資料２－２

2050 年カーボンニュートラル
に伴うグリーン成長戦略
（案）

令和３年６月２日

内閣官房

経済産業省

内閣府

金融庁

総務省

外務省

文部科学省

農林水産省

国土交通省

環境省

本戦略は、表紙に掲げた府省庁が、各担当分の記載等を行っている。

内閣府は、所掌が多岐にわたるが、経済社会総合研究所及び科学技術・イノベーション推進事務局が、統計・指標や革新的環境イノベーション戦略関連の箇所を担当している。

目次

１．2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 2

（１）カーボンニュートラルとグリーン成長戦略の関係 2

（２）2050 年カーボンニュートラルの実現 5

２．グリーン成長戦略の枠組み 7

３．分野横断的な主要な政策ツール 8

（１）予算（グリーンイノベーション基金） 8

（２）税制 10

（３）金融 12

（４）規制改革・標準化 14

（５）国際連携 20

（６）2050 年に向けた大学における取組の推進等 23

（７）2025 年日本国際博覧会 25

（８）グリーン成長に関する若手 WG 27

４．重要分野における「実行計画」 29

（１）洋上風力・太陽光・地熱産業（次世代再生可能エネルギー） 30

（２）水素・燃料アンモニア産業 41

（３）次世代熱エネルギー産業 50

（４）原子力産業 57

（５）自動車・蓄電池産業 61

（６）半導体・情報通信産業 73

（７）船舶産業 78

（８）物流・人流・土木インフラ産業 80

（９）食料・農林水産業 89

（１０）航空機産業 97

（１１）カーボンリサイクル・マテリアル産業 101

（１２）住宅・建築物産業・次世代電力マネジメント産業 115

（１３）資源循環関連産業 124

（１４）ライフスタイル関連産業 127

１．2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

（１）カーボンニュートラルとグリーン成長戦略の関係

2020 年 10 月、日本は、「2050 年カーボンニュートラル」を宣言した。また、2021 年４月には、2030 年度の新たな温室効果ガス削減目標として、2013 年度から 46%削減することを目指し、さらに 50%の高みに向けて挑戦を続けるとの新たな方針も示された。

温暖化への対応を、経済成長の制約やコストとする時代は終わり、国際的にも、成長の機会と捉える時代に突入したのである[1]。従来の発想を転換し、積極的に対策を行うことが、産業構造や社会経済の変革をもたらし、次なる大きな成長につながっていく。こうした「経済と環境の好循環」を作っていく産業政策が、グリーン成長戦略[2]である。

「発想の転換」、「変革」といった言葉を並べるのは簡単だが、カーボンニュートラルを実行するのは、並大抵の努力ではできない。産業界には、これまでのビジネスモデルや戦略を根本的に変えていく必要がある企業が数多く存在する。他方、新しい時代をリードしていくチャンスでもある。大胆な投資をし、イノベーションを起こすといった民間企業の前向きな挑戦を、全力で応援するのが、政府の役割である[3]。

国として、可能な限り具体的な見通しを示し、高い目標を掲げて、民間企業が挑戦しやすい環境を作ることが必要である。2050 年カーボンニュートラルに向けては、温室効果ガス排出の８割以上を占めるエネルギー分野の取組が特に重要となる。このため、産業政策の観点から、成長が期待される分野・産業を見いだすためにも、まずは、2050 年カーボンニュートラルを実現するためのエネルギー政策及びエネルギー需給の絵姿（3E＋S）を示すことが必要である。グリーン成長戦略は、こうして導き出された成長が期待される産業（14 分野）において、高い目標を設定し、あらゆる政策を総動員する。

2050 年カーボンニュートラルに向けて、電力部門の脱炭素化は、大前提である。現在の技術水準を前提とすれば、全ての電力需要を 100%単一種類の電源で賄うことは一般的に困難であり、あらゆる選択肢を追求する。

再生可能エネルギーは、最大限導入する。このため、コストを低減し、地域と共生可能な適地を確保し、蓄電池等も活用して変動する出力の調整能力を拡大していく。こうした取組を通じて、洋上風力産業や蓄電池産業、次世代型太陽光産業、地熱産業を成長戦略として育成していく必要がある。

火力については、CO_2回収を前提とした利用を、選択肢として最大限追求していく。技術を確立し、適地を開発し、あわせてコストを低減していく。世界的にも、アジアを中心に、火力は必要最小限、使わざるを得ない。こうしたことを踏まえると、水素発電は、選択肢として最大限追求していく。供給量と需要量をともに拡大し、インフラを整備し、コストを低減する。そのため、

---

[1] 世界的な IT 企業やメーカーなど、民間企業の中には、サプライチェーン全体の脱炭素化を目指し、取引先にも脱炭素化の取組を求める例もある。

[2] この「グリーン成長戦略」は、「成長戦略会議」において、その方向性などについて報告・議論を行ってきた。骨格部分については、「成長戦略実行計画」（2021 年〇月〇日閣議決定）に盛り込まれている。

[3] 2021 年現在、民間企業において、「ゲームチェンジ」、「パラダイムシフト」と言えるような経営判断、研究開発方針の変更例が、次々と出てきている。この流れを加速すべく、2021 年６月に更なる内容の具体化を行った。今後も、社会・経済情勢や技術の進展に応じて、適切にフォローアップや、内容や分野等の見直しを行う。

水素産業の創出が必要である。同時に、カーボンリサイクル産業や燃料アンモニア産業を創出していく必要がある。

原子力については、可能な限り依存度を低減しつつ、原子力規制委員会により世界で最も厳しい水準の規制基準に適合すると認められた場合には、再稼働を進めるとともに、実効性のある原子力規制や原子力防災体制の構築を着実に推進する。安全性等に優れた炉の追求など将来に向けた研究開発等を推進する。

電力部門以外（産業・運輸・業務・家庭部門）は、電化が中心となる。熱需要には、水素などの脱炭素燃料、化石燃料からの CO_2 の回収・再利用も活用していくこととなる。電化により、電力需要が増加することが見込まれる中で、省エネ関連産業を成長分野として育成していく必要があり、熱需要においてはガス供給事業の在り方を、次世代の熱エネルギー供給として対応できるよう、大きく成長させる必要がある。

なお、電化が大きく進んだ 2050 年社会においても、エネルギーの安定供給は確保されなければならないことは言うまでもない。国産エネルギーである再生可能エネルギーの最大限の導入と原子力の活用により、エネルギーの自給率を上げていくことは、我が国のエネルギー需給の戦略的自律性を高め、安定供給の確保に大きく寄与する。この安定供給のメリットを、電化社会で十全に発揮するには、分散するエネルギーリソースの価値を集約し、デジタル制御と市場取引等で活用するビジネスの推進や、それを可能にするグリッドの構築につながる次世代電力マネジメント産業の育成に加え、電力のレジリエンス・防災機能を強化していくことがその前提となる。例えば、電気自動車の導入や冷暖房機器の電化が進む中においても、豪雪・津波・地震など有事の際に電力の安定供給が可能となるよう、調整力の整備や系統の強化に取り組むとともに、一時的に供給が途切れた場合でも自給自足が可能となるような仕組み[4]についても、技術・コスト面の状況を勘案しながら活用を促していくことが求められる。

産業部門では、水素還元製鉄など製造プロセスの変革やマテリアル産業の成長が必要である。運輸部門では、電動化を推進しつつ、バイオ燃料や水素燃料を利用していく必要がある。業務・家庭部門では、住宅・建築物のネット・ゼロ・エネルギー化や電化、水素化、蓄電池活用が期待される。こうしたことを踏まえると、水素産業、EV・蓄電池産業、運輸関連産業、住宅・建築物関連産業を成長分野として育成していく必要がある。

また、2050 年カーボンニュートラルを目指す上では、こうしたエネルギーの需給構造の実現だけでなく、電力ネットワークのデジタル制御も課題となる。「グリーン成長戦略」を支えるのは、強靱なデジタルインフラであり、グリーンとデジタルは、車の両輪である。したがって、デジタルインフラの強化が必要であり、半導体・情報通信産業を成長分野として育成していく必要がある。例えば、電力部門では、系統運用の高度化を図るスマートグリッドや、天候により出力が変動する太陽光・風力の需給調整、インフラの保守・点検作業等は、デジタル技術で対応していく必要がある。また、輸送部門では、クルマ、ドローン、航空機、鉄道が自動運行されることは、国民の利便性を高めるだけでなく、エネルギー需要の効率化にも資する。さらに、工場では、FA やロボット等により、製造は自動化される。業務・家庭部門では、再生可能エネルギーと

[4] 例えば、シートヒーターの装備により、寒冷環境においても、比較的長い時間、座面の温度維持が可能となり、体温低下を抑制することができる。また、寒冷地の暖房については、CO_2 と水素から作られる合成燃料・合成メタンの普及が進めば、現在の石油製品や天然ガスと大差ない暖房の使い方を行っていくことも想定される。LED を使用する省エネ対応信号機についても、表面温度が高くならないため積雪時に雪が溶けず信号が見えなくなることがあるが、 信号機の形状や素材を工夫することで、交通安全性に支障を及ぼさなくなる技術の開発が進められている。

蓄電池をエネルギーマネジメントシステムで組み合わせて最適制御するスマートハウスや、サービスロボットの登場により、快適な暮らしが実現するだけでなく、エネルギーの有効利用も図られることとなる。

また、2021 年４月の、これまでの目標を７割以上引き上げる野心的な 2030 年排出削減目標の新たな表明は、政策の強化やイノベーションの創出を加速度的に進めていく必要性を、更に高めるものとなる。例えば、非化石価値取引市場などの制度的措置や、エネルギー多消費型産業を中心とした石炭火力自家発電のガス転換や設備の高効率化、規制改革による洋上風力の導入促進、需要サイドにおける非化石エネルギー導入拡大等に向けた制度的措置、電動化や住宅省エネ化の促進が必要となる。こうした措置により、2030 年度断面においても、省エネ量の更なる深掘りや、再エネの最大限の導入及び原子力の活用、水素・燃料アンモニア発電の導入についての位置付けや方向性が示されるなど、こうした脱炭素技術の成長可能性や、イノベーションの機会増加への期待はますます高まっている。

こうした社会を実現する技術の芽は、これまでの研究開発により、既に見いだされつつある。2020 年１月には、政府として、産業革命以降、累積した CO_2 の量を減少させる「ビヨンド・ゼロ」を可能とする革新的技術の確立を目指した「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）を策定し、克服すべき技術面での課題を示し、その検討を深めてきている。これら革新的技術の確立に加え、更なる課題は社会実装であり、量産投資によるコスト低減にある。

本戦略に基づき、予算、税、金融、規制改革・標準化、国際連携といったあらゆる政策を総動員し、民間企業が保有する 240 兆円の現預金を積極的な投資に向かわせることが必要である。この戦略により、2030 年・2050 年に経済効果・雇用効果が見込まれる【精査中】。

新しい製品やサービスの創出によって、プラスの影響だけでなく、関係する産業に一定程度のマイナス影響が生じることも想定されるが、政府としては、例えば、これまでガソリンエンジンの変速ギアを製造していた中堅・中小サプライヤーが、電動車用モーター部品の製造に新たに挑戦するといった取組を積極的に後押しする。また、このような新たな挑戦に取り組む産業界のニーズを踏まえながら、人材育成に取り組む事業者やスキルアップに取り組む労働者への支援として、企業の人材確保や人材投資等を促進する助成制度の活用、教育訓練給付制度の活用、地域の職業訓練実施機関等の環境整備など、雇用に関連する施策を中長期的にも講ずる必要がある。そうした政策を講じることで、着実な雇用創出を目指す。

（２）2050 年カーボンニュートラルの実現

2050 年の電力需要は、産業・運輸・業務・家庭部門の電化によって、一定程度の増加を要する。電化で対応できない熱需要には、水素などの脱炭素燃料、化石燃料からの CO_2 の回収・再利用も活用することとなる。

2050 年カーボンニュートラルを目指す上では、電力部門以外では革新的な製造プロセスや炭素除去技術などのイノベーションが不可欠となる。電力部門は再エネの最大限の導入及び原子力の活用、さらには水素・アンモニア、CCUS などにより脱炭素化を進め、脱炭素化された電力により、電力部門以外の脱炭素化を進める。

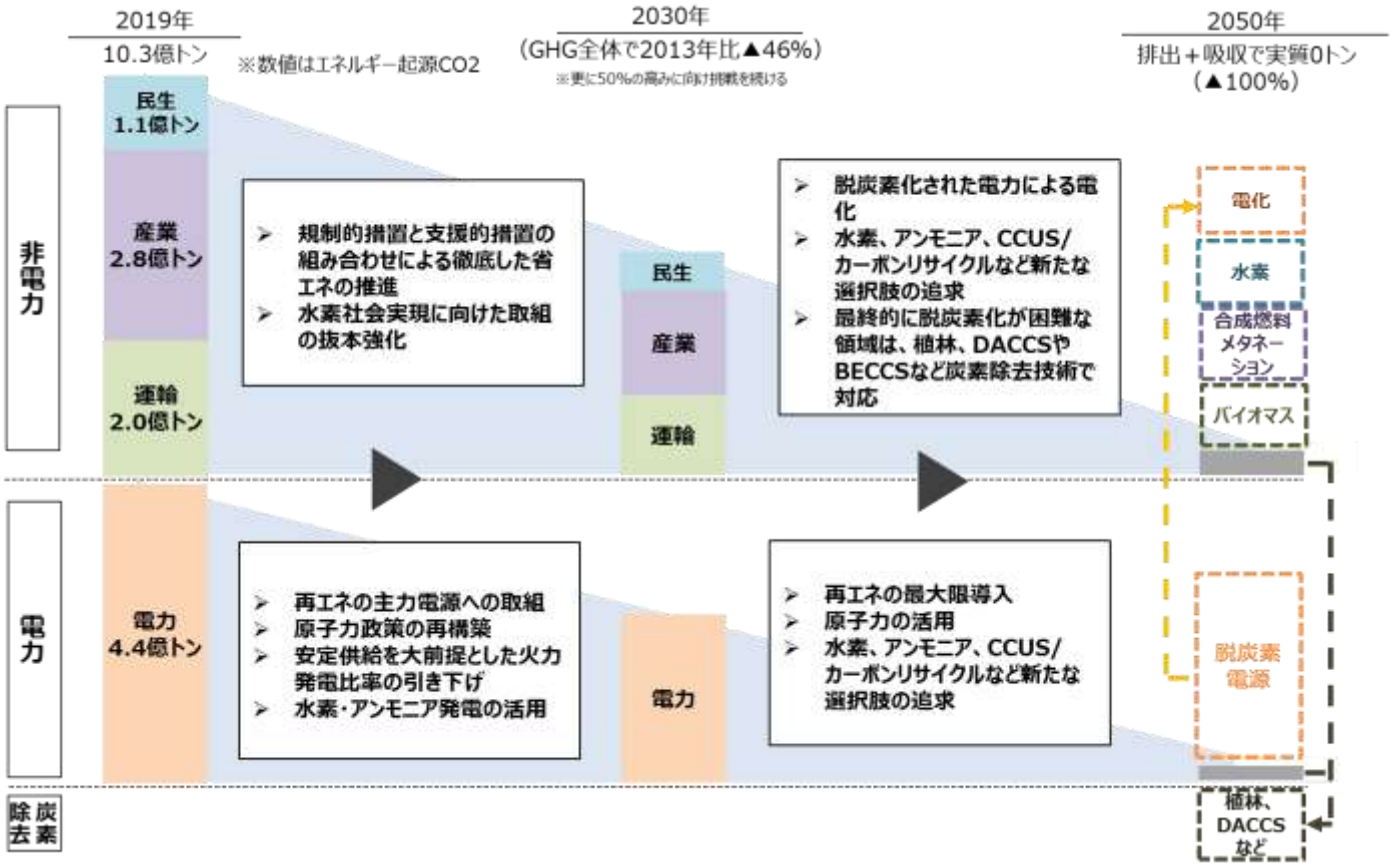
2050 年については多様な将来像が考えられることから、エネルギー分野における多様な専門家間の意見交換を踏まえ、2050 年には発電量の約 50～60%を太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス等の再エネで、水素・燃料アンモニア発電は 10%程度、原子力・CO_2 回収前提の火力発電は 30～40%程度を、議論を深めて行くに当たっての参考値としていた。これらの 2050 年の電源の参考値を実現するためには、各電源が自然条件や社会制約、技術課題など様々なハードルを克服する必要があり、このレベルを実現することは容易なことではない。

さらに、専門機関[5]による、シナリオ分析では、2050 年にカーボンニュートラルを実現する上では、電化の進展により約３～４割電力需要が増加することが見込まれる中、膨大な電力需要を賄うには、政策の選択肢を狭めることなく、最大限導入する再生可能エネルギーの他、原子力、水素・アンモニア、CCUS／カーボンリサイクルなど脱炭素化のあらゆる選択肢を追求する重要性が示唆された。

2050 年カーボンニュートラルへの道筋は、技術の進展や社会状況の変化など、様々な不確実性が存在する。そのため、様々なシナリオを想定した上で目指すべき方向性として捉え、今後の技術の進展などに応じて柔軟に見直していくことが重要である。

最終的な 2050 年カーボンニュートラルを目指し、足下の段階においても、本戦略にのっとり、自動車の電動化や住宅の省エネ化に向けた導入促進、技術開発、系統制約の克服、地域と共生可能な適地の確保等の再エネの導入促進、非化石市場の拡充などの制度的措置の促進、分散型エネルギーの活用の促進に取り組んでいく。

[5] 公益財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE）



2050 年カーボンニュートラルを実現するには、現在の技術水準、コスト等の下では、一定の負担増加が想定される。

一方、それぞれの脱炭素電源毎に、技術イノベーション、コスト低減、国民理解の促進、導入制約の緩和などにより課題が克服され、更に導入が拡大すれば、電力コストはそうした大幅な増加を回避し、それよりも低廉なコストで、2050 年カーボンニュートラルの実現を目指し得る。例えば、2030～35 年において、洋上風力発電（着床式）は８～９円/kWh、2050 年において、燃料アンモニア火力発電は 12 円/kWh、水素火力発電は 12 円/kWh 以下と試算され、これにより現状の火力発電並みのコストを想定すれば、カーボンニュートラルの実現可能性が高まる。

また、例えば住宅の ZEH 化、HEMS の導入などを通じて、需要サイドにおけるコストの押し下げが期待できる。更に、レジリエンス・防災機能の向上など、様々な取組を組み合わせることで、確固たるメリットを確立すべく、イノベーションの創出に不断に取り組んでいく。

こうした点を踏まえれば、カーボンニュートラルを確かなものにするためには、再生可能エネルギーを主力電源として最大限導入すると同時に、水素・燃料アンモニア、CCUS／カーボンリサイクルなどあらゆる分野のイノベーションの実用化に向けた政策対応を行うことが求められる。

２．グリーン成長戦略の枠組み

2050 年カーボンニュートラルへの挑戦を、産業構造や経済社会の変革を通じた、大きな成長につなげる。グリーン成長戦略は、民間投資を後押しし、240 兆円の現預金の活用を促し、ひいては 3,000 兆円とも言われる世界中の環境関連の投資資金を我が国に呼び込み、雇用と成長を生み出す。そのための政策ツールを総動員する。

2050 年カーボンニュートラルを実現する上で不可欠な重点分野ごとに、①年限を明確化した目標、②研究開発・実証、③規制改革・標準化などの制度整備、④国際連携、などを盛り込んだ「実行計画」を策定し、関係省庁が一体となって、取り組んでいく。

重点分野における実行計画においては、当該分野における現状と課題、今後の取組方針を明確に示した上で、2050 年までの時間軸をもった工程表を提示する。規制改革・標準化、金融市場を通じた需要の創出と民間投資の拡大を通じた価格低減に政策の重点を置く。

工程表では、当該分野における成長を実現する上で鍵となる重点技術等について、

① 政府が創設した基金と、民間の研究開発投資によって進めていく「研究開発フェーズ」
② 民間投資の誘発を前提とした官民協調投資によって進めていく「実証フェーズ」
③ 公共調達、規制・標準化等の制度整備による需要拡大と、これに伴う量産化によるコスト低減を図っていく「導入拡大フェーズ」
④ 規制・標準等の制度を前提に、公的な支援が無くとも自立的に商用化が進む「自立商用フェーズ」

を意識し、日本の国際競争力を強化しつつ、自立的な市場拡大につなげるための具体策を提示する。分野によって各フェーズの進展スピードは異なり、場合によっては「研究開発フェーズ」から「実証フェーズ」を飛び越えて「導入拡大フェーズ」に移るものがでてくる可能性にも留意が必要である。

予算面では、まずは政府が環境投資で一歩大きく踏みこむため、過去に例のない２兆円の基金（グリーンイノベーション基金）を創設し、野心的なイノベーションに挑戦する企業を今後 10 年間、継続して支援していく。

税制面では、カーボンニュートラルに向けた投資促進税制、研究開発税制の拡充、事業再構築・再編等に取り組む企業に対する繰越欠損金の控除上限を引き上げる特例の創設を講じ、民間投資を喚起していく。

金融面では、情報開示や評価の基など、金融市場のルール作りを通して、低炭素化や脱炭素化に向けた革新的技術へのファイナンスの呼び込みを図る。

規制改革・標準化については、水素ステーションに関する規制改革、再エネが優先して入るような系統運用ルールの見直し、自動車の電動化推進のための燃費規制の活用や CO_2 を吸収して造るコンクリート等の公共調達等について検討し、需要の創出と価格の低減につなげていく。

民間の資金誘導については、情報開示・評価の基準など金融市場のルールづくりを、海外とも連携をしながら進めていく。

３．分野横断的な主要な政策ツール

（１）予算（グリーンイノベーション基金）

2050 年カーボンニュートラルは極めて困難な課題であり、これまで以上に野心的なイノベーションへの挑戦が必要である。特に重要なプロジェクトについては、官民で野心的かつ具体的目標を共有した上で、目標達成に挑戦することをコミットした企業に対して、技術開発から実証・社会実装まで一気通貫で支援を実施する。このため、（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）に２兆円の「グリーンイノベーション基金」を造成した。

カーボンニュートラル社会に不可欠で、産業競争力の基盤となる重点分野について、本戦略の実行計画を踏まえ、意欲的な 2030 年目標を設定（性能・導入量・価格・CO_2削減率等）し、そのターゲットへのコミットメントを示す企業による野心的な研究開発を、今後 10 年間、継続して支援する。

基金事業の運営については、「産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会」において議論を行い、長期間にわたる研究開発を確実に遂行するための「基本方針」を、2021 年３月に策定した。世界中においてカーボンニュートラル社会をリードするビジネスの主導権争いが激化している中、プロジェクトの成果を最大化できるようにするため、同方針に基づき、

① CO_2削減効果や経済波及効果等への貢献ポテンシャル
② 技術的困難度、実用化可能性等を踏まえた政策支援の必要性
③ 潜在的な市場成長性・国際競争力

等の評価軸を設定した上で、特に重要なプロジェクトに対して重点的に投資を行う。経営・技術・新規事業・金融等の幅広い専門性を持つ有識者の参画を得て、プロジェクトごとの内容や優先度等について審議する。行政と NEDO 双方の精査の上で、2021 年夏以降に順次事業を開始[6]する。

なお、サプライチェーンの裾野を支え、新たな産業を創出する役割等を担う中小・ベンチャー企業の参画を促していくことが有効な領域も存在することに留意が必要である。このため、中小・ベンチャー企業との連携を採択審査時の加点要素とすること、小規模プロジェクトの柔軟な組成、開発テーマの分割公募、既存の中小・ベンチャー支援策との連携等、幅広い主体が参画しやすい制度とすることにより、スタートアップ企業等との効果的な連携を促進する。

あわせて、企業の経営者に経営課題として取り組むことへの強いコミットメントを求めるとともに、部会の下に設置するワーキンググループにおいて、幅広いステークホルダーを交えて、継続的に取組状況等の確認を実施する。具体的には、プロジェクトの実施企業は、採択時において、経営者トップのコミットメントの下、当該分野における長期的な事業戦略ビジョン（10 年間のイノベーション計画や経営者直結のチームの組成等）を提出する。さらに、経営者自身に対しても、経営課題として粘り強く取り組むことへのコミットメントを明確化させ、プロジェクト成功のための議論をする場への定期的な参画を求める。その上で、経営課題としての取組が不十分である場合の事業中止や委託費の一部返還、目標の達成度に応じて国がより多く負担するインセンティブ措置等の仕組みを導入する。

[6] 水素産業関係のプロジェクトについては、研究開発・社会実装計画を策定済であり、早ければ 2021 年夏頃にも事業開始予定。その他のプロジェクトについても、引き続き、検討していく。

これら経営者のコミットメントを求める仕掛けを作ること等により、政府の２兆円の予算を呼び水として、約 15 兆円の民間企業の研究開発・設備投資を誘発し、野心的なイノベーションへ向かわせる。世界の ESG 資金約 3,000 兆円も呼び込み、日本の将来の食い扶持（所得・雇用）の創出につなげる。

（２）税制

2050 年カーボンニュートラルの実現は高い目標であり、長期を見据えた研究開発投資はもちろん、足下の設備投資についても、目標達成に向けて効果の高い投資を企業に促していかなければならない。このため、税制においても、企業の脱炭素化投資を強力に後押ししていく。

具体的には、脱炭素化に向けた民間投資を喚起し、温室効果ガス削減効果の高い製品の早期の市場投入による新需要の開拓や、足下の生産工程等の脱炭素化を促進する税制措置を創設する。また、コロナ禍の厳しい経営環境の中で、赤字でも果敢に「新たな日常」に向けて、カーボンニュートラル実現に向けた投資等に挑む企業に対し、繰越欠損金の控除上限を引き上げる特例措置を創設する。さらに、研究開発税制についてコロナ禍でも積極的に研究開発投資を行うインセンティブを強化し、中長期に向けた投資意欲を下支えする。

これらの措置により、企業による短期・中長期のあらゆる脱炭素化投資が強力に後押しされること等により、10 年間で約 1.7 兆円の民間投資創出効果を見込む。

① カーボンニュートラルに向けた投資促進税制（税額控除又は特別償却）の創設

第 204 回通常国会に提出中の「産業競争力強化法等の一部を改正する等の法律案」により新設される計画認定制度に基づき、以下（ⅰ）（ⅱ）の設備導入に対して、最大 10%の税額控除又は 50%の特別償却を措置する（改正産業競争力強化法施行から令和５年度末まで３年間）。

（ⅰ）大きな脱炭素化効果を持つ製品の生産設備の導入

「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）では、温室効果ガス削減量が大きく、日本が技術力を持つとされる全 39 テーマが設定されている。この 39 テーマのうち、我が国の CO_2 排出量の４割以上を占めるエネルギー転換部門に着目し、当該部門に関する製品のうち、足下の投資ニーズはあるものの、民間企業の自律的取組のみでは初期の導入拡大が難しいと見込まれる以下の製品の生産に専ら使用される設備の導入を支援する。

＜対象製品＞

- 化合物パワー半導体素子又は当該素子の製造に用いられる半導体基板
- 電気自動車又はプラグインハイブリッド自動車用リチウムイオン蓄電池
- 定置用リチウムイオン蓄電池（充放電サイクル 7,300 回以上を満たすもの）
- 燃料電池（発電効率 50%以上、総合効率 97%以上、純水素を燃料とすること、のいずれかを満たすもの）
- 洋上風力発電設備（１基当たり定格出力９MW 以上を満たすもの）の主要専用部品（ナセル、発電機、増速機、軸受、タワー、基礎）

（ⅱ）生産工程等の脱炭素化と付加価値向上を両立する設備の導入

事業所等の炭素生産性（付加価値額／エネルギー起源 CO_2 排出量）を相当程度向上させる計画に必要となる設備（導入により事業所の炭素生産性が１%以上向上するもの）の導入を支援する。

＜炭素生産性の相当程度の向上と措置率＞

2050 年カーボンニュートラルを目指した足下の設備投資支援を行う際に企業が達成すべき基準として、炭素生産性の向上率とそれに応じた措置率を以下のとおり定める。

- ３年以内に７％以上向上[7]：　税額控除　５％又は特別償却 50%
- ３年以内に 10%以上向上[8]：　税額控除 10%又は特別償却 50%

② 事業再構築・再編等に取り組む企業に対する繰越欠損金の控除上限の特例の創設

コロナ禍の影響により欠損金を抱える事業者が、第 204 回通常国会に提出中の「産業競争力強化法等の一部を改正する等の法律案」により新設される計画認定制度に基づき、カーボンニュートラル実現を含む「新たな日常」に対応するための投資を行った場合、時限措置として繰越欠損金の控除上限[9]を認定投資額の範囲で最大 100%まで引き上げる特例を創設する。

この対象となる投資は、企業が事業再構築・再編等のために、認定事業適応計画に基づき行われる投資で、計画期間中に ROA が 5.0%ポイント以上向上すること等の目標達成が見込まれるものであることが求められる。具体的には、2050 年カーボンニュートラルの実現に向けた新技術開発のための研究開発投資や、生産設備の集約化により CO_2 排出量を大きく減少させる設備の導入や高付加価値製品の増産のための投資が考えられる。

なお、特例の対象となる欠損金は、令和２年４月１日から令和３年４月１日までの期間内の日を含む事業年度（一定の場合には、令和２年２月１日から同年３月 31 日までの間に終了する事業年度及びその翌事業年度）に生じた欠損金とし、控除上限を引き上げる期間は、最長５事業年度とする。

③ 研究開発税制の拡充

コロナ禍の影響が長期化する中、企業の経営状況は依然として厳しい環境にあり、企業収益・売上げの落ち込みが引き続き懸念されるところである。同じく企業の経営状況が著しく悪化したリーマンショックの際、日本の研究開発投資は大きく減少し、回復に時間を要したことを踏まえ、中長期的な成長の源泉であり、我が国のカーボンニュートラルの実現にも不可欠な研究開発投資について、コロナ禍の影響が大きい企業が当該投資を増加させるインセンティブを強化することが重要である。

現行の研究開発税制において、企業は試験研究費の額に一定割合を乗じた金額を法人税額の 25%まで控除することができる。一方、売上げの減少により収益が悪化し法人税額が減少すると、この上限を超過する額が発生・増加し、企業の投資意欲を押し下げる可能性がある。このため、コロナ禍前（令和２年１月末までに終了する直近の事業年度）に比べて売上金額が２％以上減少していても、なお試験研究費を増加させている企業については、この控除上限を法人税額の 30%までに引き上げる。これにより、企業の投資意欲を下支えし、2050 年カーボンニュートラルの実現のためのイノベーションの創出につなげていく。

---

[7] 「エネルギー基本計画」（平成 30 年７月３日閣議決定）、「地球温暖化対策計画」（平成 28 年５月 13 日閣議決定）、「長期エネルギー需給見通し」（平成 27 年７月経済産業省）など既存の政府計画等で想定されている 2030 年度のエネルギー起源 CO_2 排出量目標や、「中長期の経済財政に関する試算」（令和２年７月 31 日経済財政諮問会議提出資料）における GDP 成長率などを基に算出。

[8] 2050 年カーボンニュートラルを見据え、上述の政府計画等で想定されている 2030 年度のエネルギー起源 CO_2 排出量目標を上回る水準を想定して算出。

[9] ある事業年度に発生した欠損金額を翌期以降に繰り越し、翌期以降の課税所得から控除（相殺）できる制度。現行、中堅・大企業は 50%が上限。

（３）金融

2050 年カーボンニュートラルに向け、政府の資金を呼び水に、民間投資を呼び込む。パリ協定実現には、世界で最大 8,000 兆円必要との試算（国際エネルギー機関（IEA））もあり、再エネ等（グリーン）に加えて、省エネ等の着実な低炭素化の取組等の脱炭素への移行（トランジション）、脱炭素化に向けた革新的技術（イノベーション）へのファイナンスが必要である。

「クライメート・イノベーション・ファイナンス戦略 2020」（2020 年９月）を踏まえ、グリーン、トランジション、イノベーションの取組に、民間投資を呼び込むべく、政策を講じる。

グリーン・ファイナンスに関して、グリーンボンド市場は国内外で堅調に拡大しており、2020 年には国内の年間の発行額が１兆円を超えた。グリーンボンドを始めとするグリーン・ファイナンスの更なる推進のため、発行支援体制の整備を行うとともに、国際的な動向や発行実績等を踏まえ、調達資金の使途や、発行に当たっての手続、環境整備等について更なる検討を行い、2021 年度中に、グリーンボンドガイドラインの改訂等を行う。

トランジション・ファイナンスは、脱炭素社会の実現に向け、長期的な戦略に基づく温室効果ガス削減の取組に対して資金供給するという考え方である。「グリーン」な活動か、「グリーンではない」活動か、の二元論だけでは、企業の着実な低炭素移行の取組は評価されない恐れがある。2020 年 12 月に公表された「トランジション・ファイナンスに関する国際原則」を踏まえ、日本としての「トランジション・ファイナンス基本指針」を策定した。この基本指針を基に、脱炭素に向けた移行の取組について、一足飛びでは脱炭素化できない多排出産業向けの分野別ロードマップ（鉄鋼、化学、製紙・パルプ、セメント、電力、ガス、石油等）等を 2021 年度に順次策定していく。

世界のカーボンニュートラル実現に向け、アジア等新興国のエネルギートランジションを進めるため、国内の基本指針をベースとした「アジア版トランジション・ファイナンス」の考え方の策定・普及も推進する。各国の経済成長に向けたニーズや、経済的・地理的多様性、エネルギー政策等を踏まえた多様な「トランジション」の道筋（ロードマップ）の策定とともに、基本指針を基にしたアジアのためのトランジション・ファイナンスの枠組みの策定、トランジションの実現に向けた各種の取組を通じ、こうした国々の巻き込みを図る。

また、10 年以上の長期的な事業計画の認定[10]を受けた事業者に対して、その計画実現のための長期資金供給の仕組みと、成果連動型の利子補給制度（３年間で１兆円の融資規模）を創設し、事業者による長期間にわたるトランジションの取組を推進する。

さらに、民間事業者が、設備投資誘発効果が大きく期待できるリース手法を活用し、低炭素化に資する先端的な設備への積極的な投資を行うことを促進するための取組を推進し、1,500 億円以上の投資誘発を狙う。

イノベーション・ファイナンスに関しては、投資家向けに脱炭素化イノベーションに取り組む企業の見える化（ゼロエミ・チャレンジ：2021 年３月時点で 325 社）を行っている。今後、対象分野の拡大を図るとともに、投資家や企業、政策立案者等の対話の場を創設し、脱炭素イノベーションに取り組む企業へのファイナンスの呼び込みを図る。

洋上風力等の再エネ事業や低燃費技術の活用、次世代型蓄電池事業等の取組に対してリスクマネー支援を行う。具体的には、日本政策投資銀行（DBJ）の特定投資業務の一環として「グリーン投資促進ファンド」（事業規模 800 億円）を創設した。また、日本企業による脱炭素社会に向けた

[10] 第 204 回通常国会に提出中の産業競争力強化法改正法案において、新たな認定制度創設を盛り込んでいる。

質の高いインフラの海外展開やその他の海外事業活動等を支援するため、2021 年１月、国際協力銀行（JBIC）に「ポストコロナ成長ファシリティ」（事業規模 1.5 兆円）を創設した。

サステナブルファイナンスについては、国内外の政府・機関において様々なガイドライン等の検討が進められる一方、企業や投資家から、実務の観点から一覧性のある形で整理してほしいとのニーズが高まっている。こうした点を踏まえつつ、上述のグリーンボンドガイドラインの改訂のほか、ソーシャルボンドについてもガイドラインを策定するとともに、社会的課題解決に関する具体的な指標等を幅広く例示する文書の策定を検討する。また、企業や投資家から見て利便性の高い情報提供を行う観点から、証券取引所等が中心となって、マーケット情報等の提供も含めた情報基盤を開設する。

グリーンボンドやトランジションボンド等の取引が活発に行われる「グリーン国際金融センター」の実現を目指して、上述の情報基盤の開設に加え、民間業界において、グリーンボンド等の適格性を評価する認証の枠組み（外部評価を前提に、グリーンボンド等の適格性を外部機関が客観的に保証するもの）を構築するよう金融庁等が後押ししていく。また、ESG 等に関する外部評価手法が必ずしも明らかでない等の声があることを踏まえ、金融庁等が、ESG 評価機関の在り方（透明性やガバナンス等）を検証する。

サステナビリティに関する開示については、2021 年６月のコーポレートガバナンス・コードの改訂を受け、プライム市場上場企業に対して、気候関連財務情報開示タスクフォース（TCFD）又はそれと同等の国際的枠組みに基づく開示の質と量の充実を促す。

国際会計基準（IFRS）財団における気候変動を含むサステナビリティについての比較可能で整合性の取れた開示の枠組みの策定の動きに我が国としての意見を発信するなど積極的に参画する。

また、金融機関に対して、融資先企業における気候変動対応を支援するとともに、ビジネス機会の創出に貢献するよう促していくほか、気候変動に関連する金融機関自身のリスク管理を求めていくため、監督当局によるガイダンスの策定等を行う。

加えて、間接金融中心の我が国において、各地域の脱炭素化を進める観点からは、地域金融の役割が重要である。地域の脱炭素化を地域における経済と環境の好循環の創出につなげるため、国としての明確なビジョンを示すとともに、先進的な地域金融機関と連携し、各種の情報提供、ノウハウ共有等を通じて、地域資源を活用したビジネス構築や地域課題の解決のモデルづくりを推進することで、地域金融機関による環境・経済・社会へのインパクトを重視した ESG 金融の取組を促進する。

（４）規制改革・標準化

今後の成長の鍵となる革新的な技術等については、民間投資の誘発を前提とした官民協調投資により進めていく「実証フェーズ」の後に、①新技術の需要を創出するような規制強化、②新技術を想定していなかった規制の合理化など、国内の規制・制度を整備する。さらに、温暖化対策に関する国際的なルール形成の競争が激しさを増す中、我が国としても、③新技術を世界で活用しやすくするような国際標準化等に積極的に取り組むことで、我が国の利害や社会事情を国際ルールに反映し、我が国の優れた新技術が正しく評価される環境を作る。こうした国内外での制度環境整備により、その需要とグリーン投資を拡大し、量産化・価格低減を図る。

① 規制改革

＜具体的な取組（例）＞

（ⅰ）水素

- 小売電気事業者に一定比率以上のカーボンフリー電源の調達を義務づけた上で、カーボンフリー価値の取引市場を活用する。再エネ、原子力と並んで、カーボンフリー電源としての水素・燃料アンモニアを評価し、水素・アンモニアを活用すればインセンティブを受け取れる電力市場を整備する。
- 燃料電池自動車の普及拡大に向けた事業者及び利用者の負担軽減の観点から、道路運送車両法と高圧ガス保安法における関連規制を一元化することも視野に、燃料電池自動車等の規制の在り方について検討を行い、2021 年６月に一定の方向性をとりまとめ、年内に結論を得る。

（ⅱ）洋上風力

- 送電網の空き容量を超えて再エネが発電した場合に、出力を一部抑えることを条件に、より多くの再エネを送電網に接続する仕組みについて、ローカル系統等への全国展開に向けて必要な技術開発等を進める。また、石炭火力等より再エネが優先的に送電網を利用できるようなルールの適用開始に向けての検討も進める。
- 事業者の負担軽減、審査期間の短縮に向けて、経済産業省（電気事業法）と国土交通省（港湾法、船舶安全法）の審査を 2021 年４月より一本化。また、経済産業省（電気事業法）の安全審査については、同月から、一定の条件下で、有識者による詳細な検証を不要とする設備類型の割合を大幅に増加させ、手続の合理化を図った。
- 「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」に基づく、風車撤去時の残置許可基準の明確化については、2021 年度より有識者も交えた検討会を開催し、同年度前半を目途に一定の考えを示す。
- 航空法に基づく、洋上風力発電設備への航空障害灯の設置等に係る基準の緩和等についても、2021 年３月に学識経験者、運航者、風力発電機設置者、航空局関係者で構成した会議体を立ち上げ、検討を行っており、2021 年度内を目途に緩和策を取りまとめ、速やかに基準の改正を行う。

（ⅲ）自動車・蓄電池

- 技術中立的な燃費規制を活用し、あらゆる技術を組み合わせて、効果的に CO_2 排出削減を進

めていく。
・ 蓄電池ライフサイクルでの CO_2 排出見える化や、材料の倫理的調達の担保、リユース・リサイクルの促進等について、2021 年度を目途に制度的枠組みを含め、その在り方を検討するとともに、CO_2 排出の見える化等の実施方法についても、早急に具体化を進める。

（iv）住宅・建築物
・ 住宅を含む省エネ基準の適合義務付け等の規制措置を強化する。
・ 既存の太陽電池では技術的な制約により設置が困難な、①屋根の耐荷重が小さい既築住宅・建築物や、②住宅・建築物の壁面や窓等にも設置可能な次世代型太陽電池の開発も念頭に、太陽光発電等の再エネ導入を促す制度整備を行う。

（v）船舶
・ 燃費規制等のルール作りに取り組み、燃費性能が劣る船舶の新造代替を促進する。現在国際海事機関（IMO）において、日本主導により、既存船の燃費性能規制（EEXI）及び燃費実績の格付け制度を提案し、2020 年 11 月に原則合意したところ、2023 年からの早期実施を目指す。燃費性能規制の早期実施により、既存船に新造船並みの燃費基準を義務付けるとともに、格付け制度により省エネ・省 CO_2 排出船舶への代替にインセンティブを付与する。

（vi）物流・人流・土木インフラ
・ 2025 年度までに道路照明施設設置基準等を見直して、更なる省エネ化が可能な新たな道路照明の導入を促進する。

（vii）カーボンリサイクル
・ 2030 年までに人工光合成によるプラスチック製造コストを約２割削減する際、光触媒による水素・酸素混合低圧ガスの生成から水素と酸素の分離回収に至るまでの一連の工程における安全の担保も考慮しながら、人工光合成の大規模実証や社会実装を最適に進めていくための関連規制の検討が必要となる。
・ こうした検討が後手に回り、技術確立や社会実装に遅れが生じ、日本の優位性を失うことのないよう、今後の技術動向を予測しながら先見性のある新たな保安・安全基準の策定、高圧ガス保安法等の関連規制の対応等に取り組む。

② 標準化

研究開発から社会実装段階へと移行する際、新技術をいち早く社会に実装し、カーボンニュートラルに向けた革新技術を世界的に普及・促進するためには、技術主導で市場開拓していくだけでなく、技術に係る標準を国内外でルール化し、展開していくことが極めて重要である。即ち、「技術で勝って、市場で負ける」といった過去の轍を踏まないためにも、技術や製品・サービスの、想定される市場獲得への道筋を意識しつつ、戦略的に標準化を進めていくことが極めて重要である。

他方、必然的に、短期の業績を確保せざるを得ない企業にとっては、中長期的に効果を発するルール形成の必要性が理解されにくい。また、企業を取り巻く外部環境が大きく変化している中で「ESG（環境・社会・ガバナンス）」に代表される、中長期的な事業拡大と企業の持続可能性が

価値評価軸として位置付けられるなど、より幅広いステークホルダーとの連携が重要となってきているが、その重要性は必ずしも企業に理解されておらず、実効性のある取組に至っていない。これらの結果として、多くの企業が、技術は創れても市場が創れないという苦しい状況に陥っている。

この状況を抜け出すには、研究開発や外部連携等を通じて課題解決に資する製品・サービスを生み出す活動だけでなく、解決を目指す課題の社会的意義を具体的に訴え、ソーシャルセクターやパブリックセクターを含む様々なステークホルダーを巻き込むことで、開発した製品・サービスが適切に供給され、価値として受容される社会・経済システムの構築を目指すルール形成活動が必要である。

こうした観点から、2021 年４月、中長期的かつ市場の枠を越えたルール形成により主導される市場創出を目指す取組の状況を客観視するために、個々のプロジェクトについて、市場形成力（市場の創造・拡大を可能とする潜在能力）を客観的に表す指標として、「市場形成力指標 Ver1.0」を開発・公開した。この指標は「アジェンダ構想力」、「社会課題解決力」、「ルール形成力（遠心力・求心力）」から構成されており、それぞれ、「ステークホルダーが共感するアジェンダを設定し、内在する社会課題の解決が価値として評価される市場を形成するストーリーを設計する力」、「自社のリソースや外部連携を用いて社会課題を解決する実力（人材・ノウハウを含む）」、「設計したストーリーに基づき、ステークホルダーを巻き込むことで、市場形成に必要なルールメイキングを実現する力」を測定するものである。

これをカーボンニュートラルに向けたプロジェクトに適用することにより、ルール形成主導型の市場創出を促すとともに、カーボンニュートラルの実現や新技術の市場開拓へ向けて、戦略的な標準化を後押しする。さらに、こうした活動を支えるため、ルール形成・標準化活動を実施する人材の育成や、我が国人材の国際的なルール形成・標準化議論への積極参加促進等、我が国のルール形成力そのものを底上げする取組も継続していく。加えて、企業単位での市場形成力の評価を可能とする指標の開発も、2021 年度中を目途に検討を進める。

これとは別に、標準化には、(i)共通化すべき要素の技術情報を開放し、市場を拡大する、(ii)製品・技術等を正当に評価する「物差し」として市場形成や差別化を目指す、(iii) 安全や安心、利便性、環境影響に関する規制や基準の基礎となる、といった目的がある。こうした目的も意識し、それぞれの分野における市場形成を見据えて、標準化を進めていく。

（ｉ）共通化すべき要素の技術情報を開放し、市場を拡大する標準化

- 今後、2050 年に 270 兆円[11]と試算される水素関連市場の獲得に向けて、大型モビリティ向けの水素充填方法やローディングアーム等の液化水素運搬に必要な機器、国際的に整合的なクリーン水素の定義の確立に必要な水素製造時の CO_2 排出の測定方法等の標準化に向けて検討を進めていく。
- 仮に東南アジアの１割の石炭火力に燃料アンモニア混焼技術を導入できれば、約 5,000 億円規模とも見込まれる燃料アンモニア市場において、世界の供給・利用産業のイニシアティブをとるため、燃料としての仕様や燃焼時の窒素酸化物の排出基準等についての国際標準化を目指す。
- CO_2 分離回収の標準評価技術については、広範囲な応用を視野に入れた技術を確立し、日本の技術の国内外への展開を加速するため、国際標準化について検討する。

[11] Hydrogen Council Hydrogen Scaling up 等をもとに推計（水素関連市場 2050 年 2.5 兆ドル）。

・高層建築物等の木造化に資する木質建築部材の開発・工法の標準化等を進める。

（ⅱ） 製品・技術等を正当に評価する「物差し」として市場形成や差別化を目指す標準化

・車載用蓄電池をリユースし、コストの低い定置用電池としての再利用を促進するため、蓄電池パックの残存性能等の評価方法やリユース蓄電池を含む定置用蓄電システムの性能や安全性に関する国際標準化を行うとともに、リユース促進等に関する国際ルール・標準化を進める。
・家庭用蓄電池の劣化後の安全性等の性能指標や、性能ラベルの開発・JIS 化を進める。
・ZEB について、ISO 化等の活動を通じ、ASEAN 等を念頭においた海外展開に向けた更なる実証及びその横展開を図る。
・海外市場の獲得も見据え、次世代型太陽電池に係る性能評価等の標準化を進める。

（ⅲ） 安全・安心等の基礎としての標準化

・世界でも新興領域とされる、大型風車を載せる「浮体式洋上風力」について、安全評価手法の国際標準化に取り組む。
・EV 充電施設が少ない地域の幹線道路等において、案内サインの整備を促進することで、充電の利便性を向上させる。

なお、標準化等のオープン戦略は、技術情報等を公表・普及させることで市場を拡大させる効果がある一方、当該技術情報等を踏まえた新規参入の増加による競争激化を誘発することとなるため、当然のことながら、その対となるクローズド戦略を企業が有していることが前提となる。形成した市場において持続的な優位性を確保するため、コア・コンピタンスを特定し、ブラックボックス化や知的財産権の活用、研究開発資源の集中投下等を通じたクローズド戦略の重要性も併せて周知し、万が一、企業がクローズド戦略を保有していない場合には、その構築を慫慂する。

③ 市場メカニズムを用いる経済的手法（カーボンプライシング等）

市場メカニズムを用いる経済的手法（カーボンプライシング等）は、産業の競争力強化やイノベーション、投資促進につながるよう、成長に資するものについて、躊躇なく取り組む。検討に当たっては、総理指示の下、経済産業省、環境省が連携して取り組むこととしており、成長戦略の趣旨に則った制度を設計し得るか、マクロ経済・気候変動対策の状況や、脱炭素に向けた代替技術の開発状況等を考慮した適切な時間軸を設定する観点から、検討を進める。

また、足下で、J-クレジットや非化石証書等の炭素削減価値を有するクレジットに対する企業ニーズが高まっている情勢に鑑み、まずは、これらのクレジットに係る既存制度を見直し、自主的かつ市場ベースでのカーボンプライシングを促進するとともに、引き続き、炭素税や排出量取引については、負担の在り方にも考慮しつつ、プライシングと財源効果両面で投資の促進につながり、成長に資する制度設計ができるかどうか、専門的・技術的な議論を進める。その際、国際的な動向や多くの企業が脱炭素化に意欲的に取り組んでいることも含めた我が国の事情、先行する自治体の取組、企業の研究開発や設備投資への影響も含めた産業の国際競争力への影響等を踏まえた専門的・技術的な議論が必要である。

（ⅰ）クレジット取引

政府が上限を決める排出量取引は、制度設計次第では CO_2 排出総量削減が進むなどの利点がある一方で、経済成長を踏まえた排出量の割当て方法の在り方などの課題が存在していることを踏まえつつ、引き続き、専門的・技術的に議論を進める。

自主的なクレジット取引に関しては、日本でも、民間企業が ESG 投資を呼び込むためにカーボンフリー電気を調達する動きに併せ、小売電気事業者に一定比率以上のカーボンフリー電源の調達を義務付けた上で、カーボンフリー価値の取引市場や、J-クレジットによる取引市場を整備しており、更なる強化を検討する。具体的には、

①カーボンフリー価値として、再エネ・原子力だけでなく、水素・アンモニアを対象に追加することを検討する。

②カーボンフリー価値を自動車・半導体等の製造業を始めとした最終需要家が調達しやすくなるよう、取引市場の在り方の見直しを検討していく。2021 年 3 月、経済産業省の制度検討作業部会で、需要家が市場取引に参加できる形での、再エネ価値の取引市場を新たに創設することを提起し、引き続き、検討を進める。

③ J-クレジットにおいては、森林経営・植林由来や中小企業等の省エネ・再エネ設備の導入、国等の補助事業に伴う環境価値のクレジット化の推進、水素・アンモニア・CCUS／カーボンリサイクル等、新たな技術によるクレジット創出の検討等を通じ、質を確保しながら供給を拡大する。また、企業や、政府、自治体でのオフセットでの活用による需要拡大を図る。

④ J-クレジットの永続性の確保や利便性確保のためのデジタル化の推進、非化石証書等の他の類似制度との連携、自治体との連携等の制度環境整備の検討を進める。

（ⅱ）炭素税

炭素税は、価格が一律に定まるため、事業活動への影響等について予見可能性が高いといった利点がある一方、企業の現預金を活用した投資を促すという今回の成長戦略の趣旨との関係や、排出抑制効果の不確実性などの課題が存在しており、日本が既に導入済である「地球温暖化対策のための税」や、その他のエネルギー諸税、FIT 賦課金等の負担も踏まえつつ、引き続き専門的・技術的に議論を進める。

（ⅲ）国境調整措置

国境調整措置は、国際的なカーボンリーケージ防止の観点から、欧州で検討されている。

多排出産業を中心に、温暖化対策に消極的な国との貿易における国際的な競争上の公平性を図り、カーボンリーケージを防止するべく、以下の「炭素国境調整措置に関する基本的な考え方」に基づき、欧米等各国の動向を注視しつつ、引き続き必要な対応を検討していく。

＜炭素国境調整措置に関する基本的な考え方＞

・炭素国境調整措置は、国内の気候変動対策を進めていく際に、他国の気候変動対策との強度の差異に起因する競争上の不公平を防止し、カーボンリーケージが生じることを防止するためのものである。輸入品に対し炭素排出量に応じて水際で負担を求めるか、輸出品に対して水際で負担分の還付を行う、または、その両方を行う制度である。

・日本は、対話等を通じて、主要排出国及び新興国がその能力に応じた排出削減に取り組むよ

う国際社会を促していくことが基本である。よって、炭素国境調整措置については、その導入自体が目的であるべきではなく、国際的な貿易上の悪影響を回避しつつ、新興国を含む世界各国が実効姓のある気候変動対策に取り組む誘因とするものでなければならない。

・炭素国境調整措置について、諸外国の検討状況や議論の動向を注視しつつ、国内の成長に資するカーボンプライシングの検討と並行しながら、以下の対応を進める。

①炭素国境調整措置は、WTO ルールと整合的な制度設計であることが前提であり、諸外国の検討状況も注視しながら対応について検討する。

②製品単位当たりの炭素排出量について、正確性と実施可能性の観点からバランスのとれた、国際的に信頼性の高い計測／評価手法の国際的なルール策定・適用を主導する（例：ISO の策定）。また、各国が有する関連するデータの透明性を確保することを促す。

③日本及び炭素国境調整措置を導入する国において、対象となる製品に生じている炭素コストを検証する。

④炭素国境調整措置導入の妥当性やその制度のあり方について、カーボンリーケージ防止や公平な競争条件確保の観点から立場を同じくする国々と連携して対応する。

（５）国際連携

2050 年カーボンニュートラルの実現に向けた革新的な技術開発やその社会実装を進める上では、内外一体の産業政策の視点が不可欠である。国内市場のみならず、新興国等の海外市場を獲得し、スケールメリットを活かしたコスト削減を通じて国内産業の競争力を強化する。あわせて、対日直接投資、内外協業・M&A を通じ、海外の資金、技術、販路、経営を取り込んでいく。そうした取組により、持続的な成長を実現するためにも、国際連携又は多国間・二国間の国際交渉において、積極的なルールメイキングや、標準・基準の策定を提案することで、我が国が議論をリードしていく必要がある。

具体的には、日本企業と海外企業との協業・M&A のためのプラットフォームである「J-Bridge」を活用して、洋上風力分野など、カーボンニュートラルに強みを持つ欧州・米国企業と、日本企業との協業等を進め、日本企業の競争力強化を図る。その際、地方自治体との連携により、地域の強みの強化につなげる。また、ASEAN 等において新市場創出の動きが急速に進んでいる機会を捉え、脱炭素化に関連した技術力を持つ日本企業として、現地企業との協業を促進するなど、協力を進める。

また、重点分野等におけるイノベーション・技術開発で各国と連携しつつ、社会実装・市場獲得を視野に入れた海外実証プロジェクトの実施や、日本企業の技術を活用した海外インフラプロジェクトの組成支援、貿易保険の機能強化（「LEAD イニシアティブ」）の一環として、「環境イノベーション保険」の機能強化・運用改善を検討することや、日本企業の技術・ノウハウや日本の制度（標準・基準等）の海外普及を担う現地の産業界・政府関係者等の育成等により、社会実装を推進する。さらに、パリ協定における市場メカニズム、金融市場の情報開示・評価の基準、クレジット取引等を含む国際的なルールメイキングや、標準／基準の策定等にも積極的に参画していく。

① 主要国との連携

米国・欧州等との間では、イノベーション政策における連携、新興国をはじめとする第三国での脱炭素化に向けた取組への支援を含む重点分野等における個別プロジェクトの推進、重点分野等での要素技術の標準化、貿易障壁の除去等のルールメイキングに取り組んでいく。

