

I-A1	太陽光発電のサステナビリティ向上に向けた革新的技術の研究開発
政策的位置付け	○革新的環境イノベーション戦略 ①設置場所の制約を克服する柔軟・軽量・高効率な太陽光発電の実現 ○2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 ⑫住宅・建築物産業・次世代電力マネジメント産業
課題設定理由	2050年カーボンニュートラル実現に向けて太陽光発電への期待がますます高まっている。太陽光発電の研究開発は、これまで高性能化、低コスト化、信頼性の向上等に向けて研究開発が進められてきた。一方、太陽光発電が信頼できる電源として今後50年、100年安心して使われるためには、高性能・低コストのみでは十分ではなく、原料供給、大量廃棄、太陽光発電の適地減少などの将来リスクの抜本的な解決が求められている。
目指すべき社会像	本課題では、GHG排出量削減のポテンシャルの大きい太陽光発電の大量導入を可能にする技術開発によって、2050年カーボンニュートラルの実現を目指すものである。
技術開発の必要性	太陽光発電はIEAのネットゼロシナリオにおいて2050年には世界で15TW（現在700GW程度）の導入が予想されている。国内でも現在約60GW、2030年には100GW超、2050年にはさらに大量の太陽光発電の導入が見通されている。大量導入がすすむにつれて、原料供給、環境負荷、大量廃棄、等のサステナビリティの観点でのリスクが顕在化することが予想される。 本研究課題では、サステナビリティに関わる課題解決に資する革新的な太陽光発電技術を対象とするものである。その成果の社会実装により今後の太陽光発電導入の長期持続性を担保することで、太陽光発電の非連続的な容量拡大が加速され、カーボンニュートラルに大きく寄与すると期待される。
当該課題解決に求められる技術テーマ（例） 【注】	高性能・低コスト化を前提として、サステナビリティに関する課題解決に資する次の様な技術テーマを求める。なお、将来の事業化の可能性（将来、企業主体の事業化が可能性が高いテーマ等）の観点も評価を行う。 ・材料・元素戦略に基づいた高環境負荷材料や希少金属・資源等の代替技術 ・リサイクルを前提にした革新的なモジュールの設計・材料・製造技術 ・単位面積あたりの発電量を大幅に拡大するための革新的なデバイス・システム技術
関連する国家プロジェクト等	NEDO「太陽光発電主力電源化推進技術開発」（2020～2024年度） グリーンイノベーション基金事業／次世代型太陽電池の開発（2021～2025年度） NEDO「クリーンエネルギー分野における革新的技術の国際共同研究開発事業」

【注】本技術テーマに限定するものではありません

I—B1	再生可能エネルギーの主力電源化及びレジリエンス強化のための電力系統制御等に関する次々世代技術開発
政策的位置付け	○エネルギー基本計画 ①脱炭素化の中での安定供給の実現に向けた電力システムの構築に向けた取組 ○2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 ⑫住宅・建築物産業・次世代電力マネジメント産業
課題設定理由	・系統制約は再生可能エネルギーの比率が高まるにつれて顕在化するにもかかわらず、その根本的な対策である「電力系統の増強」には、膨大な時間と費用がかかるため、2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、新技術の開発で解決できることを増やしていく必要がある。また、開発した技術を導入・普及するためにも時間を要することから、すぐに研究開発を開始する必要がある。
目指すべき社会像	太陽光発電や風力発電等の出力が天候によって左右される変動性再生可能エネルギーが大量に電力系統に接続されても安定な電力システムを保ち、さらに災害時には分散型エネルギーシステムとして地域に電力を供給し続けることで、2030年再生可能エネルギー比率36～38%の達成及び2050年カーボンニュートラル実現に貢献し、強靱な電気の供給体制を構築する。
技術開発の必要性	現在、不安定な変動性再生可能エネルギーが大量に導入されることにより、電力系統の慣性力不足や電力フリッカの発生等の電力系統上の様々な問題が顕在化しつつある。従来の方法では、多くの費用と期間をかけて電力系統を増強することで対応してきたが、系統増強コストを最小限にしつつ、さらに変動性再生可能エネルギーを導入可能とするため、複数のアプローチの技術開発が必要である。
当該課題解決に求められる技術テーマ（例） 【注】	・疑似慣性 PCS 等を活用した、配電系統及び送電系統における適切な電力系統安定化技術 ・地域の再エネ導入最適化やセクターカップリングに資する分散型エネルギーリソース（DER）の活用技術 ・電力需給ギャップを吸収可能なインバータ技術の開発
関連する国家プロジェクト等	再生可能エネルギーの大量導入に向けた次世代電力ネットワーク安定化技術開発（2019年度～2023年度） 多用途多端子直流送電システムの基盤技術開発（2020年度～2023年度）

