

# 水素基本戦略（案）

# 目次

第1章 総論	4
1-1. 水素基本戦略の位置づけ	4
1-2. 本戦略における対象範囲	5
第2章 我が国における水素の社会実装に向けた方針	5
2-1. 我が国における水素等の導入に向けた基本的な考え方	5
(a) S + 3 E の観点から	6
(b) 産業政策の観点から	7
2-2. 各国の水素等政策の動向	7
第3章 基本戦略	11
3-1. 供給拡大に向けた動き	11
(a) 安定かつ低コストな水素等供給の実現	11
(b) 低炭素水素等への移行	11
(c) 国内水素等製造に向けた製造基盤やサプライチェーンの確立	12
(d) 国際水素等サプライチェーンの構築	15
3-2. 需要創出に向けた動き	17
(a) 発電分野	17
(b) 燃料電池分野（モビリティ・動力等）	18
(c) 産業分野	21
(d) 民生分野	23
3-3. 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	25
(a) 大規模かつ強靱なサプライチェーン構築支援	25
(b) 需要創出に資する効率的な供給インフラの整備支援	25
3-4. 地域における水素等利活用の促進及び自治体との連携	26
3-5. 革新的な技術開発の推進	27
3-6. 国際連携（標準化、多国間枠組みでの活動）	28
3-7. 国民理解	29

<b>第4章 水素の安全な利活用に向けた方向性</b> .....	30
4-1. 水素の安全な利活用に向けた基本的な考え方.....	30
4-2. 水素保安戦略.....	30
(a) 技術開発等を通じた科学的データ・根拠に基づく取組.....	30
(b) 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.....	31
(c) 水素利用環境の整備.....	31
<b>第5章 水素産業競争力強化に向けた方向性</b> .....	32
5-1. 水素産業競争力強化に向けた基本的な考え方.....	32
5-2. 水素産業戦略.....	32
(a) 水素製造.....	33
(b) 国際水素サプライチェーンの構築.....	33
(c) 脱炭素型発電.....	33
(d) 脱炭素型鉄鋼.....	34
(e) 脱炭素型化学製品.....	34
(f) 燃料電池・燃料電池スタック.....	34
(g) 燃料アンモニア.....	35
(h) カーボンリサイクル製品.....	36

# 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26の国・地域が相次いで水素戦略を策定した。その翌年には水素閣僚会議を主催し、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の実用化、家庭用燃料電池の普及拡大、関連特許数も世界トップクラスであるなど、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年を迎えるが、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。本宣言を受けて改定された第6次エネルギー基本計画では、電源構成の1%を水素・アンモニアが供給するものと位置づけられ、水素は、未来を担う新たなエネルギーから、供給力の一翼を担う電源となった。

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（以下「GI基金」という。）では、水素関連技術に約8,000億円<sup>1</sup>が充てられ、実証事業が成功すれば、商用化に必要な一連の技術が完成することとなる。

二つ目は、2022年2月のロシアのウクライナ侵略である。グローバルなエネルギー需給構造に地殻変動をもたらし、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るとともに、天然ガスに代わるエネルギーとしての水素利用が一気に現実味を帯びた。EUやイギリスでは水素製造目標が大幅に引き上げられ、米国ではインフレ抑制法の成立による前例を見ない税制により水素製造が一気に加速した。本年、EUはグリーンディール産業計画を発表し、水素製造・輸入プロジェクトに巨額の予算措置を講じ、サプライチェーンの構築が近々開始される予定である。

我が国においては、脱炭素と、エネルギー安定供給、そして、経済成長の三つを同時に実現する、「一石三鳥」を目指し、官民で10年間150兆円超の投資を引き出す成長志向型カーボンプライシングの導入とともに、国による20兆円規模の先行投資の枠組みが新たに設けられ、その一部を水素・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及び需要創出に資する効率的な

<sup>1</sup> 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再エネ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210.8億円）：水素航空機・航空機電動化に必要なエンジン・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なエンジン・燃料タンク・燃料供給システム等の要素技術を開発。⑦CO<sub>2</sub>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）：CO<sub>2</sub>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。⑧CO<sub>2</sub>等を用いた燃料製造技術開発（上限1152.8億円）：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。

水素・アンモニアの供給インフラの整備支援に活用されることが検討されている。まさに、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いる。

かつて、本戦略の目的は、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が念頭に置かれていた。しかし、我が国のエネルギー需要には限りがある中で<sup>2</sup>、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<sup>3</sup>など、市場が一気に広がりを見せており、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必要がある。

