

令和5年度 調査研究報告書

水素を中心とした クリーンエネルギーの 利活用推進

令和5年度 調査研究報告書

水素を中心とした クリーンエネルギーの 利活用推進



特別区長会調査研究機構

はじめに

特別区23区長が組織する特別区長会は、平成30（2018）年6月15日、特別区長会調査研究機構を設置しました。

その設立趣旨は、特別区及び地方行政に関わる課題について、大学その他の研究機関、国及び地方自治体と連携して調査研究を行うことにより、特別区長会における諸課題の検討に資するとともに、特別区の発信力を高めることにあります。

平成31（2019）年4月からは、各区より提案された特別区政に係る研究テーマについて、特別区職員・学識経験者が研究員となり、プロジェクト方式で調査研究を開始しました。以降、特別区の課題解決を中心に据えながら、広く地方行政の一助となるよう、さらには国及び他の地方自治体との連携の可能性も視野に入れ、調査研究を進めています。

令和4年度の研究テーマ（6テーマ）に関しては、報告書をホームページに掲載して公表するとともに、7月には報告会を開催し、アーカイブ配信を行うなど、研究成果を広く発信しています。このような取組を通じて、これらの調査研究が特別区政に活かされる事例が見られるようになりました。

令和5（2023）年度においては、「『ゼロカーボンシティ特別区』に向けた取組み（令和3・4年度）」で提案した連携方策が、23区で設置した気候変動対策推進組織にて検討されることになりました。また、7月には、「特別区における森林環境譲与税の活用（令和3年度）」を踏まえて、東京都・6区・都内6市町村との間で「森林環境譲与税の活用に係る都内連携に関する協定」が締結されています。今後も、特別区の課題解決に寄与できるよう調査研究に取り組んでまいります。

本年度は、5月に新型コロナウイルス感染症の位置付けが5類となり、感染防止に配慮しながらも研究プロジェクトメンバーが一堂に会して、調査結果の分析や今後の方策等について議論を深めることができました。この調査研究報告書は、1年間の各研究プロジェクトの調査研究による成果を取りまとめたものです。

これらの調査研究報告書が、今後とも特別区政の関係者のみならず、地方自治体、研究機関など多方面でご活用いただけると幸いです。

最後に、調査研究にご協力いただいた地方自治体関係者、さらに国や民間企業の皆様をはじめとして、報告書の作成にあたり、ご協力をいただきました全ての方に深く御礼申し上げます。

特別区長会調査研究機構

令和6年3月

目次

研究にあたって	10
1. 研究の概要	18
1-1. 研究の背景・目的	18
1-2. 研究会の進め方	20
1-3. 研究結果の概要	21
2. 特別区が水素利活用に取り組む意義	24
2-1. 国や東京都の政策における水素エネルギーの位置づけ	25
2-2. 特別区における水素エネルギーの位置づけ	31
2-3. 特別区において水素がもたらす便益	34
3. 特別区が目指すべき水素利活用の将来像	38
3-1. 特別区における水素に置き換え可能なエネルギー	40
3-1-1. 本研究テーマ提案区・参加区等への事前アンケート	40
3-1-2. 水素需要ポテンシャルの試算	41
3-2. 各部門における水素利活用の方法	44
3-2-1. 水素製造	45
3-2-2. 貯蔵・輸送・供給	46
3-2-3. 利用	47
3-2-4. 国内・海外事例	49
3-3. 水素利活用における課題と対応	62
3-3-1. 水素利活用に係る安全性調査	63
3-3-2. アンケート調査	70
3-3-3. ヒアリング調査	81
3-3-4. 課題と解決策サマリ	88
3-4. 特別区における普及展開の将来像	90
3-4-1. 全体像	90
3-4-2. 初期（現在～2030年頃）	94
3-4-3. 中期（2030年頃～2040年頃）	96
3-4-4. 長期（2040年頃以降）	98
4. 特別区が目指すべき方向性と施策	102

おわりに/研究会リーダーからのメッセージ	108
資料編	112
1. 研究体制	112
2. 研究実績	113
3. アンケート調査 回答フォーム	114
4. アンケート調査実施先一覧	120
5. ヒアリング調査実施先一覧	120
6. 用語集	121

目次

図1	特別区が目指すべき3つの方針と8つの取組	12
図2	特別区が目指す将来像と現状とのギャップのイメージ	13
図3	特別区の将来像実現に向けたロードマップ	15
図4	本研究会の進め方	20
図5	研究結果の概要	21
図6	特別区が水素利活用に取り組む意義を整理する流れ	24
図7	国の政策における水素エネルギーの位置づけ	25
図8	2050年カーボンニュートラルへの道筋	26
図9	国の水素関連政策概要	27
図10	東京都の政策における水素エネルギーの位置づけ	28
図11	東京水素ビジョンにおける水素の利活用イメージ（その1）	29
図12	東京水素ビジョンにおける水素の利活用イメージ（その2）	30
図13	特別区における水素エネルギーの位置づけの整理	32
図14	特別区の部門別CO ₂ 排出量内訳及び水素利活用領域の想定	33
図15	特別区において水素がもたらす環境面での便益の例	34
図16	特別区において水素がもたらす経済面での便益の例	34
図17	特別区において水素がもたらす社会面での便益の例	35
図18	水素を活用した災害への対応事例	36
図19	特別区が目指すべき水素利活用の将来像に向けた整理の流れ	38
図20	研究テーマ提案区・参加区への事前アンケート結果	40
図21	特別区における水素需要ポテンシャルの試算対象と試算方法の概略	41
図22	各試算対象の試算方法の詳細と参照元一覧	42
図23	特別区の水素需要ポテンシャルの試算結果	43
図24	水素サプライチェーンのイメージ	44
図25	水素製造技術の種類	45
図26	水素輸送技術の種類	46
図27	水素供給技術の種類	46
図28	水素利用技術に関する日本国内の技術ステージ	47
図29	アプリケーション別の水素許容価格（パリティ価格）	48
図30	神奈川県川崎市の取組事例の概要	49
図31	宮城県富谷市の取組事例の概要	50
図32	岡山県津山市の取組事例の概要	51
図33	神奈川県川崎市の取組事例の概要	52

図 34	北海道鹿追町の取組事例の概要	53
図 35	福島県浪江町の取組事例の概要	54
図 36	調査した海外事例一覧と選定軸	55
図 37	張家口による燃料電池バスの導入（中国）の事例概要	56
図 38	JIVE・JIVE2（欧州）の事例概要	57
図 39	タクシー会社Hypeが関与する複数プロジェクト（欧州）の事例概要	58
図 40	HEAVENN（北オランダ）の事例概要	59
図 41	Antwerp-Bruges港におけるプロジェクト（ベルギー）の事例概要	60
図 42	Edmonton Hydrogen Hub（カナダ）の事例概要	61
図 43	安全性調査の背景・目的及び調査方針	63
図 44	安全性調査結果サマリ	64
図 45	水素の物性及び必要な安全対策	65
図 46	水素ステーションにおける安全対策の考え方	66
図 47	水素ステーションの安全装置	66
図 48	FCVの安全対策	67
図 49	水素ステーションに関連する規制の見直し一覧	68
図 50	アンケート調査結果サマリ	72
図 51	特別区における水素に関する取組状況とその区分・目的	73
図 52	事業者／研究機関が自治体に期待する役割の回答結果	80
図 53	ヒアリング調査結果サマリ	82
図 54	特別区における水素利活用に向けた課題と解決策サマリ	88
図 55	業務・家庭部門に関連した取組事例	89
図 56	特別区特有の課題を踏まえた水素サプライチェーンごとの手段	91
図 57	特別区における普及展開の概要	92
図 58	定義した地域モデルと想定される水素アプリケーション	93
図 59	特別区における水素の普及展開のイメージ（初期）	95
図 60	特別区における水素の普及展開のイメージ（中期）	97
図 61	特別区における水素の普及展開のイメージ（長期）	99
図 62	地域モデルごとの取り組むべき時期	106

表目次

表1	アンケート調査実施方法	70
表2	アンケート調査内容	71
表3	特別区での水素利活用に関する懸念事項の回答結果	74
表4	特別区における普及啓発活動の実績と今後の想定の回答結果	75
表5	自治体の役割及び特別区と連携可能な分野・取組の回答結果	76
表6	自治体が水素事業を検討する際の事業化段階ごとの課題の回答結果	77
表7	地域住民の安全性に係る課題と対応策及び実施事項の回答結果	78
表8	事業者/研究機関が特別区と協業できる可能性のある領域の回答結果	79
表9	事業者/研究機関の特別区への課題と重視する地域の特徴の回答結果	80
表10	ヒアリング調査実施方法	81
表11	ヒアリング調査内容	81
表12	ヒアリング調査結果詳細（自治体向け）	84
表13	ヒアリング調査結果詳細（事業者向け）	86
表14	特別区が目指すべき方向性と具体的な施策の例	102

研究にあたって



研究にあたって

特別区は、約970万人の区民¹と約50万か所の事業所²を抱え、様々な分野において、極めて高いポテンシャルを有する大都市であることは論を待たない。同時にまた、多様な地域活動や活発な経済活動を支えるために、大量のエネルギーを消費していることも、認識しておかなければならない。

そこで、現在消費しているエネルギーを水素をはじめとするクリーンエネルギーへ置き換えることによって、①再生可能エネルギーの調整・活用、②二酸化炭素の排出量削減、③エネルギー供給源の多様化や災害時の電源対策など、様々な場面で特別区がスケールメリットを発揮できる可能性を秘めている。

しかし、水素はコスト面や調達手段の課題などから、必ずしも利活用に関する取組が浸透しているとは言いがたい。区民や事業者が、水素の利活用を目に見える形で理解するためには、たとえ小さな取組であっても、チャレンジできる区から着手し、その効果を他の区へも波及させ、段階的に拡大させていくことを目指すのが現実的であり、このための各区の地道な活動が求められる。

今後、特別区が「水素をはじめとするクリーンエネルギーが地域の社会インフラとして定着し、地域の経済活動の中に組み込まれた社会」を目指すべく、スピード感をもって水素の利活用に資する施策を積極的に展開する必要がある。

そこで、研究会としては、今後、特別区の強みである「区民に最も身近な基礎自治体」としての機能を最大化し、中長期にわたる水素の利活用推進が着実に進むよう、これを「3つの方針」と「8つの取組」として示すこととする。

1 特別区の人口（特別区の統計）令和2年国勢調査 9,733,276人

2 特別区の実業所数（特別区の統計）平成28年経済センサス 494,337所

■特別区が目指すべき3つの方針と8つの取組

方針1 区民・事業者の理解を深める施策の全区的な展開

～水素利活用に関する普及啓発～

特別区は、区民にとって最も身近な基礎自治体であり、中小の事業者に対しきめ細かい支援を行い得る主体として、国家戦略なども踏まえながら、水素への理解を深める施策の展開が喫緊の課題であるとの共通認識を持つとともに、幅広く区民と事業者への周知と普及啓発に取り組む。

取組1 水素の利活用に精通した人材の育成と窓口の整備

取組2 水素の利活用に関する普及啓発

方針2 水素の利活用モデルを率先して提示

～水素関連設備導入への支援～

水素の価値を区民・区内事業者へ広く周知する施策によって、水素の利活用による効用が、広く地域社会に認識される環境を作り上げていく。

取組3 自治体による水素需要の創出

取組4 区民・事業者の水素関連設備導入への助言と支援

取組5 公益性に留意した事業用地確保の支援

方針3 事業者、関係行政機関との連携・協力の推進

～需要家の水素利活用拡大に向けた環境整備～

多種多様な産業の事業者が集積している特別区の地域特性に着目し、区と事業者との情報共有を進め、相互の連携協力により区内での横断的な取組を推進する。

取組6 事業者団体・国・東京都・特別区との話し合いの場の設置

取組7 水素の利活用拡大に資する情報環境の整備

取組8 許認可事項に対する伴走支援

各取組の詳細は第4章を参照



図1 特別区が目指すべき3つの方針と8つの取組

■方針・取組の検討手順

特別区が目指す将来像と現状とのギャップのイメージを図2に示す。前述の3つの方針と8つの取組を検討する際は、特別区の将来像である「水素をはじめとするクリーンエネルギーが地域の社会インフラとして定着し、地域の経済活動の中に組み込まれた社会」を目指すに当たり、特別区の現状を整理することでギャップ（課題）を把握し、その解決策として方針と取組を整理することとした。

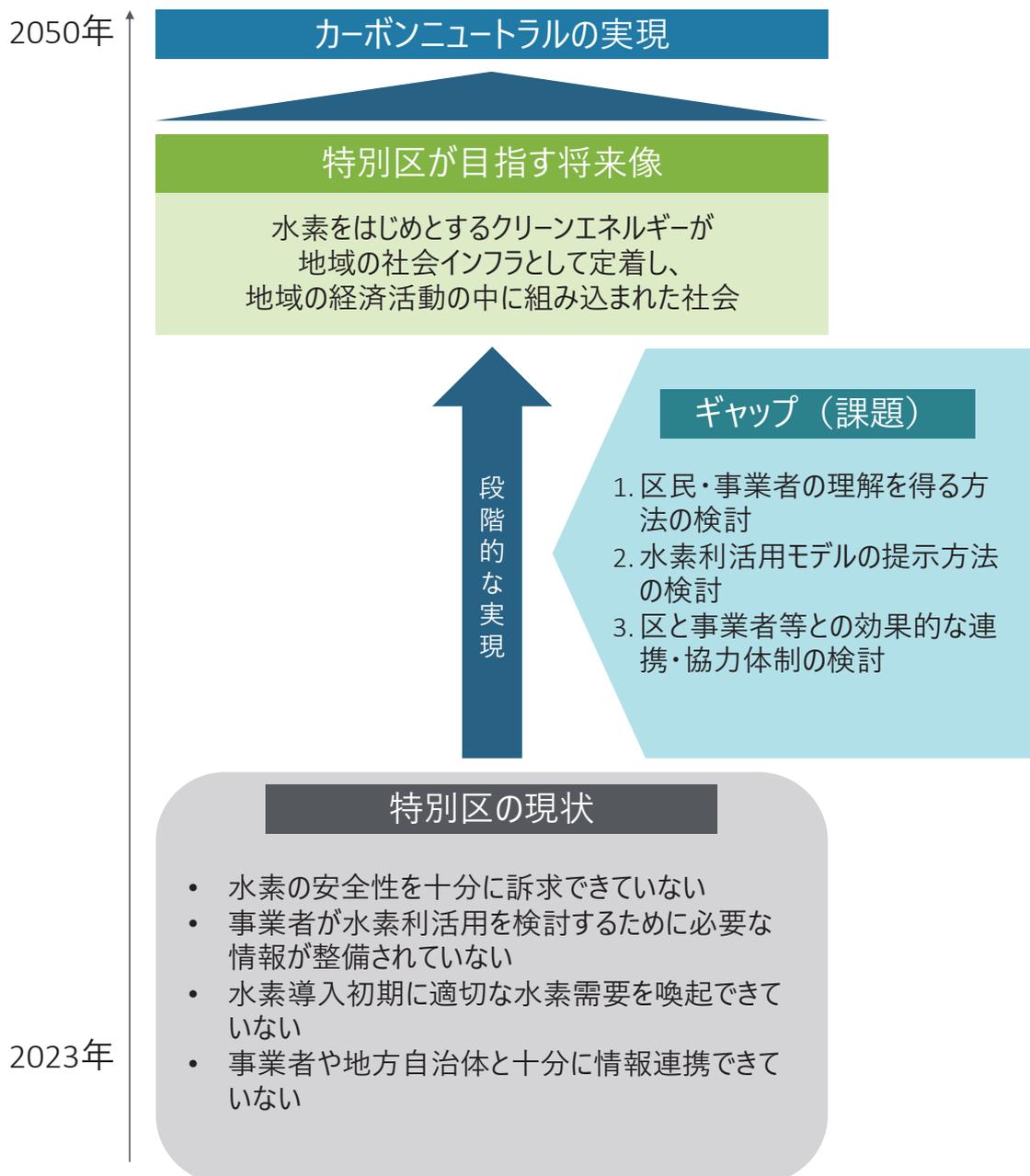


図2 特別区が目指す将来像と現状とのギャップのイメージ

特別区が目指す将来像を実現するためには、区民や事業者全体を巻き込んで進めていくことが必要不可欠であり、区民や事業者にとって身近な基礎自治体である特別区として果たすべき役割が存在する。しかし、本研究結果から、水素の安全性の訴求ができていないことや水素事業を検討するために必要な情報が整備されていないこと等、特別区の現状が整理された。これらの現状と将来像のギャップが課題であり、その解決策としての前述の方針と取組により、次に示すステップを通じて段階的に実現していくことが求められる。

■特別区が目指す将来像を実現するまでのステップと時期

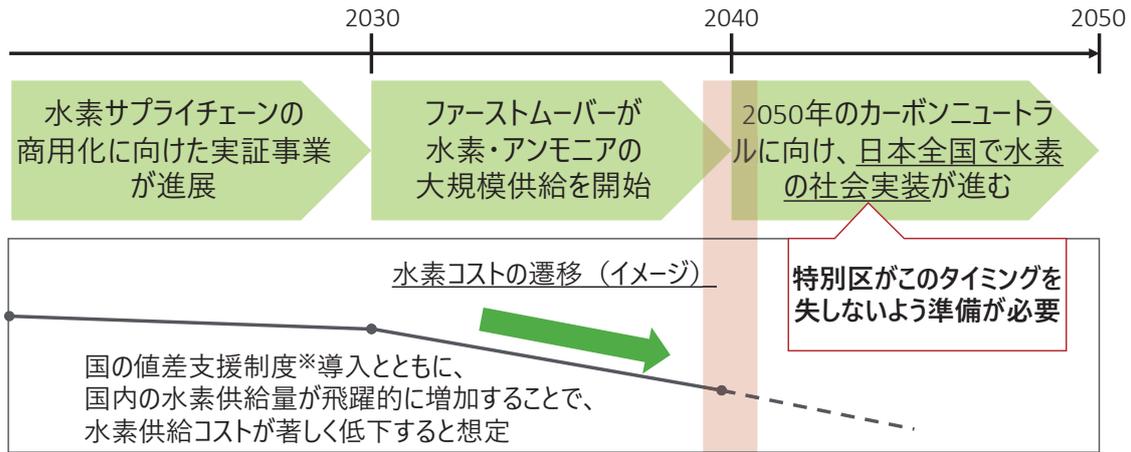
特別区の将来像実現に向けたロードマップを図3に整理した。2040年までには、ファーストムーバー³が水素やアンモニアの大規模供給を開始し、国の値差支援等の政策とともに国内の安価な水素供給量が飛躍的に増加すると想定される。その後、2050年までの10年間に、日本全国で水素の大規模社会実装が進むものと考え、特別区としても、地域での水素利活用に取り組む事業者に対する支援が的確に行われるように、タイミングを計っていく必要がある。

特別区における水素利活用のステップとして、初期需要の喚起、適用範囲の拡大や地理的な拡大、量的な拡大の3つのステップで整理した。2040年の大規模供給の開始時に量的な拡大を進めるために、まずは初期需要を喚起することをきっかけとして、水素技術の適用範囲や特別区全域を対象とする地理的な拡大を実現することで、量的な拡大を進める環境を整備する必要がある。

コラム

これまでの我が国の歩みをみると、政府は令和2（2020）年10月に、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カーボンニュートラルを目指すことを宣言し、令和4（2022）年11月のCOP27（国連気候変動枠組条約第27回締約国会議）では、気候変動対策の強化をうたうとともに、全締約国による野心的な気候変動対策を実施すべきであるとの主張を行った。更に、国の水素基本戦略（令和5（2023）年6月改定）では、「水素の利活用による脱炭素、エネルギー安定供給、経済成長を目指し、我が国産業の世界展開を図る」とされ、東京都の東京水素ビジョン（令和4（2022）年3月）も、2050年には運輸部門はじめ様々な分野で水素が脱炭素化に貢献する社会を実現させるとしている。令和5（2023）年10月には、東京23区の特別区長会が各分野の民間企業とも連携しながら、2050年カーボンニュートラルの実現を目指すことを宣言し、気候変動対策に不退転の決意で取り組むことを表明した。

3 2030年頃までに水素・アンモニアの供給事業を開始する予定の企業として経済産業省から選定された事業者



特別区として、2040年頃までを目途に「水素をはじめとするクリーンエネルギーが地域の社会インフラとして定着し、地域の経済活動の中に組み込まれた社会」を実現する環境を整備しておく必要がある

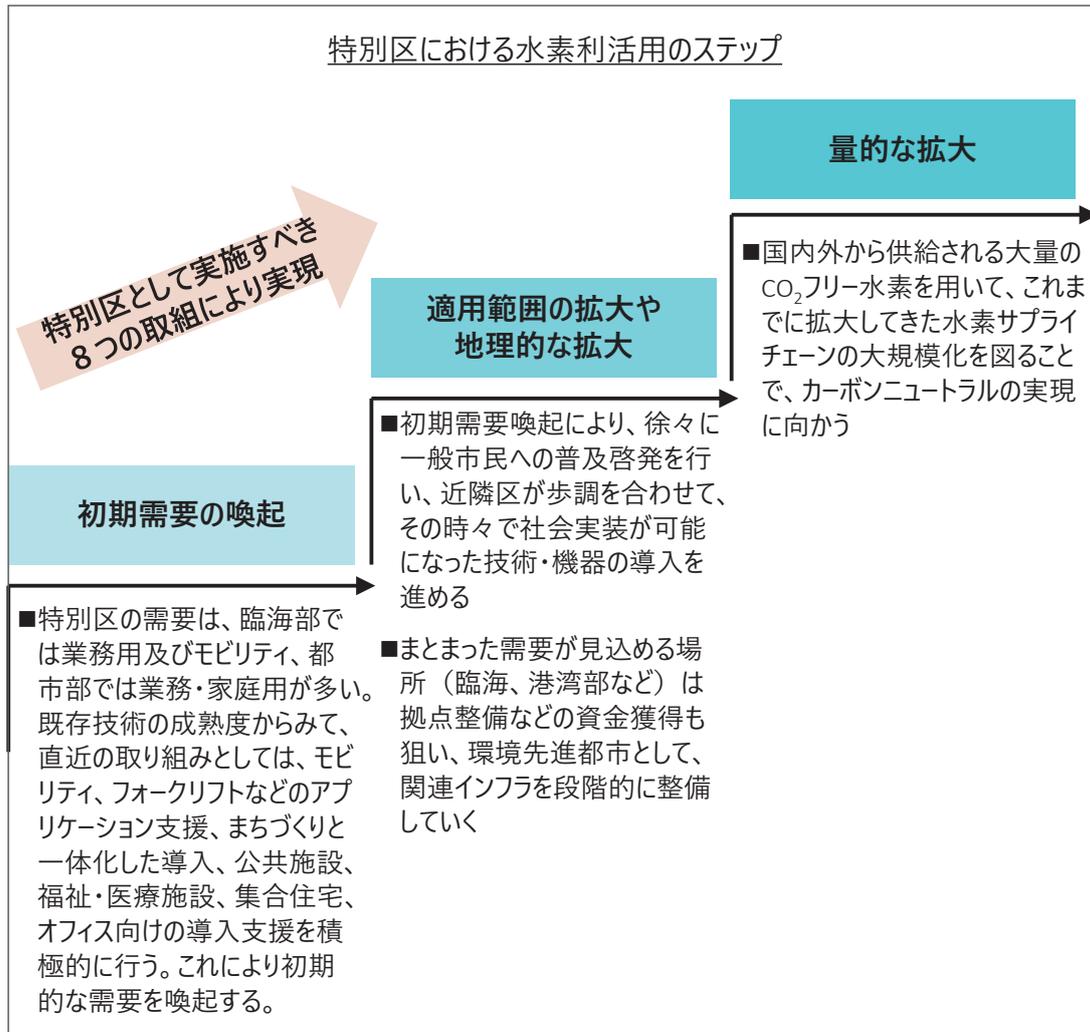


図3 特別区の将来像実現に向けたロードマップ

※水素と化石燃料の価格差分を国が支援する制度

研究にあたって

- 1.
- 1-1
- 1-2
- 1-3
- 2.
- 2-1
- 2-2
- 2-3
- 3.
- 3-1
- 3-2
- 3-3
- 3-4
- 4.
- おわりに
- 資料編

1.

研究の概要

1. 研究の概要

1-1. 研究の背景・目的

世界的なエネルギー危機の高まりとともに、地球温暖化によるとみられる異常気象が頻発化・激甚化し、人類の生活環境を脅かす様々な事態が生じている。

エネルギー源としての化石燃料への過度な依存が、大気中の二酸化炭素濃度の増加を招き、気象災害リスクが高まることが予想される中、化石燃料からいかに早く脱却し、持続的な社会の発展のために他のエネルギー源へ移行できるかが問われている。

このため、二酸化炭素を排出しないエネルギーとして、地球上に豊富に存在する水の分解により得られる「水素」を利活用し、燃料の脱炭素化、再生可能エネルギーの導入促進などに役立てることが期待されている。

特別区においても、カーボンニュートラル達成に向けた具体的な取組を加速化することが求められるが、コスト、生産・調達手段の拡大、利用用途の拡大など、普及に向けての課題は多い。そこで、本研究では、以下の3点を明らかにすることに重点を置き、特別区の実状を踏まえたエネルギー施策の方向性について考察することとした。

- ① 水素を中心としたクリーンエネルギー利活用の促進に際して生じる課題とその解決策
- ② 水素利活用の先進事例
- ③ 特別区の特性を生かした水素の普及展開の可能性

コラム

研究テーマは、「水素を中心としたクリーンエネルギーの利活用推進」とあるが、当研究会においては、数あるクリーンエネルギーのうち、「水素」を中心に議論を進めた。

「クリーンエネルギー」をどう捉えるかについては、再生可能エネルギー（太陽光、風力、水力、地熱等）のみならず、炭素排出ゼロのエネルギーという観点から原子力や二酸化炭素の回収・貯留付きの化石燃料なども含まれ得ると考えられる。特に、再生可能エネルギーについては世界各国で積極的に導入が進められており、日本でも主力電源化を目指すとしている。

しかし、再生可能エネルギーは発電適地が限られ、出力も安定しない。そこで、余剰の再生可能エネルギーを用いて水素を製造することで、エネルギー生産地から需要地への輸送や、エネルギーを必要なタイミングで利用するための貯蔵、脱炭素燃料や化学原料等の多用途に利用できる。この様に、再生可能エネルギーの多くは水素の形に変えて有効利用することが想定され、特別区のようなエネルギー需要地においては水素の利活用を推進することがクリーンエネルギーを用いた二酸化炭素排出量削減に大きく寄与すると考えられる。

さらには、2023年6月に水素基本戦略が改訂され、エネルギー安全保障の重要性の高まりと国際競争の激化を背景とし、特定地域依存度が低く、再生可能エネルギーの調整力となる水素への期待の高まりとともに、官民による大規模な投資も今後必要としている。

以上より、当研究会ではクリーンエネルギーの利活用を検討するにあたり、特に水素の利活用に注目して議論を進めた。

1-2. 研究会の進め方

本研究会の進め方を図4に示す。まず基礎調査と先進事例調査を実施し、その調査結果を参考に特別区における水素の普及展開の可能性を検討した。最後に実現に向けた施策を検討した。

「基礎調査」では、(1) 水素に関する動向の調査・分析及び、(2) 水素の安全性等の調査・分析を公開文献ベースで実施することで、水素の利活用推進検討の基礎となる情報を整理した。

「先進事例調査」では、(3) アンケート調査・分析及び、(4) ヒアリング調査を実施することで、特別区において水素利活用を推進する際の課題とその対策への示唆を整理した。

(5) 「特別区における水素の普及展開の可能性検討」では、前述の各種調査結果を踏まえ、特別区が水素に取り組むことで得られる便益、水素に置き換え可能なエネルギー、各部門における水素エネルギー活用の方法、水素利活用における課題とその解決策及び特別区における普及展開の可能性を整理することで、特別区における水素利活用の将来像を案として示した

(6) 「実現に向けた施策検討」では、その将来像の実現に向けて、特別区が実施すべき施策の方向性を示した。

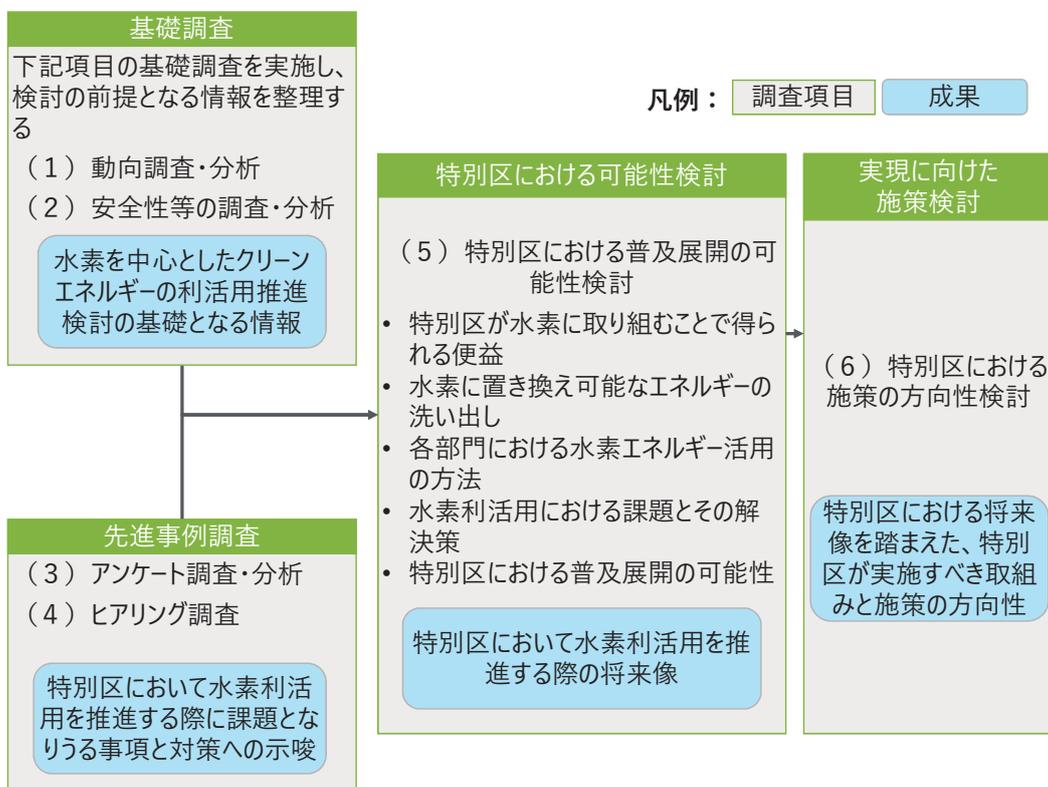


図4 本研究会の進め方

1-3. 研究結果の概要

研究結果の概要を図5に示す。(詳細は、各章を参照)

第2章 特別区が水素利活用に取り組む意義

- **国・都が考える意義**：国及び東京都の政策調査結果から、水素エネルギーの役割として、多様な分野の脱炭素化や、エネルギーの安全保障、調整力としての再生可能エネルギー普及促進、国内産業の競争力強化等への貢献が期待されている。
- **特別区における意義**：とりわけ特別区は、全国における業務部門及び運輸部門（バス、トラック）でのCO₂排出量が比較的高く、燃料電池やFCモビリティといったアプリケーションでの水素利用に率先的に取り組む必要がある。また、世界有数の大都市の1つとして、世界へ発信できる水素社会のモデル（特にアジアの類似都市への展開）を先駆けて形成し、横展開・輸出や量産効果によって国内産業の競争力強化への貢献も期待される。
- **特別区において水素がもたらす便益**：特別区において水素がもたらす便益は環境面、経済面、社会面それぞれに存在し、特別区だからこそ重要となる便益も複数考えられることから、特別区が水素に取り組む意義は大きい。

第3章 特別区が目指すべき水素利活用の将来像

- **水素に置き換え可能なエネルギー**：業務・家庭・運輸部門での水素需要ポテンシャルが大きく、産業部門のポテンシャルは比較的低い。また、各部門の割合は地域ごとに異なり、テーマ提案区・参加区等への事前アンケート結果を踏まえ、地域ごとに利用方法を分けて検討する必要がある。
- **各部門における水素利活用の方法**：製造から利用までのサプライチェーンごとに複数の方法が存在するが、特に利用するアプリケーションについて、水素許容価格により技術ステージが変化すると考えられることから、将来的な水素供給コストの低下とともに、段階的に商用化されるアプリケーションが増加すると想定される。
- **水素利活用の課題と解決策**：各種調査結果から、法規制やコスト、区民や事業者の水素への理解、技術開発など複数の観点から水素利活用の課題とその解決策が洗い出された。加えて、特別区固有の課題として、再生可能エネルギー資源の不足や、道路輸送による交通渋滞の増加、業務・家庭部門の技術開発が比較的に進んでいないことが挙げられる。解決策の例として、初期的なグレー水素の活用や、長期的なパイプライン輸送への転換、公共設備を皮切りとした初期的な需要創出が考えられる。
- **普及展開の可能性**：初期段階では、特別区外の港湾へ輸入された水素が、商用化済み・採算性の高いアプリケーションから臨海部を中心に展開されるとともに、自治体が主体となり、公共施設への利用を推進することが想定される。

第4章 特別区が目指すべき方向性と施策

- 第3章で示す水素利活用の課題及び解決策を第1章で示す3つの方針及び8つの取組として整理した。
- 地域モデルごとに、どの取組をいつ実施するべきかは異なり、港湾・空港モデルでは早期の事業実現、工業・物流地域モデルでは水素事業検討のための環境整備、業務・商業モデルや市街地・街区モデルでは普及啓発や公共設備への水素利活用に注力した取組を初期から実施すべきである。

図5 研究結果の概要

2.

