

2026年度  
「N E D O先導研究プログラム／エネルギー・環境新技術先導研究プログラム」  
公募対象となる研究開発課題一覧(案)

I. エネルギー・環境新技術先導研究プログラム

| 課題番号  | 研究開発課題                                  |
|-------|---|
| I -A1 | リユース・リサイクルを考慮したリチウムイオン電池設計等に関する新規要素技術開発 |
| I -B1 | 小型エアモビリティのホットセクション向け革新的材料開発             |
| I -C1 | 特定フッ素化合物等の代替素材開発および素材創出に資する設計技術開発       |
| I -D1 | 大規模量子計算に向けた低エラー率量子メモリの研究開発              |
| I -E1 | 排熱等を活用した水の熱化学分解による低炭素水素製造技術開発           |

|          |  |
|----------|--|
| I-A1     | リユース・リサイクルを考慮したリチウムイオン電池設計等に関する新規要素技術開発  |
| 政策的位置付け  | <ul style="list-style-type: none"> <li>蓄電池産業戦略（2022 年 8 月策定）</li> <li>「サステナビリティ確保に向けた取組み／リサイクルリユース」</li> <li>GX2040 ビジョン（2025 年 2 月改訂）</li> <li>「5. GX を加速させるためのエネルギーを始めとする個別分野の取組」</li> <li>「(5) サーキュラーエコノミーと GX 」、「(7) 蓄電池」</li> </ul>   |
| 課題設定理由   | <p>2050 年カーボンニュートラル実現に向けて蓄電池の大規模導入が不可欠である一方、蓄電池の製造時における供給不安のある原料を含む資源の多量調達、使用終了時における膨大な廃棄物発生などの懸念が生じている。そのためリユースによる有効活用、リサイクルによる資源回収などサーキュラーエコノミーを実現することが必要とされている。</p> <p>蓄電池のリユース、リサイクルについては使用後蓄電池の劣化診断技術やブラックマス（使用済み蓄電池を無害化処理し、焙焼・破碎した後の金属、無機物の塊）からの特定元素を回収する技術など一定のレベルに達している技術も既に存在する。しかし、蓄電池のサーキュラーエコノミーを確立するためには、多量の蓄電池を経済的に見合うコストで安定的に生産、使用、処分できる必要があり、使用済み蓄電池に対してリユース、リサイクルを考えるとという従来の取り組みのみでは十分といえない。</p> <p>本課題では、蓄電池の設計・製造段階からリユース、リサイクルを考慮したリチウムイオン電池（LIB）の新規要素技術開発を行うことにより、多量の蓄電池を経済的に見合うコストで安定的に生産、使用、処分可能なサーキュラーエコノミーの確立を加速する。</p> |
| 目指すべき社会像 | <p>設計段階からリユース、リサイクルを考慮した LIB の新規要素技術開発の成果が活用されることで、コスト削減、CO<sub>2</sub> 排出量削減といった課題に対処するとともに、リユースによる資源使用量削減、リサイクルによる資源の海外流出防止といった、資源調達リスクの低減にもつなげる。</p> <p>蓄電池のサーキュラーエコノミーを構成する要素技術には蓄電池・蓄電池材料の製造から使用法に関する技術に加え、使用後蓄電池の劣化診断技術、リユースのためのパック、モジュールの解体・再構成技術、使用済み蓄電池のリサイクル技術など多様な技術が存在するが、本課題では、リユースの観点では蓄電池の安全性定量評価や蓄電池の寿命延長・性能回復を可能にする技術など、リサイクルの観点では蓄電池の設計・製造から容易にリサイクルを可能にする蓄電池設計技術・蓄電池材料開発などに着目する。</p>  |
| 技術開発の必要性 | <p>これまで、LIB の研究活動、商品開発の多くは新品電池の性能向上に向けられ、リサイクルなどを考慮した方向にはなっていなかった。また、存在する手法も現存する蓄電池にどの様に対応するかに向けられたもので、手法上の制限やコスト、処理量の問題から要求される技術レベルには到達していなかった。</p> <p>寿命診断については走行データや新品電池情報の活用で一定の診断が可能になっている。しかし、安全性について定量的に診断する実用的な技術は存在しない。また、これらによる診断は多くが推定レベルに留まり、リユース経済において求められる正確な診断にはなっていない。</p> <p>リサイクルについてはブラックマスからの元素分離が主に研究されており化学的には可能であるが純度向上にコストがかかり経済性に課題がある。</p> <p>LIB の設計時点からリユース、リサイクルを考慮することで、リユース、</p>  |

