

六ヶ所村 政策推進課御中

六ヶ所村水素導入可能性調査業務委託
報告書

 株式会社三菱総合研究所

平成31年3月5日

目次

1. 調査概要	1
1.1 目的	1
1.2 調査概要	1
2. 六ヶ所村の状況	2
2.1 人口・住環境	2
2.2 産業	6
2.3 地域開発	8
2.4 再生可能エネルギー資源	13
2.5 計画	16
3. 水素・エネルギー関連のロードマップ	18
3.1 第5次エネルギー基本計画	18
3.2 水素・燃料電池戦略ロードマップ及び水素基本戦略について	20
4. 水素関連技術状況	24
4.1 水素製造技術	24
4.2 輸送・貯蔵技術	26
4.3 水素利用技術(発電)	27
4.4 水素利用技術(水素ステーション)	28
4.5 モビリティ	29
5. 先行実証事例	31
5.1 北海道	31
5.2 宮城県	32
5.3 福島県	33
5.4 福井県	34
5.5 兵庫県	35
5.6 北海道	36
5.7 神奈川県	37
5.8 ヘルテン市(ドイツ)	38
6. 六ヶ所村における水素導入構想	39
6.1 水素導入構想	39
6.2 ロードマップ	41
6.3 体制案	43
6.4 成果目標	44
7. 実証モデル	50
7.1 水素を中心とした街づくり	50
7.2 実証概要	53
7.3 実証関連設備	54
7.4 実証内容	60
7.5 各種計算	63
7.6 成果目標	67
7.7 想定スケジュール	68

図目次

図 1	六ヶ所村の人口推移 (S55～H22)	2
図 2	六ヶ所村の通勤による流出入	3
図 3	尾駈レイクタウンの概要	4
図 4	六ヶ所村の年間の気象状況	5
図 5	六ヶ所村の産業別就業人口の推移	7
図 6	産業中分類別就業者数 (平成 22 年)	7
図 7	むつ小川原開発地区の分譲情報	9
図 8	風力ポテンシャルマップ (環境省調査)	14
図 9	六ヶ所村における諸計画との関係図	16
図 10	「六ヶ所村新エネルギー推進計画」における将来像のコンセプト	17
図 11	「第 4 次六ヶ所村総合振興計画」における施策の大綱	17
図 12	第 5 次エネルギー基本計画の概要	18
図 13	水素社会実現に向けた対応の方向性	21
図 14	水素・燃料電池ロードマップの概要	21
図 15	水素基本戦略の概要	23
図 16	水素基本戦略のシナリオ	23
図 17	水電解装置の原理	24
図 18	しかおい水素ファームの事業概要	31
図 19	宮城県実証事業の概要	32
図 20	福島県実証事業の概要	33
図 21	実証事業イメージ	34
図 22	神戸市における実証事業の概要	35
図 23	苫前町における事業概要	36
図 24	横浜市における事業概要	37
図 25	水素導入構想の全体像	40
図 26	構想実現に向けた体制案	43
図 27	施策による直接効果まとめ	47
図 28	六ヶ所村における水素サプライチェーンのイメージ (再掲)	50
図 29	短期・中期実証の位置づけ	51
図 30	中期実証案のイメージ図	52
図 31	短期実証案のコンセプト	53
図 32	短期実証の全体構成	54
図 33	スマートハウスの一日の電力使用例	56
図 34	再エネ安定利用実証のイメージ	60
図 35	エネルギー安定供給実証のイメージ	60
図 36	エネルギー面的利用実証のイメージ	61
図 37	普及啓蒙・学習活動における利用イメージ	61
図 38	住民が実感できる熱利用方法イメージ	62
図 39	燃料電池ドローンの活用イメージ	62
図 40	水素設備によるピークシフト運転のイメージ	63

表目次

表 1	業務内容 1 の検討項目	1
表 2	業務内容 2 の検討項目	1
表 3	六ヶ所村内の次世代エネルギーパーク一覧	10
表 4	六ヶ所村の再生可能エネルギー導入ポテンシャル	13
表 5	六ヶ所村における風力発電設備の概要	15
表 6	六ヶ所村におけるメガソーラーの概要	15
表 7	水電解水素製造装置の主な種類	25
表 8	水素貯蔵・輸送方法の主な種類	26
表 9	燃料電池の主な種類	27
表 10	オンサイト水素ステーションの主な種類	28
表 11	オフサイト水素ステーションの主な種類	28
表 12	水素及び燃料電池を活用したモビリティ一覧	29
表 13	水素導入構想の実現に向けたロードマップ	42
表 14	直接効果の試算（家庭への水素設備導入）	44
表 15	直接効果の試算（公共施設への水素設備導入）	45
表 16	直接効果の試算（モビリティへの水素設備導入）	46
表 17	直接効果の試算（企業・研究所の誘致）	46
表 18	直接効果の成果目標	48
表 19	社会的波及効果の成果目標	49
表 20	六ヶ所村内の大規模風力発電所	55
表 21	短期実証の需要先候補	55
表 22	実証規模に合致する主な燃料電池メーカー	58
表 23	実証規模に合致する主な水電解水素製造装置メーカー	58
表 24	建築基準法に基づく水素貯蔵量の上限	59
表 25	水素設備によるピークカット運転のシミュレーション	64
表 26	ピークカット運転による 1 日の各設備の想定運転結果	65
表 27	各季節のピークカット運転による 1 日の各設備の想定運転結果	66
表 28	水素設備運用による年間収支例	66
表 29	短期的な実証の成果目標	67
表 30	設備導入・実証スケジュール案	68

1. 調査概要

1.1 目的

六ヶ所村では、高齢化が進み、さらに、出生数を上回る自然減傾向が続いており、平成25年には人口11,000人を下回っている。雇用は安定しているが、人口減少が続くのは本村に住みたいという「魅力」、また、村民が本村に住んで良かったという「誇り」を実感できていないことも要因として考えられる。

進行している人口減少に歯止めをかけるため、再生可能エネルギーが集積する本村の強みを活かした魅力あるまちづくりが求められている。

本業務では、六ヶ所村新エネルギー推進計画等の上位計画に基づき、新エネルギーのまちとしての地位を確立するとともに、「生活環境の力」「安全・安心の力」「経済の力」を高め、安らぎと幸せを実感できるまちづくりに向けた水素の活用方法について、調査・検討するものである。

1.2 調査概要

業務内容1：構想及び今後の展開、成果目標の検討

水素を活用し、魅力あるまちづくりを推進するための構想及び今後の展開、成果目標を検討する。

表 1 業務内容 1 の検討項目

検討項目		報告書内の対応箇所
1	水素を活用し、魅力あるまちづくりを推進するための構想	6. 六ヶ所村における水素導入構想
2	今後の展開（上記1の実現に向けたロードマップ作成）	
3	定量的な成果目標	

業務内容2：実証モデルの検討

構想の実現に向けた第一段階として、村内の公共施設等への熱電供給等を行う実証モデルを検討する。

表 2 業務内容 2 の検討項目

検討項目		報告書内の対応箇所
1	実証内容	7. 実証モデル
2	導入設備	
3	導入する施設	
4	実証に要する水素量の算出	
5	実証に要する電力量の算出	
6	電力調達方法	
7	水素の製造・貯蔵・輸送方法	
8	熱電利用方法	
9	課題の抽出及び解決策の揭示	
10	収支試算	
11	事業化に向けたスケジュール	

1 2	その他	
-----	-----	--

2. 六ヶ所村の状況

2.1 人口・住環境

(1) 人口

1960年代末からのむつ小川原開発進展による原子燃料サイクル施設や石油備蓄基地ほか各種整備が始まって以降、港湾、道路、都市基盤等の基盤整備及び大規模な施設建設等による建設関連労働者流入による転入増加で雇用機会が拡大し、人口増加が続いた。

その後、日本原燃や関連事業所での雇用安定と、日本原燃本社の移転、尾駈レイクタウンへの社員住宅建設などにより、最近20年間の総人口は11,000人～12,000人を維持している。

尾駈レイクタウンへの若者や出産・子育て層の転入が続き、出生数も増加したが、高齢化の影響による死亡数の増加によって村全体として自然減少を始め、平成25年には人口11,000人を下回った。

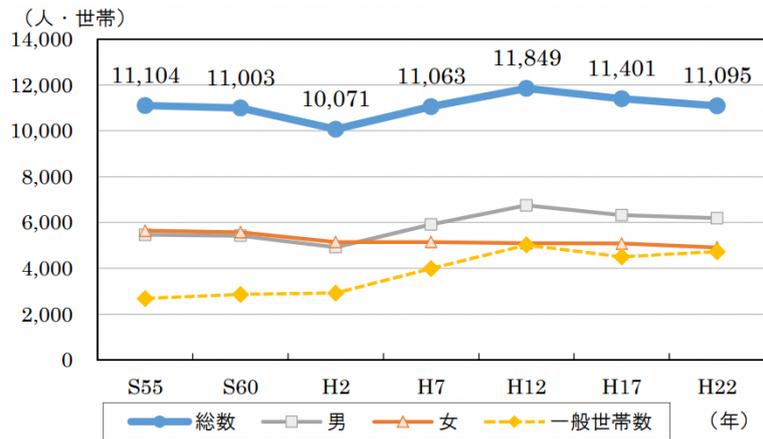


図1 六ヶ所村の人口推移 (S55～H22)

出所：六ヶ所村「六ヶ所村人口ビジョン」(2015.10) 3頁¹

※ 総務省 平成27年国勢調査による数値

総人口 10,536 人 (男：5,816 人、女：4,720 人)

生産年齢人口 6,714 人、老年人口 2,427 人

総世帯数 4,683 世帯

(2) 交通アクセス

村外からの交通アクセスについて、鉄道は無いため基本的に自家用車による移動となる。通勤手段も同様であり、図2に示した通勤における流入状況によると、三沢市や八戸市間の移動が多い。最寄りの空港は三沢空港であるが、東北新幹線の開通により、遠方からのアクセスは新幹線の最寄り駅である七戸十和田駅からの六ヶ所村への乗用車での移動手段もある。尚、七戸十和田駅から六ヶ所村までは同村が企画した乗合タクシーがあり、1時間前後の時間で移動可能である。

¹ <http://www.rokkasho.jp/index.cfm/11.5302.c.html/5302/20170331-135714.pdf> <閲覧日：2019年2月22日>



図 3 尾駈レイクタウンの概要

出所：青森県「むつ小川原開発地区-世界に貢献する「科学技術創造圏」-」12項

(4) 気候

「六ヶ所村新エネルギー推進計画」によると、六ヶ所村は本州最北部に位置し、冬季は氷点下の厳しい寒さが続く。したがって冬季はエネルギー消費における熱需要の割合が高いことが想定される。水素事業の検討においてはこの熱需要への対応が重要な項目の一つになりうる。一方で、寒冷地であるために水を用いた設備導入においては注意が必要である。

六ヶ所村新エネルギー推進計画 12 項

○降雨・降雪

平成 22 年までの過去 29 年間の年間降水量は約 1,301mm です。過去 5 年間（平成 24 年～28 年）では 83mm 多い、約 1,384mm です。11 月から降雪、積雪が見られ、遅い年では 4 月まで積雪が残ることがあります。冬季の合計降雪量は 300cm に及ぶこともあります。

○気温

本州の最北部に位置する本村の過去 29 年間の年間平均気温は 9.2℃で、過去 5 年間では 9.4℃です。夏季（8 月）の日最高気温は 25.4℃、日最低気温 18.3℃と冷涼です。冬季（1 月）の日最低気温は-4.6℃と厳しい寒さです。

■六ヶ所村の気象平均値

要素	降水量 (mm)	平均気温 (℃)	日最高気温 (℃)	日最低気温 (℃)	平均風速 (m/s)	日照時間 (時間)
1 月	96.7	-1.7	1.1	-4.6	3.4	77.0
2 月	68.3	-1.4	1.6	-4.5	3.3	98.0
3 月	58.8	1.6	5.3	-2.0	3.2	153.7
4 月	63.2	7.2	12.0	3.0	3.1	187.1
5 月	91.1	11.8	16.9	7.7	2.7	191.5
6 月	107.9	15.1	19.4	11.7	2.4	153.8
7 月	162.8	18.7	22.6	15.9	2.3	129.2
8 月	149.1	21.3	25.4	18.3	2.1	139.3
9 月	170.7	18.2	22.4	14.7	2.2	140.2
10 月	115.6	12.5	17.0	8.3	2.5	149.0
11 月	102.0	6.4	10.4	2.7	3.0	101.9
12 月	96.6	1.0	4.1	-2.0	3.3	78.5
年	1301.0	9.2	13.2	5.7	2.8	1593.8

*データは昭和 57 年から平成 22 年までの 29 年間(日照時間は昭和 62 年から平成 22 年までの 24 年間)の平均値
(資料:青森地方気象台)

図 4 六ヶ所村の年間の気象状況

出所：六ヶ所村新エネルギー推進計画 11 項

2.2 産業

(1) 農業

ジャガイモなど冷害に強い作物をはじめ、いも類、ごぼうや大根、にんじん等の根菜類が作物の主力。また、冷涼な気候と広大な丘陵地を活用した畜産が盛んであり、村の一次産業の一端を担っている。

新たな展開として、大規模花卉工場（(株)フローリーテックジャパン）におけるトリジェネレーションシステムが存在し、コジェネ発電設備からの電熱併給に加えて CO2 を花きの光合成促進において利用する取り組みがなされている。

(2) 漁業

下北半島の太平洋側は暖流と寒流が交わる好漁場で、スルメイカ・ホタルイカ漁を中心にサケの定置網漁、泊地区の磯浜では上質なウニ、アワビが収穫されるほか、昆布やわかめ、ふのりなどの海藻類も豊富である。

内水面漁業として、沼や川における、サケ、マス、ウグイなど、海から川・沼へ回遊する魚のほか、高瀬川でのシジミ漁、市柳沼や田面木沼でのワカサギ漁がある。

(3) 工業

国・県・経団連などの支援協力により、エネルギー及び科学分野における研究開発機能の展開や、液晶関連産業の集積など成長産業の立地展開等が進展。村内のむつ小川原開発地区は、これまでに約 1,182ha の分譲（2018 年 10 月現在）が行われ、国家石油備蓄基地、核燃料サイクル施設等が立地している。

これらの産業全体の動向として、図 5 に産業分野ごとの人口推移を示した。平成 2 年以降の原子燃料サイクル施設の建設及び稼働に伴い、平成 7 年以降は急速に第 2 次産業の増加が続いた。平成 12 年以降は施設整備が一段落したことで第 2 次産業の就業者は一定の規模で推移している。また、研究施設の整備等に伴い、学術研究や各種サービス業等、第 3 次産業の増加が見られその割合が高まっている。一方、農林漁業の減少により、第 1 次産業は微減傾向が続いている。

図 6 に示した個別の業種別人口を見ると、原子燃料サイクル関連の製造業 22%、建設業 16%、その他サービス業 12%で全体の 5 割を占めている。また学術研究・専門技術サービスが 6%程度あり、六ヶ所村特有の産業構造となっている。

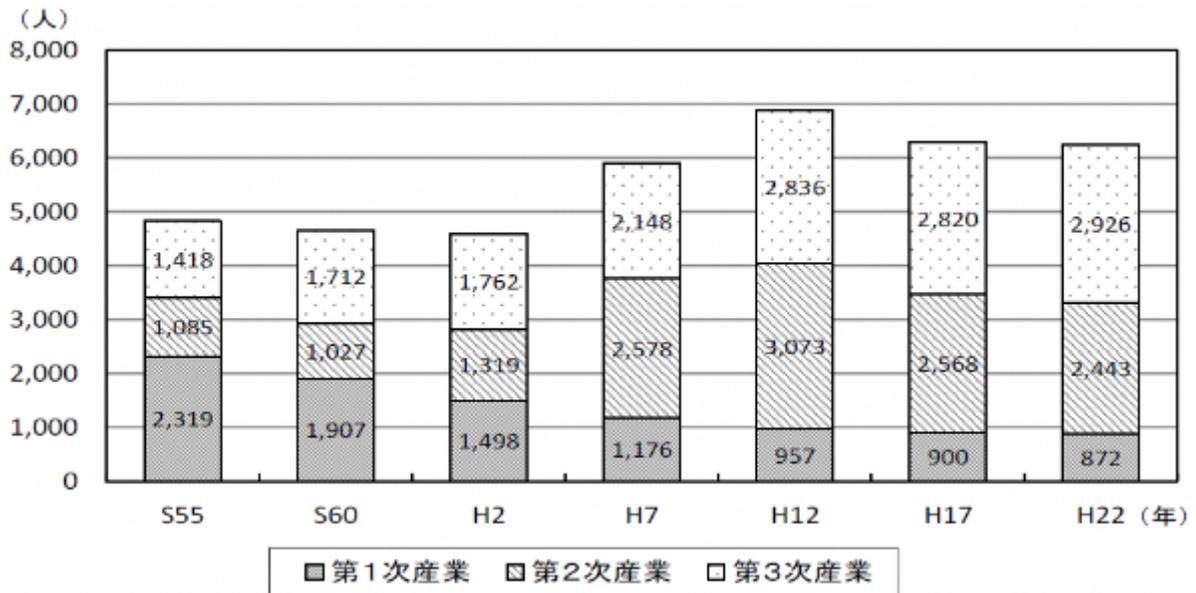


図 5 六ヶ所村の産業別就業人口の推移

出所：六ヶ所村「六ヶ所村人口ビジョン」(2015.10) 10 項

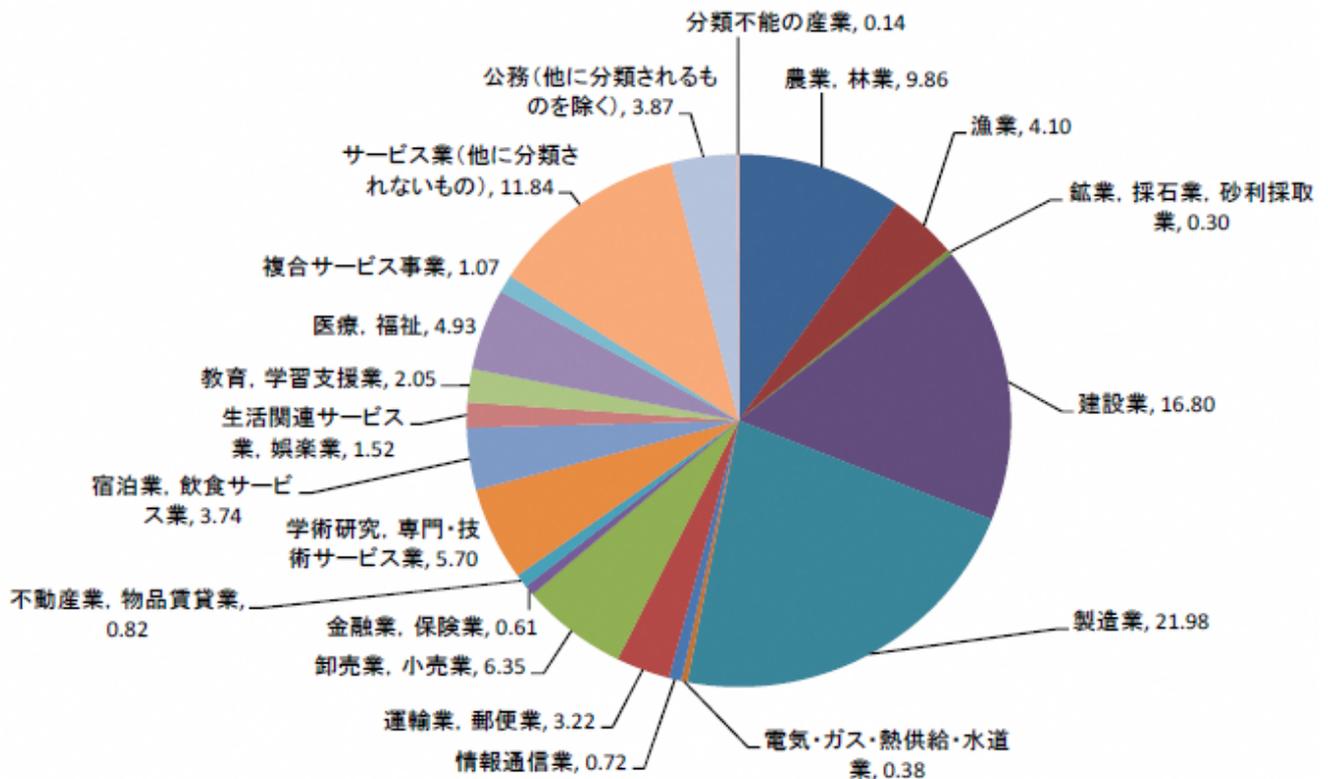


図 6 産業中分類別就業者数 (平成 22 年)

出所：六ヶ所村「六ヶ所村人口ビジョン」(2015.10) 11 項

2.3 地域開発

(1) むつ小川原開発地区

六ヶ所村の開発においては、むつ小川原開発が大きな役割を果たしている。むつ小川原開発地区は新むつ小川原開発基本計画の中核地区として定められ、国家的プロジェクトとして国、県および関係機関が一体となって連携、協力して地区開発していくことが決定した。むつ小川原開発地区は、六ヶ所村及び三沢市を中心とした大規模開発地区であり、環境・エネルギーに関する研究開発、産業集積、港湾・道路等のインフラ基盤の整備が同地区の開発計画をもとに進められている。

国際的な科学技術・エネルギー拠点であり、原子燃料サイクル施設、核融合関連施設、量子科学センター、環境科学技術研究所、バイオ技術による花卉工場、有機 EL 関連工場など、世界トップレベルの技術水準を有する施設が立地している。

当初の基本計画は、石油化学コンビナートの形成をめざした大規模工業基地の建設計画であったが、新基本計画は、環境、エネルギー、科学技術の研究開発と成長産業等の立地を図る「科学技術創造圏」の形成を目指していく計画となっており、2020年代までの基本的指針である。

