

コア試験と高速 X 線 CT による砂質メタンハイドレート堆積物の分解実験

Experimental studies of dissociation behaviors of hydrate-bearing sand by core tests and rapid-scanning X-ray CT imaging

海老沼 孝郎 [1]; 大山 裕之 [1]; 内海 崇 [1]; 鈴木 清史 [1]; 長尾 二郎 [2]; 成田 英夫 [3]

Takao Ebinuma[1]; Hiroyuki Oyama[1]; Takashi Uchiyumi[1]; Kiyofumi Suzuki[1]; Jiro Nagao[2]; Hideo Narita[3]

[1] 産総研メタンハイドレート研究ラボ; [2] 産総研メタンハイドレート研究ラボ

; [3] 産総研メタンハイドレート研究ラボ

[1] MHRL, AIST; [2] MHRL, AIST; [3] MHRL, AIST

メタンハイドレートは、新しい天然ガス資源として期待されている。様々な態様のメタンハイドレートが報告されているけれども、資源開発の対象としては、高い浸透性が期待される砂勝ち層の孔隙にメタンハイドレートが存在する産状が適すると考えられている。東部南海トラフで発見されたメタンハイドレート層は、タービダイト起源の砂泥互層であり、特に砂勝ち層の孔隙に微細なメタンハイドレートが存在する。メタンハイドレート層は、大水深であるけれども海底からの深度が浅いために、固結した砂岩を貯留層とする在来型の石油・天然ガスと異なり、未固結である。このような砂質孔隙充填型のメタンハイドレート層からメタンガスを生産するために、砂勝ち層の高い浸透性を利用して、原位置でメタンハイドレートを分解させ、分解ガスを採取する方法が研究されている。メタンハイドレートを分解させる具体的な方法としては、メタンハイドレートの生成平衡条件を基礎として、地層の孔隙圧を平衡圧より低い圧力まで減圧する方法、平衡温度より高い温度まで地層を加熱する方法、メタンハイドレートの生成平衡条件を遷移させる分解促進剤の利用などが考えられる。

メタンハイドレートからメタンガスを生産する手法を開発するためには、地層内におけるメタンハイドレートの分解挙動と、その分解により発生するメタンガスと水が坑井へ向けて流れる過程を明らかにすることが重要である。このために、砂質孔隙充填型のメタンハイドレート堆積物を人工的に作製する手法を開発し、減圧、加熱等により孔隙内のメタンハイドレートを分解させるコア試験を実施した。コア試験には、コアホルダー型圧力容器が用いられた。上部の地層による上載荷重が作用するメタンハイドレート層の現位置条件を再現するために、ラバースリーブを介してコア試料に周圧が付加された。メタンハイドレートの安定性に関わる孔隙圧は、周圧とは独立に制御された。また、メタンハイドレートの安定性に対する温度の影響が大きいことから、試料温度を精度よく制御するために、コアホルダーの外側にブライン循環槽が取り付けられた。コア試験は、コア内部の多点の温度と圧力の時間変化を測定する実験と、高速 X 線 CT 装置によりメタンハイドレートの分解過程を可視化観測する実験に大別される。使用した高速 X 線 CT 装置は、分解能 250 μm 、スキャン速度 40 秒/回、スキャン間隔 2 分で連続観測が可能である。いずれのコア試験においても、減圧法、坑井からの伝熱による加熱を想定した端面加熱法、坑井から地層へ温水を圧入することを想定した温水圧入法の実施が可能である。

減圧法によるメタンハイドレートの分解では、コア試料は、低下した圧力に対する生成平衡温度まで冷却された。冷却後のメタンハイドレートの分解は、コア周囲からの伝熱に律速されて進行した。高速 X 線 CT 装置を用いたコア試験では、コア試料に熱が供給されるコア外周部においてメタンハイドレートの分解が先行し、コア内部の温度と圧力の測定結果と一致する分解挙動が可視化観測された。これらの解析から、減圧法においても、メタンハイドレートの分解には熱の流れが重要なことが確認された。また、孔隙圧を 2.6MPa 以下まで減圧すると、メタンハイドレートの生成平衡温度が氷点下となるため、間隙水の凍結を伴う特徴的なメタンハイドレートの分解挙動が観測された。

端面加熱法によるメタンハイドレートの分解では、高速 X 線 CT 装置を用いた可視化観測により、メタンハイドレート分解領域の先端に明瞭なフロントが形成され、加熱端から対向端へ向けて一方向に移動することが分かった。メタンハイドレートの分解速度は、加熱端の温度に依存するけれども、減圧法より小さい傾向を示した。

温水圧入法のコア試験では、コア片側端面から、一定流量で温水が圧入された。高速 X 線 CT 装置による可視化観測によると、圧入された温水の前面にガス溜まりが形成され、圧入された温水とともに対向端へ向けて移動した。温水の温度と圧入流量によっては、この過程で温水の圧入圧が大きく上昇した。これは、ガス溜まりの前面において、メタンガスと間隙水によりメタンハイドレートが再生成し、浸透率が低下するためと考えられた。メタンガスの産出レートは、ガス溜まりが対向端へ達した後に急激に増大した。

本発表では、高速 X 線 CT 装置による可視化観測を含むコア試験結果をまとめて報告し、減圧と加熱による各種分解手法の特徴を明らかにする。

本研究は、独立行政法人産業技術総合研究所が経済産業省資源エネルギー庁より受託したメタンハイドレート資源開発生産手法開発に係わる研究の一部として実施された。