自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

JBCシンポジウム
気候危機を乗り越える

石炭アンモニア混焼発電の現状と課題

2026/10/21

自然エネルギー財団
石原寿和

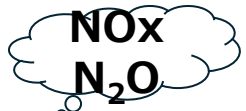
Copyright© Renewable Energy Institute. All Rights Reserved.

アンモニアの現状：製造過程で大量のCO_2を排出している

自然エネルギー財団 RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

- アンモニアは燃焼してもCO_2を排出しないが、燃焼時に発生する有害なNO_XやGHGの高いN_2Oの低減が課題。
- アンモニア自身が、製造過程で大量のCO_2を発生しており、その低減が世界的な課題となっている。

アンモニアの燃焼



$$NH_3 + (3/4)\ O_2 \rightarrow (1/2)\ N_2 + (3/2)\ H_2O$$

- アンモニアは、燃やしてもCO_2は排出しないが、**NO_XやN_2Oを排出**するため、その低減が課題

アンモニアの製造

$$3H_2 + N_2 \rightarrow 2\,NH_3$$

高温高圧下の触媒反応
ハーバー・ボッシュ法
（400-600℃、100-400気圧）

- 世界の水素の33%（約3,300万トン）がアンモニア製造に使用されており、**製造量は1億8,500万トン/年**（2020年）
- アンモニア製造**1トンあたり、約2.4トンのCO2**を排出。
  → 世界のアンモニア製造で、**約4億5000万トンのCO2を排出**
- 主な用途は、肥料(70%)および産業用だが、アンモニア自身の低炭素化が課題

水素の製造

グレー水素（メタン由来）

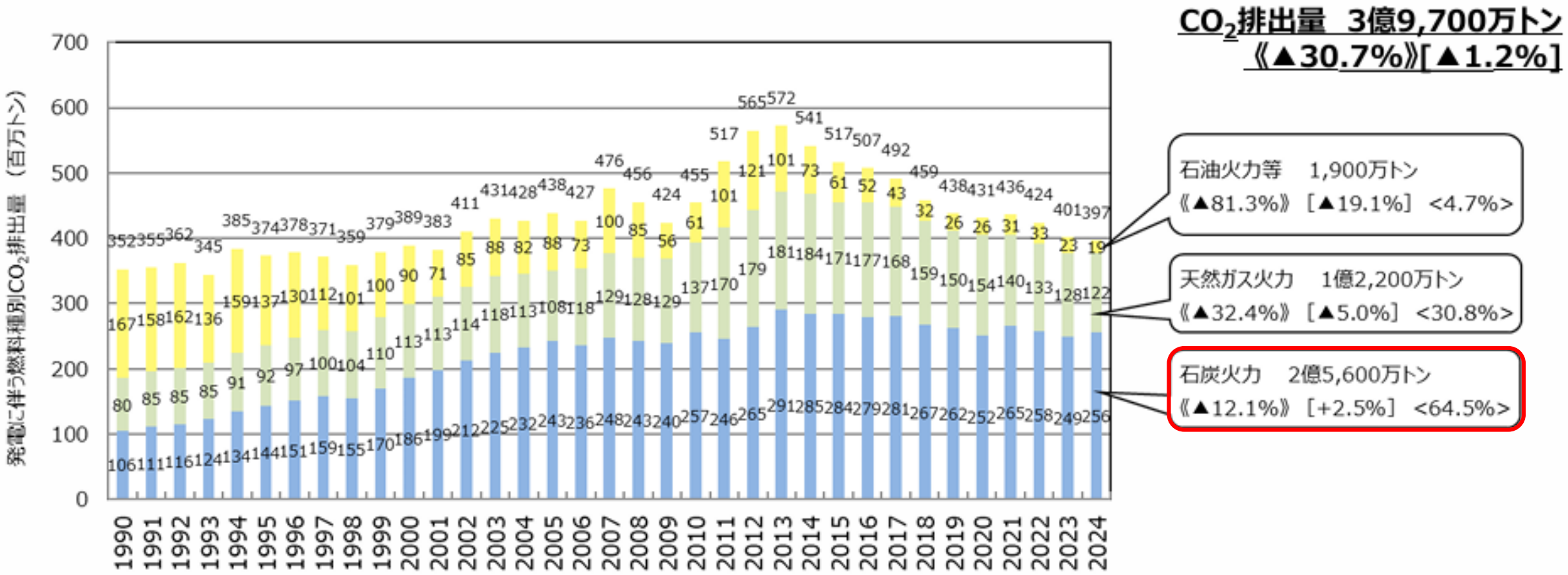
$$CH_4 + 2H_2O \rightarrow \mathbf{CO_2} + 4H_2$$

