



エネルギー・環境新技術先導プログラム

Advanced Research Program for Energy and Environmental Technologies



2017

エネルギー・環境新技術先導プログラム

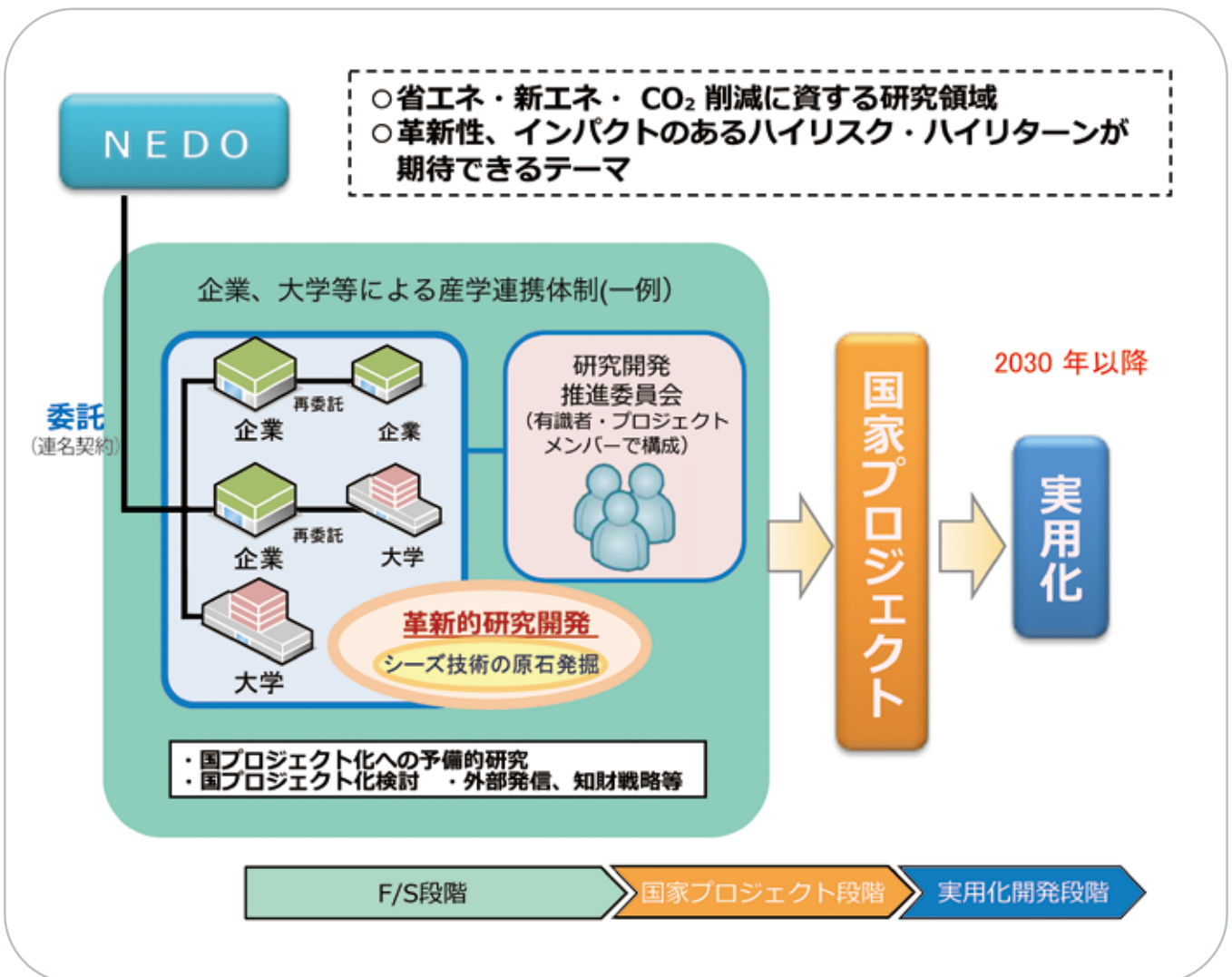
Advanced Research Program for Energy and Environmental Technologies

事業の背景・目的

我が国が、2050年にエネルギーを起源とする温室効果ガスの半減など、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、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必要です。

本事業では、省エネルギー・新エネルギー・CO₂削減等のエネルギー・環境分野において、2030年以降の実用化を見据えた革新的な技術・システムの先導研究を産学連携の体制で実施します。これにより、革新的な技術の原石を発掘し、将来の国家プロジェクト化への道筋をつけることを目指しています。

イメージ図



事業スキーム

本事業の対象となる研究開発領域・課題を設定の上、新規性・独創性・革新性があり、将来的な波及効果が期待できる研究開発テーマを公募します。その中で、優れた研究開発テーマについて、産学連携の体制で先導研究を実施します。

対象となる研究開発テーマ

- ・省エネ、新エネ、CO₂削減等に資する技術領域
- ・革新性が高く、産業への波及効果が高い研究開発(ハイリスク・ハイリターンの研究開発)

研究開発テーマの実施期間・規模

【募集区分A】

- ・原則1年(12ヶ月)以内(最長2年)
1年(12か月)以内(大学等のみ)*²
- ・1億円以内/年・件
2千万円以内/年・件(大学等のみ)
(委託:NEDO負担率100%)

【募集区分B】*¹

- ・原則1年(12ヶ月)以内
1年(12か月)以内(大学等のみ)*²
- ・5千万円程度以内/年・件
2千万円以内/年・件(大学等のみ)
(委託:NEDO負担率100%)

*1:比較的短期間かつ小規模の先導研究が見込まれる研究開発課題を設定しています。

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

プログラムの設定

研究開発をより効果的に推進するため、関連する複数の研究開発テーマを一つに束ねた「プログラム」を設定しています。「プログラム」は研究開発の方向性を明確にした上で、複数の研究開発テーマを一体的に実施することを目的としたものです。

2017年度設定プログラム

(1)CO ₂ フリー水素研究開発	(5)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
(2)画期的なエネルギー貯蔵技術の開発	(6)革新的化学プロセス技術の開発
(3)画期的なエネルギー変換技術の開発	(7)革新的磁性材料の開発
(4)IoT社会に向けたデバイス技術の開発	

開発テーマ数 (平成29年8月現在)

累積開発テーマ数 110件

H29年度開発中テーマ数 58件

開発中テーマ

CO₂フリー水素研究開発

- ① 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 (平成29年度採択) P9
R&D of the innovative energy system for low-cost and high purity hydrogen production technology
- ② 超高変換効率新規プロトン導電デバイスの開発 (平成29年度採択) P10
Development of Ultrahigh Efficiency Proton-Conducting Electrochemical Devices
- ③ 有機ハイドライド電解合成用電極触媒の研究開発 (平成29年度採択) P11
R & D of Electrocatalysts for Electrosynthesis of Organic Hydride

画期的なエネルギー貯蔵技術の開発

- ④ 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 (平成28年度採択) P12
Development of Concentrated Electrolytes for Realization of Lithium Metal Batteries
- ⑤ 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 (平成28年度採択) P13
Novel Highly Active Air Electrodes with Mixed Anion Compounds for Rechargeable Metal-Air Batteries
- ⑥ 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 (平成28年度採択) P14
A research on energy systems with super-distributed energy resources including innovative energy storage technologies
- ⑦ ヒドリドを利用した新規エネルギーデバイスの開発 (平成28年度採択) P15
Development of Novel Energy Devices using H⁻ Conduction
- ⑧ 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 (平成28年度採択) P16
Development of novel dual carbon battery using highly concentrated electrolyte
- ⑨ 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 (平成28年度採択) P17
R&D of stacks of superconductive coils buried in traversable spiral trenches on Si wafers for electrical power storage compatible with mass production
- ⑩ 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 (平成29年度採択) P18
Design of solid/solid interface for practical use of all solid-state secondary battery
- ⑪ 熱安定性に優れた革新的な全固体有機蓄電池の創製 (平成29年度採択) P19
Development of innovative all solid organic rechargeable battery with high thermal stability

画期的なエネルギー変換技術の開発

- ⑫ 超高性能バルク熱電材料(ZT \geq 20)の創製 (平成27年度採択) P20
Development of super high performance bulk thermoelectric materials (ZT \geq 20)
- ⑬ 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 (平成27年度採択) P21
Realization of high-efficient thermoelectric conversion systems by utilizing innovative nanoscale control
- ⑭ 温度変化発電を利用した廃熱回収技術の研究開発 (平成29年度採択) P22
R&D for waste heat recovery technology using pyroelectric effect based on temporal temperature variations
- ⑮ LNG冷熱利用熱音響エンジン発電技術の研究開発 (平成29年度採択) P23
Development of a thermoacoustic electric generator for utilizing cold exergy stored in liquefied natural gas

IoT社会に向けたデバイス技術の開発

- ⑯ 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 (平成27年度採択) P24
Research and development of low power consumption, ultra-large port count and high-speed optical switching system for data center
- ⑰ α 型酸化ガリウム高品質自立基板の研究開発 (平成28年度採択) P25
Development of high-quality freestanding α -Ga₂O₃ substrates

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

- | | |
|---|-----|
| ⑱ 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 (平成27年度採択) | P26 |
| Development and Application of Nanosolder Technology for Sustainable Societal Implementation | |
| ⑲ 中性粒子ビーム励起表面反応による新物質創製 (平成27年度採択) | P27 |
| Generation of novel materials by neutral beam enhanced surface reaction | |
| ⑳ 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 (平成28年度採択) | P28 |
| Innovative materials and devices using nanocrystal engineering | |
| ㉑ 室温プリントド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 (平成29年度採択) | P29 |
| Room-Temperature Printed Electronics for future IoT devices | |
| ㉒ 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 (平成29年度採択) | P30 |
| Research on advanced structure control of semiconductor nanomaterials and ultralow cost semiconductor devices | |

革新的化学プロセス技術の開発

- | | |
|--|-----|
| ㉓ 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 (平成27年度採択) | P31 |
| Development of energy-efficient basic chemical production processes with innovative separation technologies | |
| ㉔ 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 (平成27年度採択) | P32 |
| One-step Synthesis of Ammonia from Atmospheric Air and Water | |
| ㉕ 低環境負荷アンモニア製造法の研究開発 (平成27年度採択) | P33 |
| Development of Environmentally-friendly Method for Ammonia Production | |
| ㉖ 正浸透膜法を用いた革新的省エネ型水処理技術の開発 (平成27年度採択) | P34 |
| Development of Innovative Low-Energy Water Treatment Technology using Forward Osmosis Membrane | |
| ㉗ 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 (平成28年度採択) | P35 |
| Development of the Flow Fine Synthesis for Production of Fine Chemicals | |
| ㉘ CO ₂ フリー革新的超高難易度酸化反応の研究開発 (平成28年度採択) | P36 |
| Advanced research for development of the highly difficult oxidation reactions without formation of CO ₂ | |

革新的磁性材料の開発

- | | |
|--|-----|
| ㉙ 磁気テープにおけるミリ波記録方式の開発研究 (平成29年度採択) | P37 |
| Development of a millimeter wave assist magnetic recording method on magnetic tape | |
| ㉚ 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 (平成29年度採択) | P38 |
| Development of Innovative Magnetic Material Consisting of Nanocrystal Cluster Structures | |
| ㉛ 革新的高飽和磁束密度・低鉄損軟磁性粉体の開発 (平成29年度採択) | P39 |
| Soft magnetic powders with high magnetic flux density and low core loss | |
| ㉜ 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 (平成29年度採択) | P40 |
| Research and development of innovative exchange-coupled magnets with superior magnetic properties at high temperatures | |
| ㉝ 革新的正方晶FeCo多元合金磁石の物質・組織デザイン (平成29年度採択) | P41 |
| Materials and Structural Design of Tetragonally Distorted FeCo Based Alloys for Innovative Permanent Magnets | |
| ㉞ 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 (平成29年度採択) | P42 |
| Development of Super Low Loss and High Saturation Magnetization Soft Magnetic Powder | |
| ㉟ 完全レア・アースフリー人工L10-FeNi磁石の基礎物性の解明 (平成29年度採択) | P43 |
| Clarification of fundamental physical properties of artificially produced rare-earth free FeNi Magnet | |

開発中テーマ

プログラム設定のない研究開発テーマ

⑩⑥ 電解還元によるCO ₂ の革新的固定化研究開発 (平成27年度採択) Investigation of CO ₂ fixation by electroreduction	P44
⑩⑦ 金属水素間新規熱反応の現象解析と制御技術 (平成27年度採択) Phenomenology and Controllability of New Exothermic Reaction between Metal and Hydrogen	P45
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 (平成27年度採択) Creation of Innovative Drilling and Completion Technologies for Realization of Supercritical Geothermal Development	P46
⑩⑨ 生物表面模倣による難付着・低抵抗表面の開発 (平成27年度採択) Development of techniques for controlling highly-functionalized nano surfaces/interfaces based on biomimetic approaches	P47
⑩⑩ 超精密原子配列制御型排ガス触媒の研究開発 (平成27年度採択) Ultraprecise control of atomic arrangement in exhaust-gas-purifying catalyst	P48
⑩⑪ ビッグデータ適応型の革新的検査評価技術の研究開発 (平成28年度採択) Research and development of innovative analysis/evaluation technology with adaptability to big data	P49
⑩⑫ 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 (平成28年度採択) High spatial-resolution measurement technology for large-size /light-weight structure materials by using artificial intelligence	P50
⑩⑬ 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 (平成29年度採択) Controlling Structure and Function of Nano-Materials by Use of Micro-Droplet Reaction Field	P51
⑩⑭ 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 (平成29年度採択) Research and development of designing and manufacturing technology of “Ultra-” high-strength copper alloy brought by formation of hetero nano microstructure	P52

プログラム設定のない研究開発テーマ(募集区分B)

④5	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 (平成29年度採択) Research and development of distributed computing architecture for highly-reliable IoT society	P53
④6	更なる省エネ照明社会の実現に資するIoTステーション (平成29年度採択) IoT Station for Society with More Energy-saving Lighting	P54
④7	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 (平成29年度採択) Development of the cognitive-behavioral assistance AR/VR technology to improve productivity and energy-saving	P55
④8	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 (平成29年度採択) Nanotechnology and material research for realizing ultra-small output-signal detection	P56
④9	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 (平成29年度採択) Research on Precise Signal Sensing Techniques by Circuit and Nano-sensor Fusion	P57
⑤0	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 (平成29年度採択) Research and Development of the Simulation Methods for Design of New Alloys by Metal Additive Manufacturing	P58
⑤1	精密制御技術を駆使した脱硝触媒の高度利用技術開発 (平成29年度採択) Development of Advanced Utilization Technology of DeNOx Catalyst based on the elaborated materials design	P59
⑤2	地域バイオマスからの化成品マルチ生産システム開発 (平成29年度採択) Development of system for multi-production of chemicals from local biomass resources	P60
⑤3	バイオベース化合物の連続分離変換プロセス (平成29年度採択) Conversion followed by separation process for the production of bio-based compounds	P61
⑤4	機動性に優れた広負荷帯高効率GTの開発 (平成29年度採択) Development of high flexibility and wide load range high efficiency GT	P62
⑤5	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 (平成29年度採択) Research and development of high resolution 3D modeling by Robotic sensing and societal implementation	P63
⑤6	劣悪環境下での作業機械のロボット化技術の開発 (平成29年度採択) Robotization technologies for construction machines under poor working conditions	P64
⑤7	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 (平成29年度採択) Development of Biohybrid sensor with cellular functions	P65
⑤8	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 (平成29年度採択) Living environment control by using AI of biological information as biological function	P66

終了テーマ

⑤9	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 (平成26年度採択) R&D toward realizing an innovative energy-saving hydrogen society based on quantum dynamics applications	P67
⑥0	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 (平成26年度採択) Research and development into highly-efficient solar hydrogen generation devices using Nb-nitride-based photocatalysts	P68
⑥1	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 (平成26年度採択) Development of a novel nanocarbon hybrid-based economical and highly durable fuel cell electrode	P69
⑥2	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 (平成26年度採択) Research and development into innovative material for thermoelectric power generation without a temperature gradient for effective energy harvesting from unharnessed exhaust heat	P70
⑥3	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 (平成26年度採択) Research and development of large capacity and high transfer rate optical archive system for reduction of power consumption in data center	P71
⑥4	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 (平成26年度採択) A Study of High-Efficiency MEMS Micro Energy Harvesters for the Trillion Sensor Society	P72
⑥5	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 (平成26年度採択) Data Centric Computing for IoT/CPS Applications	P73
⑥6	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 (平成26年度採択) Development of Off-Grid Energy-Harvest Device toward a Low-Carbon Society	P74
⑥7	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 (平成26年度採択) Innovative Recognition Systems for autonomous driving	P75
⑥8	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 (平成26年度採択) Research & Development of Advanced Ultrahigh-Temperature Materials for Uncooled High-Pressure Turbine Rotor Blades	P76
⑥9	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 (平成26年度採択) Research and Development of Advanced heat resistant alloys based upon an ultra high purity Iron for innovative improvement of conversion efficiency	P77
⑦0	フェムトリアクター化学プロセスの研究開発 (平成26年度採択) Chemical Processes Designed by Using a Femtoliter-Scale Reactor	P78
⑦1	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 (平成26年度採択) Research and development into non-vacuum-based processes for thin high-quality and highly uniform films	P79
⑦2	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 (平成26年度採択) Research and Development of Innovative High-Thermal-Efficiency Rotating Detonation Engines with Spontaneous-Compression Mechanism	P80
⑦3	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 (平成26年度採択) R&D to produce 100% Bio-Jet Fuel by Hybrid Microbe Equipped with Organocatalysts	P81
⑦4	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 (平成26年度採択) Research of a Multi-beam laser surface treatment for ultra corrosion-resistant turbine to realize the hot dry rock geothermal power generation	P82
⑦5	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 (平成27年度採択) Research and Development of High Density Interconnection Technology for Low-Power 3D-IC Based on Directed Self-Assembly	P83
⑦6	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 (平成27年度採択) Realization of Ultralow Power Consumption 8K Network Society based on Plastic Optical Fiber	P84
⑦7	大規模高速センシングシステムの開発とその応用 (平成27年度採択) Realization of Ultralow Power Consumption 8K Network Society based on Plastic Optical Fiber	P85
⑦8	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 (平成27年度採択) Research and Development of Artificial Neural Network System for Inference	P86
⑦9	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 (平成27年度採択) Research and Development of An Innovative Energy-saving-oriented Database Query Compiler	P87

終了テーマ

⑩ 高性能暗号を活用した革新的ビッグデータ処理の研究開発 (平成27年度採択) The R&D Project for Innovative Big Data Processing using Advanced Cryptosystems	P88
⑪ 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 (平成27年度採択) The R&D Project for Innovative Big Data Processing using Advanced Cryptosystems	P89
⑫ 正方晶B2・FeCo基合金による革新的永久磁石の開発 (平成27年度採択) Development of Tetragonally Distorted B2 FeCo Based Alloys for Innovative Permanent Magnets	P90
⑬ 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 (平成27年度採択) Manufacturing technologies development of high quality laser material processing for inducing new functionalities	P91
⑭ 特長ある機能性液体材料の実用化に向けた研究 (平成27年度採択) Research for putting characteristic functional liquid materials into practical use	P92
⑮ 動静脈産業連携による循環制御型資源再生技術 －情報技術を活用したレアメタル等金属を高効率にリサイクルする革新プロセスの開発－ (平成27年度採択) Circulation controllable resources reproduction technology by artery-vein industrial cooperation －Development of the innovative metal recycling process including rare metals with information technology－	P93
⑯ 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 (平成27年度採択) Study of High-Performance Hydrogen Storage Materials by Innovative Composite Technology of Porous Material and Metal Catalyst	P94
⑰ 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 (平成27年度採択) Research and development of distributed energy storage systems by the next generation zinc air battery	P95
⑱ 蓄電池代替、埋込み超電導蓄電コイル積層体の研究開発 (平成27年度採択) R&D of stacks of superconductive coils buried in traversable spiral trenches on Si wafers for electrical power storage for replacement for rechargeable chemical batteries	P96
⑲ バイオミ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 (平成27年度採択) Development of effective CO ₂ recovery and recycle technology with creation of biomimetic supramolecular nano-space	P97
⑳ CO ₂ レーザー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 (平成27年度採択) Development of a laser drilling system employing CO ₂ laser for deep hot dry rock in supercritical water	P98

平成27年度終了テーマ

※実施テーマ名と委託先のみ列記してます

P99・100

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

R&D of the innovative energy system for low-cost and high purity hydrogen production technology

研究開発の背景

将来の水素社会到来に向けCO₂フリーの安価な水素製造方法が期待されています。再生可能エネルギーを用いた水素製造法としては、風力発電や太陽光発電などの電力を用いて水を電気分解する方法が有望ですが、副生水素や化石燃料改質と比較して製造コストが高い問題があります。現在、系統電力、風力・太陽光発電などの電源から水電解法で水素を製造すると、そのコストは水電解装置の設備費を含まない場合でも76-136円/Nm³と試算されており、目標とされている水素製造コスト30円/Nm³を実現するためには、極めて安価な再生可能エネルギーを確保することに加え、水電解装置のコスト低減と電解効率向上が不可欠です。

研究開発の内容と目標

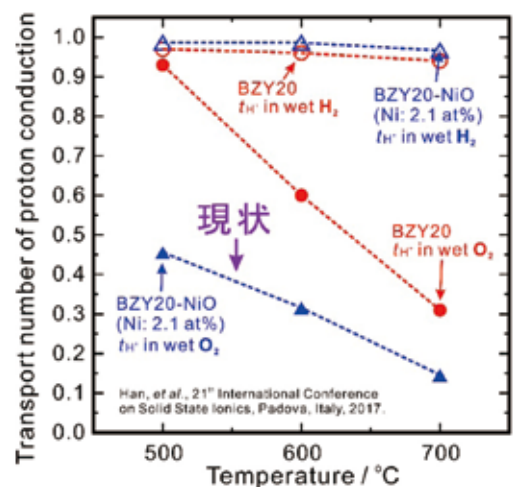
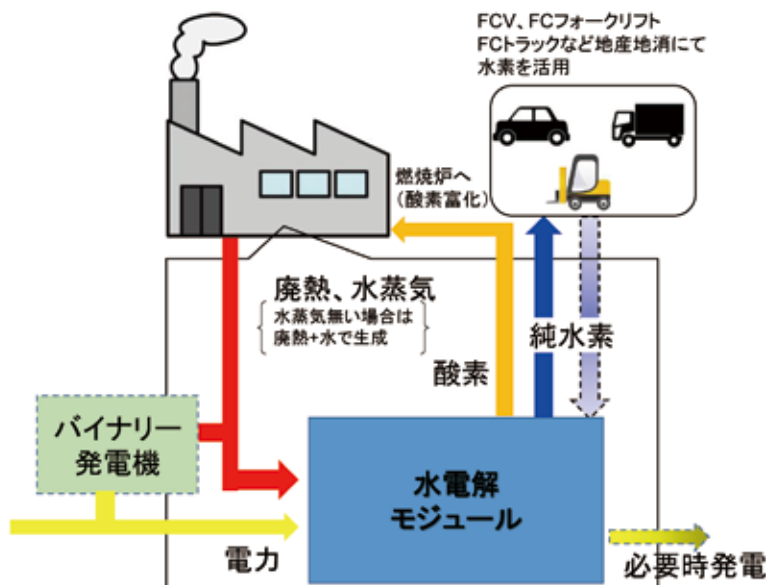
本研究開発では水素イオンのみを伝導する事が可能なプロトン伝導性セラミックスを電解質に用い、プロトン輸率を劇的に高めた革新材料を見出し、これを用いた低コスト高純度水素製造に資する実用サイズのセルの開発、更に工場等から排出される中低位廃熱の利用も含めた熱マネージメント、水電解システムの基本設計、水素製造コスト試算を行い、低コスト水素を得るためのシステム実現に向けた課題・対策を明らかにします。最終的には中低位廃熱の利用のみならず、水電解により生じる酸素を燃焼炉に還流することで削減される燃料費分の効果も加味し、30円/Nm³を大幅に下回るポテンシャルを示し、水素を貯蔵媒体とする革新的エネルギーシステムとしての実現を目指します。

研究開発項目

1. 高効率水電解セル材料の基礎検討
2. 単セル製造・評価技術の開発
3. 全体システム基本設計および効率試算
4. システムコスト、水素製造コスト試算

研究開発の実施体制

住友電気工業株式会社
 国立大学法人京都大学
 株式会社IH I



加湿水素と加湿酸素雰囲気下における
 プロトン輸率の温度依存性

超高效率新規プロトン導電デバイスの開発

Development of Ultrahigh Efficiency Proton-Conducting Electrochemical Devices

研究開発の背景

従来にない、80%以上の高いエネルギー効率かつ低コスト化が実現可能な新規プロトン導電性セラミック電気化学デバイスの実現に向け、本プロジェクトでは、従来型の燃料電池システムや電気分解システムのエネルギー変換効率を凌駕する循環型のカーボンフリーなエネルギーシステムの基本技術の構築を目指します。開発技術を本格的な水素社会へ実装することにより、超高效率燃料電池や高効率・低コスト水素製造、化学工業における電気化学リアクターなど、水素エネルギーバリューチェーンにおける水素製造・利用デバイスとして貢献します。

研究開発の内容と目標

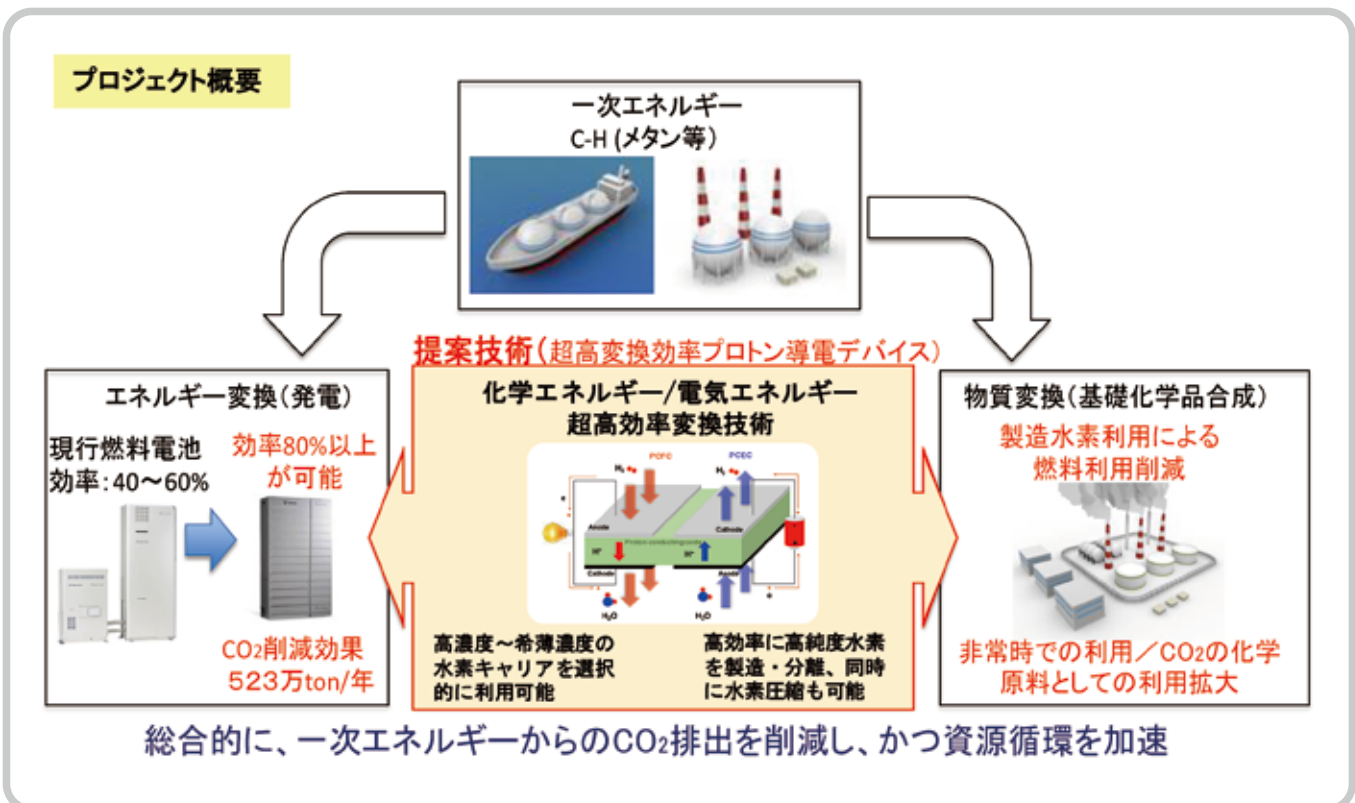
潜在性のあるプロトン導電性デバイスですが、①CO₂安定性とプロトン導電性・輸率のトレードオフ、②プロトンキャリア電極として材料・構造設計指針がない、③大面積セル化技術がない、などの課題を有しているため、長期にわたり実用デバイスが実現していません。本プロジェクトでは、①計算科学による材料設計、実環境計測による動作現象解明、②材料化技術、大型セル化技術、シール技術、③システムシミュレーションなどを連携推進することで、原子レベルからシステムレベルまで一貫した課題解決に取り組みます。

研究開発項目

1. 新規プロトン導電性材料化技術の開発
2. 高性能電極材料化技術の開発
3. 電極-電解質接合技術の開発
4. 新規プロトン導電性デバイス用シール技術開発
5. 新規電気化学デバイスのシステムシミュレーション

研究開発の実施体制

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



有機ハイドライド電解合成用電極触媒の研究開発

R & D of Electrocatalysts for Electrosynthesis of Organic Hydride

研究開発の背景

水素を利用することにより、再生可能エネルギーなど、時間的、空間的に需要と供給が不整合なエネルギーを有効に活用できるようになります。しかし、体積エネルギー密度が低い場合、液化水素、有機ハイドライド、液化アンモニアに代表される水素エネルギーキャリアとして貯蔵、輸送することが検討されています。水素エネルギー社会を実現するためには、水素ならびに水素エネルギーキャリアの製造と利用のエネルギー変換プロセスの効率化が必須です。

本研究では、再生可能エネルギーを用いて水素エネルギーキャリアを合成する新規高効率システムとして、固体高分子電解質(SPE)電解法の応用を提案、実現性の確認を行います。

研究開発の内容と目標

直接電解水素化による有機ハイドライド合成の最大の利点は、水電解で生成した水素を用いる場合より、有機ハイドライド生成の理論エネルギーが約10%小さいことであり、この10%のエネルギー削減を活かすためのカソード触媒に関する技術開発が欠かせません。

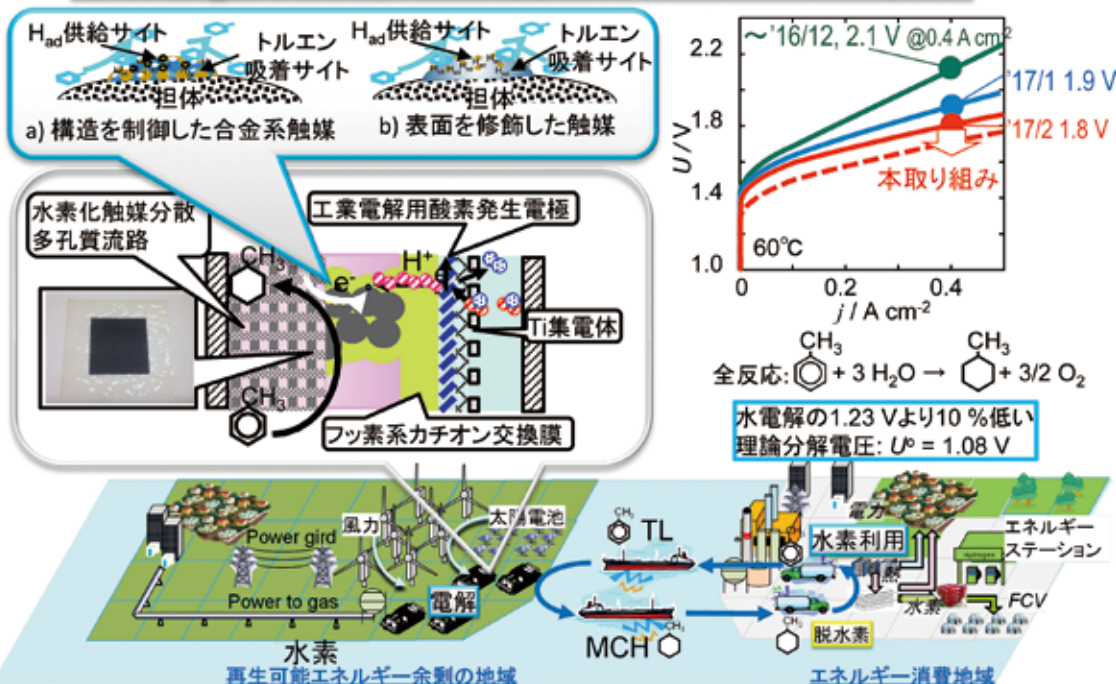
本研究では、複合貴金属をカーボンに担持したカソード触媒を開発し、各成分元素の役割を解明するとともに、電圧損失を低減するため、複合貴金属の粒径、組成やカーボン上への担持率の触媒活性に及ぼす影響を調べます。さらに、開発触媒が市販の燃料電池用PtRu/Cよりも電解槽電圧を低減できることを明らかにし、本技術の実現性を証明します。

研究開発項目

1. 貴金属組成と水素化反応活性の評価
2. 複合金属系カソード触媒の設計及び合成
3. カソード触媒の反応解析
4. カソード触媒特性のハーフセルによる性能評価
5. カソード触媒特性の電解槽による性能評価

研究開発の実施体制

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

トルエンとH_{ad}(原子状水素)の吸着状態を制御した新たな高活性触媒を開発

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

Development of Concentrated Electrolytes for Realization of Lithium Metal Batteries

研究開発の背景

2050年に温室効果ガス半減などの目標を達成し、エネルギー・環境分野の中長期的な課題を解決するためには、電気自動車 (EV) の普及が不可欠です。現在、EV用蓄電池としては、蓄電池の中でもエネルギー密度の高いリチウムイオン電池 (LIB) が用いられていますが、現状のエネルギー密度 (150Wh/kg) では航続距離が200km程度しか得られず、航続距離500km以上を可能とする高エネルギー密度蓄電池の開発が将来のEVの普及の鍵となると考えられています。本研究ではリチウム金属を負極として用いる高エネルギー密度リチウム金属蓄電池の開発を通してEV自動車の普及を目指します。

研究開発の内容と目標

本開発では寿命、安全性の観点からリチウム金属負極の最大の課題と考えられているデンドライト成長を抑制可能な濃厚電解液を開発し、2030年に実用化が可能な500Wh/kgのエネルギー密度を有するリチウム金属蓄電池実現のブレークスルーを目指しています。様々な濃厚電解液を探索、設計して、寿命の指標として電流密度1 mA/cm²以上でもリチウムデンドライト成長が100サイクル以上抑制可能で、かつ4V級正極に適用可能な耐酸化性を有し、安全性目標として難燃性を有し、さらにコスト目標として従来電解液の2倍以下のコストを見通し可能な濃厚電解液を開発します。

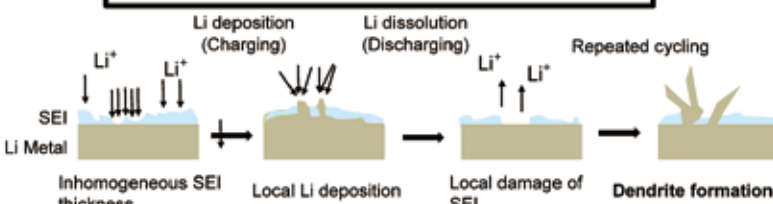
研究開発項目

1. リチウム負極用新規濃厚電解液の開発
2. 4V級正極と組み合わせたリチウム金属蓄電池の試作と実証
3. 濃厚電解液中でのリチウム金属析出挙動の解析

研究開発の実施体制

学校法人同志社 同志社大学

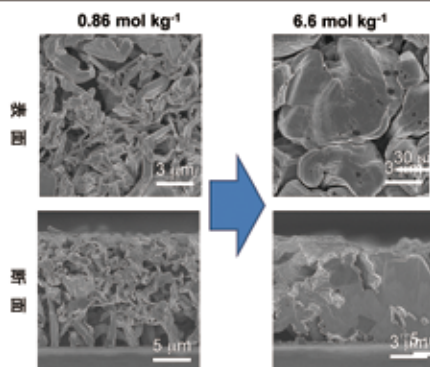
リチウムデンドライトの生成メカニズム



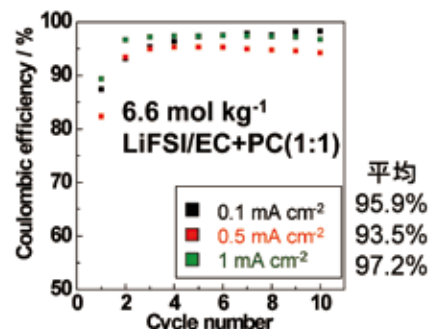
濃厚電解液による抑制

- 析出先端への電流集中を抑制
- 核生成、結晶成長速度の制御
- 4V超級正極にも適用可

濃厚化による析出形態の変化 LiFSI/EC+PC(1:9)



高いクーロン効率



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

Novel Highly Active Air Electrodes with Mixed Anion Compounds for Rechargeable Metal-Air Batteries

研究開発の背景

次世代の電気エネルギー貯蔵システムとして、金属空気二次電池は、低コスト、高エネルギー密度が実現可能な蓄電デバイスとして期待されています。しかし、キーマテリアルである空気極の触媒活性が現状では十分ではなく、充放電に伴う大きな過電圧が生じます。過電圧は電池の効率を下げただけでなく、副反応を加速させ、ひいては電池の寿命を縮めるおそれがあります。そこで、金属空気二次電池のエネルギー利用効率を高め、また、信頼性を向上させるために、空気極触媒の酸素発生(充電)および酸素還元(放電)の活性を一段階高いレベルへ引き上げることが求められています。

研究開発の内容と目標

本研究開発では、次に掲げる研究項目を遂行し、水溶液電解質を用いた金属空気二次電池が2030年に本格的実用化することに向け、ブレークスルー技術を創出し、効率および信頼性に関わる課題解決を目指します。

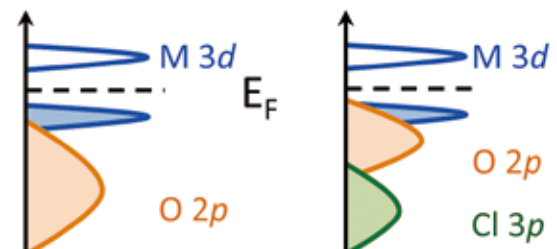
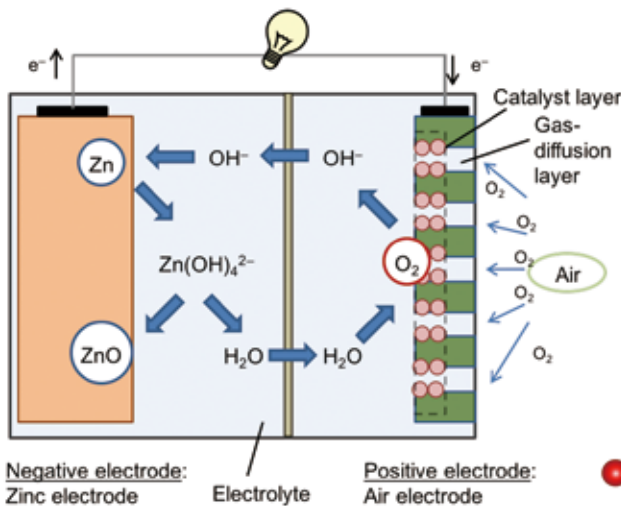
- ① 充放電効率の高い空気極触媒の開発
- ② 長寿命、信頼性向上のための空気極劣化抑制技術の開発

研究開発項目

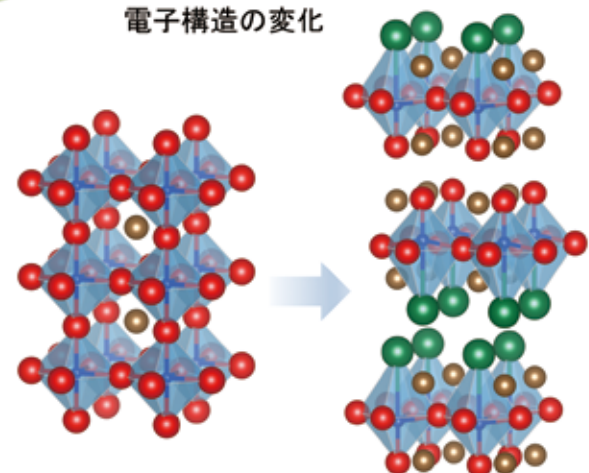
1. 複合アニオン化合物による高効率充放電を実現する空気極触媒
2. 電極のカーボンフリー化による長寿命・高信頼性を有する空気極

研究開発の実施体制

国立大学法人京都大学



電子構造の変化



ペロブスカイト酸化物

複合アニオン化合物

酸素以外のアニオンを含む
新規複合アニオン触媒

ペロブスカイト関連
新規化合物 $ABO_{3-y}X_y$ $A_2BO_{4-y}X_y$
 $X = N^{3-}, Cl^-, Br^-, F^-$ など高い自由度

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

A research on energy systems with super-distributed energy resources including innovative energy storage technologies

研究開発の背景

エネルギー部門の低炭素化のためには、再生可能エネルギー発電を大規模に導入し、同時に省エネルギーを実現することが必要となります。再生可能エネルギー発電の導入量増加に伴って、その出力変動量も増加するために、需要変動と合わせた大きな出力変動に対応するための需給調整力が必要となります。需要家における電力需要のデマンドレスポンスや、電力や熱の貯蔵システムなどが新たな調整資源となります。

本研究では、従来とは量的・質的に異なる需給調整力の活用を可能とするため、発送電領域・配電領域・需要領域を相互に連携し、各領域から提供される調整力を管理するシステムの実現を目的とします。

研究開発の内容と目標

将来のシステム検討としてシミュレーションを中心とした検討を行います。従来、電力システム全体のシミュレーションでは、発送電領域・配電領域・需要領域の三領域で、需給バランス・電圧・潮流などの解析を個別に行っていましたが、各々の制約条件は、相互の関係を考慮せずに与えられるため、三領域における需給調整力の評価が適切になされていませんでした。

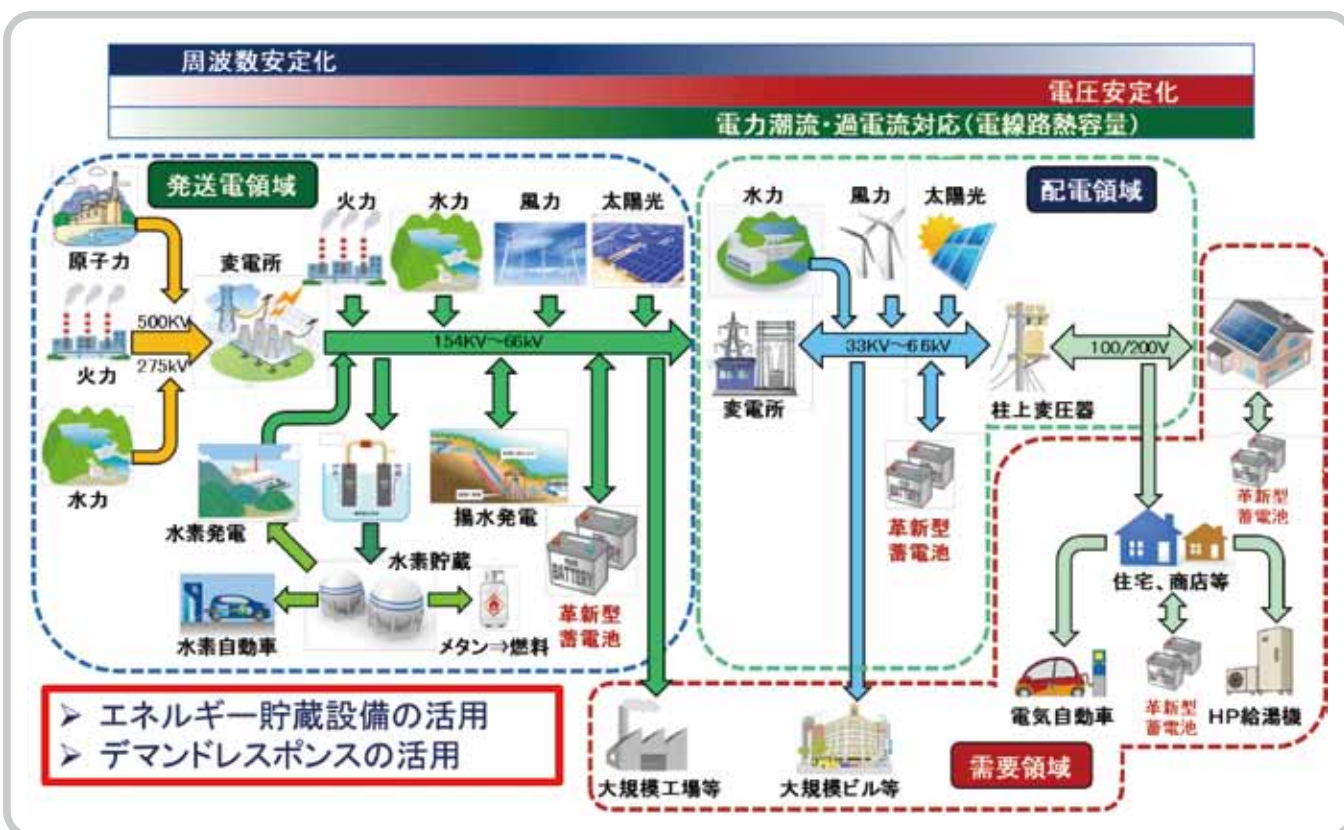
そのため、これら三領域を相互に連携したシミュレーション検討を行い、貯蔵システムを含む新たな需給調整力を活用した超分散エネルギーシステムの研究を行うことで、再生可能エネルギー発電の出力制御量を80%以上低減するシステムとその運用・制御手法を明確にします。

研究開発項目

1. 各資源が持つ調整力とその総合評価
2. 発送電領域
3. 配電領域
4. 需要領域

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



ヒドリドを利用した新規エネルギーデバイスの開発

Development of Novel Energy Devices using H⁻ Conduction

研究開発の背景

持続可能社会の実現に向け、電気化学反応を利用した蓄電・発電への需要が高まっています。現在、リチウム二次電池や燃料電池を越える次世代のエネルギーデバイスの開発を指向した研究が盛んに行われていますが、実現には、既存デバイスの性能向上だけでなく、新物質開発に基づいた新たな作動原理のデバイスを開発する試みが必要です。

我々は、ヒドリド(H⁻)のイオン導電現象に着目しています。H⁻は一価で電荷密度が低いという高速イオン導電に適した特徴を有するだけでなく、Mgと同程度の酸化還元電位(-2.25 V vs. SHE)をもつことから、高エネルギー密度の電気化学デバイスに応用できる可能性があります。

