

水素基本戦略

令和5年6月6日

再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議

目次

| | |
|------------------------------------|----|
| 第1章 総論 | 3 |
| 1-1. 水素基本戦略の位置づけ | 3 |
| 1-2. 本戦略における対象範囲 | 4 |
| 第2章 水素の導入に向けた基本的な考え方 | 5 |
| 2-1. 我が国における水素の導入に向けた基本的な考え方 | 5 |
| (1) S + 3 Eの観点から | 5 |
| (2) 水素産業の国際競争力強化の観点から | 6 |
| 2-2. 各国の水素政策の動向 | 7 |
| (1) 米国 | 7 |
| (2) 欧州 | 7 |
| (3) 英国 | 8 |
| (4) ドイツ | 8 |
| (5) フランス | 9 |
| (6) 中国 | 9 |
| (7) 韓国 | 10 |
| (8) インド | 10 |
| (9) シンガポール | 10 |
| (10) 豪州 | 10 |
| (11) チリ | 11 |
| 第3章 水素社会実現の加速化に向けた方向性 | 11 |
| 3-1. 安定的、安価かつ低炭素な水素・アンモニアの供給について | 11 |
| (1) 安定的な供給 (Energy Security) | 11 |
| (2) 供給コストの低減 (Economic Efficiency) | 11 |
| (3) 低炭素水素への移行 (Environment) | 12 |
| 3-2. 供給面での取組 | 13 |
| (1) 国内水素サプライチェーンの構築 | 13 |
| (2) 国際水素サプライチェーンの構築 | 14 |

| | |
|---|----|
| 3-3. 需要面での取組..... | 15 |
| (1) 需要創出に向けた動き | 15 |
| (2) 非化石エネルギーへの転換に向けた需要側のルール整備 | 18 |
| (3) 水素化合物としての水素利用..... | 19 |
| 3-4. 大規模なサプライチェーン構築に向けた支援制度の創設 | 19 |
| (1) 大規模かつ強靱なサプライチェーン構築に向けた制度整備..... | 19 |
| (2) 需要創出に資する効率的な供給インフラの整備に向けた制度整備 | 20 |
| 3-5. 地域における水素利活用の促進及び自治体との連携..... | 20 |
| 3-6. 革新的な技術開発の推進..... | 22 |
| 3-7. 国際連携（標準化戦略、多国間枠組みでの活動） | 22 |
| (1) 標準化に関する取組..... | 22 |
| (2) 国際取引の方向性 | 23 |
| (3) 多国間枠組みでの活動 | 23 |
| 3-8. 国民理解 | 24 |
| 第4章 水素産業競争力強化に向けた方向性 | 24 |
| 4-1. 水素産業競争力強化に向けた基本的な考え方 | 24 |
| 4-2. 水素産業戦略 | 25 |
| (1) 水素供給 | 26 |
| (2) 脱炭素型発電 | 30 |
| (3) 燃料電池 | 30 |
| (4) 水素の直接利用 | 37 |
| (5) 水素化合物 | 38 |
| 第5章 水素の安全な利活用に向けた方向性 | 40 |
| 5-1. 水素の安全な利活用に向けた基本的な考え方 | 40 |
| 5-2. 水素保安戦略 | 40 |
| (1) 技術開発等を通じた科学的データ・根拠に基づく取組..... | 41 |
| (2) 水素社会の段階的な実装に向けたルールの合理化・適正化..... | 41 |
| (3) 水素利用環境の整備..... | 42 |

第1章 総論

1-1. 水素基本戦略の位置づけ

我が国は2017年に世界で初めてとなる水素の国家戦略「水素基本戦略」を策定し、これを皮切りに2022年までに日本を含め26の国・地域が水素戦略を策定した¹。その翌年には水素閣僚会議（HEM：Hydrogen Energy Ministerial Meeting）を主催し、トップダウン型での水素政策へのモメンタム形成を図るなど、世界の水素社会構築への牽引役となってきた。

本戦略の下、世界初の燃料電池自動車（FCV：Fuel Cell Vehicle）の実用化、家庭用燃料電池の普及拡大、世界トップクラスの関連特許数など、優位性を保ち、世界をリードしてきた。水素輸送、水素発電、工場での熱利用など、これまでの研究開発の蓄積の上に、様々な水素関連技術の実証も次々と成功を収めている。

水素基本戦略の策定から5年が経つが、この間、大きな2つの節目を迎えた。一つ目は、2020年10月の2050年カーボンニュートラル宣言である。本宣言も踏まえて改定された第6次エネルギー基本計画では、2030年度の電源構成の1%程度を水素・アンモニアで賄うこととし、水素・アンモニアは、未来を担う新たなエネルギーから、電力供給の一翼も担うエネルギーとして位置付けられた。

また、カーボンニュートラル宣言にあわせて組成された2兆円のグリーンイノベーション基金（GI基金）では、水素関連技術に約8,000億円²が充てられ、商用化に必要な技術の開発や実証を行っている。

二つ目は、2022年2月のロシアによるウクライナ侵略である。世界のエネルギー需給構造に地殻変動が起こり、G7エルマウでの首脳宣言ではロシアへのエネルギー依存をフェーズアウトすることが確認され、エネルギーとしての水素利用が一気に現実味を帯びた。欧州や英国では水素製造目標を大幅に引き上げ、米国ではインフレ削減法の成立による前例のない税制優遇により水素製造が一気に加速している。欧州委員会ではグリーンディール産業計画の策定による水素製造・輸入プロジェクトへの巨額の予算措置により、サプライチェーンの構築が開始される予定である。

¹ IEA「Global Hydrogen Review 2022」

² ①大規模水素サプライチェーンの構築（上限3,000億円）：水素の供給能力拡大・低コスト化に向けた製造・輸送・貯蔵・発電等に関わる技術を開発・実証。②再生可能エネルギー等由来の電力を活用した水電解による水素製造（上限700億円）：水素を製造する水電解装置の低コスト化等に向けた開発・実証。③製鉄プロセスにおける水素活用（上限1,935億円）：石炭ではなく水素によって鉄を製造する技術（水素還元製鉄技術）の開発・実証。④燃料アンモニアサプライチェーンの構築（上限598億円）：アンモニアの大規模サプライチェーン構築・低コスト化に向けた製造・貯蔵・発電等に関わる技術を開発・実証。⑤次世代航空機の開発（上限211億円）：水素航空機に必要となるエンジン・燃料タンク・燃料供給システム等の要素技術を開発。⑥次世代船舶の開発（上限350億円）：水素燃料船・アンモニア燃料船等に必要となるエンジン・燃料タンク・燃料供給システム等の要素技術を開発。⑦CO₂等を用いたプラスチック原料製造技術開発（上限1,262億円のうち335億円）：CO₂や廃プラスチック、廃ゴム等からプラスチック原料を製造する技術を開発。⑧CO₂等を用いた燃料製造技術開発（上限1,153億円）：脱炭素社会の実現に向けた多様な選択肢の一つとして、カーボンリサイクル燃料の技術を開発。

我が国は、グリーントランスフォーメーション（GX）を通じて、エネルギー安定供給、経済成長・国際的な産業競争力強化、そして脱炭素の三つを同時に実現することを目指しており、「成長志向型カーボンプライシング構想」の下、今後10年間に官民で150兆円超のGX関連投資を引き出すべく、国による20兆円規模の先行投資支援を行う方針を示している。今後、水素・アンモニアの大規模かつ強靱なサプライチェーンの構築や供給インフラの整備支援の実施が検討されている中で、我が国の水素社会への歩みは、技術開発段階から商用段階への移行を迎えており、水素社会実現の成否が、国家の競争力を左右するものになるとも言える。そのため、これまで以上に、水素関連技術の進展状況について、定期的に科学的な評価をしながら、政策リソースを適切に配分していく必要があり、政府は今後の見通しを明確化することで、民間企業の投資を最大限促進していく。

かつて、本戦略は、水素の技術を確立し、世界に先駆けて国内水素市場をつくり上げることを念頭に置いて策定されていた。しかし、我が国のエネルギー需要に鑑みれば、国内水素市場の広がりには限界がある一方で³、世界の水素市場は2050年までに年間2.5兆ドルの収益と3,000万人の雇用創出も予測される⁴など、市場が一気に広がりを見せていることも踏まえると、海外市場の取り込みを念頭に置きながら、本戦略を改定していくことが必要である。

水素基本戦略は、こうした国内外の情勢を踏まえつつ、2050年カーボンニュートラルを達成するために、官民での共通認識として必要なビジョンを示しながら、課題認識と取組方針を明示するとともに、水素社会の早期実現に向けた国家の意志を表すものである。なお、本戦略において、我が国の水素政策に係る全体方針に加え、新たに水素の産業競争力強化に向けた方針である「水素産業戦略」及び水素の安全な利活用に向けた方針である「水素保安戦略」を重要な柱として盛り込むこととする。本戦略は5年を目安として、適切な時期に見直しを行う。

1-2. 本戦略における対象範囲

水素は、アンモニアや合成メタン（e-methane）・合成燃料（e-fuel）等のカーボンリサイクル製品など、様々な燃料や原料として使われるため、本戦略においては、これらも対象とし、それぞれの長所や課題、開発等の時間軸を踏まえ、製造・利活用に向けた技術開発や実証、その導入を戦略的に進めていくことで、カーボンニュートラルを推進していく。

なお、本文中にある「水素基本戦略」「水素社会」等⁵の“水素”は、水素に加え、アンモニアや合成メタン・合成燃料なども含めた意味で記載している。

³ IEA「World Energy Outlook 2016」によれば、世界のエネルギー需要の見通しでは、日本の需要シェアは2000年に5.1%であったものが、2040年には2.3%にまで低下する見込みである。

⁴ Hydrogen Council, IEA「World Energy Outlook 2020 (Sustainable Development Scenario)」

⁵ 「水素産業戦略」「水素保安戦略」「水素政策」「水素産業」「水素需要」「水素利活用」等も同様に、“水素”は水素に加え、アンモニアや合成メタン・合成燃料を含む。

第2章 水素の導入に向けた基本的な考え方

2-1. 我が国における水素の導入に向けた基本的な考え方

水素は、様々なエネルギー源から作ることができ、燃焼時に CO₂ を排出しないことから、カーボンニュートラルに向けた鍵となるエネルギーである。加えて、水素はその利活用において、燃料だけでなく、原料としても活用の可能性があることから、幅広い産業分野での活用が見込まれる。

我が国における水素の導入に向けては、S (Safety: 安全・安心な水素社会の実現のために、適切な保安基準を整備する) + 3 E (Energy Security: 国内製造が可能、かつ、供給源も多角化され得るという点でエネルギー安全保障の強化にも資する、Economic Efficiency: 水素の経済的な自立を目指す、Environment: カーボンニュートラル実現に向けてトランジションの観点も踏まえながら、低炭素水素の導入を促進する) を前提として、水素の導入を図っていく。本戦略において、S (Safety) の実現に向けた具体的な方向性を第5章「水素の安全な利活用に向けた方向性」に、3 E (Energy Security、Economic Efficiency、Environment) の実現に向けた具体的な方向性を第3章「水素社会実現の加速化に向けた方向性」に記す。

また、ウクライナ情勢と世界エネルギー危機を契機に、米国・欧州が巨額の投資を進める等、水素をめぐる国際競争は激化しつつある。水素は、我が国が技術的な優位性を有する分野であることから、海外市場への展開を促し、水素産業の国際競争力強化にも繋げていく必要がある。こうした産業政策的視点を踏まえた水素政策の具体的な方向性を第4章「水素産業競争力強化に向けた方向性」に記す。

(1) S + 3 Eの観点から

A) Safety (安全性)

安全・安心な水素社会の実現のためには、保安という「土台」をしっかりと作り、その上に振興という「家」を建てていく必要がある。水素は、あらゆる気体の中で最も軽く、無色・無臭、拡散・漏洩しやすい、金属材料を脆化させる、着火しやすいといった独自の性質を有している。これらの性質に十分に注意を払いつつ、水素社会のあるべき姿を俯瞰しながら国際的な基準の策定を先導し、適切な保安基準を整備していく。

B) Energy Security (エネルギー安全保障)

ロシアによるウクライナ侵略により、エネルギー市場の不確実性は一層増し、とりわけ欧州では天然ガスの代替エネルギーとしての水素製造・利用の役割が重視されている。すぐに使える資源に乏しい我が国にとって、水素は再生可能エネルギーからも製造でき、国内製造・貯蔵が可能、かつ、海外の供給源もアジアやインド太平洋にも

広がり、更に多角化され得るという点で、エネルギー安全保障の強化にも資するエネルギーである。

また、水電解装置や燃料電池等に使われている希少金属や希土類等の安定確保やリサイクルについても取り組む必要があるほか、こうしたレアメタルの使用量を抑えるための革新的な技術開発にも取り組んでいく必要がある。

C) Economic Efficiency (経済効率性)

当面は、水素に比べ、石炭や石油等の化石燃料は経済性に優れているが、脱炭素化に向けた世界的な潮流を踏まえれば、化石燃料への依存を続けることは持続可能性に課題が残る。IEAの「Energy Technology Perspectives 2020」によると、電解(再生可能エネルギー等由来)水素については、再生可能エネルギー電源等のコスト低減が進むにつれ、既存の化石燃料に対し、コスト競争力を有するようになるという見方もある。さらに、ロシアのウクライナ侵略以降の資源価格の変動に鑑みれば、再生可能エネルギーから製造される水素は、相対的に価格変動が小さいエネルギーである。今後、我が国においてもカーボンプライシングが導入されていく中、環境価値が価格に転換され、非化石燃料である水素が経済的に自立し、経済的に安定したエネルギー源としての有力なオプションの一つとなり得る。

D) Environment (環境適合)

水素は電化が困難な熱利用や炭素原料の置換など、hard-to-abate セクターでの脱炭素手段である。また、再生可能エネルギーには、その出力が天候に応じて変動するものがあるが、余剰の再生可能エネルギーを水素に変換、貯蔵するといった調整力の役割を果たすほか、水素・アンモニアの混焼・専焼により火力発電のゼロエミッション化のみならず、調整力・慣性力の確保も可能となることから、再生可能エネルギーの導入拡大にも貢献する。

