

千葉の特色を活かした水素の利活用に関する可能性及び方向性等について
(提言)

平成 28 年 3 月 31 日

千葉の特色を活かした水素の
利活用に関する研究会

目 次

1	はじめに	1
2	我が国の取組状況と展望	1
(1)	エネルギー基本計画	1
①	エネファームの普及・拡大	2
②	燃料電池自動車の導入加速に向けた環境の整備	2
③	水素の本格的な利活用に向けた水素発電等の新たな技術の実現	2
④	水素の安定的な供給に向けた製造、貯蔵・輸送技術の開発の推進	2
⑤	“水素社会”の実現に向けたロードマップの策定	3
(2)	水素・燃料電池戦略ロードマップ	4
①	エネファームに係る「主な課題と方向性」及び「主な目標」	4
②	燃料電池自動車等及び水素ステーションに係る「主な課題と方向性」及び「主な目標」	5
③	水素発電等に係る「主な課題と方向性」及び「主な目標」	6
(3)	水素の需給見通し及び海外で製造された水素の供給コスト	7
①	水素の需給見通し	7
②	海外で製造された水素の供給コスト	7
3	水素社会の構築に向けた意義及び水素の特性に合った活用方法等	8
(1)	水素社会の構築に向けた意義	8
(2)	水素の特性に合った活用方法等	9
①	気体での活用方法	10
②	液体での活用方法	10
③	固体（吸蔵合金）での活用方法	10
(3)	その他	10
4	千葉の特色を活かした水素の利活用に関する取組の方向性等について	11
(1)	現状と課題等	11
①	エネファームの現状と課題等	11
②	燃料電池自動車等と水素ステーションに関する現状と課題等	14
③	京葉臨海部の現状と課題等	17
(2)	提言	18
①	まちづくりにおける水素の利活用及び水素インフラ整備の促進（需要サイドの取組）	19
ア	まちづくりへのエネファームの導入拡大	19
イ	燃料電池自動車の普及拡大に向けた水素ステーションの適切な配置と整備促進	19

② 水素の利活用による県内産業の振興及び県内経済の活性化（供給サイドの取組）	20
ア 京葉臨海部における水素の利活用に向けた取組の加速化	20
イ 水素関連産業の集積の促進による成長産業の育成	20
ウ 京葉臨海部における総合的なエネルギー産業拠点への期待	20
エ 水素による再生可能エネルギーの有効活用に向けた実証研究の促進	21
③ 水素の利活用に関する取組を具体化するための環境づくり	21
ア 水素の利活用に向けた実証研究事業の導入促進（プラットフォームの整備）	21
イ 水素に関する理解の促進（普及啓発の強化）	21
5 おわりに	21

1 はじめに

我が国では水素社会の構築に向けて、現在、家庭用燃料電池（エネファーム）の普及や燃料電池自動車（FCV）の導入、水素ステーションの整備等が進められており、今後はその範囲や分野の拡大、水素発電の本格導入へと、水素の利活用に関する取組が進むものと考えられている。

水素は、石油や天然ガス等の化石燃料の改質や、再生可能エネルギー等を用いた水の電気分解など、多様な一次エネルギー源や水から製造することができ、また、再生可能エネルギーを活用して水から製造した水素（CO₂フリー水素）を利用するならば、化石燃料等によって製造された水素に比べてCO₂の排出量を削減できることから、本格的な水素社会の構築は、国内のエネルギーセキュリティの確保（エネルギーの安定調達）や環境負荷の低減（CO₂排出量の削減）に貢献するとともに、新たな市場創出・産業競争力の強化等に資するものである。

水素の利活用が我が国の社会経済に具体的な効果を生み出すためには、量に関して相応のスケール感を持って取り組むことが重要であり、エネファームや燃料電池自動車の導入、普及拡大にとどまることなく、水素エネルギーを大量に活用する水素発電の本格導入などに繋げていくといった長期的な視点も必要である。

水素発電はガスタービンで膨大な水素を燃焼させて発電するもので、その本格導入に当たっては、国内の水素供給ポテンシャルを超えることになるため、海外で製造された安価な水素を安定的かつ大量に国内に輸送する水素のサプライチェーンの構築、確立が必要となり、将来的には再生可能エネルギー等を活用したCO₂フリーな水素の供給システムが構築できれば、CO₂の大幅な削減が可能となる。

本研究会は、こうした視点を踏まえ、水素社会の早期構築に向けて、供給サイド及び需要サイドの両面から千葉の特色を活かした水素の利活用について研究を行い、その利活用に関する可能性や取組の方向性等について、県及び民間事業者等への提言としてまとめたものである。

2 我が国の取組状況と展望

我が国では、2014年4月に『エネルギー基本計画』を策定して、水素社会の実現に向けた取組を加速するとし、同年6月に『水素・燃料電池戦略ロードマップ』を策定して、水素社会の構築に向けた2040年頃までの取組の道筋を示した。

そして、2014年12月には燃料電池自動車「MIRAI」が世界で初めて一般ユーザー向けに販売され、これを契機としてエネファームの普及や燃料電池自動車の導入、水素ステーションの整備等の取組に対して強い関心が高まっている。

(1) エネルギー基本計画

2014年4月に策定された『エネルギー基本計画』では、今後、取り組むべき政策課題と長期的、総合的かつ計画的なエネルギー政策の方針をまとめている。

その中で、エネルギー需給構造をより安定的で効率的なものとしていくためには、一次

エネルギーだけでなく、水素を含めた将来の社会を支える二次エネルギーの利用形態や多様な供給方法等の構造の在り方について検討を行っている。

水素については、石油や天然ガス等の化石燃料の改質や、再生可能エネルギー等を用いた水の電気分解など、多様な一次エネルギー源や水から製造することができ、気体、液体、固体（吸蔵合金）というあらゆる形態で貯蔵・輸送が可能であり、利便性やエネルギー効率が高く、利用段階で温室効果ガス（CO₂）の排出がないこと、非常時対応にも効果が期待されるなど、将来の二次エネルギーの中心的役割を担うことが期待されるとしている。

また、このような水素を本格的に利活用する社会、すなわち“水素社会”を実現していくためには、多様な技術開発や低コスト化を推進することが重要であり、水素の本格的な利活用に向けて、以下の取組を戦略的に進めるとしている。

① エネファームの普及・拡大

我が国では、燃料電池の技術的優位性を背景に、世界に先駆けてエネファームが一般家庭に導入され、現在、国内外の市場開拓を進めるべき時期にある。

エネファームの普及・拡大に向けては、普及目標を 2020 年に 140 万台、2030 年に 530 万台とし、市場自立化に向けた導入支援を行うとともに、低コスト化のための触媒技術などの研究開発や標準化などを引き続き進めていく。

② 燃料電池自動車の導入加速に向けた環境の整備

2015 年に商業販売が始まる燃料電池自動車の導入（注 2014 年 12 月に燃料電池自動車が世界で初めて一般ユーザー向けに発売されている。）を推進するため、規制の見直しや導入支援等の整備支援によって、四大都市圏を中心に 2015 年内に 100 ヶ所程度の水素ステーションの整備をするとともに、部素材の低コスト化に向けた技術開発を行う。

普及初期段階においては、燃料電池自動車の導入を円滑に進めるための支援を積極的に行い、水素ステーションについても、低コスト化に向けた対策等を着実に進めて整備目標を達成し、さらに整備を拡大して燃料電池自動車が日常生活でも利用できる環境を実現する。

特に、燃料電池自動車の普及初期段階においては、比較的安定した水素需要が見込まれる燃料電池バスや燃料電池フォークリフト等の早期の実用化が重要であり、その技術開発などを着実に進める。

③ 水素の本格的な利活用に向けた水素発電等の新たな技術の実現

水素の利用技術の実用化については、エネファームや燃料電池自動車にとどまらず、水素発電にまで広がっていくことが期待され、技術開発を含めて戦略的な取組を着実に進めていく。

④ 水素の安定的な供給に向けた製造、貯蔵・輸送技術の開発の推進

水素の供給については、当面、副生水素の活用、化石燃料の改質等によって対応されることになるが、水素の本格的な利活用のためには、水素をより安価で大量に調達することが必要になるため、海外の未利用の褐炭や原油随伴ガスを水素化し、国内に輸送することや、将来的には国内外の再生可能エネルギーを活用して水素を製造することなど、そのために必要な技術開発等を着実に進めていく。

⑤ “水素社会”の実現に向けたロードマップの策定

水素社会の実現は事業者のみならず、国や自治体も関与していくことで、初めて可能となる大事業である。

このためには、先端技術等による水素の大量貯蔵・長距離輸送、燃料電池や水素発電など、水素の製造から貯蔵・輸送、利用に関わる様々な要素を包含している全体を俯瞰したロードマップの存在が不可欠であり、それを実行していくためには、関係する様々な主体が既存の利害関係を超えて参画することが重要である。このためロードマップを策定し、その実行を担う産学官による協議会を早期に立ち上げ、着実に取組を進める。

図1 水素の本格的な利活用に向けた5つの取組（ポイント）

(1)定置用燃料電池(エネファーム等)の普及・拡大
 家庭用(エネファーム)は2030年に530万台導入することを目標に、市場自立化に向けた導入支援や技術開発・標準化を通じたコスト低減を促進。
 業務・産業用も早期実用化を目指し技術開発や実証を推進。

(2)燃料電池自動車の導入加速に向けた環境の整備
 2015年から商業販売が始まる燃料電池自動車の導入を推進するため、規制見直し等によって水素ステーション100ヶ所整備の目標を達成するとともに、低コスト化のための技術開発等によりステーションの整備を促進。

(3)水素の本格的な利活用に向けた水素発電等の新たな技術の実現
 水素の利用技術の実用化については、水素発電にまで広がっていくことが期待。技術開発を含めて戦略的な取組を今から着実に推進。

(4)水素の安定的な供給に向けた製造、貯蔵・輸送技術の開発の推進
 水素をより安価で大量に調達するため、先端技術等による水素の大量貯蔵・長距離輸送など、水素の製造から貯蔵・輸送に関わる技術開発等を今から着実に推進。

