

「アンモニア・水素への
過剰期待がもたらすもの」
—火力発電燃料としての利用—

2022年3月4日

気候ネットワーク

伊東 宏

ito@kiconet.org

【ポジションペーパー】 「水素・アンモニア発電の課題：
化石燃料採掘を拡大させ、石炭・LNG火力を温存させる選択肢」
(2021/10/27)

<https://www.kiconet.org/wp/wp-content/uploads/2021/11/posision-paper-hydrogen-ammonia.pdf>

- ・ 水素・アンモニア製造時に排出されるCO₂を、CCUSによって削減しているが、CCUS実用化までは排出が伴い、実用化にも課題が多い。
- ・ アンモニアや水素の混焼が可能となった場合でも、残りの燃料として化石燃料を燃焼し続けることになり、大量のCO₂排出が続く。
- ・ 高コストな技術であり、脱炭素化が加速し、再生可能エネルギーのコストが低下するにつれて価値が下がり、座礁資産リスクがある。

目次

- アンモニア・水素への「期待」の大きさ
- アンモニア・水素の製造を含めたCO₂排出量の見積もり
- 化石燃料の使用をやめる姿勢を

岸田首相発言

第二百八回国会における岸田内閣総理大臣施政方針演説 (2022/1/17)

https://www.kantei.go.jp/jp/101_kishida/statement/2022/0117shiseihoshin.html

四 気候変動問題への対応

送配電インフラ、蓄電池、再エネはじめ水素・アンモニア、革新原子力、核融合など非炭素電源。需要側や、地域における脱炭素化、ライフスタイルの転換。資金調達の在り方。カーボンプライシング。多くの論点に方向性を見出していきます。

もう一つ重要なことは、我が国が、水素やアンモニアなど日本の技術、制度、ノウハウを活かし、世界、特にアジアの脱炭素化に貢献し、技術標準や国際的なインフラ整備をアジア各国と共に主導していくことです。

COP26世界リーダーズ・サミット 岸田総理スピーチ (2021/11/2)

https://www.kantei.go.jp/jp/100_kishida/statement/2021/1102cop26.html

化石火力を、アンモニア、水素などのゼロエミ火力に転換する

「安定的なエネルギー需給構造の確立を図るためのエネルギーの使用の合理化等に関する法律等の一部を改正する法律案」を閣議決定

経産省プレスリリース 2022/3/1

<https://www.meti.go.jp/press/2021/03/20220301002/20220301002.html>

(2) エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律
(高度化法)

