



令和6年度

我が国の交通分野の脱炭素化に向けた燃料転換及び
水素利用に関する調査研究並びに運輸業界・交通事業者等への周知啓発
報告書

令和 7 年 3 月



一般財団法人 運輸総合研究所

我が国の交通分野の脱炭素化に向けた燃料転換及び水素利用に関する 調査検討委員会 委員名簿

(敬称略・順不同)

委員(座長)	三宅 淳巳	横浜国立大学総合学術高等研究院 上席特別教授
委 員	小田 拓也	北九州市立大学環境技術研究所 教授、 東京科学大学総合研究院 特任教授
委 員	納富 信	早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科 教授
委 員	川本 耕三	一般社団法人水素バリューチェーン推進協議会 担当部長
委 員	幡司 寛治	岩谷産業株式会社 技術・エンジニアリング本部 カーボンニュートラル設備部 シニアマネージャー
委 員	吉村 健二	川崎重工業株式会社 水素戦略本部 プロジェクト総括部 総括部長
委 員	林 慎也	豊田通商株式会社 カーボンニュートラルフューエル部 サステナブルソリューションG グループリーダー
委 員	大道 修	東日本旅客鉄道株式会社 イノベーション戦略本部 R&D ユニット 水素社会実装 PT マネージャー
委 員	平井 慎吾	株式会社 JAL エンジニアリング 技術部技術企画室 先端技術活用推進グループ マネージャー
委 員	平田 宏一	国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 特別研究主幹
委 員	大平 英二	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) 水素・アンモニア部 ストラテジーアーキテクト(～2024 年 12 月)
委 員	坂 秀憲	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) 水素・アンモニア部 水素 SC チーム チーム長(2025 年 1 月～)
委 員	宿利 正史	一般財団法人運輸総合研究所 会長
委 員	佐藤 善信	一般財団法人運輸総合研究所 理事長(～2024 年 6 月)
委 員	上原 淳	一般財団法人運輸総合研究所 理事長(2024 年 11 月～)
委 員	屋井 鉄雄	一般財団法人運輸総合研究所 所長
委 員	奥田 哲也	一般財団法人運輸総合研究所 専務理事、ワシントン国際問題研究 所長、アセアン・インド地域事務所長

委 員	金山 洋一 一般財団法人運輸総合研究所 主席研究員、研究統括
委 員	藤崎 耕一 一般財団法人運輸総合研究所 主席研究員、研究統括
事務局	一般財団法人運輸総合研究所
作業協力	株式会社日本総合研究所
オブザーバー	石狩市、京都府、福岡市、横浜市

目次

1. 背景と概要	5
1.1 背景.....	5
1.2 本調査研究の全体像	6
1.3 実施体制	6
2. 理想的な水素利用モデルの特定.....	7
2.1 実現可能性の高い水素利用モデルの検討	7
2.1.1 水素利用モデル検討にあたっての前提条件	7
2.1.2 水素利用モデルの位置づけと目指す姿	9
2.1.3 水素利用モデルの検討	10
2.2 マルチモーダル型水素ステーション導入により期待される効果.....	13
2.2.1 設備共用化により期待される効果.....	13
2.2.2 設備共用化の効果測定に向けた試算モデル.....	14
2.2.3 設備共用化の効果測定におけるコスト等の前提条件	15
2.3 理想的な交通モード連携の条件.....	22
2.3.1 設備共用化により期待される経済的な効果.....	22
2.3.2 感度分析結果を踏まえた設備共用化による影響を最大化する条件.....	24
2.4 実在エリアでのモデル検証.....	26
2.4.1 対象エリアの選定	26
2.4.2 既存交通モードの水素需要ポテンシャル推計	27
2.4.3 モデル検証の結果.....	45
3. 水素利用モデル実現に向けた課題と解決策の検討	49
3.1 課題整理の方法	49
3.2 課題の種類.....	49
3.3 モデル実現に向けた課題と解決の方向性	50
3.3.1 モデル共通.....	50
3.3.2 モデル①鉄道車両+自動車	51
3.3.3 モデル②港湾/船舶+自動車	51
3.3.4 モデル③空港/航空機+自動車	51
3.3.5 モデル④離島	51
3.4 (参考)地方自治体が抱える課題.....	52
4. 交通分野における水素利用の普及拡大に向けたロードマップの検討	53
4.1 ロードマップ及び政策提言書の検討プロセス.....	53
4.2 ロードマップの位置づけ	53

4.3 ロードマップの検討結果	54
4.3.1 大規模水素受入拠点近傍モデル/離島モデル共通のロードマップ	54
4.3.2 モデル①(鉄道車両+自動車)の実現に向けたロードマップ	56
4.3.3 モデル②(港湾/船舶+自動車)の実現に向けたロードマップ	56
4.3.4 モデル③(空港/航空機+自動車)の実現に向けたロードマップ	57
4.3.5 モデル④(離島)の実現に向けたロードマップ	58
5. 交通分野における水素利用の普及拡大に向けた政策提言	59
5.1 政策提言書作成にあたっての提言ポイントの整理	59
5.2 政策提言書	59
6. 委員会・シンポジウム等の開催	60
6.1 委員会の開催	60
6.2 シンポジウムの開催	60
6.3 オーストラリアの交通分野の脱炭素化及びエネルギー転換に関する現地調査報告	72
7. 成果のとりまとめ	73
7.1 調査結果のとりまとめ	73
7.2 調査総括	74
8. 補足資料	76
8.1 モデル実現に向けた課題整理の一覧	76
8.2 交通脱炭素シンポジウム III 水素の利活用による交通分野の脱炭素化～地域から未来をつなぐ脱炭素への道～ 研究報告に関する資料	83
8.3 豪州の交通分野の脱炭素化及びエネルギー転換に関する現地調査報告(Part I～III) ..	83

1. 背景と概要

1.1 背景

世界各国において気候変動対策の検討が進められており、日本は2020年10月に2050年カーボンニュートラルを目指すことを宣言した。この宣言を皮切りに、日本のエネルギー政策は、二酸化炭素(CO₂)の排出量削減、脱炭素エネルギーへの転換に向けて大きく舵を切ることとなった。運輸部門においては、2030年度の中期目標について、従来のCO₂排出量対2013年度比28%削減から35%削減に目標が引き上げられ、次世代自動車の普及、道路交通流対策、トラック輸送の効率化、モーダルシフトの推進、カーボンニュートラルポートの形成推進、鉄道車両・船舶・航空機の脱炭素化等を推進することとしている。

こうした中、日本の交通分野における2050年のカーボンニュートラル達成に向けて、電動化や様々な代替燃料の活用に関する検討が官民一体となって進められている。その中でも水素については、2023年に改定された水素基本戦略において、交通分野での水素利用に向けた取組の方向性として、商用車に対する支援の重点化が示された。また、グリーンイノベーション基金などを活用した各交通モードにおける車両開発なども進められており、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の「FCV・HDV 用燃料電池技術開発ロードマップ」においても、2030年に向けて燃料電池(FC:Fuel Cell)バスやFCトラックの導入拡大、鉄道車両、船舶での試験運転・技術実証の開始、航空用システム開発の本格化を進め、2040年以降での大型・商用モビリティ(HDV:Heavy Duty Vehicle)領域のカーボンニュートラル実現を目指すとしている。

このように、足元では、各交通モードでの水素利用を早期に実現するために、商用車、鉄道車両、船舶、航空機などそれぞれの分野で技術開発や各種検討が進められている。しかし、交通分野における水素の導入に向けては、利用側の技術開発だけではなく、水素供給インフラとなる水素ステーションの整備とその事業性の確保が不可欠である。中長期的な観点では、各交通モード単独ではなく、交通分野横断的に代替燃料の供給側と利用側とで連携しながら、インフラ整備や低コスト化のためのインフラ共用化などを検討することも重要である。

以上のことから、令和5年度より2か年にわたり、「海運・航空分野におけるカーボンニュートラルに向けた具体的方策に関する調査研究及び周知啓発」¹を通じて、国内交通分野における水素の社会実装に向けて求められる検討や支援の在り方について調査研究を実施してきた。令和5年度の調査研究では、様々な脱炭素燃料の導入検討が進む中、諸外国の動向を整理するとともに、現状では化石燃料に比べて価格が高い水素を利用する場合のメリット、どのような場面であればそのメリットを生かすことができるのか等の条件を整理した。令和6年度の調査研究では、令和5年度の成果を踏まえ、具体的な水素利用モデルを検討し、そのモデルがもたらす経済的なメリットを定量的に評価した。加えて、水素利用モデル実現に向けた課題や解決の方向性を整理するとともに、検討結果を踏まえ、ロードマップや政策提言書としてとりまとめた。なお、本調査研究では、昨年度から引き続き委員会を設置し、商用車、鉄道車両、船舶、航空機、水素エネルギーといった様々な分野における専門家の方々からご意見等をいただきながら成果をとりまとめた。

¹ https://www.jttri.or.jp/research/safety/sustainability_hydrogen.html

1.2 本調査研究の全体像

前述のとおり、本調査研究は2か年の調査研究であり、令和5年度の成果を基に、実現の可能性が高い水素利用モデルを検討し、そのメリットを定量評価するとともに、実現に向けた課題と解決の方向性を整理する。とりまとめにあたっては、交通分野における水素利用の普及拡大に向けたロードマップに加え、国民、政府、地方自治体、交通事業者などの様々なステークホルダーに対して広く課題を共有し、検討の深度化や、議論、連携、取組が喚起されるように政策提言書を作成した。

1) 我が国の交通分野において実現の可能性が高い水素利用モデルの検討(参照先:2章)

日本の交通分野において実現の可能性が高いと考えられる水素利用モデルについて調査・検討することにより、どのような地域のどのような交通モードで事業性等も踏まえて実現の可能性が高いのか、理想的な水素利用モデルを明らかにする。

2) 我が国の交通分野での水素利用における課題の整理及び解決策の検討(参照先:3章)

日本の交通分野における理想的な水素利用モデルを実現するにあたっての課題を洗い出し、整理する。また、これらの課題を解決するための対応策を検討する。

3) 我が国の交通分野での水素利用にあたって必要な事項のとりまとめ(参照先:4、5章)

1)及び2)における水素利用モデルに関する検討を踏まえ、サプライチェーン、事業性等の条件を含めて、交通分野における水素利用の実現にあたって必要と考えられる事項について、誰が何を必要があるのかを明確にして提言のような形でとりまとめる。また、2050年カーボンニュートラルに向けて、水素利用モデルを実現するために何をどのようなスケジュールで行う必要があるのかをロードマップのような形でとりまとめる。

1.3 実施体制

本調査研究では、令和5年度から引き続き、「我が国の交通分野の脱炭素化に向けた燃料転換及び水素利用に関する調査検討委員会」(P.1、2参照)を設置し、有識者を含めて多面的に議論を行った。

2. 理想的な水素利用モデルの特定

2.1 実現可能性の高い水素利用モデルの検討

2.1.1 水素利用モデル検討にあたっての前提条件

本調査研究で検討した水素利用モデルは、令和5年度の報告書²で整理した各交通モードにおける水素利用マップを重ね合わせ、複数の交通モードにとって水素利用が適すると特定された条件を基に検討した。なお、各交通モードにおいて水素利用が適する領域についてまとめたマップについては、令和5年度の報告書を参照されたい。下図のとおり、様々なカーボンニュートラル燃料が検討されている現状において、水素利用が適する条件として、大規模受入拠点近傍であること、各交通モードの中でも長距離輸送や馬力を必要とする車両などが想定される。それらの条件下で運用が想定される交通モードを抽出し、理想的な水素利用モデルと定義した。

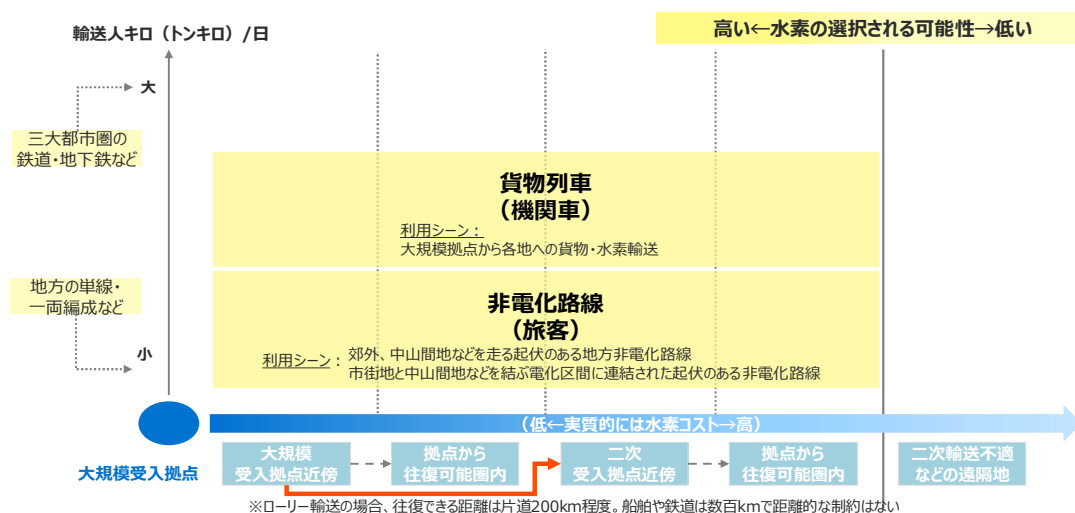


図 2-1 各交通モードにおける水素利用マップ(例:鉄道)

出所:日本総研作成

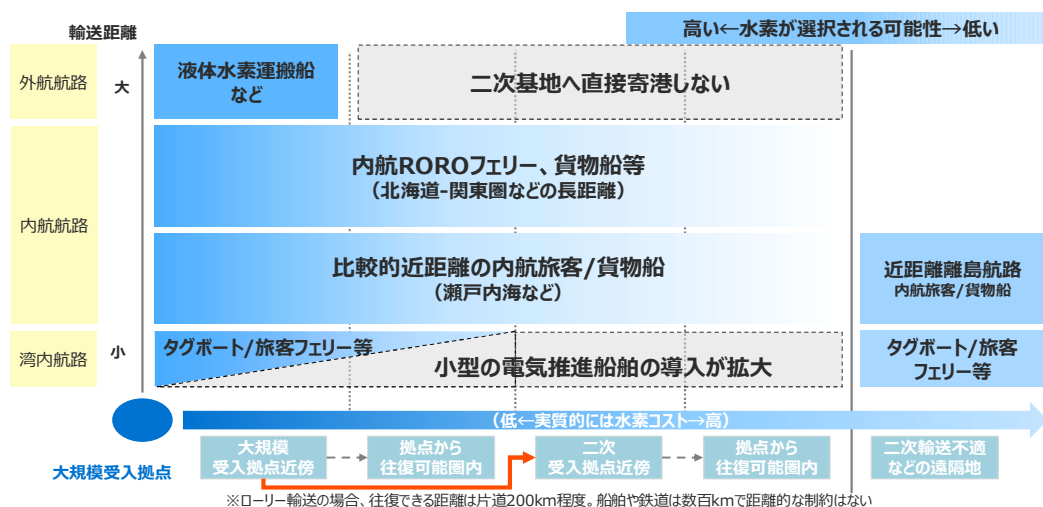


図 2-2 各交通モードにおける水素利用マップ(例:船舶)

出所:日本総研作成

² https://www.jttri.or.jp/240430_AviationCO2_Report.pdf

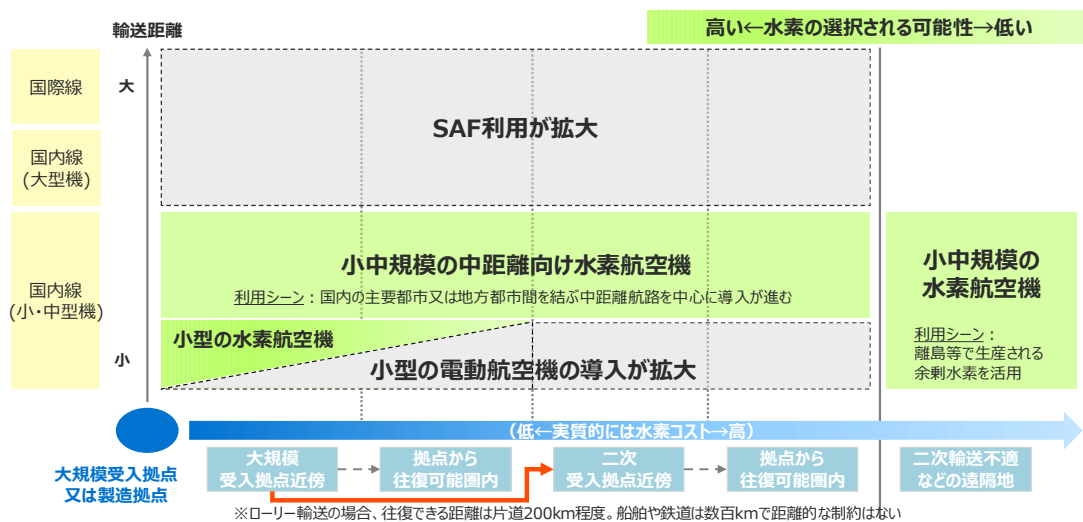


図 2-3 各交通モードにおける水素利用マップ(例: 航空機)

出所: 日本総研作成

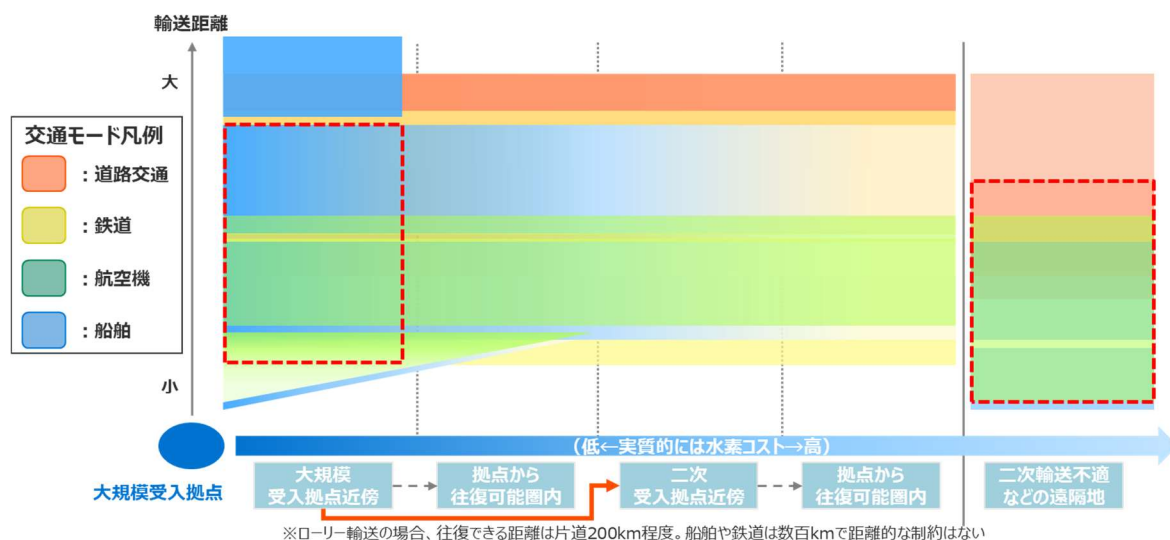


図 2-4 各交通モードを重ね合わせた場合のイメージ(赤枠部の交通モードを水素利用モデルとして抽出)

出所: 日本総研作成

上記のような理想的な条件下で抽出された交通モード単独では需要規模が小さく、また、実際に運用をするためには、水素利用に欠かせない水素ステーションなどの水素供給インフラの整備が必要である。これまで、個別のモードごとに検討が進められてきた水素利用について、複数の交通モードが連携することで需要規模を創出し、供給インフラを共用化することでインフラ整備を促進する検討がなされている。水素基本戦略においても、複数交通モードの結節点となる駅において、鉄道車両、トラック・バスなどの商用車を含めた水素ステーションのマルチ化について検討していくことが謳われている。なお、マルチモーダルな利用による効果の詳細な評価については、2.2 項以降で報告する。

以上のことから、水素利用モデルの検討にあたっては、理想的な条件下で抽出された複数の交通モードを組み合わせることにより、水素ステーションのマルチ化を想定した水素利用モデルを作成した。

2.1.2 水素利用モデルの位置づけと目指す姿

水素利用モデルは水素利用に適した条件を基に整理したものであり、様々な脱炭素燃料と競合する中で、水素利用の導入初期段階で導入ハードルを下げ、普及拡大を促進する役割を担うと考えられる。具体的には、複数の交通モードによって需要規模を創出することにより、スケールメリットによるコスト低減や、水素ステーションの稼働率が上がることで経営も安定するなど、経済的なメリットが期待できる。実際に、どの程度経済的なメリットが期待できるかについては、2.2 マルチモーダル型水素ステーション導入により期待される効果で定量的に評価を行う。

実際には、先行して導入が進められている FC トラック、FC バスといった商用車の導入拡大が進む中で、例えば、試験的に特定の鉄道車両のみを FC 化するなど実用化に向けた取組が進むと想定される。このとき、その数両分の鉄道車両を運行するためだけに水素を調達するため割高になる。仮に、マルチモーダル型水素ステーションの運用とともに実用化を開始することで、水素の需要規模を先行する商用車が牽引しつつ、鉄道車両側も導入初期段階から一定程度コストを抑えた運用が可能となる。これが、その後の水素利用拡大に向けた布石となり、下図のようにマルチモーダル型水素ステーションを起点として創出された需要が拡大し、将来的には水素サプライチェーンの構築につながるのではないかと考えている。

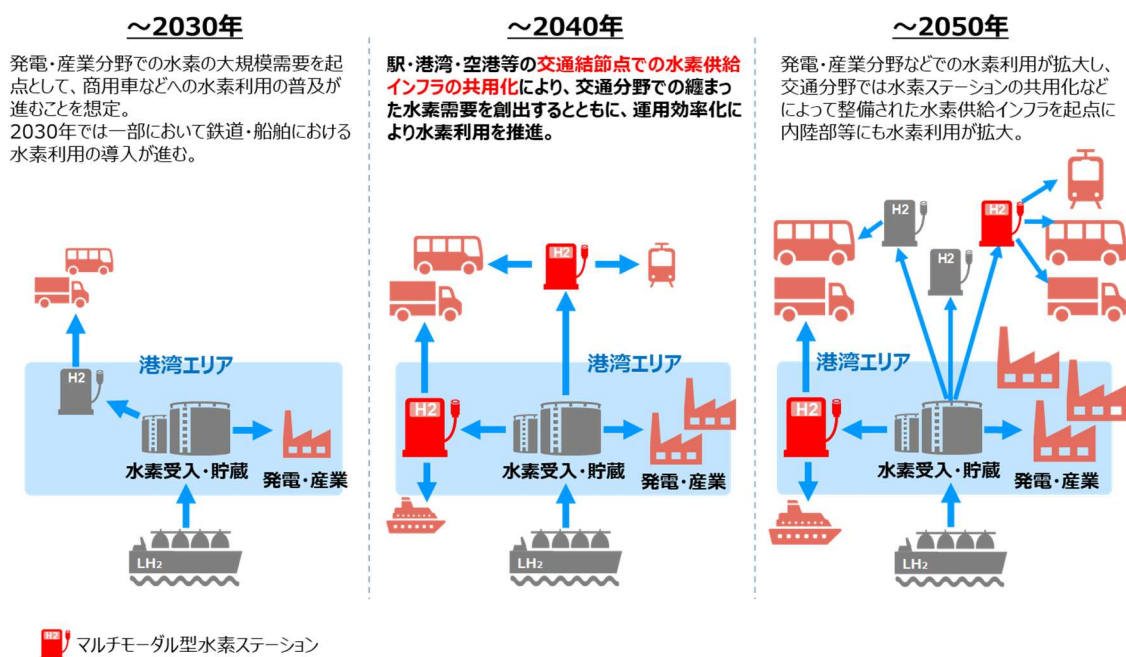


図 2-5 目指す姿と実現に向けて水素利用モデルが果たす役割

出所：日本総研作成

ただし、上記の目指す姿を実現するためにはまず、個別交通モードにおいて商用運行できる水準まで技術開発や規制・制度の整備が進む必要がある。また、商用車が一定程度普及している必要もあるため、どのような時間軸を想定して、技術開発などを進めていくかが重要となる。こうした背景から、本調査研究では、水素利用モデルの実現に向けた課題と解決の方向性を整理するとともに、ロードマップや政策提言書の形で、取組を促していくことを目指している。

2.1.3 水素利用モデルの検討

前述のとおり、水素利用モデルの検討にあたっては、複数交通モードによる、ある程度まとまった需要創出が期待できる駅のような交通結節点となる拠点を起点としたマルチモーダルな水素利用を想定することが肝要である。本調査研究では、鉄道車両、船舶、航空機を取り扱うため、想定する交通結節点としては、駅（・鉄道車両基地）、港湾、空港の3つとなる。また、離島のような特殊な利用環境を考慮し、4つの水素利用モデルを想定した。以降、各モデルの想定について解説する。

(1) モデル①駅・鉄道車両基地/鉄道車両＋自動車

鉄道車両における水素利用について、FC ハイブリッドシステムを搭載した鉄道車両の開発が進められており、2030 年度までの営業運転を目指して営業路線での実証試験が行われている³。また、駅を水素供給拠点としたマルチモーダル型水素ステーションの検討も進められている⁴。このように、駅を発着する鉄道車両はもちろんのこと、駅を発着するトラック、路線バス、高速バスなども含めて水素を導入することで、鉄道車両だけでは実現できない需要規模の創出が可能となる。特に、鉄道車両では圧縮水素による充填が想定されており、トラック、バスなど圧縮水素充填が行われている現行の FC 車両との親和性も高い。以上のことから、モデル①として、鉄道車両＋自動車の水素利用を想定し、下図のようなモデルイメージを作成した。

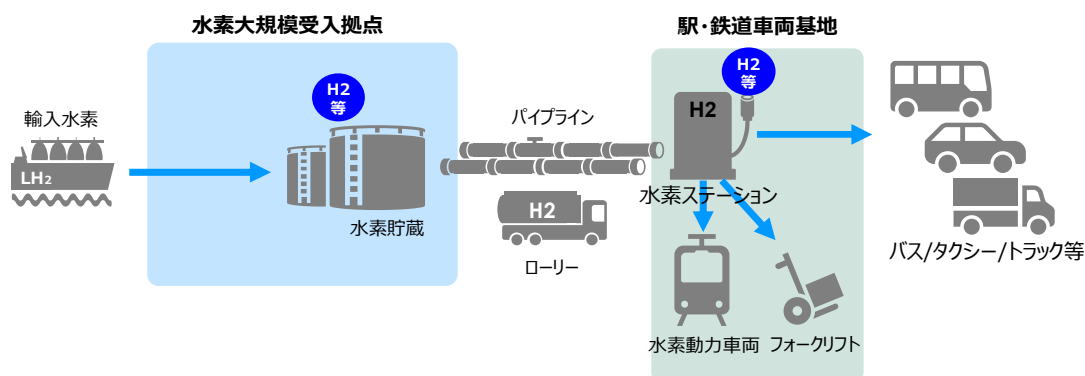


図 2-6 モデルイメージ(モデル①鉄道車両＋自動車)

出所：日本総研作成

なお、水素利用マップのとおり、鉄道車両として想定しているのは非電化路線における水素燃料電池車両である。加えて、鉄道車両においては、水素を貨物として輸送することも可能であるが、技術開発や規制・制度の検討が必要であり、実装に向けた中長期的な取組が必要となる。本調査研究では、早期に水素利用モデルを実現することを目的としているため、鉄道による水素輸送は将来的な導入として、ここでのモデルには含めないものとした。ただし、水素利用の普及拡大には、こうした水素の輸送形態の多様化は不可欠であるため、将来的な導入を見据え、ロードマップにおける整理に含めることとした。また、駅や鉄道車両基地内において水素供給インフラが構築されることで、拠点内で運用されているフォークリフト等の荷役機械についても水素化される可能性もあるため、モデルとして含めることとした。

³ <https://www.jreast.co.jp/press/2019/20190603.pdf>

⁴ https://www.westjr.co.jp/press/article/items/240611_00_press_greenhydrogen_4.pdf

(2) モデル②港湾/船舶+自動車

水素の受入拠点整備の検討が進められている港湾エリアでは、発電などの産業分野における大規模な水素需要を起点に、周辺エリアへの水素供給の拡大が期待される。現在、船舶については、小型の水素燃料電池船の実証⁵や導入が進められていることに加え、水素と軽油の混焼エンジンを搭載した小型旅客船がイベントや実証事業などで運航されている⁶。また、ベルギーのアントワープ港では、マルチモーダル型水素ステーションの導入事例が存在する⁷。

港湾エリアには、貨物輸送のための大型トラックの出入りが想定される他、港湾エリアに設置されたガントリークレーンなどの港湾荷役機械が存在しているため、港湾で受け入れた水素を周辺の水素ステーションに供給し、当該水素ステーションから船舶、トラック、港湾荷役機械に供給されるモデルを想定し、下図のようなモデルを作成した。

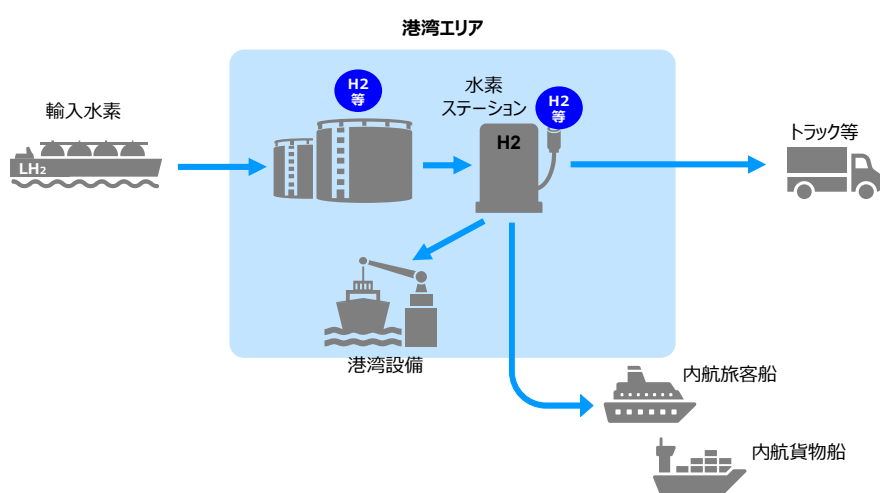


図 2-7 モデルイメージ(モデル②港湾/船舶+自動車)

出所：日本総研作成

なお、本調査研究では、国内における水素利用の普及拡大を目的としており、外航船についてはモデルの想定において、供給側として水素を輸入する際の手段として表記するが、需要側のモードには含めないものとした。ただし、現在、外航船などの大型船舶への水素利用に向けた技術開発が進められており、将来的には、水素利用の拡大が見込まれるため、導入の可能性を否定するものではなく、検討にあたっての境界条件を明確化する意図である点に留意いただきたい。

また、水素の充填方法について、前述した小型船舶における水素の導入事例では圧縮水素が利用されており、本調査研究では、現在の充填技術の開発動向や導入初期段階での水素供給インフラを想定し、圧縮水素での供給を前提とした。ただし、内航船や旅客船などのサイズによっては、液化水素を充填するケースも想定されるため、液化水素と圧縮水素を供給するケースについては、今後の技術課題として課題検討の中で触れる整理とした。

⁵ <https://www.iwatani.co.jp/jpn/hydrogenfuelcellship/>

⁶ <https://jpnh2ydro.com/press/333.html>

⁷ <https://cmb.tech/news/cmbtech-opens-worlds-first-multimodal-hydrogen-refuelling-station-and-presents-the-hydrogen-truck>

(3) モデル③空港/航空機+自動車

国内では、グリーンイノベーション基金を活用した水素航空機向けコア技術の開発が進められている⁸。主に 100 席以上の機体において水素燃焼エンジン、100 席以下の機体において水素燃料電池推進の技術開発が進められている。特に航空機については、水素利用による燃料タンクの大型化により、座席数を圧迫し、輸送効率が低下する。そのため、液化水素を利用することで可能な限り座席数を確保できるように、機体開発が進められている。

空港では、貨物輸送を行うトラックに加え、主に路線バスや高速バス、タクシーといった旅客車両が多く出入りする。中部国際空港セントレアでは、燃料電池バスや燃料電池自動車向けに、都市ガスをオンサイトで分解し水素を製造・供給する水素ステーションが導入されている⁹。こうした車両については、圧縮水素による充填が基本となるため、空港においては、液化水素として貯蔵し、航空機には液化水素のまま、自動車等には圧縮水素を供給することが想定される。航空機については基本的には液化水素充填となるため、船舶と異なり、液化水素充填と圧縮水素充填が混在する水素ステーションを前提として、下図のようなモデルイメージを作成した。

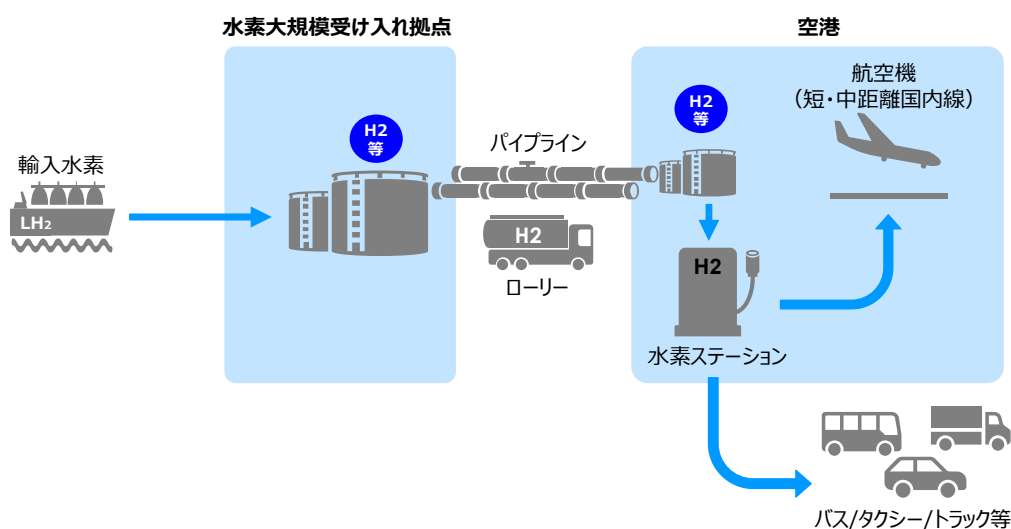


図 2-8 モデルイメージ(モデル③空港/航空機+自動車)