また、特にグローバルな脱炭素化を進めていく観点で重要なアジア新興国等との間では、国際エネルギー機関（IEA）や東アジア・アセアン研究センター（ERIA）といった国際機関とも連携しつつ、アジア新興国は先進国よりも社会的・経済的制約が大きいことを踏まえ、より現実的なアプローチで脱炭素化へのコミットメントを促す必要がある。こういった観点から、IEA が提唱する「すべてのエネルギー源、すべての技術」の考え方に基づき、再生可能エネルギーに加え、CO_2回収、原子力、水素、バイオ燃料とともに既存インフラを活用したアンモニア・水素混焼／専焼、化石燃料の脱炭素化など、ファイナンス面、技術・人材協力面も含め、脱炭素化に向けた幅広いソリューションを提示する。また、市場獲得の観点も踏まえ、二国間及び多国間の協力を進めていく。

具体的には、以下の取組を進めていく。

（ｉ）日米首脳共同声明「新たな時代における日米グローバル・パートナーシップ」に基づく協力

2021 年４月に開催された日米首脳会談において立ち上げられた「日米競争力・強靱性（コア）パートナーシップ」及び「野心、脱炭素化及びクリーンエネルギーに関する日米気候パートナー

シップ」の中で、日米両国は、クリーンエネルギーや他の関連する分野における、両国の技術力を最大限に活用することにより、気候変動に対処し、グリーンで持続可能な世界成長・復興を促進するため、以下について取り組むことを確認した。

- 再生可能エネルギー・省エネルギー技術、グリッドの次世代化、エネルギー貯蔵（蓄電池や長期貯蔵技術等）、スマートグリッド、水素、CCUS／カーボンリサイクル、産業における脱炭素化、革新原子力等のクリーンエネルギー技術に関するイノベーション、開発及び普及における連携・支援
- 電力系統最適化、ディマンド・レスポンス、スマートグリッド、再生可能エネルギー・省エネルギーに関連する、気候変動・環境に、配慮・適応したインフラの整備・活用の推進
- ICT 技術（スマートシティ、省エネルギーICT インフラ、インフラ管理のためのデジタルソリューション等）、カーボンニュートラルポート及び持続可能で気候に優しい農業を含め、気候変動緩和、クリーンエネルギー及びグリーン成長・復興に貢献する他の分野についての協力
- 2050 年までの地球規模の排出実質ゼロの実現に向けて、再生可能エネルギーを迅速に普及させ、経済の脱炭素化を推進し、地域における多様で野心的かつ現実的な移行の道筋を加速化させるため、新たに設立された日米クリーンエネルギーパートナーシップ（JUCEP）や、気候変動やクリーンエネルギー分野において両国が連携して国レベルで行う他の活動などによる、インド太平洋地域の国々を含む開発途上国の支援

（ⅱ）アジア等新興国における「エネルギートランジション」の加速化

世界のカーボンニュートラル実現に向けて、途上国、特にアジア等の新興国のエネルギー資源の安定供給確保と持続的な経済成長を実現しつつ、各国のカーボンニュートラルに向けた現実的なトランジションの取組を加速化すべく、アジア等新興国による自主的な取組を支援する。

具体的には、

① 各国のニーズや実態等を踏まえたエネルギートランジションのロードマップの策定
② アジア版トランジション・ファイナンスの考え方の策定・普及
③ 個別プロジェクトに対する 100 億ドルのファイナンス
④ グリーンイノベーション基金による研究開発・実証の成果の活用
⑤ 1,000 人を対象とした脱炭素技術に関する人材育成
⑥ 「アジア CCUS ネットワーク」を通じたアジア域内の CCS の知見共有等

をパッケージ化した「アジア・エネルギー・トランジション・イニシアティブ（AETI：エイティ）」を推進する。

さらに、こうした支援の対象国をアジアのみならず他の新興国へも広げるとともに、支援パッケージに厚みを増すべく、米国やカナダ、豪州、中東諸国等との連携も進める。

（ⅲ）日 EU 首脳声明「日 EU グリーン・アライアンス」に基づく協力

2021 年５月に開催された日 EU 首脳協議において、「日 EU グリーン・アライアンス」が立ち上げられた。グリーン成長と 2050 年温室効果ガス実質排出ゼロを達成するため、気候中立で、生物多様性に配慮した、資源循環型の経済の実現を目指す。また、2021 年の気候変動 COP26 及び生物多様性 COP15 の成功及びその先も念頭におきながら日 EU で協力を行う。具体的には以下の分野での協力を想定する。

① エネルギートランジション：再エネ、蓄電池、水素、CCUS／カーボンリサイクル、原子力等の技術協力
② 環境保護：資源循環効率の向上及び生物多様性の保全
③ 民間部門：企業の気候変動対策・環境配慮に資する政策の推進
④ 研究開発：低炭素技術の研究開発や社会実装
⑤ 持続可能な金融：持続可能な金融の促進に向けた協力
⑥ 第三国における協力：途上国の気候中立で強靭な社会への移行に向けた協力の促進
⑦ 公平な気候変動対策：日 EU の取組が正当に評価される国際ルール整備、主要新興国への共同での働きかけ

（ⅳ）「貿易と気候変動」に関する日本提案

日本を含む世界全体のカーボンニュートラル実現のためには、既存の製品・技術の活用だけではなく、排出削減に貢献する優れた革新的な製品・技術を開発し、グローバルに普及させる必要がある。そのためには、貿易上の障壁があれば除去するなどの措置が必要であり、今後、国際的なルールメイキングがますます重要となる。このような考えの下、世界全体のカーボンニュートラルに向けた国際的なルールメイキングを我が国がリードしていくため、2021 年３月、世界貿易機関（WTO）の少数有志国による閣僚級会合（オタワ・グループ閣僚級会合）において、気候変動対策に資する製品の関税撤廃や、規制面でのルール作り等を日本から提案した。

「貿易と気候変動」に関する同提案では、
① 水素関連製品等、脱炭素に直接貢献する技術が用いられた物品（環境物品）の関税撤廃
② 「環境物品」やその部品・原材料への輸出規制の規律強化、国内規制と国際規格との調和など規制面に関するルール作り
③ 途上国へのキャパシティ・ビルディングの実施

の三本柱からなる提案を行った。今後、まずは 2021 年 12 月に予定される WTO 第 12 回閣僚会議に向けて、関心国と共に議論していく。

② 東京ビヨンド・ゼロ・ウィークを通じた国際発信・国際連携

こうした国内外での動向を踏まえ、「東京ビヨンド・ゼロ・ウィーク」として、エネルギー・環境関連の国際会議を集中的に開催し、各国や各分野をリードする世界の有識者や指導者を集め、カーボンニュートラル実現に向け「経済と環境の好循環」を実現する日本の成長戦略の世界に向けた発信（ICEF）、先端的研究機関間の協力促進（RD20）、イノベーションの実現やトランジションを支える資金動員に向けた環境整備（TCFD サミット）を進める。さらに、水素、カーボンリサイクル、化石燃料の脱炭素化といった重点分野での国際的な議論や協力をリードするプラットフォームとして活用していく。

新規

（６）2050 年に向けた大学における取組の推進等

① カーボンニュートラルに資する教育研究体制の整備に向けて

2050 年カーボンニュートラル社会の実現に向けては、大学において、人材育成や研究開発を進めるための環境を整備することが重要である。こうした人材育成等は、2050 年を待つことなく速やかに行われる必要があり、そのための環境整備については、既に大学に在籍している者も対象に、直ちに開始することが必要である。

特に、必要となる人材と大学の学部学科のマッチングが図られる[12]ことが必要である。具体的には、2050 年カーボンニュートラル、あるいは現在進展しているデジタル化の大きな流れ等、社会が一変することを考えれば、大学は、学生や社会のニーズに機動的に対応した人材育成を行うことが求められる。例えば、カーボンニュートラルに資する学位プログラムを設定するなど、学部・大学院等を横断・連携した教育研究の推進や、地方国立大学の限定的・特例的な定員増を活用した先導的な取組の創出など、カーボンニュートラル社会の実現に資する大学の学部・学科やカリキュラム、リソースを整備することが必要となる。また、カーボンニュートラル社会の実現という大きな社会変革に対応するためには、キャリアアップ・キャリアチェンジのための学び直しも重要であり、大学院における履修証明制度の充実や入学前の単位認定の拡大、在学期間短縮やオンライン授業の活用等を通じて、カーボンニュートラルに係るリカレント教育を加速することも必要である。この際、カーボンニュートラルを含めた持続可能な社会の実現に向けた人材育成においては、理系分野のみならず、必要な要素は何かということに係る分野横断的な知見も必要であり、関係省庁が連携して、大学等間の議論を推進する。

また、カーボンニュートラル社会の実現に資する観点から、地球環境問題の解決のため、持続可能な社会の創り手となることが期待される子供たちが、環境問題について理解を深め、環境を守るための行動を取ることができるよう、初等中等教育段階から地球環境問題に関する教育の充実を図ることが必要である。学校においても、GIGA スクール構想等のインフラも活用しながら、STEAM 教育をはじめ、地球環境問題等をテーマに、実生活・実社会における問題と結び付けて、各教科等で学んだことを統合的に働かせながら、探究のプロセスを展開する学びを推進していくことが重要である。

② 大学と地域社会

2050 年カーボンニュートラルの達成に向けては、国や地域の変革に向けた知見の創出・普及の観点から、人文・社会科学から自然科学までの分野横断的な研究開発を推進するとともに、大学等と地域社会の連携を推進し、地域における大学等の「知の拠点」としての機能を強化することが必要である。そのため、文部科学省、経済産業省、環境省は「カーボン・ニュートラル達成に貢献する大学等コアリション」[13]を立上げ、地域社会との連携、人材育成等について、先進的な取組や研究成果の横展開や議論を行い、カーボンニュートラルに向けた知見・技術の社会実装等を推進する。

---

[12] 1960～70 年における大学生の増加率は約 120％である。他方で、高度経済成長期の工業発展の中で、工学分野の学生の増加率は約 210％となっている。（文部科学省「文部科学統計要覧」令和２年度版）。

[13] 大学が、国や自治体、企業、国内外の大学等との連携強化を通じ、国・地域の脱炭素化等に資する研究開発や社会実装の推進、地域やキャンパスのゼロカーボン化等に係る機能や発信力を高め、カーボンニュートラル達成に一層貢献していくための大学等間ネットワーク。2021 年夏に立ち上げ予定。

また、カーボンニュートラルに資する大学の研究成果等を社会に還元するために、指定国立大学法人において、大学発ベンチャーへの出資を活用するよう促進する。

同時に、地域の中堅・中小企業にとって、カーボンニュートラルをはじめとする社会課題への対応については、人材の確保が不可欠である。この際、各地域の人材ハブとしての大学の役割は大きい。そこで、カーボンニュートラルの実現に向けた、地域の人材育成と研究開発を推進する複数の大学と企業のネットワークを形成する。また、カーボンニュートラルの人材育成に資する大学等におけるインターンシップの取組について、大学等コアリションとの連携等も通じて、広く情報収集等を行い、横展開を図る。

③ 経済波及効果の分析手法の検討等

2050 年カーボンニュートラルに向けた、国や自治体、大学、研究機関における政策の企画立案・提言や、その効果の検証にとって、例えば経済的なプラスマイナス効果や新製品の増加による経済的波及を示し得ることは重要な要素である。

そのため、カーボンニュートラルに向けた政策立案の十分な効果検証を実現すべく、例えば経済波及効果を計算することができる産業連関表[14]への反映の可能性も含め、関係府省庁とも連携し、カーボンニュートラルに資する品目群の特定や分析方法の確立を目指し検討を進める。これにより、例えば、複数試算の諸元の設定などが、統一的手法で行われることを目指す。

その他、カーボンニュートラルの実現に向けて、国連が定める国際基準である環境経済勘定体系(SEEA)や国際機関等による研究に即しつつ、環境要因を考慮した統計（グリーン GDP（仮称）など）や指標に係る研究やその整備を関係省庁が連携して行う。

[14] ここから数年の間に、各分野において企業の動きが大きく加速することで、カーボンニュートラルに資する品目にも変化が生じると考えられる。さらに、例えば産業連関表については、統合小分類で約 200 品目に及ぶため、数年単位での調査を要するものであることや、政府全体の統計の見直しに伴って、産業連関表も含めた経済統計の推計方法の変更が今後予定されていること、などを勘案すれば、例えば令和７年産業連関表から、カーボンニュートラル関連品目群の導入を行うことなどを想定しつつ検討を進める。

新規

（７）2025 年日本国際博覧会

2050 年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す中で、2025 年日本国際博覧会（大阪・関西万博）の機会を活用するとともに、大阪・関西万博を契機に、日本は、「課題解決先進国」として、人間一人一人がそれぞれの可能性を最大限発揮できる持続可能な社会を、国際社会と共に創ることを推し進めることが、我が国の基本方針である。

また、大阪・関西万博の会場を「People’s Living Lab（未来社会の実験場）」として、新たな技術やシステムを実証する場と位置付けることで、国内外の多様なプレイヤーによるイノベーションを誘発し、それらを社会実装していくための巨大な装置とすることをコンセプトとしている。

① 革新的なイノベーション技術の実証

大阪・関西万博の会場である大阪市臨海部（夢洲）は、３つの主要な空港や複数の大規模な港、高速道路、新幹線といった交通インフラが整備されており、国内、海外からのアクセスが容易な地点であるとともに、総合的な防災対策が講じられているなど、実証を行うのに適した地域である。

この際、グリーンイノベーション基金において将来的に採択されたプロジェクトとの連携を図ることで、個社単位ではなく、我が国全体としての効率的な研究開発の促進に資することとなる。特に、大阪・関西万博のような国際的かつ市民参加型のイベントにおける取組は、供給側だけでなく、実際にイノベーションの果実を享受するユーザー側の声を反映させることが比較的容易であり、社会実装までを一気通貫で視野に入れている同基金の基本理念にもかなうものである。以下に列挙する実証的取組については、同基金における扱いは 2021 年６月時点においては未確定であるものの、例えば実証地域の一部を、大阪・関西万博会場で行うなど、相互に協力関係を構築できるよう、政府としても働きかけを行う[15]。また、その他の実証的な取組についても、同様の考え方に基づいて行うこととする。

例えば、以下のような取組について、大阪・関西万博の会場等における実証等を目指す。

- 燃料アンモニア産業関連では、会場近郊においてアンモニア発電の実証等を行う。
- 水素産業、船舶産業関連では、水素発電の実証等を行い、CO_2 フリー電力を会場に供給するとともに、会場内外で運行するモビリティ等において水素由来エネルギーを活用することで水素活用社会を PR する。
- カーボンリサイクル産業関連では、CO_2 を回収する技術、生ごみから発生するバイオマス由来の CO_2 から合成メタンを生成する技術を会場内で実証する。また、CO_2 吸収型コンクリートについて、万博会場を活用して性能向上に必要となる実証等を行う。
- 2050 年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指し、ネガティブエミッション技術（Direct Air Carbon Capture and Storage DACCS）につながる実証等を行う。
- ペロブスカイト等の次世代型太陽電池について、万博会場等における試作品のデモンストレーション等を行う。

[15] 「グリーンイノベーション基金事業の基本方針」（2021 年３月 12 日）においては、「（３）早期実用化の促進着実な社会実装を促すため、プロジェクトの終了を待たず、研究開発成果を利用しうるユーザーとの意見交換、ユーザーに対する試作品提供、国際展示会（2025 年大阪・関西万博等）への出展等により、ユーザーの声を活かして素早く軌道修正を図る開発手法（アジャイル開発）を促進する。」とされている。

・資源循環産業関連では、飲食物の提供・販売に活用できるバイオマス由来の生分解性容器の循環処理・資源化に関する実証等を行う。

② 万博全体としての取組

こうした革新的イノベーション技術の実証のみならず、パビリオン等の会場施設においても、カーボンニュートラルを中心とした「2050 年の社会像」を強く意識した展示やイベントの展開を積極的に進めることにより、大阪・関西万博全体として、日本と世界の「いのち輝く未来社会のデザイン」を、カーボンニュートラルを軸のひとつとして提示する。

また、会場で利用されるエネルギーについては、次世代型太陽電池をはじめとした再生可能エネルギーや水素・アンモニアの利用を進めるとともに、CO_2吸収型のコンクリート、ネガティブエミッション技術の活用等を目指すことにより、大阪・関西万博の場を「ビヨンドゼロのまちづくり」につながる日本の最先端の技術を PR する場として活用する。

③ 取組・効果の国内外への発信

大阪・関西万博は、開催期間の半年にわたって、国内外から 2,820 万人の来場者を見込むプロジェクトである。カーボンニュートラルに関する大阪・関西万博の取組については、来場者の声を確実に整理し、反省点も含めた上で、社会実装に役立つ形で国内外に発信することとする。

また、この際は、2050 年の現役世代を強く意識し、未成年層の声も重点的に整理する。また、同時に、2050 年の少子高齢化社会も見据え、高齢者としての利便性の声も意識する。これらの声の提供に当たっては、簡易・気軽に率直な印象を提供いただけるような工夫を行う。

これは革新的イノベーション技術の実証においても同様であり、各パビリオンを含む会場及び会場近郊のエリアを活用し、魅力的なデザインやバーチャル技術を活用しながら、来場者からのフィードバックが行われるような仕組みを検討する。その際、個別技術が散逸的・独立的に存在するのではなく、全体として、カーボンニュートラルという大きな目標にどのようにつながっているかを、よりよく実感し、体感することができるようなデザインを行うことを目指す。

（８）グリーン成長に関する若手 WG

新規

2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて我が国社会が成長し続けるためには、2050 年に現役である若手世代の意見を取り入れることも重要である。したがって、経済産業省に「グリーン成長に関する若手 WG[16]」を立ち上げ、2050 年カーボンニュートラルに向けた課題と取り組むべき政策を若手目線で検討し、2021 年５月に提言書「自分ゴトにするために／共感から始めるカーボンニュートラル」を取りまとめた。その中で行われた提言のポイントは以下のとおりであり、こうした政策の実現に向けて、今後も若手世代による議論を継続していく。

① 経済の持続可能性を表す新たな指標の設定

カーボンニュートラルに向けた取組は、短期的にはコストに見えてしまう。2050 年に向けて、長期的に持続可能性を保って取組を継続するためには、カーボンニュートラルに向けた取組が、その他の取組に比べて、相対的に評価される必要がある。また、将来のウェルビーイングを保障するために「未来に何を残せるのか」という視点が重要である。

若手 WG においては、具体的な政策として、「現在の総生産力」を測る GDP に対して、「未来に残す総資産」を測る新たな指標である GDS（Gross Domestic Sustainability／国内総持続可能性）等についての議論を行った。

② カーボンニュートラルに向けた行動の可視化

カーボンニュートラルの達成には、一人一人がカーボンニュートラルについて考え、行動につなげることが重要であり、カーボンニュートラルへの関心の有無に関わらず、各ステークホルダーの行動変容を実現することが重要である。

若手 WG においては、具体的な政策として、カーボンニュートラルに資する行動の可視化（提示）や、消費者視点でカーボンニュートラルに資する取組を体系的に整理し、その取組を行った場合にポイントが付与されるといった、消費者の行動変容を後押しする取組等について議論を行った。

③ CO_2 の可視化（ライフサイクルアセスメント）の推進

各主体のカーボンニュートラルに向けた取組を適切に評価するためには、CO_2 の排出及び削減や、その影響を適切に可視化することが必要である。特定の業種だけではなく、産業全体・サプライチェーン全体を見渡すことが重要である。

若手 WG においては、具体的な政策として、統一的な CO_2 の排出・削減量及び影響を評価するための算定ルール・規格の策定や、可視化した情報を元に投資家向けの認証制度を構築するなど、開示に当たっての企業のインセンティブ付け等について議論を行った。

④ カーボンニュートラルへの移行に向けたコスト負担に関するガイドラインの策定

企業のカーボンニュートラルに向けた取組を後押しするためには、そのコストを明らかにするとともに、そのコストを単一企業のみで負担するのではなく、サプライチェーンの中で適切にコストを分担することが必要である。

[16] 2020 年 12 月に経済産業省に設置された私的研究会。民間企業や大学、研究機関、省庁の若手有志（計 76 名・平均年齢 30 歳）で構成。

若手 WG においては、企業がカーボンニュートラルに取り組むに当たってのコストの 4 全体像の提示と、個別項目（研究開発、設備投資、既に実施した研究開発の無効化等）の一覧化が必要であるという問題意識の下、具体的な政策として、業種や地域、事業規模等に応じた、具体的なコストのイメージや投資計画のひな型、サプライチェーン内でのコスト負担の考え方等をまとめたガイドラインの策定等について議論を行った。

⑤ 炭素循環プロセスの構築

CO_2回収・資源化に立脚した炭素循環プロセスの構築によって、炭素資源を基盤とする既存産業の存続・発展、CO_2の資源化による新たな産業の創出を図ることが重要。

若手 WG においては、具体的な政策として、CO_2回収・活用技術に関する基礎研究の支援、CO_2を活用した製品価格の調整等について議論を行った。

⑥ 人材育成

（ⅰ）起業人材の応援

イノベーション創出の担い手として、様々な分野でスタートアップの活躍が求められている。2050 年カーボンニュートラル社会の実現に向けても、どのような技術が勝ち筋となるか分からない不確実性の高い取組だからこそ、多数のスタートアップが試行錯誤し、カーボンニュートラル実現に資するイノベーションを生み出していくことが期待される。一方で、環境関連のスタートアップエコシステムにおいては、

・実用化までの期間が比較的長期にわたるため、投資を集めるのが困難
・情報（先行事例や環境関連技術、投資家の動向など）が不足している

といった課題が存在する。

若手 WG においては、カーボンニュートラル関連のスタートアップの活動を重点的に支援する必要であるとの問題意識の下、具体的な政策として、環境分野における起業人材と、企業や大学、行政といった多様な関係者が結びつくためのネットワーク構築の支援や、カーボンニュートラル関連の新規事業立ち上げのためのガイドラインの策定等について議論を行った。

（ⅱ）カーボンニュートラルに関する知見獲得の支援

カーボンニュートラルに向けた取組を着実に進めるためには、様々な取組を実行するための人材が不可欠である。企業の場合、研究開発人材や経営に携わる人材にカーボンニュートラルに関する知見が求められることに加えて、就業者全体にも、最低限カーボンニュートラルに関する知見が必要であるように、様々な主体が、その役割に応じてカーボンニュートラルに関する知見を獲得し、カーボンニュートラルに向けた取組の進展に応じて柔軟に対応することが必要である。

若手 WG においては、具体的な政策として、社会人の学び直し（リカレント教育）や大学教育でのダブルメジャー、ひいては初等・中等教育におけるカリキュラムの見直しを通じて、様々な人材のカーボンニュートラルに関する知見獲得の支援等について議論を行った。

4．重要分野における「実行計画」

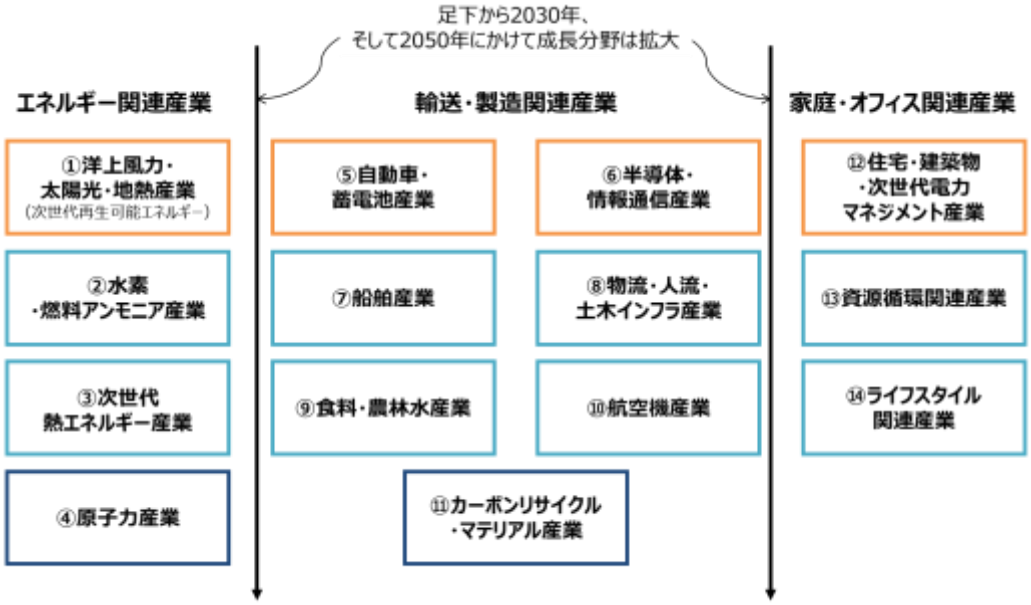
2050 年カーボンニュートラルへの挑戦に、成長戦略として取り組む観点から、今後の産業としての成長が期待される重要分野であって、温室効果ガスの排出削減の観点からも、2050 年カーボンニュートラルを目指す上で取組が不可欠な分野において、「実行計画」を策定することとする。

足下から 2030 年にかけて市場が立ち上がるものから、2050 年にかけて市場が立ち上がってくるものまで、成長に至る時間軸が異なる 14 分野を取り上げる。

これらの分野については、エネルギー関連産業、製造・輸送関連産業、家庭・オフィス関連産業など、その分野ごとに、足下の「導入拡大フェーズ」における対応の必要性が高い分野から、将来に向けた「研究開発フェーズ」における対応の必要性が高い分野など様々であるが、それぞれの分野の特性を踏まえながら、日本の国際競争力を強化しつつ、自立的な市場拡大につなげるための具体策を盛り込んでいく。

今後、これらの分野における実行計画の着実な実施を通じて、2050 年カーボンニュートラル社会の実現可能性を、関係省庁が一体となって、年々高めていく。

この際、カーボンニュートラルを目標の一つとしつつ、革新的技術によるイノベーションの創出や社会実装を目指すことに主眼を置いている、「革新的環境イノベーション戦略[17]」や「みどりの食料システム戦略[18]」、「半導体・デジタル産業戦略[19]」、「国土交通グリーンチャレンジ[20]」などと、相互連携を図ることで、各分野の実行計画の実現の確度を高めることが重要である。



[17] URL 参照＜https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/kankyousenryaku2020.pdf＞

[18] 農林水産省では、食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現するため、中長期的な観点から戦略的に取り組む政策方針として、2021 年５月に、「みどりの食料システム戦略」を策定。
URL 参照＜https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/index.html＞

[19] 経済産業省では、「半導体・デジタル産業戦略検討会議」を開催し、半導体の競争力強化やデータセンター等のデジタルインフラの強化・最適配置、デジタル社会を支えるデジタル産業の育成などからなる「半導体・デジタル産業戦略」を公表予定。詳細は、「４（６）半導体・情報通信産業」を参照。

[20] 国土交通省では、国土・都市・地域空間におけるグリーン社会の実現に向け、2021 年夏に取りまとめる「国土交通グリーンチャレンジ」により、2021 年度から、くらし、まちづくり、交通、インフラ等における脱炭素化に向けた緩和策・適応策等の分野横断・官民連携による取組を戦略的に推進していく。
URL 参照＜https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001402586.pdf＞

（１）洋上風力・太陽光・地熱産業（次世代再生可能エネルギー）

ⅰ） 洋上風力

洋上風力発電は、大量導入やコスト低減が可能であるとともに、経済波及効果が期待されることから、再生可能エネルギーの主力電源化に向けた切り札である。特に、事業規模は数千億円、部品数が数万点と多いため、関連産業への波及効果が大きい。

我が国の洋上風力産業を育て、競争力を強化していくため、国内においてコスト低減を図りつつ最大限の導入を進め、将来的にはアジアの成長市場を獲得していく戦略を官民で構築し、実現していくことが、エネルギー政策・産業政策双方の観点から重要である。

そこで、まずは魅力的な国内市場の創出に政府としてコミットすることで、国内外からの投資の呼び水とし、事業環境整備等を通じて投資を促進することにより、競争力があり強靱な国内サプライチェーンを構築する。さらに、アジア展開を見据えて次世代の技術開発や国際連携に取り組み、国際競争に勝ち抜く次世代産業を創造していく。

上述のような方向性を示す「洋上風力産業ビジョン（第１次）」に基づき、「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」を通じて、官民一体となって取組を推進する。

① 魅力的な国内市場の創出

＜現状と課題＞

グローバルな洋上風力市場は着実に成長しており、国際機関の分析では、2040 年には全世界で 562GW（現在の 24 倍）、120 兆円超の投資が見込まれる成長産業である[21]。

他方、風車製造は海外企業が米欧中を中心に立地している状況である。特に欧州では、需要地に近い工場立地により輸送コストを抑えつつ、風車の大規模化や量産投資を行うことにより、過去 10 年でコスト低減が進展し、洋上風力発電による売電価格が、落札額 10 円/kWh を切る事例や、補助金に頼らない事例も生じている。

一方で、2030 年の世界シェアのうち 41%（96GW）がアジアになるとの予測[22]もあるなど、今後、アジア市場は急成長が見込まれ、欧米風車メーカー等のアジア進出が本格化しており、アジア各国においても誘致競争が始まっている。日本においても、「海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律」（以下、「再エネ海域利用法」という。）に基づく公募（４か所、約 150 万 kW）が 2020 年度から始まっており、案件獲得に向けて発電事業者を中心にサプライチェーン全体で取組が活発化している。

国内にサプライチェーンを新たに構築するためには、まずは国内外からの投資の呼び込みが必要である。産業界からは、投資判断のためには、市場規模の見通しが必要との意見があった。このため、政府として導入目標を明示するとともに、「絵に描いた餅」とならないよう、その実現に向けた取組を進める。

＜今後の取組＞

第一に、魅力的な国内市場の創出に政府としてコミットすることで、国内外からの投資の呼び

[21] 国際エネルギー機関（IEA） 「Offshore Wind Outlook 2019」（持続可能な成長シナリオ）

[22] 世界風力会議（GWEC） 「Global Offshore Wind Report 2020」

水とするため、政府として導入目標（「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」に基づく認定量）を明示する。具体的には、2030 年までに 1,000 万 kW、2040 年までに浮体式も含む 3,000 万 kW～4,500 万 kW の案件を形成する[23]。

第二に、2019 年４月に施行された再エネ海域利用法に基づき、着実に案件形成プロセスを進めていく。加えて、施行を通じて得られた知見を踏まえ、案件形成の迅速化に向けて必要な改善を図る。また、初期段階から政府や地方自治体が関与し、より迅速・効率的に風況等の調査、適時に系統確保等を行う仕組み（日本版セントラル方式）の確立に向け、実証事業を立ち上げることなどにより、案件形成を促進し、継続的な区域指定につなげていく。具体的には、事業者の重複確保が問題となっていた系統確保について、系統確保スキーム[24]を適用した系統の公募への活用に向けて、ガイドラインや関係機関の規程等の改訂等、2021 年度中に関連するルールの整備を行う。また、国主導による風況調査、海底・海象調査等についての実証事業等を進め、案件形成を促進する。

第三に、系統や港湾等のインフラ整備を計画的に進めていく。導入目標の実現に貢献する系統整備のマスタープランについて、2021 年５月に取りまとめた中間整理を踏まえ、2022 年度中を目途に完成を目指す。さらに、洋上風力発電の適地から大需要地に運んでくる送電網が重要であるため、海底の長距離直流送電線について、「長距離海底直流送電の整備案に向けた検討会」を 2021 年３月から立ち上げ、技術的課題やコストを含め、導入に向けた整備案を具体化する。また、送電網の空き容量を超えて再エネが発電した場合に出力を一部抑えることを条件に、より多くの再エネを送電網に接続する仕組みについて、ローカル系統等への全国展開に必要な技術開発等を進めるとともに、石炭火力等より再エネが優先的に送電網を利用できるようなルールの適用開始に向けての検討も進める。さらに、基地港湾については、既に地耐力強化等の整備を終えた秋田港を活用し、発電事業者によって風車の設置工事が開始されている。残る３港湾については、引き続き大型風車の設置・維持管理に必要な地耐力強化等の工事を着実に進める。加えて、有識者や関係団体等から構成する検討会を立ち上げ、系統整備や促進区域等指定のスケジュール、風車の大型化傾向等を踏まえつつ、将来的な我が国の基地港湾に求められる機能や、地域経済の活性化や雇用創出を図るための臨海部エリア等における企業誘致策等の検討を進め、2021 年度中の取りまとめを目指す。

② 投資促進・サプライチェーン形成

＜現状と課題＞

政府による国内市場の創出を投資の呼び水として、競争力があり強靱なサプライチェーンを形成することが、電力安定供給や経済波及効果といった観点から重要である。

風車については、国内に製造拠点が不在であるため海外からの輸入に依存している。また、発電機、増速機、ベアリング、ブレード用炭素繊維、永久磁石等の陸上風力の経験等から技術力を有する国内部品メーカーの潜在力や国内のものづくり基盤を十分に活用できていないのが現状で

[23] なお、「実行計画」（令和２年 12 月１日成長戦略会議）においては、「日本において、2040 年までに 3,000 万 kW、大型火力 30 基分という大きな建設関連需要の創出を目指す。」としているところであるが、2050 年カーボンニュートラル実現に向けて、産業界からの投資を引き出すべく、2040 年における導入目標を引き上げる。ただし、4,500 万 kW 達成には、浮体式のコストが、技術開発や量産化を通じて、今後大幅に低減することが必要である。

[24] 再エネ海域利用法第８条第１項に規定する促進区域の指定を行うことを目的として、一般送配電事業者が暫定的な系統容量を確保することについて、国が電力広域的運営推進機関に要請を行う。

ある。
　このため、産業界においては、産業界としての国内調達に係る目標を設定することで、強靭なサプライチェーンの形成を促進する。政府においては、設備投資へのインセンティブ付与や国内外の企業連携の促進、規制改革による事業環境整備等によって産業競争力の強化を図る。あわせて、産官学が連携して、洋上風力発電に必要な人材育成を進めていく。

　＜今後の取組＞
　第一に、競争力があり強靭なサプライチェーンの形成に向けて、産業界は、我が国におけるライフタイム全体での国内調達比率を 2040 年までに 60%にすること、着床式の発電コストを 2030～2035 年までに８～９円/kWh にすること、という２つの目標を設定し、実現に向けた取組を進める。
　第二に、サプライチェーンの形成に向けて公募におけるサプライチェーンの評価、設備投資へのインセンティブの付与、グローバルなビジネスマッチングの促進等の取組を進める。具体的には、再エネ海域利用法に係る公募占用計画の評価において、電力の安定供給を確保するなどの観点から、強靭なサプライチェーン（国内又はそれと同等のもの）の形成を評価する。また、サプライチェーンの構築に対する設備投資を促していく。さらに、日本企業と海外企業の協業・M&A のためのプラットフォームである「Japan Innovation Bridge（J-Bridge)」等を通じた海外企業と日本企業のビジネスマッチングの促進や、風車製造に必要であるが特定国依存度の高いレアアース等の原材料の確保に向けた取組を進める。
　第三に、事業環境の改善に向け、産業界が整理したプロジェクト推進の障壁となりうる規制について、各省が連携しながら総点検を行う。このうち、まずは、事業者の負担軽減、審査期間の短縮に向けて、2021 年４月より実施している経済産業省（電気事業法）と国土交通省（港湾法、船舶安全法）の審査一本化に加えて、経済産業省（電気事業法）の安全審査については、同月から、一定の条件下で、有識者による詳細な検証を不要とする設備類型の割合を大幅に増加させ、手続の合理化を図ったところである。さらに、「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」に基づく、風車撤去時の残置許可基準の明確化については、2021 年度より有識者も交えた検討会を開催し、同年度前半を目途に一定の考えを示す。また、航空法に基づく、洋上風力発電設備への航空障害灯の設置等に係る基準の緩和等についても、2021 年３月に学識経験者、運航者、風力発電機設置者、航空局関係者で構成した会議体を立ち上げ、検討を行っており、2021 年度内を目途に緩和策を取りまとめ、速やかに基準の改正を行う。また、洋上風力の導入に向けて整備が必要な規格を産業界が総点検し、必要性の高い規格については、政府と連携して整備を進める。
　第四に、長期的・安定的に洋上風力発電を普及させていくに当たっては、風車製造関係のエンジニア、調査・施工に係る技術者、メンテナンス作業者等の幅広い分野における人材育成を行うことが必要である。その実現に向けて、必要なスキルの棚卸し、スキル取得のための方策を具体化した「洋上風力人材育成プログラム」を策定し、短期的な異業種からの技術者の移動・転換の推進、中長期的な人材育成を進める。

③ アジア展開も見据えた次世代技術開発、国際連携
　＜現状と課題＞
　サプライチェーンの形成等を通じて競争力を高めつつ、将来的に、気象・海象が似ており、市場拡大が見込まれるアジアへの展開を目指すことが重要である。

現在、世界で進む洋上風力導入は着床式が中心であるが、浮体式については造船業等の新たなプレイヤーの参入余地が大きく、今後競争の激化が特に見込まれる。商用化を常に見据えながら、技術開発を加速化し、世界で戦える競争力を培っていく必要がある。同時に、将来のアジア市場展開を見据え、国際標準化や政府間対話等により、官民が連携して海外展開の下地づくりを進めていく必要がある。

＜今後の取組＞

第一に、アジア展開も見据えた次世代技術開発を進める。競争力強化に向けて必要となる要素技術を特定するため 2021 年４月に策定した「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ」に基づき、特に、サプライチェーン構築に不可欠な風車や中長期的に拡大の見込まれる浮体式等について、要素技術開発を加速化し、実海域での実証を見据えて、グリーンイノベーション基金の活用も検討しつつ、企業から目標へのコミットメントを得た上で、長期間にわたる技術開発・実証等を一気通貫で支援する取組等を行う。

第二に、将来のアジア市場展開を見据え、政策対話や国際実証等を行うことにより、政府間の協力関係の構築と国内外の企業の連携を促す。具体的には、2021 年４月に二国間政策対話である日 EU エネルギー政策対話を通じて、ワークショップを開始したところであり、洋上風力に関する協力事例、技術の認証と適合性評価、浮体式洋上風力等に関する取組・課題について日 EU 双方の理解を醸成することで、日 EU 協力の更なる深化を図る。また、海外での洋上風力事業への参画等を検討する日本企業を FS や実証、ファイナンスで支援していく。加えて、浮体式の安全評価手法の国際標準化等を進める。これらの取組等を通じて、浮体式等の海外展開に向けた下地作りを行う。

ii） 太陽光

新規

太陽光発電は、平地面積当たりの導入量が世界一であるなど、再エネの主力として導入が拡大してきた。また、自家消費や地産地消を行う分散型エネルギーリソース（DER）として、レジリエンスの観点でも活用が期待されており、カーボンニュートラルの実現に向けては、更なる導入拡大が不可欠である。

一方で、太陽光発電の導入量はFIT制度導入当初は７～８GW、2016年以降も５～６GW程度を維持してきたが、足下の認定量は1.5GWまで低下している。これはFIT制度導入後、産業全体が未成熟な状況で生じた急激な拡大を、買取価格の引下げや事業規律の強化等を実施し、産業の適正化を図ってきた結果であると考えられるが、今後はこうした経緯を踏まえた産業拡大の絵姿を描いて行くことが不可欠となる。

ただし、足下では、日本企業の世界シェアも大きく減少し、2019年には1.8%のシェアにまで低下している。

こうした状況を踏まえ、更なる導入拡大に向けては、適正な事業者による、地域と共生した形での事業実施を大前提に、足下での導入量の再拡大を図りつつ、主流となっている既存のシリコン太陽電池では設置困難な場所でも設置可能な次世代型太陽電池の技術開発等を通じ、中長期的に新市場を創出していくことが急務である。

具体的には、既存の太陽電池では技術的な制約により設置が困難な場所にも設置可能な次世代型太陽電池等の次世代技術の開発に取り組み、太陽光発電の活用可能性の拡大を進める。加えて、関連する市場の活性化等を通じた環境整備を進めることにより、産業の育成・再構築を図りつつ、様々な規制や制度の再検討を通して、地域と共生可能な適地の確保を図る。

① 次世代技術の開発

＜現状と課題＞

既存の太陽電池は、価格の低減等が進んではいるが、屋根の耐荷重が小さい既築住宅・建築物や、住宅・建築物の壁面等には設置が容易でないという技術的な課題も存在する。こうした技術的課題を克服する次世代型太陽電池の研究開発については、世界各国のあらゆる研究機関等でしのぎを削っている状況である。具体的には、我が国においては実験室レベルで、変換効率24.9%を達成しているが、韓国では変換効率25.4%（世界最高）を達成している。また、モジュールについては、国内企業が世界最高変換効率17.9%を達成している。

今後、製品レベルで既存の太陽電池を超える性能の実現（変換効率・耐久性・コスト等）やエンドユーザー等のニーズ（意匠性等）に合わせた技術開発によるビル壁面等の新市場開拓（建材一体型太陽電池等）を進めていくことが課題となる。

また、太陽光発電をはじめとした変動再エネ導入の増加は、火力発電の減少とあいまって非同期電源の増加をもたらすことから、慣性力の確保等も系統安定化のために必要となる。

＜今後の取組＞

ペロブスカイトをはじめとした有望技術の開発を徹底的に支援し、性能向上に向けた研究開発を加速化する。特に、既存の太陽電池では技術的な制約のある壁面等に設置可能な次世代型太陽電池の実用化と新市場創出を図るため、次世代型太陽電池や関連製品の社会実装に向けた実証等に取り組む。

具体的には、グリーンイノベーション基金の活用を検討し、産学官が協力してペロブスカイトに関する共通基盤技術の開発を加速化するとともに、製品レベルの性能の実現に向けた個別企業の研究開発も推進する。さらに、上述の研究開発の成果も踏まえて、エンドユーザー企業のニーズを考慮した製品開発、開発された製品のプロトタイプを用いた実証等を行い、次世代型太陽電池の市場投入を加速化させる。

こうした取組を通じ、2030 年を目途に一定条件下での発電コスト 14 円/kWh 等を実現して普及段階に移行できるよう、研究開発の重点化を促す。また、こうした研究開発と併せて、海外市場の獲得も見据え、次世代型太陽電池に係る性能評価等の標準化を進める。太陽光発電は 2050 年までに世界全体で累積 4.4TW が導入されると予測されているが、これを前提とすれば、年間の世界での市場規模は約 10 兆円となる[25]。（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）によると、2050 年に次世代型太陽電池等の技術により期待される市場は、太陽光発電市場全体の 50%と想定されており、これを前提とすれば 2050 年の次世代型太陽電池関連の市場規模は約５兆円と想定される。上述のような技術開発を進めることで早期の市場獲得を図り、こうした世界市場の取り込みを目指す（市場が急拡大した 2010 年以降に日本企業のピークシェアである 25%と同等と仮定すると、その経済効果は 1.25 兆円となる）。

また、既存の太陽電池では技術的な制約により設置が困難な住宅・建築物にも太陽光発電設備が設置可能となった場合、発電した電力の約３割を自家消費すると仮定すれば、一般家庭においては電力消費量の３割程度を賄うこと（機械的に換算すれば電気代年間１万円相当の節約）が可能となる。

加えて、慣性力を提供する次世代インバーターや系統制御方式の技術開発を進め、2030 年代からグリッドコード化や市場開設を通じて、慣性力の確保等を図る。

② 関連産業の育成・再構築

＜現状と課題＞

太陽光発電の導入拡大を進める上で、更なるコスト低減等を進めつつ、FIT 制度等の支援から自立化を進めることが必要である。このため、FIT 買取期間が終了した太陽光発電を活用するビジネスモデルの確立や、FIT 制度が無くとも導入拡大が可能な環境整備を進めていく必要がある。こうした中、2022 年４月には FIP 制度を導入し、再生可能エネルギー発電事業者に電力需給を意識させる取組を進め、太陽光を含む再エネの電力市場への統合を促していく。

加えて、FIP 制度を利用又は FIT 買取期間が満了した太陽光発電を活用するアグリゲーションビジネスの活性化・育成や、海外に比して高止まりしている家庭用蓄電池等の価格の低減、需要家が遠隔地に発電設備を設置し自ら受電する仕組み（オフサイト PPA）等の新たなビジネス形態の創出・拡大など、多様なプレイヤーの参画を促し、太陽光発電の関連産業を拡大させていく。

＜今後の取組＞

まず、FIP 制度については、制度開始に向けた準備を着実に行うとともに、制度開始以降は、制度運用状況や市場環境等を踏まえつつ、プレミアム水準や対象範囲等について適時適切に設定・見直しを行っていく。また、DER の価値を各種市場において適切に取引できるよう、海外先行事例も参考にしつつ検討を進めること等により、アグリゲーションビジネスの活性化を促す。

[25] 国際再生エネルギー機関（IRENA）における現行政策シナリオの導入見通しより（IRENA Remap 2019 dataset, IRENA Future of Solar PV 2019）

蓄電池についても、定置用蓄電池の価格低減・普及拡大に向けて、家庭用で 2030 年度７万円/kWh（工事費込みの蓄電システム価格）という価格目標を要件化した導入促進や、製造設備への投資促進、調整力等の提供技術の実証等を進める。

また、家庭用太陽光の導入時のイニシャルコストが導入者の負担になっているとの指摘や、RE100 等の取組が進む中で再エネを直接購入することを希望する需要家が増加していることを踏まえれば、需要を取り込む新たなビジネスモデルの創出・拡大は太陽光発電の導入拡大にも資する。こうした観点から、初期費用ゼロで設備導入を可能とする PPA モデルやオフサイト PPA モデルを活用した先進事例の創出、先進事例の横展開等を通してこれらのモデルの拡大を図る。

③ 適地確保等

＜現状と課題＞

太陽光発電の導入拡大には、地域と共生しながら、安価に事業が実施できる適地が不足しているという懸念の声が多く寄せられている。例えば、近年、自治体では自然環境や景観の保全を目的とした再エネ発電設備の設置に抑制的な条例（再エネ条例）の制定が増加し、2020 年度時点では全国の自治体の１割弱が再エネ条例を制定している状況である。また、有望な適地の一つと考えられる農地の利用拡大が進んでいない点や、系統容量確保の容易化等による導入量の拡大にも期待の声がある。

国内における太陽光発電の産業規模の裾野を拡大していくためには、こうした状況を踏まえた、様々な分野の規制や制度等の再検討が必要である。

＜今後の取組＞

まず、地域との共生を図りつつ導入を拡大するためには、地域における前向きな合意形成をどのように促していくのかが課題となる。この点、改正地球温暖化対策推進法においては、自治体が再エネ利用促進等の施策の実施目標を定め、再エネ等の導入を促進する「促進区域」を設定するとともに地域ごとの配慮事項を定めることができる規定を追加している。こうした取組の具体化を進めることにより、個別の開発案件の加速化を促していく。

また、有望な適地の一つである農地についても、荒廃農地を再生利用する場合の要件緩和や再生困難な荒廃農地の非農地判断の迅速化や農用地区域からの除外の円滑化について国が助言すること等により、営農型等による導入の拡大を進める。

加えて、系統容量の確保については、まずはローカル系統におけるノンファーム型接続の試行的な実施、その結果を踏まえた全国展開を進めつつ、系統増強についても検討を進めていく。

さらに、次世代型太陽電池の実用化等を通じ、住宅・建築物への太陽光発電導入に資する ZEH・ZEB の普及拡大を図っていく。

新規

iii） 地熱

地熱発電は、発電時に CO_2 をほとんど発生しない再生可能エネルギーの中で、太陽光発電や風力発電等と異なり、ベースロード電源となり得る再生可能エネルギーである。2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて、再生可能エネルギーの最大限の導入が求められる中で、安定的な再生可能エネルギーの導入に資する電源として地熱発電の推進は非常に重要である。

このため、国自らが行う開発適地における資源量の調査、事業者に対するリスクマネーの供給、地元理解の促進に向けた取組等を行うことにより、開発コストや開発リスクの低減を図っていく。

また、国内の地熱資源の８割が国立・国定公園内に存在することを踏まえ、環境省では「地熱開発加速化プラン」に基づき、自然公園法や温泉法の運用の見直しに加え、改正地球温暖化対策推進法に基づく促進区域の設定の促進、温泉モニタリングなどの科学データの収集・調査や円滑な地域調整を進めることを通じ、全国の地熱発電施設数の 2030 年までの倍増と最大２年程度のリードタイムの短縮を目指す目標を掲げることとしている。同プランの実施に加えて、それらを中心に自然環境の保全とも両立した開発加速化や開発地点の拡大が必要である。

さらに、2050 年に向けては、これらに加えて、新たな技術の開発により、これまで開発出来ていなかった地熱資源の開発を図る。

このような取組を通じ、地熱発電の大幅な導入を目指すとともに、導入拡大に伴い、これを担う掘削やタービン等の発電システム、抗井の素材・部材等の地熱開発に関する様々な産業の更なる成長を図ることが重要である。

特に、現在国内外での地熱発電に使用されている発電用タービンの７割を日本企業の製品が占めているというアドバンテージを活かし、途上国を中心とする世界の膨大な未開発の地熱開発に対し、世界トップクラスにある発電システムとともに、マスタープランの作成から探査、試掘調査、掘削、プラント建設まで資金面を含め途上国を支援することにより市場を拡大し、我が国地熱産業の競争力を強化していく。また、超臨界地熱発電等の、次世代型の地熱発電技術を世界に先駆けて実現し、超臨界地熱資源の探査技術や大深度掘削技術、地上・地下の配管、タービンを含めた発電システム全体をパッケージで海外に売り込むことで、我が国地熱産業における海外展開の更なる拡大に取り組む。

① リスクマネーの供給、理解促進

＜現状と課題＞

地熱発電の開発は、事業化判断前の段階においても掘削調査等に多大な費用を要する、掘削した生産井において想定した熱資源を確保できない、系統接続に時間とコストがかかるなど、運転開始に至るまで多大なリスクとコストを要することが地熱開発の阻害要因の一つとなっている。

また、地熱開発は、地元関係者の理解が必須であるが、ほとんどの場合、事業者単独で理解を得ることから、その調整コストが事業者にとって大きな負担となっている。

＜今後の取組＞

事業者のリスク、コストの低減を図るため、引き続き（独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）による助成金、出資、債務保証等のリスクマネーの供給を行うとともに、開発の加速化と自然環境保全への影響軽減も目指した探査や掘削技術の向上を図る。また、開発リスクの低

減のためには、地域の理解促進、投資リスクの低減、掘削成功率や掘削効率の向上に資する技術開発を進める。さらに、系統接続等の地熱開発拡大に向けたその他の技術的課題の解決に努める。

また、発電後の熱水利用など、エネルギーの多段階利用も期待される。例えば、地熱発電所の蒸気で作った温水が農業用のビニールハウスなどで活用され、地域のエネルギー供給の安定化を支える役割も担っている事例も存在する。こうした点を踏まえ、地域と共生した持続可能な開発を進めるとともに、こうした優良事例を全国に発信する。

加えて、今後、JOGMEC 自らが地熱資源調査を行うとともに、掘削調査のデータ等は広く事業者に提供し、掘削した井戸については、事業者の求めに応じて引き継ぐ。

さらに、「地熱開発加速化プラン」を通じて、関係省庁でも連携しつつ、改正地球温暖化対策推進法に基づく地熱開発の促進区域の指定の促進や、温泉事業者等の地域の不安や自然環境への支障を解消するための科学データの収集・調査を実施し、円滑な地域調整による案件開発を加速化する。

② 関連法令による規制

＜現状と課題＞

日本の地熱資源のポテンシャルは世界第３位であるが、火山直下等の高温帯が開発適地でないこと、系統接続等の課題もあり、他国と比べるとそのポテンシャルを十分に活かしきれていない（ポテンシャルは世界第３位であるが、活用実績では第 10 位）。また、国内の地熱資源の約８割が国立・国定公園内に存在しているが、国立・国定公園は優れた美しい自然の風景地であり、日本の自然環境を保護するにあたって重要な役割を果たしているため、地熱等の開発においても配慮する必要はある。これまで、国立・国定公園の第２種・第３種特別地域への掘削や、第１種特別地域への地下部への傾斜掘削が認められるなど、環境省において自然公園法に関する２回の規制緩和が進められ、国立・国定公園内の開発案件数が 60 件以上まで増加したが、開発の推進に向けては、国立・国定公園内での更なる運用の見直しが必要である。

また、地熱発電は地中の熱水を利用するため、温泉の保護とその利用の適正化を図ることを目的とした温泉法に基づき都道府県知事の許可が必要となる。このため、温泉資源の保護を図りながら再生可能エネルギーの導入が促進されるよう、地熱開発のための掘削許可をより円滑かつ公正に進めることを狙いとして「温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）」が策定されている。しかしながら、大深度における掘削の許可の考え方が都道府県ごとに異なり、例えば、地熱発電では、複数本の井戸が必要である中で、同一事業者による掘削であっても、井戸と井戸を一定の距離以上離さなければならない規制や、地熱貯留層の形状や賦存量は地点ごとに異なる中で、ある地点で過去に問題が生じた際に設定した距離を根拠とし、他の地点にも同じ離隔距離規制を適用している点などについて、地熱発電事業者から地熱資源を有効に活用することができないとの指摘がある。

このほか、森林法等の規制及びその運用についても、地熱発電が円滑に進められない要因となっている。

＜今後の取組＞

自然公園法や温泉法の運用の必要な見直し、地域の不安払拭や合意形成に資する温泉モニタリングの推進を含めた「地熱開発加速化プラン」を推進するとともに、関係省庁が「再生可能エネ

ルギー等に関する規制等の総点検タスクフォース」で提示された論点に対応していくことで、地熱開発の更なる加速化を目指す。具体的な論点は以下のとおり。

（自然公園法）

・自然公園内における地熱発電等の許可基準及び審査要件の明確化について、専門家や事業者団体等の意見を踏まえて検討し、結果を通知等に反映すべき。
・事業の全体像を策定するのが困難な地表調査段階や調査井掘削時点から、最終的な地熱発電事業　計画の詳細レイアウト等の提出は不要と整理し、通知すべき。

（温泉法）

・温泉法による大深度の傾斜掘削に対する離隔距離規制や本数制限等について、まずは都道府県の規制について科学的根拠のない場合の撤廃も含めた点検を求めるとともに、都道府県の規制内容及びその科学的根拠の公開を行うよう通知等にて周知すべき。
・都道府県等の意見聴取、実態把握、有識者による検討を経て、離隔距離規制や本数制限等についての科学的な知見を踏まえた考え方や方向性について結論を得て、「温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）」にも反映すべき。

③ 次世代型地熱発電技術の開発

＜現状と課題＞

2050 年カーボンニュートラルを目指すためには、上述の取組に加えて、新たな技術開発による抜本的な地熱導入を進める必要がある。

従来の地熱発電では、地下 1,000～2,000m 程度にある約 150℃の熱水資源を活用しているが、地下 5,000m 程度にある約 200～300℃の熱水資源（温度、圧力により「超臨界状態」となっている水）を活用することで、従来より大規模な地熱発電が可能となる。

海外では、アイスランドにおいて大深度高温域への実験的な掘削プロジェクトを実施し、深さ 4,650m 地点で、超臨界状態の条件を満たす、温度 427℃、圧力 34MPa の水を確認したが、発電までの実用化には至っていない。また、イタリアにおいても超臨界状態の水を活用するための掘削調査を行ったが、掘削技術や扱う部材等の検証が不十分であったことから、事業が停止している状況である。

日本における従来地熱発電での最大の発電容量は１地点当たり数千～数万 kW だが、超臨界地熱発電は約 10 万 kW 程度の発電施設の大規模化や発電コストの低減が期待され、2050 年のカーボンニュートラル実現に向けて重要な地熱発電技術である。

日本の企業は、５km 以上の地下深くの高温な地層まで掘削する技術や高温・高酸性の状態の流体に対応する部材・素材開発、掘削や流体の挙動等を精緻にシミュレーションし全体の発電システムを設計・構築するノウハウ等、超臨界地熱発電に関する先進的な技術・知見に強みを持つ。

