

# メタンハイドレート分解による海底地盤の圧密沈下挙動と坑井の力学的安定性について(その2)

長崎大学大学院 学生会員○古賀小百合 学生会員 東 幸宏 フェロー会員 蔣 宇静

## 1.はじめに

近年、メタンハイドレート (Methane Hydrate、以下MHと略す) は、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<sup>1)</sup>。本研究では、MH生産時における圧密沈下挙動を把握するために、温度-応力-浸透流連成解析モデルを用いて有限差分法解析を実施し、分解に伴う海底地盤の圧密沈下について考察する。また、MH生産を行う際の坑井に及ぼす影響についても解析的に考察する。

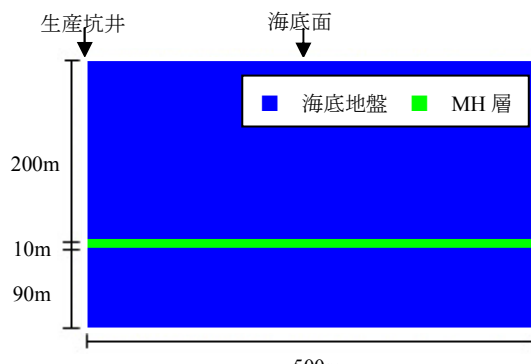


図-1 モデル図

## 2.MH 分解時における海底地盤の変形挙動

### 2.1 生産に伴う圧密沈下

#### (1) 解析概要および解析モデル

解析概要及び基本物性値は、松山らによる研究<sup>2)</sup>と同じとする。解析モデルを図-1に示す。海面から1000m以深の海底地盤を対象とし、解析領域は水平方向500m、垂直方向が海底面から300m以深の軸対称モデルとした。境界条件として、MH層より上層の坑井部分を非排水(水平方向変位固定)、MH層の坑井部分を排水(水平方向変位固定)境界とした。MHの分解に関する判定を、既往研究<sup>3)</sup>を参考にした。

MH相平衡関係図<sup>4)</sup>を参考に、解析ケースを表-1のように設定した。MH層の初期温度を5°C(278K)、初期圧力を12MPaとした。減圧法では、温度を固定して、圧力を1MPaまで50時間で減圧させる。また熱刺激法では、圧力を12MPaに固定して、温度を50°Cまで上昇させることによって分解させる。生産に伴う圧密沈下に着目して、両生産手法においてMHの分解に伴う強度低下を考慮したケース及び考慮しないケース(MH分解後、強度低下させない)の計4ケースを設定した。

#### (3)結果と考察

沈下量の経時変化を図-2に、坑井からの距離と沈下量の関係を図-3に示す。まず、MH層が強度低下しない場合の沈下要因として、自重による圧密及び生産に伴う排水による圧密沈下であると考えられる。これを考慮すると、減圧法の場合、MH層上部で約93%、海底面で約98%、熱刺激法の場合では、MH層上部で約94%、海底面で91%が排水による圧密沈下と考えられる。さらに全てのケースに関して、全体的な沈下量に対するMH分解に伴うMH層の強度低下による沈下の影響は小さく、MH生産時の主な沈下原因は生産に伴う排水による圧密沈下ではないかと考えられる。また、図-3より、坑井

表-1 解析ケース

生産手法	解析ケース	温度・圧力の設定	MH層の強度低下
減圧法	Case1	12MPa→1MPa(50hour)	有
	Case1_1		無
熱刺激法	Case2	5°C→50°C	有
	Case2_1		無

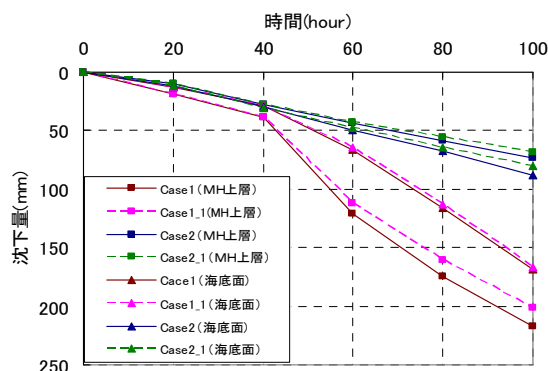


図-2 沈下量の経時変化

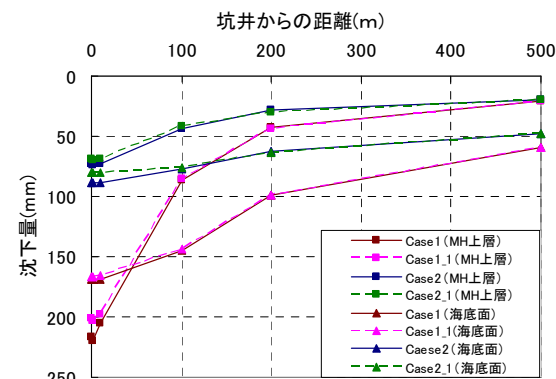


図-3 坑井からの距離と沈下量の関係

から 100m 地点では、ほぼ 100%排水による圧密沈下である。このことから、広範囲に影響を及ぼすのは排水による圧密沈下である。そのため、排水による圧密沈下を抑えることができれば、沈下量を抑えることができると考えられる。