- 世界の水素製造量は、約1億トン/年
- その**99%は、製造時にCO_2を排出するグレー水素**
  （水素1kgあたり、11.4kgのCO_2を排出）
- 世界の水素の33%（約3,300万トンのグレー水素）がアンモニア製造に使用されている。

出典：IEA（Ammonia Technology Roadmap、Global Hydrogen Review 2026）をもとに自然エネルギー財団作成

石炭火力発電の現状：日本全体のGHG排出量の約1/4を占める

- 日本の石炭火力発電からのCO2排出量は、2013年をピークに微減（ほぼ横ばい）。
- 2024年度のCO2排出量は2億5600万トン、**日本全体のGHG排出量（10億4,600万トン-CO2eq）の24.5%（約4分の1）を占める。**

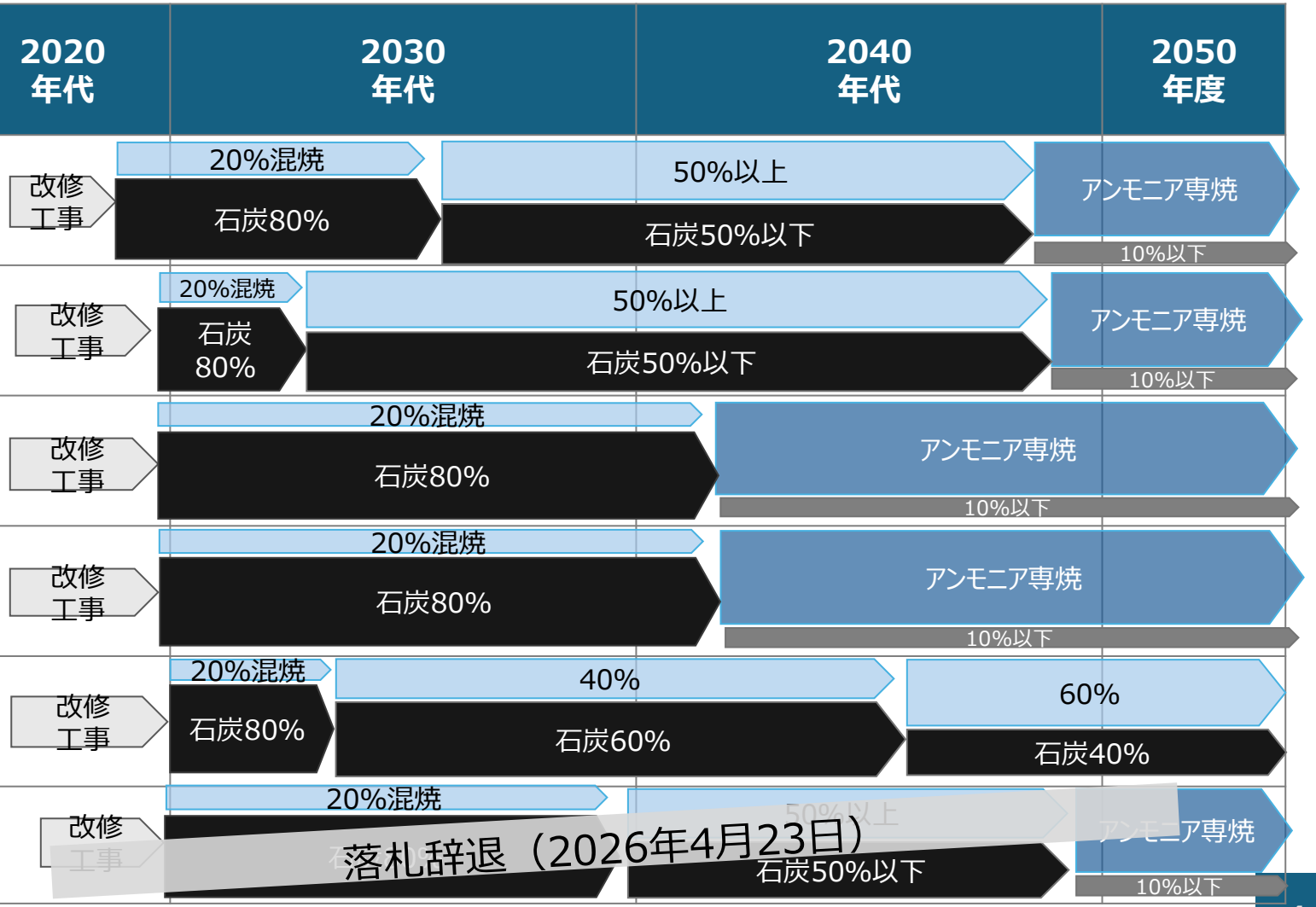


出典）環境省：2024年度（令和6年度） 温室効果ガス排出・吸収量について

石炭火力アンモニア混焼の現状

- 長期脱炭素電源オークションで落札されたのは、4発電所の6基
- その後、四国電力はサプライチェーンの見通しが立たず落札を辞退。**現在は3発電所の5基**となっている