出所：日本総研作成

なお、ここでは、先行して導入が期待される小型の航空機を想定しており、具体的には 100 席以下のリージョナルプロペラ機を想定している。

(4) モデル④離島

国内における離島への交通手段は、航空機・船舶と限られる他、離島内においては、路線バスが運行しているのみで、鉄道車両などの運行はない。離島では、化石燃料などのエネルギーを輸送するコストがかかり、ガソリンであっても本州内陸部と同様に沿岸部など比べて高くなる。こうした環境下ではパリティコストも高くなるため、水素によって代替される可能性が高くなると考えられる。

⁸ <https://green-innovation.nedo.go.jp/project/development-next-generation-aircraft/>

⁹ <https://www.tohogas.co.jp/corporate/approach/technologies/technologies-eco/hydrogen/hydrogen-03/>

また、太陽光や洋上風力などの再エネ開発が進められている離島も少なくないことに加え、需要が限定的な離島内では余剰分の発生も見込まれる。エネルギー貯蔵の観点からも、地産地消水素の導入が期待される。実際、長崎県五島市では、浮体式洋上風力発電由来の電力で水素を製造し、水素燃料電池船に供給する実証試験が行われた¹⁰。あくまで実証としての取組であり、事業として継続してはいないが、離島における課題解決に向けたベンチマーク的な取組と考えられる。

離島における水素利用モデルを検討する上で、他のモデルのような交通結節点(港湾、空港)における需要規模は小さいため、特に導入初期段階のようなインフラが整っていない状況では、船舶や航空機といった交通モードも組み合わせた水素供給インフラに集約していくことが重要である。こうした考えの下で、下図のようなモデルイメージを作成した。

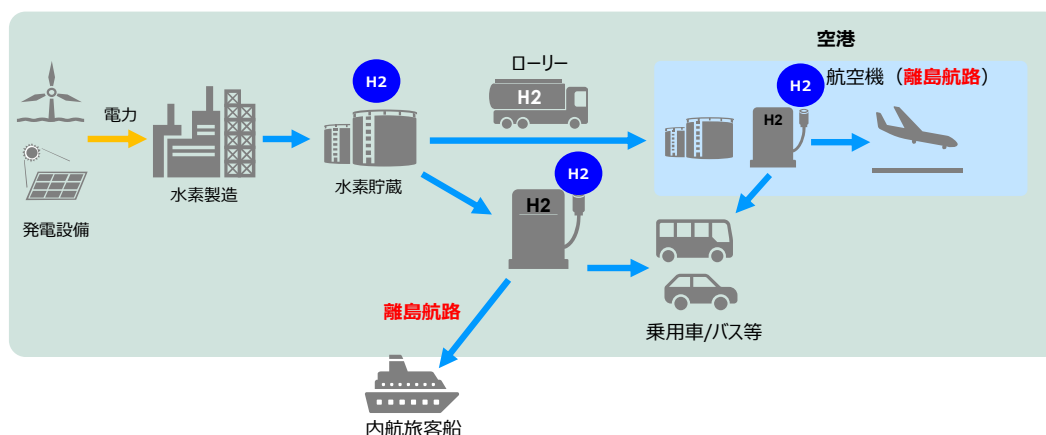


図 2-9 モデルイメージ(モデル④離島)

出所：日本総研作成

2.2 マルチモーダル型水素ステーション導入により期待される効果

2.2.1 設備共用化により期待される効果

水素に関して、国内では、西日本旅客鉄道¹¹や中部国際空港¹²において複数モードを集約した水素供給拠点の設置が実施・検討されている。ただし、現時点では検討段階又は小規模な取組に限定されている。そのため、本資料では、将来の普及拡大に資するメリットの定量評価等を行うものとする。

今回試算を行う前提として、複数の交通モードを連携した際に期待される効果として、単独の交通モードを想定した場合よりも、水素の受け入れ量の増加や供給拠点を共通化した際のスケールメリット、水素導入量が拡大したことによる水素サプライチェーン構築の促進など様々な項目が上げられる。

その中でモード連携により期待される効果としては、水素を供給する水素ステーションや受入拠点などの関連インフラを共用化することによる、マルチモーダル型の水素ステーションの導入による効果を想定す

¹⁰ <https://www.city.goto.nagasaki.jp/energy/020/020/201505.pdf>

¹¹ 西日本旅客鉄道「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(2023年4月12日)」

(https://www.westjr.co.jp/press/article/items/230412_00_press_h2o.pdf)

¹² セントレアグループ「セントレアの水素活用 - 地球温暖化防止の取り組み | 中部国際空港 セントレア」

(<https://www.centrair.jp/corporate/sustainability/environment/activity/consideration/operation/warming/hydrogen.html>)

ることとする。具体的な効果として、①共用化によるコストメリット(蓄圧器や圧縮機などの設備の共用化及び水素供給の共用化による効率的な拠点整備)、②複数交通モードに効率的に水素を供給することによる設備利用率の向上を想定したうえで、以降の経済的な影響の推計を進めることとする。

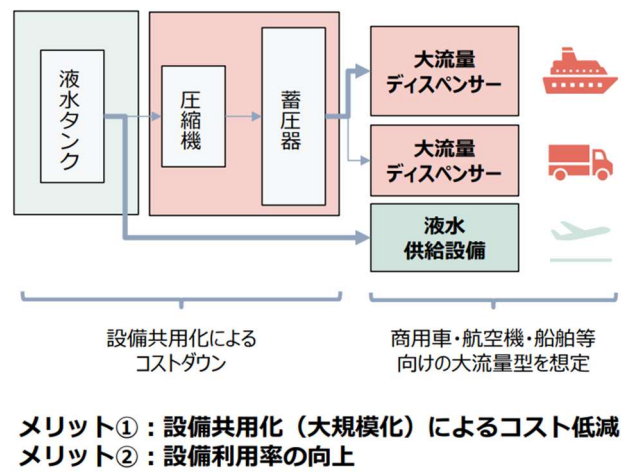


図 2-10 マルチモーダル型水素ステーションの想定

出所：日本総研作成

2.2.2 設備共用化の効果測定に向けた試算モデル

期待される経済的な影響分析・評価するために今回作成する試算モデルに関して、前提として水素ステーションの共用化を行わず、個別モードで水素供給インフラを整備した場合と、共用化した場合との間でコストを比較することで、コストメリットを明確化することを目的とする。具体的には、交通需要量に基づく水素需要量に変化する中で、個別モードで水素供給を行った場合とインフラ共用化によるモード連携を行ったうえで水素供給を行った場合の単位当たりの水素コストを算出する。その後両者を比較し、モード連携によるメリット(%)を明確化することを目指す。そのため今回の試算では既存燃料との経済的ギャップを算出することを目的としておらず、試算の設定条件まで交通分野において需要が伸びることを前提としており、想定 の需要まで燃料転換が起こりうるかどうかについては検討の範囲外としている。

個別モード				モード連携後			
	トラック	内航貨物	XX		トラック	内航貨物	XX
交通需要量	~~MJ	~~ MJ	~~ MJ	交通需要量	~~ MJ	~~ MJ	~~ MJ
水素需要量	~~トン	~~トン	~~トン	水素需要量	~~トン		
水素コスト	~円/トン（水素需要量によって変化）			水素コスト	~円/トン（水素需要量によって変化）		
輸送コスト	~円/トン（水素需要量によって変化）			輸送コスト	~円/ト（水素需要量によって変化）ン		
必要拠点数	~~箇所	~~箇所	~~箇所	必要拠点数	~~箇所		
拠点整備コスト	~億円/箇所	~億円/隻	~億円/箇所	拠点整備コスト	~億円/箇所		
必要コスト	~億円/Nm3	~億円/Nm3	~億円/Nm3	必要コスト	億円/Nm3		

~~%の削減効果

図 2-11 経済効果の定量化イメージ

出所：日本総研作成

また、交通モードの水素燃料への転換において必要となるコストに関して、供給側のコストと需要側のコストに分けたうえで、供給側の項目について積み上げて試算を行うこととする。その中で、今回の試算では供給側のコスト項目において、モード連携によるメリットが生まれる。対して、需要側のコストは個別機器の価格低下が必要となるため、特定拠点での需要創出が社会全体でのコスト低下に与える影響は小さいと考えられるため、今回の試算の範囲に含めないものとする。

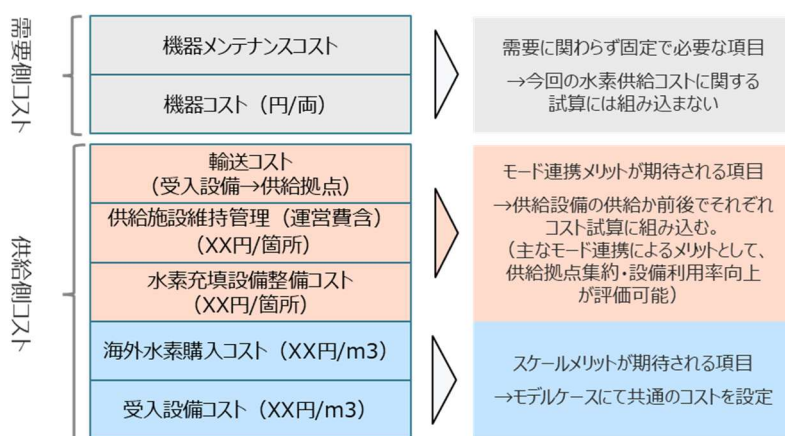


図 2-12 供給コスト定量化へ反映するコスト項目

出所：日本総研作成

2.2.3 設備共用化の効果測定におけるコスト等の前提条件

水素供給を進めるにあたって、水素供給に関するコストと設備利用率など設備運用に関する前提条件を設定する。水素ステーションの整備費については、水素供給量に合わせてコストを設定した。なお、水素供給コストへ影響を与えられとされる運輸部門及び地域での水素需要については、コストを決定する変数として当研究において設定を行う。そのため地域全体の需要発生について、実現性の検討は行わないものとする。また、運輸部門内で鉄道・船舶・航空機が占める割合についても一定として試算を行った。

具体的に影響の大きい 2030 年以降の水素購入コストに関して、海外からの輸入を前提に現在想定されている大規模受入拠点では水素値差支援により、調達可能な水素価格は最大でも天然ガス価格に相当する政府目標でもある 30 円 Nm³ での調達が可能と見込む。さらに 2030 年(30 円/Nm³)・2050 年(20 円/Nm³)の政府目標に加えて、取組目標を踏まえて、22.5 万トン(日本全国 450 万トン)・45 万トン(日本全国 900 万トン)の基準で価格が下がると見込む。

表 2-1 価格設定条件サマリ

設定項目	設定値	設定根拠
水素購入コスト	24 円/Nm ³	✓ 第 21 回 水素・燃料電池戦略協議会「国際水素サプライチェーン構築に向けた取組み」 ¹³ における商用化段階の供給価格目標を基に 2040 年という断面で設定
受入設備 (5 万 m ³ /基)	6.1 円/Nm ³	✓ 資源エネルギー庁「今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理」 ¹⁴ における現在のタンクサイズ(2500m ³ /基)における集荷基地 価格33円/Nm ³ を基に設定
供給拠点整備 (商用車専用 1,200Nm ³ /h)	4.8 億円	✓ NEDO のコスト削減目標を参照し、規模に応じて 0.6 乗則で推計し 設定 ✓ 償却期間は 8 年 ✓ その他のサイズの水素供給ステーションについても同様に設定
拠点運営コスト (商用車専用 1,200Nm ³ /h)	2,275 万円/ 箇所	✓ 「水素・燃料電池戦略ロードマップ」 ¹⁵ の 2025 年目標コストを基に、 規模に応じて 0.6 乗則で推計し設定 ✓ 運営コストには、償却期間内の小規模な修繕を含むものとする
輸送コスト	2.2 円/Nm ³	✓ 「神戸・関西圏水素利活用協議会レポート」 ¹⁶ より設定

出所：日本総研作成

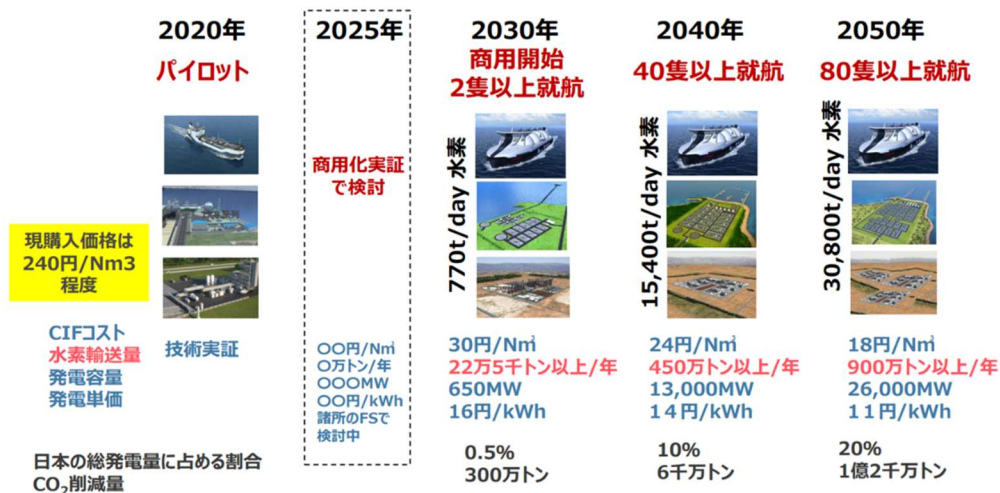


図 2-13 水素輸送量に応じた CIF コストの推移

出所：資源エネルギー庁第 21 回水素・燃料電池戦略協議会
「国際水素サプライチェーン構築に向けた取組み」より引用

¹³ 資源エネルギー庁第 21 回 水素・燃料電池戦略協議会「国際水素サプライチェーン構築に向けた取組み」
(https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/021_04_00.pdf)

¹⁴ 資源エネルギー庁「今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理(案)」
(https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/025_01_00.pdf)

¹⁵ 水素・燃料電池戦略協議会「水素・燃料電池戦略ロードマップ ～水素社会実現に向けた産学官のアクションプラン～」
(https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/roadmap_hyoka_wg/pdf/002_s05_00.pdf)

¹⁶ 神戸・関西圏水素利活用協議会「【詳細版】協議会レポート(2020 年度)ー将来ビジョン整理と需給の定量化ー」
(https://www.iwatani.co.jp/img/jpn/pdf/newsrelease/1394/20210517_document2.pdf)

水素輸送コストについては、利用シーンや供給力によって大きく異なる。一次輸送は海外産水素の受入拠点など大規模拠点からの輸送、二次輸送は最終需要地への配送を指し、パイプライン・内航船の輸送コストはモデル別の輸送量・距離に応じて変化することが、参照レポートにおいても確認できる。今回のモデルにおいては受入拠点もしくは製造拠点近傍での 50 km 圏内の供給拠点への輸送を前提とするため、液水ローリーにおいては 2.2 円/Nm³ を想定することとした。

表 2-2 輸送・手法別の想定輸送コスト¹⁷

輸送手段	一次輸送・受入(需要地向け輸送)	二次輸送(需要地周辺輸送・貯蔵)
ローリー/コンテナ	ローリー輸送 100km:3.0 円/Nm ³	ローリー輸送 50km:2.2 円/Nm ³
パイプライン	大規模需要地から 100km 前後の輸送: 1.5~8.0 円/Nm ³	最終需要地への 50km 前後の輸送: 0.7~5.0 円/Nm ³
内航船	揚荷港から近隣需要家向け内航船輸送:5.4~13.0 円/Nm ³	(近隣輸送においては船舶を利用しない)
貯蔵・供給・荷揚げ	海外からの荷揚げ・気化コスト: 2.5 円/Nm ³	最終需要家周辺の受入設備: 1.1 円/Nm ³

出所:神戸・関西圏水素利活用協議会 協議会レポート(2020 年度)ー将来ビジョン整理と需給の定量化ー(2021 年 5 月 17 日)を基に日本総研作成

さらに今回の試算で用いた、ステーションの設備利用に関する前提条件は次のとおりとなっている。

表 2-3 運用設定条件サマリ

項目	設定値	備考
商用車専用ST	設備利用率	最大50% ✓ 復圧インターバルによる供給不能時間を加味し、ST供給能力のうち利用可能な供給力を基に設定
	ST供給能力	1,200Nm ³ /h ✓ 実証動向を踏まえ、商用車向けサイズとして設定
	復圧インターバル	10分 ✓ 実証動向、事業者ヒアリング等を踏まえて設定
船舶・鉄道・航空機向けST共通	設備利用率	33% ✓ 商用車と同様の考え方で設定
	ST供給能力	需要に応じて変化 ✓ 需要を2か所のSTにて供給可能な量となるように設定
	ST設置数	2 箇所 ✓ 現在の運用体制を基に設定
鉄道	復圧インターバル	1.0h ✓ 充填にかかる時間と同様になると想定
船舶	復圧インターバル	1.0h ✓ 充填にかかる時間と同様になると想定
航空機	復圧インターバル	－ ✓ 液化水素を利用するため、復圧インターバルの時間は不要と想定
マルチモーダル型ST	設備利用率	68% ✓ 各モードが共通の設備を利用する場合を想定し利用時間の組み合わせなどを基に設定
	ST供給能力	需要に応じて変化 ✓ マルチモーダル利用のため、船舶等向けの能力を25%増強した供給能力として設定
	ST設置数	2 箇所 ✓ 現在の運用体制を基に設定

出所:日本総研作成

運用上の想定と設備利用率を考えるためには、水素充填時間に加えて、復圧インターバルや供給作業に必要な時間など、複数の項目を考慮する必要がある。今回の試算では、充填時間だけを加味した設備稼働率と、復圧インターバルに必要となる時間も設備利用時間として想定した、設備利用率を分けて考えることとする。その中で、現在の設備供給能力を考える際の基準となっている設備利用率を基準に、共用

¹⁷ 表中の一次輸送は海外産水素の受け入れ拠点など大規模拠点からの輸送、二次輸送は最終需要地への配送を指す。また、パイプライン・内航船の輸送コストはモデル別の輸送量・距離に応じて変化するため、範囲にて記載。

前と共用化後それぞれを比較することとする。共用前の商用車向けステーションにおける設備稼働率は、16.7%から最大 50%まで変化可能なものとして設定する。その中で総需要を満たす前提の上で、利用率が平準化したパターンと一定の時間に稼働が集中した2パターンが想定されるが、設備稼働率はおおむね 50～55%程度となると見込まれるため、今回の試算では 50%と設定する。自動車以外のモードにおける供給設備の利用に関しては、一定の間隔での供給実施を想定し、今回の試算では 33%と設定する。

上記を踏まえたマルチモーダル型水素ステーションの設備利用率は、周辺ステーションの利用状況や、船舶・鉄道・航空機の運用状況に応じた判断が必要となる。またマルチモーダル型水素ステーションにおいては自動車以外の需要に対して供給している時間帯においても、自動車向けの供給能力を一定確保する為、大規模需要向けの供給能力に対して 25%分の追加供給力を商用車向けに整備すると想定。なお、経済性の観点では、商用車向けのステーションを全て集約し、マルチモーダル型水素ステーションのみとすることが最もコスト低減効果が大きくなる。ただし、利便性の観点では、ステーション設置数が減ることから商用車を利用する事業者にとって利便性が損なわれる可能性がある。上記のことから、本検討では、商用車向けのステーション設置数の 1/2 程度を集約する前提として、供給能力を 25%増強すると設定した。今回の試算においては、船舶を想定した 68%を設備利用率の基準としつつ、設備利用率・追加供給力については感度分析を実施することにした。



図 2-14 設備利用率の考え方

出所：日本総研作成

以下で個別モード毎の設備利用率の考え方を整理する。

乗用車については、図 2-14 で示したとおり、最大で 50%となる最大稼働率から設備の休止までインターバルに応じて、時間帯ごとに異なる設備稼働率でステーションが運用される。その具体的な運用方法として、待機時間が発生しないように、24 時間で供給時間を調整し待機時間を発生しないようにする運用方法と、待機発生を許容し商用車のピーク時間に最大の稼働率で運用する方法が考えられる。その両方においても、おおむね設備利用率は 50%程度となると見込まれる。

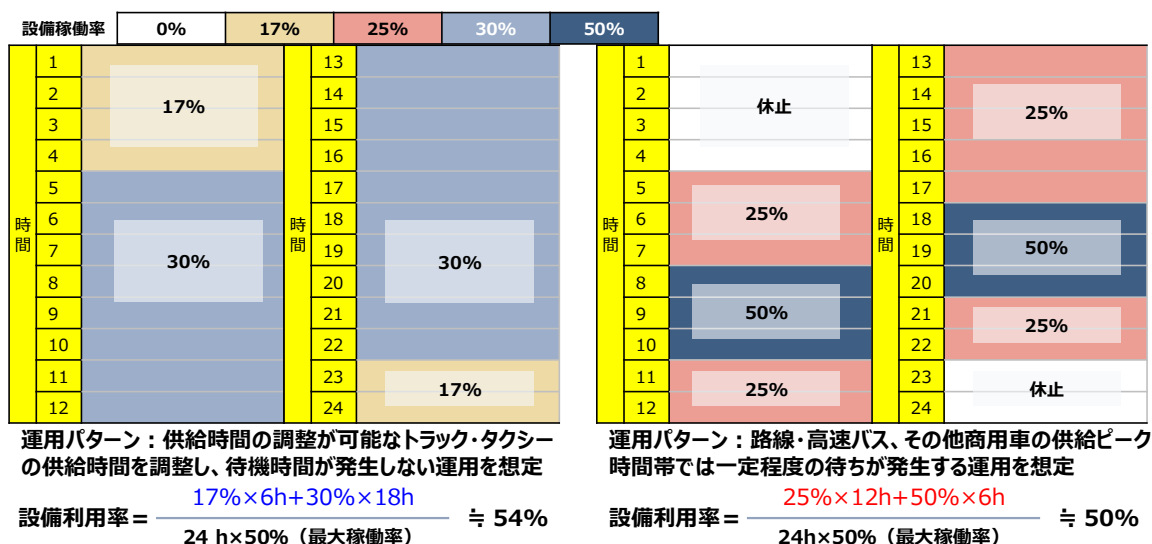


図 2-15 共用前における商用車向けの水素ステーション設備利用率

出所：日本総研作成

商用車以外の設備利用率については、図 2-14 で示したとおり、復圧に必要となるインターバルを加味し、拠点ごとに想定される供給回数や時間などで決定されることになる。交通モード毎の運用方法は水素技術の開発状況によって、大きく変化する。現時点では充填にかかる時間など不透明な部分が多く存在するが、現在の化石燃料を利用した各交通モードでの運用方法とおおむね同様になると見込み、一日あたり4時間の供給時間が発生すると想定する。なお、航空機においては、液化水素での燃料利用が想定されており、商用車・船舶・鉄道で必要となる復圧インターバルの時間は不要となるため、実際の充填時間に基づく設備稼働率は設備利用率と同じ値となる。

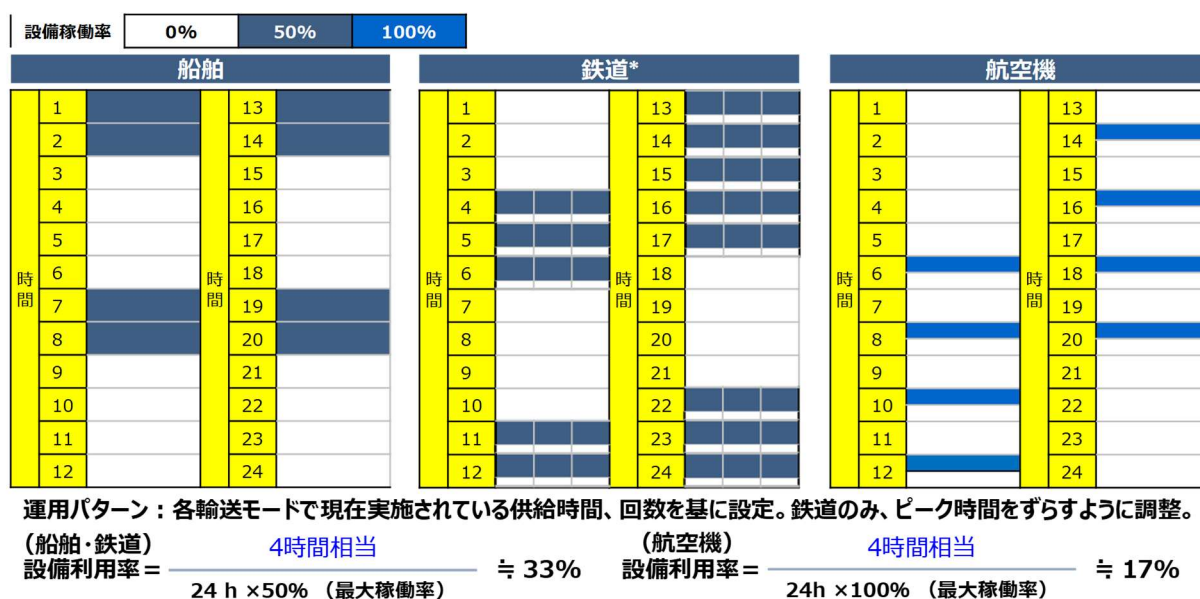


図 2-16 共用前における商用車以外の水素ステーション設備利用率

出所：日本総研作成

それぞれの交通モード毎を連携させた後の設備稼働率については、自動車(商用車)を除く船舶／鉄道／航空への充填時において、25%分の追加供給力を確保するように1つのステーションに対して5系統を整備することとして、商用車の運用方法ごとに想定を行った。その中で、船舶や鉄道などの用途向けに利用している時間帯については、追加供給能力分に対して商用車の需要が集中するため、設備稼働率が高まると見込む。ただし、ピーク稼働が存在する運用では当初の想定から最大の稼働率となっているため、追加での稼働率向上は見込まないものとする。

結果として、需要を平準化する運用では、単体では商用車 55%、船舶・鉄道が 33%なのに対して、設備共用化後はおおむね 68%となり、ピーク需要が存在する運用では 67%となった。ピーク需要が存在しない、平準化させたパターンの運用では、船舶等の需要向けの稼働時間において最大稼働まで効率的な設備運用が可能となるため、既に最大の稼働率で稼働を行うピーク需要が存在する運用よりも設備利用率が高まる結果となった。このことから、設備を共用化した場合には、いつ、どれくらい充填するのかの運用調整が重要となることが分かった。ただし、影響が軽微となることから今回の試算においては共用化後のステーションの設備利用率は 68%として試算を行うこととする。

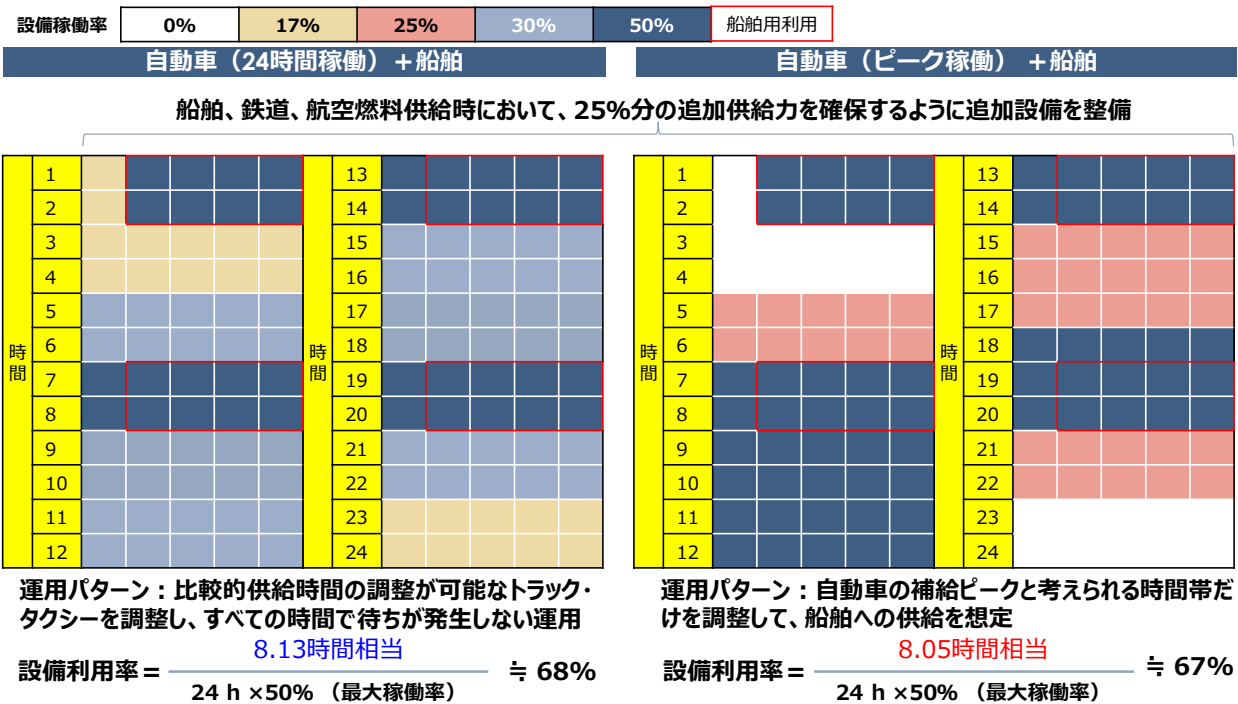


図 2-17 共用化後のマルチモーダル型水素ステーション設備利用率

出所：日本総研作成

※参考情報(設備利用率想定的前提となる運用方法)

表 2-4 現状の化石燃料を利用した各交通モードでの運用方法

交通モード		充填時間 (軽油等)	現状の運用
商用車	トラック	10分/台 (大型)	✓ 燃料残量に応じて、24h営業の大型トラック対応の近隣スタンドで給油。 ✓ 給油設備が営業所併設の場合は出庫前や帰庫後、それ以外は大型トラック受入可能なスタンドで燃料残量が少なくなったタイミングで給油。 ✓ 周辺の給油設備の数によって混雑状況は変わる。設備数が少なく給油がしばらくできないような地域では混雑する場合あり。
	路線バス 高速バス	3~8分/台	✓ 出庫前や帰庫後に給油（事業者やダイヤによるため以下は試算上の想定） ✓ 始発対応の路線バスは帰庫後（夕方頃）に給油し、最終便対応の路線バスは出庫前（昼頃）に給油するといった運用を想定。 ✓ 営業所併設のケースが多いため、ダイヤ調整などによって給油待ち時間などは発生しない。
	タクシー	数分/台	✓ ほとんどの場合、営業所内のオートガススタンドで補給。燃料補給は随時行うため、特定時間帯に集中する場合もあるが、基本的には事務所の台数・運行管理などによって調整される。
船舶	内航貨物船 (499型)	2~3時間/隻 (文献調査より)	✓ 主にTrack to Ship, Shore to Ship, Ship to Shipのいずれかの方法で給油。 ✓ 前日等に連絡をした上で給油するため、事前に計画を立てることは可能。 ✓ 夜間接舷作業も可能であるため、24時間での給油可能。
	旅客フェリー (定員500名)	1~2時間/隻 (文献調査より)	✓ フェリー入港後、夜間時間帯を中心に給油を想定。 ✓ 規模や運航頻度、航行距離などにもよるが、小規模であれば毎日給油するケースもあり、数千トン規模であれば数日に1度の給油となるケースもある。 ✓ 実施日時に関しては、接岸時間内であれば調整可能。
鉄道	非電化車両	10~20分/車両 (ヒアリングより)	✓ 主に通勤・通学時間帯が運行のピークであり、燃料補給はダイヤ管理の下で、残量見合いで運行前後や運行中に給油を実施。
航空機	プロペラ機	~20分/機 (ヒアリングより)	✓ 運航状況に合わせて着陸～離陸までの時間（便間）に給油。 ✓ 基本的には飛行毎に給油。 ✓ 空港によっては、着陸～離陸が許可されない時間帯（夜間など）が存在するため、本検討でも同じ設定とした。

出所：日本総研作成

表 2-5 水素利用の場合の想定した各交通モードでの運用方法

交通モード		充填時間	試算における運用条件・方法想定
商用車	トラック	10分/台 (大型)	✓ 大型トラック受入可能なスタンドで燃料残量が少なくなったタイミングで給油。 ✓ 24h共通して実施される場合と、日中に集中した場合を想定。
	路線バス 高速バス	3~8分/台	✓ ピークとなる営業時間の前後（6~8時、18時~22時）の6時間を中心に実施。
	タクシー	数分/台	✓ 営業所内の水素スタンドではなく、周辺STにて水素供給実施。 ✓ 供給時間は台数・運行管理に基づき、平準化して実施可能。
船舶	内航貨物船 (499型)	1時間/隻 (復圧含め2時間)	✓ Shore to Shipにて、共有の陸上供給拠点から供給を実施を想定。 ✓ 燃料電池船に対する供給を想定。 ✓ 夜間での供給に関しても可能。 ✓ 接岸時間に実施を行うため、数時間の調整は可能。
	旅客フェリー (定員500名)	1時間/隻 (復圧含め2時間)	
鉄道	非電化車両	1時間/車両	✓ ピーク時間（6~10時、17~22時）を除く15時間の間に供給。 ✓ 1編成当たり1車両、約100kg容量のタンク（航続距離350km）に、1回/日充填する想定。（ヒアリングにより設定） ✓ ただし、走行距離が長い路線では必要充填回数も多くなり、ダイヤの見直し等の検討が必要となる点に留意が必要。
航空機	プロペラ機 (~100席)	~30分/機	✓ 現状では液化水素と圧縮水素の充填時間は同程度と言われているものの、液化水素の充填量が多くなることから充填時間が不透明なため、30分程度と想定。 ✓ 液化水素のためインターバルは不要と想定（ヒアリングより）。