このように、水素は幅広い産業分野での脱炭素化に資するエネルギーであるが、その導入に当たっては、カーボンニュートラルの実現に向けて、低炭素水素への移行を促進する。

(2) 水素産業の国際競争力強化の観点から

世界各国では、今後拡大していく大規模な水素需要を見越して、国内産業の育成を加速化させている。我が国は、燃料電池関連の特許が牽引し、水素産業において知的財産分野での競争力を有している。こうした技術的優位性を維持し、早期の水素の社会実装に繋げていくためには、水素関連のあらゆる市場において、世界の動向を分析し、我が国が獲得していくべき市場を見定めたいうえで、それに見合った投資を引き出し、市場を成長させていく必要がある。このような観点から、要素技術においても日本企業が勝ち筋を見出し、我が国の水素産業の国際競争力強化に繋げるべく、水素需要の高い海外市場への展開も図る。

2-2. 各国の水素政策の動向

2017年に我が国が「水素基本戦略」を策定したことに続き、多くの国が相次いで、国家水素戦略を策定した。また、各国では水素を産業として成長させていくことを意識した計画も発表されている。以下、各国の政策動向を概観する。

(1) 米国

2021年6月に開始したHydrogen Shot⁶において、10年以内に1kgのクリーン水素を1ドルにするとの目標を発表。「クリーン水素戦略&ロードマップ(2022年9月)⁷」のドラフトでは、クリーン水素の生産量を2030年までに1,000万トン/年、2040年までに2,000万トン/年、2050年までに5,000万トン/年にする等の目標を掲げている。

目標達成に向けては、インフレ削減法(IRA、2022年8月)⁸において、3,690億ドル(約51.7兆円)をエネルギー・気候変動分野に投じ、クリーン水素製造に対する10年間の税額控除を打ち出し、最大3ドル/kgの控除を実施することを示した。超党派インフラ法(BIL、2021年11月)⁹では、クリーン水素関連プロジェクトに対し、5年間で95億ドル(約1.34兆円)を投資する等、大胆な先行投資を実施している。そのうち最大70億ドル(約9,800億円)は水素源、最終用途、地理的な多様性に基づき、6から10の地域水素ハブを支援するために使われる¹⁰。

(2) 欧州

「欧州の気候中立への水素戦略(2020年7月)¹¹」では、2024年までに最低6GWの再生可能エネルギー水電解装置を導入、2030年までに最低40GWの再生可能エネルギー水電解装置の導入を掲げている。また、REPowerEU(2022年3月)では、2030年より前にロシアからの化石燃料脱却を目指し、域内製造1,000万トン/年、輸入1,000万トン/年を供給できる体制を構築することとしている¹²。

これらの目標を裏付ける支援として、IPCEI「欧州共通利益に適合する重要プロジェクト¹³」を二度(2022年7月、9月)にわたって選定・公表している。

2022年7月に行われた第一弾公募「Hy2Tech」では、①水素製造技術、②燃料電池技術、③水素の貯蔵、輸送、流通技術、④エンドユーザー(特にモビリティ分野のプロジェクト)を対象とした総計41プロジェクトに対し、最大54億ユーロの公的資金を投入することで、民間から88億ユーロの投資を引き出そうとしている。また、2022年9月に行われた第二弾公募「HyUSE」では、①水素関連インフラ、②水素の産業利用の分野の総計35プロ

⁶ Department of Energy 「Hydrogen Shot」

⁷ Department of Energy 「National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap」

⁸ Internal Revenue Service 「Inflation Reduction Act」

⁹ Department of Energy 「Bipartisan Infrastructure Law」

¹⁰ Office of Clean Energy 「Regional Clean Hydrogen Hubs」

¹¹ European Commission 「A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe」

¹² European Commission 「REPowerEU Plan」

¹³ European Commission 「Important Projects of Common European Interest」

プロジェクトに対し、最大 52 億ユーロの公的資金を投入することで、民間 70 億ユーロの投資を引き出そうとしている。

直近では、「グリーンディール産業計画（2023 年 2 月）¹⁴」を公表しており、その政策メニューの一つとして「欧州水素銀行」（EU Hydrogen Bank）を創設した。同銀行においては、再生可能エネルギー由来水素の域内製造を支援するため、10 年間にわたり、製造した再生可能エネルギー由来水素 1 kg あたり固定されたプレミアムを補助するための競争的入札を、2023 年秋に実施することを予定している。加えて、2021 年 7 月に公表された「欧州脱炭素化政策パッケージ（Fit for 55）¹⁵」の一部である再生可能エネルギー指令の改正に際し、産業部門の水素需要について、2030 年までに 42%をグリーン水素とする等の導入目標に暫定合意した¹⁶。

（3）英国

「英国エネルギー安全保障戦略（2022 年 4 月）¹⁷」において、2030 年までに 10GW の国内低炭素水素製造能力を目指すとともに、そのうち 5 GW 以上を水電解装置由来の水素とすることを目標としている。

また、差額決済契約（Contract for Difference (CfD)）制度による、Low Carbon Hydrogen Business Model 等の低炭素水素と化石燃料の価格差支援の実施や、最大 2.4 億ポンドのネットゼロ水素基金（NZHF）を通じて、2020 年代の低炭素水素製造の拡大を支援することとしている。新たなエネルギー安全保障計画「パワーリング・アップ・ブリテン」（2023 年 3 月）¹⁸においても、これらの目標は維持され、NZHF による電解水素プロジェクトへの資金支援の第一弾が行われること等が示されている。

（4）ドイツ

「国家水素戦略（2020 年 6 月）¹⁹」では、2030 年までに 5 GW の水素製造能力、可能ならば 2035 年、遅くとも 2040 年までに追加で 5 GW 規模の水素製造能力の確保を目指すこととしている。その後、2021 年 11 月の連立協定において、2030 年までに 10GW の水素製造能力の確保を目指すとしている²⁰。

¹⁴ European Commission 「A Green Deal Industrial Plan for the Net-Zero Age」

¹⁵ European Commission 「'Fit for 55': delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality」

¹⁶ European Commission 「European Green Deal : EU agrees stronger legislation to accelerate the rollout of renewable energy」

¹⁷ HM Government 「British energy security strategy」

¹⁸ HM Government 「Powering up britain」

¹⁹ Federal Ministry for Economic Affairs and Energy 「The National Hydrogen Strategy」

²⁰ SOZIALDEMOKRATISCHEN PARTEI DEUTSCHLANDS (SPD), BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN UND DEN FREIEN DEMOKRATEN (FDP) 「Coalition Agreement 2021-2025」

ドイツでは、入札を通じて水素の購入・販売を行う「H2Global」を導入し、初回入札を2022年12月より開始している²¹。対象はいずれもグリーンのみであるが、アンモニア、メタノール及び持続可能な航空燃料（SAF）の3種類であり、水素そのものを対象とすることも検討されている。また、2021年は9億ユーロ、2023年は2036年までの補填として35.3億ユーロがそれぞれ予算計上されている。

（5）フランス

「国家水素戦略（2020年9月）²²」では、水電解装置を2030年までに6.5GW導入することとしており、2030年までに90億ユーロの支援を行うこととしている²³。戦略の対象は「脱炭素水素」とし、再生可能エネルギー由来水素のみならず、原子力由来水素も対象としている。また、2021年10月には新たに産業競争力の強化と未来産業の創出に向けた新たな投資計画「フランス2030²⁴」を発表し、水電解装置などグリーン水素の研究開発を促進することで水素の世界的リーダーを目指すこととしている。

（6）中国

水素エネルギー産業発展中長期計画（2022年3月）²⁵を策定し、2025年にFCV5万台、再生可能エネルギー由来水素製造年間10～20万トン、CO₂排出削減量100～200万トン/年の実現を目指すこととしている。また、2020年9月、財政部等関連5部門は、FCVの支援について、モデル都市群を選定し、車両・基幹部材のサプライチェーン整備に応じて補助金を拠出する政策を発表している。条件に基づき2025年までに年間最大17億元（約340億円）を助成することとしている²⁶。自治体レベルでも水素産業の発展等に関する計画を相次いで発表しており、例えば、北京市は2020年9月に「北京市水素燃料電池自動車産業発展計画²⁷」を発表、2025年までにFCV1万台、水素ステーション計74か所の導入を掲げている。また、吉林省では2022年10月に「水素エネルギー・吉林」アクション²⁸を発表し、グリーン水素製造を2025年に6～8万トン/年（アンモニア等は25～35万トン/年）、2030年に30～40万トン/年（アンモニア等は200万トン/年）とする目標を掲げている。

²¹ BMWK 「Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action launches first auction procedure for H2Global-€900 million for the purchase of green hydrogen derivatives」

²² France Ministry for an Ecological and Solidary Transition, Ministry of Economy and Finance 「Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France」

²³ France government 「Accélérer le déploiement de l'hydrogène, clé de voûte de la décarbonation de l'industrie」

²⁴ French Presidency 「FRANCE 2030 Décarbonation de l'industrie」

²⁵ 中国・国家発展改革委員会 「氢能产业发展中长期规划（2021-2035年）」

²⁶ 財政部等 「开展燃料电池汽车示范应用的通知」

²⁷ 北京市 「北京市氢燃料电池汽车产业发展规划（2020-2025年）」

²⁸ 吉林省 「“氢动吉林”行动」

(7) 韓国

「水素経済活性化ロードマップ（2019年1月）²⁹」では、水素の供給量とコストをそれぞれ2040年には526万トン/年、3,000ウォン（約284円）/kgを目指すこととしており、「水素先導国家ビジョン（2021年10月）³⁰」において、クリーン水素製造量として2030年には100万トン（グリーン25万トン、ブルー75万トン）、2050年には500万トン（グリーン300万トン、ブルー200万トン）という目標を掲げている。また、2021年2月、産業通商資源部は、「水素経済の育成および水素安全管理に関する法律³¹（水素法）」を発表した。水素法には、「水素専門企業」の確認・育成・支援や、燃料電池、水電解装置及び水素の使用施設などの安全管理、水素ステーションおよび燃料電池の設置要請等の内容が含まれている。

(8) インド

「国家水素グリーンミッション（2023年1月）³²」に基づき、グリーン水素移行への戦略的介入（SIGHT）プログラムとして、1,749億ルピーの予算のもと、水電解装置の国産化とグリーン水素製造について、それぞれ異なる財政インセンティブを提供予定である。水素関連の実証事業に146.6億ルピー、研究開発に40億ルピー、そのほか38.8億ルピーを投じることとしている。また、水電解やグリーン水素製造に必要な装置については、「政府の承認」が必要になるとし、「モデルや製造事業者の承認リスト」を発表する可能性を示唆している。

(9) シンガポール

「国家水素戦略（2022年10月）³³」の中で、2050年には水素発電により国内の電力需要の最大5割を賄うことができる可能性があるとし、技術や世界的な進捗に合わせて低炭素水素の導入とインフラ整備を進めることとしている。また、国家研究開発プロジェクトである低炭素エネルギー研究（LCER）プログラムについて、第1段階の研究では5,500万シンガポールドル（約55億円）を拠出し、追加で第2段階ではその倍の1.29億シンガポールドル（約129億円）を拠出することとしている。さらに、金融エコシステムの開発、原産地保証の認証手法の開発、研究協力への支援等を注力分野とし、国際的パートナーとの協力による相互利益を目指している。

(10) 豪州

「国家水素戦略（2019年11月）³⁴」を公表して以降、水素産業の育成に注力しており、2030年までに水素のグローバルリーダーになることを目標として掲げ、数個の大規模グ

²⁹ 韓国政府「수소경제 활성화 로드맵」

³⁰ 産業通商資源部「수소경제 성과 및 수소선도국가 비전」

³¹ 産業通商資源部「수소경제 육 F 성 및 수소 안전관리에 관한 법률」

³² Ministry of New and Renewable Energy「National Green Hydrogen Mission」

³³ Ministry of Trade and Industry Singapore「Singapore's National Hydrogen Strategy」

³⁴ COAG Energy Council Hydrogen Working Group「Australia's National Hydrogen Strategy」

リーン水素プロジェクトを支援することで2030年までに最大1GWの水電解装置容量を確保することを目指している³⁵。また、国際協調を通じて、グリーン水素の原産地証明制度の構築を目指し、国際的に一貫性のあるグリーン水素の取引を支援するため、水素の原産地証明制度の具体的設計及び法制化の準備を進めている³⁶。

(11) チリ

「国家グリーン水素戦略（2020年11月）³⁷」において、2050年までのカーボンニュートラルの実現に向け、2030年までに最も安価なグリーン水素の製造を目指すとしている。チリには1,800GW以上の再生可能エネルギーポテンシャルがあることから、2025年までに50億ドルを投じ20万トン/年のグリーン水素の製造を目標としている。

第3章 水素社会実現の加速化に向けた方向性

3-1. 安定的、安価かつ低炭素な水素・アンモニアの供給について

(1) 安定的な供給 (Energy Security)

安価な水素・アンモニアを長期的かつ安定的、大量に供給するためには、水素を利活用する需要の創出が欠かせない。その需要を踏まえ、国内の資源を活用した水素の製造基盤の確立はもちろん、海外で製造された水素の活用を同時に進めていくことが重要である。再生可能エネルギーの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、水素・アンモニア社会の実現を加速化するため、我が国は、現状、2030年に最大300万トン/年、2050年に2,000万トン/年程度の導入目標を掲げているところ、水素需要ポテンシャルの見通し等から、新たに2040年における水素導入目標を1,200万トン/年程度を水素（アンモニアを含む）の導入目標として掲げることとする。また、今後の各分野の水素需要の広がりに応じて、当該導入目標については適切な時期に見直しを行っていく。

なお、これら水素の導入量を正確に把握する観点から、水素の製造量や消費量等について、統計等の整備を通じた定量的な把握に努める。

(2) 供給コストの低減 (Economic Efficiency)

水素の利活用を進める観点から、安価な水素・アンモニアの供給が求められており、これまでも水素供給コスト（CIFコスト）については、2030年に30円/Nm³（約334円/kg）、

³⁵ Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water 「Hydrogen Headstart program」

³⁶ Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water 「Guarantee of Origin scheme」

