

Getting Lost on the Road to  
D e c a r b o n i z a t i o n

---

Japan's Big Plans for  
**Ammonia**

迷走する日本の脱炭素  
アンモニア利用への壮大な計画

## アンモニア利用への壮大な計画 — 迷走する日本の脱炭素

### Getting Lost on the Road to Decarbonization: Japan's Big Plans for Ammonia

2022年5月  
(2022年6月更新)

日本において今、カーボンニュートラルに向けた取り組みとして、水素や燃料アンモニアの利用が積極的に進められている。政府は、戦略や法律、補助金、債務保証、東南アジア諸国との覚書締結などを通じて、利用の拡大を全面的にバックアップしている。また、民間企業も、電力会社、商社、プラントメーカー、船舶会社、金融機関などが新規事業に続々と乗り出している。

本ペーパーでは、2050年のカーボンニュートラルの解決策として日本が進める燃料アンモニアの利用の有効性について、論点ごとに検証する。

# 目次

---

要旨	2
<b>I. 燃料アンモニアをめぐる動向</b>	<b>3</b>
1. 政府の方針	3
2. アンモニアの供給確保	5
3. 燃料アンモニア利用を推進するさまざまな仕組み	7
(1) 法律への位置付け	7
(2) 補助金 — グリーンイノベーション基金	7
(3) クライメート・トランジション・ファイナンス	8
(4) プラットフォーム	8
4. アジアへの展開	9
(1) 官民のイニシアティブ	9
(2) 二国間支援	9
5. 企業動向	10
<b>II. 燃料アンモニア利用の検証</b>	<b>11</b>
1. アンモニア利用の CO2 排出削減効果	11
(1) アンモニア製造時の CO2 排出	11
(2) 発電時の CO2 排出の削減	11
(3) CO2 回収・貯留・利用による削減	12
2. 経済性	13
3. 環境影響 — 窒素問題・大気汚染問題	14
おわりに	16
附表	17

## 要旨

- 電力部門の脱炭素化対策として、石炭火力発電でアンモニアを燃料として利用し混焼することを官民で積極的に推進している国は、実質的に日本だけである。
- 国内のアンモニア需要は現在年間 100 万トンだが、今後燃料としての利用拡大を見込み、2030 年に年間 300 万トン、2050 年には年間 3000 万トンに増加すると想定し、2050 年には世界全体で 1 億トン規模の日本企業によるサプライチェーン構築を進めている。
- 政府は、エネルギーセキュリティの確保のために、上流開発支援や LNG（液化天然ガス）調達への国の関与強化、ロシア以外の生産国への増産の働きかけなどを通じて、LNG 利用をさらに拡大しようとしている。
- 政府は、アンモニアと水素の需要を作り出すために、化石燃料で製造される場合でも「非化石エネルギー源」と位置付けて推進する方針である。
- 燃料アンモニアの事業は、グリーンイノベーション基金、トランジション・ファイナンス、官民のイニシアティブなどを通じて推進され、アジアのトランジションの支援の枠組みでも推進されている。
- アンモニアは化石燃料から製造されており、当面は混焼率も低いため、二酸化炭素回収貯留技術（CCS）を通じて CO<sub>2</sub> を処理しない限り、CO<sub>2</sub> 削減効果はほとんどない。また CCS の実現可能性はまだ見通せない。
- 化石燃料起源のアンモニアを 20% 混焼した場合、燃料費は石炭の 2 倍になり、今後の炭素価格上昇を見込むと総燃料費は 3 倍に上る。
- 燃料アンモニアは、大気中の窒素を固定して生産されるため、燃焼により窒素酸化物を排出して大気汚染を悪化させる。すでに大きくバランスが崩れている窒素循環にさらに介入し、陸域や水系に窒素が入り込むことを増やすことになる。
- アンモニア利用のために天然ガス採掘やパイプライン、輸送サプライチェーンの構築、発電所の設備更新などのインフラ整備に大規模な投資を行うことには、CO<sub>2</sub> 削減効果やコストに優位性がなく、環境影響を伴う事業であるだけに、大きなリスクを伴う。

以上から、燃料アンモニアの混焼に突き進む日本の方針は、削減寄与、経済性、環境影響の観点から問い直しが求められる。

# 1. 燃料アンモニアをめぐる動向

## 1. 政府の方針

世界および日本のアンモニア利用の約8割は、化学肥料の生産に用いられている。日本では、カーボンニュートラルの実現に向けて、このアンモニアを燃料として利用することが強力に押し進められている。アンモニアは水素を運ぶキャリアとして貯蔵や輸送がしやすい点でも注目されている。

政府は、既存の石炭火力発電設備でアンモニアを混ぜて燃やし、混焼率を2030年に20%、その後さらに割合を引き上げていくことを目指している。一方、LNGガス火力には水素を混焼する計画だ。ゆくゆくは専焼化する技術を開発し、アンモニア発電・水素発電を電力の脱炭素化を進める「有力な選択肢」としていく方針である（表1）。ただし積極的に推進するとはいえ、2030年の電力構成におけるアンモニア・水素の利用割合はわずか1%（90億kWh）に止まる<sup>1</sup>。このうち2030年のアンモニアの利用は、石炭火力発電量（1780億kWh）のせいぜい5%程度にすぎず、「石炭火力発電へのアンモニア20%混焼」はすべての発電所に対してではなく、一部の発電所のみを対象にしているとみられる（表2）。

世界的には、水素やアンモニアを電力以外の用途で利用することを進める動きはあるが、**電力用途で燃料としてアンモニアや水素の混焼を官民一体で積極的に推進している国は、実質的に日本だけである**（表3）。

表1 政府の燃料アンモニア利用推進方針

政策	内容
<a href="#">グリーン成長戦略</a> (2021.6)	◎ 2030年までに石炭火力へのアンモニア混焼20% ◎ 長期的に混焼率を向上、専焼化技術の開発を目指す ◎ 東南アジアを始め世界的な脱炭素化に向けた、燃料アンモニア利用の拡大とサプライチェーンの構築
<a href="#">第6次エネルギー基本計画</a> (2021.10)	◎ 2030年までに石炭火力へのアンモニア混焼20% ◎ アンモニア・水素で2030年に電力構成の1% (参考値：2050年に10%) ◎ アンモニア国内需要2030年300万トン、2050年3000万トン ◎ 2050年に国内含む世界全体で約1億トンの日本企業による調達サプライチェーン構築 ◎ アンモニアの製造時や発電時に排出されるCO <sub>2</sub> を回収・貯留・再利用することで、脱炭素化を図る。

Climate Integrate 作成

<sup>1</sup> 資源エネルギー庁「[2030年度におけるエネルギー需給の見通し\(関連資料\)](#)」2021.10, P73

表2 電源構成の内訳（億 kWh）

年	石油等	石炭	LNG	原子力	再エネ	水素・アンモニア	合計
2019	641 (6%)	3266 (32%)	3815 (37%)	638 (6%)	1856 (18%)	—	10216 (100%)
2030	190 (2%)	1780 (19%)	1870 (20%)	1880 -2060 (20-22%)	3360 -3530 (36-38%)	90* (1%)	9340 (100%)

経済産業省資料<sup>1,2</sup>より、Climate Integrate 作成

\*2030年のアンモニア・水素の発電量を機械的に計算するとそれぞれ82億 kWh、67億 kWhとしており<sup>3</sup>、経済産業省資料<sup>1</sup>では、このうち1%（90億 kWh）を計上している。