特別区が 水素利活用に取り組む意義

2. 特別区が水素利活用に取り組む意義

■本章の概要

特別区の将来像である「水素をはじめとするクリーンエネルギーが地域の社会インフラとして定着し、地域の経済活動の中に組み込まれた社会」を目指すに当たり、まずは特別区が水素利活用に取り組む意義について整理した。

特別区が水素利活用に取り組む意義を整理する流れを図6に示す。水素社会の実現には、日本全体が一体となって進めていく必要があることから、基礎調査によって国・都の政策における水素エネルギーの位置づけを整理し、整合性を確保する。その上で、特別区の背景を考慮することにより、特別区における水素エネルギーの位置づけを整理することとした。

調査結果から、国と都の政策における水素エネルギーの位置づけとして、多様な分野の脱炭素化や、エネルギーの安全保障、調整力としての再生可能エネルギー普及促進、国内産業の競争力強化等への貢献が期待されている。

特別区の背景として、全国における業務・家庭部門及び運輸部門（バス、トラック）でのCO₂排出量が比較的高く、燃料電池やFCモビリティといったアプリケーションでの水素利用に率先的に取り組む必要がある。また、世界有数の大都市の1つとして、世界へ発信できる水素社会のモデル（特にアジアの類似都市への展開）を先駆けて形成し、横展開・輸出や量産効果によって国内産業の競争力強化への貢献も期待される。

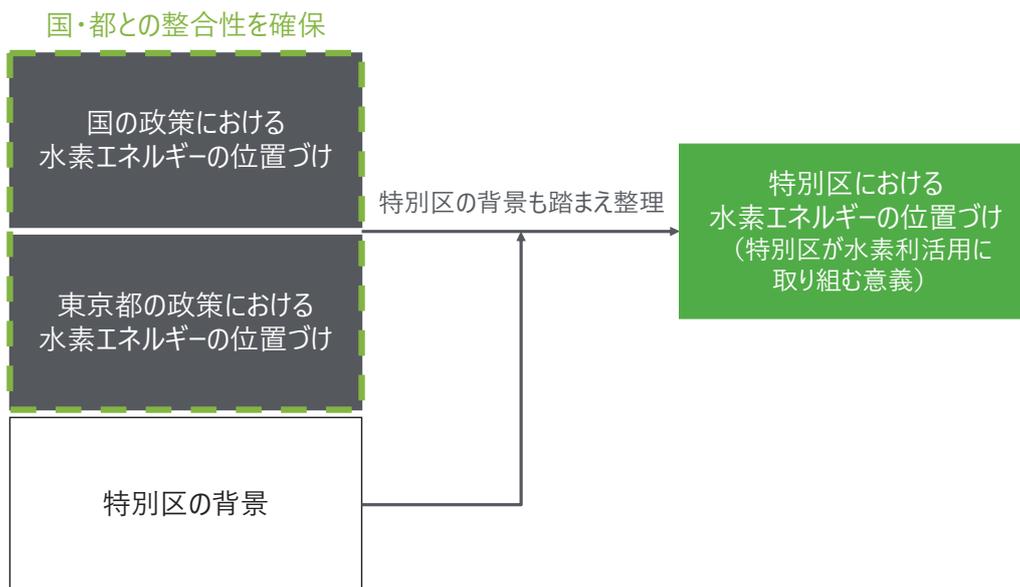


図6 特別区が水素利活用に取り組む意義を整理する流れ

2-1. 国や東京都の政策における水素エネルギーの位置づけ

特別区が水素利活用に取り組む意義を整理する上で、基礎調査の結果を踏まえ、まずは国や東京都の政策における水素エネルギーの位置づけを整理することとした。

国の政策における水素エネルギーの位置づけを整理した結果を図7に示す。水素利活用に取り組む意義・メリットとして、脱炭素化、エネルギー供給の安定化、国際競争力強化、再生可能エネルギーに対応した調整力・貯蔵手段の確保、の4つの観点が挙げられている。また、水素利活用の想定アプリケーションも幅広い部門での利活用を想定している。

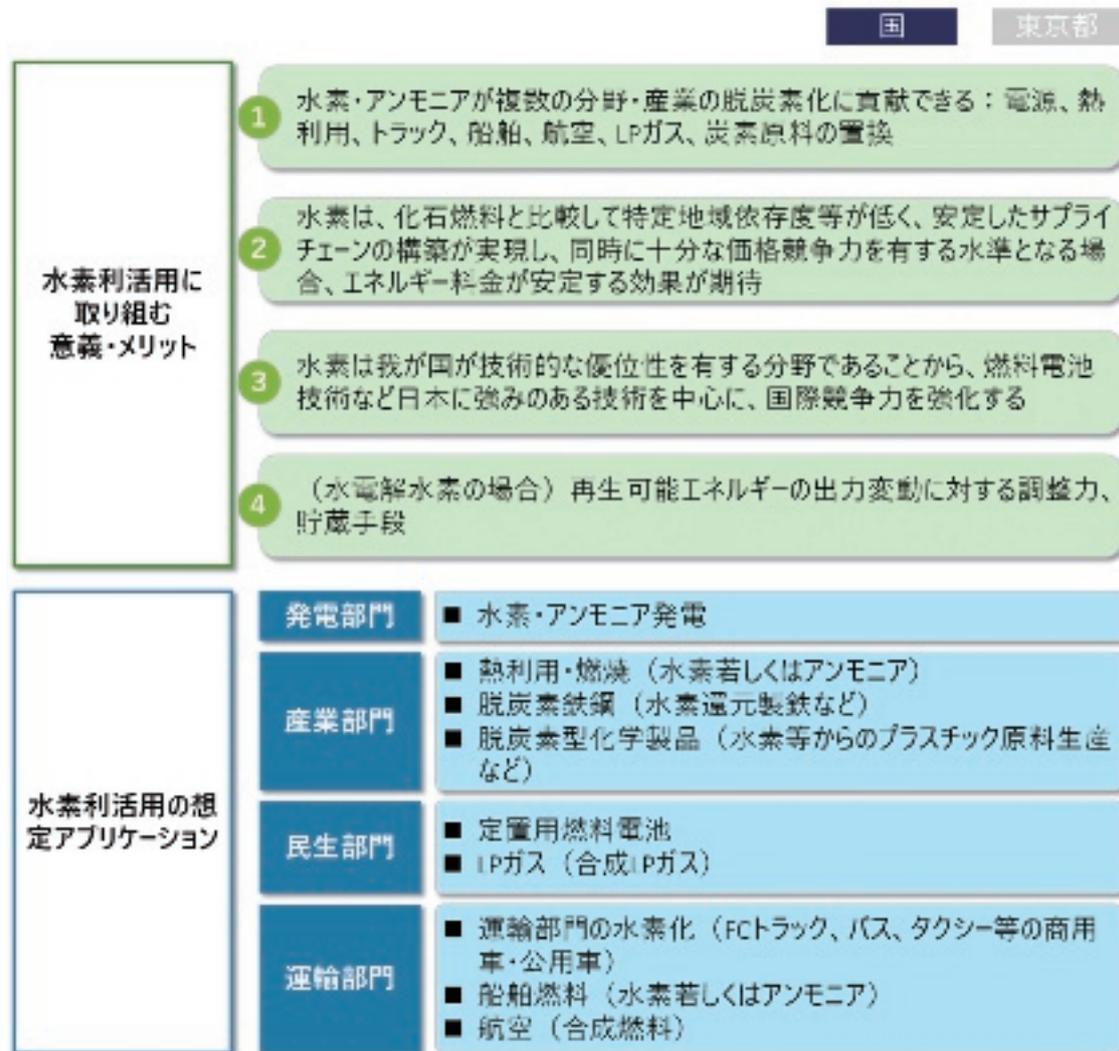


図7 国の政策における水素エネルギーの位置づけ

参考：各種公開資料

また、国の水素関連政策の概要を図9に整理した。温室効果ガス削減目標として、2030年までに2013年度比46%減、2050年までにカーボンニュートラルという目標が設定された。FCVやFCバスといった利用アプリケーションや水素ステーション導入に関する定量目標も定められており、2017年に策定された「水素基本戦略」が2023年6月に改訂されたことによって、15年間で官民合わせ15兆円の投資を行うこととなった。以上より、今後は更に官民一体となつての水素利活用の推進が求められている。

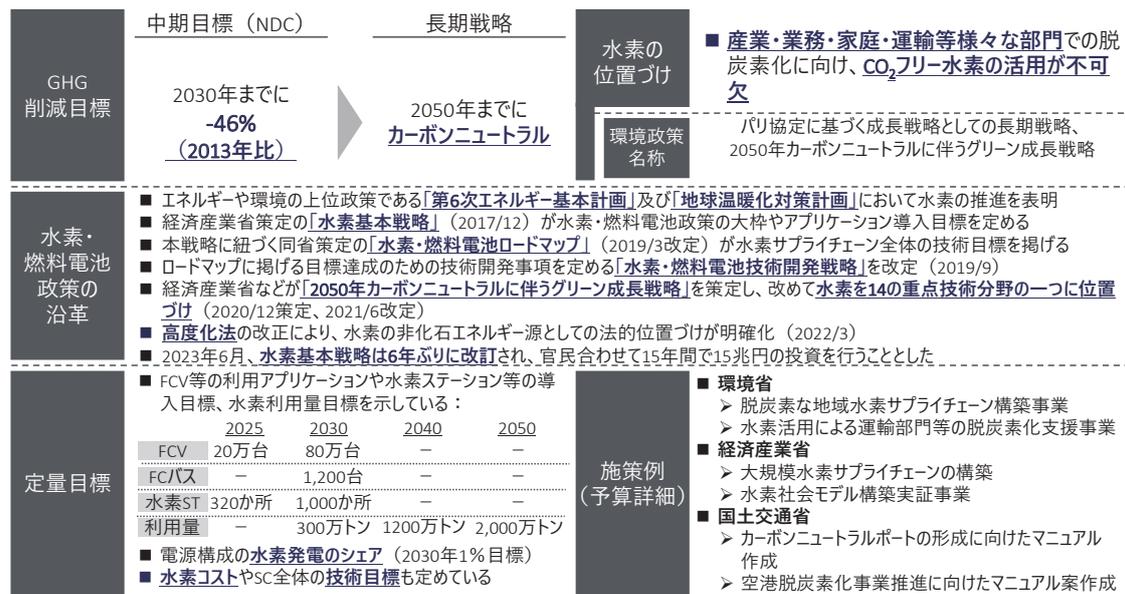


図9 国の水素関連政策概要

参考：各種公表資料

研究にあたって

1.

1-1

1-2

1-3

2.

2-1

2-2

2-3

3.

3-1

3-2

3-3

3-4

4.

おわりに

資料編

次に、東京都の政策における水素エネルギーの位置づけを整理した結果を図10に示す。水素利活用に取り組む意義・メリットとして、脱炭素化、エネルギー安全保障への貢献、再生可能エネルギーに対する調整力・貯蔵手段、その他災害時利用と経済波及効果などの観点が挙げられている。これは前述した国の政策における水素エネルギーの位置づけとおおむね整合している。

そのため、特別区における水素エネルギーの位置づけを検討する際は、国と東京都の政策と整合性を確保した上で、特別区としての位置づけを整理することが望ましい。

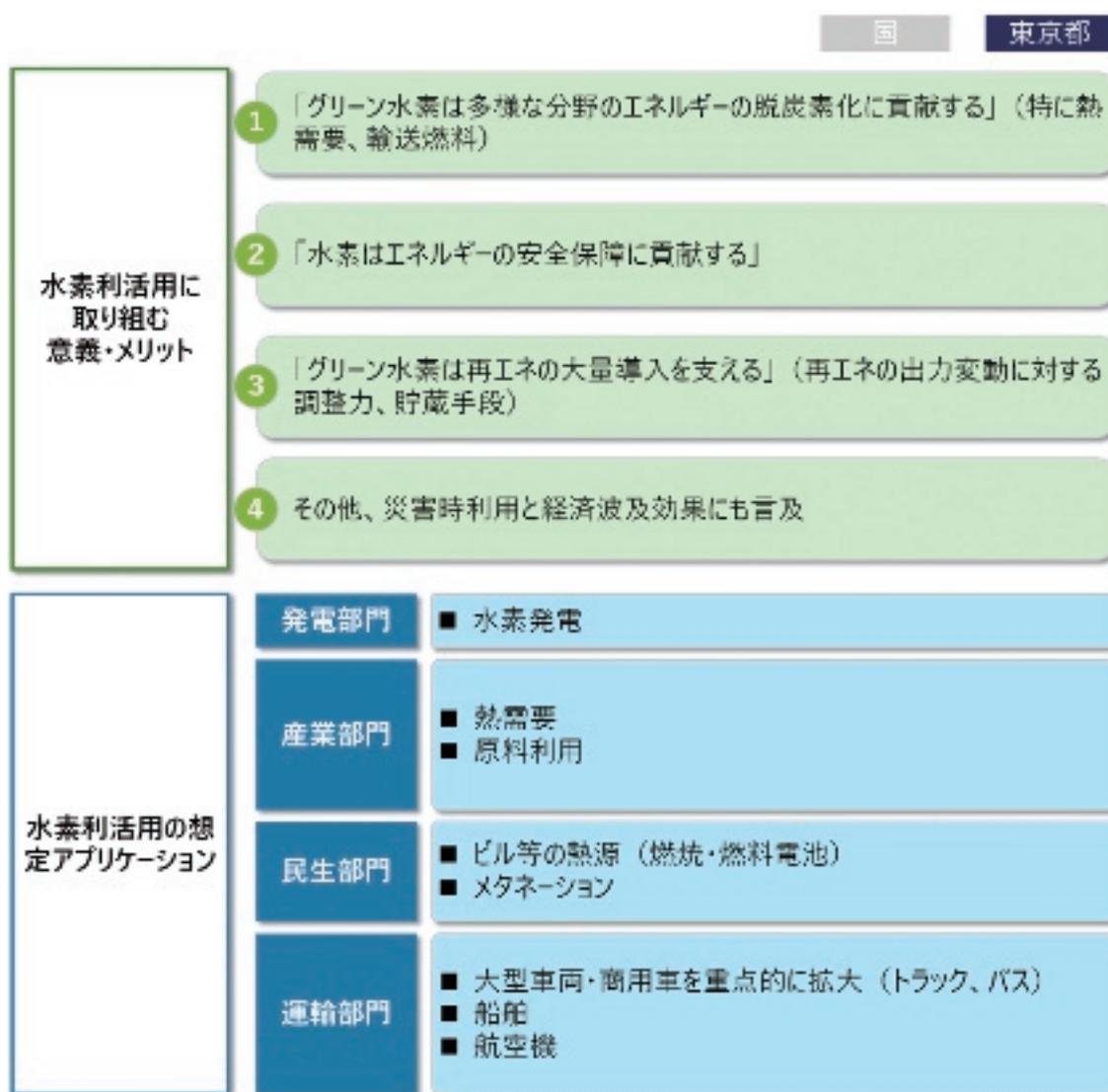


図10 東京都の政策における水素エネルギーの位置づけ

参考：各種公表資料

参考として、東京都の計画における水素の利活用イメージを図11と図12に掲載する。発電分野、運輸分野、産業分野、業務・家庭分野に対して再エネ電力とグリーン水素を活用するイメージとなっている。その中でも、車などの燃料や工場の熱源・原料、ビル等の熱源といった熱利用及び、グリーン水素による発電が水素の役割として挙げられている。また、中長期的な見通しとして、2030年頃までにグリーン水素の基盤づくりが進行し、2050年頃にはあらゆる分野でグリーン水素を本格活用し、再エネの大量導入を支える役割を担うとしている。

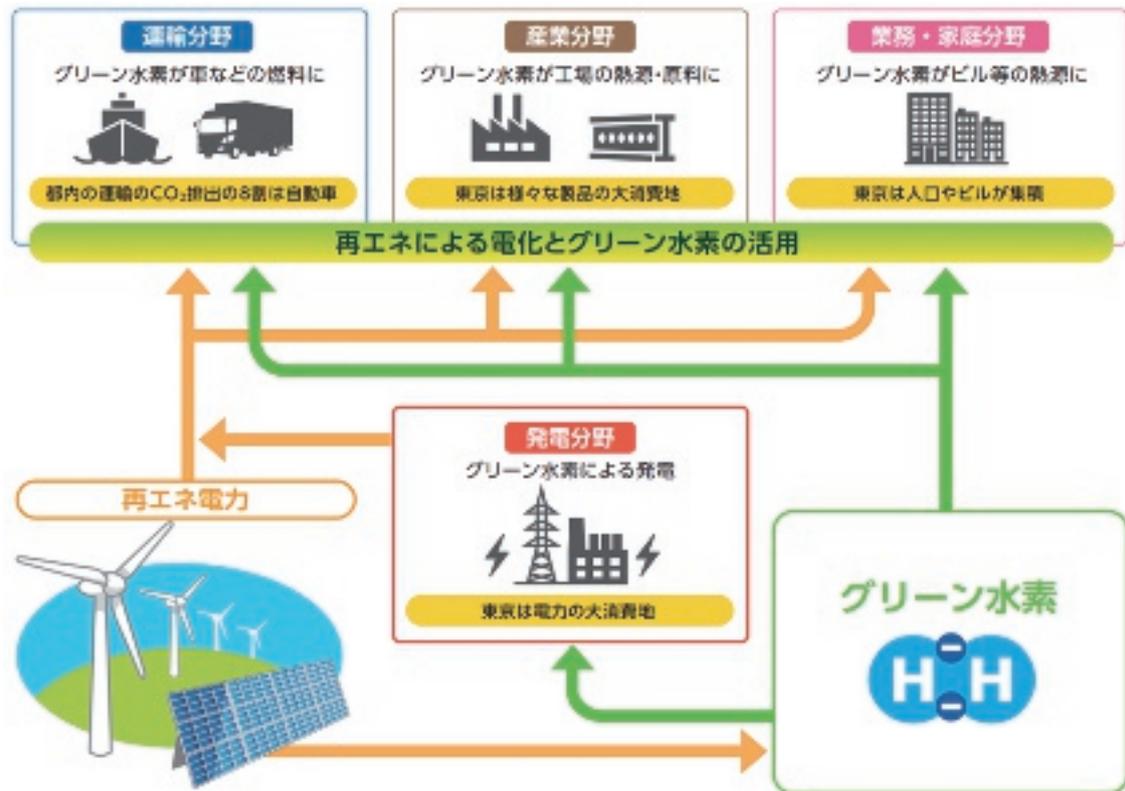


図11 東京水素ビジョンにおける水素の利活用イメージ (その1)

出所：東京都「東京水素ビジョン」（2022年3月）より引用

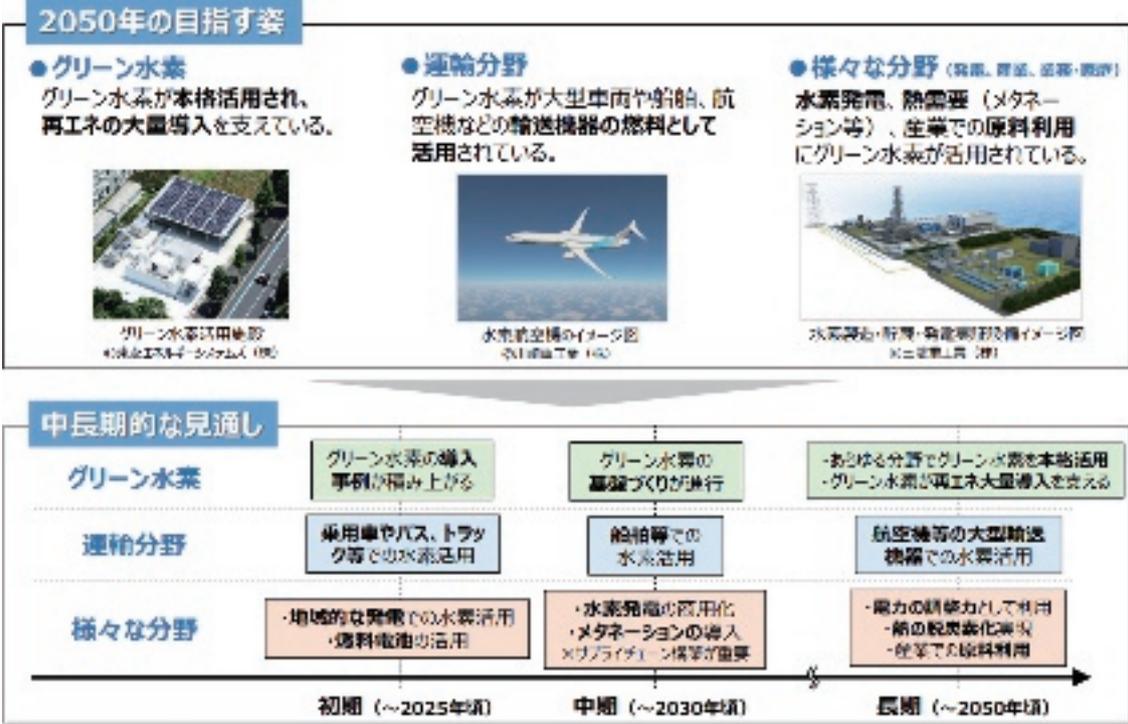


図12 東京水素ビジョンにおける水素の利活用イメージ (その2)

出所：東京都「東京水素ビジョン」(2022年3月)より引用

2-2. 特別区における水素エネルギーの位置づけ

国や都の政策における水素エネルギーの位置づけ、更に特別区における背景を踏まえ、特別区における水素エネルギーの位置づけの一案を図13に整理した。4つの軸で整理している。

1. 脱炭素エネルギーの調達

特別区は太陽光、風力といった再エネの導入ポテンシャルが低く、区内の脱炭素エネルギーだけでは需要を満たすことが困難であるため、エネルギーを国内外から大量調達する必要がある。その際、大量の電力を国外から調達することはほぼ不可能であることから、発電地にて水電解等で製造した水素を輸送することでCO₂フリーなエネルギーを輸入することが可能となる。したがって、国内外から調達してきた大量の水素を活用するための体制、設備、インフラの整備が特別区で脱炭素化を実現する上での重要な課題である。

2. 業務・家庭部門の脱炭素化

特別区の部門別CO₂排出量内訳と水素活用領域の想定を図14に示す。特別区ではCO₂排出量の52%を業務部門、27%を家庭部門が占めており、当該部門の脱炭素化が重要である。電力部門の脱炭素化においては、再生可能エネルギー由来の電力の直接利用のほか、国内外から調達した水素やアンモニアによる水素発電、アンモニア発電、燃料電池による発電の利用が想定される。また、オフィスビル等を中心に定置型燃料電池を設置することで脱炭素化及びエネルギーの安定供給に貢献できるとともに、非常用電源としても活用することができる。また、非電力部門の脱炭素化においては再生可能エネルギー由来の電力を用いた電化の推進が検討され、一部の電化不可能な用途については水素の直接燃焼や合成燃料等のCO₂フリー燃料の利用、定置型燃料電池によるコジェネレーションの利用が考えられる。メタネーションの社会実装を目指すガス事業者も存在しており、水素の活用方法の更なる拡大も期待できる。

3. 運輸部門の脱炭素化

特別区は複数のトラックターミナルやコンテナターミナルが立地しており、大消費地ならではの物流の需要が存在する。加えて、特別区はバスの台数も多く、全国におけるバスのCO₂排出量の13%を占めている。よって、運輸部門

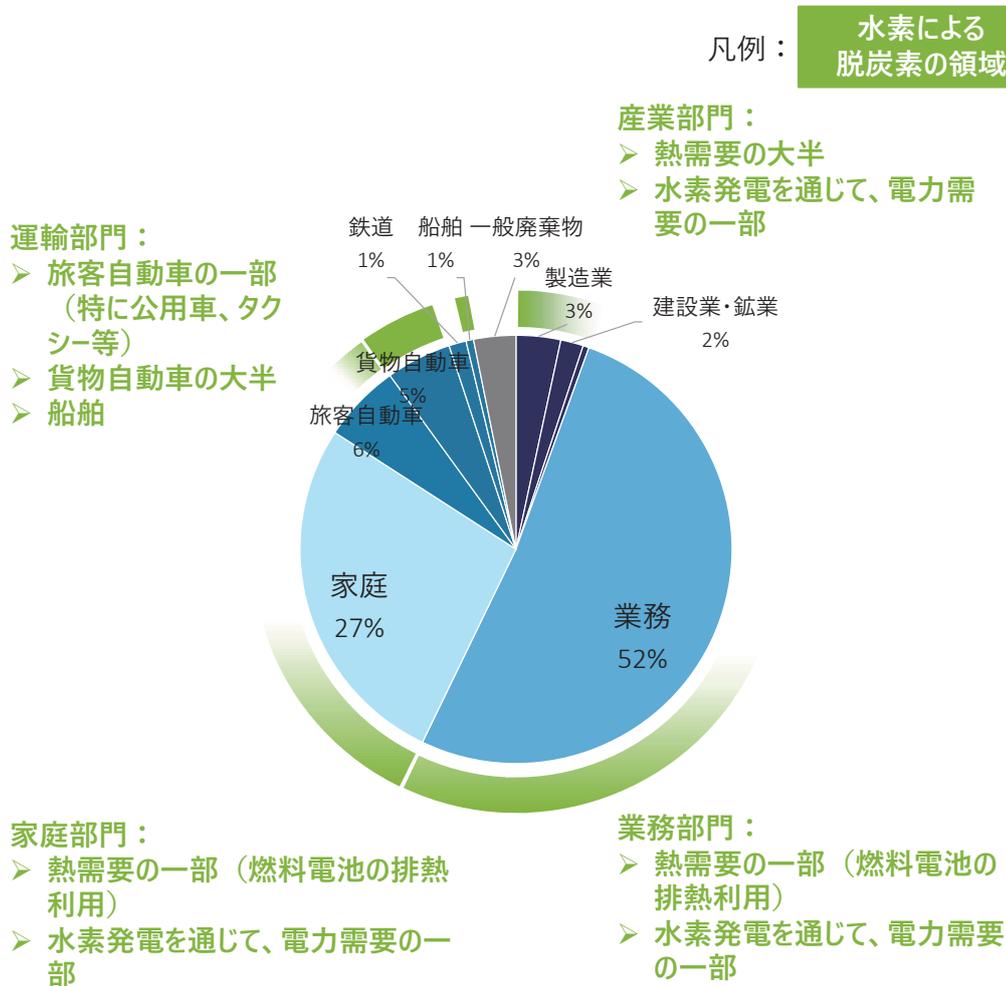
の脱炭素化は重要であるが、長距離・大型貨物輸送等の商用車に対する脱炭素化の手段は限られているため、燃料電池バス、燃料電池トラック、燃料電池タクシーといった業務用のFCモビリティにより水素を活用する意義は大きい。加えて、水素利活用により化石燃料の価格高騰時のエネルギーコスト低減にも貢献できる。

	背景	取り組む必要性、意義や将来展望	水素利用先
2050年カーボンニュートラル達成の必要性	脱炭素エネルギーの調達 <ul style="list-style-type: none"> 特別区は再エネの導入ポテンシャルが低いため、脱炭素エネルギーの大半は国内外から調達する必要がある 海外からのエネルギー輸入は電力が適しておらず、水素が優位 	<ul style="list-style-type: none"> カーボンニュートラル達成のため、水素を通じた大量の脱炭素エネルギーの調達を実現 	<ul style="list-style-type: none"> 特に業務・家庭部門、運輸部門
	業務・家庭部門の脱炭素化 <ul style="list-style-type: none"> 特別区のCO₂排出量（4,600万t-CO₂/年）の内、業務部門が52%、家庭部門が27%を占めている 地域冷暖房が普及している メタネーションの社会実装を目指すガス事業者が存在する 	<ul style="list-style-type: none"> 特別区のCO₂排出量の大半を占める業務部門と家庭部門の脱炭素化が必要 その他、化石燃料高騰時におけるエネルギーコストの低減 	<ul style="list-style-type: none"> 定置型燃料電池 <ul style="list-style-type: none"> オフィスビル 地域冷暖房 家庭 メタネーションの可能性
	運輸部門の脱炭素化 <ul style="list-style-type: none"> 複数のトラックターミナルやコンテナターミナルの立地、大消費地ならではの物流の需要 特別区はバスの台数が多いため、全国のバスのCO₂排出量（431万t-CO₂/年）の13%を占めている（56万t-CO₂/年） 	<ul style="list-style-type: none"> 運輸部門の脱炭素化が必要。特に長距離・大型貨物輸送やバス・タクシーの脱炭素の手段が不足している。 その他、化石燃料高騰時におけるエネルギーコストの低減 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料電池トラック 燃料電池バス 燃料電池タクシー
	燃料電池の導入拡大 <ul style="list-style-type: none"> 特別区は全国の中でも水素需要が大きいため、その需要を満たすのに必要な設備生産は量産効果が期待できる 東京のアジアと世界への影響力 日本は燃料電池技術のトッププレイヤー 	<ul style="list-style-type: none"> 日本が得意とする燃料電池技術を採用することで、量産効果によるコスト削減を実現 世界へ発信できる水素社会のモデルの形成（特にアジアの類似都市への展開） 日本産業の国際競争力強化にも貢献できる 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料電池を中心とした上記利用先