【注】本技術テーマに限定するものではありません

I—C1	次世代パワー半導体用インチ級ダイヤモンド放熱ウエハ基盤技術の開発
政策的位置付け	<p>○革新的環境イノベーション戦略</p> <p>⑥高効率・低コストなパワーエレクトロニクス技術等の開発</p> <p>○マテリアル革新力強化戦略「マテリアル革新力」に関する参考資料・データ集 「量子計測・センシング」</p> <p>○量子技術イノベーション戦略 「固体量子センサ（ダイヤモンドNV中心等）」</p>
課題設定理由	<p>次世代パワー半導体材料（SiC, GaN, Ga₂O₃）の温度上昇の解決は、デバイスの性能を左右する重要な課題である。物質中最高熱伝導率を持つダイヤモンドとの貼り合わせによる放熱が有力であり、世界的に様々な方法が研究されている。その際、大型の単結晶ダイヤモンド基板の製造技術が鍵となり、現在はGaN/ハーフインチダイヤを用いたデバイス試作が行われている。今後世界に先がけて4インチウエハの実用化を目指すため、その前段階として、1～2インチ級のウエハ製造技術の確立、大型ウエハの平坦化研磨技術、次世代パワーデバイスとの接合技術、放熱性能の実証を組み合わせた統合技術が必要となっている。</p>
目指すべき社会像	<p>脱炭素社会の実現に向けては、自動車の電動化や電力網の高効率化といった様々な取り組みが不可欠であり、パワーエレクトロニクス技術はその中核技術として期待されている。中でも、従来のシリコンパワー半導体と比較して高効率な次世代パワー半導体材料（SiC, GaN, Ga₂O₃など）を使ったパワーデバイスが注目されており、それらデバイスの温度上昇問題を解決する高性能な放熱技術の早期実用化が脱炭素社会実現の鍵となっている。</p>
技術開発の必要性	<p>産業応用を考えた場合のダイヤウエハのサイズは最低4インチが必要であるが、大型の単結晶ダイヤウエハ製造は難しく、欧米では多結晶4インチウエハを用いて開発されているが、多結晶は単結晶と比して原理的に加工困難で且つ放熱性が低く実用上の問題を抱えている。一方、日本は長年のダイヤモンド結晶成長の研究によって、単結晶ウエハを結合して大型化する世界的にユニークなモザイク単結晶ウエハ技術などが検討されてきている。しかしながら、インチ級モザイクウエハの研磨・加工技術とデバイス作製プロセスとのすり合わせは全くの未知数で、技術の不確実性が高く革新的である。また、この技術によるインチ級ウエハの実証は4インチへの口径拡大の優位性と単結晶並みに高い加工性・熱物性を持つため、高い実用性による普及・拡大が期待でき、インパクトが大きい。</p>
当該課題解決に求められる技術テーマ（例） 【注】	<ul style="list-style-type: none"> ・インチ級サイズのダイヤモンドウエハ結晶成長技術の開発 ・インチ級サイズダイヤモンドウエハを平坦化する研磨・加工技術の開発 ・インチ級サイズのダイヤモンドウエハの接合プロセス技術の高度化 ・インチ級サイズのダイヤモンドウエハによるパワー半導体デバイスの放熱実証 ・ダイヤモンドウエハによる放熱構造を有するパワー半導体デバイスの駆動に必要な高周波／高耐熱受動部品や基板等の開発
関連する国家プロジェクト等	<p>NEDO「高品質、高信頼性を実現する先進パワーモジュール技術／高放熱大面積ダイヤモンド基盤技術の研究開発」（2020～2021年度）</p>

【注】本技術テーマに限定するものではありません

I-D1	将来世代に想定される空飛ぶクルマの飛行技術開発
政策的位置付け	○革新的環境イノベーション戦略 ⑬自動車、航空機等の電動化の拡大（高性能蓄電池等）と環境性能の大幅向上 ○成長戦略フォローアップ 5. モビリティ vi) 陸海空の様々なモビリティの推進、物流改革 ① 空における次世代モビリティ・システムの構築
課題設定理由	<p>2018年8月「空の移動革命に向けた官民協議会」が発足し、「空の移動革命に向けたロードマップ」の策定、実用化に向けたユースケースの検討がなされてきた。ロードマップでは、空飛ぶクルマの実現に向けて、官民が取り組んでいくべき技術開発や制度整備などについてまとめられている。また、「成長戦略フォローアップ（2021年6月18日閣議決定）」においても「空飛ぶクルマ」について、2021年度中に機体及び運航の安全基準、操縦者の技能証明基準などの制度整備の検討を踏まえたロードマップの改訂、2025年の大阪・関西万博での「空飛ぶクルマ」の世界発信に向けて、2023年以降、大阪周辺の水上部などでの飛行実証を行うことが掲げられている。</p> <p>空飛ぶクルマの社会実装のためには、電動化や自動化等の「技術開発」、実証を通じた運航管理や耐空証明等の「インフラ・制度整備」が必要である。特に空飛ぶクルマを都市部で運航するためには、静音性や安全性といった「社会受容性」の向上や夜間・悪天候時も運航可能な就航率の向上の課題を解決するための以下技術が必要である。</p> <p>① [機体制御・シミュレーション技術] 空飛ぶクルマの都市上空飛行・都市内離着陸を実現するためには、悪天候・ビル風（・地上や空中の障害物）といった複雑で刻一刻と変わる外部要因に対し、最適に対応する機体やインフラの開発が必要である。また、夜間飛行・離着陸時には周辺居住者の日常生活に支障を及ぼさない程度の静音性および複数運航に対しての騒音管理が必要である。機体を製作し安全性を確認するには多くの時間と費用を要するため、機体やインフラ技術の開発と共にシミュレーション技術を開発し、機体開発を加速する必要がある。</p> <p>② [センシング技術] 高速飛行する空飛ぶクルマは、遠距離にある飛翔体（他機体・ドローン・鳥など）や物体を、夜間・悪天候下においてもリアルタイムにセンシングし、衝突を回避することが求められる。</p>
目指すべき社会像	<p>安全性、静音性はともに型式証明の要素で、また、社会が空飛ぶクルマを受け入れる上で安心とともに優先順位が高い。安全で静かな機体が開発できることで、都市部上空で飛行可能になること、都市部での社会実装受け入れの可能性が高まり、都市の利便性が向上するといった点でインパクトが大きい。</p> <p>また、複雑な環境下において、遠距離の飛翔体や物体を認識するためのセンシング技術を開発することで、安全に高速飛行が可能となること、夜間・悪天候下でも飛行でき旅客・輸送事業の成立に貢献できるといった点でインパクトが大きい。</p> <p>課題を解決し、電動推進の空飛ぶクルマが普及することで、既存の化石燃料で運航されている交通・輸送手段を代替することでCO2排出量の削減が見込まれる。</p>