|                             |   |
|-----------------------------|---|
|                             | リサイクル側の技術開発の自由度を高め、性能、コストを犠牲にすることなく蓄電池の資源循環実現を目指す。  |
| 当該課題解決に求められる技術テーマ（例）<br>【注】 | <p>本課題ではLIBを基本蓄電池系とし、性能、コストを犠牲にすることなくリユース・リサイクルに対応可能であることを見通せる技術を対象とする。技術テーマ例は、以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・リユースでの適用を想定し、セルを解体すること無くリチウムデンドライド析出を簡易に診断するなど、低コスト・短時間で安全性を定量的に診断可能なセル設計及び診断技術。</li> <li>・リユースでの適用を想定し、セルを解体することなく劣化したLIBの性能を回復、寿命を延長させるなど、低コストで長寿命化が可能なセル設計及びセル処理技術。</li> <li>・リサイクル工程において部材、原料を低コスト・短時間で解体・分離しやすい材料及び蓄電池設計技術。</li> </ul> |
| 関連する国家プロジェクト等               | <ul style="list-style-type: none"> <li>・「エネルギー・環境分野における革新的技術の国際共同研究開発/使用済みリチウム二次電池パックの劣化診断技術に関する国際共同研究開発」</li> <li>・グリーンイノベーション基金事業「次世代蓄電池・次世代モーターの開発」</li> </ul>   |

【注】本技術テーマに限定するものではありません

|          |  |
|----------|--|
| I -B1    | 小型エアモビリティのホットセクション向け革新的材料開発  |
| 政策的位置付け  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（令和 2 年 12 月）；マテリアル革新力強化戦（令和 7 年 6 月 4 日統合イノベーション戦略推進会議決定）</li> <li>・ 革新的環境イノベーション戦略（令和 2 年 1 月 21 日統合イノベーション戦略推進会議決定）</li> <li>・ 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（令和 2 年 12 月）</li> <li>・ 産業技術ビジョン 2020（令和 2 年 5 月 29 日経済産業省）</li> <li>・ 統合イノベーション戦略 2025（2025 年 6 月 6 日閣議決定）</li> <li>・ マテリアル革新力強化戦（令和 7 年 6 月 4 日統合イノベーション戦略推進会議決定）</li> <li>・ 第 7 次エネルギー基本計画（令和 7 年 2 月閣議決定）</li> </ul>   |
| 課題設定理由   | <p>小型エアモビリティは、バッテリー単独駆動では航続距離に限界があり、社会実装拡大のボトルネックとなっている。この課題解決に向け、他の推進系と比較して重量当たりの出力に優れるガスタービンを発電側に用い、バッテリーと組み合わせるハイブリッドパワーユニットが有望視されている。ハイブリッド化の実現・高性能化には、ガスタービンの中核であるホットセクションに適した材料・部材技術の高度化が不可欠である。</p> <p>一方で、小型エアモビリティのホットセクションは、①中・大型航空機と比較して市場規模が小さい、②航空機エンジン並みの信頼性・安全性が要求されるため認証・評価コストの比率が相対的に高い、③新興市場でありビジネスモデルの確実性が見通しにくいといった構造要因により、民間（特に大企業）が投資回収を見込みにくい領域となってきた。その結果、国内では中小企業が単独で開発投資を行うにはリスクが大きく、材料・製造・評価に跨る技術蓄積が進みにくい状況にある。</p> <p>他方、欧米を中心に、航続距離延伸や脱炭素化ニーズを背景として、エアモビリティ分野でのガスタービン利用やホットセクション向け材料技術の研究開発が進展しつつある。さらに、小型エアモビリティのホットセクション向け材料技術は、将来的に中・大型航空機エンジン用途へと展開し得るポテンシャルを有することから、我が国としても早期に技術基盤を確立し、国際競争力を高める必要がある。</p> <p>そこで、本課題では、小型エアモビリティのハイブリッドパワーユニットにおけるホットセクションを対象に研究開発を行い、航続距離に課題を抱える小型エアモビリティの実用化に資するホットセクションに適した材料技術の確立を図るとともに、将来的な中・大型航空機エンジンへの材料展開も見据えた、我が国の戦略的な技術基盤の構築に貢献することを目指す。</p> |
| 目指すべき社会像 | <p>バッテリーとガスタービンを組み合わせた小型エアモビリティ向けのハイブリッドパワーユニットが実用化されれば、①航続距離・運用柔軟性の向上による移動・物流サービスの多様化、②既存の地上インフラに依存しない新たな地域交通ネットワークの構築、③航空分野の脱炭素化・省エネ化への貢献、が期待される。</p> <p>これを実現するためにはホットセクション向けに最適化された材料および製造技術の確立が必要である。これにより、社会的インパクトとして、(a) 国内サプライチェーンの構築、(b) 将来的な中・大型航空機エンジン</p>  |