むつ小川原開発地区及び六ヶ所村の地域開発における特色を下記に示した。

青森県「むつ小川原開発地区-世界に貢献する「科学技術創造圏」-」7項

開発地区の特色

- 冷涼で低い自然災害リスク
 - ・ 年間を通して冷涼な気候に加え、冬場は少ない降雪量
 - ・ 落雷や台風が少なく、自然災害リスクが低い
 - ・ 強固な地盤による安定した立地環境が確保されている
- 立地企業約 100 社が集積
 - ・ エネルギー関連企業を中心に立地が進む
 - ・ 立地企業連絡会等による企業間交流
- スピード立地に比べられる整備済み大ロット造成地
 - ・ 新むつ小川原（株）一社の保有地の為、事業ニーズに的確に対応可能
 - ・ 造成済分譲地は自由なレイアウトに対応
 - ・ 未造成地では 100ha 規模の造成・提供が可能
- 最先端の研究開発拠点
 - ・ 核融合や原子力関係の研究施設が立地
 - ・ 新たな研究開発や実証試験等の実現に取り組む
 - ・ 国内外からの研究者が増え続けている
- 充実した支援制度
 - ・ 青森県がワンストップサービスで立地に関する手続き・相談をサポート
 - ・ 補助金や電気料金の割引等、青森県、六ヶ所村の各種優遇制度が活用可能



図 7 むつ小川原開発地区の分譲情報

出所：青森県「むつ小川原開発地区-世界に貢献する「科学技術創造圏」-」9頁

(2) 六ヶ所次世代エネルギーパーク

次世代エネルギーパークは、次世代のエネルギーを見て触れる機会を増やし、そのあり方について理解を深めることを目的として整備された、次世代エネルギー設備の集積地域である。

六ヶ所村は風力発電施設、メガソーラー、原子燃料サイクル関連施設、国際核融合エネルギー研究センター、石油備蓄基地等のエネルギーに関する施設が集まっている全国でも珍しい地域である。このような特徴を活かし、六ヶ所村に次世代エネルギーパークを整備することで村民をはじめ国民にエネルギーの理解を促し、全国から人・産業が集まることで、村の観光・地域振興に結び付けることが狙いである。

次世代エネルギーパークは表の12の施設から成り、「体験型情報発信」・「旧・今・新のエネルギー」・「自立×協調型の事業運営」の3つのコンセプトをもとに運営されている。

表 3 六ヶ所村内の次世代エネルギーパーク一覧

施設名称	写真	概要
むつ小川原国家石油備蓄基地		国の石油備蓄基地の第1号。51基のタンクに全国消費量の約2週間分の原油を備蓄し、緊急事態に備えて万全の原油払い出し体制を維持。また安全、確実に効率の良い備蓄業務を推進し、併せて地元との共存共栄を図る。
六ヶ所原燃PRセンター		ウラン濃縮工場、低レベル放射性廃棄物埋設センター、再処理工場などの「原子燃料サイクル施設」を大きな模型や映像、パネルでわかりやすく紹介するとともに、原子燃料サイクルに関係の深い原子力・放射線についてのコーナーも用意。予約をすれば、スタッフからの説明も受けられる。
むつ小川原ウインドファーム		年間を通して強い風の吹く六ヶ所村の特性を活かし、風車21基を稼働、総発電出力31,500kWという国内最大級規模を誇る。年間では約5,800万kWhを発電し、これは標準家庭約16,600世帯分が1年間に消費する電気量に相当。
二又風力開発(株)/六ヶ所村二又風力発電所		大型風車34基からなる総発電51,000kWの発電所。近隣に風車のメンテナンスを行うイオスエンジニアリング&サービス(株)六ヶ所事業所があり、風車の停止時間を短くし、効率的な保守を行う技術を身に着けるための訓練施設(ESS トレーニングセンター)を併設している。

<p>(公財) 環境科学技術研究所</p>		<p>再処理工場から排出される放射性物質の環境中での動きやその放射線の生物影響について、青森県からの委託により調査研究している。</p>
<p>国際核融合エネルギー研究センター</p>		<p>核融合エネルギーの早期実現を目指して、フランスに建設中の実験炉 ITER への支援と ITER の次の発電実証を行う原型炉に向けた、先進的な核融合研究開発を行う「幅広いアプローチ(BA)活動」の拠点となる施設。ここでは、ITER の遠隔実験をはじめ、核融合計算機シミュレーション研究、原型炉の概念設計及び工学 R&D などが行われるとともに、国際核融合材料照射施設(IFMIF)の工学実証・工学設計活動が行われている。</p>
<p>六趣醸造工房 太陽光発電システム</p>		<p>長芋を使った本格焼酎「六趣」を製造する六趣醸造工房で太陽光発電システムを導入。多結晶型太陽電池モジュールによる太陽光発電の仕組み、パワーコンディショナの変換の流れを見学できる。</p>
<p>エネワンソーラーパーク 六ヶ所村</p>		<p>ガス・エネルギーを中心とした生活関連産業に携わる株式会社サイサンと、発電所の建設・運営を手掛ける森和エナジー株式会社が共同で運営する大規模太陽光発電事業所(メガソーラー)。敷地面積 53,353m² に 14,336 枚の太陽光パネルを設置、年間予測発電量は 240 万 kWh。</p>
<p>ユーラス六ヶ所 ソーラーパーク</p>		<p>六ヶ所村の鷹架地区、千歳平北地区で東京ドーム約 50 個分に相当する 253 ヘクタールに、約 51 万枚のパネルを設置した大規模太陽光発電所。現在操業中(※2016 年 2 月時点)の太陽光発電設備の中では国内最大規模で、総発電量は一般家庭の約 3 万 8,000 世帯が消費する電力量に相当し、年間約 7 万トンの二酸化炭素の削減効果が見込まれる。</p>
<p>睦栄風力発電所</p>		<p>国産の大型風車 5 基にて運営。 総発電出力は 10,000kW で、村内の全世帯数に相当する約 5,000 世帯が 1 年間に消費する電力量を発電。 風車の周囲では村特産の長芋や牧草、デントコーンの作付けが行われており、地元の農家と共存しながら地域の発展に貢献していきたいとしている。</p>

<p>青森県量子科学センター</p>		<p>原子力を含む幅広い量子科学分野の人材育成と研究開発の拠点として青森県が設置。</p> <p>人材育成活動としては、学生、社会人等を対象に、原子力安全・防災、放射線管理等の専門的知見を有する人材の養成、放射線取扱主任者等の国家資格取得のための講習、作業管理者・中堅技術者の養成等に取り組んでいる。</p> <p>研究開発活動としては、サイクロトロン加速器、小動物用 PET/MRI 等を活用した放射性同位元素の医学・工学等への応用や新たな放射線計測技術などの研究開発に取り組んでいる。</p>
<p>未来創電上北六ヶ所太陽光発電所(株)</p>		<p>六ヶ所村のむつ小川原開発地区内に立地。パネル容量は 71MW で、その年間発電量は一般家庭約 13,300 世帯分の電力消費量に相当する。</p>

出所：六ヶ所村次世代エネルギーパーク ウェブサイトより作成²

² <http://www.rokkasho.jp/6energypark/visit.html> <閲覧日：2019年2月22日>

2.4 再生可能エネルギー資源

CO2フリーな水素エネルギーを導入するにあたっては、(1)再生可能エネルギーからの水素製造、(2)海外からの水素サプライチェーンによる調達の2通りになると想定される。六ヶ所村においてはエネルギー地産地消を目指すことを念頭に置き、(1)の再エネからの水素製造を検討する。そのための前提として、六ヶ所村の再エネ導入状況とそのポテンシャルについて整理した。

(1) 六ヶ所村の再エネ導入ポテンシャル

環境省調査によると、六ヶ所村における太陽光発電・陸上風力発電の導入ポテンシャルはそれぞれ、28MW、574MWであり、風力発電のポテンシャルが高いことがわかる。洋上風力発電のポテンシャルを合わせると更に再生可能エネルギーの導入ポテンシャルは高くなる。

表 4 六ヶ所村の再生可能エネルギー導入ポテンシャル

再生可能エネルギー	ポテンシャル
太陽光発電	28MW
陸上風力（賦存量 ³ ）	2,447MW
陸上風力（導入ポテンシャル ⁴ ）	574MW

出所：環境省再生可能エネルギー導入ポテンシャルマップ・ゾーニング基礎情報⁵より作成

(2) 六ヶ所村の風力発電ポテンシャル

六ヶ所村の風力資源については、環境省の風力ポテンシャルマップ（図 8）に基づくと、六ヶ所村北部地域で特に風況が良く、陸上風力発電の導入ポテンシャルの高い地域が確認出来る。また、洋上風力についても一定の導入ポテンシャルが認められる。

³ 賦存量：設置可能面積、平均風速、河川流量等から理論的に算出することができるエネルギー資源量。現在の技術水準では利用することが困難なものを除き、種々の制約要因（土地の傾斜、法規制、土地利用、居住地からの距離等）を考慮しないもの。

⁴ 導入ポテンシャル：エネルギーの採取・利用に関する種々の制約要因による設置の可否を考慮したエネルギー資源量。「種々の制約要因に関する仮定条件」を設定した上で推計される。

⁵ <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/rep/index10.html> <閲覧日：2018年11月30日>

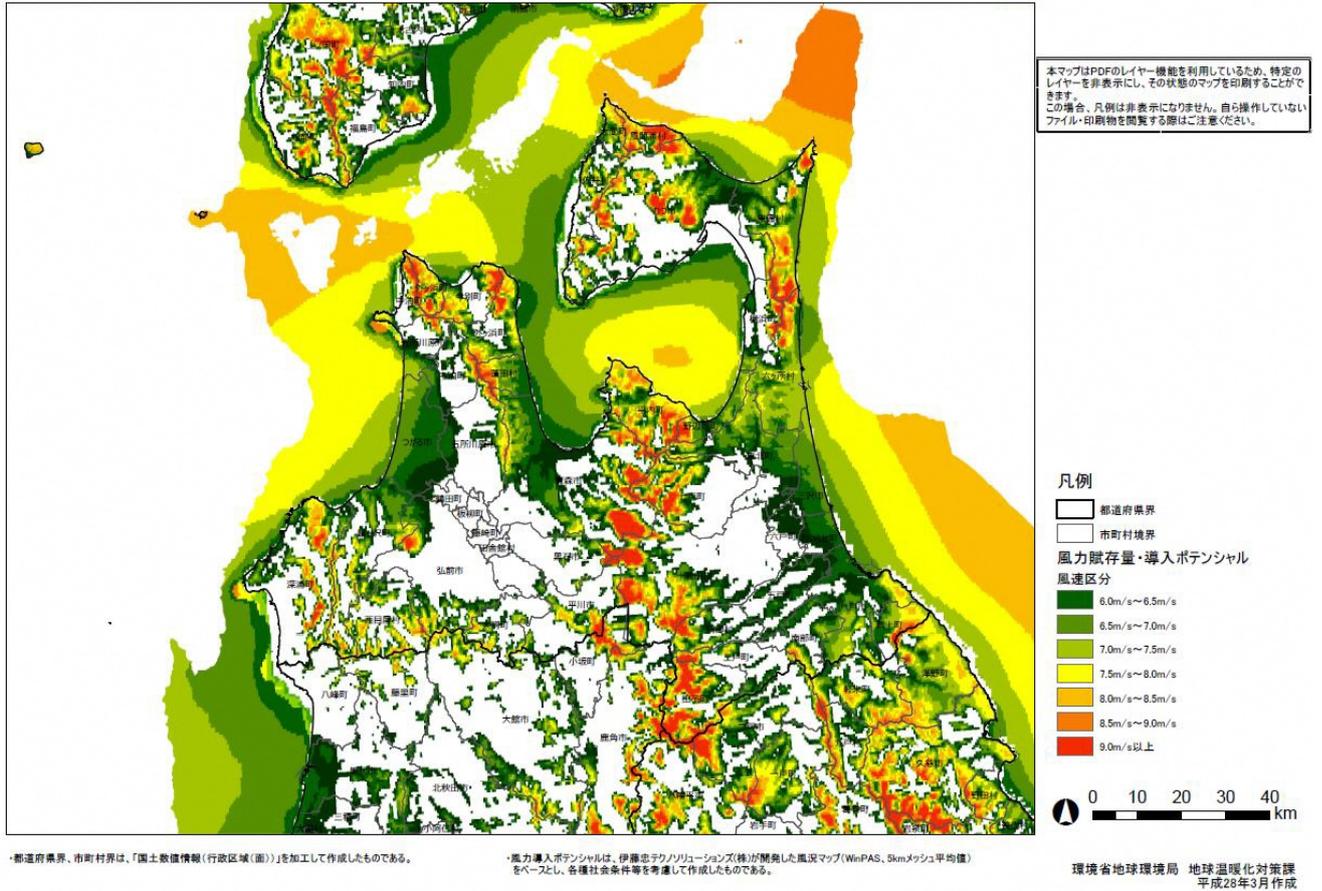


図 8 風力ポテンシャルマップ (環境省調査)

出所：環境省再生可能エネルギー導入ポテンシャルマップ・ゾーニング基礎情報⁶

(3) 六ヶ所村の太陽光発電、風力発電設備の設置状況

現在、六ヶ所村には主に5つの大規模な風力発電設備が立地しており、92基、設備容量145,350kWが稼働している。大規模太陽光発電設備も3か所設置されており、3か所の合計で設備容量168,000kWとなっている。

⁶ http://www.env.go.jp/earth/ondanka/rep/data/potentialmap/pdf/wind/02_wind.pdf <閲覧日：2018年11月30日>

表 5 六ヶ所村における風力発電設備の概要

発電設備	概要	事業者
むつ小川原ウィンドファーム	設備容量：31,500kW 規模：1,500kW×21基	エコ・パワー株式会社
六ヶ所村風力発電所/六ヶ所村第二風力発電所	設備容量：32,850kW 規模：1,500kW×20基、1,425kW×2基	日本風力開発株式会社
六ヶ所村二又風力発電所	設備容量：51,000kW 規模：1,500kW×34基	二又風力開発株式会社
睦栄風力発電所	設備容量：10,000kW 規模：2,500kW×5基	青森風力株式会社
吹越台地風力発電所	設備容量：20,000kW 規模：2,000kW×10基	吹越台地風力開発株式会社

出所：六ヶ所村ウェブサイト⁷

表 6 六ヶ所村におけるメガソーラーの概要

発電設備	写真	概要	事業者
エネワンソーラーパーク六ヶ所村		発電出力：2,293kW 14,336枚の太陽光パネルを用いている。年間発電量は240万kWh程度で、一般家庭約650世帯分の消費電力に相当	株式会社サイサン 森和エナジー株式会社
ユーラス六ヶ所ソーラーパーク		発電出力：115,000kW 約51万枚の太陽光パネルを使用。年間発電量は一般家庭約3万8,000世帯分の消費電力に相当	株式会社ユーラスエナジーホールディングス
未来創電上北六ヶ所太陽光発電所(株)		発電出力：71,000kW 年間発電量は一般家庭約13,300世帯分の消費電力に相当	未来創電上北六ヶ所株式会社

出所：六ヶ所村次世代エネルギーパーク ウェブサイトより作成⁸

⁷ <http://www.rokkasho.jp/index.cfm/7.309.15.html> <閲覧日：2019年2月22日>

⁸ <http://www.rokkasho.jp/6energypark/visit.html> <閲覧日：2019年2月22日>

2.5 計画

六ヶ所村における水素導入構想の検討において、基本方針については第4次六ヶ所村総合振興計画における施策の大綱、および六ヶ所村新エネルギー推進計画（平成29年策定）における将来像・基本方針を参考としている。両計画は整合的な内容となっているが、第4次六ヶ所村総合振興計画は総合的な施策の方向性、六ヶ所村新エネルギー推進計画はエネルギー政策としての方向性をそれぞれ参考としている。

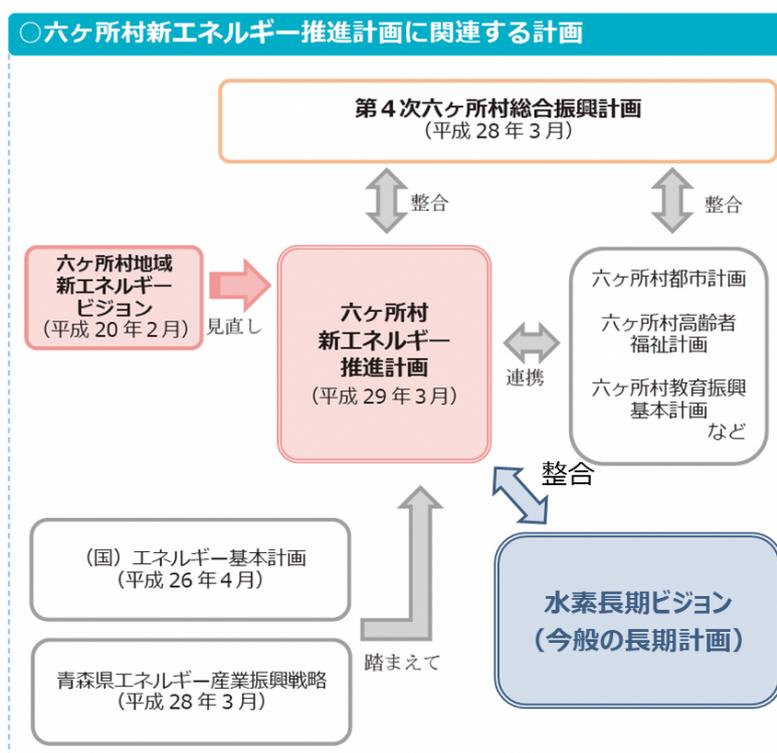


図9 六ヶ所村における諸計画との関係図

出所：六ヶ所村新エネルギー推進計画 2項⁹

六ヶ所村新エネルギー推進計画では「村民が効果を実感できる新エネルギーの推進」「新エネルギー導入や新エネルギー推進への関心・認知度の向上」「環境・景観に配慮した計画的な新エネルギーの推進」を基本方針として計画を策定しており、具体的な取り組み事例としては例えば次世代エネルギーパークのアクセス性向上や観光資源としての強化、エネルギーの地産地消、公共施設への新エネルギーの率先導入が挙げられている。水素導入構想の検討においても、地域資源である再生可能エネルギーの恩恵を村民へ還元することや、豊富なエネルギーが揃う街として村民が誇りを持つことを意識した計画とする。

⁹ <http://www.rokkasho.jp/index.cfm/7.8587.c.html/8587/20180123-165415.pdf> <閲覧日：2019年2月22日>

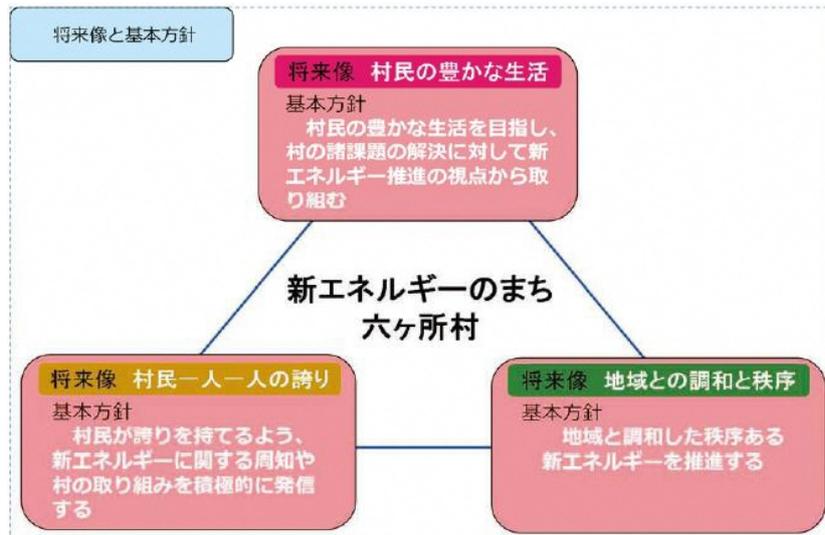


図 10 「六ヶ所村新エネルギー推進計画」における将来像のコンセプト

出所：六ヶ所村新エネルギー推進計画 22 項¹⁰

第 4 次六ヶ所村総合振興計画では 7 つの目標・大綱を産業振興、人材育成、豊かで安全・安心な生活、環境保護、官民一体となった取組体制の観点から定めている。六ヶ所村新エネルギー推進計画ではこれらの方針の中でも特に産業育成（第一次産業が主）、完全・安心な街づくり、環境との調和を意識した計画が策定されているが、本ビジョンではエネルギーによる産業育成（第一次産業以外についても）、エネルギーによる教育・研究強化にも強く寄与する将来像を描くことを意識している。

▼まちづくりの目標	▼施策の大綱
経済の力を高めるために ▶ 1	個性豊かで多様な産業を育てる → 産業振興 → 企業誘致 → 起業
人財の力を高めるために ▶ 2	未来を支える人や文化を育てる → 教育・文化 → 人材育成 → 交流
安心の力を高めるために ▶ 3	共に健康でいきいきした暮らしを創る → 健康・医療 → 福祉・介護
安全の力を高めるために ▶ 4	あらゆる災害に対応して安全を守る → 自然防災 → 原子力防災 → 消防 → 防犯 → 交通安全
自然環境の力を高めるために ▶ 5	大切な自然をまもり・育て・伝える → 自然環境保全・景観 → 環境共生
生活環境の力を高めるために ▶ 6	便利で快適な暮らしの場を創る → 産居住環境 → 生活交通 → アメニティ → ICT
協働の力を高めるために ▶ 7	官民協働で持続可能な経営を支える → 行財政運営 → 情報公開・住民参画 → コミュニティ → 官民協働 → 広域連携

図 11 「第 4 次六ヶ所村総合振興計画」における施策の大綱

出所：第 4 次六ヶ所村総合振興計画(概要版)¹¹

¹⁰ <http://www.rokkasho.jp/index.cfm/7.8587.c.html/8587/20180123-165415.pdf> <閲覧日：2019 年 2 月 22 日>

¹¹ <http://www.rokkasho.jp/index.cfm/6.0.37.html> <閲覧日：2019 年 2 月 22 日>

3. 水素・エネルギー関連のロードマップ

エネルギーに関する国内の計画として経済産業省「第5次エネルギー基本計画」を整理し、水素関連の計画として経済産業省「水素・燃料電池戦略ロードマップ」と経済産業省「水素基本戦略」について整理した。

3.1 第5次エネルギー基本計画

第5次エネルギー基本計画¹²は2018年7月に策定された。内容は図12に示した通り、エネルギーに関する3E(Energy security、Environment、Economic efficiency)+S(Safety)の達成を原則としつつ、2030年と2050年の温室効果ガスの削減目標に対する主な施策や方向性をまとめている。同計画の中では2030年及び2050年の温室効果ガスの削減割合を2013年度比26%減と80%減するとの目標がある。この中で2030年、2050年それぞれにおける水素エネルギーの位置づけや貢献方法について整理した。

