

IEEJ Webinar グリーン水素の国際サプライチェーンの経済性比較

日本エネルギー経済研究所

柴田善朗, ● 關思超, 吉田昌登, 中村博子, 坂本敏幸

(1) 背景・目的

(2) 分析手法・前提条件

(3) 主な結果

(4) 示唆

背景・目的

- ❖ 我が国は、2050年のカーボンニュートラルを実現するために、海外からの水素の輸入が必要
- ❖ 現時点では、ブルー水素が安価と言われているが、カーボンフットプリント、化石燃料資産に対する divestment の国際的な圧力の高まり等のリスクもあり、グリーン水素も重要なオプション
- ❖ グリーン水素は多様な地域で製造できるため、輸入元の分散化を通じて我が国のエネルギーセキュリティの改善にも貢献

本研究は、将来的なグリーン水素供給国と日本を結ぶ水素サプライチェーンの経済性とカーボンフットプリントを明らかにしつつ、ブルー水素との比較に基づき、メリットと課題を議論する。

評価対象



- 太陽光発電 (Solar PV)
- 風力発電 (Wind)
- 天然ガス + CCS (Natural gas + CCS)
- 褐炭 + CCS (Brown coal + CCS)

➡
| 液化水素(LH₂)
| メチルシクロヘキサン(MCH)
| アンモニア(NH₃)