水素基本戦略は、2050年カーボンニュートラルを達成するために、官民での共通認識が必要なビジョンや大きな方向性を示しながら、課題認識と対応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。本戦略は必要に応じて5年を目安としつつ、適時適切なタイミングで見直しを行う。

## 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。

# 第2章 我が国における水素の社会実装に向けた方針

## 2-1. 我が国における水素等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CO<sub>2</sub>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等導入に向けては、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）+3E（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：水素等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、低炭素水素等の導入を促進する）の観点を踏まえ、水素等の導入を図っていく。

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、水素産業の競争力強化に繋げていく。

<sup>2</sup>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。

<sup>3</sup> Hydrogen Council, IEA World Energy Outlook 2020 (Sustainable Development Scenario)

## **(a) S + 3 Eの観点から**

### **① 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世界共通の基準づくりをリードし、適切な保安基準を整備していく。

### **② 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として水素製造・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。

### **③ Economic Efficiency (経済効率性の向上) :**

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、資源の枯渇に対する懸念や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。更に、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、相対的に価格変動性が少ないエネルギーである。また、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。

### **④ 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の出力は天候に応じて変動するが、余剰の再生可能エネルギーを水素に変換、貯蔵することで、出力制御や系統増強を回避しながら、更なる再生可能エネルギーの導入拡大にも資する。再生可能エネルギーの導入拡大が進むにつれて、火力発電による慣性力確保が一層重要となるが、水素・アンモニアの混焼・専焼により、火力のゼロエミッション化にも貢献する。

## **(b) 産業政策の観点から**

世界では、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、燃料電池自動車関連の特許が牽引し、水素産業において知的財産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ける、世界の市場の状況を分析し、我が国が獲得していくべき市場を見定め、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競争力強化に繋げるべく、水素需要が旺盛な海外市場への展開を図る。

## **2-2. 各国の水素等政策の動向**

2017年に日本が「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。

### **▶ 米国**

「クリーン水素戦略&ロードマップ（2022年9月）<sup>4</sup>」のドラフトでは、10年以内に、クリーン水素の製造コストを1ドル/kg以下とすることを目指すほか、現状のグレー1,000万トン/年を2030年にはクリーン1,000万トン/年とする等の目標を掲げている。

目標達成に向けては、インフレ抑制法（IRA、2022年8月）<sup>5</sup>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。その他、水素源、最終用途、地理的な多様性を目標に、6~10の地域水素ハブに予算総額60~70億ドル（約8,400~9,800億円）で公募を実施。超党派インフラ投資雇用法（BIL、2021年11月）<sup>6</sup>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。

### **▶ 欧州**

「欧州の気候中立への水素戦略（2020年7月）<sup>7</sup>」では、2024年までに最低6GWの再エネ水電解装置を導入、2040年までに最低40GWの再エネ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されている。

<sup>4</sup> Department of Energy 「National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap」

<sup>5</sup> Internal Revenue Service 「Inflation Reduction Act」

<sup>6</sup> Department of Energy 「Bipartisan Infrastructure Law」

<sup>7</sup> European Commission 「A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe」

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」<sup>8</sup>（2022年7月、9月）を実施。第一弾では、「Hy2Tech」として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）に対し、最大54億ユーロ、民間から投入される見通しの88億ユーロを合わせると総額140億ユーロ超の資金が投入される。第二弾は、「HyUSE」として①水素関連インフラ、②水素の産業利用の分野のプロジェクトに対し、最大52億ユーロ、民間から投入される見通しの70億ユーロを合わせると総額120億ユーロ超の資金が投入される。

直近では、「グリーンディール産業計画（2023年2月）<sup>9</sup>」を発表しており、欧州委員会（EC）が、グリーン水素の製造を支援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。なお、10年間にわたり、製造した再エネ由来水素1kgあたり固定されたプレミアムを補助するとされており、今後400億ユーロ程度（約5.6兆円）の支援を想定している。また、2022年9月、フォン・デア・ライエンが「欧州水素銀行」（EU Hydrogen Bank）の創設を発表しており、水素の市場拡大に向け、30億ユーロ規模の投資を行い、企業による水素購入の際に一定の保証を提供することなどを検討している。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）<sup>10</sup>」を踏まえ、現在、産業部門の水素需要について2030年までに42%、2035年までに60%をグリーン水素とする等の再エネ指令案が検討されている。