<p>技術開発の必要性</p>	<p>① [機体制御・シミュレーション技術] 空飛ぶクルマの外部要因の中で、悪天候・ビル風といった複雑な環境要因への対応は、安全性の向上や就航率向上のために重要であり、海外でもドローンや空飛ぶクルマが運航されるエリアの気象状況の確認・予測・対応への注目が高まっている。機体制御やインフラの整備は難易度が高く、また、実機相当の評価に使えるシミュレーション技術開発も難易度が高く、国内においては研究開発投資も十分になされていない状況にあるが、空飛ぶクルマの都市部実装には必要不可欠である。</p> <p>② [センシング技術] 空飛ぶクルマの無操縦者化にあたり、操縦者が担っている前後・左右・上下の全方向から高速接近する他機体の位置と向き認識を人に替わって行う必要がある。これまでのドローンに関する研究開発では、空中の第三者の立入が限定された運航が前提であったため複雑な環境要因を考慮することが出来ておらず、人を乗せた空飛ぶクルマの有人機遭遇確率の高いエリア飛行への応用は検討段階にとどまっている。</p>
<p>当該課題解決に求められる技術テーマ（例） 【注】</p>	<p>① [機体制御・シミュレーション技術] ・飛行空域の環境把握・予測・伝達コンセプトの決定 ・姿勢制御の要求性能の決定と、必要な離着陸時にロータ回転を補助する推進機構の開発 ・姿勢制御の要求性能の決定と、必要な複数の推進機関の最適制御技術の開発 ・悪天候検知、予測、伝達システムの開発 ・空飛ぶクルマの飛行制御に関する技術開発 ・空飛ぶクルマ高精度飛行シミュレーション ・空飛ぶクルマを実現するための解析技術開発 ・空飛ぶクルマ非常着陸時安全性評価技術開発 ・（配送ドローン向け）LiDARのための高性能デバイス／コンポーネントの開発</p> <p>② [センシング技術] ・遠距離・夜間・悪天候下を含む全天空スキャニング技術開発 ・要求性能を満たす高速・高解像度スキャニング技術開発 ・スキャンデータを高速に解析する技術開発</p>
<p>関連する国家プロジェクト等</p>	<p>・ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト</p>

【注】 本技術テーマに限定するものではありません

I-D2	高効率な光無線給電技術開発
政策的位置付け	○革新的環境イノベーション戦略 ⑥高効率・低コストなパワーエレクトロニクス技術等の開発 ⑬自動車、航空機等の電動化の拡大（高性能蓄電池等）と環境性能の大幅向上
課題設定理由	<p>モビリティの電動化に伴い無線給電方式の検討が進められており、効率やコスト面から光給電技術に対する期待がある。光無線給電の利用に向けては、技術面だけでなくインフラ整備の必要性など多面的な課題はあるが、特に高エネルギー効率給電のポテンシャルが高い短波長光源、受光デバイスの開発がキーと考えられている。</p> <p>そこで、本技術の早期の実用化を目指し、光無線給電システムのポテンシャルを明らかにし、半導体発光・受光デバイスや、制御システムの最適化の技術開発に取り組む。</p>
目指すべき社会像	<p>小出力の無線給電技術は、配線フリーで小型デバイスへの電源供給方法として屋内を中心に利用されていくと考えられるが、高効率の光無線給電を開発できれば、ドローンへの空中給電が可能となり、バッテリー容量を大きく減少させることができ、機体重量の低減により飛行時間、距離など、利用効率や利便性が格段に向上する。また、災害時のインフラ確保への活用や、EVへの給電も考えられる。</p> <p>このほか、水中の光給電技術を確立できれば、ドローンや装置への電力供給が可能となり、水産資源探査、養殖場、港湾設備、インフラ管理、洋上風力発電の適地選定、海底ケーブル敷設など様々な用途が考えられる。給電と同時に空間光通信により高速データ収集も可能になる。</p>
技術開発の必要性	<p>無線給電は既存の構成要素で実現可能であるが、現状はマイクロ波や GHz 帯電波による給電、赤外光の光無線給電の検討が行われているのみで、実例は多くない。特にドローン等への電力供給については、給電の効率の観点から光無線給電の技術の確立が重要と考えられるが、一層の効率化と安全の確保の課題が挙げられている。この課題に対し、エネルギー損失が少なく、高エネルギー効率給電のポテンシャルがある短波長の発光・受光デバイスの開発が求められる。このほか、安全の確保においては、正確に受光デバイスに照射するための基盤技術の確立、センシング技術を使って安全装置と組み合わせるシステム化が必要である。</p>
当該課題解決に求められる技術テーマ（例） 【注】	<ul style="list-style-type: none"> ・長距離光無線給電基盤技術の研究開発 ・移動体への高効率な光無線給電用光源、受光デバイスの開発 ・光無線給電用送受電システムの開発 ・光無線給電の安全性、信頼性に関する研究 ・長距離光無線給電の実証のための課題調査 ・水中、海中における高自由度光給電の研究
関連する国家プロジェクト等	SIP IoE社会のエネルギーシステム