地図出所: <https://www.stat.go.jp/data/sekai/pdf/worldmap.pdf>

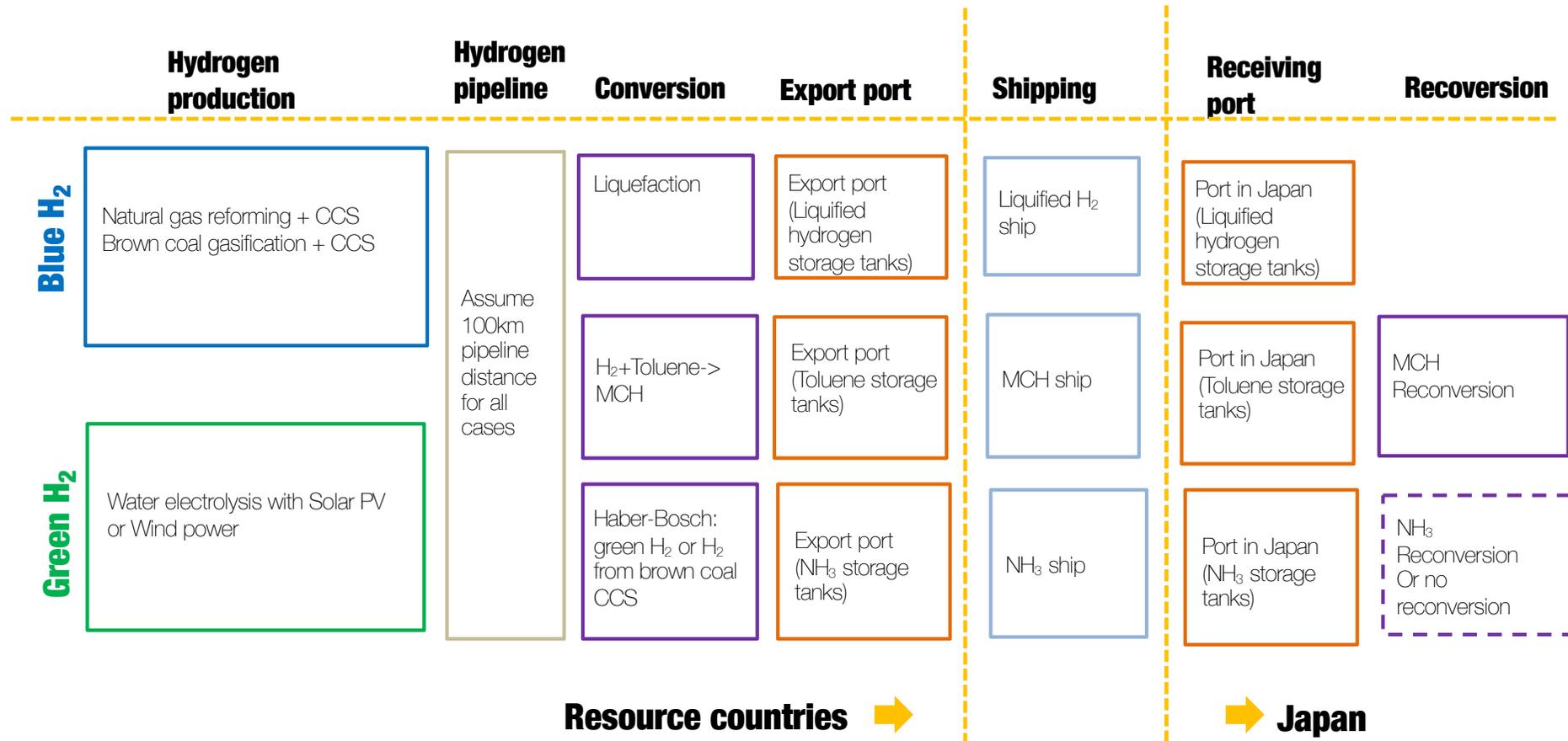
(1) 背景・目的

(2) 分析手法・前提条件

(3) 主な結果

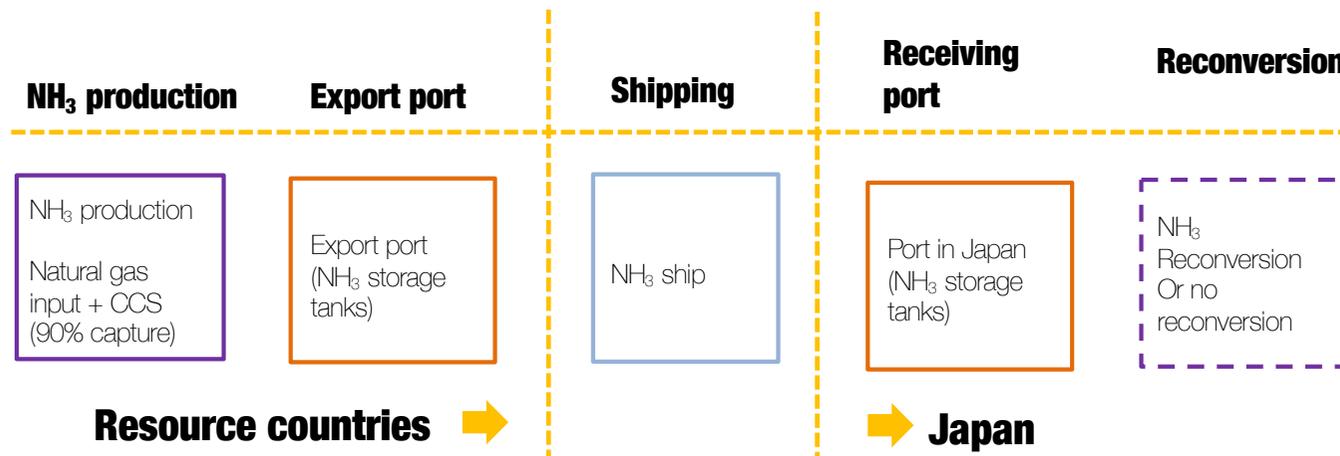
(4) 示唆

分析手法：水素サプライチェーン

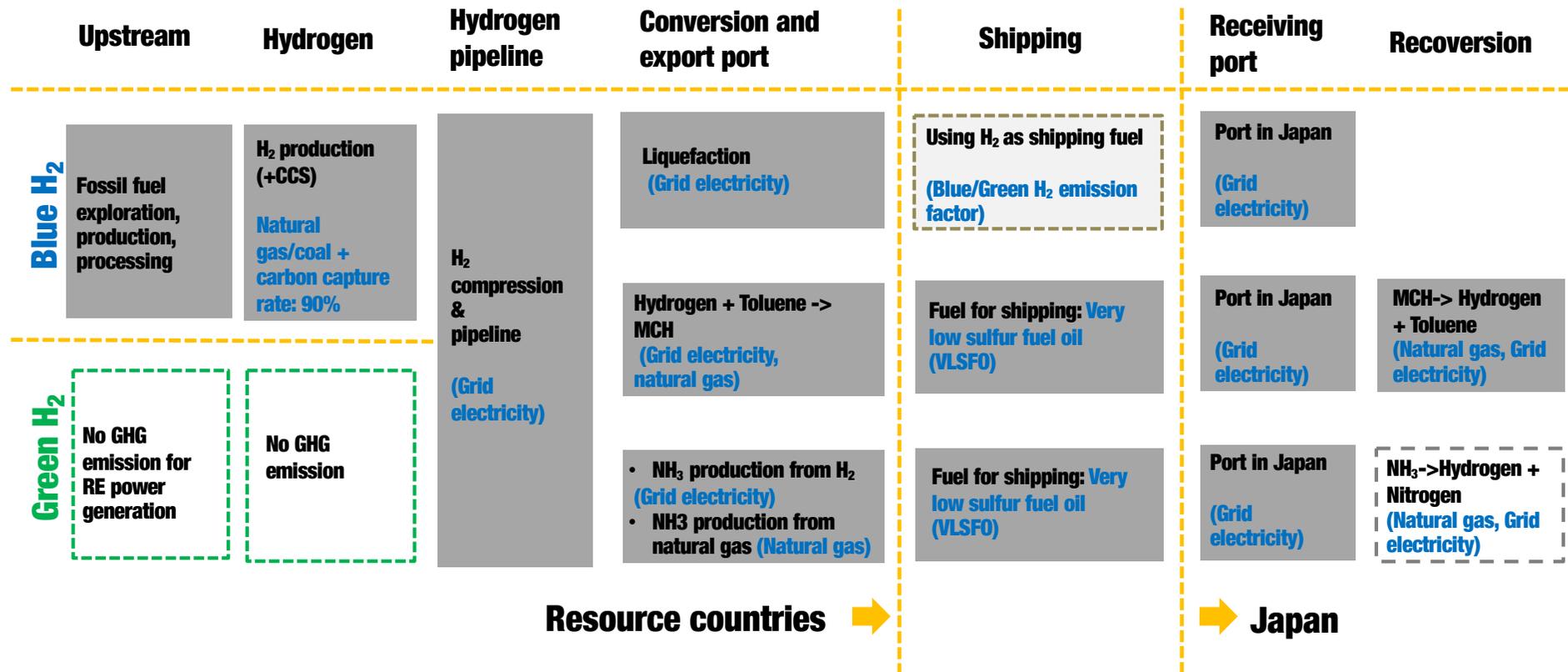


分析手法：天然ガス由来のブルーNH₃

- ❖ 天然ガスをNH₃製造に利用する場合は、広く使われている成熟した技術であり、水素製造とNH₃合成が統合されたシステムとする。