(5)“水素社会”の実現に向けたロードマップの策定
 “水素社会”の実現に向けたロードマップを本年春を目途に策定し、その実行を担う産学官による協議会を早期に立ち上げ。

出典：資源エネルギー庁 燃料電池自動車等の普及促進に係る自治体連携会議（第1回） 「資料4-1 水素社会の実現に向けた取組について」（平成27年2月24日）を基に産業振興課作成

図2 水素エネルギー利活用の意義



出典：資源エネルギー庁 燃料電池自動車等の普及促進に係る自治体連携会議（第1回） 「資料4-1 水素社会の実現に向けた取組について」（平成27年2月24日）

(2) 水素・燃料電池戦略ロードマップ

2014年6月に策定された『水素・燃料電池戦略ロードマップ（以下「ロードマップ」という。）では、水素の利活用の促進に向けて、製造、輸送・貯蔵、利用の各段階における水素の利活用技術の課題の克服と経済性（コスト）に関する目標が示されるとともに、その実現に向けた具体的な官民の役割と取組を、2040年頃までの時間軸で示している。

ロードマップに示された、エネファーム、燃料電池自動車等及び水素ステーション、水素発電等に係る「主な課題と方向性」及び「主な目標」は以下のとおりである。

① エネファームに係る「主な課題と方向性」及び「主な目標」

【主な課題と方向性】

エネファームの本格的な普及に向けては、エンドユーザーの負担額（設置工事費込み）の投資回収期間を短縮することや、主な対象ユーザーに集合住宅のユーザーを加えて、対象を拡大することで量産効果を高めることも重要である。

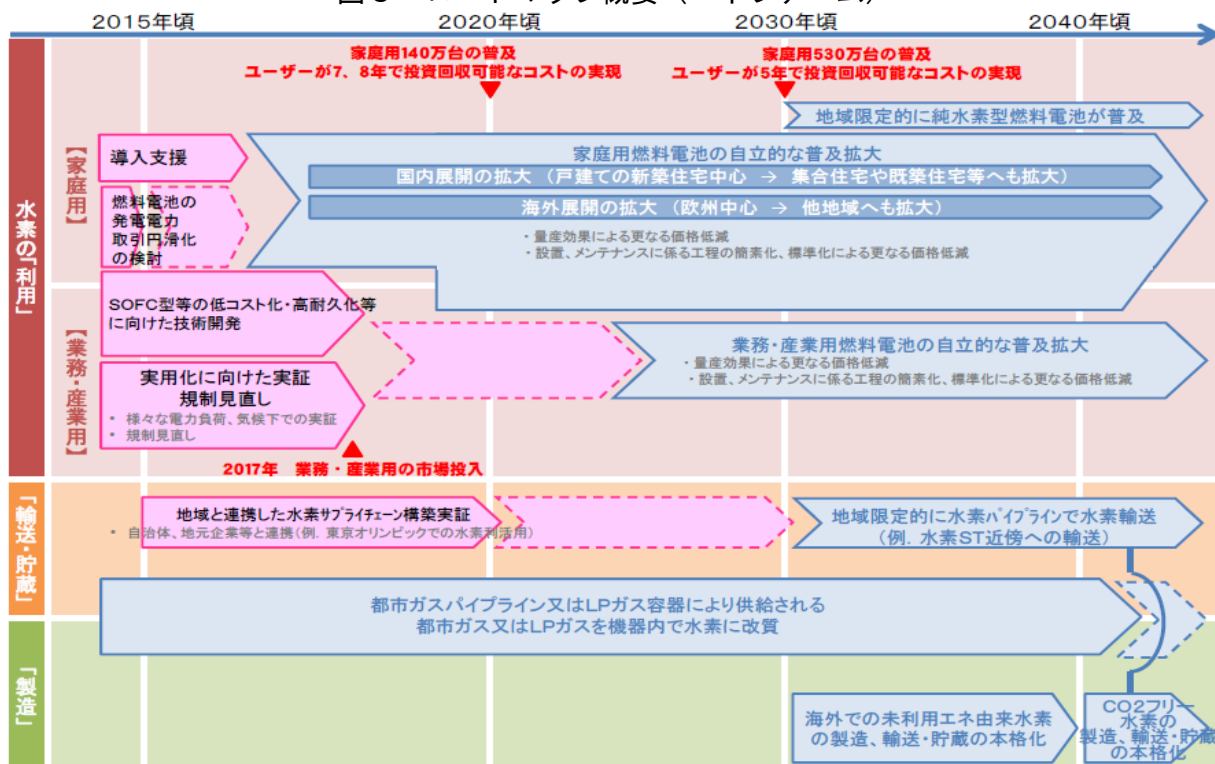
国は2015年度までは、エネファームの量産効果を下支えする導入補助を継続して行い、それ以降については、早期の自立的な普及拡大を目指すこととし、エネファームのコスト低減の進捗状況や普及状況等を踏まえ、省エネルギー施策全体の中で取扱いを検討する。（注 国は2016年度においても、市場自立化に向けた支援を継続する予定である。）

【主な目標】

ア エネファームのエンドユーザーの負担額（設置工事費込み）については、2020年に7、8年で投資回収可能な金額を、2030年に5年で投資回収可能な金額を目指す。

イ エネファームについて、早期に市場を自立化し、2020年に140万台、2030年に530万台を普及させる。

図3 ロードマップ概要（エネファーム）



(注) 赤の矢印は国が重点的に関与する取組を、青の矢印は民間が中心となって行う取組を指す。

出典：資源エネルギー庁 「水素・燃料電池戦略ロードマップ概要」（平成26年6月24日）

② 燃料電池自動車等及び水素ステーションに係る「主な課題と方向性」及び「主な目標」

【主な課題と方向性】

一般ユーザーにまで市場を拡大するためには、車両価格自体だけでなく、燃料代についても一定の経済性を確保することが重要である。

また、水素ステーションを適切に配置することが必要である。特に普及初期段階においては、ガソリン車等と比べて過度に不便を感じることをないように、適切に水素ステーションを整備していくことが重要である。

国は、初期需要創出の観点から燃料電池自動車の量産効果を下支えする導入補助や税制優遇を行う。バスやタクシー等の業務用車両についても同様に導入補助や税制優遇を行う。

【主な目標】

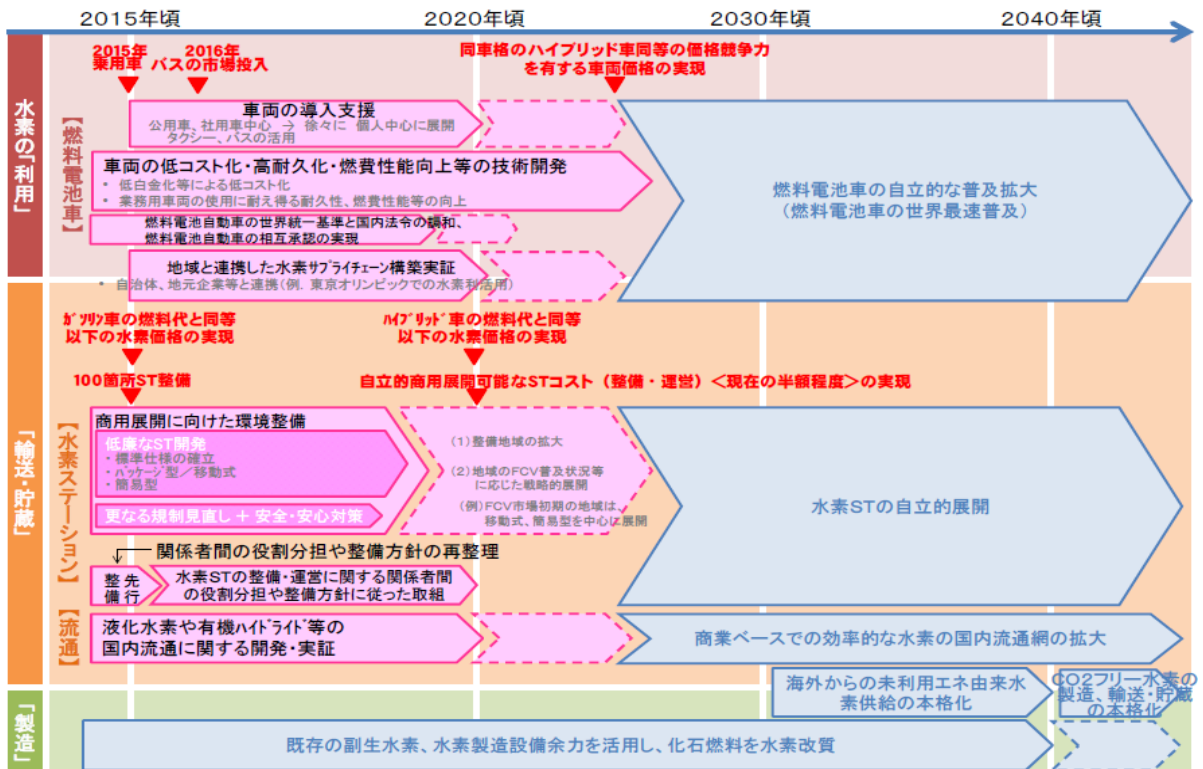
ア 燃料電池自動車については 2015 年までに市場投入する（注 2014 年 12 月に燃料電池自動車が世界で初めて一般ユーザー向けに発売されている。）。また、2016 年には燃料電池バスを市場投入する。さらに、燃料電池の適用分野をフォークリフトや船舶等に拡大する。

イ 燃料電池自動車の車両価格については、2025 年頃に同車格のハイブリッド車同等の価格競争力を有する車両価格の実現を目指す。

ウ 2015 年度内に四大都市圏を中心に 100 箇所程度の水素供給場所を確保する。

エ 水素価格については、2015 年の燃料電池自動車の市場投入当初からガソリン車の燃料代と同等以下となることを、2020 年頃にハイブリッド車の燃料代と同等以下となることを、それぞれ実現することを目指す。

