

水素社会実現に向けた国内外の動向

50年カーボンニュートラルへ高まる期待

日本でも2050年カーボンニュートラル実現に向け、水素に対する期待がますます高まっている。欧州を中心に世界中で水素社会実現に向けた取り組みが進展する中、わが国としても、対外的には国際的な水素サプライチェーン（供給網）や国際水素市場の構築に寄与するとともに、対内的には水素を媒介としたSector Coupling（パワー・ガス等電力部門と他分野との連携）を通じて供給インフラを整備することが求められる。

日本の水素関連政策

わが国では、第4次エネルギー基本計画（14年4月）を受け、14年6月に水素・燃料電池戦略協議会が策定した「水素・燃料電池戦略ロードマップ」において、段階的に水素社会の実現を目指すことが示された。さらに17年12月に再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議が示した「水素基本戦略」は、世界初の水素に関する国家戦略であり、既存のロード

マップにおける内容を包括しつつ、水素をカーボンフリーなエネルギーの新たな選択肢として位置付け、政府全体として施策を展開していくための方針が示された。

20年に入り、50年カーボンニュートラル（CN）実現に向け、欧州を中心に各国が相次いで水素戦略を公表するなど取り組みが加速化する中、わが国も10月に菅義偉首相が50年CN実現を宣言した。同年12月に示された「50年カーボンニュートラル

に伴うグリーン成長戦略」では、成長が期待される重要産業（14分野）の一つとして、水素産業が指定されており、具体的には電力部門の脱炭素化において、水素発電を「選択肢」として最大限追求していく」とともに、非電力部門における熱需要に対して「水素などの脱炭素燃料」を活用していくことが示されている。また総合資源エネルギー調査会基本政策分科会では、現行のエネルギー基本計画の見直し議論において、

三菱UFJリサーチ&コンサルティング
持続可能社会部 主任研究員
山田心治
やまだ・しんじ 00年早稲田大
学理工学部卒。外資系コンサル
ティング会社等を経て、10年三
菱UFJリサーチ&コンサルティング
入社。エネルギー・気候
変動政策に関する調査に長年従
事し、特に電力市場分野に知見
を有する。

50年CN実現に向けた課題と対応の方向性について分野・技術ごとに整理を行っており、50年を見据えながら30年に向けてどのような絵姿を目指すべきか等について検討している。その中で水素は、バイオ燃料、燃料アンモニア、カーボンリサイクル燃料（合成燃料、合成メタン、合成プロパン）と並んで主な脱炭素燃料の一つであり、発電・産業・運輸など幅広く活用されるCNのキーテクノロジーとして位置付けられている。具体的な数値目標としては、導入量拡大を通じて、水素発電コストをガス火力以下に低減（水素コスト 20円/NEC（ヘルマルリユーベ）程度以下）し、50年に化石燃料に対し

て十分な競争力を有する水準を目指すとともに、水素導入量として30年に最大300万ト、50年に2000万ト程度を目指すとしている。

水素・燃料電池戦略協議会では、現行のエネルギー基本計画の見直しの議論も踏まえつつ、水素基本戦略の見直しを念頭に、四つの検討項目、つまり①水素利用先の多様化・クリン化②国際水素サプライチェーンの構築の加速化③水電解装置のさらなるコスト低減・電力システムへの統合、革新的な水素製造技術への投資④資源外交・インフラ輸出等の一体的な推進を中心に議論が行われている。

世界的な長期エネルギー予測

世界的な長期エネルギー予測における水素の位置付けに関しては、さまざまな国際機関や企業等が分析を実施している。例えば、英国の大手エネルギー会社BP社が公表した「BP Energy Outlook 2020」（20年9月）では、50年までのエネルギー需給等の見通しで、BAU（Business-as-Usual、通常通り）に加え、Rapid（急速）およびNet Zero（実質ゼロ）から成る三つの