【注】本技術テーマに限定するものではありません

I—E1	水素社会構築に向けた水素冷熱を利用した超電導関連技術開発
政策的位置付け	<p>○革新的環境イノベーション戦略</p> <p>⑨利用・発電：低コスト水素ステーションの確立や、低 NOx 水素発電の技術開発 ⑬自動車、航空機等の電動化の拡大（高性能蓄電池等）と環境性能の大幅向上 ⑭水素を燃料とするモビリティの確立</p>
課題設定理由	<p>・2050年CN実現のため、現在、水素を活用する水素社会の構築が進められているが、その実現の際には、水素キャリアの一つである-253°Cの液体水素の冷熱を有効活用することが極めて重要になると想定される。一方で、LNG火力発電などにおいて、-162°CのLNG冷熱が有効利用された例はまだ多くない状況で、さらに90°C程度低温にする必要がある液体水素は、より液化動力が大きいため、経済性を成立させることが難しくなると考えられる。そのため、液体水素ゆえの低温利活用、液体水素の製造輸送サイクルの検討など、-253°Cの冷熱利活用方法を構築することが求められる。この液体水素冷熱の利用先として、水素燃焼ガスタービンと組み合わせられる、高温超電導材で構成されたコイルを有する発電機や、モビリティ用途のモーター、系統安定化に寄与する超電導機器（SMES）など、既に液体水素があるところで使用する超電導機器が想定されるが、冷熱を発電機コイルの冷媒として利用できることから、エネルギーを無駄なく利用することが可能となる。</p>
目指すべき社会像	<p>カーボンニュートラル達成のため、液体水素サプライチェーンが構築され、その水素を用いた水素燃焼ガスタービンによる水素発電所が普及する。また、自動車や航空機などのモビリティの燃料としても、液体水素が普及する。このとき、発電所で使われる発電機のコイルやモビリティの電動モーターのコイルなどに超電導線材が使われ、この冷媒として液体水素冷熱が活用されることで、CO2排出量削減と省エネルギーの両方が達成される。このような技術が普及した社会を目指す。</p>
技術開発の必要性	<p>液体水素サプライチェーンが構築されるた状況で、液体水素の持つ冷熱を有効活用することは、水素サプライチェーンのエネルギー効率や経済性を高めることになり、社会に対するインパクトは大きく、また、水素エネルギーシステムにおける種々の組み合わせや、その中での超電導発電の位置づけを検討することなど波及効果も期待できる。</p>
当該課題解決に求められる技術テーマ（例） 【注】	<ul style="list-style-type: none"> ・超電導機器用冷媒→極低温冷却設計、極低温流体流動制御、超電導線材材料技術 ・ペイロードと航続距離を大幅に増加させるための超電導技術を使った推進システムの研究開発 ・軽量・高出力の推進用超電導誘導機の開発 ・ゼロエミッションを達成する水素ガスタービン+超電導発電機の電源の開発 ・系統安定化超電導機器（SMES）の開発
関連する国家プロジェクト等	<ul style="list-style-type: none"> ・未利用エネルギーを活用した水素サプライチェーン構築実証事業

【注】本技術テーマに限定するものではありません

I-F1	昇温幅 100℃以上で駆動する革新的なヒートポンプ、廃熱発電及びそれらを実現するための熱交換、蓄熱等も含めた熱マネジメント高度化技術開発
政策的位置付け	○革新的環境イノベーション戦略 ⑳未利用熱・再生可能エネルギー熱利用の拡大
課題設定理由	給湯に代表される民生分野および化学に代表される産業分野において、エネルギー需要として熱の役割は大きい。オイルショック以来、ヒートポンプやピンチテクノロジーなどが開発され、省エネルギー技術に関しては世界をリードする立場にあった。しかしながら、2050年カーボンニュートラルの実現には化石燃料の燃焼による熱エネルギーの利用からの脱却が必須であり、再生可能エネルギーの大量導入も欠かせないものとなっているため、これらを解決するための革新的な省エネルギー技術が必要である。 本課題では、昇温幅 100℃以上で駆動する熱→熱（ヒートポンプ）、熱→電気（廃熱発電）及びそれらを連携させる熱交換、蓄熱技術等といった革新的な熱の連携技術を検討する。これにより、各産業の省エネルギー化とともに、民生（地域、公共施設）との間で高度に熱を連携させて駆動するような脱炭素型の熱利用プロセスおよびそれらを最適化するシステム等の革新的な省エネルギー技術の実現が可能となる。
目指すべき社会像	上述のように、各産業の省エネルギー化とともに、民生（地域、公共施設）との間で高度に熱を連携させて駆動するような脱炭素型の熱利用プロセスおよびそれらを最適化するシステム等の革新的な省エネルギー技術の実現を目指し、素材産業やデータセンターなど幅広い産業分野での利用拡大も視野に入れ、一層のCO2排出量削減を目指す。
技術開発の必要性	2050年カーボンニュートラルの実現には、化石燃料の燃焼による熱エネルギーの利用からの脱却が必須である。また、再生可能エネルギーの大量導入も欠かせないものとなっており、その変動を吸収することも必要である。これらを解決するための革新的な省エネルギー技術として、従来にないヒートポンプや廃熱発電、及びそれらを実現するための熱交換、蓄熱等も含めた熱マネジメント技術の開発が必要となる。
当該課題解決に求められる技術テーマ（例） 【注】	<ul style="list-style-type: none"> ・システム設計：省エネシステムのための多目的最適化 ・変動対応プロセス設計 ・熱電変換ヒートポンプ開発：分離膜を用いた革新的ヒートポンプ、廃熱発電の開発 ・熱交換分離膜開発：モジュールに対応した伝熱・分離技術の開発
関連する国家プロジェクト等	NEDO「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」（2015年度～2022年度）

