



【公開版】

令和 6 年度エネルギー需給構造高度化対策調査等事業

多国間枠組における水素エネルギーに関する
国際動向調査最終報告書

2025 年 2 月

水素バリューチェーン推進協議会

目次

1. はじめに	3 -
1.1 調査背景・調査目的・調査期間	3 -
1.2 要約	4 -
2. 多国間枠組における水素エネルギー関連の国際会議に係る論点整理	5 -
2.1. 国際水素・燃料電池パートナーシップ (IPHE)	5 -
2.1.1 概要	5 -
2.1.2 運営委員会 (SC)	7 -
2.1.3 教育・アウトリーチワーキンググループ (E&O WG)	8 -
2.1.4 規制・基準・標準・安全ワーキンググループ (RCSS WG)	9 -
2.1.4.1 RCSS WG バルク貯蔵タスクフォース (Bulk Storage TF)	11 -
2.1.4.2 RCSS WG 海運タスクフォース (Maritime TF)	11 -
2.1.4.3 RCSS WG 許認可タスクフォース (Permitting TF)	12 -
2.1.5 水素製造分析タスクフォース (H2PA TF)	12 -
2.1.6 水素認証メカニズムタスクフォース (H2CM TF)	14 -
2.1.7 水素環境影響分析タスクフォース (HEIA TF)	18 -
2.1.8 水素貿易ルールタスクフォース (H2TR TF)	19 -
2.1.9 水素技能タスクフォース (H2 Skills TF)	21 -
3. 多国間枠組の動き並びに各国の政策動向について	23 -
3.1. 多国間枠組の動き	23 -
3.1.1 IPHE H2CM TF 報告書「IPHE Certification Mechanism - Methodology and Results for Hydrogen Certification Schemes」	23 -
3.1.2 IRENA 報告書「Decarbonizing Hard-To-Abate Sectors With Renewables Perspectives for The G7」	26 -
3.1.3 IRENA 報告書「Shaping Sustainable International Hydrogen Value Chains」	29 -
3.1.4 世界銀行報告書「Scaling Hydrogen Financing for Development」	33 -
3.2 各国の政策動向	36 -
3.2.1 米国	36 -
3.2.2 ブラジル	60 -
3.2.3 欧州連合 (European Union)	65 -

3.2.4	ドイツ	68 -
3.2.5	イギリス.....	73 -
3.2.6	フランス.....	77 -
3.2.7	インド	81 -
3.2.8	ニュージーランド	89 -
3.2.9	韓国.....	94 -
4.	我が国の今後に向けた政策の論点、纏め	98 -

1. はじめに

1.1 調査背景・調査目的・調査期間

水素エネルギーは、21 世紀のエネルギー転換において中心的役割を担う可能性を秘めている。地球環境の保全とエネルギーの持続可能な利用を結び付け、新たな産業を創出することが期待されており、我が国のエネルギー政策では、水素を燃料や原料として活用し、運輸、発電、産業といった多岐にわたる分野で脱炭素化を進める重要なエネルギー源として位置付けている。

我が国は、2030 年には 300 万トン、2050 年には 2000 万トンの水素導入を目指し、支援制度やインフラ整備に注力している。水素の製造・輸送・利用に至るまでのサプライチェーンを構築することで、エネルギー安全保障を強化し、脱炭素社会への移行を図ろうとしている。

エネルギー基本計画では、水素が次世代エネルギーとして重要視されており、水素社会推進法の制定や、認証制度の整備を含む施策が具体化されている。水素とアンモニアの利用拡大を通じて、化石燃料依存型発電の縮小や、産業・輸送部門での燃料転換を進める方針が示されている。これにより、エネルギーの安定供給と気候変動への対応を両立させることを目指している。また再生可能エネルギー(再エネ)を利用した水電解によるグリーン水素の生産拡大や、既存インフラを活用した輸送・貯蔵技術の高度化が推進されており、これらが地域経済の活性化や雇用創出に寄与することが期待されている。福島新エネ社会構想の一環として進められている水素サプライチェーンの実証や、再生エネとの組み合わせによる水素製造技術の開発は、その代表例である。

海外でも、水素を次世代エネルギーの中核として位置付ける政策が加速しており、主要各国は水素戦略を策定し、投資を拡大している。特に、CO₂ 排出量算定手法の国際標準化や認証の相互承認に係る国際的議論が進展しており、これらは国際間の水素取引を円滑化する鍵となっている。国際タスクフォースを通じた実証プロジェクトや、輸出入における規制緩和に向けた協議が行われており、我が国もこれらの国際議論に積極的に参加し、国内外で調和の取れた水素活用を進めるためのルール作りに貢献しようとしている。

欧州では REPowerEU 計画のもとで再エネ由来のグリーン水素の生産拡大を目指し、水素パイプライン網の整備や国際連携を推進している。アメリカはインフレ削減法（IRA）を通じ、水素プロジェクトへの補助金や税制優遇を拡充しており、低炭素水素の製造コスト削減を図っている。アジアでは、日本や韓国、中国がそれぞれの技術と資源を生かした水素戦略を展開しており、水素経済圏の形成を視野に入れている。これらの動きは、エネルギー安全保障、経済成長、脱炭素を同時に実現するための国際的な協力と競争の象徴といえる。

本報告書は、2024 年 7 月から 2025 年 2 月にかけて調査した国際動向を基に、我が国の水素エネルギー利活用に向けた考察を水素バリューチェーン推進協議会（JH2A）がまとめたものである。今後の政策立案や議論の参考となれば幸いである。

1.2 要約

本報告書では、国際水素・燃料電池パートナーシップ（IPHE）における Steering Committee Meeting、Hydrogen Certification Task Force、Hydrogen Environment Impact Assessment などの国際会議を通じて得られた情報を包括的に整理した。これらの会議では、温室効果ガス（GHG）の排出量を算定するための手法、認証スキームの相互承認を実現するための必要条件、再エネの適用要件、貿易ルール、各種規制に関する議論が精力的に進められた。

加えて、本報告書は、IPHE や IEA（国際エネルギー機関）、IRENA（国際再生可能エネルギー機関）といった国際機関のレポートを基に、水素主要国である米国、EU、ドイツ、イギリス、韓国などにおける水素政策の進展や規制動向に関する調査を行い、それらを詳細にまとめた。特に、IPHE の議論においては、クリーン水素認証スキームの国際的調和を目指す取り組みが焦点となっており、今後の国際的な水素市場の基盤づくりに重要な示唆を与えている。

本報告書では多国間枠組みにおける水素エネルギー政策の進展を総括するとともに、各国の水素戦略や進捗状況、そしてそれぞれが採用しているインセンティブ制度を分析した。これらの調査と分析は、我が国が果たすべき役割を明確化し、日本が水素社会を構築するうえでの具体的な行動指針となるものであり、国際的な連携を深化させつつ、国内における水素エネルギー活用の加速に寄与することを目指している。

表 2-1 IPHE 加盟国

2003 年時点で の初期加盟国	オーストラリア、ブラジル、カナダ、中国、欧州委員会、フランス、ドイツ、アイスランド、インド、イタリア、日本、ニュージーランド、ノルウェー、韓国、ロシア、イギリス、米国
2003 年以降の 加盟国	南ア（2010 年）、オーストリア（2014 年）、オランダ（2016 年）、コスタリカ（2019 年）、チリ（2020 年）、スイス（2020 年）、UAE（2022 年）、ベルギー（2023 年）、サウジアラビア（2024 年）、ウルグアイ（2024 年）
参加意向表明国	クロアチア、モーリタニア、モロッコ、モナコ、ブルガリア、メキシコ、オマーン
脱退国	ニュージーランド（2013 年、担当者の死去に伴い脱退） ロシア（2022 年、SC への連続不参加を理由に強制脱退） ノルウェー（2024 年、国の意向として脱退）

IPHE のこれまでの議長（議長国）と事務局を表 2-2 に示す。議長の任期は原則 2 年で、合意では延長も可能である。現在の議長は Rebecca Maserumule 氏（南ア科学技術省）である。また 2015 年以降は副議長も設置されており、現在の副議長国は Noé van Hulst 氏（オランダ）、Sunita Satyapal 氏（米国 DOE）、宇田川法也氏（日本 経済産業省）である。

また 2015 年以降は、常設事務局が設置され、事務局長が選任されている。現在の事務局長は Laurent Antoni 氏（フランス CEA）である。

表 2-2 IPHE の議長国と事務局

年	議長（議長国）	事務局
2003～2006 年	米国（DOE）	米国（DOE）がホスト
2007～2008 年	カナダ（天然資源省、産業省）	カナダ（天然資源省、産業省）がホスト
2009～2012 年	ドイツ（交通デジタルインフラ省）	ドイツ（交通デジタルインフラ省）がホスト
2013～2014 年	日本（NEDO） ³	日本・米国・ドイツが共同ホスト
2015～2017 年	フランス（CEA）	常設事務局（事務局長 Tim Karlsson）

³ 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）新エネルギー部長（当時）の橋本道雄氏が就任した。

2018～2019 年	米国（DOE）	常設事務局（事務局長 Tim Karlsson）
2020～2022 年	オランダ（経済・気候政策省）	常設事務局（事務局長 Tim Karlsson）
2023 年～	南ア（科学技術省）	常設事務局（事務局長 Laurent Antoni）

IPHE の傘下には、意思決定機関である運営委員会と常設のワーキンググループとともに、目的に応じてタスクフォースが設置されている（図 2-2）。

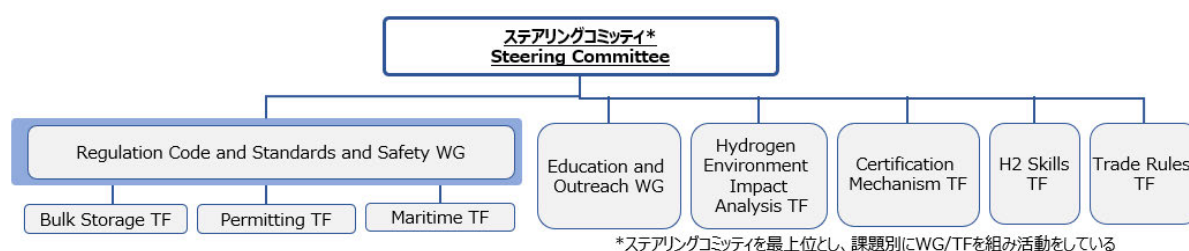


図 2-2 IPHE 組織図

出典：IPHE HP より JH2A が作成

[Home International Partnership for Hydrogen&Fuel Cells in the Economy](#)(2025 年 2 月 18 日閲覧)

2.1.2 運営委員会（SC）

運営委員会（Steering Committee：SC）は IPHE の意思決定機関であり、基本的に毎年 2 回（春季と秋季）に開催されている。メンバー間や外部組織との情報交換や政策連携、決定と具体的なアクションが行われる。

SC の開催時期・場所は、基本的にホスト国の意向による。直近の開催は以下の通り。

- ・ 第 40 回 SC：2023 年 10 月 4～5 日（ホスト：米国、場所：ワシントン DC）
- ・ 第 41 回 SC：2024 年 3 月 18～22 日（ホスト：インド、ニューデリー）
- ・ 第 42 回 SC：2024 年 11 月 20～21 日（ホスト：欧州委員会、場所：ブリュッセル）
- ・ 第 43 回 SC：2025 年 6 月 9～13 日開催予定（ホスト：チリ、場所：サンチアゴ）
- ・ 第 44 回 SC：2025 年 Q4 開催予定（ホスト・場所未定）



図 2-3 直近の IPHE SC 会合の様子（第 42 回 SC、2024 年 11 月 20～21 日）
出典； IPHE ホームページ

2024 年度においては、第 42 回 SC が 2024 年 11 月 20～21 日に開催されており、以下のようなことが決定されている。

- ・ サウジアラビアとウルグアイを新メンバーとして承認
- ・ ノルウェーの脱退を承認（10 月 22 日に遡って適用）
- ・ 地中水素に関して、IEA（H2 TCP Task43）と連携しウェビナーを実施
- ・ 既存産業でのクリーン水素利用の移行コストに関して調査
- ・ 大型トラック市場の展開について情報を収集

2.1.3 教育・アウトリーチワーキンググループ（E&O WG）

教育・アウトリーチワーキンググループ（Education & Outreach Working Group：E&O WG）は、水素・FC に関連したトピックに関して学生教育や一般向けのアウトリーチを実施している。通常、SC 開催に合わせて、開催地での大学等と交流したり、IPHE に関する情報をソーシャルメディアに発信している（表 2-3）。

表 2-3 教育・アウトリーチワーキンググループの概要

名称	教育・アウトリーチワーキンググループ (Education & Outreach Working Group：E&O WG)
----	---

目的	・ 水素・FC 技術の現状、課題、機会、取り組み（特に政策やプログラム）に関する情報を各国で共有 ・ 連邦、州、地域、地方レベルの政策立案者や政府関係者、学界、産業界、非政府組織、団体、その他の意思決定者を含む幅広いステークホルダーを対象としたイベントや活動を実施 ・ SC の機会に学生教育およびアウトリーチ・イベントを開催 ・ ファクトシート作成、コミュニケ作成、ウェビナー開催、水素・FC に関する各国の情報収集	
参加国	・ 米国（共同リード） ・ 日本（共同リード）【暫定】 ・ オーストラリア ・ オーストリア ・ カナダ ・ コスタリカ ・ 欧州委員会 ・ フランス ・ ドイツ	・ アイスランド ・ インド ・ イタリア ・ 日本 ・ オランダ ・ 南アフリカ ・ イギリス ・ 米国
直近の成果	・ 水素認証に関わる用語集「Certification 101」を H2CM TF の作業の一環として作成（最新バージョンは 2024 年 10 月発行） ・ ECN との連携を強化 ・ DEIA に対するメンターを募集（ECN と DEIA の連携） ・ DEIA に関して Hydrogen Council との連携を強化	

2020 年には米 DOE の主導で水素人材育成のための若手研究者ネットワーク「Early Career Network (ECN)」が設置された。

また、同様に米 DOE の主導で 2023 年 10 月に立ち上がった「H2-DEIA (diversity, equity, inclusion, and accessibility)」は、将来の水素の労働力に多様性をもたらすことを狙った活動である。Hydrogen Council の共同イニシアティブになっており、現在は UNIDO、世銀、IEA、IRENA、International PtX Hub (ドイツの国際イニシアティブ) もパートナーとなっている。

2.1.4 規制・基準・標準・安全ワーキンググループ(RCSS WG)

規制・基準・標準・安全ワーキンググループ (Regulations Codes Standards and Safety Working

Group：RCSS WG）は、水素分野の規制・基準・標準に関する活動を行うものである。なお、当初は規制・基準・標準ワーキンググループ（Regulations Codes and Standards Working Group：RCS WG）であったが、2018 年以降に安全（Safety）を明示的に加えることとなった。

表 2-4 規制・基準・標準・安全ワーキンググループの概要

名称	規制・基準・標準・安全ワーキンググループ (Regulations Codes Standards and Safety Working Group：RCSS WG)	
目的	・ 水素安全に関する情報・知見・ベストプラクティスの共有と、水素・FC に関連する国際基準・標準の調和を目指す ・ 規制等の課題に対処するための研究開発プログラムを開発	
参加国	・ 欧州委員会 ・ 米国 ・ オーストラリア ・ オーストリア ・ ブラジル ・ カナダ ・ チリ ・ 中国 ・ フランス	・ ドイツ ・ アイスランド ・ イタリア ・ 日本 ・ オランダ ・ 南アフリカ ・ 韓国 ・ UAE ・ イギリス
直近の成果	・ 各国間で事故データベースと消防のための訓練リソースを共有 ・ 傘下には海運タスクフォース、バルク貯蔵タスクフォース、認可タスクフォースを設置	

IPHE の RCSS WG は ISO のような国際標準を策定する立場になく、また独自の活動予算を持たないため、基本的には既存の国際標準や各国規制におけるギャップ分析を通じて必要なアクションを提言したり、国際的な水素安全組織や各国の規制関連組織・研究機関との連携強化を行うことが中心である⁴。

⁴ 過去には、高圧水素貯蔵タンクのラウンドロビン試験やプロトコルの普及、インフラの信頼性と安全性に関するデータを国家間で共有するためのテンプレートの開発を主導した実績がある。

また水素の RCSS 分野が細分化してきたため、WG としてはその傘下に新しく設置されたタスクフォースを中心とした活動に転換しつつある。2022 年 5 月には海運タスクフォース (Maritime Task Force) とバルク貯蔵タスクフォース (Bulk Storage Task Force) が設置され、2024 年 11 月には運営委員会は許認可タスクフォース (Permitting Task Force) を設置した。

2.1.4.1 RCSS WG バルク貯蔵タスクフォース (Bulk Storage TF)

RCSS WG バルク貯蔵タスクフォース (RCSS WG Bulk Storage Task Force) は RCSS WG 傘下に設置されたもので、水素の大規模貯蔵 (バルク貯蔵、10 トン以上) におけるリスク、障壁、規制・基準におけるギャップ評価を実施し、必要な R&D 分野を特定するものである (表 2-5)。

2024 年 4 月に水素のバルク貯蔵 (10 トン以上) に関して、日本を含む主要国の規制・基準の課題をとりまとめて、活動を停止している。

表 2-5 RCSS WG バルク貯蔵タスクフォースの概要

名称	RCSS WG バルク貯蔵タスクフォース (RCSS WG Bulk Storage Task Force)	
目的	水素のバルク貯蔵のリスク、障壁、規制・基準における課題を特定	
参加国	- 米国 (リード) - カナダ - オーストラリア - 中国	- ドイツ - 日本 - アラブ首長国連邦
直近の成果	2024 年 4 月に水素のバルク貯蔵 (10 トン以上) に関して、主要国の規制・基準の課題をとりまとめた「Review and Gap Assessment of Bulk Hydrogen Storage」を作成し、IPHE ホームページで公開 IPHE RCSSWG BulkStorageTF Report March 2024(2025 年 2 月 18 日閲覧)	

2.1.4.2 RCSS WG 海運タスクフォース (Maritime TF)

RCSS WG 海運タスクフォース (RCSS WG Maritime Task Force) は RCSS WG 傘下に設置されたもので、水素利用船舶、水素の海上輸送、陸上・海上インフラ (バンカリング含む) のリスク、障壁、規制・基準における課題を特定することが目的である (表 2-6)。現状では活動は初期的な段階で、参加国へのアンケートを通じて、重点検討領域を特定する予定である。

表 2-6 RCSS WG 海運タスクフォースの概要

名称	RCSS WG 海運タスクフォース (RCSS WG Maritime Task Force)	
目的	水素利用船舶、水素の海上輸送、陸上・海上インフラ（バンカリング含む）のリスク、障壁、規制・基準における課題を特定	
参加国	- カナダ（共同リード） - シンガポール（共同リード） - オーストラリア - フランス - ドイツ - イタリア - 日本	- 韓国 - ノルウェー - 南アフリカ - スイス - アラブ首長国連邦 - イギリス - 米国
直近の成果	- 各国の船舶、水素の海上輸送、港湾インフラに関するアンケートを実施（その後、重点検討領域を特定） - IMO（国際海事機関）との連携強化を模索	

2.1.4.3 RCSS WG 許認可タスクフォース(Permitting TF)

RCSS WG 許認可タスクフォース (RCSS WG Permitting Task Force) は RCSS WG 傘下に設置されたもので、RCSS 分野における許認可の課題やギャップを分析するものである（表 2-7）。2024 年 11 月に設置が決まったばかりであり、まだ参加メンバー募集段階である。

表 2-7 RCSS WG 許認可タスクフォースの概要

名称	RCSS WG 許認可タスクフォース (RCSS WG Permitting Task Force)
目的	RCSS 分野における許認可の課題やギャップを分析
参加国	(募集中)
直近の成果	(特になし)

2.1.5 水素製造分析タスクフォース(H2PA TF)

水素製造分析タスクフォース (Hydrogen Production Analysis Task Force : H2PA TF) は水素製造に伴う GHG 等の排出量の決定のための方法論の開発を目的に 2019 年に設置されたものである

(表 2-8)。日本を含む多くの国が参加し、水素製造から水素輸送（水素キャリア変換を含む）までの排出量決定の方法論「Methodology for Determining the Greenhouse Gas Emissions Associated with the Production of Hydrogen」を策定した。最終バージョン 2023 年 7 月に発表されている（表 2-9、図 2-4）。なおこの水素サプライチェーンにおける GHG 決定の方法論は、ISO 19870⁵に引き継がれ、国際標準が策定されている。

表 2-8 水素製造分析タスクフォースの概要

名称	水素製造分析タスクフォース (Hydrogen Production Analysis Task Force : H2PA TF)	
目的	・ 水素製造に伴う GHG 等の排出量の決定のための方法論の開発	
参加国	・ フランス（リード） ・ 欧州委員会（共同リード） ・ 米国（共同リード） ・ オーストラリア ・ ブラジル ・ カナダ ・ コスタリカ ・ ドイツ	・ 日本 ・ 韓国 ・ オランダ ・ ノルウェー ・ 南ア ・ UAE ・ イギリス
直近の成果	・ 水素の GHG 排出量決定に関わる方法論「Methodology for Determining the Greenhouse Gas Emissions Associated with the Production of Hydrogen」の Version1（水素製造段階中心）を 2021 年 10 月に発表 ・ 同 Version2（Ver1 に輸送段階を追加）を 2022 年 11 月に発表 ・ 同 Version3（Ver2 に水素キャリア段階を追加）を 2023 年 7 月に発表 https://www.iphe.net/iphe-wp-methodology-doc-jul-2023 (2025 年 2 月 18 日閲覧)	

⁵ ISO/TS 19870 “Hydrogen technologies — Methodology for determining the greenhouse gas emissions associated with the production, conditioning and transport of hydrogen to consumption gate”<https://www.iso.org/standard/65628.html>(2025 年 2 月 18 日閲覧)

表 2-9 「Methodology for Determining the Greenhouse Gas Emissions Associated with the Production of Hydrogen」で採用されている水素製造パスと水素キャリア

水素製造パス	水素キャリア
・ 水電解 ・ 水蒸気改質（+CCS） ・ 副生水素 ・ 石炭ガス化（+CCS） ・ バイオマス利用（+CCS） ・ オートサーマル改質（+CCS）	・ アンモニア ・ 液化水素 ・ 有機ハイドライド（LOHC）

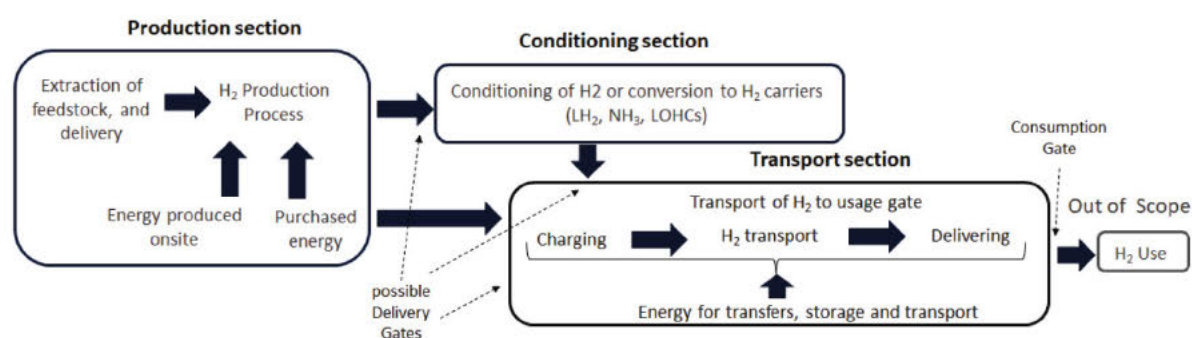


図 2-4 「Methodology for Determining the Greenhouse Gas Emissions Associated with the Production of Hydrogen」のシステムバウンダリ

なお、H2PA TF の派生として、水素認証メカニズムタスクフォース（Hydrogen Certification Mechanisms Task Force：H2CM TF）が立ち上がり、H2PA TF 自体は形式的には水素環境影響分析タスクフォース（Hydrogen Environmental Impact Analysis Task Force：HEIA TF）へと発展解消された。

2.1.6 水素認証メカニズムタスクフォース（H2CM TF）

水素認証メカニズムタスクフォース（Hydrogen Certification Mechanisms Task Force：H2CM TF）は H2PA TF の成果を受けて、クリーン水素の認証メカニズムに関する比較対照分析を行い、相互運用性に関するコンセンサス形成のための基盤を構築するものである（表 2-10）。また、Breakthrough Agenda 水素プライオリティ 1（H1：水素認証制度の構築）の提言に基づき、クリーン水素の認証メカニズムの比較報告書を COP29 に合わせて作成することも目的である。

本タスクフォースは、メンバーより提供された認証メカニズム情報 21 件を「インベントリ」としてとりまとめ、クリーン水素の認証メカニズムの比較報告書「Comparison of Hydrogen Certification Mechanisms December 2024」を 2024 年 12 月に公開した。今後、さらに新規の認証メカニズム情報をインベントリに追加し、将来の水素パスポート（デジタルパスポート）のコンセプトについて議論する計画である（図 2-5 エラー! 参照元が見つかりません。）。

表 2-10 水素認証メカニズムタスクフォースの概要

名称	水素認証メカニズムタスクフォース (Hydrogen Certification Mechanisms Task Force : H2CM TF)	
目的	・ クリーン水素の認証メカニズムに関する比較対照分析を行い、相互運用性に関するコンセンサス形成のための基盤を構築 ・ Breakthrough Agenda 水素プライオリティ 1 (H1) の提言に基づき、水素認証に関する比較レポートを COP29 に合わせて作成	
参加国	・ オーストラリア（共同リード） ・ フランス（共同リード） ・ ドイツ（共同リード） ・ イギリス（共同リード） ・ カナダ ・ 欧州委員会	・ 日本 ・ 韓国 ・ オランダ ・ ノルウェー ・ 南ア ・ 米国
直近の成果	・ 改訂「Hydrogen Certification 101 ペーパー」を 2024 年 10 月に公開 https://www.iphe.net/hydrogen-certification-101-oct-24 ・ クリーン水素認証メカニズムの比較報告書「Comparison of Hydrogen Certification Mechanisms December 2024」を 2024 年 12 月に公開 https://www.iphe.net/resources/certification-mechanisms-report-iphe(2025 年 2 月 18 日閲覧)	

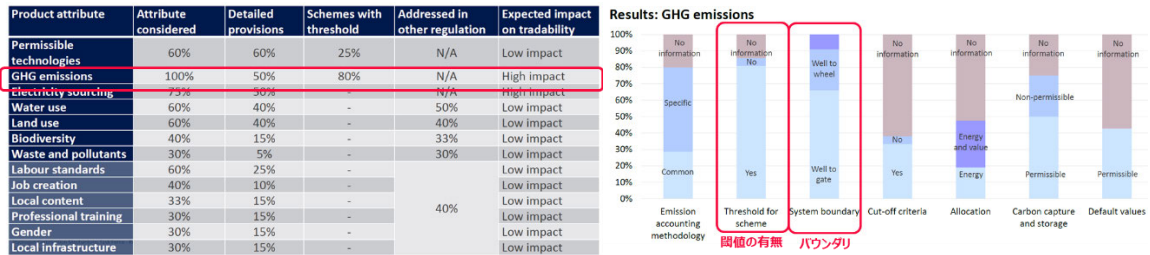
表 2-11 水素認証メカニズムタスクフォースで作成したインベントリー一覧

Country	Designation of scheme	Purpose	Status	Country	Designation of scheme	Purpose	Status
Australia	Product guarantee of origin	Reporting	Being developed	Japan	Hydrogen Society Promotion Act (METI)	Support	Being developed
Austria	TÜV Austria green hydrogen	Reporting	Operational		Low-carbon hydrogen certification (Chubu)	Reporting	Operational
Canada	Clean Hydrogen Investment Tax Credit	Support	Operational	Korea	Clean Hydrogen Certification System	Compliance	Operational
China	China Hydrogen Alliance's Standard	Reporting	Operational	United Kingdom	UK Low Carbon Hydrogen Certification	Compliance and reporting	Being developed
European Union	CertifHy (Biofuels and RFNBO)	Compliance	To be implemented		UK Renewable Transport Fuel Obligation	Compliance	Operational
	ISCC EU (RFNBO)	Compliance	To be implemented	United States	Low Carbon Fuel Standard (California)	Compliance	Operational
	RedCert EU (RFNBO)	Compliance	To be implemented		Inflation Reduction Act (tax credit)	Support	Being developed
France	Guarantees of origin scheme	Compliance	To be implemented		Colorado clean hydrogen tax credit	Support	Being developed
	Guarantees of traceability scheme	Compliance	To be implemented	Green Hydrogen Organisation	Green hydrogen, green ammonia	Reporting	Being developed
Germany	Dena Bioregister	Compliance	Operational				
	H2 Global	Support	Operational				
	TÜV Süd CMS 70	Reporting	Operational				