出所：日本総研作成

2.3 理想的な交通モード連携の条件

2.3.1 設備共用化により期待される経済的な効果

マルチモーダル型水素ステーションを導入する場合、船舶等のモードに充填している間、商用車にも充填できる運用が望ましいと考えられるため、マルチモーダル型水素ステーションの供給能力は、船舶等のモード向けの供給能力を増加させることとした。今回の設備共用化に係る試算においては、水素需要を定める必要があるため、試算の一例を示すため水素需要は 0.3 万トンと設定した。ただし、一定範囲の増減については感度分析を実施することとした。

【個別モード毎に整備されたSTを利用する場合】

① 水素需要を設定

合計0.3万トンとして、商用車：船舶等 = 7:3と仮定
商用車：0.21万トン、船舶等：0.09万トン

② 船舶等向け水素STの供給能力を決定

設備利用率33%で2か所の水素STから0.09万トンを供給
するとした場合、
船舶等向け水素STの供給能力：1,730 Nm³/h

③ 水素コストを算出

前述の前提条件に基づき、商用車向けの水素ST、船舶等
向け水素STの整備コスト、運用コストを計算する。

【マルチモーダル型STを利用する場合】

① 水素需要を設定

需要規模は個別モードごとに整備する場合と同じ。
商用車：0.21万トン、船舶等：0.09万トン

② マルチモーダル型水素STの供給能力を決定

複数交通モードでの利用を想定し、商用車向けの水素ST
設置数を1/2程度集約する前提で供給能力を25%増強。
マルチモーダル型水素STの供給能力：2,160 Nm³/h

③ 水素コストを算出

水素コストの計算方法は個別モードごとに整備する場合と
同じ。

図 2-18 経済性試算の計算イメージ

出所：日本総研作成

地域でのトータル供給量 0.3 万トンを個別モードで水素ステーションを整備したとした場合の水素コストが 51.9 円/Nm³ となるのに対して、マルチモーダル型水素ステーションを利用した場合、45.7 円/Nm³ と約 12% のコスト削減効果がある結果となった。

水素コストが削減される要因として、主に商用車向けに設置するステーションの設置数が減少し、マルチモーダル型水素ステーションに集約されることが大きな要因となる。個別モードで設置する際には、商用車向けに 0.21 万トンの水素供給を行うために、1,200 Nm³/h の供給能力を持つ商用車向けステーションを 5 か所設置することになる。マルチモーダル型水素ステーションに集約することで、商用車向けステーションを通じた水素供給量が 0.07 万トンとなり、必要な設置数は 2 か所に減少できる。その分、マルチモーダル型水素ステーションの供給能力を 1,730 Nm³/h から 2,160 Nm³/h まで拡大することになるが、ステーションの整備コストは大規模なほど単位当たりのコストは低下するため、最終的な水素コストは低減される。

<個別モード毎に整備された水素STを利用する場合>

トータル供給量 (= 需要)		0.3万トン
モード別 需要	商用車	0.21万トン
	鉄道・船舶・航空機	0.09万トン
商用車 専用ST	水素供給量	0.21万^ト
	ST供給能力	1,200Nm ³ /h
	設備利用率	50%
	設置数	5か所
鉄道・ 船舶・ 航空機 向けST	水素供給量	0.09万^ト
	ST供給能力	1,730Nm³/h
	設備利用率	33%
	設置数	2か所
水素コスト		51.9円/Nm³

<マルチモーダル型水素STを利用する場合>

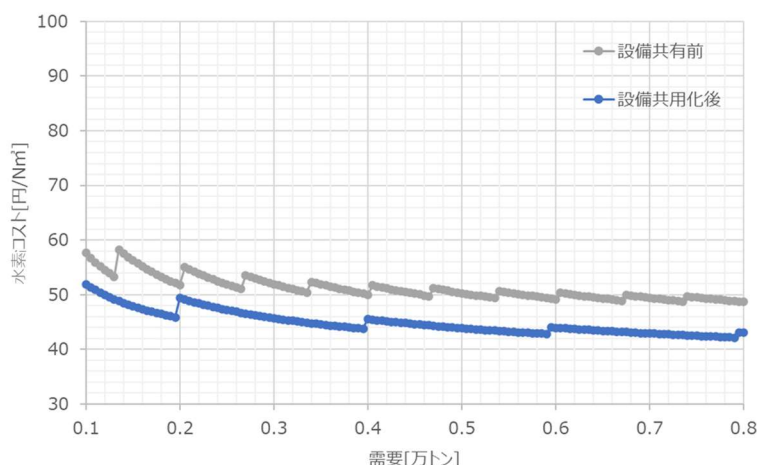
トータル供給量 (= 需要)		0.3万トン
モード別 需要	商用車	0.21万トン
	鉄道・船舶・航空機	0.09万トン
商用車 専用ST	水素供給量	0.07万^ト
	ST供給能力	1,200Nm ³ /h
	設備利用率	50%
	設置数	2か所
マルチ モーダル 型ST	水素供給量	0.23万^ト
	ST供給能力	2,160Nm³/h
	設備利用率	68%
	設置数	2か所
水素コスト		45.7円/Nm³

▲12%の削減効果

図 2-19 需要を 0.3 万トンとした場合の経済性試算結果

出所：日本総研作成

上記の試算においては、地域内で発生する運輸部門における水素需要を 0.3 万トンに固定をしていたため、水素需要量を変化させた場合の結果を以下のとおり確認した。結果として、需要の増加に合わせ、商用車向けの設備を追加に設置する必要が生じたタイミングで一時的にコストは増加するが、設備を共用化したことによる稼働率の向上及び拠点整備コストの低減から単体で利用する場合よりもメリットは常に存在することが分かった。



地域内水素総需要	0.1万トン	0.3万トン	0.5万トン	0.8万トン
商用車需要	0.07万トン	0.21万トン	0.35万トン	0.56万トン
鉄道・船舶・航空需要	0.03万トン	0.09万トン	0.15万トン	0.24万トン

需要量に応じた感度分析における前提条件

水素需 要割合	商用車	70%
	鉄道・船舶・航空	30%
需要		— (変更項目)
商用車向けSTサイズ		1,200Nm ³ /h
水素ST 利用率	商用車	50%
	鉄道・船舶・航空	33%
	設備共有化後	68%
ST設置数 (鉄道・船舶・航空)		2か所
設備占有率*		80%

*設備占有率：自動車以外の大規模需要向けに供給している時間帯の、設備供給能力の内に占める割合

図 2-20 需要を変化させた場合のコスト動向

出所：日本総研作成

2.3.2 感度分析結果を踏まえた設備共用化による影響を最大化する条件

今回の経済性試算においては様々な設定を置いたため、コストに影響を与える前提条件に対して、設定値から項目ごとに±10%程度の変化を加えた感度分析を実施することとした。その結果は以下のとおり。結果として、削減効果についても変化幅に差があるが、前提条件が変われば影響が存在する。いずれの場合においても、個別モード毎に実施した場合よりも大幅なコスト削減になる結果となったが、商用車向けステーションの設置数に影響を与えるマルチモーダル型水素ステーションの設備利用率や設置数などの影響が大きいことが分かった。逆に、設備共用化後のマルチモーダル型水素ステーションだけでなく、共用前の個別モード毎における供給においても影響を与える水素購入コストや設備の設置数に影響を与えない範囲での商用車向けステーションの設備利用率については影響がないことが結果として示された。

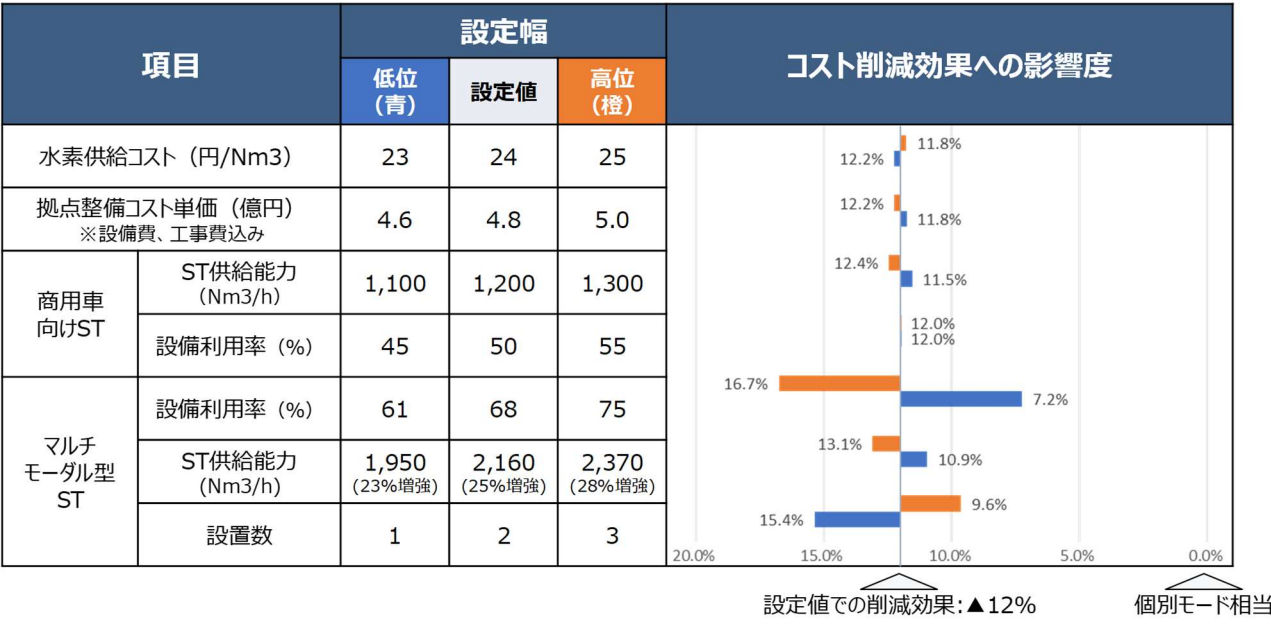


図 2-21 設定条件に関する感度分析結果

出所: 日本総研作成

上記で実施した感度分析を踏まえて、供給コストにおいて関係性の大きい ST 供給能力、設備利用率、マルチモーダル型水素ステーションの拠点整備コスト、水素供給コストについて、±20%程度の感度分析を追加で実施した。その結果、変わらず水素供給量に直結する設備利用率や供給能力の影響が大きいことが分かった。

また、水素供給コストを 100 円/Nm³に設定した場合、コスト低減の幅に比べて当該コストが大きいいため、コスト低減効果はほとんど見込めない。そのため、2030 年以降の国の目標水準である水素供給コスト 20-30 円/Nm³を実現することが不可欠である。

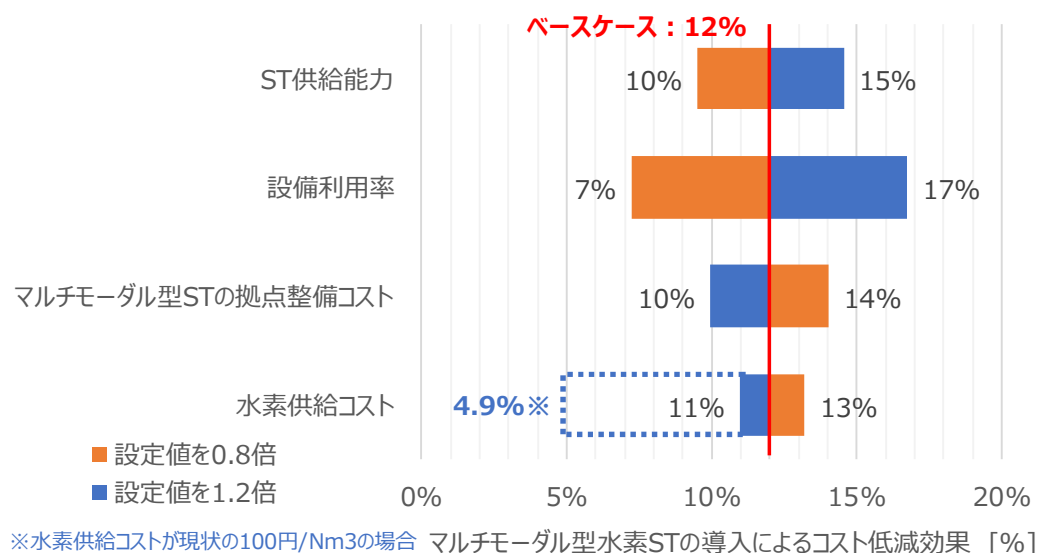


図 2-22 主要パラメーターに関する追加感度分析結果

出所：日本総研作成

以下で個別の項目に関して、詳細の影響を記載する。

水素供給コストに関しては、50 円前後となる供給コストの 50%程度を占めるため想定の設定幅を小さく設定した。価格差として設定した金額がそのまま供給コストに対して影響を与えるため、価格変化に対する影響は大きくなる。しかし、この価格変化は、個別モードで利用した場合もマルチモーダル型水素ステーションに対しても同様に受ける影響であるため、コスト削減効果に対する影響は軽微となる。

拠点整備コスト単価について、ステーションを大規模化し整備コストが高い方が、設備共用化による削減効果(%)は高くなる。ただし、個別モードにおける大規模需要向けの供給設備に対しても同様に影響を与えるため、コスト削減効果への影響は限定的となる。

商用車向けステーションの供給能力に関して、拠点のサイズを大きくすると拠点整備コストは高まる。そのため、拠点の必要数に影響を与えない範囲では、設置数が多い個別モードで整備した場合の影響が大きいと考えられる。一方、供給能力が大きく変化した場合、必要設置数が変わり、大幅にコストが変わることになるため、最適な供給能力を見極める必要がある。また、商用車向けステーションにおいては、拠点の必要数に対して影響を与えない範囲での設備利用率の変化はコストに影響しない結果となった。

マルチモーダル型水素ステーションの設備利用率に関して、ステーションでの供給量が変化することで同地域に設置する商用車向けステーションの設置数に影響を与えるため、影響が大きく表れる。また、想定供給能力が個別モード向けに設定された値よりも大規模なものとなるため、影響が表れやすい点にも留意が必要である。ステーションの供給能力についても、マルチモーダル型水素ステーションではより大規模な拠点整備が求められるため、拠点整備コストが低下することの影響を強く受ける。マルチモーダル型水素ステーションの設置数を減らした場合についても同様に、一か所当たりの設備能力を増強することになるため、水素コストは低減する。ただし、安定供給の観点で現実的に 1 か所に集約することが難しいことに留意する必要がある。

結果として、設備利用率の変化が水素供給量に与える影響が大きいため、実際の運用においては、いかに設備利用率を向上させるか、つまり、マルチモーダルでの利用を実現し、効率的に運用できるかが重

要であると考えられる。ただし、実際の運用では、如何にして設備利用率を上げるかについて、複数の交通モードを運用する事業者間での運用ルールやスケジュール管理などについての検討が必要と考えられる。

2.4 実在エリアでのモデル検証

2.4.1 対象エリアの選定

経済的な効果の検証のため、実在するエリアで実際に運行する交通モードを対象に、現在の燃料消費量とそれを水素化した場合の水素需要ポテンシャルを推計し、前述の試算に当てはめて、想定した水素需要が見込まれるのかどうか、その妥当性を評価する。対象となるエリアは、図 2-23 のとおり、実際に水素の受入拠点整備の検討が進められているエリアであって、鉄道車両、船舶、航空機がそれぞれ本調査研究で想定する水素利用が適する条件に当てはまるかどうかを踏まえて選定した。

まず、水素等供給基盤整備事業に採択された案件を含め、全国の様々なエリアで水素等供給インフラ整備の検討が進められている。これらのエリアやその近隣エリアにおいて、水素利用マップに基づき、①鉄道車両：非電化路線の有無、②船舶：内航貨物船、内航フェリーの就航有無、③航空機：初期導入が期待されるリージョナルプロペラ機の運航有無を確認した。その結果、本検証においては、兵庫県の姫路エリアを対象とすることとした（姫路エリアの概要は図 2-24 参照）。

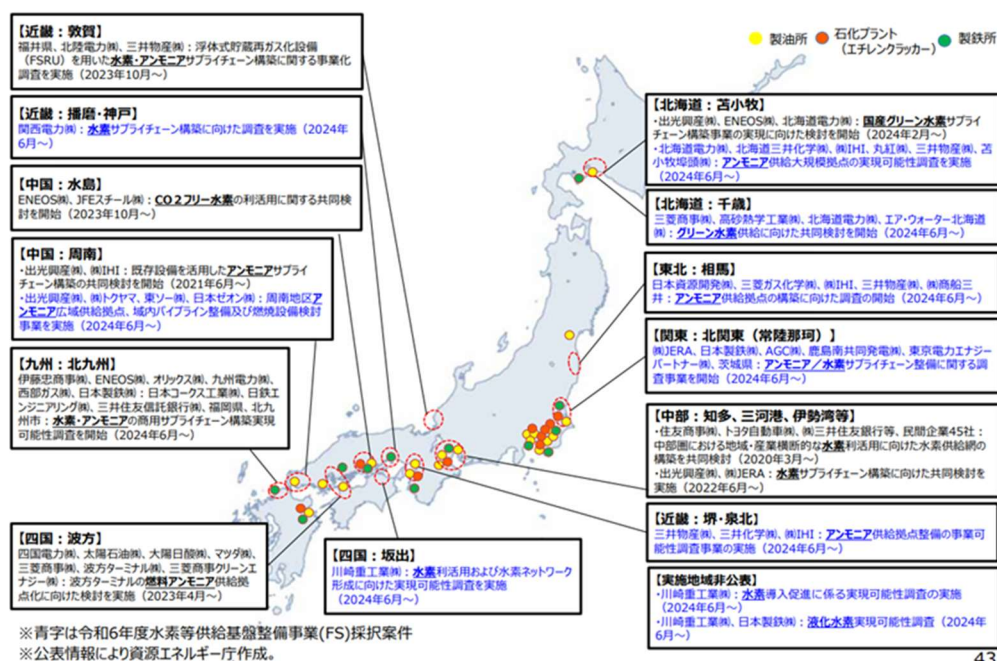


図 2-23 水素・アンモニアサプライチェーンの検討エリア

出所：内閣官房 GX 実行推進室「GX 時代の産業構造・産業立地の検討の論点」¹⁸より引用

¹⁸ https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/senmonka_wg/dai6/siryou.pdf



図 2-24 姫路エリアの選定根拠

出所：日本総研作成

また、離島については、前述した水素の地産地消の実証が行われていた長崎県五島市の杵島・福江島を対象とした。

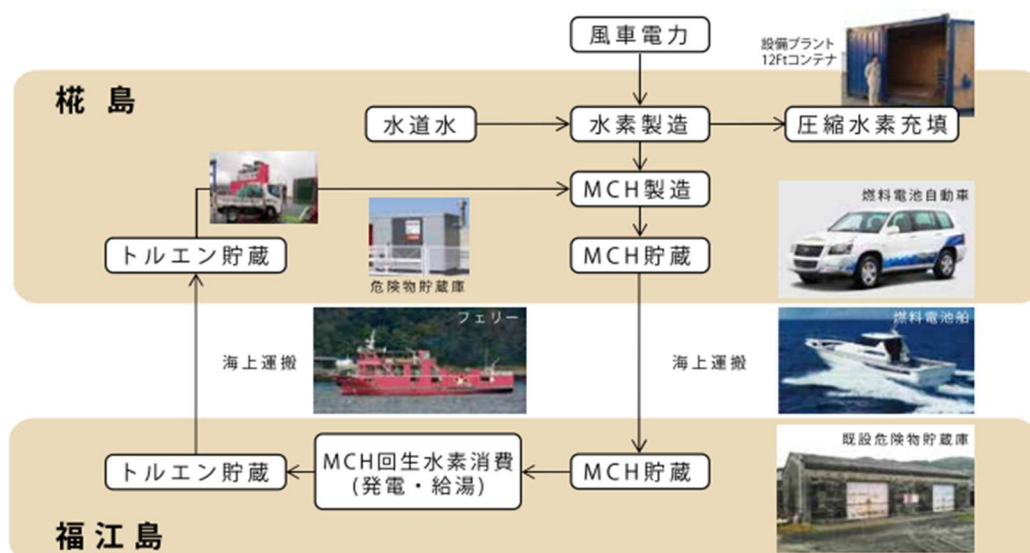


図 2-25 五島市における水素利用実証の概要

出所：「再生可能エネルギー余剰電力を活用した水素の製造・貯蔵・利活用」(五島市)より引用¹⁹

2.4.2 既存交通モードの水素需要ポテンシャル推計

(1) モデル① | 駅・鉄道車両基地/鉄道車両＋自動車

モデル①では、鉄道車両基地周辺における交通モードとして、非電化旅客車両・貨物車両・トラック・高速/路線バス・荷役機械の水素需要規模を推計した。

なお、当推計はあくまで最大ポテンシャルであり、既存の化石燃料エネルギーを、100%水素燃料電池によって置き換えた場合の需要規模である点に注意。

¹⁹ <https://www.city.goto.nagasaki.jp/energy/020/020/201505.pdf>

表 2-6 水素需要ポテンシャルの推計結果(鉄道+自動車)

	大規模水素 受入拠点	1次供給			交通モード	水素需要 (トン/年)	算定根拠の概要
		1次需要地 種別	需要拠点名	一次輸送距離			
鉄道基地 モデル	姫路	鉄道車両 基地	姫路駅 (姫新線)	6km 姫路港 ↓ 姫路駅	非電化旅客 車両	660	■ 姫新線の区間ごとの距離×乗車人員を基に、 人キロ法にて燃料消費量を推計
					貨物車両	1,800	■ 姫路発貨物線の輸送距離×積荷量を基に、 トンキロ法にて燃料消費量を推計
					トラック	1,300	■ 姫路発トラックの輸送距離×積荷量を基に、 トンキロ法にて燃料消費量を推計
					路線バス	320	■ 姫路駅発路線バスのルート距離×乗車人員 を基に、人キロ法にて燃料消費量を推計
					高速バス	140	■ 姫路駅発高速バスのルート距離×乗車人員 を基に、人キロ法にて燃料消費量を推計
					荷役機械	5	■ 姫路貨物駅の総貨物取扱量と荷役機械の 燃料使用原単位を基に、燃料消費量を推計。

出所：日本総研作成

後述の非電化車両の水素需要推計における、主要パラメーターの前提条件は次のとおり。

なお、精緻な需要推計では、水素化に伴う燃料補給頻度、補給時間等の変化による列車運用への影響、燃料補給に伴う加減速による燃費影響等の考慮が必要であるが、今回は水素需要ポテンシャルの相場観を把握することが目的であるため、燃料供給等は現状の運用を前提とし、上記影響は考慮していない。

表 2-7 非電化車両の需要推計前提条件

項目	数値	単位	数式	前提条件
非電化旅客列車				
燃料消費原単位	17	MJ/車キロ	$(a) = (c)' \div (b)'$	列車の車両キロ当たり平均燃料消費原単位を使用。(JR西日本文献参照)形式による車両重量のバラつきは考慮しない。
車両走行キロ(車キロ)	763	×ガ車キロ	$(b)'$	JR西日本データ参照
在来線エネルギー消費量	126	億MJ	$(c)'$	JR西日本データ参照
FC燃費比(対電車)	0.5	MJ/km	$(b) = (c) \div (d)$	FC燃費比 = Tank to Wheelエネルギー損失の逆比。複数論文から、燃料電池による水素⇒電気変換時の損失分、BEVに対し約2倍のTank to Wheelエネルギー損失が発生することを確認。
電車エネルギー損失	4.5	MJ/km	(c)	(※論文ではBEVとFCVの比較だが、バッテリー損失を除くことで電車との比較に補正。)
FCエネルギー損失	9	MJ/km	(d)	
乗車人員分車両キロ補正	107	%	$(e) = (f) \div (g) + 1$	車両重量に対し、乗員の重量分を追加した補正值。
平均通過人員重量	421	t/日	(f)	日当たり、ある区間※における平均通過人員×人重量を乗じた値。(※左記は姫路～播磨新宮)
総車両重量	5,740	t/日	(g)	日当たり、ある区間※を走行した総車両数×車両重量。(※左記は姫路～播磨新宮)
非電化貨物列車				
燃料消費原単位	0.37	MJ/トンキロ	(a)	貨物列車のトンキロ当たり平均燃料消費原単位を使用。(国交省文献参照)形式による車両重量のバラつきは考慮しない。
東京方面総トン数	208	t・ダイヤ/日	$(b) = (c) \times (d) / (e)$	全発送積荷量から、方面ごとダイヤ数の比で各方面総トン数を算出。(※方面ごとの車両数のバラつきは考慮しない。)
姫路貨物駅発送積荷量	763	t/日	(c)	姫路市データベースから取得
東京方面ダイヤ数	3	ダイヤ/日	(d)	全国貨物駅時刻表から取得
姫路貨物総ダイヤ数	11	ダイヤ/日	(e)	全国貨物駅時刻表から取得
水素エンジン燃費比(対電車)	0.25	MJ/km	$(b) = (c) \div (d)$	FC燃費比 = Tank to Wheelエネルギー損失の逆比。複数論文から、燃料電池による水素⇒電気変換時の損失分、BEVに対し約2倍のTank to Wheelエネルギー損失が発生することを確認。
電車エネルギー損失	4.5	MJ/km	(c)	(※論文ではBEVとFCVの比較だが、バッテリー損失を除くことで電車との比較に補正。)
水素エンジンエネルギー損失	18	MJ/km	(d)	

出所：日本総研作成

(A)旅客車両(姫新線)

旅客車両(姫新線)の水素需要推計フローとして、燃料消費量は車キロに大きく依存するとし、姫新線の総走行距離×車両数を基に、車キロ法にて燃料消費量を推計。ただし、車両重量に乗車人員分の重量も追加することで、実態に近い車キロ値に補正している。

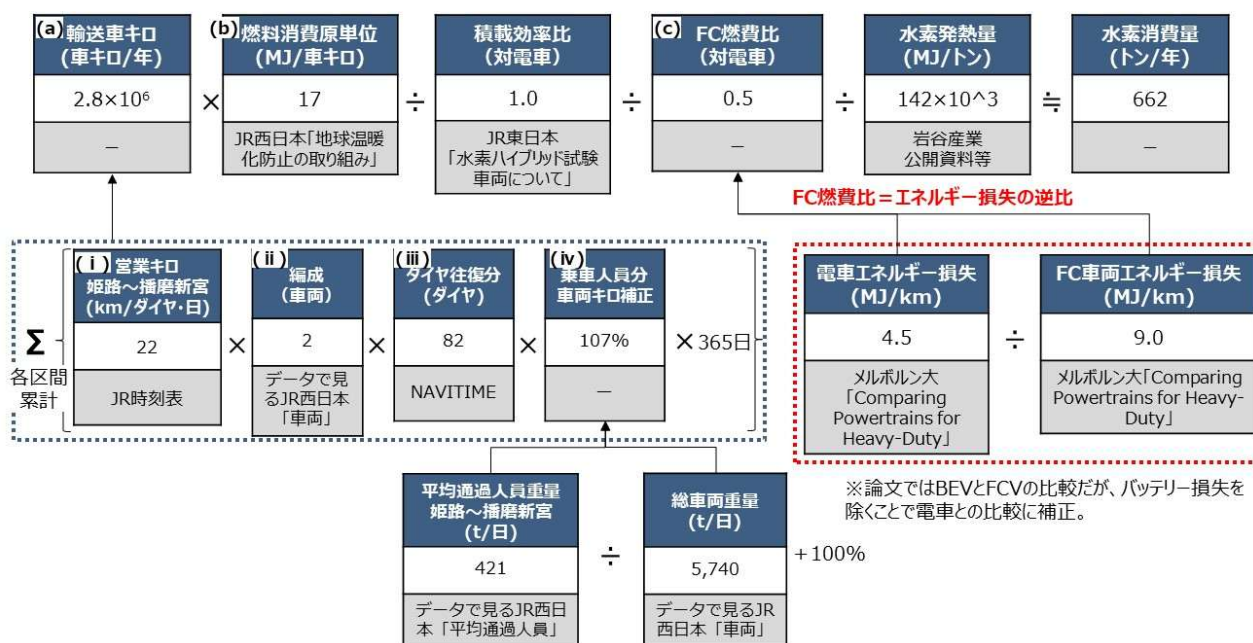


図 2-26 水素需要ポテンシャル推計方法の詳細：旅客車両

出所：日本総研作成

(a) 輸送車キロ

旅客列車の車キロは、各区间における日当たり総走行距離(営業キロ×ダイヤ)×編成にて算出した。

(i) 営業キロ

各区間の営業キロは、下記データを使用した。

線 名	区 間	営業キロ(km)	平均通過人員(人/日)		旅客運輸収入(百万円/年)
			1987年度	2023年度	
姫新線	姫路～新見	158.1	2,211	1,399	738
	姫路～播磨新宮	22.1		7,011	
	播磨新宮～上月	28.8		813	
	上月～津山	35.4		401	
	津山～中国勝山	37.5		661	
	中国勝山～新見	34.3		111	

図 2-27 姫新線営業キロ

出所：JR 西日本「データで見る JR 西日本 2024」を基に日本総研作成

(ii) 編成

姫新線の編成は下記データを参照し、1-2 両編成とした。(区間によって、1 両 or 2 両に分かれる。)



形	式	／	キハ127
代	表	的	編
成	編	成	／
編	成	総	定
成	座	席	定
列	車	重	量
運	転	台	／
最	高	速	度
			／
			100km/h

車両の概要

姫新線高速化事業で導入した最新一般形気動車。

図 2-28 姫新線編成

出所：JR 西日本「データで見る JR 西日本 2024」を基に日本総研作成

(iii)ダイヤ往復分

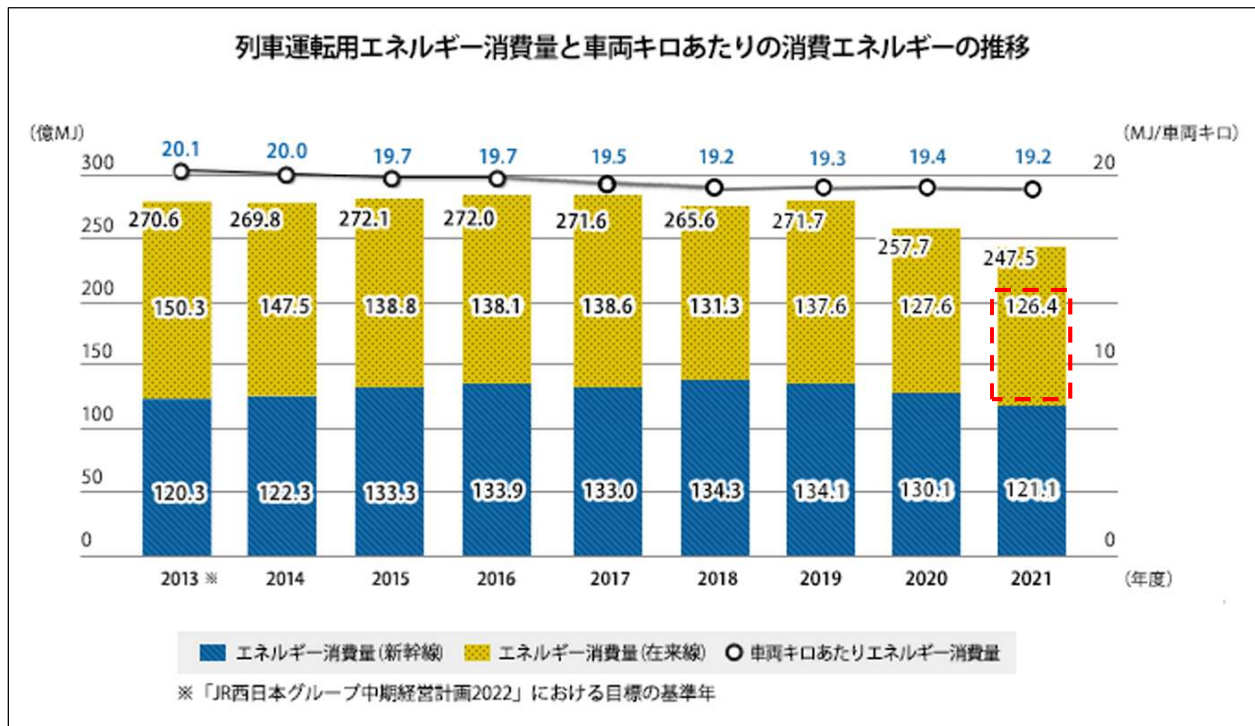
姫新線時刻表よりダイヤを積み上げ、往復分として2倍した。時刻表は膨大なデータ量となるため省略。

(iv)乗車人員分車キロ補正

車両重量に乗員重量も追加することで、実態に近い車キロ値に補正した。乗車人員は、上述の図 2-27 を参照した。

(b)燃料消費原単位

旅客車両のエネルギー消費原単位は、最新の在来線車キロ×車キロ当たり消費エネルギーから、17MJ/車キロとした。(新幹線も含めた平均原単位は、19.2MJ/車キロである。)



