

<仕様書別紙>

2024 年度成果報告書

競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業/総合調査研究/国内水素輸送シミュレーションモデルの構築に向けた基礎調査

2025 年 3 月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

委託先 一般社団法人水素バリューチェーン推進協議会（JH2A）
みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社

目次

1	研究開発の成果と達成状況—要約—	8
1.1	和文要約	8
1.2	英文要約	9
2	研究開発の成果と達成状況—本文—	10
2.1	国内水素サプライチェーンの分析評価	10
2.1.1	外部環境条件の整理	13
(1)	エネルギーシステム分析手法の設定	14
(2)	エネルギー／電力需給総量や構成などの推定	16
(3)	将来予測シナリオの検討及び設定	17
(4)	地域毎の再エネ／水素製造ポテンシャルの評価分析	19
(5)	セグメント毎の生産能力・エネルギー消費、及び水素普及度合いの予測	27
2.1.2	分析ツールの準備	52
(1)	数値計算手法の検討	52
(2)	数理最適化モデルの構築	53
2.1.3	入力データセットの構築・整理	55
(1)	入力データセットの構築・整理：供給	55
(2)	入力データセットの構築・整理：需要	56
(3)	入力データセットの構築・整理：輸送	57
2.1.4	データ統合及び計算実行	66
(1)	シミュレーションケースリスト作成、及びケース毎のデータセットの準備	66
基本となる Base case を元に、感度分析（Sensitivity analysis）及びシナリオ分析（What-If analysis）用のデータセットを準備した。ケースリスト一覧を下記に示す。簡易モデルの機能確認も兼ねて複数のケースに対する最適化計算を実施したが、全ての結果を網羅的に記述すると冗長過ぎるため、今回の報告書では黄色でハイライトしたケース群の計算結果を用い、可視化や分析考察を実施することとした。		66
(2)	シミュレーション計算の実行	67
2.1.5	結果整理、及び考察・示唆まとめ	68
(1)	Base case 試算結果の整理及び可視化：国内サプライチェーン全体の評価分析	68
(2)	Base case 試算結果の整理及び可視化：任意の供給拠点からのサプライチェーン分析	68
(3)	感度分析：国内製造水素のポテンシャル評価	70
2.2	国内水素サプライチェーン評価結果の展開及びフォードバック取得	72
2.2.1	協力先企業・団体への全体説明会の実施	73
2.2.2	アンケート調査の実施、及び結果の集計	74
(1)	アンケート調査の実施内容	74

(2)	アンケート調査結果の集計	76
2.2.3	協力先企業・団体へのインタビュー実施、及び結果まとめ	77
(1)	協力先企業・団体へのインタビュー実施	77
(2)	インタビュー実施結果まとめ	77
2.3	国内水素輸送シミュレーションモデル構築に向けた検討	81
2.3.1	フィードバック結果の分析及び考察.....	81
2.3.2	結論：将来の国内水輸送シミュレーションモデル構築、及び運用に向けて.....	84
3	研究発表・講演、文献、特許等の状況.....	85
(1)	研究発表・講演	85
(2)	論文	85
(3)	特許等（知財）	85
(4)	受賞実績	85
(5)	成果普及の努力（プレス発表等）	85

図目次

図 1	簡易シミュレーションモデル：コンセプト説明図	10
図 2	簡易シミュレーションモデル：所掌範囲概念図	11
図 3	簡易シミュレーションモデル：システムアーキテクチャ	11
図 4	簡易シミュレーションモデル：構築及び試算ワークフロー（大項目のみ）	12
図 5	外部環境条件調査及び入力データセット構築に係るワークフロー概念図	13
図 6	2030 年・40 年・50 年断面での入力データセットの構築に向けた整理結果概略	14
図 7	余剰電力量算定に向けたシミュレーションの流れと優先給電ルール	19
図 8	電力需要・発電容量の地域分布想定（Case1）	20
図 9	地域毎の再エネ／水素製造ポテンシャルの評価分析（Case1）	21
図 10	電力需要・発電容量の地域分布想定（Case2）	23
図 11	地域毎の再エネ／水素製造ポテンシャルの評価分析（Case2）	23
図 12	水素製造ポテンシャルの評価分析結果	24
図 13	水素製造ポテンシャルの都道府県別への按分手法・結果の概要（Case2）	25
図 14	RITE シナリオにおける 2040 年、2050 年の発電電力量見通し	29
図 15	2040 年、2050 年の設備容量見通し（青囲み：今回採用したシナリオ）	30
図 16	火力発電所に関する RITE シナリオの諸元	30
図 17	水素混焼・専焼 需要見通し	31
図 18	アンモニア混焼・専焼 需要見通し	32
図 19	地域別按分の考え方	34
図 20	中小分散発電 水素需要見通し	34
図 21	セクター・セグメント別の需要産出：産業（鉄鋼）	35
図 22	RITE シナリオでの粗鋼生産量見通し	36
図 23	RITE シナリオでの技術別粗鋼生産量（青囲み：今回採用したシナリオ）	36
図 24	製鉄 水素需要見通し	37
図 25	セクター・セグメント別の需要産出：産業（石油精製）	38
図 26	2040 年、2050 年の 1 次エネルギー供給量 見通し（青囲み：今回採用したシナリオ）	39
図 27	製油所の所在地と原油処理能力の分布（2023 年 3 月）	39
図 28	石油精製 水素需要見通し	40
図 29	化学業界における水素・アンモニア需要量の試算（2050 年）	42
図 30	石油化学 水素需要見通し	43
図 31	熱利用 水素需要見通し	44
図 32	熱利用 アンモニア需要見通し	44
図 33	熱利用 合成メタン需要見通し	45
図 34	セクター・セグメント別の需要産出：運輸（自動車）	46
図 35	FCV 普及シナリオ	47

図 36	FC 商用車の普及シナリオ	47
図 37	FCV 水素需要量見積もりの考え方 (2040/2050)	48
図 38	FC トラック水素需要量見積もりの考え方 (2040) ※2050 は国の目標数値を参照したため割愛	48
図 39	FC バス水素需要量見積もりの考え方 (2040/2050)	49
図 40	FC フォーク水素需要量見積もりの考え方 (2040/2050)	49
図 41	自動車用都道府県別水素需要分布の設定	50
図 42	運輸部門 (自動車) 水素需要見通し	50
図 43	セクター・セグメント別の需要試算：運輸部門 (船舶)	51
図 44	船舶水素利用シナリオのインプット数値 (一部抜粋)	51
図 45	運輸部門 (船舶) 水素需要見通し	51
図 46	簡易シミュレーションモデルの所掌範囲概念図	52
図 47	水素輸送サプライチェーンにおける選択肢・組み合わせ概念図 (説明用)	53
図 48	国内水素輸送サプライチェーン模式図 (Case #1)	57
図 49	国内水素輸送サプライチェーン模式図 (Case #2)	58
図 50	図. 国内水素輸送サプライチェーン模式図 (Case #3)	58
図 51	国内水素輸送サプライチェーン模式図 (Case #4)	59
図 52	均等化水素コストから輸送コスト計算式への適用フロー説明図	62
図 53	地域区分設定	63
図 54	川崎港→最終需要消費地までの水素輸送フロー模式図	68
図 55	Base case 試算結果_2040 年_川崎港サプライチェーンフローダイアグラムまとめ	69
図 56	感度分析_国内製造水素のポテンシャル評価：外部環境条件設定まとめ	70
図 57	感度分析_国内製造水素のポテンシャル評価：概要及び入力条件設定まとめ	70
図 58	感度分析_国内製造水素のポテンシャル評価：感度分析結果まとめ	71
図 59	協力先企業・団体の分類 (日本標準産業分類に基づく)	72
図 60	簡易シミュレーションモデル構築ワークフローに基づく、説明会セッション設定	73
図 61	アンケート調査結果の概要まとめ	76
図 62	機能追加の要望に対する“松・竹・梅”の整理・分析考察	82

表目次

表 1	各期間のモデル概要の整理.....	15
表 2	各機関の分析結果を採用した場合のメリット／デメリット.....	16
表 3	第 4 回将来の電力需給シナリオに関する検討会 RITE 資料からの選定シナリオ.....	17
表 4	設定した分析ケースの概要.....	17
表 5	参照した 2 シナリオの概要.....	18
表 6	主要なシミュレーションのインプット値 (Case1)	20
表 7	水素コスト算定条件 (Case1・2 共通)	21
表 8	主要なシミュレーションのインプット値 (Case2)	22
表 9	按分に用いたデータ.....	26
表 10	需要セクター・セグメント別需要ポテンシャル 試算結果 (2030 年、40 年、50 年)	27
表 11	エネルギー基本計画での発電電力量想定.....	28
表 12	セクター・セグメント別の需要産出：発電（大規模）	29
表 13	火力発電所水素・アンモニア利用シナリオのインプット数値（一部抜粋）	31
表 14	セクター・セグメント別の需要産出：発電（中小分散）	33
表 15	製鉄所水素利用シナリオのインプット数値（一部抜粋）	37
表 16	製油所水素利用シナリオのインプット数値（一部抜粋）	40
表 17	セクター・セグメント別の需要産出：産業（石油化学）	41
表 18	石油化学水素利用シナリオのインプット数値（一部抜粋）	42
表 19	セクター・セグメント別の需要産出：産業（熱利用）	44
表 20	数理モデル内の計算ロジックまとめ	53
表 21	数理モデルの水素輸送キャリア及び輸送オプションまとめ.....	54
表 22	数理モデルにおける時間概念の設定	54
表 23	供給データセット構築にかかるコンセプト及び要点まとめ.....	55
表 24	海外輸入水素：港湾の優先順位付け	55
表 25	需要データセット構築にかかるコンセプト及び要点まとめ.....	56
表 26	国内水素サプライチェーン検討対象ケース一覧.....	57
表 27	国内水素サプライチェーン構成要素一覧：輸送機器.....	59
表 28	国内水素サプライチェーン構成要素一覧：パイプライン	60
表 29	国内水素サプライチェーン構成要素一覧：貯蔵タンク	60
表 30	国内水素サプライチェーン構成要素一覧：水素キャリア変換.....	60
表 31	国内水素サプライチェーン構成要素一覧：ハンドリング	60
表 32	日本全国における輸送ハブ設定方法	64
表 33	日本全国における輸送ハブ設定リスト：海上輸送	64
表 34	日本全国における輸送ハブ設定リスト：道路輸送	65
表 35	日本全国における輸送ハブ設定リスト：道路輸送	65

表 36	最適化シミュレーション計算実施ケースリスト	66
表 37	Base case 試算結果：国内輸送量合計、及びインフラ数量試算値.....	68
表 38	感度分析_国内製造水素のポテンシャル評価：感度分析結果まとめ.....	71
表 39	アンケート調査用紙：セッション A	74
表 40	アンケート調査用紙：セッション B（1）	74
表 41	アンケート調査用紙：セッション B（2）	75
表 42	アンケート調査用紙：セッション C	75
表 43	シミュレーションモデルの活用方法に関する要望（上位 3 項目）	77
表 44	シミュレーションモデルの機能追加に関する要望（上位 3 項目）	78
表 45	シミュレーションモデル／入力データ等の構築・運用方法に関する要望（上位 3 項目）	80

1 研究開発の成果と達成状況—要約—

1.1 和文要約

【課題・背景】 2050年のカーボンニュートラル達成に向けて、水素は多様なセクター・セグメントにおける活用が期待されている。その普及には、各セクターの需要量や立地、輸送インフラ等を複合的に考慮しつつ、国内の水素輸送網を計画的に構築していく必要がある。しかし現時点では、水素の製造・輸入拠点の位置や需要の量・成長度合いなど、不確実性の高い要素が多く、将来のサプライチェーンの規模や形成時期、さらにはコストといった事業化検討に必要な要素の定量的評価が困難な状況にある。

【解決策】 こうした不確実性を踏まえ、地域特性や産業構造に応じて水素輸送コストや必要インフラ量を柔軟に試算可能なツールの構築・普及は、企業や自治体等における不確実性の振れ幅やその影響を定量的に把握する上で有効であり、水素関連の将来見通しの形成を支援する手段となることが期待される。

【本調査の内容及び成果】 本調査では、国内水素サプライチェーン分析ツールの実現に向け、数値シミュレーションモデルを軸とした基礎調査を実施した。まず、エネルギー・電力需給などの外部環境を整理・分析し、供給・輸送・需要といったサプライチェーンの構成要素に関するデータを収集・整理。その上で、線形計画法を用いた簡易な数理モデルを構築し、水素輸送コストや必要インフラ量の試算を行った。さらに、構築したモデルの概念、構成要素、試算手順および結果を取りまとめ、説明会・アンケート・インタビューの3つの手法により、将来的なユーザー候補である約30の企業・団体を対象にニーズ調査を実施した。その結果、モデルの基本的な構成やデータ要素については概ね肯定的な評価を得た一方、環境価値の分析機能の追加、柔軟なデータ入力やユーザーインターフェース設計、入力データの透明性・信頼性確保に関する具体的な要望も明らかとなった。特に「使いやすさ」に関しては改善を求める声が多く、今後の開発フェーズにおいて重要な検討項目といえる。将来的に有用なツールを準備したとしても、実際に活用されなければ十分な効果を発揮できないため、プレ運用の導入などを通じて使いやすさを検証し、運用面も含めた改善を進めていくことが望ましいことが判明した。

【結論と今後の展望】 本調査により、国内水素サプライチェーン分析ツールの構築に向けた基礎的検討は概ね完了した。今後は、本調査で得られた成果とフィードバックを踏まえ、追加機能の搭載やグラフィカルユーザーインターフェースの強化を段階的に進めながら、本格的なシミュレーションモデルの構築を目指す。これにより、水素関連事業の将来見通しを支援する有効な分析ツールの実現が期待される。

1.2 英文要約

[Background and Challenges] Hydrogen is expected to play a central role in achieving carbon neutrality by 2050, with broad applications across multiple sectors. To support its widespread adoption, a domestic hydrogen transportation network must be developed based on an integrated understanding of demand volumes, locations, and transport infrastructure. However, uncertainties surrounding production/import hubs and future demand trends make it difficult to quantitatively evaluate key factors such as supply chain scale, timing, and cost.

[Approach] To address these uncertainties, we propose the development of a simulation tool that flexibly estimates hydrogen transport costs and infrastructure needs based on regional and industrial characteristics. Such a tool would help stakeholders, including companies and municipalities, quantitatively assess potential scenarios and support the formation of future hydrogen strategies.

[Study Scope and Outcomes] This study conducted foundational research for building a hydrogen supply chain analysis tool using a numerical simulation model. After analyzing external factors like energy and electricity demand, data related to supply, transport, and demand components were collected and organized. A simplified mathematical model using linear programming was then developed to estimate transport costs and infrastructure requirements. The model concept, structure, and trial results were presented to approximately 30 potential users through briefings, surveys, and interviews. Feedback confirmed the validity of the model's core design, while also identifying needs for environmental value analysis, flexible data input, user interface improvements, and data transparency. Usability was frequently cited as an area for improvement. Going forward, options such as pilot use will be important for evaluating and refining the tool's usability and operational feasibility.

[Conclusion and Future Outlook] This study successfully completed the groundwork for a domestic hydrogen supply chain analysis tool. Future efforts will focus on enhancing functions and improving the graphical user interface, aiming to build a robust simulation platform that supports long-term hydrogen business planning.

2 研究開発の成果と達成状況—本文—

2.1 国内水素サプライチェーンの分析評価

2050年のカーボンニュートラル（以下、CNと略記することがある）達成に向け水素は様々なセクター・セグメントでの活用が期待されているが、それらを網羅する水素の輸送供給サプライチェーンを効率的に構築していくに当たっては地域性や産業形態等、様々な特徴を有する水素需要に応じたキャリアやその供給・輸送手段について最も経済合理的な手法や組み合わせを選択していく必要がある。しかしながら、水素輸入港の位置や数、輸送手段の選択、そもそもとして日本全体のエネルギー消費量見通しや将来の電源構成などといった変数が無数に存在するために、広域的な国内水素輸送サプライチェーンの最適解を手作業で得ようとすることは現実的に非常に難しい。そこで、今回の基礎調査では、将来の本格的なサプライチェーンシミュレーションモデルの事前段階として、水素サプライチェーン（上・中・下流）、及びエネルギーシステム全体を考慮しながら、コンピュータによる数理モデルを用いて水素サプライチェーンを評価分析することができる簡易的な統合シミュレーションモデルの構築を検討した。尚、簡易モデルの入力及び出力のコンセプトを表す説明図を参考までに下記に示す。

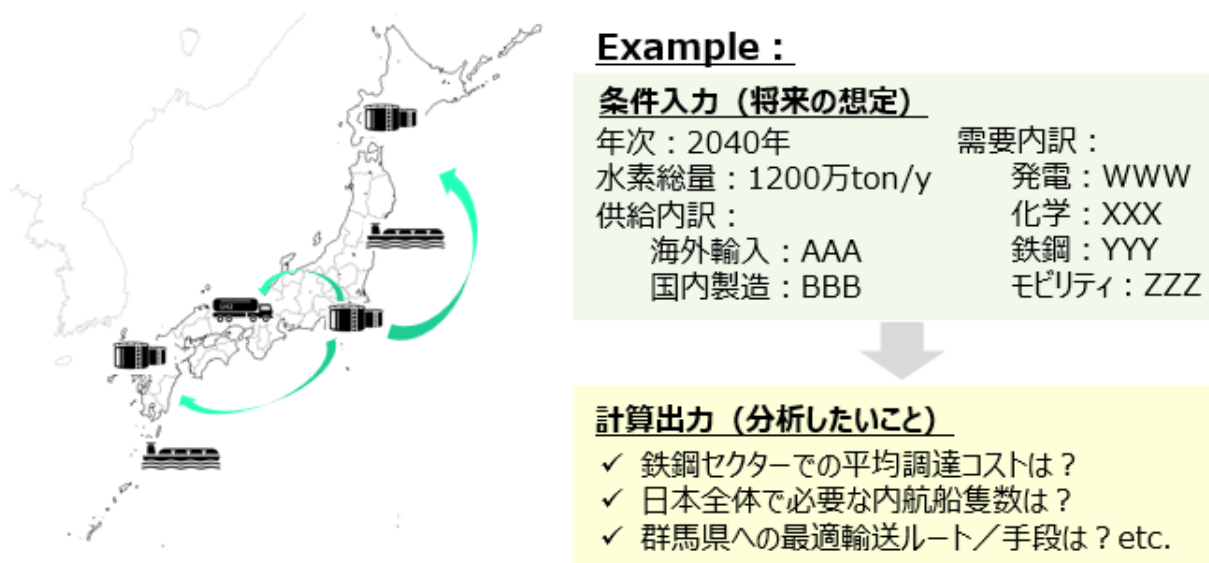


図 1 簡易シミュレーションモデル：コンセプト説明図

今回検討する統合シミュレーションモデルについて評価分析の対象領域を概念的に示した図を下記に示す。前述の通り、当該調査事業ではエネルギーシステム全体の観点を考慮に入れながら水素輸送サプライチェーン（上・中・下流）をモデル内で簡便的に再現し、国内輸送コストや必要インフラ数量の試算を実行可能なシミュレータの構築を目指すものである。尚、エネルギーシステム全体との整合性を一定程度保ちながら水素サプライチェーンの評価分析を実施可能とするコンセプトではあるが、言い換えれば水素以外のサプライチェーン（ex. LNG、石炭など）については、エネルギーシステム全体としてそれらの要素は考慮に入れるものの、水素に対して実施するようなサプライチェーンのモデリングは所掌範囲外とした。

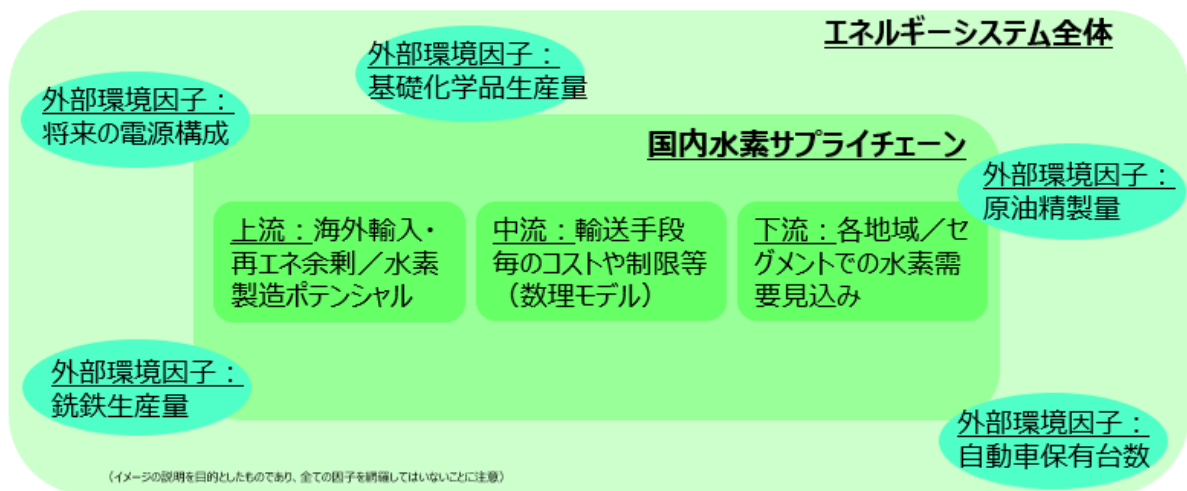


図 2 簡易シミュレーションモデル：所掌範囲概念図

次に、今回の調査で構築した簡易シミュレーションモデルのシステム概念図を以下に示す。今回は外部環境の情報やデータの分析を行った上で、国内水素サプライチェーンを供給・需要・輸送の3つのパートに分割してデータセットを構築・準備し、最適化計算手法を用いて国内輸送コストや必要インフラ数量の試算を実施した。各々の詳細については該当セクションを参照願う。

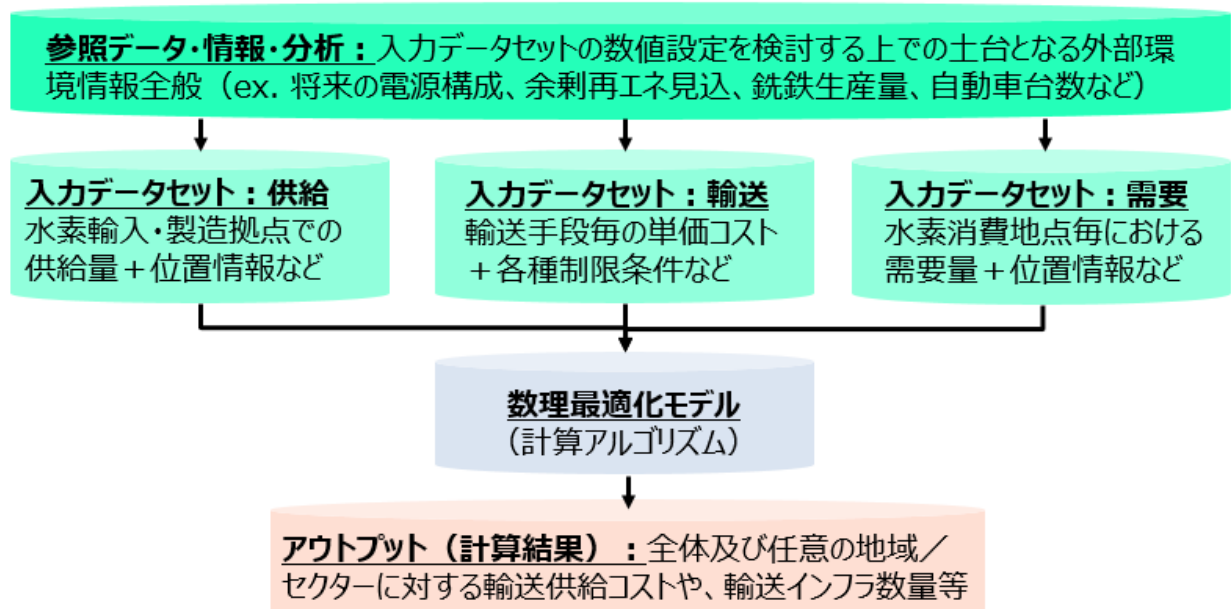


図 3 簡易シミュレーションモデル：システムアーキテクチャ

また、今回の簡易シミュレーションモデル構築及び試計算に対するワークフローについても下記に纏める。将来の電源構成や主要産業の将来動向といった外部環境条件の整理、及びシミュレーションモデルのコアとなる輸送供給シミュレーションを実行する数理モデルの構築検討から作業を開始し、整理した外部環境条件などを元に入力データセットを準備した後、計算実行、結果まとめ、考察といった順で作業を進めた。外部環境因子についてはみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社（以下、みずほ R&T と略記）が、輸送供給サプライチェーンの数理最適化モデル（分析ツール）の準備、及び計算実行については一般社団法人水素バリューチェーン推進協議会（以下、JH2A と略記）がそれぞれ主担当を務めつつ、結果分析や考察・示唆まとめについては2社が協力しながら実施した。

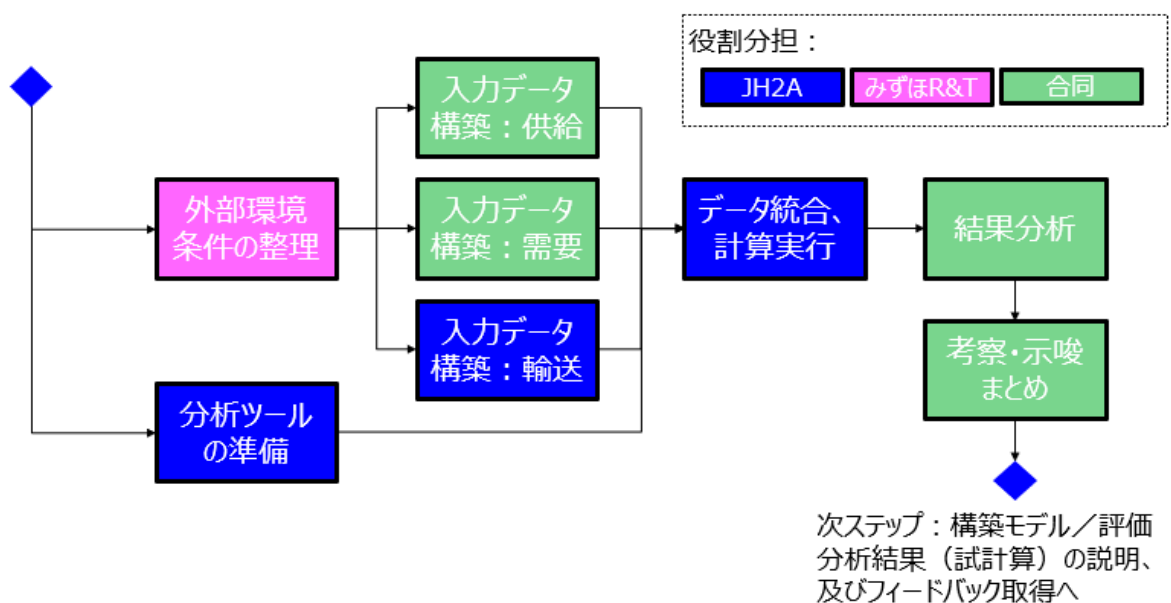


図 4 簡易シミュレーションモデル：構築及び試計算ワークフロー（大項目のみ）

2.1.1 外部環境条件の整理

国内水素サプライチェーンの将来の絵姿に対する議論が可能となる簡易的なシミュレーションモデルを構築することを今回検討するが、そもそもとして、国内における水素のサプライチェーンの絵姿は供給側（海外輸入、国内製造拠点）及び需要側（セクター・セグメント毎、地域毎など）の在り方に大きく依存する。加え、それらもまた再エネ余剰ポテンシャルや燃料消費動向といった“外部環境因子”に大きく左右される。

そこで、今回の調査事業では将来の水素サプライチェーンの絵姿を描いていく上で土台となる外部環境条件をまず始めに整理し、いくつかのシナリオに落とし込んだ上で以降の評価分析に繋げていくこととした。外部環境条件を整理するに当たっては、エネルギー基本計画や水素基本戦略等といった公開情報を主に組み立てていきつつ、2040年や2050年の長期の想定は検討段階では限られていたこともあり、各種機関のモデル分析の分析結果を参照することとした。その内、特に2040年、2050年の外部環境条件を整理していくに当たっての各項目のワークフローは図5のとおりである。また、2030、40、50年のそれぞれについて、どのように設定を行い入力データセットの構築に繋がったのかについても概略図も併記する。詳細は後述の各項目を参照願う。