シナリオを定義している。この3シナリオの概略を示すと、BAUにおいて、二酸化炭素（CO₂）排出量は20年代中盤にピークアウトし、その後は緩やかに減少する。

一方、Rapidは、炭素価格の大幅な上昇を主導するとともに、よりタゲットを絞ったセクター特定の施策によって構成される一連の政策措置を前提とするシナリオである。またNet Zeroは、Rapidにおいて具体化された政策措置が追加的に強化され、排出削減を加速するシナリオとされている。BAU、Rapid、Net Zeroにおける50年エネルギー由来CO₂排出量は、約30ギガトCO₂（18年比10%減）、約10ギガトCO₂（同70%減）、約0ギガトCO₂（同95%減）となっている。水素の見通しに関して、RapidおよびNet Zeroについて着目すると、以下の特徴がある。

・エネルギーキャリアとしての水素の利用は、RapidおよびNet Zeroにおいて顕著に増加。水素拡大は見通しの後半（35年）に集中しており、50年までに、水素は（非燃焼系の）最終エネルギー消費に関して、Rapidでは約7%、Net Zeroでは約

16%を占める

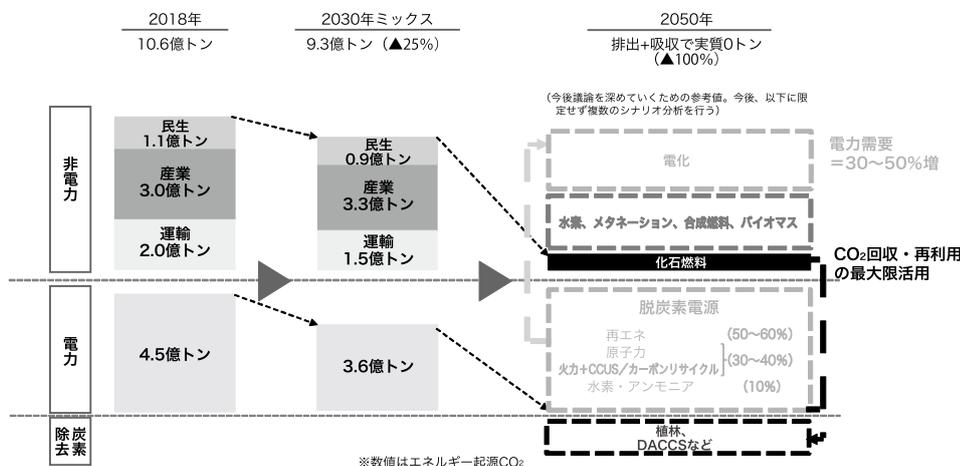
・RapidおよびNet Zeroにおいて、水素は、その貯蔵容易性の観点から、特に産業・運輸部門において電化が困難もしくは高コストな活動において、電力の補完的役割を果たす。

・水素は輸送費用が高いため、多くの国では、水素の大部分は比較的局地的に製造されている。

RapidおよびNet Zeroでは、50年まで水素製造のほぼ全量が化石燃料由来の「ブルー水素」か、水の電気分解による「グリーン水素」となる見込みであり、CO₂を回収しない「グレー水素」は限定的となる。RapidおよびNet Zeroにおいて、ブルー水素は、再エネに依存せずに水素供給を拡大するのに寄与する。また国際エネルギー機関（IEA）が公表した「Energy Technology Perspectives 2020」によると、「パリ協定」の

