

経済産業省資源エネルギー庁
省エネルギー・新エネルギー部長
茂木正様

2050年カーボンニュートラル

- 菅内閣総理大臣は2020年10月26日の所信表明演説において、我が国が2050年にカーボンニュートラル（温室効果ガスの排出と吸収でネットゼロを意味する概念）を目指すことを宣言。
- カーボンニュートラルの実現に向けては、温室効果ガス（CO₂以外のメタン、フロンなども含む）の85%、CO₂の93%を排出するエネルギー部門の取組が重要。
- 次期エネルギー基本計画においては、**エネルギー分野を中心とした2050年のカーボンニュートラルに向けた道筋を示す**とともに、**2050年への道筋を踏まえ、取り組むべき政策を示す**。

10月26日総理所信表明演説（抜粋）

<グリーン社会の実現>

我が国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち**2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す**ことを、ここに宣言いたします。

（中略）

省エネルギーを徹底し、再生可能エネルギーを最大限導入するとともに、**安全最優先で原子力政策を進める**ことで、安定的なエネルギー供給を確立します。長年続けてきた石炭火力発電に対する政策を抜本的に転換します。

10月26日髙山経産大臣会見（抜粋）

（中略）

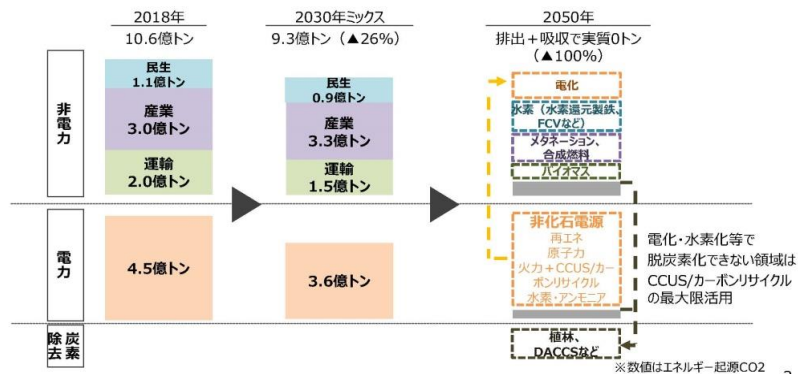
カーボンニュートラルに向けては、**温室効果ガスの8割以上を占めるエネルギー分野の取組が特に重要**です。カーボンニュートラル社会では、電力需要の増加も見込まれますが、これに対応するため、**再エネ、原子力など使えるものを最大限活用**するとともに、**水素など新たな選択肢も追求**をしてまいります。

【2050年カーボンニュートラル】

- ・ 排出するカーボンの量と、それを吸収するカーボンの量をバランスさせてニュートラルにすること
- ・ 化石燃料の量をいかに減らして、再生可能エネルギーの量を増やしていくか

カーボンニュートラル転換への道筋（イメージ）

- 社会全体としてカーボンニュートラルを実現するには、①徹底した省エネ、②電力部門の非化石電源の拡大、③非電力部門（産業・民生・運輸などの燃料利用・熱利用）の脱炭素化（脱炭素化された電力による電化、水素化、メタネーション、合成燃料等を通じた脱炭素化）を進めることが必要。

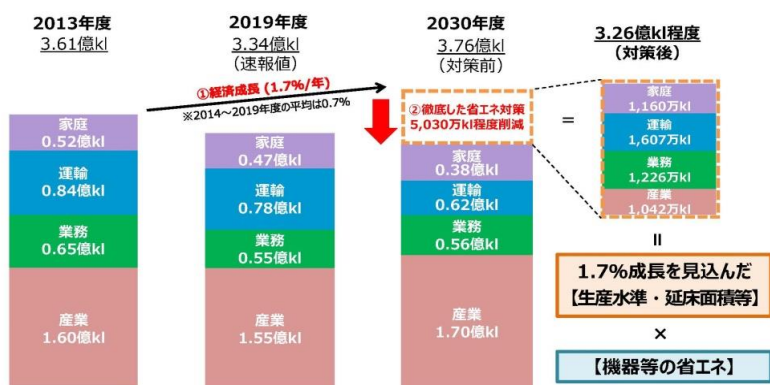


【カーボンニュートラル転換への道筋（イメージ）】

- ・ 日本のCO₂排出量は、2018年の段階で10.6億トン
- ・ 電力部門から4.5億トン
- ・ 非電力部門では、運輸が2億トン、産業で3億トン、民生で1億トン
- ・ エネルギー消費そのものを減らす
- ・ 電力部門を、いかに非化石電源に切り替えできるか