【注】本技術テーマに限定するものではありません

I-F2	超スマート社会の高性能な情報基盤確立に資する省エネルギーなマテリアル・デバイス開発
政策的位置付け	<p>○「<u>2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略</u>」</p> <p>⑥半導体・情報通信産業</p> <p>○「<u>マテリアル革新力強化戦略</u>」</p> <p>エレクトロニクス材料によるカーボンニュートラルの実現</p> <p>○「<u>産業技術ビジョン2020</u>」</p> <p>V. Society5.0 を実現する Intelligence of Things とそれらを支えるデジタルテクノロジー</p>
課題設定理由	<p>・あらゆる情報やシステムが高度に結びついた超スマート社会においては、多種多様な情報を集めるためのモノのインターネット(IoT)化や、膨大な情報をクラウド、フォグ、エッジの適所にて処理するコンピューティングが重要な役割を果たす。そのため、センサデバイスや情報処理デバイスが大量に必要となり、今後の更なるデジタル化の進展と共に消費電力が大幅に増大し、CO2排出量の増加に繋がることが懸念される。加えてセンサデバイスにおいては、配電や電池メンテナンスが困難な場所に対応可能な製品がまだまだ少ないという電源問題がある。</p> <p>センサデバイスおよび情報処理デバイスの両者には、大幅な低消費電力化が求められる。低消費電力化のためには、半導体デバイスにおけるプロセス微細化や3D実装化、電力制御素子の高効率化、無給電で駆動する素子の開発、放熱部材の高熱伝導化、などの種々の部品における大幅な性能向上が、あるいは More than Moore と呼称されるような次世代の新規構造・原理の導入が欠かせない。</p> <p>また、センサデバイスでは電源問題に対応する給電技術や振動、温度差、光等の環境中のエネルギーを高効率に取り出す環境発電技術の高度化も必要である。給電技術や環境発電技術では、高効率にエネルギーを供給可能で、低生産コスト、小型化、耐久性等の性能も満たすことが求められる。</p> <p>本課題では、上述の問題点を考慮した低消費電力化や給電技術・環境発電技術の高度化等の高性能な情報基盤確立に対して波及効果が大きい革新的なマテリアル開発あるいは画期的なデバイス構築に取り組む。</p>
目指すべき社会像	<p>電力の消費量や供給方法に制限されない情報処理デバイスやセンサデバイスにより、あらゆるモノや場所における多種多様なデータの収集・解析・活用を実現することで、環境負荷が低く、個々人の多様なニーズへの細かな対応が可能となる高性能な情報基盤が確立された超スマート社会</p>
技術開発の必要性	<p>低消費電力での高速処理が可能な情報処理デバイスの確立や、低コスト・小型・高耐久で外部電源フリーなセンシングデバイスの実現は、これまでデバイス利用が制限されていた領域における高度IoT化を加速することとなり、超スマート社会の実現に向けて大きな波及効果が期待される。</p>
当該課題解決に求められる技術テーマ(例) 【注】	<ul style="list-style-type: none"> ・新規デバイス構造に対応したCMP部材、高解像度のレジスト材、低抵抗配線・再配線、高/低誘電率の絶縁層、小型MLCC材料、高熱伝導放熱材、高成形性・高耐久性の半導体封止材 ・センサデバイスの電源問題を克服する革新的な給電技術 ・振動、温度差、光等の環境中のエネルギーを高効率に取り出す革新的な環境発電技術
関連する国家プロジェクト等	<ul style="list-style-type: none"> ・NEDO「高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発」(2016年度～2027年度) ・NEDO「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業」(2021年度～2025年度) ・JST「研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)IoT、

	ウェアラブル・デバイスのための環境発電の実現化技術の創成」(2015年度～2020年度)
--	--

【注】本技術テーマに限定するものではありません

I-G1	農林水産業における温室効果ガス排出削減技術の開発
政策的位置付け	革新的環境イノベーション戦略 V. 農林水産業・吸収源 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 ⑨食料・農林水産業
課題設定理由	・「革新的環境イノベーション戦略」の課題として、「最先端のバイオ技術等を活用した資源利用及び農地・森林・海洋へのCO ₂ 吸収・固定」「農林水産業における再生可能エネルギーの活用&スマート農林水産業」等が掲げられた。 ・その中で、世界の温室効果ガス排出量の約1/4を占める農地・家畜由来の温室効果ガス削減の技術開発に早期に取り組み、経済合理性を有する革新的技術を世界に先駆けて確立する。 ・また、農林水産業・食品分野における省エネ・脱炭素化技術を深化させることで、日本産農産物・食品のブランド価値をさらに高め、輸出目標の着実な達成を図る。 ・将来的にはそれら高度な技術・ノウハウを輸出産業化して、新たな成長産業に導くことが重要である。
目指すべき社会像	・CO ₂ 固定ポテンシャルの高い農法等で生産された農作物の「環境価値」を消費者に効果的に訴求し、消費者や関連事業者がそのような望ましい生産活動を共に支え合うことができる新たな経済社会システムのモデル構築を目指す。 ・国産材を原料とする等方性大断面材の大幅な低コスト化、水産業における広域な藻場の造成や海藻供給システムの構築によるブルーカーボンの実用化、化石燃料に依存しないエネルギー自立型の園芸用温室の実用化、食品製造や流通における熱利用の最適化など、革新的技術開発に伴う環境的経済的に進化した農林水産業の構築を図る。
技術開発の必要性	以下に関する革新的技術やプラントの開発が必要である。 ・バイオ炭によるCO ₂ 固定の営農技術と、バイオ炭を大量かつ低コストに製造できる革新的製造プラント ・高層建築物等の木造化の低コスト化に資する製材技術 ・水産業におけるブルーカーボン実用化のための藻場造成技術や海藻供給システム、新たなCO ₂ 吸収源と期待される水素酸化細菌の大量培養・利用技術の開発 ・ゼロエネルギーグリーンハウスにおいて農作物の単収を高める超精密環境制御技術 ・食品製造・流通における熱の再利用率を向上する熱利用の最適化システム、及び熱・エネルギー消費の最小化と農林水産物・食品の鮮度を長期間維持することを両立する技術
当該課題達成に求められる技術テーマ（例） 【注】	・ゼロエネルギーグリーンハウスに関する技術 ・ゼロエミッション型の食品製造や流通システムに関する技術 ・家畜排泄物等からナノセルロース等の有用物を生産する技術 ・余剰電力を活用した次亜塩素酸水等による排水処理技術 ・高機能バイオ炭の供給・利用技術の確立 ・高層建築物等の木造化を加速する部材の開発 ・ブルーカーボンを推進するための海藻バンク整備技術の開発 ・水素酸化細菌の大量培養技術及び利用技術の開発 ・農産物等の革新的流通システムの開発
関連する国家プロジェクト等	○2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 ただし、本課題は、グリーン成長戦略の食料・農林水産分野の内容を広く補足・拡充するものだが、グリーンイノベーション基金事業の研究開発内容は、対象

