加熱法による砂中のメタンハイドレート分解における温度・圧力挙動

	山口	大学大学院	学	生:	会員	○藤田	一輝
山口大学大学	院	正会員	吉本	Z	憲正	中田	幸男

1. はじめに

1950年以降,急激に化石燃料の消費が増加している¹⁾. 化石燃料への依存が高まったことで二酸化炭素排出量の増加の原因となっている. そこで, クリーンなエネルギーである天然ガス資源としてのメタンハイドレート (以下 MH と称す)が注目されている. 日本近海の MH の埋蔵量について は,日本の1年間の天然ガス消費量の約100年分(約6兆m³)に相当する²⁾ と予測されている.現在,有力な MH の産出方法として減圧法が提唱され ているが,出砂の問題や回収率の少なさといった問題が挙げられており, それらを解決する産出方法として加熱法との併用が提唱されている.加熱 法に関する研究データが少ないことから,本研究では,加熱法による細粒 分含有率が異なる砂中の MH 分解における温度・圧力挙動を把握すること を目的とした.

2. 用いた試料

供試体の構成砂として豊浦砂と, MH が多く存在する粒度を模擬した T_b, T_cを用いた³. これらの粒度分布と実地盤における MH 濃集層における粒 度分布の範囲を図1に示す. MH 飽和率 *S_{MH}* (%)を次式で定義している.

$$S_{MH}(\%) = \frac{V_{MH}}{V_V} \times 100$$
 (1)

ここで、VMHはMHの体積、Vvは間隙の体積である.

上記の試料に目標の MH 飽和率となるよう適量の水を混ぜ, MH を生成 した. MH 加熱分解実験は, 平面ひずみ条件で行った.本研究では図 2 の ように,温度計測は,供試体下端から,A:30mm,B:60mm,C:120mm, D:150mm の位置で熱電対 4 本により行った.圧力測定は,供試体下部及び 供試体試上部で行った.加熱分解実験中は,上部シリンジポンプを用いて 圧力を保持した.供試体サイズは,高さ 160mm,幅 60mm,奥行き 80mm であり,間隙率は 40%とした.初期条件は温度 10℃,背圧 10MPa,有効 拘束圧 3MPa とした.供試体下端より 20mm 下の位置からペデスタルヒー ター2 本により加熱温度 80℃で MH の加熱分解実験を行った.

3. 加熱法による MH 分解実験結果

T_cを一例として実験結果を示す. MH 含有砂と MH を含まない試料の各 熱電対位置における温度変化の比較を図 3 に示す. MH の有無により温度 上昇にかかる時間や経路が異なることが分かる. MH を含まない場合, 熱 電対の温度挙動は一様に上昇した. 他の試料にも同様の挙動を示し,各試



図.1 用いた試料の粒度分布と MH濃集層の粒度分布の範囲







料間にほとんど差異は見られなかった.それに対して,MH含有砂の 熱電対 C,Dに顕著に表れているが,MH安定境界線付近において温 度が一定時間低下または停滞している箇所が見られる.これは,MH の分解する際に生じる吸熱反応による温度変化が原因と考えられる.

MH 含有砂である T_cの供試体の圧力挙動と 10MPa におけるメタン ガス産出量の時間変化を図4に示す.メタンガス産出量が著しく増加 する瞬間と供試体下部の圧力が下がる瞬間が同時刻に観測された.こ れは再生成等により間隙の連続性を失わせていた MH が分解し,供試 体下部に留まっていたメタンガスが供試体上部に移動することで供 試体下部の圧力が下がり,メタンガス産出量が増加したものと考えら れる.他の試料も同様な挙動を示した.

MH 分解過程における T_cの熱電対 B, C, D の温度圧力関係について 図 5 に示す. 圧力上昇時に熱電対 C, D ともに MH 安定領域内, 熱電 対 B では安定領域外である. このことから MH による閉塞位置は供試 体高さ 60mm~120mmの位置で MH による閉塞が生じたと考えられる.

細粒分含有率とメタンガス産出終了時間・下部における最大間隙圧 の関係を図6に示す.細粒分含有率が低くなるにつれ、メタンガス産 出終了時間は遅くなり、下部の最大間隙圧は高くなる傾向にある.考 えられる原因は、細粒分含有率が低いほど、浸透性が良くなるため、 下部で発生したメタンガスが急速に MH 安定領域内の上部に移動す る.MH の再生成と初期から存在する MH により、間隙の閉塞領域が 拡がるためと考えられる.閉塞領域の温度が MH 安定領域外となった 場合でも、より厚い閉塞領域は、閉塞を促している MH の分解に時間 を要し、最大間隙圧が高くなったと考えられる.

4. まとめ

結果として,MHの存在によって温度挙動が複雑に変化し,MHを 含まない場合は,各試料を比較しても温度挙動に差異がほとんどなか った.供試体上部と下部の間で間隙の連続性が失われ,差圧が生じた. 供試体上部と下部の差圧が解消される時間とメタンガス産出量が増 加する時間が一致した.メタンガス産出終了時間,供試体上部と下部 で生じる差圧の大きさ,MH安定境界線上を推移する熱電対位置が細 粒分の影響を受けることが分かった.これらことから,MHの存在 によって温度挙動や圧力挙動が変化し,MHによる間隙の閉塞位置は,





図.5 MH 分解過程における T_oの熱電対 B, C, D の温度圧力関係



了時間・最大間隙圧の関係

細粒分含有率が低くなるにつれて、供試体高さ方向に高くなり、より厚い閉塞領域となることで、それらの分解に 時間がかかることが示唆された.

参考文献

1)日本のエネルギーのいま 経済産業省

http://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/energy_policy/energy2014/kadai/index.html 2017.02.06

 2)統計局ホームページ/世界の統計 2016 人口上位 20 か国の推移<u>http://www.stat.go.jp/data/sekai/0116.html</u> 2017.02.06
3)鈴木清史,海老沼孝郎,成田英夫,メタンハイドレートを胚胎する砂質堆積物の特徴とメタンハイドレート胚胎 メカニズムへの影響,地學雑誌 118(5),899-912