

アンモニア発電は脱炭素社会の 新潮流となるのか

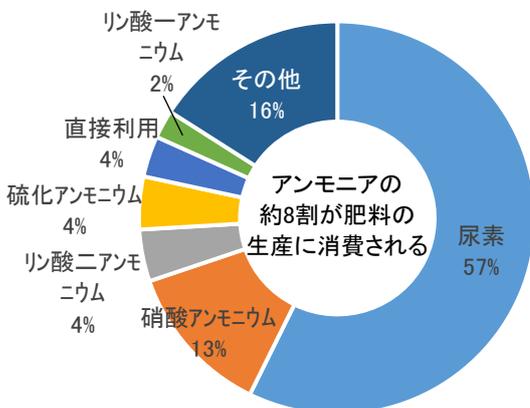
<要旨>

アンモニアは、次世代エネルギーである水素の有力な輸送方法(キャリア)の一つとされているが、各種研究によって燃料として「直接利用」する道が開かれ、水素に並ぶカーボンフリー燃料としても注目を集めている。燃料としての有力な用途は、「船舶用」と「発電用」であるが、現在、主要先進国でアンモニア発電に注力することを表明している国は日本のみである。日本が掲げる、「アンモニア燃料の石炭火力への混焼→アンモニア専焼化」には、欧州が懸念するような「石炭火力の延命」という側面もあるものの、日本のように再エネ比率を急速に高めることが難しく、現に石炭火力への依存度が高い国においては、アンモニア燃料の活用は、電源の脱炭素化に向けた現実的かつ有効な手段と考えられ、将来的には日本が新興国の脱炭素化に貢献することを可能にするものでもある。ロシアのウクライナ侵攻によって深刻化したエネルギー危機は、アンモニア発電が LNG のような「日本発」の脱炭素社会の新潮流になれるのか、あるいは日本だけが注力する「ガラパゴス発電」となってしまうのかの重要な分岐点となる可能性がある。

1. 現在のアンモニア市場～主用途は肥料

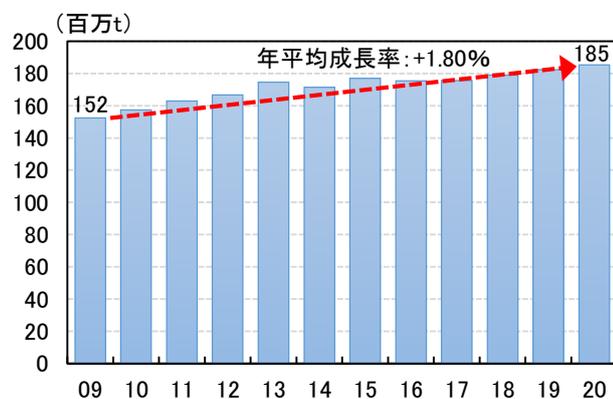
アンモニアは、肥料や医薬品、冷媒、繊維、食品などの原料として幅広く利用されている重要な物質である。とりわけ肥料としての需要が大きく、世界で生産されるアンモニアの約8割は、尿素や硝酸アンモニウムなどの窒素肥料の生産に用いられ、世界の人口の約半分の食料生産を支えていると言われている(図表1)。人口増加などを背景に、世界のアンモニア生産量は概ね右肩上がり増加しており、2020年は約185百万t(トン)となった(図表2)。

図表1 アンモニアの用途



(資料) IRENA

図表2 世界のアンモニア生産量



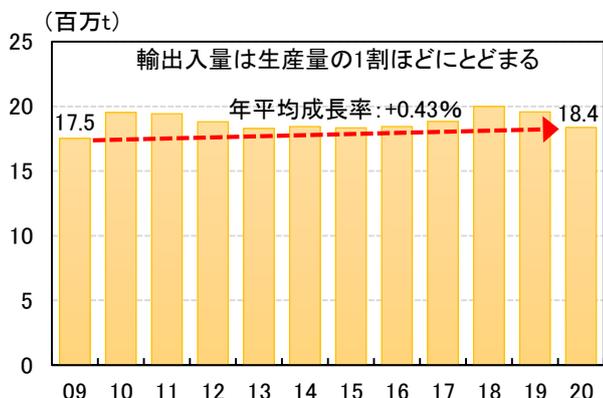
(資料) International Fertilizer Association