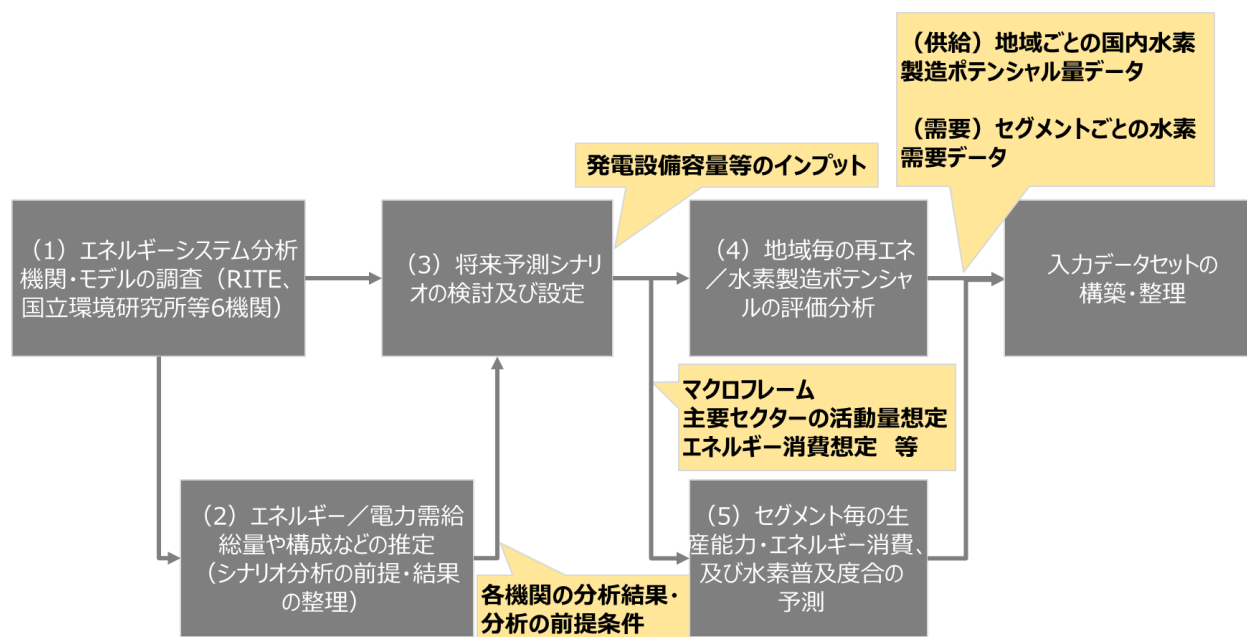


図5 外部環境条件調査及び入力データセット構築に係るワークフロー概念図

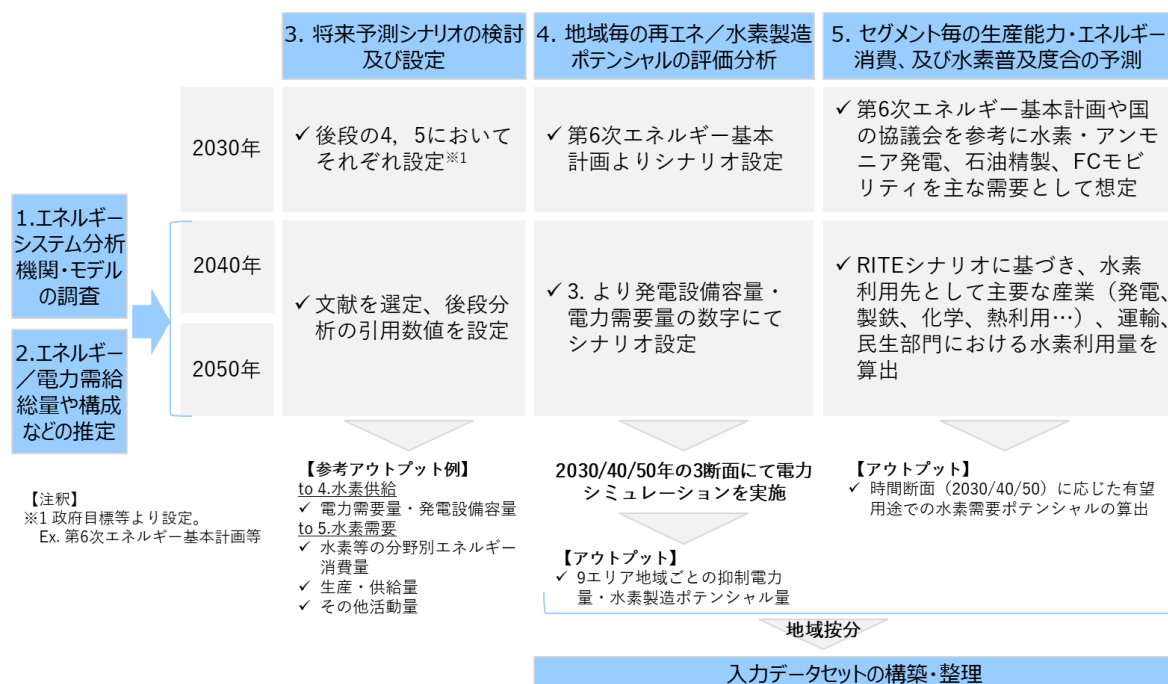


図 6 2030 年・40 年・50 年断面での入力データセットの構築に向けた整理結果概略

(1) エネルギーシステム分析手法の設定

国内における主要な統合エネルギーシステムモデルを公表資料より調査し、その特徴、差異を整理した。調査対象のモデルとしては、第 44 回基本政策分科会でモデル分析を実施した地球環境産業技術研究機関、国立環境研究所、自然エネルギー財団、デロイトトーマツコンサルティング、日本エネルギー財団研究所に加え、エネルギー総合工学研究所の 6 機関のモデルを調査した。各々のモデル概要は下表のとおりである。

基本的にコスト最小化を目指したモデルでその点は一致するが、インプットとする内容や分析可能な地域区分や時間粒度の細分化に差異がある。後段の「(4) 地域毎の再エネ／水素製造ポテンシャルの評価分析」では、みずほ R&T の保有する 1 時間単位でのメリットオーダーシミュレーションを行う事で、国内での再エネ余剰電力量を算出、国内の水素製造ポテンシャルを算出する。シミュレーションモデルへのインプットは本調査の外部環境条件調査より得られたデータを用いるため、電力の需給分析については、1 時間ごとの時間解像度としていることが望ましいと考えた。時間解像度を 1 時間単位としている機関は RITE、IEEJ、国立環境研究所、自然エネルギー財団となっている。そのため、上記 4 機関について公開されている分析結果を参照し、文献よりどのようなデータが取得可能か調査を行う事とした。

表 1 各期間のモデル概要の整理

機関	地球環境産業 技術研究機関 (RITE)	日本エネル ギー経済研 究所(IEEJ)	国立環境研 究所	自然エネルギー 財団	デロイトト ーマツコンサル ティング	エネルギー総 合工学研究所
モデル	世界モデル	日本モデル				
ロジック	コスト最小化で共通					
地域 解像度※1	世界を 54 分割 (日本 1 地域) 電力：IEEJ の モデルを活用 し、日本を 5 分 割	5 地域 (北海道、東 北、東京、西 日本、九州沖 縄)	最終消費：1 地域 電力：10 地域 (北海道、東 北、関東、中 部、北陸、関 西、中国、四 国、九州、沖 縄)	9 地域 (北海道、東北、 東京、北陸、中 部、関西、中国、 四国、九州)	最終消費：1 地域 電力：日本を 351 分割 (変電所主要 基幹送電線の 送電容量を反映)	1 地域 電力：発電所 や送電線の概 念等無し
時間 解像度	電源構成モデルは 1 時間ごと				4 季節×4 時間 /季節 (16 時間帯)	1 年間を中間 期、冬季、夏 季を昼・夜で 6 分割
技術数※2	500 程度	300 超	600	150	—	403
需要想定 の範囲	産業、運輸、民 生(家庭、業務) の各部門にお いて活動量や サービス需要 を想定し、積み 上げ	産業、運輸、 家庭、業務の 各部門を合 計 37 のサー ビス需要区 分に細分化	産業、運輸、 家庭、業務の 各部門にお いて活動量 やサービス 需要を想定 し、積み上げ	積み上げではな く、需要のレベ ルを想定(運輸 のみ算定)その うで、需要低 減をモデルで算 定	家庭は人口推 移を基に計 上、産業、業 務、運輸の各 部門はサービ ス需要単位で 積み上げ	産業、運輸、 民生の各部門 において生産 量や活動量に 基づき、需要 を推計
人口	SSP2 シナリオ ※3	国交省「国土 数値情報」よ り人口を反映	社人研推計※ 4	2050 年までに 20%減	国交省公表デ ータから将来 推計人口を反映	SSP2 シナリ オ※3
GDP		GDP 成長率： 50 年まで年 率平均 1.0%	～2030 年 内 閣府推計※5 2030 年以降 SSP2※3	不明	不明	

※1 最終消費との記載は産業始めとした部門ごとのエネルギー消費

※2 エネルギー効率の改善技術、電化技術 (EV・ヒートポンプ等)、新燃料の利用技術 (水素・
合成燃料・アンモニア等)、CCUS、ネガティブエミッション技術等の想定されている技術数

※3 SSP2 シナリオ:IPCC で用いられる社会シナリオのうち中庸シナリオ:(人口)2030 年 1.18
億人、2050 年 1.02 億人 (GDP) 2030 年 1.6 %/年、2050 年 0.4%/年

※4 国立社会保障・人口問題研究所の中位推計 2050 年 1.02 億人

※5 内閣府 成長実現ケース ～2030 年 1.7%/年

(2) エネルギー／電力需給総量や構成などの推定

選定した4機関のモデルによる2050年カーボンニュートラルの実現へ向けた分析結果を2024年9月時点で取得可能な範囲で整理し、輸送シミュレーションのインプット情報の参考とする場合のメリット・デメリットを以下表の形で整理した。その上で以下観点よりOCCTOの第4回電力需給シナリオに関する検討会のRITE報告資料を採用文献とした。

- ・発電容量や電力需要量（後段の電力シミュレーションに必要）
- ・2040年断面の分析（2040年断面の分析を行う上で必要）
- ・エネルギー消費量や生産／供給量に関する指標（取得可能なデータ数が多いほど望ましい）

表2 各機関の分析結果を採用した場合のメリット／デメリット

機関名	参照文献		メリット	デメリット	判断
地球環境 産業研究 機関 (RITE)	第44回基本政策分科会(FY21)		考察が豊富	部門別エネルギー消費なし 電力需要・発電容量なし	取得可能なデータが乏しく ×
	CNに向けたトランジションロードマップの策定 2023年度(FY23)		部門別エネルギー消費 水素等の国内バランス 2040年分析	電力需要・発電容量なし	電力需要・発電容量の記載がなく ×
	OCCTO 将来の電力需給シナリオに関する検討会(FY23,24)	第2回	部門別エネルギー消費 電力需要・発電容量の記載 2040年分析	RITE FY23比で部門・燃種別エネルギー消費のデータの粒度で劣る	第4回と比較してデータ取得の範囲と新しさより ×
		第3回	部門別エネルギー消費 2040年分析	発電容量の記載なし	発電容量の記載なし ×
		第4回	部門別エネルギー消費 2040年分析 電力需要・発電容量の記載	RITE FY23比で部門・燃種別エネルギー消費のデータの粒度で劣る	電力関連の指標・2040年分析結果等より ○
国立環境研究所	第44回基本政策分科会(FY21)		部門別エネルギー消費	発電容量なし	発電容量の記載が無い事、2040年分析が無い事 から ×
	2050年脱炭素社会実現に向けた排出経路追加分析(FY24)		太陽光・洋上風力は発電容量記載 水素・アンモニア需要量の分析と総需要が2050年目標値に近似	部門別エネルギー消費なし、水素需要の過半が合成燃料	部門別エネルギー需要が無い事などから ×
日本エネルギー経済研究所(IEEJ)	第44,50回基本政策分科会、エネルギー資源学会44巻(FY21.22,23)			エネルギー消費等の情報に乏しい	得られるデータが少なく ×
自然エネルギー財団	第44回基本政策分科会、脱炭素の日本への自然エネルギー100%戦略(FY21)			国際送電線等（日中など）も含むシナリオ	シナリオの蓋然性の低さから ×

(3) 将来予測シナリオの検討及び設定

採用した文献では、基礎需要や GHG 排出量、電力需要、鉄鋼製造法、バッテリー価格、鉄鋼・化学等の生産量について低位・中位・高位水準を設定し、7 シナリオが分析されている。この 7 シナリオより、①Base case を国内再エネの導入量が 2050 年断面においても比較的現実的な水準で考えられていると判断した分析結果を参考とし、②国内製造水素拡大ケースを、技術進展等により国内再エネ導入量が急拡大、2050 年断面で安価な余剰電力が大量に発生し得る分析結果を参考にする事として下表のとおり 2 シナリオを選定した。

表 3 第 4 回将来の電力需給シナリオに関する検討会 RITE 資料からの選定シナリオ

項目	内容
シナリオの設定方法	①基礎需要、②GHG、③電力需要、④鉄鋼製造法、⑤バッテリー価格、⑥鉄鋼・化学等の生産量のそれぞれで低位・中位・高位水準を作成し、各シナリオで高位・中位・低位を設定 7 シナリオ (A1-Mm(f)、A1-Mm、A1-Mh、A1-Hm、A1-Lm、B2-Mm、A3-Mm)
選定シナリオ	A1-Mm : ①GDP 中位 (ベースライン)、②▲90%、③～⑤中位、⑥高位 B2-Mm : ①GDP 高位 (成長実現)、②CN、③中位、④・⑤高位、⑥高位

A1-Mm シナリオを選定した理由としては、多くの項目で中位を採用し、7 つの分析シナリオの中庸を取っていること、A1-Mh シナリオや他シナリオと比較して取得可能なデータが多いことから Base case に採用した。CN シナリオは本文献中で B2-Mm の 1 シナリオであり、再エネが大幅に拡大することが想定されていることから国内製造水素拡大ケースとして採用した。

表 4 設定した分析ケースの概要

No.	Case	CO2 削減量	再エネ導入量※	水素製造量
1	Base case	2050 年 90% 減	2050 年 : PV 151GW、風力 27GW 足元から増加するも、Case2 程の増加ではない結果	余剰電力発生量は限定的になり、水素製造ポテンシャルは小さくなる結果となる
2	国内製造水素拡大ケース	2050 年 CN	2050 年 : PV 433GW、風力 58GW PV は足元から 6 倍超と急拡大が必要になる結果	余剰電力発生量は大きくなり、水素製造ポテンシャルは大きい結果となる

※ 足元の導入量は太陽光発電が約 69GW、風力発電が約 5.7GW

また、参照した 2 シナリオの分析結果の概要は以下表のとおりである。これら数値は、後段の水素供給や需要の入力データ作成に活用した。なお、記載の数値はいずれもグラフで示された結果を Adobe Acrobat の「ものさし機能」を使い読み取った値であるため、少々の誤差が含まれる点は留意点である。

表 5 参照した 2 シナリオの概要

項目	A1-Mm	B2-Mm
排出削減量	▲90%	CN
一次エネルギー供給量 (Mtoe/yr)	305.0	291.6
内 水素等燃料※1	116.0	103.3
発電部門の水素等燃料消費量 (Mtoe/y)	70.0	45.1
内 アンモニア燃料消費量	42.1	45.1
内 水素燃料消費量	28.0	0
産業部門の水素等燃料消費量 (Mtoe/y)	33.6	43.4
内 水素還元・Super Course50 分	15.2	19.6
内 その他産業分	18.4	23.8
民生部門の水素燃料消費量 (Mtoe/y)	7.4	8.1
運輸部門の水素消費量 (Mtoe/y)	0	—
内 道路交通部門	0	—
電力需要 (TWh)	1,071	1,141
発電電力量 (TWh)	1,200	1,377
発電容量 (GW)	350	643
内 太陽光	151	433
内 風力	27	58

※1 116Mtoe≒4,047 万 t-H₂

(4) 地域毎の再エネ／水素製造ポテンシャルの評価分析

前段で設定したシナリオの情報をみずほ R&T 保有の電源モデルにインプットし、余剰再エネ電力量を算出した。余剰電力量の算出プロセスは下図に示すとおりであり、連系線によるエリア間の電力融通を考慮したうえで、優先給電ルールに基づいて算出した。

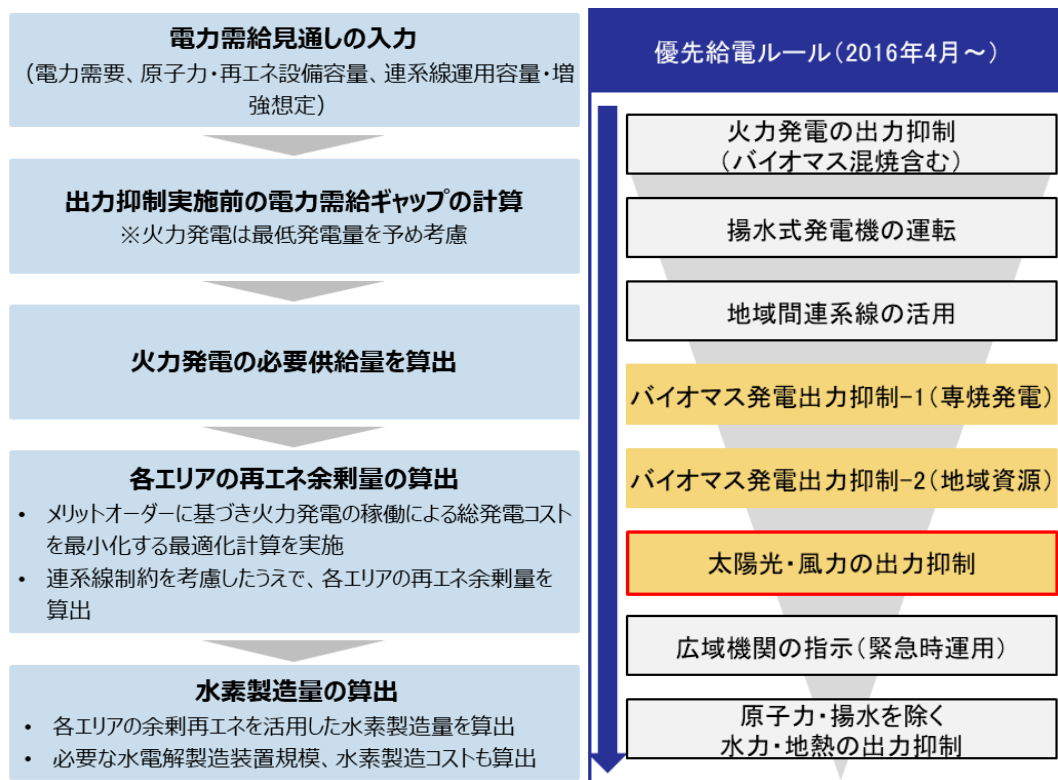


図 7 余剰電力量算定に向けたシミュレーションの流れと優先給電ルール

エリアごとの電力需要、発電設備容量、連系線運用容量等を入力値とし、弊社保有のメリットオーダーシミュレーションによりエリアごとの再エネ余剰量を算出した。分析はシナリオ別、エリア別（送配電事業者別国内9地域）に2030年・2040年・2050年断面で実施した。

上記より算出された太陽光・風力発電の出力抑制量について、水電解による水素製造に活用するものと仮定し、水素製造ポテンシャルを分析した。

以下に分析したケースごとに前提と結果を示す。

Case1: Base case

Base case では下表をインプット値として余剰電力量の算定を実施した。又、算定にあたって電力管区ごとに分解した電力需要量や発電種別の発電設備容量を纏めた図も併せて示す。

表 6 主要なシミュレーションのインプット値 (Case1)

項目	発電種	2030 年	2040 年	2050 年
発電設備容量 (万 kW)	太陽光	8,760	12,122	15,078
	陸上風力	1,330	2,658	2,658
	洋上風力	401		
	水力	2,328	3,011	3,522
	地熱	148		
	バイオマス	800	353	584
	原子力	2,385	2,208	1,679
	蓄電池	1,607	3,577	5,548
電力需要 (億 kWh)		8,751	9,561	10,713
連系線		工事完了が～2030 年の増強	計画策定プロセス中 の増強	マスタープランの 増強方策を考慮



図 8 電力需要・発電容量の地域分布想定 (Case1)

算定結果を地域毎に纏めて下記の図に示す。電力需要に対して再エネ設備容量の増加がそこまで大きくないため、余剰電力の発生量が大きくならず、水素製造ポテンシャルが小さい結果となった。水素コストとしても低い再エネ余剰発生率から水電解の稼働率が低い結果となり、極めて高いコストとなった。

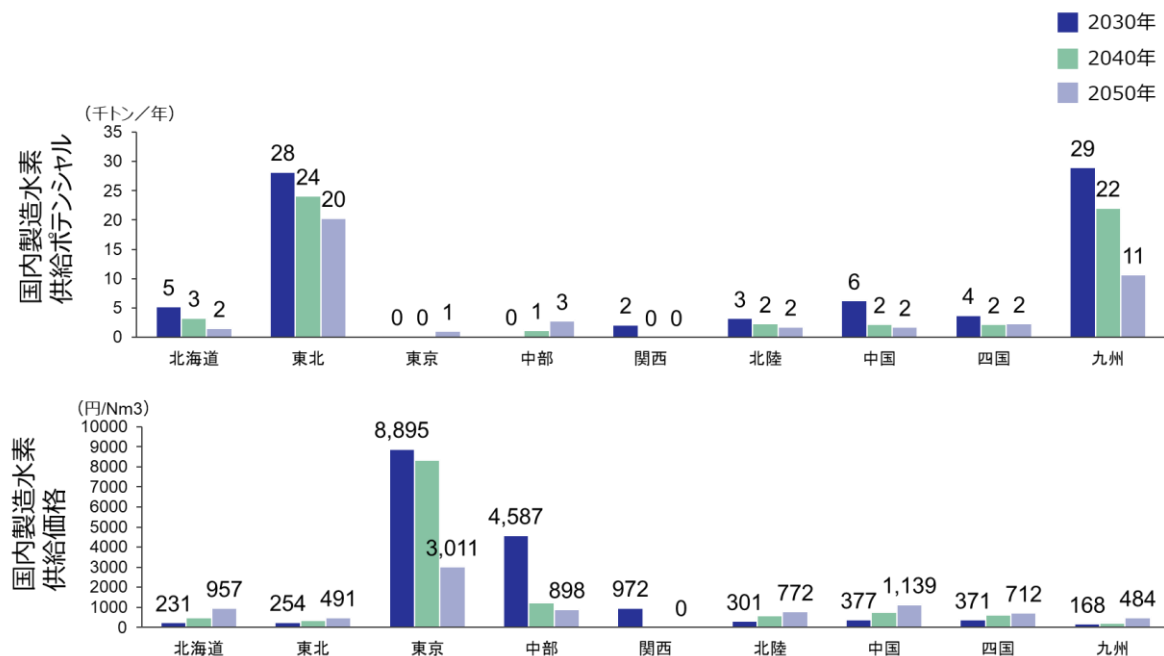


図 9 地域毎の再エネ／水素製造ポテンシャルの評価分析 (Case1)

なお上記のコスト算定にあたっては、以下表の前提を用いて算定した。水電解による水素製造コストには、水電解装置の設備コスト、メンテナンスコストに加え、再エネ賦課金や託送料金などの電力調達に係る費用も考慮したうえで算出した。水電解装置は、水素・燃料電池戦略ロードマップにおけるアルカリ水電解装置の2030年目標値を使用した。

表 7 水素コスト算定条件 (Case1・2 共通)

項目	北海道	東北	東京	中部	関西	北陸	中国	四国	九州
水素製造効率※1	4.3 kWh/Nm3								
設備コスト※1	5.2 万円/kW								
メンテナンスコスト※1	4,500 円/(Nm3/h)/年								
稼働年数※2	20 年								
再エネ賦課金 (2030 年) ※3	3.49 円/kWh								
再エネ賦課金 (2040 年) ※3	1.745 円/kWh								
再エネ賦課金 (2050 年) ※3	0 円/kWh								
託送料金 (基本料金) 円/kW/月※4	489.5	456.5	423.4	357.5	572	440	383.9	553.3	482.1
託送料金 (従量料金) 円/kWh※4	1.34	1.43	1.33	1.3	1.29	1.24	1.02	1.17	1.64

※1 水素・燃料電池戦略ロードマップにおけるアルカリ型水電解装置の 2030 年目標値を使用

※2 みずほ R&T 想定

※3 2030 年は足許の賦課金単価を使用。2050 年には CN を達成しており、FIT/FIP 電源への支援が終了しているものとし、線形に賦課金が減少するものと想定

※4 一般送配電事業者の託送供給約款における特別高圧標準接続送電サービス（電力量料金）を使用

Case2: 国内製造水素拡大ケース

前述の Case 1: Base case に対し、Case 2: 国内製造水素拡大ケースでは下表をインプット値として余剰電力量の算定を実施した。又、算定にあたって電力管区ごとに分解した電力需要量や発電種別の発電設備容量を纏めた図も併せて示す。

表 8 主要なシミュレーションのインプット値 (Case2)

項目	発電種	2030 年※1	2040 年	2050 年
発電設備容量 (万 kW)	太陽光	11,760	27,686	43,330
	陸上風力	1,790	3,327	5,766
	洋上風力	570		
	水力	2,328	3,023	3,497
	地熱	150		
	バイオマス	800	760	839
	原子力	2,385※2	2,208※3	1,679※3
	蓄電池	1,607	3,577	5,548
電力需要 (億 kWh)		8,751※4	9,911※5	11,413※5
連系線		工事完了が～2030 年の増強	計画策定プロセス 中の増強	マスタープランの 増強方策を考慮

※1 再エネ発電設備容量については第 6 次エネ基野心的水準より引用

※2 第 6 次エネルギー基本計画における原子力の比率を達成する水準で、許可済み・審査中のプラントから再稼働プラントを選定

※3 採用シナリオの設備容量と整合を取るように稼働・廃止プラントを選定

※4 OCCTO 需要想定より引用

※5 B2-Mm シナリオより引用

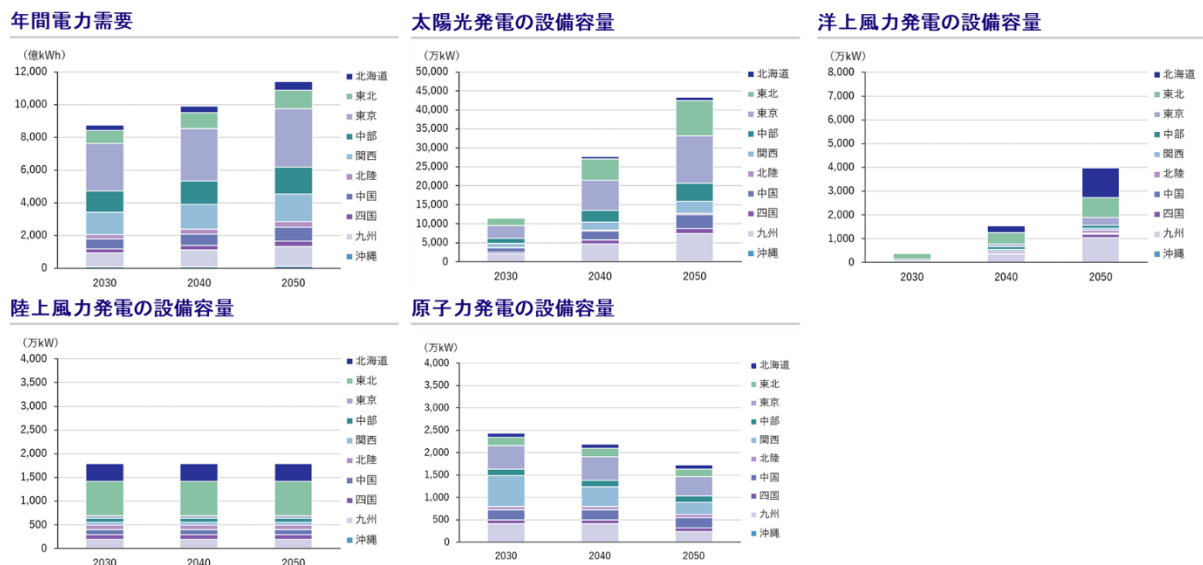


図 10 電力需要・発電容量の地域分布想定（Case2）

算定結果を地域毎に纏めて下記の図に示す。余剰電力量は東北・九州地域で大きく、北海道地域はそこまで大きくない結果となっている。東北や九州は電力需要が比較的小さく、太陽光発電容量が大きい想定となっていることが主因となっている。北海道は洋上風力発電の増加を想定しているが、その発電容量は東北や九州の太陽光発電の伸びと比して限定的である事が主要因で余剰電力量が他地域に見劣りする結果となり、水素製造ポテンシャルが比較的小さい結果となっている。

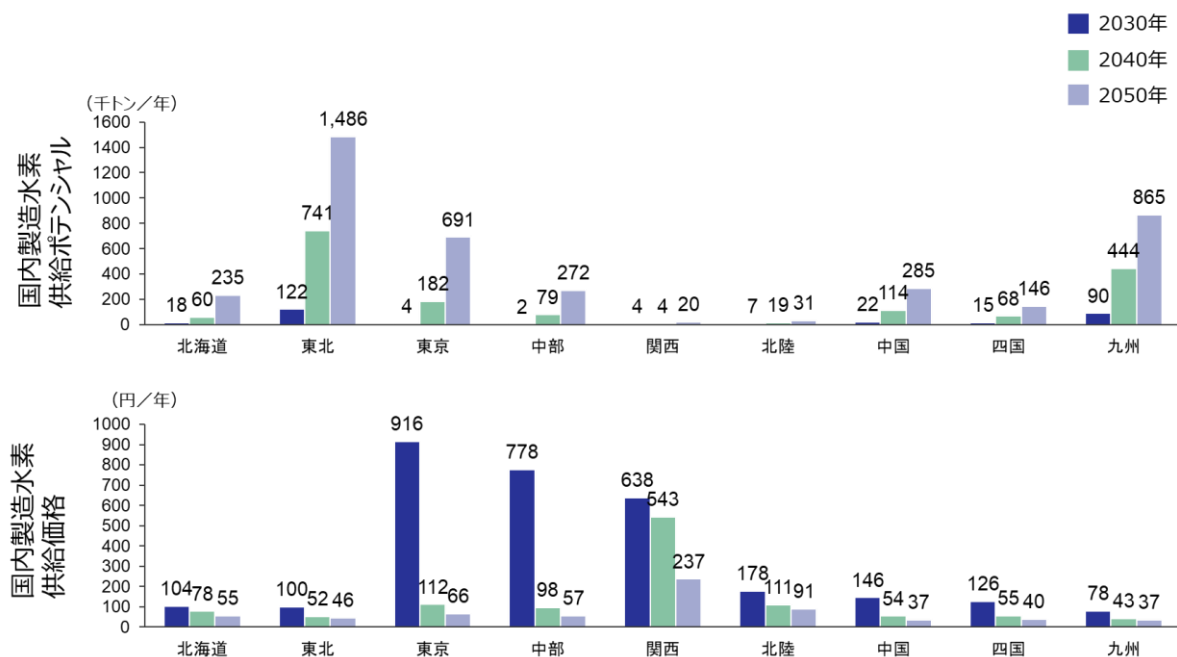


図 11 地域毎の再エネ／水素製造ポテンシャルの評価分析（Case2）

結果まとめ、及びシミュレーション入力データセットへの水素製造ポテンシャル入力値の設定

ここまでで示した Case 1,2 の評価分析結果のまとめ、及びそれを土台とした国内水素製造ポテンシャル入力値の設定（後に実施する水素サプライチェーンシミュレーション用）、以上の 2 点を最後に纏める。

Case 1,2 の評価分析に基づく 2030,40,50 年次における国内製造水素供給ポテンシャル (ton_H2/year) を下記の図に示す。Case 2 においては一定の供給ポテンシャルが認められるものの、Case 1 の場合における国内製造ポテンシャルは水素全体の量（ex. 年間目標 2000 万 ton @2050 年）と比べると非常に小さく、今回の調査テーマである“国内水素サプライチェーン”の観点から見た場合、サプライチェーンコストやインフラ数量等へ与える影響も極めて限定的であると考察できる。そのため、Case 1 ではシミュレーションモデル内に流入する国内製造水素は“ゼロ (Negligible)”とし、Case 2：国内製造水素拡大シナリオ適用時のみ、国内製造水素をサプライチェーンにカウントすることとした。