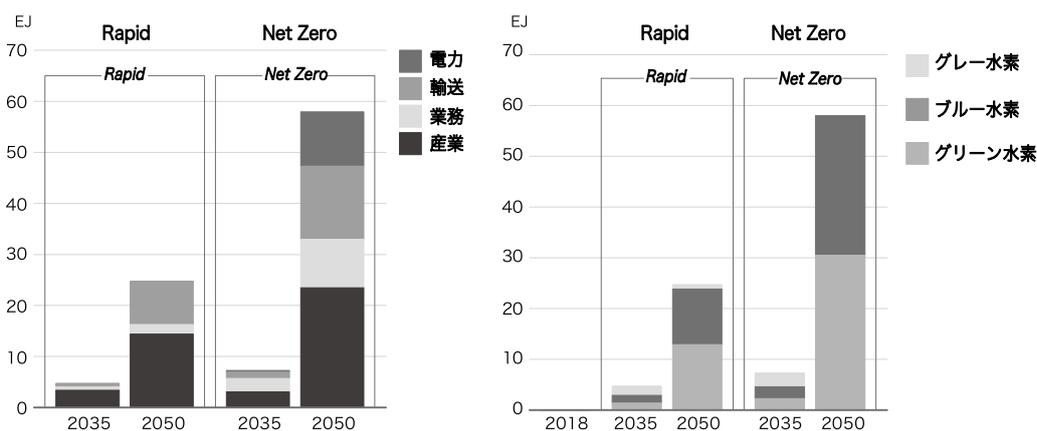
順守などの持続可能な開発シナリオ（SDS）においては、70年にCN世界の水素需要は約5・2億ト（最終エネルギー消費に占める水素関連シ

〈図表1〉2050年カーボンニュートラル実現の全体像



(出所)「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」より転載

〈図表2〉部門別の水素利活用量の推移(左) / タイプ別水素製造量の推移(右)



(出所)「BP Energy Outlook 2020」より転載

エア約13%)を見込んでいる。特に、電化等による脱炭素化が困難な輸送部門や産業部門に加え、発電部門で

19年12月、欧州委員会は「欧州グリーンディール」を発表し、さまざまな行動計画を策定中である。その

EUの水素戦略

の水素の大規模実装が重要と考えられている。一方、供給に関しては、70年時点では、再エネ由来水素が約6割、化石燃料由来水素が約4割となる見込みであり、少なくとも今後10年はCCUS(分離・貯留したCO₂の利用)を実装しないグレー水素等が供給の大きな割合を占めると予想している。同じくIEAでは、水素の現状および将来可能性等に関する包括的な評価報告書レポートとして「The Future of Hydrogen」(19年6月)を公表している。水素製造に関しては、現状では天然ガスからの水素製造がコスト優位性を有しているが、将来的には、再エネによる電解水素のコスト低下により、地域によっては後者がコスト優位性を有する可能性がある旨を指摘している。

一環として、20年7月に欧州委員会は「エネルギーシステム統合のためのEU戦略」を発表しており、同じく採択された「炭素中立な欧州のための水素戦略」とともに、欧州グリーンディールと整合的なクリーンエネルギー投資計画を提示している。同戦略では、欧州における水素導入のロードマップを示すとともに、投資アジェンダ(課題)や、水素インフラと市場ルールのための枠組みの設計、研究開発、イノベーション推進等に係る論点が整理されている。水素製造に関しては、主にグリーン水素を優先的な課題としつつも、短期的および中期的には他の方法による低炭素水素も必要とするとしている。

欧州主要国における水素戦略

介としたSector Coupling」の実現が期待されている。18年10月には、電力とガス、それぞれの系統運用事業者団体であるENTSO-EとENTSO-Gが「Power to Gas - A Sector Coupling Perspective」を発表しており、電力とガスのネットワーク事業者が共同で、パワーガスによるSector Couplingの推進に取り組むことを示している。またENTSO-EとENTSO-Gは、今後10年間の域内ガスインフラストラクチャの整備・拡張計画としてTYNDP (Ten-Year Network Development Plan) を2年ごとに策定することが義務付けられているが、現在は、ENTSO-EとENTSO-Gが共同策定しており、Sector Couplingを念頭に置きつつ、電力・ガス双方のネットワーク構築の観点から策定されている。