現在はアンモニアのほぼ全量が化石燃料を用いて作られている(天然ガス 72%、石炭 22%、重油 4%、ナフサ 1%、その他 1%)。石炭を使用するアンモニアの生産能力のほとんどは中国に集中しており、その他の地域では天然ガスによる生産が一般的である。

世界のアンモニア輸出入量の増加ペースは、生産量の増加ペースに比べると緩やかで、水準も2020年に約18百万tと生産量の1割ほどにとどまっている(図表3)。現在、アンモニアの大部分は(生産量の増加分も含めて)、肥料生産などの用途で地産地消されており、輸出入にまわる分は多くはない。

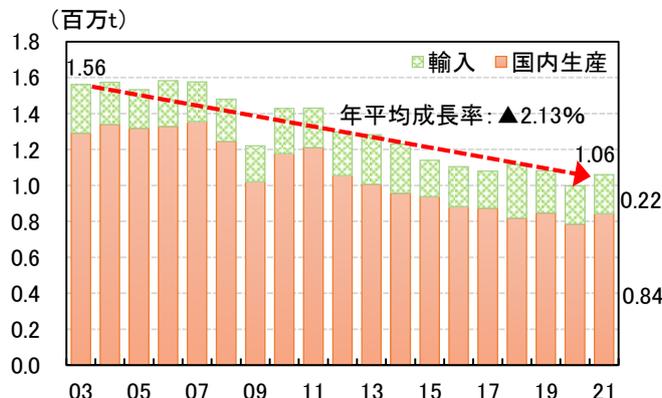
日本の2021年のアンモニア消費量(国内生産+輸入)は約1.06百万tであり、これは世界の生産量の約0.6%に相当する(図表4)。2000年代前半と比較すると、輸入量は大きくは変わっていないが、国内の生産コストの高さを主因に、国内生産量は大きく減少している。なお、日本の主な輸入相手国は、インドネシア(2021年の比率:76%)、豪州(同:18%)、マレーシア(同:6%)となっている。

図表3 世界のアンモニアの輸出入量



(資料) International Fertilizer Association

図表4 日本のアンモニアの消費量



(資料) 経済産業省、財務省

2. 脱炭素燃料としての期待～エネルギー分野における用途拡大

現在、アンモニアは燃料としてはほとんど使用されていないが、「アンモニア燃料」という発想自体は新しいものではない。世界では、過去にバスや極超音速ロケットエンジン搭載機の燃料として実験的に用いられたこともある。アンモニアを燃料として広く利用するための本格的な研究は1960年代に始まったが、アンモニアの「燃えにくく火炎が安定しない」、「燃焼速度が遅い」、「燃焼時に窒素酸化物や未燃アンモニアが生じる」等の性質が壁となって、実用化に至ることはなかった。

そのため、近年までアンモニアのエネルギー分野における位置付けは、次世代エネルギーとされる水素の有力な輸送方法(水素キャリア)の一つというものに留まってきた。しかし、水素キャリアとしての研究が進む中で、アンモニアを燃料として用いる上での課題の克服が可能であることが新たに示されたため、アンモニアを水素に再転換することなく¹、直接燃料として利用するという選択肢が「再び」登場した。アンモニアは水素と同様に燃焼時にCO₂を排出しないため、世界のCO₂排出量削減に役立つ「脱炭素燃料」として、水素とともに大きな期待を集める存在となっている。

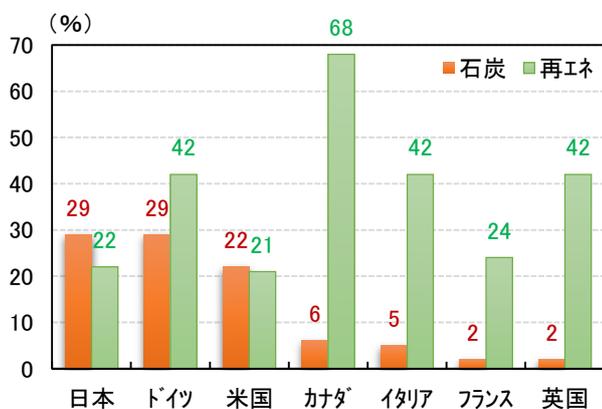
¹ アンモニアを燃料として「直接利用」する場合、分解(クラッキング)によってアンモニアから水素を取り出すプロセスが不要となるため、同プロセスに必要なエネルギーを節約でき、コストの低減につながる。