表 2-12 クリーン水素の認証メカニズムの比較報告書「Comparison of Hydrogen Certification Mechanisms December 2024」の概要

水素属性に関するレコメンデーション

- ・ 当初は GHG 排出原単位に焦点を当てるべき
- ・ ISO/TC197/SC1/WG1 が開発中の ISO 19870 がベース/参考となる可能性あり
- ・ GHG 排出量属性について進展が見られたら、その成果を他の属性（水、土地等）に適用



運用手続きに関するコメンデーション

- ・ 行政組織や認証スキーム実施者は、認証機関、発行機関等の技術基準を策定する
- ・ 技術基準がない認証スキームは、ベストプラクティスを適用してガイダンスを提供すべき

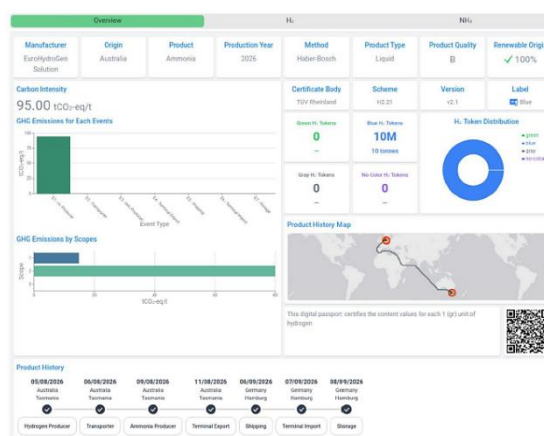
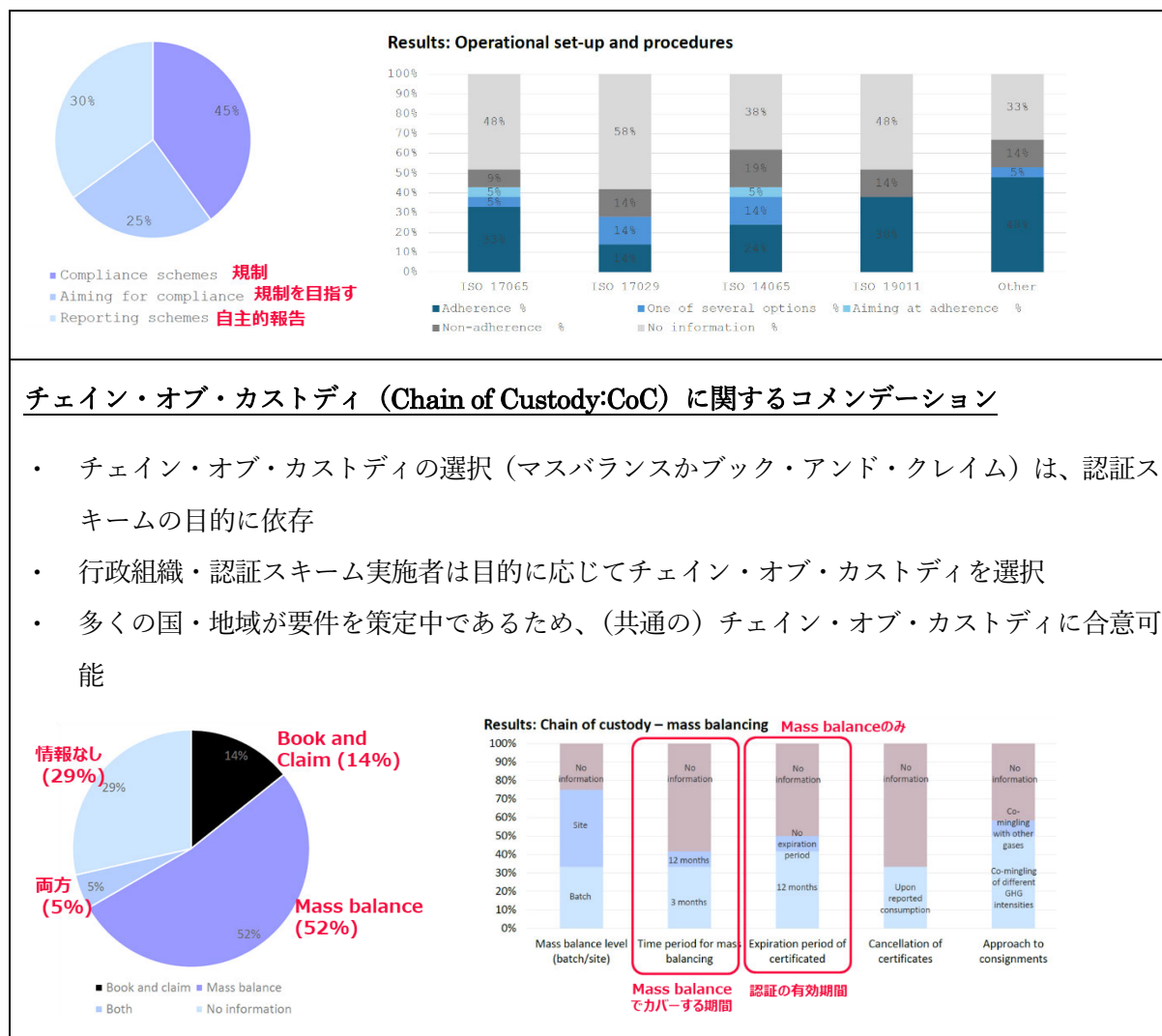


図 2-5 水素パスポート (デジタルパスポート) のコンセプト

2.1.7 水素環境影響分析タスクフォース(HEIA TF)

水素環境影響分析タスクフォース (Hydrogen Environmental Impact Analysis Task Force : HEIA TF) は、形式的には H2PATF の作業の延長として設置されたものであるが、その目的は大きく異なり、大気中の水素バランスとその気候変動への影響 (Global Warming Potential : GWP) について分析・理解し、ワーキングペーパー (WP) と要約プレゼンテーションを作成するものである (表 2-13)。2024 年 7 月に H2PA TF から活動を引き継ぎ、現状では活動内容の定義が行われた段階である。

表 2-13 水素環境影響分析タスクフォースの概要

名称	水素環境影響分析タスクフォース (Hydrogen Environmental Impact Analysis Task Force : HEIA TF)	
目的	・ 大気中の水素バランスとその気候変動への影響について分析し、共通理解構築のためのワーキングペーパー (WP) と要約を作成	
参加国	・ 欧州委員会 (共同リード) ・ 南ア (共同リード) ・ 米国 (共同リード) ・ カナダ ・ チリ	・ フランス ・ ドイツ ・ 日本 ・ イギリス ・ UAE
直近の成果	・ 地中水素⁶に関する活動を実施 (IEA H2 TCP と連携) ・ 将来的に IPCC の GWP H2 と連携	

なお IPHE は 2024 年 5 月に「Impact of Atmospheric Hydrogen on Climate Change (大気中の水素が気候変動に与える影響)」という IPHE ポジションペーパーを発表している (表 2-14)。ここでは、COP 等での議論を先取りし、水素には間接的に GHG 効果があることを認め、その抑制のために、水素の漏洩防止などの措置をとることを提言している。

表 2-14 IPHE 「Impact of Atmospheric Hydrogen on Climate Change (大気中の水素が気候変動に与える影響)」 ポジションペーパーの概要

趣旨	・ 水素には間接的に GHG 効果があることを認め、その抑制のために、水素の漏洩防止
----	--

⁶ 「Geological Hydrogen」であるが、他に「Natural Hydrogen」、「White Hydrogen」、「Gold Hydrogen」とも表現される。

	などの措置をとることを提言 ・ 持続可能で気候に優しいエネルギー転換を確実にするために、産業界、政府、学界、広範な社会を巻き込み、水素排出という課題に取り組む全体的かつ協調的なアプローチを推奨
提言	1. 大気に放出される水素の主な発生源の削減： メタンはそれ自体が強力な温室効果ガスであり、大気中で水素を生成する 2. 封じ込め技術の向上： 水素製造・貯蔵・輸送の各技術をより効率化し、排出ゼロを達成（ボイルオフ、ベント、パージ、漏れなど） 3. モニタリング、測定、検出技術とガイダンスの開発と改善： 漏洩最小化のための設計、漏洩源の特定と定量化のための標準的な漏洩検出・監視システムの確立 4. 訓練と認識の向上： 水素漏洩防止の重要性に関する教育と、水素漏洩の緩和のためのベストプラクティスの集約 5. エネルギー効率の改善： 水素サプライチェーンの全段階におけるエネルギー効率の促進と漏洩の最小化 6. 水素メカニズムの理解の深化： 信頼性のある水素測定に基づく、大気および土壌モデルの改良のための研究支援 7. 基準・規制の策定と公表： 水素漏洩管理とその削減のための基準・規制の策定と実施

出典：IPHE「Impact of Atmospheric Hydrogen on Climate Change」

https://www.iphe.net/files/ugd/45185a_883277612966481ebef2f364c780fce4.pdf(2025年2月18日閲覧)

2.1.8 水素貿易ルールタスクフォース(H2TR TF)

水素貿易ルールタスクフォース（Hydrogen Trade Rules Task Force：H2TR TF）は水素貿易における障害を検討し、その解決を検討するものである（表 2-15）。特に IRENA と WTO が 2023 年 12 月に共同で発表した「International trade and green hydrogen: Supporting the global transition to

a low-carbon economy」⁷の議論に触発されており、タスクフォースでも IRENA と WTO が参加することが多く、将来的にも WTO との連携が期待されている。

また水素貿易に絡み、特に欧州での再エネ水素要件（追加性、時間相関、地域相関）が水素貿易に与える影響が懸念されており（欧州が輸入する水素は、域内と同様に再エネ水素要件を満たす必要があり）、今後、本タスクフォースや IHTF（International Hydrogen Trade Forum）で議論されることが期待されている。そのために、本タスクフォースは IHTF との連携を進めていくこととなっている。

表 2-15 水素貿易ルールタスクフォースの概要

名称	水素貿易ルールタスクフォース (Hydrogen Trade Rules Task Force : H2TR TF)	
目的	・ 将来の国際水素貿易の可能性を検討し、潜在的な障壁や課題を特定 ・ 透明な水素市場と将来の大規模水素国際取引を支援	
参加国	・ オランダ（リード） ・ 欧州委員会 ・ オーストラリア ・ カナダ ・ チリ ・ コスタリカ ・ ドイツ	・ 日本 ・ 韓国 ・ 南アフリカ ・ スイス ・ イギリス ・ 米国

⁷ <https://www.irena.org/Publications/2023/Dec/International-trade-and-green-hydrogen-Supporting-the-global-transition-to-a-low-carbon-economy>(2025年2月18日閲覧)

直近の成果	・ メンバー国に貿易における障害や政策に関するアンケートを実施（回答は日本を含む 12 か国） ・ 貿易におけるクリーン水素認証の条件に関して今後、IHTF（International Hydrogen Trade Forum）と密接に連携 ・ 水素パスポートに関する議論を実施
-------	---

2.1.9 水素技能タスクフォース（H2 Skills TF）

水素技能タスクフォース（Hydrogen Skills Task Force：H2 Skills TF）は 2023 年に立ち上がった新しいタスクフォースで、水素の高度人材を育成するための「スキル」開発を狙っている（表 2-16）。

直近では水素業務ごとの必要能力（学位、知識）を示すデータベースを開発する予定である（図 2-6）。

表 2-16 水素技能タスクフォースの概要

名称	水素技能タスクフォース（Hydrogen Skills Task Force：H2 Skills TF）	
目的	・ 水素技能および人材開発を推進し、各国間の知識共有を実施し、その補完のためのリソースとツールを開発 ・ 各国が実施したスキル・ニーズ・アセスメントの比較分析を行い、水素バリューチェーンの役割、能力、カリキュラム、利用可能なトレーニング（水素関連能力の認定を含む）のデータベースを開発	
参加国	・ 南アフリカ（共同リード） ・ コスタリカ（共同リード） ・ カナダ ・ 欧州委員会	・ ドイツ ・ イギリス ・ 米国
直近の成果	・ 水素業務ごとの必要能力（学位、知識）を示すデータベースを作成予定	

When complete, users will be able to filter roles by:		
Associated value chain stage		
Reported qualification or training required		
Focus area of the role		
Key activities of the role		
Source document		
Information contained in the dataset		

Snapshot of filtering mechanism:		
Value chain stage	Qualification requirement	Key Activities
H2 Production (Electrolyzer) ☐ x	Elementary/ High school diploma ☐ x	Development, design, and construction ☐ x
H2 Distribution, carriers & storage ☐ x	Technical diploma/ certificate ☐ x	Operation & maintenance ☐ x
H2 use for heat generation ☐ x	Non-technical diploma/ certificate ☐ x	Compliance ☐ x
H2 in Power generation ☐ x	Bachelor's degree, non-STEM ☐ x	Business operations ☐ x
H2 as transport fuel ☐ x	Non-engineering STEM bachelor's degree ☐ x	Support functions ☐ x
H2 in industrial use ☐ x	Engineering bachelor's degree ☐ x	
	Masters degree ☐ x	
	Experience, apprenticeship ☐ x	
	Additional certification ☐ x	

図 2-6 水素技能タスクフォースが開発する必要能力データベース

3. 多国間枠組の動き並びに各国の政策動向について

3.1. 多国間枠組みの動き

3.1.1 IPHE H2CM TF 報告書「IPHE Certification Mechanism - Methodology and Results for Hydrogen Certification Schemes」

■ IPHE Certification Mechanism の背景と活動領域

レポート「IPHE Certification Mechanism - Methodology and Results for Hydrogen Certification Schemes」(IPHE 認証メカニズム - 水素認証スキームの方法論と結果)は、IPHE の Certification Mechanism タスクフォース (TF) が 2 年間にわたって取り組んできた成果をまとめたものである。このタスクフォースは、水素と燃料電池の経済的利用を促進する国際パートナーシップ IPHE (International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy) の一環として設立され、水素認証スキームの相互運用性や取引可能性を向上させるための分析と提言を行ってきた。

本レポートでは、特に各国の認証スキームを比較・評価し、その相違が国際的な水素市場に及ぼす影響を明らかにするとともに、統一かつ柔軟な解決策を提案している。これにより、水素およびその派生製品の認証が国際的に調和され、より広範な市場展開が可能になることを目指している。

■ 認証メカニズムの理解と知識向上

認証メカニズムの理解を深めるために、11 か国・地域の 17 の認証スキームおよび支援制度を対象に分析を実施した。この分析の目的は、異なる認証スキーム間の相互運用性を向上させ、水素およびその派生製品の取引可能性に与える影響を評価することである。

分析は以下の 4 つの主要要素に焦点を当てて行われた。

- ① **製品属性:** 認証スキームが対象とする水素製品の特性 (例: GHG 排出量、電力量の調達、生産技術の許容範囲)。
- ② **運営の設定と手続:** 各認証スキームの制度的な枠組みとプロセス。
- ③ **チェーン・オブ・カストディモデル:** 製品属性の追跡と記録を行う手法 (例: マスバランスモデル、ブック・アンド・クレイムモデル)。
- ④ **情報技術 (IT):** 認証記録のライフサイクルを支える IT システムの役割。

これらの要素に基づき、各スキームの共通点や相違点を特定し、取引可能性を向上させるための解決策を模索した。

■ 認証スキームの主要要素

製品属性に関しては、認証スキームが対象とする水素製品の特性を分析した。特に GHG 排出量、電力量の調達、許容される生産技術などの属性が評価された。また、水や土地の利用、生物多様性への配慮といった点にも注目した。

運営の設定と手続(ガバナンス体制)については、各認証スキームの制度的な枠組みやプロセスを詳細に調査した。このアプローチを通じ、異なる運用方法が取引可能性にどのように影響を及ぼすかを明らかにしようとした。

チェーン・オブ・カストディモデルでは、製品属性の追跡と記録を行うための方法が検討された。この分析では、マスマランスやブック・アンド・クレイムの異なるモデルが比較され、それぞれの利点と課題が浮き彫りになった。

情報技術 (IT) に関しては、認証に必要な IT システムの役割が検討された。特に、認証記録のライフサイクルを通じてデータの一貫性を確保し、透明性を高める手段が分析された。

■ 認証スキーム間の違いとその影響

分析の結果、製品属性や運営手続き、チェーン・オブ・カストディモデルにおける違いが、認証水素の取引可能性に悪影響を及ぼす可能性があることが判明した。一方で、登録システムや IT システムの違いは、技術的な手段で解決可能であるとされた。これにより、認証水素の取引可能性を高めるためには、主要要素において一定の共通性を達成する必要があるとの結論が得られた。

■ モジュラーアプローチの提案

異なる認証スキーム間の違いを解消し、取引可能性を向上させるための「モジュラーアプローチ」が提案された。このアプローチでは、共通のモジュールと地域特有のモジュールを組み合わせることで、柔軟性と一貫性を両立させる。

共通モジュールでは、すべての地域やスキームで必須となる記述項目を含める。一方、地域特有のモジュールでは、各地域やスキームの独自性に応じた要件が設定される。このアプローチには、必要最低限の共通項目にのみ合意する「限定的アプローチ」と、より多くの項目に合意する「野心的アプローチ」の2つの選択肢がある。

このモジュラーアプローチの具体的な実装として、水素製品のデジタル製品パスポートが提案されている。このパスポートには、GHG 排出量をはじめとする主要な属性が記録され、認証スキーム間の情報共有が促進される仕組みが組み込まれるものとされた。

■ 今後のステップ

この分析結果を基に、以下のステップが提案されている。

1. 分析で使用された情報インベントリードラフトを公開し、定期的に更新する。
2. 他の関連イニシアチブや業界関係者と議論を進め、得られた意見を反映して共通の推奨事項を策定する。
3. 認証水素の取引可能性を改善するための優先事項を明確にし、それを実現するための具体的な行動計画を作成する。
4. デジタル製品パスポートの設計と実装に関する詳細な推奨事項を策定する。

これらの取り組みにより、認証スキーム間の違いが克服され、水素市場の国際的な取引が促進されることが期待されている。

3.1.2 IRENA 報告書「Decarbonizing Hard-To-Abate Sectors With Renewables Perspectives for The G7」

本報告書は、2024 年 4 月 29 日から 30 日にかけてイタリアのトリノ市で開催された G7 気候・エネルギー・環境大臣会合および高官会議を念頭に、2024 年 4 月に発行された。排出削減が難しいとされる産業・輸送分野などの課題や技術の進展状況、そして今後取り組むべき政策や国際協力の方向性を幅広く整理し、最終的には G7 各国が共有しうる 11 の勧告にまとめている。全体の構成は、大きく「各部門の脱炭素化の進捗と課題」「排出削減困難部門の脱炭素化における考慮事項」、そしてそれらを受けた「G7 への勧告」に分かれている。

報告書がまず注目するのは、大型トラックを中心とする道路貨物輸送、海運、航空、鉄鋼、化学品といった排出削減のハードルが高い部門である。道路貨物輸送については、技術開発の加速や各国政府の厳格な規制・目標設定、市場の要請により、電気トラックなどのゼロエミッション車両への移行が想定以上のスピードで進む可能性が示されている。充電インフラやグリッド管理への投資が高まる中、ビジネスモデルの革新も後押しとなり、転換点は間近に迫っていると分析されている。

海運では、ネットゼロ海運への移行が拡大し、特にメタノールエンジンが実用技術として注目を集めている。まだ開発途上にあるアンモニアエンジンの実用化も含め、再生可能燃料への転換を支えるインフラ整備が各国で進みつつある。ただし、ネットゼロ燃料は依然として高コストなため、カーボンプライシングの拡充や国際的なサプライチェーン整備によって投資リスクを軽減する必要があることが強調されている。グリーン回廊など各地域の共同プロジェクトは、新技術を試験し普及させる好例として取り上げられている。

一方、航空分野ではエネルギー転換が著しく遅れている現状が指摘される。持続可能な航空燃料（SAF）の利用はまだ全体の 0.1%に過ぎず、EU ETS などのカーボンプライシングや ReFuelEU の導入を加速させる政策的支援によって初めて化石燃料とのコスト差を埋めることができるという。SAF サプライチェーンの整備には多額の投資が要るが、財政支援や規制による市場拡大の見込みがあれば、民間セクターが大きく動く可能性があると思込まれている。

鉄鋼に関しては、スクラップを電炉で溶解する二次鉄鋼生産が最も低排出である一方、一次生産においても直接電化や水素還元など再エネベースの技術への切り替えが必要だと説かれる。公共調達の脱炭素化や大手メーカーの先行的取り組み、金融機関が投資ポートフォリオにおいて持続可能性基準を適用し始めた流れなどが相まって、グリーンスチールの需要確保が進むとの期待が高まっている。

化学品分野では、アンモニアやメタノールを再エネ由来に転換することが重要な鍵になると指摘される。バイオマスや合成炭化水素、熱プロセスの電化など、複数の脱炭素オプションが検討されており、既に補助金や助成金が導入されたプロジェクトが増加している。ただし、化学セクター全体をカ

バーする明確な目標や政策はいまだ少なく、プラスチック汚染にも取り組む国際的な連携が一段と求められているという。

これらの部門で共通する課題として、既存の化石燃料利用システムからの移行には、直接電化やバイオエネルギー、合成燃料などの複合的な対策を組み合わせる必要があると報告書は強調する。再エネの大規模導入、エネルギー効率の向上、循環型経済や需要抑制といった行動変革をセットで進めなければ、2050 年までの実質ゼロ排出の達成は難しい。カーボンプライシングや規制をグローバルで整合させ、社会や政治からの強い後押しを得ることで、技術コストを低減し転換を加速できるという指摘がなされている。

こうした分析の最後に、報告書は G7 に向けて 11 項目の勧告を掲げる。セクター別の脱炭素化目標を明確に設定し、2030 年までに再生可能電力容量を 3 倍にする COP28 での誓約を着実に実行するよう求めている。また、バイオエネルギーやグリーン水素派生物の生産体制を加速し、重要なインフラを計画的に整備する必要性を訴えている。さらに、低炭素商品の初期市場を創出するグリーン公共調達や、ロックインを防ぐ革新的技術導入への支援、資金ギャップを埋めるための金融スキーム、熟練労働力の育成といった人材面での協調体制、そして国際協力を通じてサプライチェーン全体を脱炭素化するビジョンがまとめられている。

報告書は、以上の勧告を通じて技術革新や政策立案、国際的な投資拡大が加速し、各部門の排出削減が大きく前進することを期待している。特に排出削減が難しい産業セクターにおいては、国家間の連携や民間と金融機関の協力が不可欠であり、今後の G7 協議でも重要な議題となるだろうと結論づけている。

【詳細訳】 G7 への勧告

勧告 1: セクター別の脱炭素化目標を設定する。明確な中間マイルストーンを有する国家目標を設定することで移行を支援する。国家政策を超えて他の国々と協力し、鉄鋼、アンモニア、メタノール、航空燃料、船舶燃料などの主要な貿易品目の脱炭素化目標の国際的収束に向けて取り組む。

勧告 2: グリーンテクノロジーの公平な競争条件の創出に向けた措置を講じる。化石エネルギーの環境への悪影響に基づく国家炭素価格政策の実施により、排出削減困難分野でのグリーンテクノロジー導入を加速する。エネルギー税を脱炭素化目標と整合させることで、熱および輸送用途の電化を推進する。セクター別の国際協定を通じて、国際的な炭素価格設定の収斂に向けて取り組む。

勧告 3: COP 28 の誓約に沿って、再生可能電力供給の導入を加速する。2030 年迄に再生可能電力容量を 3 倍にする誓約に沿った、再生可能電力供給の拡大により、削減困難部門の移行を支援する。投資の大幅拡大、許可手続合理化/電力市場設計の適応等の政策/規制更新の取り組みが必要となる。

勧告 4：持続可能なバイオエネルギー生産と持続可能な炭素調達を拡大する。世界のバイオマスサプライチェーンを拡大し、排出削減困難セクターの移行を支援する。バイオエネルギーの生産/使用のインセンティブを提供する政策と、持続可能性ガバナンスの手順/規制を組み合わせることで実現させる。

勧告 5：グリーン水素派生物の生産能力の展開を加速する。アンモニア、メタノール、鉄等、低炭素商品を生産する商業規模のプラントの第一波を支援して、排出削減困難分野での移行を加速する。

勧告 6：重要インフラの展開を加速するための計画強化。エネルギー/産業/貿易/運輸/環境の分野横断的な計画と国際協調を強化して、排出削減困難セクターの移行を支援する。重要エネルギーインフラの許可と展開の加速でも移行を支援できる。これにはスマート電化戦略と組み合わせた電力網、バイオエネルギー変換プラント、水素ネットワーク、港湾や空港の燃料ターミナル等を含む。

勧告 7：ロックインを回避するために革新的技術の導入を推進する。ネットゼロ排出と整合する技術導入を優先・促進し、排出削減困難分野の世界的な移行を加速するが、電気トラック/水素ベース鉄鋼/SAF 等を含む。発展途上国で新しいソリューションを広く導入するために他の国々と協力する。技術協力プログラム、ベストプラクティスの交換、ロックイン回避のための多くの方法を通じて行う。

勧告 8：低炭素商品の初期市場を創出する。グリーン公共調達プログラムや低炭素商品に関する義務を確立し、排出削減困難セクターの移行を支援する。定義/基準/閾値/認証手続きの国際的な収束を加速し、低炭素商品の国際取引を可能にする。

勧告 9：資金ギャップを埋める。民間セクターや金融機関と連携してプロジェクトのリスクを軽減し、削減困難セクターの世界的な投資フロー増加を促進する。プロジェクトの融資可能性に対する政府支援は、保証の提供、譲許的融資、ブレンドファイナンス等のメカニズムを通じて実施する。

勧告 10：熟練労働力の育成を支援する。排出削減困難セクターの移行に必要なスキル、即ち革新的な技術やベストプラクティスに関する情報交換、専門的な教育プログラムやトレーニングへの財政支援等を行う。各国政府/国際機関/業界関係者/教育機関の多国間協力を促進する。この連携は、開発途上国/新興国が排出削減困難セクターの移行に必要なスキルと能力を構築するのにも役立つ。

勧告 11：国際協力を促進する。工業製品のサプライチェーンを脱炭素化する相互に有益なパートナーシップに向け、開発途上国と協力する。これは全ての人にとって脱炭素化コストが低くなる、協力的な長期投資計画を通じて行うことができる。

3.1.3 IRENA 報告書「Shaping Sustainable International Hydrogen Value Chains」

2024 年 9 月に発行された本報告書は、発展途上国を含む新興の水素市場において、持続可能性と公正なエネルギー移行がいかに重要であるかを強調するものである。将来的には再エネを基盤とした水素の生産が拡大すると見込まれるが、再エネ資源が豊富で土地や水資源の利用が可能であり、融資コストも低い地域が最大の経済的ポテンシャルを有すると考えられる。需要地と供給地のミスマッチを調整するためには国際的な貿易が必要となり、再エネ由来の水素は化石燃料ベースの水素の代替にとどまらず、脱炭素化が困難な産業部門でも重要な役割を果たすと期待される。特にグローバルサウス諸国においては、低コストの水素生産が新たなグリーン産業を育成し、輸出ポテンシャルの向上につながる可能性がある。ただし、大規模バリューチェーンの形成には、長距離輸送にともなう複雑性や多様なステークホルダー間の協力、社会的受容性、長期的な持続可能性などの課題が存在する。

■ 水素の生産と需要：現在と将来

IRENA の 1.5 °C シナリオによれば、水素とその派生物は 2050 年までに世界の総エネルギー消費の最大 14% を占める見通しである。これを実現するためには、グリーン水素電解装置の容量を 2030 年までに 428 GW、2050 年までに 5,722 GW に増強する必要がある。世界の再生可能水素の生産ポテンシャルが、想定世界一次エネルギー需要の約 20 倍に相当すると試算されているが、このポテンシャルは再エネのコストや利用可能容量の状況によっては変動する可能性がある。

また、2050 年には世界の水素需要のおよそ 25% が国際取引され、その内訳は純粋な水素が 55%、アンモニアが 45% に分かれると予測される。主要な輸入国としてはヨーロッパ、日本、韓国の 3 市場が想定されている。