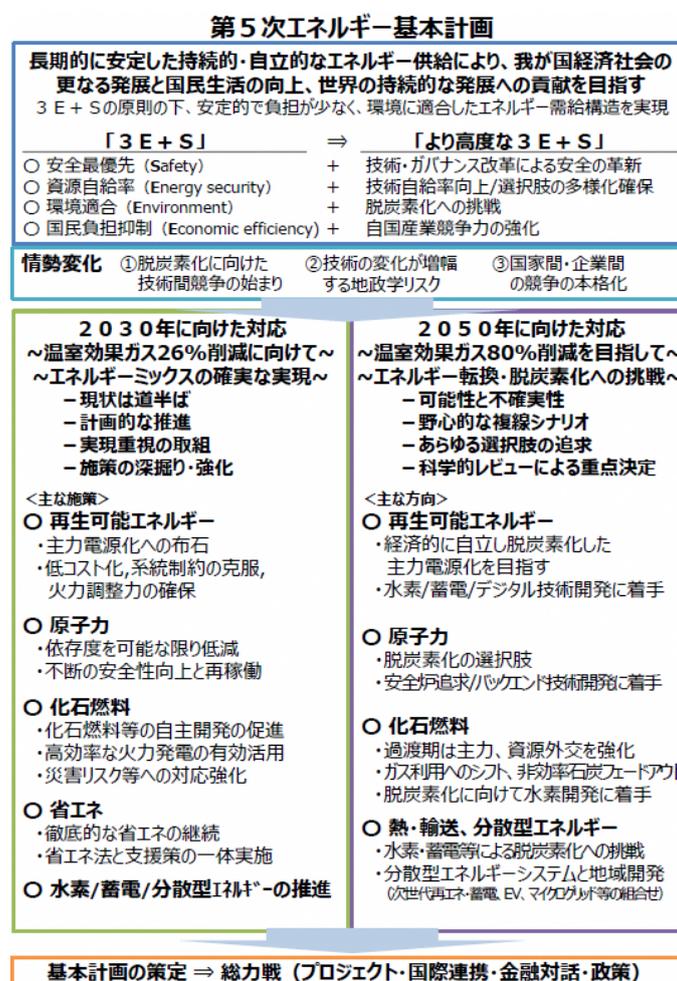


図12 第5次エネルギー基本計画の概要

出所：経済産業省 「新しいエネルギー基本計画の概要」¹³

¹² <http://www.meti.go.jp/press/2018/07/20180703001/20180703001-1.pdf> <閲覧日：2019年2月22日>

¹³ <http://www.meti.go.jp/press/2018/07/20180703001/20180703001-2.pdf> <閲覧日：2019年2月22日>

<2030年時点>

2030年における水素に関する主なキーワードはまず、再エネの主力電源化である。再エネの主力電源化においては、水素は蓄エネルギーの手段として有用であり、貢献が期待できる。また、天然ガスの積極的な利用においても水素原料としての用途が記載されている。

さらに二次エネルギーの利用拡大として水素社会の実現が明記されており、そのために必要な技術開発や社会実証の展開が重要との記載がある。

水素の用途として、同計画に基づくと、下記6つの取り組みが具体的に提案されている。同計画においては水素コスト等の具体的な記述もあり、それらの整理は後述の水素基本戦略に譲るが、本検討においては下記のようなモビリティ、燃料電池、海外水素サプライチェーン、再エネ水素を用いた地方創生等の多角的な水素利用が検討されていることを念頭に置き、計画への反映が必要である。

- (1) 燃料電池を活用した省エネルギーの推進
- (2) モビリティにおける水素利用の加速
- (3) 低コストの水素利用実現に向けた国際的な水素サプライチェーンの構築と水素発電の導入
- (4) 再生可能エネルギー由来水素の利用拡大に向けた技術開発の推進と地域資源を活用した地方創生
- (5) 2020年東京五輪での“水素社会”のショーケース化
- (6) グローバルな水素利活用の実現に向けた国際連携強化

(4) の地方創生については同計画において

「地域の未利用資源（副生水素、再生可能エネルギー、下水汚泥等）を水素に換え、FCVやFCフォークリフト等で活用する、地産地消型の水素サプライチェーンの構築の取組が進んでいる。こうした取組は、低炭素化や地域のエネルギー自給率の向上といったエネルギー・環境政策上の意義に加え、地域の雇用や産業の創出といった地方創生にもつながる。」

との記載がある。

<2050年時点>

水素に関しては、2030年にて実証段階であった各種水素利用の形態が化石燃料に対してコスト競争力を持ち十分な普及が必要との記載がある。具体的には分散型エネルギーシステムの構築と水素・蓄電によるそれらへの寄与が前提となっている。

3.2 水素・燃料電池戦略ロードマップ及び水素基本戦略について

経済産業省の水素・燃料電池戦略ロードマップ¹⁴及び水素基本戦略においては、水素社会の実現に向けたフェーズを3つの段階に分けて水素に関する具体的な施策が検討されている。「水素・燃料電池戦略ロードマップ」は2016年3月に改訂版が提示されており、経済産業省の水素に関する取り組みはこのロードマップをベースに進められている。その後、2017年4月の「第一回 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議」において水素社会を実現するための基本戦略を策定する方針となり、政府全体の水素に関する取り組みの戦略として、2017年12月に「水素基本戦略」が策定されている。

水素基本戦略は、大枠は水素・燃料電池戦略ロードマップをベースに最新の水素に関する取り組みや方向性も取り入れた形となっており、水素基本戦略はより長期的な目標に定量的な指標が示されている。村での水素関連のビジョン作成においては、この「水素基本戦略」、「水素・燃料電池戦略ロードマップ」を確認しつつ、実証がロードマップを先行した取り組みとなることが望ましい。

(1) 水素・燃料電池戦略ロードマップについて

まず、水素社会の大枠として図に水素社会実現に向けた対応の方向性と水素・燃料電池戦略ロードマップの概要を示した。

ポイントは、フェーズ1にてFCV等の水素需要を少しずつ増やしつつ、フェーズ2以降にてクリーンかつコスト競争力のある水素の導入を進め、2040年以降に本格的な水素社会の姿が出来上がる点である。

フェーズ1では家庭用燃料電池やFCVの普及について言及がされており、水素ステーションも含めた普及課題について言及がされている。

フェーズ2については、電源の低炭素化、エネルギーセキュリティの向上を目的として、海外から低コストかつクリーンな水素を輸入する海外水素サプライチェーンの導入を推進する。即ち、2030年頃からコスト競争力をもつ水素が普及を始める。水素の製造・輸送・貯蔵に関するサプライチェーンの構築はもちろんのこと、水素発電の導入も技術課題は多い。

フェーズ3では、再生可能エネルギー等からの水素製造や海外でのCCSを用いた水素製造でCO₂フリーの水素社会を目指すことを目的としている。

水素・燃料電池戦略ロードマップに基づけば、再生可能エネルギーからの水素製造は2040年頃となるが、現状の再生可能エネルギーの余剰・出力抑制に関する課題や、ドイツでのPower to Gasの取り組みを見るに、再生可能エネルギーからの水素製造に関する需要はもっと早い段階となる可能性もある。

¹⁴ <http://www.meti.go.jp/press/2015/03/20160322009/20160322009-c.pdf> <閲覧日：2019年2月22日>

水素社会実現に向けた対応の方向性

- 水素社会の実現に向け、水素の需要側と供給側の双方の事業者の立場の違いを乗り越えつつ、産学官が協力してステップバイステップで取組を進める。
 - ・ **フェーズ1（水素利用の飛躍的拡大）**： 足元で実現しつつある、定置用燃料電池や燃料電池自動車（FCV）の活用を大きく広げ、我が国が世界に先行する水素・燃料電池分野の世界市場を獲得する。
 - ・ **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）**： 水素需要を更に拡大しつつ、水素源を未利用エネルギーに広げ、従来の「電気・熱」に「水素」を加えた新たな二次エネルギー構造を確立する。
 - ・ **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）**： 水素製造にCCSを組み合わせ、又は再エネ由来水素を活用し、トータルでのCO2フリー水素供給システムを確立する。

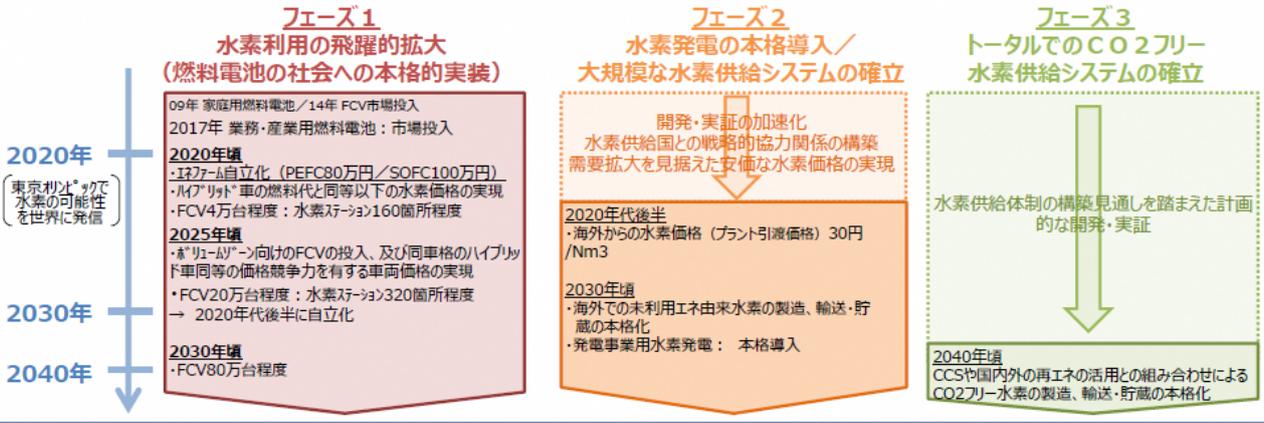


図 13 水素社会実現に向けた対応の方向性

出所：経済産業省 水素・燃料電池戦略ロードマップ 第8項¹⁵



図 14 水素・燃料電池ロードマップの概要

出所：経済産業省 水素・燃料電池戦略ロードマップ概要¹⁶

¹⁵ <http://www.meti.go.jp/press/2015/03/20160322009/20160322009-c.pdf> <閲覧日：2019年2月22日>

¹⁶ <http://www.meti.go.jp/press/2015/03/20160322009/20160322009-3.pdf> <閲覧日：2019年2月22日>

(2) 水素基本戦略について

水素基本戦略では、最新の水素関連の取り組みを整理し、より具体的に各分野における水素導入に関する目標を定めている。図 15、図 16 に水素基本戦略の概要とシナリオを示した。

注目すべき点としては、産業分野への水素導入に関する取り組みが含まれていること、産業振興や日本の競争力強化につなげること、再生可能エネルギー由来水素の拡大と地方創生を絡めている点が挙げられる。

そして、電力分野、モビリティ分野においても水素導入に関する具体的な目標が定められており、特にモビリティ分野においてはFCバス、FCトラック、FC船等の商用向けのFCV導入について具体的な言及がされている。

六ヶ所村における、水素導入においてはこれまでに紹介したロードマップを参考に各技術の導入時期を検討しつつ、水素基本戦略における「国内再生可能エネルギーの導入拡大と地方創生」について中心に検討することを提案する。

水素基本戦略(概要)資料より

国内再生可能エネルギーの導入拡大と地方創生

a. 国内再エネ由来水素の利用拡大

再エネ利用の拡大には、調整電源の確保とともに、余剰電力の貯蔵技術が必要。

蓄電池では対応の難しい長周期の変動には、再エネを水素に換えエネルギーを貯蔵する

「Power-to-gas 技術」が有望。

鍵はコスト低減。Power-to-gas の中核である水電解システムについて世界最高水準のコスト競争力を実現すべく、2020年までに5万円/kWを見通す技術を確立。

2032年頃には商用化を、更に、将来的に再エネの導入状況に合わせて輸入水素並のコストを目指す。

b. 地域資源の活用及び地方創生

未利用の地域資源（再エネ、廃プラスチック、下水汚泥、副生水素等）の活用は、低炭素水素の利活用拡大のみならず、地域のエネルギー自給率の向上やBCP、新たな地域産業創出、再エネを中心とした分散型エネルギーシステムの確立にも資するもの。

課題は、①地域の水素需要拡大、需給の最適化、②設備の低コスト化、③発電・原料調達コストの低減。

現在進めている実証事業の結果をモデルとし、地域資源を活用した低炭素な水素サプライチェーン構築支援等を行う。

水素基本戦略（概要）

2050年を視野に入れ、将来目指すべき姿や目標として官民が共有すべき大きな方向性・ビジョンを示すもの

1. 我が国のエネルギー需給を巡る構造的課題

(1) エネルギーセキュリティ/自給率

- 一次エネルギー供給の約94%を海外化石燃料に依存。自動車は燃料の98%が石油系、うち約87%を中東に依存。
- エネルギー自給率は6~7%で低迷。OECD34か国中2番目に低い水準。

(2) CO2排出制約

- 30年度、13年度比26%減（05年度比25.4%減）が目標。
- パリ協定を踏まえ、長期的には2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指す。

2. 水素の意義と重要性

(1) 供給・調達先の多様化による調達・供給リスクの根本的低減

- 水素は、**再エネ含め多様なエネルギー源からの製造・貯蔵・運搬が可能**。特定のエネルギー源に依存しない多様な構造に変革。

(2) 電力、運輸、熱・産業プロセスのあらゆる分野の低炭素化

- 水素は利用時にCO2を排出しない。製造段階でのCCSや再エネの活用で、**トータルでCO2フリー**のエネルギー源に。
- 燃料または燃料電池との組合せであらゆる分野での究極的な低炭素化が可能。

(3) 3E+Sの観点からの意義

- **水素社会の実現は手段**。水素社会を実現することで3E+Sの達成を目指す。

(4) 世界へ先駆けたイノベーションへの挑戦を通じた国際社会への貢献

- **日本の水素技術を海外展開**し、世界の低炭素化を日本がリード。

(5) 産業振興・競争力強化

- 日本の水素・燃料電池技術は世界最高水準。国内外での積極展開により、**新たな成長産業の一つ**に。

(6) 諸外国における水素の取組を先導

- グローバルな動向を常に把握し、**日本が世界の水素社会実現のトップリーダー**に。

0

図 15 水素基本戦略の概要

出所：経済産業省 水素基本戦略(概要)¹⁷

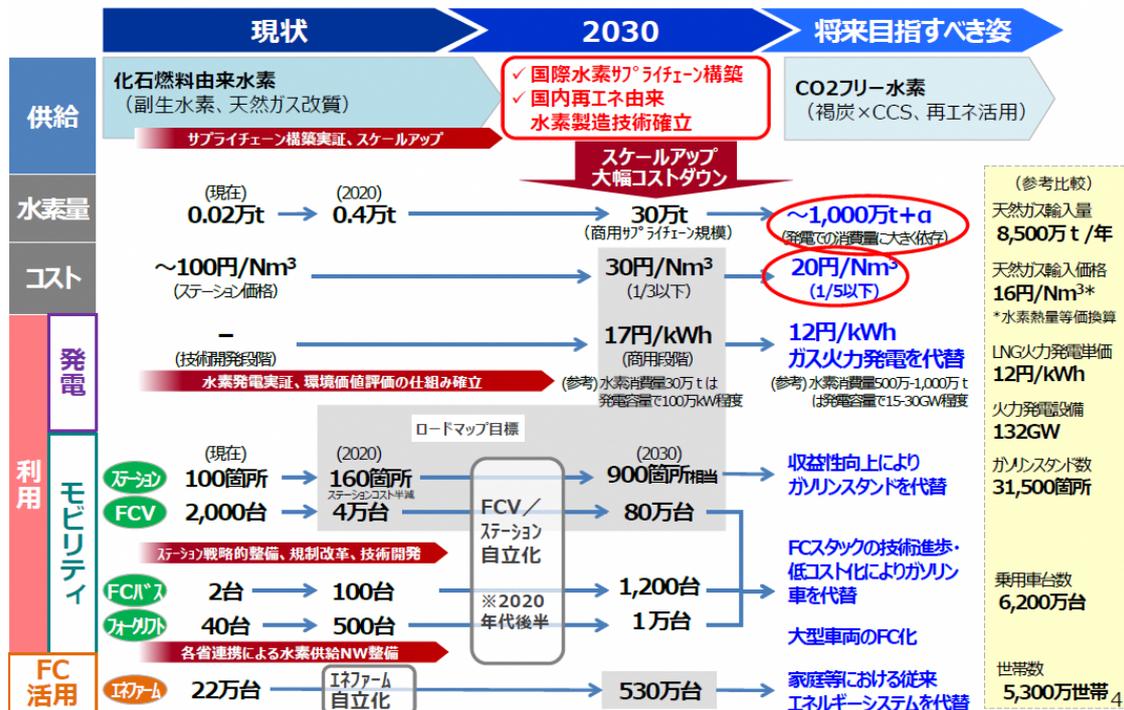


図 16 水素基本戦略のシナリオ

出所：経済産業省 水素基本戦略(概要)¹⁸

¹⁷ <http://www.meti.go.jp/press/2017/12/20171226002/20171226002-2.pdf> <閲覧日：2019年2月22日>

¹⁸ <http://www.meti.go.jp/press/2017/12/20171226002/20171226002-2.pdf> <閲覧日：2019年2月22日>

4. 水素関連技術状況

実証の検討において、前提となる水素関連の技術開発状況を下記に整理した。実証の前提となる、再生可能エネルギーを前提とした水素利用については、水素の「製造」・「貯蔵・輸送」・「利用」の3つの領域に分けて技術開発状況が整理できる。

4.1 水素製造技術

(1) 水電解水素製造装置の原理

水素製造技術として最も一般的な方法は水の電気分解反応を利用したものである。これは、水中の電極に対して電圧を印加することで一方の電極で水素、他方の電極で酸素を発生させる。電気分解反応を進行させるためには、電極間の物質移動を適切に行う必要があり、その物質移動を担う媒体（電解質）の違いでいくつかの種類に分類される（PEM型、AEM型、アルカリ水電解型、SOEC型）。

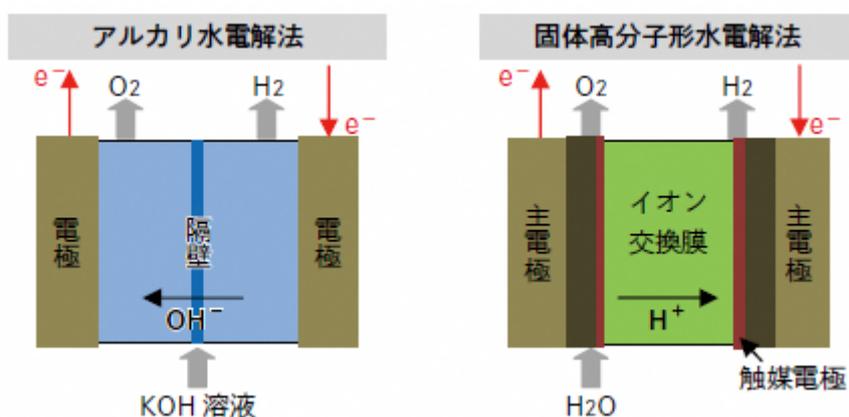


図 17 水電解装置の原理

出所：NEDO 水素エネルギー白書 109 項¹⁹

¹⁹ https://www.nedo.go.jp/library/suiso_ne_hakusyo.html <閲覧日：2019年2月22日>

(2) 各種水電解水素製造装置の概要

各種水電解装置における性能の概要を以下に整理する。

表 7 水電解水素製造装置の主な種類

	PEM 型	AEM 型
電解質	電極表面で発生する物質の移動を高分子型イオン交換膜（プロトン交換型）で制御することにより水の電気分解反応を促進する。	電極表面で発生する物質の移動を高分子型イオン交換膜（アニオン交換型）で制御することにより水の電気分解反応を促進する。
効率	50～60%	50～60%
起動・停止	数分程度	数分程度
稼働温度	～80℃	～80℃
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 電極基材として貴金属を利用するため価格が高い 小型化が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 膜の寿命が短い
メーカー(国内)	<ul style="list-style-type: none"> 神鋼環境ソリューション 日立造船 	(国内の製造事業者はなし)

	アルカリ水電解型	SOEC 型
電解質	電極表面で発生する物質の移動を隔膜＋アルカリ電解液で制御することにより水の電気分解反応を促進する。	電極表面で発生する物質の移動を金属酸化物で制御することにより水の電気分解反応を促進する。
効率	70%程度	70～80%
起動・停止	数分程度	数時間程度
稼働温度	～80℃	700～1000℃
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 電極基材に貴金属を使用しないため、大型化が可能 電解液として水酸化カリウム水溶液を利用しているため、寒冷地においても電解質が凍結しづらい 	<ul style="list-style-type: none"> 高効率な水素製造が可能 非常に高温で稼働し、起動・停止にも時間を要するため連続した運転が求められる
メーカー(国内)	<ul style="list-style-type: none"> 旭化成 東芝 	東芝（開発中）

4.2 輸送・貯蔵技術

水素の輸送・貯蔵技術は複数存在し、水素をそのまま貯蔵する方法や別の化合物に変換し貯蔵する方法等様々である。それぞれの輸送・貯蔵方法には長所・短所を有するため、水素の利用方法に鑑みて、適切な水素貯蔵方法を選択することが望まれる。

表 8 水素貯蔵・輸送方法の主な種類

	高圧ガス	低・中圧ガス	液体水素
原理	水素ガスを圧縮してポンベに貯蔵する技術。高圧ガスは圧力が70MPaとなる。	水素ガスを圧縮してポンベに貯蔵する技術。低・中圧ガスは圧力が1~30MPaとなる。	水素を液化温度である-253℃で保存する方法である。体積は気体状態と比較して約1/800になる。
体積密度	体積100Lあたり約2.4kg	体積100Lあたり約3.9kg	体積100Lあたり約7.1kg
温度	常温	常温	-253℃
長所	重量あたり水素体積、貯蔵に係るエネルギーのバランスが最も良い 現在の燃料電池自動車は高圧ガスを採用し始めている	貯蔵に係るエネルギーが低く、効率良い水素貯蔵が可能	大規模な貯蔵に向いている
短所	低・中圧ガスタンクと比べると壁面を厚くするため容器が大きい	体積あたりに貯蔵可能な水素量が少ない	低温にするためにエネルギーが必要、低温を維持するためにもエネルギーが必要