研究開発の内容と目標

当グループが世界に先駆けて開拓したH⁻のイオン導電現象に基づく新しい電気化学反応を構築し、これまでに無い作動原理のエネルギーデバイスの創成を目指します。

H⁻はリチウム二次電池のような固体内へのインターカレーション反応からヒドリド還元のような分子反応まで、多様な反応系に応用できるだけでなく、固相/固相から固相/気相まで様々な反応に対応できるため、電池構成に多様性をもたせることができます。本研究開発では、H⁻導電および、H⁻の酸化還元反応が関与する種々の素反応を検証し、新規エネルギーデバイスの創成に資する反応の抽出をおこないます。

研究開発項目

1. H⁻導電体の高性能化・電解質性能の検証
2. H⁻・e⁻混合伝導体の開発
3. H⁻インターカレーション材料の開発とデバイス作製
4. H⁻を利用した水素化・脱水素化反応の構築

研究開発の実施体制

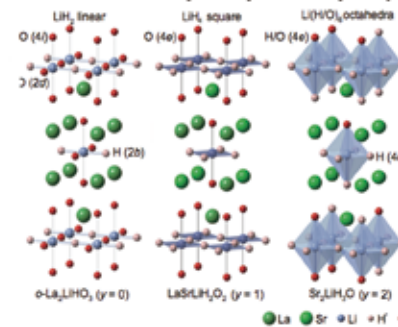
国立大学法人東京工業大学
 大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所
 パナソニック株式会社

H⁻の電荷担体としての特徴

- 高速イオン導電に適した価数、サイズ
- 卑な酸化還元電位(-2.25 V vs. SHE)
- 電子供与性(還元力)
- H⁻からH⁺への二電子反応

G. Kobayashi, R. Kanno et al., *Science*, **351**, 1314 (2016).

H⁻導電体 La_{2-x-y}Sr_{x+y}LiH_{1-x+y}O_{3-y}



- 輸率1のH⁻導電性
- 中温域(200 - 400 °C)で優れたイオン導電性
- 固体電解質としての機能

H⁻導電を利用した電気化学デバイス

> インターカレーション反応

- 二次電池
- 水素吸蔵合金
- カーボン材料
- 遷移金属酸水素化物(酸化物)
- 窒化物

熱と圧力変化による水素吸蔵・放出から電位応答による制御へ

- 水素吸蔵量の増大(高容量)
- 新物質の創成(新機能, 新規物性)
- 蓄電と水素貯蔵を兼ねそなえたデバイス

> H⁻の還元力を活かした新しい化学反応

- 水素キャリアの合成・脱水素化
- 有機ハイドライド
- CO₂ → CH₄
- アンモニア
- H₂O(水電解)

電位応答による水素化・脱水素化反応

- 反応効率と反応速度の向上(過電圧の低減)
- 新しい化学反応の構築

> 新しい化学種による燃料電池

- 燃料電池
- 中温作動
- 酸水素化物系触媒電極
- 窒化物系触媒電極

電極反応の多様化と反応性の向上

- 反応効率と反応速度の向上(過電圧の低減)
- H⁻を利用した新たな分子の酸化還元反応の適用(新型燃料電池)

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

Development of novel dual carbon battery using highly concentrated electrolyte

研究開発の背景

現在、ブレーキの回生やハイブリッド自動車、再生可能エネルギー、電力貯蔵分野では、高出力密度で、レート特性に優れた、安全、繰り返し充放電が可能な革新電池の開発が望まれている。本研究開発では正極、負極とともに黒鉛を用いるデュアル炭素電池(DCB)においてLiTFSI(リチウムビス(トリフルオロメタンスルホニル)イミド)からなる高濃度電解液、とくに水溶液を電解液に用い、室温での充放電を実現するとともに、大きな充電容量と繰り返し特性を達成する。インターカレートされた炭素中での状態を量子計算や種々の電気化学的な分析法を用いて明らかにし、エネルギー密度について、大きく性能を向上したセルの実用化を実現する基本技術の確立を行う。

研究開発の内容と目標

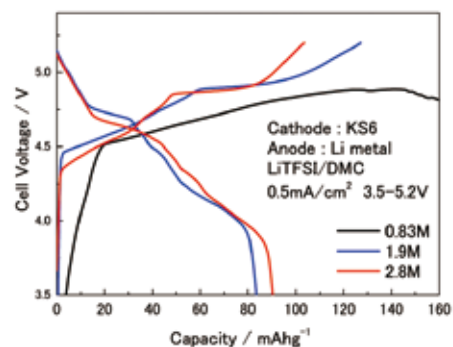
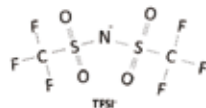
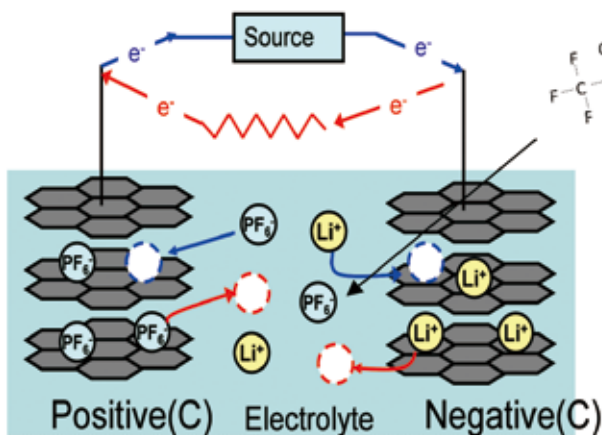
電解液にPCやDMCなどの有機物または水系を用い、電池を試作し、その充放電特性を明確にする。また従来の研究ではインターカレートしたアニオンの状態はほとんど検討されていないので、NMRやラマン分光法を用いて、インターカレーションしたアニオンの状態を検討するとともに、分子動力的計算(DFT計算)を併用して、インターカレートされたアニオンのエネルギー状態などを明確にする。電解液濃度4M, LiTFSIを含む有機電解液の高性能化、放電電位4-5V, 放電容量110mAh/g, 繰り返し100サイクルの劣化率3%以下、500サイクル、初回のクーロン効率95%以上、初期クーロン効率と不可逆容量の関係を明確にし、副反応を抑制する方法を明確にする。

研究開発項目

1. 高濃度電解液を用いる革新的デュアル炭素電池の開発
2. LiTFSI系水溶液を用いるデュアル炭素電池の開発
3. 炭素中に挿入されたアニオンの解析

研究開発の実施体制

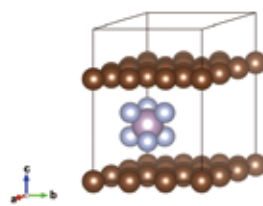
国立大学法人九州大学



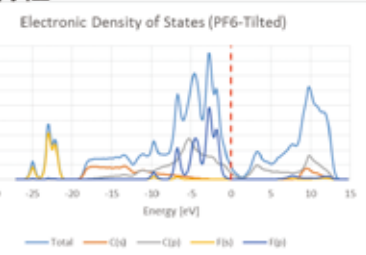
図LiTFSIを支持塩とするセルの充放電特性

革新電池への展開

放電電位4-5V, 放電容量110mAh/g以上, 繰り返し100サイクルの劣化率3%以下、500サイクル、初回のクーロン効率95%以上



DFT計算によるインターカレーション機構の解明



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

R&D of stacks of superconductive coils buried in traversable spiral trenches on Si wafers for electrical power storage compatible with mass production

研究開発の背景

超電導コイルに蓄電する超電導磁気エネルギー貯蔵技術(SMES)は、蓄電池のように化学反応を伴わず劣化が少ない、高速充放電が可能な利点がある。従来は超電導線材を曲げて作る直径数mの大型設備であったが、本提案では量産可能なMEMS技術を用いパターニングにより超電導薄膜コイルを形成する。ただし、コイルに働く強い電磁応力に耐えるため単結晶Siウェハに反応性イオンエッチングで穿った螺旋状溝内に超電導薄膜を形成、ウェハの材料強度によって電磁応力を克服する。このSiウェハを積層して、ユニット化しコンパクトで低コストなSMESを実現、再生可能エネルギーの変動バッファとして普及させ、低炭素化社会の実現に貢献する。局所高磁場発生、薄膜のため高Q値の共振コイルとしても期待できる。

研究開発項目

1. 断線に対して冗長性を持たせた、4インチSiウェハ上への段丘状V型断面をもつ螺旋溝形成技術の確立
2. Siウェハ上に形成された螺旋溝へのバッファ層を介した、MOD法銅系酸化物高温超電導厚膜の配向成膜技術の確立
3. 溝内酸化物超電導厚膜へのCuめっき技術の確立

研究開発の内容と目標

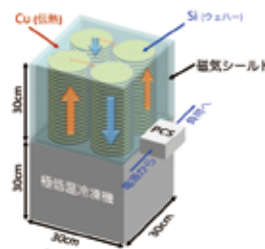
超電導転移温度15.5KのNbN螺旋溝内螺旋コイルで原理検証した超小型SMESに、NbNに替わり、将来の水素エネルギー社会で普及する液体水素冷熱の利用が可能な銅系酸化物高温超電導体 $YBa_2Cu_3O_{7.6}$ の適用を進めていく。臨界電流密度が18倍、電力貯蔵密度が324倍になることが期待されるが、電磁応力がSiの材料力学耐力の4GPaを超える可能性があり、コイル設計に工夫を要する。配向成膜技術の確立が不可欠で、Si基板上へのY安定化 ZrO_2 膜の配向成長、 CeO_2 薄膜の配向成長を実現したうえで、スパッタ $YBa_2Cu_3O_{7.6}$ 膜の配向成長、MOD法 $YBa_2Cu_3O_{7.6}$ 膜の配向成長を順次実現する。めっき液による $YBa_2Cu_3O_{7.6}$ 膜の腐食が起きないCuめっき技術の確立も必要となる。

研究開発の実施体制

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

NbN⇒YBCOによる性能向上見積もり

性能の見積もり	NbNの場合	YBCOの場合
使用温度	<16 K	>20 K
貯蔵電力密度 (1 unit)	10.2 Wh/ℓ	3.3 kWh/ℓ
貯蔵電力密度 (4unit+冷凍機)	1.8 Wh/ℓ	583 Wh/ℓ
従来手段の貯蔵電力密度	従来大型SMES 0.88 Wh/ℓ	Liイオン2次電池 520 Wh/ℓ
貯蔵電力容量 (4unit+冷凍機)	97.2 Wh	31.5 kWh
中心部発生磁場	20 T	360 T
中心部電磁応力	0.11 GPa	34.5 GPa



本提案

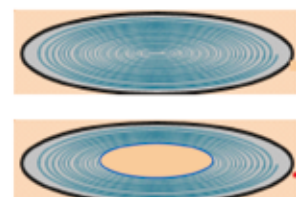
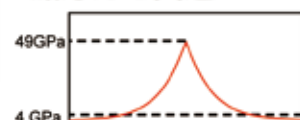
従来SMES

2003年～ 東芝、中部電力
 20 MJ 8-20 T
 工場瞬間電圧低下対策向け
 (東芝レビュー
 59(2),74(2004))

バッファ層を介したSi上の配向成長



中心部を開けて過大電磁応力を回避



↑
 Siウェハの材料学的耐力：4 GPa

NbNから $YBa_2Cu_3O_{7.6}$ への変更に伴い発生する新たな課題への取り組み

熱安定性に優れた革新的な全固体有機蓄電池の創製

Development of innovative all solid organic rechargeable battery with high thermal stability

研究開発の背景

将来的に温室効果ガスを大幅削減するには、電気自動車の普及が不可欠です。そのカギを握るのは蓄電池開発ですが、現在主流のリチウムイオン電池には、資源リスクの高い希少金属を含有した正極材料や可燃性の高い有機溶媒が電解液に使用されているため、大幅な低コスト化と安全性の向上は容易ではありません。これらの課題を解決するには、電池性能を維持しつつ、現行の材料を安価で熱安定性に優れた材料に置き換える必要があります。より安全かつ低価格な電気自動車の大規模普及拡大に向け、本研究開発においては、電池材料として将来的に低コスト化が可能な有機正極材料を開発、熱安定性が高い有機電解質を改良し、これらを組み合わせたこれまでに例のない蓄電池開発に取り組みます。

研究開発項目

1. 有機正極材料の開発と充放電機構解明
2. 柔粘性有機イオン固体電解質の改良
3. 全固体有機蓄電池のセル設計

研究開発の内容と目標

電解液に代わる難燃性の柔粘性有機イオン結晶を固体電解質として、また遷移金属酸化物に代わりキノン構造を有する有機材料を正極活物質として用いることで有機全固体電池の可能性を実証します。有機全固体電池は、熱安全性に優れた有機正極材料と、昇温時に相転移に伴う吸熱特性を有する柔粘性有機イオン結晶により、異常時の発火リスク低減が期待できます。同時に、資源リスクの低い有機材料を用いることから低コストを維持しつつ、有機正極の分子構造を工夫することで高容量と優れた耐久性も目指します。これらの材料のポテンシャルを十分に活かすため、電池構造の最適化や機構解明を行い、新発想のリチウムイオン電池の可能性を実証します。

研究開発の実施体制

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

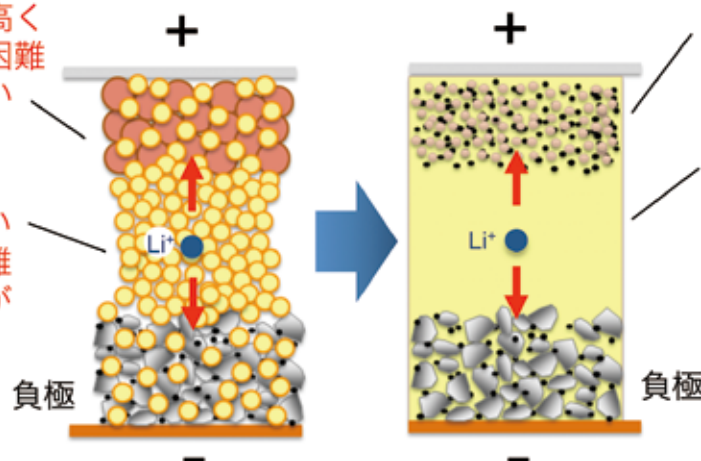
無機材料から有機材料へ

現行無機系正極
(Ni、Coなど)

- 資源リスクが高く低コスト化が困難
- 熱安全性が低い

無機固体電解質

- 環境負荷が高い
- 界面形成が困難
- 電極製造工程が複雑



有機正極

- 資源リスクが低く低コスト化が可能
- 熱安全性が高い

有機イオン結晶性
固体電解質

- 吸熱特性があり発火リスクが低減
- 界面形成が容易
- 電極製造工程が簡便

超高性能バルク熱電材料 ($ZT \geq 20$) の創製

Advanced Research Program for Energy and Environmental Technologies / Development of super high performance bulk thermoelectric materials ($ZT \geq 20$)

研究開発の背景

熱電材料は、CO₂排出フリー発電が可能ですが、効率に直結する熱電性能指数ZTの目標値が発電プラントで20以上、自動車廃熱発電で5以上に対し、実際の材料では50年近く2以下しか得られておらず、目標の実現はほぼ不可能でした。

そこで、本研究開発では、ナノ構造によるZTの大きな向上を狙い、ZT増大に必要な構造の理論提案と実験検証を行います。さらに、実用上必要なバルク化技術の開発を進めます。

研究開発の内容と目標

本研究開発では、①高性能となるナノ構造熱電物理の構築および定量的モデル構造の理論的提案を実施すると同時に、 $ZT > 1000$ を報告した防衛大学の技術(アモルファス薄膜から熱処理でナノ構造を作製する技術)を導入し理論検証することで、実用目標 $ZT \geq 20$ に必要なナノ構造制御因子を把握することを目標とします。更に、②アモルファスバルクから熱処理でナノ構造を作製する技術を展開し、バルク熱電材料の開発を行い、 $ZT \geq 5$ に必要なナノ構造の制御指針を構築することを目標とします。

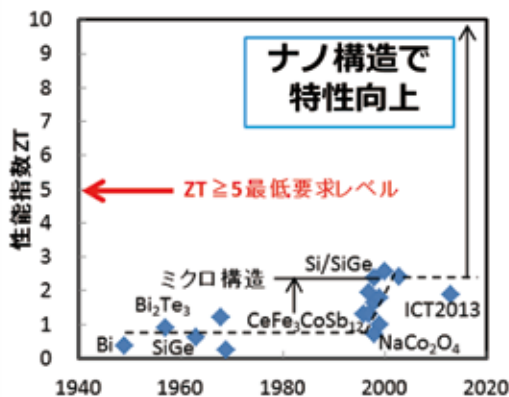
研究開発項目

- A. ナノ構造熱電物理の定量的モデル化
- B. バルク化技術開発

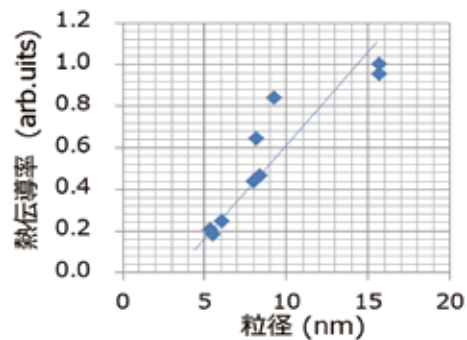
研究開発の実施体制

住友電気工業株式会社
 学校法人トヨタ学園豊田工業大学
 (再委託先)
 国立大学法人東北大学

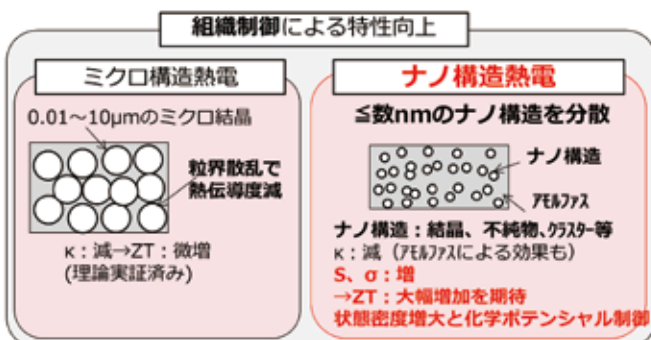
熱電材料の性能指数の推移と目標イメージ



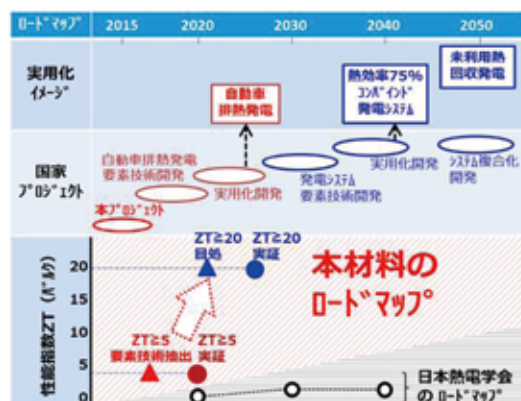
ナノ粒子のサイズによる熱伝導率制御例



コンセプト



実用化イメージと長期ビジョン



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

Realization of high-efficient thermoelectric conversion systems by utilizing innovative nanoscale control

研究開発の背景

化石燃料由来エネルギーの60%以上が大気中に廃熱として放出されており、この未利用エネルギーは地球を温め続けるほど膨大な量となっています。究極の省エネルギー社会、超低炭素社会の創造には、未利用エネルギーを再生可能エネルギーに転換するゲームチェンジが必須です。膨大な未利用エネルギーである熱エネルギーを電気エネルギーに直接変換可能な熱電変換技術が極めて重要な役割を果たします。本研究は従来の熱電変換材料研究の手法である化学組成制御や新規材料探索とは一線を画し、熱電変換のポテンシャルを最大限に引き出すため、熱電変換材料への量子効果に着目します。従来の微細加工で為し得ない革新的ナノスケール制御による低コスト、大量生産を実現するハイスループットナノ先端要素技術を開発し、エネルギー変換効率30%を超える高効率熱電変換システムを創成します。

研究開発の内容と目標

本研究ではエネルギー変換効率30%を超える高効率熱電変換システムの実現に向けて、従来の微細加工で為し得ない革新的ナノスケール制御による(1) ナノスケール直径を有する石英ガラステンプレートの開発(ナノ伝送路)、(2) ナノワイヤー熱電変換素子の開発(ナノ環境材料)、(3) ナノ領域への超低抵抗電極接合技術の開発(ナノ電極)の3つのナノ先端要素技術の開発と、量子効果による(4)巨大ゼーベック効果の原理実証を行います。また得られた知見を生かし、早急な発電システムへの応用を見据え(5) ナノスケール構造を導入したバルク材料への展開を図ります。

研究開発項目

- (1) ナノスケール直径を有する石英ガラステンプレートの開発
- (2) ナノワイヤー熱電変換素子の開発
- (3) ナノ領域への超低抵抗電極接合技術の開発
- (4) 巨大ゼーベック効果の原理実証
- (5) ナノスケール構造を導入したバルク材料への展開

研究開発の実施体制

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

側面光学顕微鏡像
 ナノワイヤー
 石英ガラス製テンプレート 0.5 mm

端部電子顕微鏡像
 ナノワイヤー
 石英ガラス 100 nm

母相 PbTe
 析出物 Sb₂Te₃

フォノン
 電子
 析出物

ナノスケール直径を有する石英ガラステンプレートの開発
 ナノワイヤー熱電変換素子の開発
 ナノ領域への超低抵抗電極接合技術の開発

ナノスケール構造を導入したバルク材料への展開

熱エネルギー → 熱電変換システム → 電気エネルギー

石英ガラス ナノワイヤー 電極 ヒーター
 温度センサ 金属線 石英シート
 熱電対

巨大ゼーベック効果の原理実証

電気炉
 石英ガラス母材
 微細空孔アレイ
 空孔アレイ

ナノアレイ開発の様子

温度変化発電を利用した廃熱回生技術の研究開発

R&D for waste heat recovery technology using pyroelectric effect based on temporal temperature variations

研究開発の背景

日本で1年間に生成される廃熱エネルギー量は、年間発電量に相当する「1兆kWh」に達し(経済産業省発表)、この廃熱エネルギーを有効活用する技術の創生こそが低炭素社会実現に不可欠かつ最優先課題の一つです。そこで本テーマでは、新原理に基いたエネルギー回生技術への挑戦を行っています。例えば、内燃機関を有する自動車の場合、走行エネルギーと同等以上に存在する排ガスエネルギー(熱損失)の「温度変化」に着目し、熱と電気の変換技術を研究開発しています。今後、自動車のみならず、社会に貢献できる環境新技術として、更なる性能向上に取り組めます。本産官学連携チームは「捨てるな! 熱」をスローガンに、廃熱無き世界の実現を目指します。

研究開発の内容と目標

革新・画期的な廃熱回生技術として、従来の空間的な温度差による発電(ゼーベック効果)ではなく、自動車が走行中に排出する排ガスエネルギーの経時的な温度変化を活用する廃熱回生技術を研究開発しています。本テーマは、温度変化により材料から発生する起電力(焦電効果)をベースに、その温度変化に合わせて迎え水のように外部から少しの電気を材料に入力(電気-熱力学サイクル)することで、より大きなエネルギーを高効率で回生できる技術開発です。この技術を用いることで、従来の熱交換器と水冷装置が不要なコンパクト・軽量・低コストなシステムを実現し、自動車の廃熱を初めとした幅広い環境分野の高効率エネルギー回生技術として、低炭素社会実現に貢献します。

研究開発項目

1. 発電メカニズムの理論構築
2. 計算科学手法を援用した実験的材料探索
3. 発電サイクルの高効率化
4. 未利用熱を模擬した温度変化に伴う材料特性評価

研究開発の実施体制

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

◆従来の熱電発電 空間的な温度『差』発電

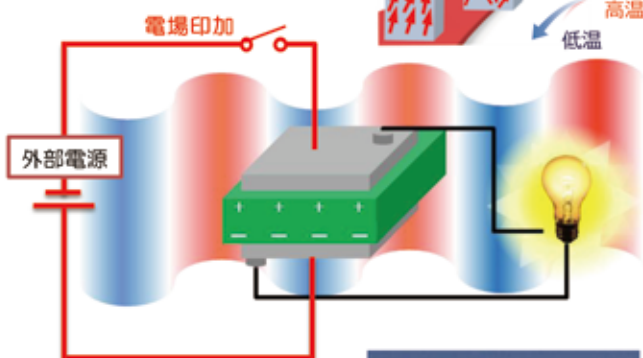


$$ZT = \frac{\sigma S^2 T}{\lambda}$$

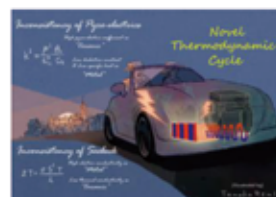
ZT: 性能指数
 σ: 電気伝導度
 S: ゼーベック係数
 T: 温度
 λ: 熱伝導度

◆本提案技術 時間的な温度『変化』発電

電場印加



電場印加(迎え水)で
回生エネルギー向上



LNG 冷熱利用熱音響エンジン発電技術の研究開発

Development of a thermoacoustic electric generator for utilizing cold exergy stored in liquefied natural gas

研究開発の背景

天然ガスは化石燃料の中でCO₂排出原単位が小さく、将来的に燃料としての消費量が急速に増大すると予想されている。天然ガスは液化天然ガス(LNG)として日本に輸入(8900万トン/年)されており、その温度は-160℃である。つまり、燃焼熱以外に蒸発潜熱および顕熱を冷熱エクセルギーとして有している。現状では、LNGの多くの部分が海水と熱交換することで、加熱され気化されており、冷熱エクセルギーは環境に捨てられている。輸入量の大きさ、および単位質量あたりの冷熱エクセルギーの大きさから、LNGの冷熱エクセルギーの有効利用が実現できればその省エネルギー効果は大きい。

研究開発の内容と目標

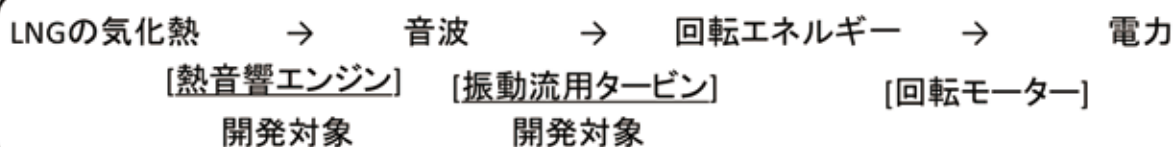
LNGの冷熱エクセルギーを有効利用するシステムを実用化するためには、そのシステム効率だけでなく、導入・維持コストも重要となる。これらコストを抑え、かつ冷熱エクセルギーで駆動可能な熱機関として熱音響エンジンが挙げられる。熱音響エンジンの研究課題としては、熱を取り込む熱交換器の開発、出力(音波)を電力に変換する機構の開発が挙げられる。そこで、本研究開発テーマでは熱音響エンジン用の熱交換器の開発と、衝動タービンを用いた音波-電力変換機構を開発し、冷熱を用いた熱音響発電システムの実現可能性を示すことを目標とする。

研究開発項目

1. 冷熱利用熱音響エンジンの設計手法の確立
2. 振動流用タービンの開発
3. 出力100Wの冷熱駆動熱音響エンジンの開発
4. 高出力化・高効率化の手法の開発

研究開発の実施体制

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



熱音響エンジン

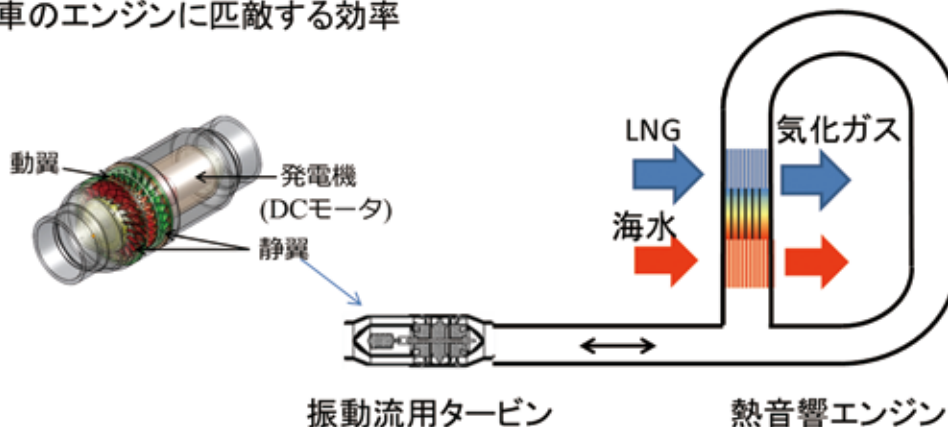
温度勾配によって引き起こされる流体の自励的振動をエネルギー変換に利用

- ・可動部を持たない
- ・多様な熱源の利用可
- ・自動車のエンジンに匹敵する効率

振動流用タービン

音波による流体の振動運動を回転エネルギーに変換

- ・1 Hz以下の振動には実績あり
- ・大出力化に向いている



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

Research and development of low power consumption, ultra-large port count and high-speed optical switching system for data center

研究開発の背景

2030年にデータセンタ内を流れる情報量は、現在の約100倍に達すると予想されています。しかし、現在、データセンタで用いられている電気スイッチでは、伝送速度の増加に伴って消費電力が爆発的に増大するため、今後のIoT、AI社会の中核をなすデータセンタの構築において、ネットワークの電力消費がボトルネックとなることが懸念されます。

この課題の解消には、消費電力が伝送速度に依存せず、電気スイッチと比べて極めて小さい光スイッチを導入し、電力消費を劇的に減少させる新たなコンセプトに基づくデータセンタ向け光スイッチシステムの実現が不可欠と考えられます。

研究開発の内容と目標

光スイッチと電気スイッチのハイブリッド構成により大幅な電力削減を可能とする革新的なデータセンタ向け光スイッチシステムの実現に向けて、以下の技術課題について研究・検証を行います。

■光電ハイブリッドスイッチシステムの構成方法

光スイッチと電気スイッチの最適なハイブリッド構成方法及びトラフィックをフローの長さに応じて光スイッチと電気スイッチに振り分けるコントロールシステム

■超多ポート高速光スイッチ

波長ルーティング光スイッチモジュール、空間光スイッチモジュール及び両モジュールを接続する高密度シャッフル配線により、データセンタに適用可能な2000ポートクラス、数10 μ s切替を実現する超多ポート高速光スイッチ

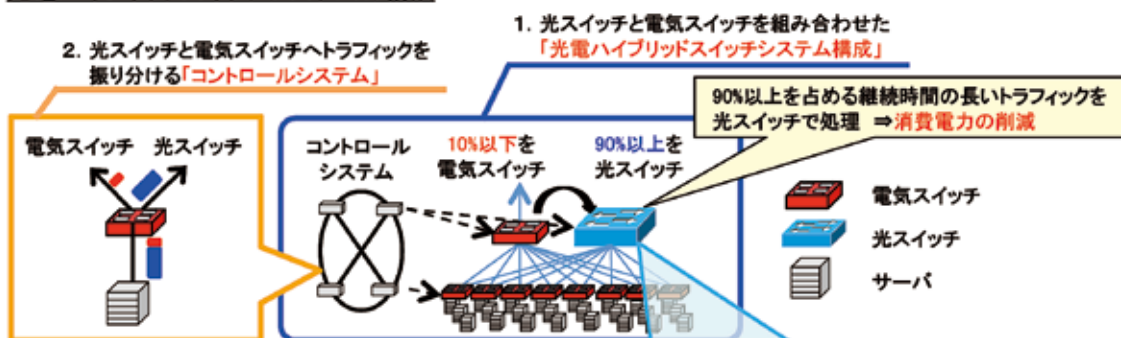
研究開発項目

1. 光電ハイブリッドスイッチシステム構成法の研究
2. 光電ハイブリッドスイッチシステムのコントロールシステムの研究
3. 波長ルーティング光スイッチモジュールの研究
4. 空間光スイッチモジュールの研究
5. 高密度シャッフル配線の研究

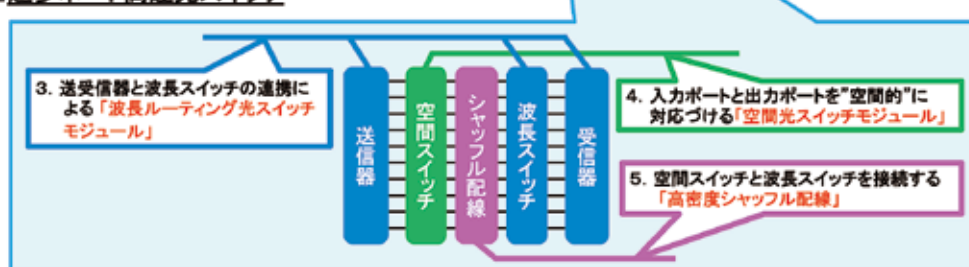
研究開発の実施体制

国立大学法人名古屋大学
 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
 日本電信電話株式会社
 (再委託先)
 国立大学法人九州大学

■光電ハイブリッドスイッチシステムの構成



■超多ポート高速光スイッチ



α型酸化ガリウム高品質自立基板の研究開発

Development of high-quality freestanding α-Ga₂O₃ substrates

研究開発の背景

α-Ga₂O₃はバンドギャップ約5.3eVの半導体であり、パワー半導体材料としてGaNやSiCを凌ぐポテンシャルを有し、実際にSiCの物質限界を超える低オン抵抗のショットキーバリアダイオードが報告されています。その一方で、α-Ga₂O₃は異種基板へのヘテロエピ成長によってしか得られないため、高密度の結晶欠陥やその悪影響が懸念されます。また、異種基板が絶縁体なので、縦型デバイスの作製の障害となります。α-Ga₂O₃の高品質自立基板が実現できれば、これらの問題が解決され、高性能α-Ga₂O₃デバイスの実用化が期待できます。

研究開発の内容と目標

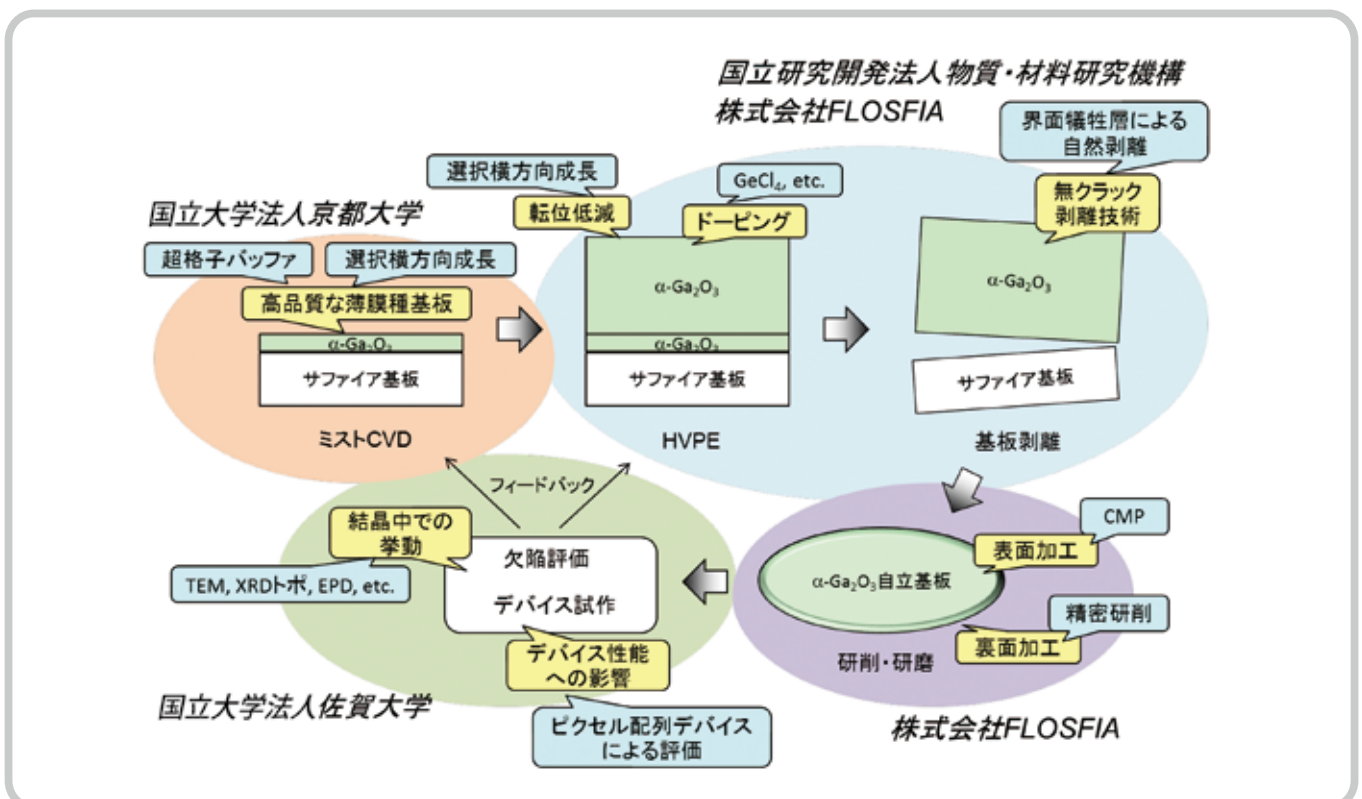
本研究開発では、高速成膜が得意なハライド気相成長法(HVPE)により異種基板上にα-Ga₂O₃厚膜を成長し、その後異種基板を取り除く方法でα-Ga₂O₃の自立結晶の作製を試みます。ミストCVDによる高品質な薄膜種結晶の作製技術およびその上のHVPEによるα-Ga₂O₃厚膜成長技術を、結晶中の欠陥挙動およびそれらのデバイス性能への影響を明らかにしながら開発します。さらに、α-Ga₂O₃結晶の研磨・研削加工技術を開発します。これらにより、φ1インチで転位密度が10⁶/cm²以下のα-Ga₂O₃高品質自立基板の実現を目指します。

研究開発項目

1. HVPE法によるα-Ga₂O₃の厚膜成長
2. ミストCVD法による高品質なα-Ga₂O₃薄膜種基板の開発
3. α-Ga₂O₃結晶の欠陥評価とデバイス特性への影響評価
4. α-Ga₂O₃結晶の加工技術開発

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
 国立大学法人京都大学
 国立大学法人佐賀大学
 株式会社FLOSFIA



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

Development and Application of Nanosolder Technology for Sustainable Societal Implementation

研究開発の背景

IoT時代の到来により、MEMSパッケージやヒューマンインターフェースにおいてより高集積化が求められていますが、半導体プロセスにおいてムーアの法則が限界に近づいています。今後、更なる高集積化や、一体化が困難だった異種デバイスを融合した新機軸の革新的デバイス実現のためには、半導体プロセスだけでなく、実装プロセスが一体となった「More than Moore」技術が必須です。

ナノサイズのはんだであるナノソルダー技術は、実装プロセスにおける高集積化だけでなく、はんだの融点以下の低温実装を可能にし、省エネルギー・省資源化と革新的デバイス製造を実現する技術であり、サステナブルな未来社会を創造します。

研究開発項目

1. ナノソルダー合成技術の開発
2. ナノソルダーペースト合成技術の開発
3. ナノソルダーペーストの実装検証
4. ナノソルダー・ナノソルダーペーストの物性・組織評価と高効率スクリーニング技術の開発

研究開発の内容と目標

現状のナノ材料製造技術は、低収率で高コストであり、応用実用化が困難な状況です。本研究開発では、従来のナノ粒子合成とは合成概念が全く異なる、毒物原料の使用や廃棄物の発生を格段に低減させた低コスト・高スループットの省エネルギー実用ナノソルダー合成技術とその原理現象の解明と共に、ナノソルダーの機能を最大限に発揮させるペースト技術を開発します。

「はんだ融点を超える」実用ナノソルダー・ナノソルダーペーストのポテンシャルを実証し、高集積化・省エネルギー実装プロセスによる革新的な実装設計とそのデバイス製造・利用による社会実装によってサステナブルな社会構造・産業構造を実現します。

研究開発の実施体制

- 国立大学法人東北大学
- 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

ナノソルダーの合成・利用生産技術の実用化による革新的デバイス創出

未来方向性を変えるゲームチェンジングの開発要素

1. ナノソルダー合成技術開発

高収率・低コスト・廃棄物レス
自在な形態制御
各種はんだへのナノ粒子
応用技術構築

2. ナノソルダー 利用技術開発

汎用エレクトロニクス
パワーエレクトロニクス
への利用技術開発

3. ナノソルダー生産技術開発

安価であるが
高収益率が可能な
付加価値を持った
ナノ材料部材の生産技術開発

少量・低温・短時間接合
省資源・省エネルギー

微細・高度な接合
高付加価値技術

▶パワーエレクトロニクス分野(高温はんだ)
▶プリントエレクトロニクス分野(低温)はんだ

半導体プロセスと
実装プロセスの一体化
「More than Moore」技術

革新的デバイス実現
新機軸



本研究の効果

▶グリーン・サステナブルケミストリー分野
革新的化学合成技術
高度な制御が可能だが簡便な合成技術
無害・無毒な化学合成技術
廃棄物レス・3Rプロセス
低温・短時間化学合成技術
エコロジーとエコノミーの両立

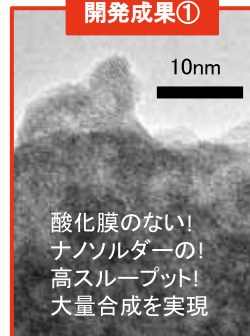
重要な戦略 要素技術の集結

▶ユーザビリティ分野
フレキシブルディスプレイや
様々なディスプレイ基板への対応
大面積・高精細・低消費電力デバイス
安価な製品による競争力強化・大量生産による産業力強化

▶ナノプロセス分野
▶グリーンナノテク分野
▶ナノエレクトロニクス分野
革新的高度製造技術
原料と調和した製造技術
高効率製造装置開発
高性能な電子デバイス製造技術
低温・短時間製造技術
エコロジーとエコノミーの両立

これらの分野間融合の総合力による国内産業力と国際競争力の強化
ジャパンオリジンの革新的デバイス創出

開発成果①



酸化膜のない!
ナノソルダーの!
高スループット!
大量合成を実現

開発成果②



世界初の低温ナノ!
ソルダー実装を実現

LEDチップ点灯

中性粒子ビーム励起表面反応による新物質創製

Generation of novel materials by neutral beam enhanced surface reaction

研究開発の背景

世界の消費電力の約2割が照明で、白熱電球より効率の高いLEDへの置き換えが急速に進んでいます。しかし現状のLEDはGreen光が発光しないため、エネルギー変換効率が20%程度に留まっています。Inを多く含むInGaN膜を成膜できればフルカラー発光により高効率なLEDが実現できることが分かっていますが、従来の熱CVD法による成膜ではInが高温で蒸発してしまい、In濃度を上げることが困難でした。また、低温成膜が可能で高いIn濃度膜が製作できるプラズマCVD法では、プリカーサーがプラズマ中で分解してしまったり、紫外線や荷電粒子の照射で膜にダメージが入ってしまい、高品質な膜形成ができないという問題がありました。

研究開発の内容と目標

本研究開発では独自の中性粒子ビーム原子層堆積法を開発し、低温でかつ欠陥や電荷蓄積のない成膜する技術確立することを目標としています。この技術により、高品質でIn濃度が高いInGaN膜を合成し、Green発光可能なLEDを作製することを目指しています。さらに、プリカーサーの構造を反映した成膜が実現できる特性を生かし、プリカーサー構造の設計や各種プリカーサーの最適化混合によって自在に膜構造を制御し、どんな素材の基板上でも、任意の組成の膜を成膜する技術を開発します。安価な基板上に成膜することで、LEDのコストダウンにつながると期待されます。

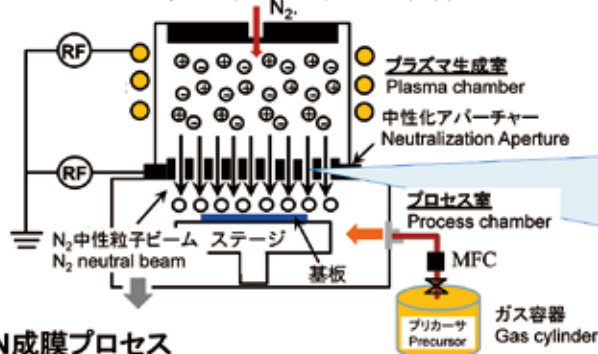
研究開発項目

1. 中性粒子ビーム成膜装置の製作
2. 中性粒子ビームを用いたInGaN成膜技術開発
3. サファイヤ基板上でのGreen発光の検討

研究開発の実施体制

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

中性粒子ビーム原子層堆積装置 Neutral Beam Atomic Layer Deposition (NB-ALD) apparatus



InGaN成膜プロセス InGaN deposition process

- Gaプリカーサー
Ga precursor
- Inプリカーサー
In precursor



ナノクリсталエンジニアリングによる材料・デバイス革新

Innovative materials and devices using nanocrystal engineering

研究開発の背景

高機能セラミックデバイスの小型化・高性能化には原料粉末の微細化が重要であるが、これまでの粉砕法による微細粉は粒径分布が大きく、不定形の形状とランダムな表面形態を有し、不純物の混入や結晶欠陥の生成も避けられない。一方、ナノクリсталと呼ばれるナノメートルサイズ特有の形を有する単結晶について理解が深まり、これらが粉砕法による微細粉の問題点を回避できる見込みがある。特にナノキューブは、理論密度100%の成形体に細密充填が可能と考えられ、不揃いで空隙率の多い集積体では実現不可能な高性能な物性が期待できる。低環境負荷である溶液プロセスを用いた高性能電子デバイス・エネルギーデバイスの開発を行う。

研究開発の内容と目標

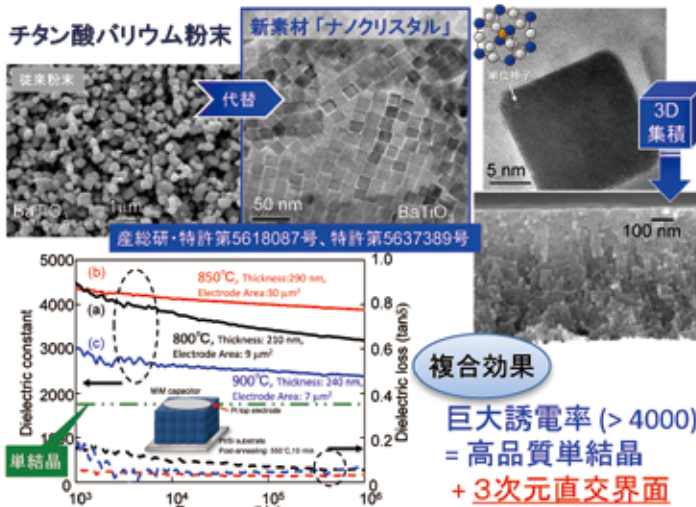
本研究開発では、ナノキューブ集積体の優れた物性を応用することで、セラミックデバイスの小型化、高性能化を目指し、特に高容量強誘電体メモリ、超高性能誘電エラストマー、高機能光学フィルム等の革新的デバイスを実現することを目的とする。チタン酸バリウムナノキューブをはじめとする誘電・強誘電ナノキューブの自己組織化による表面・形状の制御技術、高次階層構造形成技術、高分子材料との融合化技術の開発を行う。開発を通じてナノキューブ材料の基礎的性質の解明、ナノキューブ間および異種材料との界面制御を可能にし、得られた知見を各種電子デバイスに適用するための検討を行う。