表3 政府が想定する水素とアンモニア（直接利用）の利用先

用途	用途（中分類）	水素	アンモニア
電力	石炭火力への混焼・専焼		●
	ガス火力への混焼・専焼	●	
非電力 (燃料)	熱利用（工業炉等）	●	●
	船舶等用のエンジン	●（短～中距離）	●（長距離）
	モビリティ・定置用等の燃料電池	●	
非電力 (原料)	水素還元製鉄	●	
	基礎化学品合成	●	

資源エネルギー庁資料<sup>4</sup>より、Climate Integrate 作成

<sup>2</sup> 資源エネルギー庁「[総合エネルギー統計](#)」2022.4

<sup>3</sup> [脚注1](#)と同じ。P62

<sup>4</sup> 資源エネルギー庁「[水素・アンモニアサプライチェーン投資促進・需要拡大策について](#)」2022.4, P6

## 2. アンモニアの供給確保

アンモニアは、石炭、天然ガス、再生可能エネルギーなど多様なエネルギー源から製造することができる。そのため政府は、調達先を多様化しエネルギー安全保障を強化できることをアンモニア利用のメリットとして挙げている。その上で、天然ガスは、水素・アンモニア製造のための利用拡大が期待される重要なエネルギー源と位置づけている。

現在、世界の原料用アンモニアの年間製造量は2億トン、貿易量は2000万トンであり、全て化石燃料から製造されている。国内では、工業・肥料用に使用する約108万トンのうち、約8割が国内生産で、残る約2割が輸入である（表4）。

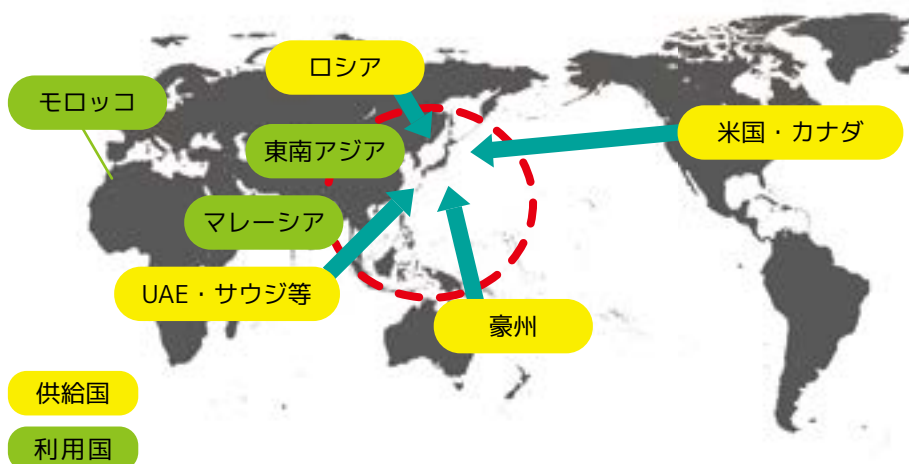
既存の製造設備には余剰の生産能力は少なく、燃料アンモニア市場も存在していないため、政府は今後、年間100万トンの国内のアンモニア需要を、燃料利用を念頭に2030年に年間300万トン、2050年には世界の貿易量を超える年間3000万トンへと大幅に増加する想定で、ロシア・北米・豪州などからLNG供給を進め、世界全体で1億トン規模のアンモニアのサプライチェーンを構築し、インフラ整備や供給設備の大型化で大量生産を進め、価格低下を図るねらいである（図1）。

表4 アンモニア需要の現状と政府の見通し（百万トン）

	現在	2030	2050
世界	200(うち貿易量 20)	—	760
日本	1(国内生産 8割・輸入 2割)	3	30

経済産業省資料<sup>5</sup>より、Climate Integrate 作成

図1 政府が想定する燃料アンモニアの潜在的需給国



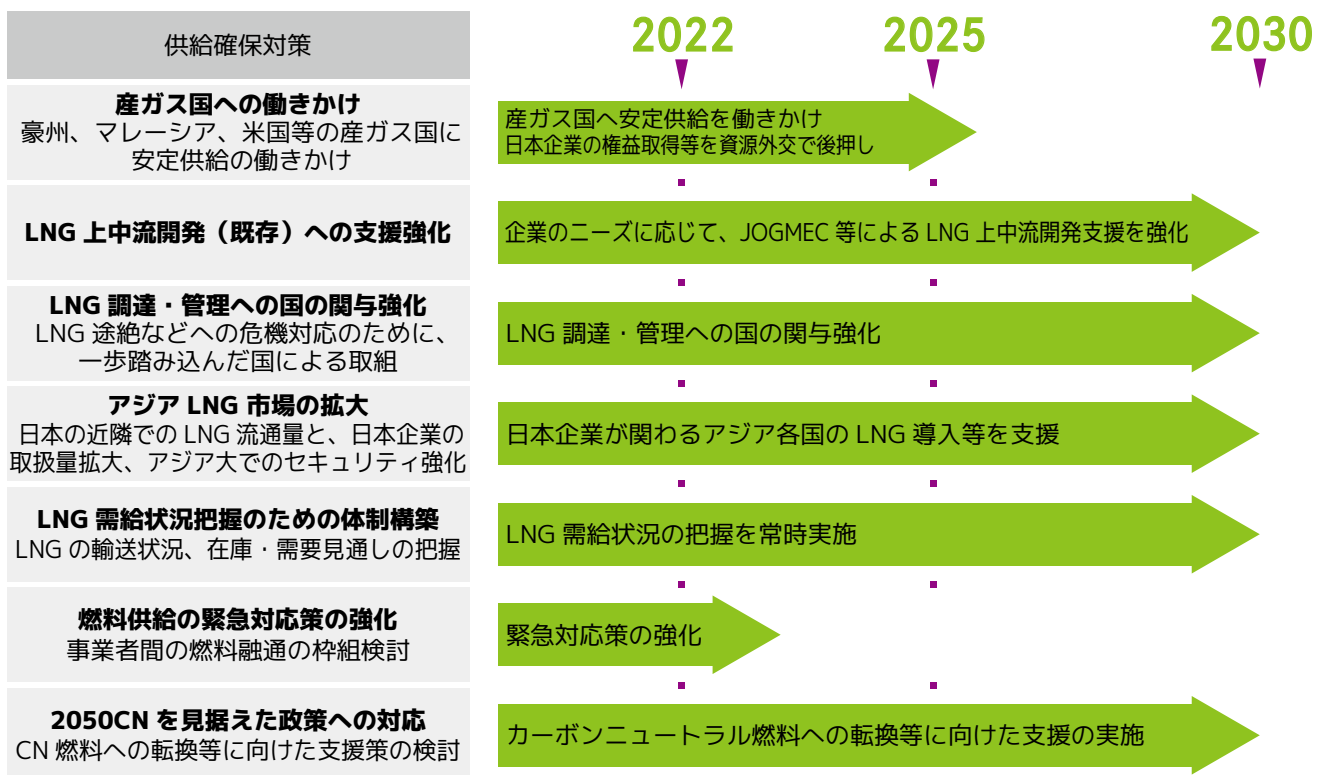
出典：資源エネルギー庁資料<sup>6</sup>より、Climate Integrate 作成

<sup>5</sup> 経済産業省「[クリーンエネルギー戦略 中間整理](#)」2022.5.13, P58-59、および資源エネルギー庁「[水素・アンモニアを取り巻く現状と今後の検討の方向性](#)」2022.3.29, P15