日本の企業がこれらを総動員し、さらに難易度の高い高温・高圧・高酸性の超臨界状態の流体を利用した地熱開発に取り組むことで、世界に先駆けて超臨界地熱発電技術を確立し、商用化を実現することが期待される。

＜今後の取組＞

超臨界地熱資源は、超高温であることに加え、従来地熱資源よりもシリカや酸性熱水の濃度が高いため、坑井やタービン等の地上設備の腐食対策等の要素技術開発が必要である。また、超臨界状態の水を効率的に発電に利用するためのシステムや抗井等の部材開発等も必要となる。さら

に、地下深くでの超高温・高圧な環境下での掘削技術の確立も必要不可欠である。

大学や研究機関、企業等との連携による長期間の技術開発・実証等を一気通貫で推進する。具体的には、2030 年までに上述の技術開発と並行して実際に調査井の掘削・試験を行い、超臨界地熱資源の存在実証及び開発した掘削技術やケーシング、配管等の部材・素材の検証を行う。2040 年までにこれら検証結果を踏まえた技術開発を行いつつ、パイロットプラントの設置等を通じてタービン等の地上設備を含めた発電システム全体としての検証を行う。約 10 年程度の開発リードタイムに鑑み、2050 年頃の商用化・普及を目指す。世界でもこうした技術を用いた商業ベースでの開発は実現しておらず、世界に先駆けて商用化を実現する。

超臨界地熱発電が実現できれば、国内での市場規模は１兆円以上を見込む。さらに、世界に技術を展開することで、国内と同等以上の市場の獲得が期待できる。

また、超臨界地熱発電以外の次世代型技術についても、更に効率的・経済的な地熱開発を実現することが期待されるため、これらの次世代型技術の海外動向を把握し、国内での地熱開発への適用可能性を検討していく。

（２）水素・燃料アンモニア産業

ⅰ） 水素

水素は、発電・輸送・産業等、幅広い分野で活用が期待されるカーボンニュートラルのキーテクノロジーである。日本は世界ではじめて水素基本戦略を策定し、複数の分野で技術的に先行しているものの、欧州・韓国等も戦略等を策定し追随してきている。今後は水素を新たな資源と位置付けるとともに、乗用車用途だけでなく、幅広いプレイヤーを巻き込んでいく。その上で、例えば、利用・輸送・製造の各分野において、一定の仮説に基づき世界の市場規模等を推計し、以下に記載するような各種措置を講ずることで、脱炭素化を促進しつつ、産業競争力を強化していく。

そのためには、導入量拡大を通じて、2030 年に供給コスト 30 円/Nm^3（現在の販売価格の 1/3 以下）、2050 年に水素発電コストをガス火力以下(20 円/Nm^3程度以下)にする等、化石燃料に十分な競争力を有する水準となることを目指す。目標量に関しては、再エネポテンシャルや市場規模等、それぞれの国・地域が置かれている状況が異なることを認識しつつも、国内水素市場を早期に立ち上げる観点から、2030 年に水素導入量を最大 300 万トンとすることを目指す[26]。うち、クリーン水素（化石燃料＋CCUS／カーボンリサイクル、再エネ等から製造された水素）の 2030 年供給量はドイツが 2020 年 6 月に発表した国家水素戦略で掲げる再エネ由来水素供給量（約 42 万トン）以上を目指す。加えて、2050 年には 2,000 万トン程度の供給量を目指す。

① 水素の利用

水素はその利活用を通じ、発電（燃料電池、タービン)、輸送（自動車、船舶、航空機、鉄道等)、産業（製鉄、化学、石油精製等）等の様々な分野の脱炭素化を行うことが期待されているが、日本企業が優れた技術を保有し、成長が期待される水素発電タービン、FC トラック等の商用車、水素還元製鉄といった分野を中心に、国際競争力を強化していく。

＜現状と課題＞

タービンを用いた大規模水素発電は、カーボンニュートラル時代の電源のオプションの一つであり、調整力として系統の安定化にも寄与することができる。日本企業は、燃えやすい水素の燃焼を水素タービンの中で制御する技術開発で先行するなど、他国企業に対して競争優位を持つ。しかしながら、実機での安定燃焼性の実証がまだ完了していない。潜在国内水素需要（一定の仮説に基づく導入量）は約 500～1,000 万トン/年程度と考えられる。

モビリティにおける水素利用については、燃料電池自動車の普及と水素ステーション整備の支援を実施している。またトラック等の商用車は、EV では対応しづらい長距離輸送が定常的に必要であるため、輸送分野において水素利活用が期待される領域の一つである。潜在国内水素需要量は約 600 万トン/年を見込む。欧州や中国等も商用車の FC 化（燃料電池化）に積極的に取り組んでおり、日本企業も企業間連合を組んで、乗用車での知見も生かしつつ、その開発を加速していく必要がある。

さらに、トラックを含むモビリティや民生・業務部門等、多様な部門の脱炭素化に貢献することができる基幹部品である燃料電池については、日本が世界に先駆けて、FCV や家庭用燃料電池

[26] 供給量の中には、アンモニアを含む水素キャリアが直接利用により導入された数字も包含する。

（エネファーム）を商用化するなど、世界をリードしている。市場拡大を見据え、諸外国においても産業競争力を強化する動きがある。そのため、海外との競争に打ち勝ち、我が国の国内産業基盤を守る観点から、燃料電池の更なるコスト削減や発電効率向上等を実現する必要がある。

加えて、産業分野での大きな需要先としては、鉄鋼業がある。現在、鉄鉱石の還元剤として利用されている石炭等を水素還元製鉄により水素に置き換えることが出来れば、多量の CO_2 排出量の削減が達成可能となる。しかしながら、水素による還元反応は熱を吸収（吸熱反応）し、高炉が冷えてしまうため、連続的に還元するのに必要な熱をどう補填するか（コークスの場合は自ら発熱）、また、コークスが減ることで反応ガスの通気に必要な炉内の隙間をどう作るのかなど、技術面のハードルが非常に高い。また、技術が確立できた場合でも、多額の設備導入費用が必要になることに加え、現在と同等の競争力及び生産量を維持するには大量かつ安価な水素供給が不可欠である。潜在国内水素需要は約 700 万トン/年と考えられる。

＜今後の取組＞

水素発電タービンについては、2050 年までの累積導入容量は最大約３億 kW（約 23 兆円）を世界で見込む[27]。この世界市場を獲得するため、まずは早期の実機実証を支援し、国内での商用化を加速する。また、再エネや原子力と並んで、カーボンフリー電源として水素を評価し、水素を活用すればインセンティブを受け取れる電力市場を整備する。これにより、発電分野における大規模需要の創出を通じた国内水素市場の本格的な立ち上がりを下支えする。国内で立ち上がった市場において得られる知見・経験を活かし、その後は、既にプロジェクトが動きつつある先進国に加え、電力需要の伸びが旺盛なアジア等にも輸出することを目指す。

燃料電池自動車の普及と水素ステーションの計画的な整備を加速する。その中でも特に FC トラックについては、2050 年時点で累積導入台数は最大 1,500 万台、金額にして約 300 兆円を見込む[28]。現状、燃料電池自動車の普及拡大に向けた事業者及び利用者の負担軽減の観点から、道路運送車両法と高圧ガス保安法における関連規制を一元化することも視野に、燃料電池自動車等の規制の在り方について検討を行い、６月に一定の方向性を取りまとめ、年内に結論を得るとともに、商用化を加速するための FC トラックの実証や、電動化の推進を行う一環での導入支援策の検討を行う。加えて、水素ステーション等の必要なインフラ整備等も、状況に合わせて柔軟かつタイムリーに実施する。具体的には、大型水素ステーションの開発・実証だけでなく、更なる規制改革等を通じて、欧州で認められている水準の水素タンクの昇圧の検討等、コスト削減のための努力も継続して行う。

また、定置用燃料電池については、世界の市場規模が約 150 万台/年、金額にして約 1.1 兆円[29]を見込む。そのため、発電効率や耐久性の向上に加えて、モビリティも含めた多用途展開等に向けた研究開発を推進する。また、燃料電池の開発段階における基礎セル等の性能評価手法等の標準化を行うことで、非競争領域の研究開発を効率化しつつ、設備投資を税制等で支援することで、商業フェーズの大量生産や競争促進を通じたコスト削減を促すことを目指す。加えて、燃料電池を電力系統において供給力・調整力として活用する実証を行い、そのポテンシャルを最大限

[27] IEA 「Energy Technology Perspectives 2020」 Sustainable Development Scenario(SDS)等をもとに推計（タービン価格：8 万円/kW)。

[28] Hydrogen Council 「Hydrogen Scaling up」等をもとに推計(平均価格：2,000 万円/台)。

[29] IEA 「World Energy Outlook 2019」 Sustainable Development Scenario(SDS)等をもとに推計（2018～2040 年の家庭用燃料電池年間平均導入台数約 150 万台、平均容量 1.5kW/台、システム価格 50 万円/kW)。業務・産業用燃料電池やモビリティ用燃料電池は含まれていない。

活用することを目指す。定置用燃料電池については、災害による停電時においても発電が可能といったレジリエンスの観点や、高い総合エネルギー効率により光熱費削減が可能な点も踏まえた上で、純水素燃料電池も含め、引き続き、普及拡大を目指す。

鉄鋼については、グリーンスチール（水素還元製鉄、高炉＋CCUS／カーボンリサイクル等の合計）の世界の市場規模が、2050 年時点で最大約 5 億トン/年（約 40 兆円/年）と見込まれるため[30]、この市場を獲得すべく、世界に先駆けた水素還元製鉄の技術確立を支援する。具体的には、現行の高炉を有効活用し、水素を用いて鉄鉱石を還元するとともに、高炉排ガスに含まれる CO_2 を分離・回収し、還元剤に転換して活用することにより、製鉄プロセスで発生する CO_2 排出の 50%を削減することができる技術を開発する。さらに、2050 年までの「ゼロカーボン・スチール」の実現を見据え、水素だけで鉄鉱石を還元できる「水素直接還元法」の実現に向けた基礎技術（例えば、①鉄鉱石の還元に必要な炉内熱補償技術、②原料に含まれる不純物を除去する製錬技術、③還元鉄の溶解に不可欠な電炉の高度化技術等）を確立する。確立したトップランナー技術は、順次業界に求められる脱炭素水準として設定し、導入を促進する。こうした取組を通じて、「ゼロカーボン・スチール」を実現し、自動車を始めとする我が国製造業の脱炭素化に貢献することを目指す。

また、国境調整措置について、国際競争力を確保するための内外一体の産業政策として、温暖化対策に消極的な国との貿易の国際的な公平性を図るべく、諸外国と連携して対応を引き続き検討する。

② 水素の輸送・貯蔵（液化水素運搬船等）

＜現状と課題＞

水素の国際取引は、ドイツ等が水素の輸入に関心を示すなどしており、今後の立ち上がりが期待されている。我が国は当初から輸入水素の活用を前提としており、液化水素や MCH（メチルシクロヘキサン）を用いた、海上輸送技術・インフラの技術開発・実証を国も支援してきた。その結果、世界で初めて液化水素運搬船を建造するなど、技術で世界をリードしている。

今後はいかに早期の商用化を図っていくかが課題となっている。また、水素はこれまで海上輸送を行うことが想定されておらず、各国の法規制が不統一になる懸念がある。

＜今後の取組＞

2050 年時点で１割の水素が国際市場で取引されていると仮定すると、その取引市場は最大約 5,500 万トン/年（約 5.5 兆円/年）となることが見込まれる[31]。こうした市場を創設するためには、更なる水素輸送・貯蔵コスト低減に資する輸送関連設備の大型化を、グリーンイノベーション基金も活用した研究開発や実証、国内需要の創出等の様々な手段で支援し、2030 年を目途とした商用化の達成を目指すことが重要。また、革新的水素液化・冷凍技術の研究開発についても推進していく。こうした取組を通じ、2030 年に 30 円/Nm^3 の供給コストの実現を目指す。

その上で、国際的な機器の安全性・互換性を担保することで、将来世界に機器や技術等を輸出する基盤を整備すべく、液化水素運搬船から受入基地に水素を移すローディングアーム等の関連機器の国際標準化を推進する。また、海外での積出港における水素輸出に対応した岸壁・供給設備等の環境整備は、案件に応じて（株）海外交通・都市開発事業支援機構（JOIN）による民間事

[30] IEA 「Energy Technology Perspectives 2020」 SDS 等をもとに推計（平均鉄鋼価格：8 万円/トン）
[31] Hydrogen Council 「Hydrogen Scaling up」等をもとに推計（平均水素取引価格：100 円/kg）

業者との共同出資によるリスクマネーの供給やハンズオン支援の活用について検討を進めていくとともに、国内では、港湾において必要な水素の輸入・貯蔵等が可能となるよう技術基準や港湾計画の見直し等を検討する。

③ 水素の製造（水電解装置等）

＜現状と課題＞

水素製造で今後重要となるのは、水素を水の電気分解から作る水電解装置である。再エネや水電解装置のコスト低下に伴い、2050 年には化石燃料＋CCUS／カーボンリサイクルで製造する水素よりも安価に水素を製造することが可能となる地域が出てくる見込みである。こうした予想を受け、域内への再エネ導入に積極的な欧州等は、水電解装置の導入も併せて実施することを目指す。

日本は世界最大級の水電解装置を建設するとともに、要素技術でも世界最高水準の技術を有している。しかし、更なる大型化を目指すための技術開発等では欧州等、他国企業が一部先行する構図となっている。

＜今後の取組＞

水電解装置は、世界全体で 2050 年までに、毎年平均約 88GW（約 4.4 兆円/年）の導入が最大で見込まれる[32]。今後は、先行して市場が立ち上がる欧州等の市場獲得にまず注力するため、グリーンイノベーション基金も活用しながら、日本企業の大型化や優れた要素技術の装置への実装等を集中的に支援し、装置コストの一層の削減[33]や、耐久性向上による国際競争力の維持・強化を目指す。加えて、欧州等と同じ環境で水電解装置の性能評価を行える環境を国内でも整備することで、国内で開発を行い、製品等を輸出することを志向する企業の海外市場への参入障壁を低下させることを目指す。さらに、国内でも中長期的には余剰再エネが増大することなどを見越し、上げ DR（ディマンド・レスポンス）を適切に評価し、安価な電力の積極的な活用促進策も併せて検討する。こうした取組を通じて、水電解装置を普及させることは、再エネ等による水素製造の機会の増大につながることから、今後国内でも更なる普及が見込まれる再エネ電源を余すことなく活用出来る可能性がある。

また、光触媒や、高温ガス炉等の高温熱源を活用した革新的な水素製造技術の研究開発・実証についても推進していく。

上述のような個別テーマでの取組に限らず、テーマ横断的な取組として、水素利用・輸送・製造に関する革新的技術の研究開発・実証に継続的に取り組むとともに、福島等、既に水素製造設備等が整備されている場所や、大規模な水素需要が見込まれる発電所等を含む港湾・臨海部、空港等を中心に、多様な分野で集中的に水素利活用の実証を行い、必要に応じて規制の見直し等も検討する。具体的には、グリーンイノベーション基金も活用しながら、国際水素サプライチェーンの構築を通じた水素の大量かつ安価な輸送技術と、将来的に大量な水素需要が見込める水素発電技術の一体的な実証や、水電解装置の大型化等による供給コストの低減と、製造された水素の基礎化学品原料としての活用に向けた技術開発・実証に取り組み、水素社会実現の先鞭となる社会実装モデルの構築を目指す。また、災害に強いまちづくり等、地域課題の解決を目指して再エ

[32] IEA 「Energy Technology Perspectives 2020」 Faster Innovation Case 等をもとに推計（平均設備価格：5 万円/kW）

[33] アルカリ型 5.2 万円/kW、PEM 型 6.5 万円/kW を目指す。（アルカリ型は、低コストで大型化が容易という特徴があり、PEM 型は小型化しやすく、負荷追従性が高いため、調整力として活用が期待。）

ネ等の地域資源を活用した自立分散型エネルギーシステムの実証・移行支援・普及も併せて実施する。あわせて、非常用電源も兼ねた自立型水素等電源や、燃料電池を使用した港湾荷役機械の導入等、大量に輸入される水素を複数の事業者が多様な用途に活用することにより、港湾・臨海部におけるカーボンニュートラルを実現していく。

こうした先進的な事例をモデルとして確立した後、それらが全国に拡大するという絵姿を目指す。なお、面的な水素の普及に際しては、昨年、幅広い業種の企業の参加の下で立ち上がった水素バリューチェーン推進協議会や中部圏水素利用協議会、神戸・関西圏水素利活用協議会等、民間主導の動きとも十分連携を取りながら実施する。また、2025 年日本国際博覧会等、国際社会への発信・働きかけに資する取組との連携を検討することとする。

既に、水素ステーション関連物品等については国際標準化機構（ISO）に日本から積極的に提案を行うなどして標準化を進めているが、今後の技術開発や企業・市場動向を踏まえつつ、国際標準化を並行して検討することで、今後、2050 年に 270 兆円[34] と試算される水素関連市場の獲得に向けて、我が国の強みとなる技術の円滑な市場投入を推進していく。例えば、大型モビリティ向けの水素充填方法や、液化水素運搬に必要な機器、国際的に整合的なクリーン水素の定義の確立のための水素製造時の CO_2 排出の測定方法等の標準化に向けて検討を進めていく。また、水素等の安定供給やインフラ輸出の観点も踏まえ、化石燃料に限らず、再エネポテンシャルを多く有する国も含めた資源国との関係強化や、需要国の積極的な開拓を通じ、安定・柔軟・透明な国際水素市場の確立を主導する。こうした国際連携を推進する際には、国際エネルギー機関（IEA）とも協力しつつ日本が主導する水素閣僚会議を最大限活用する。また、アンモニアやカーボンリサイクル等、そのバリューチェーンの中で水素を活用する分野等とも十分な連携を行う。

また、海外の特定地域への依存度の低減や国内調達比率の上昇等を通じて、安定した水素サプライチェーンの構築が実現し、同時に、2050 年に水素火力発電のコストがガス価格以下(12 円/kWh)に低減することで、水素が化石燃料に十分な競争力を有する水準となる場合、海外依存度等が高い化石燃料による発電に比して、水素火力発電の価格が安定的になるという効果が期待できる。

例えば、過去には、LNG 火力発電のコストは、原油価格高騰の影響等を受け、13.8 円/kWh[35]の水準まで高騰したことがある（2012 年）。将来の水素火力発電が、コスト低減実現後に 12 円/kWh の水準で安定して供給されるのであれば、こうした急な価格高騰の影響を抑止する効果をエンドユーザーにもたらす可能性がある。（例えば、約 1.8 円/kWh 相当の急な価格高騰を、分かりやすく表現するために、一家庭での電力料金支出における抑制効果として表すと、２人以上の一般家庭（月当たり電力使用量 400kWh[36]）では、約 8,600 円/年[37]に相当することとなる。）

---

[34] Hydrogen Council 「Hydrogen Scaling up」等をもとに推計（水素関連市場 2050 年 2.5 兆ドル）。

[35] 総合エネルギー調査会発電コスト検証ワーキンググループ（2015 年４月）における、2014 年モデルプラント試算結果概要及び感度分析の概要に基づき、LNG の価格最高騰時点（2012 年：16.55$/MMBtu）の発電単価を試算。

[36] 総務省の家計調査報告（2020 年）から引用。

[37] 水素由来電気 100%の小売メニューと天然ガス由来電気 100%の小売メニューが、それぞれ同額と仮定して、後者の小売メニューのみに約 1.8 円/kWh の高騰があったと仮定した場合に、それぞれのメニューを選択した需要家間の支出の差分。2050 年の実際の電力料金支出は、各電力会社の販売価格やメニュー、電源構成等によることに留意が必要。また、料金が低下するのではなく、高騰を抑制する効果であることに留意が必要である。

ii） 燃料アンモニア

燃焼しても CO_2 を排出しないアンモニアは、石炭火力での混焼等、水素社会への移行期では主力となる脱炭素燃料である。石炭火力１基にアンモニアを 20%混焼（カロリーベース）した場合、20%の CO_2 排出減となり、仮に国内主要電力会社の全石炭火力での 20%混焼を実施した場合には、国内の電力部門からの CO_2 排出量の約１割を削減することになる。

利用面では、燃焼を安定化させ NOx 発生を抑制する技術は、20%混焼では既に完成しており、2021 年度から 2023 年度までは、実機での 20%混焼の実証を行う。2020 年代後半には実用化を開始し、2030 年時点では、年間 300 万トン（水素換算で約 50 万トン）規模の燃料アンモニアの国内需要を想定する。2030 年代は導入を拡大し、将来的には混焼率の向上や専焼化を図るとともに、発電用バーナー（混焼・専焼）の東南アジア等への展開や、利用用途の拡大も図る。

また、供給面では、プラントの新設等を通じて国際的なサプライチェーンをいち早く構築し、世界における燃料アンモニアの供給・利用産業のイニシアティブを取る。あわせて、燃料アンモニアの安定的かつ安価な供給に向け、製造や輸送・貯蔵の大規模化や高効率化といった技術開発を進める。その他の脱炭素燃料についても、活用に向けた検討を進める。

具体的には利用・供給の以下の対策により、2050 年には年間 1.7 兆円規模のマーケットが見込まれ、我が国がコントロールできる調達サプライチェーンとして国内で年間約 3,000 万トン（水素換算で約 500 万トン）の燃料アンモニアの国内需要を想定し、世界全体で年間１億トン規模の需要量を目指す。

① 利用(火力混焼等の発電用バーナー)

＜現状と課題＞

石炭火力への混焼技術については、2014 年度から 2018 年度にかけて内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）にて、NOx 発生を抑制した 20%混焼バーナーの開発を行い、2018 年度から 2020 年度にかけて NEDO において大容量燃焼試験設備での混焼試験を実施した。

今後、実機においても上述の混焼バーナー技術で NOx 発生が抑制可能かどうかなどの検証が必要である。さらに、アンモニアは石炭に比べ燃焼時の火炎温度が低く輻射熱が少ないことから、アンモニアの混焼率を高め、さらには専焼化を目指していく上では、発電に必要な熱量を確保するための収熱技術の開発も必要となる。

＜今後の取組＞

短期的（～2030 年）には、石炭火力への 20%アンモニア混焼の導入や普及を目標とする。そのため、技術面では、2021 年度から３年間、実機を活用した 20%混焼の実証を行うことで 20%混焼の技術を確立させ、その後、電力会社を通じて、NOx を抑制した混焼バーナーの既設発電所への実装・燃料アンモニアの導入を目指す。

また、これまでアンモニアの燃料用途での活用が想定されてこなかったことから、エネルギー政策において、燃料アンモニアの法的な位置付けは未だ明確になっていない状況である。燃料アンモニアの導入・拡大に当たっては、「エネルギー供給構造高度化法（高度化法)」における非化石価値の顕在化や「エネルギーの使用の合理化等に関する法律（省エネ法)」における発電効率算定時のエネルギー投入量からの控除等を通じて、法制上の評価がなされるよう対応する。

今後も電源の相当程度が石炭火力で占められる東南アジアをはじめ世界の脱炭素移行に貢献す

るため、バーナー等の混焼技術の展開を検討する。仮に東南アジアの１割の石炭火力に混焼技術を導入できれば、約 5,000 億円規模の投資が見込まれる。こうした世界的な燃料アンモニアの利用拡大に加え、供給面でも世界的な燃料アンモニアのサプライチェーン構築を進めるべく、そして、世界的な脱炭素社会に向けて現実的なエネルギー構成の移行（トランジション）を促していくという考え方の下で、従来の化石燃料の枠組みに捕われない包括的な資源外交を進める。具体的には、

①国際機関（IEA や ERIA 等）も含めた燃料アンモニアの海外認知度の向上や重要性の理解促進

②産油・ガス国／再生可能エネルギー生産適地（北米、豪州、中東、アジア等）及び潜在的需要国（アジア等）との二国間会談・政策対話を通じた協力強化や共同プロジェクトの組成

といった国際的な連携を強める。

こうした国際的なアンモニアの流通、活用の円滑化の観点では、アンモニアの管理手法や燃焼時の機器の性能に関する規格化が有効となる。クリーン燃料アンモニア協会（CFAA）（旧名：グリーンアンモニアコンソーシアム）の内部に標準・基準の専門 WG を立ち上げ、アンモニアの燃料としての仕様や燃焼時の窒素酸化物の排出基準等についての国際標準化を目指す。これにより、例えば東南アジアの電力市場に向けた輸出拡大を目指す。

その他、船舶を含む輸送や工業での活用等の新たな用途についても検討を進める。具体的には、2018 年に国際海事機関（IMO）が温室効果ガス削減戦略・目標を打ち出すなど、国際海運の脱炭素化を推進しており、アンモニアは船舶用燃料としての利用が期待されている。

長期的（～2050 年）には、収熱技術開発を含めた混焼率の向上（50%～）や専焼化技術の開発を積極的に進め、既存の火力発電のリプレースによる実用化を目指す。ゼロエミッション火力発電として、東南アジアのみならず世界全体にその技術を展開し、世界全体の脱炭素を加速化させるとともに、我が国のグリーン産業の成長を促進する。

② 供給(アンモニア製造プラント)

＜現状と課題＞

アンモニア生産は世界全体で年間約２億トン程度であり、大半が肥料用途で地産地消されている状況である。今後、石炭火力にアンモニアの 20%混焼を実施すると、１基（100 万 kW）につき年間約 50 万トンのアンモニアが必要となる。例えば、国内主要電力会社の全ての石炭火力で 20%の混焼を実施した場合、年間約 2,000 万トンのアンモニアが必要となり、現在の世界全体の貿易量に匹敵する。そのため、これまでの原料用アンモニアとは異なる燃料アンモニア市場の形成やサプライチェーンの構築と、それを通じた安価な燃料アンモニアの供給が課題となる。

＜今後の取組＞

短期的（～2030 年）には、燃料アンモニアの生産拡大に向け、製造プラントの新設を進め、必要な燃料アンモニアを安定的に供給できる体制を構築する。

安価な燃料アンモニアの供給に向けては、モジュール化等を通じた製造効率の向上のための取組の強化に加え、日本貿易保険（NEXI）や国際協力銀行（JBIC)、(独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）によるファイナンス支援を強化する。JBIC においては、2021 年１月に創設したポストコロナ成長ファシリティ等を通じた支援を含め、具体的な案件支援に向けた検討を進めていく。NEXI においては、「環境・イノベーション保険」の支援対象に燃料アンモニア事業を加えることを検討する。また、「資源エネルギー総合保険」の適用対象である資源にアンモニアを追

加することで、燃料アンモニア事業向け案件にかかる保険料率の引き下げ及び信用付保率の引き上げが可能となるよう検討を進めていく。JOGMEC においては、リスクマネーの供給の観点に加え、石油ガス開発で培った地下技術や施設技術のノウハウを活用した支援策の強化についても検討を進めていく。

また、海外での積出港におけるアンモニア輸出に対応した岸壁・供給設備等の環境整備については、案件に応じて（株）海外交通・都市開発事業支援機構（JOIN）による民間事業者との共同出資によるリスクマネーの供給やハンズオン支援の活用について検討を進めていくとともに、国内では、港湾において必要な燃料アンモニアの輸入・貯蔵等が可能となるよう、技術基準や港湾計画の見直し等を検討する。あわせて、大量に輸入されるアンモニアを複数の事業者が多様な用途に活用することにより、港湾・臨海部におけるカーボンニュートラルを実現していく。

供給の安定化の観点では、調達先国の政治的安定性・地理的特性に留意した上で、生産国（北米、豪州、中東）と消費国（日本含むアジア）との有機的な連携を通じて、我が国がコントロールできる調達サプライチェーンの構築を目指していく。また、燃料アンモニアの着実な導入拡大のためには十分な供給確保が不可欠であることから、化石燃料由来も再生可能エネルギー由来も重要であるとの国際的な認識醸成を、二国間会談や国際会合等を通じて進めていく。

なお、化石燃料由来のアンモニアの場合、製造時に CO_2 が発生する。製造国との関係（製造国の法制度等）にも留意しつつ、当面は製造プロセスでの CO_2 の処理がなくとも、燃料アンモニアの導入・普及を図っていく。その上で、一定の導入・普及後には、生産時に排出される CO_2 については、CCUS／カーボンリサイクル、植林、ボランタリークレジットによるオフセット等から適切な手段を通じて、合理的な形で CO_2 の処理を行う。こうして、再生可能エネルギー由来のアンモニア価格が十分に下がることを待つことなく、燃料アンモニアの利用拡大を着実に進めていく。

アンモニア価格については、現状 Nm^3 当たり 20 円台前半（熱量等価での水素換算）であるところ、こうした供給拡大の取組を通じて、2030 年までに、Nm^3 当たり 10 円台後半（熱量等価での水素換算）での供給を目指す（現在の天然ガス価格等を前提とする）。

長期的（～2050 年）には、発電分野では混焼率向上、専焼化が見込まれるとともに、船舶や工業炉（製造業各業種での活用）等、他の用途での活用の広がりも見込まれる。こうしたアンモニアの利用拡大に適切に対応するため、新触媒の開発や製造・輸送・貯蔵プロセスの大規模化や効率化、再エネ由来での安価なグリーンアンモニア製造技術の開発等を進めていく。

こうした供給拡大の取組や、前述の利用拡大への取組を通じて、2030 年には国内で年間 300 万トン（水素換算で約 50 万トン）、2050 年には国内で年間 3,000 万トン（水素換算で約 500 万トン）のアンモニアの国内需要が想定される。

また、海外の特定地域依存度の低減や国内調達比率の上昇等を通じて、安定したアンモニアサプライチェーンの構築が実現し、同時に、2030 年にアンモニア供給価格がガス価格以下(12 円/kWh)に低減（2050 年までその水準が継続）し、アンモニアが化石燃料に十分な競争力を有する水準となる場合、海外依存度等が高い炭化水素による発電に比して、アンモニア火力発電の価格が安定的になるという効果が発揮される。

例えば、過去には、LNG 火力発電のコストは、原油価格高騰の影響等を受け、13.8 円/kWh[38]の水

[38] 総合エネルギー調査会発電コスト検証ワーキンググループ（2015 年４月）における、2014 年モデルプラント試算結果概要及び感度分析の概要に基づき、LNG の価格再高騰時点（2012 年：16.55$/MMBtu）の発電単価を試算。

準まで高騰したことがある（2012 年）。将来のアンモニア火力発電が、コスト低減実現後に 12 円/kWh の水準で安定して供給されるのであれば、こうした急な価格高騰の影響を抑止する効果をエンドユーザーにもたらす可能性がある。（例えば、約 1.8 円/kWh 相当の急な価格高騰を、分かりやすく表現するために、一家庭での電力料金支出における抑制効果として表すと、２人以上の一般家庭（電力使用量 400kWh/月[39]）では、約 8,600 円/年[40]に相当することとなる。）

[39] 総務省の家計調査報告（2020 年）から引用。

[40] アンモニア由来電気 100%の小売メニューと天然ガス由来電気 100%の小売メニューが、それぞれ同額と仮定して、後者の小売メニューのみに約 1.8 円/kWh の高騰があったと仮定した場合に、それぞれのメニューを選択した需要家間の支出の差分。2050 年の実際の電力料金支出は、各電力会社の販売価格やメニュー、電源構成等によることに留意が必要。また、料金が低下するのではなく、高騰を抑制する効果であることに留意が必要。

（３）次世代熱エネルギー産業

新規

我が国の産業・民生部門のエネルギー消費量の約６割は熱需要である。熱は国民生活に欠かせないものであり、2050 年カーボンニュートラル実現に向けて、需要サイドに熱エネルギーを供給するガスの脱炭素化を進めることにより、熱需要の脱炭素化に貢献できる。

ガスの脱炭素化に向けては、再生可能エネルギー由来等の水素と CO_2 から合成（メタネーション）される合成メタンや水素の直接利用などが考えられ、これら熱需要の脱炭素化に向けた取組を進めることで、カーボンニュートラルを達成した次世代の熱エネルギーを供給する産業（次世代熱エネルギー産業）が誕生する。

この次世代熱エネルギー産業の実現に向けては、熱エネルギーの供給サイド（現状ではガス供給事業側）の取組だけでは達成できない。ガスの脱炭素化は、熱需要のある全ての産業・民生部門の脱炭素化に大きく貢献するものであり、次世代の熱エネルギーを利用する需要サイドを巻き込みながら取り組んでいくことが必要となる。

2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて、以下の取組を通じて、次世代熱エネルギー産業の実現を目指す。

① 供給サイドのカーボンニュートラル化（ガスの脱炭素化）

＜現状と課題＞

ガスの脱炭素化は、合成メタンや水素の直接利用、クレジットでオフセットされた LNG の導入、CO_2 分離・回収や利用等の技術の活用など、様々な手段が存在する。2050 年カーボンニュートラルの実現に向けては、様々な不確実性が存在することを踏まえ、このような様々な手段をそれぞれ追求していくことが必要である。

この中で合成メタンは、メタネーションされているため、水素キャリアの一つとして期待される。都市ガス（天然ガス）の主成分はメタンであり、合成メタンは都市ガス導管等の既存のインフラや設備を活用して、天然ガスを代替することができるため、2050 年カーボンニュートラルに向けてコストを抑えつつ、より円滑な移行への貢献が期待できる。また、排出される CO_2 を回収してグリーン水素と組み合わせた合成メタンは、新たな CO_2 を排出しないためカーボンニュートラルとなりうる。CO_2 の分離・回収や利用等と組み合わせることにより、より一層の CO_2 排出量の削減に貢献できる。

ガス導管は、埋設されていることから風雨の影響を受けにくく、大部分は耐震性も備えていることに加え、継続的な耐震性向上の取組も行われており、高いレジリエンスを有している。また、電力以外でカーボンニュートラルなエネルギー源・エネルギーネットワークの多様性を確保することにより、脱炭素化社会におけるエネルギーの安定供給にも資する。

メタネーションの技術については、2017 年度から 2021 年度にかけて（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）において、小規模試験設備でメタネーションを行う基盤技術開発を実施した。また、2019 年度から 2020 年度にかけて NEDO において、水素の調達を必要とせず、従来のメタネーション技術より高効率に合成メタンを製造できる革新的な SOEC メタネーション技術に必要な要素技術を確認する先導的な基盤技術開発も行われている。

今後、メタネーションの実用化・低コスト化に向けた設備の大型化や高効率化などの技術開発が必要となる。また、メタネーションには安価な水素と CO_2 の調達が必要であり、サプライチェーンの構築が課題となる。CO_2 削減量のカウントについては、カーボンニュートラルに資する方向

での検討が必要である。

合成メタンに加えて、水素の直接利用も熱需要の脱炭素化に資する有望な選択肢である。特に、インフラ整備に係る追加費用が比較的軽微と考えられる臨海部等のローカルエリアで期待される。新設する中・低圧のガス導管での水素供給は現行のガス技術基準での適合が確認されているほか、一部の地域において、水素コージェネレーションシステムにより水素を利用した熱・電気の供給に向けた取組が進展している。水素導管を整備した地域で水素による熱エネルギー供給を行うことなどを通じて、需要サイドの脱炭素化に貢献することも考えられる。

このほか、大手ガス事業者を中心に、クレジットでオフセットされたLNGを需要サイドに対して販売する取組が開始されている。また、ガス事業者等において、需要サイドで排出されるCO_2を分離・回収して利用するCCU／カーボンリサイクルの技術開発が進められている。2050年カーボンニュートラルに向けて、様々な選択肢を追求するとともに、ガス体エネルギーの変遷、需要の量・分布等に応じてネットワークを整備し、次世代の熱エネルギーの供給を行うことが必要である。

地域において再生可能エネルギーとガスコージェネレーションの組合せ（分散型エネルギーシステム）により、熱と電気をデジタル技術で制御し、面的に利用することで熱の有効利用を含む省エネルギーとCO_2削減に貢献するスマートエネルギーネットワークの取組を進めるガス事業者も存在する。分散型エネルギーシステムは、出力が変動する再生可能エネルギーの調整力としても期待できるとともに、エネルギー源・エネルギーネットワークの多様性を確保することにより、地域におけるレジリエンスの向上にも資する。

今後、再生可能エネルギーの主力電源化が進み、再生可能エネルギーの余剰電力等から水素や合成メタンを製造するようになれば、電力を貯蔵・活用することが可能となる（Power to Gas、PtoG）とともに、この合成メタン等を活用してガスコージェネレーションにより熱を有効利用しつつ発電を行うこと（Gas to Power、GtoP）で、緊急時における電力供給不足のバックアップや、再生可能エネルギー等の変動電源導入時に必要となる調整電源としての役割も期待できる。このため、2050年カーボンニュートラルに向けて、分散型エネルギーシステムの中で、デジタル技術を活用しつつ、電気とガスのデータ連携によりPtoGとGtoPを適切に行い、需給の最適化を図りながら電気とガスの融合が進展していくことが考えられる。

このように、需要サイドの熱需要に対してガスを供給してきたガス事業者は、ガスだけでなく再生可能エネルギー等の多様なエネルギー源も活用し、需要サイドが求める様々な熱・電気のニーズに応じた、最適なエネルギーを安定的に供給するエネルギー供給事業者へと変わりつつある。

2050年カーボンニュートラルに向けては、電化、水素、アンモニア、合成メタンなど複数の手段による脱炭素化が考えられている。需要サイドが求める最適なエネルギーは一様ではなく、より様々なエネルギー源の供給が求められていく。エネルギー供給事業者としてのガス事業者が、自ら積極的に熱・電気等のニーズを取り入れ、需要サイドを巻き込みながら、デジタル技術も活用して総合的に地域のエネルギーをマネジメントし、関連サービスを提供していく総合エネルギーサービス企業として転換していくことが求められている。

総合エネルギーサービス企業が、需要サイドのニーズを取り込み、経営を多角化して経営基盤を強化する。その上で、活発な競争に勝ち抜くための新たな投資を積極的に推進し、同業種・異業種の事業者との競争や連携を通じて、アジアなど新たな市場の開拓を進め、我が国の経済成長を目指す。

＜今後の取組＞

2030 年には、既存インフラへ合成メタンを１%注入し、水素直接利用等その他の手段と合わせて５%のガスのカーボンニュートラル化を目標とする。2050 年には、既存インフラに合成メタンを 90%注入し、水素直接利用等その他の手段と合わせてガスのカーボンニュートラル化達成を目指す。加えて、2030 年頃において、船舶分野におけるガス燃料として合成メタン等の供給開始を目指す。

仮に国内の都市ガス全てをメタネーションによる合成メタンに置き換えた場合、国内の CO_2 排出量の約１割を削減することとなる。また、仮にインフラ全てを改修する場合、約 20 兆円規模の投資が必要となり、一般家庭で年間約 14,000 円の負担増が見込まれるが、合成メタンなら既存のインフラや設備を活用できるため、この負担を回避できる。

このためまずは、水素製造に必要な水電解装置の低コスト化やメタネーション設備の大型化に必要な技術開発、高効率なメタン合成や CO_2 の分離・回収に必要な革新的技術開発に取り組む。

2025 年日本国際博覧会では、会場の生ごみから発生するバイオマス由来の CO_2 と再生可能エネルギー由来の水素からメタネーションにより合成メタンを生成し、会場内の施設で活用する実証が提案されている。

また、CO_2 削減量のカウントについて、カーボンニュートラルに資する方向での検討を速やかに行う。

さらに、2050 年のカーボンニュートラルの実現に向けて、合成メタンの生成のために相当量の水素の確保が必要となり、合成メタンのコストを低く抑えるためには、水素コストが相対的に安価な海外で生成した合成メタンを国内に輸送することが有効と考えられる。これらを踏まえ、合成メタンの導入などガスの脱炭素化に向けた海外サプライチェーン構築を進めていく。2020 年代後半には海外から国内へ合成メタンの輸送を開始し、2030 年代には全国的な導入拡大を進めていき、コスト低減を図りながら、2040 年代には商用化の実現を目指す。

これらの取組を進めるためには、供給側・需要側の民間企業や政府など関係する様々なステークホルダーが連携して取り組むことが重要であることから、ガスの脱炭素化に向けて官民が一体となって取組を推進するメタネーション推進官民協議会を 2021 年 6 月に設立し、検討を推進する。

また、アジアで急拡大する LNG 需要の一定割合を合成メタンに置き換えることにより、アジアにおける合成メタン市場の開拓と円滑な脱炭素化に貢献していく。仮に東南アジアの１割の天然ガス需要をメタネーションで置き換えた場合、約 5,000 億円規模の投資が見込まれる。

これらの取組を通じて、2050 年までに合成メタンを 2,500 万トン供給し、合成メタンの価格が現在の LNG 価格（40～50 円/Nm^3）と同水準となることを目指す。

また、水素の直接利用、クレジットでオフセットされた LNG の導入、需要サイドで排出される CO_2 の分離・回収や利用等の推進に取り組む。

これらを踏まえつつ、ガス体エネルギーの変遷、需要の量・分布等に応じて次世代の熱エネルギーの供給ネットワークを整備する。

ガスコージェネレーションの導入を促進することにより、再生可能エネルギーとガスコージェネレーションによる熱を有効利用した分散型エネルギーシステムの構築を図る。ガスコージェネレーションは再生可能エネルギーの調整力としての役割を果たすため、再生可能エネルギーの主力電源化の促進にも貢献する。また、デジタル技術の活用により、ガスコージェネレーションを

中心とした分散型エネルギーシステムにおいて地域における最適なエネルギー制御を実現する。
デジタル技術の活用に取り組むことにより、人の流れや需要側の熱・電気利用の情報等を収集・分析することで、熱・電気の最適化や融合が図られ、コンパクトシティ政策などと連動して地域における低炭素かつレジリエントなまちづくりにも貢献できるとともに、データを活用した新たなビジネスも期待できる。
また、PtoG を実現するための合成メタンや水素製造等の技術開発、GtoP を実現するための分散型エネルギーシステムの推進に取り組む。

こうした取組により、現行のガス事業者が、需要サイドのニーズを踏まえ、デジタルを活用しながら地域において最適なエネルギーの供給・マネジメント・設備メンテナンスなどを総合的なサービスとして提供することに加え、脱炭素化メニューも提供するなど様々なエネルギー供給サービスの実施や、これまでのガス供給だけでは十分に取り込めていない国内外の新たな市場の開拓などの事業展開を通じて、総合エネルギーサービス企業への転換を図ることを促す。

② 需要サイドのカーボンニュートラル化（低炭素化、レジリエンス）
＜現状と課題＞
2050 年カーボンニュートラル実現に向けては、移行期（トランジション期）において、需要サイドで使用するエネルギーの低炭素化・脱炭素化を徹底して進めることが重要であり、石炭・石油から天然ガスへの燃料転換や、天然ガス利用機器の高効率化等を進めることが重要となる。天然ガスは化石燃料の中で CO_2 排出量が最も少ないため、カーボンニュートラルへのトランジション期における天然ガスへの燃料転換等によって低炭素化に貢献できる。メタネーションの技術が確立すれば、合成メタンは都市ガス導管等の既存のインフラや設備を活用して天然ガスを代替することができるため、燃料転換等を行った需要サイドは将来的に合成メタン等の供給を受けることにより、2050 年に向けてコストを抑えつつ、より円滑な脱炭素化への移行が期待できる。
産業部門においては、燃料が天然ガスから合成メタンに転換した場合に既存のガス利用設備を活用できるため、需要サイドの事業予見性が確保されることでトランジション期からの積極的な設備投資が期待され、生産効率の維持・向上を通じた我が国の産業競争力の強化につながる。
CO_2 分離・回収技術が実用化されれば、工場等において排出される CO_2 を分離・回収し、その CO_2 を利用してメタネーションにより合成メタンを生成して、燃料としてその工場等で再利用することが可能となるため、CO_2 の循環利用を通じた工場等のカーボンニュートラル化実現が期待できる。
民生部門においては、これまで使用してきたガス機器を引き続き利用できるメリットがある。仮にガス機器を改修した場合、一般家庭で約 60 万円[41]の負担増となることが見込まれるが、合成メタンなら既存設備を活用できるため、この負担を回避しつつ、脱炭素化への移行を実現できる。
需要サイドの脱炭素化を進めるため、メタネーションの技術が確立する前であっても、水素の直接利用やクレジットでオフセットされた LNG など様々な手段を追求することが必要である。
特に、インフラ整備に係る追加費用が比較的軽微と考えられる臨海部等のローカルエリアでは、水素直接利用が期待される。新設する中・低圧のガス導管での水素供給は現行のガス技術基

[41] 事業者等の公表情報、水素産業における定置用燃料電池に関する推計に基づき、工事、IH 調理器、純水素燃料電池（700W）に要する費用を推計。

準での適合が確認されているほか、一部の地域において、水素コージェネレーションシステムにより水素を利用した熱・電気の供給に向けた取組が進展している。水素導管を整備した地域で水素直接利用による熱エネルギー供給を行うことなどを通じて、需要サイドの水素による脱炭素化ニーズに貢献することも考えられる。

大手ガス事業者を中心に、クレジットでオフセットされたLNGを需要サイドに対して販売する取組が開始されている。このようなLNGの普及拡大とその利用価値向上の実現を目的とした民間団体も設立され、多くの需要サイドの企業等が参加している。また、ガス事業者等において、需要サイドで排出されるCO_2を分離・回収して利用するCCU／カーボンリサイクルの技術開発が進められている。2050年カーボンニュートラルに向けて、このような需要サイドのニーズは今後高まってくると考えられ、様々な手段を追求する取組が必要である。

需要サイドに次世代の熱エネルギーを供給するため、カーボンニュートラルの達成に向けたガス体エネルギーの変遷、需要の量・分布等に応じてネットワークを整備することが必要である。トランジション期における天然ガスへの燃料転換等による低炭素化の取組の進展やクレジットでオフセットされたLNGの利用拡大とともに、メタネーションの技術開発により熱・ガスの脱炭素化の確度が高まることで事業予見性が確保され、ガスの需要拡大を通じたガスネットワークの拡充が期待されること、加えて水素直接供給のネットワークの形成も期待されること、これらにより次世代熱エネルギー産業の更なる成長が期待される。

ガス導管は高いレジリエンスを有している。事故件数は減少傾向にあり、高い保安レベルを維持している。また、近年の台風や大地震などの自然災害時における供給途絶リスクは低く、これまでの災害等による対策の強化も踏まえれば、早期復旧も見込める。加えて、最近では、遠隔での検針や開閉栓等を実現するスマートメーターの検討やデジタル技術を活用した新しい安全技術の活用による保安・レジリエンスの向上に向けた取組が一部のガス事業者において進められている。引き続きレジリエンス向上を図ることにより、需要サイドのより安定的なエネルギー利用につながる。

ガスコージェネレーションを活用すれば熱と電気の両方を利用することができる。ガスコージェネレーションは需要地でガスを熱と電気に変換して利用するため、エネルギー効率が高い。また、災害等による停電時であっても、熱と電気を継続して利用できるため、そのような場合にあっても社会経済活動や生活環境を維持することができる[42]。

地域における再生可能エネルギーとガスコージェネレーションの組合せ（分散型エネルギーシステム）など、エネルギー源・エネルギーネットワークの多様性を確保することにより、地域におけるレジリエンスの向上に資する。また、再生可能エネルギーとガスコージェネレーションを組み合わせ、熱と電気をデジタル技術で制御するスマートエネルギーネットワークの取組も進められている。

今後、地域の分散型エネルギーシステムの中で、再生可能エネルギー主力電源化に伴う余剰電力から合成メタンを製造して電力を貯蔵でき、ガスコジェネで発電と熱供給を行うことができるため、PtoGとGtoPの最適化による電気とガスの融合により更なるレジリエンス強化が考えられ

[42] 2018年の北海道胆振東部地震の際には、北海道内全域が停電する中、さっぽろ創世スクエアにおいてガスコージェネレーションにより入居するオフィスや隣接する市役所等への熱・電気の供給が継続された。2018年の台風21号による近畿地方等での停電時には、家庭用エネファームにより電気・風呂・給湯を利用することができた。2019年の台風15号による停電時には、むつざわウェルネスタウン（千葉県）において、再生可能エネルギーとガスコージェネレーションにより道の駅及び各住宅に対する電力供給や道の駅での温浴施設温水利用を実施した。

る。

多くのガス事業者は地域に根ざしており、人口減少・少子高齢化が進む中、地域の需要サイドが求めるエネルギーやサービスを提供することに加え、これまで培った地域住民との信頼関係等を活かし、地域の様々な課題やニーズに対して地方自治体や地域企業と連携して取り組むことで地方創生や SDGs に貢献するとともに、再生可能エネルギーや水素、バイオガスなど地域資源を活用することを通じて地域における脱炭素化の担い手としての役割を果たしていく。これにより、カーボンニュートラルにおいても需要サイドが安価で安定的なエネルギーの多様な選択肢を確保することができ、地域企業の成長に貢献するとともに、地域の脱炭素化に貢献する。

＜今後の取組＞

産業分野において、石炭・石油から天然ガスへの燃料転換や天然ガス利用機器の高効率化等を進める。

メタネーションの技術開発が進み、合成メタンが天然ガスを代替することで、需要サイドの円滑な脱炭素化への移行につなげることができる。

2050 年のカーボンニュートラル実現を目指すため、トランジション期に着実な CO_2 削減の取組を行う事業者を支援するトランジション・ファイナンスの促進に向け、ガスを含めた分野別ロードマップを 2021 年度中に策定する。

ローカルエリアでの水素直接利用を進める中で、ガス事業者が地域の行政・事業者等と連携しながら、地域における水素直接供給のネットワーク形成に取り組むとともに、そのための課題解決に向けた検討を行う。東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会後の選手村地区では、水素パイプラインが整備され、各街区の住宅・商業施設に供給される水素により発電を行うことが予定されている。

クレジットでカーボンオフセットされた LNG の導入促進、需要サイドで排出される CO_2 の分離・回収や利用等の技術の実用化にガス事業者等が取り組み、脱炭素化ニーズを有する需要サイドが供給を受けられるようにする。

これらを踏まえつつ、ガス体エネルギーの変遷、需要の量・分布等に応じて需要サイドに次世代の熱エネルギーを供給するネットワークを整備する。

ガスインフラの継続的なレジリエンス強化に取り組む。スマートメーターの検討やデジタル技術を活用した保安・レジリエンス向上に向けた取組を推進し、更なる耐震性の向上等を通じたレジリエンスの強化に取り組む。また、デジタル技術の活用により集められたデータを活用することで、需要サイドはガスや電気、水道等のデータを活用した遠隔見守りサービスや省エネサービス、ライフスタイルに応じた生活関連サービスといった新たなサービス等を受けられるなどサービスの多様化が期待される。

分散型エネルギーシステムの構築を図るべく、ガスコージェネレーションの導入を促進する。また、人の流れや需要側の熱・電気利用の情報等を収集・分析することなどデジタル技術の活用により、地域全体でガスコージェネレーション等を柔軟に運転し、地域における最適なエネルギー制御を実現する。

地域に根ざしたガス事業者は、地域の需要サイドに対する次世代熱エネルギーの供給に向け、地方自治体や同業種・他業種との連携により業務効率化や新たなビジネス創出に取り組む事例を参考にしつつ、主体的な取組を推進するとともに、その展開を大手ガス事業者、業界団体、行政がサポートすることを通じて、ガス事業者による地域への貢献や経営基盤の強化を進める。これ

により、地域における脱炭素化や地域活性化、まちづくりなどの地域課題の解決に貢献するとともに、将来にわたって地域におけるエネルギーの安定供給の確保に貢献する。

（４）原子力産業

2050 年カーボンニュートラル実現に向けては、原子力を含めたあらゆる選択肢を追求することが重要であり、軽水炉の更なる安全性向上はもちろん、それへの貢献も見据えた革新的技術の原子力イノベーションに向けた研究開発も進めていく必要がある。原子力は大量かつ安定的にカーボンフリーの電力を供給することが可能な上、技術自給率も高い。更なるイノベーションによって、安全性・信頼性・効率性の一層の向上、放射性廃棄物の有害度低減・減容化、資源の有効利用による資源循環性の向上を達成していく。また、再生可能エネルギーとの共存、カーボンフリーな水素製造や熱利用といった多様な社会的要請に応えることも可能である。

現行軽水炉では、中露が政府ファイナンスをバックに市場を席巻しており、米英加を始めとした先進国では小型炉、革新炉に活路を見出し、2030 年前後の商用化を目指して大規模政府予算を投入して研究開発を加速している。目標として①国際連携を活用した高速炉開発の着実な推進、②2030 年までに国際連携による小型モジュール炉技術の実証、③2030 年までに高温ガス炉における水素製造に係る要素技術確立、④ITER 計画等の国際連携を通じた核融合研究開発の着実な推進を目指す。

① 高速炉

＜現状と課題＞

小型炉や高温ガス炉といった革新炉型を含め、原子力の持続的な利用のためには、放射性廃棄物の適切な処理・処分が必要であり、さらには放射性廃棄物の減容化・有害度低減、中長期的には資源の有効利用に向けた技術開発を進めることが重要である。高速炉は、高速中性子を活用して、このような高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減、資源の有効活用という核燃料サイクルの効果をより高めるものであり、引き続き重要である。

世界ではロシアが 2015 年に実証炉の初臨界を達成し、中国も 2023 年の実証炉建設完了を目指した開発を進めている。米国も 2020 年に、７年以内に実証炉建設を目指す高速炉ベンチャー企業に最大約 1,600 億円の開発支援を決定するなど、北米でも政府支援を得たベンチャー企業等による高速炉開発の取組が加速している。

＜今後の取組＞

2018 年 12 月に、原子力関係閣僚会議において決定した高速炉開発の「戦略ロードマップ」に基づく開発を着実に推進する。「戦略ロードマップ」では、21 世紀後半の高速炉の本格的利用を視野に、例えば 21 世紀半ば頃の適切なタイミングにおいて、技術成熟度、ファイナンス、運転経験等の観点から現実的なスケールの高速炉が運転開始されることが期待されるとしている。まず、当面５年間程度は、民間によるイノベーションの活用による多様な技術間競争を促進し（ステップ１）、国、（国研）原子力研究開発機構（JAEA）、電気事業者が、メーカーの協力を得て技術の絞り込みを行った上で（ステップ２）、一定の技術が選択される場合、工程を具体化していく（ステップ３）。なお、2024 年度以降の技術の絞り込み・重点化には、JAEA が保有する実験炉「常陽」での照射試験による検証が不可欠であり、運転再開に向けた準備を速やかに進めていく。

また、「戦略ロードマップ」では、仏米等との国際協力を活用しながら高速炉開発を進めることとしている。フランスとは、2020 年より新たな一般取決めに基づいて安全性・経済性向上に係る

技術開発を実施しており、例えば、自然循環による冷却システムや、温度上昇に伴い自動的に制御棒が挿入される機構等の革新的技術を共同開発していく。

アメリカとは、2019 年に高速炉の試験炉である多目的試験炉（VTR）の開発協力について覚書を締結したところであり、これらに基づく取組を進めていく。

高速炉開発を進めるに当たっては、JAEA が保有する「常陽」・原型炉「もんじゅ」の運転・保守経験で培われたデータや、ナトリウム実験ループ「AtheNa」等の世界的にも貴重なデータ・施設を最大限活用する。関係機関から協力を期待されていることを踏まえ、日仏・日米協力でも活用するとともに、日本が規格基準策定の点でも海外に先行している状況を踏まえ、日本の規格基準普及に向けた他国関連機関との協力を推進する。

また、「常陽」においては、世界的にも希少な医療用放射性同位体を、大量製造することが可能である。「常陽」の再稼働を進めていくことで、先進的ながん治療等への貢献が期待される。