研究開発項目

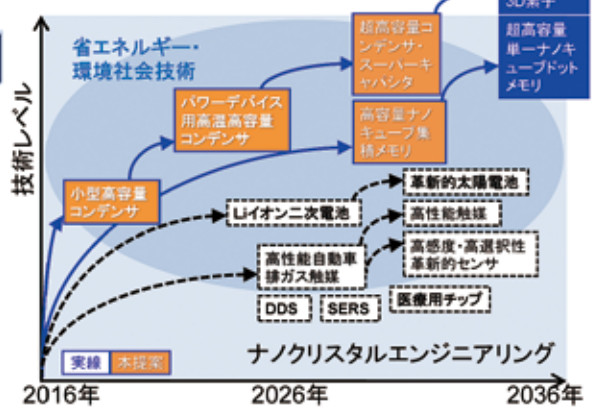
1. ナノキューブ合成技術の開発
2. 高次階層構造の成形に関する先導技術の開発
3. 疑似整合界面形成技術の開発
4. 強誘電体ナノキューブの低温集積技術の開発
5. ナノキューブの高次階層構造の制御技術の開発と特性の解明

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
堺化学工業株式会社
ラピスセミコンダクタ株式会社



ロードマップとマイルストーン



チタン酸バリウムナノキューブ三次元規則配列構造体の誘電特性
およびロードマップ・マイルストーン

室温プリンテッド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

Room-Temperature Printed Electronics for future IoT devices

研究開発の背景

身の回りの様々なものを通信機能によって相互に接続する「モノのインターネット (IoT)」に向けて、一般的な情報家電に加え、照明やディスプレイといった大面積デバイスや、小型のウェアラブル端末まで、様々な形状やサイズ、用途を持つデバイスを想定することができます。本提案の「室温プリンテッドエレクトロニクス」技術は、室温導電性金属ナノインクを配線材料に用いることで、非加熱の印刷プロセスによって、あらゆる材料の表面に自在に配線や素子を形成することができます。本技術をスケラブルに展開することで、革新的なフレキシブル性やウェアラブル性を備えたIoTデバイスが実現できます。

研究開発の内容と目標

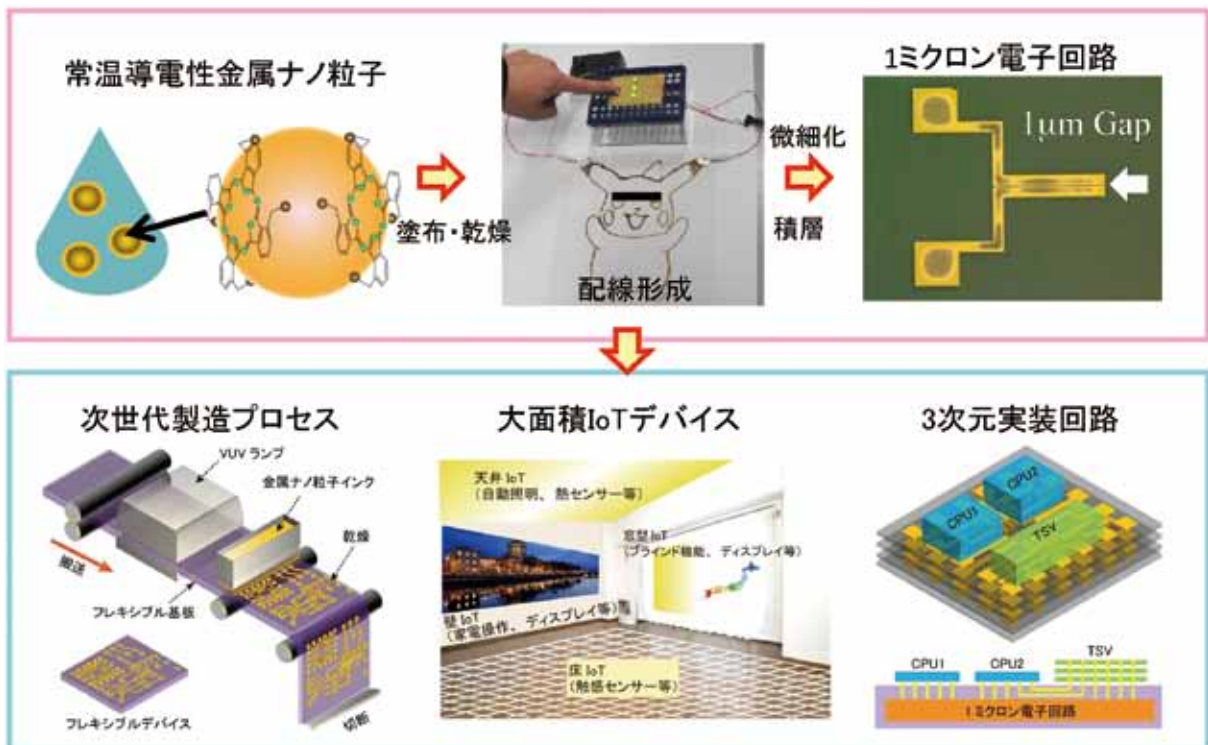
次世代IoTに用いる配線・素子形成技術には、1) サブミクロンの配線幅で回路を形成できること、2) 自在に積層・3次元化が行えること、3) LSIやその他モジュールの直接接合・実装が可能であること、4) 印刷TFTの回路を組み込むこと、といった特徴が必要です。本先導研究では、世界で初めて室温・溶液プロセスによる配線・トランジスタ素子の形成を可能とする「室温プリンテッドエレクトロニクス」を3次元配線・回路形成技術に展開し、既存の真空・フォトリソ工程では実現できない画期的なマルチスケール半導体素子製造技術を実現します。

研究開発項目

1. 室温導電性金属ナノ粒子の開発
2. 室温、オール印刷の配線・素子形成技術の開発
3. 次世代IoTデバイスへの適用

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C-INK



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

Research on advanced structure control of semiconductor nanomaterials and ultralow cost semiconductor devices

研究開発の背景

持続型未来社会では、あらゆる物にデバイスが装着され、情報の収集・蓄積・通信・解析が行われる、いわゆるIoT社会の到来が予測されています。このようなデバイスは2030年には1兆個を超えると試算されており、広く普及させるためには低コストと高性能を兼ね備えた半導体デバイスが必要です。そこで、現行のシリコンデバイスのような真空や高温を駆使して多量のエネルギーを消費する高コストな製造プロセスから脱却し、省エネルギー・低コストの印刷技術により製造可能であり、かつ高性能な革新的半導体デバイスが期待されています。

研究開発の内容と目標

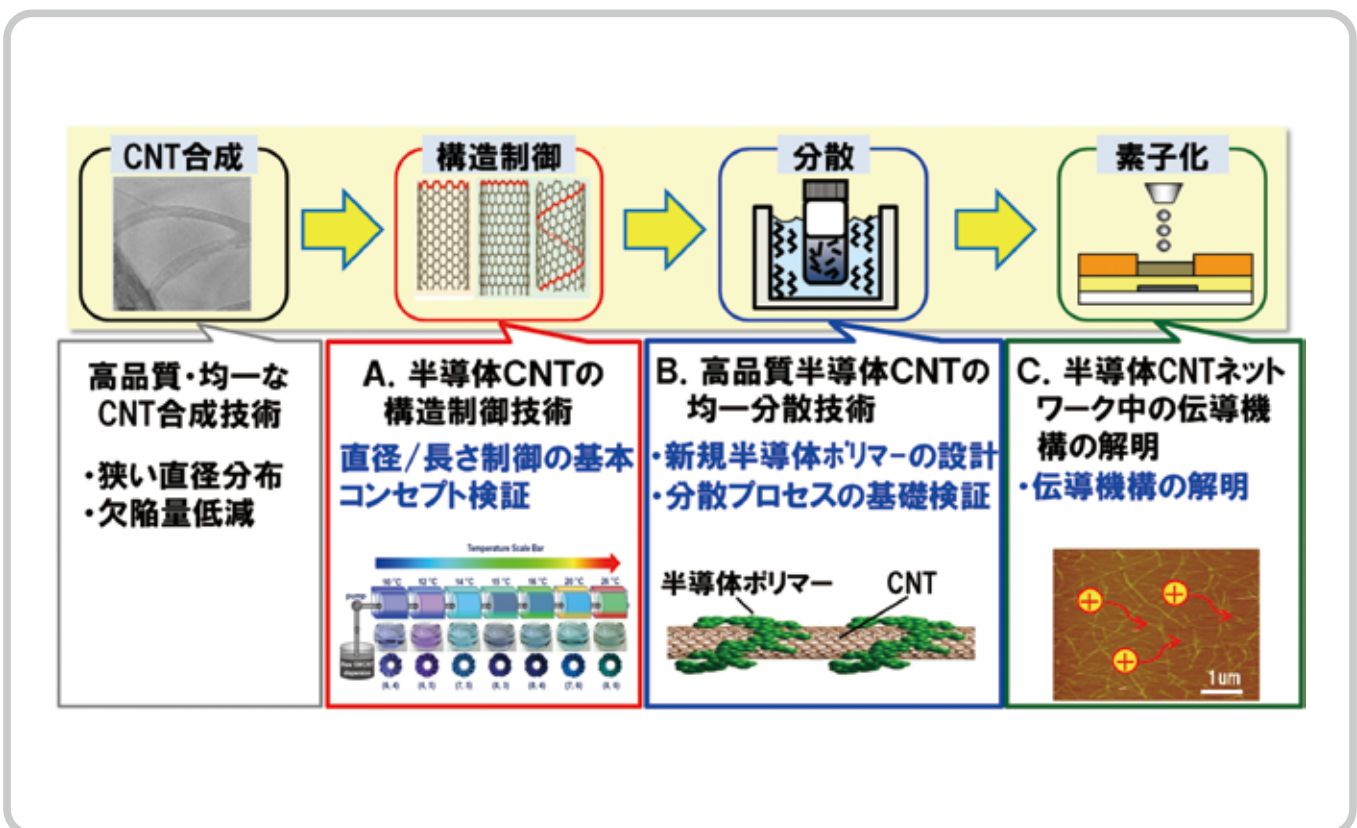
本研究では、半導体材料として、シリコンを上回る高い性能ポテンシャルを有する半導体カーボンナノチューブ(CNT)に着目し、その飛躍的な性能向上に向けた基本検証を実施します。具体的には、①半導体CNTの高度な構造制御(直径・長さ制御)技術、②高度に構造制御された半導体CNTの均一分散技術、③半導体CNTの伝導機構の解明、に取り組み、既存のシリコン半導体と移動度等の性能を同程度に引き上げるための課題を抽出し、その実現可能性と方向性を提示することを目標とします。

研究開発項目

1. 半導体CNTの高度な構造制御(直径/長さ)技術の開発
2. 高度に構造制御された半導体CNTの均一分散技術の開発
3. 半導体CNTの伝導機構の解明

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
 (再委託先)
 国立大学法人東京大学



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

Development of energy-efficient basic chemical production processes with innovative separation technologies

研究開発の背景

基幹化学品製造プロセスのエネルギー使用量の抜本的低減による二酸化炭素排出量削減のため、分離プロセスを、省エネルギー性に優れた膜・吸着分離等新規なプロセス技術に代替、あるいは既往の蒸留分離とハイブリッド化する技術の創出を目指します。こうした新技術は、単位操作の組み合わせによって構成されている既往の化学プロセスを根本から見直し、より有機的にシステム化され、徹底的に省エネ化した新規な化学プロセス群へと革新することではじめて可能となります。これによって、化学産業の国際競争力を将来にわたって強化し、持続的な成長をもたらすことが期待できます。

研究開発の内容と目標

本先導研究では、膜分離、または膜と他の分離技術や反応技術のハイブリッド化の適用が期待でき、かつ省エネ効果も大きい多様な分離対象について、エチレン、プロピレン等の基礎化学品分離精製・回収技術の基盤となる分離材料開発を実施します。分離材料としては、高温、高圧等過酷な条件における耐久性を持つ無機化合物、すなわち、ゼオライト、シリカ、炭素、多孔性金属錯体(MOF)を対象とし、新規分離膜・吸着剤の創成を目指します。また、それらの分離材料を用いた新規分離プロセス検討を行い、省エネ化に向けたプロセスの最適解および省エネルギー効果を定量的に明らかにします。

研究開発項目

1. ゼオライト膜の開発
2. シリカ膜の開発
3. 炭素膜の開発
4. MOF吸着材・膜の開発
5. 全体システム最適化

研究開発の実施体制

学校法人早稲田大学
 国立大学法人広島大学
 国立大学法人名古屋大学
 学校法人芝浦工業大学
 国立大学法人山形大学
 NOK株式会社
 日揮株式会社
 国立研究開発法人産業技術総合研究所



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

One step chemical process to produce ammonia from atmospheric air and water at normal temperature under normal pressure

研究開発の背景

アンモニアは、肥料として用いることによって食料増産を可能にする重要化合物であり、発電所やディーゼル機関の排気の脱硝還元にも用いられ、近年では、燃料電池自動車の燃料である水素を、安全に供給・貯蔵を行うための水素キャリア分子としての方途にも注目があつまっています。そのアンモニアの生産は、1世紀前に開発されたHaber-Bosch方にほぼ100%依存していますが、エネルギー消費とCO₂排出が少なくなく、典型的な集約型重厚長大プロセスです。

軽便プロセスによって、低エネルギー・低CO₂排出・低コストかつオンサイト（需要地生産）でアンモニア生産が実現できると、地球温暖化・食糧・エネルギーのそれぞれの課題ソリューションを提供し得ると考えられます。

研究開発の内容と目標

本研究は、新規に見出した「相界面反応」によって、空気と水のみを原料として、1段階・常温・常圧・無触媒でアンモニアの合成を実現した「非H-B型」の化学プロセスです。

本研究開発事業では、小型リアクターを試作し、その反応を実証します。並行して、本研究で開発する新化学プロセスのアドバンテージを明らかにします。

本研究の成果により、低エネルギー消費・低コスト・低CO₂排出・高安全性のプロセスによって、原料（空気と水のみ）現地調達可能な、小・中規模の分散型（需要地オンサイト生産型）のアンモニア生産プロセスとして技術化し、それを近将来に実用化する道筋をつけます。

研究開発項目

1. 相界面反応の実証
2. 相界面反応器の試作・実証運転
3. 反応活性種の分析による定量化
4. 反応効率解析と既存法との比較解析
5. 本法用途構想

研究開発の実施体制

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

空気と水のみを原料にして、1段階・オンサイトで、アンモニアを合成



低環境負荷アンモニア製造法の研究開発

Development of Environmentally-friendly Method for Ammonia Production

研究開発の背景

アンモニアは、肥料や化成品の原料、水素輸送媒体として、我々の生活にとって欠かせない化合物である。従来のアンモニアの工業的製造は、ハーバー・ボッシュ法に依存しており、高温高压条件下で化石燃料に由来する水素と窒素を反応させて得ることから、環境への負荷が極めて高いことが課題として挙げられてきました。一方自然界では、マメ科植物の根に存在するニトロゲナーゼという酵素が、常温常圧条件下で窒素からアンモニアへの合成を達成しています。本研究では、ニトロゲナーゼの窒素固定法に学び、水に由来する水素源を利用した常温常圧条件下での低環境負荷なアンモニア合成システムの開発を遂行します。

研究開発の内容と目標

ニトロゲナーゼ模倣型金属錯体と、イオン液体反応場電極を組み合わせ、アンモニア製造装置のプロトタイプを開発します。イオン液体は室温で液体の塩であり、疎水性、不揮発性、不燃性、イオン伝導性、不安定中間体の安定化など本開発研究に有利な特徴を有します。このイオン液体を修飾した電極に、ニトロゲナーゼ模倣型金属錯体触媒を担持することで、低環境負荷な電極デバイスを作製し、無尽蔵に存在する水中プロトンと窒素ガスから、常温常圧に近い温和な条件下でアンモニアを電気化学的に合成します。これにより、これまでのハーバー・ボッシュ法とは全く異なる、安全安心で低環境負荷なアンモニア製造法を開発します。

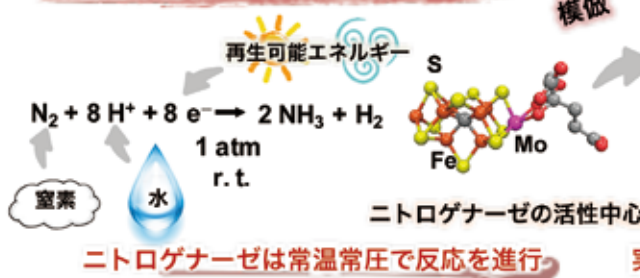
研究開発項目

1. 高機能・高耐久性窒素還元触媒の開発
2. 高機能窒素固定化電極反応場の開発
3. アンモニア合成装置の設計・小型反応装置の試作
4. アンモニア合成プロセスのフィージビリティ検討

研究開発の実施体制

国立大学法人名古屋工業大学
 学校法人名古屋電気学園愛知工業大学
 日揮株式会社

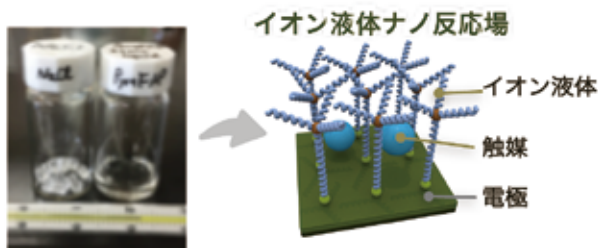
(1) ニトロゲナーゼの機能模倣触媒の開発



計算化学による解析

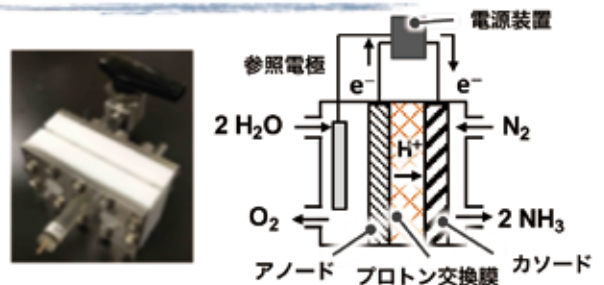
実験による合成, 反応性検討

(2) イオン液体修飾電極による高機能電極の開発



イオン液体の物性を電極表面に導入

(3) アンモニア合成装置の設計・開発



(1), (2)を組合せた電極による電気化学的アンモニア合成

正浸透膜法を用いた革新的省エネ型水処理技術の開発

Development of Innovative Low-Energy Water Treatment Technology using Forward Osmosis Membrane

研究開発の背景

世界の水処理市場は、世界的な水不足の深刻化や環境に配慮した水資源確保の要請から成長を続けており、2025年には「110兆円」という巨大市場に発展することが予測されています。このような世界的な水不足問題を解決し、低炭素社会を実現するために、逆浸透膜法と比較して大幅な省エネルギー化が達成可能な正浸透膜 (Forward Osmosis Membrane, FO膜) 法による革新的水処理プロセスの創出が望まれます。この実現には、高い浸透圧を有し、かつ低エネルギーで容易に再生することが可能な駆動溶液 (Draw solution, DS) の創出と、正浸透駆動に特化した高性能革新膜の開発が必要となります。

研究開発の内容と目標

高い浸透圧を示すと同時に低品位排熱などの未利用熱エネルギーを利用した再生 (繰り返し利用) が行えるDSとして、温度に応答して下限臨界溶解温度 (Lower Critical Solubility Temperature, LCST) 型相転移を示すイオン液体を開発し、その最適化を行っています。また、FO駆動に特化した次世代型の超高性能FO膜として、ウォーターチャネルを組み込んだ生体機能模倣型FO膜の開発を行っています。さらに、これらを用いて画期的なFO膜法水処理プロセスを構築し、逆浸透膜法に比べ70%以上の大幅な消費エネルギー低減を目指すとともに、その実用化に向けたフィージビリティ評価を行っています。

研究開発項目

1. 高い浸透圧を発現し、かつ低エネルギーで再生可能なDSの創製
2. 正浸透駆動に特化した分離膜の開発
3. 正浸透膜を用いた水処理プロセスの構築と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
国立大学法人山口大学
東洋紡株式会社

FO膜法とRO膜法の比較

FO膜法を用いた海水淡水化システムの概略

逆浸透膜法と比較し70%以上の大幅な省エネルギー化を実現する

従来法 (RO膜法) : 4.0kWh/m³
本提案 (FO膜法) : 1.0kWh/m³

技術的課題: 高性能なDSとFO膜の開発

高い浸透圧を発現しかつ低エネルギーで再生可能なDSの創製 ~LCST型相転移を発現するイオン液体型DSの創製~

量子化学計算に基づく熱力学物性推算

分子動力学法に基づく相転移挙動解析

計算的手法によるアプローチ

実験的手法によるアプローチ

高浸透圧発現メカニズムの解析

イオン液体水溶液 (均一溶液)

ΔT

ΔT

濃厚相 (再利用)

希薄相 (水回収)

LCST型相転移特性の制御

正浸透駆動に特化した分離膜の開発 ~ウォーターチャネルを有する生体機能模倣型FO膜の創製~

MDシミュレーションによる新規チャネル物質の設計

設計した新規チャネル物質の合成

新規チャネル物質

脂質膜への導入

透水性の評価

新規チャネル物質の開発とリポソームへの高効率導入

チャネル物質含有リポソームの支持体上への展開と固定化

ウォーターチャネルを有する生体機能模倣型FO膜の創製

正浸透膜を用いた水処理プロセスの構築とフィージビリティ評価

FO膜モジュール評価システム

FO膜性能の解析モデル化

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

Development of the Flow Fine Synthesis for Production of Fine Chemicals

研究開発の背景

ファインケミカルズにかかわる世界市場は約120兆円と言われています。その製造法は、有機合成化学に立脚したバッチ法で行われ、多くの廃棄物を排出し、その処理に膨大なエネルギーが消費されています。今後、我が国の持続可能な発展のためには、このファインケミカルズ製造の効率化と、製造にともなう廃棄物の削減は必要不可欠な技術です。

本研究は、これまでバッチ法で行われてきたファインケミカルズ全般の合成を「より完全な選択性を持つ固定化触媒を利用する“フロー精密合成”を基盤に用いた製造プロセス」へ置き換え、もって、ファインケミカルズの製造にともなう廃棄物・CO₂排出量の劇的な削減を行う技術を開発するものです。

研究開発の内容と目標

多岐にわたるファインケミカルズの製造法の開発をより効率的に行うため、それに使用する反応を整理し、上位5種の反応（「基幹5反応」と定義）について反応とプロセスの両面から研究を行い、フロー法での早期実現を図ります。

本先導研究では、基幹5反応の中でも使用頻度の高い反応をフロー法で行えることを実証するため、「1. 反応・触媒の開発」を中心に、反応開発のみでは実現し得ない、平衡移動や共生成物の分離のための「2. 合成用反応器の開発」、「3. 分離・精製技術の開発」を協調しながら進めます。さらに将来的に装置の自動化に必要となる、「4. モニタリング制御技術の課題明確化」にも取り組み、フロー法でファインケミカルズを製造する技術の道筋をつけます。

研究開発項目

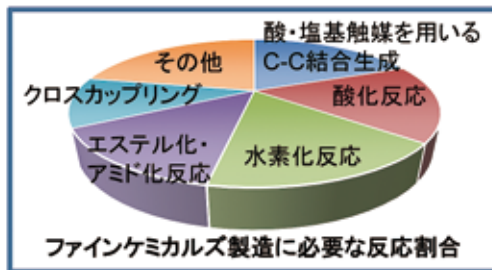
1. フロー反応のための反応・触媒の開発
2. 汎用性のあるフロー合成用反応器の開発
3. フロー合成の基盤となる分離・精製技術の開発
4. 反応物組成モニタリング制御技術の研究開発課題と目標の明確化

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、
 国立大学法人東京大学、国立大学法人京都大学、
 学校法人早稲田大学、富士フイルム株式会社、
 東和薬品株式会社、クマイ化学工業株式会社、
 東京理化学株式会社、日本電子株式会社

化学・製薬メーカーなど40社以上からヒアリング
 主要100品目のターゲット化合物を抽出

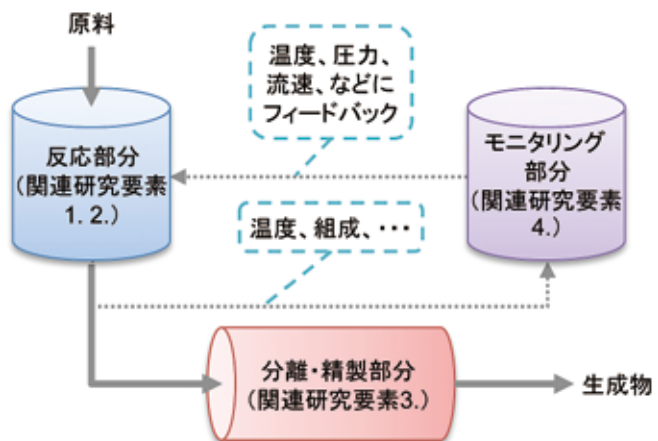
合成ルート进行分析



合成ルートに共通する5種の反応

「基幹5反応」と定義

「基幹5反応」で
 化学変換の約8割が可能



1. フロー反応のための反応・触媒
 フロー法に適した基幹5反応の触媒・反応の基盤開発

2. フロー合成用反応器
 スケールアップ検討からの解放と、膜反応器を用いた熱力学平衡からの解放

3. フロー合成の基盤となる分離・精製技術
 連続抽出技術の基盤開発

4. モニタリング制御技術
 組成等の分析装置・手法の可搬性・操作性・同時性両立のための、研究開発課題と目標の明確化

CO₂フリー革新的超高難易度酸化反応の研究開発

Advanced research for development of the highly difficult oxidation reactions without formation of CO₂

研究開発の背景

酸化反応は全化学工業プロセスの約30%に達するとも言われ、高分子合成と並んで工業的に最も重要な反応の1つです。現在、酸化反応の多くのプロセスでは、高温・高圧が必要です。酸化剤としては、ハロゲンや重金属が用いられており、生成物の当モル量生成する重金属廃棄物の処理には多大なエネルギーを必要としています。省エネの観点から、近年では常温・常圧、さらには、かつ安全性に優れた空気中の酸素を酸化剤として利用する触媒的酸素化反応が注目されています。さらには重金属フリーの酸化触媒を開発することが出来れば、さらに大きな省エネ効果が期待できます。

研究開発項目

1. 革新的光触媒を用いた酸化反応の開発
2. フォトレッドクス触媒を用いた反応効率の向上
3. 種々の基質への応用展開
4. フロー法を用いた連続反応システムの構築

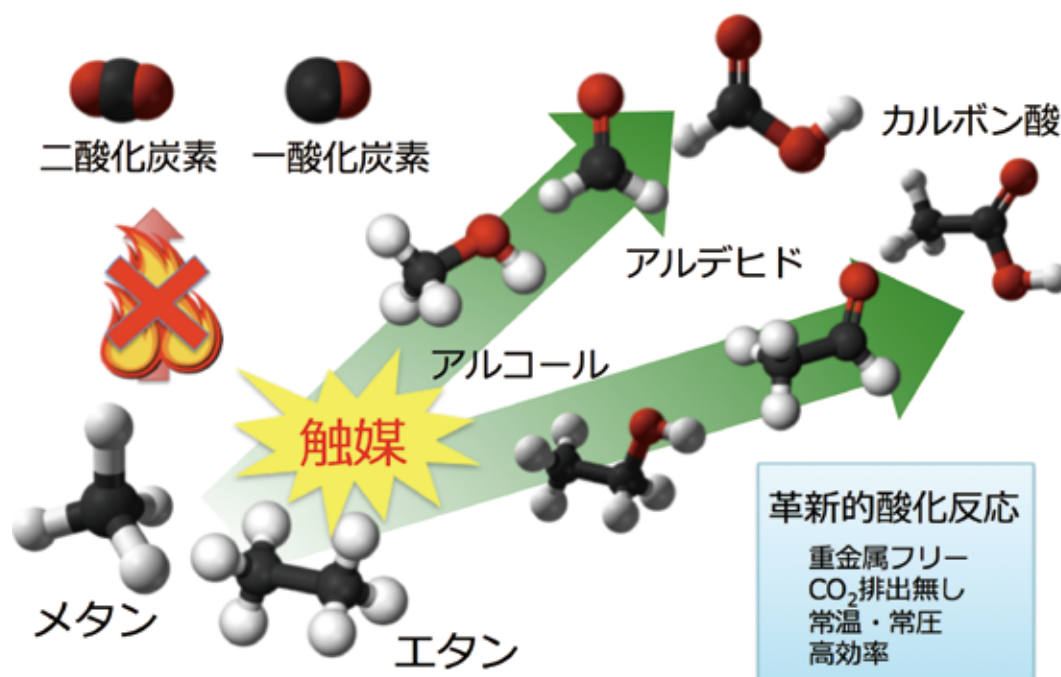
研究開発の内容と目標

革新的酸化剤を用いて、超高難易度酸化反応の開発を行います。中でも最も酸化するのが困難であると言われているメタン・エタンをはじめとする飽和アルカンの常温・常圧酸化触媒反応系の構築を目指します。この反応系を用いて、各種バルク化成品合成から医薬などの精密化学品までを網羅できる酸化反応プロセスの開発を行います。さらに選択光触媒反応系とフロー反応プロセスを組み合わせることによって、高効率・高選択的酸化反応法を達成し、従来法の工程数を削減することによって、大幅な省エネ化を実現します。

研究開発の実施体制

国立大学法人大阪大学

革新的触媒を用いたメタン・エタンの酸化反応



磁気テープにおけるミリ波記録方式の開発研究

Development of a millimeter wave assist magnetic recording method on magnetic tape

研究開発の背景

磁気テープは、ビッグデータ時代のコールドデータ貯蔵システムとして注目を浴びています。磁気テープの記録密度向上には記録を担う磁性体の微粒子化が必要ですが、微粒子磁性体の課題である「磁化の熱安定性」を確保しようとする、磁化反転（書き込み）に必要なエネルギーも大きくなり、従来の記録方式での記録が困難となります。そこで本研究開発では、世界最小のハードフェライト磁石であり、世界最高周波数のミリ波共鳴吸収を示すイプシロン酸化鉄に着目した。イプシロン酸化鉄は次世代高密度磁気テープ用磁性粉として注目されており、研究代表者がフェライト磁性体最高の保磁力を示すことを2004年に発見した日本発のフェライト磁性粉です。

研究開発の内容と目標

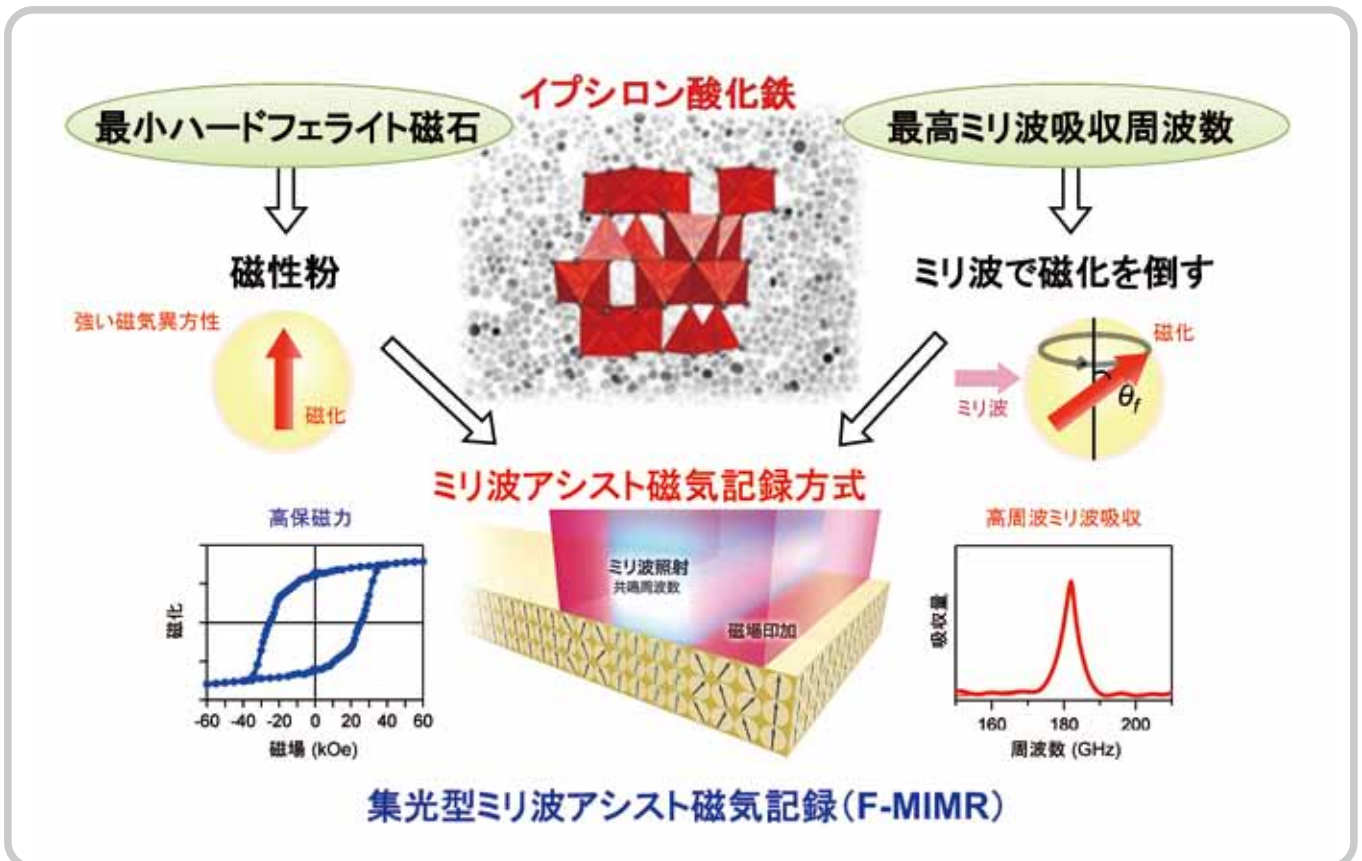
本研究開発では、微粒子化と記録適性の両立のため、イプシロン酸化鉄ナノ磁性体からなる磁気記録媒体に対してミリ波を照射し、記録時のみ磁化反転に必要な磁界を低下させ、磁界を印加することで磁化を反転させる方式「ミリ波アシスト型磁気記録方式」の開発を目指します。ミリ波を集光するリング共振器を設計および作製して、ミリ波を媒体に照射するためのデバイスを開発すると共に、磁化の熱安定性が高く照射されるミリ波に共鳴するイプシロン酸化鉄を用いた媒体を作製します。これらを組み合わせ磁化反転を実証することで、集光型ミリ波アシスト磁気記録の原理検証を行います。

研究開発項目

1. 磁性粉の設計と作製および磁気記録媒体の開発
2. 記録ヘッドの開発
3. 電磁波アシスト磁化反転の実証実験

研究開発の実施体制

国立大学法人東京大学
国立大学法人大阪大学
富士フィルム株式会社



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

Development of Innovative Magnetic Material Consisting of Nanocrystal Cluster Structures

研究開発の背景

電力の過半を消費しているモーターの省エネは、我が国のエネルギー戦略において極めて重要な課題の一つとなっています。モーターの効率を向上させるためには、それを構成する永久磁石材料と軟磁性材料の高性能化が必須です。本研究開発は、従来よりもはるかに高い飽和磁束密度を有する軟磁性材料を、Fe系合金粉末で実現しようとするものです。成形自由度、リサイクル性などに優れる粉末で実現することに実用材料として大きな意義があります。我が国が誇る、高度な理論計算による物性予測研究とガス反応や材料合成にかかわるプロセス技術を統合することによって、革新的な軟磁性材料の創製を図り、資源リスクを乗り越えていこうとするものです。

研究開発の内容と目標

第一原理計算によって軟磁性発現可能性が予測されたFe系合金の結晶構造を実現すべく、侵入型元素であるNやCをガス反応によって格子間に導入しFe原子間距離およびその侵入位置を制御する技術を確認します。最初に、材料設計指針に基づいて物質を合成する検討を行い、予測された材料が軟磁性発現のポテンシャルを有することを検証します。さらにガスをを用いた固相-気相反応によって、粉体にナノクラスター組織を形成させる検討を行います。この2つの課題解決には固相-気相反応を高度に制御する必要があり、高性能ガス反応装置を製作し、その技術を確認します。最終的には、従来よりもはるかに高い飽和磁束密度を有するFe系合金粉末の実現を目指します。

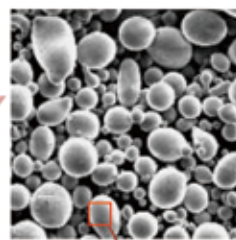
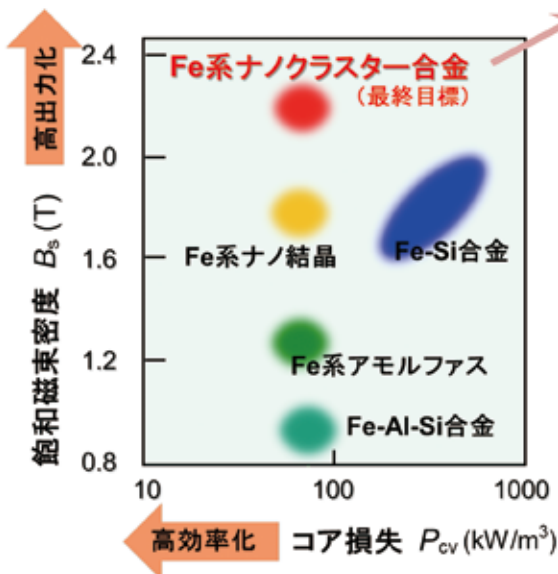
研究開発項目

1. 高性能ガス反応装置の設計・製作
2. ナノクラスター組織の形成技術の確認
3. ガス反応制御による結晶構造ならびに原子配位の制御技術の確認

研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学
大陽日酸株式会社
関東電化工業株式会社

■ Fe系軟磁性材料の特性比較



高飽和磁化軟磁性粉末

⇒成形自由度、リサイクル性、生産性に優れる。

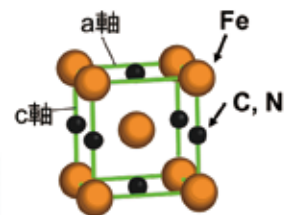
ガス反応によって形成されたナノクラスター組織

⇒ナノクラスター効果によって軟磁性が発現



侵入型元素を配位したFe系軟磁性結晶

⇒侵入型元素によって結晶構造を変化させ軟磁性が発現する原子配置の環境を創出



革新的高飽和磁束密度・低鉄損軟磁性粉体の開発

Soft magnetic powders with high magnetic flux density and low core loss

研究開発の背景

地球環境に優しい輸送手段として電気自動車(EV)やハイブリッドカー(HV)等のいわゆる次世代自動車は今後益々増加することが予想されています。HV、EVはそれぞれ、CO₂排出量をガソリン車の約1/2~1/3、約1/4に低減すると見込まれており、特にEVは、再生可能エネルギー等の割合の高い電力を用いることで、発電から走行までのCO₂排出量を大幅に削減することが可能となります。省エネルギー・低CO₂社会の実現には次世代自動車の普及は不可欠であり、本研究開発テーマはそれを加速する高効率モータに必須である低エネルギー損失型の軟磁性材料の開発を行います。

研究開発の内容と目標

高性能モータやコイル用のコア材料に求められる高い飽和磁束密度(B_s)と低い保磁力(H_c)を併せ持つ軟磁性粉体を作製し、その磁気特性、特に周波数特性を評価し、低鉄損材料の可能性を明らかにします。粉体特有の高い成形自由度を活かした高密度成形技術開発を行うと共に、既存の軟磁性粉体では困難な焼結プロセスによる高強度成型も試みます。具体的には、予備実験で見いだされた2.0T以上のB_sと10A/m以下のH_cを併せ持つ軟磁性粉体系を対象として、成形体で1.8T以上のB_sかつ10A/m以下のH_cを実現すると共に、3W/kg@400Hz・1T台の鉄損失を有する焼結材料の可能性を明らかにすることを目指します。

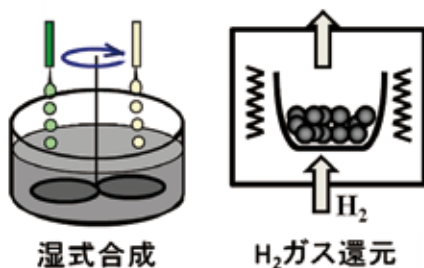
研究開発項目

1. 合金組成最適化及び合成プロセスのスケールアップ
2. 固化・焼結による高密度成形技術の開発
3. 低鉄損化技術の開発

研究開発の実施体制

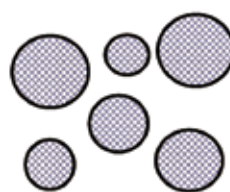
国立研究開発法人産業技術総合研究所

化学的合成



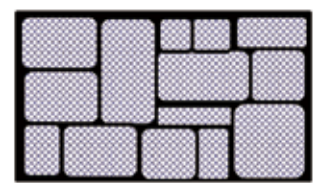
目標：
>10g/バッチ

軟磁性粉体



目標：
B_s > 2.0T
H_c < 10A/m

成形体



目標：
B_s > 1.8T, H_c < 10A/m
鉄損 W_{10,400} < 4W/kg

- ・ 粉体状の軟磁性材料を化学的に合成
- ・ 粉体特有の高い成形自由度を活かした高密度成形技術開発
- ・ 独自に見いだした軟磁性粉体系：**B_s > 2.0T・H_c < 10A/m**

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

Research and development of innovative exchange-coupled magnets with superior magnetic properties at high temperatures

研究開発の背景

Nd-Fe-B 系磁石は、ハイブリッド自動車や電気自動車等に広く用いられ、我が国の省エネ技術を支える重要な部品となっています。自動車用の高性能磁石では、特に150～200℃の温度での十分な保磁力を得るため、現在は、Ndの一部をDyで置換して高性能化した磁石が主流です。しかし、Dyは安定供給に不安がある希少資源であるため、Dyを使わない磁石が求められていました。Dyを使用しない磁石開発として、磁石の微細組織を制御して特性を向上する研究が進められていますが、単純に保磁力を増加させる開発方針では、室温では必要以上に高保磁力となり着磁に問題を生じる結果となっていました。

研究開発の内容と目標

本研究開発では、室温付近での不必要な高保磁力を低減させ、高温での保磁力を向上させる、という開発方針のもと、磁石の微細組織制御によって特性を改善する研究を進めております。これまでの研究で、10nm 程度のナノ層を高速で積層して超多周期ナノ積層構造を創製すると、その層間に交換結合が生成し、磁石特性を変えられることが分かっておりますが、ナノ層の微細・化学・磁区構造を解明し、最適ナノ組織を設計することにより、Nd-Fe-B 磁石の保磁力とその温度依存性を改善し、150～200℃でNd-Fe-B 磁石を上回る特性を有するDyフリー磁石を開発します。

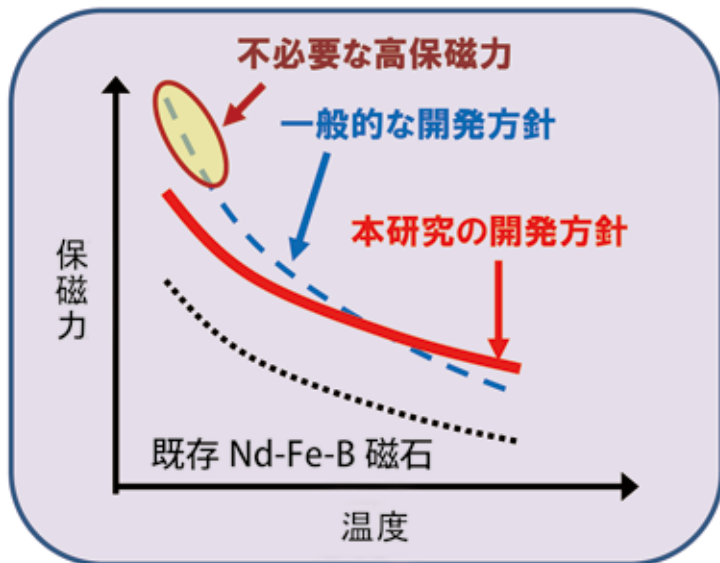
研究開発項目

1. 最適ナノ組織の設計
2. 層型交換結合厚膜磁石の開発
3. 積層型交換結合厚膜磁石の異方化
4. 積層型交換結合磁石の微細・化学・磁区構造の解明

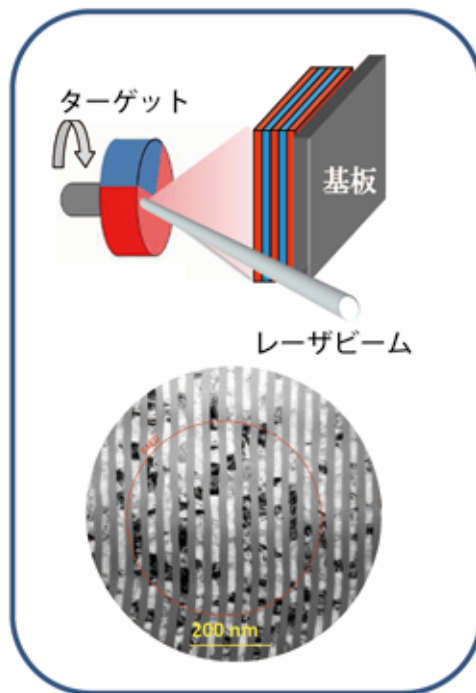
研究開発の実施体制

国立大学法人長崎大学
国立大学法人九州大学

高保磁力
保磁力の温度依存性改善 } 同時達成！



本研究開発で目指す磁気特性



ナノ層マニピュレーション技術
と超多周期ナノ積層構造

革新的正方晶 FeCo 多元合金磁石の物質・組織デザイン

Materials and Structural Design of Tetragonally Distorted FeCo Based Alloys for Innovative Permanent Magnets

研究開発の背景

省エネルギー・省資源の観点から、モータをはじめとする電気・機械変換機器の高効率化のために希少元素を含まず高飽和磁化 (M_s)・高キュリー温度 (T_c)・高磁気異方性 (K_u) を兼ね備えた新たな永久磁石の開発が強く望まれています。FeCo合金は磁性材料中で最大の M_s と高 T_c をもつ材料で、これに正方歪を付与すれば、巨大な結晶磁気異方性が発現すると予想されることから、有力な候補材料となっています。しかし、FeCo合金は体心立方格子で、正方歪を有する平衡相は存在しないことから、そのままでは磁気異方性を付与することができません。このため、微量の元素を添加することで結晶構造を歪ませ、磁気異方性を発現させる研究によって、ナノスケール単磁区微粒子は実現されました。これより革新的磁石の実現にむけた、バルク化手法の検討段階に入りました。

研究開発の内容と目標

本研究開発は、軸比 $c/a = 1.1 \sim 1.2$ を有する正方晶 FeCo-XY合金を創成し、以て高 M_s ・高 T_c ・高 K_u である革新的永久磁石を創出することをめざします。その手法として、計算科学を用い、第1原理計算によって安定な正方晶 FeCo-XY合金を探索し、その磁気異方性を計算するとともに金属組織のデザインを行います。下図はエピタキシャル膜による実験結果で、ナノスケールでは正方晶 FeCo合金が永久磁石特性を発現することが明らかになっており、これをバルクスケールで実現することを目指します。