	水素吸蔵合金	MCH	アンモニア
原理	水素と金属の吸脱着反応を利用し、金属の中に水素を貯蔵する技術。	水素を別の物質（メチルシクロヘキサン）に変換して輸送し、需要地で再び水素を抽出する技術。	水と窒素からアンモニアを製造し、需要地でアンモニアを分解し水素を抽出する技術。
貯蔵体積	体積100Lあたり約9.3kg	体積100Lあたり約4.7kg	体積100Lあたり約12.1kg
温度	常温 (吸収・放出時に温度管理が必要)	25℃ (大気温度)	20℃
長所	体積あたり水素貯蔵量が多い	常温常圧で液体のため、扱いやすい	常温常圧で液体のため、扱いやすい
短所	吸蔵合金設備の重量が大きいため、大規模な水素の輸送手段としては不向き	変換効率が悪いため、システム全体としての輸送効率が低い	アンモニアは毒性ガスのため、取り扱いに注意を要する

4.3 水素利用技術(発電)

(1) 燃料電池の原理

水電解反応と逆の原理で、水素と酸素を反応させることで水と電力を発生させる。また、水素と酸素の化学反応では熱が発生するため、その熱を利用して温水等を作る。水電解装置の時と同様に電極間の物質移動を担う媒体（電解質）の違いでいくつかの種類に分類される（PEFC、SOFC）。

(2) 燃料電池の主な種類

表 9 燃料電池の主な種類

	PEFC	SOFC 型
電解質	高分子電解質膜を利用	セラミックスを利用
発電効率	40%程度	55%程度
排熱効率	30%程度	35%程度
稼働温度	～90℃	700～1000℃
特徴	<ul style="list-style-type: none">• 小型化・軽量化に向いているため、家庭用や自動車用に利用されている• 作動温度が低い・起動時間が短い等のメリットがある一方、発電効率が低い	<ul style="list-style-type: none">• 大型化に適しており、産業用として利用が目指されているが、まだ研究段階である• 作動温度が高く、起動時間が長いが発電効率が高い
メーカー(国内)	東芝 パナソニック 東京ガス等	京セラ ENEOS 東京ガス等

4.4 水素利用技術(水素ステーション)

表 10 オンサイト水素ステーションの主な種類

種類	水素源	特徴
燃料改質型	天然ガス、LPG、メタノール、石油製品の水蒸気改質	<ul style="list-style-type: none"> 燃料調達は既存インフラを活用可能 水素製造コストは比較的安価 反応温度が高く、起動に時間を要する 起動に時間を要するため、高い効率を維持するためには連続運転が望ましい
水電解型	PEM・AFM型、アルカリ水電解型、固体高分子電解質水電解法	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギーを利用したCO₂フリー水素製造が可能 起動時間が短く、操作性が高い 加圧水素を製造することが容易 小規模ステーションにも適する

表 11 オフサイト水素ステーションの主な種類

種類	利用状況	特徴
液体水素	副生水素など、オフサイトで製造した水素をステーションまで輸送、貯蔵、気化する	<ul style="list-style-type: none"> 大容量の水素貯蔵に向く 圧縮水素、液体水素の両方を供給可能 ボイルオフガス(液体から気体に蒸発した水素ガス)が発生するため、回収処理が必要
圧縮水素	ステーションで製造した水素を貯蔵	<ul style="list-style-type: none"> 設備が安価 システムが単純なため、運転管理が容易 輸送距離が長い場合、水素価格増大

4.5 モビリティ

水素及び燃料電池のモビリティ分野での利用内容を表 12 に示した。

表 12 水素及び燃料電池を活用したモビリティ一覧

モビリティ	製品説明・実証例等	主な製造者
FCV	高压タンクに貯めた水素を燃料とし、燃料電池で発電した電力でモーターを駆動して推進する自動車。内燃機関に比べてエネルギー効率がが高く、走行時に CO2 や環境負荷物質を排出しない。	トヨタ ホンダ
FC バス	FCV 同様に水素を燃料に燃料電池で発電し走行する。東京都にて導入されており、2020 年までに 100 両以上の導入を目指している ²⁰ 。	トヨタ
FC バイク	FCV 同様にモーター主電力に燃料電池を使用、走行時に CO2 や環境負荷物質を排出しない。スズキが 2017 年 3 月に公道走行試験を開始。燃料タンクは圧縮水素（700 気圧）で、リアホイールにインホイールモーターを採用。航続距離は 60km/h の定地走行で 120km ²¹ 。	スズキ ホンダ
FC 電車	燃料電池をモーターの電力として駆動する電車。大気汚染物質を排出せず、騒音も最小限。ディーゼル列車の代替として期待されている。 Alstom 社が 2018 年 9 月よりドイツで運行を開始。全長 100km の区間をディーゼル列車に代わって走行する。最高時速は 140 km、航続距離は 1,000 km で、水素を 1 回供給すれば 1 日中走行できる。 ²²	Alstom（フランス）
FC 船	水素を燃料とした燃料電池にて電力を供給して運行する船。国交省の「水素燃料電池船の安全ガイドライン策定のための調査検討事業」で海上・港湾・航空技術研究所の海上技術安全研究所（海技研）、日本船舶技術研究協会、ヤンマーにて実船の試験を 2018 年 2 月に実施 ²³ 。	ヤンマー
FC 飛行機	超軽量の水素燃料電池と分散型の電気航空機用推進装置とを組み合わせる。水素燃料は液体または気体が使われる。HES Energy Systems 社の FC 飛行機は、燃料補給は 10 分以内に完了する。定員 4 名、飛行距離は 500km から 5,000km。 ²⁴	HES Energy Systems （シンガポール）

²⁰ 東京都交通局ウェブサイト

https://www.kotsu.metro.tokyo.jp/pickup_information/news/bus/2018/bus_p_201803287863_h.html <閲覧日：2019 年 2 月 22 日>

²¹ スズキウェブサイト <http://www.suzuki.co.jp/release/d/2016/0321/> <閲覧日：2019 年 2 月 22 日>

²² Alstom ウェブサイト <https://www.alstom.com/press-releases-news/2018/9/world-premiere-alstoms-hydrogen-trains-enter-passenger-service-lower> <閲覧日：2019 年 2 月 22 日>

²³ ヤンマーウェブサイト <https://www.yanmar.com/jp/news/2018/03/30/40691.html> <閲覧日：2019 年 2 月 22 日>

²⁴ HES Energy Systems 社ウェブサイト <https://www.hes.sg/element-one-pr> <閲覧日：2019 年 2 月 22 日>

FC ドローン	燃料電池の出力により飛行するドローン。蓄電池を用いたものより長時間の飛行が可能であり、1 時間以上の飛行が可能な機種もある。	BSHARK(イギリス) HES Energy Systems (シンガポール)
水素フォークリフト	稼動時に CO2 や NOx などを排出せず、燃料充填は 3 分程で完了する。外部給電機能を標準装備しており、災害・非常時に電源として活用可能。 豊田合成株式会社が日本初となる燃料電池フォークリフトを 2016 年秋より販売している。 ²⁵	豊田自動織機
燃料電池自転車	水素の圧縮タンクを装備。このタンク内の水素と大気中の酸素で発電してモーターを回す。 Pragma Industries の燃料電池自転車は 2 リットルタンクの水素で約 100 キロ走行でき、水素の充填時間は 2 分以内 ²⁶ 。	Pragma Industries 社(フランス) 岩谷産業

各社ウェブサイトより作成

²⁵ 豊田自動織機ウェブサイト <https://www.toyota-shokki.co.jp/news/release/2016/07/26/001318/> <閲覧日：2019 年 2 月 22 日>

²⁶ Pragma Industries 社ウェブサイト <https://www.pragma-industries.com/products/light-mobility/> <閲覧日：2019 年 2 月 22 日>

5. 先行実証事例

実証の検討において、本村での検討イメージを構築するため、他地域での水素関連の実証事例を調査した。

5.1 北海道

プロジェクト名： 家畜ふん尿由来水素を活用した水素サプライチェーン実証事業

事業者： エア・ウォーター株式会社、北海道鹿追町・帯広市

事業期間： 2015～2019 年度

事業目的： 地域の再生可能エネルギー等を活用して水素を製造、貯蔵、輸送、供給し、燃料電池や燃料電池自動車等へ利用するまでの一貫した低炭素な水素サプライチェーンの実証

概要：

2015 年度に環境省の「地域連携・低炭素水素技術実証事業」で採択された「家畜ふん尿由来水素を活用した水素サプライチェーン実証事業」により、北海道鹿追町で水素製造・利活用設備が整備され、2017 年に「しかおい水素ファーム」として稼働が開始。「しかおい水素ファーム」では、家畜ふん尿由来のバイオガスから水素を製造し、燃料電池自動車（FCV）、FC フォークリフト、公共施設等に設置する定置型燃料電池で使用する、日本初の取り組み。これまでは原料は生し尿で農地に散布しており、メタン放出や臭気・水質汚濁などから環境問題となっていたため、バイオガス施設が普及した。バイオガス利用の新たな選択肢として水素事業も一つの候補となっている。

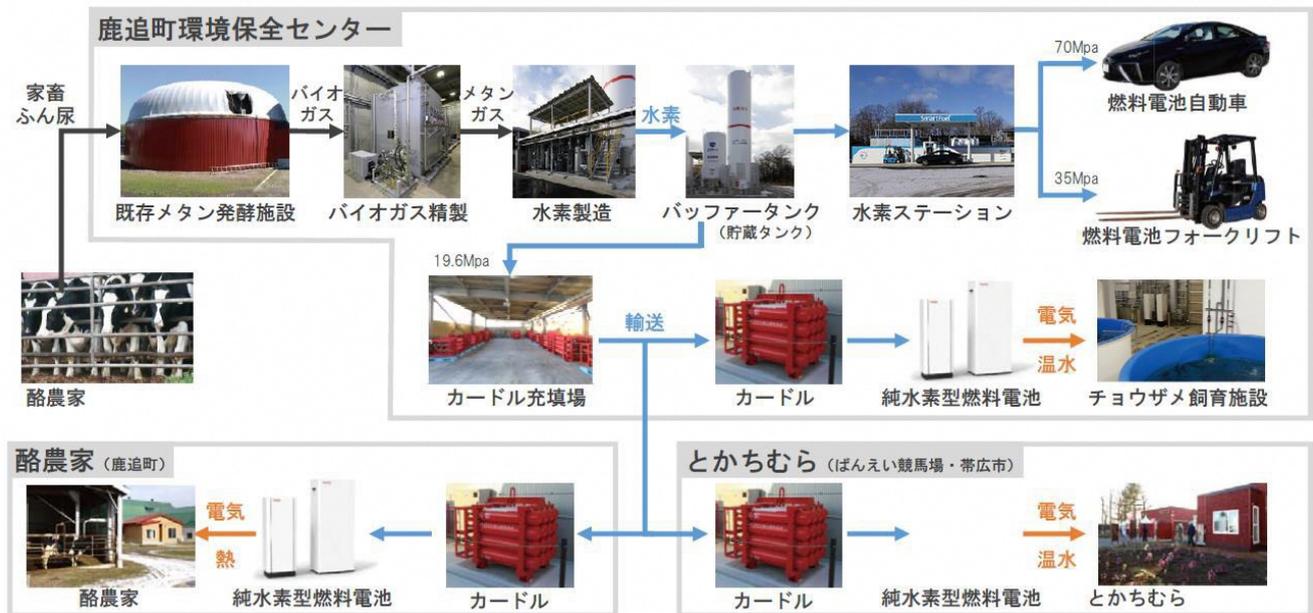


図 18 しかおい水素ファームの事業概要

出所：環境省ウェブサイト²⁷

²⁷<http://www.env.go.jp/press/103519.html> <閲覧日：2019年2月22日>

5.2 宮城県

プロジェクト名： 地産地消型の水素需給体制のサプライチェーンの実証

事業者： 株式会社日立製作所、丸紅株式会社、みやぎ生活協同組合、宮城県富谷市

実施期間： 2017～2019 年度

事業目的： 地域の再生可能エネルギー等を活用して水素を製造、貯蔵、輸送、供給し、燃料電池や燃料電池自動車等へ利用するまでの一貫した低炭素な水素サプライチェーンの実証

概要：

環境省の「平成 29 年度地域連携・低炭素水素技術実証事業」に採択された。みやぎ生協・物流センターの太陽光発電システムで発電し、発電した電力は水電解装置で水素に変換し、冷却・加圧で吸収、加熱・減圧で放出する仕組みの水素吸蔵合金カセットに貯蔵する。その後、みやぎ生協の既存物流ネットワークを活用して、富谷市内にあるみやぎ生協組合員の家庭、みやぎ生協の店舗や小学校の児童クラブに水素吸蔵合金カセットを配送。届けられた水素吸蔵合金カセットは、あらかじめ設置された純水素燃料電池に取り付け、電気や熱に再変換することでエネルギーとして利用できる仕組みとなっている。

本事業の最大のポイントは既存のネットワークを利用する点であり、これにより低コストでの水素輸送を可能にしたうえ、一日を通した効率的なエネルギー使用が期待されている。

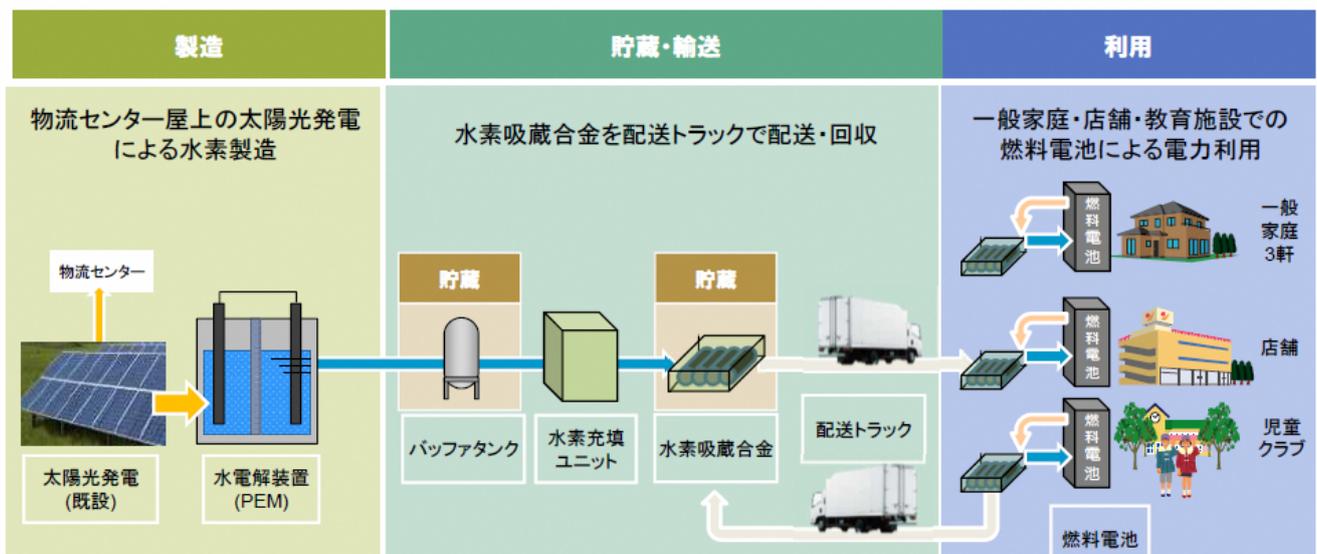


図 19 宮城県実証事業の概要

出所：環境省ウェブサイト²⁸

²⁸ <https://www.env.go.jp/press/105814.html> <閲覧日：2019年2月22日>

5.3 福島県

プロジェクト名： 再エネ利用水素システムの事業モデル構築と大規模実証に係る技術開発

事業者： NEDO、株式会社東芝、東北電力株式会社、岩谷産業株式会社

実施期間： 2014～2020 年度

事業目的： 電力系統の需給バランスを調整する機能（ディマンドリスポンス）としての水素事業モデルおよび水素販売事業モデルの確立に向けた実証

概要：

NEDO の委託事業「水素社会構築技術開発事業／水素エネルギーシステム技術開発／再エネ利用水素システムの事業モデル構築と大規模実証に係る技術開発」において、市場における水素需要を予測する水素需要予測システムと電力系統の需給バランスを監視制御する電力系統制御システムからの情報をもとに、水素エネルギー運用システムが水素製造装置等を含めた最適運用を行うことで、再生可能エネルギーの利用拡大を実現する。

今後 CO2 フリー水素の利活用拡大を目指す上で、本格的な実証試験に向けた取組を開始し、福島県浪江町などで実証試験を行う予定である。2018 年 8 月に再生可能エネルギーである太陽光発電を利用した世界最大級となる 1 万 kW の水素製造装置を備えた水素エネルギーシステム「福島水素エネルギー研究フィールド」の建設工事を開始し、2020 年には本格運用がスタートする予定である。浪江町で作られた水素は、福島県内はもちろん、2020 年に開催される「東京 2020 オリンピック・パラリンピック」の際に、東京でも活用されることを目指している。

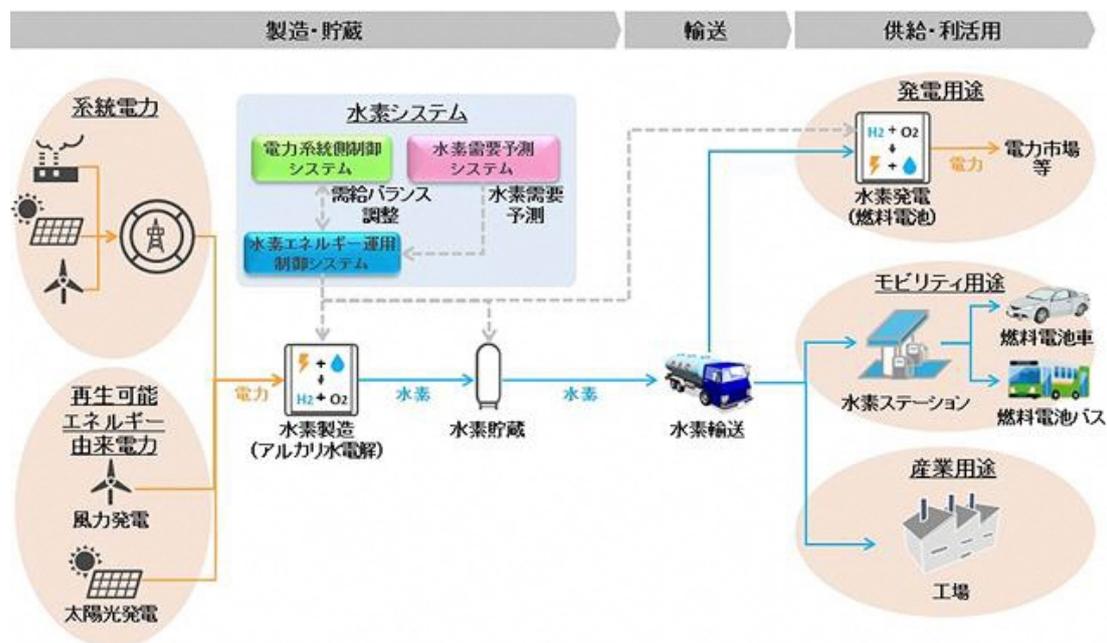


図 20 福島県実証事業の概要

出所：NEDO ウェブサイト²⁹

²⁹ https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100810.html <閲覧日：2019 年 2 月 22 日>

5.4 福井県

プロジェクト名： 再エネ由来の水素インフラ

事業者： 東芝エネルギーシステムズ株式会社、福井県敦賀市

実施期間：2019～2021 年度

事業目的：新技術の研究開発を支援し、これを契機とした企業導入または地場産業振興による産業間の連携を図ることで、産業構造の複軸化とこれによる持続的かつ自立的な地域の発展を実現

概要：

福井県敦賀市の「敦賀市産業間連携推進事業費補助金」を活用し、敦賀市内で実用化にむけた水素サプライチェーン構築の検討を行う。建物に電気と熱を供給し、電気自動車に電力を供給できる。また、燃料電池車 8 台分の水素を毎日製造し満充填することができる。

敦賀市は、敦賀市および周辺地域がそれぞれの優位性を生かしながら連携して、共に発展を目指す「ハーモニアスポリス構想」の一環で、「調和型水素社会形成計画」の策定を進めており、水素の導入に向け、積極的な取り組みを進めている。



図 21 実証事業イメージ

出所：東芝エネルギーシステムズ株式会社ウェブサイト³⁰

³⁰https://www.toshiba-energy.com/info/info2018_0806.htm <閲覧日：2019年2月22日>

5.5 兵庫県

プロジェクト名：水素コジェネレーションシステム（水素 CGS）の開発・統合型エネルギーマネジメントシステム（統合型 EMS）の開発

事業者：NEDO、川崎重工業株式会社、株式会社大林組（事業幹事社）、大阪大学（共同研究者）

実施期間：2015～2018 年度（2018 年 1 月下旬より実証運転開始、2 月上旬より熱と電気の試験供給を開始）

事業目的：「電気」「熱」「水素」エネルギーの最適制御技術を確立し、地域コミュニティにおける効率的なエネルギー利用につながる新たなエネルギー供給システムの確立

概要：

NEDO の委託事業「水素社会構築技術開発事業／大規模水素エネルギー利用技術開発／水素 CGS 活用スマートコミュニティ技術開発事業」において、水素のみを燃料としたガスタービン発電により神戸市内の施設に熱電併給を行う。水素による熱電供給システムの実証試験で、市街地で行われるものとしては世界初の事例。

実証試験では、水素を燃料とする 1MW 級ガスタービン発電設備（水素コジェネレーションシステム）から発生させた熱や電気を病院などの近隣 4 施設に供給し、地域コミュニティ内でのエネルギー最適制御システムの運用を検証する。

2017 年 12 月 10 日に実証プラントが神戸ポートアイランド地域に完成し、2018 年 4 月に、水素のみを燃料に使用した運転を行い、水素のみでの実供給における各機器とシステムの性能を評価するとともに、システム全体が問題無く稼働することを確認している。