|                             |   |
|-----------------------------|---|
|                             | <p>市場への参入可能性の拡大、の二段階の波及が期待できる。加えて、ホットセクションの効率向上（燃費改善）に伴う CO<sub>2</sub> 排出量削減効果も見込まれる。</p>  |
| 技術開発の必要性                    | <p>小型エアモビリティのホットセクションにおいて新材料が不可欠となる主な理由は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高温化要求：効率向上（燃費改善）のため、タービン入口温度の高温化に対応する必要がある。</li> <li>・冷却制約：小型機では冷却空気量を増やしにくく、限られた冷却条件下での熱負荷集中に耐える必要がある。</li> <li>・運用特性：都市内運用を想定した高頻度のオンオフ（起動と停止）や負荷変動に対して、耐疲労性（繰返し耐性）・長寿命化が求められる。</li> </ul> <p>従来の「Ni 基鑄造合金＋内部冷却＋コーティング」の延長では、上記の要求（高温化・冷却制約・高頻度運用）を同時に満たしつつ、長距離・高頻度・高信頼運航を成立することが難しい。材料起因のボトルネックを打破するため、より高温耐性・軽量性・耐疲労性を兼ね備えた新材料の開発が不可欠である。</p> <p>現状、例えば、航空機タービン向け粉末冶金材料は実用化水準の製造基盤が国内で十分に整っていない。また、CMC は一部で実用化が進む一方で、さらなる延性向上等のニーズがあり、加えて、途中工程で必須となる CVD 等がコスト増加要因となっている。これらの課題を解決し、ハイブリッドパワーシステムを実装可能なコスト・信頼性で成立させるため、材料開発と低コスト製造技術開発を一体で進める必要がある。</p> <p>したがって、開発にあたっては、ハイブリッドガスタービンの要求性能を満たす観点から、①小型高出力タービンに必要な特性（高温強度、耐酸化性、疲労特性等）を踏まえた合金組成・微細組織設計、②ホットセクション部材（例：ブレード等）への適用を見据えた製造プロセス（粉末製造・造形・熱処理・後加工等）の確立、③機械特性・耐環境性の評価、が必要となる。また、小型エアモビリティではコスト制約が厳しいことから、材料そのものに加えて、製造プロセスも含め、過酷な使用条件に耐えつつ高性能で低コストを両立する材料・技術体系の確立が必要である。</p> |
| 当該課題解決に求められる技術テーマ（例）<br>【注】 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・旅客機エンジン用素材と超小型機用パワーユニットにおける革新的材料技術開発</li> <li>・1400℃以上における機械的特性およびコストに優れた革新的複合材料技術開発</li> </ul>   |
| 関連する国家プロジェクト等               | <ul style="list-style-type: none"> <li>・航空機エンジン向け材料開発・評価システム基盤整備事業</li> <li>・サポイン・高効率航空機エンジン向けSiC/SiC 複合材料製造工法の開発</li> </ul>  |