³⁷ Ministry of Energy 「National Green Hydrogen Strategy」

2050年に20円/Nm³（約222円/kg、水素発電コストをガス火力以下）、アンモニアの供給コスト（CIFコスト）については、2030年に水素換算で10円台後半/Nm³の目標を掲げてきた。近年の化石燃料価格は大きく変動しており、2023年3月のLNG価格を水素供給コストに換算すると24円/Nm³となり、当該水素供給コスト目標は近年の化石燃料価格と同等の目標である。引き続き、GI基金等も活用しながら、技術開発等を進めることにより当該供給コスト目標の達成に努める。さらに、本戦略に基づく様々な施策を総動員することにより、水素・アンモニアの需要喚起と民間による投資拡大を促し、更なる技術革新も相まって、国際競争力の観点も踏まえた、より一層の供給コストの低減に繋げることを目指していく。

なお、ウクライナ情勢を受けて燃料価格が高騰するなど化石燃料価格が不安定であることに鑑みれば、化石燃料の価格変動の影響を受けにくいサプライチェーンを構築していく必要があるが、水素・アンモニアには急な価格高騰の影響を抑止する効果もある³⁸。当面の間は、技術水準・経済性といった制約条件、市場リスク等の存在も意識する必要があるが、2050年に向けては、技術や国際的な市場動向を踏まえ、適正な目標価格への見直しを今後検討するほか、必要な制度の構築を検討していく。

（3）低炭素水素への移行（Environment）

水素は一般に、天然ガス、褐炭の改質をはじめ、再生可能エネルギー由来電気、化石燃料由来電気を用いた水電解、またこれらとCCUS/カーボンリサイクルを組み合わせるなど、様々な原料や手法により製造することができる資源である。水素・アンモニアの導入により、カーボンニュートラルを着実に進めるに当たっては、我が国において水素・アンモニアの炭素集約度（Carbon Intensity）の目標を定める必要がある。

また、2023年4月に我が国が議長国として開催した「G7札幌 気候・エネルギー・環境大臣会合」の閣僚声明において、水素・アンモニアが様々な分野・産業、さらに「ゼロエミッション火力」に向けた電力部門での脱炭素化に資する点が明記された。同時に、IEAによるレポート「Towards hydrogen definitions based on their emissions intensity」において、ブルー・グリーンといった色によらない、CO₂の排出量を基準とする「炭素集約度」に基づくサプライチェーン構築の重要性が示され、同閣僚声明において、この炭素集約度に基づく取引のための国際標準や認証スキーム構築の重要性を各国で認識するとともに、当該レポートが歓迎された。続くG7広島サミットにおいても、炭素集約度に基づく取引のための国際標準や認証スキーム構築の重要性が認識された。炭素集約度については、International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy (IPHE) が国際標準となり得る算定方法論を提示しているが、我が国においてもこの算定方法に則り、国際的に遜色ない低炭素目標を掲げ、この目標に適合した水素の導入を推進していく。具体的には、現在の技術レベルに鑑み達成不可能でない範囲での高い目標として、まずは

³⁸ グリーン成長戦略（令和3年6月18日）概要）P45及びP49において、水素・アンモニアともに家庭電力料金に換算すると約8,600円/年相当の支出抑制効果を発揮するとされている。

1 kg の水素製造における Well to Production Gate³⁹での CO₂ 排出量が 3.4kg-CO₂e 以下のものを、低炭素水素と設定する。また、低炭素アンモニアに関しては水素を原料として、1 kg のアンモニア製造時における Gate to Gate(水素製造を含む)の CO₂ 排出量が 0.84kg-CO₂e/kg-NH₃ 以下のものと設定する。なお、算定範囲については国際基準との整合性をとりつつ、我が国の地理的条件も考慮し、国外で製造した水素の長距離輸送やキャリアへの変換、水素の分離回収の工程から排出される CO₂ についても評価していく必要がある。LCA (Life Cycle Assessment) での排出量を最大限低減することで、グローバルな環境課題解決に貢献していく。

ただし、ここで定める低炭素水素の定義については、今後の技術の進捗等を踏まえ、必要に応じて見直すものとする。

3-2. 供給面での取組

上記の実現に向け、供給面・需要面、制度整備、地方自治体との連携、革新的な技術開発、国際連携等といった視点から具体的な方向性を以下に記す。

(1) 国内水素サプライチェーンの構築

A) 国内水素製造に向けた製造基盤の確立

エネルギー安全保障を強化する観点から、国内における水素の製造、供給体制の構築に取り組むことは重要である。一方で当面の間は、国内の再生可能エネルギー電力が高いことや、国内 CCS のコストの高さ故に、国内での水素製造に係るコストが、海外から水素を輸入するコストに比べて高いとの見方もある。しかしながら、再生可能エネルギーが出力制御される局面においては余剰電力価格が安いことに加え、調整力として再生可能エネルギーの更なる導入拡大に資することを踏まえれば、国内製造ポテンシャルを最大限生かした利活用を推進していく必要がある。そのため、例えば、既存燃料との価格差に着目した支援を行う場合に、エネルギー安全保障を強化する観点から、十分な価格低減が見込まれ、将来的に競争力を有する見込みのある国内事業を最大限支援する。

また、水素製造において、再生可能エネルギーから水素製造が可能な水電解装置の需要は今後も高まり続ける見通しである。世界の水電解装置の導入量は 2030 年には、134GW に到達する可能性がある⁴⁰とされており、水素サプライチェーンの上流である当該市場に国内外問わず日本企業関連製品が導入されれば、世界中のエネルギー供給における我が国のプレゼンスを高めることにもつながる。

このため、2030 年までに国内外において日本関連企業（部素材メーカーを含む）の水電解装置の導入目標を 15GW 程度として新たに設定し、水素製造基盤の確立を図る。

³⁹ 原料生産から水素製造装置の出口まで

⁴⁰ IEA 「Global Hydrogen Review 2022」

なお、今後の技術開発動向や世界需要の広がり等に応じて、当該導入目標については適時適切に見直しを行っていく。

B) 低炭素水素の導入拡大に向けた規制的誘導

低炭素水素の製造に当たっては、再生可能エネルギーが必ずしも低価格でない、あるいは、CCUS/カーボンリサイクルに必要なコストが高い等によって、製造コストが上昇する傾向にある。そのため、需要側が低炭素水素に適正な価値を見だし、低炭素水素が適正な価格で取引されるような環境を構築していく必要がある。

国内で供給される水素・アンモニアの導入を拡大しつつも黎明期から低炭素化を求めていくためには、需要側が低炭素水素に一定程度のコストを支払うことを可能とする、①低炭素水素の購入に対するインセンティブがつくような市場設計を検討すること、②低炭素水素の供給に対する規制的誘導措置を設けること、等による、低炭素水素への移行措置の整備が必要である。

C) CCUS/カーボンリサイクルを組み合わせた水素製造に係る事業環境の整備

低炭素水素を製造するに当たっては、天然ガス、褐炭の改質や化石燃料由来電気をを用いた水電解等による水素製造に伴って発生するCO₂について、これを回収し、資源としての再利用を行う CCU/カーボンリサイクルや地下への貯留を行う CCS など、CCUS/カーボンリサイクルの取組が不可欠である。

このため、CCU/カーボンリサイクルについては、GI 基金等を活用し、CO₂を原材料として有効利用するカーボンリサイクル技術の確立や社会実装への支援を行う。

また、CCS については、2030 年までの CCS 事業開始に向けて事業法整備を含め事業環境整備を加速化し、2030 年までに年間貯留量 600 万トンから 1,200 万トンの確保にめどをつけることを目指す。

(2) 国際水素サプライチェーンの構築

A) 資源国との関係強化に向けた動き

水素・アンモニアをはじめ合成メタン (e-methane) や合成燃料 (e-fuel) 等は、再生可能エネルギーからの製造が可能であり、かつ、化石燃料と同様に、海を越えて輸送することができるため、供給源となる国の更なる多角化にも繋がり、エネルギー安全保障を一層強化することに寄与する。欧州をはじめ様々な国においては、海外の水素資源権益とも呼ぶべき、上流権益獲得競争に踏み出し、大規模な上流投資も計画されている。水素は、非産油国であっても再生可能エネルギーが豊富な国であれば水電解装置により製造できるため、地域的偏在性が従来の燃料に比して小さいという特性があることから、より多くの国と関係構築を図る必要がある。これまでの資源外交において培った資源国との協力関係に加え、国の強力なリーダーシップのもと、協力覚書への署名や多国間枠組みを通じて、新たな資源国を含む水素・アンモニア等の資

源国との関係強化を図り、北米や中東、豪州、アジア等と連携した国際的なサプライチェーンの構築・拠点整備の具体化を加速する。

なお、国際的なサプライチェーンの構築に当たっては、上流権益への関与、製造や運搬、現地でのプラント建設などへの我が国企業の関与等を踏まえた供給安定化や、水素製造地における日本企業関連製品の採用といった、エネルギー安全保障強化と産業政策の両立を目指す。これにより、水素供給国と需要国としての我が国との互惠関係を構築し、持続可能なサプライチェーン構築を図りながら、新しい水素社会の好循環を生み出していく。

B) サプライチェーン構築に際してのリスクへの対応（ファイナンス）

水素の輸送及び変換等の技術が開発途上であることや、水素価格の低下に向けた見通し、需要の見通しなどに不確実性があり、水素の早期サプライチェーン構築はリスクが大きい。また、製造、運搬、貯蔵などの各技術が未確立な段階では、上流から下流のどこかでインフラ遅延が起これば、サプライチェーンが寸断されるリスクがある。このようなリスクに対して、民間保険の創設を促すとともに、あまりにもリスクが相当程度大きい場合には、公的機関等がリスクの一部を負担することで、事業者による投資や金融機関によるファイナンスの獲得が容易となるよう事業環境を整備する。

3-3. 需要面での取組

(1) 需要創出に向けた動き

水素は、電化が難しい熱利用の脱炭素化、電源のゼロエミッション化、運輸、産業部門の脱炭素化、合成燃料（e-fuel）・合成メタン（e-methane）等のカーボンリサイクル製品の製造、再生可能エネルギーの効率的な活用など多様な貢献が期待できるため、その役割は今後一層拡大することが期待される。

具体的には、「発電」、「燃料電池」、「熱・原料利用」といったそれぞれの各分野において、国内外の動向を踏まえた戦略を立案・実施することにより、産業競争力の強化と、水素需要の拡大を図る。

A) 発電分野

発電分野における水素・アンモニアの利用は、エネルギーの安定供給を確保しつつ、火力発電からのCO₂排出量を削減していくなど、カーボンニュートラルに向けたトランジションと脱炭素社会を支える役割が期待される上、大量の水素需要が見込まれる。そのため、第6次エネルギー基本計画において、2030年度の電源構成のうち、水素・アンモニアで1%程度を賄うこととしているなど、2030年に向けて大規模なファーストサプライチェーンを構築するに当たっての、需要拡大と供給コスト低減の推進役として位置付けられる。加えて、自家発電用途の火力発電に対しても、カーボンニュートラルに向け、水素・アンモニア利用を促進する施策が必要である。

水素発電においては、2030 年に向けてこれまで小型ガスタービンでは混焼から専焼まで燃焼器を開発し、実機実証まで実施している。大型ガスタービンにおいても 30%混焼や専焼の燃焼器開発を進めてきているが、EU タクソノミー等海外のガス火力基準にも適合した 30%超の混焼率を実現できる燃焼器開発及び実機実証に新たに取り組むことが重要である。

アンモニア発電においては、2021 年度から石炭火力発電へのアンモニア混焼の実証事業を開始しており、2023 年度から商用運転中の 100 万 kW の実機において 20%混焼試験を実施し、2020 年代後半の商用運転を目指す。さらに GI 基金を通じて、50%を超える混焼率の実現や専焼バーナーの開発が進められている。また、2 MW 級の小型ガスタービンにおいては専焼技術が確立され、燃焼時の温室効果ガスを 99%以上削減することが確認されており、今後、大型化に向けた検討を進める。

2020 年代後半から 2030 年に向けて、水素・アンモニア発電において、従来の混焼率のみならず専焼を含めた幅広い混焼率を実現し、需要家の脱炭素化への動きに合わせた幅広い選択肢を提供することで需要の創出を促す。今後開発する燃焼器は GI 基金を活用して、速やかに実機での実証を行い、社会実装に繋げる。2050 年に向けて従来型の火力発電は、水素・アンモニアその他の脱炭素燃料や CCUS/カーボンリサイクル等による脱炭素型火力に置き換えていくことを基本としている。なお、高度化法⁴¹において電気小売事業者等に対して供給する電力における 2030 年度の非化石電源比率を 44%以上とすることを求めており、こうした規制による利用促進や 2023 年度に開始予定の長期脱炭素電源オークション等の支援策などにより、規制・支援一体型で発電分野での水素・アンモニアの利用を促進する。2050 年カーボンニュートラルに向けては混焼から専焼を進め、火力発電の脱炭素化を目指す。また、水素・アンモニアの潜在需要地と想定される地域との連携も図る。

B) 燃料電池分野（モビリティ・動力等）

燃料電池技術は、我が国が世界に先行して開発し、特許数は世界一を誇り、車、鉄道、港湾の荷役機械、発電などあらゆる分野での動力としての利用から、家庭・事業所・工場等における定置用燃料電池まで様々な用途で利用される。さらに、燃料電池の逆反応を基盤とした水電解装置も開発されていることに鑑みれば、燃料電池は、需要分野のみならず供給分野といった水素産業全般において必須となる機器である。

これまでは、これらの個別の用途ごとに需要拡大策が検討されてきたが、細分化された市場だけに注目すると、市場化・自立化は容易ではない。むしろ、我が国が技術的強みを有し、どの用途でも必要となる燃料電池について、産業や国の枠を超えて市場を一体的に捉え、いわば、世界の市場で、我が国の燃料電池が「いつでもどこでも入っている」状態を作り出すことで、この分野でのプラットフォーマーとしての地位を確立することを目指す。

⁴¹ エネルギー供給事業者によるエネルギー源の環境適合利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律（平成 21 年法律第 72 号）

