

## 行政情報

## 水素基本戦略の決定

## 水素社会の実現に向けた取組と課題

田 場 盛 裕・木 村 祐 輝

2017年4月に開催された「第1回再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議」において、安倍総理から、世界に先駆けて水素社会を実現すべく、政府一体となって取り組むための基本戦略を年内に策定するよう指示がなされた。同指示を受け、関係府省庁は、産学官の有識者会議における議論等を経て戦略案を取りまとめ、2017年12月に開催された「第2回再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議」において、「水素基本戦略」が決定された。本報では、水素基本戦略が策定された経緯とともに、水素社会の実現に向けた課題と取組について紹介する。

キーワード：水素基本戦略、水素社会、国際水素サプライチェーン、再生可能エネルギー由来水素、水素利活用

## 1. はじめに

石油、石炭、天然ガスといった化石燃料は、我が国の近代化、更には戦後の高度成長を支え、巨大経済圏を形成し、先進国としての地位を築いてきた。一方で、元来化石燃料を始めとした天然資源に恵まれない我が国は、1970年代の二度の石油危機以来、国民生活と産業活動の血脈であるエネルギーを海外に依存する構造的脆弱性を抱え続けている。加えて、2017年11月のパリ協定の発効を受け、深刻化する地球温暖化問題に対し、我が国としての責任を一層果たしていくことが求められている。一方、我が国の温室効果ガス排出量は、東日本大震災後の原子力発電所の停止等の影響により、大幅に増加した。一次エネルギーのほぼ全てを海外の化石燃料に依存する我が国においては、エネルギー安全保障の確保と温室効果ガスの排出削減の課題を同時並行で解決していくことが必要である。

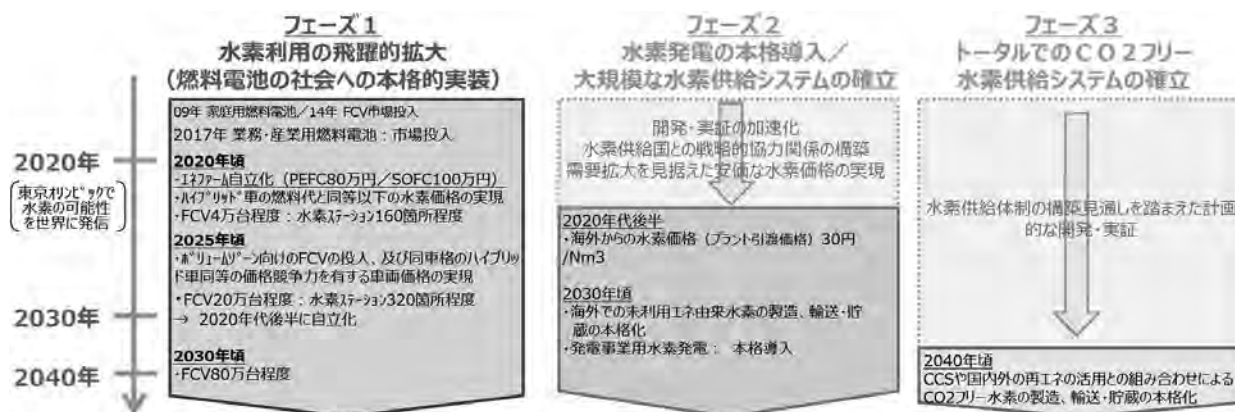
このため、我が国は、省エネルギーの促進や再生可能エネルギーの導入拡大、天然ガスや原子力の利用、国内での二酸化炭素回収・貯留（CCS）の実施検討など、あらゆる手段を講じてきているが、すべてを解決する単一的な解はなく、これらを総動員し、いわゆるエネルギー政策における“3E+S”の実現に取り組んでいくことが求められる。特に、温暖化が将来世代にもたらす負の影響のリスクは大きく、2050年、そして今世紀後半を見据えれば、従来の取組の延長では足りず、地球温暖化対策計画（2016年5月13日閣議決定）

において、「抜本的排出削減を可能とする革新的技術の開発・普及などイノベーションによる解決を最大限追求する」としているように、既存のエネルギー供給構造を変革し、新たなエネルギーシステムへの移行を図っていかなければならない。

