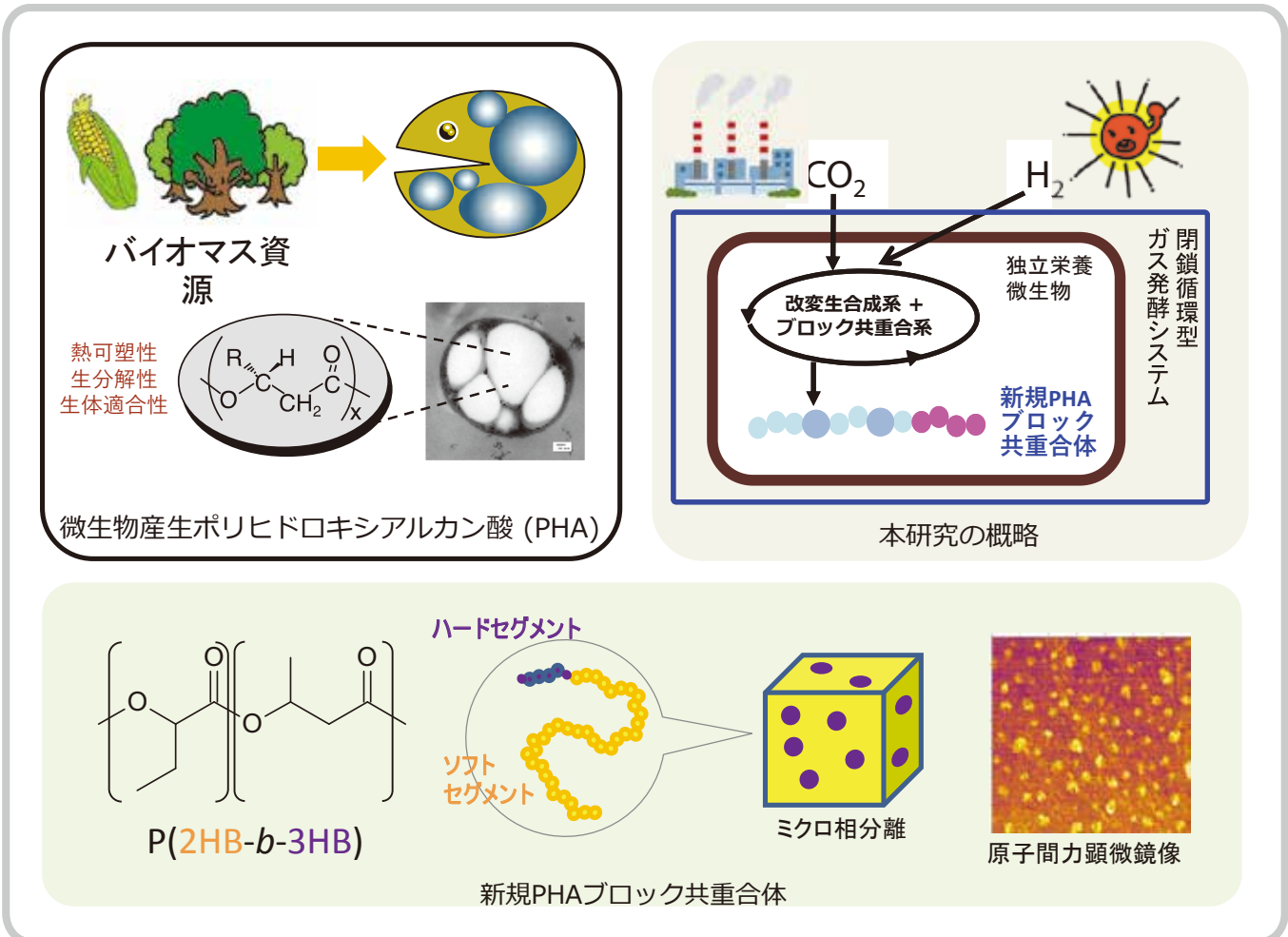
### 研究開発の内容と目標

微生物が貯蔵物質として蓄積するポリヒドロキシアルカン酸 (PHA) は再生可能資源を原料とする生分解性プラスチックであり、海洋分解性が高いことからプラスチックによる環境汚染への対策の1つとして、その普及が期待されています。

本研究では新規構造のPHAとしてブロック共重合体に着目し、従来にない物性の新規PHAの創成とそのバイオマス原料からの生合成を目指します。さらに、化学合成独立栄養細菌を生産微生物とし、水素とCO<sub>2</sub>を原料とした生産技術の開発に取り組みます。

### 研究開発の実施体制

国立大学法人東京工業大学  
国立大学法人北海道大学  
学校法人近畿大学



## 様々な生分解性プラスチックの海洋分解性評価

Marine biodegradable assessment of various biodegradable plastics

### 研究開発の背景

現在、環境中で生分解されない石油合成プラスチックによる環境破壊および生態系への悪影響が、世界的な解決すべき課題として取り上げられています。その中でも、海洋マイクロプラスチック問題が近年特にクローズアップされ、世界レベルで早急に対策を検討しなければならない最重要課題として認識されています。海洋マイクロプラスチックを将来的に解決する手段の一つとして、海洋中の微生物が分泌する分解酵素によって二酸化炭素と水にまで完全に分解される「海洋分解性プラスチック」の開発が望まれています。

### 研究開発の内容と目標

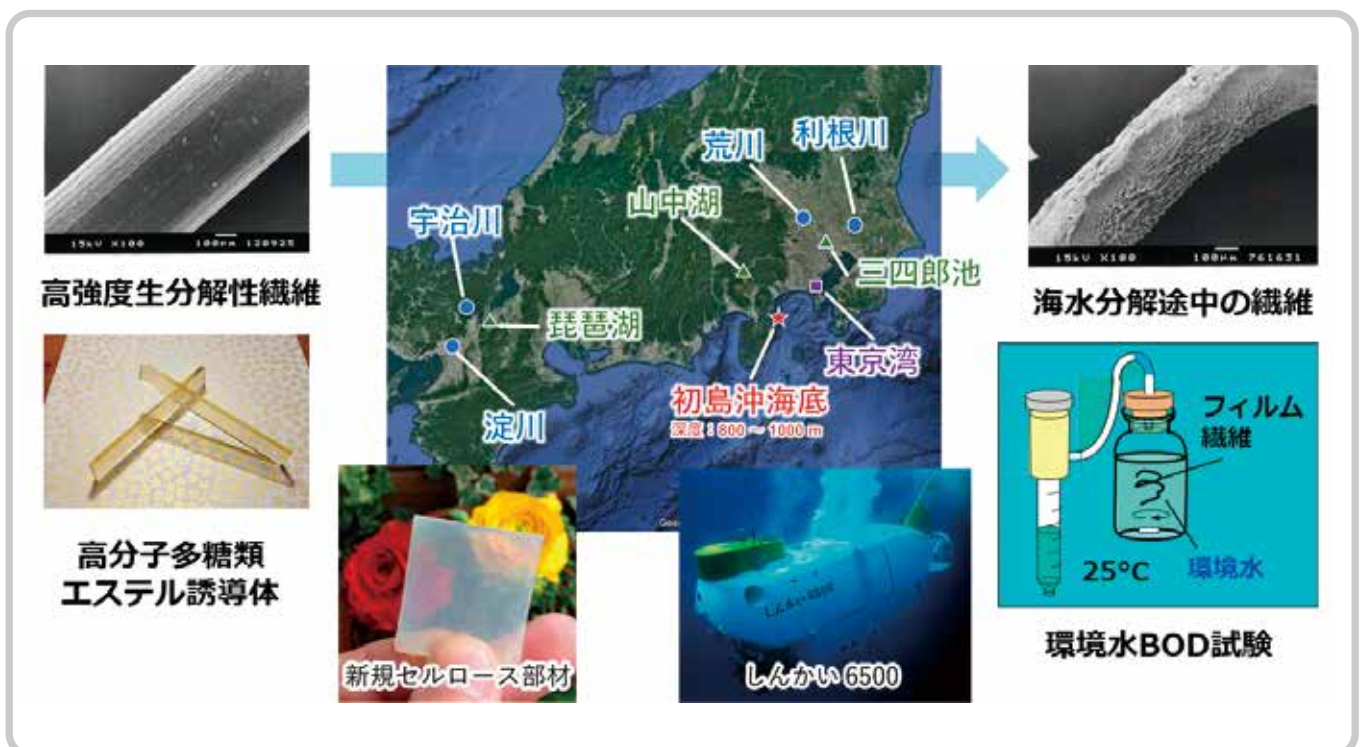
海洋中で分解する「海洋分解性プラスチック」の種類を増やすことは、最も重要で急務な課題です。本研究では、研究チームが開発している様々な組成を有する微生物産生ポリエステル、様々な種類とエステル置換度を有する高分子多糖類エステル誘導体、結晶構造の異なるセルロース繊維と部材を、深度800~1,000mの深海に実際に設置・保持し、その分解性を評価します。同時に、海水、湖水、河川水を採取し、BOD試験により実験室による環境水分解試験を行います。さらに、深海の泥土や環境水からプラスチック分解微生物および分解酵素の単離・精製に着手します。

### 研究開発項目

1. 様々な生分解性プラスチック成形品の作製
2. 初島沖深海における海洋分解性評価
3. 岸壁における海洋分解性評価
4. 海水・河川水・湖水を用いたBOD生分解性評価

### 研究開発の実施体制

国立大学法人東京大学  
 国立研究開発法人海洋研究開発機構  
 国立大学法人京都大学





## 太陽光の超広帯域利用のための有機・無機複合波長変換シートの開発

Organic-inorganic hybrid wavelength converting sheet for ultra-wide band usage of sunlight

### 研究開発の背景

太陽電池などの光電変換デバイスは、太陽光スペクトルの長波長領域では光電変換能力を有しないため、この領域の光エネルギーが未利用のままである。これら未利用の波長領域の光を、変換効率が最大となる波長領域に変換できれば、種々の光電変換デバイスの変換効率の限界を超えることが可能になると考える。

そのためには、長波長領域の低エネルギー光を短波長の高エネルギー光に変換可能な技術(光アップコンバージョン技術)が必要である。光アップコンバージョン技術には、無機系、有機系の材料を用いたものがあるが、それぞれ性能上の課題があり、単独或いは単なる複合では要求性能を満たすことができない。

### 研究開発の内容と目標

光アップコンバージョン能を有する無機系、有機系材料のそれぞれの特性を改善しつつ、機能的に複合し、近赤外光を光電変換デバイスの効率上有効な短波長領域の光へ変換可能な有機・無機複合一体型シート状材料を開発する。

目標としては、代表的な光電デバイスである結晶シリコン太陽電池において未利用となる1100~1600nmの広帯域光エネルギーを一旦980nmの波長に変換、さらに種々の太陽電池種が発電可能な800nm以下の短波長光に変換可能なシート状素材を開発し、両面CIGS太陽電池に実装して効率向上を実証する。

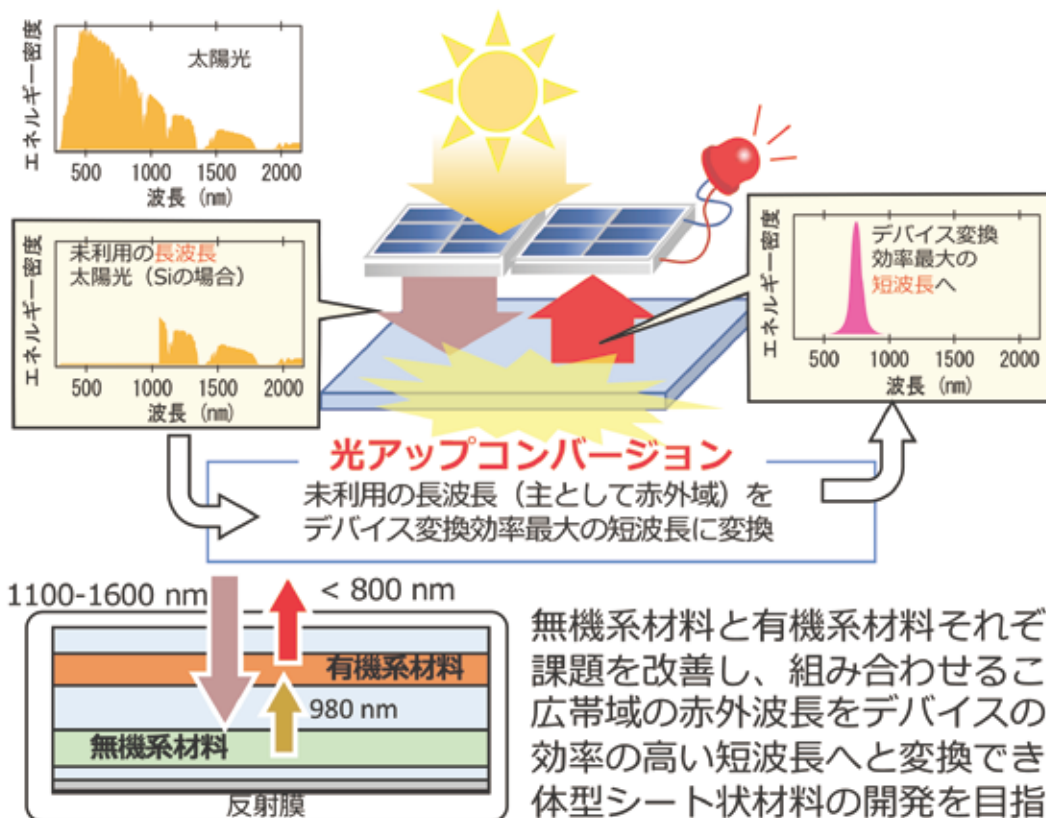
### 研究開発項目

1. 統合的アップコンバージョン材料技術の開発
2. 太陽電池における出力電流向上の実証の検討

### 研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所  
学校法人立命館立命館大学

## 光アップコンバージョン(UC)による デバイス限界を超える全太陽光利用



## メチルシクロヘキサンの直接利用を実現する中温作動燃料電池の開発

Development of intermediate-temperature fuel cells for direct utilization of methylcyclohexane

### 研究開発の背景

低炭素社会の実現およびそれに伴う再生可能エネルギーの大量導入には、水素をエネルギー媒体とする社会の構築が不可欠です。有機ケミカルハイドライド法を利用した大規模水素貯蔵輸送システムはこの要請に合致し、既にメチルシクロヘキサン/トルエン(MCH/TOL)系で技術実証が完了しています。しかし、MCHからの水素の取り出し(脱水素反応)には比較的大きな吸熱を伴うことから外部熱源を必要としており、熱源のコストと使用に伴うCO<sub>2</sub>排出量の増加が課題となっています。

### 研究開発の内容と目標

本プロジェクトでは、メチルシクロヘキサン(MCH)の直接利用を実現する革新的エネルギーデバイスとして400℃以下で作動する中温作動燃料電池の開発を目指します(現状では、本電池に適用できるプロトン伝導性固体電解質等の主要構成材料は皆無ですので、この開発に基礎的に取り組まれます)。中温作動燃料電池とMCH脱水素反応系との動作温度を近づけ、両反応デバイスを組み合わせることで、熱収支・コストバランスに優れた高効率エネルギー変換システムを構築します。これにより、MCHから直接発電できる安全性の高い分散大型発電の実現と、大幅なコスト低減の両立を狙います。

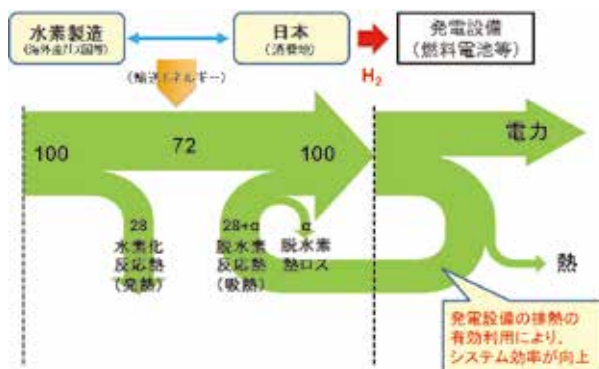
### 研究開発項目

1. 新規プロトン伝導性固体電解質の開発
2. 触媒・電池統合システムの基礎検討
3. MCH直接型燃料電池システムの課題抽出

### 研究開発の実施体制

国立大学法人京都大学  
千代田化工建設株式会社

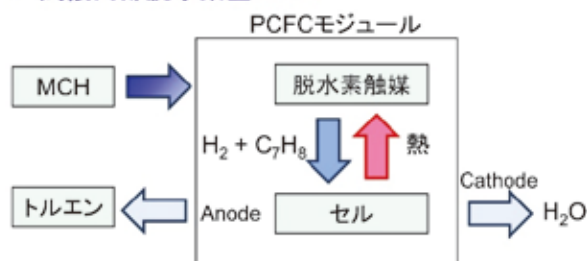
#### 現行システムのエネルギー収支イメージ



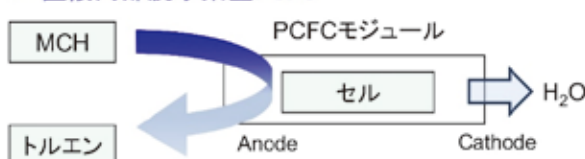
- ✓ 中温作動燃料電池(400℃以下作動)を新規開発(プロトン伝導性固体電解質の開発など)
- ✓ 本燃料電池とMCH脱水素触媒系を接続して統合システムを構築  
⇒ 熱収支・コストバランスに優れた高効率エネルギー変換システムの実現
- ✓ MCH燃料電池システムの概念検討

#### 最終的な開発システムの概念

##### > 間接内部脱水素型PCFC



##### > 直接内部脱水素型PCFC



## 車載用蓄電池の内部状態解析に基づく診断技術の研究開発

Diagnosis of electric-vehicle battery based on its internal state analysis

### 研究開発の背景

CO<sub>2</sub>排出量低減に向けて、電気自動車EVの市場成長が期待される中、中古EVの価値診断や、中古EV蓄電池の定置用等への再利用を進めることの重要性が高まっています。しかしながら、中古蓄電池の健全性(SOH)、ひいてはその価値を明示する信頼性の高い診断技術はまだ存在していません。現在、作動履歴データの蓄積によるSOH診断検討が進められていますが、電池内現象との結びつけが困難で汎用性に欠けるという課題を有しています。またEV使用者に安心感を与える充電状態(SOC)を知る診断技術も、現状では不十分です。そこで本研究開発では、科学的根拠に基づくSOC/SOH診断技術の確立にチャレンジします。対象には、現行の電解液系リチウムイオン電池(LIB)に加え、将来の活躍が見込まれる全固体LIBを含めて、検討を進めます。

### 研究開発項目

1. 電池加速劣化と充放電データ解析の技術開発
2. 先端解析を用いたその場LIB診断技術開発
3. 電極表面解析に基づく劣化診断技術の開発
4. 矩形波インピーダンス法による診断技術の開発
5. 電池反応の要素解析技術の開発

### 研究開発の内容と目標

仕様の明らかなLIBを制御された条件において加速劣化させ、劣化前後の充放電データ解析によりセル状況を見極めた後、その場中性子回折による正負極同時解析、分子プローブによる電極表面解析を中心とする解析技術により、セル内に生じた均一・不均一な劣化状況と、その要因を明らかにします。次に、矩形波インピーダンスや電流パルスを始めとする摂動/変調解析をセルに適用し、短時間で得られるシグナルと、劣化状況/要因との関連性を明らかにすることにより、科学的根拠に基づくSOC/SOH診断技術を確立します。全固体LIBに対しても、電解液系LIBとの相違点を踏まえつつ、診断技術の展開を図ります。最終的に作動履歴データ解析等の既存手法とも組み合わせ、汎用性と信頼性の高い診断技術として完成させます。

### 研究開発の実施体制

国立大学法人東京工業大学  
 国立大学法人京都大学  
 学校法人早稲田大学  
 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
 一般財団法人電力中央研究所

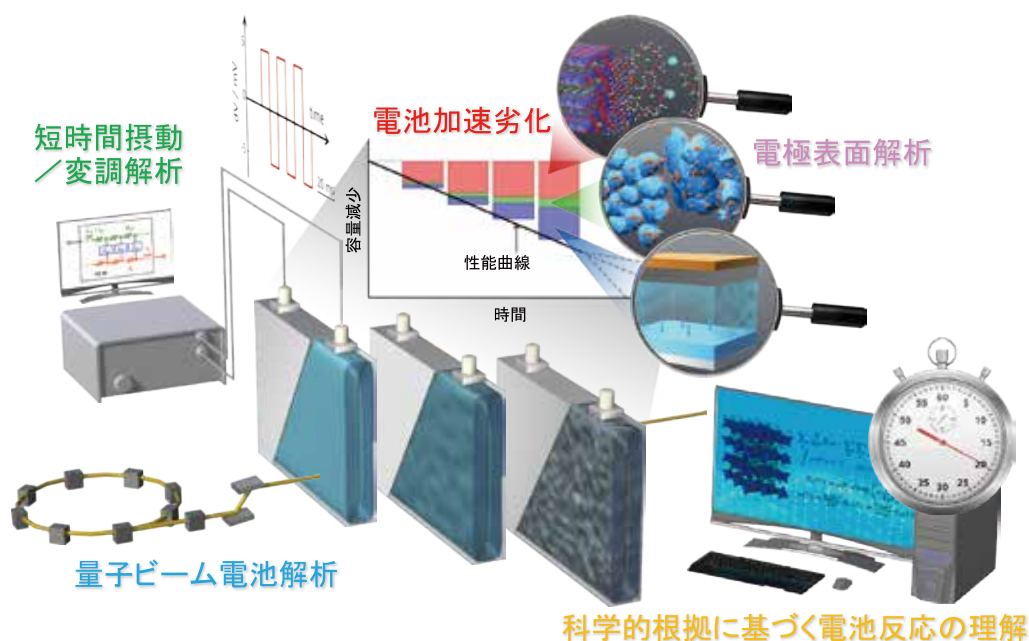


図 状態要因解析と短時間摂動/変調解析を併用する短時間診断技術の開発

## 異種材料集積による10テラビット級低消費電力光伝送デバイス技術開発

10-Tbps Low Power Consumption Photonic Transceiver using Heterogenous Integration

### 研究開発の背景

2030年超にはAI(人工知能)やビッグデータ技術の普及により、広域ネットワークの情報伝送量は現在の数十倍以上が見込まれます。これに対応するため光伝送装置のキーデバイスである光トランシーバの伝送速度は、現製品の毎秒200ギガビットから2030年超には50倍の毎秒10テラビット級が要求されると考えられます。同時に低消費電力化も必須で、現状技術で実現可能と推定される消費電力から1/50の削減が必要です。

しかし半導体プロセス微細化限界などの理由により現状技術の延長線上での実現は困難です。従って新しいコンセプトによる高速・低消費電力の光伝送デバイス技術が必要となります。

### 研究開発の内容と目標

従来は困難であったシリコンとIII-V族半導体等の異種材料を集積化する技術を開発し、異なる材料のそれぞれの利点の活用と新性能を活かしたアーキテクチャ開発により革新的な高速・低消費電力の光デバイスを実現することを狙っています。本先導研究では、そのための基礎研究や要素技術開発を行います。

シリコンとIII-V族半導体の異種材料を集積する技術、新規コヒーレント伝送方式とそれを利用する送受信器アーキテクチャ技術を研究します。またポリマーやフォトリソグラフィを利用した次世代の新規構造光要素回路、高速伝送を有効利用するネットワークアーキテクチャの研究も行います。これら研究の成果を取りまとめ、将来の研究開発戦略を策定します。

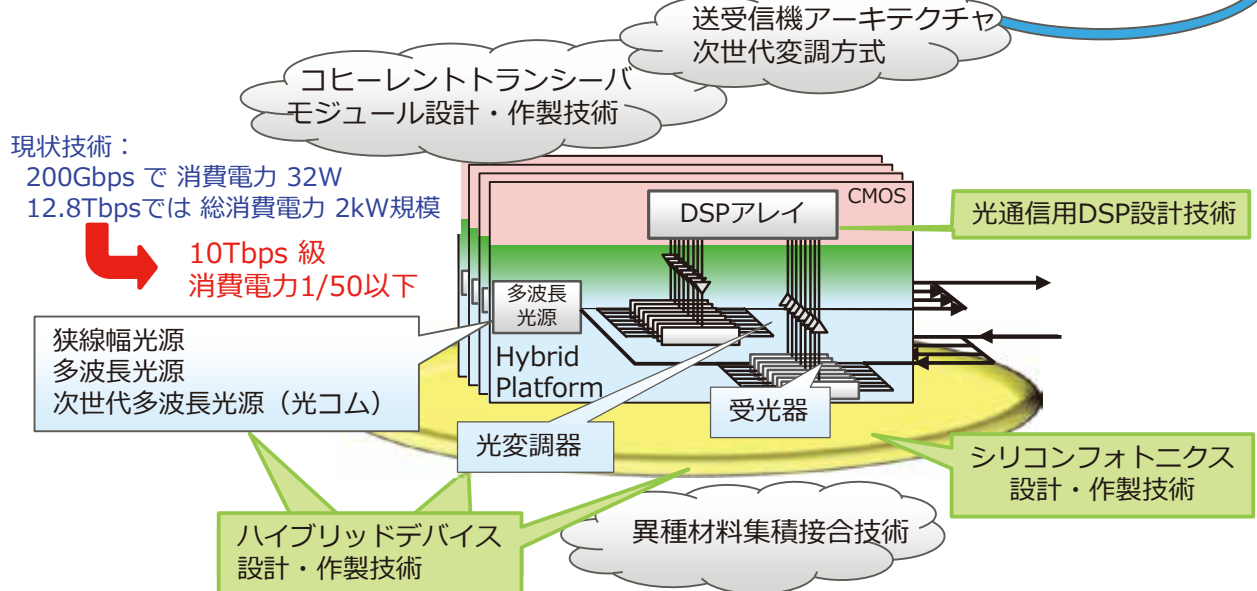
### 研究開発項目

1. 異種材料集積技術を利用した10Tbps級光集積デバイス作製技術の研究
2. 送受信器モジュールのアーキテクチャ・伝送方式の研究
3. 10Tbps級光インターフェイスを活用するネットワークアーキテクチャの研究
4. 国際標準化の調査研究

### 研究開発の実施体制

国立大学法人東京工業大学  
 一般財団法人光産業技術振興協会  
 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
 (再委託先)  
 国立大学法人東京大学  
 学校法人慶應義塾

### 高速低消費電力の光トランシーバのイメージ図と関連技術 (将来の国家プロジェクトでの開発を想定)



## 電磁波によるプロセスセンサー装置の研究開発

Sensor devices for thermal process monitoring based on electromagnetic wave propagation

### 研究開発の背景

産業プロセスにおいてエネルギーを大量に消費する「熱」について、これまで計測が困難とされてきた物性値、非接触・非侵襲での計測が求められる物性値があります。これらの計測を可能とすることで、より正確な制御によるエネルギーの有効活用を通じて省エネルギー化に貢献できます。産業での熱利用プロセスとして、乾燥、加熱殺菌、蒸気利用など様々な形態が挙げられ、それらのプロセスを制御するために重要となる物性値として「固体中水分率」、「芯温度」、「水蒸気量・流量」があります。本研究開発では、それらを非接触・非侵襲に計測すべくマイクロ波帯の「電磁波」を活用した新たなセンシング原理を開発します。

### 研究開発の内容と目標

「固体中水分率」、「芯温度」、「水蒸気量・流量」をワイヤレスで計測すべく、これらの物性値に応じて測定対象物の誘電物性が変化する現象をマイクロ波帯電磁波伝搬との相互作用として捉えます。その電磁波伝搬特性の特徴を活かし、1) 実際の測定対象物で想定すべき様々な形態に対応できる「振幅-位相解析」という独自評価法、2) 多波長観測による深さ方向の計測、3) 伝搬定数の複素数解析による水蒸気温度と圧力の分離計測、などの新たなセンシング原理を開発します。さらに、それらのセンシングに共通して必要となる基盤技術として、電磁波透過性セラミックスおよび温度応答性材料などの新規材料の研究開発も進めます。

### 研究開発項目

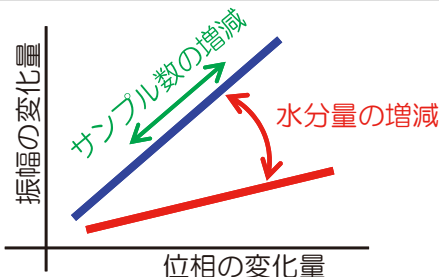
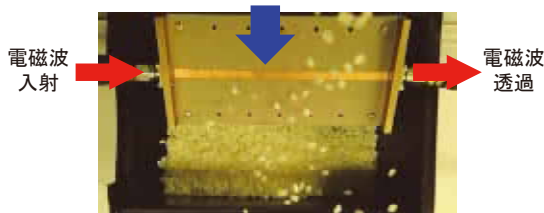
1. 固体中水分率センシング技術の開発
2. 芯温度センシング技術の開発
3. 水蒸気量・流量センシング技術の開発
4. センシング用新規材料の研究開発