位置づけが不明瞭であった水素・アンモニアを非化石エネルギー源として位置付け、それら脱炭素燃料の利用を促進します。

火力発電であってもCCSを備えたもの（CCS付き火力）を法律上に位置付け、その利用を促進します。

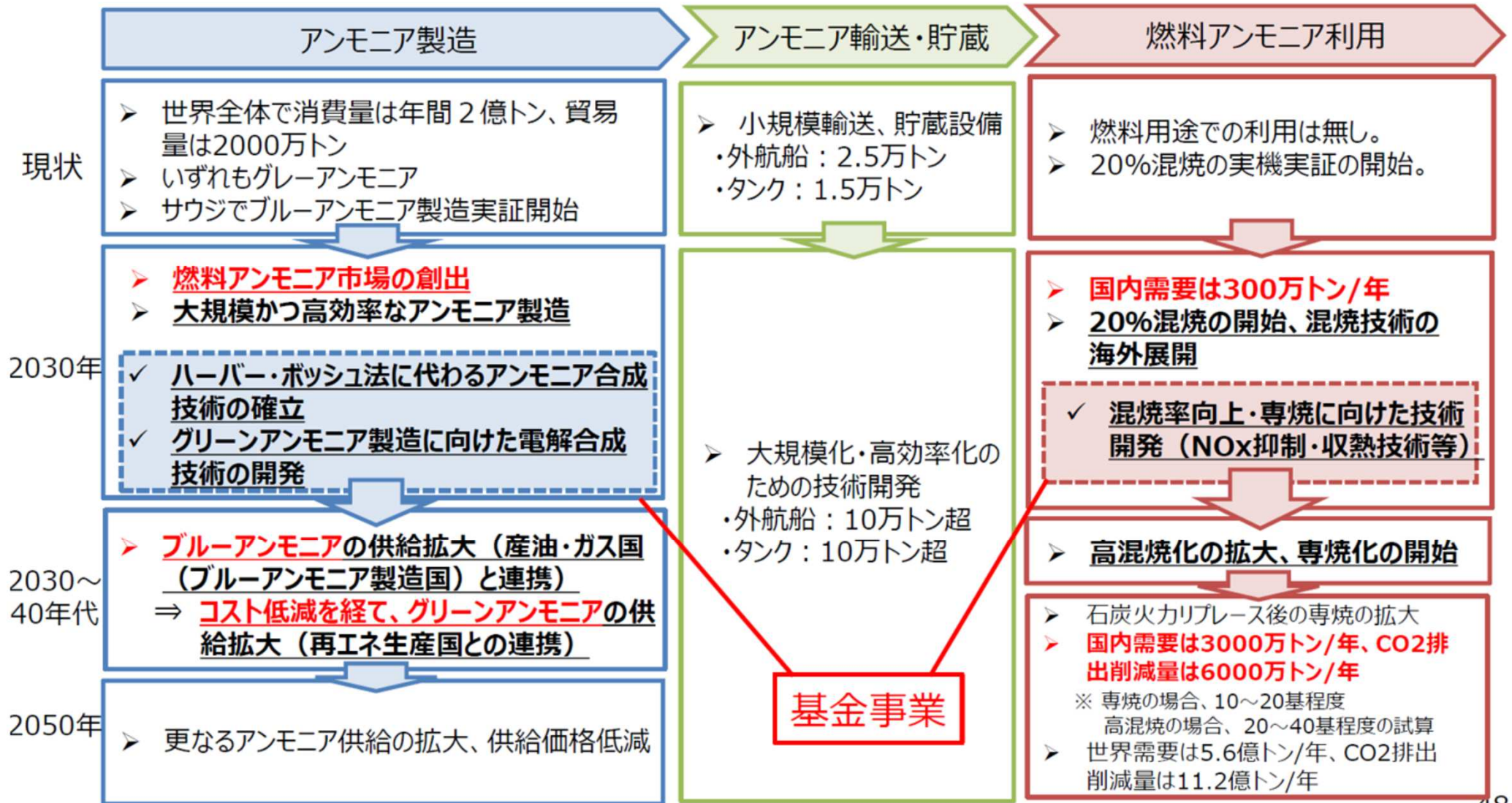
2050年における電源構成にかかる議論

イノベーションが必要な電源

火力 水素・アンモニア

- **燃焼時に炭素を出さず**、調整力、慣性力の利点を持つ一方で、大規模発電に向けた技術確立、コスト低減、供給量の確保が課題。今からガス火力、石炭火力への混焼を進め、需要・供給量を高め安定したサプライチェーンを構築にも取り組む。
- **産業・運輸需要との競合**も踏まえつつ、カーボンフリー電源として一定規模の活用を目指す。水素基本戦略で将来の発電向けに必要なとなる調達量が500～1000万トンとされていることを踏まえ、水素・アンモニアで2050年の発電電力量の約1割前後を賄うことを今後議論を深めて行くにあたっての参考値（※2）としてはどうか。

※2：政府目標として定めたものではなく、今後議論を深めて行くための一つの目安・選択肢。今後、複数のシナリオを検討していく上で、まず検討を加えることになるもの。



戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第1期 (2014年～2018年度)

3.4 ■ エネルギーキャリア

(内閣府)

目的	再生可能エネルギー等を起源とする水素および水素エネルギーキャリアを活用し、クリーンかつ経済的でセキュリティレベルも高い社会を構築し世界に向けて発信。
対象機関	大学、企業、公的研究機関等
管理法人	国立研究開発法人科学技術振興機構
実施期間	2014年度から2018年度 5年間 (予定)
予算規模	2014年度：33.06億円、2015年度：32.7億円、2016年度：34.9億円、2017年度：36.6億円、2018年度：28.5億円

1. 目標

- ・2020年までにガソリン等価のFCV (燃料電池自動車) 用水素供給コスト、2030年までに天然ガス発電と同等の水素発電コストを実現。
- ・2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会でデモ実証。
- ・水素関連産業を2020年までに国内1兆円産業に成長させる。

2. 主な研究内容

- ①アンモニア、有機ハイドライドを用いた高効率・低コストのエネルギーキャリア技術 (水素を効率良く転換して輸送・貯蔵・利用)
- ②液化水素の荷役に必要な技術
- ③水素エンジン技術
- ④エネルギーキャリアの安全性評価や将来シナリオ作成

3. 出口戦略

水素供給体制モデルの提示、規制・基準の見直し、特区等における実証試験により、成果を普及。

4. 仕組み改革・意識改革への寄与

府省庁連携を強化し、水素関連技術全体を俯瞰し産官学連携のもと、技術開発を加速。

5. プログラムディレクター

村木 茂 東京ガス株式会社 アドバイザー



「SIP第1期研究開発概要 (11課題)」 エネルギーキャリア (内閣府)

昨年来、NEDOを通じた補助金の流れが急拡大

* カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発 (最終更新日：2021/11/24)
アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業

* 水素社会構築技術開発事業 (最終更新日：2021/11/30)
大規模水素エネルギー利用技術開発

* グリーンイノベーション基金事業 (2021/3)

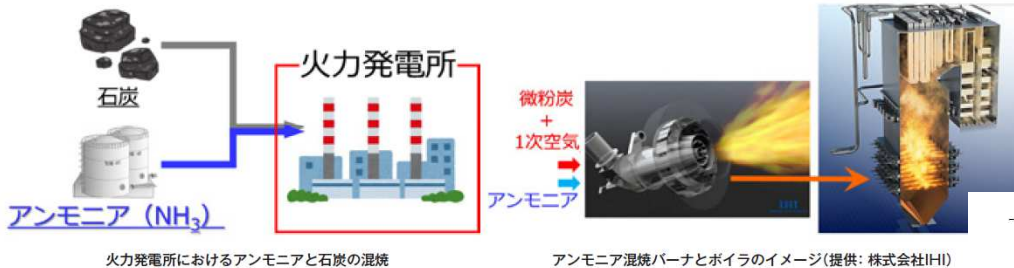
18プロジェクト

③ **大規模水素サプライチェーンの構築** 2021/8/26決定

⑥ **燃料アンモニアサプライチェーンの構築** 2022/1/7決定

アンモニア混焼火力発電技術 研究開発・実証事業

アンモニア(NH₃)は、肥料や工業原料として用いられていますが、燃焼時にCO₂を排出せず、発電用や船舶用などで燃料としても活用することが可能です。NEDOでは、既設の石炭火力発電設備へのアンモニアバーナの導入による石炭との混焼技術の開発を行うとともに、燃料としてアンモニアを安定的かつ安価に調達する可能性について調査します。また、100万kW級商用石炭火力発電設備において、アンモニア混焼バーナによるアンモニア20%混焼時の実証研究を行います。これらにより、石炭火力発電所から排出されるCO₂を一層削減する技術開発を推進します。



〈実施者〉火力発電所でのCO₂フリーアンモニア燃料利用拡大に向けた研究開発(2021年度～2023年度)
電源開発株式会社／中外炉工業株式会社／一般財団法人電力中央研究所／国立研究開発法人産業技術総合研究所／
国立大学法人大阪大学
100万kW級石炭火力におけるアンモニア20%混焼の実証研究(2021年度～2024年度)
株式会社JERA／株式会社IHI

「NEDO環境分野の取り組み2021」
(2021/9) (第1版)

豪州褐炭を利用した大規模水素サプライチェーン構築実証事業

水素は使用時にCO₂を排出しないという特徴をもつため、利活用を拡大させることで環境負荷低減に貢献することが期待されています。水素の製造には主に石油や天然ガスなどの化石燃料が使用されているのが現状で、製造段階でCO₂排出を抑えることができれば、製造から使用まで実質的にCO₂排出ゼロのエネルギーとなります。

NEDOでは、豪州のビクトリア州に存在する未利用の褐炭を用いた大規模水素サプライチェーンを構築する実証事業を実施しています。褐炭は水分や不純物を多く含んだ品質が低い石炭で、安価なエネルギー資源です。この褐炭から水素を製造する際に排出されるCO₂は、将来的には豪州連邦政府・ビクトリア州政府が進めているCCSプロジェクトと連携し、地下貯留を行う構想です。2020年6月より、褐炭からの水素製造・海上輸送・荷役を通じたサプライチェーンの実証試験に取り組んでいます。