具体的には、サポーターインダストリーを含めた総合支援により、燃料電池ビジネスの産業化を進めるとともに、世界の需要を取り込むことで量産化・コストダウンを実現する。同時に、マザーマーケットとなる国内における燃料電池需要の拡大は産業化の鍵であり、分野横断的な需要を拡大する。例えば、自動車分野では、従来の乗用車に加え、FCVの特性が活かされやすい商用車分野に取組を重点化し、自動車メーカー、ステーション事業者、物流・荷主事業者がロードマップを共有し、戦略的な事業を進めることで導入拡大を図る。加えて、民生分野においては、家庭用燃料電池への導入支援による普及拡大を図るとともに、技術開発を支援し、機器の高度化を促進する。また、業務・産業用燃料電池については発電効率の向上に向けた技術開発を進める。

C) 熱・原料利用分野

①水素・アンモニア等の燃料利用（熱需要）

国内の最終エネルギー消費の40%は産業であり、そのうち75%はhard-to-abateの代表とも言える熱利用が占めている。その中で中・高温域の熱需要は、中長期的には水素・アンモニア等の利活用が優位となることから、産業ごとの利用温度やプロセスの違いを踏まえた、水素・アンモニアバーナーやボイラーの技術開発・実証を実施する。また、一定程度の水素の確保が見込まれる地域においては、水素ガスタービンによるコージェネレーションシステムの活用が有効であることから、その導入普及を図る。また、大規模な水素サプライチェーンへのアクセスが難しい内陸地の工場等の脱炭素化においては、オンサイトで水電解システムを導入し、水素を製造のうえ、熱で利用することが有効であり、水電解とボイラー等の需要機器の工場等への導入・展開を図る。

②水素の原料利用（鉄鋼）

鉄鋼業については、2050年カーボンニュートラルに向けて、当面は高炉から電炉への生産体制の転換等が検討されている。しかし、鉄スクラップを電炉で用いる方法だけでは、世界規模で高まる鉄鋼需要を満たすことは困難であるため、鉄鉱石の還元材を石炭から水素へ置き換える水素還元製鉄の技術開発も併せて進めていくことが必要である。しかし、水素還元製鉄における還元反応は吸熱反応であるため、鉄を熔融させて取り出すには、継続的な熱供給が必要となる等、高い生産性を維持しながら実用化することは極めて困難である。世界各国では、水素直接還元技術の大規模プロジェクトが複数開始されるなど、社会実装に向けた取組が加速化し、現在は、世界各国で社会実装に向けた技術開発等が進められている状況である。我が国としても、国際情勢を見極めつつ、支援の拡充を検討していく必要がある。

具体的には、我が国では、高炉への水素吹き込み（主に所内で発生する副生ガスを充当）によってCO₂排出を10%削減する技術（COURSE50）について、既に1/400規模

の試験炉で効果が確認されたことを踏まえ、GI 基金等の支援によって、2030 年までの実用化を目指し大型高炉実機を用いた水素還元製鉄 (COURSE50) の実証に着手している。さらに、同事業では、高炉への水素吹き込み量の増加等により CO₂ 排出を 50% 削減する技術 (Super COURSE50 やカーボンリサイクル高炉) や、高炉を用いずに鉄鉱石を固体のまま水素で還元する技術 (水素直接還元技術) についても、2040 年代の社会実装を目指し研究開発を進めており、国際情勢を見極めつつ、同技術への支援の拡充を検討していく必要がある。

また、直接還元法において、新規に直接還元炉を建設する場合、安定かつ安価に水素を入手できる地域に設備を設けることが望ましいと考えられるが、国内よりも海外に立地させる方がコスト優位になる可能性が高い。さらに、国内で水素を用いる場合、石炭で還元する従来プロセスと比べて大幅なコスト増は不可避であり、生産量の約 6 割を輸出又は間接輸出する我が国鉄鋼業の国際競争力の低下に繋がりにかぬない。

このように、鉄鋼業では、2020 年代後半から徐々に水素需要が拡大する見込みであるが、本格的な水素活用が進むのは 2030 年代に入ってからであり、その量は、今後 10 年の技術開発や国際競争等の状況によって左右される。その際、必要な水素量が国内において安定的かつ安価に供給され、海外とのイコールフットィングの条件が整備されるかどうか、鉄鋼業の生産プロセス転換にかかる企業の国内投資の判断要素として極めて重要となる。

③水素の原料利用 (化学)

ナフサを原料として用いる石油化学産業においては、CO₂ と水素を原料としてオレフィン等の炭化水素、機能性化学品を生産することなどを通じてカーボンニュートラルを目指す。ナフサ分解炉を用いず CO₂ を排出しないことに加え、CO₂ そのものも原料とすることで、Scope 1, 2 のみならず、Scope 3 も含めてサプライチェーン全体のカーボンニュートラルへの貢献が期待される。世界に先駆け CO₂ を原料としたプラスチック等の市場を実現するための技術確立に向けた支援を行う⁴²。また、多量の CO₂ を排出する既存のナフサ分解炉の CO₂ 排出量の削減に向けて、燃料をオフガスからアンモニアへ転換するための燃焼技術の確立などに向けた支援を行う。

こうした CO₂ の原料化やナフサ分解炉のアンモニア燃料化に向けた投資を促進していくため、本来排出される CO₂ を原料として用いることや、再生可能エネルギー由来水素を用いていることの CO₂ 排出抑制等の価値創出についての政策検討を並行して進める。

(2) 非化石エネルギーへの転換に向けた需要側のルール整備

⁴² 例えば、多様な化学品の原材料となるエチレン 100 万トン、CO₂ を用いて製造する場合には 107 万トンの水素が必要になる。

改正省エネ法⁴³に基づき、特定事業者等に対し、非化石エネルギーへの転換に関する中長期計画の提出及び定期報告を義務化するとともに、産業部門のエネルギー使用量の4割を占める主要5業種8分野（鉄鋼業（高炉・電炉）、化学工業（石油化学・ソーダ工業）、セメント製造業、製紙業（洋紙製造業・板紙製造業）、自動車製造業）に対して、国が非化石エネルギーへの転換に関する目標の目安を定め、事業者の取組を促す。さらに、水素については炭素集約度等によってカーボンニュートラルへの貢献度が異なるため、省エネ法に基づく非化石エネルギーへの転換に関する措置において、現行の目標年度である2030年度より先の将来において、炭素集約度等に応じた評価を行うことで、産業部門等のクリーン水素への移行を促進する。

（3）水素化合物としての水素利用

合成メタン（e-methane）や合成燃料（e-fuel）は、既存の都市ガスインフラや石油供給インフラを活用した導入が可能であることから、例えば高温帯の熱需要が必要となる鉄鋼、化学、製造産業などにおける利活用の拡大に向けて、燃焼時のCO₂排出の取扱いに関する国際・国内ルール整備に向けて調整を行い、化石燃料によらないLPガスも併せて、GI基金を活用した研究開発支援を推進するとともに、実用化・低コスト化に向けて様々な支援の在り方を検討する。

3-4. 大規模なサプライチェーン構築に向けた支援制度の創設

ウクライナ情勢と世界エネルギー危機を機に、各国が巨額の水素投資を進めている。水素エネルギー先進国である我が国は、低炭素水素への移行を求めるとともに、以下を柱とする規制・支援一体型でのアジアに先駆けた先導的な制度整備を早急に進める。

（1）大規模かつ強靱なサプライチェーン構築に向けた制度整備

水素を取り巻く将来の見通しが不透明な状況においても、他の事業者に先立って自らリスクを取った上で投資を行い、2030年頃までに我が国において低炭素な水素・アンモニアの供給を開始する予定である事業者（＝ファーストムーバー）については、S+3Eの観点から戦略的にサプライチェーンを選定し、事業者が供給する水素・アンモニアに対し、基準価格（事業継続に要するコストを合理的に回収しつつ、適正な収益を得ることが期待される価格）と参照価格（既存燃料のパリティ価格）の差額（の一部又は全部）を長期にわたり支援するスキームを検討する。現時点での、サプライチェーンへの官民による投資金額は、15年で15兆円を超える計画となっている。

水素の製造には、原料の調達リスクや、大規模な設備投資に伴い、回収に長期を要するリスク等が伴うため、JOGMEC法⁴⁴改正を踏まえ、JOGMECによる水素・アンモニアの製造や貯蔵へのリスクマネー支援（出資・債務保証）や、国際協力銀行、日本政策投資銀行、日

⁴³ エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する法律（昭和54年法律第49号）

⁴⁴ 独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構法（平成14年法律第94号）

本貿易保険、GX 推進法⁴⁵に基づき今後設立される予定の GX 推進機構を含め多様な公的金融機関による支援の検討を通じて、公的資金と民間資金を組み合わせ、いわゆるブレンデッド・ファイナンスの機会を増やし、大規模な資金の動員を図る。

さらに、低炭素水素の製造に不可欠な CCS についても、JOGMEC 法改正を踏まえ、JOGMEC による地質構造調査、技術支援やリスクマネー支援を通じて推進していく。

(2) 需要創出に資する効率的な供給インフラの整備に向けた制度整備

水素・アンモニアの安定かつ安価な供給を可能にする大規模な需要創出と効率的なサプライチェーン構築を実現し、国際競争力ある産業集積を促すため、タンク、パイプライン等の供給インフラの整備を支援する。また、効率的なサプライチェーン構築のためには、全国的な見地からの拠点の最適配置が必要であり、地域の需要規模や産業特性に応じた拠点整備を進め、適切な集約・分散を行い、拠点とその周辺地域を海上輸送などによりハブ・アンド・スポークとして結ぶことで、広範囲で需要創出を図っていく。そのため、今後 10 年間で産業における大規模需要が存在する大都市圏を中心に大規模拠点を 3 か所程度、産業特性を活かした相当規模の需要集積が見込まれる地域ごとに中規模拠点を 5 か所程度整備する。なお、港湾・臨海部では、既存の産業等の集積により水素の大規模な需要創出のポテンシャルを有することに加え、船舶を利用した大規模な輸送やその後の貯蔵を効率的に行うことができ、さらに、産業構造の転換時における埠頭の再編など、既存設備等を有効に活用しつつ効率的に水素の拠点を整備することも可能である。加えて、その背後圏においても広域需要創出に向け、効率的な供給インフラの整備を支援する。

また、水素・アンモニアの大規模なサプライチェーン構築のためには、サプライチェーン構築支援から拠点整備支援まで連携して支援を行うことが効果的である。そのため、拠点整備支援を活用する際には、サプライチェーン構築支援においても優遇するなど、制度間の連携を図る。さらに、カーボンニュートラルポート（CNP）といった港湾における取組や、脱炭素化に向けて製造業の燃料転換等の支援策とも連携し、水素・アンモニアの社会実装に向け、切れ目のない支援を実現する。

3-5. 地域における水素利活用の促進及び自治体との連携

地域における水素製造・利活用は、地域資源（再生可能エネルギー、副生水素、廃プラスチック、家畜糞尿、下水汚泥、生活ごみ等）を活用した水素の製造、貯蔵、運搬、利活用の各設備とそれらをつなぐインフラネットワークの整備を通じた地域水素サプライチェーン構築を地域特性に応じて、様々な需給を組み合わせた実証モデルの構築を進めることにより、地域に根差した形で促進していくことが重要となる。

その際、港湾やコンビナートのような産業が集積している地域ではなく、内陸部など需要が分散している地域においては、再生可能エネルギー等の地域資源を活用してオンサイトで水素を製造し、地域の多様な需要（熱利用、発電、モビリティ、産業、業務、家庭等）で利

⁴⁵ 脱炭素成長型経済構造への円滑な移行の推進に関する法律（令和 5 年法律第 32 号）

用する自立分散型、地産地消型モデルの構築に向けた実証等を通じて、地域全体で面的にも拡大しつつ全国各地での水素利活用を推進する。

また、地域政策の核となる地方自治体のリーダーシップの下、地域内の企業や関係団体との連携・協働や、国内及び国際的な地域間連携の推進により、ベストプラクティスや知見の共有・横展開を通じて、地域資源を活用した水素製造と多様な需要に応じた水素利活用の更なる促進が期待される。一般社団法人水素バリューチェーン推進協議会（JH2A）では、水素利活用に取り組む自治体も会員となっており、官民共同で先進的な水素の取組を表彰する自治体水素アワードを開催するなど、地域間の連携が促進されている。また、地域資源を活用した地域水素サプライチェーン構築に関する各地のモデル実証について、地域での水素利活用に関心を持つ自治体・企業等が参照でき、自治体間で共有できるよう、各種実証事例や水素の基礎情報等についてウェブサイト等を通じて情報発信している。さらに、クリーンエネルギー大臣会合水素イニシアティブの下ではH2 Twin Citiesの取組により地域間がメンター・メンティーの関係で水素利活用を促進していく動きがある⁴⁶。これらの取組等も踏まえ、国は、地方自治体等に対し引き続き積極的な情報提供や普及啓発等を図っていき、計画策定支援や環境教育なども通じて、自治体が水素利活用に参画しやすい支援に取り組むとともに、各種技術開発動向や再生可能エネルギーの電力供給コスト、実証事業の成果等も踏まえつつ、自治体や企業との連携等による地域の水素需要拡大及び需給の最適化、各種水素関連設備の導入促進や既存インフラの活用による低コスト化、ランニングコストの低減を通じた地域水素サプライチェーンの普及拡大方策の具体化に取り組む。

特に、「福島新エネ社会構想」において水素社会の実現に向けたモデル構築を柱に掲げる福島県においては、水素事業者や国内外の他自治体との連携協定の締結をはじめ様々な取組を進めている。こうした取組を更に加速させるため、福島水素エネルギー研究フィールド（FH2R）がまちづくりにおけるエネルギー供給の中核的な役割を担えるよう支援を行うなど、国としても福島県での取組を推進する。併せて、福島国際研究教育機構（F-REI）では、水素を一つの柱として、福島浜通り地域等で進む創造的復興に向けたまちづくりにおいて、再生可能エネルギーや水素を地産地消で面的に最大限活用するネットワークの形成に資する研究開発等に取り組んでいく。浪江町では、福島水素エネルギー研究フィールドが立地し、公的施設における純水素燃料電池利用実証、柱上水素パイプライン実証、最適運用管理システムを活用した実証、ランカスター市やハワイ郡との連携に関する覚書等の様々な水素利活用の取組を行っている。2026年度までに水素を中心とした未来のまちづくり（浪江駅前再開発）を計画しており、その取組を軸として更なる水素利活用を推進していく。また、アンモニアについても、GI基金による支援の下、浪江町で再生可能エネルギー由来のアンモニア製造に向けたプラントの建設が2023年から開始され、2026年度までにアンモニア製造の実証試験が実施される方針である。

