

メタンハイドレート分解時における二酸化炭素ハイドレートの利用可能性の検討

長崎大学工学部 学生員 ○中園雅之 長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静
 長崎大学工学部 フェロー 棚橋由彦 長崎大学大学院 学生員 福田謙太郎

1.はじめに

近年、メタンハイドレート (Methane Hydrate、以下MHと略す) という次世代のエネルギー資源が国際的に注目されており、日本でも様々な研究が行われている¹⁾。しかし、MHの生産・開発を行う際、MHの分解による堆積層の強度低下や間隙中の流体移動に伴い、海底地滑りや地盤沈下といった海底地盤の環境変化を引き起こす可能性が危惧されている。²⁾そこで、図-1 に示すように、MH層上部の堆積層に二酸化炭素ハイドレート (以下、CO₂-Hydと略す) を成長させ、人工天盤を構築し、地滑りを防止すると共に、生産時に分解したメタンガスの上層への拡散を抑制しようとする提案がなされている³⁾。

本研究では、既往研究で得られたCO₂-Hydの力学的挙動を参考にMHの分解と同時に、CO₂-Hyd を生成させた場合の海底地盤沈下の抑制効果を評価することを目的とする。

2.解析モデルの構築

2.1 解析概要

MH を含む地盤は気液固 3 相状態であること、MH の生成・分解に伴う相変化、圧力・温度変化等の現象を伴う等、その系は非常に複雑である。従って、本研究ではまず第一歩として、MH 層を固液 2 相状態とし、気体 (メタンガス) の影響は考えず、MH 層中の水の流れと熱移動現象との相互作用の影響は考慮しないという仮定に基づき、有限差分法解析手法を用いて応力-浸透流-熱移動連成解析を行う。また、本研究では一般的な MH の生産手法である「熱刺激法」、「減圧法」、「分解促進剤注入法」の 3 つの中から、「熱刺激法」と「減圧法」を対象とする。MH 生産に用いる「熱刺激法」とは、MH 層まで坑井を掘削し、地表から加熱した流体を循環し加熱することにより MH 層中の MH を分解させ、メタンガスを発生させる方法である。一方、「減圧法」は MH 層の泥水の比重を下げる、泥水の量を減らすことなどにより坑井内の応力を下げ、MH をメタンガスと水に分解させる方法である。解析モデルの概要を図-2 に示す。

2.2 解析ケース

表-1 に解析ケースを示す。MH層平衡関係については文献 4)を参照されたい。初期温度を 5°C(278K)、初期圧力を 12MPaにそれぞれ設定する。MHの存在領域は低温高圧下であることから、熱刺激法においては圧力を 12MPaに固定して温度を 30°C(303K)まで加熱させ、減圧法においては温度を 5°C(278K)に固定して圧力を 2MPaに減圧させることによって、それぞれ分解させる。MH層にCO₂-Hydによる人工支柱を構築したと想定した上

