

CO₂/水エマルジョンを用いたCO₂ハイドレートの生成熱による海洋堆積層の加温に関する室内実験と解析による評価

背 景

海洋堆積層や永久凍土層に存在するメタンハイドレート(MH)^{*1}は、新たな天然ガス資源として期待されている。しかし、MHは固体で流動性がないため、加温などによりMHをメタンガスと水に分解して採掘する必要がある。このMHの加温に化石燃料を用いず二酸化炭素(CO₂)が利用できれば、エネルギー資源の確保と地球環境問題への対応を経済的に解決できる可能性がある。そこで、CO₂ハイドレートの生成が発熱反応であることに着目し、CO₂/水エマルジョン^{*2}を海洋堆積層に注入することでCO₂ハイドレートの生成を促進させる方法^{*3}を提案している。この方法の有効性を示すためには、CO₂/水エマルジョンによる堆積層の加温性能を明らかにする必要がある。

目 的

CO₂/水エマルジョンを用いることでCO₂が海洋堆積層の加温材として利用できるか、室内実験と数値シミュレーションにより評価する。

主な成果

(1) CO₂/水エマルジョン中に浮遊する液体CO₂粒子の微粒化を確認

MHの濃集が確認されている海洋堆積層の砂層の指標として豊浦標準砂を用いた。この砂の粒径が100-600μmであるのに対して、従来のCO₂/水エマルジョン中の液体CO₂粒子の直径は200-300μmで十分に小さいとは言えない。そこで、スプレーノズルを用いた室内実験で液体CO₂の微粒化を行った。作成したCO₂/水エマルジョンを顕微鏡で観察した結果、液体CO₂粒子の直径は10-100μmで、従来の液体CO₂粒子および豊浦砂の直径より小さいことを確認した。これより、豊浦標準砂程度の粒径の砂層では、液体CO₂がトラップされることなくCO₂/水エマルジョンが均質に分散できる可能性を示した。

(2) CO₂/水エマルジョンを用いた CO₂ ハイドレートの生成実験

耐圧容器に豊浦標準砂を密詰めにして水で飽和した後，CO₂/水エマルジョンを注入し，冷却することで CO₂ ハイドレートを生成させた．この時，耐圧容器内に挿し込んだ 6 箇所の熱電対で計測した時間 - 温度の関係より，次の知見を得た．1) CO₂ ハイドレートの生成により，6 箇所すべての温度が同時に上昇したことから，CO₂/水エマルジョンが豊浦標準砂の間隙に均質に分散していると考えられる．2) 温度分布から判断して，耐圧容器内の発熱と熱伝導は 2 次元軸対称の非定常熱拡散問題として扱うことができる．3) 分解する温度より約 5 低い過冷却の状態でも CO₂ ハイドレートが生成したことから，この生成を制御^{*4} できる可能性がある．

(3) 砂層の温度を上昇させる CO₂ の加温性能を確認

温度上昇が考慮できる非定常熱拡散解析法を提案し，CO₂ ハイドレートの生成実験の結果を再現することで適用性を評価した．この解析法を用いて海洋堆積層の砂層に CO₂/水エマルジョンを注入することを想定した温度一定の境界条件を設定して計算した結果，密詰め豊浦標準砂の温度は約 9℃ 上昇すると評価された．この温度上昇は，CO₂ ハイドレートの理論的組成^{*5} となる質量の水と CO₂ が，砂の間隙に存在すると仮定した場合に求められる温度変化とよく一致する．

以上の室内実験と数値解析の結果より，CO₂/水エマルジョンを用いることで海洋堆積層内に存在する MH を分解するための加温材として，CO₂ が利用できる可能性を示した．

今後の展開

CO₂ ハイドレート生成の制御法の確立と解析手法の精度の向上を図り，国の政策である MH 開発に反映させる．

*1:メタン(CH₄)が主成分で，水分子が構成する格子内にガス分子が包蔵された構造を持つ水和物．高压低温環境で安定．南海トラフでの試掘調査(JOGMEC)では深度 1000-1500m，海底下数百 m に分布．*2:液相中に液体の微粒子が浮遊する系．*3:ガスハイドレートの作成方法，置換方法及び採掘方法，PCT/JP2006/316726(特願 2005-245769)．*4:温度，圧力などによる制御．*5:理論的組成は CH₄・5.75H₂O,発熱量は 77kJ/mol.

研究報告 N06013	キーワード：メタンハイドレート，二酸化炭素ハイドレート， CO ₂ /水エマルジョン，発熱，海洋堆積層
担当者	池川 洋二郎（地球工学研究所 地圏科学領域）
連絡先	（財）電力中央研究所 地球工学研究所 Tel. 04-7182-1181(代) E-mail : cerl-rr-ml@criepi.denken.or.jp