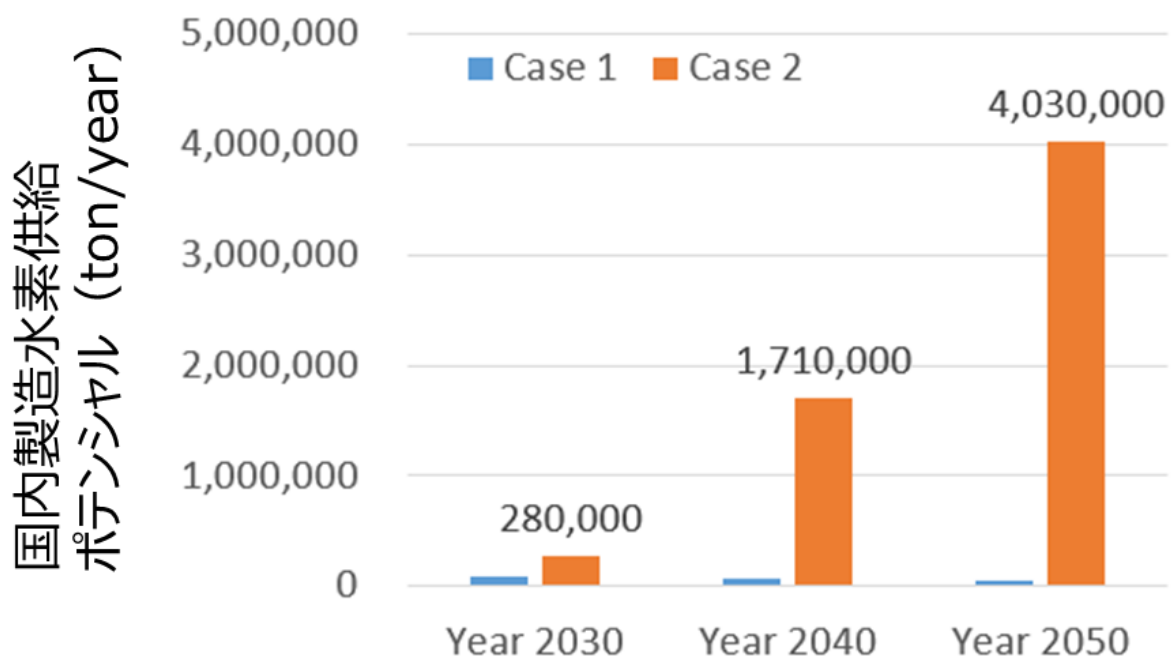


図 12 水素製造ポテンシャルの評価分析結果

国内製造水素に一定のポテンシャルが認められる Case2 については、その分析結果を水素サプライチェーンシミュレーションモデルに組み込むこととした。モデル入力設定の詳細については後述のモデル設定の箇所を参照願う。

但し、シミュレーションモデルへの入力データセットへ落とし込む際、シミュレーションモデル側では都道府県レベルでの粒度で入力可能であるのに対し、ここで示した国内製造水素ポテンシャルは地域毎の粒度となっている。そのため、算出した水素製造ポテンシャル量をもう一段按分し、都道府県ごとの値へと展開するプロセスを最後に実施した。

按分手法の概念やプロセスの概要を下記の図に示す。水素製造ポテンシャル量の算出は再エネの抑制量を用いて実施していることから、都道府県別への按分に際しては再エネ抑制量を都道府県別に細分化する必要がある。そのため、再エネ発電量を都道府県別に按分し、水素製造ポテンシャル量を都道府県別に按分した。

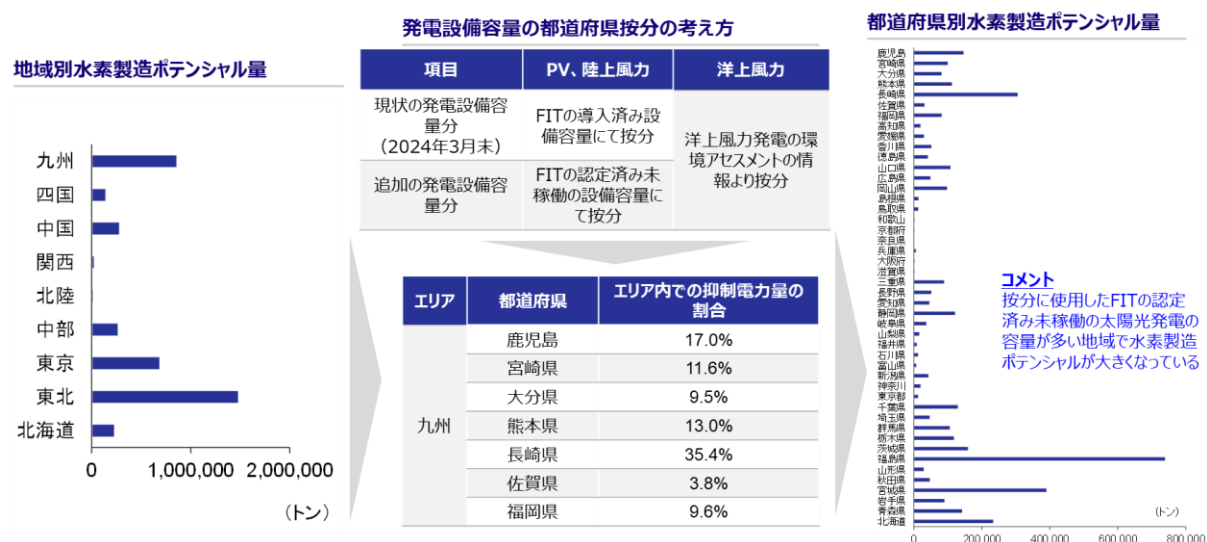


図 13 水素製造ポテンシャルの都道府県別への按分手法・結果の概要 (Case2)

按分手法の詳細としては、以下表に示す通りである。まず、PV と陸上風力発電については、現状の導入容量分と追加発電設備容量分の 2 種に分割し、按分を実施した。足元の導入容量分については公表されている導入実績に基づいて按分を行った。また、2030 年、40 年、50 年までに追加される発電設備容量分の按分に際しては、FIT の認定済み未稼働の発電設備容量を用いて電力管区毎に都道府県別の割合を算出、この割合で追加分が導入されるものとして按分を行った。

洋上風力発電については、環境アセスメントの進捗段階を考慮し、掛け目を乗算した上で、都道府県別の発電設備容量へ按分した。按分した発電容量をもとに電力シミュレーションの結果を踏まえて抑制量を算出し、水素製造ポテンシャルを都道府県解像度のデータへと加工し、後段の輸送シミュレーションモデルへの入力データセットに活用する事とした。

表 9 按分に用いたデータ

項目	PV、陸上風力	洋上風力
現状の発電設備容量分 (2024 年 3 月末)	FIT の導入済み設備 容量※1にて按分	洋上風力発電の環境アセスメントの情報※2 より按分
追加の発電設備容量分 (～2030 年、2040 年、 ～2050 年)	FIT の認定済み未稼 働の設備容量※1にて 按分(電力管区ごとに 都道府県別の設備容 量の割合を算出。その 割合をもとに追加設 備容量分を按分)	(環境アセスメントには段階が存在し配慮 書・方法書・準備書・評価書が存在する。そ れぞれのフェーズで公表されている計画容 量に対して出力補正係数を乗算し、都道府 県別の発電容量を算出した。これを用いて 電力管区毎に都道府県別の設備容量の割合 を算出し、発電設備容量を按分した)

※1 再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法 情報公表用ウェブサイトより
2024 年 3 月末時点のデータを使用

※2 環境アセスメントデータは、経済産業省ウェブサイト「発電所環境アセスメント情報 風力
発電所一覧」より、2024 年 3 月末時点のデータを使用。環境アセスメントの段階別の実現率は第
40 回基本政策分科会で示された過去実績から、配慮書：41%、方法書：51%、準備書：70%、評
価書：100%とした。

(5) セグメント毎の生産能力・エネルギー消費、及び水素普及度合いの予測

ここまでの検討を経て決定したシナリオ（以下、「RITE シナリオ」と略称することがある）に基づき、セクター・セグメント別に将来の水素需要見積もりを実施した。尚、検討対象とするセクター・セグメントに関しては RITE シナリオでの検討のほか、水素基本戦略をはじめとする国の政策において導入やそれに向けた技術開発のなされている分野を選択した。

各分野にかかる将来の見通しの算出においては、RITE シナリオにおいて試算されている部門別の最終エネルギー消費量と其中での水素及び誘導体（アンモニア、メタネーション）の需要見通しの情報を元に主に設定した。ただし、RITE シナリオにおいては、最適化計算の結果として水素利用量がゼロとなるセクター・セグメントが一部存在する（例えばモビリティ分野、化学品原料など）。そのため、検討を経てこれらのセクター・セグメントにおいては国の将来目標をはじめとする公知の情報に基づき、一定の仮定の下で 2030 年、2040 年、2050 年の水素需要を見積もり、追加の水素需要として計上している。これは、RITE シナリオがカーボンニュートラルに向けての CO2 排出量 9 割削減を実現するためのシナリオであることから、9 割以上の CO2 排出量の削減を目指した場合の追加処置として解釈される。これらの前提の下、セクター・セグメント別需要ポテンシャル試算の結果を表 10 にまとめた。

表 10 需要セクター・セグメント別需要ポテンシャル 試算結果（2030 年、40 年、50 年）

黒字：RITEシナリオ分析結果で導入された水素・誘導体の量をもとに弊社仮説より換算。

青字：RITEシナリオ分析結果では水素導入が想定されていない分野。RITEシナリオ分析でのセグメント別エネルギー消費量をもとに、水素転換量を弊社仮説より推定。

緑字：RITEシナリオ分析結果では水素導入が想定されていない分野。政府シナリオ・目標等をもとに、水素転換量を弊社仮説より推定。

分類	セクター	セグメント	利用形態	水素等利用ポテンシャル[万吨]		
				2030	2040	2050
電力	発電	大規模	H2混焼／専焼	30	371	512
			NH3混焼／専焼	387	2400	4800
		中小分散	H2混焼／専焼	0	67	77
非電力（原料）	産業	石油	精製（脱硫）プロセス	2	37	47
		鉄鋼	水素還元製鉄	0	96	550
		石油化学	基礎化学品生成（MTOプロセス）	0	73	137
非電力（燃料）	熱需要	熱需要	水素燃料	11	314	786
			NH3燃料	9	685	856
			メタネーション	0	33	166
	運輸	自動車	FC乗用車、商用車（トラック、バス）、フォーク	8	211	717
		船舶	次世代船舶燃料（水素内航船）	1	10	20

以降では、各セクター・セグメントにおいてどのような想定の下で試算を実施したかの詳細を説明する。

発電水素需要（大規模）

現在の火力発電設備の燃料が今後水素・アンモニアへと転換されていくことを想定の上、現在までに公表済みの火力発電設備の廃止、停止計画を調査し、これらを加味したうえで需要の見積もりを実施した。

2030年の水素・アンモニア需要としては第6次エネルギー基本計画において掲げられた「電源構成のうち、1%程度を水素・アンモニアとすることを目指す」という目標を念頭に天然ガス火力における水素発電での水素需要、石炭火力におけるアンモニア発電でのアンモニア需要を試算した。尚、ここでは技術として水素混焼、アンモニア混焼技術を仮定した。

水素輸送シミュレーションのインプットとしてのデータセット作成においては、需要地とそこでの需要量を指定することが必要である。そのため発電水素需要（大規模）に関しては以下の仮定の下で現在の火力発電設備の位置情報に基づいて以下の想定の下、需要地を設定した。

まず、2030年の水素・アンモニア導入先に関しては現在までに発表済みの海外からの水素輸入計画に基づき川崎・姫路の火力発電所を導入先として想定、前述の通り見積もった水素需要を容量に応じて按分する形で割り当てた。また、三池火力に関しては脱炭素電源オークションの結果より、上記2つの輸入港とはエリアが異なるが導入先の発電所として今回想定している。

アンモニア火力についても同様に、発表済の計画に基づき、碧南、常陸那珂、周南（トクヤマ所有の石炭火力）の石炭火力発電所に導入と設定したほか、脱炭素電源オークションの結果を踏まえて神戸製鋼の火力発電での導入も想定した。アンモニア発電は発表済み計画が全て稼働した場合、第6次エネルギー基本計画の想定を上回るが、ここでは発表済計画への導入が計画通り実施されることを想定してデータセットを整備した。

2040年、2050年の需要についてはRITEシナリオの結果を参照して将来の水素・アンモニア需要の発電量見積もりを実施、各発電所の火力発電所の容量に応じて按分を実施した。

表 11 エネルギー基本計画での発電電力量想定

水素発電 電力量試算	A.水素調達量 30 万トン（2030 年）
	B.発熱量（HHV）142MJ/kg
	C.発電効率 57%（水素専焼時の熱効率）
	D.総発電量=A×B×C=67 億 kWh
アンモニア発電 電力量試算	A.アンモニア調達量 300 万トン（2030 年）
	B.発熱量（HHV）22.5MJ/kg
	C.発電効率 43.5%（アンモニア混焼時の熱効率）
	D.総発電量=A×B×C=82 億 kWh

表 12 セクター・セグメント別の需要産出：発電（大規模）

赤字：2050 年生産量と RITE シナリオから内挿

緑字：エネルギー基本計画資料より

セクター	項目	年代別シナリオ		
		2030	2040	2050
発電 (大規模)	発電電力量 [TWh/y]	934	1080	1200
	利用技術	アンモニア混焼・専焼（石炭火力）、 水素混焼・専焼（ガス火力） ※RITE のシナリオでは 2040-50 年頃の石炭火力 発電は高効率な技術へと転換することを想定か		
	アンモニア専焼、混焼 [TWh/y]	8.2	150	300
	水素混焼・専焼 [TWh/y]	6.7	172.4	210
	その他[TWh/y]	926	758	690

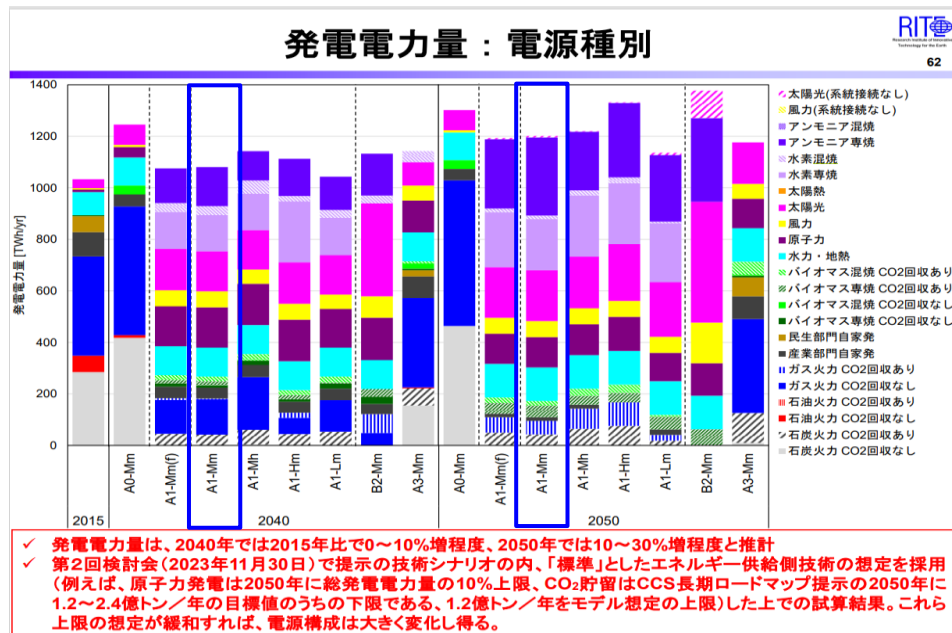


図 14 RITE シナリオにおける 2040 年、2050 年の発電電力量見通し

（青囲み：今回採用したシナリオ）

（出所）RITE「2050 年に向けた日本の電力需要の見通し」（OCCTO「将来の電力需給シナリオに関する検討会」資料）

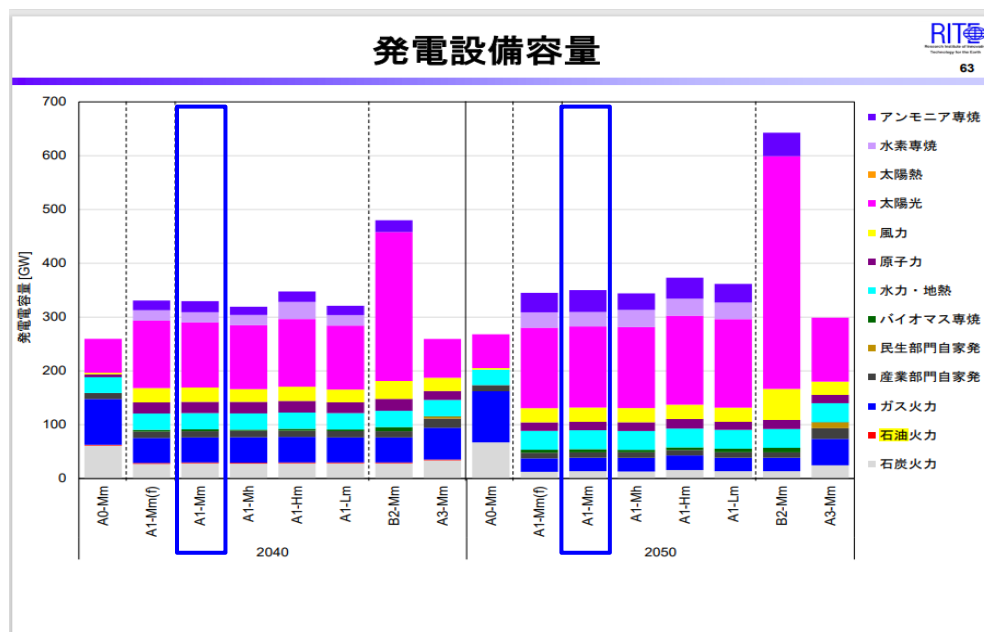


図 15 2040 年、2050 年の設備容量見通し（青囲み：今回採用したシナリオ）
 （出所）RITE「2050 年に向けた日本の電力需要の見通し」（OCCTO「将来の電力需給シナリオに関する検討会」資料）

発電効率(%LHV)		2010	2020	2030	2050
石炭火力	低効率(在来型(亜臨界)、現在の途上国での利用)	23.0	24.0	25.0	27.0
	中効率(主に現在の先進国での利用(超臨界)～将来、複合発電化(IGCC)を含む)	37.8	39.6	41.4	45.0
	高効率(現在先進国で利用～将来複合発電化(IGCC、IGFC))	44.0	46.0	48.0	58.0
	CO ₂ 回収付IGCC/IGFC	34.0	35.5	38.5	50.3
石油火力	低効率(ディーゼル発電等)	23.0	24.0	25.0	27.0
	中効率(亜臨界)	38.6	40.2	41.8	45.0
	高効率(超臨界)	52.0	54.0	56.0	60.0
	CHP ^{*1}	39.0	41.0	43.0	47.0
ガス火力	低効率(蒸気タービン)	27.2	28.4	29.6	32.0
	中効率(複合発電)	39.8	41.6	43.4	47.0
	高効率(高温型複合発電)	54.0	56.0	58.0	62.0
	CHP ^{*1}	40.0	42.0	44.0	48.0
	天然ガス酸素燃焼発電	40.7	41.7	43.7	48.7
バイオマス	低効率(蒸気タービン)	22.0	22.5	23.5	25.5
	高効率(複合発電)	38.0	40.0	42.0	46.0
水素発電(GT/FC)		54.0	56.0	58.0	62.0

*1 排熱回収効率はエネルギー需給バランスを考慮して想定することとし、地域によって5～20%の範囲で想定

図 16 火力発電所に関する RITE シナリオの諸元
 （出所）RITE「2050 年に向けた日本の電力需要の見通し」（OCCTO「将来の電力需給シナリオに関する検討会」資料）

表 13 火力発電所水素・アンモニア利用シナリオのインプット数値（一部抜粋）

発電所地理データ					容量 (kW)	水素利用量 地域按分結果 (万トン)		
セクタ	セグメント	施設名	緯度	経度	現在	2030	2040	2050
発電部門	大規模発電 _LNG	東扇島火力発電所1号機	35.49 4653	139.7 45558	1000000	0	5	7
発電部門	大規模発電 _LNG	東扇島火力発電所2号機	35.49 4653	139.7 45558	1000000	0	5	7
発電部門	大規模発電 _LNG	川崎火力発電所1-1軸	35.51 2362	139.7 6222	500000	3	3	4
発電部門	大規模発電 _LNG	川崎火力発電所1-2軸	35.51 2362	139.7 6222	500000	3	3	4
発電部門	大規模発電 _LNG	川崎火力発電所1-3軸	35.51 2362	139.7 6222	500000	3	3	4
発電部門	大規模発電 _LNG	川崎火力発電所2-1軸	35.51 2362	139.7 6222	500000	3	3	4
発電部門	大規模発電 _LNG	川崎火力発電所2-2軸	35.51 2362	139.7 6222	710000	4	4	5
発電部門	大規模発電 _LNG	川崎火力発電所2-3軸	35.51 2362	139.7 6222	710000	4	4	5
発電部門	大規模発電 _LNG	品川火力発電所1-1軸	35.62 0576	139.7 5579	380000	0	2	3
発電部門	大規模発電 _LNG	品川火力発電所1-2軸	35.62 0576	139.7 5579	380000	0	2	3
発電部門	大規模発電 _LNG	品川火力発電所1-3軸	35.62 0576	139.7 5579	380000	0	2	3
...	...	...	...	...	...	...	...	...
発電部門	大規模発電 _LNG	合計				30	371	512

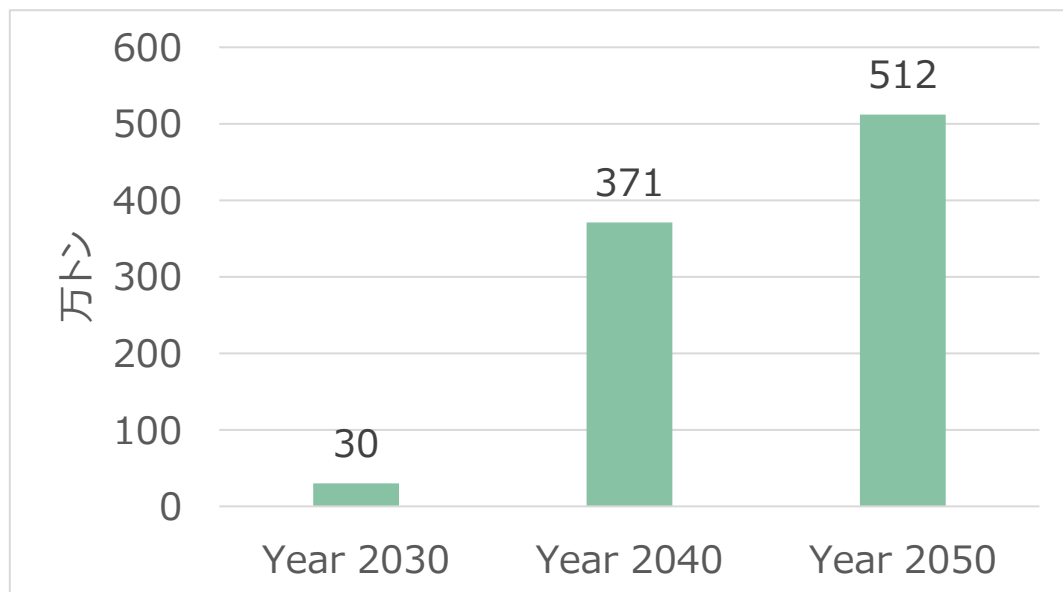


図 17 水素混焼・専焼 需要見通し

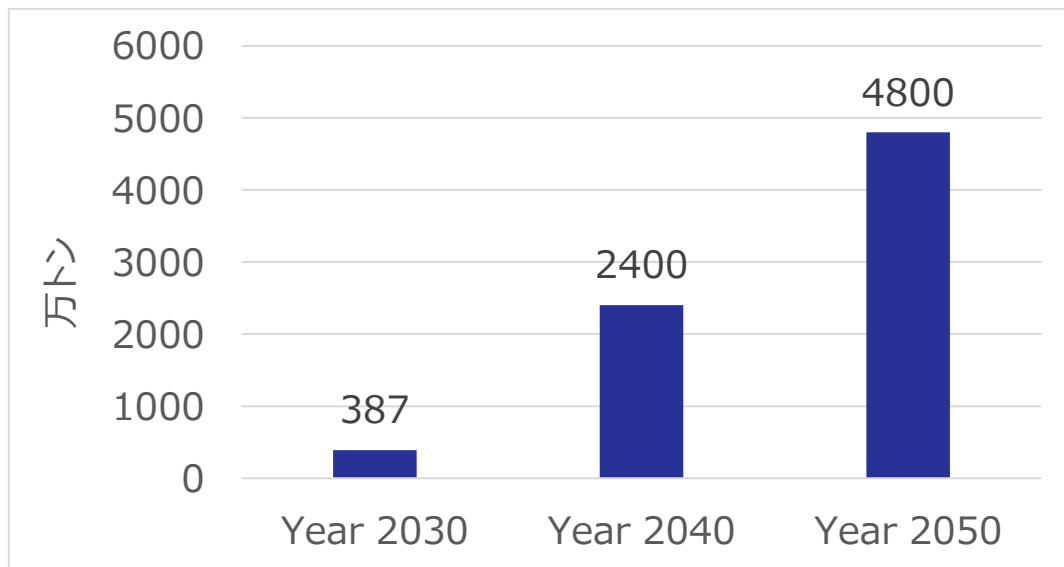


図 18 アンモニア混焼・専焼 需要見通し

発電水素需要（中小分散型）

第6次エネルギー基本計画では、2030年の総発電電力量の1%を水素・アンモニア発電と想定しており、事業用発電と自家発電に関する詳細の想定は明らかではないが、ここではこの値は自家発電等含むと想定した。すなわち、2030年断面での輸送シミュレーションの発電水素需要のインプットの設定としては事業用・分散を区別せずに前述の需要値を設定し、中小分散型向けの需要を別途計上・設定することは行わなかった。

2040年、2050年ではRITEシナリオの自家発電量推計結果をベースに、当社にて普及率を設定・推計して以下の通り設定した。利用技術は水素専焼技術を仮定した。需要地設定はJH2A過去調査に基づき、「工業用地マップ」をもとに用地面積に応じた需要量の按分を行っている(図19)。

表14 セクター・セグメント別の需要産出：発電（中小分散）

赤字：2050年生産量とRITEシナリオから内挿

緑字：当社推定

セクター	項目	年代別シナリオ		
		2030	2040	2050
発電 (中小分散)	産業部門 自家 発電電力量 [TWh/y]	—	58.4	14.6
	利用技術	水素混焼・専焼（ガスタービン、エンジン等） ※RITEのシナリオ上でのガスコジェネ効率44%@2040, 48%@2050を利用		
	普及率（当社 推定）	（事業用と共通）	20%	100%
	水素利用量[万 トン]	（事業用と共通）	67	77

**エリア別：中小規模分散型需要：熱源利用
工業用地の分布把握、及び需要量振り分け
Index設定（都道府県内）**

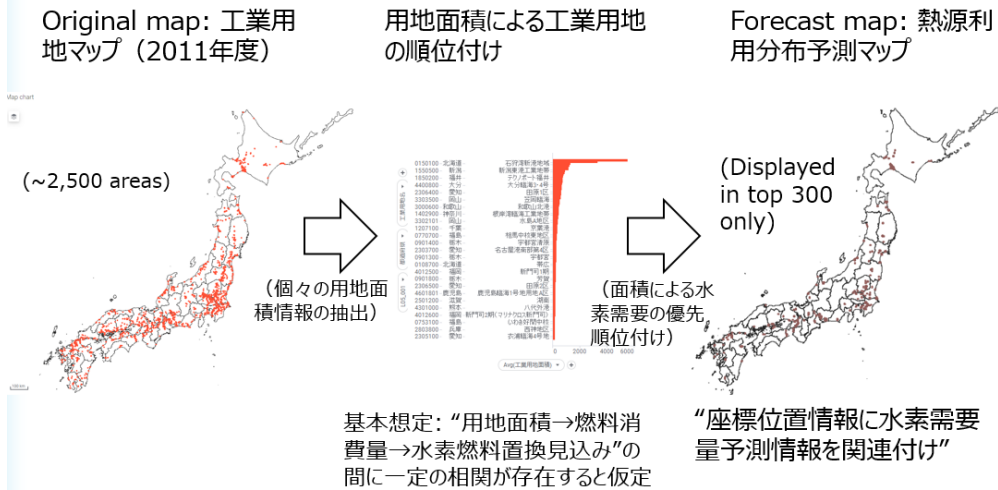


図 19 地域別按分の考え方

（出所）JH2A 事業化委員会 国内水素 SWG 資料

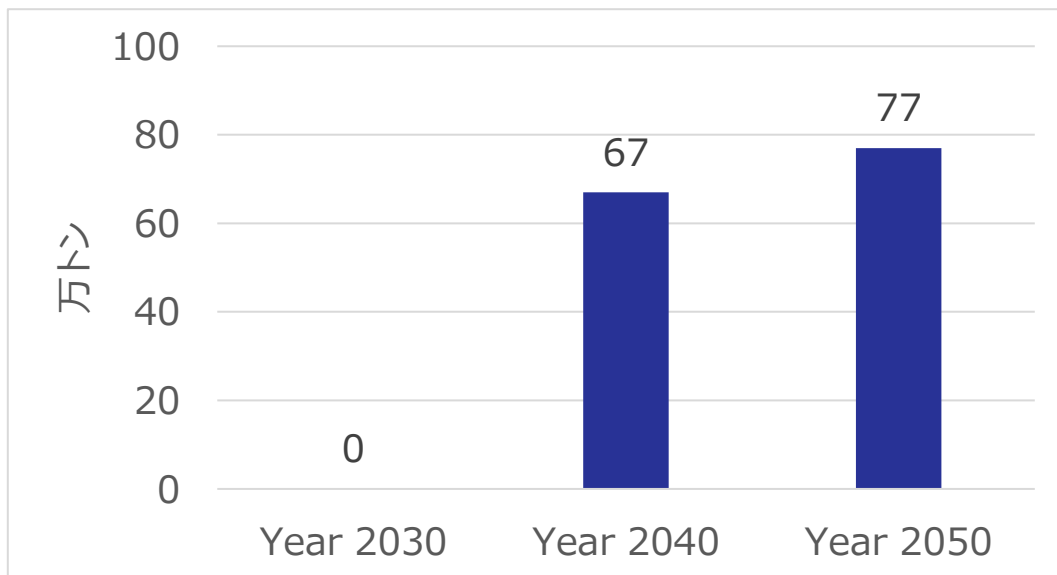


図 20 中小分散発電 水素需要見通し

製鉄水素需要

国内の製鉄手段が今後脱炭素化に向けて、現在のコークスによる還元製鉄から水素による還元製鉄（SUPER COURSE50、水素 DRI+電炉を想定）に徐々に移行するという想定下で、RITE シナリオの粗鋼生産量（図 22）を参照しつつ水素需要量を試算した。これらの技術は現在の技術動向を踏まえて 2040 年以降普及すると想定して、水素需要の見積もりを実施した。

また、輸送シミュレーションに必要なプラント別の水素需要設定においては、現在までに公表済の製鉄所の廃止計画または電炉化計画を加味したうえで、各製鉄所の粗鋼生産量を参考に水素需要を按分した。具体的には八幡製鉄所の電炉化、神戸製鋼の高炉 1 基の電炉化ほか、高炉設備の休廃止計画を反映している。