<sup>6</sup> 資源エネルギー庁「[電力分野のトランジション・ロードマップ](#)」2022.2, P48

2022年2月以降のロシアのウクライナ侵攻によって、国際エネルギー情勢は変化している。エネルギー供給危機や国際的な資源・エネルギー価格の高騰により、日本もオイルショック以来の大胆な構造転換の必要性に迫られている。しかし政府は、エネルギーセキュリティの確保のために「上流開発支援やLNG調達等への国の関与強化等、ロシア以外の生産国への増産働きかけ」<sup>7</sup>をし、LNG利用を一層拡大しようとしている。

図2 政府のエネルギーセキュリティ確保のためのLNG利用拡大方針



経済産業省資料<sup>8</sup>より、Climate Integrate 作成

<sup>7</sup> 資源エネルギー庁「[クリーンエネルギー戦略の策定に向けた検討①（エネルギー安全保障の確保と脱炭素化に向けた取組）](#)」2022.4.14, P28

<sup>8</sup> 資源エネルギー庁「[化石燃料を巡る国際情勢等を踏まえた新たな石油・天然ガス政策の方向性について](#)」2022.4.22, P69



### 3. 燃料アンモニア利用を推進するさまざまな仕組み

燃料アンモニアは、「グリーン成長戦略（2021年6月）」の中で成長が期待される14分野の1つに挙げられ、「エネルギー基本計画（2021年10月）」では、2030年20%混焼という具体的な目標が示された。その目標に向けてさまざまな推進施策が図られている。

#### (1) 法律への位置付け

燃料アンモニアと水素は、化石燃料から製造する場合は「化石エネルギー源」と言えるが、政府は、今後のアンモニアと水素の利用拡大に向けた需要を作り出すために、エネルギー源を問わずに「化石エネルギー源」と位置付けて推進する方針である。

表5 燃料アンモニアを推進する法制度

法律	内容
高度化法 <sup>9</sup> (供給側対策)	◎水素・アンモニアを「非化石エネルギー源」に位置づけ ◎CCS付き火力発電を法律に位置づけて推進
JOGMEC法 <sup>10</sup> (供給側対策)	◎JOGMECの出資・債務保証業務の対象に、水素・アンモニア等の製造・液化や貯蔵等、CCS事業・地層探査を追加
省エネ法 <sup>11</sup> (需要側対策)	◎工場等の使用エネルギーの非化石エネルギーの使用割合の向上 ◎一定規模以上事業所による非化石エネルギーへの転換の中長期計画策定

経済産業省資料<sup>12</sup>より、Climate Integrate作成

#### (2) グリーンイノベーション基金

政府は、2020年のカーボンニュートラル宣言に際し2兆円のグリーンイノベーション基金を創設し、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）を通じて、10年間研究開発・実証・社会実装までの継続した支援を始めている。このうち燃料アンモニアのサプライチェーン構築事業に最大688億円<sup>13</sup>を充てる方針の下、約598億円の拠出（事業規模は約812億円）<sup>14</sup>が確定している（2021年1月現在）。

なお今後は、サウジアラビア、アラブ首長国連邦、オーストラリア、北米などからの商用サプライチェーンを構築し、2030年までに300万トンのアンモニア供給を見込んでいる。総事業コストは2兆1400億円（初期投資：6,400億円、運営費：750億円/年、プロジェクト年数：20年）とされている<sup>15</sup>。

9 エネルギー供給構造高度化法

10 石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）法

11 エネルギー使用の合理化等に関する法律

12 経済産業省「[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の概要](#)」2022.3

13 経済産業省「[クリーンエネルギー戦略の策定に向けた検討②（これまでの議論を踏まえた検討状況）](#)」2022.4.14, P54

14 NEDO「[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](#)」2022.1.7

15 経済産業省「[クリーンエネルギー戦略の策定に向けた検討](#)」2022.4.22, P14

(3) クライメート・トランジション・ファイナンス<sup>16</sup>

政府は、トランジション技術に資金を呼び込むために、4つの要素<sup>17</sup>を満たすボンドやローン  
をクライメート・トランジション・ファイナンスとして位置づけ、企業がトランジション・ファイナ  
ンスを活用した気候変動対策を検討する際に参照できるように、主要部門のロードマップを作成して  
いる。電力部門のトランジション・ロードマップ<sup>18</sup>では、トランジション電源として、アンモニア  
混焼、水素混焼、バイオマス混焼を挙げており、民間資金を呼び込もうとしている。(表6)

**表6 政府による低炭素・脱炭素技術「トランジション電源」の整理**

		技術名	概要
電源	トランジション	アンモニア混焼	石炭火力へのアンモニア混焼
		水素混焼	ガス火力への水素混焼
		バイオマス混焼	石炭火力へのバイオマス混焼
状況に依存する取組	電源のゼロエミ化	送配電網の強化・高度化	再エネの導入拡大にむけた送配電網の増強等
		DR・電化の推進等	需要サイドにおける脱炭素化に向けた取組、電化等
		蓄電池・揚水分散型エネルギーリソース	系統安定化に資する蓄電池・分散型エネルギーリソースの導入等

経済産業省資料<sup>19</sup>より、Climate Integrate 作成

(4) プラットフォーム

燃料アンモニアを推進するプラットフォームとして、一般社団法人[クリーン燃料アンモニア協会](#)  
が設立されている。アンモニアエネルギーの技術の社会実装、CO<sub>2</sub>フリーアンモニアの供給から利  
用までのバリューチェーン構築をめざし、技術開発や評価、経済性評価、政策提言、国際連携など  
を行う産学官のプラットホームとして設立されている。会員数(2022年4月1日時点)は、理事会  
員13社、一般会員105社、賛助会員(外国企業)20社に上り、関連産業の企業がほぼすべて参加  
している。

<sup>16</sup> 経済産業省、[トランジション・ファイナンス](#)

<sup>17</sup> 戦略とガバナンス、マテリアリティ、科学的根拠、透明性

<sup>18</sup> 資源エネルギー庁「[電力分野のトランジション・ロードマップ](#)」2022.2

<sup>19</sup> [脚注18](#)と同じ、P.23

## 4. アジアへの展開

### (1) 官民のイニシアティブ

日本は、アジアにはゼロエミッション火力が不可欠だという立場で、水素やアンモニアなどのサプライチェーンを共同で作りに協力し、燃料アンモニア技術等を東南アジアに展開しようとしている。アジアへの展開に際しては、以下のような様々なイニシアティブが始動している。

#### ◎アジア・エネルギー・トランジション・イニシアティブ (AETI)

2021年5月に経済産業大臣が立ち上げた。アジアのエネルギー・トランジションのロードマップ策定支援や、アジア版トランジションファイナンスの考え方の提示の支援などを始めている。

#### ◎アジア・トランジション・ファイナンス・スタディー・グループ<sup>20</sup>

三菱UFJフィナンシャルグループがリードする民間主導のグループ。トランジション分野への資金供給に向けて、金融機関へのガイドラインと政府への提言を2022年10月にまとめる予定になっている。

#### ◎アジア・ゼロエミッション共同体

2022年1月に、政府がアジア・ゼロエミッション共同体構想を打ち出した。アジアでゼロエミッション技術の開発や水素インフラでの国際共同投資、共同資金調達、技術標準化、アジア排出権市場などを進める方針である。

#### ◎アジア CCUS ネットワーク

排出されるCO<sub>2</sub>を処理するために、CCUSを進めるプラットフォームとして、ASEANの国々の官民が一緒に立ち上げた。クリーンコール (Clean Coal) や CCUS を促進している。