応札事業者	落札容量 万kW	混焼運転開年 20%/50%		専焼運転開始	混焼燃料種
JERA 碧南4号	18.7	2027年度 20%	2030年代半ば 50%	2040年代	ブルーからグリーンへ
JERA 碧南5号	18.7	2029年度 20%	2030年代前半 40%	2040年代	ブルーからグリーンへ
コベルコパワー神戸 (1号機)	13.1	2029年度 20%	–	2040年代	ブルーからグリーンへ
コベルコパワー神戸 2号機	13.2	2029年度 20%	–	2040年代	ブルーからグリーンへ
北海道電力 苫東厚真4号	13.2	2030年度 20%	2030年代後半 40%	2040年代 60%	ブルーまたはグリーン
~~四国電力 西条1号機~~	~~9.5~~	~~2030年度 20%~~	~~2030年代後半 50%~~	~~2040年代後半~~	~~ブルーからブルーまたはグリーン~~



出典）電力広域的運営推進機関：容量市場　長期脱炭素電源オークション約定結果　別紙：落札電源一覧および、脱炭素化ロードマップをもとに自然エネルギー財団作成

アンモニア調達の現状（値差支援事業）

・値差支援事業で認定された事業計画は9件。**アンモニア調達計画量は約170万トン**で、**碧南火力と苫東厚真で約147万トン**を占める。

採択番号	採択日	供給者	利用者	生産地	用途	種類	調達量 万t/年	水素換算 万t/年
1	2025/9/30	豊田通商、ユーラスエナジー、岩谷産業	愛知製鋼	愛知県東海市	特殊鋼製造	グリーン水素	**0.16**	**0.16**
2	2025/9/30	レゾナック	レゾナック、日本触媒	神奈川県川崎市	アンモニア誘導品製造	廃プラ水素アンモニア	**2.08**	**0.32**
3	2025/12/19	CFI、JERA、三井物産	JERA、豊田自動織機、AGC、日本硝子等	米国ルイジアナ州	碧南火力混焼	ブルーアンモニア	**49.2**	**7.65**
4	2025/12/19	CFI、JERA、三井物産	北海道電力、UBE三菱セメント、東ソー等	米国ルイジアナ州	苫東厚真火力混焼	ブルーアンモニア	**28.0**	**4.38**
5	2026/3/27	やまなしハイドロジェンカンパニー、サントリー	サントリー、巴商会	山梨県	殺菌工程熱源	グリーン水素	**0.16**	**0.16**
6	2026/3/27	やまなしハイドロジェンカンパニー、ヒメジ理化	ヒメジ理化、巴商会	福島県	工場熱源	グリーン水素	**0.12**	**0.12**
7	2026/3/27	三井物産	北海道電力、三井物産、IHI、苫小牧埠頭	米国ルイジアナ州	苫東厚真火力混焼	ブルーアンモニア	**29（推定）**	**5.1（推定）**
8	2026/3/27	JERA	JERA、豊田自動織機、AGC、日本碍子、アイシン福井、中部電力ミライズ等	米国ルイジアナ州	碧南火力混焼	ブルーアンモニア	**50（推定）**	**8.8（推定）**
9	2026/6/30	IHI	三菱ガス化学、北海道電力、日本甜菜製糖、コベルコパワー神戸、住友化学、UBE	インドオディシャ州	石炭火力発電混焼、化学製品原料等	グリーンアンモニア	**22.8**	**3.54**

出典）経産省サイト（脱炭素成長型経済構造への円滑な移行のための低炭素水素等の供給及び利用の促進に関する法律）をもとに自然エネルギー財団作成

課題（１）　クリーンアンモニアの調達量確保

自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

- 現在、日本で使用されているアンモニアの量は、**約85万トン**で、主な用途は肥料および化学製品 1)
- 計画中の石炭混焼発電では、**当初の混焼率20%でも201万トン**と約2.4倍のアンモニアが必要となる。
- さらに、**将来専焼となると、約630万トン（7.4倍）**となる。
- 一方、値差支援事業で調達計画が示されたものは、170万トンと、混焼率20%の必要量に満たない。