水素は、炭素分を含まず、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）を排出しないという環境特性はもちろんのこと、エネルギーキャリアとして再生可能エネルギー等を貯め、運び、利用することができる特性（貯蔵性、可搬性、柔軟性）を有する。水素技術を用いることで、例えば、島国であるがゆえにこれまで利用することができなかった海外の豊富な再生可能エネルギー資源や未利用エネルギー資源、CCS適地等を活用することが可能となる。まさに、エネルギー資源の乏しい我が国にとって、水素はエネルギー安全保障と温暖化対策の切り札となりうる。

## 2. 水素基本戦略策定に至る経緯

水素の利活用については、2014年4月に策定された第4次エネルギー基本計画では、「水素をエネルギーとして利用する“水素社会”についての包括的な検討を進めるべき時期に差し掛かっている」等の記載が盛り込まれた。更に、同年6月には産学官の有識者検討会議である水素・燃料電池戦略協議会において、水素社会実現に向けた官民の関係者の取組を示した「水素・燃料電池戦略ロードマップ」がとりまとめられた。



図一 水素社会実現に向けた3つのフェーズにおける取組の方向性 [資源エネルギー庁作成]

ロードマップでは、技術的課題の克服と経済性の確保に要する期間の長短に着目し、3つのフェーズ「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 (2020年代後半に実現)」、「フェーズ3: トータルでのCO<sub>2</sub>フリー水素供給システムの確立 (2040年頃に実現)」に分け、ステップ・バイ・ステップで水素社会の実現を目指すとした。ロードマップについては、その後の取組の進展を踏まえて2016年3月に改訂され、家庭用燃料電池 (エネファーム) や燃料電池自動車 (FCV: Fuel Cell Vehicle) / 水素ステーションに係る自立化に向けた道筋や定量目標等が盛り込まれた (図一)。

2017年4月には第1回再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議が開催され、再生可能エネルギーの導入拡大及び水素社会の実現に向けた取組について議論が行われた。同会議においては、安倍総理から、世界に先駆けて水素社会を実現するため、政府一体となって取組を進めるための基本戦略を年内に策定するよう指示がなされた。これらの経緯を踏まえ、2017年12月に開催された第2回再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議において、水素利活用に係る世界初の国家戦略となる「水素基本戦略」を策定した。

### 3. 水素基本戦略の概要

基本戦略は、個別技術の導入・普及に係る既存のロードマップの内容を包括しつつ、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づけ、政府全体として施策を展開していくための方針である。基本戦略に基づき、エネルギー安全保障の確保と温室効果ガスの排出削減の課題を同時並行で解決するとともに、水素利用において世界をリードしていくため、国を挙げて水素利用に取り組み、世界に先駆けて水素社

会の実現を目指す。

具体的には、本戦略に基づき、ガソリンやLNGなどの従来エネルギーと同程度の水素製造コスト (20円 / Nm<sup>3</sup>) の実現に向け、供給と利用の両面での取組を進めていく。

供給面では、海外の安価な原料を活用するため、オーストラリアの褐炭等から水素を製造し、日本に輸送する国際水素サプライチェーンの開発プロジェクトを進める。また、地域における水素製造の先駆けとして、福島県浪江町で世界最大級のCO<sub>2</sub>フリー水素製造プロジェクトが進行中であり、福島県産の水素を東京オリンピック・パラリンピックにおいても活用し、福島の復興の姿を発信する。

利用面では、運輸部門・発電部門を中心に大規模な水素利用を進める。FCVの普及拡大に向けては、技術開発、規制改革、水素ステーションの戦略的整備の取り組みを三位一体で進め、発電に関しては、神戸で世界初の水素発電の実証などにより、水素発電の商用化に向けた取組を進めていく。

### 4. 水素社会実現に向けた取組と課題

前項で述べた取組について、以下で詳細に紹介する。

#### (1) 国際水素サプライチェーンの構築

水素社会の実現には、水素の調達・供給コストの低減が不可欠である。水素コストの低減に向けた方策としては、海外の安価な未利用エネルギーとCCSを組み合わせる、又は安価な再生可能エネルギーから水素を大量調達するアプローチが有望であるため、水素の「製造、貯蔵・輸送、利用」まで一貫通した国際的なサプライチェーンの構築を目指す。

具体的には、2030年頃に商用規模のサプライチェーンを構築し、年間30万t程度の水素を調達すると



もに、30 円 /Nm<sup>3</sup> 程度の水素コストの実現を目指す。その際には、FCV を中心としたモビリティにおける水素需要の拡大に加え、水素を大量消費する水素発電を導入することで、水素需要を飛躍的に増加させることが重要である。