図 4 ロードマップ概要（燃料電池自動車等及び水素ステーション）



(注) 赤の矢印は国が重点的に関与する取組を、青の矢印は民間が中心となって行う取組を指す。
出典：資源エネルギー庁 「水素・燃料電池戦略ロードマップ概要」（平成 26 年 6 月 24 日）

③ 水素発電に係る「主な課題と方向性」及び「主な目標」

【主な課題と方向性】

水素発電の導入に当たっては、水素の供給サイド及び発電事業者等の需要サイドを巻き込んで一体的に取り組んでいくことが必要である。

また、海外からの未利用エネルギー由来の水素供給システムの構築について、今から計画的に取り組み、水素のサプライチェーンを徐々に拡大し、2030年頃の発電事業用水素発電の本格導入に対応できる体制の整備が必要である。

【主な目標】

ア 2020年頃に自家発電用水素発電の本格導入を、2030年頃に発電事業用水素発電の本格導入を開始することを目指す。

イ 2030年頃に海外からの未利用エネルギー由来の水素の製造、輸送・貯蔵を伴う水素のサプライチェーンの本格導入を開始することを目指す。

ウ 目標とすべき水素供給コストについては、今後、専門的な検討を行うこととするが、2020年代後半にプラント引渡しコストで30円/Nm³程度、つまり発電コストで17円/kWh程度（注1）を下回ることを目指す。

（注1）コスト等検証委員会(2011年)のLNG火力の計算方式(発電効率57%)を用いた場合。なお、水素発電は発電時点で二酸化炭素を排出しないことから、CO₂対策費は考慮していない。

（注2）長期エネルギー需給見通し小委員会に対する発電コスト等の検証に関する報告(2015年)によると、発電コスト(2014)は石炭火力は12.3円/kWh、LNG火力は13.7円/kWhとなっている。

エ 2040年頃に安価で安定的に、かつ低環境負荷で水素を製造する技術を確認し、トータルでCO₂フリーな水素供給システムを確認することを目指す。

図5 ロードマップ概要（水素発電等）



（注）赤の矢印は国が重点的に関与する取組を、青の矢印は民間が中心となって行う取組を指す。
 出典：資源エネルギー庁 「水素・燃料電池戦略ロードマップ概要」（平成26年6月24日）

(3) 水素の需給見通し及び海外で製造された水素の供給コスト

① 水素の需給見通し

水素の現状及び中長期的な需給見通しについては、ロードマップにおいて、『図6 水素需給ポテンシャル（試算の一例）』のとおり推計している。

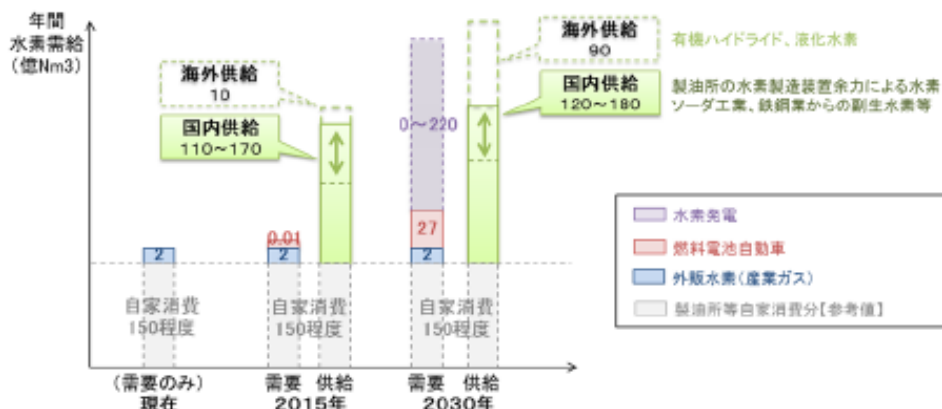
それによると、現在の国内の水素利用は 150 億 Nm³/年程度であり、その大半は石油精製過程の脱硫などに用いられ自家消費されている。

また、2030 年頃の水素の国内供給ポテンシャルは、苛性ソーダの製造過程で発生する副生水素や石油製油所の水素製造装置で余力製造される水素等で約 120～180 億 Nm³/年と試算されている。

仮に、2030 年に燃料電池自動車が 200 万台普及すると仮定した場合の水素需要量は約 27 億 Nm³/年と試算され、水素利用がこの約 27 億 Nm³/年にとどまるならば、国内の化石燃料等から製造された水素で十分賄うことが可能であるとされている。

さらに、今から 2030 年までに新設・リプレースされる LNG 火力発電に最大で 50%の水素が混合されると仮定した場合における水素需要量は最大 220 億 Nm³/年と試算され、ここまで水素需要量が増大すると、水素の国内供給ポテンシャルを超えるため、海外で製造された水素を国内に輸送する水素のサプライチェーンの構築が必要になるとされている。

図6 水素需給ポテンシャル（試算の一例）



(※1) 外販水素（産業ガス）の主な用途は、半導体生産や金属熱処理等であり、2030年までの需要量に大きな変化はないと仮定。

(※2) 燃料電池自動車は、2015年に1000台、2030年に200万台普及すると仮定。

(※3) 水素発電は、水素とLNGの混焼によるものであり、2015年時点での導入は想定せず、今から2030年までに新設・リプレースされるLNG火力発電に最大で50%の水素が混合されると仮定。

【出典】NEDO委託調査（委託先：みずほ情報総研）

「水素需給の現状と将来見通しに関する検討」（2012年）等より資源エネルギー庁作成

出典：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26年6月23日）

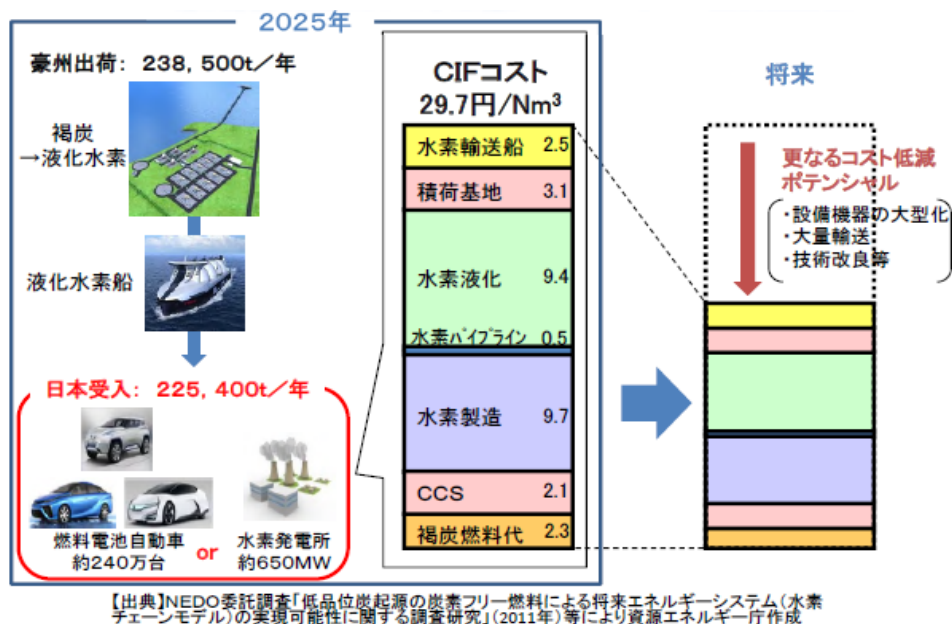
② 海外で製造された水素の供給コスト

海外で製造された水素の日本への輸送については、ロードマップにおいて、2030年頃に発電事業用水素発電及び海外からの未利用エネルギー（副生水素、原油随伴ガス、褐炭

等) 由来の水素のサプライチェーンの本格導入を開始することを目指すとして、その水素供給コストについては、2020年代後半にプラント引渡しコストで30円/Nm³程度を目指すとしている。

この水素供給コストに係る経済性評価については、『図7 海外からの水素供給(豪州褐炭を活用した水素輸入プロジェクトの経済性評価事例)』のとおり、2025年にCIFコスト(運賃・保険料込み)で約30円/Nm³と試算される経済性評価事例が示されている。

図7 海外からの水素供給(豪州褐炭を活用した水素輸入プロジェクトの経済性評価事例)



【出典】NEDO委託調査「低品位炭起源の炭素フリー燃料による将来エネルギーシステム(水素チェーンモデル)の実現可能性に関する調査研究」(2011年)等により資源エネルギー庁作成

出典: 資源エネルギー庁 水素・燃料電池戦略協議会ワーキンググループ(第5回)「資料2 水素の製造、輸送・貯蔵について」(平成26年4月14日)

3 水素社会の構築に向けた意義及び水素の特性に合った活用方法等

(1) 水素社会の構築に向けた意義

水素は、単体として自然界に存在することは難しいものの、石油や天然ガス等の化石燃料の改質や、再生可能エネルギー等を用いた水の電気分解など、多様な一次エネルギー源や水から製造可能であることから、国内のエネルギーセキュリティー(エネルギーの安定調達)の面から極めて有用な二次エネルギーと位置付けられる。

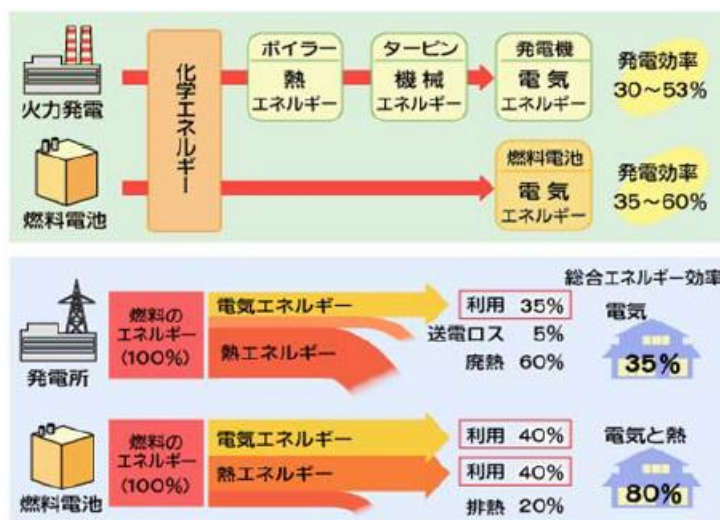
さらに、水素は利用段階でCO₂を排出しないことから、化石燃料からの製造過程でCO₂回収貯留を組み合わせた製造システムや、再生可能エネルギー等の非化石エネルギーからの水素製造が技術的・コスト的に可能であるならば、製造から利用段階に至るまで、CO₂を排出しないエネルギー(CO₂フリーな水素)供給システムの構築が可能となり、これによれば、CO₂を大幅に削減できる。