3. アンモニア発電の推進状況～主要先進国中、推進派は日本のみ

アンモニアの新しい用途として特に有力視されているのが、「水素キャリア」、「船舶燃料」、「発電燃料」の3つである。しかし、現時点においてアンモニアを「発電燃料」として将来の利用見込み等の目標を明確に掲げている主要先進国は現時点で日本のみである。むしろ欧州などは、アンモニアの当面の発電燃料としての主用途である石炭火力への混焼利用に対し、「石炭火力の延命につながる」などとして批判的な目を向けている。

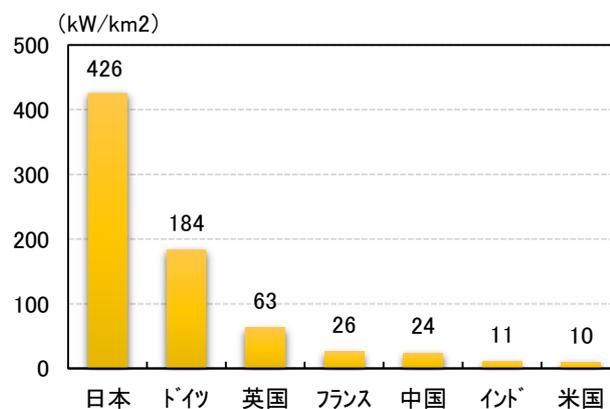
こうした立場の違いが生じている背景には、電源構成の違いがある。日本は電源構成に占める石炭火力の比率が主要先進国の中ではドイツと並んで高く、カーボンニュートラルの実現には、石炭火力におけるCO₂排出削減が避けては通れない課題となっている(図表5)。アンモニアの発電燃料としての利用は、当該課題の解決に向けた有効な手段となりうるのである。

図表5 主要先進国の電源比率(2021年)



(資料) IEA

図表6 平地面積当たりの太陽光設備容量



(資料) 経済産業省

ドイツも現時点では石炭火力の比率が高いが、再エネ比率は日本の約2倍と高く、今後再エネ比率を更に高めることを通じて石炭火力を2030年までに段階的に廃止しようとしている。一方、日本は主に以下3つの理由から、ドイツのように脱石炭火力を急速に進めることは難しく、今後も暫くは石炭火力を活用し続けざるを得ないと考えられる。

- ① 日本は平地面積当たりの太陽光発電設備容量が主要国の中で既に最大であり、再エネ比率を現在の水準から急速に高めることは設置場所の制約から容易ではないこと(図表6)
- ② 日本は島国であり、ドイツのように国際連系線で周辺国とつながっていないため、自然変動電源である太陽光や風力の比率が急速に高まった場合、電力系統面で問題が生じる懸念があること
- ③ 再エネ以外の脱炭素電源である原発の再稼働には原子力規制委員会の審査の完了と地元の同意が不可欠であるため、政府の意向だけで稼働数を増やすことができないこと

急速な脱石炭火力が難しい日本にとって、アンモニア燃料は、既存の石炭火力に混焼させることによってCO₂排出量削減に向けた現実的な解となりうる上、混焼率を徐々に高めていき、将来的にアンモニアの専焼化まで達成できれば、CO₂を一切排出しない日本発のカーボンフリー火力として世界のカーボンニュートラル実現に貢献することも可能となる。

4. アンモニア燃料・アンモニア発電の強み～水素比で取扱いが容易

次世代エネルギーの本命とされる水素と比べても、アンモニア燃料は多くのメリットを有している。アンモニアは肥料などの用途で既に世界中で広く使われていることから、既存の製造・輸送・貯蔵技術を活用したインフラ整備が可能で、安全対策も確立されている。また、アンモニアは、「20℃で8.5気圧に圧縮」や「常圧で-33℃に冷却」という比較的穏やかな条件で液化可能なため、輸送費用が水素(常圧、-253℃で液化)に比べて安価である。更に、液体アンモニアの体積エネルギー密度は液化水素より大きく、同じ大きさのタンクで液化水素の約1.5倍のエネルギーを運搬できる。