### (2) 二国間支援

これまでに、インドネシア、タイ、マレーシアと、エネルギー・トランジションに関する覚書が結ばれ、日本からエネルギーのロードマップ作成支援などを行うことを含めた協力関係が構築されている。

これらのアジアに展開するイニシアティブにおいては、国連気候変動枠組条約第26回締約国会議 (COP26) で岸田首相が「化石火力を、アンモニアなどのゼロエミ火力に転換する」と表明した<sup>21</sup>ことに現れているよう、石炭火力の燃料アンモニア混焼を進めることが支援の中核に置かれている。

<sup>20</sup> [アジア・トランジション・ファイナンススタディグループによる中間報告 \(仮訳\)](#), 2022. 4. 25

<sup>21</sup> [COP26 世界リーダーズ・サミット岸田総理スピーチ](#), 2021. 11

## 5. 企業動向

これまでに 60 を超える日本の企業や研究機関、政府機関が、燃料アンモニアの製造から輸送、貯蔵、火力発電での利用に至る、80 以上の事業に取り組んでいる（表 7 及び附表）。政府からの資金支援を受けて実施される燃料アンモニア関連事業が多く、グリーンイノベーション基金の「燃料アンモニアサプライチェーン構築事業」の他に、NEDO の交付金事業「アンモニア混焼火力発電技術 研究開発・実証事業」、同「ブルーアンモニア製造に係る技術開発事業」、「質の高いエネルギーインフラの海外展開に向けた事業実施可能性調査事業」もあるが、個別事業の多くは予算や事業規模が公表されていない。

表 7 燃料アンモニア事業に関わる主な組織（船舶・産業用途を除く）

上中下流	燃料種	参加日本企業等
上流 製造 CCS パイプライン 調達	天然ガス由来のみ	ENEOS   INPEX   JERA   JOGMEC   JX 石油開発   出光興産   伊藤忠商事   関西電力   東電設計   東洋エンジニアリング   日本工営   北陸電力   丸紅   三井物産   三菱ガス化学   三菱商事   三菱重工業
	再生エネルギー由来のみ	IHI   JICA   出光興産   大阪大学   九州大学   産業技術総合研究所   デノラ・パルメレック   電源開発   東京工業大学   東京大学   東芝   東洋エンジニアリング   日揮ホールディングス   日産化学   福岡大学   北海道大学   丸紅
	天然ガス由来と再生エネルギー由来の両方	IHI   UBE   九州電力   住友化学   三井化学   三菱ガス化学
	不明	ENEOS   IHI   INPEX   JERA   JFE   伊藤忠エネクス   伊藤忠商事   川崎汽船   九州大学   九州電力   京都大学   商船三井   住友商事   中国電力   千代田化工建設   つばめ BHB   東京工業大学   東京電力   東洋エンジニアリング   名古屋大学   日揮ホールディングス   沼津工業高等専門学校
中流 輸送 輸送船開発	天然ガス由来のみ	ENEOS   INPEX   JERA   JOGMEC   出光興産   伊藤忠商事   関西電力   東電設計   東洋エンジニアリング   日本工営   北陸電力   丸紅   三井物産 (MEPAU)   三菱商事   三菱重工業
	再生エネルギー由来のみ	IHI   出光興産 (IRDA)   商船三井   電源開発   日揮ホールディングス   丸紅
	不明	ENEOS   IHI 原動機   JERA   JFE   J-ENG   飯野海運   出光興産   伊藤忠エネクス   伊藤忠商事   川崎汽船   川崎重工業   九州電力   商船三井   住友商事   中国電力   名村造船所   日本海事協会   日本シッパヤード   日本郵船   三井 E&S マシナリー   三井物産   三菱造船
中流 出入荷 受入 貯蔵拠点	天然ガス由来のみ	JOGMEC   出光興産   伊藤忠商事   東洋エンジニアリング
	再生エネルギー由来のみ	IHI   出光興産 (IRDA)   丸紅
	天然ガス由来と再生エネルギー由来の両方	IHI   九州電力
	不明	ENEOS   IHI   JERA   JFE   出光興産   伊藤忠エネクス   伊藤忠商事   川崎汽船   関西電力   九州電力   商船三井   住友商事   中国電力   東洋エンジニアリング   日揮ホールディングス   三菱造船
下流 火力での利用	天然ガス由来のみ	JOGMEC   伊藤忠商事   関西電力   東電設計   東洋エンジニアリング   日本工営   北陸電力   丸紅   三井物産   三菱商事   三菱重工業
	再生エネルギー由来のみ	日揮ホールディングス   三井物産
	天然ガス由来と再生エネルギー由来の両方	IHI   九州電力
	不明	IHI   JERA   JFE   伊藤忠商事   大阪大学   九州電力   興和   産業技術総合研究所   石油資源開発   中外炉工業   中国電力   電源開発   電力中央研究所   東北大学   三井物産   三菱重工業

NEDO および各企業等の発表資料より、Climate Integrate 作成  
(2022 年 6 月 16 日時点)

## II. 燃料アンモニア利用の検証

### 1. アンモニア利用の CO<sub>2</sub> 排出削減効果

燃料としてアンモニア利用を進める最大の理由は、火力部門の CO<sub>2</sub> 排出削減につながり、脱炭素化を導くものだと考えられているためである。以下、(1) アンモニアの製造段階、(2) 火力発電における燃焼段階、(3) CO<sub>2</sub> 固定利用貯留段階、それぞれの段階での CO<sub>2</sub> 削減効果を確認する。

#### (1) アンモニア製造時の CO<sub>2</sub> 排出

商業的に確立しているアンモニアの製造方法は、天然ガス（メタン）など炭化水素から水蒸気改質等のプロセスを利用して水素を取り出し、大気中の窒素と反応させて製造する方法（ハーバー・ボッシュ法）である<sup>22</sup>。つまり元は化石燃料であり、製造段階で CO<sub>2</sub> を排出する。最新鋭の設備を用いても、アンモニア 1 トン製造あたり、約 1.6 トンの CO<sub>2</sub> を排出する<sup>23</sup>。製造段階で CO<sub>2</sub> を排出するアンモニアは、“CO<sub>2</sub> フリー”燃料とはいえない。

愛知県碧南市にある国内最大の石炭火力発電所の 4 号機（100 万 kW）では、政府の補助金を受けて初の大規模な商業石炭火力発電所でのアンモニア混焼の実証事業が進められており、2024 年度に 20% の混焼を目指している<sup>24</sup>。必要となるアンモニアは年間 50 万トンであり、製造時には年間約 80 万トンの CO<sub>2</sub> が排出される計算となる。

#### (2) 発電時の CO<sub>2</sub> 排出の削減

アンモニアは燃焼時に CO<sub>2</sub> を出さないため、発電所で混焼した分だけ CO<sub>2</sub> 削減になる。石炭火力発電に 20% のアンモニアを混ぜれば、燃焼時は 20% の CO<sub>2</sub> 削減になる。ただし政府の目標は 2030 年に 20% の混焼であり、80% の燃料はまだ石炭のままである。将来、燃料の 100% がアンモニアの専焼が実現すれば燃焼時の CO<sub>2</sub> 排出はゼロになるが、その見通しはたっていない。アンモニア混焼・専焼で発電時のゼロカーボンを実現するのは難しく、2050 年に向かって石炭を燃やし続けることを意味する。

