



NEDO 先導研究プログラム

NEDO Feasibility Study Program



2020年度

NEDO先導研究プログラム

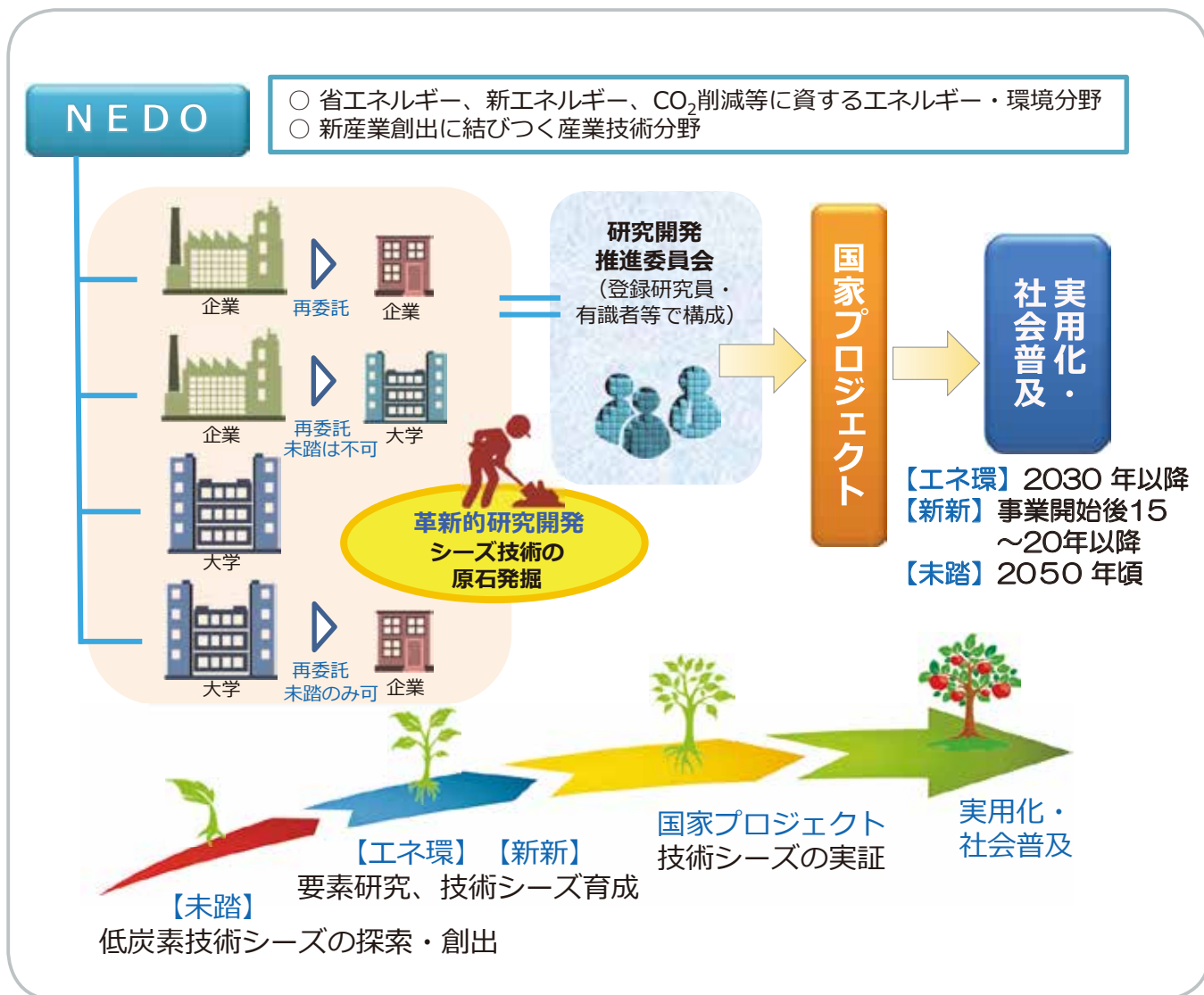
NEDO Feasibility Study Program

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、CO₂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】、未踏チャレンジ2050【未踏】）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、【未踏】は2017年度、【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

先導研究として、将来的な波及効果が期待できる優れた研究開発テーマを募集します。【エネ環】【新新】は、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公募毎に設定し、研究開発テーマを公募します。

【未踏】は、研究開発課題は設定せず、公募領域毎に低炭素技術シーズを公募します。

研究開発テーマの実施期間・規模

	【エネ環】【新新】	【未踏】
対象者	原則として、企業、大学等による産学連携体制 (※)	
事業形態	委託 (NEDO100%負担)	
費用	上限1億円以内/年・件 (※)	500~2,000万円以内/年・件
事業期間	最長2年 (途中審査あり) (※)	最長5年 (途中審査あり)
対象技術分野	【エネ環】 省エネルギー、新エネルギー、CO ₂ 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	省エネルギー、新エネルギー、CO ₂ 削減等に資するエネルギー・環境分野

※ 産学連携の具体的な想定と取組が行われていれば、大学等のみの提案も可能とします。その場合、【エネ環】【新新】では、費用2千万円/年・件、かつ、事業期間は1年が上限となります。

各事業の特徴

【エネ環】【新新】では、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。①CO₂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

【未踏】では、研究開発をより効果的に推進するために、未踏チャレンジ2050の事業全体を統括するプログラムディレクター (PD) を設け事業運営を行っています。加えて、各研究開発テーマを効率的に推進するため、各公募領域においてプログラムオフィサー (PO) を配置し、専門の見地から助言等を行うことにより効率的に研究を推進します。

(参考) 2020年度の公募領域：①次世代省エネエレクトロニクス、②環境改善志向次世代センシング、③超電導材料をはじめとする革新的電導材料の開発又はデバイスへの応用、④未来構造・機能材料、⑤CO₂有効活用

開発テーマ数 (2020年11月現在)

採択年度	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	合計
採択件数	エネ環 36	エネ環 30	エネ環 12	エネ環 32 未踏 8	エネ環 27 新新 12 未踏 4	エネ環 44 新新 6 未踏 9	エネ環 29 新新 5 未踏 8	262

開発中テーマ

CO₂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) P9
Solar hydrogen production using nanocarbon materials
- 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) P10
Hydrogen production by water electrolysis using high performance AEM
- ③ 低レアメタル擬固体電池技術の研究開発 (2019年度採択) P11
Development of quasi-solid-state batteries with a reduced amount of minor metals
- 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) P12
Innovative synergy electrocatalysts for high temperature PEFC
- 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) P13
Build-up approach for the development of innovative Pt-free catalysts

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) P14
All-Solid-State Sodium Batteries Using Oxide Electrolytes
- 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) P15
Technologies for interface dynamics control in sodium ion batteries
- 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) P16
High-capacity Co-free positive electrode material
- 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) P17
Dual intercalation rechargeable battery using highly concentrated aqueous electrolyte

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 集積ハイブリッド技術による超高速光変調技術の研究開発 (2019年度採択) P18
Integrated hybrid photonics for ultra-high speed optical modulation
- 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) P19
Contact resistance change memory by material and interface control
- 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) P20
3 dimensional stacked ferroelectric memory realized by the polarization bonding technology

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) P21
High sensitivity meta-magnetic materials for realization of next generation heat pump

室温付近での小型熱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) P22
Thermoelectric device using Weyl magnets
- 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) P23
Eco-friendly and High-durability Thermoelectric voltaic cell
- 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) P24
Applicative technology development for thermoelectric power generation for IoT devices
- 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) P25
Thermoelectric device by innovative heat recovery and mass production technology

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) P26
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 (2019年度採択) P27
Ammonia synthesis by means of NO_x 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) P28
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) P29
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) P30
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) P31
Marine environment-friendly all-biomass molding products
- ㉔ CO₂原料からの新規PHA共重合体の微生物合成 (2019年度採択) P32
Microbial synthesis of novel PHA block copolymers from CO₂
- 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) P33
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 二酸化炭素循環型地熱発電システムの開発 (2020年度採択) P34
Geothermal power system by carbon dioxide circulation
- ㉗ 酸性地熱水等を用いた水素製造と元素分別回収に関する研究開発 (2020年度採択) P35
Hydrogen production and elemental fractionation using acidic geothermal water
- ㉘ 大容量バッテリーの異常リスク低減・安全化技術開発 (2020年度採択) P36
Abnormal risk reduction and safety for high capacity battery
- ㉙ Society 5.0を実現する自律分散型IoTセンサ機器のための熱電変換電源システムの開発 (2020年度採択) P37
Thermoelectric Conversion Supply System for Autonomous Decentralized IoT Sensors to Realize the Society 5.0
- ㉚ 体温でIoTデバイスを駆動する熱化学電池の開発 (2020年度採択) P38
Flexible thermocells for harvesting waste heat from human body powering IoT devices
- ㉛ 環境熱を高効率で電力に変換する三次電池のための相転移ナノ材料の研究開発 (2020年度採択) P39
Development of phase transition nanomaterial for tertiary battery
- ㉜ 電力スケラブルでホットスワップ可能な高信頼性ブレード型インバータシステム (2020年度採択) P40
Power Scalable, Hot-swappable and Reliable Blade-type Inverter System
- ㉝ 次世代パワー半導体の高品質・高信頼性実現のための革新的放熱・故障診断技術に関する研究開発 (2020年度採択) P41
Development of Heat-dissipation and Inspection for Next Generation Power Module
- ㉞ 高速スイッチング可能でタフなSiCモジュール技術開発 (2020年度採択) P42
Tough SiC Power Modules with High-speed Switching
- ㉟ 高放熱大面積ダイヤモンド基盤技術 (2020年度採択) P43
Basement technology for large areal diamond as heat dissipation structure
- ㊱ 高性能大容量スクロール圧縮機の研究開発 (2020年度採択) P44
Development of High-Performance Large-Capacity Scroll Compressor
- ㊲ 磁気機能性ナノ冷凍機油による冷媒圧縮機の高効率化 (2020年度採択) P45
Performance Improvement of Refrigerant Compressor by Magnetic Nano-Refrigeration-oil
- ㊳ 合金系潜熱蓄熱マイクロカプセルを基盤とした高速かつ高密度な蓄熱技術の研究開発 (2020年度採択) P46
Advanced thermal energy storage technology based on micro-encapsulated alloy phase change material with high thermal response and high heat storage density
- ㊴ 窒素資源循環のための膜分離を利用した廃水からのアンモニア高効率分離回収の研究開発 (2020年度採択) P47
Highly efficient separation and recovery of ammonia from wastewater using membrane separation for nitrogen resource circulation
- ㊵ 革新的CO₂分離膜による省エネルギーCO₂分離回収技術の研究開発 (2020年度採択) P48
A strategy for low-energy CO₂ capture by innovative CO₂ separation membrane modules
- ㊶ 吸着式CO₂分離回収におけるLNG未利用冷熱の活用 (2020年度採択) P49
Utilization of unused cold heat from LNG in adsorption-type CO₂ separation and recovery
- ㊷ 未利用冷熱による燃焼ガス中CO₂の回収技術の開発 (2020年度採択) P50
CO₂ capture technology with unused cold energy for exhaust gas
- ㊸ 多層プラスチックフィルムの液相ハイブリッドリサイクル技術の開発 (2020年度採択) P51
Development of hybrid recycle process of multi-layer plastic film through liquid phase reaction

開発中テーマ

- ④④ 廃プラスチックガス化処理の低温化技術の開発 (2020年度採択) P52
Low-temperature gasification process for plastic waste
- ④⑤ 複合プラスチックの高度分離技術開発 (2020年度採択) P53
Advanced separation technology for composite plastics
- ④⑥ ポリオレフィン類の酸化変換を鍵とするケミカルリサイクル技術の開発 (2020年度採択) P54
Chemical recycling by oxidative transformation of polyolefins
- ④⑦ 金属ナトリウム分散体によるカルボン酸の合成技術の研究開発 (2020年度採択) P55
Development of carboxylic acid synthesis technology by Sodium dispersion
- ④⑧ CO₂利用 PC製造用中間体の新規合成技術開発 (2020年度採択) P56
New synthesis technology for PC manufacturing intermediates using CO₂ as a raw material.
- ④⑨ CFRPへの金属コールドスプレー法による耐雷性能向上に関する研究開発 (2020年度採択) P57
Development of high-performance lightning protection for CFRP by metallic cold spray technique
- ⑤⑩ 高レート生産可能な航空機構造材に関する研究 (2020年度採択) P58
High rate production material and process for aircraft
- ⑤⑪ 合成ガスからのバイオケミカル原料製造技術の開発 (2020年度採択) P59
Development of biological process for chemical production from syngas
- ⑤⑫ サイクロンによる気液分離機構を備えた自己熱再生型高効率酸素濃縮技術の研究開発 (2020年度採択) P60
An approach of direct and efficient production of oxygen enriched air with mist separation and self heat recovery
- ⑤⑬ 高効率エタノール直接合成触媒プロセスの開発 (2020年度採択) P61
High-efficiency ethanol direct synthesis catalytic process
- ⑤⑭ 自動車の早期低炭素化を実現する内燃機関／燃料組成の開発 (2020年度採択) P62
Co-development of IC engines and fuels for early realization of low-carbon automobiles
- ⑤⑮ 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) P63
Organic-inorganic hybrid wavelength converting sheet for broadband usage of sunlight
- ⑤⑯ 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) P64
Development of intermediate-temperature fuel cells for direct utilization of methylcyclohexane
- ⑤⑰ 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) P65
Diagnosis of electric-vehicle battery based on its internal state analysis
- ⑤⑱ 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) P66
10-Tbps Low Power Consumption Photonic Transceiver using Heterogenous Integration
- ⑤⑲ 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) P67
Sensor devices for thermal process monitoring based on electromagnetic wave propagation
- ⑥⑰ 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) P68
Online monitoring system for ultra-high temperature facilities
- ⑥⑱ 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) P69
Realtime Ultrasonic Multiphase Flowmeter with Flow Monitoring Functions
- ⑥⑳ 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) P70
Process sensor for harsh atmosphere such as high temperature
- ⑥㉑ 航空機向け高出力・高密度モータの技術開発 (2019年度採択) P71
The development of high-power, high-density motors for aircraft.
- ⑥㉒ 低CO₂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) P72
High Power Density Electric Propulsion Motor System R&D for Low CO₂ Emission Aircraft
- ⑥㉓ MW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) P73
MW-class Power System for Hybrid Aircraft
- ⑥㉔ 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) P74
Development of advanced recycling system for aluminum materials
- ⑥㉕ 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) P75
Reduce and advanced recycling of aluminum dross for aluminum recycling society
- ⑥㉖ 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) P76
Development of Recycling Process of Plastics into Basic Chemical Raw Materials
- ⑥㉗ 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) P77
Advanced material recycling process to realize high circular resource economy

⑦⑥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)	P78
Multi-material 3D joining and optimum molding technology for higher reliability than the current joining in the aviation field	
⑦⑦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)	P79
Joining and forming technology for multi-type composite material enabling high rate / low cost production of aircraft structure	
⑦⑧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)	P80
CFRP Hybrid welding technology for new generation aircraft structure	
⑦⑨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)	P81
Innovative energy-saving material processing technology based on thermal science	
⑦⑩恒温鍛造用金型温度制御技術の研究開発 (2019年度採択)	P82
Development of temperature control technology of dies for isothermal forging	
⑦⑪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)	P83
Active heat exchanger with high durability and performance by controlling precipitation	
⑦⑫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)	P84
Heat exchange and thermal utilization for high-efficient energy recovery	
⑦⑬熱・電場サイクルによる低品位排熱発電の研究開発 (2019年度採択)	P85
Low-Grade Waste Heat Power Generation by Thermal and Electric Field Cycle	
⑦⑭異なる電極活性点を利用したCO ₂ からのC ₂ 化合物製造技術およびシステムの研究開発 (2018年度採択)	P86
Hybrid Electrocatalysts for C ₂ Production from CO ₂ and the Appropriate System	
⑦⑮革新的次世代軽量高強度構造材の研究開発 (2018年度採択)	P87
Innovative next-generation light-weight and high-strength structural materials	
⑦⑯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)	P88
Research and Development of Innovative Hybrid Flight System	
⑦⑰有機溶剤の超過膜法開発による化学品製造プロセス革新 (2018年度採択)	P89
Innovation in chemical production process by organic solvent hyper filtration (OHF) membrane method	
⑦⑱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)	P90
Heat exchange and control technologies for exergy loss reduction	
⑦⑲IoT社会を支える分散型独立電源の技術開発 (2018年度採択)	P91
Autonomous Power Supply for IoT Devices Using Thermoelectric Power Generation	
⑦⑳ZEV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)	P92
Next generation inspection apparatus for batteries of zero emission vehicles	
㉑CFRP・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)	P93
The innovative X-ray inspection system for CFRP and bonded dissimilar materials	
㉒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)	P94
Development of real-time simulation applicable to additive manufacturing	

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

㉓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)	P95
Innovative Thermoelectric Power Generation System for Autonomous Robots	
㉔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)	P96
Mechanical contact-based robot technology for realizing multi-skilled robot	
㉕食材加工サポートシステムの研究開発 (2019年度採択)	P97
Research and development of food processing support system	

革新的なロボット技術の研究開発

㉖大深度・極限環境に適應する掘削物揚重用ぜん動ポンプの研究開発 (2018年度採択)	P98
Peristaltic transportation system for lifting excavated soil in deep underground and extreme environments	
㉗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 (2018年度採択)	P99
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

㉘高速電流読み取り型DNAメモリの開発 (2020年度採択)	P100
Development of high-speed electrical reading DNA memory	

開発中テーマ

- ⑨③ デジタル駆動化学による機能性化学品製造プロセスの新基盤構築 —高速遷移状態解析による合成経路探索と実証— (2020年度採択) …… P101
Digital-Data-Driven Chemical Approach for Constructing a New Synthetic Process for Functional Chemicals
- ⑨④ IT創香×IT創薬による匂い分子設計システムの開発 (2020年度採択) …… P102
Odor compounds design based on computer-aided aroma and drug discovery technologies
- ⑨⑤ 5G移動通信と次世代パワーエレクトロニクスの高性能化を支える高周波磁性材料の開発 (2020年度採択) …… P103
High frequency magnetic material supporting 5G mobile communication and next-generation power electronics
- ⑨⑥ ウルトラファインバブルの粒径並びにダイナミクスの新規評価手法開発 (2020年度採択) …… P104
Innovative Measurement Method for Size and Dynamics of Ultrafine Bubbles
- ⑨⑦ 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) …… P105
Copper Alloy-based Functional Nanopastes for Packaging Materials with High Power Density
- ⑨⑧ ポスト・ムーア時代の次世代配線開発 (2019年度採択) …… P106
Next generation interconnect technology in post-Moore's law age
- ⑨⑨ 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) …… P107
High thermal stability interface by direct bonding of diamond
- ⑩⑩ 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) …… P108
Development of odor sensor utilizing human olfactory system
- ⑩⑪ 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) …… P109
Human microbiome analytical and innovative modulation technology for industrial application
- ⑩⑫ 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) …… P110
Human gut-flora associated mice based on the constitutional medicine for Japanese
- ⑩⑬ “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) …… P111
Nanocomposites reinforced by embedded bamboo-nanocellulose honeycomb

次世代省エネエレクトロニクス

- ⑩⑭ パワーデバイスの技術革新 (2019年度採択) …… P112
Technological innovation of power devices
- ⑩⑮ 酸化アルミニウムを用いた低価格パワーデバイスの開発 (2019年度採択) …… P113
Aluminum-Oxide based power devices
- ⑩⑯ 超高効率・高出力モーターに資する世界最強磁石の開発 (2017年度採択) …… P114
Tetragonally distorted FeCo based alloys for innovative permanent magnets
- ⑩⑰ AlNを用いたヘテロ接合型超高耐圧・大電流パワーデバイスとAlN結晶評価技術の開発 (2017年度採択) …… P115
High breakdown voltage and large current power devices using AlN-based heterostructures

環境改善志向次世代センシング

- ⑩⑱ 湿度変動発電素子の研究開発 (2019年度採択) …… P116
Development of Hygro-electric Generator
- ⑩⑲ 周波数変調・積分型MEMSジャイロスコープの開発 (2017年度採択) …… P117
Frequency Modulated and Rate Integrating Gyroscope
- ⑩⑳ 磁気-熱-電気間相互作用の体系的解明と新原理デバイスの開発 (2017年度採択) …… P118
Systematic elucidation of the magneto-thermo-electric interaction and development of novel mechanism device
- ⑩㉑ サスペンデットグラフェンを用いた低消費電力集積化センサシステムの研究開発 (2017年度採択) …… P119
Integrated sensor system using suspended graphene with low power consumption

超電導材料をはじめとする革新的電導材料の開発又はデバイスへの応用

- ⑩㉒ ワイヤレス電力伝送システムに資する新たな超電導デバイスの創製 (2019年度採択) …… P120
Novel superconducting devices for wireless power transmission systems
- ⑩㉓ 革新的エネルギーネットワーク基盤技術の創製 (2017年度採択) …… P121
Development of Fundamental Technology for Innovative Energy Network

未来構造・機能材料

- ⑩㉔ 自己増殖型資源を利用したセルプラスティクス軽量素材の実現 (2019年度採択) …… P122
Cell-plastics as light-weight materials with self-proliferating resource

⑩⑥ 選択的酸化法による植物由来ポリマーの接着制御 (2017年度採択)	P123
Adhesion control of biomass plastics by selective oxidation	

CO₂有効活用

⑩⑥ 排気ガス由来低濃度CO ₂ の有用化製品への直接変換 (2018年度採択)	P124
Direct Conversion of Low-Concentration CO ₂ Originating from Exhaust Gas into Useful Products	
⑩⑦ CO ₂ 循環型新製鉄システムの研究開発 (2018年度採択)	P125
New Iron-Making Process with CO ₂ Cycle	
⑩⑧ CO ₂ とH ₂ からの高付加価値化学品合成に関する先導的研究 (2018年度採択)	P126
Synthesis of high value-added chemicals from CO ₂ and H ₂	
⑩⑨ 二酸化炭素とジオールの重合用固体触媒プロセスの開発 (2018年度採択)	P127
Development of solid catalyst processes for direct polymerization of CO ₂ and diols	

次世代省エネエレクトロニクス

⑩⑫ 低消費電力フレキシブルCMOSの創製 (2020年度採択)	P128
Low power consumption flexible CMOS	
⑩⑬ スマートグリッドの先へ導くパワエレ技術 (2020年度採択)	P129
Powerelectronics technology to lead beyond "smart grid"	
⑩⑭ 低ネガワットコストモジュール設計法の創成 (2020年度採択)	P130
Low negawatt-cost design method for power electronic modules	

環境改善志向次世代センシング

⑩⑮ 厳環境対応SiC量子センサーの開発 (2020年度採択)	P131
SiC-based quantum sensor for harsh environment	
⑩⑯ 光波発電を用いた赤外光エネルギー利用 (2020年度採択)	P132
Photoelectric conversion based on the wave nature of light for energy utilization of infrared light	

未来構造・機能材料

⑩⑰ チタン合金の新規リサイクルプロセスの開発 (2020年度採択)	P133
New process to recycle titanium alloys	

CO₂有効活用

⑩⑱ 二酸化炭素回収と資源化の複合化技術開発 (2020年度採択)	P134
Development of dual function material for CO ₂ capture and conversion	
⑩⑲ 二酸化炭素の効率的分子変換反応の開発 (2020年度採択)	P135
Efficient molecular transformation reaction of carbon dioxide	
⑩⑳ 二酸化炭素水素化による有用物質ワンパス合成 (2019年度採択)	P136
One-pass synthesis of useful substances by carbon dioxide hydrogenation	
㉑ 遷移金属触媒を基盤としたCO ₂ 変換に関する技術開発 (2019年度採択)	P137
Carbon Dioxide Utilization Technology by Multinuclear Transition Metal Catalyst	
㉒ 二酸化炭素のリサイクル・資源化のための新しい触媒プロセス開発 (2019年度採択)	P138
Innovative catalytic processes for CO ₂ capture and utilization	
㉓ メタンチオール経由でCO ₂ をオレフィン化する革新的物質変換系の開拓 (2019年度採択)	P139
Innovative process for CO ₂ conversion to olefin via methanethiol	

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、CO₂フリー水素製造の革新的技術を探索し続けていますが、まだ目標とする水素製造コスト（20円/Nm³）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CO₂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CO₂フリー水素を安定供給することで、CO₂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

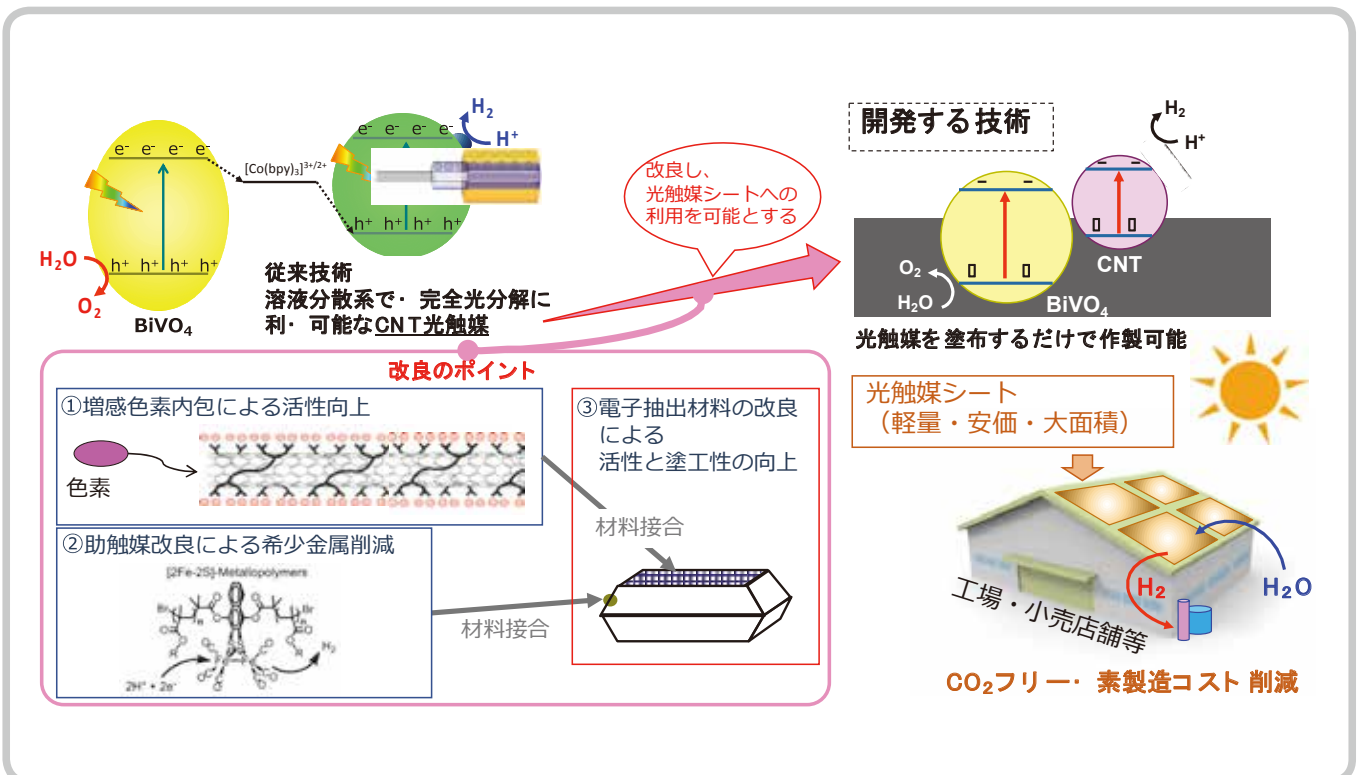
半導体性カーボンナノチューブ（s-CNT）を水素発生光触媒（HEP）に、無機半導体を酸素発生光触媒（OEP）に用いる二段階光励起系の活性向上、および、シート状デバイスへの加工プロセス開発を行うことで、課題解決を目指します。s-CNTは、炭素のみから成る材料ですので、従来技術に比べて希少元素の使用量を大幅に削減することが可能です。また、s-CNTを用いた水素発生試験では、従来の無機半導体光触媒では難しかった近赤外光（波長1000 nm）での水素発生も可能となるため、STHの向上が見込まれます。さらに、有機色素内包技術や助触媒の改良、無機半導体との接合技術などを複合的に開発することで、最終的に従来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

CO₂フリー水素研究開発

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/Nm³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。

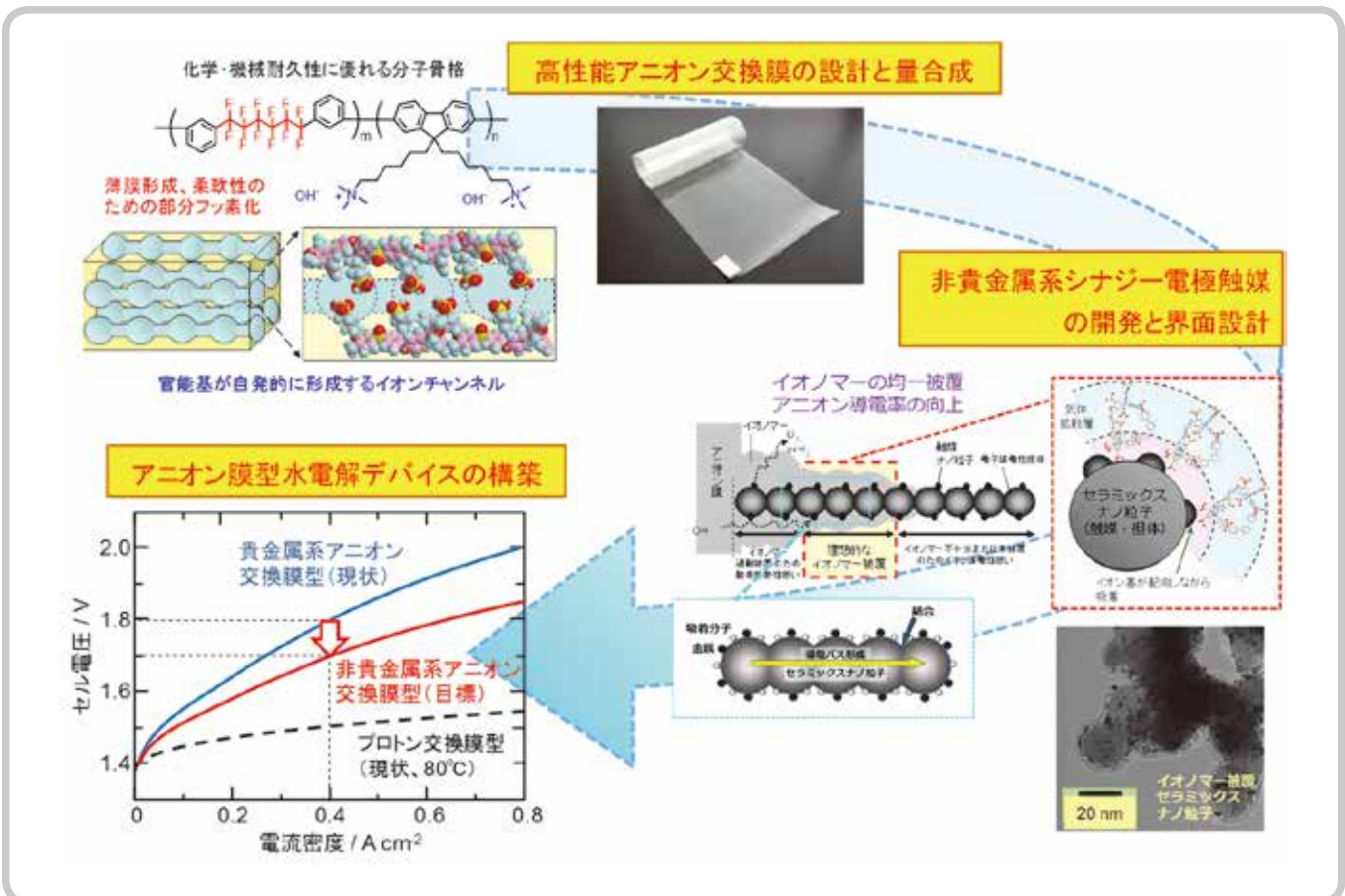
我々が世界に先駆けて最近開発に成功した高性能なアニオン交換膜技術を基にして、ナノスケールで微細構造・界面構造を制御した非貴金属系シナジー電極触媒と組み合わせた高性能な触媒層を設計・創製します。これらの研究により、現在のプロトン交換膜型水電解水素製造デバイスをアニオン交換膜型で置き換える可能性を実証します。得られた成果は連携企業などに展開する体制が整っており、実用条件でアニオン膜型水電解システムを評価し、早期社会還元を目指します。

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

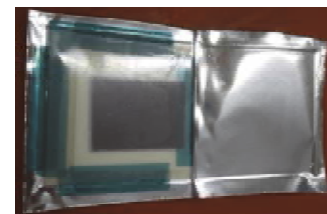
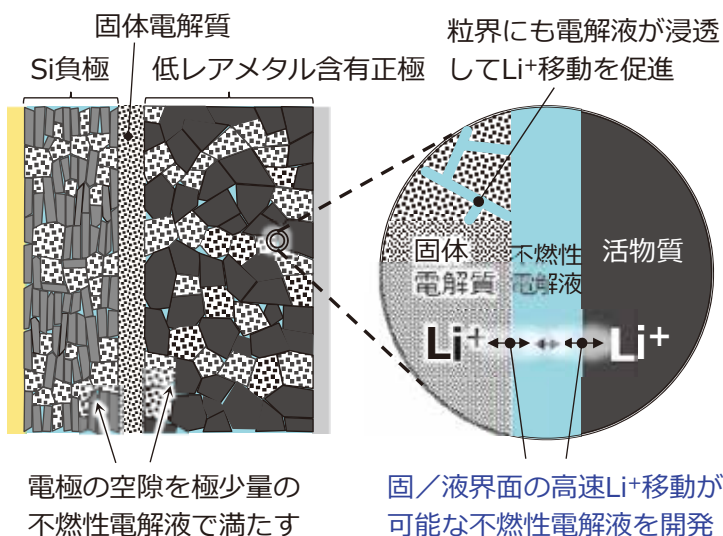
Si負極および低レアメタル含有正極、固体電解質からなる全固体リチウムイオン電池をベースとし、これに極少量の高耐久不燃性電解液を導入して現行のリチウムイオン電池と同等の電極/電解質界面を構築することにより、安全性の高い“擬固体”リチウムイオン電池の開発に取り組みます。一般的に、固体電解質/電解液間の界面リチウムイオン移動抵抗が高いことが問題となりますが、これまでに開発した飽和電解液の設計を極限まで追究して固/液界面抵抗の大幅な低減を図ることにより擬固体電池の実用化に向けたブレークスルーを目指します。

研究開発項目

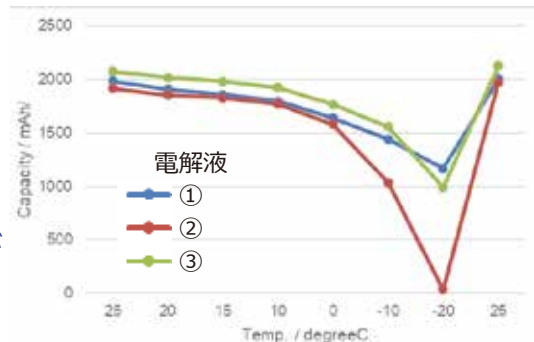
1. Si負極用および低レアメタル含有正極用不燃性電解液の開発
2. 低抵抗固/液界面の開発
3. 不燃性電解液の安全性評価
4. 擬固体電池の作製と充放電特性評価

研究開発の実施体制

学校法人同志社
TDK株式会社



擬固体セルの写真(例)



低温作動も可能



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

CO₂フリー水素研究開発

研究開発の背景

省エネルギー・新エネルギー・CO₂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

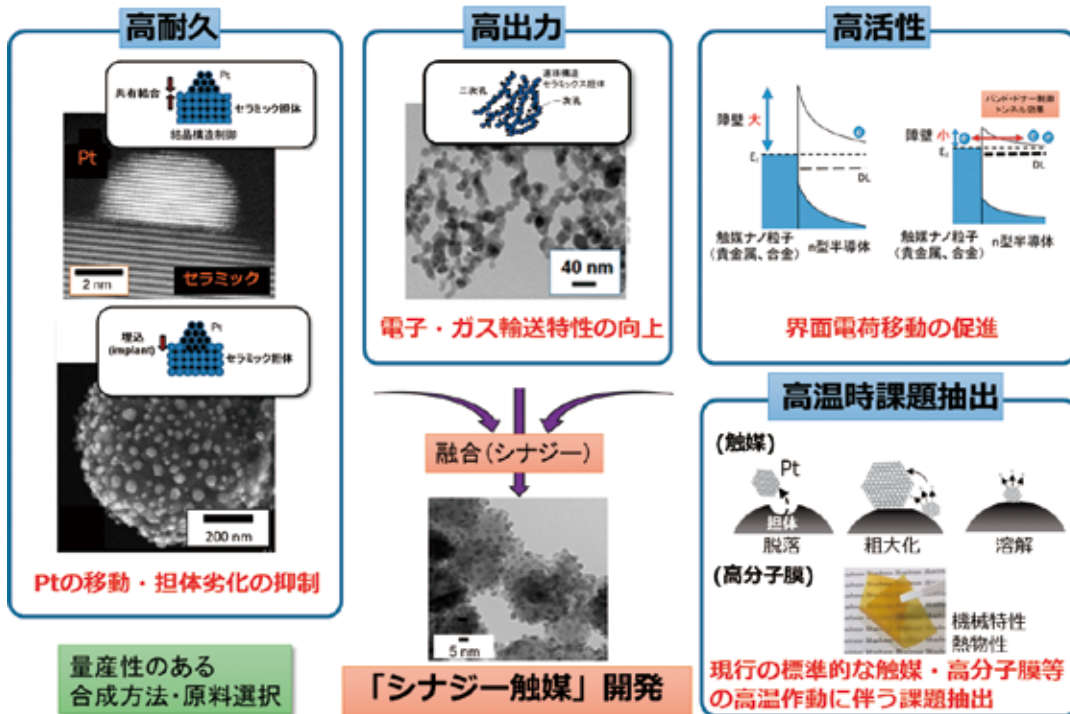
NEDO「固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業」において、導電性セラミックナノ粒子に注目し、その微細構造を特殊な“連珠構造”にして、従来型のPt担持カーボン触媒より高い触媒活性と耐久性をもつ電極触媒を創製した。本研究プログラムでは、セル抵抗及び課題抽出と並行して、従来のカーボンでは得られない優位性 (高い結晶性・表面特性・化学的安定性・多孔性) をもつ導電性セラミックナノ粒子に特徴的な貴金属触媒を担持させた革新的電極触媒 (シナジー触媒) の設計コンセプトを構築する。そして、高出力・高耐久を兼ね備えた2040年頃の本格普及期を見据えた電極触媒の設計及び検証を行う。

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



現行の標準的な触媒・高分子膜等の高温作動に伴う課題抽出すると共に、2040年に向けた自動車用燃料電池の①高出力 (>0.85 V)、②高電位耐久 (>0.85 V)、③高温作動 (max 120℃) を両立させる新規「シナジー触媒」の開発・検証を実施

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ー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、ビルド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。

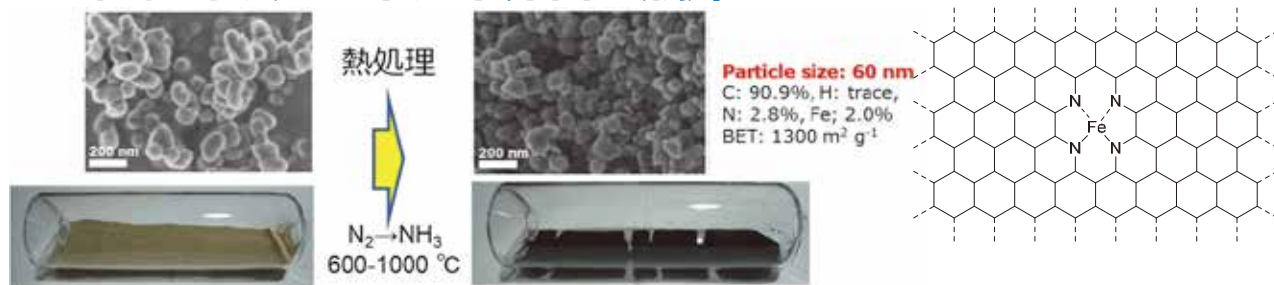
研究開発項目

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

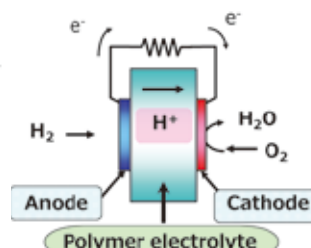
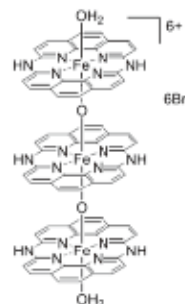
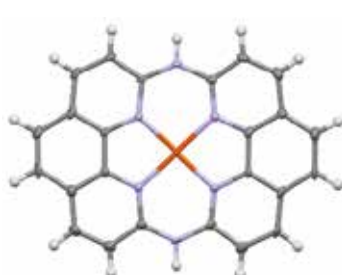
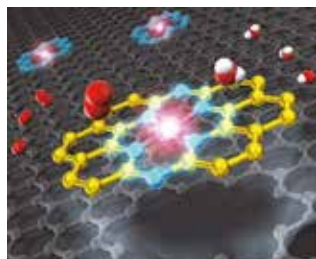
国立大学法人東京工業大学
国立大学法人静岡大学
国立大学法人熊本大学
旭化成株式会社

これまでのカーボン系非白金触媒

Polyimide + Fe(acac)₃

活性点はFe, N, Cを含む前駆体の熱処理中に、ブレー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



M. Moriya et al., *J. Phys. Chem. C*, **124**, 20730 (2020).

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ます。一方で、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ますが、安全性の向上が非常に重要な課題となっています。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と考えられます。

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します。

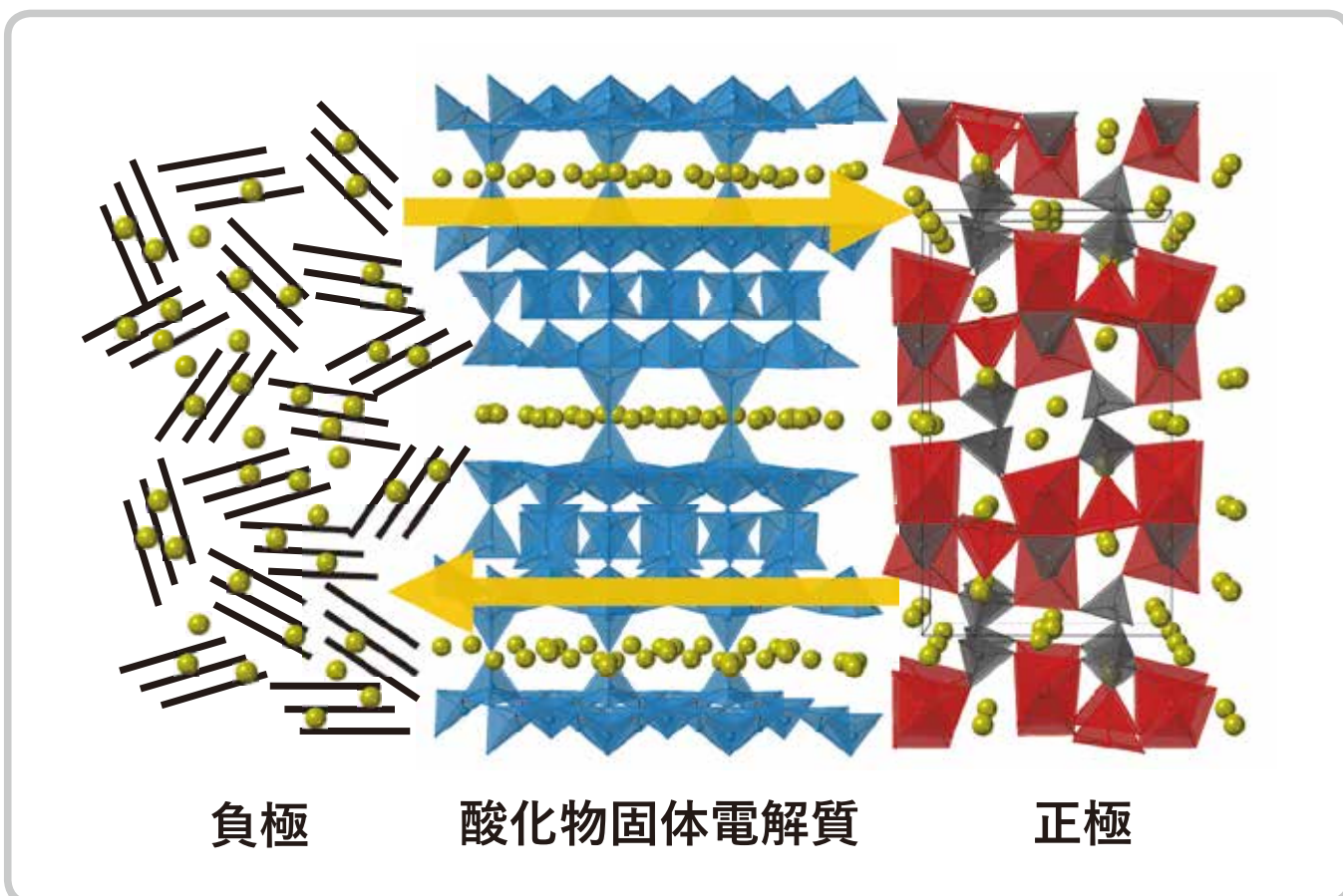
- ・ 酸化物を用いた固体電解質のイオン伝導性の向上および可塑化を行う。
- ・ 高電位で作動する新規正極材料の探索を行う。
- ・ 電極／電解質界面での電荷移動反応の高速化に関する基礎的な知見を得る。
- ・ 擬固体電解質の創製を行う。

研究開発項目

1. 固体電解質のイオン伝導性の向上および可塑化
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
 国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学
 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

Technologies for interface dynamics control in sodium ion batteries

研究開発の背景

ハイブリッド車は、小型の電池搭載で二酸化炭素削減効果をもたらすことから、今後も環境車の主流となり続けることが予測される。搭載される二次電池には、数秒間での大出力に応えられる出力特性や8年間16万キロ保証に加えて、希少金属を使用しない、コストと原材料の不安がない電池が選択肢としてある事が望ましい。上記課題を解決するための電池として、申請者はナトリウムイオン電池が最有力候補と考える。一方で、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り、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。

研究開発の内容と目標

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。しかし、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。本研究では、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・負極活物質材料を開発する。

研究開発項目

1. 活物質粒子の単結晶化技術
2. 複合アニオン表面形成技術
3. 固体電解質超薄膜被覆技術

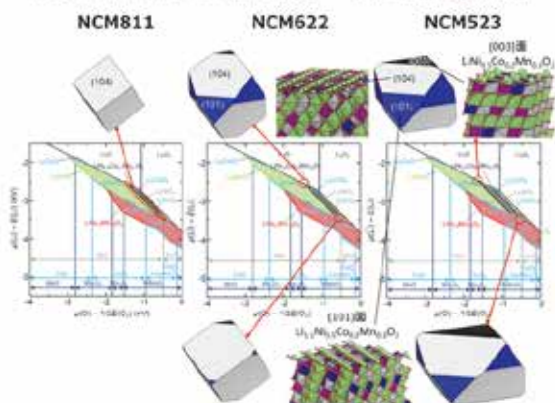
研究開発の実施体制

国立大学法人信州大学

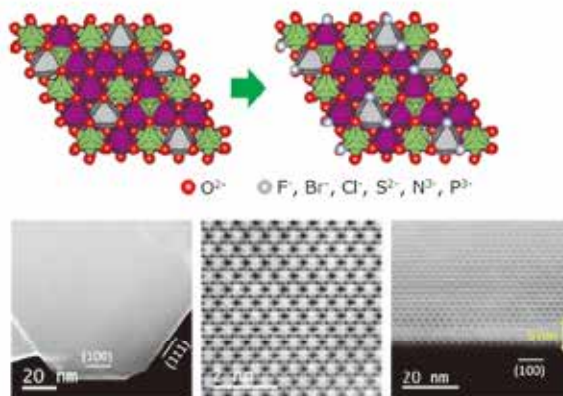
【基盤技術 (申請者の強み)】

☆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半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

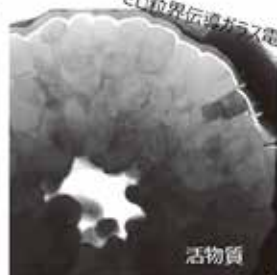
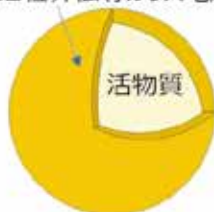


D. Kim, N. Zetsu et al, *J. Mater. Chem. A*, 2020, in press

D. Kim, N. Zetsu et al, *NPG Asia Materials*, 2017, 9, e398(2017)

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 圓鉢での合成設備 (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)
- ☆ 試案販売ビジネス販路構築 (信大クリスタル©)

Y. Charles-Blin, N. Zetsu et al, *J. Mater. Chem. A*, 2020, 8, 20979-20986

HOT paper, as recommended by referees.

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ます。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す。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ます。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ます。

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) を開発します。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します。

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

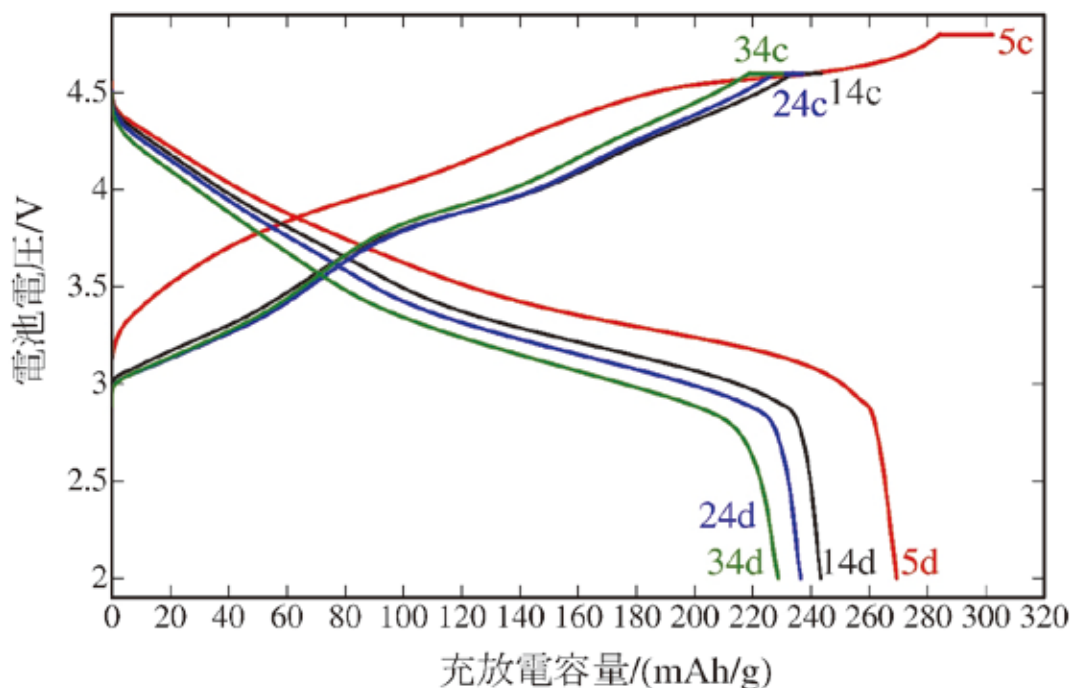


図1 開発したニッケルマンガン系正極材料 ($\text{Li}_{1+x}(\text{Ni}_{0.2}\text{Mn}_{0.8})_{1-x}\text{O}_2$) の30°Cにおける充放電特性。
(電流密度40mA/g、1-4サイクルは段階充電法による電気化学活性化過程のため割愛)
cの添字は充電にdの添字は放電に対応。

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かかわらず、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、安全で、安価な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

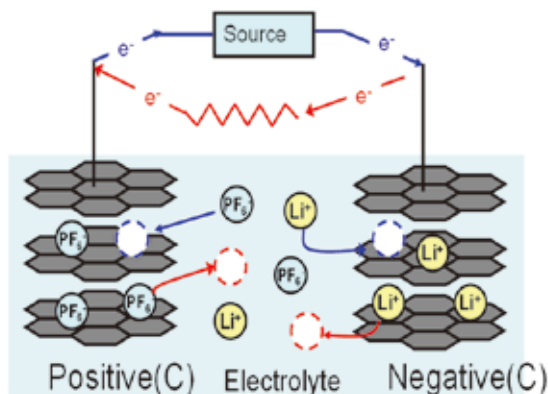
1. DIB用高濃度水系電解液の基礎的検討
2. 水系電解液に適した炭素正極の開発
3. 水系電解液に適した負極材料の開発
4. コイン電池を用いる電池としての課題抽出
5. 本電池に適した応用先の検討

研究開発の内容と目標

本研究では負極として、活性炭へのLi吸着や Mo_6S_8 へのLiインターカレーションなどに着目し、高濃度水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
- 1.5V程度の放電電位とセルとして200Wh/kg, 4000W/kgを見通せるセルの基礎データの取得
- 500サイクルの安定性

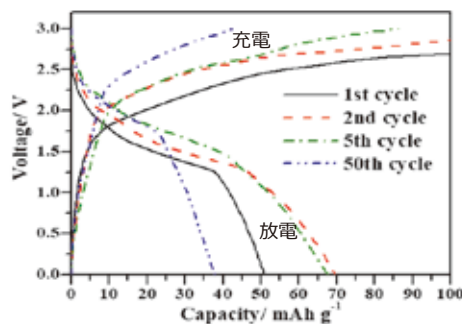


Fig.1 3LiFSI-6LiOTf水系電解液を用いるセルの定電流充放電試験(KS-6/活性炭, 1.5A/g, 0-3V)

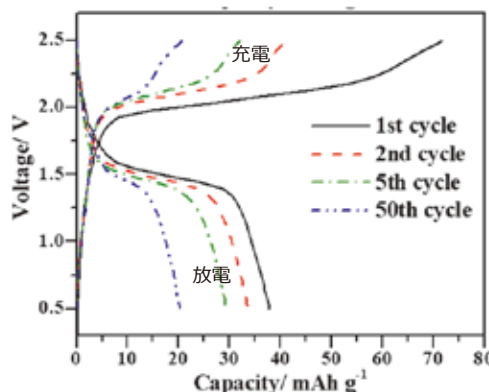


Fig.2 KS-6/ Mo_6S_8 を用いるフルセル充放電の繰り返し特性(33LiTFSI-6LiOTf, 1A/g, 0.5-2.5V)

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ます。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一方で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・デバイスの開発も求められています。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消費電力、小型化、製造コストの抑制と多様なネットワーク活用技術への展開を目指します。

研究開発の内容と目標

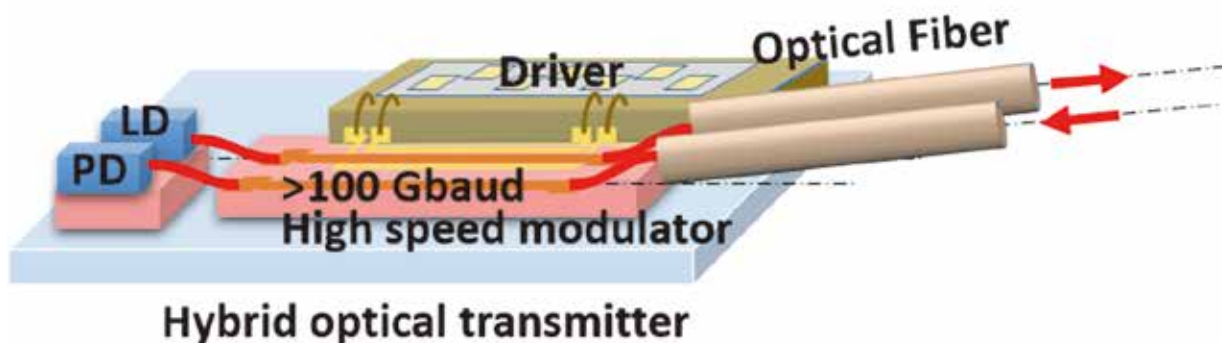
現在、実用化が進んでいる光トランスミッタ技術では、データの並列伝送方式による高速化が主流となっています。さらなる光伝送量の拡大では各レーンが持つシンボルレートの上と高精度な並列制御が必要です。本研究開発では、消費電力、小型化、製造コストの抑制などの点から優れたデバイス性能の発揮が期待できるポリマー応用のハイブリッド型光変調器の開発を進め、光ファイバ接続やシリコン光集積技術も高めることで車載搭載、ディスプレイ、産業機械制御など幅広いネットワーク応用技術への活用を目指します。

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現します。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の発展に貢献が期待できます。

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ふ。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

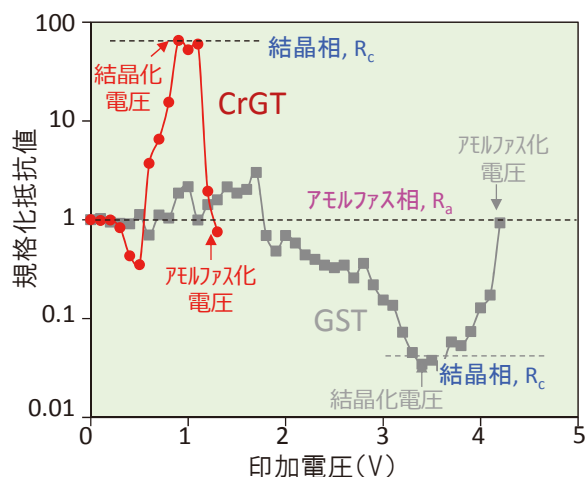


図. GSTおよびCrGTメモリ素子の動作特性例. 縦軸はアモルファス状態の抵抗で規格化. CrGTメモリ素子は従来型のGSTメモリとは逆の抵抗変化を示し、従来型のGSTに比して低電力で動作可能.