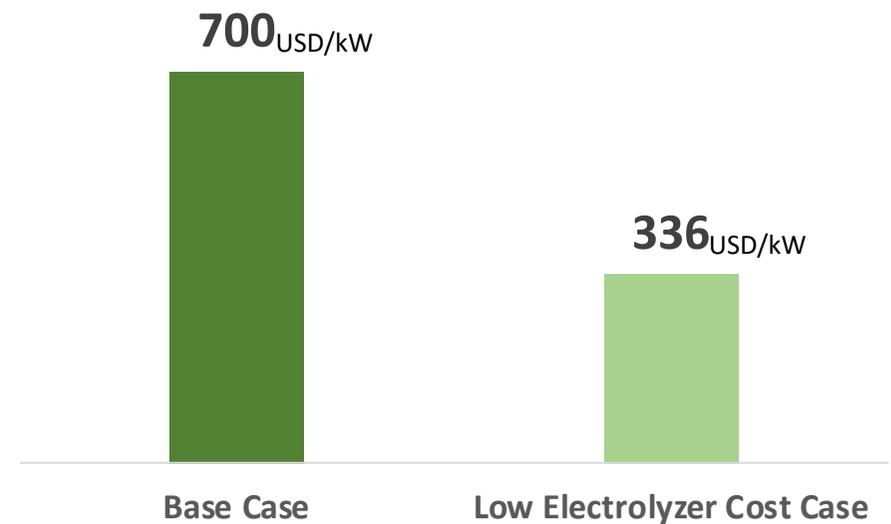
分析手法：GHG排出量評価フロー



主な前提条件(1)

- ❖ **22.5万トン**水素サプライチェーン規模（水素製造量。1GWの水素専焼ガスタービン火力発電の年間消費量に相当）
- ❖ **2030年**評価対象年
- ❖ CAPEX、OPEX、変換効率、その他技術仕様等はIEA、エネルギー総合工学研究所の研究レポートを参照

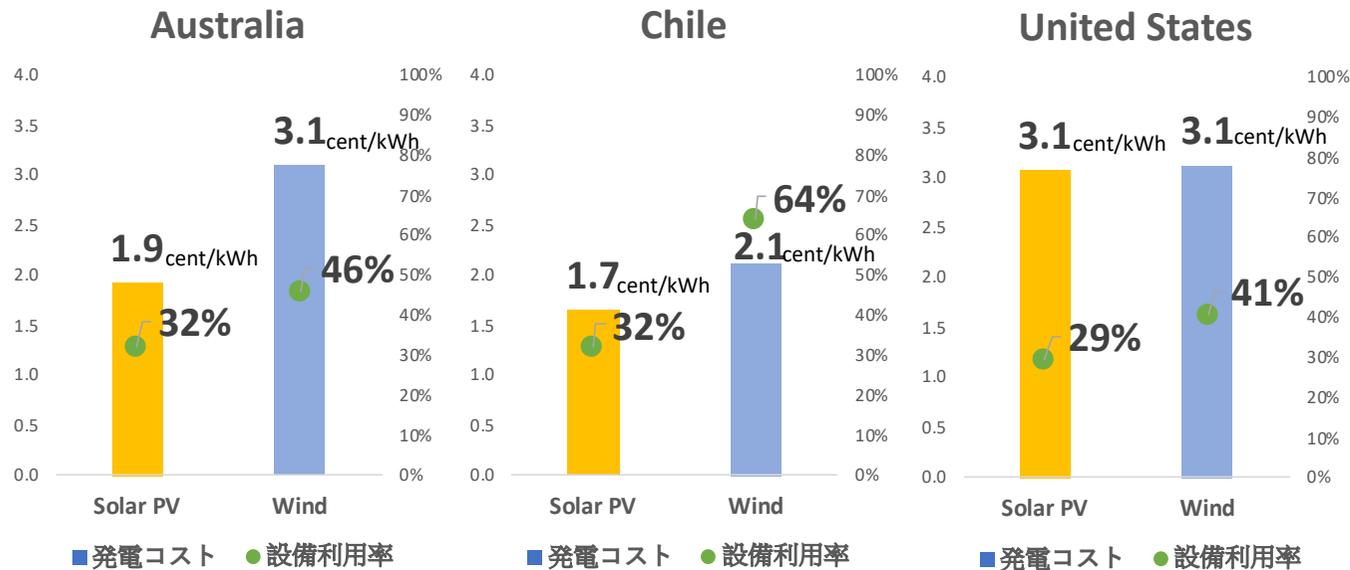
水電解装置のCAPEXについて二つのケースを想定



主な前提条件(2)

❖ 2030年の再生可能エネルギー発電コスト、設備利用率、化石燃料コスト等は公開政府資料等に基づく想定

再生可能エネルギー発電コストと設備利用率 (2030年)