2030 年以降は、供給面で国際水素サプライチェーンを拡大するとともに、利用面において産業分野等での利用を進めることで、更なるコスト低減を図り、既存のエネルギーとのコスト差を縮小していく。将来的に 20 円 /Nm<sup>3</sup> 程度まで水素コストを低減し、環境価値も含め、既存のエネルギーコストと同等のコスト競争力を実現することを目指す。

国際的な水素サプライチェーンの実現には、上流側の取組として、安価な海外資源を確保すべく、民間ベースの取組に加えて政府間レベルでの関係構築を図るとともに、効率的な水素の輸送・貯蔵を可能とするエネルギーキャリア技術が必要となる。現在、国内の水素供給には圧縮水素や液化水素の形態が採用されているが、国際的なサプライチェーンの構築には、国内における輸送技術・インフラが確立している液化水素に加え、有機ハイドライド法によるメチルシクロヘキサン (MCH)、更にはアンモニアやメタンといったエネルギーキャリアの活用可能性がある。

#### (a) 液化水素サプライチェーン構築実証

液化水素は、①気体水素に比べて体積が約 1/800 となること、②気化することで、純度の高い水素の取り出しが容易であること、③LNG と同様のインフラ構成であり、技術的に連続的であること等の特長を持つ。一方で、液化水素は LNG より更に低温 (−253℃) であるため、海上輸送、荷役・貯蔵に関する新規のインフラ整備が必要となり、技術開発を要する。

このため、2020 年度までの日豪間の液化水素サプライチェーン構築実証を通じて、基盤技術を確立し、商用化に向けた道筋を立てることとしている。同実証においては、安価な未利用エネルギーである褐炭から CO<sub>2</sub> フリー水素を取り出すガス化技術、CO<sub>2</sub> 分離・回収技術の確立を図る。

世界初の試みである液化水素の海上輸送については、液化水素運搬船の開発実証を行い、日豪間の液化水素サプライチェーンの構築実証に取り組む。液化水素運搬船に係る安全基準については、日豪共同で提案した暫定基準が 2016 年に国際海事機関 (IMO) にて採択されたところであり、上記実証の結果を踏まえ、将来的に商用船の国際基準を策定し、液化水素の安定的な輸送の確立を図る。

2030 年頃の商用化に向けて、2020 年初頭までに大容量の輸送・荷役・貯蔵技術の確立と受入関連施設の整備を進め、2020 年代半ばまでに商用化実証を行う。また、水素発電設備側においても、大容量の気化器、昇圧ポンプ、配管、継手などの付帯設備の開発・実証を進める。

#### (b) 有機ハイドライドサプライチェーンの開発

メチルシクロヘキサン (MCH) は、①体積が気体水素の約 1/500 となること、②常温常圧で液体であることから取り扱いが容易であり、長期貯蔵が可能であること、③タンカーやタンク等の既存の輸送・荷役インフラを活用可能であること等の特長を持つ。一方で、水素化、脱水素化に係る設備が必要であり、技術開発を要する。また、脱水素にはエネルギーを要するため、例えば発電時の排熱を脱水素化プロセスに組み込むなどの工夫が必要である。