■ 再生可能水素生産の環境的側面

化石燃料由来のブルー水素は炭素回収（CCS）によって排出を低減するが、漏洩リスクや回収率の上限など課題も多い。炭素回収率は今後高まる見込みではあるが、当面 100% に達する可能性は低いと見られている。さらに、回収工程を支える天然ガスの利用拡大やメタン放出によって温室効果ガス排出が想定よりも大きくなる可能性が指摘されており、一部推定ではブルー水素の温室効果ガス削減効果が 9~12% にとどまるとの見方もある。

一方、電解による再生可能水素では、使用するグリッドミックスによって炭素集約度が大きく変化する。EU では追加性要件として、水素生産事業者が新規の再エネ電源と長期電力購入契約（PPA）を締結する必要があり、時間的・地理的な相関を満たして再エネ由来の電力を利用するこ

とが求められる。一方、米国では補助金を受けられる発電所を制限しておらず EU 規則と異なるアプローチがとられている。欧州委員会の定義する「再生可能水素」は、化石燃料ベンチマーク 94 gCO₂eq/MJ に対して 70%の排出削減を達成するもので、Well-to-Wheel 換算では 3.38 kgCO₂eq/kg となる。

米国ではインフレ削減法（IRA）により、ブルー水素でも炭素回収率が 90%に達すれば最大 3 USD/kg-H₂ の税額控除（クレジットレベル 4）を受けられる可能性がある。炭素回収そのものにも控除が拡大されている。

また、再エネ技術（太陽光・風力など）の普及に伴い、発電時に必要な水使用量が大幅に削減されると期待されており、中国では 2030 年までに 42%、インドでは 84%の水使用量削減が予測されている。

■ 再生可能水素の輸送と取引の促進要因：水素キャリア技術の最新情報

【アンモニア】

アンモニアは現在、年間 18～20 百万トンが国際取引されているが、2050 年までに 10～15 倍の輸送インフラ整備が必要になると推定される。再生可能アンモニアの生産コストは、現時点で約 720 USD/T だが、2030 年に 480 USD/T、2050 年には 310 USD/T まで低下し、炭素価格が 150 USD/T-CO₂ 程度になれば化石燃料由来品と競争可能になると見込まれている。アンモニアの需要は 2020 年の 183 百万トンから 2050 年には 688 百万トンにまで拡大するとの予測がある。

【液体水素】

液体水素は極低温での貯蔵が必要なうえ、エネルギー密度の低さから輸送インフラが現段階では大きな制約となっている。そのため、液化プラントや輸送設備への投資は、LOHC（液体有機水素キャリア）やアンモニアに比べ約 2 倍になる可能性がある。ただし、輸送規模が年間 100 キロトンに増加すれば、コストは約 75%削減できるという試算がある。

【液体有機水素キャリア（LOHC）】

LOHC は常温常圧に近い条件で貯蔵・輸送が可能で、既存の石油系インフラを転用しやすい利点がある。オーストラリアと日本間で年間 1 Mt の水素を輸送する場合、4 隻の超大型タンカーで賄えるとの試算もある。しかし、脱水素化は吸熱反応であるため、その際に必要なエネルギー源の GHG 排出が課題となる。また、キャリア液の在庫を常に一定量確保し、補充が必要なことも留意点である。

【メタノール】

メタノールは、既存の石油インフラを比較的低コストで改造して貯蔵・輸送ができる。再生可能メタノールの生産コストは、バイオエネルギーと CCS を組み合わせても 800～1,600 USD/T、直接空気回収（DAC）を用いる場合は 1,200～2,400 USD/T 程度となり、従来の 250～700 USD/T

より割高である。このため、コスト削減が鍵となる。メタノールは燃料や化学原料として直接利用するだけでなく水素キャリアとしても使えるが、脱水素化に多くのエネルギーを要する点が課題である。

各水素キャリアのサプライチェーン全体でのエネルギー消費量は、液体水素が 41～48 MJ/kgH₂、アンモニアが 28.1～56.4 MJ/kgH₂、LOHC が 39～51 MJ/kgH₂、メタノールが 35.6 MJ/kgH₂ とされる。液体水素では生産国側で多くのエネルギーを消費する一方、アンモニアやメタノール、LOHC は使用国側でのエネルギー消費が大きい。このうちアンモニアやメタノールの場合、燃料や化学原料として直接用いる際は改めて脱水素化する必要がなく、こうした問題を回避できる。LOHC は水素化時に発生する熱を現地の産業利用（約 250℃程度の中温熱）と組み合わせることで、エネルギー効率と経済性の改善が可能となる。

■ 発展途上国における再生可能水素生産のコベネフィット

多くの開発途上国では自国のエネルギー供給が十分ではない一方で、再エネから水素を生産・輸出しようとする動きが活発化している。エネルギー供給リスクを低減するためには、投資を活用して再エネ普及や電力グリッドの強化・脱炭素化を進め、国内のエネルギーアクセスを向上させる取り組みが推奨される。

また、途上国が新興バリューチェーンの恩恵を最大化するためには、上流から下流に至る産業活動を現地に誘致することが重要であり、企業の移転意欲や再エネコスト、エネルギー輸送コストなどがカギとなる。アンモニアや鉄鋼などの産業が、グリーン水素活用による多面的な産業発展の例として期待される。

再生可能水素インフラの投資により、2030 年までに世界で約 380 万、2050 年までに約 650 万の雇用創出が見込まれている。とりわけ、大規模インフラを整備する場合には、社会的受容や地域コミュニティの関与が不可欠であり、将来のグリーン水素需要を支える供給構造の整備においても同様の姿勢が求められる。

■ 再生可能水素サプライヤー各国の水素戦略

モロッコ、ナミビア、オマーン、シンガポール、南アフリカ、トリニダード・トバゴなどでは、異なる地理的条件やインフラを背景に、水素輸出を軸に据えた戦略目標が掲げられている。こうした輸出志向型の戦略は、先進国からの需要や国際機関の市場分析、第三者による予測などに基づいているが、市場の急速な成長には多くの不確実性が伴う。外部分析のみを根拠とすると、自国市場の開拓や技術革新の機会を逃すリスクもあり、水素事業の持続可能性を長期的に制約しかねない。そのため、戦略を策定する際には、市場環境の変化を見据えた柔軟性が求められる。

一部の国では、水素関連インフラ（電解装置や再エネ設備）の60%以上を輸出用に充てる計画が見られる。しかし、世界の水素市場が期待どおりに拡大しないリスクを考慮すると、国内市場向け需要を同時に育成し、輸出志向と内需創出のバランスをとることが推奨される。

■ 推奨事項～提案されるべき行動

本報告書では、公正かつ持続可能な水素経済の構築に向け、以下のような行動を推奨する。

第一に、戦略レベル・プロジェクトレベル双方において、環境・経済・ガバナンスの観点を踏まえた「持続可能性」の共通認識を醸成し、公正な再生可能水素セクターを育成することが望ましい。

第二に、すでに行われているプロジェクトの成功事例や教訓を幅広く共有し、とりわけ持続可能な開発への影響を明確に評価したケースを重視する必要がある。

また、水素経済の発展を地域のエネルギー転換に寄与させるため、再エネの導入や電力グリッドの整備を支援し、開発途上国やパートナー国と連携して安全かつ持続可能な水素利用のインフラを構築することも重要となる。

さらに、環境への影響や資源効率、水利用管理を重視し、水資源が豊富な地域においても生態系や社会に負荷をかけないように配慮すべきである。

アンモニアやメタノールといった水素キャリアに特化した研究開発、実証、能力構築の取り組みを進めるとともに、開発途上国の脱炭素化や産業開発を支援し、将来的な輸出能力の開発を促進することが望まれる。

その際、現地での雇用創出や教育のニーズを評価し、熟練した労働力を育成する能力構築への投資を拡充することが必要である。知識移転やベストプラクティスの共有により社会的受容を高め、地域コミュニティとの対話を深めることも欠かせない。さらに、開発途上国間で似通った課題を共有し合う地域間協力の枠組みを支援することも、有益な方策の一つとなる。

以上のとおり、本報告書では、世界的な水素経済の拡大における課題と可能性を多角的に分析し、特に新興国や途上国での持続可能かつ公正なエネルギー移行に向けた重要な視点を提示している。再エネを軸とした水素利用は、脱炭素化を後押しすると同時に、新たなグリーン産業や雇用の創出、国際協力体制の確立にも貢献する可能性があり、その社会的・経済的意義は今後ますます大きくなると期待される。

3.1.4 世界銀行報告書「Scaling Hydrogen Financing for Development」

■ はじめに

世界銀行が経済協力開発機構（OECD）、Global Infrastructure Facility(GIF) と共同で製作した水素に対する見解を示したレポート“SCALING HYDROGEN FINANCING FOR DEVELOPMENT”は2024年2月に発行され、新興国や発展途上国におけるクリーン水素の普及加速に向けた内容となっている。またクリーン水素の現状や予測、技術的・経済的コスト評価、ファイナンスの課題等进行分析している。

■ クリーン水素の現状および予測

エネルギー転換における水素の貢献度を示す8つの主要なシナリオをレビューしている(図 3-1)。2030年には世界の水素供給量が11万トンから90万トン、2050年には235万トンから682万トンに達すると予測されており、2050年のクリーン水素供給量増加を実現するためには、2023年から25兆ドルにのぼる累積投資が必要とされる。この投資により、輸送や産業用途において、アンモニアやメタノール、SAF、鉄鋼生産での水素利用などが支援される。また、Emerging Market and Developing Market (EMDC) で2050年までに世界の水素の25~50%が生産されることになるとの見通しが立てられている。

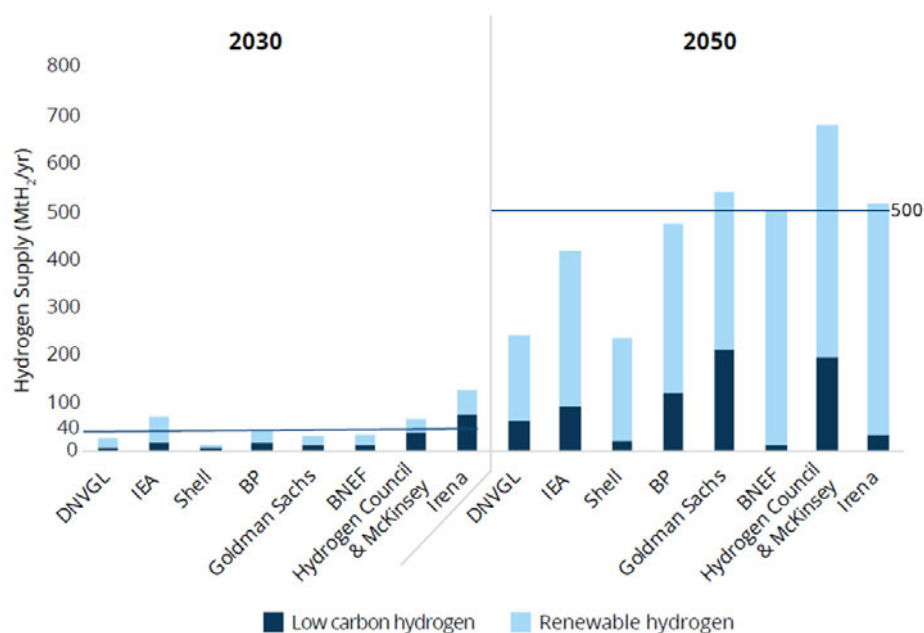


図 3-1 世界の水素供給量予測

出典：世界銀行報告書「Scaling Hydrogen Financing for Development」

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/099022024121527489/pdf/P1809201780da10e518c061a2e73041a6fc.pdf>(2025年2月18日閲覧)

2023 年 1 月末時点では、世界中で 1MW を超える規模のクリーン水素プロジェクトが 1,046 件あるが、2022 年から 2023 年の間、FID に至った案件は 10%未満である。また、EMDC 地域の案件は、初期的段階のものが多く、FEED、FID 以降のフェーズに至っている案件は他の地域と対比して少ない。

■ クリーン水素の技術的・経済的コスト

現在の再エネ由来水素の製造コストが 1kg 当たり 3 ドルから 5 ドル程度であると試算している。ただし、製造コスト 3 ドル/kg は、非常に低コストな再エネ電力の供給、電解槽の低コスト化、低コストな資金調達といった条件がそろった時にのみ達成される。時間経過とともに生産価格は下がることが見込まれるが、直近 2 年間はインフレを背景に生産コストは安定もしくは上昇している。再エネ由来水素の製造コストは、資本コスト、電力コスト、電解槽コストの 3 つに大別され、生産コストが変わらないと仮定すると、資本コストを 15%から 5%に下げることができれば、ライフサイクルベースでの水素製造コスト（LCOH）を最大 45%削減することが可能となる。

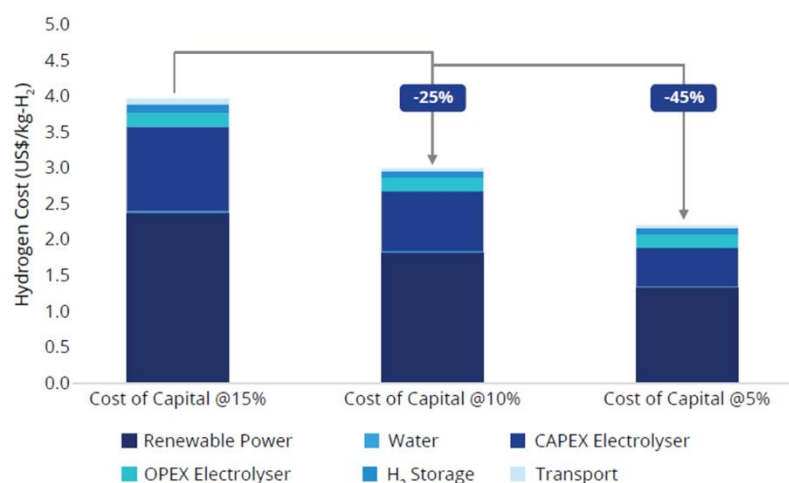


図 3-2 製造コストの推定

出典：世界銀行報告書「Scaling Hydrogen Financing for Development」

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/099022024121527489/pdf/P1809201780da10e518c061a2e73041a6fc.pdf>(2025 年 2 月 18 日閲覧)

■ 資金調達リスクと回避メカニズム

報告書では資金調達に影響を及ぼすリスク上位 10 項目を、ヒアリングにより特定している(図

3-3)。上位はオフテイクに関するリスクとなっている。

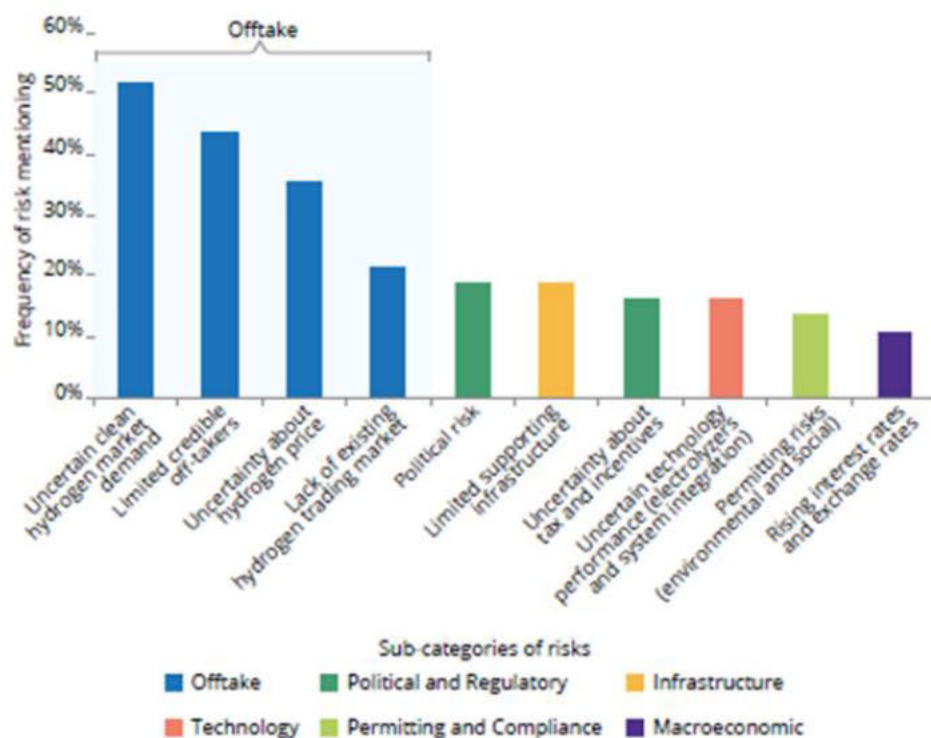


図 3-3 影響を及ぼすリスク上位 10 項目

出典：世界銀行報告書「Scaling Hydrogen Financing for Development」

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/099022024121527489/pdf/P1809201780da10e518c061a2e73041a6fc.pdf>(2025 年 2 月 18 日閲覧)

■ まとめ

EMDC は、2050 年までに世界の水素のうち 25～50%を生産することになることが見込まれており、そのためには、現在から 2050 年までの間に、年平均 2,500 億ドルから 5,000 億ドルの投資が必要となる。多国間開発資金の枠は限られ、資金の効率的配分、効果の最大化のための戦略が必要となる。EMDC でクリーン水素の普及を加速させるための 4 つの行動計画として、(1) プロジェクト開発と資金調達の分野におけるキャパシティビルディングと知識の共有、(2) 認証制度、市場価格形成、その他サプライチェーンに関連する政策での国際協調、(4) 先進的な“Lighthouse Project”プログラムの開発を掲げている。

3.2 各国の政策動向

3.2.1 米国

米国において、水素に関する支援策や制度設計が急速に進展している。特に、再エネおよび低炭素水素の普及を促進する政策として、GREET モデル（Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Technologies Model）の活用や、税制上の支援措置を担う IRS（Internal Revenue Service）の電源証拠要件に関するパブリックコメントの募集が注目されている。



これらの制度整備は、米国がグローバルな水素市場の発展において主導的な役割を担う可能性を示しており、政策の詳細およびその影響を調査する意義は大きい。本報告書では、これらの制度や施策の背景、現状、そしてそれがもたらす影響について詳細に記す。

3.2.1.1 45V ガイドライン/GREET MODEL と IRS パブコメ動向

①45V ガイドラインの概要

米国財務省と IRS（Internal Revenue Service）は、インフレ抑制法によって確立されたクリーン水素生産の税額控除に関する規則を発表した。notice of proposed rulemaking（NPRM）は、2023 年 12 月 26 日連邦公報に掲載され、2 月 23 日締め切りでパブコメが実施された。

同規則で税額控除される炭素集約度は $4.0\text{kgCO}_2/\text{kgH}_2$ で、「1.2」の GREET モデルに基づいて算出されるものとされた。0～0.45, 0.45～1.5, 1.5～2.5, 2.5～4 の四段階の炭素集約度に応じて 0.6～3.0\$/kgH₂ の税額控除が受けられる。

大きな論点である、水素製造電力（グリッド）の扱いと、同様の議論があるメタン（パイプライン）についてガイドラインの概要と、コメントを求められた課題を以下に示す。

系統電力による電解水素については、特定の発電事業者、時間、場所を特定することが困難であることから、エネルギー属性証明書（EAC）を利用することについて、発電所と水素製造設備が電氣的な相互接続地域としてリンクされている場合は認める（ハワイ、アラスカを除く）、等のルールが提案されている。

<水素製造用電力の扱い>

- ・ブック・アンド・クレイムに用いるシステム

"EAC" Eligible Energy Attribute Certificate Requirements/適格エネルギー属性証明書

・ "トラッキングシステム" "(主要システム)

Michigan Renewable Energy Certification System (MIRECS)

Midwest Renewable Energy Tracking System, Inc. (M-RETS)

North American Registry (NAR)

New England Power Pool Generation Information System (NEPOOL-GIS)

New York Generation Attribute Tracking System (NYGATS)

North Carolina Renewable Energy Tracking System (NC-RETS)

PJM Generation Attribute Tracking System (PJM-GATS)

Western Electric Coordinating Council の Western Renewable Energy Generation System(WREGIS)"

・ Incrementality/増分性

<規程案>

・ 発電施設の COD ("commercial operations date" 稼働開始)が EAC 償却(使用)申請前の 36 か月以内である場合、EAC は増分性要件を満たす。

・ EAC によって表される電力が、EAC を除却した水素製造施設が稼働する前 36 か月以内に改良された発電施設によって生成された場合、所定の計算手法により増分量を規定する。

・ 既存の低炭素電源の①設備廃止回避、②出力抑制、③100%低炭素電力規制地域、等の状況での増分性規程(検討中)。その代替手法として、2023 年 1 月 1 日より前に稼働した低炭素発電機（風力、太陽光、原子力、水力発電施設など）による 1 時間あたりの発電量の 5%が増分要件を満たすものとみなす。

<コメント募集内容>

- ・既存の化石燃料発電に CCS 機能を付加することを(EAC 除却前の 36 か月以内)増分とみなすべきか。また、どこまで CO2 回収されていれば低炭素電源と言えるか?それを水素製造に使うことで、電力網全体での CO2 排出増にはつながらないか?
- ・低炭素電源設備が、水素製造施設との関係で廃止回避の可能性が高い場合に増分とするか?
- ・出力抑制期間に低炭素電力を使って水素製造した場合を増分とするか、その場合どのように証明し手続きをすべきか?
- ・地域全体が低炭素電力である場合、または新設電源全て低炭素であることを政策的に規制している地域で水素製造を実施した場合を増分とするか、その場合の証明、手続きは?
- ・独立した低炭素発電機をグリッドに接続して水素製造をおこなった場合、増分(置き換えられたエネルギーによって)とするか?その場合の証明、手続きは?
- ・既存の低炭素発電機による発電量の 5%を(廃止回避、出力抑制分として置いて)増分とする代替手法と数値の妥当性。特定の状況や地域においては、最大 10%などの、より高い数値を設定すべきか?

・ Temporal Matching/同時性

<規則>

- ・一時間ごとのマッチングを、同時性の一般規則とする。
- ・一時間ごとマッチングのトラッキングシステムの整備には時間を要することから、暫定規則として、2028 年 1 月 1 日より前に生成された電力を同じ暦年に水素を製造するために使用される場合、同時性に適合するものとする。

<コメント募集>

暫定規則の時間別照合に移行する適切な時期、トラッキングシステム開発、および時間ごとの EAC の市場開発の予測タイムラインについてのコメントを求めている。

・ Deliverability/供給性

<規則>

- ・ EAC によって表される電力が関連する水素製造施設と同じ地域 (DOE が National Transmission Needs Study に基づき分割)にある電源によって生成された場合、EAC が供給性要件を満たすことを規定する。

<コメント募集>

たとえ 2 つの発電施設が同じ地域にない場合、クリーン発電機が米国外にある場合でも、発電施設から水素製造施設に電気が実際に配達可能であることを示す状況など、供給性を確立する追加の方法があるかどうか

<RNG/逸散メタンの扱い>

- RNG: 再生可能天然ガス(メタン)、 renewable natural gas。バイオ、糞尿など。
- 逸散メタン: fugitive methane、炭鉱の操業などで発生して、通常はそのまま大気に放出されているメタン。

いずれも、パイプライン供給の場合は一般的な天然ガスと混合されるため、系統電力と同じように、ブック・アンド・クレイムによる管理規則が必要。

- ・ブック・アンド・クレイムに用いるシステム

RNG/逸散メタンの「属性証明書」を取得、維持、除却するシステムを検討中。

- ・トラッキングシステム

検討中、現システムは機能不十分。

- ・Incrementality/増分性

<規程>

・RNG または逸散メタンを用いた水素製造で低炭素化を申告する場合、その RNG または逸散メタンの「最初の生産的利用(水素製造と同一課税年)であること。但し、大気放出、フレアは「生産的利用」からは除外。

<コメント募集>

- ・「最初の生産的利用」に関する潜在的条件についてコメントを求める。
- ・バイオガスと RNG のどのような使用条件が、バイオガスと RNG を使用した水素製造からの間接排出の影響を反映し、リスクを軽減することを保証するか?
- ・RNG または逸散メタンの最初の生産的使用 はどのように定義され、文書化され、検証されるべきか?
- ・追加の廃棄物の生産、低排出の処分方法からの廃棄物の転用等を、規則を通じてどのように制限できるか
- ・特定の逸散メタン発生源に関連する適切なライフサイクル分析の考慮事項、およびこれらからのメタンを評価する方法についてのコメントを求める。

- ・ Temporal Matching/同時性

- ・ Deliverability/供給性

いずれも、「水素製造におけるバイオガスおよび RNG または逸散メタンの使用による間接的な排出の影響を反映し、そのリスクを軽減するために、地理的または時間的な配送要件は必要か？ これらの要件はどのようなものであるべきか、また電子追跡システムはこれらの詳細を捕捉できるか？」についてコメント募集中。

- ・ その他

下記 2 点についてコメント募集

①RNG または逸散メタンを水素生産者に輸送するさまざまな方法（たとえば、車両輸送、パイプライン）に関連する排出量は何か？

②水素製造プロセスで使用された場合、バイオガス、RNG、または逸散メタンの他の新たな用途は、将来どのような影響を受ける可能性があるか？

<計算モデル>

- ・ 45V GREET

- ・ 下記の論点についてコメント募集

- ・ 送電線と配電線の損失を説明するために別の処理がより適切であるかどうか
- ・ RNG または逸散メタンの輸送からの排出量を見積もったり、RNG または逸散メタンの使用に関する規則を確立したりする際に、既存の天然ガスパイプラインシステム全体でのメタン漏洩の変動をどのように考慮すべきか？
- ・ RNG または逸散メタンが注入および回収される場所、RNG または逸散メタンが注入および回収される場所間の距離、季節、パイプラインの年齢、またはその他の要因などの要因に基づいて、メタン漏洩率をどのように推定すべきか？ これを裏付けるデータや分析はあるか？
- ・ RNG に依存する水素製造経路のライフサイクル GHG 排出量を評価するには、どのような反事実的な仮定とデータを使用する必要があるか？ ベントは一部の経路にとって適切な反事実的な仮定か？
- ・ バイオガスおよび RNG ベースの一次エネルギー利用比（Primary Energy Ratio： PER）を評価するには、どのような基準を使用する必要があるか？

- ・ 第三者が違ふと証明しない限り、保守的なデフォルトのパラメータと反事実シナリオ⁸を使用すべきなのか？

②GREET” Deliverability、Temporal matching、Incrementality”関連規則提案

算定に用いられる、“Guidelines to Determine Well-to-Gate Greenhouse Gas (GHG) Emissions of Hydrogen Production Pathways using 45VH2-GREET 2023” (2023 年 12 月公表)より、関連の特記事項を抜粋して示す。

<メタン改質での蒸気副産物の算入と CCS を伴う場合の除外>

- ・ メタン改質では、蒸気を副産物として入力できる。生成される蒸気と水素の合計エネルギーの 17.6%が上限。
- ・ CCS を伴う場合、蒸気を副産物とすることはできない。蒸気は CCS プラントに電力を供給するとみなされるため。

<埋め立てガス(LFG)の扱い>

- ・ 水素製造に用いない場合は、燃焼処理されるという反事実シナリオを想定して、LFG 改質に関連する排出量を特徴付ける。

<発電原単位のバックグラウンドデータと送電ロス>

- ・ GREET は、発電に関連する排出量推定値を設定。
- ・ 推定値には 4.9%の送電中ロスの仮定が含まれる。
- ・ 推定値はアルゴンヌ国立研究所（Argonne National Laboratory：ANL）チームの最新分析に基づいて更新。
- ・ 2023 における排出係数は表 3-1 を参照。

⁸ 「反事実シナリオ（Counterfactual Scenario）」は、実際には起こらなかったが、「もしこうだったら」という仮定のもとで設定されるシナリオのこと。この概念は、因果関係の理解や政策評価など、さまざまな分野で用いられる。

表 3-1

45VH2-GREET 2023 における各種一次エネルギー源からの発電排出係数

Primary Energy Source	一次エネルギー源	kgCO2e/kWhe
Residual oil	残油	1.1
Natural gas	天然ガス	0.54
Coal	石炭	1.1
Uranium (nuclear power)	ウラン（原子力）	0.0028
Combustion of logging residue	伐採残渣の燃焼	0.052
Hydropower	水力発電	0
Geothermal energy	地熱エネルギー	0.096
Wind	風力	0
Solar	太陽光	0

出典：各種調査に基づき JH2A が作成

<上流メタン(Well)のバックグラウンドデータ>

- ・天然ガス回収プロセスとガス処理、輸送中のメタン漏洩が、改質器で消費されるメタンの約 0.9% に相当と想定
- ・上流メタンの排出は、今後の改善が期待されるため、GREET の将来バージョンには、そうした改善が反映される。