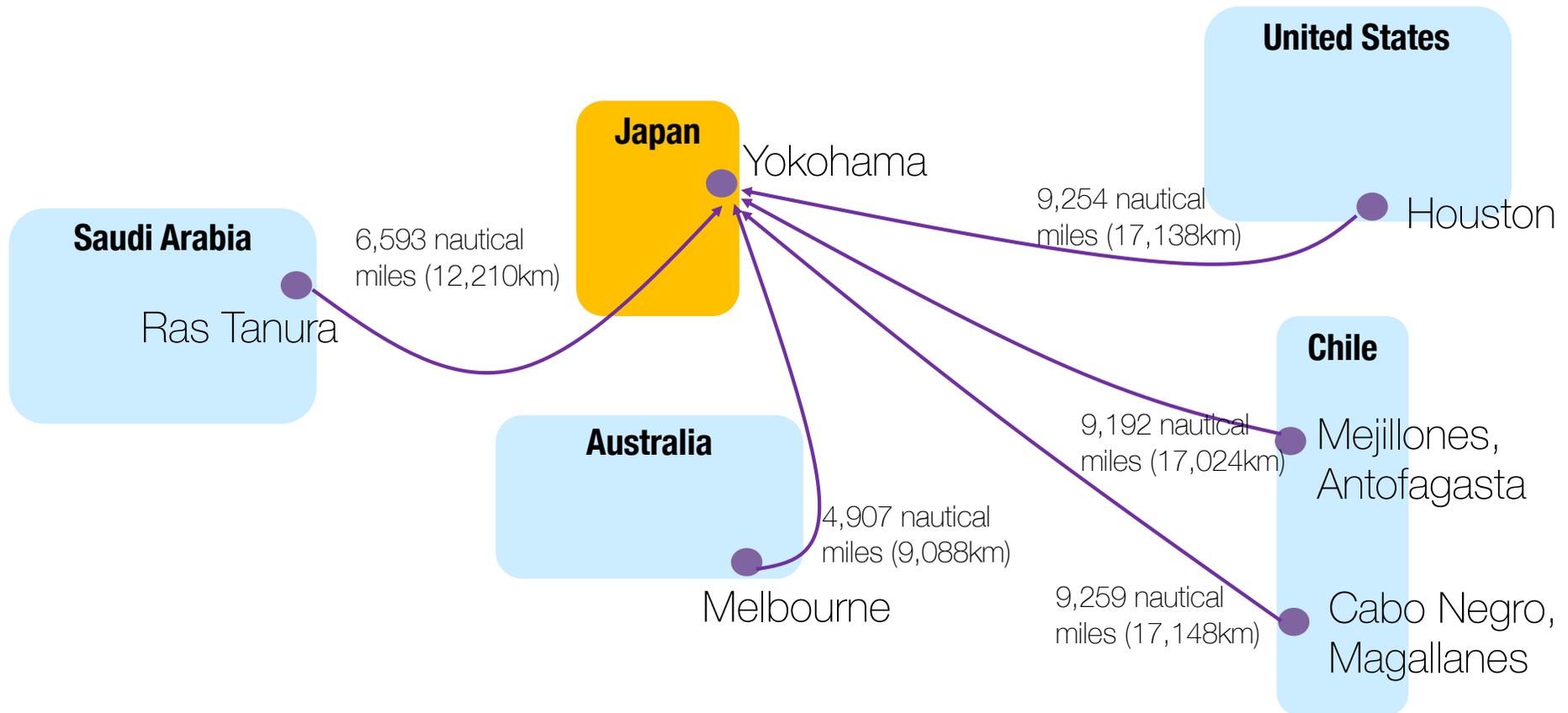


化石燃料価格 (2030年)

	豪州	サウジアラビア
Gas (USD/mmbtu)	6.2	4
Coal (USD/ton)	16.2	-

主な前提条件(3)

水素の国際輸送ルートのご想定

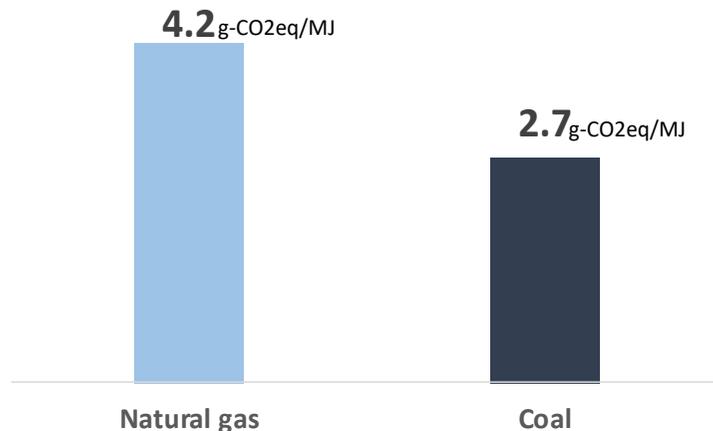


主な前提条件(4)

❖ **90%**ブルー水素/ NH_3 製造の CO_2 回収率(IEA)

❖ **米国EPA**の調査レポート*によって化石燃料の上流開発のGHG排出係数を推計

化石燃料の上流開発におけるGHG排出係数の想定



* United States Environmental Protection Agency, Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990-2019