② 小型モジュール炉（SMR）

＜現状と課題＞

小型モジュール炉（SMR）は炉心が小さいために、自然循環を使用した原子炉の冷却機構等、自然原理を安全設備に取り入れてヒューマンエラーや機器故障による停止を回避することが比較的容易で、システムのシンプル化を通じて安全システムの信頼性を高めることを狙う。こうした設計上の工夫により、配管が破断するなど、冷却水が全て失われてしまうような事象が発生する可能性を大幅に低下させ、結果として避難区域縮小を図ることを目指している。加えて、モジュール生産による工期短縮で初期投資コストを削減し、建設時のサイト選定・資金制約の緩和を目指している。

SMR が採用している安全性・経済性向上に向けた革新的設計については、一部に技術開発・実証が必要であるとともに、アメリカが世界に先行して安全基準類や工業規格類の策定を進めている状態である。アメリカに加え、イギリス、カナダ等では SMR の実証炉建設、その先の第三国への展開に向けたプロジェクトが進行中であり、一部の日本企業は高い設計・製造能力をもってこれらのプロジェクトへの参画に向けた取組を進めている。加えて、日本企業の独自設計による多様なニーズを見据えた SMR 開発も行われており、これらに対する継続的な研究開発支援が不可欠である。

＜今後の取組＞

2020 年代末の運転開始を目指す米英加等の海外の実証プロジェクトと連携した日本企業の取組を、安全性・経済性・サプライチェーン構築・規制対応等を念頭に置きつつ、積極的に支援する。海外で先行する規制策定を踏まえ、技術開発・実証に参画する。SMR で採用されている革新的技術の技術開発課題の克服について協力を行うとともに、優れた設計・製造技術をもって脱炭素技術である SMR の実現に貢献する。これらの取組を通じて、SMR の設計・製造技術をより高めるとともに、主要サプライヤーとしての地位を獲得し、SMR のグローバル展開に合わせた量産体制を確立していく。

なお、SMR には冷却材や出力によって軽水炉や高速炉、高温ガス炉のほか、溶融塩炉、マイクロリアクター等の様々な炉型が存在することを踏まえ、技術熟度等に応じて、民間の創意工夫による技術開発や基盤技術開発を推進していく。

③ 高温ガス炉

＜現状と課題＞

高温ガス炉は、化学的に安定なヘリウム冷却材、四重に被覆した高温でも溶けにくい燃料、高温熱を吸収する構造材を使用することで、カーボンフリーな 700℃以上の高温熱を活用し、発電以外にも、効率的な熱利用・大量かつ安価なカーボンフリー水素製造の可能性で着目される。

製鉄、化学を含めた産業分野の脱炭素で着目される水素製造については、高温ガス炉１基で完全水素還元製鉄が可能なシャフト炉１基を脱炭素することができる可能性がある。太陽光発電で水を電気分解した場合と比べ、必要敷地面積が約 1,600 分の１となり、高温ガス炉の高い安全性が実証されれば、産業プロセスに必要な熱供給と組み合わせた水素の地産地消が可能となり、追加の水素運送コストが発生しない。発電・熱供給との併用で 2050 年にはガス火力以下(水素換算で 20 円/Nm^3程度以下)となる約 12 円/Nm^3のコストが実現される可能性がある。

米国は７年以内に実証炉建設を目指す高温ガス炉ベンチャー企業に最大約 1,600 億円の開発支援を決定したところ。英国も約 230 億円の革新的モジュール炉用のファンド設置を発表し、水素製造等に対応する高温ガス炉を有力な支援対象炉型としている。

我が国においては、JAEA が高温工学試験研究炉（HTTR）を保有している。試験炉 HTTR は世界最高温度 950℃で 50 日間の高温連続運転を達成し、東京電力福島第一原子力発電所事故と同種の、冷却材が失われる事故を模擬した試験を実施し、原子炉が自然に冷却することを確認するなど、世界に先行する技術を有する。その他、メーカーでも高温熱を活用した水素製造や、熱エネルギーの貯蔵を含んだ多様な概念を開発中であり、水素製造についても、要素技術を確立する必要がある。

＜今後の取組＞

世界最高温度を記録した試験炉 HTTR を活用し、安全性の国際実証に加え、2030 年までに大量かつ安価なカーボンフリー水素製造に必要な技術開発を支援していく。並行して、IS 法やメタン熱分解法等を含む超高温熱を活用したカーボンフリー水素製造方法についても開発を支援する。開発支援に当たっては、安全性・経済性・サプライチェーン構築・規制対応等を念頭に置きながら、技術開発・実証に参画し、海外の先行プロジェクトの状況を踏まえ、海外共同プロジェクトも組成していく。

また、試験炉 HTTR の建設・運転・再稼働を通じて、規格基準策定の点でも海外に先行している状況を踏まえ、日本の規格基準普及に向けた他国関連機関との協力を推進する。

④ 核融合

＜現状と課題＞

核融合炉は、１億℃以上のプラズマを生成し、最高 1,000℃程度に冷却材を熱することにより、発電以外に熱利用・水素製造を行うことも可能な技術である。燃料は水素が基本であり、長期間にわたって管理が必要な高レベル放射性廃棄物は発生しない。プラズマ生成は反応維持が難しい技術であるため、炉の暴走リスクはなく、安全性が高い。

核融合実験炉（ITER）については、2025 年の運転開始に向け、世界７極の協力によりの建設・各種機器の製作が進められ、2020 年７月に ITER 本体の組立て・据付けを開始した。日本企業は超伝導トロイダル磁場（TF）コイル等主要機器を製作しており、フランス ITER サイトに順次納入中である。具体的には、2021 年３月に３機目の日本製 TF コイルを納入したほか、同年２月に日

米共同で製作した中心ソレノイド（CS）コイルの１機目の最終試験が米国で完了したところであり、各極において主要機器の製作が着実に進んでいる。

並行して ITER 計画の補完や将来の核融合原型炉に向け、日欧協力の下、幅広いアプローチ（BA）活動を実施。日本国内で建設中の大型トカマク装置（JT-60SA）を使用したプラズマ制御技術の高度化に向けた試験実施や、核融合原型炉に向けた、核融合中性子への耐久性、低放射化特性を有する構造材料等の開発、海水等からのリチウム回収技術及びリチウムから三重水素を生産する技術、低温・低 CO_2 排出なベリリウム等の金属精製技術等の燃料生成技術の開発等を実施している。

また、米・英・加においては核融合発電の早期実現を目指すベンチャー企業が多数設立されており、日本においても核融合ベンチャー企業が 2010 年代後半から誕生しつつあるが、民間における核融合への投資は他国と比して相対的に少ない状況である。

＜今後の取組＞

ITER 計画については、2025 年運転開始、2035 年の核融合運転開始を目指している。BA 活動においても JT-60SA の運転開始やその他の研究開発を核融合原型炉に向けて着実に実施する。これらを通じ、主要機器の工学的実証とエネルギー出力状態の長時間維持技術を確立し、核融合エネルギーの実現を目指す。あわせて日本での核融合原型炉建設計画に向け各種設計や技術開発を行い、21 世紀中葉までに、核融合エネルギー実用化の目処を得るべく研究開発を推進する。燃料精製技術開発についても、リチウム精製技術、低温・低 CO_2 排出の金属精製技術の実証に取り組み、それぞれ商用化を目指す。

また、核融合エネルギーへの興味喚起と相互理解を目指すアウトリーチ活動等を通じて、核融合の裾野の拡大を図ることにより、長期的な観点でより多くの企業に参加を促すとともに、海外プロジェクトに国内のベンチャー企業等が参画することを目指す。

さらに、発電にとどまらず、核融合炉の高温を活用したカーボンフリーな水素製造プロセス等、カーボンニュートラルに貢献する基盤技術の研究開発を推進する。

（５）自動車・蓄電池産業

自動車は、電動化を推進する。この取組は、自動車産業のみならず、エネルギー供給、様々な産業、生活や仕事、モビリティや物流、地域やまちづくりに関わるものであり、支援・規制等の幅広い政策をパッケージとして、積極的に総動員しなければならない。また、我が国産業の国際競争力にもつながるよう、特定の技術に限定することなく、パワートレイン・エネルギー／燃料等を最適に組み合わせて、多様な道筋を示す必要がある。さらに、日本の自動車産業は、世界各国に自動車を供給する、世界に冠たる総合的な技術力をもつ基幹産業であり、諸外国の電動化に関する目標や規制、支援等の施策や、これらの施策による電動車市場の状況に注目して、包括的な措置を講じる必要がある。関連産業には中小零細企業が多くを占める分野も多いことから、電動化への対応の他、新たな領域への挑戦、業態転換や多角化、企業同士の連携や合併等を通じて、カーボンニュートラル実現に向けて、前向きに取り組めるような産業構造を目指すべきである。

こうした基本的な考え方の下、以下の取組を進めていくことにより、日本はこの分野でのリーダーを目指さなければならない。

2035 年までに、乗用車新車販売で電動車[43]100%を実現できるよう、包括的な措置を講じる。

商用車については、８トン未満の小型の車について、2030 年までに、新車販売で電動車 20～30%、2040 年までに、新車販売で、電動車と合成燃料等の脱炭素燃料の利用に適した車両で合わせて 100%を目指し、車両の導入やインフラ整備の促進等の包括的な措置を講じる。８トン以上の大型の車については、貨物・旅客事業等の商用用途に適する電動車の開発・利用促進に向けた技術実証を進めつつ、2020 年代に 5,000 台の先行導入を目指すとともに、水素や合成燃料等の価格低減に向けた技術開発・普及の取組の進捗も踏まえ、2030 年までに、2040 年の電動車の普及目標を設定する。

二輪車については、引き続き世界市場をリードしていくため、蓄電池規格の国際標準化やインフラ整備等、国内外の取組を通じて電動化を推進する。

各国では電気自動車等への施策が相次いで打ち出されており、例えば、欧州の一部の国やカリフォルニア州では、2040 年以前に電気自動車や燃料電池自動車等のゼロエミッション車へ転換するとの目標が相次いで打ち出されるとともに、欧州では約 2,500 億ユーロ（内数）、米国では約 1,740 億ドルの支援が検討されている。

また、G7 気候・環境大臣会合においても、2020 年代及びそれ以降を通じて道路交通セクターの世界的な脱炭素化のペースを劇的に増加させる必要があること、途上国の移行支援方法の検討を含め、旅客及び貨物用のゼロエミッションビークルの展開を加速するために、他のグローバルパートナーと協力すること、自動車のライフサイクル全体の脱炭素化を推進する必要があることが言及されている。

我が国においても、この 10 年間は電気自動車の導入を強力に進め、電池をはじめ、世界をリードする産業サプライチェーンとモビリティ社会を構築する。この際、特に軽自動車や商用車等の、電気自動車や燃料電池自動車への転換について、特段の対策を講じていく。また、部品サプライヤーや地域経済を支える自動車販売店、整備事業者、サービスステーション（SS）等の加速度的な電動化対応を後押しするべく、「攻めの業態転換・事業再構築」を支援していく。

CO_2排出削減と移動の活性化が同時に実現できるよう、車の使い方の変革による地域の移動課題

[43] 電気自動車、燃料電池自動車、プラグインハイブリッド自動車、ハイブリッド自動車。

の解決にも取り組む。将来的な理想像として、例えば交通事故や交通渋滞が限りなくゼロとなるモビリティ社会が挙げられるが、それに向けて自動車分野においては自動走行・デジタル技術の電動車への実装を進めることとする。このように、中長期的な移動課題の解決を目指し、ユーザーの行動変容や、電動化に対応した新たなサービス・インフラの社会実装を加速する。

また、蓄電池は、自動車の電動化や再生可能エネルギーの普及に必要となる調整力のカーボンフリー化等のグリーン化や、デジタル化の進展の要となる「新たなエネルギー基盤」である。研究開発・実証・設備投資支援や制度的枠組みの検討、標準化に向けた国際連携といった政策により、蓄電池の産業競争力強化を図る。

こうした取組やエネルギーの脱炭素化の取組を通じて、カーボンニュートラルに向けた多様な選択肢を追求し、2050 年に自動車の生産、利用、廃棄を通じた CO_2 ゼロを目指す。

① 電動化の推進・車の使い方の変革

＜現状と課題＞

欧州や中国は、電気自動車・プラグインハイブリッド自動車の普及を戦略的に進めており、急速に普及が拡大する一方、日本では、欧州や中国に比べ、普及が遅れている[44]。また、各国で燃料電池トラック・バスの開発支援の取組が強化されている。

電動車の普及に向けては、車両価格の低減等による社会的受容の拡大、充電インフラ・水素ステーション等のインフラ整備といった課題がある。また、蓄電池・燃料電池・モータ等の電動車関連技術・サプライチェーン・バリューチェーンの強化も課題となる。特に、軽自動車・商用車等ユーザーのコスト意識や車体設計上の制約が厳しい自動車の電動化や、中小企業等のサプライヤーの競争力強化は、重要な課題である。また、自動車のライフサイクルでの CO_2 削減のためには、CO_2 排出の少ないエネルギーの調達の円滑化も重要となる。

加えて、各国で、MaaS（モビリティのサービス化：Mobility as a Service）や自動走行技術を活用した持続的な都市交通の実証・実装が進展中である。例えば欧州では、環境負荷の低減と都市交通の最適化を図る「持続可能でスマートなモビリティ戦略」を策定するほか、各国連携による大規模実証プロジェクト[45]が進む。日本では、各地で MaaS 実証の取組が進むものの、大規模に事業化できている事例は少なく、環境負荷の低減と移動課題の解決の両立を地域全体で進める必要がある。自動走行技術についても、米国や中国に比べて、日本では公道実証を通じた走行データ収集は容易ではなく、デジタル技術を活用した開発・評価環境の整備が急務である。

＜今後の取組＞

電動化の推進に向け、以下のような取組を行う。

ア）電動車・インフラの導入拡大

燃費規制の活用や公共調達の推進、充電インフラ拡充、導入支援、買換え促進等に取り組む。

今後、カーボンニュートラルを目指していく中で、規制的手法とインセンティブ措置を両輪と

[44] 2021 年第 1 四半期の電気自動車・プラグインハイブリッド自動車の販売台数は、EU 全体：約 35 万台（2020 年同期比で 1.5 倍以上、欧州自動車工業会速報ベース）、日本：約 1.1 万台（2020 年同期比で約 2 割増、日本自動車販売協会連合会公表データから経済産業省集計）。

[45] 欧州 13 か国含む 69 組織が合同で「SHOW」プロジェクトを実施。2024 年までに域内 12 都市に 70 台以上の自動走行電気自動車を、専用レーンや 5G 網とともに実装・配備予定。

して取り組んでいくことが必要である。

（乗用車・商用車）

技術中立的な燃費規制を活用し、あらゆる技術を組み合わせて、効果的に CO_2 排出削減を進めていく。このため、自動車の製造事業者等に対し、2030 年度を目標年度とする新たな燃費基準[46]の達成を通じた新車の燃費向上を促していく。その際、勧告・公表の運用を見直すことにより、燃費基準の遵守に向けた執行強化を検討する。

また、地方公共団体や民間企業が所有する公用車・社用車の電動化を促進する。政府の公用車については、政府実行計画の見直しに当たり、代替可能な電動車がない場合等を除き、2030 年度までに電動車とすることを検討していく。

個人や民間企業への普及に際しては、中長期的な視点に立って電動車とガソリン車との経済性の差、電動車の普及度合いや諸外国における支援状況等も踏まえ、導入や買換えの促進等を検討する。税制については、「令和３年度与党税制改正大綱[47]」を踏まえ、次のエコカー減税等の期限到来時に抜本的な見直しを行うこととし、2050 年カーボンニュートラル目標の実現に積極的に貢献するものとするよう、検討を行う。

また、電動車に対して高速道路利用時のインセンティブを付与することにより、一般道路から高速道路への交通転換による排出ガスの削減や電動車の普及促進を図り、さらに、国立公園等の駐車料金の減免についても検討する。なお、軽自動車や商用車は電動車への転換がより難しいことを踏まえた対応策を検討する。

充電・充てんインフラの不足は、電動車普及の妨げとなる。したがって、充電インフラについては、老朽化設備を更新するほか、既存のインフラを有効に活用できるサービスステーション(SS)における急速充電器１万基等、公共用の急速充電器３万基を含む充電インフラを 15 万基設置し、遅くとも 2030 年までにガソリン車並みの利便性を実現することを目指す。この際、充電インフラの普及促進や規制緩和等により、最適な配置やビジネス性の向上を進めるとともに、充電設備の普及が遅れている集合住宅に対する導入を促進する。また、充てんインフラについては、燃料電池自動車・燃料電池バス及び燃料電池トラックの普及を見据え、2030 年までに 1,000 基程度の水素ステーションについて、人流・物流を考慮しながら最適な配置となるよう整備するとともに、規制改革に取り組む。バスやトラック等の商用車向けの充電設備や水素ステーションについては、事業所専用の充電・充てん設備も含め、整備を推進する。あわせて、充電・充てんインフラの設備の技術開発や標準化に取り組む。

電動車の普及には、上述に加え制度的な措置も重要である。例えば、電気自動車や燃料電池自動車に搭載される電池の重量・体積に応じて、トラック等の大型車の走行に支障がないよう措置を必要に応じて検討する。また、燃料電池自動車の普及拡大に向けた事業者及び利用者の負担軽減の観点から、道路運送車両法と高圧ガス保安法における関連規制を一元化することも視野に、

[46] 2016 年度の出荷台数を勘案すると 2030 年度における燃費基準は 25.4 ㎞/ L に相当し、これを達成するためには、2019 年度の業界トップ水準の実績値 20.5㎞/L を約 24%引き上げる必要がある(ただし、販売車種の重量別台数によって基準値は増減し得る)。

[47] 令和３年与党税制改正大綱（2020 年 12 月 10 日）には「自動車関係諸税については、「2050 年カーボンニュートラル」目標の実現に積極的に貢献するものとするとともに、自動運転をはじめとする技術革新の必要性や保有から利用への変化、モビリティーの多様化を受けた利用者の広がり等の自動車を取り巻く環境変化の動向、地域公共交通へのニーズの高まりや上述の環境変化にも対応するためのインフラの維持管理や機能強化の必要性等を踏まえつつ、国・地方を通じた財源を安定的に確保していくことを前提に、受益と負担の関係も含め、その課税のあり方について、中長期的な視点に立って検討を行う」とされている。

燃料電池自動車等の規制の在り方について検討を行い、６月に一定の方向性を取りまとめ、年内に結論を得る。充電インフラについては、商業施設への設置を促すため、大規模小売店舗立地法の運用方針の改定を検討する。

（二輪車）

二輪の電動車については、搭載可能な蓄電池容量が小さく航続距離が短いことや、蓄電池に起因した車体価格の高さ等の課題があり、現時点では必ずしも全ての車種で多くの消費者の使用に耐え得る性能は有していない。他方で、アジアを中心に二輪車の電動化を積極的に推進する動きが見られ、この動きを契機に多くの企業が電動車市場への参入を図っている。我が国の二輪車メーカーはアジアを軸足として世界市場シェアの半数超を有しており、引き続き国際競争力を維持するためには、二輪車の電動化に対応していくことが必要不可欠である。

したがって、二輪車は、他のモビリティと比べてCO_2排出量が少ないことを考慮し、まずは現在の性能でも利用可能性を有する短距離移動の用途から二輪車の電動化を推進していく。このため、引き続き、導入や買換えの促進等を行うことで電動車の普及拡大を図るとともに、コストの主要因となる蓄電池については、我が国メーカーの主導による規格の国際標準化に取り組むことで量産性の向上を図る。また、短距離移動を前提としたバッテリーステーション（交換式等）の整備を推進し、短い航続距離の車体でも不便さを感じることなく移動が可能な環境の構築に取り組む。

イ）エネルギー政策との両輪での政策推進

自動車部門からの排出削減に向けては、世界の自動車市場の変革のスピードが加速していることを踏まえ、自動車の電動化とエネルギーの脱炭素化を両輪で進めていくことが必須。例えば、電動車は、利用段階の充電のみならず、生産段階の電池製造に大量の電気を必要とするため、自動車のライフサイクル全体でのCO_2排出削減のためには、安価な脱炭素化された電力が必要となる。具体的には、再生可能エネルギーは主力電源として、引き続き、コストを低減しつつ最大限の導入を目指すとともに、自立化を促す。原子力、さらに、水素・アンモニア・CCUS／カーボンリサイクル等、新たな選択肢も追求していく。また、我が国産業の競争力の維持向上のため、エネルギーコストの最大限の抑制を進める。さらに、非化石電源由来の電気が有する環境価値を取引する非化石価値取引市場において、トラッキング付き非化石証書の増加や需要家による購入可能化、非化石証書の価格の引き下げの見直しを進める。

このように、エネルギー政策と両輪で、自動車のカーボンニュートラル化に向けた施策を総合的に講じていく。あわせて、日本の自動車産業が引き続き世界各国に環境性能に優れた自動車を供給できるよう、カーボンニュートラルを巡る国際的な議論の状況を踏まえて、公平で透明な国際競争環境の整備に努める。

ウ）蓄電池・燃料電池・モータ等の電動車関連技術、サプライチェーン、バリューチェーン強化

大規模投資支援、技術開発・実証や軽自動車・商用車等の電動化支援、中小企業等のサプライヤーや自動車販売店・整備事業者、サービスステーション（SS）等の自動車関連産業の電動化対応・業態転換・事業再構築とそれを支えるデジタル開発基盤の構築に取り組む。

電動車の基幹部品である電池・モータやその材料については、将来の自動車産業の競争力を左右する。サプライチェーン強靭化の観点から、一定以上の規模を有するそれらの生産拠点の国内

立地を図る。
また、後述のとおり、次世代電池の技術開発を進めるほか、モータについては、農機や建機、ドローンや空飛ぶクルマ等、近接領域のモビリティの電動パワートレインも併せて取組を進めることが、サプライヤーも含めた産業競争力強化の上で有効であると考えられることから、モビリティ用のモータシステムの性能（重量、体積、出力等）の向上や材料開発等に取り組む。
また、サプライチェーン、バリューチェーン全体の強化に向けて、まず電動化による車体の重量化に対応した軽量化技術や、塗装工程等の自動車に特徴的な製造工程やリサイクル工程における CO_2 排出削減等、電動化に伴う車両（車体架装物を含む）の変化や、自動車のライフサイクル全体での CO_2 排出削減に向けた技術開発、設備構築等も促進し、自動車関連産業全体でのカーボンニュートラル対応を進める。
加えて、エンジン部品サプライヤーが電動車向けの部品製造等の新分野に挑戦すること、サービスステーション（SS）・整備拠点が地域の新たな人流・物流・サービス拠点・EV ステーション化すること等の「攻めの業態転換・事業再構築」を後押しする。
具体的には、サプライヤーの電動化対応を加速度的に推進するため、技術開発や設備投資、人材の確保・活用・育成等を後押しする。また、サプライヤーの製造プロセスのカーボンニュートラル化や事業転換について伴走的にサポートするための体制構築や環境整備（企業間連携や再編等を含む）も進める。
自動車販売店や整備事業者については、電動化に伴う車両の構造変化に対応した設備投資・人材育成や、整備事業の更なる効率化・生産性向上に向けた DX 投資等を後押しする。併せて、MaaS 等を活用した新たなサービス展開や、電動車への買換促進に向けた蓄電池劣化評価の取組の後押しや関連する環境整備等を通じた中古車市場の魅力向上に取り組む。また、これまでも自動車への燃料供給を担ってきたサービスステーション（SS）については、電動車の普及が進む中において、ハイブリッド車に加えて、電気自動車や燃料電池自動車へのエネルギー供給や合成燃料の供給も担えるように、総合エネルギー拠点化や経営多角化等の事業再構築を後押しする。

エ）車の使い方の変革
ユーザーによる電動車の選択・利用の促進、そのための対応・選択肢の拡大に加え、持続可能な移動サービス、物流の効率化・生産性向上を実現するべく、自動走行・デジタル技術の活用や道路・都市インフラとの連携に取り組む。
まず、安全運転支援機能の普及を通じて引き続き電動車単体での安全性の向上を図ることに加え、正確な自己位置推定のための高精度デジタル地図、OTA（Over-the-Air）を通じた継続的なソフトウェアアップデート機能、車車間・路車間・歩車間での狭域通信機能等を具備した電動車が普及することにより、自動車単体だけではなく交通システム全体を通じて事故や渋滞を削減し、周辺の車両や歩行者にとっても安全・安心な環境を創出することが可能となる。同時に、あらゆる車両がコネクテッド機能を通じて事故・渋滞なく円滑に走行することで、交通流全体での環境負荷の低減も実現できる。こうした次世代の交通システムの基盤となる高精度デジタル地図・OTA 機能・狭域通信機能を社会実装するべく、2021 年度から必要な実証や普及に向けた検討を開始する。
さらに、2030 年頃の Beyond 5G のデジタル社会に向けて、情報処理量とともに増加するネットワーク・クラウドデータセンターの消費電力を最小化するため、ネットワークに対するエッジデバイスとしての自動車の側で、自動走行を含む高度な情報処理等を可能な限り実施することが求

められる。同時に、電動車は電気系で駆動するため制御の面で自動走行との相性がよく、2050 年に向けた電動車の普及は、自動走行・安全運転支援技術の実装とともに進むものと見込まれる。他方で、車内の情報処理の高度化に伴うエッジにおける電力消費量の増加は、蓄電池容量の限界との関係で、電動車の航続距離等へ影響を与えることも指摘されている。自動走行と電動化を両立するべく、自動走行系を中心に先端半導体等を用いた高度なセンサー・コンピュータ類、さらにそれらの次世代デバイスを支える新たな車載ネットワークシステムやデジタル開発基盤等について、その性能向上と徹底した省エネ化を同時に実現するための研究開発に取り組む。

また、ラストマイルから長距離輸送まで、商用車分野における電動車普及の課題である商用利用に適した電動車両の開発、充電・充てんインフラの最適配置、運行管理とエネルギーマネジメントの最適化等による経済性の最大化の実現等に向け、道路・都市インフラとも連携しつつ、トラック・バス等の商用車分野における大規模なコネクテッド実証や、地域におけるエネルギーシステムとも連動した自動走行車等の運用実証を検討する。

オ）電動車の普及に向けたアジア等との連携

日本の自動車産業と関わりの深いアジア等と連携して電動化の推進に取り組む。アジア等、電動車の普及が今後本格化される地域において、電動化に向けた二国間対話等を通じてカーボンニュートラルに向けた道筋を議論し、政策協調を行うとともに、充電インフラの整備、サプライチェーンの電動化対応、電気自動車や燃料電池自動車等の市場拡大等のため、充電規格の国際調和活動や国際標準化の後押し、現地サプライヤーに対する技術指導、現地実証試験等に取り組む。

電気自動車や燃料電池自動車の普及の環境整備への協力を進める一方、社会受容性や既存のインフラ及びサプライチェーン活用の観点から、段階的に電動車の普及を進めることが現実的であり脱炭素化に有効である。モータリゼーションが進展している新興国における脱炭素化にも技術、政策両面で貢献するべく、各国の国内事情を踏まえつつ、アジア等と一体的に電動化に関する取組を具体化し推進する。

カ）電動車の災害時対応

電動車は、災害時に外部給電を行うことができる等、防災に貢献することが期待されており、例えば、2019 年に台風 15 号の影響で千葉県を中心に発生した停電時に、避難所での携帯充電や灯火確保、乳幼児・高齢者等がいる個人宅や老人ホーム等での給電が実施され、必要な電源の確保に貢献してきた。一方、災害時における充電切れ等の対応について課題が指摘されているため、電動車が大規模に普及することを見据え、ロードサービスの在り方を含め、調査を実施し、対策を検討する。

キ）2050 年のモビリティ社会（電動・自動走行車がもたらす社会変革と生活の理想像）

2050 年カーボンニュートラルに向けた自動車分野でのイノベーションは、単に CO_2 排出を削減することのみに資するものではなく、「ヒトとモノの移動」そのものを活性化させ続け、また、あらゆる人のモビリティに係るニーズの充足や課題解決につながる社会変革を促すものを目指すべきである。いかなる新たな技術・サービスも日本社会や人々の生活にとって、より大きな新しい付加価値を提供すればするほど、より円滑に社会に受容されていくことになると考えられるからである。その意味で、電動車についても、環境負荷が低く、持続可能性が高いというだけでなく、例えば、それらが合わせて自動化されることを通じて、より安全で快適、また自由で魅力的

といった新たな付加価値を提供するものであることが適切である。このため、2050 年カーボンニュートラルの実現に当たっては、2050 年のモビリティ社会の在り方の変革も見据え、単に電動化のみを射程とするのではなく、「電動・自動走行車」をターゲットとして取り組んでいく。

この際、新たなモビリティ社会の構築に向けて、電動車のインフラ構築を、2035 年を一つの目途として行うことは当然であるが、これと並行して、自動走行車についても可能な限りに早期に社会実装できるように、必要なインフラ等の環境整備や普及策の検討に取り組んでいく。

自動車の電動化と並行して、自動走行・デジタル技術の電動車への実装を進めるべく、2030 年、2040 年と段階的にイノベーションを起こしながら、最終的に 2050 年には、下記に挙げるような新たな移動サービスを創出できるよう、今後のイノベーション促進策やその社会実装に向けた環境整備にあたって、強く留意することとする。

A）移動の安全性・利便性の向上

a)「事故ゼロ」に向けて

安全運転支援・自動走行技術の普及・高度化に加えて、高度なデジタル・通信技術を通じて自動車が車車間・路車間・歩車間で連携することにより、自動車単体としての人為的ミスを防止するだけではなく、周辺の自動車や歩行者にとっても安全・安心な環境を創出することが可能となる。運転者はもちろん、歩行者についても、移動時の安全性が向上し、交通事故ゼロへの大きなステップとなる。そのためには、こうした自動走行・デジタル技術の確実な社会実装を促進し、必要なセキュリティや信頼性をシステム全体で確保できるようなものとすべきである。

b)「移動弱者ゼロ」に向けて

公共交通機関が不十分な地方圏域を中心に、自力での運転が困難あるいは不安な高齢者や子供の移動手段の確保は、ライフラインそのものとなる。また、都市部にあっても少子高齢化の進展とともに、例えばベッドタウンにおける移動弱者の移動手段の確保や、新型コロナウィルスの感染終息後には再度増加しうる訪日外国人向けの円滑な移動手段の確保はますます重要な課題となる。2050 年に予想される人口偏在や、労働力不足の一環としての公共交通機関のドライバー不足は、こうした状況に拍車をかける。移動弱者ゼロに向けては、電動車が自動走行化することが重要であり、その結果として、公共交通機関の人手不足の解消に貢献するとともに、あらゆる人にとって必要な移動手段の確保が可能となる。

c)「交通渋滞ゼロ」に向けて

交通渋滞ゼロに向けて、デジタル技術を活用して交通情報をリアルタイムに解析し、自動で最適な移動経路・交通手段を提案するほか、ITS・自動走行技術を活用した交通需要管理、整流化によって、人流や物流における時間的ロスが大きく削減され、生産性が向上する。

B）移動時間の活用の革新（移動時間の有効活用）

自動走行によって、ドライバーは、例えば渋滞時の煩わしい低速運転や業務上の長時間の運転等の運転操作の負担から解放される。また、高度な安全運転支援技術は、これまで以上に安全・安心なドライビング体験を可能とする。結果的にあらゆる人々にとって、モビリティの新たな体験を提供し、さらに移動の時間をより自由に使うことが可能となる。

また、電動化に合わせて高度な自動走行技術が実装されれば、車内スペースや内装[48]が、現行車を前提としない可能性、いわば「動く居住・サービス空間」となる可能性も十分に考えられる。これにより、車内空間の有効活用が容易になり、車による移動の時間を有効活用し、移動とサービスを掛け合わせた様々な価値の創出が期待される。例えば、自動走行技術とテレワーク技術を組み合わせて、移動しながら場所を問わずに快適に仕事をすることが可能となる。必ずしもオフィスへの出勤の必要性がなくなり、また仕事をしながら行楽地等の余暇に移動することが当たり前になり、これまでの「通勤」の概念がなくなる。こうなると「最短時間」で移動する必要性すら飛躍的に低減し、ある時点・場所に行き着くための「最適化」が重要になることから、経路の選択肢、経由地点の自由度が増し、次項で述べる交通流の最適化にも必然的につながることとなる。また、電動車の静粛性も活用して、宿泊等の生活機能や映画等のエンターテイメント機能を備えるなど、ホーム・アイデンティティとしての「自宅」と合わせて、居住空間の概念が拡大し、ライフスタイルの幅も拡張されることによる、新たなビジネスの展開も期待される。

さらに、ポストコロナで新たに高まる価値として、移動せずに様々なサービスを受けられるということが挙げられる。あるいは、地方圏を中心に、医療・買い物といった生活上必須のインフラまでのアクセスが困難な地域はますます増加することが予想される。例えば「動くサービス空間」としてのモビリティが、より低廉かつ便利な形であらゆる場所でサービスを提供できるようになれば、これまで必要なインフラまでの移動に要していた時間から人々を解放し、また稼働率の低い固定インフラの維持に要していた社会的コストの低減も可能となる。その結果として少子化・過疎化の中にあっても、一定のインフラ等の集約・効率化を引き続き実施しつつ、あらゆる人々の生活の快適性を引き続き確保する。インフラは固定のものという常識を覆して、動くインフラとしてのモビリティを日本社会として最大限活用できるよう、また中長期的に移動インフラが固定インフラを代替する可能性を念頭におきながら、制度面を含め必要な環境整備を引き続き推進する。

C)「動く蓄電池」の社会実装

a）スマートシティの高度化

デジタル技術や各種データを活用してあらゆるサービスの最適化を行うスマートシティの実現は、住民の満足度の最大化へとつながる可能性がある。他方で、通信容量の増大やデータセンターの整備に合わせて電力需要も増加することが見込まれ、住民サービスの最適化・高度化のためにもエリア内で最適にエネルギーマネジメントを行うことが一層求められることになる。一定のエリア内であらゆる電動車が高速通信等を通じてリアルタイムにつながることで、遊休車両の活用等を通じて、平時でも「動く蓄電池」となり、VPP[49]やV2X[50]としても利用できるなど、電動車の調整能力を最大限に発揮できる。これにより、現在よりも電化が進んだ社会において、増大する電力需要を乗り越えて、いわゆるスマートシティの実現・高度化に貢献することが可能となる。

また、高精度な乗客需要・混雑状況予想等を通じて、自分の乗りたいときに、行きたい場所へ、無駄な待ち時間等を消費することなく移動することが可能となる。

---

[48] 現行車両においても、低床化を通じたバリアフリー対応、車内スペースの拡大等の取組が各メーカーによってなされている。今後本格拡大する電動車は、一般的に低床化との相性が良く、潜在力が期待される。例えば、商用トラックの運転席の低床化は、女性や高齢者のトラックドライバーの増加にもつながる。

[49] 電動車の車載用蓄電池等の分散型エネルギーリソースを、デジタル技術を活用して多数束ねて遠隔制御することで、電力の需給調整や再エネ出力制御の回避、電力系統混雑の緩和等に活用する技術。

[50] 電動車から、需要家（家庭、ビル等）や電力系統等の様々な対象に対し、電気を供給すること。

b）災害時のレジリエンスの向上

後述の蓄電池のイノベーションが進展し、容量・能力が向上すると、電動車は移動手段のみならず、「動く蓄電池」としての本領を発揮することが期待される。2050 年の人口偏在による過疎化の進展は、過疎地域における防災機能、特に地震・台風への備えの強化を必要とするが、動く蓄電池としての電動車は、停電時においての備えの中核機能を担う。

D）モビリティによる新たな付加価値の提供

2050 年カーボンニュートラル社会の実現をはじめとする社会の変化や自動走行技術等の技術革新、またこれらを活用した新たなモビリティサービスの社会実装等により、上述のように、あらゆる人の移動ニーズを満たし、また移動に関する課題を解決するという新たな付加価値が提供されることで、結果的に、全ての人にとって、モビリティの保有・利用に当たっての相対的なコスト負担感が下がることが期待される。

② 燃料のカーボンニュートラル化（合成燃料（e-fuel）等）

＜現状と課題＞

カーボンニュートラルを目指す上では、動力源となるエネルギーの脱炭素化も必要となる。特に、電動化のハードルが高い商用車等については、燃料の効率的利用とともに、燃料のカーボンニュートラル化の取組が重要となる。

合成燃料は、CO_2と水素を合成して製造される燃料であり、排出されたCO_2を再利用することからカーボンフリーな脱炭素燃料とみなすことができる。特にガソリン・灯油・軽油等の混合物である液体合成燃料は、複数の炭化水素化合物の集合体、いわば「人工的な原油」である。特に、再エネ由来の水素を用いた場合は e-fuel と呼ばれる。既存の燃料インフラや内燃機関が活用可能であることから、水素等、他の新燃料に比べて導入コストを抑えることが可能となる。

合成燃料は、化石燃料と同様に液体燃料であるため、エネルギー密度が高く、可搬性があるという特徴がある。例えば、大型車やジェット機が電動化・水素化した場合、液体燃料と同様の距離を移動する際、液体燃料よりも大容量の蓄電池・水素エネルギーが必要となる。こうした液体合成燃料は、電気・水素エネルギーへの代替が困難なモビリティ・製品がある限り存在し続けると考えられる。

合成燃料の商用化に向けた課題はコストと製造技術の確立であり、今後、既存技術の高効率化・低コスト化や革新的な新規技術・プロセスの開発に取り組んでいくことが必要である。

＜今後の取組＞

合成燃料について、2050 年に、ガソリン価格以下のコストが実現できるよう、商用化に向けた一貫製造プロセス確立のため、既存技術（逆シフト反応＋FT 合成プロセス[51]）の高効率化や製造設備の設計開発に加え、革新的新規技術・プロセス（共電解[52]、Direct-FT[53]等）の開発を実施する。

こうした合成燃料に係る技術開発・実証を今後 10 年で集中的に行うことで、2030 年までに高

[51] CO_2から CO に転換（逆シフト反応）し、触媒を用いて合成ガス（CO、水素）から合成燃料に転換（FT 合成プロセス）する、合成燃料製造における既存技術。

[52] 水電解とCO_2電解を同時に行う革新的新規技術。

[53] 逆シフト反応と FT 合成プロセスを同時に実現し、CO_2と水素から直接炭化水素を製造する革新的新規技術。

効率かつ大規模な製造技術を確立し、2030 年代に導入拡大・コスト低減を行い、2040 年までの自立商用化（環境価値を踏まえたもの）を目指す。

③ 蓄電池

＜現状と課題＞

蓄電池は、自動車の電動化や再生可能エネルギーの普及に必要となる調整力のカーボンフリー化等のグリーン化や、デジタル化の進展の要となる「新たなエネルギー基盤」である。当面は、自動車の電動化の進展に伴い、車載用蓄電池の市場が成長し、再生可能エネルギーの普及割合が高まるにつれ、定置用蓄電池のニーズも拡大していくことが見込まれることから、こうした市場拡大の傾向も意識し、「新たなエネルギー基盤」としての蓄電池産業の競争力強化の総合的な戦略が必要である。

電気自動車にはハイブリッド自動車の 50～100 倍程度、プラグインハイブリッド自動車には 10～20 倍程度の容量の蓄電池がそれぞれ搭載されるなど、自動車をはじめとしたモビリティの電動化を進める上で、蓄電池の確保とサプライチェーンの安定化は重要な課題である。欧州では、域内蓄電池サプライチェーン構築に向けて「欧州バッテリーアライアンス」を構築し、素材・蓄電池・自動車メーカー等を支援[54]するほか、フランス等による蓄電池工場への投資支援等も発表[55]されている。加えて、2020 年 12 月には、バッテリー指令の改正案が公表され、蓄電池のライフサイクルでの CO_2 排出量のラベル規制やリユース・リサイクルに関する規律の導入等が示された。今後は、CO_2 排出の少ないエネルギーの調達ができるかどうかが蓄電池の競争力を規定することとなる可能性がある。

中国・韓国企業は、積極的に蓄電池への投資を進めており、世界シェアを伸ばす一方、日本企業のシェアは落ちている[56]ほか、次世代蓄電池の技術開発においても、中国・韓国の取組が強化されている[57]。電動車の用途拡大や定置用蓄電池の一層の普及のためには、蓄電池の軽量化・小型化・価格低減等が必要であり、大規模投資と技術力強化が課題である。

また、家庭用太陽光の普及やレジリエンスの関心の拡大を受け、日本の家庭用蓄電池の市場規模は、容量ベースで世界最大[58]に成長する一方、韓国企業が約７割のシェアを占め、日本企業のシェアは約３割に過ぎない。国内でも、液系リチウムイオン電池に加え、主要部材に粘土や樹脂を採用すること等により、生産コストの大幅な低減や安全性の向上を図った製品開発に取り組む例もある。業務・産業用や系統用の蓄電池も含め、自立的普及に向けた一層のコスト低減や投資回収の予見可能性の拡大が課題である。

＜今後の取組＞

電動化の進展という変化の中でも、国内の自動車製造の安定的な基盤を確保するため、2030 年までのできるだけ早期に、国内の車載用蓄電池の製造能力を 100GWh まで高めるとともに、蓄電池サプライチェーンの強化に向け、蓄電池材料を含めた大規模投資を促す。こうした大規模投資に

[54] 参加国が、2031 年に向けて最大総額 32 億ユーロの研究費支援を表明（2019 年）等。

[55] 2020 年５月にフランスが発表した「Plan de soutien à l’automobile」（自動車支援計画）には、最大８億 5,000 万ユーロの公的資金による蓄電池製造工場支援が盛り込まれた。

[56] 民間調査によれば、2016 年から 2019 年で、日本勢が EV・PHEV 用車載用蓄電池の世界シェア 37%から 29%まで低下する一方、中国勢が 35%から 46%に、韓国勢が 14%から 19%にシェアを伸ばしている。

[57] 例えば、2001 年から 2018 年の累計で、全固体リチウムイオン電池の特許出願件数の約 37%を日本が占める一方、中国が約 28%を占めている。また、2018 年の特許出願件数では中国が世界一位となっている。

[58] 2019 年、蓄電容量ベースで世界市場の約 28%。

よるスケール化や技術力の強化により、2030 年までのできるだけ早期に、電気自動車とガソリン車の経済性が同等となる車載用の蓄電池パック価格１万円/kWh 以下、太陽光併設型の家庭用蓄電池が経済性を持つシステム価格７万円/kWh 以下（工事費込み）、工場等の業務・産業部門に導入される蓄電池（業務・産業用蓄電池）が経済性を持つシステム価格６万円/kWh（工事費込み）を目指す。また、家庭用、業務・産業用蓄電池の合計で 2030 年までの累積導入量約 24GWh（2019 年までの累積導入量の約 10 倍）を目指す。さらに、2030 年以降、更なる蓄電池性能の向上が期待される次世代電池の実用化を目指す。具体的には、まずは全固体リチウムイオン電池の本格実用化、2035 年頃に革新型電池（フッ化物電池・亜鉛負極電池、多価イオン電池等）の実用化を目指す。このため、以下のような取組を行い、成長市場[59]を取り込む。

ア）蓄電池のスケール化を通じた低価格化

蓄電池・資源・材料等への大規模投資支援や定置用蓄電池の導入支援等に取り組む。

イ）鉱物資源の確保

蓄電池の製造には、ニッケル、コバルト、リチウム等の鉱物資源が必要であることから、カーボンニュートラル実現に向けた電動化の進展等に伴い、関連する鉱物資源の需要拡大が想定される。こうした状況を踏まえ、（独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）を通じた資源探査、海外権益確保のためのリスクマネー供給、レアメタル備蓄制度の整備等を通じて、我が国企業の鉱物資源の安定的な供給確保を強化する。

ウ）研究開発・技術実証

全固体リチウムイオン電池・革新型電池の性能向上、蓄電池材料の性能向上、蓄電池や材料の高速・高品質・低炭素生産プロセス、リユース・リサイクル、定置用蓄電池を活用した電力需給の調整力等の提供技術等の研究開発・技術実証等に取り組む。

例えば、現行リチウムイオン電池の２倍以上の体積エネルギー密度を実現する全固体リチウムイオン電池を、2030 年に本格量産するために必要な技術開発に取り組む。その際、マテリアルズインフォマティクスや放射光・中性子線による解析技術の活用等により、効率的な研究開発を進めるほか、液系リチウムイオン電池と全固体リチウムイオン電池の材料の共通性も踏まえ、材料開発に当たっては、液系リチウムイオン電池の低価格化に資する性能や生産性の向上も意識し、研究開発・技術実証を行う。

エ）蓄電池のリユース・リサイクルの促進

蓄電池は、ニッケル、コバルト等のレアメタルや、大量のエネルギーを使用することから、リユースやリサイクルを促進することが重要である。このため、使用後利用できる場合には再度車載用パーツとして活用、又は定置用蓄電池として利用し、利用できなくなった場合には鉱物資源を効率回収するために、研究開発や技術実証に取り組む。また、後述する標準化等の取組を進めるとともに、蓄電池のリユース・リサイクルの促進に向けた制度的枠組みを含めて検討する。

オ）ルール整備・標準化

[59] 2018 年から 2030 年の比較で、世界で、蓄電池全体で約 2 倍（約 8 兆円から約 19 兆円）、車載用電池に限れば、約 5 倍（約 2 兆円から約 10 兆円）に成長するとの民間試算がある。

蓄電池ライフサイクルでの CO_2 排出見える化や、材料の倫理的調達の担保、リユース・リサイクルの促進等について、2021 年度を目途に制度的枠組みを含め、その在り方を検討するとともに、CO_2 排出の見える化等の実施方法についても、早急に具体化を進める。

また、車載用蓄電池をリユースし、コストの低い定置用蓄電池としての再利用を促進するため、蓄電池パックの残存性能等の評価方法やリユース蓄電池を含む定置用蓄電システムの性能・安全性に関する国際標準化を行うとともに、リユース促進等に関する国際ルール・標準化を進める。我が国が強みとする耐久性や安全性等の性能を見える化するため、家庭用蓄電池の劣化後の安全性等の性能指標や性能ラベルの開発と JIS 化を進める。

需給調整市場（2024 年本格開設）への参入に向けた制度設計等、定置用蓄電池の価値を評価する各種市場に係る環境整備を進める。大規模な系統用蓄電池を活用し調整力等を提供する新たなビジネスを促進するため、系統用蓄電事業の電気事業法上の位置付けを明確化するとともに、足下の変動する再生可能エネルギーによる電力の短期出力変動に対する調整力不足に対応するため、系統用蓄電池を共同で調達するプロセス等を実施する。さらに、将来の需給調整に蓄電池を活用することを見越し、蓄電池に関するグリッドコード（系統に接続される電源等が従うべきルール）の整備に取り組み、定置用の蓄電池の導入を促進する。

（６）半導体・情報通信産業

情報の利活用、デジタル化が急速に進展する中、カーボンニュートラルは、製造・サービス・輸送・インフラなど、あらゆる分野で電化・デジタル化が進んだ社会によって実現される。したがって、デジタル化・電化の基盤である、半導体・情報通信産業は、グリーンとデジタルを同時に進める上での鍵である。

半導体・情報通信産業については、①デジタル化によるエネルギー需要の効率化・省 CO_2 化の促進（「グリーン by デジタル」）と、②デジタル機器・情報通信産業自身の省エネ・グリーン化（「グリーン of デジタル」）の２つのアプローチを車の両輪として進めていく。

特に、日本が世界に先駆けてグリーンとデジタルが両立した持続可能な社会を構築するためには、「産業のコメ」であり、あらゆる社会・経済活動に深く関係し、データ通信、処理等の根幹を担う半導体やデジタル産業について、時代の変化を正確に捉え、競争力を高めることが必要である。このような背景を踏まえ、経済産業省では、有識者をメンバーとした「半導体・デジタル産業戦略検討会議」を開催し、様々な意見をいただくことで、半導体の競争力強化やデータセンター等のデジタルインフラの強化・最適配置、デジタル社会を支えるデジタル産業の育成などからなる「半導体・デジタル産業戦略」を 2021 年６月に公表する予定。今後は、当該戦略を、グリーン成長戦略と共に、着実に実行に移していく。

① デジタル化によるエネルギー需要の効率化・省 CO_2 化（グリーン by デジタル）

＜現状と課題＞

デジタル化の進展は、人・物・金の流れの最適化が進むことなどを通じ、エネルギーの効率的な利用・省 CO_2 化にもつながる。例えば、企業のシステムをクラウド化することにより８割の省エネを達成できることや、テレワーク・オンライン会議によって、移動に伴うエネルギーを削減することができることなど、デジタル化による省エネ効果は、あらゆる産業に大きく寄与するものである。

2050 年カーボンニュートラルの実現に向け、社会・経済全体でエネルギーの効率的利用を達成するために、デジタル化を支えるデータセンター、情報通信インフラなどの国内整備、都市部だけでない地域のデジタル活用・省 CO_2 化などに取り組むとともに、あらゆる産業分野においてデジタル化、デジタルトランスフォーメーション（DX）を後押しすることが必要である。

ア）都市部・地方を問わない DX の推進

近年、DX の重要性は広く認識されつつあるが、例えば企業の実態を見ると、大半の企業は現在 DX に全く取り組んでいないか、ようやく取り組み始めたに過ぎず、産業・企業全体として危機感の共有や経営改革には至っていない。また、同一業界内でも各企業が独自のソフトウェアやシステムを開発・使用しており、企業や産業をまたがった情報連携によるシステムの統廃合や稼働率向上、業務プロセスの最適化による省エネ・省 CO_2 化が進んでいない。

今後、電力多消費インフラ・産業が一般的となる中で、DX を推進することは省エネ・省 CO_2 化に寄与することに加えて、我が国企業の競争力強化にも資するものであるため、早急に進めていく必要がある。

イ）デジタルインフラの中核となるデータセンター立地

今後、デジタル化の進展、特に、AI・ビックデータの利用拡大により、データセンターはより高度な計算能力が求められていく方向であり、大規模なデータセンター市場が世界的に拡大していくと見込まれている。また、国内に目を向けると、2000 年代に立てられたデータセンターは全体の 40%以上を占め、今後、建て替え需要が発生する。

データセンター立地に当たっては、①電力コスト、②基幹ネットワークの利用可否、③需要地との距離、④自然災害などの環境条件などが考慮すべき要件であったが、これに加え、近年は、「再生可能エネルギーなど脱炭素電源の利用」が重要な要件となっている。

日本は、経済規模や政治情勢など、地政学的に有利な側面がある一方、①電力コストが高い、②効率的な脱炭素電力の購入が困難、③大規模なエネルギー需要の場合、電力インフラへの接続に年単位の時間を要するなど、立地に不利な面も存在している。

データセンターは、デジタル社会における心臓部であり、データセンターが国内に存在し、通信インフラで連結され、エッジ処理が進んだ社会では、データ通信の低遅延化が実現することなどにより、IoT、自動運転や遠隔手術、スマート工場など、データを利用した新たなサービス展開も広がっていく。また、データが国内に集約・蓄積されることは、経済安全保障にも寄与する。このような背景から、データセンターの国内立地を進めるとともに、安定した活用がなされるために分散立地や非常時の電力供給の対応等が必要である。

ウ）高度情報通信インフラ（5G、ポスト 5G、高度化された 5G、Beyond 5G）

デジタル化によるエネルギー需要の効率化・省 CO_2 化を進めていくためには、データセンターだけではなく、5G などの情報通信インフラの整備を迅速に進めることが必要となる。我が国では、2020 年から 5G サービスが開始されているところであるが、安全・安心な 5G インフラの早期整備を進めるとともに、高速大容量通信だけでなく、超低遅延や多数同時接続などの特徴を活かした 5G（ポスト 5G）、5G の機能強化に対応した情報通信システム（高度化された 5G）の研究開発を進め、様々なサービスの早期実現を目指すことが必要となる。

また、2030 年頃に実用化される Beyond 5G についても、既に国際的な研究開発競争がスタートしている。諸外国に劣後しないよう、我が国においても、産官学の力を結集し、研究開発や標準化等の取組を戦略的に進めていくことが必要である。

＜今後の取組＞

DX 推進、グリーンなデータセンターの国内立地推進、次世代情報通信インフラ整備を進めることで、日本が世界一のグリーン・デジタル大国となることを目指す。

DX 推進として、具体的には、遠隔・非対面・非接触といった社会生活のオンライン化を実現できるような次世代ソフトウェアの研究開発や、デジタル技術活用による地域の省 CO_2 化推進のための実証などを支援することで、技術の確立、競争力強化を進めるとともに、各産業・企業・地域における DX を更に加速するための方策の検討を進める。今後、社会・経済システム、企業の DX を進め、2030 年には、DX 関連の市場規模で 24 兆円獲得を目指す。

デジタル化が更に進み、新たなデジタルサービスを提供するためにも、データセンター拠点の整備、データセンター国内立地を進めることが重要である。また、データセンターが社会・経済の重要インフラとなる中、レジリエンスの観点がこれまで以上に重要になってきている。現在、日本は、東京・大阪にデータセンターの多くが集中している状況であり、レジリエンスの観点から問題を抱えている。このような環境変化や、今後増大するデータセンターの需要に鑑みて、デ

ータセンターの国内立地・誘致、最適配置につながるよう、データセンター集積拠点の整備を後押しするため、立地計画策定などの政策パッケージを検討し、早期に実行する。同時に、データセンターの国内立地促進に向け、データセンターのゼロエミッション化・レジリエンス強化のモデル創出や再エネなど脱炭素電源の導入を促進するための実証・補助事業・制度支援等を実施する。

また、データセンターの立地促進のためには、脱炭素電力の購入の円滑化を進める必要がある。このため、需要家の利便性向上に向け、非化石価値取引市場などの制度の在り方の検討を進める。

これらの取組により、2030 年には、国内データセンターサービス市場３兆円、データセンター投資１兆円規模を目指す。

情報通信インフラについては、ポスト 5G、高度化された５G や、光エレクトロニクスの高度化に向けた研究開発・標準化を支援する。また、2030 年の Beyond 5G の実現に向けては、「Beyond 5G 推進戦略」に基づき、産学官の協力の下、着実に取組を進める。

② デジタル機器・産業の省エネ・グリーン化（グリーン of デジタル）

＜現状と課題＞

「グリーン by デジタル」により CO_2排出が減る一方で、住宅や工場、自動車等の電化やデジタル化が進むことにより、デジタル関連の消費電力は増加し、CO_2排出が増えることが予見される。例えば、大規模データセンターは、大型火力発電所の発電量に匹敵する電力を消費するものがある。また、IT 関連の消費電力は、デジタル関連の消費電力は、今後、飛躍的に増加していく見込みである。そのため、実質的な CO_2削減の観点からは電気機器、データセンターや通信ネットワークでの更なる省エネ化や再エネ利活用等の省 CO_2化を促進することが重要である。

現に、国際的にデジタルプラットフォームを展開する企業では、再生可能エネルギー発電への投資やグリーン電力の購入により、カーボンニュートラルを目指す動きも出てくるなど、情報通信産業において、グリーン化は既に大きな動きとなっている。

さらに、あらゆる電気機器に組み込まれているパワー半導体、情報処理に不可欠なメモリ、半導体や、光エレクトロニクス（光配線）、ソフトウェアなどの分野では、省エネ化・高性能化に向けた投資や研究開発競争が激化しており、情報通信産業全体として、省エネ化、グリーン化をいち早く達成することが競争力の源泉となる。

今後は、パワー半導体（国内企業で世界シェア 29%）など、日本企業が強みを持っている分野を伸ばすとともに、メモリや光エレクトロニクス、ハイパフォーマンスコンピューティングなどの半導体関連や、データセンター、5G やポスト 5G、高度化された 5G、Beyond 5G などの情報通信インフラの省エネ化・省 CO_2化・高性能化・早期導入を進めていくことが必要である。