### 研究開発の実施体制

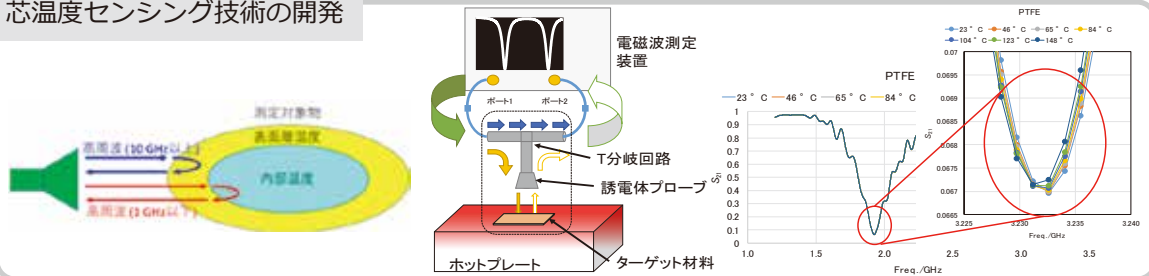
一般財団法人ファインセラミックスセンター  
 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
 学校法人名城大学

#### 固体中水分率センシング技術の開発

水分率の異なる測定対象（米）をセンサ上に流して測定

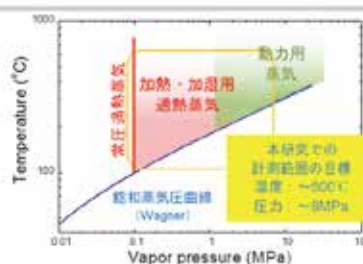


#### 芯温度センシング技術の開発



#### 水蒸気量・流量センシング技術の開発

電磁波透過性セラミックスも開発



## 超高温設備の革新的オンライン監視システムの開発

Online monitoring system for ultra-high temperature facilities

### 研究開発の背景

次世代火力発電プラントには再生可能エネルギーの出力変動調整の役割が期待されていますが、起動停止時や負荷変動時に生じる異常過熱によって伝熱管クリープ破断やエネルギーロスが生じやすくなるため、異常過熱箇所のリアルタイムでの特定が望まれています。また、化学プラントのような高温反応装置ではホットスポット検出や、ノズル溶接部に発生するき裂の監視が望まれています。しかしながら既存の高温用センサーは、計測精度、空間分解能、耐久性が低く、一般的なクリープ解析手法は計算に時間がかかることから、超高温設備の温度分布、ひずみ分布、き裂のオンライン監視とクリープ解析にもとづくリアルタイムでの余寿命評価は不可能でした。

### 研究開発の内容と目標

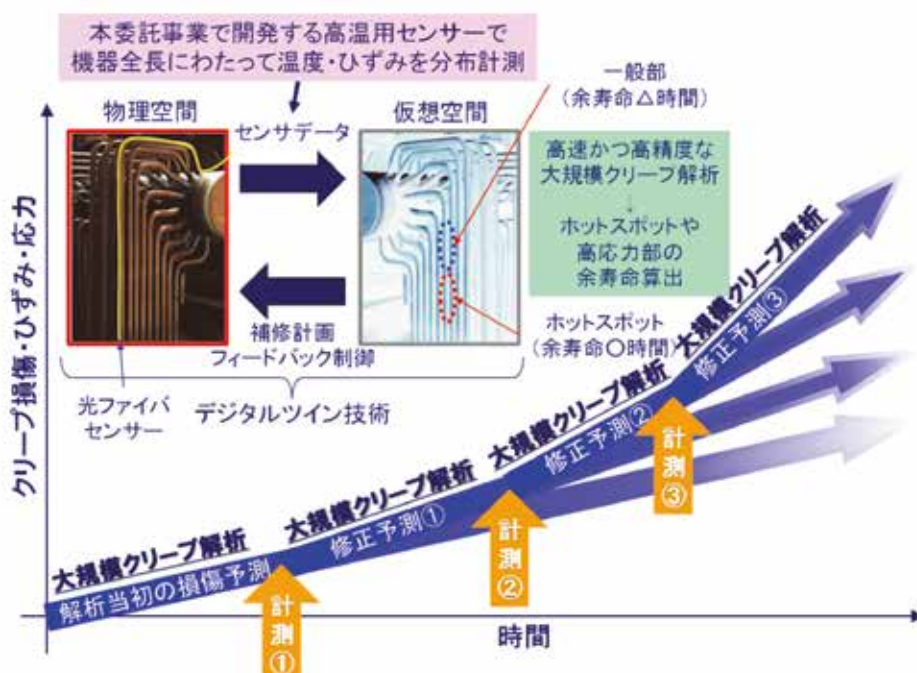
本研究開発では、750℃以上の高温下での安定的な計測を実現する光ファイバコーティング技術と、この光ファイバを使った温度・ひずみ・AEセンサー、10cmの分解能でリアルタイムでの温度分布計測を実現する光ファイバセンサー用信号処理技術、理想化陽解法FEMにより従来比100倍以上の高速化を実現することで実構造のクリープ解析を可能にする技術の開発を目指します。将来的には、動作中の超高温設備をデジタルで完全に再現するデジタルツイン化を実現し、リアルタイムの状況把握にもとづく余寿命管理や動作への高精度なフィードバックによる省エネルギー化を目指します。

### 研究開発項目

1. 光ファイバセンサーの空間分解能向上のための信号処理技術の開発
2. 光ファイバを750℃で長期間使用可能とするためのコーティング技術の開発
3. 750℃で長期間使用可能で計測精度の高い光ファイバセンサーの開発
4. 大規模クリープ解析技術およびそれを用いたデジタルツイン技術の開発
5. オンライン監視システムの構築および実証

### 研究開発の実施体制

一般財団法人電力中央研究所  
中国電力株式会社  
北海道電力株式会社  
公立大学法人大阪大阪府立大学  
沖電気工業株式会社  
非破壊検査株式会社



革新的オンライン監視システムによる超高温設備の余寿命管理・フィードバック制御

# 流況可視化機能をもつリアルタイム超音波パルス混相流量計の開発

Realtime Ultrasonic Multiphase Flowmeter with Flow Monitoring Functions

## 研究開発の背景

気体・液体・固体が混在した混相流に対する流量計がない。このため資源、エネルギー、化学、バイオなどの産業工程で必要な流れの制御技術の開発に支障が出ている。さらに混相流は非定常性と三次元性に富み、今日までに普及した単相流用の流量計では代替できないという問題がある。そのため従来までは、各相の流量は巨大な相分離施設や、圧力脈動を伴う相混合デバイスを介して計測するという方法が採られてきた。この方法では巨額投資が行われる原油プラント以外では採算がとれず、新しい資源開発や、稼働中のプラントへの導入が難しい。

## 研究開発の内容と目標

先の問題を解決するため、本研究では超音波パルス信号として発見された新機能を導入し、混相流の成分別体積流量を時間の関数として出力する新しい流量計を開発する。付随機能として相分布、界面分布、粒径分布、応力分布を同時に計測し、それら流況情報を出力する。開発する混相流量計は以下の特徴を有する。

- ① 流路形状を規定しない。助走区間が不要。
- ② 時間変化を捉える。フィードバック制御対応。
- ③ 対象とする液体に制限なし。物性不問タイプ。
- ④ 温度や圧力の厳しい環境に耐える。

## 研究開発項目

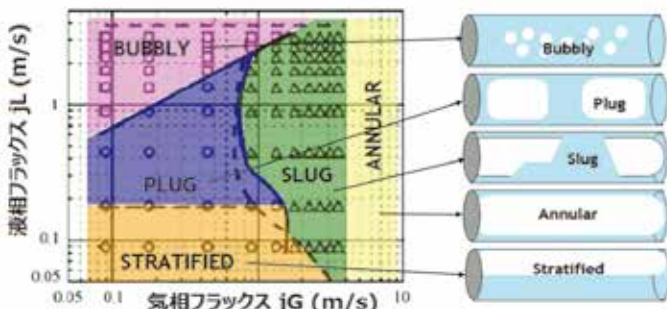
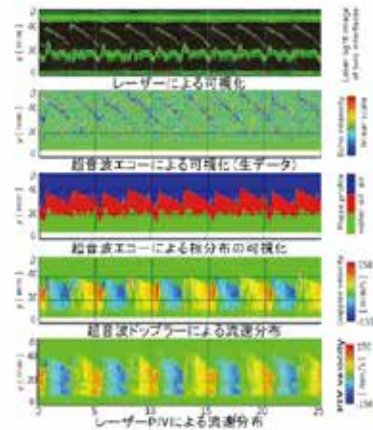
1. 超音波シグナルと混相流体力学法則のデータ同化型流量計の開発
2. 超音波ドップラー法による混相流の脈動物性測定技術の開発
3. 超音波パルスエコグラフィによる混相界面分布計測技術の開発

## 研究開発の実施体制

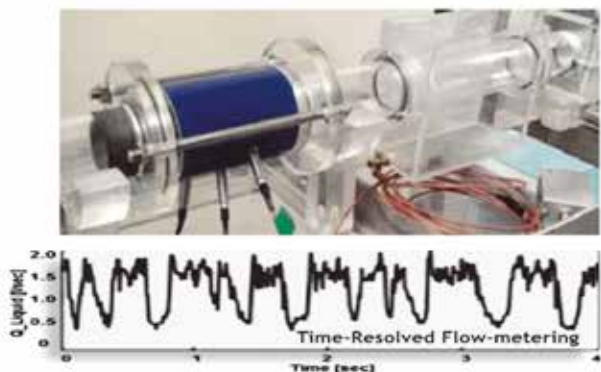
国立大学法人北海道大学  
 代表者 村井祐一(混相流ダイナミクス)  
 分担者 田坂裕司(物性分布の計測)  
 分担者 朴 炫珍(相分布の計測)  
 連携機関 スイス連邦工科大学チューリッヒ校、アズビル株式会社 ほか



	精度	時間分解能	流体物性	環境条件	流路自由度
液体	原子炉	水力発電	化学工業	宇宙産業	河川防災
	石油	揚水発電	食品工業	LNG輸送	下水管理
	水力		酪農(搾乳)	製鉄産業	
気体	都市ガス	プラント	混合気体	触媒工業	煙突流
	CO2取引	排ガス	ガス検知	希薄気体	太陽熱
	水素社会	病院		半導体洗浄	燃料電池
混相	油田	エアリフト	食品加工	深海用	相分離
	シェール	血液拍動	穀物輸送	無重力用	均質混合
	深海鉱物	消化器系	機能流体	蒸発器	汚泥処理



流路内の気液二相流の多様な流動様式に対応できる超音波パルス型のリアルタイム混相流量計を開発



気液二相スラグ流の液相流量の変動波形を直接計測

## 高温等過酷環境向けプロセスセンサの研究開発

Process sensor for harsh atmosphere such as high temperature

### 研究開発の背景

従来の圧電材料は300℃未満の温度領域において良好な圧電特性を示し、成膜プロセスをモニタする膜厚センサなどに用いられてきた。膜厚センサは、板状の圧電材料の表裏に高周波電圧を印加するための電極が形成された構造を有する。圧電材料基板の厚みで定まる共振周波数と一致する高周波電圧を印加することで共振する。センサの電極に微質量が付加すると共振周波数が変化し、その変化を捉えることで、ナノグラムオーダーの微質量変化を検出することができる。この原理を用いて、成膜された膜の厚みや、物質の吸着・脱離状態をモニタすることを可能にしている。なお、周波数の変化を捉えることから、周波数の温度変化に対する安定性が重要である。

### 研究開発の内容と目標

本研究開発は、既存材料では達成が困難な高温環境下のプロセス管理を可能にする高温プロセスセンサの実現を目的とする。特に本研究開発では、圧電材料の性能を最大限に引き出す最適な基板切断角及び電極形状を持ち、加えて従来の膜厚センサでは実現できていない広い温度領域にわたる周波数温度安定性を有する革新的センサを実現する。具体的には、プロセス温度において、周波数温度変化が少なくなるような基板切断角を選択し、高感度且つスプリアスの少ない最適な形状のセンサ素子を開発する。

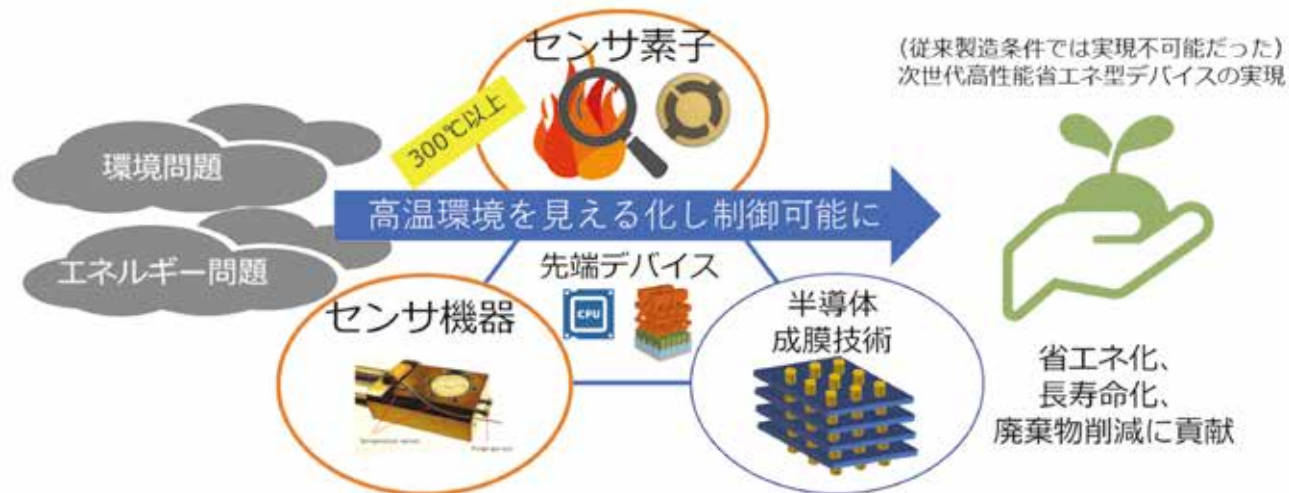
このセンサ開発により、成膜・高温処理などの半導体をはじめとしたプロセスの見える化を実現し、最先端デバイスの発展や「工場の見える化」による生産効率の改善及び低炭素社会の実現に貢献することを目標とする。

### 研究開発項目

1. 不要共振抑制技術の開発
2. 貼り合わせ構造の開発
3. 研究開発推進委員会の開催  
(国家プロジェクト化に向けた検討)
4. 高温対応の成膜プロセスセンサの市場調査

### 研究開発の実施体制

株式会社XMAT  
 国立大学法人東北大学 未来科学技術共同研究センター



図：高温対応成膜プロセスセンサの目指すところ



## 航空機向け高出力・高密度モータの技術開発

Technological development of high-power, high-density motors for aircraft

### 研究開発の背景

近年、世界で叫ばれている省エネルギー・CO<sub>2</sub>削減等の環境問題に対し、既存技術の延長とは異なる革新的な研究が求められている。その一つの解として航空機の電動化が挙げられ、国家プロジェクトとして取り組みが始まっている。

その様な背景の中、航空機用モータ、とりわけ推進系に使用できる小型・高出力モータの開発に取り組んでいる。

### 研究開発の内容と目標

航空機搭載用モータは小型・高出力が求められ、その指針として出力密度 (kW/kg) の高いモータを開発する。目標値は小型エンジンの出力密度を上回る、4 (kW/kg) とした。

モータ方式は、磁石配列、ロータ構造を従来のモータと異なるものを選定し、高出力化を図る。また、空冷にて連続出力を得られるよう、最適な内部構造と高熱伝導剤を採用する。

コントローラは、自動車用途の実装技術を全面的に活用し、航空機用途のものとのシナジーを図る。

本研究のスケールダウンモデルでの評価を通し、将来の高出力への対応を検討する。

### 研究開発項目

1. 高出力密度モータ技術の開発
2. 高出力密度コントローラ技術の開発
3. 航空機用モータ技術の策定

### 研究開発の実施体制

多摩川精機株式会社  
(再委託先)  
公立大学法人公立諏訪東京理科大学

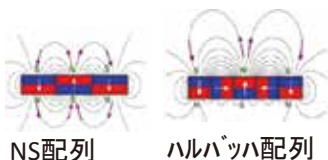


図 マグネット配列

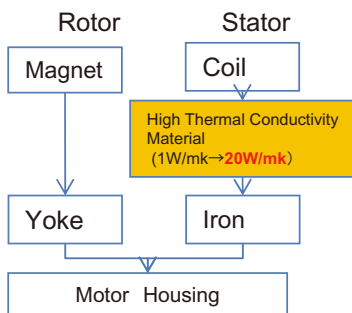
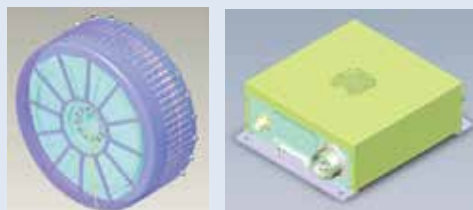


図 熱パス

### 高出力密度 Motor and Driver (製品イメージ)

出力: 20kW(将来的に500kW)  
出力密度: モータ 4kW/kg以上(8kW/kg以上目標)  
コントローラ 4kW/kg以上



モータ

コントローラ

Nest Power Device GaN SiC

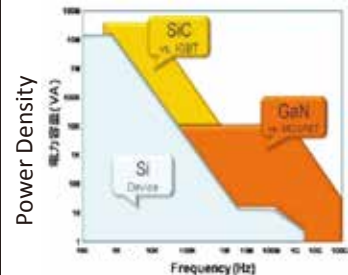


図 新デバイス

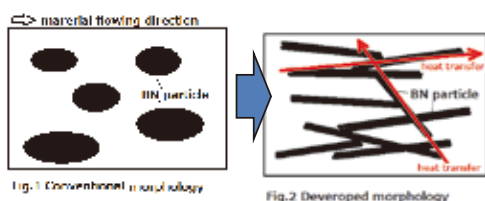


図 高熱伝導剤概念

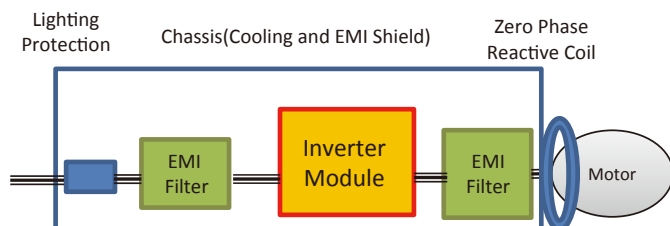


図 航空機技術と車載技術のシナジー

## 低CO<sub>2</sub>エミッション航空機実現に向けた 推進用高出力密度電気モータシステムの研究開発

High Power and High density Propulsion Motor System R&D for Low emission Airplane

### 研究開発の背景

航空機の需要が増加する一方で航空機によるCO<sub>2</sub>排出規制が強まっています。ICAO、IATAによる航空機CO<sub>2</sub>排出総量削減要求により2050年に2005年レベルの半減を目指す必要がありますが、従来技術の延長線上での実現は困難であり、その手段として航空機エンジンのハイブリッド化・電動化は有効な手段と考えます。

航空機の電動推進化において最重要システムである推進用モータとインバータについて、その高出力密度化に向けた研究開発を行うことで、CO<sub>2</sub>排出量削減の起点とすると同時に、我が国の航空機産業における国際競争力の強化につながります。

### 研究開発の内容と目標

モータ出力については小型電動航空機の搭載を想定した出力500kW、出力密度については現状500kW級の既存エンジンの出力密度4kW/kg程度を超える5kW/kg以上を目標とし、本事業においてモータとそれに対応するインバータの研究開発を行います。

さらに、モータ・インバータシステムとしての最適化に向けた、総合的な損失の調査研究を行います。


### 研究開発項目

1. モータ高出力密度化技術の研究開発
2. インバータ高出力密度化技術の研究開発
3. モータ・インバータのシステム研究開発
4. モータ・インバータの次世代高出力密度システム研究開発

### 研究開発の実施体制

シンフォニアテクノロジー株式会社  
国立大学法人名古屋大学

2019                      2020                      2021                      2022                      . . . . .                      2030

100席級の電動推進旅客機の実現 

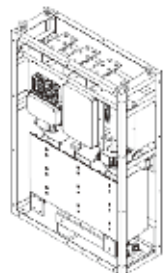
e-VTOLによるUrban Air Mobilityの実現に向けた機体開発の推進 

小型機のエンジン電動化の実現 

- ・モータ・インバータのシステム研究開発
- ・モータ・インバータの次世代高出力密度システム研究開発

#### インバータ

- ・インバータ高出力密度化技術の研究開発
- ・冷却最適化の調査研究
- ・筐体最軽量化の調査研究



#### モータ

- ・多極化（高周波化）モータの開発
- ・モータの冷却最適化技術の開発
- ・高性能磁気回路の研究調査



## MW級航空機電気モータ給電システムの技術開発

### MW-class Power System for Hybrid Aircraft

#### 研究開発の背景

2030～2040年の実用化が期待されるハイブリッド電化航空機の実現に不可欠な高パワー密度(小型・軽量)給電システムを取り上げる。

本検討では、SiCパワー半導体による電力変換器と液体窒素冷却の直流ケーブルから構成される1.5kV/2.5MW×2基(計5MW)級の給電システムを想定し、航空機メーカーとの意見交換等を通じた給電システムの仕様精査や、電力変換システムおよび給電システムの個別技術仕様の調整を進める。これに基づき、給電システムの概念設計ならびに小容量モデルによる原理検証試験を進め、当該システムの成立性を検証する。

#### 研究開発の内容と目標

SiCパワー半導体を航空機向け電力変換器に適用するための設計条件を明確化し、5MW級給電システム用電力変換器の仕様(回路方式、構成機器の容量など)を具体化する。また、液体窒素冷却の直流1.5kVケーブル本体および端末部の機械構造・冷却構造の設計を進め、直流送電ケーブルの技術仕様の具体化を図る。

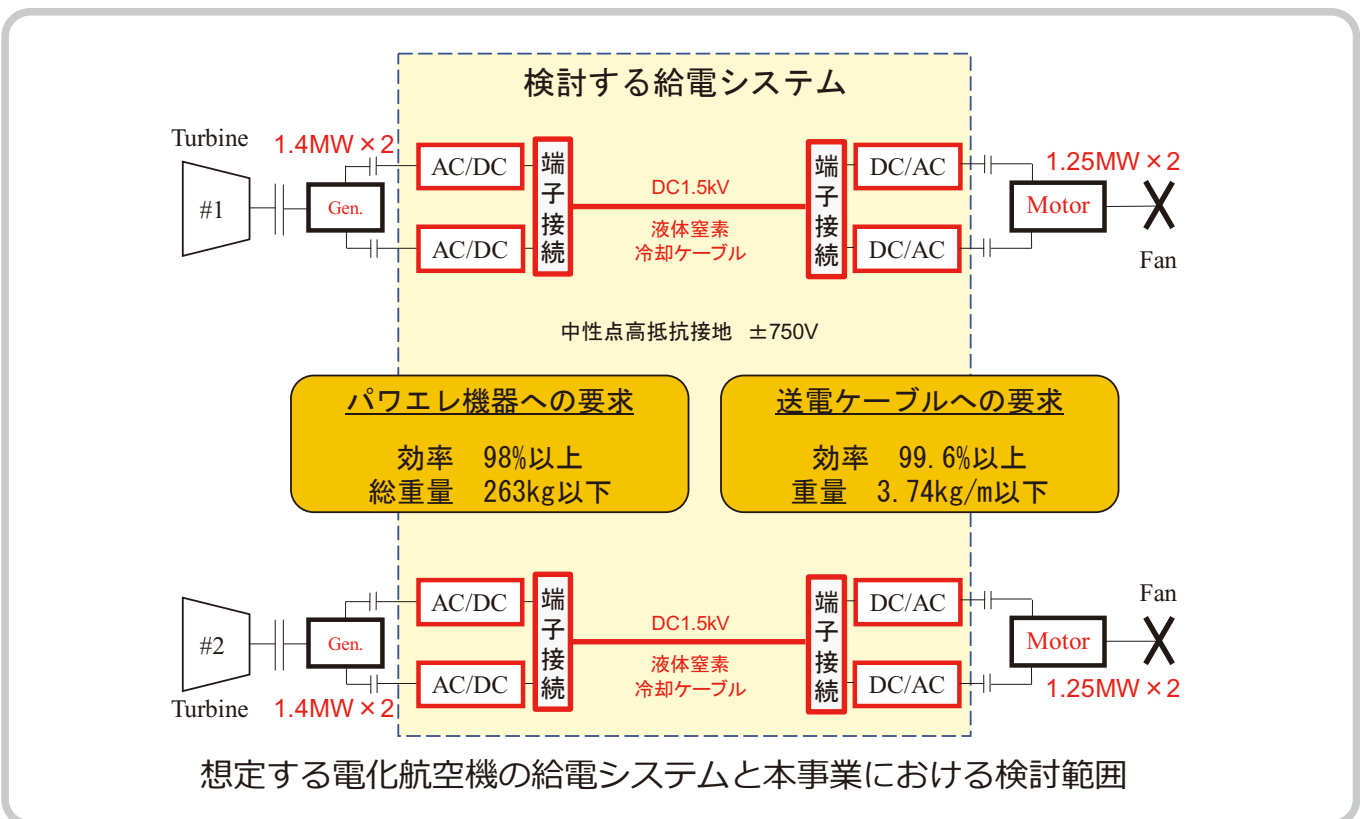
上記検討を通じ、航空機用5MW級給電システムの概念設計を提示するとともに、モデルシステム(直流0.6kVの小容量システム)を用いた性能評価試験を行い、高パワー密度化の観点から想定する給電システムの成立性を検証する。

#### 研究開発項目

- A. 航空機向け高パワー密度電力変換システム技術
  - A-1. パワー半導体のスイッチング性能評価
  - A-2. 高パワー密度電力変換器技術の開発
- B. 航空機向け高パワー密度送電システム技術
  - B-1. 航空機向け液体窒素冷却ケーブルの研究
  - B-2. 航空機電力ケーブル用超電導線材最適化の研究開発
- C. 統合システム技術
  - C-1. 最適給電システムの研究

#### 研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所  
株式会社フジクラ  
富士電機株式会社  
東芝インフラシステムズ株式会社  
国立大学法人東京大学  
国立大学法人京都大学  
(再委託先)  
東芝三菱電機産業システム株式会社



## アルミニウム素材の高度資源循環システム構築

Development of advanced recycling system for aluminum materials

プログラム設定のない研究開発テーマ

### 研究開発の背景

アルミニウム素材は新地金の温室効果ガス発生量が11.1 kgCO<sub>2</sub>-eq/kgと大きいのに対し、再生地金は0.45kgCO<sub>2</sub>-eq/kgと低く、資源の循環利用により環境負荷を大きく低減できます。一方、再生材は不純物の混入により低品位材へ再利用されており、今後需要が増える高純度の展伸材へは利用できないことが課題となっています。そのため、再生材の展伸材への利用を可能とし、マテリアルフローのボトルネックを解消することが求められます。これにより、新地金に比べ環境負荷の低い再生地金の利用へ転換、温室効果ガス排出量削減を達成し、最終的にはアルミニウム資源をほぼ循環利用する高度資源循環社会を実現することが求められています。