山梨県では、Power to Gas⁴⁷モデルの国内外への展開が進むほか、水素関連企業が研究拠点として集積するなど、地域経済への裨益も生まれつつある。さらに、民間企業と設立した

⁴⁶ 浪江町・米国カリフォルニア州ランカスター市・ハワイ州ハワイ郡や神戸市・英国アバディーン市

⁴⁷ 再生可能エネルギーの電力から水素を製造して貯蔵・利用する方法。

やまなしハイドロジェンカンパニー（YHC）⁴⁸を通じて、ノウハウを他県にも提供しながら、国内の水素製造及び利用先の拡大を目指すほか、並行してインド及びスコットランドにおける水素の熱利用など、各国の先導事例を提示しながら、水素産業の国際展開にも積極的に取り組んでいる。

東京都では、山梨県産の水素を都有施設（国際展示場）で利用し、都民への水素の普及啓発を図るほか、燃料電池換装型荷役機械の導入促進等の東京港のカーボンニュートラルポート（CNP）形成等に向けた取組として総額 36 億円（令和 5 年度予算）を措置するなど、水素需要の創出にリーダーシップを発揮している。福岡市では、市民生活を支えるごみ収集車や給食配送車、救急車について燃料電池車両への全面切り替えを目指すなど、モビリティにおける水素需要を率先して創出している。佐賀県では夜間工事の照明等の電源として FCV を活用することで騒音・臭気対策との両立モデルを提示し、国の発注工事で有用性等を実証し環境影響評価も行うことで、県内の中小企業や大手ガス会社による FCV 導入の促進に繋げるなど事例の横展開が図られている。

3-6. 革新的な技術開発の推進

2050 年を見据えた中長期の水素利活用の拡大に向けては、「製造」、「輸送・貯蔵」、「利用」において、以下のような革新的技術の産学官における着実な研究開発が必要となるほか、研究開発を通じた将来の産業を担う人材の育成も重要である。これらの研究開発に当たっては、国際動向や基礎研究の有望シーズと産業界のニーズの双方を踏まえつつ、大学・国立研究開発法人等から企業等への研究成果の橋渡しや社会実装に向けて関係府省庁が一体となって取り組む。

【製造】

高効率・高耐久・低コストな水電解技術、高温ガス炉等の高温熱源やメタンの熱分解、光触媒などを活用した水素製造技術

【輸送・貯蔵】

高効率水素液化機、水素吸蔵合金などの輸送・貯蔵技術、水素キャリアのコスト低減及びアンモニアクラッキング技術

【利用】

高効率・高耐久・低コストな燃料電池技術、合成メタン（e-methane）や合成燃料（e-fuel）などのカーボンリサイクル製品の製造技術開発

3-7. 国際連携（標準化戦略、多国間枠組みでの活動）

（1）標準化に関する取組

ISO/TC197（水素技術の国際標準）において、これまでは水素ステーションに関する国際規格の開発が中心に行われてきた。水素利活用の広がりに伴い、水電解装置や水素製造

⁴⁸ 山梨県、東京電力ホールディングス株式会社、東レ株式会社の三者で 2022 年 2 月に設立。

時の温室効果ガス排出量算定方法等に関する国際規格開発が開始されている。そのため、水素サプライチェーンの構築や水素関連産業への波及といった広い視点から、必要な標準化を戦略的に検討する。まずは、ローディングアーム等の関連機器の標準化を進めると共に、今後、ISO/TC197 以外の標準化（ISO/TC22/SC37（電動自動車）、IEC/TC105（燃料電池）、IEC/TC69（電気自動車及び電動産業車両）等）を含め、中核的な役割で参画をし、我が国における水素利活用の発展及び我が国が有する水素利活用技術が世界規模でカーボンニュートラルに貢献していくことを可能とするために、国際交渉力のある人材育成など、国際規格開発に必要な貢献をしていく。加えて、FCV の国際基準に関しても、国連の自動車基準調和世界フォーラム（WP.29）において、官民で連携して安全性能や燃費性能に係る国際基準の策定や改定を主導していく。

また、ISO/TC67（低炭素エネルギーを含む石油及びガス産業）においては、我が国が主導して、窒素酸化物の排出を抑制したアンモニア燃焼技術を含む燃料アンモニア関連技術の国際標準化を目指し、各国への働きかけや具体的な提案が進められている。我が国のアンモニア関連技術の強みを的確に捉え、市場を先取りするような国際標準の策定に向けて、官民一体となり戦略的に取り組む。

（2）国際取引の方向性

初期の LNG プロジェクトにおいては、生産地と消費地間を専用のタンカーで往復する取引が主体であったことから、仕向地を指定する条項、あるいは Take or Pay 条項など売主優位な条件が盛り込まれていた。近年、仕向地制限条項については、LNG 市場の流動性を硬直させるとして、買主から売主に対し撤廃要求が高まっていったこと等を踏まえ、水素の国際取引においては、需要が確立する以前の買主の立場が強い初期の段階から、仕向地制限条項を含まない契約条件、価格への影響及び国富流出の恐れ等を見据えた取引モデルを検討し、標準化する必要がある。

（3）多国間枠組みでの活動

我が国は、2018 年に世界で初めて水素閣僚会議を開催し、世界規模での水素利活用及びその促進に必要な取組を主導してきた。東京宣言及びそれを実現するためのグローバルアクションアジェンダにおいて、グローバルに 10 年で 1 万か所の水素ステーションおよび 1,000 万の燃料電池システムの導入という目標を関係国と共有しながら、水素社会の実現に向けて取り組んできている。

水素の市場形成は、一国だけでは達成が難しいため、多国間枠組みにより議論が進められており、水素閣僚会議のほか、IPHE やクリーンエネルギー大臣会合（CEM）、ミッション・イノベーション（MI）等においては、水素製造に伴う温室効果ガス排出量の計算方法、水素貿易ルール、水素姉妹都市の形成による知見共有、水素バレー（水素の地産地消プロジェクト紹介プラットフォーム）等、幅広い分野に適用され得る水素についての課題解決に向けた取組を行っている。

アンモニアについては、2021年から我が国主催で燃料アンモニア国際会議を開催しており、燃焼してもCO₂を排出しないアンモニアの燃料としての利用拡大に向け、国際的な認知向上を目指した発信を行うとともに、安定的かつ低廉で柔軟性のある燃料アンモニアサプライチェーン・市場構築の必要性を参加国で共有している。このコンセプトに基づき、2050年カーボンニュートラルの達成に向けて燃料アンモニアの需給拡大の重要性を発信する。

さらに、G7、G20、日米豪印（QUAD）、インド太平洋経済枠組み（IPEF）等の政府間フォーラムにおいても、水素・アンモニアは主要な課題の一つとなっている。水素・アンモニアの市場は未だ成熟していないため、規制や標準づくりについて国際的に議論を行うことや、我が国の技術を他国に提示しソリューションを示す（又は逆にソリューションを得ることもあり得る）ことで、水素・アンモニア分野における国際的なプレゼンスを高め、同時に我が国事業者の予見可能性を高めることが期待される。

また、「技術を通じた脱炭素化に関する日豪パートナーシップ」に基づき、豪州とも連携しながら、第9回太平洋・島サミット（PALM9）で採択された「太平洋のキズナの強化と相互繁栄のための共同行動計画」に基づき、太平洋島嶼国地域においてグリーン水素プロジェクトの可能性を探求するなど、我が国の技術を活用しながら途上国・新興国におけるサプライチェーン構築を支援していく。2022年1月には、アジア各国が脱炭素に向けて協力する枠組みとして、アジア・ゼロエミッション共同体（AZEC）構想を提唱した。2023年には、初めての閣僚会合を開催し、各国の相互の信頼関係に基づき、トランジションの加速にコミットする共同声明に合意した。今後は、標準づくりといった政策協調や、脱炭素に資する技術の開発・実証・実装等に向けた支援を通じて、水素を含む新しい技術の普及・拡大とコスト削減等を図る。

3-8. 国民理解

エネルギーとしての水素・アンモニアに対する理解を深めるとともに、水素・アンモニア政策、そして政策に基づく企業への支援等に対する国民理解を得ていくためには、国民、自治体への丁寧な情報提供や、継続的な対話の積み重ねが重要である。そのため、海外の事例を広く参考にしながら、水素・アンモニアに関する教育や普及啓発活動、国民や自治体、事業者による理解のための場づくりを行っていく必要がある。

また、2025年の大阪・関西万博は、我が国の世界トップクラスの技術及び我が国が目指す未来社会の姿を世界に広く発信する絶好の機会である。水素・アンモニア発電による万博会場への電力供給や、燃料電池船の航行など、水素社会の到来を予期させるような発信を行う。また、水素を国民が身近に感じ、体験することのできるような広報を官民協力の下でしっかりと行い、将来のエネルギー源の一つとして国民の社会受容性を高める。

第4章 水素産業競争力強化に向けた方向性

4-1. 水素産業競争力強化に向けた基本的な考え方

水素基本戦略を策定した 2017 年頃は、我が国が世界に先行して国内需要を創出し、関連産業が国内で研鑽を積み上げた上で、世界展開を目指していた。しかしながら、今や状況は一変し、例えば、欧州ではタクソノミーやカーボンプライシングが導入・拡大され、水素普及の基盤整備が進展した市場となった。さらに、昨今のウクライナ情勢によって、天然ガス価格が高騰し、さらにはエネルギーの安定供給が脅かされる事態となった結果、欧州は、天然ガスの代替燃料としての水素が最も切迫感ある形で進む国・地域となりつつあるなど、世界のエネルギー情勢、市場動向は刻々と変化している。欧州では、グリーンディール産業計画をはじめとした、水素を産業として成長させていくことを見据えた計画が発表されており、エネルギーの構造転換を図ると同時に、国内外で新しい市場を生み出しながら水素産業の育成、展開を図っている。

米国では、インフレ削減法として 10 年間、クリーン水素製造への大幅な税額控除が措置され、水素の一大製造国として関心が一気に高まるとともに、CCS においても税額控除 (45Q) の規模が、CO₂ 貯留量 1 トンあたり 85 ドルに拡充され、世界最大規模の支援となるなど、エネルギー政策と産業政策の好循環が生まれようとしている。中国では、現状、年間約 3,300 万トンの水素需要がある等、世界最大の水素需要国となっており、再生可能エネルギーの発展に伴い、今後、再生可能エネルギー由来水素製造の拡大も見込まれる。

そのような中、我が国においても技術的な強みを生かし、脱炭素、エネルギー安定供給、経済成長の「一石三鳥」を狙い、以下の水素産業戦略に基づき、国内外のあらゆる水素ビジネスで、我が国の水素コア技術（燃料電池・水電解・発電・輸送・部素材等）が活用される世界を目指す。

4-2. 水素産業戦略

水素が世界的に普及し、水素関連市場も拡大の一途である中、我が国の技術・製品を国内外の市場に普及させ、日本企業の産業競争力の強化に繋げることは、産業政策の観点から重要である。市場黎明期であったこれまでは、それぞれの需要分野において実証事業等を進めることにより、水素利活用における課題の特定や初期需要の創出を図ってきた。引き続きこうした取組を進めていく必要があるが、国内外で水素利活用の動きが強まる中で、産業化への離陸に向けた戦略を再構築していく必要がある。

国内の個別の需要分野だけに着目すると、需要が小さいため、量産効果が発揮できずにコストが下がらず需要が拡大しないという悪循環に陥りかねない。国内外の水素市場を一体で捉え、いち早く産業化を図ることで、市場を獲得する。これにより更なるコストダウンを実現し、それが更なる需要へと拡大していくという好循環の構築を目指す。

これにより、「技術で勝ってビジネスでも勝つ」という状態にしていく必要がある。市場の立ち上がりが相対的に早く、市場規模も大きいと考えられる分野、日本企業が技術的優位性を持っていると考えられる分野という二つの観点から、以下、

- (1) 水素供給（水素製造、水素サプライチェーンの構築）
- (2) 脱炭素型発電
- (3) 燃料電池

(4) 水素の直接利用（脱炭素型鉄鋼、脱炭素型化学製品、水素燃料船）

(5) 水素化合物の活用（燃料アンモニア、カーボンリサイクル製品）

の5類型、9分野を中核となる戦略分野とし、重点的に取り組む。また、上記分野を個別で支援するだけでなく、地域内で各産業が有機的につながっていることに着目して、一体として水素産業の普及支援を図る。

(1) 水素供給

A) 水素製造

世界的な水素への注目の高まりに応じて、再生可能エネルギー由来水素製造のキーテクノロジーである水電解装置への関心が急激に高まっている。それに伴い、世界中で水電解装置メーカーの競争は激化しており、多くのメーカーが商用化に早急に乗出し、市場シェアを拡大するために、実証から商用フェーズに移行しつつある。

水電解装置市場は、我が国も装置の安全安定稼働や部材の革新的な技術開発等において強みを発揮することのできる市場である。そのため、今後も部材の性能や耐久性向上に関する技術開発を続けつつも、「装置の規模の拡大と装置や部素材の製造能力の向上」、「高温水蒸気電解やAEM（アニオン交換膜）型といった新規水電解技術への支援」、「我が国における技術的な強みを活かした形での国際標準策定への貢献」、「海外市場獲得に向けた海外パートナーとの協業」、「案件組成に向けた国・関係機関による支援体制の構築」等を実施していく。特に、「装置の規模の拡大と装置や部素材の製造能力の向上」については再生可能エネルギー由来水素の大規模プラント建造や大規模な水電解装置の製造設備投資が世界で進む中では特に重要である。政府としても、国際競争力の強化の観点から、GI基金で装置の大型化・モジュール化等に関する実証を支援しつつ、水電解装置及び部素材の製造能力増強について支援を検討していく。