このように、グリーンとデジタルを両立させ、成長していくために、デジタル機器・産業の省エネ化とデータセンター等でデジタル分野が使用する電力の脱炭素化は必須である。

＜今後の取組＞

幅広い分野で使われているパワー半導体や、情報処理に不可欠なメモリなどの半導体、データセンター、情報通信インフラの省エネ化・省 CO_2化・高性能化を進めて、グリーン・デジタル社会の構築を目指す。以下、具体的な分野について、それぞれ記載する。

ア）パワー半導体等の研究開発、実用化、普及拡大

パワー半導体や次世代半導体の利活用については、従来の Si パワー半導体の高性能化に加えて、超高効率の次世代パワー半導体（GaN、SiC、Ga_2O_3等）の実用化に向けて、放射光・中性子線施設を活用した物性評価や、高速電子計算機の活用による材料探索等、アカデミアが保有する半導体関連技術・施設等も活用し、研究開発を支援するとともに、導入促進のために、半導体サプライチェーンの必要な部分に設備投資支援などを実施することで、2030 年までには、省エネ 50%以上の次世代パワー半導体の実用化・普及拡大を進める。これにより、日本企業が世界市場シェア４割（1.7 兆円）を獲得すること目指す。

また、次世代省エネ機器（モータ制御用半導体等)、次世代パワーエレクトロニクス技術（AI 等を活用した高効率制御等)、次世代モジュール技術（高放熱材料等）や次世代受動素子・実装材料（コイル等）などの研究開発を進めるとともに、Si パワー半導体・次世代半導体の成果を用いて、現時点から応用可能な用途（電動車・データセンター電源・電力変換器・LED 等）に係る技術の実証・実装・高度化を支援する。

イ）グリーンデータセンターの推進

データセンターの省エネ化に向けて、サーバーを構成する要素デバイス（CPU、アクセラレーター、メモリ等）の高性能化・省エネ化技術に、光配線技術といった光エレクトロニクス技術を融合（光電融合）したシステムの開発・実証や、データセンターを制御するソフトウェアによる性能・消費電力の最適化技術を開発、省エネ半導体の製造拡大のための設備投資支援を行う。また、データセンターでの脱炭素電力の利活用や、再エネ活用型データセンターの需要サイドでのニーズ醸成等を促進する。こうした取組により、2030 年までに全ての新設データセンターの 30%以上の省エネ化、国内データセンターの使用電力の一部の脱炭素化を目指す。

ウ）エッジコンピューティング技術拡大

IoT や自動運転、スマートシティ等の新たなサービスの普及においては、多量の機微情報を含むデータ処理が必要となる。従来のようにエッジ側で取得したすべてのデータ処理をクラウドで実施すると、ネットワークやデータセンターの電力消費が増大してしまうため、データ処理の安全性を確保しつつ複数のクラウドを効率的に相互接続する連携基盤を確立するとともに、エッジコンピューティングによってクラウドに送信するデータ量やクラウドで処理するデータ量を必要最小限として、ネットワークやデータセンターの負荷を低減させて、情報通信インフラの 30%以上の省エネ化を目指す。

こうした取組を着実に進めるとともに、電力消費量が増大する電気・情報通信産業も含めた省エネ・省 CO_2推進のための制度など、カーボンニュートラルに向け必要となる制度の検討を進めることで、半導体・情報通信産業の 2040 年のカーボンニュートラル実現を目指す。

③ デジタル化による経済・社会生活の変容

2000 年代から本格化したデジタル化は、2020 年を迎え、IT 企業だけでなく、製造業、サービス業、農業、医療産業なども含め、全ての産業、社会経済システムに変革をもたらしている。また、グリーン成長、地方創生、生産性向上、少子高齢化など日本が抱える課題は、デジタル化無

しに解決することはできない。もはや、デジタル化は「将来の目標」ではなく、「達成しなければならない必須条件」であり、日本が持続的な成長を遂げるために避けて通ることが出来ない大きなテーマとなっている。特に、デジタル化の基盤となるデータセンターなどのデジタルインフラや、デジタルを支える半導体について、時代の変化を正確に捉え、「グリーン by デジタル」、「グリーン of デジタル」の観点から、競争力を高めていくことで、今後、日本が世界に先駆けて、持続可能なデジタル社会（Society 5.0）を実現することができる。

デジタル化による社会変容は、産業構造の変化だけでなく、国民生活にも大きな変化をもたらす。例えば、データセンターの国内立地や、エッジコンピューティング技術の社会実装が進むことで、消費電力を抑えながら、データ通信・処理による伝送遅延（レイテンシー）[60]を限りなく短くすることが可能となる。このことは、自動運転や遠隔手術、拡張現実（AR）、仮想現実（VR）など、遅延が許されない新たなデジタルサービスや製品の実用化につながっていく。かつて、携帯電話の普及、更にはスマートフォンの拡大によって国民生活が便利かつ豊かになったように、これらの新たなサービス・製品は、2030 年、そして 2050 年に向け、国民生活をより良く、大きく変革する原動力となる。

また、カーボンニュートラルに向けて、電動車などの社会生活の電化が進む中において、あらゆる電気製品に使用される半導体の性能向上は、国民負担の軽減にもつながる。例えば、GaN や SiC などの次世代パワー半導体は、電動車、ロボット、電車などの大電流を使用する機器、インフラ用途だけでなく、エアコンなどの家電にも搭載されることで、一般家庭にも普及していくと考えられる。一例として、エアコンに次世代パワー半導体を搭載することで、従来製品と比較し６％程度の省エネにつながる例もある[61]など、次世代パワー半導体が広く普及することで、生活の水準を落とすこと無く、より高水準の省エネ効果を発揮し、家庭の電気料金負担を軽減することが可能となる。

このように、「グリーン by デジタル」、「グリーン of デジタル」を推し進めることは、産業だけに影響するものではなく、大きな負担を強いること無く、国民生活全般の変容につながっていくものであり、グリーンとデジタルを車の両輪として進めていくことが求められている。

[60] データセンターの立地場所は、データセンターの伝送遅延（レイテンシー）に大きな影響を及ぼす。東京に所在するユーザーの場合、データセンターがシドニー（オーストラリア）にある場合の伝送遅延は 0.165 秒。一方、データセンターが東京にある場合は 0.001 秒。

[61] 次世代パワー半導体がすべての家電に搭載され、家電全体で６％程度の省エネにつながると仮定した場合、その省エネ効果は一般家庭で 7,700 円程度の支出削減に相当する（2020 年度総務省「家計調査」、全国家庭電気製品公正取引協議会が提示する新電力料金目安単価から計算）。

（７）船舶産業

2050 年カーボンニュートラルを目指すに当たり、海外からの輸入が想定されている水素等の脱炭素燃料について、サプライチェーンの大半を海上輸送が担うことが予測されるが、サプライチェーン全体におけるカーボンニュートラルも求められている。このため、海上輸送を担う船舶のカーボンニュートラル化も必然的に求められており、日本国内における船舶からの CO_2 排出量約 1,000 万トンについても 2050 年までに削減する必要がある。また、これまで我が国は造船・海運業等を中心に、環境性能に優れた船舶・サービスを強みとしていたところ、地球温暖化対策への世界的な関心とともに、そうした船舶・サービスの市場価値も高まっており、ゲームチェンジの時期を迎えているとも言える。この時期を逃すことなく、我が国造船・海運業等が強みとする環境性能に優れた船舶・サービスを提供することで、国内貨物輸送の４割以上を担う内航海運も含め、2050 年カーボンニュートラル実現に貢献する。

世界的に地球温暖化対策への関心が高まり、2050 年カーボンニュートラル実現に向けた取組が加速する中、我が国における安定的な海上輸送の確保のためにも、ゼロエミッションの達成に必須となる LNG[62]、水素、アンモニア等のガス燃料船等の開発に係る技術力を獲得し、生産基盤を確立するとともに、国際基準の整備を主導することにより、我が国造船・海運業の国際競争力の強化及び海上輸送のカーボンニュートラルに向けて取り組む。グリーンイノベーション基金等の活用も検討しつつ、技術開発を実施することにより、2025 年までにゼロエミッション船の実証事業を開始し、従来の目標である 2028 年よりも前倒しでゼロエミッション船の商業運航を実現するとともに、2030 年には更なる普及を目指す。また、2050 年において、船舶分野における水素・燃料アンモニア等の代替燃料への転換を目指す。現在の国際海運全体からの CO_2 排出量は約７億トン（そのうち日本商船隊の CO_2 排出量は、推計では約 7,000 万トン程度）であるが、代替燃料への転換を中心とした取組により、国際海運分野においても CO_2 排出量削減を進める必要がある[63]ため、日本の造船・海運業が世界に先駆けて技術開発に成功すれば、こうした需要を取り込むことができる。

① カーボンフリーな代替燃料への転換

＜現状と課題＞

一部企業等が、自動車用等の水素燃料電池システムを転用した小型の水素燃料電池船やリチウムイオン電池を用いたバッテリー推進船の開発・実証に取り組んでいるが、水素燃料電池システムやバッテリー推進システムは出力・重量・サイズの制約上、近距離・小型船に用途が限定されている。遠距離・大型船向けには高出力が必要だが、水素・燃料アンモニアを直接燃焼できるエンジンが存在しない。

---

[62] 2050 年カーボンニュートラルを実現するためには、水素・燃料アンモニアやカーボンリサイクルメタンといったガス燃料への転換が必須となる。LNG については、熱量当たり燃料体積が重油と比べて大きいことや、沸点がマイナスのため常温で気体であるなど、これらのガス燃料と共通の特徴があり、世界に先駆けて水素・アンモニア燃料船等の早期導入を図るためには、LNG 燃料船で技術力（燃料タンクや燃料供給システム、ガス燃料エンジン）を蓄積することが重要となる。また、将来的にカーボンリサイクルメタンの供給が現実的になった際には、LNG 燃料船や陸側の燃料供給のインフラ設備がそのまま転用可能となり、実質ゼロエミッションの達成に資することとなる。

[63] 国際海運分野については、我が国の CO_2 排出量削減目標の対象外であるが、国際海事機関（IMO）において、2050 年までに国際海運からの温室効果ガス総排出量を 2008 年比 50%以上削減、今世紀中のなるべく早期に排出ゼロとする目標を掲げている。

＜今後の取組＞

近距離・小型船向けには、脱炭素化のみならず、低騒音化・低振動化による船員・乗客の快適性向上も期待される水素燃料電池システムやバッテリー推進システムの普及を促進するとともに、遠距離・大型船向けに水素・燃料アンモニアを直接燃焼する船舶の開発・実用化を推進するべく、2021 年度中に水素・アンモニア燃料エンジン及び付随する燃料タンク、燃料供給システム等の核となる技術開発を開始する。

② LNG 燃料船の高効率化

＜現状と課題＞

省エネ・省 CO_2 排出な LNG 燃料を使用するための IMO における国際ルールの整備は完了している（「国際ガス燃料船安全コード（IGF コード）」が 2017 年 1 月に発効）。国内においても、先進船舶導入等計画の認定制度や内航船省エネルギー格付制度の運用により、省エネ・省 CO_2 排出な LNG 燃料船の普及を推進している。また 2021 年３月には、国内海運事業者が LNG 燃料船の導入に際し、日本で他分野を含め初めてトランジション・ファイナンス認定を取得するなど、LNG もカーボンニュートラルに向けた代替燃料として期待されている。他方、ガス燃料はエネルギー密度が低く、かさばるため、燃料タンクが貨物スペース等を圧迫するなど、課題も多い。

＜今後の取組＞

LNG 燃料を低速航行、風力推進システム等と組み合わせ CO_2 排出削減率 86%を達成する。また、カーボンリサイクルメタン活用による実質ゼロエミッション化を推進するべく、2021 年度中に温室効果ガス削減効果の更に高いエンジン等の技術開発を開始するとともに、スペース効率の高い革新的な燃料タンクや燃料供給システムの開発及び生産基盤の確立を進める。

③ 省エネ・省 CO_2 排出船舶の導入・普及を促進する枠組みの整備

＜現状と課題＞

日本主導により、IMO における新造船に対する燃費性能規制（EEDI）の導入と同規制値の段階的な強化を実施しているが、既存船に対する CO_2 排出規制の国際枠組みが存在せず、環境性能の優れた新造船への代替が進んでいない。

また、国際海運については、2020 年に産学官公の連携により我が国がとりまとめた「国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ」に従い取組を進めているが、内航海運にはこのようなロードマップが存在していない。

＜今後の取組＞

燃費規制等のルール作りに取り組み、燃費性能が劣る船舶の新造代替を促進する。現在 IMO において、日本主導により、既存船の燃費性能規制（EEXI）及び燃費実績の格付け制度を提案し、2020 年 11 月に原則合意したところ、2023 年からの早期実施を目指す。燃費性能規制の早期実施により、既存船に新造船並みの燃費基準を義務付けるとともに、格付け制度により省エネ・省 CO_2 排出船舶への代替にインセンティブを付与する。

現在、国内の内航海運に携わる関連業界と行っている内航海運の低・脱炭素化に向けた議論を踏まえ、内航海運のカーボンニュートラル推進に向けたロードマップを 2021 年中に策定し、必要な制度構築を含めた取組を推進する。

（８）物流・人流・土木インフラ産業

すべての社会経済活動の基盤となる物流・人流システムと土木インフラは、国民の生活に不可欠なものであり、環境に配慮した交通ネットワーク等の構築・導入や、建設、維持管理、利活用の各フェーズにおける技術開発、社会実装を通じてカーボンニュートラルを目指す。

具体的には、スマート交通等の導入、グリーン物流、交通ネットワーク等の効率化、建設現場の施工の効率化やEV・FCV建設機械等の普及促進、道路設備の省エネ化・高度化、EV給電システムの研究開発、港湾利用でのゼロエミッション化による物流・人流における環境負荷の低減等を進めていく。

また、こうした取組について、2021年夏に取りまとめる「国土交通グリーンチャレンジ」に基づき、民間事業者と連携した技術イノベーションやその実装の加速化を通じ、くらし、まちづくり、交通、インフラにおける分野横断的な脱炭素化等の取組を戦略的に推進する。

① カーボンニュートラルポートの形成

カーボンニュートラルを目指す上で不可欠な重要分野である水素は、発電、運輸、産業等幅広い分野における脱炭素化に貢献できるエネルギーであり、国際エネルギー機関（IEA）のレポート（2019年）では、水素の利用拡大のため、工業集積港をクリーン水素の利用拡大の中枢にすることが掲げられている[64]。

我が国の輸出入の99.6%を取り扱う物流拠点であり、かつ我が国のCO_2排出量の約６割を占める産業の多くが立地する産業拠点である港湾において、水素・燃料アンモニア等の大量かつ安定・安価な輸入や貯蔵・配送等を図るとともに、脱炭素化に配慮した港湾機能の高度化や臨海部産業の集積等を通じて、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「カーボンニュートラルポート（CNP)」を形成し、2050年までの港湾におけるカーボンニュートラル実現を目指す。

＜現状と課題＞

国際的に、SDGsやESG投資に関心が高まっている中、国際港湾における競争力として、コスト、スピード・サービス面での競争力強化に加え、「環境」を意識した取組も重要となってきている。

我が国のCO_2排出量の約６割を占める発電、鉄鋼、化学工業等の多くは主に港湾・臨海部に立地していることに加え、港湾においてはトレーラー等によるコンテナ貨物輸送やトラック等による横持輸送が大量に行われているなど、港湾・臨海部は、CO_2排出量削減の余地が非常に大きい。また、港湾は、CO_2排出削減の取組において、重要な水素や燃料アンモニア等の輸入拠点となることから、需要と供給が近接しており、水素・燃料アンモニア等の利活用（製造、輸送・貯蔵、利用）のポテンシャルが高い。

一方、水素や燃料アンモニア等の利活用を図るためには、大量かつ安定・安価な調達が不可欠であるが、現状においてはそうした調達を実現する輸送手段や受入体制がまだ確立されていない。

また、水素・燃料アンモニア等の輸送や利用等については、それぞれの事業者が個々に検討、

[64] IEA 「The Future of Hydrogen」(2019）において、IEAは、水素利用を拡大する短期的な機会（実社会において、コスト・リスクを低減させるために必要な規模にまで水素が利用されるようにする足がかり）として、「工業集積港をクリーン水素の利用拡大の中枢にする」を掲げている。

技術開発等を進めているが、関係者が連携して、まとまった需要と供給を生み出し、コストを縮減させる必要がある。

加えて、水素・燃料アンモニア等を大量かつ安定・安価に大量輸入するためには、国内の環境整備のみならず、海外における資源の確保及び積出港の輸送環境の整備が必要である。

＜今後の取組＞

CNP の形成に向けて、港運や倉庫、トラック、船社等の様々な企業が立地・利用する港湾において、水素・燃料アンモニア等の需要・供給事業者のマッチングの支援や港湾機能の高度化を通じて、脱炭素化の取組を面的に実施する。2021 年１月から３月にかけて、まずは多様な産業が集積する６地域７港湾（小名浜港、横浜港・川崎港、新潟港、名古屋港、神戸港、徳山下松港）において、検討会を開催し、各港湾地域における CO_2 排出量、水素・燃料アンモニア等の需要、その利活用方策、必要となる港湾の施設の規模等についての検討を行った。本検討結果等を踏まえ、2021 年度内に CNP 形成のためのマニュアルを作成する。これに基づき、各港湾において、CO_2 排出量削減目標やロードマップを含む「CNP 形成計画」（仮称）の作成や同計画に基づく取組の実証・実装を推進し、CNP 形成を全国へ展開するとともに、環境価値の高い港湾を形成し、世界の港湾における脱炭素化をリードしていく。具体的には、2025 年において、同計画を策定した港湾が全国で 20 港以上となることを目指す。

CNP 形成に向けて、具体的には、

・デジタル物流システムの構築によるコンテナターミナルゲート前渋滞の緩和、
・停泊中船舶への陸上電力供給の導入促進による船舶のアイドリングストップ、
・港湾荷役機械や港湾に出入りする大型車両等の FC 化、
・非常時にも活用可能な自立型水素等電源の導入促進、
・水素・アンモニア・LNG 等燃料船舶への燃料供給体制の整備、
・洋上風力で発電した電力の活用、
・洋上風力余剰電力由来の水素等内航輸送ネットワークの構築、
・ブルーカーボン生態系の活用、
・港湾・臨海部に立地する事業者の脱炭素化促進

等に取り組む。

加えて、海外での積出港における水素・燃料アンモニア等輸出に対応した岸壁・供給設備等の環境整備について、案件に応じて（株）海外交通・都市開発事業支援機構（JOIN）による民間事業者との共同出資によるリスクマネーの供給やハンズオン支援の活用について検討を進めていく。また、CNP 形成に関連する海外連携の取組として、2021 年４月の日米首脳共同声明において立ち上げられた「日米競争力・強靱性（コア）パートナーシップ」に記載されたとおり、「カーボンニュートラルポート」について日米両国で協力して取組を進めていく。

② スマート交通の導入、自転車移動の導入促進

＜現状と課題＞

自動車の CO_2 排出量は日本全体の 15.9%を占めているため、日常生活における車の使い方をはじめとした国民の行動変容を促し、公共交通の利用促進による自動車交通量の減少等を通じて、環境負荷の低減を図る。具体的には、地域課題の解決に資する MaaS の提供や自動車の電動化を推進するとともに、自動化に対応した持続可能な移動サービスを、道路、都市インフラと連携し社

会実装していくことなどにより、地域における公共交通の確保・維持や、利便性向上を図ることが重要である。

また、自転車活用推進計画や自転車ネットワーク計画に基づき、自転車利用環境の整備と活用促進のために自転車通行空間の整備を進めているが、その整備延長は 2019 年度末時点で約 2,930 kmであり、更なる整備が求められている。

＜今後の取組＞

地域課題の解決に資する MaaS の提供や MaaS の普及に必要な基盤づくりを官民一体で推進するとともに、これまでの実証実験により把握された様々な課題を解消しつつ、移動サービスそのものや、データ利活用の更なる進化について検討し、公共交通等を使った移動に求められる様々なニーズに対応できる MaaS の普及を促進する。これにより、複数の公共交通や、公共交通以外の様々な移動サービスが最適に組み合わさり、検索・予約・決済・移動までがシームレスに行えるなど、移動の利便性が向上し、マイカーだけに頼ることなく、移動しやすい環境が整備される。加えて、電動車の選択にメリットを感じられる環境整備も進める。

地域公共交通活性化再生法を活用し、まちづくりと連携しつつ、地域交通ネットワークの再編、バリアフリー化の促進等により地域における公共交通の確保や利便性向上による利用促進を図るとともに、Light Rail Transit（LRT）・Bus Rapid Transit（BRT）への転換や、電動化・自動化された公共交通の活用等、カーボンニュートラルの実現に向け、新たな技術を活用した CO_2 排出の少ない輸送システムの導入を促進する。これにより、自動車を運転できない高齢者をはじめ、地域住民にとって利用しやすい公共交通サービスの提供がなされるとともに、環境負荷が低く将来にわたって持続可能な公共交通の実現が図られる。さらに、こうした取組を一体的に推進することは、まちのにぎわいや魅力の向上に寄与し、更なる地域の活性化に資することとなる。

地方公共団体における自転車活用推進計画の策定を促進するとともに、国においても新たな自転車活用推進計画を策定し、安全で快適な自転車利用環境の創出を推進する。これにより、2025 年度には、通勤目的の自転車分担率 18.2%を目指す。

③ グリーン物流の推進、交通ネットワーク・拠点・輸送の効率化・低炭素化の推進

＜現状と課題＞

物流分野においては、我が国全体の CO_2 排出量の約７％をトラック（営業用・自家用計）が占めており、物流分野における CO_2 排出量の削減は極めて重要である。また、生産年齢人口の減少や厳しい労働環境等を背景としたドライバー不足が社会問題化しており、カーボンニュートラルの観点だけでなく、物流需要に対する輸送能力の向上の観点からも、CO_2 排出原単位の小さい輸送手段への転換や輸送の効率化の推進が課題となっている。また、物流需要は企業における生産・消費等の活動に伴って発生するため、CO_2 排出量の削減のためには、物流事業者のみの取組では限界があり、荷主事業者との連携も重要となる。そのため、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」では、一定の燃料使用量、輸送量を超える輸送事業者及び荷主については、エネルギー使用量やエネルギー使用原単位の報告等の取組を求めているが、事業者が行う省エネ取組が適切に評価される仕組みへの移行が課題である。また、エネルギー使用原単位の改善が鈍化傾向にある。

物流施設については、庫内作業の省人化に伴う照明等のエネルギー消費量の削減等を行う取組や、冷凍冷蔵倉庫における省エネ型自然冷媒機器の導入によるエネルギー消費量の削減及び脱フ

ロンの取組等が不可欠となっている。

国内貨物輸送については、その約８割をトラック輸送が占めており、渋滞等、現状の交通課題を解消するため、道路の交通流対策やダブル連結トラック等による物流の効率化を推進する必要がある。

過疎地域等においては、既存物流手段による積載効率の低い非効率な輸配送を無人航空機で代替することにより、輸送の効率化や物流網の持続可能性の確保を図ることが必要となっている。

鉄道分野については、よりクリーンなエネルギーで走行する燃料電池鉄道車両の試験車両の開発を進めているところ。しかし、現行の関連基準・規制は、燃料電池鉄道車両の運行を想定していないため整備する必要があり、また社会実装に向けては、コスト低減のほか、公共交通結節点である、駅のポテンシャルを最大限活用したインフラ整備が課題となっている。

空港分野については、環境に優しい空港の実現に向けた指針（エコエアポート・ガイドライン）を策定し、各空港低炭素化に向けた自主的な取組みを実施しているところ。2050 年カーボンニュートラルに向け、施設・車両からの CO_2 排出削減の取組を推進するとともに、空港の特性を踏まえた再生可能エネルギーの活用を検討していく必要がある。

また、効率的な航空機の運航を実現すべく、これまでも航空交通システムの高度化が図られてきたが、増大する航空交通量に対して様々な技術的限界や運用上の課題等により、更なる運航の効率化（消費燃料の削減を通じた CO_2 排出抑制を含む）が課題となっている。効率的な航空交通システムの確立には、エアライン側の機上搭載装置等の高度化と航空管制当局のシステム高度化を同調させながら進める必要がある。国際民間航空機関（ICAO）が策定する将来計画と協調を取りつつ産学官連携のもと策定されている長期計画「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン（CARATS)」に基づき、飛行経路短縮を通じた CO_2 削減等に寄与する施策（RNAV 経路の導入促進）を進めている。

＜今後の取組＞

我が国全体の国際競争力を向上させ、持続可能な成長を促すためには、生産から消費までの柔軟なサプライチェーンの構築や、標準化したモノやデータを共有化し、輸送モードや輸送ルート等を柔軟に組み換える効率的な物流サービスが求められる。CO_2 排出削減の取組は、これらの理想的な物流網の構築を促進し、経済活動を活性化させることに加え、ドライバー不足等、社会課題の同時解決に資するものでなければならない。

このような観点から、サプライチェーンに関わる物流事業者・荷主事業者、輸送モード、倉庫等の物流施設等、物流に関する様々な要素を組み合わるとともに、将来に向けた変化を促すことで、物流の効率化・生産性向上と電動化、燃料の脱炭素化等の同時実現に取り組む。

具体的には、CO_2 排出原単位の小さい輸送手段への転換を図るモーダルシフトや、共同輸配送、輸送網の集約を推進し、トラックによる貨物輸送距離の短縮を通じた CO_2 排出量の削減を図るほか、トラックの荷待ち時間等の削減等によるドライバー不足の解決にもつなげる。また、物流に係るパレットや伝票等の標準化を進めるとともに、サプライチェーン全体での輸送の効率化を推進し、物流分野における生産性の飛躍的な向上や魅力ある労働環境の実現につなげる。加えて、デジタル化や荷主・事業者連携等による生産性や積載効率の徹底的な向上（排出量原単位の徹底改善）と、地域内輸配送の電動化、長距離輸送の燃料の脱炭素化等により、物流の脱炭素化に取り組む。また、荷主と輸送事業者が行う省エネ取組を適切に促す評価の在り方等を検討する。

自動化機器・システム及び再生可能エネルギー設備等の導入により、CO_2 排出量の削減だけでな

く、庫内作業や荷待ちの削減等労働力不足対策、及び災害の発生や感染症の流行においても途切れることの無いサプライチェーンの構築等、地域社会にも貢献する倉庫等の物流施設のゼロエネルギー化を促進する。あわせて、冷凍冷蔵倉庫における省エネ型自然冷媒機器への転換に係る取組を推進する。

三大都市圏環状道路等の道路ネットワークの整備や、ビッグデータ等を活用した渋滞対策等による交通流対策を更に推進するとともに、ダブル連結トラックの普及促進を図るなど物流の効率化を推進する。これにより道路交通が円滑になるとともに、深刻なドライバー不足が進行するトラック輸送の省人化を図る。

ラストワンマイル配送については、過疎地域等におけるドローン物流の実用化に向け、制度面の整備、技術開発及び社会実装を推進する。特に、社会実装については、「ドローンを活用した荷物等配送に関するガイドライン」（仮称）を作成・公表し、ドローン物流の本格的な実用化・商用化を推進する。また、自動配送ロボットを用いた配送の社会実装に向け、技術開発やサービス化を推進する。

鉄道分野については、燃料電池鉄道車両の社会実装に向け、営業路線での実証試験等を踏まえた関連基準・規制の見直しや、公共交通結節点である駅周辺における、鉄道のみならず乗用車・バス・トラック等も利用可能な総合水素ステーションの設置等、必要な環境整備について検討を行うとともに、他分野も含めた低炭素な水素サプライチェーンについて検討を行う。

空港分野については、「空港分野における CO_2 削減に関する検討会」における検討を通じ、空港から航空機への電力・空調供給施設（GPU）導入の促進、空港施設の LED 化等の省エネルギーシステムの導入促進、空港車両の EV・FCV 化等によるクリーンエネルギー車両の導入促進に取り組むとともに、太陽光発電等の導入促進による空港の再エネ拠点化を推進する。

また、更なる高度化として、2040 年を目途に、衛星やデータ通信等を活用し、航空機の燃料消費量増の要因となる気象条件等、運航に影響する様々な要素を考慮した航空機の最適な軌道を出発から到着までの全飛行フェーズで管理・運用することにより、より柔軟な飛行経路の設定や更なる空中待機の抑制を可能とする運航改善の実現を図る。具体的には、必要となる管制システム等について、国際的な協調を取りつつ、実用化に向けた研究開発等に取り組む。特に、「航空機運航分野における CO_2 削減に関する検討会」における検討を通じて、更なる飛行経路短縮に寄与する新たな運航方式（RNP-AR 等）の普及促進に向け、適用空港の拡充と審査基準の見直しの検討を行い、CO_2 排出削減と航空関連事業者の国際競争力強化を同時に進める。

④ インフラ・都市空間等でのゼロエミッション化

＜現状と課題＞

道路照明の省エネ化については、道路の整備や設備の更新の際に道路照明灯の LED 化を図っているところであるが、引き続き、直轄国道の LED 道路照明灯整備を進めていくことが必要である。

また、道路空間を利用した再生可能エネルギー発電については、道路インフラの電源として利用するため道路管理者が太陽光発電設備等を設置するほか、平成 25 年に太陽光発電設備等を道路占用許可対象物件として追加するなど、導入拡大を進めている。

EV については、走行中給電技術の開発支援や EV 充電器の公道設置の社会実験を行っており、走行中給電技術では給電システムを埋め込む道路構造の開発や技術基準の検討、EV 充電器の公道設置による道路交通への影響の評価等が必要である。

下水道では、全国の電力消費量の約 0.7%（約 75 億 kWh）の電力を消費し、日本の温室効果ガスの約 0.5%（約 596 万 t- CO_2）を排出している。自治体の事務事業から排出される温室効果ガスの大部分を占めており省エネの取組が急務となっている。下水熱は都市空間内での採熱が可能であるが、国内で 32 か所（2020 年８月時点）の導入事例にとどまり、コスト低減が進んでいない。下水熱利用を進めるためには複数の再生可能エネルギー熱との複合利用が必要となり、また、熱利用に関する官民の情報交流（マッチング）が不足していることが課題となっている。

水力発電の促進については、水力発電に係る水利権許可の手続の簡素化や河川流量データの公表を図るなどの取組を進めてきたところであるが、水力エネルギーの有効活用を更に促進する必要がある。

人口減少や高齢化の進展だけでなくエネルギーや環境の観点からも、持続可能なまちづくりの実現を図る必要がある。このような背景の下、コンパクトなまちづくりに向け、地域公共交通と連携し、居住や都市機能の集約を目指す「立地適正化計画」（都市再生特別措置法）を作成した市町村数は、383 市町村である（2021 年４月１日時点）。

また、都市における脱炭素化を強力に推進するため、これまでの都市単位の取組に加え、都市内のエリア単位の取組を展開する必要がある。

加えて、全国約 11 万箇所ある都市公園のうち、太陽光発電が既に、国営公園や地方公共団体が設置する一部の都市公園に導入されているが、立地特性等に応じて風力発電やバイオマス発電の導入も可能であると見込まれている。都市公園において再エネを導入することで、温室効果ガス削減に資するだけでなく、地域の防災性向上やエネルギーの地産地消による経済循環といった地域活性化にもつながる観点から、更なる導入を図る必要がある。

自然環境が有する多様な機能を活用する「グリーンインフラ」の社会実装については、CO_2吸収源ともなる都市空間の緑化や雨水貯留・浸透等の防災・減災等の多様な地域課題の同時解決を図り、持続可能なグリーン社会の実現を図る必要がある。国土交通省では、産学官の多様な主体が参画する「グリーンインフラ官民連携プラットフォーム」（2020 年３月設立）において、分野横断・官民連携により、グリーンインフラの社会的な普及やグリーンインフラに適用される技術導入に関する調査・研究等を行っているが、地域における社会実装は十分に進んでいない。環境省においても、自然環境の機能を活用することなどにより地域のレジリエンスを高める「生態系を活用した防災・減災（Eco-DRR）」の考え方の普及を進め、2020 年度からは河川流域において Eco-DRR の実装に適した地域を見える化する「生態系機能ポテンシャルマップ」の作成を進めているが、今後はこれを積極的に活用したまちづくり等への展開が課題である。

横浜市では、旧上瀬谷通信施設（約 242ha）において、2027 年に国際園芸博覧会（A1）の開催を予定しており、グリーンインフラの実装を国内外に発信する準備を推進しているが、開催には、国際園芸家協会（AIPH）の承認（2020 年３月）に加え、博覧会国際事務局（BIE）の認定が必要であり、認定に向けた取組を推進していく必要がある。

＜今後の取組＞

道路照明の更なる省コスト化、省エネ化、高度化等を実現するために新たな道路照明技術の開発を促して、それらの導入促進に向け技術検証や評価を行う。あわせて、2025 年度までに道路照明施設設置基準等を見直して更なる省エネ化が可能な新たな道路照明の導入を促進する。また、費用対効果を踏まえつつ、直轄国道における道路照明灯の LED 化を推進する。これらの取組により道路照明に係る道路管理コストの低減が図られる。

道路管理に必要な電力について、太陽光発電等の再生可能エネルギーの導入を推進するための検討を行い、全国展開を目指す。これにより道路管理コストが低減するとともに、停電時における道路管理に必要な電力の確保が期待できる。

走行中給電技術については、その技術の開発や給電システムを埋め込む道路構造の開発のための研究を支援し、2020 年代半ばの実証実験の開始を目指す。研究の進捗状況に応じて、社会実装のための検証や評価を行いつつ、EV 充電器の公道設置も含め、道路に係る制度や技術基準等の検討を行う。また、EV 充電施設が少ない地域の幹線道路等において、案内サインの整備を促進する。これらの取組により充電の利便性が向上する。電動車に対して高速道路利用時のインセンティブを付与することにより、一般道路から高速道路への交通転換による排出ガスの削減や電動車の普及促進を図る。

下水道では、水処理の省エネ化等の新技術の開発を行い、水処理や汚泥処理のより一層の省エネ化を進める。また、官民連携による下水熱利用を推進するため、下水熱利用マニュアルの改訂等、熱利用システムのコスト低減や官民連携による下水熱利用の案件形成促進につき、2025 年度まで集中的に取り組む。

水力エネルギーの有効活用を更に促進するため、多目的ダムに貯まった洪水を次の台風等に備えて水位低下させる際に、最新の気象予測技術の活用により、洪水対応に支障のない範囲でできるだけ発電に活用しながら放流するなど、ダムの運用改善の実現可能性を検証し、実行可能なものから順次、適用する。

コンパクト・プラス・ネットワーク[65]の更なる推進を実現するために、2024 年度末までに 600 市町村の「立地適正化計画」の作成を目指す。

また、都市内のエリア単位の脱炭素化について、エリア設定の考え方の検討や民間資金の活用を含めた支援体制を構築し、包括的な取組を強力に推進する。

加えて、都市の脱炭素化に向け、都市公園への太陽光発電、風力発電、バイオマス発電等の再生可能エネルギーの導入可能性に関する調査を実施するとともに、「立地適正化計画」や、都市内のエリア単位での脱炭素化の取組と併せて、都市公園の再エネ導入を推進し、低炭素で賑わいのある、自立的な生活圏を構築していく。

グリーンインフラの計画・整備・維持管理等に関する技術開発（都市空間の緑化、緑と雨水貯留・浸透と組み合わせた雨庭、ブルーカーボン、リモートセンシングを活用したモニタリング等）を進めるとともに、地域モデル実証等を行い、地域への導入を支援する。特に、新たな 2030 年度削減目標の達成に向け、屋上・壁面緑化を含めた都市の緑化等による排出削減策・吸収源対策の強化や、緑と組み合わせた雨庭等による雨水貯留・浸透機能の強化等に向け、官民が連携した技術開発等を進めるとともに、その実証・実装の推進に向け、「グリーンインフラ官民連携プラットフォーム」の活動を拡大し、技術ニーズとシーズのマッチング等を行うパートナーシップ構築支援による普及拡大や、グリーンインフラ技術の導入を目指す地方公共団体等における先導的なモデルの形成を推進する。また、グリーンインフラ技術の社会実装の拡大を通じて、グリーンボンド等の民間資金調達手法の活用により、グリーン・ファイナンス、ESG 投資の拡大を図る。これらの結果、グリーンインフラの地域における社会実装が官民連携・分野横断により進むことで、CO_2吸収源対策のほか、生態系の保全、雨水貯留・浸透等の防災・減災、ポストコロナの健康

[65] コンパクト・プラス・ネットワーク：人口減少・少子高齢化が進む中、地域の活力を維持し、生活に必要なサービスを確保するため、人々の居住や必要な都市機能をまちなかなどのいくつかの拠点に誘導し、それぞれの拠点を地域公共交通ネットワークで結ぶ、コンパクトで持続可能なまちづくりの考え方。

でゆとりある生活空間の形成、SDGs に沿った環境と経済の好循環に資するまちづくり等、多様な地域課題の複合的解決により、持続可能で魅力ある地域の実現につながる。Eco-DRR についても、生態系機能ポテンシャルマップの作成方法の手引きを作成し、自治体等による社会実装を加速させるとともに、新たなインフラの建設施工におけるゼロエミッション化に貢献する。

2027 年に横浜市で開催を目指す国際園芸博覧会において、グリーンインフラを実装し民間資金を活用した持続可能なまちづくりのモデル等を国内外に発信する具体的な機会となるよう、関連法律の制定や実施主体となる博覧会協会の設立等の BIE の認定取得に向けた準備を進め、SDGs 達成やグリーン社会の構築に向けた取組を推進する。博覧会におけるグリーンインフラの実装は、グリーンインフラを国内外に普及し、多様な主体による技術開発等を誘発するものであり、開催後も日本モデルとして国内外への普及を推進する。

⑤ 建設施工におけるカーボンニュートラルの実現

＜現状と課題＞

建設施工における CO_2 排出量は、産業部門の CO_2 排出量の 1.4%（約 571 万 t-CO_2）を占めている。ICT 活用により建設現場の生産性が向上すれば、作業時間の短縮により CO_2 排出量の削減に寄与でき、また、将来的には電気、水素、バイオマス等の革新的建設機械の開発・導入が図られれば、一層の CO_2 排出量削減が期待できる。ICT 施工を導入し、建設現場の作業効率が向上することで CO_2 排出を削減してきた。現状、直轄の建設現場における ICT 施工（土工）の実施率は約８割に達しているが、地方自治体における実施率は約３割にとどまっており、今後、地方自治体の工事における ICT 施工の更なる普及が必要となる。また、建設機械としては、ディーゼルエンジンを基本として、その燃費向上を目指し、燃費基準の策定、機器認定を行い、融資等で導入を促進してきたところである。国際的にも、建設施工における更なる CO_2 削減の取組がなされており、我が国においても革新的な技術の導入促進が必要である。

＜今後の取組＞

地方自治体の工事を施工している中小建設業へ ICT 施工の普及等、i-Construction の推進等により、技能労働者の減少等への対応に資する施工と維持管理の更なる効率化や省人化・省力化を進めるとともに、建設機械の普及等によるコスト縮減を含めた建設現場の生産性向上の取組を進める。また、燃費性能の優れた建設機械の普及を図ることにより、CO_2 の削減を目指す。中小建設業への ICT 施工の普及に当たっては、コストや人材等の面で導入が難しい側面があるため、ICT 建設機械に加え、既存の建設機械に後付けパーツを取り付けて ICT 施工を行う技術や、ICT 建設機械を対象にして認定制度の創設を行う。また、地域の中で ICT の指導者を育成し、希望する企業にアドバイスする制度を導入する。そして、2050 年目標である建設施工におけるカーボンニュートラルの実現に向け、動力源を抜本的に見直した革新的建設機械（電動、水素、バイオ等）の認定制度を創設し、導入・普及を促進する。この認定制度においては、革新的建設機械の環境影響や安全性、作業性能等、様々な評価項目を設定し、現場導入試験を通じて項目ごとの評価指標を定める必要があることから、有識者や関係機関を含めた検討会を設置し、革新的建設機械の社会実装に向けた検討を進める。この際、これまでの建設機械に係る各種関連基準を踏まえつつ、国際情勢に鑑みて新たな基準策定に取り組むとともに、国土交通省の直轄事業における使用原則化も検討していく。これらの取組により、労働時間や工事期間が最大で約３割程度短縮されるとともに、建設施工における騒音低減といった効果も見込まれる。

（９）食料・農林水産業

我が国の食料・農林水産業は、木材を適材適所で活用する「木の文化」の浸透や、森林及び木材・農地・海洋が巨大な CO_2 吸収源として期待されるなど、それ自身が吸収源となる重要な産業である。また、農山漁村に存在する土地、水、バイオマス等の地域資源を活用した再生可能エネルギーの活用や、スマート技術を活用した作業最適化等による CO_2 削減、適正施肥による N_2O 削減等の温室効果ガス（GHG）排出削減の取組が進むなど、カーボンニュートラルの実現に向けて多くの潜在的な強みを有している。

しかしながら、我が国の温暖化が世界平均の２倍近い上昇率で進む中、全国各地での記録的な豪雨や台風等の頻発、高温が農林水産業における重大なリスクの一つとなっている。近年、食料の安定供給・農林水産業の持続的発展と地球環境の両立が強く指摘されている中で、自然や生態系の持つ力を巧みに引き出して行われる食料・農林水産業において、その活動に起因する環境負荷の軽減を図り、豊かな地球環境を維持することは、重要かつ緊急の課題である。

このため、農林水産省では、食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現するため、中長期的な観点から戦略的に取り組む政策方針として、2021 年５月に、「みどりの食料システム戦略」を策定し、調達から、生産、加工・流通、消費に至るサプライチェーン全体について、労力軽減・生産性向上、地域資源の最大活用、カーボンニュートラル、化学農薬・化学肥料の低減、生物多様性の保全・再生の点から、革新的な技術・生産体系の開発とその社会実装を推進する。このように経済・社会・環境の諸課題に統合的に取り組むことにより、持続的な産業基盤の構築（経済面）、国民の豊かな食生活や地域の雇用・所得増大（社会面）、カーボンニュートラルへの貢献を含む、将来にわたり安心して暮らせる地球環境の継承（環境面）の効果をもたらすことが期待される。

さらには、本戦略を、欧米とは気象条件や生産構造が異なるアジアモンスーン地域の新しい持続的な食料システムとして提唱し、国際的な議論やルールメイキングにも積極的に参画していく（国連食料システムサミット（2021 年９月）など）。

① 共通事項

＜現状と課題＞

農林水産業を担う生産者の減少・高齢化の一層の進行など、生産基盤の脆弱化や地域コミュニティの衰退が顕在化している中、食料・農林水産業の生産力強化が克服すべき課題となっている。一方、地球環境の安定性を維持する観点からは、食料・農林水産業が利活用してきた土地や水、生物資源等のいわゆる「自然資本」の持続性に大きな危機が迫っており、早急かつ大胆な取組が求められている。

将来にわたり、食料の安定供給と農林水産業の発展を図るためには、生産者の一層の減少・高齢化やポストコロナも見据え、省力化・省人化による労働生産性の向上や生産者のすそ野の拡大とともに、資源の循環利用や地域資源の最大活用、化学農薬・化学肥料や化石燃料の使用抑制を通じた環境負荷の軽減を図り、カーボンニュートラルや生物多様性の保全・再生を促進し、災害や気候変動に強い持続的な食料システムを構築することが急務である。

また、2021 年４月に行われた「気候サミット」において、菅総理大臣は、2030 年度の GHG の排出を 2013 年度比で 46%の削減を目指すことを宣言するとともに、さらに、50%削減の高みに向け、挑戦を続けていくことを明らかにした。この野心的な目標の達成には、国の総力をあげて努

力していくことが必要であり、食料・農林水産分野において、これに貢献する技術開発・普及が不可欠である。

そのため、食料システムが抱える課題に対する関係者の理解の促進を図り、農林水産業の生産者・食品企業・消費者のこれまでの延長ではない、野心的・意欲的な取組を十分に引き出すとともに、それでもなお不足する部分は、官民を挙げたイノベーションを強力に推進し、将来に向けて課題解決を図っていく必要がある。また、こうした取組の推進に当たっては、農林水産業の生産者による持続的な取組による効果の「見える化」を進め、そのような取組を消費者や関連事業者が共に支え合う社会を目指すことが重要である。また、新技術の導入等による労働安全性・労働生産性の向上や所得向上等の具体的なメリットをもたらすことを分かりやすく情報発信し、国民理解の促進に取り組むことも必要である。

＜今後の取組＞

食料・農林水産業でのカーボンニュートラルについては、「みどりの食料システム戦略」に基づき、調達から、生産、加工・流通、消費に至るサプライチェーン全体において、労力軽減・生産性向上、地域資源の最大活用、化学農薬・化学肥料の低減、生物多様性の保全・再生の点から目指す姿として、2040 年までに革新的な技術・生産体系を順次開発し、2050 年までに革新的な技術・生産体系の開発を踏まえ、「政策手法のグリーン化」を推進し、その社会実装を実現する。

また、これらの取組を後押しする観点から、補助・投融資・税・制度等の政策誘導の手法に環境の観点を盛り込むことで環境配慮の取組を促す「政策手法のグリーン化」については、以下のように段階的に見直していく。

ア）パリ協定やポスト 2020 生物多様性枠組への貢献も踏まえつつ、2030 年までに施策の支援対象を持続可能な食料・農林水産業を行う者に集中していくことを目指す。農林水産省の補助事業については、技術開発の状況を踏まえつつ、2040 年までにカーボンニュートラルに対応することを目指す。

イ）補助金の拡充、環境負荷軽減メニューの充実、これらとセットでのクロスコンプライアンス要件の充実を図るとともに、取組の継続的な実施を検証する仕組みを検討する。

ウ）革新的な技術・生産体系の社会実装や、持続可能な取組を後押しする観点から、研究者やユーザーの意見を聴きながら、その時点において必要な規制の見直しや新たな制度について検討する。その際、農業生産について、持続可能な生産技術への転換を促す仕組みや支援について検討する。

エ）持続的な原材料調達や GHG 排出削減、廃棄物の削減や資源循環等企業等による環境配慮経営の取組を促進するとともに、これらの情報開示を促す仕組みや ESG 投資の引き込み等に向けた具体の促進策について検討する。

さらに、我が国に眠る革新的アイデアや技術シーズを早期にイノベーションに結びつけるため、研究開発から製品・サービス化に至るまでの取組をシームレスに展開するとともに、農業と他業種が連携した、地域産業に所得と雇用をもたらす新しいサービス・事業の立上げを促す。また、グリーンイノベーション基金やムーンショット型研究開発制度等、各省横断的な枠組の活用も視野に入れた革新的技術開発や、農林水産業の生産者や地域にメリットとなる技術開発・普及、J-クレジット制度等の公的インセンティブ制度の取組等を推進する。

海外展開・国際連携の観点からは、土壌管理技術等によって土壌炭素の増加を推進する取組「４パーミルイニシアチブ」や、国立研究開発法人を中核とした国際共同研究体制を整備し、国内外の研究機関や大学等が行う二国間/多国間による国際共同研究を推進する。農業分野の GHG 削減等に関する世界的研究ネットワーク等への参画・連携に引き続き取り組むとともに、我が国の優れた農林水産分野における脱炭素技術等を、国際機関との連携や二国間クレジット制度（JCM）等を通じて海外に展開し、GHG の世界全体での排出削減に貢献する。また、将来的な日本企業の海外展開や持続可能な輸入原料調達の実現のため、専門家の派遣や人材育成を含めた実証事業等を通じ、アジアモンスーン地域の持続可能な食料システムの構築や、それに資するスマート農業体系の導入等を推進する。

② CO_2吸収・固定

＜現状と課題＞

我が国の CO_2 吸収量のうち、93%（2019 年度実績）を占める森林は、吸収源として地球温暖化防止に貢献している。また、森林から生産される木材は、炭素を長期的に貯蔵することに加えて、製造時等のエネルギー消費が比較的少ない資材であるとともに、エネルギー利用により化石燃料を代替することから、CO_2 排出削減にも寄与する。

森林・木材による吸収や排出削減の効果を最大限発揮するため、利用期を迎え、高齢級化に伴い吸収量が減少傾向にある人工林について、「伐って、使って、植える」という循環利用を確立し、木材利用を拡大しつつ、成長の旺盛な若い森林を確実に造成していくことが重要である。その際、高層建築物等の木造化や木質系新素材の開発など、大量の炭素を長期間貯蔵する木材利用技術を開発・実装する必要があるとともに、林業者等にとって費用や労力の負担が大きい主伐後の再造林について、新たな技術を取り入れ、省力化・低コスト化を進めていくことが必要である。

また、近年、農地が果たす炭素貯留効果にも大きな期待が寄せられている。農作物等の CO_2 固定能力を高め、農作物残渣やバイオ炭等の形で積極的に地中に投入することにより、農地が果たす炭素貯留効果を高め、あわせて土壌の肥沃度を回復させようとする取組が各地で始まっている。特に、バイオ炭については、2019 年改良版 IPCC ガイドラインに「バイオ炭施用による農地・草地土壌での炭素貯留効果の算定方法」が新規に追加され、2020 年の条約インベントリより農業用途の木炭等生産量を用いて報告を実施したことを受け、我が国で J-クレジット制度におけるバイオ炭の農地施用の方法論が策定されたところである。我が国の農地面積は 437 万 ha と広大であることから、バイオ炭の投入による炭素貯留等、炭素吸収源としての農地は極めて高いポテンシャルを持つと言える。今後は、研究開発、ブレークスルー技術の確立等を通じて、この能力を最大限引き出していくことが必要となる。

有機農業についても、堆肥等の施用による炭素貯留効果が認められているところであり、この推進を通じて農地の炭素吸収能力をさらに高めていくことが重要である。

ブルーカーボン（海洋生態系による炭素貯留）については、吸収源としての大きなポテンシャルが期待されており、2013 年に追加作成された IPCC 湿地ガイドラインには含まれていない海藻藻場を対象として、藻場タイプ別の CO_2 吸収量評価手法の開発を進めている。また、藻場・干潟の造成・再生・保全技術の開発を実施中である。

＜今後の取組＞

2050 年カーボンニュートラルの実現には、ゼロエミッション化が困難な排出源をカバーするネガティブエミッションが不可欠であり、森林及び木材・農地・海洋における炭素の長期・大量貯蔵を実現する必要がある。

森林については、人工林の適切な間伐に加え、エリートツリー（成長や材質等の形質が良い精英樹同士の人工交配等により得られた次世代の個体の中から選抜される、成長等がより優れた精英樹）等を活用しつつ主伐後の再造林を推進し、成長の旺盛な若い森林を確実に造成することを通じて、中長期的な森林吸収量の確保・強化を図る。このため、林木育種の高速化等によるエリートツリーの効率的な開発やその苗木の生産拡大を図るとともに、自動化林業機械等の開発、ドローンや林業機械を活用した苗木運搬、エリートツリーや大苗等を活用した下刈り回数の削減等による造林の低コスト化・省力化を進めるほか、植樹等の国民参加の森林づくり等も進める。その際、エリートツリー等の成長に優れた苗木の活用について、2030 年までに林業用苗木の３割、2050 年までに９割以上を目指す。また、木材利用については、建築物の木造化や暮らしの木質化を図るとともに、高層建築物等の木造化に資する木質建築部材の開発・工法の標準化等を図り、2040 年までに高層木造の技術の確立を目指すことに加え、改質リグニン・CNF 等の新素材の幅広い利用やそれに続く木質由来新素材等の開発・実用化等を進め、木材による炭素の長期・大量貯蔵を図る。

地球温暖化の進行に伴い、豪雨等の気象災害等のリスクが更に高まることが予測されている中、これらの取組を通じた間伐・再造林や、路網の整備、治山対策等を推進し、国民の生活基盤を支える森林を適切に整備・保全することは、安心して暮らせる社会の実現にも寄与する。

農地における炭素貯留については、バイオ炭の高機能化を図り、炭素貯留効果と土壌改良効果を併せ持つ新しいバイオ炭資材等の開発やバイオ炭規格の整備を進めるとともに、土壌中に残留する有機物の分解制御技術を開発する。あわせて、農地への炭素貯留を効率的かつ効果的に行うため、土壌中の有機物含有量や肥沃度を自動計測し、高機能化したバイオ炭等を精密に施用することができるスマート農機を開発し、炭素貯留量の増大と肥沃度の向上の両立を図る。また、CO_2 固定能力の高い農作物の開発に向けたバイオデータ基盤の整備を行う。このほか、もみ殻ガス化発電システムを開発し、地域バイオマス由来のバイオ炭を活用した持続的かつ高付加価値の営農モデルの確立を目指す。

有機農業については、2040 年までに次世代有機農業に関する技術を確立し、これにより、2050 年までにオーガニック市場を拡大しつつ、耕地面積に占める有機農業（国際的に行われている有機農業[66]）の取組面積の割合を 25%（100 万 ha）に拡大することを目指す。実践技術の体系化と省力技術の開発、農業者の多くが取り組むことのできる次世代技術体系の確立等により、地域内外の多様な人材が農林水産業の新たな支え手となって参画する「生産者のすそ野の拡大」等を通じた生産基盤の強化につながることが期待される。

あわせて、有機農産物の消費拡大のため、地域支援型農業や地域間交流といった消費者や地域住民が有機農業を理解し支える仕組みの拡大等を通じて、見た目重視の商品選択の見直しや、有機農業等による環境にやさしい農業経営と付加価値の高い農産物の販売促進を図っていくことが重要である。

[66] 「国際的に行われている有機農業」とは、有機 JAS に定められた取組水準の有機農業を指す。「有機農業」とは、化学的に合成された肥料及び農薬を使用しないこと並びに遺伝子組換え技術を利用しないことを基本として、農業生産に由来する環境への負荷をできる限り低減した農業生産の方法を用いて行われる農業を指す。

ブルーカーボンについては、2023 年度までに海藻藻場による CO_2 の吸収・貯留量の計測方法を確立し、国連気候変動枠組条約等への反映を目指すとともに、産・官・学による藻場・干潟の造成・再生・保全の一層の取組を推進する。このことは、沿岸域での生物多様性の回復にも寄与する。また、新たな CO_2 吸収源として、水素酸化細菌の大量培養技術等の革新的な技術開発を推進する。さらに、海藻や水素酸化細菌の商業利用を進めるとともに、カーボンオフセット制度を利用した収益化を図り、CO_2 吸収を自律的に推進する。

③ 温室効果ガス排出削減　―エネルギー調達及び生産から流通・消費段階―

＜現状と課題＞

農山漁村に豊富に存在する土地、水、バイオマス等の地域資源は、地域循環が可能な再生可能エネルギー資源としての利活用が期待されている一方、エネルギー密度が低く、広く分散していることに加え、季節や時間変動が大きい等の理由から、現状では十分に活用されていない。また、農林水産業では、園芸施設の加温や光合成促進、農林業機械・漁船等の動力において、化石燃料に大きく依存する構造となっている。

このため、農山漁村に賦存する地域資源の最大限の活用、化石燃料からの脱却に向けて、再生可能エネルギー生産・収集および利活用の更なる低コスト化・効率化を図り、農山漁村を持続的なエネルギー地産地消型の社会に変革していく必要がある。

農林水産分野からの GHG の総排出量は、国内では約 4%であるが、世界では約 24%を占める主要排出源となっている。また、我が国における農林水産分野からの GHG の排出は約 5,000 万トンとなっているが、このうち燃料燃焼から発生する CO_2 が 34%、水田等から発生するメタンが 46%を占めている。我が国では、農畜産業からの GHG（メタン、N_2O 等）排出削減において、水田からのメタン発生を抑制する基盤的技術等の開発が進展しており、実用化段階技術の早期普及とアジアモンスーン地域を中心とした世界への展開を推進する必要がある。