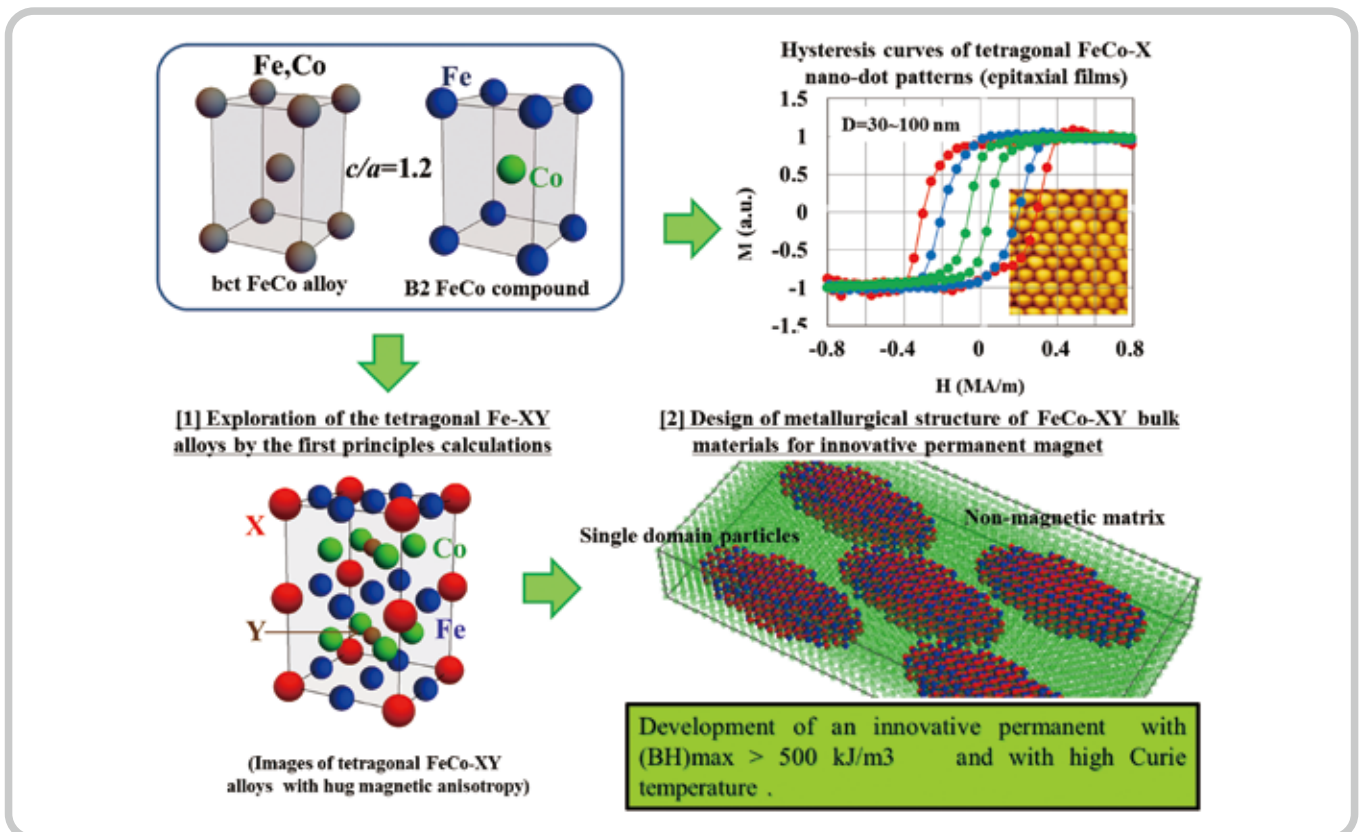
- (1) 第1原理計算によって FeCo-XY 多元合金・化合物の形成エネルギーを計算し、正方晶 FeCo が安定となる添加元素 X, Y を探索し、あわせて X, Y 元素の磁気異方性への影響を明らかにします。
- (2) FeCo-XY 多元合金が永久磁石特性を発現するための最適な金属組織をデザインします。

研究開発項目

1. 正方晶 FeCo 基合金の磁性と結晶構造に関する計算
 - 1-1. 合金・化合物の安定性に関する第1原理計算
 - 1-2. 磁気異方性に関する第1原理計算
2. 正方晶 FeCo 基多元合金・化合物を用いた永久磁石デザイン

研究開発の実施体制

国立大学法人 秋田大学



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

Development of Super Low Loss and High Saturation Magnetization Soft Magnetic Powder

研究開発の背景

現代社会のあらゆる所で使用されているモータは、社会を支える最も重要な機器ですが、より効率の高いモータを開発できれば、省エネに大きく貢献できます。モータには鉄心が使われておりますが、この鉄心には、容易に消磁したり磁極を反転できる「軟磁性」という性質が性能に大きく影響します。具体的には、①低ヒステリシス損、②低渦電流損、③高飽和磁束密度の三つの特性がモータ鉄心用の軟磁性材料に要求されますが、従来より使用されている電磁鋼板は渦電流損が大きく、また、開発中の材料であるナノ結晶鉄合金でも、これらの全特性を満足していないのが現状です。

研究開発の内容と目標

本技術開発では、モータの圧粉鉄心の材料となる鉄粉の磁気特性向上の研究を行います。鉄の磁気特性は、鉄の結晶の向きに依存して変化することが分かっていますが、本技術開発では、磁気特性が最大となるように鉄の結晶の向きが揃ったランダムキューブ組織を有する鉄粉を開発し、全特性を満足する軟磁性粉末材料の創出を図ります。さらに、ランダムキューブ組織の高度化により鉄心の鉄損を低減すると同時に飽和磁束密度を高め、かつ圧粉鉄心中の粉末間の絶縁被膜の高機能化によって渦電流損と保磁力を低減します。そして、本材料を使ってモータを試作し、実用化に向けて取り組むべき課題を明らかにします。

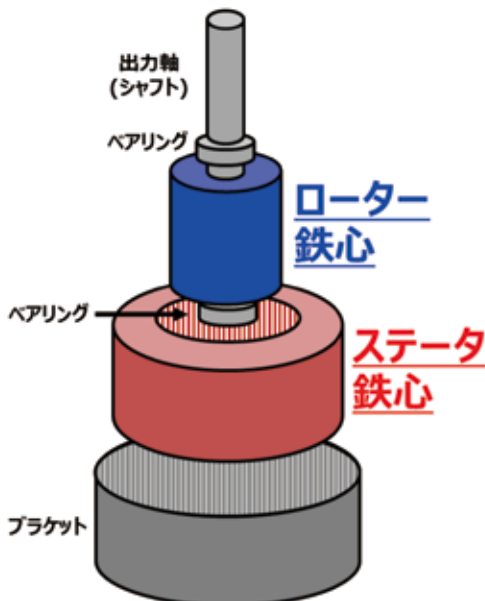
研究開発項目

1. ランダムキューブ組織の高度化技術の開発
2. 絶縁被膜の高機能化技術の開発
3. ランダムキューブ組織を有する偏平粉末によるモータの試作と用途開発

研究開発の実施体制

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

モーターの構造



鉄心が支配するモータ特性と各鉄心材料の得失

	エネルギー変換効率		出力密度
	ヒステリシス損特性	渦電流損特性	磁束密度
従来技術1 電磁鋼板	○	×	◎
従来技術2 純鉄粉末	×	○	○
開発中 ナノ結晶合金	◎	△	△

現状の材料：得意不得意を持つ
提案する技術
金属粉末の結晶方位の制御技術(世界初)
本研究開発の目的
 全特性に優れる低損失かつ
 高磁束密度の鉄粉末を創出

結晶方位制御 純鉄粉末	○	○	○
------------------------	---	---	---

完全レア・アースフリー人工L1₀-FeNi磁石の基礎物性の解明

Clarification of fundamental physical properties of artificially produced rare-earth free FeNi Magnet

研究開発の背景

次世代自動車や家電、産業機械の心臓部であるモータに用いられているNd(ネオジム)磁石は、30年ほど前に我が国で開発され、その工業化においても世界をリードしてきました。しかし、材料の基本特許の失効によるアドバンテージの消失や、レア・アースの調達不安は、我が国省エネ技術の基盤を揺るがしかねない重大なリスクとなっています。このため、レア・アースへ依存しない革新的・新規高性能磁石の開発が喫緊な最重要課題となっています。現在、高性能磁石の高温特性劣化防止に必須とされるDy(ジスプロシウム)添加量の減少が試みられています。しかしこれが実現した場合においても、Nd(ネオジム)含有を前提とすることから、依然としてレア・アース供給問題に端を発する資源問題は残り、我が国の将来における技術的優位性を確保できず、根本的な解決に至りません。

研究開発項目

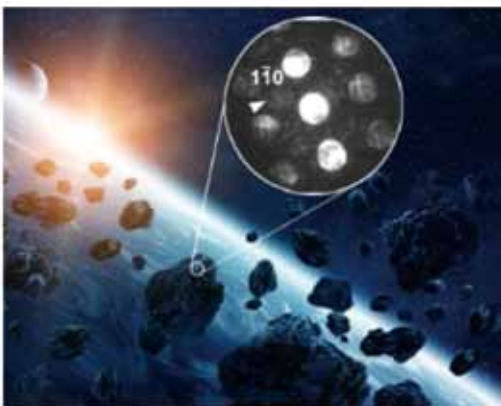
- ・ L1₀-FeNi規則相に対する最適合金系探索
- ・ 創製プロセスの最適化
- ・ 人工的L1₀-FeNi規則相の基礎物性の把握

研究開発の内容と目標

我々は、アモルファス合金のナノ結晶化時の高速拡散に着目し、アモルファス相から直接L1₀-FeNi規則相の析出に成功しています。隕石中にごく微量含まれる天然L1₀-FeNi規則相は、優れた硬磁性を持つとの報告があり、計算においても同様の特性が予測されています。本研究開発では、この人工的に作製された規則相の硬磁性および磁石材料としての基礎物性を把握し、次世代磁石材料としてのポテンシャルを明らかにします。具体的には、現在得られている試料中の規則相の体積分率を10%から20%程度まで向上させ、規則相単独の測定を容易にします。そのために、最適合金探索とナノ結晶化プロセスの最適化を図ります。次に、示差走査熱量計(DSC)による熱分析、振動試料型磁力計(VSM)による磁気特性の測定、高分解能電子顕微鏡観察及びマイクロマグネティクスシミュレーションなどにより、基礎物性を詳細に把握します。

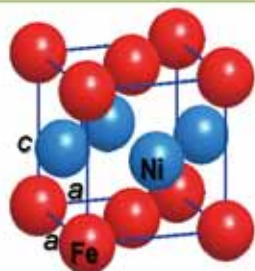
研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学未来科学技術共同研究センター

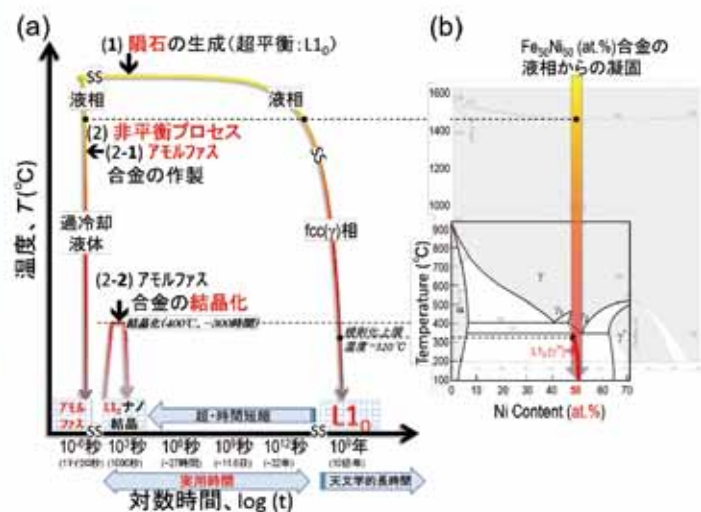


L1₀FeNi

正方晶、
格子定数: a, c



L1₀-FeNi結晶構造



(a) L1₀-FeNi相の生成の模式図

(b) 一般的に知られているFe-Ni二元系状態図(背景図)と隕石関係の論文でみられる状態図。後者では赤色太線で描かれている超平衡L1₀-FeNi規則層が含まれている。

電解還元によるCO₂の革新的固定化研究開発

Investigation of CO₂ fixation by electroreduction

研究開発の背景

温室効果ガスとして知られているCO₂の削減については、世界を挙げて取り組むべき課題であり、CO₂排出量を減らすこと、また排出されるCO₂を有効に利用できる技術の確立が期待されています。排出CO₂の利用として、CO₂の電解還元反応がありますが、過電圧が高いことから実用化には至っていません。そこで、CO₂還元反応の低過電圧技術の確立、高効率化が可能となれば、低エネルギーでCO₂を有用生成物へ転換することができます。有用生成物は燃料としての使用も可能ですし、またその転換物の形態によってはエネルギーとして貯蔵することも可能となると考えられます。

研究開発の内容と目標

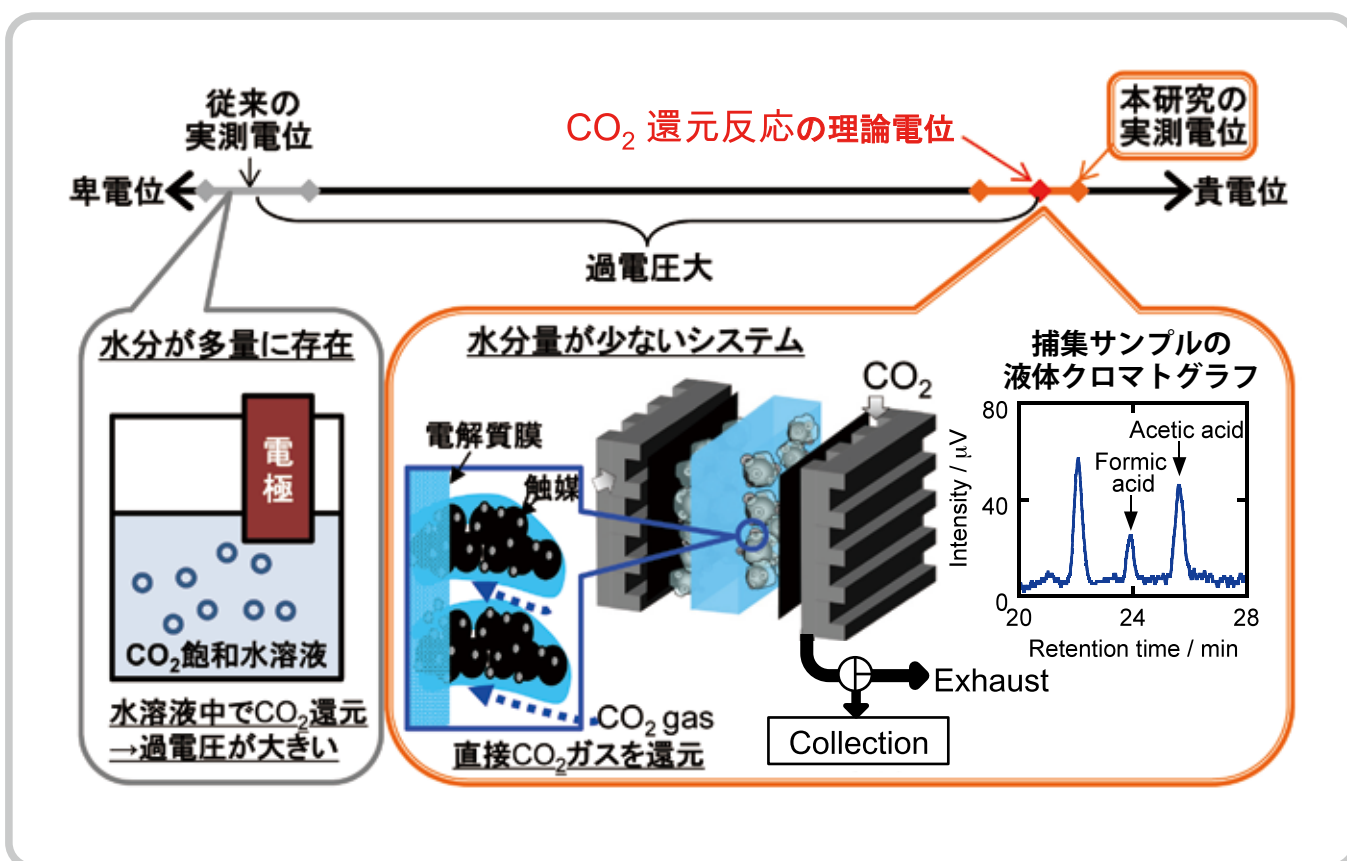
CO₂ガスを直接供給できる固体高分子形電解セルを用いて、CO₂電解還元の高効率化を目指します。これまでの研究で、CO₂還元体や反応中間体の電極触媒上での生成の仕方が大きく二つに分かれることがわかりました。一つは生成物の電極触媒への吸着力が小さく、大きな電解過電圧が必要なものです。もう一つは電極触媒への吸着力が大きく、生成物が脱離しにくいものです。前者は、過電圧が小さくなる触媒を、後者は吸着力が小さく脱離しやすい触媒を探索します。これらのアプローチで最適な触媒材料を見つけ、電解還元反応機構の解明とともに、CO₂還元反応を低コストで、効率よく持続的に行えるCO₂固定化技術のシステム構築を目指します。

研究開発項目

1. 同時スパッタ法によるCO₂還元用電極触媒探索
2. CO₂還元反応の機構解析
3. CO₂の低コスト固定化技術のシステム化
4. CO₂還元用非貴金属粉体電極触媒探索
5. CO₂還元用貴金属合金粉体電極触媒探索

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



金属水素間新規熱反応の現象解析と制御技術

Phenomenology and Controllability of New Exothermic Reaction between Metal and Hydrogen

研究開発の背景

近年、ナノスケール金属(例えばPdやCu-Ni等)と水素(重水素または軽水素)からなる系において、CO₂を全く排出せず、通常の燃焼反応に比べ3桁以上大きいエネルギー密度を有する「金属-水素間の新規発熱反応」が、日本、米国、イタリアを中心に報告されています。この現象を利用した発電技術が実用化された場合、クリーンでパワフルかつ安価なエネルギーを人類は手に入れることとなり、社会・経済的インパクトは計り知れません。モバイルエネルギー源となれば、安価でかつ長航続距離の電気自動車が実現し、分散エネルギー源では各家庭や公共施設等で非常に安価な電気が得られるようになります。

研究開発項目

1. 高精度熱計測システムの構築と新規反応熱の確認
2. 新規熱発生現象の多角的評価
3. 実用化可能性及び海外動向調査
4. 研究開発推進委員会の開催

研究開発の内容と目標

本事業の目的は「金属水素間新規熱反応」の現象の存在を明らかにするとともに、制御技術の指針を得ることで、次期国家プロジェクトの立ち上げに資することです。

実施内容は以下に記します。これらにより、国家プロジェクト化への道筋をつけます。

- ・高精度発熱評価装置による発熱データの取得および評価解析。
- ・ナノ金属材料の構造解析・熱物性測定。
- ・実用化の際の経済的評価および新エネルギーとしての実現可能性の見極め。
- ・実用化に向けた技術課題の明確化および開発ロードマップの作成。

研究開発の実施体制

- | | |
|------------|-------------|
| 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 | |

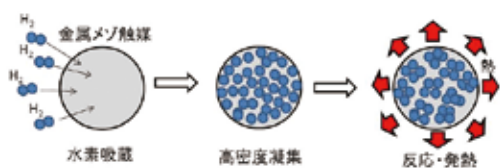


Fig.1 金属水素間新規熱反応の模式図

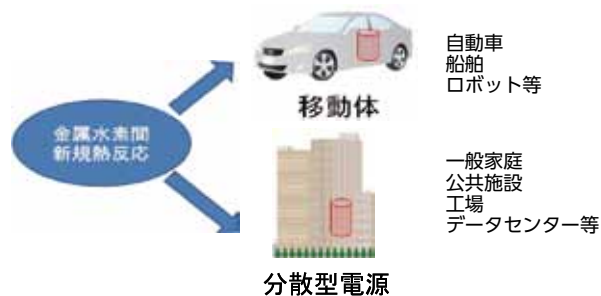


Fig.2 将来のアプリケーション例



Fig.3 高精度発熱評価装置外観

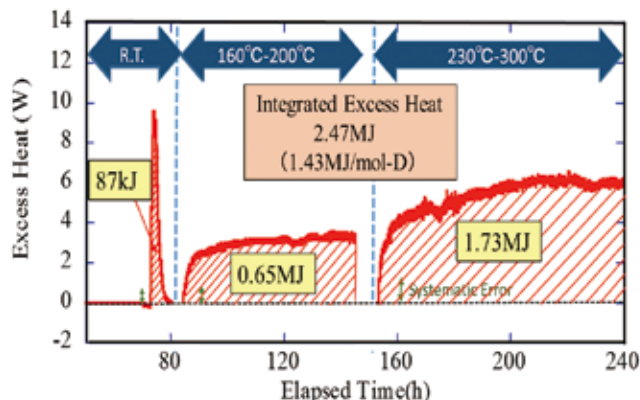


Fig.4 実験結果の例

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

Creation of Innovative Drilling and Completion Technologies for Realization of Supercritical Geothermal Development

研究開発の背景

沈み込み帯に起源を有する超臨界地熱システムの開発は、次世代の地熱発電技術開発として大きな期待が寄せられています。超臨界地熱発電が実現できれば、地域依存性や持続性、スケール発生、国立公園・温泉との共存、誘発地震などといった既存の地熱システムが抱える様々な問題を一挙に解決できるとともに、テラワット規模容量の発電が可能になると考えられています。しかしながら、地下深部の超臨界水にアクセスするためには、400℃を超える超高温かつ強酸性腐食環境の地層への坑井の掘削および仕上げが必要となり、これには大きな技術的困難が伴うことが予想されます。

研究開発項目

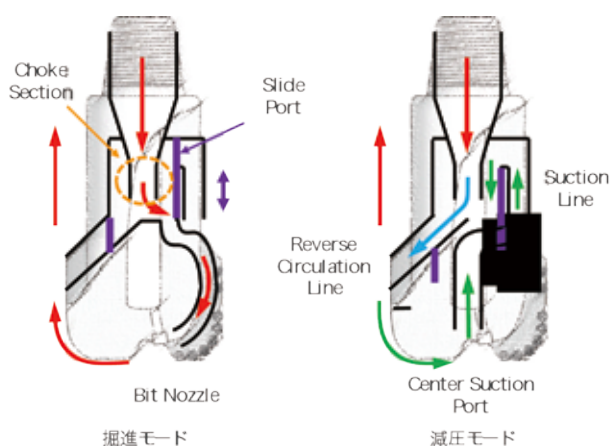
1. 熱衝撃破壊掘削ビットの開発
2. 岩石の熱衝撃破壊挙動の解析
3. 坑内温度シミュレーション
4. 熱膨張パッカー開発
5. ケーシング材料開発

研究開発の内容と目標

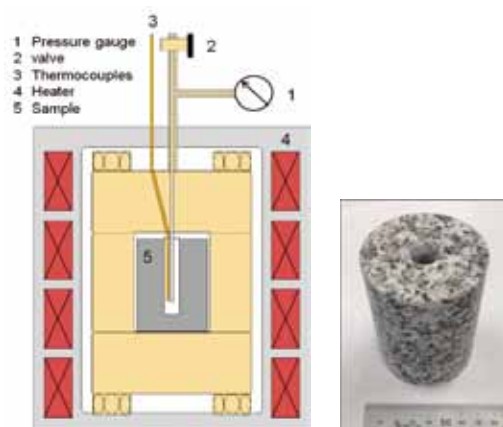
従来技術では到底不可能な超臨界水地層への坑井の掘削・仕上げを実現するには大きな技術的ブレークスルーが必要です。この研究では、坑井内の減圧・沸騰に伴う急冷却によって生じる岩石の熱衝撃(熱応力)破壊を利用した革新的掘削・仕上げ技術の創出を目標とします。掘削技術の開発では、岩石の水熱破壊機構の解明、坑内の減圧・沸騰、冷却機構の考案、システム設計に必要となる坑内熱流動シミュレーション技術の開発を行っています。仕上げ技術の開発では、熱衝撃刺激を行う坑内区間の圧力遮断を超臨界環境下で実現するためのパッカー開発とケーシング材料の検討を行っています。

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



熱衝撃破壊掘削ビットのコンセプト
 Concept of thermal-shock enhanced bit



ポアホールを模擬した岩石の水熱破壊実験
 Hydrothermal failure experiment of rock specimen with simulated borehole



生物表面模倣による難付着・低抵抗表面の開発

Development of techniques for controlling highly-functionalized nano surfaces/interfaces based on biomimetic approaches

研究開発の背景

表面と固体(雪、氷、霜)、表面と液体との相互作用は大きなエネルギー損失を生み出す原因となる。例えば、冬期、エアコンの室外機や太陽電池パネルへの着氷雪はその稼働率を大幅に低下させている。また、流体抵抗は、航空機や船舶等の移動体の燃費に大きな影響を及ぼす。省エネルギー、安全・安心の観点から、これらの相互作用を抑制することができる素材／表面が開発されれば、太陽光発電パネルや風力発電稼働率の向上、寒冷地でのエアコンの普及、列車や航空機の安全運行や雪害対策、流体抵抗の低減による移動体燃費の大幅な向上が可能となる。

研究開発項目

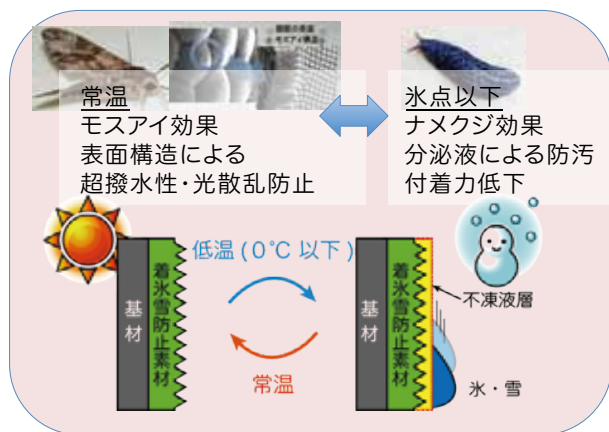
1. 表面と固体・液体との相互作用抑制技術開発
2. 表面と液体・気体との相互作用抑制技術開発

研究開発の内容と目標

本研究では、1)なめくじの粘液分泌による防汚と蛾の眼の反射抑制の二つの生物機能を模倣し、低温下のみ素材表面から不凍液がにじみ出し、着氷雪防止機能が発現する透明性/光透過性に優れた機能性フィルム(目標:A4サイズ以上、透過率95%、氷の付着力0.1 kPa以下)の開発と、2)サメ体表の微小な構造を模倣し、エネルギー損失が小さい遠心圧縮機用ディフューザ(目標:成形の分解能:20 μ m、圧縮効率2%以上向上)の開発を目指す。1年目に小面積の試作並びに基礎的な原理の確認を実現した。2年目には大面積での試作並びに実機に近い形での検証を進める。

研究開発の実施体制

三菱ケミカル株式会社
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
国立大学法人北海道大学
学校法人千歳科学技術大学



生物機能を解析 → 機能を発現する構造を設計 → 工学の課題を解決



流体特性の性能向上
・資源関係
・航空機
・自動車
摩擦の低減
・モータ
・産業機械

超精密原子配列制御型排ガス触媒の研究開発

Ultra-precise control of atomic arrangement in exhaust-gas-purifying catalyst

研究開発の背景

将来的にも市場の過半を占めることが予想されている内燃機関自動車の燃費を大幅に向上させるためには、排気ガス(特にNOx)に拘束されないエンジン設計環境を作り出すことが必要です。そのためには、リーンバーン条件下でも貴金属を用いずにNOxの抜本的大幅削減を可能とする画期的排ガス触媒用新材料の実用化を目指さなくてはなりません。上記排ガス触媒の実用化のために、ゼオライトを中心とする触媒材料開発を行います。また2030年の最終目標として、内燃機関自動車の燃費を大幅に向上させ、排出CO₂の抜本的大幅削減を可能とする燃焼条件での走行を可能とする貴金属を用いない画期的排ガス触媒用新材料を実用化させます。

研究開発の内容と目標

下記材料の合成を実現させることが目標です。

骨格構造内のAlの割合を増大させ、しかも欠陥を極限まで低減させた高耐久NOx浄化用ゼオライトの実現

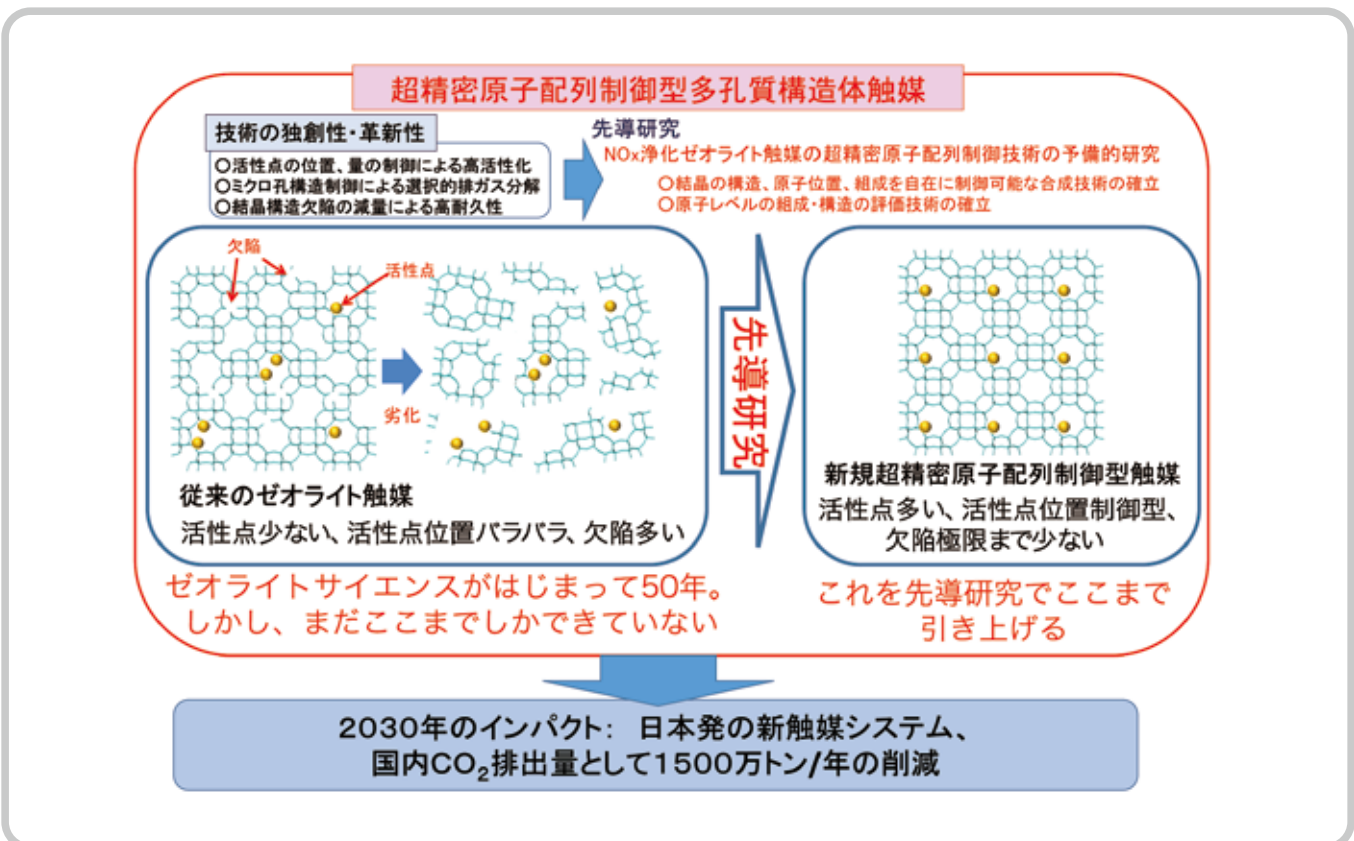
一般的にはゼオライト中のAlの量が多いと高温水熱耐久性が低下するというトレードオフの関係があります。これを本提案グループが有するシーズ技術(超精密原子配列制御を実現する合成技術、原子レベルの組成・構造の評価技術)を深化・活用させ、これまでに合成できなかった新規ゼオライト触媒の作製及び技術革新を実現させます。特に低温活性の向上を目的とした技術開発に注力する予定です。

研究開発項目

1. ゼオライトの新規合成法による最適触媒開発
2. 粉碎・再結晶化法(ナノパーツ合成法)による高性能ゼオライトの開発
3. 触媒機能発現機構、劣化機構の解明

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
 三菱ケミカル株式会社



ビッグデータ適応型の革新的検査評価技術の研究開発

Research and development of innovative analysis/evaluation technology with adaptability to big data

研究開発の背景

ナノテクノロジーを基盤とする我が国のものづくり(素材・部材)産業の国際競争力を維持・発展させる上では、個別多様化するナノオーダーの構造体の統合解析ニーズに迅速に応える計測解析技術力の提供が不可欠です。その際、一つの計測装置の中に複数の計測要素を詰め込むこれまでの方式から脱却し、複数の個別計測分析装置をサイバー空間で結合することにより統合解析性能を保証すること、さらには、計測技術とAI技術等を統合して革新的検査評価技術の基盤を構築することが必要になっています。即ち革新的なCPS (cyber physical system) 型複合計測装置の基盤技術の開発・確立が喫緊の課題となっています。

研究開発の内容と目標

本研究開発では、ナノ粒子のサイズ計測用複合計測システムのプロトタイプを活用し、CPS型複合計測装置の開発基盤を構築します。プロトタイプは、電子顕微鏡(SEM・TEM)、原子間力顕微鏡、動的光散乱装置、遠心型流動場分離装置、誘導結合プラズマ質量分析装置で構成されています。装置の動作状態、試料処理等の測定環境情報等も測定結果に加えた共通データフォーマットを策定し、データコンバータを開発します。次に、サイバー環境に集約した個別データを活用する統合解析の有効性検証に向けて、ナノ粒子の複合計測システムをモデルとして統合ビューアーを開発し評価を行います。更に、精密位置決め可能な共通試料ホルダ、およびビッグデータ構築/利用に関する調査を行います。

研究開発項目

1. 共通データフォーマットを用いたデータコンバータの開発
2. 統合的データ表示を活用したナノ材料検査技術の開発と評価
3. 革新的検査技術に向けたビッグデータ環境の利活用に関する調査

研究開発の実施体制

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



FS課題の目標

- ナノ粒子のサイズ分布評価用プロトタイプを活用した、**CPS型複合計測装置開発のための基盤構築**
 - ✓ 共通データフォーマット構造の策定と活用に向けたツールの作成
 - ✓ 統合解析に向けたデータビューアーの作成
- ものづくりソリューションの提供に向けた**ビッグデータ解析環境やAI技術の展開環境モデル構築**

最終目標

- ナノオーダーの微粒子等の解析に向けた**新しい複合計測装置(CPS型複合装置)の実現**
- 当該装置を核とした**革新的検査評価技術の実現**

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

High spatial-resolution measurement technology for large-size / light-weight structure materials by using artificial intelligence

研究開発の背景

自動車、航空機用等の主要大型構造部材を超軽量化し、エネルギー利用の効率向上を実現するため、次世代大型構造部材としてCFRP等の複合材料、革新合金、新素材の開発や、異種接着技術・複合技術の開発などが進んでいます。この状況下において構造部材はますます大型化し、複雑な形状の加工や部材間接合が一層重要になっていますが、構造部材内部の異物や接合部の歪み等の欠陥を高精度かつ迅速に計測可能な非破壊検査技術の開発が喫緊の課題であり、それに加え、今後膨大な回数に増大すると予想される計測に要する消費エネルギーの低減と、検査結果から健全性を信頼性高く評価できる高度な診断技術の開発が必要となっています。

研究開発項目

- A. ナノスケール画像診断可能な高解像度・大面積 X線カメラ基本技術の開発
- B. 低消費エネルギー型微小フォーカス X線源の開発
- C. AI技術による自動認識や最適構造提案可能な解析システムの調査研究

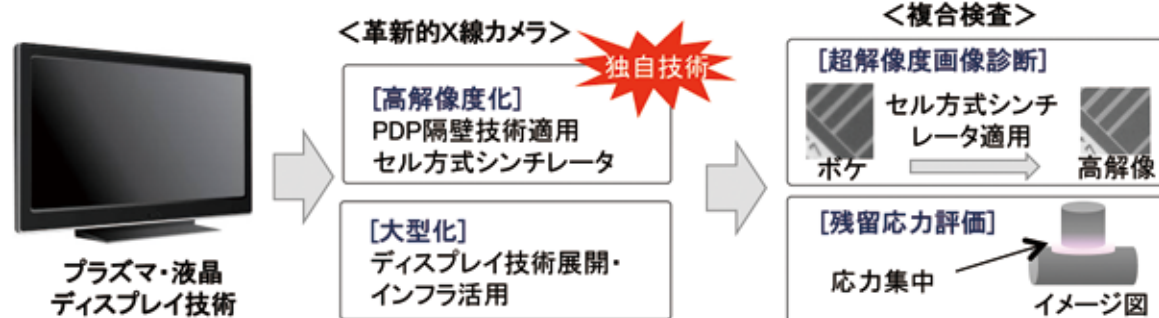
研究開発の内容と目標

本事業では、X線を用いた画像診断と残留応力評価を統合することにより、大型構造部材であってもナノオーダーの欠陥(異物、歪み)まで解析可能な健全性検査システムの基本技術を開発します。研究項目Aでは、プラズマディスプレイと液晶ディスプレイの要素技術を活用し、ナノスケール画像が診断可能で、かつメートルオーダーの大面積を撮像可能な高解像・大面積 X線カメラの基本技術の開発、研究項目Bでは、乾電池程度の低消費電力でナノオーダーの検査が可能な低消費エネルギー型微小フォーカス X線源の開発、研究項目Cでは、AI技術による欠陥自動認識や構造部材解析システムを調査研究し、膨大な計測データの情報から高い信頼性で健全性を評価できるシステムの実現を目指します。

研究開発の実施体制

東レ株式会社
国立研究開発法人産業技術総合研究所

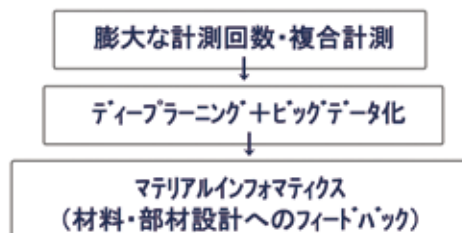
(1) 高解像(ナノオーダー)かつ広範囲(メートルオーダー)を一気に撮像可能な革新的X線カメラを開発



(2) 電池駆動が可能な低消費電力の微小フォーカシングX線源開発



(3) AI技術による欠陥自動認識や最適構造提案可能な解析システムの調査研究



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

Controlling Structure and Function of Nano-Materials by Use of Micro-Droplet Reaction Field

研究開発の背景

金属化合物、半導体化合物、高分子化合物など様々な物質から成るナノ粒子あるいはナノ構造体の性質は、それらのサイズ・形状・構造によって大きく変化し、既存の材料とは異なる革新的な機能発現が期待できます。よって、これらナノ構造を自在に制御することができれば、広範な用途で実用化が可能となります。しかしながら、ナノ構造を自在に制御する容易な方法がないことがナノ材料の用途開拓を遅らせる大きな要因となっています。

本研究開発では、産総研が有する極微小反応場制御技術(フェムトリアクター[®])を基盤技術として、従来法では不可能なナノ構造制御を可能にして、革新的な機能発現による用途開発を進めます。

研究開発項目

1. 量子ドット蛍光体の構造制御合成法の開発
2. 高分子材料の分子量制御合成法の開発
3. 高分子ナノ粒子のサイズ制御合成法の開発
4. 白金族ナノ粒子触媒の粒子径制御合成法の開発
5. 導電加工用金属ナノインク量産化技術・装置の開発

研究開発の内容と目標

フェムトリアクター技術は、エレクトロスプレー法によって試料溶液を体積フェムトリットル(10^{-15} L)レベルの帯電した極微小液滴に微細化し、その極微小液滴の動きを静電的に制御して反応場を構成し、液体の混合・分離抽出・温度制御の速度を極限まで高速化する技術です。本技術を適用し、以下の4つの用途分野について、研究実績が豊富な企業と産総研が連携してナノ構造制御技術を開発し、革新的な機能を有するナノ材料の用途開発に関する研究を行います。

- (1) 量子ドット分野、(2) 高分子材料分野、(3) 金属ナノ粒子触媒分野、(4) 導電加工用金属ナノインク量産化分野。

研究開発の実施体制

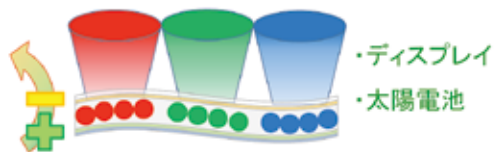
国立研究開発法人産業技術総合研究所
 日立化成株式会社
 住友ベークライト株式会社
 ダイキン工業株式会社
 株式会社キャタラー
 日華化学株式会社
 三菱ケミカルエンジニアリング株式会社
 (再委託先)
 国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学

フェムトリアクター[®]によるナノ材料の構造・機能制御

量子ドット分野

日立化成／産総研

半導体ナノ粒子の構造・サイズ制御技術開発



高分子材料分野

住友ベークライト／産総研 ダイキン工業／産総研

高分子材料の
分子量制御合成技術開発

高分子ナノ粒子の粒径
制御技術開発



金属代替
材料



航空機用
電気ケーブル

金属ナノ粒子触媒分野

キャタラー／産総研

白金族ナノ粒子の構造制御技術開発



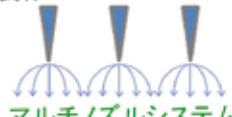
自動車排ガス用触媒

導電加工用金属ナノ粒子量産化分野

日華化学／三菱ケミカルエンジニアリング／産総研

量産化試験装置の設計・
製作

構造制御金属ナノ粒子量産
化実証試験



マルチノズルシステム



ウェアラブル
デバイスへ
展開

「フェムトリアクター」は産総研の登録商標です(登録第5935443号)。

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

Research and development of designing and manufacturing technology of “Ultra-” high-strength copper alloy brought by formation of hetero nano microstructure.