また、製造時の排出を加算すれば、その CO<sub>2</sub> 削減効果は 20% 混焼で 4%、50% 混焼で 10%、専焼でも 21% となり<sup>25</sup>、CCS で処理しない限り、削減効果はほとんどない（図 3）。

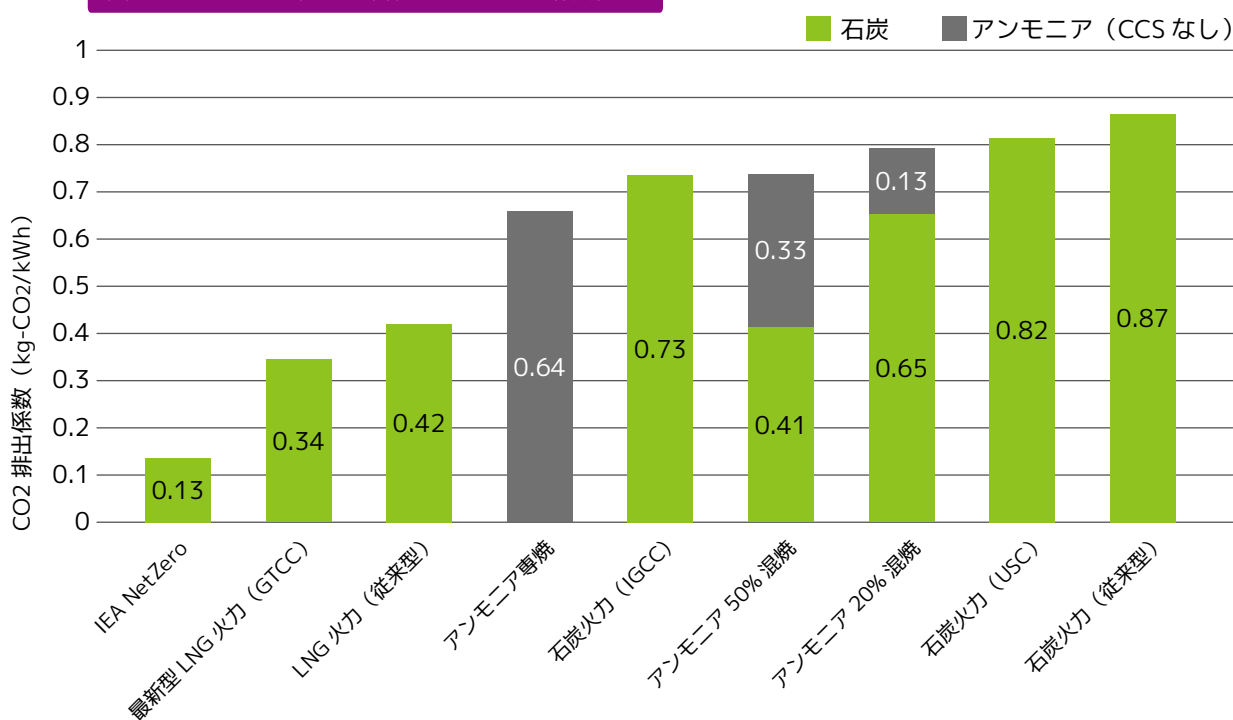
22 再生可能エネルギーを利用した水の電気分解による製造方法もあり、大型化の開発が進められている。水素製造を経由しない「アンモニア電解合成法」も研究中被験中である（IEEJ, 2017）。

23 経済産業省（1.6t-CO<sub>2</sub>）、および気候ネットワーク「水素・アンモニア発電の課題」試算（1.58t-CO<sub>2</sub>）, P13

24 JERA「大型の商用石炭火力発電機におけるアンモニア混焼に関する実証事業の採択について」2021.5.24

25 脚注 23 と同じ、気候ネットワークの試算に基づく。

図3 石炭火力技術・燃料種ごとのCO<sub>2</sub>排出係数



環境省資料<sup>26</sup>より、Climate Integrate 作成  
気候ネットワーク試算<sup>25</sup>を参照に、USCを基準にアンモニアの混焼効果を試算

### (3) CO<sub>2</sub>回収・貯留・利用による削減

CO<sub>2</sub>回収貯留技術(CCS)は、製造時や発電時に排出されたCO<sub>2</sub>を回収し、地下などに貯留する技術である。最近では、利用(utilization)も含めCCUSとも言われる。政府は、革新的技術として1990年代から研究開発を進め、かつては2020年に実用化を目指していたが、今も実用化は遠い。政府は「2030年までのCCS事業開始」を目標に法整備を進めようとしている(表8)。

しかし、これまでに日本では、2019年に北海道苫小牧市で大規模実証事業として30万t-CO<sub>2</sub>の圧入が実現したとされる例があるだけである(ちなみに、碧南石炭火力発電所(1~5号機)1ヶ所だけで年間約2500万t-CO<sub>2</sub>を排出する)。また、石炭火力発電所からの年間のCO<sub>2</sub>排出量は約2億6000万t-CO<sub>2</sub>であり、仮に2030年にいくつかのCCS事業が開始されたとしても、この排出をゼロにすることは難しい。政府は、2050年に1.2~2.4億t-CO<sub>2</sub>の年間貯留を目指すとするが、今後の大規模な商用展開の可能性は、貯留地の確保やコスト、技術の成熟度、環境負荷の規模などの影響を受けることになる。また、仮にCCSを利用できるようになったとしても、回収率は80~85%程度と言われ、完全なるゼロエミッション化ができるわけではない。

表8 政府のCCS政策

政策	内容
<a href="#">第6次エネルギー基本計画</a> (2021.10)	◎商用化を前提に2030年に導入することを検討するために必要な適地の開発や技術開発、事業環境整備等
<a href="#">CCS長期ロードマップ</a> <a href="#">中間とりまとめ</a> (2022.5)	◎ <b>2030年までの事業開始を目標に法整備</b> ◎ 2050年時点の年間CO <sub>2</sub> 貯留量を年間1.2～2.4億トンと想定

Climate Integrate 作成

以上より、燃料アンモニアは、現時点でゼロエミッションにできる裏付けはなく、“ゼロカーボン”、“CO<sub>2</sub>フリー”、“ゼロエミッション”、“脱炭素燃料”などと称して進めることは実態に即していない。