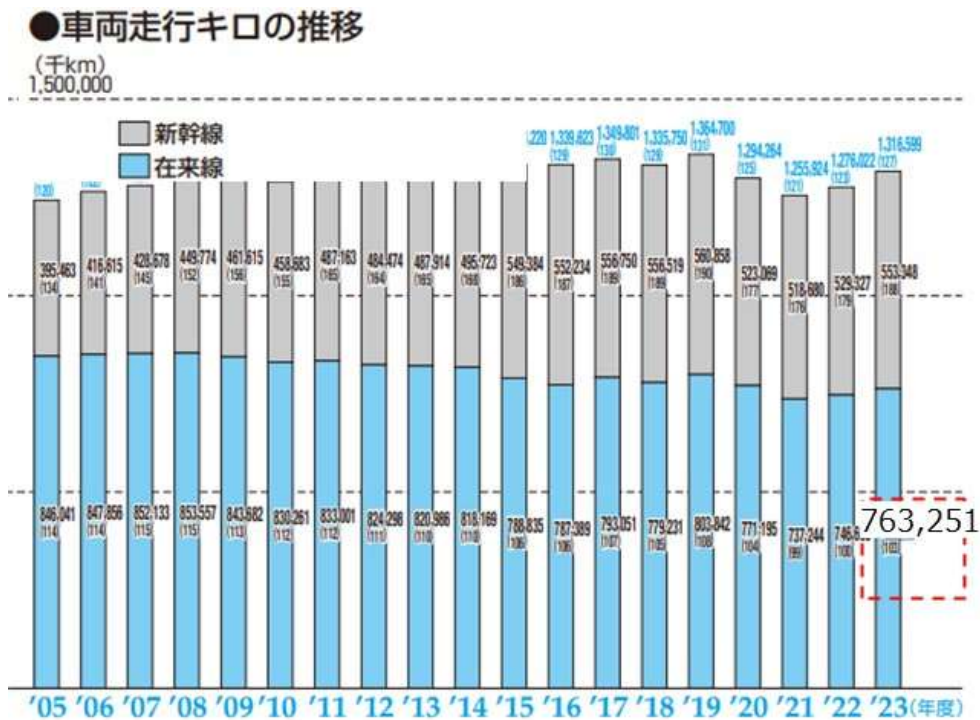


図 2-29 旅客車両エネルギー消費原単位

出所:JR 西日本「地球温暖化防止の取り組み(省エネルギー)」を基に日本総研作成

(c)FC 燃費比

旅客車両の FC 燃費比は、数を参照し、BEV と FCV のエネルギー損失の逆比を燃費比とした。

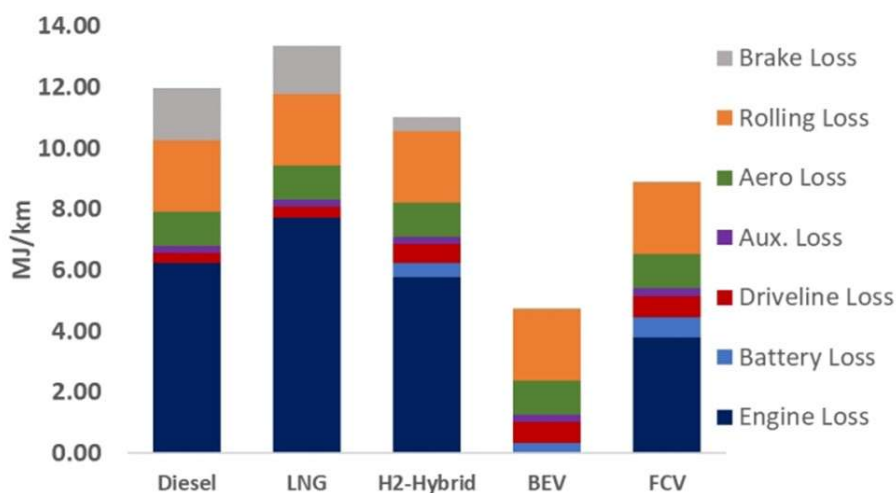


図 2-30 大型車両の燃料別エネルギー損失

出所:メルボルン大「Comparing Powertrains for Heavy-Duty」を基に日本総研作成

(B)貨物車両

姫路貨物駅を出発する貨物車両の水素需要推計フローとして、燃料消費量はトンキロに大きく依存するとし、姫新線の総走行距離×積荷総トン数を基に、トンキロ法にて燃料消費量を推計。

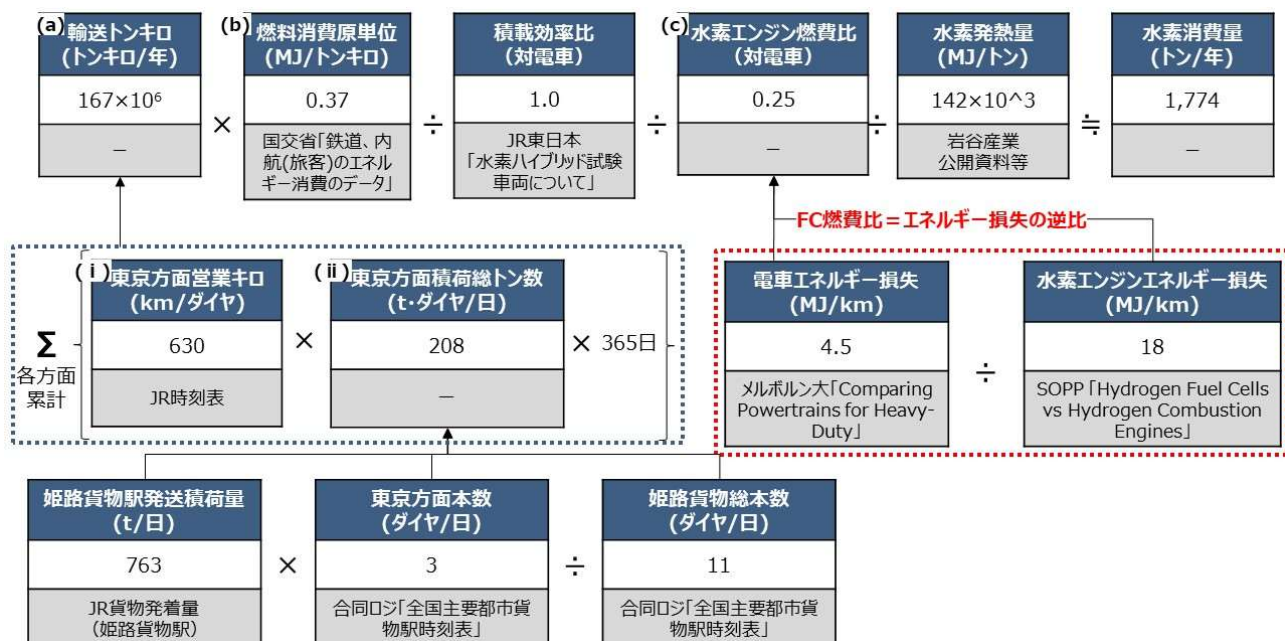


図 2-31 水素需要ポテンシャル推計方法の詳細：貨物鉄道

出所：日本総研作成

(a) 輸送車キロ

貨物車両の輸送車キロは、貨物車両の輸送トンキロは、営業キロ×姫路貨物駅から発送される積荷総トン数にて算出した。

(i) 営業キロ

下記データより各方面の営業キロを取得した。

出発地 (貨物駅)	到着地	貨物駅	列車 番号	荷役線 出線時刻	出発時刻	到着日	到着時刻	荷役線 入線時刻	キロ程
姫路 (姫路貨物)	仙台	仙台 (タ)	1072	8:30	9:50	翌日早朝	4:59	5:45	984
	仙台	仙台 (タ)	5070	11:25	12:36	翌日午前	6:00	7:00	984
	東京	東京 (タ)	1054	10:10	11:19	当日夜間	21:04	21:40	630
	東京	東京 (タ)	5054	18:00	18:48	翌日午前	7:26	8:22	630
	東京	東京 (タ)	5060	4:30	8:49	当日深夜	20:19	23:44	630
	名古屋	名古屋 (タ)	1062	9:50	10:52	当日夕方	15:30	16:50	272
	広島	広島 (タ)	5085	14:50	16:18	当日深夜	21:48	22:22	255
	福岡	福岡 (タ)	1059	10:20	11:21	当日深夜	22:26	22:47	554
	福岡	福岡 (タ)	3051	20:20	22:38	翌日午前	7:15	7:38	554
	福岡	福岡 (タ)	5055	1:00	8:35	当日夜間	19:08	19:40	554
	福岡	福岡 (タ)	5073	19:30	20:55	翌日午前	6:47	7:40	554

図 2-32 貨物車両営業キロ・ダイヤ

出所：合同ロジ「全国主要都市貨物駅時刻図」を基に日本総研作成

(ii) 積荷総トン数

下図、姫路貨物駅からの積荷発送量より積荷総トン数を 278 千 t/年とした。なお、各方面のダイヤ

(参照)によってトン数を配分した上で、各方面輸送トンキロを算出している。

(単位：トン)

区 分	総 数	発 送 量	到 着 量
平成 30 年度	483,395	281,962	201,432
令和 元 年度	474,612	289,207	185,405
2	440,150	277,371	162,779
3	446,631	283,928	162,703
4	437,181	278,627	158,554

注) 貨物営業成績
による。

直近で278千t/年
を発送

資料：日本貨物鉄道株式会社
関西支社

図 2-33 貨物車両積荷量

出所：姫路市「姫路市統計要覧－令和 5 年(2023 年)版－、10.運輸・通信」を基に日本総研作成

(b)燃料消費原単位

貨物車両のエネルギー消費原単位は、下図を参照し 0.37MJ/トンキロとした。

(イ) 貨 物

(単位：KJ(10³J)/トンキロ)

輸送機関 \ 年 度	平成20	平成21	平成22	平成23	平成24	平成25	平成26	平成27	平成28
J R 貨 物	436.7	442.0							
民 鉄	526.5	560.0	439.9	433.6	427.4	414.5	404.3	384.3	373.3
鉄 道(計)	437.4	442.9							
営 業 用 自 動 車	2,127.9	2,099.9	3,086.3	3,074.3	3,260.6	3,145.0	3,411.8	貨物車両： 0.37MJ/トンキロ	
自 家 用 自 動 車	10,733.6	11,190.7	18,202.9	18,624.3	18,249.4	18,722.6	19,083.8		
自 動 車(計)	3,211.1	3,225.6	4,942.8	4,979.2	5,375.1	5,273.4	5,564.6	5,675.6	5,402.8
内 航 海 運	543.0	553.6	553.3	554.5	559.5	524.0	543.8	536.1	545.7
航 空 (国内線)	21,071.8	21,117.5	20,559.6	20,862.7	21,929.7	21,545.6	21,393.3	21,036.5	20,963.1
平 均	2,236.1	2,298.4	3,140.0	3,136.0	3,235.1	3,139.0	3,124.9	3,155.3	3,057.8

図 2-34 貨物車両エネルギー消費原単位

出所：国交省「鉄道、内航(旅客)のエネルギー消費のデータについて」を基に日本総研作成

(c)水素エンジン燃費比

貨物列車の水素エンジン燃費比は旅客車両の燃費比(図 2-30参照)から、更に FC に対する水素エンジンの燃費比率を乗じて算出した。

(C)トラック

姫路貨物駅を発着するトラックの水素需要推計フローとして、燃料消費量はトンキロに大きく依存するとし、積荷総トン数×実車輸送キロを基に、トンキロ法にて燃料消費量を推計。

※空車輸送トンキロは、実車輸送に比べて極めて小さいため省略

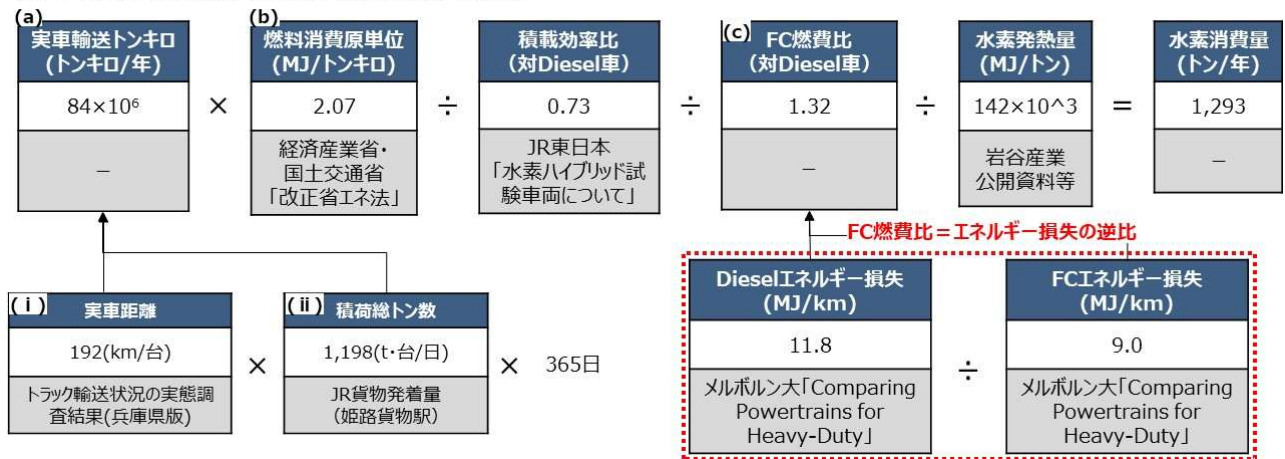


図 2-35 水素需要ポテンシャル推計方法の詳細：トラック

出所：日本総研作成

(a)輸送車キロ

トラック輸送トンキロは、実車距離×積荷総トン数(姫路貨物駅の発着総数)より算出した。

(i)実車距離

下記データを参照し、トラック実車距離は 192km とした。

車種別・1運行の平均走行距離・実車距離		
(回答396運行)	平均走行距離	平均実車距離
普通	177km	142km
中型	203km	158km
大型	337km	251km
トレーラ	223km	140km
全体	258km	192km

図 2-36 兵庫県トラック平均実車距離

出所：近畿運輸局「トラック輸送状況の実態調査結果(兵庫県版)」を基に日本総研作成

(ii)積荷総トン数

下図、姫路貨物駅からの積荷発着量より積荷総トン数を437千 t/年とした。

(単位：トン)			
区 分	総 数	発 送 量	到 着 量
平成 30 年度	483,395	281,962	201,432
令和 元 年度	474,612	289,207	185,405
2	440,150	277,371	162,779
3	446,631	283,928	162,703
4	437,181	278,627	158,554

注) 貨物営業成績による。

直近で437千t/年を発送

資料：日本貨物鉄道株式会社 関西支社

図 2-37 姫路貨物駅発着トラック積荷量

出所：姫路市「姫路市統計要覧－令和 5 年(2023 年)版－、10.運輸・通信」を基に日本総研作成

(b)燃料消費原単位

トラックのエネルギー消費原単位は下図を参照し、水素のターゲットである 6t 以上の中～大型車の平均値より 2.07MJ/トンキロとした。(図 2-38 中、軽油 L/トンキロを MJ/トンキロに変換した。)

トラックのトンキロあたり燃料使用量

燃 料	最大積載量 (kg)	輸送トンキロあたり燃料使用量 (g/t・km)							積載率が不明な場合			
		積載率 (%)							平均積載率		原単位	
		中央値	10%	20%	40%	60%	80%	100%	自家用	営業用	自家用	営業用
ガソリン	軽 貨 物 車	350	2.74	1.44	0.758	0.521	0.399	0.324	10%	41%	2.74	0.741
	～1,999	1,000	1.39	0.730	0.384	0.264	0.202	0.164	10%	32%	1.39	0.472
	2,000以上	2,000	0.886	0.466	0.245	0.168	0.129	0.105	24%	52%	0.394	0.192
軽 油	～999	500	1.67	0.954	0.543	0.391	0.309	0.258	10%	36%	1.67	0.592
	1,000～1,999	1,500	0.816	0.465	0.265	0.191	0.151	0.126	17%	42%	0.530	0.255
	2,000～3,999	3,000	0.519	0.295	0.168	0.121	0.0958	0.0800	39%	58%	0.172	0.124
	4,000～5,999	5,000	0.371	0.212	0.120	0.0867	0.0686	0.0573	49%	62%	0.102	0.0844
	6,000～7,999	7,000	0.298	0.170	0.0967	0.0696	0.0551	0.0459			0.0820	0.0677
	8,000～9,999	9,000	0.253	0.144	0.0820	0.0590	0.0467	0.0390			0.0696	0.0575
	10,000～11,999	11,000	0.222	0.126	0.0719	0.0518	0.0410	0.0342			0.0610	0.0504
	12,000～16,999	14,500	0.185	0.105	0.0601	0.0432	0.0342	0.0285			0.0509	0.0421

中～大型トラックの原単位平均を使用

図 2-38 トラックエネルギー消費原単位

出所：経産省・国交省「省エネ改正法の概要」を基に日本総研作成

(c)FC 燃費比

トラックの FC 燃費比は、図 2-30を参照し、Dieselと FCV のエネルギー損失の逆比を燃費比とした。

(D)路線バス

姫路市路線バスの水素需要推計フローとして、輸送量は人キロに大きく依存するとし、総走行距離×平均乗車人員を基に、人キロ法にて燃料消費量を推計。但し、乗車人員による重量追加分も加味している。

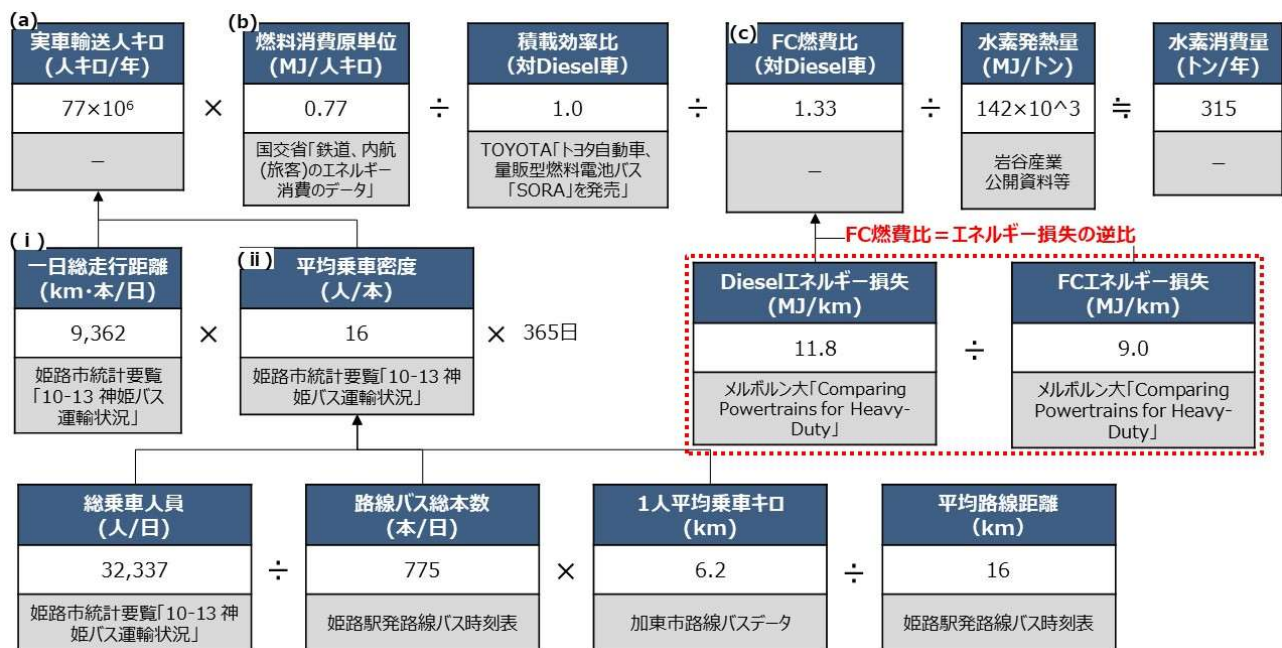


図 2-39 水素需要ポテンシャル推計方法の詳細：路線バス

出所：日本総研作成

(a) 輸送人キロ

路線バスの輸送人キロは、総走行距離(延走行キロ)×平均乗車人員(総乗車人員×区間乗車率÷総本数)×より算出した。

(i) 総走行距離

総走行距離は、下記データの延走行キロを参照した。

区 分	一 般 乗 合						一 般 貸 切			
	営 業 キロ数 (km)	停 留 所 数	在 籍 車 数 (台)	1 日 平 均			在 籍 車 数 (台)	1 日 平 均		
				延走行 キ ロ (km)	稼働 台数 (台)	乗 車 人 員 (人)		延走行 キ ロ (km)	稼働 台数 (台)	乗 車 人 員 (人)
平成 30 年度	227.9	641	109	13,149	94	40,036	36	4,635	15	488
令和 元 年度	227.9	643	111	13,176	93	39,251	28	4,586	15	541
2	231.6	643	108	延走行キロ： 10千km/日	81	総乗車人員： 32千人/日	30	1,285	6	172
3	232.2	645	105		78		23	1,533	7	222
4	234.3	647	103	10,051	82	32,473	32	2,983	13	464

資料：神姫バス株式会社

図 2-40 姫路市路線バス走行キロ・乗車人員

出所：姫路市「姫路市統計要覧－令和 5 年(2023 年)版－、10.運輸・通信」を基に日本総研作成

(ii) 平均乗車密度

平均乗車密度は、{総乗車人員(図 2-40)}÷{総本数(時刻表参照)}×{1 人平均乗車キロ(図 2-41)}

/ {平均路線距離(時刻表参照)}にて算出した。時刻表は、データ量が膨大なため省略した。

運 行 系 統							年 間 輸 送 実 績				
申請 番号	運 行 系統名	起 点	主 な 経由地	終 点	キロ程 (km)	運行回数 a (回)	輸送人員 (人)	1人平均 乗車キロ (km)	輸 送 人キロ (人・キロ)	運送収入 ① (円)	実車走行 キロ ② (km)
1	天神～電鉄小野 駅	天神	古川	電鉄小野駅	17.0	1.3	3,456	6.2	21,427.2	1,108,154	16,456.0

図 2-41 加東市(姫路市近傍エリア)路線バス 1 人平均乗車キロ

出所:姫路市「姫路市統計要覧－令和 5 年(2023 年)版－、10.運輸・通信」を基に日本総研作成

(b)燃料消費原単位

路線バスのエネルギー消費原単位は、下図を参照し 0.77MJ/人キロとした。

(ア) 旅 客

		(単位: K J (10 ³ J) / 人キロ)										
輸送機関	年 度	平成20	平成21	平成22	平成23	平成24	平成25	平成26	平成27	平成28	平成29	平成30
JR 民 鉄 道(計)	R	375.0	381.0	378.4	368.2	358.5	345.5	344.5	338.3	334.3	バス : 0.77MJ/人キロ	
	鉄	449.6	438.3	452.9	437.5	425.0	408.9	404.9	398.7	394.7		
	道(計)	402.8	402.8	406.6	394.2	383.3	369.1	366.9	360.6	356.7		
営業用バス 自家用バス バス(計)	バス	717.3	716.7	777.1	784.7	758.3	792.9	824.6	818.4	818.2	794.7	772.0
	バス	684.8	587.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	バス(計)	711.3	692.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
営業用乗用車 自家用乗用車 乗用車(計)	乗用車	6,542.5	6,665.6	8,828.7	8,310.0	8,286.4	8,354.1	7,840.5	7,935.1	7,113.3	6,875.9	6,669.1
	乗用車	2,523.4	2,586.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	乗用車(計)	2,583.0	2,644.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
自家用貨物車		1,692.3	1,714.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
旅客船(内航)		15,856.1	17,156.6	16,760.0	16,479.6	16,577.2	14,778.8	16,712.0	15,355.2	14,503.6	14,790.7	—
航空(国内線)		1,581.8	1,613.7	1,543.1	1,565.1	1,529.9	1,488.6	1,090.7	1,165.0	1,427.6	1,398.2	1,394.3
平 均		1,739.7	1,784.5	3,743.1	3,754.4	3,762.7	3,606.0	3,587.6	3,489.6	3,147.7	—	—

図 2-42 路線バスのエネルギー消費原単位

出所:国交省「鉄道、内航(旅客)のエネルギー消費のデータについて」を基に日本総研作成

(c)FC 燃費比

路線バスの FC 燃費比は、図 2-30 を参照し、Diesel と FCV のエネルギー損失の逆比を燃費比とした。

(D)高速バス

姫路駅発の高速バス水素需要推計フローは、路線バスと同様のため省略。

(a)輸送人キロ

高速バスの輸送人キロは、総走行距離(時刻表より積み上げ)×平均乗車人員(下図より定員 50 人とし、その半分を平均乗車率とした)より算出した。(※燃料消費原単位等は路線バスと同様のため省略。)

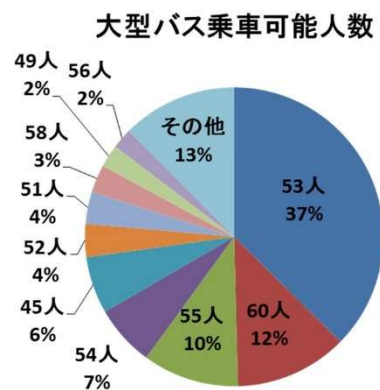


図 2-43 大型高速バスの定員

出所：貸切バスの達人「大型観光バスに乗れる定員数(乗車人数)って何人？」を基に日本総研作成

(2) モデル② | 港湾/船舶+商用車

モデル②では、港湾近傍での交通モードとして、旅客フェリー、内向貨物船、トラック、荷役機械の水素需要規模を推計した。

表 2-8 水素ポテンシャルの推計結果(港湾近傍)

大規模水素受入拠点	1次供給			交通モード	水素需要(トン/年)	算定根拠の概要
	1次需要地種別	需要拠点名	一次輸送距離			
姫路	港湾	姫路港	-	旅客フェリー	12,384	■ 港発のフェリーの時刻表から総航行時間を算出し、燃料消費量を推計。
				内航貨物船	2,499	■ 港の内航貨物移出量と内航貨物船の平均航行距離を基に、トンキロ法にて燃料消費量を推計。
				トラック	16,821	■ 港の総貨物移入量と国内でのトラック平均輸送距離を基に、トンキロ法にて燃料消費量を推計。
				荷役機械	903	■ 港の総貨物取扱量と港湾内での荷役機械の燃料使用原単位を基に、燃料消費量を推計。

出所：日本総研作成

旅客フェリーについては、姫路港では播磨灘に位置する小豆島、西島、家島へのフェリーが運航している。



図 2-44 姫路港から運航する旅客フェリーの航路

出所：姫路港ポートセールス推進協議会 HP

これらの便の時刻表を基に、各旅客フェリーの巡航時間を集計した。集計において参照した時刻表の一例として、姫路港と小豆島の間で小豆島フェリー株式会社が運航するフェリー便の時刻表を示す。

○ 姫路 ▶ 福田			○ 福田 ▶ 姫路		
便	姫路発	福田着	便	福田発	姫路着
1	7:15	8:55	1	7:50	9:30
2	9:45	11:25	2	9:20	11:00
3	11:15	12:55	3	11:40	13:20
4	13:35	15:15	4	13:15	14:55
5	15:10	16:50	5	15:30	17:10
6	17:25	19:05	6	17:15	18:55
7	19:30	21:10	7	19:30	21:10

図 2-45 小豆島フェリーの時刻表

出所：小豆島フェリー株式会社ホームページ

この集計結果を踏まえ、当該巡航時間での燃料消費量を推計し、それに相当する水素需要量を算出した。

<table><tr><th>運航時間合計 (h/年)</th></tr><tr><td>19,643</td></tr><tr><td>フェリー各社時刻表</td></tr></table>	運航時間合計 (h/年)	19,643	フェリー各社時刻表	×	<table><tr><th>平均航行速度 (Km/h)</th></tr><tr><td>31.7</td></tr><tr><td>沿岸域学会誌「国内航路を運航するフェリー・RORO貨物船・コンテナ船の諸元と燃料消費の特徴」</td></tr></table>	平均航行速度 (Km/h)	31.7	沿岸域学会誌「国内航路を運航するフェリー・RORO貨物船・コンテナ船の諸元と燃料消費の特徴」	÷	<table><tr><th>平均航行距離 (km)</th></tr><tr><td>1414</td></tr><tr><td>沿岸域学会誌「国内航路を運航するフェリー・RORO貨物船・コンテナ船の諸元と燃料消費の特徴」等</td></tr></table>	平均航行距離 (km)	1414	沿岸域学会誌「国内航路を運航するフェリー・RORO貨物船・コンテナ船の諸元と燃料消費の特徴」等	×	<table><tr><th>平均燃料消費量 (トン)</th></tr><tr><td>110</td></tr><tr><td>沿岸域学会誌「国内航路を運航するフェリー・RORO貨物船・コンテナ船の諸元と燃料消費の特徴」等</td></tr></table>	平均燃料消費量 (トン)	110	沿岸域学会誌「国内航路を運航するフェリー・RORO貨物船・コンテナ船の諸元と燃料消費の特徴」等	×	<table><tr><th>C重油発熱量 (MJ/L)</th></tr><tr><td>41.9</td></tr><tr><td>岩谷産業ウェブページ「各種燃料比較」</td></tr></table>	C重油発熱量 (MJ/L)	41.9	岩谷産業ウェブページ「各種燃料比較」	÷	<table><tr><th>水素発熱量 (MJ/トン)</th></tr><tr><td>142000</td></tr><tr><td>岩谷産業公開資料等</td></tr></table>	水素発熱量 (MJ/トン)	142000	岩谷産業公開資料等
運航時間合計 (h/年)																												
19,643																												
フェリー各社時刻表																												
平均航行速度 (Km/h)																												
31.7																												
沿岸域学会誌「国内航路を運航するフェリー・RORO貨物船・コンテナ船の諸元と燃料消費の特徴」																												
平均航行距離 (km)																												
1414																												
沿岸域学会誌「国内航路を運航するフェリー・RORO貨物船・コンテナ船の諸元と燃料消費の特徴」等																												
平均燃料消費量 (トン)																												
110																												
沿岸域学会誌「国内航路を運航するフェリー・RORO貨物船・コンテナ船の諸元と燃料消費の特徴」等																												
C重油発熱量 (MJ/L)																												
41.9																												
岩谷産業ウェブページ「各種燃料比較」																												
水素発熱量 (MJ/トン)																												
142000																												
岩谷産業公開資料等																												
÷		<table><tr><th>FC燃費比 (対ディーゼル)</th></tr><tr><td>1.32</td></tr><tr><td>メルボルン大公開資料等</td></tr></table>	FC燃費比 (対ディーゼル)	1.32	メルボルン大公開資料等	÷	<table><tr><th>FC船積載効率 (対既存燃料船)</th></tr><tr><td>0.962</td></tr><tr><td>FutureProofShipping資料</td></tr></table>	FC船積載効率 (対既存燃料船)	0.962	FutureProofShipping資料	=	<table><tr><th>水素消費量</th></tr><tr><td>12,384(トン/年)</td></tr><tr><td>-</td></tr></table>	水素消費量	12,384(トン/年)	-													
FC燃費比 (対ディーゼル)																												
1.32																												
メルボルン大公開資料等																												
FC船積載効率 (対既存燃料船)																												
0.962																												
FutureProofShipping資料																												
水素消費量																												
12,384(トン/年)																												
-																												

図 2-46 姫路港での旅客フェリーによる水素需要量の推計

出所：日本総研作成

内航貨物船については、姫路港における年間の内航貨物移出量が約 340 万トンであることを基に、その物量を輸送するために必要となる内航貨物船の船舶用燃料消費量を推計した。

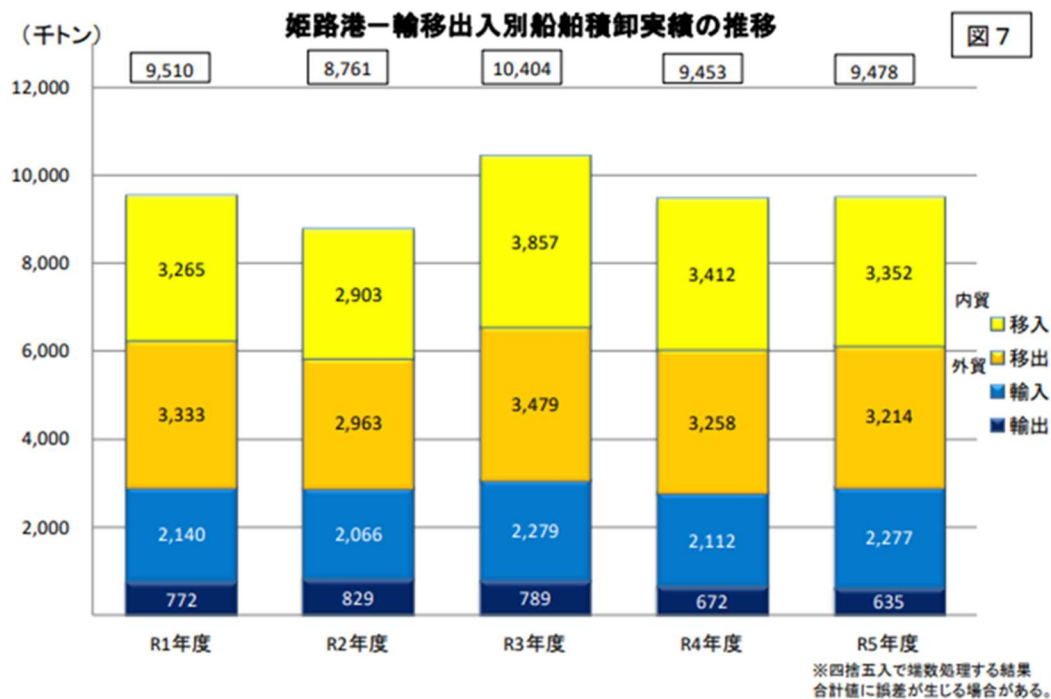


図 2-47 姫路港における貨物の移入及び移出量
出所：国土交通省 神戸運輸管理部 ニュースリリース(令和 6 年 9 月 10 日)²⁰

その上で、その船舶燃料消費量に相当する水素需要を、下記の計算式に基づいて推計した。ここで、内航貨物船の平均輸送距離は、日本国内で運航される内航貨物船の平均輸送距離に関する実績値に関する日本海事センターの統計、FC積載効率については、オランダに拠点を置くFutureProofShipping社が作製した既存貨物船の燃料電池レトロフィット船の積載効率を参照した。

