FR 4-02

天然ガスハイドレート(NGH)による天然ガスの輸送技術の開発

Study of Natural Gas Hydrate Pellet for Natural Gas Transport & Storage

○ 高橋 正浩(三井造船)、正 岩崎 徹(三井造船)、正 加藤 裕一(三井造船)、
正 堀口 清司(三井造船)、正 永森 茂(三井造船)
Masahiro Takahashi, Toru Iwasaki, Yuichi Katou,
Kiyoshi Horiguchi, Sigeru Nagamori Mitsui Engineering & Shipbuilding

Key Words: Natural Gas Hydrate, Pellet, Transport, Storage, Self-preservation,

As the necessities for alleviating environmental load in the field of energy application and for stable supply source of energy increase, the demand of natural gas has recently been growing. Natural Gas hydrate(NGH) has high possibility as a medium of transporting natural gas from relatively small gas fields, to which the LNG system cannot be applied for economic reason. Mitsui Engineering & Shipbuilding Co.,Ltd., utilizing such of NGH, is now promoting a development of an integrated system covering production, pelletizing, storage, ocean transportation, until gasification. This report represents the results of experimental studies to verify each component technology.

1. はじめに

NGH とは、水分子とガス分子からなる氷状の固体物質であり、水分子が作る立体網状構造の籠(ケージ)の内部にガス分子が取り込まれた包接(クラスレート)水和物(ハイドレート)である。その存在は寒冷地や海底の天然ガスパイプラインの中に生成する閉塞物質として古くから知られている。近年では日本近海を含め世界中の深海底に膨大な量が埋没していることが明らかになり、新しいエネルギー資源として期待されている。また、ハイドレートは生成時におけるガスの選択性、高いガス包蔵能力、分解時における冷熱、高压ガスの発生等の特性を有しており、これら基本特性を利用した工業的な応用検討がされている(Fig. 1)。

2. NGH による天然ガス輸送システムの開発

NGH 利用技術の中でも NGH を天然ガスの経済的な輸送形態として利用する方式(NGH 方式)が発案され、液化天然ガス(LNG 方式)と並ぶ輸送方式になることが期待されている。NGH 1m³あたりの包蔵ガス量は 160m³と LNG に比べて約 30%の包蔵ガス能力であるが、LNG の液化温度が約 -160℃と超低温であるのに対して NGH は数 MPa、数℃の条件で生成でき、自己保存効果により大気圧下、約 -20℃の温和な条件で準安定的に貯蔵・輸送が可能ことから、LNG よりも経済的な天然ガス輸送手段が構築可能とされている。NGH 方式の採用により、LNG 方式では採算が合わないために未開発となっていたアジア近隣に多数存在する中小ガス田が経済的かつ実用的に利用できることが期待でき、本技術の開発が注目されている。三井造船ではナショナルプロジェクトに参画するなど、NGH の積極的な技術開発を 1998 年より行っており、NGH 利用技術の開発・事業化を推進している(Fig. 2)。

3. 当社の NGH 輸送システム開発

当社は独自の技術をベースとして天然ガス輸送システムに関する開発・事業化を進めている。本 NGH 輸送システムは、ガス田で探掘した原料ガス、原料水、冷熱を用いた生成工程、製造した NGH を搬送に適したペレットに加工する工程、ペレットを大気圧下 -20℃雰囲気中で NGH 運搬船により輸送および貯蔵する工程、最後に NGH ペレットをガス化槽において再ガス化し、ガス、冷熱、水を利用する工程からなる(Fig.3)。当社ではこれらの各工程について要素技術開発を行っており、2002 年 12 月には新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)から補助金を受け NGH の連続生成・貯蔵・輸送・再ガス化一貫システムのプロセス開発プラント(PDU)を建設し運転研究を行っており(Fig. 4)、プロセス条件の検証およびエンジニアリングデータの取得を行っている。

Fig. 1 Four Unique Properties Of NGH For Industrial Applications

Fig. 2 Gas Storage & Transport Businesses with NGH Technology

Fig. 3 Concept of Natural Gas Transport System using NGH

3.1 NGH 製造工程

NGH 輸送システムを実用化するためには大量の NGH を高速に製造することが必要である。NGH の製造方式としては攪拌式やバブリング式、スプレー式等が検討されているが、PDU では第一生成器に攪拌・バブリング併用方式を採用することで気液接触面積を増大させ、更に系内ガスと原料水を外部循環冷却することにより NGH 生成熱を急速に除熱して効率的に NGH を生成している。第二生成器では機械攪拌により NGH に付着した水を原料ガスと接触反応させることで機械的な脱水無しで高純度の NGH を得ている。得られた NGH は冷却装置内で -20°C まで冷却した後、大気圧下まで脱圧して取り出される。Fig. 5に大気圧下、 -20°C 雰囲気中で貯蔵している NGH パウダーを示す。

3.2 NGH 貯蔵・輸送工程

NGH の大気圧下における分解温度はメタンハイドレートの場合で平衡温度の約 -80°C であるが、本システムにおける NGH の輸送・貯蔵は自己保存効果を利用し、大気圧下、約 -20°C の温和な条件で行い、経済性を向上させることがキープポイントとなり、適切な温度コントロールが必要である。また、製造工程で得られる NGH は数十 μm ～数 mm の粉状であり表面積が大きいためガス化しやすく、かさ密度が低いために充填効率が低いのに加え、付着性等の理由から輸送・貯蔵におけるハンドリングが困難である。これらの課題を解決するために、本システムでは NGH 粉をペレット化することで充填効率や荷役時の流動性を高めるだけでなく、表面積を減少させることで自己保存効果を高め、経済性を向上させている。PDU では NGH 粉を圧縮成型法により $\phi 20\text{mm}$ の球状にペレット化しその効果を確認している。Fig. 6に PDU で成型された NGH ペレットを示す。

3.3 NGH 再ガス化工程

NGH は分解時に吸熱する特性を有するため、NGH を再ガス化する場合分解に必要な熱を常に供給することが肝要である。本システムにおいては、ガス利用側からの要求ガス量に対応してペレットをガス化させるため、ガス化用の熱媒とペレットを直接接触させてガス化する方式を採用している。PDU では熱媒として温水を利用し、温水は外部循環加熱させて再ガス槽内温度をコントロールしている。NGH ペレットを再ガス化する際、高圧のメタンガスと解離水が回収される。本方式により高圧の状態と比較的高速のガス化が可能となり、ガス化量の制御が容易なことを確認し、ガス化への直接伝熱方式適用の見通しが得られている。

4. 終わりに

以上のように、NGH による天然ガスの輸送・貯蔵システムの概要、研究開発状況を紹介したが、本システムは経済性の高さから現在利用されていない中小ガス田の開発に導入されることが期待され、これらの技術開発で得られた成果は輸送システムだけでなく、その他の NGH 利用技術やハイドレート資源の開発に貢献するものである。

5. 参考文献

松尾ほか：天然ガスハイドレートペレットによる天然ガス輸送システムの開発 三井造船技報 第 181 号

Fig. 4 System Flow Chart of NGH PDU

Fig. 5 NGH Powder

Fig. 6 NGH Pellets