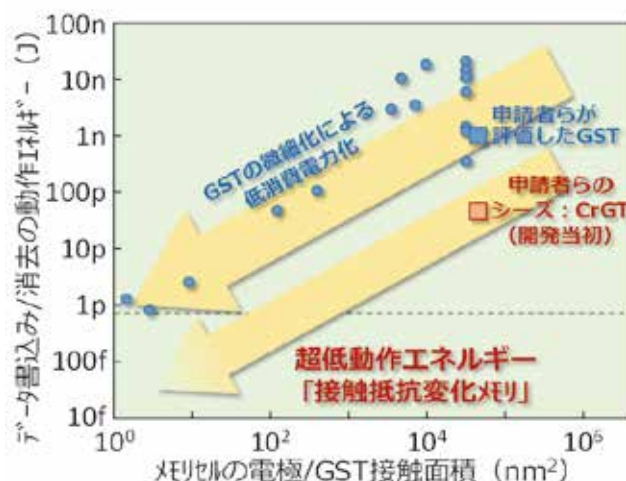


図. GSTの動作エネルギーに及ぼすメモリ微細化の影響 (Ref. S. Lee et al., Nature Comm., 6 (2015) 8407.) 電極/相変化材料の接触面積を小さくすることで動作エネルギーは劇的に低減. カーボンナノチューブ電極(接触面積 $< 5 \text{ nm}^2$)により 1 pJ 以下実現. 本提案では、CrGTのキャリア濃度制御および電極材料の仕事関数制御によりGSTの超越に挑戦.



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

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

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 (HfO₂) 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HfO₂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HfO₂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。

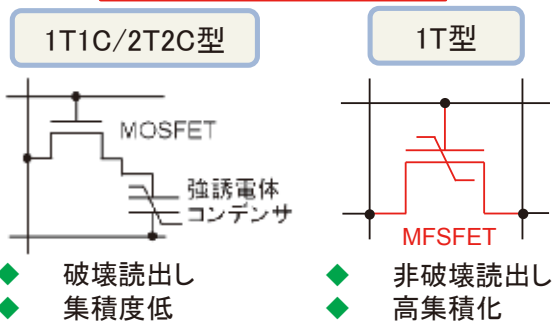
研究開発項目

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

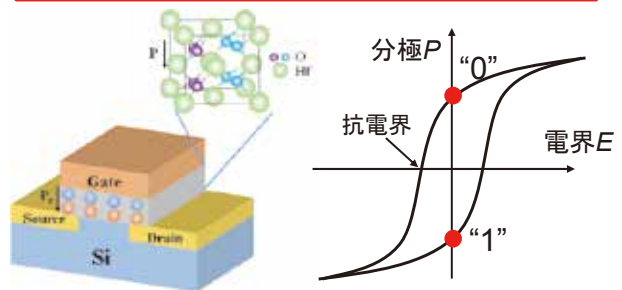
研究開発の実施体制

国立大学法人東京工業大学

強誘電体メモリの構成

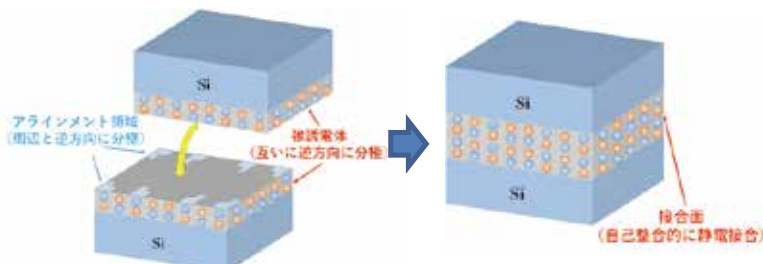


強誘電性ノンドープHfO₂を用いたMFSFET



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



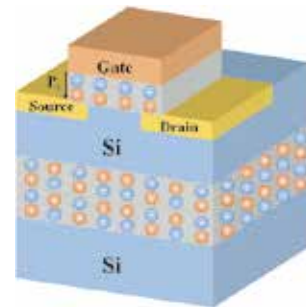
- ・強誘電体の分極ドメインサイズ的位置合わせ精度を実現
- ・静電接合のため低ダメージ

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

F: Maxwellの張力
P: 分極
 ϵ_0 : 真空の誘電率
 ϵ_r : 比誘電率

従来技術に対し高い優位性

MFSFET基板の分極に接合



3次元集積化による強誘電体メモリの大容量化

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見込まれています。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

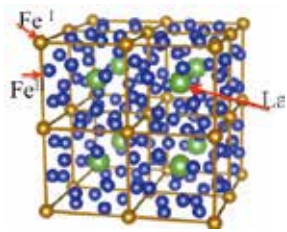
研究開発の内容と目標

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、低磁場下で約20℃の温度差と、材料単位重量あたり約800W/kgの冷却能力が確認できました。

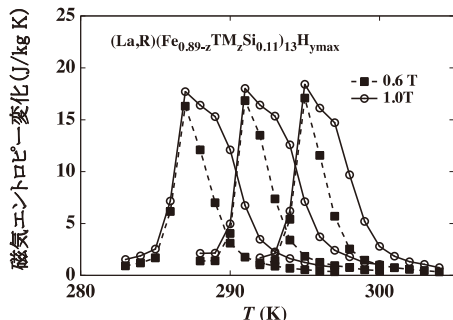
研究開発の実施体制

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

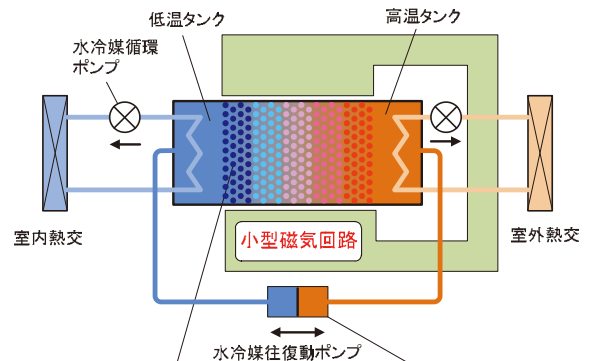


$\text{La}(\text{Fe},\text{Si})_{13}\text{H}$ 系化合物（ベース材料）



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カスケード型AMR試作機



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

新技术：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

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

\propto 温度勾配 \times 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

新技术の優位性

従来技術

新技术（板状）

新技术（帯状）

高温 800 K
 低温 300 K

● 同じZTで大きな発電効率
 ● 安全・安価な材料

- 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

【問題点】従来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～最近までの常識
 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 Mn_3X 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 Co_2MnGa 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

1. モジュール作製と発電評価 (原大物性研)
2. 薄膜化と熱流センサー開発 (産総研スピソ)
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 (産総研熱電性)
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

無毒・安定 低コスト フィルム化

熱流の感知・管理

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. Mg₂SiSn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Mg₂SiSn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/cm³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。

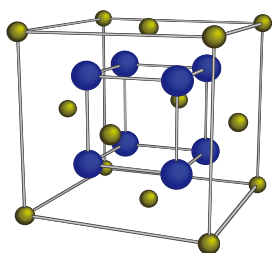
そのために、Mg₂SiSn熱電材料の耐久性も含めた熱電性能を向上させると共に、先端半導体加工技術を駆使した熱電電池モジュール製造プロセス技術の開発を行います。これにより、10年以上の長期的な安定性と信頼性を持つ小型熱電電池の実現を目指します。

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

Mg₂SiSn熱電材料

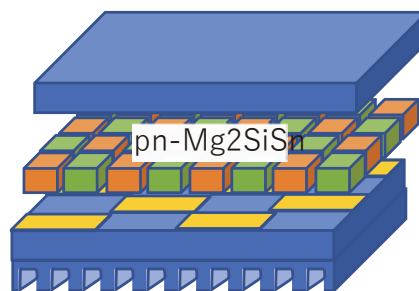
- ◎ 資源量が豊富
- ◎ 低コスト
- ◎ p型n型で比較的高い熱電性能
- ◎ RoHS対応
- ◎ 高い安定性



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。

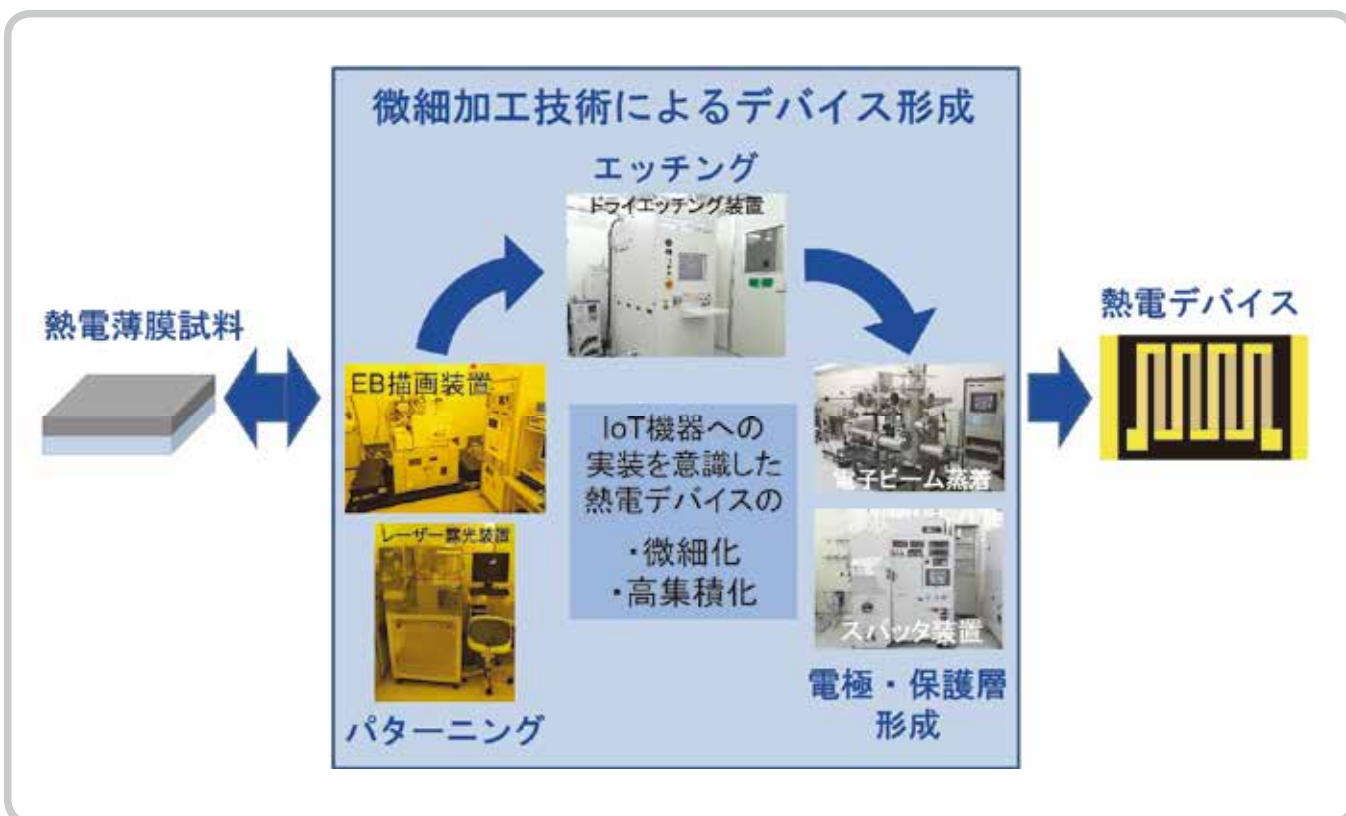
研究開発項目

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

室温付近での小型熱電発電技術の研究開発



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

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10℃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。

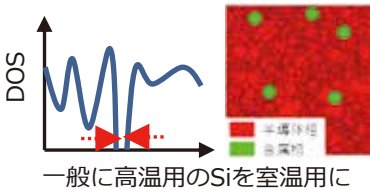
- i. シリコン系材料と安価金属を複合した $ZT=0.5@$ 室温を超えるバルク材料を開発
- ii. 凝縮水を作って毛細管現象により誘導し気化させる技術を利用した受動的冷却法を開発
- iii. 熱発電部、パワーマネジメント部、センシング部、無線送信部の熱設計と電気回路設計による高集積デバイスの開発

研究開発の実施体制

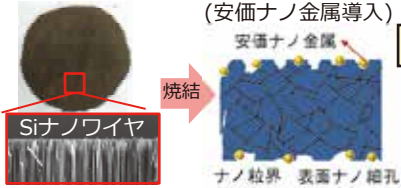
東ソー株式会社
 国立大学法人名古屋工業大学
 国立大学人東京大学
 学校法人早稲田大学

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

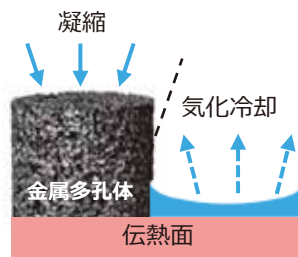
(i) シリコン系材料と安価金属を複合した $ZT=0.5@$ 室温を超えるバルク材料を開発

(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

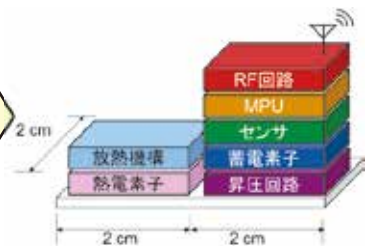
乾燥空気から水を自然採取して気化冷却する放熱技術



- ・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（N₂）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（N₂O）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

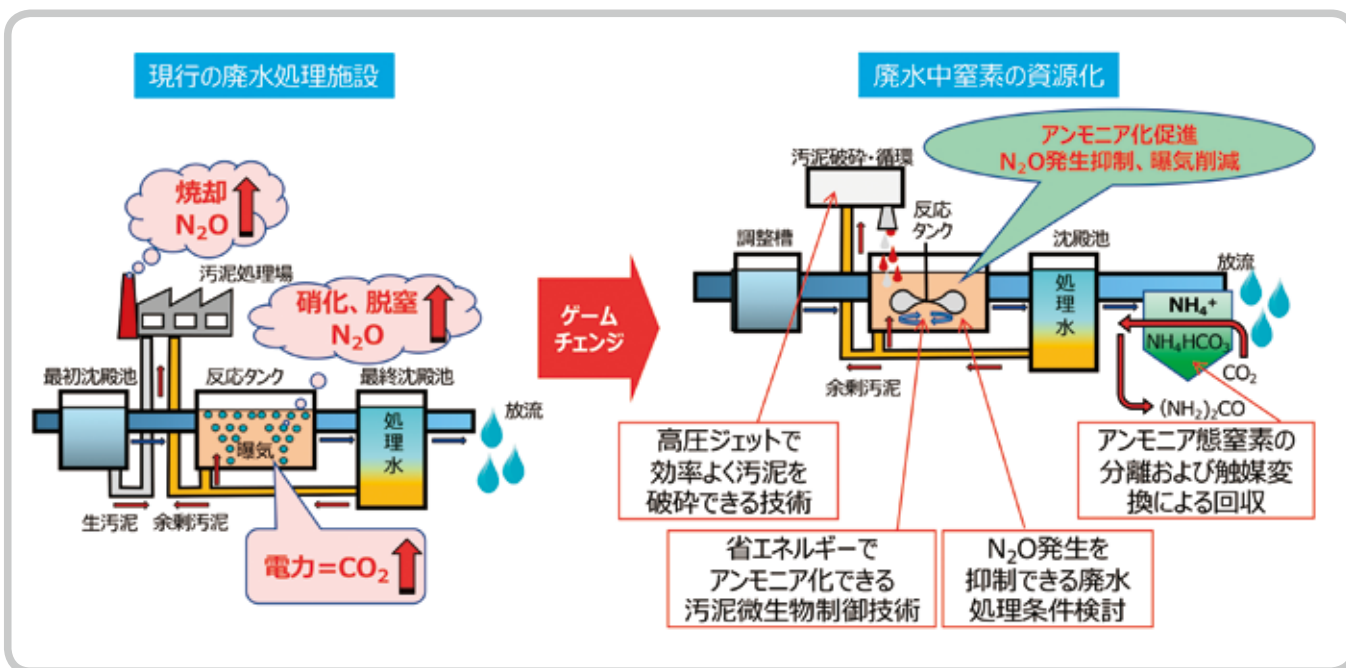
本事業で提案する新プロセスでは、微生物の働きに着目し、廃水中窒素化合物のほぼ全てを省エネルギーでアンモニア態窒素に変換・蓄積するとともに、N₂O排出量を大幅に減少させることを目指します。また、汚泥に含まれる窒素化合物を効率よく回収するための、高圧ジェット装置による汚泥破碎技術や、得られたアンモニア態窒素を効率よく回収・資源化するための技術開発を行います。

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N₂O排出抑制方法の検討
3. 汚泥資源化のための破碎、混合技術の検討
4. 処理水からの低濃度NH₄⁺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

Ammonia synthesis by means of NOx derived from combustion process

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。無害な窒素N₂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、空气中N₂と比較するとはるかに反応性が高く、反応性窒素化合物である。これを除去するためのエネルギー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NH₃と定義して、NOxを還元剤によってNH₃に選択的に転換するNTA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。

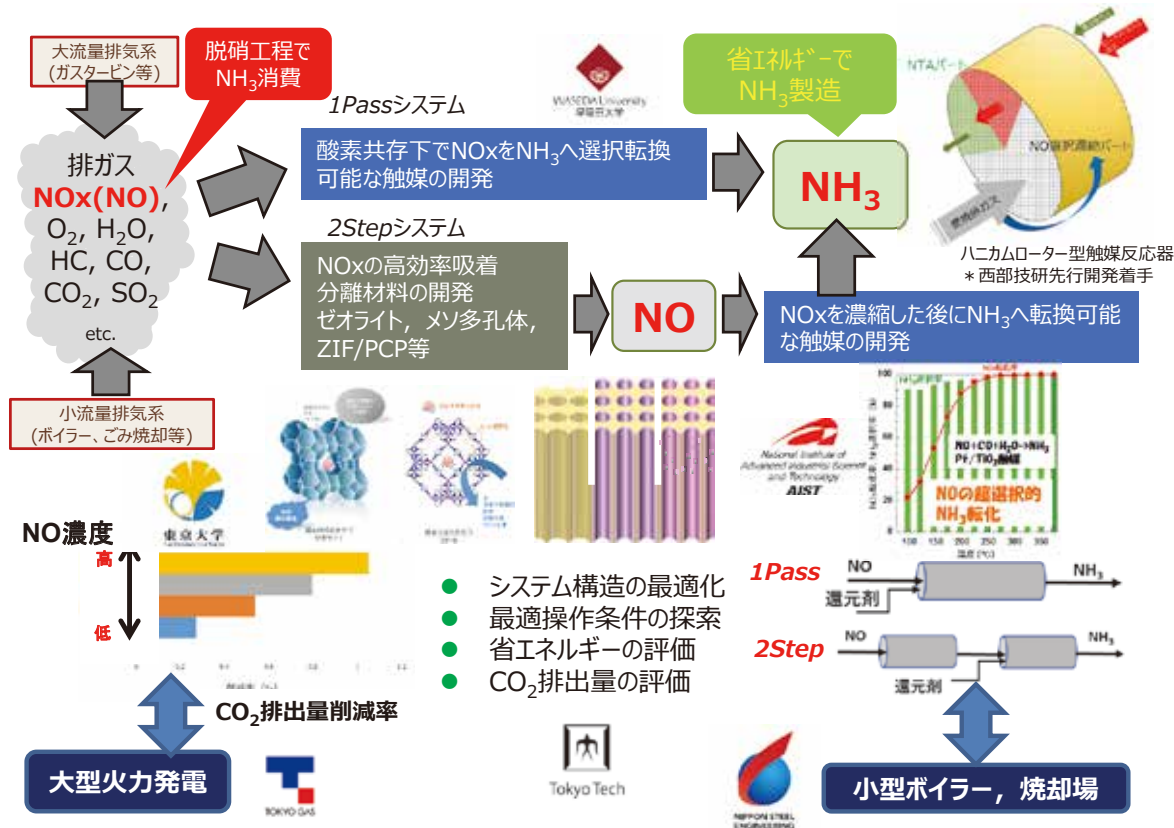
- ・排出NOを選択的に吸着し濃縮する素材の創製
- ・NOをNH₃へ選択的に還元する触媒の創製
- ・プロセスとしての要件を評価するモデル構築

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
 大学法人早稲田大学
 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



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認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）をスクリーニングし、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た際に有効なリード化合物を見出しました。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進めており、実用的且つ、より環境にやさしい新素材の開発へとつなげることを目標としております。

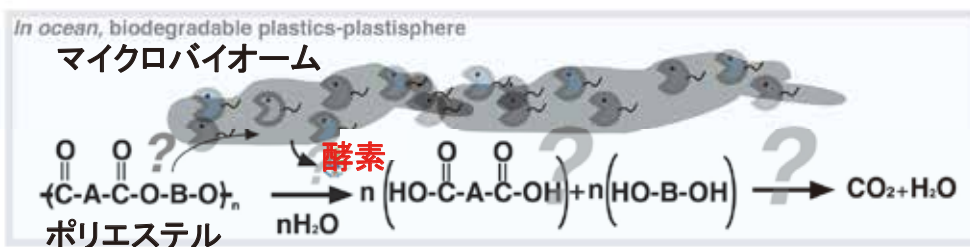
研究開発項目

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

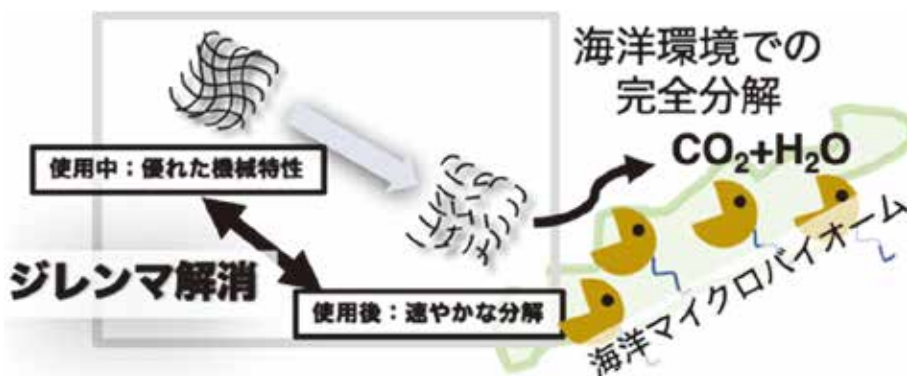
研究開発の実施体制

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。

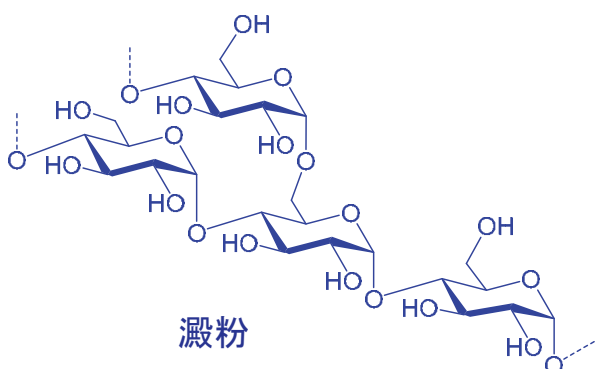
研究開発項目

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

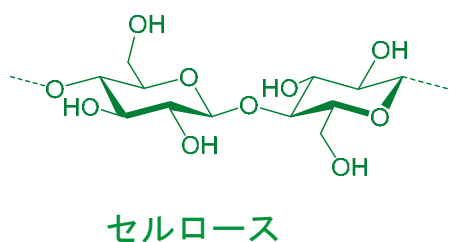
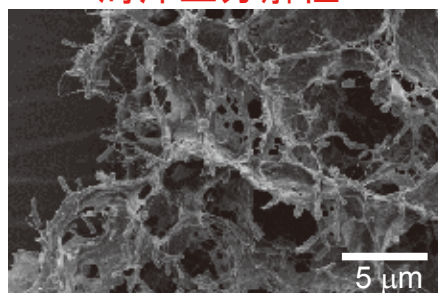
“透明で高強度”



“優れた耐水性”



“海洋生分解性”



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

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、CO₂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

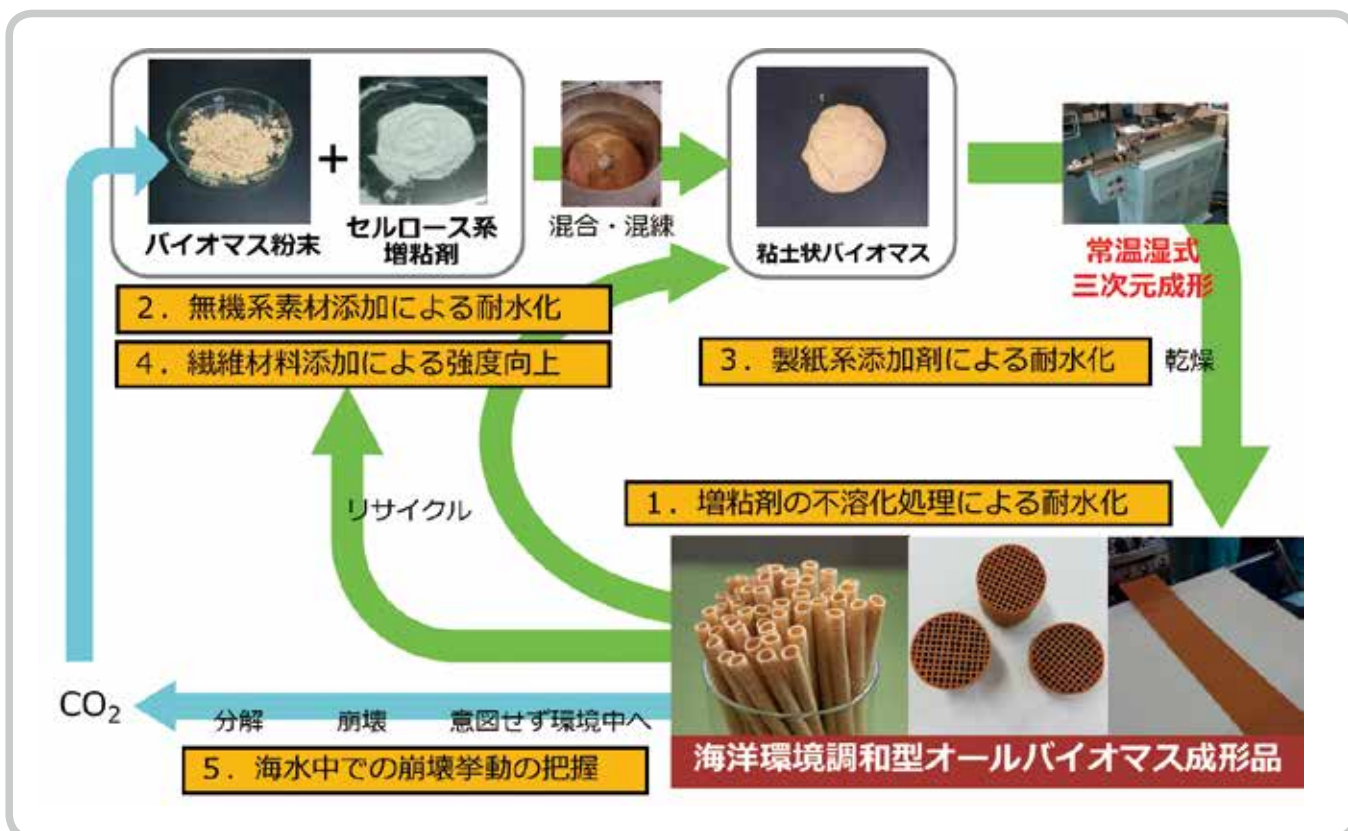
本システムでは、バイオマス粉末、セルロース系増粘剤、水を適当な比率で混合・混練して粘土状とし、押出成形等の成形加工後、乾燥によりオールバイオマス成形品を得ます。そのため成形品は水に浸漬すると速やかに水を吸収し、優れた崩壊性（＝海洋調和性）を示す一方、実使用には一定の耐水性や強度も必要となります。そこで本研究では、セルロース系増粘剤の水不溶化処理、炭酸カルシウムや紙のにじみ止め剤に使われるアルキルケテンダイマー等の添加による耐水化、セルロース繊維添加による強度向上、さらには、成形品の水・海水中における崩壊特性評価について集中的に研究を行い、実使用可能かつ海洋分解性を兼ね備えた「海洋環境調和型オー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





CO₂原料からの新規PHA共重合体の微生物合成

Microbial synthesis of novel PHA block copolymers from CO₂

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CO₂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CO₂を原料とした生産技術の開発に取り組みます。

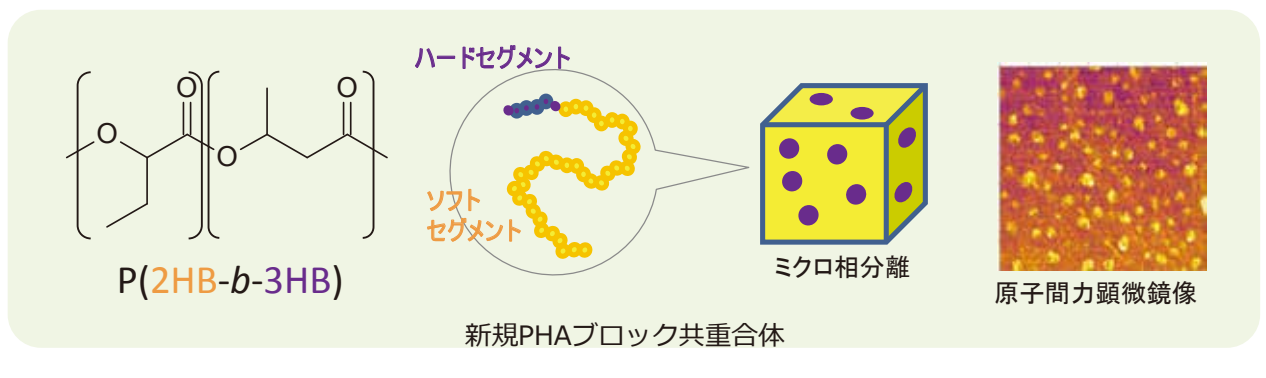
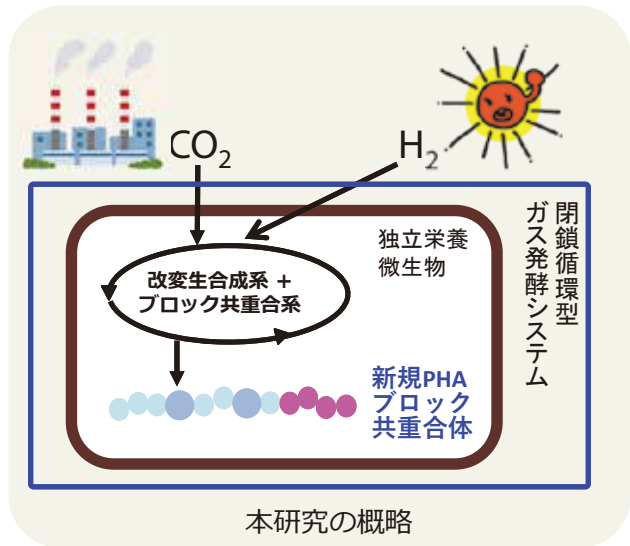
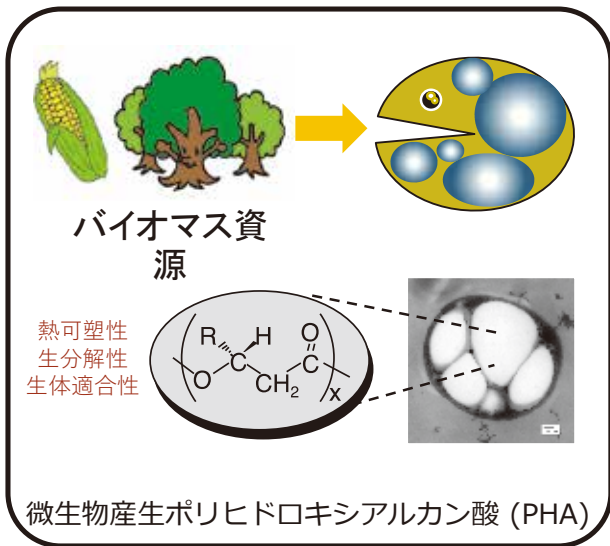
研究開発項目

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CO₂原料からの新規PHAブロック共重合体の生産

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

海洋分解性プラスチックの技術開発



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

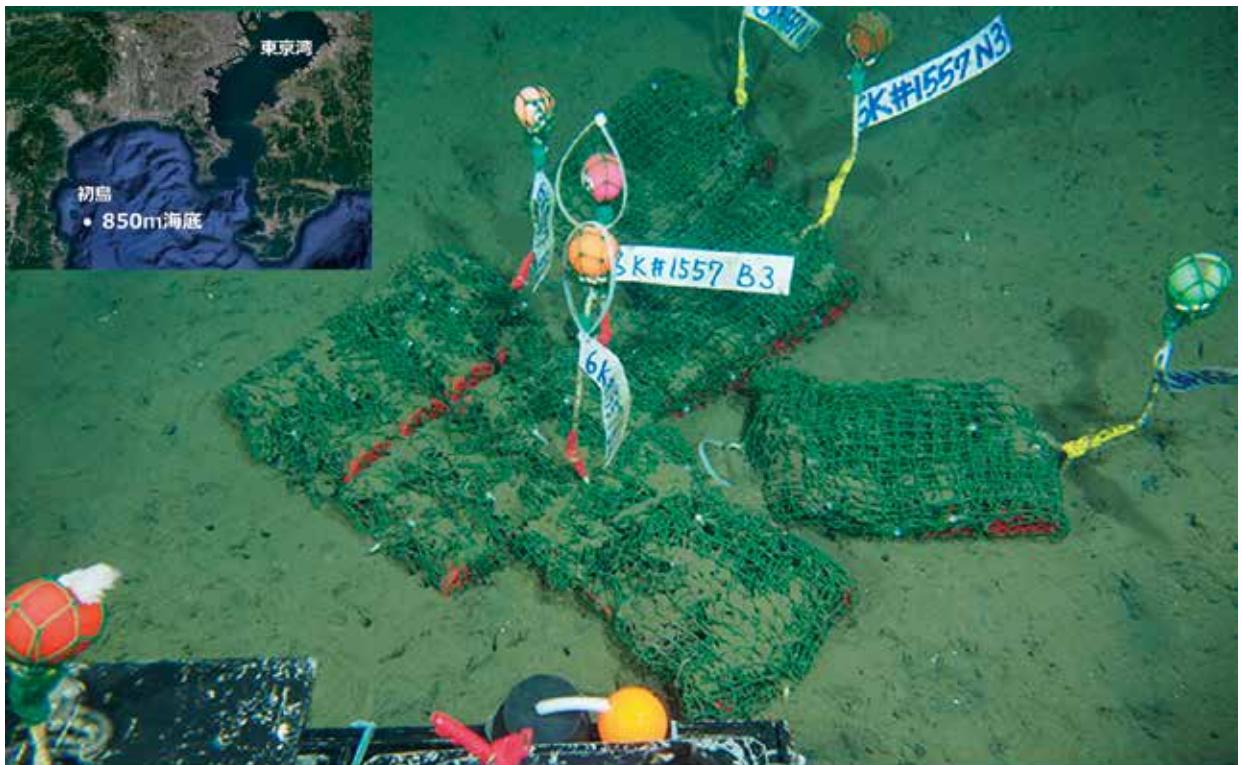
海洋中で分解する「海洋分解性プラスチック」の種類を増やすことは、最も重要で急務な課題です。本研究では、研究チームが開発している様々な組成を有する微生物産生ポリエステル、様々な種類とエステル置換度を有する高分子多糖類エステル誘導体、結晶構造の異なるセルロース繊維と部材を、深度850mの初島沖深海に実際に設置・保持し、その分解性を評価しています。同時に、海水、湖水、河川水を採取し、BOD試験により実験室による環境水分解試験を行っています。さらに、深海の泥土や環境水からプラスチック分解微生物および分解酵素の単離・精製に着手しています。

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



初島沖、深海底850mに沈めているサンプルの様子



二酸化炭素循環型地熱発電システムの開発

Geothermal power system by carbon dioxide circulation

研究開発の背景

二酸化炭素 (CO₂) を地熱の熱抽出媒体として利用する、CO₂循環型地熱発電システムを我が国に導入することにより、未利用の地下深部も含めた地熱発電の立地拡大、地熱発電量の飛躍的な増大、熱水が得られず廃止された地熱井の有効活用、地上設備のコンパクト化によるコスト低減・景観良化といった数多くのメリットが得られ、革新的な発電技術の創出になるものと考えられる。しかしながら、CO₂を用いた地熱発電システムについては我が国で技術開発の事例がなく、米国を含む海外においても実証されるには至っていない。また、我が国の地下岩盤は複雑な地質構造を持っていることから、これに対応する独自のCO₂循環型地熱発電システムを開発する必要があり、システム設計から現場における実証まで、一貫した研究開発の実施が求められる。

研究開発項目

1. CO₂地熱先行事例調査・実証実験計画策定
2. CO₂循環の最適熱抽出概念モデルの提示
3. CO₂循環システムの室内実験による検証
4. CO₂循環システムの発電電力量推定
5. 室内試験によるCO₂循環時物性変化取得

研究開発の内容と目標

[研究開発の内容]

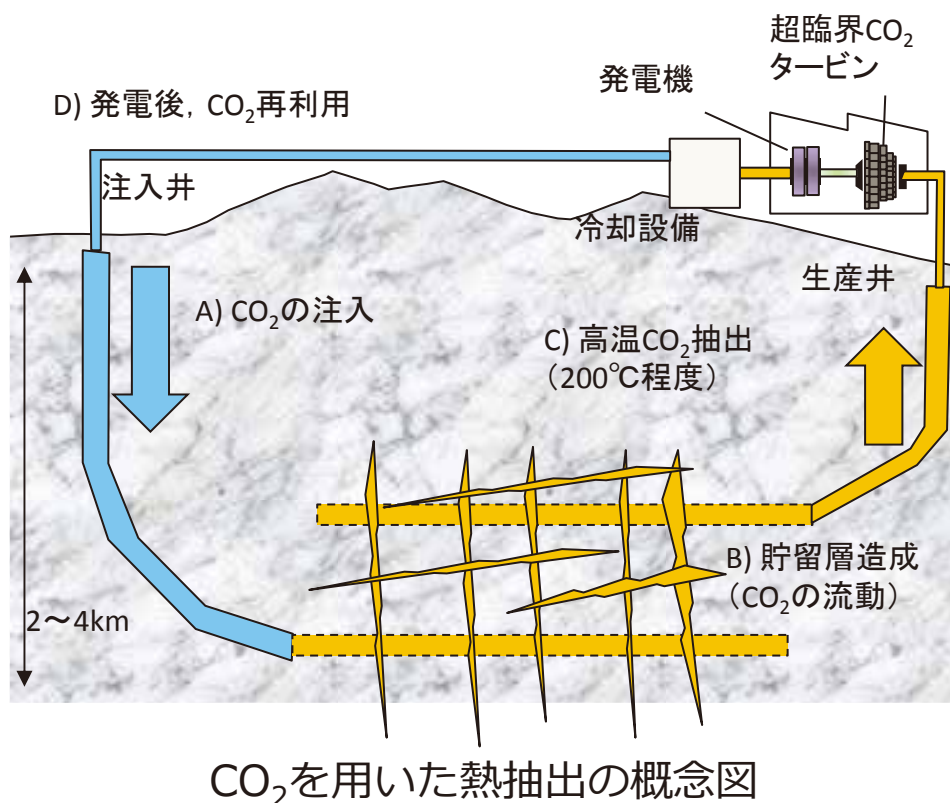
超臨界状態のCO₂を媒体とした地下からの熱抽出に関する概念モデルの構築および地下を模擬した室内実験、CO₂による熱抽出に関する既往検討事例・海外プロジェクト研究等調査に基づく実証実験計画案の策定、超臨界状態のCO₂を利用した効率的発電システムの創出、超臨界CO₂循環システムに関する岩盤の物性変化に着目した室内試験を行う。

[目標]

CO₂循環型地熱発電システムの創出として、想定される発電システムの実現可能性評価及び実証実験の計画策定を行う。また室内循環実験にて熱出力70Wthを確認する。CO₂循環時岩盤物性変化取得のための室内試験では、水と比較して超臨界CO₂が100倍程度の浸透率を得ること確認する。

研究開発の実施体制

一般財団法人電力中央研究所
地熱技術開発株式会社
国立大学法人九州大学



酸性地熱水等を用いた水素製造と元素分別回収に関する研究開発

Hydrogen production and elemental fractionation using acidic geothermal water

研究開発の背景

低炭素型社会の実現に向けて水素エネルギー社会の構築が注目されていますが、水素製造過程において二酸化炭素が排出されるものも多く、二酸化炭素フリーの水素製造技術開発が求められています。

また地熱エネルギーの利用も注目されており、中でも超臨界地熱発電に期待が寄せられています。しかし、この超臨界地殻流体（酸性地熱水）は酸性度が極めて高いと推測され、また流体中には希少金属やレアメタルなどの有用元素が高濃度含まれている可能性もありますが、採熱後の利用方法については、まだ研究がなされていません。

研究開発項目

1. 強酸性温泉水と廃アルミニウムの溶解反応による水素製造法の確立および副生成物の処理法の開発
2. 酸性温泉水の中和と、pH調整に伴うレアメタル等の選択的沈殿による人工鉱床の形成に関する研究

研究開発の内容と目標

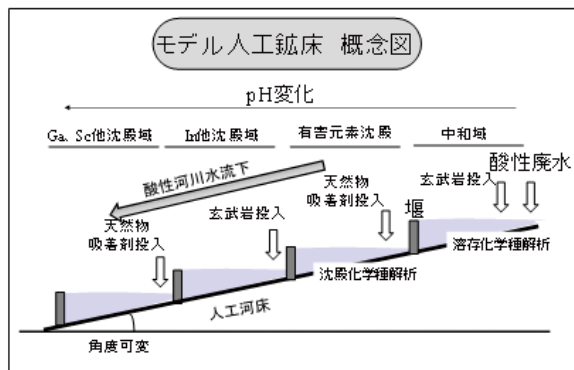
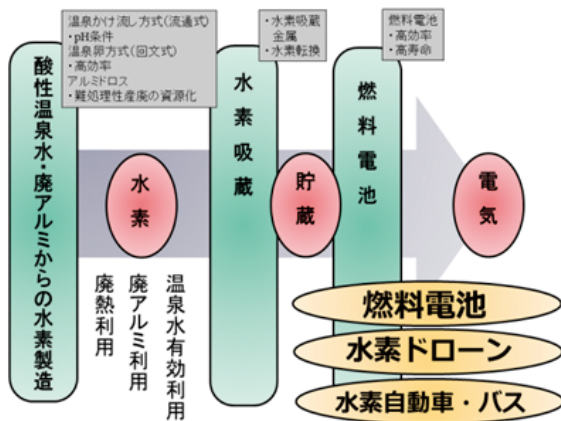
本研究は、世界でも屈指の強酸性である、秋田県仙北市の玉川温泉酸性地熱水を利用した地上設置型のジオリアクターを開発し、これを用いて二酸化炭素の排出を伴わない水素製造を行うとともに、その反応後の地熱水から、希少金属やレアメタルを回収する人工鉱床システムに関する知見を得ることを目的としています。

地熱水や地熱システムを化学反応器として用いることで地熱の直接利用の高度化を促進することが可能となり、将来の超臨界地熱発電開発の有効性と実現性を高めることができ、二酸化炭素の排出のない地熱資源の価値をさらに高めることができます。

研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学大学院環境科学研究科

「酸性地熱水等を用いた水素製造と元素分別回収」





高容量バッテリーの異常リスク低減・安全化技術開発

Abnormal risk reduction and safety for high capacity battery

研究開発の背景

航空輸送の需要の増加が予想される一方で、CO₂排出等の環境負荷を低減するために、航空機電動化に向けた技術革新が必要とされています。航空機用バッテリーに求められる特性は、機体重量への影響をより少なくするための高重量エネルギー密度と、航空用途特有の環境に適応した高安全性の両立です。とくに、航空機用バッテリーの安全化として、電池セルそのものの安全化に加え、電池モジュールとして冗長性を確保するため、電池セルの異常を早期に検出しリスク回避するための要素技術が必要となります。

研究開発の内容と目標

電池モジュールの冗長性を確保するために、電池セルの「異常検査」「異常予測」「異常回避」技術を開発します。

高精度インピーダンス測定技術により異質な電池セルの早期検出を行います。充放電中における発煙・発火などの異常状態をAIにより予測する技術を確立します。さらに、電池セルの内部短絡を検出した場合に、電池モジュール内で緊急放電を行い、正常な電池セルに電力を分散させる技術を開発します。また、難燃性電解液を用いた高重量エネルギー密度リチウムイオン2次電池を開発することで、航空機用バッテリーの安全化技術を開発します。

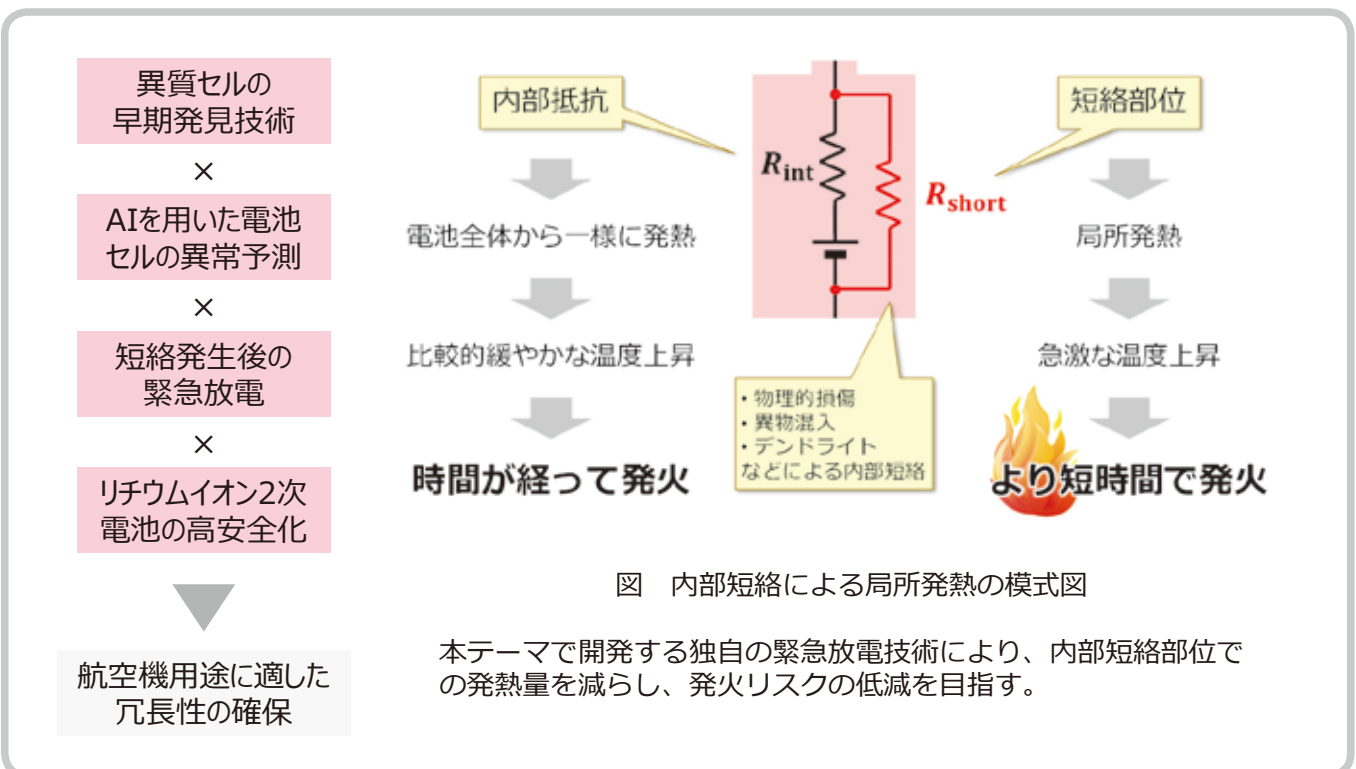
研究開発項目

1. 異質セルの早期検出技術の研究開発
2. AIを用いた異常予測技術の開発
3. 短絡発生後の緊急放電技術の確立
4. 高重量エネルギー密度電池セルの高安全化
5. 航空機バッテリー装備技術の開発

研究開発の実施体制

株式会社村田製作所
(再委託先)
学校法人東京理科大学
国立大学法人横浜国立大学

プログラム設定のない研究開発テーマ



Society 5.0を実現する自律分散型IoTセンサ機器のための熱電変換電源システムの開発

Thermoelectric Conversion Supply System for Autonomous Decentralized IoT Sensors to Realize the Society 5.0

研究開発の背景

Society 5.0時代を支えるサイバーフィジカルシステム(CPS)を実現するには、数千億個以上のIoTセンサ機器を社会実装する必要がある。この社会実装のためには、メンテナンスフリー・低価格・軽量・小型・高性能・低消費電力な自律分散型IoT機器の開発が必須である。

本研究では、自律分散型IoT機器に必要とされる電源を、熱電変換技術により常温近傍かつ微小な温度差から電力として供給することが出来る超小型熱電変換電源システムを開発する。

研究開発の内容と目標

- i. 各種実装材料と高密度実装技術を用いたデバイス創製とデバイスの信頼性を保証する技術を確認する。
 - ii. 回路設計と計測通信アルゴリズムの開発による省電力電源・通信回路システムを構築する。
 - iii. トポロジー最適設計法により常温近傍の微小な温度で、熱電変換デバイスに十分な温度差を与えるための熱制御(熱マネージメント)設計指針を構築する。
- 上記の3つの研究開発により、次世代IoT社会に資する自律分散型熱電変換電源システムの基盤技術を確認する。

研究開発項目

1. 熱電変換デバイスの実装技術と信頼性技術開発
2. 熱電変換デバイス向け高効率電源回路と計測システムの開発
3. 熱電変換デバイスにおける熱制御を目的としたトポロジー最適設計法構築

研究開発の実施体制

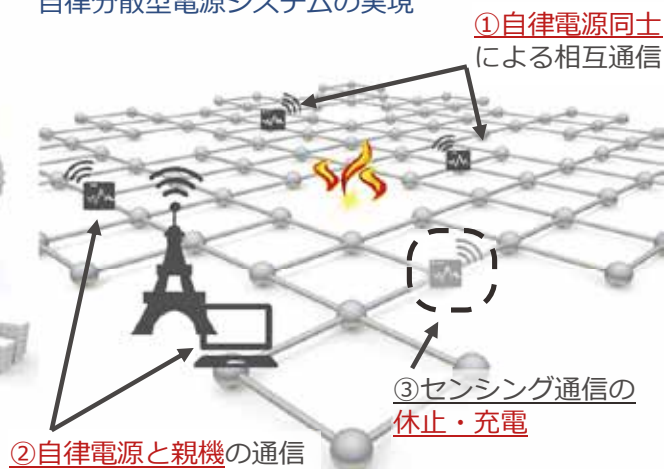
国立大学法人大阪大学産業科学研究所
 国立大学法人大阪大学工学研究科
 国立大学法人神戸大学
 国立大学法人京都大学
 国立研究開発法人産業技術総合研究所
 トップラン・フォームズ株式会社

CPS : サイバーフィジカルシステム



- Society5.0とCPSを支えるIoTセンサ機器の電源
- 室温近傍の環境熱を利用する超小型熱電変換電源システムの基盤技術の確立

自律分散型電源システムの実現



自律分散型電源システム: 「同種の計測機器が近くに存在し、必要がない場合は、消費電力を抑えセンシング通信活動を休止する」など、全体の消費電力を複数台の電源で有効活用する機能を有する次世代電源システム



体温でIoTデバイスを駆動する熱化学電池の開発

Flexible thermocells for harvesting waste heat from human body powering IoT devices

研究開発の背景

身の回りの低温熱源を利用して、小温度差で発電する自立微小電源や、熱充電する電池が実現できれば、IoT社会推進に不可欠なセンサーネットワークへの実装を通して、センサーデータの質と量、通信距離の増大など、SDGsやSociety 5.0の実現に広く貢献できます。ひいては、これらによるスマートなエネルギーマネジメント等により、低炭素社会の実現に資することも期待されます。これを実現するためには、人体をはじめ様々な低温熱源への適用範囲を広げ、IoTデバイスを駆動できるように、熱起電力が高く、充電機能も併せ持ち、軽量で柔軟性のある部材・デバイスが求められます。

研究開発の内容と目標

高い熱起電力の得られる熱化学電池において、有機系材料ベースでの軽量化・高出力化と共に、柔軟性と充電機能を併せ持つ、新規の熱発電デバイス実証実験に挑戦します。産業技術総合研究所の持つ熱化学電池基盤技術（高性能電解質・電極の探索、物性評価技術）と、東洋インキSCホールディングス及び日本触媒のそれぞれが持つ優れた電極及びゲル電解質の製造技術を連携させて、フレキシブル熱化学電池セルの試作と発電実証を進めます。得られたセルに充電機能も付与します。事業終了時に体温以上の熱源からミリワット級の発電を行う技術の確立を目指します。

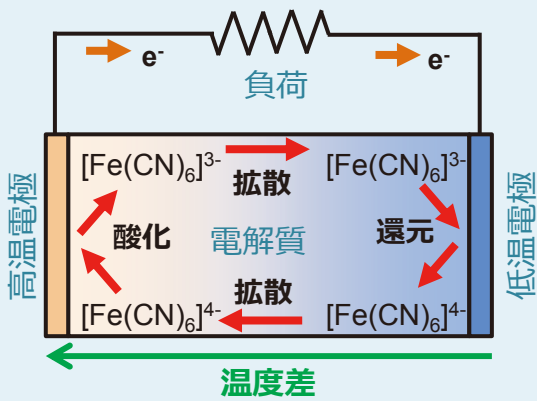
研究開発項目

1. 高出力化のための電解質及び電極の探索と評価技術開発
2. 探索した電極の改良及び製造技術の確立
3. 高出力を維持したゲル電解質及びフレキシブル熱化学電池の作製技術確立
4. 充電型熱化学電池の要素技術開発

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
東洋インキSCホールディングス株式会社
株式会社日本触媒

プログラム設定のない研究開発テーマ

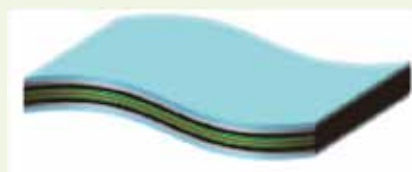


熱化学電池（連続発電型）の原理図



体温での発電・IoTデバイス駆動に成功したポータブル型熱化学電池（事業開始時）

- ・ 高出力化（高熱起電力、高電導度）を与える電解質及び電極の探索と、製造技術の確立
- ・ ゲル電解質の採用で柔軟性を付与
- ・ 酸化還元反応の組合せによる充電機能の付与



体温以上の熱源からミリワット級の発電と充電（事業終了時目標）

環境熱を高効率で電力に変換する三次電池のための相転移ナノ材料の研究開発

Development of phase transition nanomaterial for tertiary battery

研究開発の背景

IoT社会の実現に向かって、2023年にはセンサー市場が年間一兆個に達すると予想され、IoTセンサーを駆動するための自立分散電源はSociety5.0の不可欠な基盤技術となります。熱電変換技術は温度勾配を電圧に変換するため、デバイスを熱源に接触させた状態で使用します。そのため、電源を分散させることができません。

電極の酸化還元電位差の温度係数により電力を発生させる「三次電池」は、未利用であった環境温度変化を電力に変換する自律性と、直接熱源に接触させる必要がなく、温度変化のある場所ならどこでも電力を創出することができるという分散性を兼ね備えています。特に、電極の温度相変化に伴って酸化還元電位が不連続に変化する特性を活用した三次電池では、巨大で実用的な起電力の実現できるだけでなく、電極間電位差を二値化できるという利点があります。

研究開発の内容と目標

本プロジェクトでは、「三次電池」を社会実装に向けて、電極材料として使用する一様な相転移を示すCo-PBAナノ粒子の合成技術を開発します。

Co-PBAは、 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ と Na^+ が溶解した水溶液Aと、 Co^{2+} と Na^+ が溶解した水溶液Bとの共沈法により合成することができます。予備的な実験により、B溶液にポリビニルピロリドン (PVP)、クエン酸ナトリウム、エタノール、等を添加することにより、粒径 (数百nm程度) が均一なナノ粒子が得られています。Co-PBAは、組成に依存して、低スピン相と高スピン相の二つの相をとります。本プロジェクトの目標は、Coを他の遷移金属で部分置換することにより、室温直上で一様な高スピン-低スピン相転移を示すナノ粒子の合成条件を確立することです。

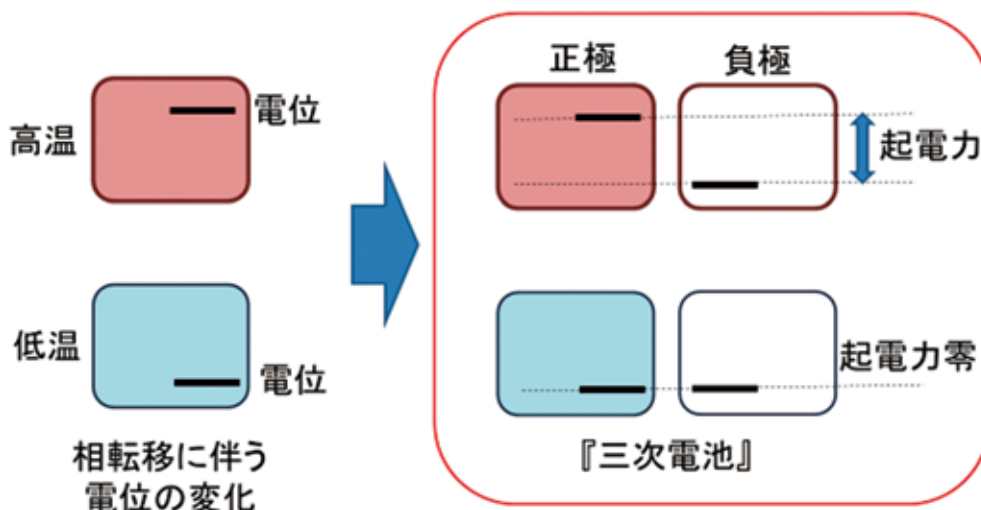
研究開発項目

1. 合成条件の最適化
2. ナノ粒子の組成評価
3. ナノ粒子の形態評価
4. ナノ粒子の構造評価
5. 相転移挙動の評価

研究開発の実施体制

国立大学法人筑波大学

相転移を活用した三次電池 Tertiary battery with use of phase transition





電力スケラブルでホットスワップ可能な高信頼性ブレード型インバータシステム

Power Scalable, Hot-swappable and Reliable Blade-type Inverter System

研究開発の背景

温室効果ガスの排出削減を実現するためには、従来のシリコンを用いたパワーデバイスに代わり、ワイドバンドギャップ (WBG) 半導体を用いたパワーデバイスから構成される低損失なパワーエレクトロニクス機器を世界に広く普及させる必要があります。