長期エネルギー需給見通し（エネルギーミックス）における省エネ目標

- エネルギーミックスは、**1.7%の経済成長**を前提として想定した2030年度の最終エネルギー需要に対し、徹底した省エネ対策を実施することで、そこから**5030万kl程度の削減**を見込んでいる。
※CO₂は1.88億t削減に相当(2013年度比▲15.2%)、温対計画全体では、3.08億tの削減(同▲25%)



【長期エネルギー需給見通し（エネルギーミックス）における省エネ目標】

- ・ 徹底した省エネ
- ・ 家庭、運輸、業務、産業のそれぞれの分野にわけて、5,030万キロリットルの省エネ

エネルギーミックスの省エネ対策の進捗状況（2019年度）

全体 <省エネ量▲5,030万kl>

2019年度時点で▲1,655万kl【進捗率：32.9%（標準進捗率38.9%）】

2018年度時点で▲1,340万kl【進捗率26.6%（標準進捗率33.3%）】

2017年度時点で▲1,073万kl【進捗率21.3%（標準進捗率27.8%）】

産業部門 <省エネ量▲1,042万kl>	業務部門 <省エネ量▲1,227万kl>
2019年度時点で▲322万kl（進捗率：30.9%） ※標準削減量▲405万kl	2019年度時点で▲414万kl（進捗率：33.7%） ※標準削減量▲477万kl
主な対策 - LED等の導入 [84.8万kl/108.0万kl (78.5%)] - FEMSの活用等によるエネルギー管理の実施 [19.5万kl/67.2万kl (29.0%)] - 産業用モータの導入 [16.4万kl/166.0万kl (9.9%)] - 産業用ヒートポンプの導入 [8.0万kl/87.9万kl (9.1%)]	主な対策 - LED等の導入 [173.0万kl/228.8万kl (75.6%)] - BEMSの活用等によるエネルギー管理の実施 [66.8万kl/235.3万kl (28.4%)] - トップランナー制度等による機器の省エネ性能向上 [63.4万kl/278.4万kl (22.8%)]
家庭部門 <省エネ量▲1,160万kl>	運輸部門 <省エネ量▲1,607万kl>
2019年度時点で▲357万kl（進捗率：30.8%） ※標準削減量▲451万kl	2019年度時点で▲562万kl（進捗率：35.0%） ※標準削減量▲625万kl
主な対策 - LED等の導入 [172.7万kl/201.1万kl (85.9%)] - トップランナー制度等による機器の省エネ性能向上 [36.4万kl/133.5万kl (27.3%)] - 住宅の省エネ化 [52.5万kl/356.7万kl (14.7%)]	主な対策 - 次世代自動車の普及 [165.4万kl/938.9万kl (17.6%)] - その他の運輸部門対策 [396.9万kl/668.2万kl (59.4%)] (内訳) 旅客輸送 [221.4万kl/330.5万kl (67.0%)] - 貨物輸送 [175.9万kl/337.6万kl (52.1%)]

※令和3年3月開催 中央環境審議会地球環境部会 産業構造審議会産業技術環境分科会地球環境小委員会 合同会合 資料より進捗を計算
※「住宅の省エネ化」「次世代自動車の普及」等の2019年度実績が未集計な対策は、2018年度実績値を引用

【エネルギーミックスの省エネ対策の進捗状況（2019年度）】

- 産業部門、業務部門、家庭部門、運輸部門の進捗率は、おおむね30～35%
- 大きく対策が進んだのは照明の分野
LEDの導入
トップランナー機器（エアコン、TVなど）
- 進捗が遅いのが、家庭部門の住宅の省エネ