また、水素と酸素の化学反応により直接電気と熱を発生させる燃料電池は、エネルギーの利用効率の高いコージェネレーションシステムとしての利用が可能であり、更に発電の過程でも、火力発電のように熱エネルギーや運動エネルギーへの変換がなく、変換ロスが少ない効率的な発電が可能である。

燃料電池自動車の総合エネルギー効率は、『表1 自動車の総合エネルギー効率 -- 化石

燃料ベースの場合』によると、ガソリン車に比べて2倍以上と高く、省エネルギー効果が期待されている。

図8 燃料電池のエネルギー効率



[出典] 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構HP
 出典：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26年6月23日)

表1 自動車の総合エネルギー効率 -- 化石燃料ベースの場合

	燃料効率 Well to Tank	車両効率 Tank to Wheel	総合効率 Well To Wheel
ガソリン車 ICEV	88%	16%	14%
ガソリンハイブリッド車 HEV	石油井	タンク	28~32%
プラグインハイブリッド車 PHEV			(28~29%)
電気自動車 BEV	天然ガス井	バッテリー	35%
水素燃料電池自動車 FCV			タンク

➢ ICE-V, HEV, FCV(ハイブリッド仕様)の値はトヨタ自動車2003年資料による。P-HEV、B-EVは試算値
 ➢ EVの電力は天然ガス改良型複合発電、原料利用率95%、発電効率55%(LHV)、送配電ロス5%を仮定
 ➢ EVの車両効率はUhrig(ANS, 2005)による値(車重増15%考慮)。P-HEV総合効率はEV走行75%を想定

出典：月刊エネルギー 2006年5月号

(注 燃料効率：1次エネルギーの採掘から車両のタンク・電池までのエネルギー効率
 車両効率：車両のタンク・電池から走行までのエネルギー効率
 総合効率：燃料効率×車両効率)

(2) 水素の特性に合った活用方法等

水素は他の元素と結合しやすいことから、水素単体では自然界にほとんど存在せず、水や有機化合物等として存在する。

空気約14分の1と最も軽い気体であり、沸点が約-253℃と低く、特定の条件下で金属に入ると、その金属をもろくするという特徴(水素脆化)があるほか、天然ガス等の既存燃料に比べると、発熱量が小さく、燃焼速度が速い、火炎温度が高いなどの特性を有している

ことから、水素の利活用に当たっては、こうした特性を十分に理解して進めていくことが必要である。

① 気体での活用方法

気体の水素は比重が非常に軽く、密度が低い気体であることから、高圧ガスにして効率的な活用を図る必要がある。

日本においては、燃料電池自動車では 70MPa（約 700 気圧）の高圧ガスとして、また燃料電池フォークリフトでは 35MPa（約 350 気圧）の高圧ガスとして利用されている。

また、水素は天然ガス等の既存燃料に比べ、燃焼させた場合に発熱量が小さく、燃焼速度が速い、火炎温度が高い等の特性を有し、燃焼速度が速いために逆火などの不安定な燃焼状態が起きやすく、燃焼時には高温となること等から、これらに対応した水素発電ガスタービンの技術開発等が取り組まれている。

（注 逆火とは燃料ガスの噴出速度よりも燃焼速度が速いために火炎がバーナーに戻る現象。）

② 液体での活用方法

水素は、液体にすることにより、気体に比べて体積が約 800 分の 1 となり、大量の貯蔵・輸送に適しているものの、液体水素の沸点は、液化天然ガスの約 -162°C と比べ、約 -253°C と低いことから、外部からの侵入熱で気化しやすく（ボイルオフ）別の物質に変換して貯蔵・輸送することも考える必要がある。

このため、海外で製造された水素を液化水素やメチルシクロヘキサン等にして大量に輸送するための技術開発が取り組まれている。

③ 固体（吸蔵合金）での活用方法

水素吸蔵合金は、金属内に水素が入り込む現象を逆に利用して、金属に水素を吸蔵させる機能を持った合金であり、この合金の活用は、重量は重くなるが高圧にせずに、大量かつ安全に長期間保存する方法として有効であることから、その特性を活かして、ニッケル水素電池や燃料電池自動車の水素タンクへの応用などに関する研究開発が進められている。

（3）その他

水素は、産業部門では石油精製における脱硫や製鉄所における鉄鉱石の還元材など、広く使用されており、その使用に対しては高圧ガス保安法や消防法などにおいて、取扱に関する法令や基準等が整備されている。

一方、消費者の使用に係るいわゆる民生面では、これまで十分な普及実績がない中で、類似の施設基準や規制をもとに、これらと比べて、どちらかといえば、厳しい規制が適用されている状況である。

水素については、欧米各国でも取組が始まっているが、まだ技術的な蓄積が十分になく、各国で独自の基準があるもののグローバルスタンダードが確立されていない状況にあることから、今後、国内における技術開発の促進とその実用（実証）化事例を積み重ねながら、日本がグローバルスタンダードの構築に向けて寄与していくことが求められている。

また、水素の有用性及び安全性に対する県民の理解が十分図られるよう、エネルギーをめぐる全体像への理解と、水素に対する理解を深めるための機会の提供を図っていく必要がある。

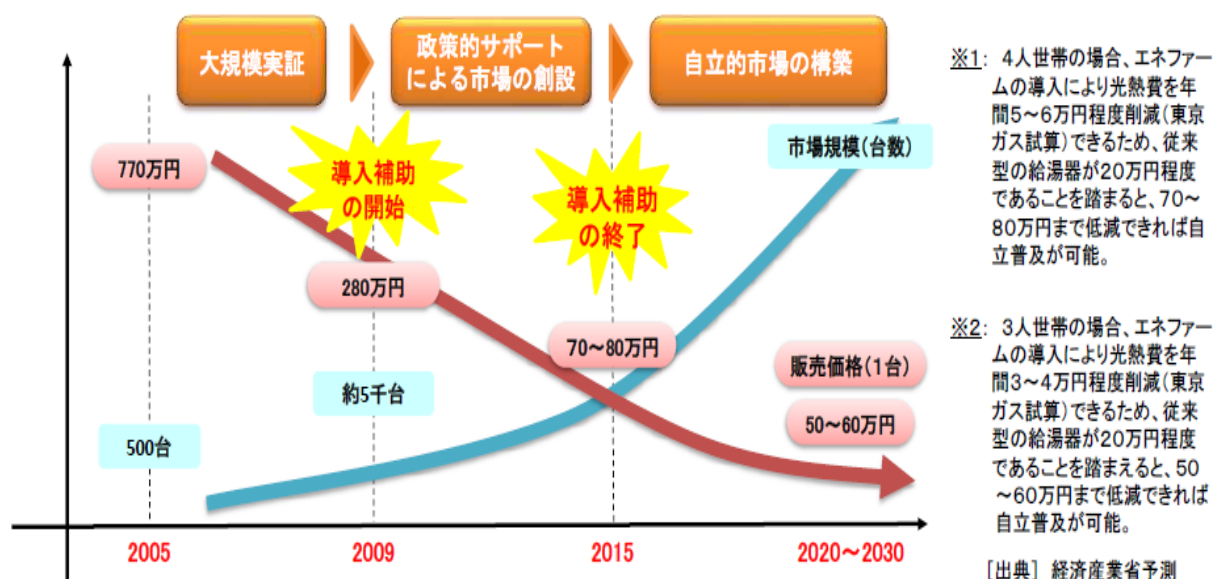
4 千葉の特色を活かした水素の利活用に関する取組の方向性等について

(1) 現状と課題等

① エネファームの現状と課題等

水素を活用した家庭用の燃料電池であるエネファームについては、『図9 家庭用燃料電池の普及シナリオ』によると、2016年から導入補助金を必要としない自立的市場が構築されると予測されていたが、国は2016年度においても、市場自立化に向けた支援を継続する予定としており、今後の普及拡大が依然として課題となっている。製品の改良面では、これまで、停電時でも運転を継続できる自立運転機能付き機種や、マンション内に設置できる機種などバリエーションの充実が図られるとともに、技術開発の推進や量産効果により、普及台数の拡大と機器コストの低減が図られ、自立的な市場形成の実現まであと一歩のところまで来ている。

図9 家庭用燃料電池の普及シナリオ



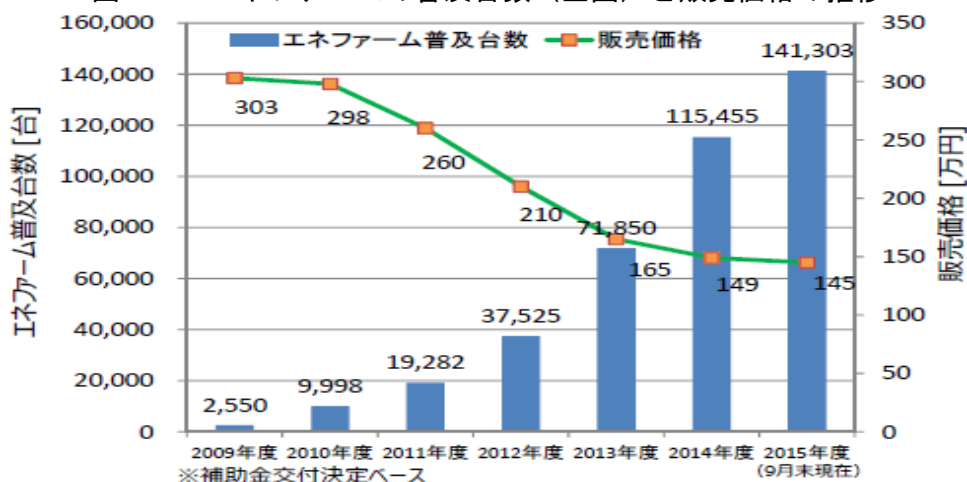
出典：資源エネルギー庁 水素・燃料電池戦略協議会ワーキンググループ（第2回）「資料1 家庭用燃料電池について」