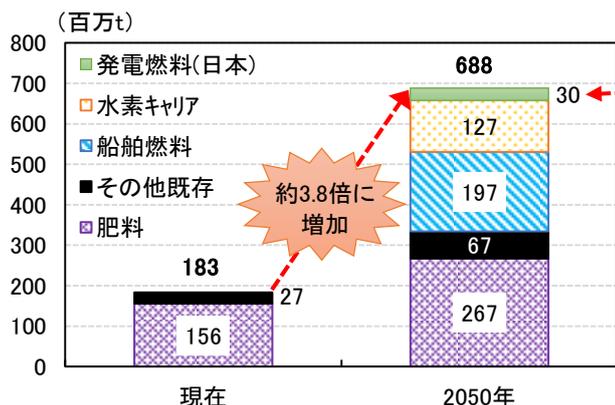
発電方法としての観点では、アンモニア発電は、ベースロード電源としても、太陽光や風力が多く接続された送電系統に安定性をもたらすためのピーク電源としても使用することができ、また、バックアップ用途やオフグリッド用途としてのディーゼルを代替する可能性も秘めているため、実用化できれば多様な用途での活用が見込まれる。

5. アンモニア燃料の課題～量の確保とコスト低減

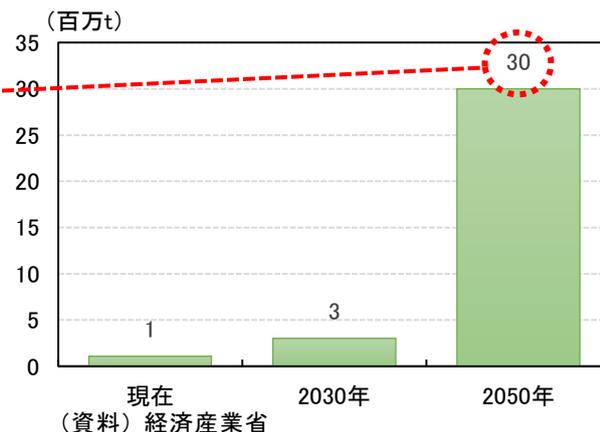
(1) 燃料用のサプライチェーンを新たに構築できるか

アンモニア燃料には現時点で大きく2つの課題が存在する。一つ目は、新たに創出される需要を満たしうるサプライチェーンをいかに構築するかである。ここでポイントとなるのが、燃料として使用するアンモニアは、「グリーン」か「ブルー」でない脱炭素の観点では全く意味が無いという点である。前者はアンモニアの製造に不可欠な水素を再エネ電力による水の電気分解によって作るため、アンモニアの製造過程を通じてCO₂は全く排出されない。後者は、水素を作るのに化石燃料を用いる点は従来の所謂「グレーアンモニア²」と同じであるが、水素を作る過程で排出されるCO₂を回収・貯留(CCS)するため、CO₂が大気中に放出されることがない。

図表7 IRENAが想定するアンモニアの必要量(世界)



図表8 日本政府が想定するアンモニアの必要量



国際再生可能エネルギー機関(IRENA)は、世界の気温上昇を1.5℃以内に抑えるというパリ協定の目標に沿ったシナリオ(1.5℃シナリオ)では、2050年に、現在の市場規模の約3.8倍となる

² 現在、世界で生産されているアンモニアはほぼ全量がグレーアンモニアであり、天然ガスを原料とする場合はアンモニア1t当たり平均2.2t、石炭では同平均4.0tのCO₂を排出していると言われている。合計では年間約5億tとなり、これは世界のエネルギー起源CO₂排出量の約1.4%に相当する。