図13 特別区における水素エネルギーの位置づけの整理

4. 燃料電池の導入拡大

特別区はエネルギー需要の高さからエネルギー源を水素へ転換するポテンシャルも高いことが想定され、その大きな需要を満たすために必要な設備を生産する際、高い量産効果が見込まれる。したがって、特別区は事業者が新規事業を推進する際の導入候補地として重要であり、区民や事業者の水素に対する理解増進を進めることが求められる。これまで日本は燃料電池技術に関して世界をリードしてきた実績があり、日本の国際競争力強化にもつながるものと期待される。また、特別区から水素社会のモデルを先行的に実現することで、長期的にはアジアを中心とした類似都市へのモデル展開（水素関連設備の輸出）も期待できる。



※ここでは空港や国際港湾によるCO2排出量は表示されていない

図14 特別区の部門別CO₂排出量内訳及び水素利活用領域の想定

データソース：環境省「部門別CO₂排出量の現況推計」（2020年度データ）

2-3. 特別区において水素がもたらす便益

水素がもたらす環境面での便益の例を図15に示す。エネルギー消費量の削減・省エネルギー、電化困難領域の脱炭素化及び再生可能エネルギーの導入促進効果が挙げられる。その中でも、特別区はエネルギー大消費地として十分なエネルギー生成ができないことから、逆にエネルギー消費量の削減・省エネルギーの取組が重要だと考えられる。また、特別区にトラック・港湾・空港といった電化困難領域が一定存在することから、水素等の脱炭素燃料の活用が必須である。

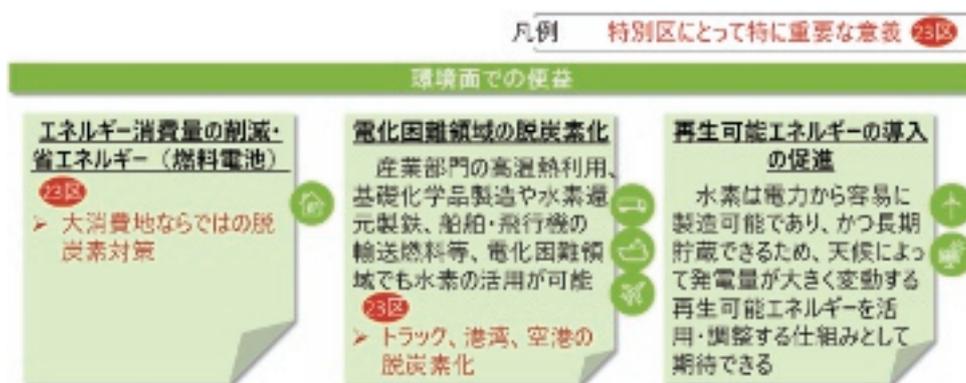


図15 特別区において水素がもたらす環境面での便益の例

水素がもたらす経済面での便益の例を図16に示す。技術輸出を含めた経済への波及効果、燃料供給業界の雇用創出若しくは維持、エネルギー料金の国内還元・循環が挙げられる。その中でも、日本国内の水素製造ポテンシャルの多くが地方にあるため、地方からの水素の購入を通じて、地方の持続的発展や、ヒトやモノに関する都心部への一極集中の是正にも貢献できる。

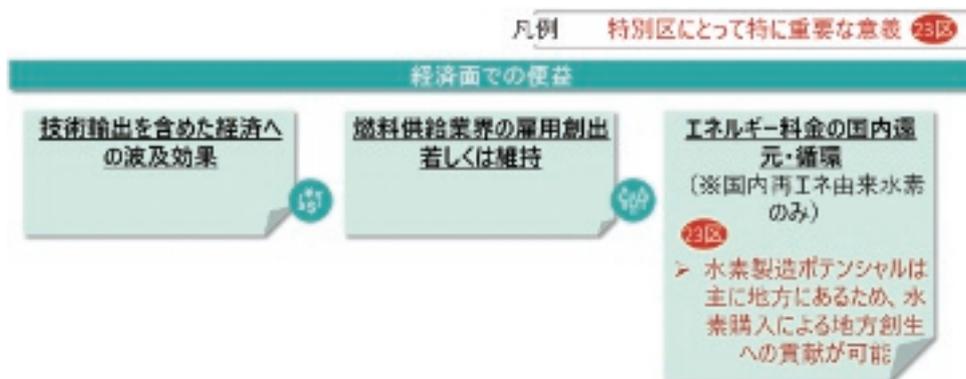


図16 特別区において水素がもたらす経済面での便益の例

水素がもたらす社会面での便益の例を図17に示す。エネルギー供給源の多様化による供給・価格の安定化、脱炭素エネルギーの備蓄による災害対策や停電時におけるFCV・FCバス等の非常用電源としての活用、街中の騒音対策が挙げられる。その中でも、特別区はエネルギーの大消費地として安定供給の確保が重要であることから、エネルギー供給源の多様化は有益である。脱炭素エネルギーの備蓄や非常用燃料電池電源の活用は特別区の既存の防災対策やBCPとの相乗効果が期待できる。最後に、一大居住地として良好な住環境づくりが重要であることから、市民の生活で身近なモビリティを燃料電池自動車に置き換えることで、騒音が出にくくなり、街中の騒音対策（燃料電池を駆動力とした自動車・バス・トラック・工事現場の建設機械等）としても便益を得られる。

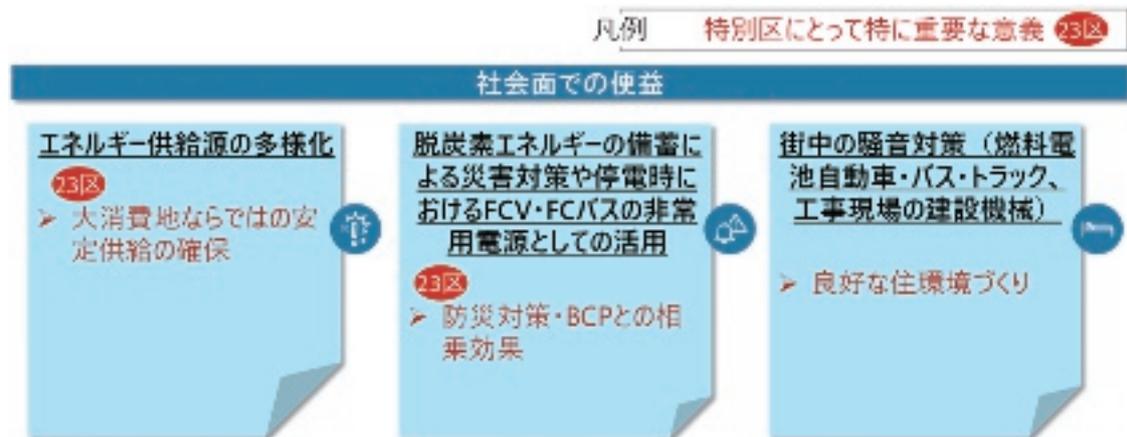


図17 特別区において水素がもたらす社会面での便益の例

以上より、特別区において水素がもたらす便益は環境面、経済面、社会面それぞれに存在し、特別区だからこそ重要となる便益も複数考えられることから、特別区が水素に取り組む意義は大きい。

コラム

水素の災害時活用事例

一般的なエンジン車とは異なり、燃料電池自動車やバスは発電し、外部へ給電する能力を持っている。2019年9月に発生した台風15号の被災地では、非常用電源として複数台の燃料電池自動車や燃料電池バスが活躍した。

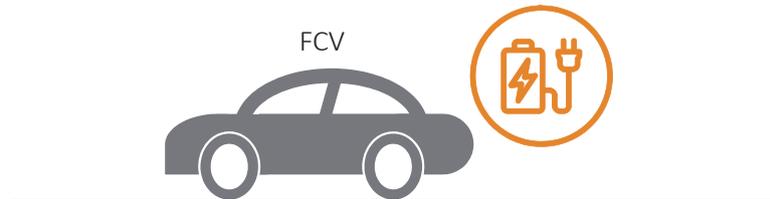


図18 水素を活用した災害への対応事例

参考：各種公開資料

3.

特別区が目指すべき 水素利活用の将来像

3. 特別区が目指すべき水素利活用の将来像

■本章の概要

特別区が目指す将来像を具体化し、現状とのギャップ（課題）を把握するため、特別区が目指すべき水素利活用の将来像について整理した。

特別区が目指すべき水素利活用の将来像に向けた整理の流れを図19に示す。

特別区における水素に置き換え可能なエネルギー及び、各部門における水素利活用の方法について調査することで、特別区における水素利活用の可能性に関する情報を整理した。他方、現状では水素利活用に関する取組はあまり進められておらず、水素利活用における課題と対応について安全性調査・アンケート調査・ヒアリング調査から明らかにした。以上の調査結果を踏まえ、特別区における普及展開の将来像を水素のサプライチェーンごとに、5つの地域軸及び、初期・中期・後期の時間軸で整理した。

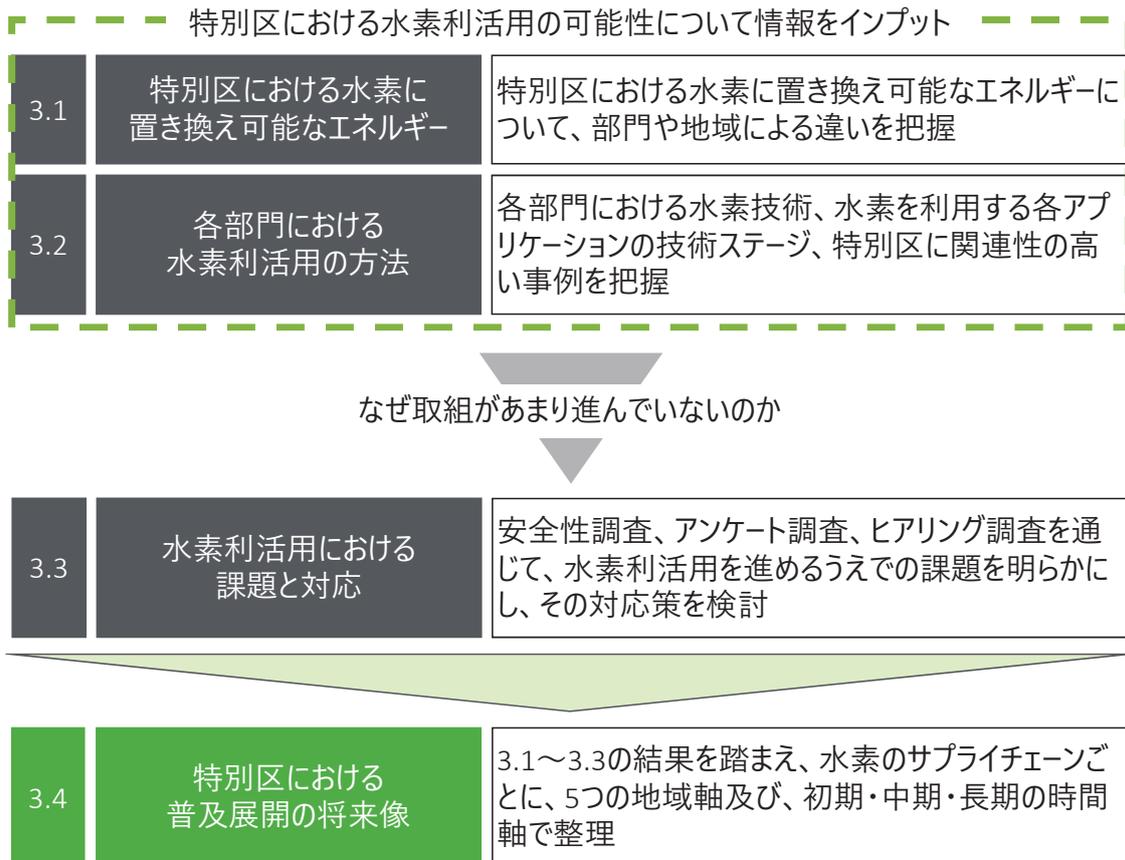


図19 特別区が目指すべき水素利活用の将来像に向けた整理の流れ

調査結果から、特別区における水素に置き換え可能なエネルギーのうち、業務・家庭・運輸部門での水素需要ポテンシャルが大きく、産業部門のポテンシャルは比較的低いことが分かった。また、各部門の割合は地域ごとに異なり、研究プロジェクト参加区等への事前アンケート結果を踏まえ、地域ごとに利用方法を分けて検討する必要がある。また、各部門における水素利活用の方法として、製造から利用までのサプライチェーンごとに複数の方法が存在するが、特に利用する水素利用技術（アプリケーション）について、水素許容価格により技術ステージが変化すると考えられることから、将来的な水素供給コストの低下とともに、段階的に商用化されるアプリケーションが増加するものと考えられる。

次に、水素利活用の課題とその解決策について、法規制やコスト、区民や事業者の水素への理解、技術開発など複数の観点から課題とその解決策を整理した。加えて、特別区固有の課題として、再生可能エネルギー資源の不足や、道路輸送による交通渋滞の増加、業務・家庭部門の技術開発が比較的進んでいないことが明らかとなった。解決策の例として、初期的なグレー水素の活用や、長期的なパイプライン輸送への転換、公共設備を皮切りとした初期的な需要創出が考えられる。

最後に、特別区における普及展開の将来像について、特に初期段階では、特別区外の港湾へ輸入された水素が、商用化済み・採算性の高いアプリケーションから臨海部を中心に展開されるとともに、自治体が主体となり、公共施設への利用を推進することが想定される。

3-1. 特別区における水素に置き換え可能なエネルギー

3-1-1. 本研究テーマ提案区・参加区等への事前アンケート

特別区が目指すべき水素利活用の絵姿を検討するに当たり、まずは研究プロジェクト参加区等へ水素利活用に関する事前アンケートを実施した。アンケート項目は「水素利活用の目的・期待」、「具体的な地域・区域や活用方法」、「想定される事業者」とした。アンケート結果を図20に示す。各区で具体的な地域や活用方法及び想定される事業者が異なることから、地域ごとに合った水素の利活用を検討することが重要である。

	大田区	世田谷区	江戸川区	中央区	東京二十三区清瀬一部 事務組合
利活用目的・期待	<ul style="list-style-type: none"> 脱炭素化の加速 空港臨海エリアにおける工場のスマート化など既存技術を活かして地域における水素を含むエネルギー利用の効率化を図る エネルギーの安定供給およびカーボンニュートラル化を実現しつつ、産業競争力を維持・強化していく 	<ul style="list-style-type: none"> 2050年ゼロカーボンに向けて、次世代を担うエネルギーとして期待されている水素エネルギーの普及（区内における水素供給体制の整備・促進）を図りたい また、災害対策等の観点から、燃料電池等を活用した小規模分散型のエネルギー源の確保、現在のインフラ（都市ガス）を活用できる可能性があるメタネーション技術に期待している 	<ul style="list-style-type: none"> 区の再エネルギー化が進んでいるため、区内の消費電力の地産地消は限界がある。水素を導入し、再エネとミックスして活用していくことが必要であると考えている 	<ul style="list-style-type: none"> 二酸化炭素を排出しない燃料としての活用（家庭用燃料電池の普及による省エネ効果） 災害時の非常用電源としてのレクリエーション向上 FCVやFCPの普及 エネルギーの多様化による安定供給 	<ul style="list-style-type: none"> 当組合では、各区が排出したごみを清掃工場で焼却した際に発生するCO₂の削減が大きな課題となっている 近年、清掃工場から回収したCO₂と「水素」から天然ガスの主成分であるメタンを合成する「メタネーション」の実証実験が自治体で行われており、当組合としても注目している メタネーションの課題の一つに水素調達があり、清掃工場の近隣エリアで水素の利活用が見込めるのであれば、あわせて水素調達の面で課題解決が進むのではないかと期待している
具体的な地域・区域、活用方法	<ul style="list-style-type: none"> 具体的な地域・区域名 空港臨海地 想定する活用方法 モビリティ、水素ステーション、燃料電池 	<ul style="list-style-type: none"> 具体的な地域・区域名 遊樂所（主に小中学校）、住宅街 想定する活用方法 水素ステーション、燃料電池、都市ガス供給 	<ul style="list-style-type: none"> 具体的な地域・区域名 特になし 想定する活用方法 水素エネルギーの普及啓発（イベントでの給電アモなど）、大型公共施設での水素専続コジェネ 	<ul style="list-style-type: none"> 具体的な地域・区域名 特になし 想定する活用方法 中小企業への家庭用燃料電池の普及 所海の水素ステーション活用によるFCVの普及 地域冷暖房の燃料を都市ガスからメタンに変更 	<ul style="list-style-type: none"> 具体的な地域・区域名 特になし 想定する活用方法 特になし
想定される事業者	<ul style="list-style-type: none"> 水素利用者 空港事業者、製造業者、運輸業者等 	<ul style="list-style-type: none"> 水素利用者 ガス供給事業者、バス会社 	<ul style="list-style-type: none"> 水素利用者 モビリティ関連事業者 	<ul style="list-style-type: none"> 水素利用者 特になし 	<ul style="list-style-type: none"> 水素利用者 特になし

図20 研究テーマ提案区・参加区への事前アンケート結果

研究にあたって

1.

1-1

1-2

1-3

2.

2-1

2-2

2-3

3.

3-1

3-2

3-3

3-4

4.

おわりに

資料編

3-1-2. 水素需要ポテンシャルの試算

次に水素需要ポテンシャル（水素に置き換え可能なエネルギー量）を試算した。その試算対象と試算方法の概略を図21に示す。本試算では、各種公開情報から特別区のエネルギー需要を推計し、同等の熱量をすべて水素で賄う場合に必要の水素量を算出した。

試算の考え方 ■ 需要について、最大ポテンシャル（燃料を全て水素へ転換した場合の水素量）を算出している				
需要/供給	カテゴリ	試算対象	試算方法の概略	
需要※1	業務・家庭部門	<ul style="list-style-type: none"> ■ 業務（オフィス、店舗等） ■ 家庭 	都道府県エネルギー統計から東京都の部門別エネルギー消費量入手した上、各区の従業者数（業務）と人口（家庭）から区レベルへ案分	
	運輸部門	<ul style="list-style-type: none"> ■ FCV ■ FCTラック ■ FCバス ■ FCFL 	<ul style="list-style-type: none"> ■ FC建機 ■ FC船舶 ■ FC旅客機 	自動車の種類別の台数、平均走行距離、燃費（若しくは一台当たりの年間水素消費量）を用いて需要ポテンシャルを試算
	産業部門	<ul style="list-style-type: none"> ■ 自家発電（FC） ■ 熱需要（ボイラ等） 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 原油精製 ■ 水素還元製鉄 ■ エチレン製造 	自家発電量・熱需要（蒸気）・各原料の生産量からそれぞれ同等の発熱に必要な水素の需要ポテンシャルを試算
	電力部門	<ul style="list-style-type: none"> ■ 水素発電（専焼） 		LNG火力発電所の出力・稼働時間・設備稼働率から、同等の発電量に必要な水素の需要ポテンシャルを試算

※1 水素需要には、他のアプリケーションも考えられるが、取得可能である公開情報の粒度や信頼性から、本試算では対象外としている

図21 特別区における水素需要ポテンシャルの試算対象と試算方法の概略

各試算対象の計算方法の詳細と参照元一覧を図22に示す。

カテゴリ	対象	試算方法詳細	参照元（公開情報に限る）
業務・家庭部門	業務	水素需要[Nm ³ /年]=対象の都道府県の化石燃料使用量[J/年]÷水素の発熱量[J/Nm ³] × (対象の市区町村における部門別従業員数[人]÷対象の都道府県の部門別従業員数[人])	<ul style="list-style-type: none"> 都道府県別エネルギー消費統計（資源エネルギー庁/2019年） 令和3年経済センサス-活動調査（e-Stat）
	家庭	水素需要[Nm ³ /年]=対象の都道府県の化石燃料使用量[J/年]÷水素の発熱量[J/Nm ³] × (対象の市区町村の人口[人]÷対象の都道府県の人口[人])	
運輸部門	FCV	水素需要[Nm ³ /年] = 都道府県別・車種別走行距離[km/年] ÷ FCモビリティの燃費[km/Nm ³] × (対象市区町村の自動車保有台数/対象都道府県の自動車保有台数)	<ul style="list-style-type: none"> 自動車燃料消費量調査統計第9表（国土交通省/2020年度） 自動車保有台数 都道府県別・車種別保有台数表（自動車検査登録情報協会/令和3年4月） 部門別CO₂排出量の現況推計（部門別データ自動車）（環境省/2018年）
	FCトラック		
	FCバス		
	FCFL	水素需要[Nm ³ /年] = 対象都道府県のフォークリフト保有台数[台] × (対象市区町村の卸売販売額 [百万円] ÷ 対象都道府県の卸売販売額[百万円]) × (1台当たりの年間水素消費量 [kg/台/年] ÷ 水素のガス密度[kg/Nm ³])	<ul style="list-style-type: none"> フォークリフト国内販売実績（日本産業車両協会/1989-2020年） 平成28年経済センサス-活動調査 産業別集計(卸売業, 小売業)（経産省）
	FC建機	水素需要[Nm ³ /年] = 10地域別・各建機保有台数(油圧ショベル+ホイローダー) [台] × 建機1台当たり平均使用時間[h/年・台] × 建機の定格出力[kW] ÷ FCの発電効率[%] ÷ 水素の発熱量 (LHV) [MJ/Nm ³] × (対象都道府県の人口/対象10地域の人口) × (対象市区町村の人口/対象都道府県の人口)	<ul style="list-style-type: none"> 令和元年度建設機械動向調査（e-Stat） 補給部品事業の改革（KOMATSU/2018事業説明会）
	FC船舶	水素需要[Nm ³ /年] = 1年間の総燃料消費量[kL/年] × 燃料の発熱量 [MJ/kL] × 内燃機関の発熱効率[%] ÷ FCの発電効率[%] ÷ 水素の発熱量[MJ/Nm ³] × (対象港湾の入港船舶数[隻/年]/全国港湾の入港船舶数[隻/年])	<ul style="list-style-type: none"> 港湾統計（港別集計値）（e-Stat） 内航船舶輸送統計調査（e-Stat/2018年度） 省エネチューニングガイドブック 付表1 エネルギー単位熱量
FC旅客機	水素需要[Nm ³ /年] = 空港別燃料供給量[kL/年] × ジェット燃料の密度[kg/kL] × ジェット燃料の発熱量[MJ/kg] × 内燃機関の発熱効率 [%] ÷ FCの発電効率[%] ÷ 水素の発熱量 (LHV) [MJ/Nm ³]	<ul style="list-style-type: none"> 空港管理状況（国土交通省） 	
産業部門	自家発電 (FC)	水素需要[Nm ³ /年] = 都道府県別・自家発電量[TJ/年] ÷ 水素の発熱量 (LHV) [TJ/Nm ³] ÷ FCの発電効率[%] × (対象市区町村の人口/対象都道府県の人口)	<ul style="list-style-type: none"> 令和2年度エネルギー消費統計調査結果（石油等消費動態統計を含まない）（e-Stat）
	熱需要 (ボイラ等)	水素需要[Nm ³ /年] = 都道府県別・熱需要（蒸気） [TJ/年] ÷ 水素の発熱量 (LHV) [TJ/Nm ³] ÷ 水素ボイラーの熱効率[%] × (対象市区町村の人口/対象都道府県の人口)	
電力部門	水素発電 (専焼)	水素需要[Nm ³ /年] = 発電所別・出力（LNG火力のみ） [kW] × 年間稼働時間[h/年] × コストWGのLNG火力設備稼働率 ÷ コストWGの水素火力発電効率[%] ÷ 水素の発熱量 (LHV) [kWh/Nm ³]	<ul style="list-style-type: none"> ユニット一覧（発電情報公開システム） 発電コスト検証ワーキンググループ報告書（資源エネルギー庁）

図22 各試算対象の試算方法の詳細と参照元一覧

水素需要ポテンシャルの試算結果を図23に示す。特別区に229.6億Nm³/年の水素需要ポテンシャルを見込んでいる。その内訳は、運輸部門・業務部門・家庭部門の水素需要ポテンシャルが大きく、産業部門のポテンシャルが比較的低いことが分かる。また、個別の区の水素需要ポテンシャルについては、ここでは例として2つの区の水素需要ポテンシャルを計算し比較した（A区（臨海・商業地中心）及びB区（内陸・住宅地中心））。臨海・商業地中心のA区では運輸部門と業務部門の需要が特に大きく、内陸・住宅地中心のB区では特に家庭部門の需要が大きいが分かる。

この試算結果から、特別区全体で水素の活用を拡大させるに当たって、運輸・業務・家庭部門への水素利用が重要であること、更に各地域（各区）の特性の考慮が望ましいことがいえる。

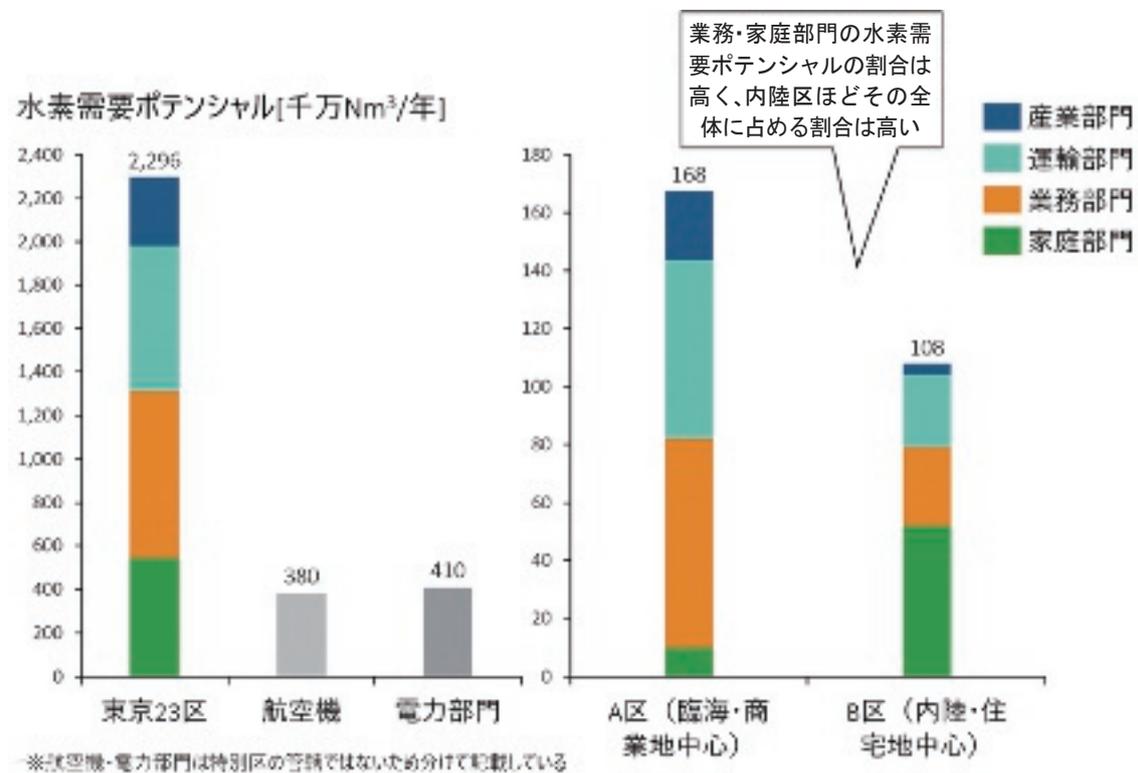


図23 特別区の水素需要ポテンシャルの試算結果

3-2. 各部門における水素利活用の方法

各部門（業務・家庭部門、運輸部門、産業部門、電力部門）における水素利活用について、水素サプライチェーン（水素製造、貯蔵・輸送・供給、利用）における主な水素関連技術を整理した。

水素サプライチェーンのイメージを図24に示す。次項より水素製造、貯蔵・輸送・供給、利用の三段階に分けて詳細を説明する。

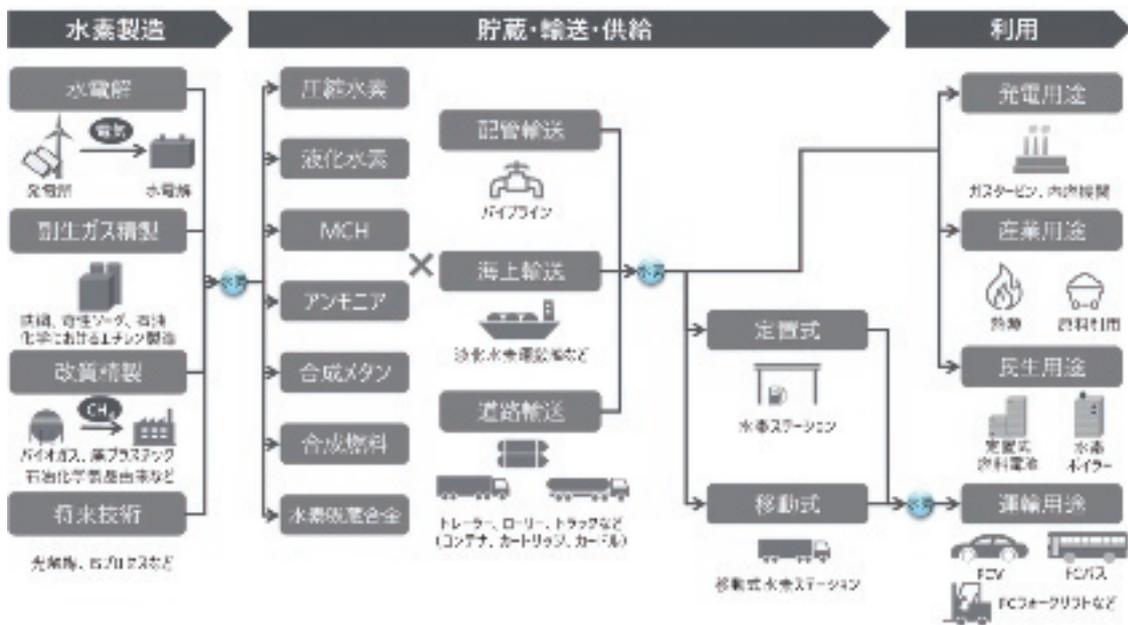


図24 水素サプライチェーンのイメージ

出所：環境省「脱炭素化にむけた水素サプライチェーン・プラットフォーム」の「水素関連基礎情報資料」

3-2-1. 水素製造

主な水素製造技術の種類を図25に示す。水電解、副生ガス精製、改質精製が商用化されている。

水電解とは、水を原料とし水電解装置により電気分解することで、水素と酸素に分離し水素を製造する技術である。副生ガス精製とは、既存の製鉄所、製油所や苛性ソーダ工場等の製造プロセスにおいて発生する副生成物の水素を回収・精製する技術である。改質精製とは、バイオガスや都市ガスに水蒸気や熱、圧力などを加えることでメタンから水素を製造する技術である。

水電解は副生ガス精製及び改質精製と比較して製造コストが高く、現段階において水素製造コストを抑えるためには、副生ガス精製若しくは改質精製を活用する必要があるといえる。一方、CO₂排出量削減の観点から、副生ガス精製や、都市ガスの改質精製ではCO₂が排出されてしまうため、将来的には再エネによる水電解技術を中心に水素を生産する必要がある。

	再生可能エネルギー活用電解	副生ガス精製	改質精製
イメージ	<p>再生可能エネルギー発電 → 水電解 → 水素</p>	<p>苛性ソーダや鉄鋼、石油化学におけるエチレン製造など → 水素</p>	<p>バイオガス、都市ガス等 → 水蒸気改質 → 水素</p>
技術概要	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー発電の余剰電力で水電解 	<ul style="list-style-type: none"> 食塩電解や製鉄所などの製造プロセスにおいて副次的に発生する水素を利用 	<ul style="list-style-type: none"> 都市ガスやバイオガス、廃プラスチックなどの炭化水素に水蒸気や熱、圧力などを加えることで水素を製造
製造コスト	<ul style="list-style-type: none"> 76～136円/Nm³ (電解効率が70%の場合) 	<ul style="list-style-type: none"> 製鉄：24～32円/Nm³ 石油精製：23～37円/Nm³ 苛性ソーダ：20円/Nm³ 	<ul style="list-style-type: none"> 31～58円/Nm³ (改質効率が70%の場合)
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 系統接続の制約や、自然変動電源による系統不安定化の場合に生じる余剰分を有効活用可能 <ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギーの導入を後押し 純度の高い水が必要となる 	<ul style="list-style-type: none"> 副次的に発生した水素を活用するため、追加的なCO₂排出や設備投資を抑制可能 余剰分の確保が不明瞭であり、供給量の見通しが立ちにくい 	<ul style="list-style-type: none"> バイオマスを利用する場合、未利用のバイオマス資源を有効活用可能 バイオマス資源の効率的な収集方法を検討する必要あり

図25 水素製造技術の種類

参考：各種公開資料

研究にあたって

- 1.
- 1-1
- 1-2
- 1-3
- 2.
- 2-1
- 2-2
- 2-3
- 3.
- 3-1
- 3-2
- 3-3
- 3-4
- 4.
- おわりに
- 資料編

3-2-2. 貯蔵・輸送・供給

主な水素輸送技術の種類を図26に示す。水素を製造した地点から需要地までの輸送距離や輸送量に応じて効率の良い方法を選択する必要がある。

	配管輸送	海上輸送	陸上輸送
イメージ			
技術概要	<ul style="list-style-type: none"> ■ 水素を気体のままパイプラインに流す ■ 需要地まで直接輸送可能 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 液化水素運搬船やケミカルタンカーによって輸送 	<ul style="list-style-type: none"> ■ コンテナ、カードリッジ、カードル等に貯蔵した水素をトレーラー、ローリー、トラックなどで輸送
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ■ 大量の水素を安定的に供給可能 ■ 近距離の場合低コストで敷設可能、長距離の場合コスト高 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 海外から水素キャリアを安全かつ大量に長距離輸送可能 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 配管が敷設されていない地域や水素ステーションなどのサテライト基地への供給に適用される ■ カードルは近距離少量輸送、圧縮水素トレーラーは中距離輸送向き

図26 水素輸送技術の種類

参考：各種公開資料

モビリティへの主な水素供給技術の種類を図27に示す。燃料電池自動車（FCV）等のモビリティへ水素を供給するためには、水素を高圧まで圧縮し、自動車に搭載されている高圧水素タンクへ充填する必要がある。そのため、水素ステーションという設備が欠かせない。定置式水素ステーションは基本だが、水素需要が少ない地域等においては簡易的な移動式の水素ステーションの活用が可能である。

	定置式	移動式
イメージ		
技術概要	<ul style="list-style-type: none"> ■ 設置費用は約4億円 ➢ 日本では国や自治体による、設置・運営に補助あり 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1回あたりの輸送量は数百Nm³程度 ■ 導入費用は2~3億円 ➢ 需要地の供給設備は不要に
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ■ すでに国内各地で設置・運用が開始されている ■ トラック等の大型車への水素供給に対応するためには追加設備が必要 ■ 再生可能エネルギー発電とのパッケージ型も実証中 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 貯蔵タンク不要 ■ すでに水素ステーションとして活用事例あり ■ 自動車への充填に用途が限られる

図27 水素供給技術の種類

参考：各種公開資料

3-2-3. 利用

水素利用技術（アプリケーション）に関する日本国内の技術ステージを図28に示す。令和5（2023）年3月時点では、国内で商用化されているアプリケーションは燃料電池自動車（FCV）、燃料電池バス、燃料電池フォークリフト、家庭用定置型燃料電池、業務・産業用定置型燃料電池、水素ボイラーである。

日本国内の技術ステージ		
研究開発	実証	商用
FC建機	FCトラック	FCV
	FCごみ収集車	FCバス
	FCトラクター	FCフォークリフト
	FC鉄道	家庭用定置型FC
	FC船舶	業務・産業用定置型FC
	FC無人航空機	水素ボイラー
	FCカート	
	FCバイク・三輪車	

図28 水素利用技術に関する日本国内の技術ステージ

参考：各種公開資料

研究にあたって

1.