<副産物の「システム拡張」による計上>

- ・副産物計算の方法は、「システム拡張」（「置換法」とも呼ばれる）、ISO 14044:2006 に準拠。
- ・下表は、GREET2023 でシミュレートできる副産物と、それに使用されるアプローチ。この表

表 3-2

45VH2-GREET 2023 における副産物と計上メカニズム

Co-product	Accounting Mechanism	副産物	計上メカニズム
Steam	System Expansion	蒸気	システム拡張
Oxygen	System Expansion	酸素	システム拡張
Nitrogen	System Expansion	窒素	システム拡張

出典：各種調査に基づき JH2A が作成

<電力の供給源>

- ・消費される電力の供給源は、(1)特定の発電機または発電機の組み合わせからの電力、(2)水素製造施設が所在する北米電力信頼性協会（NERC）地域の年間平均グリッドミックス、のいずれかを指定できる。

(1)特定の発電機または発電機の組み合わせからの電力

- ・ (a) 45VH2-GREET で対象発電設備の排出プロファイル（太陽光、風力、地熱、水力、原子力、CCS の有無にかかわらず天然ガスタービン、石炭、残留油燃焼、伐採後の廃材燃焼）が利用可能であり、(b) 特定の暦年に対象発電設備から供給されたと主張する電力は、45V NPRM で規定された特定の基準(増分性、同時性、供給性)を満たす適格 EAC の購入および除却による検証を条件として、特定タイプの発電機及び、その組み合わせに関連付けられた排出率を使用できる。
- ・ 45VH2-GREET は、排出量を確認する際に、生成電力の 4.9%が送配電ロスで失われると想定。

(2)水素製造施設が所在する NERC 地域の年間平均グリッドミックス

- ・ (1)を選択しない場合、または適格 EAC を確保できない場合は、その電力が、GREET で定める水素生産者が所在する NERC 地域の電力の年間平均排出強度を想定する。GREET は現在、それぞれの地域で各タイプの発電機によって供給される電力の割合と、生成された電力の 4.9%が送配電ロスという想定に基づいて、電力の排出量を決定している

<電力供給地域割り>

- ・ 45NPRM では、電力が、適格なクリーン水素製造施設と同じ米国地域にある電源によって生成される場合、供給性を満たすと規定。
- ・ 「地域」は、DOE による National Transmission Needs Study (2023/10/3 ニーズ調査) から導き出された地域と定義。
- ・ ニーズ調査で定義された地域と米国のバランシング機関を図、表に示す。アラスカとハワイは 2 つの追加地域として扱われる。同様に、各米国領土は個別の地域と見なされる。

表 3-3

45V 地域ごとのバランシング機関

Balancing Authority (from Velocity Suite)	45V region	Balancing Authority (from Velocity Suite)	45V region
Balancing Authority of Northern California	California	Avangrid Renewables LCC	Northwest
California Independent System Operator (Balancing Authority)	California	Avista Corp	Northwest
Imperial Irrigation District	California	Bonneville Power Administration	Northwest
Los Angeles Dept of Water & Power	California	Gridforce Energy Management LLC	Northwest
Turlock Irrigation District	California	Idaho Power Co	Northwest
Midcontinent ISO (Balancing Authority): South, see map	Delta	PacifiCorp West	Northwest
Duke Energy Florida Inc	Florida	Portland General Electric	Northwest
Florida Municipal Power Pool	Florida	PUD No 1 of Chelan County	Northwest
Florida Power & Light	Florida	PUD No 1 of Douglas County	Northwest
Gainesville Regional Utilities	Florida	PUD No 2 of Grant County	Northwest
Homestead (City of)	Florida	Puget Sound Energy Inc	Northwest
JEA	Florida	Seattle City Light	Northwest
New Smyrna Beach Utilities Commission	Florida	Tacoma Power	Northwest
Reedy Creek Improvement District	Florida	Southwest Power Pool (Balancing Authority)	Plains
Seminole Electric Coop Inc	Florida	Southwestern Power Administration	Plains
Tallahassee FL (City of)	Florida	Alcoa Power Generating Inc Yadkin Division	Southeast
Tampa Electric Co	Florida	Duke Energy Carolinas LLC	Southeast
East Kentucky Power Coop Inc	Mid-Atlantic	Duke Energy Progress East	Southeast
LG&E & KU Services Co	Mid-Atlantic	Duke Energy Progress West	Southeast
Ohio Valley Electric Corp	Mid-Atlantic	PowerSouth Energy Coop	Southeast
PJM Interconnection	Mid-Atlantic	South Carolina Electric & Gas Co	Southeast
Associated Electric Coop Inc	Midwest	South Carolina Public Service Authority	Southeast
Electric Energy Inc	Midwest	Southeastern Power Administration (Southern)	Southeast
Gridliance Heartland	Midwest	Southern Co Services Inc	Southeast
Midcontinent ISO (Balancing Authority): North, see map	Midwest	Tennessee Valley Authority	Southeast
NaturEner Power Watch LLC (GWA)	Mountain	Arizona Public Service Co	Southwest
NaturEner Wind Watch LLC	Mountain	Arlington Valley LLC	Southwest
Nevada Power Co	Mountain	El Paso Electric	Southwest
Northwestern Energy	Mountain	Gila River Power LLC	Southwest
PacifiCorp East	Mountain	Griffith Energy LLC	Southwest
Public Service Co of Colorado	Mountain	New Harquahala Generating Co LLC	Southwest
WAPA Rocky Mountain Region	Mountain	Public Service Co of New Mexico	Southwest
WAPA Upper Great Plains West	Mountain	Salt River Project	Southwest
New England ISO (Balancing Authority)	New England	Tucson Electric Power Co	Southwest
Northern Maine	New England	WAPA Desert Southwest Region	Southwest
New York ISO (Balancing Authority)	New York	ERCOT ISO (Balancing Authority)	Texas

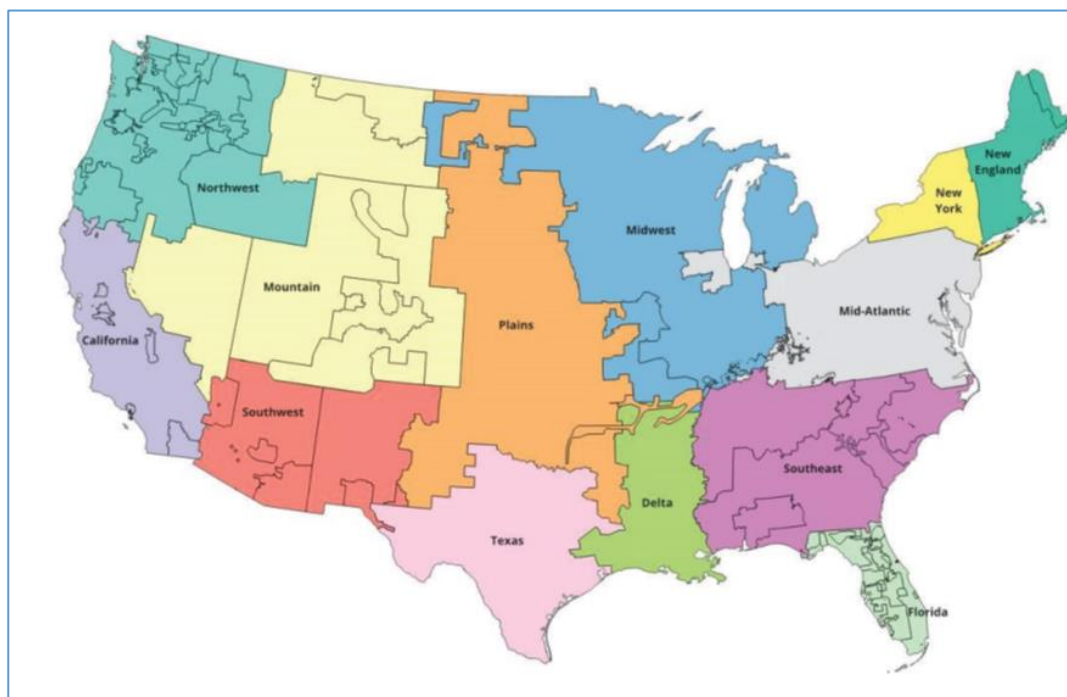


図 3-4 ニーズ調査に基づく 45V 地域割

出典：DOE HP

③ガイドライン案に対するパブコメ

IRS は、2023 年 12 月 22 日に公表した“Section 45V Credit for Production of Clean Hydrogen; Section 48(a)(15) Election to Treat Clean Hydrogen Production Facilities as Energy Property” に対して、24 年 3 月 4 日締め切りでパブリックコメントを募集し、13,466 件を受領した。パブリックコメントの中から、水素ハブ PJ(DOE 補助金採択 7 か所)からのコメント概要を示す。

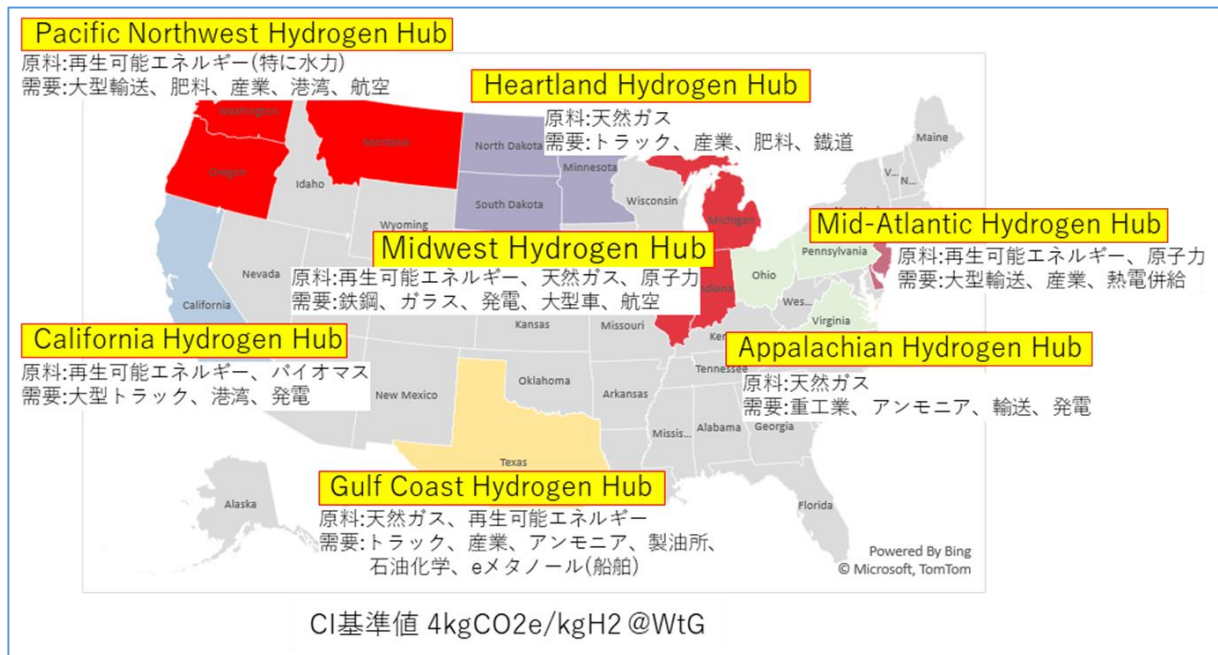


図 3-5 水素ハブ プロジェクト一覧

出典：各種調査に基づき JH2A が作成

0. 水素ハブ PJ(7 か所)連名パブリックコメント

- ・水素ハブのリーダーとして、米国のクリーン水素産業を加速させるバイデン大統領の取り組みを強く支持し、クリーンエネルギーを推進する彼のリーダーシップに感謝している。
- ・我々は、2050 年までに実質ゼロ排出を達成するというバイデン政権の目標に同意している。
- ・H2Hubs、クリーンな水素はアメリカがこの目標を達成するために不可欠な要素である。
- ・しかし、米国財務省が提案した狭いガイダンスについて、国内のクリーン水素産業全体に広範なマイナスの影響を与える可能性があるという水素ハブ PJ 共通の懸念を表明する。
- ・7 つの H2Hub はクリーン水素への民間投資で 400 億ドルを生み出し、米国で最大 334,280 の直接雇用をサポートすると予想されている。
- ・残念ながら、これらの投資と雇用を生み出すプロジェクトの多くは、現状のガイダンスのもとでは経済的に実行不可能であり、これらの投資と雇用が完全に実現することはない。
- ・水素製造税額控除に関するガイダンス案を再考し修正するよう強く求める。

1. Appalachian Hydrogen Hub (ARCH2)

水素製造用電力の扱い	Incrementality /増分性	立地制限により増分性要件に対応する発電所の設置・稼働困難
	Temporal Matching /同時性	提案では、「すでに「供用開始」または「建設開始」している場合でも、すべての施設は2028年までに時間単位に切り替える必要がある」としている。この確実性の欠如により、プロジェクトファイナンスは不安定になる
RNG/逃散メタンの扱い	全体コメント	ARCH2 地域に豊富に存在する天然ガスなどの低コストの原料を必要とする初期段階の産業を罰することにより、水素経済の進化を損なう規程である。
	Incrementality /増分性	" First productive use" 要件、及び立地制限により増分性要件には対応困難
計算モデル		45V GREET には既存の GREET モデルの機能が欠けており、用途が制限される。 ✓ 産業排ガスや炭鉱メタンの(CMM)利用が含まれていない ✓ 国平均の天然ガス田炭素集約度をデフォルト値として設定⇒責任ある天然ガス生産者のメタン漏洩削減意欲を阻害

2. California Hydrogen Hub (ARCHES)

水素製造用電力の扱い	Incrementality /増分性	・グリッド電源を用いた水素製造が制限され、電力適用が困難である重量車向け(ディーゼル代替)や港湾向けの水素生産が制限され、結果的にCO2も大気汚染も削減されない。 ・余剰再生可能エネルギーが、増分性の対象とされていない。国の方針と異なる。 ・カリフォルニアはすでに、新規発電所の全てを再生可能としている。ここで、水素について増分性を云々されると、水素製造PJが立ち上がらなくなる。
	Temporal Matching /同時性	・カリフォルニアのような再生可能ポートフォリオ規制を持つ州では、将来の時間単位でのマッチングは、コストアップ(約2倍と試算)であり、柔軟性と投資予見性を損なうばかりで、CO2削減の実効性はない
	Deliverability /供給性	・原案は、単純に地理的に分割されており、実務的ではない。例えば、カリフォルニアが用いているWestern Renewable Energy Generation Information Systemは、11の州にまたがり、バランシングで成功を収めている。"Region"の定義を実態に即したものにすべきである。

3. Gulf Coast Hydrogen Hub (HyVelocity H2Hub)

全体コメント		・単なる年間総計ではなく、任意の期間にわたって PTC(Clean Hydrogen Production Tax Credit) を請求できるようにすべき。 ・個別の独立した生産ラインを持つ納税者が45Vと45Q クレジットの両方を受け取る資格があることを明記してほしい。
水素製造用電力の扱い	全体コメント	・プロジェクトの存続期間中、建設開始時に導入されている規制を使用できる "grandfathered exemption" を付与すべき。 ・2033/1/1より前に建設を開始する送電網接続プロジェクトは、PTC の存続期間中は年次マッチングを維持し、増分性と地域性の要件を免除することが許可されるべき
	Incrementality / 増分性	・2032 年まで開始すべきではない。 ・水素製造の36か月以上前に建設完了、あるいは既存の再生可能電源の10%を使用する許可を含めるべき。 ・10%を超える抑制が行われている地域で水素が生産される場合、10%を超える実際の削減を証明するための手段を与えるべき。
	Temporal Matching / 同時性	2028年での時間単位マッチングは推奨されない。現行の再生可能エネルギークレジット (REC) では暦年であり、時間単位は水素製造のために始めようとするもの。移行期間が必要であり、少なくとも2032年までは実現不可能。
	Deliverability / 供給性	・2030年より前に建設が開始されるプロジェクトの場合、EAC は、確立された6つの北米電力信頼性協会 (NERC) 地域によって制御される必要がある。
RNG/逃散メタンの扱い	全体コメント	・RNGには「三本柱」を適用しないことの確認を要求する。
	Book&Claim システム	・再生可能燃料基準 (RFS) および低炭素燃料基準 (LCFS) プログラムに基づく既存の実証および文書化プロトコルを使用して、ブックアンドクレームの遵守を実証できるようにすべき。
	Incrementality / 増分性	・「first productive use」要件は、新規PJの価値に重大な差異を引き起こし、市場の歪みと既存PJの座礁リスクを引き起こす可能性があるため、含めるべきではない。
	Temporal Matching / 同時性	・パイプラインは送電網とは異なり、時間一致の問題は生じない。 要件とすべきではない。
計算モデル		・天然ガス上流のCIが平均の数値で固定されている。事業者による削減努力が反映されるべき ・モデルが変更された場合でも、どちらを使うか事業者が選択できるようにすべき ・納税者がメーターで測定した副産物蒸気を入力できるようにするべき。

4. Heartland Hydrogen Hub (HH2H)

水素製造用電力の扱い	全体コメント	3つの属性は送電網の混雑の増加につながり、再生可能発電の効率的な構築には逆効果。Incrementality要件だけでもEAC コストが60%～165% 増加する可能性あり。
	Incrementality /増分性	・発電設備「36か月以内新設」は再生可能資源と原子力資源の使用を妨げることになる。また、投資決定に不必要なリスクをもたらす。 ・既存再生可能発電からの増分閾値は少なくとも10%とすべき。
	Temporal Matching /同時性	・2028年に予定されている時間単位マッチングは、2033年以前での実現は不可能。
	Deliverability /供給性	・DOEの全国送電ニーズ調査 (NTNS) に基づく地域割ではなく、実際の伝送路に基づく運用を検討すべき
RNG/逃散メタンの扱い	Incrementality /増分性	・「最初の生産的利用」であることは、不必要で過度に制限的な要件。水素製造プラントの建設にはRNG施設(約2年) よりもはるかに長い時間がかかる。(約3～4年)。これは、水素製造に必要な新たな低CI原料を確保することが水素プロジェクトの開発途中まで不可能であることを意味する。
	Temporal Matching /同時性	・RNG取引は多くの場合、四半期または年間の最低取引量で「生成されたまま」に構成される。このシステムは現在、再生可能燃料基準で採用されている。
	Deliverability /供給性	・電力EACに定義されている地域と同様の地域に制限すると、RNG開発の進捗だけでなく、ブルー水素のクレジットへのアクセスも損なわれる可能性がある。

5. Mid-Atlantic Hydrogen Hub (MACH2)

水素製造用電力の扱い	Incrementality /増分性	・既存の原子力発電所の少なくとも10%が全額クレジットの対象となることが重要。 ・再生可能電力についても、少なくとも10%とすべき。
	Temporal Matching /同時性	・時間単位のマッチングは、グリーンとピンクの水素製造施設に運用上の課題をもたらし、また、初期段階では相当な水素コストプレミアム(最大60%)を伴う。 ・EUに合わせて、特定の条件下での延長パラメータを含め、2030 年から時間単位とすることを推奨する。
	Deliverability /供給性	・PJが建設されている地域内で妥当な価格で利用できるEAC確保困難を証明できる限定的なケースでは、小規模で期間限定の免除を推奨する。 ・10のNERC地域のみ分割すると、ローカルグリッドの詳細が正確に反映されない可能性があり、炭素集約度 (CI) スコアに影響を与える。

6. Midwest Alliance for Clean Hydrogen (MachH2)

水素製造用電力の扱い	Incrementality /増分性	既存のゼロカーボン発電の少なくとも10%を免除することが合理的かつ保守的であり、プラスの経済的成果をもたらす。EIA予測では、発電抑制は2033年までに10%、2040年までに20%を超えると予測。
	Temporal Matching /同時性	例えば2028年以降の時間マッチングへの変更のようにプロジェクトの生産税額控除(PTC)の有効期間内にルールが変更されないようにすることが重要。長期(10年以上)の電力購入契約(PPA)を結ぶことが困難になる。
RNG/逸散メタンの扱い	全体コメント	再生可能天然ガス(RNG)の「マスバランス」に関する明確なルールが不可欠。
	Book&Claim システム	EPAは、再生可能燃料基準(RFS)プログラムを20年近く管理してきた。EPA仲介取引システム(EMTS)を通じてRNGのマスバランスを管理できる。このシステムを水素にも適用すべき。

7 Pacific Northwest Hydrogen Hub (PNWH2)

水素製造用電力の扱い	全体コメント	「3つの柱」アプローチの適用により、PNWH2の経済的実現可能性、さらに一般的には太平洋岸北西部における大規模な電解水素開発に重大な複雑性が生じるのではないかと懸念、ハブプロジェクトのコストを約45%から300%増加させると見積もられている。 ・当該州が、強制力ある100%クリーン電力基準を制定している場合、「3つの柱」を満たしているとみなすべきである。
	Temporal Matching /同時性	太平洋岸北西部の豊富な炭素フリー電力の貢献が考慮されておらず、この地域での過剰建設を促進し、プロジェクトの遅延と水素製造コストの大幅な増加につながる。
	Deliverability /供給性	NREL送電調査ではなく、現在のFERC電力市場を地域のエネルギー源の基礎として使用すべき。
計算モデル		・建設開始時に有効な45VH2-GREETモデルをクレジットの適用範囲全体にわたって使用すべき。

3.2.1.2 カリフォルニア LCFS 改訂とブック・アンド・クレイム要件

カリフォルニア州では、輸送用燃料の WtW(Well to Wheel)での低炭素化を目指した「LCFS(Low Carbon Fuel Standard)」制度が、2009 年から運用されている。Cap(規制)&Trade(クレジット)を用いた、ZEV 規制の燃料版とも言うべきものである。

この制度では大枠としての規制(Carbon Intensity=炭素集約度目標遵守の義務化)を前提としつつ、「炭素税」のように行政が間に入るのではなく、民間同士のクレジットを売り買い(ビジネス)を CO2 削減につなげるという、広い意味で市場原理を活用した CO2 削減策ともいえる。

当初は、自動車用燃料へのバイオ燃料導入が目的であったが、何回かの見直しにより、ジェット燃料、水素、電力、製油所オペレーションや石油採掘における CO2 削減(水素利用も含む)、CCS(Carbon Capture and Storage 又は Sequestration、CO2 回収・貯留)、そして水素ステーションや充電スタンドの運営などにも適用されるようになった。

これまでは、目標設定が 2030 年までであったことや、低炭素化をめぐる世界的な動きにも対応し、2024 年 12 月に大幅な改訂案が CARB 理事会で承認された。

当制度は、現在、IPHE や IEA で検討が進められている水素供給における持続可能性のグローバルな認証制度、ISO で 2023 年での Technical Specification (TS) 発行に至った水素の炭素集約度の評価方法、また、CCS をビジネスとして成立させるための先駆的な取り組みとも言えることから、改訂案と、IRA の水素ガイドラインでも論点となっているブック&クレーム、水素製造における電力の扱いに関する規程にフォーカスして取り纏めた。

① 制度概要

- ・ LCFS は輸送用燃料の CI (= Well to Wheel の Carbon Intensity、gCO₂/MJ)を、2010 年実績をベースに、2030 年までに 20%*減らすことを目的とした制度。
- ・ 燃料を製造・販売する業者は、政府の設定した目標に従って、製造や販売する燃料の炭素強度(CI)を減らすことが求められる。
- ・ 目標以上達成で Credit 獲得、目標以下だと Deficit 発生。
- ・ 毎年 1 月 1 日～12 月 31 日の期間で Credits-Deficits>0 が求められる。期限内で未達の場合は最大 1,000 \$ /tCO₂ のペナルティ。
- ・ Credit は民間同士で売買可能。
- ・ 今回の改訂で、2030 年以降の基準値、2030 目標を改訂。

表 3-4

LCFS 平均 CI 目標(基準値) 小型車(ガソリン代替)ケース

Year	Average Carbon Intensity (gCO ₂ e/MJ)	Year	Average Carbon Intensity (gCO ₂ e/MJ)
2010	Reporting Only		
2011*	95.61	2021	90.74
2012	95.37	2022	89.50
2013**	97.96	2023	88.25
2014	97.96	2024	87.01
2015	97.96	2025	85.77
2016***	96.50	2026	84.52
2017	95.02	2027	83.28
2018	93.55	2028	82.04
2019****	93.23	2029	80.80
2020	91.98	2030 and subsequent years	79.55

出典:CARB LEGAL DISCLAIMER & USER'S NOTICE
Unofficial electronic version of the Low Carbon Fuel Standard Regulation

・クレジットの取得方法は3種類

✓輸送用低炭素燃料(例えば、バイオ燃料や再生可能電力・水素)の供給。”Fuel Pathways”

⇒もともとの仕組み

✓低炭素化プロジェクト(例えば、CCS や再生可能水素適用による原油生産・製油所の CO₂ 削減や、CO₂ 大気直接回収による CCS など)の実行。”Project-Based Crediting”

⇒2019 年に追加制定

✓急速充電スタンドや水素ステーションの運営。ステーション能力から販売量を引いた分だけクレジット獲得”Capacity-Based Crediting”

⇒2019 年に追加制定

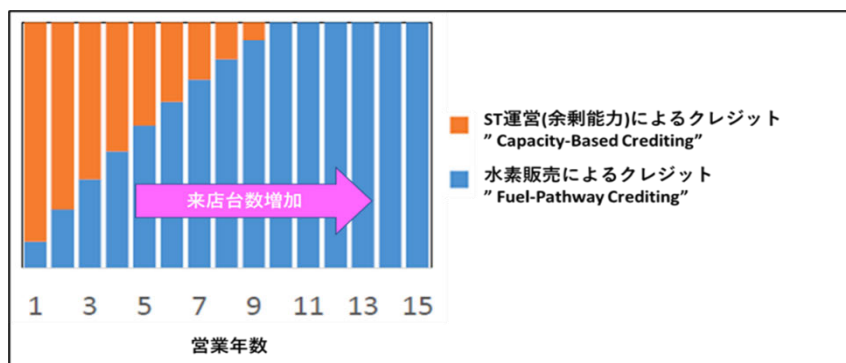


図 3-6 クレジットと営業年数相関

出典：各種調査に基づき JH2A が作成

② 改訂案の概要

- ・ 2030 年以降の基準値設定と、2030 年までの強化

表 3-5 LCFS 平均 CI 目標(基準値)改訂案
小型車(ガソリン代替)ケース、gCO₂/MJ

年	現規制	改訂案	年	現規制	改訂案
2010	報告	-	2031	-	64.94 δ
2011*	95.61	-	2032	-	60.48 δ
2012	95.37	-	2033	-	56.02 δ
2013**	97.96	-	2034	-	51.55 δ
2014	97.96	-	2035	-	47.09 δ
2015	97.96	-	2036	-	42.63 δ
2016***	96.50	-	2037	-	38.17 δ
2017	95.02	-	2038	-	33.71
2018	93.55	-	2039	-	29.24 δ
2019***	93.23	-	2040	-	24.78 δ
2020	91.98	91.98	2041	-	21.81 δ
2021	90.74	90.74	2042	-	18.83 δ
2022	89.50	89.50	2043	-	15.86 δ
2023	88.25	88.25	2044	-	12.88 δ
2024	87.01	87.01	2045以降	-	9.91 δ
2025 ab	85.77	80.55			
2026	84.52	78.32			
2027	83.28	76.09			
2028	82.04	73.86 δ			
2029	80.80	71.63 δ			
2030以降	79.55	-			
2030	-	69.40 δ			

- ・ ” Capacity-Based Crediting”の延長と、大型車/小型車制度の分離。

⇒2025 年までの予定を 2030 年まで延長(申請ベース)。小型車、中大型車に分離して、それぞれに補助率、能力要件、設置場所要件を設定(強化)。クレジット生成期間は申請後 10 年間。小型車用 St の設置場所要件:恵まれない地域、低所得地域、または農村地域中大型車用 St の設置場所要件:連邦道路管理局による水素代替燃料回廊/hydrogen Federal Highway Administration Alternative Fuel Corridor から 1 マイル以内、または、中大型車の夜間駐車に使用される敷地/隣接する敷地に位置すること、等。

- ・ クレジット市場に応じたベンチマークの自動強化メカニズムの導入

⇒市場でのクレジットがデフィシットに対して大幅に上回った場合に(前年にクレジット>デフィシット、かつ、直近四半期で3倍以上)基準値は一年前倒しで強化。2028年より導入クレジット過剰をうけて、一時は200\$/CO₂t 超えていたクレジット価格が、現在は70\$程度まで下落したことを受けた対策。