1)　日本肥料アンモニア協会

応札事業者	定格出力 万kW	落札容量 万kW	運転開始時の混焼率	混焼に必要なアンモニア量 万トン	専焼運転開始	専焼時の容量 万kW	専焼に必要なアンモニア量 万トン
JERA 碧南4号	100	18.7	20% (2027年度)	**49.1**	2040年代	100	**154.9**
JERA 碧南5号	100	18.7	20% (2029年度)	**49.1**	2040年代	100	**154.9**
コベルコパワー 神戸1号機	70	13.1	20% (2029年度)	**34.4**	2040年代	70	**108.4**
コベルコパワー 神戸2号機	70	13.2	20% (2029年度)	**34.4**	2040年代	70	**108.4**
北海道電力 苫東厚真4号	70	13.2	20% (2030年度)	**34.4**	2040年代 **60%**	70	**103.2**
合計	410	76.9		**201.4**		410	**629.8**

石炭アンモニア混焼の試算条件

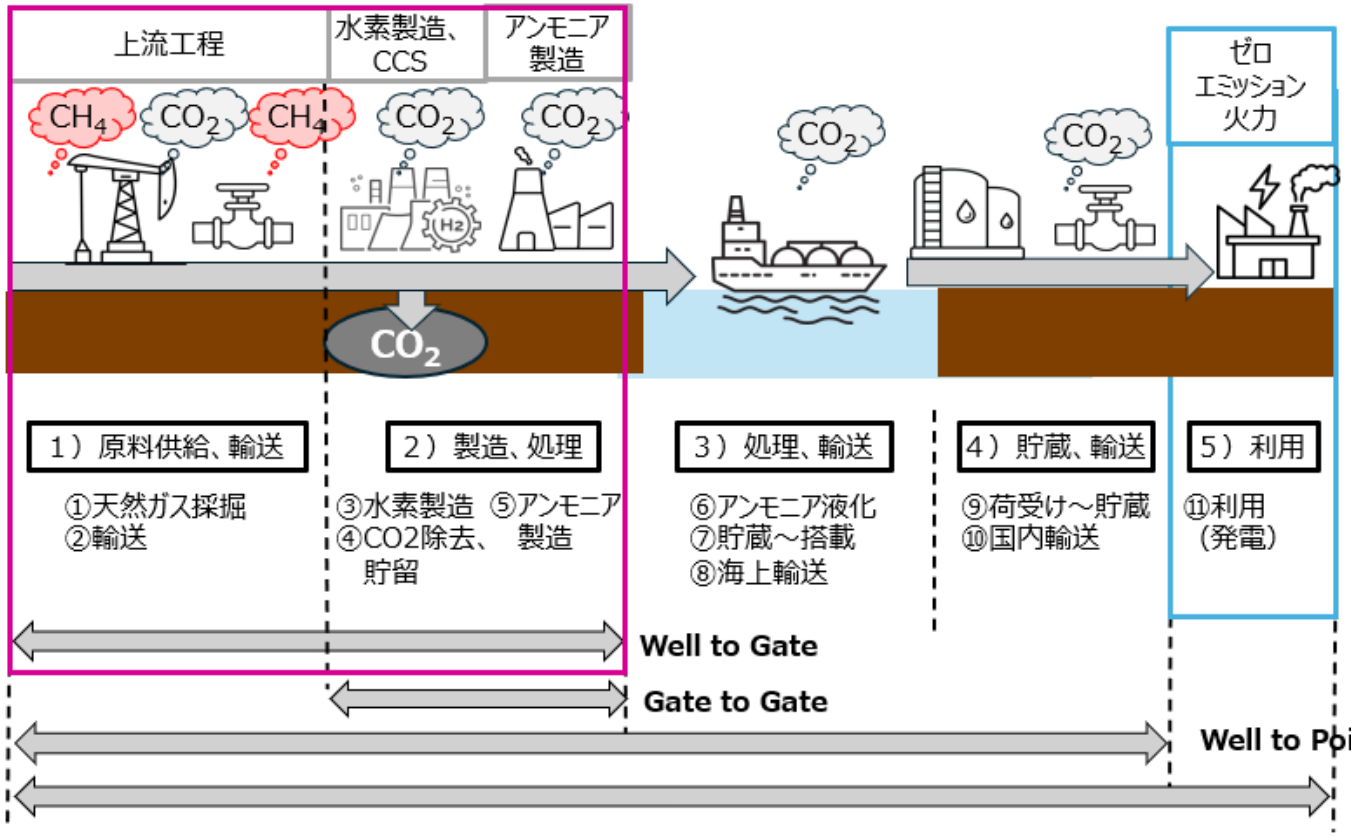
発電効率は、USC*の40%（HHV:高位発熱量基準）
年間設備利用率は70%、アンモニアの発熱量は22.48MJ_HHV/kg