このため、2020 年度までのブルネイとの有機ハイ

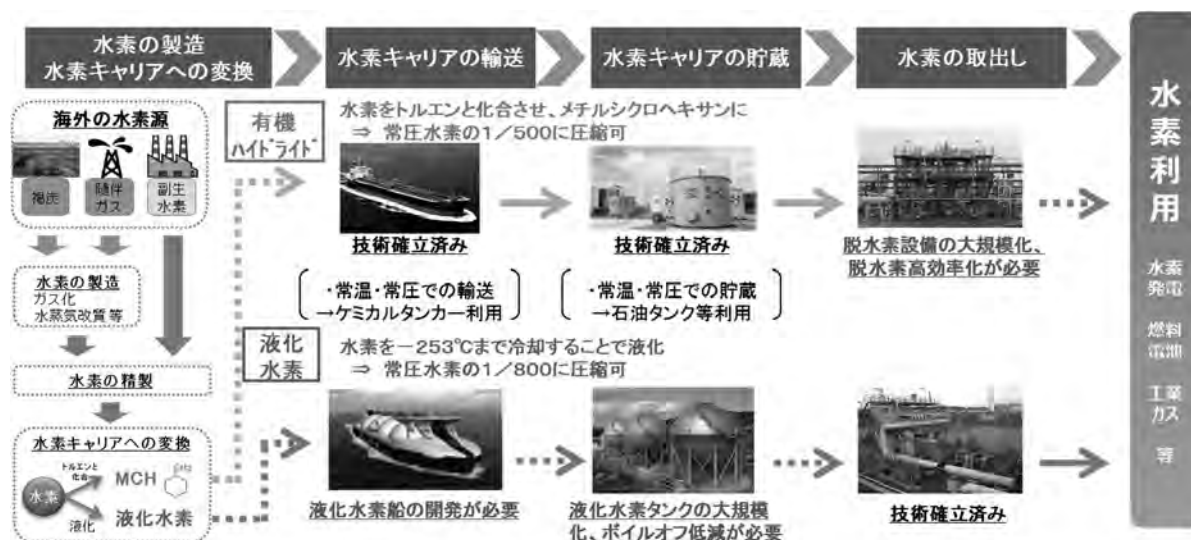


図-2 有機ハイドライドと液化水素による水素供給チェーン [資源エネルギー庁作成]

ドライドサプライチェーン構築実証を通じて、基盤技術を確認し、商用化に向けた道筋を立てることとしている。この実証では、ブルネイの天然ガス液化プラントのプロセスにて発生するガスから製造した水素をMCHの形態で日本へ海上輸送し、気体の水素に戻して利用する技術の確認を図る。

なお2025年以降、国内の水素需要に応じた規模での商用サプライチェーン構築に向け、実証終了後より、商用化の計画、建設開始を目指す予定である。商用サプライチェーンの初期段階においては、供給する水素の価格低減のため、既存インフラを有効に活用しつつ、①水素化・脱水素化プラントや輸送用タンカーの大規模化、②コストダウンに資する技術開発の継続を進めていく（図－2）。

## (2) 再生可能エネルギー由来水素の利用拡大

IEA（International Energy Agency：国際エネルギー機関）等において、一部の国においては、将来の再生可能エネルギーの大量導入に伴い、年間を通じて供給過剰が発生し、大規模な出力制御が必要となることが予測されている。日本においても系統や調整力に係る問題は既に顕在化しているが、今後、再生可能エネルギー利用を拡大するためには、調整電源の確保のみならず、余剰電力を貯蔵する技術が必要となる。特に、蓄電池では対応の難しい季節を超えるような長周期の変動に対しては、再生可能エネルギー電気を水素としてエネルギーを貯蔵するPower-to-gas技術が国内外で注目されている。

他方で、電気分解を通じて水素を製造する場合には、原料である電気の調達コストが最終的な水素のコストの大きな要因となるため、安価に水素を製造するためには、例えば再生可能エネルギーの余剰に伴って生じる安価な電力が必要となる。また、水電解装置におけるエネルギー変換効率や耐久性など技術的な課題の克服に向けた技術開発や実証を進めていくことも必要である。このため、Power-to-Gasに向けた水素製造の高効率化等の研究開発や、再生可能エネルギーから水素を大規模に製造する実証を進めている。

### (a) 再生可能エネルギー由来水素大規模製造実証

福島新エネルギー社会構想（2016年9月閣議決定）では、世界最大級となる1万kWの水電解装置により再生可能エネルギーから大規模に水素を製造し、福島県内のみならず、2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会の際にも活用することを目指すことが盛り込まれた。

2017年8月には実証地が浪江町に決定し、同プロ

ジェクトが開始した。2018年6月に実証に向けた土地造成作業が完了し、2020年までにプラントの実証運転開始に向け、現在はプラント建設の準備が進められているところである。

## (3) 電力分野での水素利活用

水素発電は、天然ガス火力発電等と同様に、電力量価値に加え、調整力や供給力（容量）の価値の提供も可能と考えられるため、中長期的には再生可能エネルギーの導入拡大に必要な調整電源・バックアップ電源としての役割を果たしつつ、低炭素化を図るための有力な手段となり得る。また、水素を安定的かつ大量に消費する水素発電は、国際的なサプライチェーンの構築とセットで進めるべき最重要のアプリケーションである。

