

異種ガスを用いたメタンハイドレート開発手法に関する基礎的研究

Experimental Study on a New Enhanced Gas Recovery Method by Nitrogen Injection from a Methane Hydrate Reservoir

羽田 博憲 [1]; 坂本 靖英 [2]; 川村 太郎 [1]; 宮崎 晋行 [1]; 山口 勉 [1]; 駒井 武 [3]

Hironori Haneda[1]; Yasuhide Sakamoto[2]; Taro Kawamura[1]; Kuniyuki Miyazaki[1]; Tsutomu Yamaguchi[1]; Takeshi Komai[3]

[1] 産総研メタンハイドレート研究ラボ; [2] 産総研・地圏資源; [3] 産総研・地圏

[1] MHRL, AIST; [2] GREEN, AIST; [3] Green, AIST

1. はじめに

メタンハイドレート開発における海底下環境の現状維持、開発時の安全対策、分解ガスの海中拡散防止に有効な新手法として、異種ガスを用いた、メタンハイドレートの分解速度制御および人工天盤構築によるメタンハイドレート分解ガスの拡散防止、地滑り防止、等の検討を行った。

メタンハイドレートの安定領域は温度・圧力以外の条件によっても変化する。この性質を用い、メタンハイドレート層に異種ガス（例えば窒素、二酸化炭素）を注入することにより、海底下の温度・圧力状態を維持したままハイドレートを入替え、メタンガスの生産が可能となる。更に、異種ガスに二酸化炭素を利用すれば環境問題とエネルギー問題が同時に解決されるため非常に有望である。

2. 窒素を用いた MH の分解

MH 貯留層からの窒素圧入による新規ガス回収法の開発を目的として、模擬 MH 貯留層における窒素圧入による MH の分解実験を実施した。分解時の温度分布変化を基に貯留層内における MH の分解挙動を考察するとともに、ガスの圧入・産出挙動から本プロセスの有効性を検討した。その結果、MH 堆積層に窒素を圧入することにより、MH の分解が圧入端から順次下流に進行した。窒素のフロントが到達した位置では温度が急激に低下するため分解速度が減退し、時間とともに分解領域が下流へと拡大していく挙動が示された。

圧入窒素のフロントが流出端に到達した以降が本プロセスにおける実質的な MH の分解過程に相当するが、圧入レートを $2.00 \times 10^{-4} \text{Sm}^3/\text{min}$ とした場合には、240min 経過後に累計メタン産出量と気相中に残存したメタン量から換算して、約 70 % と高い MH の分解率が得られた。

以上の結果から、窒素圧入による気相中のメタン分圧の低下に起因した効果により、MH の分解ならびに分解生成メタンの産出ができるといった利点が明らかとなり、窒素を用いた MH 貯留層からの新規ガス回収法としての可能性が示された。

3. 窒素 二酸化炭素混合ガスを用いた MH の分解

20 % CO₂/N₂ 混合ガスの圧入による MH の分解実験を実施した。分解実験時における放出ガスのガス組成を高速ガスクロムにより 5 分間隔で分析を行った。その結果から、放出初期では容器内部のガス相を満たしていたメタンガスがほぼ 100 % を示し、その後、CO₂/N₂ と分解したメタンが混合ガスとなり、メタン濃度は徐々に低下し、窒素と CO₂ 濃度は逆に上昇した。放出ガスのメタン濃度がほぼ 0 % になった時点で反応の終了とした。

その後、恒温槽の温度を 15 °C まで上昇し、容器内ガスを放出させ、そのガス分析結果から、放出初期では窒素が 60 %、CO₂ が 17 %、メタンが 23 % であり、容器内の圧力が放出で低くなると窒素とメタンが急激に低下し、その逆に CO₂ が上昇する。これは、水への溶解量の差が原因であると考えられる。

ガス分析とガス量計測から、メタンの平均分解量は 0.092l/min、CO₂/N₂ の平均注入量は 2.56l/min であり、メタンハイドレートの分解率は 19 % であった。

4. 二酸化炭素ハイドレートの強度

二酸化炭素ハイドレートの強度を調べるため、模擬コアを用いた実験を行った。その結果、両端排水条件（間隙圧を一定に保持）で行った三軸圧縮試験の軸差応力と軸ひずみの関係から CO₂ ハイドレートの飽和度が高くなるほど、軸差応力は増加する傾向を示した。

CO₂ ハイドレートの飽和度と最大軸差応力の関係から、CO₂ ハイドレートの飽和率 12 ~ 53% に対して応力は 3.8 ~ 5.3MPa まで、変形係数は 319 ~ 579MPa まで緩やかだが線形的に増加傾向を示した。

メタンハイドレートの軸差応力は 7 ~ 8MPa であるのに対し、CO₂ ハイドレートの軸差応力は 5.3MPa である。しかし、CO₂ ハイドレートの場合、最大応力を示すときの歪の値がメタンハイドレートの場合より小さいため、 $\sigma = E \epsilon$ の関係から変形係数は CO₂ ハイドレートの方がメタンハイドレートより若干小さな値にとどまった。

三軸試験機の圧力セル内に封圧した模擬堆積層中に二酸化炭素ガスを浸透させることにより、海底下の MH 堆積層の生成環境に近い条件で、CO₂ ハイドレートを生成することが出来た。さらに、生成時間を変えて CO₂ ハイドレートの飽和度の異なる模擬試料を作製し、排水条件下で三軸圧縮試験を行った結果、CO₂ ハイドレートの飽和度の増加により、強度が緩やかだが概ね直線的に増加することが分かった。これらの結果から、変形係数を求めたところ、飽和度に対し直線的傾向を示した。また、その値はメタンハイドレートの変形係数と近いものであった。よって、人工天盤の有効性を示した。

本研究はメタンハイドレート資源開発研究コンソーシアムの研究結果であります。