神戸空港島液化水素荷役基地
出典：HySTRA

〈実施期間〉2015年度～2022年度
実施者：技術研究組合CO₂フリー水素サプライチェーン推進機構(HySTRA)
(実証協力組員：岩谷産業株式会社／川崎重工業株式会社／シエルジャパン株式会社／電源開発株式会社)

水素発電技術（混焼、専焼）の実機実証

事業の目的・概要

□ 大規模需要を創出する水素ガスタービン発電技術（混焼（体積混焼比率:30%）、専焼）を2030年までに商用化すべく、複数事業者が既存事業*等で開発された燃焼器等を実際の発電所に実装し、異なる実証運転を行うことで、燃焼安定性等を検証する。その際、各種国際サプライチェーン実証事業と緊密に連携する。*（NEDO）水素社会構築技術開発事業

実施体制（実証内容）

※太字：幹事企業

- ① 株式会社JERA（大型ガスタービンによる水素混焼）
- ② 関西電力株式会社（中型ガスタービンによる水素混焼・専焼）
- ③ ENEOS株式会社（大型ガスタービンによる水素専焼）

事業期間

- ① 2021年度～25年度（5年間）、② 2021年度～26年度（6年間）、③ 2021年度～30年度（10年間）

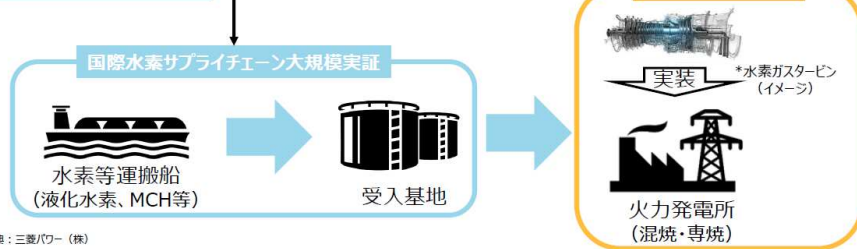
事業規模等

- 事業規模
 - ①：約110億円、②：約160億円、③：約240億円
- 支援規模*
 - ①：約70億円、②：約100億円、③：約140億円
- *インセンティブ額を含む。今後ステージ等で事業進捗等に合わせ合理化見込み
- 補助率等
 - ①～③：1/2（インセンティブ率は10%）

事業イメージ

相互連携

水素発電実機実証



出典：三菱パワー（株）

グリーンイノベーション基金事業 ③ 「事業概要資料」（2021/8/26）（NEDO）

グリーンイノベーション基金事業 ⑥ 「事業概要資料」（2022/1/7）（NEDO）

2-（1）石炭ボイラにおけるアンモニア高混焼技術（専焼技術含む）の開発・実証

事業の目的・概要

- (1) アンモニア高混焼微粉炭バーナおよびアンモニア専焼バーナを開発し、事業用石炭火力発電所においてアンモニア利用の社会実装に向けた技術実証を行う。
- (2) 実証試験前のフィジビリティスタディにおける各種検討および実機での実証試験を通じてアンモニア混焼率50%以上の混焼技術を確立し、商用運転の実施可否を判断する。

実施体制

※太字：幹事企業

株式会社IHI、三菱重工業株式会社、株式会社JERA

事業規模等

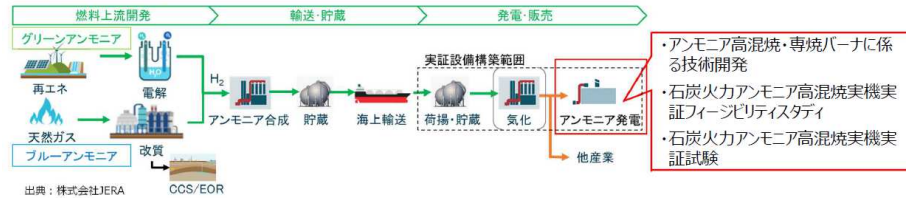
- 事業規模：約452億円
- 支援規模*：約279億円
- *インセンティブ額を含む。今後ステージ等で事業進捗などに応じて変更の可能性あり
- 補助率など：助成1/2、委託 → 1/2助成（インセンティブ率は10%）

事業期間

2021年度～2028年度（8年間）

事業イメージ

アンモニアサプライチェーン



出典：株式会社JERA CCS/EOR

・アンモニア高混焼・専焼バーナに係る技術開発
・石炭火力アンモニア高混焼実機実証フィジビリティスタディ
・石炭火力アンモニア高混焼実機実証試験

2-（2）ガスタービンにおけるアンモニア専焼技術の開発・実証

事業の目的・概要

- (1) ガスタービンコジェネレーションシステムからの温室効果ガスを削減するため、2MW級ガスタービンに向けた液体アンモニア専焼（100%）技術を開発する。
- (2) 実証試験を通じた運用ノウハウの取得や安全対策などの検証を行い、早期社会実装を図ることで温室効果ガス排出量の削減に貢献する。また、技術の展開先を探索し、アウトカムの最大化を図る。

実施体制

※太字：幹事企業

株式会社IHI、国立大学法人東北大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所
（再委託予定先：株式会社JERA）

事業規模等

- 事業規模：約92億円
- 支援規模*：約90億円
- *インセンティブ額を含む。今後ステージ等で事業進捗などに応じて変更の可能性あり
- 補助率など：委託 → 2/3助成（インセンティブ率は10%）