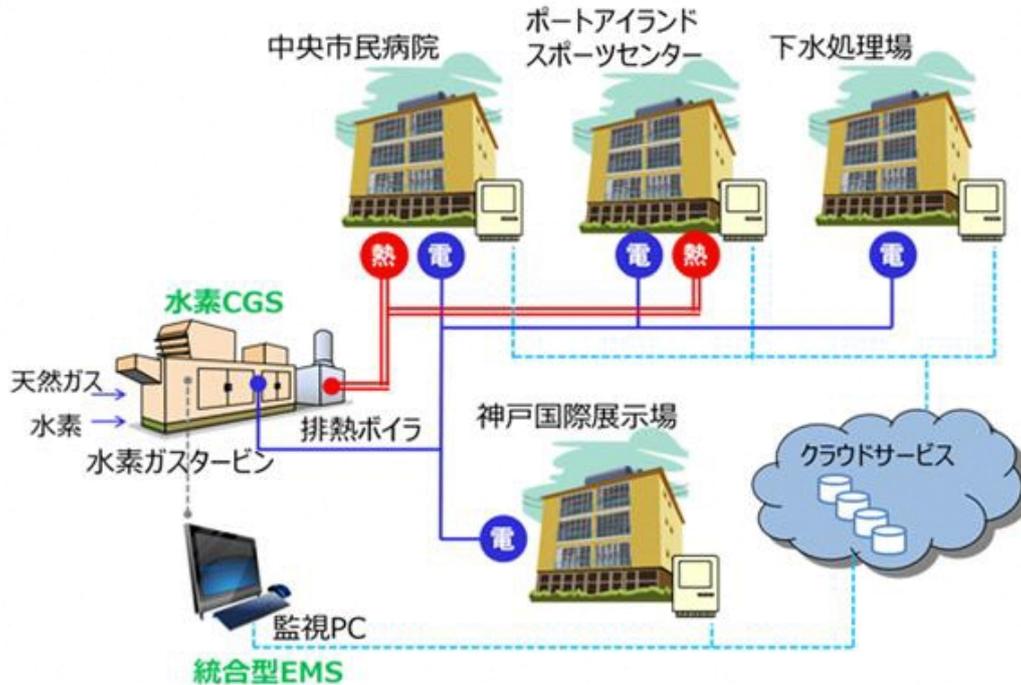


図 22 神戸市における実証事業の概要

出所：NEDO ウェブサイト³¹

³¹http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100883.html <閲覧日：2019 年 2 月 22 日>

5.6 北海道

プロジェクト名：北海道 Power to Gas 実証事業

事業者：豊田通商、NTT ファシリティーズ、川崎重工業、フレイン・エナジー、テクノバ、室蘭工業大学

事業期間：2013～2018 年度（実証開始は 2017 年 11 月）

事業目的：気象条件で発電量が大きく変動する風力発電の利用率向上のため、その電力の一部を水素に変換するとともに、熱エネルギーとしても有効活用する新たなエネルギーシステムの実現とビジネスモデルの構築を目指す

概要：

NEDO の委託事業「水素社会構築技術開発事業／水素エネルギーシステム技術開発／北海道に於ける再生可能エネルギー由来不安定電力の水素変換等による安定化・貯蔵・利用技術の研究開発」において、豊田通商、NTT ファシリティーズ、川崎重工業、フレイン・エナジー、テクノバ、室蘭工業大学は、2017 年 11 月下旬より北海道で水素エネルギーの Power to Gas 実証事業を開始。

本事業では低 CO2 の水素を製造すると同時に、これからの再生可能エネルギーの利用拡大を見据えた課題を水素で解決するための技術開発を行う。具体的には、出力変動が大きな風力発電設備に対し安定的に売電できる電力量を予測し、模擬的に売電することで、電力システムの安定化を図る。さらに有効活用が難しい不安定電力を一旦水素に変換して輸送・貯蔵することにより、燃料として有効活用するシステム技術開発を実施。

実証場所は、風力発電のポテンシャルが高い北海道の内でもとりわけ風力発電に適した苫前町の町営風力発電施設、夕陽ヶ丘ウインドファーム・風来望。実証開始後は技術の確立・事業化の検討を進め、Power to Gas によるグリーンエネルギーの効率的な利用の実現を目指していく。

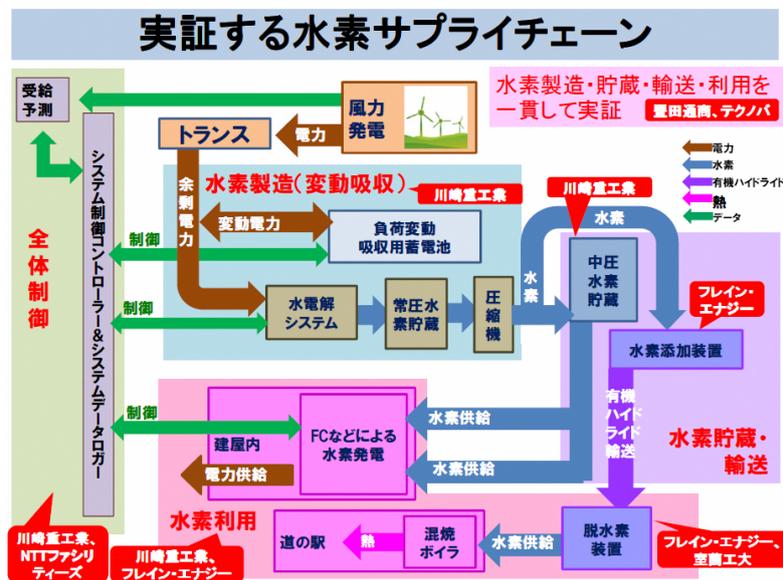


図 23 苫前町における事業概要

出所：NEDO「平成 27 年度成果報告会 要旨集 No56 水素社会構築技術開発事業／水素エネルギーシステム技術開発／北海道に於ける再生可能エネルギー由来不安定電力の水素変換等による安定化・貯蔵・利用技術の研究開発」4 項³²

³² <https://www.nedo.go.jp/content/100759811.pdf> <閲覧日：2019 年 2 月 22 日>

5.7 神奈川県

プロジェクト名： 風力発電により製造した低炭素水素を燃料電池フォークリフトへ供給する実証

事業者： トヨタ自動車株式会社、岩谷産業、東芝、神奈川県、川崎市、横浜市、

事業期間： 2015～2018 年度（実証開始は 2017 年 11 月）

事業目的： 水素の低炭素化と本格的な利活用を通じ、中長期的な地球温暖化対策を推進することを目的とし、低炭素な水素サプライチェーンの実証を行う事業を実施

概要：

環境省の実施する「平成 27 年度 地域連携・低炭素水素技術実証事業」の委託事業として行われていて、神奈川県在京浜臨海地区で実施されている、低炭素な水素サプライチェーンの構築に向けた実証事業。風力発電の電力から製造した CO2 フリーな水素を活用し、貯蔵、輸送、利用までを含んだ水素サプライチェーンを構築する。具体的なコストや CO2 削減効果、運用面の課題など、様々な視点から水素の利活用を検証していき、水素活用における簡易な統合的システムの実現と将来の地域展開・地球温暖化対策への貢献を目指す。

横浜市沿岸部にある「横浜市風力発電所（通称：ハマウィング）」の敷地内に、水素製造装置、貯蔵装置、圧縮装置を整備。京浜臨海部の市場や倉庫に運搬し、そこで実際の業務に導入する燃料電池フォークリフトの燃料として使用する。

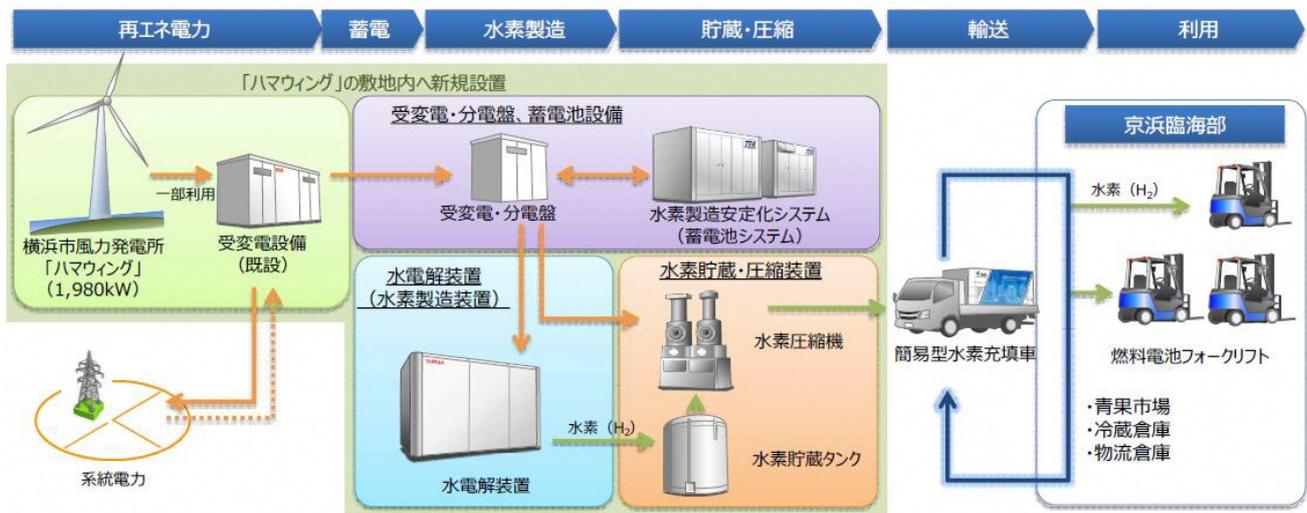


図 24 横浜市における事業概要

出所：環境省ウェブサイト³³

³³<https://www.env.go.jp/press/104279-print.html> <閲覧日：2019年2月22日>

5.8 ヘルテン市（ドイツ）

プロジェクト名：H2herten³⁴

事業者：ヘルテン市

概要：

H2herten はドイツのノルトライン＝ヴェストファーレン（NRW）州のヘルテン市に設置された水素の技術開発拠点である。同市には炭鉱が多く存在し、かつては石炭産業が盛んであったが、現在はほとんどを閉鎖しているため、新たな雇用を創出するべく水素を活用した実証事業を誘致している。

ヘルテン市は実証フィールドを提供し、企業や研究機関が水素設備の実証やシミュレーションを実施している。企業は自社の設備を持ち込み、現地での実証やヨーロッパ地域でのビジネス拠点となる。例として旭化成が自社の水電解装置を設置し実証している³⁵。ヘルテン市としては、水素関連産業が集まることで工事、施設運営等の知見を得ることができ、将来的な水素社会到来時の産業育成につなげることができる。

³⁴ H2herten ウェブサイト <https://wasserstoffstadt-herten.de/> <閲覧日 2019年2月27日>

³⁵ 旭化成ウェブサイト <https://www.asahi-kasei.co.jp/asahi/jp/news/2018/ze180507.html> <閲覧日 2019年2月27日>

6. 六ヶ所村における水素導入構想

6.1 水素導入構想

構想では、六ヶ所村の「生活環境の力」「安全・安心の力」「経済の力」を高め、新エネルギーのまちとしての「村の強み」を確立し、「安らぎと幸せを実感できるまち」の実現を目指すため、中長期的な視点から関連施策の方向性を検討し、水素利活用における村の姿勢を明らかにした。(図 25)。

「生活環境の力」については、FCV等の普及促進や新エネルギーを用いた地域熱供給等により、CO₂フリーなエネルギーによる村民の快適な生活を目指す。また、エネルギー教育や観光の場として、村内外の人々に提供する。

「安全・安心の力」については、エネルギーの地産地消・長期貯蔵により災害時等においても安定したエネルギー供給を目指す。

「経済の力」については、豊富な再生可能エネルギー資源を活用した水素サプライチェーンを構築し、再生可能エネルギー・新エネルギー産業を中心とした新産業創出やそれに伴う雇用創出を実現する。

そして、研究機関等を誘致することで、国内外の研究者が集い、新たな発想を生み出す複合的なエネルギー研究拠点として「村の強み」を確立する。

安らぎと幸せを実感できるまち

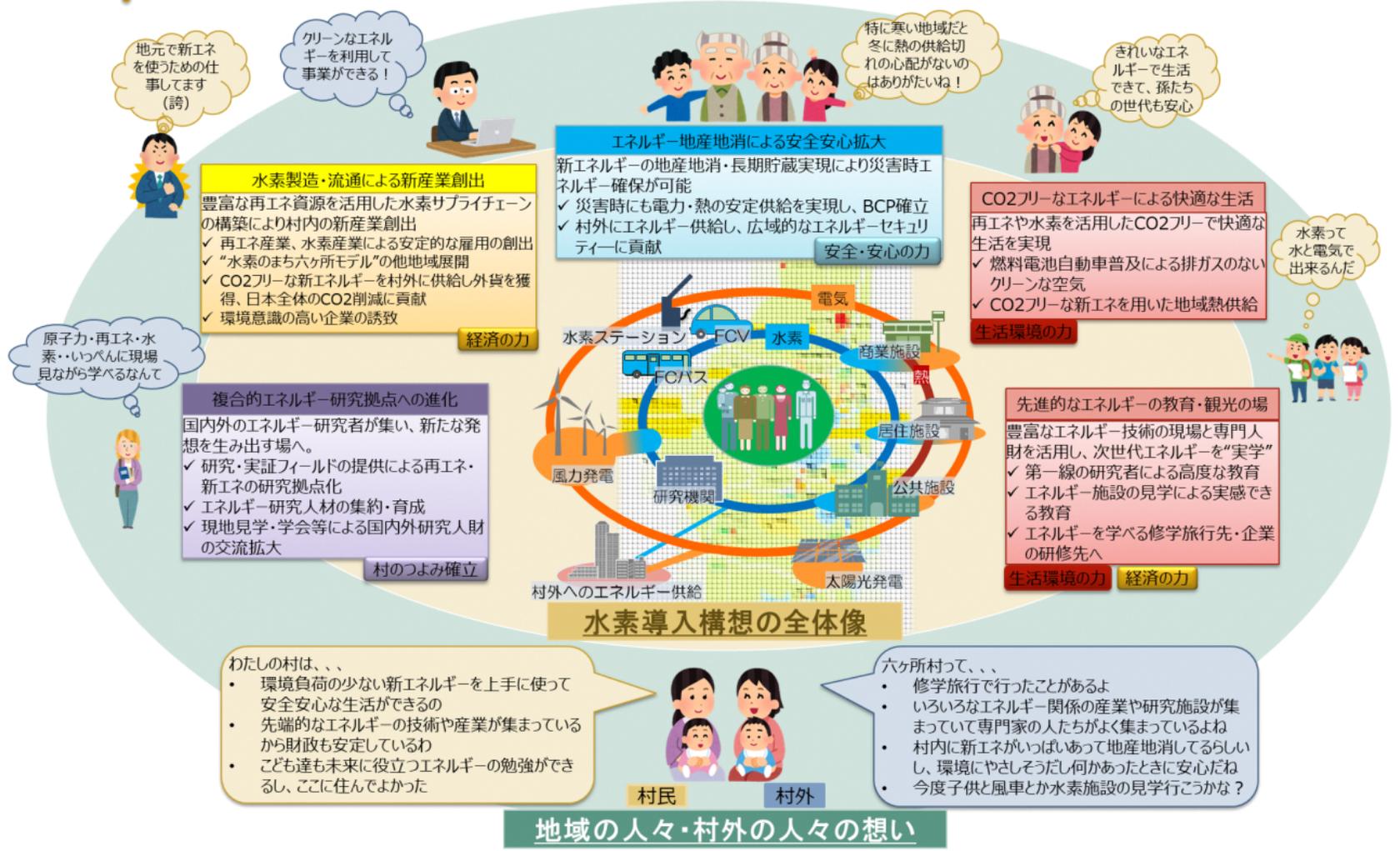


図 25 水素導入構想の全体像

出所：六ヶ所村ガイドブックより加工・作成

6.2 ロードマップ

構想の実現に向けたロードマップを下記の表に示した。ロードマップの検討においては、水素基本戦略等の国の指針や青森県及び六ヶ所村の計画を意識したものとし、「モデル実証」、「地産地消」、「広域展開」と3段階に分けた。技術実証及び六ヶ所村の段階的かつ計画的な発展を目指し、各段階における目指す姿を下記の通り想定した。詳細を表13に示した。

(1) モデル実証期（～2025年）「再エネ水素サプライチェーンのモデル実証」

<概要>

再エネから水素を製造し、村内の公共施設等に燃料電池等で電熱供給を行い、エネルギー地産地消に向けたモデル実証を行う。

(2) 地産地消期（～2030年）「再エネ及び水素によるエネルギー地産地消の実現」

<概要>

インフラ基盤を構築し、本格的な水素利用により、エネルギー自給率向上やBCP確保を実現する。また、研究機関等の誘致により産業育成を目指す。

(3) 広域展開期（～2040年）「エネルギー地産地消の拡大と産業活性化」

<概要>

村内の暮らしに必要なエネルギーを再エネ由来の電力及び水素で供給する。そして、エネルギーに関する産業を創出し、経済的発展を実現する。

表 13 水素導入構想の実現に向けたロードマップ

国家戦略	フェーズ1 家庭用燃料電池 FCV普及拡大 フェーズ2 大規模水素供給システム水素発電本格化 フェーズ3 トータルでのCO2フリー水素供給システム確立		
	FCVの普及 4万台 → 20万台 → 80万台 → 海外水素サプライチェーン普及 水素価格 100円/Nm3 → 30円/Nm3 → 再エネ水素の普及 電力再エネ比率 15% → 水素発電の普及 → 22~24% → 温室効果ガス80%削減(2050年)		
コンセプト	モデル実証 (～2025年)	地産地消 (～2030年)	広域展開 (～2040年)
概要	再エネから水素を製造し、村内の公共施設等に燃料電池等で電熱供給を行い、 エネルギー地産地消に向けたモデル実証 を行う。	インフラ基盤を構築し、本格的な水素利用により、 エネルギー自給率向上やBCP確保を実現 する。また、研究機関等の誘致により産業育成を目指す。	村内の暮らしに必要なエネルギーを再エネ由来の電力及び水素で供給する。そして、エネルギーに関する産業を創出し、経済的発展を実現する。
イメージ	<p>The diagram illustrates a hydrogen supply chain starting from renewable energy (再生可能エネルギー) which is converted into electricity (電気) and hydrogen (水素). This hydrogen is then used for electricity generation (発電) and heat (熱) in residential facilities (居住施設), public facilities (公共施設), research institutions (研究機関), and commercial facilities (商業施設). It also shows hydrogen being used in industrial settings (企業) for energy supply (エネルギー供給), and in fuel cell vehicles (FCV) and fuel cell buses (FCVバス).</p>		
課題・実施項目 (技術面)	将来的な水素インフラ構築のための設備規模検討、コスト検証、エネルギーバランス検証、寒冷地対応の検討等、水素による再エネ安定化技術実証等、 村内のエネルギー地産地消につながる基盤データを取得 する。	電気・熱・水素の村内での実用的な中規模インフラの確立、面的なエネルギーマネジメント技術の確立、FCV・水素ステーション等の普及等、水素インフラの普及と実運用 を行う。	水素パイプライン等の再エネ・水素の大規模利用に対応したインフラ構築 を行う。 大規模な再エネ安定運用を実現 し、村内のエネルギー地産地消を確立、更には電力及び水素の村外への安定供給を行う。
水素インフラ	製造：小規模水電解装置 輸送：小規模ガス輸送・貯蔵設備 利用：小規模燃料電池等	製造：中規模水電解装置 輸送：中規模ガス輸送 利用：中規模水素発電・燃料電池、水素ステーション、FCV等	製造：大規模水電解装置、海外調達 輸送：水素パイプライン等 利用：大規模水素発電・燃料電池、水素ステーション、FCV等
実施項目 (社会面)	学習の場としての提供やイベントでの活用等、再エネ・水素への理解促進につながる活動を行う。	村内中心部の 民生部門2割、公共部門10割の再エネ・水素普及率 を目指した社会的活動を行う。 研究機関等の呼び込み、実証フィールドの提供等 を行う。	村内中心部の 民生部門の再エネ・水素普及率5割 を目指した社会的活動を行う。 エネルギー事業の拡大促進 を行う。
波及効果	再エネ・水素に関する理解促進、外部アピール	エネルギー関連企業・研究機関の集積、再エネ事業創出による村内の産業構造転換	RE100企業等のCSR重点企業の誘致、経済・エネルギー自立と発展、同モデルの国内外展開

6.3 体制案

取り組みを推進するための体制案を下図に示す。構想の実現に向けた取り組みを推進するためには、村は関係機関との連携強化を図り、地元企業も参加した事業主体の確立が必要である。今後、事業を推進していく上では、地域エネルギー事業についても検討するべきである。

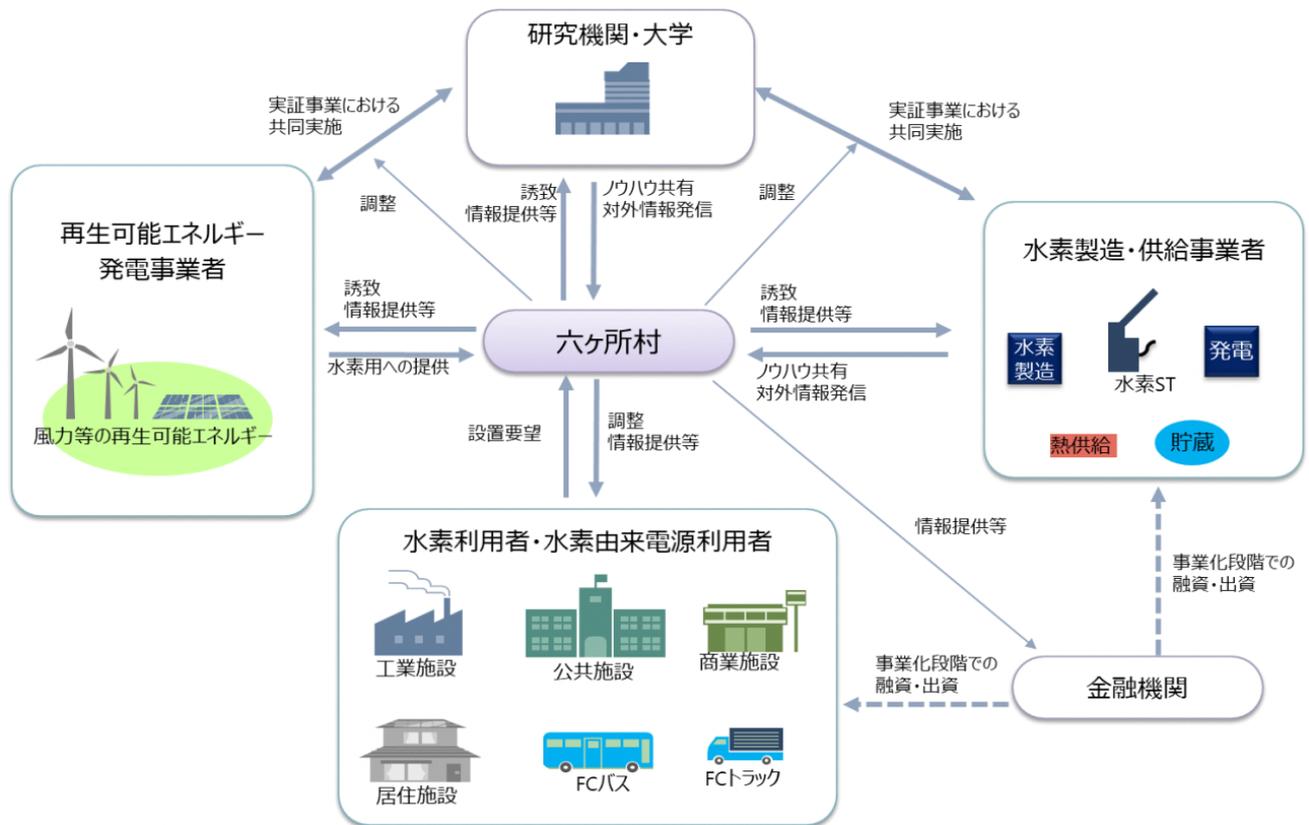


図 26 構想実現に向けた体制案

6.4 成果目標

成果目標は実証によりもたらされる直接的な成果（アウトプット）と、直接効果によって波及的にもたらされる効果（アウトカム）に分けて設定を行った。

（1）直接効果

水素関連の指標について施策の実施による直接効果を試算する。

水素による街づくりによって生じる直接効果の指標として、家庭・公共施設における水素設備の導入、自家用車・公用車・バスにおける FCV の普及が挙げられる。

青森県「あおり C02 フリー水素活用モデルプラン」において、家庭・公共施設への水素設備の導入、および村内の自動車 FCV 化に関する試算が実施されており、平仄を揃えるため想定条件等は上記における数値を参考にした。