業務部門における省エネ対策の進捗状況（2019年度）

- 業務部門は、高効率な照明機器や既築建築物の断熱改修に係る対策の進捗が良い一方で、機器の省エネ性能向上や新築建築物に係る対策は加速化が必要。

<業務部門>

10の対策により▲1,227万kl（CO2▲0.51億t）【2019年度進捗率：33.7%】

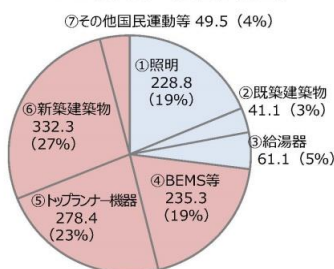
- ①高効率照明の導入（75.6%）
※2030年度：ほぼ100%
- ②既築建築物の断熱改修の推進（64.2%）
- ③高効率給湯器の導入（46.3%）

2019年度標準進捗率：38.9%

2019年度進捗率：33.7%

- ④BEMSの活用等によるエネルギー管理の実施（28.4%）
- ⑤トップランナー制度等による機器の省エネ性能向上（22.8%）
- ⑥新築建築物における省エネ基準適合の推進（21.0%）
- ⑦その他、クールビズ等の国民運動の推進に係る3対策（-29.9%）

2030年度の省エネ見込み（万kl）



※%は、業務部門全体の省エネ見込みに占める割合

※1 進捗が100%を超える対策は100%を上限として進捗を整理 ※2 一部対策は2018年度の実績値

【業務部門における省エネ対策の進捗状況（2019年度）】

- 照明の進捗は非常に良い
- 建築物の断熱改修については64.2%
- 給湯の省エネも進んでいる

家庭部門における省エネ対策の進捗状況（2019年度）

- 家庭部門は、高効率な照明機器の導入に係る対策の進捗が良い一方で、機器の省エネ性能向上や住宅に係る対策は加速化が必要。

<家庭部門>

10の対策により▲1,160万kl（CO2▲0.35億t）【2019年度進捗率：30.8%】

- ①高効率照明の導入（85.9%）
※2030年度：ほぼ100%

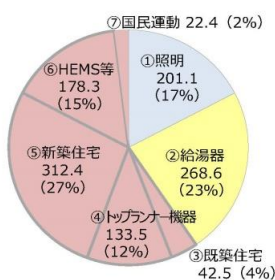
2019年度標準進捗率：38.9%

- ②高効率給湯器の導入（36.7%）
※2030年度：4630万台

2019年度進捗率：30.8%

- ③トップランナー制度等による機器の省エネ性能向上（27.3%）
- ④既築住宅の断熱改修の推進（23.3%）
- ⑤新築住宅における省エネ基準適合の推進（13.6%）
- ⑥HEMS・スマートメーターを利用した家庭部門における徹底的なエネルギー管理の実施（1.1%）
- ⑦その他、クールビズ等の国民運動の推進に係る4対策（-21.9%）