内貨貨物移出量 (万トン/年)	×	入港船舶総トン数に 占める499型の割合	×	内航貨物平均輸送 距離 (km)	×	燃料消費原単位 (L/トンキロ)	×	C重油発熱量 (MJ/L)
335		43%		489		0.015		41.9
国交省近畿地方整備局資料		兵庫県「港湾統計年報」		日本海事センター「内航海運の活動」		政府統計「内航船舶輸送統計調査」		岩谷産業ウェブページ「各種燃料比較」

÷	水素発熱量 (MJ/トン)	÷	FC燃費効率 (対ディーゼル)	÷	FC船積載効率 (対既存燃料船)	=	水素消費量
	142000		1.32		0.962		2,499(トン/年)
	岩谷産業公開資料等		メルボルン大公開資料等		FutureProofShipping資料		-

図 2-48 内航貨物船での水素需要推計

出所：日本総研作成

²⁰ <https://www.tb.mlit.go.jp/kobe/content/000337254.pdf>

港湾内の荷役貨物については、姫路港における総貨物取扱量が 7,700 フレートトンであることを踏まえ、トランスファークレーン等の荷役機械で消費される軽油が、水素に代替されることを想定して、水素需要の推計を行った。

総貨物取扱量 (フレートトン)	×	トランスファークレーン等 軽油消費原単位 (L/フレートトン)	×	軽油発熱量 (MJ/L)	÷	水素発熱量 (MJ/トン)	÷	FC燃費比 (対ディーゼル)	=	水素消費量 (トン)
7700		0.0575		38.4		142000		1.32		903
兵庫県港湾調査資料		国交省「『カーボンニュートラルポート(CNP)形成計画』策定マニュアル」		経産省「エネルギー源別標準発熱量・炭素排出係数(2018年度改訂)の解説」		岩谷産業公開資料等		メルボルン大公開資料等		—

図 2-49 姫路湾の荷役機械による水素需要推計

出所：日本総研作成

なお、トラックについては、姫路港における移入量(内貿・外貿における移入量の合計:563 万トン)を用い、モデル①における計算方法と同様の考え方で推計を実施した。

(3) モデル③ | 空港/航空機+商用車

モデル③では、導入の初期段階において、水素燃料への代替が有望と考えられるプロペラ機が就航する伊丹空港近傍での水素需要を推計した。以下では、航空機と空港内車両の推計方法について詳細を説明する。バス・トラック等の周辺車両については、モデル①及び②と同様の推計方法を用いたため、詳細は割愛する。

大規模水素 受入拠点	1次供給			交通モード	水素需要 (トン/年)	算定根拠の概要
	1次需要地 種別	需要拠点名	一次輸送距離			
姫路	空港	伊丹空港	71km	航空機	10,515	■ 空港出発便の時刻表を基に総飛行時間を集計し、飛行時間当たりの燃料消費量を乗じることで燃料使用量を推計。
				空港内車両	823	■ 羽田空港での空港内車両の燃料消費量を基に、空港総利用者数を比較することで燃料消費量を推計。
				空港発高速バス	410	■ 空港発バス時刻表とGoogleマップを基に各バス路線の総移動距離を集計し、燃料消費原単位を乗じることで燃料消費量を推計。
				空港発路線バス	100	■ 空港発バス時刻表とGoogleマップを基に各バス路線の総移動距離を集計し、燃料消費原単位を乗じることで燃料消費量を推計。
				タクシー	93	■ 羽田空港でのタクシー稼働実績を基に、空港利用者数を比較することで燃料消費量を推計。
				トラック	132	■ 空港での貨物取扱量とトラックの平均輸送距離を基に、トンキロ法にて燃料消費量を推計。

図 2-50 伊丹空港近傍における水素需要の推計結果

出所：日本総研作成

航空機については、伊丹空港で就航するプロペラ機である ATR-42-600(ATR 製)と Dash 8-400 (デ・ハビランド・カナダ製)が水素代替の可能性が高いものと想定し、推計対象とした。これらの機体が運航している路線を特定し、時刻表を基に、各便の飛行時間を集計した。

また、水素航空機へと代替した場合に、燃料タンクや燃料電池等の設置により、設置可能な座席数が減少することを考慮に入れた。具体的には、参考文献“Performance analysis of fuel cell retrofit aircraft”, Jayant Mukhopadhaya を基に、伊丹空港発着路線の運航が可能となる航続距離を実現できる座席数を設定し、航続距離 1,250km、座席数 50 席の FC 航空機を想定した。その場合、仮に FC 機体の搭乗率が、2023 年度の各路線における平均搭乗率と同じとした場合、現行で両機体合わせて約 44 便/日ある運航便を、53 便に増便する必要があることが分かった。伊丹空港での燃料供給量については、燃費を高めるために 1 回のフライト毎にフライトに必要な燃料及び非常時に必要な最小限の燃料を搭載するという実際の運用を踏まえ、各フライトの飛行時間分を航行するのに必要な燃料が、補給されるものと想定した。そのため、伊丹空港との間で運航便のある各地の空港には、伊丹行のフライト便に対して水素を供給するための最低限の水素インフラが整備されるものと想定した。以上のようなフライトの運用を想定したうえで、伊丹空港での航空燃料の燃料消費量を推計した。その燃料消費量を水素燃料消費量に換算することで、航空機における水素需要の最大ポテンシャルを推計した。

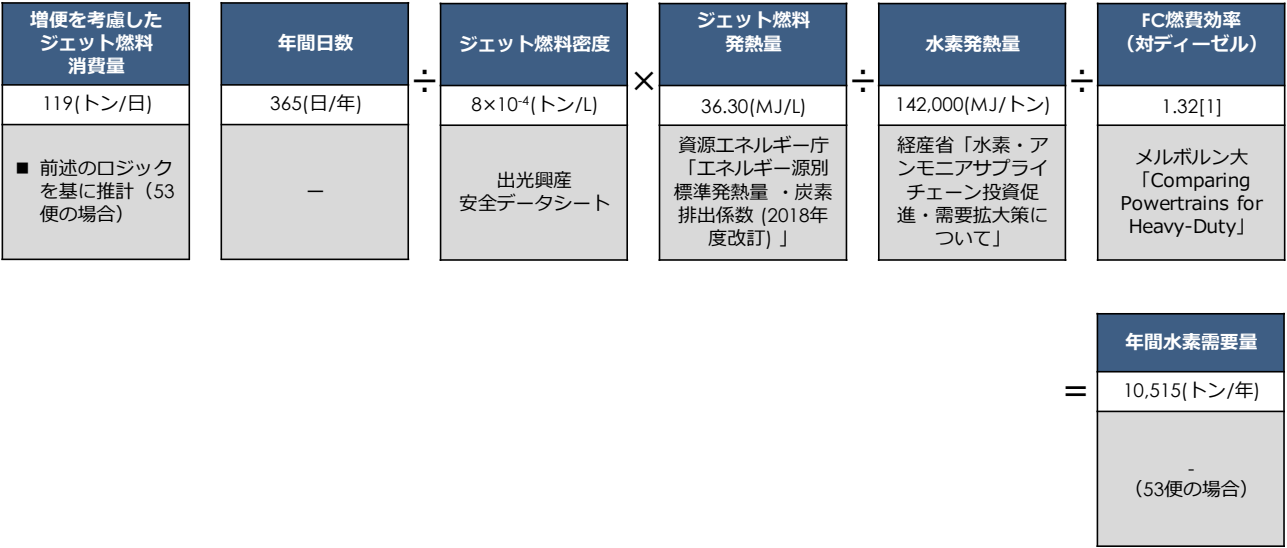


図 2-51 伊丹空港における航空機での水素燃料消費量

出所：日本総研作成

空港内車両については、羽田空港における液体燃料(ガソリン及び軽油)の消費量を基に推計を行った。空港内車両にはトーイングカー、パッセンジャーステップ、貨物用のローダー等が存在するが、それらの車両での燃料消費量はおおむね空港利用者数に応じてスケールするもの想定し、下記の数式のように、羽田空港と伊丹空港の空港利用者数の違いを考慮することで、伊丹空港における燃料消費量を推計し、水素需要を求めた。

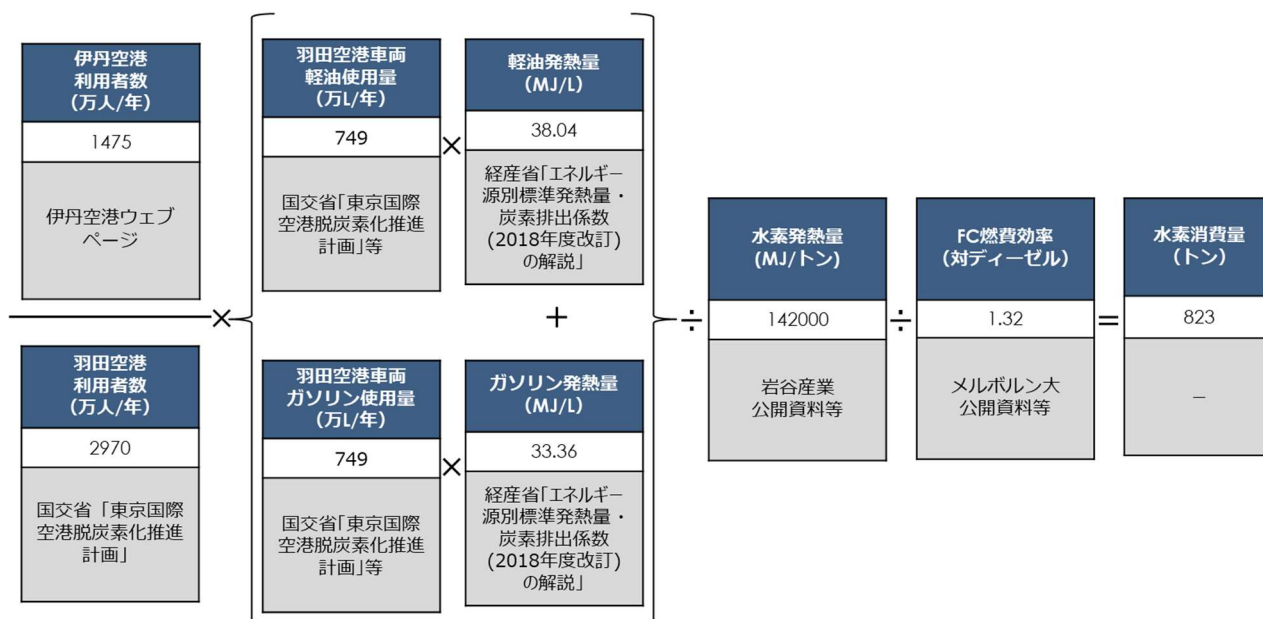


図 2-52 空港内車両における水素需要推計

出所: 日本総研作成

伊丹空港を出発する路線バス・高速バスの水素需要推計フローは、「モデル① | 鉄道車両 + 自動車」同様、総走行距離×平均乗車人員を基に、人キロ法にて燃料消費量を推計。総走行距離は伊丹空港バス時刻表に基づき算定したが、時刻表はデータ量膨大なため省略する。また、平均乗車人員、及びその他パラメーターはモデル①と同等とした。

伊丹空港を出発するトラックの水素需要推計フローは、「モデル① | 鉄道車両 + 自動車」同様、積荷総トン数×実車輸送キロを基に、トンキロ法にて燃料消費量を推計。積荷総トン数は、関西国際空港のプレスリリース²¹より、伊丹空港(大阪国際空港)における貨物取卸量をトラックによる輸送量として設定した。

伊丹空港を出発するタクシーの水素需要推計フローは、{輸送回数}×{1回当たり利用キロ(往復分)}×{タクシー燃費}にて推計。

輸送回数は、下記直近の伊丹空港タクシー輸送状況データより、681回/日とした。

表 I-2 乗場別輸送状況対比(過去5年)

	令和元年	令和2年	令和3年	令和4年	令和5年
大阪タクシー乗場	337	174	159	226	257
大阪近距離タクシー乗場	305	152	129	235	248
兵庫県タクシー乗場	238	117	83	163	176
合計	880	443	371	624	681

図 2-53 伊丹空港出発タクシー輸送回数

出所: 公益財団法人大阪タクシーセンター「タクシー輸送実態調査結果」を基に日本総研作成

²¹ https://www.kansai-airports.co.jp/news/2023/3221/J_240325_TrafficReport_February2024.pdf

1 回当たり利用キロは、下記伊丹空港タクシー利用距離と、距離に対する利用回数構成比の加重平均×2(往復分)より、24km/回とした。

表 I-6 距離別輸送回数

距離 \ 区分	大 阪	兵 庫	計	構成率
5 km まで	168	57	225	33.0
5 km 超 10 km まで	69	93	162	23.8
10 km 超 20 km まで	231	2	233	34.2
20 km 超	31	13	44	6.5
不 明	6	11	17	2.5
合 計	505	176	681	100.0

図 2-54 伊丹空港出発タクシー利用距離

出所:公益財団法人大阪タクシーセンター「タクシー輸送実態調査結果」を基に日本総研作成

(4) モデル④ | 離島

モデル④では、離島における交通モードとして、航空機、旅客フェリー、貨物船、路線バスの水素需要規模を推計した。各交通モードの推計フローは、モデル①～③と同様であるため省略。また、貨物船、路線バスの需要は極小であるため、バックデータはここでは省略した。

		大規模水素 受入拠点	1次供給			交通モード	水素需要 (トン/年)	算定根拠の概要
			1次需要地 種別	需要拠点名	一次輸送距離			
離島 モデル	五島	梶島 ※オンサイト 製造	空港	福江空港	18.5km	航空機	840	■ 空港出発便の時刻表を基に総飛行時間を集計し、飛行時間当たりの燃料消費量を乗じることで燃料使用量を推計。
			港湾	福江港	15km	旅客フェリー	2,700	■ 港発のフェリーの時刻表から総航行時間を算出し、燃料消費量を推計。
			港湾	離島内	15km	路線バス	42	■ 福江港発の路線バスのルート距離×乗車人員を基に、人キロ法にて燃料消費量を推計

図 2-55 水素需要ポテンシャルの推計結果(離島)

出所:日本総研作成

航空機は、福江空港からの出発便の総飛行時間(下図)より燃料需要を推計した。

福江発→福岡着				福江発→長崎着			
出発	到着	便名		出発	到着	便名	
09:40	10:20	ANA	4914	11:05	11:35	ANA	4674
		orc				orc	74
13:05	13:45	ANA	4692	12:35	13:05	ANA	4676
		orc	92			orc	76
18:15	19:00	ANA	4696	17:50	18:20	ANA	4678
		orc	96			orc	78

図 2-56 福江発航空機の飛行時間

出所:五島つばさ空港ホームページを基に日本総研作成

旅客フェリーは、福江港発便の総運航時間(下図)より燃料需要を推計した。

フェリー

1便	8:00 発 → 11:45 着
2便	11:45 発 → 16:05 着
3便	16:50 発 → 20:00 着

図 2-57 福江発旅客フェリーの運航時間

出所：九州商船「運航ダイヤ・運賃」を基に日本総研作成

2.4.3 モデル検証の結果

(1) モデル① | 鉄道車両基地/鉄道車両 + 自動車

姫路エリアでは、非電化路線として姫新線が運行しており、姫路駅周辺では、路線バスや高速バス、トラックが運行している。これらの交通モードの需要を束ね(図 2-58 中 A:需要ポテンシャル参照)、図 2-58 中 B:水素化率に応じて各モードを水素化し、マルチモーダル型水素ステーションでの水素充填を想定した場合のコスト低減効果について検証した。検証方法としては、前節で試算したポテンシャルと、2.3 節で行った経済性試算により、コスト低減効果を試算する。

結果としては下図のとおり 20%程度の削減効果が期待できると試算された。現状想定される水素需要の最大ポテンシャルのうち、23%分に相当する水素需要を創出することができれば、マルチモーダル型水素ステーションによるコスト低減効果が期待できる。なお、図中の<水素消費の想定シナリオ>で記載している車両の導入台数は、あくまで試算上仮定した車両スペックを基にした想定であるため、実際には車両を保有する事業者等によって精査が必要な点に留意されたい。

	交通モード	A 需要ポテンシャル (トン/年)	B 水素化率 (%)	A×B モデル需要規模 (トン/年)	
モデル ①	非電化旅客車両	660	40	200	380
	貨物車両	1,800	10	180	
	トラック	1,300	30	390	580
	路線バス	320	40	130	
	高速バス	140	40	60	
	荷役機械	5	40	2	
合計		4,230	23	950	

<水素消費の想定シナリオ>

- ✓ 非電化路線は、区間営業キロ22~38kmの路線で1日7本稼働する車両23両のうち7両相当分
- ✓ トラックは、1日370km走行する10tトラック10台相当分
- ✓ 路線バスは、一回1hの走行で平均16km走り、平均乗車人数16人と仮定した場合の33台相当分
- ✓ 高速バスは、一日平均240km走り平均乗車率25人と仮定した場合の3台相当分

【個別モード毎に整備されたSTを利用する場合】		
商用車 専用ST	水素供給量	0.055万 ^ト
	設置数	2か所
鉄道向け ST	水素供給量	0.04万 ^ト
	設置数	2か所
供給コスト		61.3円/Nm ³

【マルチモーダル型STを利用する場合】		
商用車 専用ST	水素供給量	0万 ^ト
	設置数	0か所
マルチモー ダル型ST	水素供給量	0.095万 ^ト
	設置数	2か所
供給コスト		49.6円/Nm ³

※P.9と同様の計算方法により算出

ステーション共用化により20%のコスト削減効果が期待される

図 2-58 姫路駅周辺における経済性試算の結果

出所：日本総研作成

	対象車両	平均通過人員/ 積載量	営業キロ	台当たり運行本数 本/日・台	稼働台数	水素消費量 トン/年・台	備考
1	非電化路線 (旅客)	111~7,011人 (全区間平均は 1,399人)	22~38km (全区間総距離は 158km)	7	23両	30 (日当たり80kg程度)	■ 姫新線の運行情報 等に基づき設定
2	非電化路線 (貨物)	70~200t	260~984km	1	約30両	58	■ 姫新貨物線の運行 情報等に基づき設 定
3	トラック	10t	192 (km/日)	2	-	21	■ 国交省による兵庫 県内事業者へのア ンケート調査に基づ く走行距離
4	路線バス	16人	16	9	-	4	■ SORAの定員を参 照
5	高速バス	25人	240	2	-	23	■ 大型観光バスの4 列×11行程度の規 模を想定

図 2-59 <水素消費の想定シナリオ>における車両スペックの前提(モデル①)

出所:日本総研作成

(2) モデル② | 港湾/船舶+商用車

姫路港周辺では、内航貨物船の他、旅客フェリーも就航しており、姫路港で受け入れた貨物を輸送するトラックと合わせて複数の交通モードが運用されている。これらの交通モードの需要を束ね(図 2-60 中 A:需要ポテンシャル参照)、図 2-60 中 B:水素化率に応じて各モードを水素化し、マルチモーダル型水素ステーションでの水素充填を想定した場合のコスト低減効果について、前述のモデルと同様の方法で検証した。

結果としては下図のとおりであり、現状想定される水素需要の最大ポテンシャルのうち、25%分に相当する水素需要を創出することができれば、マルチモーダル型水素ステーションによるコスト低減効果が期待できると試算された。フェリーや内航船については、1 隻当たりの燃料消費量が多いため、1 隻導入することによる需要創出の効果は大きく、一定程度 FC トラックの導入が進んでいれば、水素ステーションを共用化するメリットは大きいと考えられる。

	交通モード	A 需要ポテンシャル (トン/年)	B 水素化率 (%)	A×B モデル需要規模 (トン/年)	
モデル ②	旅客フェリー	12,380	20	2,480	<水素消費の想定シナリオ> ✓ 旅客フェリーは、定員490名のフェリー1隻相当分 ✓ 内航貨物船は、499型の船舶1隻相当分 ✓ トラックは、1日192km走行する10tトラック244 台相当分
	内航貨物船	2,500	20	500	
	トラック	16,820	30	5,050	
	荷役機械	900	20	180	
合計		32,600	25	8,210	

【個別モード毎に整備されたSTを利用する場合】		
商用車 専用ST	水素供給量	0.52万トン
	設置数	12 か所
船舶向け ST	水素供給量	0.30万トン
	設置数	2 か所
供給コスト		49.0円/Nm3

【マルチモーダル型STを利用する場合】		
商用車 専用ST	水素供給量	0.07万トン
	設置数	2 か所
マルチモー ダル型ST	水素供給量	0.75万トン
	設置数	2 か所
供給コスト		40.9円/Nm3

ステーション共用化により16%のコスト削減効果が期待される

図 2-60 姫路港周辺における経済性試算の結果

出所:日本総研作成

	対象車両	定員/ 積載量	営業キロ	台当たり運行本数 本/日・台	稼働台数	水素消費量 トン/年・台	備考
1	旅客フェリー	150~490 (定員)	12~41km (航行時間等から 推計)	7~12	7隻	800~2,800	■ フェリー運航会社の 運行情報等に基づ き設定
2	内航貨物 (499GT)	1,600t (最大)	490 (km/日) (平均輸送距離)	1	-	440	■ 港湾統計等に基づ き設定
3	トラック	10t	192 (km/日)	2	-	21	■ 国交省による兵庫 県内事業者へのア ンケート調査に基づ く走行距離

図 2-61 <水素消費の想定シナリオ>における車両スペックの前提(モデルケース②)

出所:日本総研作成

(3) モデル③ | 空港/航空機+商用車

伊丹空港では、40~70席クラスのリージョナルプロペラ機が運航しており、空港には路線バスや高速バス、トラック、タクシーが運行している。これらの交通モードの需要を束ね(図 2-62 中 A:需要ポテンシャル参照)、図 2-62 中 B:水素化率に応じて各モードを水素化し、マルチモーダル型水素ステーションでの水素充填を想定した場合のコスト低減効果について、前述のモデルケースと同様の方法で検証した。

結果としては下図のとおりであり、現状想定される水素需要の最大ポテンシャルのうち、10%分に相当する水素需要を創出することができれば、マルチモーダル型水素ステーションによるコスト低減効果が期待できると試算された。航空機については、1 路線相当分で水素を導入しつつ、周辺を走行する商用車や空港内車両において、現行の 40%分の燃料を水素で置き換えることで実現可能と考えられる。商用車で想定した水素化率は高いが、水素航空機の導入時期が他交通モードに比べると時間を要するため、その間に商用車で水素利用の拡大が進むことが想定される。

	交通モード	A 需要ポテンシャル (トン/年)	B 水素化率 (%)	A×B モデル需要規模 (トン/年)	
モデル ③	航空機	10,515	5	530	620
	空港内荷役車両	820	40	330	
	高速バス	410	40	160	
	路線バス	100	40	40	
	タクシー	90	40	40	
	トラック	130	40	50	
合計		12,070	9	1,150	

<想定シナリオ>

- ✓ 導入初期は水素インフラが確立されていないため、航空機については、往復分の水素を伊丹空港で充填するものとして、往復での航行距離400nm(約740km。Dash 8-300改修機の場合。)未満の路線で、座席数100席以下の機体1機相当分(伊丹-但馬間の運航便分に相当)
- ✓ タクシーは、300km/日で28台相当分
- ✓ トラックは、10tトラック2台相当分
- ✓ 路線バスは、一回1hの走行で平均15km走り、平均乗車人数21人と仮定して、10台相当分
- ✓ 高速バスは、一回1hの走行で平均30km走る50人乗りのバスと仮定して、8台相当分

【個別モード毎に整備されたSTを利用する場合】		
商用車専用ST	水素供給量	0.062万 ^{トン}
	設置数	2か所
航空機向けST	水素供給量	0.053万 ^{トン}
	設置数	2か所
供給コスト		58.5円/Nm ³

【マルチモーダル型STを利用する場合】		
商用車専用ST	水素供給量	0万 ^{トン}
	設置数	0か所
マルチモーダル型ST	水素供給量	0.115万 ^{トン}
	設置数	2か所
供給コスト		52.2円/Nm ³

※P.9と同様の計算方法により算出

ステーション共用化により11%のコスト削減効果が期待される

図 2-62 伊丹空港周辺における経済性試算の結果

出所:日本総研作成

	対象車両	平均通過人員/ 積載量	営業キロ	台当たり運行本数 本/日・台	稼働台数	水素消費量 トン/年・台	備考
1	航空機	各航空会社 路線毎実績	1,250 km (航続距離)	1~5	53便/日	210~600	■ 航続距1,250km のFC航空機を想定
2	トラック	10t	192 (km/日)	2	-	21	■ 国交省による兵庫 県内事業者へのア ンケート調査に基 づく走行距離
3	路線バス	16人	16	9	-	4	■ SORAの定員を参 照
4	高速バス	25人	240	2	-	23	■ 大型観光バスの4 列×11行程度の規 模を想定
5	タクシー	-	300 (km/日)	-	-	2	

図 2-63 <水素消費の想定シナリオ>における車両スペックの前提(モデルケース③)

出所：日本総研作成

(4) モデル④ | 離島

福江島では、旅客フェリーや航空機、路線バスが運行しているが、図 2-55 のとおり、路線バスにおける需要規模が小さいため、航空機や船舶といった交通モードとの組み合わせによるコスト低減効果を見込むことは難しい。また、航空機と船舶における水素供給インフラの共用化についても、両者の物理的距離が遠いことなどから現実的でない。本試算の目的は、商用車向けに整備する必要があった水素ステーションを、マルチモーダル型水素ステーションに集約することによるインフラ整備コストの低減効果を検証することである。このため、商用車の需要が小さいエリアでは、こうした効果の定量化は難しい。ただし、離島の特性上、いくつも水素ステーションを整備することは、需要規模や経済性の観点からも考えにくい。そのため、空港や港湾でマルチモーダル型水素ステーションを整備し、地産地消の水素を利用することは、離島における水素インフラ整備の観点からも必要と考えられる。

水素ステーションの集約によるコスト低減を目的に、マルチモーダル型水素ステーションを設置するのではなく、離島内の需要に対して必要最低限の水素ステーションを設置することが合理的であるため、離島モデルにおいては、マルチモーダル型水素ステーションの設置が必要と考える。こうした考え方にに基づき、モデル④については、定量的な評価は行わないものとした。

3. 水素利用モデル実現に向けた課題と解決策の検討

3.1 課題整理の方法

前章で整理したモデル①-④を実現するための課題とその課題解決の方向性について、これまでの検討を踏まえて事務局にて初期案(表 3-2 上段)を整理した上で、各委員から得られたフィードバックの反映結果(表 3-2 下段)を再度委員会で確認するプロセスで、整理した内容を精緻化した。

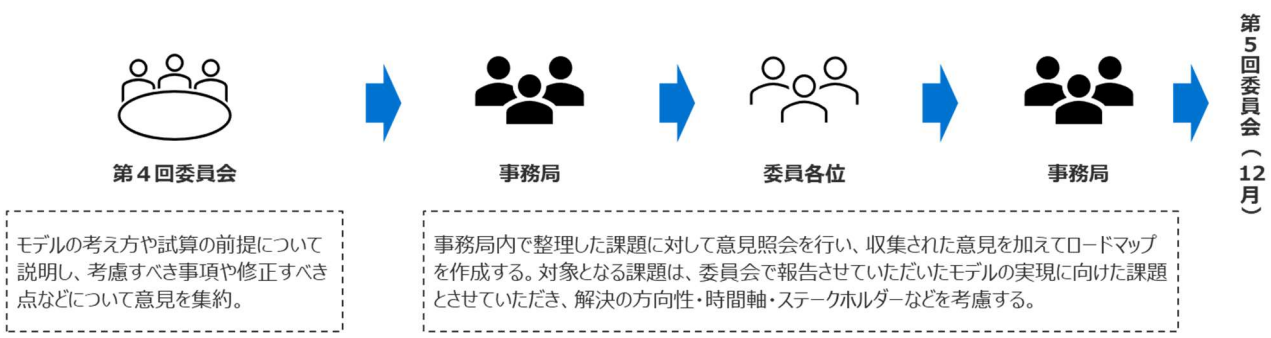


図 3-1 課題整理のプロセス

出所:日本総研作成

【運用ルール・充填スケジュール管理】

- モデル実現に向けた課題（検証が必要な事項）**
- ✓ ダイヤ運行×トラック等の不定期運行している交通モードに充填する場合の運用ルールの整備・制約。
 - ✓ ダイヤ運行されている交通モードでは、混雑状況やST性能等を考慮し、充填タイミングを管理する体制構築や手法などの検討が必要。
- 解決に向けて必要な取り組み**
- ✓ 実際に充填スケジュール管理が機能するか等、実証を通じた検証を行う。

課題解決の時間軸

現在	2030	2040	2050
----	------	------	------

ステークホルダー

国・政府	自治体	ST運営者	需要家	メーカー等
	○	◎	○	

- モデル実現に向けた課題（検証が必要な事項）**
- ✓ ダイヤ運行×トラック等の不定期運行している交通モードに充填する場合の運用ルールの整備・制約。
 - ✓ ダイヤ運行されている交通モードでは、混雑状況やST性能等を考慮し、充填タイミングを管理する体制構築や手法などの検討が必要。特に**航空機の場合、空港運用時間や出発時間にに応じたレーンを利用しなければならない**ことも念頭に置く必要がある。
 - ✓ **イレギュラーな事態でダイヤ外の燃料の再充填が必要になる場合にも備え、余裕を持った運用とする必要がある。**
- 解決に向けて必要な取り組み**
- ✓ 実際に充填スケジュール管理が機能するか等、実証を通じた検証を行う。

頂いたご意見（記載者は委員会資料では削除） ※

- ✓ 航空機の場合、空港運用時間や出発時間にに応じたレーンを利用する必要がある。
- ✓ 航空機はダイヤ運航であるが、降雪時・悪天候による出発遅延による燃料の追加搭載、不具合等で出発空港へ引き返す等のイレギュラーにより、ダイヤ外の燃料の再充填が必要になる場合が想定される。他の交通モードでも同様の事象があると思うが、ある程度イレギュラーも考えた余裕を持った運用する必要がある。

図 3-2 モデル実現に向けた課題整理(例:モデル共通 | 運用ルール・充填スケジュール管理)

出所:日本総研作成

3.2 課題の類型

本課題整理では、各モデルの実現を目指すうえで、全モデルに共通する課題と解決策及び各モデル固有の課題と解決策を、主に①社会実装時の実務面を想定した「設置・運用」、②社会実装を実現するために

必要な「技術開発」③安全性の確保/実装支援に関する「規制・制度」の3つの観点で整理した。本課題整理の一覧は本報告書の末尾に添付している(添付資料8.1参照)が、以下本文では主に複数の委員から言及があった課題、後段のロードマップを作成するうえで重要な論点として議論された課題を抽出して記載している。

3.3 モデル実現に向けた課題と解決の方向性

3.3.1 モデル共通

観点	項目	モデル実現に向けた課題（検証が必要な事項）	解決の方向性
設置・運用	水素供給方法	現状の水素ステーションは圧縮水素を一定の決められたプロトコル（量・時間）でしか充填できないため、マルチモーダル型ステーションにおいて、圧縮水素のみを供給する場合と、圧縮水素と液化水素の双方を供給する場合のコストの差異や運用方法の違いを検討する必要がある。	現状、モビリティ向けの異なる充填プロトコル（商用トラックへの圧縮ガス充填）については実証段階、液充填については開発中であることも踏まえると、まずはそれぞれの充填プロトコルの確立を目指し、その後双方を供給する場合の充填プロトコルの開発を行う。
	運用ルール・充填スケジュール管理	また、不定期運行する交通モードに充填する場合の運用ルールの整備・制約や、ダイヤ運行する交通モードの混雑状況や水素ステーション性能等を考慮した、充填タイミングを管理する体制構築を検討する必要がある。特に航空機の場合、空港運用時間や出発時間に応じてレーンを利用しなければならないことも念頭に置く必要がある。加えて、イレギュラーな事態でダイヤ外の燃料の再充填が必要になる場合にも備え、余裕を持った運用とする必要がある。	モデルによって管理主体は異なるため、進め方も異なると考えられる。港湾であればCNP検討会のように、既に発足している複数事業者との連携を見据えた協議体をベースに体制構築を図る、また、鉄道であれば事業者主体で推進が進められている中で手法論を議論するなど、モデルごとの検討状況に合わせ、既存の取り組みと照合しながら検討する。その上で、実際に充填スケジュール管理が機能するか等、実証を通じた検証を行いながら、最適な運航体制を構築する。
	水素輸送方法	湾港で受け入れた液化水素を鉄道荷物として輸送するのか、パイプライン/トレーラーなどで供給拠点まで輸送するのか、はたまた内航転送で二次拠点へ供給するのかが等、適切な水素輸送方法の検討が必要である。	モデル導入の初期断面（～2040年頃）では、液化水素ローリーをベースとした輸送インフラの構築を検討し、長期的には、需要規模の拡大や二次受入拠点への供給に向けて、内航転送/パイプライン/鉄道輸送等の実装可能性について検討を行う。また、液化水素の鉄道輸送においては、振動/入熱等による圧力上昇等における安全性を継続的に検証していく。
規制・制度	保安に関わる技術基準や規制の合理化・適正化	マルチモーダル型水素ステーションの場合、水素貯蔵量が大きく、港湾だけでなく駅・空港などでの利用となるため、離隔距離など規制面での合理化等の検討が必要になる。既に大型化に伴う規制合理化も検討されているが、マルチモーダル型での適用可否については別途検討が必要である。また、水素ステーションの設置場所によっては、駅・港湾・空港の制限エリア内に他の交通モードが侵入するケースも考慮する必要がある。	例えば経済産業省「水素保安戦略の策定に係る検討会」等において、マルチモーダル型水素ステーションの運営において必要な法規制や安全基準の合理化/適正化が必要な項目を洗い出し、国と事業者の間で実装に向けた議論を進める。
人材確保・育成	水素産業に関する人材確保	水素の取り扱い、水素ステーションの維持・管理、水素車両の整備などの専門知識や資格を有する人材の確保が必要である。	産官学が連携し、様々な関連プレイヤーとの協業を通じて水素に関連する専門知識を有する人材を育成する方向性が考えられる。具体的には、自治体での水素関連プロジェクトの組成を国のサポートだけでなく、先行する民間事業者との連携によって実現することで、水素に関するノウハウ・知見を自治体に蓄積し、人材の育成に繋げる。