赤字：2050 年生産量と RITE シナリオから内挿

緑字：当社推定

セクター	セグメント	項目		年代別シナリオ		
				2030	2040	2050
産業	製鉄	粗鋼生産量[万トン]		8867	9200	9500
		利用技術シナリオ		SUPER COURSE50, 水素 DRI を 2040 年以降高炉で採用と想定		
		技術別	SUPER COURSE50 (高炉において外部水素を用いた還元)	0	1700	3500
		粗鋼生産量	水素 DRI + 電炉	0	0	3500
		内訳	その他	8867	7500	2500

図 21 セクター・セグメント別の需要産出：産業（鉄鋼）

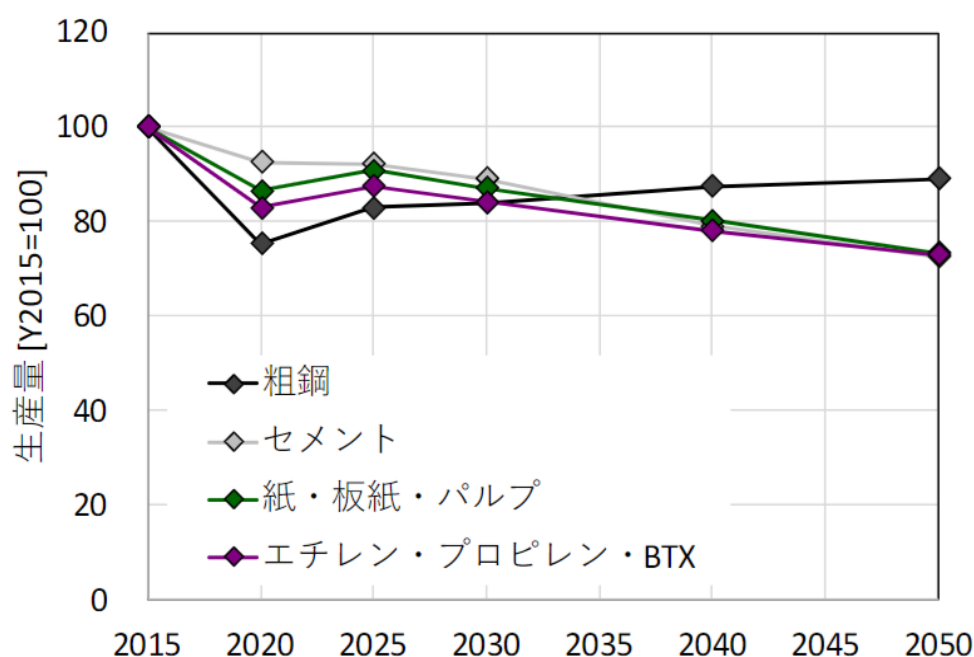


図 22 RITE シナリオでの粗鋼生産量見通し

(出所) RITE「2050 年に向けた日本の電力需要の見通し」(OCCTO「将来の電力需給シナリオに関する検討会」資料)

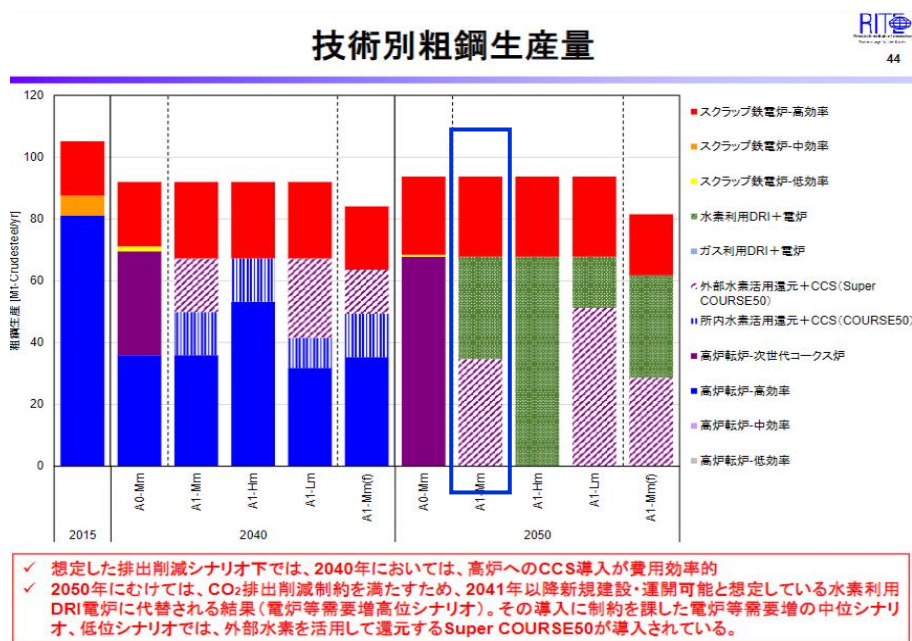


図 23 RITE シナリオでの技術別粗鋼生産量 (青囲み：今回採用したシナリオ)

(出所) RITE「2050 年に向けた日本の電力需要の見通し」(OCCTO「将来の電力需給シナリオに関する検討会」資料)

表 15 製鉄所水素利用シナリオのインプット数値（一部抜粋）

製鉄所地理データ					粗鋼生産状況・見通し	「水素利用技術による粗鋼生産量」地域別按分結果（万トン）		水素利用量地域別按分結果（万トン）	
セクタ	セグメント	施設名	緯度	経度	2023年高炉粗鋼生産量+停止計画(万トン)	2040	2050	2040	2050
産業部門	製鉄	日本製鉄（室蘭製鉄所）	42.34258	141.0064	143	50	206	3	16
産業部門	製鉄	日本製鉄（東日本製鉄所鹿島地区）	35.93132	140.6628	247	87	357	5	28
産業部門	製鉄	日本製鉄（東日本製鉄所君津地区）	35.35725	139.9003	683	239	985	13	77
産業部門	製鉄	日本製鉄（名古屋製鉄所）	35.03091	136.879096	566	198	816	11	64
産業部門	製鉄	日本製鉄（関西製鉄所和歌山）	34.23905	135.1496	269	94	388	5	30
産業部門	製鉄	日本製鉄（九州製鉄所戸畑・八幡）	33.905288	130.8271	0	0	0	0	0
産業部門	製鉄	日本製鉄（九州製鉄所大分地区）	33.25267	131.6519	865	303	1247	17	98
産業部門	製鉄	JFEスチール（東日本製鉄所千葉地区）	35.57201	140.108	322	113	464	6	36
産業部門	製鉄	JFEスチール（西日本製鉄所倉敷地区）	34.51142	133.7228	376	131	541	7	43
産業部門	製鉄	JFEスチール（西日本製鉄所福山地区）	34.478630	133.4359	1060	371	1527	21	120
産業部門	製鉄	神戸製鋼（加古川製鉄所）	34.72153	134.8271	325	114	469	6	37
産業部門	製鉄	合計				1700	7000	96	550

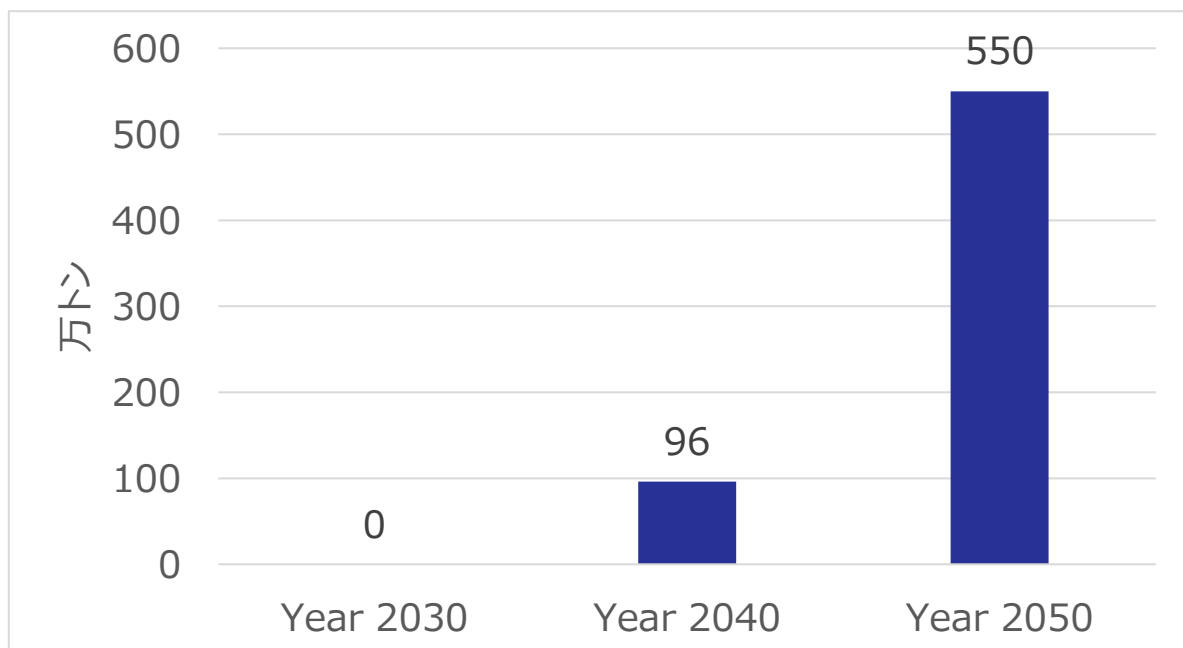


図 24 製鉄 水素需要見通し

石油精製

石油精製では精製時に利用される脱硫用水素が CO2 フリーの水素へと転換されるという仮定の下、水素需要の見積もりを実施した。

2030 年度は足元の数字である総合エネルギー統計 (GJ) から、2040 年度、2050 年度は RITE シナリオの一次エネルギー供給量を元に石油処理量を検討した。1 バレル=6.1GJ (アメリカ国税局資料を参照)、1toe=42GJ (IEA 資料を参照) として年間総石油処理量 (バレル) を見積もった。

次に各製油所の 2023 年時の年間処理能力 (バレル) を元に、2030 年、2040 年、2050 年の総処理量に対して製油所ごとの処理能力按分を実施した。この際に現在発表済みの製油所の廃止、縮小計画を考慮して設定を行っている。

2030 年、2040 年、2050 年の製油所における脱硫用水素需要を見積もるため、NEDO 事業「副生水素供給ポテンシャルに関する調査」成果報告書を参照し、各製油所の石油処理能力と水素製造装置による水素生産量、各製油所の 2030 年、2040 年、2050 年の石油処理能力から脱硫用水素需要の見積もりを実施した。CO2 フリー水素の転換割合としては、JH2A と協議の上、2030 年は 30%、2040 年に 60%、2050 年に 100%を仮定した。

赤字：2050 年生産量と RITE シナリオから内挿

緑字：当社推定

セクター	セグメント	項目	年代別シナリオ		
			2030	2040	2050
産業	石油精製	石油[バレル/年] ※2030 は足元の数字を利用	981,319	627,230	472,961
		利用技術	脱硫用水素の CO2 フリー水素への転換 (水素製造装置での生産分を転換)		
		CO2 フリー水素での脱硫分	294,396	376,338	472,961
		石油一次エネ供給 [Mtoe]	143	91	69
		脱硫水素の転換割合	30%	60%	100%

図 25 セクター・セグメント別の需要産出：産業（石油精製）

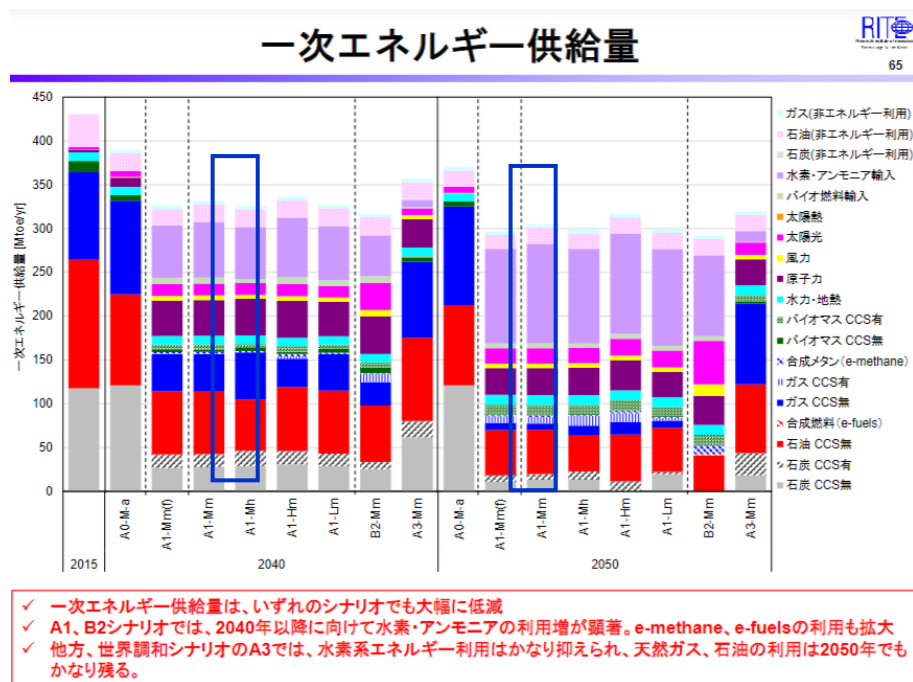


図 26 2040 年、2050 年の 1 次エネルギー供給量 見通し（青囲み：今回採用したシナリオ）
 （出所）RITE「2050 年に向けた日本の電力需要の見通し」（OCCTO「将来の電力需給シナリオに関する検討会」資料）

製油所の所在地と原油処理能力(2023年3月末現在)

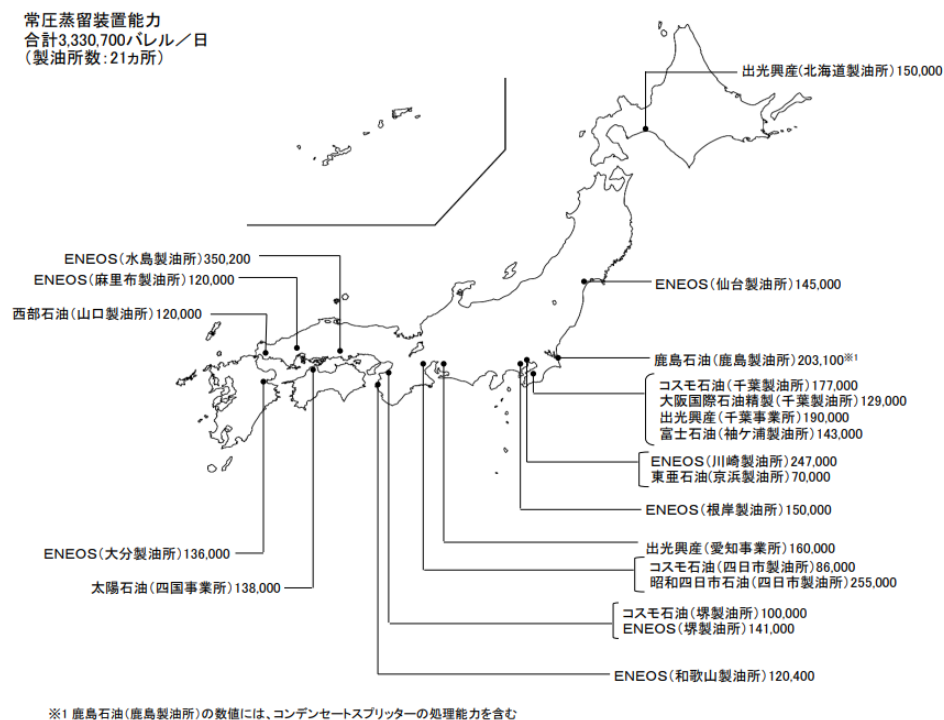


図 27 製油所の所在地と原油処理能力の分布（2023 年 3 月）
 （出所）石油連盟 「製油所の所在地と原油処理能力（2023 年 3 月末現在）」

表 16 製油所水素利用シナリオのインプット数値（一部抜粋）

製油所地理データ					原油処理量（バレル/日）	水素利用量 地域按分結果（万トン）		
セクタ	セグメント	施設名	緯度	経度	現在	2030	2040	2050
産業部門	石油精製	ENEOS（仙台製油所）	38.279 293	141.03 8005	145000	0	2	3
産業部門	石油精製	ENEOS（川崎製油所）	35.527 111	139.77 3641	247000	1	3	4
産業部門	石油精製	ENEOS（根岸製油所）	35.415 035	139.63 8116	150000	0	2	2
産業部門	石油精製	ENEOS（堺製油所）	34.551 291	135.43 9819	141000	0	2	2
産業部門	石油精製	ENEOS（和歌山製油所）	34.105 244	135.12 0469	0	0	0	0
産業部門	石油精製	ENEOS（水島製油所）	A.T.場 34.507172/ S.T.場 34.499278	A.T.場 139.728552 /S.T.場 139.75049	350200	1	6	7
産業部門	石油精製	ENEOS（麻里布製油所）	34.204 57	132.24 1217	138000	0	1	1
産業部門	石油精製	ENEOS（大分製油所）	33.273 343	131.68 7277	136000	0	1	2
産業部門	石油精製	出光興産（北海道製油所）	42.632 122	141.65 4841	150000	0	1	1
産業部門	石油精製	出光興産（千葉事業所）	35.489 621	140.04 0277	190000	0	1	2
産業部門	石油精製	出光興産（愛知事業所）	34.975 168	136.84 125	160000	0	1	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...
産業部門	石油精製	合計				2	37	47

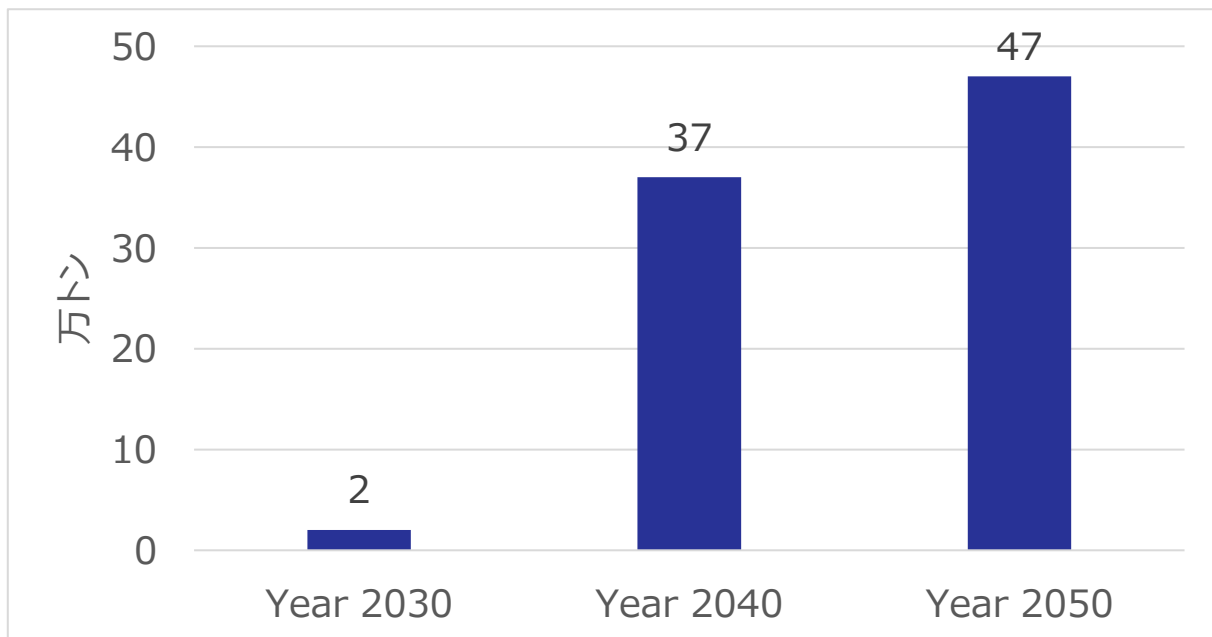


図 28 石油精製 水素需要見通し

石油化学

エチレン、プロピレンに代表される基礎化学品は日本では従来ナフサ等の化石燃料を原料として製造されてきたが、将来の脱炭素化に向け、CO₂ とクリーン水素を原料とした化学品製造が進展することが予想される。一方で、今回採用した RITE シナリオにおいては化学品原料としての水素需要量は 0 と見込まれている。RITE シナリオは CO₂ 削減量 90%のシナリオであり、経済最適化の結果として上記結果が得られていると想定されるが、カーボンニュートラル実現にはさらに追加的な対策も必要になると考え、ここでは RITE シナリオに上乘せする形で石油化学分野における基礎化学品製造においても追加の脱炭素化が実施されると仮定した。具体的には基礎化学品として特に重要なエチレン、プロピレンの製造プロセスを、CO₂ とクリーン水素から製造したメタノールを原料とする MTO (Methanol-to-Orefin) プロセスへと転換することを想定し、この前提下でエチレン製造に必要な水素需要の見積もりを実施した。ここでは特に、日化協の資料(図 29) も参考に、原料となる CO₂ に関してはエチレンクラッカー由来の CO₂ を原料とすることを前提に、製造が可能な量を見積もった。

水素需要量の見積もりにあたり前提となるエチレン生産量に関しては、2030 年度のエチレン生産量は第 6 次エネルギー基本計画を元に、2040 年度、2050 年のエチレン生産量は RITE シナリオを元に見積もりを実施した。

次に経済産業省「エチレン各社別生産量」を元に工場ごとの生産量の見積もりを実施した。この結果を元にして、2030 年、2040 年、2050 年エチレン生産量の工場ごとの按分を実施した。

工場ごとのエチレン生産量に基づき、各工場のエチレンクラッカーで排出される CO₂ を原料として MTO 技術でエチレンが生産されると仮定し(図 29)を元に水素需要の見積もりを実施した。

年代別の MTO プロセスへの転換率は、技術動向や JH2A との協議を踏まえて 2030 年は 0%、2040 年は 12%、2050 年は 23%と仮定した。

表 17 セクター・セグメント別の需要産出：産業（石油化学）

赤字：2050 年生産量と RITE シナリオから内挿

緑字：当社推定

セクター	項目	年代別シナリオ		
		2030	2040	2050
石油化学	エチレン生産量 [万トン]	570	551	516
	利用技術	MTO 技術		
	MTO 技術生産[万トン]	0	63	118

3-1 2050年C N達成のための 化学産業での水素・アンモニア需要量の試算

- 購入電力以外の全エネルギーを水素に転換の場合、460～350万トン/年、アンモニアに転換の場合、2,900～2,200万トン/年との試算となった。
- クラッカーから排出のCO₂全量1,064万トンを原料化とした場合、145万トンの水素が必要。生産されるエチレン、プロピレン量はそれぞれ135万トン、203万トン。

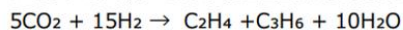
仮定1. 化学産業での2021年度エネルギー消費量(フォローアップ調査より)をベースに熱量換算にて代替とする水素・アンモニアの必要量を試算

- ・ エチレン生産量を現状維持と25%減のケースを想定。

2021					エチレン生産量維持		エチレン生産量25%減	
	UNIT	熱量 pJ	CO ₂ 万T		H ₂ 換算	NH ₃ 換算	H ₂ 換算	NH ₃ 換算
	万T				万T	万T	万T	万T
石炭	617	161	1,437	114	716	85	537	
石油 計	383	108	837	77	482	57	362	
ガス 計	3,808	175	914	123	777	93	583	
クラッカー	4,553	204	1,064	144	909	108	682	
購入電力	282	264	1,228					
総計		912	5,480	458	2,884	344	2,163	
その他		41	195					
再計		954	5,675					

仮定2. CO₂を原料として化学品を生産する際の必要水素量を試算

- ・ MTOにより、エチレン/プロピレンが等量生産されるとして、水素の理論必要量を試算する。



※ クラッカー熱源をオフガスからアンモニア等に転換し、さらにこのオフガスを有効利用することでCO₂が削減される。

図 29 化学業界における水素・アンモニア需要量の試算 (2050 年)

(出所)：日化協「カーボンニュートラルへの化学産業としての取組みと水素・アンモニア活用」

表 18 石油化学水素利用シナリオのインプット数値 (一部抜粋)

化学プラント地理データ					エチレン生産量 (トン/年)	水素利用量 地域按分結果 (万トン)		
セクタ	セグメント	施設名	緯度	経度	現在	2030	2040	2050
産業部門	基礎化学商品	出光興産 (徳山事業所)	34.04362	131.8086	0	0	8	15
産業部門	基礎化学商品	ENEOS (川崎製油所)	35.52711	139.7736	623,000	0	11	21
産業部門	基礎化学商品	三井化学 (市原工場)	35.50389	140.0411	895,000	0	7	13
産業部門	基礎化学商品	三井化学(または大阪石油化学) (大阪工場)	34.53883	135.4268	553000	0	6	11
産業部門	基礎化学商品	東ソー (四日市事業所)	34.98001	136.6572	455000	0	6	12
産業部門	基礎化学商品	レゾナック (大分石油化学コンビナート)	33.26287	131.6778	493000	0	8	15
産業部門	基礎化学商品	丸善石油化学 (千葉事業所)	35.53796	140.0652	618000	0	6	11
産業部門	基礎化学商品	三菱ケミカル(茨城事業所)	35.90559	140.6905	480000	0	6	11
産業部門	基礎化学商品	三菱ケミカル旭化成(岡山事業所)	34.506398	133.7526	485000	0	6	12
産業部門	基礎化学商品	京葉エチレン (市原)	35.53796	140.0652	496000	0	9	16
産業部門	基礎化学商品	出光興産 (徳山事業所)	34.04362	131.8086	690000	0	8	15
...	...	...	...	...	...	...	...	...
産業部門	石油精製	合計				0	73	137

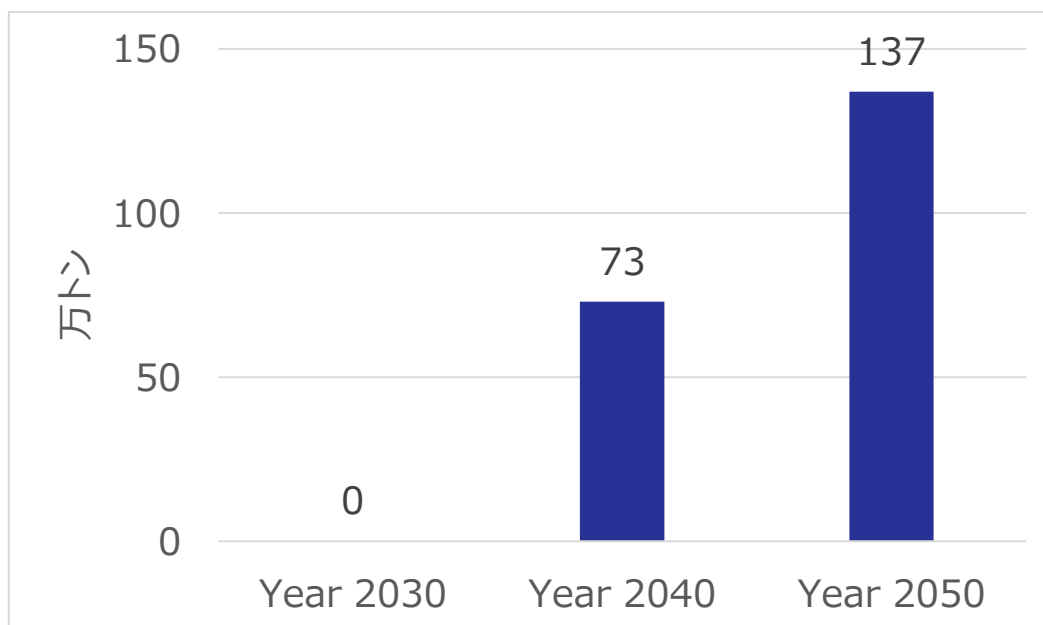


図 30 石油化学 水素需要見通し

熱利用

2030 年度の水素・アンモニア需要は、CNP の港湾脱炭素化推進計画等の各地域公表済計画に基づき、当該年度での水素輸入計画が進む港近傍の需要を計上した。具体的には、大阪泉北でのアンモニアの燃料利用 8.7 万トン、苫小牧¹、川崎²、姫路・播磨³、大阪泉北⁴での水素利用計約 11 万トンを計上した。姫路・播磨エリアでは同エリアの 2030 年 19 万トンの水素利用の計画のうちから発電分 10 万トンを差し引いた値を熱利用と想定している。泉北での水素需要量（熱利用向け）に関しては、利用手段を熱利用向けに特定した目標等の数値は見当たらなかったため、ここでは ENEOS・大阪ガス発表資料に基づき、大阪ガスの 2030 年 e-methane 導入量 6000 万 m³ の原料水素が輸入水素より合成されるものと仮定して推計した⁵。

2040 年度、2050 年度は RITE シナリオ分析の産業部門での水素、アンモニア、合成メタンの需要推計結果を参照して需要量を設定した。

需要地設定は JH2A 過去調査に基づき、「工業用地マップ」をもとに用地面積に応じた需要量の按分を行っている（「発電水素需要（中小分散型）」の説明部分も参照のこと）。

¹ 苫小牧港管理組合「苫小牧港港湾脱炭素化推進計画」

² ENEOS・ENEOS 総研「東京湾岸エリアにおける CO₂ フリー水素供給モデルに関する調査」報告書

³ 兵庫県土木部港湾課「播磨臨海地域におけるカーボンニュートラルポート形成の取組み」

⁴ 大阪府「堺泉北港 カーボンニュートラルポート（CNP）形成計画」

⁵ 大阪ガス/ENEOS「『大阪港湾部におけるグリーン水素を活用した国内初となる国産 e-メタンの大規模製造に関する共同検討の開始について』補足説明資料」

表 19 セクター・セグメント別の需要産出：産業（熱利用）

緑字：当社推定

赤字：RITE シナリ参照

セクター	項目	年代別利用量[万トン]		
		2030	2040	2050
熱利用	水素	11	314	786
	アンモニア	9	685	856
	合成メタン	0	33	165