## 2.2 沈下による坑井への影響

解析概要とMH分解判別、物性値は上記と同様とし、解析ケースは沈下量の大きい減圧法(表-1のCase1)を用いる。坑井を掘削半径1.2m、坑井の壁厚さを0.2m、長さ210mとし、厚さを持たせた完全弾性体のシェル要素でモデル化を行った。坑井の物性値を表-2に示す。また、坑井と地盤の間は密着した状態になっている。解析モデル図を図-4に、坑井に作用する水平方向の応力分布を図-5に、MH層付近の変位量と変位ベクトルを図-6に示す。

図-5より、0時間の場合、通常の土圧分布のように深度が深いほど応力は大きくなる。しかし、100時間経過した場合の応力分布は、200m地点では大きく応力がかかる。図-6に着目すると、MH分解後に、MH層で坑井内側にむかって変位するため、それに伴い坑井に作用する応力が大きく負荷したと考えられる。また150m地点では、200m地点で大きく応力が変化したことにより、応力が減少したと考えられる。さらに0mでは、応力が減少し、0に近づく。これは海底面の沈下によるものと考えられ、更に海底面の沈下が進むと引張に作用し始めると予測される。

また、MHが分解することにより応力分布が大きく変化する。特に150m～200m地点では顕著であるため、MH層付近の坑井が破壊する可能性がある。そのため、MH層付近の坑井の強度増加や、MH層の顕著な変動をおさえる生産手法の提案が必要である。

## 3.まとめ

本研究では三次元有限差分法を用いて温度 - 応力 - 浸透流連成解析を実施し、MH生産時におけるMHの分解や圧密による海底地盤の沈下挙動等を解析的に予測し、沈下の要因が生産に伴う排水による圧密沈下だとわかった。また、MH分解に伴う沈下が特に150m～200mの生産坑井への影響が大きいことがわかった。今後は、坑井と海底地盤の境界条件などの解析モデルを見直すとともに、坑井への負担を軽減させる手法の提案が必要である。

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)松山彰宏 他：熱刺激法によりメタンハイドレート生産効率向上手法に関する基礎的研究 土木学会西部支部講演会，2013 3)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，pp235-236，2003 4)Winters,W.J. 他：Properties of samples containing natural gas hydrate from the JAPEX/JNOC/GSC Mallik 2L-38gas hydrate research well, determined using Gas Hydrate Gas Hydrate and Sediment Test Laboratory Instrument(GHASTLI), Geological Survey of Canada bulletin 544, pp.241-250,1999 5)宮城卓史 他：温度 - 応力 - 浸透流連成解析によるメタンハイドレート生産時海底地盤の変形挙動の予測評価，土木学会西部支部研究発表会講演会概要集，III-92，pp.531-532，2012

表-2 坑井の物性値

パラメータ	坑井
変形係数M(Pa)	$2.6 \times 10^8$
ポアソン比 $\nu$	0.2
密度 $\rho(\text{kg/m}^3)$	2450

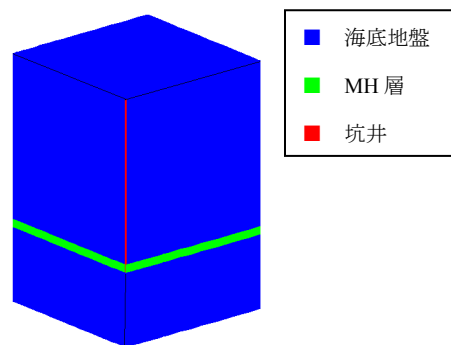


図-4 解析モデル図

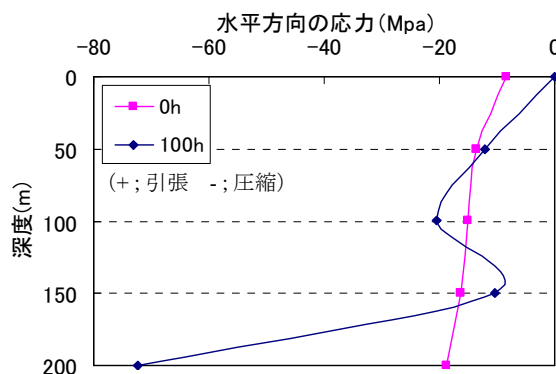


図-5 坑井に作用する水平方向の応力分布

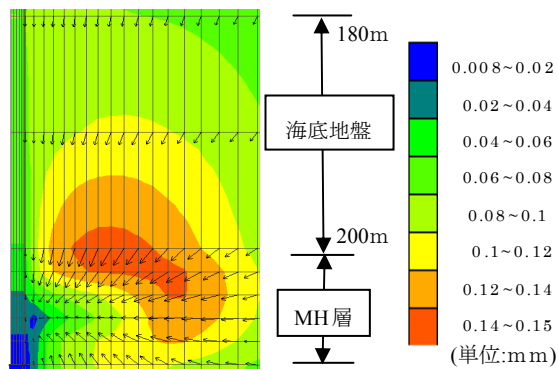


図-6 MH層の変位ベクトル