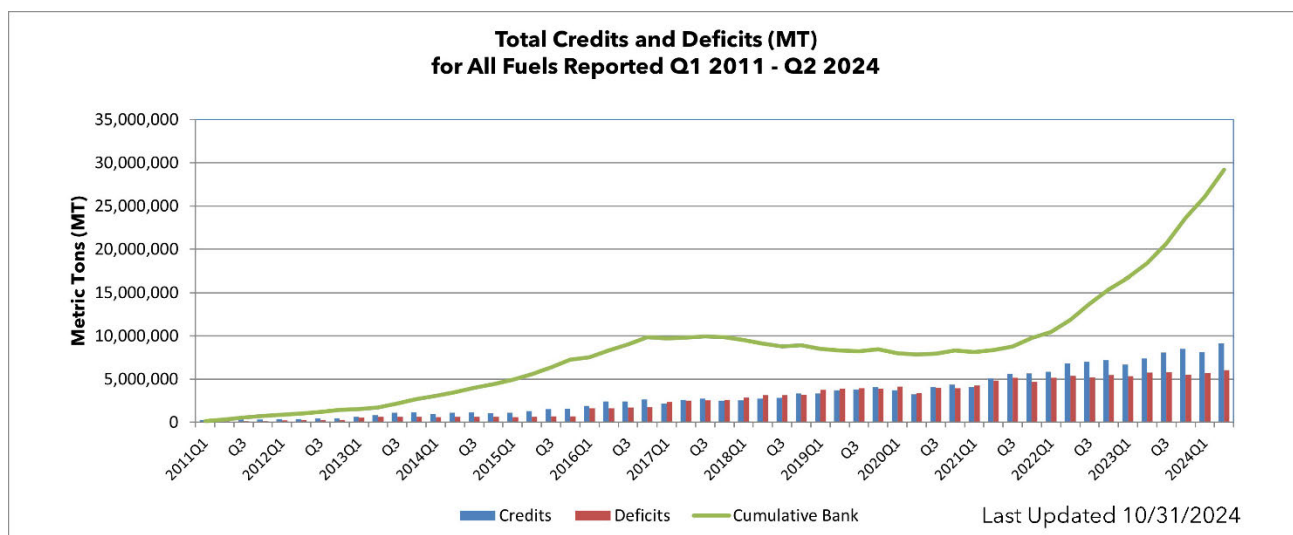


図 3-7 クレジットーデフィシットバランスの現状
出典: CARB LCFS Data Dashboard
[LCFS Data Dashboard | California Air Resources Board](#)(2025年2月18日閲覧)

③ 電力関連 CI 値の算定基準と B&C 計上

- ・電力並びに電力による水素製造の CI 算定手順を示す

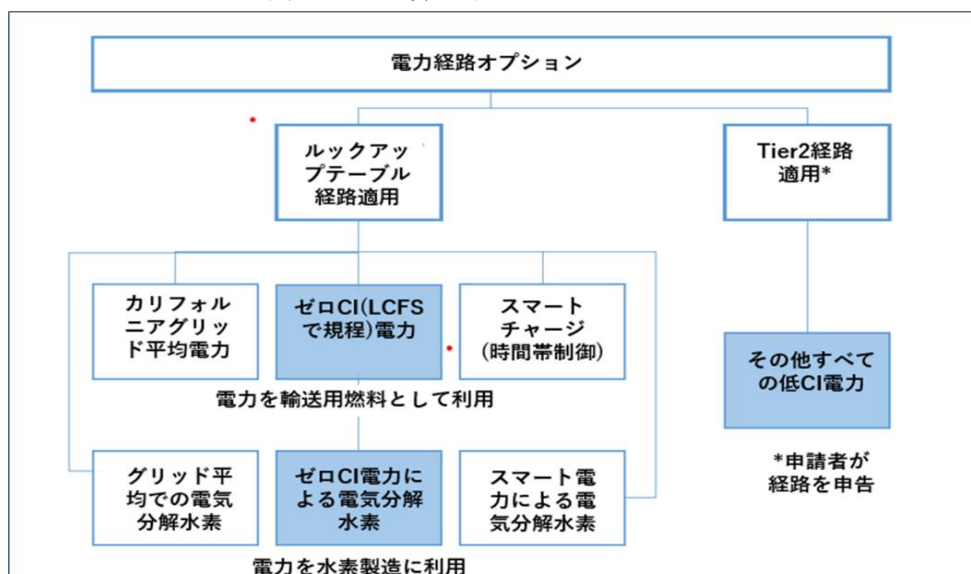


図 3-8 電力並びに電力による水素製造の CI 算定手順
出典: Low Carbon Fuel Standard (LCFS) Guidance 19-01

Book-and-Claim Accounting for Low-CI Electricity

- ・青バック経路の CI 値算定で、B&C(グリッド電力)計上が認められている
- ・電力利用(EV 用)と、電解水素製造(FCV 用)の両方で適用。

ルックアップテーブル経路:CARB 既定の製造・供給方法

Tier2 経路:事業者自ら製造・供給方法を申請

④ IRA 水素ガイドラインとの比較

- ・グリッド経由低炭素電力の B&C 要件(「三本柱」等)を、IRA ガイドライン案と比較
- ・なお、IRA での適用対象は「水素製造用」という表現、LCFS の適用対象は「充電」と「電解水素製造用」。

<出典>

IRA:"IRA 45V"Section 45V Credit for Production of Clean Hydrogen; Section 48(a)(15)
Election To Treat Clean Hydrogen Production Facilities as Energy Property

LCFS:"LCFS" California Code of Regulations "Title 17. Public Health" "Division 3. Air
Resources" "Chapter 1. Air Resources Board" "Subchapter 10. Climate Change" "Subchapter
10. Climate Change" "Article 4. Regulations to Achieve Greenhouse Gas Emission
Reductions" "Subarticle 7. Low Carbon Fuel Standard"

及び"Low Carbon Fuel Standard (LCFS) Guidance 19-01Book-and-Claim Accounting for Low-
CI Electricity"

<ブック・アンド・クレイム に用いるシステム>

- ・IRA は"EAC" Eligible Energy Attribute Certificate Requirements、
LCFS は"RECs"Renewable Energy Certificates(いずれも証書の類) を用いて計上。
- ・証書を発行するトラッキングシステム(事業団体)は

IRA:全米の主要 8 システムを例示(下記の WREGIS 含む)

LCFS:原則として西海岸地域の Western Electric Coordinating Council の WREGIS System

Western Electric Coordinating Council の Western Renewable Energy Generation System(WREGIS)概要

原則として Western Interconnection と、Western Electricity Coordinating Council
(WECC)と同じ地理的地域をカバー

✓WREGIS は、再エネ発電に関するデータを受信し、再エネ証明書(「REC」または「証

明書」)を作成し、証明書の移転を WREGIS システム内で登録し、レポートを作成できる、独立した Web ベースの再エネ登録および追跡システム。

✓顧客が支払う料金によって自立、また、政策に中立であることを目的としており、証明書が特定の規制プログラムまたは自主市場に適しているかどうかを決定することはない。

✓証明書(REC)は、出力に対してのみ MWh で発行される。

✓顧客アカウントは Active、Retirement、Reserve の三種類、規制適合を示す証書として用いるためには、証書を Active から Retirement に償却する(移す)。これにより、当該証書は、以降、他者との売買はできない。

表 3-6

電気(事業者)登録リスト例

Generator Name	Organization Name	Nameplate Capacity	Fuel Type
Kohl's - Murrieta #585	EDPR NA Distributed Generation, LLC	0.293	Solar
Rialto - Simpson Elementary School	Onyx Renewable Partners L.P.	0.104	Solar
Rialto - T. Hughbanks Elementary School	Onyx Renewable Partners L.P.	0.146	Solar
Tustin USD Phase II	Luminace REC Operating SB, LLC	0.156	Solar
Tustin USD Phase II	Luminace REC Operating SB, LLC	0.104	Solar
Castelanelli Bros Dairy	Maas Energy Works	0.3	Biogas
Tustin USD Phase II	Luminace REC Operating SB, LLC	0.156	Solar

出典：各種調査に基づき JH2A が作成

<Incrementality/Additionality 関連規程の対比>

- ・IRA は Incrementality、LCFS は Additionality

表 3-7 Incrementality/Additionality 関連規程の IRA/LCFS 比較

IRA		LCFS	
Incrementality /増分性	<規程案> ・発電施設のCOD ("commercial operations date" 稼働開始) が EAC(償却(使用)申請前の36 か月以内である場合、EAC は増分性要件を満たす。 ・EAC によって表される電力が、EACを除却した水素製造施設が稼働する前36 か月以内に改良された発電施設によって生成された場合、所定の計算手法により増分量を規定する。 ・既存の低炭素電源の①設備廃止回避、②出力抑制、③100%低炭素電力規制地域、等の状況での増分性規程(検討中)。その代替手法として、2023年1月1日より前に稼働した低炭素発電機(風力、太陽光、原子力、水力発電施設など)による1時間あたりの発電量の5%が増分要件を満たすものと	Additionality /追加性	・使用される低CI電力は、加州再生可能ポートフォリオ基準(RPS)の要件(州外で生産される電解水素は、その地域の再生可能要件)に追加して使用されること。追加性を証明するために、WREGISでRECを償却すること。 ・電解水素用の低CI電力は、2022年1月1日以降、または水素製造施設プロジェクトの開始後3年以内のいずれか遅い方に新規または拡張生産した低CI電力であること。

出典：各種調査に基づき JH2A が作成

- ・LCFS は、再生可能電力が規制されている(Renewable Portfolio Standard :RPS により特定のエネルギー供給者に対して一定の割合で再エネを供給することを義務付けている)ことから、

IRA のような Incrementality(既存の削減活動に依存せずに新たな削減努力を求める考え方)に基づく複雑な定義はない。水素製造においては、電解用の電力のみが対象となり、過剰な過料が発生することはない。

California Renewables Portfolio Standard 概要

出典:California Public Utilities Code sections 399.11-399.32

- ✓適格な再エネ資源からの電力調達が、2016 年 12 月 31 日までに小売販売の 25%、2020 年 12 月 31 日までに 33%、2024 年 12 月 31 日までに 40%、2027 年 12 月 31 日までに 45%、2030 年 12 月 31 日までに 50%。
- ✓再生可能とみなされない資源の例:河川内の有益な用途に悪影響を与えるか、流量または流量のタイミングに変化をもたらす水力発電、都市廃棄物燃焼による発電
- ✓バイオ発電の割り当て義務—750MW(～2013)、250MW(2013～)。バイオ発電の 60% は、枯れ木などによる森林火災のリスクがある地域の資源を用いること。
- ✓バイオメタンの生産、流通の促進。
- ✓再エネ技術の再生不可能な燃料の最小限の量を、その技術が電力を生成するために使用される燃料の総量の 2% を超えないレベルに設定する。

- ・IRA で物理的新設(36 か月以内)以外の「Incrementality」認定手段は
 - ①再エネ設備の廃業を救えたら OK
 - ②出力抑制を回避できたら OK
 - ③100%の再エネ地域は OK
 - ④暫定発電量の 5%(=保守的に見た出力抑制割合)は OK

<Temporal Matching/Time Limit 関連規程の対比>

- ・IRA は Temporal Matching、LCFS は Time Limit

表 3-8 Temporal Matching/Time Limit 関連規程の IRA/LCFS 比較

IRA		LCFS	
Temporal Matching/同時性	<規則> ・一時間ごとのマッチングを、同時性の一般規則とする。 ・一時間ごとマッチングのトラッキングシステムの整備には時間を要することから、暫定規則として、2028年1月1日より前に生成された電力を同じ暦年に水素を製造するために使用される場合、同時性に適合するものとする。	Time Limit/期限	・ブック&クレーム処理は、1 四半期のみに適用。低 CI 電力量（および関連する環境属性）が最初の暦四半期にグリッドに供給された場合、その量は同じ暦四半期に LCFS 報告のために請求される。その期間が終了すると、一致しない低 CI 電力量は LCFS 報告の目的では失効する。 ・低CI電力のB&Cは、遅くとも第 3 暦四半期末までに計上。

出典：各種資料に基づき JH2A が作成

- ・ LCFS は、同時性というよりは、報告期限のイメージながら、四半期ごとのマッチングが要件。
また、計上(REC 償却)できるのは第 3 四半期分まで

---CARB による手順解説は次ページ参照。

- ・ IRA は、2027 年までは年間マッチング、2028 年から 1 時間マッチング

LCFS での REC 償却(B&C 計上)手順

出典:Low Carbon Fuel Standard (LCFS) Guidance 19-01 Book-and-Claim Accounting for Low-CI Electricity

- ・ 四半期の供給量が、実績に基づいて、翌四半期に報告される。
- ・ 報告できるのは第 3 四半期分まで

第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
"X" MWh の発電	"X" MWh の発電量に対して、"X" の REC が WREGIS に登録される。		
第1四半期の電力供給量 (kWh)	第2四半期の電力供給量 (kWh)	第3四半期の電力供給量 (kWh)	
	第1四半期のデータ報告	第2四半期のデータ報告	第3四半期のデータ報告
	"X" の REC は、第1～3 四半期に供給・報告された電力量に合わせて償却。		

←-----→
ブックアンドクレーム計上は1～3四半期で認められる。

図 3-9 B&C 計上の 3 四半期制限(例)

出典：各種調査に基づき JH2A が作成

<Deliverability 関連規程の対比>

- ・ IRA、LCFS とともに"Deliverability"

表 3-9 Deliverability 関連規程の IRA/LCFS 比較

IRA		LCFS	
Deliverability/供給性	<規則> ・ EAC によって表される電力が関連する水素製造施設と同じ地域 (DOE が National Transmission Needs Study に基づき分割) にある電源によって生成された場合、EAC が供給性要件を満たすことを規定する。	Deliverability/供給性	加州バランシング機関 があるリソースによってグリッドに供給されること。州外のリソースから生成された電力の州内のグリッドに供給される場合、California Public Utilities Code section 399.16, subdivision (b)(1) の Deliverability 要件 (相互接続、1 時間ごとの供給確認等) を満たすこと。

出典：各種調査に基づき JH2A が作成



図 3-10 IRA 地域割と LCFS 地域割

出典：DOE HP、Western Electric Coordinating Council HP

[Front Page | Western Electricity Coordinating Council](#)(2025 年 2 月 18 日閲覧)

ただし、IRA の地域割は、LCFS の地域割と一致はしていない。

3.2.2 ブラジル

ブラジルは、豊富な再エネ資源と戦略的な地理的位置を活かし、国際的なパートナーシップを通じて大規模な水素プロジェクトを推進している。特に、セアラ州のペセム工業港湾複合施設に設立される「グリーン水素ハブ」は、年間 50 万トン以上のグリーン水素を生産し、欧州市場への輸出を目指している。このプロジェクトには、Fortescue Future Industries(豪州)や EDP(ポルトガル)などの国際的なエネルギー企業が参画し、持続可能なエネルギー供給拠点として期待されている。また、ブラジル政府は水素法を制定し、グリーン水素の生産、輸送、利用を支援する政策基盤を整備し、国内外の投資をさらに促進する動きを見せている。これらの取り組みは、ブラジル国内のエネルギー転換を加速させると同時に、世界的な脱炭素化への貢献も期待されている。



■ 水素戦略

2021 年 11 月にイギリス・ラスゴーにて開催された第 26 回気候変動枠組条約締結国会議(COP26)において、ブラジルのジョアキン・レイテ環境大臣は、2030 年までに温室効果ガス排出量を 2005 年の 50%に削減し、2050 年にカーボン・ニュートラルを実現することを目指すと宣言した。

2023 年、同国の電源構成は、水力発電 58.9%、風力発電 13.2%、バイオマス 8%、太陽光発電 7%となっており、再エネで約 90%を占めている。この高い再エネ比率から、一部のコンサルティング会社や調査会社は、ブラジルが将来的に水素生産の主要国となり、世界で最も生産コストの低いグリーン水素を供給する可能性があるとは指摘している。

実際に、大西洋に面したブラジル北東部では、豪州の Fortescue Metals や Enegix Energy が進める欧州や米国への輸出を目的とした水素関連プロジェクトが多数計画されている。

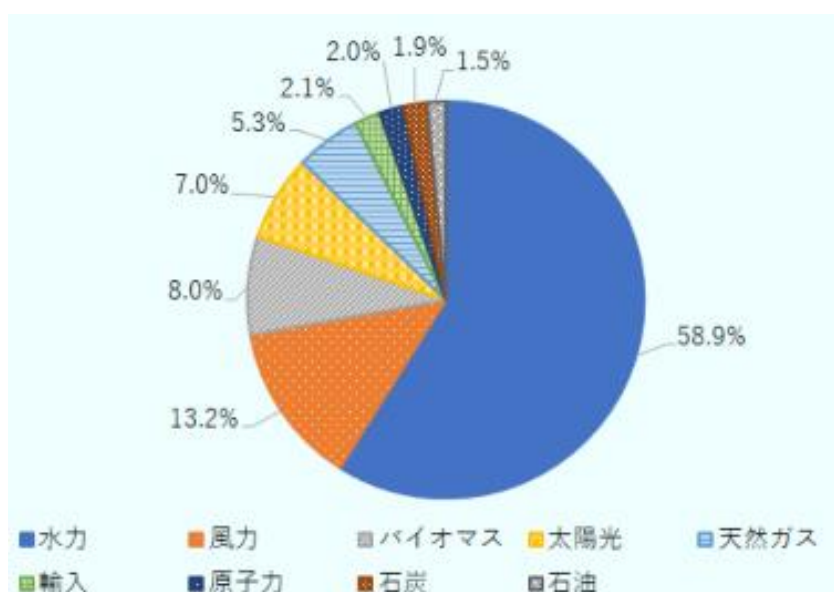


図 3-11 ブラジル電源構成

出典：ジェットロ

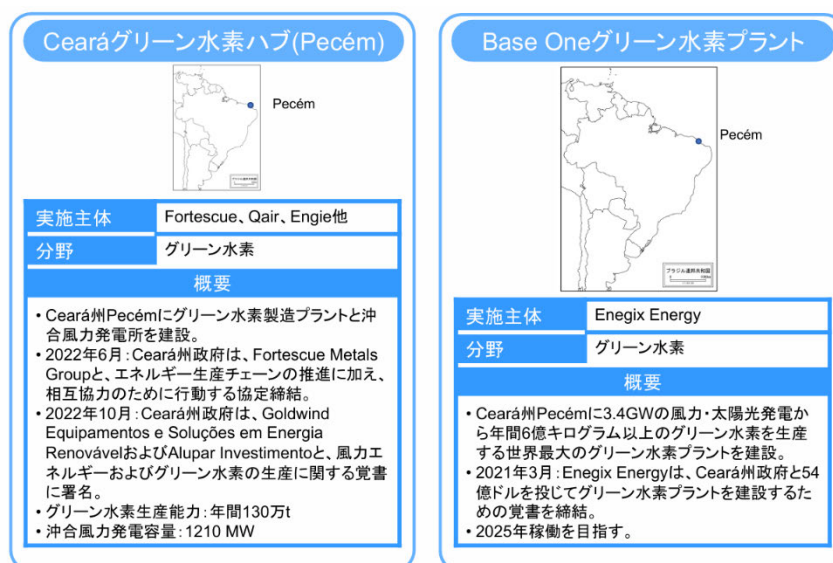


図 3-12 ブラジルプロジェクト例

出典：JOGMEC

■ 水素法的枠組法案

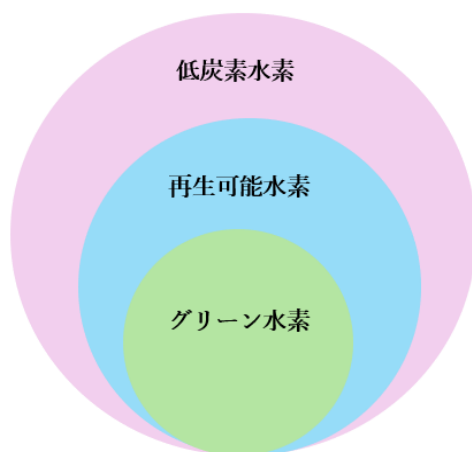
2024年7月11日ブラジル上下両院は、低炭素水素に関する国家政策である「水素法的枠組法案」を可決した。低炭素水素の生産を通じてエネルギー移行を促進し、国内および国際市場のサプライチェーンのさらなる発展を奨励することを目的としたものである。

<法案骨子>

1. 「低炭素水素」、「再生可能水素」、「グリーン水素」の定義の明確化
2. ブラジル国家石油・天然ガス・バイオ燃料庁（ANP）を規制機関として指定し、水素関連活動の許認可権限を付与
3. ブラジル水素認証システム（SBH2）の設立
4. 低炭素水素生産の特別奨励制度（REHIDRO）の設立
5. 低炭素水素産業の発展を促進するための補助金制度（PHBC）の創設

1. 定義の明確化

水素法的枠組法案では、低炭素水素は「生産量 1 キログラム当たり、水素プロセスで排出する二酸化炭素が、7 キロ以下の炭素強度を持つ水素である」と定義している。さらに、低炭素水素のうち、天然水素またはバイオマス、エタノール、その他のバイオ燃料から生成された水素や、再エネを用いて生産された水素を再生可能水素として定義し、再エネを動力源として、水の電気分解で生産された水素をグリーン水素と定義している。



低炭素水素	温室効果ガス（GHG）排出量が <u>7 kgCO₂eq/kgH₂</u> 以下の水素
再生可能水素	天然水素、およびバイオ燃料等から生成される水素
グリーン水素	再生可能エネルギーを使用して水を電気分解することで生成された水素

図 3-13 ブラジル水素分類概念図

出典：各種調査に基づき JH2A が作成

尚、低炭素水素の定義である温室効果ガス排出量制限（7 kgCO₂eq/kgH₂）は 2030 年 12 月 31 日ま

で維持され、その後段階的に削減されることになっている。

■ 規制機関の指定

水素、およびその派生品の生産は、ブラジル国内法に基づいて設立された企業または企業コンソーシアムが ANP の認可を受けて行う。水素の輸送、処理、保管、輸出入などの活動も ANP の認可を必要とする。

■ ブラジル水素認証システム（SBH2）

ブラジル水素認証システムにて、低炭素水素の認証が行われ水素証明書が発行される。各機関の役割と関係図は以下のとおりである。

<ブラジル水素認証システム（SBH2）>

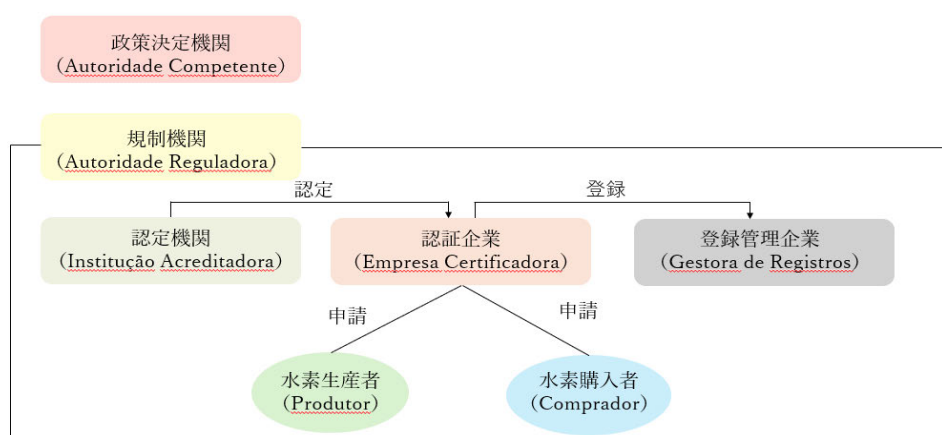


図 3-14 ブラジル水素認証システム関係図

出典：各種調査に基づき JH2A が作成

- 政策決定機関：水素認証に関する公共政策の指針を定める。
- 規制機関：ブラジル水素認証システム（SBH2）を監督、水素認証を実施するための規則、基準、最低要件、認証企業の責任・義務を定める。
- 認定機関：認証企業の認定手続きを定め、認証企業を認定する。また、認証企業の管理、水素証明書を監査する責任を負う。
- 認証企業：認定機関から認定された民間企業であり、水素が定められた基準に適合しているかを確認する適合性評価を実施の上、水素証明書の発行を行う。また、発行した各証明書の情報を登録管理企業に提出する義務を負う。
- 登録管理企業：水素証明書の国家登録データベースを管理する。

■ 水素認証

水素認証は、国内で生産される水素の温室効果ガス排出強度に基づいて実施される。認証の際には、いくつかの重要な要素が考慮される。その中には、採用されるチェーン・オブ・カストディの方法、温室効果ガス排出のスコップ、認証の適用範囲、認証単位として証明書に記載される情報が含まれる。また、発行された水素証明書に関しては、停止基準や取消基準が設けられており、水素の仕様が一時的に失われた場合には、柔軟な措置が適用される。

加えて、水素証明書には、原料の契約特性、生産地、ライフサイクル情報、排出される二酸化炭素相当量が記載される。このような要素を通じて、認証プロセスは透明性を確保しつつ、環境負荷を考慮した水素の生産を推進している

■ 低炭素水素生産の特別奨励制度（REHIDRO）の設立

低炭素水素の生産を促進するために、「低炭素水素生産の特別奨励制度（REHIDRO）」が設立された。この制度は、一定の資格要件を満たした企業に対して特別なインセンティブを提供するものである。具体的には、2025年1月1日からの5年間、低炭素水素関連の活動に対する社会負担金（PIS、Pasep、COFINS）の付加が停止される優遇措置が適用される。

この制度の対象となるのは、2025年1月1日から5年以内に低炭素水素の生産資格を取得した法人、もしくは制度交付時点で既に低炭素水素を生産している法人である。また、対象には、低炭素水素の包装、貯蔵、輸送、分配、販売を行う法人や、再エネを用いて低炭素水素を生産する法人、さらにはバイオ燃料を生産する法人も含まれる。

さらに、資格要件として、生産プロセスにおいて一定割合のブラジル製品およびサービスを使用することが求められ、研究開発やイノベーション分野への最低限の投資が条件として課される。

■ 低炭素水素産業の発展を促進するための補助金制度（PHBC）の創設

「低炭素水素生産の特別奨励制度（REHIDRO）」と並行して、低炭素水素開発プログラム（PHBC）が策定された。このプログラムでは、国内で生産された低炭素水素に対する補助金が提供される。補助金は、2028年から2032年にかけて低炭素水素を生産する企業、もしくは低炭素水素を購入する企業に対してタックス・クレジットの形で付与される。このタックス・クレジットを活用することで、企業は連邦税の控除を受けることが可能となる。

クレジットの総額上限は183億レアル（約5,307億円、1レアル＝約29円）に設定されており、年ごとの配分額は2028年が17億レアル、2029年が29億レアル、2030年が42億レアル、2031年が45億レアル、2032年が50億レアルとされている。この補助金制度を通じて、低炭素水素産業の

さらなる発展が期待されている。

3.2.3 欧州連合(European Union)

欧州では、脱炭素社会の実現に向けて水素が重要な役割を果たすと位置付けられており、持続可能な水素の生産、輸送、利用を促進するための包括的な戦略を展開している。その一環として、2022年に設立が発表された「欧州水素銀行(European Hydrogen Bank)」は、低炭素および再生可能水素プロジェクトへの資金調達を支援するための中核的な機関である。特に、2024年に始まった支援入札プログラムでは、欧州委員会が水素のコスト差を補填する「CfD(差額契約)」方式を採用し、約8億ユーロの資金を配分している。この取り組みは、水素プロジェクトの収益性を向上させるとともに、産業界での水素利用を拡大する狙いがある。また、域内のインフラ整備と輸入水素供給の確保にも力を注いでおり、国際的なパートナーシップ構築にも積極的である。これらの動きは、欧州がグローバルな水素市場のリーダーシップを確保し、2050年のカーボンニュートラル目標を達成する基盤となると目されている。以下に欧州水素銀行の第一回入札結果の記す。



■ 欧州水素銀行第一回入札

1. 入札結果

2024年4月30日、欧州連合(EU)の脱炭素技術普及に向けた財政支援策の一つである水素銀行(European Hydrogen Bank)は、価格差支援対象案件の入札結果を公表した。