(平成26年2月3日)

全国におけるエネファームの普及拡大及びコスト低減に係る状況については、『図10 エネファームの普及台数（全国）と販売価格の推移』によると、2009年にエネファームが世界で初めて発売されて以降、普及累計台数は2015年9月末現在で14万台を突破し、また、エネファーム普及推進協議体「エネファームパートナーズ」の発表（2015年12月21日付け）では15万台を突破したとされ、販売価格についても、2009年の販売当初の約300万円から、2015年9月末現在で約150万円にまで半減している。

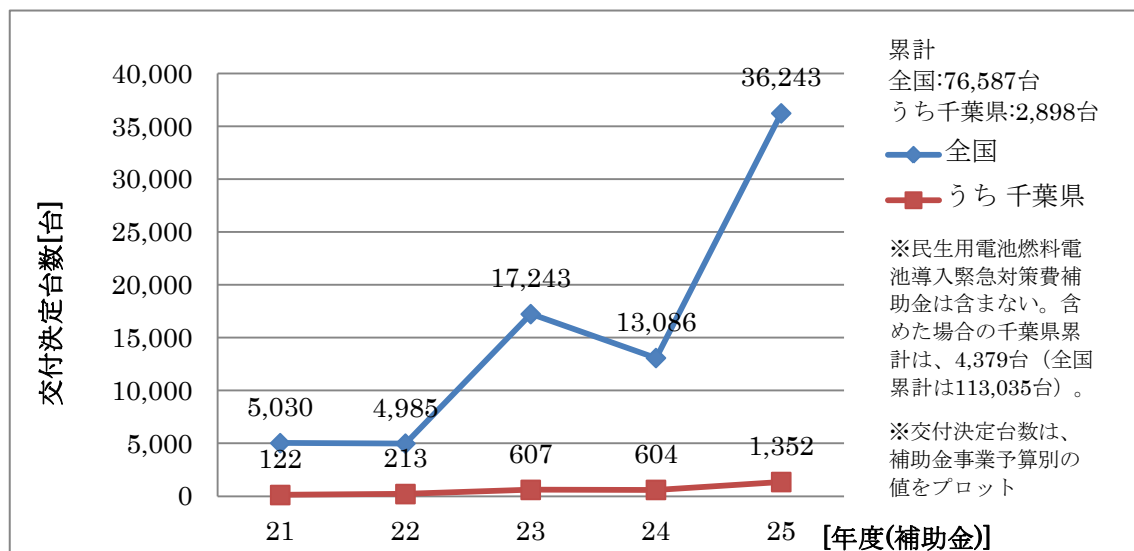
また、『図11 一般社団法人燃料電池普及促進協会（FCA）によるエネファーム補助金実績』によると、国の補助金累計ベースで2014年度末までの千葉県内の普及累計台数は4,379台であり、全国累計台数に対して約3.9%となっている。

図 10 エネファームの普及台数（全国）と販売価格の推移



出典：資源エネルギー庁 水素・燃料電池戦略協議会（第5回）「資料1 第5回水素・燃料電池戦略協議会 事務局提出資料」（平成27年11月11日）

図 11 一般社団法人燃料電池普及促進協会（FCA）によるエネファーム補助金実績



出典：一般社団法人燃料電池普及促進協会 「補助金事業予算別 補助金交付台数」を基に産業振興課作成

さらに、『図 12 家庭用燃料電池の設置先の状況』によると、エネファームの設置は、そのほとんどが戸建住宅であり、そのエネルギー供給源は大半が都市ガスとなっており、地域別では、関東地域、中部地域及び近畿地域に集中している。

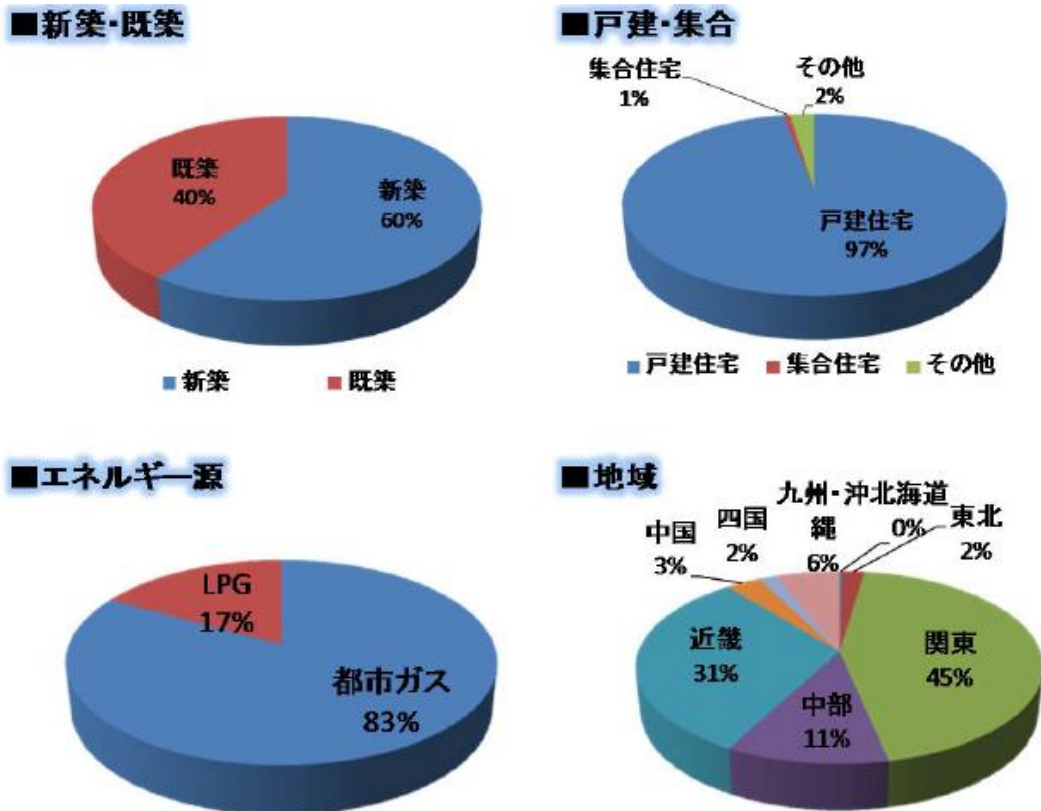
千葉県においては、『図 13 千葉県内のエネファームに対する補助事業実施市町村の状況と都市ガス事業者の供給エリア』によると、都市ガス事業者の供給エリアに加え、南房総地域や東総地域等のLPG事業者の供給エリアにも設置の動きが見られる。

戸建・集合住宅等の居住世帯のある住宅の建て方のうち、集合住宅（共同住宅・長屋）の割合は、『平成25年住宅・土地統計調査結果（総務省統計局）』によれば、全国で約45%、千葉県でも約46%である中で、エネファームの集合住宅への導入促進は、量産効果を高める上でも必要である。

加えて、県内では、柏市、佐倉市などでエネルギーの効率的かつ効果的な活用を図るための新たなまちづくりの取組みが進められており、こうした地域でのエネファームの有効

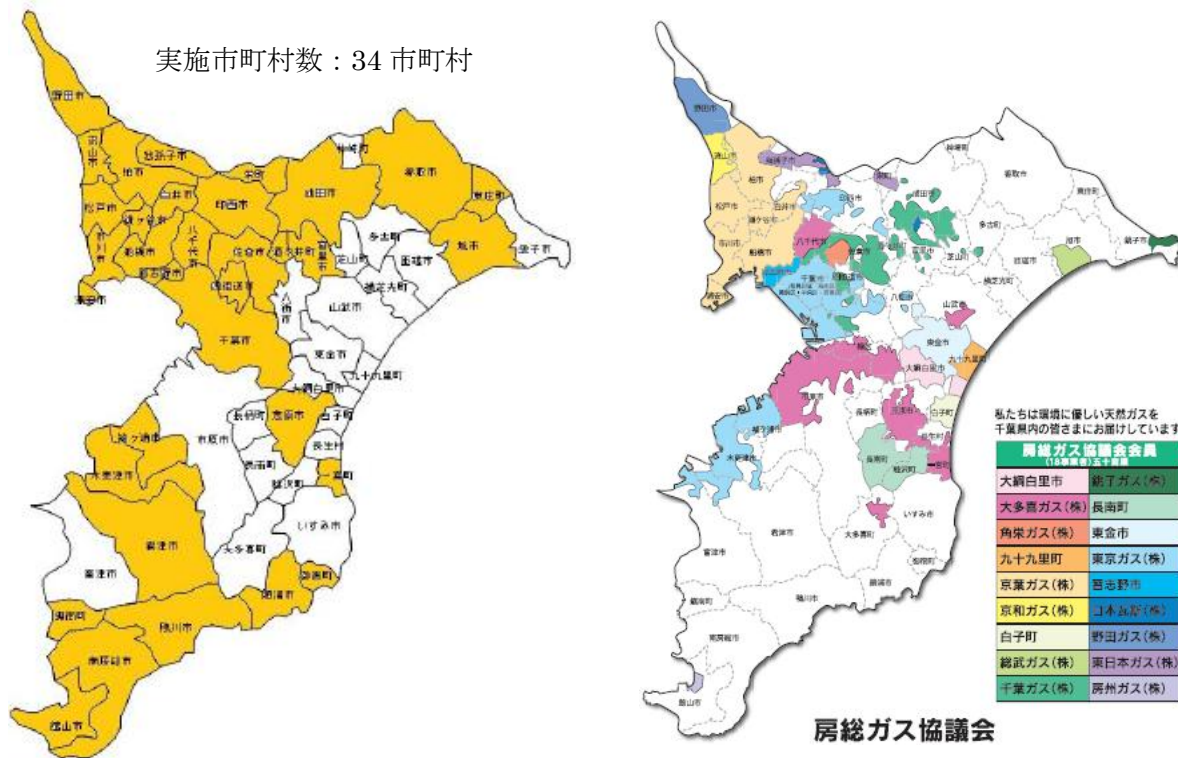
活用が図られれば、その普及に弾みがつくとも期待されている。

図 1 2 家庭用燃料電池の設置先の状況



(注) 2009年4月～2013年12月の累積補助金交付台数 [出典] 民生用燃料電池導入支援補助金交付実績
出典：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26年6月23日)