しかし、一般にWBGパワーデバイスはシリコンパワーデバイスに比べると、低歩留まり、ばらつき大、低信頼性、高コストであるため、適用範囲は限定的で広く普及するには至っておりません。

研究開発の内容と目標

左記の課題を有するWBGパワーデバイス (特にSiC MOSFET) を使いこなすために、IC・モジュール・システム技術を統合した高信頼性ブレード型インバータシステムを提案します。

提案のブレード型インバータシステムでは、ブレードサーバーのように、インバータの出力電力仕様に応じた枚数のブレード型インバータモジュールを筐体に挿すことにより、低コストで出力電力のスケラビリティを実現することができます。

本研究開発では高信頼性ブレード型インバータシステムを実現する上でキー技術となるIC技術、パワーモジュール技術、インバータ回路技術の要素技術の研究開発を実施し、各技術の実現可能性の見極めを目指します。

研究開発項目

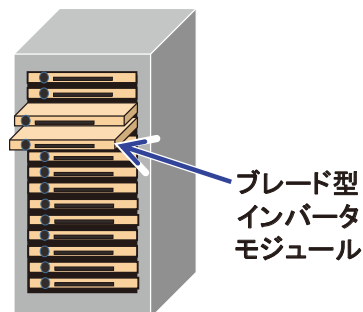
1. IC技術
2. パワーモジュール技術
3. インバータ回路技術

研究開発の実施体制

国立大学法人東京大学
 国立大学法人九州工業大学
 東京都立大学法人

プログラム設定のない研究開発テーマ

高信頼ブレード型インバータシステム



- 標準化による低コスト化
- モジュールの枚数 ∞ 出力電力
- 冗長化による高信頼化
- ホットスワップによる容易な保守

	インバータ効率	電力スケラビリティ	信頼性	コスト
シリコンのIGBTを用いた従来の汎用インバータ	△	×	○	◎
SiC MOSFETを適用した汎用インバータ	◎	×	△	×
提案のブレード型インバータシステム	◎	◎	◎	○

提案する高信頼性ブレード型インバータシステムとその位置づけ

次世代パワー半導体の高品質・高信頼性実現のための 革新的放熱・故障診断技術に関する研究開発

Development of Heat-dissipation and Inspection for Next Generation Power Module

研究開発の背景

電力ロス的大幅低減を可能にするパワー半導体技術が、地球温暖化防策として期待を集めている。その範囲は、電力インフラはもちろんのこと、データセンター・基地局・エッジデバイスなどAI/IoT環境設備、自動車などモビリティ、家庭やオフィスの電気設備など、全ての電気電子機器に及ぶ。この時、Siパワー半導体は電力ロス低減の限界を迎えており、これを越える切り札がSiCやGaNなどワイドバンドギャップ (WBG) パワー半導体である。WBGパワーモジュールは、電力ロスの低減と共に、電力密度の大幅増加と機器小型軽量化を可能にするが、一方でエネルギー密度増加に伴うモジュール温度の上昇を解決し、信頼性の高い電力変換システムを確立することが、技術普及の鍵になる。

研究開発の内容と目標

放熱特性に優れ高信頼性なWBGパワーモジュールのモデルを提案し、今後の大電力化、サイズ縮小、高密度実装、冷却レス化などによるパワー密度激増に対応するための要素技術を開発する。200℃を越えるジャンクション温度を可能にするための熱マネージメント技術として、放熱性とコスト競争力に優れた銀焼結接合とロータスアロイ冷却板を組み合わせ、熱抵抗をミニマムにするWBGモジュールの放熱構造を実証する。さらに、パワーモジュールのセンシングに電気特性、過渡熱特性に加えAE信号をAIシステムにより組み合わせ、リアルタイム寿命予測の可能性を示す。これによって、WBGパワーモジュールで最高のパフォーマンスと信頼性を与える技術基礎を提案する。

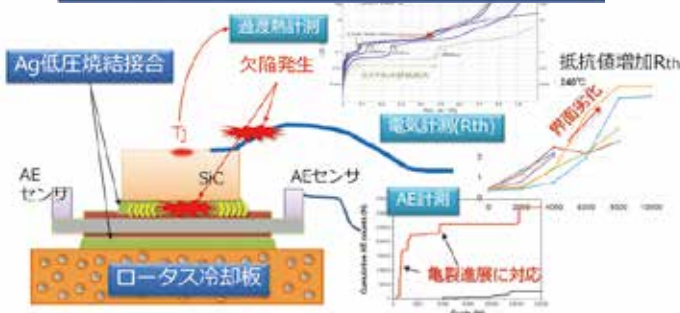
研究開発項目

1. パワーモジュールの熱的な信頼性に関する計測手法の技術開発
2. 高放熱接合材料技術開発
3. 高精度過渡熱抵抗評価システム開発と放熱構造設計の最適化
4. 高熱伝導性冷却基板および小型熱交換システムの技術開発

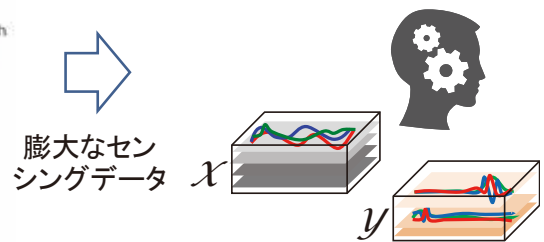
研究開発の実施体制

国立大学法人大阪大学産業科学研究所
 国立大学法人大阪大学工学研究科
 ヤマト科学株式会社
 千住金属工業株式会社
 株式会社ロータスサーマルソリューション
 (再委託先)
 国立大学法人大阪大学産業科学研究所・接合科学研究所

高放熱アセンブリと状態センシング



リアルタイムAI処理



接合/冷却放熱構造・センシング技術提案+リアルタイムAI寿命予測





高速スイッチング可能でタフなSiCモジュール技術開発

Tough SiC Power Modules with High-speed Switching

研究開発の背景

CO₂排出を削減し、豊かな省エネ社会を実現するため、パワーエレクトロニクス技術が重要である。SiCなど次世代半導体では、低オン抵抗・高速スイッチングなど、高効率動作のための理想的特徴を備えているが、高速スイッチングの難しさや、高速な保護技術（サージ電圧、過電流、過昇温）の不備が、社会への大量導入を阻んでいる。

本研究では、高速スイッチングに加えて高速な保護動作について取り組むことで、壊れにくいSiCモジュールの開発に見通しを得る。さらに、SiC-CMOSドライバーを、SiC材料を用いたセンサとともに、パワーMOSFETと互換プロセスで開発することで、将来の大量導入につなげる。

研究開発の内容と目標

高速スイッチング実現のため、ゲート制御回路をSiCパワーストックに隣接配置し、信号の劣化を抑制しゲート駆動する。加えて、過電圧センサーをモジュール内に設置し、高速な保護動作が可能であることを実証する。また、将来の高温動作に向けて、SiC-CMOSドライバーを、SiC-パワーMOSFETと互換プロセスで開発する。さらに、SiCパワーストックに必要なセンサ信号および測定ポイント、評価方法を検討し、劣化検出の可能性を見極める。必要なSiCセンサの構造を決定のうえ、SiC-MOSFETと同一チップに作製可能な、SiC材料を用いた温度異常検出センサを設計し、作製プロセスを構築する。

研究開発項目

- A. 高速スイッチングのための制御技術とセンシング技術
 - A-1 高精度ゲート制御および高速保護制御技術の開発
 - A-2 センシング技術の調査・開発
- B. SiCモノリシック化に向けた要素技術開発
 - B-1 SiC-CMOS技術の開発
 - B-2 SiC材料を用いたセンサ技術の開発

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
サンケン電気株式会社

プログラム設定のない研究開発テーマ

CO₂排出量の削減、豊かな省エネ社会の実現に、次世代半導体を用いたパワエレ技術が重要

次世代半導体：低オン抵抗、高速スイッチングなど、高効率動作のための理想的特徴を兼ね備えている。

現状の問題点：

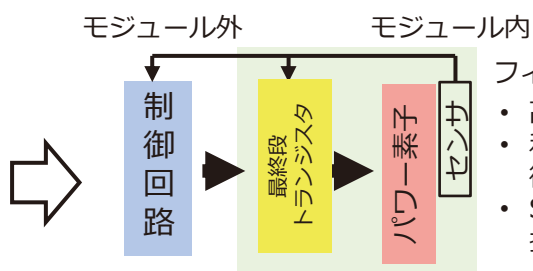
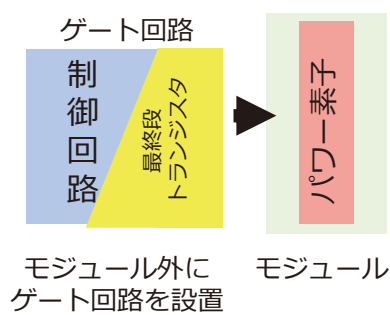
- ・ 難しい高速スイッチング
- ・ 保護技術の不備



これら問題点を克服し、高速スイッチング可能で壊れにくいSiCモジュールを開発し、社会への大量導入に資する。

<現状技術>

<開発項目>



- フィードバック
- ・ 高速保護技術の実証
 - ・ 利用可能なセンシング技術の探索
 - ・ SiC材料を用いたセンサ技術の開発

- ・ 高速スイッチング性能実証
 - ・ SiC-CMOSを用いたSiC-MOSFET駆動性能の確認
- ⇒ MOSFETとモノリシック化を目指しプロセス設計

高放熱大面積ダイヤモンド基盤技術

Basement technology for large areal diamond as heat dissipation structure

研究開発の背景

GaNパワーデバイスは、5G時代以降を支える有望なデバイスとして実用化が始まったが、高出力化に伴う発熱によって、材料ポテンシャルを十分に発揮できていない。GaNの特徴が最大限に生きるGHz帯パワー領域において、この放熱問題を克服するため、日欧米ではダイヤモンドをヒートシンクとして用いて放熱し、本来の材料ポテンシャルを引き出す研究が進められている。また、SiC、GaN等のSiの次のパワーデバイスのさらなる高出力化に伴う放熱課題においても、ダイヤモンドの活用が求められている。

研究開発の内容と目標

先進パワー半導体 (SiC、GaN、Ga₂O₃ 等のワイドバンドギャップ (WBG) 半導体) の優れた特性による省エネ・低炭素化を実現するための先進パワーモジュール技術の開発を実施する。

GaN on Diamond高周波デバイスの高放熱化の可能性を見極めつつ、熱伝導率の高いダイヤモンドを活用した効率的な放熱技術の実用化に向けた可能性をA. 高放熱大面積ダイヤモンド合成技術、B. 高放熱デバイス作製と評価で、技術的な検証を行い、課題整理することを目指す。

研究開発項目

研究項目A. 高放熱大面積ダイヤモンド合成技術

A-1. マイクロ波 (2.45GHz) 重畳CVD装置によるダイヤモンド合成

A-2. マイクロ波 (915MHz) CVD装置による均一合成

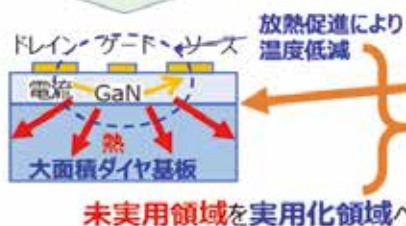
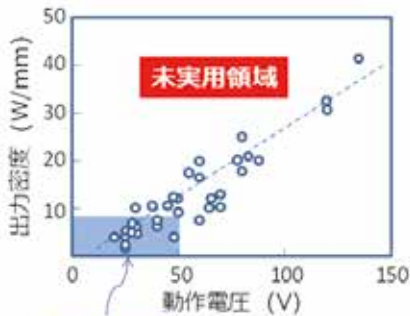
研究項目B. 高放熱デバイス作製と評価

B-1. 高放熱接合技術

B-2. 高放熱構造GaNデバイス

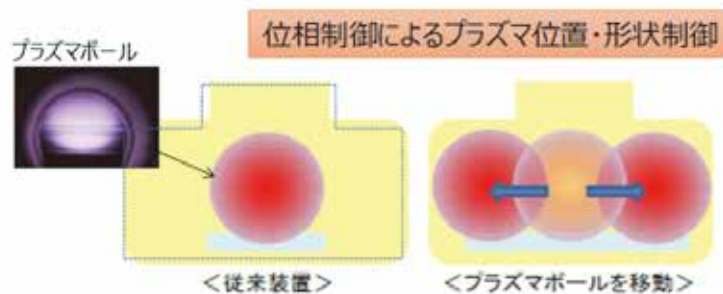
研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所
三菱電機株式会社



研究項目A. 高放熱大面積ダイヤモンド合成技術

A-1. マイクロ波(2.45GHz)重畳CVD装置によるダイヤモンド合成



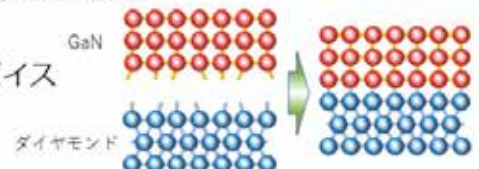
A-2. マイクロ波(915MHz) CVD装置による均一合成



研究項目B. 高放熱デバイス作製と評価

B-1. 高放熱接合技術

B-2. 高放熱構造GaNデバイス



真空中での直接接合による高熱伝導接合界面



高性能な大容量スクロール圧縮機の研究開発

Development of High-Performance Large-Capacity Scroll Compressor

研究開発の背景

世界全体で温暖化ガス排出低減を実現するための、低コストで高性能な排熱活用・制御技術の開発の一環として、従来の性能を凌駕する圧縮機が開発が求められています。積極的な排熱活用にはヒートポンプ技術の利用が有効ですが、現状ではヒートポンプ性能を主に決定する圧縮機技術の制約が大きく、その圧縮機技術については、30年以上にわたり新しい圧縮機構等の開発は行われておらず、十分な大容量化も実現されていません。革新的な技術を利用した高性能かつ大容量の圧縮機を開発を通して、大容量圧縮機の将来的なステップに繋がる技術開発が望まれています。

研究開発の内容と目標

スクロール型圧縮機が大容量化に優位な特徴を多数有する点に着目し、高性能な大容量スクロール圧縮機の研究開発を行います。大容量化の方法として、寸法大型化と高速回転化の二つにチャレンジします。たわみを許容するエラスティックデザイン方式を採用してスラスト・スライド軸受を設計します。さらに、振動問題の解決およびクランク軸での荷重片持ち解消のために、補助クランク方式を導入します。また各嵌合隙間の初期値の最適設計を試みます。基本性能を検証し、大容量化の次のステップとして必要となる課題を明らかにすることを目指します。

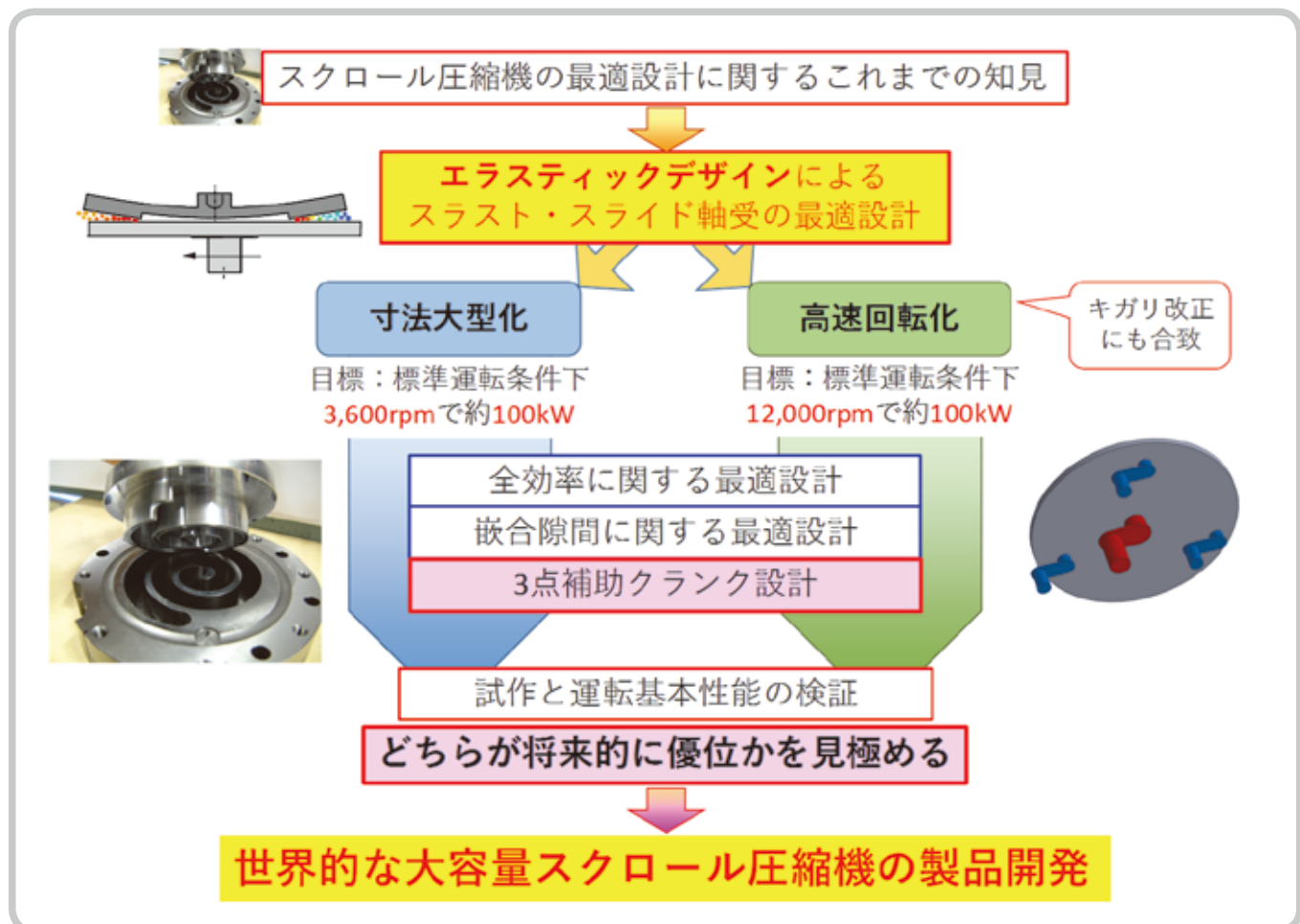
研究開発項目

1. 全効率に関する最適設計
2. スラスト・スライド軸受の最適設計
3. 嵌合隙間に関する最適設計
4. 補助クランク方式の導入
5. 試作と総合評価

研究開発の実施体制

学校法人大阪電気通信大学

プログラム設定のない研究開発テーマ



磁気機能性ナノ冷凍機油による冷媒圧縮機の高効率化

Performance Improvement of Refrigerant Compressor by Magnetic Nano-Refrigeration-oil

研究開発の背景

冷凍空調技術は現代の社会生活において必要不可欠な技術です。冷凍空調技術は空調機器のみならず、冷蔵庫、カーエアコン、産業用冷凍機器など広く利用されて現状を鑑みると、一台当たり僅かでも効率が向上出来れば地球規模での省エネルギー効果・CO₂削減効果が期待されます。

冷凍空調機器の中でも冷媒圧縮機はその消費電力の大部分を占めており、高効率化が求められます。しかしながら、これまでの技術開発によって、改善限界の水準に達しており、既存技術とは異なる手法での高効率化技術の要求が高まっています。

研究開発の内容と目標

本提案では、冷媒圧縮機の高効率化に向けて、粒径がナノオーダーの強磁性ナノ粒子を冷凍機油に添加した添加した磁気機能性ナノ冷凍機油を開発し、従来の冷凍機油に変えて磁気機能性ナノ冷凍機油を冷媒圧縮機へ適用することを目指します。

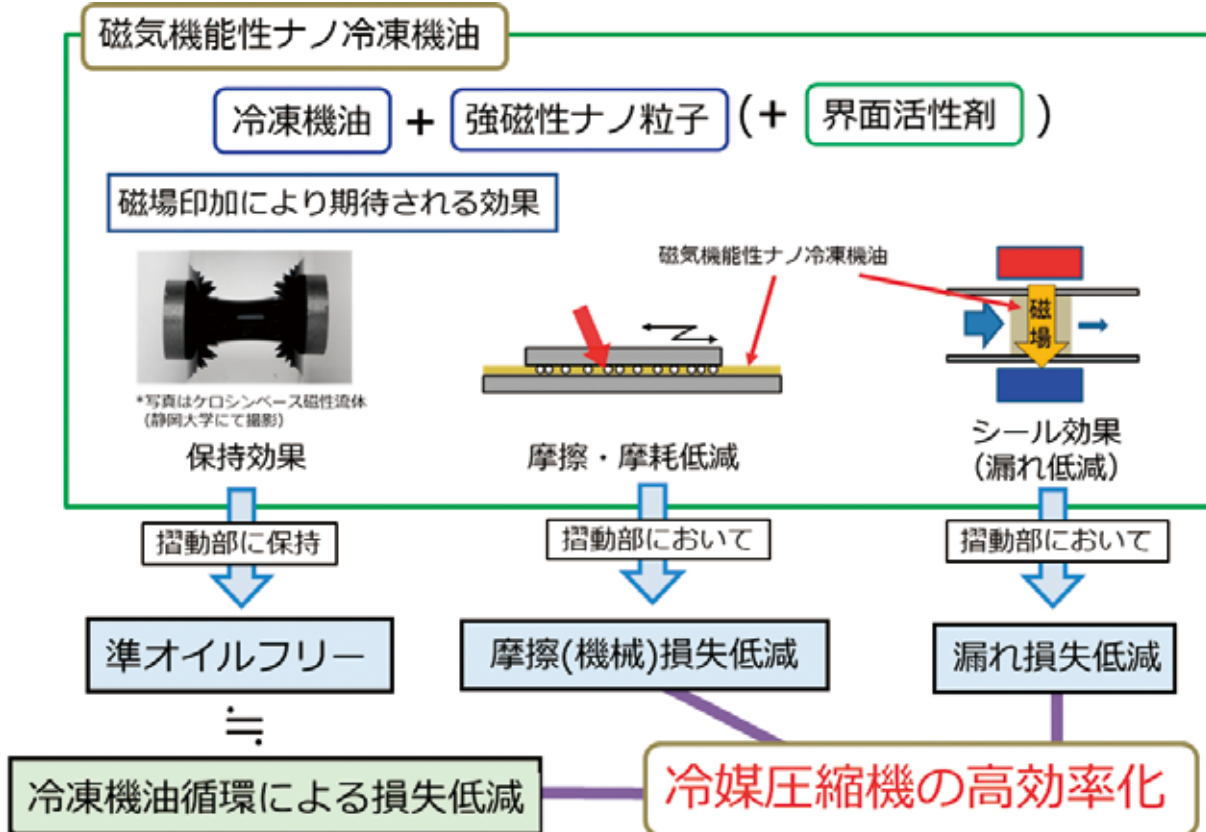
冷媒圧縮機の摺動部に磁気機能性ナノ冷凍機油を磁場で保持することで、摺動部における摩擦低減・冷媒漏れの低減の同時達成を目指し、ひいては見掛け上、冷凍機油の供給を必要としない準オイルフリーの運転を実現する事で、冷媒圧縮機の高効率化を目標とします。

研究開発項目

1. 磁気機能性ナノ冷凍機油の開発
2. 磁気機能性ナノ冷凍機油の冷媒圧縮機適用法の検討とモデル試験による有効性評価
3. 磁気機能性ナノ冷凍機油と冷媒混合物の物性評価
4. 実機による磁気機能性ナノ冷凍機油適用の有効性評価

研究開発の実施体制

国立大学法人静岡大学
株式会社デンソー
株式会社フェローテックマテリアルテクノロジーズ





合金系潜熱蓄熱マイクロカプセルを基盤とした高速かつ高密度な蓄熱技術の研究開発

Advanced thermal energy storage technology based on micro-encapsulated alloy phase change material with high thermal response and high heat storage density

研究開発の背景

本研究に先駆け、北海道大学では高い蓄熱密度と高い熱伝導性を併せ持つ合金系潜熱蓄熱マイクロカプセルの開発に成功しました。h-MEPCM (Hokkaido university製 Micro-Encapsulated Phase Change Material) と呼ぶこの素材は、潜熱蓄熱材である合金のコアをち密なアルミナのシェルで覆ったコア-シェル構造で、直径数十μm程度の微粒子です。h-MEPCMを原料とすることにより高蓄熱密度かつ迅速な熱応答性を持つ蓄熱体 (ハニカム等) の“ものづくり”が可能となり、再エネ、産業排熱、触媒反応、ガス分離、次世代自動車などの様々な分野における熱利用・熱制御への応用が期待できます。

研究開発の内容と目標

本研究の目的はh-MEPCMを基盤とした高速かつ高密度な蓄熱技術の開発です。量産化の検討が進められているAl-Si合金系h-MEPCM (融点: 577°C) を原料としたハニカムやペレットなど、様々な形状の高性能蓄熱体を開発します。さらに、この蓄熱体を搭載した蓄熱・熱制御モジュールのプロトタイプを設計・開発し、基礎的な熱交換性能を評価するとともに、実験値と整合性のあるシミュレーションモデルを構築します。また、得られた知見を基に導入が期待されるシステムの省エネ効果、CO₂削減効果などを試算し、社会実装に向けた今後の開発指針を明らかにする予定です。

研究開発項目

1. h-MEPCMをベースとした高性能蓄熱体の開発と評価
2. 開発蓄熱体を搭載した蓄熱・熱制御モジュールのプロトタイプの開発
3. 社会実装のための予備検討

研究開発の実施体制

国立大学法人北海道大学大学院工学研究院
株式会社日本触媒
国立研究開発法人産業技術総合研究所

シーズ：革新的蓄熱材“h-MEPCM”

特徴

- ・高蓄熱密度 $\approx 1 \text{ GJ m}^{-3}$
- ・高熱伝導率：金属級
- ・高耐久性 > 3000 cycle
- ・マイクロ粒子 $\approx 30 \mu\text{m}$
- ・優れた成型加工性

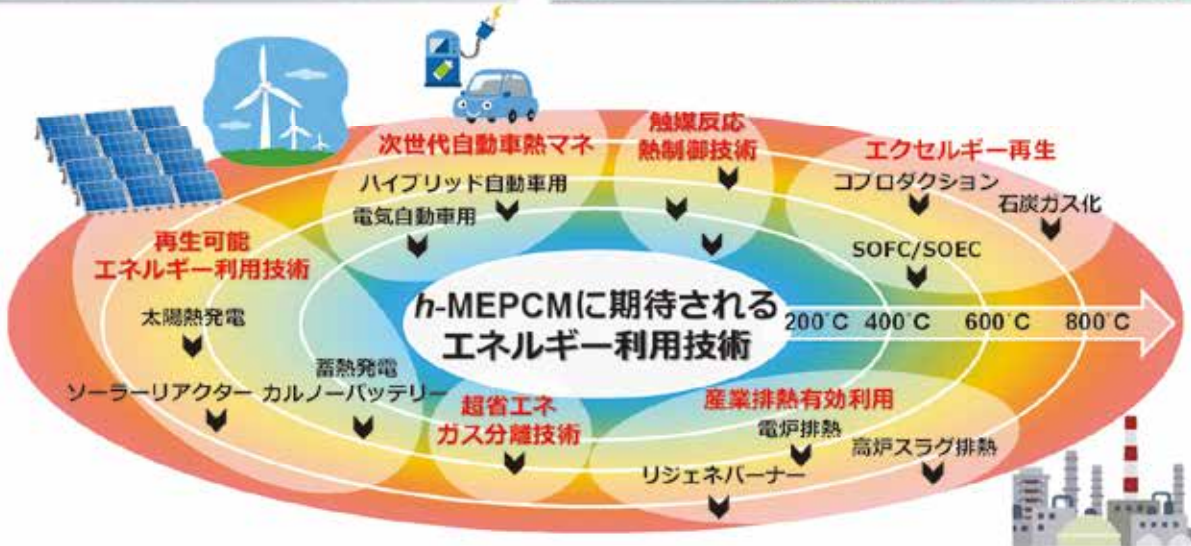
世界初の中高温用MEPCM。量産化を検討中。

本プロジェクト：蓄熱体&モジュールの開発

蓄熱体イメージ
ハニカム、ペレット、リング、粒子、etc.

蓄熱モジュール評価装置

内容：h-MEPCM蓄熱体と蓄熱モジュールの性能を明確化



プログラム設定のない研究開発テーマ

窒素資源循環のための膜分離を利用した廃水からのアンモニア高効率分離回収の研究開発

Highly efficient separation and recovery of ammonia from wastewater using membrane separation for nitrogen resource circulation

研究開発の背景

大量消費、大量排出により環境負荷が顕著となっているアンモニアについて、廃水からの省エネルギーなアンモニア回収法を膜分離法を用いることで確立し、窒素資源であるアンモニアの循環利用を可能とする革新的分離プロセスの創出を行います。人間活動による排出量が地球の限界（プラネタリー・バウンダリー）を超えているとされる窒素化合物の排出を、新たな環境負荷なく削減することで、持続可能な社会（国連SDGs）の実現を目指します。産業廃水や下水に含まれる窒素成分をアンモニアとして回収できれば、新たなエネルギー源の創出となり、またアンモニアとしての再利用が期待されます。

研究開発の内容と目標

本先導研究では、正浸透（FO）膜を用いた省エネルギーなアンモニア分離濃縮法の開発及び廃水中の窒素化合物を効果的にアンモニアに変換する技術の開発を行います。廃水をFO膜で濃縮し、有機物は嫌気性MBRでメタンとして取り出すと同時に窒素分をアンモニアに変換し、更にFO膜法による濃縮を行い、最後に省エネルギー蒸留装置を用いてアンモニアを回収します。従来のエネルギーを消費する活性汚泥処理法と異なり、ばっ気や脱窒工程が不要となるため、廃水処理に要するエネルギー収支を大幅に改善でき、従来の消費（マイナス）から創成（プラス、創エネルギー）とすることを目指します。

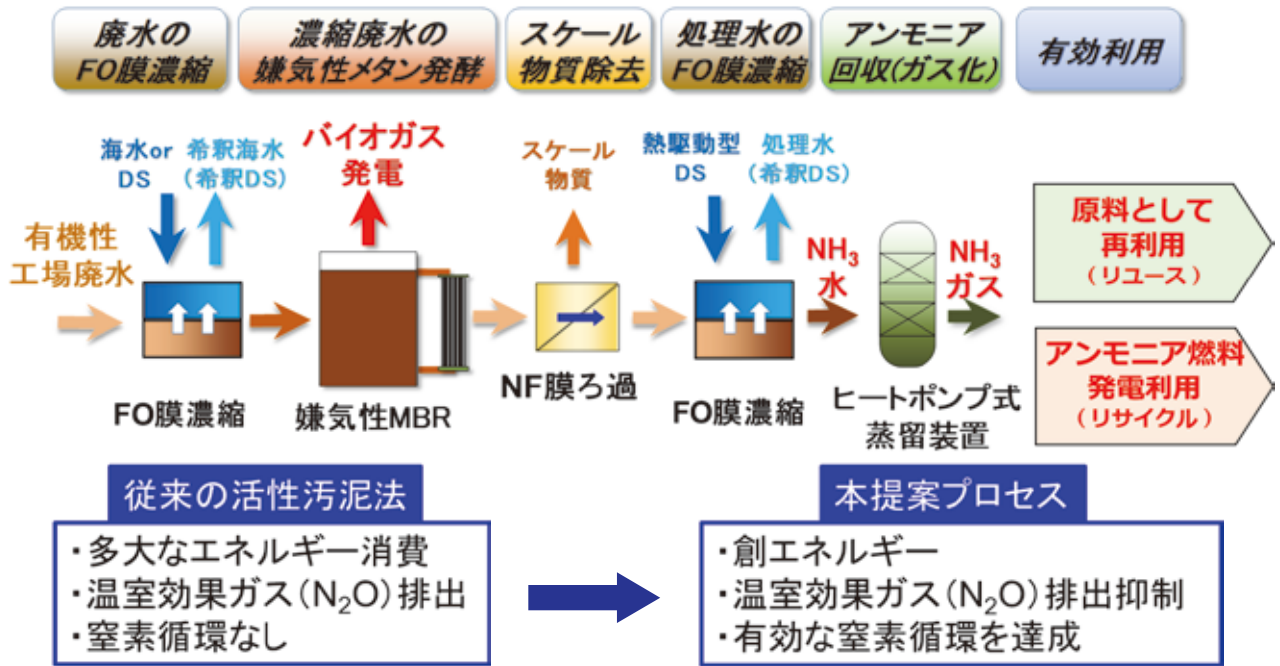
研究開発項目

1. FO膜法による廃水中アンモニアの省エネ濃縮法の開発
2. 高濃度アンモニアに対応する嫌気性MBR技術の開発
3. 濃縮廃水中のスケール物質除去膜の開発
4. アンモニア回収プロセス構築、フィージビリティ評価とラボ実証試験

研究開発の実施体制

国立大学法人神戸大学
 学校法人工学院大学
 株式会社ダイセル
 木村化工機株式会社

膜分離法を用いたアンモニア回収プロセスにより、廃水処理をエネルギー消費型から創エネルギー型へ
 アンモニア回収プロセスを創エネルギー化するキーポイントはFO膜濃縮





革新的CO₂分離膜による省エネルギーCO₂分離回収技術の研究開発

A strategy for low-energy CO₂ capture by innovative CO₂ separation membrane modules

研究開発の背景

CO₂回収・有効利用・貯留/カーボンリサイクルを実現するためには、低コストかつ省エネルギーCO₂分離回収技術の確立が必須であり、膜分離法が次世代CO₂分離回収技術として期待されています。これまで、国内外で良好なCO₂分離性能を発揮する様々な分離膜材料が開発されてきました。特に高分子膜は、スケールアップや成形加工が比較的容易なことから低コストであることから、実用化に近いと考えられています。しかしながら、実証試験を行うにあたり、①膜モジュール化まで到達出来た例はあまり無く、また、②実分離対象ガスを用いた試験が容易に行えません。この2点が、我が国におけるCO₂分離膜の研究開発の障壁となっています。

研究開発の内容と目標

本事業では、革新的かつ高性能なCO₂分離中空糸膜モジュールを開発し、実分離対象ガスを用いた検討により、膜分離技術の実用化を目指します。

水処理用の中空糸膜モジュールに、分離膜材料水溶液を通じることによって、非常に簡単にCO₂分離中空糸膜モジュールが調製できることを見出しました。この手法を用いて、中空糸膜モジュールの大面積化 (5 m²) を行います。また、これと並行して、石炭火力発電所の実排ガスを用いてCO₂分離回収試験を行い、SO_xやNO_xなどの微量成分が、CO₂分離膜のガス分離性能に与える影響を評価し、課題の抽出と解決策の考察を行います。

研究開発項目

1. CO₂分離膜の分離性能向上
2. CO₂分離膜モジュールの大面積化
3. 実排ガス試験
4. 実用化への課題の抽出と解決策の考察

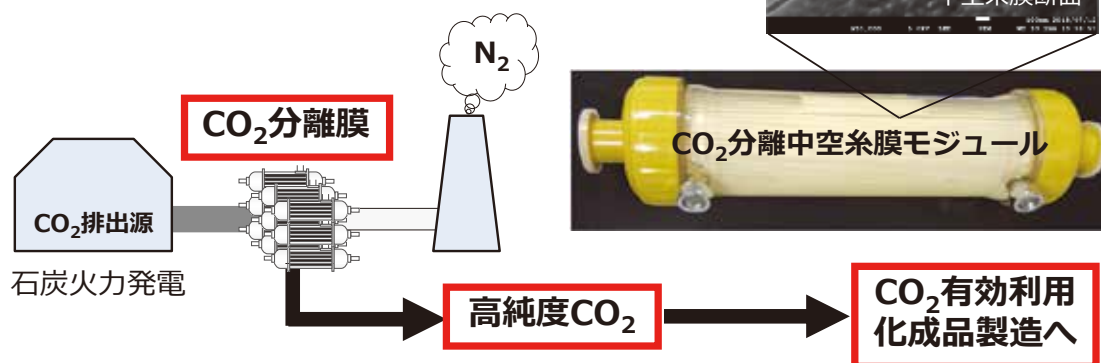
研究開発の実施体制

国立大学法人九州大学
東ソー株式会社

プログラム設定のない研究開発テーマ

カーボンリサイクル技術の早期実現

- ✓ 高性能CO₂分離膜モジュール開発
- ✓ 実ガス試験



吸着式CO₂分離回収におけるLNG未利用冷熱の活用

Utilization of unused cold heat from LNG in adsorption-type CO₂ separation and recovery

研究開発の背景

本研究開発では、物理吸着式のTSA (Temperature Swing Adsorption) を対象に、液化天然ガス (LNG) の未利用冷熱を活用することで、従来TSAに必要とされていた加熱エネルギーを不要化し、大幅な高効率化・低コスト化を図ったCO₂分離・回収システムの実現を目指します。

都市ガスの主原料や火力発電の燃料であるLNGは、天然ガスを産地で-167℃まで冷却・液化したのちタンカーで輸入し、受け入れ基地に貯蔵しており、需要地に供給する前に海水との熱交換で気化させています。本研究開発は、このように海水に放出している未利用の冷熱をTSAの温度スイングに有効利用するものです。

研究開発項目

1. CO₂分離・回収システムの概念設計
2. プロセスシミュレータの構築
3. 吸着剤の選定
4. CO₂分離・回収システムの基本設計
5. システムの省エネ性・経済性評価

研究開発の内容と目標

低温域でのTSAにおける吸着剤の候補として、従来から使用されているゼオライトや活性炭に加え、高表面積の多孔性物質であるMOF (Metal Organic Frameworks) を対象として調査・選定のうえ、計測試験により低温域における吸着性能について調査します。

また、TSAプロセスの性能を予測するプロセスシミュレータを構築し、省エネ・経済性に影響するパラメータを評価します。

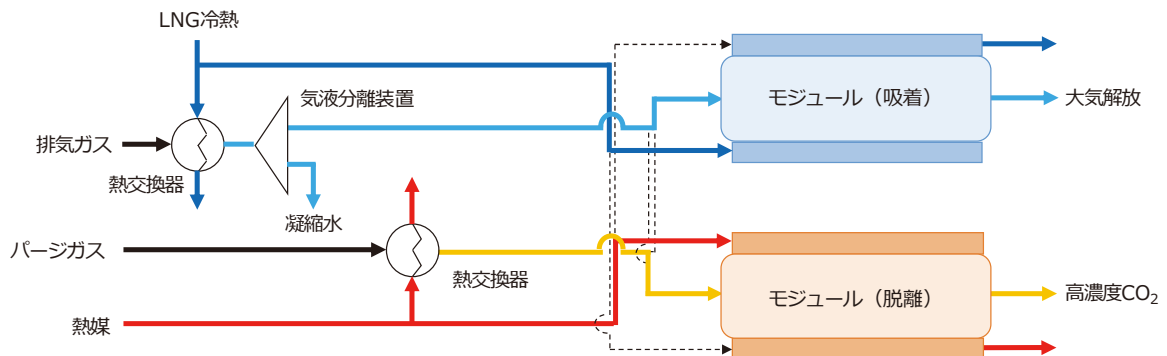
低温動作時における懸念事項や要求事項についても整理し、技術課題の洗い出しを行います。

以上により、本システムの成立可能性やそのための要求事項等を総合評価します。

研究開発の実施体制

東邦瓦斯株式会社

国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学



冷熱利用TSAシステム概念図



CO₂分離・回収技術の活用イメージ

未利用冷熱による燃焼ガス中CO₂の回収技術の開発

CO₂ capture technology with unused cold energy for exhaust gas

研究開発の背景

パリ協定が締結され、化石燃料の燃焼に伴い発生するCO₂の分離・回収技術の社会実装が期待されています。液化天然ガス（LNG）火力発電所においては、余剰排熱が特に少なく、現在の加熱式再生方式によるCO₂の分離・回収装置は適用できません。一方、我が国は、約8,055万トン/年（2018年度実績）に上るLNGを輸入していますが、LNGを気化して利用する際、LNGの保有する-162℃の冷熱の大部分を海水や空気などの加温流体に放出しています。本研究開発では、LNG火力発電所からのCO₂の分離・回収と、未利用冷熱の利用拡大・高度利用を同時に実現する技術を開発します。

研究開発の内容と目標

加熱式再生方式の代表であるアミン吸収プロセスを、LNGの未利用冷熱を最大限活用し、抜本的に省エネルギー化する原理技術を開発します。本技術は、再生塔内のCO₂を含む気相を、LNGの冷熱により冷却します。CO₂がドライアイスとして凝縮するまで冷却することで、気相は4kPa程度まで減圧され、平衡蒸気圧が大幅に低下します。この結果、再生塔内のCO₂を常温付近で蒸発・再生することが可能となります。これにより、従来必要とされていた再生時の加熱エネルギーを大幅に削減します。本研究開発では、実験とシミュレーションにより原理技術を実証します。

研究開発項目

1. 減圧・低温昇華槽におけるCO₂の昇華特性の評価
2. 冷熱利用による燃焼排ガス中CO₂の回収実験評価

研究開発の実施体制

国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学
東邦瓦斯株式会社



図 未利用冷熱による燃焼ガス中CO₂の回収技術

特徴

- ・ 未利用冷熱を利用し、再生塔を減圧。低温で再生。
- ・ CO₂を高圧で回収。
- ・ LNGの燃焼排ガス中のCO₂を省エネルギーで分離・回収。

多層プラスチックフィルムの液相ハイブリッドリサイクル技術の開発

Development of hybrid recycle process of multi-layer plastic film through liquid phase reaction

研究開発の背景

異種多層フィルムは、ガスバリアー性、保香性、遮光性といった複数の機能を有し、飲食料、医薬品、日用品等の包装・容器をはじめとし、現代の社会生活に不可欠な製品要素となっている。その反面、使用済みの異種多層フィルムに対して溶融押出や熱分解などの既存のリサイクル処理を行うと、複数素材の混合物となり、工業的な再利用は困難である。加えて、汚染されている場合、リサイクルは更に困難になる。当該事業では、異種多層フィルムに代表される複数種の素材を複合化したプラスチック成形品に対し、連続的にケミカルおよびマテリアルリサイクルできる液相ハイブリッド技術を開発する。

研究開発の内容と目標

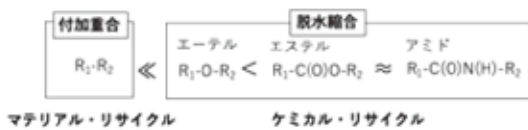
廃プラスチックにおいて大きな割合を有する多層プラスチックおよび異種多層フィルムを対象に、水熱処理により、PETやナイロンなどの機能付与層の除去とモノマー等分解生成物のケミカルリサイクルを行うとともに、ポリエチレン等重要な基材樹脂はマテリアルリサイクルで回収するハイブリッドリサイクルを開発する。当該研究事業では、我が国が先導する単成分・多成分プラスチック・リサイクル技術を応用・発展し、添加物や機能性付与助剤の存在下での水熱分解を定量的に把握しながら、連続処理可能なハイブリッドリサイクルプロセスを開発する。

研究開発項目

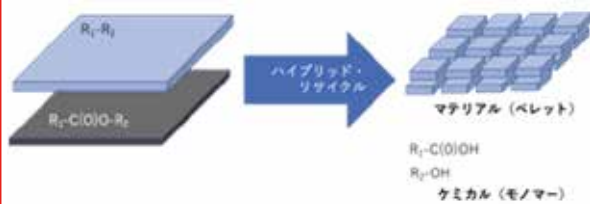
1. ケミカルおよびマテリアルリサイクルの両立
2. 異種材料の分離
3. 連続プロセスの実証

研究開発の実施体制

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
 宇部興産株式会社
 三菱エンジニアリングプラスチックス株式会社
 東ソー株式会社
 凸版印刷株式会社
 東西化学産業株式会社
 恵和興業株式会社



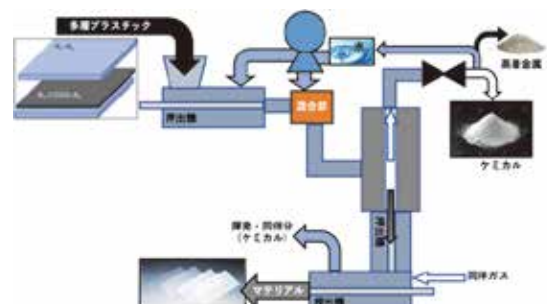
- 液相分解の反応性の違い**
- ✓ 付加重合系プラスチック (PE, PP) の分解は脱水縮合系プラスチック (PET, Nylon) に比べて遅い (東北大学・産総研での論文、知財が豊富)



- 液相ハイブリッドリサイクルの概念 (1) : 反応速度差を利用**
- ✓ PE・PPはマテリアルリサイクルし、PET・Nylonはケミカルリサイクル
 - ✓ 回分装置での事例はあるが連続化に対する検討は皆無
 - ✓ 多岐に渡るフィルムへの適用も皆無



- 液相ハイブリッドリサイクルの概念 (2) : 異種素材の剥離性向上**
- ✓ ポリオレフィン (PO) を基材樹脂とする多層プラスチックフィルムの最適水熱処理条件の確認
 - ✓ 蒸着膜等の層を有する異種多層フィルムの剥離処理の効果及び最適水熱処理条件の確認



- 連続プロセスの実証**
- ✓ 小型連続装置の設計・製作・実証
 - ✓ 異種多層フィルムの剥離処理プロセス可能性の実証



廃プラスチックガス化処理の低温化技術の開発

Low-temperature gasification process for plastic waste

研究開発の背景

プラスチックのケミカルリサイクルは、プラスチックの分解反応を起点とします。大きな吸熱反応であり、高温を必要とするため、化石資源の燃焼による大きなCO₂排出を伴います。

一方、ケミカルリサイクルにより得られる化学原料から、プラスチックや化成品を合成する過程は、低温の発熱反応であり、未利用廃熱が多く発生します。プラスチックの分解反応を低温化し、このような未利用低温廃熱で駆動することが出来れば、化石資源の燃焼が不要なプラスチックのケミカルリサイクルが実現します。

本研究開発では廃プラスチックガス化処理の低温化を通じ、CO₂ネットゼロエミッション・プラスチックケミカルリサイクルシステムの構築を目指します。

研究開発の内容と目標

我々は、低温で炭化水素の改質反応と水素生成を進行させる酸化物ナノ粒子触媒（酸素キャリア）を開発しています。低温での酸素の吸蔵・放出が可能な酸化物ナノ粒子を酸素キャリアとして利用し、炭化水素の部分酸化による分解と水の分解の反応場を2つに分離することで、プラスチックガス化反応の平衡制約を打破し、プラスチックのガス化を低温化します。

さらにプロセス技術開発と技術アセスメントを連動し、低温プラスチック分解プロセスを通じた革新的CO₂ネットゼロエミッション・ケミカルリサイクルシステムの実現可能性を提示していきます。

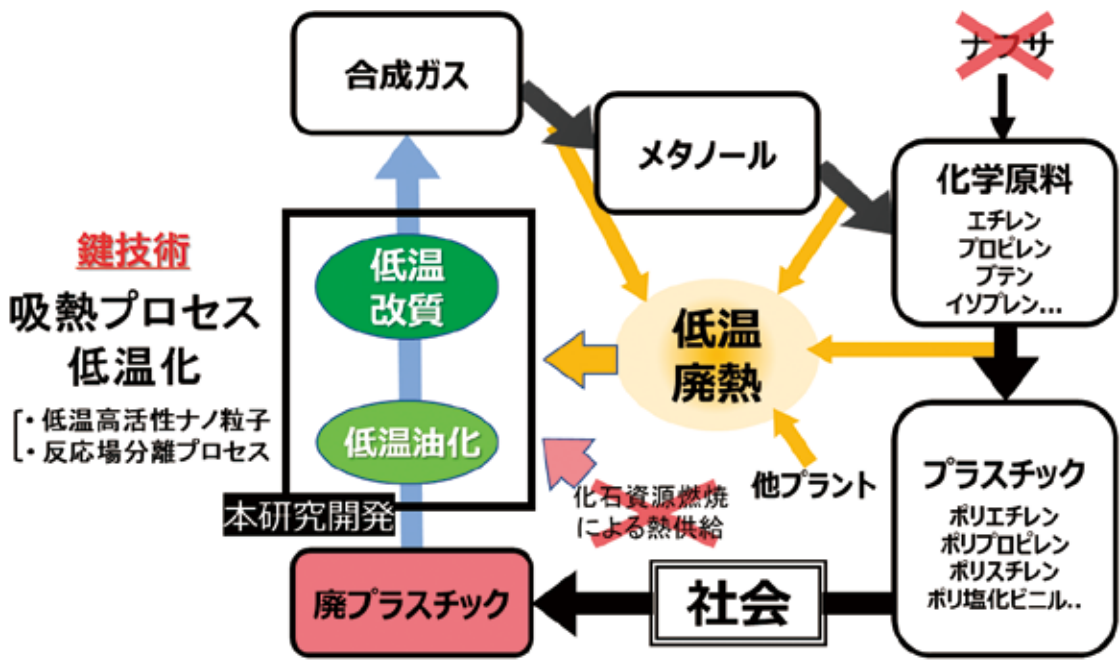
研究開発項目

1. 低温駆動プラスチックガス化プロセス開発
2. CO₂削減効果提示と技術導入シナリオ策定

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

プログラム設定のない研究開発テーマ



⇒ CO₂ネットゼロエミッション・ケミカルリサイクルシステム

複合プラスチックの高度分離技術開発

Advanced separation technology for composite plastics

研究開発の背景

昨今、プラスチック軟包装材は低リサイクル率や環境流出が問題となっています。プラスチック産業各社の企業努力により、軟包装材は多品種プラスチックの複合で高機能化され、減量化が進んできました。その一方で、複合プラスチックを成分別に分離する実用技術が乏しいためにリサイクル率が上げられない現状があります。リサイクルを成功させるには、低エネルギーコストの分離技術開発が必要です。私たちは、シンプルで必要エネルギーの少ない古典的な分離手法をベースにした、新しいプラスチック分離技術の開発を目指します。

研究開発の内容と目標

先導研究では、ポリエチレン (PE) とポリアミド (PA) の2種類のプラスチックから成る多層フィルムをターゲットに、マテリアルリサイクルが可能な低エネルギー、低環境負荷のプラスチック成分分離技術を開発します。一般的に、PE層とPA層は接着層によって強固に接着されているために、成分分離は容易ではありません。

これを分離するために複合プラスチックの分離前処理を考案しており、この前処理技術の構築が重要な開発要素の一つです。さらに、前処理を経たプラスチックを分離する技術の検証と、分離性能 (分離効率等) の評価を進めて参ります。

研究開発項目

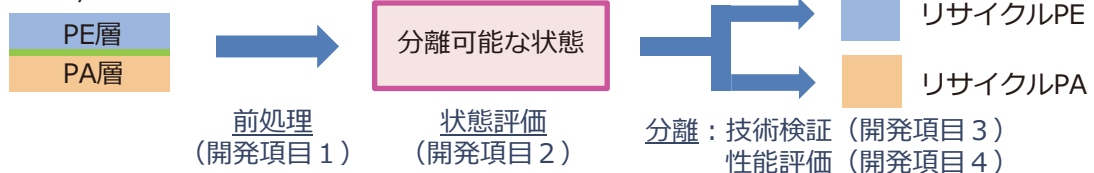
1. 分離前処理技術の構築
2. 分離対象の状態評価技術の構築
3. 分離技術の検証
4. 分離性能の評価

研究開発の実施体制

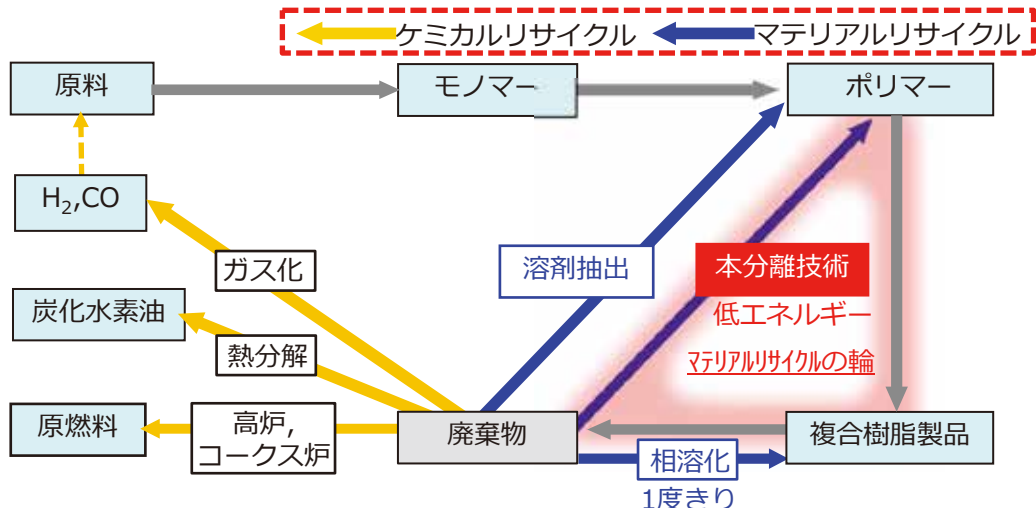
宇部興産株式会社
 国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学

先導研究開発項目

PE/接着層/PA多層フィルム



複合プラスチック製品再利用の輪



低エネルギー手法としての新たなマテリアルリサイクルの輪を創出



ポリオレフィン類の酸化的変換を鍵とするケミカルリサイクル技術の開発

Chemical recycling by oxidative transformation of polyolefins

研究開発の背景

プラスチックは我々の日々の生活を豊かにしてきました。一方で、プラスチックごみ問題が地球規模の脅威になりつつあるとの認識が全世界で共有され、問題解決のための取り組みとして国連では持続可能な開発目標 (SDGs) が提唱されました。そのため、持続可能な社会を実現し、次世代に豊かな環境を引き継いでいくためには、プラスチックの徹底的な資源循環が求められています。

有限原料由来のプラスチックの廃棄物を化学原料に再生するケミカルリサイクル技術はほとんど事業化されておらず、全世界で緊急に取り組むべき重要な課題です。

研究開発の内容と目標

ポリエチレン(PE)やポリプロピレン(PP)をはじめとするポリオレフィン(PO)類を酸化修飾する技術を活用したケミカルリサイクル技術を開発します。

脂肪族炭化水素のC-H結合酸化システムをPO類の酸化に適用することでポリオールへと変換し、さらに生成する酸化物の分解により有用ケミカルを回収します。酸化剤や触媒、反応条件などのパラメータを徹底的に精査し、得られたPO酸化物の構造分析から導入された官能基を明らかにするとともに反応条件の修飾率に及ぼす影響を系統的に調べます。また、分子量測定から高分子主鎖の分解の進行度を調査します。

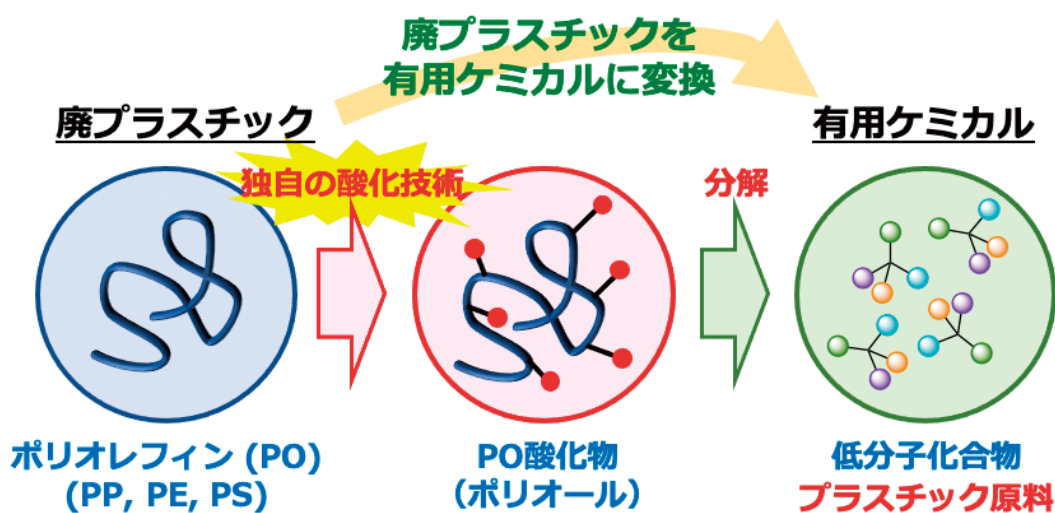
研究開発項目

1. PPの酸化検討
2. PP酸化物の分析
3. PP酸化物の分解検討
4. 分解物（低分子化合物）の分析
5. PS、PEの酸化検討

研究開発の実施体制

国立大学法人大阪大学

プログラム設定のない研究開発テーマ



研究開発項目

PO酸化反応検討

- ・酸化剤、触媒、反応条件の検討

PO酸化物の分解

- ・修飾率と分解の相関の調査

PO酸化物分析

- ・構造、官能基、修飾率の分析

低分子化合物分析

- ・回収、分離、構造分析

金属ナトリウム分散体によるカルボン酸の合成技術の研究開発

Development of carboxylic acid synthesis technology by Sodium dispersion

研究開発の背景

金属ナトリウムを微細化して油中に分散させた金属ナトリウム分散体 (SD) を用いることで、常温常圧かつ無触媒で種々の有機物の一部をナトリウムに変化させた活性種に変換することが出来ます。

ここで、この活性種にCO₂を吹込むと、カルボン酸が合成出来ます。カルボン酸はポリマーや医薬品の原料として使われています。

一部のカルボン酸の製造においてはバナジウムやマンガンといった重金属を使用する為、水質汚濁や土壌汚染といった環境への悪影響が懸念されます。

一方で、SDを用いたカルボン酸合成方法では重金属を使用しない上、大気放出されていたCO₂を原料にできるため、重金属使用並びにCO₂削減という2つの観点から環境負荷を軽減する方法として期待できます。

研究開発の内容と目標

SDによるカルボン酸合成を確認できているのはごく数種類の化合物であり、実用化のためには産業上有用な物質を合成するプロセスを開発し、その合成条件やコストを始めとする検討が必要です。

そこで本研究では、SDを用いて合成される有機ナトリウム化合物とCO₂からポリマーや医薬品の原料となり得るカルボン酸を合成するプロセスを開発し、その経済性を評価することで工業化への見通しを立てることを目指します。

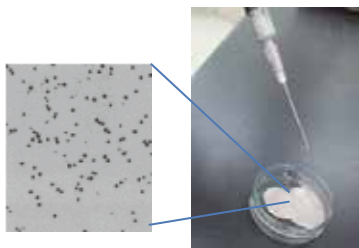
具体的なターゲットは、医薬品等原料としてビタミンB3であるナイアシンや結核治療薬材料のイソニコチン酸、ポリマー原料としては生分解性ポリマー原料のコハク酸前駆体であるフマル酸の合成等を目指します。

研究開発項目

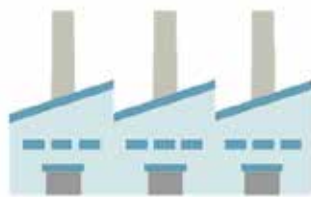
1. SDを用いた有機化合物からのカルボン酸合成
2. 室温での改良Birch還元メカニズムの解明
3. CO₂添加条件の検討
4. CO₂削減量と経済性の試算

研究開発の実施体制

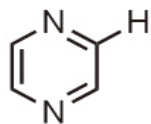
株式会社神鋼環境ソリューション
 国立研究開発法人理化学研究所
 国立大学法人岡山大学



右: 金属ナトリウム分散体 (SD)
 左: 顕微鏡写真

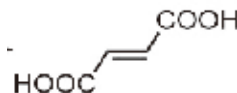
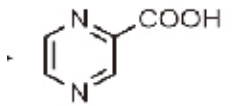


CO₂排出サイト
 (火力発電所、工場など)



≡

化学原料



カルボン酸



ポリマー、医薬品等

様々な化学原料から有機ナトリウム化合物を調製し、CO₂と反応させることでカルボン酸とします。カルボン酸やその誘導体は医薬品やポリマーなど生活の中で数多く使われています。



CO₂利用 PC製造用中間体の新規合成技術開発

New synthesis technology for PC manufacturing intermediates using CO₂ as a raw material.