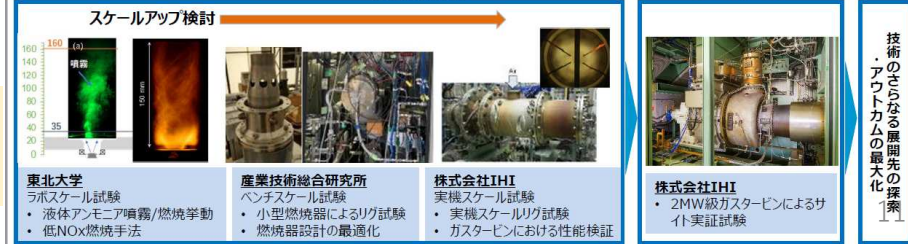
事業期間

2021年度～2027年度（7年間）

事業イメージ

【技術開発】

【実証試験】



出典：株式会社IHI、東北大学、産業技術総合研究所

技術のさらなる展開先の探索
アウトカムの最大化

2. JERAゼロエミッション2050 : 「JERAゼロエミッション2050 日本版ロードマップ」と「JERA環境コミット2030」

「2050年におけるゼロエミッションへの挑戦について」
(JERA)
(2020/10/13) より

JERAゼロエミッション2050 日本版ロードマップ



JERA環境コミット2030

JERAはCO₂排出量の削減に積極的に取り組みます。国内事業においては、2030年度までに次の点を達成します。

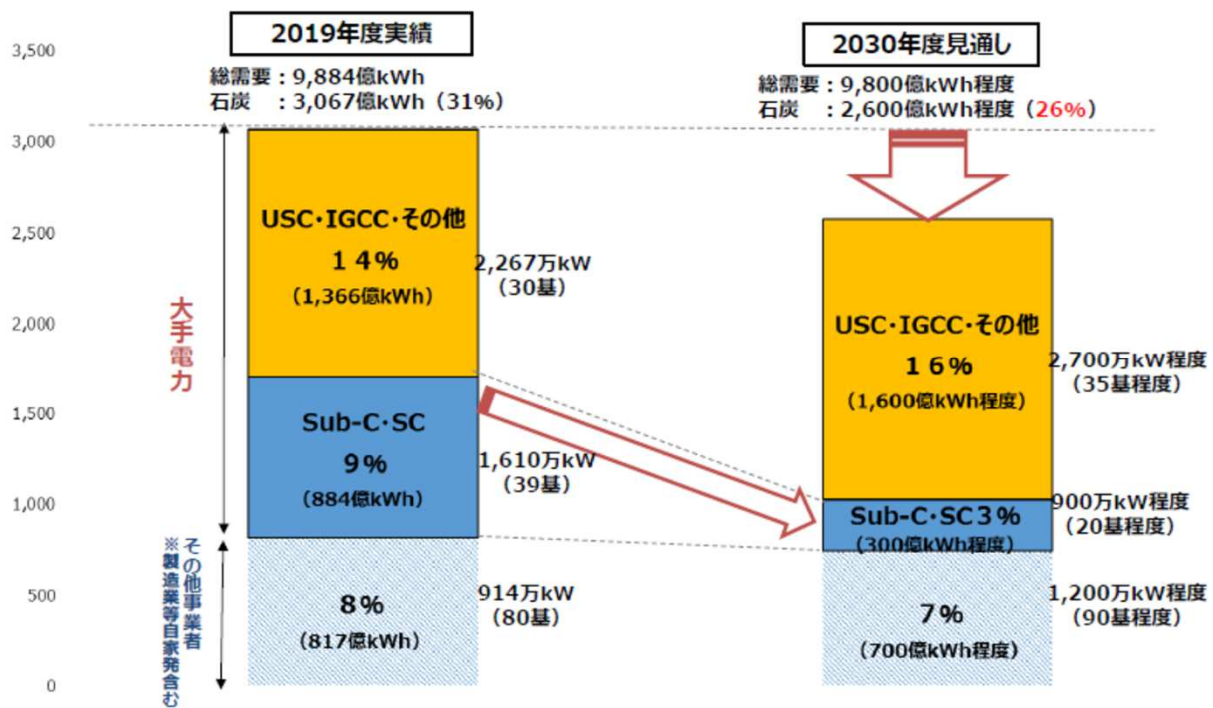
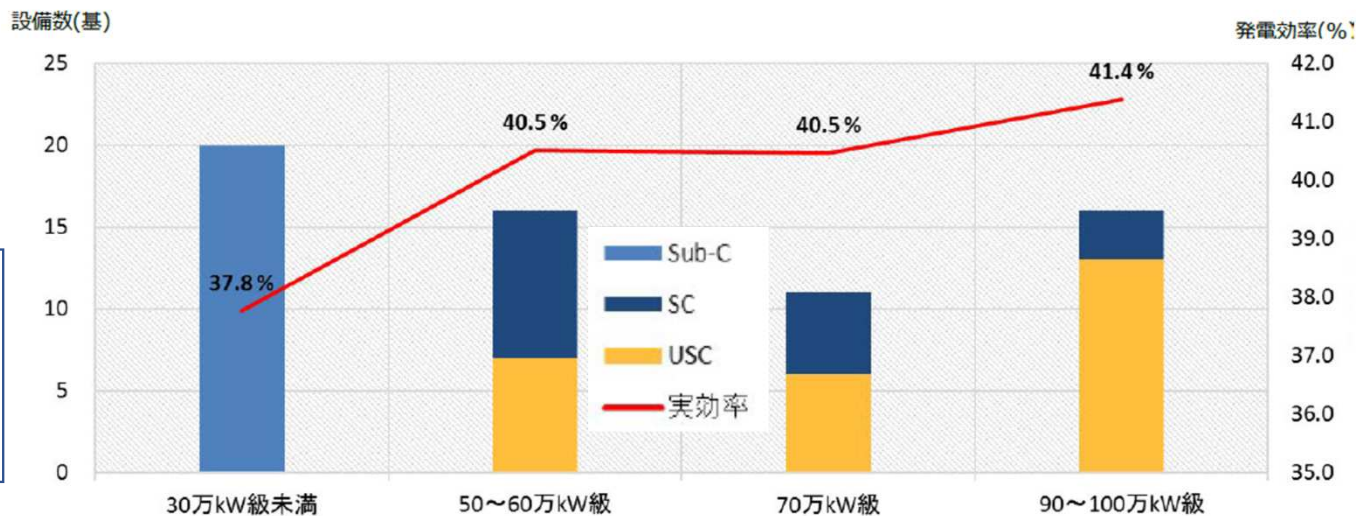
- 石炭火力については、非効率な発電所(超臨界以下)全台を廃止します。また、高効率な発電所(超々臨界)へのアンモニアの混焼実証を進めます。
- 洋上風力を中心とした再生可能エネルギー開発を促進します。また、LNG火力発電のさらなる高効率化にも努めます。
- 政府が示す2030年度の長期エネルギー需給見通しに基づく、国全体の火力発電からの排出原単位と比べて20%減を実現します。