図 1 3 千葉県内のエネファームに対する補助事業実施市町村の状況と都市ガス事業者の供給エリア
平成27年度補助事業実施市町村 都市ガス事業者の供給エリア (H27.12時点)



出典：各市町村ホームページ等を基に産業振興課作成

出典：房総ガス協議会

千葉県では、2013 年度に『千葉県住宅用省エネルギー設備等導入促進事業補助金』制度が設けられ、エネファームの設置導入経費に対する補助（エネファーム 1 台当たりの補助金額 10 万円〔定額〕）が、市町村を通じて行われているが、2015 年度の補助事業実施市町村は 34 市町村にとどまっております、こうした制度を活用した一層の普及拡大が望まれる。

② 燃料電池自動車等と水素ステーションに関する現状と課題等

首都圏では 3 環状道路と 9 放射道路を骨格とし、これに東京湾アクアラインが一体となって広域的な交通ネットワークが整備されつつある。

図 1 4 首都圏における交通ネットワーク

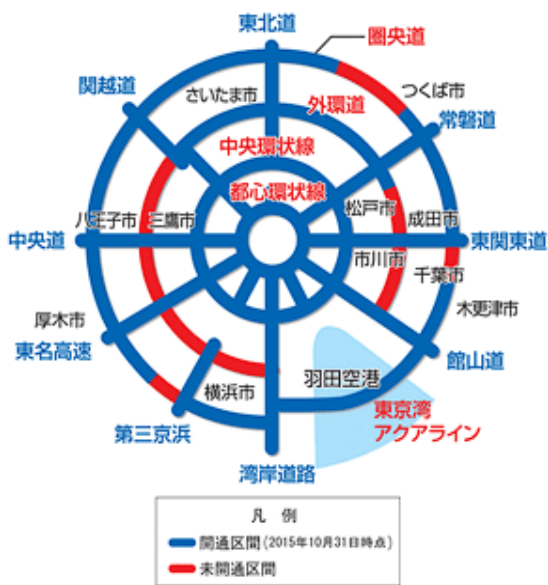
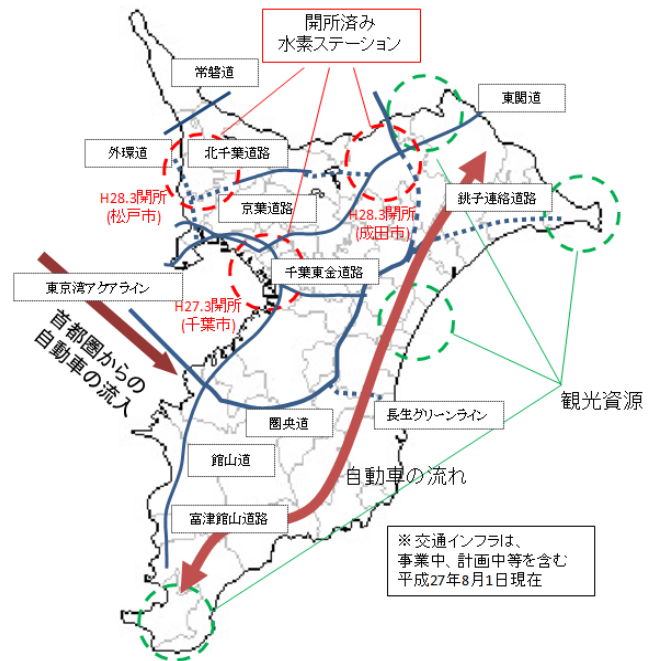


図 1 5 県内の主な交通インフラの整備状況等



出典：国土交通省関東地方整備局ホームページ
 (<http://www.ktr.mlit.go.jp/honkyoku/road/3kanjo/history/index.htm>) (開通区間は平成 27 年 10 月 31 日時点)

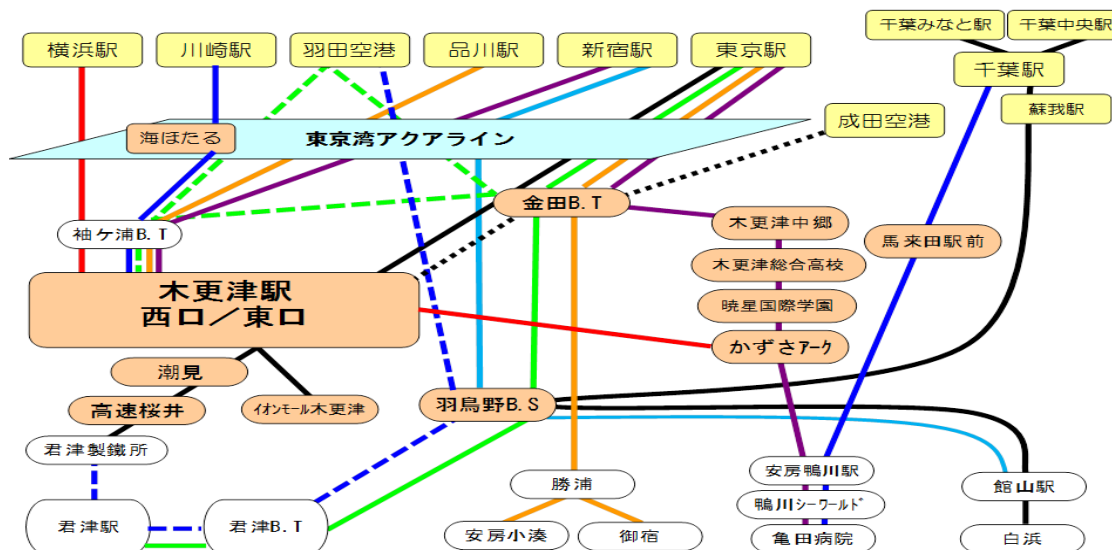
出典：千葉県 「明日のちばを創る！産業振興ビジョン」、第 2 回研究会資料等を基に産業振興課作成（交通インフラは事業中、計画中等を含む。平成 27 年 8 月 1 日現在）

千葉県では、『図 1 6 東京湾アクアラインを通過する高速バスルート事例』に見られるように、東京都内の主要な駅をはじめ、横浜駅、川崎駅、羽田空港等とを東京湾アクアライン経由で連絡する高速バスの運行や、成田空港と首都圏の各地とを結ぶリムジンバスの運行など、多数の高速バスルートが開発、整備されている。

そして、東京湾アクアライン 800 円の継続や同着岸地周辺における大型商業施設等の開設等により、東京湾アクアラインの交通量が増加していることや、日本の空の玄関口である成田空港の 2014 年度の国際線乗降客数が約 2,600 万人にのぼっていることなどから、この交通ネットワークの利用は、今後ますます拡大するものと見込まれている。

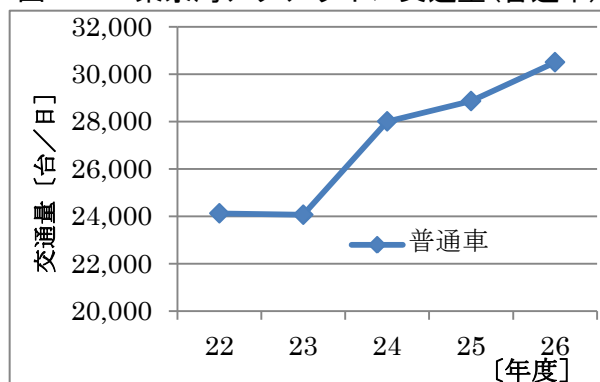
こうした千葉県の特色を、燃料電池自動車の普及拡大につなげることも、水素の利活用の需要サイドからの取組として、有効かつ重要な意義を有するといえる。

図 16 東京湾アクアラインを通過する高速バスルート事例



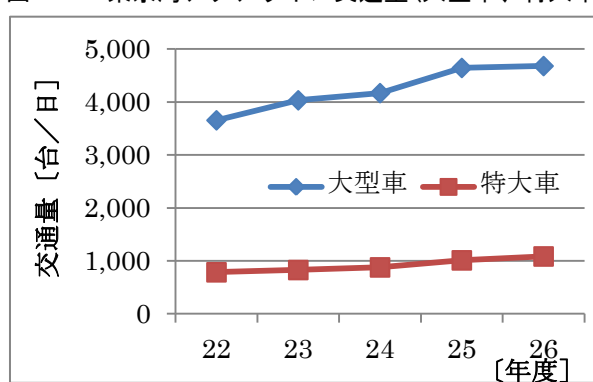
出典：木更津市ホームページ (<http://www.city.kisarazu.lg.jp/12,82,59,325.html>) 「高速バス案内」

図 17 東京湾アクアライン交通量(普通車)



出典：東日本高速道路株式会社ホームページ (http://www.e-nexco.co.jp/word_data/data/) 「道路毎の交通量」車種別通行台数を基に産業振興課作成

図 18 東京湾アクアライン交通量(大型車、特大車)



出典：東日本高速道路株式会社ホームページ (http://www.e-nexco.co.jp/word_data/data/) 「道路毎の交通量」車種別通行台数を基に産業振興課作成