研究開発の背景

二酸化炭素の有用化合物への変換において重要な目的物が、世界で年間500万トン以上生産されているポリカーボネート (PC) であり、近年は環境適合性の高い溶融重合法の導入が進んでいます。

この製法は炭酸ジフェニル (DPC) を原料とすることが特徴であり、本研究は炭酸ジフェニルの前駆体となる炭酸ジアルキルを、二酸化炭素とアルコールから効率よく製造する新規プロセスの構築を行い、従来の溶融法PC製法の更なる高効率化を目指すものです。

研究開発項目

1. 煙道回収二酸化炭素の使用条件検討および脱水剤再生反応条件の検討
2. 炭酸ジプロピル (DPrC) 製造触媒分析および脱水剤の検討
3. 脱水剤再生反应用触媒構造体研究
4. DPCプロセスの低炭素化効果の評価
5. 脱水剤再生プロセスの検討

研究開発の内容と目標

酸化セリウムを触媒とし、脱水剤に 2-シアノピリジンを使用する、CO₂とアルコールから合成する炭酸ジアルキル (DRC) を中間体としたDPC合成プロセスの確立に取り組みます。

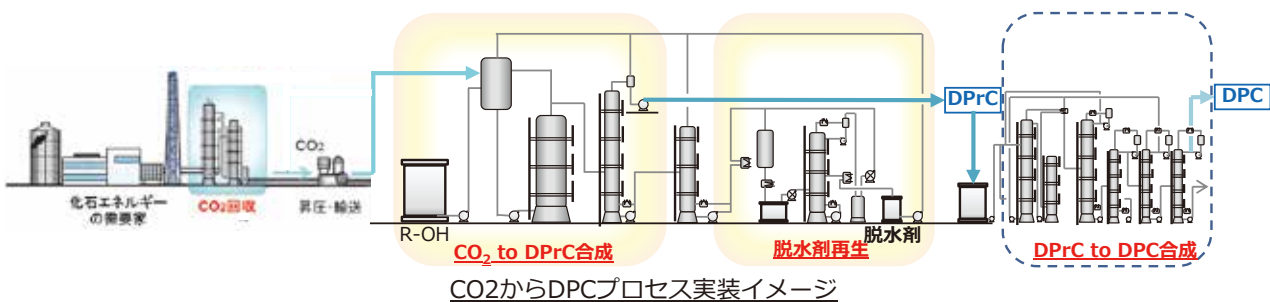
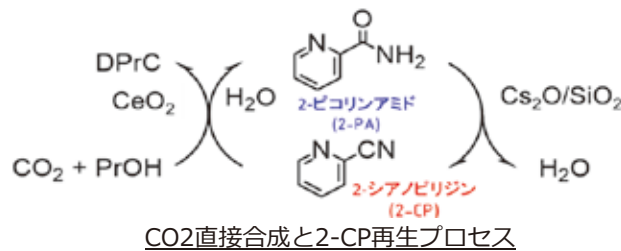
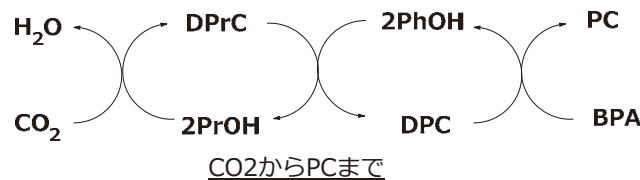
実装化に向けては、既知の液相反応では消費エネルギーが大きく速度が極めて遅い脱水剤再生プロセスを、実用可能なレベルまで如何に効率化できるかが課題です。

本事業では上記脱水剤再生の課題を解決し、CO₂とアルコールを原料にDRC合成を経由したDPC製法の基礎を確立します。更には既存DPC製法よりも消費エネルギー (CO₂排出量) を少なくできる可能性を示すことを目標とします。

研究開発の実施体制

三菱ガス化学株式会社
 日本製鉄株式会社
 日鉄エンジニアリング株式会社
 国立大学法人 東北大学

プログラム設定のない研究開発テーマ



CFRPへの金属コールドスプレー法による耐雷性能向上に関する研究開発

Development of high-performance lightning protection for CFRP by metallic cold spray technique

研究開発の背景

近年、航空機は軽量化等の要求から、炭素繊維複合材料 (CFRP) の適用が進められています。しかし、CFRPは金属と比べ、電気抵抗が高いため、雷電流がCFRP製機体構造に流入するとそれによるジュール熱等で、材料が大きく損傷を受けることが危惧されています。そこで、CFRP製機体に耐雷性を持たせるため、CFRP表面に金属製の薄いメッシュを貼り付ける等の対策が取られていますが、製造コストの増加、被雷後の修理プロセスの煩雑化等の課題を有しており、CFRP上に高レートかつ低コストで金属成膜可能なプロセスの開発が望まれています。

本研究では、金属微粒子を未熔融のまま高速で直接噴霧して積層体を形成するコールドスプレー法を応用して、CFRP上に通電回路を高レートかつ低コストで形成可能とする研究開発を行います。

研究開発の内容と目標

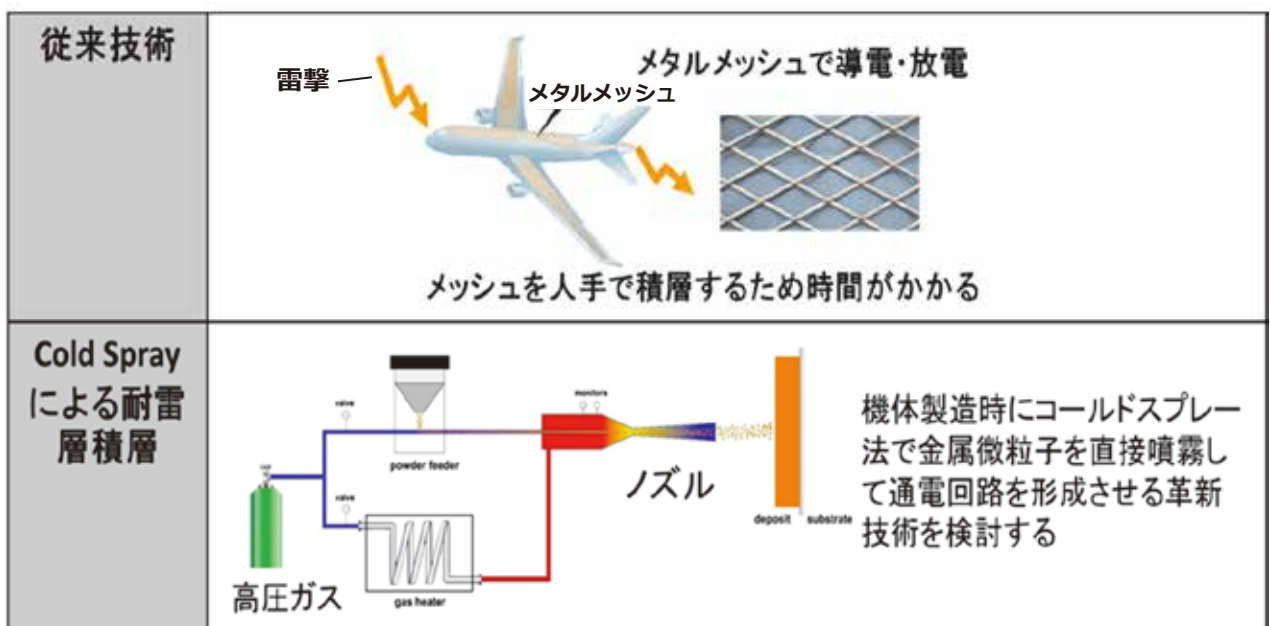
本研究に引き続いて実施する本格研究での航空機構造体の高レート低コスト製造技術確立への道筋を示すべく、コールドスプレー法によるCFRP上への直接金属積層による耐雷性能を向上するための課題抽出を行います。さらに、その耐雷性を向上した航空機部材を高レートで製造するために必要な要素技術を洗い出し、実用化に必要な課題および目標を明確にするとともに、目標達成のためのマイルストーンを策定します。コールドスプレー法によるCFRP上への金属粒子の成膜は、これまで検討例が少なくチャレンジングな課題ではありますが、CFRP上への幾何学的凹凸の付与によるインターロックを利用した機械的接合と金属皮膜/CFRP界面に薄いカーバイド系の化合物を生成させた化学的な接合の両面から、本課題の解決を目指します。

研究開発項目

1. コールドスプレープロセス基礎技術の開発
2. 耐雷性能に適したコールドスプレー積層技術の開発
3. 耐雷性能評価
4. 成膜した金属皮膜の界面強度信頼性・経年劣化評価と成膜条件最適化へのフィードバック

研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学
東レ株式会社



従来技術と今回の提案技術



高レート生産可能な航空機構造材に関する研究

High rate production material and process for aircraft

研究開発の背景

電動化推進垂直離着陸機 (e-VTOL) は、貨物輸送や人の移動を目的とした次世代エアモビリティとして、今後急速に発展していくとされている。次世代エアモビリティが本格的に普及すると考えられる2030年頃には、必要となる機体数も多くなり、飛行機よりも自動車に近いイメージの生産レートが求められるようになって考えられている。一方で材料の強度・信頼性についてはこれまでの航空機並みのレベルを求められる可能性は高く、高レート生産性と材料信頼性の両立を実現できる材料開発、プロセス開発が求められている。本研究は当該分野の要求に応えるべく検討を始めたものである。

研究開発項目

1. 新規高速硬化性プリプレグ用樹脂の開発
2. 繊維／樹脂／フィラー三相系を考慮したマイクロ解析と層間靱性評価
3. 衝撃荷重を受けるCFRPのマルチスケール解析
4. 中空断面構造材成形技術の研究
5. 複雑形状構造材成形技術の研究

研究開発の内容と目標

本研究では、これまで困難であった30分タクトのプロセスで作製したサンプルでの民間航空機一次構造材レベルの機械特性を実現する。機械特性確認は、衝撃後圧縮試験 (Compaction after Impact : CAIと略す) 等により確認を行う。

また、実際のCFRPの構成に近い三相系のモデルでの解析シミュレーションを構築することで層間特性向上・耐衝撃性向上に有効なファクターを明らかにし、材料開発に展開する。

同時に次世代エアモビリティに求められるような複雑な形状を短いタクトタイムで製造するためのプロセスの検証・モデルパーツの試作を行う。

研究開発の実施体制

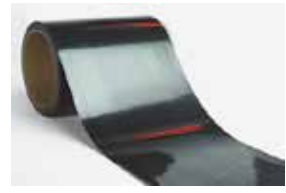
帝人株式会社
(再委託先)
国立大学法人東海大学機構名古屋大学
川崎重工業株式会社

プログラム設定のない研究開発テーマ

【新規高速硬化性プリプレグ用樹脂の開発】

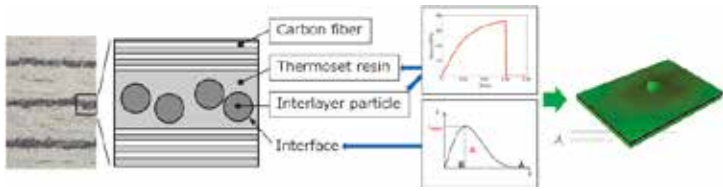
材料種別	短タクトタイム	材料信頼性 (機械特性)	添層部材 対応	材料コスト	備考
高速硬化性樹脂	20~30分 (プレス等)	△/△/△	○	○	信頼性 (機械特性) 以外の点では、エアモビリティに最も適している材料
従来の熱硬化性樹脂	~8時間程度 (2時間保持)	○	○	○	オートクレーブを用いて成形するのが一般的であり、短タクトタイムが実現できない
納可塑性樹脂	~15分 (プレス等)	○	×	△	高温 (~400℃) で溶融させて成形することからコア材との複合化や複雑な形状の形成が困難

高速硬化性樹脂を選定し、機械特性向上の開発を行う



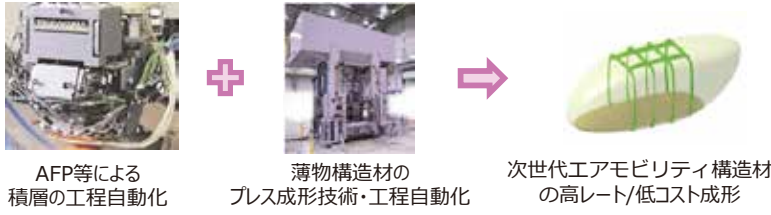
高速硬化性樹脂特有の制約下での樹脂フォーミュレーション設計等による、高強度を実現可能な組成の確立

【三相系を考慮したマイクロ／マルチスケール解析】



三相系CFRPの数値解析を通して、各材料の力学的特性や界面特性、それらの相互作用を考慮した評価を実施。

【複雑形状構造材成形技術の研究】



プレス技術やAFP積層技術等の主要な要素技術を用いたモデルパーツの試作等を通して、次世代エアモビリティの構造材向けの高レート／低コストな成形法を選定／設定。

出典) NEDO HP : https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101290.html

合成ガスからのバイオケミカル原料製造技術の開発

Development of biological process for chemical production from syngas

研究開発の背景

現在、石油消費量の約1/4がプラスチック、合成塗料、合成ゴムなどの化成品原料として使用されている。生産された化成品は、使用後リサイクルが進められているが、現状はサーマルリサイクルが中心であり、依然、大量のCO₂が排出されている。このため、サーマルリサイクルに取って代わる、炭素の循環利用が可能な化成品のマテリアル・ケミカルリサイクル技術、さらには、CO₂そのものを循環利用するカーボンリサイクル型の製造技術の開発が求められている。

研究開発の内容と目標

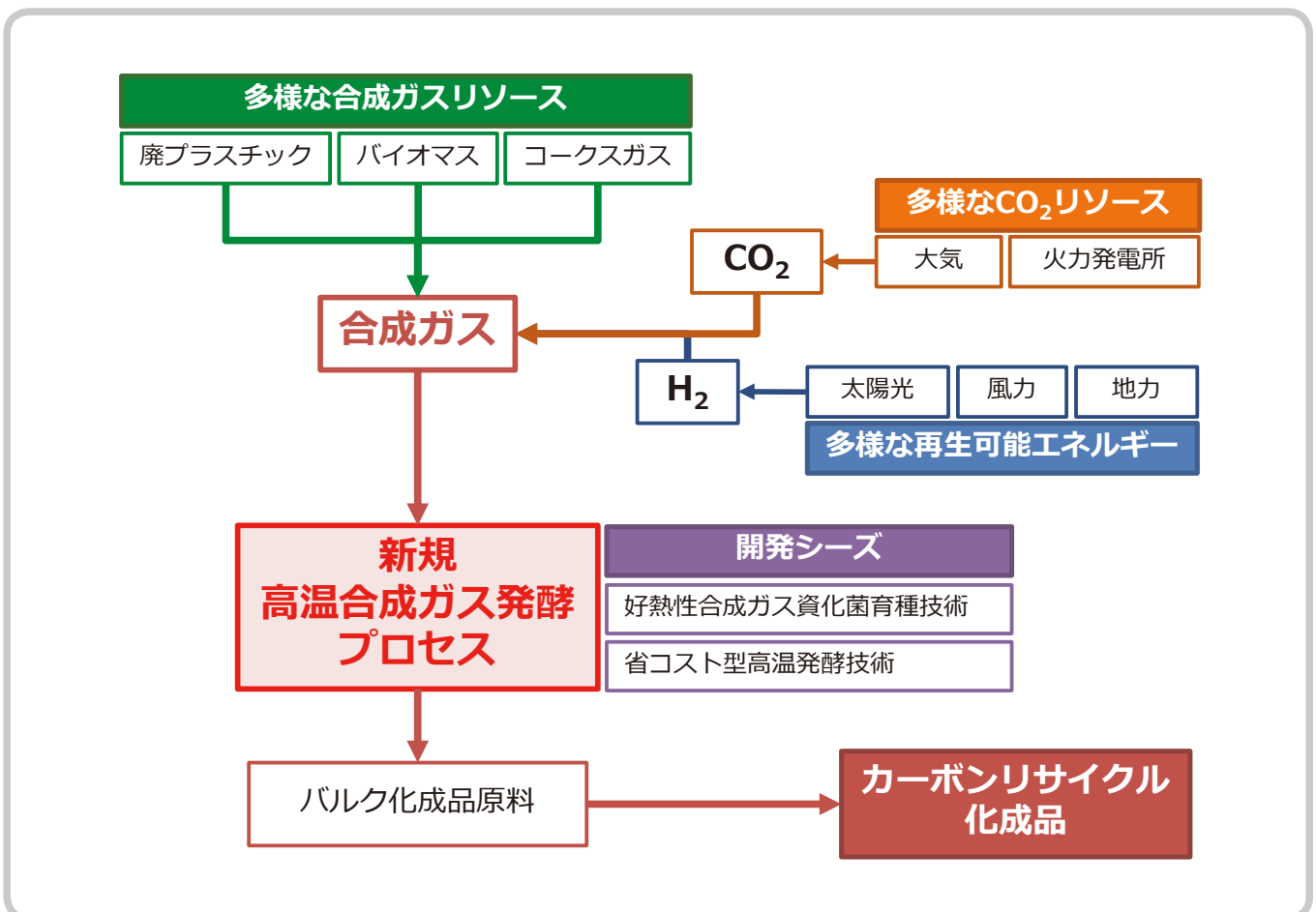
左記の課題を解決するためには、廃プラスチックなど様々な有機廃棄物や、バイオマスを代表とするカーボンニュートラルな再生可能資源を原料とし、目的化成品原料への高い選択性を有するケミカル・カーボンリサイクル技術を開発する必要がある。そこで本研究では、遺伝子組換え好熱性ホモ酢酸菌を用い、様々な有機物および水素とCO₂から製造可能な合成ガス(H₂/CO/CO₂)を直接原料とする高速微生物発酵技術を開発するとともに、開発技術の低炭素性能および経済性を評価する。

研究開発項目

1. 合成ガスからのアセトン生産技術の開発
2. アセトン生産技術評価

研究開発の実施体制

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





サイクロンによる気液分離機構を備えた自己熱再生型高効率酸素濃縮技術の研究開発

An approach of direct and efficient production of oxygen enriched air with mist separation and self heat recovery

研究開発の背景

可燃ゴミや化石燃料等を燃焼する設備において、大気より酸素濃度を高めた空気を支燃剤として燃焼させると、燃焼温度が高まるとともに、不活性な窒素による抜熱が抑制されて燃焼効率が上がります。その結果、燃料を節約でき、燃料節約分のCO₂排出を削減することができます。

酸素富化燃焼による燃料節約を最も効果的に行える酸素濃度は30%程度であることが明らかにされていますが、従来の酸素製造は、一般に純酸素の製造を目的としたものです。

そこで本研究では、酸素富化燃焼に必要な十分な酸素濃度をもつ空気を、大気から直接効率よく製造する技術を開発し、酸素富化燃焼システムの省エネルギー化に寄与することを目指します。

研究開発項目

1. 酸素富化ラボ試験装置の設計と製作
2. 酸素濃縮性能と酸素富化空気生産速度の評価
3. プロセスシミュレーションによる省エネルギー効果の試算
4. 実用化に向けた開発課題の提示

研究開発の内容と目標

酸素富化燃焼に必要な十分な酸素濃度 (30~50%) の空気を、直接的に効率よく製造するために、室温からの自己熱再生サイクルで低温大気を作り、エジェクタノズルの断熱冷却効果によって霧状にした酸素に富んだ液と、窒素に富んだ空気を、サイクロン気流により気液分離するシステムを開発します。(図1)

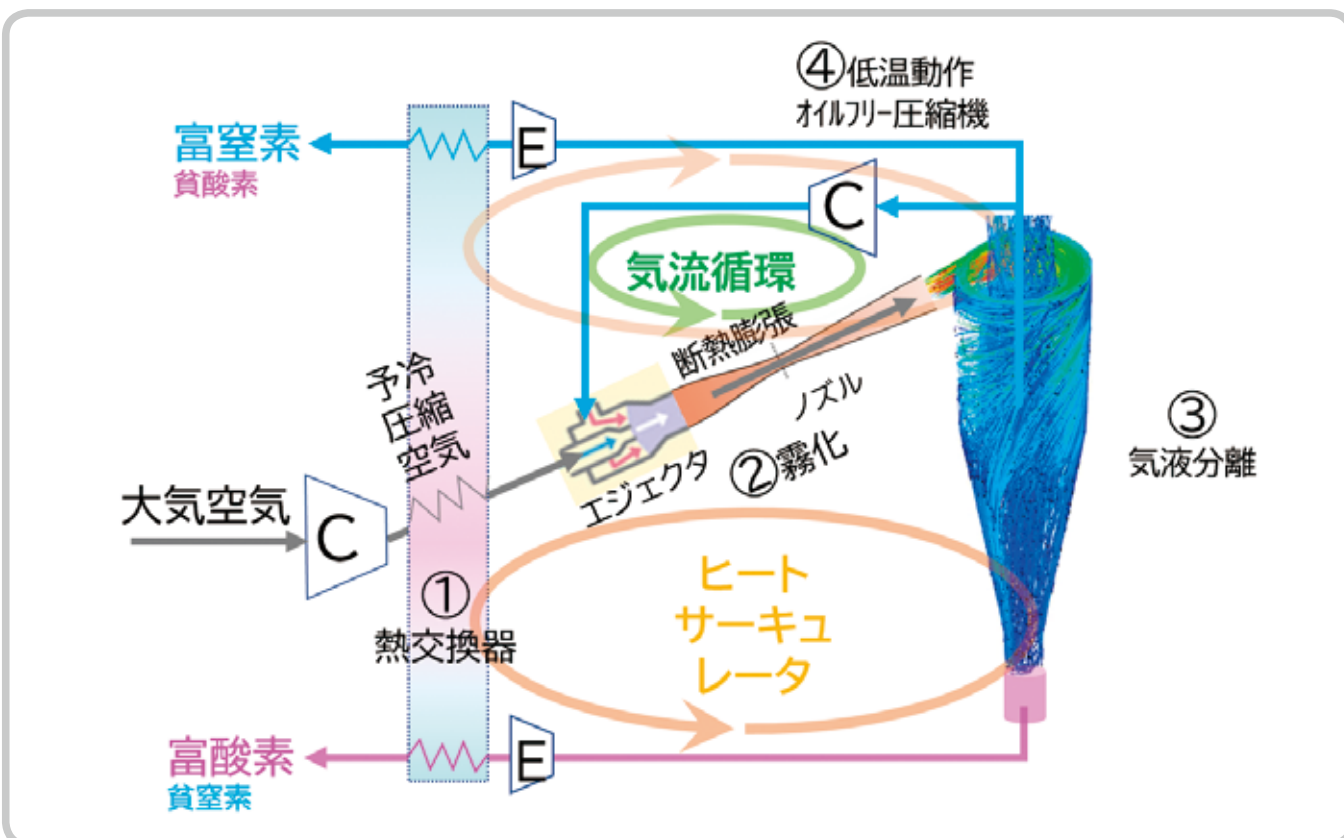
出力される低温気体を、圧縮入力大気の発熱で、熱交換器を介して温め、外部出力する熱循環系を組み合わせる自己熱再生により、省エネルギー化 (酸素製造原単位の低下) を図ります。

本研究では、空気供給、熱交換器、ノズル、サイクロン、ガス濃度測定系を備えた装置を用いた試験やプロセス解析を実施し、到達可能な所要エネルギー、プロセス構成と仕様、操作条件等を具体化することが目標です。

研究開発の実施体制

国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学

プログラム設定のない研究開発テーマ



高効率エタノール直接合成触媒プロセスの開発

High-efficiency ethanol direct synthesis catalytic process

研究開発の背景

地球温暖化の原因物質の1つである二酸化炭素の排出抑制のためには現行の石油をベースとする化学品製造プロセスから再生可能なバイオマス資源および廃プラスチック、廃タイヤ等の廃棄物を原料とする循環型プロセスへの転換が必要となります。再生可能資源や廃棄物等のガス化による合成ガスから高効率にエタノールが製造できれば、これまでの石油を出発原料とする化学品製造プロセスを循環型プロセスへ転換する革新的な省エネルギープロセスの構築が期待できるとともに、合成ガスを原料とする化学品製造プラットフォームの確立に大きく近づきます。

研究開発の内容と目標

これまで合成ガスからエタノールを直接合成する高効率な触媒が開発されておらず、商業化されていませんでした。本研究では、合成ガスから高効率にエタノールを直接合成可能な触媒プロセスを開発することを目標にします。具体的には、産総研の有する触媒インフォマティクスに基づく高速触媒開発をベースに、出光、日本ゼオン、横浜ゴムの有する化学品製造技術や実用触媒開発に関する知見および日揮グローバルの有するプラントエンジニアリング技術を集結し、この挑戦的な課題の解決にチャレンジします。

研究開発項目

1. 合成ガスからの高選択的エタノール合成触媒の開発
2. 新規触媒を適用した全体プロセスの構築評価
3. 国家プロジェクト創生に向けた検討

研究開発の実施体制

日揮グローバル株式会社
出光興産株式会社
国立研究開発法人産業技術総合研究所
日本ゼオン株式会社
横浜ゴム株式会社

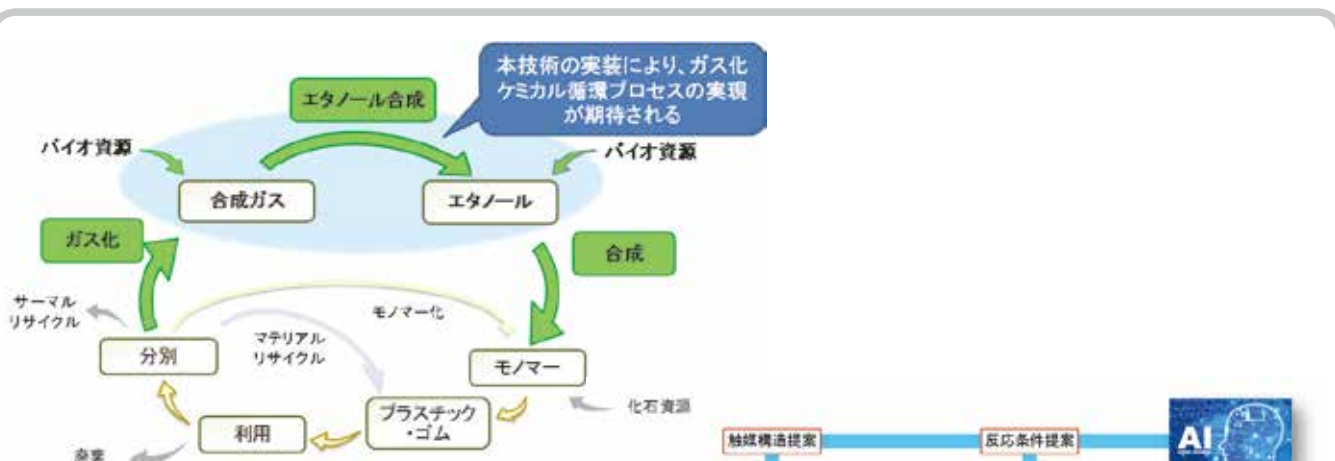


図1：エタノールプラットフォームが可能とする低炭素循環型社会のフロー

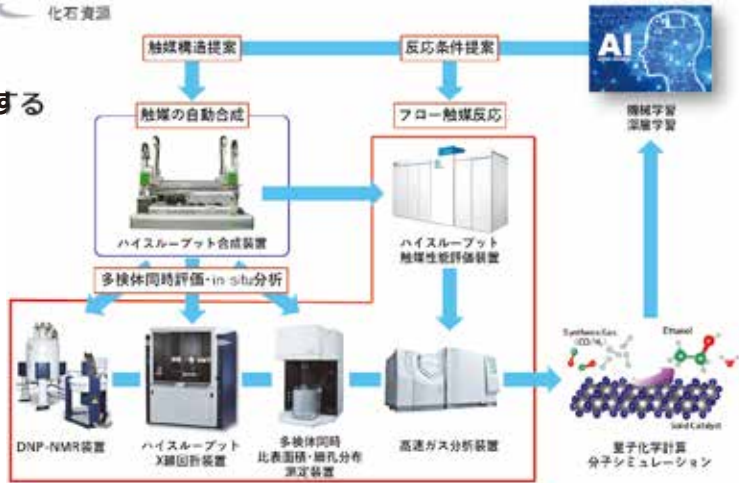


図2：最先端試験手法によるパラメータ最適化

プログラム設定のない研究開発テーマ



自動車の早期低炭素化を実現する内燃機関／燃料組成の開発

Co-development of IC engines and fuels for early realization of low-carbon automobiles

研究開発の背景

自動車から排出される二酸化炭素の大幅な削減は危急の社会的課題であり、電動化技術の推進とともに、内燃機関の熱効率を大幅に高めていくことが重要です。そのためには、SIPの革新的燃焼技術のように科学的な裏付けを明らかにしつつ、短期間で熱効率を大幅に高めるような技術を実用化していく挑戦が必要とされています。本研究はエンジン燃焼において、燃料の燃焼特性等の科学的裏付けに基づいた燃料組成と、燃焼特性に基づいたエンジン燃焼技術の協奏的开发を目指すものです。

研究開発の内容と目標

本研究開発では、科学的裏付けに基づいたガソリンエンジン燃焼に適した燃料組成の開発と、燃料の特性を活用するためのエンジン技術の開発によって、ガソリン用過給リーンバーンの熱効率向上とエミッション低減を実証します。このために、産学が連携し、過給リーンエンジンの燃焼に適した燃料組成の開発と、燃料に適した流動強化などのエンジン燃焼技術の開発を行い、実用化を見据えた二酸化炭素の排出量低減可能性を実証します。

研究開発項目

1. 低CO₂低エミッションを実現する燃料組成の燃焼特性に関する基礎研究
2. 低CO₂低エミッション対応燃料組成の提案とエンジン評価による検証
3. 優位性、市場性の検討
4. 研究開発推進委員会の開催

研究開発の実施体制

- 国立大学法人広島大学
- 国立大学法人大分大学
- 国立大学法人福井大学
- 国立大学法人東北大学流体科学研究所
- 学校法人日本工業大学
- ENEOS株式会社
- 出光興産株式会社
- コスモ石油株式会社
- トヨタ自動車株式会社

燃料技術とエンジン技術の組み合わせで、SI過給リーンバーンの熱効率向上とエミッション低減を実証

燃焼研究・モデル化（研究項目A-1～5）：成果をモデル化し、世界の研究に貢献

- ・高温の酸化反応（層流燃焼速度・消炎）
- ・低温の酸化反応（着火遅れ時間）
- モデル化を行い、エンジン実験と燃料特性を紐づけることで、2年目の燃料開発につなげる。
- ・乱流場における燃料影響 →2年目の燃料開発に提案
- ・エミッションへの影響 →2年目の燃料開発に提案

エンジン技術と燃料技術（温度帯に分けての研究）の組み合わせは世界初

提案 ↓ ↑ 燃料

燃料開発（研究項目B-1）

提案 ↓ ↑ エンジン結果

エンジン開発（研究項目B-2）

燃料 ↔

燃焼改善（高温の酸化反応）・ノック改善（低温の酸化反応）効果に対して、ガソリン基材とエタノールの組み合わせの効果に着目。（ガソリン基材の検討はSIPサロゲート燃料をもとに実施。）

ガソリン過給リーンバーンエンジンを選択。要素技術（流動・着火）の燃料との組み合わせの効果やエンジン燃費向上・エミッション低減についての実験を実施。

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 broadband 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す。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られます。

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）が必要です。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りますが、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ません。

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、機能的に複合して、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します。

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て、両面CIGS太陽電池に実装して効率向上を実証します。

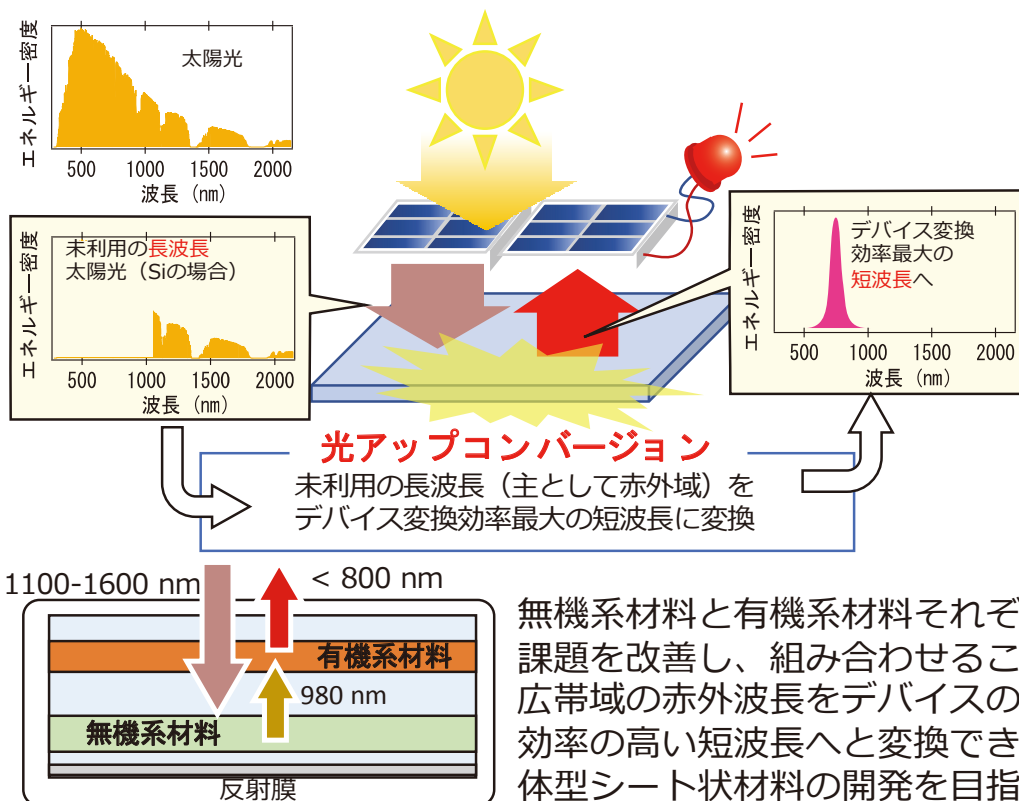
研究開発項目

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CO₂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)。この開発に基礎的に取り組みます。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

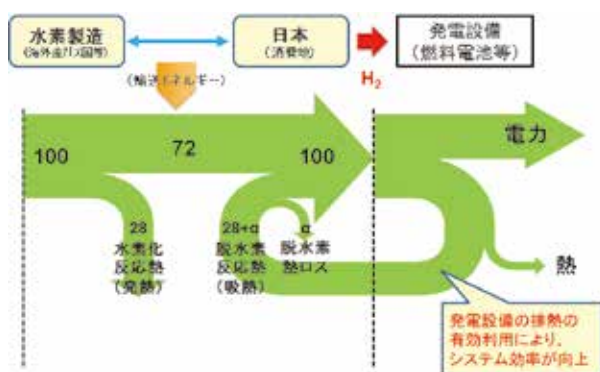
1. 新規プロトン伝導性固体電解質の開発
2. 触媒・電池統合システムの基礎検討
3. MCH直接型燃料電池システムの課題抽出

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

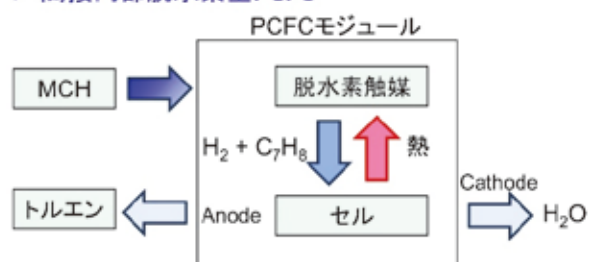
プログラム設定のない研究開発テーマ

現行システムのエネルギー収支イメージ



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



- ✓ 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

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

CO₂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、セル内の劣化状況と、その要因を明らかにします。次に、矩形波を用いる動的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、等価回路を用いる要素解析等を通じて、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し、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

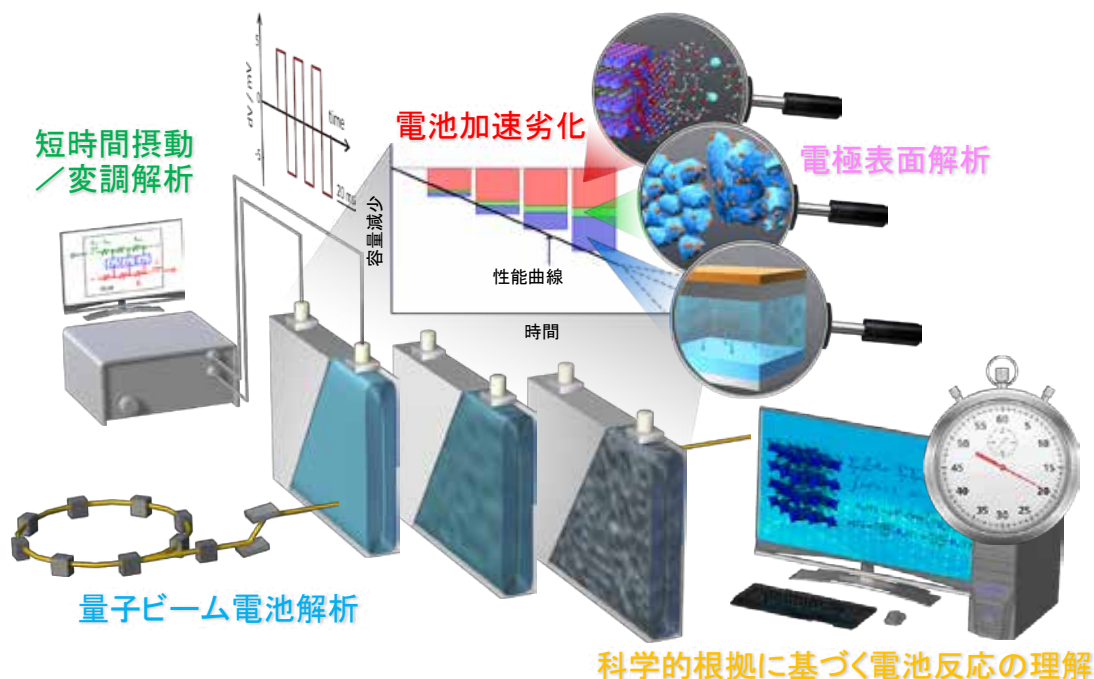


図 状態要因解析と短時間摂動/変調解析を併用する短時間診断技術の開発



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ニック結晶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。

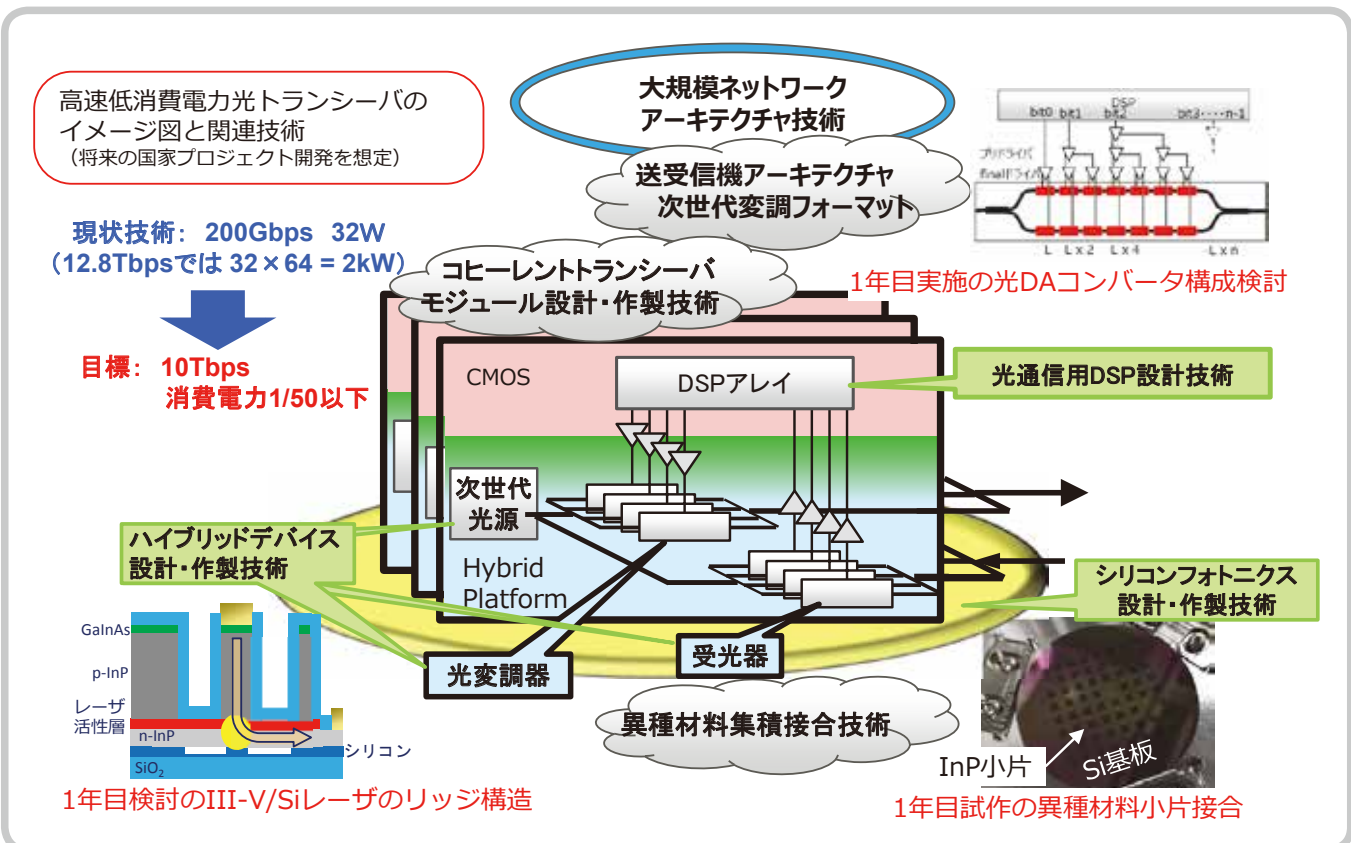
研究開発項目

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

プログラム設定のない研究開発テーマ



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「振幅一位相解析」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。

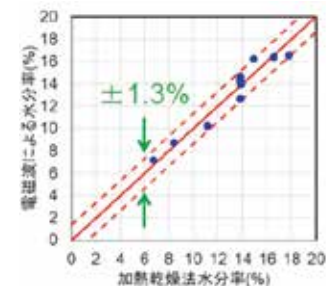
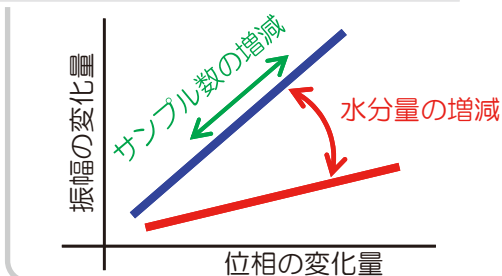
研究開発項目

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

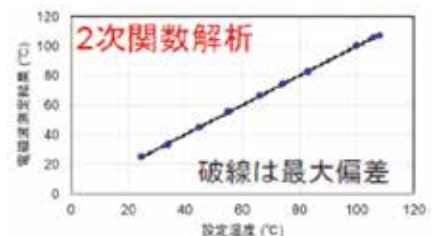
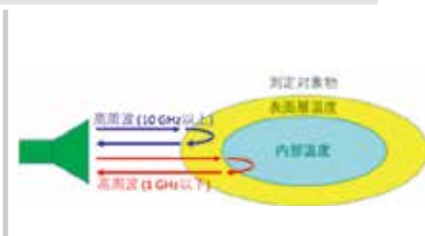
研究開発の実施体制

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



芯温度センシング技術の開発

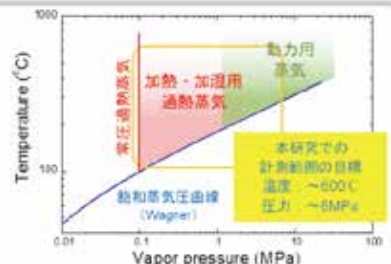


水蒸気量・流量センシング技術の開発

電磁波透過性セラミックスも開発

温度応答性セラミックス膜も開発

高温高圧水蒸気セル





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。

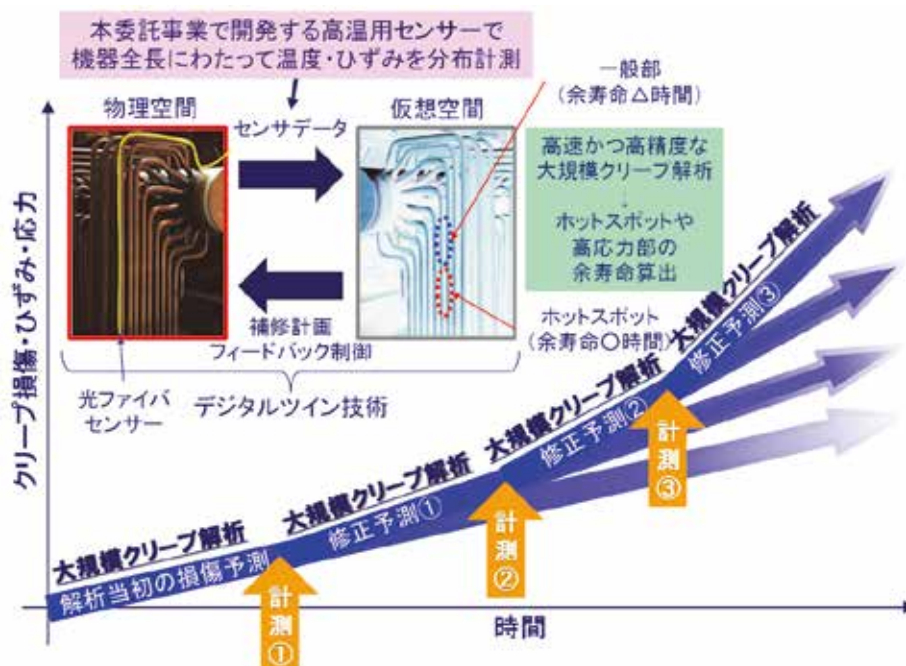
研究開発項目

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

プログラム設定のない研究開発テーマ



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单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

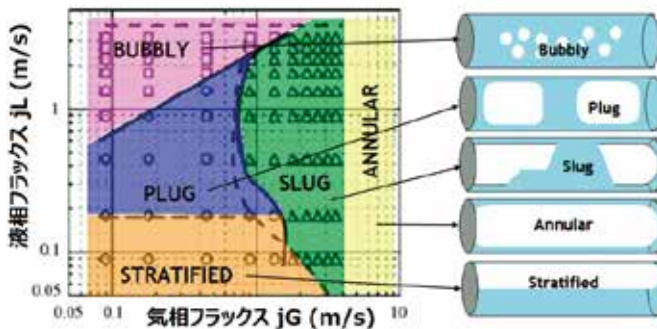
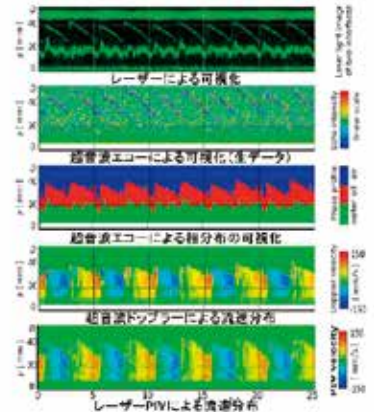
- 研究項目A. 超音波シグナルと混相流体力学法則のデータ同化型流量計の開発
- 研究項目B. 超音波ドップラー法による混相流の脈動物性測定技術の開発
- 研究項目C. 超音波パルスエコーグラフィによる混相界面分布計測技術の開発

研究開発の実施体制

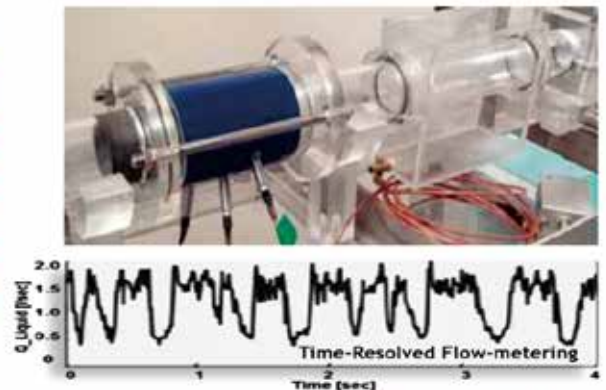
- 国立大学法人北海道大学
- 代表者 村井祐一 (混相流ダイナミクス)
- 分担者 田坂裕司 (物性分布の計測)
- 分担者 朴 炫珍 (相分布の計測)
- 連携機関 スイス連邦工科大学チューリッヒ校、アズビル株式会社、資源エネルギー庁 ほか



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



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おりました。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します。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します。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ます。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ます。尚、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す。

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します。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します。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します。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します。

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

プログラム設定のない研究開発テーマ



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

The development of high-power, high-density motors for aircraft.