688 百万 t のアンモニアが必要になると予測している(前頁図表 7)。既存用途での増加に加え、水素キャリアや燃料として 354 百万 t の新たな需要が生み出されることになる。そして、この 688 百万 t のうち、グリーンアンモニアが 566 百万 t(8 割超)を占める必要があるとしている。2021 年に世界で生産されたグリーンアンモニアはわずか 0.02 百万 t 未満であるため、グリーンアンモニアのサプライチェーンをまさにゼロから構築しなければならない。燃料にアンモニアを用いることで肥料などの既存用途の供給を圧迫することがあってはならないため、供給力の拡大は非常に重要となる。

足元でグリーンアンモニアの機運は非常に高まっており、続々と新規プロジェクト³が発表されてはいるものの、IRENA が想定する数値には程遠い状況である。アンモニアの認証制度や補助金制度の創設、カーボンプライシングの導入などの制度面からの支援に加え、民間企業が安心して投資を行うことができるように各国政府が強力かつ不可逆的なコミットメントを行うことが求められる。

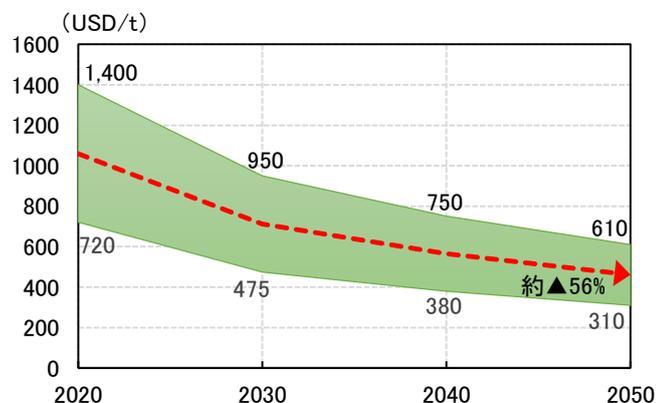
なお、日本政府は、2030 年に 3 百万 t、2050 年に 30 百万 t の国内需要を見込んでおり(前頁図表 8)、この数値が IRENA の予測にも織り込まれているが、アンモニア発電に注力する国が日本以外にも広まれば、それに応じて発電燃料としての需要も上方修正されることになる。

(2) グリーンアンモニアの製造コストをいかに低減するか

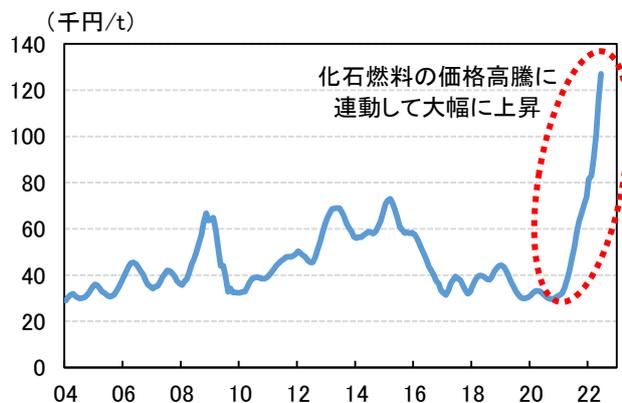
アンモニア燃料のもう一つの課題は、コストの低減である。発電用にアンモニアを用いる場合のコストは現状では高く、経済産業省によると $\text{Nm}^3\text{-H}_2$ (熱量等価での水素換算)当たりの燃料価格は、20 円台前半であり、石炭の約 3 倍、LNG の約 1.5 倍の水準となっている。政府は、発電用のアンモニア燃料について 2030 年までに 10 円台後半/ $\text{Nm}^3\text{-H}_2$ の供給価格を目標に掲げている。但し、この目標はグリーンアンモニアを念頭に置いたものではない。アンモニアの中でも特に高コストであるグリーンアンモニアのコスト低減は、2030 年代以降の課題として現状では位置付けられている。

IRENA によると、新規プラントでのグリーンアンモニアの生産コストは、現状 1t 当たり 720～1,400 ドルの範囲にあり、グレーアンモニアの同 110～340ドルを大幅に上回っている(図表 9)。少なくとも現時点では、コスト面で競争力が全く無いため、制度的支援や政府の強力なコミットメントを前提とした上で、生産能力の拡大(需要の拡大)とコスト低減の好循環を生み出し、燃料としてのコスト競争力を継続的に高めていくことが必要となる。