## ▶ 英国

「英国水素戦略（2021年8月）<sup>11</sup>」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5GW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。

今後、Low Carbon Hydrogen Business Model等の低炭素水素と化石燃料の価格差を削減するための差額決済契約（CfD）制度や、2020年代の低炭素水素製造の拡大を支援する、最大2.4億ポンドのネットゼロ水素基金（NZHF）を通じて、国内水電解事業等を支援し、国内水電解で5GW（約10万トン/年）以上を目指すこととしている。

## ▶ ドイツ

「国家水素戦略（2020年6月）<sup>12</sup>」の中で、2030年までに5GW（230万トン/年）の水素製造能力、2040年までに追加で5GW（230万トン/年）規模の水素製造能力を目指すこととしている。

ドイツでは、水素の固定価格買い取り・販売制度「H2Global」を導入し、初回入札を2022年12月より開始している<sup>13</sup>。対象は現時点ではアンモニア、メタノール及び持続可能な航空燃料（SAF）の3種類であるが、水素そのものを対象とすることも計画されている。現時点で

<sup>8</sup> European Commission 「Important Projects of Common European Interest」

<sup>9</sup> European Commission 「A Green Deal Industrial Plan for the Net-Zero Age」

<sup>10</sup> 2030年までに1990年比で排出を55%削減するとの目標に沿い欧州委員会が2021年7月14日に発表した政策

<sup>11</sup> The Department for Business, Energy and Industrial Strategy 「UK Hydrogen Strategy」

<sup>12</sup> Federal Ministry for Economic Affairs and Energy 「The National Hydrogen Strategy」

<sup>13</sup> 欧州・ドイツへの輸入を大規模に開始するのは2024年末の見込み。

は9億ユーロ（約1,200億円）、将来的には2036年までに補填に必要となる35億ユーロ（約4,655億円）を確保する予定である。

## ▶ フランス

「国家水素戦略（2020年9月）<sup>14</sup>」の中で、2030年までに70億ユーロ（約9,300億円）の予算を投じ、水電解装置を2030年までに6.5GW導入することとしている。戦略の対象は「脱炭素水素」とし、再エネ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2030<sup>15</sup>」を発表し、水素分野に追加で19億ユーロ（約2,500億円）を投じ、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。

## ▶ 中国

水素エネルギー産業発展中長期規画（2022年3月）<sup>16</sup>を策定。2025年にFCV5万台、再エネ由来水素製造年間10～20万トン、CO<sub>2</sub>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、自治体レベルで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<sup>17</sup>」を発表、2025年までに水素燃料電池自動車1万台、水素ステーション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<sup>18</sup>を発表、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。

## ▶ 韓国

「水素先導国家ビジョン（2021年10月）<sup>19</sup>」において、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、このうち、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<sup>20</sup>」（水素法）を発表。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。

<sup>14</sup> France Ministry for an Ecological and Solidary Transition, Ministry of Economy and Finance 「Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France」

<sup>15</sup> French Presidency 「FRANCE 2030 Décarbonation de l'industrie」

<sup>16</sup> 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）」

<sup>17</sup> 北京市「北京市氢燃料电池汽车产业发展规划（2020-2025年）」

<sup>18</sup> 吉林省「“氢动吉林”行动」

<sup>19</sup> 産業通商資源部「수소경제 성과 및 수소선도국가 비전」

<sup>20</sup> 産業通商資源部「수소경제 육 F 성 및 수소 안전관리에 관한 법률」

また、アンモニアについては発電用途での利用に向け、石炭火力へのアンモニア 20%混焼の実証を 2027 年までに完了し、2030 年には 43 基の石炭火力のうち 24 基でアンモニア混焼の導入を目指すという目標を掲げている。

## ▶ インド

「国家水素グリーンミッション（2023 年 1 月）<sup>21</sup>」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（約 2,900 億円）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。水素関連の実証事業に 146 億ルピー（約 243 億円）、研究開発に 40 億ルピー（約 66 億円）、そのほか 38 億ルピー（約 63 億円）を投じるとしている。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」が必要となるとし、「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ほか、石油精製事業者及び肥料製造事業者に対して、グリーン水素の利用又は購入を義務付けることも検討している。

## ▶ シンガポール

「国家水素戦略（2022 年 10 月）<sup>22</sup>」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こととしており、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、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。