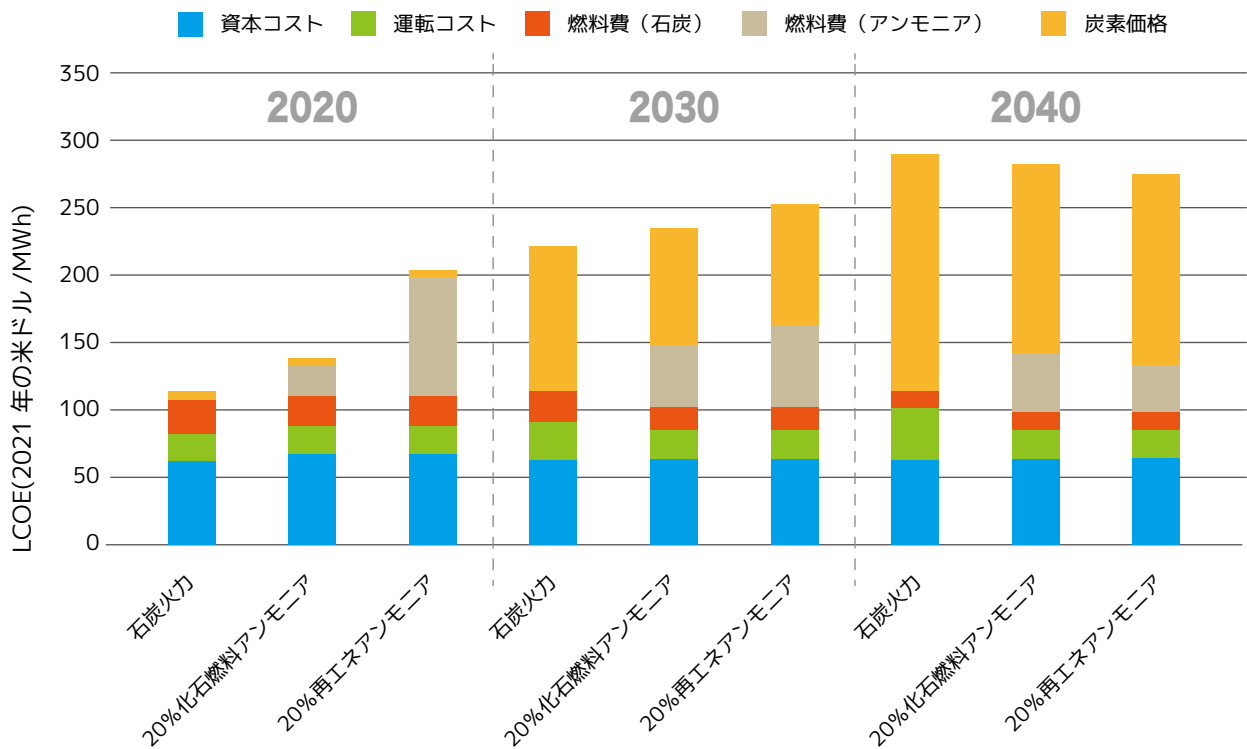
## 2. 経済性

燃料アンモニアの混焼・専焼において問題にされるのは、コストである。イギリスのシンクタンク TransitionZero は、化石燃料起源のアンモニアは燃料として石炭より4倍高く、20%混焼した場合、燃料費は石炭の2倍になり、今後の炭素価格により総燃料費は3倍に上るとする。また、アンモニア混焼技術が石炭火力よりも安くなり経済的な競争力を持つのは2040年である（2040年に炭素価格が205ドル/t-CO<sub>2</sub>に上昇する想定で、発電コスト(LCOE)は28セント/kWh(約32円/kWh)と法外な高コストである)。またその際には、化石燃料を利用したアンモニア混焼よりも、再エネを利用したアンモニア混焼の方が安価になる<sup>27</sup>(図4)。これだけのコストをかけても、CCS対策がなければCO<sub>2</sub>削減効果はほとんど見込めない。

なお政府は、2020年における石炭火力の発電コストは12.5円/kWhと試算しているが、アンモニア20%混焼の場合12.9円/kWh、専焼した場合は23.5円/kWhと試算している。ただしこのコストには、CO<sub>2</sub>を処理するCCS対策費は含まれていない。

<sup>27</sup> TransitionZero「[石炭新技術と日本](#)」2022.2

図4 発電におけるアンモニア混焼のコスト



出典：TransitionZero

### 3. 環境影響 — 窒素循環問題

アンモニア (NH<sub>3</sub>) は、窒素と水素の化合物であり、大気中に大量にある窒素を固定して利用するハーバー・ボッシュ法で生産されている。その利用を進めることで、他の環境問題を悪化させてしまう問題がある。窒素は、硝酸、亜硝酸態窒素などの形で地上の生態系にたまり、副生成物として窒素酸化物が出る。その結果、自然界の窒素循環を狂わせ、陸水や海水の富栄養化、大気汚染、オキシダント汚染、酸性雨、硝酸性窒素による深刻な地下水汚染、などの多くの環境問題を引き起こしてきた。硝酸性窒素は、亜硝酸性窒素となり、酸素欠乏症を起こす。

燃料アンモニアとして利用する場合でも、大気中の窒素を固定して燃料として使うと、すでに大きくバランスが崩れている窒素循環に介入し、陸域や水系への窒素負荷をさらに増やすことになる。

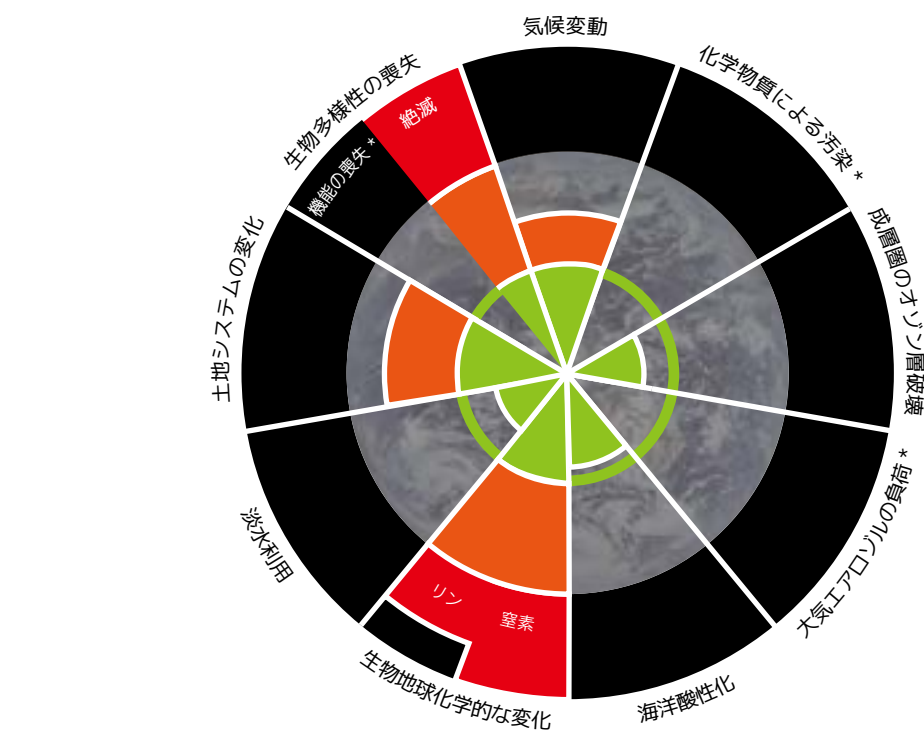


政府は、実証実験において20%混焼の際の制御が確認できているとするが、大規模では実践例がなく、何らかの形で窒素が陸域に残ることになる。混焼率が上がり100%になったときの窒素化合物問題も、燃焼によってできる窒素酸化物の問題も未解決であり、強力な脱硝装置の設置が必要になると考えられる。

プラネタリー・バウンダリー<sup>28</sup>の図では、9つのカテゴリーの中で赤が突出しているのが「窒素」と「生物多様性」である。窒素の過剰負荷、特に水系への負荷の増大は、生き物が住めない「デッドゾーン」の拡大などによって生物多様性にも大きな悪影響を与える。

既に大幅にバウンダリーを超えている窒素の生態系への負荷を減らしていかなければならないが、アンモニアの石炭火力発電への混焼はこれに逆行する。アンモニア混焼は、窒素循環の観点からも大きな課題がある。

図5 プラネタリー・バウンダリー



- 限界値未満（安全）
- 不確実性領域内（リスクの増大）
- 不確実性領域超（リスクが高い）
- \* 定量化未了

ストックホルム・レジリエンス・センターのウェブサイトより、Climate Integrate 作成

<sup>28</sup> 人々が地球で安全に活動できる範囲を科学的に定義し、その限界点を表した概念。[ストックホルム・レジリエンス・センター](#)のヨハン・ロックストローム博士らが開発した。

