

参考文献 | 飯田哲也のエネルギー知性学 2026年6月29日号

本論「P2X革命——直接電化の先へ」

[R1]

World Energy Outlook 2024

IEA (International Energy Agency) (2024-10)

直接電化・P2X効率比較データの参照元。Fraunhofer ISE "Levelized Cost of Electricity" (2024) も参照。

[R2]

Electrochaea's BioCat Biomethanation Process Is Certified by the Environmental Technology Verification Program

Electrochaea GmbH (2021-11-04)

EU-ETV認証取得のプレスリリース。変換効率74%超・総合効率52～58%のデータ出典。

[R3]

APA Wallumbilla Power-to-Gas Project

ARENA / APA Group (2023)

プロジェクト終了報告。サバティエ反応器の温度制御課題・DAC基材破損・COVID-19供給網断絶を記録。

[R4]

World's first dynamic green ammonia plant starts operations in Denmark

Topsoe A/S (2025-12-22)

Skovgaard green ammonia plant (Ramme、北ユトランド)。2024年8月竣工式、2025年12月22日正式運転開始。年産5,000トン・CO2削減9,600トン/年。

[R5]

MAN Energy Solutions — Two-Stroke Ammonia Engine Development

MAN Energy Solutions (2025-01)

液化ガス噴射アンモニアエンジンで100%負荷安定運転を初確認(パイロット燃料を現段階では併用)。

[R6]

Ammonia Technology Roadmap

IEA (International Energy Agency) (2021-10)

グリーンアンモニアコスト(USD 600～1,400/t)及びニアゼロ排出経路のコスト比較。IRENA "Innovation Outlook: Renewable Ammonia" (2022) も参照(海運用需要予測: 2050年に1.83億t)。

[R7]

Laura Maersk — World's first methanol-enabled container vessel

A.P. Moller-Maersk (2023-09)

2023年9月命名・就航。Kassoe e-メタノール施設からの燃料を使用。グリーンメタノール対応コンテナ船の世界初事例。

[R8]

Kassoe e-methanol facility officially inaugurated

European Energy A/S (2025-05-13)

世界初の大規模商業e-メタノール施設。年産42,000トン。三井物産49%出資。マースク・Lego・Novo Nordisk向け供給。ISCC EU RFNBO認証取得済み。

[R9]

[Haru Oni — e-fuels project](#)

[HIF Global \(2022～\)](#)

[チリ・マゼラン海峡沿いの世界先行e-fuels商業案件。複数GWスケールのプロジェクトを5カ国で展開。](#)

[R10]

[Regulation \(EU\) 2023/851 — CO2 standards for new cars and vans: e-fuels derogation](#)

[European Commission \(2023-04\)](#)

[2035年新車CO2ゼロ規制とCO2中立燃料の別途制度化方針。2025年12月の90%削減改正提案\(制度提案段階\)も含む。](#)

[R11]

[Hydrogen Ladder Version 5.0](#)

[Michael Liebreich / BloombergNEF \(2023\)](#)

[P2X・水素の用途別優先順位フレームワーク。本文中の図4\(水素階段簡略版\)はこのフレームワークに基づく筆者作成。](#)

※ 本文中の引用番号 [R1]～[R11] に対応。URLはすべて2026年6月時点で確認。