研究開発の背景

IoT、自動運転化等による各種エレクトロニクスデバイスの多機能化・超小型化が進展するに伴い、現有の銅合金が持つ特性の範囲では、強度や信頼性の面では対応が厳しくなっている。このため、これらの課題を克服できる“超”高強度銅合金の開発が不可欠になっている。

本研究では、多機能化・超小型化に対応可能なヘテロナノ組織を有する“新基軸の銅合金製品”を開発し、強度と導電率を両立する全く新しい銅合金を創出し、省エネに資することを目的とする。

研究開発項目

1. ヘテロナノ組織創成と評価技術の開発
2. 革新的な“超”高強度銅合金の開発
3. 計算材料科学導入による革新的銅合金設計とプラットフォームの構築
4. “超”高強度銅合金の市場調査

研究開発の内容と目標

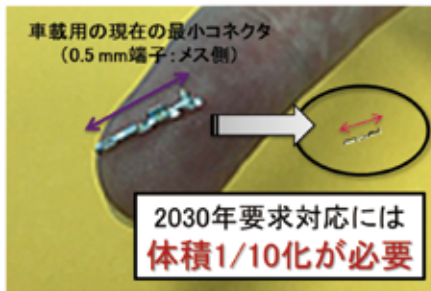
本研究では、組成と用途の異なる3種類の銅合金について、“ヘテロナノ組織”の形成可否とその高度化や従来の強化機構との融合の可能性を小規模試作で検証する。計算材料科学による合金組成設計、金属組織設計、加工プロセス設計および性能設計の妥当性を検証するとともに、銅合金の更なる「超高強度化」「高導電性」「高耐熱性」「耐疲労特性」等の性能向上の可能性を見極める。その成果に基づく、最終的な目標は以下の通り。

- Cu-Zn-Si系 自動車の自動運転化への貢献
- Cu-Ni-Si系 IoT機器の小型化への貢献
- Cu-Be-Co系 ロボットの信頼性強化への貢献

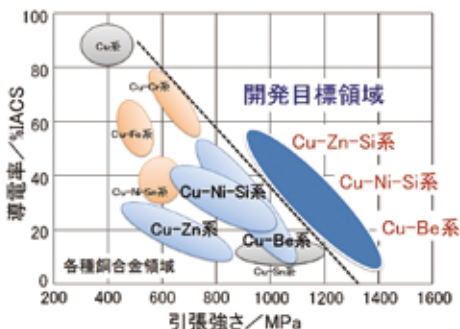
研究開発の実施体制

一般社団法人 日本伸銅協会
 国立大学法人豊橋技術科学大学
 国立大学法人金沢大学
 国立大学法人東北大学多元物質科学研究所
 古河電気工業株式会社
 株式会社 神戸製鋼所
 日本ガイシ株式会社
 J X金属株式会社
 物質・材料研究機構 (NIMS) (再委託)

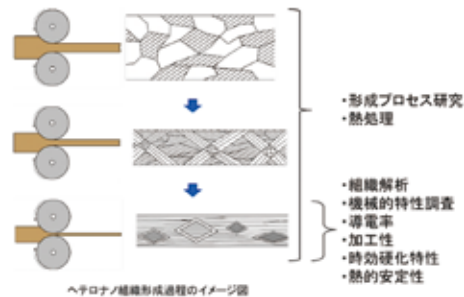
コネクタの小型化の課題



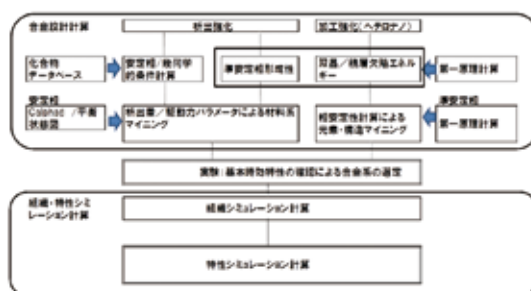
“超”高強度銅合金の開発目標



①ヘテロナノ組織制御技術の構築



②計算科学による材料設計技術構築



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

Research and development of distributed computing architecture for highly-reliable IoT society

研究開発の背景

高度IoT社会において、実世界から得られる大量のデータをリアルタイムに処理するためには、データ発生源近傍で処理を行うIoT分散型処理基盤が必要です。その一方、厳しい電力制約の中で高い性能を発揮するためには、処理タスクに応じてFPGA、ASICなどのコンピューティング要素を適材適所に組み合わせた「ヘテロジニアス・コンピューティング」の活用が不可欠となります。

しかしながら、多数のコンピューティング要素を組み合わせるシステムが構成されるヘテロジニアス・コンピューティングにおいては、近年「セキュリティリスク」に対する懸念が高まっています。特にシステム開発時のセキュリティをいかに担保するかは喫緊の課題となっています。

研究開発の内容と目標

本事業では、「システム開発時」、具体的には、ヘテロジニアス・コンピューティングシステムの設計段階において不正回路を「高速」に検知しIoT機器内の回路が「正しい」ことを担保することが必要不可欠であると考え、これらの課題を解決する手段として、「ハードウェアトロイの検知技術の開発」ならびに「ハードウェアトロイ学習高速化技術の開発」を実施します。

特に、オープンソースの設計資産の広まりやFPGAのクラウドでの利用拡大につれてセキュリティリスクが顕著となると考えられるため、ハードウェアトロイ検知を高精度化するとともに、学習を高速化し、新種のハードウェアトロイ回路へ迅速に対応できることを目標としています。

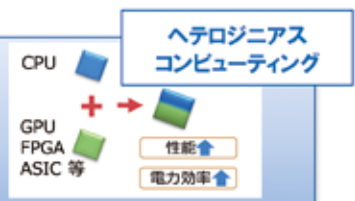
研究開発項目

1. ハードウェアトロイ検知技術の開発
2. ハードウェアトロイ学習高速化技術の開発

研究開発の実施体制

学校法人早稲田大学
日本電気株式会社

【高度IoT社会】IoT分散処理に応じて、FPGA・GPU・ASIC等の異なる種類のコンピューティングデバイスを適材適所に使い分ける「ヘテロジニアス・コンピューティング」が有力な解
→ エネルギー消費の1桁～2桁削減が期待される



技術課題

ヘテロジニアス・コンピューティングシステム開発・運用の問題:『セキュリティリスク』
悪意を持った攻撃者によりIPに埋め込まれた悪意ある回路(ハードウェアトロイ回路)
例: オープンソースIP中に回路内に悪質なトロイが混入



1. ハードウェアトロイ検知技術の開発



2. ハードウェアトロイ学習高速化技術の開発



更なる省エネ照明社会の実現に資するIoTステーション

IoT Station for Society with More Energy-saving Lighting

研究開発の背景

レーザーはLEDの次でかつ最終の照明とされています。最近、青色半導体レーザーによる蛍光励起での白色照明が実用化しました。しかし、LED照明を含め未だに損失の伴う蛍光変換方式が採用されています。

半導体レーザー(LD)で赤、緑、青の3原色が揃い、LDを用いたディスプレイの事業が始まりました。レーザーは偏向、変調が容易で様々な機能を有するため、従来になかった革新的な応用が期待できます。

研究開発の内容と目標

IoTによる超スマート社会の実現のため、蛍光体を用いない全色LDで構成する究極の多色レーザーをベースとした白色レーザー走査方式の“IoTステーション”を提案し実現の見通しをつけます。

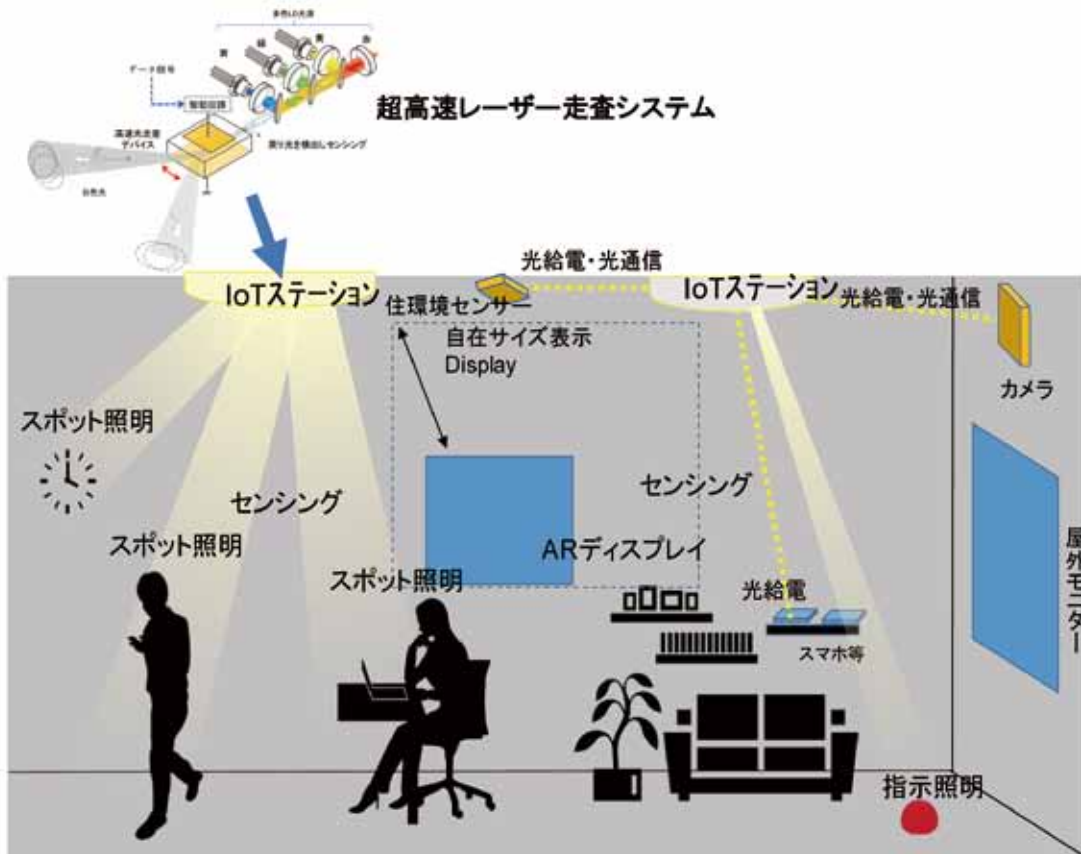
具体的には人の行動や環境変化に応じ必要な箇所・時間に必要な光量と色彩を提供する従来の1/10以下の超省エネ化が図れる最適視環境制御型照明であり、情報表示やセンシング等の機能融合化も容易で、通信や給電機能も付加した革新的な“IoTステーション”を目指します。

研究開発項目

1. IoTを中心とした融合機能実証
2. 超高速走査方式の提案と原理検証
3. 蛍光方式を用いない多色半導体レーザー方式検証

研究開発の実施体制

国立大学法人大阪大学
株式会社SCREENホールディングス



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

Development of the cognitive-behavioral assistance AR/VR technology to improve productivity and energy-saving

研究開発の背景

少子高齢化による近未来の労働力不足への対応は、我が国における喫緊性の高い社会課題です。この課題解決のためには、製造・医療・教育・生活など、実社会の活動における人の認知と行動を支援・増強する情報支援サービスや、支援機器の実用化が求められています。

これらの支援機器の開発が進められつつあり、一部は実用化まできているものもありますが、視覚のみなど単感覚インターフェースによるものであり、支援機器の性能としては不十分です。

そこで、複数の感覚を組み合わせるより効果的な作業支援が行える認知行動支援VR/AR技術の開発を行うとともに、その効果を検証する情報支援技術評価プラットフォームの整備を目指します。

研究開発の内容と目標

本研究開発では、製造分野における認知行動支援技術の適用例として、溶接作業支援サービスに関する多感覚多次元入力インターフェース及びインタラクション情報処理技術を開発します。溶接作業支援システムによって人の認知行動を支援することで、生産性の向上と省エネ化が実現できる具体例を示します。

また、情報支援が必要な具体的な場面の調査データをもとに、情報支援が必要な状況と支援すべき認知行動との関係性を分析し、体系化します。体系化された課題データから評価用コンテンツを設計し利用することで、実用性が高く効率的な課題設定と対応技術の検証を可能にします。

研究開発項目

- 1.溶接作業支援システムの開発
- 2.評価用基盤コンテンツデータベースの設計整備

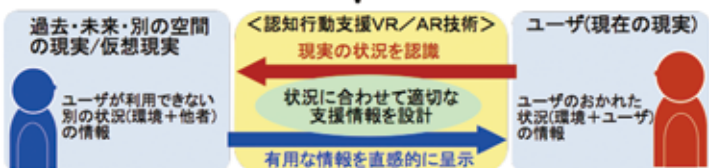
研究開発の実施体制

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
国立大学法人東京大学
学校法人名古屋電気学園愛知工業大学
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

＜国プロが実現する新産業＞現実の社会生活や作業現場において、人の認知と行動をアシストする技術やサービスの創出により、作業や活動を効率化し、省エネルギー・地方活性化・労働力拡大・高齢社会の安全安心に貢献する

人の介在するプロセスを効率化し、生産性と省エネ化を向上させるためには、情報や機器と人の間に介在し、ユーザの認知行動を支援する技術が必要

「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」



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

Nanotechnology and material research for realizing ultra-small output-signal detection

研究開発の背景

モノとモノがインターネットを介して接続する(Internet of Things:IoT)社会では、さまざまな信号を取得することが本質的に重要です。脳波に代表されるように社会的に価値の高い信号は、 μV 以下、 pA 以下といった超微小な信号領域にあり、これを扱う場合には相応の大型計測設備・環境とコストが求められます。このような課題から、IoT時代において超微小信号を活用した事業は限定的となっています。特殊な計測装置・環境を用いることなく、超微小信号を、手軽に扱うことができれば、IoTの可能性はさらに広がります。我が国の強みである「ナノテク・材料技術の高度化」によりIoTシステムの高性能化を実現することができれば、エレクトロニクス産業に再び国際競争力を与えることができます。

研究開発項目

1. 微小信号出力に資する自己組織化分子材料の研究開発
2. 低ノイズ薄膜トランジスタ及び信号増幅システムの研究開発
3. 高速微小電流増幅システムの研究開発
4. 高精度FPCの研究開発と事業化検討

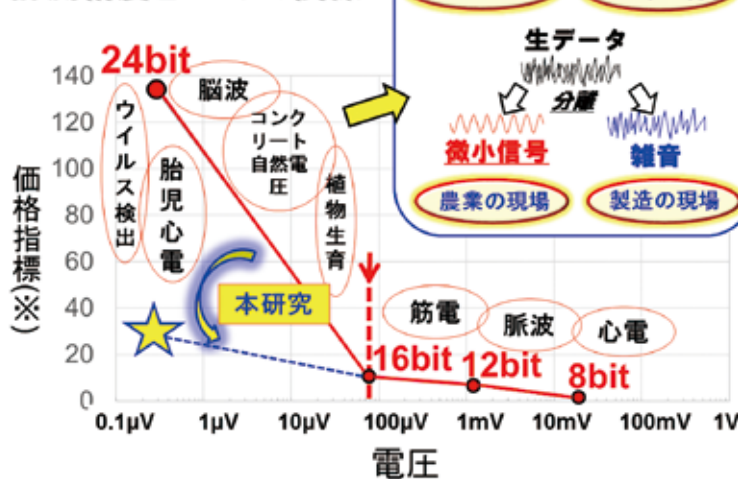
研究開発の内容と目標

本研究では、「IoT時代の超微小な出力信号の検出に資する低ノイズのエレクトロニクス材料およびそれを用いた信号増幅システムの創出」を目的とします。特に、IoT時代の世界観を見据え、誰でも手軽に用いることができる“低コスト”でこれを実現する技術開発を実施いたします。この実現に向け、本研究提案では、IoTセンサー等からの超微小な出力信号(電圧では「 $1\mu\text{V}$ 以下」、電流では「 1pA 以下」)の検出を実現する技術開発を行います。本研究では、ナノ材料、プロセスから高精度アンプシステムの開発を行い、あらゆるセンサー等の精度の向上に貢献する共通基盤性の高い技術を開発いたします。これによりモビリティ、インフラ、健康医療、バイオ、農業等の「情報通信技術の展開が期待される分野」へ信頼性の高い信号を提供いたします。

研究開発の実施体制

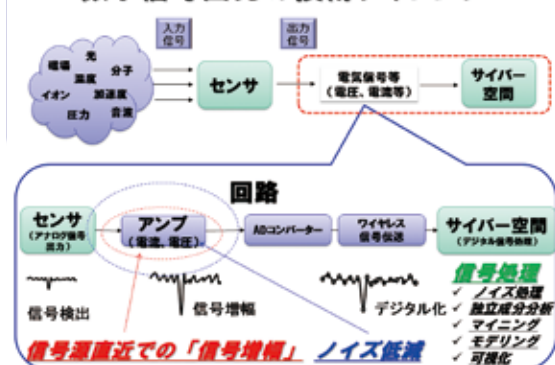
国立大学法人大阪大学
国立大学法人東京工業大学
日本メクトロン株式会社

計測精度とコストの関係



“社会的価値が高い信号”は、 $100\mu\text{V}$ 以下の微小信号にある
* 8bitADコンバータの価格を1とした時のおよその価格指標

微小信号出力の技術チャレンジ



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

Research on Precise Signal Sensing Techniques by Circuit and Nano-sensor Fusion

研究開発の背景

次世代IoT社会では各種センサー端末が重要な役割を担います。例えば、コイン型電池で駆動されたセンサー端末を10年間動作させるために、センサーデバイスとアナログフロントエンド回路の消費電力削減が重要となります。加えて、従来、主に直流近傍の信号のみを対象としていたアナログフロントエンドの帯域拡張をすることで、信号周波数成分等の解析を行い、ガスセンサーの吸着分子識別にも応用できる可能性があります。本研究では、このような多機能なセンサーシステムの実現のために、低電力で広帯域の信号を検出するための技術を開発します。

研究開発の内容と目標

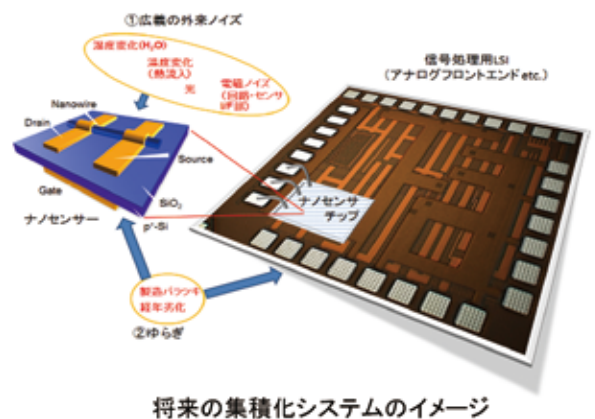
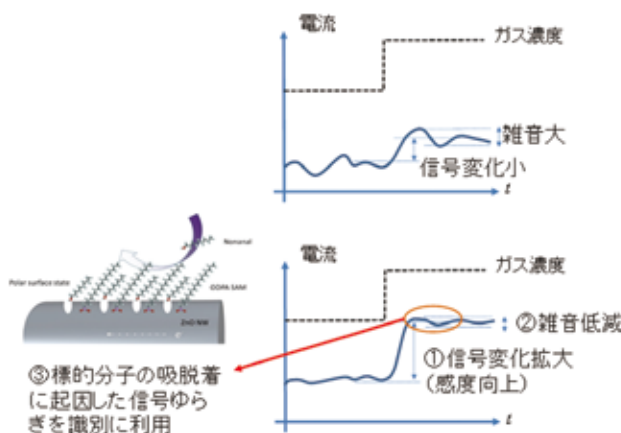
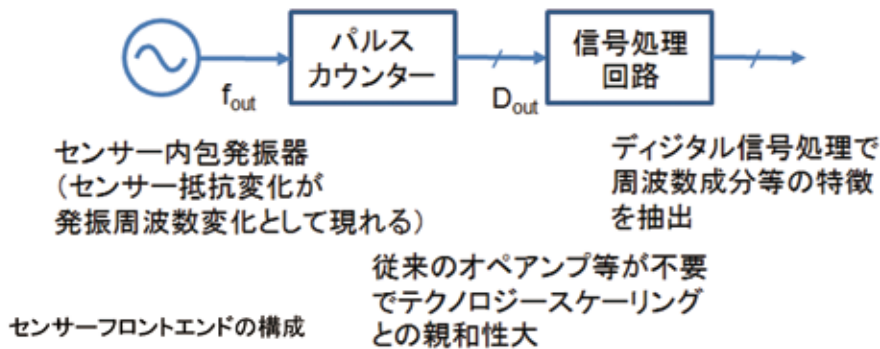
本研究では、センサーからの微弱信号電圧や電流情報を、周波数、位相等の時間情報に変換し、広帯域信号とそれに含まれる情報を低消費電力で高感度に検出するための回路を開発します。発振器ベースのアナログフロントエンドとFPGAを組み合わせた評価システムを構築し、100kHz以上の帯域を実現するとともに、測定対象センサー信号の周波数成分が分離されることを確認します。位相ロックループ等の手法を用いることで、抵抗値が桁で異なるセンサーに対して、発振器の発振周波数が最適な値に調整される周波数補償技術を開発します。

研究開発項目

1. 高感度・多機能アナログフロントエンド回路の開発
2. 多種センサーに対応するための特性補償技術の開発

研究開発の実施体制

学校法人慶應義塾



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研究開発

Research and Development of the Simulation Methods for Design of New Alloys by Metal Additive Manufacturing

研究開発の背景

近年、金属積層造形技術は、日米欧の先進国を中心に様々な研究開発が行われています。その特徴は、複雑形状の部品の製造ができることに加え、従来の鋳造・鍛造とは全く異なり、微小範囲での急凝固の繰り返しによって全体が作られるため、これまでにない新たな組織、組成、機能を有する素材の創生が期待できます。しかしながら、提供される合金粉末は装置メーカー指定の数種類に限定されており、かつ、造形品の品質もプロセス条件に依存し試行錯誤の製造となっているのが現状で、強度や耐食性などの面でも解決すべき課題があります。

研究開発の内容と目標

金属積層造形における合金粉末の化学成分の組合せは無限ですので、迅速な研究開発や網羅的な金属組成を組み合わせるためには、製品の所望する材料特性(出口)から逆に材料組成・プロセス条件(入口)を予測できることが重要となります。本研究開発では、急凝固プロセスを前提として、所望する材料特性(出口)から材料組成(入口)を予測するための合金設計シミュレーション技術の確立やデータベース構築等を行っていくためのFS研究として実施されます。

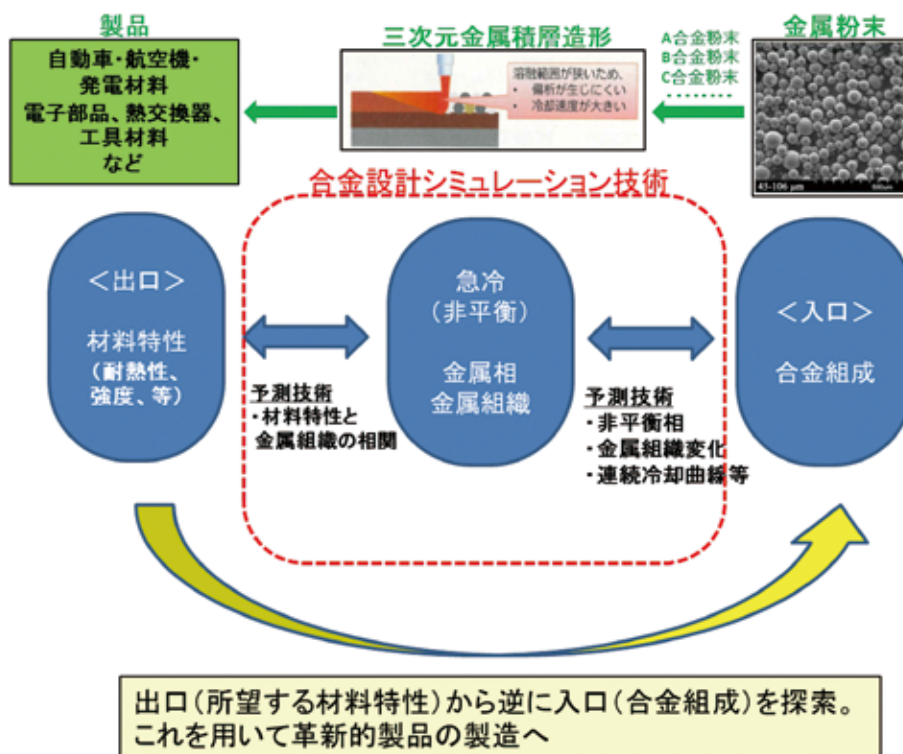
研究開発項目

1. 計算シミュレーションによる急凝固での非平衡相の予測
2. 連続冷却曲線等のデータベース構築
3. 計算シミュレーションによる金属組織予測
4. 金属組織からの材料特性予測

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
 一般財団法人金属系材料研究開発センター
 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
 国立大学法人熊本大学(共同実施)
 技術研究組合 次世代3D積層造形技術総合開発機構
 (再委託)

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



精密制御技術を駆使した脱硝触媒の高度利用技術開発

Development of Advanced Utilization Technology of DeNOx Catalyst based on the elaborated materials design

研究開発の背景

低炭素社会(CO₂排出量削減)を実現するため、燃焼技術の高度化が研究されており、その実現には新しい窒素酸化物(NOx)除去技術の同時開発が必須です。即ち、火力発電所の高温燃焼化や内燃機関の超希薄燃焼化は、NOx排出量の増加ばかりでなく、酸素共存下でのNOx除去という難題をもたらします。この解決のためには、従来型の尿素(アンモニア)選択還元法を用いないNOx除去技術の開発が求められています。新しいNOx処理技術が適用可能な産業分野は、火力発電所、ボイラー、ごみ焼却所、高炉、船舶、長距離トラックや大型バス、中小型ディーゼル車、ガソリンエンジン車等多岐に渡ります。これらの産業分野に広く適用可能なNOx浄化技術の開発は未来社会において達成すべき大きな課題の一つです。

研究開発項目

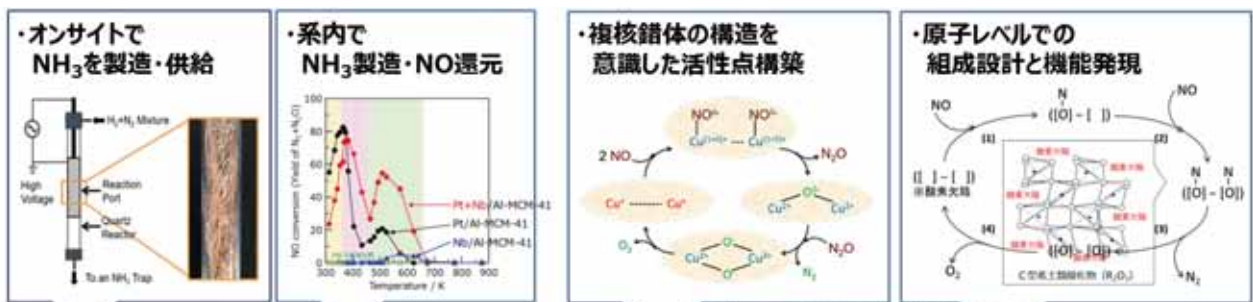
1. NH₃を反応系内で製造する新たなプロセス開発
2. 錯体化学を融合した反応活性点の設計手法の開発
3. NO直接分解に向けた高性能脱硝触媒の開発
4. 触媒材料或いは触媒担体の構造制御技術の開発
5. 高機能触媒材料の緻密な表面構造の明確化

研究開発の内容と目標

外部からのアンモニア(NH₃)供給が不要な脱硝技術の研究開発を目的とし、革新的な触媒材料或いは特徴的な活性点構造を有する触媒を調製し、これまでに実用化できていないNOx浄化プロセス、特に、系外からのNH₃が不要な脱硝システムと新しいNO分解活性点の設計に取り組みます。前者では、オンサイトでのNH₃合成とNOの水素化によるNH₃合成に、後者では、新しい分解触媒の設計に取り組みます。また、高度な構造制御技術を駆使して酸化物の精密多孔化を実現し、多孔体上での活性点構造制御による触媒の高性能化を図ります。本先導研究では、従来型脱硝技術の欠点を克服した触媒技術に関する原理開発を実施し、燃焼由来NOx浄化触媒技術の将来展開に向けた扉を開けることを目指しています。

研究開発の実施体制

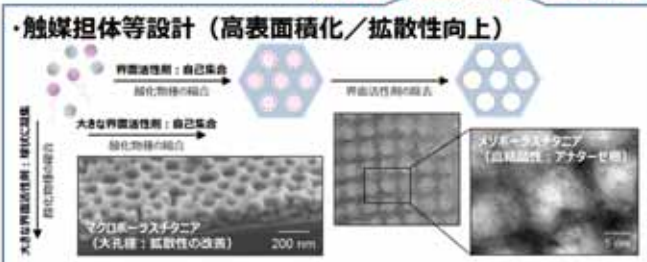
国立研究開発法人産業技術総合研究所
 学校法人中央大学
 国立大学法人九州大学
 学校法人成蹊学園
 新日鉄住金エンジニアリング株式会社
 太陽化学株式会社
 一般財団法人ファインセラミックスセンター



★系外からのNH₃が不要な脱硝システムの提案

★新しいNO分解活性点の設計

★精密多孔化による性能最大化



高効率エネルギー変換技術の高度化で
 獲得したCO₂削減効果を最大限社会還元!!

(2030年頃)

火力発電施設・・・高温燃焼+複合発電
 約2,600万トン-CO₂/年(国内)
 ※小型分散施設にも適用

ガソリンエンジン
 ...超希薄燃焼

約1,500万トン-CO₂/年(国内)

*Reproduced from Catal. Sci. Technol., 2016, 6, 7398; Chem Commun., 2016, 52, 13560; J. Mater. Chem., 2009, 19, 1894; J. Mater. Chem., 2011, 21, 5738 with permission from the Royal Society of Chemistry.

地域バイオマスからの化成品マルチ生産システム開発

Development of system for multi-production of chemicals from local biomass resources

研究開発の背景

我が国においてバイオマス利用技術が普及するためには、付加価値の高い化成品を製造する新たなバイオマスベースの産業の創出が必要です。地域で分散して発生する国産バイオマスを資源とする産業を創出しようとするれば、木質バイオマスとともに農業系バイオマス(非可食部)を最大限活用するシステムを地域に実装することが求められます。それらの資源量は現在の石油由来化成品の生産量に匹敵し、つまり、国産バイオマスを原料とする化成品生産システムの構築は量的な合理性を有します。しかしながら、地域バイオマスからの化成品生産は現状の技術では経済的に成立し難く、生産システムにパラダイムチェンジが求められています。

研究開発の内容と目標

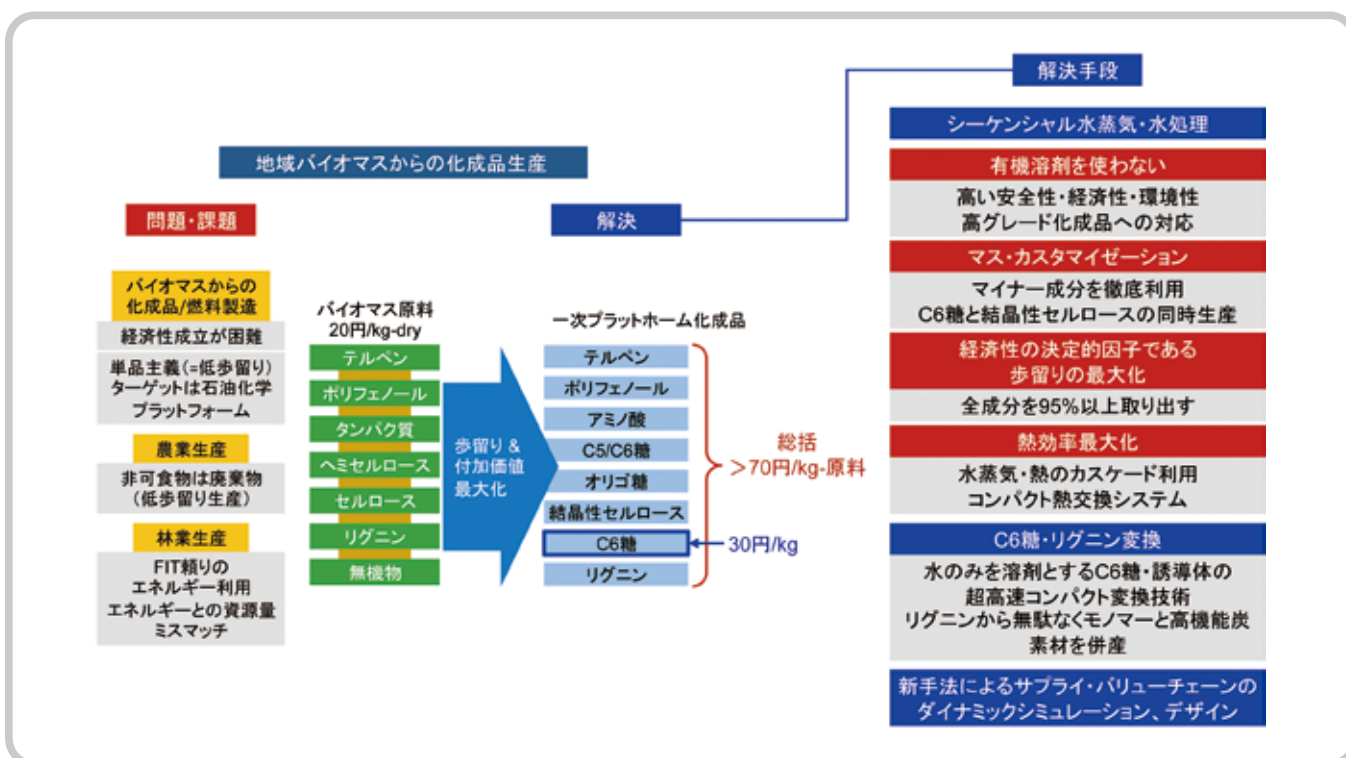
バイオマスからの化成品生産を経済的に成立させるためには、バイオマス原料と熱利用の地域による多様性を踏まえた共通基盤技術、すなわち、バイオマスの全構成成分を化成品に転換し、付加価値を最大化する技術(化成品マルチ生産システム)、高い生産性、安全性および熱効率を実現するプロセス技術、地域に応じたサプライ・バリューチェーンのカスタマイゼーション技術が欠かせません。本事業は、これらの技術開発を成し遂げるべく設定した研究開発項目の検討を通じ、社会実装に向けた基盤プロセスデータを取得すること、および農林工連携産業の創出に資する知見を獲得することを目的とします。

研究開発項目

1. サプライ・バリューチェーンのダイナミックシミュレーションおよび設計技術の開発
2. プラットフォーム化成品生産における歩留まり・付加価値最大化技術の開発
3. プラットフォーム化成品からの高付加価値製品・材料生産技術の開発
4. 高効率コンパクトプロセスの要素技術開発

研究開発の実施体制

国立大学法人九州大学 住友ベークライト株式会社
 国立大学法人徳島大学 花王株式会社
 国立大学法人京都大学
 国立大学法人東北大学
 秋田県総合食品研究センター
 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



バイオベース化合物の連続分離変換プロセス

Conversion followed by separation process for the production of bio-based compounds

研究開発の背景

持続可能な社会を実現するために、限りある石油の代替資源として、非可食性バイオマスの有効利用が鍵となります。非可食性バイオマスの成分の大部分を占めるセルロースやヘミセルロースからは、石油からは直接産しない高付加価値のバイオベース化合物が高収率で得られます。これらの化合物は耐熱性樹脂や医薬品原料、さらにはバイオ燃料の原料になりうる次世代を担うプラットフォームケミカルズとして期待が寄せられています。本研究では、特殊な反応媒体としてイオン液体類を用い、非可食性バイオマスから付加価値の高いバイオベース化合物を生産すると同時に分離回収する連続分離変換プロセスの構築を目指します。

研究開発の内容と目標

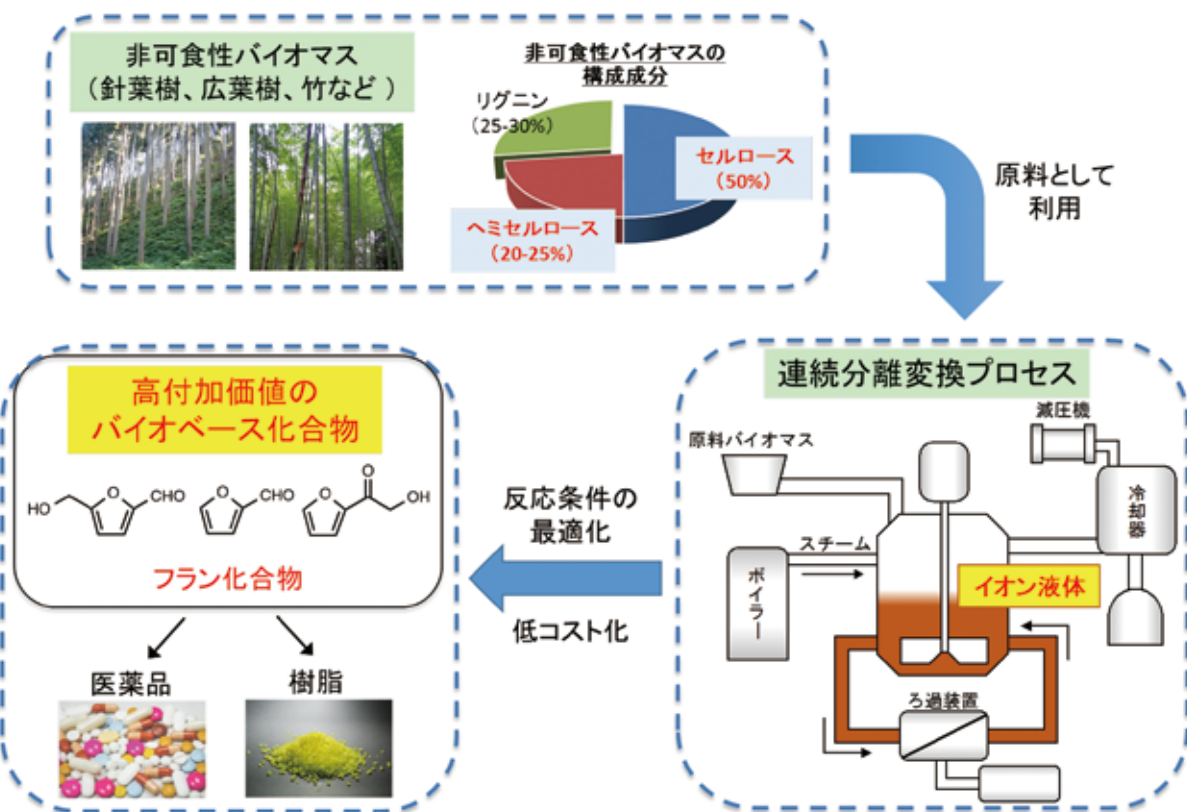
非可食性バイオマスからバイオベース化合物を生成する既存の方法では、高温高圧下での反応で、高価な触媒を必要としたり、生成した目的化合物が反応系内で過分解し、収率が低下したり、その後の分離精製に多段階を要するなど、様々な問題点があります。これらの問題を解決するために、本研究では、特殊な反応媒体中で非可食性バイオマスを目的のバイオベース化合物であるフラン化合物へ変換すると同時にそれらを反応系から取り出し、高収率にバイオベース化合物が得られる連続分離変換プロセスの技術開発を行います。さらに、大型化や反応媒体の再利用による低コスト化をはかり、社会実装の可能性について検討します。

研究開発項目

1. フラン化合物の連続分離変換プロセスの構築
2. フラン化合物の大量生産技術開発
3. イオン液体類の大量生産技術開発

研究開発の実施体制

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



機動性に優れた広負荷帯高効率GTの開発

Development of high flexibility and wide load range high efficiency GT

研究開発の背景

長期エネルギー需給見通しにおいて、2030年度の電源構成比では、太陽光発電が年間の発電電力量の7%を占めることが示されています。一般に太陽光発電等の出力は天候に大きく影響を受け、電力システムの安定性維持のためには、他の電源による補完が不可欠になります。中でも、日中に生じる急激な天候変動等による大幅な出力予測外れ時や、晴天時の夕方に生じる太陽光発電出力の急激かつ大量の減少時には、大きな発電能力と早い負荷変化率を兼ね備えた発電設備が必要となります。そこで、大容量を有しかつ出力調整が容易なガスタービン複合発電のさらなる高度化が有効と考えます。

研究開発の内容と目標

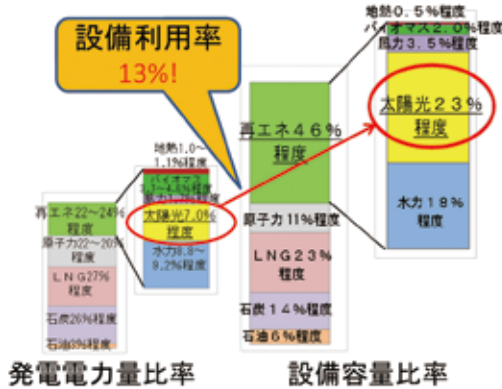
再エネ電源と共生する火力発電プラントの実現に向け、急速起動・負荷変動に対応するガスタービン(以下GT)について、鍵となる要素技術開発に着手し、また、設計コンセプトを明確にすることを目的とします。本研究では、急速起動のためのロータ・動翼軽量化技術を念頭におき、強度を維持できる薄肉化限界の検討、軽量かつ耐熱性・熱疲労特性に優れた新素材適用の可能性探索など、技術動向調査も含めて検討を進めます。また、あらゆる負荷帯において高効率を維持するため、チップクリアランスのアクティブ制御技術の開発を目指します。

研究開発項目

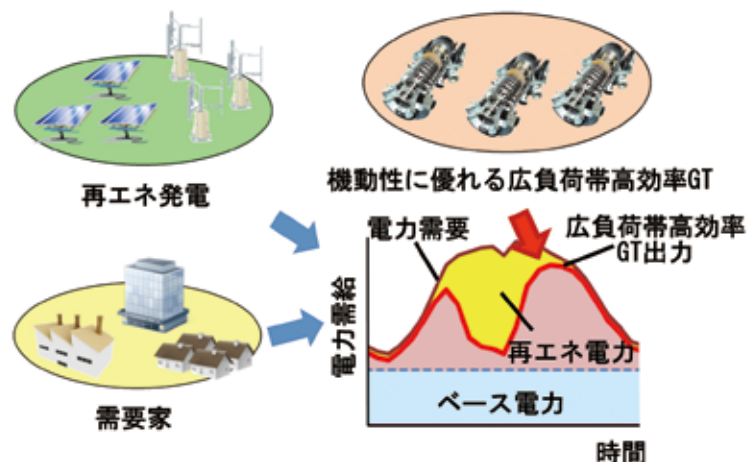
1. 急速起動・急速負荷変動対応大型ガスタービン複合発電システムの概念設計
2. ロータ・動翼の軽量化技術の基礎検討
3. 部分負荷運転時の効率向上に向けた翼周りの可変機構制御技術の検討

研究開発の実施体制

一般財団法人電力中央研究所
三菱重工株式会社
(再委託先)
国立大学法人東京大学
国立大学法人京都大学
国立研究開発法人物質・材料研究機構



2030年度における電源構成
(長期エネルギー需給見通しより作成)



CO₂排出量削減と系統電力安定維持のためには、再エネと共生する火力発電設備の実現が不可欠

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

Research and development of high resolution 3D modeling
by Robotic sensing and societal implementation

研究開発の背景

1. 2030年の社会インフラの強靱化に貢献する、安全・安心な社会インフラの実現が必要である。
2. インフラ維持・管理における点検作業や情報整理、予知等の全自動化を目指し、これまでの重機利用や車線規制等を出来る限り排除することにより、省エネルギー化及び温室効果ガスの排出削減が必要である。
3. 確立した強靱インフラ維持・管理プログラムパッケージを『日本モデル』として、東南アジアを初めとする新興国へ輸出することにより、インフラリーダーシップの確立が必要である。

研究開発項目

1. 橋梁の維持・管理における点検データの電子的一元化に関する予備的研究
2. 2030年に向けた課題、達成シナリオ等の計画の提案を行う有識者会議の設置と運営

研究開発の内容と目標

『予備的研究』及び『有識者会議』の両輪で『2030年の実現に向けた重点課題』を明確にする。

予備的研究では、社会インフラを構成する構造物(橋梁、トンネル、ダム、港湾)の設計・施工・維持・管理の電子的一元化を目指す。特に、電子化が遅れている維持・管理について、設計・施工から一貫した建造物の管理を実現するための研究を行う。

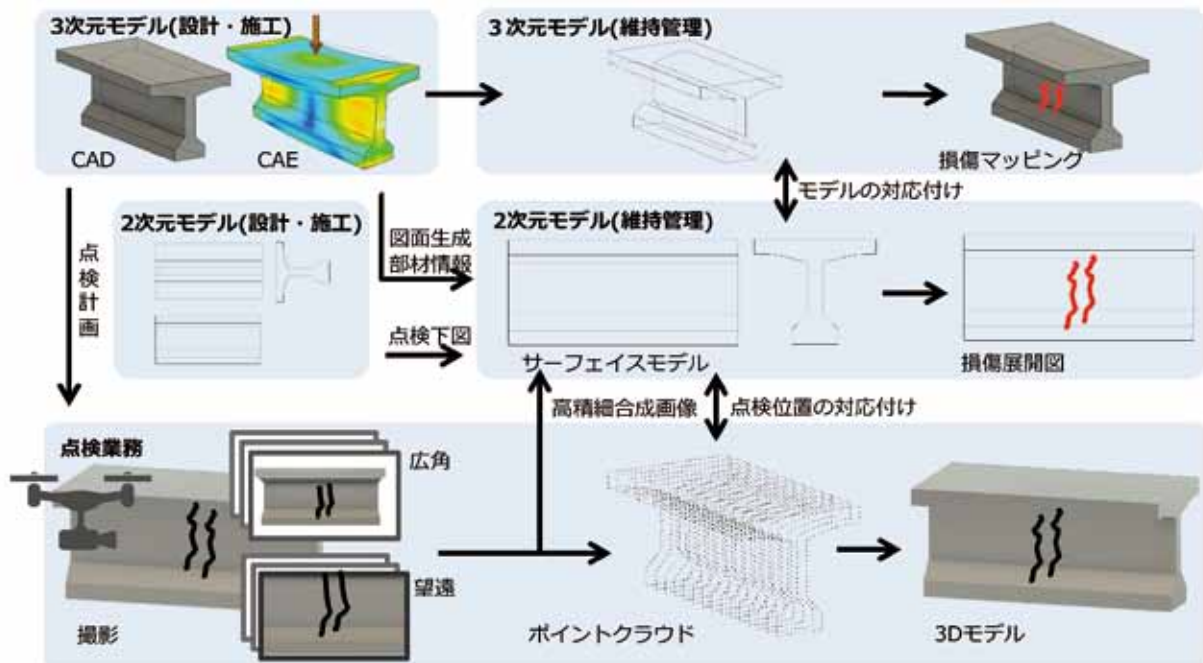
有識者会議では以下の提案を行う。

- ①点検技術者の高齢化、減少に対応して、進歩する技術の積極的適用の具体化
- ②予算上の問題等が待ち受ける地方での社会実装と実施に向けた重要課題の抽出と解決手段の具体化

研究開発の実施体制

富士フイルム株式会社
株式会社イクスリスリーサーチ
ダットジャパン株式会社
国立大学法人北見工業大学
夢想科学株式会社

1. CIM(コンストラクション・インフォメーション・モデリング)をベースとした維持管理システムのあり方を検討
2. 既設橋梁(2次元モデル)から新設橋梁(3次元モデル)を対象とした維持管理システムを検討
3. 入力デバイスとしてのドローンやロボットとリンクし、高解像度画像による維持管理システムを検討



劣悪環境下での作業機械のロボット化技術の開発

Robotization technologies for construction machines under hard working conditions

研究開発の背景

地方の土木工事では、山林等の狭隘かつ急勾配な不整地を造成しながら作業を行うことがしばしばあります。こうした現場では、工事の進捗に伴い変化する環境下で、柔軟に作業計画とその実施を行う必要がありますが、一方で、こうした環境に熟練した作業者は、過疎・高齢化に伴い減少の一途を辿っています。また、一部企業で現在開発が進められている専用の無人建設ロボットは、地方建設会社等が導入するには、まだ時間がかかります。そこで、本研究開発では、比較的簡易な機器改造による建設機械のIT化・無人化を行うシステムの創出を目指します。これにより、中小建設会社にも早期普及が可能となり、全国の土木建設工事のIT化の加速と、熟練作業者のデータ収集・分析・活用が可能となります。

研究開発項目

- (A) 簡易機器改造による建設機械のロボット化
- (B) 山林等における建設機械の高精度な自己位置推定手法の確立
- (C) 熟練作業者の作業データ収集と分析
- (D) 他の建設機械との連携動作を考慮した建設機械の動作計画手法の開発

研究開発の内容と目標

本開発では、地方現場の効率化に貢献している六輪ダンプトラックのロボット化を具体的課題にしました。ここでの課題は大きく二つあります。第一は、比較的簡易な機器改造による建設機械のロボット化です。後付設置型の機器として既に開発されているバックホー遠隔操作システムを元に、これを車両用に改造することで、より広く適用可能になります。第二は、工事の進捗に伴い変化する劣悪環境下で、臨機応変に適切な作業を計画・実施することです。そのために、山林等での高精度位置推定技術を開発すると共に、実際の現場での作業データの収集を行うことで、熟練者の技能を明らかにし、劣悪かつ変化する環境に柔軟に応じられる作業計画・実施技術を開発します。以上により、地方土木現場のロボット化を目指します。

研究開発の実施体制

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
三洋テクニクス株式会社
コーワテック株式会社

(B) 山林等における建設機械の高精度な自己位置推定手法
(GNSS高精度化、LIDARによる位置推定など)



(C) 熟練作業者の作業データ収集と分析

(D) 他の建設機械との連携動作を考慮した建設機械
(ダンプトラック)の動作計画手法の開発

(A) 簡易機器改造による建設機械のロボット化



小型
LIDAR

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

Development of Biohybrid sensor with cellular functions

研究開発の背景

生物の分子認識能や物質産生能は、人工物を凌駕した性能が見られます。これらの生体機能を直接利用することができれば、感度や選択性はもちろん、環境負荷やエネルギー効率において人工物を圧倒するデバイスが誕生し、既存の社会にはない製品群・市場が生まれると考えられます。しかし、これまでに細胞組織を広範な工業用品として利用した試みはありませんでした。その背景として、細胞や組織の優れた機能を利用するための準備の煩雑さや保存、搬送の難しさなどがありました。

研究開発の内容と目標

本先導研究では、微細加工により精度よく生体組織を構築し、細胞の機能性を維持しつつ保存・搬送できる技術を考案し、気中や液中の化合物を高感度かつ特異的に検出することができる受容体を有する細胞を使ったセンサ(バイオハイブリッド(BH)細胞センサ)の開発のための基盤構築を図ります。本提案が実現すれば、気中分子を高感度に検出可能な匂いセンサのプラットフォームになるばかりでなく、これまでの農薬、食品、化粧品、医薬品などの分野で合成される化合物の人体への影響を調べるための細胞アッセイを短時間で正確に行う革新的な技術となり得ます。

研究開発項目

1. BH細胞アレイの作製技術
2. BH細胞チップによる計測技術
3. BH細胞アレイの保存、搬送技術

研究開発の実施体制

国立大学法人東京大学



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

Living environment control by using AI of biological information as biological function

研究開発の背景

複雑化する社会問題を、高度人材が不足していく状況下で、無駄のない快適社会生活としていくためには、人間の知的活動をコンピュータ化する「人工知能システム」の開発が重要です。人間の思考能力拡大を支援する「知性」を持った人工知能システムを実現するには、感情や感性、経験と言った人間の内面をデジタル化するために生物機能としての生体情報の取得が必要となります。そのため、生物機能を模したシートセンサを開発し、それを身の回りのあらゆるモノに浸透させていくことによって、多面的、多角的に人間の情報をセンシングし、人間と高度に協調する人工知能システムを実現することが求められています。

研究開発の内容と目標

皮膚を中心とする生物機能を模倣した生体模倣センサを開発・高度化し、取得したデータについて人工知能(AI)など最先端の解析手法を適用することによって、人間感覚入力を実現した快適操作や無駄のない快適生活環境制御を実現します。まず、生体物質機能を活用した生体情報センシング技術、表皮機能などの生体模倣による伸縮性センシング技術の開発に取り組みます。また、その産業化に向け工業的生産技術の開発に取り組みます。さらに、生体模倣センサから安定して長時間に渡ってデータを取得できるシステムの設計技術の開発を行い、AIによるデータ解析により生体情報の入出力技術活用としての価値創造への礎を築きます。

研究開発項目

1. 生体模倣センサのデバイス技術
2. 生物機能化学活用センシング技術
3. 生体模倣センサ産業生産技術
4. 有意義データ抽出のための機械学習
5. 生体情報データ取得技術とデータ価値創造技術

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
 大日本印刷株式会社
 日本電気株式会社
 株式会社リコー



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

R&D towards realizing an innovative energy-saving hydrogen society based on quantum dynamics

研究開発の背景

燃料電池自動車など水素のエネルギー源としての利用が拡大してきています。エネルギーのベストミックスとエネルギーセキュリティの観点から水素社会を早期に実現するために、経済的インパクトを回避しつつ水素エネルギー・インフラを確実に普及・定着させるための、技術的なブレークスルーが不可欠となっています。

水素は、その質量が他の元素に比べて非常に小さいため、水素と機能材料との界面で発生する相互作用に量子力学的な効果が顕著に表れます。その量子効果を積極的に利用することにより、水素社会を支える水素の「輸送・貯蔵、利用の技術開発」において、従来にない高機能材料の開発を行います。

研究開発の内容と目標

水素と機能材料との界面で発生する相互作用に量子ダイナミクス理論の知的設計手法(CMD)を適用します。これは、従来の量子シミュレーションとは異なり、水素液化などで問題となる原子核の量子効果を取り扱うことができ、また希望する特性を持つ物質構造を求めることも可能とするものです。

本研究では、CMDプログラムを水素に最適化し、量子効果を利用した革新的な機能材料を設計します。また、その機能をマクロ・ミクロ的に検証し、それらを利用した新プロセスを創出することにより、CO₂フリー水素社会を経済的に実現することを目指します。

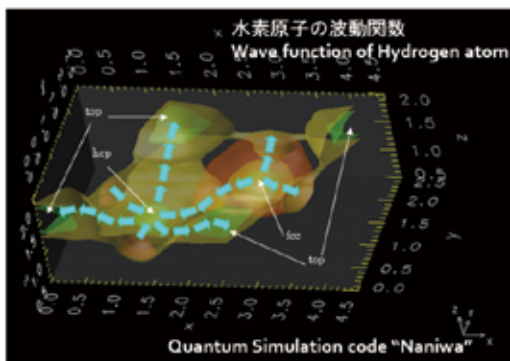
研究開発項目

1. 水素用高機能材料の開発
2. 液化水素価格低減のための発展性調査
3. 次世代水素社会の検討

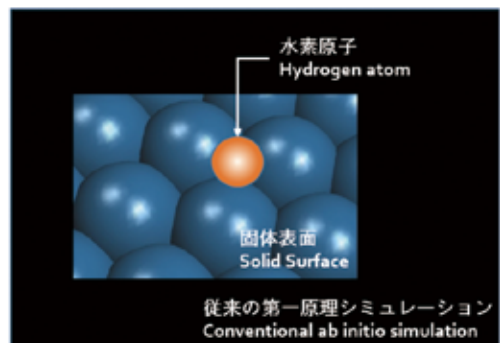
研究開発の実施体制

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

水素は量子力学の世界
Work in a Quantum world.



