

2021年7月29日

産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会
エネルギー構造転換分野ワーキンググループ 御中

産業技術総合研究所 特別顧問 島田広道

グリーンイノベーション基金事業「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」プロジェクトに関する 研究開発・社会実装計画(案)についての意見

<全般について>

アンモニアは、内閣府が推進した第一期SIP「エネルギーキャリア」プログラムにおいて、液体水素、有機ハイドライドと並んで、将来の水素社会のエネルギー媒体としての利用について研究開発が進められた。当該プログラムでは、エネルギー資源に乏しいわが国が、将来CO₂フリーとなるエネルギー媒体を諸外国から輸入して利用する際のバリューチェーン（製造・輸送・貯蔵・利用）の低コスト化、高効率化についての研究開発が進められた結果、アンモニアの利用技術（混焼発電、ガスタービン発電等）については特に高い評価を受けた¹⁾。

エネルギーキャリアとしてのアンモニアの利点は、体積エネルギー密度が高く、比較的低压で液化することから、長距離輸送のコストが安価に抑えられることに加えて、分解して水素を取り出すことなくそのまま燃料として利用できることである。また、ハーバーボッシュ法により、水素を原料として高いエネルギー効率で大量かつ安価に製造できることも利点の一つであろう。燃焼の際大量の窒素酸化物(NO_x)を生成することが懸念されたが、上記プログラムの成果および現在実施中のNEDOプロジェクトによって20%程度までの混焼では高濃度NO_xの発生が抑制可能であることが示されている。アンモニアの毒性への懸念については、当面、発電プラント、大型化学プラント、船舶等での利用が検討されることから、漏洩リスクは最小化できると想定される。

一方、アンモニアは世界合計生産量が年間2億トンにおよぶ代表的な基礎化学品ではあるが、大半は肥料原料として消費されており、エネルギーとしての利用には生産規模が不足している。特に、わが国では長年にわたる需要減少により現在の生産規模は年間100万トンを切っており、輸入量も年間20万トン前後に留まっている。石炭火力発電所の20%混焼に供給するためには、国内だけで年間数千万トン規模のアンモニアが必要であり、インフラ整備と併せてエネルギー利用向けのアンモニアサプライチェーンの構築は必須となる。将来、火力発電所の専焼タービン燃料に加えて、各種熱源や船舶燃料等への需要が広まれば、国内だけで年間1億トン近いアンモニア需要となることも想定される。

エネルギーサプライチェーンの構築には長期を有することから、2030年前後の本格導入開始、2050年にかけての需要拡大、さらに2050年以降のグリーンアンモニア普及に合わせて、研究開発を加速することが不可欠と考えられる。アンモニアは液化しやすく、輸送、貯蔵については国費を投入する基礎技術開発は不要であり、製造、利用の技術開発に絞ったことは適切であろう。一方、大型サプライチェーンの構築には、インフラ整備、標準化、法規制の見直し等も必要であり、研究開発と同時に進めることが必要である。

<アンモニア供給コストの低減>

エネルギー源として広く利用するためには安価な供給が不可欠であり、普及のためにはコスト低減は重要な課題である。また、水素を利用することなくアンモニアを製造する技術が存在しない状況下、当面、ブルー水素と空気分離によって得られる窒素を原料とする製造方法が研究開発の検討対象となる。ハーバーボッシュ法は20世紀初頭に工業化された技術であり、100年近い年月をかけて数多くの改良が施されている。高圧、高温が多量のエネルギーを消費するとの批判があるが、エネルギー消費の大半は水素製造に関わるもので、アンモニア合成に関わるエネルギー消費について著しく大きいとは言えない。また、高圧、高温は反応速度や平衡収率の向上に不可欠な要素であり、現在はほぼ最適化された反応条件で運転されている。

近年では、プラントの大型化による効率向上が固定費、運転費を低減した結果、アンモニア製造コストの太宗は原燃料である天然ガスが占めることとなり、現在では、安価なアンモニア製造は天然ガス生産地近傍に限

られることとなっている²⁾。2010年以降は一系列2,000トン/日以上規模のメガプラントとすることにより、さらなる効率向上とコスト低減が図られ、プラント運転のための燃料として消費される天然ガスは全体の天然ガスの10～15%程度と考えられている³⁾。将来的には、安価なグリーン水素が得られるサイトが製造拠点の候補地となることを想定すべきであろう。