【注】本技術テーマに限定するものではありません

|         |   |
|---------|---|
| I-C1    | 特定フッ素化合物等の代替素材開発および素材創出に資する設計技術開発   |
| 政策的位置付け | <p>・ 統合イノベーション戦略 2025</p> <p>1. 国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会への変革<br/> (2) 地球規模課題の克服に向けた社会変革と非連続なイノベーションの推進</p> <p>・ マテリアル革新力強化戦略 (2025 年改訂版)</p> <p>4. 取り組むべきアクション<br/> (2) マテリアル・イノベーションの加速 ① マテリアル DX の更なる推進</p>   |
| 課題設定理由  | <p>化学産業は、多様な高機能の化学素材を様々な産業に提供しており、全産業において重要な役割を担っている。一方で、化学産業は製造や焼却におけるエネルギー消費量が膨大であるため、例えば 2021 年度の CO<sub>2</sub>排出量は、製造においては約 6,000 万トン、焼却においては約 9,000 万トンにのぼる (※1)。化学素材の高機能材料として広く利用されている素材の一つに、有機フッ素化合物がある。有機フッ素化合物は、高い化学的安定性 (耐熱性・耐候性・耐薬品性)、優れた表面特性 (撥水性・撥油性・低摩擦性)、柔軟性、電気絶縁性などを兼ね備えた高機能材料であり、半導体・電子部品・電池などの電子機器分野をはじめ、自動車・航空機などの輸送分野、エネルギー、建築、医療、食品包装など、幅広い産業分野 (以下、「電子機器等各産業分野」という。) で活用されている。</p> <p>しかし、有機フッ素化合物のうち、特に難分解性、高蓄積性、長距離移動性という性質を持つ化合物については、法的な規制が進められており、まずはこれら規制の対象とされた特定のフッ素化合物 (以下「特定フッ素化合物」という。) の代替素材の研究・開発が電子機器等各産業分野の持続可能な社会構築等のために不可欠である (※2)。</p> <p>加えて、電子機器等各産業分野では、製造・加工・廃棄の過程で、洗浄等に有機溶剤が使用されることが一般的であり、これら有機溶剤の焼却や廃棄に伴い CO<sub>2</sub>が排出されるほか、燃焼等による排ガス中に揮発性有機化合物 (VOC) が含まれることがある。このことから、特定フッ素化合物を取り扱う必要がある電子機器等各産業分野においては、CO<sub>2</sub>のみならず VOC の排出量の削減も同時に取り組む必要がある。</p> <p>以上の課題を踏まえ、有機フッ素化合物のうち、とりわけ上述した特定フッ素化合物に関しては、代替素材の開発を実施し、社会実装が急務であるが、後述する技術的課題が多いため、各企業による自主的な研究開発に頼るのではなく、国の先導支援による特定フッ素化合物の代替材料設計に係る研究開発の促進が非常に大切である。一方、将来的に、国内だけでなく欧州各国等において有機フッ素化合物の規制対象範囲の見直し等が生じることがあったとしても、国の先導支援による代替素材の研究・開発をしておくことで、電子機器等各産業分野は、さらに応用を活かし、柔軟かつ迅速な素材開発を目指す。</p> <p>※1 一般社団法人 日本化学工業協会 「カーボンニュートラルに向けた化学産業の取り組み」 2024 年 9 月 3 日<br/> <a href="https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/carbon_pricing_wg/">https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/carbon_pricing_wg/</a></p> |

