

日本におけるアンモニアのエネルギー利用について

- 水素社会における、もう1つのエネルギーキャリア -

一般財団法人 日本エネルギー経済研究所

計量分析ユニット

担任補佐・研究主幹 平井 晴己

同

主任研究員

呂 正

化石エネルギー・電力ユニット 研究員

川上 恭章

わが国では、水素のエネルギー利用を目的として、燃料電池(FC)や燃料電池自動車(FCV)の開発が進み、実用化の段階に入ってきた。また、大規模な水素発電(LNG火力と同等の規模)の検討・開発も進んできている。ゼロエミッション電源としての、大規模発電へ水素利用は、我が国における厳しいCO₂削減目標を達成するための有効なツールとして期待されている。しかし、大規模発電に必要となる水素量は膨大で、生産(電気分解)、貯蔵、輸送といった、サプライチェーン全体を大規模に(新たに)構築する必要が生じる。

一方、アンモニアは、水素と空气中から分離した窒素を原料に、ハーバー・ボッシュ法で製造することができる。現状、化学肥料や化学原料として利用されており、国際商品として流通し市場を形成している。水素と異なり、若干の加圧あるいは冷却で容易に液化することからハンドリングが極めて容易であり、設備の新設増強は必要となるものの、技術的に新しいサプライチェーンの構築は必要としない。また、アンモニアは、水素と同様、燃焼時にCO₂を発生しないことから、水素と並んで、CO₂フリーのエネルギーキャリアとして注目されるようになってきた。特に、大規模発電への利用の場合は、アンモニアガスタービンや既存火力発電所での混焼技術が確立すれば、既存の供給システムの延長線上で対応が可能となり、経済性の観点からは、相対的に早い段階での本格導入が期待されている。

水素を製造するには、主として、(1)水を電気分解するか、あるいは、(2)天然ガスなど炭化水素から、水蒸気改質等を用いて取り出す、2つのルートがある。したがって、アンモニアの製造方法も、原料となる水素の製造ルートに従って、2通りのルートが存在する。商業的に確立しているルートは、天然ガスなど炭化水素から水素を取り出すルートである。本稿の分析対象となるアンモニアは、海外において、天然ガスから水蒸気改質で製造した水素を原料として合成し、生産工程で発生するCO₂は、主に、CO₂-EOR(原油の3次回収)を利用して貯蔵・隔離を行うと前提とした。

こうしたCO₂フリーのアンモニアの生産・輸入が実現した場合、我が国におけるエネルギー供給構造がどのような影響を受けるのかを検討するのが、本稿の研究目的である。

本稿では、我が国のエネルギー起源CO₂の排出量は2013年比で2050年に80%削減を達成することを前提に、2050年までの期間を対象に、マクロ計量モデルによるエネルギーサ

ービス需要を予測した上で、輸入水素、アンモニア、国内 CCS 等の価格・コストを想定した条件下で、最適化モデル（MARKAL）によるアンモニア等の導入量を試算した。

試算の結果では、2050 年における CO₂ 排出量の削減率が 80%（2013 年比）という極めて厳しい制約のときには、電源部門の排出量は概ねゼロエミッションに近づければならない。国内 CCS の貯留能力が数億トン規模にとどまり、発電燃料として水素よりアンモニアが安価の場合、2050 年では、発電用に約 1.86 億トンのアンモニアが導入され、電源構成（発電量のシェア）では 51% となる。一方、最終需要部門では、水素等への燃料転換は実施せず可能な限り電化が進む。

しかし、このような場合、電源の多様化とは反対方向であり、アンモニアや水素の海外からの供給の持続可能性や安定した価格の維持という点では、リスクが高く現実性に欠ける面がある。また、最終需要部門においても、エネルギーの効率化を電化 1 本に絞り込む選択となっており、系統電源のブラックアウトに対するリスクヘッジや、エネルギー効率化に向けた社会全体の適応能力（柔軟性）の低下など問題点も多い。

これに対して、アンモニアや水素利用によるゼロエミッション電源の発電量シェアを少なくとも 25% は確保する一方、CCS は、産業用のほかに火力発電でも可能な限り利用する。また、最終需要部門では、FC や FCV のように、更なるエネルギーの高効率化や、大幅なコスト低減が期待できる技術の導入に傾注することで、電化の進展と適正なバランスを図る。こうした「ベストバランス」という視点も重要な視点となる。

本稿の検討では、最終需要分野（燃料電池自動車（FCV）や定置式燃料電池（FC）等）では、水素利用技術が既存のエネルギー利用技術と競合するものと仮定し、アンモニアの直接利用技術は織り込まなかった（今後、開発状況の進展を十分に踏まえ、再検討する予定である）。一方、大規模発電の分野では、水素発電やアンモニア発電が、既存の火力（CCS 設置）と競合することとした。

総じて、CO₂ フリーアンモニアの利用は、水素発電への集中を緩和し、電源構成のバランス改善に貢献することができる。水素とアンモニアは競合する面があるものの、利用機器の特徴や供給システムの規模に応じて棲み分けをするなど、双方の長所を生かした柔軟な組み合わせが可能と考えられる。

そして、海外を見た場合、開発途上国にとり、電化（電源開発、系統の整備）は最優先課題である。人的、技術的および資金的な制約を考えれば、水素社会へのアプローチは相対的にハードルが高いと考えられる。しかし、アンモニア発電は、ガスタービンの利用技術や既存火力発電所での混焼技術が確立すれば、供給インフラ投資の負担が小さく（アンモニア輸入も含め）、電化と環境が両立する可能性がある。ビジネスモデルとしても途上国支援としても、その可能性を秘めていることを指摘しておきたい。