欧州各国の中でも、ドイツ、フランス、オランダ等は、水素に対して積極的な取り組みを見せている。まずドイツでは11年以降、エネルギー政策を転換して、脱原子力・脱化石燃料の推進を図るとともに再生可能

エネルギーへの移行を進め、16年11月には、温室効果ガス（GHG）削減目標として30年までに55%（90年比）、50年までに80〜95%（同）を掲げた「気候変動対策計画2050」を策定した。20年6月にドイツ政府が発表した「国家水素戦略」では、水素の製造、輸送、利用に関する枠組みを提供し、関連するイノベーション・投資を促すこと等を目的としており、23年までの第1フェーズで国内市場の整備やそのために必要な研究開発の推進、24年以降の第2フェーズではドイツ経済に資する国際レベル、欧州レベルでの取り組みを行うことが示された。水素製造方法は、4分類されており、

いわゆる「グリーン水素」だけが長期的に持続可能と位置付けられている。ドイツ国内では天然ガスパイプライン網が既に存在しており、当該ラインフラを活用した水素ネットワークの構築が可能となっている。既存の水素供給網に関しても、ノルトライン・ウェストファール州を中心に化学工業が集積しており、水素製造拠点や水素専用パイプラインが既に敷設されている。このような背景もあり、ドイツガス導管運用事業者

の業界団体であるFNBは、ドイツ国内における既存のガスパイプライン網を活用した広域的な水素ネットワークの構築構想を提示した。

続いてフランスについて見ると、20年4月に、国家低炭素戦略の改定版を発表しており、30年40%削減（90年比）、50年75%削減（同）という長期削減目標が示された。仏政府は「エネルギー移行に向けた水素導入計画」（18年6月）に続き、20年9月には「カーボンフリー水素導入のための国家戦略」を発表しており、30年までに6・5ギガワットのカーボンフリー水素製造設備を設置することを通じて、600万トンのCO₂の排出削減を図るとしている。また30年までに70億円を、①水電解によるグリーン水素製造セクターの創出および製造業の脱炭素化②クリーン水素を燃料とする大型モビリティの開発③水素エネルギー分野の研究・イノベーション・人材育成支援の3分野に対して拠出するとしている。

またオランダは19年6月、国内における多数の組織・企業との間で「オランダ気候変動協定」を締結しており、GHG排出量削減目標として30年49%削減（90年比）を掲げている。

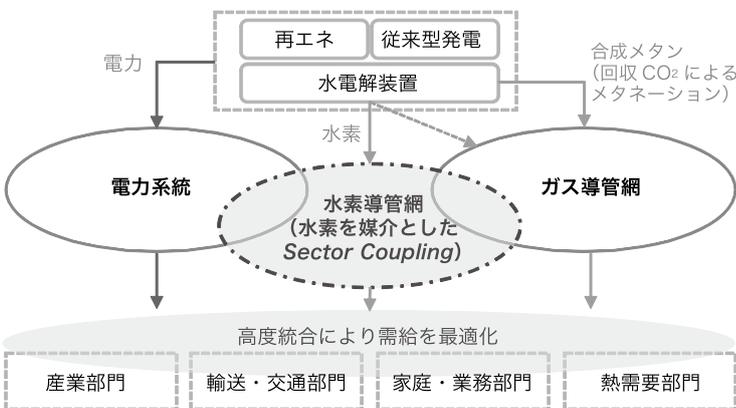
同国では、北海におけるガス生産を背景として、パイプライン等のガスインフラが国内において整備されており、この既存インフラの活用により、大規模な水素ネットワークが計画されている。このような水素製造・供給に係る優位性を背景として、オランダ政府は、水素を脱炭素に向けた有力な手段として位置付けている。20年4月には「国家水素戦略」を発表しており、ゼロカーボンエネルギー供給における水素の役割を体系化するとともに、財政援助や関連規制、企業や地域に対する機会の提供について提示している。オランダでは政府主導によりさまざまな水素関連プロジェクトが実施されている。