①水電解装置の装置コスト及び再生可能エネルギー由来水素価格の低減

水電解装置による水素製造コストを低減するためには、電気コストの削減に加え、装置コストの低減や性能の向上が必要である。アルカリ型5.2万円/kW及び固体高分子（PEM）型6.5万円/kW⁴⁹という2030年目標を達成するべく、整流器などの補器も含めた開発支援を引き続き実施する。なお、将来における技術の進展や世界の装置コストの低減状況等に鑑みて既存目標との乖離が認められる場合は、適当な目標へ見直すことも検討する。

さらに、水電解装置やその関連部素材の製造能力を拡充することで、装置コストの低減と我が国の水電解装置の国際競争力の向上に繋がることから、当該製造能力の拡

⁴⁹ 水素・燃料電池戦略協議会「水素・燃料電池戦略ロードマップ」（平成31年3月12日）

充に関する支援についても検討を行い、原料から電解槽の組み立てまで一貫したサプライチェーン構築を目指す。

再生可能エネルギー由来水素の安価な製造に向けては、引き続き再生可能エネルギーの導入を進めるとともに、安価な余剰再生可能エネルギーを大量に調達し、水電解装置の稼働率を上げることが重要である。また、余剰電力を活用して水素の製造を行うことは、再生可能エネルギーの導入拡大に向けて課題となる調整力不足や系統混雑の解決策の一つとなり得るものである。そのため、水電解装置の大型化と並行して、再生可能エネルギーの有効活用及び装置の稼働率向上に資するシステム開発を推進していく。

②水電解の新技术（高温水蒸気電解、AEM型水電解）の推進

現在商用段階にある水電解装置の技術としては、アルカリ型及びPEM型が存在するが、新たな技術として電解効率が非常に高い高温水蒸気電解やPEM型とは異なり触媒に貴金属が不要となるAEM型など、次世代水電解技術の開発が世界で進められている。開発を継続していくとともに、それぞれの特性に沿った活用方法について実証を通して検討していくことで、性能を十分に発揮できる分野での社会実装を進めていくことが必要である。

B) 水素サプライチェーンの構築

2030年を見据えて大量に水素を輸送することを念頭に置き、輸送設備等の拡充を視野に入れ、国際競争力を強化すべく、国内での生産設備の増強や関連分野の人材育成に力を入れる。また、海外においては、パートナー企業との連携やトップセールスによって欧州をはじめとした市場におけるプレゼンス向上を狙う。

また、水素等の品質規格の標準化や、サプライチェーン上の各プロセスの技術・ノウハウのライセンス化などの取組を進め、海外市場の獲得も狙う。

①輸送技術の動向

運搬形態としては液化水素やMCH、アンモニアが検討されているが、それぞれに長所と克服すべき課題があり、長期的にどれが総じて優位となるか、現時点で見極めることは困難である。加えて、産業、運輸、発電といった利用形態に応じて選択される可能性もあり、用途に応じた棲み分けが行われると想定されている。そのため、技術間の競争を促しつつ、国際輸送コスト、国内配送コスト、脱水素などのエネルギー転換コスト、ライフサイクルCO₂、安全性等も加味しながら、総合的に評価していく必要がある。また、技術開発の進展状況を定期的・科学的に評価しながら、研究開発支援のリソース配分における判断の参考とする。

(液化水素)

液化水素は、受入地でのキャリア変換のためのエネルギーが不要で、かつ純度の高い水素（99.999%）を取り出し、そのまま燃料電池や輸送機器などの産業分野等で利用することが可能であるという特徴を持つ。我が国は、これまでに、豪州において水素を製造し、世界初の液化水素運搬船による日本（神戸）への大規模海上輸送を完了している（2022年2月）。今後は、水素輸送技術等の大型化・高効率化に向けた技術開発を進め、商用船の国際基準を策定し、日本向けサプライチェーンの早期の社会実装を進める。加えて、海外市場においてもサプライチェーン構築に早期に参画し、液化水素サプライチェーン構築に取り組む。また、日本企業が先行する分野の強みを可視化するため、標準化等に関する検討に並行して取り組み、市場における優位性を高めることで、市場拡大を図る。

（メチルシクロヘキサン（MCH））

MCHは、常温常圧で液体であることから取扱いが容易であり、長期貯蔵が可能であること、タンク等の既存の輸送・荷役インフラを活用可能であるという特徴を持つ。これまでに、ブルネイにおいて水素を製造、MCHに変換して海上輸送し、日本（川崎）の脱水素プラントで水素を取り出す世界初となる国際輸送実証を完了している（2020年12月）。今後は、既存製油所設備を活用した脱水素技術の開発及び国際サプライチェーンの構築実証に取り組む。さらに、水とトルエンから直接MCHに変換できる革新的技術や未利用熱の活用等の技術開発・実証及び大規模海上輸送の実現に向けた取組を進めることにより、MCHサプライチェーンによる水素供給コストの低減を目指す。

（アンモニア）

アンモニアは肥料用や化学製品の原料用としてのサプライチェーンが既に存在しており、アンモニアの直接利用または水素キャリアとしての導入が比較的容易であることから、幅広い活用が見込まれている。アンモニアから水素を取り出すためには、大規模な分解（クラッキング）技術の確立が必要であるため、関連技術の開発及び実装に向けた支援を行う。併せて、製造技術の効率化や火力発電や工業炉、船舶等への直接利用拡大のための技術開発、導入を進める。

②国内輸送の低コスト化に向けた技術開発や環境整備の推進

水素の供給地と需要地の距離に応じて、圧縮水素、液化水素、MCH、アンモニア、パイプライン、水素吸蔵合金等の適切な輸送技術を選択する必要がある。さらに、水素供給・利活用の普及拡大においては、地域特性に応じて再生可能エネルギーや未利用の地域資源を活用した地産地消型のサプライチェーンの構築も必要である。それぞれの技術面やコスト面の課題解決に向けた支援を行いつつ、最適な国内サプライチェーンの構築を目指す。

水素の供給地と需要地に一定の距離がある場合には、高圧水素タンクを搭載した専用のトレーラーで圧縮水素を輸送する手法が一般的であり、圧縮機や貯蔵するタンク

等についての低コスト化に向けた更なる技術開発が必要である。また、長距離大量輸送が可能な海上輸送も有力な選択肢となると考えられる。

液化水素は、ガスに比べて体積が約 800 分の 1 となることから運搬効率が良く、輸送に適している。高効率な液化機の技術開発による液化コストの低減や、気化を抑えるための容器の技術開発等を進めることで、より効率的な液化水素による国内輸送を実現する。

MCH は、常温常圧で液体であることから取扱いが容易であり、タンクローリー等の運搬車両、石油製品等を輸送する鉄道インフラや内陸部の油槽所などの既存インフラを活用できる。市街地等で使用可能な小型の脱水素設備の技術開発を進めることで、内陸部への効率的な水素輸送の実現に貢献する。

アンモニアは、 -33°C で液体となることから取扱いが容易であり、水素密度が他技術と比較しても大きいことから、内航船などを用いて効率的な国内輸送を行うことに適している。

近傍の工場間での水素輸送等、比較的短距離の地点間で水素輸送を行う場合は、水素パイプラインの活用が適しており、単位あたりのパイプラインコストの削減に資する安価で丈夫なパイプラインの設置に向けた技術開発が必要である。なお、パイプラインに関しては、適用される法令の整理・整備を行うことで、将来の水素事業に向けた制度整備を行っていく必要がある。

合金に水素原子を吸蔵させることで水素を輸送・貯蔵する「水素吸蔵合金」は、比較的低压で大量に貯蔵できることから扱いが容易であり、定位置での水素貯蔵に適しているため、引き続き低コストかつ重量当たりの貯蔵量を高くする技術開発等を実施していく。また、極めて高い密度で水素貯蔵を可能とする革新的材料等により、液化アンモニアと同等レベルの貯蔵密度を常温、常圧で実現するための技術開発も期待される。

③船舶による海上輸送

2050 年カーボンニュートラルを目標として掲げる中、この目標の達成のためには、水素・アンモニア等のサプライチェーンの構築を進める必要があるところ、このためには、海外から国内拠点への国際輸送と国内拠点から全国各地への二次輸送を効率的かつ安定的に行うことが求められ、こうした輸送には、長距離・大規模輸送を行うことが可能な船舶が不可欠である。例えば水素運搬船については、2021 年度に我が国と豪州との間での実証運航に成功しており、また、2021 年度より GI 基金を活用して、液化水素タンクの大型化に向けた技術開発を進めているところであり、2028 年度の実証運転開始、2030 年以降早期の商業運航実現を目指している。このような取組を通じて、水素・アンモニア等の大規模輸送に資する運搬船の社会実装を進めるとともに、その導入及び国内生産基盤の確立を進め、我が国の安定したサプライチェーン構築に貢献していく。

(2) 脱炭素型発電

2021年12月に欧州委員会より発表されたCO₂排出量270g/kWhガス火力基準により、これまで支援してきた30%混焼・専焼に加え、高混焼の燃焼器開発が進められている。世界市場での国際競争力を強化していくためには、この基準に適合した燃焼器の開発と実機実証による技術の実用化が必要とされており、GI基金においても新たに高混焼の水素発電技術の研究開発項目を追加し、技術開発を加速化していく。水素発電は既存設備を活かしながら、電力部門の脱炭素化に資する技術である。ガス火力への混焼割合の向上や専焼化に関しては各国、各企業の脱炭素のロードマップに応じて、様々な選択肢を提供することが国際競争力強化の観点からも重要である。既に小型のガスタービンにおいては、混焼から専焼への選択が可能であるが、日本企業がトップシェアを占める大型のガスタービン市場においても、海外の政策動向を注視しながら、柔軟に対応していく。

また、水素発電技術の普及拡大には、水素供給における技術開発動向を注視しつつ、サプライチェーン全体のコスト低減を目指していくことが欠かせない。そのため、GI基金を活用して水素サプライチェーンの実証と水素発電の実証を一体で支援している。水素発電の商用化に向けても、水素政策小委員会・アンモニア等脱炭素燃料政策小委員会合同会議で検討されている、強靱な大規模サプライチェーン構築に向けた支援制度や水素・アンモニア供給インフラの拠点整備支援制度による商用サプライチェーンの構築と長期脱炭素電源オークションとの連携などによる安定的な水素燃料の供給が急務であり、需給一体での政策支援を引き続き進めていく。

(3) 燃料電池

燃料電池は、車、船舶、鉄道から港湾の荷役機械を含めた様々な機器の動力として活用されており、家庭・事業所・工場等のエネルギー需要に応えるなど様々な用途がある。今後、各分野での本格的な普及に向け、コスト低減・需要拡大の好循環を作り市場を拡大していく必要がある。

同時に、燃料電池は、我が国が世界に先駆けて研究開発を進め、特許数も世界一であるなど、技術的強みを有する分野である。「技術で勝ってビジネスでも勝つ」という状況を目指して、早期に事業化を進め、ビジネスの観点からも我が国企業群が世界で勝ち抜いていける体制を早期に構築する必要がある。

鍵となるのがコストダウンである。これまでは、多様な分野ごとにそれぞれ実証事業等を通じて市場創出や課題特定などを進めてきたが、一方で、細分化された市場だけでは、量産化を通じたコストダウンが図られにくいという問題がある。例えば、民間調査会社の試算によると燃料電池システムの世界市場は2020年度に約3,278億円（うち、主要スタック市場は約411億円）、2030年度には約4兆9,581億円（同8,031億円）に拡大するものと見込まれている⁵⁰。その内訳はFCVが約42%、トラック・バスが約32%であるが、定置用燃料電池も約19%、産業用車両やポータブルバックアップ等で約6%とされてい

⁵⁰ 富士経済「2020年版 燃料電池関連技術・市場の将来展望」

FCシステム市場には一部車両価格等のアプリケーションの金額を含む。

る。また、例えば、商用車のマーケットで見ると、世界の販売台数は1,700万台強に対して我が国の市場は80万台弱（5%）となっている。

これらを踏まえると、個別のアプリケーション（FCトラック・バスのほか、FCフォークリフト、船舶や鉄道など）だけでなく、そのバリューチェーンのコアとなり、共通に利用される「燃料電池」の国内外の市場に着目した産業戦略の構築を急ぐ必要がある。世界中の様々なFCアプリケーションにおいて、我が国の燃料電池が活用されることにより、バリューチェーンの鍵を握りつつ、市場が広がり、コストダウンが加速化し、世界の脱炭素化にも寄与することに繋がる。

具体的には、A) 燃料電池ビジネスの産業化、B) 世界を視野に入れた戦略の構築、C) マザーマーケットである我が国における需要の拡大、の三本柱で取組を進める。また、これらの大方針と整合性を確保しつつ、モビリティから定置用までそれぞれの分野での具体的な取組を加速化する。

A) 燃料電池ビジネスの産業化

燃料電池は、セルをコア技術としつつ、セパレーターや、水素の補給に必要なタンクなど様々な部品から構成されるものであり、今後の本格的な量産化に向けては、これらのサポーターインダストリーを含めた、強靱なサプライチェーンを構築する必要がある。国内にこれらの産業が育ち、我が国が燃料電池の世界のハブとなるべく、サポーターインダストリーの育成、国内立地を促進する。

また、収益性の高いマーケットから先行的かつ戦略的に導入を進めることにより、早期の市場獲得を目指す。具体的には、水素の需要が集中している国内外の港湾、コンビナート、都市などに着目し、他の水素需要と併せて戦略的な市場形成・獲得を官民で進めていく。また、自動運転化による労働負担の軽減など、他の付加価値との相乗効果に着目することで、より収益性を高めていく。政府としても、国際競争力の強化の観点から、燃料電池及び部素材の製造能力増強について支援を検討していく。

①燃料電池のサポーターインダストリー支援

燃料電池スタックを含めたシステム一体としてのコストダウンを図っていくことが肝要である。そのため、周辺機器など燃料電池スタック以外の企業との連携が鍵となる。こうした機器は、中小企業の参入余地も大きく、燃料電池スタックを中心とした産業の裾野の広がりが期待される場所であり、地方経済産業局とも連携しながら、サポーターインダストリーの支援・育成を行っていく。

②コベネフィットの創出による産業としての付加価値の向上

水素のコストが化石燃料に比して相対的に高い中で、化石燃料の需要を単に水素に置き換えるのではなく、ユーザーが抱える課題へのソリューションの中で水素の果たす役割を訴求していくことで、化石燃料との価格競争からの差別化が可能となる。クリーンであることの価値、労働健康面の価値、人手不足問題など、コベネフィットを