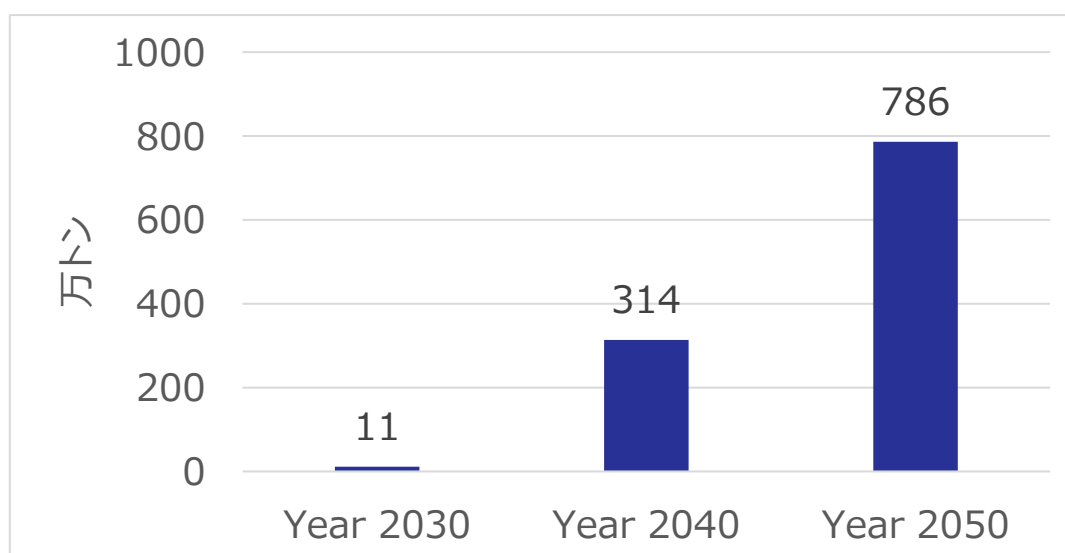


図 31 熱利用 水素需要見通し

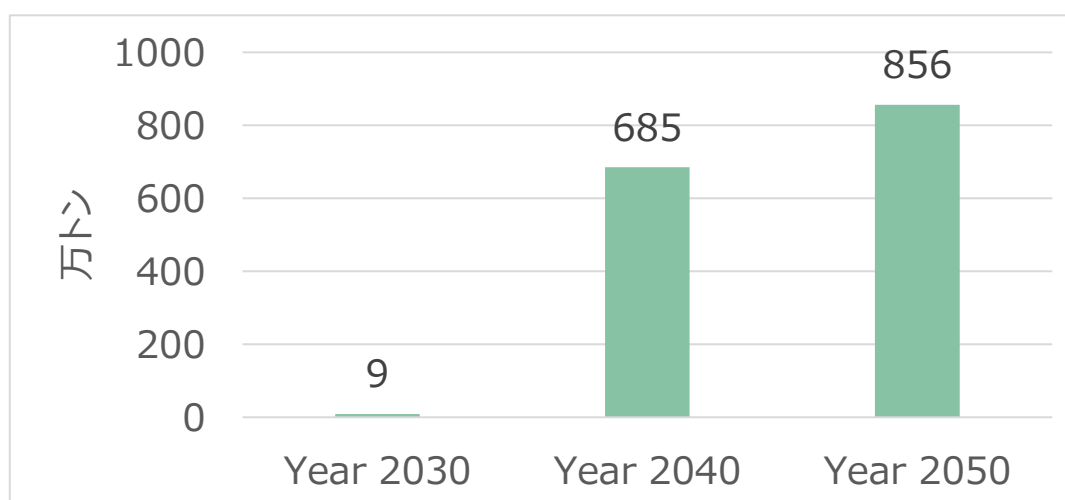


図 32 熱利用 アンモニア需要見通し

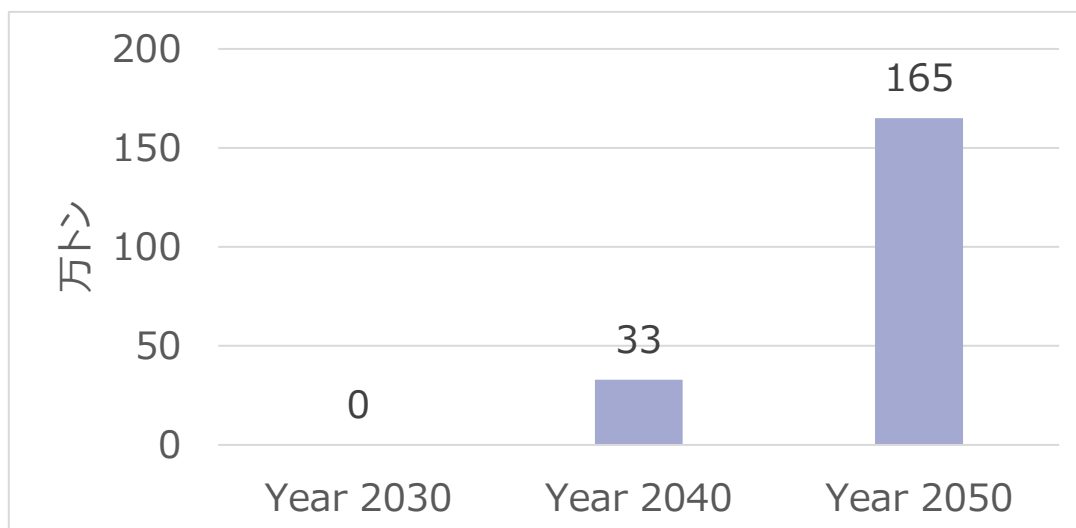


図 33 熱利用 合成メタン需要見通し

運輸部門（自動車）

運輸部門（自動車）においては、特に FC 乗用車（FCV）、FC バス、FC トラック、FC フォークリフト（FC フォーク）をここでは導入対象として想定した。

自動車の水素需要総量の見積もりにおいては、2030 年断面では水素基本戦略における目標値である、水素利用量 8 万トンを設定することとした。

また、2040 年、2050 年断面においては、石油化学分野同様に、RITE シナリオにおいて水素需要量は 0 と見込まれている。RITE シナリオは CO2 削減量 90% のシナリオであり、経済最適化の結果として上記結果が得られていると想定されるが、カーボンニュートラル実現にはさらに追加的な対策も必要になると考え、ここでは RITE シナリオに上乘せする形で運輸部門（自動車）においても追加の脱炭素化が実施されると仮定した。

FCV については、業界団体の FCCJ による発表済のシナリオ（図 35）を参照することとし、ここでは普及高位のシナリオと低位のシナリオの平均値を採用した。

FC トラックに関しては、2050 年の需要見通しに関して国の目標であるグリーン成長戦略における 2050 年 FC トラックでの水素利用量約 600 万トン⁶を参照し、中間に相当する 2040 年に関しては一定の仮定下で普及率を設定して推計した（図 34）

FC バス、FC フォークについては、2040 年、2050 年の中長期的の目標は存在しない。そのためでは独自に普及シナリオを設定の上、水素需要を見積もった（図 39）。FC バスに関しては、長距離走行を要する用途で採用の蓋然性が高いと考え、大型路線バスのほか都市間高速バス、大型観光バスにおいても FC 導入が見込まれると想定、これらの領域での普及の程度について、低位・高位のシナリオを設けたうえで算出した水素需要量の平均値をポテンシャルとして採用している。FC フォークについては（図 40）を参照されたい。国内エンジンフォークリフトの転換を想定して、推計を行った。

⁶ この値の算出根拠になっていると考えられる、第 25 回水素・燃料電池戦略協議会事務局資料での試算結果である FC トラックでの水素利用量 636 万トンを今回の調査では参照している。

データセット作成のためには一連の水素需要量を地域按分する必要があるが、燃料電池モビリティについては水素インフラが面的に整備され、その結果需要も広く分散する姿を想定した⁷。ここでは、将来整備される水素ステーションの位置は、現在整備済みのガソリンスタンドの位置と一定程度相関があると想定されることから、既存のガソリンスタンド施設の位置情報や利用量を参考にしつつ設定を行った。(図 41)

緑字：当社推定

セクター	項目	年代別シナリオ		
		2030	2040	2050
自動車	利用技術	FCV、FC バス、FCトラック、FC フォーク		
	水素普及率	当社推計		
	水素利用量[万トン]	8	211	717
単位： 万トン	分野	2030	2040	2050
運輸	FCV	8.0	20.25	54.0
	FCバス		5.25	22.9
	FCトラック		185.2	636.0
	フォークリフト		0.7	4.0

図 34 セクター・セグメント別の需要産出：運輸（自動車）

⁷ 現在国が検討する、商用車を念頭に置いた「重点地域」選定とそこへの集中的な支援投下やそれに伴うインフラ整備等は、運輸部門における今後の水素需要分布に大きく影響すると予想されるがこれらの反映は採択地域が明らかになった後の実施検討事項として、今後の課題である。

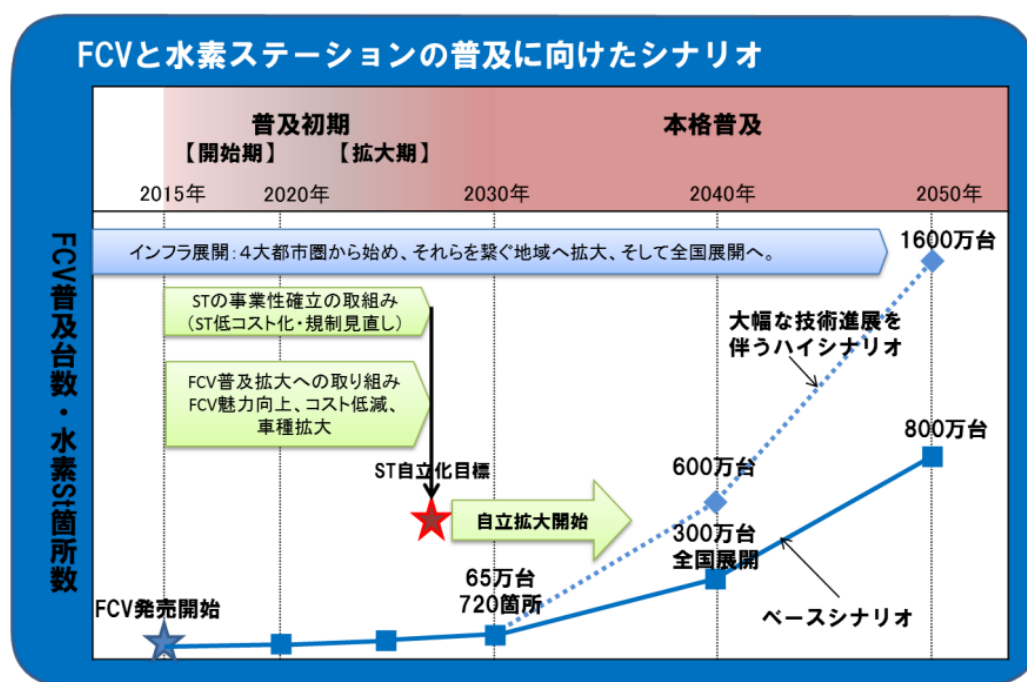


図 35 FCV 普及シナリオ

(出所) 「FCV と水素ステーションの普及に向けたシナリオ」 (2016)

車種		'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30
小型トラック	導入・価格 (百万円)		限定モデル※2・約40		次期モデル・約20				次々期モデル・約10	
	供給台数 (台/年)		300		約300 ~ 3,000				約6,000 ~ 10,000	
大型トラック	導入・価格 (百万円)				限定モデル・約160				次期モデル・約80	
	供給台数 (台/年)				約50 ~ 200				約1,350 ~ 3,000	
バス	導入・価格 (百万円)		現行モデル※3・105		次期モデル・約60					
	供給台数 (台/年)	累計 120台	約60		約50 ~ 200					

※ 1 上記試算は、グリーン成長戦略より逆算したもの。補助金や水素価格の低減などによる需要側のニーズによって、時期・台数・金額の変動可能性が存在。
 ※ 2 CJPT提供 ※ 3 トヨタ提供

29

図 36 FC 商用車の普及シナリオ

(出所) 経済産業省「モビリティ分野における水素の普及に向けた中間とりまとめ」

2040	数値	単位	備考
台数	600	万台	FCCJシナリオ(2016)
航続距離	9000	km/年	仮定値
燃費	200	km/kg	NEDO燃料電池ロードマップ(2017)の値を参照。 解説書では、航続距離(=燃費×水素貯蔵量)として「水素貯蔵量5kg相当のJC08モードにおける燃費性能に基づく値」としているため、ここでは5kgの貯蔵量を仮定して燃費を計算。
1台あたり年間水素需要	45	kg/年	
水素需要ポテンシャル	27	万t/年	

2050	数値	単位	備考
台数	1600	万台	FCCJシナリオ(2016)
航続距離	9000	km/年	仮定値
燃費	200	km/kg	NEDO燃料電池ロードマップ(2017)の値を参照。 解説書では、航続距離(=燃費×水素貯蔵量)として「水素貯蔵量5kg相当のJC08モードにおける燃費性能に基づく値」としているため、ここでは5kgの貯蔵量を仮定して燃費を計算。
1台あたり年間水素需要	45	kg/年	
水素需要ポテンシャル	72	万t/年	

図 37 FCV 水素需要量見積もりの考え方 (2040/2050)

2040 (小型)	数値	単位	備考
台数	45	万台	・積載量1,000～3,999kgの小型トラックのセグメントのFC化が進むと仮定。年間販売台数は15万台で一定と仮定。 ・2030年の保有台数は2.2万台と仮定した。その後2050年に累積152万台を達成するためには、2030年から2050年までに販売台数が直線的に増加すると仮定し、新車販売ベースで毎年4.3%増のペースでFC化が進むことが必要 ・2040年のFC小型トラック保有台数を算出
1台あたり年間水素需要	1346	kg/年	第25回水素・燃料電池戦略協議会資料に倣った。
水素需要ポテンシャル	60.1	万t/年	

2040 (大型)	数値	単位	備考
台数	18	万台	・積載量6,000kg以上の大型トラックのセグメントのFC化が進むと仮定。年間販売台数は4万台で一定と仮定。 ・2030年の保有台数は0.5万台と仮定した。その後2050年に累積63万台を達成するためには、2030年から2050年までに販売台数が直線的に増加すると仮定し、新車販売ベースで毎年6.5%増のペースでFC化が進むことが必要 ・2040年のFC大型トラック保有台数を算出
1台あたり年間水素需要	6880	kg/年	第25回水素・燃料電池戦略協議会資料に倣った。
水素需要ポテンシャル	125.11	万t/年	

図 38 FC トラック水素需要量見積もりの考え方 (2040)

※2050 は国の目標数値を参照したため割愛

2050	数値	単位	備考
台数	11	万台	大型路線バスのほか、長距離走行を要する都市間高速バス、大型観光バスを今後のFC化の対象として想定し、現状の台数より推計。 (左記は3種の合計台数)
航続距離	※	km/年	ここでは仮に、以下の値を設定した。 大型路線バス：26000km(東京都 令和2年度実績値を参照) 都市間高速バス：10万km(仮定値) 大型観光バス：7万km (仮定値)
燃費	14.5	km/kg	国内ではFCバスの技術目標はないため、ここでは将来技術としてDOEでのFCバスの“Ultimate target”= 8mile/ dge(diesel gallon equivalent)を参考に設定。 (CHFCCによる、燃費7mile/dge=7.9mpkg-H2を利用)
水素需要ポテンシャル	39.4	万t/年	

2040 (低位)	数値	単位	コメント
台数	7779	台	・大型バス（大型路線バス、都市間高速バス、大型観光バス）のみFC化、大型バス保有台数は2023年以降一定で11万台、大型バスの年間販売台数は1.5万台と仮定。 ・2024年まで0台、その後2030年に累積1200台を達成すると仮定した。これを達成するためには、2025年から2030年までに販売台数が直線的に増加すると仮定し、新車販売ベースで毎年0.52%増のペースでFC化が進むことが必要。 ・2025年から2030年までの増加ペースを維持した場合の数値として、2040年の大型バス保有台数を算出
走行距離	26000	km/年	東京都 令和2年度実績
燃費	12.5	km/kg	東京都 令和2年度実績
1台あたり年間水素需要	2080	kg/年	
水素需要ポテンシャル	1.62	万t/年	
2040 (高位)	数値	単位	コメント
台数	42636	台	・大型バスのみFC化、大型バス保有台数は2023年以降一定で11万台、大型バスの年間販売台数は1.5万台と仮定。 ・2024年まで0台、その後2050年に累積11,000台を達成するためには、2025年から2050年までに販売台数が直線的に増加すると仮定し、新車販売ベースで毎年2.85%増のペースでFC化が進むことが必要。 ・2025年から2050年までの途中段階の数値として、2040年の大型バス保有台数を算出
走行距離	26000	km/年	東京都 令和2年度実績
燃費	12.5	km/kg	東京都 令和2年度実績
1台あたり年間水素需要	2080	kg/年	
水素需要ポテンシャル	8.87	万t/年	

図 39 FC バス水素需要量見積もりの考え方 (2040/2050)

2040	数値	単位	備考
台数	41228	台	・エンジン式のフォークリフトClass4・5の国内市場は約7万台（2013年）であり、このセグメントのFC化が進むと仮定。フォークリフトの耐用年数4年より、年間販売台数は17,500台で一定と仮定。 ・2021年の保有台数は330台として、その後2030年に累積10,000台を達成すると仮定した。そのためには、2022年から2030年までに販売台数が直線的に増加すると仮定し、新車販売ベースで毎年1.23%増のペースでFC化が進むことが必要。 ・2025年から2030年までの増加ペースを維持した場合の数値として、2040年のFCフォークリフト保有台数を算出
1台あたり年間水素需要	180	kg/年	1200時間/年（5時間、240日）稼働、1.2kgで8時間稼働。 (豊田自動織機資料を参考に設定)
水素需要ポテンシャル	0.74	万t/年	

2050	数値	単位	コメント
国内フォーク台数	35	万台	推計値。耐用年数4年と仮定して現在の年間販売台数より見積もり。
FCフォーク普及率	65	%	今回（高位の）利用ポテンシャルということも加味して、Hydrogen Council（2017）のグローバル普及率を参照。
1台あたり年間水素需要	180	kg/年	1200時間/年（5時間、240日）稼働、1.2kgで8時間稼働。 (豊田自動織機資料を参考に設定)
水素需要ポテンシャル	4	万t/年	

Class 1 ガンタ Class2 リーチ Class3 ロードリフト

電動式 電動化比率 54% (日・米・欧では70%超)

Class4・5

エンジン式 電動化比率 46%

図 40 FC フォーク水素需要量見積もりの考え方 (2040/2050)

都道府県	都道府県	人口(人)	保有台数_乗用車	保有台数_貨物車	ガソリン_合計(kl)	軽油_合計(kl)	Demand Index_Inter Area
愛知県	愛知	7,516,008	4,211,173	785,474	2,699,801	1,627,485	0.06
東京都	東京	14,011,487	3,137,284	869,241	2,019,663	1,107,421	0.06
大阪府	大阪	8,807,279	2,796,066	669,562	1,908,973	1,579,376	0.05
埼玉県	埼玉	7,340,945	3,234,859	637,710	1,991,961	1,282,807	0.05
神奈川県	神奈川	9,236,428	3,062,999	567,378	1,954,188	1,053,001	0.05
北海道	北海道	5,181,776	2,799,873	671,456	2,024,898	1,484,648	0.05
千葉県	千葉	6,280,561	2,842,284	613,927	1,914,859	1,197,099	0.05
福岡県	福岡	5,123,371	2,636,624	577,271	1,753,522	1,111,384	0.04
兵庫県	兵庫	5,432,560	2,322,132	491,993	1,573,891	963,110	0.04
静岡県	静岡	3,606,480	2,231,961	485,285	1,373,049	815,544	0.03
茨城県	茨城	2,852,105	1,995,315	484,964	1,412,832	849,951	0.03
広島県	広島	2,779,314	1,466,620	324,154	997,665	625,567	0.02
宮城県	宮城	2,290,036	1,303,789	293,569	957,691	631,423	0.02
長野県	長野	2,033,181	1,382,754	418,875	927,363	451,668	0.02
新潟県	新潟	2,176,879	1,388,442	334,610	944,587	543,743	0.02

図 41 自動車用都道府県別水素需要分布の設定

(出所) JH2A 資料

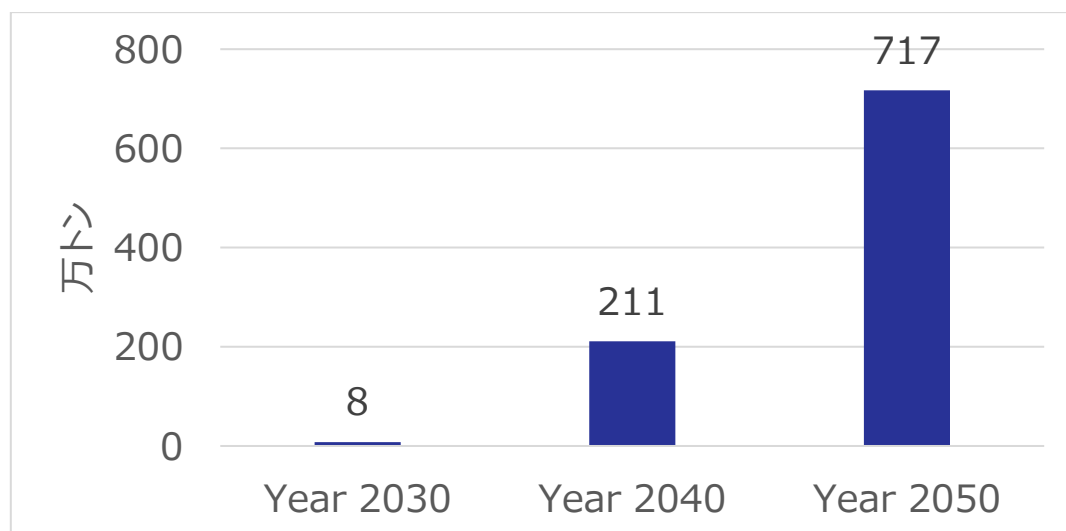


図 42 運輸部門（自動車） 水素需要見通し

船舶

運輸部門（船舶）での水素需要に関しては、内航船での水素需要を念頭にして試算を行い、特に 2030 年に水素導入に関する計画を明らかにしている港湾と、それ以外（2040 年以降需要が見込まれる港湾）を大きく区別したうえで、需要を試算した。

2030 年の水素需要に関しては、CNP 計画にて船舶に対する水素導入計画が公開されている港湾（茨城港、川崎港、衣浦港、東播磨港、姫路港、高松港、新居浜港）を対象港として、水素需要の見積もりを実施した。JH2A と協議の上、重油の水素転換率 1%を仮定して船舶水素需要総量を見積もっているが、一部港湾（高松港、新居浜港）では CNP 計画において運輸部門（車両＋船舶）水素需要が示されていたことから、これも参考に船舶向けの水素需要を見積もった。

2040 年、2050 年の内航船水素需要は重油の水素転換率をそれぞれ、10%、20%で設定の上で総需要を試算し、按分を行った。

緑字：当社推定

セクター	項目	年代別シナリオ		
		2030	2040	2050
船舶	想定需要	水素内航船		
	水素普及率	当社推計		
	水素利用量[トン]	11,958	101,046	202,092

図 43 セクター・セグメント別の需要試算：運輸部門（船舶）

セグメント	施設/拠点名称	Long	Lat	Lat,Long	都道府県	2030 (トン)	2040 (トン)	2050 (トン)
船舶	室蘭	140.9412900	42.3416629	414533,140.941	北海道	0	63	187
船舶	茨城港	140.6133957	36.4104729	91487,140.6133	茨城	1083	1244	2470
船舶	川崎港	139.7529330	35.4953115	942587,139.752	神奈川	4375	5026	9979
船舶	衣浦港	136.9817916	34.9515847	118212,136.981	愛知	989	1136	2256
船舶	東播磨港	134.8097650	34.7134840	013478,134.809	兵庫	1988	2284	4536
船舶	姫路港	134.6628142	34.7849986	889737,134.662	兵庫	1670	1918	3809
船舶	高松港	134.0495914	34.3539327	186569,134.049	香川	1168	927	2535
船舶	新居浜港	133.2642128	33.9754945	002588,133.264	愛媛	685	558	1568
船舶	川内港	130.1975619	31.8642489	519413,130.197	鹿児島	0	253	752
船舶	稚内港	141.6776372	45.4194006	111087,141.677	北海道	0	0	0
船舶	苫小牧港	141.7855183	42.6097745	980586,141.785	北海道	0	3108	6170
船舶	石狩湾新港	141.2866849	43.2134179	791099,141.286	北海道	0	0	0
船舶	青森港	140.7799078	40.8357163	474851,140.779	青森	0	0	0
船舶	八戸港	141.5319407	40.5447381	256347,141.531	青森	0	0	0
船舶	久慈港	141.8050626	40.2009612	590619,141.805	岩手	0	0	0
船舶	宮古港	141.9708788	39.6435900	512754,141.970	岩手	0	0	0
船舶	釜石港	141.8937029	39.2706381	0896882,141.89	岩手	0	0	0
船舶	大船渡港	141.7275669	39.0462109	071907,141.727	岩手	0	0	0

図 44 船舶水素利用シナリオのインプット数値（一部抜粋）

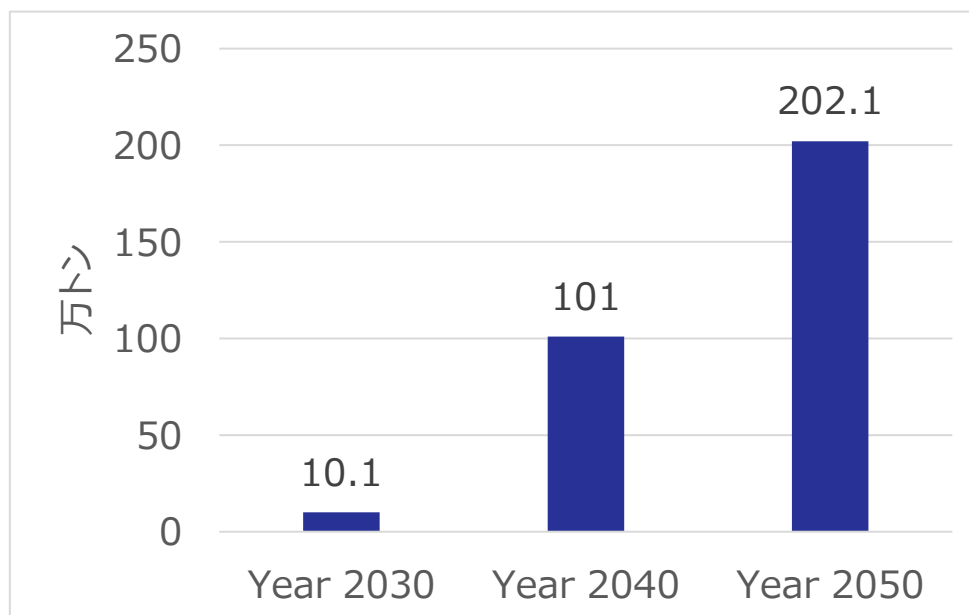


図 45 運輸部門（船舶）水素需要見通し

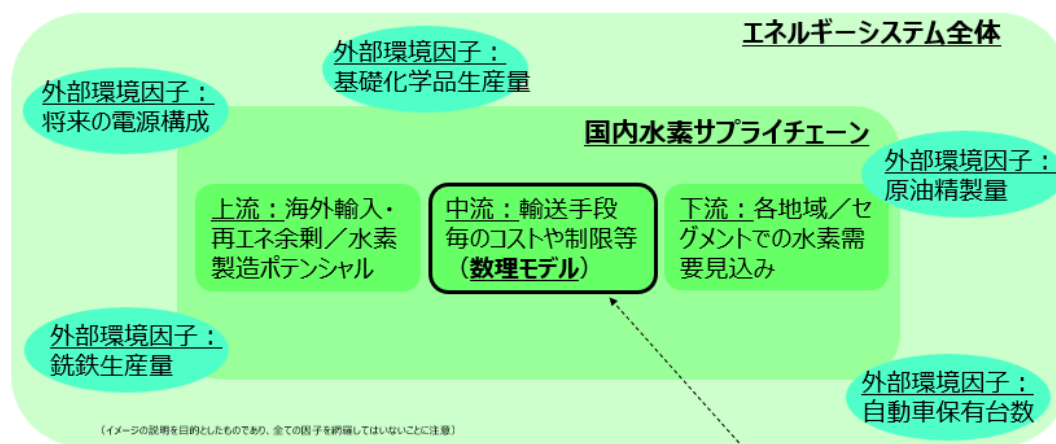
2.1.2 分析ツールの準備

外部環境及び水素供給・需要の分析結果に続き、それらを入力条件として数値計算を行う分析ツール（＝簡易シミュレーションモデル）の検討結果をここでは纏める。将来の国内水素サプライチェーンを考えるに当たってはエネルギーシステム全体や各セクター・セグメント等の視点が重要であることは前節で述べた通りである。今回の調査ではその土台の元に国内水素サプライチェーンの将来の絵姿を検討していくが、実際のサプライチェーン構築に際しては地域性や産業形態等、様々な特徴を有する水素需要に応じたキャリアやその供給・輸送手段について、最も経済合理的な手法を選択していくことが望ましい。但し、冒頭で述べた通り、“変数”が無数に存在するために、手作業で最適解を得ようとすることは現実的に不可能であり、それ故に国内水素サプライチェーンの検討が平易に進められないという課題が存在する。

かかる課題に対し、当該調査事業ではエネルギーシステム全体の観点を考慮しながら水素輸送サプライチェーンの最適な組み合わせを一定のルールに従ってコンピュータを用いて解く“統合シミュレーションモデル”を簡易的に構築し、輸送コストや必要インフラ数量の試算を実施する。

(1) 数値計算手法の検討

始めに、当該統合シミュレーションモデルの全体像、及びその中の水素輸送サプライチェーン／数理モデルの位置づけを表す概念図を下記に示す。最適化計算アルゴリズムに基づき国内輸送コストや必要インフラ数量の計算を司るのが中央の「数理モデル」で示す領域である。



（MEMO: 演算機能を持つのは当該領域のみ／他領域は“前提条件”として入力データという形で準備し、繋ぎ合わせる（i.e.ソフトリンク））

図 46 簡易シミュレーションモデルの所掌範囲概念図

尚、今回の調査事業では、水素サプライチェーンを含むエネルギーシステム全体を一挙に解く複雑なシミュレーションモデルの構築を一足飛びで目指すのではなく、各構成要素（E x. 水素サプライチェーン：上流→中流→下流）の間をデータの受け渡しで繋ぎ合わせる、所謂ソフトリンクのコンセプトに基づく統合シミュレーションモデルの構築を目論む。一気通貫で解を得ることができるハードリンク型の統合モデルと比較すると、データ授受に伴う変換の手間や整合性の確保等の観点で劣後するものの、モデル構築→計算→結果確認までにかかる総時間を今回のケースでは短縮することができると考えるため、本調査事業には適していると認識する。

今回のシミュレーションモデルのコアとなる輸送供給部分の計算を実行する数理モデルについて、採用した数値計算手法について述べる。既に言及したように、様々な特徴を有する水素需要に応じたキャリアやその供給・輸送手段について、最も経済合理的な手法を選択していく必要があるが、供給開始地点・輸送手段・需要消費地点、いずれの要素においても選択肢が数多く存在するため、その組み合わせは無数に存在する。下記に一例を表す概念図を示すが、これだけの要素数でも最適解を得るためには多量の計算が必要となることが容易に想像できる。

係る課題に対し、当該調査事業では線形計画法をベースに簡易的な輸送供給サプライチェーン最適化モデルを構築し、一定のルールに従って最適な組み合わせをコンピュータによって用いて解く“数理最適化モデル”を構築した。詳細は次節を参照願う。