■2030年度の省エネ見込み（万kl）

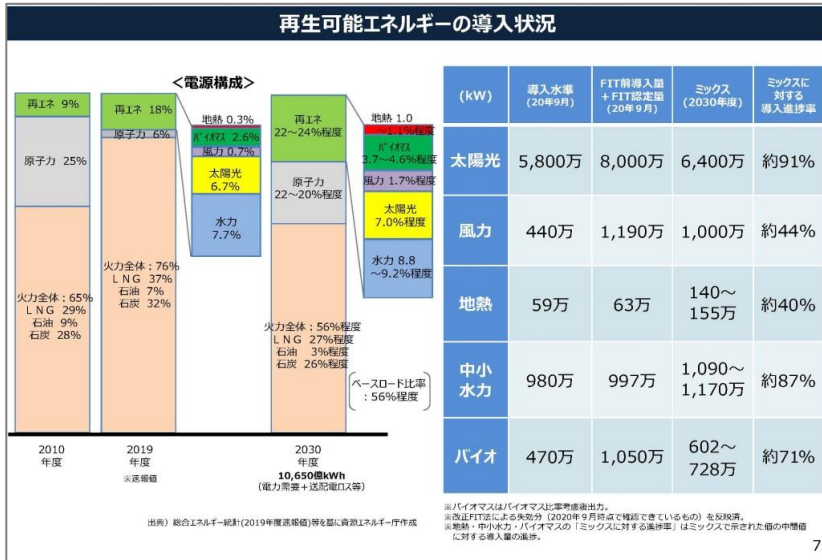


※%は、家庭部門全体の省エネ見込みに占める割合

※1 進捗が100%を超える対策は100%を上限として進捗を整理 ※2 一部対策は2018年度の実績値

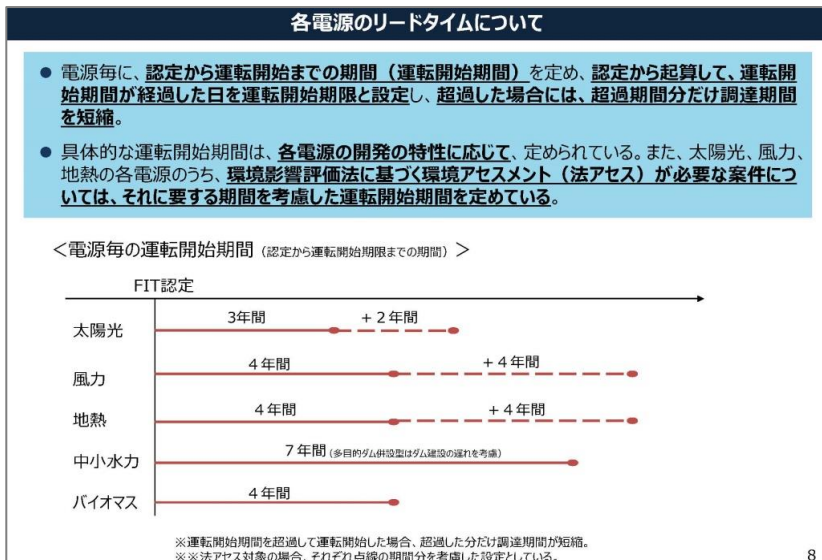
【家庭部門における省エネ対策の進捗状況（2019年度）】

- なかなか進んでいない分野が、家庭のトップランナー機器の普及
- 断熱改修についても遅れている



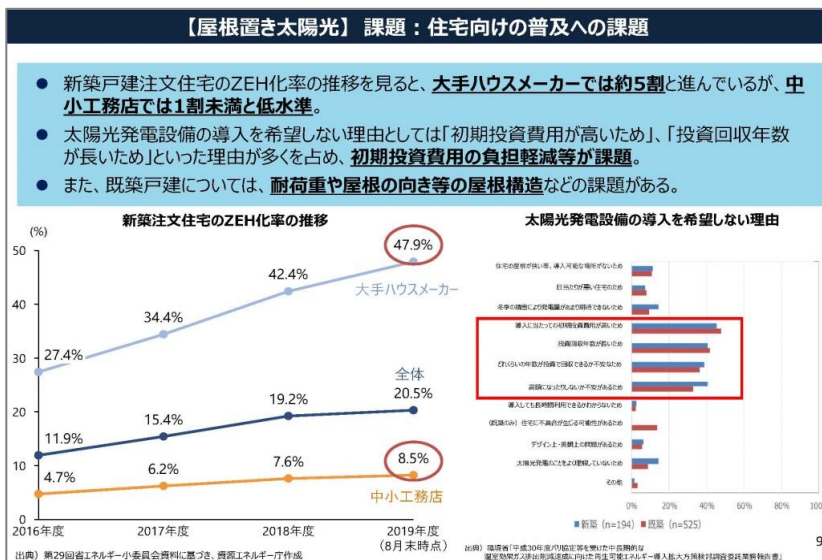
【再生可能エネルギーの導入状況】

- ・ 2030年までに、22~24%を再エネに
- ・ 太陽光の導入量の進み方が非常に堅調
- ・ 洋上風力発電の普及に、現在政府は力を入れている



【各電源のリードタイムについて】

- ・ 風力、地熱は8年~10年
- ・ バイオマスは、大規模になるとアセスメントが必要
- ・ 太陽光は3年~5年
- ・ 上記のことからも、2030年までに、太陽光を増やしていこう、というのが大きな流れに



【屋根置き太陽光】

課題：住宅向けの普及への課題

- ・ ZEH化率
大手ハウスメーカーでは進んでいるが
中小工務店ではまだ進んでいない
- ・ ZEHの普及と、屋根置き太陽光の普及は連動する
- ・ 初期費用の負担が大きい
- ・ 既築の戸建てに設置するには、耐荷重、屋根の構造の課題がある

【屋根置き太陽光】課題：非住宅向けの普及への課題

- 既存の工場・倉庫等の建物については、耐荷重が小さく太陽光パネルの設置が困難なケースがある。
- また、壁面や窓等、これまで太陽光パネルを設置していなかった箇所への導入が期待される。
- そのため、軽量かつ柔軟な次世代太陽電池の開発・低コスト化が必要。