1-1

1-2

1-3

2.

2-1

2-2

2-3

3.

3-1

3-2

3-3

3-4

4.

おわりに

資料編

アプリケーション別の水素許容価格（パリティ価格）を図29に示す。図28で商用化されているアプリケーションの内、水素許容価格が高いものが多いことが分かる。このことから、現時点での事業化には水素許容価格の高い分野での展開が現実的であるものの、カーボンニュートラルを達成するためにはパリティ価格の低い分野への再エネ・水素技術の導入も必要であり、技術開発、インフラ整備、カーボンプライシングも含めた社会制度の整備といった課題があると考えられる。今後の水素価格の低減やパリティ価格の増加に伴い、FCトラック、水素の産業利用、水素発電などのアプリケーションの商用化が進むと想定される。

凡例：国内で商用化されているアプリケーション

分野	アプリケーション	比較アプリケーション	水素許容価格（パリティ価格） （円/Nm ³ ）
産業	鉄鋼	石炭	—
	化学	グレー水素	約20円
	石油	グレー水素	約10～24円
	熱需要	都市ガス	約12円
発電	石炭火力	ディーゼルフォークリフト	—
	LNG火力	都市ガスボイラ	約13円
	石油火力	LPガスボイラ	—
モビリティ	FCV	ガソリン自動車	約70円
	FCバス	ディーゼルバス	約20円
	FCトラック	ディーゼルトラック	約30円
	FC鉄道	ディーゼル気動車	—
	FCフォークリフト	ガソリンフォークリフト	約120円
	合成ジェット燃料	ジェット燃料	—
家庭・業務	定置型燃料電池	都市ガス	約25円
	定置型燃料電池	LPG	—
	E-灯油（暖房）	灯油	約12円

図29 アプリケーション別の水素許容価格（パリティ価格）

参考：各種公開資料

コラム

水素の価格について

水素の利活用促進の観点から、安価な水素の供給が求められているため、国としても水素供給価格の目標値を定めている。

- ▶ 現状の水素販売価格（水素ステーション）：約100円/Nm³
- ▶ 2030年時点の水素輸入価格（CIF価格）目標：30円/Nm³
- ▶ 2050年時点の水素輸入価格（CIF価格）目標：20円/Nm³

データソース：再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議「水素基本戦略」（令和5年6月）

3-2-4. 国内・海外事例

国内事例を調査するに当たり、特別区の今後の参考事例として活用するため、特別区と関連性の高い事例を6つ選定し整理した。選定軸として、①都市部において利用が多い既存アセットを活用している事例、②水素を用いたブランディングの事例、③住民の身近に水素を活用している事例といった3つの観点のいずれかに当てはまるものとした。

国内事例1 神奈川県川崎市の取組

神奈川県川崎市の取組事例の概要を図30に示す。

東京湾岸エリアの脱炭素化及び既設水素パイプライン活用として、①の観点から本事例を選定した。東京港湾エリアの脱炭素化実現を目指し、川崎臨海部に所在する製油所等の、海外CO₂フリー水素受入れ基地としての可能性を調査した事例である。川崎市は、NEDOの委託事業における共同実施者として実証事業に参画し、コンビナートにおける既設水素パイプラインの情報調査と臨海部に立地する事業者へのヒアリング実施者を担った。(本事業はNEDOの委託事業で実施)



図30 神奈川県川崎市の取組事例の概要

出所：NEDOホームページより引用

研究にあたって

1.

1-1

1-2

1-3

2.

2-1

2-2

2-3

3.

3-1

3-2

3-3

3-4

4.

おわりに

資料編

国内事例2 宮城県富谷市の取組

宮城県富谷市の取組事例の概要を図31に示す。

既設の市街地施設での水素利用として、①の観点から本事例を選定した。業務・家庭用途での水素利用実現を目指し、富谷市における既存物流ネットワークと純水素燃料電池を活用した地産地消型の低炭素水素サプライチェーン実証を実施した。市内の物流センター屋上の太陽光発電から水電解により製造した水素を、水素吸蔵合金を積載した配送トラックにより輸送し、一般家庭・店舗・教育施設に設置した純水素燃料電池を用いて電力を供給した。

(本事業は環境省の委託事業で実施)

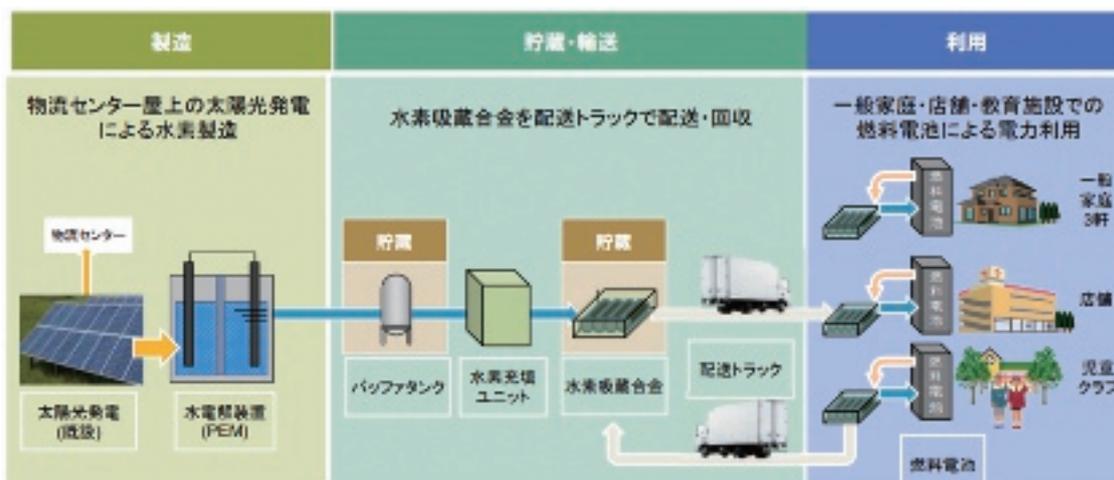


図31 宮城県富谷市の取組事例の概要

出所：環境省ホームページより引用

研究にあたって

1.

1-1

1-2

1-3

2.

2-1

2-2

2-3

3.

3-1

3-2

3-3

3-4

4.

おわりに

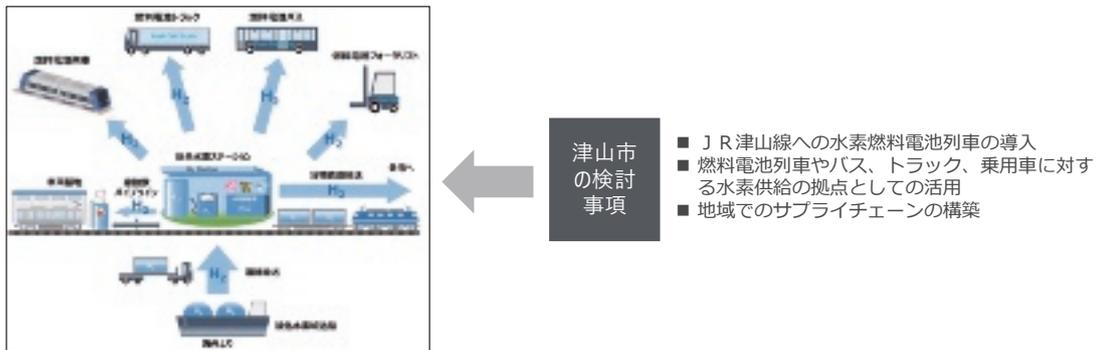
資料編

国内事例3 岡山県津山市の取組

岡山県津山市の取組事例の概要を図32に示す。

鉄道アセットの活用として、①の観点から本事例を選定した。JR西日本が実施する、鉄道アセット活用による水素利活用の検討に対し、津山市が連携することを表明している。具体的な検討事項として、JR津山線への水素燃料電池列車の導入、その他バス、トラック、乗用車等のモビリティに対する水素供給拠点としての活用などが挙げられる。

事業名称	鉄道アセット活用による水素利活用の検討	目的	駅などの鉄道アセットを活用した総合水素ステーションを設置し、燃料電池列車等に対する水素供給および日本貨物鉄道株式会社の貨物列車による水素輸送の拠点としての活用
事業者	JR西日本（津山市は連携先）	予算	（不明）
期間	（未定）	地域	JR西日本の沿線地域



出所：JR西日本ニュースリリース「鉄道アセット活用による水素利活用の検討開始について～環境長期目標「JR西日本グループゼロカーボン2050」の達成に向けて～」(2023年4月12日)

図32 岡山県津山市の取組事例の概要

参考：各種公表資料

国内事例4 神奈川県川崎市の取組

神奈川県川崎市の取組事例の概要を図33に示す。

使用済みプラスチック由来の水素をエネルギーとして利用した世界初のホテルとして、②の観点から本事例を選定した。使用済みプラスチックから製造した水素を、パイプラインにより国際戦略拠点キングスカイフロントA地区内の東急REIホテルに設置した大型純水素燃料電池へ供給し、電気や熱利用によりホテル全体の約30%に相当するエネルギーを利用した。
(本事業は環境省の委託事業で実施)

◎使用済みプラスチック由来水素の製造からホテル利用までのフロー



図33 神奈川県川崎市の取組事例の概要

出所：川崎市ホームページ

※ 2023年1月より、昭和電工（株）は（株）レゾナック・ホールディングスに社名を変更

国内事例5 北海道鹿追町の取組

北海道鹿追町の取組事例の概要を図34に示す。

住民が利用する動物園などへの電力供給として、③の観点から本事例を選定した。家畜ふん尿を発酵させて得られるバイオガス改質により製造した水素を、カードルや簡易型水素充填車により輸送し、動物園やチョウザメ飼育施設などへの電力供給として利用した。

(本事業は環境省の委託事業で実施)



図34 北海道鹿追町の取組事例の概要

出所：環境省ホームページ

研究にあたって

1.
 - 1-1
 - 1-2
 - 1-3
2.
 - 2-1
 - 2-2
 - 2-3
3.
 - 3-1
 - 3-2
 - 3-3
 - 3-4
4.
 - おわりに
 - 資料編

国内事例6 福島県浪江町の取組

福島県浪江町の取組事例の概要を図35に示す。

FCスクールバスへの水素利活用として、③の観点から本事例を選定した。町内の小中学生を送迎するFCスクールバスを導入し、子供たちの環境問題に対する興味・関心を促すとともに、FC車両の電力を活用した地域課題の解決を目指している。

(本事業はNEDOの委託事業で実施)

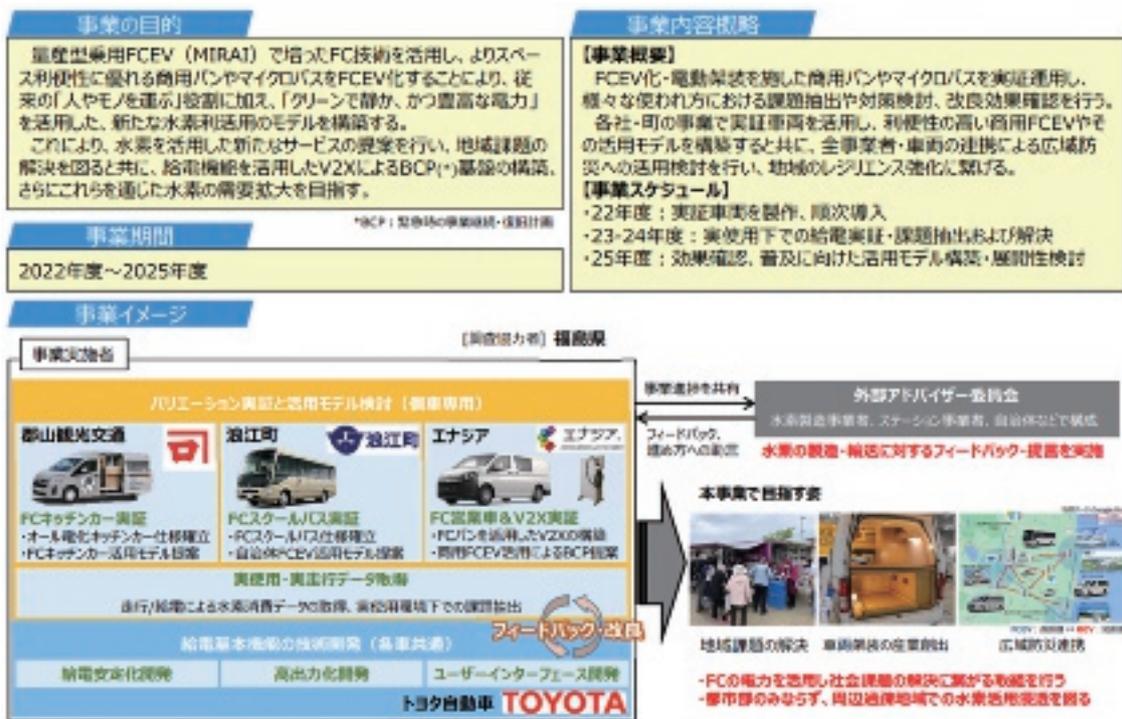


図35 福島県浪江町の取組事例の概要

出所：NEDOホームページ

次に、調査した海外事例一覧と選定軸を図36に示す。

海外事例を調査するに当たり、特別区の今後の参考事例として活用するため、特別区と関連性の高い事例を6つ選定し整理した。選定軸として、市街地・街区モデルに該当される事例、地域貢献や産業育成としての水素ハブに関する事例の2つの観点のいずれかに当てはまるものとした。

事業名称	国・地域	市街地・街区	物流地域	コンビナート ^{*1}	港湾・空港 ^{*2}
海外事例1,2					
張家口による燃料電池バスの導入	中国	☑			
JIVE・JIVE2	欧州	☑			
REFHYNE	ドイツ			☑	
Lyon-Saint Exupery Airport	フランス				☑
海外事例3					
タクシー会社Hype関与の複数プロジェクト	フランス	☑			
BIG HIT	英国				☑
H2Future	オーストリア			☑	
海外事例4					
HEAVENN	オランダ	☑	☑		☑
Port of Amsterdam	オランダ			☑	☑
Tranzero initiative	スウェーデン				☑
H2 green steel	スウェーデン			☑	
海外事例5					
Antwerp-Bruges港	ベルギー				☑
H2 HAUL	ベルギー、フランス、ドイツ、スイス		☑		
Shore-to-Store (S2S) プロジェクト	米国		☑		☑
海外事例6					
Edmonton Hydrogen Hub	カナダ				☑

*1：再エネ水素が臨海部の工場・プラントで利用されるモデル

*2：再エネ水素が港湾（臨海部のうち船の停泊が可能な場所）で利用されているモデル。FC船舶や水素輸入が行われる。

図36 調査した海外事例一覧と選定軸

海外事例1 張家口による燃料電池バスの導入（中国）

張家口による燃料電池バスの導入（中国）事例概要を図37に示す。

北京冬季オリンピックをサポートすることを目的とし、張家口で600台以上の燃料電池バスを導入した。

事業名称	張家口が燃料電池バスを導入することでグリーンオリンピックを応援する	目的	張家口で600台以上の水素燃料電池バスを導入し、グリーン北京冬季オリンピックをサポートする						
事業者	張家口市水素再生可能エネルギー研究所	予算	(不明)						
期間	2022年2月4日～2022年2月20日	地域	北京冬季オリンピックエリアの崇礼区及び張家口市の主要都市区						
補足	<p> ▶張家口水素エネルギー技術有限公司は、年間4,000セットの空冷水素燃料電気スタックの自動生産ラインを所有しており、低コストのバッチ生産を達成することができる国内外で稀な空冷水素燃料メーカーである ▶張家口市は近年、水素エネルギー総合利用産業システムの構築を加速させており、水素製造、水素化、水素貯蔵、水素エネルギー産業機器製造、燃料電池コア部品製造、水素エネルギー完成車製造など、産業チェーン全体を形成している </p> <p> 張家口に導入される水素燃料電池バスの台数 </p> <table border="1"> <tr> <td>張家口（全体）</td> <td>710台</td> </tr> <tr> <td>崇礼区</td> <td>623台</td> </tr> <tr> <td>主要都市区</td> <td>87台</td> </tr> </table> <p> ■バスが走っている地域 ▶張家口市では、444台の水素燃料電池バスが道路を走行し、都市部の9つのバス路線をカバーし、累積走行距離は2,100万kmを超え、6,200万人以上の乗客を乗せている </p> <p> ■バスの種類 ▶冬季オリンピックにサービスを提供する水素燃料電池車は、トヨタミライ乗用車、トヨタコスターバス、トヨタ福田が共同開発した12mバスの3車種で構成されている </p>			張家口（全体）	710台	崇礼区	623台	主要都市区	87台
張家口（全体）	710台								
崇礼区	623台								
主要都市区	87台								

図37 張家口による燃料電池バスの導入（中国）の事例概要

参考：各種公表資料

海外事例2 JIVE・JIVE2（欧州）

JIVE・JIVE2（欧州）事例概要を図38に示す。

合計22都市に約300台の燃料電池バスを導入するとともに、水素ステーションを大規模展開することで更なる取組を促進している。本事業を通じたスケールメリットにより燃料電池バスの低コスト化を目指している。

事業名称	JIVE・JIVE2 (Joint Initiative for hydrogen Vehicles across Europe)	目的	合計22都市に約300台の燃料電池バスを導入し、ステーションを大規模に展開することでさらなる取組みを促進						
事業者	Air Liquide、Ballard、Everfuel、Nel Hydrogen、Shell、Van Hool、Wrightbus等	予算	JIVE：約176億円(EUが約47億円出資)*1 JIVE 2：約155億円(EU*2が約36.6億円出資)*3						
期間	JIVE：2017年1月～2022年12月 JIVE2：2018年1月～2023年12月	地域	フランス、ドイツ、アイスランド、ノルウェー、スウェーデン、オランダ、英国等						
補足	<p>➤2018年1月に開始したJIVE 2プロジェクトでは、欧州の14都市に152台の燃料電池バスを配備する</p> <p>➤スケールメリットにより、標準的な燃料電池バスで62万5,000ユーロ～65万ユーロまで低コスト化することを目標としている</p> <p><JIVE・JIVE2で各国に導入されるFCバスの台数></p> <table border="1"> <tr> <td>英国：88台</td> </tr> <tr> <td>ドイツ/イタリア：88台</td> </tr> <tr> <td>ベルギー/オランダ/ルクセンブルク：50台</td> </tr> <tr> <td>北/東ヨーロッパ：50台</td> </tr> <tr> <td>フランス：15台</td> </tr> <tr> <td>合計：291台</td> </tr> </table>			英国：88台	ドイツ/イタリア：88台	ベルギー/オランダ/ルクセンブルク：50台	北/東ヨーロッパ：50台	フランス：15台	合計：291台
英国：88台									
ドイツ/イタリア：88台									
ベルギー/オランダ/ルクセンブルク：50台									
北/東ヨーロッパ：50台									
フランス：15台									
合計：291台									

*1：約1億200万ユーロ、内EU出資分3,200万ユーロ（1ユーロ146円で換算）

*2：Clean Hydrogen Partnershipを通じて *3：約1億600万ユーロ、内EU出資分2,500万ユーロ（1ユーロ146円で換算）

図38 JIVE・JIVE2（欧州）の事例概要

参考：各種公表資料

海外事例3 タクシー会社Hypeが関与する複数プロジェクト（欧州）

タクシー会社Hypeが関与する複数プロジェクト（欧州）の事例概要を図39に示す。

水電解装置や水素ステーション、FCモビリティを導入することで、水素の生産・輸送・利用までを包含する統合水素モビリティインフラネットワークを、パリを起点として欧州に拡大することを目的としている。

事業名称	H24byHypeプロジェクト、Last Mileプロジェクト、H24 Club for Paris等	目的	水素生産・輸送・利用までを包含する統合水素モビリティインフラネットワークを、パリを起点として欧州に拡大
事業者	Hype、HysetCO、Hype Assets、Air Liquide、Hype、IDEX、トヨタ自動車等	予算	(不明)
期間	2015年～	地域	フランス パリ
補足	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Hypeはタクシー会社であるが、統合水素モビリティプラットフォームを構築するため様々なプロジェクトに参加している ➢ 2024年末までにはîle-de-France地域で10,000台のHypeタクシーと20件の水素ステーションを展開し、他15都市にも事業展開予定 ➢ 2025年末までには水素駆動タクシーを最大40,000台運用し、水素ステーションを100台近く設置することが目標 <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <ul style="list-style-type: none"> <製造> ■ 自社の水素生産ユニットやパートナーとの契約に基づき、電解槽を設置 <ul style="list-style-type: none"> ➢ HRS(Hydrogen-Refuelling-Solutions),McPhyと提携 ➢ 2024年末には合計21トン/日の水素生産ネットワークを展開予定 ■ 再生可能エネルギーから電力を調達 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 再生可能エネルギー事業者とのPPA契約、風力・太陽光発電所での電解槽のローケーション等を活用し、グリーン水素を生産 </div> <div style="width: 45%;"> <ul style="list-style-type: none"> <輸送・供給> ■ 場合によってはオンサイト方式の水素ステーションを設置 <利用> ■ 都市における様々なサービスに水素駆動車両を導入 <ul style="list-style-type: none"> ➢ タクシー、トラック、自動車、商用車、バス、ごみ収集車等 ➢ 特にタクシーに関しては、アプリの開発を通じて水素駆動タクシーの利用を促進 ■ 将来的には海外にも水素モビリティインフラを構築する見通し <ul style="list-style-type: none"> ➢ 2022年前半には、パリに約700台の水素タクシーを導入 </div> </div>		

図39 タクシー会社Hypeが関与する複数プロジェクト（欧州）の事例概要

参考：各種公表資料

海外事例4 HEAVENN（北オランダ）

HEAVENN（北オランダ）の事例概要を図40に示す。

開発が停止されたガス田に代わるエネルギー源や、経済や雇用への価値創出を目的としている。水電解により製造した水素をトレーラーやパイプラインで輸送し、内航船の動力源や住宅用の水素ボイラー、水素ステーションなどに利用する。

事業名称	HEAVENN (H ₂ Energy Applications in Valley Environments for Northern Netherlands)	目的	開発が停止されたガス田に代わるエネルギー源、経済や雇用への価値創出
事業者	New Energy Coalition、Shell、Nobian 等31団体	予算	約132億円*1
期間	2020年1月～2026年1月	地域	北オランダ
補足	<p><製造></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Nobian製：20MW、40MWの水電解装置を設置 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 位置：Eemshaven-Delfzijl地域 ■ Emmenの天然ガス精製設備にて水電解装置を導入 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 新設パイプラインによりGetec工業地帯に供給 ■ 陸上、洋上風力、太陽光より電力を調達 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 系統も活用する <p><輸送・供給></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 岩塩坑における水素貯蔵の活用 ■ トレーラー、パイプラインが利用される 		
	<p><利用></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 塩を運搬する内航船の動力として活用 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 陸上で水素を充填し、航行の度に交換 ■ 350戸の住宅にて水素ボイラーを設置 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 100戸の新築住宅は、建設当初より水素ボイラーを設置 ➢ 250戸の既存住宅は天然ガスボイラーから水素に転換 ➢ 水素はトレーラーにより配送 ■ 水素ステーション整備と車への応用 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 北オランダへ水素ステーション数基設置 ➢ 105台の乗用車、トラック、ごみ収集車、バス、大型車に活用 		

*1：9,000万ユーロ（1ユーロ146.66円で換算）

図40 HEAVENN（北オランダ）の事例概要

参考：各種公表資料

海外事例5 Antwerp-Bruges港におけるプロジェクト（ベルギー）

Antwerp-Bruges港におけるプロジェクト（ベルギー）の事例概要を図41に示す。

Antwerp-Bruges港をヨーロッパの主要な水素ハブにすることを目的とし、水素製造プラントを設置することで、風力発電から調達した電力を用いて水電解したグリーン水素を製造する。

事業名称	不明	目的	天然由来のグリーン水素を現地に供給し、Antwerp-Bruges港をヨーロッパの主要な水素ハブにする
事業者	Plug power、Fluxys、Eoly、John Cockerill、BESIX、Compagnie Maritime Belge等	予算	不明
期間	2021年～2025年	地域	ベルギー Antwerp-Bruges港
補足	<p><製造></p> <ul style="list-style-type: none"> ■水素製造プラントを建設し、PEM電解槽を設置 <ul style="list-style-type: none"> ➢関連事業者：Plug Power ➢時期：2023年後半に建設開始、2025年に試運転の予定 ➢水素製造規模：100MW、35トン/日(125,000t/年) ➢洋上・陸上風力から電力を調達 ■Zeebrugge港^{*1}における水素製造 <ul style="list-style-type: none"> ➢HyoffwindプロジェクトとしてZeebrugge港に電解槽を設置 ➢関連事業者：Fluxys、Eoly、John Cockerill、BESIX等 ➢時期：2020年2月開始、2022年中に建設許可獲得予定 ➢水素製造規模：25MW(将来的には100MWまで拡張予定) ➢洋上風力から電力を調達 <p><その他></p> <ul style="list-style-type: none"> ■HyTrucksコンソーシアムへの参加 <ul style="list-style-type: none"> ➢関連事業者：エア・リキード、DATS 24 ➢時期：2021年～2025年 ➢概要：2025年までにベルギーで計300台の水素駆動トラックを配備 ➢ヨーロッパに1,000台のゼロエミッション車両を導入 ■チリとのMoU <ul style="list-style-type: none"> ➢大陸間の水素サプライチェーンを構築 ■H2Global Foundationの創設 <ul style="list-style-type: none"> ➢時期：2021年 ➢水素製造、輸送、貯蔵に関連するプロジェクトを支援 ■Hydrogen Import Coalitionへの参加 <ul style="list-style-type: none"> ➢関連事業者：DEME、ENGIE、Exmar、Fluxys、Antwerp-Bruges港、Zeebrugge港、WaterstofNet ➢時期：2019年～ ➢概要：他大陸からの水素の大規模輸入に関する共同研究 <p><利用></p> <ul style="list-style-type: none"> ■世界初の水素動カタグボート「Hydrotug」を導入 <ul style="list-style-type: none"> ➢関連事業者：Compagnie Maritime Belge (CMB) ➢時期：2022年後半に建設完了、2023年前半に稼働開始予定 ➢水素とディーゼルによる二元燃料エンジンを搭載 		

*1：Antwerp-Bruges港と2022年4月に統合

図41 Antwerp-Bruges港におけるプロジェクト（ベルギー）の事例概要

参考：各種公表資料

海外事例6 Edmonton Hydrogen Hub (カナダ)

Edmonton Hydrogen Hub (カナダ) の事例概要を図42に示す。
水素サプライチェーンの構築及び、空港を水素供給ハブにすることを目的としている。空港内には世界最大の太陽光発電や水素ステーションを建設し、航空機やバスといったモビリティで水素を利用する。