|          |  |
|----------|--|
|          | <p>dai1/siryou6.pdf</p> <p>※2 特定フッ素化合物：</p> <p>PFOS、PFOA、PFHxS は、難分解性、高蓄積性、長距離移動性といった特性を有しているため、予防的な取組の考え方に基づき、POPs 条約（残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約）の対象物質として指定されている。日本においても、化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）により、PFOS、PFOA、PFHxS は第一種特定化学物質に指定され、製造・輸入等が原則として禁止されている。本稿では、これらの物質を総称して「特定フッ素化合物」と呼ぶこととする。</p>  |
| 目指すべき社会像 | <p>特定フッ素化合物等に代替しうる高機能素材を創出することを目的とし、環境負荷（CO<sub>2</sub>、VOC 等）の低減を図りながら、持続可能な社会の実現を目指す。</p> <p>特定フッ素化合物は耐熱性や撥水性など極めて高い性能を有しており、有力な代替候補である有機ケイ素化合物や炭素系有機化合物では、現状その性能に及ばず、十分な代替が困難である。本技術は、従来の経験則に基づく素材開発ではなく、構造と物性の関係を科学的に解明しながら材料設計を行うことで、これら代替候補素材の性能を飛躍的に向上させ、電子機器等各産業分野の高度な要求に応える代替素材の創出を目指す点が革新的である。また、製造・廃棄過程等における CO<sub>2</sub> や VOC 排出の削減にも資することから、環境負荷低減にも貢献する。</p>  |
| 技術開発の必要性 | <p>特定フッ素化合物への対応としては、「分離・回収及び分解技術」、「分析技術」、「代替素材の開発」が挙げられる。これらのうち、「分離・回収及び分解技術」と「分析技術」については、特定フッ素化合物の無害化を目指す先導研究プログラムにおいて技術開発が進められている。したがって、さらに新たな対応として代替素材の開発に取り組む必要がある。特定フッ素化合物の代替素材としての有力な候補には、有機ケイ素化合物や炭素系有機化合物が挙げられる。有機ケイ素化合物は耐熱性・撥水性・電気絶縁性など、有機フッ素化合物と類似の特性を持ち、柔軟性の面でも優れている。炭素系有機化合物（例：PPS、PEEK に代表されるスーパーエンジニアリングプラスチック）は耐熱性や強靱性などに優れる。しかし、有機ケイ素化合物や炭素系有機化合物を特定フッ素化合物の代替材料としてそのまま適用しようとしても、耐熱性や耐久性などの性質は及ばず、高度な性能が求められるエレクトロニクス・自動車分野の多くでは、代替素材と成り得ないのが現状である。</p> <p>各社における特定フッ素化合物の代替素材の開発は、経験的あるいは偶然的に見つけられたものが多く、構造と物性の関係が十分に解明されていないまま進められている。そのため、例えば有機ケイ素化合物においては、材料を経験的に混合して得られた素材を用いるケースや、特定用途に絞った開発にとどまっているのが現状であり、より広範な分野に向けて高性能な素材を開発することは困難な状況にある。また、特定フッ素化合物は耐熱性や撥水性などの性能が極めて高いため、現状の代替素材ではこれらの性能に及ばず、十分な代替が困難となっている。</p> <p>本事業では、特定フッ素化合物の構造や性質などの科学的根拠に基づいて材料設計技術を確立することで、多様な用途に対応可能な高機能代替素材の開発を目指す。これにより将来的には、確立した開発プロセスを AI や自動実験などを活用して自動化することで、開発の効率化につながる。加えて、既存製品との性能比較や優位性の明確化を通じて、実用化の可能性を確認する。</p> |

|                             |   |
|-----------------------------|---|
|                             | <p>【技術開発項目・目標】</p> <p>(1) 特定フッ素化合物の構造・性質などの科学的根拠に基づく材料設計技術の確立</p> <p>(2) (1)の材料設計技術に基づく特定フッ素化合物の代替素材の開発</p> <p>(3) (2)の設計開発に資する AI・自動実験などデータ駆動型 DX を活用した効率化の検証</p> <p>(4) 既存素材との性能比較・優位性の明示</p> |
| 当該課題解決に求められる技術テーマ<br>(例)【注】 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 特定フッ素化合物に代替しうる素材開発に資する設計技術の開発</li> <li>・ 上記設計技術に基づく特定フッ素化合物に代替しうる素材開発</li> </ul>   |
| 関連する国家プロジェクト等               | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ NEDO「先導研究プログラム/特定PFASの無害化・資源循環に向けた検出・分解技術の開発」(2025年度採択)</li> <li>・ NEDO「先導研究プログラム/PFAS自己濃縮型回転円板プラズマ分解装置・検出装置の開発」(2025年度採択)</li> </ul>                  |