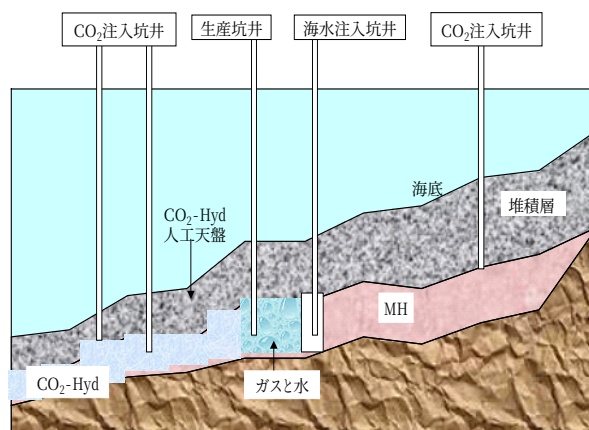


図-1 二酸化炭素の利用概念

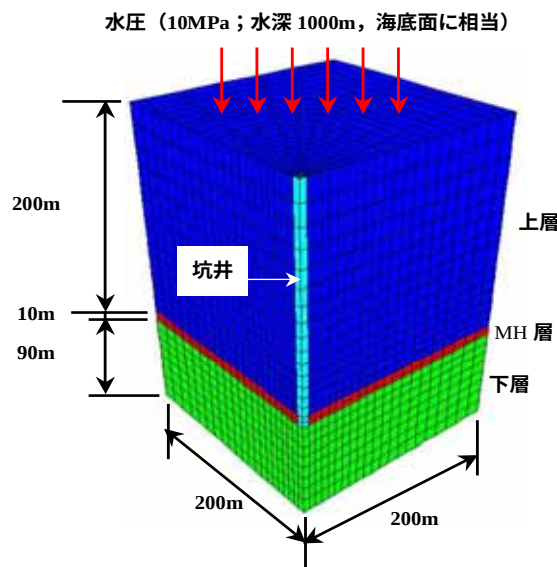


図-2 解析モデル

表-1 解析ケース

生産手法	温度・圧力の設定
熱刺激法	5°C(278K) → 30°C(303K)
減圧法	12MPa → 2MPa

でMHの物性値をCO₂-Hydの物性値に置換し、それぞれの海底地盤挙動を比較する。

3.結果と考察

図-3 に熱刺激法の場合において、2 ヶ月後のCO₂-Hydの有無による (a) 海底面沈下量と (b) MH層上部の沈下量の比較を示す。海底面沈下量は差異がそれほど見られないが、MH層上部では沈下量の最大値が 300mm程度減少しており、CO₂-Hyd形成による抑制効果が期待できる。

図-4 に減圧法の場合において、2 ヶ月後のCO₂-Hydの有無による (a) 海底面沈下量と (b) MH層上部の沈下量の比較を示す。沈下量の最大値を比較すると、海底面では 100mm程度、MH層上部では 400mm程度の沈下が抑制されたことが分かる。このことにより、熱刺激法の場合と同様に減圧法でもCO₂-Hyd形成による抑制効果が期待できる。

今回、CO₂-Hydの生成された境界は 2m程度であったが、今後分解・生産を拡大し生成範囲が広がることで抑制効果が顕著になると予想される。しかし、海底面では全体的に大きな差異はなかったことから、MH層坑井付近を浸透境界にしたことや掘削によって応力解放が起こり、孔隙水圧が減少することで圧密現象が生じたことが今回の結果に繋がったものと考えられる。

4.おわりに

MH層上部においてCO₂-Hyd生成により沈下量が大きく抑制されたことから、二酸化炭素ハイドレートの利用可能性を確認することができた。しかし、今回はMHの分解と同時にCO₂-Hydが生成されると仮定しているため、今後はMHの分解速度やCO₂-Hydの生成速度を考慮することや圧密現象を起こりにくくするためのMH生産手法の検討を継続していく。

【参考文献】

- 1) 佐藤幹夫：ガスハイドレート (IV) —メタンハイドレートの分布とメタン量及び資源量, 日本エネルギー学会誌, Vol.80, No.895, pp.1064-1074, 2001
- 2) 青木一男他：メタンハイドレート生産に伴う地盤変形について, 資源・素材 2003(宇部)秋季講演会論文集, B41, pp.235-236, 2003
- 3) 二酸化炭素ハイドレートを利用したメタンハイドレート開発システムの提案, 資源と素材 116, No.4, pp.321-324, 2000
- 4) 福田謙太郎他：メタンハイドレート生産時における海底地盤の変形挙動に関する解析的評価, H19 年度土木学会西部支部講演発表 会概案集, 2008