食品産業は、他の産業に比べて労働生産性が低いのが現状である。このため、生産から流通・消費段階までの省力化や最適化を図るスマート技術の開発・社会実装が必要である。

木材は、温かみや安らぎなど心理面での効果や、調湿作用、一定の断熱性、転倒時の衝撃緩和等、利用する人に快適な生活をもたらす様々な特長があることに加え、森林が吸収した炭素を長期的に貯蔵するとともに、製造時等のエネルギー消費が比較的少ない資材であり、エネルギー利用により化石燃料を代替する効果があることから、木材利用の拡大を通じて、CO_2 排出削減に寄与することが可能である。このため、高層建築物等の木造化・木質化等を通じて木材利用を推進するとともに、木質バイオマス由来の新素材の開発・普及等により、プラスチック等の化石燃料由来製品の代替を進めていく必要がある。また、木質バイオマスのエネルギー利用については、森林資源の持続可能性確保の観点から、未利用材の活用やカスケード利用（回収・再利用による多段階利用）、熱効率を踏まえた効率的な利用を図っていく必要がある。

我が国の漁獲量は、長期的な減少傾向にある。この減少傾向に歯止めをかけ、国民への水産物の安定的な供給を行うため、数量管理を基本とする新たな資源管理システムの構築が開始されたところである。

＜今後の取組＞

再生可能エネルギーについては、2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて、農林漁業の健全な発展に資する形で、我が国の再生可能エネルギーの導入拡大に歩調を合わせた、農山漁村に

おける再生可能エネルギーの導入を目指す。このため、技術開発では、地産地消型エネルギーシステムを実現するため、種類の異なる再生可能エネルギーを組み合わせて、一年を通じて安定的にエネルギーを供給するシステムや他地域へ再生可能エネルギーを供給する効率的・安定的なシステムの構築を産学官連携の下に行う。自治体、地域企業、住民をはじめ、各地域がシステムの導入を進めることにより、地域に新しい産業を起こし、雇用の創出と地域活性化につながる。

開発した技術の普及に向けては、農山漁村の活性化に資する再生可能エネルギーの取組を可視化するためのロゴマークの導入を行う。また、農山漁村地域の脱炭素化を後押しし、農山漁村地域の活力向上や農林漁業の健全な発展に資する形で、再生可能エネルギーの導入拡大を加速化するため、農山漁村地域における再生可能エネルギー導入目標を新たに設定した上で、小水力発電、地産地消型のバイオガス発電施設の導入、バイオ液肥（バイオガス発電の副産物である消化液）や営農型太陽光発電の活用による地域資源循環の取組の推進等、再生可能エネルギーの地産地消の取組を推進するとともに、農山漁村における地産地消型エネルギーシステムの構築に向けた必要な規制の見直しを行う。

園芸施設においては、高速加温型ヒートポンプや産業廃熱等の超高効率な蓄熱・移送・放熱技術の開発、新技術の低コスト化に向けた現場実証、RE100 を実現した超精密環境制御施設の開発等を通じて、2050 年までに化石燃料を使用しない施設への完全移行を目指す。また、林業機械・漁船や用排水機の省エネ化の取組を推進するとともに、農林業機械・漁船の、電化・水素化等に向けた技術開発を産学官連携の下に行い、2040 年までの技術確立を目指す。

持続的な畜産物生産の推進については、①自給飼料生産の拡大による輸入飼料に依存した構造からの転換、②飼料利用性の高い家畜への改良や GHG 削減飼料の開発、③家畜の飼養管理等の省力化・精密化による環境負荷軽減、④耕種農家との連携等による家畜排せつ物堆肥の広域流通による資源循環、⑤生産現場の努力や消費者の理解醸成等に取り組み、課題解決に向け生産現場の知見や経験を活かしつつ、その普及・定着を図る。また、微生物活動の制御により農畜産業由来の GHG 削減を目指す革新的な技術開発を進めるとともに、スマート技術の開発・実証・普及を推進する。

食品産業については、微生物糖化技術等を用いて食品残渣・食品加工残渣からエネルギーや油脂等を生産する技術、冷凍・解凍・調理技術による食の QOL 向上及び食品の超長期保管技術、データ駆動型コールドチェーンシステム、植物性タンパク質を活用した新たな食品製造技術等の革新的技術開発を行うほか、2030 年までに、食品企業における持続可能性に配慮した輸入原材料調達の実現を目指す。これらを通じ、生産段階のみならず、流通・消費段階までのデータ連携により、生産性の向上と食品ロス・CO_2の削減を両立するスマートフードチェーンを構築する。

事業系食品ロスの削減に向けては、見切り品など食品ロス削減につながる商品を寄附金付きで販売し、利益の一部をフードバンク活動の支援等に活用する仕組みを構築するとともに、フードバンク活動の推進のための食品提供側・受入側の情報を管理するオンラインマッチングシステムの構築等、製造・卸・小売が一体となった商慣習の見直しを推進する。2030 年度までに、事業系食品ロスの半減（2000 年度比）を目指し、2050 年度までに、AI による需要予測や新たな包装資材の開発等の技術の進展により、事業系食品ロスの最小化を図る。また、2030 年までに食品製造業の自動化等を進め、労働生産性の３割以上の向上（2018 年基準）を目指し、2050 年までに AI 活用による多種多様な製品に対応した完全無人食品製造ラインの実現等により、多様な食文化を持つ我が国食品製造業の更なる労働生産性の向上を図る。

飲食料品の流通については、2030 年までに合理化を進め、飲食料品卸売業における売上高に占

める経費の割合を10%に縮減することを目指す。さらに、2050年までにAI、ロボティクスなどの新たな技術を活用して流通のあらゆる現場において省人化・自動化を進め、経費の更なる縮減と、トラック輸送や保管等、流通により発生するCO_2の排出削減を目指す。

気候変動や生物多様性保全等に適切に対応する持続可能な食料システムの構築に向けては、民間投資を拡大し、調達、生産から消費に至るまでの各工程における各主体の行動変容を促すための政策的な仕組みの在り方について検討する。また、環境負荷の低減に資する持続可能な生産等を拡げるため、「土壌のCO_2吸収「見える化」システム[67]」の改良・高度化等を通じ、農林水産・食品事業者による取組の可視化を促進するとともに、持続可能な生産と消費を促進する多様な主体が参画するプラットフォーム「あふの環2030プロジェクト」等により、スマート農業技術の浸透や食育の推進の視点も含め、持続可能な食料・農林水産業に対する消費者の理解と購買行動の変容を促進する。

これにより、消費者への食料の安定供給や価格の安定化を実現するだけでなく、健康で栄養バランスに優れた日本型食生活の国民的拡がりにつながり、健康寿命の延伸等、食を通じた国民全体の健康の維持増進を図ることが可能となる[68]。

生産力向上と環境負荷の軽減を図るため、化学農薬については、スマート防除技術体系の活用や、リスクの高い農薬からリスクのより低い農薬への転換を段階的に進めつつ、化学農薬のみに依存しない総合的な病害虫管理体系の確立・普及等を図ることに加え、2040年までに、多く使われているネオニコチノイド系農薬を含む従来の殺虫剤を使用しなくてもすむような新規農薬等の開発により、2050年までに化学農薬使用量（リスク換算）の50%低減を目指すとともに、化学肥料については、2050年までに、輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量の30%低減を目指す。また、輸入割合の高い肥料等の調達において、輸入から国内生産への転換が進むことによる関連産業の活性化、環境へ配慮した生産等の導入による国産品の評価向上による輸出拡大、新技術を活かした労働安全性・労働生産性の向上等を実現し、我が国の持続的な産業基盤の形成につながる。

さらに、有機農業の推進においても、化学農薬・化学肥料を低減する取組を進めることから、同様の効果が期待される。

これらの取組により、消費者の幅広いニーズに対応できるだけでなく、地域の自然循環による生産が行われ、農業生産に由来する環境への負荷低減が図られることで、生物多様性の保全や地球温暖化防止につながる。

木材利用については、炭素貯蔵やCO_2排出削減のみならず、心身への好影響[69]等といった木材利用の効果のエビデンスの検証・発信や、「木育」等の普及活動、設計・建築事業者や企業（施主）とのネットワーク化等を通じて、ESG投資にもつながる消費者等の理解の醸成を図りつつ、建築物の木造化や暮らしの木質化を図るとともに、高層建築物等の木造化に資する木質建築部材の開発・工法の標準化等を進める。また、プラスチック等を代替する改質リグニン・CNF等を活用し

---

[67] （国研）農研機構農業環境研究部門が運営するシステムで、調べたい場所や管理方法といった情報を入力すると、土壌炭素貯留量及び温室効果ガスの排出量を計算することができる。

[68] 東北大学による「日本食パターンと死亡リスクとの関連」についての検討（2020年European Journal of Nutrition 発表）では、約18.9年の追跡期間中に確認された死亡について、日本食スコアが低いグループに比べて日本食スコアの高いグループでは、全死亡のリスクは14%低下、循環器疾患死亡のリスク及び心疾患死亡のリスクは11%低下した。

[69] 例えば、居住空間の内装木質化率の向上は、睡眠効率を高めるといった研究結果もある。
（参考）独立行政法人日本学術振興会・科学研究費助成事業「住環境が脳・循環器・呼吸器・運動器に及ぼす影響実測と疾病・介護予防便益評価」2017-2021年度。

た高機能材料やそれに続く木質由来新素材の開発、未利用材の効率的な運搬収集システムの構築や地域内での熱利用・熱電供給の推進等を通じた高効率な木質バイオマスエネルギー利用を推進するとともに、これらの取組に必要となる木材の生産流通の効率化に向けて、標準仕様に準拠した森林クラウドの導入、自動化機械やクラウドと整合した、ICT 活用による木材の生産流通管理システム等を開発・普及する。

これらの取組は、木材を始めとする地域にある様々な資源を活かした経済循環や、地域内外の多様な人々の関わりを生じさせることとなり、地域の雇用・所得の増大、地域コミュニティの活性化につながることが期待される。

漁獲量については、科学的な資源調査・評価の充実、資源評価に基づく漁獲可能量による管理等、「新たな資源管理の推進に向けたロードマップ」に沿った水産資源の適切な管理を推進することで、2030 年までに 2010 年と同程度（444 万トン）まで回復させることを目指す。

また、2050 年までにニホンウナギ、クロマグロ等の養殖において人工種苗比率 100%を実現することに加え、養魚飼料の全量を配合飼料給餌に転換し、天然資源に負荷をかけない持続可能な養殖生産体制を目指す。

これらの取組により、我が国周辺水産資源の回復を図ることで、持続的に利用可能な水産物の量が増加することとなり、漁獲量の減少に歯止めがかけられ、安定供給体制が確立され、価格変動が抑えられることにより、豊かな食生活が維持される。また、水産資源が回復することで、不要な競争を避けた、計画的な操業を行うことや、漁船の効率的な運航につながり、化石燃料の使用量を抑えることにもつながる。

これらの取組に加え、農林水産省地球温暖化対策計画の改定・実践を通じて、2050 年までに農林水産業の CO_2 ゼロエミッション化の実現を目指す。

（１０）航空機産業

国際民間航空機関（ICAO）では 2020 年以降、国際航空に関して CO_2 排出量を増加させないとの目標を採択しており、この目標を達成するためには、運航方式の改善や新技術導入、代替燃料、市場メカニズムの活用を組み合わせることが必要であるとされている[70]。また、国際航空運送協会（IATA）は 2050 年時点で CO_2 排出量を 2005 年比で半減させる目標を掲げている[71]。

このように低炭素化要求が強まる中、低炭素関連技術の発展は、気候変動対策の観点から必要不可欠であるとともに、我が国の航空機産業の競争力維持・強化に資するものである。

したがって、我が国としては個々の技術開発を促進するとともに、安全・環境基準の見直し・整備等による機材・装備品等への新技術導入促進の具体策を検討し、航空機分野の低炭素化へ貢献していく。

① 装備品・推進系の電動化

＜現状と課題＞

航空機の電動化について、現在は、補助動力用や地上滞在時における電力供給用の蓄電池搭載など用途範囲は限定的であるが、今後は、飛行時の動力や内部システムの作動に係る用途へと拡大していくことが期待される。これを実現していくためには、電池やモータ等の飛躍的な性能向上が必要である。

昨今、欧米の機体・エンジンメーカーを中心に電動化技術の獲得や実証機の開発に向け競争が活発化している。日本企業は電池やモータ等の関連分野での要素技術に潜在的な競争力があるが、航空機の装備品等への現在の採用実績は一部にとどまっている。

なお、2019 年にボーイング社と経済産業省で締結した「将来技術に関する協力覚書」において、航空機の電動化は、具体的な協力分野の一つとして位置付けられている[72]。

＜今後の取組＞

航空機の電動化技術の確立のため、引き続き、（国研）宇宙航空研究開発機構（JAXA）等の国立研究開発法人における知見を活用しながら、航空機関連メーカーと電機関連メーカーが連携して行う研究開発を推進し、将来機における搭載技術が選定されるタイミングまでに、国内メーカーが必要な技術レベルを満たすことを目指す。具体的には、航空機向け電池、モータ、インバータ等、航空機の動力としてのコア技術については、2030 年以降段階的に技術搭載することを目指し、グリーンイノベーション基金等の活用も検討しながら研究開発を加速する。その際、航空機を製造する海外企業との連携の枠組みを活用・強化して、開発された技術の将来機への搭載を目指す。加えて、国内の産学官連携を通じて国際標準化を推進していく。

なお、電動航空機は、推進系統を電動システムに置き換えていくことによる大幅な騒音削減が期待されており、エンジン内の燃焼器やタービンに由来する騒音が解消されることに加え、既存エンジンと比較して排気速度が低下するために排気騒音が低減する可能性が高い。実際に、昨

---

70 ICAO ON BOARD A SUSTAINABLE FUTURE
（https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAOEnvironmental_Brochure-1UP_Final.pdf）

71 IATA Aviation & Climate Change Fact Sheet
（https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet--climate-change/）

72 経済産業省ニュースリリース（2019 年 1 月 15 日）
（https://www.meti.go.jp/press/2018/01/20190115007/20190115007.html）

今、海外における小型電動航空機の開発では２～３割程度の騒音低減が確認されている。我が国でも、蓄電池や電動モータ等に係る技術開発において積極的に騒音低減を目指していき、2050 年には、空港周辺住民や乗客にとって、例えば夜間であっても許容性の高い、低騒音の電動旅客機の実現に向けて貢献していく。

② 水素航空機

＜現状と課題＞

航空機分野の低炭素化を実現させるためには、電動化技術の搭載に加えて、水素燃料の活用も期待される。水素航空機の実現に向けては、軽量かつ安全性を担保した水素貯蔵タンク、燃焼して使用する場合には新たなエンジン部品の開発等、多数の技術的課題が存在している。加えて、周辺インフラや水素供給サプライチェーンの実現可能性についても、安全性やコスト面等の観点から検討を行っていくことが必要である。

なお、2020 年９月、エアバス社が 2035 年に水素航空機を市場投入すると発表した。現状、我が国企業においても、水素航空機に関する具体的な取組が始動しており、今後、研究開発や具体的検討を加速していく必要がある。

＜今後の取組＞

水素航空機の実現に向けて、必要となる要素技術の開発を推進する。その際、開発初期の段階から海外メーカーとの連携を模索するとともに、実用化につながる課題を特定し、重点的に取り組んでいく。例えば、燃料タンクやエンジン燃焼機などの製造技術は、水素航空機が成立するために必要不可欠なコア技術である一方、軽量化と安全性・信頼性の両立が困難といった観点で、極めて技術的ハードルが高く、中長期にわたる巨額の研究開発費用が必要となる。そのため、グリーンイノベーション基金等の活用も検討しながらコア技術の開発を推進していく。また、水素燃料の保管、輸送、利用のための空港の民間設備等の検討を、2021 年６月以降、政府や航空機メーカー、その他関連企業や学術関係者が連携しつつ、「水素航空機の実現に向けた空港周辺インフラ検討会（P)」において進めていく。

③ 機体・エンジンの軽量化・効率化

＜現状と課題＞

航空機・エンジン材料については、軽量化、耐熱性向上などに資する新材料の導入が進んでいる。航空機構造（胴体や主翼等）や内装品（ギャレー等）では、アルミ合金から炭素繊維複合材への転換が進み、航空機エンジンでは、軽量で強度に優れた炭素繊維複合材のファン部品への適用、高温に耐えうる素材として有望視されているセラミックス基複合材のタービン部品への適用が始まっている。

低炭素化要求の強まりに伴い、更なる軽量化・効率化につながる素材の適用ニーズは、今後も継続していくことが見込まれる。現状、我が国企業は素材分野での技術的優位性があるが、今後、更なる性能向上やコスト低減要求に対応していくことが重要である。

＜今後の取組＞

国内素材メーカー、航空機・エンジンメーカー、JAXA 等の国立研究開発法人の連携の下、先端材料に係るデータベース整備や生産技術も含めた必要な技術開発を進め、将来機における搭載技

術が選定されるタイミングまでに、国内メーカーが必要な技術レベルを満たすことを目指す。その際、航空機を製造する海外企業との連携の枠組みを活用・強化して、開発された技術の将来機への搭載を目指す。

また、炭素繊維複合材は、軽量化という観点から運航時における省エネ効果は従来の金属よりも高い一方で、製造時においては金属よりもエネルギー消費が多い。したがって、製造サイクル全体としての排出削減効果を高めるべく、中長期的なリサイクル技術の確立について、自動車や他分野とも連携を図りながら推進していく。

④ バイオジェット燃料等・合成燃料

ア）代替航空燃料（SAF：Sustainable Aviation Fuel）

＜現状と課題＞

国際航空に関し、ICAOにより「2019年比でCO_2排出量を増加させない」という制度が導入された（制度は2035年まで継続）。制度導入により、SAFの市場は、現時点でほぼ皆無だが着実に拡大し、2030年時点では本邦航空会社（国際線）だけでも最大で1,900億円の市場規模に拡大する見通しである。

このため、欧米企業を始めとして、各国企業はジェット燃料の代替燃料の開発を活発化している。複数あるSAFの技術開発については、各国が横並びの競争状態である中で、日本企業は要素技術の開発を進め、実証を開始している。

SAFの主な製造技術として、ガス化FT合成技術[73]、ATJ技術[74]、微細藻類培養技術[75]等が挙げられる。

現状では、これら燃料の製造技術の課題として、ガス化FT合成については、様々な原料の品質を均一化する破砕処理技術を、ATJについては、高温状態での触媒反応の制御技術を、微細藻類の培養については、①藻がCO_2を吸収する効率が低く、増殖のスピードが遅い（生産性が低い）、②藻の外部環境への耐性が弱いため、安定的に増殖することが困難（生産の安定性が脆弱）であることを解決する技術をそれぞれ確立する必要があり、小規模な実証段階に留まっている。（現状のニート[76]製造コスト200～1,600円/L（既製品：100円/L））

＜今後の取組＞

ガス化FT合成技術、ATJ技術、微細藻類の培養技術等については、前述の技術の確立とコスト低減を実現するための研究開発、大規模実証を実施し、他国に先駆けて2030年頃には、コストを現在の200～1,600円/Lから既製品と同等の100円台/Lまで低減し、実用化を達成する。

また、2025年以降、諸外国においてもSAFの製造・供給が進展していくものと想定される。このため、更なるコストの削減、CO_2排出削減に係る研究開発・社会実装を促進し、国内において、年間の総需要が約2,500億円～5,600億円の規模になると見込まれるため、国内空港において、国内の製造事業者による低廉かつ安定的なSAFの製造・供給体制の早期の構築を目指す。

[73] 木くず等の有機物を蒸し焼き（ガス化）し、触媒により液化する工程によりSAFを製造する技術（Fischer-Tropsch process（フィッシャートロプシュ法））。

[74] Alcohol to jetの略。バイオエタノールを、触媒等を用いてSAFに改質する技術。

[75] 光合成により、CO_2から油分・脂質を生み出す藻を安定大量培養し、SAFを製造する技術。

[76] 化石由来のジェット燃料と混合する前の、バイオマス原料等を基に製造されたジェット燃料を指す。ニートを使用する際には、化石由来のジェット燃料に一定割合を混合した上で、航空機に搭載する必要がある。

さらに、国際的な航空分野のカーボンニュートラルに向けた潮流において、海外の航空会社によるSAFの需要も大幅に増加する見通し。国内におけるSAFの供給量と価格の国際競争力を確保することは、海外の航空会社が日本へ就航する大きな経済的・社会的インセンティブとなることから、アジアにおける日本の国際空港の地位向上につながり、ひいては安定的な国際航空ネットワークの構築につながる。

加えて、本技術を海外にも展開し、海外の航空会社が利用するSAFを供給することで、外貨獲得への貢献も期待される。こうした観点から、SAFの国際市場の動向に応じて、航空機へ競争力のあるSAFの供給を拡大していく（一部国際認証取得済み）。

イ）合成燃料

＜現状と課題＞

合成燃料は、CO_2と水素を合成して製造される燃料であり、排出されたCO_2を再利用することからカーボンフリーな脱炭素燃料とみなすことができる。特にガソリン・灯油・軽油等の混合物である液体合成燃料は、複数の炭化水素化合物の集合体、いわば「人工的な原油」である。特に、再エネ由来の水素を用いた場合はe-fuelと呼ばれる。既存の燃料インフラや内燃機関が活用可能であることから、水素など他の新燃料に比べて導入コストを抑えることが可能となる。

合成燃料は、化石燃料と同様に液体燃料であるため、エネルギー密度が高く、可搬性があるという特徴がある。例えば、大型車やジェット機が電動化・水素化した場合、液体燃料と同様の距離を移動する際、液体燃料よりも大容量の電池・水素エネルギーが必要となる。こうした液体合成燃料は、電気・水素エネルギーへの代替が困難なモビリティ・製品がある限り存在し続けると考えられる。

合成燃料の商用化に向けた課題はコストと製造技術の確立であり、今後、既存技術の高効率化・低コスト化や革新的な新規技術・プロセスの開発に取り組んでいくことが必要である。

また、合成燃料の原料はCO_2と水素であるため、資源制約を受けることなく工業的に大量生産することが可能であるという観点から、安定的な供給が可能なSAFの1つとしてのポテンシャルを評価することができる。このため、今後増加が見込まれるSAFの需要に対し、適切な供給の実現に貢献することが期待される。

＜今後の取組＞

合成燃料について、商用化に向けた一貫製造プロセス確立のため、既存技術（逆シフト反応＋FT合成プロセス）の高効率化や製造設備の設計開発に加え、革新的新規技術・プロセス（共電解、Direct-FT等）の開発を実施する。

こうした合成燃料に係る技術開発・実証を今後10年で集中的に行うことで、2030年までに高効率かつ大規模な製造技術を確立し、2030年代に導入拡大・コスト低減を行い、2040年までの自立商用化（環境価値を踏まえたもの）を目指す。

（１１）カーボンリサイクル・マテリアル産業

i） カーボンリサイクル

カーボンリサイクルは、CO_2を資源として有効活用する技術でカーボンニュートラル社会を実現するためのキーテクノロジーであり、日本に競争力がある。

カーボンリサイクル産業は、カーボンリサイクル技術ロードマップに示されたとおり、鉱物（コンクリート製品、コンクリート構造物、炭酸塩、セメント等）、燃料（藻類ジェット燃料、藻類ディーゼル燃料、合成燃料、バイオ燃料、メタネーションによるガス燃料等）、化学品（ポリカーボネートやウレタン等の含酸素化合物、バイオマス由来化学品、オレフィンやパラキシレン等の汎用物質）等の主要分野含め、多岐にわたる。これら主要な製品を中心に、コスト低減や用途開発のための技術開発、社会実装を進め、カーボンリサイクル産学官国際会議の活用等も通じてグローバル展開を目指す。

① コンクリート・セメント

＜現状と課題＞

コンクリートについては、日本には、CO_2吸収型コンクリート（CO_2-SUICOM）を実用化することに成功している企業がある。化学工場等から排出される消石灰からCO_2を吸収して固まる材料を製造し、これをコンクリート製造に使用することで、①製造プロセスでCO_2を吸収、②セメント使用量を削減し、コンクリートのCO_2排出を削減することが可能である。さらにCO_2吸収量を増大させることでネガティブエミッション（炭素除去）の達成も可能となる。

国際的には、米国企業が同様の技術を開発、実用化していることに加え、英国企業は骨材にCO_2を吸収させるタイプの技術を実用化しており、各国が横並びの競争状態にある。

CO_2吸収型コンクリートの市場規模については、2030 年時点で約 15～40 兆円にまで達すると予想されている中、こうした市場拡大を見据え、早期に価格低減を達成し、市場シェアを獲得する必要がある。

他方、現状のCO_2吸収型コンクリートはコストが高く（＝既製品の約 3 倍の 100 円/kg)、低コスト化とCO_2吸収量増大との両立が主な課題である。また、コンクリート構造物中の鉄骨が錆びやすいため（CO_2吸収により酸化しやすくなるため）用途が限定的といった課題も存在する。さらに、コンクリートが地産地消型の特性があることも踏まえ、開発されたCO_2吸収型コンクリートの普及拡大には、地域における調達状況といった地域性に対応できる製造技術を確立する必要がある。

セメントについては、その原料である石灰石の燃焼時に生じる脱炭酸反応により大量のCO_2が排出される。これに対処すべく、「革新的環境イノベーション戦略」等を踏まえ、工場等の排ガスから化学吸収法等によりCO_2を回収し、そのCO_2を廃コンクリートや鉄鋼スラグ等から回収したカルシウムに固定して炭酸塩化する研究開発等に着手し、セメント製造由来のCO_2有効利用の取組を進めている。

国際的には、EU による資金提供を受け、セメント製造設備を改良し、燃焼過程で発生するCO_2を回収する製造技術の開発が実施されているなど、各国のセメント産業界ではカーボンニュートラルの実現につながる技術開発を進めており、将来のセメント市場の確保のため、2030 年時点で国内 5,000 億円規模の維持を目指す。

現在、セメントキルン１基から１日当たり数千トン規模の CO_2 が排出されており、化学吸収法で大量の CO_2 を回収するためには設備の大規模化が避けられず、既存のセメント工場への適応が難しく、また、セメントの原料として災害廃棄物等も利用するため、CO_2 の効率的な回収と多様な原料の再生利用に適応した革新的技術の開発が課題である。

＜今後の取組＞

コンクリートについては、公共調達による販路拡大により、コスト目標として 2030 年には、既存コンクリートと同価格（=30 円/kg）を目指す。そのため、新技術に関する国交省データベース（NETIS）に CO_2 吸収型コンクリートを登録済であり、これを地方自治体に広く周知する。また、2025 年日本国際博覧会等でも導入することで、国・地方自治体による公共調達を拡大することを目指す。グローバル市場においても、15～40 兆（2030 年）にまで達すると考えられる中、特に経済成長著しいアジアでコンクリート需要が拡大することが見込まれるため、国際標準化や大規模な国際展示会で PR 等を行い、アジアへ販路を拡大する。

さらに、2050 年までに、グリーンイノベーション基金等の活用を検討しつつ、CO_2 吸収範囲の制御技術の開発や鉄筋代替材の活用等により防錆性能を持つ新製品を開発・実証し、建築物やコンクリートブロックに用途拡大を図るとともに、標準化等にも取り組みつつ社会実装を進める。また、CO_2 吸収量の増大と低コスト化を両立させた新技術・製品を開発するとともに、地域性に対応可能な CO_2 吸収型コンクリートの製造技術を確立し、これらに係る特許取得等の知財戦略を通じたライセンス事業形態も活用することで、国内外でのシェア獲得・拡大を目指す。

セメントについては、短期的（～2030 年）には、国内セメント工場で大量の CO_2 回収を実現する技術の確立を目標とする。そのため、既存製造工程を基に、石灰石からの排出 CO_2 を 100%近く回収するプラントの開発を行う。具体的には、まず小型プラントでの実証後、商用ベースに近い製造能力を持つ大型実証機の建設と実証を進めるとともに、廃棄物等の多様なカルシウム源を用いて、回収した CO_2 と反応させ炭酸塩として有効利用する技術の開発や商用化に向けた実証等を進め、当該技術の確立を図る。

日本発のセメントキルン方式が世界のデファクトとなっている現状を踏まえると、この技術は、日本だけでなく世界各国において採用が見込まれる。このため、2030 年以降、国内セメント工場（キルン 51 基）への導入を進めるとともに、2050 年までに、世界各国のキルン改修・新設等における導入を進め、15 兆円を超えると推計される市場でのシェア獲得・拡大を図る。

また、CO_2 吸収型コンクリートは、CO_2 削減効果に加えて、CO_2 吸収によってコンクリートの耐水性・耐久性が増すという特徴も有する。このため、特に河川構造物等、水と接する構造物等の更新や取換頻度の低減につながり、公共投資の合理化が可能となる。

これらの取組により、カーボンリサイクルコンクリート・セメントを用いた製品・建築物を利用可能な市場環境の創出により、需要側が環境配慮や長寿命といったニーズに合わせた製品・建築物を選択できるようになる。

② カーボンリサイクル燃料

ア）代替航空燃料（SAF：Sustainable Aviation Fuel）

＜現状と課題＞

国際航空に関し、ICAO（国際民間航空機関）により、「2019 年比で CO_2 排出量を増加させない」

という制度が導入された（制度は2035年まで継続）。制度導入により、SAFの市場は、現時点でほぼ皆無だが、着実に拡大し、2030年時点では本邦航空会社（国際線）だけでも最大で1,900億円の市場規模に拡大する見通しである。

このため、欧米企業を始めとして、各国企業はジェット燃料の代替燃料の開発を活発化している。複数あるSAFの技術開発については、各国が横並びの競争状態である中で、日本企業は要素技術の開発を進め、実証を開始している。

SAFの主な製造技術として、ガス化FT合成技術[77]、ATJ技術[78]、微細藻類培養技術[79]等が挙げられる。

現状では、これら燃料の製造技術の課題として、ガス化FT合成については、様々な原料の品質を均一化する破砕処理技術を、ATJについては、高温状態での触媒反応の制御技術を、微細藻類の培養については、①藻がCO_2を吸収する効率が低く、増殖のスピードが遅い（生産性が低い）、②藻の外部環境への耐性が弱いため、安定的に増殖することが困難（生産の安定性が脆弱）であることを解決する技術をそれぞれ確立する必要があり、小規模な実証段階に留まっている。（現状のニ―ト[80]製造コスト200～1,600円/L（既製品；100円/L））

＜今後の取組＞

ガス化FT合成技術、ATJ技術、微細藻類の培養技術等については、前述の技術の確立とコスト低減を実現するための研究開発、大規模実証を実施し、他国に先駆けて2030年頃には、コストを現在の200～1,600円/Lから既製品と同等の100円台/Lまで低減し、実用化を達成する。

また、2025年以降、諸外国においてもSAFの製造・供給が進展していくものと想定される。このため、更なるコストの削減、CO_2排出削減に係る研究開発・社会実装を促進し、国内において、年間の総需要が約2,500億円～5,600億円の規模になると見込まれるため、国内空港において、国内の製造事業者による低廉かつ安定的なSAFの製造・供給体制の早期の構築を目指す。

さらに、国際的な航空分野のカーボンニュートラルに向けた潮流において、海外の航空会社によるSAFの需要も大幅に増加する見通し。国内におけるSAFの供給量と価格の国際競争力を確保することは、海外の航空会社が日本へ就航する大きな経済的・社会的インセンティブとなることから、アジアにおける日本の国際空港の地位向上につながり、ひいては安定的な国際航空ネットワークの構築につながる。

加えて、本技術を海外にも展開し、海外の航空会社が利用するSAFを供給することで、外貨獲得への貢献も期待される。こうした観点から、SAFの国際市場の動向に応じて、航空機へ競争力のあるSAFの供給を拡大していく（一部国際認証取得済み）。

イ）合成燃料

＜現状と課題＞

合成燃料は、CO_2と水素を合成して製造される燃料であり、排出されたCO_2を再利用することからカーボンフリーな脱炭素燃料とみなすことができる。特にガソリン・灯油・軽油等の混合物で

[77] 木くず等の有機物を蒸し焼き（ガス化）し、触媒により液化する工程によりSAFを製造する技術（Fischer-Tropsch process（フィッシャートロプシュ法））。

[78] Alcohol to jetの略。バイオエタノールを、触媒等を用いてSAFに改質する技術。

[79] 光合成により、CO_2から油分・脂質を生み出す藻を安定大量培養し、SAFを製造する技術。

[80] 化石由来のジェット燃料と混合する前の、バイオマス原料等を基に製造されたジェット燃料を指す。ニートを使用する際には、化石由来のジェット燃料に一定割合を混合した上で、航空機に搭載する必要がある。

ある液体合成燃料は、複数の炭化水素化合物の集合体、いわば「人工的な原油」である。なお、再エネ由来の水素を用いた場合は e-fuel という。既存の燃料インフラや内燃機関が活用可能であることから、水素等、他の新燃料に比べて導入コストを抑えることが可能となる。

合成燃料は、化石燃料と同様に液体燃料であるため、エネルギー密度が高く、可搬性があるという特徴がある。例えば、大型車やジェット機が電動化・水素化した場合、液体燃料と同様の距離を移動する際、液体燃料よりも大容量の電池・水素エネルギーが必要となる。こうした液体合成燃料は、電気・水素エネルギーへの代替が困難なモビリティ・製品がある限り存在し続けると考えられる。

合成燃料の商用化に向けた課題はコストと製造技術の確立であり、今後、既存技術の高効率化・低コスト化や革新的な新規技術・プロセスの開発に取り組んでいくことが必要である。

＜今後の取組＞

合成燃料について、2050 年に、ガソリン価格以下のコストが実現できるよう、商用化に向けた一貫製造プロセス確立のため、既存技術（逆シフト反応＋FT 合成プロセス）の高効率化や製造設備の設計開発に加え、革新的新規技術・プロセス（共電解、Direct-FT 等）の開発を実施する。

こうした合成燃料に係る技術開発・実証を今後 10 年で集中的に行うことで、2030 年までに高効率かつ大規模な製造技術を確立し、2030 年代に導入拡大・コスト低減を行い、2040 年までの自立商用化（環境価値を踏まえたもの）を目指す。

ウ）合成メタン

＜現状と課題＞

合成メタンは、水素と CO_2 から合成（メタネーション）されるため水素キャリアの一つとして期待される。都市ガス（天然ガス）の主成分はメタンであり、合成メタンは都市ガス導管等の既存のインフラや設備を活用して天然ガスを代替することができるため、2050 年カーボンニュートラルに向けてコストを抑えつつ、より円滑な移行への貢献が期待できる。また、排出される CO_2 を回収してグリーン水素と組み合わせた合成メタンは、新たな CO_2 を排出しないためカーボンニュートラルとなりうる。CO_2 の分離や利用等と組み合わせることにより、より一層の CO_2 排出量の削減に貢献できる。

メタネーションの技術については、2017 年度から 2021 年度にかけて NEDO において小規模試験設備でメタネーションを行う基盤技術開発を実施した。また、2019 年度から 2020 年度にかけて NEDO において、水素の調達を必要とせず、従来のメタネーション技術より高効率に合成メタンを製造できる革新的な SOEC メタネーション技術に必要な要素技術を確認する先導的な基盤技術開発も行われている。

今後、メタネーションの実用化・低コスト化に向けた設備の大型化や高効率化等の技術開発が必要となる。また、メタネーションには安価な水素と CO_2 の調達が必要であり、サプライチェーンの構築が課題となる。CO_2 削減量のカウントについては、カーボンニュートラルに資する方向での検討が必要である。

＜今後の取組＞

2030 年には、既存インフラへ合成メタンを１%注入し、水素直接利用等その他の手段と合わせて５%のガスのカーボンニュートラル化を目標とする。2050 年までには、既存インフラに合成メ

タンを 90%注入し、水素直接利用等その他の手段と合わせてガスのカーボンニュートラル化達成を目指す。加えて、2030 年頃において、船舶分野におけるガス燃料として合成メタン等の供給開始を目指す。

水素製造に必要な水電解装置の低コスト化やメタネーション設備の大型化に必要な技術開発、高効率なメタン合成や CO_2 の分離・回収に必要な革新的技術開発に取り組む。

2025 年日本国際博覧会では、会場の生ごみから発生するバイオマス由来の CO_2 と再生可能エネルギー由来の水素からメタネーションにより合成メタンを生成し、会場内の施設で活用する実証が提案されている。

CO_2 削減量のカウントについて、カーボンニュートラルに資する方向での検討を速やかに行う。

また、2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて、合成メタンの生成のために相当量の水素の確保が必要となり、合成メタンのコストを低く抑えるためには、水素コストが相対的に安価な海外で生成した合成メタンを国内に輸送することが有効と考えられる。これらを踏まえ、合成メタンの導入等、ガスの脱炭素化に向けた海外サプライチェーン構築を進めていく。2020 年代後半には海外から国内へ合成メタンの輸送を開始し、2030 年代には全国的な導入拡大を進めていき、コスト低減を図りながら、2040 年代には商用化の実現を目指す。

これらの取組を進めるためには、供給側・需要側の民間企業や政府等、関係する様々なステークホルダーが連携して取り組むことが重要であることから、ガスの脱炭素化に向けて官民が一体となって取組を推進するメタネーション推進官民協議会を 2021 年６月に設置し、検討を推進する。

これらの取組を通じて、2050 年までに合成メタンを 2,500 万トン供給し、合成メタンの価格が現在の LNG 価格（40～50 円/Nm^3）と同水準となることを目指す。

エ）グリーン LPG

＜現状と課題＞

LP ガスは全世帯の約４割の家庭に供給される、国民生活を支える必要不可欠なエネルギーである。また、工業用・化学原料用等、多岐にわたる分野を支えており、2050 年時点においても約６割の需要が維持される見込みである。

カーボンニュートラルに向けて、化石燃料である LP ガスを海外から調達する業界構造から、バイオマス等から（化石燃料由来ではない）グリーン LP ガスを合成する技術を確立することにより、グリーン LP ガス製造業の創出を図ることで、カーボンニュートラルに貢献する業態へ転換する必要がある。

現状では、水素と一酸化炭素等による人工合成やバイオマス等によるグリーンな LP ガス合成技術が想定されるが、将来的に、LP ガスを直接合成するためには、耐久性の高い触媒等の開発・実証が不可欠。

本技術の商用化により、これまでの業界構造が変化し、従来 LP ガス産業と関わりがなかった様々なプレイヤーの参入により、コスト低減が図られることが期待される。

なお、欧州においては、バイオディーゼル燃料の副生物として、バイオマス由来のグリーンな LP ガスの合成が行われているものの、数量は極めて少量であり、人工合成については、世界的に基礎研究途上の状況である。

＜今後の取組＞

LP ガスのグリーン化を図るため、化学合成やバイオマスによる LP ガス合成技術を確立し、2030 年の社会実装に向けた実証等に取り組む。

こうしたグリーン LP ガスの合成に係る技術開発・実証を今後 10 年で集中的に行うことで、2030 年までに合成技術を確立し、商用化を実現。2050 年には需要の全量をグリーン LP ガスに代替することを目指す。

③ カーボンリサイクル化学品（人工光合成等によるプラスチック原料）

化石資源由来のプラスチック等の化学製品の市場規模は、日本市場が 10 兆円規模、世界市場では数百兆円規模である。このような大規模市場について、日本企業のみが有している人工光合成技術等を確立することで、シェア獲得・拡大を図る。

ア)人工光合成によるプラスチック原料

＜現状と課題＞

光触媒を用いて太陽光によって水から水素を分離し、水素と CO_2 を組み合わせてプラスチック原料を製造する人工光合成の技術は、日本企業のみが開発中である。既に基礎研究（ラボレベル）は成功している。

他方、現状では、光触媒の変換効率が低く、また製造コストが高いため、大規模実証の実施には技術的課題がある。また、人工光合成技術の確立には、水素等の分離膜や、基幹物質である炭化水素の合成に必要な触媒等の開発・実証も併せて必要となる。

＜今後の取組＞

産総研ゼロエミッション国際共同研究センターとも連携し、変換効率の高い光触媒を開発することで、2030 年までに人工光合成によるプラスチック製造コストを約２割削減する。その際、光触媒による水素・酸素混合低圧ガスの生成から水素と酸素の分離回収に至るまでの一連の工程における安全の担保も考慮しながら、人工光合成の大規模実証や社会実装を最適に進めていくための関連規制の検討が必要となる。こうした検討が後手に回り、技術確立や社会実装に遅れが生じ、日本の優位性を失うことのないよう、今後の技術動向を予測しながら、先見性のある新たな保安・安全基準の策定、高圧ガス保安法等の関連規制の対応等に取り組む。

その上で、2050 年には人工光合成によるプラスチック原料製造の大規模実証を実施し、ポリエチレンやポリプロピレン等の汎用プラスチックについては既製品と同価格（＝100 円/kg）を実現する。

イ)廃プラスチック・廃ゴムや CO_2 直接合成等のプラスチック原料

＜現状と課題＞

廃プラスチック・廃ゴムは焼却すると CO_2 が排出される一方、化成品の炭素源として再利用できることも踏まえ、対策が必要である。例えば、廃プラスチックから合成ガス（水素と一酸化炭素）を生成し、これをアルコール化した上で、プラスチック原料とするような取組も一部で進んでおり、その拡大・深化が求められる。

また、機能性化学品についても製造時の CO_2 排出量削減が必要であることに加えて、軽量化等の機能性向上による高付加価値化が求められている。加えて、ナフサ分解炉において必要な熱源対応も重要となる。

＜今後の取組＞

CO_2を原料とする機能性化学品（ポリカーボネイト等の含酸素化合物）やバイオマス・廃プラスチック由来の化学品等については、2030 年に製造技術を確立し、2050 年に既存製品と同価格を目指す。耐熱性や耐衝撃性、軽量化といった機能性の更なる向上により、同価格で現行よりも高い付加価値を有する製品（自動車や電子機器等）の実現が可能である。

さらに、熱源のカーボンフリー化（バーナーや分解炉の研究開発）等によるナフサ分解炉の高度化も検討する。

ウ)バイオものづくり技術の活用

＜現状と課題＞

バイオものづくり技術は、カーボンリサイクル技術のひとつであり、ゲノム編集等により機能を高めた微生物等を用いて、バイオマス資源や大気中のCO_2を原料として、バイオプラスチックや機能性素材等の化学品を生産することが可能である。また、常温・常圧の生産プロセスによる省エネルギー効果や、動物由来繊維に変えて人工繊維等を製造すること等による家畜の生産段階の排出削減効果等も期待される。

バイオマス資源を用いたバイオものづくりは、既存の化学品に比べてコストが高いこと、生産できる化学品の種類が限定的であること等が課題である。また、大気中のCO_2を原料とするバイオものづくりは、商用化を見据えた研究開発を行っている事例もあるものの、効率的な物質生産が可能な遺伝子改変微生物等の開発や培養技術など、要素技術の開発が課題である。

＜今後の取組＞

バイオマス資源を用いたバイオものづくりについては、ゲノム編集等による産業用の微生物等の開発、ＡＩ等による効率的な生産プロセスの開発・実証などを実施する。今後 10 年間の集中的な取組により低コスト化を進め、2035 年までに商業ベースで生産可能な化学品の種類・機能を拡大する。大気中のCO_2を原料とするバイオものづくりについては、培養に適した微生物株の開発等により、基盤技術を確立し、2040 年頃からの実用化を目指す。

④ CO_2分離回収設備（排気中CO_2の分離回収）

＜現状と課題＞

ネットゼロエミッションが困難なCO_2排出源のネガティブエミッション（炭素除去）、及びカーボンリサイクルで必要なCO_2源を確保するため、CO_2分離回収技術の開発・実証が不可欠である。日本や欧米等の各国が脱炭素化に向かう潮流の中、2030 年には、CO_2分離回収技術の市場規模は約６兆円/年、2050 年には約 10 兆円/年にまで拡大すると予測されており、日本だけでも 2050 年に約 4,000 億円/年にまで達する見込み。

日本企業は EOR や化学用途向けに、発電所からの高濃度CO_2の分離回収設備を完成させており、CO_2分離回収プラント建設でトップシェアを確保している。また、CO_2分離回収技術について、日本の産学の特許数が他国と比較して多い。

他方で、様々な濃度や特性を持つCO_2排出源からの低コストでの回収技術が、今後の開発課題である。

＜今後の取組＞

今後、高効率なCO_2分離回収技術を開発し、2030 年には分離回収技術の更なる低コスト化と、EOR 以外の用途への拡大を実現する。その際、CO_2分離回収の標準評価技術については広範囲な応用を視野に入れた技術を確立し、日本の技術の国内外への展開を加速するため、国際標準化について検討する。その上で、2050 年に、年間 10 兆円の世界の分離回収市場のうち３割のシェア確保を目指す。なお、社会実装を目指した技術開発を進めるに当たり、技術実証の実施や国際社会への発信を行うため、2025 年日本国際博覧会等の場の活用も検討する。

【参考】大気中からCO_2直接回収（DAC: Direct Air Capture）

＜現状と課題＞

DAC（Direct Air Capture）の技術開発について、欧米のベンチャー企業が商用化を見据えた研究開発を加速させているものの、世界的にも要素技術開発の段階。国内でも、ラボレベルでの開発を 2020 年から開始している。

現状、エネルギー効率が低く、大気中からのCO_2回収コストが高いことが課題となっている。

＜今後の取組＞

大気中からの高効率なCO_2回収方法について技術開発を進め、低コスト化を実現し、2050 年の実用化を目指す。

ii） マテリアル

新規

化学品やセメントは、カーボンリサイクル産業の構成要素であると同時に、金属や紙なども含めたマテリアル産業の構成要素でもある。これらのマテリアル（部素材）は、鉄を始めとして、宇宙船から自動車、新幹線、PC、スマートフォン、住宅、日用品等の人々の生活を支えるあらゆる製品に組み込まれている。2050 年のカーボンニュートラル社会においても、こうしたマテリアルが果たす役割は変わらず、生活を支えるあらゆる製品で活用され続けていく。

また、ものづくりの産業構造そのものが、単一の製品を製造することにより付加価値を求める時代から、他の製品やサービスのプロセス全体に、低炭素化など社会課題へのソリューションを提案し、マネジメントする時代へと転換しようとしている。そうした中、マテリアル産業では、高温・高圧等のエネルギー集約環境下で化学反応を活用しながら様々な部素材を提供している。したがって、マテリアル産業は、カーボンニュートラルを見据えたプロセスマネジメントの担い手となり、更なる成長が期待できる産業である。

こうした社会の基盤となる製品の材料を供給するマテリアル産業は、サプライチェーンの川上に位置し、資源・エネルギー・土木・建築等のインフラ分野や、自動車や電機電子・造船等の製造業等のあらゆる産業の基盤の役割を果たしている。現時点で約 164 万人の雇用[81]を抱えており、地域の経済や雇用にも大きく貢献している。

しかしながら、こうしたマテリアル産業では、製造過程で CO_2 を多く排出することが課題となっている。実際、鉄鋼業、化学工業、窯業土石製造業、製紙業は、産業分野の中でも、比較的 CO_2 を多く排出している。これらの産業においては、それぞれ熱源を脱炭素化するとともに、プロセスそのものの抜本的な変更が求められている。プロセスそのものの抜本的な変更の一例として、鉄鉱石の還元プロセスにおいて、石炭に代えて水素を利用する水素還元製鉄や、水と CO_2 からプラスチック原料を製造する人工光合成などの取組が挙げられる。このような製造段階での脱炭素化・省 CO_2 化を進め、ゼロカーボンでの製造を実現するために、技術開発・実証・実装で世界をリードして革新的な製造手法に切り替えていく。

革新的な手法で製造されたマテリアルは、いずれも軽量化や強靭化により川下段階での省資源・省エネ化に貢献できるものであるとともに、幅広い用途での需要拡大が見込まれる。具体的には、炭素繊維（航空機や風力タービン）、ファインセラミックス・カーボンナノチューブ（革新的蓄電池、革新的太陽光発電、次世代半導体等の部素材）、セルロースナノファイバー（自然由来で様々な部素材の性能向上に寄与）等については、川下分野の戦略等を踏まえた開発を進め、環境性能の高いマテリアルの普及拡大、市場の取り込みを目指す。加えて、国内海外双方においてビジネスを行っていく上での前提となるビジネス環境整備に取り組む。

これらにより、マテリアル産業の産業基盤を強固にしつつ、2050 年に向けて、カーボンニュートラルへの取組を加速し、我が国のマテリアル産業の更なる成長・発展との両立を目指す。

① 革新的な金属素材

＜現状と課題＞

産業分野において、自動車、船舶、航空機等の各産業のカーボンニュートラルの実現には、革新的な金属素材の開発と供給が必要である。例えば、エネルギー効率向上に向けて、輸送用機械の軽量化を進めるためには、軽量かつ強靭といった金属素材が不可欠であり、他方で、電動化拡

[81] 工業統計調査（2020 年調査）における、従業者数の合計（2018 年時点）。

大が進む中で、電動パワートレインの性能向上と低コスト化を実現するためには、革新的な金属素材の開発が求められている。また、ポスト５G、６G 等の高度情報通信社会の実現には、今後拡大が見込まれているデータセンター等の冷却に用いるエネルギーの省エネ化に向けて、熱伝導率等の熱特性の向上が必要である。しかし、一般的に熱伝導率と強度はトレードオフの関係にあり、双方の特性を向上させるための新たな合金等の開発が必要となっている。

インフラ分野におけるカーボンニュートラルの実現には、新たなカーボンフリーエネルギーの利用拡大のために、それぞれの特性に対応した部素材の供給が必要となる。例えば、水素供給基盤等のインフラについては、金属素材が高圧水素環境にさらされると、金属素材中に水素原子が侵入し材料を劣化させる「水素脆化」が発生するという課題があることから、水素による腐食に強い革新的な金属素材が不可欠である。また、洋上風力発電においては、主要な部素材のサプライチェーンを海外に依存しているため、輸送コストや台風・地震・津波等の災害といった日本特有の自然条件を考慮した構造材の開発等が課題となっている。加えて、洋上風力発電等の普及には地域間連系線等の拡大が不可欠であり、性能、コストが課題となっていることから、高効率、かつ、安定供給が可能な連系線部素材の開発・供給が必要である。

そして、産業分野、インフラ分野を含めた全ての用途において、金属素材の活用に当たっては、脱炭素及び資源制約克服の観点から、資源循環の拡大や長寿命化による製造時の CO_2 排出の低減が不可欠である。例えば、鉄鋼やアルミは優れたリサイクル性を持つが、リサイクル材は用途が限られる点が課題である。鉄鋼やアルミは高強度・高耐食性などの性質により、新幹線や電車の車体、自動車、建材、飲料缶など生活の中で広く活用されており、今後、リサイクル技術の更なる発展と軽量化、耐食性の向上を進めることで、鉄道や自動車の燃費向上、建材の長寿命化など、様々な効果が見込まれる。このように、金属素材はライフサイクル全体での取組が不可欠である。

＜今後の取組＞

産業分野の最終製品の脱炭素化に向けて、革新的な金属素材の開発・供給を行い、輸送用機械の燃費低減や電動化、情報通信社会の高度化の実現を目指す。例えば、現在、自動車用鋼板に使用されている高張力鋼板（ハイテン）を超える革新鋼板（超ハイテン）等や複数素材の組合せ（マルチマテリアル化）に不可欠な接着・接合技術等を開発することにより、金属素材の特色であるコスト競争力を保ちつつ、輸送用機械の更なる軽量化を実現する。輸送用機械の高速化では、こうした革新的金属素材による軽量化等が必要不可欠であり、これにより、交通や移動にかかる時間等のコストを大きく低減できる可能性がある。そのため、研究開発を進めていくに当たっては、将来的に高速な輸送用機械に使用する部材の社会実装の在り方についても留意していく。

また、電動化に不可欠な新合金や耐熱性等の要求水準が高い航空機エンジンにも利用可能な全く新しい高機能材料の開発を加速する。全く新しい高機能材料の実現を通じて、次世代航空機の軽量化と航空機エンジンの高効率化による燃費改善が図られることにより、2040 年において、92.8 万トン/年の CO_2 削減が期待される。

加えて、トレードオフの関係にある熱伝導率の向上と高強度化による製品の小型化・軽量化を両立し、日本の強みを活かした新しい銅合金や熱を効率的にマネジメントする機能性合金を開発する。これにより、データセンター等の省電力化を進めることにより、ポスト５G、６G 社会の早期実現を目指す。

インフラ分野においては、新たなカーボンフリーエネルギーの特性に対応した部素材の開発・供給を通じて、再生可能エネルギー関連設備等の高耐久性やコスト低減を実現する。具体的には、水素・アンモニア等の新たなエネルギー源の利用拡大に不可欠な、腐食に強く、価格を抑制した革新的な金属素材等を開発することで、水素供給基盤等の早期確立に貢献する。また、洋上風力発電向けに、日本特有の自然条件に適した高強度かつ短工期・低コストに資する構造材やケーブル等の素材を開発することで、現状、海外に依存している洋上風力発電産業の国内サプライチェーン構築につなげることに加え、設置コストやメンテナンスコストの低減を目指す。また、こうした新たな市場の獲得に向けては、従来のように単なる素材の供給に留まらず、製造から設置、メンテナンスまで一貫して取り組むことで、１つのパッケージとしてソリューションを提案できるようなビジネスモデルを構築し、国際競争力向上を目指す。

② 革新的な製錬・圧延・溶解手法

＜現状と課題＞

金属素材は、私たちの生活や産業に不可欠な基礎素材であり、カーボンニュートラル社会の実現には、革新的な金属素材の供給という側面から、金属産業が担う役割はますます大きくなっている。しかし、カーボンニュートラル社会の実現に金属素材の供給が果たす役割が大きい一方で、金属素材の製造段階ではCO_2が多く排出されており、製錬・圧延工程における脱炭素化が急務である。

例えば、製錬工程において、鉄鉱石の還元では、日本古来の「たたら製鉄」に始まり、長く木炭や石炭等の炭素を用いて鉄鉱石から酸素を取り除く手法が採られてきたが、化学反応の結果として不可避的にCO_2が発生する。還元材を石炭から水素に代替することができれば、大幅なCO_2排出削減が期待できるが、現行の石炭（コークス）による還元は発熱反応であるのに対し、水素による還元反応は熱を必要とする吸熱反応であり、還元反応に伴い炉が冷えてしまうことから、連続的に還元するために必要な熱の補填が必要となる。加えて、石炭が減ることで反応ガスの通気に必要な炉内の隙間をどう作るのかなど、技術面の課題は非常に高く、世界的にも水素還元製鉄の技術は確立されていない。加えて、水素還元製鉄の実現には脱炭素燃料として期待される水素を安価（約８円/Nm^3）かつ大量（約 700 万トン）に調達することが不可欠であるため、還元技術の確立以外にも多くの課題が存在する。

また、電炉法を拡大することによって、還元工程でCO_2を排出する高炉法と比較して、製造工程におけるCO_2排出を大幅に削減することができる。しかし、電炉法では原料に含まれる不純物の除去技術が確立されておらず、様々な不純物を含む原料の選別や前処理等様々な課題が存在し、電炉法のみでは、輸送用機械等に使用される高級鋼の供給が困難である。

圧延・溶解工程では、電気分解や加熱に膨大なエネルギーが必要となるが、電気料金等のエネルギーコストの負担が大きいことが課題となっている。例えば、アルミ精錬には１トン当たり 13,000～14,000kWh もの電力が必要で、かつて我が国にも精錬工場が存在したが、石油危機により電力料金が急騰する中で、安価な輸入品が国内に流入するなど国際競争力の低下につながった例もある。こうしたエネルギーコストの負担を軽減し、国際競争力を強化しつつCO_2排出削減を実現するには、電気分解に要する膨大な電力消費や、加熱プロセスの大幅な省エネ化を実現するために、革新的加熱プロセスの開発が必要である。