### 研究開発の内容と目標

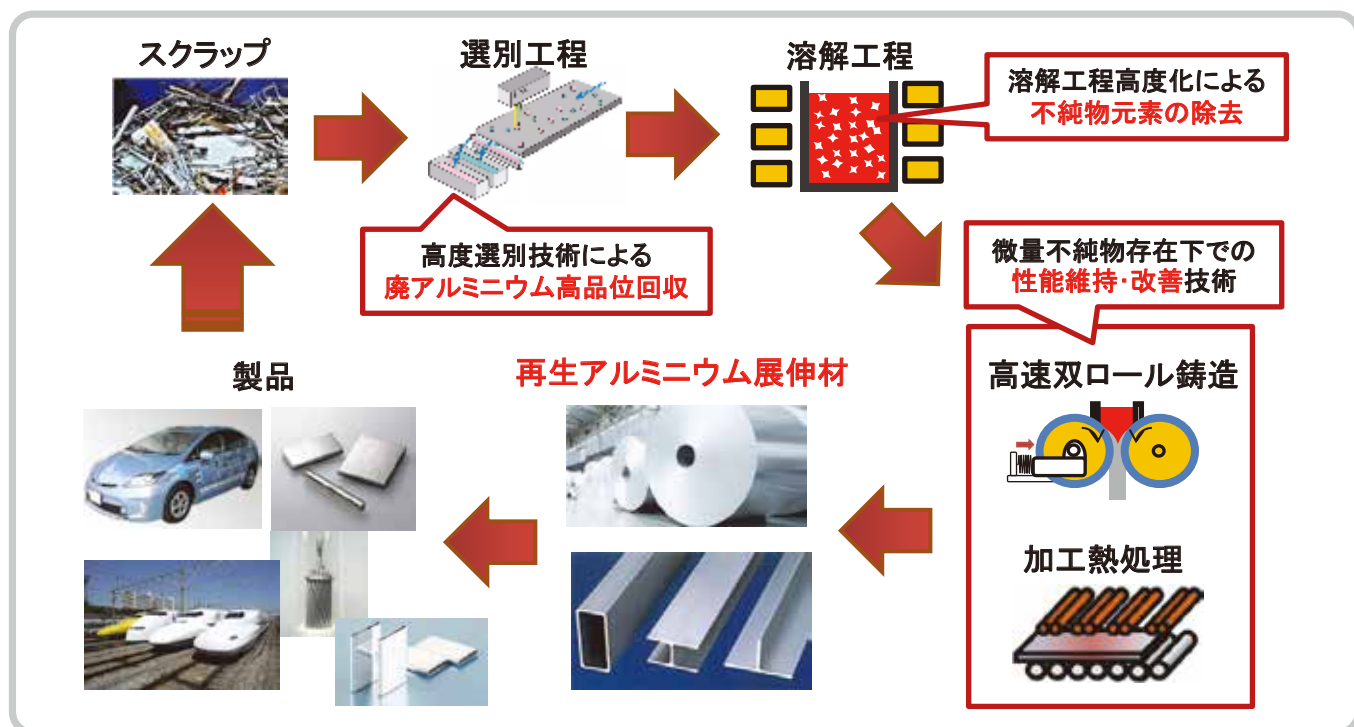
スクラップからの新たなマテリアルフロー構築を目標とします。スクラップは高度選別技術によって鉄・樹脂など異物を取り除くと同時に、高品位のスクラップを可能な限り選別回収し、既存の展伸材合金種へリサイクルします。一方、ここで選別された低品位スクラップは次の溶解工程高度化による不純物元素除去技術において不純物元素濃度の低い固体を分離し、再生地金とします。再生地金は、微量不純物存在下の材料性能維持・改善技術である縦型高速双ロール鑄造によって板材を作製します。得られた薄板材はそのままパネルなどに利用できるほか、加工熱処理によって更なる高強度化が可能であり、高強度材などへ利用できます。

### 研究開発項目

1. 高度選別技術による廃アルミニウム高品位回収技術の開発
2. 溶解工程高度化による不純物元素除去技術の開発
3. 縦型高速双ロール鑄造による微量不純物存在下の材料性能維持・改善技術
4. 加工熱処理による微量不純物存在下の材料性能維持・改善技術
5. 再生展伸材技術に関するLCA評価及び実用化と国家プロジェクト化に向けた検討

### 研究開発の実施体制

国立大学法人東京工業大学  
 学校法人千葉工業大学  
 国立大学法人九州工業大学  
 国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学  
 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
 株式会社UACJ  
 株式会社神戸製鋼所  
 三菱アルミニウム株式会社  
 昭和電工株式会社  
 一般社団法人日本アルミニウム協会



## アルミニウム循環社会に向けたドロスの発生抑制と高度機能材料化

Reduce and advanced recycling of aluminum dross for aluminum recycling society

### 研究開発の背景

アルミニウムは比強度や耐食性等に優れているため、特に輸送分野での使用においては燃費向上に伴う高いCO<sub>2</sub>排出削減効果をもたらすことができます。また融点が比較的低いため再溶解が容易であり、リサイクル性に優れています。

一方、アルミニウムの生産およびリサイクルプロセスでは、ドロスと呼ばれる副生廃棄物が大量に発生します。ドロスの発生は多量のCO<sub>2</sub>排出を伴い製錬したメタル分の損失となる等、極めて大きな問題です。またドロス中のメタル分や窒化物は火災や悪臭の原因になりますが、安価な資源化処理方法がないため、ドロスの処理は世界的に急務の課題となっています。

### 研究開発の内容と目標

本研究では、可能な限り現行のアルミニウム生産およびリサイクル設備を利用し、効果的にドロスの発生抑制を達成する技術の開発を目的として、ドロス生成メカニズムの解明を行います。

また不可避に発生したドロスを、付加価値の高い材料として資源化するための処理方法およびアプリケーション構築を目的として、ドロスの高度機能材料化試験を実施します。

さらに、本研究が提案するドロスの発生抑制および高度機能材料化プロセスの波及効果を、既存のアルミニウム生産プロセスおよびドロス処理プロセスと比較して評価します。

### 研究開発項目

1. ドロスの発生抑制
2. ドロスの高度機能材料化
3. アルミニウムの加熱溶解プロセス全体の評価

### 研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学



#### アルミニウム原料（インゴット、スクラップ）

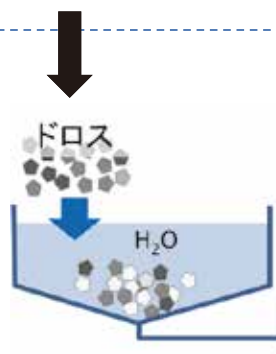


写真：アルミニウムの加熱溶解

#### ドロスの発生抑制

現在：溶解量の5～10%発生  
本研究開発の目標：溶解量の1%以下

（ドロス発生抑制による）  
高品質アルミニウム製品



図：ドロスの湿式処理

#### ドロスの高度機能材料化

湿式処理：悪臭の発生  
本研究開発：悪臭無排出型

（高度機能材料化による）  
セラミックス原料化等

## プラスチックの化学原料化再生プロセス開発

Development of Recycling Process of Plastics into Basic Chemical Raw Materials

プログラム設定のない研究開発テーマ

### 研究開発の背景

本事業は、汚染や異種プラスチック混合のため、マテリアルリサイクルに適さない廃プラスチックを対象に、基礎化学品(オレフィン、BTX等)に転換できる革新的なケミカルリサイクルプロセスを構築するために必要な要素技術を開発することを目的とする。

廃プラスチックを、既存の石油精製プロセスに投入する際に課題となるのは、複数のケミカルリサイクルプロセスを成立させることであり、廃プラスチックの種類の違いや、廃プラスチックを受け入れる石油精製設備の形式により条件が異なる。そこで、それらの条件を成立させるための要素技術の開発及びその組み合わせの検証をつうじて、プラスチックのケミカルリサイクルプロセスを構築する。

### 研究開発項目

1. 廃プラスチックと原油蒸留残渣油の共熱分解技術の開発
2. 共熱分解促進に向けた前処理触媒の開発
3. 廃プラスチックから基礎化学品を生成する触媒分解プロセス技術の開発
4. 廃プラスチックからの基礎化学品転換プロセスのライフサイクル評価

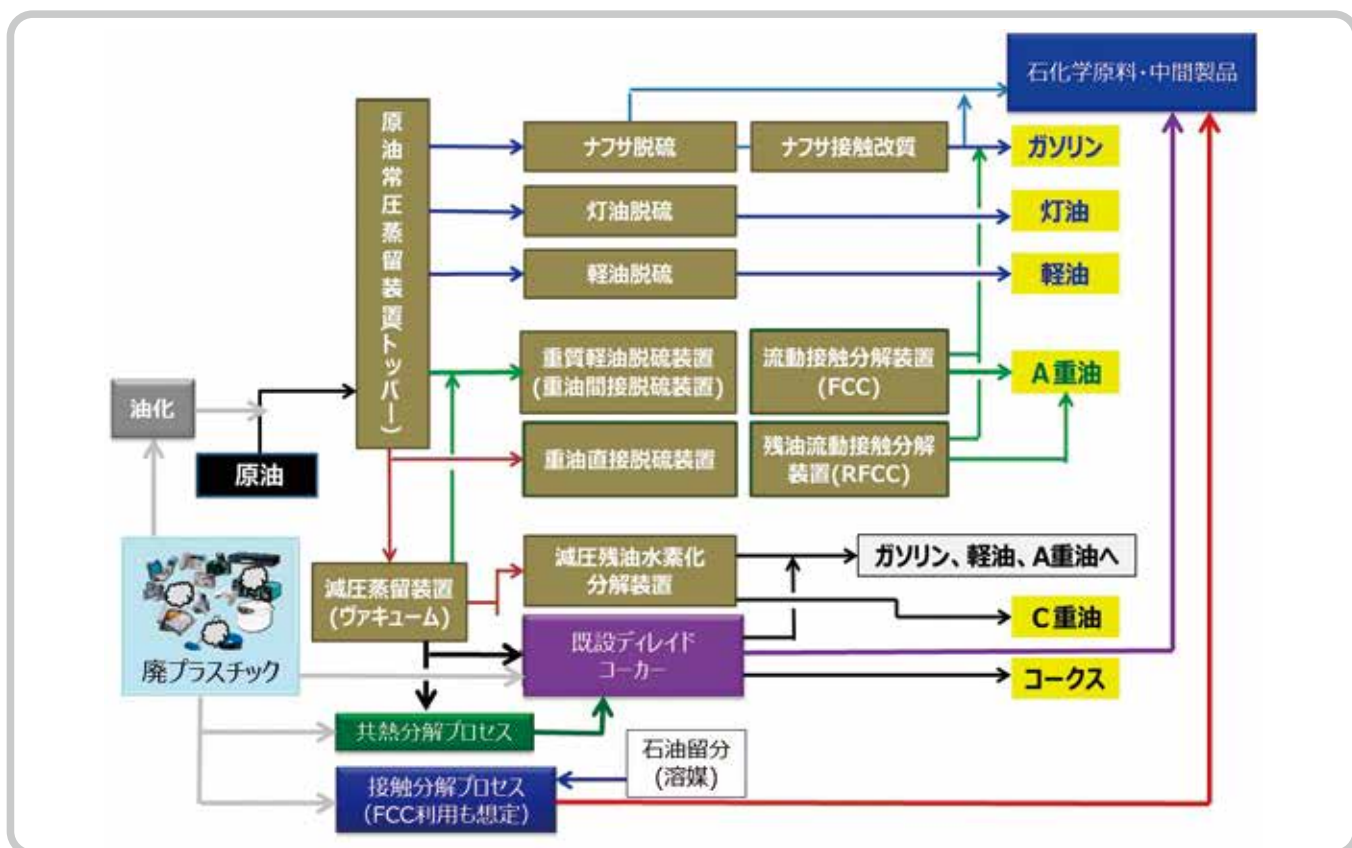
### 研究開発の内容と目標

マテリアルリサイクルに適さない(不純物を含む)廃プラスチックを対象に、既存コークー設備による廃プラスチックのケミカルリサイクル処理を想定して、プラスチックと原油蒸留残渣油を共熱分解し、プラスチックの石油化学原料化、及び残渣油の分解促進効果による軽質な分解油の収率増大、を同時に実現する共熱分解技術を開発する。

また、廃プラスチックから基礎化学品の収率を向上させるための新規触媒の探索及び前処理方法の開発を行うとともに、これらの最適な反応条件を探索する。また、新規開発触媒を用いた、新たな接触分解プロセスを探索する。加えて、得られた接触分解物を分析し、既存設備での受け入れ可能性を評価する。

### 研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学  
 国立大学法人弘前大学  
 国立大学法人東京大学  
 学校法人早稲田大学  
 JXTGエネルギー株式会社  
 出光興産株式会社  
 一般財団法人石油エネルギー技術センター



## プラスチックの高度資源循環を実現するマテリアルリサイクルプロセスの研究開発

Advanced material recycling process to realize high circular resource economy

### 研究開発の背景

プラスチック産業は全世界で年間3億tを生産する巨大産業である。しかしながらこれまでプラスチックの廃棄処理法が本格的に研究されてこなかったために、無責任に投棄されたプラスチックが世界の多くの地域で環境汚染を引き起こしている。この原因はこれまで効果的なリサイクル手法が確立していなかったためである。特に従来のマテリアルリサイクルでは、物性がバージン材に比べ大幅に低下するため、製品価値が低く、リサイクルの割合は極めて低い。

### 研究開発項目

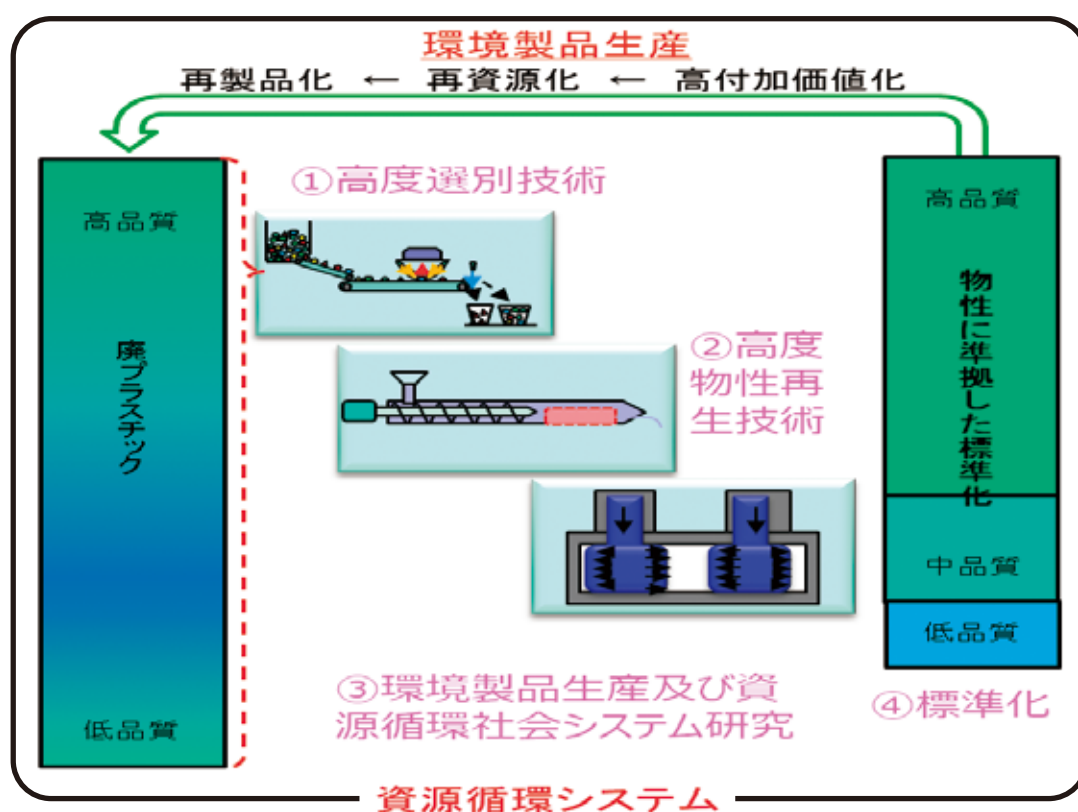
1. 廃プラスチックからマテリアルリサイクルを促進するための高度選別技術の開発
2. 廃プラスチックの高度物性再生技術の開発
3. 環境製品生産及び資源循環社会システム研究
4. リサイクル再生プラスチックの標準化

### 研究開発の内容と目標

本研究では、物理劣化・再生理論など最新の研究を適用し、廃プラスチックに対する選別・分離の高精度・高速化技術、ペレタイズ時の高性能化再生プロセス技術、成形加工時の高特異性化技術を開発して、バージン材並みの物性を示す材料に再生する革新的な技術開発を行う。また、これらの研究により得られるリサイクル素材の製品適用可能性を検討するとともに、再生材料の利用拡大に向けて、リサイクルプラスチックの標準化の検討を行うことを目的とする。

### 研究開発の実施体制

学校法人福岡大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人東京工業大学、国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学、国立大学法人山口大学、公立大学法人北九州市立大学、三菱電機株式会社、花王株式会社、凸版印刷株式会社、三光合成株式会社、旭化成株式会社  
(再委託先)  
国立大学法人神戸大学、国立大学法人九州工業大学、ライオン株式会社、メビウスパッケージング株式会社、いその株式会社、株式会社富山環境整備、株式会社プラスチック工学研究所



## 航空分野における現行接合以上の信頼性を達成する マルチマテリアル3D接合・最適成形技術の開発

Multi-material 3D joining and optimum molding technology for higher reliability than the current joining in the aviation field

### 研究開発の背景

CFRPなどの新規素材の開発により、航空機のマルチマテリアル化が進んでいます。さらに、3Dプリンティングを用いたアディティブマニファクチャリング(AM)への関心が高まっています。マルチマテリアル化とは、さまざまな材料のもつ長所を活かし、かつ短所を補うような設計思想といえます。このような材料設計を行う上では、実際にモノとして作っていくプロセス(フィジカル)と、それを評価できる解析ツール(サイバー)の融合が必要不可欠です。高い競争力を有する我が国の材料技術の先進性・優位性を維持するためには、フィジカルとサイバーの融合研究「航空分野における現行接合以上の信頼性を達成するマルチマテリアル3D接合・最適成形技術の開発」が必要です。

### 研究開発の内容と目標

航空機構造部材軽量化とコスト低減を実現し、AMの付加価値を高めるには、積層造形を利用したマルチマテリアル化によるデジタルデザイン実用化が課題です。本プロジェクトでは、金属(チタン64合金)とCFRPの接合・積層造形とデジタルデザイン実用化を目標に、課題1では、コールドスプレーを用いて、熱硬化性CFRPのプライマリーに金属粒子を超音速で衝突させ、成形する技術を開発します。課題2では、ホットプレス法により、金属のプライマリーに熱硬化性CFRPを圧着し、接合体の接合強度および界面強度の評価を行います。課題3では、3Dプリンターヘッドマニピュレーション技術開発により、金属のプライマリーに熱可塑性CFRPを自動配置する技術を開発します。

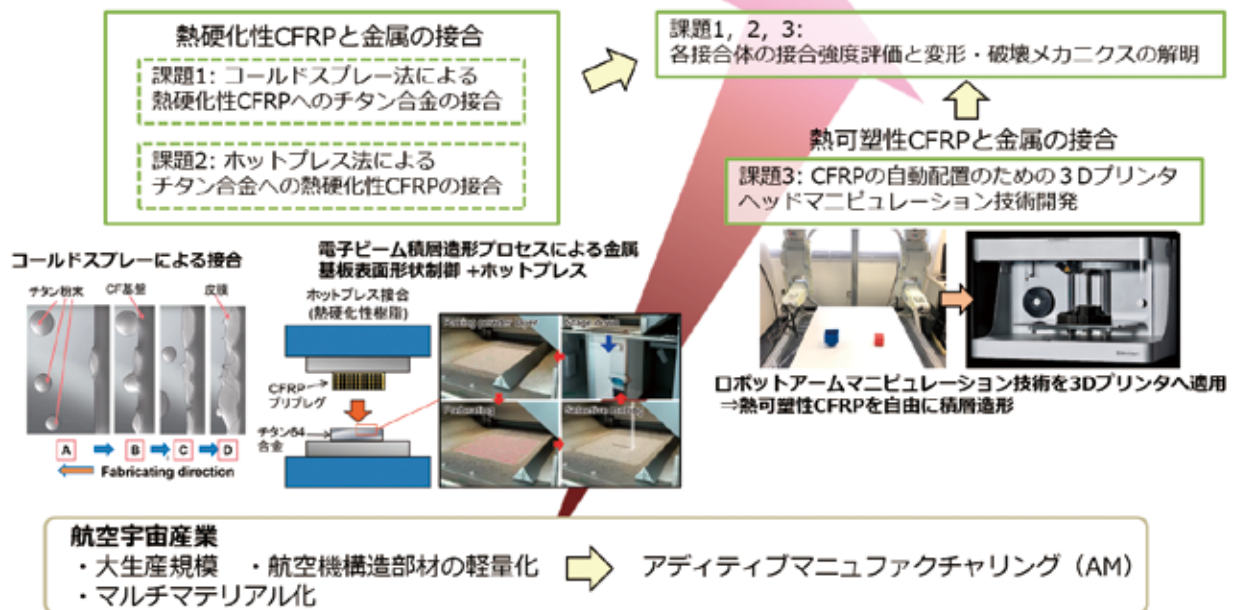
### 研究開発項目

1. コールドスプレーを用いた熱硬化性CFRP/チタン合金接合技術の開発
2. ホットプレス法による熱硬化性CFRP/チタン合金接合体の開発
3. マルチマテリアル化のための3Dプリンタヘッドマニピュレーション技術開発

### 研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学  
株式会社ジャムコ  
(再委託先)  
学校法人東京理科大学

## 航空分野における現行接合(機械的締結)以上の信頼性を達成する、 熱硬化性CFRPと熱可塑性CFRPの異種複合材シームレス接合・最適成形技術の開発





## 複合材マルチマテリアルによる高レート／低コストに対応した航空機構造の接合・最適成形技術の研究

Joining and forming technology for multi-type composite material enabling high rate / low cost production of aircraft structure

### 研究開発の背景

航空機へのCFRP適用は、その軽量で高強度な性質により消費燃料／CO<sub>2</sub>排出量の低減に効果があることから、今後さらに拡大する見込みです。

また今後20年で航空機の新規販売需要が大幅に拡大する中で、その大半はボーイング737／エアバスA320などの単通路機（細胴機）であるとみられており、これらの機種の後継機ではこれまで以上の高レート／低コスト生産が求められます。単通路機の主要構造の複合材化を想定する場合、これまでの熱硬化性CFRPでは高レート生産が困難であるため、これまでになく新しい複合材製造プロセスの確立が必須であり、その手段の一つとしてオートクレーブが不要でファスナレス接合が可能な熱可塑性CFRPに注目が集まっています。

### 研究開発項目

1. 積層・成形・接合技術の検討
2. 高レート／低コストに対応した接合・成形技術の選定

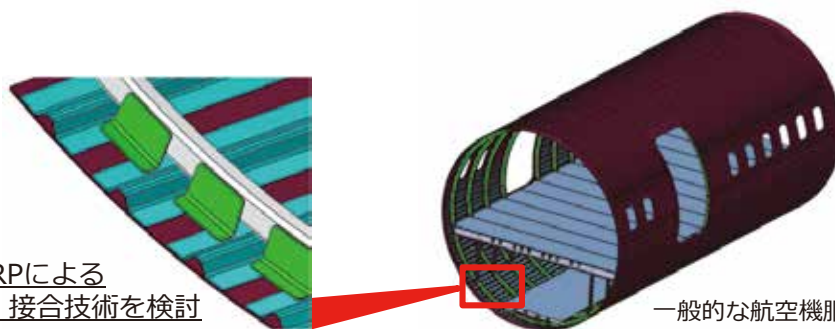
### 研究開発の内容と目標

現状の熱可塑性CFRPは航空機レベルの成形・接合品質に課題があり、一足飛びに実機適用することは困難な状況です。この状況を踏まえ、本研究では熱硬化性CFRPで蓄積された知見・経験も活用しつつ、熱可塑性CFRPの積層・成形・接合技術の検討・評価を行うことで航空機品質を満足する新しい製造プロセスの目途を立てます。その上で熱可塑性CFRP、熱硬化性CFRPおよびそれらを組み合わせるマルチマテリアル化を含めたトレードスタディにより、高レート／低コストに対応した接合・成形技術を選定します。

### 研究開発の実施体制

川崎重工業株式会社  
 (再委託先)  
 津田駒工業株式会社  
 (共同実施先)  
 学校法人金沢工業大学

熱可塑性CFRPによる積層・成形・接合技術を検討



一般的な航空機胴体構造（一部）

材料および製造プロセスについて、高レート/低コストの観点でトレードスタディおよび選定



## 次世代機体構造用CFRPハイブリッド技術の研究開発

CFRP hybrid welding technology for new generation aircraft structure

### 研究開発の背景

次世代のCFRP製民間航空機では、高い製造レートが想定されています。これに加えて、更なる省エネルギー、CO<sub>2</sub>排出量削減を達成するため、より一層の軽量化や、低コストでの製造技術が求められています。本研究では、これらの要求にこたえるべく、CFRP製航空機構造体の革新的な軽量化技術と高レート・低コスト製造技術を確立することを目標とします。

### 研究開発の内容と目標

左記目標の達成には、構造部材の接合/組立てにおいて、現行のファスナーによる機械的締結とは異なる溶着接合が有力な手段となり得ます。一方、航空機構造体に主に用いられている熱硬化性CFRPは、溶着接合は従来適用不可能でした。

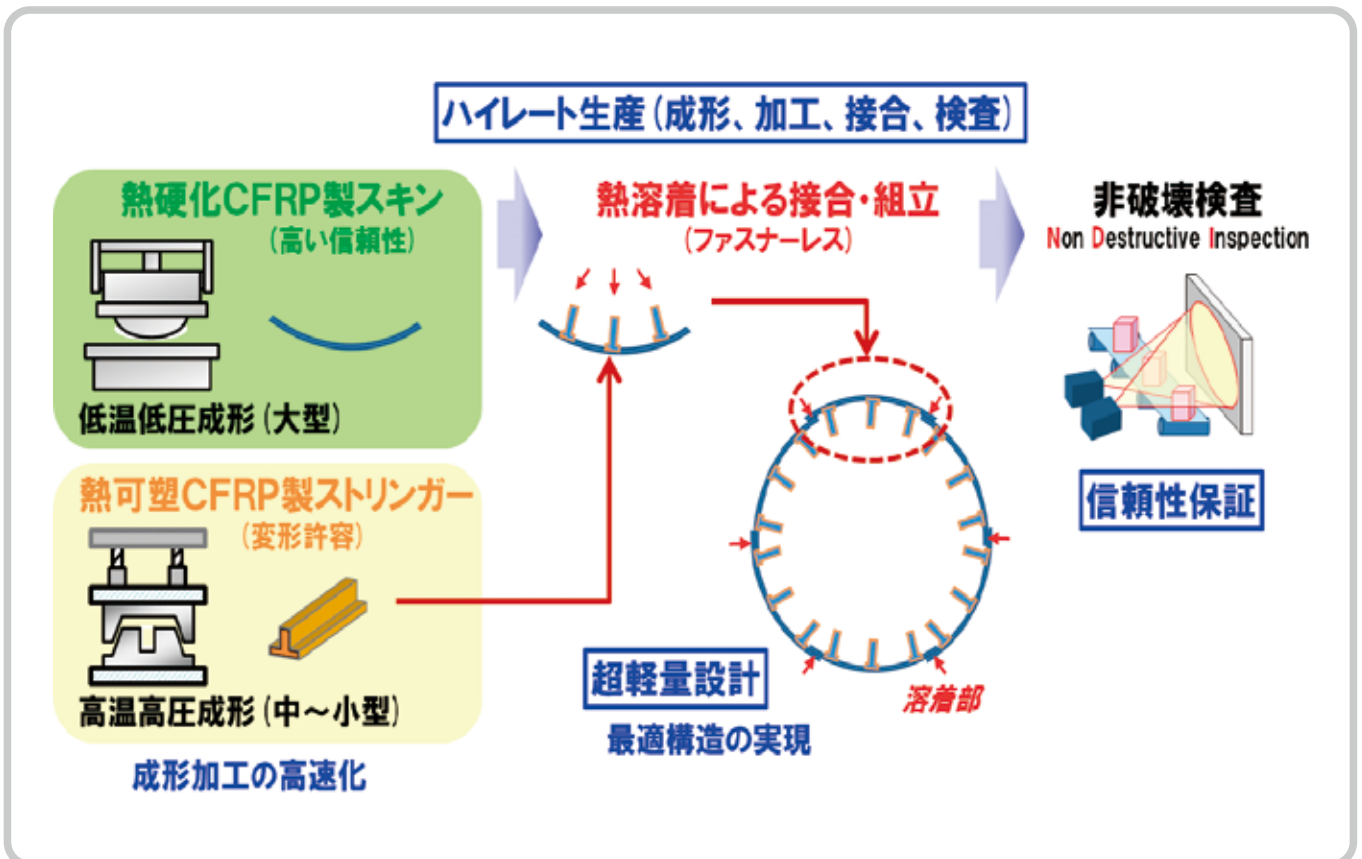
東レは、材料・プロセス設計により、熱硬化性CFRP部材と他のCFRP部材との強固な溶着接合を可能にした「ハイブリッド技術」を有しており、産業用途で既に実用化しています。本研究では、CFRPハイブリッド技術の航空機構造への適用を目標として、研究開発を行います。