【注】本技術テーマに限定するものではありません



|          |  |
|----------|--|
| I -D1    | 大規模量子計算に向けた低エラー率量子メモリの研究開発   |
| 政策的位置付け  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・統合イノベーション戦略 2025（2025 年 6 月 6 日閣議決定）量子技術</li> <li>・量子エコシステム構築に向けた推進方策（令和 7 年 5 月 30 日量子技術イノベーション会議より報告）             <ul style="list-style-type: none"> <li>3-2. 量子技術の実装基盤と国際競争力を支える戦略的拠点の構築</li> <li>（2）重要部素材の国産化・サプライチェーンの強靱化、</li> <li>（3）ハードウェア・ソフトウェアにおける技術開発の推進</li> </ul> </li> <li>・量子産業の創出・発展に向けた推進方策</li> </ul>   |
| 課題設定理由   | <p>量子コンピュータは、我が国の情報通信システムにおいても重要となる計算基盤技術であり、新規材料・薬剤開発、輸送・交通の最適化、暗号解読等の非常に多岐にわたる産業分野での活用が期待されている。量子コンピュータの実用化に向けて超電導方式はじめ光量子・中性原子・イオントラップ等様々な計算方式の研究開発が進められているが、いずれの量子コンピュータも単体では量子ビット数や冗長性の制約があり、実用化に必要な大規模計算には複数の量子コンピュータを高信頼に接続して量子ビットの総数を増やす技術が必要とされている。特に中性原子・光量子方式の量子コンピュータにおいて、単体では 2030 年以降の量子ビット数が頭打ちになることが想定されており複数接続が不可欠となる。また消費電力においても、同一規模で単一の量子コンピュータと比較し、いずれの方式においても効果を期待できる。</p> <p>量子コンピュータ間の接続は光子の量子状態を一時的に保持する量子メモリを介して行われるが、既存技術では量子メモリ間のエラー蓄積により有効ビット数が減少するため、低エラー率でスケーラブルな量子メモリ開発が不可欠である。他方で、量子メモリは様々な方式が検討されているがエラー率・メモリ保持時間・ゲート速度・動作環境等の実用化において求められる課題を網羅的にクリアする方式は確立されていない。</p> <p>本課題では複数量子コンピュータを接続した大規模計算を見据え、上記課題をクリアする低エラー率でスケーラブルな量子メモリ技術の開発を行う。また、これと並行し QPU(量子プロセッシングユニット)をはじめとした周辺機器との接続技術の検討や量子中継器としての全体設計の検討を行うことで実用化に向けた課題の抽出を行う。</p> |
| 目指すべき社会像 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・実用化レベルの量子メモリ技術を確立し、複数量子コンピュータを接続した大規模量子計算を可能とすることで、AI データセンタにおける計算処理部分の消費電力のうち、量子コンピュータに置き換えることができるであろう処理に関して同一規模で単一の量子コンピュータと比較し約 30%以上(100~300TWh@全世界)の電力削減効果が期待できる。</li> <li>・量子コンピューティングのスケーラビリティ向上に貢献するとともに、分散量子センシングや量子ネットワークなどの量子産業インフラの共通基盤技術として確立する。</li> </ul> <p>その結果として以下の社会的効果を目指す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・量子コンピュータ単体では扱えない大規模で複雑な問題にも対応可能となり、科学技術進展や新産業創出を可能とする。</li> <li>・高精度な量子アルゴリズム実行により生産性の向上や社会課題の解決を促進する。</li> </ul>   |