耐荷重の低い屋根のイメージ



- 工場や倉庫等の建物は、軽量な折半屋根が多く、建物が太陽光パネルの重量に耐えられない

ビル等の壁面への設置イメージ



出典) カネカ・大成建設

10

【屋根置き太陽光】

課題：非住宅向けの普及への課題

- ・ 工場、倉庫への屋根置きも普及
- ・ 構造上課題のある場合もある
- ・ 今後、壁面や窓への設置に期待

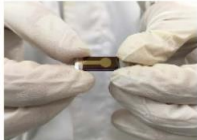
次世代太陽電池の開発

- 太陽光発電システムの設置に適した未開発の適地が減少する中、**従来の技術では太陽光発電を利用できなかった場所**（ビルの壁面・窓、工場・倉庫の屋根、移動体等）を利用可能とするため、**更なる発電効率の向上、軽量化、曲面追従化等が課題。**
- **立地課題を克服可能な次世代太陽電池（ペロブスカイト等）の開発**により、太陽光発電の中長期的な導入量の拡大が可能。

実験室サイズでの効率向上

- 課題の例：
- ・ 効率向上のための最適材料の開発（より多くの光を吸収する組み合わせ）
 - ・ エネルギーロスを最小化する電池構造

実験室内での超小型積層型

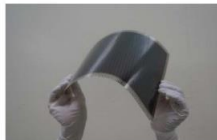


出典) 東京大学

製品サイズへの大型化・耐久性向上

- 課題の例：
- ・ ナノレベルで大面積に均一に塗布・印刷する技術
 - ・ 長期に信頼される耐久性

軽量化・曲面追従可能なペロブスカイト太陽電池



出典) NEDO

マーケットを想定した実装・実用化

- 課題の例：
- ・ エンドユーザ等の用途を考慮した製品化等の本格検討

ビル壁面等に太陽光パネルを設置した例



出典) NEDO

11

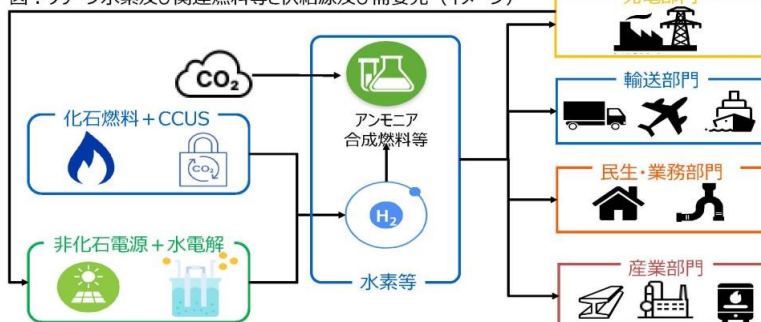
【次世代太陽電池の開発】

- ・ ペロブスカイト型の太陽光発電（薄膜の太陽光発電）

カーボンニュートラル時代の水素の役割

- 水素は**直接的に電力分野の脱炭素化に貢献するだけでなく**、余剰電力を水素に変換し、貯蔵・利用することで、**再エネ等のゼロエミ電源のポテンシャルを最大限活用**することも可能とする。
- 加えて、電化などによる脱炭素化が困難な**産業部門（原料利用、熱需要）などの脱炭素化**にも貢献し、**化石燃料をクリーンな形で有効活用**することも可能とする。
- なお、水素から製造されるアンモニアや合成燃料等も、**その特性に合わせた活用が見込まれる。**

図：クリーン水素及び関連燃料等と供給源及び需要先（イメージ）



12

【カーボンニュートラル時代の水素の役割】

- ・ 水素がキーテクノロジー
- ・ 水素は、日本が世界に先駆けてさまざまな技術開発をしてきた分野
燃料電池、エネファーム
- ・ 今後は、大規模発電、船、航空機、トラック、産業分野での活用も
- ・ 水素をどこから供給するか（つくりかた）が最も重要

