

天然メタンハイドレートの最適生産・輸送・貯蔵方式に関する研究

Production, Transportation and Storage of Natural Methane Hydrate

鈴木 英之 (Suzuki Hideyuki)

東京大学・大学院工学系研究科・教授



研究の概要

深海底下のメタンハイドレート開発について、生産・輸送・貯蔵の一連の流れに沿って設備とコストさらにその構成を明らかにし、事業化に向けた課題を抽出する計画・設計面の検討を行った。また、浮体施設について最適化を行う一方、NGHによる天然ガスの長期かつ安全な備蓄方式の提案を行った。要素技術に関して従来検討されてきたNGHとは大きく形態が異なり分解速度の極めて遅い新しいNGH形態を発見した。

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：メタンハイドレート、浮体式生産施設、天然ガス備蓄、NGH、スパー型浮体

1. 研究開始当初の背景・動機

我が国の排他的経済水域内の大水深に多量に存在する深海底下のメタンハイドレート資源の開発に向けて生産・輸送・貯蔵方式について効率的なものを提案し、かつ関連要素技術に関する研究を行うことを目的として開始した。

2. 研究の目的

深海底下のメタンハイドレート開発は、期待される生産量から中小ガス田の開発に相当する。また、開発の想定される海域は大水深であり、厳しい海象条件に曝されることを考慮して、生産施設は浮遊式生産システムとする必要がある。また、輸送・貯蔵方式としてはガスで輸送する海底パイプライン方式と液化、NGH、GTLなどにより、液体あるいは固体で船で輸送し貯蔵する方式が考えられる。この前提の下で、生産・輸送・貯蔵の全体像を明らかにし、設備コストとその構成を明らかにすること、成立性、効率化に関する要素技術の開発を行なうことを目的とした。

3. 研究の方法

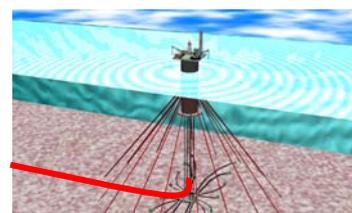
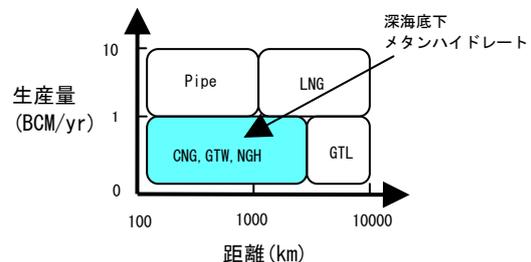
研究は、1) 生産・輸送・貯蔵方式に関する基礎調査、2) 最適化に向けた検討、3) NGH (天然ガスハイドレート) ペレットの物性および輸送効率の向上に関する検討に分けて実施した。1) については全体システムに関する検討、設備コスト評価法について検討した。2) については生産・輸送・貯蔵全体システムに関する評価、浮体式生産システムの最適化をおこなった。3) についてはメタンハイドレートの物性に関する検討、NGH ペレットの充填率向上に関する検討、NGH ペレットの力学的挙動に関する検討を実施した。

4. 研究の主な成果

1. 生産・輸送・貯蔵方式に関する検討

メタンハイドレート開発の全体システムに関してはシステム全体の中で NGH ペレットの製造工程がコスト的に大きな割合を占めることが確認され、製造工程の中でも、製造・ペレット化・貯蔵工程のコストが相対的に高いことが確認され、事業化に向けた課題を明らかにした。

浮体式生産施設については SPAR 型浮体に着目し、3次元動揺解析プログラムを開発し、実験模型を用いた水槽実験により検証した。さらに、作業限界の範囲内で成り立つ軽量浮体システムを提案した。経済性については、南海トラフにおけるメタンハイドレート開発では、価格上昇前の天然ガス価格では経済的には成り立つものの採算性が低いことを明らかにした。



スパー型浮体

2. NGH ペレットの物性および輸送効率の向上に関する検討

NGH 製造法について、 $-20 \sim -25^{\circ}\text{C}$ 付近の比較的平衡曲線に近い領域で高純度かつ高速の製造が見込まれること実験より示された。一方、 -30°C などの低温度領域では、生成純度はあまり高くないことが示された。また、新しい発見として氷状・塊状ハイドレートの製造法を見出した。このハイドレートは分解速度が極めて小さいという特性を持っている。今後さらなる検討を必要とするが、氷状・塊状ハイドレートの利用により、画期的な製造法・輸送法が実現される可能性を秘めている。

