## 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予測

長崎大学大学院	学生員	永浴	頁子	長崎大学工学部	正会員	蒋	宇静
長崎大学工学部	フェロ-	-会員	棚橋由彦	長崎大学工学部	学生員	上原	「浩二

#### <u>1.はじめに</u>

近年、メタンハイドレート(Methane Hydrate、 以下はMHと略す)は、次世代エネルギー資源とし て国際的に注目されている。低温、高圧下で安定す る性質を持つMHを分解し海底MH層よりメタンガ スを生産する方法としては、MH層の温度を上昇さ せる方法(熱刺激法)や圧力を低下させる方法(減 圧法)等が考えられているが、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 すべりや地盤沈下といった海底地盤の環境変化が危 惧されている<sup>1</sup>)。本研究では、MH生産時における

海底地盤の変形特性を把握するため、応力 - 浸透流 - 熱移動連成解析モデルを用 いて有限要素解析を実施し、温度と圧力の変化が変形特性に及ぼす影響について 考察する。

# <u>2.MH 層の変形挙動解析</u>

<u>2.1 応力 - 浸透流 - 熱移動連成解析の概要</u>

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、MH 生産時における海底地盤の変形挙 動を高精度で予測するには温度の影響を考慮できる応力 - ひずみ 関係モデルと MH 層の骨格・水・気体・熱を連成した解析が必要 である。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)の影響は考慮しない、また 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、有限要素解析を実施した。解析には、多次元圧密問題 の定式化でよく知られている Biot の2相混合体理論を適用した<sup>2</sup>)。 これは、釣り合い式、有効応力則、連続式と Darcy 則、線形弾性

体の構成関係からなる偏微分方程式で構成されており、単に土の圧密現象だけでなく、土の構造骨格と間隙 水の相互作用を含む力学挙動を表現することが可能なためである。

# <u>2.2 解析モデル</u>

図-1 に解析に用いた要素分割図を示す。2 次元の軸対象モデルとし、図は坑井の右半分である。表-1 に解析に用いた MH 層等の浸透率を示す。基本的な物性値としては、模擬供試体の室内試験<sup>3)</sup>を参考に、単位体 積重量 20kN/? 、変形係数 100MPa、ポアソン比 0.3、粘着力 2.0MPa、内部摩擦角 20°を用いた。今回の解 析では熱刺激法及び減圧法について温度及び圧力を初期状態から変化させることとし、表-2 に示すように解 析ケースを決定した。初期状態は、これまでの調査結果をもとに、温度 13 (286K) 圧力 12MPa とした。 **3.結果と考察** 

# 3.1 熱刺激法

図-2 に設定温度 27 (300K) 坑井中心より 50mの範囲における温度変化を示す。MH 平衡関係より、



表-1 MH 層等の浸透率

層別	浸透率 ( m² )		
上層	1.0 × 10 <sup>-14</sup>		
MH 層	1.6 × 10 <sup>-14</sup>		
下層	1.0 × 10 <sup>-14</sup>		

表-2 解析ケース

生産手法	解析ケース	温度・圧力の設定				
熱刺激法	Case1	13 (286K) 27 (300K)				
	Case2	13 (286K) 47 (320K)				
	Case3	13 (286K) 67 (340K)				
減圧法	Case4	12MPa 2MPa				
	Case5	12MPa 3MPa				
	Case6	12MPa 4MPa				
	Case7	12MPa 5MPa				



MHは初期状態である圧力12MPaにおいて15 (288K)以上 で分解が生じることから、分解範囲は坑井中心より10m程度で あることが分かる。図-3に海底面における沈下量の経時変化を 示す。設定温度が高くなるほど沈下量が増加することが分かる。 また、沈下量が増加している期間は分解が発生し圧密変形が生 じており、沈下量が一定の期間は新しい分解が発生していない ことを示している。図-4に海底面における沈下影響範囲を示す。 設定温度が高くなるほど、各地点の沈下量と併せて沈下範囲が 増加することが分かる。

#### <u>3.2 減圧法</u>

図-5 に海底面における沈下量の経時変化を示す。設定圧力が小 さくなるほど沈下量が増加している。また、熱刺激法において沈 下量は階段状に変化していたが、減圧法においてその傾向は見ら れない。これは、圧力の減少による荷重は MH の分解荷重より大 きく、MH 分解により生じる沈下の傾向が曲線に現れないためで あると考えられる。図-6 に示すように、設定圧力が小さくなるほ ど沈下量と併せて沈下範囲が増加している。また、熱刺激法によ る影響範囲は坑井中心から 300~400m程度であったのに対し、減 圧法においては 500mを超えた。減圧法においては MH の分解の みでなく圧力低下によっても圧密変形が生じるため、熱刺激法よ りも沈下影響範囲は広くなるといえる。

## <u>4.おわりに</u>

応力 - 熱移動 - 浸透流連成解析を実施し、温度と圧力の変化が MH 層の圧縮・変形特性に及ぼす影響について把握することがで きた。今後は MH 層の力学特性に係るデータを蓄積するとともに、 MH 層において気体の影響を考慮した3相モデルを構築していく。 【参考文献】

- 1) 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
- 大西有三,柴田裕章,小林晃:有限要素法による応力-浸透-熱移動動が問題解 析手法,土木学会論文集,第370号,pp.151-158,1994
- 3) 蒋宇静他: 模擬メタンハイドレート(供試体の力学的学動の評価について,第39
  回地盤工学研究発表会(新潟)平成16年度発表講真集, D-06, pp.367-368, 2004