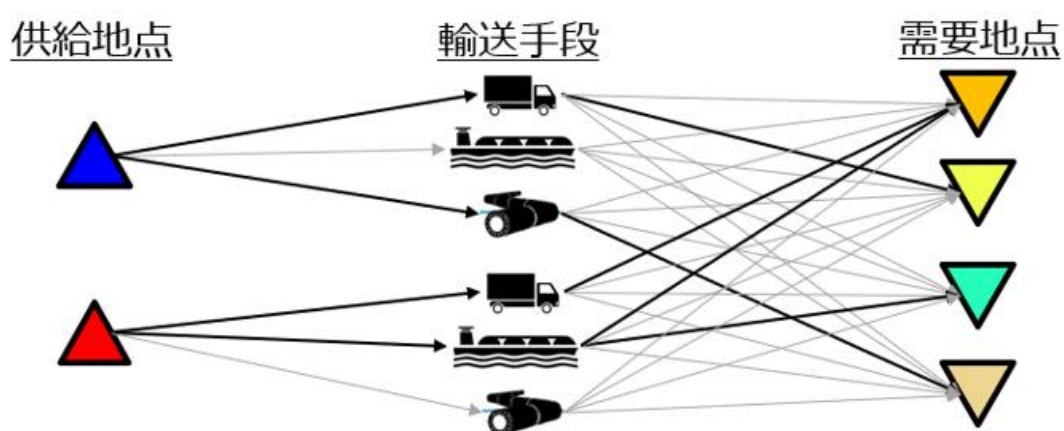


図 47 水素輸送サプライチェーンにおける選択肢・組み合わせ概念図（説明用）

(2) 数理最適化モデルの構築

前述の通り、今回の事業では“線形計画法”をベースとしたシンプルな数理モデルを構築した。当該事業は単年度での実施であり、協力先企業・団体からのフィードバックに基づき翌年度以降も発展させていくことも加味しての判断であることも為念付記する。

任意のサプライチェーンにおけるコストの計算式を単純な一次方程式： $y=ax+b$ と表現、サプライチェーン全体に係る輸送供給コストの総和： $\Sigma(ax+b)$ を目的関数とし、最適化のルールを“目的関数の最小化”と定め、最適解を得るものとした。下記の表に主要な情報を纏める。

表 20 数理モデル内の計算ロジックまとめ

計算手法	線形計画法
目的関数	輸送供給コスト総和： $\Sigma(ax+b)$
最適化ルール	目的関数最小化
制約条件	輸送手段毎の数量上限等（例：トラック台数）
輸送供給コスト計算式	$y=ax+b$
開発プラットフォーム	MS Excel

補足説明：輸送供給コスト計算式のパラメータについて

y：任意のサプライチェーンにおける輸送コスト

x：輸送距離

a：輸送距離に応じて変化するコスト（例：トラック燃料費）

b：輸送距離の大小に関わらず発生するコスト（例：貯蔵タンク）

続いて、数理モデルの中で再現する水素キャリア／輸送手段について纏める。水素輸送サプライチェーンを考える上では複数の水素輸送キャリア、及び輸送オプションを考慮する必要がある。そのため、今回の数理モデルでは将来の国内水素輸送サプライチェーンで主軸となるであろう水素輸送キャリア及び輸送オプションを下記の表のように想定し、数理モデルの中で再現した。

表 21 数理モデルの水素輸送キャリア及び輸送オプションまとめ

水素輸送 キャリア	① 圧縮水素（GH2） ② 液化水素（LH2） ③ アンモニア（NH3） ④ MCH
輸送手段	① トラック輸送 ② 鉄道貨物輸送 ③ 海上輸送 ④ パイプライン

更に、時間の概念にかかる設定を纏める。時間についてはその粒度を年平均とし、分析対象期間は 2030、2040、2050 年と 10 年間隔での分析を基本とした。尚、当該モデルは任意の時間断面（タイミング）のみを解く、いわゆる“静的シミュレーション”である。より現実 に即したモデルとするためには時間粒度を細かく（例：毎時、毎日）、且つ時間連続的に解いていく“動的シミュレーション”が望ましいと理解するが、モデル構築までに要する時間や計算時間などを鑑み、今回は静的シミュレーションモデルとした。

表 22 数理モデルにおける時間概念の設定

対象期間	2030,40,50 年
分析粒度	年平均
時間連続性	無（静的シミュレーション）

2.1.3 入力データセットの構築・整理

(1) 入力データセットの構築・整理：供給

水素の供給側にかかる入力データセットの構築・整理プロセスについて纏める。今回構築した簡易モデルでは、水素の供給オプションとしてA) 海外輸入水素、B) 国内製造水素、以上の2つを想定することとした。各々における要点を下記の表に示す。

表 23 供給データセット構築にかかるコンセプト及び要点まとめ

A. 海外輸入水素 	主な設定パラメータ： 1. 港湾 On/Off 2. 受入可能量 3. 受入価格（CIF価格） データ粒度：港湾毎	- 基本方針としては、2030年に首都圏・中部圏・関西圏で1カ所ずつ設定。その後、産業／人口密度が高いところを優先。 - 受入上限量については、キャリア毎に“50,000m³タンク x 20基”を全ての港湾に対し一律の値を適用 - CIF価格については、政府目標値等も考慮しながら、30¥/Nm³ @2030年／20¥/Nm³ @2050年をベースに設定
B. 国内製造水素  (Base caseでは適用無)	主な設定パラメータ： 1. 設備稼働 On/Off 2. 製造可能量 3. 製造価格 データ粒度：都道府県毎	- 基本的には、みずほR&Tの分析結果の一つである“国内製造水素拡大シナリオ”をベースに製造価格や製造可能量を設定。 - 即ち、ミルトオーダーシミュレーションによりエリアごとの再エネ余剰量を算出した後、再エネの出力抑制量からエリアごとの水素製造量を試算し、入力値として使用。

海外からの水素輸入が始まる順番の設定については、既にプレスリリースされている情報を一次情報として取り扱いつつ、下記の表に示す手法を用い、総合的な観点で港湾一つ一つを点数付けし、その優先順位を設定した。尚、B) 国内製造水素の価格及び位置情報設定については、前述の「外部環境条件整理」の結果を参照することとした。

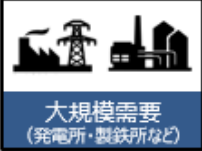
表 24 海外輸入水素：港湾の優先順位付け

観点	評価軸	点数基準	重みづけ	Memo（データ参照先等）
周辺需要観点	三大都市圏	Yes: 1, No: 0	100%	首都圏・中部圏・関西圏
	工業地帯・地域	Yes: 1, No: 0	100%	4地帯+7地域
物流展開観点	取扱貨物量	上位20%: 1, その他: 0	100%	国交省website
	鉄道貨物ターミナル	Yes: 1, No: 0	100%	JR貨物website
当該施設での水素・アンモニア需要	ガス火力発電所 発電出力(MW)	上位25%: 1 25~50%: 0.75 50~75%: 0.5 下位25%: 0.25	200%	国交省website / 国土数値情報サービス
	石炭火力発電所 発電出力(MW)	上位25%: 1 25~50%: 0.75 50~75%: 0.5 下位25%: 0.25	200%	国交省website / 国土数値情報サービス
	製油所	Yes: 1, No: 0	100%	Wiki, 各社website etc.
	石油化学コンビナート	Yes: 1, No: 0	100%	Wiki, 各社website etc.
	製鉄所（高炉のみ）	Yes: 1, No: 0	100%	Wiki, 各社website etc.
隣接港湾	隣接港湾	Yes: 1, No: 0	100%	国交省website / 国土数値情報サービス
その他	特別調整	2030年頃に水素輸入計画が発表されているところは優先設定		

(2) 入力データセットの構築・整理：需要

続いて、水素の需要側にかかる入力データセットの構築・整理プロセスについて纏める。2030, 40, 50 年次におけるセクター・セグメント毎の水素・アンモニアの将来需要予測については前述の「セグメント毎の生産能力・エネルギー消費、及び水素普及度合いの予測」で示した値を参照することとした。他方、地域分布の設定について、今回の簡易モデルでは、水素の需要側を A)大規模集約型需要、B)中小規模分散型需要、以上の 2 つの形態にカテゴリ分けした上で、分布設定を実施した。各々における要点を下記の表に示す。

表 25 需要データセット構築にかかるコンセプト及び要点まとめ

グループ	データ粒度、及び モデル内の入力データ数	説明
 大規模需要 (発電所・製鉄所など)	施設毎 (ex. 発電所、 製鉄所など) データ数：約300カ所	基本思想としては、3大都市圏、及び主な工業地帯・地域（太平洋ベルト）を中心に需要分布を設定。供給側の港湾（輸入拠点）の開港タイミングともリンクさせながら設定。
 中小規模需要 (モビリティ・工場など)	エリア毎 (ex. 市区町村、 若しくは10x10km ² 以 内など) データ数：約500カ所	大規模需要と同じく、3大都市圏、及び主な工業地帯・地域（太平洋ベルト）を中心に需要分布を設定。エリア毎のエネルギー消費実績や自動車保有台数、人口等も設定時のIndexとして使用。

以上が需要・供給データセットの構築・整理プロセスの説明となる。但し、これらの手順を元に準備された実際の入力設定値については 2.1.4 セクションを参照願う。

(3) 入力データセットの構築・整理：輸送

Step #1：輸送供給サプライチェーン検討ケース、及び構成要素項目の設定

セクション 2.1 で示した数理モデルに当てはめる水素サプライチェーン及びそのコスト計算式の準備を進めていくにあたり、今回の調査では、まずはモデル内で表現したいサプライチェーンを“可視化”することから始めた。サプライチェーンで登場する主な機器・設備を簡単なピクトグラム描写にした上で、供給～需要地までのサプライチェーンの一連の流れをイラストで整理することで、以降へ続くコスト計算式の準備等で抜け漏れが発生しないようにすることを狙ったものである。今回の調査では下記の表に示す4つのケースを対象にサプライチェーンの可視化・整理を実施した。海外輸入若しくは国内製造でまずは分類しつつ、更に供給開始時の水素キャリアでも分割を行った。無論、これ以外にも水素サプライチェーンの形態は存在するが、今回対象とする 2030-2050 年の期間においてはこの 4 ケースがメインとなるであると想定した。後に続くサプライチェーンフロー模式図と併せて参照願う。

表 26 国内水素サプライチェーン検討対象ケース一覧

Case #	カテゴリ	供給開始場所	国内供給開始時の水素キャリア形態
1	海外輸入	港湾	液化水素 (LH2)
2	海外輸入	港湾	アンモニア (NH3)
3	海外輸入	港湾	液体有機水素キャリア (MCH)
4	国内製造	製造拠点	圧縮水素 (GH2)

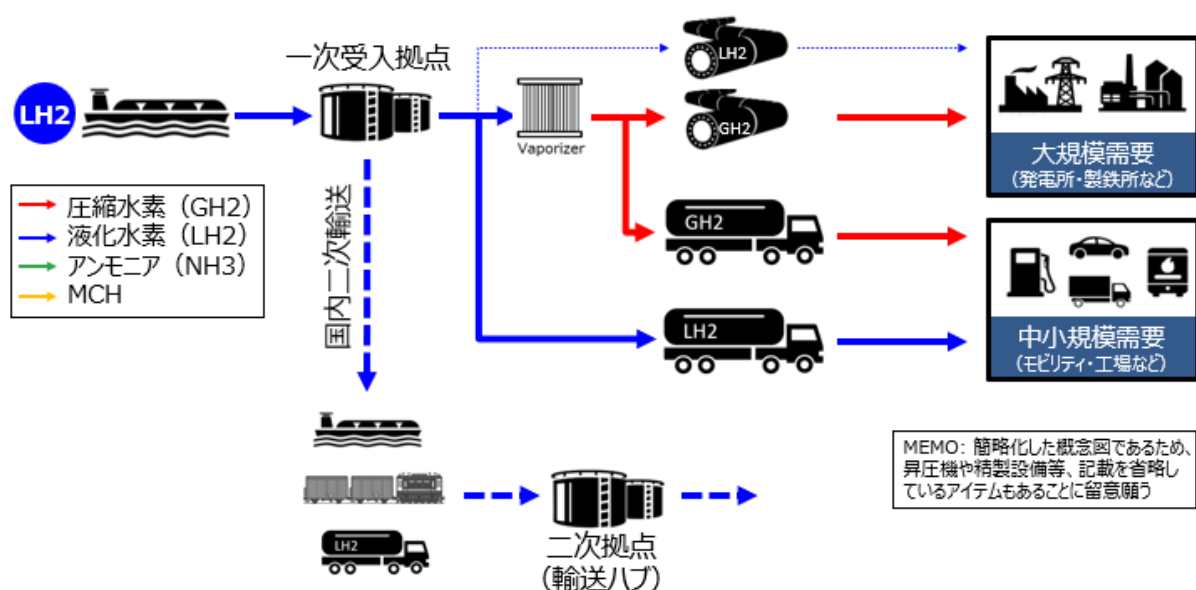


図 48 国内水素輸送サプライチェーン模式図（Case #1）

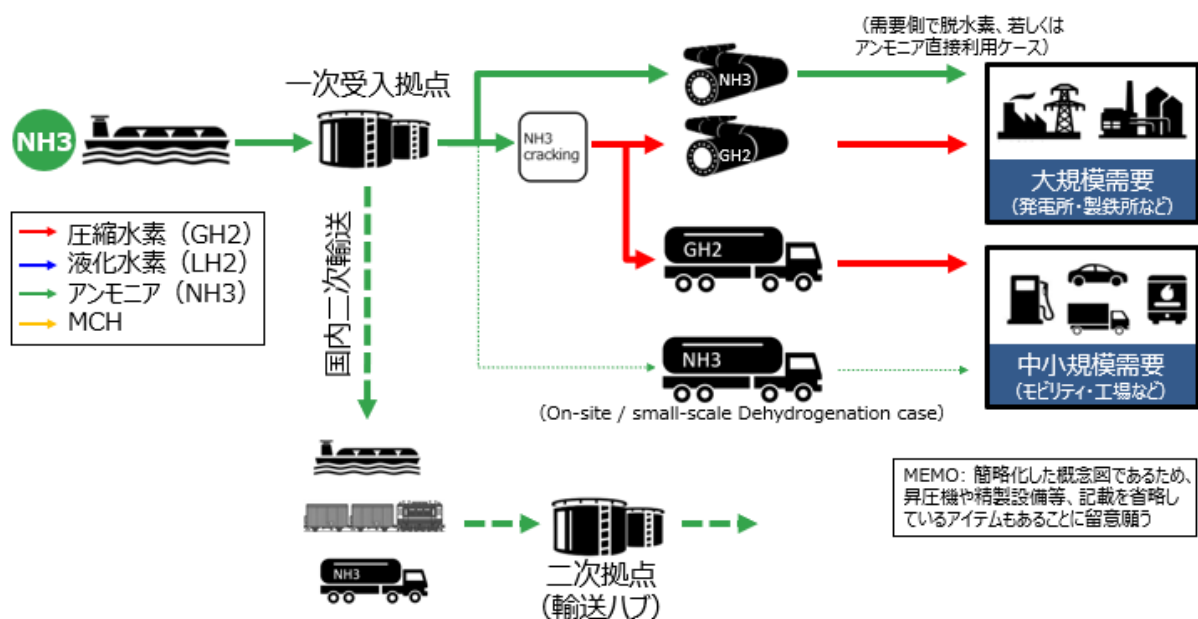


図 49 国内水素輸送サプライチェーン模式図 (Case #2)

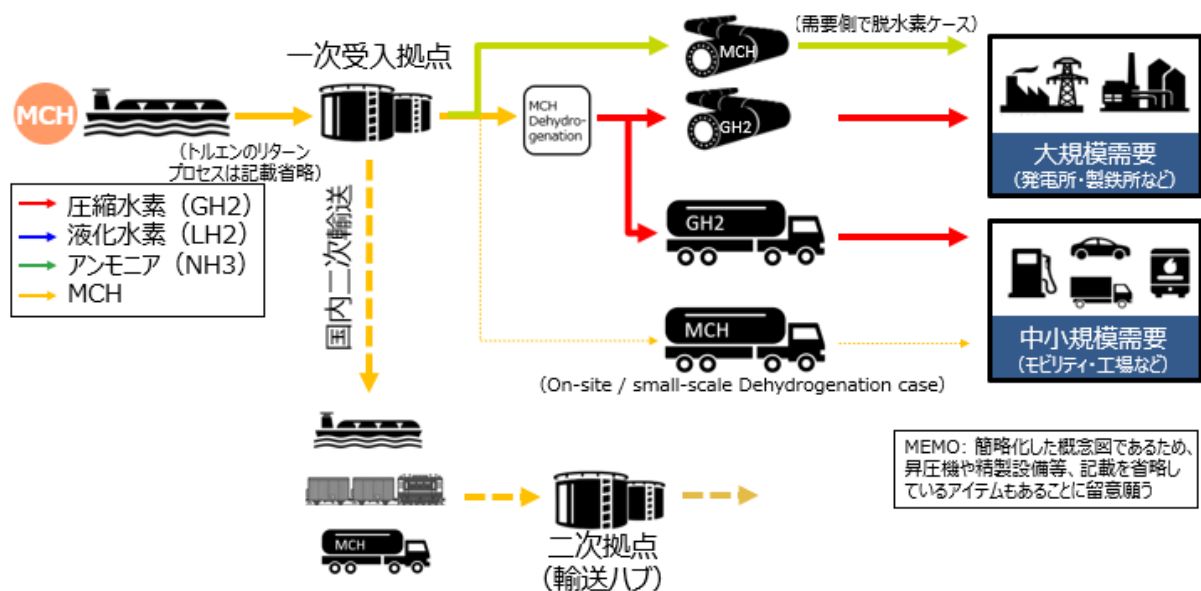


図 50 図. 国内水素輸送サプライチェーン模式図 (Case #3)

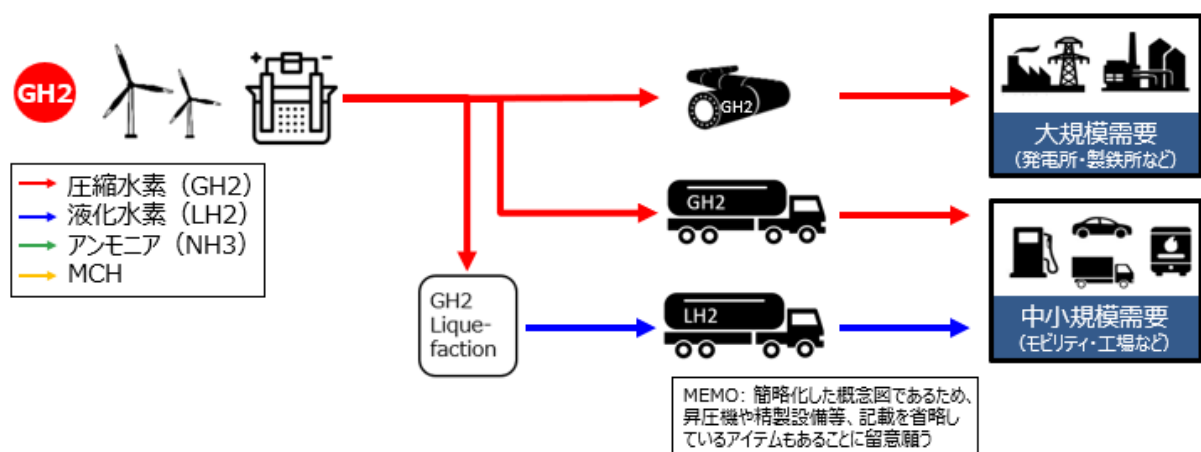


図 51 国内水素輸送サプライチェーン模式図（Case #4）

次に、作成したイラストを元に今回の簡易モデル内で取り扱う水素サプライチェーンの構成要素（機器・設備）を以降にカテゴリ毎にグループ分けした上でリストに纏める。これらを元に、次ステップにてコスト計算式への落とし込みを実施するものである。

表 27 国内水素サプライチェーン構成要素一覧：輸送機器

ID	カテゴリ	構成要素	輸送キャリア
輸送-1	トラック輸送	圧縮水素トラック輸送（圧縮水素トレーラー）	圧縮水素
輸送-2	トラック輸送	圧縮水素トラック輸送（高圧水素カードル）	圧縮水素
輸送-3	トラック輸送	液化水素トラック輸送（液化水素ローリー）	液化水素
輸送-5	鉄道輸送	液化水素鉄道輸送（タンクコンテナ利用）	液化水素
輸送-7	海上輸送	液化水素海上輸送（タンカー）	液化水素
輸送-8	トラック輸送	アンモニアトラック輸送（液体アンモニアローリー）	液体アンモニア
輸送-10	鉄道輸送	アンモニア鉄道輸送（タンクコンテナ利用）	液体アンモニア
輸送-12	海上輸送	アンモニア海上輸送（タンカー）	液体アンモニア
輸送-13	トラック輸送	MCH トラック輸送（ローリー）	MCH
輸送-15	鉄道輸送	MCH 鉄道輸送（タンクコンテナ利用）	MCH
輸送-18	海上輸送	MCH 海上輸送（タンカー）	MCH

表 28 国内水素サプライチェーン構成要素一覧：パイプライン

ID	カテゴリ	構成要素	輸送キャリア
輸送-19	パイプライン輸送	圧縮水素パイプライン輸送	圧縮水素
輸送-20	パイプライン輸送	液化水素パイプライン輸送	液化水素
輸送-21	パイプライン輸送	アンモニアパイプライン輸送	液体アンモニア
輸送-22	パイプライン輸送	MCH パイプライン輸送	MCH

表 29 国内水素サプライチェーン構成要素一覧：貯蔵タンク

ID	カテゴリ	構成要素	輸送キャリア
貯蔵-56	貯蔵	圧縮水素タンク	圧縮水素
貯蔵-57	貯蔵	液化水素タンク	液化水素
貯蔵-58	貯蔵	液体アンモニアタンク	液体アンモニア
貯蔵-59	貯蔵	MCH タンク	MCH

表 30 国内水素サプライチェーン構成要素一覧：水素キャリア変換

ID	カテゴリ	構成要素	In	Out
変換-23	キャリア変換	水素液化設備	圧縮水素	液化水素
変換-24	キャリア変換	水素気化設備（蒸発器）	液化水素	圧縮水素
変換-26	キャリア変換	アンモニア脱水素設備	液体アンモニア	圧縮水素
変換-29	キャリア変換	MCH 脱水素設備	MCH	圧縮水素

表 31 国内水素サプライチェーン構成要素一覧：ハンドリング

ID	カテゴリ	構成要素	輸送キャリア
ハンドリング-31	ハンドリング	圧縮水素トレーラー用払出設備	圧縮水素
ハンドリング-32	ハンドリング	水素カードル充填設備	圧縮水素
ハンドリング-34	ハンドリング	液化水素払出設備 (ローリー／貨物コンテナ／タンカー共通)	液化水素
ハンドリング-36	ハンドリング	液体アンモニア払出設備 (ローリー／貨物コンテナ／タンカー共通)	液体アンモニア
ハンドリング-38	ハンドリング	MCH 払出設備	MCH
ハンドリング-54	ハンドリング	水素圧縮機	圧縮水素
ハンドリング-58	ハンドリング	水素精製設備	圧縮水素

Step #2：輸送供給コスト計算にかかるロジック設定

前項で整理した輸送供給サプライチェーン検討ケース、及びそれらの構成要素項目の整理と並行して、輸送コスト計算プロセスの構築を実施した。既に述べたように、今回の簡易モデルでは水素輸送供給にかかるコストは“ $y=ax+b$ ”の数式で求めるものである。

- y：サプライチェーン輸送コスト（単位：¥/Nm³）
x：輸送距離（単位：km）
a：輸送距離に依存するコスト（単位：¥/Nm³・km）
b：輸送距離に依存しないコスト（単位：¥/Nm³）

他方、こちらも既に記述の通り、今回の調査で使用する簡易モデルはある特定の年次断面（タイミング）における輸送量／コストを計算するものであるが、コスト試算に着目した場合、特定の単年度のみ CAPEX, OPEX で計算を行ってしまうと、例えば輸送機器の間に公平性を著しく既存することが予期される（i.e. CAPEX（≡初期投資額）が大きい船舶が CAPEX の小さいトラックと比べて不利になる）。そこで、他のスタディでも用いられている“均等化コスト法”を今回は用いることとした。この方法は、プロジェクト期間中のコストの総和をプロジェクト期間中の燃料供給量の総和で除し、単位量当たりのコストを求める手法であり、国際エネルギー機関や英国の水素コスト分析、日本国政府の発電コスト検証 WG で用いられるコスト分析の標準的な手法の1つである。

$$LCOH = \sum_n \frac{\sum_t [(I_{n,t} + M_{n,t})(1+r)^{-t}]}{\sum_t (H_t(1+r)^{-t})}$$

- LCOH：均等化水素コスト
In,t：構成要素 n の t 期における設備関連費用（CAPEX）
Mn,t：構成要素の t 期における運転関連費用（OPEX）
Ht：t 期における水素輸送量
r：割引率*
t：期（今回の調査では1年単位とした）

*今回の調査では 2030, 2040, 2050 年次の3つの時間断面に対し、複数の輸送手段や水素キャリアによる分析を実施するものであり、それら一つ一つに対してリスク度合を加味しながら割引率を適用していく／あるいは一つの数字（割引率）で代表されることは難しい。そのため、今回の調査はあくまで基礎調査であることも勘案し、割引率は一旦“0”に統一し、水素均等化コストの計算を実施したことを付記する。

尚、もう一点考慮すべき観点として、輸送距離が一定である場合、若しくはコストが輸送距離に依存しない場合（ex. 貯蔵タンク）においては均等化コスト法で算出した数値をそのまま上記の式に当てはめれば問題ないが、今回は、例えばトラックのような輸送機器やパイプライン輸送の場合、任意の輸送距離に対する均等化水素コストの算出についても行う必要がある。そこで、複数の輸送距離の場合に対する均等化水素コストを算出、それらの値を用いて近似式（一次関数）を導出し、その“傾き”及び“切片”を輸送コスト計算式“ $y=ax+b$ ”に当てはめることとした。以下に導出過程の説明を目的とした模式図を示す（図内の数字はダミーを入力）。

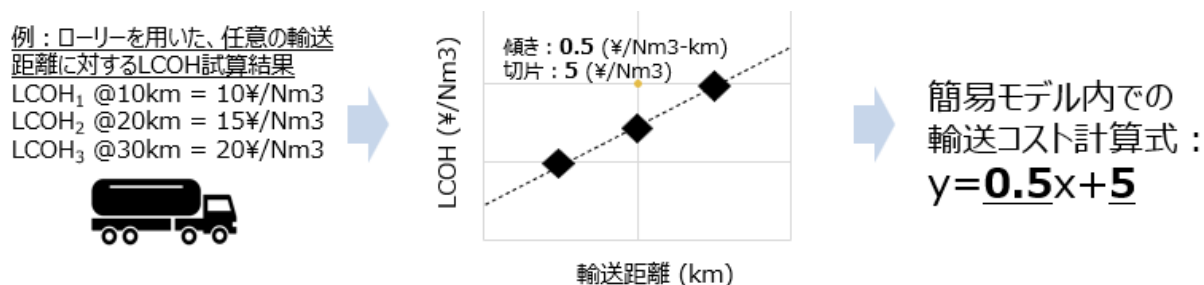


図 52 均等化水素コストから輸送コスト計算式への適用フロー説明図

尚、輸送コスト試算に必要となる、供給－需要地点を結ぶ輸送距離については供給及び需要地点各々の座標データを元に、輸送手段毎に設定を行った。道路輸送については [Google map](#) を活用して実際の道路距離から輸送距離を算出、鉄道輸送については各々のターミナル駅間の距離情報を元に輸送距離を設定した。海上輸送については一般公開の航路情報等から各港間の輸送距離を概算で見積もった。尚、パイプラインについては、今回は輸入・製造拠点から極めて近い施設への繋ぎ込みケースのみに対しての適用であるため、単純に直線距離で設定した。

Step #3：各構成要素に対する輸送コスト計算式の係数（a,b）の導出

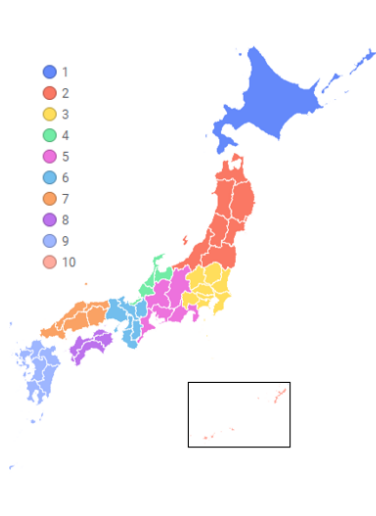
Step#1,#2 を土台に、サプライチェーンの各構成要素に対する輸送コスト計算式： $y=ax+b$ の係数（a：輸送距離に依存するコスト、及びb：輸送距離に依存しないコスト）の導出を実施した。係数 a,b の導出に当たっては均等化コスト法で示したように要素毎の CAPEX, OPEX 等の数値入力が必要であるが、パラメータの種類が非常に多く且つ多岐に渡るため、当該報告書への記載は割愛することとする。その他、水素均等化コスト／輸送コスト計算式の評価分析について、特に CAPEX に影響を及ぼし得る因子として、規模の調整（ex. 0.6 乗則）や Learning curve（学習曲線）効果などが考えられるが、今回は簡易モデルであることも踏まえて、計算式への反映は割愛した。尚、実際の入力設定値については 2.1.4 セクションを参照願う。

Step #4：その他、輸送コスト計算プロセス以外の重要要素：二次輸送・中継ハブについて

その他、輸送コスト計算プロセス以外の重要領域について記載する。今回の簡易モデルでは国内水素輸送を取り扱うものであるが、供給－需要地点をただ結ぶのみではなく、一度中継地点を挟んだ上で最終目的地まで輸送する「国内二次輸送」についても数理モデルで再現することとした。

今日において、日本では天然ガスや石炭等といったエネルギー資源の多くを海外からの輸入に依存しているが、それらは海外からの輸入拠点や周辺域で直ぐに消費される場合もあれば、国内での二次輸送／中継地点を経た後に需要地点へ運ばれるケースもある。これから各種インフラが発達していく水素についても、海外から大規模な水素を受入可能な拠点が日本全国に広く普及していくとは考えにくい。おそらく水素においても国内二次輸送が将来のサプライチェーンを考える上でのキー要素の一つになると想定し、簡易モデルの中で表現することとした。

国内二次輸送を簡易モデルの中で表現するために、今回は“地域区分”及び“輸送ハブ”の2つの要素を用いた。即ち、日本全国を合計10のエリアに区切った上で、前述の“中継地点（＝輸送ハブ）”を各々のエリアに設定することで、国内二次輸送プロセスを簡易的に評価分析できるような設定とした。