積荷・輸送・荷揚については、球形および非球形粒子の充填特性に関する検討を行い、非球形粒子については球形粒子より充填率が上がるということが実験および離散要素法 (DEM) によるシミュレーションより分かった。ガスハイドレート輸送を目的とした粉粒体の偏析について検討を行い、2成分系の粉粒体を用いて船体の動揺を想定した実験を行ない、偏析が起きうることを示した。排出に関する検討では、実験および DEM による排出特性の検討を行なった。ペレット間の固着状態を再現し、いくつかの排出機構による排出実験を行なった結果、固着破断率と解砕エネルギーとの関係はスケール依存性がほとんどないことが確認され、排出機構を設計する指針を得ることができた。再ガス化システムに関する検討では、質量保存式およびエネルギー保存式に基づく NGH 再ガス化プロセスのモデル化を行った。NGH の分解実験では分解時に発生する気体による伝熱促進効果を示唆する結果が得られた。NGH の分解速度は非常に速く、実用上の運転条件において分解速度は単純に供給熱量に比例することがわかった。

3. 貯蔵・備蓄に関する検討

長期的に安定して備蓄できる NGH による備蓄方式を提案した。この備蓄方式はボイルオフが実質的に無く、事故時の安全性などの観点からも LNG に勝る利点がある。NGH の分解特性に関する検討からは、NGH はメタン雰囲気中で -85°C 以下ではほとんど分解しないことが明らかとなった。備蓄方式に関する検討では、分解特性実験の結果を受けて、LNG 受入基地に併設して、LNG の冷熱を利用して安定領域で NGH を備蓄する方式を提案した。備蓄タンクの伝熱特性を明らかにして、NGH 備蓄システムの計画を行い、熱収支の観点から備蓄が成立することを示した。

5. 得られた成果の世界・日本における位置づけとインパクト

深海底下のメタンハイドレート開発について、生産・輸送・貯蔵の全体像を展望して中小ガス田開発の観点から開発方式を提案し、現時点で得られる情報からその姿を明らかにした。システム全体のコスト構成を明らかにして、事業化に向けて課題を抽出した。

LNG の冷熱を利用してボイルオフが無く、長期的に安定して備蓄できる NGH による天然ガスの新しい備蓄方式を提案し、技術的な成立性を示した。

NGH の生成と分解特性に関する研究から、氷状・塊状ハイドレートという新しい NGH の形態を発見した。この NGH は分解速度が極めて小さく、輸送・貯蔵に適しており、今後の研究が期待される。

6. 主な発表論文

(研究代表者は太字、研究分担者には下線)

- 1) 岡屋克則, 玉井雄一郎, 定木淳, 藤田豊久: “形状と粒度分布による2次元粒子の充填特性”, 粉体工学会誌, Vol.45, No.4, p.11-17, 2008年.
- 2) 岡屋克則, 定木淳, 藤田豊久: “離散要素法における充填率の算出法”, 粉体工学会誌, Vol.45, No.4, p.4-10, 2008年.
- 3) 鈴木英之, 寺嶋 健, 定木淳, 松尾誠治, 岡屋克則: “天然メタンハイドレートの浮体式生産システムの最適化に関する研究”, 第15回エネルギー学会大会, (2006)
- 4) 鈴木英之, 松尾誠治, 定木淳, 小早川広明, 宮脇孝輔, 岡屋克則: “NGHによる天然ガス備蓄の可能性に関する検討”, 第15回エネルギー学会大会, (2006)
- 5) Suzuki, H. and Nakada, S.: “Optimization of the Dynamic Response of a Semi-Submersible Type Mega-float”, Techno-Ocean'04, 2004, pp.1073-1079.
- 6) 岡田崇, 定木淳, 岡屋克則: “離散要素法を用いた2次元球形粒子の充填状態の検討”, 資源・素材学会 2008年, 春季大会講演集(II) 素材編, 2008, 103-104
- 7) 松尾 誠治, 岡屋 克則, 定木淳, 鈴木英之: “天然ガス備蓄を考慮した高密度塊状型ハイドレートの保存特性に関する研究”, 化学工学会第73年会, (2008)