2030年における系統電力の CO_2 排出係数の想定

輸出国	排出係数 (kg-CO ₂ /kWh)
豪州	0.40
チリ	0.10
サウジアラビア	0.30
米国	0.27

* 系統電力の CO_2 排出係数は、各国政府公表資料に基づく2030年断面での電源構成から推計。

(1) 背景・目的

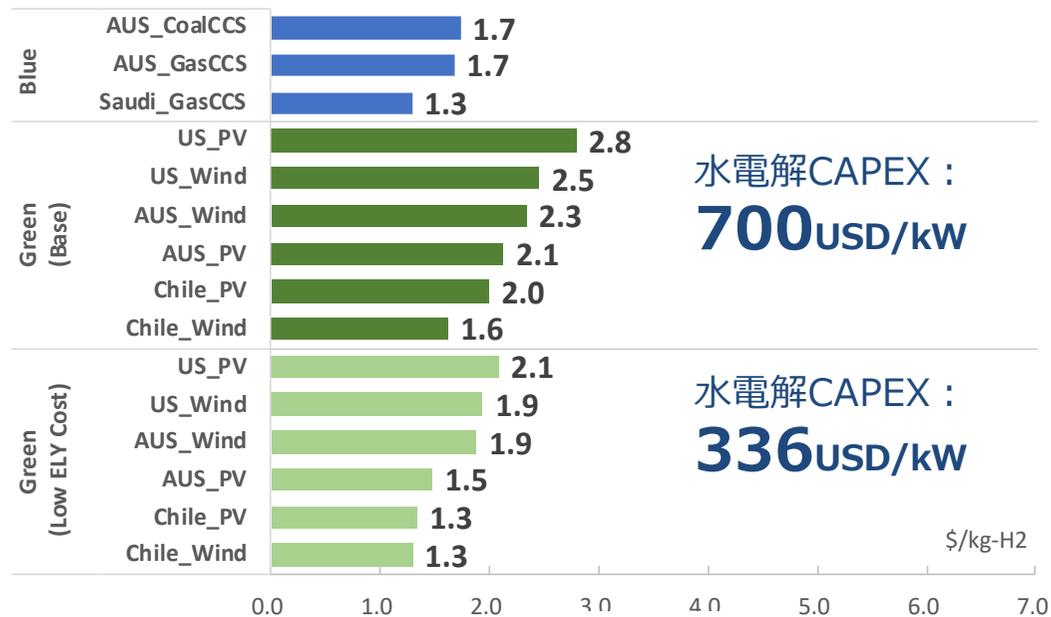
(2) 分析手法・前提条件

(3) 主な結果

(4) 示唆

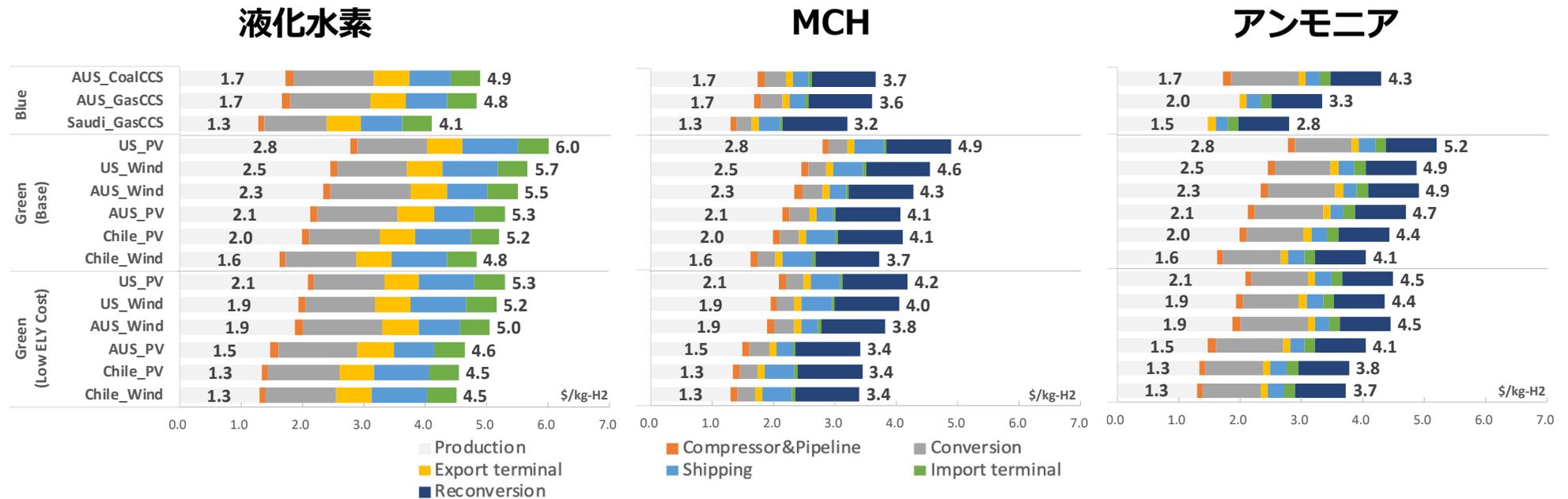
分析結果：水素製造コスト

水素製造コスト（2030）



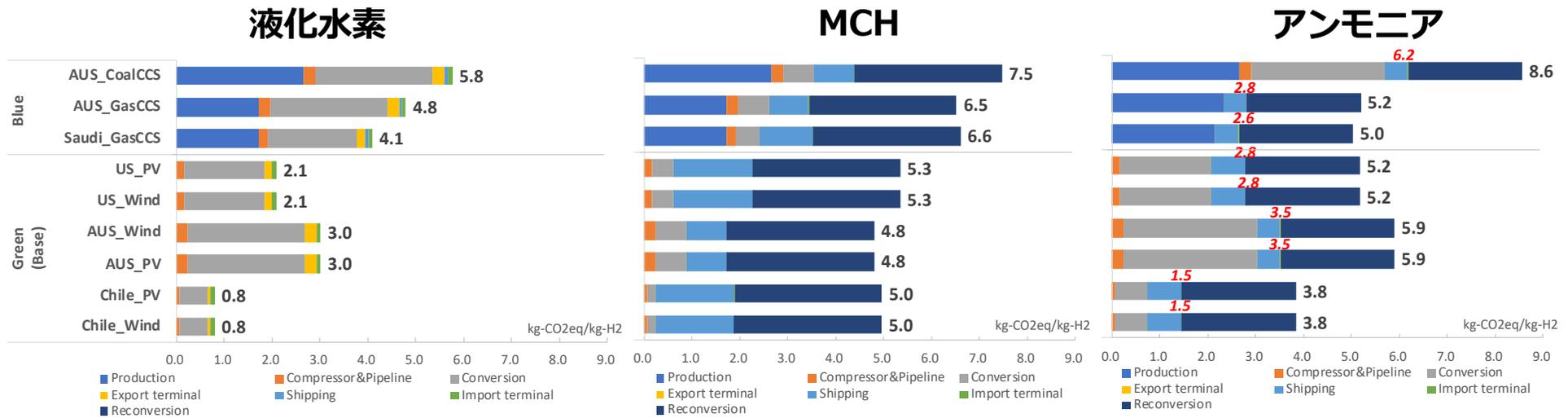
- ❖ 2030年に見込まれる水電解設備費を現状（900USD/kW）の1/3水準まで低減できれば、チリや豪州のグリーン水素製造コストはブルー水素製造コストよりも安価になる。

分析結果：水素輸入コスト



- ❖ 液化水素またはメチルシクロヘキサン（MCH）を水素キャリアとして利用する場合は、チリからのグリーン水素がグリーン水素の中で最も経済的である。
- ❖ 水素キャリアがアンモニアの場合は、天然ガス由来のブルー水素の方が安価である。