## おわりに

アンモニアの利用は、一部の非電力用途で脱炭素に貢献する可能性があり、また、再生可能エネルギーを利用した水の電気分解による製造では将来的な CO<sub>2</sub> 削減に貢献する可能性があるが、石炭火力発電にアンモニアを混焼する技術を官民で積極的に推進し、「脱炭素火力」を実現しようとする動きは、極めて日本特有のものである。

今日のアンモニア製造は全て化石燃料起源であり CO<sub>2</sub> を排出する。政府や企業は、CO<sub>2</sub> 削減がほとんど見込めない状況のまま、「2030 年に石炭火力発電 20% 混焼」目標に向かって進んでいる。この目標は、裏返せば 2030 年以降も石炭火力を利用し続けるものであり、世界が目指す 1.5°C 目標との整合に求められる「2030 年石炭火力全廃」に届くものでは全くない。また、アンモニア混焼・専焼を推進したところで、大規模な CCS の実用化がなければ脱炭素火力の実現は難しい。政府は CCS に対しても多額の投資をする方針だが、この技術にも課題がある。

電力部門の脱炭素化には、太陽光や風力をはじめとする再生可能エネルギーへの転換が最も費用対効果が高くポテンシャルも大きいことが示されている<sup>29</sup>。一方、アンモニア利用のための天然ガス採掘やパイプライン、輸送サプライチェーンの構築、発電所の設備更新を含むインフラ整備に大規模な投資を行うことには、CO<sub>2</sub> 削減効果やコストに優位性がなく、環境影響を伴う事業であるだけに、大きなリスクを伴う。

発電部門の燃料アンモニアの混焼に突き進む日本の方針は、問い直される必要がある。

## 附表 燃料アンモニア事業一覧

事業等名	燃料種			参加日本企業等
	天然ガス	再エネ	不明	
1 UAE からのブルーアンモニア輸送実証試験	✓	-	-	出光興産
2 インドネシア国・スラヤ石炭火力発電所向けアンモニア混焼実施可能性調査並びにバリューチェーン全体評価調査事業	✓	-	-	三菱商事   三菱重工業   日本工営
3 インドネシア国・既設ガス火力発電所改造によるアンモニア利用発電導入およびバリューチェーン確立に関する可能性調査事業	✓	-	-	三菱重工業   東電設計
4 インドネシア国営石油会社プルトaminaとの覚書再締結	✓	-	-	JOGMEC   JX 石油開発
5 カナダのブルーアンモニア・ブルーメタノール製造販売事業	✓	-	-	伊藤忠商事
6 クリーン・アンモニア生産事業の事業化可能性に関する共同調査契約	✓	-	-	INPEX   JERA   JOGMEC
7 クリーン燃料アンモニア生産のための CCS 共同調査	✓	-	-	JOGMEC   三菱ガス化学   三菱商事
8 サウジアラムコとの CO <sub>2</sub> フリー水素・アンモニアのサプライチェーン構築に向けた 協業検討	✓	-	-	ENEOS
9 ブルーアンモニアの生産	✓	-	-	三井物産
10 ブルーアンモニア製造に係る技術開発	✓	-	-	公募中のため未定
11 ブルーアンモニア製造技術に関する実現性検討	✓	-	-	INPEX
12 東シベリアー日本間のアンモニアバリューチェーンの事業化調査	✓	-	-	JOGMEC   伊藤忠商事   東洋エンジニアリング
13 燃料アンモニア製造に向けた米国 Denbury 社との二酸化炭素輸送、貯留に係る合意	✓	-	-	三菱商事
14 米国内のブルーアンモニア生産の実現可能性に関する予備調査	✓	-	-	三井物産
15 西豪州におけるクリーン燃料アンモニア生産を見据えた CCS 共同調査の実施	✓	-	-	JOGMEC   三井物産 (MEPAU)
16 豪州から日本へのクリーン燃料アンモニアサプライチェーン構築に関する事業化調査	✓	-	-	JOGMEC   丸紅   北陸電力   関西電力
17 クリーンアンモニアの安定的な確保に向けた共同検討	✓	✓	-	三井化学 c 三菱ガス化学   住友化学   UBE
18 クリーンアンモニアの活用推進に向けた検討*	✓	✓	-	住友化学
19 マレーシア国・アンモニア混焼による石炭火力発電の環境性能高度化に向けた実施可能性調査事業	✓	✓	-	IHI
20 出光・徳山事業所の既設設備を活用したアンモニアサプライチェーン構築の共同検討	✓	✓	-	IHI   出光興産
21 生産から利用までのサプライチェーン構築と受入・出荷体制構築の共同検討	✓	✓	-	九州電力
22 アゼルバイジャンにおけるグリーン水素・アンモニア導入調査事業	-	✓	-	日揮ホールディングス
23 インドネシア国・既設肥料工場を活用した燃料グリーンアンモニア製造事業化調査事業	-	✓	-	東洋エンジニアリング
24 グリーンアンモニア事業開発の共同検討	-	✓	-	電源開発
25 グリーンアンモニア電解合成	-	✓	-	出光興産   東京大学   九州大学   大阪大学   東京工業大学 (再委託予定先: 日産化学   東芝   産業技術総合研究所)
26 グリーン水素・アンモニアプロジェクトにおける共同検討・調査	-	✓	-	出光興産 (IRDA)
27 グリーン水素・グリーンアンモニア製造に係る共同開発契約	-	✓	-	丸紅
28 モロッコ国・石炭火力発電所向けアンモニア混焼事業実施可能性調査事業	-	✓	-	三井物産
29 再生可能エネルギー水素を用いた新しいアンモニア合成システムの研究開発	-	✓	-	JICA
30 豪州・タスマニアにおけるグリーンアンモニア事業の検討	-	✓	-	IHI   丸紅
31 豪州グリーンアンモニア事業サプライチェーン構築の共同検討	-	✓	-	商船三井
32 革新的なアンモニア電解合成技術の開発	-	✓	-	IHI   デノラ・ペルメレック   北海道大学   東京大学   福岡大学
33 「アンモニア・液化 CO <sub>2</sub> 兼用輸送船」のコンセプトスタディー	-	-	✓	三菱造船   商船三井
34 「アンモニア FSRU」コンセプトスタディー	-	-	✓	三菱造船   商船三井   関西電力
35 「代替燃料船ガイドライン (第 1.0 版)」を公表*	-	-	✓	日本海事協会
36 100 万 kW 級石炭火力におけるアンモニア 20%混焼の実証研究 (助成事業)	-	-	✓	IHI   JERA
37 86,700m <sup>3</sup> 型 LPG 燃料 LPG/ アンモニア運搬船の造船	-	-	✓	ENEOS オーシャン   川崎重工業
38 CO <sub>2</sub> フリーアンモニア燃料 火力発電所での利用拡大に向けた研究開発 (委託事業)	-	-	✓	中外炉工業   大阪大学   産業技術総合研究所   電力中央研究所   電源開発
39 LNG バリューチェーン事業の開発や水素・アンモニアの大規模サプライチェーンの構築に向けた連携	-	-	✓	JERA
40 LPG/ 重油 2 元燃料対応 LPG・アンモニア運搬船の建造契約	-	-	✓	三菱造船   名村造船所   商船三井 (PHOENIX TANKERS PTE)
41 LPG を燃料とする低速ガス燃料機関 (ME-LGIP)	-	-	✓	三井 E&S マシナリー
42 LPG 燃料大型 LPG・アンモニア運搬船の建造契約	-	-	✓	川崎重工業   日本郵船
43 アブダビ国営石油会社 (ADNOC) に対する融資及び業務協力	-	-	✓	JBIC
44 アンモニア Ready LNG 燃料船設計・開発プロジェクト*	-	-	✓	日本郵船
45 アンモニア Ready-LNG 燃料パナマックスバルクキャリアに関わる基本設計承認 (AiP) *	-	-	✓	日本海事協会   次世代環境船舶開発センター
46 アンモニアガスタービン事業の協業検討に関する覚書	-	-	✓	IHI
47 アンモニアサプライチェーン構築に関する共同検討	-	-	✓	JERA   出光興産