	としない方向性。
--	----------

【注】本技術テーマに限定するものではありません

I—H1	革新的なアンモニア電解合成技術の開発
政策的位置付け	○第6次エネルギー基本計画 ○2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 ②水素・燃料アンモニア産業
課題設定理由	<p>現在、アンモニアは、天然ガス等の化石燃料を改質して得られる水素と空気中の窒素からハーバーボッシュ（HB）法により合成され、肥料や化学品原料として使われている。カーボンニュートラル燃料として期待される燃料アンモニアは、将来的には、再生可能エネルギーの電力を利用した水電解の水素からアンモニア（グリーンアンモニア）を製造することが期待されている。しかしながら、この方法は水電解とアンモニア合成の2ステップが必要となる。本課題では、電極セルで水電解とアンモニア合成の2ステップを一段で実施できる簡素で運転性の高いプロセスを構築でき得る画期的なアンモニア電解合成等（TRL：概ね2相当）の開発を目指す。特に、プロトン伝導型の電解質等を用いた電解合成技術に期待が寄せられる中で、電流効果やアンモニア生成速度、作動温度の観点から既存技術を凌駕する触媒や電解質、電極等の材料開発やセル製造技術の開発、更に操作条件の最適化が、反応機構の解明や原理的検証をした上でラボレベルまで進めば、本電解合成技術の開発が一気に加速することが期待される。</p>
目指すべき社会像	<p>2050年カーボンニュートラルの実現には、海外の豊富な再生可能エネルギーを電力以外の形で輸入することが必要であり、グリーンアンモニアの燃料としての活用は、有望なエネルギー源としてグリーン成長戦略でも期待されている。この社会の実現のため、グリーンアンモニアのコスト低減が強く期待されているところ、アンモニアの電解合成等技術により製造コストが低減されれば、燃料アンモニアの普及拡大によりGHG削減に大きく貢献できる。社会実装の導入段階では小規模装置としてアンモニアの地産地消に活用できることや、電解質や電極の材料開発やセル構造などから成る電解合成技術は水電解やアンモニア合成に留まらず、他の合成燃料や化成品の製造技術への波及も期待される。</p>
技術開発の必要性	<p>天然ガスの改質による水素製造と水電解による水素製造を比較した場合、現状水電解装置では、規模とコスト面で技術革新の必要がある。アンモニア合成もHB法の鉄系触媒はコストと耐久性の面で100年の歴史がある優れた触媒である。アンモニア電解合成技術は、電解セルの中で、水電解による水素製造と触媒によるアンモニア合成の2つのプロセスの反応を1ステップで行うもので、従来の水電解のセル技術やアンモニア合成触媒技術等を凌駕する技術革新が必要となる。</p>
当該課題解決に求められる技術テーマ（例） 【注】	<ul style="list-style-type: none"> ・プロトン伝導型アンモニア電解合成の開発
関連する国家プロジェクト等	<ul style="list-style-type: none"> ・グリーンイノベーション基金事業／燃料アンモニアサプライチェーンの構築プロジェクト 研究開発項目1 アンモニア供給コストの低減

【注】本技術テーマに限定するものではありません

I-I1	木材等の有機素材の資源循環技術の開発
政策的位置付け	2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 ⑨食料・農林水産業、⑬資源循環関連産業
課題設定理由	<ul style="list-style-type: none"> ・製品化された有機素材の焼却等による大気へのCO₂排出を回避し、有用な炭素資源を有効活用しつづけるための革新的な資源循環技術の確立が急務である。 ・ネガティブエミッション／カーボンニュートラルに貢献する循環社会の構築を目指し、有用な炭素資源として有機素材（木質資源、タイヤ、繊維等）を対象に、水平リサイクル・アップサイクル、及び高機能化・高付加価値化等の資源循環性の向上に資するリサイクル技術の開発を実施する。 ・プラスチックリサイクルに係る技術開発については、ナショナルプロジェクト等で先行していることから、本テーマではそれ以外の有機素材を対象とした課題設定とする。
目指すべき社会像	<ul style="list-style-type: none"> ・木質素材については、木材の強度を上げて高耐久化させることで多数回の再利用と多用途展開を図り、木材燃焼によるCO₂排出量の削減や、CO₂発生量の多いコンクリートやプラスチックなどの素材からの置換を促進させる。 ・タイヤについては、サーマルリサイクルからの脱却を図りケミカルリサイクルに転換することでタイヤ素材として再利用を図り、燃焼によるCO₂排出量の削減を促進させる。 ・繊維については、新規プロセスにより、これまでのリサイクル技術ではなし得なかった機能面でのアップサイクルを図る。 ・上記技術を普及させることにより、CO₂排出量の削減や新しい資源エネルギー循環産業の創出、環境課題への貢献など、社会的インパクトは大きい。
技術開発の必要性	<ul style="list-style-type: none"> ・木質素材の高耐久化については、木の細胞壁を膨潤させ構造緩和させた状態で樹脂等をナノレベルで反応させる技術を開発する必要性がある。 ・タイヤのケミカルリサイクルについては、低温でオリゴマーに分解する触媒やプロセスを開発する必要性がある。 ・繊維のアップサイクルについては、材料溶解から紡糸工程においてセルロース鎖間の高結晶化技術を開発する必要性がある。
当該課題達成に求められる技術テーマ（例） 【注】	<ul style="list-style-type: none"> ・木質素材の機能化処理技術 ・対象木質資源の選別技術の高度化技術 ・タイヤの低温での油化・オリゴマー化・モノマー化技術 ・高活性カーボンブラックリサイクル技術 ・廃棄物由来繊維資源の高機能アップサイクル技術
関連する国家プロジェクト等	○2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 ただし、グリーンイノベーション基金事業／CO ₂ 等を用いたプラスチック原料製造技術開発では、プラスチックを対象としているため、本テーマ課題ではプラスチックは対象外とする。