研究開発の背景

CO₂削減等のエネルギー・環境分野の中長期的な課題を解決していくため、航空機電動化の研究が世界的に進められています。本研究では、今後推進される航空機の電動化の、特に推進系の電動化に対し、適用可能な小型・高出力なモータの実現に取り組みます。

その実現の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、飛躍的なエネルギー効率の向上や低炭素社会の実現に資する有望な技術の原石を発掘し、国家プロジェクトに繋げていくことも目的としています。

研究開発の内容と目標

航空機の電動化として、航空機エンジンに置き換え可能な電動機を開発します。はじめに、市場調査を実施し、ターゲットとする電動機出力、及び電動機のメリットを生む出力密度 (4kW/kg以上) を策定しました。電動機出力は将来的に数百kWを目指しますが、本研究はスケールダウンした20kW級モータに於いて、高効率モータ・コントローラ設計、空冷による高度な排熱方式、新デバイス使用等の要素研究も行います。

また、本研究では海外製品に対し競争力を持つ製品を開発するため、市場調査をもとにベンチマーク評価を行う他、事業推進委員会を開催し、国家プロジェクトに向けた取組を協議します。

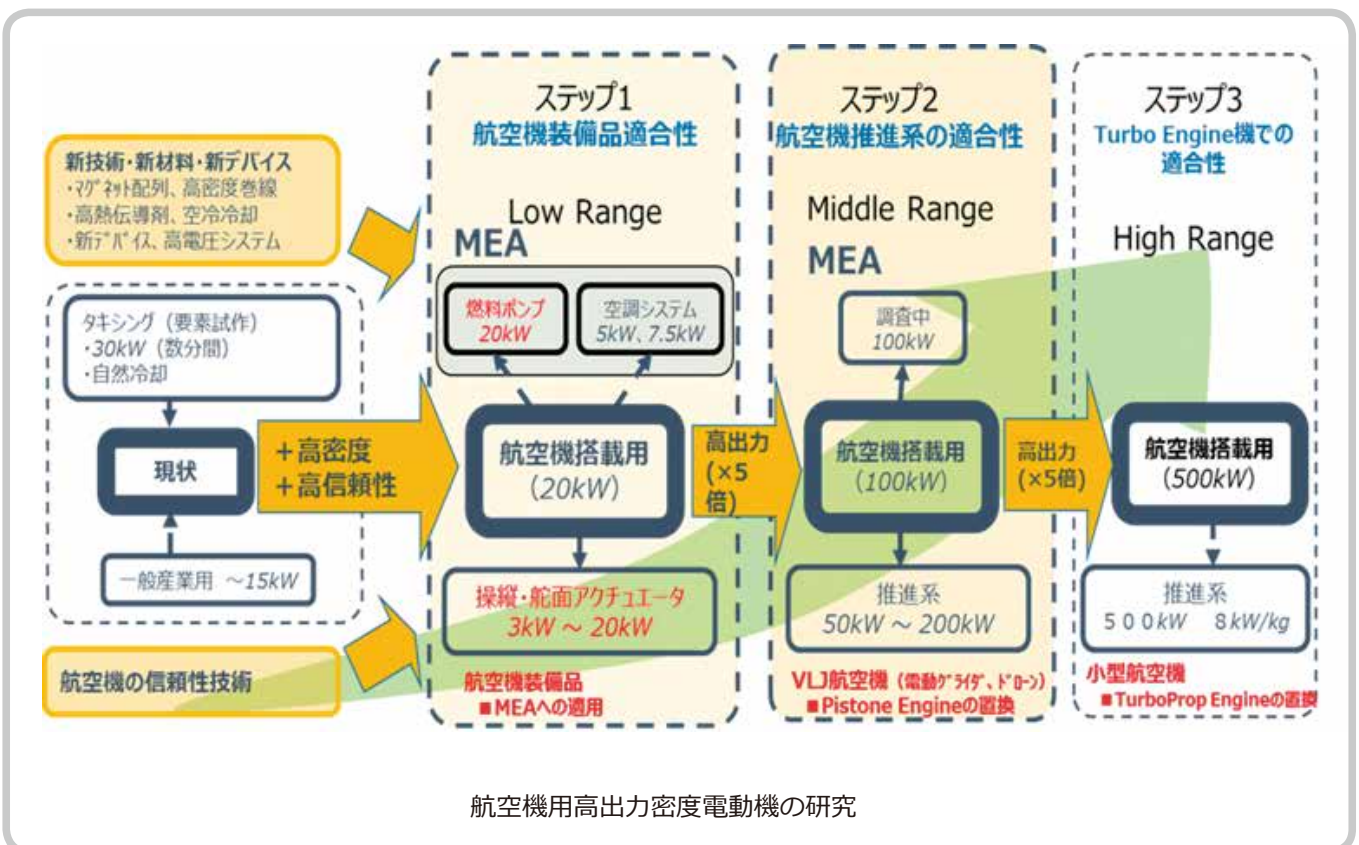
研究開発項目

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. 航空機用モータ及びコントローラシステムの開発
4. 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)

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



低CO₂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 Density Electric Propulsion Motor System R&D for Low CO₂ Emission Aircraft

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CO₂排出規制が強まっています。ICAO、IATAによる航空機CO₂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。

我々は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、CO₂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げます。

研究開発の内容と目標

次世代電動推進システムの研究開発においては、効率やメンテナンス性の点から、従来の高速回転モータ+減速機による駆動よりもダイレクト駆動が優位と考えており、低回転で高トルクを生み出せる出力500kWのモータを開発します。出力密度については航空業界水準の3kW/kgを超える5kW/kg以上を目標とします。本事業においてモータ駆動用の高密度インバータの研究開発も行います。

将来の更なる高出力化を目指しシステムの高電圧化、またモータ・インバータシステムとしての最適化に向けたノイズの抑制、総合的な損失低減の研究開発を行います。

研究開発項目

1. 高出力密度化に向けたモータ・インバータの冷却システムの研究開発
2. 高高度化環境下での高電圧化に対応したモータ・インバータの絶縁技術の研究開発
3. モータ・インバータシステムの最適化に向けたノイズ抑制・損失低減に向けた研究開発

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
国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学



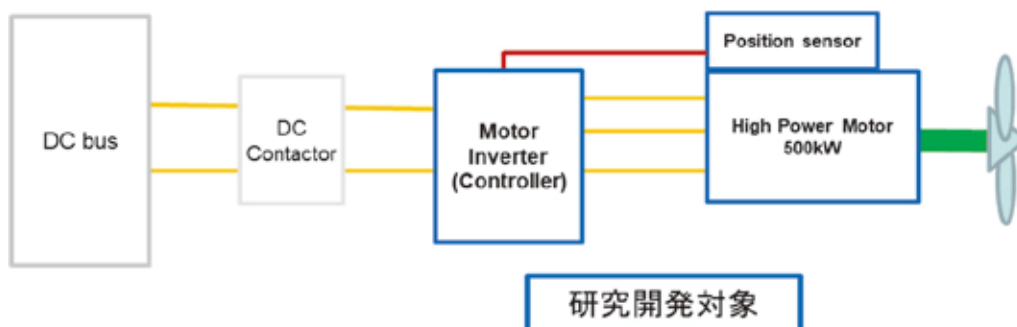
多発分散型電動推進航空機イメージ



インバータ外観



モータ外観



研究開発対象

システムブロック図

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1.5kVケーブルから構成される2.5MW×2基（計5MW）級の給電システムを想定し、機体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。

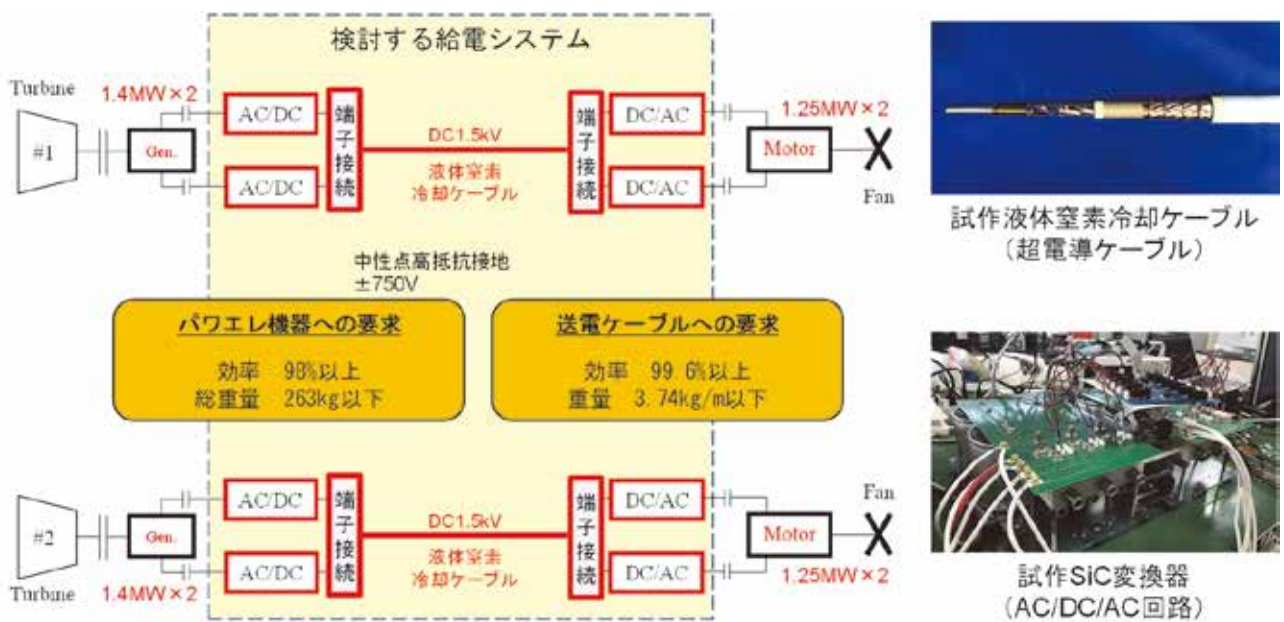
上記検討を通じ、航空機用5MW級給電システムの概念設計を提示するとともに、モデルシステム（直流0.6kVの小容量システム）を用いた性能評価試験を行い、高パワー密度化の観点から想定する給電システムの成立性を検証する。

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



想定する電化航空機の給電システムと本事業における検討範囲



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

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 kgCO₂-eq/kgと大きいのに対し、再生地金は0.45kgCO₂-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。本研究開発では、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します。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(818万トン/年、2030年)を狙います。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を目標とします。

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鋳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。

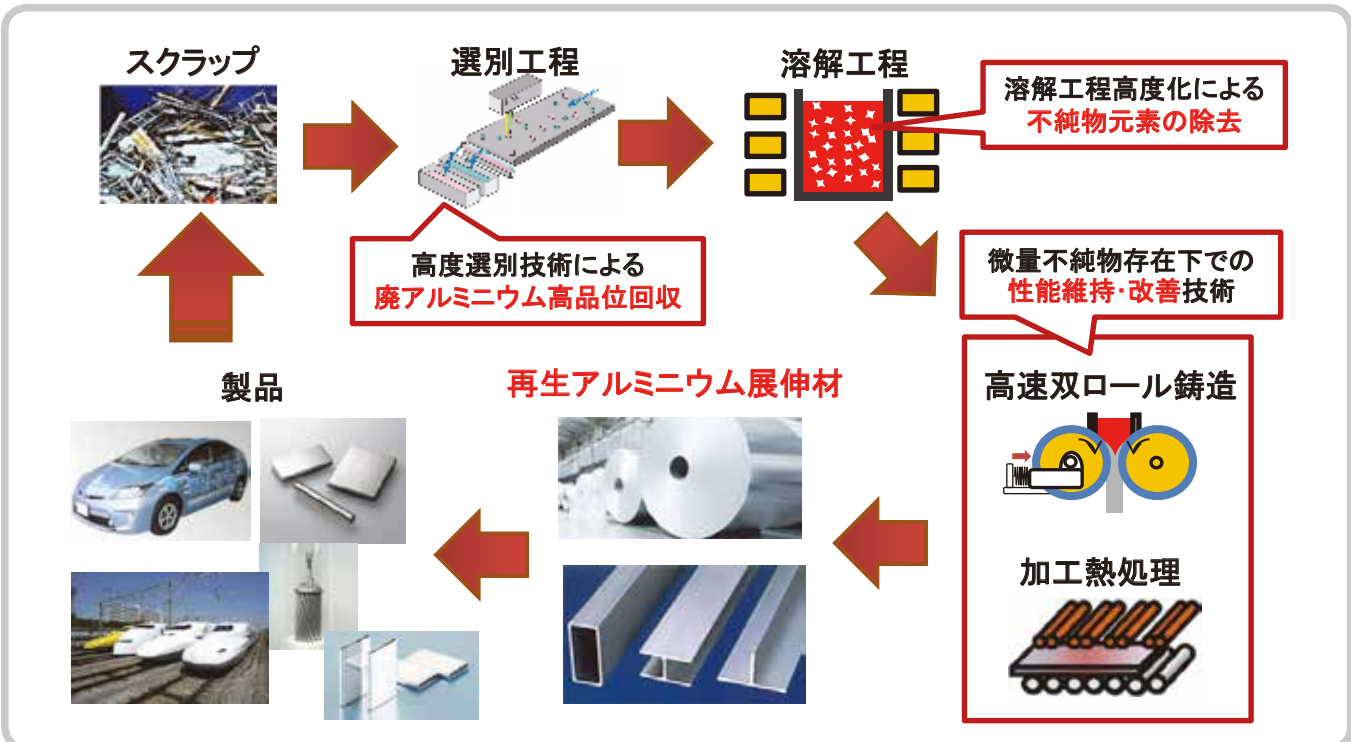
研究開発項目

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. 縦型高速双ロール鋳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

プログラム設定のない研究開発テーマ



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CO₂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CO₂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

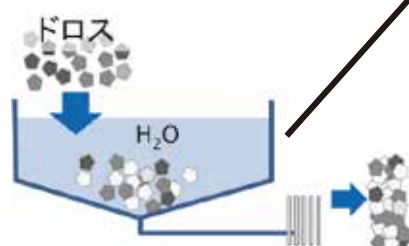
現在：溶解量の5～10%発生
本研究開発の目標：溶解量の1%以下

（ドロス発生抑制による）
高品質アルミニウム製品

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



図：ドロスの湿式処理



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

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共熱分解の効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し、熱分解プロセスを探索する。加えて、得られた分解物を分析し、既存設備での受け入れ可能性を評価する。

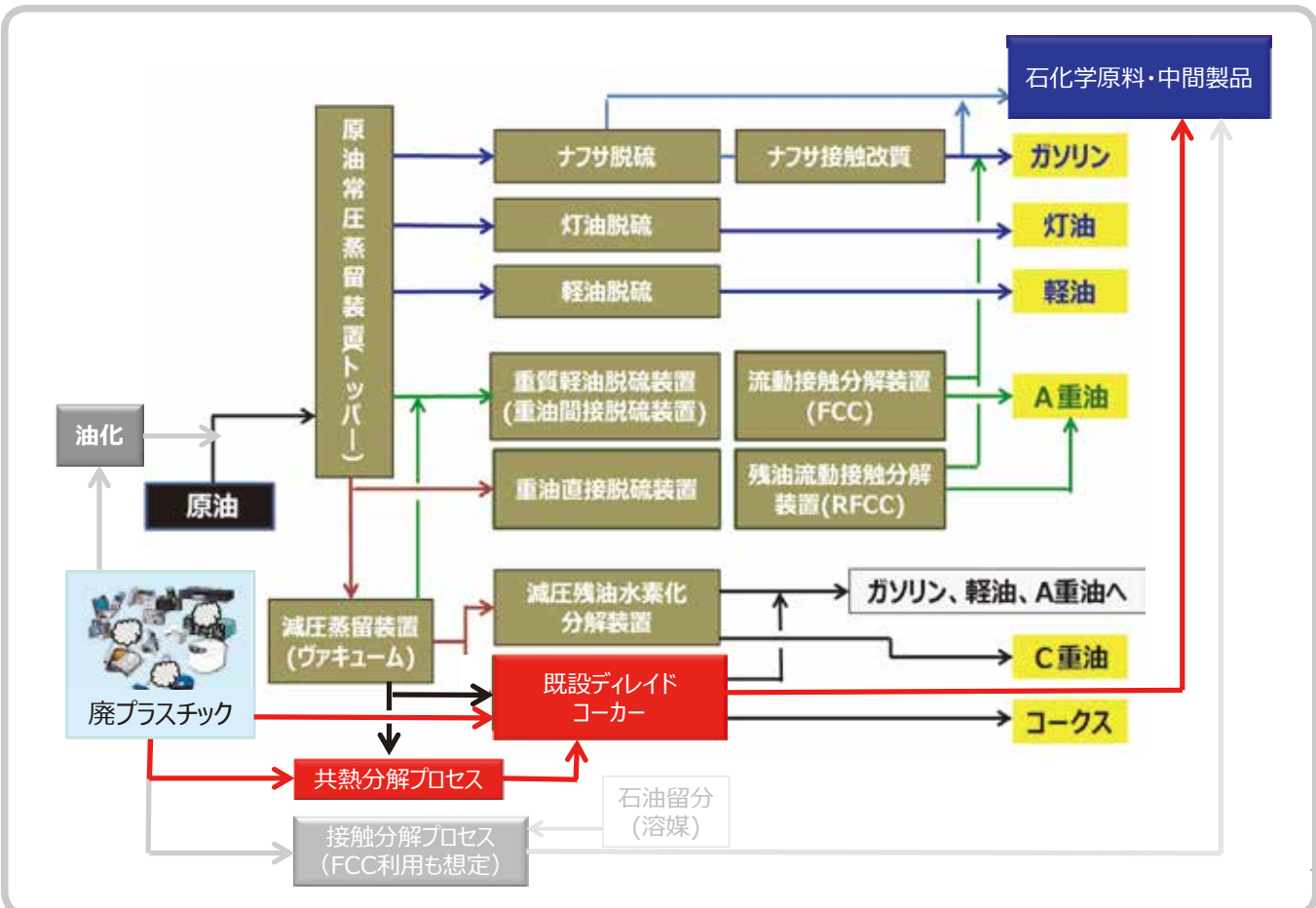
研究開発項目

1. 共熱分解反応機構解析および軽質分解油収率増大に向けた共熱分解反応制御
2. 共熱分解促進に向けた前処理用触媒の開発
3. 廃プラスチックからの化学原料化技術システムのライフサイクル評価

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
- ENEOS株式会社
- 一般財団法人石油エネルギー技術センター

プログラム設定のない研究開発テーマ



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す。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ます。この主たる原因は、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ことにあります。特に従来のマテリアルリサイクル手法では、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、リサイクル率が20%程度で頭打ちをしていました。

研究開発項目

以下の4項目に関する研究を実施します。

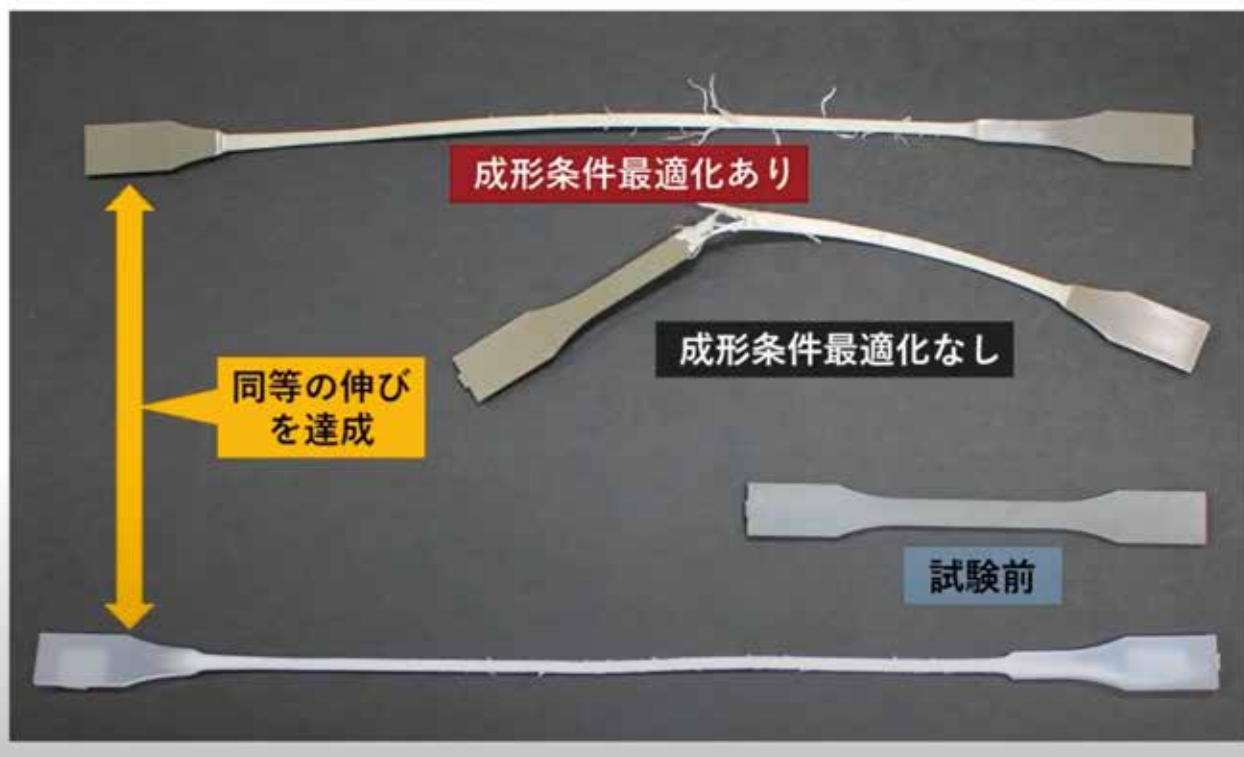
1. 廃プラスチックからマテリアルリサイクルを促進するための高度選別技術の開発
2. 廃プラスチックの高度物性再生技術の開発
3. 環境製品生産及び資源循環社会システム研究
4. リサイクル再生プラスチックの標準化

研究開発の内容と目標

本研究では、これまでの常識を覆す物理劣化・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、成形加工時の高特性化技術を研究開発し、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います。さらに、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の可能性を検討し、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します。

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。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。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求められます。

研究開発の内容と目標

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、金属およびCFRPの3Dプリントを活用したAMによるCFRP/金属のマルチマテリアル化に取り組みます。具体的には、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、3Dプリンタで造形した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

プログラム設定のない研究開発テーマ

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



航空宇宙産業

- ・大生産規模
- ・航空機構造部材の軽量化
- ・マルチマテリアル化

アディティブマニファクチャリング (AM)

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／CO₂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。

また長期的に民間機市場は成長傾向にあり、今後20年で航空機の新規販売需要が拡大する中で、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、これまででない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

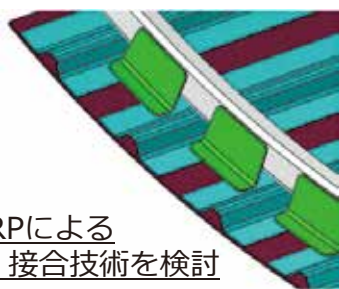
1. 積層・成形・接合技術の検討
2. 高レート／低コストに対応した接合・成形技術の選定

研究開発の内容と目標

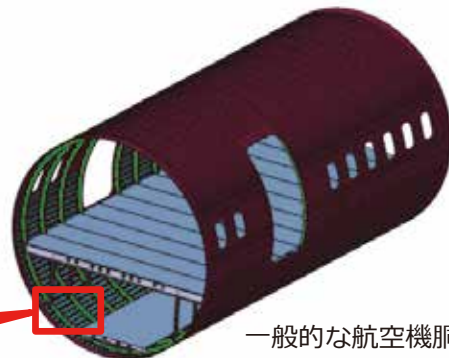
現状の熱可塑性CFRPは航空機レベルの成形・接合品質に課題があり、一足飛びに実機適用は困難な状況です。この状況を踏まえ、本研究では熱硬化性CFRPで蓄積された知見・経験も活用しつつ、熱可塑性CFRPの積層・成形・接合技術の検討・評価を行うことで航空機品質を満足する新しい製造プロセスの目途を立てます。その上で熱可塑性CFRP、熱硬化性CFRPおよびそれらを組み合わせるマルチマテリアル化を含めたトレードスタディにより、高レート／低コストに対応した接合・成形技術を選定します。

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

日本航空機開発協会による旅客機需要の調査結果では、今後20年間で旅客機の新規の納入機数は35,312機と予測されています。この長期的な需要拡大に対し、次世代民間航空機では、「高レート・低コストの製造技術の実現」および「一層の省エネルギー、CO₂排出量削減のため、「機体の更なる軽量化」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。

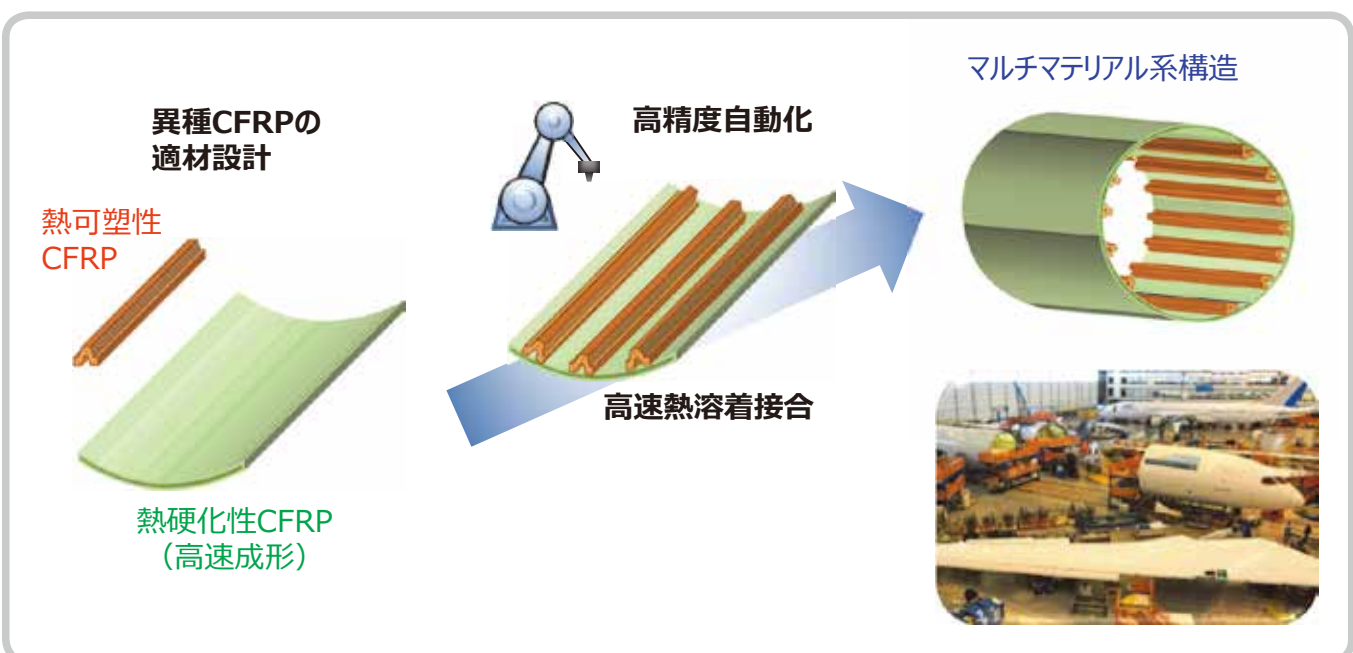
東レは、熱硬化性CFRPに熱可塑性樹脂を組み合わせることで、熱硬化性CFRP部材の強固な溶着接合を可能にした「ハイブリッド技術」を有しており、産業用途で既に実用化しています。本研究では、CFRPハイブリッド技術の航空機構造への適用を目標として、研究開発を行います。

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. 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CO₂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

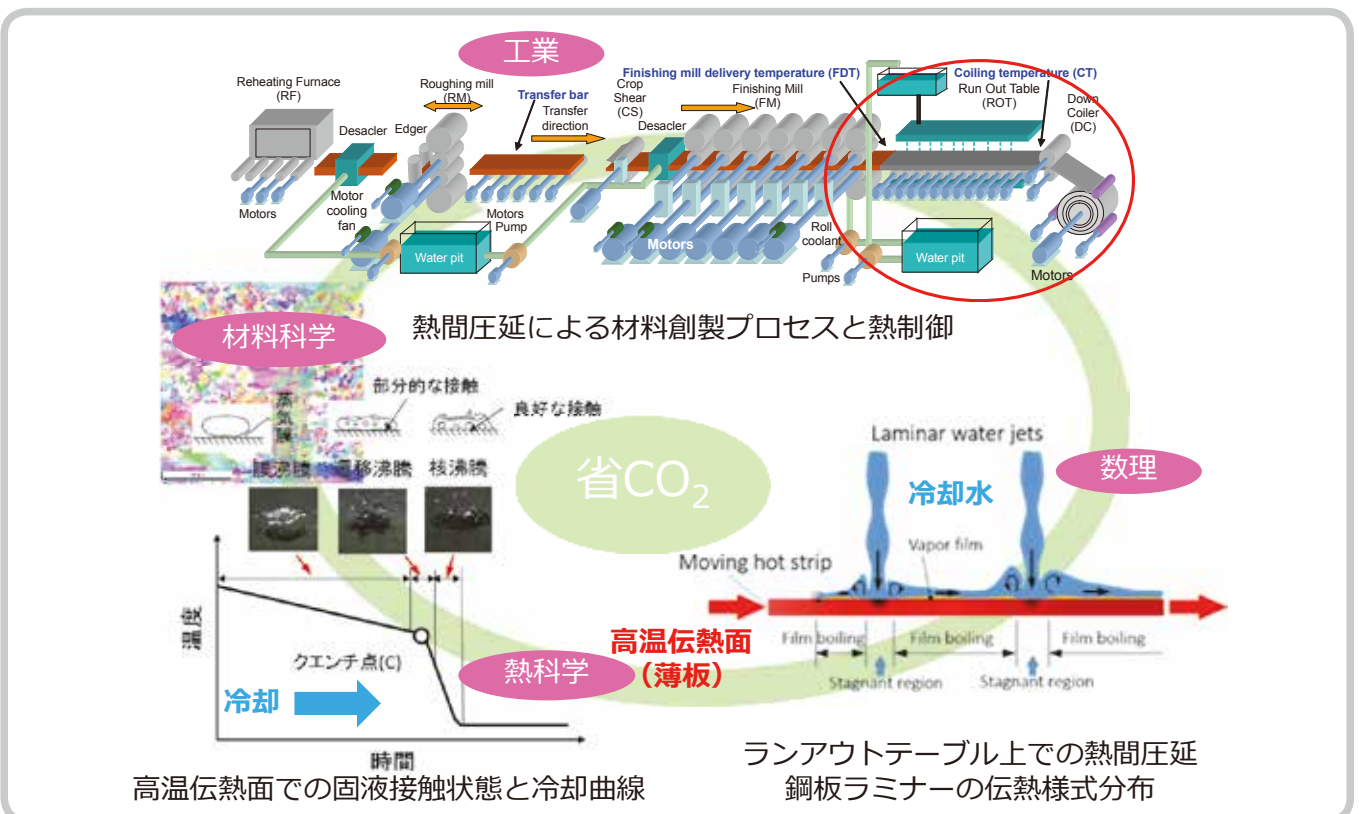
研究開発の内容と目標

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。クエンチ点を通り過ぎる相変化伝熱は、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

Development of temperature control technology of dies for isothermal forging

研究開発の背景

民間航空機エンジンにおいては環境性能等の向上を図るため、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。ここで特に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基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。このためディスク素材の国内での製造技術の確立が求められています。

研究開発の内容と目標

国内での高圧ディスクの製造のためには、設備運用の柔軟性や生産性の高い恒温鍛造技術の確立が重要です。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基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基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。

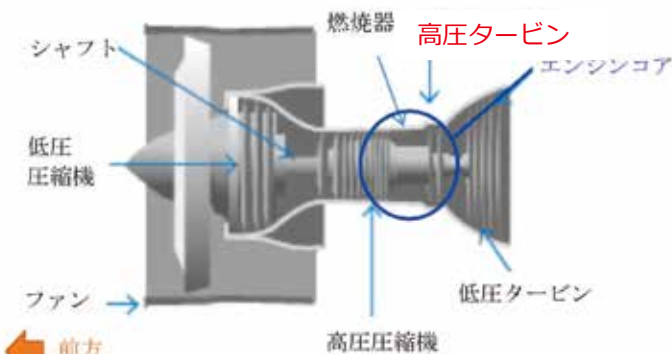
研究開発項目

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

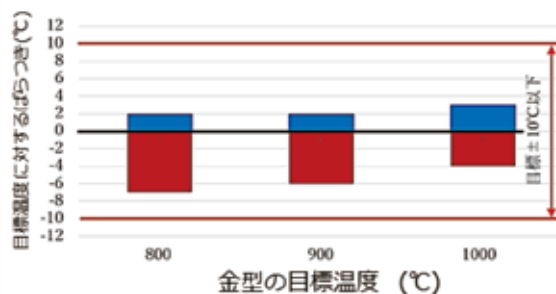
研究開発の実施体制

日立金属株式会社
国立大学法人東海国立大学機構岐阜大学

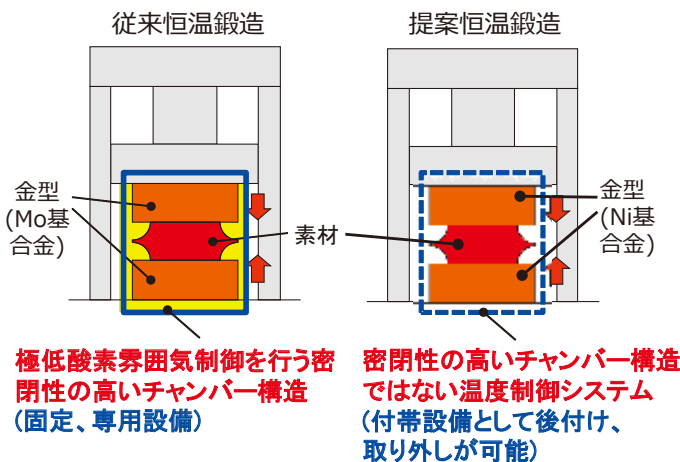
プログラム設定のない研究開発テーマ



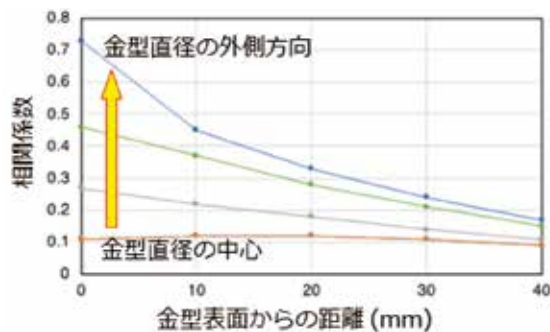
ターボファン型航空エンジンの断面図



金型加熱試験機で実測した金型温度分布の一例を示すが、計算機シミュレーションとの組み合わせにより詳細設計技術の指針を獲得。



提案する恒温鍛造のコンセプト



熱間鍛造シミュレーションと機械学習を自動化。感度分析を用いて素材温度管理のための金型内温度測定位置を理論的に特定。

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「受け身の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

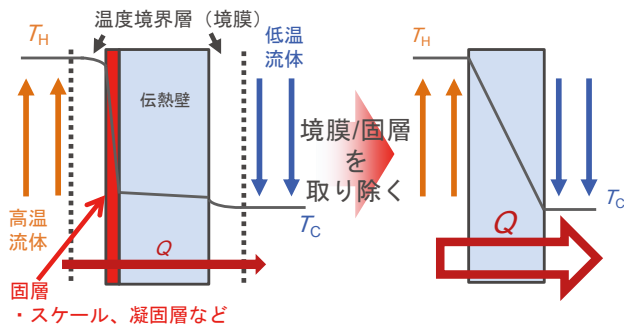
研究開発の内容と目標

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、長期間性能を維持可能な「固相生成制御型回転円筒式熱交換器」を開発します。

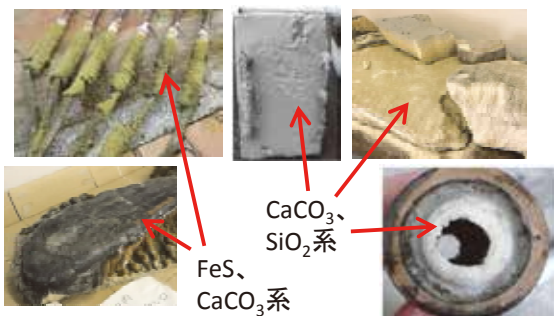
「温泉地での長期熱交換試験」「耐久試験」を行い、固相生成制御特性を実証するとともに、実用化に必要な課題の抽出を行います。また、「流動測定」「数値計算」を駆使した回転円筒式熱交換器の伝熱機構解明を行い、設計指針の確立および熱交換器の高性能化を行います。

研究開発の実施体制

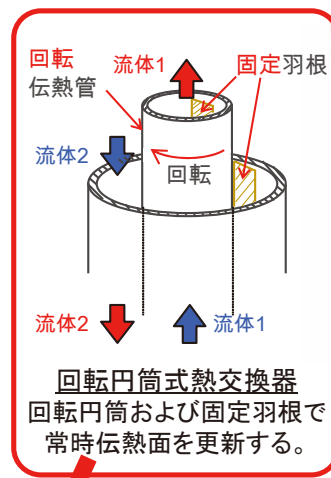
国立大学法人東北大学 多元物質科学研究所
株式会社馬淵工業所



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



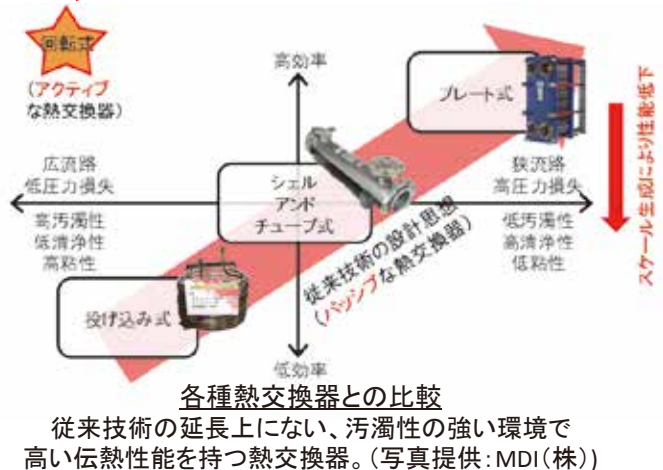
伝熱面、配管内に析出したスケール
数週間～数ヶ月に一度分解清掃が必要。
(写真提供: (一社)JASFA, (一社)小浜温泉エネルギー)
(分析: 宮城県産業技術総合センター)



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
従来技術の延長上にはない、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-efficient energy recovery

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CO₂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での高効率な熱交換技術の開発が必要となります。また同時に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や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。本研究では、まずエネルギーフローおよびマテリアルバランスを試算しました。つぎに、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材料の探索や試作などを行いました。また、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行いました。

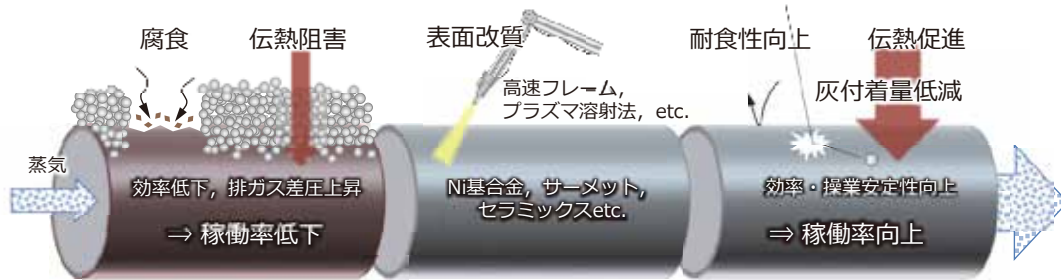
研究開発項目

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・評価

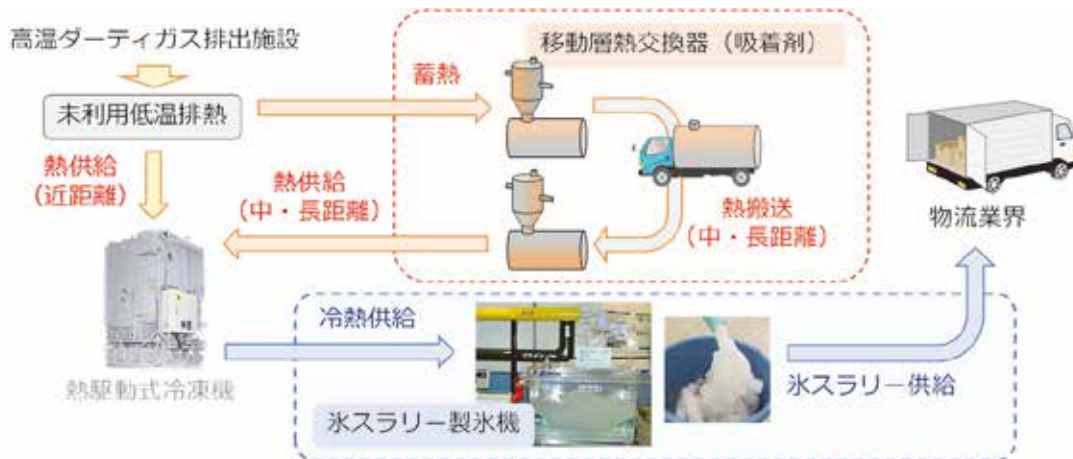
研究開発の実施体制

国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学
 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

プログラム設定のない研究開発テーマ



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研究開発

Low-Grade Waste Heat Power Generation by Thermal and Electric Field Cycle

研究開発の背景

新しい生活様式においては、製造業におけるリモート化の観点が必要となる。特に、リアルタイムで製造設備やユーティリティを監視できるシステムは、遠隔工場、無人工場における基礎的な機能となる。また、これらシステムは、重要機器の異常検知による事故や不良品製造の事前予測を可能とすることから、コスト削減の観点からも重要性は高い。このような工場のDX化に資するセンサーと無線通信においては、外部電源を活用できない設置場所がある。ここで、工場内の排熱をエネルギー源と捉え、これから発電することができれば、多様な場所に当該システムを展開できる。しかし、工場内の設備からの排熱は、200度以下の低温や変動する熱源が多く、効率的な発電手法の開発が求められている。

研究開発項目

1. 変動する低品位排熱発電用材料の探索およびラボベンチ発電量の調査
2. IoT機能を有する発電器の設計および試作
3. 実工場の変動する低品位排熱分析および発電器の実証実験による実用化検討

研究開発の内容と目標

申請者らはオルセンサイクルと呼ばれている熱・電場サイクルを改良した独自のサイクルを提案している。当該サイクルにおいてはオルセンサイクルを超えるエネルギー変換効率を有している。しかも、当該サイクルにおいては温度変化を用いて発電すること、誘電体のキュリー点近傍の温度が最大発電効率を持つことなどから、200度以下程度の変動するような、いわゆる低品位排熱からの発電を得意とする特徴を有している。

本研究開発においては当該発電方式を用い、実際の工場内設備において発電実証試験を行うとともに、これにより生じた電力を用いてスマートフォンと通信を行う実証試験を行う。

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
 関西学院大学
 株式会社アイビーシステム

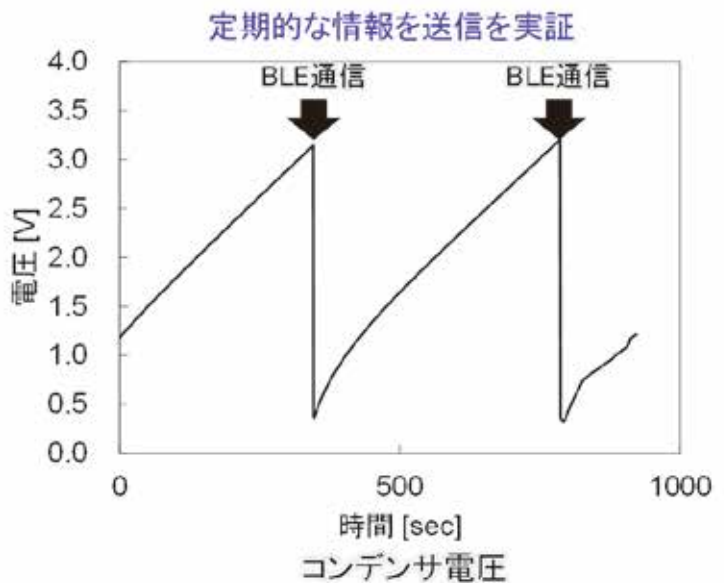


図. コンプレッサの変動排熱による発電を利用したBLE通信によるスマートフォンへのデータ送信実証試験結果

Fig. Demonstration of data transmission to smartphones by BLE communication using power generation from variable exhaust heat of compressor

異なる電極活性点を利用したCO₂からのC₂化合物製造技術およびシステムの研究開発

Hybrid Electrocatalysts for C₂ Production from CO₂ and the Appropriate System

研究開発の背景

COP21の合意を受けて、温室効果ガスであるCO₂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CO₂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、CO₂削減の一つの方法として期待されております。しかし、従来の報告では、CO₂とH₂Oを原料とした場合、C₁-C₃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らず、不明な点が多くある状況です。

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、CO₂とH₂Oから基礎化成品（エチレンなどのC₂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、エチレンをより長時間断続的に生成可能な触媒開発として、これまで得られた研究成果の1つであるZn/Cu複合体触媒をベースとした電極を用い、更なる選択率の向上を目指した反応メカニズム検討を進め、触媒付加型電極を組み込んだCO₂有効利用のシステム構築を目指します。これまでに、C₂H₄の選択率が30%以上（ファラデー効率基準）で長時間（1000時間以上）継続的に生成出来る事を確認するとともに、適度なZn共存下において、広い電位の範囲で、電極表面にCu⁺（1価）が存在していることを確認し、エチレン生成に寄与している可能性がある事を確認しています。

研究開発項目

1. CO₂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. CO₂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

プログラム設定のない研究開発テーマ

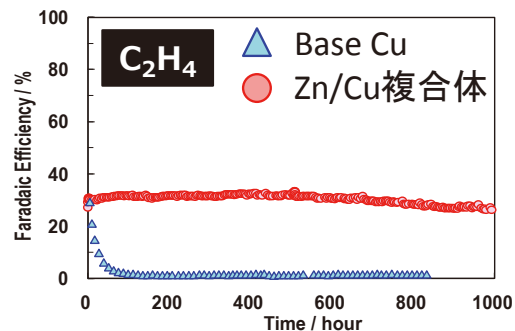
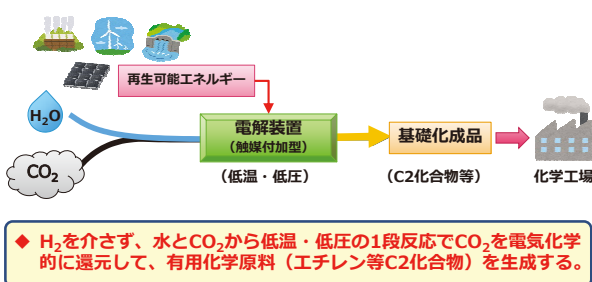


図-2 Zn/Cu複合体電極試験結果（抜粋）

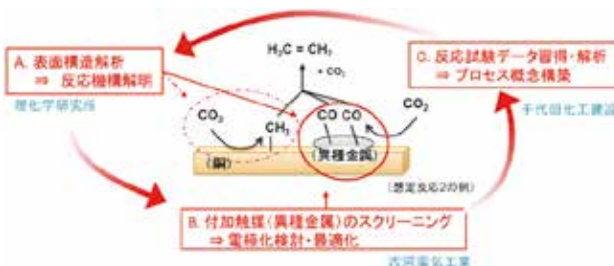


図-1 研究開発概要

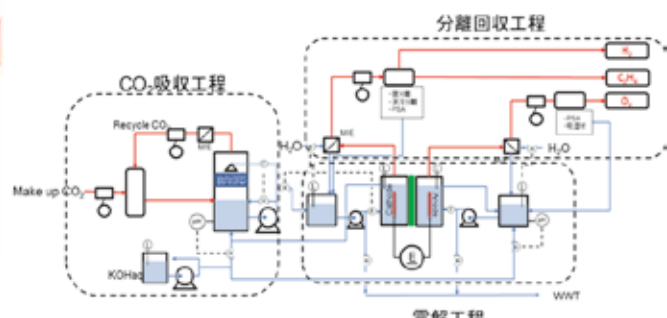


図-3 概略フロー

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の実用化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る実用化可能な次世代の高強度線材の技術開発を進めました。

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において、CNT成長機構の解明とともに、CNT同士を高配向かつ高密度に集合し、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化する技術を開発しました。

- ・目標
- ①破断強度10GPaを有するCNT集合線 (>Φ1um)
- ②新しい連続合成法によるCNT集合線の開発

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

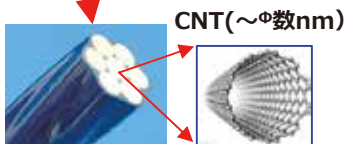
国立大学法人筑波大学
住友電気工業株式会社
(再委託先)
一般財団法人高度情報科学技術研究機構

1. 実用化イメージ (2030年~)



(提供：三井住友建設)

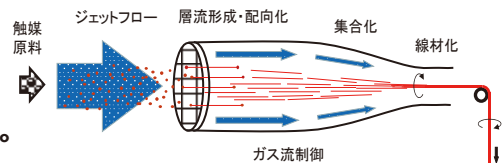
長スパン架橋
(補強線：強度~数10GPa)



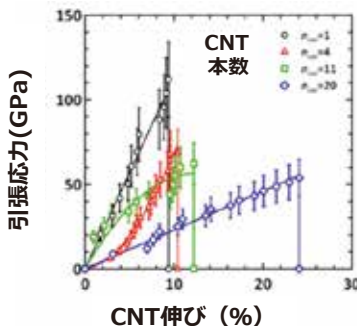
宇宙エレベーター (提供：大林組)
(超高張力ケーブル：強度>100GPa)

2. 新しいCNT合成法による高強度CNT線を創出

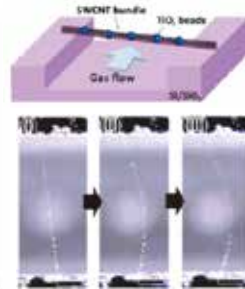
- ・配向集合したCNT (1~数10本) の引張強度測定技術を開発し、CNTの高強度特性 (~100GPa) を実証しました。
- ・CNT集合線材 (~Φ8μm) の新しい連続合成法を開発し、鋼、炭素繊維を超える引張強度 (>10GPa) を実現しました。



CNT集合線材の連続合成プロセス



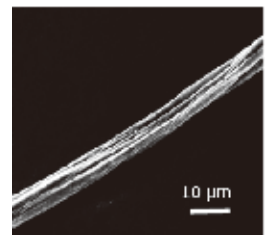
集合CNTの引張応力・伸び特性



ガスフロー法による集合CNT破断強度測定法



CNT引き伸ばし過程の塑性変形シミュレーション



連続合成法によるCNT集合線材のSEM像

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

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、CO₂排出量削減が喫緊の課題であり、2050年に2005年比50%のCO₂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な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

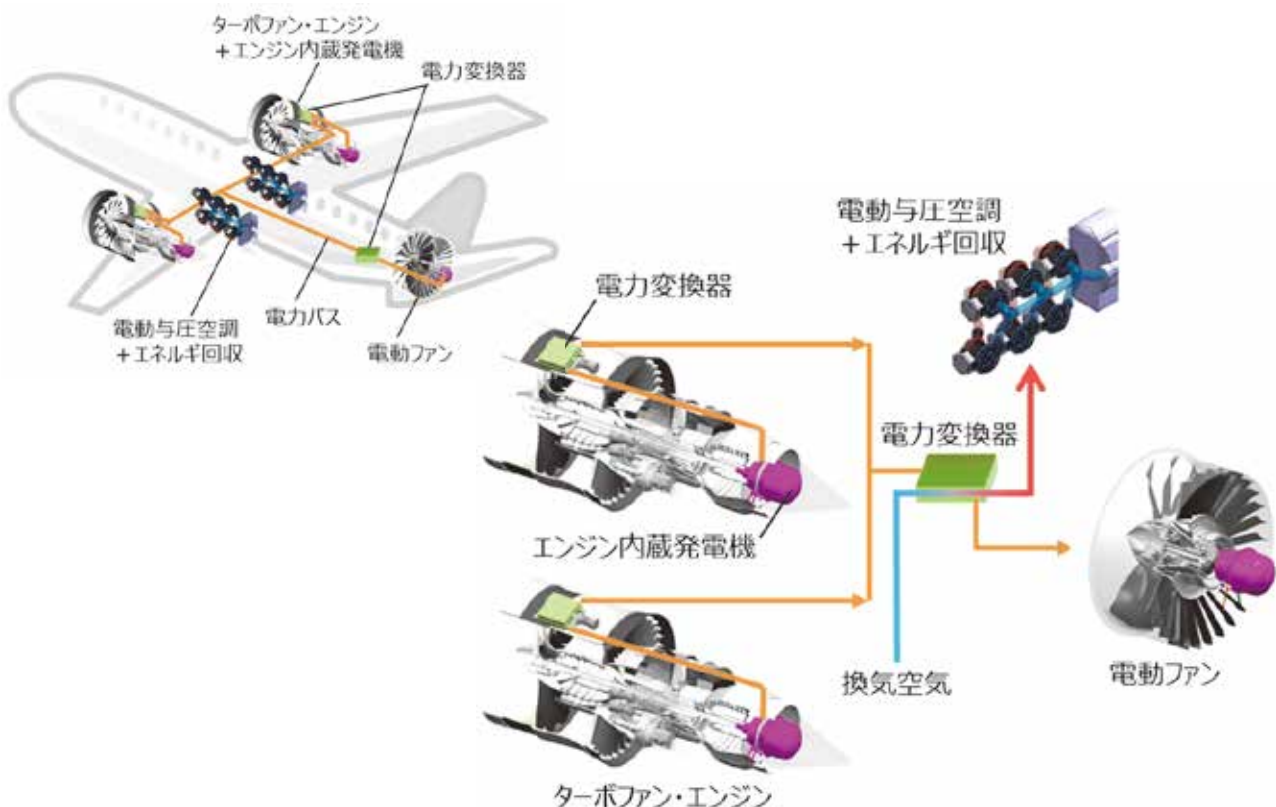
電動機の高出力密度化には高電圧化が有効であるが、アーク放電短絡や減圧環境下のコロナ放電による絶縁劣化等が課題となる。本研究では高耐電圧の絶縁被膜による、高電圧化を目標とする。電力変換器は、波形制御の適用によりノイズを抑制し、フィルタ回路の軽量化により高出力密度化を図ると共に、空冷化により整備性を向上させ、排熱エネルギー回収により全機でのエネルギー消費を抑える。航空機の主推進力となる電動ファンについては、常電導及び超電導での電動ファンの実現性について試設計により課題を示す。これらの検討により、航空機システム電動化による革新的ハイブリッド飛行システムの将来像を示す。

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

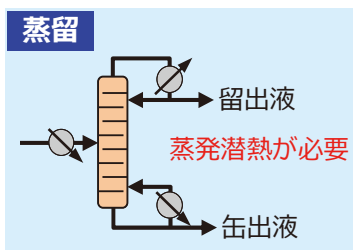
本先導研究では、有機溶剤を直接膜分離する次世代の超省エネルギー膜プロセスの実現に向け、OHF膜の創製、OHF膜モジュール化/エレメント化技術の開発、OHF膜を用いた膜分離プロセスの開発の3段階の検討を行い、蒸留法に代わり得る本技術の開発と原理検証を行います。OHF膜は、有機膜と無機膜の2つのアプローチによりナノろ過 (NF相当) からサブナノろ過 (RO相当) までの分離を行う耐溶剤性膜を開発します。これらの方法により、石油化学品、電子部品、食品 (植物油) 等の製造プロセスにおいて、溶剤と溶質の膜分離はもとより、溶剤-溶剤間の膜分離も可能とし、革新的省エネプロセスの実現を目指します。

研究開発項目

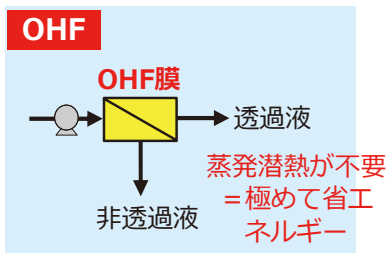
- A. OHF膜の創製
- B. OHF膜のエレメント化/モジュール化技術の確立
- C. OHF膜プロセスのフィージビリティ評価

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

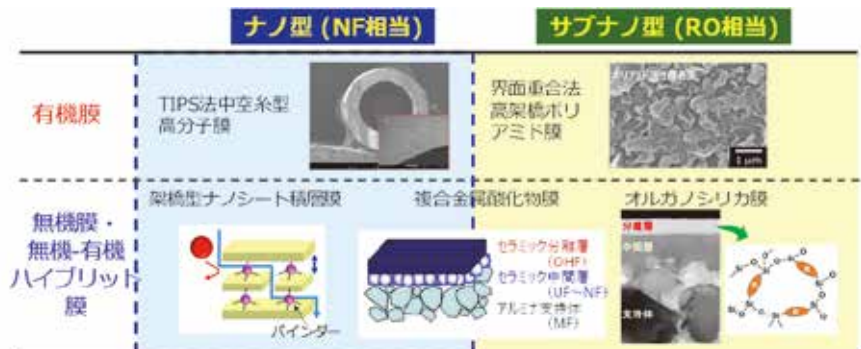
有機膜アプローチ
TIPS法、界面重合法
無機膜アプローチ
ナノシート積層膜、複合金属
酸化物膜、オルガノシリカ膜

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
等々を評価



NF用途: 電子部品製造、食品・食用油製造、化学品・医薬品製造 など
RO用途: 石油精製・石油化学産業、廃溶剤再生リサイクル など



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

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、大きな温度差を伴う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技術が熱交換です。熱交換には、材料の耐食性・耐熱性向上、表面性状・構造制御、気液二相流計測とシミュレーション、乱流制御等の多くの技術課題が残されています。異分野も含めた最先端シーズ技術を一層高度化・共有し、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、技術上の鍵となる熱交換・熱制御技術の研究開発を実施します。また、開発プラットフォームの骨格をなすコンソーシア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低コスト化、軽量化、耐久性向上といった課題を克服します。そして、熱物性やリサイクル性に優れているアルミニウム等への素材転換や、近年急速に発展し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

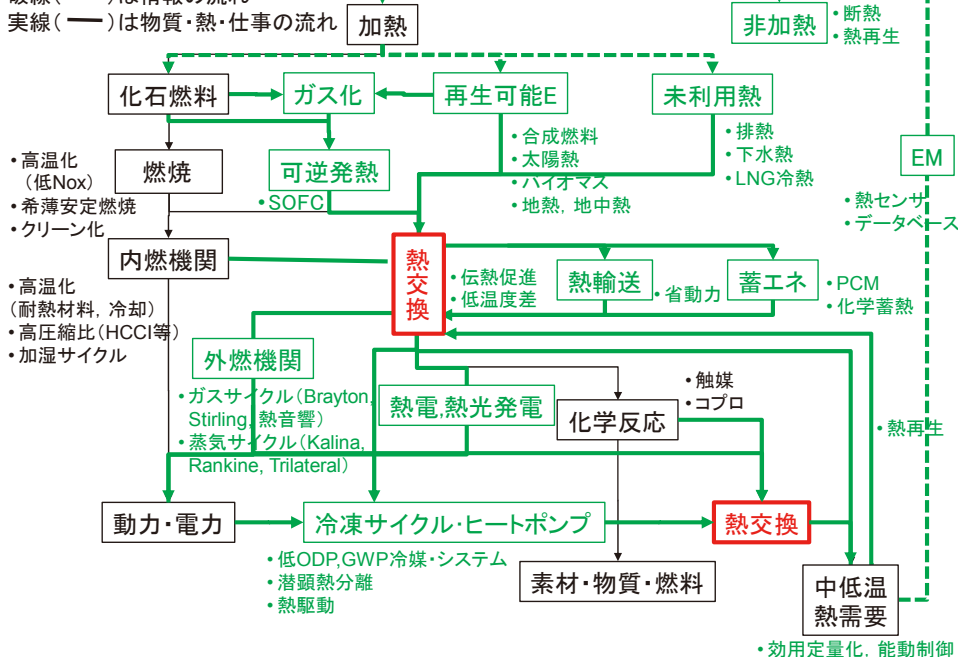
研究開発の実施体制

- 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

プログラム設定のない研究開発テーマ

従来技術と新技術

破線(---)は情報の流れ
実線(—)は物質・熱・仕事の流れ



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メンテナンスフリーの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（FAST材料）を開発し、産業部門を中心としてCO₂の大幅削減にも資する、微小温度差を活用する独立電源技術を創出します。

研究開発の内容と目標

実装に向けて材料サイドから解決すべき課題は、(1) デバイスの駆動に必要な発電能力、(2) 資源性・コスト、(3) 耐酸化性・機械強度・加工性、の項目を全てクリアする必要があります。

これらの条件を同時に満たすFAST材料をベースとした高出力温度差発電材料を開発し、IoT機器へ電力を供給する小型独立電源技術を構築します。量産が可能なFAST材料の合成プロセスを確立し、100 μ W/cm²の出力密度を有する小型かつ高集積温度差発電モジュールの開発を目指します。

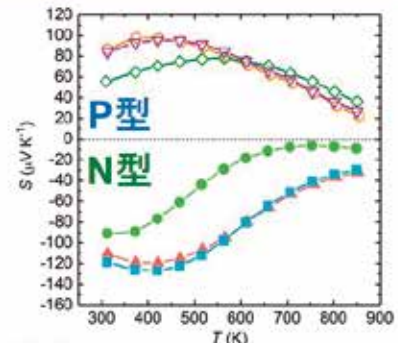
研究開発項目

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

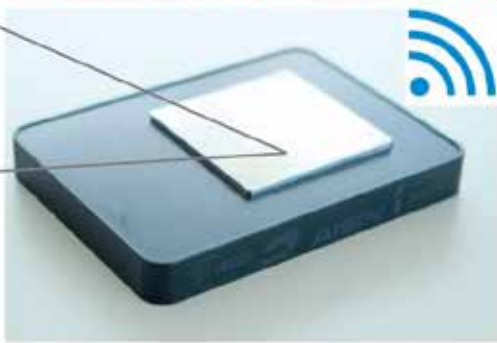
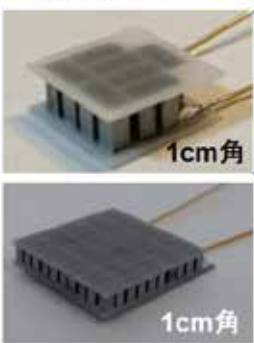
研究開発の実施体制

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



温度差発電モジュール 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 μ 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

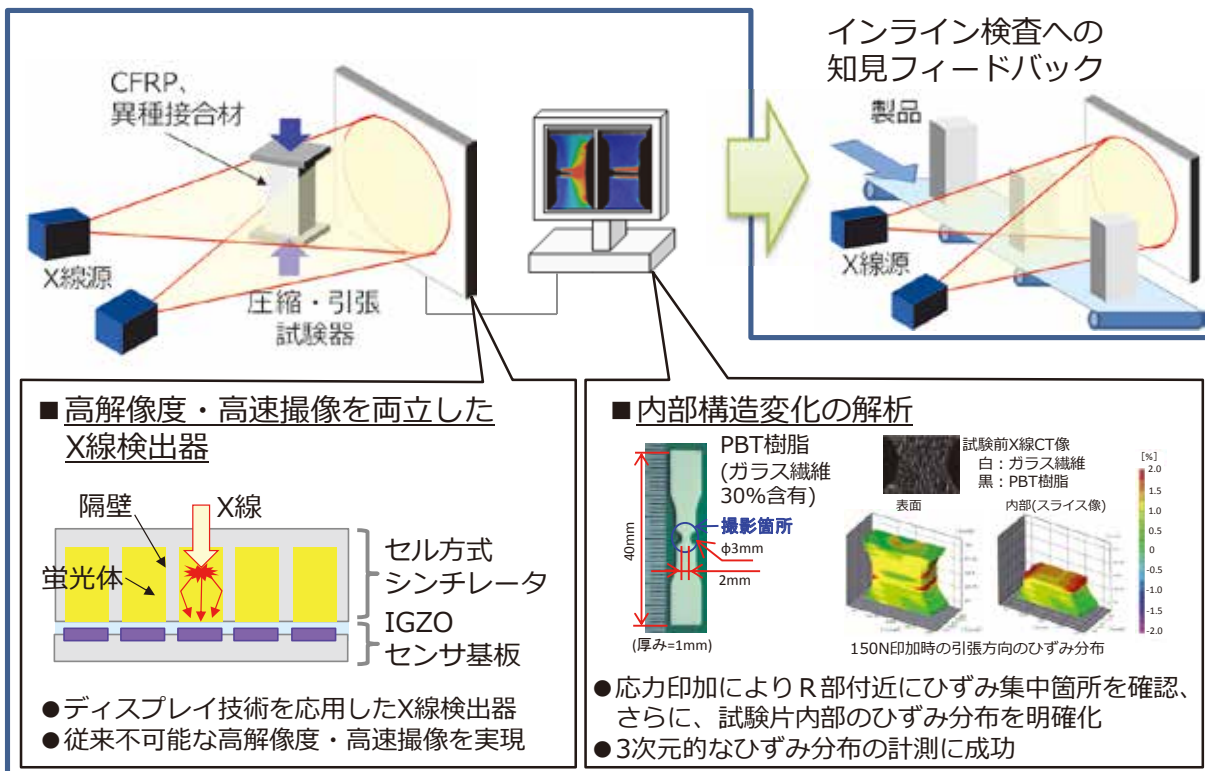
本研究開発では、左記課題を解決するために、ディスプレイ製造技術を活用した高解像度・高速撮像が可能なX線カメラの開発、および、インライン検査において検出すべき欠陥を明確化する基礎分析技術の確立を目指した結果、下記成果を得ました。