### 研究開発項目

1. 異種CFRPによるマルチマテリアル化の有効性検証
2. CFRPハイブリッド技術の航空機構造への適用における課題抽出
3. ファスナーレス化の成立性の追求
4. 高レート製造技術の探索

### 研究開発の実施体制

東レ株式会社  
(再委託先)  
学校法人金沢工業大学  
国立大学法人東北大学



## 熱制御科学による革新的省エネ材料創製プロセスの研究開発

Innovative energy-saving material processing technology based on thermal science

### 研究開発の背景

金属、半導体デバイス製造においては、高温伝熱面を温度履歴の制御を行いながら冷却し、望まれる材料特性をもつ製品を製造します。冷却による温度履歴の制御は、材料特性を狙いの数値に保つために必須です。高温伝熱面の冷却には、液体から気体への相変化(沸騰)を利用した伝熱が使われますが、科学的に未解明であるため、高温伝熱面の熱制御は困難です。

高温伝熱面の熱制御は、現在のマルチヒートによる材料創製プロセスが、熱間圧延+冷却によるワンヒート化できる可能性があり、大きな省エネおよびCO<sub>2</sub>排出効果が見込まれます。

### 研究開発項目

1. 熱制御科学による革新的省エネ材料創製プロセスの構築
2. 表面性状の影響評価と急冷開始点の制御
3. 材料製造プロセス沸騰冷却中の濡れ開始モデルの構築・検証と搬送テーブル冷却への展開

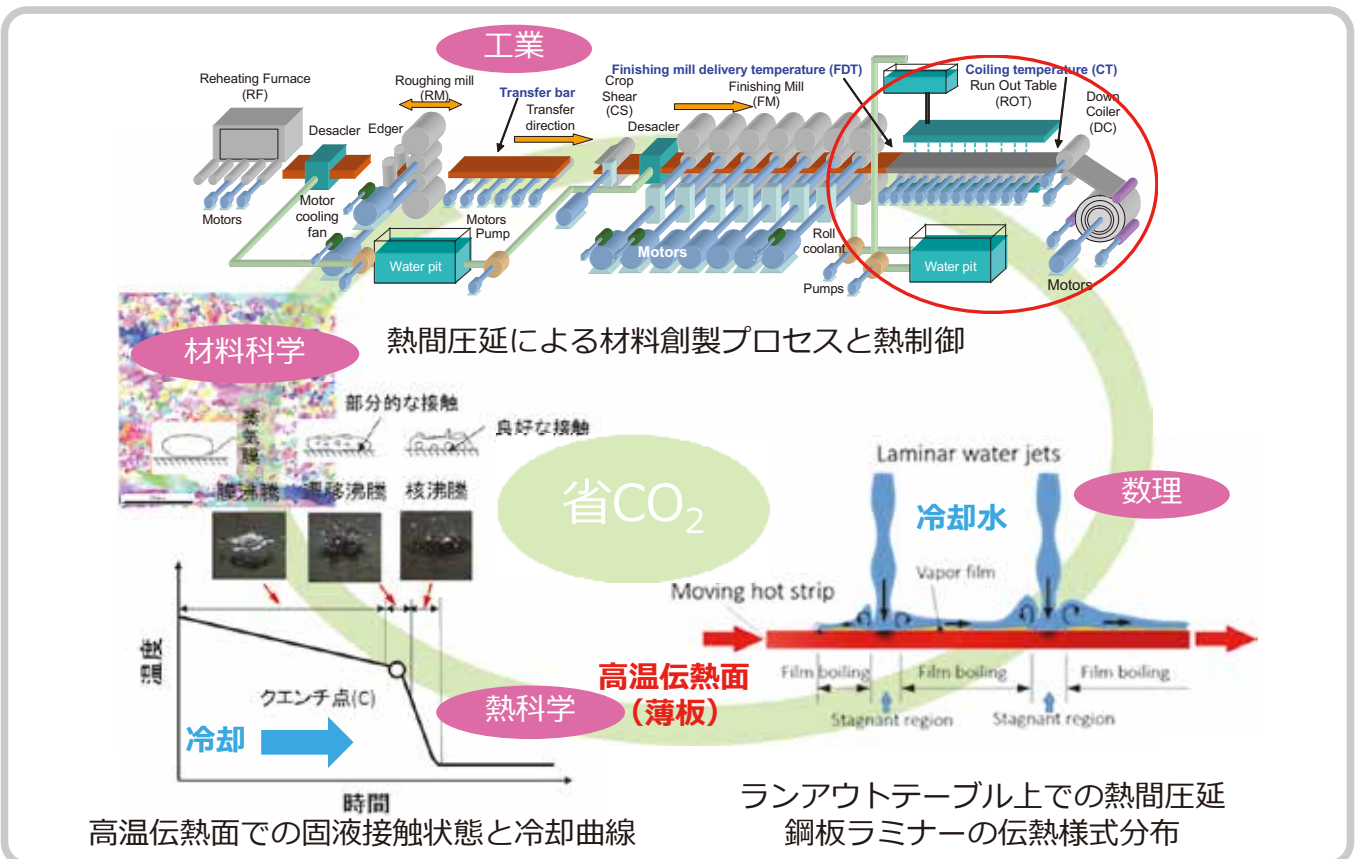
### 研究開発の内容と目標

本研究開発では、高温伝熱面での沸騰伝熱による冷却現象を解明し、高温伝熱面の省エネ表面冷却温度制御を、水を冷媒とした直接水冷・相変化(沸騰)により実現を目指し、3つの研究開発項目について、先導研究を行います。

先導研究の範囲では、熱間状態(1000℃以上)の鉄鋼材料の冷却による材料創製を取り上げています。クエンチ点を通過する相変化伝熱は、この分野で未解明の課題の一つです。この本質や成り立ちを明らかにし「手の内化」することで、様々な材料創製や冷却プロセスへの波及効果が期待できます。

### 研究開発の実施体制

- 国立大学法人九州大学(材料工学部門土山研究室)
- 日本製鉄株式会社
- 株式会社神戸製鋼所
- 国立大学法人東京大学
- 学校法人玉川学園玉川大学
- 学校法人工学院大学
- 国立大学法人福井大学
- 国立大学法人九州大学(機械工学部門河野研究室)
- 国立大学法人佐賀大学
- 国立大学法人京都大学



## 恒温鍛造用金型温度制御技術の研究開発

Temperature control technology of dies for isothermal forging

プログラム設定のない研究開発テーマ

### 研究開発の背景

今後、民間航空機市場は安定した成長が見込まれています。そのエンジンにはさらなる低燃費化、低エミッション化、低騒音化が求められており、燃焼ガスの高温化が進んでいます。航空機エンジンで最も高温高圧に晒される高圧タービンの最重要部品である高圧ディスクには高温強度の極めて高いNi合金が使用されています。そのディスク素材は塑性加工が難しく、組織制御上高精度な温度制御が求められているため、低酸素雰囲気中で金型と素材を同一の温度に加熱して鍛造する恒温鍛造という特殊な製造方法により海外で製造されています。

### 研究開発の内容と目標

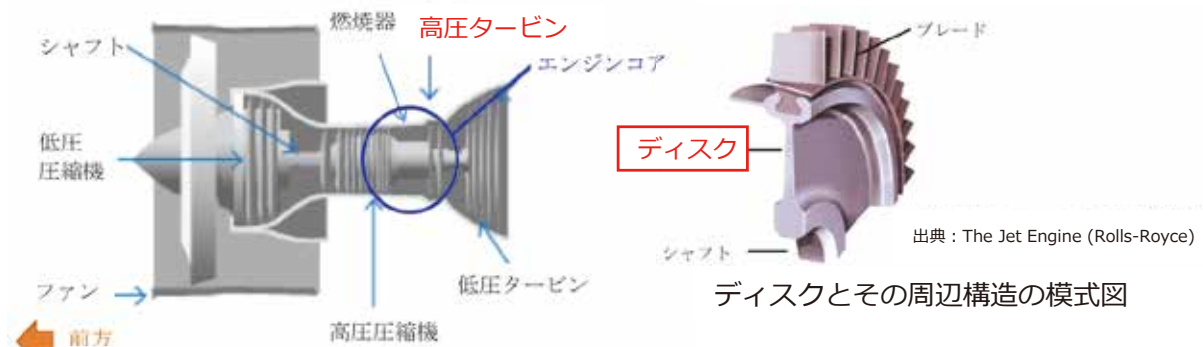
今後の需要増に対応するには、設備運用の柔軟性や生産性の高い恒温鍛造技術の国内での確立が求められています。従来の恒温鍛造設備では複雑なチャンバー構造や真空排気装置などの固定式の付帯設備を必要とします。これはMo合金製の金型が高温、酸化雰囲気では耐えられないことが大きな要因です。新たに開発する恒温鍛造設備では、あらかじめ開発した高温、酸化雰囲気に耐えられるNi合金製金型を用いることにより、汎用性の高い油圧鍛造設備に、密閉性の高いチャンバー構造を必要としない着脱可能な恒温鍛造用金型温度制御システムのみを付加導入することで実現することを目指します。

### 研究開発項目

1. 恒温鍛造用金型加熱ユニット設計技術の研究開発
2. 機械学習を用いた恒温鍛造金型温度センシング手法の理論的検討

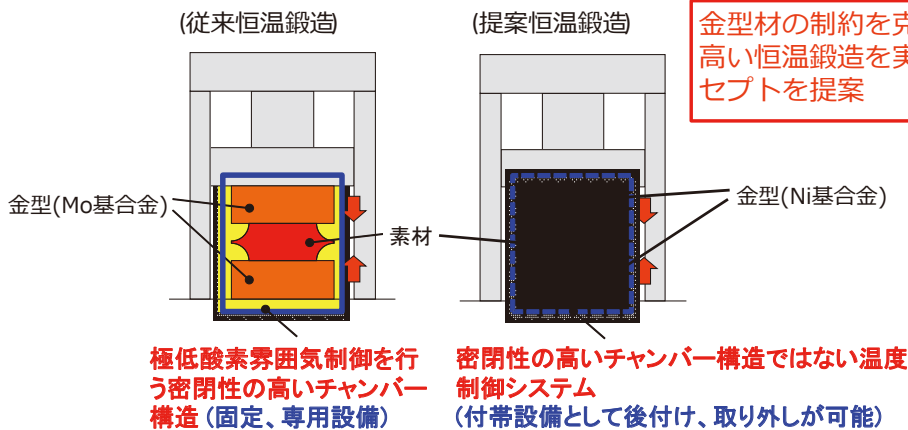
### 研究開発の実施体制

日立金属株式会社  
 国立大学法人岐阜大学



ターボファン型航空エンジンの断面図

ディスクとその周辺構造の模式図



提案する恒温鍛造のコンセプト

## 固相生成制御型回転式高耐久・高速熱交換器の研究開発

Active heat exchanger with high durability and performance by controlling precipitation

### 研究開発の背景

未利用熱回収や再生可能エネルギー利用では高効率・高耐久な熱交換器が求められています。

従来の「受け身的な採熱のパッシブ型熱交換器」の場合、地熱利用では「スケール」、潜熱蓄熱では「凝固層」、排熱回収では「凝集堆積物」などの固相が伝熱面に生成し熱移動を妨げるため定期的な分解清掃・更新が必要です。

本研究開発では、伝熱面への固相生成を抑制可能な「積極的に採熱するアクティブ型熱交換器」を開発します。

### 研究開発項目

1. 表面更新型回転円筒式熱交換器の開発
2. 蒸発系熱媒型回転円筒式熱交換器の開発
3. 温泉熱回収への適用試験
4. 耐久性調査、各種熱交換器との比較
5. 市場調査、課題抽出、ロードマップ作成

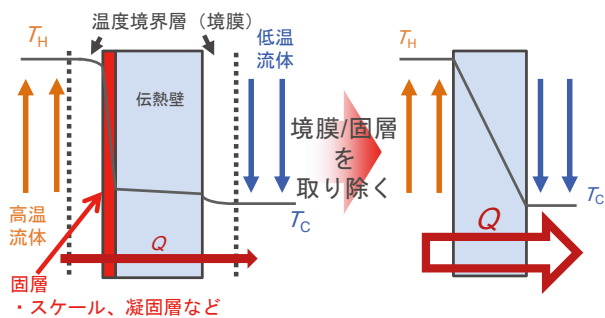
### 研究開発の内容と目標

回転円筒式伝熱管および固定羽根を用いて機械的に表面を掻き取ることで連続的に伝熱面を更新し、長期にわたり性能維持が可能な「固相生成制御型回転円筒式熱交換器」を開発します。

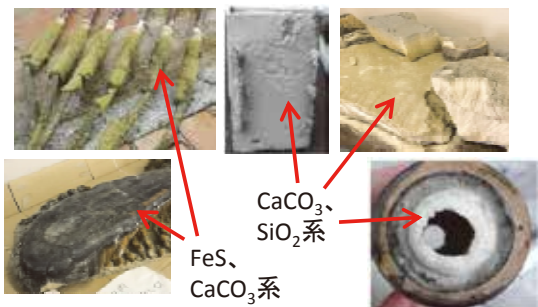
「温泉地での長期熱交換試験」「耐久試験」を行い、固相生成制御特性を実証するとともに、実用化に必要な課題の抽出を行います。また、「流動測定」「数値計算」を駆使した回転円筒式熱交換器の伝熱機構解明を行い、設計指針の確立および熱交換器の高性能化を行います。

### 研究開発の実施体制

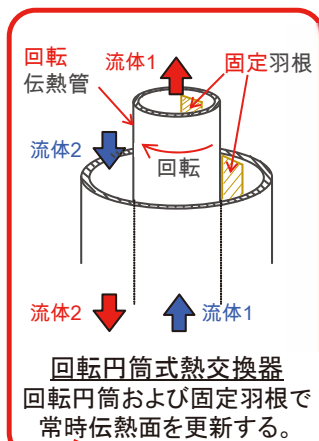
国立大学法人東北大学 多元物質科学研究所  
株式会社馬淵工業所



**固相生成制御型熱交換器のコンセプト**  
境界膜、固相を除去することで伝熱性能を革新的に向上させる。



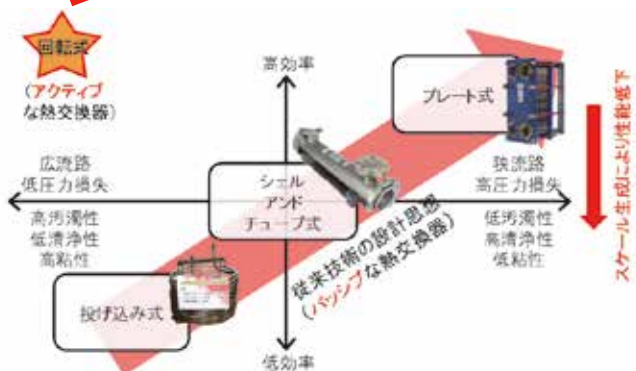
伝熱面、配管内に析出したスケール  
数週間～数ヶ月に一度分解清掃が必要。  
(写真提供：(一社)JASFA、(一社)小浜温泉エネルギー)  
(分析：宮城県産業技術総合センター)



**回転円筒式熱交換器**  
回転円筒および固定羽根で常時伝熱面を更新する。



**コスト削減のイメージ**  
3種の相乗効果でコスト削減



**各種熱交換器との比較**  
従来技術の延長上でない、汚濁性の強い環境で高い伝熱性能を持つ熱交換器。(写真提供：MDI(株))

## 高効率エネルギー回収のための熱交換・熱利用技術

Heat exchange and thermal utilization for high-efficiency energy recovery

プログラム設定のない研究開発テーマ

### 研究開発の背景

化石資源の枯渇というエネルギー制約問題とともに、多量のCO<sub>2</sub>排出による地球温暖化という切実な環境制約問題を同時に解決するためには、各種産業において、より高効率に創エネルギーすると同時に、創成した熱・電気エネルギーをこれまで以上に高効率に有効利用する技術を開発し、さらに、このシステムを社会実装することが必要不可欠です。このようなシステムを具現化するためには、今まで利用が困難であった高温ダークティガスによる高効率熱交換技術の開発が必要となります。また同時に、これまで利用が困難であった200℃前後の低温排熱の有効利用も総合的な熱マネジメントの観点から重要な技術となります。

### 研究開発の内容と目標

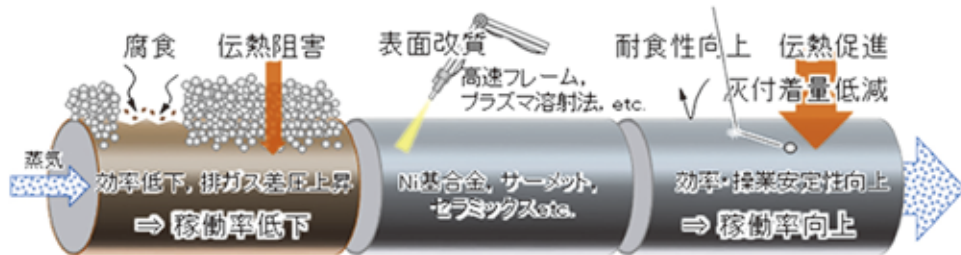
高温ダークティガス中では、熱交換器内の伝熱管表面の腐食、灰付着による伝熱阻害が懸念されます。また、200℃前後の低温排熱は、エクセルギー的には価値は低いものの、熱駆動式冷凍機システムを利用すれば、冷熱を効率良く製造でき、この冷熱は物流業界における冷蔵需要に有効利用することが可能となります。そこで、本研究では社会システム全体のエネルギー利用効率の飛躍的な向上を図るために、現状技術では困難な高温かつ腐食性のダークティガスに対応できる高効率・高耐久な熱交換材料の開発、ならびに低温排熱から冷熱を製造するという斬新な発想を具現化するための低温排熱による冷熱製造のための熱交換技術の開発と冷熱利用技術の評価を実施します。

### 研究開発項目

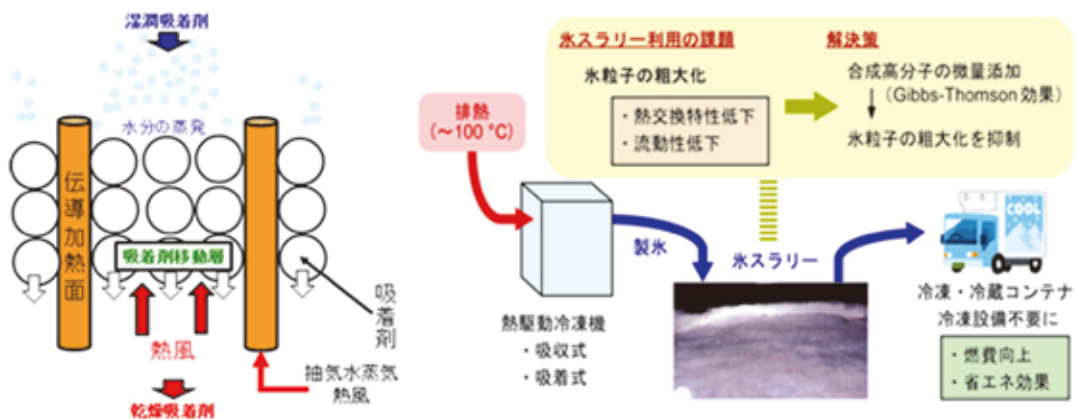
1. 熱交換・熱利用システム全体におけるエネルギーフロー及びマテリアルバランスの解析
2. 高温ダークティガスに対応可能な高効率・高耐久な熱交換材料の試作・評価
3. 低温排熱から冷熱を製造するために必要な熱交換技術の開発

### 研究開発の実施体制

国立大学法人名古屋大学  
 学校法人中央大学  
 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
 東北発電工業株式会社  
 高砂熱学工業株式会社



高温ダークティガスに対応可能な高効率・高耐久な熱交換材料の開発



低温排熱から冷熱を製造するために必要な熱交換技術の開発

## 熱・電場サイクルによる低品位排熱発電の技術開発

Low-grade waste heat power generation by heat and electric field cycle

### 研究開発の背景

我が国においては一次エネルギー供給量の約3分の2が有効活用できずに熱として失われています。特に、産業用途においては、鉄鋼や石油化学などの一部の業界以外は、200度以下の中低温の排熱がほとんどです。またこれらの多くは排熱温度が一定でなく変動しています。我々はこのような排熱を低品位排熱と称しています。このような排熱からの発電が可能になれば、省エネルギー技術として極めて有望です。また、その用途として、産業用途で近年重要視されているものづくりビックデータの取得手法であるIoTデバイスの電源としての活用を目指しています。

### 研究開発項目

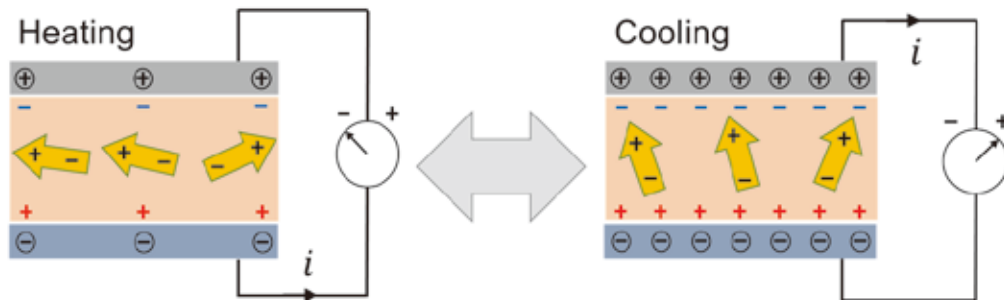
1. 変動する低品位排熱発電用材料の探索
2. ラボベンチ発電量の調査
3. IoT機能を有する発電機の試作
4. 低品位排熱分析及び発電機の実証実験

### 研究開発の内容と目標

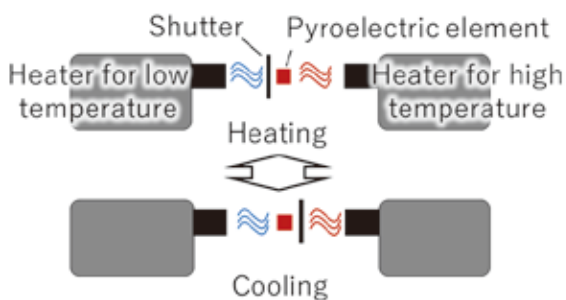
本事業では、200度以下で温度変動を有する低品位排熱からの発電を目指して、従来多くの研究が取り組まれている温度「差」による発電ではなく、温度「変化」による発電に取り組んでいます。これは、焦電効果を有する強誘電体に熱電場サイクルを適用することで実現されます。更に、本事業においては、従来提案されてきたオルセンサイクルを改良した新たな熱電場サイクルの提案に成功しています。この新規な熱電場サイクルを用いた発電システムの構築を目指しています。

### 研究開発の実施体制

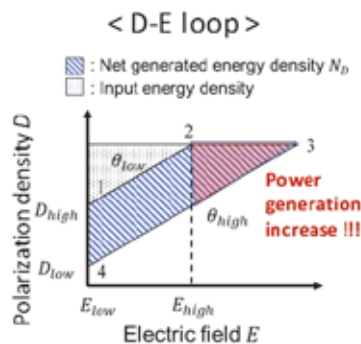
国立大学法人長岡技術科学大学  
 国立大学法人大阪大学  
 学校法人関西学院大学  
 株式会社アイビーシステム



温度変化発電の模式図。加熱および冷却における材料内部の分極変化により発電します。



ラボベンチ試験の模式図。人為的に温度変化をデバイスに与え、発電効果を検証します。



本事業で見出した新たな熱電場サイクル図。図中の赤色の面積の分だけ従来サイクルよりも発電量が向上します。

## 異なる電極活性点を利用したCO<sub>2</sub>からのC<sub>2</sub>化合物製造技術およびシステムの研究開発

Hybrid Electrocatalysts for C<sub>2</sub> Production from CO<sub>2</sub> and the Appropriate System

プログラム設定のない研究開発テーマ

### 研究開発の背景

COP21の合意を受けて、温室効果ガスであるCO<sub>2</sub>の大幅な削減目標を達成し、エネルギー・環境分野の中長期的な課題を解決していくためには、既存技術の延長だけでは、不十分であり、従来の発想によらない革新的な技術の開発や新しいシステムの構築が求められています。再生可能エネルギーをはじめとする電力をエネルギー源としてCO<sub>2</sub>を還元し、基礎化成品等の有用な物質に転換・再利用することは、CO<sub>2</sub>削減の一つの方法として期待されています。

しかし、従来の報告では、CO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oを原料とした場合、C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>化合物を生成することができるカソード電極材として、唯一の単体として銅が知られておりますが、その反応機構については、未だ明らかとなっており、不明な点が多くある状況です。

### 研究開発項目

1. CO<sub>2</sub>還元反応メカニズム検討
2. 触媒付加型電極材料の開発
3. CO<sub>2</sub>還元物質の生成挙動の評価／プロセス概念構築

### 研究開発の内容と目標

再生可能エネルギーをはじめとする電力をエネルギー源として、CO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oから基礎化成品(エチレンなどのC<sub>2</sub>化合物)を直接製造するシステム開発を目指します。具体的には、メタンを安定的に生成する銅材をベースとし、同一電極上に触媒を付加した電極による反応メカニズム検討、電極材料の開発および開発した触媒付加型電極を組み込んだ電解槽を用いたCO<sub>2</sub>有効利用のシステム全体の構築を目指します。昨年度の大きな研究成果として、新たなZn/Cu複合電極体を見出し、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>の選択率が30%以上(ファラデー効率基準)で長時間(500時間以上)継続的に生成出来る事を確認しており、更なる選択率の向上を目指し、反応メカニズム検討やシステム検討を進めています。

### 研究開発の実施体制

国立研究開発法人理化学研究所  
古河電気工業株式会社  
千代田化工建設株式会社

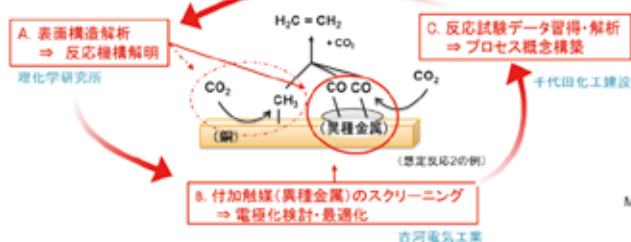


図-1 研究概要

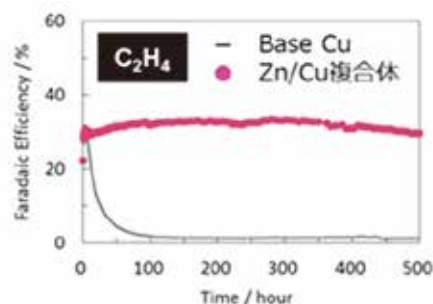


図-2 Zn/Cu複合体電極試験結果(抜粋)

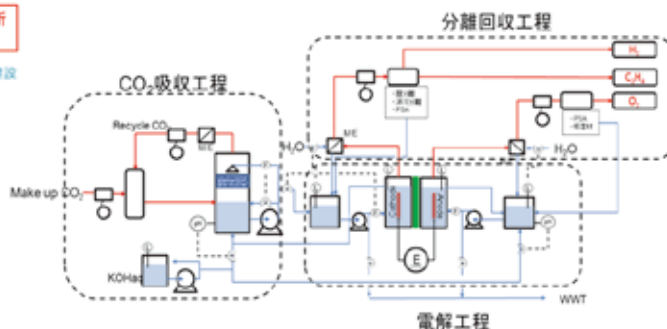


図-3 概略フロー



## 革新的次世代軽量高強度構造材の研究開発

Innovative next-generation light-weight and high-strength structural materials

### 研究開発の背景

省エネルギーや機能性向上等の観点より輸送機器や構造物等に対して、軽量化や高強度化が求められています。カーボンナノチューブ(CNT)は、炭素繊維より10倍以上高強度で、かつ密度が鋼の1/4程度と軽量であることから、従来材料を革新する次世代軽量高強度材料として実用化することが期待されています。本研究開発では、新たなCNT成長法及び集合化技術により実用化可能な次世代の高強度線材の技術開発を進めています。

### 研究開発項目

1. 長尺CNT成長機構の解明と合成条件の最適化
2. 集積化と連続合成法の開発
3. 成長法の理論解析

### 研究開発の内容と目標

層流中を飛翔する過程でCNTが剪断応力(引張力)を受けて長尺変形成長する現象に基づく本研究開発では、CNT成長機構の解明とともに、CNT同士を高配向かつ密に集合し、組織の不均一性によって生じる応力集中を低減する事により高強度線化する技術を開発しています。