（a）家庭・公共施設における水素設備の導入

六ヶ所村の尾駸地区における世帯数は「あおり C02 フリー水素活用モデルプラン」によると 2030 年で集合住宅が 1,496 世帯、分譲住宅が 200 世帯だが、本試算では更に企業・研究所の誘致による人口・世帯数の増加を見込む。

企業の平均従業員数は六ヶ所村「平成 26 年版六ヶ所村統計書」39 頁「31. 産業（大分類）別事業所数および従業者数」から 2040 年までに誘致する企業の事業所あたりの人数は平成 24 年製造業の 1 事業所あたり従業者数である 98.3 人/社を想定する。2030 年までに誘致する企業は 2040 年と比べて小規模な企業を想定するため足元の製造業の事業所あたり人数の 4 分の 1 である 24.6 人/社と想定する。誘致する企業数及び研究施設数は（c）のとおり 2030 年でそれぞれ 3 社/1 研究所、2040 年で 10 社/2 研究所であり、企業・研究所の誘致により 2030 年で人口約 170 人増、2040 年で約 1,200 人増を想定する。

現在の集合住宅、分譲住宅の比率を同じ比率で世帯数が増えると想定すると、2030 年の集合住宅は 1,570 世帯、分譲住宅は 210 世帯、2040 年の集合住宅は 1,970 世帯、分譲住宅は 260 世帯となる。

なお、世帯あたり人口は国勢調査（2015 年）の結果より 2.2 人を横這いと想定している。

「あおり C02 フリー水素活用モデルプラン」では 2030 年で全世帯への燃料電池の導入を想定しているが、本試算では普及率を 2030 年で 50%、2040 年で 100%と想定する。

住宅における年間水素需要量は集合住宅で 1,270Nm³/世帯、分譲住宅で 1,450Nm³/世帯と試算しているため、2040 年における年間水素需要量の合計は約 288 万 Nm³ となる。

表 14 直接効果の試算（家庭への水素設備導入）

直接効果指標	2030 年	2040 年
企業の平均従業員数	24.6 人/社	98.3 人/社
研究所の平均従業員数	100 人/研究所	100 人/研究所
企業誘致による人口増	約 70 人	約 980 人
研究所誘致による人口増	100 人	200 人
家庭部門における水素普及世帯数（集合住宅）	785 世帯	1,970 世帯
家庭部門における水素普及世帯数（分譲住宅）	105 世帯	260 世帯
世帯あたり年間水素需要量（集合住宅）	1,270Nm ³ /世帯	1,270Nm ³ /世帯

世帯あたり年間水素需要量（分譲住宅）	1,450Nm ³ /世帯	1,450Nm ³ /世帯
年間水素需要量（集合住宅）	約 99.6 万 Nm ³	約 250.2 万 Nm ³
年間水素需要量（分譲住宅）	約 15.2 万 Nm ³	約 37.7 万 Nm ³
年間水素需要量の合計	約 115 万 Nm ³	約 288 万 Nm ³

出所：青森県「あおり C02 フリー水素活用モデルプラン」（平成 30 年 3 月）における想定を一部利用

公共施設への燃料電池導入について、導入先および需要量はあおり C02 フリー水素活用モデルプランにおける想定と平仄をとり、それぞれにおける水素需要は以下となる。各公共施設への導入は 2030 年の完了を想定する。

表 15 直接効果の試算（公共施設への水素設備導入）

直接効果指標	2030 年、2040 年
体育館	86,000Nm ³
温水プール	360,000Nm ³
医療センター	420,000Nm ³
六ヶ所村役場	220,000Nm ³
給食センター	230,000Nm ³
小学校	220,000Nm ³
中学校	130,000Nm ³
スワニー	230,000Nm ³
年間水素需要量総計	約 190 万 Nm ³

出所：青森県「あおり C02 フリー水素活用モデルプラン」（平成 30 年 3 月）

(b) 自動車・公用車・バスにおける FCV の普及

「あおり C02 フリー水素活用モデルプラン」では六ヶ所村における自家用車、公用車、バスの台数をそれぞれ 11,047 台、193 台、16 台を想定し、最大ポテンシャルとして全てのモビリティが FCV 化すると想定している。

本試算では企業数の増加、人口・世帯数の増加によるモビリティ台数の増加を見込んでおり、公用車、自家用車、バスのいずれも世帯数の増加率と同比率で増大すると見込んだ（公用車の多くはタクシーであると想定し、タクシー台数は主に世帯数に影響を受けると仮定する）。各車両への FCV 導入率については 2030 年、2040 年で表 16 のとおり想定する。バスが優先的に FCV 化され 2030 年で全てのバスが FCV となるが、公用車や自家用車の FCV 化率は限定的となる。

2040 年では公用車の FCV 化が進み全ての車両が FCV 化するが、国の水素・燃料電池戦略ロードマップの FCV 普及計画を加味し、自家用車の FCV 化率は 10%と想定する。「あおり C02 フリー水素活用モデルプラン」では乗用車、バスの一台中あたり年間水素需要量を 1,067Nm³、52,206Nm³ と試算していることから、各年の FCV 台数に一台中あたり水素需要量をかけることで各モビリティの水素需要量が算出される。2040 年の全モビリティにおける年間水素需要量は約 249 万 Nm³ となる。

表 16 直接効果の試算（モビリティへの水素設備導入）

直接効果指標	2030 年	2040 年
村内の自動車台数（自家用車）	11,681 台	12,315 台
村内の自動車台数（公用車）	207 台	219 台
村内の自動車台数（バス）	17 台	18 台
FCV の普及割合（自家用車）	2%	10%
FCV の普及割合（公用車）	20%	100%
FCV の普及割合（バス）	100%	100%
一台あたり年間水素需要量（乗用車）	1,067Nm ³	1,067Nm ³
一台あたり年間水素需要量（バス）	52,206Nm ³	52,206Nm ³
年間水素需要量（自家用車）	約 24.9 万 Nm ³	約 131.4 万 Nm ³
年間水素需要量（公用車）	約 4.4 万 Nm ³	約 23.3 万 Nm ³
年間水素需要量（バス）	約 88.8 万 Nm ³	約 93.9 万 Nm ³
年間水素需要量 総計	約 118 万 Nm ³	約 249 万 Nm ³

(c) 企業・研究所の誘致

2030 年の企業・研究所誘致について、企業はスタートアップを中心とした小規模な企業 3 社の誘致を想定し、研究所は水素あるいはエネルギー系の研究所 1 カ所の誘致を想定する。

2040 年について、企業は RE100 企業などの環境意識の高い企業の事務所あるいは工場 10 社を誘致し、研究所は豊富な水素を活用した水素系の研究所 2 カ所の誘致を想定する。

表 17 直接効果の試算（企業・研究所の誘致）

直接効果指標	2030 年	2040 年
企業誘致数	3 社	10 社
研究所誘致数	1 カ所	2 カ所

(d) 直接効果まとめ

上記水素を中心とした街づくり、及び企業・研究所の誘致によって生じる年間水素需要量、企業・研究所の誘致数、人口・世帯数の増加をまとめると、効果は以下の通りとなる。

水素による街づくり・企業研究所誘致による直接効果

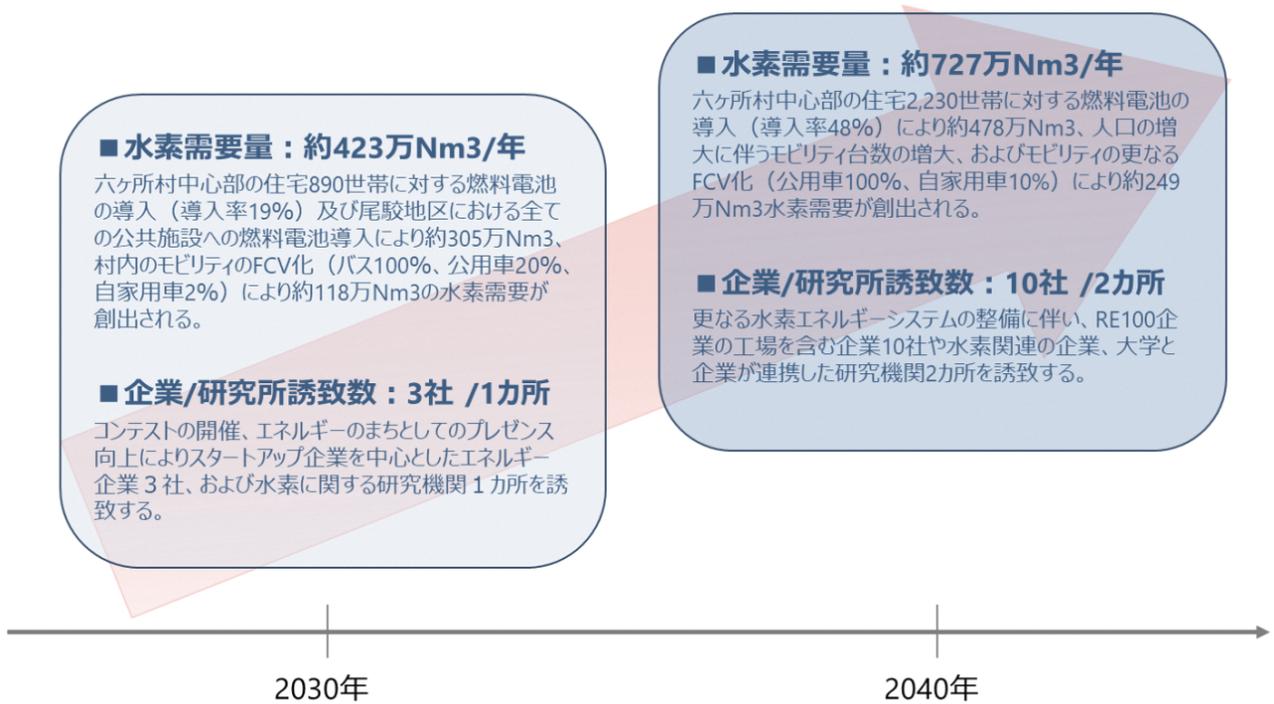


図 27 施策による直接効果まとめ

直接効果を地域振興・産業振興・観光振興の観点で整理すると以下の通りとなる。観光振興については直接効果ではなく、社会的波及効果であるため、(2)において整理を実施。

表 18 直接効果の成果目標

項目	直接効果指標	算定方法等
地域振興の 観点	<ul style="list-style-type: none"> ●地域内での経済循環及び自立自走した地域エネルギー確保の実現 →家庭用新エネ設備の普及度：2040年100% ●災害時・非常時対応を含めた地域エネルギーシステムの確立 →主要公共施設における新エネルギー設備の導入率（災害時・非常時対応を含む）：2040年100% ●FCV普及率 →FCVの普及率：2040年バス100%、公用車100%、自家用車10% 	<p>普及度調査 (年一回実施)</p> <p>設備導入率調査 (年一回実施)</p> <p>普及度調査 (年一回実施)</p>
産業振興の 観点	<ul style="list-style-type: none"> ●スタートアップやRE100企業の誘致による産業・雇用の創出 →企業の誘致数：2040年10社 ●水素関連、再生可能エネルギー関連の研究所の誘致による複合エネルギー研究拠点化 →研究所の誘致数：2040年2カ所 ●燃料電池、FCVの導入による水素需要の創出、水素を活用したまちづくりの実現 →水素需要量：2040年727万Nm³（家庭用288万Nm³、公共施設190万Nm³、モビリティ249万Nm³） 	<p>状況調査 (年一回実施)</p> <p>状況調査 (年一回実施)</p> <p>データ収集 (年一回報告)</p>
観光振興の 観点	(社会的波及効果にて測定)	

(2) 社会的波及効果

社会的波及効果は、前述の直接効果に伴って発現・寄与することが期待されるものである。水素による街づくりが進展することで、地域活性化（「地域経済活性化」「関連雇用拡大」「観光活性化」）に確実に寄与することが重要である。こうした観点から、プロジェクト・学会・セミナー・観光産業といった機会を捉えて村外関係者がどれだけ拡大するのかを把握する指標を挙げることができる。特に、立上げ期の研究開発段階から普及期までの期間を見据えた息の長い設定が重要となる。

また、水素による街づくりは村のイメージ変化にも寄与することが期待されており、水素を活用する設備の普及度の把握・発信はもちろんのこと、村民・来訪者・企業・研究者からの期待や要望を定期的に把握したり、メディア露出件数を把握することで「村のイメージ変化」を確認することが重要である。

表 19 社会的波及効果の成果目標

項目	社会的波及指標	算定方法等
地域振興 の観点	<ul style="list-style-type: none"> ●村民の新エネルギーに対する理解向上・設備の積極的導入促進により低炭素な社会を実現 →村民の期待度：2040年80% 	村民期待度集計調査 (年一回実施)
	<ul style="list-style-type: none"> ●再生可能エネルギー事業者等による村民への「エネルギー学習の場」提供による理解向上 →エネルギー学習機会の享受：2040年100% (小中学生含む) 	実施回数 (適時報告)
産業振興 の観点	<ul style="list-style-type: none"> ●再生可能エネルギー関連事業の拡大、水素関連事業の立地の実現 →再エネ及び水素関連産業に従事する村民割合：2040年50% 	集計調査 (年一回実施)
	<ul style="list-style-type: none"> ●セミナー・学会やコンテストの実施 →セミナー・学会、コンテストの実施回数：2040年2回/年 	集計調査 (年一回実施)
観光振興 の観点	<ul style="list-style-type: none"> ●六ヶ所村次世代エネルギーパークの充実と全国各地からの来訪実現 ・六ヶ所村次世代エネルギーパーク見学者数 (観光客、研究者等及び災害時エネルギー利用についても含む) 	集計調査 (年一回実施)
	<ul style="list-style-type: none"> ●イベントにおける水素の活用 →水素の活用回数×来訪者数：2040年10,000人 	集計調査 (年一回実施)

7. 実証モデル

7.1 水素を中心とした街づくり

1. 水素を利活用した街づくりの構想

自立的な水素社会の実現には、サプライチェーンの構築が不可欠であるため、地域資源である再生可能エネルギー由来の電力を水素に変換して貯蔵し、需要先へ効率的に供給する水素サプライチェーンの構築を目指す。将来的な水素サプライチェーンのイメージは図 28 のとおりである。

水素輸送については、水素パイプライン又はトラック輸送等が想定されるが、輸送コストや事業性を考慮し、適切な輸送方法を検討していく必要がある。

水素利用については、コジェネレーション（定置式燃料電池による熱電併給）、モビリティ（水素ステーション、燃料電池自動車等）、その他（水素ガスボイラー、水素発電、化成品製造等）が想定される。

村においては、まずは、既存の公共施設等への燃料電池の導入を基本としつつ、水素需要量の拡大を目指していく。



図 28 六ヶ所村における水素サプライチェーンのイメージ（再掲）

出所：六ヶ所村ガイドブックより加工・作成

2. 短期・中期的な取り組み

構想の実現に向けて、短期・中期的に取り組むべき実証案を検討した。短期・中期的に取り組む実証の目的は以下のとおりである。

- 将来の水素設備導入を見据えた、寒冷地における運用環境、電力・熱需要に関するデータ収集、水素設備の適切な仕様や運用パターンの導出
- エネルギーを面的に利用することを見据えた、需要地間での電熱の融通やパイプライン輸送に関するデータ収集
- 新エネルギーが豊富に揃う街としてのプレゼンスを向上させることを見据えた、周知・啓蒙の取り組み

	2020年頃 短期実証	2025年頃 中期実証	2030年以降 将来構想
目的	寒冷地における需要データ、水素設備運用データの取得、水素設備の適切な仕様・運用パターン導出	寒冷地における需要データ、水素設備運用データの取得、水素設備の適切な仕様・運用パターン導出、電熱の面的利用	クリーンな街づくり、地域資源の村民への還元、多様なエネルギーによる街づくり
概要	風力発電由来の電力を配電線により村中心部へ供給し、水素によるエネルギー供給（集合住宅）を実現	風力発電由来の電力を配電線により村中心部へ供給し、水素によるエネルギー供給を複数の需要先（集合住宅、公共設備）を対象に実現	水素インフラを中心とした街づくり（公共施設、家庭への水素設備導入）
便益	将来的な水素社会構築に向けた土台構築	将来的な水素社会構築に向けた土台構築、地域資源である再エネ電力の村民への還元、新たな新エネルギー源確立	環境に優しい街という村民の誇り、新エネルギーを活用した村民の豊かな生活、多様なエネルギーの揃う街

図 29 短期・中期実証の位置づけ

3. 中期的な実証案

中期においては、六ヶ所村の主要な複数の施設における水素サプライチェーンの実証を想定する。

水素製造に用いる電源については、地元の再生可能エネルギー事業者からの調達を想定し、大型の水素製造装置及び水素貯蔵設備を村中心部（尾駁レイクタウン内）に設置する。水素輸送に関しては、トラックによる輸送を想定する。

そして、大規模燃料電池を複数箇所に設置し、生成した電気と熱を配電線と局所的な熱導管により周辺施設へ供給する。

これにより、電気と熱を一つの拠点から複数の需要地へ供給することができ、電気と熱の面的利用についての実証が可能となる。

また、再生可能エネルギー由来の水素を多くの需要地に供給できるため、村民により広く地域資源である再生可能エネルギーを還元することができる。

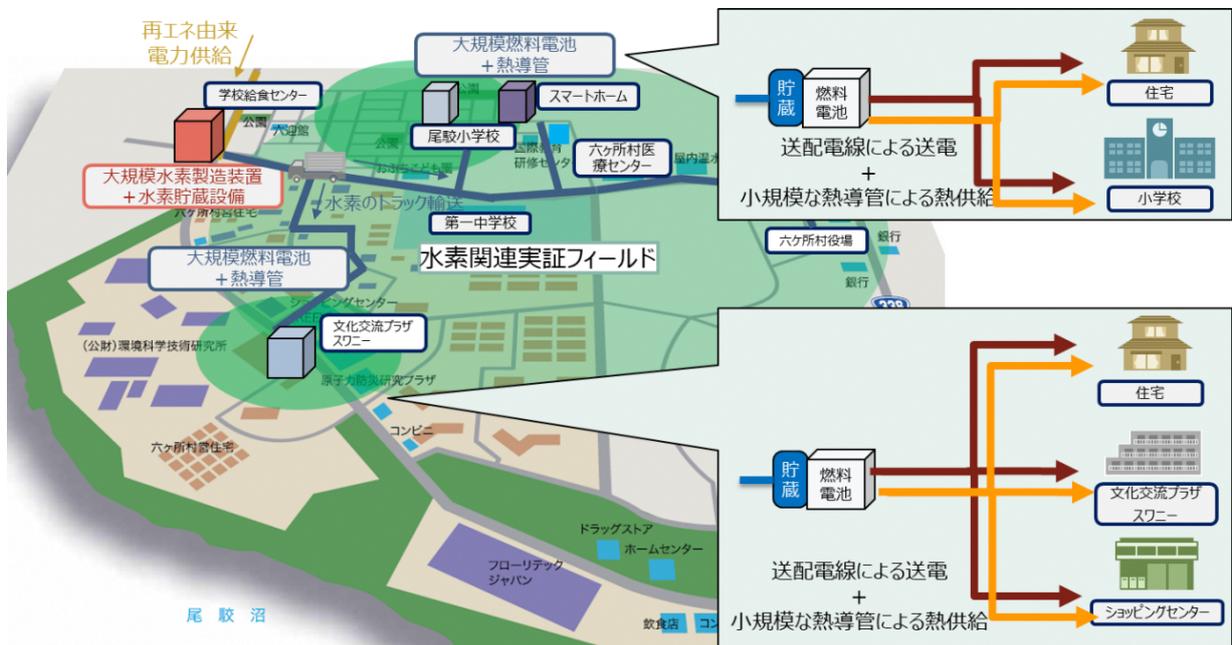


図 30 中期実証案のイメージ図

出所：六ヶ所村提供資料より加工・作成

7.2 実証概要

短期においては、再生可能エネルギー由来電力を水素を介して安定利用することで、地産地消を目指した実証を想定する。なお、短期実証は、中期実証を見据えた実証案とし、小規模なものを想定する。具体的には、再生可能エネルギー由来の電力で水素製造を行い、製造した水素を貯蔵もしくは輸送し燃料電池に供給する。そして、需要先へ電気と熱を供給することを想定する。

実証では、各種データ（再生可能エネルギーの発電データ、需要先の電力・熱需要に関するデータ、水素設備の運用データ、需要地間での電熱融通等に関するデータ）の収集を行い、再生可能エネルギー由来電力の水素を介した安定利用に適した水素設備の仕様や運用パターンの導出を目指す。併せて、将来的な水素活用方法も検討する。

また、新エネルギーが豊富に揃う街としてのプレゼンスを向上させることを見据えた、周知・啓蒙の取り組みも重要であり、学習コンテンツの検討や住民がエネルギーの恩恵を実感できる電気と熱の活用方法も検討する。