1. ピッチ83 μ mのセル方式シンチレータとIGZOセンサの開発により、検出面積30cm \times 25cmの高解像度X線カメラを実現し、0.2秒撮像による高解像度画像取得に成功しました。
2. X線CT画像を用いたデジタル画像相関 (DIC) 解析技術により、応力印加時の樹脂材料内部や接合品の接着層内部のひずみ分布解析に成功し、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欠陥分析技術を確立しました。

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

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熔融凝固させ、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素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。

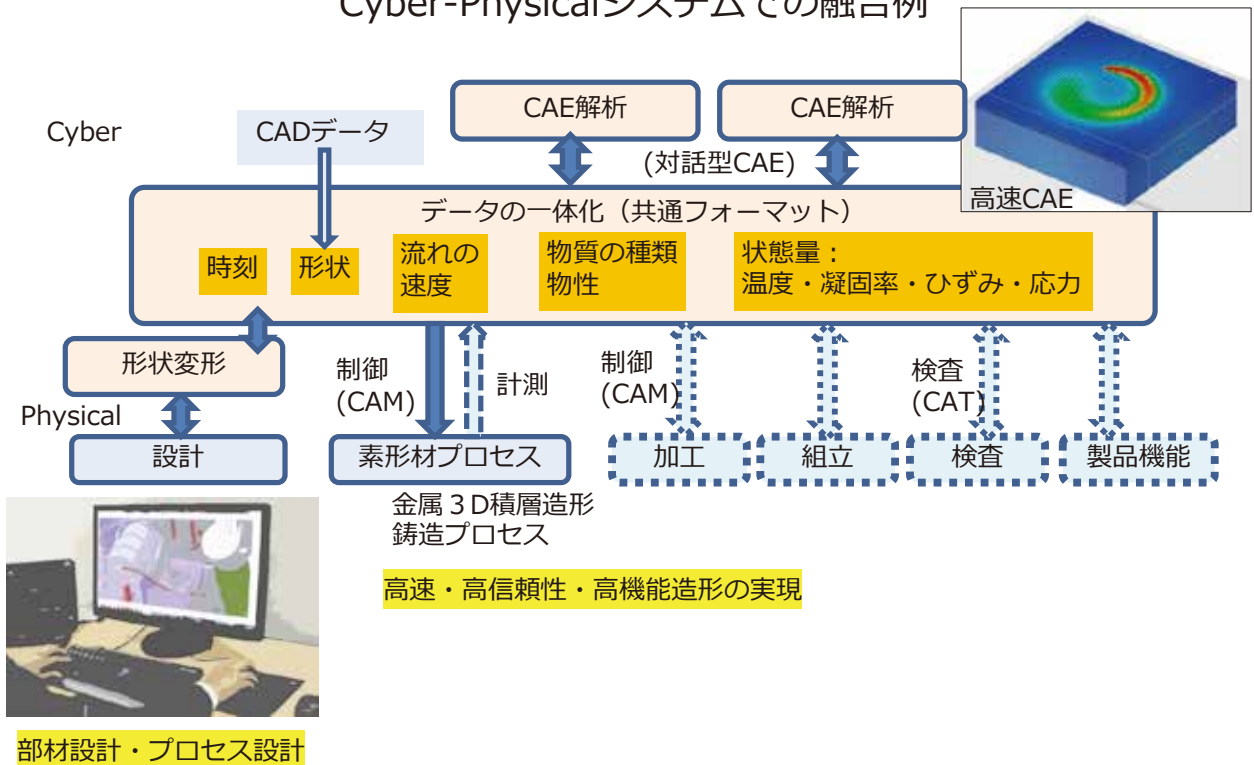
研究開発の実施体制

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IH I

プログラム設定のない研究開発テーマ

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 Achilles 踵となっています。本研究開発では、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り、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立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Al₂O₃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、熱電素子に沿った流れにより得られる対流効果を用いて熱伝導ロスを低減します。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り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、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

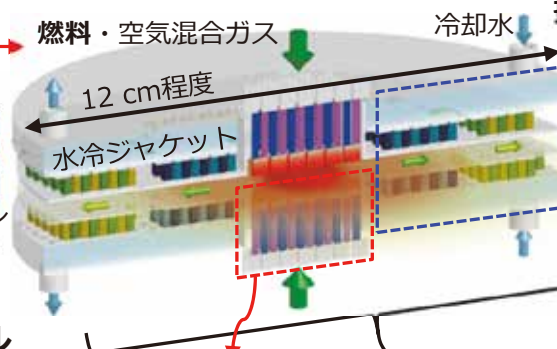
国立大学法人東京大学
 国立研究開発法人産業技術総合研究所
 株式会社KELK
 ダイニチ工業株式会社

革新的ロボット技術の研究開発
 ロボットが活用される産業の創出につながる

自律ロボットの電源



熱電発電システムの概念図



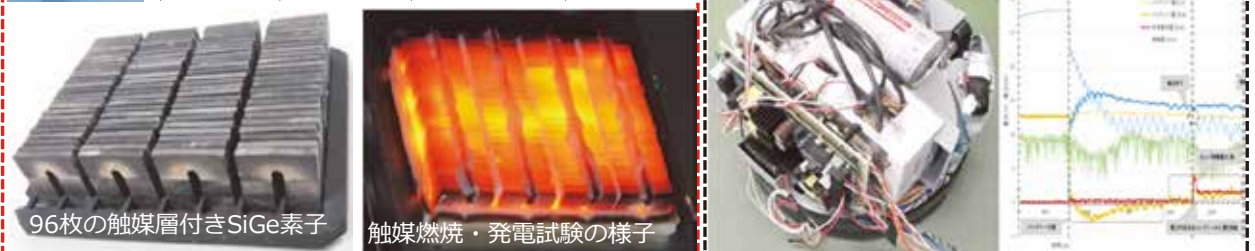
熱交換器と一体型の排熱回収熱電モジュール



触媒燃焼器と一体型のトッパー熱電モジュール



簡易ロボットへの搭載&走行デモ



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

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PTC事業部
 学校法人立命館立命館大学理工学部
 東京都立大学法人東京都立大学システムデザイン学部
 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

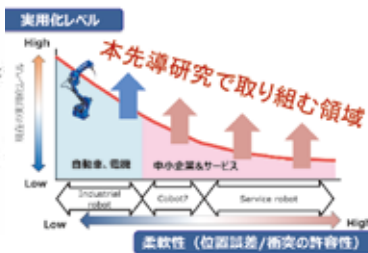


図1. 研究の背景と取り組む領域

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)

↑SEA: 系列別性能	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	低減速モータ	高速モータ
トルク不足解決法 (自重・荷重)	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	ひびみゲージ・静電容量など トルクセンサ (高剛性SEAを改修) 制御中のみ精度を維持	逆駆動性 (低剛性)	低剛性値のSEA	
衝撃緩和法	許容歪率	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・ばね・カム機構	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	微小電圧増幅 (高価)	モータの電流計測 (安価)	角度センサ (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)

ロボットの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

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の変化や、個人への配慮の高まりなどを要因として、注視すべき変化が顕在化しつつあります。例えば、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と、配食事業の拡大、④個人の体質（アレルギー等）への配慮の必要性、などです。

研究開発項目

1. 食材加工の認識
2. 食材加工のスキル獲得
3. 加工動作の手順生成
4. 食材等のハンドリング
5. 食材加工現場の調査

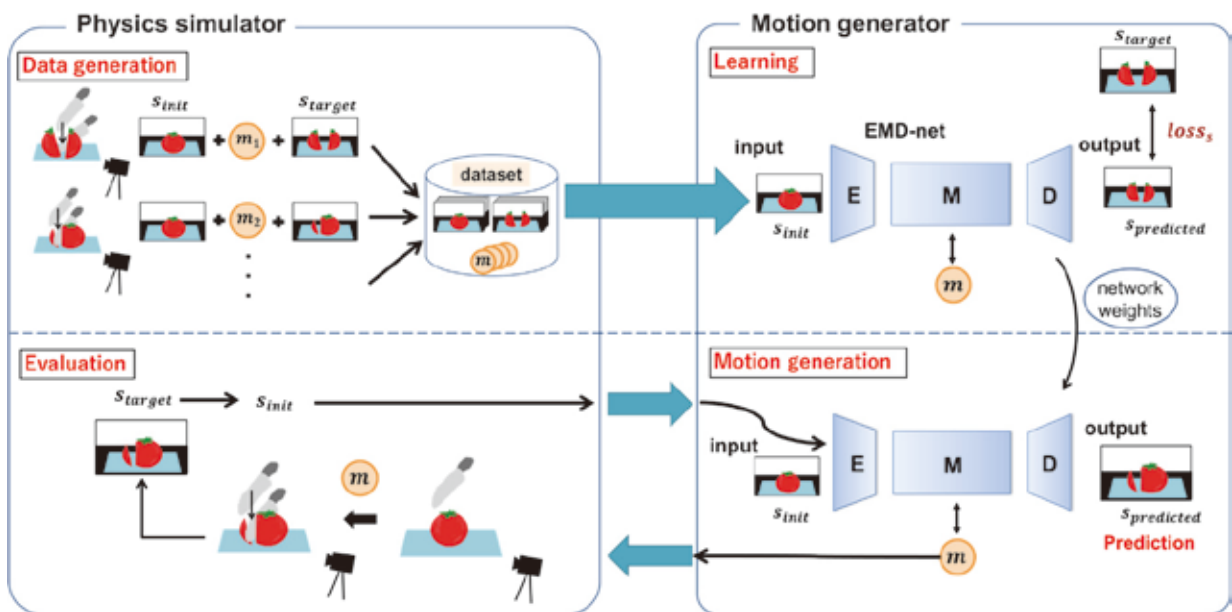
研究開発の内容と目標

本研究開発の目的は、左記のような課題解決の一助となる支援システムの実現可能性を精査することと、実現に必要な要素技術を洗い出すことです。食材加工を中心とした多機能のサポートシステムの構築を検討し、システムの実現における技術的障壁を明確化し、解決策の糸口を示します。

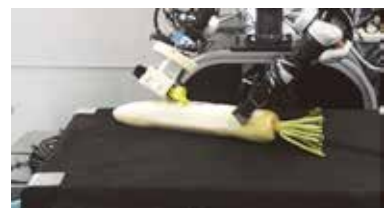


研究開発の実施体制

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



食材加工における認識能力・操作能力の自動獲得の仕組み



作業の実現例 左: 任意部位の切断, 中央: 柔軟食材の把持運搬, 右: 食材形状に合わせた皮むき



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

土地の高度利用が特に強く求められる大都市圏では、建物の地下が深くなるため、掘削工事に工期が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・1 G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

直動体積

動力集中

動力分散

回転

ぜん動運動 (新たな動作方式)

ぜん動ポンプの構造と人工筋肉の概要

③ スケール効果の検証

① 耐久性と揚重効率が両立する材料と形状へ刷新

輪状筋としての人工筋肉・縦走筋としての内筒チューブ・両者を端部で接合するフランジで囲まれたチャンパー内に空気を印加することにより、ぜん動運動を模倣します。

微小な炭素繊維を軸方向に積層配置したゴムチューブ。半径方向に膨張し、軸方向に収縮・圧力を発生させます。人の呼気程度の低圧印加 (0.06MPa) で動作します。

② 流動調整機構の開発

④ 実大モデルの具体的な仕様検討

大深度地下
深海底
月面

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。そして、それらを利用した新産業用のロボットハンドおよびロボットアームを製作します。成果として、EHAでは、高出力密度と高逆可動性に着目したプロトタイプを、MRFでは、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 (下図左側) を、それぞれ創製できました。さらに制作した2指ロボットハンドおよび4関節のロボットアームは、EHAとMRFが有する特性を融合したこれまでにない作業性能を有することが分かりました。

研究開発項目

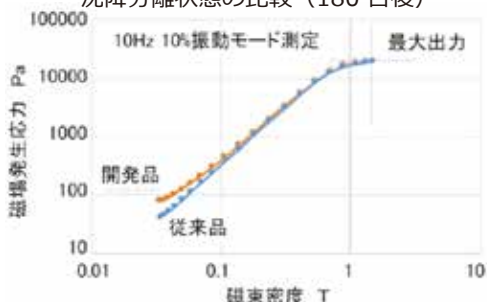
- A. ロボット向けEHAが具備すべき高機能単位技術の構築研究と基本設計の確立
- B. ロボット向けMR流体材料が具備すべき高機能単位技術の構築研究と基本配合の確立
- C. MR流体材料とEHAの融合による新規ソフトロボットアーム開発と最適化設計の評価
- D. 国家プロジェクト化の検討

研究開発の実施体制

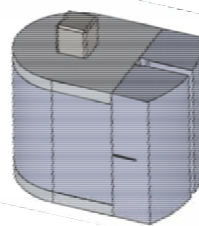
学校法人早稲田大学
日本ペイントホールディングス株式会社



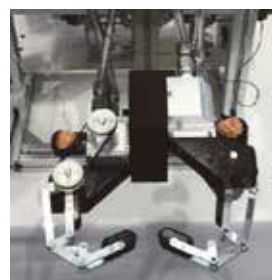
開発したMRF (左) と従来のMRF (右) の沈降分離状態の比較 (180日後)



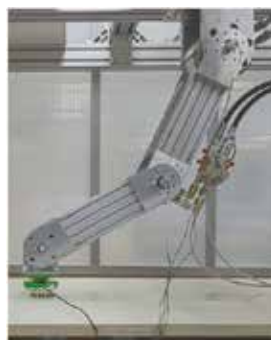
MRFの磁気粘弾性変化挙動 (従来品と開発品比較 30mT~1.5T)



新型のMRFベアリングモータ (高出力型)



ロボットハンド (2指)



ならい作業



重量物操作

MRFアクチュエータを用いたシリアルリンクのロボットアーム (4関節)



高速電流読み取り型DNAメモリの開発

Development of high-speed electrical reading DNA memory

研究開発の背景

2020年の世界のデジタル総データ量は、44ZB（1ZB単位は1TBの1,000,000,000（=10⁹）倍）となり、毎年のようにデータ量が急拡大している。これにともないストレージコストが急激に上昇している。しかし、従来のストレージ技術であるHDDやSSD等の半導体メモリは、素子の微細化が物理的限界を迎えている。その中で、生物の遺伝素子であるDNAを用いたメモリ技術“DNAメモリ”が、注目されている。DNAの記憶密度は、現在の世界のデジタル総データ量44ZBは、理論上100gで済む。しかし、DNAメモリのデコード方式は従来のシーケンサに依存し、速度は1塩基あたり1秒（1センサーあたり0.25bps）となっており、このデコード速度さがDNAメモリの実用化の妨げとなっている。

研究開発の内容と目標

本開発では、微細半導体デバイスを用いた高速1分子計測を用いて、DNAの高速デコード可能なDNAメモリ技術を確立する。本研究では、DNAデコード方式を、従来の酵素反応の光検出方式から、電流読み取り型1分子量子計測に切り替えることで、1センサー当たりのデコード速度を3桁上させ、世界最速のDNAデコード速度の動作実証を行う。これにより、センサーデバイスと電気計測の一体化システム開発により、高速デコード・高保存性・高記憶密度・省電力なDNAメモリをもちいたストレージを完成させ、全世界的なストレージコストの大幅ダウンし、新産業創成の礎とする。

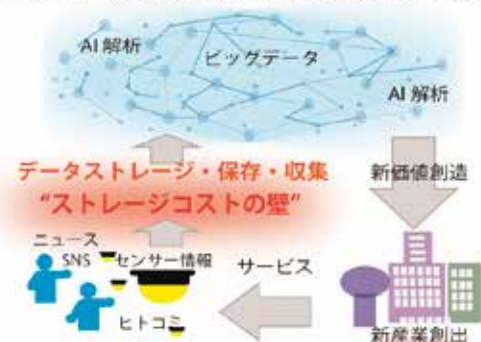
研究開発項目

1. 1分子量子電流読み取り方式によるデコード高速化技術のための計測機開発
2. 1分子量子電流読み取り方式によるデコードためのデバイス開発
3. DNAデータコードの多ビット化によるDNAメモリの高密度化解析法の開発

研究開発の実施体制

国立大学法人大阪大学産業科学研究所

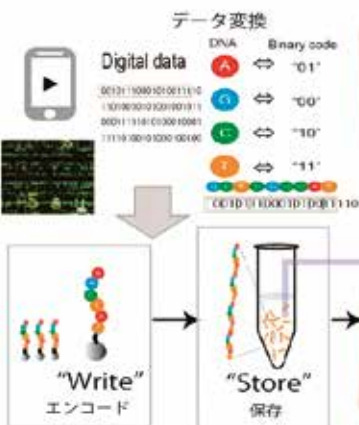
ビッグデータ活用のためストレージのコストの壁の突破



DNAメモリによるストレージのコストの壁の突破

DNAメモリの優位性

	DNAメモリ	Hard Disk	Flash memory
データ読み書き速度 (s/byte)	<100	3000	~100
データ保存性 (year)	>1000	<10	<10
必要電力 (ワット/byte)	<10	~0.04	~0.01
データ密度 (bit/cm ²)	~10 ²¹	~10 ³	~10 ¹⁸



開発：高速デコードDNAメモリシステム

開発する電流読み取り型DNAメモリストレージ

高速DNAデコード内蔵ストレージ製品イメージ

開発する目標性能

- 高速デコード (1センサーあたり 1kpps)
- 省エネルギー消費 (100Wh/1Tbyte)
- 低コスト (1000円/1Tbyte)

デジタル駆動化学による機能性化学品製造プロセスの新基盤構築

—高速遷移状態解析による合成経路探索と実証—

Digital-Data-Driven Chemical Approach for Constructing a New Synthetic Process for Functional Chemicals

研究開発の背景

21世紀に入り、化学業界関連のマテリアルズインフォマティクス、ビッグデータに基づいた機械学習や計算化学に関するソフトウェア技術は大幅に進化しています。AI設計された分子の合成経路は、競争力の高い合成経路設計システム (SRDS) などが実用化されています。しかし、SRDSは標的化合物に逆合成技術を適用して反応経路を創出するために、合成経路数の発散や合成できない前駆体を与えるなどの課題を抱えています。この課題を解決するために、機能性化学品を高効率で生産可能とするin silicoスクリーニング技術の実用化を目指すとともに、計算化学ツールを実装した機能性化学品製造に関わる新産業エコシステムの創成基盤を構築することを目的とします。

研究開発の内容と目標

本研究開発では、計算化学とデータ科学を活用した高速な遷移状態解析による全く新しい合成経路探索システムの開発を行います。数多くの有機合成反応に対して、in silicoスクリーニングを短時間で行うことにより反応の可否判断を行い、それらの順序付けに基づいて標的化合物の合成経路を迅速に導出するシステムを確立します。また、合成経路の最適化に遷移状態評価を組み入れていくために、理想的反応空間といえる微細空間における合成実験の結果との適合性と、分子拡散ファクターが極小化可能となる固液二相系としてフロー型固体触媒反応との適合性を追求し、本先導研究を新時代の機能性化学品製造の推進力として機能させる端緒とします。

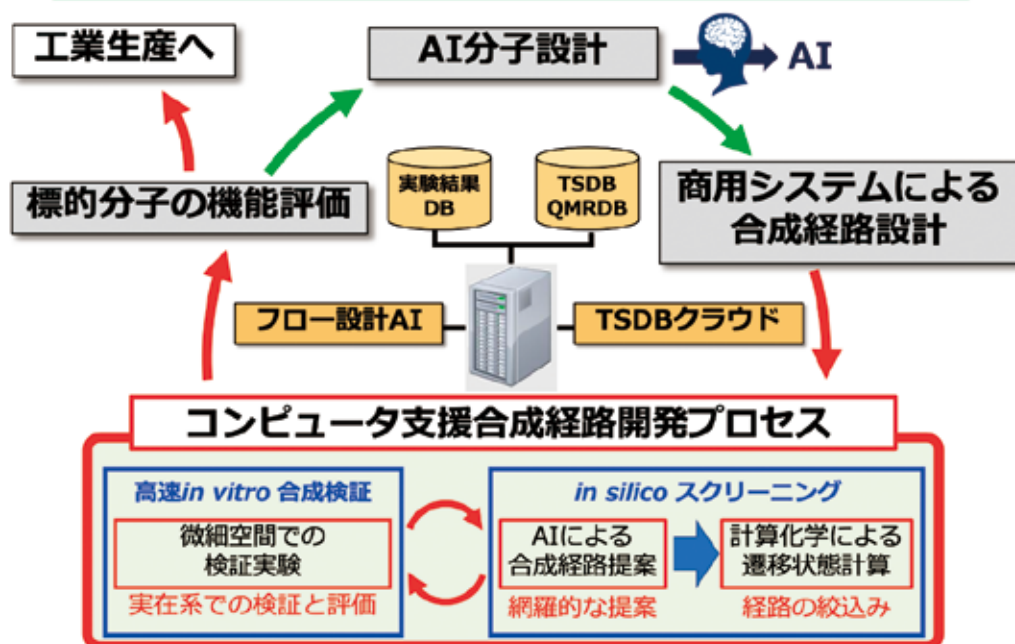
研究開発項目

1. TSDBクラウドシステムプロトタイプの開発
2. 標的化合物のin silico及びin vitro合成検証
3. ケモインフォマティクスを用いた合成経路創出
4. フローマイクロリアクターシステムを用いた標的化合物の合成検証
5. 機能性化学品の循環プロセスと共生成物を再生するプロセスの構築

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Transition State Technology
(再委託先) 株式会社ナード研究所
国立大学法人山口大学
国立大学法人東京大学
公立大学法人大阪 大阪府立大学

機能性化学品創成イノベーションサイクル





IT創香×IT創薬による匂い分子設計システムの開発

Odor compounds design based on computer-aided aroma and drug discovery technologies

研究開発の背景

香料分子は、化粧品用フレグランスや食品用フレーバーの構成要素であり、様々な商品を通して私たちの生活を豊かにする匂い物質です。

人は匂いを鼻腔の様々な嗅覚受容体を介して認識しています。この複雑な認識機構を考慮して新たな分子を設計・開発することは非常に難しく、膨大な時間とコストを要しており「匂い分子の開発効率化」は長年の課題となっています。そこで、香料に関する膨大なデータを活用し、合成化学者を支援する人工知能を開発することで、分子設計の効率化を図ります。

将来的に、社会が求める香りをいち早く提供するためのシステムを実用化し、化粧品業界や食品業界、さらには生活・健康・福祉といった産業分野への貢献を目指します。

研究開発の内容と目標

本研究では、情報科学技術 (IT) を用いた匂い分子設計技術「IT創香」と医薬分子設計技術「IT創薬」を融合し、ヒト嗅覚受容体応答パターンに基づく匂い分子設計技術確立を目指します。

香料に関する、物理的・化学的・生物学的性質などのデータを集約し、データセットを作製します。高砂香料工業のデータサイエンス技術と、東京工業大学の計算科学技術や深層学習技術及びTSUBAME3.0等による計算資源を活用し、分子設計に必要な推論・判断能力などを有する各種モデルの開発を行います。これらのモデルから得られた候補分子を実際に評価することでその性能を検証し、匂い分子設計システムの有用性を実証します。

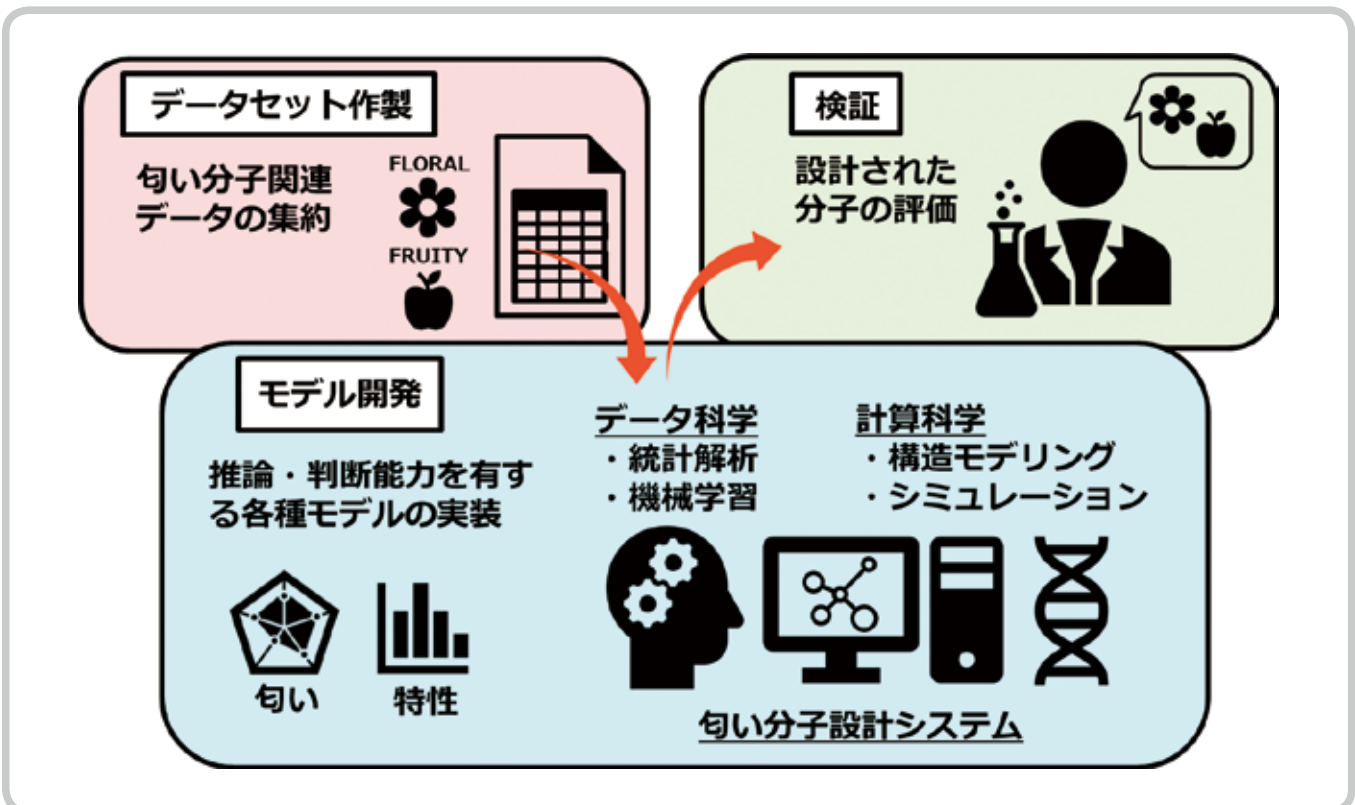
研究開発項目

1. 匂い分子設計モデル用データセット作製
2. アロマインフォーマティクスベースドモデル開発
3. バイオインフォーマティクスベースドモデル開発
4. 匂い分子設計モデルの検証

研究開発の実施体制

高砂香料工業株式会社
国立大学法人東京工業大学

プログラム設定のない研究開発テーマ



5G移動通信と次世代パワーエレクトロニクスの 高性能化を支える高周波磁性材料の開発

High frequency magnetic material
supporting 5G mobile communication and next-generation power electronics

研究開発の背景

5G移動通信デバイスの急速な普及にともない、電波吸収材料は必要不可欠な磁性材料となっています。またモーター、電気自動車の電装部品の電力変換を担うパワーエレクトロニクスのキーデバイスであるインバータは半導体のスイッチングにより動作しており、使用されている磁性材料を高い周波数で動作できるようにすることが大きな省エネ効果をもたらします。これらのニーズに対して下記の2つの高飽和磁束密度 (B_s) を有する革新的な高周波磁性材料の創製を図り、国際競争力を強化しようとするものです。

- (I) 5G対象周波数0.7~6GHz、27~30GHzに対応可能な電波吸収材
- (II) 1 MHz以上の高周波領域におけるパワーデバイス用コア材

研究開発項目

1. 原料合成技術の確立
2. ガス反応メカニズムの解明
3. Fe合金ナノクラスター粒子の組成制御
4. Fe合金ナノグラニューラー粒子の組織制御
5. 高周波特性評価技術の確立

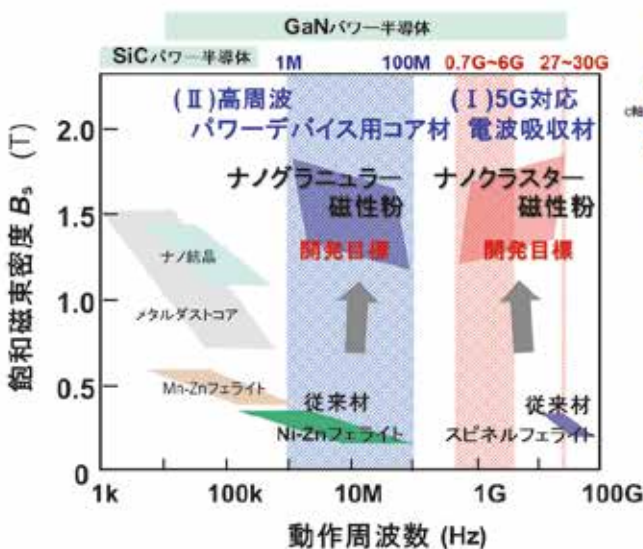
研究開発の内容と目標

高周波磁性材料 (I) と (II)、それぞれに必要な磁気特性を実現するために、新しいFe系合金粉を検討します。これは2017年度NEDO先導研究の成果に基づくもので、Feの格子間に侵入するCやNの量をガス反応プロセスによって制御して新物質を合成するものです。さらにこれらの新物質が高周波で機能するように、(I) に対してはナノクラスター組織を、(II) に対してはナノグラニューラー組織をFe系合金粉の内部に形成させる技術を構築します。これらの研究によって (I) と (II) それぞれにおいて、従来よりもはるかに高い B_s を有する高周波対応磁性粉を開発し、5G対応電波吸収材、高出力パワーデバイス用コア材を実現します。

研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学
太陽日酸株式会社
関東電化工業株式会社

■ 高 B_s 高周波磁性材料の開発目標



■ ナノクラスター、ナノグラニューラー磁性粉

侵入型元素を配位した新しいFe系合金

Feの結晶格子間に侵入するCやNの量をガス反応によって制御し新物質を合成

ナノクラスター磁性粉

ガス反応によってナノ結晶からなるナノクラスター組織を形成させ高周波における磁気特性を向上

(I) 5G対応電波吸収材

ナノグラニューラー磁性粉

ナノ結晶の外殻に高抵抗層を形成させたナノグラニューラー組織を実現し高周波損失を低減

(II) 高周波パワーデバイス用コア材

高抵抗層



ウルトラファインバブルの粒径並びにダイナミクスの新規評価手法開発

Innovative Measurement Method for Size and Dynamics of Ultrafine Bubbles

研究開発の背景

我が国のオリジナル技術であるウルトラファインバブル(以下UFB)は、優れた洗浄能力をはじめとした様々な特性を活かし、日用品から機械加工、農林水産業にまで幅広く応用されています。しかし、種々の効能が巨視的には認識され実用化につながっている一方で、UFBの実際の作用メカニズムはほとんど未解明のまま放置されているのが現状です。これまでのUFBの評価方法は主としてレーザー光散乱を利用したものであるため、散乱光強度が激減する、例えば60 nmを下回るような粒径のバブルは仮に存在していたとしても計測することができていませんでした。UFBの機能発現メカニズムを解明し新たな産業応用を開拓するため、これまで難しかった極微小粒径のバブルの計測やこれらバブルの動的作用の観察が強く求められています。

研究開発の内容と目標

レーザー散乱など光学的手法では計測できない極微小UFBの評価に加え、UFBの動態や他の物体に及ぼす力学的作用をマイクロに且つ直接的に観察可能な装置を「動画AFM」技術をベースに開発します。また電場の印加により積極的にUFBの運動を制御しUFB動態に関する情報を抽出するなどの取り組みを行います。さらに、原理的に観察対象が基板上に制限されるAFMを補う意味で、同じく極微小サイズ領域のバブル計測が可能であるクライオ手法を用いた電子顕微鏡観察を併用することにより、装置データの健全性を検証します。これら新しいUFB評価手法開発に併せて、標準化に向けたモデルやプロトコルの検討を行うことで、UFBの新たな応用や市場開拓につなげることを目指しています。

研究開発項目

1. 超高速AFM技術によるUFB測定システム開発
2. クライオ技法を用いたUFBの電子顕微鏡観察
3. 基板上UFB形態の理論解析
4. UFBによる洗浄効果評価用モデルの検討
5. バブル評価プロトコルの作成

研究開発の実施体制

一般社団法人ファインバブル産業会
 株式会社生体分子計測研究所
 国立研究開発法人産業技術総合研究所
 株式会社サイエンス

プログラム設定のない研究開発テーマ

UFB

1 μm
従来の光散乱で計測可能

100 nm

計測困難

10 nm

高速スキャナ
基板
試料(UFB)
カンチレバー

高速AFMシステムによるUFB観察

※ 高さ10 nm以下のバブルも計測可
 ※ 20 fpsでの動画観察でバブル動態も観察可能

これまで計測されていなかった極微小UFB、バブルの動態の観察を通じて、UFBの機能発現メカニズムに迫る

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

研究開発の背景

パワーエレクトロニクスデバイスの小型化、パッケージ化の手法として、従来から今日に至るまで、Ag系ペーストの活用が主に検討されています。しかしながらAg系材料では、単にコストが高いのみならず、耐マイグレーション性が低いことや大気中の硫黄成分による腐食の懸念があるなどの問題があります。これらのAg系材料が抱える課題の解決策のひとつとして近年、Cu系のペースト材料に注目が集まっています。Cu系ペースト材料の実用化に向けては、低温焼結特性の付与および許容電流密度の向上が急務であり、世界的に観ても激しい研究開発が行われています。

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います。パッケージ化では、最適な接合界面の探索も必須で、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します。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します。

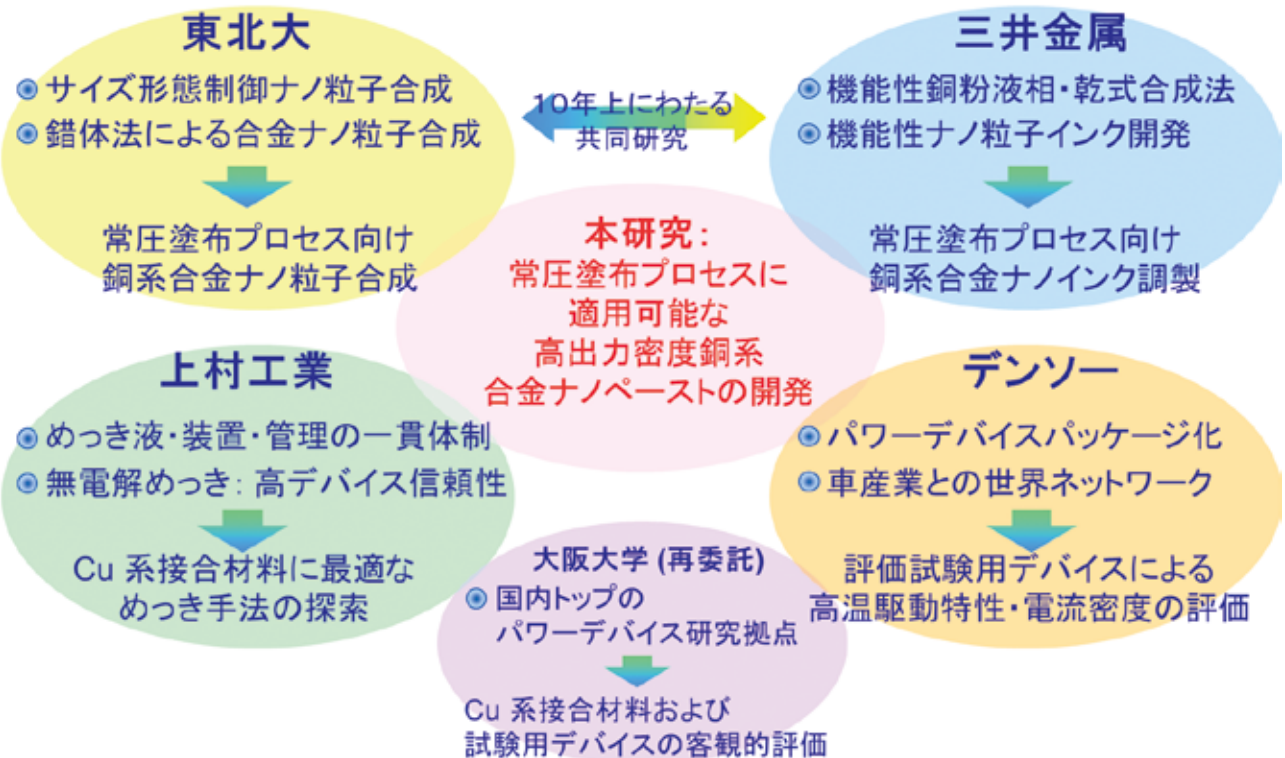
研究開発項目

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

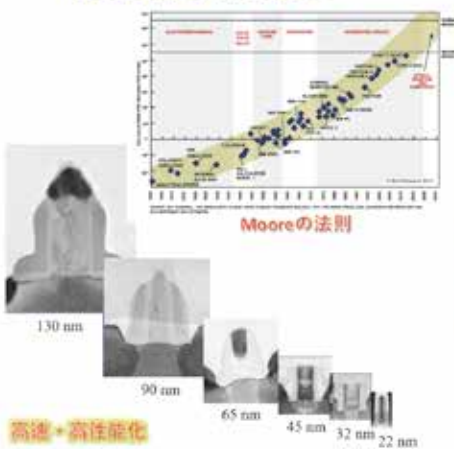
1. 金属間化合物配線の特性・信頼性解析
2. 金属間化合物配線の長期信頼性解析
3. スパッタリング成膜技術の開発
4. CMPプロセス技術の開発
5. スパッタリングターゲット製造技術の開発

研究開発の実施体制

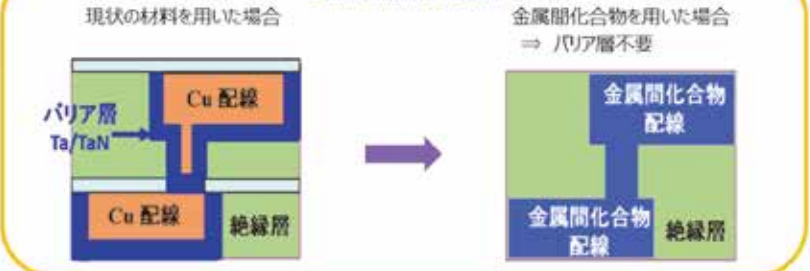
国立大学法人東北大学
株式会社マテリアル・コンセプト
株式会社アルバック
株式会社荏原製作所
JX金属株式会社

プログラム設定のない研究開発テーマ

トランジスタの微細化要求

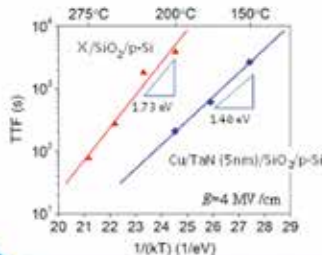


多層配線構造の模式図



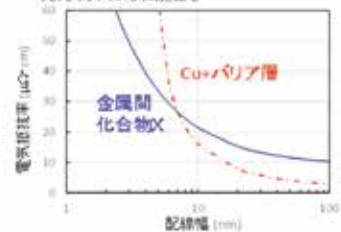
MOS構造におけるTDDDB寿命

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、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
5. 研究開発成果発信

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。

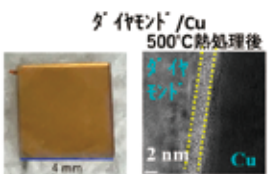
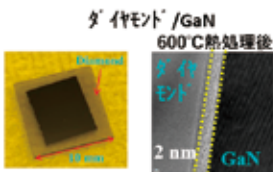
- ・素子作製時の熱処理（600℃）やモジュール動作時の熱ストレス（300℃）に耐える、ダイヤモンド/GaN、ダイヤモンド/金属直接接合界面を実現します。あわせて、界面の熱伝導特性を検証するとともに、接合歩留まり向上のための条件を明らかにします。
- ・ダイヤモンド基板の形状（表面粗さ、反り）を制御し、接合に適した基板を開発します。
- ・ダイヤモンド基板の転位密度等の結晶性とX線回折の相関を明らかにします。
- ・研究開発成果の発信を通じて、耐熱性、熱伝導の観点から産業応用可能なダイヤモンド直接接合界面の実現を目指します。

研究開発の実施体制

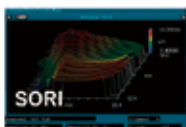
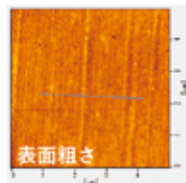
公立大学法人大阪 大阪市立大学
三菱電機株式会社
アダマンド並木精密宝石株式会社
国立大学法人佐賀大学

研究開発項目

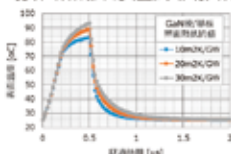
1. 高耐熱性ダイヤモンド直接接合技術



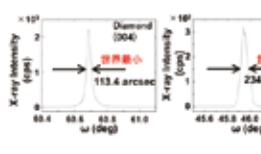
3. 高平坦性ダイヤモンド基板



2. ダイヤモンド/GaN直接接合熱伝導性評価技術



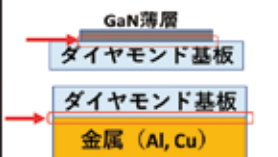
4. ダイヤモンド結晶性評価技術



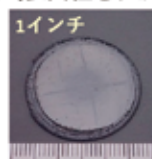
目標

産業応用可能なダイヤモンド直接接合界面

- ・実デバイス応用に向けた直接接合界面（耐熱性、熱伝導性、歩留まり）



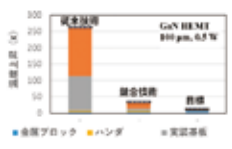
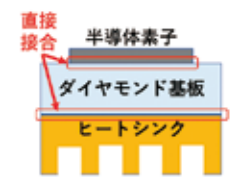
- ・接合用ダイヤモンド基板（表面粗さ、反り）



- ・ダイヤモンド結晶性とX線回折の相関説明

将来像

- ・高出力、高効率、高耐熱性モジュール



- ・クリーン化技術、環境に配慮した技術・産業プロセスへの導入
 - マイクロ波化学
 - Mobility革命
 - データセンタ

ダイヤモンド直接接合技術の展開

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。

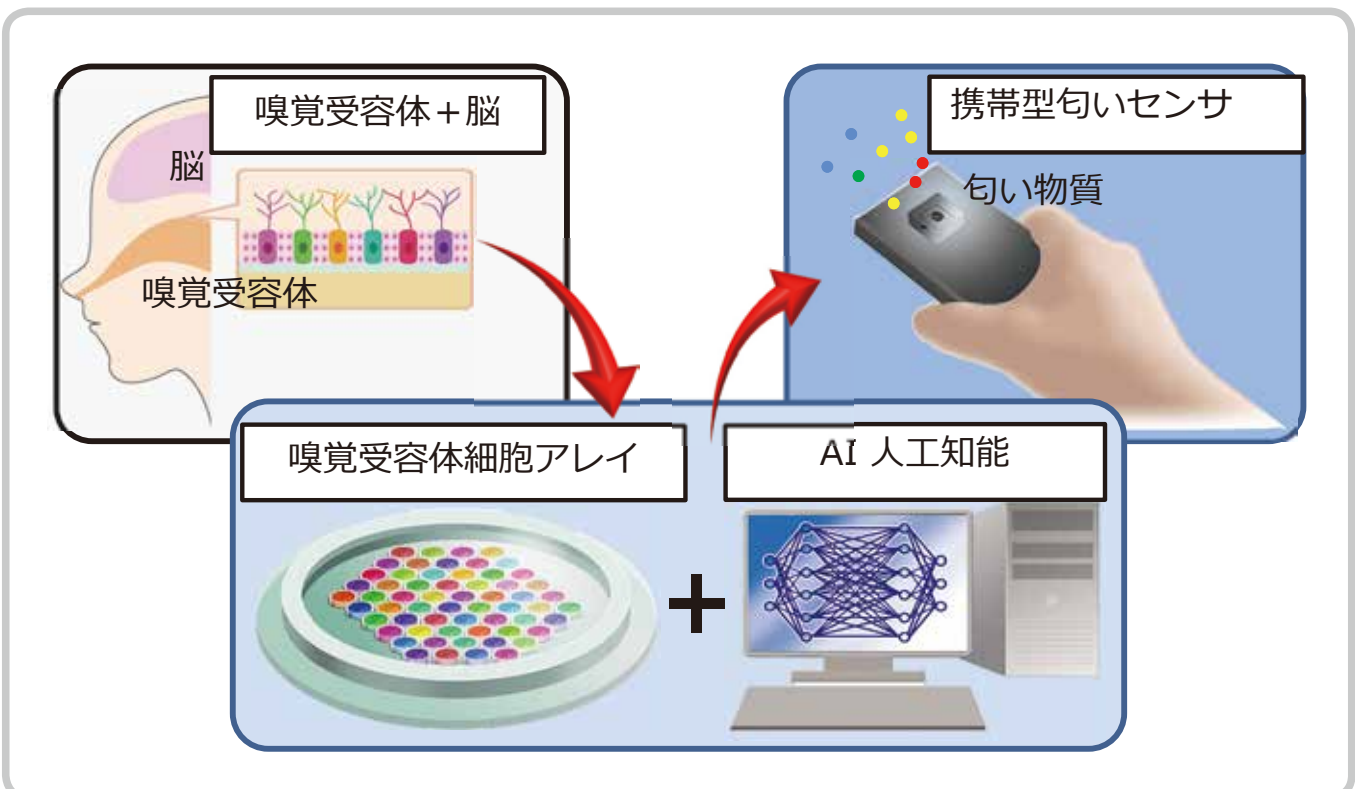
本先導研究を通して、具体的には、主要10種の嗅覚受容体安定発現細胞からなるアレイ化細胞の嗅覚受容体応答パターンを用いて、様々な香料を人間が鼻で嗅いで感じるのと同じニュアンスで香調表現を導き出すことのできるセンサの実現を達成した。

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グ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

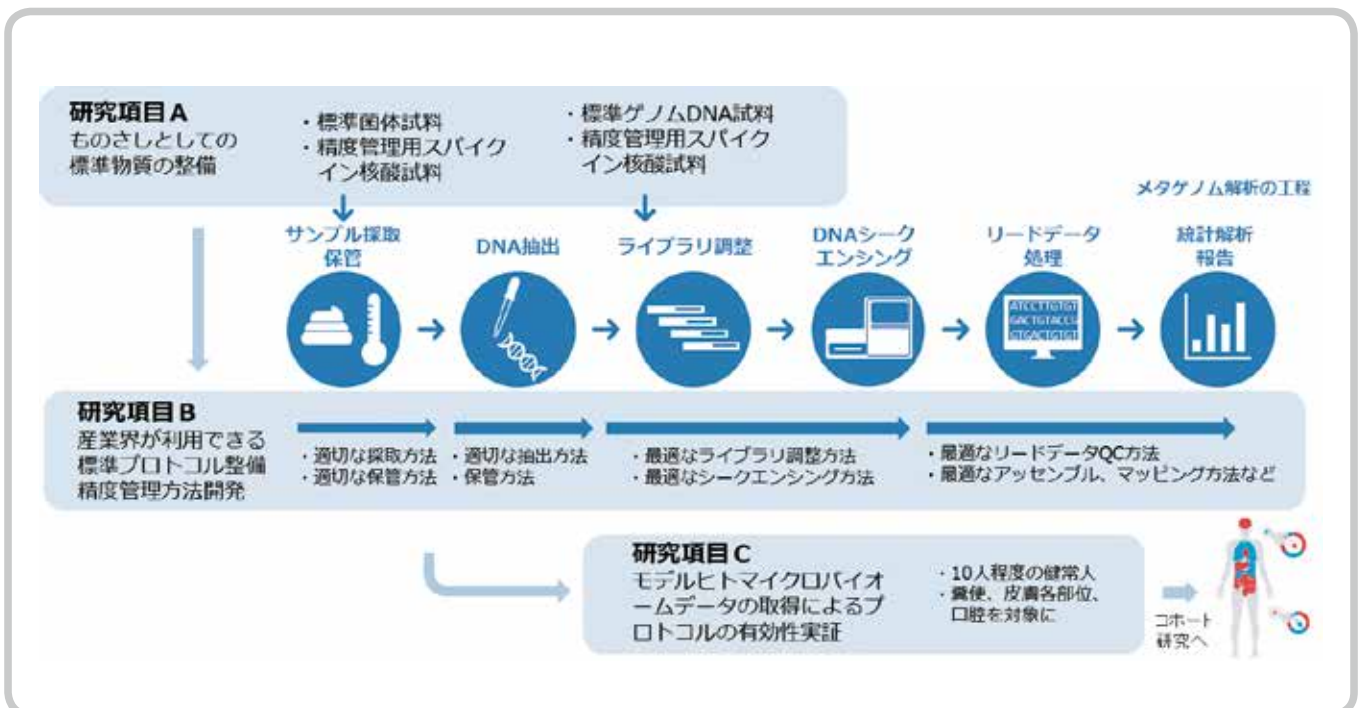
本提案課題では、ヒトマイクロバイオームの産業利用に係る国内産業の競争力強化のための計測標準基盤を整備するとともに、基盤となるモデル健康人マイクロバイオームデータを整備する。①マイクロバイオーム計測（16S rRNA 遺伝子アンプリコン解析、ショットガンメタゲノム解析）において、国内産業界が求める用途や仕様に基づいた標準物質を開発・整備する、②ヒトマイクロバイオームの代表例としてまずヒト糞便マイクロバイオームを想定し、国内産業界が実施でき、かつその計測結果の比較互換性が担保できるショットガンメタゲノム解析の標準的プロトコルを整備する。

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
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

ヒトの免疫機能（炎症制御機能など）を中心に、生体高次機能を高度にシミュレーションするヒトフローラマウスを作成し、将来的には食薬と疾病リスク・臨床効果の関係性について統計学的にも評価可能な前臨床試験系として確立する。

体質医学にもとづく便サンプルの分類と解析を進めつつ、選定された便サンプルを用いてヒトフローラマウスを作成する。まずアレルギー疾患リスクの高いヒトフローラマウスを作成し、それをプロトタイプとして将来的には各種疾病の試験系を構築することを目標とする。

様々な薬や食べ物の研究開発を促進することが期待される。

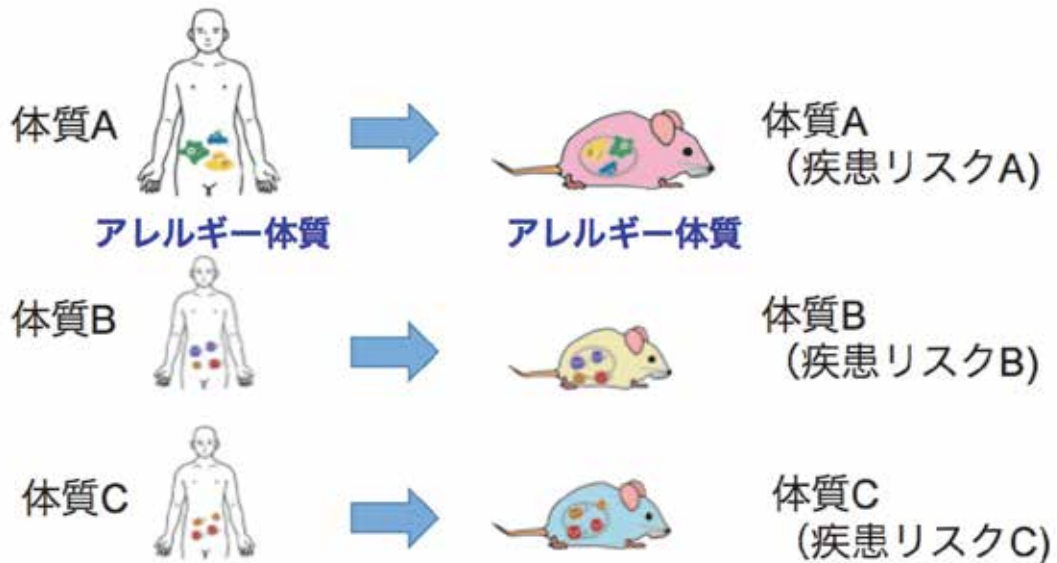
研究開発項目

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

プログラム設定のない研究開発テーマ

“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。

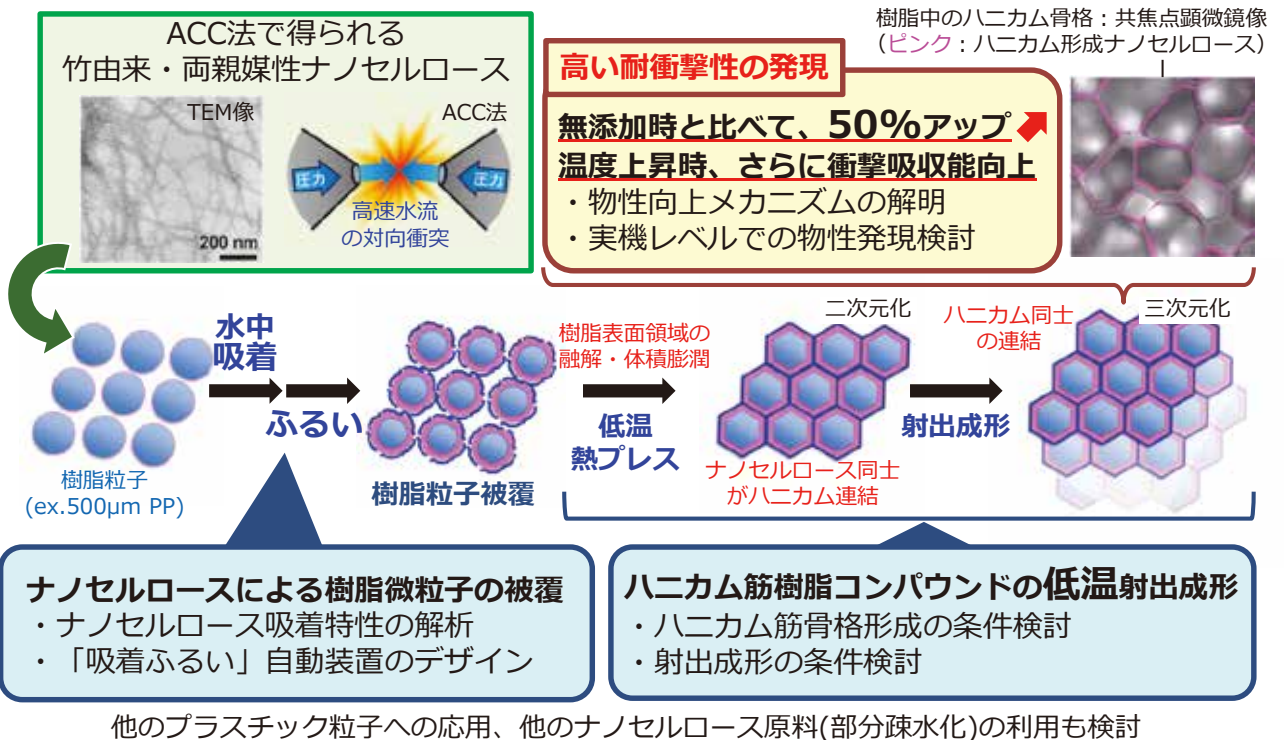
この新奇プロセスによって、従来の複合樹脂で課題であった耐衝撃性の向上を目標とします。さらに、その創発メカニズムの解明により、広く展開可能な新技術の確立を目指します。

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





パワーデバイスの技術革新

Technological innovation of power devices

研究開発の背景

2050年までに温室効果ガス排出を大幅削減すべく、エネルギー・環境分野の中長期的な課題を解決して低炭素社会の実現に資する、革新的な低炭素技術シーズの探索・創出が求められている。低炭素技術シーズの一つとして、新規半導体材料による超高効率パワーデバイスの開発が挙げられている。しかし、現状のパワーデバイス構造においては、ドリフト層の抵抗がオン抵抗を制限しており、新規半導体材料の高い物性値から期待されるデバイス特性には到達できていない。

研究開発の内容と目標

本研究では、優れた物性を有するダイヤモンド半導体で作製するパワーデバイスの性能を最大限に引き出すことが可能な新しいドリフトフリーの構造を提案・実証を目指す。具体的には、デバイスシミュレーションにより新規構造デバイスの有用性を示し、デバイス作製の要素技術を開発する。これらにより、パワーデバイス産業に技術革新を起こすこと、ひいては次の研究ステップへの発展、将来の国家プロジェクトに繋げていくことを目的とする。

研究開発項目

1. デバイス作製技術の開発
2. 新規デバイス構造の開発
3. ダイヤモンド成膜技術の開発

研究開発の実施体制

国立大学法人金沢大学

現状のパワーデバイス構造における課題：

「高耐圧領域でドリフト抵抗に制限される高いオン抵抗」

目標：「現状のパワーデバイス性能を凌駕する、
新規デバイス構造によるドリフトフリーMOSFETの開発」

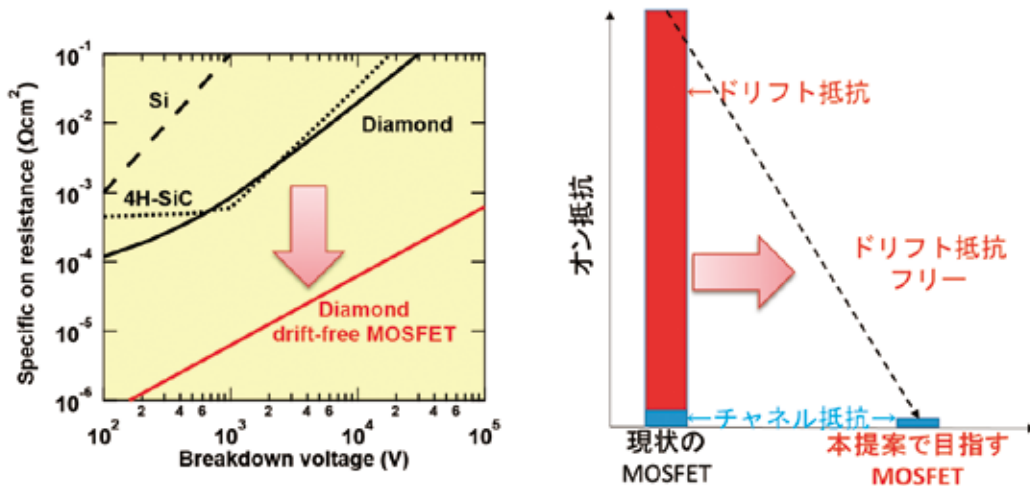


図. (左) 各材料および本研究で目指す新規構造デバイスにおけるオン抵抗と耐圧の関係と (右) オン抵抗低減のイメージ

酸化アルミニウムを用いた低価格パワーデバイスの開発

Aluminum-Oxide based power devices

研究開発の背景

低炭素社会実現に向けて、機器の消費エネルギーの低減が求められています。最近、バンドギャップの大きい固体材料（ワイドギャップ材料）を用いた低損失パワーデバイスの開発が進んでいますが、高価格であるため、大きな普及に至っていません。本研究では、酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）を用いた低価格パワーデバイスを開発します。 Al_2O_3 は、最も大面積・低価格化が進んでいるワイドギャップ材料の一つです。 Al_2O_3 が電気伝導性を示した報告はなく、挑戦的な研究ですが、 Al_2O_3 パワーデバイスが実現すれば、自動車や家電などの幅広い製品に普及でき、消費エネルギーの大幅な低減が期待できます。