都道府県	地域設定	番号	都道府県	地域設定	番号	都道府県	地域設定	番号
北海道	北海道	1	富山県	北陸	4	鳥取県	中国	7
青森県	東北	2	石川県			島根県		
岩手県			福井県			岡山県		
宮城県			長野県	中部	5	広島県	四国	8
秋田県			岐阜県			山口県		
山形県			静岡県			徳島県		
福島県			愛知県			香川県		
新潟県	東京	3	三重県	関西	6	愛媛県	九州	9
茨城県			滋賀県			高知県		
栃木県			京都府			福岡県		
群馬県			大阪府			佐賀県		
埼玉県			兵庫県			長崎県		
千葉県			奈良県			熊本県		
東京都			和歌山県			大分県		
神奈川県						宮崎県		
山梨県						鹿児島県		
						沖縄県	沖縄	10

図 53 地域区分設定

その後、地域区分／10 エリアに対し、国内二次輸送の中継地点となる“輸送ハブ”の設定を行った。数理モデルの構築、で示したように、今回の調査分析では道路輸送、鉄道貨物輸送、海上輸送、及びパイプラインの4つの輸送モードを取り扱うため、輸送ハブもそれらに合わせて下記のように設定した。尚、パイプラインについて、地域間を横断するような長距離パイプラインの新規設定はその実現性を含め検討が難しいため一旦適用外とした

表 32 日本全国における輸送ハブ設定方法

輸送手段	輸送ハブ設定対象	備考
海上輸送	港湾	該当地域で一定以上の規模の港湾を選択
鉄道輸送	貨物ターミナル駅	40ft コンテナまでを取り扱い可能な貨物駅を主に対象
道路輸送	高速道路 JCT	現時点では予測が難しいため、交通の要所を仮として設定

表 33 日本全国における輸送ハブ設定リスト：海上輸送

輸送ハブ_名称	都道府県	地域名
苫小牧 Hub	北海道	北海道
石狩湾新 Hub	北海道	北海道
釜石 Hub	岩手県	東北
仙台塩釜 Hub	宮城県	東北
能代 Hub	秋田県	東北
酒田 Hub	山形県	東北
小名浜 Hub	福島県	東北
川崎 Hub	神奈川県	東京
直江津 Hub	新潟県	東北
伏木富山 Hub	富山県	北陸
金沢 Hub	石川県	北陸
敦賀 Hub	福井県	北陸
衣浦 Hub	愛知県	中部
姫路 Hub	兵庫県	関西
三隅 Hub	島根県	中国
岡山 Hub	岡山県	中国
広島 Hub	広島県	中国
下関 Hub	山口県	中国
高松 Hub	香川県	四国
今治 Hub	愛媛県	四国
高知 Hub	高知県	四国
北九州 Hub	福岡県	九州
佐世保 Hub	長崎県	九州
大分 Hub	大分県	九州
鹿児島 Hub	鹿児島県	九州
金武湾 Hub	沖縄県	沖縄

表 34 日本全国における輸送ハブ設定リスト：道路輸送

輸送ハブ_名称	都道府県	地域名
盛岡貨物ターミナル Hub	岩手県	東北
北九州貨物ターミナル Hub	福岡県	九州
鹿児島貨物ターミナル Hub	鹿児島県	九州
姫路貨物ターミナル Hub	兵庫県	関西
金沢貨物ターミナル Hub	富山県	北陸
仙台貨物ターミナル Hub	宮城県	東北
新潟貨物ターミナル Hub	新潟県	東北
東京貨物ターミナル Hub	東京都	東京
名古屋貨物ターミナル Hub	愛知県	中部
広島貨物ターミナル Hub	広島県	中国
岡山貨物ターミナル Hub	岡山県	中国
高松貨物ターミナル Hub	香川県	四国

表 35 日本全国における輸送ハブ設定リスト：道路輸送

輸送ハブ_名称	都道府県	地域名
郡山 JCTHub	福島県	東北
富谷 JCTHub	宮城県	東北
花巻 JCTHub	岩手県	東北
新潟中央 JCTHub	新潟県	東北
東海 JCTHub	愛知県	中部
敦賀 JCTHub	福井県	北陸
下関 JCTHub	山口県	中国
倉敷 JCTHub	岡山県	中国
広島 JCTHub	広島県	中国
坂出 JCTHub	香川県	四国
北九州 JCTHub	福岡県	九州
日出 JCTHub	大分県	九州
小矢部砺波 JCTHub	富山県	北陸
いよ小松 JCT/ICHub	愛媛県	四国
江戸橋 JCTHub	東京都	東京
天保山 JCTHub	大阪府	関西
嘉島 JCTHub	熊本県	九州

2.1.4 データ統合及び計算実行

(1) シミュレーションケースリスト作成、及びケース毎のデータセットの準備

基本となる Base case を元に、感度分析（Sensitivity analysis）及びシナリオ分析（What-If analysis）用のデータセットを準備した。ケースリスト一覧を下記に示す。簡易モデルの機能確認も兼ねて複数のケースに対する最適化計算を実施したが、全ての結果を網羅的に記述すると冗長過ぎるため、今回の報告書では黄色でハイライトしたケース群の計算結果を用い、可視化や分析考察を実施することとした。

表 36 最適化シミュレーション計算実施ケースリスト

Case ID	Year	ケースカテゴリ	ケース概要
Base_2030_001	2030	Base case	2030年 Base case
Base_2040_001	2040	Base case	2040年 Base case
Base_2050_001	2050	Base case	2050年 Base case
Source_2040_001	2040	供給_Sensitivity	一次受入港の数を減少
Source_2040_002	2040	供給_Sensitivity	一次受入港の数を増加
Source_2040_003	2040	供給_Sensitivity	一次受入港の受入量上限を解除
Source_2040_004	2040	供給_Sensitivity	一次受入港の数を増減させつつ、受入量上限を解除
Source_2040_005	2040	供給_Sensitivity	一次受入港の数を増減させつつ、受入量上限を解除
Source_2040_006	2040	供給_WhatIf	CIF価格を変更
Source_2040_007	2040	供給_WhatIf	国内水素製造シナリオを適用
Source_2040_007_a	2040	供給_WhatIf / Sensitivity	国内水素製造シナリオを適用 / 水素製造コスト20%減
Source_2040_007_b	2040	供給_WhatIf / Sensitivity	国内水素製造シナリオを適用 / 水素製造コスト30%減
Source_2040_007_c	2040	供給_WhatIf / Sensitivity	国内水素製造シナリオを適用 / 水素製造コスト50%減
Trans_2040_001	2040	輸送_Sensitivity	中継ハブ_港湾_数の設定を変更（Original +50%）
Trans_2040_002	2040	輸送_Sensitivity	中継ハブ_港湾_数の設定を変更（Original +100%）
Trans_2040_003	2040	輸送_Sensitivity	GH2トラックの台数を制限
Trans_2040_004	2040	輸送_Sensitivity	LH2トラックの台数を増加（Original +100%）
Trans_2040_005	2040	輸送_Sensitivity	LH2トラックの台数を増加（Original +200%）
Trans_2040_006	2040	輸送_WhatIf	鉄道貨物輸送の下限設定を変更（強制出現）
Trans_2040_007	2040	輸送_WhatIf	Onsite NH3 cracking技術・インフラの確立（中小規模分散需要への適用可）
Trans_2040_008	2040	輸送_WhatIf	Onsite MCH Dehydration技術・インフラの確立（中小規模分散需要への適用可）
Trans_2040_009	2040	輸送_Sensitivity	LH2タンカーの隻数を増加（Original +100%）
Trans_2040_010	2040	輸送_Sensitivity	LH2タンカーの隻数を増加（Original +200%）

(2) シミュレーション計算の実行

以上までの準備作業を元に、**Base case** 及び各種感度分析／シナリオ分析ケース群に対して最適化シミュレーション計算を実行した。計算の実施は全てのケースに対して **JH2A** 担当者が **JH2A** 所有の同一の **PC** を用いて実施した。結果まとめ、及び考察等を次章以降に纏めて報告する。

2.1.5 結果整理、及び考察・示唆まとめ

(1) Base case 試算結果の整理及び可視化：国内サプライチェーン全体の評価分析

Base case に対する最適化計算の結果について、まずは 2030,40,50 年次における、輸送量・インフラ数量について以下に図表と共に纏める。

あくまでも今回の Base case 入力条件に基づく結果・考察であるが、特に、地方・内陸部の水素需要増加に伴い、道路輸送にかかるインフラ数量が飛躍的に増大し、このままでは国内の物流インフラの許容量を超過していくことが危惧される。

表 377 Base case 試算結果：国内輸送量合計、及びインフラ数量試算値

年代	2030年	2040年	2050年
Case name	Base_2030_001	Base_2040_001	Base_2050_001
一次受入拠点（港）	4	10	30
水素需要合計*	117万ton／年	1,474万ton／年	3,430万ton／年
トラック輸送 (3000Sm3圧縮ガストレーラー／20kLローリーを想定)	23万ton／年 (2,500台／年)	701万ton／年 (84,000台／年)	1,982万ton／年 (240,000台／年)
海上輸送 (2000kLサイズの内航船を想定)	108万ton／年 (7隻／年)	860万ton／年 (54隻／年)	1,020万ton／年 (59隻／年)
鉄道輸送 (30作コンテナを想定)	(0)	(0)	(0)
パイプライン輸送	46万ton／年 (-)	351万ton／年 (-)	1,105万ton／年 (-)

(数字は全てキャリア毎の含算値)

(2) Base case 試算結果の整理及び可視化：任意の供給拠点からのサプライチェーン分析

続いて、同じく Base case の試算結果を用いて、**2040 年次／川崎港**を起点とした国内水素サプライチェーンの流れ（上流～下流）に対する可視化分析を行った。下図にイメージを示すように、京浜工業地帯に位置する川崎港は港湾エリアに複数の大規模需要施設（発電所やコンビナート etc.）を有し、またその周辺域の工場やモビリティへの水素供給も期待される上、他地域への国内二次輸送ハブとしての可能性も持つ。

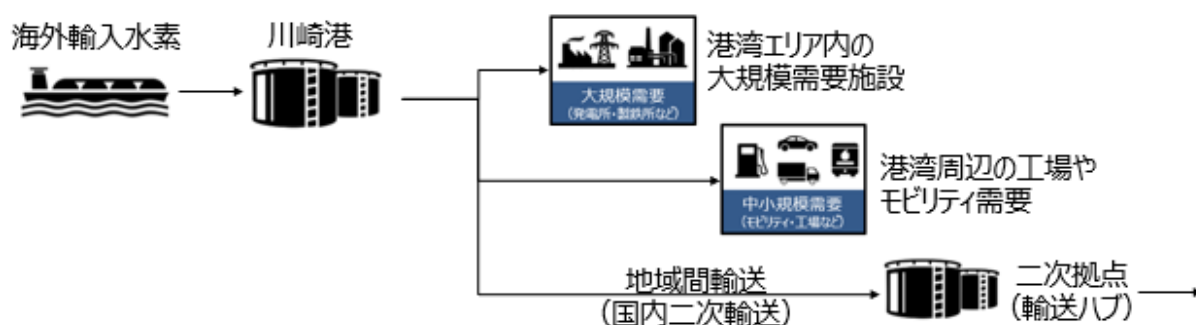


図 54 川崎港→最終需要消費地までの水素輸送フロー模式図

今回の Base case 条件下で計算した場合におけるサプライチェーンの流れを、上流～中流～下流までを一気通貫で一つのダイアグラムに集約した図を下記に示す。調査事業目標の一つである「将来の国内水素サプライチェーン絵姿を大まかに描けるようになる」に対し、こうした可視化機能の搭載が一つの解となるものであると認識する。

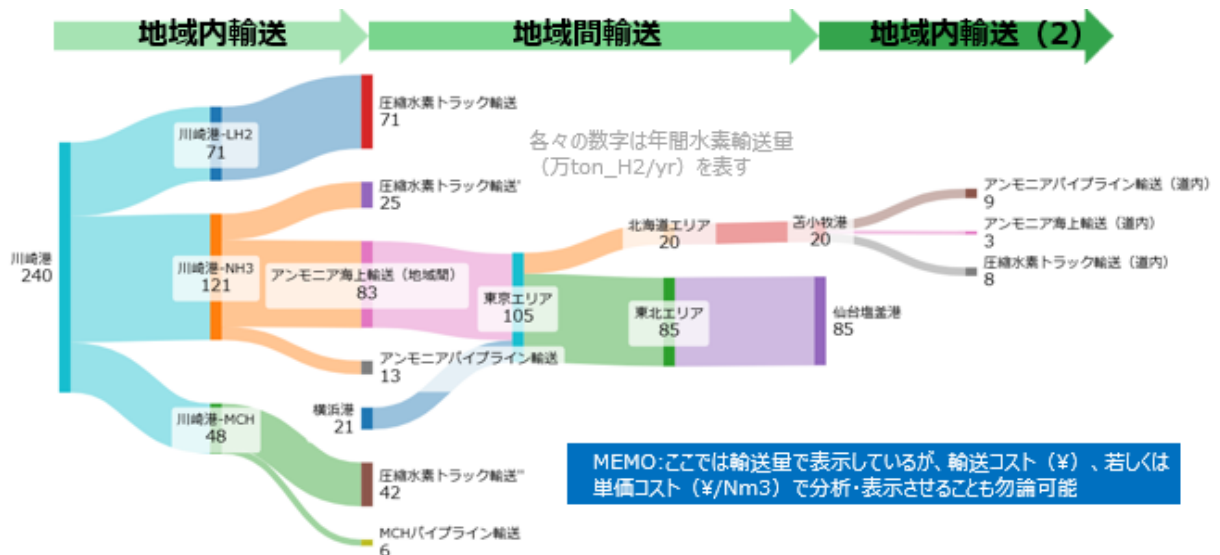


図 55 Base case 試算結果_2040 年_川崎港サプライチェーンフローダイアグラムまとめ

(3) 感度分析：国内製造水素のポテンシャル評価

実施計画書でも記載したように、本調査の目的は「将来の最適な国内水素サプライチェーンを具現化する“未来予想図”の作成に向けて、その土台となる基礎調査を実施する」ことにある。将来のサプライチェーン検討に当たっては輸送手段やキャリア、需要規模等といった様々な不確実性がネックとなるわけであるが、当該シミュレーションモデルでは、そういった不確実性要素を変数パラメータ（任意の入力値として自由に設定可能）として取り扱うことで、任意の条件下で最適化計算を実行できるようにした。分析例として、今回の調査では、外部環境分析で A1-Mm シナリオ（Base case）と共に選定した“B2-Mm シナリオ（国内製造水素拡大）”を用い、国内製造水素ポテンシャルの感度分析を行った。前提条件や計算結果を下記に纏める。

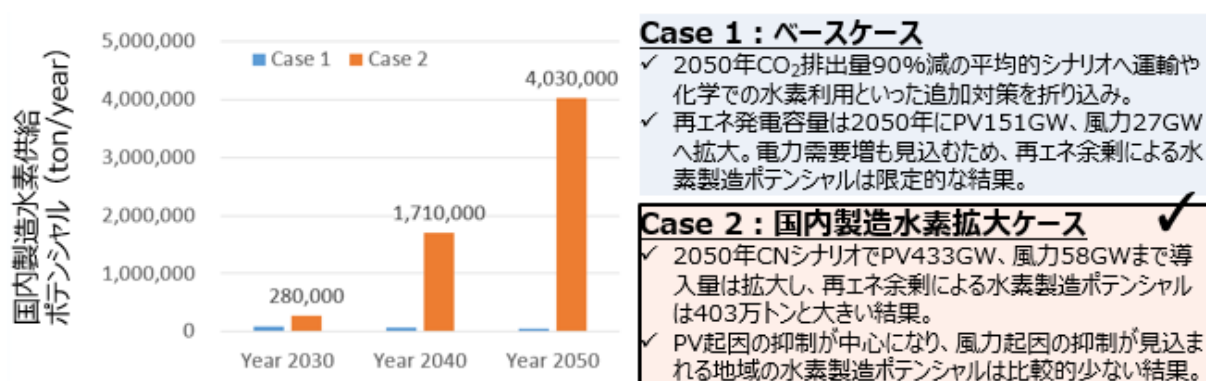
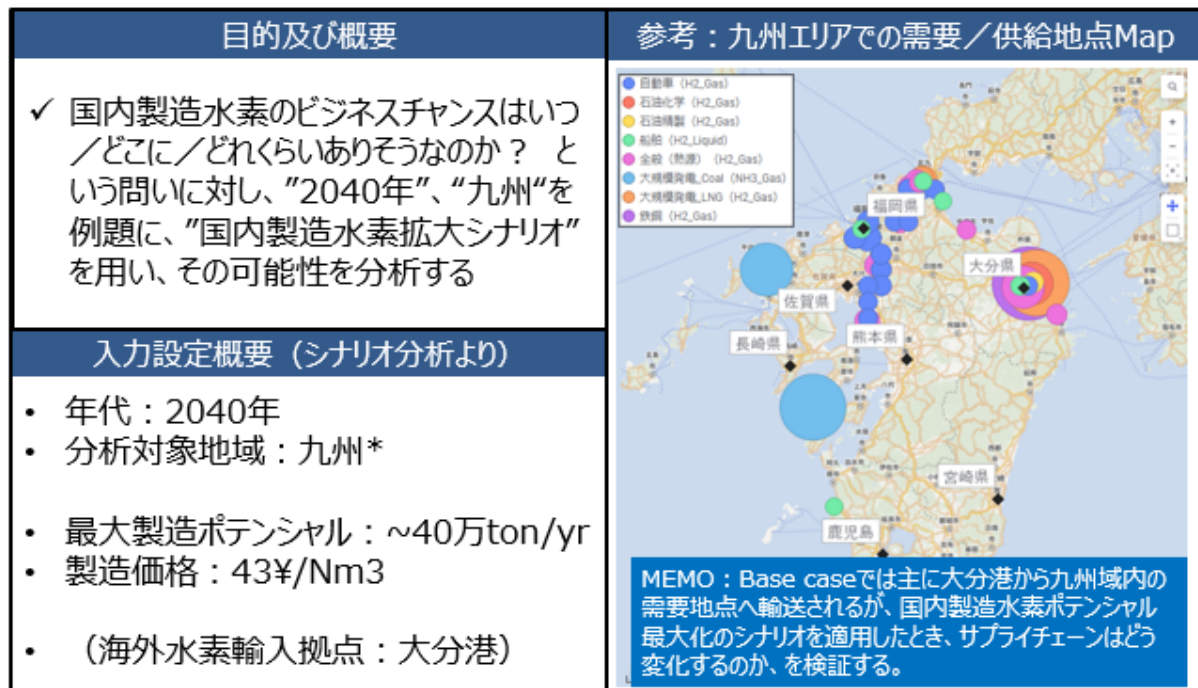


図 56 感度分析_国内製造水素のポテンシャル評価：外部環境条件設定まとめ



*（今回の分析の中において、供給ポテンシャル量（余剰再エネ）、製造価格、及び地域需要量の3点を考慮し、最も国内製造水素が競争力を持つと考えられる九州地域を題材として選択）

図 57 感度分析_国内製造水素のポテンシャル評価：概要及び入力条件設定まとめ

今回のケースでは、“国内製造水素の製造コスト単価”を感度分析パラメータに、“システム内への国内製造水素の流入量（出現量）”を応答パラメータとして評価分析を実施した。結果、想定製造価格：43¥/Nm³では海外輸入水素に対する競争力を持たないが、製造単価が35¥/Nm³程度まで削減できれば、国内製造水素が供給手段の選択肢として出てくることが試算された。詳細を下記の図表に示す。

表 388 感度分析_国内製造水素のポテンシャル評価：感度分析結果まとめ

シミュレーション ケースリスト	入力設定：供給 (Source)			計算結果	
	海外輸入拠点			国内製造拠点	供給：輸送キャリア別
Case ID	一次受入港_数	一次受入港_受入量上限	一次受入港_CIF価格	国内製造水素 (製造コスト単価)	国内製造水素 (万ton_H2 / yr)
Base_2040_001	10 ports	有	政府目標相当	無	0
Source_2040_007	10 ports	有	政府目標相当	有 (43 ¥/Nm ³)	0
Source_2040_007_a	10 ports	有	政府目標相当	有 (35 ¥/Nm ³)	6
Source_2040_007_b	10 ports	有	政府目標相当	有 (30 ¥/Nm ³)	13
Source_2040_007_c	10 ports	有	政府目標相当	有 (20 ¥/Nm ³)	29

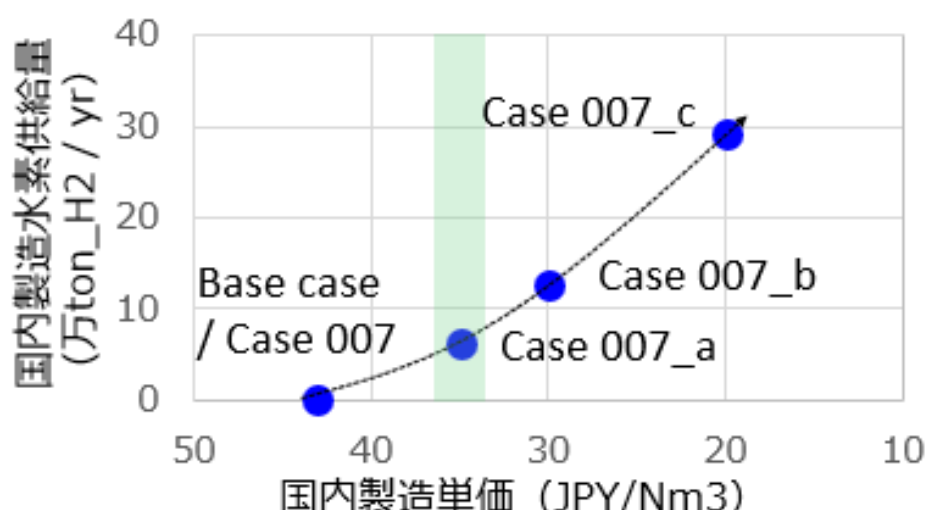


図 58 感度分析_国内製造水素のポテンシャル評価：感度分析結果まとめ

本報告書の冒頭部分の繰り返しとなるが、水素利活用普及のためには各セクターの需要量や位置、輸送インフラ等を複合的に考慮しながら国内輸送網の構築を進めていく必要がある一方、現時点では水素製造・輸入拠点や需要の成長度合い等といった不確実性要素が多いため、将来のサプライチェーンの規模や形成時期、引いてはコストといった事業化検討に必要な要素群を評価することが難しいといった課題が業界レベルで存在している。対し、ここまでで示したようにシナリオや条件に応じ水素輸送コストや必要インフラ数量を柔軟に試算できるツールの構築・普及は、企業や自治体等における不確実性要素の振れ幅やその影響の定量的評価を支援し、水素に係る将来見通しの一助になると認識する。今回の我々の取り組みの“有効性”を推し量るため、ここまでで示した簡易モデル構築・試算の成果を取り纏め、協力先企業・団体へのフィードバック取得を実施した。詳細は次章を参照願う。

2.2 国内水素サプライチェーン評価結果の展開及びフィードバック取得

前章で示した簡易シミュレーションモデル、及びそれを用いて実行した試算の結果を用い、当該プロジェクトの協力先企業・団体の方々へのエンゲージメントを実施した。今回のプロジェクトでは、簡易モデル構築／試算の実施がキーであることは勿論であるが、構築したモデルやそこから得られる結果・示唆を活用して実際にビジネスを実施していくであろう企業や自治体等の声や要望を収集し、次のステップへ活かしていくことが重要なポイントであると認識している。そこで、構築したモデル及びそれを用いて実行したサプライチェーン評価分析結果（試算）を用い、協力先企業・団体に対する３段階のエンゲージメント：①説明会＋②アンケート調査＋③インタビュー、を実施し、2.1章の成果に対するフィードバックの取得を実施した。各項目の詳細については次節以降を参照願う。また、得られたフィードバックの纏め、及び次年度以降の実施を想定した“次のステップ”に対する方針や課題等にかかる考察については2.3章に記す。

尚、個々の報告に移る前に、今回エンゲージメントを実施した協力先企業・団体の情報を下記に示す。実施計画書に記した通り、JH2Aに参画している約30社・団体に今回はご協力頂いた。図表からも分かるようにメンバー構成はバラエティーに富むものとなっており、多種多様な業界・業種の視点から将来のシミュレーションモデル構築に向けた有益なコメントや要望、示唆を集めることができた。

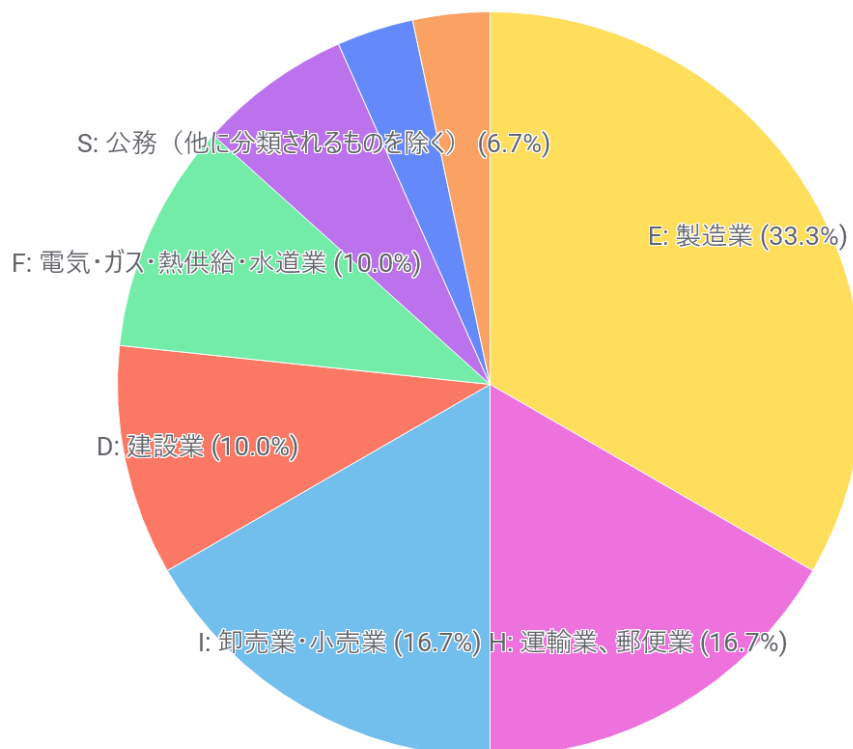


図 59 協力先企業・団体の分類（日本標準産業分類に基づく）

2.2.1 協力先企業・団体への全体説明会の実施

エンゲージメントの第一ステップとして、協力先企業・団体への説明会を実施した。2.1 章で説明した簡易シミュレーションモデル、及びそれを用いて実行したサプライチェーン評価分析結果（試計算）の概要やキーポイント等をスライド形式で纏め、協力先に対し説明会を行った。尚、協力先企業・団体からの参加者を極力多くするため、説明会は計 2 回実施した（同じ内容のプレゼンテーションを 2 回実施）。又、当日の説明方法について、調査実施内容が多岐・多量に及ぶため、一度に全てを実施せず、下記の図で示すようにワークフローをベースにセッションを 3 つに分割して資料を準備し説明を実施した。

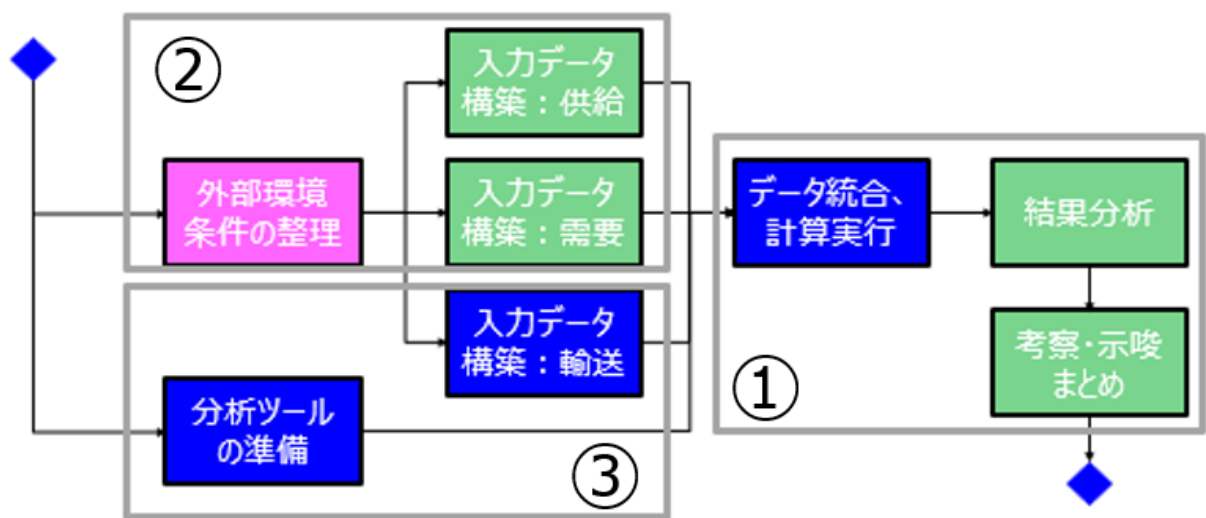


図 60 簡易シミュレーションモデル構築ワークフローに基づく、説明会セッション設定

- ① セッション A：水素供給・輸送・需要データに基づく、国内サプライチェーン分析結果・考察
- ② セッション B：外部環境条件、及びそれに基づく水素供給・需要の入力設定
- ③ セッション C：数理モデル構築、及び水素輸送にかかる入力設定

2.2.2 アンケート調査の実施、及び結果の集計

(1) アンケート調査の実施内容

全体説明会に続く次のステップとしてアンケート調査の実施を行った。シミュレーションモデルの機能やデータセットの構成、出力結果を用いた分析手法などについて幅広く問いかけを行い、“次のステップ”に対する方針検討や推奨事項等に係る情報やヒントの収集を目的とした。尚、アンケート内容詳細については下記を参照願う。

