

発電燃料用アンモニア受入基地

Large-Scale Ammonia Receiving Terminal for Power Generation

1. はじめに

2021 年 10 月に「第 6 次エネルギー基本計画、資源エネルギー庁」が閣議決定され、カーボンニュートラル実現に向けた火力発電の脱炭素化を進める上で、アンモニアを燃料とした火力発電は、燃焼時に CO₂ を排出せず、既存発電設備の多くをそのまま活用できることから、有力な選択肢とされた。また、「成長戦略実行計画、内閣官房」で、2030 年までに石炭火力への 20%アンモニア混焼を導入・普及の目標としており、2030 年に最大 300 万トンの導入、2050 年に 2000 万トン程度の供給拡大を目指している。2019 年の国内におけるアンモニアの消費量は原料用として約 108 万トン、輸入はその約 2 割であることから、これらの目標を達成するために流通網の大幅な増強が必要になることが分かる。

本稿では、当社の低温液化ガスに関する実績とその技術に基づいた燃料用アンモニア受入基地への取り組みを紹介する。

2. アンモニアの大量輸送

アンモニアを輸送・貯蔵する場合の状態は、常温低圧（気体）、常温高圧（液体）および低温低圧（液体）が考えられる。既に国内で運用されているアンモニア設備は燃焼排ガスの脱硝用が多く、小容量（数十トン規模）のため常温高圧液を扱うものがほとんどである。

カーボンニュートラルに有効なアンモニアは、グリーン水素を原料として合成される必要があるが、国内には安価で需要に見合うだけのグリーン水素源が見当たらないため、再生可能エネルギーの豊かな海外からの輸入とならざるを得ない。その場合、単位体積当たりの水素含有量が多く、カーゴタンクの大容量化が可能な低温低圧液の状態がエネルギー輸送効率の面で最も適しており、既に容量数万 m³ 規模の低温液化アンモニアの輸送船が実用化されている。

低温液化アンモニアの受入貯蔵設備も国内外に既に存在する。ただし、これらは肥料に代表される化学原料用であり、しかも国内では事業所数も非常に限られる。したがって、燃料用としての大量輸送を実現するには、低温液化アンモニアを扱う新たな大規模受入基地が必要となる。

3. 低温液化ガスと JFE

3.1 実績

当社は、国内外のエネルギー・化学会社向けに LNG、LPG、エチレンといった低温液化ガス関連設備を納入してきた。なかでも LNG に関しては、1970 年代の国内導入初期における LNG 貯槽の開発に始まり、エネルギー会社向けの受入・貯蔵・払出設備におけるトータルエンジニアリング技術を有しており、多くの建設実績がある。

3.2 燃料アンモニア

表 1 に低温液体で輸送される各種燃料用ガスの代表的物性を示す。アンモニアと LPG（プロパン）の液密度、沸点、蒸気圧を比べると、低温の液体で受け入れた後、常温の液体として二次輸送するとき、および気化して燃焼する過程で、アンモニアは LPG（プロパン）同等の温度・圧力レベルで扱えることが分かる。そのため、機械的な設計要件は前述した当社のこれまでの実績で十分に対応できるものである。

4. 燃料用アンモニア受入基地

4.1 概略フロー

図 1 に低温液化アンモニア受入基地のフローを示す。低温液化アンモニア輸送船のカーゴタンクは、接岸した後に液受入配管とガス戻り配管で受入貯槽と接続される。低温

表 1 低温液体で輸送される燃料ガスの代表的物性

Table 1 Properties of fuel gas transported in low temperature liquid phase

Gas*	LNG (Methane)	LPG (Propane)	NH ₃ (Ammonia)
Liq. density at 10 kPa (gauge) (kg/m ³)	421	578	670
Boiling point at 10 kPa (gauge) (°C)	-160	-39.7	-30.9
Vap. pressure at 20°C (MPa)	NA	0.844	0.862
Lower heating value (MJ/kg)	50.0	46.3	18.6
Min. rate of combustion (cm/sec)	36	41	8
Min. ignition energy (mJ)	0.280	0.250	170

*The values of pure components at lower row is listed.
All of values are estimation by JFE, or citation from the literature.