水素発電については、国際的な水素サプライチェーンとともに2030年頃の商用化を実現し、その段階で17円/kWhのコストを目指すことを掲げている。そのために必要となる水素調達量として、年間30万t程度を目安とする（発電容量で1GW程度に相当）。更に、将来的には環境価値も含め、既存のLNG火力発電と同等のコスト競争力の実現を目指す。そのために必要となる水素調達量として、年間500万～1,000万t程度を目安とする（発電容量で15～30GW程度に相当）。

実際の社会実装に当たっては、水素は天然ガス火力での混焼も可能であることから、導入初期は既設の天然ガス火力における混焼発電を中心に、小規模なコージェネレーションシステム等における水素混焼も含め、導入拡大を図っていく。

2018年1月から兵庫県神戸市のポートアイランドにおいて、水素をエネルギー源として電気と熱を街区供給する世界初の実証を開始。同年4月下旬に実施した実証試験において、水素燃料100%のガスタービン発電による熱電併給を世界で初めて達成した。

また、水素の燃焼特性に応じた燃焼器の開発も不可欠である。拡散燃焼方式や予混合燃焼方式など、従来の火力発電で実績のある燃焼器を水素混焼発電に転用するための研究開発や技術実証については、既に一定の取組が進められている。例えば、2018年1月には発電事業用規模のガスタービン燃焼器の実証事業として、水素混合割合30%において安定燃焼できることを確認したところである。

今後、これらの取組に加えNOxの低減や発電効率の向上といった技術課題に対応していくことも必要である。更に、将来的に水素専焼発電を実現するため



には、NO<sub>x</sub> 値の低減、高い発電効率、高濃度な水素混焼などを同時に達成可能とする新たな燃焼技術の早期の実用化を目指している。

なお、水素発電の導入に当たっては、電力システム改革が進展する中での経済性確立に向けた制度設計等の検討も進めていく。また、水素発電が有する環境価値を顕在化し、評価・認定、取引可能にしていくことが重要であり、他の制度設計に係る議論を注視しつつ、省エネ法（エネルギーの使用の合理化等に関する法律（昭和 54 年法律第 49 号））における水素利用の位置づけを明確化する、あるいは高度化法（エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の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））における非化石電源として水素発電を位置づけるといったことを含め、実態も踏まえながら検討を進めていく。

#### (4) モビリティでの水素利活用

モビリティにおける水素利用の中核は、FCV・水素ステーションの普及である。FCV については 2020 年までに 4 万台程度、2025 年までに 20 万台程度、2030 年までに 80 万台程度の普及を、水素ステーションについては 2020 年度までに 160 箇所、2025 年度までに 320 箇所の整備を目標とし、2020 年代後半までに水素ステーション事業の自立化を目指している（図—3）。

上記の目標達成に向けては、水素供給コストの低減（ガソリン等と同等のコスト競争力を実現）はもとより、FCV の量産化や低価格化、航続距離の更なる伸

長、2025 年頃のボリュームゾーン向けの車種の投入等に加え、安定収益の裏付けのあるステーション整備と整備・運営コストの低減を通じた自立的な水素販売ビジネスの展開が必須である。そのため、規制改革、技術開発、官民一体による水素ステーションの戦略的整備を三位一体で推進することが重要である。

#### (a) 規制改革

2017 年 6 月 9 日に閣議決定された規制改革実施計画においては、次世代自動車（燃料電池自動車）関連規制の見直し事項として計 37 項目が掲げられており、その中には「水素・燃料電池自動車関連規制に関する公開の場での検討」が盛り込まれている。本計画に基づき、安全確保を前提に水素・燃料電池自動車に関連する規制のあるべき姿を幅広く議論し、科学的知見に基づき規制見直しを進めるべく、2017 年 8 月に第 1 回目の「水素・燃料電池自動車関連規制に関する検討会」を開催した。

当該検討会は、現在（2018 年 6 月末）までに計 6 回開催しており、第 5 回までに各項目の詳細議論を一巡し、第 6 回では、「人」に関する項目についての検討を行ったところである。既に 37 項目のうち 11 項目については措置が完了しており、引き続き取組を継続していく。

また、本検討会においては、水素ステーションの無人化についても議論が行われている。平成 30 年 5 月 21 日に（一財）石油エネルギー技術センターが策定した「セルフ水素スタンドガイドライン」に従えば、セルフ充填が可能になったところであり、今後、セルフ充填で得られた知見や海外の実態等も踏まえて、無

全国：111箇所（開所100箇所） ※H30年7月3日現在



図—3 水素ステーションの整備状況 [資源エネルギー庁作成]