132件の応募があったなかで7件が落札され、グリーン水素製造のみのプロジェクトは2件のみで、eメタン(合成メタン)やSAF製造もあり、3件はグリーンアンモニアを最終的な製品とするプロジェクトであった。7案件の補助金総額は720百万ユーロ、年間水素生産量は合計158千トンとなり、各案件の入札価格は0.37-0.48ユーロ/H₂kgで入札上限の4.5ユーロ/H₂kgを大きく下回る結果となった。

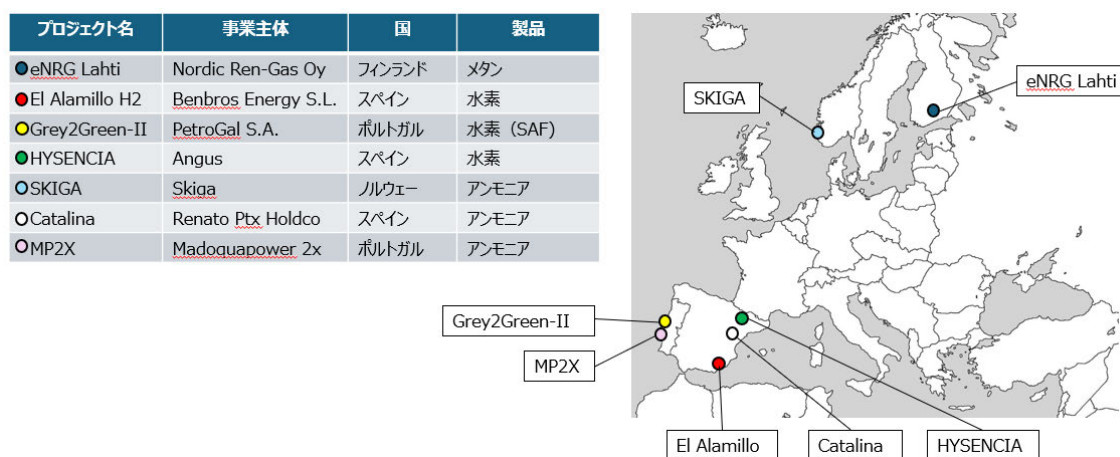


図 3-15 欧州水素銀行第一回入札受注者

出典：各種調査に基づき JH2A が作成

表 3-10 入札条件抜粋

No.	項目	条件・内容
1.0	入札目的	ヨーロッパ経済領域（EEA）内の非生物由来の再生可能燃料水素生産の経済効率性の支援
1.1	対象	非生物由来の再生可能燃料水素は水の電気分解から生産されること 新規生産プロジェクトであること
1.4 1.8	入札価格	補助金固定単価（根拠・参照の定義不要） [Bid price in €/kg] * [expected average yearly volume in kg/year] * [10 years] 補助金/kg x 年間平均生産数量（kg）x 10年
1.9	年間生産量制限	無制限 各案件の補助金制限は補助金予算（€800百万）の1/3以内
1.11	期間	操業開始から10年
2.3	案件サイズの下限	電解槽能力 5MWe
2.10	脱炭素	生産される水素により、少なくとも年平均70%のCO2排出削減を達成される＊
3.7	上限価格	€4.5/kg
4.1	運転開始までの最大猶予期間	補助金契約締結から5年
	オフテイク	水素生産量の少なくとも60%について、オフテイクとのMOU、LOI、自己消費の場合は、取締役等からの説明書を提出

出典：各種調査に基づき JH2A が作成

2. 入札結果分析

落札7案件は、スペイン3件、ポルトガル2件、フィンランドとノルウェーがそれぞれ1件で、4か国に集中する結果となった。落札企業は、たとえ少額であっても補助金を獲得することに重点を置いて、上限価格である水素価格4.5ユーロを大きく下回る低い価格を入札した。落札企業には、気候優位で太陽光発電が盛んなスペイン、ポルトガル、地形と降水量が優位で風力発電、水力発電が盛んなフィンランド、ノルウェーで、いずれも安価な再生可能電力へのアクセスが可能であること、さらに電解槽の生産能力の大きい案件という点が共通している。

3. 今後の懸念点

今回の支援入札では、競争入札による支援額の低下が顕著であり、その結果、融資を活用しても事業の採算性が確保できるかどうかについて不透明感が残っている。この状況は、これまで「補助金が欧州水素産業の発展に不可欠である」とされてきた議論の前提を揺るがす可能性がある。特に、補助金に依存せず融資によるプロジェクトの収益性が成り立つかは、今後のプロジェクト組成や投資判断に大きな影響を及ぼすと考えられる。一方で、今回の入札は欧州での水素の安定供給に焦点を当てたものであるが、これに対応する需要側、すなわちオフテイク契約のコミットメントがどのように進展するかについては引き続き注視が必要である。今後、需要と供給のバランスや経済的な実効性が確立されなければ、欧州水素産業の持続的な発展に向けた課題がより顕在化することが懸念される。

3.2.4 ドイツ

■水素加速化法 国家水素戦略

ドイツは 2020 年 6 月に国家水素戦略（Nationale Wasserstoffstrategie）を発表した。この水素戦略の目標は、ドイツの世界的リーダーシップ確保が目的であり、合計で 38 のアクションが記載されている。またいわゆる水素の色（再生可能水素＝グリーン水素、化石燃料由来で CCS を適用した水素＝ブルー水素、メタンを熱分解して製造した水素＝ターコイズ水素）を全面的に採用しているのが特徴である。再生可能水素に関連しては、その製造のための水電解設置容量を 2030 年に 5 GW とするという目標を定めている。



ドイツはこの国家水素戦略を 2024 年 7 月に改訂した。その概要を表 3-11 に示す。

表 3-11 ドイツ国家水素戦略改訂版の背景と概要

背景	2021 年 12 月の連立政権での合意事項：2030 年水電解能力 5GW→10GW、NWS の野心的な改訂 - ウクライナ戦争：気候変動に加え、安全保障、研究・イノベーションも重要 2030 年までに水素技術の主導国になることが目標 2045 年のドイツの気候中立経済への転換に貢献
概要	- ドイツのリーダーシップを強調（“Made in Germany”および国際基準標準） - 水素需要： 既存需要：55TWh（170 万トン） 2030 年需要：95～130TWh（290～400 万トン） 注：アンモニア、メタノール、合成燃料含む - 水素供給の確保（大部分は輸入） →水素輸入戦略を別途策定する →当面はアンモニア（直接利用） 2030 年の国内での水電解設置容量 10GW - 天然ガス火力は水素転換が前提 - 大規模なガスコジェネも水素転換が前提 - 水素パイプライン整備を強調（国内 1,800km 超、欧州 4,500km 超） - 自動車では商用車を強調 - 初めてオレンジ水素、ホワイト水素に言及 - 国際連携：非 EU ではノルウェー、イギリス、ウクライナ、アフリカ（モロッコ、チュニジア、アルジェリア）、オーストラリア、カナダ、米国、台湾

出典：「Fortschreibung Nationale Wasserstoffstrategie」（2023 年 7 月 26 日）

■ 水素加速法

水素利用の加速、水素立ち上げの法的枠組みの改正、エネルギー法規制の改正に関わる法律（通称「水素加速法」（Wasserstoffbeschleunigungsgesetz））は 2024 年 5 月に連邦内閣で可決されたもので、現在は連邦議会で議論されているものである。

表 3-12 ドイツ国家水素加速法の背景と概要

背景	- ドイツの 2045 年までの気候中立達成には、水素（特にグリーン水素）の製造・輸入の大幅加速が必要（特に産業分野、運輸分野） - 国家水素戦略の目標（2030 年水電解能力 10GW）の確実な達成が必要 - 別途、排出規制法、建築法、入国管理条例も改正し、水電解装置の許認可を簡素化
概要	- 水道法の許認可の緩和 - 行政手続きのデジタル化、迅速化、簡素化 - 早期展開の促進 - 水電解装置の審査の簡素化 - 水素を「最優先公益」に指定 - 再生可能電力 80%以上利用、あるいは再エネに直接接続する水電解装置は「最優先公益」（2029 年まで） - 記念碑保護（Denkmalschutz）などの他の懸案事項よりも意思決定を優先 - 水素加速法の対象 - 水素製造用水電解装置 - 水素貯蔵設備 - 水素輸入設備 - アンモニア輸入設備 - LOHC 輸入設備 - アンモニア分解設備 - LOHC 脱水素設備 - 水素パイプライン用コンプレッサー 1～7 に必要な蒸気・水のパイプライン 1～7 に必要な再エネからの発電システムと送電線

出典：独連邦経済・気候保護省「Bundesregierung stellt rechtliche Weichen für den beschleunigten Ausbau der Infrastruktur für Erzeugung, für Speicherung und Import

von Wasserstoff - zweiter Teil des Industriepakets」(2024 年 5 月 29 日)
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/05/20240529-bundesregierung-stellt-weichen-fuer-den-beschleunigten-ausbau-von-wasserstoffprojekten.html>(2025 年 2 月 18 日閲覧)

■ ドイツ水素輸入戦略

ドイツは中長期的に国内水素需要の大部分を輸入する必要がある（輸入形態としてはアンモニア、メタノール、合成燃料含む）。ドイツは 2024 年 7 月に水素輸入戦略（Importstrategie）を策定した（表 3-13）。この水素輸入戦略は、改定水素戦略の延長として策定されたもので、2030 年の水素需要（2030 年に 290～400 万トン、うち輸入比率は 50～70%）を確保することが目標である。

表 3-13 ドイツ水素輸入戦略

背景	- ドイツの水素需要の確保： 2030 年に水素類 95～130TWh（290～400 万トン） うち輸入比率は 50～70% 2045 年に水素約 360～500TWh(1,100～1,500 万トン)、水素派生物約 200TWh（610 万トン）
概要	- 水素派生物は、費用対効果的には直接利用が高いが、必要に応じてアンモニアクラッキングも重要 - 輸送： - 水素は、パイプライン輸送が最もコスト効率が高い - 水素誘派生品・キャリアは、特に船舶、鉄道、道路輸送が適している - 中期的には水素需要の大半はパイプラインで、派生品需要は船舶輸送 - 輸入戦略 - 国際的な水素類市場の発展： 需要強化、資金調達手段とインセンティブの提供でシグナリング、 正当な場合には供給側に補助金を提供 - 水素類の輸送促進と支援： パイプラインと輸入ターミナルの並行開発 - 水素類の国際市場の立ち上げ、持続可能性基準、取引透明性： 欧州の法的枠組（再エネ指令、ガス・水素市場指令）、水素の持続可能性基準への国際的合意 - 水素類の供給源の多様化： 二国間・多国間の水素サプライ協力形態

	- フォーカスした研究開発
--	---------------

出典： ドイツ連邦経済・気候保護省「Bundeskabinett beschließt Importstrategie für Wasserstoff und Wasserstoffderivate」（2024 年 7 月 24 日）
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/07/20240724-importstrategie-wasserstoff.html>(2025 年 2 月 18 日閲覧)

輸入戦略では、水素はパイプライン輸送が最もコスト効率が高いとし、欧州内水素パイプライン整備と国内水素パイプライン整備をすすめ（図 3-16）、二国間・多国間の水素サプライ協力関係を推進するとしている（図 3-17）。

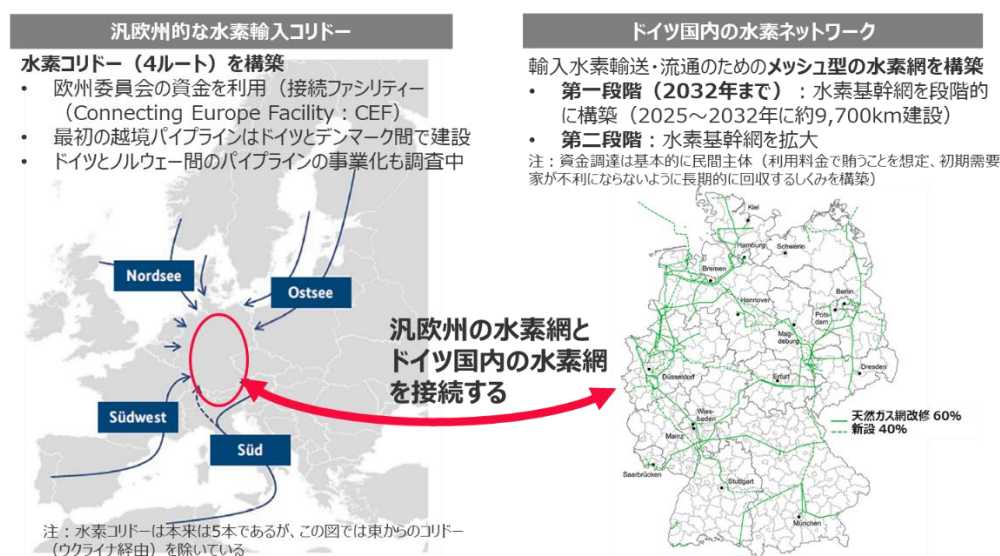


図 3-16 ドイツ水素輸入戦略より水素輸入コリドーの整備の方針

出典： ドイツ連邦経済・気候保護省「Bundeskabinett beschließt Importstrategie für Wasserstoff und Wasserstoffderivate」（2024 年 7 月 24 日）
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/07/20240724-importstrategie-wasserstoff.html>(2025 年 2 月 18 日閲覧)



図 3-17 ドイツ水素輸入戦略より二国間・多国間の水素サプライ協力の推進

出典： ドイツ連邦経済・気候保護省「Bundeskabinett beschließt Importstrategie für Wasserstoff und Wasserstoffderivate」(2024 年 7 月 24 日)
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/07/20240724-importstrategie-wasserstoff.html>(2025 年 2 月 18 日閲覧)

3.2.5 イギリス

イギリスは欧州の中でも最も積極的に温暖化対策に取り組む国の一つであり、その中で水素は脱炭素社会の実現に向けた重要なエネルギー源として高く評価されている。これに伴い、イギリスでは水素に関する制度整備や支援策の整備が進んでおり、低炭素および再生可能水素の生産、輸送、利用を促進するための包括的な政策が展開されている。その一環として、既存のガスパイプラインへの水素の最大 20% 混入も検討されており、インフラの効率的活用を通じた水素の普及が進められている。



さらに、イギリスは水素のもたらす温暖化への影響についても科学的アプローチを怠ることなく対応している。例えば、水素が大気中での反応を通じて間接的に温室効果ガスの影響を及ぼす可能性について、透明性のある報告書を発出し、課題を明確化する努力を行っている。このような取り組みは、水素を推進する一方で、そのリスクや限界にも目を向けるバランスの取れた政策を象徴している。

イギリスのこれらの施策は、水素を中心とした脱炭素エネルギー戦略を着実に推進するだけでなく、科学的知見に基づく現実的な対応によって、国際的にも模範となる取り組みとして注目されている。

■ 水素温暖化効果分析報告書

水素利用が大気にもたらす影響を調査したレポート“*Atmospheric implications of increased Hydrogen use*”。2022 年 4 月にイギリスのビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）の委託を受け、ケンブリッジ大学、イギリス国立大気科学センター（NCAS）、レディング大学が共同著書したものの。水素が大気にもたらす温暖化効果を検討したものであり、UKESM1 モデルやボックスモデルを用いて、大気組成、放射強制力、および水素の地球温暖化係数（GWP）を分析するシミュレーションを実施している。

□ 使用モデルと想定シナリオ

研究では、**UKESM1 モデル**（イギリス気象庁と自然環境研究評議会が共同開発）と**ボックスモデル**を用い、以下の 4 つのシナリオが検討された：

1. 水素濃度の単独増加。
2. 水素濃度増加とオゾン前駆体（CO, NO_x, VOC）の排出削減。
3. 水素増加による大気中メタン（CH₄）の濃度増加。
4. オゾン前駆体およびメタンの排出削減による大気中濃度の低下。

モデルでは、現在の大気中濃度（H₂: 500ppb, CH₄: 1835ppb）を基準に、最大水素濃度 2,000ppb までの変化を想定。また、漏洩率 1%~10%を条件とし、建築部門、運輸部門、発電部門におけるエネ

ルギー転換率を考慮した。

**水素供給量および漏洩量 (Tg/年) **は以下の通り：

- 建築部門：供給量 453 Tg、1%漏洩で 4.6 Tg、10%漏洩で 50.4 Tg
- 運輸部門：供給量 284 Tg、1%漏洩で 2.9 Tg、10%漏洩で 31.5 Tg
- 発電部門：供給量 122 Tg、1%漏洩で 1.2 Tg、10%漏洩で 13.6 Tg

これらを基に大気組成への影響を解析した。

□ シミュレーション結果の詳細

以下に、シミュレーション結果を整理する：

1. 対流圏と成層圏への影響

水素濃度が増加すると、対流圏におけるヒドロキシラジカル (OH) の濃度が低下し、成層圏で水蒸気濃度が増加。特に水素濃度が 1,000ppb 増加するケースでは、CH₄寿命が 0.96 年延長し、CH₄排出量が一定の場合、大気中 CH₄濃度は約 12%増加する。(図 3-2-5-1)

2. オゾン濃度の変化

水素濃度の増加は、対流圏でオゾン濃度を上昇させる一方、成層圏では濃度の低下をもたらす。特に南極地域の春季において、成層圏オゾンの減少が顕著であり、放射強制力に大きな影響を与える可能性がある。(図 3-2-5-2)

3. 放射強制力への影響

CH₄、水蒸気の濃度増加は放射強制力を高める傾向にあり、その中でも CH₄の影響が最も顕著である。(図 3-5-2-3)

4. 水素漏洩の影響

水素の温暖化係数 (GWP) は、100 年スパンで 11±5、20 年スパンで 33 と算出され、漏洩率 1%の場合、CO₂削減効果の 0.4%が相殺され、10%では 4%が相殺される結果が得られた。

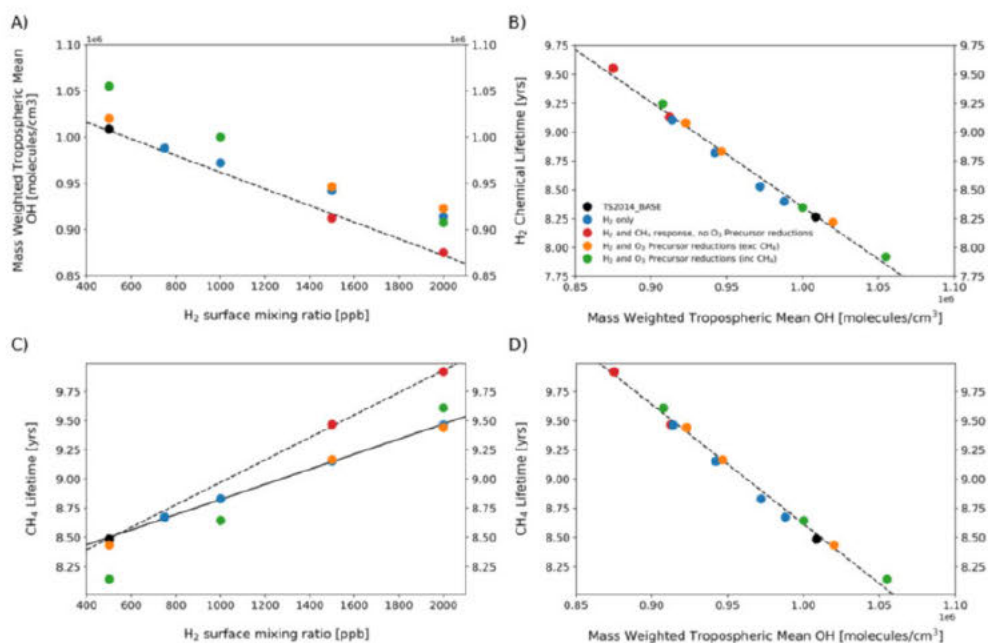


図 3-18 (A) H₂濃度に対する対流圏 OH の量、(B) OH 量に対する H₂の寿命、
(C) H₂濃度に対する CH₄寿命、(D) OH の量に対する CH₄寿命

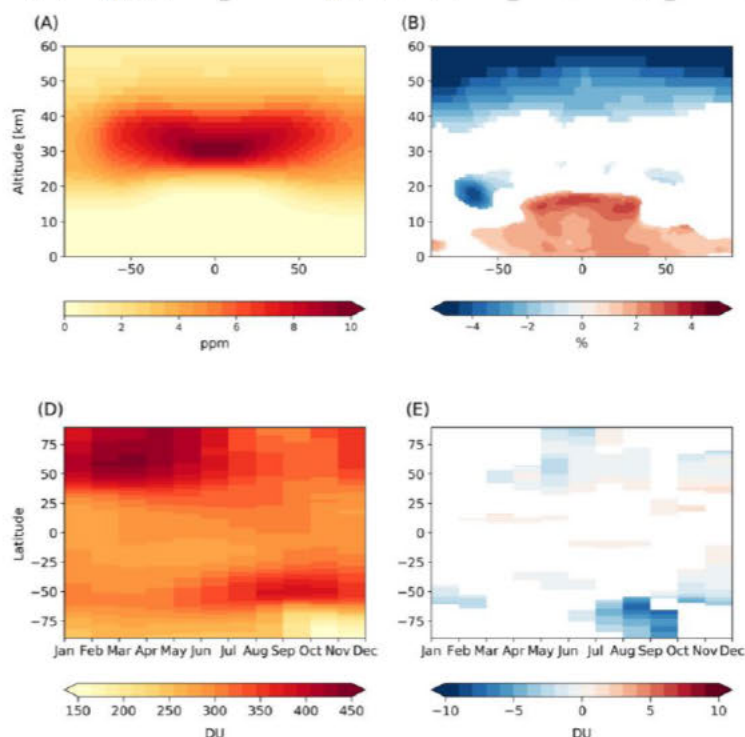


図 3-19 (上段) H₂濃度 500ppb、2,000ppb の際の O₃濃度とその差分
(下段) H₂濃度 500ppb、2,000ppb の際の月別の O₃濃度

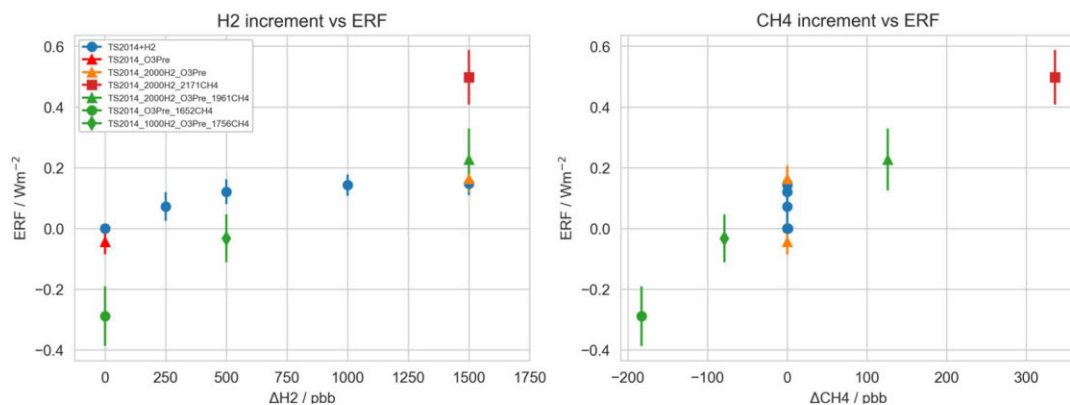


図 3-20 大気組成のシミュレーションによる変化が有効放射強制力（ERF）に及ぼす影響

UKESM モデル:

イギリス気象庁と自然環境研究評議会が共同で開発した気候モデル。対流圏のみならず成層圏の化学反応も取り扱い、大気組成や放射強制力への影響を詳細にシミュレーション可能とする。

ボックスモデル:

大気を一つの箱として扱い、地域や層を簡略化することで、全体的な化学反応や濃度変化を効率的に分析。

前提条件

対象：世界全体

現在の大気中濃度：H2 500ppb、CH4 1835ppb（2000 年～2014 年の平均値）

最終エネルギー消費：建築部門 100%、運輸部門 50%、発電部門 10%を H2 に切り替える

kWh 換算：H2 1kg = 33.3kWh、石油 1t = 11,630kWh

H2 漏洩率：1%～10%

将来シナリオ：SSP2-4.5（2045 年～2055 年の平均値）

【その他】

H2 の製造工程において、CH4 の排出は伴わない

大気中の H2 は土壌吸着または OH との反応により寿命を迎える

3.2.6 フランス

フランスは脱炭素化とエネルギー安全保障を重要課題とし、水素分野に積極的に取り組んでいる。政府は「フランス水素戦略」に基づき、2030 年までに 6.5GW の再エネ由来の水素製造能力を目指し、90 億ユーロ以上の投資を計画している。この背景には、エネルギー自給率の向上、産業競争力の強化、そして欧州全体のグリーンエネルギー目標への貢献がある。特に製油所や化学産業など高炭素排出セクターの脱炭素化において水素が重要とされている。水素の GO (Guarantee of Origin) 制度の導入は、再生可能水素と低炭素水素の信頼性と透明性を保証し、国内外での市場流通を促進することを目的としている。これにより、フランスは水素産業のリーダーシップを目指しつつ、欧州水素市場の標準化にも寄与しようとしている。以下に同国の水素戦略詳細と GO 制度概略を纏めた。



■ フランスの水素戦略

フランスは、日本に次いで比較的早く国家的な水素目標を発表した国であり、2018 年には「エネルギー変革のための水素展開計画 (Plan hydrogène: un outil d'avenir pour la transition énergétique)」を発表している (表 3-14)。ここでは基本的方針として基本的に原子力発電所や再エネに由来する低炭素電力を用いて、水電解で水素製造することを目指している。

表 3-14 エコロジー・持続可能開発・エネルギー省「エネルギー変革のための水素展開計画」

背景	● フランスがエネルギー転換（原発中心→原発縮小+再エネ拡大）する上で、水素が有効であることを示す
概要	● 水素は低炭素電力から製造される場合に有効 ● 変動の大きい再エネの拡大には、電力貯蔵と再発電のための革新的技術が必要であり、蓄電池に加え、水素も有望 ● 水素は長期的（2035 年～）には、再エネの安定化に必須 ● グリーン水素は産業プロセスのクリーン化に有効 ● フランス企業は世界の水素バリューチェーンで大きな役割を担う ● グリーン水素展開のために、特にドイツや中国と協力

出典：エコロジー・持続可能開発・エネルギー省

「Plan hydrogène : un outil d'avenir pour la transition énergétique」

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/Plan_deploiement_hydrogene.pdf(2025 年 2 月 18 日閲覧)

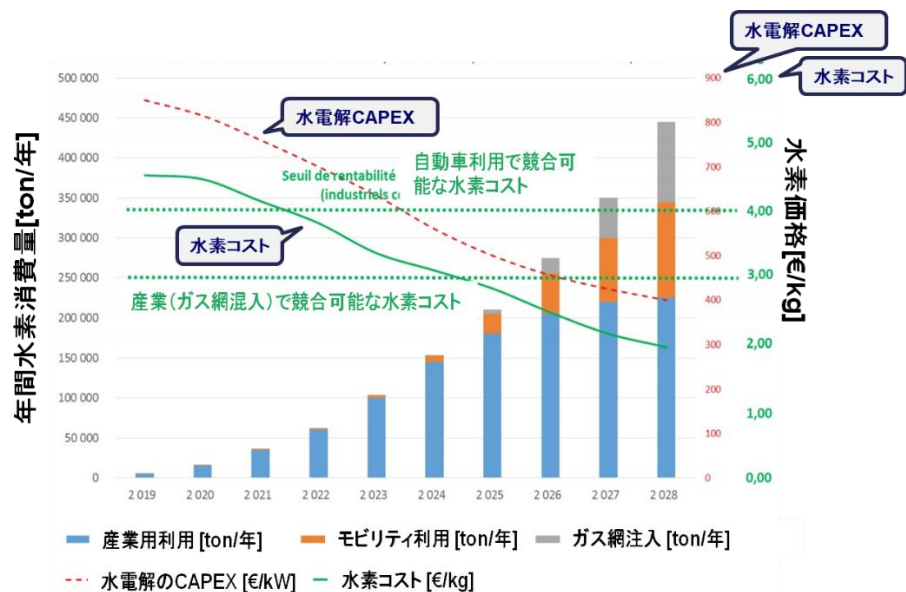


図 3-21 エコロジー・持続可能開発・エネルギー省「エネルギー変革のための水素展開計画」

さらにフランスは、2020 年 9 月に「フランスのカーボンフリー水素開発のための国家戦略 (la stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France)」を発表した。この国家戦略は 2018 年の水素展開計画をアップデートしたもので、3つの優先事項が定められている。