- ・目標
- ①破断強度10GPaを有するCNT集合線(Φ1μm)
- ②新しい連続合成法によるCNT集合線の開発

### 研究開発の実施体制

国立大学法人筑波大学  
住友電気工業株式会社  
(再委託先)  
一般財団法人高度情報科学技術研究機構

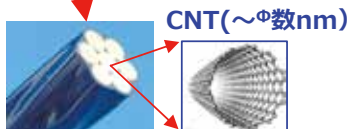
#### 実用化イメージ (2030年~)



(提供: 三井住友建設)

長スパン架橋

(補強線: 強度~数10GPa)



CNT(〜Φ数nm)



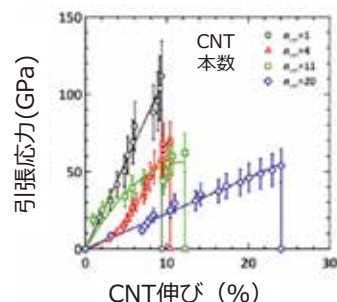
(提供: 大林組)

宇宙エレベーター

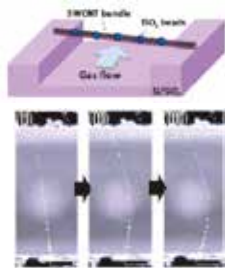
(超高張力ケーブル: 強度>100GPa)

#### ・新しいCNT合成法による高強度CNT線を創出

- ・配向集合したCNT(1~数10本)の引張強度測定技術(ガスフロー法、機械法)を開発し、高強度特性を実証。
- ・CNT集合線材(〜Φ8μm)の新しい連続合成法を開発し、鋼および炭素繊維を超える引張強度を実証。

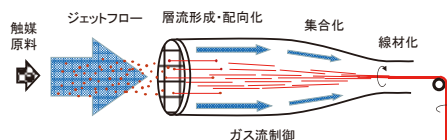


集合CNTの引張応力・伸び特性

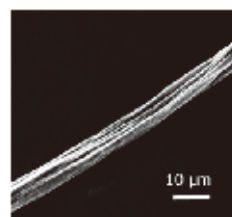


ガスフロー法による集合CNT破断強度測定

T. Fujimori et al., Appl. Phys. Lett. 115, 023106 (2019).



CNT集合線材の連続合成プロセス



CNT集合線材のSEM像

## 革新的ハイブリッド飛行システムの研究開発

### Research and Development of Innovative Hybrid Flight System

#### 研究開発の背景

近距離移動手段の革新として、“空飛ぶクルマ”が実証段階に入りつつあり、さらに次のステージとして旅客機のボリュームゾーンである1,000 km超を飛行する電動飛行システムの技術開発が注目される。旅客輸送量は年率5%の伸びを示しているが、CO<sub>2</sub>排出量削減が喫緊の課題であり、2050年に2005年比50%のCO<sub>2</sub>削減が求められている。同時に輸送量の増大による“空の渋滞”への対応も求められており、これらの課題への解決策として、姿勢制御に利用できる高応答性を持ち、高空減圧環境に適合した軽量で高出力の電動機の開発が待ち望まれている。

#### 研究開発の内容と目標

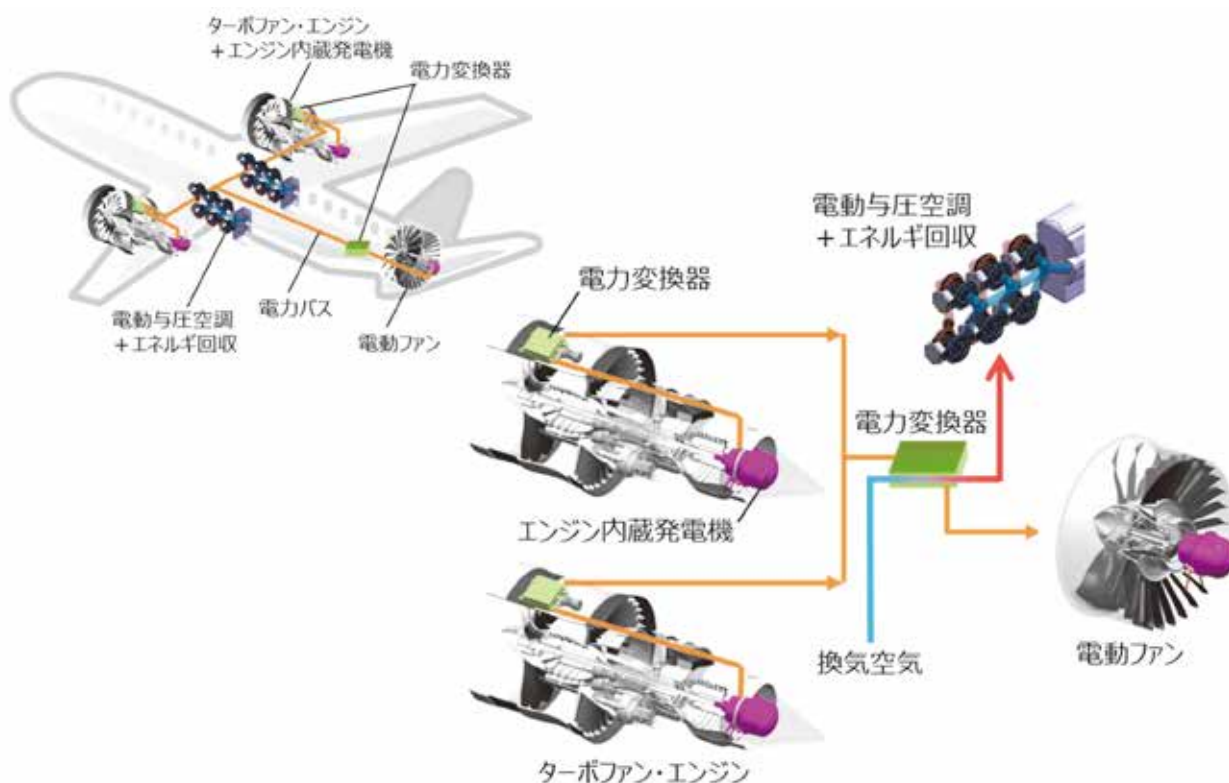
電動機の高出力密度化には高電圧化が有効であるが、アーク放電短絡や減圧環境下のコロナ放電による絶縁劣化等が課題となる。本研究では高耐電圧の絶縁被膜による、高電圧化を目標とする。電力変換器は、波形制御の適用によりノイズを抑制し、フィルタ回路の軽量化により高出力密度化を図ると共に、空冷化により整備性を向上させ、排熱エネルギー回収により全機でのエネルギー消費を抑える。航空機の主推進力となる電動ファンについては、常電導及び超電導での電動ファンの実現性について試設計により課題を示す。これらの検討により、航空機システム電動化による革新的ハイブリッド飛行システムの将来像を示す。

#### 研究開発項目

1. 革新的飛行システムを実現する  
高密度化・高電圧化要素技術の研究開発
2. 航空機用高電圧システムを実現する  
電力変換器ユニットの研究開発
3. 航空機用ハイブリッドシステムを実現する  
電気機械ユニットの研究開発

#### 研究開発の実施体制

株式会社IHI  
(再委託先)  
国立大学法人北海道大学  
三菱電機株式会社  
国立大学法人東京大学  
国立大学法人秋田大学



航空機システム電動化による革新的ハイブリッド飛行システムの想定適用例

## 有機溶剤の超ろ過膜法開発による化学品製造プロセス革新

Innovation in chemical production process  
by organic solvent hyper filtration (OHF) membrane method

### 研究開発の背景

化学品製造プロセスにおいて、有機溶剤の分離・濃縮に多用される蒸留法は、多量の熱エネルギーを必要とする極めてエネルギー消費の大きいプロセスです。一方、膜分離ろ過法は相変化を伴わないため、大幅な省エネ化が可能です。しかし従来の分離膜は耐溶剤性が低く、有機溶剤中で用いることは困難です。そこで本研究では、耐溶剤性新規分離膜の創製、及びそれを用いた化学品製造プロセスの開発を行い、直接溶剤－溶剤間の膜分離をも可能とする新規超ろ過膜法 (Organic solvent Hyper Filtration; OHFと命名) の確立を行います。これにより、蒸留法からOHF膜法への転換を実現し、化学品製造プロセスの大幅な省エネ化を図ります。

### 研究開発の内容と目標

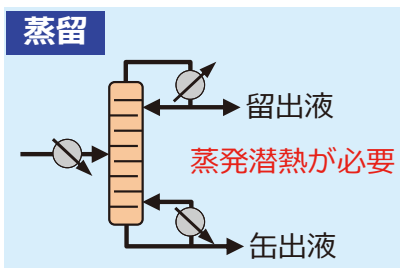
本先導研究では、有機溶剤を直接膜分離する次世代の超省エネルギー膜プロセスの実現に向け、OHF膜の創製、OHF膜モジュール化／エレメント化技術の開発、OHF膜を用いた膜分離プロセスの開発の3段階の検討を行い、蒸留法に代わり得る本技術の開発と原理検証を行います。OHF膜は、有機膜と無機膜の2つのアプローチによりナノろ過 (NF相当) からサブナノろ過 (RO相当) までの分離を行う耐溶剤性膜を開発します。これらの方法により、石油化学品、電子部品、食品 (植物油) 等の製造プロセスにおいて、溶剤と溶質の膜分離はもとより、溶剤－溶剤間の膜分離も可能とし、革新的省エネプロセスの実現を目指します。

### 研究開発項目

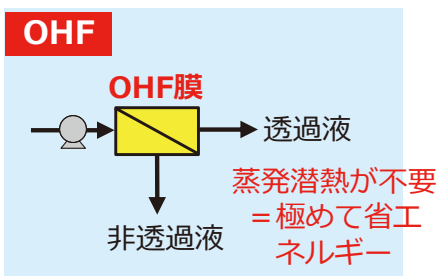
- A. OHF膜の創製
- B. OHF膜のエレメント化／モジュール化技術の確立
- C. OHF膜プロセスのフィージビリティ評価

### 研究開発の実施体制

国立大学法人神戸大学  
国立大学法人広島大学  
ユニチカ株式会社  
株式会社J-オイルミルズ



ゲーム  
チェンジング



### A. OHF膜の創製

#### 有機膜アプローチ

- ・界面重合法
- ・TIPS法

#### 無機膜アプローチ

- ・複合金属酸化物膜
- ・オルガノシリカ膜
- ・ナノシート積層膜

### B. OHF膜のエレメント化／モジュール化技術確立

#### 有機スパイラルエレメント

- ・有機平膜エレメント
- ・中空糸膜モジュール
- ・有機膜モジュール
- ・無機膜モジュール

### C. OHF膜プロセスのフィージビリティ評価

- ・石油化学品製造プロセス
- ・電子部品製造プロセス
- ・食品 (植物油) 製造プロセス

省エネ効果、経済効果等を評価

OHF膜による有機溶剤超ろ過のコンセプトと研究開発の進め方

## エクセルギー損失削減のための熱交換・熱制御技術

Heat exchange and control technologies for exergy loss reduction

プログラム設定のない研究開発テーマ

### 研究開発の背景

エクセルギー損失を削減するためには、熱需要の削減とともに、燃料を燃焼させて熱を得るプロセスを極力減らすことが重要です。そのためには、熱再生やヒートポンプといった新たな熱利用技術の普及が不可欠です。これらの熱技術への期待は大きいものの、性能向上を実現しつつ、従来の延長線上にない抜本的な低コストを実現しなければ大幅な普及は望めません。その性能とコストを決める重要な要素の一つが熱交換技術です。しかしながら、着霜、ドレン排出、冷媒選定、冷媒分配、塵詰まり、加工法、安全性といった多くの課題が解決されずに残されています。異分野も含めた最先端シーズ技術を一層高度化し、産業・民生用途の新規なニーズと融合させることで、これらの課題解決に取り組みます。

### 研究開発項目

1. 気液二相流動予測技術と超多自由度設計技術の開発
2. 濡れ性と表面構造による相変化熱輸送制御
3. 熱交換プロセス用次世代計測技術の開発
4. 革新的アルミニウム製熱交換器の材料設計技術開発と将来計画の策定

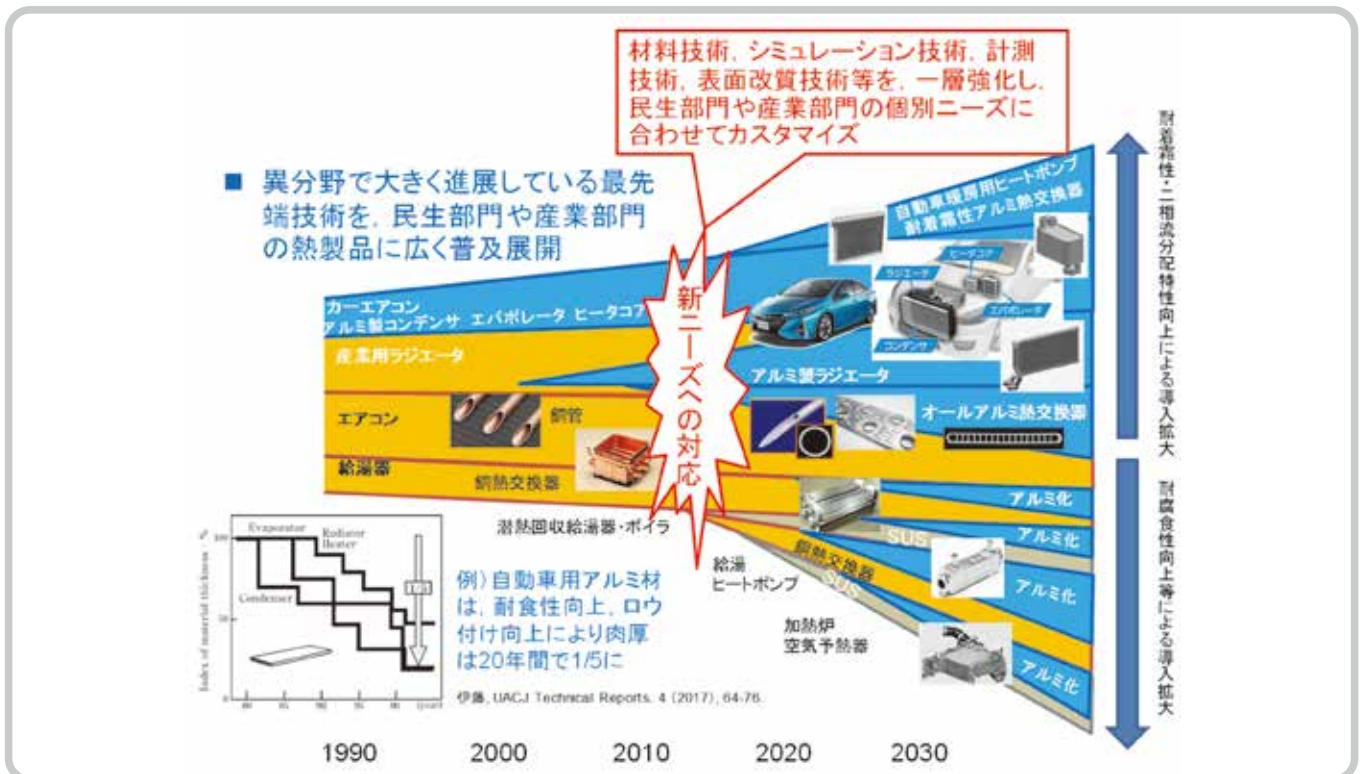
### 研究開発の内容と目標

本事業では、エクセルギー損失削減を実現する上で技術面での鍵となる熱交換・熱制御技術の研究開発を実施します。また、コンソーシアムの骨格をなす開発プラットフォームの内容や仕組みの基本設計を行います。

具体的には、大規模数値シミュレーション、表面改質技術、計測技術、材料技術等を駆使して熱交換設計を革新することで、従来技術では実現できなかったドライアウト防止・凝縮水排出性向上・二相流分配等の課題を克服します。そして、自動車分野で大きな成功を収めているアルミニウムへの素材転換や、異分野で育っているシミュレーションや計測等の最先端技術を適用して、高性能・低コスト熱交換器・機器の産業および民生用途への展開を目指します。

### 研究開発の実施体制

- 国立大学法人東京大学
- 学校法人早稲田大学
- 国立大学法人九州大学
- 日本カノマックス株式会社
- 国立研究開発法人産業技術総合研究所
- 株式会社UACJ
- 一般社団法人日本アルミニウム協会  
(再委託先)
- 国立大学法人静岡大学



## IoT社会を支える分散型独立電源の技術開発

Autonomous Power Supply for IoT Devices Using Thermoelectric Power Generation

### 研究開発の背景

超スマート社会の到来に向け、多数のIoT機器に電力を供給することができる独立電源が求められています。

本研究開発テーマは、環境中の僅かな温度差を利活用する、革新的な温度差発電モジュールを開発します。社会実装のための必須条件として、無害かつ低コストのありふれた元素(鉄・アルミニウム・シリコン)のみから構成される高出力温度差発電材料を開発し、産業部門を中心としてCO<sub>2</sub>の大幅削減にも資する、微小温度差を活用した独立電源技術を創出します。

### 研究開発の内容と目標

実装に向けて解決すべき項目は、(1)デバイスの駆動に必要な発電能力、(2)材料の資源性・コスト・リサイクル性、(3)製造コスト、(4)材料の耐酸化性、(5)材料の加工性、(6)材料の機械強度・モジュールの耐久性、を全てクリアする必要があります。

これらを同時に満たす革新的な温度差発電材料を開発し、IoT用機器へ電力を供給する小型独立電源を開発します。環境低負荷・耐久性に優れる温度差発電の素子化技術を構築し、100 $\mu$ W/cm<sup>2</sup>の高出力密度を有するモジュールを開発します。

### 研究開発項目

1. 組成・組織・プロセス最適化
2. コンビナトリアルバルク合成・マッピング計測
3. モジュールの発電性能評価
4. 接合技術の研究
5. 低コスト基板の検討

### 研究開発の実施体制

国立研究開発法人物質・材料研究機構  
 国立大学法人茨城大学  
 アイシン精機株式会社

**Fe-Al-Si Thermoelectric (FAST) Material**  
 国際出願特許: PCT/JP2018/032031  
 商標登録出願: FAST.Energy, 商願2019-143840

組成成分: 鉄 4.7%, アルミニウム 1.56%, シリコン 25.8%, 酸素 49.5%

**熱電発電モジュール**

**IoT機器用自立電源の試作機**

**BLE通信**

## ZEV用電池製造のための革新的異物検出技術の研究開発

Next generation inspection apparatus for batteries of zero emission vehicles

### 研究開発の背景

排気ガスを出さない無公害車(ZEV:Zero Emission Vehicle)は我が国にとって極めて重要な産業となっていきます。ZEV用途では軽量・コンパクトで大容量の高性能電池を低コストで製造できることが求められます。性能、安全性、歩留まり向上を実現するため、不良原因となる微小金属異物を製造プロセスの各段階で検出できる微小金属異物検出技術への期待が非常に大きいのが現状です。

### 研究開発項目

- A) 次世代CMOS直接検出型システムの研究開発
- B) 電池系材料のハイスループット異物検査方法の研究開発

### 研究開発の内容と目標

異物検査技術にはX線による非破壊検査が有効ですが、検出器性能の向上が必要となってきています。そこで、先端放射光施設SPring-8のために理化学研究所が開発している次世代CMOSX線画像検出器技術を活用して、ZEV用電池製造に求められる検出部を含めた高性能化を実現します。

この先導研究によって、最先端の科学研究のための計測要素技術開発と生産を含めた社会的要請の強い分野の計測分析システムを結び付け、我が国の科学技術力の強化と社会課題解決の新しいスキームを確立します。

### 研究開発の実施体制

国立研究開発法人理化学研究所  
株式会社日立ハイテクサイエンス

大型放射光施設SPring-8  
X線自由電子レーザー施設SACLA



SPring-8/SACLAのために開発されている次世代のX線画像検出技術



\*次世代X線CMOSイメージセンサの例

ZEV用異物検査装置



先端科学研究のために開発されている超高性能検出技術をZEV用異物検査装置に融合させるための検出器技術、検査装置システム技術の新規開発を行い、革新的異物検査技術を実現します

## CFRP・異種接合材のための革新的X線検査システムの開発

The innovative X-ray inspection system for CFRP and bonded dissimilar materials

### 研究開発の背景

自動車、航空機用の超軽量化によるエネルギー利用効率向上のため、CFRP等の複合材料や異種接合材料の開発が進んでいます。これらの部材は、現状では材料中の微小な欠陥を非破壊で高精度に全数検査する手法が存在しないため、欠陥の存在を考慮して安全な強度を確保するために重量が増加し、エネルギー消費増につながっています。本研究開発では、重量を極限まで低減した部材製造に向け、CFRPおよび異種接合材料のインライン全数計測を可能とする高速X線非破壊検査システムの基本技術を開発します。材料内部の欠陥を100 $\mu$ m以下の精度で検知可能であり、検査速度は毎秒メートルオーダーを実現する基本技術の確立を目指します。

### 研究開発項目

1. 狭ピッチセル方式シンチレータの開発
2. IGZOセンサの開発
3. セル方式シンチレータ、IGZOセンサを適用したX線カメラの開発と評価
4. 内部欠陥と材料強度の相関解明のための新規分析技術の開発

### 研究開発の内容と目標

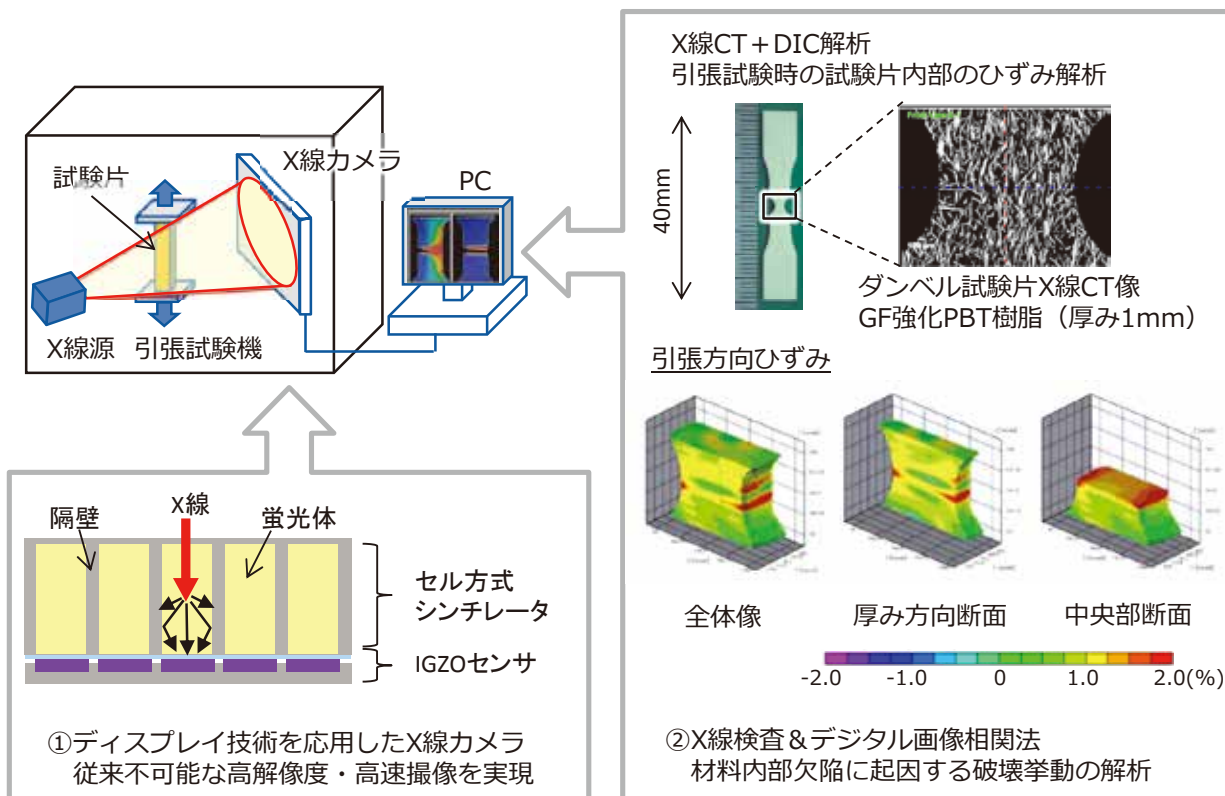
本研究開発では、左記の課題を解決するために、プラズマディスプレイ製造技術を活用した狭ピッチセル方式シンチレータの開発と、液晶ディスプレイの要素技術を活用したIGZOセンサの開発を実施し、それらの適用により従来技術では不可能な高解像度・高速撮像が可能なX線カメラを開発します。

また、材料の破壊挙動解析に用いられるデジタル画像相関法とX線検査技術を組み合わせることにより、材料内部の欠陥が強度に及ぼす影響を動的に解析する新規な欠陥分析技術を開発し、インライン検査において検出すべき欠陥を明確化するための基礎技術を確立します。

### 研究開発の実施体制

東レ株式会社  
 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
 株式会社東レリサーチセンター

### CFRPおよび異種接合材料のインライン全数計測を可能とする技術の開発



## 積層造形プロセスに応用可能なリアルタイムCAEの開発

Development of real-time simulation applicable to additive manufacturing

プログラム設定のない研究開発テーマ

### 研究開発の背景

金属3D積層造形技術は、一層毎に金属の粉末を溶融凝固させ、これを繰り返すことにより自由な3D形状の造形が可能で、鋳造や鍛造などとともに素形材技術として発展が期待されています。

今後、積層造形技術は高速化、大型化により汎用な加工技術として進展すると同時に、設計技術やシミュレーション技術等についても進展して、それらが相互に融合した高度なCyber-Physicalシステムが実現することにより、より高付加価値、高信頼性の部材が短期間で製造可能な素形材技術の創出が期待されます。

本研究では、Cyber-Physicalシステム実現に向けた融合技術・応用技術の研究開発を行います。

### 研究開発項目

1. リアルタイムCAE解析環境の構築に向けた高速CAE技術の研究開発
2. Cyber環境データフォーマットの策定
3. Cyber環境との各種インタフェースの開発
4. 実プロセスでの実証評価に向けた課題抽出と検証

### 研究開発の内容と目標

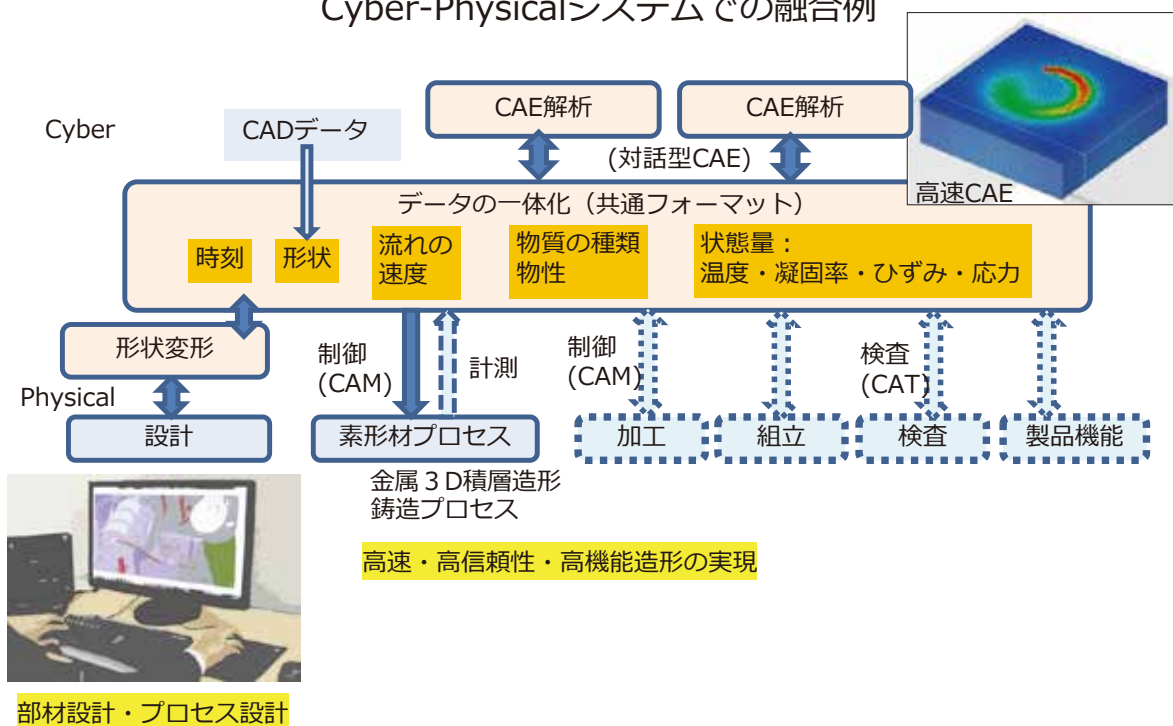
Cyber-Physicalシステムの実現には、シミュレーション(CAE)技術、設計技術の高速・高精度化といったCyberシステムの高度化に加え、それらと積層造形技術といったPhysicalシステムとを連携する技術の構築が不可欠です。