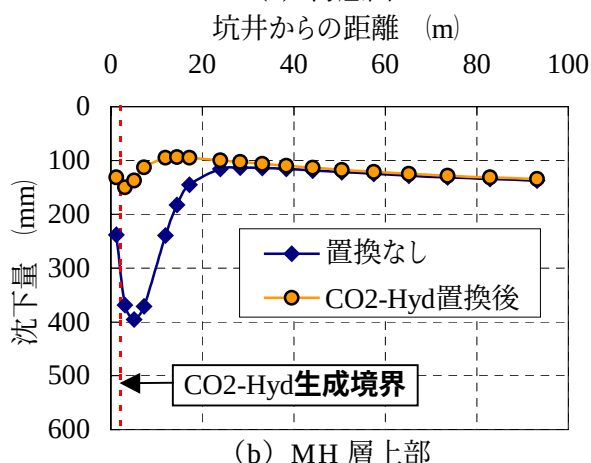
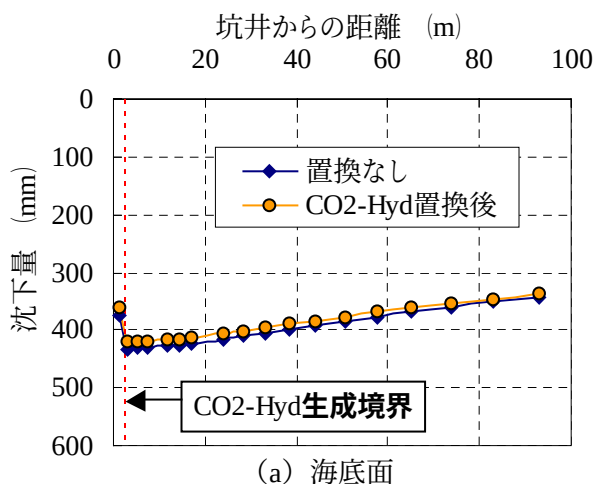


図-3 2 ヶ月後の沈下量の比較 (熱刺激法)

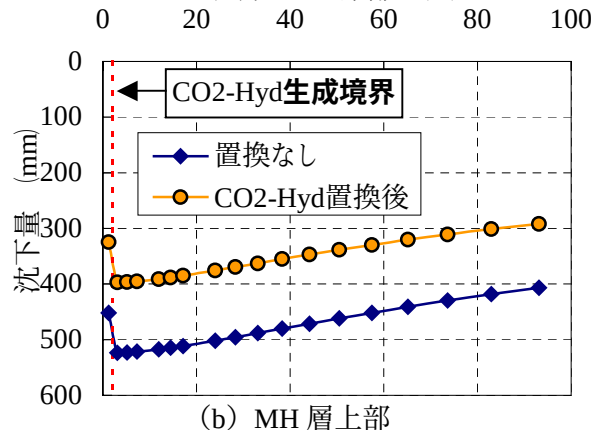
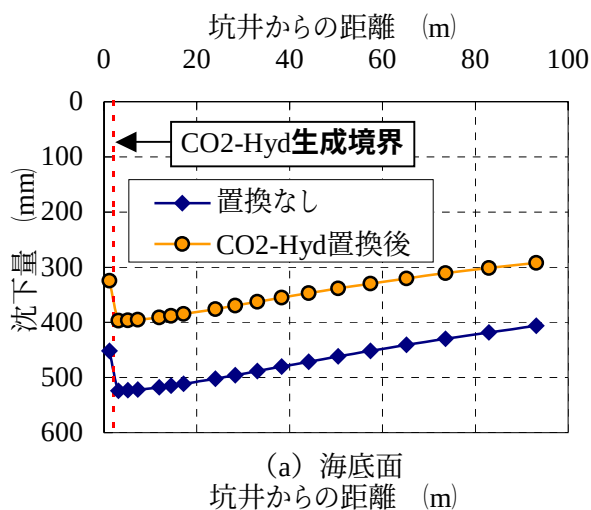


図-4 2 ヶ月後の沈下量の比較 (減圧法)