「アンモニアが“燃料”になる?! (前編)」 (エネ庁)
(2021/1/15) にも

「JERAゼロエミッション2050 日本版ロードマップ」、「JERA環境コミット2030」は、脱炭素技術の着実な進展と経済合理性、政策との整合性を前提としています。当社は、自ら脱炭素技術の開発を進め、経済合理性の確保に向けて主体的に取り組んでまいります。

石炭火力発電所の状況

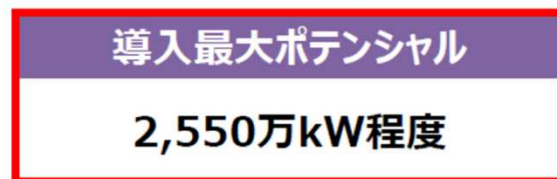
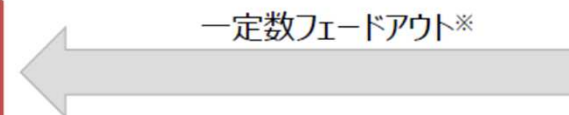
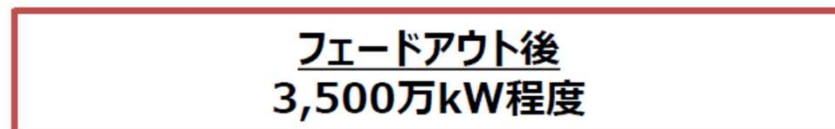
	「高効率」	「非効率」	他
2019年	30	39	80
2030年	~35	~20	90



「石炭火力検討ワーキンググループ中間取りまとめ概要」 (エネ庁) (2021/4/23)

石炭火力混焼を念頭においた燃料アンモニア利用ポテンシャル（試算結果）

大手電力の石炭火力



※フェードアウト量は非効率火力削減計画における各社の想定値をベースに概算

アンモニアポテンシャル

	設備容量（基数）	発電量※	20%混焼相当発電量 （アンモニア相当量※）
A.最大ポテンシャル	約2,550万kW（40基程度）	約1,600億kWh	約300億kWh（1,100万t）
B.USCのみ	約1,850万kW（25機程度）	約1,100億kWh	約200億kWh（750万t）
C.2030年時点経年20年未滿に混焼	約920万kW（10基程度）	約550億kWh	約120億kWh（400万t）

※2030年には国内で年間300万トン（水素換算で約50万トン）、2050年には国内で年間3000万トン（水素換算で約500万トン）のアンモニア需要を想定する。
 ※発電量は2021年度発電コスト検証WGにおける石炭火力設備利用率70%を引用し機械的に算出。
 ※実際の設備利用率および発電効率に応じ、発電量およびアンモニア相当量は変動することに留意が必要。
 ※混焼割合を増加させる場合は、アンモニア貯蔵タンク設置スペースなど「A.最大ポテンシャル」への影響の精査が必要。

「今後の火力政策について」（エネ庁）
 （2022/2/25） p17

アンモニア混焼のケーススタディ

モデル石炭火力発電所

発電容量	100万	kW	
熱効率	41	%	USC
設備利用率	70	%	ふつう
高位発熱量	26.08	GJ/トン	石炭
CO2排出係数	2.323	トンCO2/トン石炭	
高位発熱量	22.4	GJ/トン	アンモニア