研究開発の内容と目標

目標

一般的に絶縁体に分類される Al_2O_3 では、大きな動作電流を持つデバイス実現が困難です。Al組成の異なる $(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ 膜を作製し、ヘテロ界面に形成される2次元電子ガス（2DEG）層を用いて、実用レベルの電流を得ることを目指します。

内容

- ・不純物添加 Al_2O_3 結晶成長による導電性制御
- ・ Al_2O_3 に格子整合した $(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ 結晶成長
- ・ $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ ヘテロ界面での2DEG形成

現在の成果

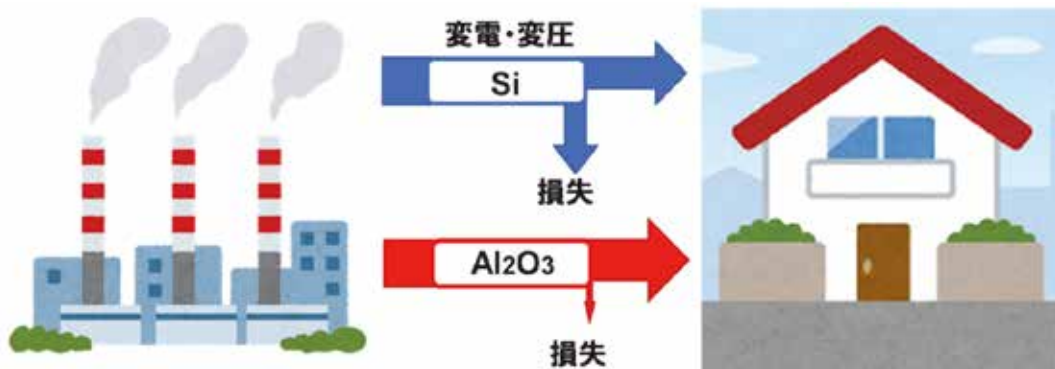
高品質 Al_2O_3 薄膜成長に成功しています。今後、導電性実現に向けて不純物添加を試みます。

研究開発項目

1. 高品質 Al_2O_3 結晶成長
2. 導電性 $(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ 結晶成長
3. $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ ヘテロ界面で2DEG形成
4. $(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ 層の電気的特性評価
5. Al_2O_3 ベースのパワーデバイスの作製と評価

研究開発の実施体制

国立大学法人筑波大学

**酸化アルミニウム(Al_2O_3)**

- 低価格・大面積・高品質基板が入手可能
- 高い絶縁破壊電界強度(高効率)

高Al組成 $(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ 高電子移動度トランジスタ

- 格子緩和のない結晶成長が可能(高信頼性)
- 2DEGによる高電子移動度



超高効率・高出力モーターに資する世界最強磁石の開発

Tetragonally distorted FeCo based alloys for innovative permanent magnets

研究開発の背景

CO₂削減、省エネルギー、資源戦略の観点から、モーターの効率化に資する高性能磁石の開発が望まれています。FeCo合金は、希土類元素を含まず、また全ての遷移金属合金の中で最大の磁化をもつことが古くから知られていましたが、結晶構造が立方晶なのでそのままでは永久磁石になりませんでした。しかし最近になって、理論と実験の両方から、FeCoの結晶構造を立方晶に変形すれば、非常に高性能な永久磁石になり得ることが示されました。現状では、実験的には厚みが数原子層の薄膜でそのことが実証されており、今後の課題は厚膜での実証とバルク化です。立方晶のFeCoは平衡相ではないので、本研究では微量の第三元素を添加するなどの工夫をしてFeCo基合金磁石の開発を進めます。

研究開発の内容と目標

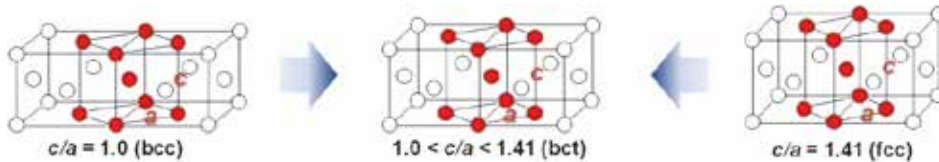
本プロジェクトでは、本来立方晶であるFeCoの結晶構造を、厚膜において無理やり正方晶化する手法を確立し、次いでバルク化の指針を立てます。まずは、FeCoを正方晶化する手段として、第三元素の添加効果を理論と実験の両面から検証します。進め方としては、第一原理計算による第三元素探索で最適解を求め、次いで成膜実験で効果を検証します。そこから得られた実験的な最適解を元に、本プロジェクトではナノテックで組織を微細加工して、良好な磁気特性が出るモデル試料を作製し、設計図の最適解を示します。次いで設計図の最適解を目標としたバルク化技術の開発を進めます。

研究開発項目

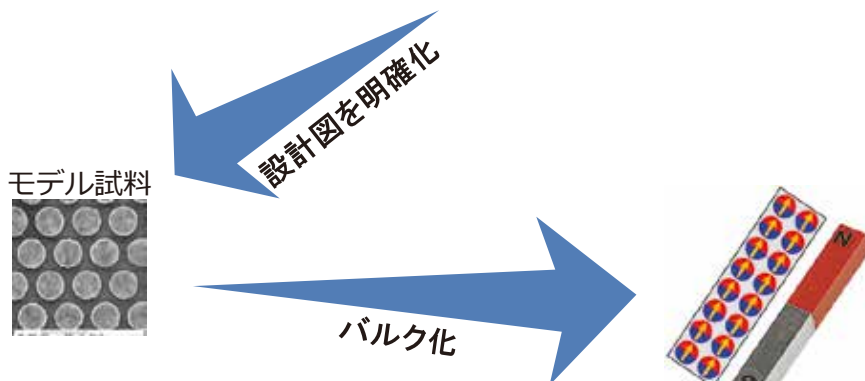
1. FeCoを正方晶化する効果をもつ第三元素の理論的探索と実験的検証
2. ナノテクノロジーを用いた組織の微細化とモデル試料の作製
3. バルク化技術の開発

研究開発の実施体制

国立大学法人秋田大学



理論と実験から有効な第三元素を明確化



AlNを用いたヘテロ接合型超高耐圧・大電流パワーデバイスとAlN結晶評価技術の開発

High breakdown voltage and large current power devices using AlN-based heterostructures

研究開発の背景

近年、化石燃料消費の抑制、電気自動車の普及、再生可能エネルギーの高度な利用など、エネルギーの生産と消費の構成が大きく変わっています。2050年頃のカーボンニュートラル社会の実現に向け、エネルギー、特に電力を無駄なく高効率で利用することが必須で、高耐圧・大電流・低損失のパワーデバイスによる電力変換・制御はそのコア技術として期待されています。

こういったパワーデバイスは、従来Siを原料として作られていましたが、その性能は理論限界に近づいてきています。更に高性能のパワーデバイスの実現には、広禁制帯幅を持つ半導体が必要です。本研究は半導体の中で最大のバンドギャップを有するAlNを用いたパワーデバイスの作製と実証を行います。

研究開発の内容と目標

本研究では、高品質のAlN結晶成長技術とAlN結晶欠陥評価技術を確立した上で、革新的デバイス構造を有するN極性(AI)GaN/AlN HEMTを作製します。

結晶成長では、有機金属化合物気相成長法を用い、サファイア基板又はAlN基板の上に、上記HEMT構造における二次元電子ガス(2DEG)の発生に必要な低転位密度、低不純物密度、優れた平坦性を有する高品質N極性AlNの成膜技術を確立します。結晶欠陥評価では、エッチピット法、放射光X線トポグラフィ、透過型電子顕微鏡、多光子励起顕微鏡等を用いた多面的評価を行い、結晶品質の向上に必要な情報をフィードバックします。

高品質のN極性AlN膜を基に作製したHEMTデバイスの動作実証と性能評価を行い、高耐圧・大電流・低損失を実現するための課題を明確化します。

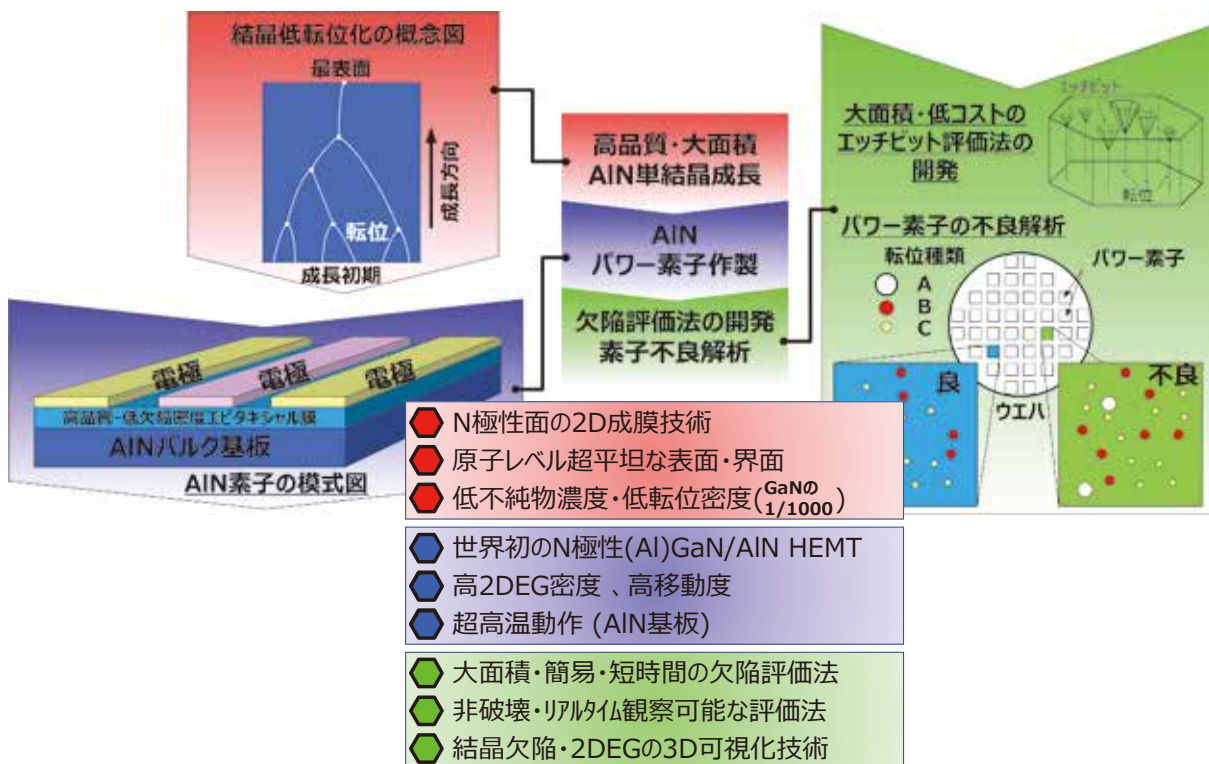
研究開発項目

1. N極性面AlNの成長と結晶性評価
2. N極性面ヘテロ接合型トランジスタの研究
3. 大面積AlN結晶の欠陥評価法の確立
4. (Al)GaN/AlNにおけるキラール欠陥の特定

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
国立大学法人山口大学

AlNを用いたヘテロ接合型超高耐圧・大電流パワーデバイスの開発項目





湿度変動発電素子の研究開発

Development of Hygro-electric Generator

研究開発の背景

社会のあらゆる場所に膨大な数の電子機器が設置される将来のIoT社会においては、それらの電子機器への電源供給が技術的問題になると考えられています。従来のように電源配線や電池を使用する方法は、電子機器の数が増えるにつれて配線の複雑化や電池交換コストの増加を招くため、将来的には現実的なものでなくなると考えられます。そこで、光・熱・振動などの環境中にありふれたエネルギーを使って微小な電力を生み出す環境発電技術が開発されています。しかしながら、従来の環境発電技術では発電が可能な場所の制約が大きく、「どこでも発電できる」新たな環境発電技術が求められています。

研究開発の内容と目標

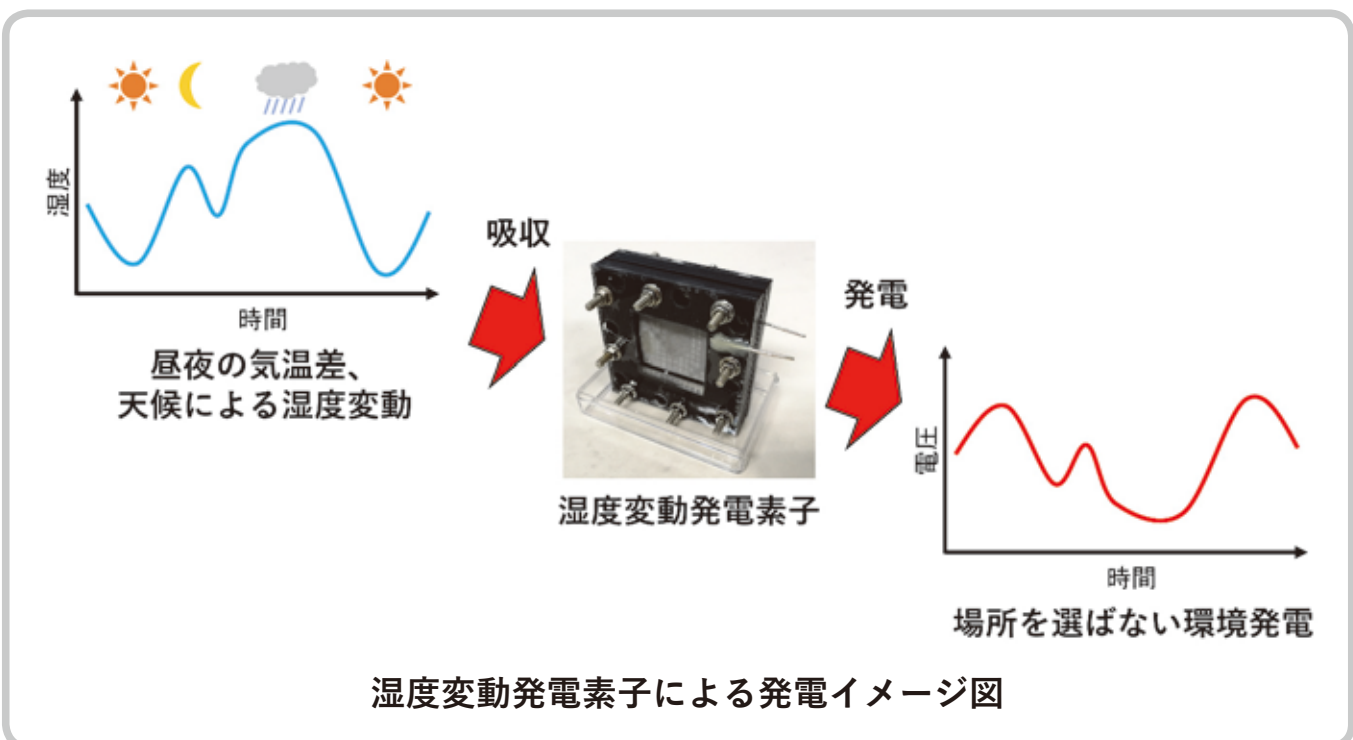
本研究では、「空気中の湿度の変動」をエネルギー源とする新たな環境発電技術を開発することで左記の課題の解決に取り組んでいます。普段あまり意識されませんが、空気中の湿度は1日の中で大きく変化しています。また、他のエネルギー源とは異なり、湿度（水蒸気）は空気中で拡散してあらゆる場所に広がるため、「どこでも発電できる」環境発電技術の創出につながることを期待できます。最終的には湿度変動を用いた発電によって数百 μ W程度の出力が得られる素子を開発し、IoT機器向けの自立電源としてセンサや省電力無線通信モジュールなどの駆動を実証することを目標としています。

研究開発項目

1. 湿度変動発電の原理検証
2. 発電性能の向上
3. 発電量シミュレーション技術の開発
4. 発電実証試験

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



周波数変調・積分型MEMSジャイロスコープの開発

Frequency Modulated and Rate Integrating Gyroscope

研究開発の背景

自動運転や小型ドローンの高精度姿勢制御・自律航行のためには、慣性センサが必須である。小型かつ低価格化が可能なのは、MEMS技術を用いたもののみであるが、現在市販されているMEMSジャイロスコープの多くは、性能の面で機械式回転ジャイロスコープやレーザージャイロスコープに劣っている。

実際のアプリケーションでは、環境温度が大きく変動するため、実用的なセンサでは温度感度が小さいことが重要である。そこで、本研究では原理的に温度感度が零である周波数変調・積分型ジャイロスコープの開発を行う。

研究開発の内容と目標

周波数変調・積分ジャイロスコープでは、独立に制御された2つの振動モードの周波数・位相の情報が必要になる。これまでに報告されているものでは、これらを2つの別々の振動子で実現したり、時分割で実現しているが、温度特性の完全補償の観点からは、これらの方法は適切ではない。

そこで、1つの振動子で2つの独立した振動モードを完全独立に制御する方法を開発し、これを用いた周波数変調・積分ジャイロスコープを実現させる。また、2つのモードの完全独立制御のために、振動子の非直交性を補償する方法を開発する。

研究開発項目

1. MEMS振動子の作製プロセスの確立
2. トリミング技術の確立
3. フィードバック技術を用いた周波数・減衰定数のマッチング手法の開発
4. オンラインミスマッチ計測技術の開発
5. ASIC (カスタムIC) の開発

研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学

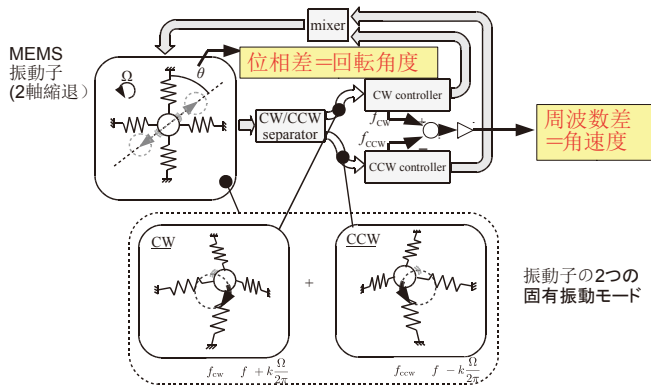


図1：周波数変調・積分ジャイロスコープのシステム

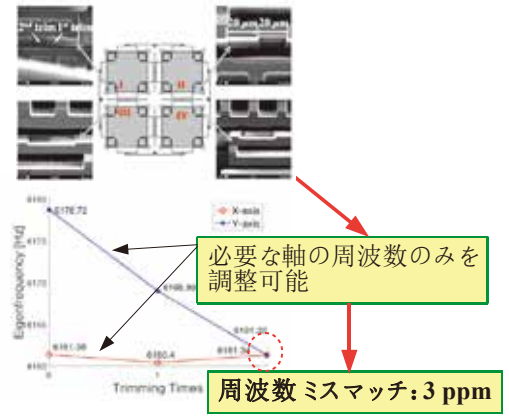


図2：非直交性補償のための周波数トリミングの結果

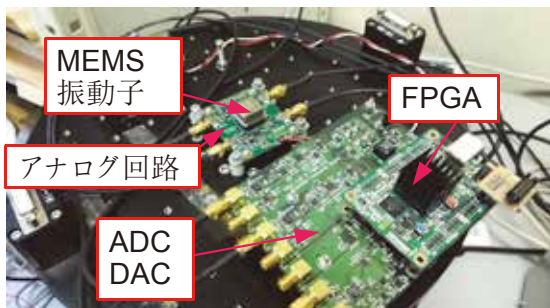


図3：ジャイロスコープの制御システム

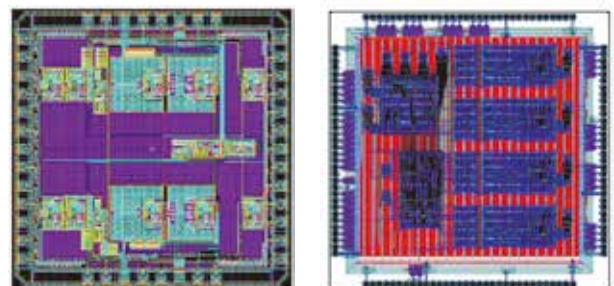


図4：ASICの開発 (左) アナログ部 (右) デジタル制御部



磁気-熱-電気間相互作用の体系的解明と新原理デバイスの開発

Systematic elucidation of the magneto-thermo-electric interaction and development of novel mechanism device

研究開発の背景

インターネットの普及によるユビキタス社会は年々進み、様々なものがインターネットにつながるIoTデバイスの普及と共に、今後年間数千億個のセンサが社会実装されると予想されています。それに伴い電力消費量が増加することが懸念され、環境に与える負荷を最小限にするセンサや発電技術の確立が、IoTの普及の鍵を握っています。そこで本研究では、熱電分野と磁性分野の研究者の強固な連携により「磁気-熱-電気間相互作用」を体系的に解明し、前例のない正常・異常ネルンスト効果、磁気ゼーベック効果を利用した省エネルギーデバイスを提案します。

研究開発の内容と目標

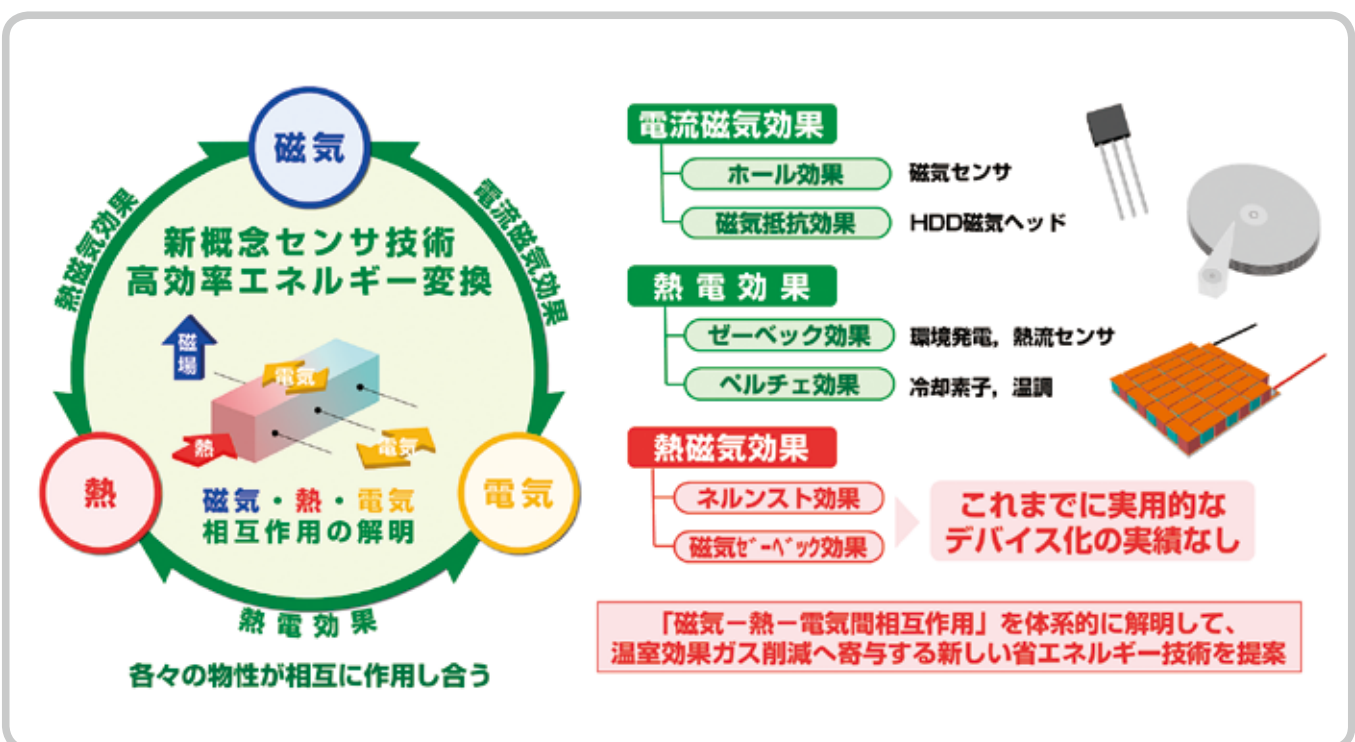
これまでにデバイス化された実績のない熱磁気効果に着目し、磁気-熱-電気間相互作用の体系的な解明と大幅な高性能化、熱磁気効果を利用した新原理デバイスの開発を行います。原理検証だけに終わらず、出口を見据えたデバイス化を実施します。具体的には、産業技術総合研究所において正常ネルンスト効果や磁気ゼーベック効果を中心とした磁場中熱・電気伝導現象の解明と高性能熱電変換デバイス開発を行い、物質・材料研究機構において大きな異常ネルンスト効果を発現する材料の開発や、磁性体・熱電体のハイブリッド材料の創製、これらの効果に基づいた熱流センサーの開発を行います。

研究開発項目

1. 磁場中の熱電物性評価技術の確立
2. 磁気-熱-電気間相互作用の学理解明
3. 正常・異常ネルンスト効果の高性能化
4. 磁性体/熱電体ハイブリッド材料の創製
5. 熱磁気効果を利用した新原理デバイス開発

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
国立研究開発法人物質・材料研究機構



サスペンデッドグラフェンを用いた低消費電力集積化センサシステムの研究開発

Integrated sensor system using suspended graphene with low power consumption

研究開発の背景

病気に由来して特異的に増加する生体分子を微量の血液や尿から検出することによって、簡単・迅速・安価に病気の検査が可能になる。また、最近では呼気ガスや皮膚ガスからも炎症や疾患に由来する特異的なガス成分が存在することが分かっており、より侵襲性の低い診断技術として期待される。このようなマーカーを検査する装置として、タンパク質マーカーの検出には酵素結合免疫吸着法（ELISA）が、ガス検出にはガスクロマトグラフィー質量分析法（GC/MS）、ウイルスの感染の有無を調べるためにはPCR法を使用した測定・検査装置が普及している。しかしながら、このような既存の分析装置は、大型で消費電力が大きく、高価で長い測定時間を要するなどの課題があった。

研究開発の内容と目標

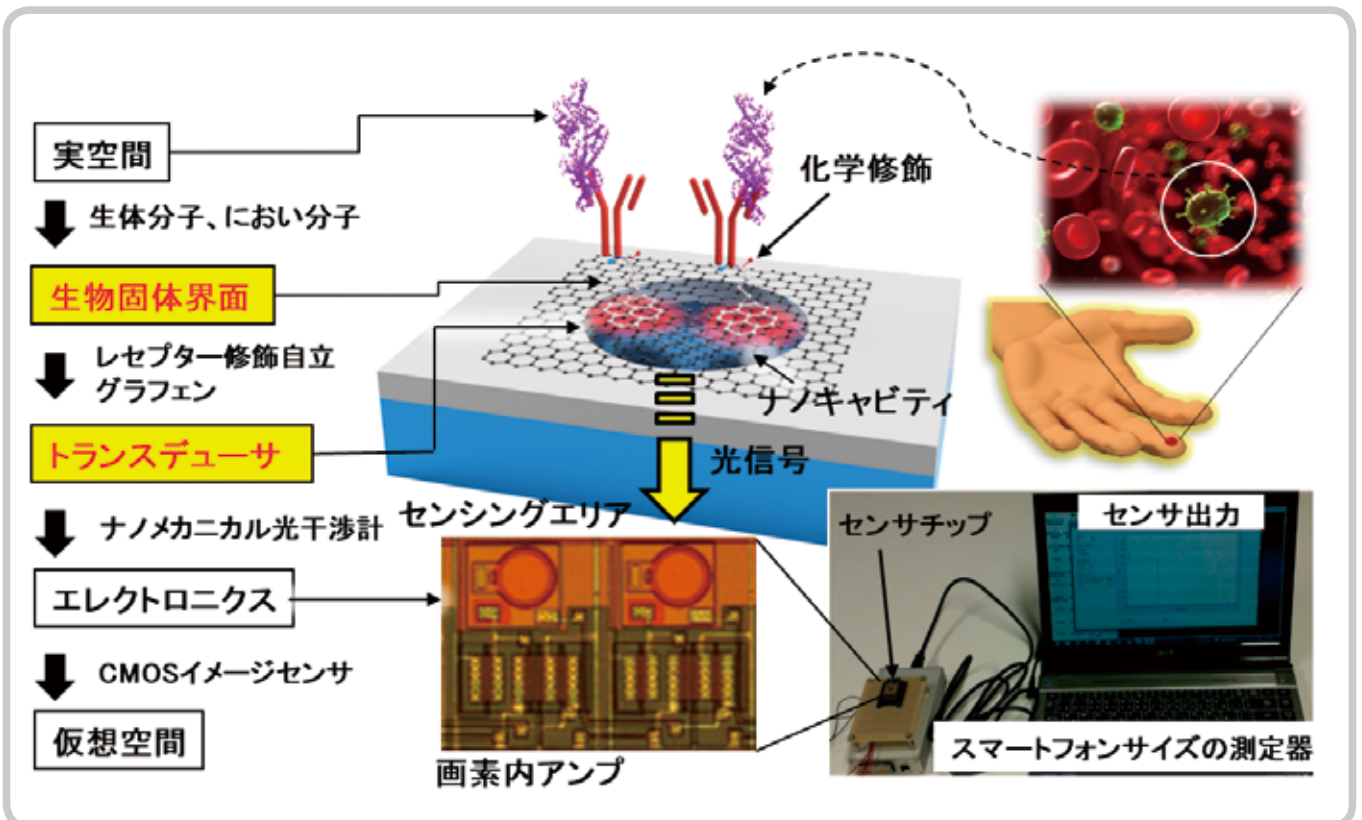
本研究では、高いキャリア移動度と機械的特性を持つグラフェンのサスペンデッド構造を特徴とした、超低消費電力MEMSセンサシステムの開発を目的とする。CVDグラフェンを減圧、気相条件で転写することにより、キャビティ内が真空封止されたグラフェンドラム構造を形成する新規作製方法を開発する。このキャビティ封止サスペンデッドグラフェンを化学的に機能化し、分子の特異的検出を実現する。また、サスペンデッドグラフェンの高いキャリア移動度を利用して、低消費電力トランジスタの開発を行う。以上より、二次元材料を基盤とした低消費電力集積化センサシステムの要素技術を開発し、1 zg/Hz以下の質量感度を持ったIoTバイオセンサ・化学センサを実現する。

研究開発項目

1. キャビティ封止架橋グラフェンの作製
2. 選択的分子検出の実現
3. 分子質量感度の向上
4. 架橋グラフェントランジスタの実現
5. グラフェンセンサの社会実装の調査・検討

研究開発の実施体制

国立大学法人豊橋技術科学大学





ワイヤレス電力伝送システムに資する新たな超電導デバイスの創製

Novel superconducting devices for wireless power transmission systems

研究開発の背景

2050年の脱炭素社会の実現に向けて、再生可能エネルギーの主力電源化が推進されています。自然変動性がなく面積あたりの発電効率の良い将来の再生可能エネルギーとして、宇宙太陽光発電システムが挙げられます。具体的には周波数5.8 GHzのマイクロ波を用いて1基あたり1 GW級の発電量が構想されています。現状では、受電部の電力効率が低い点が課題です。

国際海運・国際航空においても脱炭素化が推進されています。ワイヤレス電力伝送システムを用いて外洋を移動する船舶、航空機に電力供給を行うことにより、長距離輸送での脱炭素化の実現が期待されます。

研究開発の内容と目標

本事業では、マイクロ波を用いたワイヤレス電力伝送システムの課題である高感受電、高効率整流に加え、高耐久貯蔵の3つの機能性を併せ持つ新規の超電導デバイスを提案し、その基盤技術を開発します。

これまで、超電導体における整流効果は原理検証に留まっていたのに対し、本事業では量産に適した材料の探索、プロセス手法、運転環境試験技術を明らかにするために、新規材料探索、高性能化・大容量化プロセス開発、デバイス化および評価技術の確立の3つの研究項目に分けて研究開発を行っています。

研究開発項目

1. 新規材料探索
2. 高性能化・大容量化プロセス開発
3. デバイス化および評価技術の確立

研究開発の実施体制

国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学
 国立研究開発法人産業技術総合研究所
 学校法人関西学院関西学院大学



図1. 宇宙太陽光発電から洋上受電、輸送機へのワイヤレス電力伝送システムの構想。



図2. 研究開発項目の内容。

超電導材料をはじめとする革新的電導材料の開発又はデバイスへの応用

革新的エネルギーネットワーク基盤技術の創製

Development of Fundamental Technology for Innovative Energy Network

研究開発の背景

化石燃料の枯渇・地球環境問題への配慮・我が国の極めて低いエネルギー自給率を考えると、太陽光や風力に代表される再生可能エネルギーの導入拡大は喫緊の課題ですが、これらの発電量は天候による時間変化が大きく、設備容量や周波数変動の問題から、現状の電力系統の受け入れ許容量はごく限られたものになっています。この観点から、発電量の変動を吸収できる電力貯蔵技術の確立が極めて重要な課題となっています。そこで本研究では、超伝導ケーブルによって電力系統自体にエネルギー貯蔵機能を与えるという新しいコンセプトにより、再生可能エネルギー大量利用社会の実現を目指します。

研究開発の内容と目標

本研究の遂行には、十分なエネルギーを貯蔵することが可能な新しい超伝導ケーブルを開発する必要があります。また、その超伝導ケーブルを再生可能エネルギーを主な電源とするマイクログリッドにおいて効果的に機能させる制御手法を開発する必要があります。これまでに、そのような超伝導ケーブルの提案・設計・小型プロトタイプ製作を済ませ、電力系統シミュレータとの連携により、再生可能エネルギーの激しい出力変動を補償できることを実証することに成功しました。現在は、将来的に拡大展開可能なマイクログリッドとしての技術確立を目指し、研究開発を続けています。

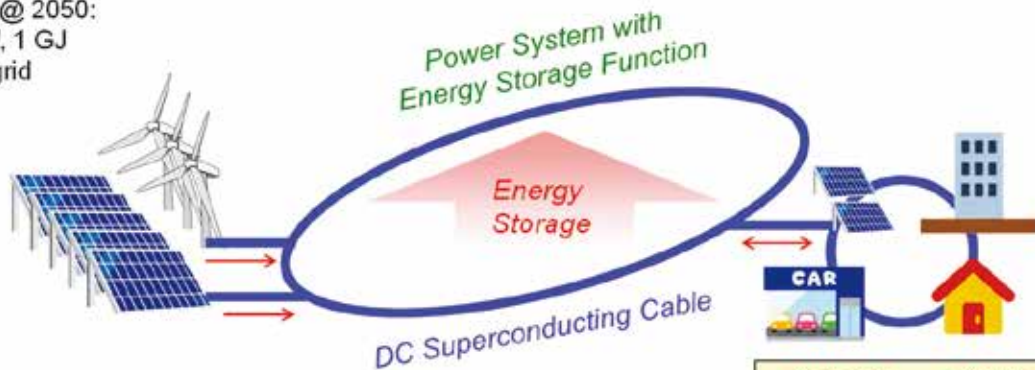
研究開発項目

1. 超伝導ケーブルによる電力系統のエネルギー貯蔵技術の開発
2. 電力系統の充放電インターフェースの開発
3. 電力系統の制御・保護技術の開発
4. 再生可能エネルギー大量導入に向けたシステム最適化

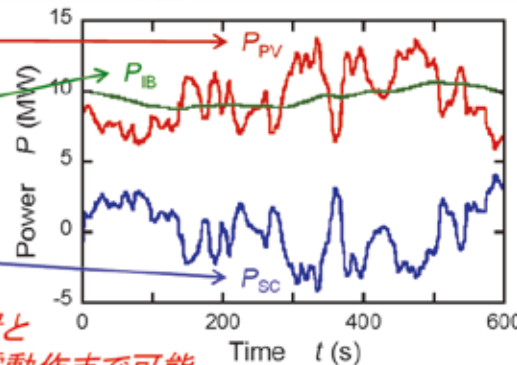
研究開発の実施体制

国立大学法人九州大学
大学院システム情報科学研究所
電気システム工学部門
東川研究室

Target @ 2050:
10 MW, 1 GJ
micro-grid



太陽光発電からの出力
平滑化された出力
超伝導ケーブルによる充放電動作



電池類なしで系統容量と同じオーダーの充放電動作まで可能

超伝導ケーブルによって電力系統自体にエネルギー貯蔵機能を与えるという革新的なコンセプトを軸に激しい出力変動が制約となる再生可能エネルギーの大量導入を可能とする次世代エネルギーネットワーク基盤技術を開発



自己増殖型資源を利用したセルプラスチック軽量素材の実現

Cell-plastics as light-weight materials with self-proliferating resource

研究開発の背景

プラスチックは軽くて丈夫であり、身の周りで多用されています。それらの多くは石油資源から製造されており、廃棄時にCO₂が発生することや分解されずに環境中に流出することなどの問題があります。そのため、バイオプラスチックが開発されていますが、原料の精製が困難であることや高コストであることからほとんど普及していません。そこで、我々は光合成により自己増殖できる緑藻細胞を素材とする「セルプラスチック」の開発を目指します。廃棄時に発生するCO₂を緑藻細胞の生産に再利用することで、実質的なCO₂ゼロエミッションが期待されます。この研究では緑藻の大量培養系の構築や細胞と充填剤とのハイブリット化に対する技術的課題の克服を目指します。

研究開発の内容と目標

本研究開発では、緑藻を主原料とし、有機物で補強した構造をもつ「生分解性セルプラスチック軽量素材」を実現します。セルプラスチックを実際に作製するために、細胞レイヤーを作製しこれを重ね合わせ補強した素材や、レイヤー化せずに細胞同士を有機物質で直接的に繋ぎ作製した素材の作製を目指します。本事業における研究開発は、2050年に温室効果ガス排出削減などを目指して、エネルギー・環境分野の中長期的な課題を解決して低炭素社会の実現に資する、革新的な低炭素技術シーズを探索・創出を目指す中で、大量生産や加工技術を設立して、ひいては地産地消を実現する系を開発し次の研究ステップへの発展、将来の国家プロジェクトに繋げていくことを目標とします。

研究開発項目

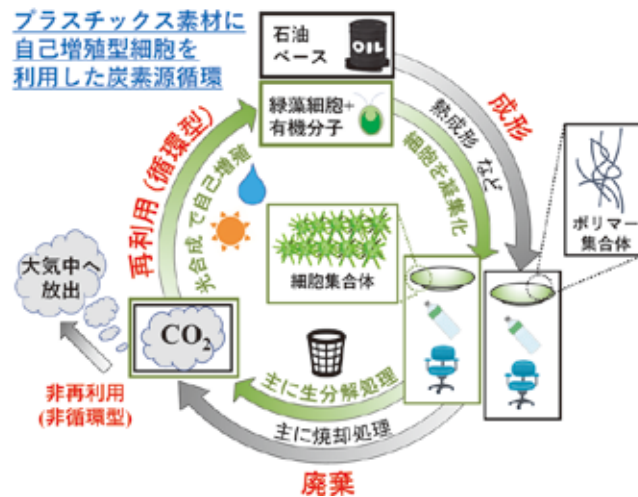
1. 細胞レイヤー複層化技術による素材の開発
2. 細胞間充填剤としてのポリマーの開発
3. 細胞接着のための微生物学的工法の開発

研究開発の実施体制

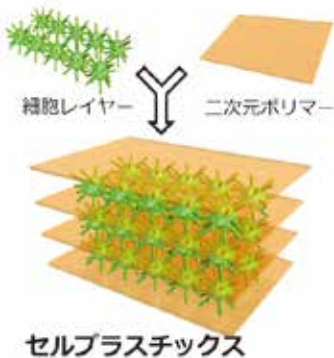
学校法人片柳学園
東京工科大学応用生物学部
東京工科大学工学部



緑藻細胞とその培養

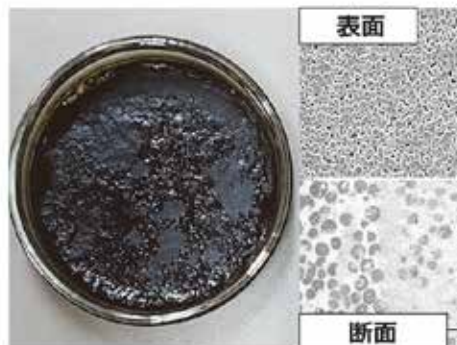


炭素循環する細胞プラスチックのイメージ



セルプラスチック

細胞レイヤー複層化技術により作製されたプラスチック素材



生分解性有機物質を充填剤とし作製されたプラスチック素材

選択的酸化法による植物由来ポリマーの接着制御

Adhesion control of biomass plastics by selective oxidation

研究開発の背景

超軽量構造材料の社会実装にはプラスチックの利用が避けては通れません。しかし既存の石油由来プラスチックは化石燃料を原料としているため、その利用拡大はむしろCO₂排出量の増加に繋がります。そのため石油由来プラを、カーボンニュートラル特性を持つ植物由来プラ（バイオマスプラ：BP）へと置き換えることがCO₂排出の大幅削減の有効な手段と考えられますが、BPは物性・機能の面で劣る場合が多く、普及がほとんど進んでいません。今後、BPの適用範囲の拡大を目指す中で、異種材料との接着が大きな課題となっており、表面の特性を制御してこれら新たな機能を付与することが強く求められています。

研究開発の内容と目標

本研究では、2050年までに石油由来プラをBPへと完全に置き換えることを目指して、BPの用途拡大を企図した機能性の付与、特にこれまで困難であった接着制御を実現します。側鎖の化学修飾が極めて困難なBPに対し、二酸化塩素への光照射による活性化を利用した新規酸化官能基化技術を適用することで、酸素官能基導入に基づいた親水性の向上および接着性の付与を目標としています。BPと異種材として金属との接着剤フリーでの接着技術、BPに対する相溶性付与による他樹脂とのブレンド（アロイ化）技術、さらには接着メカニズム解明を目指した接合部評価法の開発を目指します。

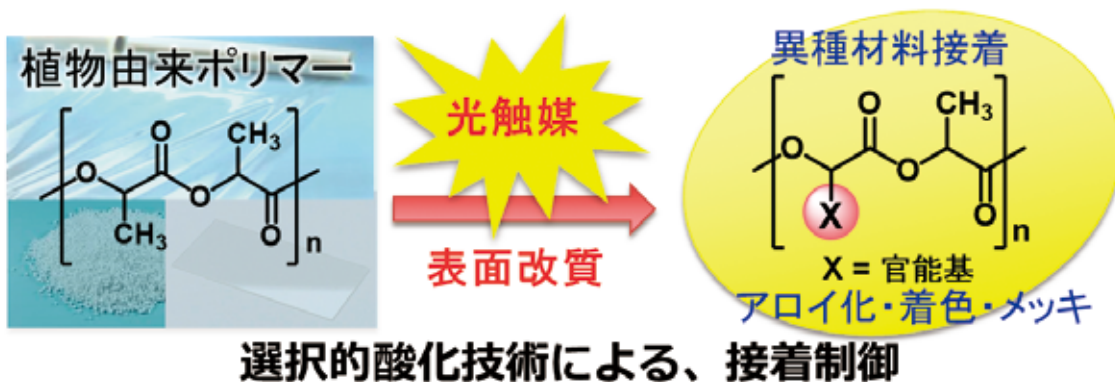
研究開発項目

1. 植物由来ポリマー処理技術の開発
2. 異種材料との接着技術の開発
3. 他樹脂との相溶化技術の開発
4. 異種材料接合部評価法の確立

研究開発の実施体制

国立大学法人大阪大学

～革新的な表面改質技術によるPLAへの特性付与～



石油由来ポリマーを植物由来ポリマーへ
排出CO₂の大幅削減

排気ガス由来低濃度CO₂の有用化製品への直接変換

Direct Conversion of Low-Concentration CO₂ Originating from Exhaust Gas into Useful Products

研究開発の背景

我が国の地球温暖化対策計画に掲げられている「2050年までにCO₂排出量80%削減」を実現するため様々な対策が取られています。特に、火力発電所の排出CO₂は我が国の総CO₂排出量の約3割占めており、ベースロード電源として将来的にも重要であることから、その排出CO₂への対策が喫緊の課題となっています。これを踏まえ、火力発電所排気ガスの低濃度・低品質なCO₂を回収・貯留・利用する技術の研究が進められてきたが、既存の手法は事業者インセンティブが小さいことやコスト・エネルギー消費が大きいことが課題であり、発電所を所有する民間企業の参入には大きな障壁がありました。

研究開発の内容と目標

左記のような課題を解決するに当たり、低濃度のCO₂を濃縮・圧縮・精製を行わずに回収・利用するDirect Air Capture (DAC) 技術の活用が有効と考えられます。そこで本研究では、DAC技術を活用して、火力発電所排気ガス中の低濃度・低品質なCO₂を大きな市場規模を持つ有用化学品であり、なおかつ現行合成法の代替が求められているポリウレタン原料に直接変換する反応の開発を目指します。そして、事業者のインセンティブが大きく、なおかつ低コスト・低エネルギー消費なCO₂利用・削減技術を確立し、火力発電所を所有する民間企業が積極的にCO₂削減に参入できる仕組みを実現します。

研究開発項目

1. 排気ガス中のCO₂を利用可能とするポリウレタン原料合成プロセスの開発
2. 石炭火力発電所排気ガス分析と実証実験

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
東ソー株式会社



CO₂循環型新製鉄システムの研究開発New Iron-Making Process with CO₂ Cycle

研究開発の背景

我が国の製鉄技術の環境性能は世界最高水準ですが、鉄鋼業からは膨大な量のCO₂が排出されており、産業部門排出量の半分近く、わが国の総排出量の15%近くを占めます。CO₂の大半は石炭を燃料、還元剤として用いる高炉に由来し、これは国内外を問わず世界共通の課題です。そのため、鉄鋼業は“difficult-to-eliminate emissions”な産業として認識されています。この状況を打破するためには、高炉法を基盤とする製鉄法を抜本的に見直すことが求められます。言い換えると、ネットゼロエミッション型の製鉄法を確立、社会実装することはCO₂排出量削減の問題可決に強く寄与します。そのためには、化石資源を使わない新規な製鉄法の開発と、同時に不可避免的に排出されるCO₂を有効利用する技術の開発が不可欠です。

研究開発の内容と目標

本研究では、新たな製鉄法として、有機酸による鉄鉱石からの鉄抽出、有機酸鉄錯体の光還元・析出、析出物の熱分解から成るプロセスを提案します。有機酸鉄錯体の化学的特性により、既往の製鉄法と比べてはるかに低温で鉄の生成に至ること、多段階の化学的スクリーニングにより高純度・高品質の鉄が生成すること等が期待され、一部の処理工程ではCO₂が生成しますが、CO₂を原料として有機酸を合成、原料として利用することができれば、化学量論上は炭素フリーの製鉄となります。研究では、各要素反応の技術開発を行い、大規模産業である製鉄に見合う技術となりうるかどうかとネットゼロエミッションの観点からプロセスを評価するとともに課題を抽出し、その実現可能性と方向性を提示することを目標とします。

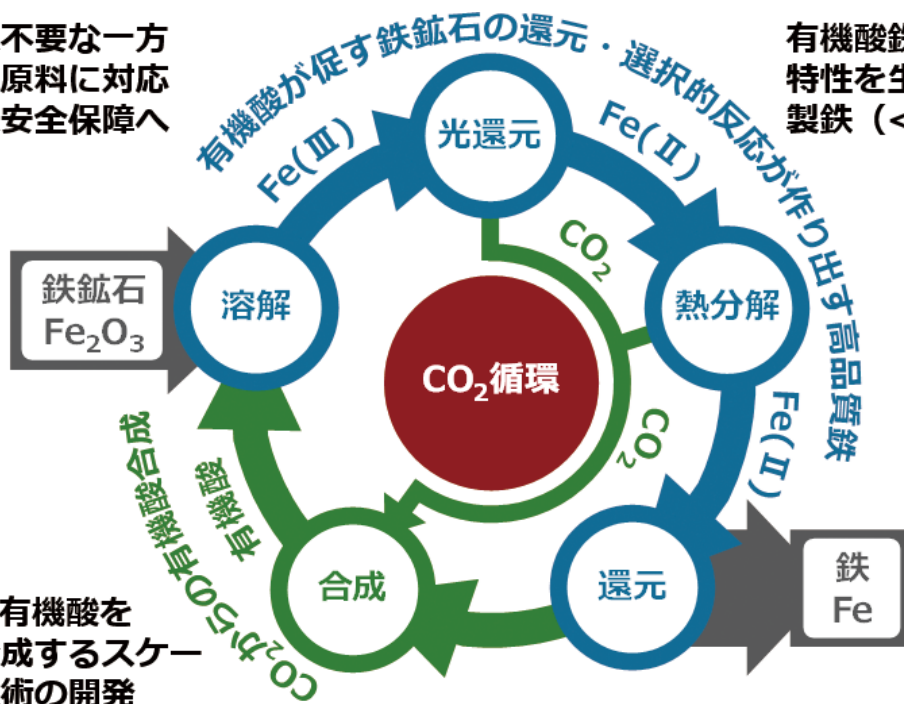
研究開発項目

1. ウェット処理プロセスの開発
2. ドライ処理プロセスの開発
3. CO₂を原料とするシュウ酸製造法の開発

研究開発の実施体制

国立大学法人九州大学

化石資源不要な一方
多様な鉄原料に対応
する資源安全保障への
貢献



CO₂とH₂からの高付加価値化学品合成に関する先導的研究

Synthesis of high value-added chemicals from CO₂ and H₂

研究開発の背景

温室効果ガスであるCO₂の大幅な削減を達成し、エネルギー・環境分野の中長期的な課題を解決するためには、グリーンH₂、最小限の化石資源、CO₂を原料として用途の広い高付加価値化学品を合成する革新的物質生産体系を確立させる必要があります。

そこで本研究では、温室効果ガスの排出削減と石油ミナマム利用を同時に達成する革新的有機物質生産システムの基盤技術として、CO₂とH₂をメチル基原料とする機能化学品・モノマー原料製造技術を確立します。

研究開発の内容と目標

CO₂/H₂混合ガスを用いて、One-potでベンゼン等の芳香族化合物のメチル化反応を実現します。先行例の無い本提案反応を用いて、メタノールをメチル化剤として用いる現行のメチル化プロセスと同等以上のメチル化効率を達成することを目標とします。

本反応は、すでに工業化されているCO₂とH₂からのメタノール製造に比べて、平衡的に有利かつ生成物として高付加価値化合物を与える点が大きなメリットです。

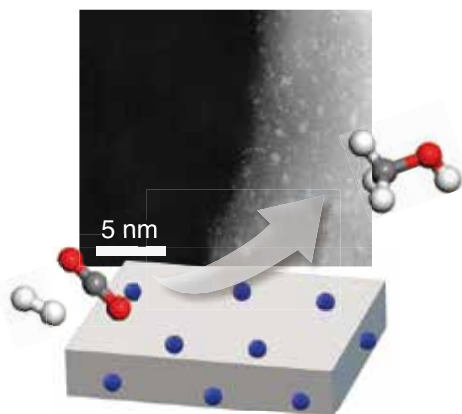
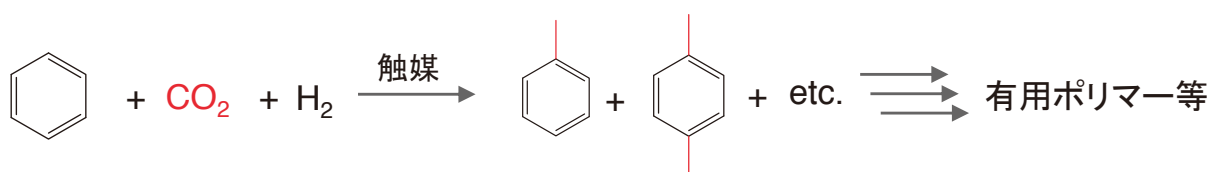
研究開発項目

1. CO₂水素化によるメタノール合成
2. CO₂/H₂混合ガスによる芳香族のメチル化
3. 上記反応の作用機構解明

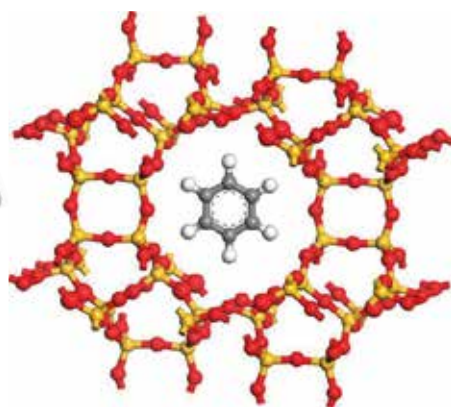
研究開発の実施体制

国立大学法人北海道大学

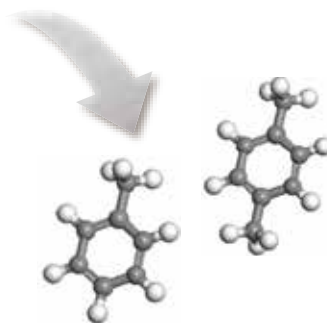
CO₂/H₂混合ガスによる芳香族のメチル化



水素化触媒



メチル化触媒



二酸化炭素とジオールの重合用固体触媒プロセスの開発

Development of solid catalyst processes for direct polymerization of CO₂ and diols

研究開発の背景

世界規模での地球温暖化が問題となっており、世界全体で抜本的な温室効果ガス排出削減のイノベーションを進めることは必要不可欠です。二酸化炭素を安価かつ安全なC1炭素資源と捉え、二酸化炭素を有用化学品に変換・固定化することができれば、二酸化炭素の固定化と資源の多様化を実現できる技術として期待できます。二酸化炭素の化学固定化技術として、外部からのエネルギー投入を最小限にした触媒化学プロセスの構築は必須であり、二酸化炭素の非還元変換による有機カーボネート類（有機カーボネート、カーバメート、ウレア及びこれらのポリマー）の合成は、比較的温和な条件での変換が可能と考えられます。しかし、従来の有機カーボネート類は、主に有毒なホスゲンを用いたプロセスで合成されてきました。従って、ホスゲン法に代わるグリーンな合成技術の開発が求められており、二酸化炭素を代替C1炭素源とした触媒プロセスの構築に注目が集まっています。

研究開発の内容と目標

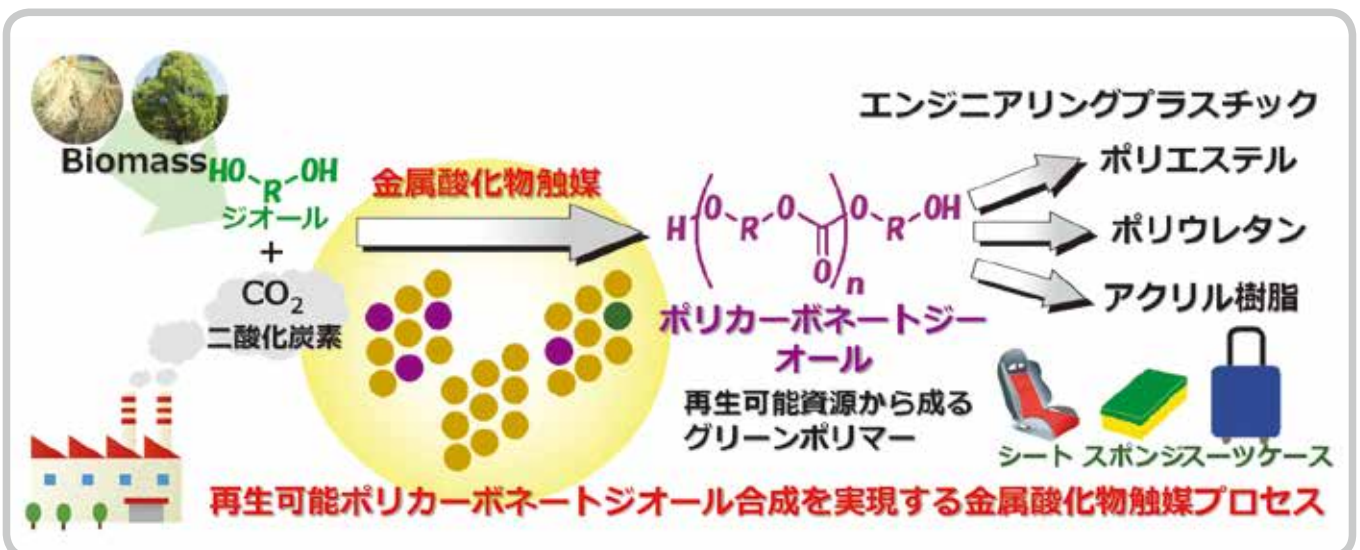
二酸化炭素の非還元変換による有機カーボネート類合成の最大の課題は、反応の平衡制約であり、反応により生成する水を効率的に除去する技術の開発が必要不可欠です。水除去技術として、物理吸着剤や反応性有機化合物などの脱水剤を利用した方法が知られていますが、脱水剤の再生・再利用が課題となります。そこで本研究では、このような脱水剤を用いず、原料、生成物、生成水の沸点差に着目し、二酸化炭素ガスの流通により、生成水を効率的に除去できるシンプルかつ汎用性の高い触媒反応プロセスを開発します。これにより、二酸化炭素とジオールからのポリウレタン原料となるポリカーボネートジオールの一段階合成を実現させます。これらの技術開発により、二酸化炭素を空气中に排出せず、ポリマー等の有用化学品合成に活用する炭素循環型社会の構築を目指します。

研究開発項目

1. 脱水剤を用いない水の効率的除去プロセスの開発、および、低圧二酸化炭素の活性化技術の開発
2. 新規触媒プロセスのLCA
3. 触媒反応プロセスの検討

研究開発の実施体制

公立大学法人大阪大阪市立大学
(再委託先)
国立大学法人東北大学
日本製鉄株式会社





低消費電力フレキシブルCMOSの創製

Low power consumption flexible CMOS

研究開発の背景

温室効果ガスの排出削減が緊急の課題となっている一方、我々の身の回りの電子デバイスは加速的に増え続けています。高度IoT社会においては、低消費電力かつ汎用性の高い情報端末の開発が必要となります。Si基板上に構築されてきたCMOS回路をディスプレイ部に組み込んだ「システム・イン・ディスプレイ」は、軽量・コンパクト・低コスト・低消費電力・高速・高信頼性など、多くのメリットがあります。特に、安価・軽量・丈夫・柔軟なプラスチック上に高性能なCMOSを構築することができれば、ウェアラブルかつどこにでも設置可能な、究極の情報端末が創出されます。

研究開発の内容と目標

フレキシブルCMOSの実現には、プラスチック上に高性能なp/nチャネル薄膜トランジスタを構築する必要があります。本研究では、高いキャリア移動度をもつGe系材料に着眼し、世界最高水準のシーズ技術である筑波大学の「高移動度Ge系薄膜の結晶成長技術」および九州大学の「Ge系MOSFET技術」を融合・発展させます。Si-MOSFETを上回る高移動度p/nチャネル薄膜トランジスタをプラスチック上に構築し、従来のプラスチック上Si-CMOSと比して一桁高い発振周波数(300 MHz)、および低消費電力動作(1/100)を実証することを目標とします。

研究開発項目

1. 高キャリア移動度薄膜の低温合成技術
2. フェルミ準位および粒界の制御技術
3. ソース・ドレイン接合技術
4. 低消費電力・高性能フレキシブルCMOS技術

研究開発の実施体制

国立大学法人筑波大学
国立大学法人九州大学

筑波大学



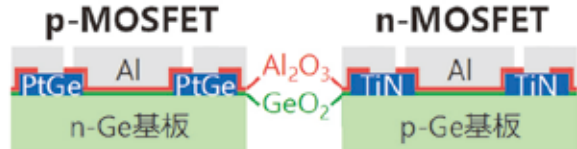
$$\mu_{\text{Hall}} = 690 \text{ cm}^2/\text{Vs}$$

$$p = 1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

世界最高移動度p型半導体薄膜のプラスチック上合成技術

Sci. Rep. 7, 16981 (2017); Sci. Rep. 8, 14832 (2018)
APEX 12, 015508 (2019).