アンモニア専焼の試算条件

政府指針によりガスタービン複合発電を想定、混焼率90%、のこり10%はLNG
発電効率57%、所内率2.2%
年間設備利用率とアンモニア発熱量は、混焼時試算と同じ

課題（２）　少ないGHG排出削減効果　①

	範囲	基準値	考え方
水素	Well-to-Gate	3.4 kg-CO2/kg-H2	グレー水素の約7割減
アンモニア	Well-to-Gate	0.87 kg-CO2/kg-NH3	グレーアンモニアの約7割減
合成燃料	サプライチェーン全体	39.9 g-CO2e/MJ	グレー水素の7割減 ＋合成と輸送を加算
合成メタン	サプライチェーン全体	49.3 g-CO2e/MJ	グレー水素の7割減 ＋合成と輸送を加算



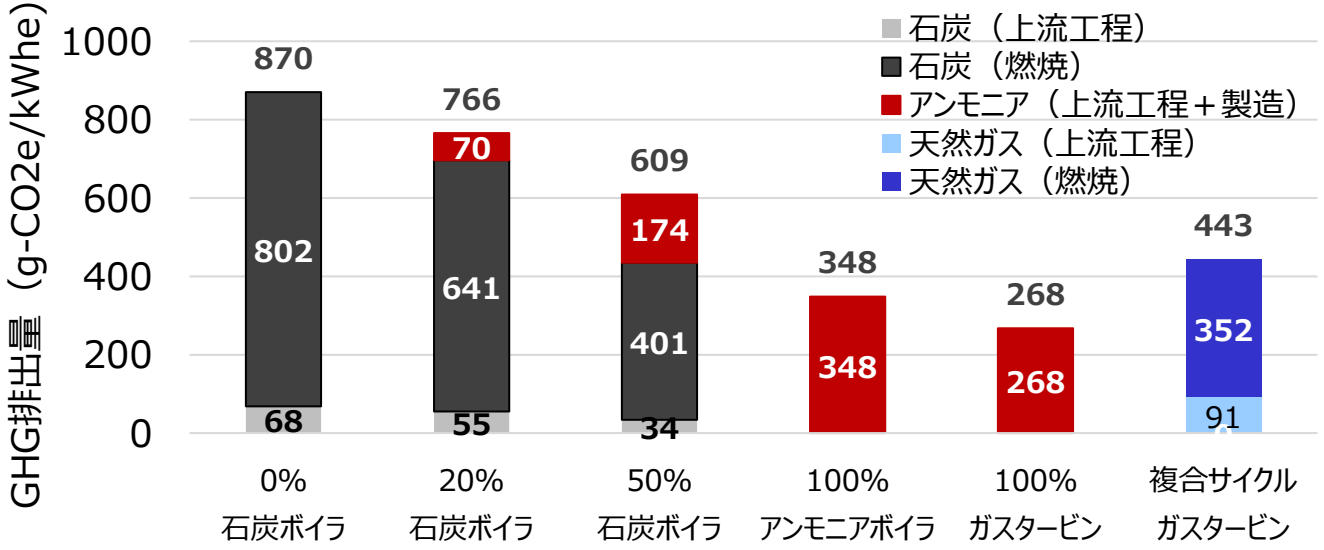
＜低炭素アンモニアのGHG排出基準値＞

- 水素社会推進法において、値差支援の条件として示されたもの
- グレーアンモニアの約7割減としているが、GHG削減効果は不十分
- 算出範囲は、上流工程を含むWell-to-Gateで、輸送工程は含まれない
- 国際基準（ISO）では、輸送を含めた基準値策定が検討されており、今後その対応が必要になる可能性あり

出典）自然エネルギー財団作成

課題（２）　少ないGHG排出削減効果　②

各燃料の発電電力量あたりのGHG排出量



石炭アンモニア混焼
　発電効率は、USC*の40%（HHV:高位発熱量基準）
　混焼率は熱量比
　石炭からのGHGは燃焼（METI資料）と上流（IEA資料）の合計値
　アンモニアのGHG排出量は、METI基準値（0.87kg-CO2e/kg-NH3）
　アンモニア100%は、ボイラと、複合サイクルガスタービンの場合を併記
天然ガス火力
　発電効率は、GTCC**の52%（HHV:高位発熱量基準）