モデル石炭火力発電所でのアンモニア混焼時の年間CO2排出量を推定

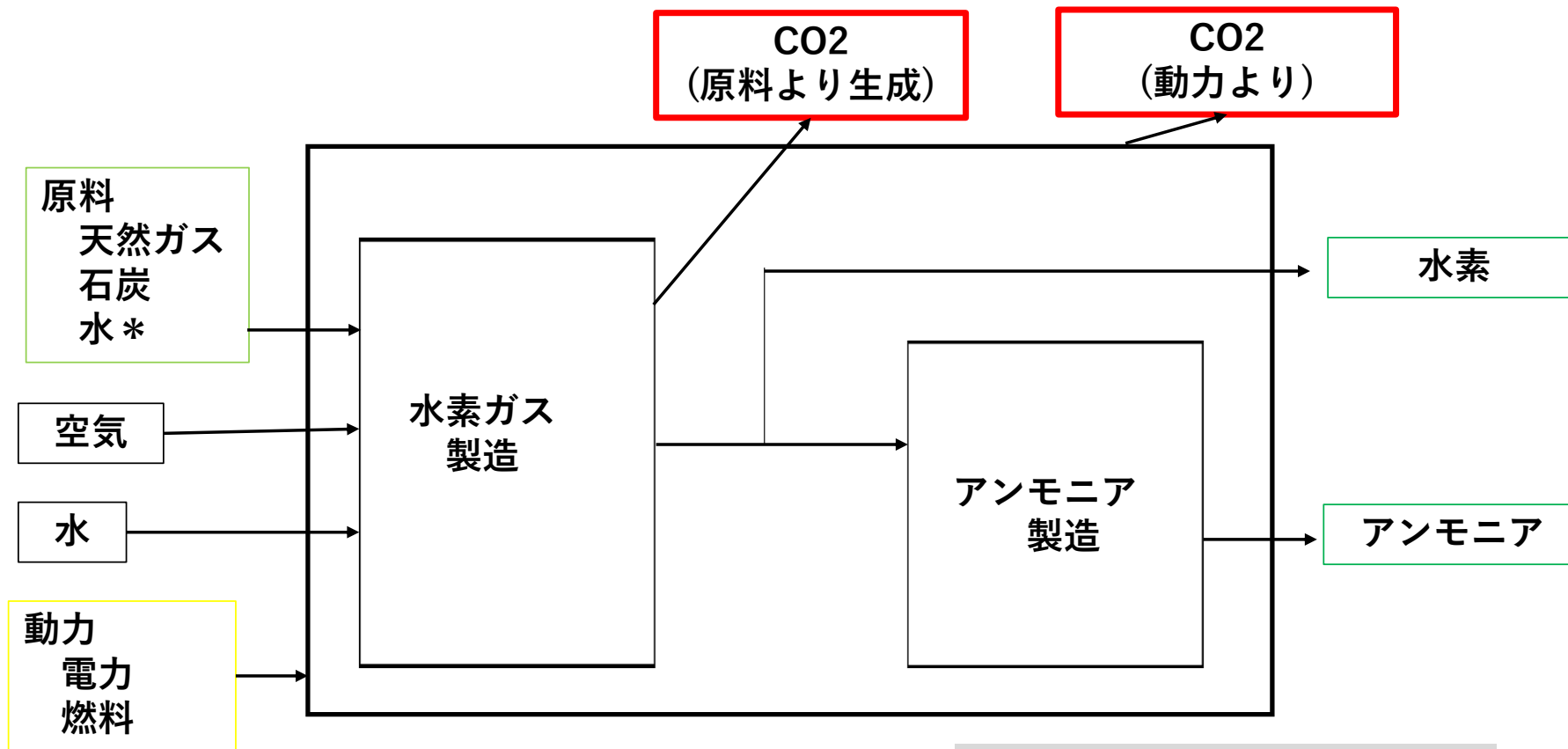
混焼により熱効率は変わらない

↓ 発電時にはCO2排出は減少

アンモニア混焼ケーススタディ

年間発電電力量		億kWh	61.3			
混合比率	石炭	(%)	100	80	50	0
(熱量比)	アンモニア	(%)	0	20	50	100
年間消費量	石炭	万トン	206	165	103	0
	アンモニア	万トン	0	48	120	240
年間CO2排出量		万トン	480	384	240	0

水素・アンモニア製造のダイアグラム



*原料としての水は、電気分解されるが、CO2は発生しない

グレー : CO2を大気に放出
ブルー : CO2をCCUSで固定
グリーン : 化石燃料を使用しない

(2) 新技術（アンモニア混焼・水素混焼）の取扱い

こうした点を踏まえて、アンモニア混焼や水素混焼についても、バイオマス・副生物混焼と同様の算定式で評価する。なお、当面は、技術開発・普及の観点からアンモニアや水素がカーボンフリーかどうか（非化石エネルギー由来又は化石燃料由来）については問わないが、将来的な扱いについては、今後実態を踏まえながら検討する。

「石炭火力検討ワーキンググループ中間取りまとめ概要」（エネ庁）（2021/4/23）

燃料アンモニアの調達に向けた国際競争入札の実施について

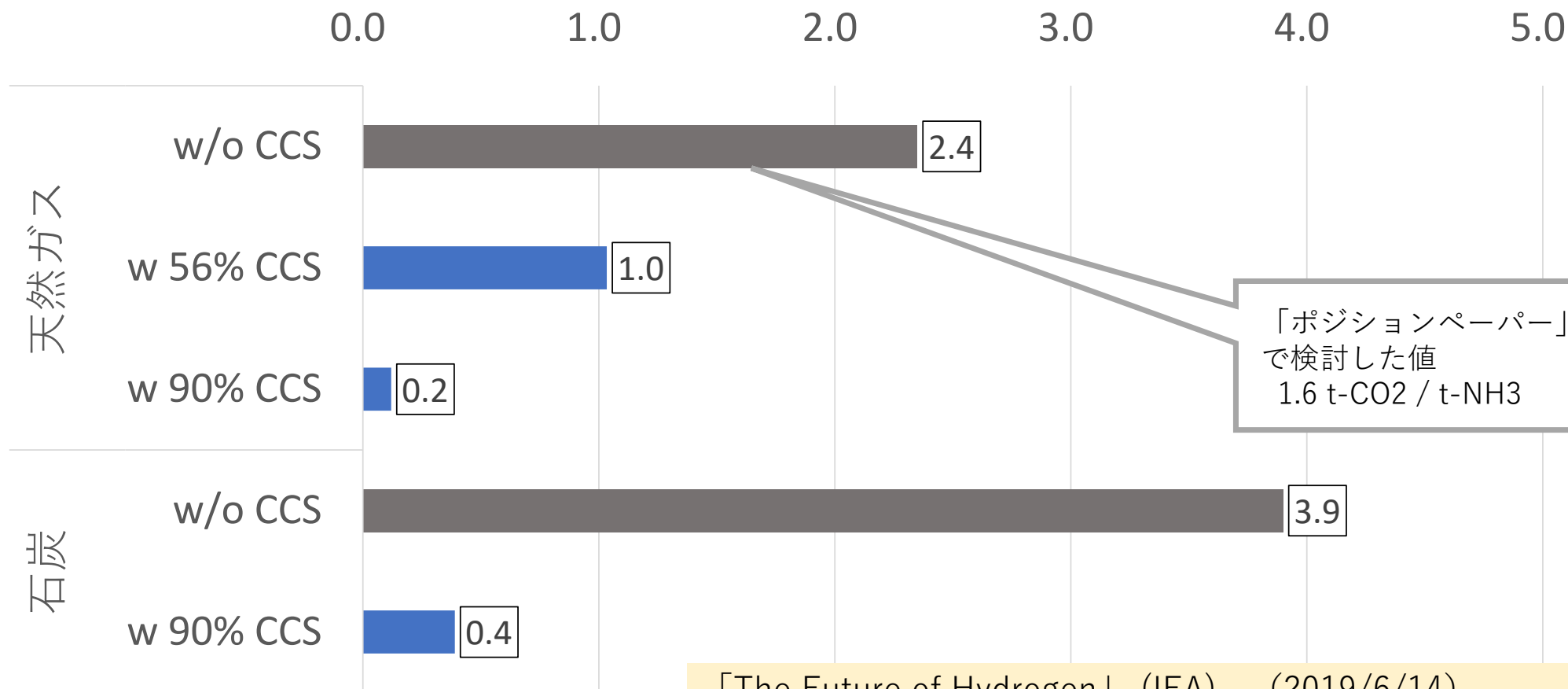
<主要条件>

買主	JERA
供給期間	2027年度から2040年代までの長期契約
数量	最大50万トン/年
引渡条件	FOB
その他	<u>・原則としてアンモニア製造時のCO₂は発生しない、もしくは回収・貯留されていること</u> ・JERAに製造プロジェクトへの参画機会があること

プレスリリース（JERA）（2022/2/18）

アンモニア製造時のCO2ガス排出

(単位：t-CO₂ / t-NH₃)