## ▶ 豪州

「国家水素戦略（2019 年 11 月）<sup>23</sup>」において、豪州がアジア市場における水素供給のトップ 3 に入ることを掲げ、2025 年までにクリーン水素サプライチェーンの構築・試験・実証を実施し、価格競争力のある製造能力を開発すること、及び 2025 年以降は国内需要も含めた産業規模の拡大・市場の活性化のための追加施策を行うこととしている。また、水素の原産地証明制度の構築を優先事項として明記しており、国際的に一貫性のあるクリーン水素の取引を支援するため、2021 年より先行的に水素の原産地証明制度の設計を始めている。

## ▶ チリ

「国家グリーン水素戦略（2020 年 11 月）<sup>24</sup>」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、2040 年までにグリーン水素の輸出国トップ 3 になるといった目標を設定している。チリには 1,800GW 以上の再エネ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。

<sup>21</sup> Ministry of New and Renewable Energy 「National Green Hydrogen Mission」

<sup>22</sup> Ministry of Trade and Industry Singapore 「Singapore' s National Hydrogen Strategy」

<sup>23</sup> COAG Energy Council Hydrogen Working Group 「Australia' s National Hydrogen Strategy」

<sup>24</sup> Ministry of Energy 「National Green Hydrogen Strategy」

## 第3章 基本戦略

### 3-1. 供給拡大に向けた動き

#### (a) 安定かつ低コストな水素等供給の実現

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、水素等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等の製造基盤の確立はもちろん、海外で製造された水素等の活用を同時に進めていくことが重要である。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、水素・アンモニア社会の実現を加速化するため、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2040年における水素導入目標（アンモニアを含む）を1,200万トン/年程度とする。なお、今後の各分野の水素需要等の広がりに応じて、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。

また、これら水素等の導入量を正確に把握する観点から、水素等の製造量や消費量等について、総合エネルギー統計等を通じた定量的な把握に努める。

水素の供給コスト（CIFコスト）については、2030年に30円/Nm<sup>3</sup>（約334円/kg）、2050年に20円/Nm<sup>3</sup>（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/Nm<sup>3</sup>の目標を掲げているところ、これらの目標価格達成の見込みのあるサプライチェーンの構築・需要創出を政府が支援することで、水素・アンモニアの需要喚起と民間による投資拡大、更なる技術革新も相まって、国際競争力の観点からイコールフットィングとなるよう一層の供給コストの低減を目指していく。

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、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り<sup>25</sup>、化石燃料の価格変動の影響を受けづらいサプライチェーンを構築する必要がある。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した施策を行う必要があり、2050年については、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。

#### (b) 低炭素水素等への移行

##### ▶ 水素・アンモニア製造における低炭素目標の設定

水素は一般に、天然ガス、褐炭の改質をはじめ、再エネ電気、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、様々な原料や方法により製造することができる資源である。水素の導入により、GXを着実に進める

<sup>25</sup> グリーン成長戦略（概要）P6,7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。

ためには、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月に日本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」のコミュニケにおいて、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、同コミュニケにおいて、この炭素集約度を含む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。

こうした中、製造した水素の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1kgの水素製造における Well to Production Gate<sup>26</sup>でのCO<sub>2</sub>排出量が3.4kg-CO<sub>2</sub>e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、1kgのアンモニア製造時における Gate to Gate（水素製造を含む）のCO<sub>2</sub>排出量が0.84kg-CO<sub>2</sub>e/kg-NH<sub>3</sub>以下のものと設定する。なお、算定範囲については国際的に整合性をとりながら、島国である我が国においては、国外で製造した水素の長距離輸送やキャリアへの変換、水素の分離回収の行程から排出されるCO<sub>2</sub>についても評価していく必要がある。LCAでの排出量を最大限低減し、グローバルな環境課題解決に貢献していく。

但し、ここで定める低炭素水素等の定義については、今後の技術の進捗等を鑑みて、必要に応じて見直すものとする。

➤ 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作っていく必要がある。

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供給側及び需要側に対して、低炭素水素の提供/利活用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) 国内水素等製造に向けた製造基盤やサプライチェーンの確立

<sup>26</sup> 原料生産から水素製造装置の出口まで

エネルギー安全保障の観点から、国内における水素等の製造、供給体制の構築に取り組むことは重要である。少なくとも当面の間は、国内の再エネ電力が高いことや、国内 CCS のコストの高さ故に、国内水素等製造のコストが、海外からの水素輸入に比べて高いとの見方もある。しかしながら、再エネ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、調整力として再エネの更なる導入拡大に資することを踏まえれば、オンサイトで製造した水素を工場において熱として利活用する形態が競争力を発揮する領域もあり、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の観点から、国内における水素製造事業について十分な価格低減が見込まれるものについては海外輸入よりも優先して支援する。