アンモニア混焼/専焼のGHG削減効果

＜**アンモニア混焼**：20%＞
- 削減率は12%

＜**アンモニア混焼**：50%＞
- 削減率は30%
- 天然ガス火力よりもGHG排出量は大きい

＜**アンモニア専焼**＞
- ボイラでは削減率60%、4割の排出が残る
- ボイラより効率の高いガスタービンでは削減率69%、石炭火力の31%の排出
- 「専焼」は100%ではなく、90%以上(10%まではLNG使用が可能)*

＊ 2050年の脱炭素化が求められているものの、長期脱炭素電源オークションのガイドライン（案）に示された専焼の条件には、「定格出力で90%以上を水素またはアンモニア燃料で発電できる案件を含む」と記載されており、10%までのLNG燃焼が可能な条件となっている。

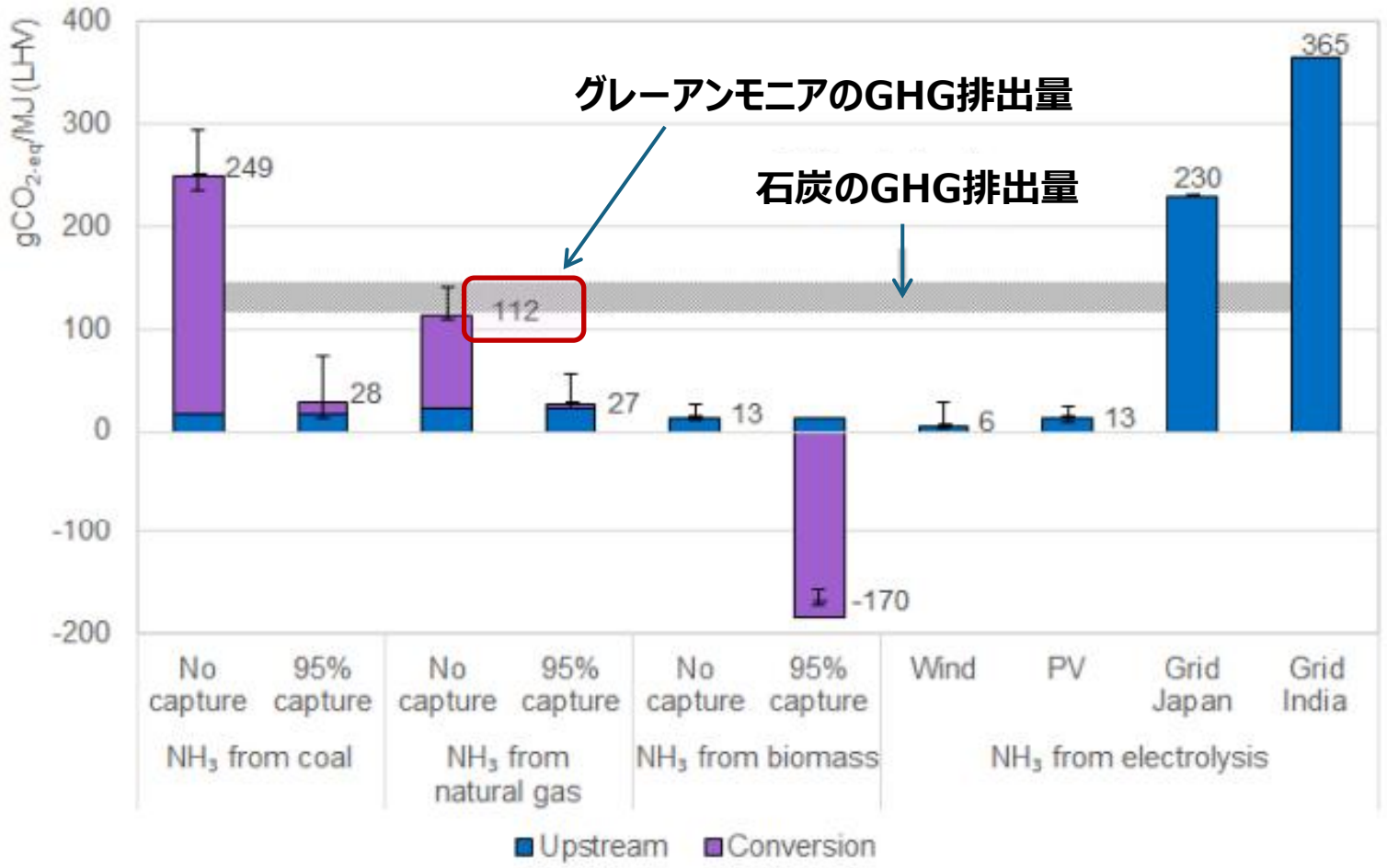
注）　上記の排出量は、アンモニアの基準（Well-to-gate）に合わせ、石炭と天然ガスも上流工程を含めた。輸送工程は含まれていない。
出典）上流工程はIEA（The Role of Low-Carbon Fuels in the Clean Energy Transitions of the Power Sector、2022 Feb)、燃焼およびアンモニア、発電効率は経産省資料をもとに、自然エネルギー財団にて作成。