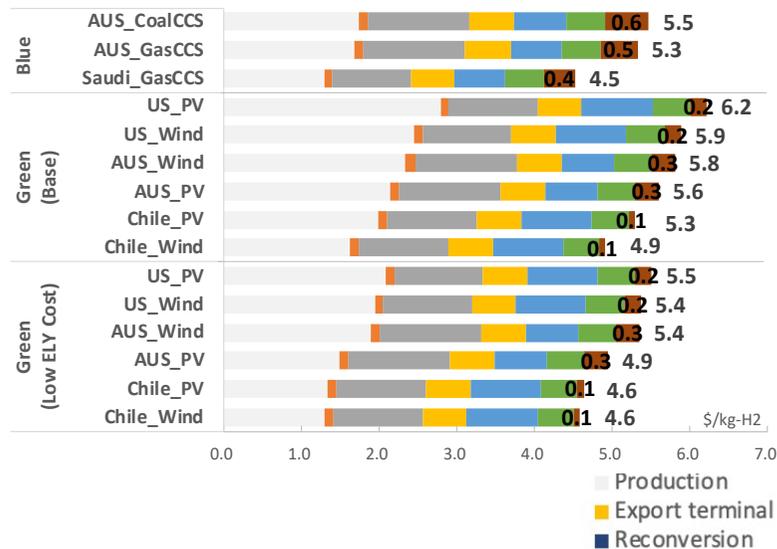
分析結果：カーボンフットプリント



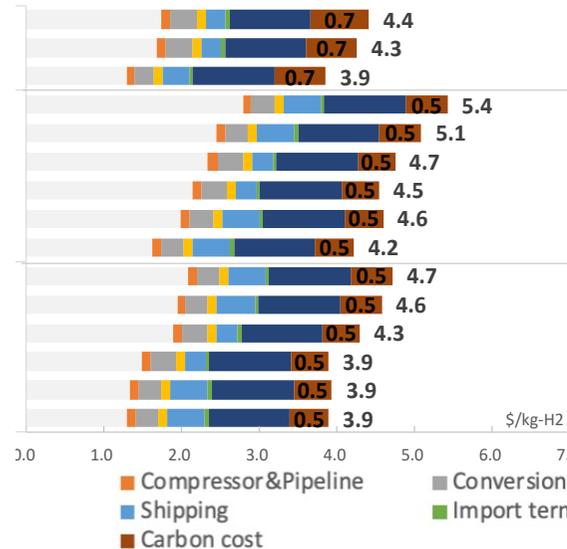
- ❖ 水素製造プロセスにおいては、グリーン水素のGHG排出量はブルー水素よりも極めて小さい。
- ❖ 水素キャリアへの変換プロセスに投入する電力を系統電力と想定しており、チリ等の電力のCO₂排出係数の低い国ほど、水素サプライチェーン全体のCO₂排出量は少なくなる。
- ❖ 液化水素の場合は、水素輸送船の燃料が液化水素であること、再水素化が不要であること等によって、カーボンフットプリントがキャリアの中で最も小さい。
- ❖ アンモニアについては、分解が不要な場合はカーボンフットプリントが減少する。