【注】本技術テーマに限定するものではありません

I-J1	環境負荷の大幅低減を実現する水資源から脱却した省エネルギー製造プロセス技術の開発
政策的位置付け	<p>○「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」 ①カーボンリサイクル・マテリアル産業、⑬資源循環関連産業</p> <p>○「マテリアル革新力強化戦略」 世界一低環境負荷な社会システムの実現</p>
課題設定理由	<p>・世界的な持続可能性への関心の高まり、社会ニーズの多様化・複雑化により、マテリアル分野においても、資源を循環させて廃棄量を最小化するサーキュラーエコノミーの実現や、製造から廃棄までのライフサイクル全体のエネルギー使用量および環境負荷の大幅低減が、これまで以上に求められている。また ESG投資の拡大により、従来の製品・サービスの提供だけでなく、持続可能性への取組をひとつの価値として創造・提供することは、新たな市場の獲得にもつながる可能性がある。</p> <p>・本課題では、繊維産業や製紙産業等の多段階の工程で大量のエネルギーおよび水を消費する産業分野を対象とする。製造工程に係る水の使用をなくし、省エネルギー化に資する、革新的な製造プロセス技術を開発することで、エネルギー使用量および環境負荷（廃液量、二酸化炭素排出量等）の大幅低減を実現し、持続可能性に向けた取組を加速する。</p> <p>・一例として、繊維産業における環境配慮に向けては、一部先進的な取組が見られるものの、産業全体には広がっていない状態にある。例えば、染色加工工程は大量の熱と水を使用するため環境負荷が大きく、中でも染色整理業で排出される廃液量は全産業の20%を占めており、環境配慮に向けた取組が不可欠である。</p>
目指すべき社会像	従来のリニアに資源を大量消費するプロセスを抜本的に見直した製造プロセス技術の実装により、エネルギー使用量および環境負荷を大幅に低減する。さらに、持続可能な製品・サービスの提供を加速することで、産業の国際競争力強化と国内基盤強化の実現に貢献する。
技術開発の必要性	多段階の製造工程において水を使用しない省エネルギー製造プロセス技術は開発のハードルが非常に高いが、実現できればエネルギー使用量および環境負荷の大幅低減につながる。さらに、持続可能な製品・サービスの提供を加速し、国内生産基盤強化および国際競争力向上につながるため波及効果は大きい。
当該課題解決に求められる技術テーマ（例） 【注】	・繊維産業や製紙産業等における多段階の製造工程を一体的に実施し、水を使用しない省エネルギー製造プロセス技術の開発および実用化に向けた要素技術の開発
関連する国家プロジェクト等	-

【注】本技術テーマに限定するものではありません

I-K1	革新的な膜等を利用した産業排水からの資源回収システム
政策的位置付け	2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 ⑬資源循環関連産業
課題設定理由	<ul style="list-style-type: none"> ・産業排水の処理は、多大なエネルギーを必要とする（CO₂を大量に発生させる）蒸留を主とした方法で、無害化、汚泥減容化、溶剤・資源回収を行っている。 ・CN実現に向けてはエネルギー消費量の少ない分離回収システムが必要であり、本課題では、膜分離等を利用して有機溶剤・油脂・資源を効率的に回収することを目指す。 ・さらに、新規凝集剤・膜技術・全体システムの高度制御技術等を開発し、コンパクトで高効率に資源（リン等）を回収する技術を確立することで、従来技術ではカバー不可能だった低濃度廃水まで裾野を広げる。
目指すべき社会像	<ul style="list-style-type: none"> ・産業排水から超省エネルギーで有機溶剤・油脂を回収するシステム、および低濃度廃水から資源（リン等）を回収するシステムの開発をするもので、当該システムを実装する地域内でのエネルギー・資源回収率を向上させ、面的（下水等）に普及することにより、これまでにない資源エネルギー循環産業を創出する等、社会的インパクトは大きい。
技術開発の必要性	<ul style="list-style-type: none"> ・産業排水から有機溶剤・油脂を回収するシステムは、水と有機溶剤・油脂を高速分離する耐溶剤性新規分離膜技術、および溶剤濃縮プロセスを開発する必要性がある。 ・低濃度廃水から資源（リン等）を回収するシステムは、凝集・生物変換・分離・濃縮・吸着といった複数の要素過程を1ステップに融合させたコンパクトな膜プロセスを2つ（凝集 MBR、嫌気消化 MBR）開発、さらにそれらをつないで制御するシステムを実現する必要性がある。
当該課題解決に求められる技術テーマ（例） 【注】	<ul style="list-style-type: none"> ・耐有機溶剤安定性・超高压耐性・耐ファウリング性等を有する膜開発 ・有機溶剤の高濃度濃縮技術 ・ファウリングを低減する新規凝集剤の開発 ・プロセスの高度制御・最適化技術
関連する国家プロジェクト等	—