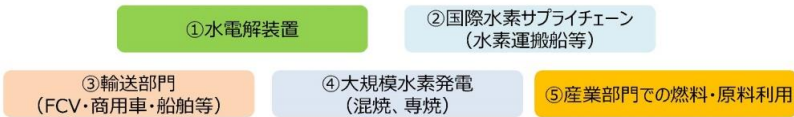
今後の水素政策のポイント

- 水素の社会実装を加速化するためには、供給と需要に関する5つの戦略分野において、**技術開発、導入支援・制度整備、インフラ整備、規制改革・国際標準化**などの政策ツールを最大限動員する必要がある。

主な政策ツール



5つの戦略分野



13

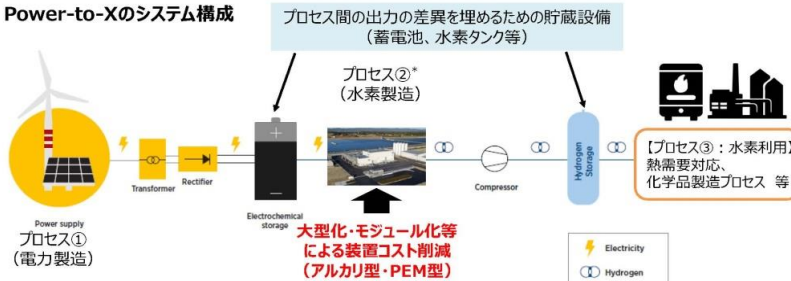
【今後の水素政策のポイント】

- 5つの戦略分野
- 参考として、次からのスライドで説明

(参考) 戦略分野①：水電解装置の開発強化

- 日本は世界最大級の水電解装置（FH2R;福島県浪江町）を有するものの、開発は**欧州勢が先行**。市場も**再エネが安い欧州等が先に立ち上がる**。
- 余剰再エネ等を活用した国内水素製造基盤の確立や、今後立ち上がる海外市場獲得を目指すべく、水電解装置の**大型化やモジュール化、優れた要素技術の実装といった技術開発を強力に後押しし、装置コストの一層の削減や耐久性向上等**を目指す。

Power-to-Xのシステム構成



水電解装置の開発と合わせて、ボイラー等の熱関連機器や基礎化学品の製造プロセスとを組み合わせ、**再エネ電源等を活用した非電力部門の脱炭素化に関するシステム全体を最適化する実証を行う予定**

14

【戦略分野①：水電解装置の開発強化】

- 福島県の浪江町に世界最大級の
水電解装置
- 太陽光発電からの電気で、水素発電
- 電気分解の効率を上げ、このモジュールを
世界に輸出していきたい

(参考) 戦略分野②：国際水素サプライチェーンの構築

- 水素社会の実現に向け、**大規模水素サプライチェーン構築と需要創出**を一体的に進めることが必要。
- 将来的な**国際水素市場の立ち上がり**が期待される中、日本は世界に先駆けて**液化水素運搬船**を建造するなど、**技術で世界をリード**。大規模需要の見込める**水素発電技術**についても**我が国が先行**。
- そのため、複数の水素キャリア（液化水素、MCH）で①**輸送設備の大型化等の技術開発・大規模水素輸送実証を支援**することに加え、②**水素発電における実機での水素の燃焼安定性に関する実証**を一体で進める。

液化水素、メチルシクロヘキサン（MCH）の大規模水素サプライチェーン(イメージ)



*製油所等、既存設備を最大限活用することを想定
出典：HySTRA、AHEAD、各社H2の推進ロードマップ作成

15

【戦略分野②：国際水素サプライチェーンの構築】

- 水素を世界中から運ぶ仕組みが、
2030年以降に世界中で動き出す
- 水素を運ぶ技術をどこが抑えるのが
ポイント
- 日本の企業は、今先行して水素を運ぶ
技術を確立しつつある

【参考】戦略分野③：輸送部門における水素利用

- FCVは現状約5200台導入。水素STは整備中含め162箇所整備。引き続きFCVの導入に向けて、規制改革、技術開発、ステーションの戦略的整備を三位一体で推進。
- トラックをはじめとする商用車や船舶なども、長い走行・航続距離を達成する等の観点から、水素やアンモニア（燃料電池、エンジン）の活用が期待されている。
- モビリティではスペースが限られていることから、小型・高出力な燃料電池、燃焼効率の高いエンジンやスペース効率の高い燃料タンク等の開発や実証等を今後支援するとともに、大規模充填能力を有するインフラ整備も行っていく。