➤ 2030年までの国内外における日本関連企業（部素材メーカーを含む<sup>27</sup>）の水電解装置導入目標の設定

国内水素製造において、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今後 134GW に到達する可能性があるとされており、水素サプライチェーンの最上流である当該市場に国内外問わず日本関連企業が関与することにより、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つながる。

導入目標としては、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、水素製造基盤を確立する。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。

➤ 水電解装置の装置コスト及び再エネ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 PEM 型 6.5 万円/kW<sup>28</sup> 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今後とも実施する。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供給力の向上に繋がることから、当該製造能力の拡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。

再エネ由来水素の安価な製造に向けては、引き続き再エネの導入を進めるとともに、安価な余剰再エネを大量に調達し、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、再エネ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うるものである。そのため、水電解装置

<sup>27</sup> 海外メーカーの製造する水電解装置に日本の部素材が採用されるような場合を含む

<sup>28</sup> 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）

の大型化と並行して、再エネの有効活用及び装置の稼働率を上げることに資するシステムの開発を推進していく。

➤ 水電解の新技术（高温水蒸気電解、アニオン交換膜（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、アルカリ型及び固体高分子（PEM）型が存在するが、新規の技術として電解効率が非常に高い高温水蒸気電解や PEM 型と違って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。

➤ 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、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い発生する CO<sub>2</sub> 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、CO<sub>2</sub> 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 600~1,200 万トンの確保にめどをつけることを目指す。

➤ 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確立を目指す。

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、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 となることから効率がよく、輸送には適している。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、 $-33^{\circ}\text{C}$ 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、小型、中型の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。

#### (d) 国際水素等サプライチェーンの構築

##### ➤ 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、かつ、化石燃料と同様、海を越えて輸送することができるため、供給源となる国もより多角化し、エネルギー安全保障を一層強化することが可能である。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 (例：南アフリカ、チリ等) 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燃料に比して小さいという特性があることから、より多数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関係に加え、国の強力なリーダーシップもと、資源開発における規範形成力を有する国や同志国との連携、新燃料分野での協力関係の拡張、インフラ整備支援を含めた投資環境整備及び協力覚書の締結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化する。

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性や、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と産業政策が両立することで水素供給国と需要国の Win-Win の関係が構築され、新しい水素社会の好循環を生み出すことが、サプライチェーンの持続可能性の観点からも重要である。

##### ➤ 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 CO<sub>2</sub>、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の利用が可能である特徴を持つ。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市場拡大を図る。

✓ 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及び実証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。また、大規模海上輸送に向けて必要な規制の見直しなども併せて進めていく。

✓ 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。また、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。

▶ サプライチェーン構築に際してのリスクとファイナンス

水素・アンモニアの輸送及び変換等の技術が途上であることや、水素・アンモニア価格の低下に向けた見通し、需要の見通しなどの不確実性により、水素・アンモニアのサプライチェーンを早期に構築し始めるにはリスクが大きい。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。

### **3-2. 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・民生部門の脱炭素化、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。水素社会の実現に向けては、供給コストの低減と多様な分野における需要創出を一体的に進める必要がある。

#### **(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CO<sub>2</sub>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%程度を賄うことを目標として設定しているなど、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位置付けられる。

水素発電は、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実施されている。また、2MW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基金を通じて、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。高度化法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）**

運輸部門は CO<sub>2</sub> 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。燃料電池は、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 化に積極的に取り組んでおり、米国の港湾では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 FC スタック技術を、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（略称：JHyM）と連携のもと、2020 年 160 か所整備目標についてはほぼ達成した。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、新たな支援のあり方についても早急に検討を進めていく。

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る、自動車、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、GI 基金等を活用した商用化に向けた技術開発や低コスト化に向けた様々な支援の在り方の検討、環境価値に関する国内外のルール整備等を推進する。また、SIP 第 3 期においては、さら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 CO<sub>2</sub> 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。

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。

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

燃料電池自動車（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トラック等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OEM」、「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、省エネ法改正により、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させ、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物流・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は、航続距離が長いなど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、官民で取り組みを進めていく。

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

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、燃料電池鉄道車両の開発を推進するとともに、交通結節点である駅の特徴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、日本の車両メーカーの海外展開等を促進する。