図表 9 グリーンアンモニアの生産コスト予測



図表 10 日本のアンモニアの輸入価格



³ 発表されているプロジェクトのほとんどで太陽光や風力を用いる計画となっている。これらが仮に全て完工すれば、製造能力は、2030 年までに 15 百万 t/年、2040 年までには 71 百万 t/年という規模になる。

IRENA はコスト低減の実現には、再エネ電力のコスト低減、大規模なアンモニアプラントの展開、電気分解装置に対する需要の大量創出などが重要になると指摘しており、特に再エネ電力のコスト低減は、今後 10 年間に予想されるグリーンアンモニアのコスト低減分の 90%以上を占める可能性があるとしている。太陽光や風力の発電コスト低減は、アンモニア燃料の普及拡大に欠かせず、また、アンモニア発電のような調整力や慣性力を提供できるカーボンフリー火力の実用化は、発電量が天候等に左右される再エネの一層の導入拡大に資するため、再エネとカーボンフリー火力をセットで捉え、両方のコスト低減の取組みを並行して進めていく必要がある。

なお、グリーンアンモニアは現状では高コストであるが、既存用途分を含めて、グリーンに切り替えていくことにはメリットも存在する。それはアンモニアの生産と天然ガスの価格や供給が切り離されることで、アンモニアの価格変動が抑えられ、食料とエネルギーの安全保障が向上する可能性があるという点である。実際、2021 年には、天然ガス価格の高騰により欧州とアジアのアンモニアの生産コストが大幅に上昇し、欧州の一部のアンモニア生産が抑制されるという事態が発生した。また、日本のアンモニアの輸入価格も 2021 年以降、大幅に上昇している(前頁図表 10)。近時の天然ガス価格の高騰は、グリーンアンモニアの普及にとっては絶好のチャンスとなる可能性がある。

6. アンモニア発電の可能性～環境変化を踏まえ、日本発の新たな潮流にできるか

天然ガスによる火力発電は、カーボンニュートラルの実現に向けた「トランジション(移行)」の有効な方法の一つに位置付けられてきたが、2021 年から始まったエネルギー危機と 2022 年のロシアによるウクライナ侵攻によって状況は一変した。天然ガスへの過度の依存が大きなリスクをもたらすことが露呈したことで、世界は脱炭素化の推進とエネルギー安全保障の強化を両立しうる新たな戦略の立案を迫られている。

脱炭素化やエネルギー安全保障の観点では、再エネの大量導入が最良の解決策となるが、日本においては様々な制約から急速に再エネ比率を高めることは難しい。石炭火力を含む既存のあらゆる資産を最大限活用することを前提とした、S+3E(安全性、安定供給、経済性、環境)を同時に達成しうる日本に適した道筋を見つけ出す必要があり、そうした取組みの中で、アンモニア発電は現実的かつ有効な手段と考えられる。また、日本の「石炭火力におけるアンモニア混焼」から「アンモニア専焼」を目指す取組みにより得られる知見は、同じように石炭火力への依存度が高い新興国の脱炭素化への貢献に資する可能性がある。

これまで欧州は石炭火力に対し否定的なスタンスを取り、日本のアンモニア発電に向けた取組みも「石炭火力の延命」と見做し、批判の目を向けてきた。しかし、ロシアのウクライナ侵攻を機に、ロシアからの安価な天然ガスに頼ることができなくなったことで、これまで批判してきた石炭火力を活用する動きを見せている。現在の世界の状況を踏まえると、日本のアンモニア発電の主張や政策は、以前よりも確実に世界で受け入れられやすくなっている。逆に言えば、現在の世界的なエネルギー危機を、アンモニア発電という日本発の新潮流を生み出す好機に転換できなければ、アンモニア発電が、日本だけが注力する「ガラパゴス発電」となってしまう可能性は確実に高まる。今がまさにアンモニア発電にとっての正念場である。

(調査部 ストラクチャードファイナンス調査チーム 調査役 吉田 陽一)

※ 本レポートは作成時に入手可能なデータに基づく情報を提供するものであり、投資勧誘を目的としたものではありません。また、執筆者個人の見解であり、当社の公式見解ではありません。ご質問等はchosainfo@smtbjpまでご連絡ください。