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| 技術開発の必要性                    | <p>量子メモリは量子コンピュータ間接続の中核技術である一方、エラー率、ゲート速度、動作環境、製造性、システム統合性の各面において未解決の課題が残されており、実用化に向けた包括的な技術開発が求められている。これまでに、ダイヤモンド中の欠陥中心を用いた量子メモリに関する研究開発が進められてきたが、現状 1%を超えるエラー蓄積により、量子メモリの動作エラー即ち接続エラーが避けられない状況にあった。</p> <p>ここ数年でダイヤモンド SiV 中心（ダイヤモンドシリコン-空孔中心）を用いた量子メモリの動作実証報告等があるが、動作温度が 0.3K と極低温であり、実用化・大規模展開には課題が残る。特に超冷凍機に必要なヘリウム 3 の入手の困難性といった安全保障上の懸念や、入手コストの高さ、必要となるエネルギー量が膨大である、といった懸念点が存在する。</p> <p>ダイヤモンド NV 中心（ダイヤモンド窒素-空孔中心）を用いた量子メモリが有望である一方、素子構造形成の難易度が高いことが課題であり、高精度な製造および特性制御技術の開発が必須である。</p> <p>以上の状況を踏まえ、実用化を見据えた量子メモリの研究開発においては、以下に示す仕様および開発目標を満たす、あるいはそれを上回る技術の創出が期待される。</p> <p>【仕様】</p> <p>I 低エラー率（量子メモリもつれ生成におけるエラー率 1%未満）</p> <p>II スケーラビリティ（量子ビットの非破壊測定が可能）</p> <p>III 小型・省エネ（動作温度 4K 以上で大型冷凍機等が不要）</p> <p>IV メモリ保持時間（既存技術以上）</p> <p>V ゲート速度（量子コンピュータ間接続実現に資するスペック）</p> <p>【開発目標】</p> <p>① I ～ V の仕様を満たす量子メモリ技術の研究開発</p> <p>② QPU-量子メモリ間をはじめとした周辺機器との接続技術に関する性能指標の検討</p> <p>③ 量子中継器としての全体設計の検討</p> |
| 当該課題解決に求められる技術テーマ（例）<br>【注】 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 低エラー率かつスケーラブルな量子メモリに関する研究開発</li> <li>・ 干渉・ノイズ耐性に優れた量子リピーター技術の開発</li> <li>・ 誤り訂正技術の開発（物理量子ビット数を抑えつつ信頼性の高い論理ビットを確保する技術の開発）</li> <li>・ 異種量子ビット間をつなぐインターフェース技術の開発（ハードウェア整合技術）</li> <li>・ 低温・超高真空環境の安定化技術の開発（低温冷却技術の高効率化や電磁シールド・振動制御などのシステムレベルの対策を含む）・製造プロセスの歩留まり改善と集積化</li> </ul>   |
| 関連する国家プロジェクト等               | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業/g5量子コンピュータの産業化に向けた加速</li> </ul>   |

【注】本技術テーマに限定するものではありません

|          |   |
|----------|---|
| I-E1     | 排熱等を活用した水の熱化学分解による低炭素水素製造技術開発   |
| 政策的位置付け  | <p>・ 第 7 次エネルギー基本計画（令和 7 年 2 月）</p> <p>VI. カーボンニュートラル実現に向けたイノベーション</p> <p>2. 各論 （4）次世代エネルギー</p> <p>・ 水素基本戦略（令和 5 年 6 月 6 日）</p> <p>第 3 章 水素社会実現の加速化に向けた方向性</p> <p>3-6. 革新的な技術開発の推進</p>  |
| 課題設定理由   | <p>2050 年カーボンニュートラルに向けて、水素は重要分野の 1 つとして位置づけられ、導入量の拡大と供給コストの低減を目指し、欧米を中心として低炭素水素等の確保に向けたグローバルな競争が始まっている。水素・燃料電池分野で世界をリードしてきた我が国として、低炭素水素等のサプライチェーンの構築を早期に推し進め、世界で拡大しつつある低炭素水素等の市場を獲得していくことが重要である。具体的な水素製造ビジネスにおいては、再エネ電力を用いた水電解によるグリーン水素や CCS を用いたブルー水素が主流であり、多くの研究開発や実証研究が進められているが、水素製造コスト低減に向けては、CAPEX、OPEX とともに乗り越えるべき課題がある。2050 年を見据えた中長期の水素利活用の拡大に向けては、革新的技術の産学官における着実な研究開発が必要となっている。</p> <p>水素を製造するための水の分解反応には、大きく 3 つ存在する（熱化学分解、光触媒（水分解）、水／水蒸気電解）。その中でも水の熱化学分解は、将来的に大規模な水素製造に対応できる可能性が高いと言われており、大幅な水素製造コストの低減が期待されている。</p> <p>熱化学分解は様々なプロセスが知られているが、TRL は高いものでも 4 程度であり実用化されていない。代表的なものでは、高温ガス炉を用いた熱化学法 IS プロセス、一部電解も用いる Cu-Cl プロセス等が知られている。また、近年では、従来法と比して低い温度領域の約 300-400℃（570-670K）で動作する新しいプロセスが報告されている。この温度領域であれば国内の様々な排熱が適用可能であり、このようなプロセスが工業的に実現できれば、脱炭素化に向けたインパクトは大きい。</p> <p>上記の背景に基づき、より低コストかつ大量の低炭素水素製造技術の確立を目指し「排熱等を活用した水の熱化学分解による低炭素水素製造技術開発」として課題設定する。</p> |
| 目指すべき社会像 | <p>目指すべき社会像は、自国資源を用いて安定して低コストな水素を供給できる社会の実現である。再生可能エネルギー資源が豊富な地域では、低コストの再エネ電力を用いた水電解は有力なツールになる。他方、比較的電気料金の高い日本では、水電解装置の TCO（Total Cost of Ownership）を考えた時、電気料金が水素コスト低減に向けて大きな障壁となっている。そこで、日本においては排熱等を用いて安定的に大量の水素製造ができれば、さらなる水素需要の拡大が期待できる。</p> <p>熱化学水分解は、熱エネルギー主体で駆動するため、工場排熱、産業廃熱、発電所の余剰熱、太陽熱、原子炉の高温熱を水素製造に有効に活用できる可能性がある。国内においては、まずはセメント工場、ごみ焼却場、発電所等における排熱を利用することを想定し、より低コストかつ大量に低炭素水素製造が可能なプロセスの基盤を構築することを目的とする。</p>  |