#### ➤ 船舶

国際海運 2050 年カーボンニュートラル実現や地球温暖化対策計画の目標達成等に向けては水素・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 基金を活用して水素・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。アンモニア燃料船については 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、水素燃料船については 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。長距離輸送用の船舶用燃料は、船舶の限られたスペースにより燃料の体積当たりのエネルギー密度が高いこと、燃料が容易に液化することが求められる。アンモニアは $-33^{\circ}\text{C}$ で液体となるため、ハンドリングが LPG と同等程度に容易であり、かつ水素密度が他技術と比較しても大きいことから、長距離輸送用の船舶燃料として適している。

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作りを進めるなど、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。

また、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が不可欠であるところ、水素・アンモニア等を運搬する船舶の導入及び供給基盤の確立を進め、我が国の安定したサプライチェーン構築にも貢献していく。

#### ➤ 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、CO<sub>2</sub>削減義務に係る枠組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术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 年までに我が国の航空会社の使用燃料のうち 10% を SAF 利用とすることや国産 SAF の利用拡大に向けて、技術開発や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 CO<sub>2</sub> 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。

#### ➤ 港湾における脱炭素化

港湾においては、港湾法改正を踏まえ、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、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り、こうした動きを積極的に後押ししていく。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、現状分析を行い、目標の見直し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材料の検討といった、コスト削減に向けた開発も引き続き進めていく。

## **(c) 産業分野**

➤ 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の代表とも言える産業が占めている。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、水素を製造の上、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。また、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・アンモニア利用促進策が必要である。

また、改正省エネ法に基づき、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。

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CO<sub>2</sub>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。

#### ▶ 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が、鉄スクラップを電炉で用いる方法だけでは、グローバルで成長す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り、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。

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CO<sub>2</sub>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基金事業等の支援によって、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CO<sub>2</sub>排出を50%削減する技術（SuperCOURSE50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、研究開発を進めている。他方、世界では、水素直接還元技術の大規模プロジェクトが複数始まる等、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、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。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建設す

ることが望ましいと考えられるが、国内よりも海外での立地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よりも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喪失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国内投資の判断要素として極めて重要となる。

#### ➤ 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、CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>を排出しないことに加え、CO<sub>2</sub>そのものも原料とすることで、Scope1,2のみならず、Scope3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CO<sub>2</sub>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を行う<sup>29</sup>。また、多量のCO<sub>2</sub>を排出する既存のナフサ分解炉のCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>を原料として用いることや、再エネ由来水素を用いていることのCO<sub>2</sub>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。

### **(d) 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さらなる普及に向けた道筋を示す。

また、家庭における熱需要の脱炭素化に向けて、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。

#### ➤ 家庭用燃料電池

<sup>29</sup> 例えば、多様な化学品の原材料となるエチレン100万トン、CO<sub>2</sub>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。

家庭用燃料電池（エネファーム）<sup>30</sup>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、電力需要のピークカットに貢献している。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、現状の普及台数が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合わせず、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と考えられる。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て機能し、水素供給ネットワークがあれば、再エネ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、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、農業機械、ドローンなど、多用途展開に対応

<sup>30</sup> 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。

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、一層の省エネ、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 FC-Cubic や福島国際研究教育機構（Fukushima Institute for Research, Education and Innovation、略称 F-REI（エフレイ））など各地の水素研究拠点に整備を行っていく。

### **3-3. 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る中、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。

#### **(a) 大規模かつ強靱なサプライチェーン構築支援**

水素等を取りまく将来の見通しが不透明な状況においても、他の事業者在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・アンモニア等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・アンモニア等に対し、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（の一部または全部）を長期にわたり支援するスキームを検討する。また、資源の供給には、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 法改正を踏まえ、JOGMEC による水素・アンモニア等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、日本貿易保険、GX 推進法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。

#### **(b) 需要創出に資する効率的な供給インフラの整備支援**

水素・アンモニアの安定かつ低コスト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等の大規模な需要創出が可能であることに加え、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可能であること、更に、産業構造の転換時における埠頭の再編など、既存ストックを有効に活用しつつ効率的に水素等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、脱炭素化に向けて別途検討されている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。

### 3-4. 地域における水素等利活用の促進及び自治体との連携

地域における水素等製造・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）を活用した水素等の製造、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、再エネ等の地域資源を活用してオンサイトで水素等を製造し熱需要等で利用する自立分散型、地産地消型モデルの構築に向けた実証等を通じて、全国各地での水素等利活用を推進する。