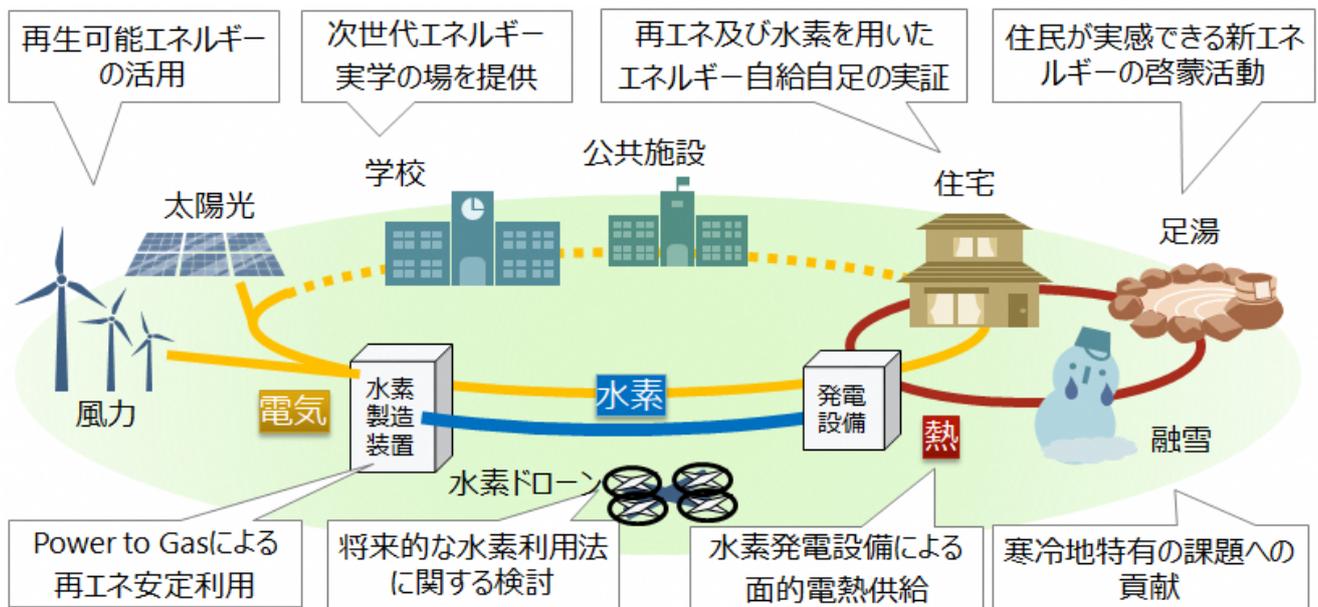


図 31 短期実証案のコンセプト

7.3 実証関連設備

(1) 短期実証の概要

水素製造に用いる電源については、地元の再生可能エネルギー事業者から調達することを想定する。水素製造・貯蔵もしくは輸送は尾駈レイクタウン内の需要先付近で行う。そして、需要先には燃料電池を設置し、電気と熱を供給する。

再生可能エネルギーの十分な発電が見込める場合には直接電力を需要先へ供給し、再生可能エネルギーの電力供給が無い場合や冬季に熱需要が高まった場合には燃料電池で熱と電気を供給する等の運用の仕方が考えられる。

図中では水素関連設備が全て一か所に集積したオンサイト型と遠隔地で水素製造して輸送するオフサイト型の二つを想定しているが、いずれもエネルギー供給の流れは変わらず、短期実証案に関しては同様の検討が可能である。

電気と熱の活用方法については、最終的な需要先が決定した後、関係機関と相談の上決定するものとする。

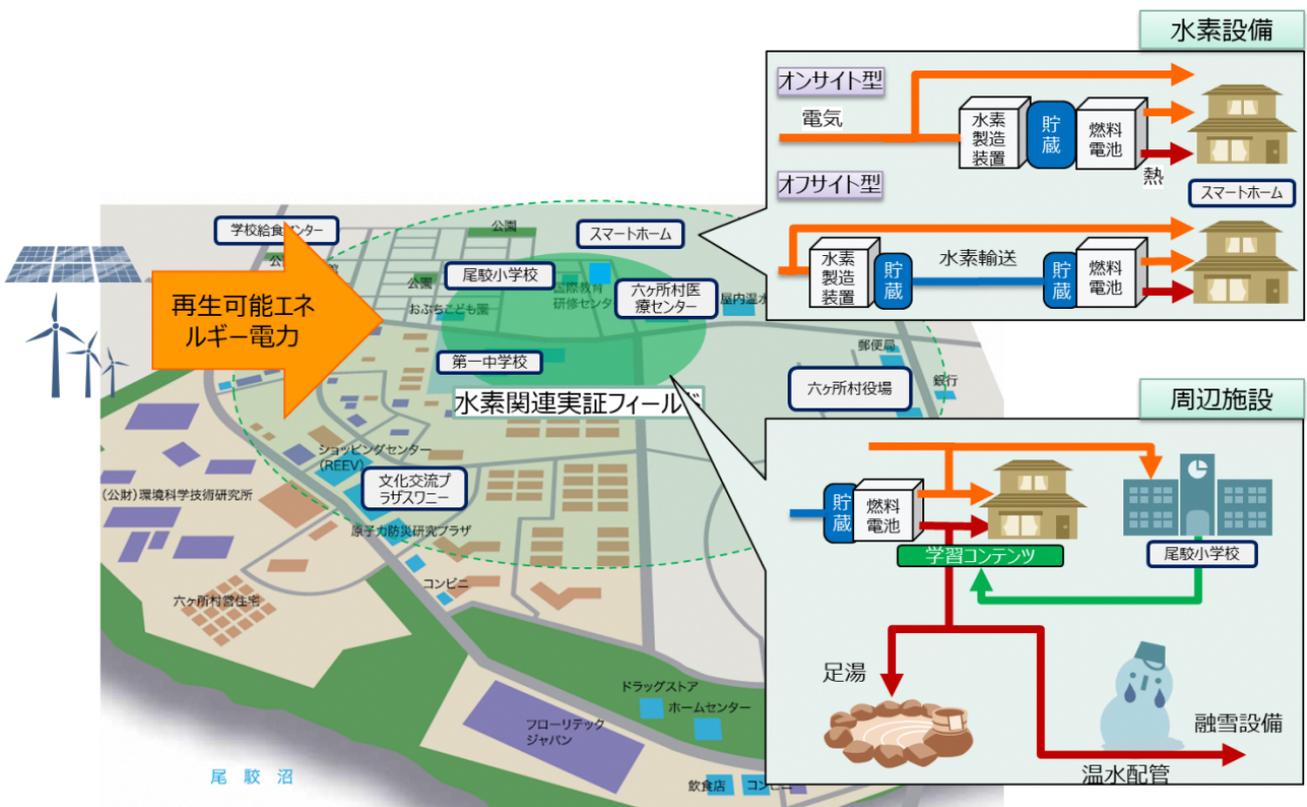


図 32 短期実証の全体構成

出所：六ヶ所村提供資料より加工・作成

(2) 電源調達方法

六ヶ所村は風力発電の導入ポテンシャルが高いため、これを用いた実証が有効であるが、風力発電所の建設には数年かかるため、実証においては下記の表にある民間事業者との連携が望ましい。

なお、実証に必要な電力量については、電力需要を全て水素設備から供給する場合、水電解効率:40% (約 7kW/Nm³)、発電効率:50%と仮定すると、電力を直接利用する場合と比べて約 5 倍の電力が必要となる。ただし、再生可能エネルギーからの電力が見込めない場合等に補助的に水素設備から発電するなどの効率を大きく損なわない運用方法は想定可能であるため、あくまでも概算の目安である。

表 20 六ヶ所村内の大規模風力発電所

発電設備	概要	事業者
むつ小川原ウィンドファーム	設備容量：31,500kW 規模：1,500kW×21基	エコ・パワー株式会社
六ヶ所村風力発電所/六ヶ所村第二風力発電所	設備容量：32,850kW 規模：1,500kW×20基、1,425kW×2基	日本風力開発株式会社
六ヶ所村二又風力発電所	設備容量：51,000kW 規模：1,500kW×34基	二又風力開発株式会社
睦栄風力発電所	設備容量：10,000kW 規模：2,500kW×5基	青森風力株式会社
吹越台地風力発電所	設備容量：20,000kW 規模：2,000kW×10基	吹越台地風力開発株式会社

出所：六ヶ所村ウェブサイト³⁶

(3) 需要先の候補

下記の表に短期実証の候補となる施設案を示した。いずれも公共施設や住宅であり、中長期の水素インフラ構築において有益なデータが取得できると想定される。下記施設については短期実証時に水素を用いた電力供給をしない場合でも、電力や熱の需要データを取得しておくことを推奨する。

表 21 短期実証の需要先候補

施設名	概要	実証活用時の特長
尾駈小学校	尾駈レイクタウン内にある小学校	教育施設における水素需要を測定できるほか、教育での活用にも貢献できる。
スマートハウス	2010～2012年日立製作所、日本風力株式会社等がスマートグリッドの実証 ³⁷ を実施。風力発電から電力供給を実施し、蓄電池の稼働調整やデマンドレスポンス対応を検証。	居住地域における電力・熱需要を把握し、水素施設の活用方法を検証できる。
スワニー	講演用ホール・研修室、図書館、郷土館等の文化施設が集積	公共施設での水素需要を創出できる。また、多くの住民が水素施設を目にする機会を提供できる。
六ヶ所村屋内温水プール「ろっぷ」	大規模な温水プール及びジムが設置されたスポーツ施設。太陽光発電が設置されている。	熱・電気の需要が見込め、水素活用のメリットが出やすい。再エネ設備との連携も可能。

³⁶ <http://www.rokasho.jp/index.cfm/7.309.15.html> <閲覧日：2019年2月22日>

³⁷ <http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2010/09/0915a.pdf> <閲覧日：2019年2月22日>

(4) 水素設備の想定スペック

前項(3)にて示した設備のうち、スマートハウスを前提に水素設備のスペックを見積もった。スマートハウスに設定したのは、最も電力・熱需要が小さく、水素施設としても最も小規模に実証が可能と想定されるためである。システムの基本構成は水電解による水素製造設備と製造した水素を貯蔵する水素タンクと燃料電池設備で構成されたシステムとする。

下記図はスマートハウスにおける秋季の平均的な一日の電力使用状況を示している。図中のスマートハウスのピーク電力量は約3kW、一日の電力使用量は約20kWhである。

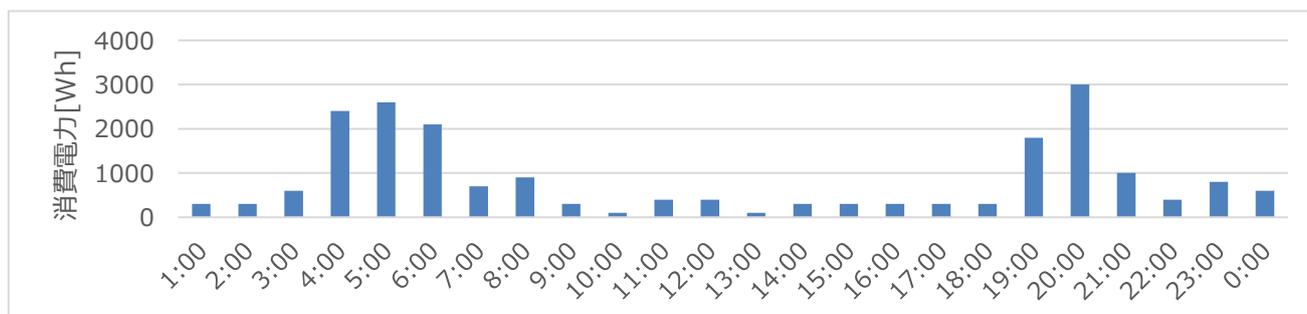


図 33 スマートハウスの一日の電力使用例

<発電設備>

スマートハウスのピーク電力まで燃料電池設備で賄う場合に必要な出力は3kWとなる。

<水素製造設備>

水素の持つ発熱量は約3kW/Nm³(低位発熱量換算)である。燃料電池の効率を50%と想定すると、1Nm³の水素から1.5kW発電が可能である。一日の電力使用量20kWhを発電するために必要な水素量は約13Nm³となる。

風力発電設備の稼働時間だけ水素製造が可能であると仮定して、風力発電の稼働率25%と想定すると、水電解装置の稼働時間は6時間程度となる。その時間内で13Nm³で製造するためには、一時間あたりの水素製造量が約2Nm³となる水素製造装置が必要となる。

<水素貯蔵量>

風力発電が見込めない期間や、災害時の非常用電源として最大で5日間水素設備から電力供給すると仮定する。その場合、一日の想定水素使用量13Nm³と日数分の水素量が必要となるため、約80Nm³の水素を貯蔵しておく必要がある。

<水素輸送>

水素製造設備と発電設備が離れており、水素を運搬する場合は、水素の一日の使用量である13Nm³を運搬頻度に応じて輸送する必要がある。仮に一週間に一回水素を運搬する場合は一回の運搬で約90Nm³の運搬が必要となる。前述の貯蔵量80Nm³に加えて一回の運搬で運ばれる水素量は蓄えておく必要がある。

これまでの計算をまとめると、システムの大まかなスペックは下記となる。

- 燃料電池出力 3kW 以上
- 水素貯蔵量 80Nm³+(一回の水素運搬量)以上
- 水素運搬量 13Nm³÷(一日の水素運搬回数)以上
- 水電解装置 2Nm³/h 以上

上記の計算はスマートハウスに水素設備のみで電力供給する場合であり、再生可能エネルギーから直接電力供給する場合や、一時的な電力貯蔵に蓄電池を併設する場合など、水素設備以外からの電力供給が期待できる場合はシステムの必要なスペックはより小規模なものとなる。

今回、スマートハウスをモチーフにスペックを算出したが、他の施設も上記の算出方法で大まかな水素設備のスペックを算出できる。ただし、具体的な水素設備のスペックは、水素設備自体の消費電力や運用方針で変わるため、詳細なスペック検討には、電力データを取得した上での詳細なシミュレーション等の分析が必要である。

算定した水素設備のスペックに近い、主な燃料電池及び水電解水素製造装置メーカーを下記の表に列挙した。

表 22 実証規模に合致する主な燃料電池メーカー

メーカー	Panasonic	東芝	ブラザー工業	Ballarad 社
出力	5kW	0.7kW、3.5kW、100kW	4.4kW(DC 供給)	1.7kW、5.5kW
燃料	水素	水素	水素	水素
種類	コージェネ	PEFC コージェネ	PEFC コージェネ	PEFC
効率	57%	55%		1.0[m ³ /kWh]
サイズ	900×500×1800mm		860×800×2, 115mm	620×820×1, 270mm
備考	製品化 2021 年予定 実証機あり			豊田通商にて取り扱い

各社ウェブサイトより作成
Panasonic ウェブサイト³⁸
東芝ウェブサイト³⁹
ブラザー工業ウェブサイト⁴⁰
豊田通商ウェブサイト⁴¹

表 23 実証規模に合致する主な水電解水素製造装置メーカー

メーカー	神鋼環境ソリューション	日立造船	(参考)Hydrogenics
水素製造能力	1Nm ³ /h、5Nm ³ /h (60Nm ³ /h まで機種あり)	1Nm ³ /h 以上 (100Nm ³ /h まで機種あり)	4~10Nm ³ /h (60Nm ³ /h まで機種あり)
種類	PEM	PEM	アルカリ型
水素純度	99.999%	99.9999%	99.998%
サイズ	1,000×400D×1,600mm (1Nm ³ /h の製品)		1,700×1,850×2,600mm
消費電力	6.5kWh/Nm ³ -H ₂ (5Nm ³ /h の製品)		4.9kWh/Nm ³

各社ウェブサイトより作成
神鋼環境ソリューションウェブサイト⁴²
日立造船ウェブサイト⁴³
Hydrogenics ウェブサイト⁴⁴

³⁸ <https://news.panasonic.com/jp/press/data/2018/11/jn181101-2/jn181101-2.html> <閲覧日：2019年2月28日>

³⁹ <https://www.toshiba.co.jp/product/fc/products/feature.htm> <閲覧日：2019年2月28日>

⁴⁰ <https://www.brother.co.jp/product/fuelcell/bfc45000/index.aspx> <閲覧日：2019年2月28日>

⁴¹ <http://ttc-fuelcell.com/ballard/lineup/> <閲覧日：2019年2月28日>

⁴² https://www.kobelco-eco.co.jp/product/suisohassei/hhog_seihin.html <閲覧日：2019年2月28日>

⁴³ <http://www.hitachizosen.co.jp/products/business/processor/sterilization/hydrospring.html> <閲覧日：2019年2月28日>

⁴⁴ <https://www.hydrogenics.com/hydrogen-products-solutions/industrial-hydrogen-generators-by-electrolysis/indoor-installation/hystat-trade-10/> <閲覧日：2019年2月28日>

(5) 建築基準法における水素貯蔵量の制限

「建築基準法」及び「建築基準法施行令」に基づき、市街化区域の用途制限により危険物の貯蔵又は処理に供する建築物について制限がある、具体的には市街化区域に応じて水素貯蔵量に上限がある。

- ・ 建築基準法の第 48 条
- ・ 建築基準法施行令 第 130 条、第 116 条

貯蔵量の上限を表 24 に示した。貯蔵量の上限については、各自治体において改めて確認が必要である。また、水素吸蔵合金等の水素を別の安全な形に変えて貯蔵するケースについては、水素貯蔵に当たらないとの見解が得られるケースも想定される。ただし、まだ水素設備が置かれた事例は少なく、統一した基準が設定されていないと想定されるため、詳細は自治体等に確認する必要がある。

表 24 建築基準法に基づく水素貯蔵量の上限

市街化区域等	水素貯蔵量上限 (圧縮ガスの場合は 10 倍)
第一種低層住宅専用地域	35Nm ³
第二種低層住宅専用地域	35Nm ³
第一種中高層住宅専用地域	35Nm ³
第二種中高層住宅専用地域	35Nm ³
第一種住居地域	35Nm ³
第二種住居地域	35Nm ³
準住居地域	35Nm ³
近隣商業地域	70Nm ³
商業地域	70Nm ³
準工業地域	350Nm ³
工業地域	制限なし
工業専用地域	制限なし
市街化調整区域	
用途地域の指定のない区域	制限なし

7.4 実証内容

1. 再生可能エネルギーの安定利用に関する実証

風力発電と太陽光発電の複数の電力状況に基づく、水素及び電力の長期安定利用に向けた水素製造設備の稼働の在り方について検証を行う。具体的には、Power to Gasの実証として、電力需要が少ないタイミングでの水素製造等の風力発電を中心とした再生可能エネルギーに対する調整力供給の検証を行う。将来的なコスト収支等の検証も行う。

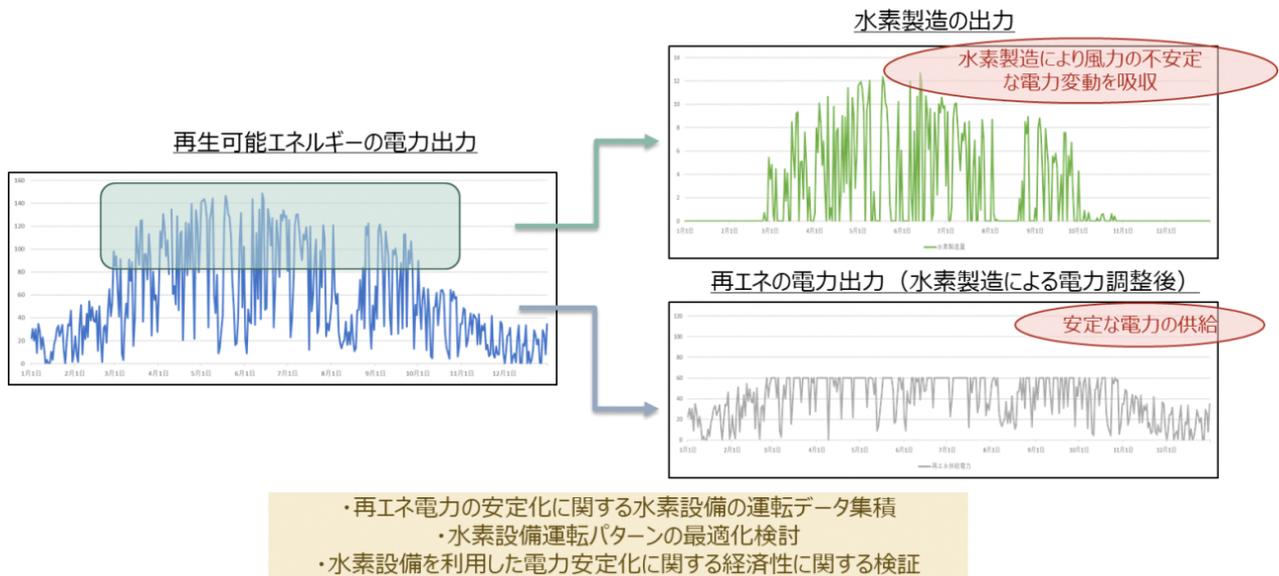


図 34 再エネ安定利用実証のイメージ

2. 施設へのエネルギー安定供給の実証

本実証により、天候等に左右される不安定な再生可能エネルギーを用いて、需要先への電力の安定供給を目指した実証を行う。具体的には、一年間の電力供給により、日/夜、平日/休日、季節間で需要が変化する施設に電力及び熱需要を安定供給するための運用検証を行う。更に、再生可能エネルギー及び燃料電池からの熱電併給のタイミングやバランス等の検証を行う。