本研究では、流動・伝熱凝固等の現象を精緻に予測可能でかつ高速なCAE技術の開発、CyberシステムとPhysicalシステムとの連携を目指したCyber環境データフォーマットの策定、各種インタフェースの開発等を行います。また実プロセスでの実証評価に向けた課題抽出と検証、CAEの高精度化に必要なデータベースの構築等を行います。

### 研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所  
 学校法人早稲田大学  
 技術研究組合次世代3D積層造形技術総合開発機構 (TRAFAM)  
 日産自動車株式会社  
 (再委託先)  
 株式会社 I H I

### Cyber-Physicalシステムでの融合例





## 自律ロボットのための革新的熱電発電システムの開発

Innovative Thermoelectric Power Generation System for Autonomous Robots

### 研究開発の背景

自律ロボットは、i-Construction、社会インフラ保全、災害対応など幅広い分野において活躍が期待されていますが、長時間駆動するための電源は実用上のアキレス腱となっています。本研究開発は、エネルギー源の観点から自律ロボットの社会実装に貢献する基盤技術の構築を目指し、全く新しい燃焼器・熱交換器一体型の熱電発電システムを提案します。本技術を発展させることによって、家庭用カセットボンベを使って150 Wの出力が可能となり、現在用いられているリチウムイオン電池に対して、連続駆動時間、低温耐性などの観点から圧倒的有利となる独自性の高いシステムが実現できます。

### 研究開発の内容と目標

本研究開発では、50 W/Lの高発電出力密度を有する燃焼器・熱交換器一体型熱電発電デバイスの基盤技術を確認することを目標とします。トッパー熱電モジュールでは、薄板状SiGe熱電素子にPd/多孔質Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>触媒層を形成し、触媒による直接加熱を利用して高温作動させて、熱電素子に沿って流れを用いた対流効果により熱伝導ロスを低減させます。さらに、下流側に熱交換器と一体化させた排熱回収熱電モジュールを配置し、排ガスを有効利用することで、さらなる発電効率の向上を図ります。また、自律ロボットに発電デバイスのプロトタイプを搭載して実証することによって適用性評価を行います。

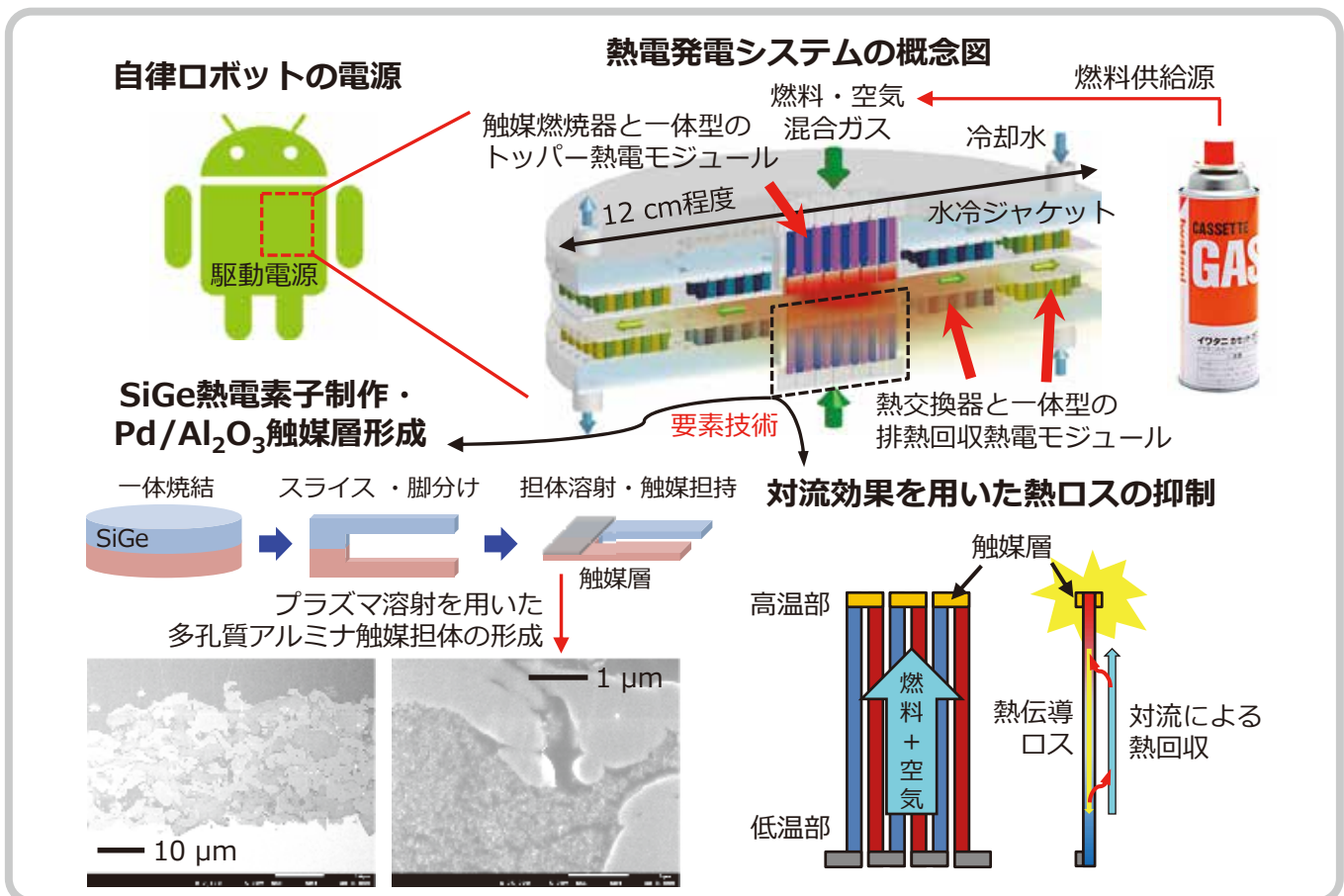
### 研究開発項目

1. 燃焼器・熱交換器一体型熱電発電システムの設計および開発
2. 温度分布制御のための触媒燃焼技術の開発
3. 燃焼場向けの熱電素子・接合方法の開発
4. トッパー・排熱回収熱電モジュールの開発
5. 発電システムの自律ロボットへの適用性評価

### 研究開発の実施体制

国立大学法人東京大学  
 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
 株式会社KELK  
 ダイニチ工業株式会社

ロボットが利活用される産業の創出につながる革新的ロボット技術の研究開発



## 多能工ロボット実現のための機械的接触基盤ロボット技術開発

Mechanical contact-based robot technology for realizing multi-skilled robot

ロボットが活用される産業の創出につながる革新的ロボット技術の研究開発

### 研究開発の背景

従来の位置制御を基盤とした関節の硬い産業用ロボットでは、ロボットが本来達成すべき外界との機械的接触作業の実現は困難です。

このことが、従来型の産業用ロボットの利用拡大を阻害してきました。この問題を解決するためには、機械的接触時にはロボット関節を柔軟化し、高速運動時の振動抑制や位置精度を高める場合には関節剛性を高める技術が必要となります。本研究開発では、可変剛性ロボットシステムの運動制御性能を実機実験によって確認し、高速・高位置制御性、高可搬荷重、関節柔軟性の機能を有し、多様な産業に利用可能な新しい産業用ロボットの創出を目指します。

### 研究開発の内容と目標

本研究開発では、従来の産業用ロボットの根源的な問題についての研究の比較考察と国際的競争力の視点から以下の2つの方法の有用性を検証いたします。

- ① 低減速比ギアードモータと重力影響低減化によるロボットシステム
- ② 高減速比ギアードモータと非線形弾性要素の冗長／拮抗駆動による可変剛性ロボットシステムの運動制御性能を実機実験によって確認

高速・高位置制御性、高可搬荷重、関節柔軟性の機能を有し、多様な産業に利用可能な新しい産業用ロボットの創出を目指します。

### 研究開発項目

1. 樹脂金属両製減速機技術の開発
2. 冗長／拮抗駆動関節ユニットの研究
3. 樹脂製中減速比ギアによるロボットアーム試作
4. 重力影響低減化ロボットアームの試作
5. 機械的接触基盤ロボット技術の市場調査

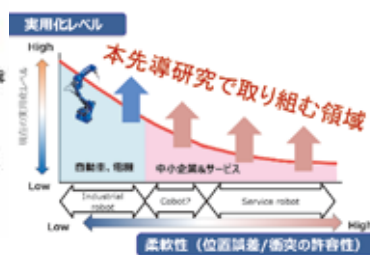
### 研究開発の実施体制

住友重機械工業株式会社  
 学校法人立命館  
 (再委託先)  
 公立大学法人首都大学東京  
 株式会社Keigan

#### 現状の産業用ロボットの特徴



#### 位置を基盤とする利用法の限界



#### 研究開発項目イメージ



図3. 樹脂金属両製減速機 (住友重機械工業) 日刊工業新聞(2019/12/17)

図1. 研究の背景と取り組む領域

→ 従来: 直列特性駆動	従来のロボット	本研究開発で提案する多能工ロボット技術	
低トルク	モータ	低速モータ	高速モータ
トルク不足解決 (自重・質量)	高減速ギア	① 重力補償 軽量低減速ギア	② 冗長駆動 高減速ギア
接触許容法	リニアゲージ・非接触型など トルクセンサ (高精度受入も含む) 制御中の非接触許容	逆駆動性 (低剛性)	低剛性値のSEA
衝撃緩和法	許容困難	停止中・制御中の両方で許容容易	
剛 (位置精度) / 柔 (接触許容) 実現法	剛: 機構 柔: トルクードバック制御	剛: 位置フィードバック制御 柔: 機構	剛: 非線形弾性 拮抗による可変剛性
力信号計測法	微小電圧の増幅 (高価)	モータの電流計測 (安価)	負荷センサ (安価)

- ① 低減速比ギアードモータと重力影響低減化ロボットシステム
- ② 高減速比ギアードモータと非線形要素の冗長／拮抗駆動による可変剛性ロボットシステム

図2. 研究開発で提案する位置制御性と柔軟性を両立したロボット技術

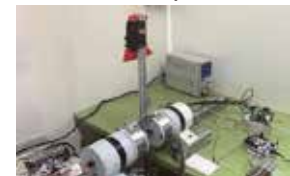


図4. 高減速比ギアードモータと非線形弾性冗長／拮抗駆動によるロボットアーム (立命館大学)



図5. ばね・カムによる重力補償機構の原理図とそのプロトタイプ (首都大学東京)

## 食材加工サポートシステムの研究開発

Research and development of food processing support system

### 研究開発の背景

人々にとって、食事は必須の行為であると同時に、入手可能であるべきものであり、尊重されるべきものです。しかしながら、昨今の急激な人口動態や、個人への配慮の高まりなどを要因として、①共働き増加等に伴う中食産業の必要性の高まり、②外食・中食産業の人手不足の深刻化、③高齢化に伴う食料品アクセス困難人口の増大、④個人の体質(アレルギー等)への配慮の必要性の高まり、などの課題が顕在化しています。本研究開発では、上記課題の解決策として、中小規模での食材加工を支援するシステムを考案し、その実現方法および技術的障壁を明確化します。

### 研究開発の内容と目標

既存の食材加工プロセスを調査します。また、新たな食材加工サポートシステムに求められる自動化技術を調査します。そして、(A) 食材加工の認識、(B) 食材加工のスキル獲得、(C) 加工動作の手順生成、(D) ロボットハンド、に関する新たな要素技術を研究開発します。(A)～(C)については、「加工行為に対する食材の変化」を一つの構成要素とする方式を採り、それに基づく予測技術・認識技術・スキル抽出技術を提案します。(D)については、接触面の摩擦力を能動的に変えられる機構などを導入することで、新たな物体把持および操り技術を提案します。

### 研究開発項目

1. 食材加工プロセスの調査
2. 自動化技術の調査
3. 食材加工作業の認識と作業計画
4. 食材加工のスキル獲得
5. 食材のハンドリング

### 研究開発の実施体制

国立大学法人信州大学  
 国立大学法人神戸大学  
 国立大学法人大阪大学  
 国立大学法人金沢大学

現状

食材加工の二大アプローチ

#### 調理ロボット

一般家庭や小規模店舗などでの自動調理が対象

#### メリット

機械学習の導入により、特定の不定形性に対応して臨機応変に作業できる。

#### デメリット

発展途上であり、到達レベルが不明

有望だが、  
技術的障壁多し

#### 食材加工機

工場等の大規模施設が対象。工程ごとの専用機を工場内に複数配置

#### メリット

大量生産現場でのコスト削減力が大きい

#### デメリット

高価、高専有体積のため、中小施設への導入不可

食の社会問題解決  
への貢献は限定的

提案

変化予測モデルの導入

認識

スキル抽出

手順生成

ロボットハンド

食材加工  
サポートシステム

導入

農家

児童施設・配食施設

病院・介護施設

小売店

食材加工  
サポートシステム

本研究開発の焦点

中小規模施設へ導入し食材加工の作業を補助（自動化+人との協働）

## 大深度・極限環境に適応する掘削物揚重用ぜん動ポンプの研究開発

Peristaltic transportation system for lifting excavated soil in deep underground and extreme environments

### 研究開発の背景

特に土地が高度利用される大都市では、建物の地下が深くなるため、工事期間が掘削工事に大きく左右されることがあります。そのため、掘削物の搬送デバイスの効率向上と操作者の減少への対応が、喫緊の課題となっています。また、有望な新産業として期待される海底・月面の資源開発を実現するためには、空気中・1G重力を前提とする従来デバイスを抜本的に進化させる必要があります。そこで本研究開発は、大腸のぜん動運動を機械的に模倣することを主として、いずれの環境下においても従来より高効率で、かつ省人化された運用が可能な搬送デバイス(ぜん動ポンプ)の実現を目指します。

### 研究開発の内容と目標

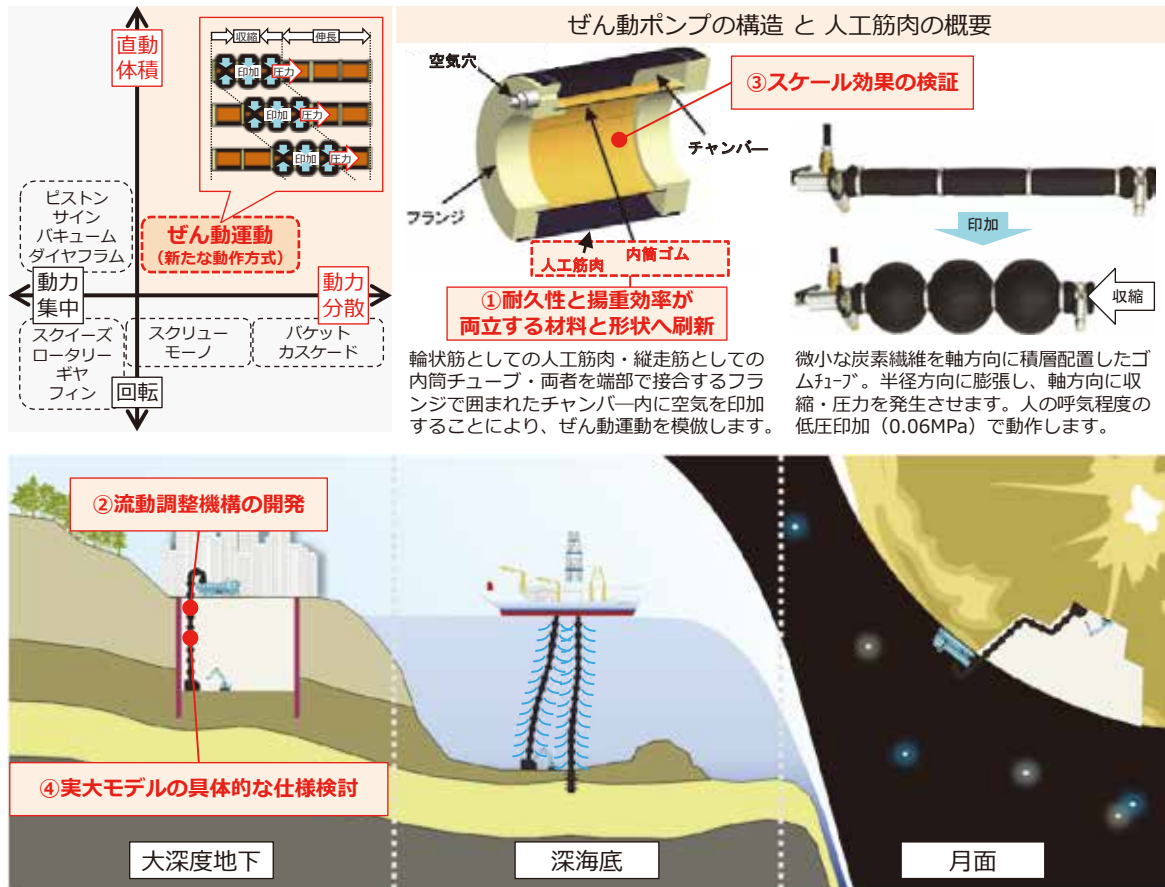
① 実用性を確保するため、ぜん動ポンプの主要部材である人工筋肉と内筒ゴム(下図参照)について、耐久性と搬送効率が両立する材料と形状を明らかにします。② 運用を省人化するため、ぜん動ポンプの応答モデルを構築し、これに基づき搬送物の流動性を自動的に調整する機構を開発します。③ 実用化を見据え、異なる内径のポンプユニットを用いた搬送実験を行い、ぜん動ポンプのスケール効果を検証します。④ 上記3つの成果に基づき、所定の性能を達成するために必要な実大モデルの具体的な仕様を明らかにします。

### 研究開発項目

1. 人工筋肉と内筒チューブの刷新
2. 搬送物の流動調整機構の開発
3. スケール効果の検証
4. 実大モデルの具体的な仕様検討

### 研究開発の実施体制

株式会社竹中工務店  
学校法人中央大学



## 次世代産業用ソフトロボットの実現に向けた革新的MR材料×駆動機構の融合研究開発

Multidisciplinary R&D of Innovative Magnetorheological Materials and Actuation Mechanism for Smart Soft Robots for Advanced Industries

### 研究開発の背景

これまでにない、高出力・高バックドライバビリティ・高応答性・低慣性・低速円滑制御性等を備えた次世代産業用ソフトロボット (SRAI) の実現に向けた研究開発を行います。「材料×機構×制御・AI」の融合に基づく、新たなものづくりの形を提案し、新規産業技術基盤の構築に向けた研究開発成果を得るとともに、そのアプリケーションとして開発するソフトリジッドロボットの実用化を目指します。先導研究期間 (2年間) では、「材料×機構」に注力し、「高機能な磁場応答 (Magneto-rheological: MR) 材料の創製」、「革新的なスマート流体駆動機構の開発」を軸としたロボットアーム (アクチュエータ、ブレーキ・クラッチ) の創出します。

### 研究開発項目

- A. ロボット向けEHAが具備すべき高機能単位技術の構築研究と基本設計の確立
- B. ロボット向けMR流体材料が具備すべき高機能単位技術の構築研究と基本配合の確立
- C. MR流体材料とEHAの融合による新規ソフトロボットアーム開発と最適化設計の評価
- D. 国家プロジェクト化の検討

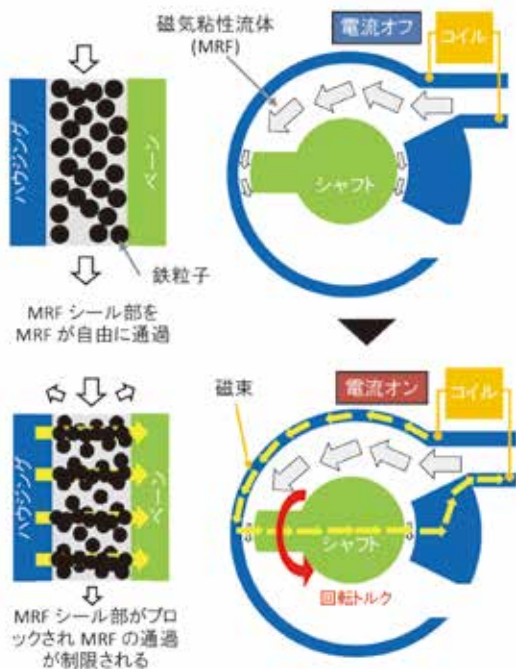
### 研究開発の内容と目標

高い出力密度と制御性を有する電気静油圧アクチュエータ (EHA) および粘弾性を高速かつ任意に調整できるMR流体 (MRF) が具備すべき高機能単位技術の構築研究と基本設計の確立に取り組みます。

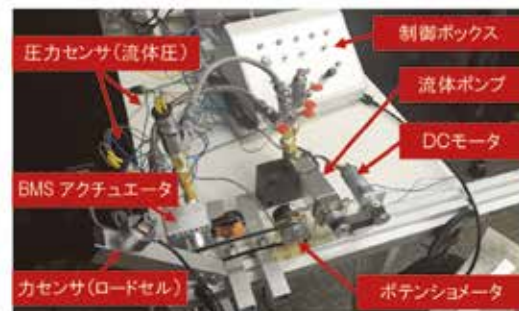
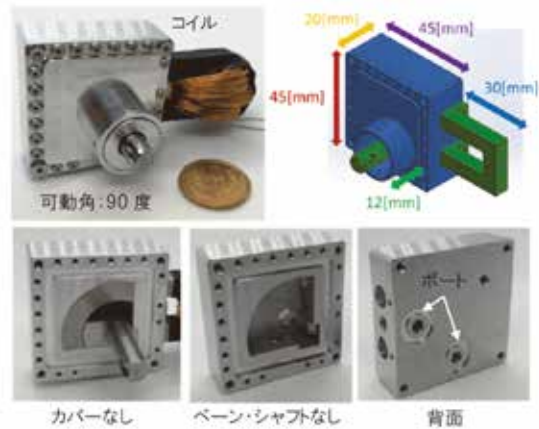
EHAでは、上記機械特性を発現するための設計パラメータおよびその背反関係を整理し、特に高出力密度と高逆動性に着目したプロトタイプを開発します。MRFでも同様に、上記機械特性を発現するための設計パラメータおよびその背反関係を材料面から整理し、特に、従来型MRFでは達成不可能な、低沈降分離抑制性を有するMRFの創製、および高磁場発生応力のための支配要因の明確化について取り組みます。

### 研究開発の実施体制

学校法人早稲田大学  
日本ペイントホールディングス株式会社



BMSアクチュエータの駆動原理



試作したBMSアクチュエータ

## 高出力密度パッケージ向け塗布型機能性銅合金材料の研究開発

Copper Alloy-based Functional Nanopastes for Packaging Materials with High Power Density

プログラム設定のない研究開発テーマ

### 研究開発の背景

来たるべき Society5.0 の社会を想定すると、パワーモジュールの高出力密度化が必須である。すなわち、許容電流密度の飛躍的な向上を目的とした新規材料探索が強く求められる。

### 研究開発の内容と目標

本研究では、東北大学が有する液相からのサイズ・形態制御無機ナノ粒子精密合成技術と三井金属鉱業が有する機能性銅粉開発と最先端ペースト化技術との強い連携体制を活用し、高い電流密度を有する銅系合金ナノ粒子材料・銅系合金ナノペーストの開発を行う。パッケージ化では、最適な接合界面の探索も必須であり、上村工業が接合界面形成に適しためっき膜構成を探索しその信頼性を評価する。さらに出口メーカーであるデンソーと連携することで高出力密度パッケージ向け塗布型機能性銅合金材料を実用化するための目標値設定と開発材料の性能評価技術を開発する。

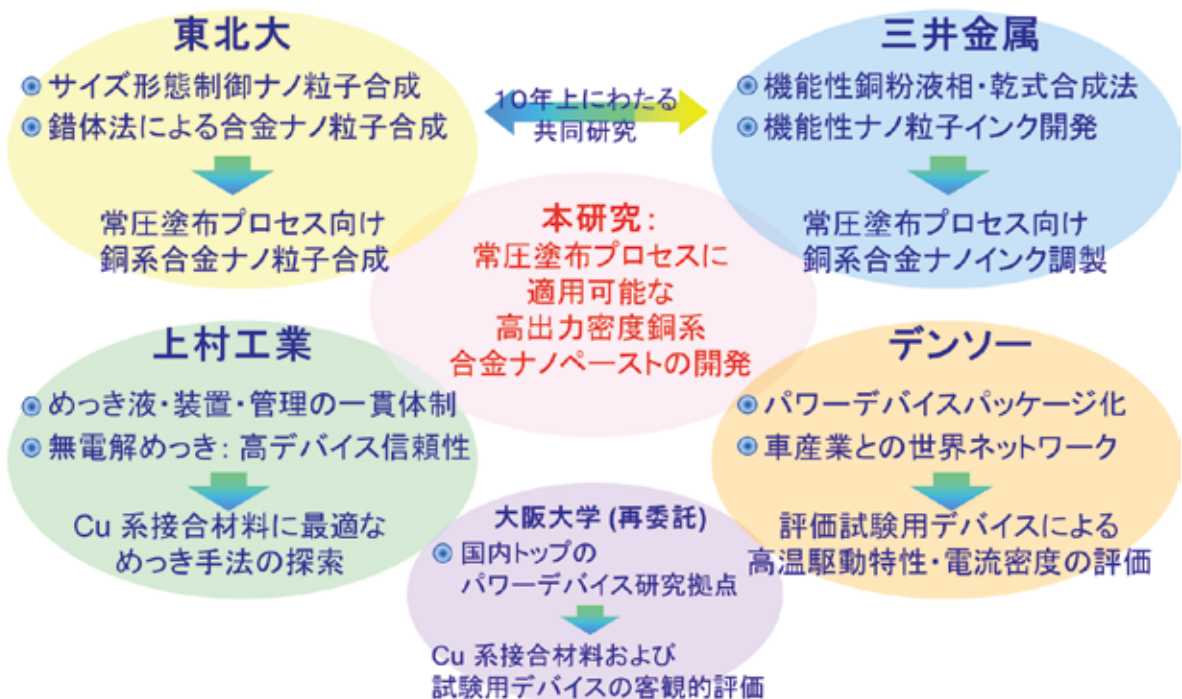
### 研究開発項目

1. 銅系低抵抗ナノ粒子合成法開発
2. 塗布型機能性銅合金材料の開発
3. 表面処理プロセスの開発
4. 実用化のための目標値設定と開発材料の性能評価技術の開発

### 研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学  
 三井金属鉱業株式会社  
 上村工業株式会社  
 株式会社デンソー  
 (再委託先)  
 国立大学法人大阪大学

### 高出力密度パッケージ向け塗布型機能性銅合金材料の開発体制



## ポスト・ムーア時代の次世代配線開発

Next generation interconnect technology in post-Moore's law age

### 研究開発の背景

IC多層配線の微細化によって、現行の銅配線は線幅10nm以下で電気抵抗と電流密度が急激に増加する。このため、ICのクロックスピードと消費電力の悪化、ならびにマイグレーション信頼性の悪化が懸念される。本開発は、現行の銅に替わる配線材料として金属間化合物に着目し、線幅10nm以下において銅配線より優れた特性と信頼性を有する材料を見出す。さらに金属間化合物を用いた多層配線形成プロセスを開発し、開発期間終了時の2021年に300mmウェハでの概念実証(PoC)を示し、2030年の実用化を目指す。

### 研究開発の内容と目標

線幅10nm以下のIC多層配線で懸念される課題を解決するために、現行の「銅+バリア層」に替わって、バリア層を不要とし、現行材料より優れた特性と信頼性を有する次世代配線材料および配線形成プロセスを開発することを目的とする。東北大とマテリアル・コンセプトが材料開発およびチップレベルでの特性と信頼性評価を実施し、JX金属、アルバック、荏原製作所がそれぞれ300mmウェハを対象としたスパッタターゲット作製、高温リフロースパッタ成膜、CMP研磨のプロセス技術を確立する。