「ポジションペーパー」
で検討した値
1.6 t-CO₂ / t-NH₃

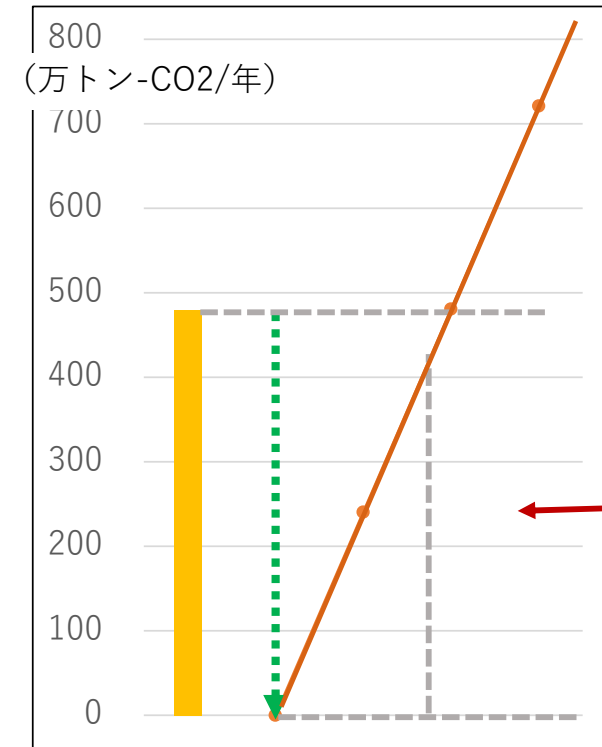
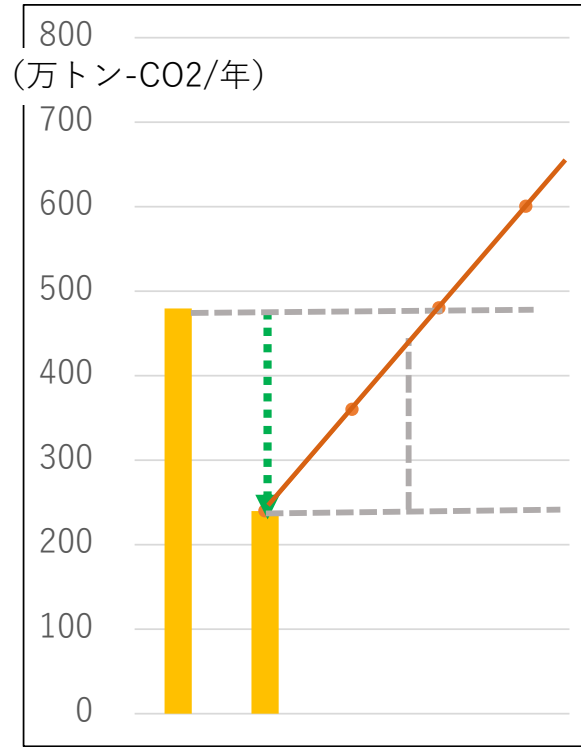
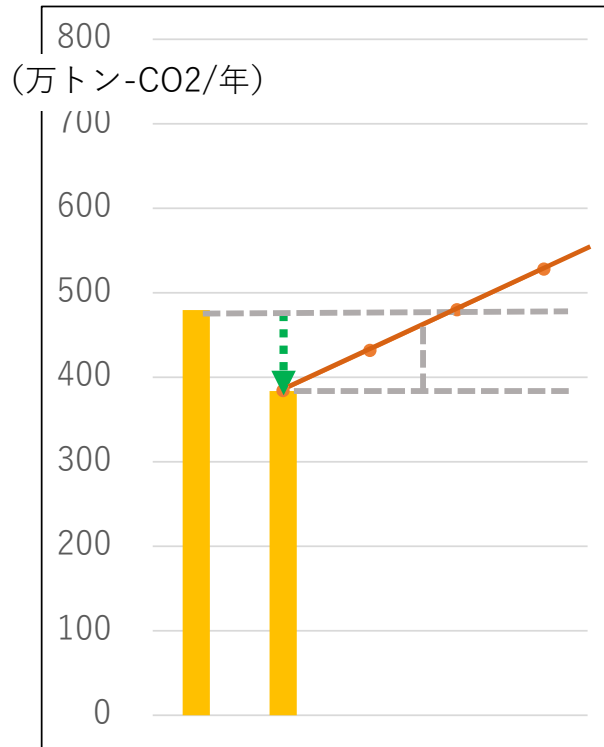
「The Future of Hydrogen」 (IEA) (2019/6/14)
「Assumptions」 (2020/12) p4~5 より作成

製造時のCO2排出を考慮した年間CO2排出量の変化

混焼率 20%

50%

100%(アンモニア専焼)