ニュートン(古典)力学
Leave the Classical Newton's world.



Naniwa-CMD知的設計による水素デバイス
Hydrogen Devices designed by Naniwa-CMD.



CMD: 計算機マテリアルデザイン
Computational Materials Design

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

Research and development into highly-efficient solar hydrogen generation devices using Nb-nitride-based photocatalysts

研究開発の背景

光触媒を搭載した太陽光水分解の高効率化による低コスト再生可能水素製造を実現すれば、持続可能な水素社会の到来へ大きく近づきます。さらに、光触媒により水素と酸素を分離して生成することができれば、何処にでも簡単に設置できるコンパクトなパネル形状の高効率太陽光水素生成デバイスが実現できると考えられます。これにより、例えば住宅の屋根に設置できるような、民生用の光水素生成デバイスも実現可能になります。

研究開発の内容と目標

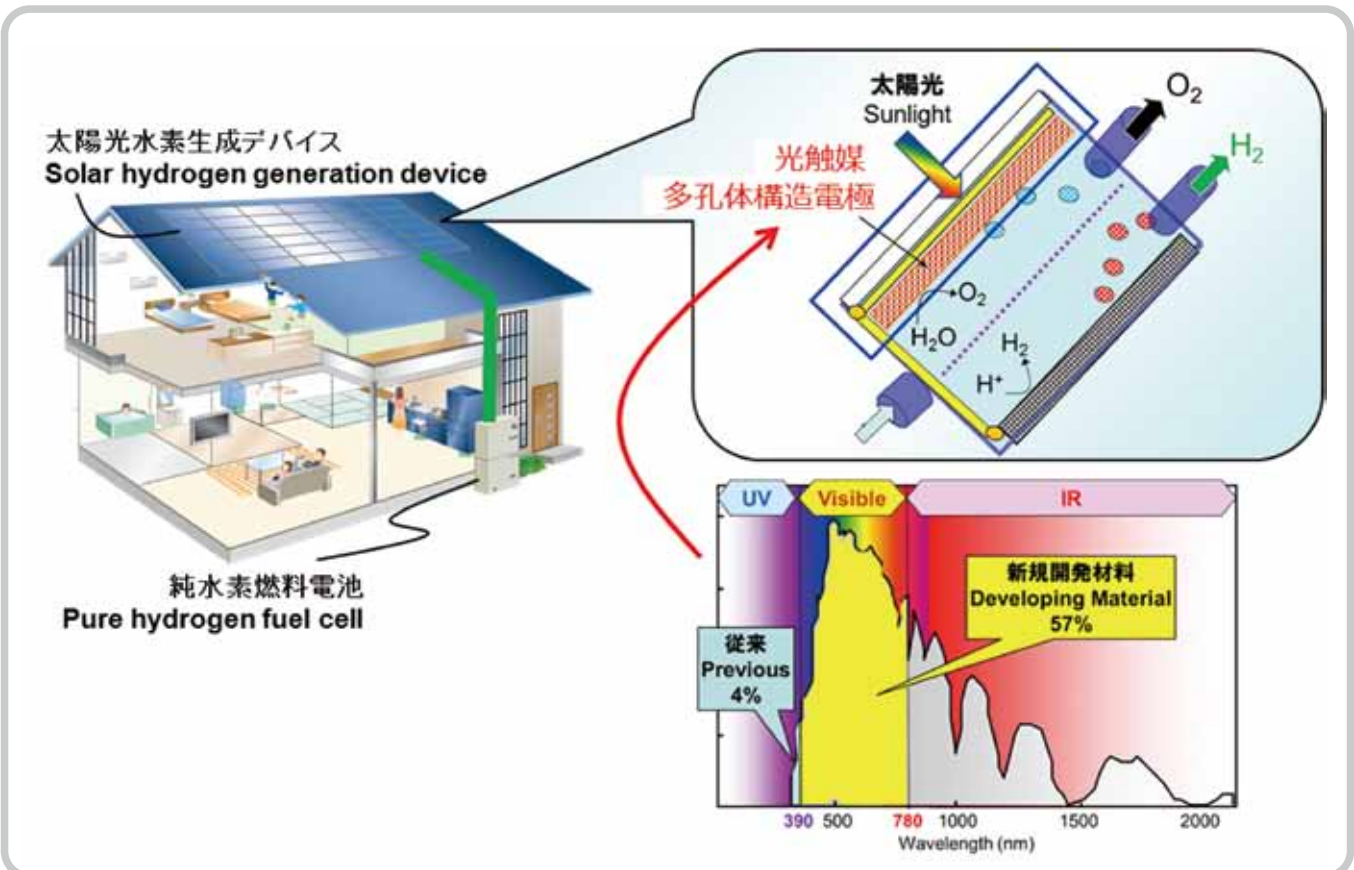
本事業では、水分解反応の量子効率40%を達成するための技術開発を目標とします。そのためには、光触媒内部での電荷再結合防止、3次元透明伝導体による反応表面積向上・光吸収量増大、光触媒表面での酸素生成過電圧低減が必要です。そこで、前者の課題に対しては、光触媒内部の欠陥密度低減によるキャリア密度低減および連結孔を有する3次元多孔体構造による外部量子効率向上を図ります。また、後者の課題に対しては、高活性を有する助触媒材料を開発し、光触媒表面を助触媒によって適切に修飾することで、反応活性向上を図ります。

研究開発項目

1. NbONのキャリア密度低減と3次元構造電極開発
2. Nb₃N₅の結晶化
3. 表面修飾による反応効率向上および安定性向上
4. 高効率多孔質Nb窒化物系光触媒電極の開発

研究開発の実施体制

パナソニック株式会社
国立大学法人京都大学



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

Development of a novel nanocarbon hybrid-based low-cost and high durable fuel cell electrode

研究開発の背景

「燃料電池」は究極の「エコエネルギー」であり、エネルギー利用効率が非常に高く、CO₂削減に大きく寄与する。しかしながら、燃料電池の本格普及までには、耐久性の向上とPtの削減が重要である。これらの社会的要求に対して、本提案では、高分子被覆カーボンナノチューブ、グラフェンおよび新規合成のナノポーラスカーボンを素材とした「次世代の燃料電池触媒のデザイン、創成」を目的に「燃料電池触媒」のパラダイムシフトを目指して研究を行う。具体的には、「無加湿および低加湿で作動する超高耐久性、低(ゼロ)Pt型触媒」の開発を目指している。

研究開発の内容と目標

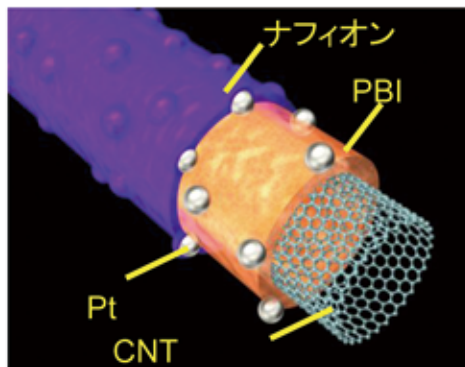
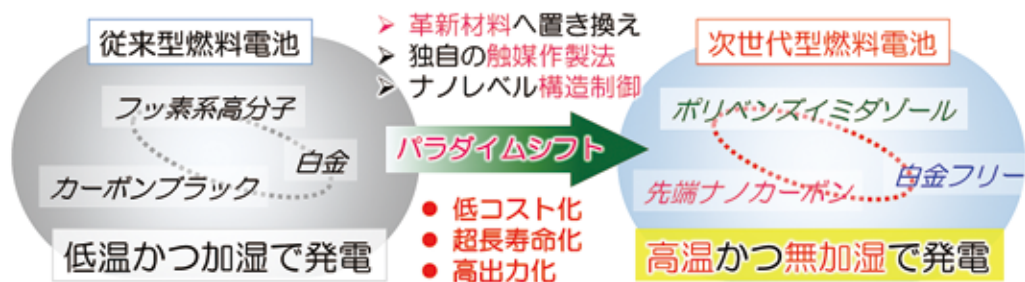
本研究では、i) ナノカーボンに対して分散能が高いポリベンズイミダゾールを用い、これで被覆したカーボンナノチューブ、グラフェン、ナノポーラスカーボンを素材とする新規触媒の構築、ii) 鉄フタロシアニン/カーボンナノチューブ複合体のデザイン、構築、を課題として、「高効率、超高耐久性、低(無)白金」という社会的要請を満たした高分子固体電解質型燃料電池 (PEFC) 開発を行ない、現在のPEFCを凌駕する次世代の革新的燃料電池へのパラダイムシフトを達成することを目的として研究を推進している。

研究開発項目

- 1.カーボンナノチューブを素材とした低コスト超高耐久性次世代燃料電池のデザイン、作製、評価
- 2.カーボンナノチューブを素材としたアニオン型次世代燃料電池のデザイン、作製、評価
- 3.グラフェンを素材とした低コスト超高耐久性次世代燃料電池のデザイン、作製、評価

研究開発の実施体制

国立大学法人九州大学
株式会社トクヤマ
株式会社ADEKA



ポリマー2重被覆燃料電池触媒



CNT上のスピネル触媒

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

Research and development of innovative material for thermoelectric power generation without a temperature gradient for effective energy harvesting from unharnessed exhaust heat

研究開発の背景

タービンなどの可動部を用いずに、熱を電力に変換する技術として、ゼーベック効果による発電が挙げられます。しかし、この効果では素子内に温度差を形成する必要があり、低温部から放熱する必要があるため、変換効率は10%程度に留まっています。本研究では化合物半導体のバンドギャップを制御することにより、p型半導体-狭バンドギャップ真性半導体-n型半導体をゆるやかに連続させたエネルギーバンド構造を材料内に形成し、真性半導体で熱的に発生させた電子とホールをそれぞれn型とp型の領域に拡散させて電力を得るという新原理を提唱し、この条件を満たす材料の作製を試みました。

研究開発の内容と目標

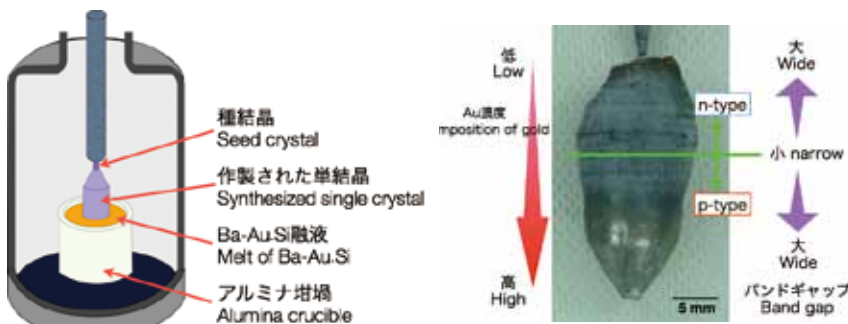
新たに提案する温度差を必要としない発電には、真性半導体部分においてバンドギャップが最も小さく、n型もしくはp型部分においてギャップが大きくなる材料が必要となります。本研究では真性半導体部分においてバンドギャップが小さくなるBa-Au-Si系クラスレート結晶に注目し、Auの組成傾斜材料をチョクラルスキー法を用いて、n型からp型へ整合性よく変化するバルク単結晶を作製することを目的としました。また、原料や製造プロセスコストの低減を目指し、Auの代替元素の探索や、粉末焼結での組成傾斜材料作製法の探索も試みました。

研究開発項目

1. 組成傾斜単結晶クラスレート材料の開発
2. 単結晶クラスレート材料の物性・性能評価
3. 単結晶クラスレート材料の大型化技術の研究
4. モジュールの試作および性能評価

研究開発の実施体制

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



チョクラルスキー法による組成傾斜Ba-Au-Siクラスレート単結晶の作製
Synthesis of composition gradient Ba-Au-Si clathrate single crystal by using Czochralski method

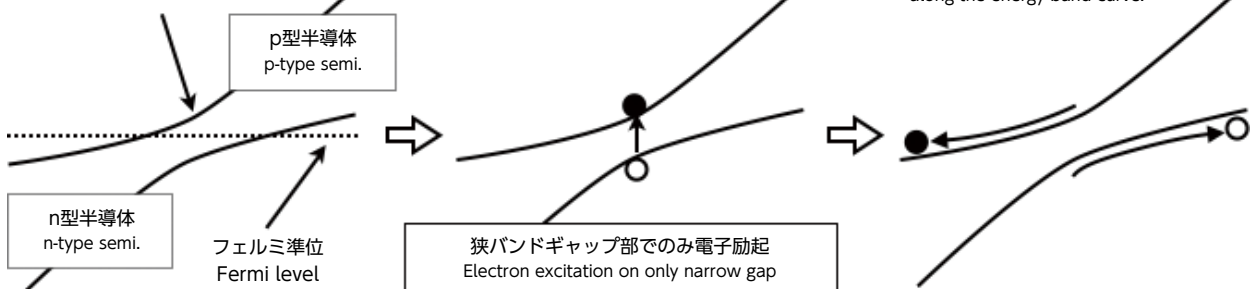


本研究により作製された
発電モジュール
Power generation module fabricated by
this project

バンドギャップの狭い真性半導体
Intrinsic semi. with narrow gap

温度差を与えずに昇温すると…
Heating without temperature gradient…

バンドの曲がりによって、電荷分離
Hole-electron pair can be separated
along the energy band curve.



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

Research and development of large capacity and high transfer rate optical archive system for reduction of power consumption in data center

研究開発の背景

クラウドコンピューティングの普及、ビッグデータの蓄積などITの高度化に伴い、データセンタの電力消費が大幅に増大しています。本研究は、省電力性、大容量・低ビットコストを同時に満たす光アーカイブシステムを開発し、データセンタの電力消費量の大幅な削減を実現します。一方、電子データ量増大に伴い、従来型アーカイブ、クラウド型アーカイブ、低ビットコスト化に伴う新規アーカイブの市場が急速に拡大しています。また、データ長期保管(10年超~100年)の要求が高まっています。本プロジェクトはデータセンタの省電力化に大きく貢献すると同時に、アーカイブ、長期保管性に優れたストレージ技術を開発します。

研究開発項目

1. 3次元クロスシフト方式の原理的な限界性能を明確化
2. 4テラバイト/ディスクの可能性を検証する高密度記録再生実験機の作製および高密度記録特性の明確化
3. SiCで発見された光変調特性について、偏光回転 $\pi/2$ を得るための動作条件、動作速度限界の明確化
4. Siの新pn接合技術による超高速デバイスの実現性の検証

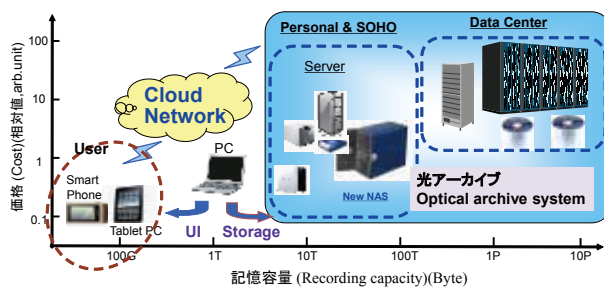
研究開発の内容と目標

1年目では3次元クロスシフト多重記録方式を開発し、5インチディスク媒体の全面記録再生を実証するとともに、2テラバイトに達する技術の開発を完了しました。2年目では、方式の限界記録密度性能を検証し、4000以上の高多重記録数が可能であること、および1msでの1ページホログラムの高速記録を可能であることを実証しました。ドレスト光子技術では1年目にSiCが透明磁性体であることを発見しました。新たに開発したDPPアニール法により、100MHzの高速空間変調器が実現可能であること、およびSiを新しいpn接合法で作製し、量子効率100%以上の高感度撮像素子が実現できることを明らかにしました。

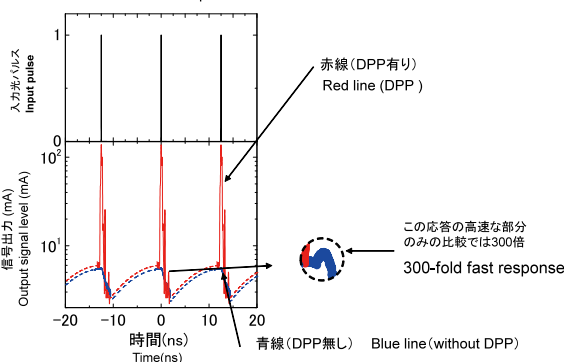
研究開発の実施体制

学校法人東京理科大学
特定非営利活動法人ナノフォニクス工学推進機構

システム構成

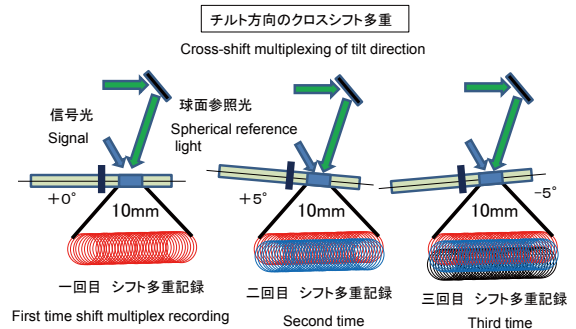


シリコン製のフォトダイオード増幅率
Photodiode amplification factor of the made of silicon

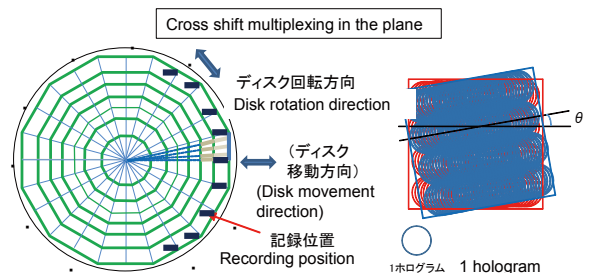


研究開発内容

3次元クロスシフト方式 3D cross-shift recording method



平面内のクロスシフト多重



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

A Study on High Efficiency MEMS Micro Energy Harvesters for Trillion Sensor Society

研究開発の背景

社会・交通インフラモニタリング用無線センサや、ウェアラブル端末・ヘルスケア端末に代表される未来社会技術を実現するため、年間1兆個の超小型センサを生産・消費するトリリオンセンサ時代の到来が予想されています。本研究では、超小型メンテナンスフリー無線センサ端末に必要な、MEMS発電素子の実現に取り組みます。

研究開発の内容と目標

本研究では、独創的な高密度固体イオンエレクトレット技術と、大容量イオン液体可変キャパシタ技術を新たに導入したMEMS振動発電デバイスの開発を進めました。その結果、直径20mm程度の一円玉サイズの面積で、1mW級の出力を実現しました。また、2020年には10mW級の振動発電を可能にするためのデバイス設計・製作・評価指針を示しました。今後は、さらに発電効率を高めるとともに、想定アプリケーションに適した実用性の高い発電モジュールの開発を進めていきます。

研究開発項目

1. 高電荷密度シリコンエレクトレット
2. 大容量イオン液体可変キャパシタ
3. 高効率エナジーハーベスタ
4. 交通インフラに適したハーベスタ
5. オフィスや工場に適したハーベスタ

研究開発の実施体制

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

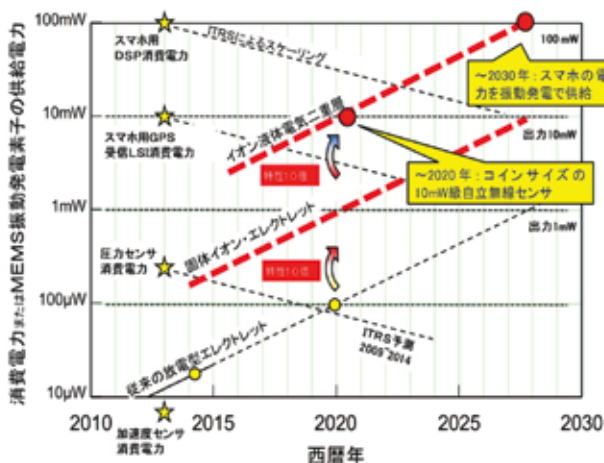


図1 MEMS振動発電素子の供給電力と消費電力のロードマップ

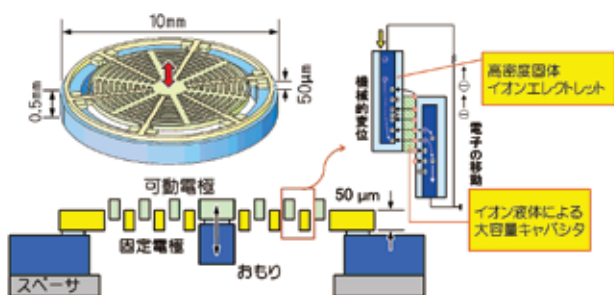


図2 超高効率MEMS振動発電素子の構造

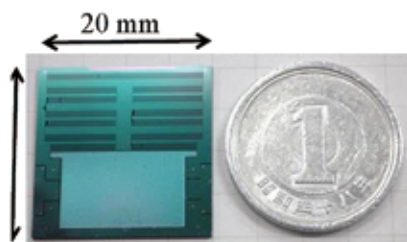


図3 MEMS振動発電素子試作品

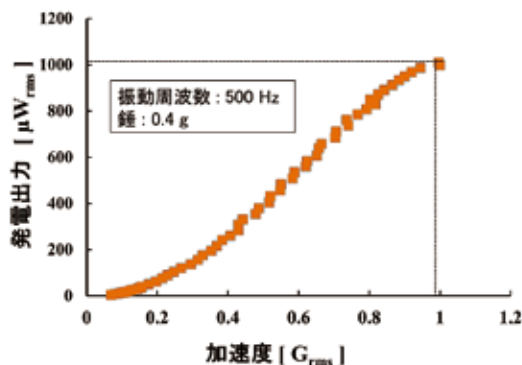


図4 MEMS振動発電の出力特性

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研究開発

Data Centric Computing for IoT/CPS Applications

研究開発の背景

モノのインターネット (Internet of Things: IoT) を基盤とするCyber Physical Systemで数千億～数兆個ものセンサにより、多種多様なデータが収集され、サーバーで処理される。処理結果を機器を制御するアクチュエータ等にフィードバックし、セキュリティ、製造、医療、災害予測、自動運転、電力網、交通網など実世界の処理を低電力かつ高速に行う。安全・安心分野、製造業・インダストリ4.0、インターネットサービス、最適医療・予防医療サービス、ピンポイント気象・災害予報、交通サービスなどへの応用を想定し、メモリのハードウェアからデータ制御ソフトウェアまで全体を最適化することで、膨大なリクエストをリアルタイムに処理できるストレージ・サーバーを開発する。

研究開発の内容と目標

IoT時代のCyber Physical System (CPS)に向け、電力半減、100倍の高速化、1/100の小型化を実現するデータセントリック型のコンピューティング技術を開発する。高速不揮発メモリを活用し、分散制御の新アーキテクチャを開発する。新材料メモリ、3次元実装などの革新的ハード技術、多種多様な非構造化データの類似検索等、データアクセス技術との組み合わせにより、膨大な端末からの同時多発的なアクセスをリアルタイムに処理する。メモリ・ストレージ(東芝)、データ制御(中央大)、検索・機械学習(PFN)とハードからソフトまで融合し、高速・低電力なCPSを構築することを目指した。

研究開発項目

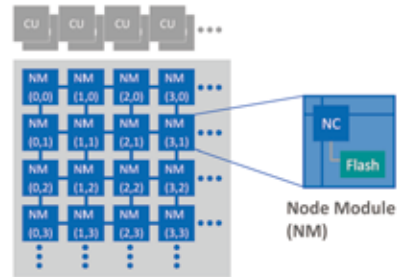
1. ストレージ技術
2. データ制御技術
3. データアクセス技術

研究開発の実施体制

学校法人中央大学
株式会社東芝
株式会社Preferred Networks (PFN)

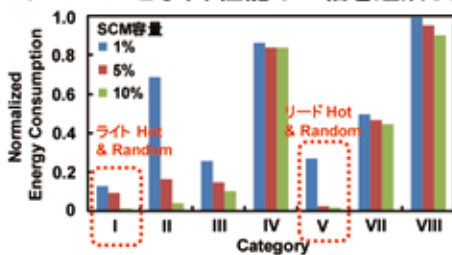
【ストレージ技術(東芝)】

データセントリックストレージシステム(DCSS)を用いた性能測定を実施。CPUからのNAND型フラッシュメモリ(NAND)へのアクセス時間は、アクセス先のNANDの位置に依存せずほぼ一定であることを確認。次に、KVS-DBやColumnar-DBをDCSS上で動作させた結果から、スケールアウト性が良好で、ビッグデータ解析基盤としてDCSSが有望であることを示した。また、SCMなどの新技術をDCSSに導入すると、消費電力が2/3に、読み書きの応答時間が1/2になる見込みであることを示した。



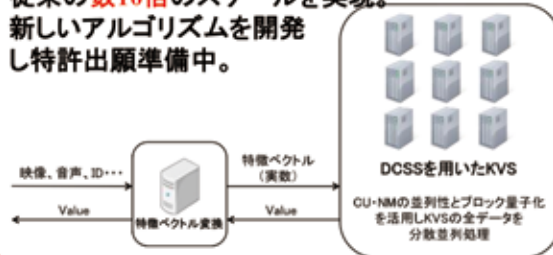
【データ制御技術(中央大)】

高速不揮発メモリSCMとNANDフラッシュとのハイブリッドシステムを提案。ホットでランダムなアプリケーションでSCMを5%以上加えることで、消費エネルギーが1/5となり、性能は10倍を達成した。



【データアクセス技術(PFN)】

映像や顔、画像など超大規模なデータに対するディープラーニングを利用した高精度な検索を高速に学習、数10億件の特徴ベクトル検索対象とし従来の数10倍のスケールを実現。新しいアルゴリズムを開発し特許出願準備中。



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

Development of Off-Grid Energy-Harvesting Device toward a Low-Carbon Society

研究開発の背景

IoT(Internet of Things,モノのインターネット)時代の到来に向けて、小型のオフグリッドエネルギー供給デバイスが大量に必要になっています。その数は、2020年には500億個、2030年には1兆個に達するとの試算もあります。これらに必要な電力を既存の電池や系統電力で賄うようになると、低炭素社会の構築に逆行するシステムになってしまいます。

そこで本研究開発では、環境中に広く存在する未利用の光エネルギーを効率良く電気に変換して蓄え利用する新しいオフグリッドエネルギーハーベストデバイスを組み込んだシステムを構築します。これによって、通信だけでなく給電もワイヤレス化するとともに、大量の電力を環境中の未利用光エネルギーから生み出すことによって低炭素社会の実現にも貢献します。

研究開発項目

1. エネルギーハーベスタ用の太陽電池の開発
2. 高性能二次電池・キャパシタの開発
3. 高性能エネルギーハーベストデバイスの開発

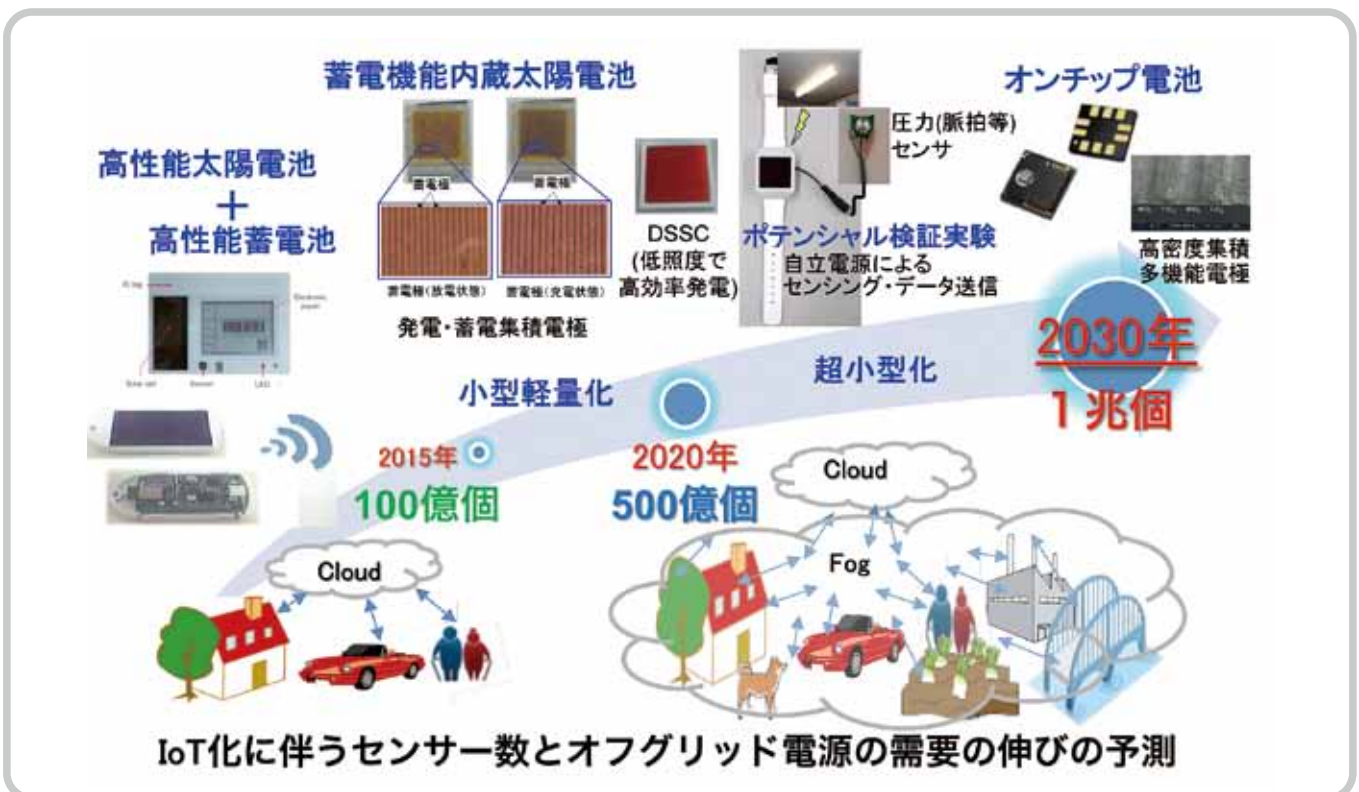
研究開発の内容と目標

本研究開発では、既存の2倍の発電性能をもつ太陽電池、既存の7倍の蓄電容量の新型二次電池やキャパシタなどを組み合わせた次世代高性能エネルギー供給デバイスの開発を目指します。

開発の前半では、太陽電池と二次電池の高性能化研究を進めました。後半では、蓄電材料の開発や微細電極の形成などを進め、高性能エネルギーハーベストデバイスとして蓄電機能内蔵太陽電池及び全固体型色素増感太陽電池(DSSC)を中心に、新しいオフグリッド給電システムを創成します。新規技術開発の創成と合わせて、これらのエネルギーハーベストデバイスの応用先を明確にした上で、IoT時代に向けた低環境負荷電源としてのポテンシャルの検証を行うことも目的とします。

研究開発の実施体制

国立大学法人東京大学
株式会社リコー
ビフレストック株式会社
有機系太陽電池技術研究組合(RATO)
公益財団法人神奈川科学技術アカデミー(KAST)
(再委託先)
太陽誘電株式会社



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

Innovative Recognition Systems for autonomous driving : IRiS

研究開発の背景

究極の省エネルギーや安全の実現を可能とする未来交通システムに必要な「完全自動化」自動車を実現。「完全自動化」はいかなる道路環境下でもシステムが常時運転できるSAEレベル5を満たし、渋滞激減による燃費向上や、無人走行によるカーシェア促進など、未来交通システムのキーとなります。本研究開発は先導プログラムとして、自動車の「完全自動化」に不可欠な、従来にない新原理に基づく革新的認識システムの実現可能性を探りました。

研究開発の内容と目標

自動車の完全自動化に不可欠な革新的な認識システムとして

- ① 厳密な自車位置の把握
- ② 人間を超えた周囲環境の把握
- ③ 認識アルゴリズム

の三つの未踏認識技術について自動車に搭載することを想定したデバイス・アルゴリズムの実現可能性を検証しました。そして、実現性の高い成果を得る事ができました。

研究開発項目

1. 厳密な自車位置の把握……分子慣性ジャイロ
2. 人間を超えた周囲環境の把握……分光イメージャ
3. 認識アルゴリズム……ロボティクス技術に立脚した認識アルゴリズム

研究開発の実施体制

国立大学法人東京大学
 国立大学法人電気通信大学
 株式会社デンソー
 一般財団法人マイクロマシンセンター

究極の省エネや安全を可能とする未来交通システムに必要な「完全自動化」自動車の実現

自動化レベル案(Draft Levels of Automation for On-Road Vehicles)

SAEレベル	SAE呼称	SAEにおける定義
0	手動	ドライバーが常時すべての運転操作を行う
1	補助	システムが操舵か加減速のみを実施
2	部分的な自動化	システムは操舵と加減速を実施
3	条件付自動化	システムの運転切替え要請でドライバーが運転



大きな技術的ギャップ(主にセンシング)をブレークスルー

4	高度な自動化	ドライバー無で特定運転モードはシステムが運転
5	完全自動化	いかなる道路環境下でもシステムが常時運転

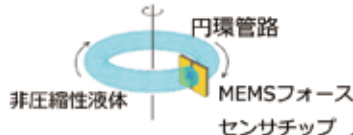


自動車の完全自動化に不可欠な革新的な認識システムとして3つの技術課題に挑戦

分子慣性ジャイロ

Molecular inertial gyroscope
 新しい原理でドリフトのないジャイロの
 フィジビリティを検証しました。

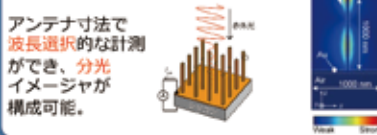
回転検出 Rot. Detection



分光イメージャ

Spectroscopic imager
 スペクトル情報が取得可能なイメージャの
 フィジビリティを検証しました。

赤外線検出 IR Detection



認識アルゴリズム

Development of a recognition algorithm
 高精度な認識アルゴリズムの
 フィジビリティを検証しました。

画像認識

Image recognition

オーボエ



機械学習による
 画像認識

Visual recognition by machine learning

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

Research & Development of Advanced Ultrahigh-Temperature Materials for Uncooled High-Pressure Turbine Rotor Blades

研究開発の背景

航空機エンジンなどのガスタービンでは、高効率化のため、タービン入口温度の高温化が求められております。しかし、現行のタービン用材料では、耐熱温度が不十分であるために内部冷却構造が不可欠となっており、そのためにタービンの燃焼効率が低下しています。そこで、超高温下で使用可能な超高温材料が開発されれば、無冷却構造を実現でき、エネルギー変換効率を革新的に向上させることができると期待されます。

研究開発の内容と目標

次世代の超高温材料としてMo合金が有望視されています。ただし、耐酸化性の低さのほか、溶解・塑性加工などの製造プロセス技術にはまだ大きな課題があります。そこで本研究は、耐酸化性改善のため、合金成分の改良を実施するほか、酸化物との複合化による新規Mo基複合材料の開発を行います。また開発材料の溶解鋳造、粉末冶金、熱間加工を基礎とした製造プロセス技術の開発を行います。

研究開発項目

1. 成分改良、複合化による材料設計指針の開発
2. 溶解・鋳造による超高温複合材料の創製
3. 積層造形技術による超高温複合材料の創製
4. 熱間加工による超高温複合材料の創製

研究開発の実施体制

株式会社IHI
 国立大学法人東北大学大学院工学研究科



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

Research and Development of Advanced heat resistant alloys based upon an ultra high purity Iron for innovative improvement of conversion efficiency

研究開発の背景

発電所などでのエネルギーの変換効率向上のために、高温でも強度を失わない耐熱合金等の開発が求められている。耐熱特性に優れる合金として提案されているNi基合金は高温加工性・铸造性が著しく劣るため、加工性・铸造性に優れる耐熱合金の開発が求められている。特にA-USC発電用構造部材、高温部のバルブ部品、内燃機関の周辺部材で、耐熱性・加工性・铸造性に優れる新規合金開発が待望されている。

研究開発の内容と目標

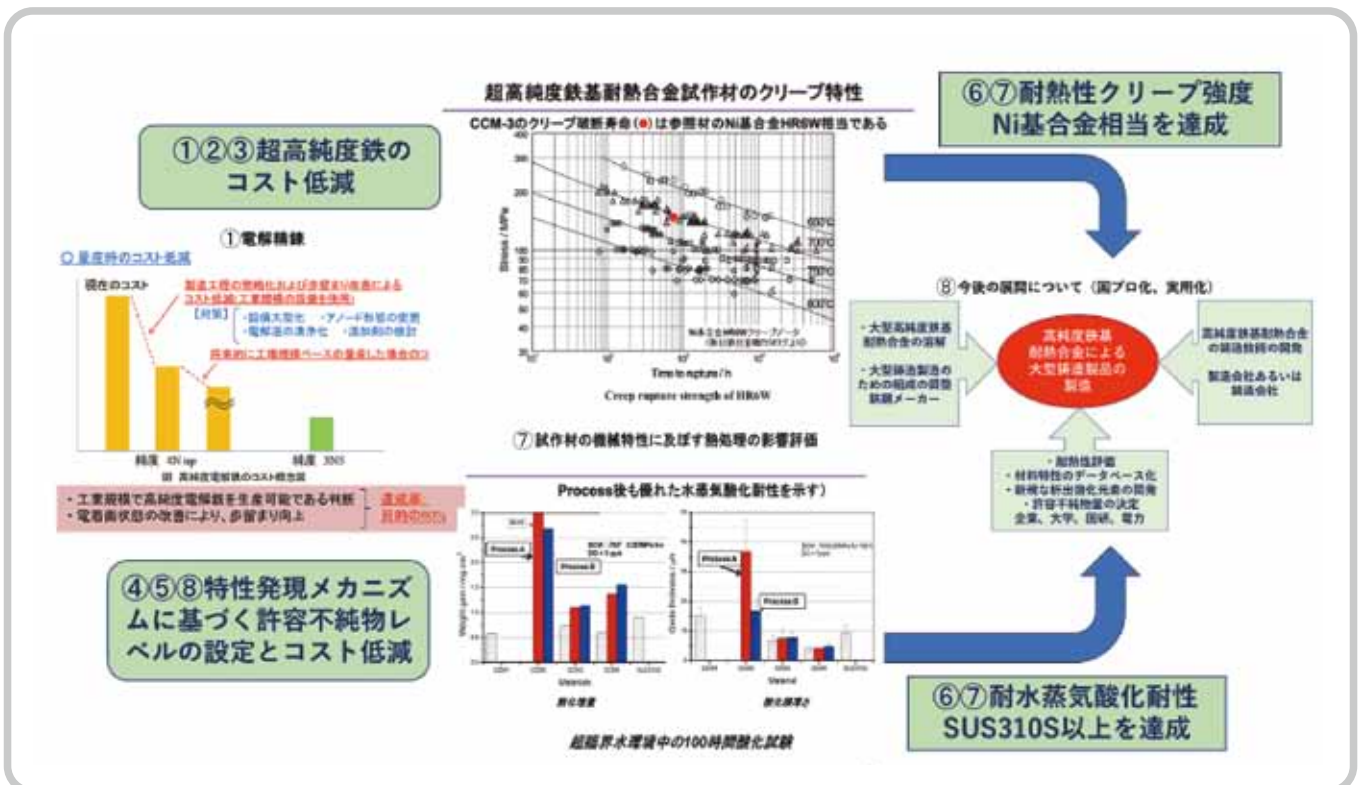
700℃超先進超々臨界発電設備に必須となるボイラー、ならびに蒸気タービン材料として超高純度鉄を出発原料として加工性・铸造性でNi基合金に優るFe基合金を開発する。DFT計算結果を踏まえた具体的な合金設計に基づいて新規合金を得て、Ni基合金と比較して耐熱性で同等、加工性で上回る超高純度鉄ベースのFe合金開発を目標とした。铸造性については、鉄基合金ということで大きな問題は無い。具体的に開発された合金について各種特性評価を行い、耐熱性及び耐水蒸気酸化性で目標性能あるいはそれを凌ぐ成果を達成した。

研究開発項目

- ①電解精錬
- ②超高真空下での熔融精製
- ③湿式精製法による鉄の高純度精製法の開発
- ④添加元素の調査と合金設計
- ⑤鉄基耐熱合金の試作
- ⑥試作材の耐熱特性評価
- ⑦試作材の機械特性に及ぼす熱処理の影響評価
- ⑧合金の総合評価

研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学
東邦亜鉛株式会社



フェムトリアクター化学プロセスの研究開発

Chemical Processes Designed by Use of Femtoliter-Scale Reactor

研究開発の背景

液相の化学プロセス制御における最大の課題は、混合、分離、加熱・冷却過程などに相当の時間を要する点にあり、このことが溶液中の化学反応の反応効率と選択性を低下させる要因となっています。例えば、ナノ粒子の液相合成法では、2種類の試料溶液を一気に混合し、反応温度を精密に制御し、生成したナノ粒子を瞬時に安定化させることでナノ粒子のサイズ制御が可能となります。バルクの液相プロセスでは、これらの高速制御に限界があるため、反応体積を極限まで小さくして、化学プロセスを設計する革新的技術が必要とされています。

研究開発の内容と目標

エレクトロスプレー法によって、試料溶液を体積フェムトリットル(10^{-15} L)レベルの帯電した極微小液滴に微細化し、その極微小液滴内で高速混合・分離・加熱を可能にするフェムトリアクター技術を適用して、従来法では困難な金属ナノ粒子のサイズ選択的合成法、環状ケイ素化合物の選択的合成法、高分子化合物の分子量制御法を開発しました。

また、複数本のエレクトロスプレーノズルによる量産化試験を実施し、数十本に拡張すれば、導電加工用金属ナノ粒子分散液の事業化レベルの大量合成が可能となることを実証しました。

研究開発項目

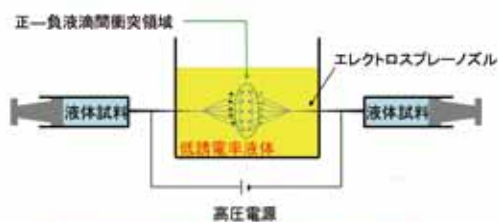
1. フェムトリアクター設計技術開発
2. 金属ナノ粒子合成系、高分子合成反応系への適用
3. 金属ナノ粒子合成量産化の実証試験

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
 日華化学株式会社
 アピックヤマダ株式会社
 (再委託先)
 国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学

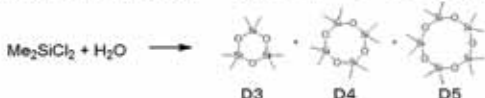
フェムトリアクターの設計と用途開拓

液滴間衝突による反応制御



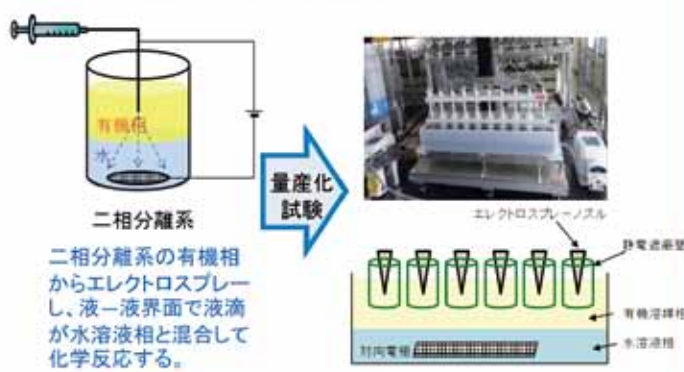
液中で対向するエレクトロスプレーにより、正・負荷電液滴を衝突・混合させる反応場

選択的有機合成反応への適用(シロキサン合成)



合成法	D3	D4	D5
正-負液滴混合反応場(液中)	64%	27%	4%
従来法(単純混合)	1%	42%	7%

液滴-界面衝突による反応制御



サイズ制御



電位差の制御による金ナノ粒子のサイズ制御

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

Research and development into non-vacuum-based processes for thin high-quality and highly uniform films

研究開発の背景

ナノレベルで制御され高度な機能を持つ高品質/高均質薄膜は半導体デバイスやコーティングの分野に広く用いられています。現在、その成膜は真空プロセスが主流となっています。しかしながら、エネルギーとコスト削減の観点から、制御性に優れた非真空成膜プロセスの研究開発が様々な製造現場から強く要望されています。

