

## 加熱法におけるメタンハイドレート胚胎砂の分解時温度・変形挙動

山口大学大学院 学生会員 ○朝倉 さや香 加藤 晃 梶山 慎太郎  
 山口大学大学院 正会員 兵動 正幸 中田 幸男 吉本 憲正

### 1. まえがき

近年、日本周辺海域に存在するメタンハイドレート(以下 MH と略す)が新たな天然ガス資源として期待されている。現在、最適な MH の生産手法の一つとして減圧法が提案されその開発研究が進められている。その中で減圧法をサポートする方法として加熱法も提案されている<sup>1)</sup>。そこで本研究では、恒温高压平面ひずみ実験装置を用いて、MH 胚胎砂に熱を与え、分解時の温度及び変形挙動を調べた。

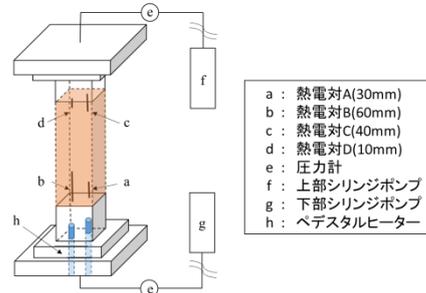


図-1 試験機の内部概略図

### 2. 実験装置の概要

本研究で用いた実験装置の試験体周辺の概略を図-1 に示す。実験装置は恒温室内に設置されており深海地盤の温度、圧力を再現できる平面ひずみせん断試験機である<sup>2)</sup>。実験中は室内全体の空調を管理することによりセル内の温度を調整している。供試体は高さ 16cm×幅 6cm×奥行 8cm の直方体で、中間主応力面はアクリル板で拘束されている。これより、平面ひずみ条件を確保し、さらに観察を可能としている。熱電対 A, B, C, D をそれぞれ供試体下部から 3cm, 6cm, 12cm, 15cm に設置することで供試体内の温度の測定を行う。0~80℃まで温度調整が可能なペDESTALヒーターが供試体底部から 2cm 下の位置に埋め込まれており、本実験では供試体下部から加熱することで MH を分解させることが可能である。

### 3. 実験方法

試料は豊浦砂を用い、目標値の MH 飽和率  $S_{MH}=50(\%)$ 、間隙率  $n=40(\%)$  となるように含水比を調整し、12層に分けて突き固める。不飽和供試体を作製後、セル内を水で満たし、MH 安定境界内の温度 5℃、圧力 5MPa を保ちながら時間をかけて MH を生成させる。MH 生成後、供試体を水で飽和し、間隙水圧 10MPa、有効拘束圧 3MPa の等方圧密を行う。圧密後、初期せん断を加える。その後ペDESTALヒーターを 80℃に保ちながら供試体下部からの加熱を行う。本実験では、case1 は上部シリンジポンプのみを操作し間隙水圧を 10MPa に保った。case2 は上部シリンジポンプの間隙水圧を 9.9MPa、下部シリンジポンプを 10.1MPa に保ち差圧をつけて下部から上部へ水の浸透を与えた。

### 4. 考察

両実験中の加熱開始から 25 時間後までの温度変化を図-2 に示す。case1 の熱電対 C は接触不良により計測が出来なかった為、図に示していない。熱電対 A に大きな温度差は生じないが、熱電対 B は加熱開始 1 時間後に約 2℃の温度差が生じている。熱電対 D は case1 では 25 時間が経過しても約 13℃までしか上昇していないが、case2 では圧力 10MPa の条件における MH の分解温度 14℃まで上昇している。この約 1℃の差は、水の浸透の有無が供試体中の熱移動に影響を与えたと考えられる。case2 の加熱時から 25 時間後までのポンプの圧力変化を図-3 に示す。図より圧力は常に一定の差圧がついていることが確認できる。同時刻の下部シリンジポンプと上部シリンジポンプの体積移動量を図-4 に示す。下部シリンジポンプは水を供試体内に注入するため体積変化は正の値を、上部シリンジポンプは水を引くため体積変化は負の値を示す。図より、下部シリンジポンプは加熱開始時に MH が分解し、急激に圧力が上昇したため負の値を示