このほか、我が国金属産業の脱炭素化と成長の好循環を実現するためには、日本企業の適切な利潤を確保し、設備の老朽化に伴う更新投資に加えてグリーン成長に向けた投資余力を確保していくことが必要である。加えて、我が国金属産業の優れた脱炭素化技術が適切に評価され、世界のグリーンメタル市場の獲得を促すルール形成をはじめとするビジネス環境整備、国際連携も必要となる。

＜今後の取組＞

鉄鋼業については、カーボンフリー電力を用いた電炉法や、カーボンフリー水素を用いた高炉法により、世界に先駆けた「ゼロカーボン・スチール」の技術開発・供給を行うことで、2050 年時点で最大約 5 億トン/年[82]（約 40 兆円/年）と見込まれるグリーンスチール（水素還元製鉄、高炉＋CCUS／カーボンリサイクル等の合計）の市場獲得を目指す。

そのための取組として、具体的には、鉄鋼業の還元・溶解工程においては、現行の生産性が高く、エネルギー効率に優れる高炉を有効活用し、水素を用いて鉄鉱石を還元するとともに、高炉排ガスに含まれる CO_2 を分離・回収し、還元剤に転換して活用することにより、製鉄プロセスで発生する CO_2 排出を削減することができる技術を開発する。また、2050 年までの「ゼロカーボン・スチール」の実現を見据え、水素だけで鉄鉱石を還元できる「水素直接還元法」の実現に向けた基礎技術（例えば、①鉄鉱石の還元に必要な炉内熱補償技術、②原料に含まれる不純物を除去する技術、③還元鉄の溶解に不可欠な電炉の高度化技術等）を確立する。さらに、高炉法に比べ生産時の CO_2 排出量を抑えることのできる電炉の大型化に伴う技術制約の克服により、生産コストを削減し競争力を高めつつ CO_2 削減を実現する。

溶解、圧延工程においては、膨大な電力を要する電気分解の省電力化や、化石燃料を用いた加熱の電化等、圧延時の再加熱プロセスの CO_2 削減に向けた技術を開発する。一般に、電化によりエネルギー効率は化石燃料よりも低下するが、熱伝導効率の改善などを通じた省エネ化を進めることで、製造時のコストを低減する。

国際協調・国際連携の下で過剰生産能力問題の解決に取り組むとともに、国内需要拡大や企業体力向上に向けた施策を進めることで、日本企業の適切な利潤を確保し、グリーン成長に向けた投資余力を確保する。さらに、世界のグリーンメタル市場の獲得を促すため、我が国金属業の製造プロセスにおける優れた省エネ、CO_2 削減技術が適切に評価されるためのルール形成に向けて、国際標準等の策定や普及に向けた取組を推進し、新興国を中心とした市場確保と世界全体での CO_2 削減を実現する。

③ 資源の有効利用

＜現状と課題＞

鉱物資源は海外に依存している中で、更なる資源循環の拡大やカーボンニュートラルに資する輸送用機械・インフラ向け金属素材の安定的な供給には、国内で発生するスクラップを活用したリサイクルの高度化や代替・省資源化が必要である。

また、構造物の長寿命化を目的に、国土強靱化の目的で河川の氾濫防止のための護岸工事や港湾における津波対策などで鋼材が活用されている。国民の安全安心な生活を確保しつつ環境負荷

[82] IEA Energy Technology Perspectives 2020 SDS 等をもとに推計（平均鉄鋼価格：8 万円/トン）。

を低減するため、資源を長く有効に利用するため、強度や靭性等を更に高めた高強度鋼材が必要である。

このほか、環境性能に優れた我が国金属材料の利用拡大、ひいては、金属素材を利用した製品のライフサイクル全体の CO_2 排出量低減に向けて、ライフサイクル全体での環境負荷評価に関する国際標準化等を通じ、グリーンメタルの普及を促進するような社会のルール形成と評価手法の普及も必要である。

＜今後の取組＞

資源循環の拡大や長寿命化による製造時の CO_2 排出の低減を通じて、脱炭素化と資源制約の軽減を両立する。例えば、アルミニウムは軽量材料として、自動車向け等での需要増が見込まれており、2050 年には世界市場が約５割程度増加して 1.4 億トン程度まで拡大することが期待される。この市場を獲得するため、アルミスクラップを、自動車の車体等にも使用可能な素材へとアップグレードする技術を開発し、国内に限らず世界的なカーボンニュートラル社会の実現に貢献する。これによりアルミ展伸材の資源循環率を現在の 10%から 2050 年に 50%まで拡大し、軽量化ニーズを背景とするアルミ需要の拡大に対応するとともに、リサイクル材活用を促進することで国内の脱炭素化のみならず世界的な脱炭素化へ貢献する。鉄鋼材料については、自動車用鋼板等の高級材の供給は鉄鉱石から鋼を製造する製造法に限られているが、不純物除去技術を開発することで鉄スクラップを原料とする製法からの供給を実現し、リサイクル材の活用を促進する。

また、鉱石や金属スクラップ、海洋中に微量に含まれる希少金属等（レアメタル、レアアース等）を着実に、抽出・回収し、再利用・再資源化するための技術や、希少金属の使用量を削減する技術、より希少性がない原材料への代替技術を開発・高度化することにより、資源制約の克服を目指す。

構造物の長寿命化に向けては、自然災害から国土を守り、被害を軽減するため、強度や靭性等を更に高めた高強度鋼材を開発し、地震等に強いだけでなく、スカイツリーや新国立競技場のようなデザイン性にも優れた建築物を実現する。こうしたデザイン性に優れた建築物は観光資源としての価値があり、インバウンドの増加など、地域の活性化にもつながる。

このほか、我が国金属製品の優れた省エネ・CO_2 削減効果が適切に評価され、世界のグリーンメタル市場の獲得や、限界削減費用が低い発展途上国における CO_2 削減への貢献を通じた脱炭素社会の実現を目指すため、製品ライフサイクル全体で環境負荷評価を行う仕組みに関する国際標準化等の策定や普及に向けた取組も推進する。

④ 熱源の脱炭素化

＜現状と課題＞

製紙業やガラス・セラミックス等の一部の窯業等では、化学や鉄鋼のように製造プロセスにおいて CO_2 を排出するわけではないものの、いずれも高温での乾燥・焼成等が必要であり、現状ではコストが安い化石燃料を用いている。こうした熱源を非化石燃料に転換することで脱炭素化が図られるという意味では方向性は示されているものの、非化石燃料を用いた製造プロセスは過去においても存在せず、実証を経た上での設備転換が課題となる。

＜今後の取組＞

燃焼させても CO_2 を生じない水素やアンモニア等の非化石燃料由来の熱源に転換することによ

り、脱炭素化を目指す。転換に当たっては、非化石燃料が安定的かつ安価で手に入ることを前提に、燃料変更に伴う製造設備の転換に取り組んでいく。具体的には、水素等の燃焼特性に合わせた大型ボイラー、コージェネレーション、ナフサ分解炉などの工業炉、セメントキルン、ガラス溶融炉、セラミックス焼成炉及び紙パルプ乾燥工程等の技術開発を行っていく。

こうした取組を通じて、日常生活に不可欠な日用品を製造する製紙業等の競争力を維持し、豊かな国民生活を支える。

⑤ 石油化学コンビナートの脱炭素化

＜現状と課題＞

国内の臨海部に立地している石油化学コンビナートは、石油化学、石油精製、鉄鋼、電力、ガス等の基幹産業が集積し、素材・エネルギーの供給拠点として、日本経済や国民生活を支えている。こうした石油化学コンビナートを構成している石油化学プラントや製油所においては、製造プロセスで多くのCO_2が排出されている。これまで高効率熱交換器の導入など省エネ対策に取り組んできたところであるが、製造プロセスへの脱炭素燃料の導入や脱炭素技術の活用など一層の取組が求められる。

＜今後の取組＞

石油化学コンビナートにおいて、製造プロセスへの脱炭素燃料の導入など一層の脱炭素化を図るため、石油化学プラントにおいては、水素やアンモニア等の燃料特性に合わせたナフサ分解炉の技術開発を行う。製油所においては、石油精製プロセスにおけるCO_2フリー水素の活用、トッパーや分解装置におけるボイラーの脱炭素燃料の活用など、製油所の脱炭素化に向けた実証や設備投資を促進する。また、石油化学コンビナート内の企業間で熱を融通するなど企業間連携を促進し、石油化学コンビナート全体の脱炭素化の取組を行う。さらに、石油化学コンビナートが、水素や合成燃料など新たな燃料供給の拠点となる取組を後押しすることで、引き続き石油化学コンビナートがエネルギー供給の中心的な役割を果たしていくことを目指す。

（１２）住宅・建築物産業・次世代電力マネジメント産業

ⅰ） 住宅・建築物

住宅・建築物分野は家庭・業務部門のカーボンニュートラルに向けて鍵となる分野であり、一度建築されると長期ストックとなる性質上、早急に取り組むべき分野である。欧米をはじめとした各国では、カーボンニュートラルに向け、住宅・建築物における断熱改修に係る大胆な投資や、太陽光発電の導入を通じ、市場創出を行うことで、コロナ禍で影響を受けた雇用や経済回復を目指すとともに、良質な住宅の供給によって生活の質を向上させていくことが世界的な潮流となっている。

我が国ではこれまで、住宅・建築物の省エネルギー性能の向上やライフ・サイクル・カーボン・マイナス化（LCCM）、ネット・ゼロ・エネルギー化（ZEH・ZEB）、長寿命化等の推進に取り組んできたが、進展は道半ばである。今後、2050 年カーボンニュートラルを目指すに当たっては、ライフサイクル全体（建築から解体・再利用等まで）を通じた CO_2 排出量をマイナスにする LCCM 住宅・建築物の普及に加え、ZEH・ZEB の普及、省エネ改修の推進、高性能断熱材や高効率機器、再生可能エネルギーの導入、建築物における木材利用の促進を可能な限り進めていく。再生可能エネルギーに関しては、我が国が強みを持つ薄型軽量の次世代型太陽電池が実用化されれば、既存の太陽電池では技術的に設置が困難な耐荷重が小さい既築含む住宅・建築物の屋根や、住宅・建築物の壁面や窓等へ太陽光パネルの搭載が可能となり、より目標の実現に近づく。あわせて、住宅・ビルのエネルギー管理システム（HEMS・BEMS）等を用い、太陽光発電システムの発電量等に合わせた電力需給調整に資するようなエネルギーマネジメントを進めていくことが必要である。

① AI・IoT や EV 等を活用したエネルギーマネジメント

＜現状と課題＞

エネルギーマネジメントの分野では、国内実証、市場獲得に向けた海外等との共同研究や事業展開を実施してきたところ。他方、導入に向けたエネルギーマネジメントの取組への評価・認知度・ニーズ不足が課題である。特に需要家側のエネルギー利用の最適化につながるエネルギーマネジメントシステム等の市場の拡大に向けては、電力需給状況に応じた需要家の行動を促すインセンティブ設計が課題となっている。具体的には、エネルギーマネジメントを得意とする制御機器メーカー等では、給湯、空調、照明等需要側の機器と系統の状況に応じ、快適性を損なわず、最適制御を自動的に行えるシステム開発を行い、実証・実用化しているところだが、需要側に導入するインセンティブが乏しく、導入が進展していない状況である。また、エネルギーマネジメントの一つの手段として EV 等の蓄電システムの活用が挙げられるが、EV は蓄電容量が大きく、日中の太陽光発電によって発電された電気の余剰分を蓄電し、別の時間帯で活用できるような仕組みを構築することで、再エネ導入拡大にもつながる大きなポテンシャルがある。現在は、実証事業等を通じて、EV 充電のピークシフトを行う取組を普及拡大するための課題への対応を行っているが、今後の課題としては、EV 導入や活用につながる需要家の行動を促すインセンティブの検討等が挙げられる。

将来的には、再生可能エネルギー等導入拡大に伴う調整力不足も懸念されるため、需給調整市場創設等を通じた調整力の調達コストの低減や活用するリソースの拡大に向けた取組を進めると

ともに、系統が不安定化した場合の需要側での対応策も検討する必要がある。さらに、海外においても再エネ大量導入に伴う系統安定化や需要側エネルギーマネジメントの取組ニーズは高まっており、これまで欧米等先進国において実証事業を実施してきた。ASEAN 等新興国での取組ニーズも高まることが予想され、海外展開のポテンシャルがある。

＜今後の取組＞

需要家内でのエネルギーマネジメントは普及が進むものの、これに加えて、今後、需給調整市場の開設等により多数の分散型エネルギーリソースを束ねるアグリゲーションビジネスの活性化と、それに必要なリソースや制御システムの導入拡大が見込まれ、電力需給状況に応じた需要家の行動を促すインセンティブ向上に併せ、国内市場の当該システムを活用したビジネスの活性化を進める。

このため、足下では、ビッグデータや AI を活用した最適制御の実証・導入支援を行うとともに、更なる導入を促進するため、EV・蓄電池、太陽光発電、電気機器等の最適制御などのエネルギーマネジメントの導入強化に向けた規格・基準の整備や制度の見直し（省エネ法、インバランス料金制度等)、再エネ、EV、蓄電池などを活用したアグリゲーターや配電事業などの新たなビジネスを促すための電事法上の関係省令等の整備及び実証支援等、制度的措置等の検討を行う。

また、EV 活用に関しては、当面、EV 充電のピークシフトに向けた実証事業等を進めつつ、電力需給状況に応じた EV 活用のインセンティブを検討し、課題・方向性を整理しつつ進めていく。さらに、機器そのものの需給調整に資する制御として、系統の負荷変動に応じた空調等の自動制御技術が開発されており、市場への導入拡大に向けたインセンティブ強化を図る。これらの取組に加えて、AI・IoT の活用によるエネルギー利用の見える化や設備の最適制御による省エネ効果の評価方法を確立し、国民にとっての経済的メリットや生活水準の向上を実感できる社会の実現を目指す。

さらに、こうした国内の取組の成果も踏まえつつ、欧米や新興国における市場獲得を念頭に、二国間対話、人材育成事業、海外実証（(国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）国際実証）を通じ、相手国の制度構築支援や我が国技術の海外展開を進める。

② LCCM 住宅・建築物、ZEH・ZEB、住宅の省エネ性能向上

＜現状と課題＞

これまで、ZEH・ZEB を含む省エネ住宅・建築物の普及に向け、LCCM 住宅・建築物、ZEH・ZEB 等への導入補助や規制的手法（建築物省エネ法）の組合せによる導入促進や ZEH ビルダー等の登録制度を通じた担い手の拡大を図ってきた。新築住宅のうち、建築物省エネ法に基づく省エネ基準を達成している戸建住宅は約７割（2018 年度)。ZEH は大手住宅メーカーに限れば約５割に達するが、注文戸建住宅の全体で見れば２割（全体の 13%）(2019 年度）という状況であり、政府目標としてきた「2020 年までにハウスメーカー等が新築する注文戸建住宅の半数以上で ZEH」への到達は難しい見通しとなっている。

課題としては、供給側では中小工務店における省エネ住宅の取扱いに係る体制や能力、習熟度向上が上げられる。あわせて需要側でも、既存住宅・建築物の省エネ性能向上にかかる費用負担、消費者の認知度の低さ、メリットに対する理解度の低さ、大規模マンション等における創エネポテンシャルの制約等が課題となっている。建築物についても同様の構図であり、特に ZEB については、海外市場開拓も進めてきたが、更なる取組拡大が課題である。また、建築物省エネ法

に基づく住宅や建築物のエネルギー消費性能に関する基準や、外皮性能の最上位の等級が省エネ基準と同等である住宅性能表示制度など、見直しが求められている。

＜今後の取組＞

当面の間は、省エネ性能の高い住宅・建築物や省エネ改修に対して政策による支援を行い、自立的な普及に向けた環境を整備しつつ、普及状況を踏まえて、住宅についても省エネ基準適合率の向上に向けて更なる規制的措置の導入を検討する。

具体的には、住宅を含む省エネ基準の適合義務づけ等の規制措置の強化、ZEH・ZEB の普及拡大、省エネリフォーム拡大や省エネ性能の向上に資する不動産事業に対する投資促進に向けた措置を含む既存ストック対策の充実・強化、長期優良住宅の認定基準・住宅性能表示制度の見直し等により省エネ性能の向上を図っていく。また、太陽光発電や蓄電池の導入促進等を通じ、住宅・ビルのゼロエネルギー化を実現する。その際、創エネポテンシャルの最大化に向け、既存の太陽電池では技術的な制約により設置が困難な①屋根の耐荷重が小さい既築住宅・建築物や、②住宅・建築物の壁面や窓等にも設置可能な次世代型太陽電池の開発も念頭に、太陽光発電等の再エネ導入を促す制度整備を行うとともに、ビル壁面等への次世代型太陽電池の導入による住宅・建築物での創エネ拡大に向けた支援措置を講じる。その際、消費者への認知度向上のための広報・メリットの PR も図っていく。さらに、ライフサイクル全体を通じた省 CO_2 化の観点から、CO_2 の排出削減に資する LCCM 住宅・建築物の普及を図るほか、住宅・建築物の長寿命化を推進する。による CO_2 の排出削減を図っていく。これらの取組を通じ、消費者やビルオーナー・テナントが負担する光熱費ゼロ又は大幅な低減[83]を目指すとともに、住宅の断熱性能の向上等を通じて、ヒートショックの防止による健康リスクの低減を図る。

さらに、ZEB については、ISO 化等の活動を通じ、ASEAN 等を念頭においた海外展開に向けた更なる実証及びその横展開を図っていく。

これらを通じ、国内市場における LCCM 住宅・建築物、ZEH・ZEB 等の先端的な住宅・建築物需要を開拓するとともに、質の高いくらし・生活の改善も実現する。また、一部技術については、国内市場で培った技術・製品を海外に展開することとする。

③ 炭素の貯蔵に貢献する木造建築物

＜現状と課題＞

再生産可能であり、炭素を貯蔵する木材の積極的な利用を図ることは、化石燃料の使用量を抑制し CO_2 の排出抑制に資するため、建築物における木材利用の促進を図る必要がある。

低層の住宅においては約８割が木造である一方、非住宅・中高層建築物においては木造の割合が未だ１割未満である。非住宅・中高層建築物において木造を普及させるため、建築基準の合理化及び CLT 等の新たな部材を活用した工法等や中高層住宅等の新たな分野における木造技術の普及とこれらを担う設計者の育成が課題である。

＜今後の取組＞

[83] 戸建 ZEH において、従来住宅は約 20 万円/年の光熱費（電気、ガス、灯油）を要するところ、約４万円/年まで節減が可能になるとの試算（「平成 26 年度ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス支援事業」結果より試算）をベースに、太陽光発電の自家消費や蓄電池・EV によるピークシフト、HEMS 等を加えることにより、2050 年の戸建住宅では、光熱費ゼロ又は大幅な低減を目指す。なお、豪雪地域や超高層ビルなど、太陽光発電の容量が不足する場合にはゼロにはならない可能性もあることに留意が必要。

2021 年中に建築基準の合理化等を検討し、2022 年から所要の制度的措置を講じるとともに、先導的な設計・施工技術が導入される実用的で多様な用途の木造建築物等の整備に対する支援を引き続き行う。また、非住宅・中高層建築物の標準図面やテキスト等、設計に関する情報ポータルサイトを整備する取組及び非住宅・中高層建築物を担う設計者を育成する取組に対する支援を引き続き行う。また、木材利用の普及・拡大に向け、国での公共調達を推進する。これらにより、都市における木の豊かな建築空間を創出する。

④ 高性能建材・設備

＜現状と課題＞

これまで、省エネ法に基づくトップランナー制度による機器・建材の性能の向上や、次世代省エネ建材の実証等の補助金による実証・導入支援を図ってきたところ。他方、機器・建材の性能向上が一部頭打ちになってきていることや、リフォーム時に省エネリフォームを行うことの健康面等でのメリット等が十分認知されず消費者における機器・建材の導入が進んでいないこと等が課題として挙げられる。特にリフォームは高額の支出を伴うものであり、コスト面でも課題がある。

＜今後の取組＞

既存を含めた住宅・建築物の省エネ性能の向上のためには、断熱サッシ等の建材や、高効率エアコン等の機器の普及拡大が必要。そのため、実証事業等を通じ、先端的な機器や建材の市場投入を当面進めていくとともに、官民で連携し、価格低減を図ることとする。あわせて、これら事業の成果を通じた高性能機器・建材の市場への導入拡大を踏まえ、機器・建材トップランナー基準の大幅強化を行い、高性能な機器・建材の市場への供給が当たり前となるよう進めていく。

さらに、電力料金やガス料金等のコストへの影響も含め、消費者にとって分かりやすい機器・建材の表示制度や性能評価制度を確立していく。

ii） 次世代電力マネジメント

新規

再生可能エネルギーの大量導入に代表される電力供給構造の変化に伴い、電力需要と供給の間の空間的ギャップ（大需要地と発電適地の間の距離）と時間的ギャップ（需要量と発電量とのズレ）が拡大し、系統混雑や電力品質問題が深刻化することが懸念される。国民負担を抑制しつつカーボンニュートラル社会を実現するためには、こうした課題に効果的に対応すべく、必要となる規制の維持・見直しを行うとともに、発展を続けるデジタル技術を活用し、より高度な電力マネジメントの予測・運用・制御手法をビジネス展開に用いる「次世代電力マネジメント産業」の発展を、市場整備を含めた制度的対応や各種の支援措置を通じて後押しすることが重要である。

次世代電力マネジメント産業には、再エネ、燃料電池・コジェネ等、蓄電池、需要側リソース等の分散型エネルギーリソース（DER）の活用・価値提供を図るビジネスや、DER の増大・活用を前提にした送電・配電系統の運用高度化・設備形成を図る次世代グリッドビジネスが含まれ、さらには特定地域における両者の融合形態としてのマイクログリッドビジネス、広義に捉えれば、それらビジネスを可能にするシステムや機器、データ基盤等のプラットフォームを提供するビジネスも含まれるところ、以下に各々の現状・課題と今後の取組を整理する。

これらのビジネス・産業が発展することで、一般消費者をはじめとする電力需要家にとっても様々なメリットが生じると考えられる。例えば、屋根置き太陽光発電設備で発電した電気が無駄なく活用され、家庭内の電気機器の利用が電力需給・価格動向も踏まえて必要な範囲で調整され、EV の蓄電池からの充放電も最適に管理されたりすることで、そうした最適な電力マネジメントがない場合に比べて電気料金の節約につながるとともに、増大する DER の活用高度化や、各種予測・運用・制御技術の高度化によって、災害等による停電の発生確率や影響範囲の抑制、復旧の早期化といったレジリエンス向上にもつながることが期待される。今後は、こうした効果の定量的な検証についても実施していく[84]。

DER の導入拡大、関連ビジネスの後押しや、次世代グリッドの構築等に関する方向性と当面予定する主要な取組については「エネルギー基本計画」にも示されており、今後は「総合資源エネルギー調査会」や関係事業者等が参加する実務的な検討の場における具体的な議論・検討を継続的に行い、官民一体となって取組を推進する。

① 分散型エネルギー関連産業

＜現状と課題＞

マネジメントの対象となる DER は、

・再エネや燃料電池・コジェネ等の発電リソース

・蓄電池や EV 等の蓄電リソース

・電力多消費工場、水電解装置(水素製造)やエネルギー機器等の需要側リソース

に大別される。

再エネについては、FIT 制度下で最も導入量が拡大した太陽光発電は、足下では発電コストが下げ止まり、立地制約が顕在化して拡大ペースが鈍化している。また、2022 年４月から FIP 制度が導入されるが、現状は再エネの電力市場への統合（再エネが他の電源と共通の事業環境・市場

[84] なお、国際エネルギー機関（IEA）の「Digitalization & Energy（2017)」では、ディマンド・レスポンスを行い、需要側で電力をマネジメントすることで、185GW の調整力を生み出すポテンシャルがあり、これにより電力インフラへの投資を 2,700 億ドル節約できると試算。

価格で取引等されること）の移行過程にある。蓄電池については、家庭用蓄電池の市場規模は世界最大級であり、固定価格買取期間の終了した家庭用太陽光発電の出現やレジリエンス強化に対する消費者の関心の高まりを受けて、足下でも導入が増えているが、海外に比してコストが高止まりしている。車載用蓄電池の活用については、定置用として再利用を図るための技術実証や国際標準化、EV 内蓄電池の活用を図るための技術実証等の取組が行われているが、本格活用には EV 等の更なる導入拡大が前提となる。需要側リソースについては、大規模工場等の計画的な需要抑制を送配電事業者に提供して調整力として用いることが既に行われ、2021 年１月の電力需給逼迫時にも活用されたが、需給調整市場が今後順次整備されていく中、現時点では各地での活用量に差異があり、欧州等に比して量的にはまだ十分には活用されていない。

こうした DER を束ねて運用・制御し、必要に応じて市場を活用しながら、供給力や調整力を提供していくアグリゲーターについては、2020 年６月に電気事業法上「特定卸供給事業者」として位置づけられたが、今後は、適切な市場環境の整備や予測・運用・制御技術の確立が課題である。

＜今後の取組＞

第一に、DER の活用最適化に向けた制度・市場の整備を継続的に行う。まず、再エネの電力市場への統合を図る FIP 制度については、2022 年度からの制度開始に向けた準備を着実に行うとともに、制度開始以降は、制度運用状況や市場環境等を踏まえつつ、対象範囲等について適時適切に設定・見直しを行っていく。FIP 制度においては、再エネ事業者がインバランス調整や市場価格を踏まえた高度な取引を求められる中で、分散する再エネから生じる電気を束ね、均しつつ、蓄電池等を活用して電力を市場価格動向に応じて売却するといった、アグリゲーションビジネスが果たす役割は大きく、ビジネスの促進に向けて、高度な再エネ予測技術や蓄電池を活用したインバランス回避に向けた技術の実証を行う。また、DER の供給力や調整力としての価値、さらには環境価値を取引できる各種市場（スポット市場、時間前市場、需給調整市場、先渡市場、容量市場、再エネ価値取引市場等）については、海外先行事例も参考にしつつ、その市場参加要件や取引活性化策等を整備・検討する際に、市場ごとに求められる客観要件を満たすことを前提に DER の大規模電源との間での公平な取扱いを確保していく。あわせて、DER を需給調整市場で調整力として活用するため、デジタル技術を活用して多様なリソースを遠隔管理・制御し、一定の出力を定められた時間内に供出する技術の実証を行う。さらに、今後、DER の活用を最適化し、系統混雑の緩和を一層効果的に図っていくためには、ローカル（配電系統）レベルでの価格シグナルを活用することが重要であり、実証等も行いつつ、市場取引の創設についても検討していく。

第二に、各 DER をビジネスにおいて活用しやすくするための取組[85]も推進していく。蓄電池については、定置用蓄電池のコスト低減・普及拡大に向けて、家庭用で 2030 年度７万円/kWh（工事費を含む蓄電システム）という価格目標達成に向けた導入・投資促進や、調整力等の提供技術用の研究開発・技術実証、車載用電池の定置転用に向けた国際標準の整備、系統に直接接続して充放電を行う蓄電池の電気事業法上の位置付けの明確化、系統接続に必要な協議の円滑化に資する JET 認証の運用改善等を実施する。加えて、卸電力市場価格に連動するダイナミックプライシングの活用等による価格変動に合わせた EV の自動充電や車載用電池リユース等の技術実証を行い、DER を活用した新たなビジネスを推進する。需要側リソースについては、当面の中心と見込まれ

[85] 太陽光発電に関する取組については、「４（１）洋上風力・太陽光・地熱産業（次世代再生可能エネルギー)」を参照。燃料電池・コジェネに関する取組については「４（３）次世代熱エネルギー産業」を参照。

る産業用需要について一層の活用を図るべく、上述の市場整備と併せて普及啓発を行うとともに、将来的には家庭・業務用需要の活用も想定し、2020 年代半ばから導入が始まる次世代スマートメーターでは取得するデータの種類や計測頻度等を増加させ、一般送配電事業者や小売電気事業者以外にも提供の幅を広げることで、ディマンド・レスポンスや需要家内のエネルギーマネジメントの高度化を進める。また、特定計量制度に基づき、EV の充放電器や、太陽光発電のパワーコンディショナーの計量機能の取引への活用を進め、より小型のリソースに取引対象の裾野を広げるとともに、これらのビッグデータや AI・IoT の活用による統合的・最適な管理・制御を可能とすべく、実証や必要に応じた規格・基準の整備を検討する。さらに、将来的には、水電解装置による水素の製造を電力需要の調整に活用し得ることから、その促進策についても検討する。また、将来的には「移動する蓄電池」としての活用が見込まれる EV も含め、様々な DER の活用を円滑化するためには、それらを低廉かつ素早く相互接続できる環境の整備とともに、各種のデータを把握・収集・管理・活用でき、リソース制御の基盤となるプラットフォームを構築し、系統利用者・運用者間で共有できるようにすることが重要との指摘もあるところ、その在り方についても検討を深めていく。

以上のような取組を通じ、2030 年頃に年間約 3,000 億円[86]以上の市場規模が見込まれるアグリゲーションビジネスを中心に、分散型エネルギー産業の成長を後押していく。

② 次世代グリッド関連産業

＜現状と課題＞

電力システム改革により、電力広域的運営推進機関を中心とした全国大での広域的な電力ネットワークの整備・運用が行われることとなり、需給逼迫時における地域間の調整や地域間連系線の増強等が推進されてきた。加えて、レジリエンスの強化や再エネの主力電源化に向け、2020 年に成立したエネルギー供給強靱化法によって、系統設備形成を計画的に行うためのマスタープラン策定や、送配電事業者の投資インセンティブを確保するレベニューキャップ制度（2023 年度施行）に向けた詳細検討等が開始され、また、再エネ導入量の増加等に対応して系統混雑時に出力制御され得ることを条件としたノンファーム型接続の受付も基幹系統において 2021 年 1 月から全国的に開始された。

しかしながら、カーボンニュートラルを見据えた再エネの最大限の導入、そのペースの加速化に適切に対応するためには、系統運用・設備形成面で対処すべき課題が多数存在・顕在化している。

配電系統では、単体は小規模でも、局所的には多数の変動再エネが導入されることに伴い、電圧等の電力品質の維持・管理がより難しくなることから、その前提となる各種データ把握・収集・管理方法の高度化含めた対応が求められることになる。送電系統では、地域的に偏在した形での再エネの大量導入が想定されることから、系統混雑に対応すべく、既存設備をできるだけ有効に活用した上で、洋上風力の導入等に対応した計画的な設備形成が必要となる。また、変動再エネの導入の増加は火力発電の減少とあいまって非同期電源の割合増加をもたらすことから、慣性力等の確保も系統安定化のために必要となる。

[86] 「アグリゲーターの市場ポテンシャル試算」（2021 年 4 月 22 日総合資源エネルギー調査会基本政策分科会資料）において代表的 DER のポテンシャルとして試算されている DR 9 GW、再エネ 300 億 kWh に、それぞれ想定価格約 4,500 円/kW（2019-21 年度の調整力公募電源 I’における DR の平均落札価格単純平均）、9.6 円/kWh（2018-20 年度スポット市場価格単純平均）を乗じると、合計約 3,300 億円。

＜今後の取組＞

配電系統については、変動再エネ等の DER の大量導入やデジタル技術活用を前提とした、配電系統運用の高度化に向けた取組を推進する。具体的には、想定潮流等の予測技術や送電時の電力ロスの削減などのデータ分析技術の高度化を進め、DER の配電系統への接続可能量の増加や CO_2 の排出削減等を図る観点から、電圧等の電力の品質維持に必要なデータを収集するセンサー付柱上開閉器の導入や次世代スマートメーターの活用を進める。また、上位系統とも一体的に検討すべき取組であるが、変動再エネや蓄電池、各電力設備から系統の状態監視に必要なデータをリアルタイムに収集・分析・統合し、セキュリティ面にも留意しつつ、状況変化に応じた最適な管理・制御を可能にするための技術を開発することが重要な課題であり、その解決に向けた検討・取組を行う。

送電系統については、市場機能を活用した制度整備や、デジタル技術を活用した系統運用の高度化、必要な設備形成を進める。具体的には、まず、再エネを最大限導入すべく、ノンファーム型接続の適用範囲拡大を図っていくとともに、系統混雑の改善に資するような地点に大規模需要を誘導すべく、託送料金等によるインセンティブ付与の具体的方法について検討する。系統混雑管理方法は、メリットオーダー（発電限界コストが小さい順に優先）に沿った考え方で行うべく、2022 年から導入する再給電方式（系統運用者が電源を調整）の運用方針を固めるとともに、2020 年代後半以降を目途に市場主導型（ゾーン制[87]・ノーダル制[88]）に移行できるよう、必要な制度面やシステム面の検討を進める。また、下位系統とも一体的に検討すべき取組であるが、慣性力等を提供する次世代インバーターやそれらの系統に関する技術開発を進め、その目途が立った上で、基本的には 2030 年代からグリッドコード化や市場開設に反映し、必要十分な慣性力等の機能確保を図る。さらに、外気温の変化等に応じて送電容量を動的に扱うダイナミックレーティング等の実証を通じて、送変電設備の監視・運用技術の高度化を図る。

送電設備の広域的な形成については、2022 年中に策定予定のマスタープランに基づき、地域間連系線の整備を着実に進めるとともに、北海道や東北などの洋上風力の適地から大需要地への送電を可能とする長距離直流送電システムを計画的・効率的に整備すべく検討を加速し、あわせて、同システムの難易度の高い諸課題を克服し、より効率的に実現するために必要な技術の開発を推進する。

以上のような系統運用高度化や設備形成を支えるシステムや機器の提供を行うビジネスについても、今後海外でも同様の構造変化が生じる国・地域がアジア各国をはじめとして多く想定され、需要の増加が見込まれる。したがって、国際競争力や経済安全保障の視点を踏まえつつ、これらの国々に必要な後押しをしていくことが重要である。例えば、デジタル技術も活用した高度な系統運用手法やそれを支えるシステム・機器に関しては、2021 年４月の日米首脳合意において「スマートグリッド」が日米間の協力項目の一つに位置づけられたことや、これまでの海外実証プロジェクトの成果も踏まえ、海外展開の後押しを行っていく。また、長距離直流送電システムを構成する海底直流ケーブルや交直変換器等の設備に関しては、我が国企業が国際競争力を有するところ、経済効果の大きさや経済安全保障の視点等も踏まえつつ、国内設備投資の促進策等について検討していく。

---

[87] 予め混雑送電線を特定し、混雑処理を行う準備を整えた上で、混雑発生時には市場において混雑処理を行う仕組み。

[88] 全ての送電線に対して混雑処理を行う準備を整えた上で、混雑発生時には市場の入札情報などを基に混雑処理を行う仕組み。

③ マイクログリッド

＜現状と課題＞

DER を地域内で有効活用するマイクログリッドは、電気や熱といったエネルギーの地産地消を促進し、地域内の効率的なエネルギー利用を可能とするとともに、災害時の停電回避・影響緩和といったレジリエンス強化、さらには地域活性化にも貢献し得る取組である。また、①や②で記載した新たなビジネス形態や系統運用を実証し、更なる発展につなげるための知見を得る場としての効果も期待できる。

これまで行ってきた経済産業省の予算事業（マスタープラン作成 26 件、マイクログリッド構築３件を採択）等の経験からは、再エネ比率が高い独立系統運用の難しさ、需要家・小売電気事業者・系統運用者・自治体等の間の調整の難しさ、蓄電コストや系統運用コストの高さ等に伴う事業性といった課題が浮かび上がってきている。

＜今後の取組＞

マイクログリッドについては、上述のような意義を見出せることから、エネルギーの地産地消に適した地域における導入を促進していくべく、課題への対応に取り組む。

具体的には、まず、離島を含めた各地域でのマイクログリッド構築支援等の実証事業から得られた技術的知見を関係者間で共有し、マイクログリッド内の需給調整に必要な基盤技術の確立や成功事例の創出を図る。また、関係者間の調整の容易化に向け、ガイドライン等の整備による電気事業法上の配電事業等の各種ライセンスの運用明確化や関係者との調整事項等の整理、分散型エネルギープラットフォームにおける関係者間でのベストプラクティスの共有等を行う。加えて、経済性の向上に向けては、①に示した蓄電池のコスト低減に取り組むとともに、多様なビジネスモデルの形成を促すため、DER の平時の有効活用、レジリエンスの価値の明確化や他の公共的サービスとの一体化等の方策や効果について、自治体と連携した各種事業等における経験を通じて検討していく。

また、海外でも新興国を中心に、スマートシティや工業団地の開発、島しょ部における再エネ・蓄電池等を含めたマイクログリッド導入の動きがあるところ、上述のような国内で培った技術的な知見・成功事例を人材育成や実証事業等を通じて相手国政府・都市・企業等に共有していくことで、日本企業の海外展開の後押しを行っていく。

（１３）資源循環関連産業

リデュース、リユース、リサイクル、リニューアブルについては、法律や計画整備により技術開発・社会実装を後押ししている。廃棄物発電・熱利用、バイオガス利用については、既に商用フェーズに入っており普及や高度化が進んでいる。今後、これらの取組について、「国・地方脱炭素実現会議」等における議論を踏まえつつ、技術の高度化、設備の整備、低コスト化等により更なる推進を図る。循環経済への移行も進めつつ、2050 年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする。

① リデュース、リニューアブル

＜現状と課題＞

リデュースについては、循環型社会形成推進基本法及び同基本計画・各種リサイクル法等により取組を推進している。

リニューアブル（バイオマス化・再生材利用等）については、実証事業により、化石資源由来のプラスチックの再生可能なバイオマスプラスチック・紙等への代替を推進している。また、グリーン購入法等により、化石資源由来のプラスチックからバイオマスプラスチックへの代替を促進している。

＜今後の取組＞

リデュースについては、資源循環の効率化や省 CO_2 化を進めるための、関係者間で使用済製品・素材に関する必要な情報を共有するためのシステムの実証を行う。

バイオマス化、再生材利用については、更なる再生利用拡大に向けた、バイオマス素材の高機能化や用途の拡大・低コスト化に向けた技術開発・実証、リサイクル技術の開発・高度化、設備の整備、需要創出を進める。

特に「バイオプラスチック導入ロードマップ」（2021 年１月策定）を踏まえ、バイオプラスチックの導入に当たっては、製品領域毎の導入に適したバイオプラスチックに関する技術開発が重要であり、多様な用途に適した機能性、環境影響も踏まえた原料調達の多様化等、バイオマスプラスチックの持続可能な利用に資する技術開発を推進する。また、バイオマスプラスチック約 200 万ｔ（2030 年）の導入目標達成に向け、先進的な取組事例や需要量の見通しを示すことで円滑な供給を後押しし、グリーン購入法等に基づく国・地方自治体による率先的な公共調達を行うほか、海洋生分解機能を評価する手法の更なる信頼性向上に向けた国際標準化や、消費者への訴求・普及啓発に向けた環境配慮設計に関する新たな仕組みの検討を行う。

これらの取組を進めることで、国民生活において環境に配慮した製品の選択肢の拡充や地域での廃棄物焼却に伴う CO_2 排出の低減が期待される。

② リユース、リサイクル・排ガスの活用

＜現状と課題＞

リユース、リサイクルについては、循環型社会形成推進基本法及び同基本計画・各種リサイクル法等により取組を推進するとともに、グリーン購入法によりリサイクル製品の調達拡大を推進している。また、国内での再生利用に向けたリサイクル技術の実証、設備の導入補助を実施して

いる。
焼却施設排ガス等の活用については、ごみ焼却施設においてCCUプラントが既に稼働している。加えて、廃棄物の焼却・ガス化に伴う排ガス等からメタンやエタノール等を生成する実証事業を実施している。

＜今後の取組＞
リサイクルについては、更なる再生利用拡大に向け、リサイクル性の高い高機能素材やリサイクル技術の開発・高度化、回収ルートの最適化、設備容量の拡大に加え、再生利用の市場拡大を図る。特に、第204回国会に「プラスチック資源循環促進法案」を提出しており、法案が成立すれば、これに基づき、製造・販売事業者等、市町村及び排出事業者等による円滑な回収・リサイクルを促進する。同様に、プラスチック以外の分野についても、資源循環の推進について検討を深めていく。
焼却施設排ガス等の活用については、グリーンイノベーション基金の活用を検討しつつ、廃棄物処理施設からCO_2等を回収しやすくするための燃焼制御等や、多様な不純物を含む低濃度の排ガスからのCO_2等の分離・回収・利用等、革新的技術の開発や実証事業等を通じたスケールアップ・コスト低減等を図り、実用化・社会実装に向けた取組を進める。
これらの取組を進めることで、廃棄物や排ガスを地域資源として活用した産業振興等、地域循環共生圏の創造による持続可能な地域づくりが進むことが期待される。

③ 廃棄物発電、熱利用、バイオガス化、排ガスの固定化
＜現状と課題＞
有機性廃棄物の埋立てによるメタン発生を回避するため、有機性廃棄物は焼却やバイオガス化し、エネルギーを回収している。また、河川等の維持管理において発生する樹木（伐採木・流木等）については、バイオマス発電等の再エネ資源になり得るが、有効活用の促進が課題となっている。
廃棄物発電については、ボイラー材料の技術開発等により、ごみ焼却施設の発電効率を毎年向上させ、2018年度は平均13.58%を達成した。
熱利用については、廃棄物焼却施設から発生する熱を熱導管で近隣の利用施設へ供給することなどにより有効活用を推進している。
バイオガス化については、中小廃棄物処理施設での焼却によるごみ処理量当たりのエネルギー回収量に限りがあることから、メタン発酵によるバイオガス化技術で廃棄物エネルギーを回収している。
焼却施設排ガス等の固定化については、ごみ焼却炉の排ガス等から分離・回収したCO_2を固定化するラボレベルでの技術開発を実施している。
３Ｒの推進等により１人当たりのごみ排出量や最終処分量が着実に減少していることに加え、人口減少の進行によりごみ排出量は今後さらに減少していくことが見込まれるところ、日本全体での廃棄物処理に必要な処理施設の能力は減少していく。他方で、廃棄物処理に係る担い手の不足、老朽化した社会資本の維持管理・更新コストの増大、地域における廃棄物処理の非効率化等が懸念されている上、上述の技術開発・実装を進め、エネルギー回収効率の向上とコスト低減を図るには、一定以上の処理能力を有する施設を整備していく必要がある。このため、都道府県への通知や「広域化・集約化に係る手引き」の周知により、市町村単位のみならず広域圏での一般

廃棄物の排出動向を見据え、廃棄物の広域的な処理や廃棄物処理施設の集約化を図るなど、必要な廃棄物処理施設整備を計画的に進めている。

＜今後の取組＞

廃棄物発電については、今後のごみ質の大きな変化（プラ割合の減少に伴う生ごみ割合の増加等）によって、発熱量が小さくなり、発電効率の低下が懸念されることから、低質ごみ下での高効率エネルギー回収を確保するための技術開発を進める。また、気候変動緩和策として、継続的に実施する河川等の維持管理において発生する樹木（伐採木・流木等）を、バイオマス発電等の再エネ資源として利用促進するため、現場実証で確認した課題を踏まえ、その解決と維持管理の効率化の実現可能性を検証するとともに、一般廃棄物処理施設等の有効活用の可能性を検討する。

熱利用については、廃棄物焼却施設の運転効率の向上に加え、廃棄物焼却施設の立地条件が熱の活用度合いに大きく影響するため、遠方の利用施設に熱供給を行うための蓄熱や輸送技術の向上・コスト低減を促進する。

バイオガス化については、今後のごみ質の大きな変化に伴うメタン化施設の大規模化を見据えた技術実証事業を進めるとともに、下水道バイオマスの活用拡大のため、「下水道エネルギー拠点化コンシェルジュ事業」の充実など、地方公共団体における案件形成促進を 2025 年度まで集中的に取り組む。

また、2021 年度末を目途に各都道府県に対して「広域化・集約化計画」の策定を求めることで、広域化・集約化を推進し、地域の持続可能な廃棄物適正処理体制の構築と併せて、廃棄物エネルギーを効率的に回収することによる地域のエネルギーセンターとしての機能や、施設の耐震性等を推進し地震や水害等で稼働不能とならないよう強靱性を確保することによる災害時の電源供給や避難所等の防災拠点としての活用など、地域の社会インフラとしての機能を高めた廃棄物処理施設の整備を進めていく。

これらの取組により、地方公共団体における省エネ・創エネの推進や、CO_2 排出の低減、さらには廃棄物エネルギーを利用した産業振興、自立分散型の電力・熱供給等による災害時の防災拠点としての活用など、地域循環共生圏の核となる地域に新たな価値を創出する施設整備が進むことが期待される。

（１４）ライフスタイル関連産業

ライフスタイルを脱炭素化するための技術の普及を促すため、「国・地方脱炭素実現会議」等における議論を踏まえつつ、住まい・移動のトータルマネジメント（ZEH・ZEB、需要側の機器（家電、給湯等）、地域の再生可能エネルギー、動く蓄電池となるEV／FCV等の組み合わせを実用化）、ナッジやシェアリングを通じた行動変容、デジタル技術を用いたCO_2削減のクレジット化などを促す技術開発・実証、導入支援、制度構築等に取り組む。これらにより2050年までに、カーボンニュートラルで、かつレジリエントで快適なくらし（脱炭素プロシューマーへの転換によりエネルギーで稼ぐ時代へ）を実現する。

＊脱炭素プロシューマー：再生可能エネルギーで作り出すエネルギーが消費よりも多い家庭

① 住まい・移動のトータルマネジメント（ZEH・ZEB、需要側機器、地域の再生可能エネルギー、EV／FCV等の組合せを実用化）

＜現状と課題＞

ZEH・ZEB、需要側機器（家電、給湯等）、地域の再生可能エネルギーやEV／FCV等を組合せ、再生可能エネルギー主力化と整合した柔軟性の確保、電気・熱・モビリティのセクターカップリングに向けての実証や社会実装が先進的なエリアや街区で行われているところ。

＜今後の取組＞

ZEH・ZEB、需要側機器、地域の再生可能エネルギーやEV／FCV等を組み合わせ、最適化するための多種多様な機器等を自律制御やICT等による遠隔制御する必要があり、その手法の確立や市場形成を図っていく必要がある。また、更なるCO_2削減に向けて、需要近接型再生可能エネルギー電気・熱の普及、技術の実証・社会実装を図っていく必要がある。直流給電等による住宅・建築物間のネットワーク化や、水素等を活用した再生可能エネルギー主力化と整合した柔軟性の確保、電気・熱・モビリティのセクターカップリングに係る技術の実証・社会実装を図りつつ、普及のための適切な市場の設計によりビジネスモデルが確立される必要がある。

これらの取組を進めることで、地域の資源である再生可能エネルギーを有効活用し、地域の脱炭素化に加えて、災害に強いまちづくり、雇用の創出、生活の質の向上といった地域課題を同時解決した強靭で活力ある地域社会を実現する。具体的には、健康・快適で大幅な省エネルギーにつながる断熱性の高い住宅・建築物での生活や仕事をする環境を確保した上で、エネルギーは購入するものという従来のライフスタイルを変換して、太陽光発電等によりまず自らが再生可能エネルギーを作り出し、自らが使うという新しい生活様式を創造する。また、AI等のスマート技術の利用による需要側機器等のコントロールを通じたエネルギー需給の最適化等により、化石燃料の輸入・域外調達を行う社会から、地域内で資源・資金が循環し雇用が生まれる社会に変革する。これにより、気候変動により激甚化が見込まれる大規模災害時であっても電気・熱を一定程度自給できるようになり、安心・安全な暮らしを確立する。また、地域内で生み出したエネルギーで動くEV／FCV等は、再生可能エネルギーの変動性を吸収する動く蓄電池として社会全体で機能し、自動運転技術も活用すれば、高齢者になって免許を返納したとしても移動の自由が確保されるなど、地域の足としての利用が進み、利便性の向上が図られる社会を構築する。

② ナッジ・デジタル化・シェアリングによる行動変容等

＜現状と課題＞

ア）ナッジ、BI-Tech（Behavioral Insights と Tech の融合）

ナッジ等の行動科学と先端技術の融合（BI-Tech）の概念を提唱した我が国の優位性を保ちつつ、国際協調もしながら、その社会実装に向けた実証事業を実施している。

イ）デジタル化

個人や中小企業の再生可能エネルギーの CO_2 削減価値（環境価値）を低コストかつ自由に取引できる市場の構築を、ブロックチェーン技術を用いて実証している。

各種統計データを組み合わせたデジタル化により面的・動的なエネルギー利用を可視化する都市炭素マッピング手法等を試行的に開発している。

ウ）シェアリング

地域再生可能エネルギーを活用した EV のカーシェアリングによる脱炭素型交通や、バッテリー交換式 EV とバッテリーステーションを活用した地域貢献型脱炭素物流に係る先行事例の創出を支援している。

＜今後の取組＞

ア）ナッジ、BI-Tech

日々の生活における行動情報をデジタル化して集約・解析し、行動科学や AI に基づいて一人一人に合ったエコで快適なライフスタイル[89]を提案して暮らしをサポートするより高度なシステム技術の開発・実装・標準化、製品やサービスの販売に当たってのビジネスモデルに組み込んでいく。

イ）デジタル化

これまでの実証の成果も活用しつつ、J-クレジット制度において、小さなタイムラグで環境価値が取引・活用できるよう、申請手続の電子化・モニタリングやクレジット認証手続の簡素化・自動化を図るとともに、ブロックチェーンを活用した取引市場創出の検討を進め、最速で 2022 年度からの運用開始を目指す。

都市炭素マッピング手法等を用いて、脱炭素プロシューマー化に向けた技術導入のポテンシャル評価等を通じてゼロカーボンシティの実現に向けた将来のシナリオや施策の検討が全国の自治体で活用が可能となるよう地域が汎用的に活用できるツールを開発する。分散型エネルギーシステムを備えたスマートシティの構築を、セキュリティの確保を図りつつ、全国的に推進する。

ウ）シェアリング

地域の再生可能エネルギーを活用した EV のカーシェアリングによる脱炭素型交通や、バッテリー交換式 EV とバッテリーステーションを活用した地域貢献型脱炭素物流に係るビジネスモデルの

[89] CO_2 排出削減に資することはもとより、無理なく自発的な行動変容を促すに当たり重要となる non-energy benefit（非エネルギー面でのメリット）としての快適さを損なわないライフスタイル。例えば、緑化空間が増えることにより、快適性が上がったり、散歩の頻度が上がって健康が増進される効果や、空調を上手に制御することで、省エネでありながらも快適性を保つ効果等を指す。これらの実現のため、研究開発・実証・社会実装等の手法について、環境省において検討等を行っていく。

確立と全国レベルでの横展開を推進する。

③ 観測・モデルに係る科学基盤の充実

＜現状と課題＞

観測技術、モデリング技術やシミュレーション技術の高度化により、気候変動メカニズムの解明を進め、不確実性の低減を図り、CO_2排出量のより正確な推定を目指している。

国際枠組みと緊密に協力して、人工衛星・航空機・船舶・地上観測による観測網を構築・拡大している。

データ統合・解析システム(DIAS)[90]等を通じて温室効果ガス観測データ、気候変動予測情報等のさらなる利活用を図っている。

また、カーボンニュートラルの実現に向けては、技術イノベーションのみならず経済社会システムのイノベーションが不可欠であり、そのための分野横断的な知見の創出やその社会実装の推進が必要となっている。これにより地域の脱炭素化等の取組を進め、その実践モデルを他の地域や国、世界に展開していくことが求められる。

＜今後の取組＞

観測・モデリング技術における時空間分解能を高め、気候変動メカニズムの更なる解明や気候変動予測情報の高精度化、観測・監視を継続的に実施し、DIAS 等を通じて温室効果ガス観測データ、気候変動予測情報等の更なる利活用を推進し、科学基盤の充実を図る。

観測網と解析システムを統合し、時空間分解能や推定精度の面で高度化する。具体的には、市町村単位で排出分布を推定できる高分解能な大気モデルの開発とインベントリ整備を行うほか、都市大気を連続的に観測し排出量の変化を時間単位で把握するシステムを構築する。さらに、生態系をはじめとする地域全体について、温室効果ガス収支を定量化する。それらのシステムを用いて脱炭素化取組の効果をより詳細に評価することが可能となり、技術の社会実装をより効果的に促すためのポテンシャル評価が促進される。

様々な気候変動への取組の温室効果ガス削減効果の検証や効果的な取組の抽出を通じて、結果を見える化し、国民の脱炭素意識を醸成するとともに、施策の改善や気候変動リスクのマネジメント等に貢献する。

具体的には以下のとおり取り組む。

2021 年４月より、気候変動研究に関する検討会を開催し、モデリング技術やシミュレーション技術の高度化や温度目標に対して許容される累積温室効果ガス排出量の上限であるカーボンバジェットのより精確な推定等に関する研究の方向性について検討を開始する。

「今後 10 年の我が国の地球観測の実施方針のフォローアップ報告書」（科学技術・学術審議会 計画評価・分科会 地球観測推進部会 2020 年８月）を踏まえ、GEO（地球観測に関する政府間会合）の枠組み等も活用し、関係省庁において、観測・監視を継続的に実施。同観測部会において、同年夏頃に、本フォローアップ報告書を踏まえた実施状況を確認する。

DIAS については、2021 年度より新たな体制[91]の下で、地球環境ビッグデータの利活用の推進を本格的に進めていく。

---

[90] （国研）海洋研究開発機構（JAMSTEC）が代表機関として運営する、地球環境データを蓄積・統合解析する、データ統合・解析システム。

[91] 2021 年４月１日より、DIAS 運営の代表機関を、一般財団法人リモート・センシング技術センターから JAMSTEC が引き継ぎ。

パリ協定の実施状況を確認し目標を見直すため、2023 年の第１回以降５年ごとに実施されるグローバルストックテイクにおいて、我が国及び各国政府が最良の科学的根拠に基づいて、各国の温室効果ガス排出量と削減目標に向けた進捗状況を報告するための科学面での支援を行う。環境研究総合推進費 SII-8「温室効果ガス収支のマルチスケール監視とモデル高度化に関する統合的研究」を通じて、温室効果ガス収支の高精度かつ継続性のある監視体制を提案し、各国による報告の透明性を検証できる体制を構築する。

気象衛星やシミュレーション技術等の高度化により、大気・海洋の観測・予測を充実し、その成果が企業や公的機関等における気候変動対策のための科学的基盤として利活用が進むよう産学官連携の下に取り組む。

これら科学的基盤のデータを活用することで、国や自治体、企業等の防災対策や脱炭素社会に向けたシナリオ評価等における最適な気候変動対策の立案に貢献する。具体的には、これらの成果を活用することで、ライフスタイル産業を含めた我が国の脱炭素の取組の検証や、今後の脱炭素社会に向けた官民における対策の検討等に貢献する。

また、地域の脱炭素化等の推進については、地域の未来社会像からのバックキャスト型の視点による技術革新や社会変革を促すため、人文・社会科学から自然科学までの分野横断的な研究開発を推進し、国や地域のシナリオ策定や政策横断的な視点による効果的な技術・施策の導入手法等に係る基盤的知見を充実するとともに、その社会実装を促すため、多様なステークホルダーによる共創の場となる拠点や、こうした拠点も含めた大学等の地域の「知の拠点」としての機能を一層強化するための大学等間ネットワークである「カーボン・ニュートラル達成に貢献する大学等コアリション」を形成し、大学間及び産学官の連携を強化する。