（参考）ブルーアンモニア製造時の、発熱量あたりのGHG排出量

自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

- 天然ガス由来の**アンモニアのGHG排出量(112g-CO_2eq/MJ)**は、**石炭(123g-CO_2eq/MJ)**と同等
- GHG削減にはCCSが必須。しかし製造時のCO_2を100%回収しても、**上流分(14.4g-CO_2eq/MJ)**は残る。

Indicative GHG emissions of coal and ammonia for different production routes



石炭の上流側排出量
0.6 (low)
8.0 gCO_2-eq/MJ (median),
30.2 (high)
石炭燃焼による排出量　115 gCO_2/MJ

天然ガスの上流側排出量
11.9 (low)
14.4 gCO_2-eq/MJ (median),
32.4 (high)
天然ガス燃焼による排出量 56.2 gCO_2/MJ

＊発熱量（MJ）は、低位発熱量基準（LHV）

出典）IEA_The Role of Low-Carbon Fuels in the Clean Energy Transitions of the Power Sector（Feb. 2022）

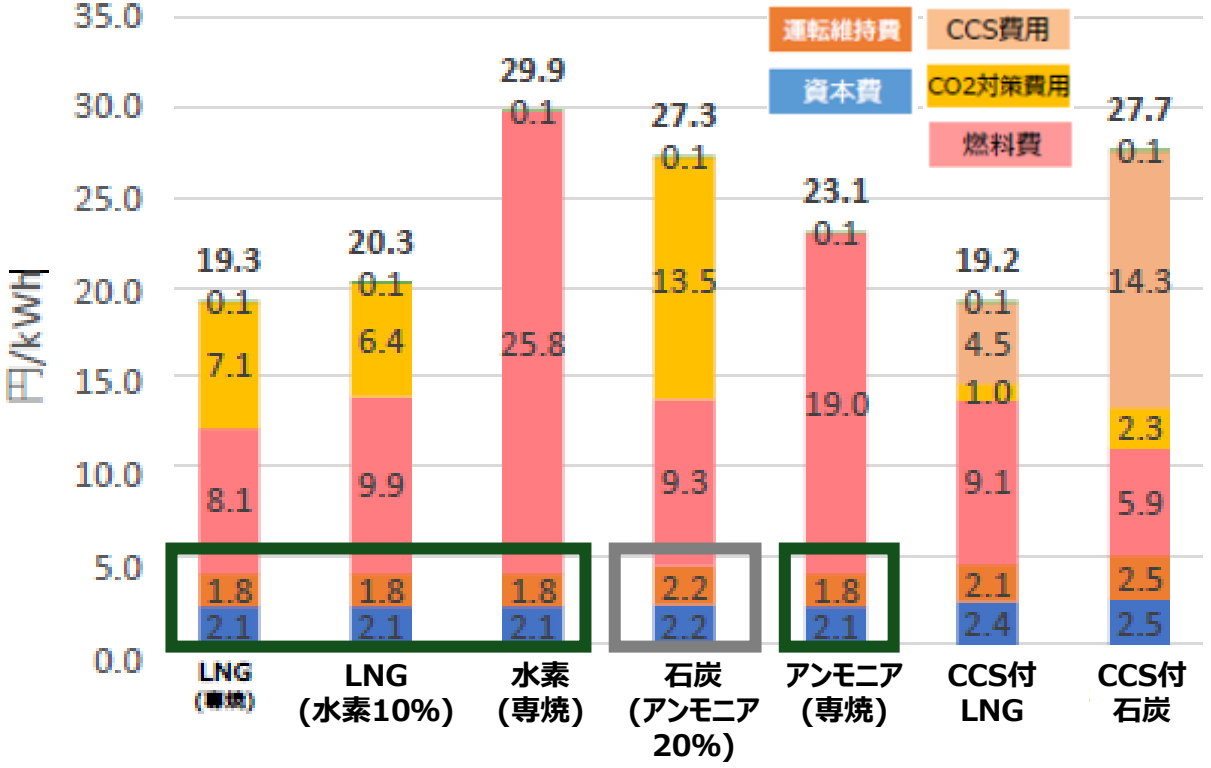
課題（３）　高コスト電力となる恐れ

1）楽観的な発電コスト予測（経産省の発電コスト取りまとめ@2040年）

- 石炭アンモニア専焼は、 LNG専焼の資本費、運転維持費は同じ
- 石炭アンモニア混焼は、石炭専焼の資本費、運転維持費と同じ

2）資本費と運転維持費の上昇可能性

- 発熱量が異なるため、LNGの2倍のインフラ規模が必要。
- LNGと異なり、取り扱いに注意を要する「医薬用外劇物」



出典）経済産業省資源エネルギー庁「発電コスト検証に関するとりまとめ」（2025年2月6日）に自然エネルギー財団追記

- 燃料や輸送形態に応じて、熱量や物的特性に差異があるが、既存燃料と同等の熱量を確保するためには、より多量の水素・アンモニアが必要となる。

燃料・キャリア		液化水素	MCH	アンモニア
熱量		120MJ/kg (8.50MJ/L)	7.33MJ/kg (5.5MJ/L)	18.6MJ/kg (12.7 MJ/L)
同じ熱量確保に要するインフラ規模（容量換算）	重油比 43.4MJ/kg (39.0MJ/L)	約４～５倍	約７倍	約３倍
	LPG比 50.0MJ/kg (25.5MJ/L)	約３倍	約４～５倍	約２倍
	LNG比 49.1MJ/kg (22.59 MJ/L)	約２～３倍	約４倍	約２倍
液体となる条件、毒性		-253℃、常圧 毒性無	常温常圧 トルエンは毒性有	-33℃、常圧等 毒性、腐食性有