3.3.2 モデル①鉄道車両＋自動車

観点	項目	モデル実現に向けた課題（検証が必要な事項）	解決の方向性
設置・運用	交通モード間の距離	鉄道と路線バスなどで実際の充填場所が離れている場合、交通モードや実態に合わせた水素ステーションの仕様を検討する必要がある。	旅客・貨物の交通モードへの補給地点が離れていても、蓄圧器や圧縮機といった設備の共用化が可能か、実現可能性を検証する。
規制・制度	燃料電池鉄道車両の法規対応	高圧ガス保安法関係法令など、営業線での走行に向けて法規制への対応が必要になる。	既に「水素燃料電池鉄道車両等の安全性検証検討会」にて法規制の見直しについて検討が開始されており、2030年代での燃料電池車両の導入を見据えて、2030年までを目途に整理が行われることが期待されている。

3.3.3 モデル②港湾/船舶＋自動車

観点	項目	モデル実現に向けた課題（検証が必要な事項）	解決の方向性
設置・運用	水素供給方法	Ship to Ship/Shore to Shipのいずれでの水素供給が適切なのか検討する必要がある。Shore to Shipの場合は、潮位差や喫水、供給距離によって成立しないケースも想定される。また、Ship to Shipでの供給を想定する場合、バンカリング船の開発も必要になる。ゆえに、具体的なモデル/対象船舶を想定しながら水素供給方法を検討し、必要に応じてバンカリング船の開発/FS等を推進する必要がある。	CNP検討会などの政府が主導する既存の会議体での議論から開始し、実装に向けた詳細検討を進める、あるいは港湾管理者や民間事業者らによって協議を開始できる体制構築を政府が後押しする等の取り組みが求められる。

3.3.4 モデル③空港/航空機＋自動車

観点	項目	モデル実現に向けた課題（検証が必要な事項）	解決の方向性
設置・運用	地方空港への水素供給	リージョナルプロペラ機向けに水素をリーズナブルなコストで安定的に入手し、地方空港へ供給できる体制構築が必要である。特に水素導入当初は、場合によっては液体水素ローリーを既存燃料の数倍の台数で運用する必要があるため、空港内の地上交通の混雑も引き起こす可能性がある。	安定的な供給インフラの構築に向けて、産業部門など他セクターや行政/地方自治体等と協力しながら導入に向けた協議会の立ち上げや、民間主体での検討を推進できる体制の構築を進める。また、その検討の際には、水素燃料補給に伴う地上交通のオペレーションの見直しを勘案する。
技術開発	液化水素とガスの同時充填	リージョナルプロペラ機の場合、原則液化水素での充填となるが、商用車には水素ガスの供給となるため、マルチモーダル型水素ステーションの場合、ガスと液体の供給を両立させる必要がある。	液化水素ローダーと通常のディスペンサーを有する水素ステーションの成立性検証のためのFS、システム全体の制御技術開発などを推進する。

3.3.5 モデル④離島

観点	項目	モデル実現に向けた課題（検証が必要な事項）	解決の方向性
水素供給	離島への水素供給方法	離島への水素の供給は、需要規模が一定数量を越えると、内航船での転送が必要になると想定されるため、内航転送を行う場合の運行ルートや離島を含めた供給網の検討が必要である。	それに対しては、内航船が稼働可能な距離感にある複数の離島における需要をインテグレートする等、内航転送船の開発やコスト低減のために内航船の共用化を図るモデルの構築を検討する。

3.4 (参考)地方自治体が抱える課題

前節までの課題整理に関する参考情報の収集を目的として、水素普及に注力する地方自治体が、交通分野の脱炭素化においてどのような課題を抱えているか、意見交換を行う場を設けた。本意見交換には、本委員会のオブザーバーである石狩市等を含めた5自治体が参加し、各自治体がこれまでの取組やその中で直面した課題等を発表した後、それぞれの発表に対する意見交換を行った(表3-3)。

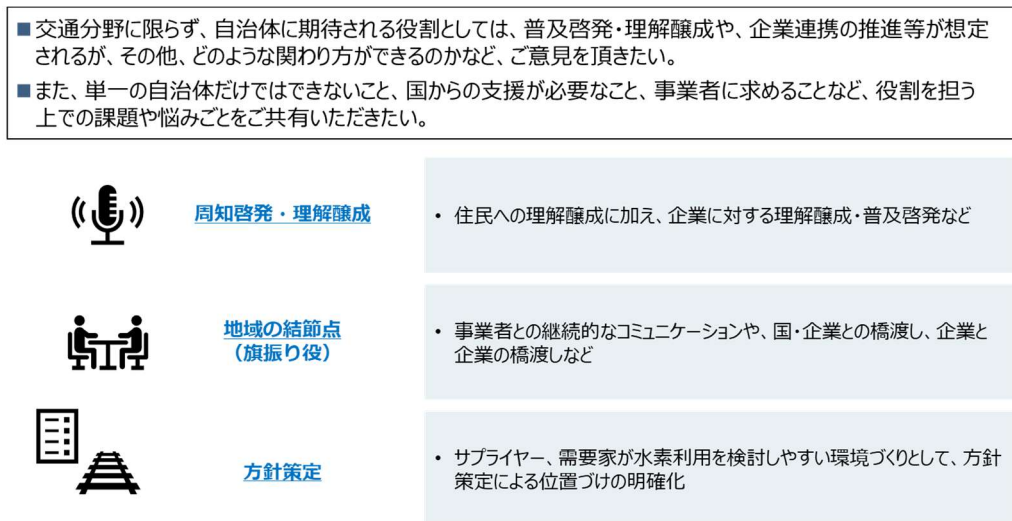


図 3-3 地方自治体意見交換会での主な論点

出所：日本総研作成

当日の議論では、特に地域住民の意識醸成、事業者への価値訴求、関係プレイヤーへのアプローチ等の観点で、地域/地方自治体からの視点ならではの課題意識が見受けられた。(表3-4)。

主な課題		主な意見
水素需要の創出	初期需要の創出	・ 先行して水素ステーションを配置する供給側主導のアプローチだけでは、FCVはなかなか普及しない。ゆえに、昨今では商用車を優先的に導入して水素ステーション増設を狙うアプローチが検討されるようになってきている。 ・ 寒冷地等ではFCVの性能が落ちやすく、そうでない地域に比べて導入が進みづらい。
	需要拡大	・ FCV導入台数を飛躍的に伸ばすには、商用部門での大規模導入、モビリティ分野以外での水素活用等、業界間では業界縦断でのアプローチが必要になる。 ・ FC商用車の普及による水素需要量の拡大ひいては水素ステーションの増設までは行政支援が可能だが、自治体の財源にも限りがある。最終的には民間主導で水素普及が拡大するよう、行政が支援を計画する必要がある。
地域住民の意識醸成		・ 住民へのFCV導入を進める上では、住民への周知/意識醸成、購入メリットの訴求がハードルになる。
事業者への価値訴求		・ まだFCトラックへの意識はあまり浸透していないが、運転時の騒音/振動が非常に小さく、ドライバーへの負担軽減の観点での価値訴求も可能かもしれない。
行政の財政負担		・ 自治体内で水素の利活用ニーズがあるものの、政府の補助金が継続的に下りない限り、実証止まりになってしまう。
関係プレイヤーへのアプローチ		・ 水素の大規模需要創出を促すには、自治体が主体的に事業者/住民にアプローチし、地域全体での機運醸成/事業者連携をサポートする必要がある。

図 3-4 地方自治体意見交換会で討議された課題

出所：日本総研作成

4. 交通分野における水素利用の普及拡大に向けたロードマップの検討

4.1 ロードマップ及び政策提言書の検討プロセス

本調査研究におけるロードマップと政策提言書の検討は以下のフローで実施した。前章では、水素利用モデルの検討や経済性試算、委員からの意見集約の結果なども踏まえ、モデルの実現に向けた課題整理と解決の方向性を検討した。さらに、ロードマップの検討にあたっては、既に各交通モードで技術開発や規制・制度に関する検討が進められている現状を把握し、それらとの整合を図る必要がある。そのため、モデル実現に向けた課題や解決の方向性に加え、各交通モードにおける水素に関連した技術開発、実証、商用化などの目標を整理したロードマップを参照した。

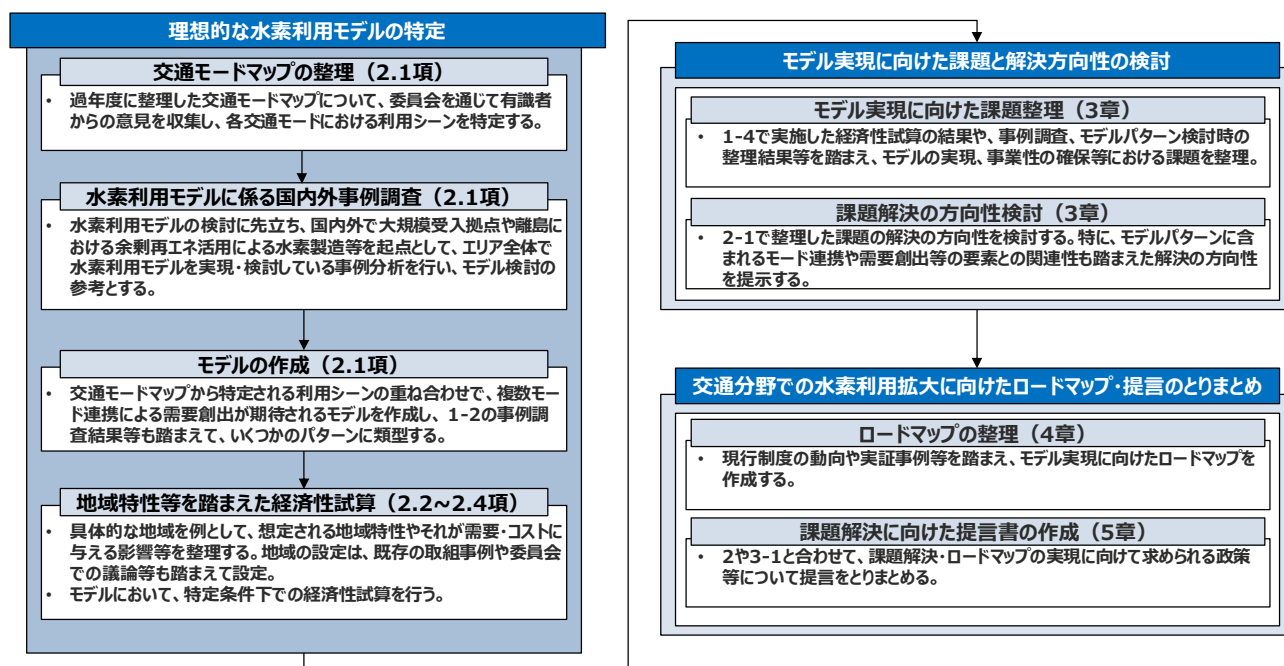


図 4-1 ロードマップ及び政策提言書の検討プロセス

出所：日本総研作成

4.2 ロードマップの位置づけ

本調査研究で着目したマルチモーダル型水素ステーションの実現には、その前提として各交通モードにおける技術開発の進展、商用化の実現が必要となる。既に燃料電池 HDV の導入に向けた技術開発や実証は進められており、NEDO の「FCV・HDV 用燃料電池技術開発ロードマップ」²²において、FC トラックをはじめとする各車両の導入台数の目標が掲げられている。こうした中、先行してマルチモーダルな利用の検討を進めるのではなく、既に進められている各交通モードでの取組と並行して進められるべきである。そのため、下図のように、NEDO の「FCV・HDV 用燃料電池技術開発ロードマップ」(2025 年 2 月)で示されている時間軸と並行又はその延長として検討される位置づけとした。

²² <https://www.nedo.go.jp/content/800020390.pdf>



- 各種HDVに関する検討・技術開発などの見通しを踏まえ、マルチモーダルな利用の検討が行われることを想定。
- ただし、早期導入に向けた検討は並行して進められ、本格的な検討は商用車の本格普及が開始する2030年ごろを想定。

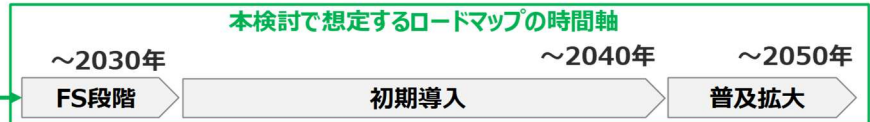


図 4-2 本調査研究におけるロードマップの時間軸

出所: 日本総研作成

4.3 ロードマップの検討結果

4.3.1 大規模水素受入拠点近傍モデル/離島モデル共通のロードマップ

交通モードに限らずマルチモーダルな利用を行う上で、複数交通モードで利用することによるステークホルダー同士の調整やルールの整備、複数車両への同時充填技術、規制・制度の整備などが求められる。下図のロードマップにおいて、各モデルに共通する課題などに基づき、足元で求められる検討事項から、将来にわたって検討すべき事項などを次の想定に基づいてとりまとめた。なお、ロードマップ上段には前提となるシナリオを設定している。シナリオとしては、各交通モードにおける燃料電池車両の導入拡大のロードマップと並行して、マルチモーダル型水素ステーションに関する各種検討を進め、2030 年以降の早期初期導入を目指すことにより、鉄道、船舶、航空機での水素利用が促進され、徐々に交通分野における水素利用が拡大していくことを想定した。2040 年以降は、政府からの経済的な支援などを必要とせず、水素サプライチェーンが自立的に運用される状態を目指すこととしている。

「運用・設置」については、交通結節点となる駅、港湾、空港などの拠点において、マルチモーダル型水素ステーションを設置する場合の制約条件などの洗い出し、ステークホルダー同士による仕様の検討が必要である。また、ダイヤ運行している交通モードと不定期に往来する交通モードとで水素ステーションの利用頻度や時間などが異なるため、その地域における各交通モードの運用主体と水素ステーションの管理者とで運用上のルール整備などについて協議する必要がある。さらに、水素をどのような経路で調達するか、どのようなサプライチェーンを構築するかについても、水素の需要規模や水素ステーションの運用方法によって異なるため、上記と同様に検討が必要である。出発点となる設置制約や仕様については、足元の検討と並行して進め、具体化した段階で運用ルールやスケジュール管理などの協議と連携していくことが重要と考えられる。対象となる地域における需要規模や運行されている交通モード、水素利用の普及度合などに応じて、どのような仕様でどのように運用していくかを 2030 年に向けて検討していくことで、スムーズに初期導入に移行できると考えられる。初期導入以降も、実運用の中で生じた課題などを踏まえ、随時運用方法の見直しが必要となることが想定される。そのため、2030 年代以降も継続的に検討していく体制を構築することが重要である。

次に「技術開発」について、既に個別の交通モードにおける車両開発や水素ステーションの設備等に関する技術開発は、国として推進されてきているため、実用化に向けた各種ロードマップや時間軸の目標設定が行われている。こうした中で、マルチモーダル型水素ステーションに求められる複数車両への同時充填技術、充填プロトコルの開発など、実用化に向けた技術課題への取組が求められる。2030 年以降の初期導入を見据えるにあたり、これらの技術開発は今から取り組んでいくことが重要であり、長期的にはコストダウンに向けた取組なども継続していくことが必要と考えられる。

「規制・制度・その他」については、技術開発や運用ルールなどの整備と並行して、水素ステーションの大型化に伴う離隔距離の拡大などの保安に係る安全基準、技術基準の合理化・適正化も必要である。また、需要創出の観点からも、水素利用に対するインセンティブの導入など、行政によるステークホルダーの支援が求められる。また、水素社会の実現に向けて、人材育成・確保にも取り組んでいくべきであるが、短期的に成果が見えにくいいため、2050 年に向けた長期的な取組として推進するべきである。



図 4-3 モデル共通のロードマップ

4.3.2 モデル①(鉄道車両+自動車)の実現に向けたロードマップ

駅を拠点とするマルチモーダル型水素ステーションを想定したモデルでは、2030 年度に向けた燃料電池車両の開発・導入についての検討と並行してマルチモーダルな利用を検討していくことを想定した。また、鉄道では、先行して導入される燃料電池を利用した旅客車両に続き、より馬力が必要な貨物車両への水素エンジン車両の適用も想定される。また、水素を貨物輸送する車両としての活用も期待され、水素サプライチェーンの拡大に合わせて利用される車両も変化していくため、継続的な運用方法の検討が求められる。なお、規制・制度については、既に検討会が設置され、水素燃料電池車両の導入における安全性の検証が行われているが、こうした規制・制度の検討も、導入される車両や運用方法の変化に応じて見直されるべきであるため、今後も継続的に議論がなされるべきであると考ええる。以上の考え方にに基づき、下図のとおりロードマップを策定した。

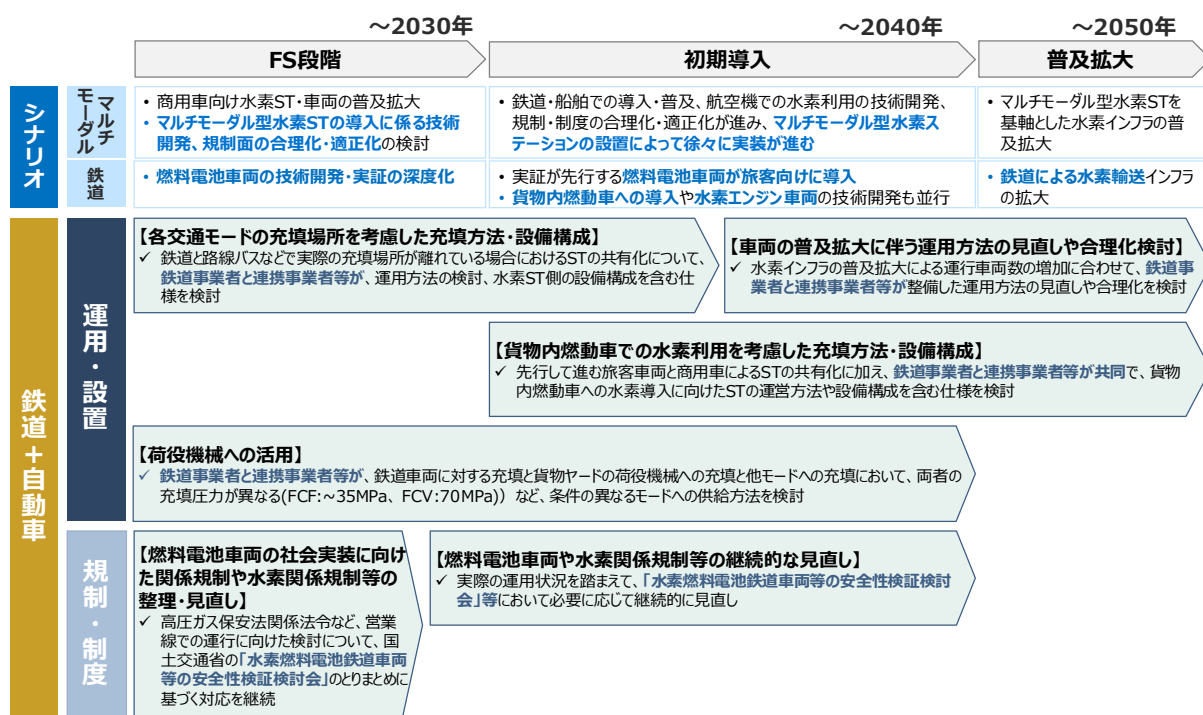


図 4-4 モデル①の実現に向けたロードマップ

4.3.3 モデル②(港湾/船舶+自動車)の実現に向けたロードマップ

港湾エリアにおいては、マルチモーダルな利用への対応に加え、実運用において様々な船種への対応が求められる。そのため、マルチモーダル型水素ステーションにおける充填技術に開発に加え、船舶における充填技術(Ship to Ship 及び Shore to Ship)の開発が必要となる。また、鉄道と同様に水素を輸送する媒体として、外航船による輸入の他、国内二次輸送向けの内航貨物船での輸送も想定される。上記のような実態も踏まえ、下図のとおりロードマップを策定した。

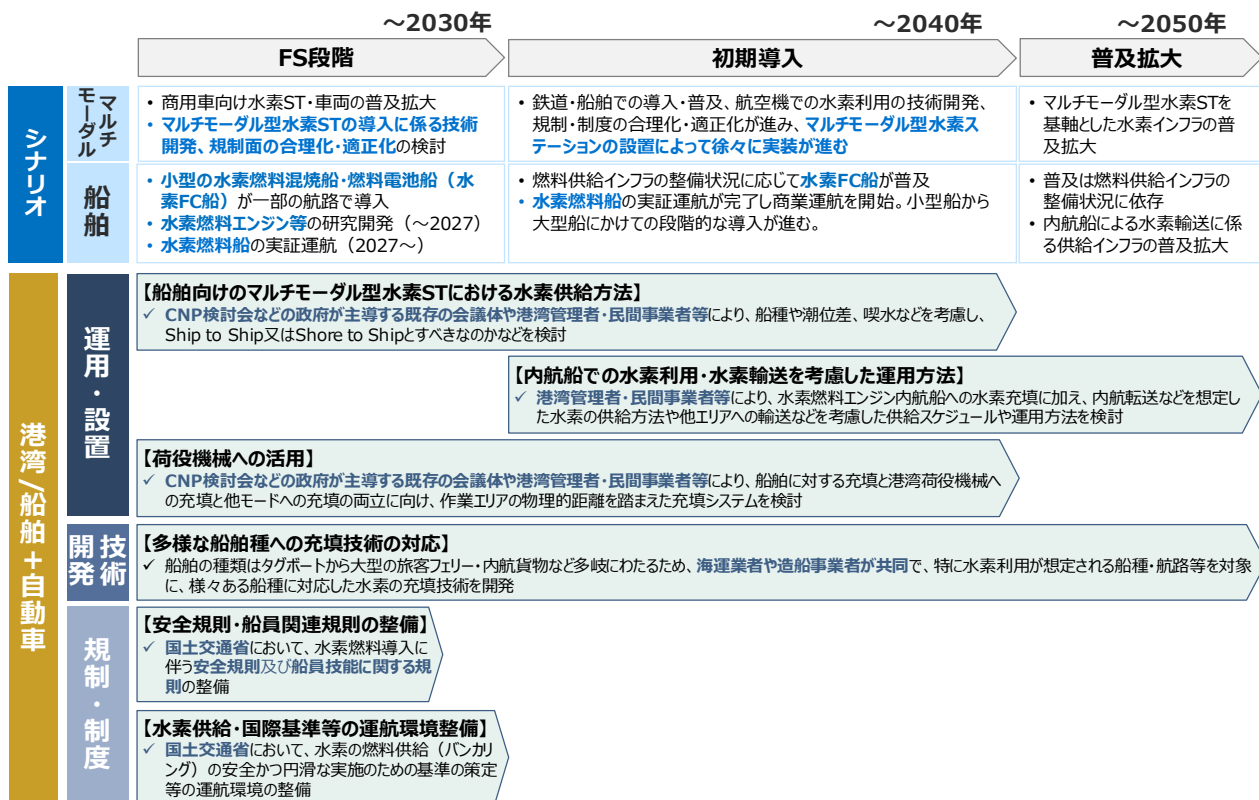


図 4-5 モデル②の実現に向けたロードマップ

4.3.4 モデル③(空港/航空機＋自動車)の実現に向けたロードマップ

航空機においては、液化水素の充填が想定されるため、商用車との連携による充填方法の違いや、液化水素を輸送する陸上交通のオペレーション見直しが必要となる。また、導入初期段階においては、小型のリージョナルプロペラ機などにおいて燃料電池電動推進が導入されることが想定されるが、将来的には水素燃焼ジェット機の導入も期待される。また、決められたターンアラウンドタイムの中で必要量の水素を充填する必要があるため、現在のジェット燃料の給油時間相当の充填時間の実現を目指した技術開発が必要と考えられる。また、他交通モードと同様に、安全基準の検討等において既に検討会が発足している。こうした状況を踏まえ、下図の通りロードマップを策定した。

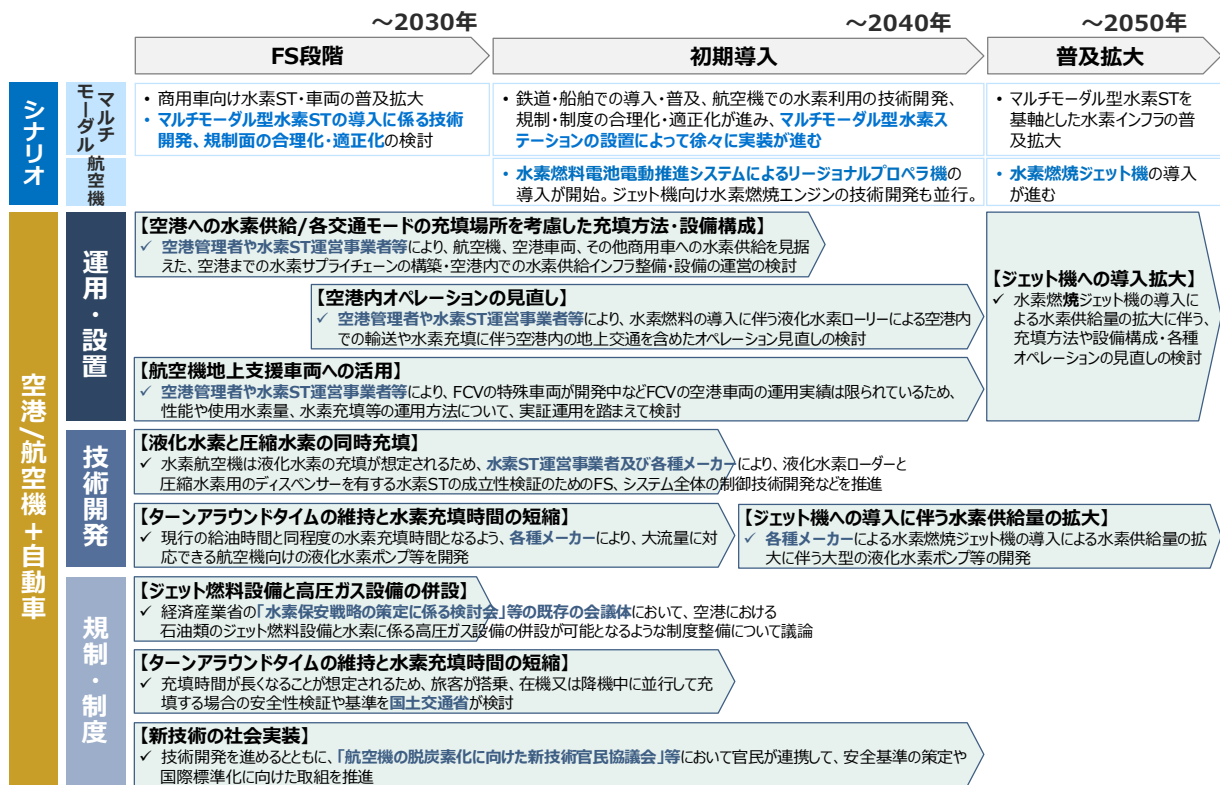
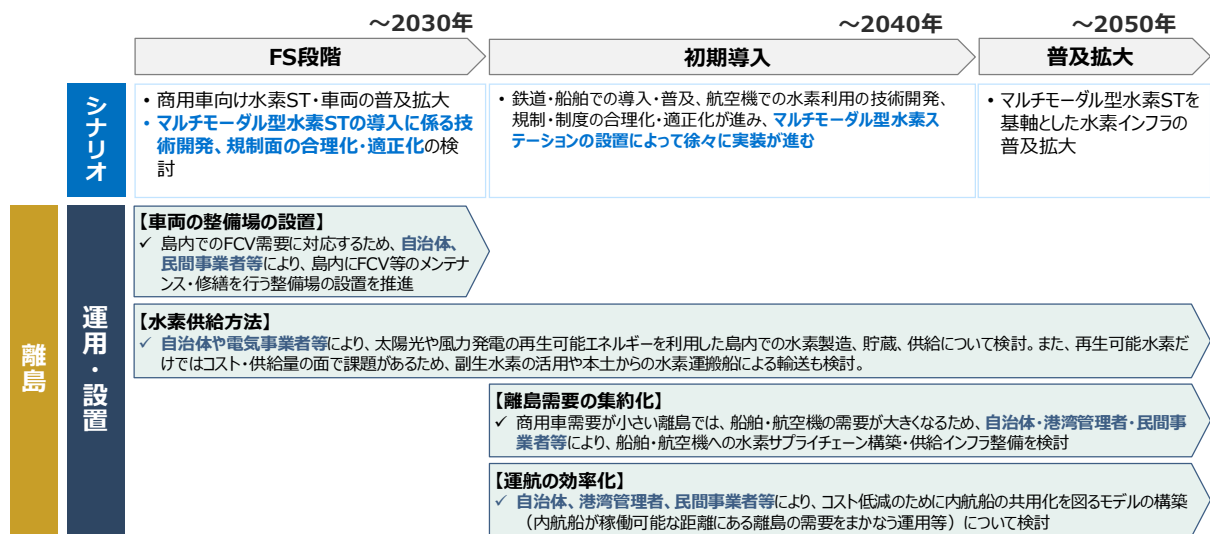


図 4-6 モデル③の実現に向けたロードマップ

4.3.5 モデル④(離島)の実現に向けたロードマップ

離島においては、各交通モードにおける技術開発や規制・制度の課題は共通であるため、ここでは運用・設置に関して記載する。離島の場合、島内での水素需要は大きくないため、地産地消による水素エネルギーの利用が想定される。また、複数の離島需要を集約化するなどして、離島への水素サプライチェーンが構築される可能性も期待される。こうした考えの下で、下図のとおりロードマップを策定した。



(注) 技術開発、規制・制度の項目についてはモデル共通と同じため記載を省略

図 4-7 モデル④の実現に向けたロードマップ

5. 交通分野における水素利用の普及拡大に向けた政策提言

5.1 政策提言書作成にあたっての提言ポイントの整理

これまでのモデルの検討、経済性試算、課題整理や解決の方向性検討、ロードマップの策定結果を踏まえ、下図のとおり提言のポイントを整理した。

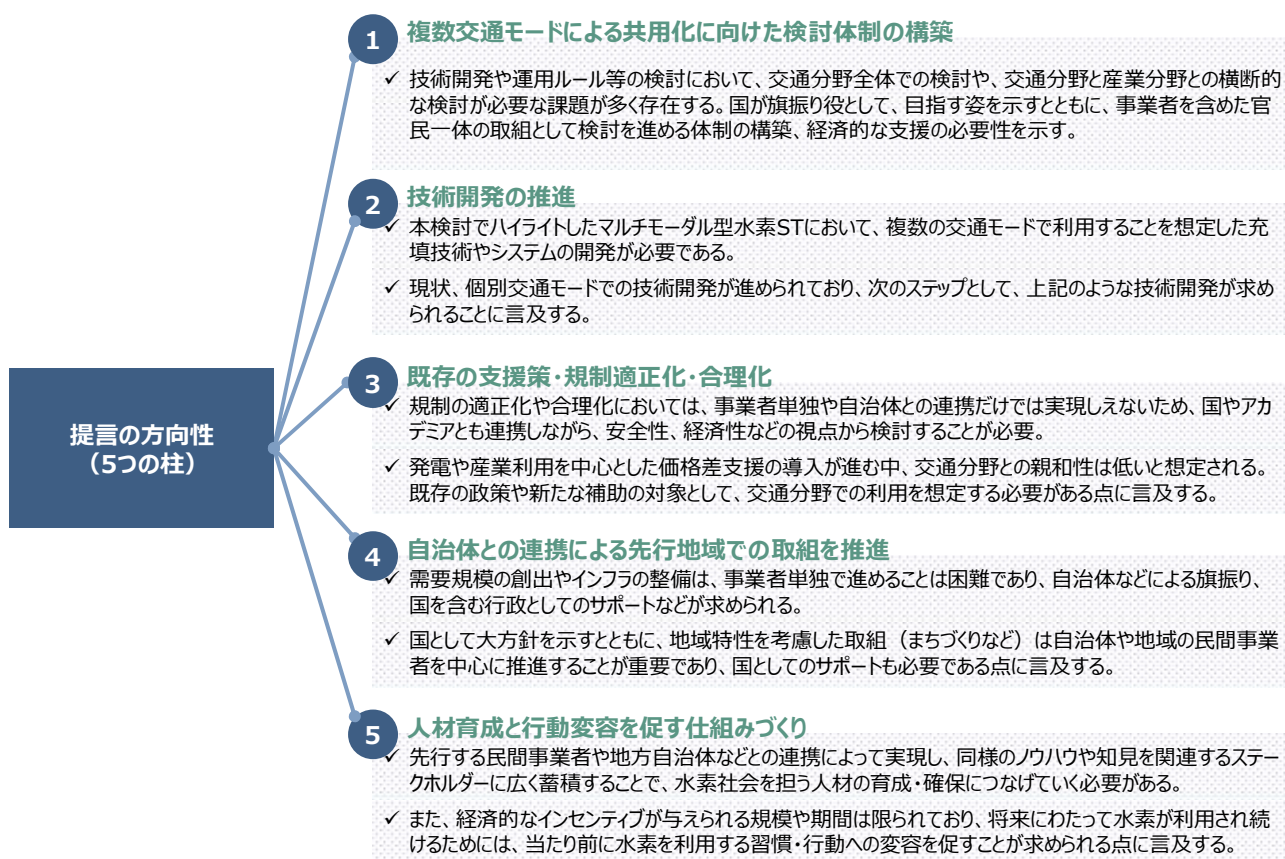


図 5-1 提言のポイント

提言にあたり、交通分野の水素利用拡大に向けて、国、地方自治体、交通分野に限らない多様な事業者など様々なステークホルダーと課題認識を共有し、交通分野における水素利用を普及拡大していくために、どのような検討を進めるべきか、どのようなサポートが求められるかを整理する必要がある。提言のポイントとして挙げた5つの柱において、交通分野での水素利用拡大に向け、基本的には足元から取り組むべき検討として位置付けている。マルチモーダル型水素ステーションを基軸としつつも、広く交通分野での水素利用拡大に資する取組を推進するため、技術開発や規制・制度の検討だけでなく、専門知識を有する人材育成・確保や水素利用を積極的に選択するような行動変容を促す仕組みづくり等についても、長期的な取組として継続的に推進していく必要がある。