九州大学

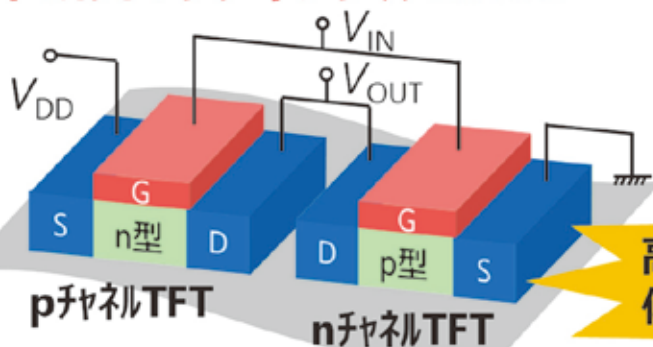


低温Geトランジスタとして世界最高の電界効果移動度(ゲートスタック)
低Off電流(ショットキーS/D)

APL 103, 122106 (2013); APL 104, 132109 (2014).

融合・発展

本研究: フレキシブルCMOS



$$\mu_n > 600 \text{ cm}^2/\text{Vs}$$

$$\mu_p > 400 \text{ cm}^2/\text{Vs}$$

$$\text{On/Off} > 10^6$$

高速発振 (> 300 MHz)
低消費電力 (< 1/100)

スマートグリッドの先へ導くパワーエレクトロニクス技術

Powerelectronics technology to lead beyond “smart grid”

研究開発の背景

世界的なエネルギー・環境問題への取り組みとして、現在、各国では、持続可能な開発目標 (SDGs) に向けて自然エネルギーの導入が進められています。効率的な電力マネジメントを行うスマートグリッドによって、自然エネルギー利用増加が期待されています。しかし、現在の送配電網では、電力の効率的な輸送ができないため、自然エネルギー活用へのボトルネックとなります。

本研究では、電力輸送に有利な網目状の送配電網普及によるボトルネック解消を目指して、網目状の送配電網の直接的かつ能動的な電力潮流制御を可能とする技術開発を行います。これにより、スマートグリッドのさらに先を見据えた新しい電力ネットワークシステムの実現を目指します。

研究開発項目

1. 送配電網に直列接続する力率調整装置の開発
2. 半導体化多頻度電力潮流切り替え器の開発
3. 短時間過負荷耐量を有する電力変換器の開発
4. 超低オン抵抗パワー半導体デバイスの開発
5. 過負荷耐量の大きいデバイスの開発

研究開発の内容と目標

本研究では、パワーエレクトロニクスの技術を基盤として、送配電網に直列接続する電力変換器とこれに特化したパワー半導体デバイスを開発します。

送配電網と直列に接続する電力変換器は、印加電圧を低減できるため小型化が可能かつ、力率調整や電力潮流の制御以外に、電流遮断も可能です。しかし、落雷等の事故が生じると、直列機器を流れる電流が通常時の数十倍となり、これが最長で1秒続きます。直列機器は、事故電流に対して壊れずに耐える短時間過負荷耐量が必要となります。

本研究では、送配電網に直列接続する電力変換器の回路方式・制御法と送配電網用途に特化したパワーデバイスを開発することによって、電力変換器の短時間過負荷耐量を実現します。

研究開発の実施体制

国立大学法人筑波大学



図1 電力輸送にボトルネックのない網目状送配電システム

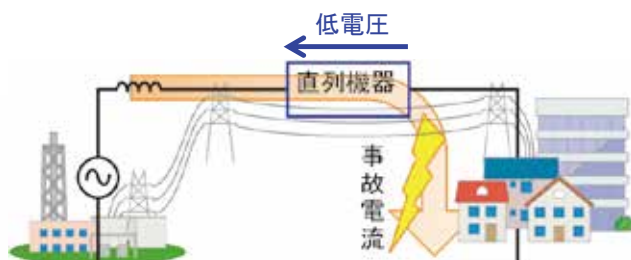


図2 送配電網に直列接続される電力変換器

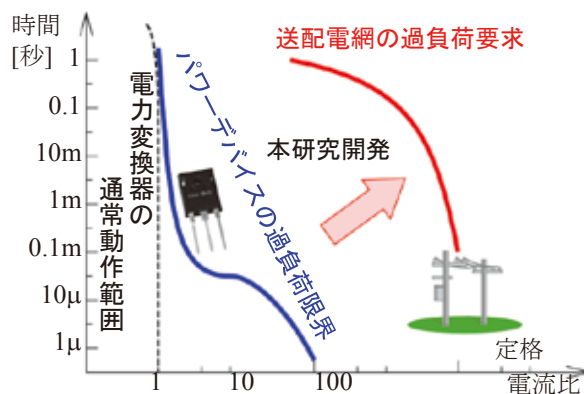


図3 機器の短時間過負荷動作範囲



低ネガワットコストモジュール設計法の創成

Low negawatt-cost design method for power electronic modules

研究開発の背景

省エネ社会の実現にはパワーエレクトロニクス機器の大規模・大量導入が不可欠です。しかし、それぞれ使用される環境も多様化するため、従来の固定された負荷を繰り返す加速試験で求めた故障率と実使用時の故障率とは大きく乖離することが想定されます。大量導入に対応して故障率を低減し、ネガワットコスト注を低減するには、故障率をベースにした信頼性の設計・評価技術について革新的なアプローチが必要となります。

注) ネガワットコストは、パワエレ機器導入に伴う節電コスト(発電コストと同じ円/kWh単位)の指標であり、導入コストと維持費コストの和を運用期間の省エネ総量で割った量

研究開発の内容と目標

本テーマでは、個々の接合材料損傷によるモジュールの性能(電気-熱-構造特性)の変動を記述可能なシミュレーションモデルとその評価法を創成することで、任意の負荷履歴における故障率が設計可能なヴァーチャルプロトタイプングシステムを構築します。これにより、実機を用いた固定負荷による加速試験を採用することなく故障率を推定することが可能となります。

特に、1) 接合材料損傷とモジュールの性能劣化の連動モデル構築、2) 損傷発生頻度の統計データから故障率算出可能なモデル構築、が主な技術開発点です。これらを両輪として個々の信頼性物理とモジュールレベルの故障との間を一気通貫でつなぐ、世界で初めての信頼性設計法を提案、実証します。

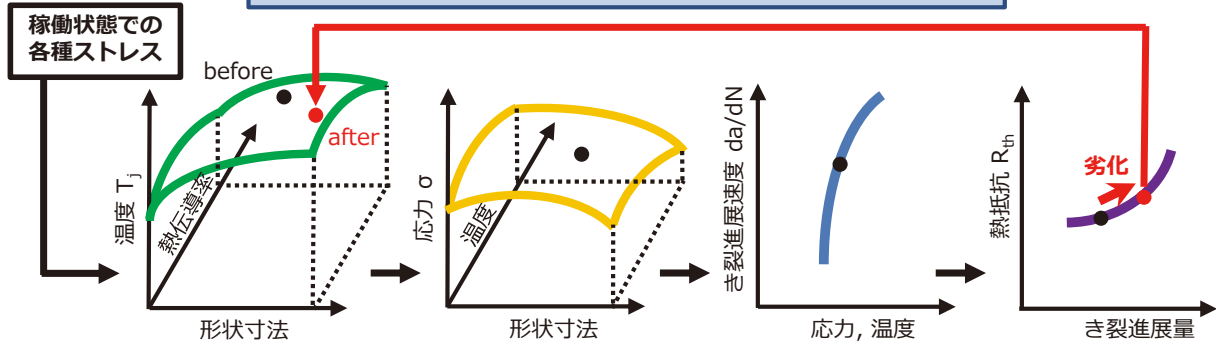
研究開発項目

- 1. モジュール故障シミュレータの開発
- 2. 損傷-熱抵抗評価技術の開発

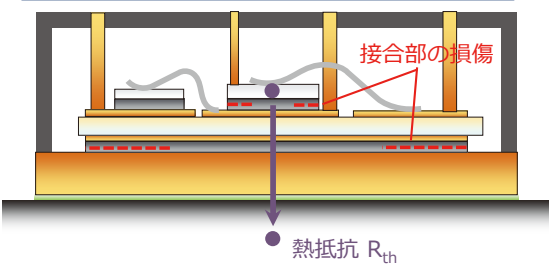
研究開発の実施体制

学校法人近畿大学

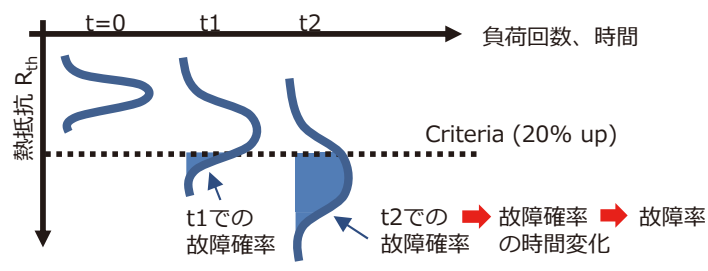
1) 接合材料損傷とモジュールの性能劣化の連動モデル



パワーモジュール構造と損傷モード



2) 損傷発生頻度から故障率を算出可能な統計モデル



厳環境対応SiC量子センサーの開発

SiC-based quantum sensor for harsh environment

研究開発の背景

サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、エネルギー消費のさらなる効率化および省エネ化（低炭素社会）を実現するためには、様々な環境下での機器や装置の動作状況や健全性の情報を取得することが要求されます。しかし、宇宙や原子力施設、地底など、低温、高温、放射線といった厳環境下において利用可能なセンサーは限られており、既存技術では情報収集が困難な現状です。また、省エネ化を実現するためには、増大するセンサーのメンテナンス頻度の低減も必要不可欠となるでしょう。そこで本テーマでは、メンテナンスフリーで長期間継続使用可能、かつ耐環境性の高い「量子センサー」の実現を目指します。

研究開発の内容と目標

量子センサーは、固体中のスピン欠陥（結晶中の点欠陥や不純物イオン）が有する不対電子をプローブとし、外部環境（磁場・温度）との相互作用による電子状態の変化を検出することで、外部環境の情報を得ることを原理としています。動作原理上、量子センサーは極低温から高温まで動作する可能性を有しておりますが、これまで厳環境下での動作は想定されてきませんでした。本テーマでは、高品質化および大規模化が可能な炭化ケイ素（SiC）半導体に着目し、量子センサーの実用化に必要な、材料合成技術やセンシング技術などの要素技術の研究開発を実施します。開発した要素技術を適用した量子センサー（磁場センサー）を試作し、厳環境への適用範囲を明らかにすることを目標とします。

研究開発項目

1. スピン欠陥の制御技術および基礎特性評価
2. スピン情報のセンシング技術の開発
3. 量子センサーの試作

研究開発の実施体制

一般財団法人電力中央研究所
 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

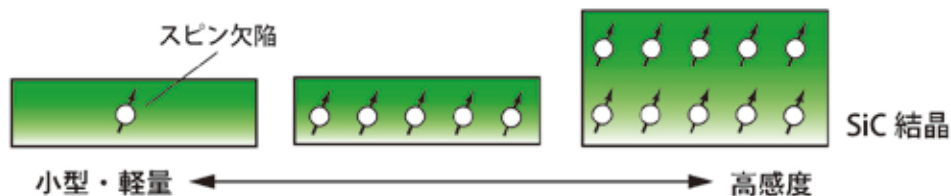


図1. SiC 結晶中のスピン欠陥を利用した量子センサー
 （結晶成長技術を用いてスピン欠陥密度を制御する）

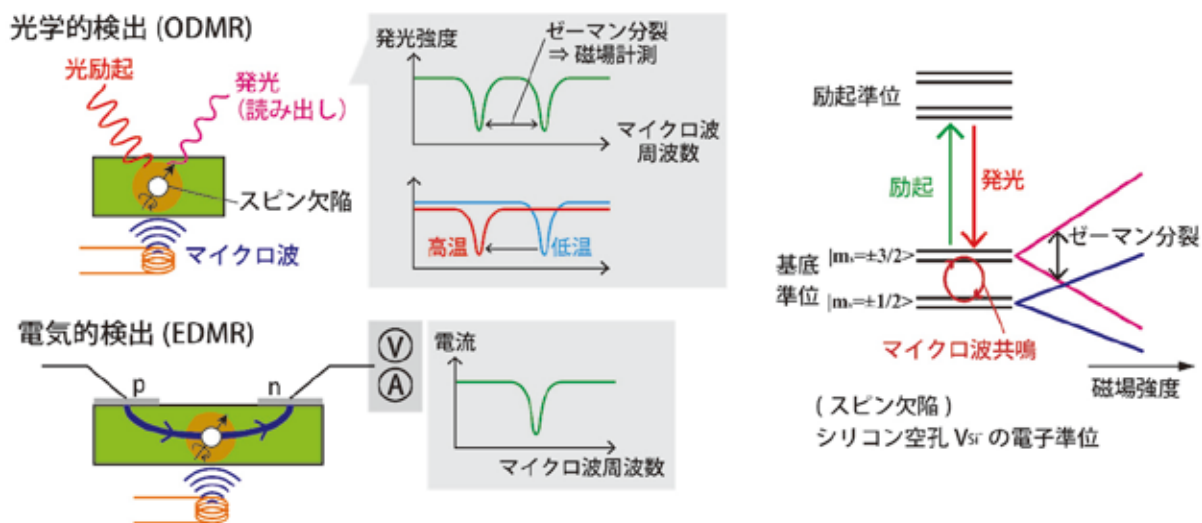


図2. スピン情報のセンシング技術
 （マイクロ波共鳴を利用し、磁場や温度の環境情報を読み出す）

光波発電を用いた赤外光エネルギー利用

Photoelectric conversion based on the wave nature of light for energy utilization of infrared light

研究開発の背景

Society5.0の社会実現に向け、無線センサ需要が近年急速に拡大しています。将来的にはあらゆるモノ・ヒトにセンサが存在することで合理的かつ効率的な情報伝送やエネルギー利用を可能とする社会形態へのシフトが予想されますが、そのための大きな課題の一つが自立型電源の確保です。

無線センサ用電源としては小型かつメンテナンスフリーである必要性からエネルギーハーベスティング技術の応用が望まれておりますが、発生する電圧の安定性や発電出力の観点から決定的な技術はまだありません。これに対し本研究開発では、あらゆる物体から放出される赤外光のエネルギーハーベスティングを可能とする光波発電技術に基づいた自立型電源システムの実現を目指します。

研究開発の内容と目標

光電変換デバイスとしては光の粒子性に基づく光起電力セルが一般的ですが、環境温度物体から主に放出される赤外光は光子エネルギーが低く光電変換は困難です。本研究開発では光を波動すなわち電磁波として捉え、生じる電場振動の整流によって電力抽出を可能とする光波発電を用いた光電変換を目指します。この原理に基づく電力変換はマイクロ波領域の電磁波に対しては93%という非常に高い効率で実証されていますが、赤外光の場合はテラヘルツ以上の周波数に応答可能な整流素子実現が課題となり、これまでの変換効率は約10-5%に留まります。

そこで本研究開発では金属-誘電体-金属トンネルダイオード構造におけるトンネル障壁形状制御により高効率な赤外光電力変換を可能とするダイオード開発および発電構造開発を行い、環境温度物体からの赤外光エネルギーハーベスティング技術の実現を目指します。

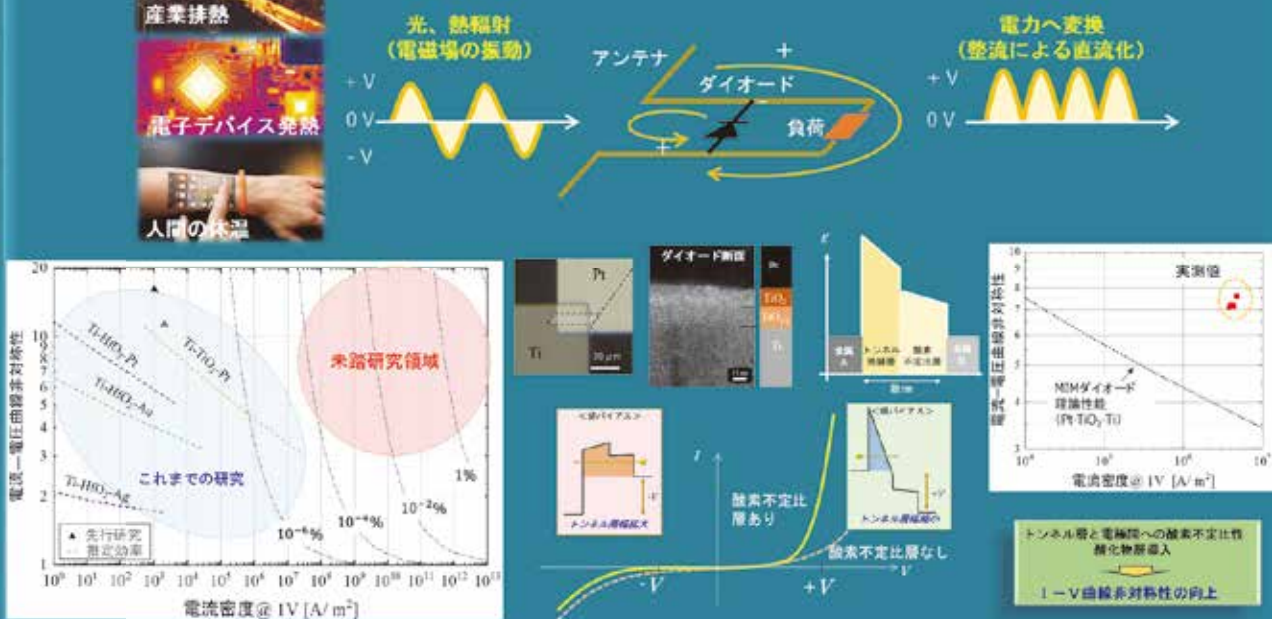
研究開発項目

1. 光波発電用ダイオードの開発
2. 光波発電用アンテナダイオード結合構造の開発
3. 光波発電デバイスの電源システム化

研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学大学院工学研究科

光の波動性に基づく光波発電



ダイオード性能向上が実現の鍵

トンネル障壁形状制御により高性能化を目指す

チタン合金の新規リサイクルプロセスの開発

New process to recycle titanium alloys

研究開発の背景

Tiは資源量が豊富で、耐食性に優れ、極めて高い比強度を有することから、様々な分野における未来材料として期待されています。しかし、Ti製品を鉱石から製造するプロセスは、莫大な消費エネルギー・CO₂排出を伴い、また歩留まりが低く、酸素や鉄に汚染された多量のスクラップが発生することから、高環境負荷・高コストという問題があります。本研究では、世界に先駆けてTi合金スクラップのアップグレードリサイクル技術を開発し、Ti製品製造プロセスの消費エネルギー・CO₂排出量・環境負荷の低減を図ります。この新しい技術によりTi製品の低価格化とそれによるTi製品の爆発的普及を実現し、ひいては、高機能のTi製品により、2050年の持続型社会の実現に大きく貢献することを目指しています。

研究開発の内容と目標

Ti製品の製造過程で多量に発生するスクラップは主に鉄と酸素に汚染されています。鉄はスクラップ管理や表面洗浄により除去可能ですが、TiやTi合金スクラップからスポンジTi（バージン材料）と同程度の酸素濃度（500 mass ppm O以下）まで酸素を効率的に取り除く実用プロセスが存在していません。本研究では、希土類金属のオキシハライドの生成反応をTi合金スクラップの脱酸に応用することで、Ti合金スクラップをスポンジTiより低酸素濃度化してリサイクルする技術を開発します。希土類金属のオキシハライド生成反応、およびTi合金中に含まれるO、Fe、Al、Vなどの元素の脱酸反応中の挙動を解明することで、500 mass ppm O以下の極低酸素濃度のTi合金を製造可能なプロセスの実現を目標としています。

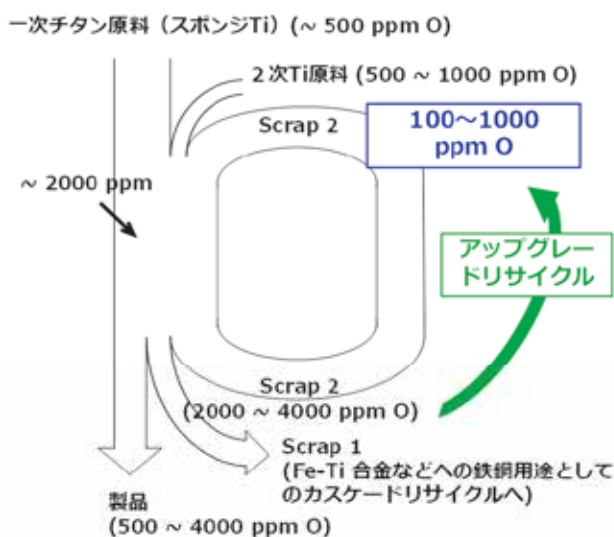
研究開発項目

1. 脱酸限界と技術的課題の調査
2. 脱酸生成物および熔融塩除去法の開発
3. 電気化学脱酸反応の設計
4. 脱酸生成物再生手法の開発
5. プロトタイプ実証実験と市場調査

研究開発の実施体制

国立大学法人東京大学

Ti合金のアップグレードリサイクルの意義と未来構想



- 鉱石からのTi合金製品生産プロセスには、**莫大な消費エネルギーとCO₂排出**が伴い、**多量のスクラップが発生** ⇒高コスト(100万円/トン) (cf. Al: 20万円/トン)
- 将来、チタンの生産が増えるとカスケードリサイクルに限界が生じる
- 現時点では、**酸素濃度が高いTiスクラップから直接酸素を除去する工業プロセスは存在しない**

本研究のアプローチ

Ti合金スクラップ中の主たる不純物である酸素を除去する新しいタイプのアップグレードリサイクル法の開発

高純度・高価格のTiのバージン材（スポンジTi）に低純度・低価格のスクラップを多量に混合可能となる

2050年の構想

- ▶ チタン製品の価格低減
- ▶ 省エネ・CO₂排出量削減



世界中からスクラップを集め、高付加価値製品として輸出する新しいビジネススキームを構築

- ▶ 資源確保 ⇒ 資源輸出
- ▶ TiおよびTi製品製造において国際的なイニシアティブ確保
- ▶ Ti社会の実現 ⇒ 省エネ・低CO₂の持続型社会構築

二酸化炭素回収と資源化の複合化技術開発

Development of dual function material for CO₂ capture and conversion

研究開発の背景

二酸化炭素を回収し他の炭素原料へ変換（資源化）することができれば、温室効果ガスを削減しつつその利用も可能です。しかしながら、現状、この回収・資源化のプロセスは、①吸着材から二酸化炭素を回収するための高温処理、②二酸化炭素高濃度化や回収前処理、③二酸化炭素の還元反応（資源化）の低い反応効率、等が要因となって多量のエネルギーを必要とします。この多量のエネルギー消費は結果的に温室効果ガス発生に繋がってしまうため、将来的に、根本的な温室効果ガスの削減を目指すためには、回収・資源化のプロセス（カーボンリサイクル）を省エネルギー化する必要があります。

研究開発の内容と目標

本未踏チャレンジでは、二酸化炭素の回収と資源化を同時にかつ低エネルギーで進行させることのできる複合材料を開発します。具体的には、吸着した二酸化炭素を複合材料上でより吸着相互作用の弱い部分還元化合物（一酸化炭素、メタノール）へ変換し脱離させることで、回収エネルギーを低減します。また、触媒材料に生成物の過剰還元や逆反応を抑制する機能を複合化することによって、物質変換時の反応効率も改善します。さらに、これら物質変換の駆動力として外部刺激を用いる特異な反応場を利用することで、これら二酸化炭素回収・資源化のさらなる低温化を目指します。

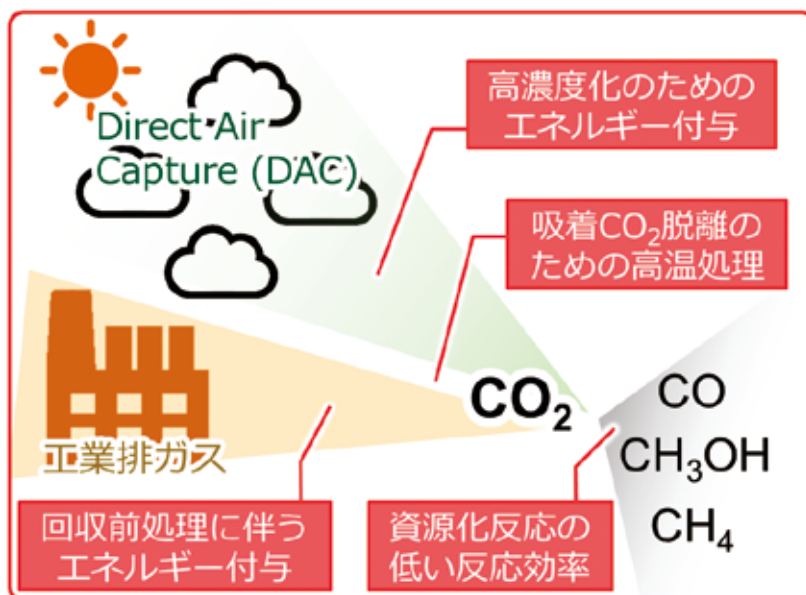
研究開発項目

1. 二酸化炭素吸着と物質変換機能の複合化技術の開発
2. 吸着した二酸化炭素の選択的変換技術の開発

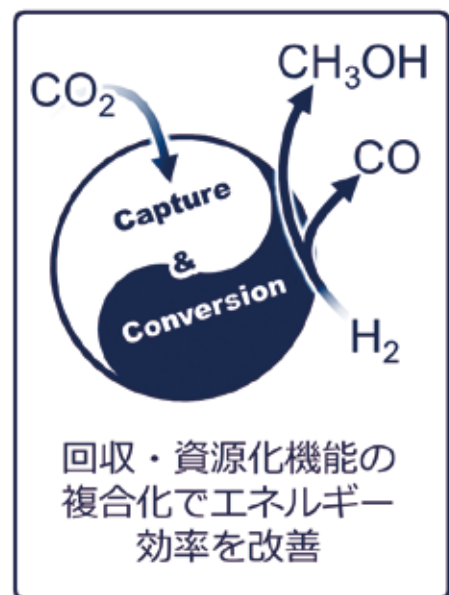
研究開発の実施体制

国立大学法人広島大学
（再委託先）
中国電力株式会社
国立大学法人高知大学

背景：
二酸化炭素の回収・資源化
における多量のエネルギー消費



本未踏チャレンジ：
二酸化炭素回収と資源化の複合化技術開発



二酸化炭素の効率的分子変換反応の開発

Efficient molecular transformation reaction of carbon dioxide

研究開発の背景

二酸化炭素の再資源化はエネルギー問題解決の重要課題の一つです。しかしながら二酸化炭素は非常に安定な化合物であり、その還元に必要なエネルギーが大きいことが問題として指摘されています。これまでも様々な触媒を用いた二酸化炭素還元による一酸化炭素、ギ酸、メタノールなどへの変換が研究されていますが、実際の分子変換技術の観点からは、希少元素を用いず、より穏やかな条件で広範な有用化合物への高効率変換を可能とする新手法の開発が求められています。

研究開発の内容と目標

本研究では、金属錯体を触媒として用いた二酸化炭素の効率的分子変換技術の創出を目指します。①二酸化炭素の選択的還元反応を行う金属錯体コンセプトの提案と合成②電気、光刺激を利用した触媒及び反応中間体の活性化による二酸化炭素の新規活性化手法の開発、に取り組みます。さらに得られた成果を元に二酸化炭素を用いた有機合成的手法による多様な化合物への高効率変換反応の開発を目標として研究を推進します。

研究開発項目

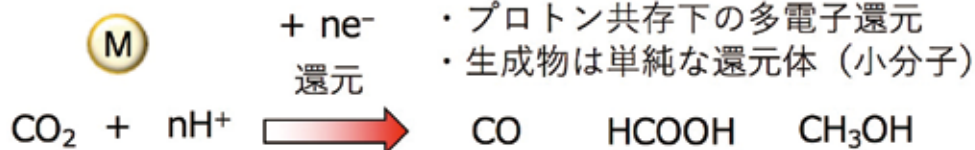
1. 二酸化炭素の選択的還元を可能にする金属錯体触媒の合成
2. 錯体の電気化学特性、反応性の検証
3. 二酸化炭素活性化手法の確立
4. 二酸化炭素を用いた有用化合物合成法の開発

研究開発の実施体制

国立大学法人九州大学

従来研究

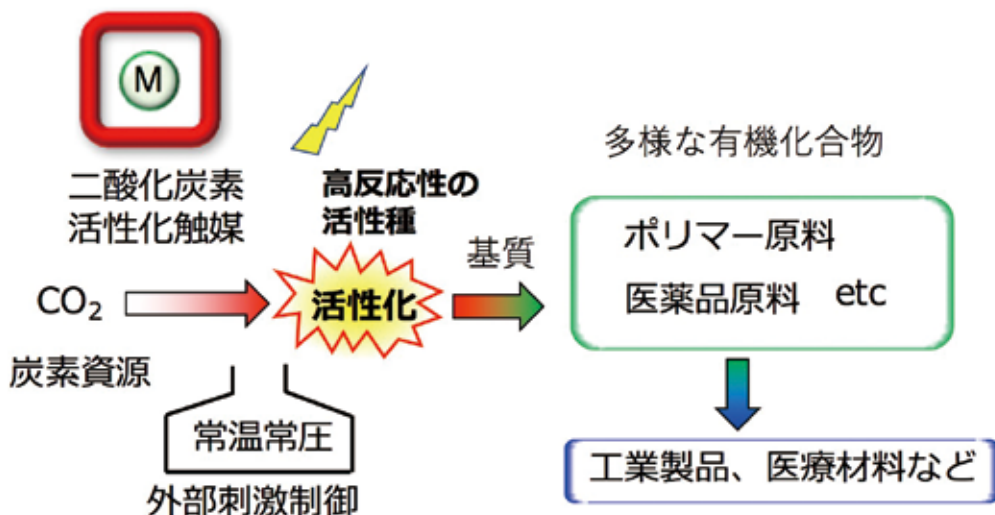
- ・ 貴金属
- ・ 貴金属錯体 (金属中心反応)



- ・ プロトン共存下の多電子還元
- ・ 生成物は単純な還元体 (小分子)

本研究

- ・ 安価な金属を使用
- ・ 二酸化炭素選択的還元を可能にする金属錯体触媒



工業製品、医療材料など

二酸化炭素水素化による有用物質ワンパス合成

One-pass synthesis of useful substances by carbon dioxide hydrogenation

研究開発の背景

NESTI2050や内閣府“CO₂利用に当たってのボトルネック課題及び研究開発の方向性”においては、高付加価値品、特に従来のCO₂有効利用技術では合成が困難である含酸素炭化水素についての検討を国家戦略として実行していく必要があると示されています。化石資源を用いることなくCO₂を資源化するためには、既存の技術を組み合わせただけでは不十分であり、CO₂を起源としてその場で化学種を生成させ、適切な触媒上にてトラップするなどといった、CO₂水素化からはじまる多段階反応を制御可能な革新触媒が求められています。

研究開発の内容と目標

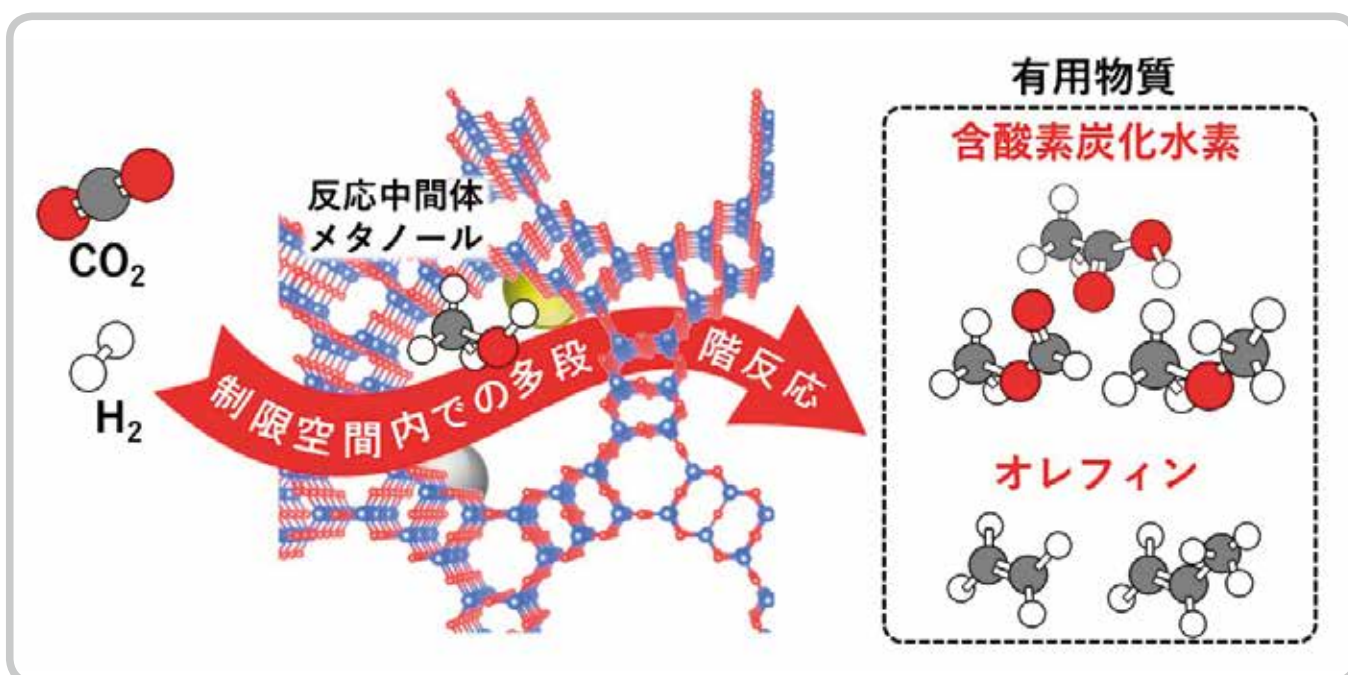
本研究は、削減すべきCO₂を原料とし、水素化によりメタノールに変換する前段の反応と、得られたメタノールを有用物質に変換する後段の反応を、連続して行うことによりワンパス（一つの反応器、特に一つの触媒）でCO₂から有用物質を得る触媒反応プロセスの開発を目的としています。そのために、CO₂水素化からはじまる多段階反応のそれぞれに適した活性点をナノサイズ制限空間内にて配置・制御・利用する技術を確認することを目指しています。

研究開発項目

1. 複合酸化物触媒の開発に関する研究
2. 複合酸化物触媒の構造の評価に関する研究
3. 新規複合酸化物触媒の酸点の定性・定量
4. 反応中間体に着目した反応機構の研究
5. CO₂水素化からのワンパス有用物質合成の研究

研究開発の実施体制

国立大学法人東京大学
(再委託先)
国立大学法人茨城大学



遷移金属触媒を基盤としたCO₂変換に関する技術開発

Carbon Dioxide Utilization Technology by Multinuclear Transition Metal Catalyst

研究開発の背景

2050年までにCO₂の排出量の大幅削減が求められ、CO₂を有用化学品へと変換し利用する技術の開発が進められています。なかでも、合成ガスから生産されるメタノールは、液体燃料や化学品の基幹原料として世界的に巨大な市場をもちます。もし、CO₂からメタノールを直接製造ができれば、排出量の削減効果が大きな生産プロセスの構築が期待できます。しかし、これまで研究されてきた固体触媒では、大きく平衡の制約がかかる200℃以上の温度が必要であり、効率的なプロセスは期待できません。このため、平衡制約の影響が小さい低温で駆動する触媒が望まれています。

研究開発の内容と目標

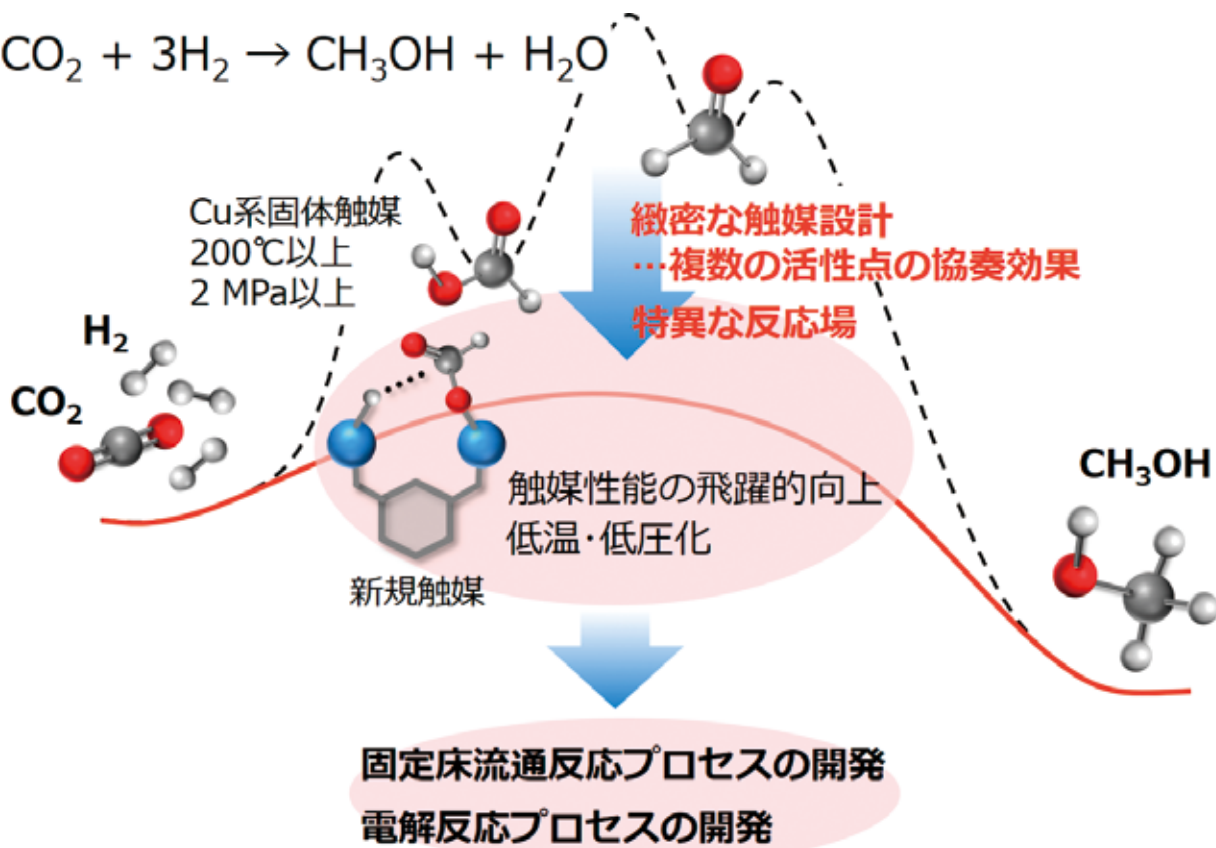
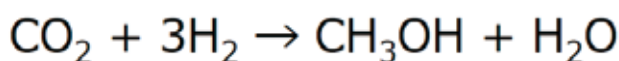
本研究開発では、CO₂からのメタノールの直接合成について、新規触媒による反応の低温・低圧化ならびに高効率な反応プロセスの構築を目的としています。具体的には、低温・低圧条件でのCO₂のメタノールへの直接変換を目指し、金属の多核化を設計指針とした新規触媒開発を行います。また、反応の生産性を向上させることを目指して、遷移金属触媒を固定化する手法ならびにフロー反応プロセスの開発を行います。さらに、遷移金属触媒と電解反応を融合し、触媒と電位制御による高選択的な反応プロセスの開発を行います。

研究開発項目

1. 多核遷移金属触媒の開発
2. フロー反応プロセスの開発
3. CO₂の電解還元反応の開発
4. 電解セルの開発

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





二酸化炭素のリサイクル・資源化のための新しい触媒プロセス開発

Innovative catalytic processes for CO₂ capture and utilization

研究開発の背景

2050年時点での二酸化炭素実質排出量0に向けて、二酸化炭素回収・利用 (CCU) 技術が注目を集めています。二酸化炭素の回収では、アミン吸着法が主流ですが、既存のアミン吸着法では空気中の低濃度の二酸化炭素の吸収が困難、吸収した二酸化炭素を回収する際に100℃以上の加熱が必要、といった課題が散見されます。また、回収した二酸化炭素を有用な化成品等に変換・利用することができれば、二酸化炭素を新たな炭素源とすることができ、二酸化炭素排出量削減に大きく貢献できます。持続可能な社会を実現するためには、こうした課題を克服し、低コスト・高効率な新しいCCUプロセスの開発が必要です。

研究開発の内容と目標

本研究では、二酸化炭素のリサイクル・資源化により空気からプラスチック等を作り出すネットゼロエミッション (NZE) の世界を実現するため、触媒を用いた革新的二酸化炭素固定化・利用技術の基盤構築に取り組みます。具体的には、相の違いを利用して幅広い濃度の気体の二酸化炭素 (400 ppm~30%) を溶液中で反応させて固体の二酸化炭素含有化合物を生成させる高速二酸化炭素固定化技術、二酸化炭素含有化合物から二酸化炭素を低温 (100℃以下) で放出する触媒反応技術、回収した二酸化炭素をバイオマス由来の化合物と反応させることでプラスチック等の有用化合物を合成する触媒反応技術をそれぞれ開発します。

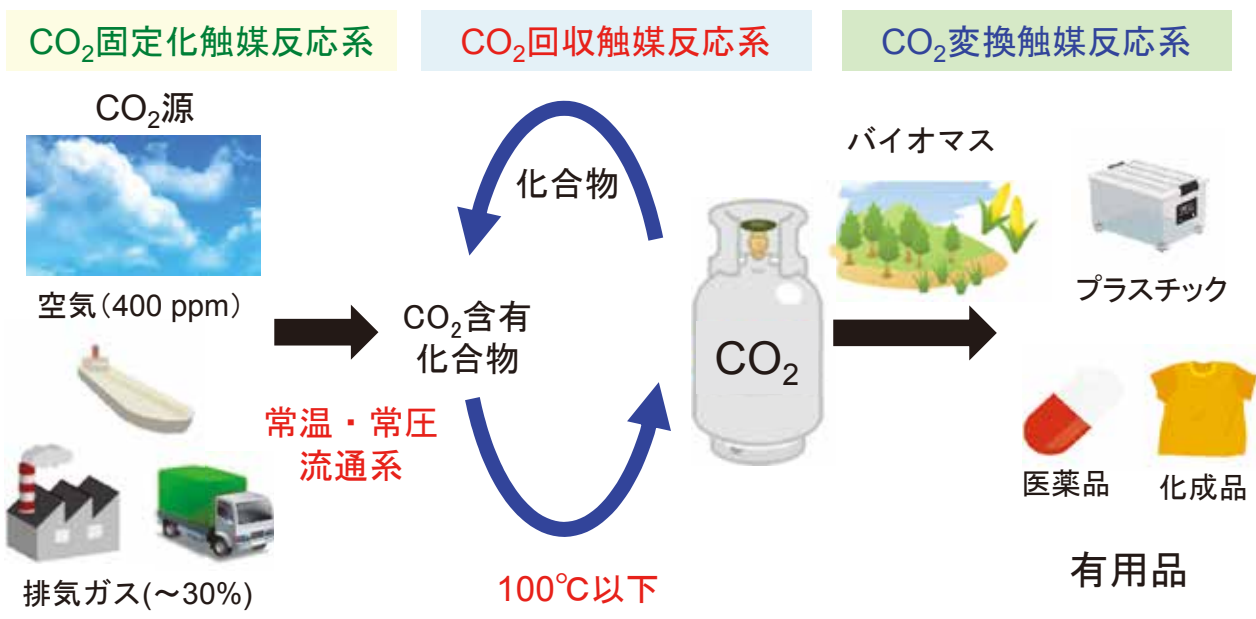
研究開発項目

1. 二酸化炭素「固定化」触媒反応系の開発
2. 二酸化炭素「回収」触媒反応系の開発
3. 二酸化炭素「変換」触媒反応系の開発

研究開発の実施体制

東京都立大学法人東京都立大学

触媒を利用した低コスト二酸化炭素回収・利用 (CCU) 技術の開発



CO₂有効活用

メタンチオール経由でCO₂をオレフィン化する革新的物質変換系の開拓Innovative process for CO₂ conversion to olefin via methanethiol

研究開発の背景

日本は、温室効果ガスの排出を2050年までに実質ゼロとし、脱炭素社会を実現する目標を掲げています。再生可能エネルギーの一つであるバイオマス資源の有効活用は、温室効果ガスの排出抑制に繋がり、循環型社会の形成と低炭素社会の実現が期待されています。このバイオマス資源の中でも食品廃棄物系バイオマスは、現在その多くが焼却処理されており、このような未利用資源の有効活用が一つの課題となっています。食品廃棄物系バイオマスの活用法として、食品廃棄物を発酵させてメタンを生成し、それを原料にガスエンジンで発電する方法が知られていますが、メタン発酵により大量に副生するCO₂の変換はこれまで着目されていませんでした。

研究開発の内容と目標

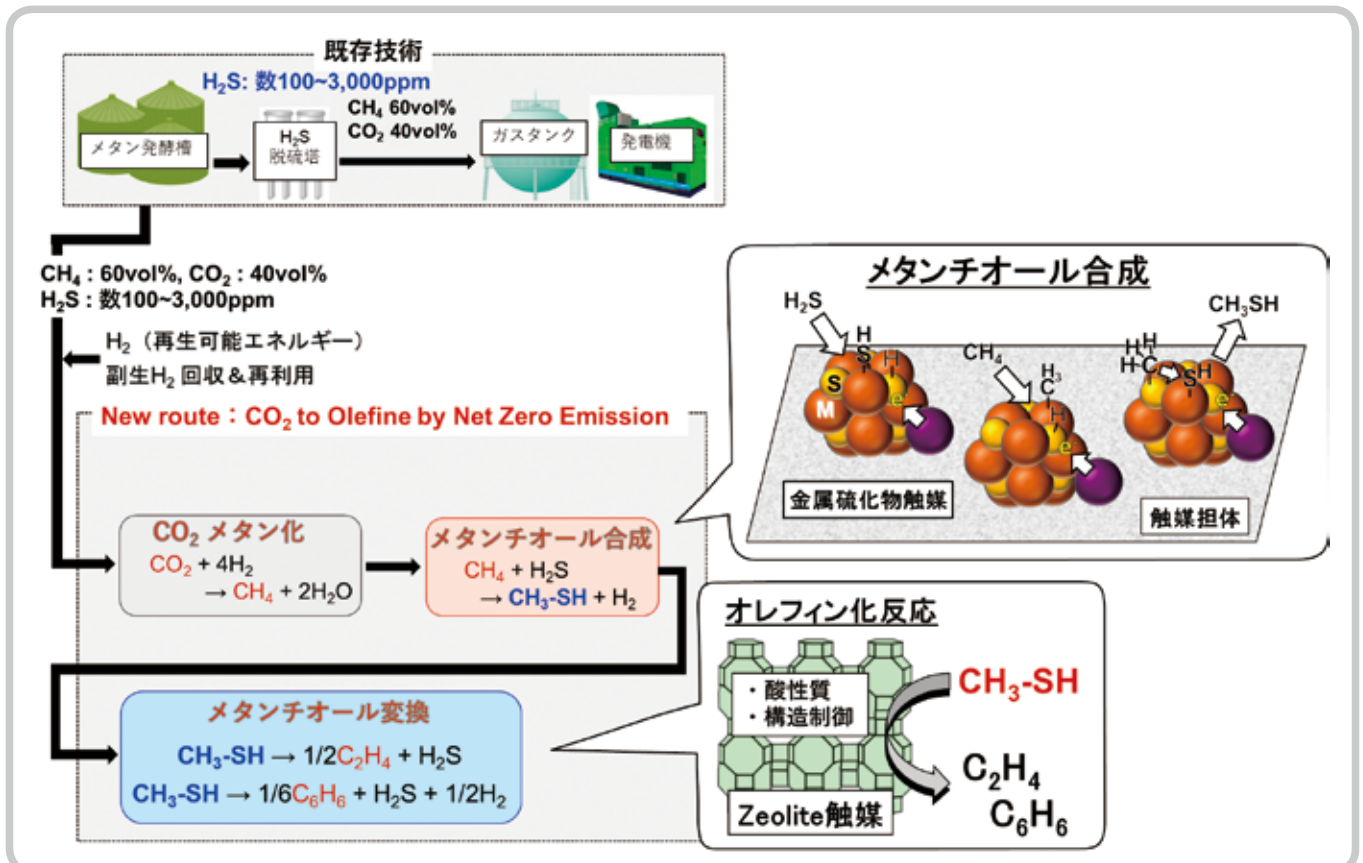
バイオガス中にはメタンやCO₂だけでなく、硫化水素も含まれます。この硫化水素を利用して高反応性の中間体を合成し、CO₂からオレフィンに転換する新しい物質変換系の開拓を目指します。CO₂を水素と反応させてメタンを製造し、生成メタンと硫化水素と反応してメタンチオールを合成します。このメタンチオールは、メタノールと構造が類似しているため、適切な触媒により軽質オレフィンへの転換が期待されます。本研究ではメタン化、メタンチオール合成やオレフィン化を高選択的に推進する触媒を開発し、さらに「Net Zero Emission」でCO₂からオレフィンを合成すべく、発熱と吸熱を高効率に熱交換できる構造体触媒反応場を創製します。

研究開発項目

1. 硫化水素共存下での高効率なCO₂からのメタン製造
2. メタンと硫化水素からのメタンチオール合成触媒の開発
3. メタンチオールを原料としたオレフィン合成触媒の開発
4. 発熱と吸熱の効率的に熱交換できる構造体触媒の開発

研究開発の実施体制

国立大学法人静岡大学
学校法人成蹊学園



終了テーマ

⑬②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 学校法人立命館立命館大学	
⑬③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	
⑬④フレキシブル・超軽量SHJ太陽電池およびタンデム化要素技術の開発 (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 国立大学法人東北大学 国立大学法人福島大学
⑬⑤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	
⑬⑥劣化フリー蓄電池実現のための溶媒制御型電解液の研究開発 (2018年度採択)	学校法人同志社	
⑬⑦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	
⑬⑧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	
⑬⑨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	
⑬⑩天然ガス低温改質による低CO ₂ 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 国立大学法人東北大学
⑬⑪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 学校法人立命館大学	
⑬⑫定置用ボイラーから排出される低濃度NO _x 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	
⑬⑬CCS/触媒化学の融合によるCO ₂ 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	
⑬⑭SILP触媒を用いた流通型CO ₂ 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	

終了テーマ

- ⑭⑤ 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 (再委託先)
JFEスチール株式会社 学校法人福岡工業大学
一般財団法人金属系材料研究開発センター 学校法人日本工業大学
(共同実施) 国立大学法人東京大学
国立大学法人東北大学多元物質科学研究所
国立大学法人東北大学環境科学研究所
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
学校法人立命館大学
国立大学法人東北大学大学院環境科学研究科
国立大学法人東北大学多元物質科学研究所
- ⑭⑥ 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
- ⑭⑦ 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
- ⑭⑧ LNG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
東京瓦斯株式会社
国立大学法人電気通信大学
- ⑭⑨ 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
- ⑭⑩ 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
- ⑭⑪ 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
- ⑭⑫ 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)
- 太陽日酸株式会社
関東電化工業株式会社
国立大学法人東北大学
- ⑭⑬ 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
三菱化学エンジニアリング株式会社
- ⑭⑭ 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

- ⑮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
- ⑯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
- ⑰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
- ⑱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
- ⑲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
- ⑳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
- ㉑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
- ㉒完全レア・アースフリー人工 L_{10} -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
- ㉓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
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
- ㉔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
- ㉕ α 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
- ㉖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

- ⑩⑥ 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 (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
イハラケミカル工業株式会社
東京理化学器械株式会社
日本電子株式会社
- ⑩⑧ 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 (2016年度採択) 学校法人同志社
- ⑩⑨ 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 (2016年度採択) 国立大学法人京都大学
- ⑩⑩ 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 (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
- ⑩⑪ 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 (2016年度採択) 国立大学法人九州大学
- ⑩⑫ 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 (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
- ⑩⑬ CO₂フリー革新的超高難易度酸化反応の研究開発 (2016年度採択) 国立大学法人大阪大学
- ⑩⑭ ビッグデータ適応型の革新的検査評価技術の研究開発 (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
- ⑩⑮ 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 (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
- ⑩⑯ 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 (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
- ⑩⑰ 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 (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
- ⑩⑱ 中性粒子ビーム励起表面反応による新物質創製 (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

⑩⑦ 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

⑩⑧ 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

⑩⑨ 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

⑩⑫ 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

⑩⑬ 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

⑩⑭ 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

⑩⑮ 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 (再委託先)
学校法人トヨタ学園豊田工業大学 国立大学法人東北大学

⑩⑯ 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

⑩⑰ 電解還元によるCO₂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

⑩⑱ 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 (再委託先)
日産自動車株式会社 国立大学法人名古屋大学
国立大学法人九州大学 国立大学法人神戸大学
国立大学法人東北大学

終了テーマ

- ⑩8 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) 国立大学法東京大学 国立大学法東北大学 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
- ⑩9 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
- ⑩1 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
- ⑩2 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 株式会社エクスビジョン
- ⑩3 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
- ⑩4 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
- ⑩5 高機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
- ⑩6 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
- ⑩7 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
- ⑩8 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
- ⑩9 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
- ⑩0 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
- ⑩1 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

⑩② 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	(再委託先) 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
⑩③ 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	
⑩④ バイオメティックな超分子ナノ空間の創出によるCO ₂ 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
⑩⑤ CO ₂ 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	
⑩⑥ 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	
⑩⑦ Nb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	
⑩⑧ ナノカーボンハイブリッドを素材とした低コスト超高耐久性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	
⑩⑨ 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	
⑩⑩ 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ニクス工学推進機構	
⑩⑪ 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
⑩⑫ IoT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)	
⑩⑬ 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	
⑩⑭ 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

- ⑳ 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
- ㉑ 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
- ㉒ 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 (再委託先)
日華化学株式会社 国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学
アピックヤマダ株式会社
- ㉓ 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
- ㉔ 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
- ㉕ 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
- ㉖ 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
- ㉗ 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
- ㉘ 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
- ㉙ 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
- ㉚ 超高気体透過分離薄膜を用いたエネルギー起源CO₂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
- ㉛ 高機能CO₂選択透過膜を用いた低コスト省エネルギー型CO₂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
- ㉜ 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

②28 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

②29 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

②30 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

②31 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

②32 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IH
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

②33 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

②34 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

②35 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

②36 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 (再委託先)
国立研究開発法人産業技術総合研究所

②37 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

- ②38 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)
- 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
富士フィルム株式会社
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
- ②39 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)
- 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
- ②40 超省電力発光デバイスの開発 (2014年度採択)
- 国立大学法人東北大学
DOWAホールディングス株式会社
- ②41 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)
- 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
- ②42 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)
- 学校法人早稲田大学
日本電気株式会社
- ②43 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)
- 国立大学法人大阪大学
株式会社SCREENホールディングス
- ②44 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)
- 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
- ②45 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)
- 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
- ②46 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)
- 学校法人慶應義塾
- ②47 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)
- 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
- ②48 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)
- 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

②49 地域バイオマスからの化成品マルチ生産システム 開発 (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	
②50 バイオベース化合物の連続分離変換プロセス (2017年度採択)	京都府公立大学法人京都府立大学 長瀬産業株式会社 日本乳化剤株式会社	
②51 機動性に優れた広負荷帯高効率GTの開発 (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
②52 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 (2017年度採択)	富士フイルム株式会社 株式会社イクシスリサーチ 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 国立大学法人北見工業大学
②53 劣悪環境下での作業機械のロボット化技術の開発 (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
②54 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 (2017年度採択)	国立大学法人東京大学	
②55 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 (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	
②56 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 (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	
②57 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 (2018年度採択)	学校法人慶應義塾大学 国立大学法人九州大学	
②58 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 (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	
②59 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 (2018年度採択)	国立大学法人大阪大学	
②60 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 (2018年度採択)	国立大学法人大阪大学	
②61 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 (2018年度採択)	株式会社ダイセル 国立大学法人京都大学	
②62 新次元の超軽量ハイエントロピー合金等の研究開発 (2017年度採択)	株式会社コベルコ科研 国立大学法人北海道大学	



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