表 2 成田空港及び羽田空港における乗降客数

空港名	乗降客数 (国内線)	乗降客数 (国際線)	乗降客数 (合計)
成田空港 (2014 年度)	約 600 万人	約 2,666 万人	約 3,266 万人
羽田空港 (2014 年度)	約 6,266 万人	約 1,156 万人	約 7,421 万人

出典：国土交通省、暦年・年度別空港管理状況調査

燃料電池自動車の普及拡大を図る上では、販売価格の低減とともに、基本的なインフラとしての水素ステーションの先行整備も重要であり、その設置により燃料電池自動車の導入が加速化されるといった好循環を生み出していくことも肝要である。

2014 年 12 月に燃料電池自動車「MIRAI (メーカー希望小売価格: 約 724 万円 (消費税込み))」が世界で初めて一般ユーザー向けに販売され、トヨタ自動車株式会社のホームページに掲載された発表 (2015 年 1 月 22 日付け、同年 10 月 14 日付け) によると、2015 年末までの約 1 年間に約 700 台、2016 年に約 2,000 台、2017 年に約 3,000 台へと年間生産台数を拡大させ、さらに、2020 年頃以降の燃料電池自動車の販売は、日本で年間 1 万数千台の販売を目指すとして、世界販売で年間 3 万台以上の販売を目指すとしている。

今後の更なる普及拡大に向けては、車両価格の低コスト化や性能の向上、量産効果による販売価格の低減等が望まれる。

また、本田技研工業株式会社も2016年3月10日付けで量産型の燃料電池自動車「クラリティ フューエルセル」の発売を発表している。

水素ステーションの整備の状況については、『表3 商用水素ステーションの整備状況(2016年3月15日現在)』によると、整備予定は80か所であり、そのうち開所済は52か所(2016年3月15日現在)となっている。

千葉県内の整備状況(2016年3月15日現在)をみると、整備予定が4か所(松戸市、八千代市、成田市、千葉市花見川区)であり、うち3か所(松戸市、成田市、千葉市花見川区)が開所済である。

国や一部の地方公共団体等では、普及拡大に向けて、燃料電池自動車への導入補助や税制上の優遇措置が、また、水素ステーションの整備・運営コストに対しての整備補助や運営補助等が実施されている。

表3 商用水素ステーションの整備状況(2016年3月15日現在)

都道府県	整備予定	開所済
千葉県	4	3
埼玉県	9	6
東京都	12	9
神奈川県	10	9
山梨県	1	1
岐阜県	1	0
静岡県	1	0
愛知県	16	12
三重県	2	0
滋賀県	1	1
京都府	2	1
大阪府	7	4
兵庫県	1	1
山口県	1	1
徳島県	1	0
福岡県	9	4
佐賀県	1	0
大分県	1	0
合計	80	52

出典：燃料電池実用化推進協議会ホームページ等を基に産業振興課作成

なお、燃料電池バスは非常用電源としても有用であり、『表4 非常時の外部電源供給ポテンシャル』によると、燃料電池バス1台により体育館で使用される4～5日分の電力供給が可能である。

表4 非常時の外部電源供給ポテンシャル

	EV	FCV	燃料電池バス
燃料満タンでの 体育館給電時間	5時間 (16～24kWh)	1日 (120kWh)	4～5日 (460kWh)

※体育館での電力必要量は約100kWh/日

出典：資源エネルギー庁 水素・燃料電池戦略協議会ワーキンググループ(第4回)「資料1 燃料電池の新たな用途について」(平成26年3月26日)

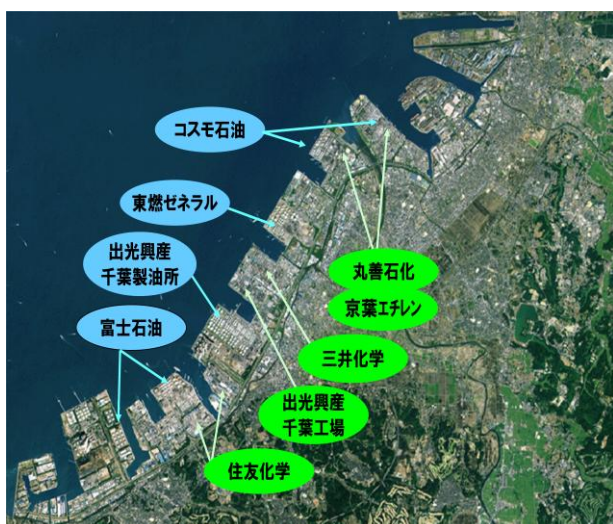
③ 京葉臨海部の現状と課題等

京葉臨海コンビナートには、石油精製と石油化学の事業所群が集積し、その事業所群を挟む形で製鉄所が立地しており、千葉県における製造品出荷額の約6割を占め、これらの産業の生産過程では、相当量の副生水素が発生している。

こうした副生水素については、その大半が自家消費に回されるほか、石油精製及び石油化学等の事業所間を結ぶパイプラインにより水素の供給ネットワークが構築され、水素の相互融通が図られている。

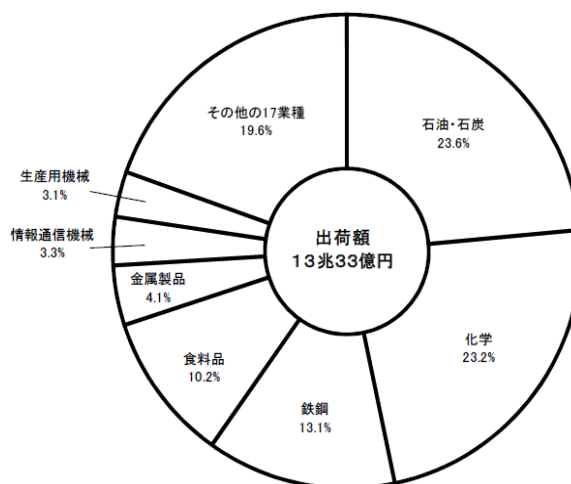
また、このコンビナートには液化水素等の製造工場も立地しており、液化水素や圧縮水素による効率的な輸送や貯蔵が行われている。

図19 京葉臨海コンビナートの概要



出典：出光興産株式会社資料を基に産業振興課作成

図20 千葉県における製造品出荷額
(産業中分類別出荷額の構成比)



* 従業者4人以上の事業所

出典：千葉県 「平成25年工業統計調査」 千葉県の工業動向

さらに、京葉臨海コンビナートは、首都圏におけるエネルギーの一大供給拠点となっており、首都圏に立地する主な火力発電所の最大出力の約47% (『表5 首都圏の主な火力発電所 (東京電力)』)、東京電力の発電電力量の約43% (『図21 東京電力の発電電力量に占める千葉県内発電量の割合 (H23年度)』) を占めている。このうち、県内需要は約3割にとどまり、残りの約7割は首都圏に供給されている。

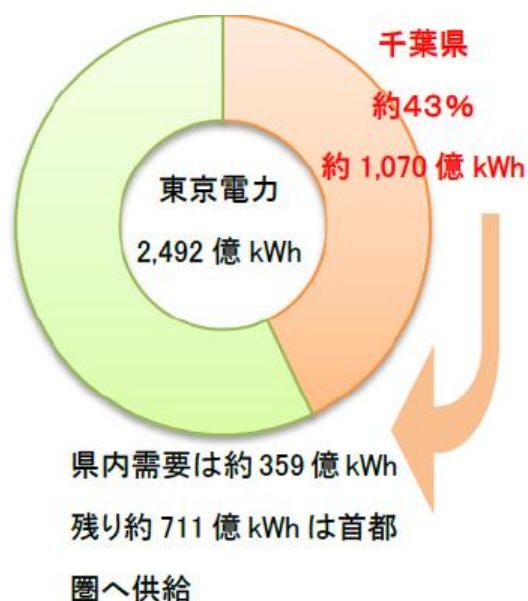
表5 首都圏の主な火力発電所（東京電力）

2014年度末現在

	発電所名	最大出力 [kw]	首都圏における割合[%]
千葉県	千葉火力発電所	4,380,000	11.2
	五井火力発電所	1,886,000	4.8
	姉崎火力発電所	3,600,000	9.2
	袖ヶ浦火力発電所	3,600,000	9.2
	富津火力発電所	5,040,000	12.9
	計	18,506,000	47.3
東京都	品川火力発電所	1,140,000	2.9
	大井火力発電所	1,050,000	2.7
	計	2,190,000	5.6
神奈川県	川崎火力発電所	2,000,000	5.1
	東扇島火力発電所	2,000,000	5.1
	横浜火力発電所	3,325,000	8.5
	南横浜火力発電所	1,150,000	2.9
	横須賀火力発電所	2,274,000	5.8
	計	10,749,000	27.5
茨城県	常陸那珂火力発電所	2,000,000	5.1
	鹿島火力発電所	5,660,000	14.5
	計	7,660,000	19.6
	合計	39,105,000	

出典：東京電力株式会社ホームページを基に産業振興課作成

図21 東京電力の発電電力量に占める千葉県内発電量の割合（H23年度）



出典：東京電力株式会社資料及び千葉県統計年鑑（平成24年）を基に産業振興課作成

こうしたエネルギー供給拠点としての役割は、大型タンカーが荷役できるけい留施設などの港湾関連施設やパイプライン網などのインフラに支えられており、こうしたインフラは、発電事業用水素発電の本格導入時には、水素の輸入と発電に係る拠点形成を進める上で、大きな立地優位性を発揮できるものと考えられる。

（『表6 首都圏の主なLNG基地』によると、首都圏における主なLNG基地の合計容量（6,570千kl）の約57%は千葉県内に設置されている。）

表6 首都圏の主なLNG基地

	LNG基地の名称	合計容量 [千kl]	首都圏における割合 [%]
千葉県	富津火力発電所	1,110	16.9
	袖ヶ浦火力発電所	2,660	40.5
	袖ヶ浦LNG基地		
	計	3,770	57.4
神奈川県	東扇島火力発電所	540	8.2
	扇島LNG基地	850	12.9
	南横浜火力発電所	1,180	18.0
	根岸LNG基地		
	計	2,570	39.1
茨城県	日立LNG基地 (2016年3月稼働予定)	230	3.5
	計	230	3.5
	合計	6,570	