5.2 政策提言書

5.1 の考え方に基づき、政策提言書を作成した。本文は別添資料Ⅰを参照のこと。

6. 委員会・シンポジウム等の開催

6.1 委員会の開催

調査期間中、令和6年度については以下のスケジュールで会合を開催した。

表 6-1 我が国の交通分野の脱炭素化に向けた燃料転換及び水素利用に関する調査検討委員会 開催日程

	開催日	議事
第3回	2024年6月18日	・ 令和6年度調査研究の検討全体像 ・ 水素利用に適した交通モードの検討 ・ 実現可能性の高いモデルケースの検討 ・ モデルケース案の実現に向けた課題の整理 ・ ロードマップ策定の方向性
第4回	2024年10月4日	・ 前回委員会の振り返りと本日のご報告内容 ・ モデル検証の更新 ・ モデル実現に向けた課題整理 ・ ロードマップ案及び提言書骨子案 ・ 今後の進め方
第5回	2024年12月19日	・ 前回委員会の振り返りと本日のご報告内容 ・ モデル検証の更新 ・ モデル実現に向けた課題整理 ・ ロードマップ案及び提言書骨子案 ・ 今後の進め方
第6回	2025年1月28日	・ 前回委員会の振り返りと本日のご報告内容 ・ ロードマップ案 ・ 提言書案 ・ 本調査研究のとりまとめ

6.2 シンポジウムの開催

2025年3月4日に『脱炭素航空シンポジウム III 水素の利活用による交通分野の脱炭素化～地域から未来をつなぐ脱炭素への道～』を開催し、鉄道業界、海運業界、航空業界、水素供給事業者、地方自治体など様々な交通モードに関与する事業者等の参加があり(申込数976名)、広く交通分野での水素利用の最新の動向を情報共有しつつ、今後の課題や展望について関係者で議論を行うなど、水素の利活用に関する重要性について周知啓発を図った。

シンポジウムにて行った本調査研究の研究報告に関する資料については、8.3を参照のこと。

交通脱炭素シンポジウムIII

水素の利活用による交通分野の脱炭素化～地域から未来をつなぐ脱炭素への道～



【開催概要】

日時：2025年3月4日(火) 14:00～17:00

場所：バルサール御成門駅前及びオンライン配信

主なSDGs関連項目



【開会挨拶】 宿利 正史 運輸総合研究所 会長

【基調講演】 「国土交通省における水素関係施策」

清水 充 国土交通省総合政策局環境政策課長

【研究報告】 「我が国の交通分野の脱炭素化に向けた燃料転換及び水素利用に関する調査研究」

小御門和馬 運輸総合研究所 研究員

【パネルディスカッション及び質疑応答】

モデレーター 三宅 淳巳 横浜国立大学 上席特別教授・名誉教授

パネリスト 青沼 裕 ジャパンハイドロ株式会社 CEO

大道 修 東日本旅客鉄道株式会社 イノベーション戦略本部
R&Dユニット 水素社会実装PT マネージャー

田口 悦司 一般社団法人水素バリューチェーン推進協議会 担当部長

三浦慎一郎 福岡市 経済観光文化局 新産業振興部 水素推進担当 課長

小御門和馬 運輸総合研究所 研究員

【閉会挨拶】 上原 淳 運輸総合研究所 理事長

【シンポジウム開催概要】

- 温室効果ガスの排出削減が技術的に困難とされる交通分野においては、脱炭素化に向けたバイオ燃料、再生可能エネルギー由来の電力、水素などを活用した燃料転換のさまざまな取組みが世界的に進められている中、2050 年カーボンニュートラルの実現に向けては「水素」がそのカギとされている。
- 一方で、交通分野の水素利用に関しては、「自動車分野を除いて、サプライチェーン構築、インフラ整備及びその運用まで含めた具体的な検討が進んでいない」、「交通分野としての共通の戦略がなく、各モード単独での検討となっている」といった課題がある。これらの課題を解決するために「我が国の交通分野の脱炭素化に向けた燃料転換及び水素利用に関する調査検討委員会」を設置し、交通分野において水素利用を普及拡大するためには何が必要かについて検討を行った。
- 本シンポジウムは、同検討会における検討結果を踏まえ、水素エネルギー及び鉄道、海運、航空の各分野の関係者、水素の利活用に取り組む地方自治体及び当研究所の研究員が登壇し、日本の交通分野を取り巻く水素に関する動向や、各交通モードにおける最前線の取組み等を共有するとともに、国内交通分野の脱炭素化に向けて実現可能性の高い水素利用モデルとは何かなど、交通分野での水素利用を普及拡大させるための今後の課題と展望について議論を通じて明らかにすることを目的に行った。

【アンケート分析結果】

参加人数／参加率

- 参加申込み974名に対して参加者は656名、参加率は67％。
- 参加率の内訳は、会場65％、オンライン68％。

シンポジウム参加者の属性

- コンサルタント・シンクタンク(14％)、鉄道(12％)、公益法人(12％)、「航空・空港」(9％)の順に多かった。多くの業界からバランスよくご参加いただいた。

アンケート回答者／回答率

- 回答者数 283 名、回答率は 43％。

年代別の参加申込状況

- 「50 代」、「60 代」の順に多かった。

問. 本日の講演の満足度をご記入ください

- 「大変満足」「満足」89％、「ふつう」11％。

問. 本日の講演はあなたのお役にたてましたか

- 「とても役に立った」「役に立った」95％、「どちらともいえない」5％。

問. 本日の発表内容についてご意見やご感想を自由にご記入ください

- ご意見・ご感想をお寄せいただいたのは 159 名(アンケート回答者の 55％)
- 最新動向、特に政策についてまとまっていて有効な情報だった、交通分野における水素エネルギー利活用について全般的な現状が良くまとめられている、水素エネルギーの交通分野での活用への対応の全体像がよく分かる、交通モード全体の現状や課題を概観できた、最新の情報の把握や様々な角度からの課題整理がされるなど知見を深めることができた、他分野の現状を知ることができた、パネルディスカッションでの発表が具体的でわかりやすかった、といった交通分野における水素利用について、分野横断的、網羅的に知ることができたという好意的なコメントが多かった。
- 一方で、新しい情報が多くなかった、課題解決に向けた具体的な検討についてもっと深掘してほしかった、国際的な視点での議論もしてほしかったという意見がいくつか見られた。

<内容に関する意見(主なものを記載)>

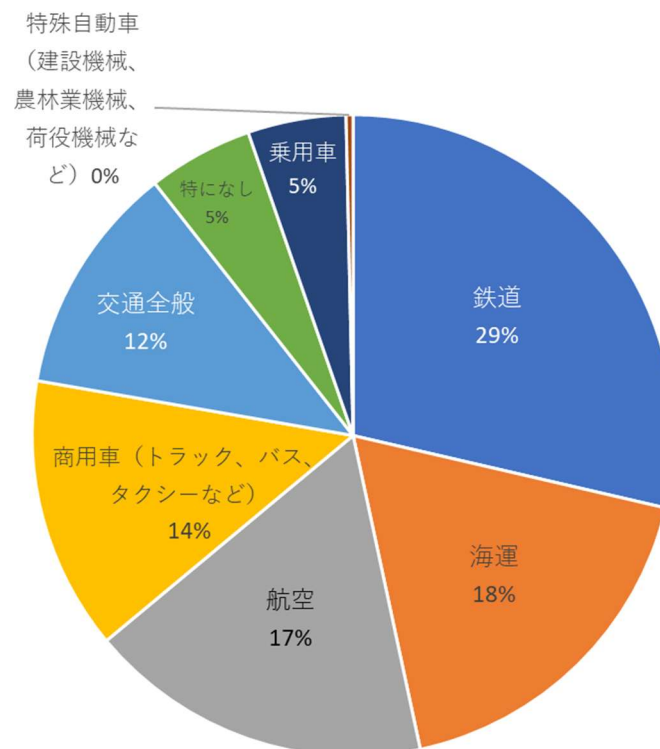
- ・ 水素利用についてのムーブメントの盛り上がりを感じた。実際に水素で運用実証している船、電車、自治体の実務者が実例を紹介してくれたので社会実装への取組が進んでいることを実感できた。
- ・ 企業としては実際にどの程度ビジネスになりそうなのか、いつ頃投資回収ができそうなのかがあまり見えなかった。
- ・ 水素の利活用は理解できるが、燃料電池バス車両や水素などランニングコストの価格転嫁を利用者が負担することを理解してもらえるのか？軽油と同程度以下にならないと多くの交通事業者では導入ができないのではないかと思います。
- ・ 予想以上に水素化が進んでいることが理解できた。しかし、未だ限定的で、これからの技術だと感じた。水素ステーションなど供給インフラ整備が大きな課題だ。
- ・ 新しい技術の社会実装への道のりが長く険しいことを改めて実感した。需要の多寡に谷間があり、供給能力とコストがこの間を埋め切れていないように思いました。
- ・ 船舶・鉄道・水素協会・自治体・航空といった各ドメインごとに水素導入がどこまで進んでいるのかはとても参考になりました。ただ水素のサプライチェーンの全体像、どこから原料を運びどこで作ってどのように運びどう貯めるのか？が全然見えてきませんでした。
- ・ 需要サイドも消費量の見通しの立てやすい船舶や鉄道から、マルチドメインでどのように協力して水素の供給体制を作るのか、トラック輸送からどのように船舶や鉄道輸送に切り替えて排出量を減らして、できればいかに廃線をなくすのかを考えてくださることを次回以降に期待しております。
- ・ 水素ステーションを各交通モードで共用する考え方は素晴らしいと思う。実現に向けた制度的な枠組みの整備や所要の資金手当て等実現に向けた具体的な取組みに期待したい。
- ・ 船舶や鉄道の水素利用例は理解できたが、国のカーボンニュートラルに向けた水素の準備状況が全く不明であった。2050年時点で必要エネルギーの相当量を海外輸入に頼ることになっていると見受けられたが、国内生産で賄うことは考えられないのだろうか。今後のGX投資に期待したいところ。
- ・ マルチモーダル型水素ステーションの経済効果が示されたのは興味深い。今後は各モードによって異なる安全基準や運用方法との関係や整合性等についても研究を深めていくことが必要ではないか。

<改善へのご意見等(主なものを記載)>

- ・ 研究員の研究報告は総論的で、誰が何をすればいいのか、踏み込みが甘い気がした。パネルでの発表は具体的でわかりやすかった。
- ・ 法規制の合理化の話がありましたが、どのような技術的課題があるのか、その解決に向けた産官学の動きをさらに知りたいと思いました。
- ・ 情報の多くは各業界で周知されている事であり、新しい情報が多くなかった。
- ・ それぞれの取り組みはそれなりに評価できるし、興味も持ちました。しかし、周回遅れといわれている日本の水素(クリーン)エネルギーへの取り組みに対し、危機感が感じられませんでした。かえって不安になりました。また、国際的な視点(競争力や米国の状況変化)について説得力のある議論もありませんでした。
- ・ 説明が多岐に渡り、内容の紹介にとどまった為、例えば荷主、物流事業者が利用できる制度の紹介を始めとする今後のアクションに繋がるところがもっとお伺いできるとより良かったです。
- ・ 国内での取り組みの説明が中心だったが、脱炭素は国際的な取り組みなので、諸外国との協調/競合についても触れてほしかった。特に規格化/共通化に向けた諸外国との交流は必要ではないでしょうか。

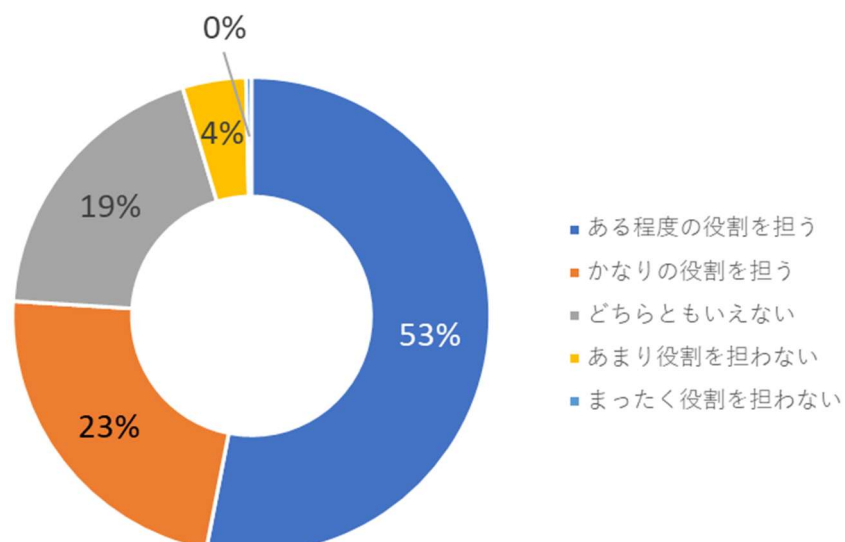
独自①：貴方の業務上、最も関係の深い交通モードを1つ教えてください

- 鉄道が一番多く、全体の29%を占めた。海運と航空は同程度。
- 特殊自動車(建設機械、農林業機械、荷役機械など)は1名のみ。



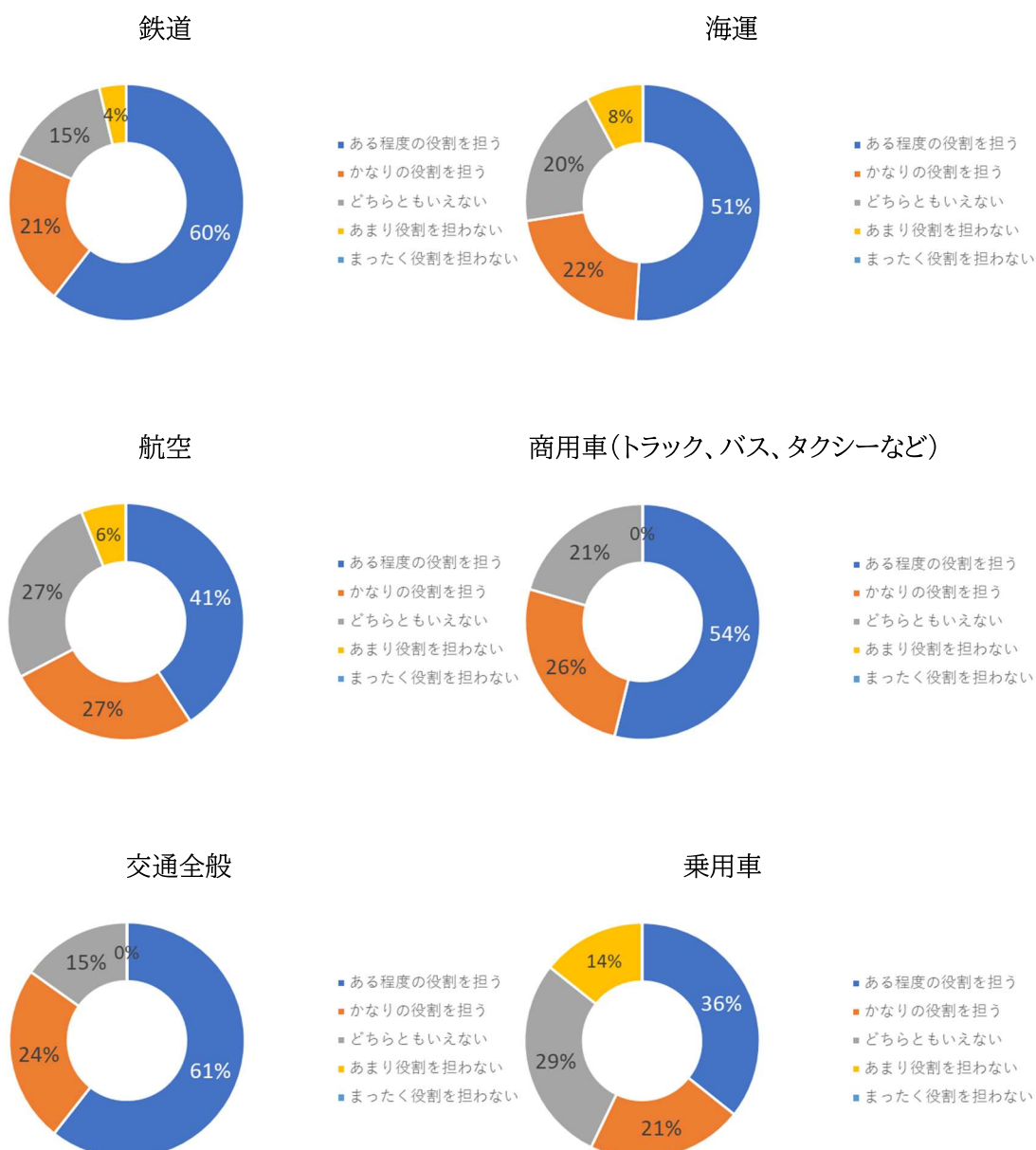
独自②：上記でお答えいただいた交通モードの脱炭素化において、水素燃料がどの程度の役割を担うと考えますか

- ある程度の役割を担う(53%)、かなりの役割を担う(23%)、どちらともいえない(19%)、あまり役割を担わない(4%)の結果であった。



交通モード別の分析

- 「鉄道」「海運」「航空」については全体の構成比率と同様。
- 「鉄道」「商用車」「交通全般」については「ある程度の役割を担う」「かなりの役割を担う」が占める割合が80～85%と高い。
- 「乗用車」については「ある程度の役割を担う」「かなりの役割を担う」が占める割合が57%と低い。
既に実用化されているEVの果たす役割が大きいことが理由と考えられる。



独自③：上記理由をお聞かせください

<以下、主なものを抜粋>

【かなりの役割を担う】(64件)

<自動車>

- ・ 積雪寒冷地では、EV 利用に限界があり、水素利用が理想的と考えるため。
- ・ HDV など電化だけでは難しい脱炭素の領域があるため。
- ・ 商用車、特に大型商用車で電動化は非常に困難であると考えている。水素を燃料とする FCEV または合成燃料が有望であると考えられるから。

<鉄道>

- ・ 水素運搬においても鉄道交通網と密な連携が必要であると考えするため。
- ・ ディーゼル車両の置き換えが必須のため。
- ・ 鉄道において、電力を送る電力線等のインフラが軌道沿いに張り巡らされていて、メンテナンスに手間暇がかかっています。水素になれば、一旦水素を充填すれば、列車を動かすことができます。送電ケーブル網が不要となり、メンテナンスが楽になることを期待しています。

<海運>

- ・ 輸入に頼る以上、港付近が一番水素の供給が容易となるはずなので。
- ・ 巨大コンテナ船社では超大型コンテナ船の燃料として水素導入が進められている。
- ・ 港湾関係ではタグボートや荷役機械等において水素を活用した脱炭素化の研究・実証が進められており、その技術開発・技術革新により更に進化していくと考えられるため。

<航空>

- ・ ケロシンの代替燃料は現実的に SAF と水素しかないから。
- ・ 現行燃料の代替となるポテンシャルがあり、真のカーボンオフセットが可能であると考えため。
- ・ 将来的に水素航空機が脱炭素の切り札となりえるため。

<交通全般>

- ・ 脱炭素に有効と考えている。特に運輸部門では電池・電気に劣らぬポテンシャルがあると思った。

【ある程度の役割を担う】(148 件)

<自動車>

- ・ EV との棲み分けを行いつつ、水素が得意なモードを担っていくことが肝要と考えます。
- ・ 固定電池、合成燃料など色々な動力手段があり、またコスト、インフラ整備、輸送機器の技術動向もあるため、水素一つを選択できない。
- ・ 商用車では蓄電池利用よりも水素利用が進むと思われる。
- ・ カーボンニュートラルに向け、長距離トラックやバスでは水素燃料が有効。
- ・ トラック輸送は、経済生活を行っていく上で重要な手段であるが、インフラ整備にまだまだ不安があるため。
- ・ 商用車の分野では、電気よりも水素の方が航続距離の観点で向いているなど、モードや用途により水素にも一定程度のポテンシャルがあると感じる為。

- ・ 重量車については、EV が(航続距離、耐久性、積載量などの観点で)すべての運行モードをカバーできないと考えられ、水素および水素の誘導体(合成燃料など)は重要な選択肢と思われます。

<鉄道>

- ・ すでに電気利用が多く、動力としての化石燃料利用が多くないため。
- ・ JR は多くの沿線で電化済み。非電化の地方路線(中小私鉄含む)での活用は、その効果が限定的。
- ・ ディーゼル燃料の代替としてバイオ燃料か水素利用かどちらかが選択されると思われる。
- ・ 鉄道の非電化区間の脱炭素化には、費用対効果の観点から電化という選択肢は採れないため、FC かメタネーションによる合成燃料くらいしか選択肢がないと考えているから。
- ・ 寒冷地などを考慮すると、それなりの役目がありそうだと考える。一方で主力は電気であるため、最大限ではない。
- ・ 鉄道は、都市部では電力が今後も主要な動力源となる一方、地方の輸送密度の低いエリアでは、非電化区間はもとより、現在、電化区間になっているエリアも、変電所の保守にかかる維持管理などのコストを考えると、水素燃料化した方が、運航コストの削減につながるケースもあると思います。
- ・ 鉄道では電化が進んでおり、非電化区間の輸送量は割合が少ない。しかし、海外で非電化区間多くは日本の鉄道で開発された車両はかなりの役割を担うことになると思います。
- ・ 鉄道は非電化区間の割合が少ないが、今後、航続距離を伸ばす技術革新や運用方法があれば、電化区間にも、水素燃料電池鉄道を導入できるのではと感じた。

<海運>

- ・ 船舶など大型輸送設備での利用は比較的实现しやすいものと考えているため。
- ・ 業界全体で、アンモニア及び水素の開発が進んでいるため。
- ・ 航続距離の短い内航船への適用、特に乗客を乗せるフェリーなどへの適用は、コスト次第だが、あり得ると考える。
- ・ 小型船舶で短距離であれば、ある程度利用できると思われるが、大型船舶かつ長距離では量、値段、供給などの理由で難しいと思われる。
- ・ 代替燃料の選択肢が複数あるが、現時点においては有力な燃料として開発が行われているため。
- ・ アンモニア燃料、メタノール燃料の次に来るものとして位置づけは大きいと考えているから。

<航空>

- ・ 近距離小型機には水素が主として活用されるかも知れないが、今後も主流は、SAF を含むケロシン系燃料であり、また空港インフラの観点からは、ハイドラントとの併設は難しいのではないかと考える。
- ・ 航空の脱炭素化では SAF の役割が7割と言われており、それを補完するものが水素と考えている。
- ・ 水素燃料については航空機への導入はまだ当分先になると考える。航空機以外(車両等)も含めて水素燃料を導入することはもちろんではあるが、実際には航空機からの排出は莫大であり、SAF の活用やより効率的な運航、CO₂ 回収といったあらゆる手法をより活用していく必要がある。結果として、航空業界全体の中では、水素燃料はある程度の役割を担うことになると感じる。

<交通全般>

- ・ 電化の方が適している分野もあるので、ある程度と考えている。
- ・ 他の選択肢がなかったり、多くないため。
- ・ 水素以外にも合成燃料、バイオ燃料等の活用も考えられる。一方、それらの活用には水素自体が重要とも考えられるため。

【どちらともいえない】(54 件)

<自動車>

- ・ 多種の選択肢があるため。
- ・ 大型バス用の水素 ST の設置数や補充の時間、車両の価格、リース期間の問題等現状では拡大が難しい。
- ・ 全て EV 化していくのではなく、ものによって適切な選択をしていくべきということは納得できましたが、水素の利用・普及へのハードルは高く、特に自動車において競争力を持つイメージを持ちにくく感じています。

<鉄道>

- ・ 水素で一番問われるのは安全性とコストである。両方とも議論があまりなかったように思う。
- ・ 鉄道に水素が向いているのかまだ良く分からない。
- ・ 供給拠点の少なさと積載量に対する輸送距離の短さが課題。
- ・ 蓄電池と水素の競合・共存になるように思います。

<海運>

- ・ サプライチェーンや製造コストの問題がなかなか解決できないと思います。
- ・ 水素価格、供給量が不確か。
- ・ 水素以外の燃料についても目を向けておく必要があるとの認識を持っているため。

<航空>

- ・ 航空機の特性上、水素を直接燃焼させる方式の実装には、液化が必要となるが体積比 4 倍かつ極低音冷却など、現行の航空機の様式では有償スペースが確保できないため、グリーン水素を活用した合成燃料を使用して、現行のガスタービン発動機を活用するのが最もトータルでの脱炭素化も図れるのではないかと考えています。但し、そのグリーン水素の大量生産やコストダウンが、合成燃料の実現性にも直結しますので、国内の社会インフラにグリーン水素の製造活用基盤ができることは、大変好ましい方向性であろうと思います。
- ・ パネルディスカッションでも紹介があったように、液体水素の供給施設整備がどこまで進むのか疑問。低温度で保管する必要がある、機上設備の技術発展もどこまで進むのか疑問。使えたとしても搭載量の制約から短い路線に限定されるのではないかと。そうした場合のコストメリットはあるのか疑問。
- ・ 航空分野の開発はまだ確立できていないため。
- ・ 航空輸送の大部分を占める、中大型航空機への実装には技術的な課題が多いと考えられるため。
- ・ 航空機の場合、水素燃料電池と水素燃焼エンジンがありますが、水素燃焼エンジンの話は聞くことがないので、かなり実現性は厳しいのかなという印象があります。鉄道、航空においては、モデル地域での検証、推進が少しでも早く進んだらと思います。

【あまり役割を担わない】(12 件)

<自動車>

- ・ 気体の状態ではエネルギー密度が低い。
- ・ 常温常圧で気体状態の水素はガソリンや軽油と比べて扱いづらいから。
- ・ 車両数が多く、2050 年までに脱炭素ゼロに貢献できる投資が困難と思うから。

<鉄道>

- ・ 鉄道では非電化路線・気動車は限られており、水素燃料による脱炭素には限界があるため。

- ・ 航空分野や自動車分野を見ても、水素燃料を導入する動きが少ない。

<海運>

- ・ 燃料として使用するにはエネルギー密度が低く、液体水素タンカー以外の動力源としての利用が主流となるかと思案しています。
- ・ 海運においては、エネルギー密度の関係から、アンモニア化して使うほうが効率的。
- ・ 1. 燃焼時の CO2 排出はゼロだが、現時点では製造過程を含めた全体で捉えると既存燃料(重油)よりも排出が多くなること、2. 極低温での液化管理や大型の専用タンクが必要など、船舶(特に内航船)ではカーゴスペース減になること等が極めて高いハードルになると考えます。水素利用の場面として、発電部門や合成燃料の原料(CCU)での利用促進が重要と考えます。

<航空>

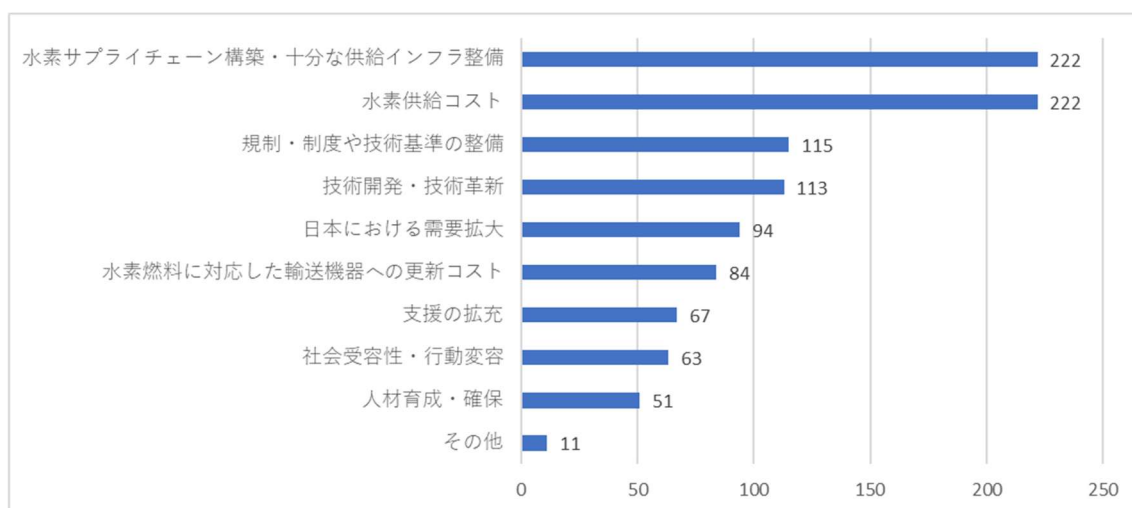
- ・ 科学技術的課題が山積。
- ・ 水素は燃料としての使用技術の確立がされていない。
- ・ システムの容積重量に対するエネルギー量が不十分だから。

【まったく役割を担わない】(1 件)

- ・ 元々エネルギー業界とは関係のない元 SE 退職者の一般個人なので、自分の生活でいかに CO2 を省エネで削減するか、一般市民としてどう感じているかを伝えることしかお役に立てない。

独自④：貴方が水素燃料の利用拡大・普及に向けて課題だと考えることを教えてください（複数回答可）

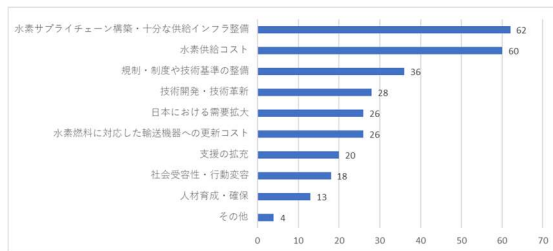
- 水素サプライチェーン構築・十分な供給インフラ整備(222)、水素供給コスト(222)、規制・制度や技術基準の整備(115)、技術開発・技術革新(113)の順に回答が多かった。



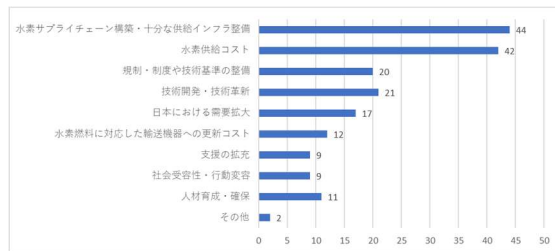
交通モード別の分析

- 「鉄道」「海運」「商用車」「交通全般」については全体の構成と概ね同様。
- 「航空」は「技術開発・技術革新」の回答が多かった。
- 「乗用車」では「水素供給コスト」の回答が多く、水素燃料供給の実態が反映されたものと思われる。

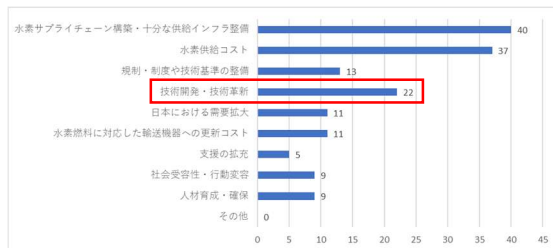
鉄道



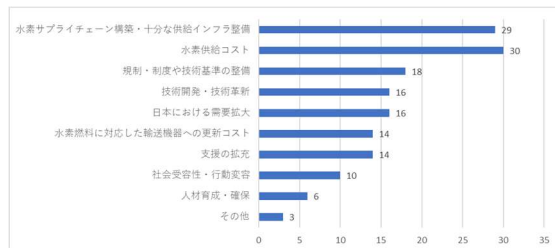
海運



航空



商用車(トラック、バス、タクシーなど)



交通全般



乗用車



独自⑤：上記理由をお聞かせください。「その他」を選択された方は具体的な内容もお聞かせください

<以下、「その他」を選択された方の回答を記載>

- ・ モビリティの実装だけでなく、貯蔵・貯留・供給インフラ設備の耐久性も考えて、脱炭素効果を検証していく必要があると考えています。
- ・ 社会実装の上で一番問題になる安全性があまり議論されなかった。一般の人は福島原発の水素爆発の印象が大きいと思う。これがないようなシステム作りが必要と思う。
- ・ 国内のサプライヤーが海外に進出するために必要な対策。
- ・ 安全性の認知度向上。
- ・ 使用時の安全性も心配である。
- ・ グリーン水素の商業ベースにのる製造方法と輸送方法が課題。