FCV・水素ステーション整備



全国：約5200台普及

全国：162箇所（開所：140箇所）

FCトラックの走行実証、大型ステーション整備

トヨタ自動車の日野は、開発したFCトラックを活用し、2022年度より羽田クロノゲートと群馬間などで宅配便荷物等の拠点間輸送を実施



【水素利用量(大トラ)】

- 乗用車(MIRAI)の約80倍

【普及に向けた課題】

- 安価な水素供給(ディーゼル代替)
- 大型ステーション整備

船舶分野



小型・近距離
→ 燃料電池船



大型・遠距離
→ 水素ガス燃料船

(出典：アサヒホールディングス（株）、西濃運輸（株）、NEXT Logistics Japan（株）、ヤマト運輸（株）、トヨタ自動車（株）、日野自動車（株））

16

【戦略分野③：輸送部門における水素利用】

- 燃料電池自動車
- トヨタがMIRAI2を発売
- 国内には、FCV燃料電池自動車が5,200台
- 全国の水素ステーションは、162ヶ所
- 燃料電池バスは全国で100台
- 世界中の注目は、水素トラックの分野

【参考】FCV・水素STに関する技術開発及び規制見直しについて

- 今後のFCVの更なる普及拡大及び水素ST事業の自立化に向けては、技術開発や規制改革実施計画等に基づき、安全確保を前提に、引き続き、コスト低減やユーザー利便性向上に向けた規制見直しを推進。これまで規制改革実施計画に登録された37項目のうち、28項目が措置済み。
- 例えば、遠隔監視による水素ステーション運転の無人化について、関係省令等の改正を措置済み。
- 今後も、燃料電池自動車に関する事務手続きの合理化や水素ステーション設備の常用圧力の上限値の見直し等、引き続き規制見直しを推進していく。

遠隔監視による水素ステーション運転無人化（実施済）



燃料電池自動車等の規制の在り方検討（検討中）



常用圧力の上限値の見直し（検討中）



107

【参考】FCV：水素STに関する技術開発及び規制見直しについて

- ステーションの無人化
- 道路輸送車両法の改正等

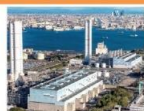
【参考】戦略分野④：発電部門における水素利用

- 日本企業は水素発電の分野で技術的に先行。既に、大型タービンで天然ガスより燃えやすい水素を混焼する燃焼器を開発し、現在、高効率な水素専焼を行う燃焼器の開発を実施中。
- この技術的優位性を維持するためにも、実機での実証、及び水素のカーボンフリーの価値を適切に評価することで、水素発電の商用化を達成し、国内の大規模需要を喚起する。
- また、既に日本企業が米国やオランダなどで、大型水素発電の具体的なプロジェクトを受注しており、更なる海外案件への参画を目指す。

大型水素発電の開発動向



- 【燃焼器の開発動向】
- 混焼用は開発完了
 - 専焼用は開発中（2025年完了見込み）



- 【今後の方針】
- 実機での燃焼性実証
 - 水素のカーボンフリーの価値を評価する市場整備

海外での案件参画動向

蘭マグナム
出力：44万kW
運転開始：2025年
備考：当初から専焼発電を志向

米ユタ州
出力：84万kW
運転開始：2025年
備考：当初は混焼で開始、2045年頃に専焼化することを目指す

燃焼速度が速い水素は天然ガス、遅いアンモニアは石炭との混焼が想定されている

18

【戦略分野④：発電部門における水素利用】

- 大規模発電でも水素発電所は今後普及
- 石炭低燃ガスへの水素の混焼、水素の専焼発電なども今後は出てくる

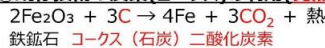
【参考】戦略分野⑤：産業部門における水素利用

- 鉄鋼分野の脱炭素化のために、水素を還元剤として利用する水素還元製鉄が検討。
- また、産業プロセスで必要となる高温の熱源としても水素は期待されている。
- 製造プロセスの変更や、水素の燃焼特性に合わせた技術開発等を行う必要。

原料としての水素（例：鉄鋼分野）

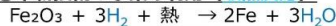
【還元剤毎の反応式】

①既存技術：炭素(コークス)の利用(発熱反応)



鉄鉱石 コークス(石炭) 二酸化炭素

②革新技術：水素の利用(吸熱反応)