出典：東京ガス株式会社 インベスターズガイド（2015年3月期）を基に産業振興課作成

（2）提言

水素は、多様な一次エネルギー源や水から製造することができ、取扱い時の安全性の確保が必要であるが、エネルギー効率が高く、気体、液体、吸蔵合金というあらゆる形態で貯蔵・輸送が可能であることから、将来の二次エネルギーの中心的役割を担うことが期待されている。

しかし、水素を日常の生活や産業活動で利用するためには、その特性を十分理解して活用

する必要があることから、技術面、コスト面、制度面、インフラ面で未だ多くの課題が存在しており、多くの主体によって技術研究開発や実証事業が取り組まれている段階である。

水素の利活用を進めるに当たっては、エネファームの普及をはじめ、燃料電池自動車の導入や水素ステーションの整備等、多くの分野で水素をエネルギー源として利用する需要サイドの取組と、低コスト化や量産化等を進めるための技術開発などの供給サイドの取組との、両方の取組を進めながら、双方の相乗効果により好循環を生み出すような取組が必要である。

本研究会では、千葉の特色を踏まえ、需要サイドの取組、供給サイドの取組及びこれらの取組を具体化するための環境づくりの3点について提言する。

このうち、需要サイドの取組については、住宅や地域のエネルギーの利活用を最適化するまちづくりへのエネファームの導入拡大や、東京湾アクアラインを含む広域的な交通ネットワーク等を活かした燃料電池自動車の普及拡大、利用者の視点に立った水素ステーションの地域への適正配置の促進など、水素の需要拡大の視点が重要である。

また、供給サイドの取組については、すでに水素の取扱いに精通している企業が多く京葉臨海コンビナートに集積していることから、こうした集積効果を生かして、新たな用途開発を含めて水素の利活用に係る技術開発を加速化させて、県内産業の振興や県内経済の活性化に繋げる視点が重要である。

そして、これらの取組を具体化するための環境づくりとして、水素の利活用に係るニーズとシーズのマッチングの場（プラットフォーム）を早急に整備し、その中で様々な実証研究事業の検討を加速化させるとともに、水素に対する県民の理解を深める機会の提供拡大を図っていくことが必要である。

① まちづくりにおける水素の利活用及び水素インフラ整備の促進（需要サイドの取組）

ア まちづくりへのエネファームの導入拡大

千葉県では、住宅や地域のエネルギーの利活用を最適化するための新たなまちづくりが、柏市や佐倉市等で推進されている。

このようなまちづくりにおいて、エネファームの導入を拡大することは、エネルギーの効率的な利用、分散型電源を活用してエネルギーの安定供給を図る上で有効であり、また、その地域の魅力の一つとしてまちのブランド化にもつながるものと考えられる。

こうしたことから、行政によるエネファームの市場自立化に向けた効果的な支援が継続されるとともに、まちづくりの中でエネファームの効果的な導入が図られ、それらが水素の需要拡大に繋がることを期待する。

（民間事業者及び県への提言）

イ 燃料電池自動車の普及拡大に向けた水素ステーションの適切な配置と整備促進

燃料電池自動車の普及拡大を図るためには、その車両価格の低減と普及のための基本的インフラである水素ステーションの整備促進が重要である。水素ステーションの整備促進に当たっては、燃料電池自動車の普及動向を見据え、道路ネットワークの結節点となる地域やヒト、モノの集積地への適切な設置・配置が求められ、県内においては、東

京湾アクアラインの着岸地である木更津や、幕張メッセのある幕張新都心、柏の葉スマートシティのある柏などが挙げられる。

また、水素ステーションの整備については、定置型その他、移設可能な移動式など、多様な設置形態があり、また、自ら整備設置を図るほかにリースにより設置するものもあるなど、様々な設置運営形態が利用可能な中で、需要動向等に応じて、適切な設置方式が選択されることが必要であり、さらにコンビニエンスストアや防災施設等との併設により整備されることも考えられる。

さらに、水素ステーションの整備及び運営コストの低減に向けては、適切な規制緩和を国に働きかけていくべきである。

(民間事業者及び県への提言)

② 水素の利活用による県内産業の振興及び県内経済の活性化（供給サイドの取組）

ア 京葉臨海部における水素の利活用に向けた取組の加速化

京葉臨海コンビナートには、石油精製や石油化学の事業所群や製鉄所など、水素の取扱いに精通している企業が多く集積しており、製品の製造過程で相当量の副生水素が生成されている。

また、石油精製や石油化学等の事業所間では、水素の供給ネットワークが構築されて水素の相互融通が図られ、液化水素等の製造工場も立地し、液化水素や圧縮水素による効率的な輸送や貯蔵が行われている。

このように、水素の取扱いに精通している企業群が集積している強みを生かして新たな用途の開発や利活用に関する活発な技術開発を促進し、域内外での経済的かつ効率的な水素の利活用に向けた取組が加速化することを期待する。

(民間事業者及び県への提言)

イ 水素関連産業の集積の促進による成長産業の育成

本格的な水素社会の構築に向けて、水素の製造、貯蔵・輸送、利用に関する水素関連産業のさらなる成長が見込まれている。

千葉県では、燃料電池の製造や水素ステーションの整備、運営等、すでに水素の利活用に取り組む企業が多数立地していることから、これらの企業群を核に、今後は、水素関連企業の一層の集積を促進し、新たな成長産業群の育成に繋がることを期待する。

(民間事業者及び県への提言)

ウ 京葉臨海部における総合的なエネルギー産業拠点への期待

国においては、本格的な水素社会の構築に向けて、事業所等への自家発電用水素発電の本格導入の取組に加えて、水素の大量導入が可能な発電事業用水素発電の本格導入を中長期的な取組目標に位置付けている。

すでに、一部の民間企業においては、海外で製造した水素を日本に輸送し、水素ガスタービン発電に利用する実証事業が始まっていることから、本格的な水素社会の到来時

に、港湾インフラの整備された京葉臨海部が、そのような取組について十分注視しながら、水素の大量消費の行われる水素社会の構築に大きな役割を果たすことができるよう検討を進めていくことが必要である。

(発電事業者等及び県への提言)

エ 水素による再生可能エネルギーの有効活用に向けた実証研究の促進

千葉県では、太陽光発電を中心に再生可能エネルギーの導入が進んでいるが、県南部地域など、系統への連系に制約が生じている地域が存在している。

こうした地域の十分に活用されていない再生可能エネルギーを利用して、水素に変換して貯蔵、利用することは、再生可能エネルギーの有効活用の面からも意義のあることであり、そうした点からの実証研究事業を促進すべきである。

(民間事業者及び県への提言)

③ 水素の利活用に関する取組を具体化するための環境づくり

ア 水素の利活用に向けた実証研究事業の導入促進（プラットフォームの整備）

水素の利活用については、更なる技術開発が必要であることから、需要・供給の両サイドを見据えた実証研究事業を促すための場を整備し、取組みを加速させることが必要である。

そのためには、関係企業や研究機関が一同に会して、千葉県における水素の利活用に関するポテンシャルを踏まえた、情報共有や協議、検討等を行う場（プラットフォーム）を早急に整備し、その中で様々な実証研究事業の提案や検討を加速化させることが必要である。

(民間事業者及び県への提言)

イ 水素に関する理解の促進（普及啓発の強化）

水素社会の構築に向けては、水素の有用性や安全性等に関する県民等の理解が十分図られていくことが重要であることから、積極的な普及啓発活動や情報提供に加え、イベント等への参画など、水素に対する理解を深める機会の拡大を図り、水素エネルギーの円滑な導入に向けた環境づくりに努めていくべきである。

(県への提言)

5 おわりに

本研究会では、主にエネファームや燃料電池自動車、水素を供給する水素インフラ等に焦点を当てて検討を行ってきたが、引き続き燃料電池の導入範囲の拡大に関する検討や未利用エネルギーを活用した水素の製造、海外で製造された水素を国内に輸送する水素のサプライチェーンの構築に向けた検討など、中長期的な視点の下に、千葉の特色を活かした水素の利活用に関する議論を今後も深めていかなければならない。

私たちが目指す水素社会の道のりはまだまだ遠いと言わざるを得ないが、『水素社会の実現イメージ』が日本全体で共有され、水素エネルギーの利用、拡大に向けた取組がスケール感を

持って、着実に進められていくことを期待する。

そして、千葉県や民間事業者等がこの提言を踏まえ、今後、千葉の特色を活かした様々な取組が一步一步着実に推進されていくことを期待する。

【千葉の特色を活かした水素の利活用に関する研究会】

【委員名簿（順不同、敬称略）】

氏 名	役 職 名
岡崎 健	東京工業大学 特命教授 工学博士（ソリューション研究機構 グローバル水素エネルギーユニット）【座長】
岡野 一清	元九州大学大学院 工学府 客員教授【副座長】
荒 正仁	東京ガス株式会社 エネルギーソリューション本部 エネルギー企画部 部長
遠藤 博之	出光興産株式会社 経営企画部 部長付
大平 英二	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー部 燃料電池・水素グループ 主任研究員
白野 哲	トヨタ自動車株式会社 流通企画部 関東地域統括部長 ※第1回研究会から第3回研究会まで委員
成瀬 明	トヨタ自動車株式会社 国内販売店部 地域渉外部長 ※第4回研究会委員
清野 弘	株式会社東芝 次世代エネルギー事業開発プロジェクトチーム サブプロジェクトマネージャー部長
宮崎 淳	岩谷産業株式会社 常務執行役員 水素エネルギー部長 兼 中央研究所 副所長
吉岡 浩	富士電機株式会社 発電・社会インフラ事業本部 新エネプラント事業部 新エネルギー技術部 主席

【開催状況】

- 第1回研究会 平成27年 8月24日（月）
 第2回研究会 平成27年 9月25日（金）
 第3回研究会 平成27年11月19日（木）
 第4回研究会 平成28年 3月11日（金）