事業名称	Edmonton Hydrogen Hub*1	目的	水素サプライチェーンの構築・空港の水素供給ハブ化
事業者	Latenda、Toyota Canada、Hydra Energy等	予算	(不明)
期間	2022年～	地域	アルバータ州 エドモントン
補足	<p><製造></p> <ul style="list-style-type: none"> ■三井物産等による水素ハブ構築 <ul style="list-style-type: none"> ➢提携業者：カナダ三井物産、都市開発事業支援機構 ➢輸送での水素導入に向けサプライチェーン構築 ■空港内では世界最大の太陽光発電を建設 <ul style="list-style-type: none"> ➢627エーカーの太陽光発電施設の建設を開始 ➢年間20万MWhの発電を行う ➢水素製造に直接使用されるかは不明 <p><輸送・供給></p> <ul style="list-style-type: none"> ■FirstElement Fuelと提携 <ul style="list-style-type: none"> ➢水素ステーションを空港内に建設予定 <p><利用></p> <ul style="list-style-type: none"> ■水素航空機での利活用 <ul style="list-style-type: none"> ➢提携業者：ZeroAvia ➢エドモントン国際空港とヴィルヌーヴ空港に水素インフラを設置 ➢ZeroAviaの600kWエンジンをを用いて2024年より転用可能 ■バスでの利活用 <ul style="list-style-type: none"> ➢提携業者：Letenda ➢乗客向けのシャトルバスとして水素バスを活用 ➢2024年に導入予定 ■FCVでの利活用 <ul style="list-style-type: none"> ➢提携業者：Toyota Canada ➢従業員の利活用を想定 ■作業車での利活用 <ul style="list-style-type: none"> ➢提携業者：Hydra Energy、Hydra Energy、VEXSL ➢除雪車含む大型作業車での利用を想定 ➢2022年夏までに、大型作業車は水素混燃で稼働する 		

*1：エドモントン国際空港が参加する団体名

図42 Edmonton Hydrogen Hub (カナダ) の事例概要

参考：各種公表資料

3-3. 水素利活用における課題と対応

本章ではここまで、特別区における水素に置き換え可能なエネルギー及び、各部門における水素利活用の方法について述べてきた。しかし、特別区における水素利活用の取組はあまり進んでいないのが実状である。

したがって、本研究では特別区における水素利活用の取組を進める上での課題を明らかにするとともに、その対応策を検討するため、以下3つの調査を実施することとした。

- ① 水素利活用に係る安全性調査
- ② アンケート調査
- ③ ヒアリング調査

「水素利活用に係る安全性調査」では、技術・開発面、一般層の安心度、法規制の整備・規制緩和の3つの観点で公開情報をもとに整理した。

「アンケート調査」では、特別区及び東京二十三区清掃一部事務組合、先進自治体、事業者・研究機関のそれぞれにアンケートをメールにて配布し、回答結果を整理した。

「ヒアリング調査」では、幾つかの自治体及び事業者に対して、直接ヒアリングし結果を整理した。

3-3-1. 水素利活用に係る安全性調査

水素利活用に係る安全性調査の背景・目的及び調査方針を図43に示す。

<調査の背景・目的>

水素の利活用に係る安全性に対し懸念を持つ声も未だ少なくない。とりわけ、人口の密集している特別区における水素利活用の普及に向けては、水素の物性を鑑みた安全対策を整理し、区民へとわかりやすく伝えていくことが重要となる。そこで、安全対策の原則を調査し、区民に伝えるべき内容を整理することを目的に実施することとした。

また、水素利活用に関しては多くの法規・規格・基準があり、今後想定される法規等の把握も必要となる。そこで、水素利活用に当たり留意すべき法規制を調査することも目的とした。

<調査方針>

公開情報から、水素の物性に関連付けた安全対策の原則を整理する。また、その中でも区民にとって身近であると考えられる水素ステーションやFCVの運用時に行われている安全対策を調査することとした。

また、水素利活用に当たり留意すべき法規制の調査について、各省庁/業界団体のガイドライン、国際規格、技術標準等の公開情報から整理することとした。

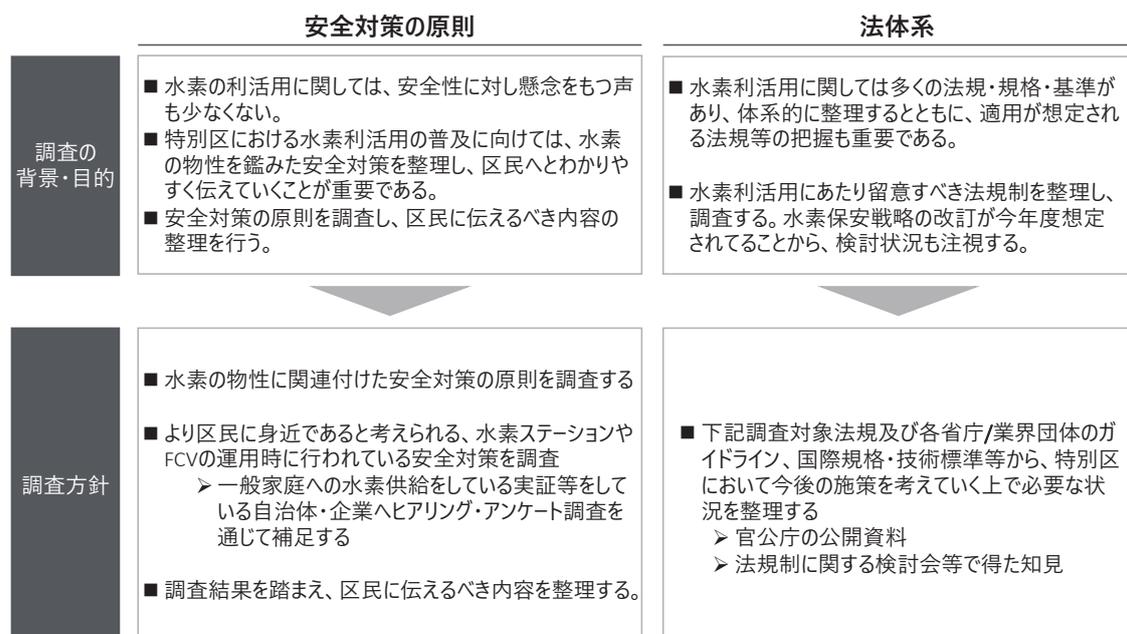


図43 安全性調査の背景・目的及び調査方針

<調査結果>

水素利活用に係る安全性調査の調査結果サマ리를 図44 に示す。

水素ステーションやFCVにおいて「漏らさない、検知する、溜(た)めない」といった基本的な安全対策の考え方を基に設計・運営されている。加えて、水素サプライチェーン全体で様々な種類の法規及び規格が整備されている。しかし、一般層に対する水素の安全性に関する認知度は低く、加えて水素の物性に関する認知度も高くないことが分かった。

このことから、特別区を取組として、既に進んでいる安全対策を区民の安心度向上につなげるための普及啓発活動が重要であると考えられる。具体的には、既存のガソリン・ガス類と同様の注意が必要であるものの、基本的な安全対策を実施することで、クリーンかつ安心して利用できるエネルギーであることを訴求していくべきである。

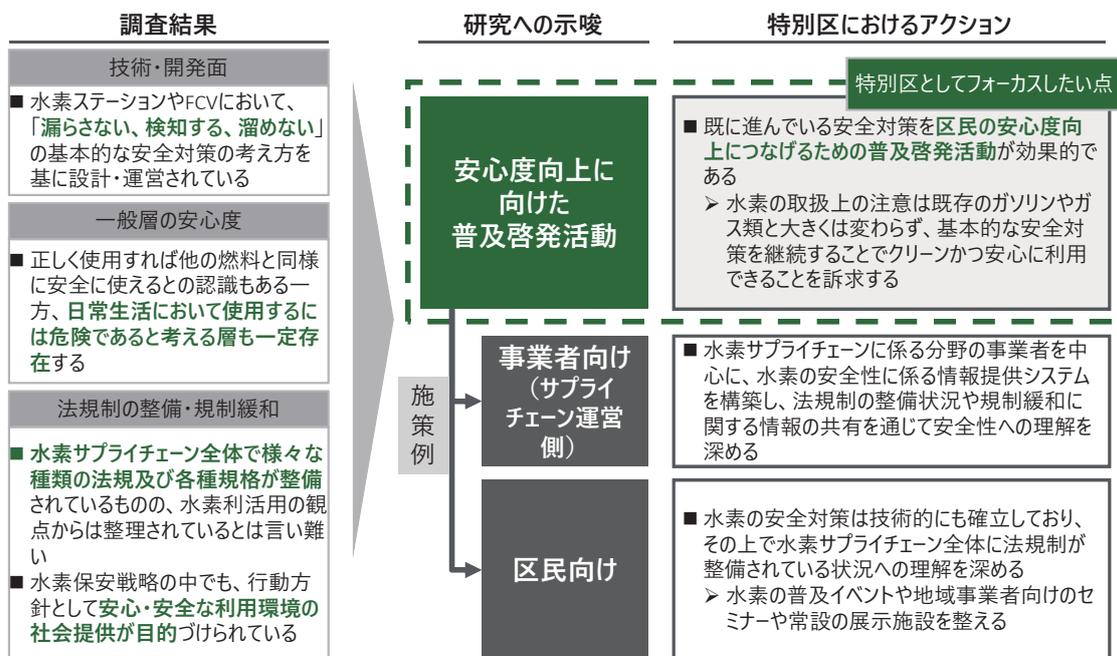


図44 安全性調査結果サマリ

<調査結果詳細>

水素の物性及び必要な安全対策を図45に示す。水素は他の可燃性気体と比較し、建屋等から漏れやすく、火が着きやすく広がりやすいためこれらを考慮した安全対策が必要である。

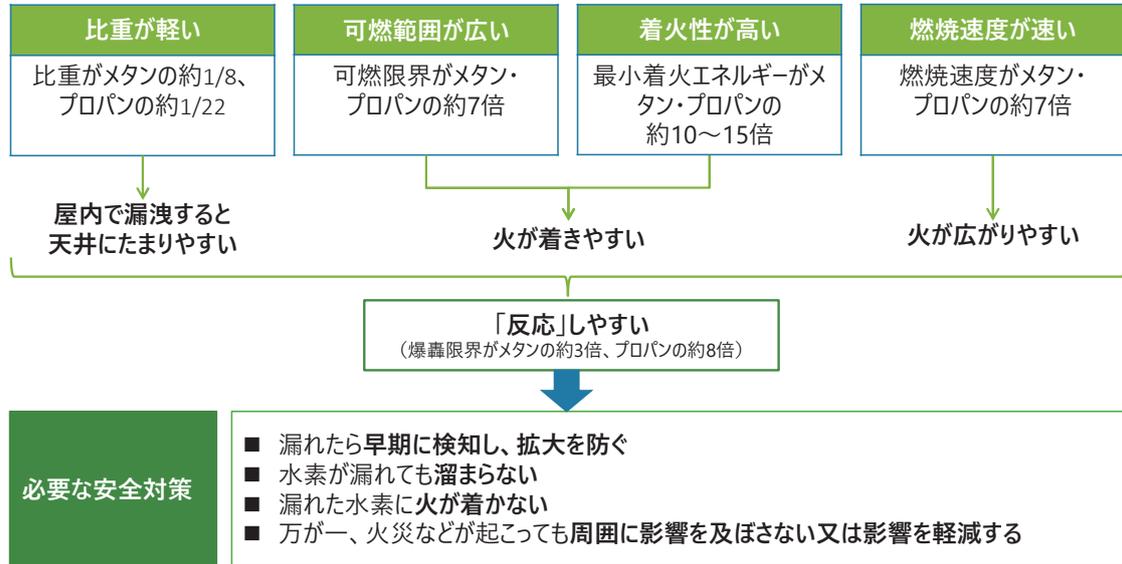


図45 水素の物性及び必要な安全対策

参考：各種公表資料

研究にあたって

1.

1-1

1-2

1-3

2.

2-1

2-2

2-3

3.

3-1

3-2

3-3

3-4

4.

おわりに

資料編

水素ステーションにおける安全対策の考え方を図46に示し、水素ステーションの安全装置を図47に示す。水素の物性及び必要な安全対策を踏まえ、5つの考え方を基に設計、運営されている。具体的には、水素製造装置からディスペンサーまでそれぞれの装置に、ガス/火災/温度検知器、自動停止装置や散水設備等が安全装置として設置されている。

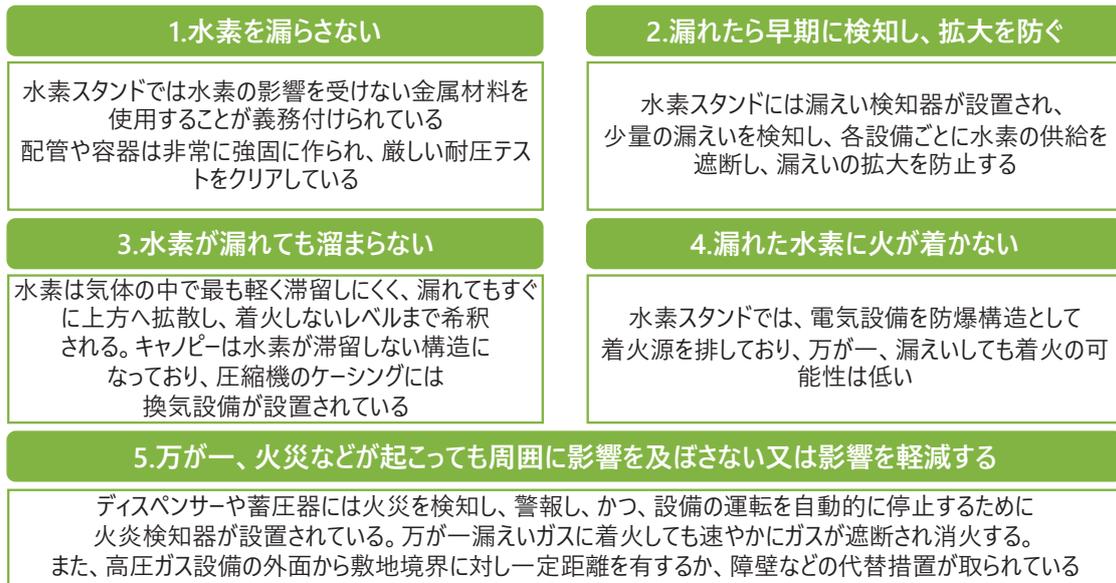
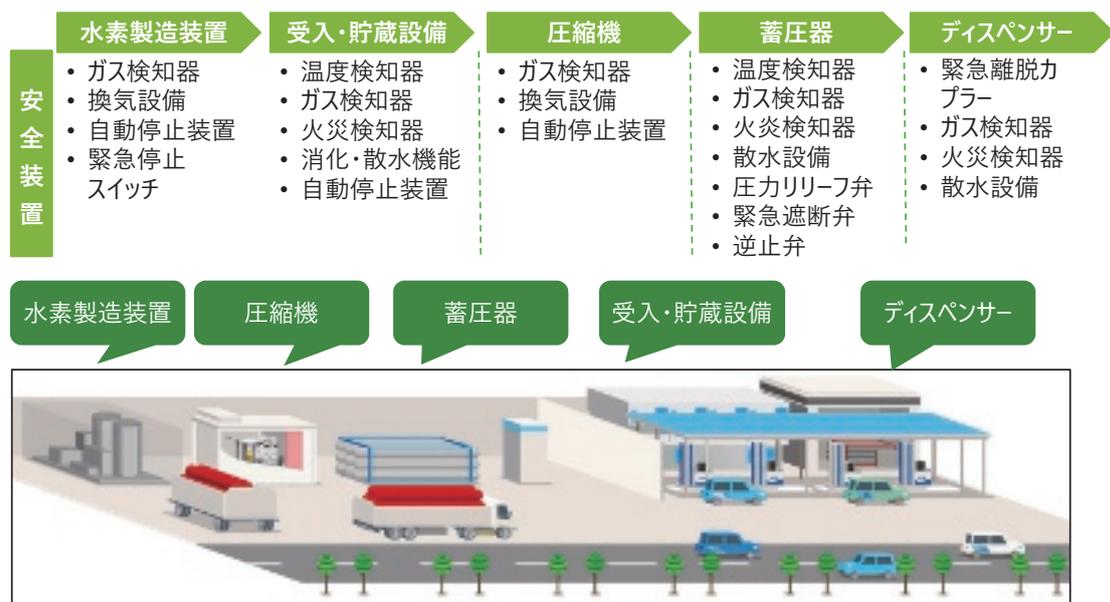


図46 水素ステーションにおける安全対策の考え方

参考：各種公表資料



出所：一般社団法人水素供給利用技術協会HP

図47 水素ステーションの安全装置

参考：各種公表資料

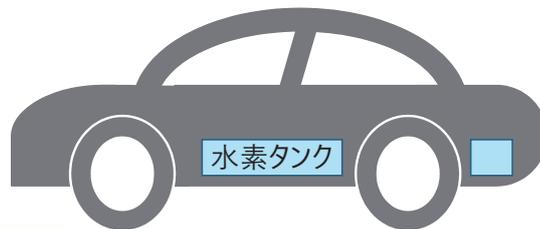
FCVに関する安全対策を図48に示す。水素ステーションだけでなく、FCVでも安全対策の原則にのっとった安全対策が実施されている。以上により、水素ステーションやFCVにおいて「漏らさない、検知する、溜（た）めない」といった基本的な安全対策の考え方を基に設計・運営されていることが分かる。

水素を漏らさない

タンクは飛行機に使われているカーボン繊維を活用し強度を高めており、衝突時にも破損を防止

万一漏れても検知して止める

水素漏れセンサーを搭載し、漏れを検知した場合は水素タンクのメインバルブを閉じる



漏れても水素をとどめない

水素タンクは車室外に設置されており、漏れた場合でも車体の下側から空気中に拡散

- 万一車両火災になった場合も、高温になると溶ける弁がついており、そこから水素を放出
- 放出した水素に火が付いた場合はガスバーナーのように炎を出すのが、ガソリン車のように爆発はしない

図48 FCVの安全対策

参考：各種公表資料

水素ステーションに関連する規制の見直し一覧を図49に示す。水素ステーションの整備や、その導入・運営コスト低減に向け、多くの規制が既に見直し済みであり、現在も材料や機器・運営に関する規制の見直しが進行している。

規制の分類	見直し内容	関連法令					
		高	建	都	消	労	
材料	蓄圧器	■ 蓄圧器へのFRP使用複合容器使用可能基準整備	○				
	鋼材	■ 使用鋼材の拡大（低コスト鋼種）	○				
		■ 水素特性判断基準に係る例示基準の改正の検討	○				
	マニュアル	■ 特認手続き円滑化のためのマニュアル整備	○				
	安全係数	■ 水素スタンド設備に関する安全係数の見直し	○				
機器	防爆	■ 防爆基準の国際整合化				○	
		■ 海外データ活用による防爆機器検定の簡略化				○	
	散水	■ 近隣火災発生時の散水基準の見直し	○				
		■ 水素スタンドの充填容器の温度管理の在り方検討	○				
蓄圧器	■ 車載用高圧水素容器の開発時の認可の不要化	○					
	■ 蓄圧器等の常用圧力上限値の見直し	○					
立地	市街地基準	■ 市街地における水素保有量上限を撤廃		○			
	ST設置基準	■ 液化水素ステーション設置基準を整備	○	○		○	
■ 82MPaステーション設置基準を整備		○					
距離	各種引火可能性物との距離	■ ガソリンスタンドと水素ステーションの併設を許容				○	
		■ 電気設備の距離基準（防爆基準）整備	○				
		■ CNGスタンドとの離隔距離短縮の措置を許容	○				
	道路との距離	■ プレクール設備に係る保安距離の緩和	○				
		■ 公道等との離隔距離短縮の措置を許容	○				
障壁	■ 障壁に係る技術基準の見直し		○				
運営 その他	保安	■ 保安台帳の廃止・販売主任者 ² の廃止	○				
		■ 保安検査基準（40MPa水素スタンド）	○				
		■ 保安検査基準（80MPa水素スタンド）	○				
	無人化	■ セルフ充填の許容	○				
		■ 遠隔監視による水素ステーション運転の無人化	○				
	■ 保安監督者の複数スタンド兼任の許容	○					
	漏洩・事故	■ 高圧ガス微量漏洩による事故認定見直し	○				
メンテナンス	■ 設備故障・修理時の予備品使用手続きの合理化	○					
水素タンク品質	■ FCVタンクの品質管理方法の見直し	○					

図49 水素ステーションに関連する規制の見直し一覧

参考：各種公表資料

以上により、水素の安全対策に関する考え方や、法規・規格について既に整備が進んでいることが分かった。一方で、関連法規は高圧ガス法をはじめ多岐にわたり、既存の施設・設備との相違点も多い。このことが事業者の水素事業への新規参入の際にハードルとなることが想定されるため、安全性を担保しつつ、事業者の新規参入を円滑にする必要がある。

一般層に対するアンケート調査⁴では、「水素エネルギーは正しく使用すれば他の燃料と同様に安全に使える」との認識は60%以上と、ガソリンや都市ガスと同じように扱えるとの認識が広まりつつある。一方、「水素は日常生活において使用するには危険である」とは「思わない・あまり思わない」が30%以下と、日常生活にまで水素を使用することには危険を感じる層も一定存在する。また、後述の自治体、事業者等を対象としたアンケート及びヒアリングでは一般層における水素関連設備への受容性の向上が課題として挙げられる例も多い。したがって、特別区の取組としてはこれらのギャップを埋められるよう、既に進んでいる安全対策を区民の安心度向上につなげるための普及啓発活動が重要である。

4 資源エネルギー庁「平成30年度新エネルギー等の導入促進のための基礎調査（水素・燃料電池分野における社会認知度・影響性調査）」（2019年3月）

3-3-2. アンケート調査

<アンケート調査の目的>

本アンケート調査によって、特別区において水素利活用を推進する際に課題となりうる事項と対策への示唆を整理することを目的とした。

<アンケート調査実施方法>

アンケート調査実施方法を表1に示す。

調査対象のうち、事業者/研究機関及び自治体の選定方法として、特別区共通の論点である「水素供給体制の構築」、「地域・区民の理解促進」、「市街地・街区での水素利活用」に加え、地域特有の論点である工業地域、物流地域、業務・商業地域における水素の利活用のいずれかに当てはまる取組事例を持つ対象を選定することとした。

表1 アンケート調査実施方法

調査対象数	特別区・東京二十三区清掃一部事務組合・13事業者/研究機関・14自治体の計51件
回収率	78% (39件/50件)
回収期間	2023年7月3日(月)～2023年8月1日(火)
回収方法	Microsoft Forms上に作成したアンケートフォームのURLを添付したメールを調査対象へ配布

＜アンケート調査内容＞

アンケート調査内容を表2に示す。特別区・東京二十三区清掃一部事務組合からは、水素関連の取組に関する現状と懸念等について、事業者/研究機関及び自治体からは、これまでの先進的な取組を通じて得られた知見を中心にアンケート内容を決定した。

表2 アンケート調査内容

特別区・東京二十三区清掃一部事務組合	<ul style="list-style-type: none"> ・水素・燃料電池に関する取組 ・取組の概要、実施の背景、目的、期待する効果/得られた効果 ・事業化検討時の懸念事項 ・水素の安全性への懸念事項 ・普及活動の今後の予定、実施事項
事業者/研究機関	<ul style="list-style-type: none"> ・特別区内での事業展開・協業が可能な範囲 ・当該地域の課題 ・各者水素事業でのサプライチェーン別の課題 ・水素事業を展開する際に重視する地域の特徴 ・自治体に期待する役割や支援
自治体	<ul style="list-style-type: none"> ・水素事業に関する取組の背景、目的、期待する効果/得られた効果 ・各検討段階での課題 ・地域住民への安全性に係る課題・懸念 ・地域住民への普及展開時の実施事項 ・自治体の役割 ・特別区との連携可能性 ・特別区に期待・望む姿

＜アンケート調査結果＞

アンケート調査の結果サマ리를 図50 に示す。特別区・東京二十三区清掃一部事務組合の回答結果として、水素に関する取組を既に実施しているのは12件とアンケート回答の約半数であり、そのほとんどはエネファーム等の購入時の助成金や、区としての水素関連設備の購入であった。他方、水素事業化に向けてはイベント開催を中心とした現在の普及啓発活動やインフラ整備に課題があることが分かった。

次に、自治体の回答結果として、水素事業を検討する上でそれぞれの段階において幅広く課題があり、それに伴う自治体の役割も幅広く存在している。その中でも、自治体の役割として特に回答数の多いものは、自治体としての方針の明示と関係者との調整機能であった。また、その普及啓発の観点においても、地域住民に身近な水素利活用機会の創出や、水素に関する知識を学ぶ機会の提供が多く挙げられた。次に、事業者/研究機関の回答結果として、特別区と連携できる可能性の高い項目として、水素ステーションの整備・定置型燃料電池の導入・水素とCO₂を活用したカーボンニュートラルメタンの導入が挙げられた。また、特別区における水素利活用の課題として、主に水素関連設備を設置するための土地の確保や高い水素調達コストが挙げられた。

	特別区・清掃一組	自治体	事業者/研究機関
視点	今後どういった連携が可能か	特別区で水素事業を実施する際の留意点	
結果サマリー	<ul style="list-style-type: none"> ■ 水素に関する取組を行っていたのは12件（アンケート回答の約半数）、購入助成や区財産としての購入等が大半を占める ■ 水素の効果としては環境負荷低減と災害対応を想定 	<p>【各段階での課題・自治体の役割】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 計画策定：地域の方針提示に向け、有識者や企業も含め広く意見を収集、通常の行政計画とは異なる調整 ■ 体制構築：企業や関係団体を含めた調整、コーディネーターとしての自治体 ■ 事業構想：企業との連携、大きな方針の下での個別事業の検討 ■ 実行：関係者との調整（情報提供と説明）、国の制度の活用、公共的な分野へのFC機器導入 <p>→ 方針の明示、関係者との調整</p>	<p>【各エリアでの特別区との連携可能性】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 水素ステーションの整備 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 商用利用：トラック、フォークリフト、FCバス（物流・空港・工業地域） ➢ FCV、FCバス、FC収集車（市街地） ■ 常時使用・非常用電源としての定置型燃料電池の導入（空港・工業） ■ 水素とCO₂を活用したカーボンニュートラルメタンの導入
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 水素事業化に向けては、コストや事業性、効果的な普及啓発活動、インフラ整備に関する懸念がみられた ■ 水素の安全性に関し、区民への説明への懸念がみられた 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地域住民に対しては身近な水素利活用機会創出の他、正しい知識の提供が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 土地確保やコストのほか、需要実態に即した供給手法の検討が課題 ■ 地域に求める特色は、水素調達が容易である他、水素需要が明確であること等
研究への示唆	<ul style="list-style-type: none"> ■ 普及啓発の取組に関し必要性を感じている区が多かったため、研究員を中心とし連携を図ってはどうか <ul style="list-style-type: none"> ➢ イベントの共同開催、資料の共有など 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 水素事業の推進に向けて特別区としての取組が必要ではないか <ul style="list-style-type: none"> ➢ 各区（またはエリア単位）の水素利活用方針整理、おおよその需要のとりまとめ（どの地区にどういった需要があり、付近に余剰の土地があるか等） ➢ 事業者への周知、関係者間の意見交換の場の設立、地域住民への普及啓発 	

図50 アンケート調査結果サマリー

<アンケート調査結果詳細>

■特別区・東京二十三区清掃一部事務組合の回答結果

特別区における水素に関する取組状況と区分・目的を図51に示す。回答数23件のうち、「実施済み」が12件と半数の区が既に何らかの取組を実施している。そのうち、「エネファーム等の購入助成」が9件、「FCVや燃料電池といった水素アプリケーションの購入」が7件であった。取組の目的としては、「環境負荷低減」が4件、「災害対応」が2件であった。

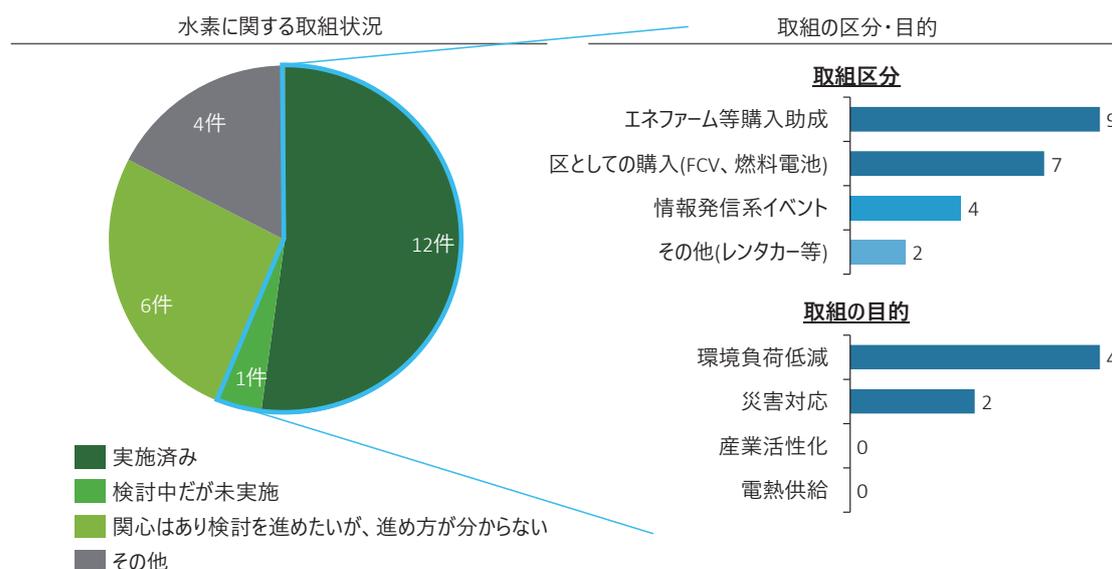


図51 特別区における水素に関する取組状況とその区分・目的

特別区での水素利活用に関する懸念事項の回答結果を表3に示す。

事業化に向けた懸念事項としては、水素調達コストや設備導入・維持コスト等の各種コストや、取組に関する効果的な普及啓発活動、インフラ整備の観点から懸念を抱いている回答が多かった。

次に、安全性に関する懸念事項としては、区民への普及啓発活動に関して懸念を抱いている回答がほとんどを占めていた。

表3 特別区での水素利活用に関する懸念事項の回答結果

質問項目	回答結果
<p>事業化に向けた懸念事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ステーション設置条件を満たす場所の確保が困難 ■施設管理者が水素を扱う際の安全管理 ■EV普及とのバランスのとり方がわからない ■コストが高い <ul style="list-style-type: none"> ➢エネファームの導入コストが割高 ➢導入・維持管理コストが高い ➢水素価格が高い ■FCV導入のコスト削減効果の実証ができていない ■効果的な普及啓発活動を実施できていない <ul style="list-style-type: none"> ➢理解促進と興味喚起が困難 ➢講座への区民の参加人数が少ない ➢FCVのレンタカーの利用件数が伸びない ➢区民からの安全性への理解獲得 ■助成金への申請が伸びない ■区民・事業者等の確実な導入・活用 ■燃料電池の低周波騒音によるトラブルの可能性 ■インフラが整備されていない <ul style="list-style-type: none"> ➢水素ステーションが少ない ➢水素ステーションに大型車両の充填能力がない ➢清掃工場単独での水素供給網構築が困難 ■安全性の確保 ■設備の耐久性・稼働の安定性について懸念が挙げられた
<p>安全性に関する懸念事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■爆発の危険性がある ■建物が集積していることから、水素起因の火災による甚大な被害を懸念 ■水素ステーション設置場所の選定や人材配置に課題を感じている ■面積等設置要件の緩和が必要 ■区民への普及啓発 <ul style="list-style-type: none"> ➢水素ステーション建設の際の継続的な発信 ➢水素の性質に関する住民への適切な説明 ➢専門家による住民への説明が必要 ➢既存施設の水素化に向けた、施設管理者や周辺住民への理解 ➢爆発等の懸念を感じている住民への説明が難しいと想定される ➢安全性のアピールが不足している ■職員の水素に関する広範かつ専門的な知識の不足