分析結果：炭素価格の影響（100USD/t-CO₂と仮定）

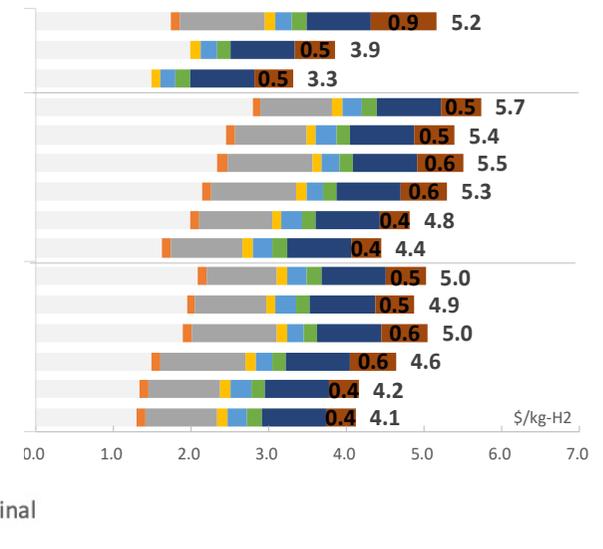
液化水素



MCH



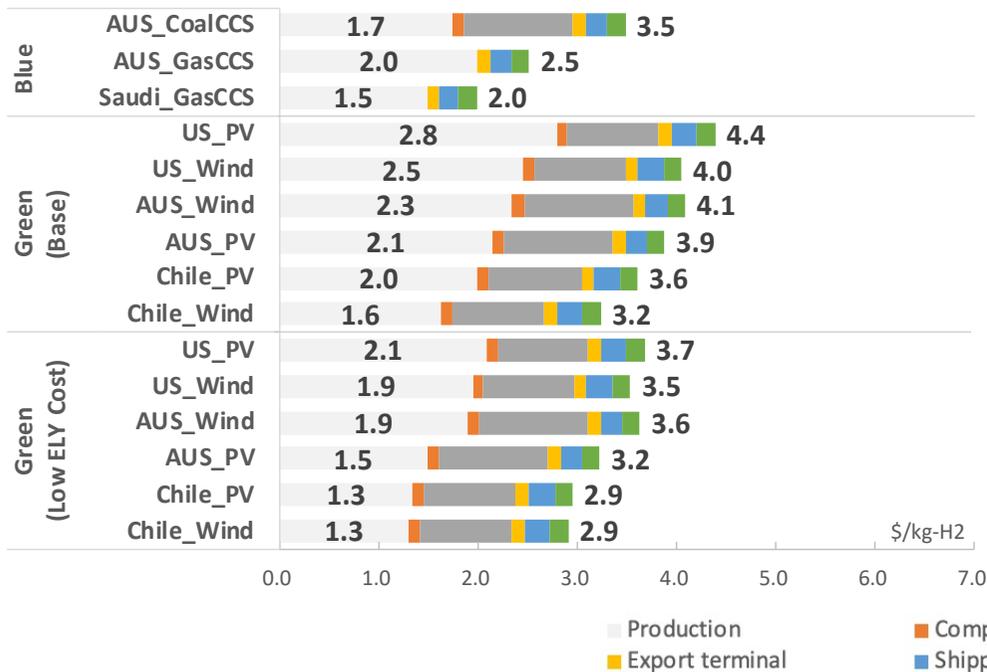
アンモニア



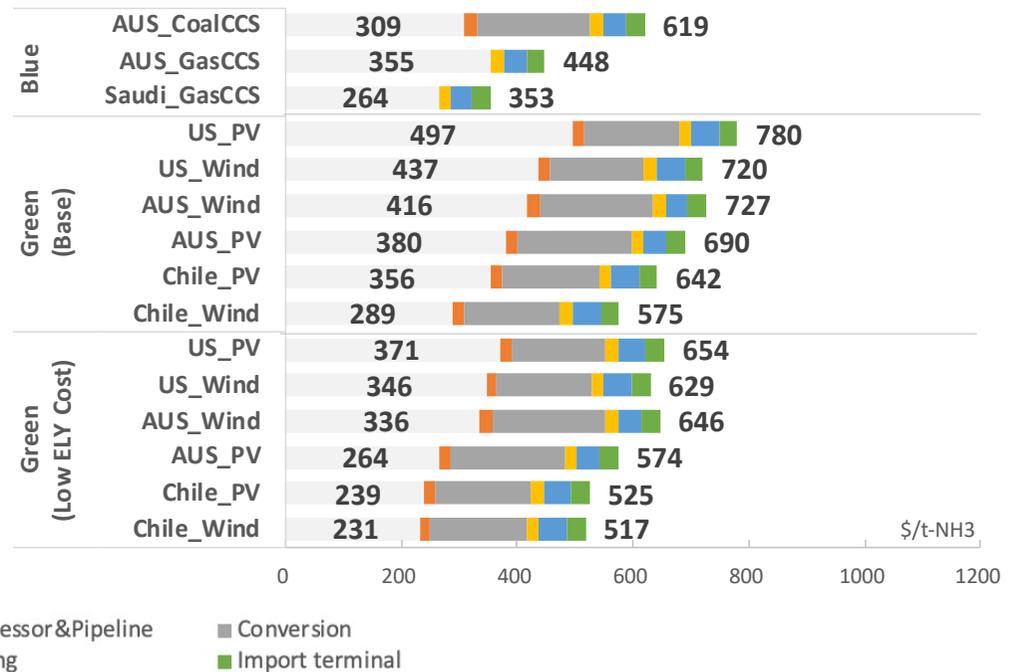
- ❖ 水素キャリアが液化水素またはメチルシクロヘキサン(MCH)の場合、Low Electrolyzer Cost Caseにおいてチリからのグリーン水素は、サウジアラビアからのブルー水素と競合できるようになる。
- ❖ 水素キャリアがアンモニア(NH₃)の場合は、サウジアラビアと豪州の天然ガス由来のブルーアンモニアのほうが安価である。