- ・ まずは日本(或いは世界)のエネルギーを水素にしていく事が何故重要かという周知の後、各課題の説明が必要ではないでしょうか？
- ・ 自動車はじめ移動体においては、日本単独ではなく、産業としてグローバルに普及していかないと成立しにくいが、それをリードするような力、政治力。
- ・ 炭素税が最も重要。「今後水素需要が増えていくのでインフラを整備しなければならない」「需要がないことが課題」というのが同時に聞こえてきて矛盾を感じる。

6.3 オーストラリアの交通分野の脱炭素化及びエネルギー転換に関する現地調査報告

本調査研究では、交通分野における水素の利活用について検討するにあたって、日本がどのように水素を調達する見込みかについて調査した。

日本においては、資源制約や再エネ利用の限界から、国内生産だけで国内需要を賄うことは困難と見込まれ、2050年時点の需要を賄うには大部分を海外からの輸入に頼る必要があるとされている。海外では水素製造プロジェクトが複数立ち上がっており、当面はアジア市場への輸出を目指す、中東やオーストラリアからの輸入が中心となる見込みである。

当研究所では、2024年9月1日～14日の日程で、実際にオーストラリアのエネルギー転換、グリーン水素製造プロジェクトに関する現地調査を行い、その水素製造ポテンシャルを確認するなど、最新の動向について情報収集・関係者へのヒアリングを行った。現地調査レポート(Part I～III)は、8.4を参照のこと。

水素の調達見込みに関する調査を踏まえて、本調査研究では、当面の間、大量に供給が可能な海外から輸入した水素がベースとなるとの想定の下で検討を行った。

日本の水素調達：豪州水素への期待



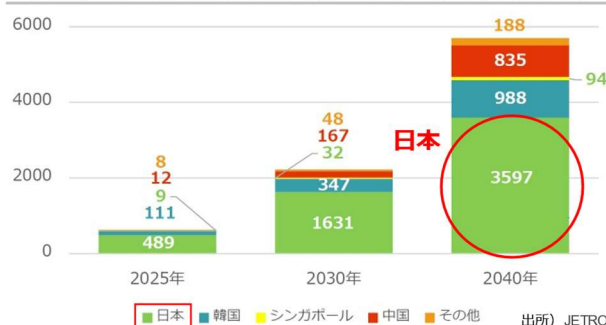
- 2050年時点の国内需要を賄うには海外からの輸入等で水素を調達する必要あり
- 海外では水素製造プロジェクトが複数立ち上がっており、当面はアジア市場への輸出を目指す中東や豪州からの輸入が中心となる見込み
- 豪州の水素戦略では水素を将来の輸出産業として位置づけ、日本を主要な輸出相手国と想定
- 当調査研究では、供給される水素は、海外からの輸入水素が主になるとの想定の下で検討

地域別グリーン水素製造ポテンシャル

小 ■ ■ ■ 大



豪州からの地域別水素輸出額の予測 (100万豪ドル)



出所) JETRO



電解槽の工場 (豪州グладストーン)



電解槽



Central Queensland Hydrogen Project (CQ-H2) 概観 (豪州グладストーン)

出所) Hydrogen Council, McKinsey & Company 「Hydrogen Insight」(2021)等を基に作成

7. 成果のとりまとめ

7.1 調査結果のとりまとめ

今年度の調査結果のまとめを表 7-1 に示す。

表 7-1 調査結果のとりまとめ

項目	調査結果サマリ
理想的な水素利用モデルの特定	✓ 令和5年度の調査結果に基づき、各交通モードにおける水素利用マップを作成した。これにより、どのような条件で燃料として水素を利用する場合が適するのかを整理することができた。 ✓ 水素利用マップを重ね合わせることにより、各交通モードに共通する水素利用が適する条件を抽出した。その結果を基に、複数の交通モードでの水素利用を想定したモデルを作成した。 ✓ 水素利用モデルは、交通結節点となる駅(・鉄道車両基地)、港湾、空港をベースに、それぞれの拠点を出入りする交通モードを対象として、マルチモーダル型水素ステーションを起点として整理した。また、離島についても、地産地消の水素利用が期待される条件として考慮した。 ✓ また、水素利用モデルを推進する上で、マルチモーダル型水素ステーションの導入によってどのような効果が期待できるかを定量的に評価した。定量評価では、感度分析による各前提条件の影響についても検討した。
水素利用モデル実現に向けた課題と解決策の検討	✓ 水素利用モデルの実現に向けて、どのような課題があり、その課題をどのように解決していくべきかについて、事務局で整理した内容に加え、委員からの意見集約を行い、整理した。 ✓ 課題整理にあたっては、運用・設置、技術開発、規制・制度の3つの観点で整理した。また、地方自治体が抱える課題についても詳細に把握するため、自治体間の意見交換会を開催し、複数の自治体における水素導入の取組・検討の中で感じている課題をとりまとめた。
交通分野における水素利用の普及拡大に向けたロードマップの検討	✓ 課題整理及び解決の方向性の整理の結果に加え、交通モードごとに整理されている既存のロードマップや検討会等における検討状況を踏まえ、ロードマップを作成した。 ✓ ロードマップは、委員会において各分野専門の委員から意見をいただきながら精緻化を行った。
交通分野における水素利用の普及拡大に向けた政策提言	✓ 上記の検討結果に基づき、交通分野における水素利用の普及拡大に向けて、国、地方自治体、交通分野に限らない多様な事業者など様々なステークホルダーに向けた政策提言書を作成した。 ✓ 政策提言書では、運用等の検討体制の構築、技術開発、規制・制度・インセンティブ、モデル地域での取組推進、人材育成・行動変容を 5 つの柱として整理した。

出所：日本総研作成

7.2 調査総括

- 国内交通分野での水素利用の実現のためには、複数交通モードの連携による纏まった水素需要の創出及び安定的な水素供給が見込まれる地域をモデル化し、その先行地域における初期的な導入を通じて、意欲と実現可能性の高い地域から水素の社会実装を全国に広げることが重要。
- 水素利用モデルを実現するための水素インフラの共用化などマルチモーダルな利用に向けた検討体制の構築、水素インフラの共用化(マルチモーダル型水素ステーション)に関する技術開発の推進、既存の規制・制度の合理化・適正化や支援の拡充、水素社会を担う人材の育成・確保、水素利用を積極的に選択するような行動変容を促す仕組みづくりが重要。
- 交通分野での水素利用の成功モデル(モデルケース)が、水素の社会実装に向けた好循環を作り出すことが重要。
- 交通分野だけでなく発電や産業分野で大規模需要を創出することができれば、商用水素サプライチェーンの構築を促進し、好循環創出を通じた自立的な水素普及を促すことが可能。
- 水素サプライチェーンの構築・水素供給インフラの整備には時間を要するため、2050 年カーボンニュートラルの達成に向けた水素利用の普及拡大に当たっては、今から行動を始めるべき。

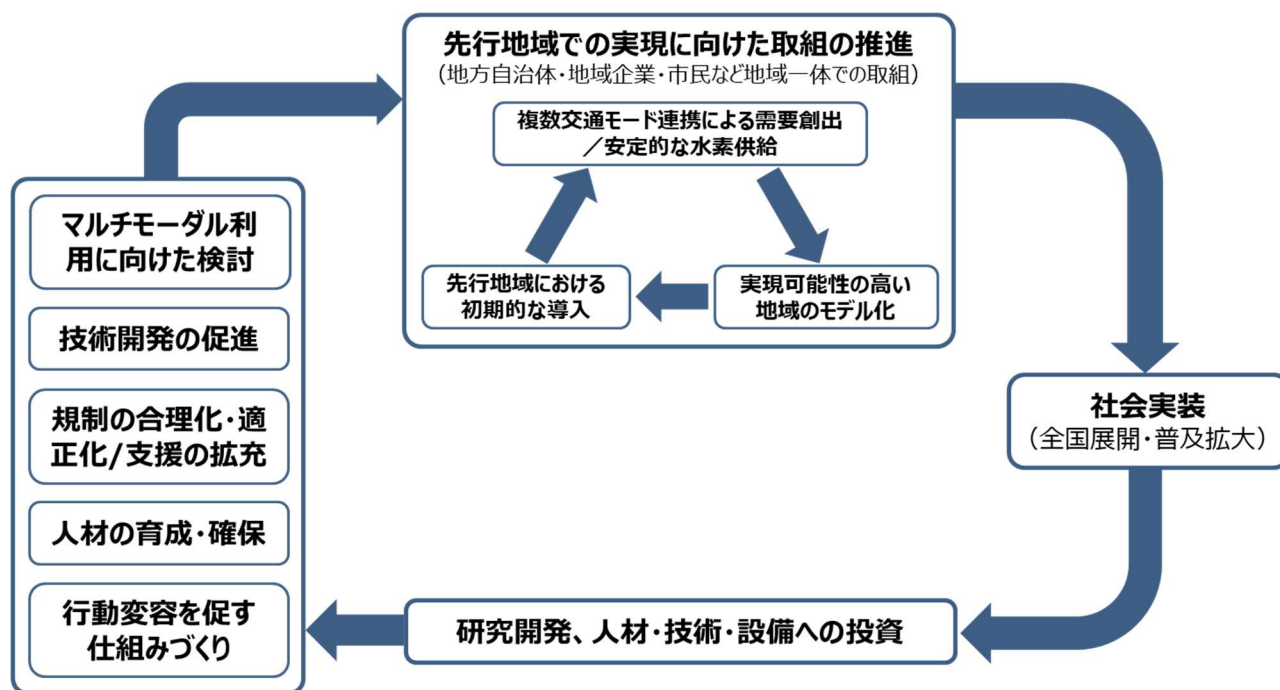


図7-1 まとめのポイント

長期の水素需要に不確実性が伴うなどし、大規模なインフラ投資に踏み出しにくい状況であっても、水素供給を拡大するには、既存インフラを最大限活用しつつ供給拡大が可能で、極力、需要と供給が隣接する地域等を実現可能性の高い地域としてモデル化、先行地域とし、水素利用をまず促していくことが望ましいと考える。

先行地域での取組を通じて蓄えた知見を生かしながら、モデルケースとして横展開し、更に各地でのインフラ整備を戦略的に進めることで、水素の社会実装が効率的に促進することが期待されるため、こうしたモデルケースとなるような先行地域を創出していくべきである。

先行地域において、初期的な導入が進むことにより、交通分野、特に商用車以外の交通モードでの水素利用の普及拡大につながるのではないかと考える。先行地域としての取組を通じて多くのステークホルダーを巻き込み、早期に水素利用を実現することが他の事業者にとってのベンチマークとなり、投資判断を促すきっかけとなり、新たな投資につながっていくのではないかと思います。

図7-1のように、水素の社会実装に向けた好循環を作り出すことが重要である。

以上

8. 補足資料

8.1 モデル実現に向けた課題整理の一覧

課題整理の結果をとりまとめた表を次頁以降に添付する。

カテゴリ	項目	経済性試算での前提 (委員会資料)	モデルケース実現に向けた課題（検証が必要な事項）	解決に向けて必要な取組み	課題解決の時間軸				ステークホルダー（主体：◎、関連：○）				
					現在	2030	2040	2050	国・政府	地方自治 体	ST運営者	需要家	メーカーな ど
モデルケース 共通	設置・運用	運用ルール・充填スケジュール管理	商用車向けの利用をベースにレーン数の一部を鉄道・船舶・航空機で一時的に占有する運用試算上の仮定として時間当たりの充填台数を規定したためばつきなどは未考慮 【ダイヤ運行×トラック等の不定期運行】 トラックなどのダイヤ運行していない交通モードと、鉄道・船舶・航空機といったダイヤ運行している交通モードに充填する場合の運用ルールの整備・制約（復圧インターバルの長期化を避けるために長時間の充填はできないなど） 【ダイヤ運行×ダイヤ運行】 鉄道・路線バス・航空機など、ダイヤ運行が行われている交通モードや、船舶のように入港スケジュールで管理されている交通モードでは、混雑状況やステーションの性能などを考慮し、マルチモーダル型水素ステーションでの充填のタイミングを管理する体制構築や手法などの検討が必要。特に航空機の場合、空港運用時間や出発時間に応じたレーンを利用しなければならない。また、イレギュラーな事態でダイヤ外の燃料の再充填が必要になる場合にも備え、余裕を持った運用とする必要がある。 補足：駅などの制限エリア（他交通モードの侵入ができない）場合に、安全基準などの合理化・適正化が必要となる点については、“規制・制度・保安”にて取り上げている。	駅であれば鉄道会社などモデルケースによって管理主体は異なるため、進め方も異なると考えられる。 港湾であればCNP検討会のように、既に発足している複数事業者との連携を見据えた協議体をベースに体制構築を図る。または鉄道のように事業者主体で推進が進められている中で手法論を議論するなど、モデルケースごとの検討状況に合わせ、既存の取り組みと合わせて検討する。 また、上記体制の構築だけでなく、実際に充填スケジュール管理が機能するかなど、実証を通じた検証を行う。						○	◎	○	
		設備利用率	商用車：25% 鉄道・船舶等：25%	運用の実態に合わせて設備利用率は異なるため、実際にマルチモーダル型水素ステーションを検討する場合は、エリアごと事業者ごとに実運用ベースでの効果検証が必要							◎	○	
		設置制約	駅・港湾などの拠点への設置	駅・港湾などでは限界となる貯蔵量や敷地面積があり、実際はステーションの大型化には制約があり、供給能力など標準的な設備仕様の検討が難しい（設置にあたっての制約条件の把握が必要） また、旅客・貨物での車両運行エリアの違いもあり、水素充填箇所を共通化することを前提とした設備の構成や、後述する規制との兼ね合いについても検討が必要						○	◎	○	
		マルチモーダル型水素ステーションの定義	圧縮水素を供給する場合は蓄圧器と圧縮機およびその制御システムの共用化 液化水素と圧縮水素の双方を供給する場合は液化水素の貯蔵設備を共用化	圧縮水素のみを供給する場合と、圧縮水素と液化水素の双方を供給する場合のコストの差異や運用方法の違いについて検討が必要 （現状の水素ステーションは“圧縮”水素を一定の決められたプロトコル（量・時間）でしか充填できない）					○		◎	○	○

カテゴリ		項目	経済性試算での前提 (委員会資料)	モデルケース実現に向けた課題（検証が必要な事項）	解決に向けて必要な取組み	課題解決の時間軸				ステークホルダー（主体：◎、関連：○）				
						現在	2030	2040	2050	国・政府	地方自治体	ST運営者	需要家	メーカーなど
モデルケース 共通	設置・運用	維持管理	既存のLight Duty Vehicle（LDV）向けのメンテナンスコスト等を参照	設備利用率が上がるため、定期メンテナンスの実施頻度や消耗品の交換頻度などの見直しが必要。ただし、稼働時間の増加が純粋に運用コストと比例関係にあるか、どの程度の影響があるかについての検証も必要。	導入当初はLDVのデータをベースに設定し、先行するHDVなどの長期運用による各種実績データを収集しメンテナンスコストの実態把握と、運用方法などへのフィードバックを継続的に行う。							◎	○	○
		運用体制	－	大型水素ステーションの場合に必要な運用体制・人員、無人化可否などの検討が必要	（～2030年）大型水素ステーションにおいて、既存の水素ステーションと同等の安全性を確保するうえで必要な運用体制・人員、セルフ充填に向けた基準適正化などを実証を通じて検証する。（経済産業省・水素保安戦略の策定に係る検討会等での継続的な議論の中でマルチモーダル型水素ステーションに関しても議論していくことを想定） （～2040年）技術開発等を通じた科学的データ・根拠を取得し、安全性が担保される範囲で、効率的な運用を可能とする各種規制・基準などの合理化を検討する。							◎	○	○
		給油（給水素）効率	どの程度水素ステーションが集約されるかのみを評価しており、どの程度の設置数が最適かは未考慮	トラック運用上、現在のSTではなく特定拠点へ集約することが輸送効率の観点で事業上許容されるか確認が必要	FCTラックを運用するうえで、どの程度の密度で水素STが必要か、大規模拠点間の移動であれば双方に設置されていれば良いのかなど、理想的な条件について詳細検討を行う。							○	◎	
		水素輸送方法	全て液化水素ローリーが前提	港にて液化水素で受け入れたものを鉄道荷物として輸送するか、パイプラインorトローラーなどで供給拠点まで輸送するか、または内航転送による二次拠点への供給など、適切な輸送方法の検討が必要	モデルケース導入の初期断面では、液化水素ローリーをベースとした輸送インフラの構築を目指す（～2040年頃）。 長期的には、需要規模の拡大や二次受入拠点への供給に向けて、内航転送、パイプラインや鉄道輸送についての検討を行う。既にJR西日本、JR貨物らによる検討において、貨物列車による水素輸送や線路敷パイプラインについて検討されているが、現状の進捗状況は不明であり、2050年に向けた長期的な検討課題となるため、継続して調査・協議などを進める。また、液化水素の鉄道輸送においては、安全性(振動、入熱等による圧力上昇等)を継続的に検証していく。						○	◎		
		需要創出	－	交通分野だけでなく(産業横断的に連携すること、まちづくりの取り組みなども含めた地域一体での取り組みなど、水素需要創出に向けた取組みが必要	交通分野だけで大規模な水素インフラが構築されるわけではないため、産業分野での水素インフラの構築に向けた検討と連携し、産業横断での導入計画の策定や、既に主要港湾などで検討が進む水素ハブの構築に向けた協議体（CNPやCNKなどの検討）などにおいて、交通分野における検討を推進する。 加えて、官民一体となったまちづくりによる需要創出の検討を行う。					○	○		◎	
	技術開発	充填技術	複数交通モードへの供給システムが確立されていることが前提 (HDV向けの充填技術についてが既にNEDO事業で着手されているため、その成果をもってマルチモーダル型水素ステーションの開発が進む前提とした)	鉄道・船などへの充填と、商用車への水素充填といった流量が異なる複数交通モードへの充填技術の開発が必要 圧縮水素（ガス）と液体水素の異なる状態で充填する場合の共用化に係る技術の開発が必要 (例：水素の充填量：HDV＝50kg、小型船舶（ハイドロびんご）＝100kg)	現在NEDO事業において進められているHeavy Duty Vehicle（HDV）向け水素ステーションの技術開発の成果をベースに、他交通モードへの大流量ディスベンサーの適用に向けた技術開発などを推進する。								○	◎

カテゴリ	項目	経済性試算での前提 (委員会資料)	モデルケース実現に向けた課題（検証が必要な事項）	解決に向けて必要な取組み	課題解決の時間軸				ステークホルダー（主体：○、関連：◇）				
					現在	2030	2040	2050	国・政府	地方自治体	ST運営者	需要家	メーカーなど
モデルケース 共通	技術開発	車両開発	各交通モードにおいて水素利用が期待される用途（路線バス、非電化路線、リージョナル航空機など）の技術開発が完了し実装されていることが前提	鉄道、船舶、航空機において、マルチモーダル型水素ステーションの導入に向けて、可能な限り早期の実装が必要	技術開発が先行する商用車（トラック・バス）などを除き、各交通モードにおいて燃料電池車両等の導入に向けた小型化や高効率化などの技術開発が行われている。実装時期は2030年以降となることが想定されており、マルチモーダル型水素ステーションの導入に向けて、早期実装を想定した経済的支援の拡充などを検討する。								
		復圧インターバル	最低でも充填時間と同等のインターバル時間を考慮	鉄道や船等に大流量の充填をした後、復圧にどの程度のインターバルが生じるのか、それに応じてどのようなシステム構成にすべきかの検討が必要 また、復圧インターバル（き利便性）とコストとの兼ね合いを考慮した最適な設備仕様の検討が必要	上段の“設置制約”でも触れたマルチモーダル型水素ステーションの仕様を検討するため、複数台への供給による復圧の所要時間の把握、適切な圧縮機能力などを整理する。						○		◎
	人材確保・育成	水素産業に関する人材確保	必要な専門知識や資格を有する人材が確保されることが前提	水素の取り扱い、水素ステーションの維持・管理、水素車両の整備などの専門知識や資格を有する十分な数の人材が官民含めて必要。	産官学の連携により、様々な関連プレイヤーとの協業を通じて水素に関連する専門知識を有する人材を育成する。具体的には、自治体での水素関連プロジェクトの組成（公用車での利用や山梨県のように水素供給事業の組成など）を国のサポートだけでなく、先行する民間事業者との連携によって実現することで水素に関するノウハウ・知見を自治体に蓄積し、人材の育成につなげる。				○	○	○	○	○
	規制・制度	保安に関わる技術基準や規制の合理化・適正化（個別交通モード特有の規制・安全基準などとの整合性）	規制による制約等は未考慮	マルチモーダル型水素ステーションの場合、水素の貯蔵量が大きくなり、港湾だけでなく駅・空港などでの利用となるため、離隔距離など規制面での合理化等の検討が必要（すでに検討が進められている大型化に伴う規制合理化などと同じ認識だが、マルチモーダル型での適用可否についても検討が必要。） また、STの設置場所によっては、駅・港湾・空港の制限エリア内に他の交通モードが侵入するケースも考えられる。マルチモーダル型水素ステーションの設置・運用にあたっては、上記のような場合を想定し、どのような安全基準・規制の合理化・適正化や新たな整備が必要かの洗い出しが必要	大型化に伴う課題については、経済産業省・水素保安戦略の策定に係る検討会等において継続的に議論し、左記のように国・事業者との間でマルチモーダル型水素ステーションの運営において必要な、法規制や安全基準の合理化、適正化が必要な項目の洗い出しを行い、実装に向けた議論を行う。				◎	○	○	○	○
	その他 (主に自治体)	自治体による水素の需要創出	—	自治体によって地域での水素需要を創出するためには商用部門での大規模導入、モビリティ分野以外での水素活用等、業界縦断でのアプローチが必要	先進的な自治体での取り組みなど、自治体間での情報共有を継続し、自治体内での水素リテラシーの向上を図ると共に、企業との連携・連携支援などの自治体側の機能によって交通分野での水素需要創出をサポートする。ただし、自治体単体での活動には限界があるため、国による経済的な支援や人員派遣などの取り組みは継続的に実施する必要がある。				○	◎			
		地域住民の意識醸成	—	住民へのFCV導入を進める上では、住民への周知/意識醸成/社会受容性の向上、購入メリットの訴求がハードル	アカデミアなどの専門家と連携することで、出前授業や勉強会開催など、住民の関心を高める活動を継続的に実施し、商用車ベースで構築される水素インフラへの理解醸成などを自治体が中心となって進めていく。					◎	○		
		行政の財政負担	—	自治体内で水素の利活用ニーズがあるものの、政府の補助金が継続的に下りない限り、実証止まりになってしまう	自治体が関与するプロジェクトであっても、早期の事業化を想定したスキームを構築するなど、事業者による自立化を前提とした事業開発を行う。また、補助金ありきではない商用化を目指すためにも、OPEXの補助ではなく、CAPEXの補助、供給インフラの公共化などを前提に議論していく。					◎	○	○	
		関係プレイヤーへのアプローチ	—	水素の大規模需要創出を促すには、自治体が主体的に事業者/住民にアプローチし、地域全体での機運醸成/事業者連携のサポートが必要 ただし、自治体側にも上記の活動に必要な専門人材が不足しているため、人材育成・補強などが必要	企業との連携・連携支援などの自治体側の機能によって交通分野での水素需要創出をサポートする。 産官学連携による人材育成の取り組みによって各自治体における複数の専門的な人材の育成を図る（アカデミアとの連携による教育体制の構築など）ことや、民間事業者をうまく巻き込むことで、自治体がプロジェクトを組成しつつ、民間主導の取り組みに昇華させる仕組みづくりやそれを実行できる体制づくりを国や主要な民間事業者とも連携して推進する。					◎			

カテゴリ		項目	経済性試算での前提 (委員会資料)	モデルケース実現に向けた課題（検証が必要な事項）	解決に向けて必要な取組み	課題解決の時間軸				ステークホルダー（主体：◎、関連：○）				
						現在	2030	2040	2050	国・政府	地方自治体	ST運営者	需要家	メーカーなど
モデルケース ① 鉄道・自動車	設置・運用	交通モード間の距離	共用化時の旅客・貨物との現実的な充填箇所の違いなどは未考慮	鉄道と路線バスなどで実際の充填場所が離れている場合が想定される。デイスンサーは個別に設置するなど、交通モードや実態に合わせた水素STの仕様検討が必要	JR西日本らによる総合水素ステーションの検討状況などをベースに旅客・貨物の交通モードへの補給地点が離れていても、蓄圧器や圧縮機といった設備の共用化が可能かといった実現性にかかる調査・検討を行う							◎	○	
		荷役機械への活用	複数モードへの供給が可能とし、FCフォークリフトの需要を見込む	鉄道に対する補給と荷役機械への補給と他モードへの補給の両立。現状、両者の充填圧力が異なる(FCF:~35MPa、FCV: 70MPa) など、条件の異なるモードへの供給方法の検討が必要	複数交通モードへの補給システム・技術の確立							○	◎	○
	規制・制度	燃料電池鉄道車両の法規対応	—	高圧ガス保安法関係法令など、営業線での走行に向けて対応が必要	水素燃料電池鉄道車両等の安全性検証検討会にて2024年より議論が進められており、法規制の見直しについて検討が開始しており、2030年代での燃料電池車両の導入を見据えて、2030年までを目途に整理が行われることが期待される。					◎		○	○	○
モデルケース ② 船舶・自動車	設置・運用	水素供給方法	Ship to Ship、Shore to Shipいずれの場合もマルチモーダル型水素ステーション	船舶によってShip to Shipでの供給なのか、Shore to Shipによる供給が適切なかを検討する必要がある。また、Shore to Shipの場合は、潮位差や喫水、供給距離によって成立しないケースも想定される。また、Ship to Shipでの供給を想定する場合、バンカリング船の開発も必要になる。	現在地域ごとにCNP検討会が発足し、官民連携しての議論が行われている。港湾エリアでのマルチモーダル型水素ステーションの導入を想定する場合、CNP検討会などの政府が主導する既存の会議体での議論から開始し、実装に向けた詳細検討を進める。会議体が存在しない場合は、港湾管理者や民間事業者らによって協議を開始できる体制構築を政府が後押しする。						○		◎	○
		荷役機械への活用	複数モードへの供給が可能とし、FCフォークリフトなどの港湾荷役機械の需要を見込む	船舶に対する補給と荷役機械への補給と他モードへの補給の両立。現状はそれぞれの作業エリアの位置関係から成立しにくい場合もある。	複数交通モードへの補給システム・技術の確立、作業エリアが離れている場合に成立しうる補給方法の検討							○	◎	○
	技術開発	多様な船舶種への対応	499型の内航貨物船を想定	タグボートから大型の内航貨物・旅客フェリーなど船舶の種類は多岐にわたるため、様々な船種に対応した供給技術の開発が必要	船舶を想定したモデルケースにおいて、特に水素利用が想定される小型船舶の中でも様々な船種に対応した供給技術を開発する。								○	◎

カテゴリ		項目	経済性試算での前提 (委員会資料)	モデルケース実現に向けた課題（検証が必要な事項）	解決に向けて必要な取組み	課題解決の時間軸				ステークホルダー（主体：◎、関連：○）				
						現在	2030	2040	2050	国・政府	地方自治体	ST運営者	需要家	メーカーなど
モデルケース ③ 航空機・自動車	設置・運用	交通モード間の距離	共用化時の旅客・貨物との現実的な充填箇所の違いなどは未考慮	鉄道と路線バスなどで実際の充填場所が離れている場合が想定される。ディスプレイは個別に設置するなど、交通モードや実際に合わせた水素STの仕様検討が必要	LDV向け水素ステーションの整備や空港車両向け水素STの設置など、空港内での他車両への導入検討が進められており、将来的に航空機で利用する場合の空港内の水素インフラの検討を行う。							◎	○	
	設置・運用	地方空港への水素供給	—	まずリージョナルプロベラ機から水素の導入が始まることが想定されるが、この場合、水素をリーズナブルなコストで安定的に入手し、地方空港への供給が必要 水素の導入当初は、液体水素ローリーにて航空機への液体水素の補給を実施することになると予想されるが、場合によっては液体水素ローリーを既存燃料の数倍の台数で運用する必要がある。その場合、燃料補給時間が長くなり、空港内の地上交通の混雑も引き起こす可能性があるため、注意が必要になる。	産業部門など他セクターや行政、地方自治体等と協力しながら導入に向けた協議会の立ち上げや、民間主体での検討を推進できる体制の構築を進める。 水素導入に伴う燃料補給に伴う地上交通のオペレーション見直しを検討する。					○	○	○		
		航空機地上支援車両への活用	複数モードへの供給が可能とし、航空機地上支援車両の需要を見込む	航空機に対する補給と航空機地上支援車両への補給と他モードへの補給の両立	複数交通モードへの補給システム・技術の確立。また、航空機とグランドハンドリング機材の補給場所は異なる上に、グランドハンドリングも貨物地区専用のものも存在しているため、補給エリア含めて運用の見直しや空港内での水素供給インフラの検討を行う。							○	◎	○
	技術開発	液化水素とガスの同時充填	液化水素とガスの同時充填が可能なものとしてリージョナルプロベラ機と商用車の設備共用化を想定	リージョナルプロベラ機の場合、液化水素の充填が基本となるが、商用車には水素ガスの供給が必要であり、マルチモーダル型水素ステーションの場合、ガスと液体の供給が必要	液化水素ローダーと通常のディスプレイを有する水素STの成立性検証のためのFS、システム全体の制御技術開発などを推進する。							○	○	◎

カテゴリ		項目	経済性試算での前提 (委員会資料)	モデルケース実現に向けた課題（検証が必要な事項）	解決に向けて必要な取組み	課題解決の時間軸				ステークホルダー（主体：◎、関連：○）				
						現在	2030	2040	2050	国・政府	地方自治体	ST運営者	需要家	メーカーなど
モデルケース ④離島（船舶・航空機・自動車）	技術開発	船舶・航空機への供給	双方への供給が可能であることが前提	商用車需要が小さい離島では、船舶・航空機の需要が大きくなるため、従来の水素ステーションとは異なる仕様・設計が必要 また、モデルケース③と同様に、航空機に対しては液化水素の供給が必要となるため、船舶や自動車への供給と合わせてガスと液体の供給が必要	離島特有の事情ではあるが、水素ステーションの共用化が技術的に可能であるのかなど、実現可能性についての詳細検討を行う また、モデルケース③と同様に、液化水素ローダーと通常のディスベンサーを有する水素STの成立性検証のためのFS、システム全体の制御技術開発などを推進する。							○	○	◎
	水素供給	離島への水素供給方法	地産水素が前提	離島への水素の供給は、需要規模が一定数量を越えると、内航船での転送が必要になると想定されるため、内航転送を行う場合の運行ルートや離島を含めた供給網の検討が必要	内航転送船（液水ベースでの輸送がベースと思われます）の開発やコスト低減のために内航船の共用化を図るモデルの構築（内航船が稼働可能な距離感にある複数の離島における需要をインテグレートする等）の検討を行う。 （重油で実際に行われているオペレーションを参考に、パンガング船の出張運行などの検討も行うことを想定）							○	○	◎
その他	低価格水素の調達	値差支援の対象	—	特に2030年代の導入初期では、水素価格の低減は、需要規模の拡大や設備や運用コストの低減だけでは実現が難しい。値差支援で求められる要件は15年間の補助と支援期間終了後の10年で合わせて25年間の稼働が必要となるが、交通分野の車両更新やST耐用年数などの観点から、長期間のコミットが難しい。	水素の価格低減を産業中心に実現するだけでなく、交通分野においても広く利用できるように供給可能な仕組みとするなど、産業と交通とで分野横断的に取り組みを推進できる体制及び仕組みづくりを行う。					◎	○	○	○	

8.2 交通脱炭素シンポジウム III 水素の利活用による交通分野の脱炭素化～地域から未来をつなぐ脱炭素への道～ 研究報告に関する資料

2025 年 3 月に開催したシンポジウムにおいて研究報告を行うにあたって使用した資料を別添資料Ⅱとして添付する。

8.3 豪州の交通分野の脱炭素化及びエネルギー転換に関する現地調査報告(Part I～III)

2024 年 9 月に行ったオーストラリアでの現地調査に関するレポートを別添資料Ⅲとして添付する。

- 豪州の交通分野の脱炭素化及びエネルギー転換に関する現地調査報告(Part I)
～政府(連邦、クイーンズランド州)の脱炭素政策とエネルギー転換政策～
https://www.jttri.or.jp/jttri_20241203.pdf
- 豪州の交通分野の脱炭素化及びエネルギー転換に関する現地調査報告(Part II)
～脱炭素化に向けたクイーンズランド州における取組(再生可能エネルギー・水素・SAF)～
https://www.jttri.or.jp/jttri_20241210-1.pdf
- 豪州の交通分野の脱炭素 化及びエネルギー 転換に関する現地調査報告(Part III)
～アジア太平洋水素サミット 2024(Asia-Pacific Hydrogen 2024 Summit & Exhibition)参加報告～
https://www.jttri.or.jp/jttri_20241210-2.pdf

令和 6 年度我が国の交通分野の脱炭素化に向けた燃料転換及び
水素利用に関する調査研究並びに運輸業界・交通事業者等への周知啓発報告書

令和 7 年 3 月発行

編集発行人 宿 利 正 史

発 行 者 一般財団法人 運輸総合研究所

東京都港区虎ノ門 3 丁目 18 番 19 号 UD 神谷町ビル

電話 03-5470-8405 〒105-0001

3065-202402-0519