現状のLNG火力からの排出レベル

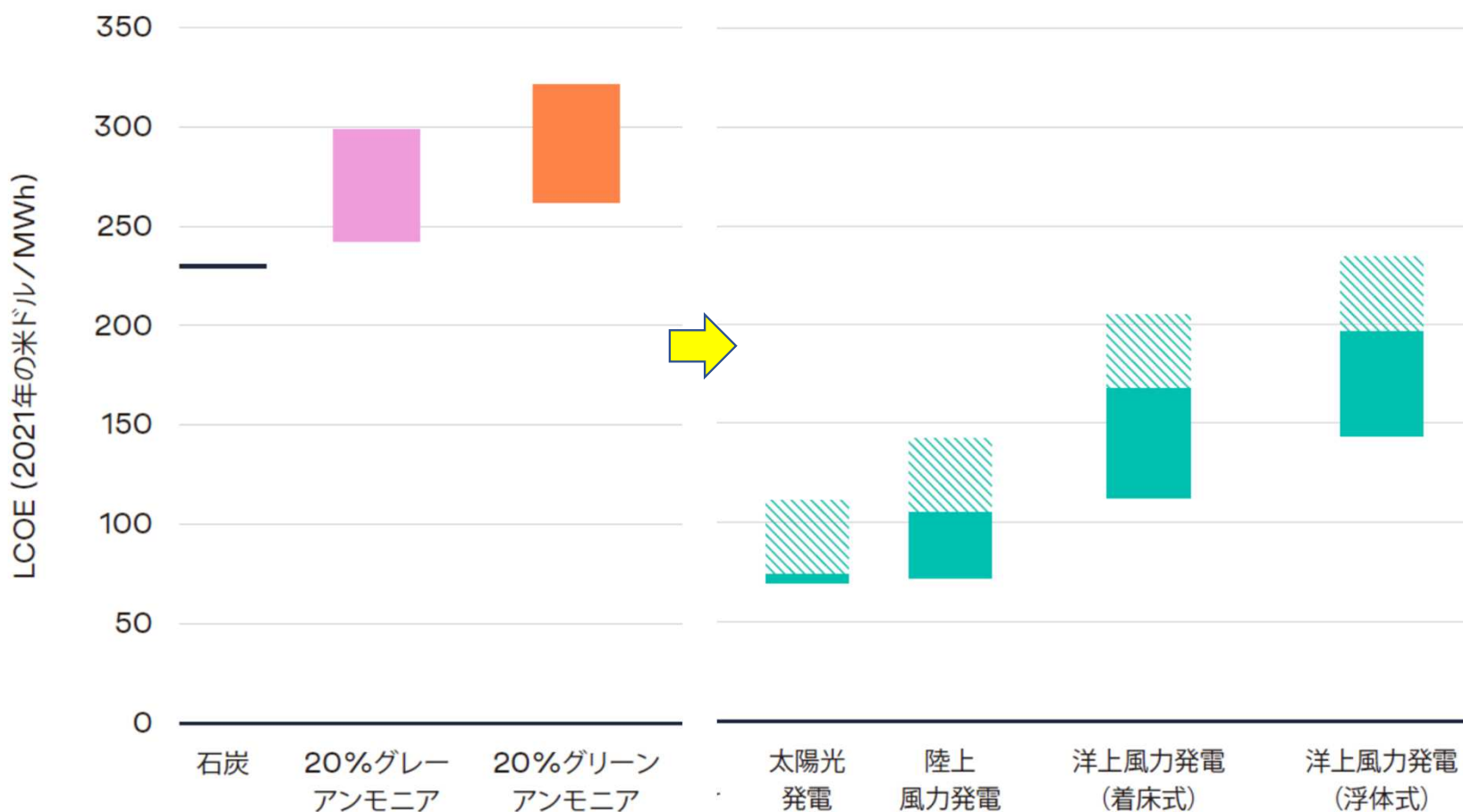
専焼時 混焼時 1.0 2.0 3.0
20% (t-CO2/t-NH3)

専焼時 混焼時 1.0 2.0 3.0
50% (t-CO2/t-NH3)

専焼時 混焼時 1.0 2.0 3.0
100% (t-CO2/t-NH3)

アンモニア製造時のCO2排出量を抑えない限り、トータルとしてのCO2排出量は抑えられない

2030年のアンモニア混焼火力発電のライフサイクル・コスト試算例 —再生可能電源との比較



アンモニア・水素の発電利用の課題

- 2030年に一部の石炭火力で20%程度混焼するとしても、削減効果は限られる。
2030年以降も石炭を使い続ける。
1.5°Cに見合うスピードでの削減は全くできない。
- 製造時には、CCUSの利用を見込んで、脱炭素化を想定しているが、実用化するまでの間は、CO₂が処理できず、排出される。
国内では、削減したように見えても、製造地での排出が続く。
- その上、製造・運搬などにエネルギー消費を伴うため、脱炭素にはならない。
- 経済合理性がない：追加コストが高い。再生可能エネルギーより高価に。
座礁資産化の恐れも

出典資料

1. 「水素・アンモニア発電の課題：化石燃料採掘を拡大させ、石炭・LNG火力を温存させる選択肢」
【ポジションペーパー】 (気候ネットワーク) 2021/10/27
<https://www.kiconet.org/wp/wp-content/uploads/2021/11/posision-paper-hydrogen-ammonia.pdf>
2. 「今後の火力政策について」 (資源エネルギー庁) 2022/1/25
第44回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会 資料5-1
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/pdf/044_05_01.pdf
3. 「SIP第1期研究開発概要 (11課題)」 エネルギーキャリア (内閣府)
戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第1期 (平成26年～30年度※)
<https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/sipkenkyukaihatu11kadai.pdf>
4. 「NEDO環境分野の取り組み2021」 2021/9 (第1版)
<https://www.nedo.go.jp/content/100922517.pdf>
5. 「事業概要資料」別紙2-4
グリーンイノベーション基金事業、第1号案件として水素に関する実証研究事業に着手 (NEDO) 2021/8/26
<https://www.nedo.go.jp/content/100936315.pdf>
6. 「事業概要資料」別紙2-3、2-4
グリーンイノベーション基金事業「燃料アンモニアのサプライチェーン構築」に着手 (NEDO) 2022/1/7
<https://www.nedo.go.jp/content/100940968.pdf>
7. 「アンモニアが“燃料”になる?! (前編)」 (資源エネルギー庁) 2021/1/15
https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/ammonia_01.html

8. 「石炭火力検討ワーキンググループ中間取りまとめ概要」 (資源エネルギー庁) 2021/4/23
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/sekitan_karyoku_wg/pdf/20210423_1.pdf
9. 「The Future of Hydrogen Seizing today's opportunities」 (IEA) 2019/6/14
https://iea.blob.core.windows.net/assets/9e3a3493-b9a6-4b7d-b499-7ca48e357561/The_Future_of_Hydrogen.pdf
「IEA G20 Hydrogen report: Assumptions」 2020/12
https://iea.blob.core.windows.net/assets/29b027e5-fefc-47df-aed0-456b1bb38844/IEA-The-Future-of-Hydrogen-Assumptions-Annex_CORR.pdf
10. 資料4 「電源投資の確保について」 (資源エネルギー庁) 2022/1/21
第61回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会 制度検討作業部会
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/seido_kento/pdf/061_04_00.pdf
11. プレスリリース「燃料アンモニアの調達に向けた国際競争入札の実施について」 (JERA) 2022/02/18
https://www.jera.co.jp/information/20220218_853
12. 資料4-1 「今後の火力政策について」 (資源エネルギー庁) 2022/2/25
第45回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/pdf/045_04_01.pdf
13. 「日本の石炭新発電技術 報告：日本の電力部門の脱炭素化における石炭新発電技術の役割」
(TransitionZero) 2022/2/14
<https://www.transitionzero.org/reports/advanced-coal-in-japan-japanese>