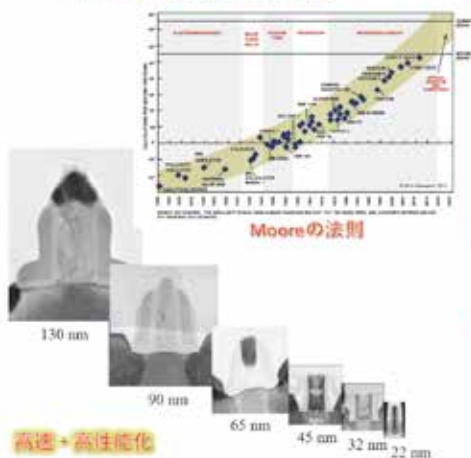
### 研究開発項目

1. 金属間化合物配線の特性・信頼性解析
2. 金属間化合物配線の長期信頼性解析
3. スパッタリング成膜技術の開発
4. CMPプロセス技術の開発
5. スパッタリングターゲット製造技術の開発

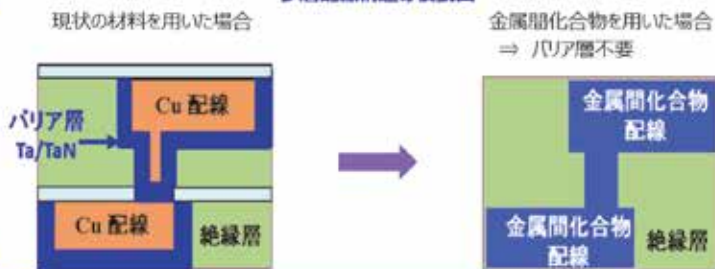
### 研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学  
株式会社マテリアル・コンセプト  
株式会社アルバック  
株式会社荏原製作所  
JX金属株式会社

#### トランジスタの微細化要求

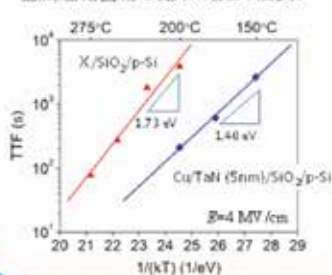


#### 多層配線構造の模式図



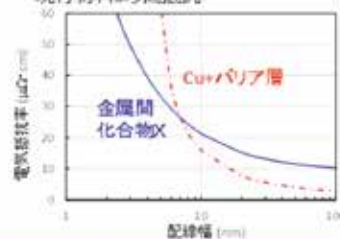
#### MOS構造におけるTDDDB寿命

金属間化合物は従来の数10倍長い



#### 配線抵抗の配線幅依存性

金属間化合物は線幅7nm以下で現行材料より低抵抗



## ダイヤモンド直接接合による高耐熱性界面の研究開発

High thermal stability interface by direct bonding of diamond

### 研究開発の背景

SDGsに記載されているように、クリーン化技術、環境に配慮した技術・産業プロセスの導入は喫緊の課題です。課題解決には高出力・高効率・高耐熱性な半導体パワーモジュールの実現が不可欠です。

究極の材料とされるダイヤモンドは熱伝導性が物質中で最も高く、かつ電気絶縁性にも優れています。ダイヤモンドを放熱基板として使用することにより、高出力・高効率・高耐熱性を備えたパワーモジュールが実現されます。

ダイヤモンドの優れた性質をフルに生かすためには、ダイヤモンドと半導体や金属の直接接合（間に何も挟まない接合）の実現、耐熱性、熱伝導性の実証が必要です。加えて直接接合に適したダイヤモンド基板の開発、低コスト化の取組が必要です。

### 研究開発の内容と目標

ダイヤモンドの特徴を最大限に発揮するために、以下の技術を開発します。

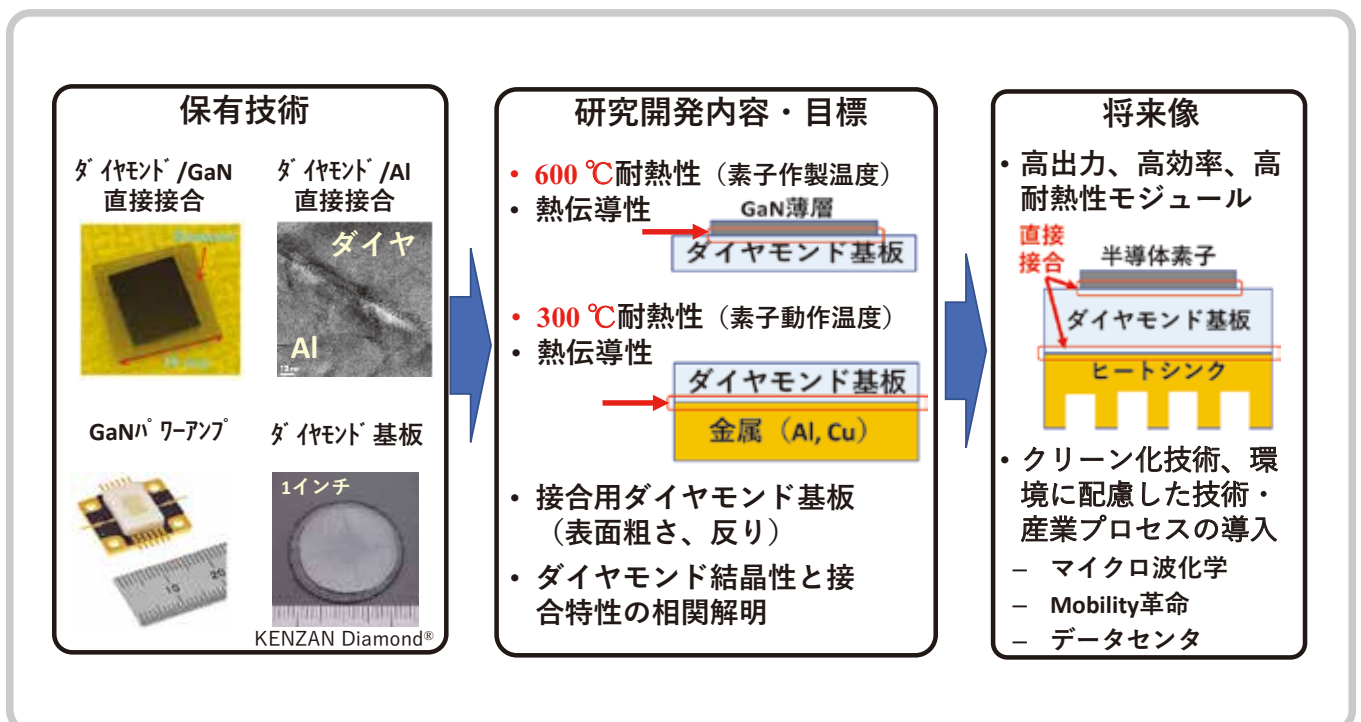
- ・ 素子作製時の熱処理 (600 °C) やモジュール動作時の熱ストレス (300 °C) に耐える直接接合界面を実現します。あわせて、界面の熱伝導特性を明らかにします。
- ・ ダイヤモンド基板の形状 (表面粗さ、反り) を制御し、接合に適した基板を開発します。
- ・ 結晶性の異なるダイヤモンドの直接接合特性を調査します。ダイヤモンドの結晶性 (コスト) と接合特性の相関を明らかにし、低コスト化に向けた指針の構築を目指します。これらの開発により、耐熱性、熱伝導の観点から産業応用可能なダイヤモンド直接接合界面の実現を目指します。

### 研究開発項目

1. 高耐熱性ダイヤモンド直接接合技術
2. ダイヤモンド/GaN直接接合熱伝導性評価技術
3. 高平坦性ダイヤモンド基板
4. ダイヤモンド結晶性評価技術

### 研究開発の実施体制

公立大学法人大阪  
 三菱電機株式会社  
 アダマンド並木精密宝石株式会社  
 国立大学法人佐賀大学





## ヒト嗅覚システムを活用した匂いセンサの開発

Development of odor sensor utilizing human olfactory system

### 研究開発の背景

匂いが重視される製品の開発や製造、品質管理などの現場では、ヒトの鼻で匂いの質、香調の違いを判定する官能評価が必須の工程となっています。

このヒトの感覚による官能評価は高い感度は得られますが、個人の感覚に依存しており、経験や表現力などの個人の技量や体調、疲労度などの影響を受けやすいなど、高い再現性を維持するには留意すべき点も多く、官能評価のシステム化は香料産業、および匂いが関わる様々な製品を製造する産業界において、長年の課題となっています。また既存の匂いセンサは、特定の匂い物質に対する感度や応答の再現性は実用レベルに達しているものもありますが、ヒト嗅覚を代替するには至っていません。

### 研究開発の内容と目標

本先導研究では、ヒト嗅覚受容体を発現させた培養細胞からなる細胞アレイと、生体を模倣した匂い情報処理機構を統合したバイオハイブリッド匂いセンサの基盤技術構築を図ります。

まず、ヒト嗅覚受容体安定発現細胞を効率よく作製する技術を考案します。続いて、同技術により作製した安定発現細胞からなる細胞アレイでセンサチップを作製し、このチップを用いた携帯型匂い検出デバイスを構築します。併せて、人工知能により嗅覚受容体の応答パターンを解析し、匂い識別が可能な情報処理技術を開発します。

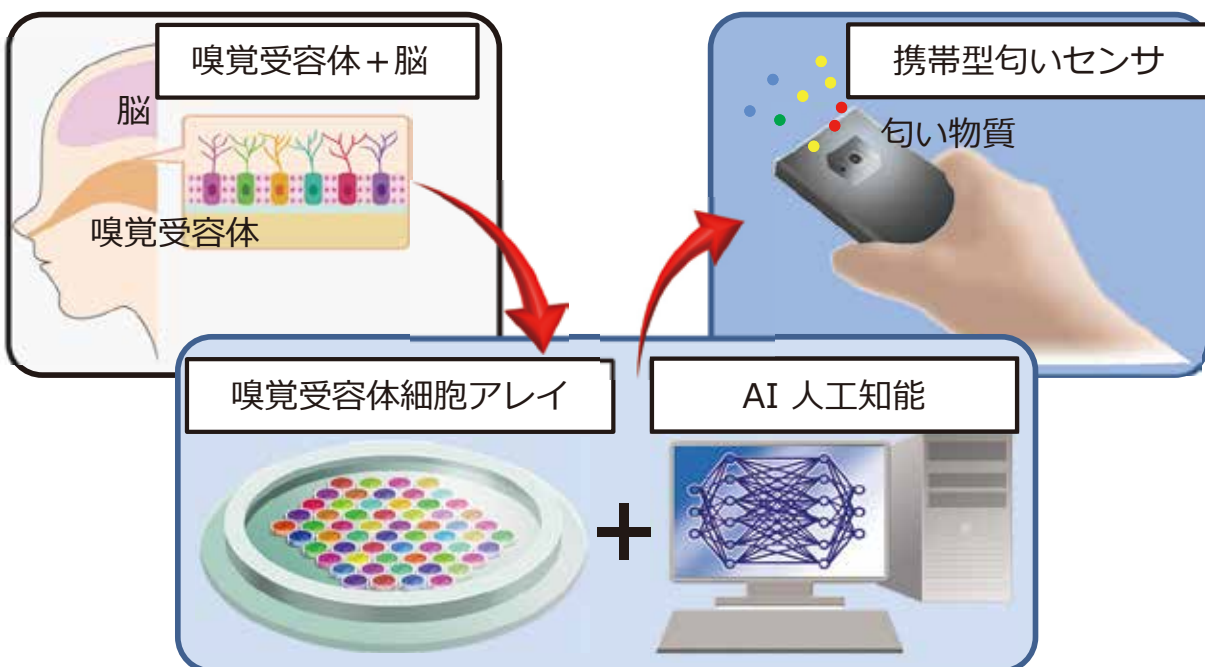
本提案の実現は、産業界での官能評価の代替等、ヒト嗅覚システムを活用した匂いセンサの市場開拓へと繋がります。

### 研究開発項目

1. 嗅覚受容体安定発現細胞の作製技術
2. 細胞による匂い検出システムの構築技術
3. 細胞の匂い応答の情報処理技術

### 研究開発の実施体制

高砂香料工業株式会社  
国立大学法人東京大学



## ヒトマイクロバイオームの産業利用に向けた、解析技術及び革新的制御技術の開発

Human microbiome analytical and innovative modulation technology for industrial application

### 研究開発の背景

ヒトマイクロバイオームの解析では、次世代シーケンサーを利用した、マイクロバイオームを構成する微生物の種類と量の計測が出発点となる。一方で、その解析結果の信頼性、研究・検査機関間のデータの比較互換性の乏しさが懸念されており、解析結果の精度管理のために標準化などの取り組みが各国で始まっている。ヒトマイクロバイオームの産業利用のためには、コホート研究などを通じた大規模なヒトマイクロバイオーム関連ビックデータの構築が不可欠であるが、それに先駆けて計測技術の標準化と計測の精度管理方法の確立を実施することは、国内で質の高いデータベースを構築する上で不可避な課題である。

### 研究開発項目

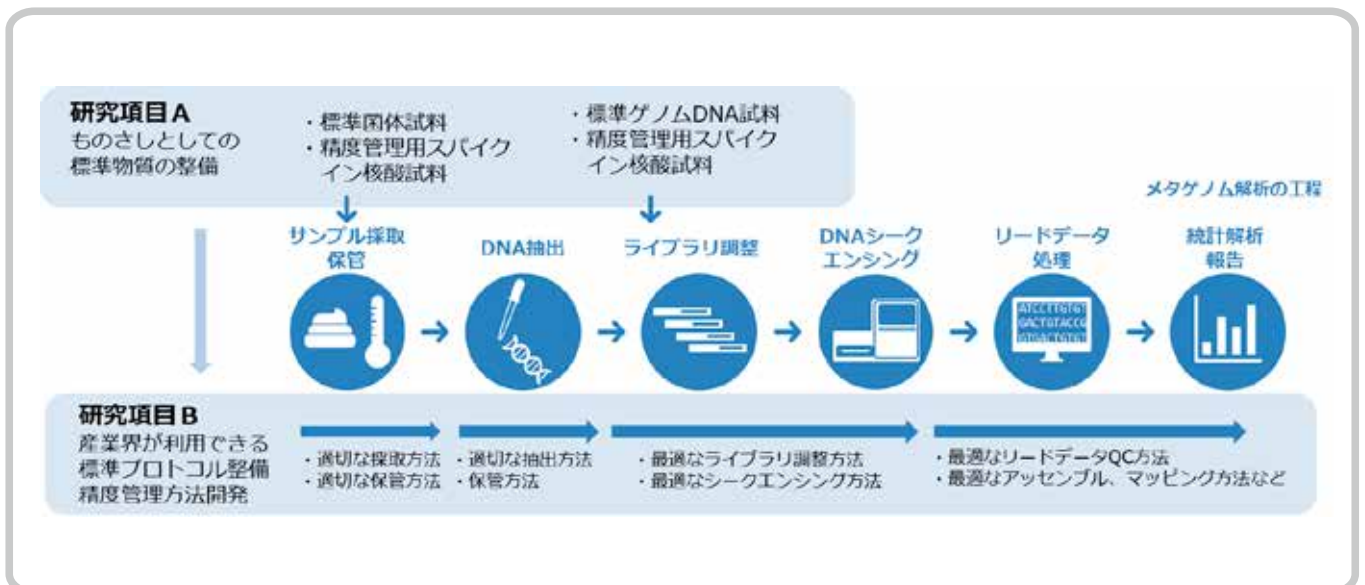
マイクロバイオーム計測の信頼性担保のための標準物質開発  
マイクロバイオーム計測の標準プロトコルの開発

### 研究開発の内容と目標

本提案課題では、ヒトマイクロバイオームの産業利用に係る国内産業の競争力強化のための計測標準基盤を整備するとともに、基盤となるモデル健康人マイクロバイオームデータを整備する。①マイクロバイオーム計測(16S rRNA遺伝子アンプリコン解析、ショットガンメタゲノム解析)において、国内産業界が求める用途や仕様に基づいた標準物質を開発・整備する、②ヒトマイクロバイオームの代表例としてまずヒト糞便マイクロバイオームを想定し、国内産業界が実施でき、かつその計測結果の比較互換性が担保できるショットガンメタゲノム解析の標準的プロトコルを整備する。

### 研究開発の実施体制

一般社団法人日本マイクロバイオームコンソーシアム  
国立研究開発法人産業技術総合研究所  
(再委託先)  
独立行政法人製品評価技術基盤機構  
国立研究開発法人理化学研究所



## 日本人の体質を反映するヒトフローラマウスの開発と実証

Human gut-flora associated mice based on the constitutional medicine for Japanese

### 研究開発の背景

腸内の多様な微生物群がヒトの健康維持や疾患に深く関与することが明らかとなり、機序に基づく健康食品、医薬品の開発において新たな標的となりつつある。一方で、コホート研究のみから腸内細菌叢とヒトの生理機能との関連性を定量的に表現することは困難な状況である。そこで食品メーカーや医薬品メーカーの要求に耐えうる、再現性と均一性を備えたヒトフローラマウスの標準を提示できるまでの基盤研究および社会実装プロセスは重要であり、大きな期待が寄せられている。

体質医学の情報に基づいた本研究開発は、日本人の健康増進や疾病予防を実現する食生活について、体質別の基本的な情報を得るための実験系構築を可能とする。

### 研究開発の内容と目標

本提案では、テラワットPV社会を牽引する「エネルギー新時代のコメ」となりうる、高性能な太陽電池の開発を目指す。そのためには30%を超える変換効率を実現できるPV技術が必要であり、太陽光スペクトルをより有効に利用できる多接合(タンデム)太陽電池が有力な候補となる。

本提案では多接合(タンデム)太陽電池のトップセル材料として、低コスト・長寿命・長期信頼性を同時に満たすカルコゲナイド系薄膜を開発する。具体的には禁制帯幅が1.6eV以上のワイドギャップな化合物半導体を光吸収層材料に用いて、単接合セルで光電変換効率18%を達成するために必要な技術の開発を行う。

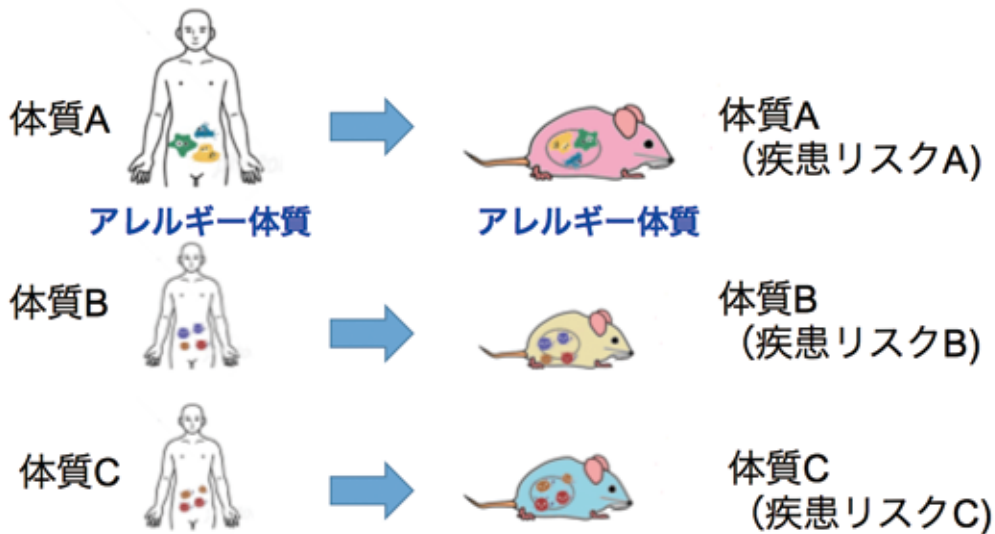
### 研究開発項目

1. 日本人の8体質別・腸内細菌叢のタイピング
2. アレルギー疾患リスクの高い体質からヒトフローラマウスの作製(順次作製)
3. ヒトフローラマウスの免疫機能解析
4. 日本人体質別ヒトフローラマウスの市場調査
5. 海外体質別ヒトフローラマウスの市場調査

### 研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所  
日本クレア株式会社  
アクア・ゼスト株式会社

## 体質医学 × ヒトフローラマウス



Generation of human gut-flora associated mice based on the constitutional medicine  
体質医学的観点に立脚したフローラマウスの作成

## “竹由来ナノセルロース・ハニカム筋樹脂” 製造法の開発

Nanocomposites reinforced by embedded bamboo-nanocellulose honeycomb

### 研究開発の背景

プラスチック製品は、我々の生活に欠かせないものです。しかし、マイクロプラスチックの問題に代表される環境負荷の観点からその使用量削減が課題となっており、樹脂強度を維持したままでの製品の軽量化が求められています。

最近、セルロースナノファイバー(=ナノセルロース)が樹脂補強材として広く研究されてきていますが、親水性のナノセルロースと疎水性の樹脂との混合が難しいことや、得られる樹脂製品が衝撃に弱いことが課題となっています。そのため、エネルギー消費を抑え、かつ効率的な補強効果を実現する新たな樹脂複合化プロセスの開発が希求されています。

### 研究開発の内容と目標

鉄筋のように、ナノセルロースで形成される三次元ハニカム骨格を芯として内包する新奇汎用樹脂「ナノセルロース・ハニカム筋樹脂」の製造法を開発します。化学処理のない水中カウンターコリジョン(=ACC)法で製造される非木材「竹」由来の疎水性表面を多く持つ両親媒性ナノセルロースを用いることにより、樹脂との融合が容易で、より低エネルギー消費での水系複合化プロセスとなることを検証します。

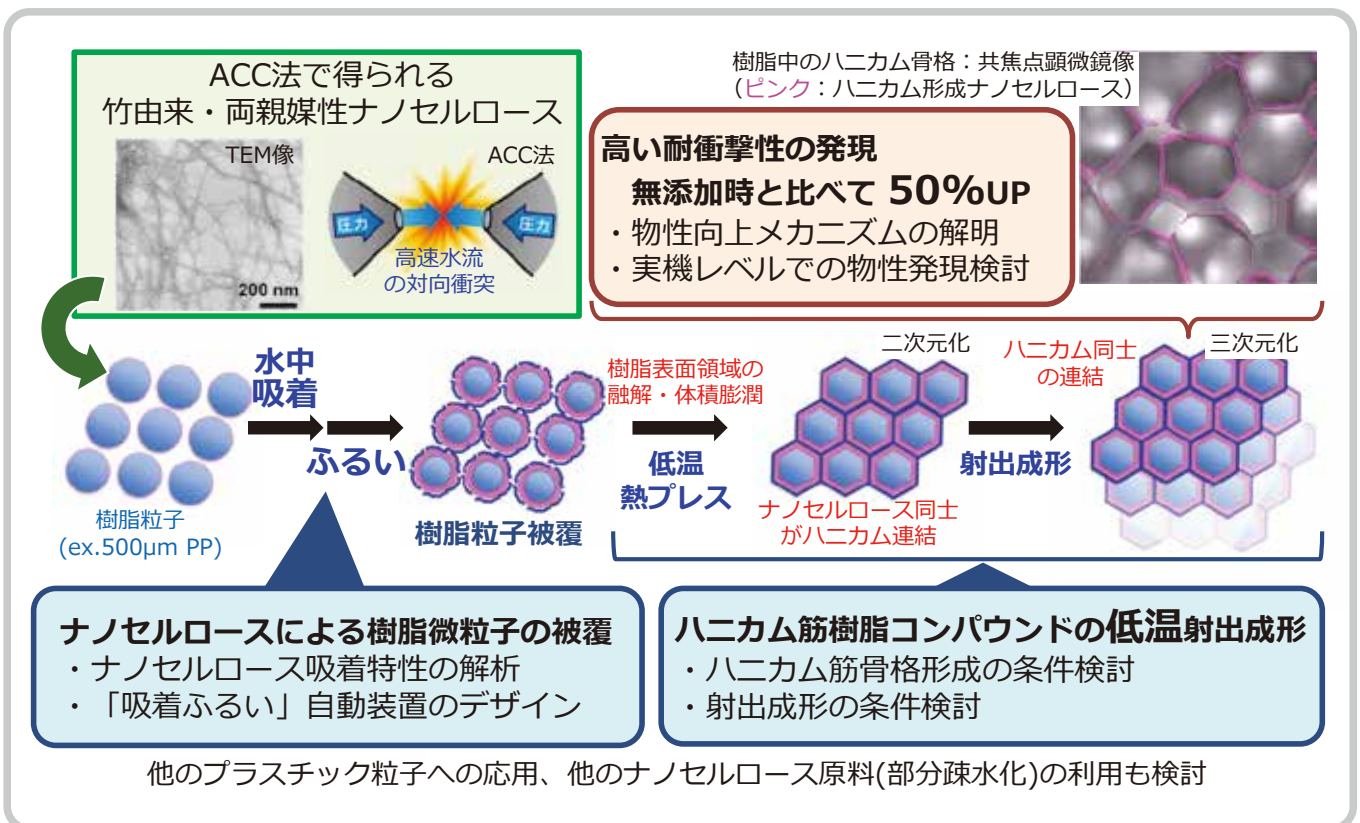
この新奇プロセスによって、従来の複合樹脂で課題であった耐衝撃性の向上を目標とします。さらに、その創発メカニズムの解明により、広く展開可能な新技術の確立を目指します。

### 研究開発項目

1. ナノセルロース被覆樹脂粒子の特性解析
2. ハニカム内包樹脂コンパウンド製造法の最適化
3. 上記樹脂コンポジット低温射出成形の検討
4. コンポジットの耐衝撃性向上とその機構解明
5. 樹脂被覆プロセス簡易自動装置のデザイン

### 研究開発の実施体制

国立大学法人九州大学  
中越パルプ工業株式会社



## 終了テーマ

⑦⑩大容量蓄電池の動的状態解析に関する研究開発 (2018年度採択)	公益財団法人高輝度光科学研究センター 日産自動車株式会社 株式会社本田技術研究所 パナソニック株式会社 国立大学法人京都大学 学校法人立命館	
⑦⑪革新的航空機用電気推進システムの研究開発 (2018年度採択)	国立大学法人九州大学 富士電機株式会社 昭和電線ケーブルシステム株式会社 国立研究開発法人産業技術総合研究所	
⑦⑫フレキシブル・超軽量SHJ太陽電池およびタンデム化の要素技術の開発 (2018年度採択)	パナソニック株式会社	(再委託先) 国立研究開発法人産業技術総合研究所 国立大学法人京都大学 国立大学法人岐阜大学 国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学 国立大学法人福島大学 国立大学法人東北大学
⑦⑬革新的亜鉛-黒鉛二次電池の研究開発 (2018年度採択)	国立大学法人京都大学 国立大学法人東京工業大学 国立大学法人山口大学 トヨタ自動車株式会社	
⑦⑭劣化フリー蓄電池実現のための溶媒和制御型電解液の研究開発 (2018年度採択)	学校法人同志社	
⑦⑮藻類由来金属微小コイル分散によるギガ・テラヘルツ帯電波吸収の研究開発 (2018年度採択)	学校法人同志社	
⑦⑯単粒子解析を活用したレーザー照明用蛍光体の開発 (2018年度採択)	国立研究開発法人物質・材料研究機構 デンカ株式会社 国立大学法人横浜国立大学 地方独立行政法人神奈川県産業技術総合研究所	
⑦⑰超微細半導体用革新的ウェットプロセス・装置技術の開発 (2018年度採択)	東京エレクトロン株式会社 国立大学法人東北大学	
⑦⑱天然ガス低温改質による低CO <sub>2</sub> 排出水素・化学品革新製造 (2018年度採択)	国立大学法人東北大学 アートビーム有限公司	(再委託先) 国立大学法人新潟大学
⑦⑲テラワットPV社会を牽引する低コスト・長寿命・高効率な多接合化太陽電池の開発 (2018年度採択)	国立研究開発法人産業技術総合研究所 国立大学法人東京工業大学 学校法人立命館	
⑧①定置用ボイラーから排出される低濃度NO <sub>x</sub> の有用物質変換可能な触媒の開発 (2018年度採択)	公立大学法人首都大学東京	
⑧②CCS/触媒化学の融合によるCO <sub>2</sub> 転換技術の開発 (2018年度採択)	国立研究開発法人産業技術総合研究所	
⑧③SILP触媒を用いた流通型CO <sub>2</sub> 直接利用ヒドロホルミル化反応の開発 (2018年度採択)	国立研究開発法人産業技術総合研究所 国立大学法人北海道大学触媒科学研究所	