特別区における普及啓発活動の実績と今後の想定 of 回答結果を表4に示す。これまでの実績としては区単独によるイベントの開催が最も多い結果となった。また、今後の想定のうち、他自治体と連携した普及啓発活動が一部挙げられていることから、普及啓発活動において特別区同士の連携がより一層重要になると考えられる。

表4 特別区における普及啓発活動の実績と今後の想定 of 回答結果

質問項目	回答結果
普及啓発活動の実績	<ul style="list-style-type: none"> ■ イベントを開催しているものの、水素が身近なエネルギーになる実感を区民に持たせにくいと感じている ■ 体験型講座やイベントでの展示・実演 ■ イベント展示・マスコットキャラクターを活用した広報活動 ■ 小学生向けの出前授業 ■ イベント展示・FCVによる給電の実演 ■ チラシ・ポスター配布 ■ FCVの区内走行や環境イベント ■ 区報・ホームページ・町内掲示板での広報
今後の想定	<ul style="list-style-type: none"> ■ ホームページやSNSでの広報 ■ 他自治体との連携 ■ イベントでの乗車会及び給電の実演 ■ 協定を締結した他自治体との連携 ■ 啓発教材の配布 ■ コミュニティバスのFCV化

■自治体の回答結果

自治体の役割及び特別区と連携可能な分野・取組の回答結果を表5に示す。

表5 自治体の役割及び特別区と連携可能な分野・取組の回答結果

自治体	自治体の役割	連携可能な分野・取組
1	—	—
2	・事業用地確保と市民への機運醸成	・取組をPRする機会を提供
3	・都市としての需要創出	—
4	・地域特性の反映 ・設備機器の導入支援 ・国・関連団体・近隣自治体との連携 ・機運醸成	・国際展示場の実機を用いた説明会の実施等 ・水素ST候補地探し
5	・関係企業の支援 ・地域の理解促進 ・許認可権者としての支援（庁内担当部署が連携し、事業者に対し適切な指導と支援を実施）	・水素サプライチェーンの需要先として、すでに一部の区と連携
6	・需給拡大支援	・下水由来の水素製造ノウハウについて連携の可能性あり
7	・事業を実際に行う事業者と地域住民の橋渡し役 ・事業者と国や県などの補助金主体となるところの橋渡し役 ・水素事業を行いたいと考えている事業者の窓口 ・自治体自身が一需要家となる	・地域特性を活かした課題解決に関する意見交換を希望
8	・技術開発及び社会実装支援、 ・水素利活用モデルによる地域づくり、 ・水素利用拡大に向けた基盤づくり	・副生水素を用いた実証事業の経験を活かし、社会実装に向けた実装フィールドの提供

自治体における事業化段階ごとの課題の回答結果を表6に示す。

表6 自治体が水素事業を検討する際の事業化段階ごとの課題の回答結果

自治体	「計画を作る」	「体制を構築する」	「事業を構想する」	「実行に移す」
1	<ul style="list-style-type: none"> 震災からの創造的復興を明らかにするため、水素利活用ビジョンを策定し、施策を展開した 	<ul style="list-style-type: none"> 「再生可能エネルギー等・省エネルギー推進本部」の下でビジョンの進捗管理を実施した 	<ul style="list-style-type: none"> ①FCV導入促進と②水素ST整備促進を両輪として施策を展開。現在は産業界を対象とした施策を展開した 	<ul style="list-style-type: none"> 有効かつ効率的な執行となるよう、メーカー、ディーラー、ユーザー、インフラ事業者、関係省庁・自治体など関係機関との意見交換や情報共有を実施した
2	—	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 金銭的な支援は市単独では難しかったが、国による補助を事業者が受けることで実現可能となった
3	<ul style="list-style-type: none"> 水素需要の具体化が難しく、目標設定に苦慮した。方針策定にあたっては委員会を設置し、学識経験者や企業・団体及び行政機関から意見を求めた 	<ul style="list-style-type: none"> 自治体内担当部署が定まりづらく、現在も検討中（まちづくり担当➡環境担当） 	<ul style="list-style-type: none"> 水素普及に効果がある取組を予測しづらく、モデル的な事業を実施 	<ul style="list-style-type: none"> 水素STと燃料電池を設置する「水素モデル街区」を進めているがウクライナ情勢等に伴う混乱などもあり遅延していた
4	<ul style="list-style-type: none"> 課題：水素の貯蔵・消費が可能な地域及び施設の選定 対処・克服：事業所管理局の有する施設が工業専用地域に所在かつ多くの来場者が見込め、広い敷地を有していたため選定 	<ul style="list-style-type: none"> 課題：グリーン水素に関する専門性の確保、普及啓発や設置施設の協力 対処・克服：関係団体をメンバーに加えて実行委員会形式により設置・運用 	—	<ul style="list-style-type: none"> 課題：各種法規制への対応（管理者の安全確保及び職員負担軽減にかかる調整） 対処：情報提供と地道な説明
5	<ul style="list-style-type: none"> 構想の策定では、具体的な取組は民間企業との連携が前提のため、通常の行政計画のような成果指標・活動指標の設定が難しく、庁内調整に時間を要した 	—	—	—
6	<ul style="list-style-type: none"> 規制の課題に直面することが多い 	<ul style="list-style-type: none"> 自治体のみでは水素STの管理・運営のノウハウがなく、コスト面での課題もあった そのため、自治体と水素事業に関心のある複数の民間事業者で共同体を設立することによって、商用開始に繋げることができた 	<ul style="list-style-type: none"> 自治体のみで検討を行うのは不可能という課題がある 例えば、FCモビリティの導入については自動車メーカーと連携協定を締結し、ご意見をいただいている 	<ul style="list-style-type: none"> FCモビリティについては、コスト・インフラの問題から、個人や民間事業者が導入しづらい そのため、給食配送車、ごみ収集車、救急車といった公共的なインフラを担う車両にFCモビリティを導入することで、需要の創出を図っている
7	<ul style="list-style-type: none"> 行政サイドの水素への理解醸成が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 自治体内の体制強化及び、様々な事業者が関与できる体制整備が必要 	<ul style="list-style-type: none"> つくる：製造の自立化・商用化ができていない、規模が小さい ためる、はこぶ：インフラ整備コストが高額、都市計画区域内に貯蔵できる水素量の法的制限 つかう：水素利用機器が高額、機器選定が難しい 	—
8	—	—	—	—

研究にあたって

1.

1-1

1-2

1-3

2.

2-1

2-2

2-3

3.

3-1

3-2

3-3

3-4

4.

おわりに

資料編

自治体における地域住民の安全性に係る課題と対応策及び実施事項の回答結果を表7に示す。

表7 地域住民の安全性に係る課題と対応策及び実施事項の回答結果

自治体	地域住民の安全性にかかる課題・対応策	住民へ普及展開した際の実施事項
1	<ul style="list-style-type: none"> ・課題：県民・事業者への正しい知識普及 ・対策：イベントや体験学習、啓発資材の活用による認知度・理解度の向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・FCV導入補助 ・県FCV公用車の外部イベント貸出し ・県民等の水素エネルギー利用機会創出（FCVカーレンタル運営支援事業、FCVタクシー導入・運行補助、FCバス路線運行の支援） ・普及啓発（イベント開催、パンフレットや動画の作成等）
2	—	<ul style="list-style-type: none"> ・地元自治会への説明会開催 ・定期的な普及啓発イベントの実施
3	—	<ul style="list-style-type: none"> ・公用FCVを活用した普及啓発やイベントでの展示 ・災害時の外部給電を実施
4	<ul style="list-style-type: none"> ・課題：水素は漏れたらすぐ爆発する、といった誤った認識による拒否反応 ・対策：水素に関する正しい知識の提供・情報公開、安全管理の徹底（障壁・ガス検知器・消火器の設置、空中拡散可能な設備、定期的な保守点検） 	—
5	<ul style="list-style-type: none"> ・今後の大規模な水素サプライチェーン構築にあたっての普及啓発活動の強化 	<ul style="list-style-type: none"> ・普及啓発のためのイベントの実施 ・情報発信コーナーの整備
6	<ul style="list-style-type: none"> ・水素パイプラインに関する規制面や安全性の技術基準が整理されていないという課題 ・国等と協議を重ねている 	<ul style="list-style-type: none"> ・パイプライン敷設にあたって地元説明を実施
7	<ul style="list-style-type: none"> ・計画段階で安全性への懸念はあり ・事業開始前までには払しょくできるよう、コミュニケーションを実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・住民にとって身近な施設への水素導入 ・地域のお祭りで町内における水素の取組のポスターを展示 ・実際に実証を行っているサイトを見学 ・燃料電池の仕組みを実験を通して学ぶ教室を開催 ・公用車として使用しているFCVやその他はたらくFCV車の展示や試乗会 ・水素由来の電気を使用したステージイベント ・町内の伝統的なお祭りなどのイベントにFCVから供給する電力を使用
8	—	<ul style="list-style-type: none"> ・水素ステーション整備の際、地元住民への説明会を実施

■事業者/研究機関の回答結果

事業者/研究機関が特別区と協業できる可能性のある領域の回答結果を表8に示す。

表8 事業者/研究機関が特別区と協業できる可能性のある領域の回答結果

事業者/ 研究機関	特別区と協業可能性のある領域
1	—
2	・水電解による水素製造と、配管供給
3	・モビリティ向け水素ステーションの整備、運営に向けた検討 ・非常用電源などモビリティ向け以外の水素供給の検討 ・産業熱、自家発電、工業プロセス向けの水素供給の検討 ・大型公共施設向けの水素活用コジェネシステム導入および水素供給に向けた検討
4	・定置用純水素型燃料電池の設置
5	—
6	—
7	・FCバスの整備、運営に向けた検討（路線型・大型に限定）
8	・水素製造における既存の水素ステーションの活用 ・グリーン水素と清掃工場排ガス等からの回収CO ₂ 利用によるメタネーションの事業性評価

研究にあたって

1.

1-1

1-2

1-3

2.

2-1

2-2

2-3

3.

3-1

3-2

3-3

3-4

4.

おわりに

資料編

事業者/研究機関における特別区の課題と重視する地域の特徴の回答結果を表9に示す。

表9 事業者/研究機関の特別区への課題と重視する地域の特徴の回答結果

事業者/ 研究機関	特別区の地域としての課題	水素事業展開時に重視する地域の特徴
1	・ 離隔距離確保のための土地代	・ 再エネ資源が豊富 ・ 再エネ資源の近隣に利活用エリアがある
2	・ 人口密集地のため、毒性があり危険な物質の大量貯蔵が困難であること	・ 再エネ余剰が大量に発生し、周辺のグリッドから孤立している
3	・ 需要実態に即した水素供給手法の検討 ・ 水素パイプラインの整備は限定的のため、需要家への供給ネットワークの構築	・ 自社アセットの近接地 ・ 水素利用に関する目標やロードマップが対外的に示されている
4	・ 高圧ガス保安法への対応 ・ 液化水素の貯蔵タンクの設置にかかる土地の確保 ・ 水素価格の低減	・ 水素調達が容易な地域 ・ 電力・熱ともに必要とされる工場が多い
5	・ 水素価格の低減	・ 再エネ余剰電力がある ・ 敷地が広い ・ 市民の水素への関心や受容性が高い
6	・ 水素価格の低減 ・ 水素供給体制の構築	—
7	・ バスが利用できる水素STが少ない	・ 災害が多い ・ 子供が多い
8	・ グリーン水素の供給源及び輸送方法の確保	—

事業者/研究機関が自治体に期待する役割の回答結果を図52に示す。

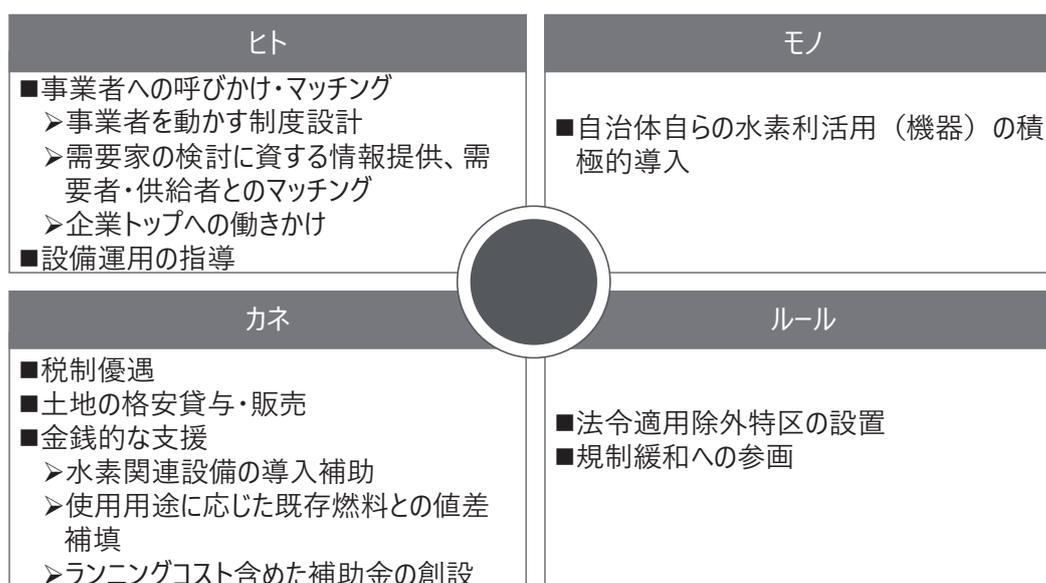


図52 事業者/研究機関が自治体に期待する役割の回答結果

3-3-3. ヒアリング調査

<ヒアリング調査の目的>

本ヒアリング調査によって、アンケート調査結果から得られた、特別区において水素利活用を推進する際に課題となりうる事項と対策への示唆について詳細を深掘し整理することを目的とした。

<ヒアリング調査実施方法>

ヒアリング調査実施方法を表10に示す。アンケート調査対象のうち回答結果を深掘すべき対象を研究会メンバーより選定するとともに、新たに聞き取り調査すべき対象を研究会メンバーより選定し追加ヒアリング対象にすることとした。

表10 ヒアリング調査実施方法

調査対象数	3自治体・5事業者の計8件
調査方式	各調査1時間のオンライン開催
調査方法	本研究会より事前に作成したヒアリングシートをもとに聞き取り

<ヒアリング調査内容>

ヒアリング調査内容を表11に示す。ヒアリング対象が自治体の場合は「先進的な取組を実現したポイント」及び「取り組んだことで判明した課題とその解決策」についてヒアリングすることとした。また、ヒアリング対象が事業者の場合は「当該事業者が特別区において水素事業を進める上での課題」及び「水素事業を実現するために自治体へ期待する役割」についてヒアリングすることとした。なお、それぞれの自治体・事業者によって取組が異なることから、詳細なヒアリング調査内容は異なる。

表11 ヒアリング調査内容

自治体	<ul style="list-style-type: none"> ・先進的な取組を実現したポイント ・取り組んだことで判明した課題とその解決策
事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・当該事業者が特別区において水素事業を進める上での課題 ・水素事業を実現するために自治体へ期待する役割

<ヒアリング調査結果>

ヒアリング調査の結果サマ리를 図53 に示す。

事業者の観点から特別区で水素事業を進める上での課題は、「水素需要の更なる拡大」、「住民の水素エネルギーに関する理解」、「水素関連設備の設置等に係る敷地の確保」、「内陸地域での費用対効果の悪化」の4つに整理された。

	特別区で水素事業を進める上での課題	特別区として考えられる対応策
事業者の観点	<ul style="list-style-type: none"> 水素需要の更なる拡大 	<ul style="list-style-type: none"> 自治体自ら水素関連設備を導入（燃料電池、FC公用車等） 企業への普及啓発活動（設備見学等） バス・運送会社をはじめとした需要家が水素利用を検討しやすい環境の整備（水素に注力していくことが伝わる方針の策定・具体的な導入目標の策定・水素事業に関する情報パッケージの作成・水素利用に関する賛同団体の設立等） 水素関連設備導入への補助金の設立
	<ul style="list-style-type: none"> 住民の水素エネルギーに関する理解 	<ul style="list-style-type: none"> 住民への普及啓発活動（お祭り等イベントの開催・化学教員などの基礎知識を持つインフルエンサーを対象とした説明会・ランドマークの活用） 住民が普段利用する公共アプリケーションの水素利用（スクールバス・公立学校等）
	<ul style="list-style-type: none"> 水素関連設備の設置等に係る敷地の確保 	<ul style="list-style-type: none"> 近隣区の敷地を紹介する仕組みの導入 未活用公用地への水素関連設備の設置
	<ul style="list-style-type: none"> 内陸地域での費用対効果の悪化 	<ul style="list-style-type: none"> 内陸地域では主に普及啓発や防災レジリエンスを目的とした水素利活用を促進（非常用燃料電池等）
自治体の観点	<ul style="list-style-type: none"> 行政職員の水素事業に関する知識レベルの向上 	<ul style="list-style-type: none"> 行政職員への自己啓発の促進（勉強会等） 構想策定や事業者支援を通じた経験の蓄積
	<ul style="list-style-type: none"> 企業との積極的な連携の場の設置 	<ul style="list-style-type: none"> 企業を交えた協議会の設置（情報共有・今後の全体方針の確認） 水素事業を検討している企業の相談窓口の明確化

図53 ヒアリング調査結果サマリ

「水素需要の更なる拡大」のために特別区として考えられる対応策として、「自治体自ら水素関連設備の導入」、「企業への普及啓発活動」、「需要家が水素利活用を検討しやすい環境の整備」、「水素関連設備導入への補助金の設立」の4つが挙げられた。特に、自治体自ら水素関連設備を導入することは水素需要の創出につながるだけでなく、災害レジリエンスや区民・企業への普及啓発においても効果的であることから、特別区における重要な対応策であることが分かった。

「住民の水素エネルギーに関する理解」のために特別区として考えられる対応策として、「住民への普及啓発活動」、「住民がふだん利用する公共アプリケーションの水素利用」の2つが挙げられた。特に、住民への普及啓発活動として、特別区がこれまで実績のあるイベントの開催だけでなく、学校の化学教員など水素に関する基礎知識を持つインフルエンサーを対象とした説明会の実施や、区内のランドマークを活かした啓発など新たな活動方法も有力であることが分かった。

「水素関連設備の設置等に係る敷地面積の確保」のために特別区として考えられる対応策として、「近隣区へ敷地を紹介する仕組みの導入」、「未活用公用地への水素関連設備の設置」の2つが挙げられた。

「内陸地域での費用対効果の悪化」のために特別区として考えられる対応策として、「内陸地域では主に普及啓発や防災レジリエンスを目的とした水素利活用を促進」することが挙げられた。

自治体の観点から特別区で水素事業を進める上での課題は、「行政職員の水素事業に関する知識レベルの向上」、「企業との積極的な連携の場の設置」の2つに整理された。特別区として考えられる対応策として、「行政職員への自己啓発の促進」、「構想策定や事業者支援を通じた経験の蓄積」、「企業を交えた協議会の設置」、「水素事業を検討している企業の相談窓口の明確化」が挙げられた。

<ヒアリング調査結果詳細>

自治体へのヒアリング調査結果詳細を表12に示し、事業者へのヒアリング調査結果詳細を表13に示す。

表12 ヒアリング調査結果詳細（自治体向け）

回答結果*	
※ 3自治体へのヒアリングの回答結果を本研究会より整理した上で記載	
先進的な取組を実現したポイント	<ul style="list-style-type: none"> ■自治体自ら需要を創出し水素関連機器を実装 <ul style="list-style-type: none"> ➢水素関連機器は事業者の導入は容易ではないため、まずは自治体内で需要を創出し導入してみせる必要がある ➢公用車FCV・FCスクールバスの導入は自治体起点である ■事業者-国・住民の橋渡しを伴走支援 <ul style="list-style-type: none"> ➢補助金獲得の際は、事業者と連携し国へ応募 ➢実証の際は、地域住民へ事業者とともに説明 ➢実証が増えるにつれ、事業者や国との信頼関係を構築 ■常に実証に挑戦し続けることで町内の事業者の理解を獲得 <ul style="list-style-type: none"> ➢当初は水素への安全性やコストへの懸念は多かったものの、きちんとリスクを伝えた上で対策を理解していただくといった技術ベースでの説明を実施 ➢挑戦し続けることで自然にチャンネルが増加していった ■住民への水素の接点を増やすことで住民理解を醸成 <ul style="list-style-type: none"> ➢お祭り・施設見学といったイベントに加え、カーリースやスクールバスなどの日常生活に水素機器を実装 ■企業との複数のヒアリングを重ね、構想を策定したことにより、企業の水素利活用を促進 ■企業へ支援する際は、1つの本部がハブとなり関連部すべてと連携し進めている <ul style="list-style-type: none"> ➢連携事業者や国の支援制度の紹介だけでなく、どのような水素利活用が可能かといった初期段階から支援するケースもある ➢許認可支援では事業者と担当部署の打合せに同席した ➢そのための職員の知識獲得は、構想を策定した経験によるものが大きい ■情報提供・自治体の方針確認の場として協議会を運営 <ul style="list-style-type: none"> ➢協議会はプレゼンターの情報提供の場であり、協議会頼りの体制にならないようにする ■下水バイオガス由来水素ステーションの商用化を主体的に推進 <ul style="list-style-type: none"> ➢都市部では安定的に供給される下水バイオガスを水素製造に利用することで水素エネルギーの地産地消に取り組んでいる ➢現在のモビリティ需要を賄っており、ステーションに出荷設備を備えることで、水素エンジンを搭載したレースカーや企業の実証へも供給 ➢高コストであることは課題 ■高い水素コストにより事業者自ら水素事業に取り組むことは難しいことから、自治体自らFCモビリティ（公用車）を導入し企業へ無償貸与 <ul style="list-style-type: none"> ➢給食配送車・パッカー車・救急車など拡大を検討している

取り組んだことで判明した課題とその解決策	回答結果※ ※ 3自治体へのヒアリングの回答結果を本研究会より整理した上で記載

研究にあたって

1.

1-1

1-2

1-3

2.

2-1

2-2

2-3

3.

3-1

3-2

3-3

3-4

4.

おわりに

資料編

表13 ヒアリング調査結果詳細（事業者向け）

回答結果*	
※ 5事業者へのヒアリングの回答結果を本研究会より整理した上で記載	
水素事業を進める上での課題	<p>■水素の調達（輸送・貯蔵）が難しい</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶水素貯蔵タンクを設置するための敷地面積確保が難しい ▶法律上、住宅専用地域には高圧水素ボンベを置くことができない ▶ポンベの配達には広い道が必要であり、交換時1時間程度停車する必要がある ▶パイプラインが敷設されている場合、燃料電池は車1台分のスペースで設置可能 ▶現在の法律では難しいが、川崎市等の湾岸地域ではパイプライン調達による水素利用を進め、内陸地域では送電網から電気として配送するのが現実的ではないか
	<p>■水素コストが高い</p>
	<p>■水素利用側の水素に関する理解が進んでいない</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶グリーン水素への要望が増えている一方、経済合理性が悪いことには留意すべきである ▶まずは水素アプリケーションを拡大することで水素利用の価値を向上させ、グリーン化の検討は後に回すべきである
	<p>■需要の更なる拡大</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶バス事業者や物流事業者との協業が不可欠 ▶一般車向けの水素STとフォークリフト・大型トラック向けでは設備の仕様が異なるため、用途が異なる場合は既設のステーションでは対応が難しい場合がある
	<p>■水素供給コストが高い</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶利益の出していない水素STも多く、補助金は今後も必要 ▶水素需要量と出荷拠点からの距離に応じて最適な輸送方法が決まる ▶最低でも数百トンの水素需要がなければ、水素トレーラー等による供給が適切である ▶初期はグレー水素で導入し、後からグリーン化していく選択肢もある
	<p>■オンサイト製造・電化利用のみの場合、水素設備を住宅へ導入する上での制約は特に感じていない</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶既存の戸建て住宅や、集合住宅での導入も考えられる ▶水素を他所から供給する場合は、その供給方法は課題である ▶熱利用する場合は、圧縮水素が必要となるため、ポンベ等の追加設備が必要となり、様々な課題が生じると考えられる
	<p>■市民へ水素の安全性に関する普及啓発は今後必要となる</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶現在は市民の水素へのアンテナが低いため批判の声が上がりづらいが、今後更に普及させていくためには一般の理解が必要である
	<p>■水素輸送手段として、内陸地域への水素パイプラインの敷設は実現性が低く、メタネーションによるカーボンニュートラルメタンの既存都市ガス配管での輸送が優位となる可能性あり</p>
	<p>■燃料電池の導入・維持コストが高い</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶家庭ユーザーには災害レジリエンス（在宅避難）・省エネ対策を目的とし、事業者のお客様にはBCP対応を目的として燃料電池の導入を進めるものの、価格が高いことが導入の妨げとなっている ▶燃料電池のサイズは小さいため、設置するための敷地面積についての課題は特段ない(6kW規模の業務用燃料電池は約2m角の面積で設置可能、ニーズに応じて連携し対応している)
	<p>■メタネーション等のガスの脱炭素化手段に関する認知度が低い</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶脱炭素化を検討する際、多くの方が電化のみを想定している
	<p>■民間の需要家が水素利活用を検討するためには、安定供給と利益を保証する必要がある</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶安定供給できる水素量が分からなければ、需要サイドは水素利用に関する具体的な検討ができないのではないか
	<p>■MHタンク輸送車が交通混雑の原因となる可能性がある</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶MHタンクは、LPGと同様、路上駐車を前提にしており、LPG50kgボンベ1本と比較してMHタンク1本は貯蔵できる熱量が1/20程度のため、必要な本数が増加する。

回答結果※	
※ 5事業者へのヒアリングの回答結果を本研究会より整理した上で記載	
水素事業を進める 上での課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 路上駐車する時間が長くなってしまいうため、特別区のような交通量が多い地域では渋滞の発生源となる可能性がある ▶ MHタンクによる輸送はLPGを利用している小規模需要家がターゲットとなる ■ 水素を利用できる民生製品の開発が進んでいないため、水素の利用先がない ▶ 例えば、環境意識の高い一般の方が水素利用を検討した場合、現状は使い道がない
自治体へ期待する役割	<ul style="list-style-type: none"> ■ 特に内陸地域では水素調達が課題のため、強いて言えば公共施設内に燃料電池を1台設置する敷地を提供いただけると良い ■ グリーン水素製造・調達にとらわれず、まずは水素利活用を広げることを第一に支援していただきたい ■ 企業トップに水素における経済合理性以外の価値を理解していただくため、自治体が水素に注力していくことが伝わる方針や、水素活用に賛同する団体があるとよい ■ 燃料電池に関する普及啓発は、そもそも設置例が少ないため、進んでいない <ul style="list-style-type: none"> ▶ 一般参加のイベント来場者には水素を理解することが難しいため、まずは高校の化学教員など、基礎知識があり、インフルエンサーとなり得る方々に対して普及啓発すると良い ▶ 市民の無関心層への普及啓発としては、観光スポット等のランドマークを活用し水素が目に入るような施策が有効ではないか ■ バス・物流事業者が検討しやすくなるよう、自治体としての具体的な数値目標があると良い <ul style="list-style-type: none"> ▶ 水素の利用形態も踏まえ、当区でどの程度の需要量・変動パターンを想定しているのかまで整理する必要がある ▶ 例えば、各区内の事業者の事情を勘案した上で、2030年の区ごとの具体的な水素ST設置数を方針として示していただきたい ▶ 自治体としては、公表情報から最大転換ポテンシャルを算出する等 ■ 需要家が水素利用を具体的に検討できる情報パッケージをまとめていただきたい <ul style="list-style-type: none"> ▶ 設備ラインナップ・各導入手順やコスト・供給まで含めた先進事例・水素関連事業者各社の特色や連絡先 ■ 水素ST導入時の補助金支援をいただきたい ■ 区内の事業者が土地確保に課題を抱えている場合、近隣区へ紹介する仕組みがあると良い <ul style="list-style-type: none"> ▶ 商用化を見据え、設置可能場所起点の検討ではなく、需要地起点で検討する必要がある ■ 民生部門の水素利活用を促すためには、市民への水素の普及啓発活動・事業者のきっかけづくりが必要である <ul style="list-style-type: none"> ▶ 市民への水素理解の浸透は、民生部門の水素利活用に必須であり、水素祭り等のイベントや、学校等の市民にとって身近な施設への導入が考えられる ▶ 水素利活用を検討できていない事業者に対して、実際の設備を見学していただくなどのきっかけを与える必要がある ■ 公共施設における水素設備の導入 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 自治体が自ら需要を生み出すことで、水素サプライチェーン構築のきっかけになり、安全性への理解にもつながる ■ 水素利活用に関する普及啓発 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 日本の中心地である特別区が水素利活用の取組に力を入れていることがPRできると、日本全国へのインパクトが大きい ■ 未活用公用地での水素関連設備の設置 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 事業者からは脱炭素化には興味があるが利用できる土地がないとの声をよく聞くため、例えば活用していない沿岸部の埋立地等の公用地を、CO₂の貯留・液化設備や水素物流拠点等に活用できるとよい ■ 普及啓発活動における企業と特別区の連携が必要である

研究にあたって

1.

1-1

1-2

1-3

2.

2-1

2-2

2-3

3.

3-1

3-2

3-3

3-4

4.