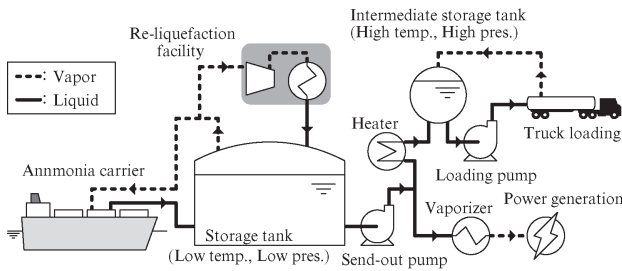


図1 低温液化アンモニアの受入～払出フロー
Fig. 1 Flow sheet of Ammonia receiving terminal

液化アンモニアは、船側に設置されたカーゴポンプによって昇圧・移送され、陸側の受入貯槽にカーゴタンク内における温度、圧力とほぼ同じ状態で入りその状態が維持される。なお、受入貯槽内の液化アンモニアは各種入熱によって沸騰状態になるため、発生するアンモニアガスを抜き出して冷却・再液化して還流させることで低温低圧状態を維持する。

払出については、代表的な2つの方法を図1に示す。1つは払出ポンプで昇圧した後に気化器へ送り込み、海水等と熱交換して気化させたアンモニアガスを発電用ボイラ等へ送る方法、もう1つは同様に海水等で熱交換するが常温・高圧液として中間貯槽へいったん貯留し、その後ローリー出荷を経て需要先へ配送する方法（二次輸送）である。

4.2 運用の特徴と設備要求

受け入れたアンモニアを直接供給する発電設備が出力100万kW×2基、周辺ヘローリー輸送する発電設備が出力10万kW×3か所とすると、これらすべての発電設備のアンモニア混焼率20%をまかなうためのアンモニア取扱量は約130万トン/年（ガス払出110万トン、液出荷20万トン）と想定される。この値は、前述した2019年の原料アンモニアの国内年間消費量を超える。

上記の取扱量を3.8万トン級LGC（準大型船）で輸送する場合の受入回数は30回/年、ローリー（10トン積み）の出荷回数は約40回/日と想定される。

すなわち、燃料用アンモニア受入基地を既存の受入基地

と比べた場合、1か所での取扱量が非常に大きく、設備の稼働率も非常に高くなると考えられる。また、いずれの発電設備も、燃料供給設備の不具合による出力低下は許容されないと考えれば、設備の自動化や多重化によって信頼性を高めて連続稼働を維持しなければならない。

4.3 受入貯槽の大型化

低温アンモニア貯槽の接液・接ガス部には低温圧力容器用炭素鋼板（SLA材）が使用されるが、高強度鋼材の応力腐食割れ（アンモニアSCC）事例が相次いだこと、溶接時に現地焼鈍が必要となる板厚上限があることの両面から約4万トンが建設可能な貯槽容量の上限となっている。

一方で、発電燃料用としてアンモニアを使用する場合、できる限り大型の輸送船を使用して輸送コストの低減を指向することになると考えられる。アンモニアを受け入れて貯蔵するための陸側の貯槽は、離隔距離・敷地の制約や運用の容易さおよび建設費を考慮すればできるだけ大型、具体的には輸送船1隻（VLGC）の積載量の全量を1つの貯槽で受入可能な10万トンを超える容量が望ましい。

そのため、受入貯槽の大型化に資する材料、構造および施工に関する技術開発を進めている。

5. おわりに

カーボンニュートラルの実現に向け、燃料アンモニアの社会実装は重要性を増しており、導入・普及に向けた制度設計や国際標準の策定に向けた動きは日々加速している。当社は、低温液化ガス分野における経験と実績のみならず、株式会社石井鐵工所との協業・提携、およびJFEスチールの協力を得て、燃料アンモニアの受入基地に関わる技術開発を加速推進することにより、電源の脱炭素化推進に貢献していく所存である。

〈問い合わせ先〉

JFE エンジニアリング エネルギー本部 営業統括部 電力・資源営業部
TEL: 045-505-7216