触媒についても改良が重ねられ、現在主流となっている二重促進鉄触媒は10年以上の寿命を有することとなった。触媒のさらなる活性向上について、思考停止となる必要はなく、研究開発は絶えず進められるべきであるが、本基金事業がアンモニア供給コスト低減を可能とする社会実装化を目的とすることを踏まえ、既存触媒プロセスを越える触媒開発が極めてチャレンジングであることを考えれば、触媒開発からベンチプラント研究に移行する前に適切なステージゲートを設けることが適切である。具体的には、1-①では、開発触媒が既存の触媒と比べて高活性かつ十分な耐久性を有することに加えて、低圧・低温化により真にコスト低減が可能であるかを検証することが求められる。目標を、運転コストの15%低減としているが、全製造コストに占める運転コストの割合は大きくない。そこで、アンモニア合成における反応器等の固定費についても既存の方法に比べて競争力のある水準であることを適切に確認すべきである。

1-②は水と窒素を原料とすることから、ハーバーボッシュ法プラントの過半を占める水素製造プロセスが不要となる。研究開発が実れば、余剰電力の活用などにより、将来のグリーンアンモニア製造の一翼を担うことも考えられるが、現在の研究開発レベルについて、既存プロセスと比較しての低コスト化を議論する段階に達しているとは言えない。三つの手法が取り上げられているが、プロセス構築に進む前に、将来の社会実装化の検討対象となり得るかの観点でのステージゲートを設ける必要がある。具体的には、ファラデー効率やアンモニア生成速度、空時収量(Space Time Yield, STY)について適切な指標を設定して、プロセス構築に進むべきかどうか判断すべきであろう。

<アンモニアの発電利用における高混焼化・専焼化>

これまでの研究開発によって、石炭火力発電において20%混焼による安定燃焼とNOx発生低減が可能になっているが、CO₂発生の大幅低減には不十分であり、専焼を最終目標とする技術開発を早急に進めることが必要である。2050年のカーボンニュートラルを達成するためにはグリーン電力の供給が必須であり、将来供給されるグリーンアンモニアによるアンモニア専焼もしくは水素/アンモニア混焼ガスタービンの社会実装化は必達の課題と言えよう。大型エネルギープラントの設計建設あるいは既存プラントの大型改修には長期を要することから、2-②について、「ガスタービン専焼化の移行を可能とする技術を、従来の見通しよりも大幅に前倒して2030年までに確立」としたことは極めて妥当と考える。

一方、現実を見据えれば、国内はもちろんアジア地域に数多い石炭火力発電所には、当面、老朽化によるリプレースを必要としないボイラーも多い。また、前述の通り、エネルギー源としてのアンモニアサプライチェーンが早期に構築される保証のない状況下で、アンモニア専焼のボイラーへの改修はエネルギーセキュリティの観点からも適切とはいえない。同等の発電効率の場合でも、石炭火力はLNG火力と比較して大量のCO₂を発生することから、CO₂抑制にあたっては早期のエネルギー源の転換が望ましいものの、上記事情を見据えると、低率のアンモニア混焼からスタートし、徐々に混焼率を上げていく戦略はやむを得ないと考える。例えば、バーナー開発に加え、アンモニア混焼率50%を軸として、広い範囲での混焼を可能とするボイラーの設計・開発・運転技術の開発も必要ではないか。対向式、旋回式バーナーについては、国内外での導入実績が拮抗していることを考慮すると、両方式について検討を進めることはやむを得ないが、石炭とアンモニアの混焼ボイラーの中長期的需要見通しを踏まえて技術開発を進めるべきであろう。

グリーンイノベーション基金事業では、本プロジェクト以外にも、「次世代船舶燃料の開発」プロジェクトでのアンモニア燃料船、「カーボンリサイクル関連事業」プロジェクトでのナフサ分解炉の高度化技術の開発におけるアンモニア燃焼技術が研究開発の課題となっている。船舶のエンジンや反応炉加熱におけるアンモニア燃焼は、本プロジェクトで進める燃焼技術と直接重複するものではないが、NOx発生の低減等、共通となる開発課題も存在する。国費の有効活用の観点からも、実施者間の競争に留まることなく相互の利益となるような協調的な研究開発を行うことが望ましい。

以上

参考資料)

¹ 戦略イノベーション創造プログラム(SIP)第1期課題評価最終報告書。

<https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/siphokoku-3.pdf>

² IEEJ(日本エネルギー経済研究所)レポート、2015年10月掲載。 <https://eneken.ieej.or.jp/data/6317.pdf>

³ 室井高城、「わが国の工業触媒の歴史」、触媒学会、2018年.