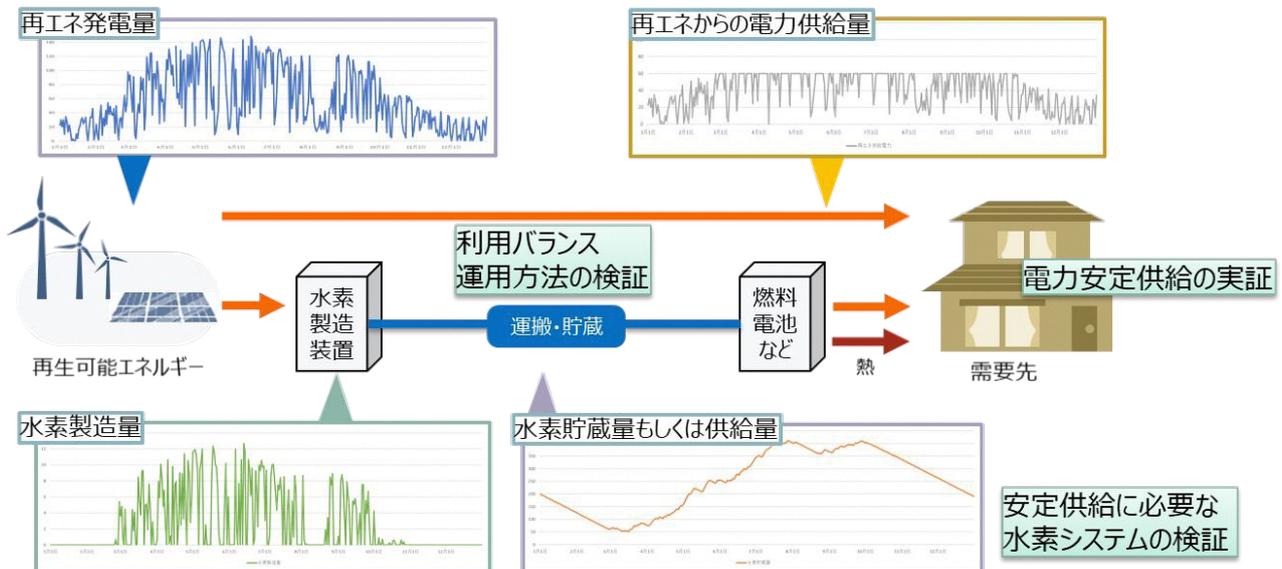


図 35 エネルギー安定供給実証のイメージ

3. 電気と熱の面的併給の実証・解析

第2項の検証の発展として、熱と電気の面的利用に関する検証を行う。

将来的に再生可能エネルギー及び水素からの電力供給が想定される関連施設について、水素関連設備からの電力供給は行わないが、実証フィールド内の年間の電力供給状況を調査し、第2項と同様に年間の電力供給に関する解析を行う。

実証フィールド内の主要な施設にて、現状施設で電力等のデータが取得できない施設はスマートメーター等の設置を行うことも想定する。

熱需要については、冬季の融雪への活用や冬季以外の足湯への温水供給等のユニークかつ将来性のある需要を創出し、将来的な大規模な熱需要対応に関するデータ取りを行う。

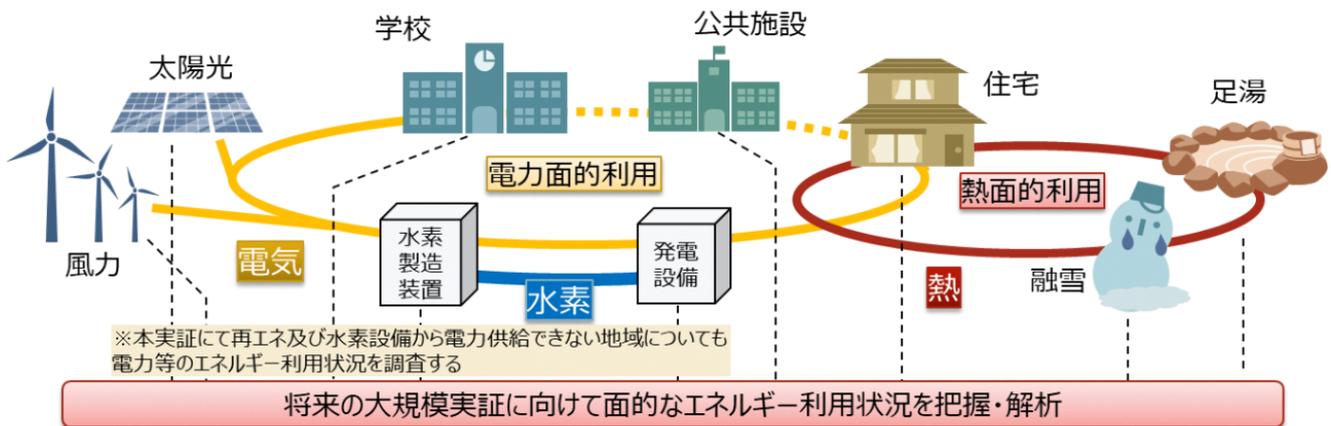


図 36 エネルギー面的利用実証のイメージ

4. 水素利用に関する普及啓蒙・学習活動

村内外の人が次世代エネルギーを身近に感じられる取組みを行う。また、停電時や災害時等における水素利活用の可能性も検討する。

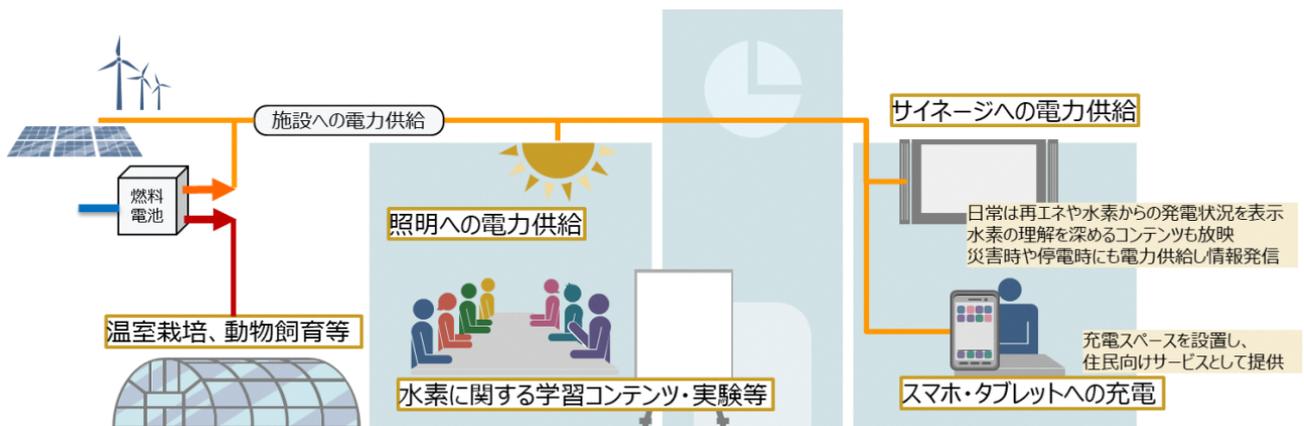


図 37 普及啓蒙・学習活動における利用イメージ

5. 住民が実感できる熱利用による普及啓蒙活動

年間を通じて村民がエネルギーの恩恵を実感できる「熱」の利用方法を検討する。

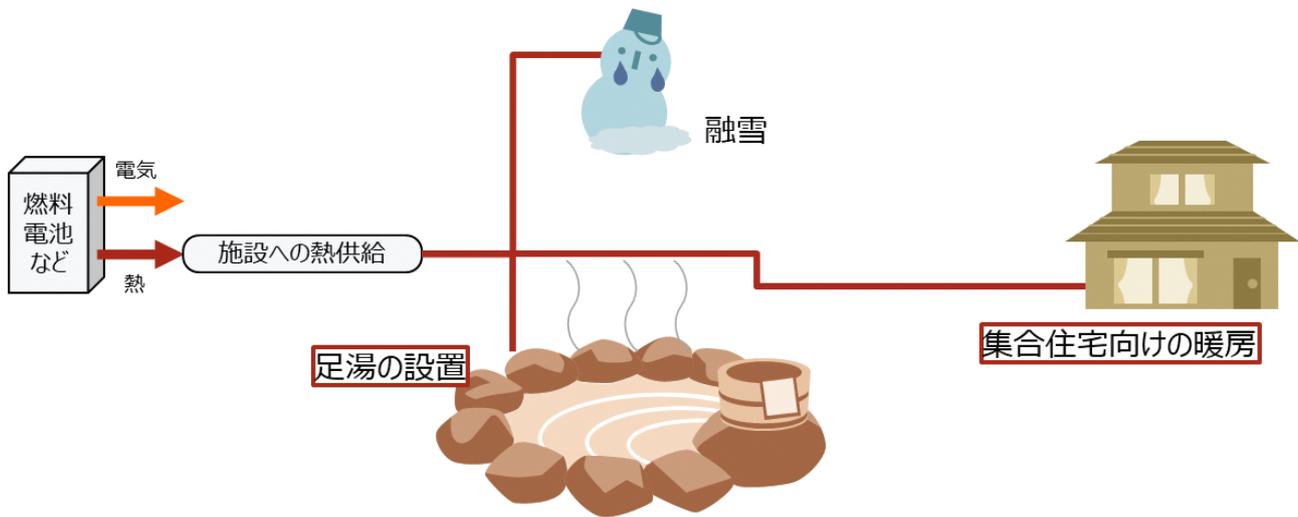


図 38 住民が実感できる熱利用方法イメージ

6. 将来的な水素利活用に関する検討

将来的な水素需要の拡大を見込んで、水素利用法に関する検討を行う。(燃料電池ドローン等)

燃料電池ドローン



外壁等の人が検査しにくい部分の
検査への活用

燃料電池ドローン



イベント等での啓蒙活動

図 39 燃料電池ドローンの活用イメージ

7.5 各種計算

これまでに7.3項にて、需要先としてスマートハウスの全ての需要を水素設備から供給する場合で想定される水素量等の試算を行った。次に、実際に想定される運転パターンの例に挙げて具体的なシミュレーションを実施した。

具体的には、スマートハウスの電力需要に対して水素設備を用いたピークシフトを行い、一日の電力消費量の変化や水素の製造量や消費量を算出した。計算の目的と前提を下記に示した。

<水素設備の運転目的>

- 朝方と夜間電力に上昇する電力需要に対して水素設備を用いてピークシフトし、一日の電力使用量を平準化する。

<前提条件>

- 需要先をスマートハウスと設定する。
- 昼間(10:00~16:00)の電力負荷が低い時間帯に水素製造を行う。(太陽光発電が見込める時間帯でもある)
- 朝方と夜間の電力需要があるときに、製造した水素を用いて燃料電池から電力供給を行う。
- 一日の中で水素製造量と消費量は一定になるようにする。
- ピークカットする閾値は水素の製造量と消費量がほぼ一致する値とする。
- 水素システムの維持電力は考慮しない。

運転目的のイメージを下記に示した。スマートハウスの消費電力が低い日中に水素製造を行い、製造した水素で朝方と夜間に燃料電池から発電を行う。一日の中で負荷を平準化し、エネルギーの安定利用を行う。

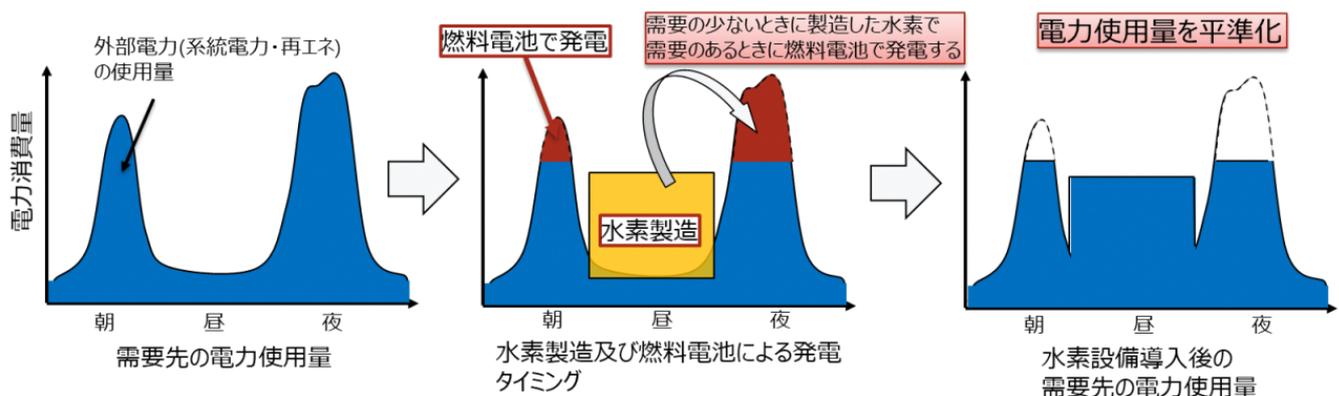


図 40 水素設備によるピークシフト運転のイメージ

これらの前提条件に基づき、7.3項の図 33 に示したスマートハウスの秋季の電力需要を水素設備を平準化した。平準化した結果を表 25 に示した。

ピークカット前の消費電力の状況(表上段)に対して水電解装置と燃料電池の稼働したときの消費電力と発電電力を表中段に示した。シミュレーションではピークカットする閾値の電力を 1900W と設定した。閾値は水素の製造量と消費量の釣り合う点で決定している。閾値を超えるときは超過分だけ燃料電池で発電し、発電する分だけ水素製造を行った。表中段の図の燃料電池は発電であるため消費電力のグラフとしてはマイナスで表記している。上記の水電解装置及び燃料電池の稼働の結果、表下段のように需要先の負荷を平準化できる。

実際にこのような運転をする際には、需要先の電力消費の予測や再生可能エネルギーの発電予測などの予測技術が必要である。理由は、朝と夜に想定される想定消費電力や再生可能エネルギーの発電量を参考にしてピークカットする閾値を決めるなどの制御が必要なためである。設備の運転コンセプトに対してエネルギーマネジメントシステムの技術難易度も変化することに留意が必要である。

表 25 水素設備によるピークカット運転のシミュレーション

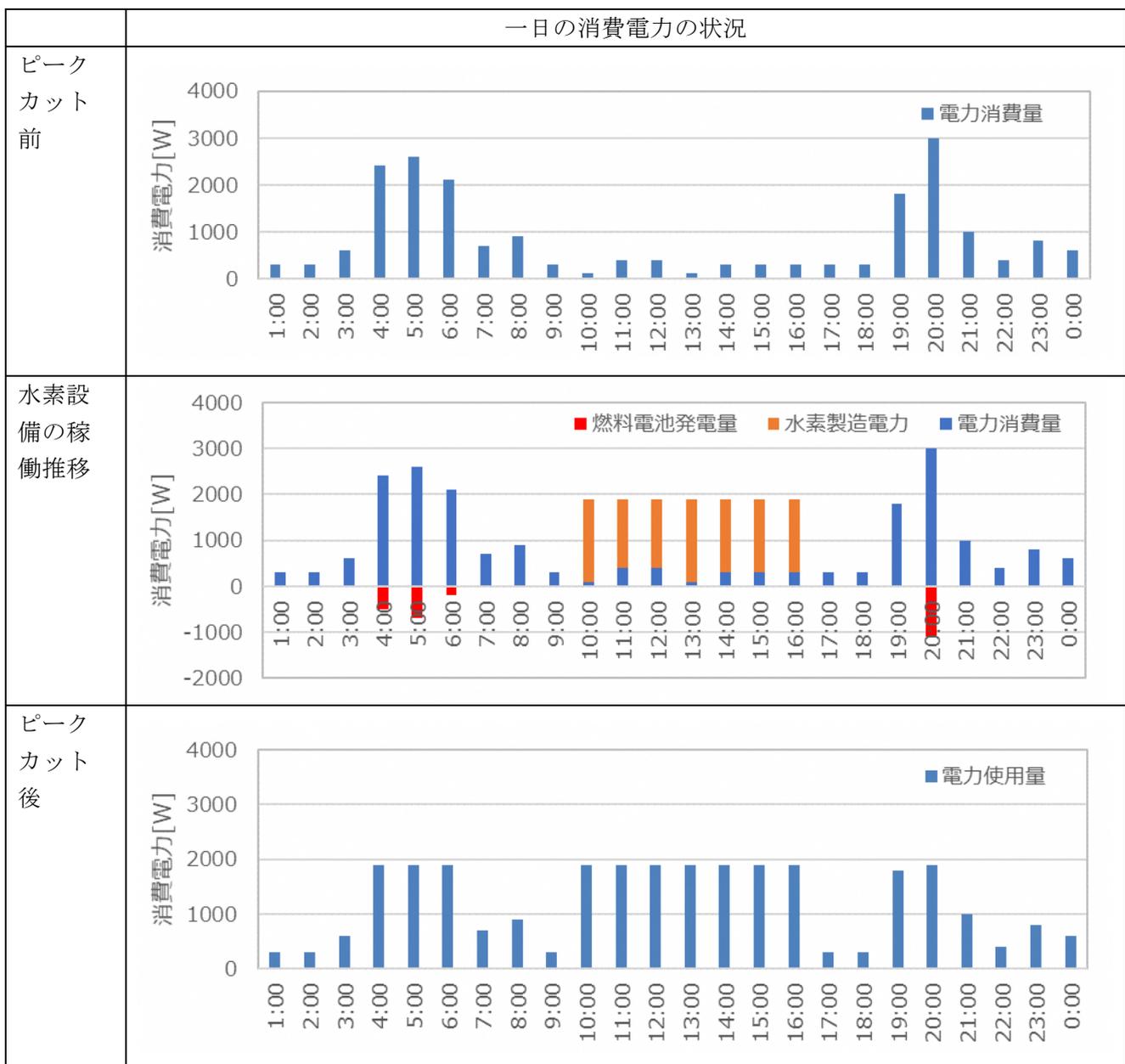


表 25 の運転において各設備に想定される運転結果の詳細を表 26 に示した。表中の関連する数値は表中を同じ色で塗っている。表の解説を下記に示す。

- (パープル部分)水電解装置から 1 日 1.63Nm³ の水素を製造し、ほぼその同量を燃料電池で発電に使っている。水素の出し入れ分だけ水素貯蔵が必要となる。
- (オレンジ部分)水素製造のために 11.4kW の電力を用いて水素製造し、その水素で 2.5kW 発電している。そのため、スマートハウスの消費電力が水素製造と発電の差分だけ上昇しており、20kW から 29kW に消費電力が上昇している。
- (グリーン部分)ピーク電力は 3kW から 1.9kW に減少している。

表 26 ピークカット運転による 1 日の各設備の想定運転結果

水電解装置	1 時間の水素製造量 (最大)		0.26Nm ³ /h
	1 日の水素製造量		1.6Nm ³
	水素製造にかかった電力量		11.4kW
燃料電池	1 時間あたりの発電量 (最大)		0.5kW
	1 日の水素消費量		1.7Nm ³
	1 日の発電量		2.5kW
水素貯蔵	1 日の水素変動量		1.7Nm ³
スマートハウス	水素設備なし	1 日の消費電力	20kWh
		ピーク電力	3kW
	水素設備あり	1 日の消費電力	29kWh
		ピーク電力	1.9kW

上記のようなピークカット運転において必要な装置スペックは、7.3 項で想定した装置スペックで十分に対応できる範囲である。このように運用方針で必要な装置スペックは大きく変わる。導入する装置スペックを決定する際には、詳細に運用方針を検討する必要がある。

また水素設備導入による 1 日の電力使用量は 1.5 倍程度の増加となっている。経済性が成立するためには電力使用量が 1.5 倍になる電力ロスをピークカット運転による経済的効果が上回らなければならない。そのためには、余剰の再生可能エネルギーを活用するなどの安価な電力を活用する工夫が必要である。これらの詳細な分析のためには、詳細な条件設定やシミュレーションが必要となる。

次にスマートハウスの季節ごとの代表的な消費電力データより、同様のピークシフトを検討した結果を示した。

表 27 各季節のピークカット運転による1日の各設備の想定運転結果

		春季	夏季	秋季	冬季	
水電解装置	1時間の水素製造量(最大)	0.28Nm ³ /h	0.21Nm ³ /h	0.26Nm ³ /h	0.34Nm ³ /h	
	1日の水素製造量	1.9Nm ³	1.25Nm ³	1.6Nm ³	2.2Nm ³	
	水素製造にかかった電力量	13.2kW	8.8kW	11.4kW	15.6kW	
燃料電池	1時間あたりの発電量(最大)	0.6kW	1.1kW	0.5kW	1.0kW	
	1日の水素消費量	1.8Nm ³	1.2Nm ³	1.7Nm ³	2.2Nm ³	
	1日の発電量	2.7kW	1.7kW	2.5kW	3.3kW	
水素貯蔵	1日の水素変動量	1.8Nm ³	1.25Nm ³	1.7Nm ³	1.67Nm ³	
スマートハウス	水素設備なし	1日の消費電力	27kWh	17kWh	20kWh	30kWh
		ピーク電力	3kW	2.6kW	3kW	3.5kW
	水素設備あり	1日の消費電力	38kWh	24kWh	29kWh	42kWh
		ピーク電力	2.2kW	1.6kW	1.9kW	2.5kW

最後にのデータより、年間収支についてに示した。試算においては各季節のデータが3か月続くと仮定した大まかな収支である。

表 28 水素設備運用による年間収支例

水電解装置	年間の水素製造量		636Nm ³
	年間の水素製造電力量		4,450kWh
燃料電池	年間の水素消費量		619Nm ³
	年間の発電量(シフトした電力量)		928kWh
スマートハウス	水素設備なし	年間消費電力	8,608kWh
	水素設備あり	年間消費電力	12,130kWh

7.6 成果目標

短期的な実証による成果目標を表 29 に示した。7.4 項の 6 つの実証内容それぞれに成果目標を設定している。

表 29 短期的な実証の成果目標

実施項目	成果目標
再生可能エネルギーの安定利用に関する実証	<ul style="list-style-type: none"> ●水素製造設備を用いた再エネ利活用の将来性に関する評価・試算 ●大規模実証における再生可能エネルギーの安定利用に関する水素製造設備運用案策定
施設へのエネルギー安定供給の実証	<ul style="list-style-type: none"> ●年間を通じた需要先への電力・熱の安定供給の実現 ●寒冷地における水素設備の維持コスト、維持電力等の設備維持に関する実績データ取得 ●再エネから需要先への電力・熱の安定供給のための水素関連設備の装置仕様モデル化 ●大規模実証における水素関連設備の装置仕様案、運用案策定
電気と熱の面的供給の実証・解析	<ul style="list-style-type: none"> ●水素実証フィールド周辺の需要先の電力・熱需要の年間負荷データの取得 ●年間負荷データを用いた大規模実証を想定したシミュレーションと大規模実証のプラン作成
水素利用に関する普及啓蒙・学習活動	<ul style="list-style-type: none"> ●学校等での水素設備を用いた実学の実施や住民への普及啓蒙による、村の水素導入構想や大規模実証への理解、協力を促進
住民が実感できる熱利用による普及啓蒙活動	<ul style="list-style-type: none"> ●寒冷地ならではの熱利用で水素利用に関する利点を引き出すとともに、住民が身近に感じる活用を行うことで、新たな活用アイデアを村全体で検討していく場を醸成
将来的な水素利活用に 関する検討	<ul style="list-style-type: none"> ●水素の電力や熱だけでなく多面的な活用を検討し、産業振興に向けた活用プラン作成 ●住民への多面的な用途に関する理解を促進し、FCV 導入等の住民の理解・購買意欲を向上