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、国内及び国際的な地域間の連携推進により、ベストプラクティスや知見の共有を通じて、地域での水素等製造・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、クリーンエネルギー大臣会合水素イニシアチブの下では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<sup>31</sup>。そのため、国は、地方自治体等に対し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、自治体が水素等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、各種水素等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。

<sup>31</sup> 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

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。あわせて、福島国際研究教育機構では、水素を一つの柱として、水素生産に関する先端技術の研究開発を世界の機関と連携しながら進めるとともに、まちづくりで研究成果の展開も進めていく。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さら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生産に向けた製造プラントの建設が2023年から開始され、2026年度までにアンモニア生産の実証試験が実施される方針である。

山梨県では、水素・燃料電池関連産業の集積地「やまなし水素・燃料電池バレー」をめざして、関連産業の集積や育成、普及活動等の取組を行っている。米倉山におけるPower to Gas実証をはじめとして様々な水素利活用に関する実証事業が進められており、やまなし水素・燃料電池ネットワーク協議会等を通じて、国、研究機関及び企業等との連携が密接に行われている。その他の地域においても、多くの地域で水素利活用の取組や地域の協議会を通じた検討が行われており、さらなる地域における水素利活用の取組が促進されることが想定される。

また、東京都では、FC換装型荷役機械の導入促進等の東京港の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、救急車について全車両FCへの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、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、県内の中小企業によるFCV導入に繋がり、大手ガス会社も採用するなど横展開が図られている。

### **3-5. 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な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）など水素化合物であるカーボンリサイクル製品の製造技術開発

### 3-6. 国際連携（標準化、多国間枠組みでの活動）

#### ➤ 標準化に関する取組

ISO/TC197（水素技術）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時の温室効果ガス排出量算定方法等や鉄道分野での燃料電池評価等に関する国際規格開発が開始されている。今後は、ISO/TC197 以外の標準化（ISO/TC22/SC21（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）についても、日本として中核的な役割で参画をし、日本における水素利活用の発展及び日本が有する水素利活用技術が世界でのカーボンニュートラルに適切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。

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、日本が主導して、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。日本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。

#### ➤ 国際取引の方向性

初期のLNGプロジェクトにおいては、地域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。特に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、撤廃への買主の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オフテイカー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。

#### ➤ 多国間枠組みでの活動

日本は、2017年に世界で初めて水素閣僚会議を開催し、世界での水素利活用及びその促進に必要な取組をリードしてきた。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、前項の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年から日本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CO<sub>2</sub>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）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・アンモニアは市場としてまだ成熟していないため、国際的に規制や標準について議論することや、日本の技術を他国に提示しソリューションを示す（また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日本の国際的プレゼンス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、日本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。2023年には、初めての閣僚会合を開催し、各国の相互の信頼を活用し、トランジションの加速にコミットする共同声明に合意。今後は、標準作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、水素等を含む新しい技術の普及・拡大とコスト削減等を図る。

### 3-7. 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、あるいは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・アンモニアの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1つとして国民の社会受容性を高める。

## **第4章 水素の安全な利活用に向けた方向性**

### **4-1. 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、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行う。

### **4-2. 水素保安戦略**

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。

#### **(a) 技術開発等を通じた科学的データ・根拠に基づく取組**

- 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、原則的に官民で共有する。
- 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。

## **(b) 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**

- 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。
- 今後の道筋の明確化<sup>32</sup>  
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、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。
- 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（Center of Excellence : CoE）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。
- 地方自治体等との連携  
水素社会の段階的な実装には、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。

## **(c) 水素利用環境の整備**

- 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。
- 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で、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。
- 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

<sup>32</sup> 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、保安体系のあり方について、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。

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の特定と議論に参加していく。

## 第5章 水素産業競争力強化に向けた方向性

### 5-1. 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、我が国が世界で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ながら、世界展開を狙っていく世界を描いていた。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ている市場となった。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。

米国では、IRA（インフレ抑制法）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、水素の一大生産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、CO<sub>2</sub>貯留量1トンあたり85ドルに拡充され、世界最大の支援となるなど、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。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産業の覇権を確立しようとしている。

その中、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、我が国産業の世界展開を図る。

### 5-2. 水素産業戦略

水素が世界的に普及していく中で、今後、水素関連の市場も拡大していくことが見込まれる。こうした中で、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。実際、我が国は燃料電池自動車関連の特許において世界を牽引し、水素産業での知的財産の点においても競争力を有している。こうした技術的優位性を活用し、水素需要が旺盛な海外市場へ展開していく必要がある。