人化の議論を進めていく予定である。

#### (b) 技術開発

ロードマップでは、上記のFCV及び水素ステーションの目標が達成されることを前提として、水素ステーションの整備費・運営費を2020年頃までに導入初期(2014年)との比較で半減させ、2025年頃までには、現在日本よりもコストが低いと言われる欧米のステーションと遜色のない水準まで低減させることを掲げている。これまでの取組としては、経済産業省予算を通じ、従来よりも低コストな新型圧縮機や新型蓄圧容器の開発及び水素充填用ホースの使用可能回数の延長等に成功してきたところであり、今後もコストの低減に資する技術開発を推進していく。

(c) 官民一体による水素ステーションの戦略的整備  
水素ステーションについては、経済産業省予算を通じ、2018年7月時点で100箇所が開所しており、11箇所が整備中である。

更に、今後のFCV本格普及に伴い、水素ステーションの本格整備を目的とした新会社の設立について民間11社(ステーション事業者、自動車メーカー、金融機関等)が合意し、平成30年2月20日に日本水素ステーションネットワーク合同会社(JHyM)が設立した。JHyMは事業期間を10年間とし、2021年度までの4年間(第I期)で合計80箇所の水素ステーションの整備を目指している。

#### (5) 家庭用燃料電池及び業務・産業用燃料電池の普及拡大

##### (a) 家庭用燃料電池(エネファーム)の普及拡大

エネファームについては、家庭における従来型のエネルギー利用よりも経済的に優位となることを目指し、2020年頃までに、PEFC(固体高分子形燃料電池)型標準機については80万円、SOFC(固体酸化物形燃料電池)型標準機については100万円の価格を実現(投資回収年数を7～8年に短縮)した上で、その後の自立的普及を図る。それ以降もユーザーメリットの向上に資する取組を進め、2030年頃までに投資回収年数を5年に短縮することを目指している。

なお、販売価格については、2018年7月時点ではPEFCが約95万円(発売当初2009年度:303万円)、SOFCが約120万円(発売当初2011年度:244万円)と着々と低減しており、また普及台数も2018年7月に25万台を突破した。

更なる低コスト化・普及拡大に向けては、更なる発電効率の向上(SOFC)、熱利用率の向上(PEFC)に

向けた技術開発を進めるとともに、集合住宅や寒冷地、更には欧州等の熱需要の大きい地域の市場など、優位性のある市場を開拓し、民生部門での低炭素化を促進する。また、余剰電力取引を通じて、高効率発電電力を他の需要家にも融通する取組を拡大していく。

##### (b) 業務・産業用燃料電池の普及拡大

業務・産業用燃料電池については、2017年度までに16台が市場投入された。今後の更なる普及拡大に向けては、低熱電比需要家への導入を進め、グリッドパリティの突破を早期に実現するためイニシャルコストの低減に資する技術開発を進めていく。また、最新鋭のガスタービンコンバインドサイクル(GTCC)を超える発電効率(60%超)の実現に向けた技術開発を進め、分散型電源による電力供給の可能性を更に切り開いていく。

## 5. 今後の取組について

水素は次世代のエネルギーとして国際的にも注目を集めており、欧米をはじめとする先進国のみならず、中国等のエネルギー需要の増大が続く新興国においても水素利用に向けた様々な取組が進められている。今後、各国で大きな注目を集める水素の利活用をグローバルな規模で推進していくためには、関係各国が歩調を合わせ一層連携していくことが重要である。

このため、経済産業省及び国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の主催の下、2018年10月23日には水素閣僚会議を開催する。水素閣僚会議は、来年のG20日本開催も視野に入れながら、各国の革新的な取組や最新の知見、国際連携の可能性を確認するとともに、グローバルな水素利活用に向けた政策の方向性を議論し、認識を共有するものである。これら国内外の取組を着実に進めながら、水素社会実現に向けて取組を加速していく。

J C M A

#### [筆者紹介]

田場 盛裕(たば もりひろ)  
経済産業省 資源エネルギー庁  
省エネルギー・新エネルギー部  
新エネルギーシステム課  
水素・燃料電池戦略室  
課長補佐

木村 祐輝(きむら ゆうき)  
経済産業省 資源エネルギー庁  
省エネルギー・新エネルギー部  
新エネルギーシステム課  
水素・燃料電池戦略室  
係長