48	アンモニアの船用燃料使用における安全性評価プロジェクト*	-	-	✓	三菱重工業   日本郵船
49	アンモニアを主燃料とした船舶用主機関注文*	-	-	✓	三井 E&S マシナリー   商船三井
50	アンモニアを燃料とした脱炭素次世代高性能工業炉の基礎研究*	-	-	✓	北海道大学   東北大学   広島大学   ロザイ工業   三建産業
51	アンモニアを燃料とする「大型アンモニア輸送船」の開発	-	-	✓	三菱造船   名村造船所   商船三井
52	アンモニア受入・貯蔵技術の拡充による大型アンモニア受入基地の開発	-	-	✓	IHI
53	アンモニア混焼および専焼に向けた技術の検討	-	-	✓	IHI
54	アンモニア焚き VLCC の設計基本承認 (AiP) を取得*	-	-	✓	日本シッパヤード
55	アンモニア燃料パナマックスバルクキャリアの設計に対し基本承認 (AiP) *	-	-	✓	日本海事協会   次世代環境船舶開発センター
56	アンモニア燃料国産エンジン搭載船舶の開発	-	-	✓	IHI 原動機   J-ENG   日本シッパヤード   日本郵船   日本海事協会
57	アンモニア燃料自動車運搬船の設計承認を共同取得*	-	-	✓	川崎汽船   新来島どつく   日本海事協会
58	アンモニア燃料船開発と社会実装の一体型プロジェクト*	-	-	✓	NS ユナイテッド海運   三井 E&S マシナリー   伊藤忠商事   川崎汽船   日本シッパヤード
59	アンモニア等の国内におけるバリューチェーン構築やゼロエミッション燃料船等の先進船舶の開発等での協業検討	-	-	✓	上野トランステック   日本郵船
60	アンモニア製造プロセスに関するライセンス契約	-	-	✓	日揮ホールディングス
61	アンモニア製造新触媒の開発・実証	-	-	✓	千代田化工建設   東京電力   JERA (再委託 / 共同実施予定先: 九州大学   京都大学   つばめ BHB   東京工業大学   名古屋大学   沼津工業高等専門学校)
62	アンモニア輸送事業へ再参入	-	-	✓	商船三井
63	アンモニア運搬船の定期用船契約	-	-	✓	三井物産   飯野海運
64	エネルギー輸送・供給インフラに関する共同検討	-	-	✓	JFE   石油資源開発
65	ガスタービンにおけるアンモニア専焼技術の開発・実証	-	-	✓	IHI   東北大学   産業技術総合研究所 (再委託予定先: JERA)
66	シンガポールにおける船用アンモニア燃料サプライチェーン構築に向けた共同開発*	-	-	✓	伊藤忠エネクス   伊藤忠商事   商船三井
67	タイにおける CCS プロジェクト開発に向けた協業覚書	-	-	✓	INPEX   日揮ホールディングス
68	ナフサ分解炉の高度化技術の開発*	-	-	✓	三井化学   丸善石油化学   双日マシナリー   東洋エンジニアリング
69	マレーシア・ジョホール州における水素・アンモニアを活用した脱炭素取組の事業化調査の共同実施	-	-	✓	伊藤忠商事
70	マレーシア国・超々臨界圧石炭火力発電所のアンモニア・バイオマス同時混焼プロジェクトの実現可能性並びに東南アジアへの展開可能性調査事業	-	-	✓	中国電力   三井物産   IHI
71	ロシア連邦法人 PAO NOVATEK との戦略的協力	-	-	✓	JBIC
72	京浜臨海部を拠点とした水素・アンモニア供給事業の協業検討	-	-	✓	ENEOS   JERA   JFE
73	山口製油所について、水素やアンモニアなど次世代エネルギーの受入基地化の検討	-	-	✓	出光興産
74	工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発*	-	-	✓	太陽日酸   A G C   産業技術総合研究所   東北大学
75	新開発 86,700m <sup>3</sup> 型 LPG 燃料 LPG/ アンモニア運搬船の造船	-	-	✓	川崎汽船   川崎重工業
76	既設発電所にガス化設備を付加してアップサイクルする GENESIS 松島計画	-	-	✓	電源開発
77	日本国内における船用アンモニア燃料の供給及び供給拠点の共同開発*	-	-	✓	上野トランステック   伊藤忠エネクス   伊藤忠商事   UBE
78	横浜港へのアンモニア燃料タグボートの受入れ (アンモニア燃料国産エンジン搭載船舶の開発関連) *	-	-	✓	横浜市
79	水素・アンモニア導入に向けた協業検討	-	-	✓	JERA   中国電力   九州電力
80	液化アンモニアガス運搬専用船の実用化検討*	-	-	✓	日本シッパヤード   日本海事協会   日本郵船
81	燃料アンモニアプラントの EPC 事業に関するアライアンス契約	-	-	✓	日揮ホールディングス   東洋エンジニアリング
82	石炭ボイラにおけるアンモニア高温混焼技術 (専焼技術含む) の開発・実証	-	-	✓	IHI   JERA   三菱重工業
83	石炭火力発電所へのアンモニア混焼の適用の技術及び経済性の検証	-	-	✓	IHI   興和
84	脱炭素分野での包括協力に関する MOU	-	-	✓	日揮ホールディングス
85	船舶向けアンモニア燃料供給の実現に向けた検討促進と 燃料供給船に関する基本承認の取得	-	-	✓	住友商事   川崎汽船
86	革新的アンモニア燃焼による脱炭素工業炉の開発*	-	-	✓	大阪大学   中外炉工業   東京大学

\* 船舶・産業部門用途 (表 7 に含まれないもの)

NEDO および各企業等の発表資料より、Climate Integrate 作成 (2022 年 6 月 16 日時点)

Climate Integrate is an independent nonprofit organization based in Japan.

We aim for the realization of a just, sustainable, and peaceful society,  
with our work focused on research, engagement, and communication.  
Through integrated approaches to connect scientific, political, and social dimensions,  
we support actions for decarbonization by civil society, business, and the public sector.

Climate Integrate 〈クライメート・インテグレート〉は、日本に拠点をおく独立した非営利の組織です。

公正で持続的で平和な社会を実現することをめざし、  
調査分析・エンゲージメント・コミュニケーションを実施しています。  
科学と政治と社会をつなぐ統合的なアプローチを通じて、  
市民・政府・企業セクターの脱炭素への取り組みを支援します。



[climateintegrate.org](https://climateintegrate.org)

Published by Climate Integrate  
May 2022 (Updated June 2022)  
Research and writing: Kimiko Hirata  
Design: Yasuyuki Sasaki

発行：一般社団法人 Climate Integrate  
2022年5月（2022年6月更新）  
執筆：平田仁子  
装丁デザイン：佐々木康之