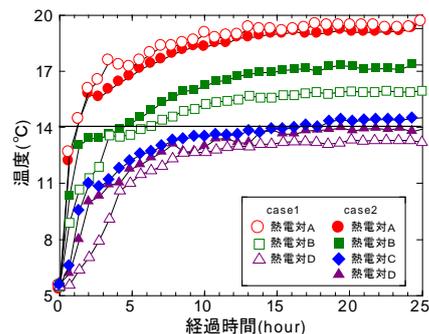


図-2 加熱時の温度変化

キーワード メタンハイドレート, 加熱法, 温度, 分解, 平面ひずみ試験, 局所変形

連絡先 〒755-0097 山口県宇部市常盤台 2 丁目 16-1

TEL 0836-85-9005

すが、約 1 時間後から約 6 時間後まで水の浸透を行っていることが確認できる。約 10 時間後には上部シリンジポンプは停止するが、その後も温度上昇が分解領域へ推移していることから分解された MH は下部シリンジポンプに蓄積されていると考える。本試験機では、体積変化をシリンジポンプの移動量から求めているために、加熱時に起こる供試体の体積変化を明確に求めることが困難である。ここではポンプの移動量を加熱中に分解された MH の体積量とする。両実験の加熱開始から 25 時間後のポンプ体積移動量を図-5 に示す。図-2 より case2 の方が温度上昇は早いにも関わらず、case1 の方がより多く MH を分解していることが確認できる。これは、case1 では下部から分解されたメタンガスがゆっくりと移動するが、case2 では供試体下部から注入している水によりメタンガスが分解温度に達していない上部まで移動したことで、case1 と比較して MH が早い段階でより多く再生成している。この MH の再生成により供試体上部の間隙が分解前より小さくなり、供試体上部と下部で差圧がついたため、図-5 のように case2 では加熱中に上部シリンジポンプが停止し、下部シリンジポンプの動きが逆転したものと思われる。case1 の加熱開始から 25 時間後までの供試体の変形挙動を図-6 に示す。供試体のメンブレンには縦横 0.25cm の間隔でドットを描いており、実験中に観察窓から撮影している。画像から両端の座標を 1 点ずつ読み取ることで、水平方向の変位量を求めた。供試体の下端部分は拘束されていることから変形が起きにくい。加熱開始から約 5 時間後に分解温度に達した下端から 6cm の位置は大きく膨張している。下端から約 10cm 以上は時間の経過につれ膨張してきたが、分解温度に達していない 15cm の位置は加熱中に水平方向の変形はほとんどみられなかった。また、図-5 より MH が分解されていないであろう加熱開始から 20 時間以降の変形量が全体的に小さくでている。これより、供試体は MH が分解されることにより下部から上部に向かって水平方向への変形が進展し、MH が分解されないと変形が起りにくいことが確認できる。

## 6. まとめ

本研究では、恒温高圧平面ひずみ実験装置を用いて加熱法による MH 分解実験を行った。加熱中に水の浸透を与えることで温度上昇が早まることが明らかとなった。一方で、水の浸透を与えた場合、浸透を与えない場合よりも MH の分解の速度は早いですが、水の移動とともにガスも安定領域へ移動するため再生成を多く生じると考えられる。また、MH の分解によって供試体内の変形が生じている。

## 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 25820216 の助成を受けて実施した。最後に記して謝意を表す次第である。

[参考文献]

- 1) Kurihara, M., Sato, A., Ouchi, H., Narita, H., Masuda, Y., Saeki, T. and Fujii, T. : Prediction of Gas Productivity from Eastern Nankai Trough Methane-Hydrate Reservoirs, paper OTC 19382, 2008
- 2) Jun Yoneda, Masayuki Hyodo, Norimasa Yoshimoto, Yukio Nakata, Akira Kato : Development of high-pressure low-temperature plane strain testing apparatus for methane hydrate-bearing sand, Soils and Foundations, Vol53, No.5, pp774-783, 2013

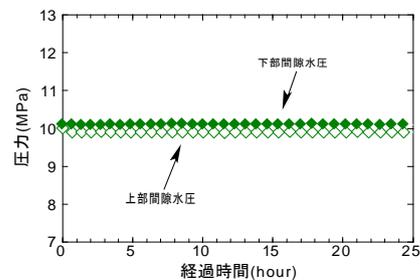


図-3 加熱時の圧力変化 (case2)

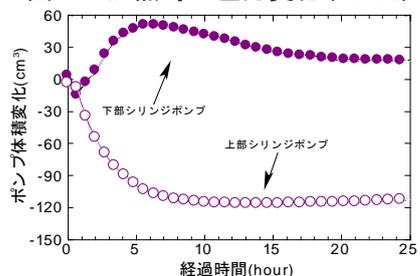


図-4 加熱時のポンプ体積移動量

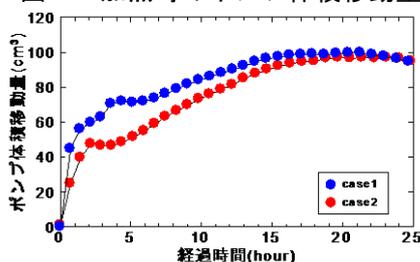


図-5 加熱時の MH 分解量

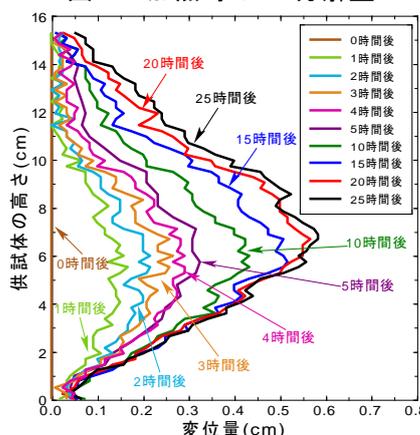


図-6 供試体の水平変位量 (case1)