追求していくにあたり、ニーズの発掘から支援まで、シームレスな省庁間連携を確保していく。

③塊の需要の創出

水素の流通量、供給拠点が限られる中で、燃料電池のコストダウンと水素普及の好循環を生み出すには、一定の「塊」の需要を生み出していくことが必須となる。典型的なものとして、港湾や工業団地、モデル都市といった面的な広がり、カーボンニュートラルの達成のため熱利用を水素バーナーやボイラーで利用するといった業種ごとの横展開が想定され、こういった塊の需要創出に貢献する事業に政策資源を重点的に振り向けていく。

B) 世界を視野に入れた戦略の構築

世界では 2030 年度には 5 兆円弱の燃料電池システム市場、8,000 億円以上の燃料電池スタック市場があるという予測⁵¹もあり、当初から国内市場だけでなく世界市場を見据えた事業展開を進めることが、産業化・競争力確保に重要である。各国においても水素ビジネスの離陸期にあることから、このタイミングで市場を獲得していくことが要諦であり、政府によるトップセールスも積極的に推し進め、官民連携して市場獲得を目指す。

また、世界市場を視野に入れつつ、我が国の技術的強みを生かし続けていくためには、「オープン&クローズ戦略」を的確に実施していく必要がある。技術力を有する企業とも対話を重ねつつ、国際標準化を含め、適切に技術が管理され、活かされる仕組みを構築する。

C) マザーマーケットである我が国における需要の拡大

世界で戦っていくに当たっても、マザーマーケットである我が国における需要拡大が最大の武器となる。ただし、我が国の需要規模は相対的に小さいことから、需要の集中する地域への戦略的投入など、一層の政策的工夫をしながらマーケットを育てていく。

まず、港湾や空港、都市などの需要の集中しているエリアのうち、先行的に取組意欲のある地域を特定し、他の水素需要と束ねながら戦略的な市場育成を支援する。また、物流事業者や荷主、工場などの民間事業者においても、リスクをとって先行的に導入を進めるファーストムーバーについては、水素供給面を含めて、総合的な支援を行う。

①モビリティ・動力分野

⁵¹ 富士経済「2020年版 燃料電池関連技術・市場の将来展望」

運輸部門はCO₂排出量の約2割を占め、カーボンニュートラルに向けて取組を加速すべき最重要分野の一つである。FCVは、EVと比べて航続距離が長く、充電時間が短いという強みを有する一方で、水素や燃料電池の価格の高さ、水素サプライチェーンの構築がその導入に向けた課題となっている。また、港湾や倉庫、工場における重量物の運搬などの動力需要としても期待される場所である。

世界的に見ても、欧州や中国等も商用車のFC化（燃料電池の導入及び燃料電池への転換）に積極的に取り組んでおり、米国の港湾では、荷役機械のFC化等の大型実証が進んでいる。我が国においても、乗用車で培ってきた燃料電池技術を、商用車に広げるとともに、燃料電池の特性が発揮されるフォークリフト、港湾の荷役機械、鉄道、空港車両での利用など、様々な活用シーンを想定し、導入を促進していく。また、今後の需要の拡大が期待される、鉄道や船舶、航空機、建設機械、農林業機械、荷役機械等のアプリケーションを視野に入れつつ、港湾や空港等の脱炭素化の推進にも関係省庁が一体となって取り組む。こうした様々な分野への需要の広がりを見据え、水素ステーションのマルチ化を進めていく。

水素ステーションについてはFCV普及のために先行整備を進めていき、日本水素ステーションネットワーク合同会社（JHyM）と連携のもと、2020年160か所整備目標は、ほぼ達成した。今後については、水素モビリティ需要に応じた幅広い利用シーンを想定し、水素ステーションの大規模化、マルチユース化を進め、JHyMの知見も活用し、新たな支援の在り方についても早急に検討を進めていく。

世界で戦っていくに当たっても、マザーマーケットである我が国における需要拡大が最大の武器となる。ただし、我が国の需要規模は相対的に小さいことから、需要の集中する地域への戦略的投入など、一層の政策的工夫をしながらマーケットを育てていく必要がある。我が国が技術的強みを有し、多くの用途でも必要となる燃料電池を中心に、産業や国の枠を超えて市場を一体的に捉え、いわば、世界の市場で、分野別の特徴に応じた戦略を進めることが重要である。

（自動車）

FCVの普及と水素ステーション整備の両輪で支援してきたが、今後は乗用車に加え、より多くの水素需要が見込まれFCVの利点が発揮されやすい商用車に対する支援を重点化していく。

商用車分野、特にFCトラックの拡大に当たっては、「需要見込みがないと生産投資計画が立てられない自動車メーカー」、「FCV導入台数がわからないとステーション投資計画が立てられない水素ステーション事業者」、「FCVと水素ステーションがないと購入計画が立てられない運送・荷主事業者」という三すくみ状態を脱するため、関係者の集まる官民協議会での議論を通じてFCトラック等の生産・導入見通しのロードマップを作成し、導入の道筋を明らかにしていく。

また、改正省エネ法により、特定輸送事業者・特定荷主に対して、非化石エネルギー自動車導入に向けた中長期計画および定期報告の提出を義務化し、野心的な導入目

標を策定した。これにより運輸部門における FC トラック（8 トン以下）等の導入を促進するとともに、今後、FCV の普及状況や見通しに応じて、トラック（8 トン超）の転換目標や充電インフラの導入目安の設定を検討していく。こうした規制措置に加え、三すくみ状態の打破を図る観点から、ファーストムーバーとして思い切った投資決断を行う運送・荷主事業者に対しては、大胆な支援を講じることを検討する。

FC トラックに加えて、バス、タクシー、ハイヤー等の商用車、パトカー等の公用車についても、EV と比べて航続距離が長く、充電時間が短いなどの FCV の利点を活かした今後の水素需要が見込まれる分野である。加えて、水素を内燃機関の燃料として使う「水素エンジン車」についても乗用車の領域で開発が進んでおり、これらを含めてモビリティ分野における水素需要拡大に向けて、官民で取組を進めていく。

これらの取組を通じて、2030 年までに乗用車換算で 80 万台程度（水素消費量 8 万トン/年程度）の普及を、水素ステーションについては、2030 年度までに 1,000 基程度の整備目標の確実な実現を目指す（水素ステーションについては後述）。

（鉄道車両等）

燃料電池鉄道車両等の導入により、非電化区間において温室効果ガス排出量が削減されるのみならず、電化区間においても、架線や変電所設備に係る維持管理コストが不要となるため、人流及び物流における水素利用の拡大が可能となる。

このような状況の中、燃料電池鉄道車両について、航続距離延伸、高出力化、小型化に向けた技術課題の解決及び社会実装に向けた量産化・コスト低減のための開発を推進するとともに、交通結節点である駅の特性を生かした多様なモビリティに水素を供給する総合水素ステーションや鉄道による水素輸送に関する技術開発や社会実装を推進し、鉄道分野の脱炭素化のみならず、他のモビリティの水素需要の創出、水素サプライチェーンの構築を実現する。また、世界市場において、燃料電池鉄道車両開発や実証が各地で進められているが、我が国のように諸条件（車両の規格、路線状況等）が厳しい路線に適用可能な燃料電池鉄道車両が開発されていないことを踏まえ、研究開発や実証により得られた成果をいち早く国内外に展開することにより、我が国の車両メーカーの海外展開等を促進する。

（船舶）

内航船の大宗を占める中小型の船舶の脱炭素化に当たっては、水素燃料電池やバッテリーを搭載した電気推進船も選択肢の一つとなる。このうち、水素燃料電池船については、従来の重油を燃料とする船舶と比べて導入コストが高くなること、水素燃料等のエネルギー供給インフラの整備が十分でないこと等の課題がある一方で、その導入に向けた開発及び実証が行われている。これらの状況も踏まえつつ、内航海運の脱炭素化に資する船舶の普及に向けた取組を進めていく。

（港湾における脱炭素化）

港湾においては、港湾法⁵²改正を踏まえ、臨海部に集積する産業とも連携しつつ、脱炭素化に配慮した港湾機能の高度化や水素・アンモニア等の受入環境の整備等を図るカーボンニュートラルポート（CNP）の形成を推進する。具体的には、水素・アンモニア等の受入拠点の戦略的な配置・整備について検討するとともに、港湾の荷役機械や港湾に出入りする大型車両等の水素燃料化の促進、次世代船舶への燃料供給体制の構築等の取組を推進する。

（水素ステーションの整備方針）

今後の整備方針としては、水素の利用シーンが広がる中で、水素ステーションも、乗用車のみならず、商用車、港湾、さらには地域の燃料供給拠点など、より多様なニーズに応える「マルチステーション」を見据える必要がある。そのような需要を精査したうえで、既存水素ステーションを含め、マルチ化を図りながら、需給一体型の最適配置を効果的に進める。特に大規模な水素ステーションの整備に関しては、税制措置等を含め政策リソースを拡充する。例えば、8トン超の大型FCトラックについては、走行経路を踏まえ、四大都市圏を中心に水素ステーションを整備していく。また、このような需要の掘り起こしに際しては地域の実情に即したニーズの積み上げが必要となるが、これには地域のリーダーシップが不可欠である。現在、福岡県が運送・荷主事業者や水素ステーション事業者と官民研究会を設立し、トラック協会と連携しながらFCトラックの導入を進めているほか、各地で自治体や地方経済産業局が需要の積み上げに動きつつある。こうした地方自治体や地方経済産業局等の動きを積極的に後押しし、水素需要に応じて水素ステーションの最適な整備を促進していく。加えて、水素ステーションの事業性について、当初予定していた低コスト化や乗用車の普及が目標から乖離している現状を踏まえて分析を行い、目標の見直しや水素ステーションの仕様⁵³も含めた検討を行っていく。

規制については、引き続き、安全の確保を前提とし、検査・試験方法の見直しを含む合理化・適正化を進め、更なる規制見直しを通じて水素ステーションの整備費、運営費の低減に努める。

技術開発については、商用車の普及に向け、これまで乗用車向けの水素ステーションにおいて培ってきた技術開発の成果を最大限活用するとともに、大流量水素の充てん技術を確立するべく、開発、実証を加速させる。また、水素ステーションの部材の交換頻度の低減、低温・高圧水素環境下で使用可能な安価な鋼材(SUS300系等)の検討やSUS316系、SUS316L系のニッケル当量規制の見直しといった、コスト削減に向けた開発も引き続き進めていく。

⁵² 港湾法（昭和25年法律第218号）

⁵³ 車載水素タンクの圧力を低下させると、航続距離は減少するが、燃料である圧縮水素の製造コストは低減する。具体的には、タンク圧力を70MPaから35MPaに低下させた場合、車両に搭載できるエネルギーは4割減少するが、燃料である圧縮水素は2割安くできる試算である。こうした比較を踏まえ、35MPaの導入ポテンシャルも踏まえて検討を進める。

②民生分野

家庭での熱需要の脱炭素化・熱の有効利用に貢献する省エネ機器として期待されるとともに、災害時のバックアップ電源や調整力としても活用可能な家庭用燃料電池について導入拡大やコスト低減、将来的には需給調整市場への参加などを通じて、自立的な普及拡大に繋げていく。同時に、業務・産業用燃料電池及び純水素燃料電池の更なる普及に向けた道筋を示す。

(家庭用燃料電池)

家庭用燃料電池（エネファーム）⁵⁴は、給湯の省エネ化だけでなく、近年は停電時でも電力と熱の供給が可能であることから、災害時にも活躍する電源として認識されている。さらに、エネファームは、設置された家庭の電力需要の約7割をカバーし、電力需要ピークの削減に貢献している。また容量市場（2024年度向け）でエネファーム約10万台を束ねて落札する事例もあるなど、供給力・調整力として電力系統への貢献も可能であり、需給調整市場の整備の進展などに伴い、新たな役割も期待されている。

第6次エネルギー基本計画では2030年に300万台の普及を目指すこととしており、普及台数が50万台に満たない現状に鑑みれば、未だ道半ばである。今後は、家庭用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、そのポテンシャルの最大限の活用を目指す。量産効果や生産工場稼働率の向上、マンションなどの設置スペースの限られた場所でも設置可能な商品提供などを通じて、現状から更に3割のコストダウン、すなわち投資回収年数5年を目指し、自立的な普及拡大に繋げていく。

家庭用燃料電池は、ガス改質による水素製造装置が組み込まれているが、これが高コストの要因である。将来的に、水素が直接供給されれば、ガス改質装置を組み込まず、安価な純水素燃料電池を活用することが可能となるため、将来の発展も見越した優位性のある市場に対する導入支援による普及拡大と、性能・耐久性・低コスト化等を可能とする基盤技術や評価技術の開発を支援し、機器の高度化を促進する。

(業務・産業用燃料電池)

業務・産業用燃料電池については、既存のコージェネレーションシステムと比較して発電効率が高いため、コージェネ機として熱需要が豊富な工場やホテル・病院への普及のみならず、モノジェネ機として相対的に熱需要が少ない需要家への普及も期待されている。また、レジリエンスが求められる避難施設、データセンターや空港・港湾といったインフラへの普及が期待されており、系統からの電力のピークカットにも資する。さらに、RE100を目指すビルや工場においては、太陽光発電の補完電源とし

⁵⁴ 家庭用燃料電池は、2009年に世界に先駆けて我が国で販売が開始され、2023年3月末時点で累積48万台が出荷されている。

て機能し、水素供給ネットワークがあれば、再生可能エネルギーを最大限活用しながら、昼夜・天候を問わず安定した電力を得ることができる。また、食品工場や下水処理場等の未利用バイオマスを有効利用する手段としても期待されている。こうした需要を見据え、2030年には、現状の発電効率の40～55%から60%を目指し、触媒活性の向上や50万円台/kWのコストを目指し、技術開発を進める。

(燃料電池の技術開発の方向性)

我が国の燃料電池の技術開発は世界をリードしてきたが、近年ではバスやトラックといった大型・商用の重量移動体の動力を中心に、各国で開発競争が激化している。鉄道、船舶といった大出力化への対応や、建設機械、農林業機械、ドローンなど、多用途展開に対応していくには、現状の燃料電池で対応できる以上の高温対応（最大120℃）を実現し、一層の高性能化、省スペース化を目指していく必要がある。