表 3-15 「フランスのカーボンフリー水素開発のための国家戦略」

背景	● 経済の脱炭素化に貢献するための水電解 6.5 GW の設置 ● 大型車のクリーンモビリティ化：乗用車、貨物車両、大型車両（貨物車、バス、列車）に加え、船舶（河川、海）、航空機への水素適用を進め、2030 年までに 600 万トン超の CO2 を抑制 ● フランスでの雇用創出・技術習熟（5～15 万人の雇用を創出）
概要	優先事項 1：水電解産業育成と産業の脱炭素化 ● 2030 年までに 6.5 GW を設置し、大規模プロジェクトを実施 ● 水素分野の欧州共通利益プロジェクト（Hydrogen for Important Projects of Common European Interest (IPCEI)）の構築支援：15 億ユーロ ● カーボンフリー水素の産業利用（製油所、化学産業（アンモニア、メタノール）、エレクトロニクス・食品） 優先事項 2：カーボンフリー水素の大型モビリティ適用 ● 車両生産、機器の開発、生産・メンテナンススキルの開発 ● 「基礎技術・実証」プロジェクト募集：3.5 億ユーロ（～2023 年） ● 「地域水素ハブ」プロジェクト募集：2.75 億ユーロ（～2023 年）

	優先事項 3：将来のための研究・革新・スキルの開発支援 ● 「水素アプリケーション」優先研究プログラム：6500 万ユーロ ● 教育・トレーニングの実施：3000 万ユーロ
--	--

出典： Ministère de l'Economie, des Finances et de la Relance 「la stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France 」 (2020 年 9 月 9 日)
<https://www.economie.gouv.fr/presentation-strategie-nationale-developpement-hydrogene-decarbone-france>(2025 年 2 月 18 日閲覧)

■ フランス低炭素水素認証制度

フランスは、欧州再エネ指令（RED II）の動きとも連携して、国内低炭素水素認証制度を整備中である。システムバウンダリーと証明の発行ルールを図 3-22 に示す。バウンダリーは Well-to-Consumption で、欧州の「GHG 方法論に関する委任法令」が強制力を有するため、閾値は 3.38kg-CO₂/kg-H₂ である。フランスでは、低炭素水素を再エネあるいは原子力発電由来電力で製造すると見込まれることから、再エネ水素と低炭素水素の二つを認証し、また証明も RED II で想定する「GO 証明」とともに、トレーサビリティを確保した「トレーサビリティ証明 (TG)」も選択できる。なお、この制度の詳細はフランスのエネルギー規定のなかで定められている(表 3-16)。

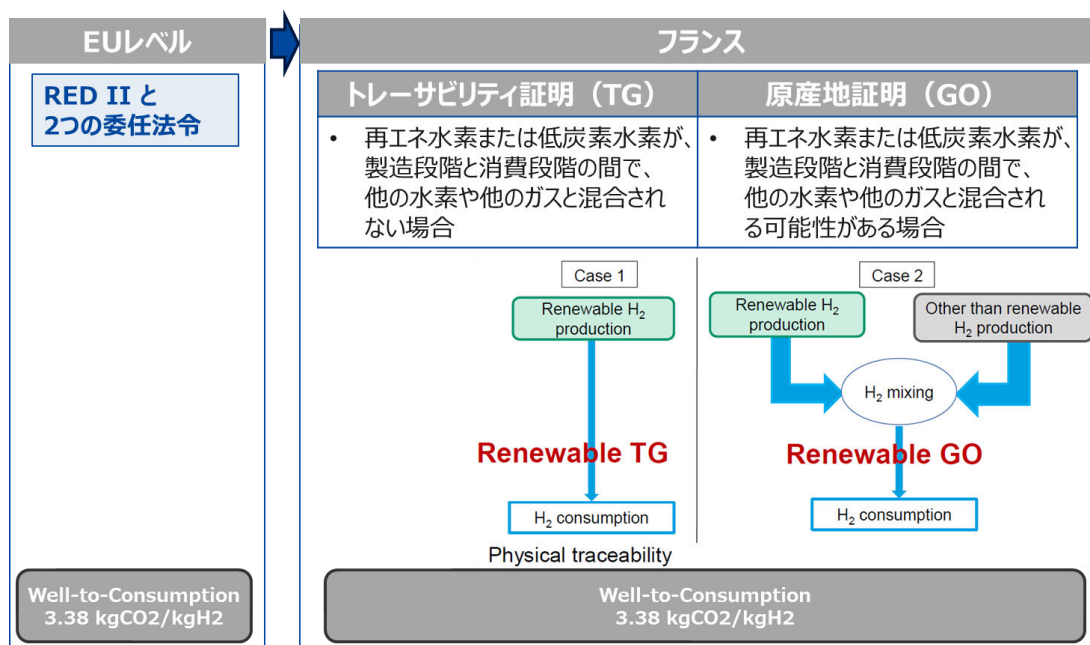


図 3-22 フランスにおけるトレーサビリティ証明と原産地証明のシステムバウンダリーと閾値

出典： Certification for facilitating international trade of green hydrogen, 31 January 2023, OECD, Paris

https://www.youtube.com/watch?v=_HKfjs-ZSH4(2025 年 2 月 18 日閲覧)

表 3-16 仏のエネルギー規定の第 8 部（水素）のポイント

第 I タイトル：製造

- 再生可能水素と低炭素水素は同じ閾値を有する。基本は LCA ベース。
- 閾値はエネルギー大臣の命令で規定。

第 II タイトル：トレーサビリティ証明・原産地証明

第 1 章：一般規定

- 水素の再生可能性又は低炭素性は製造時の証明書の発行で証明する。
- 再生可能水素または低炭素水素が製造から消費の間で他の水素と混合しない
→トレーサビリティ証明
- 再生可能水素または低炭素水素が他の水素やガスと混合される可能性あり
→原産地証明
- トレーサビリティまたは原産地証明は、1MWh で 1 回発行し、製造後から 12 ヶ月間有効

第 2 章：国家補助を受ける施設の生産に関連する原産地証明に関する特別規定

- 支援を受ける施設は、登録機関により自動的に登録されるが、費用は設置事業者の負担。
- その施設での再生可能水素または低炭素水素の原産地証明は登録機関によって自動的に発行。

第 3 章：生産証明管理機関

- 水素製造証明管理機関は行政当局によって指定。そのサービスの費用は申請者の負担。
- 管理機関は、水素製造証明の全国電子登録簿を確立。
- 管理機関は、書面検査及び立入検査を実施する権限を有する。

第 4 章：他の EU 加盟国が発行する原産地証明

- 他のメンバー国が RED II に従って発行した再生可能水素との低炭素水素の原産地証明は、同程度の要件に適合している場合に限り、フランスの原産地証明と同様に承認する。

3.2.7 インド

インドは、世界的なエネルギー転換の波に対応しつつ、国内外での持続可能な発展を目指して、水素エネルギーに関する包括的な戦略を推進している。2021年に発表された「国家水素ミッション」を基盤に、インドはグリーン水素をクリーンエネルギー供給の柱と位置づけ、その生産と輸出の拡大を目指している。特に、再エネ資源の豊富な州を中心に、電解槽や水素製造インフラの開発が進められ、国内市場の需要と国際競争力の両立を図っている。これに伴い、グリーン水素の基準や認証制度の整備が進み、環境負荷を低減しつつ、技術革新と経済発展を両立させる枠組みが構築されつつある。インドの水素戦略は、エネルギー安全保障、経済成長、環境保護という3つの視点から、持続可能な未来を形作るものとして注目されている。



■ インドのグリーン水素基準とバンキング制度の概要

1. グリーン水素基準と国家グリーン水素ミッション（NGHM）

インド政府は2030年までに年間500万トンのグリーン水素を生産し、そのうち50万トンを輸出する計画を掲げている。この目標を達成するため、2023年1月に「国家グリーン水素ミッション（NGHM）」が制定された。NGHMの主な目的は、グリーン水素の基準を整備し、グローバル市場で競争力を持つ水素供給体制を確立することである。

グリーン水素の基準として、電解およびバイオマス製法で生成された水素の炭素集約度を「2kgCO₂e/H₂kg」と規定し、この数値は12か月間の加重平均として評価される⁹。これにより、製造プロセスが環境負荷を抑える形で標準化され、インド国内外でのグリーン水素の信頼性を高める狙いがある。また、エネルギー効率局（Bureau of Energy Efficiency）が監視および認証を行う中心的な機関として指定されており、測定や報告、現場検証のプロセスは新・再生可能エネルギー省（MNRE）が詳細な規定を設ける形で管理される。

さらに、インドは水素製造におけるコスト削減を目指し、直接的な補助金や税制優遇、技術開発支援を通じて産業基盤を整備している。これにより、国内の生産コストを引き下げ、グリーン水素の国際市場への参入を加速させることが期待されている。

2. Rajasthan 州グリーン水素政策 2023

Rajasthan 州はインド国内でも再エネ資源が豊富であり、年間325日以上 of 晴天日を誇る地域

⁹ インドグリーン水素基準公布：[Press Release: Press Information Bureau](#) (2025年2月18日閲覧)

である。この地理的優位性を活かし、Rajasthan 州は「Rajasthan 州グリーン水素政策 2023」を制定した。この政策の目的は、国内外の需要に応える形で年間 200 万トンのグリーン水素を生産することであり、特に製油所や肥料工場向けの供給拠点の構築が注目されている。

政策では、再エネを活用した水素製造に対するさまざまなインセンティブが提示されている。例えば、州内の送電料金の 50%免除や電力使用料金の免除が含まれ、電力のコスト削減が図られている。また、水素生成に必要な土地や水の優先配分が行われるほか、研究開発センター設立に対する助成金も提供されており、これにより新技術の開発や効率的な生産プロセスの確立が促進されている。

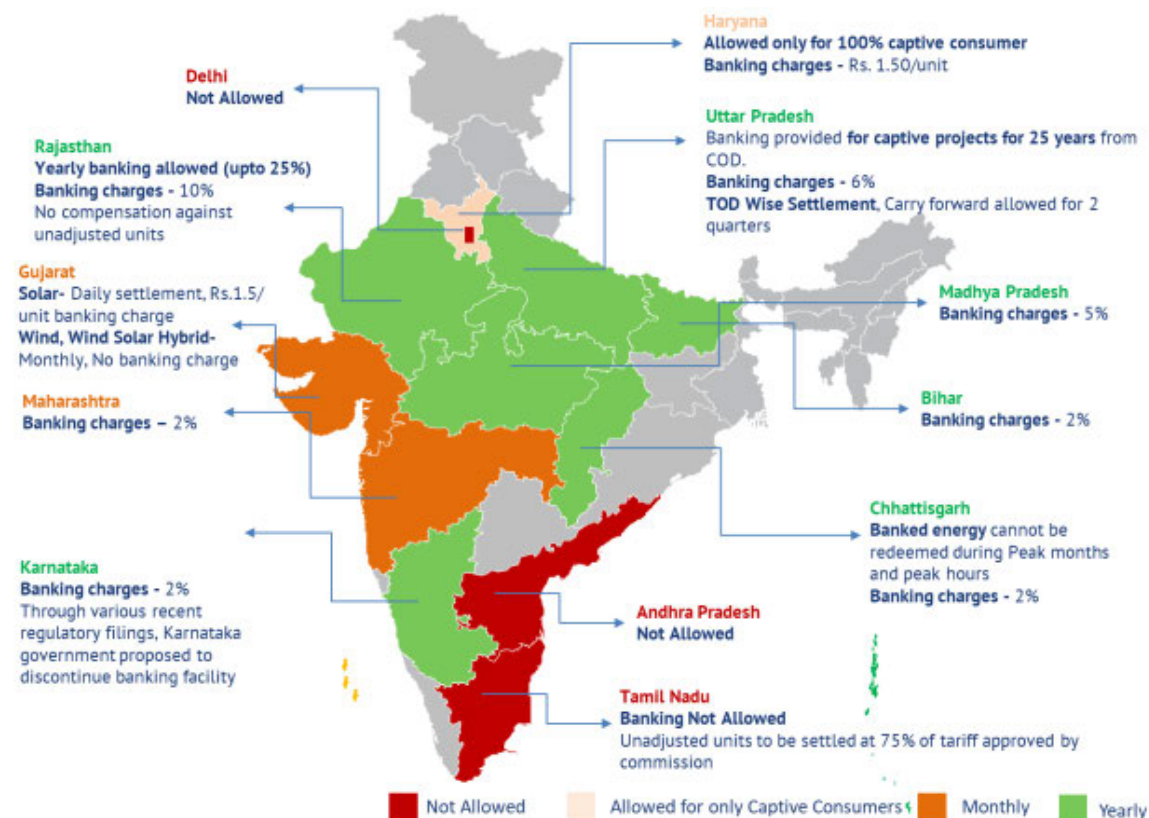
Rajasthan 州はさらに、グリーン水素製造の拠点として、電解層や圧縮機、貯蔵・輸送インフラを含むエコシステムの整備にも注力している。この取り組みは、地域経済の活性化とともにインド全体のグリーン水素戦略を支える重要な役割を果たすとみられている。

3. バンキング制度の規定

再エネの余剰電力を効率的に利用するために導入された「バンキング制度」は、インド国内のグリーン水素製造プロジェクトにおいて重要な役割を果たしている。この制度では、再エネ発電所で発電された電力を一時的に蓄積し、必要に応じて引き出すことが可能である。これは物理的な蓄電とは異なり、電力網を利用した「みなし貯蔵」として機能する仕組みである。

バンキング制度では、電力の蓄積や引き出しに関する手数料が発生する。この手数料は、再エネの競争入札価格と市場クリアリング価格の差額を基に算出され、合理的かつ透明性のある価格設定が行われている。また、電力の追加使用が必要な場合には、配電公社（DISCOMS）に事前通知を行い、売電契約（PPA）に基づいて電力を供給してもらう手続きが規定されている。

ただし、州ごとにバンキング制度の規制は異なり、一部の州では制度が制限されたり完全に撤廃されたりしている（図 3-23）出典。これにより、再エネ市場の需要と供給に悪影響を及ぼす可能性が懸念されているが、インド全体としてはこの制度を通じてグリーン水素生産の効率性と生産量を高めることを目指している。



Source: JMK Research.

図 3-23 バンキング制度各州毎纏め

出典： [Banking-Restrictions-on-Renewable-Energy-Projects-in-India December-2021.pdf](#) (2025 年 2 月 18 日閲覧)

■ インドグリーン水素認証制度草案

1. 認証制度の目的

2024 年 3 月、インド政府はグリーン水素基準および国家グリーン水素ミッション (NGHM) に基づき、協議の基盤となる「インドグリーン水素認証制度草案」を発表した。本制度は、運営・管理体制の整備、ステークホルダーの役割と責任の明確化、認証・検証方法の確立を目的としている。また、認証範囲やシステムバウンダリー、GHG 排出強度計算のためのガイドラインを規定し、エネルギー移行およびグリーン水素ミッションの達成を支援するものとされている。

2. 認証制度関係者の役割と責任

本認証制度の運営は、新・再生可能エネルギー省(Ministry of New and Renewable Energy:MNRE)の下で行われ、エネルギー効率局 (Bureau of Energy Efficiency) が中核機関として統括する。技術委員会 (Technical Committee) は、戦略的方向性の提供、グリーン水素証明書の発行、制度適合性の定期的検証を担う。

<運営体制と関係者の役割・責任>

認証スキーム	役割と責任
Ministry of New & Renewable Energy (新・再生可能エネルギー省)	・エネルギー効率局活動支援のため利害関係者間の調整 ・スキーム実施中に発生しうる課題に対処
Bureau of Energy Efficiency (エネルギー効率局)	・統括機関として認証スキームの実施と運用を主導 ・認証スキームの有効性を確保し、実施に必要な支援を提供
Technical Committee* (技術委員会)	・国家グリーン水素ミッションのDirectorが委員長 ・認証スキームの監督・戦略的指示 ・電力省、石油天然ガス省、技術団体、専門家等と協議、政策提言を求める
* エネルギー効率局の関連ディレクターが技術委員会を招集する	
Accredited Carbon Verification Agency (ACV機関)	・グリーン水素の製造、基準・制度の適合検証を委任される ・生産者の排出量算定、モニタリング、遵守状況をエネルギー効率局に報告する
Green Hydrogen Producers (グリーン水素製造者)	・認証制度のガイドラインに従い、排出量計算、モニタリング、報告、検証に関する主要な事項を遵守する ・ACV機関により、グリーン水素証明の検証を毎年受ける

図 3-24 運営体制と関係者の役割・責任

出典：各種資料より JH2A が作成

3. 適格な水素製法

本制度の対象となる水素製法は、水電解製造とバイオマス変換のみが認められている。但し、これらの製法は、制度に準拠した水素を生産する可能性があるということであり、これらの製法で生産された水素が自動的にグリーン水素であるとは保証されない。これらの製法以外の提案については、関連証拠を添えて、エネルギー効率局に申請すれば、技術委員会にて評価・審査を行う。

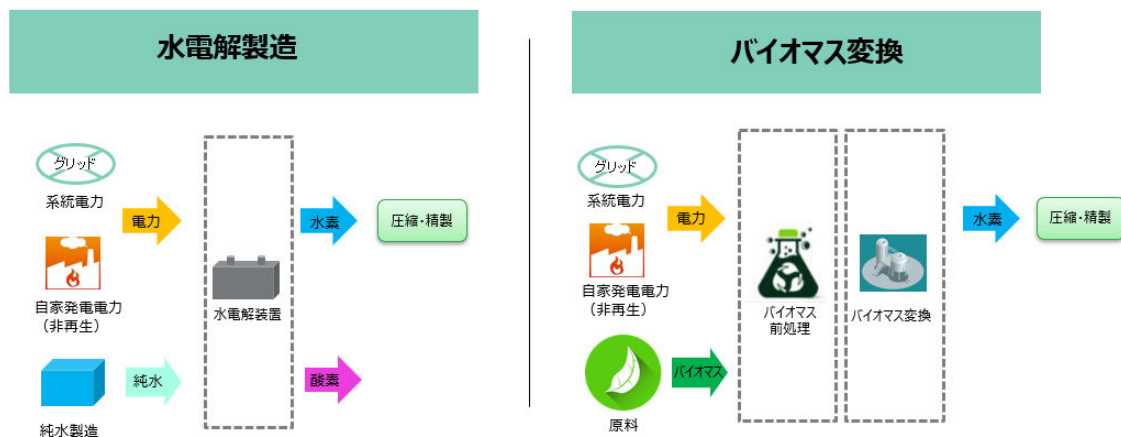


図 3-25 水素製造法別フロー

出典：各種資料より JH2A が作成

4. 認証範囲とシステムバウンダリー

4.1. 認証範囲には、水素製造過程から輸送のための圧縮および精製までの全段階が含まれる。ただし、水素の輸送・貯蔵、水素キャリアへの変換、および利用は範囲外とされる。

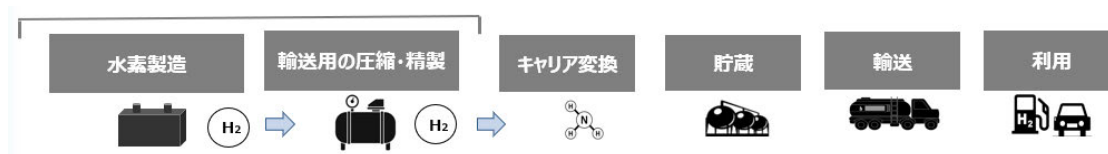


図 3-26 インド認証制度バウンダリー

出典：各種資料より JH2A が作成

4.2 システムバウンダリー

グリーン水素認定基準は、水素製造における全ての直接排出源、および生産プロセス中に使用される電力および燃料からの間接排出を含めた排出量により判断される。

水電気分解	バイオマス変換
水処理、電気分解、ガス精製、水素の乾燥・圧縮に起因する温室効果ガス排出量を含める	- バイオマスの処理、熱・蒸気から生じる温室効果ガス排出量 - バイオマスから水素への転換、ガス精製、水素の乾燥・圧縮に起因する温室効果ガス排出量を含める
- 水素製造装置を含む資本財の建設、製造、廃棄に伴う温室効果ガス排出量は含まない - 投入材料の使用から温室効果ガス排出量は含める	

図 3-27 インド認証制度算定範囲

出典：各種調査により JH2A が作成

5. グリーン水素 GHG 排出量算定方法

水素製造者は、水素製造に伴う排出量を算定し、認証申請を行う必要がある。算定方法は新・再生エネルギー省が開発したグリーン水素排出量算定方法に従う。評価サイクルは1会計年度とし、水素生産者には最低1か月の評価期間を考慮して認証申請を行われることが義務付けられている。

<グリーン水素排出量算定方法>

水電気分解	バイオマス変換
・ 加算要素 ① 原料(水、水蒸気)に対する間接排出量 ② 燃料供給(系統電源・専用発電)に対する間接排出量 ③ 投入材料に対する間接排出量 ・ 減算要素 ④ 副産物*に割り当てられる間接排出量	・ 加算要素 ① バイオマス前処理に対する間接排出量 ② 燃料供給(系統電源・専用発電)に対する間接排出量 ③ 投入材料に対する間接排出量 ・ 減算要素 ④ 副産物*に割り当てられる間接排出量 *副産物は価値化されている場合のみ割り当て可能

図 3-28 インド認証制度算定方法

出典：各種調査に基づき JH2A が作成

6. 認証プロセス

グリーン水素認証制度に基づき、各水素生産施設に対して、Provisional Certificate（コンセプト証明書）、または Final Certificate（施設レベル証明書）が発行される。コンセプト証明書が施設運営開始前の設計承認段階から取得可能であるのに対し、施設レベル証明書は施設の稼働許可取得後の申請となる。

● コンセプト証明書

申請は任意であり、グリーン水素生産施設の設計がグリーン水素認証制度に基づいて、グリーン水素生産可能であることが報告される。カーボンフットプリントの記載はない。

<コンセプト証明書 申請プロセス>

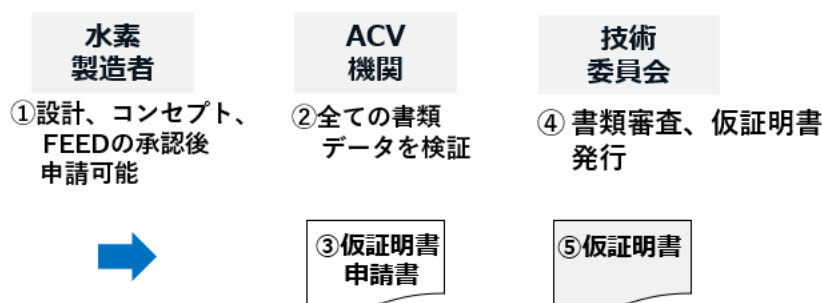


図 3-29 インド認証制度申請プロセス①

出典：各種調査に基づき JH2A が作成

● 施設レベル証明書

取得が義務となる証明書であり、稼働後に申請可能。カーボンフットプリントの記載がされ、グリーン水素生産施設の制度要件への適合性を保証する。

<施設レベル証明書 申請プロセス>

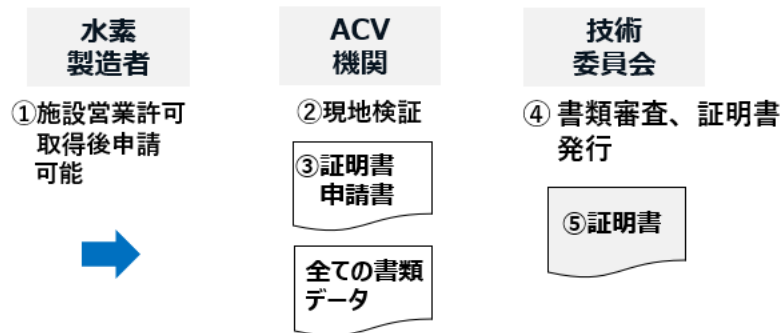


図 3-30 インド認証制度申請プロセス②

出典：各種調査に基づき JH2A が作成

7. 検証プロセス

水素製造者は評価サイクル終了後 1 か月以内に、Accredited Carbon Verification Agency (ACV 機関) に GHG 排出量、認証スキーム要求事項への適合性検証を依頼する必要がある。検証結果は、グリーン水素ポータルを通じて検証報告書および検証声明として提出される。

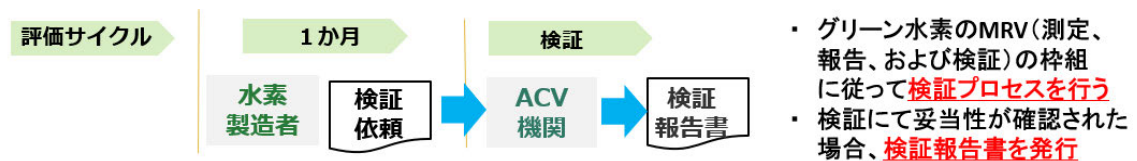


図 3-31 インド認証制度検証プロセス

出典：各種調査に基づき JH2A が作成

8. 証明書の詳細

発行される証明書には、水素 1 トンごとの固有の識別情報が含まれ、プロジェクトの詳細、製造年、排出原単位が明記される。認証基準として、平均排出原単位が、2 kgCO₂eq/kgH₂ 以下であることが条件とされる。

特定の年度において、グリーン水素生産施設がこの限度を超えた場合、その施設から生産された水素は「グリーン」として認証されない。尚、証書はグリーン水素の原産地（Guarantee of Origin）とその属性の保証としてのみ機能し、譲渡や売買は不可となっている。

9. 罰則条項

水素製造者は、は下記の3ケースの場合、新・再生可能エネルギー省（あるいは、その指定する機関）からペナルティーを課される。

9.1 排出強度の差異

コンセプト証明書が発行され、施設レベル証明書の審査後に実際の排出量が排出閾値を超える場合。

総ペナルティ：特定の期間中に製造された水素量×乗数

例) コンセプト証明書において2kg-co2eq/kg・H2にて申請、年間20,000トン水素を生産し、施設レベル証明書申請において技術委員会による審査を行った結果、実際の排出原単位が2.1 2kg-co2eq/kg・H2であった。 ペナルティ金額：20,000 x 30,000= 600百万ルピア	排出強度	乗数
	> 2~2.2kg-co2eq/kg・H2	30000
	> 2.2~2.4kg-co2eq/kg・H2	40000
	> 2.4kg-co2eq/kg・H2	50000

図 3-32 インド認証制度排出強度の差異

出典：各種調査に基づき JH2A が作成

9.2 製造数量の差異

コンセプト証明書が発行され、施設レベル証明書の審査後に実際の水素生産量がコンセプト証明書の数量を下回った場合。総ペナルティ：生産数量差（トン）×乗数

例) コンセプト証明書において水素の総生産量を年間80,000トンと申請したが、施設レベル証明書申請において技術委員会による審査を行った結果、生産量が50,000トンだった。 ペナルティ金額：(80,000-50,000) x 175= 5.25百万ルピア	水素製造コスト	350
	乗数	175

*乗数はエネルギー効率局が通知する水素製造コストの半額とする

図 3-33 インド認証制度製造数量の差異

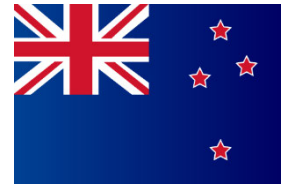
出典：各種調査に基づき JH2A が作成

9.3 施設レベル証明書を申請しない場合

コンセプト証明書が発行された後、期限までに施設レベル証明書の申請を行わなかった場合、発行されたコンセプト証明書は取り消される。

3.2.8 ニュージーランド

ニュージーランドでは、水素が国家エネルギー戦略の重要な柱として位置づけられ、再エネを基盤とした水素の生産と利用が推進されている。同国の戦略は、風力や太陽光を活用したグリーン水素の生産を重視し、国内の脱炭素化と輸出競争力の向上を目指すものである。この中で、再エネガス認証制度は、水素のグリーン性を国際的に証明し、サプライチェーン全体の透明性を確保する役割を果たすと期待されている。また、「H2 Taranaki Hydrogen Roadmap」を通じた水素ハブ開発や、航空・海運分野での燃料転換実証といった具体的なプロジェクトも展開されている。これら取り組みにおいても、再エネガス認証制度は信頼性のあるエネルギー供給網の構築と国際市場への参入可能性を高める要素になると期待されている。以下に再エネガス認証制度の詳細を記す。



■ 再エネガス認証制度

ニュージーランドでは、2018年にエネルギー証書システム（NZECS）が設立され、電力市場で再エネ属性の追跡に活用されている。NZECSを開発・運営する民間事業者である Certified Energy より、2022年11月に発行されている文書「Method for assessment and certification of renewable gas production(Ver.1)」にて、水素を含む再生可能ガスの生産について NZECS を通じて評価・検証するためのアプローチの大枠が記載されている。以降、その認証制度の内容を整理する。