①洋上風力・太陽光・地熱産業（洋上風力）の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ

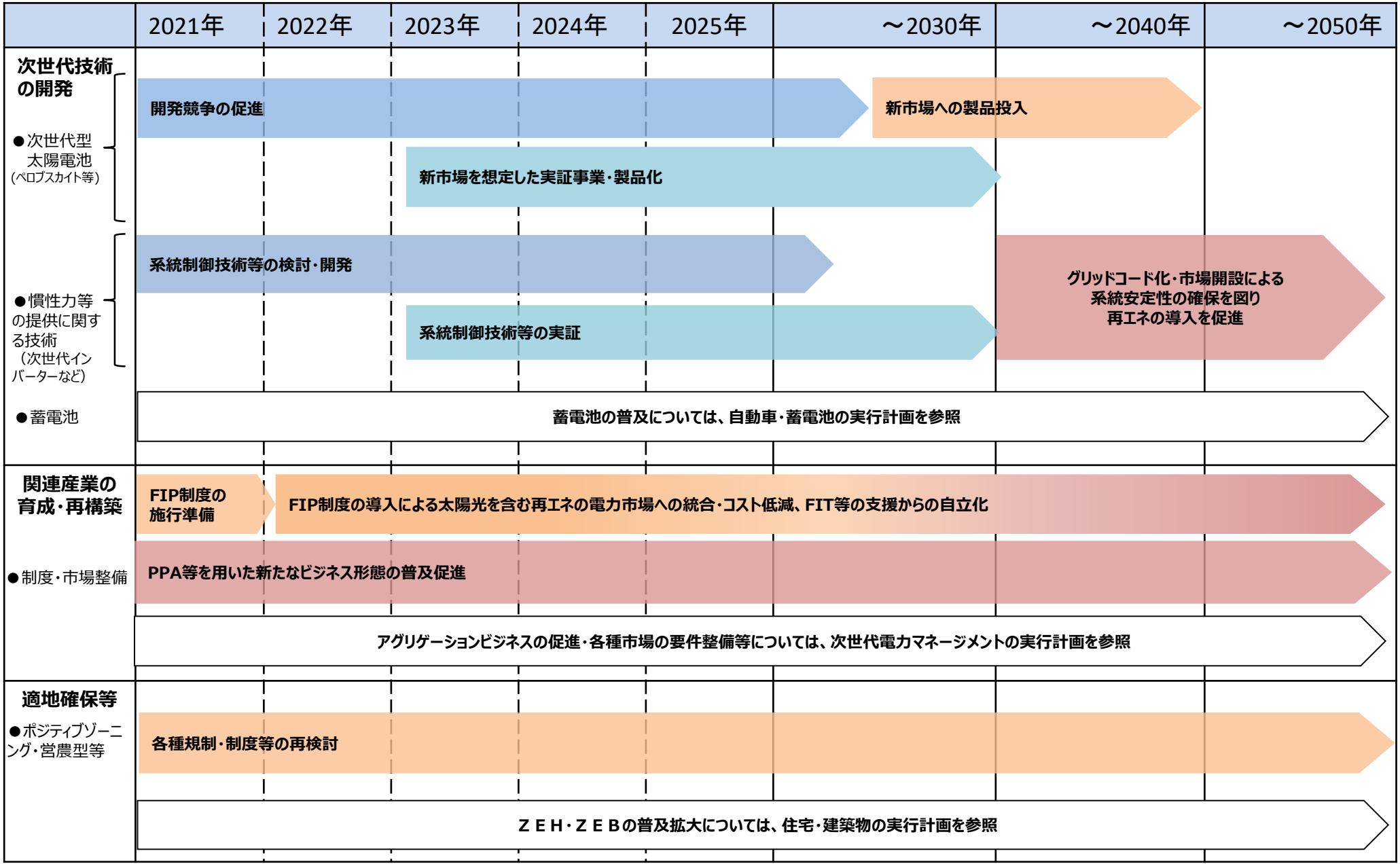
●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
魅力的な国内市場創出 【国の目標】 ●導入目標 2030年 10GW 2040年 30~45GW	**官民協議会**を通じた、官民一体となった需要の創出（**国は導入目標にコミット、民間は国内調達率・コスト低減目標にコミット**）							
	再エネ海域利用法に基づく**公募**（導入見通し１GW/年、2030年10GW）						（2040年30～45GW） ※浮体式含む	
	国主導による社会実証 （**風況・地質等の事前調査**）			**プッシュ型の案件形成**（日本版セントラル方式の確立）				
	第一次マスタープラン策定、直流送電の具体的検討			風力発電適地と電力需要地を結ぶ**系統整備**				
				基地港湾の着実な整備				
投資促進、サプライチェーン形成 【民間の目標】 ●国内調達比率 2040年60% ●コスト目標 2030~2035年 8~9円	**競争力があり強靭な国内サプライチェーン形成**(産業界の目標設定と着実な実行)					2030～2035年 発電コスト8~9円/kWh	2040年 国内調達比率60%	
				サプライヤーの競争力強化				
	公募で安定調達に資する国内調達に加点、JETROを通じた海外企業と日本企業の協業の促進等							
	サプライチェーンの構築に対する設備投資の促進							
	規制の総点検 （安全審査合理化、残置規制等）		規制改革の更なる推進					
	人材育成プログラム策定			**人材育成の推進**				
アジア展開も踏まえた次世代技術開発、国際連携	技術開発ロードマップ策定							
	浮体式等の**次世代技術開発・実証**（**基金の活用も検討**）						**浮体式の商用化・導入拡大**	
	海外展開を見据えた**二国間対話や共同研究開発・国際実証の推進**						**海外展開に向けたファイナンス支援**（NEXI/JBICの支援）	
	浮体の安全評価手法等の**国際標準化**							

①洋上風力・太陽光・地熱産業（太陽光）の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等



①洋上風力・太陽光・地熱産業（地熱）の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
リスクマネー供給、理解促進	・JOGMECによる**地熱資源調査**		・**JOGMECから事業者への引き継ぎ** ・**事業者による開発**					
	・地熱開発事業者に対する**助成金、出資、債務保証**等の開発支援							
	「地熱開発加速化プラン」の推進 ・**地球温暖化対策推進法に基づく地熱開発の促進区域の指定** ・**温泉事業者等の地域の不安や自然環境への支障を解消するための科学データの収集・調査を通じ円滑な地域調整の実施** ・**地域の不安払拭や合意形成に資する温泉モニタリングの推進**							
関連法令の運用見直し	・**自然公園法の運用見直し（自然公園内における地熱発電等の許可基準及び審査要件の明確化 等）**							
	・**温泉法の運用見直し（離隔距離規制や本数制限等についての撤廃を含めた点検、規制の内容及び科学的根拠の公開、科学的知見を踏まえた考え方や方向性の提示 等）**							
	・その他の法令等を含めて、随時見直しについて検討し、必要に応じて措置							
次世代型地熱発電技術（超臨界地熱発電技術）	・**大深度の掘削技術の開発** ・**強力な酸性・超高温の流体対策（抗井やタービンの腐食防止等）**						**国内数カ所において、超臨界地熱発電技術を用いた発電実証事業を実施**	**商用化に向けた調査、開発及び建設（リードタイムを、約10年と想定）**
	ポテンシャルの調査							

②水素・燃料アンモニア産業（水素）の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

●地域	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
利用						★目標(2030年時) コスト:30円/Nm^3 量:最大300万t		★目標(2050年時) コスト:20円/Nm^3以下、 量：2000万t程度
●輸送	**自動車**、**船舶**、**航空機**及び、**物流・人流・土木インフラ（鉄道）産業**の実行計画を参照							
●発電	**大型専焼発電の技術開発**							
	水素発電の実機実証（燃料電池、タービンにおける混焼・専焼）							
					エネルギー供給構造高度化法等による社会実装促進			
	国内外展開支援（燃料電池、小型・大型タービン）							
●製鉄	**COURSE50**（水素活用等でCO_2▲30%）の**大規模実証**					**導入支援**		**脱炭素水準として設定**
	水素還元製鉄の**技術開発**						**技術確立**	**導入支援**
●化学	水素等からプラスチック原料を製造する技術の**研究開発**					**大規模実証**	**導入支援**	
●燃料電池	革新的燃料電池の**技術開発**						革新的燃料電池の**導入支援**	
	多用途展開、生産設備の投資支援、導入支援							
輸送等	国際輸送の大型化に向けた**技術開発**				**大規模実証**、輸送技術の**国際標準化**、港湾において**輸入・貯蔵等が可能となるよう技術基準の見直し等**		**商用化・国際展開支援**	
	商用車用の大型水素ステーションの開発・実証 水素ステーションへの規制改革等による**コスト削減・導入支援**							
製造	水電解装置等の**大型化等支援・性能評価環境整備**							
●水電解	**海外展開支援（先行する海外市場の獲得）**							
	余剰再エネ活用のための**国内市場環境整備（上げDR等）等**を通じた**社会実装促進**						卒FIT再エネの活用等を通じた**普及拡大**	
●革新的技術	革新的技術（光触媒、固体酸化物形水電解、高温ガス炉等の高温熱源を用いた水素製造等）の**研究開発・実証**						**導入支援**	
分野横断	**福島**や発電所等を含む**港湾・臨海部、空港等における、水素利活用実証**							
	再エネ等の地域資源を活用した**自立分散型エネルギーシステムの実証・移行支援・普及**						**インフラ等の整備に伴う全国への利活用拡大**	
	クリーン水素の定義等の国際標準化に向けた国際連携							
	資源国との関係強化、需要国の積極的な開拓を通じた国際水素市場の確立							
	洋上風力、カーボンリサイクル・マテリアル及び、**ライフスタイル関連産業**の実行計画と連携							

②水素・燃料アンモニア産業
（燃料アンモニア）の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
利用								
●火力混焼	石炭火力（実機）へのアンモニア20%混焼の実証			アンモニア混焼に向けた設備改修	（2030年）目標コスト：10円台後半/ Nm³-H2 国内導入量：300万トン/年	アンモニア20%混焼の開始	石炭火力におけるアンモニア混焼の拡大 アジアを中心に混焼技術を展開	（2050年） 国内導入量：3000万トン/年
	アンモニアの混焼率向上、専焼に向けた必要な基礎技術の開発（2025年日本国際博覧会での活用も検討）						アンモニアの混焼率向上、専焼に向けた実証	専焼化開始
	エネルギー供給構造高度化法等による社会実装促進							
	アンモニア管理手法や燃焼時の機器性能に関する規格の検討、国際標準化に向けた検討・調整					国際標準化		
●船舶	アンモニアを燃料とする船舶の技術開発（エンジン・タンク・供給システム）			実証			導入・拡大	
	バイ・マルチでの協力枠組の構築（資源国との協調・連携、ブルー・グリーン双方のアンモニアの重要性の国際認識醸成）							
供給								
	アンモニア供給拡大に向けた調査・実証			リスクマネー供給、金融支援等を通じたアンモニア製造の整備、供給	（2030年）目標コスト：10円台後半/ Nm³-H2 供給量：300万トン/年		商用的拡大 アジアを中心とした他国への燃料アンモニア供給を開始・展開	
	製造効率化、新触媒製造、グリーンアンモニア製造に向けた技術開発、実証							
●貯蔵	アンモニア貯蔵タンク等装置の大型化、海上タンクの整備					商用的拡大		
●港湾	アンモニアの輸入・貯蔵等が可能となるよう技術基準の見直し等の検討			立地企業のニーズを踏まえた港湾施設等の整備			立地企業のニーズを踏まえた港湾施設等の整備	

③次世代熱エネルギー産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
供給サイド								
●メタネーション	2040年頃の商用化に向けた**大規模実証、コスト低減**						更なるコスト低減による**導入拡大**	**商用的拡大** **海外への展開**
	低コスト化に向けた**新たな基礎技術の開発**（共電解等）						実証による**大規模化、低コスト化**	更なるコスト低減による**導入拡大**
合成メタン コスト目標 2050年 40～50円 /Nm^3 （＝現在のLNG価格と同等）	**水素製造コスト低減に向けた技術開発、実証**						**段階的拡大**	**商用的拡大**
	CO_2の分離・回収、活用（回収技術開発、実証）							
			需要サイドでのCCU/カーボンリサイクル等の導入拡大				**商用的拡大**	
	海外サプライチェーン構築に向けた**調査・実証**						**海外から国内への輸送開始・導入拡大**	
●水素直接利用	**ローカル水素ネットワーク構築、適地の選定、実証**						**段階的拡大**	
需要サイド								
	産業分野の石炭・石油の大規模需要を中心とした**天然ガス転換・コジェネ導入等の推進**							
							合成メタンへの転換	
	地域の課題解決と一体となった**スマートエネルギーネットワーク（再エネ＋コジェネ）の構築**							
							合成メタンへの転換	
	クレジットでオフセットされたLNGの導入拡大							

④原子力産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1．開発フェーズ → 2．実証フェーズ → 3．導入拡大・コスト低減フェーズ → 4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
高速炉	○戦略ロードマップに基づく開発 ステップ１ ・民間によるイノベーションの活用による多様な技術間競争を促進			ステップ２ ・国、JAEA、ユーザーがメーカーの協力を得て技術を絞り込み（常陽等の施設を活用）		一定の技術が選択される場合	ステップ３ ・工程の具体化	例えば21世紀半ば頃の適切なタイミングに、現実的なスケールの高速炉の運転開始を期待
	・国際協力を活用した効率的な開発 ・日仏協力(安全性・経済性の向上)・日米協力（多目的試験炉等）							
小型炉（SMR）	米国・カナダ等で2030年頃までに実用化 →日本企業が海外実証プロジェクトに参画				日本企業が主要サプライヤーの地位を獲得		販路拡大・量産体制化でコスト低減	アジア・東欧・アフリカ等にグローバル展開
高温ガス炉 水素コスト：2050年に12円/Nm³の可能性	HTTR再稼働	HTTRを活用した「固有の安全性」確認のための試験		カーボンフリー水素製造に必要な技術開発			カーボンフリー水素製造設備と高温ガス炉の接続実証	販路拡大・量産体制化でコスト低減
	世界最高温の950℃を出力可能なHTTRを活用した国際連携の推進							
	高温熱を利用したカーボンフリー水素製造技術の確立（IS法、メタン熱分解法等）						実用化スケールに必要な実証	
核融合	国際協力の下、核融合実験炉（ITER）の建設・各種機器の製作				ITER運転開始 ・核融合反応に向けたプラズマ制御試験		ITER核融合運転開始 ・重水素-三重水素燃焼による燃焼制御・工学試験 ・核融合工学技術の実証	
	・JT-60SAを活用したITER補完実験、 ・原型炉概念設計・要素技術開発				原型炉へ向けた工学設計・実規模技術開発			実用化スケールに必要な実証
	人材育成、学術研究の推進							
	米国、英国等のベンチャーが2030年頃までに実用化目標							
	海外プロジェクトに日本のベンチャー等が研究開発・サプライヤーとして参画、機器納入							

⑤自動車・蓄電池産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1．開発フェーズ → 2．実証フェーズ → 3．導入拡大・コスト低減フェーズ → 4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
電動化の推進・車の使い方の変革	電動車・インフラの導入拡大						2050年のモビリティ社会の理想像 例：移動の安全性・利便性の飛躍的向上、移動時間の活用の革新、「動く蓄電池」の社会実装、モビリティの新たな付加価値の提供　等	
	エネルギー政策と両輪での政策推進							
	蓄電池・燃料電池・モータ等の電動車関連技術・サプライチェーン・バリューチェーン強化							
	車の使い方の変革							
	電動車の普及に向けたアジア等との連携							
	電動車の災害時対応							
燃料のカーボンニュートラル化 (合成燃料(e-fuel)等)	合成燃料の製造技術の開発				大規模製造の実証		導入拡大・コスト低減	自立商用化 ガソリン価格以下のコスト実現
	合成燃料の革新的製造技術の開発							
蓄電池	蓄電池のスケール化を通じた低価格化					新たなエネルギー基盤としての蓄電池産業の競争力強化	車載用、定置用など、様々な種類の蓄電池を電力グリッドに接続し、調整力として活用	
	鉱物資源の確保							
	研究開発・技術実証							
	蓄電池のリユース・リサイクルの促進							
	ルール整備・標準化							

⑥半導体・情報通信産業の成長戦略「工程表」（グリーン by デジタル）

●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
2030年　DX関連市場　２４兆円達成								
●DX推進	○各産業・企業や地域におけるDXをさらに加速するための方策の検討 ・重点領域(人・物の物理的移動を伴う産業や、大量の電力を使用する産業)のDXによる省エネ化検討							
●ソフトウェア開発	○次世代クラウドソフトウェア、プラットフォームの研究開発、実証			○実証		○コスト低減等導入支援	○電化、DXの更なる推進	
●デジタル技術を用いた省CO_2促進	○デジタル技術の活用による地域の省CO_2化推進のための実証					○コスト低減等導入支援		
2030年　データセンターサービス市場３兆円、データセンター投資　１兆円規模								
●データセンター国内立地推進	○データセンターの立地促進 ・データセンターの省CO_2化促進／ゼロエミッション・データセンターの先行事例創出／需要家ニーズの醸成 ・インターネットトラヒックの地域分散化							
●データセンター早期立地に向けた検討	○データセンターの早期立地に向けた立地計画策定等の政策パッケージの検討		○データセンター国内早期立地のための新たな仕組みの運用開始				○国内グリーン・データセンターの拡大	
●脱炭素電力非化石証書の購入拡大	○脱炭素電力調達促進に向けた各制度の在り方の検討							
●再エネ導入支援	○電機産業、データセンター等の再エネ導入促進							
2025年　ポスト５Ｇ・高度化された５Ｇ実用化、拡大 2030年　Beyond 5G　実用化　（現在よりも大幅な省エネの実現（100分の１の消費電力））								
●情報通信インフラの高度化	○ポスト５Ｇ情報通信システム・高度化された５Ｇの実用化に向けた研究開発 ○省エネ効果の高い光エレクトロニクスの高度化に向けた研究開発 （光チップ、光電コパッケージ、光電融合型プロセッサ等） ○エッジコンピューティング技術によるデータ処理の省エネ化に向けた研究開発					○設備投資支援	○導入拡大	
	○Beyond 5Gの戦略的推進：先行的取組フェーズ ○Beyond 5G実現に向けた要素技術の研究開発					○取組加速化フェーズ	○設備投資支援	○導入拡大

⑥半導体・情報通信産業の成長戦略「工程表」（グリーン of デジタル）

●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
	2025年　次世代パワー半導体等を用いた機器の実証 2030年　パワー半導体の省エネ（50%以上達成）、　世界シェア４割　1.7兆円							
●次世代パワー半導体等	○最先端パワー半導体の製造拡大のための設備投資支援					○設備投資支援	○2050年までに、既存の半導体、機器の置き換え終了	
●電気機器の省エネ	○超高効率次世代パワー半導体（最先端Si、GaN、SiC、Ga_2O_3等）の研究開発							
	○超高効率次世代省エネ機器（モーター制御用半導体等）・次世代パワーエレクトロニクス技術（高効率制御等）の研究開発 ・パワーデバイス、回路システム、受動素子等周辺技術の一体的な研究開発 ・デバイスや回路システム等の研究開発に必要な設備整備							
	○次世代モジュール技術（高放熱材料等）の研究開発							
	○次世代受動素子・実装材料（コイル等）の研究開発							
	○Siパワー半導体・次世代半導体（GaN等）の成果を用いて、現時点から応用可能な用途（電動車・データセンター電源・LED等）に係る技術の実証・実装・高度化							
	2030年　全ての新設データセンターを30%省エネ化、データセンターの使用電力の一部の再エネ化							
●コンピューティングの省エネ・高度化	○省エネ半導体の製造拡大のための設備投資支援							
	○データセンターの省エネ化に向けた研究開発 HPC等の次世代コンピューティング（光エレクトロニクス等）の研究開発							
	○超分散グリーンコンピューティング技術（ソフトウェアによる省エネ化）の研究開発					○導入支援	○2040年までにデータセンターのカーボンニュートラルを目指す	
	○エッジコンピューティング技術によるデータ処理の省エネ化に向けた研究開発							
●データセンターの脱炭素電力活用・省エネ化	○データセンターの省CO_2化促進／ゼロエミッション・データセンターの先行事例創出／需要家ニーズの醸成（再掲）							
	○電機産業、データセンター等の脱炭素電力導入促進（再掲）							
	2025年　ポスト５G・高度化された５G実用化、拡大 2030年　Beyond 5G　実用化　（現在よりも大幅な省エネの実現（100分の１の消費電力））							
●情報通信インフラの高度化	○ポスト５G情報通信システム・高度化された５Gの実用化に向けた研究開発 ○省エネ効果の高い光エレクトロニクスの高度化に向けた研究開発 （光チップ、光電コパッケージ、光電融合型プロセッサ等） ○エッジコンピューティング技術によるデータ処理の省エネ化に向けた研究開発					○設備投資支援	○導入拡大	
	○Beyond 5Gの戦略的推進：先行的取組フェーズ ○Beyond 5G実現に向けた要素技術の研究開発					○取組加速化フェーズ	○設備投資支援	○導入拡大

⑦船舶産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
カーボンフリーな代替燃料への転換 ● 燃料電池船 ● EV船 ● ガス燃料船	★目標 • 2028年よりも前倒しでゼロエミッション船の商業運航実現						★目標(2050年時) • 船舶分野における水素・アンモニア等の代替燃料への転換	
	○水素燃料電池船	実証			水素燃料電池船 導入拡大		水素燃料電池船 商用的拡大	
	○フルバッテリー船	実証			ゼロエミッションEV船 導入拡大		ゼロエミッションEV船 商用的拡大	
	○水素・アンモニア燃料船							
	・水素燃料エンジン ・アンモニア燃料エンジン	技術開発			実証　2025年より前に実証開始		水素・アンモニア燃料船 商用的拡大	
		・革新的燃料タンク ・燃料供給システム	技術開発		実証	水素・アンモニア燃料船 導入拡大		
LNG燃料船の高効率化 ● 技術開発・導入 ● 風力推進等との組み合わせ	○LNG燃料船							
	・革新的燃料タンク ・燃料供給システム							
	技術開発	水素・アンモニア燃料船にも応用可能		実証	超高効率LNG燃料船＋風力推進船 導入・拡大		超高効率LNG+風力推進船※ 商用的拡大	LNG燃料から再生メタンへ次第に転換
	・風力推進						※CO_2排出削減率86%、再生メタン活用でゼロエミッション	
	技術開発		実証					
枠組の整備 ● 新造船 ● 現存船 ● 船社、船主	○新造船	新造船に対する燃費性能規制（EEDI）の規制強化					EEDIの更なる規制強化（未定）	
	○現存船		現存船に対する燃費性能規制（EEXI）・燃費実績の格付けの制度の実施				EEXI・燃費実績格付け制度の見直し等（未定）	
	○船舶、船主等						経済的手法（例：燃料油課金）の導入による研究開発、普及等の促進（未定）	
	内航海運の低・脱炭素化に向けた議論を踏まえ必要な制度構築を含めた取組の推進							

⑧物流・人流・土木インフラ産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
①カーボンニュートラルポート	○**カーボンニュートラルポート（CNP）の形成**						★目標(2050年時）港湾におけるカーボンニュートラルの実現	
	CNP形成マニュアル策定	CNP形成計画に基づく取組を進める港湾等において重点的な実証					CNP形成の全国への展開	
	陸電・自立型水素等電源導入実行可能性調査	実装・陸上電力供給電源のCN化				CN化実装・コスト低減	陸上電力供給のCN化導入拡大	
	港湾荷役機械・大型車両等のFC化実行可能性調査				実証		自立型水素等電源、荷役機械・大型車両等のFC化導入拡大	
	LNGバンカリング拠点の拡大				LNGバンカリング拠点の利用促進等			
	水素・アンモニア燃料船への燃料供給等技術開発				実証	燃料供給体制整備導入拡大	水素・アンモニア燃料船商用的拡大に対応した燃料供給体制の整備	
	港湾・臨海部に立地する事業者の脱炭素化の取組み、実証支援						全国での港湾立地企業の脱炭素化展開	
	○**水素・燃料アンモニア等の資源獲得に資する海外における港湾投資の検討**							
	事前調査				水素・燃料アンモニア等の資源輸出のための海外における港湾投資の支援		海外からの水素・燃料アンモニア等の輸入体制の確立	
②スマート交通の導入、自転車移動の導入促進	○MaaSの普及促進など公共交通等の利便性向上							
	MaaSの導入に向けた実証				移動に求められる様々なニーズに対応できるMaaSの普及		マイカーだけに頼らず移動できる社会の実現	
	移動サービス、データ利活用の更なる進化の検討						★目標(2050年時）：環境負荷の低減が図られた移動手段の確保、CO_2排出の少ない輸送システムが導入された社会の実現	
	地域公共交通の確保・維持、計画策定の促進							
	まちづくりと連携した、電動化、自動化によるCO_2排出の少ない公共交通等の輸送システムの導入							
	○ 自転車の利用環境の整備と活用促進							
	自転車通行空間の整備等を推進、安全で快適な利用環境の創出を推進							
③グリーン物流の推進、交通ネットワーク・拠点・輸送の効率化・低炭素化の推進	モーダルシフト、共同輸配送、物流標準化、物流施設の低炭素化の推進、交通流対策、ダブル連結トラック等による物流の効率化							
	○新技術を用いたサプライチェーン全体の輸送効率化							
	関係事業者が連携したサプライチェーン全体の効率化に向けた取組をモデル的に実証				連携してサプライチェーン全体の輸送効率化に取組む事業者に対する評価制度の導入		連携してサプライチェーン全体の輸送効率化を図る取組みの普及・一般化	
	○燃料電池鉄道車両の開発・導入							
	FC鉄道の車両の技術基準・地上設備の性能要件明確化				関連基準・規制の見直し		コスト低減	
		実証試験						
		総合水素ステーションの設置に関する検討				コスト低減		
	○エコエアポート・空港の脱炭素化の推進							
	GPU導入拡大、空港施設のLED化等の省エネ導入拡大、空港車両のEV・FCV化等クリーンエネルギー車両の導入拡大、再エネ拠点化の推進							
	○航空交通システムの高度化							
	RNAV経路導入空港の拡充				導入空港の拡充			全飛行フェーズでの運航改善の実現
	時間管理を含むより柔軟な出発・到着経路に向けた検討							
	管制システム及び運航者（エアライン）システムの設計に必要な国際基準策定・研究開発					運用前評価・段階的なシステム導入		
	○ドローン物流の実用化							
	ドローン物流の離島や山間部等における荷物配送ビジネスの実用化の推進				都市を含む地域におけるドローンによる荷物配送の実現・展開			
	ドローン、空飛ぶクルマの性能向上、大型化、遠隔複数機体運航の実現に係る技術開発				技術実証		導入支援	

⑧物流・人流・土木インフラ産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
④インフラ・都市空間等でのゼロエミッション化	○道路照明の省エネ化、太陽光発電等導入検討、電動車の普及促進支援 省エネ化・高度化等新たな道路照明技術の開発			新たな道路照明技術の実証		新たな技術の導入促進	道路照明省エネ化・高度化の推進	
	太陽光発電等の再生可能エネルギー導入推進の検討							
	給電システムを埋め込む道路構造の開発						開発状況に応じて実証	開発・実証状況に応じて導入
	EV充電器の公道設置の必要性及び課題への対応策の検討						EV車の普及状況に応じて自立商用化	
	EV充電施設への案内サインの整備促進							
	○下水熱の利用 官民連携プロジェクトによる案件形成支援 導入事例の横展開・コスト低減						下水熱利用技術の普及拡大	
	○最新の気象予測を活用した未利用水力エネルギーの活用促進 最新の気象予測技術の活用により、洪水対応に支障のない範囲でできるだけ発電に活用しながら放流するなど、ダムの運用改善の実現可能性の検証						導入ダム数の拡大	
	○コンパクト・プラス・ネットワークの推進 立地適正化計画を作成した市町村数　600市町村				コンパクト・プラス・ネットワークの更なる推進			
	○都市における脱炭素化 都市内のエリア単位の脱炭素化について、エリア設定の考え方の検討や民間資金の活用を含めた支援体制の構築、包括的な取組を強力に推進							
	○都市公園への再生可能エネルギーの導入推進 導入可能性の調査				都市公園への再生可能エネルギーの導入を推進する。			
	○グリーンインフラの社会実装 グリーンインフラに関する技術開発、地域モデル実証等							
	地域への導入支援							
	○Eco-DRRの社会実装 Eco-DRR適地のマップ化手法検討							
	まちづくりへのEco-DRRの導入支援							
	○2027年横浜国際園芸博覧会の開催 関連法律の制定や実施主体となる博覧会協会の設立等の準備を進め、グリーンインフラを実装し民間資金を活用した持続可能なまちづくりのモデル等の国内外への発信に資する取組の推進						SDGs達成やグリーン社会に向けた持続可能なまちづくりのモデルの実現・主流化を推進	
	BIE（博覧会国際事務局）認定に向けた準備				会場の設計・整備			
⑤建設施工におけるカーボンニュートラルの実現 ●目標規模 2050年 571万CO_2トン →0（ゼロ）	○施工の効率化・高度化 ICTを活用した施工の効率化 （直轄・地公体工事におけるICT施工の普及促進）						★目標(2050年時) 建設施工におけるカーボンニュートラルの実現	
	○ディーゼルエンジンを基本とした燃費性能の向上 燃費性能の優れた建設機械の普及促進（燃費基準値の改定・機種拡大）							
	油圧ショベル等　ホイールクレーン　可搬型建設機械等　小型油圧ショベル等							
	○革新的建設機械の導入拡大 調査分析 検討			現場導入試験			革新的建設機械の普及促進	使用原則化（直轄事業）

⑨食料・農林水産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
CO_2吸収・固定	○エリートツリー等の開発・普及 優良系統の探索・選抜、優良形質遺伝子の解析、優良形質個体選抜の効率化・高速化						エリートツリー等の苗木生産の実証	優良品種による再造林の普及拡大
	○高層建築物等の木造化・バイオマス由来素材 高層建築等の木質建築部材の開発、国産材高度利用技術の開発						高層木造建築物等の技術の確立	高層木造建築物等の普及
	CNF(～2023年)、改質リグニン（～2024年）等を利用した高機能材料、それに続く木質由来新素材の開発 企業によるプラント実証 ※一部材料は2020年度より実証・普及開始					バイオマス由来素材製品の普及		
	○バイオ炭 バイオ炭資材の特性評価、GHG収支等への影響把握、施用技術の開発				LCAの実施、バイオ炭規格の整備			バイオ炭資材の普及、国内外で農地の炭素貯留量を拡大
	○有機農業の取組面積拡大、化学農薬・化学肥料の低減 物理・生物学的病害虫防除法の確立、病害抵抗性品種の育成、AIによる土壌診断技術の開発 ※病害虫の画像診断技術等、既存技術は2022年ごろから普及・実用化						次世代有機農業技術の実証・確立	次世代有機農業技術体系の普及
	○ブルーカーボン等 藻場・干潟の造成・再生・保全技術の開発				藻場・干潟の造成・再生・保全技術の実証		藻場・干潟の拡大によるブルーカーボンの増大	
	水素酸化細菌の大量培養技術の開発						水素酸化細菌の商業利用促進	

⑨食料・農林水産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1．開発フェーズ → 2．実証フェーズ → 3．導入拡大・コスト低減フェーズ → 4．自立商用フェーズ

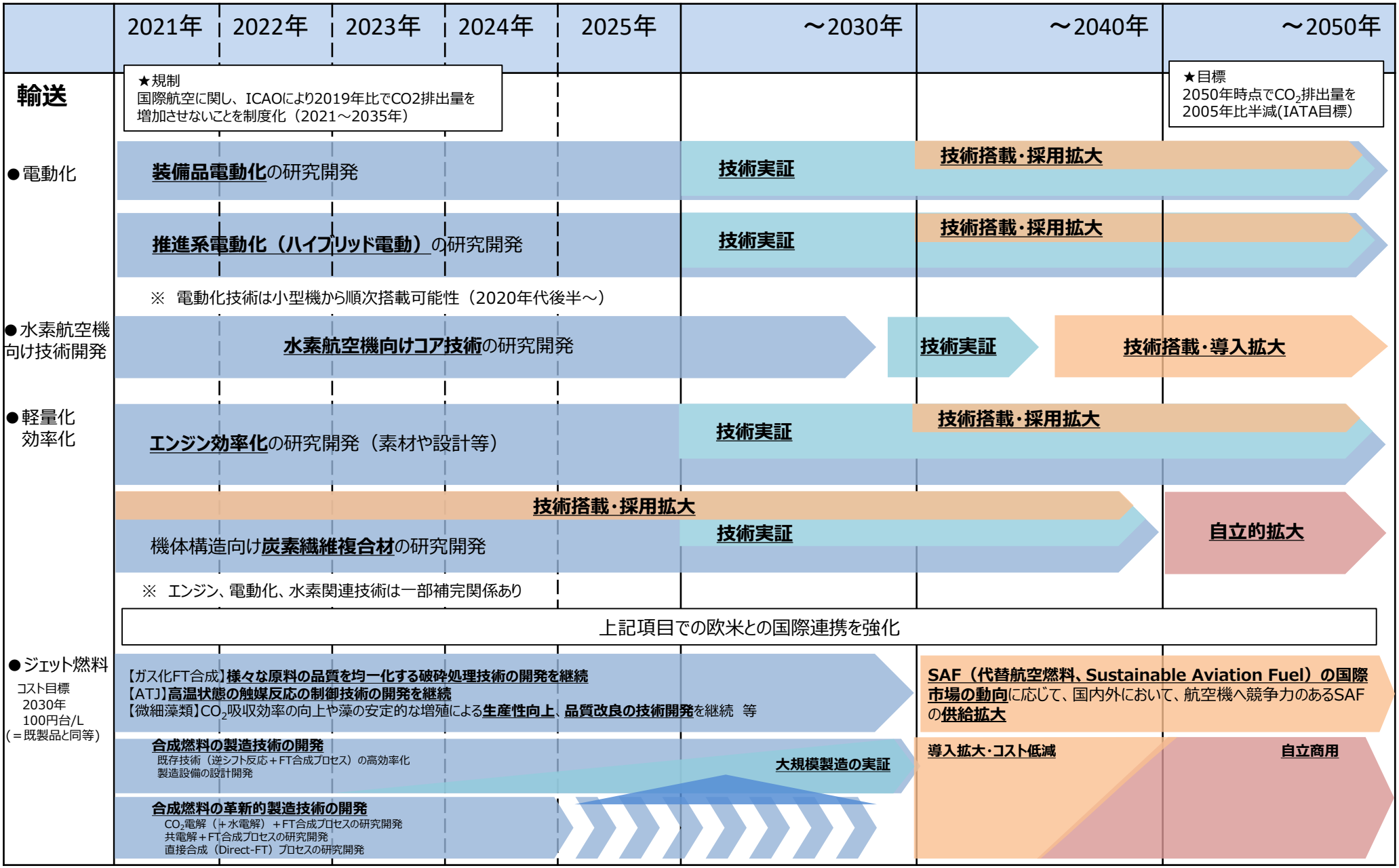
●具体化すべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
温室効果ガス排出削減 （エネルギー調達及び生産から流通・消費段階）	○地産地消型エネルギーシステム構築							
	営農型太陽光発電、バイオマス・小水力発電等による地産地消型エネルギーマネジメントシステムの構築						VEMS(農山漁村の地域に合わせたエネルギーマネジメントシステム）の実証	VEMSの導入を拡大
	○農林業機械・漁船の電化・水素化							
	農林業機械・漁船の電化・水素化を推進						電化システム等を実証	電化システム等の普及・拡大
	○化石燃料を使用しない施設への移行							
	高速加温型ヒートポンプ、高効率蓄熱・移送技術、放熱抑制技術の開発、超精密環境制御施設の開発						新技術の低コスト化に向けた実証	新技術の普及・拡大
	○家畜由来メタン・N_2Oの排出削減							
	飼料利用性の高い家畜への改良（~2040年まで開発、2040年後半から実証、2050年から社会実装）、AIやICT等を活用した飼養管理技術の高度化、ルーメン微生物の制御技術の開発						家畜飼養管理技術等の実証	家畜飼養管理技術等の普及・拡大
	GHG削減飼料の開発							
	○スマートフードチェーン							
	フードチェーン情報公表JAS（仮称）を含め、スマートフードチェーン基盤技術の開発・実証						フードチェーン情報公表JAS（仮称）を含め、スマートフードチェーンの運用開始、民間企業等による活用	
	○事業系食品ロスの削減、食品の製造システムの自動化・リモート化							
	保存性に優れた新食素材の開発、AI等による食品製造の自動化・リモート化に係る研究開発				食ロス削減技術、食品製造システムの実証		食ロス削減技術、食品製造システムの普及	
	○持続可能な消費の拡大							
	消費者行動の変容（見た目重視の商品選択の見直し、地産地消の推進、食品ロス削減）							
	○有機農業の取組面積拡大、化学農薬・化学肥料の低減（再掲） ○高層建築物等の木造化・バイオマス由来素材（再掲） ○木材の生産流通の効率化						★目標(2050年時) 農林水産業における化石燃料起源のCO_2のゼロエミッションを実現	
	自動化機械や森林クラウドと整合したICT生産管理システム等の開発、センシング技術を活用した造林作業の低コスト化・省力化					総合的なスマート林業技術の実証		スマート林業技術の普及
	○水産資源の適切管理							
	養殖魚種の人工種苗生産技術の開発、魚粉代替原料の開発						養殖魚種の人工種苗生産技術、魚粉代替原料の実証	天然資源に負荷をかけない持続可能な養殖生産の推進
	新たな資源管理の推進に向けたロードマップに沿った取組を実施		新たな資源管理システムの構築		水産資源の適切な資源管理を実施 我が国周辺水産資源の回復 漁獲量を2010年と同程度（444万トン）まで回復		持続可能な漁業を実現 国民への水産物の安定供給 水産業の成長産業化	

⑩航空機産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等



⑪カーボンリサイクル・マテリアル産業（カーボンリサイクル）の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

※代表事例を記載	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
●コンクリート コスト目標 2030年 30円台/m3 （＝既製品と同等）	・**2025年日本国際博覧会**における導入を検討 ・新技術に関する**国交省データベース**にCO_2吸収型コンクリートを登録し、地方自治体による**公共調達**を拡大 さらに、**道路**、**建物等**への導入による販路拡大、コスト低減						・大規模な国際展示会でのPR等を行い、**途上国等へも販路拡大** ・知財戦略を通じた**ライセンス事業形態**の活用によるシェア獲得・拡大	
	・**防錆性能を持つコンクリート**の技術開発		・**防錆性能を持つコンクリート**の**実証**					
	・CO_2吸収量の増大と低コスト化を両立させた新技術・製品の開発					・新技術を活用した製品の実証		
	・**日米の産学官**の関係者が**CO_2炭酸塩化**（コンクリート化）に関する**共同プロジェクト**を実施 ・関係国とのカーボンリサイクル協力**MOCを締結**し、**共同研究・実証を推進**							
●セメント 国内キルン全機導入	・セメント製造工場での**CO_2回収技術の開発** ・回収CO_2の**炭酸塩化**による原料・燃料化プロセスの開発					・大規模設備でのCO_2回収と炭酸塩化技術実証	・**設備導入コスト低減**・補助金等による**導入支援** ・**国内メーカー、アジアメーカーへの技術展開** ・海外企業への**ライセンスビジネスの展開**	
●カーボンリサイクル燃料 コスト目標 2030年　100円台/L （＝既製品と同等）								
（ⅰ）代替航空燃料（SAF）	・2030年頃の商用化に向けた**大規模実証**、**コスト低減** ・国際航空に関し、**ICAO**により、2019年比でCO_2排出量を増加させないことが制度化（2021～2035年） （※ICAO：国際民間航空機関）						・**SAFの国際市場の動向**に応じて、国内外において、航空機へ競争力のあるSAFの**供給拡大**	
	【ガス化FT合成】**様々な原料の品質を均一化する破砕処理技術の開発を継続** 【ATJ】**高温状態の触媒反応の制御技術の開発を継続** 【微細藻類】CO_2吸収効率の向上や藻の安定的な増殖による**生産性向上**、**品質改良の技術開発**を継続　等							
（ⅱ）合成燃料	**合成燃料の製造技術の開発** 既存技術（逆シフト反応＋FT合成プロセス）の高効率化 製造設備の設計開発					**大規模製造の実証**	**導入拡大・コスト低減**	**自立商用**
	合成燃料の革新的製造技術の開発 CO_2電解（＋水電解）＋FT合成プロセスの研究開発 共電解＋FT合成プロセスの研究開発 直接合成（Direct-FT）プロセスの研究開発							
（ⅲ）合成メタン コスト目標 2050年 40～50円/Nm3 （＝現在のLNG価格と同等）	2040年頃の商用化に向けた**大規模実証、コスト低減**						更なるコスト低減による**導入拡大**	**商用的拡大**
	低コスト化に向けた**新たな基礎技術の開発**（共電解等）						実証による**大規模化、低コスト化**	更なるコスト低減による**導入拡大**
	海外サプライチェーン構築に向けた**調査・実証**					**海外から国内への輸送開始・導入拡大**		**商用的拡大**
（ⅳ）グリーンLPG	**触媒等**の実証試験に必要な**基盤技術の開発**					★目標（2030年時） グリーンLPガスの商用化		★目標（2050年時） LPガスにおけるカーボンニュートラルの実現
	商用化に向けた実証						**コスト低減**	**グリーンLPガス合成技術の普及拡大**

⑪カーボンリサイクル・マテリアル産業（カーボンリサイクル）の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

※代表事例を記載	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
●カーボンリサイクル化学品 コスト目標 50年100円台/kg （=既製品と同等） **人工光合成によるプラスチック原料**	・プラスチック原料製造の大規模実証に必要な**生産性の高い光触媒**を開発 ・関連規制の保安・安全基準に関する検討						・**大規模実証**	・**コスト低減**・補助金等による**導入支援**
コスト目標 既製品と同等 **廃プラスチック・廃ゴムやCO_2直接合成等のﾌﾟﾗｽﾁｯｸ原料**	・廃プラスチック・廃ゴムやCO_2からより機能性を向上させた化学品の製造技術を開発						・**コスト低減**・補助金等による**導入支援**	
コスト目標 既製品と同等 **バイオ技術による化学品**	・バイオマス資源を原料とするバイオものづくり技術の開発				・実証		導入拡大・コスト低減	商用的拡大
	・大気中のCO_2を原料として直接的に化学品を製造するバイオものづくり技術の開発						・実証	導入拡大・コスト低減　商用的拡大
●分離回収 コスト目標 （/CO_2t） 低圧ガス： 30年２千円台 高圧ガス： 30年千円台 DAC： 50年２千円台 目標規模 50年　世界で約25億CO_2t	○排ガス由来 ・**高効率なCO_2分離回収技術**を開発し、**コスト低減**			・**大規模実証**			・更なるコスト低減による**導入拡大**	
	○大気由来（DAC） ・ムーンショット型研究開発制度等を活用した、**大気からのCO_2直接回収（DAC）技術**の研究開発（エネルギー効率向上、**コスト低減**）						・**実証**による更なる低コスト化	・さらなる低コスト化・補助金等による**導入拡大**

⑪カーボンリサイクル・マテリアル産業（マテリアル）の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ

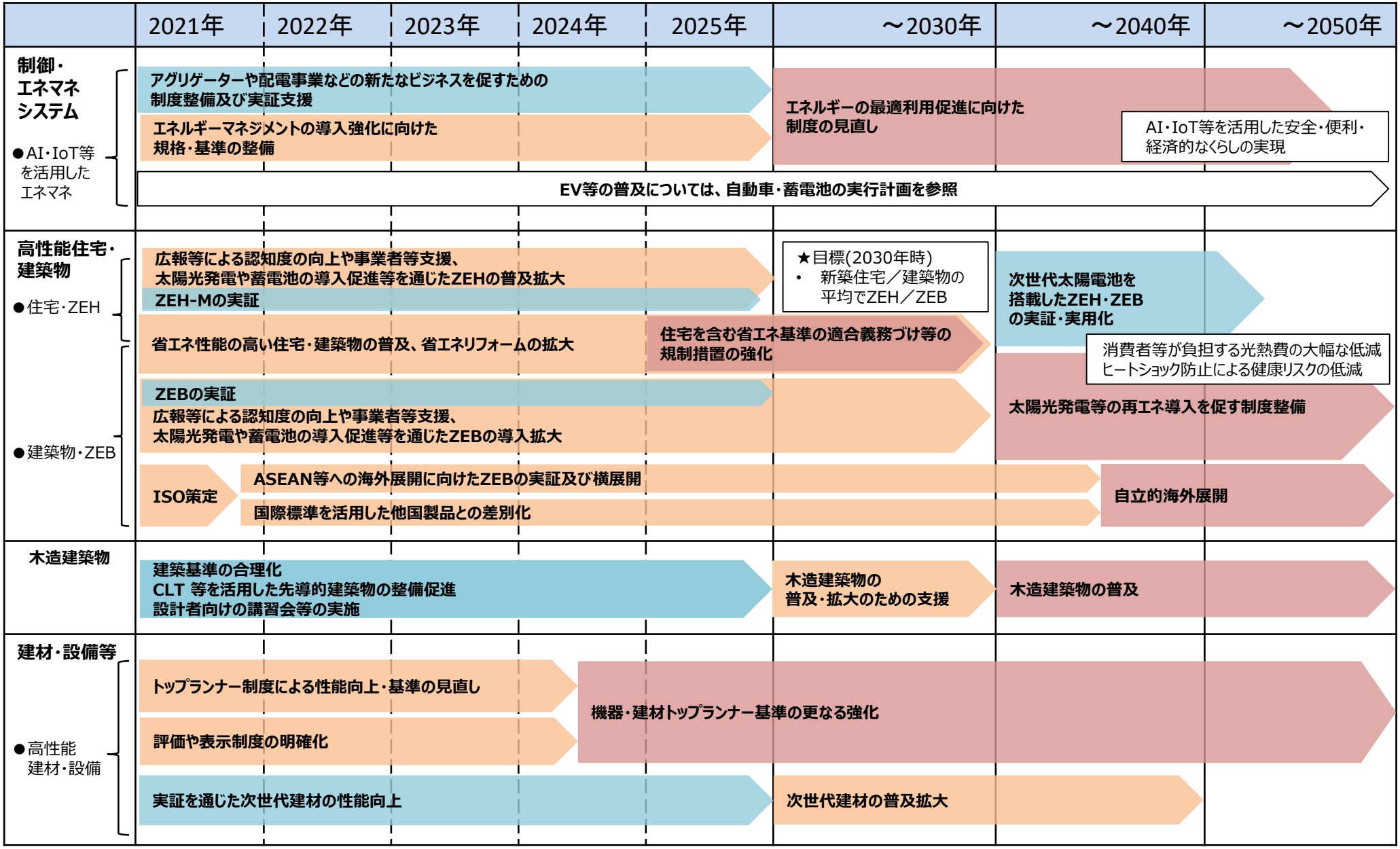
●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
金属素材	輸送用機械の軽量化・高速化・電動化に資する金属素材を開発					導入・拡大	商用的拡大	
	社会インフラ設備（洋上風力、水素貯留、ケーブル等）の性能向上と低コスト化に資する金属材料の開発					導入・拡大	商用的拡大	
精錬・圧延手法	COURSE50（水素活用等でCO_2▲30%）の大規模実証					導入支援		
	水素還元製鉄、電炉拡大の技術開発					実証	技術確立	導入支援
	精錬、圧延、加工プロセスの省エネに必要な基礎技術の開発					実証	導入・拡大	
	国際的協力枠組の構築（過剰生産能力への対応、メタルスプレッドの確保）、開発した省エネ・CO_2削減技術が適切に評価される国際標準の策定を推進							
資源の有効利用	希少金属（レアメタル、レアアース等）を抽出・回収し、再利用・再資源化するリサイクル技術の開発					実証	導入・拡大	
	強度や靭性を高めた高強度材料による構造物の長寿命化技術の開発					実証	導入・拡大	
	アルミスクラップをアップグレードするリサイクル技術の開発					実証	導入・拡大	
熱源の脱炭素化	燃焼特性にあわせた製造設備の開発					実証	導入・拡大	
石油化学コンビナートの脱炭素化	燃焼特性にあわせた製造設備（ナフサ分解炉等）の開発					実証	導入・拡大	
	石油精製プロセスへのCO_2フリー水素等の導入実証						導入・拡大	

⑫住宅・建築物産業・次世代電力マネジメント産業（住宅・建築物）の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ

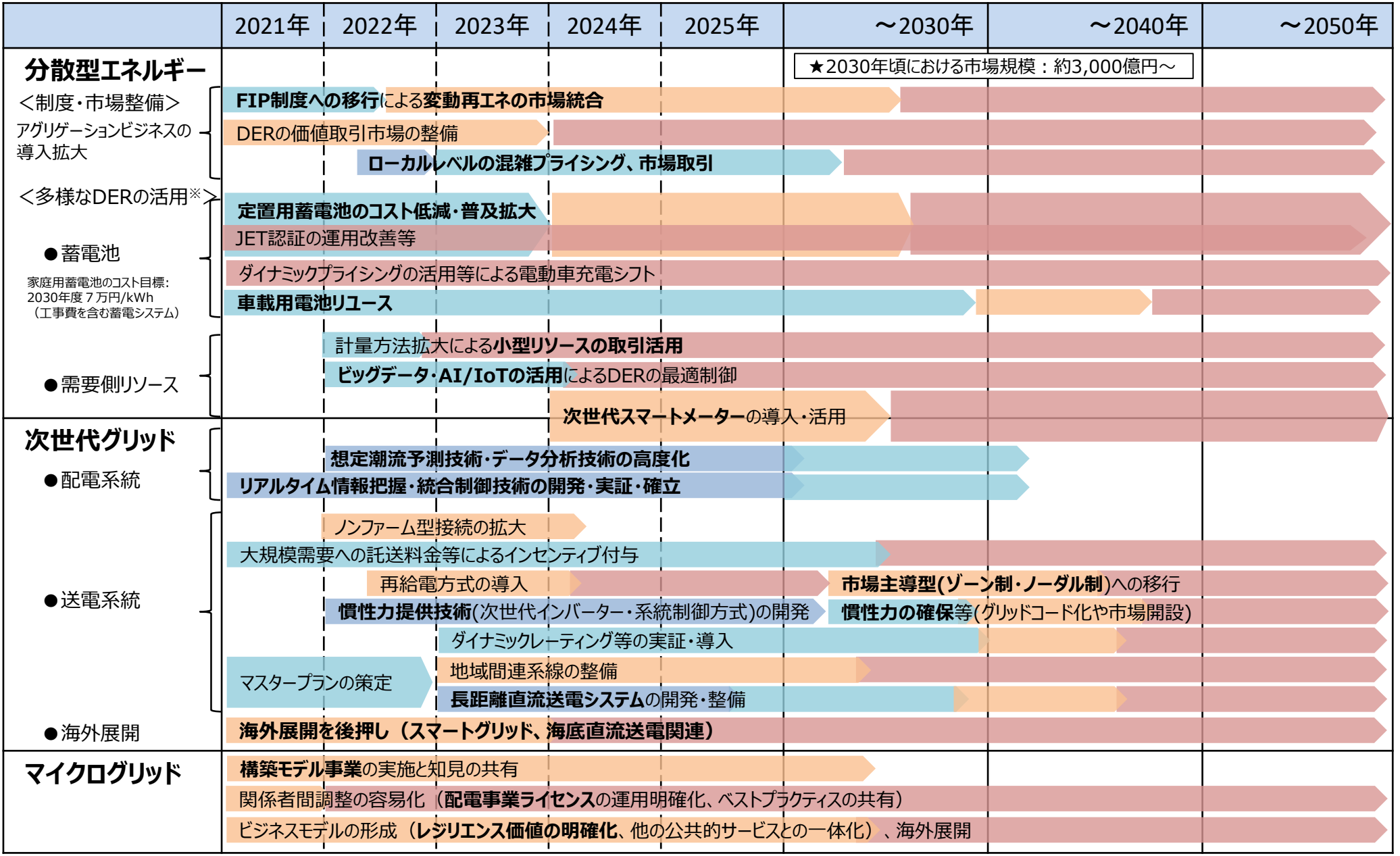
●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等



⑫住宅・建築物産業・次世代電力マネジメント産業（次世代電力マネジメント）の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等



⑬資源循環関連産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1．開発フェーズ → 2．実証フェーズ → 3．導入拡大・コスト低減フェーズ → 4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
	循環経済への移行								循環経済への移行も進めつつ、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする
Reduce・Renewable	○リデュース 食ロス削減、サステナブルファッション、ワンウェイプラスチックの削減…								
	○Renewable 代替素材化（製品のバイオマス化・再生材利用等）の技術開発・実証								
				代替素材化（製品のバイオマス化・再生材利用等）導入拡大			代替素材化（製品のバイオマス化・再生材利用等）による製品の自立的普及拡大		
Reuse・Recycle	○リサイクル リサイクル技術の技術開発・実証								
				リサイクル技術の導入、コスト低減			リサイクル技術の普及拡大		
	○焼却施設排ガス等の活用 焼却施設排ガス等のCO_2を活用したプラスチック原料等の製造実証・焼却施設の最適化等を通じた回収率向上								
				コスト低減					更なるコスト低減による導入拡大
Recovery	○エネルギー回収の高度化・効率化 焼却施設の運転効率向上、生活系生ごみの大規模バイオガス化技術の確立、発電効率向上、バイオマス資源（下水道バイオマス・伐採木等）の活用拡大						メタン発酵エネルギー回収の向上、消化液等の有効活用	有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策の検討	先進事例の横展開、低コスト化
	先進事例の横展開								
	○回収したエネルギー利用の高度化・効率化 排熱利用型地域熱供給、オフライン熱輸送の向上等						エネルギー回収の全体効率の向上策、導入拡大策の検討	低コスト化	
	先進事例の横展開								

⑭ライフスタイル関連産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1．開発フェーズ → 2．実証フェーズ → 3．導入拡大・コスト低減フェーズ → 4．自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
住まい・移動のトータルマネジメント	家庭でのカーボンニュートラル（脱炭素プロシューマー）の拡大 ○ZEH・ZEB、需要側機器、地域再生可能エネルギー、EV/FCV等を組み合わせたトータルマネジメント ★目標 2050年までに、カーボンニュートラルで、かつレジリエントで快適なくらしを実現							
	住まい・移動の脱炭素化を実現する脱炭素プロシューマーを拡大 需要近接型再エネ電気・熱の実証・社会実装・普及					脱炭素型の住まい・移動への転換コスト低減	脱炭素プロシューマーの一般化	
	需要側機器や水素化等による柔軟性確保					コスト低減	再エネ主力化と柔軟性確保の確立	
	直流給電等による住宅・建築物間のネットワーク化 電気・熱・モビリティのセクターカップリング					コスト低減	地域特性に応じた自律分散型エネルギーシステムの確立	
行動変容等	○ナッジ、BI-Tech							
	BI-Techの技術実証		個人・世帯・コミュニティの特性に応じたライフスタイル提案・適正規模のサービス提供				ナッジ、BI-Tech等による意識変革・行動変容の拡大	
	○デジタル化（中小企業・個人のCO_2削減のクレジット化促進、都市炭素マッピング等）							
	ブロックチェーンを用いたJクレジット取引市場の創出検討					J-クレジット取引市場の運用開始	取引の拡大、脱炭素プロシューマーの一般化	
	都市炭素マッピング開発等			実証・段階的導入		ビジネスモデルの確立	標準化等汎用化手法の検討	
	○シェアリング							
	EVを始めとする多様なシェアリングの先行事例創出					ビジネスモデルの確立	自立商品化による全国展開	
科学基盤	○削減効果検証等のための科学的知見の充実							
	観測・モデル開発による研究開発			実証・段階的導入		GHG削減に効果的な技術抽出・成果の展開	標準化等の検討、脱炭素社会実現へのシナリオ提案、ネガティブエミッション評価	
	地域の脱炭素化等のための分野横断的な知見の創出と大学等間・産学官の連携強化に係る体制整備					地域モデルの確立等	地域モデルの全国展開、標準化等の検討	