燃料電池の低コスト化には、自動自律型の触媒探索、大量生産を可能とする生産プロセスのデジタルトランスフォーメーション化、性能評価手法の統一化が必要となる。さらに、その基盤となる一企業や一大学では抱えきれない専門的な試験設備・分析設備などは、共用化を前提に技術研究組合FC-Cubicなど各地の水素研究拠点に整備を行っていく。

(4) 水素の直接利用

A) 脱炭素型鉄鋼

製鉄のカーボンニュートラルに向けては、鉄鉱石の還元材を水素へ置き換える水素還元製鉄の技術開発を進めていくことが必要である。世界では、同技術の社会実装に向けた取組が加速化しており、我が国としても、海外に先駆けた水素還元製鉄技術の確立及び海外市場への展開に向け、水素による低炭素技術実装と水素供給インフラ整備に対する支援を拡充するとともに、生産量の約6割を輸出又は間接輸出する鉄鋼業の国際競争力の拡充を図る。

B) 脱炭素型化学製品

化学産業のカーボンニュートラルに向けては、ナフサ以外からの化学品製造に向けた技術開発も進めていくことが必要である。水素は、CO₂からオレフィン等の炭化水素や機能性化学品を生産する際に必要であり、ナフサ分解時のCO₂排出を回避することに加え、CO₂そのものも原料とすることで、Scope 1, 2のみならず、Scope 3も含めてサプライチェーン全体のカーボンニュートラルへの貢献が期待される。我が国としても、世界に先駆けCO₂を原料としたプラスチック等の市場を実現する技術確立に向けた支援に加え、水素供給インフラ整備に対する支援なども行い、国際競争力の強化を図る。

C) 水素燃料船

国際海運 2050 年カーボンニュートラルの実現や内航海運のカーボンニュートラルへの貢献に向けては、水素・アンモニア等を燃料とするゼロエミッション船等の普及が不可欠であるところ、2021 年度より GI 基金により水素・アンモニア等を燃料とする船舶の技術開発を進めている。水素は、燃焼時に温室効果ガスを排出しない燃料である一方で、重油と同量のエネルギーを得るためには、重油の 4.5 倍の体積となることから貨物積載スペースを圧迫するおそれがあること、異常燃焼（ノッキング）が発生すること等の課題がある。これらの課題解決に向け、水素燃料に対応したエンジン、燃料タンク、燃料供給システム等の開発を進めており、2027 年の実証運航開始、2030 年以降の商業運航実現を目指している。

今後、ゼロエミッション船等の導入、国内生産基盤の構築、船員の教育訓練環境整備等を進めるなど、海運、造船・船用及び船員の各分野において、ゼロエミッション船等の普及に必要な取組を進める。こうした取組と併せて、国際海事機関（IMO）において経済的手法及び規制的手法の両面から国際ルールづくりを進めるなど、規制・制度の構築と一体的にゼロエミッション船等の普及を推進する。

(5) 水素化合物

A) 燃料アンモニア

燃料アンモニアのサプライチェーン構築を実現するため、需給両面で支援を行っていく。アンモニア製造においては、世界で限られたライセンサーが技術を保有しており、実質的に寡占状態にある。その中で、足下では複数の日本企業が海外のライセンサーとアンモニア製造設備の設計・調達・建設等のプロジェクトに関わるアライアンス契約を結ぶことで、国際市場獲得を目指しており、こうした取組による具体的な案件組成を促していく。その上で、将来的には利用形態が多岐にわたることが想定される中、効率的なアンモニア合成技術等の確立に向けて、GI 基金等を通じて国内企業の技術開発・実証を支援する。特に、こうした支援はスタートアップ企業も対象としており、実際にその優れた技術によって、民間企業からの多額の資金調達に成功し、技術開発の加速化を図るといった好事例が生まれている。またスタートアップ企業による新たなビジネスモデルの拡大を支援するために、UAE など海外の国際的な企業との協業支援を進める。こうした支援を通じて、技術が確立された暁には、そのライセンスを各国に広めていくことで、世界における日本企業の国際競争力強化につなげていく。

利用技術に関しては、2023 年度からは 100 万 kW 実機での 20%混焼試験が予定され、2020 年代後半の商用運転開始が見込まれるが、50%を超える混焼率の実現や専焼化に向けた技術の開発・実証を進め、早期に社会実装を行っていく。また、ガスタービンにおいても、小型、大型を問わずアンモニア混焼及び専焼システムの開発が 2020 年代後半の実用化を目指して進められている。さらに、窒素酸化物の排出を抑

制した燃焼技術を含む燃料アンモニアサプライチェーンの国際標準化を目指す。火力発電を必要とする国々において、アンモニアを利用したトランジション期における早期のCO₂削減やゼロエミッション火力の実現に貢献することで、世界における早期の脱炭素化を実現する。加えて、工業炉での燃料アンモニア利用に向けた技術開発が進展しており、電化による脱炭素化が難しい熱需要への対応により、製造業での脱炭素化を実現する。

アンモニアは、船用のゼロエミッション燃料としての利用も期待されているところ、水素燃料船と同様に、国際海運2050年カーボンニュートラルの実現等に向けてGI基金による技術開発を進めている。アンモニアは、-33℃で液体となるため液化水素と比べて取扱いが容易な燃料である一方で、燃焼時にCO₂の300倍の温室効果を有する亜酸化窒素(N₂O)が発生すること、毒性を有するため漏洩対策を要すること等の課題があることから、これらの課題解決に向け、アンモニア燃料に対応したエンジン、燃料タンク、燃料供給システム等の開発を進めている。アンモニア燃料船については、2023年5月には、世界に先駆けて、エンジンの燃焼試験を開始したところであり、今後、2026年の実証運航開始、2028年までのできるだけ早期の商業運航実現を目指している。今後、アンモニア燃料船等の導入、国内生産基盤の構築、船員の教育訓練環境整備等を進めるなど、海運、造船・船用及び船員の各分野において、普及に必要な取組を進める。

さらに、アンモニアは水素キャリアとしても注目されており、アンモニア分解(クラッキング)技術の開発が進められている。我が国としても早期にサプライチェーンが構築されると見込まれるアンモニアを水素キャリアとしても利用することを検討すべく、効率的なアンモニア分解技術の開発を支援する。

B) カーボンリサイクル製品

カーボンリサイクルはCO₂を資源として有効活用する技術であり、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の一つとして、我が国が競争力を有する分野である。合成メタン(e-methane)や合成燃料(e-fuel)、化学品などのカーボンリサイクル製品は、製造時に水素が必要不可欠である。今後、温室効果ガスの直接的な削減と水素の大規模需要先として、カーボンリサイクルの技術開発、社会実装を進める。

また、合成燃料(e-fuel)は、既存の内燃機関や石油供給インフラを活用でき、自動車や航空機(持続可能な航空燃料)、船舶等へのカーボンリサイクル燃料として早期商用化が期待されている。このため、合成燃料(e-fuel)は、2030年代前半までの商用化を目標として掲げ、GI基金等を活用した大規模かつ高効率な製造技術の開発加速化、既存の確立された技術等を用いて早期供給を試みる国内外プロジェクトの組成や参画の促進、ビジネスモデルの確立に向けた検討、各国との連携を通じた燃料性状の国際標準化や環境価値移転のためのルール整備等を推進する。また、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第3期においては、更なる低コスト化に向けて、

合成燃料（e-fuel）消費から発生するCO₂を回収し、合成燃料（e-fuel）に再生・再利用できる炭素循環型の移動体エネルギーシステムに関する研究開発を推進する。

①民生分野

家庭における熱需要の脱炭素化に向けて、電化が進展するとともに、既存の石油供給インフラを活用した合成燃料（e-fuel）や、既存の都市ガスインフラを活用した合成メタン（e-methane）及び化石燃料によらないLPガスの利活用を促進する。

さらに、家庭・中小企業のエネルギー需要の非化石化に向けて、省エネ法のトップランナー制度を発展させ、製造事業者等に水素仕様や電化への対応等を求めることで、製造事業者等が出荷する機器の非化石比率を中長期的に向上させていくことについて検討を進める。

②航空の脱炭素化

2030年代までの実証機開発やSAF（合成燃料（e-fuel）を含む）の製造技術開発・実証、低燃費機材の導入、運航の改善等に取り組む。国際ルールの構築に向けた取組や、国連機関における2050年ネットゼロ排出目標の合意の下、CO₂削減義務に係る枠組みを含む具体的対策の検討を引き続き主導するとともに、改正航空法⁵⁵に基づく航空脱炭素化推進基本方針の策定等を通じて、SAFの活用促進及び新技術を搭載した航空機の国内外需要を創出する。具体的には、2030年の我が国における航空機燃料のうち10%をSAFに置き換える目標を実現するため、SAFの利用・供給目標を法的に設定するとともに、SAFの製造設備投資や技術開発、原料を含めたサプライチェーン構築等を支援する。また、わが国の玄関口である空港においては、空港施設・空港車両等からのCO₂排出削減、空港の再エネ拠点化などの脱炭素化を推進しており、各空港において、改正空港法⁵⁶に基づき空港脱炭素化推進計画を策定し、地域の状況に応じて水素の利活用について検討を進めていく。

第5章 水素の安全な利活用に向けた方向性

5-1. 水素の安全な利活用に向けた基本的な考え方

安全・安心な水素社会の実現のためには、保安という「土台」をしっかりと作り、その上に振興という「家」をしっかりと建て、メンテナンスしていくことが重要である。こうした理念のもとに、大規模な水素サプライチェーンの構築に向けて、既存法令を活用しつつ、現行の保安を含む適用法令全般の関係の整理・明確化に加えて、大規模な水素利活用に向けて必要な保安規制の合理化・適正化を図るなどの環境整備を、スピード感をもって行う。

5-2. 水素保安戦略

⁵⁵ 航空法（昭和27年法律第231号）

⁵⁶ 空港法（昭和31年法律第80号）

水素は、他法令を含め、既存の産業保安の枠組みの活用を前提に、一定の水素利活用を促す環境整備は存在するものの、これらは必ずしも大規模な水素利活用を前提としたものではないため、規制の合理化・適正化を含め、水素利用を促す環境整備を構築する必要がある。官民一丸となって、水素の市場導入の加速のため、安全確保を裏付ける科学的データ等の獲得を徹底的に追求し、タイムリーかつ経済的に合理的・適正な水素利用環境を構築するとともに、シームレスな保安環境を構築するべく我が国の技術基準を国内外に発信し、世界的に調和の取れたルールメイキングを目指すことが重要である。

そこで、本格的な水素の大規模利用が始まる前に、2050年（長期）を視野に、サプライチェーン全体をカバーした保安規制体系の構築に向けた今後5年から10年程度の官民の行動指針として、水素保安の全体戦略（水素保安戦略）の中間とりまとめを行っており、当該戦略に基づき以下のような取組を実施していく。

（1）技術開発等を通じた科学的データ・根拠に基づく取組

A) 科学的データ等の戦略的獲得と共有領域に関するデータ等の共有

安全の確保を前提に水素の利活用を進めるには、安全性を客観的に証明する根拠としての科学的データを戦略的に獲得することが必要である。国の予算を活用する最先端の技術開発プロジェクト等を通じ、保安基準の策定に資する科学的データ等を戦略的に獲得する。さらに、実証終了時には、取得した安全に関する科学的データ等は、共有領域に該当するものとして、原則として官民で共有する。

B) 円滑な実験・実証環境の実現

安全の確保を証明する科学的データの取得に必要な実証試験等が円滑に行われるように、実証試験等の実施のための環境を整える。

（2）水素社会の段階的な実装に向けたルールの合理化・適正化

A) サプライチェーンにおいて優先的に取り組む分野の考え方

優先的に取り組む分野の考え方として、「水素・アンモニアの消費量」、「導入に向けた設計が開始される時期」、「事業推進官庁において実証事業が行われるなどの政策的な位置づけ」の3つを設定する。

B) 今後の道筋の明確化⁵⁷

技術開発・実証段階と、商用段階の2つの段階に分けて対応する。技術開発・実証段階では、既存法令を活用した迅速な対応を実現する。商用化段階では、新たな技術基準の策定等の恒久的な措置を講じる。その際、技術基準は、法令間で共通化を図り、

⁵⁷ 本項目に関連し、「水素保安戦略の策定に係る検討会」の場においては、保安体系の在り方について、水素に特化した法体系、リスクベースでの技術基準等に言及した発言があった。

適用法令が異なっても求められる安全水準を共通化することで、シームレスな保安環境を構築する。中長期的には、今後の水素利活用の事業実態や事業規模、現行法令上の課題、国際動向等を踏まえ、合理的・適正な保安体系に移行する。

C) 第三者認証機関・検査機関の整備・育成

水素のノウハウ・知見・経験を集約した中核拠点（CoE：Center of Excellence）として、技術基準の検討・策定、技術基準に沿った技術評価や検査を担う第三者認証機関・検査機関を整備・育成することにより、水素社会を支える社会インフラとする。

D) 地方自治体等との連携

水素社会の段階的な実装に当たっては、高圧ガス分野において安全確保を担っている自治体に対して国がサポートする。

(3) 水素利用環境の整備

A) リスクコミュニケーション

水素社会実現に関わる各関係者が、各地域特性も踏まえつつ、消費者・地域住民等に対し、水素の物性や取扱い、安全対策等に対する理解を深めるための情報発信や教育等といったリスクコミュニケーションを進めていく。

B) 人材育成

安全確保の土台となる人材の確保と、国内外の水素保安分野の議論をリードする人材の育成が重要、かつ、質と量両面での取組が必要であり、水素社会を担う人材プールを形成していく。国、事業者・事業者団体等が大学・研究機関を支え、大学等が人材育成・高度化や人材供給の源泉となる知の好循環を生み出していく。

C) 各国動向の把握、規制の調和・国際規格の策定に向けた取組

官民共に、主要国の動向の把握のためにバイ・マルチの国際会議への参加を通じた情報収集・実態把握、関係機関との関係強化を図る。水素保安規制の国際調和のために、技術基準の共通化等を行う分野を特定し、その議論に参加していく。