本事業では、制御性に優れた気相成長の概念を非真空成膜プロセスに導入した「ミストデポジション法」により、低コストかつ省エネルギーに高品質/高均質薄膜を成膜することができる非真空成膜プロセスの開発を目指します。プロトタイプの成膜装置を試作し、本技術の普及に努めます。

研究開発の内容と目標

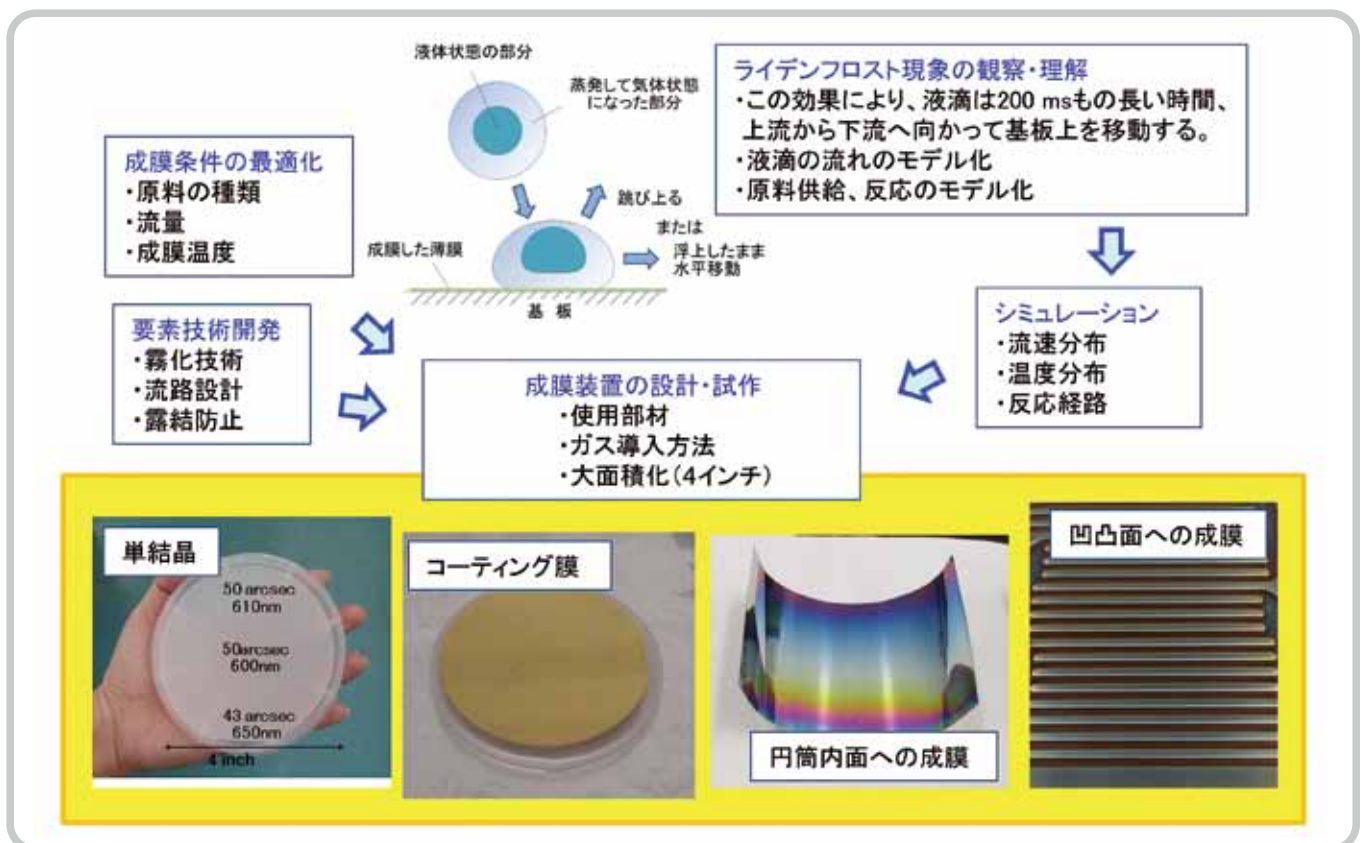
ミストデポジションの原料は液滴ですので、基板上で加熱されてもすぐに蒸発せず、基板上を横に移動するライデンフロスト現象を生じることが明らかになりました。これを基にしたモデル化を進めて成膜プロセスを理解するとともに、霧化技術や露結防止といった要素技術を開発しました。その結果、100mm角（または径）の基板上にデバイス品質の単結晶および多結晶・非晶質酸化物薄膜を得る技術を確立しました。さらに、凸凹のある立体物や円形パイプ内面といった非平面基板上への成膜を実証しました。これら成膜が可能で実用装置に移行しうる試作装置の開発にも成功しました。本技術の応用分野はきわめて裾が深く、幅広い分野で低コスト化と高機能化に寄与して省エネルギー社会を実現します。

研究開発項目

1. 多層膜と非平面基板上の成膜技術の開発
2. 成膜用ノズルの開発
3. ミスト液滴挙動のシミュレーションおよび流体解析
4. 成膜装置の設計・試作および基礎評価

研究開発の実施体制

国立大学法人京都大学
高知工科大学
国立大学法人東京大学
株式会社FLOSFIA



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

Research and Development of Ultra-High-Thermal-Efficiency Rotating Detonation Engine with Self-Compression Mechanism

研究開発の背景

デトネーション波(極超音速で伝播する燃焼波で、未燃ガスが衝撃波によって圧縮・燃焼する現象)を利用した、「自発予圧縮機構付き回転デトネーションエンジン(Rotating Detonation Engine)」(以下「自発予圧縮機構付き」RDE)は、圧縮機を用いずに化学エネルギーを直接タービンの出力エネルギーとして取り出すことが可能であり、あわせてタービンの非孤立化によって、これまでの常識を越えた極めて高いタービン入口温度設定(熱的に孤立しないタービン)、熱効率が可能となります。本事業では、この「自発予圧縮機構付き」RDEコンセプトの先導的な原理実証研究を行い、将来の国家プロジェクトに繋げていくことを目的とします。

研究開発項目

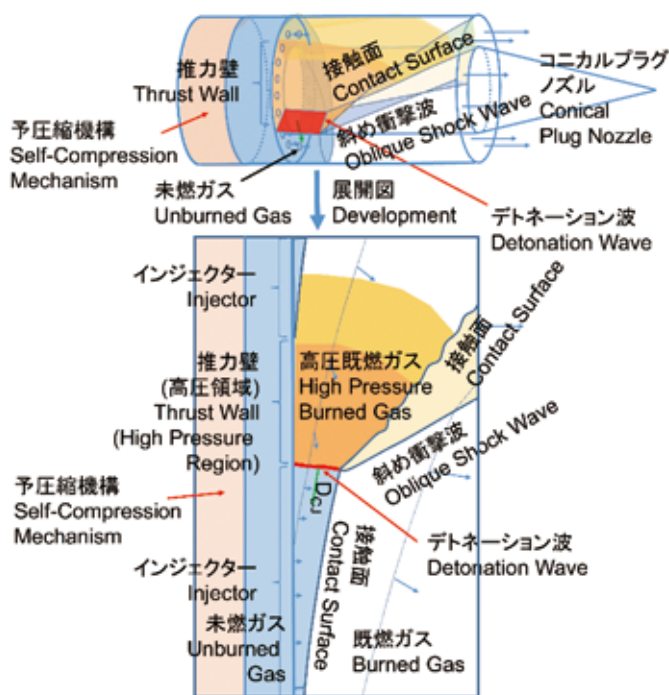
1. 自発予圧縮機構付きRDEコンセプトの原理実証
2. RDEシステム検討、RDE詳細設計
3. 性能予測モデリング及び最適形状解析

研究開発の内容と目標

「自発予圧縮機構付き」RDE及び排気装置付き防音防爆燃焼現象計測装置を設計・詳細設計・製造し、名古屋大学内の航空機械実験棟内に配置しました。RDEの上流プレナム総圧に対して、燃焼器内時間平均圧力が高くなることを確認し、その最適な条件に関して探索しました。また、「2平面間伝播型回転デトネーション専用可視化装置」を用いて、回転デトネーションの伝播維持構造を高解像度で可視化しました。シュリーレン光学系によってRDEの内部流れを実験室内で可視化し、安定な波面の維持条件を定量的に決定しました。「自発予圧縮機構付き」RDEを実験に用いて、初期チャンバー総圧が、燃焼器内時間平均圧力より高くなることを実証しました。

研究開発の実施体制

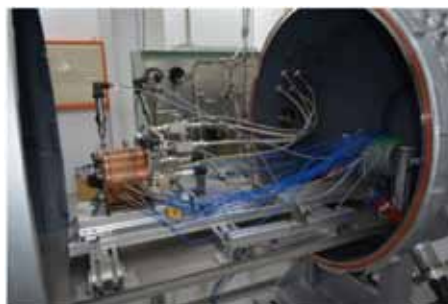
国立大学法人名古屋大学
 学校法人慶応義塾
 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
 株式会社IHIエアロスペース・エンジニアリング
 株式会社ネッツ



予圧縮機構付き回転デトネーションエンジン
 Rotating detonation engine with self-compression mechanism



回転デトネーションエンジンの作動実験の様子
 Rotating detonation engine combustion test



回転デトネーションエンジン Rotating detonation engine

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

R&D for production of 100% Green Jet Fuel by Hybrid Microbe Equipped with Chemical Catalysts

研究開発の背景

現在、航空機からのCO₂排出量は世界のCO₂排出量全体の約2%を占め、今後も年々増加すると予測されています。重量の制約が大きい航空機では自動車のように燃料電池などを推進力として利用するのは困難なため、今後も液体燃料に頼らざるを得ません。そのためバイオマスを原料としたグリーンジェット燃料の実現に期待が寄せられています。我々は非可食バイオマスを原料として、簡易な設備と製造工程によるグリーンジェット燃料の低コスト製造の実現を目指します。更にCO₂排出量の大幅削減のため、石油系ジェット燃料と任意の割合で混合できるよう、石油系ジェット燃料に類似した組成の実現も目指します。

研究開発の内容と目標

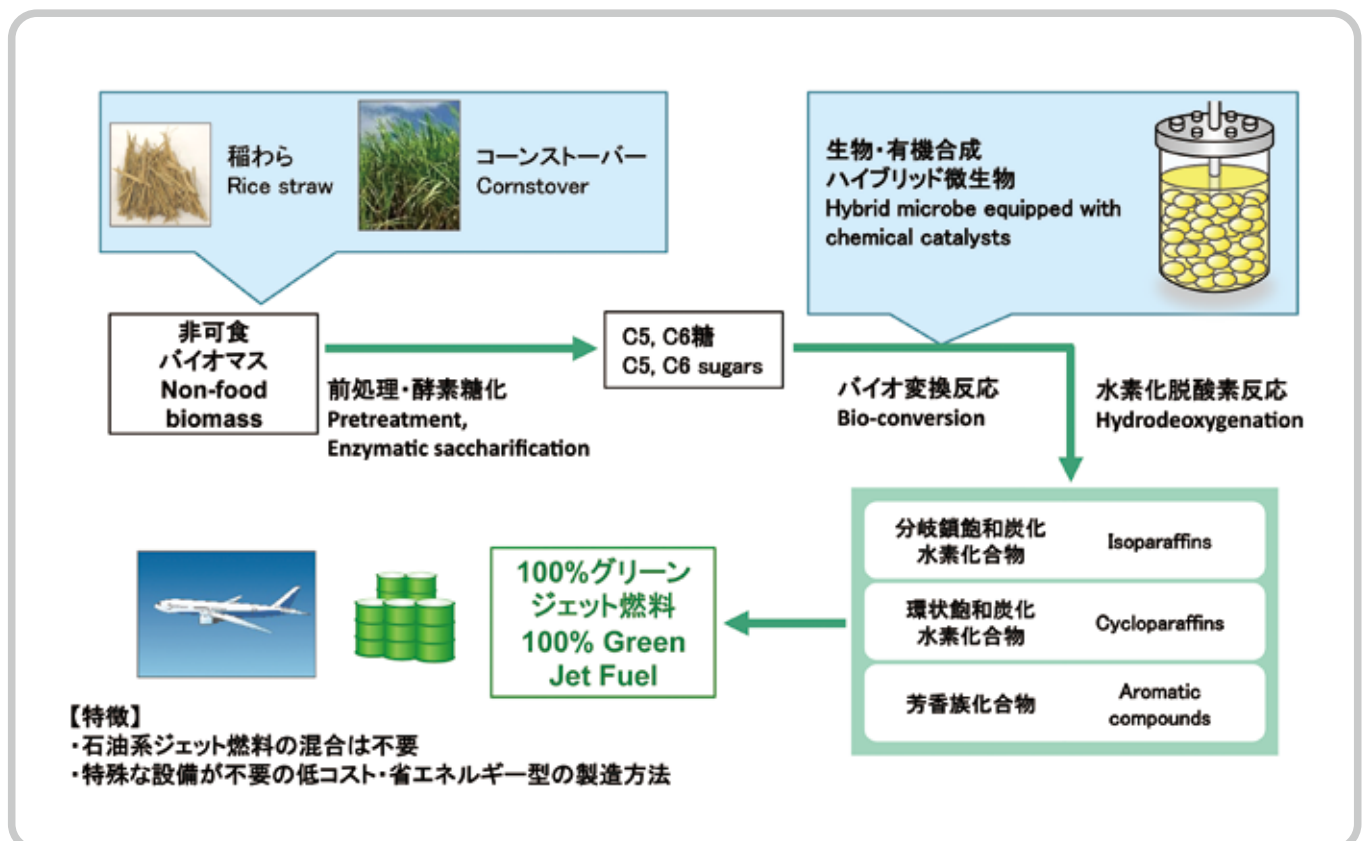
ジェット燃料は炭素数が9~15個の飽和炭化水素と芳香族化合物を主成分とする混合物で、析出点や引火点等の厳しい規格があります。規格を満たすためには炭化水素成分の形状は分岐鎖や環状であることも必要です。本研究開発では、化学重合や異性化などの複雑な化学変換工程を不要にするため、炭素数が9個以上の分岐鎖や環状構造を持った複数の化合物の直接かつ同時生産が可能な革新的な微生物発酵生産技術の開発を目指しています。これまでに有機合成用触媒を導入した画期的な微生物触媒の開発に成功し、更に糖を原料としてジェット燃料前駆体となる環状化合物の微生物発酵生産にも成功しました。

研究開発項目

1. 有機合成用触媒の細胞内における機能発現
2. 水素生産とカップリングさせた補酵素再生系の開発
3. 生物・有機合成ハイブリッド微生物の構築

研究開発の実施体制

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



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

Research of a Multi-beam laser surface treatment for ultra corrosion-resistant turbine to realize the hot dry rock geothermal power generation

研究開発の背景

未利用資源である高深度・高温岩体エネルギーを利用し、大容量高効率な地熱発電システムの実現を目指します。高深度地熱・高温岩体から得られる地熱蒸気は酸性度が高く、腐食性成分を多量に含むことが想定されています。そこで、地上設備の飛躍的な耐食性向上技術の開発を行い、これまで実現できていないフラッシュ方式発電の実現を目指します。

研究開発の内容と目標

高深度・高温岩体地熱発電設備で想定される過酷環境に耐えるタービンを実現するには、腐食環境に応じた、耐食コーティング技術が必要とされます。そこで、高深度・高温岩体地熱発電で想定される腐食環境に対応可能なコーティング材料として、セラミックと金属の複合コーティング材料の開発を行いました。加えて、現行のコーティング技術の課題であるコーティング時の熱影響層による耐食性の低下の解決を目指し、マルチビームによる協調制御による多段入熱を利用して熱影響(組織劣化、ひずみ)を最小化する耐食材料のクラディング技術を確認しました。

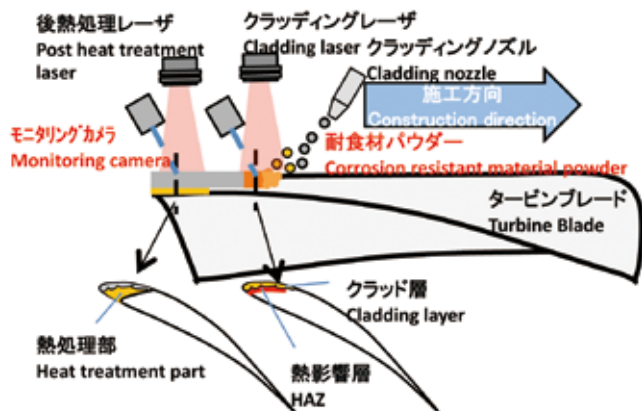
研究開発項目

1. 耐食性とクラディング特性を両立可能なコーティング材料の開発・選定
2. レーザ加熱部モニタリング、マルチビーム協調制御アルゴリズムの開発

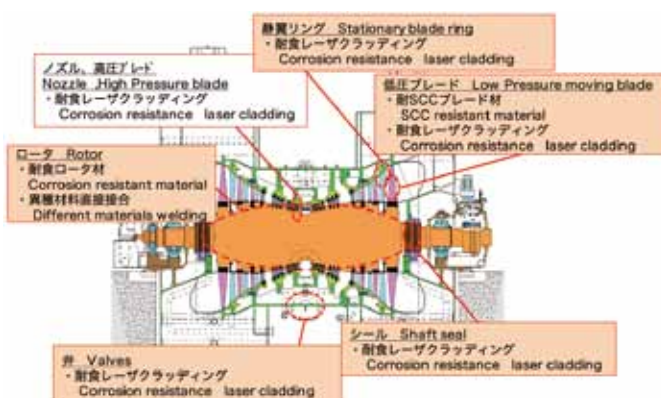
研究開発の実施体制

富士電機株式会社
国立大学法人大阪大学

耐食コーティング構成
Configuration of corrosion-resistant coating



耐食コーティング適用先
Application of corrosion-resistant coating



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

Research and Development of High Density Interconnection Technology for Low-Power 3D-IC Based on Directed Self-Assembly

研究開発の背景

IoT時代の低電力・高機能集積回路実現のためには、並列処理やインテリジェント化、高付加価値化によって、性能や機能を低下させずに低電力化をはかるといふ新しい手法の導入が必要です。そのためには、基本処理回路間の接続密度を飛躍的に増加させることができる三次元積層型集積回路の導入が必須となります。しかし、現在、実用化がはじまっているシリコン貫通配線(TSV: Through-Si Via)を用いた三次元集積回路では、TSVの寸法が大きく、密度も低いため、十分に低電力化できるところまで至っていません。本研究プロジェクトでは、金属ナノドットおよびナノピラーを充填した高分子材料の誘導自己組織化現象を利用して、高密度の微細TSVと金属電極接合を低コストで一括形成する新しい自己組織化配線技術を確立しました。

研究開発の内容と目標

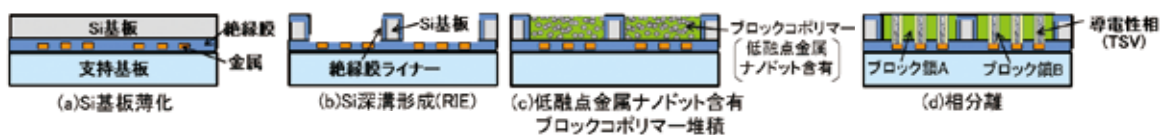
1000万個以上/チップの高密度TSVと金属電極接合を有する三次元集積回路を実現するために、金属ナノドットを充填した高分子ポリマー材料の誘導自己組織化(DSA)を利用して、高密度のTSVと金属電極接合を低コストで一括形成する新しい三次元集積化技術について研究開発しました。新しい三次元集積化技術では、低融点金属ナノドット、導電性高分子ナノドットを含有したブロックコポリマーのマイクロ相分離により、直径100nm以下の金属ピラー、導電性高分子ピラーから成る高密度TSVを形成できることを明らかにしました。このような高密度TSVを有する上下のチップ間で良好な電気的な接続を構築するための自己組織化接続回路についても検討しました。以上のような誘導自己組織化三次元集積化技術を用いた高速・低消費電力超立体ストレージデバイスの仕様と性能についても明らかにしました。

研究開発項目

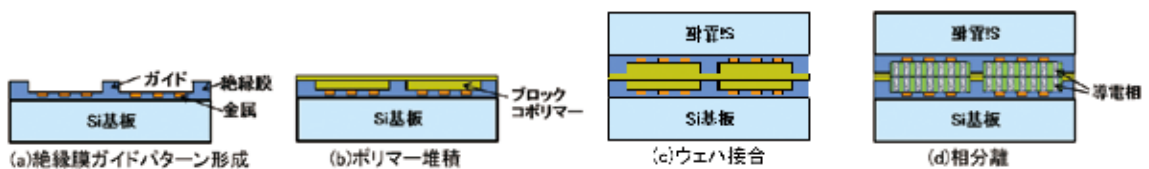
1. 誘導自己組織化による微細TSV形成技術、微細金属電極接合技術の検討
2. 誘導自己組織化材料の検討
3. 自己組織化接続回路の検討
4. 微細TSV技術/微細金属電極接合技術のメモリ応用

研究開発の実施体制

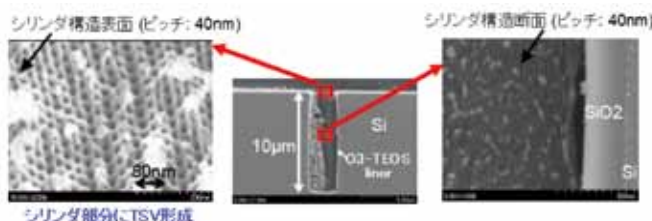
国立大学法人東北大学
株式会社東芝
国立研究開発法人物質・材料研究機構
国立大学法人東京大学



自己組織化によるTSV形成



自己組織化による微細金属電極接合形成



PS-b-PMMA (分子量 57,000: 25,000) ブロックポリマーにより形成されたナノ相分離構造のSEM写真



メモリ構造と接続電極図

超立体ストレージデバイス

自己組織化技術の導入による三次元積層型メモリの高密度化・低電力化

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

Realization of Ultralow Power Consumption 8K Network Society based on Plastic Optical Fiber

研究開発の背景

今後到来する8Kスーパーハイビジョンの時代に、家庭内へよりリアルな高精細ディスプレイが浸透するためには、電線や無線では達成できない高速光通信による8K省電力ネットワークの構築が必要不可欠になります。低消費電力による高速化のためには、一般家庭の隅々まで光通信が導入されることがキーで「電気から光へのパラダイムシフト」が命題となります。既存の石英系光ファイバは、長距離幹線系では優れた性能を有するものの、家庭内においてあたりまえの簡単な抜き差しや接続、取り回しが困難です。また、安全面、ハンドリングの問題が課題となっており、実用化段階に至っておりません。

研究開発の内容と目標

屈折率分布型プラスチック光ファイバ(GI型POF)は、フレキシブルかつ安全で、既存の石英系マルチモード光ファイバ(MMF)をも上回る伝送速度の実現が可能となります。最近、GI型POFがこれまで見送られてきたポリマーのマイクロ不均一構造に起因する雑音低減効果を有しているという新たな発見があり、8K非圧縮映像伝送媒体としてGI型POFが優位性を有することが明らかとなりました。さらに、コンシューマによる光ファイバの簡単な抜き差しを可能とする新たな接続技術を確認しつつあります。本研究課題では、GI型POFの本質的な高速性、低雑音性、簡単接続性を最大限に活かした8K非圧縮映像伝送用光ケーブルを開発することを目的とします。

研究開発項目

1. 低雑音超高速伝送技術の開発
2. 簡単接続インターコネクト技術の開発
3. 8K映像多値伝送用GI型POFケーブルの開発

研究開発の実施体制

学校法人慶應義塾

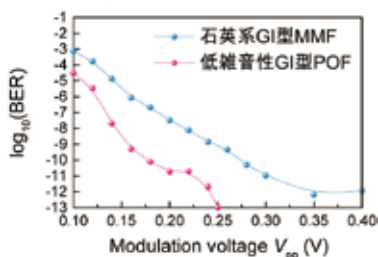
高精細ディスプレイに必要なデータレート

	1950 ~	1990	2005	2010	2015	2020
	Analog	SD	HD	HD+	NEXT GENERATION	
Color Gamut	BT.1700	BT.601	BT.709	xyYCC, BT.2020		
Color Depth	-	8bits		10bits~16bits		
Frame rate	30fps	30fps		60fps	120fps	
Resolution	535line	720x480	1920x1080	4K, 8K		
Dimension	2D	2D		3D (w.glass)	3D (wo.glass)	
Transmission speed	10MHz	0.25Gb/s	1Gb/s	10Gb/s	> 100Gb/s	

RCA cable HDMI cable Optical cable

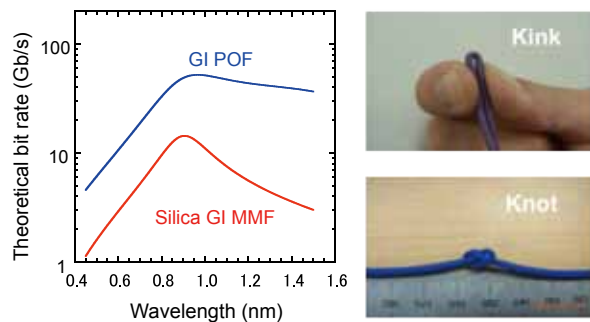
8K非圧縮映像伝送には100Gb/sを超える伝送速度が必要です。

低雑音性GI型POFの開発



アイソレータフリーのコンシューマ用光リンクにおいて新規GI型POFを用いることによって石英系GI型MMFに比べてビット誤り率(BER)が大きく改善することに成功しました。

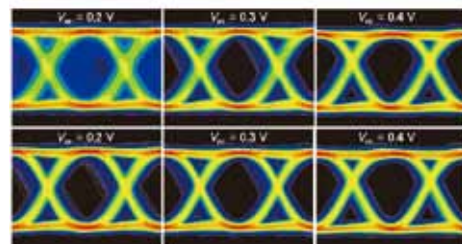
屈折率分布型プラスチック光ファイバ(GI型POF)



GI型POFは曲げても折れず、従来の石英系GI型MMFを超える超高速伝送が可能です。
→ 8Kシステム用ケーブルの有力候補

石英系GI型MMF

低雑音性GI型POF



アイソレータフリーのコンシューマ用光リンクにおいて新規GI型POFの反射雑音低減効果により石英系GI型MMFに比べてタイミングジッターが大きく改善しました。

→ GI型POFの本質的な低雑音性・簡単接続性が8K映像伝送に圧倒的な優位性を有することを初めて明らかにしました。

大規模高速センシングシステムの開発とその応用

Development of a large-scale and high-speed sensing system and its applications

研究開発の背景

ビッグデータやAI等のデータ解析やシステムへの入力にとって、対象を実時間・実空間で完全に把握したセンサ入力が必要であり、その実現には解決すべき課題として、1) 対象の時空間ダイナミクスをカバーする十分なサンプリングでの計測、2) センサ情報処理の高速化・高機能化のための効果的な知能化の実現、3) 多数のセンサ、すなわち大規模化に耐えるセンシング・ネットワークアーキテクチャの実現が挙げられます。本研究課題では、これらを解決する手法を提案すると同時に、具体的なシステムを構築し、様々な応用展開を見据えた上で、システムの実用可能性を実証します。

研究開発の内容と目標

高速ビジョン・高速画像処理技術と多種センサを統合したセンサネットワークシステムを構築し、1msの時間分解能・mmオーダーの空間分解能で動作する革新的センサ入力システムを開発します。これにより、対象の完全把握が可能となり、入力センシングの性能を飛躍的に向上させ、ビッグデータやAI等のデータ解析や知能情報処理システムの実世界における性能を格段に向上させることを可能にします。その一応用として、ヒューマンインタフェースに焦点を当て、ジェスチャー認識に応用し、センサネットワークシステムがインタフェースに応用・適用可能であることを示します。

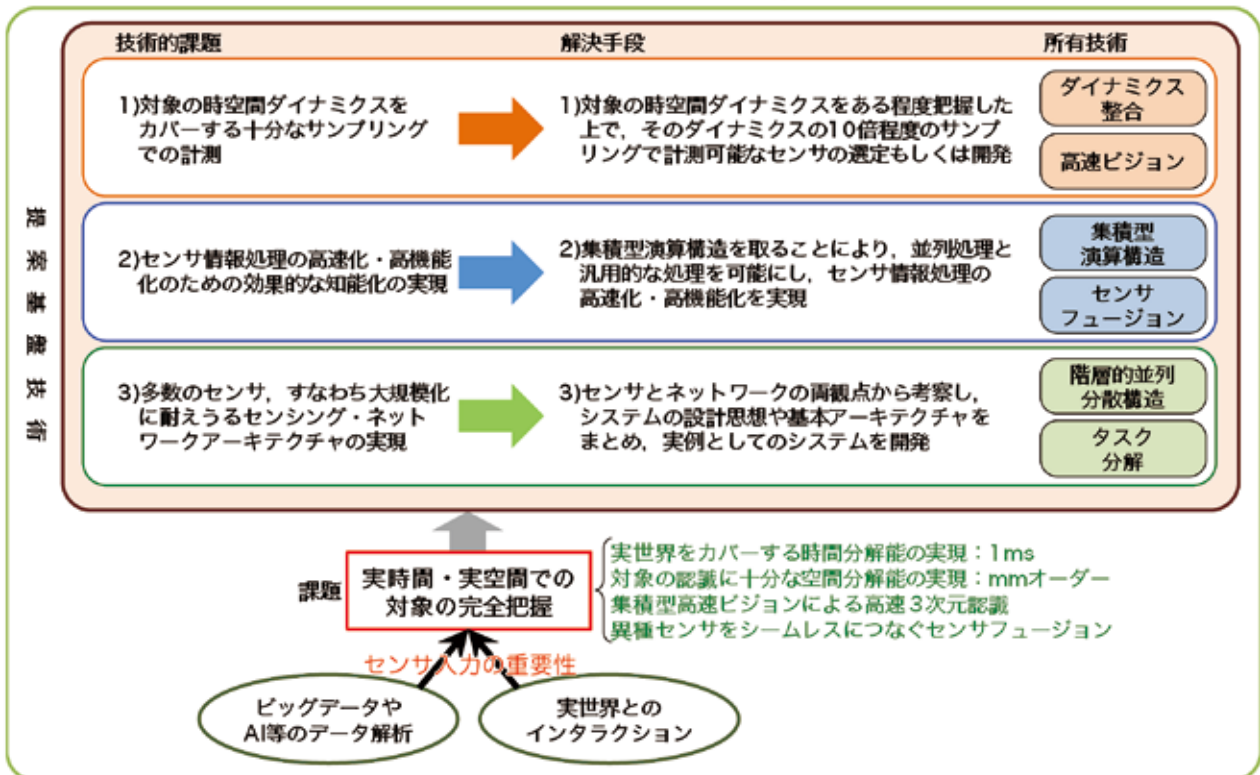
研究開発項目

1. センサネットワーク基本システムの開発
2. ヒューマンインタフェースへの実用性に関する分析・評価

研究開発の実施体制

国立大学法人東京大学
株式会社エクスビジョン

革新的入力デバイスとなる“高速”センサネットワークシステムの基盤構築



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

Research and Development of Artificial Neural Network System for Inference

研究開発の背景

「非連続に増大するビッグデータを高速かつ低消費電力で処理するハードウェア及びインターフェースデバイス」の開発が喫緊の課題となり、計算機の性能向上に対する社会的要請は益々高まってきています。私たちは、革新的なデバイスと回路・システム技術から創出される脳型推論システムを用いて、その解決を目指しました。より具体的には、超低消費電力でシナプス・ニューロンを模倣するアナログ型抵抗変化素子の開発、そしてその素子を集積化した回路の設計と機能実証を行うと共に、ビッグデータ処理を目指したハードウェア指向深層学習とシステムアーキテクチャの構築を行いました。

研究開発の内容と目標

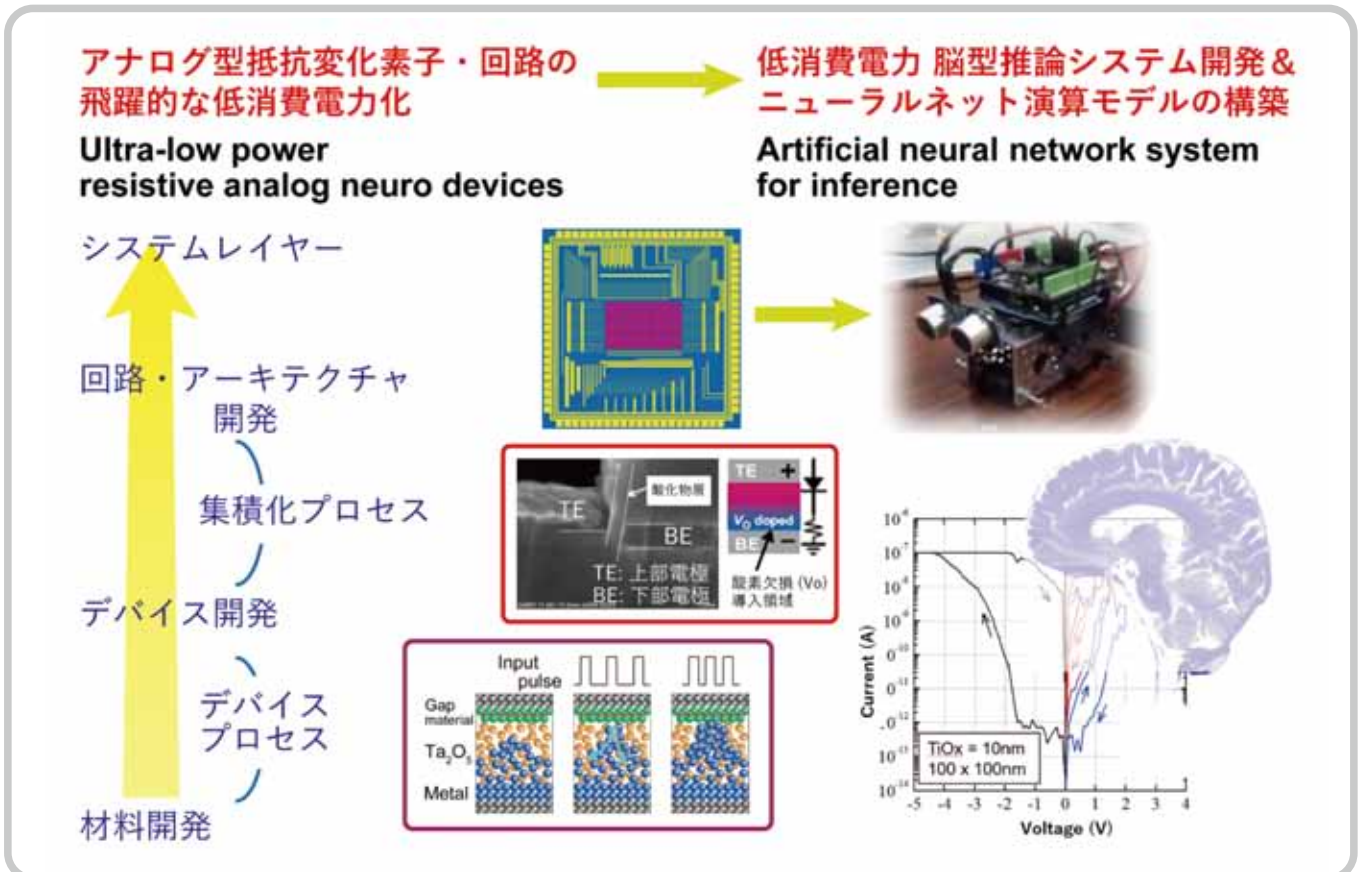
不揮発性アナログ型抵抗変化素子を用いた脳型推論システムの基本アーキテクチャの検討、性能見積もり、実デバイス回路を用いた動作実証に係わる基礎実験と、大規模集積化に向けた課題抽出を行いました。従来技術と比較して、1/1000を超える低消費電力化を目指しました。消費電力が激減し、既存の情報処理技術の延長では取り扱えない量のビッグデータ処理を加速・利活用できるようになれば、エッジ(端末)側ではこれまで(電力観点から)実装できなかった環境適応・学習処理に基づく柔軟な情報処理機能が提供されるようになり、人工知能の本格的な社会実装が加速すると考えています。

研究開発項目

1. 超低消費電力シナプス・ニューロン模倣素子用新材料技術の開発
2. ビッグデータ処理を目指した超低消費電力新型デバイスの開発とその集積化回路の設計
3. ビッグデータ処理を目指したハードウェア指向深層学習とシステムアーキテクチャの構築

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
 学校法人早稲田大学
 パナソニックエレクトロニクス株式会社
 国立大学法人北海道大学



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

Research and Development of An Innovative Energy-saving-oriented Database Query Compiler

研究開発の背景

多くの産業でビッグデータの戦略的利活用が競争上の生命線と捉えられるようになってきています。データセンタでは、ストレージを中心とする莫大なIT資源を投入し続けることにより、処理キャパシティを強化する傾向が見られており、これに伴い、データセンタが消費するエネルギーが著しいペースで増大を続けています。しかしながら、このままのペースでデータセンタがエネルギー消費を増大し続けることは現実的ではなく、サステナブルかつ強力な処理キャパシティを備えたエネルギー効率性の高いデータセンタを実現するための革新的な技術の創出は、極めて重要な課題と言えます。

研究開発の内容と目標

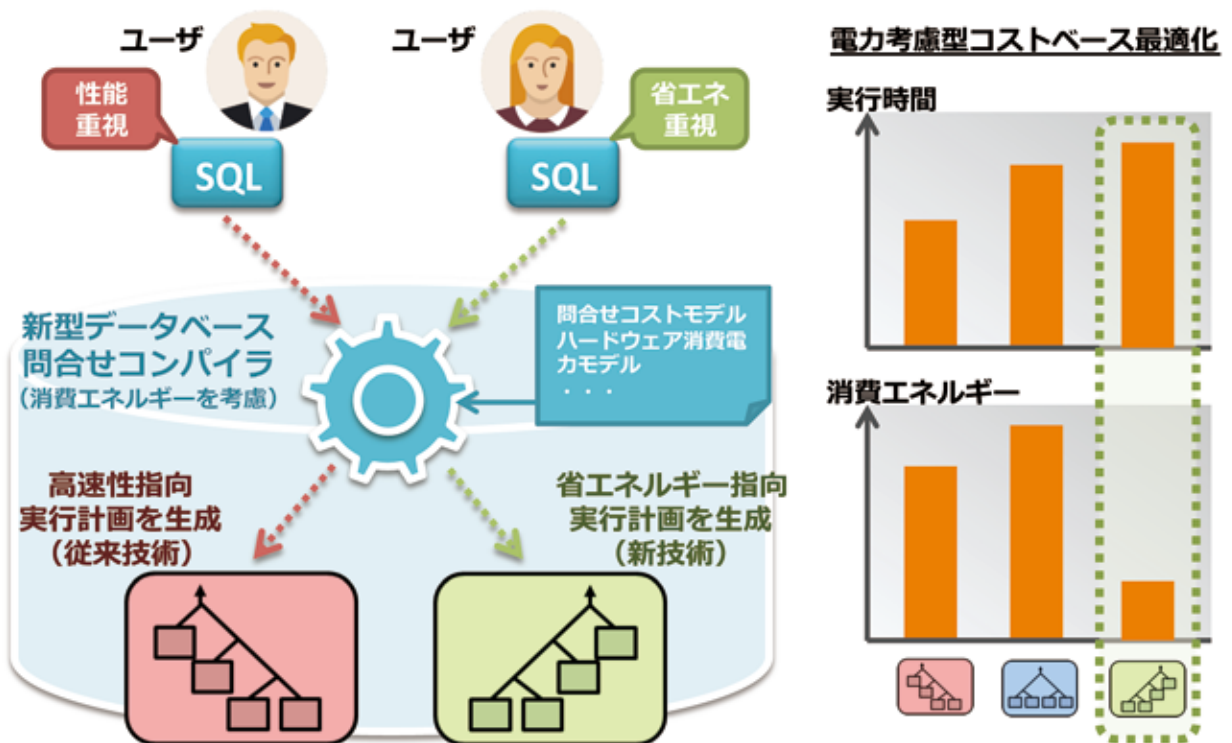
これまでのデータベースソフトウェア(ビッグデータの管理・処理に於いて中心的な役割を果たすソフトウェア)は、有限の資源の下で、問合せ実行に掛かる時間を最小化することを指向していました。これに対して、本研究開発では、問合せ実行に掛かる消費エネルギーを考慮する新たな問合せ実行計画の生成技術(省エネルギー型データベース問合せコンパイラ技術)の確立を目指します。当該技術により、問合せ実行に必要な消費エネルギーを最小化する、あるいは、問合せ実行時の最大消費電力を抑制するといった、従来は不可能であったソフトウェアアプローチによるIT基盤の省エネルギー制御の道を切り拓きます。

研究開発項目

1. 省エネルギー型データベース問合せコンパイラ技術の開発
2. データベースシステム性能・消費電力統合測定技術の開発

研究開発の実施体制

国立大学法人東京大学
株式会社日立製作所



高性能暗号を活用した革新的ビッグデータ処理の研究開発

The R&D Project for Innovative Big Data Processing using Advanced Cryptosystem

研究開発の背景

IoT/CPS時代のネットワークにおいては、小型のセンサ端末群から収集される膨大なデータが、クラウド上のデータセンタに送られ、ビッグデータとして蓄積・処理されます。さらに、ビッグデータの解析に基づくコマンド(指令)が、ネットワークを經由して無数のアクチュエータ装置群に送られ、社会に作用します。ビッグデータの処理能力とセキュリティは、このように双方向のコミュニケーションにおけるコンテンツの真正性に強く依存することになります。

このような背景から、本テーマは、IoT/CPSのネットワークを俯瞰し、センサからデータセンタまで高性能な暗号を遍く活用することで、2030年の社会情報システムにおける高度なセキュリティと省エネの達成を目指すことを課題として、計画されました。

研究開発の内容と目標

高性能暗号を活用した革新的ビッグデータ処理に関する本格的な研究開発に向けて、次の三つの視点について先導的な検討を行いました。

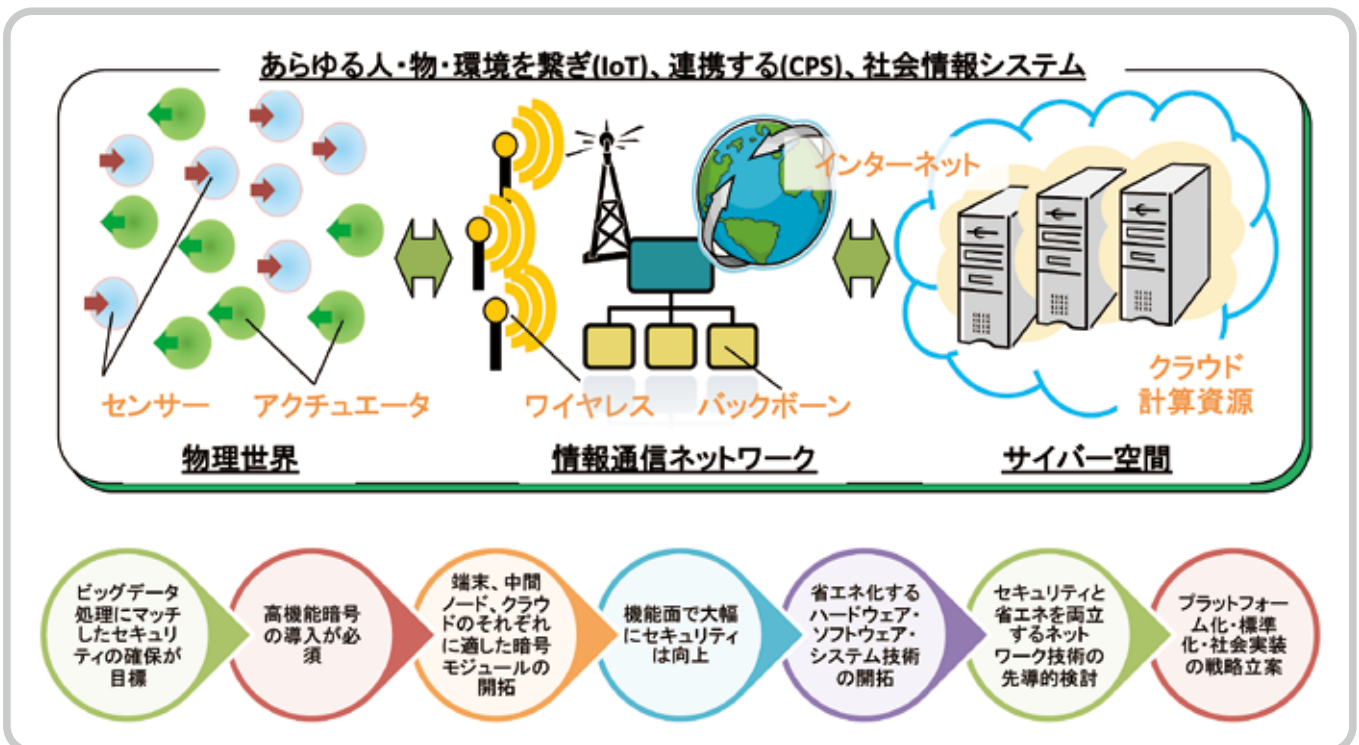
1. IoT/CPSにおけるビッグデータ処理を圧倒的にセキュアにする高性能暗号の技術仕様、高速・省電力なVLSIアーキテクチャ(暗号技術基盤の視点)。
2. 高性能暗号の実用化において、ネットワーク機器の高度化のための技術仕様、アプリケーション視点での活用シナリオ(実用化技術の視点)。
3. 高性能暗号を社会に広く普及する技術基盤の構築に向けたプラットフォーム・モデル(プラットフォームの視点)。

研究開発項目

1. 高性能暗号の方式と仕様
2. 高性能暗号のネットワーク指向VLSIアーキテクチャ、ネットワーク機器の高度化
3. 高性能暗号モジュールの設計仕様
4. 高性能暗号モジュールの作製仕様とプロトタイプ開発方針
5. 高性能暗号の国際標準化と知財管理、社会実装

研究開発の実施体制

国立大学法人横浜国立大学
 国立大学法人東京大学
 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



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

Research and development of an electric actuator using GMR

研究開発の背景

全世界電力消費量の約半分がモータで消費されているので、地球温暖化防止のためにモータの高効率化は急務となっています。モータの高効率化のためには発生損失である鉄損および銅損の低減が必要です。

鉄損低減のために素材開発が盛んに行われていますが、銅損低減に対しては抵抗を下げること以外のアプローチがありませんでした。そこで本研究開発では銅損低減のために、従来の磁界発生機構である巻き線に電流を流して磁界を発生させる機構から脱却した全く新しい原理に基づくアクチュエータの研究開発を行います。当該アクチュエータでは従来のモータと比較して銅損の90%低減が可能で、本研究開発ではその基礎となる磁化反転技術の実現とアクチュエータへの適用に即した課題解決を目的とします。

研究開発項目

- ①三層構造GMR素子の製作(担当:東北大学)
- ②GMR素子を用いた磁化反転効果の特性確認とアクチュエータの設計(担当:芝浦工業大学)
- ③エネルギー入出力の総量測定、及び省エネ効果の推計(担当:芝浦工業大学)