おわりに

資料編

3-3-4. 課題と解決策サマリ

水素利活用に係る安全性調査、アンケート調査、ヒアリング調査の結果を踏まえ、特別区における水素利活用に向けた課題と解決策サマリを図54に示す。それぞれの観点で課題があり、経済・社会面での課題が多いことが分かる。

なお、経済面の課題について、挙げられた解決策だけでは解決することは難しく、水素及び水素関連設備コストが下がる、若しくは水素の付加価値が適切に貨幣に換算される必要があり、今後の国内外の技術・政策動向に依る。

また、技術面の課題について、陸上輸送等インフラ整備を検討してもなお、インフラ設備の設置スペースが足りない場合、解決が設備の省スペース化に関する技術の進展に依り、また既存設備の交換のタイミングにも依存する。あるいは、特別区外の水素発電所からの送電を前提とした電化による対応等も考えられ、今後の政策によって定まっていくものであると想定される。

	課題	解決策
政治	<ul style="list-style-type: none"> ■水素事業を検討する際に、法規制が妨げとなるケースが多い 	<ul style="list-style-type: none"> ■水素事業の妨げとなっている規制は国へ緩和を提案 ■明示的な規制がない場合は国と調整しつつ、積極的に推進
経済	<ul style="list-style-type: none"> ■グリーン水素の調達コストが高い ■水素関連設備の導入・維持コストが高い ■既存燃料と比較して、水素の輸送効率は低い（多くのトラックやドライバーが必要でありコスト増を招く） ■内陸部は沿岸部に比べコスト負担が大きくなる 	<ul style="list-style-type: none"> ■水素導入初期はコストが比較的抑えられるグレー水素を活用し、徐々にグリーン水素へ移行 ■水素関連設備導入への補助金の設立 ■内陸部では災害レジリエンスや区民への普及啓発効果の観点から、初期的な水素需要先として、自治体が自ら公共施設及び公用車への水素設備の導入を推進
社会	<ul style="list-style-type: none"> ■水素の安全性に関する理解が進んでいない ■水素の需要家となり得る事業者の水素に関する理解が進んでいない ■水素関連設備設置の敷地が確保できない ■水素の陸上輸送車による交通渋滞 ■カードル輸送を中心としたドライバーが不足 	<ul style="list-style-type: none"> ■区民への普及啓発活動（区内のイベントへの出展、学校教員向けの講演会、区内のランドマークでの水素利用） ■事業者への普及啓発活動（水素設備の見学） ■近隣区への敷地の紹介、未活用公用地の活用
技術	<ul style="list-style-type: none"> ■内陸部に水素パイプラインを敷設することは難しい（例えば設置スペースや既存インフラによる制約） ■業務・家庭部門ではエネファーム以外の水素関連製品の種類が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ■沿岸部ではパイプラインの敷設を検討する一方、内陸部では、水素吸蔵合金・カードル等での陸上輸送、メタネーションによる既設都市ガス配管での輸送、オンサイトでの小規模水素製造を検討 ■技術実証事業への参画

図54 特別区における水素利活用に向けた課題と解決策サマリ

加えて、特別区の水素需要ポテンシャルの多くを占める業務・家庭部門の水素関連製品の開発が比較的に進んでいない課題についても、今後の事業者の技術開発に依るため、特別区として積極的に需要を創出することで間接的に支援していく必要がある。

業務・家庭部門に関連した取組事例を図55に示す。実際に、当該部門においても、水素需要に向けた動きが見え始めており、特別区における今後の更なる取組の拡大が期待される。

一部代表事例		
駅構内への自立型水素エネルギー供給システムの導入	晴海選手村地区水素導管供給事業	水素住宅の実証実験
2017年4月から営業運転を開始	2023年度末から事業開始予定	2023年6月から試験開始
川崎市にあるJR南武線武蔵溝ノ口駅構内において、再生可能エネルギーと水素を活用して、電力を安定的に供給できるCO ₂ フリーの自立型水素エネルギー供給システム「H2One™」の営業運転を開始	水素ステーション、水素パイプライン、燃料電池を整備し、燃料電池バスなどの車両への水素供給や、パイプラインを通じた街区への水素供給を実施	積水ハウス株式会社は、太陽光発電による再生可能エネルギーの電力を用い、自宅で水素をつくり、住宅内の電力を自給自足する「水素住宅」の2025年夏の実用化を目指し、同社総合住宅研究所で実証実験を開始
<p>業務・家庭部門においても水素需要拡大に向けた動きが見え始めており、今後の更なる拡大が期待される</p>		

図55 業務・家庭部門に関連した取組事例

参考：各種公表資料

3-4. 特別区における普及展開の将来像

本章でのこれまでの調査研究結果を踏まえ、特別区において水素の利活用がどのように普及展開していくのか検討することとした。

3-4-1. 全体像

特別区特有の課題を踏まえ、特別区において想定される製造、輸送・貯蔵・供給、利用手段を図56に示す。

水素の製造について、特別区では水素需要ポテンシャルを満たす量のグリーン水素を製造するための再生可能エネルギー資源が著しく不足している。また、水素を導入する初期段階では、グリーン水素の調達コストが高く、コストが理由で地域への水素導入がなかなか進まないという事情を踏まえると、グレー水素を初期段階で限定的に活用することもあり得る。したがって、製造手段としては、「改質精製（バイオガス・都市ガス）」及び「海外・他地域からの輸入」が特別区で想定される主な手段である。

水素の輸送・貯蔵・供給について、導入ハードルの比較的低い「道路輸送」が初期的には導入されるものの、特別区では敷地面積の確保が困難であることに加え、交通量が多く道路幅が狭いことから、道路輸送手段の大規模な導入は交通渋滞の増加の懸念が高い。したがって、水素需要が増加していくにつれて、「道路輸送」から「配管輸送」への切替えを長期的には進めていく必要がある。その際、中期的にはカーボンニュートラルメタンを用いた既設配管による輸送も選択肢として考えられる。長期的には、水素を利用する目的に沿って幅広い輸送方法を検討すべきであろう。

水素の利用について、特別区では発電用途及び産業用途の利用は需要が限定的であり、業務・家庭用途や運輸用途における水素需要ポテンシャルが高い。しかし、業務・家庭用途の水素アプリケーション開発はあまり進んでいないことや、特に内陸地域においては費用対効果が悪化することから、初期段階では運輸用途及び、業務・家庭用途における公共設備への水素利用を中心に進めていく必要があるだろう。そのような需要のきっかけを生み出すことによって、区民や事業者への普及啓発につなげ、需要家の水素設備導入に対する参入障壁を緩和することができ、今後の技術開発や政策に応じた水素利活用を積極的に推進する環境を整えておくことができると考えられる。

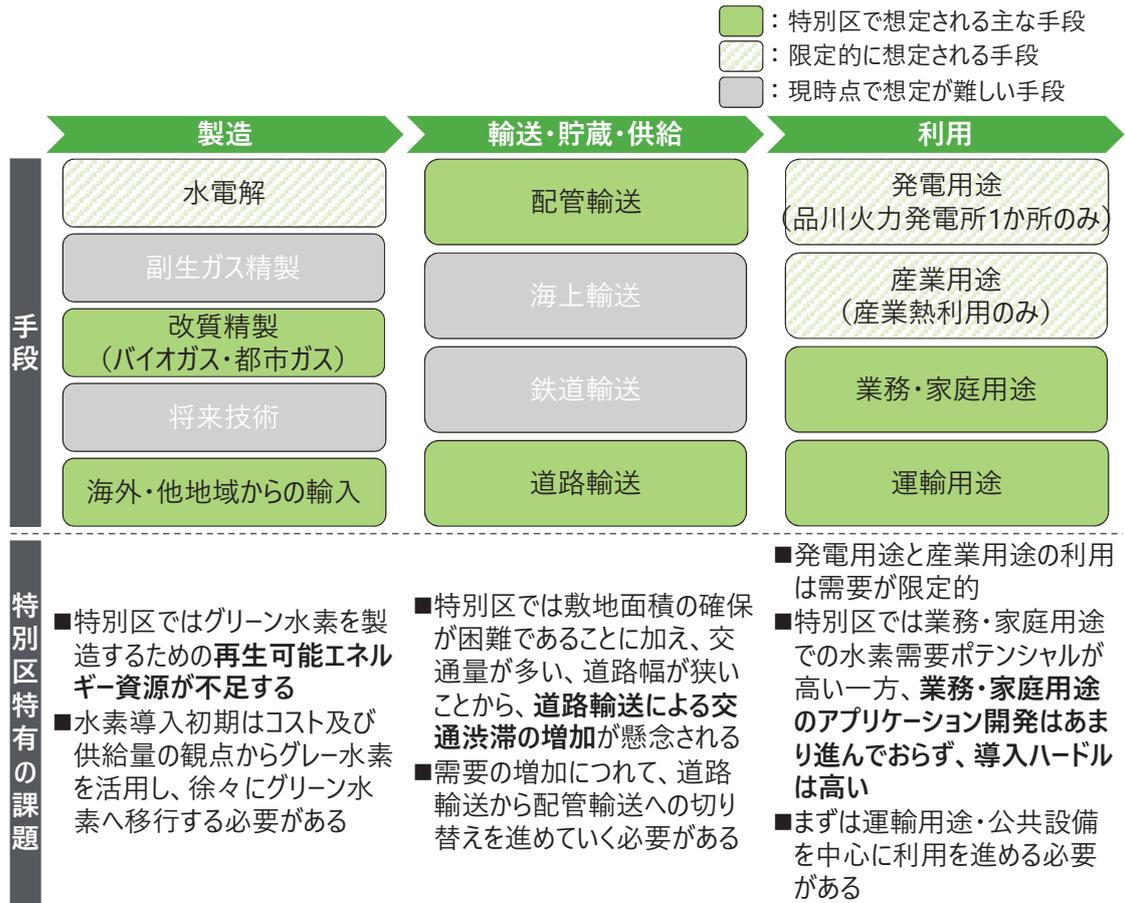


図56 特別区特有の課題を踏まえた水素サプライチェーンごとの手段

研究にあたって

1.

1-1

1-2

1-3

2.

2-1

2-2

2-3

3.

3-1

3-2

3-3

3-4

4.

おわりに

資料編

特別区における普及展開の概要を図57に示す。

水素の製造、輸送・貯蔵・供給、利用のサプライチェーンごとに、水素がどのように普及していくのかを時間軸で整理した。

詳細は3-4-2. 初期、3-4-3. 中期、3-4-4. 長期で後述する。

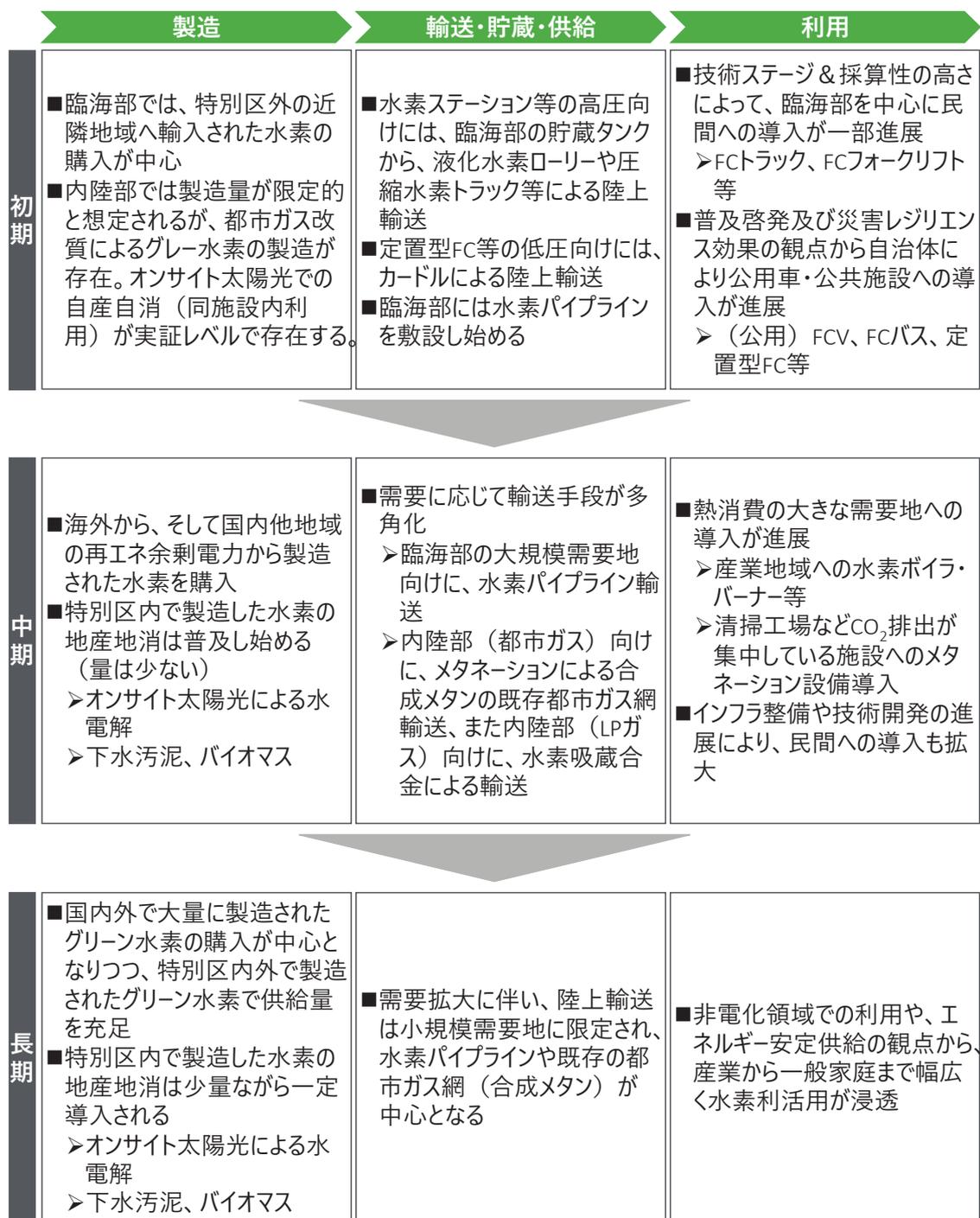


図57 特別区における普及展開の概要

次に、定義する地域モデルと想定される水素アプリケーションを図58に示す。特別区は区ごとに地域特性が異なり、水素の利活用途も異なることが想定されるため、環境省が公表している7つのモデル⁵を参考に、各区の地域特性に照らし合わせ、大きく5つの地域モデルに分別し考察した。

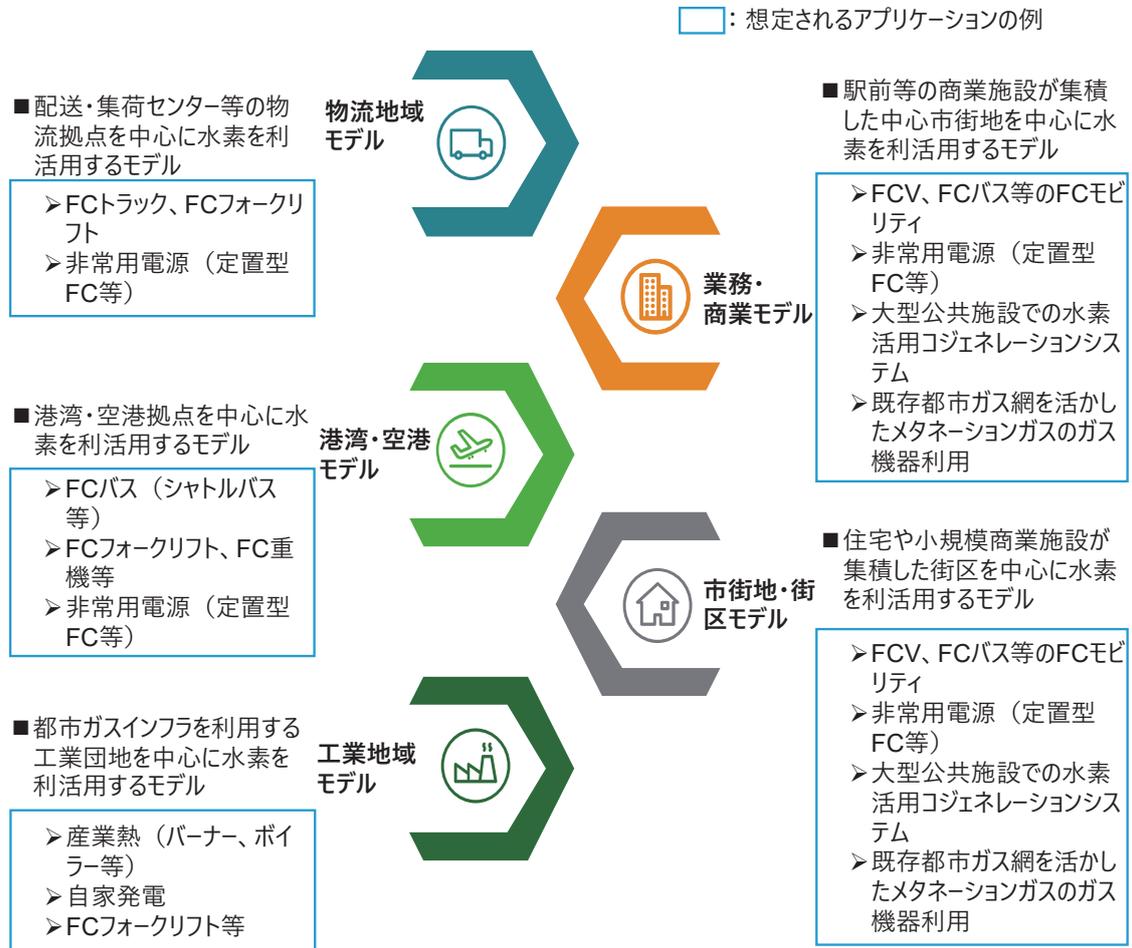


図58 定義した地域モデルと想定される水素アプリケーション

5 環境省「脱炭素化に向けた水素サプライチェーン・プラットフォーム」

3-4-2. 初期（現在～2030年頃）

特別区における水素の普及展開のイメージ（初期）を図59に示す。

水素の製造については、特別区内での製造量はほとんど見込めず、特別区外の近隣地域（川崎市など）へ輸入された水素の購入が中心になる。その際、近隣地域からの輸送・貯蔵・供給が比較的容易な臨海部で主に利用される。一方、内陸部では都市ガス改質によるグレー水素の製造やオンサイト太陽光発電の水電解によるグリーン水素の製造が限定的に実施されることが考えられる。

水素の輸送手段としては、パイプライン輸送が臨海部の一部に限定されるであろうことから、臨海部の貯蔵タンクからの陸上輸送が中心になる。具体的には、水素ステーション等の高圧向けには、液化水素ローリーや圧縮水素トラック等により輸送され、定置型燃料電池等の低圧向けには、カードル輸送が考えられる。

水素の利用については、技術ステージの進行度や採算性の高さによって、FCフォークリフトやFCトラック、定置型燃料電池等が臨海部を中心に民間の事業者への導入が一部進展すると考えられる。一方、市街地・街区や業務・商業地域については採算性を確保することが難しいことから、普及啓発及び災害レジリエンスを目的とした自治体主導の水素利用に限定される。

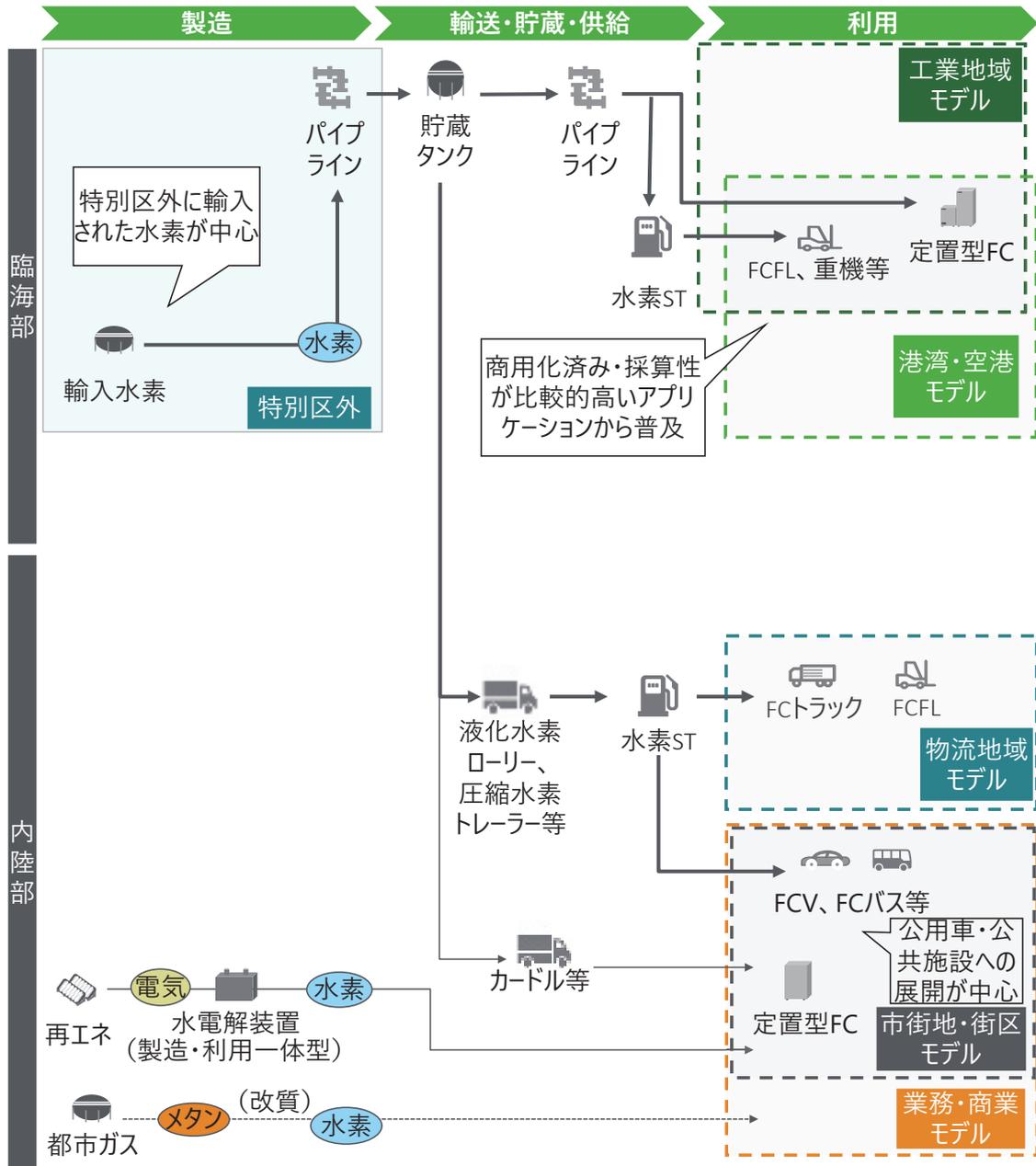


図59 特別区における水素の普及展開のイメージ (初期)

研究にあたって

1.

1-1

1-2

1-3

2.

2-1

2-2

2-3

3.

3-1

3-2

3-3

3-4

4.

おわりに

資料編

3-4-3. 中期（2030年頃～2040年頃）

特別区における水素の普及展開のイメージ（中期）を図60に示す。

水素の製造について、輸入水素の購入だけでなく、国内の再エネ余剰電力から水電解により製造されたグリーン水素及び、特別区内での水素製造も拡大し始めると考えられる。具体的には、下水汚泥や有機廃棄物から得られるバイオマスを改質し製造される水素や、特別区内で設置数が増加するであろう太陽光パネルから発電し水電解により製造される水素が該当する。これらを組み合わせることにより、初期と比べ、特別区内で利用される水素のグリーン化が進展するとともに、特別区内における需要の拡大に対応する。

また、水素アプリケーションの商用化が進むにつれて、水素の輸送手段が多角化される。具体的には、臨海部の大規模需要地向けに水素パイプラインの整備が想定される。加えて、内陸部向けには、陸上輸送だけでなくメタネーションにより製造される合成メタンの既存都市ガス網での輸送、LPガス利用地域では水素吸蔵合金を用いた陸上輸送が挙げられる。

水素の利用については、熱需要の大きな需要地への導入が進展すると考えられる。具体的には、工場への水素ボイラーやバーナー及び、清掃工場などCO₂排出が集中している施設へのメタネーション設備の導入などが挙げられる。加えて、インフラ整備や技術開発の進展により内陸地における民間導入も拡大すると考えられる。

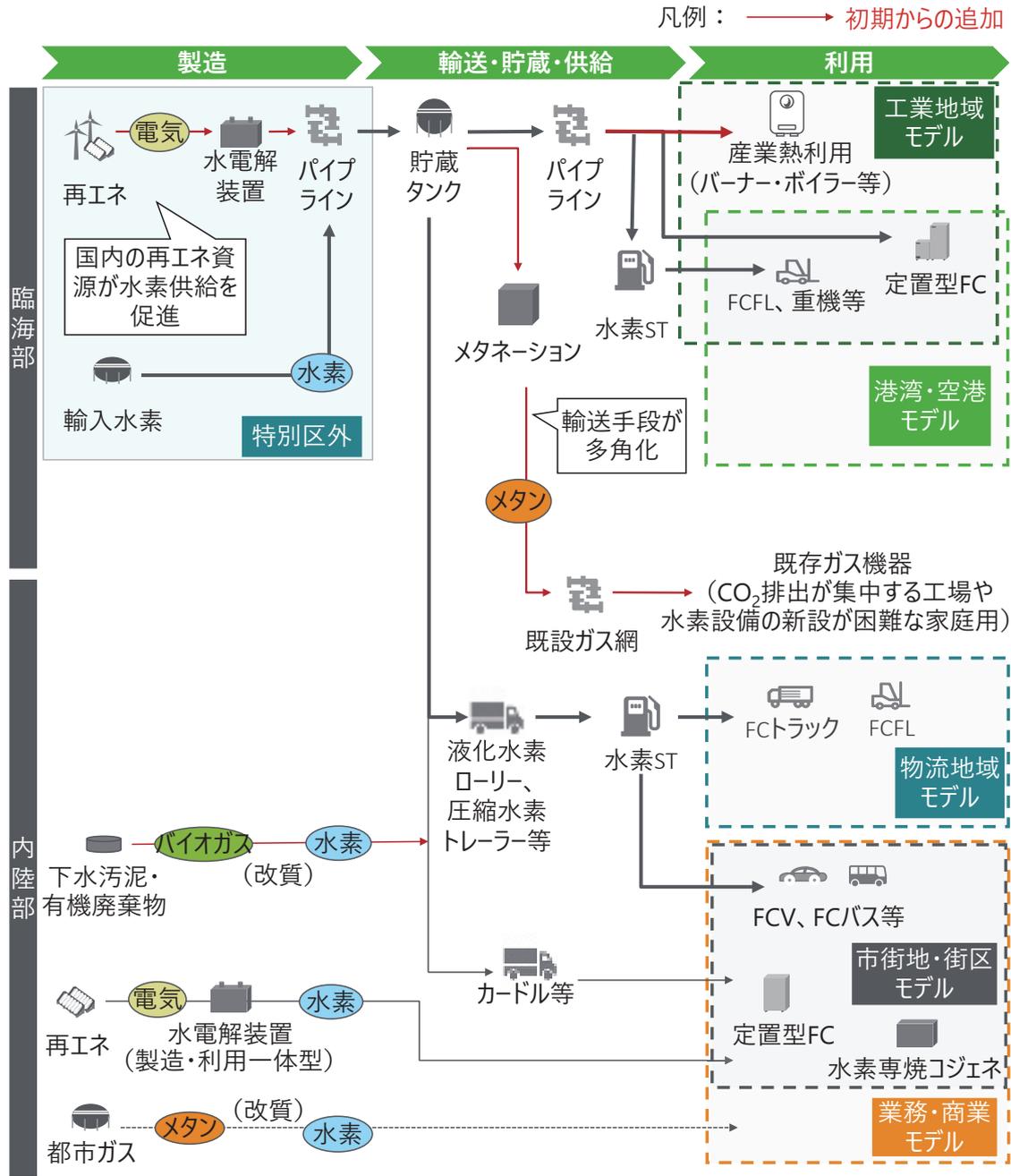


図60 特別区における水素の普及展開のイメージ (中期)

研究にあたって

1.
1-1
1-2
1-3
2.
2-1
2-2
2-3
3.
3-1
3-2
3-3
3-4
4.
おわりに
資料編

3-4-4. 長期（2040年頃以降）

特別区における水素の普及展開のイメージ（長期）を図61に示す。

水素の製造について、特別区内での水素生産量及び他地域からの水素調達量は飛躍的に増加することを想定する。特別区内で生産する水素量は増加しながらも需要を賄いきれないため、他地域や海外から大量のCO₂フリー水素を調達する。その際、初期・中期からの取組の蓄積により、競争力のある価格で水素を調達できる可能性がある。CO₂排出量削減の規制やインセンティブの強化を受け、初期～中期で過渡期の対策として製造された都市ガス改質由来水素は、段階的にグリーン水素に置き換わる可能性がある。

水素の輸送方法については、道路輸送にはコスト・ドライバー確保・道路混雑の課題があることから、特に純水素パイプラインの整備が進むであろう。既存のインフラの活用が望ましい場所では、都市ガスへの合成メタンの混入率が増加する可能性もある。純水素のみならず、合成燃料やアンモニア等の水素キャリアとして様々な輸送方法が普及する可能性がある。合成燃料やアンモニアは例えば航空機や船舶の燃料に利用される可能性がある。

水素の利用については、CO₂排出量削減の規制やインセンティブの強化により、産業・業務・運輸から一般家庭まで含めた幅広い需要家への利活用が進む。

サプライチェーン全体の流通量の増加により、各種設備の大型化・スケールメリット、新規サプライヤーの参入、競争環境の活発化などから、価格が化石燃料と遜色ない水準まで低下する。水素の利用が当たり前になり、反対に化石燃料があくまでニッチマーケットと思われる「水素社会」が実現することを目指す。

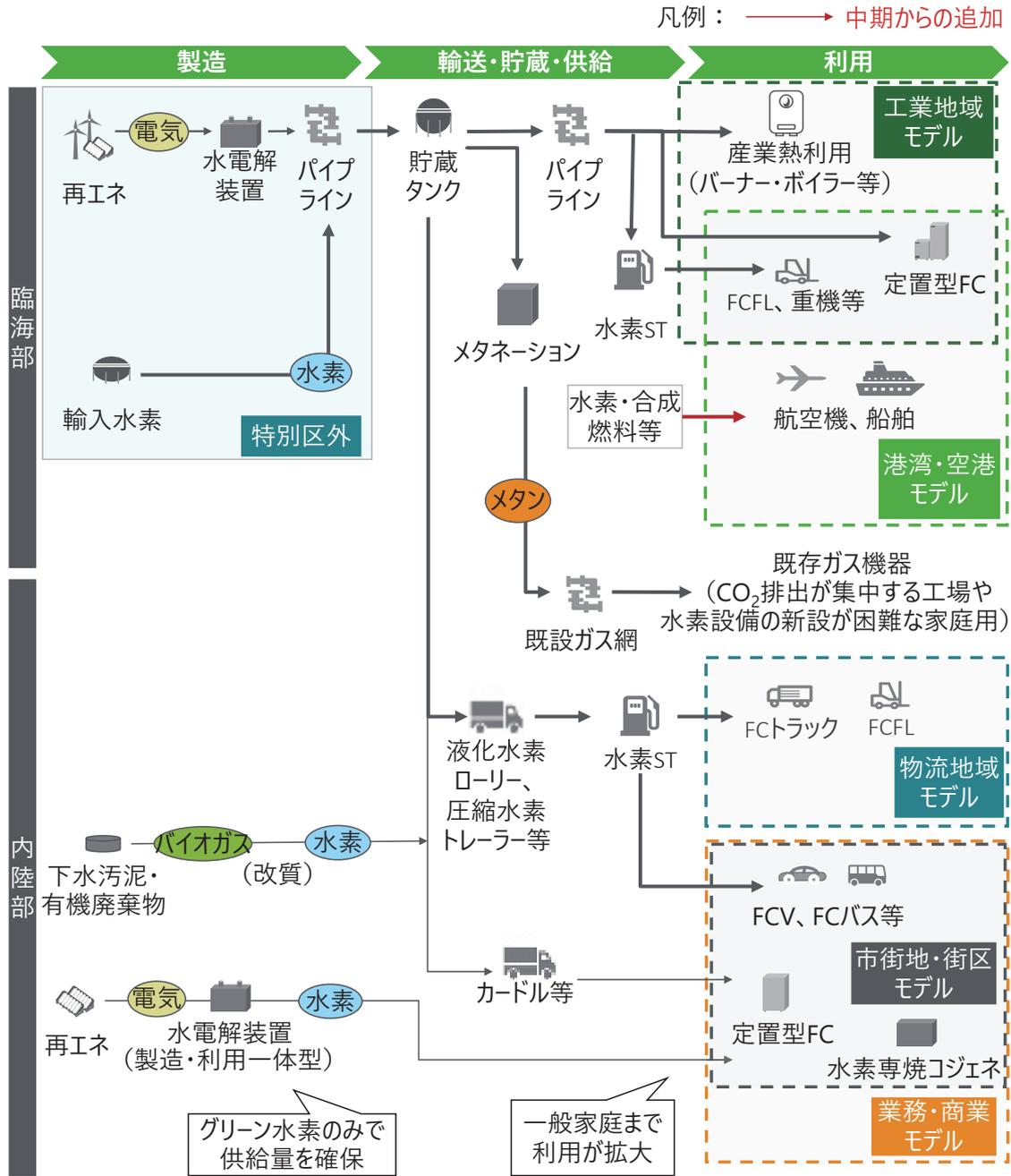


図61 特別区における水素の普及展開のイメージ (長期)

研究にあたって

- 1.
- 1-1
- 1-2
- 1-3
- 2.
- 2-1
- 2-2
- 2-3
- 3.
- 3-1
- 3-2
- 3-3
- 3-4
- 4.
- おわりに
- 資料編

4.