鉄鉱石 水素(加熱が必要) 水

【普及のための課題】

- 熱の補填の仕組み等に関する技術開発
- 大量かつ安価な水素供給の必要性(700万トン/年、8円/Nm3)

熱源としての水素

【電化が困難な高温熱の例】

- ガラス、アルミ、亜鉛溶解炉
- ガス溶接バーナー
- ナフサクラッカー



【普及のための課題】

- 燃焼速度が速い
 - NOx排出量の増加
 - 火炎放射が弱い
- 機器側の技術開発による対応
or メタネーション等の燃料合成による対応

19

【戦略分野⑤：産業部門における水素利用】

- 産業部門は、ツイスト還元製鉄などまだまだ研究段階というところ
- 2030年に商業化、2050年ごろにサプライチェーンが構築されてくる見込み

今後のロードマップ①（脱炭素時代の水素供給の道筋）

- 水素は多様なエネルギー源から製造可能であるが、当面、日本は国内の資源ポテンシャルが限定的なため、大規模な社会実装に向けては、価格競争力のある海外水素の活用が必要。
- エネルギー安全保障向上の観点から、その調達源の多様化、調達先の多角化を推進するだけでなく、今後拡大する国内の再エネによる余剰電力を活用した国内水素製造基盤の整備も重要。
- 水素の大規模輸入が実現するまでは、副生水素など、既存の水素供給源を最大限活用することが必要不可欠。

	短期（～2025年頃）	中期（～2030年頃）	長期（～2050年）
実績・目標量	約200万トン	最大300万トン	2000万トン程度
既存供給源（副生水素等）	主要な水素供給源として最大限活用	供給源のクリーン化（CCUSの活用等）	
輸入水素	実証・準商用化等を通じた知見蓄積、コスト低減	商用ベースの大規模国際水素サプライチェーンの構築	調達源多様化・調達先多角化を通じた規模拡大
新たな国内供給源（電解水素等）	実証を通じた知見蓄積、コスト低減	余剰再エネ等を活用した水電解の立ち上がり	電解水素の規模拡大・新たな製造技術の台頭

20

【今後のロードマップ①

脱炭素時代の水素供給の道筋】

今後のロードマップ②（水素需要拡大の道筋）

- 現在、需要はFCVやFCバスなどの輸送部門と、原油の脱硫用途などの産業部門などに水素の直接利用は限定。いずれもグレー水素（化石燃料由来の水素）が活用。
- 今後は、FCTトラックなどの商用車、水素燃料船などが順次市場投入。2030年頃までに大規模国際水素サプライチェーンが商用化されるタイミングで、発電部門（タービン混焼、専焼）の実装を見込む。
- 技術的課題の解決に加え、サプライチェーンの大型化等を通じた水素供給コスト削減、インフラ整備に伴い、鉄鋼や化学、航空等の脱炭素化が困難な分野でも水素利用が拡大。
- 家庭・業務部門も含む熱需要については、既存ガス管を活用した合成メタンの供給による脱炭素化や、水電解装置と再エネ導入の更なる進展、純水素燃料電池の導入等により段階的に脱炭素化。

	短期（～2025年頃）	中期（～2030年頃）	長期（～2050年）
部門・目標量	約200万トン	最大300万トン	2000万トン程度
輸送部門	FCV、FCバスに加え、FCTトラック等への拡大	水素燃料船等の市場投入	航空機等への水素等（合成燃料等）の利用
発電部門	定置用燃料電池、小型タービンを中心に地域的に展開	大規模水素発電タービンの商用化（SCと一体）	電力の脱炭素化を支える調整力等として機能
産業部門（工業用原料）	原油の脱硫工程で利用する水素のクリーン化、製鉄、化学分野の製造プロセス実証等の実施		水素還元製鉄、グリーンケミカル（MTO等）等
産業・業務・家庭部門の熱需要	水電解装置や純水素燃料電池の導入や、既存ガス管を含む供給インフラの脱炭素化等に伴い化石燃料を代替		インフラ整備や水素コスト低減を通じた供給拡大

21

【今後のロードマップ② 水素需要拡大の道筋】

省エネも、再エネでも、そしてキーテクノロジーになる水素についても、大きく社会実装が進んでいき、今後さまざまなビジネスチャンスが出てくる。市場も大きく動き、制度も動いていく中で、こうした動きをとらえて、新しいチャンスにしていきたいと思います。