研究開発の内容と目標

本研究開発ではGMR(Giant Magneto Resistance)素子を用いたスピン注入磁化反転機構を従来モータの固定子(巻き線+磁性材料)として用います。GMR素子に代表される三層構造の磁性素子にパルス電流を加えることで、その磁化方向を反転させ、アクチュエータの動作に必要な交番磁界を発生させます。

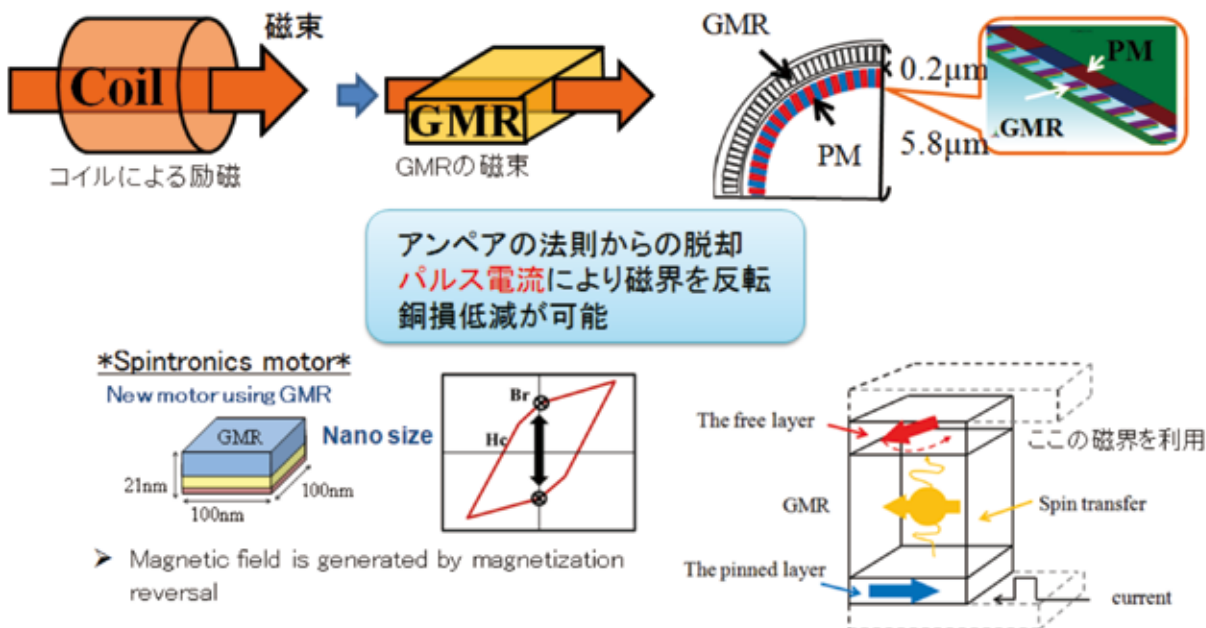
三層構造からなるGMR素子を作成し、当該素子にパルス電流を加え、発生する磁界を測定し、磁化反転を外部環境にて確認することを第一の目標とし、測定された磁界を基に作成可能なアクチュエータの検討(容量、サイズ)を行うことを第二の目標とします。さらにアクチュエータの設計から将来の省エネ効果についても検討を行います。

研究開発の実施体制

学校法人芝浦工業大学
国立大学法人東北大学大学院工学研究科

Spintronics Motor

ステータの磁性切り替えによりローターを回転させるモーター



正方晶B2・FeCo基合金による革新的永久磁石の開発

Development of Tetragonally Distorted B2 FeCo Based Alloys for Innovative Permanent Magnets

研究開発の背景

省エネルギー・省資源の観点から、モータをはじめとする電気・機械変換機器の高効率化が重要であり、そのためには希少元素を含まず高飽和磁化(Ms)・高キュリー温度(Tc)・高磁気異方性(KU)を兼ね備える新永久磁石の開発が強く要請されています。FeCo合金は磁性材料中で最大のMsと高Tcを有しています。このFeCo合金に正方晶歪とB2規則構造を付与すれば巨大な結晶磁気異方性が発現すると理論予測され、実際にFeCo合金は軸比 $c/a \sim 1.2$ 付近で、約 2 MJ/m^3 を越える磁気異方性を示すことが分かっておりました。これらを踏まえ、正方晶歪とB2規則構造を有するFeCo-M合金を創成し、高Ms・高Tc・高Ku並びに高最大エネルギー積を有する革新的永久磁石材料の実現が望まれています。

研究開発項目

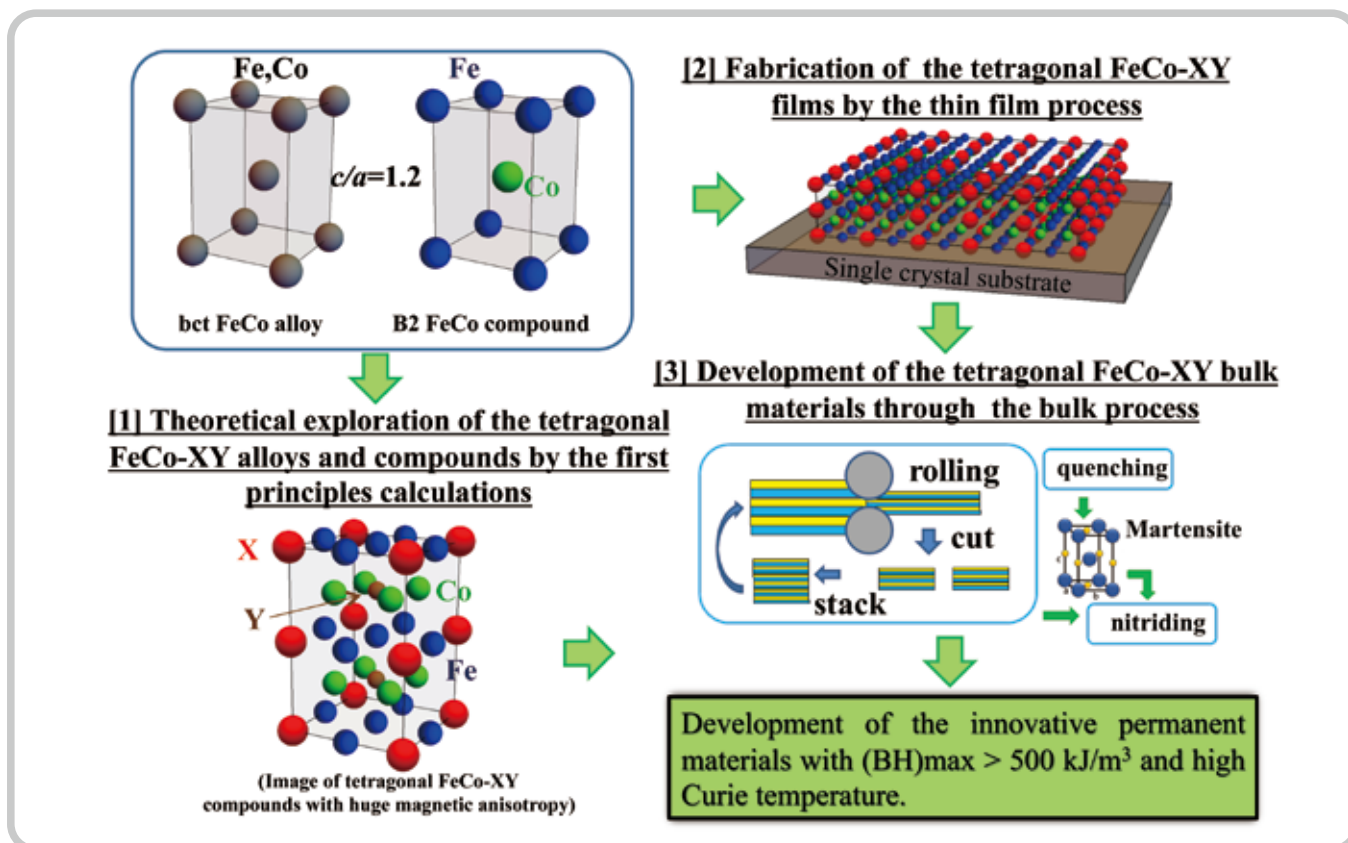
1. 正方晶FeCo基合金の磁性と結晶構造に関する理論計算
 - 1-1. 磁気異方性に関する第1原理計算
 - 1-2. 化合物の安定性に関する第1原理計算
2. 正方歪FeCo基合金のエピタキシャル製膜と特性評価
3. 正方晶FeCo基合金バルク材の合成と特性評価

研究開発の内容と目標

FeCo合金は体心立方格子であり、正方歪を有する平衡相では存在しません。これに対して、本プロジェクトは軸比 $c/a = 1.1 \sim 1.2$ を有する正方晶FeCo合金を新規に創成することを目的としており、その実現のために、(1)第1原理計算によるFeCo-XY多元合金の化合物形成エネルギーの計算、(2)第1原理計算によるFeCo-XY多元合金の磁気異方性の計算、(3)正方歪を有するFeCo-XY多元合金のエピタキシャル製膜と磁気特性評価、(4)圧延や熱処理・表面処理等のバルクプロセスによる、正方歪を有するFeCo-XY多元合金材の製造と磁気特性評価の4課題の研究を実施しました。添加元素X、Yは、置換型合金形成並びに侵入型合金形成の両面から検討を行いました。第1原理計算及び非平衡・平衡材料合成技術を利用しながら、新規正方晶FeCo合金の開発を行いました。

研究開発の実施体制

国立大学法人秋田大学
 国立大学法人東北大学
 公立大学法人滋賀県立大学



新機能性材料創成のための高品位レーザー加工技術の開発

Manufacturing technologies development of high quality laser material processing for inducing new functionalities

研究開発の背景

レーザーは、航空機や自動車等のものづくりの現場で、切断、溶接、表面改質になくてならない道具になっています。

近年、二ビームのレーザーを複合的に照射することで、波長限界を超えた解像度を得る (Hellら2014ノーベル化学賞) ことに成功してましたが、これを材料加工に応用する場合、熱溶融による影響で微細加工に限界がありました。数百フェムト秒程度の極めて短いパルス幅をもつ極短パルスレーザーで加工を行えば、熱溶融の影響を回避し、従来のレーザーではできなかったレーザー波長よりも遥かに小さいサイズの微細構造物の作成が可能になります。

また、単色性の高いレーザーは、媒質固有の特定波長を共振しており、加工に最適な欲しい波長を得ることが困難な面がありました。そこで、加工面雰囲気誘電率を制御することで、欲しい波長に変換し、波長を自在に制御したレーザー加工技術の開発を目指しています。

研究開発の内容と目標

フェムト秒レーザー (10^{-13} 秒) は、固体の熱緩和時間 (>math>10^{-12}</math> 秒) よりも短いパルス幅をもつため、固体を非熱的に飛散 (アブレーションといいます) させて局所的な加工ができます。アブレーションの結果、材料の表面に原子サイズ程度の深さの微細加工が可能であること、またレーザー波長よりも短い周期構造が自己組織的に固体表面に形成されることが見出されています。表面に微細構造形成された材料は細胞伸展制御などの生体適合性を向上させるだけでなく、ナノ周期構造物が摺動面の摩擦低減、タンパク質凝集過程解明のための反応場 (光合成など) において有用性が示され新しい機能が付与されています。本事業ではレーザーアブレーションにより形成される微細構造のサイズはどこまで小さくできるのか? どこまで効率よく飛散させることができるのか? という疑問を解決すべくレーザーと物質との相互作用に関する物理機構解明に取り組んでいます。そして、レーザーによる加工技術の大幅な革新に繋げることを目的としています。

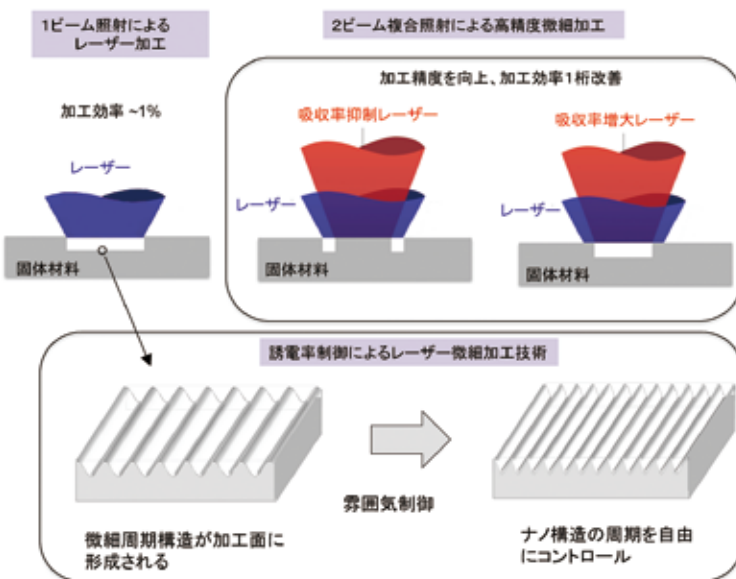
研究開発項目

- A. ニビーム複合照射による高精度微細加工技術の研究開発
- B. 誘電率制御によるレーザー微細加工技術の研究開発

研究開発の実施体制

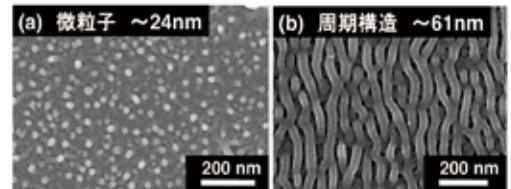
国立大学法人京都大学化学研究所
国立大学法人大阪大学接合科学研究所

高品位レーザー加工のための照射方式



【成果1】ニビーム複合照射による高精度微細加工技術の研究開発では、高精度微細加工において鍵となるアブレーション抑制機構を見出しました。

【成果2】ニビーム複合照射することで材料表面にレーザー波長 (800nm) の1/22~1/26のサイズの微細構造物を形成し目標を達成しました。(図(a)(b))。



【成果3】誘電率制御によるレーザー加工技術開発では、雰囲気 (大気、PET、PMMA) を制御することでナノ周期構造の周期がレーザー波長の77%から49%の範囲で変化し目標を達成しました。

本事業で開発された技術により、レーザー波長に制限されないサイズの極限微細加工が可能になる

特長ある機能性液体材料の実用化に向けた研究

Research for putting characteristic functional liquid-materials to practical use

研究開発の背景

製造業におけるエネルギーや原材料の消費は莫大で、今後の地球環境を考えると、製造プロセスの効率を高め、省エネルギー・省資源型にすることは社会の大きな課題です。このような目的に対して、液体の流動性・可変性を利用した液体プロセスによるモノ作りは魅力を秘めています。本テーマは、液体プロセスで高品質な電子デバイス等を簡単な手法で作製するための研究開発です。現状ではこの種類のデバイスは真空プロセスとフォトリソグラフィといった手法で作製されています。これを液体プロセス化することで、省エネルギー・省資源が図れますが、実現は容易ではありません。本テーマは、液体材料のプロセス性を高めてこのような課題の解決を実現するものです。

研究開発の内容と目標

液体プロセスによる高性能な電子デバイス等を実現するために、液体材料に特徴的な機能や役割をもたせてプロセス性を高め、高品質な固体や高い成形性の実現を目指しています。扱う液体材料は、酸化物系デバイス用の液体材料と微細金属配線用のパターンニング関連材料の二つです。酸化物系材料においては、液体から固体を形成する際の間媒体であるゲルの構造が鍵になります。私達は、クラスターゲルという構造がプロセス性を飛躍的に高めることを見出しました。本テーマではクラスターゲルを利用した酸化物の超低温形成を目指します。一方、微細金属配線では、PPC樹脂と銀インクの特長な特性を利用した新原理パターンニングによる自己組織化形成法を目指します。

研究開発項目

1. クラスターゲル酸化物材料の開発
TFT・バリアー膜の低温形成、電子ペーパーの開発
2. 微細金属配線の開発
自己組織化形成技術研究、透明電極・FPCの開発

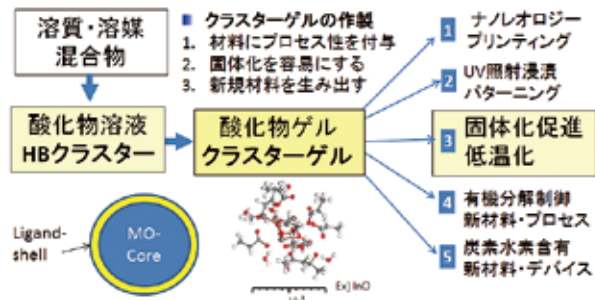
研究開発の実施体制

国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学

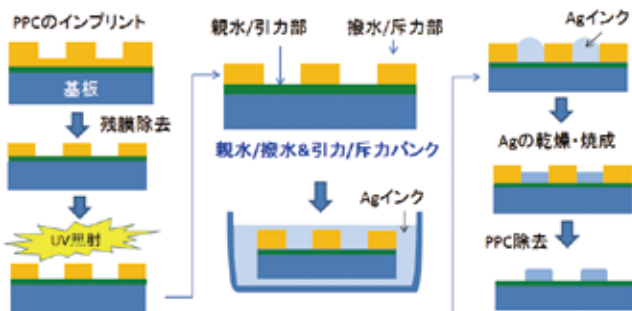
特徴ある機能性液体材料



1. 酸化物材料用クラスターゲル用液体材料



2. 金属配線の新原理パターンニング用液体材料



動静脈産業連携による循環制御型資源再生技術 —情報技術を活用したレアメタル等金属を高効率にリサイクルする革新プロセスの開発— Circulation controllable resources reproduction technology by artery-vein industrial cooperation —Development of the innovative metal recycling process including rare metals with information technology—

研究開発の背景

ハイテク製品製造に欠かせない「主要なレアメタル」及び銅や貴金属等の「クリティカルメタル」を「戦略メタル」と称し、その優先度の熟察を含め、動-静脈産業が連携して循環制御型の資源再生技術革新を行い、2030年を目処に、世界に先駆けて技術や社会が消費するエネルギーを最小とする戦略的都市鉱山システムの確立を目指す。また、資源供給がボトルネックとなり、省エネルギー社会の構築に向けた我が国の先端技術開発が沈滞せぬよう、天然資源と都市資源をベストミックスした、新たな資源循環システムを世界に先駆けて構築するための基盤技術を確立する。

研究開発の内容と目標

動脈側では、戦略メタルの都市鉱山ポテンシャル推定を行い、再生原料の合理的な備蓄法を含め、循環制御型の資源再生システム実現に向けた全体指針を構築。また、戦略メタル回収に資する製品の資源配慮設計や、廃製品の最適流通条件等の検討も行う。静脈側では、製品個体認識技術を開発、戦略メタル含有の高価値製品と低価値製品の自動選別を実現。さらに、単体分離技術と、戦略メタルを製錬原料として最適化できる部品選別技術を開発、手解体・手選別を一掃したリサイクルプラントの基盤を構築する。一方、製錬では、性質の類似した金属の相互分離を、省エネ、低コストで多品種少量生産可能な、分子鑄型や熔融塩を用いた革新的製錬技術の開発に着手する。

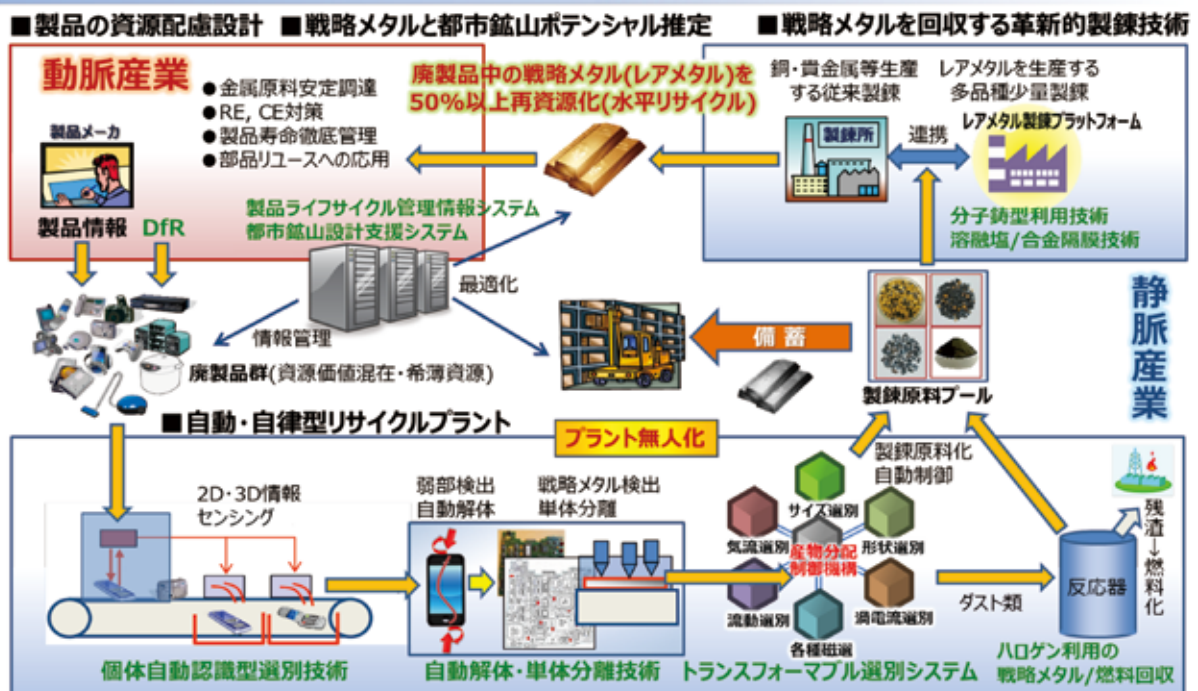
研究開発項目

1. 自動・自律型リサイクルプラントを実現する要素技術の開発
2. 再生原料から戦略メタルを回収する多品種少量製錬技術開発のための基盤構築
3. 製品の資源配慮設計導入に向けた基礎概念と設計指針の構築
4. 戦略メタルと都市鉱山ポテンシャルの推定

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
大栄環境株式会社
DOWAエコシステム株式会社
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
東芝環境ソリューション株式会社
三菱UFJリサーチ＆コンサルティング株式会社

循環制御型の資源再生技術導入による戦略メタル回収イメージ



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

Study of high-performance hydrogen storage materials by innovative composite technology of porous material and metal catalyst

研究開発の背景

水素は二酸化炭素フリーのエネルギー技術として世界中で注目されており、その利用のためには貯蔵技術が必要不可欠です。現在は、圧縮や液化、水素吸蔵合金、水素化物への変換などが検討されています。例えば、最近市販された燃料電池車 (FCV) では、70MPaという非常に高圧の大型水素タンクを搭載する方法が採用されており、安全対策に大きな費用が必要となります。したがって、水素を大量に貯蔵できる材料が開発できれば、水素ポンペの圧力、容積を大幅に低減でき、安全性と居住性が飛躍的に向上することになります。また、この技術を家庭用電源に応用すれば、災害時等における長期間の自立電源としても活用できます。

研究開発の内容と目標

従来から金属パラジウムが水素を吸蔵することが知られていますが、私たちは、その5~6倍もの水素を貯蔵し、50℃の大気圧下において放出が始まる新材料を見出しました。これは、吸着剤として知られているゼオライトとパラジウムイオンとを独自の技術により複合化することによって実現しました。現在のところ、ゼオライトの多孔性とパラジウムの触媒機能の両方が重要であると推察していますが、その詳細はわかっていません。

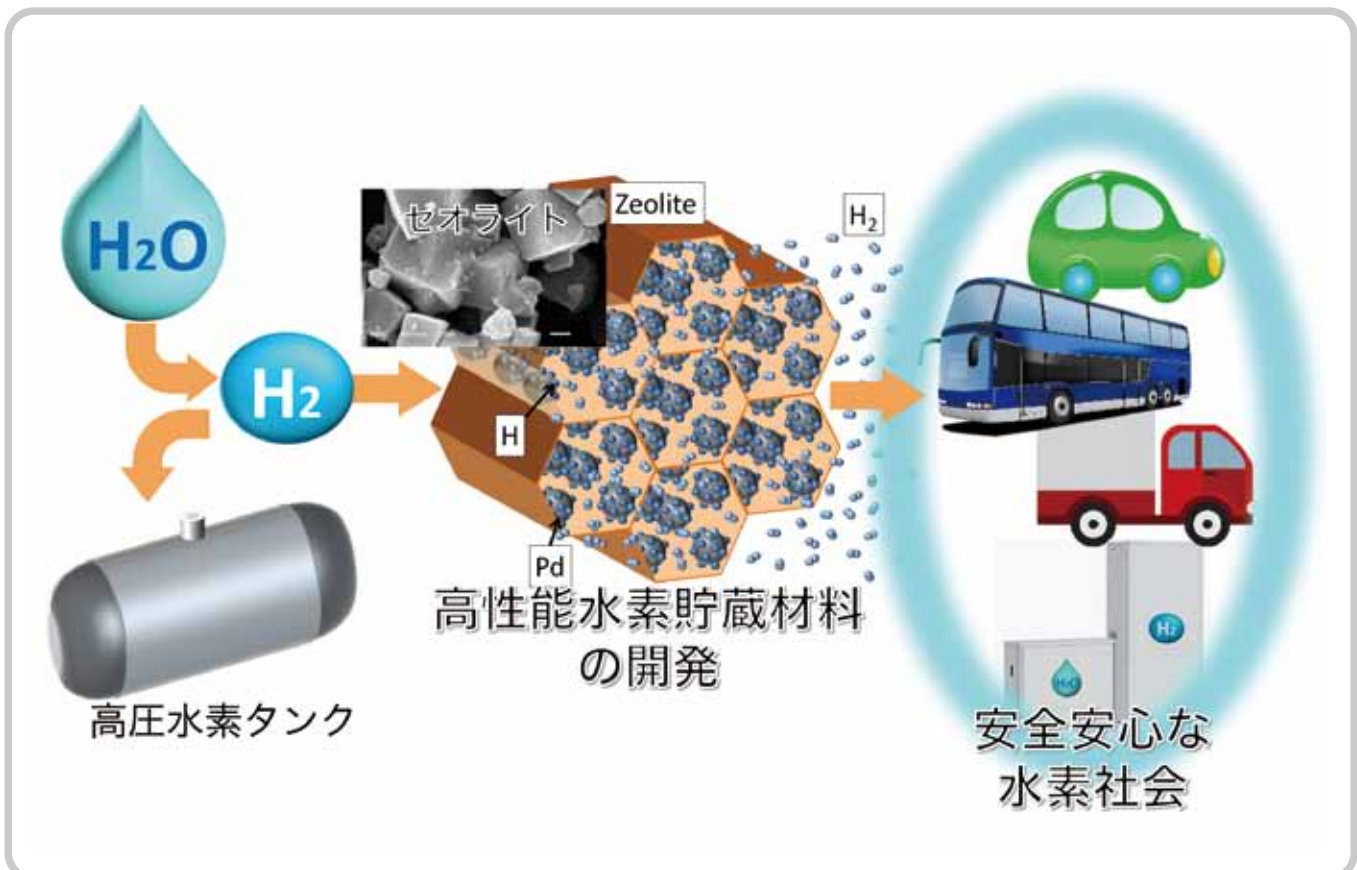
本プロジェクトでは、水素吸蔵・放出のメカニズムを解明し、さらなる材料とプロセスの改善に取り組むことで、水素貯蔵能力3重量%を実現し、最終的には6重量%を目指します。

研究開発項目

1. Pdと多孔性材料との複合化と評価
2. Pd以外の触媒と多孔性材料との複合化と評価

研究開発の実施体制

パナソニック株式会社
国立大学法人北海道大学



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

Research and development of distributed energy storage systems by next generation zinc air batteries

研究開発の背景

低炭素社会実現のための目標である「2050年に温室効果ガス半減」を達成するためには、再生可能エネルギー導入拡大に向けた既存技術の延長ではない画期的なエネルギー貯蔵技術の研究開発が必要不可欠であり、その一つとして大容量・高寿命・低コストを実現する革新的蓄電池技術の開発が求められています。

本研究開発では、2030年以降の実用化を見据えた高効率、高信頼性(長寿命)の次世代亜鉛空気二次電池の先導研究を実施し、分散型蓄エネルギーシステムの爆発的な普及による低炭素社会実現への道を切り開くことを目的としています。

研究開発項目

1. 長寿命、かつ高活性の空気極触媒の研究開発
2. デンドライト抑制技術の研究開発
3. 高信頼性メンテナンスフリーセル/システム化技術研究開発

研究開発の内容と目標

亜鉛空気二次電池は以下の大きな3つの問題があるため現在まで実用化に至っていません。

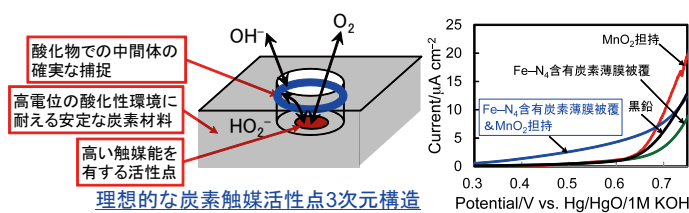
- ①空気極の劣化による短いサイクル寿命、遅い空気極充放電反応
- ②デンドライトの発生による低いサイクル特性
- ③CO₂による電解液劣化、負極活物質の自己腐食

本研究開発では、「空気極触媒」「デンドライト抑制」「高信頼性セル/システム」に関する基盤技術を用いた解決手段により、オンサイト分散型蓄電池で、これまでの取り組みでは実現し得なかった、充放電効率=90%、7000サイクルを実現するブレークスルー技術を創出します。

研究開発の実施体制

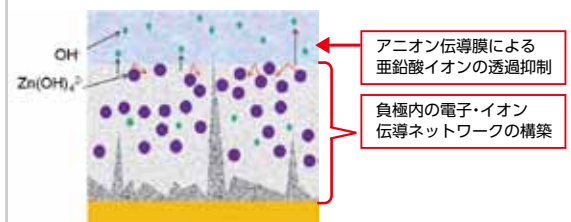
シャープ株式会社
株式会社日本触媒
(再委託先)
国立大学法人京都大学
地方独立行政法人大阪市立工業研究所

①長寿命かつ高活性の空気極触媒技術

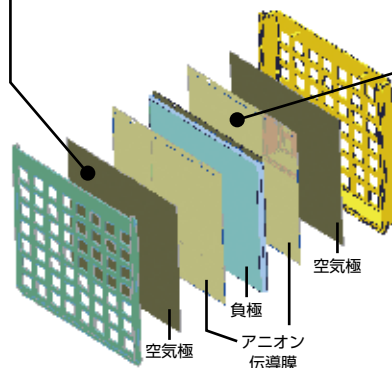


微細な凹凸を形成した黒鉛表面上への触媒材料担持により、低過電圧での酸素発生を確認、革新的な高効率・高寿命触媒材料を開発

②デンドライト抑制技術



8時間放電可能な負極及びデンドライト耐性に優れたイオン導電膜を開発



③高信頼性メンテナンスフリーセル/システム化技術

通気性、撥水性を両立した長寿命・高効率空気極

CO₂、O₂の影響抑制のためのシステム化技術

- ・クラックフリーの空気極シートを作製、寿命評価系を構築
- ・セル内でのCO₂の影響抑制効果について検証

蓄電池代替、埋込み超電導蓄電コイル積層体の研究開発

R&D of stacks of superconductive coils buried in traversable spiral trenches on Si wafers for electrical power storage for replacement for rechargeable chemical batteries

研究開発の背景

超電導コイルに蓄電する超電導磁気エネルギー貯蔵技術 (SMES) は、蓄電池のように化学反応を伴わず劣化が少ない上、高速充放電が可能な利点がある。従来は超電導線材を曲げて作る直径数mの大型設備であったが、本提案では量産可能なMEMS技術を用いパターニングにより超電導薄膜コイルを形成する。ただし、コイルに働く強い電磁応力に耐えるため単結晶Siウェハに反応性イオンエッチングで穿った螺旋状溝内に超電導薄膜を形成、ウェハの材料強度によって電磁応力を克服する。このSiウェハを積層して液体水素冷熱を利用し、20K以上で500Wh/l以上の蓄電が可能な、コンパクトなユニット化により低コストなSMESを実現、再生可能エネルギーの変動バッファとして普及させ、低炭素化社会の実現に貢献する。

研究開発項目

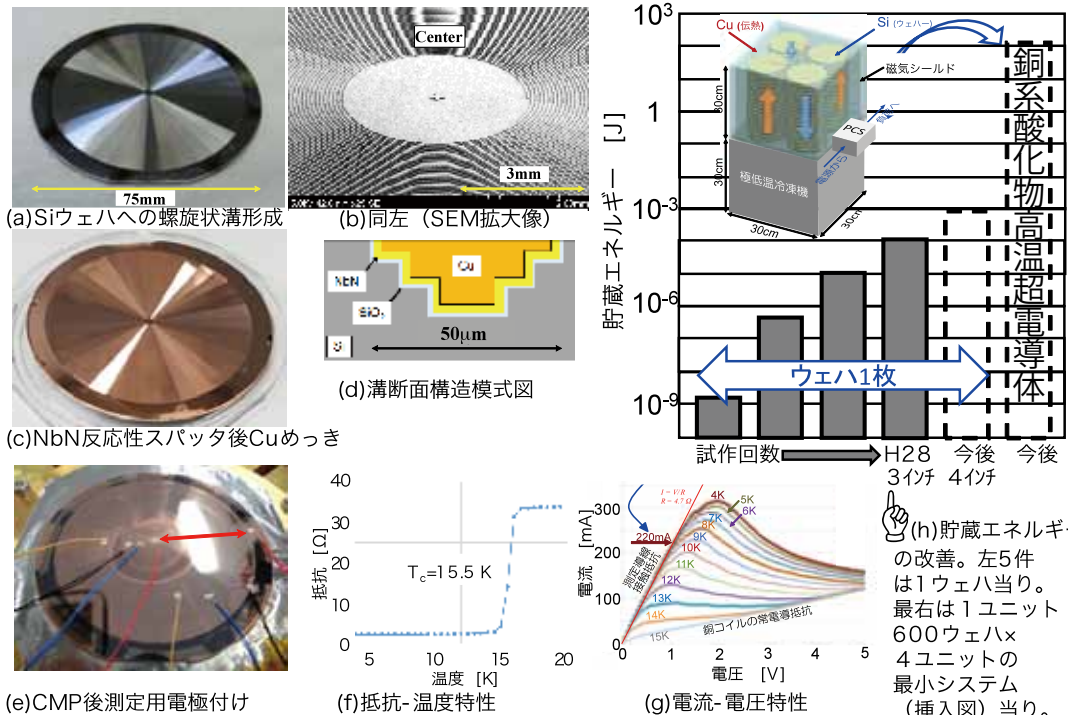
1. 4インチSiウェハ上への段丘状V型断面をもつ螺旋溝形成技術の確立
2. 反応性スパッタ法による数 μ m以上のNbN厚膜形成技術の確立
3. 溝内NbN膜上へのCuめっき技術の確立
4. 溝内NbN/Cu複合膜系のCMP技術の確立
5. 磁気シールド技術を含むシステム検討

研究開発の内容と目標

4Kまで冷却可能な極低温冷凍機を用いて、Siウェハ上に形成した矩形螺旋溝内に形成したNbNスパッタ膜で形成された超電導コイルを流れる超電導電流とそれによる磁場発生を確認し、本コンセプトを実証する。次いで、螺旋溝を段丘状にV溝化し、NbNスパッタ膜の厚膜化 (> 数 μ m) を図り、超電導臨界電流の増加による蓄電容量の増加を図る。これに合わせ、NbN上のCuめっき層の密着形成技術、引き続き化学機械研磨 (CMP) 技術を完成させ、4インチSiウェハ全体で一つの欠陥も無い超電導コイルを実現する。このとき、複数のSiウェハをボンディングすることが可能な条件を確保しつつ、1枚のSiウェハ上のNbN超電導コイルを完成させる。

研究開発の実施体制

国立大学法人名古屋大学
アイシン精機株式会社
株式会社D-process
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



Siウェハ螺旋状溝内薄膜超電導コイルの工程と特性

バイオミメティックな超分子ナノ空間の創出による CO₂の高効率回収、及び資源化技術の研究開発

Development of effective CO₂ recovery and recycle technology with biomimetic supramolecular nano-space

研究開発の背景

地球温暖化が深刻さを増している、我が国を含め先進各国は温室効果ガス削減に向けて非常に挑戦的な目標を掲げて取り組みを進めています。そのような高い目標の達成には、地球温暖化の主な原因であるCO₂の低コスト・低エネルギーでの回収・資源化に関して、従来の延長ではない技術の革新が必要になります。我々は、外部エネルギーを用いず、自発的にCO₂を吸蔵回収し、廃熱や余剰再生エネルギー等の小さな未活用エネルギーにてCO₂を資源へと変換する新規技術を提案し、実現することを目的に研究開発を行います。

研究開発の内容と目標

本研究では、超分子材料のナノ空間を用いてCO₂ガスを選択的かつ自発的に回収し、更にはナノ空間をバイオミメティックな設計により高機能化して、一般的な環境では難しいCO₂の資源化反応の実現を目指します。ナノ空間の表面の性質を制御することでCO₂に対する選択性を向上させ、その機能評価・解析を行いました。また、ナノ空間を用いたCO₂の資源化反応を開発しました。将来の商用化を見据え、得られる超分子材料をデバイスへと応用展開するための、材料のハンドリング・配置方法を検討すると共に、材料の安定的な大量合成法の開発も実施しています。

研究開発項目

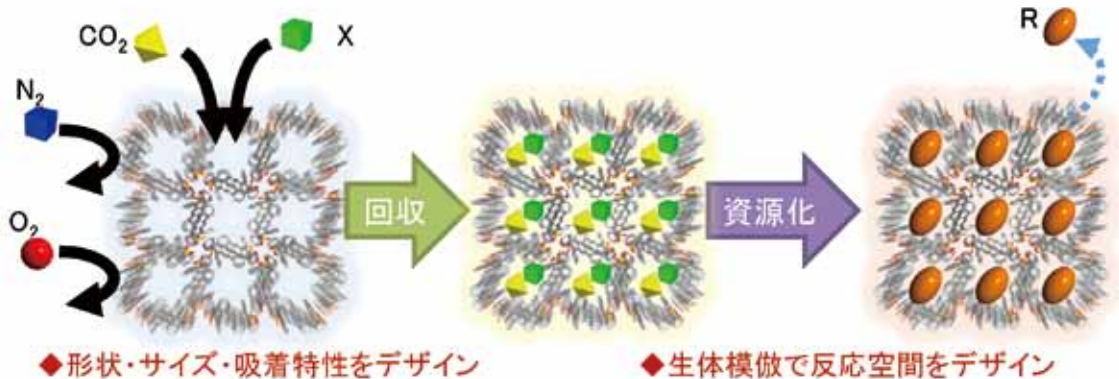
1. CO₂高選択性ナノ構造の設計
2. 超分子材料へのCO₂資源化反応特性付与
3. 超分子材料応用デバイスの試作

研究開発の実施体制

パナソニック株式会社
 国立大学法人大阪大学
 (再委託先)
 公立大学法人大阪市立大学



ナノ空間を有する超分子を活用



CO₂レーザー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

Development of a laser drilling system employing CO₂ laser for deep hot dry rock in supercritical water

研究開発の背景

地熱発電効率の高い新システムによる地熱源を開発するためには、高温・高圧下における花崗岩等の硬岩掘削技術・システムの創出が急務である。新システムにおける地熱掘削の対象岩石は花崗岩など石英成分を多く含む岩石である。石英はビット摩耗の主因であり、高温条件下の地熱掘削では高温によりビット寿命が更に低下することが予想される。特に、高温岩体層の開発では、超臨界水雰囲気(圧力22.12MPa、温度374℃以上)における掘削技術が必要となる。本研究は、大気圧下水中において石英および花崗岩を加工する能力を有するCO₂レーザー照射による水の臨界圧を超えた圧力条件下における石英含有岩石の加工原理・機構の解明を行う。

研究開発の内容と目標

CO₂レーザー照射による水中岩石掘削技術は、大気圧下においては非接触で石英を溶融し粒子化して除去できる唯一の技術であり大気圧下水中での岩石掘削原理が解明されている。本研究では、超臨界水中CO₂レーザー照射による石英含有岩石(花崗岩)加工性能の把握を最終目標とする。H27年度は、CO₂レーザーによる実験の準備段階として、2波長(1.07μm、1.94μm)のレーザーを使用して、レーザー波長の水の吸収率の違いによる大気圧下と超臨界水中で花崗岩加工性能への影響を検証した。更に地熱掘削流体は、超臨界状態におけるデータはない為、超臨界水雰囲気での掘削用泥水の劣化、金属腐食程度の検証実験を行なった。

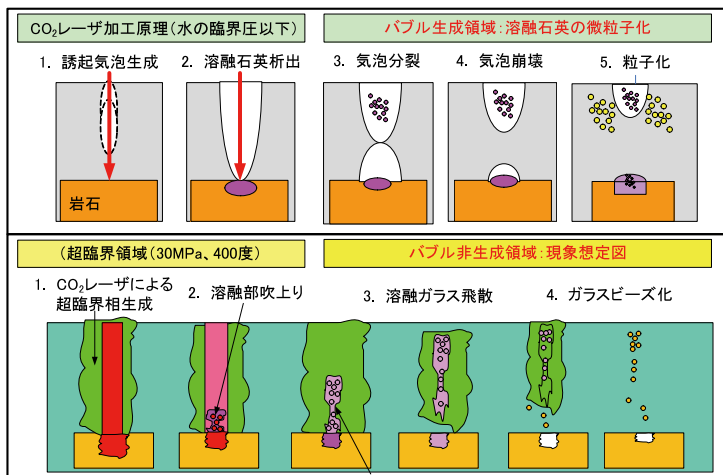
研究開発項目

1. 超臨界水雰囲気下のレーザー照射時における熱伝導・力学的解析
2. 水への吸収率の違いによる加工事象検証
3. 超臨界水雰囲気における地熱掘削流体の挙動解析

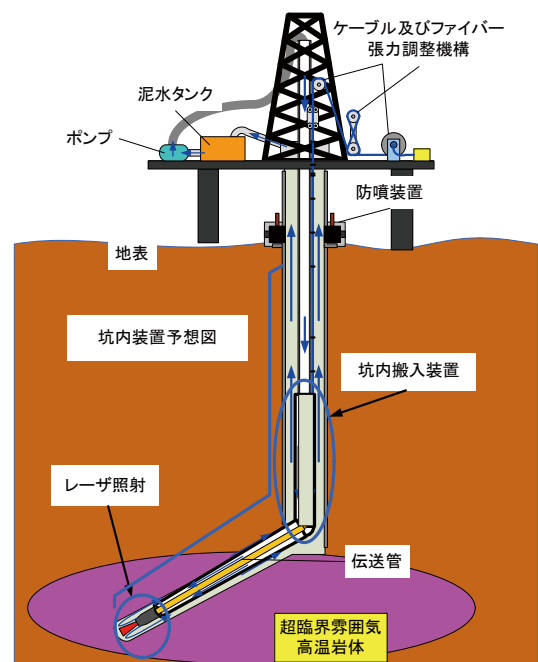
研究開発の実施体制

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

CO₂レーザーを利用した高温岩体層掘削システム予想図



CO₂レーザー照射による花崗岩加工
(上)臨界圧以下、(下)臨界圧以上



⑨1 島弧日本のテラワットエネルギー創成先導研究	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	(再委託先) JFEエンジニアリング株式会社 株式会社リナジス 国立大学法人北海道大学 国立大学法人東京大学 国立大学法人九州大学 国立大学法人東京工業大学
⑨2 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	九電産業株式会社 国立大学法人九州大学	
⑨3 省エネセラミックコンプレッサ技術開発	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	
⑨4 超高気体透過分離薄膜を用いたエネルギー起源CO ₂ の抜本的削減	公立大学法人首都大学東京 日本パイリオン株式会社	
⑨5 高性能CO ₂ 選択透過膜を用いた低コスト省エネルギー型CO ₂ 分離・回収技術の開発	株式会社ルネッサンス・エナジー・リサーチ 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	
⑨6 新材料・新構造メモリデバイス基盤技術の研究開発	株式会社東芝 国立研究開発法人産業技術総合研究所	(再委託先) 国立大学法人京都大学 学校法人トヨタ学園豊田工業大学
⑨7 ULPセンサモジュールの研究開発	株式会社東芝 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 国立大学法人東京大学 国立大学法人豊橋技術科学大学 公立大学法人兵庫県立大学 学校法人立命館	(再委託先) 国立大学法人東京大学 凸版印刷株式会社
⑨8 センサモジュールの研究開発 ～自立電源デバイス～	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	(再委託先) 株式会社東芝
⑨9 トリリオンノードの実現に向けての先導研究	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	(再委託先) 株式会社東芝 株式会社SUSUBOX ディー・クルー・テクノロジーズ株式会社
⑩0 pn制御有機半導体単結晶太陽電池の開発	大学共同利用機関法人自然科学研究機構 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	

⑩1 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	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	
⑩2 超高温領域未利用エネルギー貯蔵技術の研究開発	学校法人玉川学園玉川大学 株式会社四国総合研究所	(再委託先) 株式会社長峰製作所
⑩3 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	日本電気株式会社 国立大学法人東京大学	(再委託先) 株式会社デンソー NECスペーステクノロジー株式会社 公益財団法人京都高度技術研究所 学校法人立命館 公立大学法人兵庫県立大学 国立研究開発法人産業技術総合研究所
⑩4 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	一般財団法人電力中央研究所 国立研究開発法人産業技術総合研究所 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 川崎重工業株式会社 株式会社IHI 株式会社東芝	(再委託先) 国立大学法人東京大学 国立大学法人京都大学 国立大学法人長岡技術科学大学 公立大学法人首都大学東京 国立研究開発法人物質・材料研究機構
⑩5 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	山陽特殊製鋼株式会社 国立大学法人大阪大学 株式会社小松製作所	
⑩6 可変バリア機能の発現に基づく革新的エネルギー制御材料基盤技術開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所 国立大学法人東北大学 富士フイルム株式会社 クニミネ工業株式会社 ユニチカ株式会社 株式会社東洋高圧 日邦産業株式会社 コニカミノルタ株式会社	(再委託先) 国立大学法人北海道大学
⑩7 封止が不要な酸素・水分に強い有機EL材料の研究開発	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	
⑩8 超省電力発光デバイスの開発	国立大学法人東北大学 DOWAホールディングス株式会社	
⑩9 革新的機能性絶縁材料の先導研究	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	(再委託先) 株式会社東芝 三菱電機株式会社 株式会社日立製作所 株式会社明電舎
⑩10 ナノディフェクト・マネジメント (NDM) の基盤技術の研究開発	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



国内拠点

●本部

〒212-8554
神奈川県川崎市幸区大宮町1310
ミュージアム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

〒530-0001
大阪府大阪市北区梅田3丁目3番10号
梅田ダイビル6F
TEL : 06-6341-5403 FAX : 06-6341-5405

海外事務所

●ワシントン

1901 L Street, N.W., Suite 720,
Washington, D.C. 20036 U.S.A.
TEL : +1-202-822-9298
FAX : +1-202-822-9259

●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

9th Floor, Hotel Le Meridien,
Commercial Tower
Raisina Road,
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

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
イノベーション推進部

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310 ミュージアム川崎セントラルタワー
Tel: 044-520-5174 Fax: 044-520-5177
<http://www.nedo.go.jp>



平成29年8月
August 2017 (1st Edition)