特別区が目指すべき 方向性と施策

4. 特別区が目指すべき方向性と施策

我が国を取り巻くエネルギー環境の変化を見据えつつ、カーボンニュートラルの実現に向けて特別区が目指すべき方向を概観し、3-3.「水素利活用における課題と対応」を通じて、様々な示唆も得ることが出来た。

第1章で示した「3つの方針と8つの取組」は、研究会で得られた知見をもとに、特別区が目指すべき取組の方向として収斂されたものである。

「3つの方針と8つの取組」について、その背景と目指すべき方向性、具体的な施策の例を整理し、表14に示す。

表14 特別区が目指すべき方向性と具体的な施策の例

方針1 区民・事業者の理解を深める施策の全区的な展開 ～水素利活用に関する普及啓発～	
【取組1】水素の利活用に精通した人材の育成と窓口の整備	
取組の背景	<ul style="list-style-type: none"> 水素の利活用がカーボンニュートラル実現の大きな手段になり得ることに、理解が浸透していない状況であり、安全性など水素利用に関する不安感なども払しょくされていない。 区のエネルギー施策が国や東京都に依存する感が拭えず、区として前面に出る体制が整えられていない。
目指すべき方向性	<ul style="list-style-type: none"> 区職員のみならず、区民も含め、水素の利活用に関する幅広い知識と知見を有する人材の育成を進めるとともに、水素の利活用に係る推進体制を整える。 水素利活用に関する知識を身につけ、国・東京都との交渉や意見交換、区民への説明、また事業者からの相談対応など自治体の支援の幅を広げる。
具体的な施策の例	<ul style="list-style-type: none"> 区職員をはじめとする関係者との勉強会の実施 水素の利活用に関わる専門家による講演会・研究会の開催 水素の利活用推進を担う専管組織の設置
【取組2】水素の利活用に関する普及啓発	
取組の背景	<ul style="list-style-type: none"> ■区民向け <ul style="list-style-type: none"> 特別区における水素の利活用を進めていく上で、区民が水素に係る安全性に対する懸念を持つ声が少なくない。 地球温暖化やエネルギー問題に関する普及啓発が必須のものとなっている。

取組の背景	<ul style="list-style-type: none"> ■事業者向け <ul style="list-style-type: none"> ・中小企業をはじめとした多くの事業者にとって、水素がどのように活用できるのかについての理解を深める機会が乏しい。 ・水素の製造から利用までのサプライチェーン全体に対する事業者の理解が浸透していない。
目指すべき方向性	<ul style="list-style-type: none"> ■区民向け <ul style="list-style-type: none"> ・区民への普及啓発活動を実施することで、水素の安全性について区民の理解を得ながら、区民自らが水素を利用する行動を促す。 ・都市部の自治体として、特別区が水素の燃料電池利用に係る実証事業に参画することも、住民目線からの理解の醸成に寄与する。 ■事業者向け <ul style="list-style-type: none"> ・中小企業等の事業者が水素の利活用を身近なものとして捉える機会を設け、水素利活用を検討するきっかけとする。
具体的な施策の例	<ul style="list-style-type: none"> ■区民向け <ul style="list-style-type: none"> ・区内のイベントへの出展 ・学校教員向けの講演会 ・区内のランドマークでの水素利用 ・特別区が共同で広域的なキャンペーンを展開 ■事業者向け <ul style="list-style-type: none"> ・水素関連設備への見学
方針 2 水素の利活用モデルを率先して提示 ～水素関連設備導入への支援～	
【取組 3】自治体による水素需要の創出	
取組の背景	<ul style="list-style-type: none"> ・業務・商業モデル及び市街地・街区モデルでは、取組を重点的に実施することが求められている。 ・取組の初期段階では、水素需要が限定的となり、事業者や区民等の需要家も水素利活用のイメージを十分に持つことができていない。さらに、主に経済性の観点から事業者が水素利活用を検討することが難しい。
目指すべき方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・公共施設、コミュニティバスなどの運輸部門の水素関連設備（燃料電池など）を通じて、効果の見える化を進める。 ・自治体が初期段階の水素需要を創出することで、需要を喚起するとともに、普及啓発や災害レジリエンスへの貢献が期待できる。
具体的な施策の例	<ul style="list-style-type: none"> ・小学校等の教育施設をはじめとした公共施設に対する非常用燃料電池の導入

【取組 4】 区民・事業者の水素関連設備導入への助言と支援

取組の背景	<ul style="list-style-type: none"> ・区民が家庭や個人で導入するにはハードルが高い。 ・水素関連設備の導入・維持コストは依然として高額であり、事業者が水素利活用を検討する際の課題となっている。
目指すべき方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・家庭での導入に向けて、心理的・金銭的ハードルを下げる。 ・特別区による設備助成や専門家の派遣による助言などにより、事業者の負担軽減を図る。
具体的な施策の例	<ul style="list-style-type: none"> ・エネファーム導入時の助成金支援 ・業務用燃料電池導入時の助成金支援

【取組 5】 公益性に留意した事業用地確保の支援

取組の背景	<ul style="list-style-type: none"> ・<small>ちゅうみつ</small>稠密が著しい都市部において、事業展開のための用地確保が難しい。
目指すべき方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・事業展開に向けた多様な支援により、水素サプライチェーン構築に係るコストの抑制に繋げていく。
具体的な施策の例	<ul style="list-style-type: none"> ・未利用の公有地や民有地の仲介により水素関連設備設置場所を確保

方針 3 事業者、関係行政機関との連携・協力の推進
～需要家の水素利活用拡大に向けた環境整備～

【取組 6】 事業者団体・国・東京都・特別区との話し合いの場の設置

取組の背景	<ul style="list-style-type: none"> ・事業者との連携の際、区としての今後の方針の擦り合わせや、事業化に向けた情報交換を実施することを目的とした、行政と事業者との協議の場の設置が望まれている。 ・区として実現性の高い方針を立てるためには、区内で水素利活用を検討している事業者の意見を反映することが重要であることから、協議の場を設置することが必要と考えられる。 ・水素利活用の拡大は自治体のみで実現できるものではなく、「事業者との連携」や「国・都・他自治体との連携」が有効である。既に先進的な取組を実現している自治体は、協議会等といった事業者との連携の場を設け、一体となって進めている。
目指すべき方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・「水素」に注力する方針の策定により、特別区での水素利活用を検討する際の見通しを立てやすくする。 ・水素利活用に関する情報パッケージを作成し、事業者と情報共有や意見交換を通じて事業の方向性を統一する。 ・特別区全体が連携し一体となって進めていくことで、今後発生する課題や対策に関する知見の共有やインフラ整備の迅速化を図る。
具体的な施策の例	<ul style="list-style-type: none"> ・先行事例 「京浜臨海部水素ネットワーク協議会」（川崎市が設置） 「福島市水素社会実現推進協議会」

【取組 7】 水素の利活用拡大に資する情報環境の整備	
取組の背景	・事業者が水素利活用を検討しようとする際、事業展開の可能性を判断するための各区の関連施策の展開などの情報が不足している。
目指すべき方向性	・特別区が水素利活用を推進する際には、事業者が必要とする情報を整備することで、区内事業者の水素利活用推進に繋げる。
具体的な施策の例	・区内の水素関連事業者リストの整備 ・水素設備導入方針の策定
【取組 8】 許認可事項に対する伴走支援	
取組の背景	・水素利活用を実現するために必要な許認可は、事業内容によって異なるものの、水素利活用という新たな事業の性質上、事業者の許認可取得に関する知識・ノウハウ不足から単独では手続きを進めることが難しい場合が多い。
目指すべき方向性	・自治体が関係機関と連携し、事業者の許認可取得を伴走支援することで事業者の参入のハードルを下げる。
具体的な施策の例	・区をはじめとする関係機関に、許認可取得を支援する担当部門を設置

研究にあたって

1.

1-1

1-2

1-3

2.

2-1

2-2

2-3

3.

3-1

3-2

3-3

3-4

4.

おわりに

資料編

また、特別区の地域モデルごとに、どの取組をいつ実施すべきか整理した結果を図62に示す。港湾・空港モデルに該当する地域では、他地域からの水素供給の容易性及びフォークリフト等商用化の進んでいるアプリケーションが既に存在していることから、早期の事業実現に注力すべきであり、初期から事業用地確保の支援や、許認可事項に対する伴走支援など事業の実行フェーズに近い取組まで実施することが求められる。次に、工業・物流地域モデルに該当する地域では、まとまった需要地として有力ではあるものの、事業実現段階には遠いことから、初期には水素事業検討のための環境整備に注力すべきである。最後に、業務・商業モデルや市街地・街区モデルでは、水素供給が難しく、アプリケーションの技術開発も途上段階であるから、普及啓発・公共設備への水素利活用に注力すべきである。

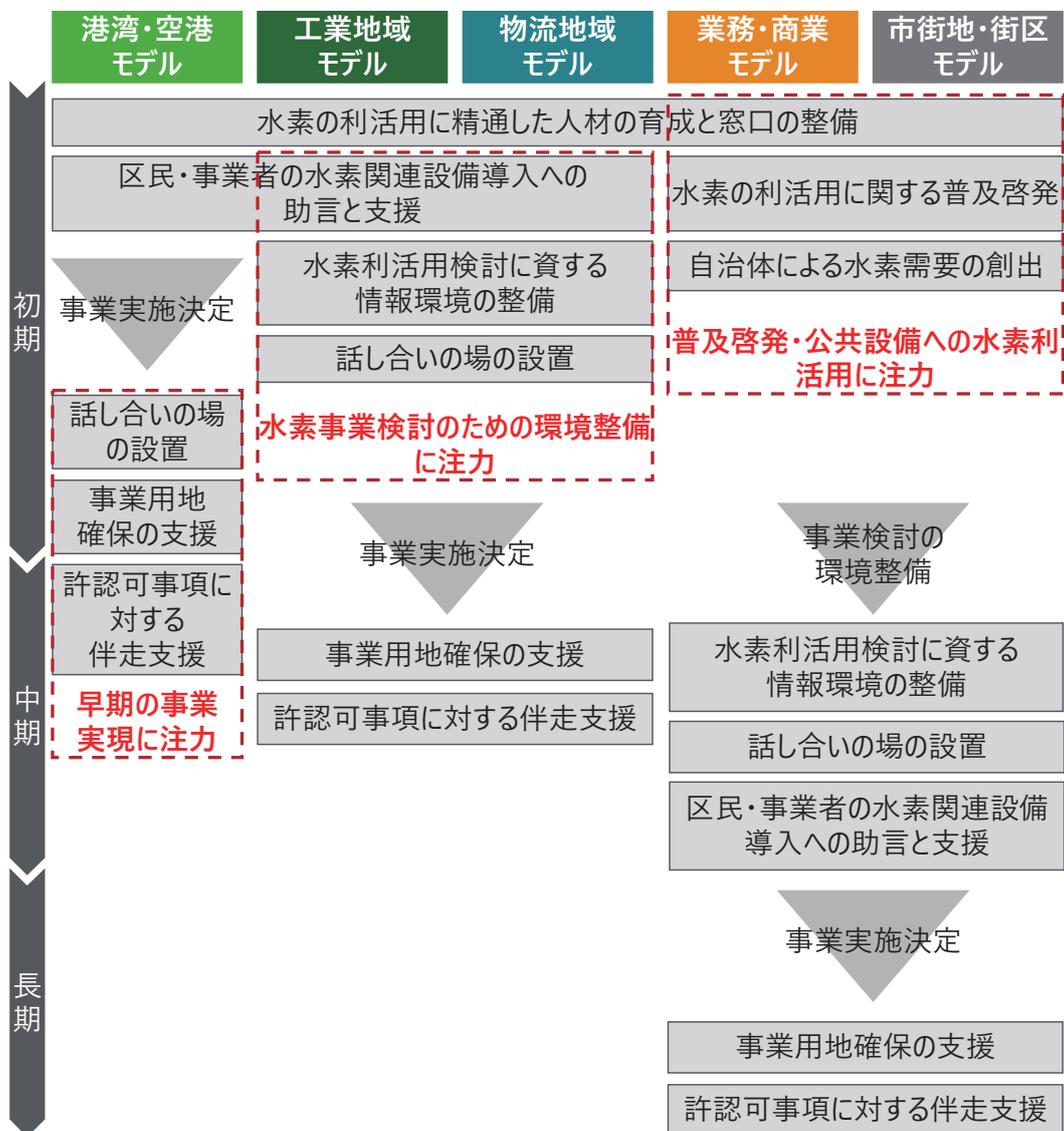


図62 地域モデルごとの取り組むべき時期

おわりに

研究会リーダーからのメッセージ

人類活動が地球環境に負荷をかけずにすむ持続可能な社会の確立を目指し、当研究会では水素を中心としたクリーンエネルギーの利活用に関する調査研究に取り組んできた。日本では国の基本方針として2050年におけるカーボンニュートラルの実現を目標に定めており、水素エネルギーはこれを実現するための主要なエネルギーと位置づけられている。しかし、実際にエネルギーを利用するのは一般の住民や、中小企業を含む事業者であり、大きな生活様式の変更が難しい場合も多い。各人の立場に沿った相互理解、施策の検討が重要であり、特別区内外の大勢が協力し、時には競争し、取り組まなければならない問題である。この様な問題の複雑さが、本調査研究における最も難しい論点であった。

人類が火を利用する様になって以降、少なくとも数十万年は木材や炭から熾した火が利用されており、石油や天然ガスといった新しい燃料や、電力をエネルギーとして利用するようになったのはたかだか100年と少しの話である。この人類の歴史における極めて急激な生活様式の変化に私たちが適応してきたのは、これらの新エネルギーが便利だったからだろう。

私たちの利用するエネルギーをクリーンエネルギーへ転換するという本調査研究のテーマは、二酸化炭素の排出停止と地球環境問題の解決という、今の生活とは必ずしも直結しない目標に向けたものである。達成したからと言って必ずしもすぐに生活が豊かになるとは限らないが、人類はこれまでの経済活動による地球環境への負荷、特に海面上昇のような環境変化による影響を強く受ける国々が被る負担が気温上昇に起因することをすべての国が理解し、未来に対する責任を果たすべきというのがパリ協定の基本理念である。このような問題は単なる経済性だけでは語りきれず、地球の未来のあるべき姿について、個々の価値観を尊重しつつ議論を深める必要がある。価値観の課題を乗り越えることができれば、オゾン層の破壊を防ぐためのフロン類の使用停止や、新型コロナ感染症の蔓延を食い止めるための行動制限のように、不便をも受け入れた行動につながるのではないだろうか。

水素社会の実現に対する課題は、水素利用の技術革新に留まらず、インフラの整備、水素利用に向かう住民や事業者の方々の意識等、科学技術から政治や行政まで多岐にわたる課題が混在したものであり、単一の立場のみから眺めただけではなかなか踏み込んだ議論が難しい。すなわち、水素を利用する側から

は、安い水素が提供されるのが第一歩であり、水素製造や水素利用設備の開発者からは、水素の需要が十分に期待できることが重要である。このままでは双方身動きを取ることができなくなってしまう。そうして、将来、環境問題や気候変動の影響が深刻化し、もうこのままではいられないとなったときに、日本ではまだ化石燃料を中心に用いているとどうなるのか。急に社会の仕組みを変えることはできないのだから、エネルギー源の選択肢は相当に少なくなり、高価なクリーンエネルギーの購入や、CO₂排出権の取引に経済的損失を被る可能性がある。

私たちが今考えなければならないのは、この社会が近い将来の大きな変化に耐えられる様に準備をすることである。今のうちから水素を作るための源となる再生可能エネルギー資源を開発したり、電力や水素で動く自動車や発電設備を整備したり、それらのコストに直結する水素製造、輸送、利用に関する基盤技術のレベルアップを推し進めることができるはずである。これらが着実に結果を出すことができれば、現在の生活水準を大きく変えること無く、カーボンニュートラル社会に移行することも可能になると考えられる。

いささか理想論的ではあるが、まずは社会全体で想いの共有、価値観の議論への入り口の整備が必要であると考えられる。そこで本調査研究では特別区が目指すべき3つの方針と8つの取組を提案し、住民や事業者が水素エネルギーに対する理解や効用を認識できる体制を第一に、「区民・事業者の理解を深める施策の全区的な展開」、「特別区が水素の利活用モデルを率先して提示」を掲げた。本調査研究で実施した文献調査、ヒアリング調査において、水素を中心としたクリーンエネルギーに対する一般市民（中小企業をはじめとする一般事業者を含む）の理解にはまだまだ課題が大きいことが浮き彫りとなった。水素エネルギーの何が良くて、何にリスクがあるのか、そしてどの様にして使うのかが一般市民に浸透しているとは言い難いのが現状であるが、水素エネルギーに関する先進自治体、先進事業者の経験からは、身近な人々とのコミュニケーションを通じて水素を身近に感じることであれば、将来の水素利活用に対する心理的ハードルを下げられるとの期待が持たれた。特別区は「区民にとって最も身近な基礎自治体」であり、普及啓発への寄与について大きなポテンシャルを有すると考えられる。少なくとも、水素エネルギーと言われても何のことだからよくわからないという認識は早々に解消しなければいけない課題である。

また、特別区が目指すべき3つの方針と8つの取組の三点目には「事業者、関係行政機関との連携・協力の推進」を掲げた。これは、文献調査、ヒアリング調査において、事業者の水素事業への参入障壁が思いのほか高かったためである。水素ステーションや水素製造用水電解設備を導入するためには、様々な関連法規を満たした用地、設備、管理体制が必要となる。これらは事業者の責

任において解決しなければならないので、規模の大きくない事業者にとっては情報収集だけでも大きな負担となってしまう。国を挙げての一大事業として、水素エネルギーの利活用を推進したい現状においては、これらの法令・規制の見直しに加え、特別区には事業者らの心理的障壁を取り去ることのできる良き相談者としての役割が期待されると考えている。

特別区は言うまでもなく人口の集中した産業の中心地、エネルギーの一大需要地であり、特別区で実現できないことが我が国のスタンダードとなっていくことは難しいだろう。特別区には、これからの水素利活用に対する仕組み作りやモデル事例発出の舞台となっていくことが求められる。そしてゆくゆくはその知見が都市部における水素利活用の成功例として、アジア等の世界各国へ波及していくことを期待したい。

話は変わるが、筆者は水素エネルギーに関する学術交流を推進する、一般社団法人水素エネルギー協会の事務局長も務めている。水素エネルギー協会は2023年に設立50周年を迎え、その祝賀行事等では我が国の研究者らが中心となって、将来のエネルギー問題に対する解決策として水素にいち早く注目し、先導的な役割を果たしてきたことが先輩諸氏から語られた。水素エネルギーの様な新エネルギーにはどうしても流行り廃りの様なものがあり、この50年の中でも注目度の浮き沈みがあったそうである。事務局としての立場から、ここ数年は水素エネルギーへの注目度、期待度が急激に高まっていることを強く実感している。今のこの状況が単なる浮き沈みの浮上期ではなく、水素エネルギー普及の入り口であることを期待して止まない。

最後に、本調査研究の実施にあたり、提案区である大田区をはじめとした特別区及び東京二十三区清掃一部事務組合の皆様、オブザーバーとしてご参加頂いた東京都産業労働局、調査・研究会支援をご担当頂いたデロイト・トーマツ・コンサルティング合同会社、調査研究の全体調整をご担当頂いた特別区長会調査研究機構事務局の皆様には厚く感謝を申し上げます。本調査研究を通じて水素エネルギーの普及に関する現実的な課題を広く学ぶことができ、個人的にも大変有益であった。実際に行政機関でエネルギー問題に真剣に取り組まれている方々と接することができ、社会問題に対して文系・理系など無関係に皆で取り組んでいるのだと改めて感じることができた。今後も協調の輪がどんどん大きくなり、未来に責任を果たせる社会が実現できる様、本調査研究の意志の普及に益々努めていきたい。

「水素を中心としたクリーンエネルギーの利活用推進」研究会リーダー
(横浜国立大学大学院工学研究院准教授) 黒田 義之

資料編



1. 研究体制

リーダー	
横浜国立大学大学院工学研究院准教授	黒田 義之
大田区企画経営部企画課長	鈴木 隆広
研究員	
大田区企画経営部企画課係長	飛田 真紀子
大田区企画経営部企画課主査	橋本 公暁
大田区環境清掃部環境計画課長	石川 里香
大田区環境清掃部環境計画課課長補佐	西山 新吾
大田区環境清掃部環境計画課	東田 侑真
大田区環境清掃部環境計画課	古山 果月
大田区まちづくり推進部建築審査課建築審査係課長補佐	西山 徹
中央区環境土木部環境課環境企画係	伊藤 瑠音
中央区環境土木部環境課ゼロカーボン推進係長	篠原 雄一
中央区環境土木部環境課ゼロカーボン推進係	矢仲 隼也
世田谷区環境政策部環境計画課気候危機対策行動推進担当	初田 幸嗣
江戸川区環境部気候変動適応計画課脱炭素計画係主査	鈴木 優
東京二十三区清掃一部事務組合総務部企画室計画担当課長	能戸 学
東京二十三区清掃一部事務組合建設部建設課建設調整係長	大手 洋平
オブザーバー	
東京都産業労働局産業・エネルギー政策部新エネルギー推進課技術開発支援担当 統括課長代理	大澤 崇
調査研究支援	
デロイト・トーマツ・コンサルティング合同会社	

2. 研究実績

開催日	アジェンダ
第1回研究会 2023年4月26日	研究プロジェクトメンバーの自己紹介 研究目的、体制、スケジュールの確認 (1) 動向調査・分析方針
第2回研究会 2023年5月22日	水素利活用における各区の課題及び目的の持ち寄り (1) 動向調査・分析結果 (2) 安全性等の調査・分析方針
第3回研究会 2023年6月28日	(2) 安全性等の調査・分析結果 (3) アンケート調査・分析方針
第4回研究会 2023年7月20日	(3) アンケート調査・分析結果の途中経過 (4) ヒアリング調査におけるヒアリング候補先選定
第5回研究会 2023年8月10日	(3) アンケート調査・分析結果 (4) ヒアリング調査の途中経過 (5) 特別区における普及展開の可能性検討
第6回研究会 2023年9月20日	(4) ヒアリング調査結果 (5) 特別区における普及展開の可能性検討
第7回研究会 2023年10月19日	(5) 特別区における普及展開の可能性検討 (6) 特別区における施策の方向性検討
第8回研究会 2023年11月8日	調査研究報告書骨子の確認
第9回研究会 2023年12月18日	調査研究報告書（最終案）の確認

3. アンケート調査 回答フォーム

(1) 特別区・東京二十三区清掃一部事務組合向け

1. ご所属をご記入ください

2. ご担当者名をご記入ください

3. ご連絡先（メールアドレス）をご記入ください

4. ご連絡先（お電話番号）をご記入ください

5. 貴自治体における水素・燃料電池に関する取組についてご教示ください。

※選択式

- 関心はあり検討を進めたいが、進め方が分からない
- 検討中だが未実施
- 実施済み
- その他

6. 1にて、「検討中だが未実施」「実施済み」とお答えいただいた方は、取組の概要、実施の背景、目的、期待する効果/得られた効果をご教示ください。

また、「その他」とお答えいただいた方は、その内容をご記載ください。

7. 水素・燃料電池に関する事業化を検討する上で、懸念事項があればご教示ください。また、既に水素・燃料電池に関する事業を実施している場合は、事業の中でどのような課題があったかお聞かせください。

8. 水素の安全性について、懸念事項があれば、お聞かせください。既に水素事業を進めている場合は、地域・住民への安全性に係る課題・懸念点はありましたか。また、その課題をどのように対処・克服されたかをご教示ください。

9. 水素・燃料電池に関する普及活動について、今後、自治体として検討できる活動があればお聞かせください。既に水素・燃料電池に関する事業を取り進めている場合は、地域・住民へ普及展開した際に実施した事項をご教示ください。また、その際に地域・一般の方よりご意見・ご指摘等があった場合は、どのような内容だったかお聞かせください。

(2) 自治体向け

1. ご所属をご記入ください

2. ご担当者名をご記入ください

3. ご連絡先（メールアドレス）をご記入ください

4. ご連絡先（お電話番号）をご記入ください

5. 貴自治体にて実施する水素事業に関して、実施の背景、目的、期待する効果/得られた効果をご教示ください。【必須】

6. 水素事業を進めるに当たって、各段階（計画を作る、体制を検討する、事業を構想する、実行に移す）にてどのような課題がありましたか。また、その課題をどのように対処・克服されたかをご教示ください。【必須】
「計画を作る」段階での課題

「体制を検討する」段階での課題

「事業を構想する」段階での課題

「実行に移す」段階での課題

7. 水素サプライチェーン（製造、輸送・貯蔵、利用）において、地域・住民への安全性に係る課題・懸念点はありましたか。また、その課題をどのように対処・克服されたかをご教示ください。【必須】

8. 水素事業を地域・住民へ普及展開した際に実施した事項をご教示ください。また、その際に地域・一般の方よりご意見・ご指摘等があった場合は、どのような内容だったかお聞かせください。【必須】

9. 貴自治体が考える水素事業の中での自治体の役割をお聞かせください。【任意】

10. 水素事業において、東京23区と連携できる分野・取組があれば、ご教示ください。【任意】

11. 水素事業を取り進める自治体として、東京23区に期待・望む姿等があればご教示ください。【任意】

(3) 事業者向け

1. ご所属をご記入ください

2. ご担当者名をご記入ください

3. ご連絡先（メールアドレス）をご記入ください

4. ご連絡先（お電話番号）をご記入ください

5. 別添「特別区における水素利活用の絵姿について」記載の、特別区における水素利活用場面の想定をご確認いただいた上で、特別区内で事業展開・協業が可能な範囲があればご教示ください。

6. 特別区が水素利活用の絵姿を実現するために、事業者から見た地域としての課題についてお聞かせください。

7. 貴社の水素事業において、水素サプライチェーン（製造、輸送・貯蔵、利用）別に課題（コスト感、既存エネルギーとの比較等）があれば、お聞かせください。

8. 水素事業を展開する上で、重視する地域の特徴・特色についてご教示ください。

9. 水素事業において自治体に期待する役割や支援をお聞かせください。

研究にあたって

1.

1-1

1-2

1-3

2.

2-1

2-2

2-3

3.

3-1

3-2

3-3

3-4

4.

おわりに

資料編

4. アンケート調査実施先一覧

特別区・東京二十三区清掃一部事務組合	千代田区、中央区、港区、新宿区、文京区、台東区、墨田区、江東区、目黒区、大田区、世田谷区、渋谷区、中野区、杉並区、豊島区、北区、荒川区、板橋区、練馬区、足立区、葛飾区、江戸川区、東京二十三区清掃一部事務組合
地方自治体	宮城県、山口県、札幌市、川崎市、神戸市、福岡市、浪江町、東京都産業労働局
事業者/ 研究機関	関西電力株式会社、株式会社トクヤマ、ENEOS株式会社、パナソニック株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所、日本碍子株式会社、大新東株式会社、東京瓦斯株式会社

5. ヒアリング調査実施先一覧

地方自治体	浪江町、川崎市、福岡市
事業者	パナソニック株式会社、ENEOS株式会社、積水ハウス株式会社、東京ガス株式会社、大成建設株式会社

6. 用語集

用語	説明
再エネ	再生可能エネルギーの略称
コジェネ	コジェネレーションシステムの略称 発電に伴う廃熱を回収し、熱供給に利用するシステムの総称である
CCUS	「Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage」の略称 火力発電所等から出る排ガスからCO ₂ を分離・回収、貯留し、有効活用する技術である
DACCS	「Direct Air Carbon dioxide Capture and Storage」の略称 大気中から直接CO ₂ を分離・回収するDAC技術をCCSと組み合わせた技術である
BECCS	「BioEnergy with Carbon Capture and Storage」の略称 バイオマスの燃焼とCCSを組み合わせた技術である
水電解	電気を用いて水を水素と酸素に分解する技術
グリーン水素	再生可能エネルギーを用いた水電解により生成過程でCO ₂ を排出しない水素
グレー水素	化石燃料を分解・改質することにより、生成過程でCO ₂ を排出する水素
メタネーション	水素と二酸化炭素を反応させメタンを合成・製造する技術
合成燃料、合成メタン、e-Fuel	水素とCO ₂ を原料として人工的に製造される燃料
カーボンニュートラルメタン	生成から使用までの過程でCO ₂ の正味排出量が合わせてゼロになるメタン
MCH	メチルシクロヘキサンの略称
FCV	燃料電池自動車の略称
FCバス	燃料電池バスの略称
FCFL、FCフォークリフト	燃料電池フォークリフトの略称
FC建機	燃料電池建機の略称
FC船舶	燃料電池船舶の略称
FC旅客機	燃料電池旅客機の略称
水素還元製鉄	還元剤として水素を用いる製鉄技術

用語	説明
水素ST	水素ステーションの略称
定置型FC	定置型燃料電池の略称
MHタンク	水素吸蔵合金によって水素を貯蔵することができるタンク
柱上パイプライン	コンクリート柱に吊（つ）られたパイプライン
ラストワンマイル	業者側の末端から利用者にモノ・サービスを届けるための最後の区間を表すビジネス用語
Nm ³	0℃、1気圧の状態に換算した排出ガス等の量を表す単位
カードル	小型容器をまとめて固定した集合容器
高度化法	エネルギー供給構造高度化法の略称 石油事業者などのエネルギー供給事業者に対して、再生可能エネルギーをはじめとした非化石エネルギーの利用や、化石エネルギーの有効活用を促進するための法律

研究にあたって

1.

1-1

1-2

1-3

2.

2-1

2-2

2-3

3.

3-1

3-2

3-3

3-4

4.

おわりに

資料編

令和5年（2023）年度 特別区長会調査研究機構調査研究報告書一覧

テーマ名	提案区
帰宅困難者対策における初動対応体制の確立に向けた取組み	港
水素を中心としたクリーンエネルギーの利活用推進	大田
特別区における女性を取り巻く状況と自治体支援の方策	世田谷
複式簿記・発生主義会計に基づく財務書類の活用策	中野
少子化の傾向が顕著な特別区で有効な少子化対策	葛飾
特別区におけるCO ₂ の地産地消に向けて ～清掃工場のCO ₂ 分離・活用と23区の役割～	東京二十三区 清掃一部事務 組合

以上の6テーマをテーマ別の報告書（計6冊）にまとめて発行しています。
各報告書は、特別区長会調査研究機構ホームページで閲覧できます。

<https://www.tokyo23-kuchokai-kiko.jp/>

特別区長会調査研究機構

検索

CLICK!



令和5年度 調査研究報告書

水素を中心としたクリーンエネルギーの利活用推進

令和6年3月発行

発行：特別区長会調査研究機構 事務局：公益財団法人特別区協議会

〒102-0072 東京都千代田区飯田橋 3-5-1 TEL：03-5210-9053 Fax：03-5210-9873

※本書の無断転載・複製は、著作権法上での例外を除き禁じられています。

印刷所：能登印刷株式会社



特別区長会調査研究機構

Kuchokai
Institute for Research and Study