1. 要件と指針原則

□ エネルギー証書によるエネルギー属性追跡

- ・ガスの生産機器の NZECS への登録における重要な手順として、Certified Energy は生産特性確認のために機器を評価する。生産機器が評価され登録されると、デジタル証書によって生産属性 (production attributes) が発行される。証書は別の当事者に譲渡することができる。
- ・水素証書の有効期間(水素が市場に出てから自動的に無効化される期間)についての規定はない。

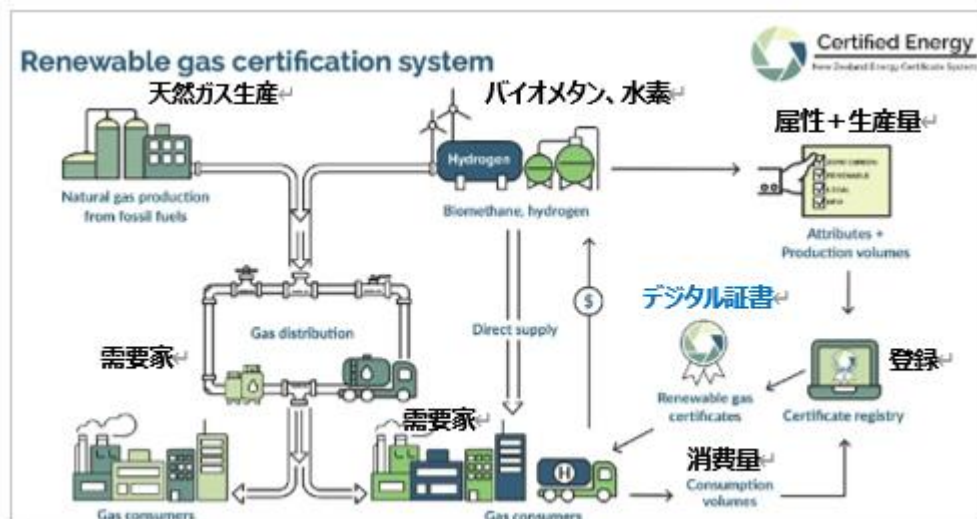


図 3-34 再エネガス認証システム全体像

出典：Method for assessment and certification of renewable gas production(Ver.1)

□ 評価手法

・評価手法は、ISO14040/14044(LCA と GHG 評価)および ISO/TS 14067(製品のカーボンフットプリントに関する技術仕様)をベースに構築される。なお、本文書発行(22 年 11 月)後に ISO/TS19870(23 年 11 月発行。水素 SC における GHG 評価に関する技術仕様)が発行されるとともに、25 年中に IS 規格が発行見通し(ISO 19870-1)であることから、今後当該規格への準拠も求められると想定される。

□ 重複計上の回避

・GHG 排出削減量の二重計上を避けるため、他の認証制度やオフセット制度により認定済/予定の生産機器は、本プログラムの認証を受ける資格がなく、認証書の発行は不可。また、認証書発行後に炭素クレジットの発行が発覚した場合、罰則が適用される。

2. 登録、審査、検証プロセス

・Certified Energy は LCA 報告書に提供されたデータをレビューし、完全性と正確性を検証する。

また必要に応じて登録前に現地視察を要請することができる。LCA 報告書については、水素製造事業者が自社または独立コンサルタントのサポートを得て作成してもよい。(将来的に、コンサルタントの中から評価プロバイダーを承認・指名することを目指している)

3. 評価報告書の要件

- ・評価の目的は、製造装置から発生するガスの潜在的な環境影響の概要を提供し、NZECS 認証の要件を満たすことである。
- ・評価の対象スコープは、水の電気分解による再生可能ガス（水素）製造、バイオメタンからの SMR 水素製造、嫌気性消化、熱分解、発酵、バイオマスの熱化学変換、またはその他の製品システムからの再生可能ガス（バイオメタン）の製造。これら以外にも、システム利用者からの要望に応じて生産方式の評価アプローチを追加開発することを想定している。
- ・水電解で製造された水素が再エネとして分類されるためには、電力や蒸気など、製造工程に投入されるものすべてが再エネとして分類されなければならない。
- ・メタンの水蒸気改質で製造された水素は、メタンを再生可能なもの(バイオメタン)と分類することができれば、NZECS の対象となる。認定されるためには、バイオ由来の有機廃棄物原料の使用が必要。(天然ガスなどの化石燃料由来の水素は対象外)

4. 機能単位

- ・ガス認証のための排出量とその他の特性は、高位発熱量を使用したエネルギー含有量 MWh あたりの値となる。すべての特性は平均値であるため、証明書内の特性値は、既存の換算係数を用いて代替エネルギー単位に換算することができる。ほとんどの場合、消費されたエネルギー量を賄う量の証書を調達することが予想され、このためエネルギー市場全体で標準化された証書単位を使用することは問題にならない。

5. システムのバウンダリー

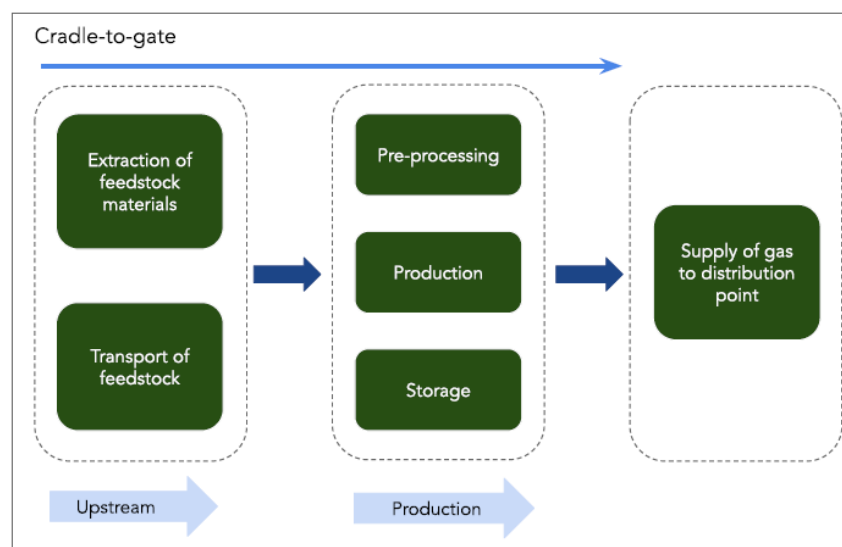


図 3-34 再生可能ガスの認証システム

出典：Method for assessment and certification of renewable gas production(Ver.1)

図 3-35 排出量評価の対象範囲

認証のプロセスでは「Cradle-to-gate」の総排出増分を評価する。対象範囲は、上流工程(原料物質の抽出、原料輸送)、生産(前処理、生産、貯蔵)、隣接する流通経路へのガス供給である。「ゲート」は、生産施設から出荷者、流通業者、消費者への出発点である。

- ・再生可能燃料の最終消費者への輸送に関連する排出は、製造時排出の範囲に含まれないが、今後の議論によっては将来のバージョンでこれを含める可能性あるとしている。

- ・Upstream(上流排出)は、生産前の段階での排出であり、原料の探査、開発、抽出/生産、生産現場への原料の輸送を含む。

- ・逃散排出(排水処理、排水、バイオガスシステムやエンジンからのメタンや一酸化二窒素の排出等)も含める。

6. 排出量の計算

- ・生産設備からの生産がシステム排出量に与える正味の影響は、「上流排出量」+「生産排出量」－「回避排出量」で計算する。

- ・回避排出量(現状と比較して、その製品の生産と使用の結果生じる排出削減)も評価が必要である。

- ・化石燃料の代わりに再生可能ガスを使用する場合、代替燃料の排出係数が公表されている場合は、それを使用することが求められる。NZでは発電量に占める再エネ割合が84%と高いため、再生可能ガスが発電よりも暖房や輸送に使われた場合により大きなメリットが得られる可能性がある。

- ・ゲートからの排出を最終的に回避するためには、利用時の排出量も評価されなければならない。

(ガスの輸送や配給、汲み上げ、貯蔵、使用前のガス状態の変化に伴う排出等)

7. 電力データ

- ・認証取得には、ガス製造過程で使用される電力を評価に含め、属性を明示する必要がある。

- ・電力が購入された場合、NZECSの使用によって明示的に、あるいはNZECSの残余ミックス(RSM)の適用によって暗黙的に、その属性が追跡されるべきである。

- ・電力が自家発電から供給されている場合、属性は、これらの属性が他の場所に割り当てられていない場合に限り、直接割り当てることができる。

- ・「同時性」すなわち消費と同じ期間に発生した発電に由来する証明は要求されない。

- ・低炭素電源の「近接性」についても求められていない。

8. 環境指標

- ・再生可能ガス生産による温室効果ガスの影響推定のために地球温暖化係数(GWP100)を使用する。

方法論と具体的な GWP 値は、変更される可能性があるため、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の最新報告書に合わせるものとする。

9. 報告

- ・アセスメント レポートとして NZECS へ評価と検証の報告が義務付けられているのは、LCA レポートおよび製造装置情報(含 所在地、連絡先)である。
- ・各ライフサイクルステージ(上流、生産)の排出量は、二酸化炭素等量(CO₂-e)で測定される単一のスコアとして報告されるものとする。CO₂に置き換えられない排出は別々に報告。
- ・総グロス CO₂-e および生産排出量は、証明書の主要な出力値となる。生産排出量は 1MWh あたりの CO₂-e の原単位で表示が求められる。回避排出量(CO₂-e)も個別報告が必要である。
- ・生産事業者は、毎年、再生可能ガスの発生量と、販売事業者または消費者への供給量を MWh 単位で報告しなければならない。これには、関連する排出原単位が含まなければならない。また環境指標(温室効果ガス、水)のいずれかが、最初の調査と比較して 10%以上悪化した場合、最初の LCA 報告書を更新しなければならない。
- ・排出量の時間単位についての指定はなく、事業者は任意でデータの収集時間を設定し報告する。

10. 特記事項および今後の展望

- ・水素は特定の日付以降に製造されたものである必要はなく、低炭素電源の「追加性」の要件はない。「近接性」についても求められていない。さらに「同時性」すなわち消費と同じ期間に発生した発電に由来する証書も要求されない。ニュージーランドでは既存の豊富な再エネ(水力・地熱)を水素製造に活用でき、南島と北島も海底ケーブルでつながっている状況下で、国全体での既存再エネの活用を前提としていることが背景にあると思われる。
- ・2024 年 11 月 に公表されたニュージーランドの Hydrogen Action Plan では、国内の認証スキームに関して国際的な認証制度(ISO TS19870 および 2025 年に発行見通しの ISO19870-1 等を指すと想定)や相互承認・整合の重要性について言及している。現在のニュージーランドの認証制度は「Ver1」としての扱いであることから、上記の動きによって更新が行われることも十分に考えられ、動向を注視する必要がある。

3.2.9 韓国

韓国は水素経済の実現を国策として強力に推進しており、2030 年までに世界最大規模の水素輸送ネットワークの構築を目指している。政府は水素の生産、流通、利用に関するインフラ整備を進めるとともに、企業との連携を強化し、燃料電池や水素ステーションの普及を促進している。また、再エネを活用したグリーン水素の生産拡大にも注力しており、脱炭素社会の実現における水素の役割を明確に位置づけている。さらに、2019 年には「水素経済促進および安全管理法」を制定し、水素関連事業の安全性確保と規制枠組みの整備を進めてきた。国際的な水素供給網への参加や輸出市場の拡大も同時に推進しており、水素戦略は多面的に展開されている。



クリーン水素認証制度は、韓国の水素戦略を支える重要な仕組みである。この制度は水素の製造・供給過程を評価し、低炭素またはゼロカーボン水素を認証することで、国際市場での競争力向上と国内でのグリーン水素普及を促進する役割を果たす。さらに、国際的な枠組みと調和しながら透明性を確保することで、グローバルな脱炭素目標への貢献を目指している。この制度により、韓国は環境配慮型の水素経済の加速と国際水素市場での地位向上を狙っている。

■ クリーン水素認証制度

1. 概要

韓国におけるクリーン水素認証制度は、「水素経済促進および水素安全管理法」に基づき、クリーン水素の生産および輸送プロセスにおける温室効果ガス（GHG）の排出量を評価する仕組みである。この制度は 2024 年 3 月 4 日に「クリーン水素認証制度運営に関する告示」文献：청정수소 인증제도 운영에 관한 고시(산업부 고시 제 2024-39 호)として韓国産業通商資源部（MOTIE）によって告示され、韓国エネルギー経済研究院が運営を担う。

本制度は、温室効果ガス削減目標を達成し、水素経済の促進に寄与するために設計されたものである。その運用と国際連携を通じて、持続可能なエネルギー転換が期待されている。また、国内外の水素産業における競争力を高めるため、特定の排出プロセスを除外するなどの柔軟な基準が採用されている。

本項では、関連する告示および運用規則の要点を統合し、制度の構造、基準、および運用方法を整理する。

2. クリーン水素認証の基準と範囲

クリーン水素認証の基準と範囲では、評価範囲、温室効果ガス（GHG）算定方法、および認証有効期間が含まれる。

- 評価範囲: 「井戸からゲートまで」(Well-to-Gate: WtG) の評価方式を採用し、クリーン水素のライフサイクル全体の排出量を評価対象とする。特例として、国際輸送に関連する排出量(例: 海上輸送の排出量)は一定期間除外する。この措置は、国際水素市場の形成を視野に入れた対応であり、輸送コストの削減と環境負荷の軽減に寄与する。
- 温室効果ガス(GHG)算定方法: 排出量の直接排出(Scope 1)、間接排出(Scope 2 および Scope 3)を含む。データが不足する場合は、IPCC など公認データを活用することが許容される。また、低炭素電源を用いる場合、同一電力網に接続されていることや月単位の整合性が求められる。この点は、再エネの利用拡大を促進する政策とも連動している。
- 認証有効期間: 初回設備確認を受けた日から最大 15 年間、認証が有効となる。認証取得後の維持管理が求められるため、定期的な監査が必要である。

3. 運営体制と役割

韓国産業通商資源部(MOTIE)は、認証運営機関と認証試験評価機関という2つの機関に職務を分離し、認証制度を運営している。

認証運営機関は、認証申請書の受付、設備確認書の発行、認証基準維持の監査、認証情報システムの運用、異議申請の受付および処理を担当する。この機関は、申請者との調整を行い、制度の透明性を確保する役割を果たしている。

認証試験評価機関は、データと現場設備の審査、現場設備の認証基準維持の点検、評価結果報告書の作成を担当する。この機関は、技術的な専門性を活かして評価を行い、認証の正確性を担保している。

4. 排出量の計算方法

排出量の計算方法には、原料、燃料、投入材料の調達プロセスから排出される GHG 排出量を含む計算プロセスが含まれる。また、副産物の排出量計算や配分も算定対象となり、CCS(炭素捕捉・貯蔵)を利用した排出量削減が評価基準に組み込まれる。

データ要件としては、信頼性のある基本データの使用を推奨し、独自開発の計算方法も認可を受けた場合に使用可能とする。特に、データの正確性を確保するため、申請者は第三者機関のレビューを受けることが求められる。

さらに、国際標準との整合性を保つために、ISO や GHG プロトコルに準拠した算定基準を採用している。

5. 認証申請および管理

認証申請および管理では、設備確認申請、設計データや運用計画、排出量計算報告書など必要書

類の提出が求められる。その後、データ審査および報告書の作成を経て証明書が発行される。申請プロセス全体はオンラインプラットフォームを活用して効率化されている。

認証基準維持の確認は、年 1 回以上のコンプライアンスレビューの実施を通じて行われる。基準違反が判明した場合には改善命令が発出され、是正がない場合は認証が失効する。

6. 採用している基準値

韓国のクリーン水素認証制度では、温室効果ガス（GHG）の排出量に関する基準値が等級ごとに設定されている。以下は基準値の概要である。

表 3-17 基準値等級

等級	GHG 排出量 (kg CO ₂ e/kg H ₂)
1	0.00 – 0.10
2	0.11 – 1.00
3	1.01 – 2.00
4	2.01 – 4.00

出典：MOTIE クリーン水素認証制度の運営に関する告示を基に JH2A 事務局が作成

これらの基準値は、「付則 1」に詳細が記載されており、基準を満たすことがクリーン水素として認定されるための重要な条件である。IPCC ガイドラインおよび国際エネルギー機関（IEA）のデータに基づいて算出されており、韓国国内のエネルギー事情や技術的進展を反映して定期的に見直される。また、基準値の適用においては、申請者が提供するデータの正確性を保証するために第三者による審査が行われる。これにより、制度の透明性と公平性が確保されている。

7. 特記事項

海外から LNG を輸入して水素を生産する場合、LNG の海上輸送に関わる炭素排出は評価対象外となる。この措置は、特定の排出プロセスを除外することで水素経済の成長を促進するためのものである。また、韓国内で生産された水素に対しても、輸送および分配に関わる排出量を一部簡略化

特例により一部排出量を除外(付則第 2 条②)

- 別途定める日まで次の各号の**海上輸送排出量(船舶排出量)**は除外する。

- ① 水素製造目的の原料調達
- ② 水素製造で捕捉された二酸化炭素の運搬
- ③ 水素製造後、合成された輸送体の輸送

する制度が検討されている。

以下の図は、評価プロセスにおける排出量の除外範囲を示す。

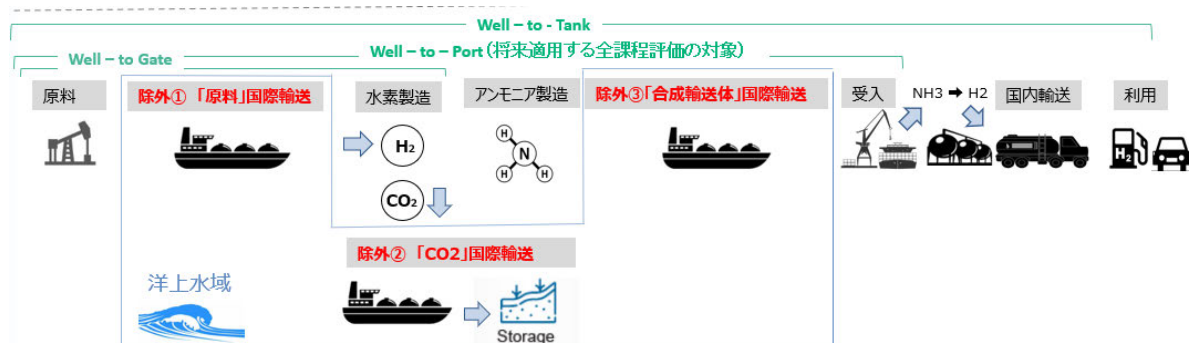


図 3-36 排出量除外範囲図

出典：MOTIE クリーン水素認証制度の運営に関する告示を基に JH2A 事務局が作成

8. 今後の課題と展望

今後の課題として、韓国のクリーン水素認証は IPHE（国際パートナーシップ）や ISO 基準に準拠して設計されていることから、これらとの整合性をさらに強化する必要がある。また、運用の透明性を確保するため、マスバランス方式を主に採用し、国内製造・流通にはブック・アンド・クレイム方式の適用を検討している。特に、中小規模事業者への適用を円滑にするための特例措置や支援策が求められている。

さらに、認証基準やデータ要件の更新を継続し、技術の進化や市場環境に適応する方針が重要である。特に、グリーン水素の定義やブルー水素の基準の見直しが必要であり、国際的な合意形成に向けた取り組みが期待されている。

4. 我が国の今後に向けた政策の論点、纏め

本報告書では、The International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy (IPHE) の Steering Committee Meeting、Hydrogen Product Analysis Task Force、Hydrogen Certification Task Force などの国際会議を通じて得られた情報を整理した。これらの会議では、認証スキームの相互承認に必要な条件、再エネの適用要件、貿易ルール、規制に関する議論が行われた。また、IPHE に加え、IRENA（国際再生可能エネルギー機関）、IEA（国際エネルギー機関）のレポートを活用し、米国、EU、フランス、ドイツ、イギリス、インド、ブラジル、ニュージーランド、韓国など、主要国における水素政策の動向、進捗状況、規制、認証制度に関する調査を実施した。

これらの会議や調査を通じて得られた示唆として、水素の普及には国際的な協力と連携が不可欠であることが、認証スキームの相互承認の取り組み検討を通じて明らかとなった。特に、各国の異なる制度や基準を調和させるためには、技術的な情報共有のみならず、規制や市場の枠組みについても緊密な協力が求められる。これにより、水素の取引や流通の円滑化が進み、グローバル市場の形成が促進されると考えられる。さらに、共同研究やプロジェクトの推進は、水素の製造技術の発展だけでなく、市場形成や制度設計といった仕組みづくりにおいても重要な役割を果たす。例えば、持続可能な水素のサプライチェーン構築に向けたルールの整備や、国際的な水素市場の価格メカニズムの確立といった取り組みが、各国の政策形成の一環として進められるべきである。また、こうした取り組みを効果的に進めるためには、国際機関や各国政府のみならず、企業や研究機関の積極的な関与が不可欠であり、官民連携の枠組みを強化することが求められる。

水素市場の発展には、消費者や企業が水素の価値を認識し、受け入れる環境を整えることも重要である。水素の安全性やコスト面での競争力を高めるだけでなく、水素を活用する具体的なビジネスモデルを提示し、商業的なインセンティブを生み出すことが、市場の持続的成長につながると考えられる。加えて、水素エネルギーの社会実装を進めるには、国際的な認証制度の確立や貿易ルールの整備が急務であり、各国が協調して取り組む必要がある。こうした枠組みの確立により、水素エネルギーの普及が加速し、持続可能な社会の実現が近づくことが期待される。

日本国内では、いわゆる水素社会推進法が施行され、水素の社会実装が具体性を増している。この法律では、価格差支援を通じた水素導入が現実的な選択肢として浮上しており、水素エネルギーの普及を経済的にも後押しする枠組みが整備されつつある。また、エネルギー基本計画が発表され、水素を次世代エネルギーの柱として位置付ける政策が強調されている。特に、グリーン水素の

生産技術や関連インフラの高度化に加え、地域経済や雇用創出への貢献を目指した取り組みが進められており、日本全体での水素社会の実現が加速されることが期待されている。

さらに、持続可能な水素社会の実現に向けて、政府や企業が積極的な投資を行うことが求められている。水素エネルギーのインフラ整備や技術革新を支援する政策の策定が不可欠であり、このような取り組みによって水素エネルギーの普及基盤が強化される。また、水素エネルギー市場の拡大を促進するためには、消費者への啓蒙活動が重要であり、水素の利点や可能性を広く周知することで普及を一層進める必要がある。同時に、水素エネルギーを活用した新たな産業の育成や雇用創出を進めることで、経済成長と脱炭素化の両立が可能になる。

国際間会議への参加を通じた情報収集、各国の政策動向調査を行った本報告書が、我が国の水素エネルギーの立ち上げの一助となれば幸いである。

二次利用未承諾リスト

報告書の題名 多国間枠組における水素エネルギーに関する国際動向調査最終報告書

委託事業名 令和6年度エネルギー需給構造高度化対策調査等事業

受注事業者名 一般社団法人 水素バリューチェーン推進協議会

頁	図表番号	タイトル
5	図2-1	現在のIPHE加盟国
7	図2-2	IPHE組織図
8	図2-3	直近のIPHE SC会合の様子（第42回SC、2024年11月20～21日）
14	図2-4	「Methodology for Determining the Greenhouse Gas Emissions Associated with the Production of Hydrogen」のシステムバウンダリ
17	図2-5	水素パスポート（デジタルパスポート）のコンセプト
22	図2-6	水素技能タスクフォースが開発する必要能力データベース
33	図3-1	世界の水素供給量予測
34	図3-2	製造コストの推定
35	図3-3	影響を及ぼすリスク上位10項目
45	図3-4	ニーズ調査に基づく45V地域割
46	図3-5	水素ハブ プロジェクト一覧
52	図3-6	クレジットと営業年数相關
54	図3-7	クレジット・デフィシットバランスの現状
54	図3-8	電力並びに電力による水素製造のCI算定手順
58	図3-9	B&C計上の3四半期制限(例)
59	図3-10	IRA地域割とLCFS地域割
61	図3-11	ブラジル電源構成
61	図3-12	ブラジルプロジェクト例
62	図3-13	ブラジル水素分類概念図
63	図3-14	ブラジル水素認証システム相關図
66	図3-15	欧州水素銀行第一回入札受注者
71	図3-16	ドイツ水素輸入戦略より水素輸入コリドーの整備の方針
71	図3-17	ドイツ水素輸入戦略より二国間・多国間の水素サプライ協力の推進
75	図3-18	(A) H ₂ 濃度に対する対流圏OHの量、(B) OH量に対するH ₂ の寿命、(C) H ₂ 濃度に対するCH ₄ 寿命、(D) OHの量に対するCH ₄ 寿命
75	図3-19	(上段) H ₂ 濃度500ppb、2,000ppbの際のO ₃ 濃度とその差分 (下段) H ₂ 濃度500ppb、2,000ppbの際の月別のO ₃ 濃度
76	図3-20	大気組成のシミュレーションによる変化が有効放射強制力（ERF）に及ぼす影響
78	図3-21	エコロジー・持続可能開発・エネルギー省「エネルギー変革のための水素展開計画」
79	図3-22	フランスにおけるトレーサビリティ証明と原産地証明のシステムバウンダリと関係
83	図3-23	バンキング制度各州毎總め
84	図3-24	運営体制と関係者の役割・責任
85	図3-25	水素製造法別フロー
85	図3-26	インド認証制度バウンダリー
85	図3-27	インド認証制度算定範囲
86	図3-28	インド認証制度算定方法
86	図3-29	インド認証制度申請プロセス①
87	図3-30	インド認証制度申請プロセス②
87	図3-31	インド認証制度検証プロセス
88	図3-32	インド認証制度排出強度の差異
88	図3-33	インド認証制度製造数量の差異
90	図3-34	再エネガス認証システム全体像
91	図3-35	排出量評価の対象範囲
97	図3-36	排出量除外範囲図
6	表2-1	IPHE加盟国
6	表2-2	IPHEの議長国と事務局
8	表2-3	教育・アウトリーチワーキンググループの概要
10	表2-4	規制・基準・標準・安全ワーキンググループの概要
11	表2-5	RCSS WGバルク貯蔵タスクフォースの概要
12	表2-6	RCSS WG海運タスクフォースの概要
12	表2-7	RCSS WG 許認可タスクフォースの概要
13	表2-8	水素製造分析タスクフォースの概要
14	表2-9	「Methodology for Determining the Greenhouse Gas Emissions Associated with the Production of Hydrogen」で採用されている水素製造パスと水素キャリア
15	表2-10	水素認証メカニズムタスクフォースの概要
16	表2-11	水素認証メカニズムタスクフォースで作成したインベントリー一覧
16	表2-12	クリーン水素の認証メカニズムの比較報告書「Comparison of Hydrogen Certification Mechanisms December 2024」の概要
18	表2-13	水素環境影響分析タスクフォースの概要
18	表2-14	IPHE「Impact of Atmospheric Hydrogen on Climate Change（大気中の水素が気候変動に与える影響）」ポジションペーパーの概要
20	表2-15	水素貿易ルールタスクフォースの概要
21	表2-16	水素技能タスクフォースの概要
42	表3-1	45VH2-GREET 2023における各種一次エネルギー源からの発電排出係数
42	表3-2	45VH2-GREET 2023における副産物と計上メカニズム
44	表3-3	45V地域ごとのバランスシグメット
52	表3-4	LCFS 平均CI目標(基準値) 小型車(ガソリン代替)ケース
53	表3-5	LCFS平均CI目標(基準値)改訂案
56	表3-6	電気(事業者)登録リスト例
56	表3-7	Incrementality/Additionality 関連規程のIRA/LCFS比較
57	表3-8	Temporal Matching/Time Limit 関連規程のIRA/LCFS比較
58	表3-9	Deliverability 関連規程のIRA/LCFS比較
66	表3-10	入札条件抜粋
68	表3-11	ドイツ国家水素戦略改訂版の背景と概要
69	表3-12	ドイツ水素加速法の背景と概要
70	表3-13	ドイツ水素輸入戦略
77	表3-14	エコロジー・持続可能開発・エネルギー省「エネルギー変革のための水素展開計画」
78	表3-15	「フランスのカーボンフリー水素開発のための国家戦略」
80	表3-16	仏のエネルギー規定の第8部（水素）のポイント
96	表3-17	基準値等級