出典）経産省_総合資源エネルギー調査会 第2回 省エネルギー・新エネルギー分科会 水素政策小委員会 合同会議（2022/4/18）資料1に、自然エネルギー財団追記

課題（４）　世界の基準に適合しない

IPCC　**＜IPCC第6次評価報告書における、化石燃料使用の際の排出削減対策＞**

- ライフサイクル全体を通じて排出される温室効果ガスの量を大幅に削減する
- 発電所からのCO_2を90%以上回収すること
- エネルギー供給に伴う漏出メタン排出量の50～80%を削減すること
- アンモニアを燃焼用燃料として使用する場合、N_2Oの発生を防ぐよう注意を払わなければならない。

  → グリーンアンモニア90%混焼でも、ライフサイクル全体（燃料製造・輸送でのCO_2排出量削減や上流側メタン排出量削減）での対応が必要で、**現在の計画では不適合。**

RE100　**＜2025年3月24日公表の技術要件改定＞**

- 石炭と再生可能燃料を混焼して発電した電力を、RE100の再生可能エネルギー電力の調達実績として認めないことを正式に決定
- アンモニアが再生可能エネルギー由来であっても、石炭との混焼による電力はRE100の達成実績として計上できない（石炭を混焼して発電された再エネ電力を調達してはならない）

  → **グリーンアンモニアでも、石炭混焼によって発電した電力はRE100の再エネ電力として算入できない**

出典）IPCC_Climate Change 2023 Synthesis Report (2023)
自然エネルギー財団_なぜ石炭火力アンモニア混焼への投資が1.5℃に整合しないのか（2023）
RE100_Technical Criteria, Version 5.0

まとめ

アンモニアは水素から製造されるが、その水素自身は99%が化石燃料由来で大量のCO_2を排出する。
CO_2排出の少ないグリーン、ブルー水素は、全体の約1%に過ぎないのが現状

1．クリーンアンモニアの調達量確保

・混焼率20%でも、現在日本が使用しているアンモニアの2.4倍。専焼では7.4倍の量に達する
・これらを、現在のグレーではなく、グリーンまたはブルーで調達する必要がある

2．GHG排出量削減効果が小さい

・値差支援の基準値では、100%のアンモニアを用いても、もとの石炭火力の約3割のGHGを排出する

3．高コスト電力となる恐れが高い

・水素を原料として製造されるため、エネルギー量は水素以下、コストは水素以上
・混焼および専焼では、従来の石炭火力およびLNG火力と同等の資本費と運転維持費が想定されている
・燃料自身のエネルギー密度が低く、貯蔵タンク等は約2倍の規模が必要。安全対策等の設備追加も発生

4．世界の基準に適合しない

・IPCC第6次報告書の化石燃料使用の際の排出削減対策に適合しない
・RE100では、より明示的に「石炭と再生可能燃料を混焼して発電した電力を、RE100の再生可能エネルギー電力の調達実績として認めない」ことを正式に決定（参加企業数：世界443社、日本95社）