表 39 アンケート調査用紙：セッション A

質問項目	番号	質問
セッションA： 水素供給・輸送 ・需要データに基づく、 サプライチェーン分析 の結果・考察	1.1	全体：簡易モデル／データセット／計算結果について（選択回答方式）： 今回の調査分析で示した簡易モデル／データセット／計算結果について、「<u>将来の国内水素サプライチェーン絵姿を大まかに描けるようになる</u>」という目標の観点から、総括的なコメントを右記の選択肢から一つ選んで教えてください。来年度以降の作業計画の参考とさせていただきます。 1. 良 2. 可 3. 不可
	1.2	シミュレータの機能に関するご意見（主な参照箇所：Base case結果まとめ） 今回の報告を受け、シミュレータの機能にかかるご意見を伺わせて頂きたく。計算対象となるパラメータや結果の可視化（グラフ・表）方法など、追加・修正を希望される機能項目がありましたら是非コメントお願い致します。
	1.3	シミュレータの活用方法に関するご意見（主な参照箇所：感度分析・シナリオ分析） 今回のセッションではシミュレーションモデル及びその結果の活用方法をいくつか紹介させていただきました。それらに対する忌憚なきコメントを頂戴願うとともに、「◇◇のようなことはできないのか？ □□のような課題に使ってみたい」といったようなアイデアがございましたら是非お聞かせください。（追加で実際にシミュレーション計算を実施してほしい等の要望がございましたら、次の質問項目も併せて参照ください）
	1.4	感度分析・シナリオ分析：シミュレーションの追加ケース要請について 今回のセッションではBase case及び感度分析・シナリオ分析の計算結果を説明させて頂きましたが、「○○のパラメータ設定を少し変更した上で試算してみたい、△△のようなシナリオ条件の元でシミュレーションするとどうなるのか？」等といったリクエストがあれば、下記のいずれがお好きな方法でリクエストをお伝えください 追加ケース要請方法①：JH2Aフォーマットの利用（別シートご参照） 追加ケース要請方法②：自由記述（右のセルに要望を自由に記載ください）

表 390 アンケート調査用紙：セッション B (1)

質問項目	番号	質問
セッションB：外部環境条件、及び それに基づく水素供給・需要の入力設定 B-1：外部環境条件設定／ 将来シナリオ選択について	2.1.1	外部環境条件の設定全般、及び将来シナリオの選択にかかるご意見・要望： 今回の調査／簡易モデルでは、時間的制約もあり、RITE様のシナリオの一つを代表値（Base case）として採用し、以降の評価分析に用いました。次回以降に向け、参考にしてほしいシナリオや前提条件等がございましたらコメントいただければ幸いです。（具体的な引用元／シナリオ名を示していただいても、口語調でイメージを伝えて頂く形でどちらでも結構です）
セッションB：外部環境条件、及び それに基づく水素供給・需要の入力設定 B-2：インプットデータ（供給）について	2.2.1	水素供給側：国内製造水素／海外輸入水素の設定全般について（選択回答方式）： 今回の調査分析で示したインプットデータ（供給）について、総括的な観点でのコメントを右記の選択肢から一つ選んで教えてください。来年度以降の作業計画の参考とさせていただきます。 1. 良 2. 可 3. 不可
	2.2.2	水素供給側：国内製造水素ポテンシャル／製造コスト分析にかかるご意見・要望： 今回の分析では、選択した将来シナリオを土台に、みずほR&Tの保有する電源モデルによる分析を行いました。国内水素供給量を想定する上でのコンセプトや評価手法についてご意見・ご要望があれば伺えないでしょうか？ 来年度以降の参考とさせていただきます。
	2.2.3	水素供給側：水素輸入拠点（港湾）の設定にかかるご意見・要望： 今回の分析では、過去にSWG活動で実施した「港湾優先順位付け」の手法をベースに、最近の業界動向なども適宜鑑みながらBase caseを設定させて頂きました。選び方や設定方法含め、自由にコメント頂戴できれば幸いです。また、On/Offや受入上限量、受入価格（CIF価格）の他にシミュレータ内で追加してほしいパラメータがあれば是非コメントお願い致します。

表 401 アンケート調査用紙：セッション B (2)

質問項目	番号	質問
セッションB：外部環境条件、及びそれに基づく水素供給・需要の入力設定 B-3：インプットデータ（需要）について	2.3.1	水素需要側：水素需要の設定全般（セクター・セグメント分類／地域分布など）について（選択回答方式）： 今回の調査分析で示したインプットデータ（需要）について、総括的な観点でのコメントを右記の選択肢から一つ選んで教えてください。来年度以降の作業計画の参考とさせていただきます。 1. 良 2. 可 3. 不可
	2.3.2	水素需要側：水素需要のセクター・セグメント分類、及び地域の設定にかかるご意見・要望： 今回の調査分析で示したインプットデータ（需要）について、セクター・セグメントの分類やセグメント毎の将来予測（量の規模感や水素導入のタイミング）、その他現在カウントしていないセクター・セグメント項目の追加などにかかるご意見・要望があれば是非コメントお願い致します。

表 42 アンケート調査用紙：セッション C

質問項目	番号	質問
セッションC：数理モデル構築、及び水素輸送にかかる入力設定 C-1：数理モデル（分析ツール）の構築	3.1.1	数理モデル（分析ツール）に対するご意見・要望： 基礎調査を目的とした今回の数理モデルでは、計算式を極力単純に、最適化対象パラメータも“コスト”のみと非常にシンプルなものとしましたが、今後シミュレーションスタディを進めていくに当たり、機能変更・追加などのご意見・要望があれば是非コメントお願い致します。（ex. CO2排出量を対象とした計算機能など）
セッションC：数理モデル構築、及び水素輸送にかかる入力設定 C-2：インプットデータ（輸送）について	3.2.1	水素輸送：水素輸送の設定全般について（選択回答方式）： 今回の調査分析で示したインプットデータ（輸送）について、総括的な観点でのコメントを右記の選択肢から一つ選んで教えてください。来年度以降の作業計画の参考とさせていただきます。 1. 良 2. 可 3. 不可
	3.2.2	水素輸送：国内輸送サプライチェーン構成要素にかかるご意見・要望： 今回の調査分析で示したインプットデータ（輸送）／サプライチェーンの構成要素群について、抜け・漏れ等があればコメントいただければ幸いです。また、今回示した以外にも考慮すべき「輸送モード」などがあれば、是非コメント願います。
	3.2.3	水素輸送：二次輸送の概念、地域区分や地域間の輸送制限、中継地点などにかかるご意見・要望： 今回の調査分析で示したインプットデータ（輸送）／二次輸送の概念、地域区分や地域間の輸送制限、中継地点などについて、変更・追加などのご意見・要望があれば是非コメントお願い致します。

(2) アンケート調査結果の集計

ここでは前節で示したアンケート調査の集計結果を纏める。当アンケート調査では供給、輸送、需要、及び全体というシミュレーションモデルの領域毎に“良・可・不可”の3択で意見を問いかけた後、各々の項目詳細についての要望や疑問点等にかかるフィードバックの取得を行う形式を採用した。

選択形式の問いかけに係る調査結果を下記の図に示す。数値シミュレーションモデルのコンセプトや構成要素、入力データセット内容の妥当性や出力結果の纏め方／可視化オプションなどにつき問いかけを実施したが、供給、輸送、需要、及び全体いずれの領域においても“良+可”が8割を超えており、今回の簡易モデル+試算で示した結果は概ね協力先企業・団体の要望やニーズに合致していることが確認できた。

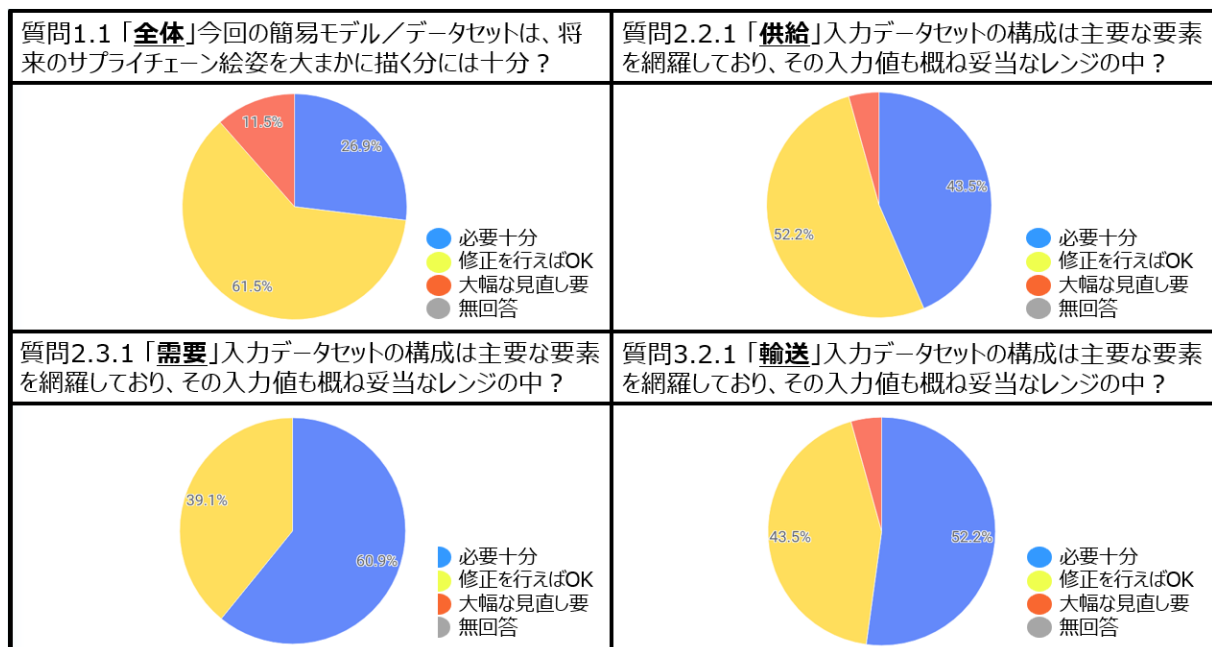


図 61 アンケート調査結果の概要まとめ

但し、個別に見ていくと、CO2 排出量の計算機能や、もっと簡便に使用可能な可視化機能の追加等の要望の声も認められた。リクエスト内容の詳細やそれら要望の後ろにあるであろう意図・狙いを更に深く理解するために、アンケート調査結果を携えながら次のステップである“協力先企業・団体へのインタビュー実施”を行った。結果詳細については次頁以降を参照願う。

2.2.3 協力先企業・団体へのインタビュー実施、及び結果まとめ

(1) 協力先企業・団体へのインタビュー実施

全体説明会及びアンケート調査実施後、インタビューを実施し、各々の要望やフィードバックの収集を行った。基本的には1社1社毎に実施し、形式は対面／Webを併用した。

(2) インタビュー実施結果まとめ

協力先企業・団体に対してインタビュー結果を纏める。今回は約30社・団体に対して、説明会及びアンケート結果を事前資料・情報としてインタビューを実施したが、各社ともに非常に多くのリクエストやフィードバックを頂くことができた。本報告書では、それら意見を①シミュレーションモデルの活用方法に関する要望、②シミュレーションモデルの機能追加に関する要望、③シミュレーションモデル／入力データ等の構築・運用方法に関する要望、以上の3つに分類し、各々のカテゴリにおいてどのような声が多かったのか、を集計した。分析結果を以下にまとめる。

シミュレーションモデルの活用方法に関する要望：

シミュレーションモデルの実際の業務活用や政策提言への応用の視点から得られたフィードバックについて、要望数が多かった項目の順に下記の表にまとめる。今回の調査における主目的は“簡易モデル・試算結果に対するフィードバック取得／次年度以降への方針や推奨タスクの整理”ではあるが、要望の反映のその先、即ち“シミュレーションモデルを用いて何を実施していきたいか”という観点が本質的には最も重要であると認識する。そのため、具体的な機能追加等にかかるフィードバック分析・評価の前に、まずはこちらを整理することとした。

表 413 シミュレーションモデルの活用方法に関する要望（上位3項目）

	要望数	項目名	概要説明
1.1	11	政策提言・共通利用	政策提言や業界全体での共通ツールとしての活用可能性の追求。
1.2	9	業界・地域レベルでの連携支援	地方自治体や企業間で連携を促進するためのデータ共有・分析ツールとしての活用
1.3	6	既存エネルギー・輸送インフラとの連携強化	既存のエネルギー・輸送インフラに係る情報・データや分析ツールとの連携、統合。

シミュレーションモデル活用方法について、今回の調査を委託されているのが JH2A ということも関係するとは思料するものの、政策提言に関連する声が多かった。その他、業界や地域といった個々の企業のみでは対応するのが難しい粒度／範囲に対する活用を期待する意見が主であった。他方、機能にかかる要望と若干重複するものの、既存のエネルギー・輸送インフラに係る情報・データや分析ツールとの連携や統合を求める要望があった。その他、数自体は少ないが、

自社検討事業のクロスチェックや顧客側の動向調査・理解など、個社目線での要望も得られた。

シミュレーションモデルの機能追加に関する要望：

続いて、シミュレーションモデルの機能追加にかかる要望についてまとめる。次年度以降の本格的なシミュレーションモデル構築に直結する領域であり、インタビューの中でも最も多くのフィードバックが得られた。前節と同じく上位 3 項目を抜き出して下記の表に概要を纏めつつ、内容詳細についても下段に記載する。

表 424 シミュレーションモデルの機能追加に関する要望（上位 3 項目）

	要望数	項目名	概要説明
2.1	19	環境価値の計算・分析機能	水素やエネルギー使用における CO2 排出削減効果や環境影響の定量化および評価機能の強化。
2.2	18	簡易的な輸送コスト・物流計算機能	輸送手段ごとのコスト比較やインフラ利用コストの簡易計算機能の追加（最適化計算機能とは別に）。
2.3	13	簡易・柔軟なデータ構成・インターフェース	複雑さを排除し、ユーザーが簡便且つ自由にデータを入力・編集・結果出力できるデータセット構成や操作インターフェース機能。

シミュレーションモデルの機能関連で追加の要望が最も多かったのが「環境価値の計算・分析機能」であった。即ち、輸送コスト計算のみではなく、水素輸送供給によってもたらされる“環境価値”の評価機能を追加してほしいというリクエストであるが、単純な輸送供給コストのみでは既存の化石燃料と比較して経済合理性を見出すのは非常に難しいことが背景にあると認識している。しかしながら、環境価値の評価と一口に言っても、輸送供給サプライチェーンの中での CO2 排出量のみを計算する機能だけで良いというコメントもあれば、カーボンプライシングの領域まで踏み込んでほしいといった意見を出す企業もあり、追加機能の濃淡には一定の幅が認められた。

続いて、「簡易的な輸送コスト・物流計算機能」にかかる要望について述べる。今回の簡易モデルでは線形計画法を用いて日本全体におけるサプライチェーンの解を求めることを実施したが、それとは別に、任意の地点間に対しての輸送コスト（及び環境価値）を“手早く／簡単に／見易く”分析できる機能も追加してほしい、という声が多く寄せられた。又、その際に例えば輸送手段（ex. 鉄道、船舶、トレーラー輸送）や供給開始地点（ex. 港湾 A, B, C）を任意に複数選択し、その結果を比較できるようにしてほしい、という意見も何社かから寄せられた。インタビューを通じてその意図を聴取したところ、「将来の国内水素サプライチェーンの絵姿を描き出すという目標それ自体には異議はないが、その手前の段階でもっと手軽に輸送コスト（及び環境価値）を算出できた方が実務上では役に立つ」とのコメントが多く寄せられた。

また、実際の使用時の観点から、簡易・柔軟なデータ構成・インターフェースを望む声も多かった。今回の調査で構築した簡易モデルはあくまで基礎調査を目的としたものであるため、入力／出力ともにインターフェースは決してユーザーフレンドリーなものではなく、使い勝手にも改善の余地が多く残っている。モデル活用法の箇所でも得られた“業界・地域観点での共通利用／連携促進”というフィードバックに応えるためにも、要望には極力応えていくべきであると考えている。下記に要望の具体例をいくつか列挙する。

- 視覚的なユーザーインターフェース（GUI）の設計：複雑な設定を必要とせず、直感的に操作可能なインターフェース。
- 制限条件やシナリオ設定のテンプレート化：業務に即した入力テンプレートを提供し、迅速なシミュレーション実施を可能にする機能。
- 操作ガイドとヘルプ機能の充実：初心者でも簡単に使用できるよう、充実した操作ガイドとサポート機能を搭載。

その他、数こそ少なかったものの、より高度な機能要求項目例としては、(A) 複数の入力値／制限条件設定時における相関関係／係数の追加や、(B) サプライチェーンの更なる上流側への所掌拡大、といったコメントも寄せられた。(A) については、例えばモビリティセクターの水素需要量とトラック輸送上限量に一定の相関を持たせて入力値が自動で調整されるような設定を組み込む、また (B) については、輸入港湾よりその先の海外輸入サプライチェーンまでを網羅する／国内製造水素については電力価格等とリンクさせる、といったように、計算範囲のスコープを拡大する、といった機能追加が具体例として挙げられる。

以上のように、調査を通じて種々の要望やフィードバックが得られた。これらを元に次年度以降のアップデートを検討していくが、予算・スケジュール等といった要素も当然ながら影響してくるため、優先順位付けや取捨選択が必要となってくる。それらの検討については次章を参照願う。

シミュレーションモデル／入力データ等の構築・運用方法に関する要望：

更に、シミュレーションモデル／入力データ等の構築・運用方法に関する要望についても以下に纏める。前述の“シミュレーションモデル活用にかかる要望”の観点に立った時、シミュレーションモデル本体の機能（計算アルゴリズムや可視化機能）は勿論重要であるが、そういった機能追加を含め如何にモデルを構築・運用していくか、というポイントもモデル活用を普及拡大させていく上で極めて重要であると認識する。前節と同じように、特に要望が多かった上位 3 項目を抜き出して下記の表にまとめる。

表 435 シミュレーションモデル／入力データ等の構築・運用方法に関する要望（上位 3 項目）

	要望数	項目名	概要説明
3.1	9	継続的なメンテナンス・シナリオ設定	定期的なデータ更新や新規シナリオ追加によりモデルの最新性と適応性を確保。
3.2	7	データ透明性・信頼性の確保	モデルの計算ロジックや入力データの透明性向上と信頼性確保の仕組み作り。
3.4	5	データ連携・標準化	他システムや外部データとの連携強化、標準化を推進するためのデータフォーマットや API の提供。

「継続的なメンテナンス・シナリオ設定」や「データ連携・標準化」については、正に運用の観点からの要望となる。“水素”それ自体が非常に動きの大きいテーマであり、政策や規制、プロジェクト構成等、世の中の状況は日々刻々と変化しているため、入力条件やシナリオ想定は継続的にメンテナンスされることが望ましい。また、“水素”はあくまでエネルギー業界の構成要素の一つであるため、他システムや外部データとの連携を考慮すべきであろう。“機能追加”の項目とオーバーラップするが、入出力にかかるデータセット構成のフォーマットや API（Application Programming Interface）の汎用性を意識しながらモデル構成していくことが肝要であると理解する。

「データ透明性・信頼性の確保」について、いわゆる、“公平性・納得性”にかかるコメントもいくつか見られた。シミュレーションモデルであるため入力値は自由に変更可能ではあるものの、Default 入力値の引用先の明記や、それらの設定にかかるレビュープロセスの実施等についての要望となる。JH2A（業界団体）であるが故のフィードバックであると理解するが、モデル活用を普及拡大させていく上でこのようなポイントは確りと押さえておくべきであろう。その他、次年度以降に機能追加等を実施していく際には「途中でシミュレータを実際に操作体験してみたい」といった声も得られた。これも透明性・信頼性の確保に繋がるものと認識する。

2.3 国内水素輸送シミュレーションモデル構築に向けた検討

2.2.で収集した協力先企業・団体からのフィードバック結果を元に、当調査事業の最後の作業項目：国内水素輸送シミュレーションモデル構築に向けた検討、を実施する。繰り返しとなるが、将来水素輸送サプライチェーンを利用して水素を供給・調達する／或いはサプライチェーンに関連する事業を展開することが期待される協力先企業・団体からのフィードバックを集め、次年度以降の実施を想定した“本格的な国内水素輸送シミュレーションモデル構築”に対する方針や推奨事項の整理を行うことが今回の目的である。当報告書では、**2.3.1 収集したフィードバック結果の分析・考察**を実施した後、**2.3.2 将来の国内水素輸送シミュレーションモデル構築、及び運用に向けての要点**を結論として取りまとめた。詳細は以下を参照願う。

2.3.1 フィードバック結果の分析及び考察

アンケート調査結果、及びシミュレーションモデル活用方法にかかる要望に基づく分析及び考察：

始めに、機能追加や構築・運用にかかる個々の議論の前に、当該プロジェクトの目標や方向性、数理モデルのコンセプト等といった、全体的な観点から整理・分析を実施する。当該事業／水素輸送シミュレーションモデルの最終目標は、国内水素サプライチェーンの検討促進を通じ、国内での水素社会構築への気運醸成に貢献していくことが最終的な目標であるが、インタビュー結果：シミュレーションモデル活用方法にかかる要望、を見る限り、ユーザー側の要望（政策提言、業界共通活用、連携促進など）は最初に定めた最終目標と合致している。また、アンケート調査結果でも、供給、輸送、需要、及び全体いずれの領域においても“良＋可”が8割を超えており、今回の簡易モデル＋試算結果は概ね協力先企業・団体の要望やニーズに合致していることが確認できた。

以上より、当該プロジェクト／シミュレーションモデルの目標や数理モデルコンセプト、データ構成等といった根幹部分はユーザー側の要望と良く合致しており、進むべき方向性という観点では的を外していないことが確認できた。他方、総論に当たる方向性とは別に、各論に相当する個々の機能やレビュープロセス、将来の運用システム等といった部分についてはまだ改良・修正検討の余地が当然乍ら残されている。次項にてそれらに対する分析・考察を実施する。

機能追加要望にかかる分析及び考察：

続いて、機能追加要望にかかる分析及び考察を実施した。前述の通り、シミュレータへの追加機能にかかる要望は数多く寄せられたが、今回は“ユーザー側の要望度合”と“追加工数・費用”という2軸で各々の項目をマッピングした上で、“松・竹・梅”の3つのゾーンで分けを実施した。ユーザー側の要望が多く且つ追加工数・費用が比較的にかからない項目群を”梅ゾーン”、“ユーザー側の要望が少なく且つ多くの追加工数・費用を要する項目群を”松ゾーン”、“それらの中間を”竹ゾーン”とした。結果を下記に示す。

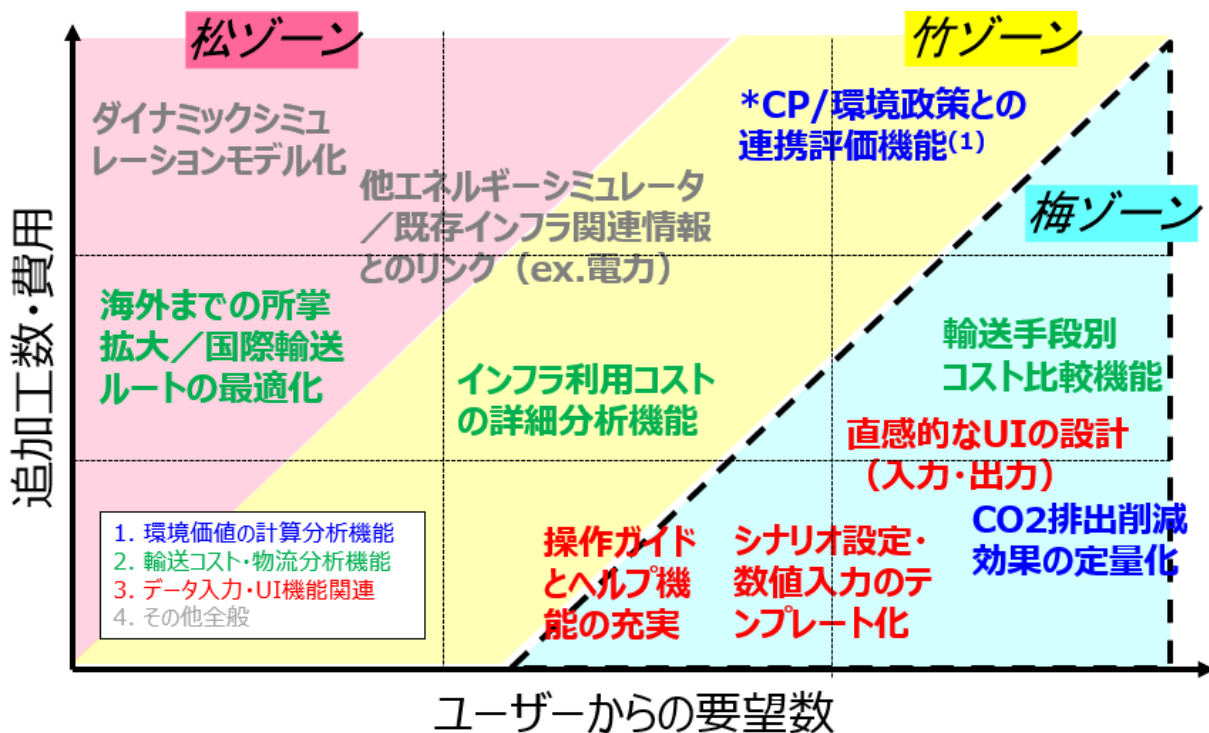


図 62 機能追加の要望に対する“松・竹・梅”の整理・分析考察

理想論を言えば全てのユーザー側の要望に完璧に答えることが望ましいが、現実的には予算・期間の制約が生じるため、どこまでを目指すべきか、というバランスの見極めが重要となる。無論、次フェーズでの予算・期間の枠の大きさに依存するが、①今回の調査で多数の追加要望があった項目の多くは梅ゾーンに位置していること、②構築及び運用に当たっては機能拡張の柔軟性や継続性が求められていること、③運用時における費用負担度合・リーンスタートアップコンセプトの要望、以上の観点から、少なくとも最初は“梅ゾーン”の範囲から始めるのが妥当であると考察する。

尚、竹ゾーンに位置する“CP／環境政策との連携評価機能”の項目について、今回は“ユーザー側の要望度合”と“追加工数・費用”という2軸で評価分析を実施したが、場合によってはその2軸以外の視点も考慮する必要があると認識する。即ち、当該項目については、CP／環境政策関連の制度設計の成熟度が一定以上にならないと、シミュレータ側での機能実装が難しいため、単純にコストをかければ解決するものではないことを為念付記する。

モデル／入力データ等の構築・運用方法に関する分析及び考察：

シミュレーションモデルや入力データの構築・運用方法については、計算アルゴリズムや可視化機能などの機能が重要である。しかし、それらを含むモデルの構築と運用方法も、モデルの普及拡大において極めて重要である。本報告書では、収集したフィードバックを基に、(a)構築フェーズ、(b)運用フェーズの2つの観点から分析・考察をまとめる。

シミュレーションモデル構築フェーズ：

シミュレーションモデルの構築について、具体的な機能追加にかかる項目は前述の通りであるが、フィードバックでも複数社から寄せられた「入力データの透明性・信頼性の確保」に対するアクションがモデル構築におけるキー要素の一つであると考ええる。シミュレーションモデルであるため入力値は自由に変更可能ではあるものの、業界や地域を跨いで広く使用普及させていくことを目指す当プロジェクト／シミュレータにおいては、Default 入力値の設定及び引用先情報などについてはステークホルダー間における一定の合意形成を図ることが望ましい。今年度調査でも協力先企業・団体へのアンケート調査等を通じてある程度の確認は実施したものの、将来における運用開始の可能性も加味し、モデル構築フェーズにて“入力データのレビュープロセス”を組み込むことを推奨する。具体的には、ステークホルダー各社を集めた“Milestone Gate Review”のような形式がオプションとして考えられる。

又、ステークホルダーのエンゲージメントには、「プレ運用」プロセスが重要である。追加機能がユーザーの要望に合っているか、GUI が使いやすいかなどを正式運用前に確認することで、普及が加速する。レビュープロセス同様に、構築フェーズでいくつかのゲートを設けることが望ましいと考える。

シミュレーションモデル運用フェーズ：

モデル開発・構築のその先に位置する運用フェーズについて、フィードバックでの多くのコメントが得られたように、継続的な保守・メンテナンス体制／システムの確立はモデル利活用の普及には必要不可欠な要素であると考ええる。実際の運用方法については、例えばクラウド環境整備＋Web アプリケーション利用などが考えられるが、所掌設定やアウトソーシングも含め、持続性を備えた計画策定がキーとなると認識する。

但し、少なくとも最初の段階においてはシミュレータの利用に多額のコスト（ユーザー利用料金）がかかるのは望ましくない、という声もインタビューセッション内で散見された。機能追加やGUI 強化の開発関連項目も含め、全体のバランスを鑑みながら設定を行っていくことが重要であろう。

無論、今回はモデル開発・構築にかかる方向性の確認や個々の機能追加に対する要望のフィードバックに焦点を当てた調査であったため、これら運用にかかる項目群については、次ステップの本格モデル開発・構築と並行し詳細を検討していくことが必須であることを付記する。

2.3.2 結論：将来の国内水素輸送シミュレーションモデル構築、及び運用に向けて

24 年度調査事業として、地域性や産業形態に応じ水素輸送コストや必要インフラ数量を柔軟に試算できるツール構築へ向けた土台固めとして、国内水素サプライチェーンシミュレーションモデルの基礎調査を実施した。事業計画で定めた通り、簡易シミュレーションモデルを構築、試計算を実施し、その成果を取り纏めた上で協力先企業・団体（将来のユーザー候補）への問いかけ／要望調査を行った。結果、モデルコンセプトやデータ構成要素といった根幹部分については問題無いことを確認しつつ、普及展開に向けた追加機能や GUI 強化といった個別項目についても理解・認識を深めることができた。

これらの成果を元に、当調査事業の結論として、次年度以降の実施を想定した“本格的な国内水素輸送シミュレーションモデル構築、及びその先に続く運用”に対する重要ポイントや推奨事項などを以下に纏める。

A) 次年度以降のモデル構築プロセスの基本方針：

地域性や産業形態に応じ水素輸送コストや必要インフラ数量を柔軟に試算できるツール構築の必要性、及び今回示したモデルコンセプトやデータ構成要素については、協力先企業・団体への各種エンゲージメントを通じて概ねニーズに合致していることが確認できているため、今回の簡易モデルの検討・構築を通じて得られた成果を基本骨子として本格的な国内水素輸送シミュレーションモデル構築を実施していくことを推奨する。

B) 次年度以降のモデル構築プロセスで強化・改善すべきポイント：

シミュレーションモデルの根幹は今回の簡易モデルをベースとしつつも、協力先企業・団体から得られた要望についても一定程度取り入れながらモデルのアップデートを図るべきであると考ええる。シミュレーションモデル活用／水素利用検討の促進の観点からも鑑みた場合、特に以下の 3 点については特に重点的にアップデートに取り組むことが望ましいと考察する。

1. モデル機能：CO2 排出量計算 etc.の追加
2. 使い勝手：GUI／操作性の追求
3. 公平・納得感：ユーザー側の巻き込み（レビュープロセスやプレ運用など）

C) その他、特記事項等：

その他、開発のその先にある運用フェーズについて、継続性のある運用体制・システムの確立という観点も常に考慮しながらモデル構築を実施していくことも重要である。社会やユーザー側からのニーズと、開発・運用コストとのバランスを鑑みながらプロジェクトを進めていくことが肝要である。

3 研究発表・講演、文献、特許等の状況

(1) 研究発表・講演
なし

(2) 論文
なし

(3) 特許等（知財）
なし

(4) 受賞実績
なし

(5) 成果普及の努力（プレス発表等）
なし

契約管理番号：	24001064-0
---------	------------