分析結果：アンモニア直接利用の場合

水素換算単位



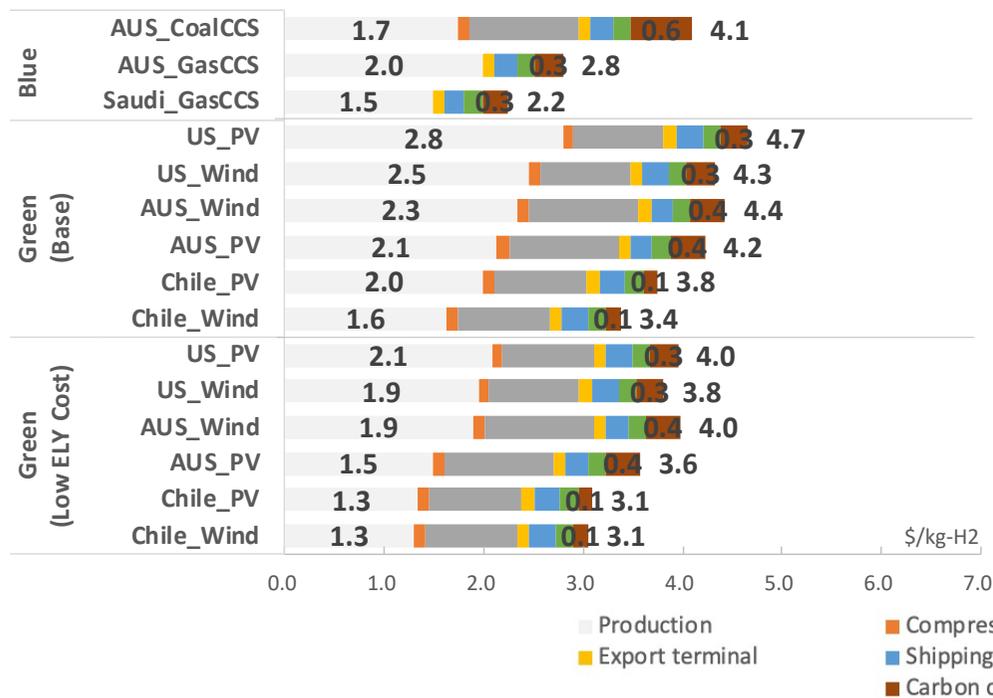
アンモニア固有単位



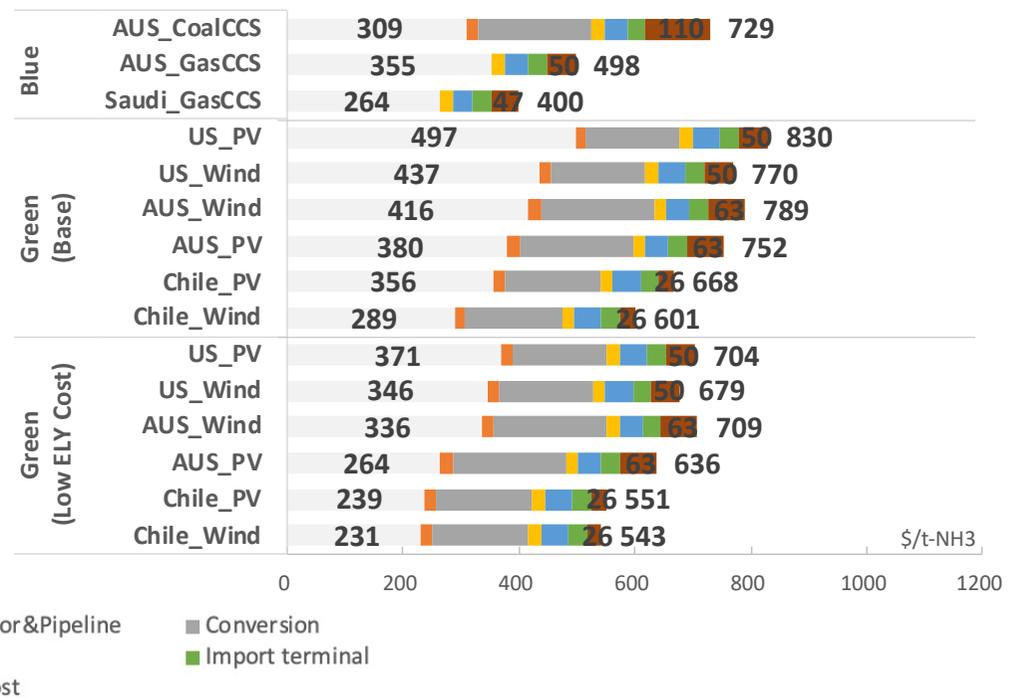
❖ アンモニアを直接利用する場合は、サウジアラビアと豪州の天然ガス由来のブルーアンモニアがその他のオプションよりも安価である。

分析結果：アンモニア直接利用の場合（炭素価格：100USD/t-CO₂）

水素換算単位



アンモニア固有単位



❖ 100USD/t-CO₂の炭素価格を想定した場合にでも、サウジアラビアと豪州の天然ガス由来のブルーアンモニアのほうが安価である。

(1) 背景・目的

(2) 分析手法・前提条件

(3) 主な結果

(4) 示唆

留意点

本研究における想定には不確実性があることに留意が必要

- ❖ ブルー水素製造時の90%のCO₂回収貯留率は、天然ガスの水蒸気改質では現実的な水準と見られているが、一方、天然ガスからのブルーアンモニア製造プロセス全体においては、現状では、CO₂回収貯留率は50%～60%と言われている。90%のCO₂回収貯留率を適用させるとコストは増加する可能性がある。
- ❖ グリーンアンモニアの製造においては、入力の変動する自然変動再生エネルギーからのグリーン水素に適用させるためには、バッファタンクの設置や新たな技術開発によるコスト増も考えられる。
- ❖ また、本研究における設備コスト・効率等の想定は、参照する報告書から本研究公表時点のbest available dataを使っているため、将来的な技術開発の動向を踏まえつつ、分析に反映させることが今後の課題である。

グリーン水素サプライチェーンの経済性改善に向けた方策

- ❖ チリからのグリーン水素がグリーン水素の中で最も経済的である。2030年に見込まれる水電解設備費を現状（900USD/kW）の1/3水準まで低減することによって、ブルー水素の経済性に匹敵することが分かった。
- ❖ ただし、水素輸入コストを政府の目標（2030年までに30円/Nm³(≒3.1USD/kg-H₂)、2050年までに20円/Nm³(≒2.1USD/kg-H₂))まで低減させるためには、液化水素やMCH等の継続的な技術開発への取組みとともに、輸出国におけるグリーン水素製造コストのさらなる削減が求められる。
- ❖ グリーン水素製造コスト削減に向けては、
 - ✓ 太陽光と風力を個別に扱うのではなく、合成出力を水電解に投入することで設備利用率を向上
 - ✓ 水電解の技術開発
 - ✓ 輸出国を含めた水電解の市場拡大が必要。水電解のグリッドサービスプロバイダーとしての活用
- ❖ そのためには、我が国とグリーン水素輸出国の協力が不可欠
 - ✓ グリーン水素輸出国における水素利用・技術開発に対する投資を呼び込むための水素戦略・ロードマップ策定に向けた支援
 - ✓ グリーン水素輸出国国内の水素供給インフラ整備に関するノウハウの共有
 - ✓ 水素キャリア・輸送技術や輸出国での港湾インフラ整備等に関する協力
 - ✓ 水素サプライチェーンのカーボンフットプリントに対する合理的な国際認証の構築に向けた協力

示唆

その他の重要な視点：エネルギーセキュリティ

- ❖ チリ等アジア太平洋地域に位置する国からのグリーン水素輸入は、日本にとってエネルギー輸入源の多様化・分散化を通じたエネルギーセキュリティの改善効果がある。
- ❖ 例えば、チリから日本までの長距離は水素輸送コスト増大の懸念を抱かせるかもしれないが、本分析では、輸送コストの距離依存度は小さく、サプライチェーン全体のコストに与える影響は限定的であることが示された。

ご清聴、ありがとうございました