|                             |   |
|-----------------------------|---|
|                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 先導研究でのターゲット：<br/>2050 年の水素製造コスト 20 円/Nm<sup>3</sup>を見据えた、20 L/h の水素生成プロセスの実現</li> <li>・ 社会実装時のターゲット：<br/>例えば、セメント工場のセメントキルンからの排熱を利用した場合、年間 42 トンの水素製造し、約 400 トンの二酸化炭素削減を想定（クリンカ 180 トン/h 規模の場合）</li> </ul>   |
| 技術開発の必要性                    | <p>これまでも高温熱源を用いた水素製造技術は、ターコイズ水素（メタン熱分解）、高温ガス炉を用いた水素製造などが取り組まれているがコスト低減への課題はまだ多い。熱化学水素製造技術に関しては、世界的に取り組まれているが、必要となる熱が 750-900℃（1020-1170K）程度と高温であるため、材料耐久性が未解決である。その他、反応速度と収率の問題等、実用化に向けては様々な課題がある状況。</p> <p>IEA のレポートによれば、水の熱化学分解の TRL は 4 程度であり、代表的なものに高温ガス炉を用いた熱化学法 IS プロセスや一部電解も用いる Cu-Cl プロセスなど 6 つ程度が知られている。一般的に純熱化学サイクルよりも電解ステップを組み込んだハイブリッド熱化学サイクルの方が低温化が可能である。一般的な反応温度領域は、純熱化学法では 1000K 以上、一部の電解も用いるハイブリッド法では、730-1100 K 程度である。</p> <p>現状の温度帯よりも低い中温～低温領域（工場や発電所等からの排熱、太陽熱等）で熱化学分解が達成されれば、さらなる水素コスト低減に向けた可能性が見えてくる。そのためには、以下の技術開発と目標が必要である。</p> <p>【技術開発】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1）現状知られている温度帯よりも低い中温～低温領域での水の熱化学分解の基本原理の解明（熱力学的安定性、反応速度論的制御の評価）</li> <li>2）研究開発用プラントの概算設計と構築（基礎データ取得）</li> <li>3）工業や発電所等から発生する排熱の熱化学水素製造への適用検討（シミュレーション）</li> </ol> <p>【開発目標】</p> <p>水素製造コスト：2030 年 30 円/ Nm<sup>3</sup>、2050 年 20 円/ Nm<sup>3</sup>（政府目標に準じる）</p> |
| 当該課題解決に求められる技術テーマ（例）<br>【注】 | 従来想定していなかったの温度領域（従来法と比して低い中温～低温領域熱源である工場や発電所等からの排熱、太陽熱等）における水の熱化学分解の解明とスケールアップに向けた検討  |
| 関連する国家プロジェクト等               | NEDO水素利用等先導研究開発事業／炭化水素等を活用した二酸化炭素を排出しない水素製造技術調査   |

【注】本技術テーマに限定するものではありません