今後の水素政策の在り方

わが国では、前述の通り30年に最大300万ト、50年に2000万ト程度の水素導入量を前提とすると、海外から水素を大量に輸入するための国際水素サプライチェーンの構築が喫緊の課題となる。また欧州をはじめ各国も脱炭素

化のために水素を必要とする中で、再エネ資源も含めた水素権益等を確保するなど、「資源国」との関係強化が必要であり、安定・柔軟・透明な水素国際市場の形成に貢献することが求められる。水素調達に関しては、CO₂フリー水素サプライチェーン推進機構（HYSTRA）⁴や次世代水素エネルギーチェーン技術研究組合（AHEAD）⁵において、水

〈図表3〉水素を媒介としたSector Couplingのイメージ



素輸入サプライチェーン構築に向けた実証試験を行っており、当面は化石燃料由来のブルー水素が大宗を占めることを踏まえ、資源国との関係強化や国内資源も活用した供給体制の構築が必要とされる。特に各種調達スキームで必須となるCO₂回収・貯留技術(CCS)は極めて重要な位置付けであり、CCS適地の安定確保が将来的な課題となる。わが国は、グローバルな液化天然ガス(LNG) サプライチェーンおよび国際市場を世界に構築した実績があり、水素も同様、世界の水素ビジネスを主導することが求められる。

また国内供給インフラに関して言えば、欧州では、「水素を媒介としたSector Coupling」に向け、電力とガスの事業者が共同で、ネットワーク構築に向けた構想を策定している。わが国におけるガス供給インフラは、発電所や都市ガスの大需要地の近隣に点在する形で設置されたLNG受け入れ基地を起点として、ガス導管網が需要の拡大に応じて扇形に整備されており、既にガス導管網が整備された欧州の状況とは異なっている。このような相違点を認識しつつも、わが国においても、電力

とガスに加え、水素も含めた統合的なエネルギーネットワークを構想することにより、50年CN実現に向けたキーソリューションの一つとして水素を位置付けることが可能になると思われる。

1、「フェーズ1…水素利用の飛躍的拡大(現在)」、「フェーズ2…水素発電の本格導入/大規模な水素供給システムの確立(20年代後半に実現)」、「フェーズ3…トータルでのCO₂フリー水素供給システムの確立(40年頃に実現)」から成る三つのフェーズに分けて実施。

2、水素は、鉄鋼、セメント、石油精製・化学などの高温プロセスのエネルギー源として、産業界で特に有利。50年までに、水素は産業全体の最終エネルギー消費の約10%(Rapid)、8%(Net Zero)を占める。また輸送部門における水素利用は、長距離輸送の集中地域別に見ると、炭素価格の上昇、インフラその他の政策の展開の増加に支えられ、中国と先進国で最も顕著。

3、EUの戦略は、19年1月に欧州燃料電池水素共同実施機構(FCH

(FC)が公表した「欧州水素ロードマップ」や、20年4月にHydrogen Europeが公表した「2x40 GW Green Hydrogen Initiative」をベースとしている。なお後者では、30年までに欧州域内で40ギガワ、欧州域外(ウクライナと北アフリカ)で40ギガワの水電解設備を展開するという構想を示している。

4、技術研究組合「CO₂フリー水素サプライチェーン推進機構」は、輸送困難性等の理由から利用先が限定されている低品質な石炭である「褐炭」を有効活用した水素製造、輸送・貯蔵、利用から成るCO₂フリー水素サプライチェーン構築に係る技術確立と実証に取り組む企業団体。オーストラリアで水素を製造して日本へ運ぶことを目指した「褐炭水素プロジェクト」(新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「未利用褐炭由来水素大規模海上輸送サプライチェーン構築実証事業」)を実施中。

5、「次世代水素エネルギーチェーン技術研究組合」は、ブルネイで「有機ケミカルハイドライド法」による未利用エネルギー由来水素サプライチェーン実証実験」を実施中。