市場の立ち上がり相対的に早く、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、(a) 水素製造 (b) 国際水素サプライチェーンの構築 (c) 脱炭素型発電 (d) 脱炭素型鉄鋼 (e) 脱炭素型化学製品 (f) 燃料電池・燃料電池スタック (g) 燃料アンモニア (h) カーボンリサイクル製品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、一帯として水素産業の普及支援を図る。

## **(a) 水素製造**

世界の水素への注目の高まりに応じて、グリーン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り出し、市場のシェアを広げるために、実証から商用フェーズに移行しつつある。他方、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、①装置の規模の拡大と装置や部材の製造能力の向上、②SOEC（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、③国際標準と整合する規制の適正化、④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、①については、グリーン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、GI 基金事業で装置の大型化・モジュール化等に関する実証を支援しつつ、水電解装置及び部材の製造能力増強について支援を検討していく。

## **(b) 国際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おき、輸送設備等の拡充を視野に入れ、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マーケット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、海外市場の獲得を狙う。

## **(c) 脱炭素型発電**

2021 年 12 月に欧州委員会より発表された CO<sub>2</sub> 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。世界市場を獲得していくためには、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り、ガス火力への混焼割合や専焼化は各国、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市場を獲得していくうえで重要である。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は、水素供給における技術開発動向、サプライチェーン全体のコスト低減が欠かせない。そのため、GI 基金においても水素サプライチェーンの実証と水素発電の実証は一体での支援を進めている。水素発電の商用時も同様に現在、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。

#### **(d) 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。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。

#### **(e) 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。水素は、CO<sub>2</sub>からオレフィン等の炭化水素、機能性化学品を生産する際に必要であり、ナフサ分解炉時のCO<sub>2</sub>排出を回避することに加え、CO<sub>2</sub>そのものも原料とすることで、Scope1, 2のみならず、Scope3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CO<sub>2</sub>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。

#### **(f) 燃料電池・燃料電池スタック**

燃料電池スタックは、モビリティ用の燃料電池や定置用燃料電池システムはもちろん、水電解装置など、様々な水素産業において共通して使われる中核的な技術である。このスタックについて、産業や国の枠を越えて市場を一体的に捉え、幅広い領域でスタックを搭載した製品を開発・実装し、規模の拡大と製造コストの低減につなげることで、燃料電池スタックに係る産業の国際競争力の強化を図る。

モビリティにおける燃料電池について、乗用車や商用車に加えて、鉄道や船舶、航空機、建設機械、農業機械、荷役機械など他アプリケーションへの展開も含めた、技術開発、海外パートナー企業との連携を進めるとともに、国内外市場の獲得を目指す。併せて、例えば港湾等のエリアにおいて、多くの水素需要が見込まれる港湾の荷役機械や港湾等に出入りする大型車両や周辺で利用される建設機械等の水素の利活用が見込まれる多様なモビリティの水素燃料化を促進するとともに、水電解装置によるオンサイトでの水素供給も併せて、水素需要の大きなエリアを作り上げていく。また、国内市場に閉じることなく、国外の大規模な港湾等への機器導入等、モビリティ市場が大きい海外市場への展開に向けた取組を進める。

定置型システムにおける燃料電池については業務産業用燃料電池や家庭用燃料電池としての需要が見込まれる。発電効率の高い業務産業用燃料電池については、熱需要が豊富な工場やホテル・病院のみならず、相対的に熱需要が少ない需要家、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も期待されており、系統からの電力のピークカットにも資すると考えられる。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て機能し、水素導管・タンクなどの水素供給ネットワークがあれば、再エネ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。性能向上と低コスト化を目的とした技術開発を進め、新たな電源としての燃料電池の立ち位置を確立し、国内外での導入拡大を目指す。また、家庭用定置型燃料電池でも更なるレジリエンス性の向上を図りつつ、小型化やVPPリソース化などの技術開発を進める。

## **(g) 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、国産技術による効率的なアンモニア合成技術等の確立に向けて、GI基金等を通じて技術開発・実証を支援する。特に、こうした支援に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う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、世界における日本の産業競争力を強化につなげ、国際市場での優位性を獲得していく。

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。

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。日本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。

## **(h) カーボンリサイクル製品**

カーボンリサイクルはCO<sub>2</sub>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1つとして、日本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。