【注】本技術テーマに限定するものではありません

Ⅱ-1	デジタル・AI 技術を活用した新産業創出や地域課題解決につながる革新的研究開発
課題設定理由	これまで注目されていたものの革新的な突破口が見つからず産業に発展できていない分野での課題や、少子高齢化をはじめ地域社会で顕在化している課題解決を図るべく、デジタル技術やAI 技術を活用した、不確実性が強くリスクは高いもののハイインパクトな革新的技術シーズを選定するため。
目指すべき社会像	破壊的イノベーションを創出する非連続な技術革新により、社会課題の解決と経済成長の両立の達成を目指す。
技術開発の必要性	<ul style="list-style-type: none"> ・デジタル技術を主導とした研究開発は、近年盛んに行われているが、依然として、時間や原料等の資源が大量に消費されている。 ・また、地域を活性化し、世界とつながる「デジタル田園都市国家構想」の実現にむけては、デジタル技術を活用した革新的な新産業の創出、交通・物流の確保、教育機会や医療・福祉の充実等が必要とされている。 ・これら課題を解決し、新たな産業を創出するため、デジタル・AI 技術を活用した技術開発を行う必要がある。
当該課題解決に求められる技術テーマ（例）	<p>【技術テーマ例】 ※下記テーマは一例であり、採択分野・技術を限定するものではない</p> <p>①デジタル・AI技術を活用した新産業創出につながる研究開発 <例></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ものづくり分野における開発・設計・製造等多数の個別要素技術の統合・最適化を実現するデジタル技術等を用いた知識基盤の構築 ・高齢者・ハンディキャップのある人への支援や健康な生活につながる自律的な行動変容を促進する先進技術の開発 <ul style="list-style-type: none"> - 非侵襲で人に負担を与えずに健康状態のリアルタイムモニタリングを可能とする技術 - 生体化学物質を高感度かつ短時間で分析可能となる小型分析装置の開発 - 人の行動を反映した情報処理を活用して行動変容を促す情報提示デバイス <p>技術開発</p> <p>②地域特有の課題解決に資するAI を活用した革新的研究開発</p> <ul style="list-style-type: none"> - 人口減少・高齢化に起因する諸問題の解決にむけた先端研究開発 - 地域社会、地域経済の停滞に起因する諸問題の解決にむけた先端研究開発 - 非日常災害（自然災害とパンデミックの同時発生等）への対応 - 分散する地域ビックデータを活用した新産業の創出にむけた先端研究開発
関連する国の戦略、国家プロジェクト等	<p>○第6期科学技術・イノベーション基本計画（2021年3月26日閣議決定）</p> <p>○統合イノベーション戦略2021（2021年6月18日閣議決定）</p> <p>○産業技術ビジョン2020（2020年5月29日、経済産業省）</p> <p style="padding-left: 20px;">V. Society5.0 を実現する Intelligence of Things とそれらを支えるデジタルテクノロジー</p> <p>○AI 戦略2021（5）地方創生（スマートシティ）</p> <p style="text-align: center;">Ⅲ-1-20-050</p>

II-2	量子先端技術の社会実装の促進に資する基盤技術の開発
課題設定理由	<p>世界的に知識集約型社会へのパラダイムシフトが急速に進展する中、我が国では、近い将来、急速な高齢化・労働人口の減少等が見込まれる。我が国の産業競争力を強化し、情報通信、製造、創薬・化学等、幅広い産業・社会分野で新たな価値を創出し、研究開発力を飛躍的に向上させる技術ツールとして量子技術が挙げられる。</p> <p>しかしながら、現状の量子先端技術の研究開発は、量子関連の研究者を中心とした取組がほとんどであり、一方で、既存の研究開発では既存のサービスで入手可能な古典コンピュータの活用にとどまっており、多様な研究開発成果の相互利用が進んでいない。量子コンピュータなどの最先端技術の成果を、早急に幅広い研究開発分野や産業・社会分野で活用していくためには、古典コンピュータを活用した研究開発に取り組む事業者による量子コンピュータ由来の新たなアルゴリズムや計算手法の利用を促進し、多様な分野において研究開発することが不可欠である。そこで、量子 Inspired 技術や、量子コンピュータと古典コンピュータのハイブリッドアルゴリズム/ソフトウェア技術の研究開発での利用促進や産業・社会実装に資する研究開発を行う。</p>
目指すべき社会像	<p>現在利用されている古典コンピュータの性能全てを量子特性に置き換えることは、技術的にもコスト的にも非現実的であるが、部分的に導入することができれば、社会実装の実現性がより高くなる。その際、既存のソフトウェアやデータ等の資源は引き続き活用されることになる。本研究開発により、それらの資源と量子技術を結合するための様々な技術が並行して準備され、誰もが簡単に量子技術に触れる機会を増やすと同時に、幅広い産業、社会分野での量子技術の社会実装可能性を見出し、また、量子 Inspired 技術の更なる発展を狙う。そして、幅広い産業、社会分野において量子技術が浸透し、世界と伍する量子市場が国内で形成された社会を目指す。</p>
技術開発の必要性	<p>情報通信、製造、創薬・化学等の各産業分野での活用に適した量子/古典をつなぐアルゴリズムやソフトウェアの開発を推進することで、多様な産業分野で解決が困難となっている組み合わせ最適化や量子化学現象等の諸問題の解決に、量子先端技術が大きく貢献し、量子関連の研究者以外にも広く利活用が広がることで、広範な研究開発分野でのイノベーションが期待される。</p> <p>これにより量子先端技術の研究開発や産業における技術ツールとして利用が促進すれば、インフォマティクスによる製品やプロセスの設計、サプライチェーンの管理が飛躍的に効率化することが期待される。</p>
当該課題解決に求められる技術テーマ（例）	<ul style="list-style-type: none"> ・古典/量子ハイブリッドコンピューティングを実現するアルゴリズム、ソフトウェアの開発 ・量子先端技術に適した解析問題の探索と新たな解析方法の開発
関連する国の戦略、国家プロジェクト等	量子技術イノベーション戦略(5) 主要技術領域 i) 量子コンピュータ・量子シミュレーション