## 終了テーマ

⑧③鉄鉱石の劣質化に向けた高級鋼材料創製のための革新的省エネプロセスの開発 (2018年度採択)	新日鐵住金株式会社 JFEスチール株式会社 一般財団法人金属系材料研究開発センター (共同研究) 国立大学法人東北大学 国立大学法人九州大学 国立大学法人秋田大学 国立大学法人北海道大学 学校法人日本工業大学 国立大学法人東京大学 学校法人立命館	
⑧④超高変換効率新規プロトン導電デバイスの開発 (2017年度採択)	パナソニック株式会社 国立研究開発法人産業技術総合研究所 株式会社ノリタケカンパニーリミテド 一般財団法人ファインセラミックスセンター 国立大学法人東北大学 国立大学法人宮崎大学 国立大学法人横浜国立大学	
⑧⑤温度変化発電を利用した廃熱回生技術の研究開発 (2017年度採択)	ダイハツ工業株式会社 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 学校法人関西学院関西学院大学 国立大学法人大阪大学 国立大学法人長岡技術科学大学	
⑧⑥LNG冷熱利用熱音響エンジン発電技術の研究開発 (2017年度採択)	国立大学法人東京農工大学 東京ガス株式会社 国立大学法人電気通信大学	
⑧⑦室温プリントエレクトロニクスによる次世代IoTデバイス配線・実装技術の開発 (2017年度採択)	国立研究開発法人物質・材料研究機構 株式会社C-INK	
⑧⑧ナノ半導体材料の高度構造制御と革新低コスト半導体デバイスの研究開発 (2017年度採択)	東レ株式会社 国立研究開発法人産業技術総合研究所	(再委託先) 国立大学法人東京大学
⑧⑨磁気テープにおけるミリ波記録方式の開発研究 (2017年度採択)	国立大学法人東京大学 国立大学法人大阪大学 富士フイルム株式会社	
⑧⑩ナノ結晶クラスター組織からなる革新的磁性材料の創製 (2017年度採択)	大陽日酸株式会社 関東電化工業株式会社 国立大学法人東北大学	
⑧⑪極微小液滴が形成する反応場を用いたナノ材料の構造・機能制御技術の研究開発 (2017年度採択)	国立研究開発法人産業技術総合研究所 日立化成株式会社 住友ベークライト株式会社 ダイキン工業株式会社 株式会社キャタラー 日華化学株式会社 三菱ケミカルエンジニアリング株式会社	
⑧⑫低コスト高純度水素製造技術と革新的エネルギーシステムの研究開発 (2017年度採択)	住友電気工業株式会社 国立大学法人京都大学 株式会社IHI	

⑨③有機ハイドライド電解合成用電極触媒の研究開発 (2017年度採択)	国立大学法人横浜国立大学 国立大学法人東京工業大学 公立大学法人大阪府立大学
⑨④酸化物系全固体二次電池実現のブレークスルーとなる固固界面制御技術開発 (2017年度採択)	国立研究開発法人産業技術総合研究所 技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター 国立大学法人東京工業大学 公立大学法人大阪府立大学 香川県産業技術センター (再委託先) 国立大学法人名古屋大学 株式会社オハラ
⑨⑤熱安全性に優れた革新的な全固体有機蓄電池の創製 (2017年度採択)	日産自動車株式会社 国立研究開発法人産業技術総合研究所
⑨⑥革新的高飽和磁束密度・低鉄損軟磁性粉体の開発 (2017年度採択)	国立研究開発法人産業技術総合研究所
⑨⑦優れた高温特性を有する革新的交換結合磁石の研究開発 (2017年度採択)	国立大学法人長崎大学 国立大学法人九州大学
⑨⑧革新的正方晶FeCo多元合金磁石の物質・組織デザイン (2017年度採択)	国立大学法人秋田大学
⑨⑨超低損失と高飽和磁化を両立した軟磁性粉末材料の技術開発 (2017年度採択)	独立行政法人国立高等専門学校機構岐阜工業高等専門学校 国立大学法人名古屋工業大学 国立大学法人岐阜大学
⑩⑩完全レア・アースフリー人工L1 <sub>0</sub> -FeNi磁石の基礎物性の解明 (2017年度採択)	国立大学法人東北大学
⑩⑪ヘテロナノ組織を活用した革新的”超”高強度銅合金の設計技術および製造技術の研究開発 (2017年度採択)	一般社団法人日本伸銅協会 国立大学法人豊橋技術科学大学 国立大学法人金沢大学 国立大学法人東北大学多元物質科学研究所 古河電気工業株式会社 株式会社神戸製鋼所 日本ガイシ株式会社 JX金属株式会社 (再委託先) 国立研究開発法人物質・材料研究機構
⑩⑫ヒドリドを利用した新規エネルギーデバイスの開発 (2016年度採択)	国立大学法人東京工業大学 大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所 パナソニック株式会社
⑩⑬α型酸化ガリウム高品質自立基板の研究開発 (2016年度採択)	国立研究開発法人物質・材料研究機構 国立大学法人京都大学 国立大学法人佐賀大学 株式会社FLOSFIA
⑩⑭ナノクリスタルエンジニアリングによる材料・デバイス革新 (2016年度採択)	国立研究開発法人産業技術総合研究所 堺化学工業株式会社 ラピスセミコンダクタ株式会社

## 終了テーマ

⑩5 <b>ファインケミカルズ製造のためのフロー精密合成の開発</b> (2016年度採択)	国立研究開発法人産業技術総合研究所 国立大学法人東京大学 国立大学法人京都大学 学校法人早稲田大学 富士フイルム株式会社 東和薬品株式会社 クミアイ化学工業株式会社 東京理化器械株式会社 日本電子株式会社	
⑩6 <b>リチウム金属蓄電池実現のブレークスルーとなる新規濃厚電解液の研究開発</b> (2016年度採択)	学校法人同志社	
⑩7 <b>金属空気二次電池のための複合アニオン化合物を基軸とした革新的高活性空気極</b> (2016年度採択)	国立大学法人京都大学	
⑩8 <b>革新的エネルギー貯蔵システム等を活用した超分散エネルギーシステムの研究</b> (2016年度採択)	国立大学法人東京大学 国立大学法人横浜国立大学 国立大学法人名古屋大学 株式会社構造計画研究所 株式会社JPビジネスサービス	
⑩9 <b>高濃度電解液を用いる革新的デュアル炭素電池の研究開発</b> (2016年度採択)	国立大学法人九州大学	
⑩10 <b>量産型コンパクト超電導磁気エネルギー貯蔵デバイスの研究開発</b> (2016年度採択)	国立大学法人名古屋大学 学校法人トヨタ学園 豊田工業大学 学校法人関東学院 関東学院大学	
⑩11 <b>CO<sub>2</sub>フリー革新的超高難易度酸化反応の研究開発</b> (2016年度採択)	国立大学法人大阪大学	
⑩12 <b>ビッグデータ適応型の革新的検査評価技術の研究開発</b> (2016年度採択)	国立大学法人名古屋大学 国立大学法人九州工業大学 国立研究開発法人産業技術総合研究所 株式会社島津製作所 日本電子株式会社 株式会社堀場製作所 株式会社日立ハイテクノロジーズ	(再委託先) 株式会社日立ハイテックサイエンス
⑩13 <b>大型超軽量構造材料のAI利用・高解像度計測技術の研究開発</b> (2016年度採択)	東レ株式会社 国立研究開発法人産業技術総合研究所	
⑩14 <b>データセンタ向け低消費電力・超多ポート高速光スイッチシステムの研究開発</b> (2015年度採択)	一般財団法人光産業技術振興協会 国立大学法人名古屋大学 日本電信電話株式会社 国立研究開発法人産業技術総合研究所	
⑩15 <b>ナノソルダー技術とサステナブル社会実装応用に関する研究開発</b> (2015年度採択)	国立大学法人東北大学 パナソニック株式会社 住友金属鉱山株式会社 国立大学法人群馬大学 国立大学法人大阪教育大学	
⑩16 <b>中性粒子ビーム励起表面反応による新物質創製</b> (2015年度採択)	国立大学法人東北大学流体科学研究所 東京エレクトロン株式会社	



⑰革新的分離技術の導入による省エネ型基幹化学品製造プロセスの研究開発 (2015年度採択)	学校法人早稲田大学 学校法人芝浦工業大学 国立大学法人広島大学 国立研究開発法人産業技術総合研究所 NOK株式会社 国立大学法人京都大学 日揮株式会社 国立大学法人山形大学	
⑱空気と水をアンモニアに転換する常温常圧1段階プロセス (2015年度採択)	国立大学法人九州工業大学 荏原実業株式会社 新日鉄住金エンジニアリング株式会社 国立大学法人東京工業大学	
⑲低環境負荷アンモニア製造法の研究開発 (2015年度採択)	国立大学法人名古屋工業大学 日揮株式会社 学校法人名古屋電気学園愛知工業大学	
⑳正浸透膜法を用いた革新的省エネ型水処理技術の開発 (2015年度採択)	国立大学法人神戸大学 国立大学法人広島大学 国立大学法人徳島大学 国立大学法人山口大学 東洋紡株式会社	
㉑生物表面模倣による難付着・低抵抗表面の開発 (2015年度採択)	三菱レイヨン株式会社 国立研究開発法人産業技術総合研究所 株式会社日立製作所 国立大学法人北海道大学 学校法人千歳科学技術大学	
㉒超精密原子配列制御型排ガス触媒の研究開発 (2015年度採択)	一般財団法人ファインセラミックスセンター 国立大学法人東京大学 国立研究開発法人産業技術総合研究所 栃木県産業技術センター アシザワ・ファインテック株式会社 三菱化学株式会社	
㉓超高性能バルク熱電材料 ( $ZT \geq 20$ ) の創製 (2015年度採択)	住友電気工業株式会社 学校法人トヨタ学園豊田工業大学	(再委託先) 国立大学法人東北大学
㉔革新的ナノスケール制御による高効率熱電変換システムの実現 (2015年度採択)	国立大学法人茨城大学 国立大学法人埼玉大学 有限会社飛田理化硝子製作所 国立研究開発法人産業技術総合研究所	
㉕電解還元によるCO <sub>2</sub> の革新的固定化研究開発 (2015年度採択)	国立大学法人長岡技術科学大学 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 堺化学工業株式会社 日揮触媒化成株式会社	
㉖金属水素間新規熱反応の現象解析と制御技術 (2015年度採択)	株式会社テクノバ 日産自動車株式会社 国立大学法人九州大学 国立大学法人東北大学	(再委託先) 国立大学法人名古屋大学 国立大学法人神戸大学

## 終了テーマ

⑫7 超臨界地熱開発実現のための革新的掘削・仕上げ技術の創出 (2015年度採択)	国立大学法人東京大学 国立大学法人東北大学 国立研究開発法人産業技術総合研究所 地熱エンジニアリング株式会社 地熱技術開発株式会社	(再委託先) 帝石削井工業株式会社
⑫8 低電力積層型半導体用高密度自己組織化配線技術の研究開発 (2015年度採択)	国立大学法人東北大学 株式会社東芝 国立研究開発法人物質・材料研究機構 国立大学法人東京大学	
⑫9 プラスチック光ファイバが創る超省電力8Kネットワーク社会の実現 (2015年度採択)	学校法人慶応義塾	
⑫0 大規模高速センシングシステムの開発とその応用 (2015年度採択)	国立大学法人東京大学 株式会社エクスピジョン	
⑫1 ビッグデータ処理を加速・利活用する脳型推論システムの研究開発～新原理デバイス・回路による超高速・低消費電力ハードウェア技術の開発とそのシステム化～ (2015年度採択)	国立研究開発法人産業技術総合研究所 学校法人早稲田大学 パナソニックセミコンダクターソリューションズ株式会社 国立大学法人北海道大学	
⑫2 革新的な省エネルギー型データベース問合せコンパイラの研究開発 (2015年度採択)	国立大学法人東京大学 株式会社日立製作所	
⑫3 高性能暗号を活用した革新的ビッグデータ処理の研究開発 (2015年度採択)	国立大学法人東京大学 国立大学法人横浜国立大学 国立大学法人神戸大学 国立研究開発法人産業技術総合研究所 電子商取引安全技術研究組合	(再委託先) セコム株式会社
⑫4 GMR素子のスピン注入磁化反転を用いた電動アクチュエータの研究開発 (2015年度採択)	学校法人芝浦工業大学 国立大学法人東北大学	
⑫5 正方晶B2・FeCo基合金による革新的永久磁石の開発 (2015年度採択)	国立大学法人秋田大学 国立大学法人東北大学 公立学校法人滋賀県立大学	
⑫6 新機能材料創成のための高品位レーザー加工技術の開発 (2015年度採択)	国立大学法人京都大学化学研究所 国立大学法人大阪大学接合科学研究所	
⑫7 特長ある機能性液体材料の実用化に向けた研究 (2015年度採択)	国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学	
⑫8 動静脈産業連携による循環制御型資源再生技術 (2015年度採択)	国立研究開発法人産業技術総合研究所 大栄環境株式会社 DOWAエコシステム株式会社 東芝環境ソリューション株式会社 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社	
⑫9 多孔性材料と金属触媒との革新的複合化技術による高性能水素貯蔵材料の研究 (2015年度採択)	パナソニック株式会社 国立大学法人北海道大学	

④①次世代亜鉛空気電池による分散型蓄エネルギーシステムの研究開発 (2015年度採択)	シャープ株式会社 株式会社日本触媒	(再委託) 国立大学法人京都大学 地方独立行政法人大阪市立工業研究所 国立大学法人京都大学
④②蓄電池代替、埋込み超電導蓄電コイル積層体の研究開発 (2015年度採択)	国立大学法人名古屋大学 学校法人トヨタ学園豊田工業大学 学校法人関東学院大学 株式会社D-process アイシン精機株式会社	
④③バイオメティックな超分子ナノ空間の創出によるCO <sub>2</sub> の高効率回収、及び資源化技術の研究開発 (2015年度採択)	パナソニック株式会社 国立大学法人大阪大学	(再委託先) 公立学校法人大阪市立大学
④④CO <sub>2</sub> レーザ照射による超臨界水雰囲気高温岩体の掘削システム開発 (2015年度採択)	日本海洋掘削株式会社 株式会社超臨界技術研究所 株式会社テルナイト 国立大学法人東北大学 国立大学法人大阪大学	
④⑤量子ダイナミクス理論に基づく革新的省エネルギー水素社会実現の研究開発 (2014年度採択)	国立大学法人大阪大学 国立大学法人東京大学 川崎重工業株式会社	
④⑥Nb窒化物系光触媒材料を用いた高効率太陽光水素生成デバイスの研究開発 (2014年度採択)	パナソニック株式会社 国立大学法人京都大学	
④⑦ナノカーボンハイブリッドを素材とした低コスト超耐久次世代燃料電池の実現 (2014年度採択)	国立大学法人九州大学 株式会社トクヤマ 株式会社ADEKA	
④⑧未利用廃熱回収を可能とする温度差を必要としない革新的発電材料の研究開発 (2014年度採択)	国立大学法人九州大学 高周波熱錬株式会社 ボッシュ株式会社	
④⑨データセンタの省電力化を実現する大容量・高速光アーカイブシステムの研究開発 (2014年度採択)	学校法人東京理科大学 特定非営利活動法人ナノフォトンクス工学推進機構	
④⑩トリリオンセンサ社会を支える高効率MEMS振動発電デバイスの研究 (2014年度採択)	技術研究組合NMEMS技術研究機構	(再委託先) 国立大学法人東京大学
④⑪IoT時代のCPSに必要な極低消費電力データセントリック・コンピューティング技術 (2014年度採択)	学校法人中央大学 株式会社東芝 株式会社Preferred Networks(PFN)	
④⑫低炭素社会構築に向けたオフグリッドエネルギーハーベストデバイスの開発 (2014年度採択)	国立大学法人東京大学先端科学技術研究センター ビフレストック株式会社 株式会社リコー	
④⑬究極の省エネを実現する「完全自動化」自動車に不可欠な革新認識システムの研究開発 (2014年度採択)	国立大学法人東京大学 国立大学法人電気通信大学 一般財団法人マイクロマシンセンター 株式会社デンソー	

## 終了テーマ

⑬無冷却高圧タービン動翼を実現する最先端超高温材料の研究開発 (2014年度採択)	株式会社IHI 国立大学法人東北大学	
⑭エネルギー効率の飛躍的向上のための高性能超高純度鉄基耐熱合金等の研究開発 (2014年度採択)	国立大学法人東北大学 東邦亜鉛株式会社	
⑮フェムトリアクター化学プロセスの研究開発 (2014年度採択)	国立研究開発法人産業技術総合研究所 日華化学株式会社 アピックヤマダ株式会社	(再委託先) 国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学
⑯高品質/高均質薄膜を実現する非真空成膜プロセスの研究開発 (2014年度採択)	国立大学法人京都大学 公立学校法人高知工科大学 国立大学法人東京大学 株式会社FLOSFIA	
⑰革新的な高熱効率を有する自発予圧縮機構付き回転デトネーションエンジンの研究開発 (2014年度採択)	国立大学法人名古屋大学 学校法人慶應義塾 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 株式会社IHIエアロスペース・エンジニアリング 株式会社ネッツ	
⑱生物・有機合成ハイブリッド微生物による100%グリーンジェット燃料生産技術の開発 (2014年度採択)	公益財団法人地球環境産業技術研究機構	(再委託先) 国立大学法人京都大学
⑲高温岩体発電に向けた超耐食タービンのためのマルチビームレーザ表面改質の研究 (2014年度採択)	富士電機株式会社 国立大学法人大阪大学	
⑳島弧日本のテラワットエネルギー創成先導研究 (2014年度採択)	国立研究開発法人産業技術総合研究所 富士電機株式会社 地熱エンジニアリング株式会社 国立大学法人東北大学	
㉑地熱発電量を10倍化する酸性熱水利用および還元井減衰防止技術の開発 (2014年度採択)	九電産業株式会社 国立大学法人九州大学	
㉒省エネセラミックコンプレッサ技術開発 (2014年度採択)	国立研究開発法人産業技術総合研究所 株式会社ノリタケカンパニーリミテド 一般社団法人日本ファインセラミックス協会	
㉓超高気体透過分離薄膜を用いたエネルギー起源CO <sub>2</sub> の抜本的削減 (2014年度採択)	公立大学法人首都大学東京 日本バイリーン株式会社	
㉔高機能CO <sub>2</sub> 選択透過膜を用いた低コスト省エネルギー型CO <sub>2</sub> 分離・回収技術の開発 (2014年度採択)	学校法人早稲田大学 国立大学法人広島大学 国立大学法人神戸大学 株式会社ルネッサンス・エナジー・リサーチ	
㉕新材料/新構造メモリデバイス基盤技術の研究開発 (2014年度採択)	株式会社東芝 国立研究開発法人産業技術総合研究所	

⑥⑥ ULPセンサモジュールの研究開発 (2014年度採択)

株式会社東芝  
公立大学法人兵庫県立大学  
学校法人立命館  
大日本印刷株式会社  
国立研究開発法人産業技術総合研究所  
国立大学法人神戸大学  
国立大学法人東京工業大学  
国立大学法人豊橋技術科学大学  
国立大学法人東京大学

⑥⑦ センサモジュールの研究開発 (2014年度採択)

テセラ・テクノロジー株式会社  
国立大学法人東京大学  
国立大学法人弘前大学  
国立大学法人東北大学  
アルプス電気株式会社  
東京応化工業株式会社

⑥⑧ トリリオンノード (1兆個の端末ノード) の実現  
に向けての先導研究~Cyber-Physical System  
を実現する超低消費電力・小型化技術に向けて~  
(2014年度採択)

株式会社半導体理工学研究センター  
国立大学法人東京大学

⑥⑨ pn制御有機半導体単結晶太陽電池の開発  
(2014年度採択)

大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所  
日本化薬株式会社  
国立大学法人豊橋技術科学大学  
公立大学法人大阪府立大学

⑦⑩ 再生可能エネルギー大量導入時代の系統安定化対  
応先進ガスタービン発電設備の研究開発  
(2014年度採択)

一般財団法人電力中央研究所  
三菱重工業株式会社  
三菱日立パワーシステムズ株式会社  
株式会社IHI  
川崎重工業株式会社  
株式会社東芝  
国立研究開発法人産業技術総合研究所

⑦⑪ 吸熱的低温改質反応による革新的中低温排熱利用  
技術の開発 (2014年度採択)

国立大学法人東北大学  
日揮株式会社  
日揮触媒化成株式会社

⑦⑫ 超高温領域未利用エネルギー貯蔵技術の研究開発  
(2014年度採択)

株式会社四国総合研究所  
学校法人玉川学園玉川大学

⑦⑬ 革新的機能性絶縁材料の先導研究 (2014年度採択)

学校法人早稲田大学  
国立大学法人名古屋大学  
国立大学法人九州工業大学  
国立大学法人豊橋技術科学大学  
ナガセコムテックス株式会社  
富士電機株式会社  
一般財団法人電力中央研究所

⑦⑭ ナノディフェクト・マネジメントの基盤技術の研  
究開発 (2014年度採択)

株式会社東芝

⑦⑮ 制御高度化により自動車等を省エネルギー化する  
低レイテンシコンピューティングの研究  
(2014年度採択)

日本電気株式会社  
国立大学法人東京大学

## 終了テーマ

<p>⑩⑥ 可変バリア機能の発現に基づく革新的エネルギー制御材料基盤技術開発 (2014年度採択)</p>	<p>国立大学法人東北大学 クニミネ工業株式会社 コニカミノルタ株式会社 株式会社東洋高圧 富士フイルム株式会社 ユニチカ株式会社 日邦産業株式会社 国立研究開発法人産業技術総合研究所</p>
<p>⑩⑦ 封止が不要な酸素・水分に強い有機EL材料の研究開発 (2014年度採択)</p>	<p>国立大学法人九州大学 保土谷化学工業株式会社 株式会社コムラテック 株式会社デンソー</p>
<p>⑩⑧ 超省電力発光デバイスの開発 (2014年度採択)</p>	<p>国立大学法人東北大学 DOWAホールディングス株式会社</p>
<p>⑩⑨ 鉄鋼部品の設計・製造・利用を革新する高硬度-高強度-高靱性過共析鋼の研究開発 (2014年度採択)</p>	<p>国立大学法人大阪大学 株式会社小松製作所 山陽特殊製鋼株式会社</p>
<p>⑩⑩ 高信頼IoT社会を実現する分散型基盤アーキテクチャの研究開発 (2017年度採択)</p>	<p>学校法人早稲田大学 日本電気株式会社</p>
<p>⑩⑪ 更なる省エネ照明社会の実現に資するIoTステーション (2017年度採択)</p>	<p>国立大学法人大阪大学 株式会社SCREENホールディングス</p>
<p>⑩⑫ 生産性と省エネ化を向上させる認知行動支援VR／AR技術の開発 (2017年度採択)</p>	<p>国立研究開発法人産業技術総合研究所 三菱電機株式会社 国立大学法人東京大学 学校法人名古屋電機学園愛知工業大学 公益財団法人共用品推進機構 株式会社フォーラムエイト</p>
<p>⑩⑬ 超微小な出力信号の検出を実現するナノテク材料の研究開発 (2017年度採択)</p>	<p>国立大学法人大阪大学 国立大学法人東京工業大学 日本メクトロン株式会社</p>
<p>⑩⑭ 回路・ナノセンサーの融合による高精度信号センシング技術の研究開発 (2017年度採択)</p>	<p>学校法人慶應義塾</p>
<p>⑩⑮ 三次元金属積層造形における新合金開発のための合金設計シミュレーション技術の開発 (2017年度採択)</p>	<p>一般財団法人金属系材料研究開発センター 国立研究開発法人物質・材料研究機構 新日鐵住金株式会社 日立金属株式会社 JX金属株式会社 古河電気工業株式会社 (再委託先) 技術研究組合次世代3D積層造形技術総合開発機構 (共同研究) 国立大学法人熊本大学</p>
<p>⑩⑯ 精密制御技術を駆使した脱硝触媒の高度利用技術開発 (2017年度採択)</p>	<p>国立研究開発法人産業技術総合研究所 学校法人中央大学 新日鐵住金エンジニアリング株式会社 国立大学法人九州大学 学校法人成蹊学園 太陽化学株式会社 一般財団法人ファインセラミックスセンター</p>

<b>⑩7 地域バイオマスからの化成品マルチ生産システム 開発</b> (2017年度採択)	国立大学法人九州大学 秋田県食品総合研究センター 国立大学法人東北大学 国立研究開発法人産業技術総合研究所 一般財団法人バイオインダストリー協会 住友ベークライト株式会社 花王株式会社 国立大学法人京都大学 国立大学法人徳島大学	
<b>⑩8 バイオベース化合物の連続分離変換プロセス</b> (2017年度採択)	京都府公立大学法人京都市立大学 長瀬産業株式会社 日本乳化剤株式会社	
<b>⑩9 機動性に優れた広負荷帯高効率GTの開発</b> (2017年度採択)	一般財団法人電力中央研究所 三菱重工業株式会社	(再委託先) 国立研究開発法人物質・材料研究機構 国立大学法人東京大学 国立大学法人京都大学
<b>⑩0 ロボット撮影による高解像度再現可能な三次元モデルと社会実装具体化の研究開発</b> (2017年度採択)	富士フイルム株式会社 株式会社イクスリサーチ グットジャパン株式会社 国立大学法人北見工業大学	(再委託先) 夢想科学株式会社
<b>⑩1 劣悪環境下での作業機械のロボット化技術の開発</b> (2017年度採択)	国立大学法人東北大学 株式会社佐藤工務店 学校法人早稲田大学	(再委託先) 三洋テクニクス株式会社 コーワテック株式会社
<b>⑩2 生体機能を直接利用したバイオハイブリッドセンサの開発</b> (2017年度採択)	国立大学法人東京大学	
<b>⑩3 生物機能としての生体情報のAI活用による生活環境制御</b> (2017年度採択)	国立大学法人東京大学 国立研究開発法人産業技術総合研究所 大日本印刷株式会社 日本電気株式会社 株式会社リコー	
<b>⑩4 ドローン運用高度化のための革新的熱発電システムの開発</b> (2018年度採択)	国立大学法人東京大学 国立研究開発法人産業技術総合研究所	
<b>⑩5 超高感度センサシステムのためのナノ界面技術・回路の統合開発</b> (2018年度採択)	学校法人慶應義塾 国立大学法人九州大学	
<b>⑩6 心疾患予防のための目視型プラズモンフルカラーセンサーの開発</b> (2018年度採択)	国立大学法人九州大学 東レ株式会社 公立大学法人大阪府立大学	
<b>⑩7 超微小ノイズ計測システムの汎用化に資するナノ界面制御技術の研究開発</b> (2018年度採択)	国立大学法人大阪大学	
<b>⑩8 電力非依存型多機能生物デバイスの開発に不可欠な基盤技術の確立</b> (2018年度採択)	国立大学法人大阪大学	
<b>⑩9 分子触媒システムによる木質バイオマス変換プロセスの研究開発</b> (2018年度採択)	国立大学法人京都大学 株式会社ダイセル	



#### 国内拠点

##### ●本部

〒212-8554  
神奈川県川崎市幸区大宮町1310  
ミューザ川崎セントラルタワー(総合案内16F)  
TEL : 044-520-5100(代表) FAX : 044-520-5103

##### ●関西支部

〒530-0011  
大阪府大阪市北区大深町3-1  
グランフロント大阪 ナレッジキャピタル タワーC 9F  
TEL : 06-4965-2130 FAX : 06-4965-2131

#### 海外事務所

##### ●ワシントン

1717 H Street, NW, Suite 815  
Washington, D.C. 20006, U.S.A.  
TEL : +1-202-822-9298  
FAX : +1-202-733-3533

##### ●欧州

10, rue de la Paix  
75002 Paris, France  
TEL : +33-1-4450-1828  
FAX : +33-1-4450-1829

##### ●北京

2001 Chang Fu Gong Office Building,  
Jia-26, Jian Guo Men Wai Street,  
Beijing 100022, P.R.China  
TEL : +86-10-6526-3510  
FAX : +86-10-6526-3513

##### ●シリコンバレー

3945 Freedom Circle, Suite 790,  
Santa Clara, CA 95054 U.S.A.  
TEL : +1-408-567-8033  
FAX : +1-408-567-9831

##### ●ニューデリー

15th Floor, Hindustan Times House,  
18-20 Kasturba Gandhi Marg,  
Connaught Place,  
New Delhi 110 001, India  
TEL : +91-11-4351-0101  
FAX : +91-11-4351-0102

##### ●バンコク

8th Floor, Sindhorn Building Tower 2,  
130-132 Wittayu Road, Lumpini,  
Pathumwan  
Bangkok 10330, Thailand  
TEL : +66-2-256-6725  
FAX : +66-2-256-6727