

メタンハイドレート胚胎堆積物の孔隙径分布と浸透率の関係

Relation between Permeability and Pore-Size Distribution of Methane Hydrate Bearing Sediments

皆川 秀紀 [1]; 西川 泰則 [1]; 池田 育子 [1]; 宮崎 晋行 [1]; 高原 直也 [2]; 坂本 靖英 [3]; 駒井 武 [4]; 成田 英夫 [5]
Hideki Minagawa[1]; Yosunori Nishikawa[1]; Ikuko Ikeda[1]; Kuniyuki Miyazaki[1]; Naoya Takahara[2]; Yasuhide Sakamoto[3]; Takeshi Komai[4]; Hideo Narita[5]

[1] 産総研メタンハイドレート研究ラボ; [2] 産総研・MH ラボ; [3] 産総研・地圏資源; [4] 産総研・地圏; [5] 産総研メタンハイドレート研究ラボ

[1] MHRL, AIST; [2] MH Lab., AIST; [3] GREEN, AIST; [4] Green, AIST; [5] MHRL, AIST

[研究背景]

海底や永久凍土層に埋蔵されているメタンハイドレートは従来とは異なるメタン資源として期待されている。2004年南海トラフにおける基礎試錐において、メタンハイドレートがタービダイト層を構成する砂泥互層中の砂層孔隙内に胚胎していることが報告されている。さらに、砂層の粒径分布測定から medium grain と very fine から fine grain までの砂で構成されていることが明らかとなっている。一般に天然 MH 堆積物層からのメタンガス生産においては未固結堆積物のガス浸透率と水浸透率が生産効率を見積もるための重要な因子である。浸透率は通常、空気や水、あるいは油などの流体を堆積物に通水し差圧を測定することで Darcy 則により解析する。このような実際の測定の他に、石油・ガス貯留岩などの固結堆積物を対象に水銀圧入法や核磁気共鳴 (NMR) を用いた CMR により測定した孔隙径分布から浸透率を算出する経験式などが提唱されている。実際の MH 生産の井口での浸透率測定においては、コアリングにより各部位から採取した堆積物の浸透率の実測値と検層における CMR 等の孔隙率・孔隙径分布測定から浸透率が概算されている。

本研究では以上の観点から、これら天然 MH 堆積物、とりわけ細粒砂を含有する未固結堆積物の浸透率と、孔隙率・孔隙径分布との相関性を実測値と NMR からの解析結果から明らかにすることを目的とする。

[実験]

堆積物の浸透率測定及び孔隙径分布測定は核磁気共鳴装置搭載型浸透率測定用実験装置 (透視型高圧浸透率特性評価装置) を用いた。本装置は大別すると、NMR 本体 (MARAN Ultra-2 (Resonance Research, Inc.)) と模擬 MH 堆積層を含む静水圧型コアホルダーから構成されており、通水による浸透率測定と Carr-Purcell-Meiboom-Gill (CPMG) 法による孔隙径分布測定を同時に行うことが可能である。また孔隙径分布に関しては NMR 測定とは別に水銀ポロシメーターによる測定も行い、NMR 測定結果との比較を行った。

堆積物は7号珪砂 (平均粒径 195 μm) を母材として、ファインサンド (平均粒径 17.5 μm) の比率を変えて均一混合した試料を用いた。

[結果と考察]

水銀ポロシメーターと NMR 測定による孔隙径分布を比較すると、概して前者より後者の分布の幅が大きい。すなわち、NMR 測定による装置関数が孔隙径分布を過大評価する傾向にあると言える。孔隙径の形状によって若干の誤差を生じるが、光学顕微鏡観察結果を基に本研究では、水銀ポロシメーターによって得られる孔隙径分布が真の分布であり、NMR 測定によって得られた孔隙径分布は、真の孔隙径分布を変換 (畳み込み積分) することによって得られると仮定した。この過程に基づき、NMR 測定によって得られた孔隙径分布を逆変換 (逆畳み込み積分) することで、高分解能の孔隙径分布を求め出すことを試みた。その結果、細粒砂混合堆積物に関しては、7号珪砂に対するファインサンドの混合比が増加すると、7号珪砂とファインサンドとで形成される孔隙径分布を推定することができた。浸透率の実測値と NMR スペクトルを基に SDR 解析から算出した浸透率の値の相違は一桁未満であった。また、7号珪砂に対するファインサンドの比率の変化に伴う両者の浸透率の変化の傾向は一致した。さらに、逆変換によって算出された孔隙径分布スペクトルを SDR 解析した結果は、浸透率の実測値とほぼ一致し、両者の差は2倍程度であった。孔隙径分布の精度の向上が、浸透率の解析値の精度を向上させたものと考えられる。

逆変換を利用した孔隙径分布解析を行うことで MH 堆積物に関しては MH 生成後、MH 生成に伴う孔隙径分布の形成、および MH 分解時、MH 生成に伴って形成された孔隙径分布・孔隙率の変化を解析的に求め出すことができた。MH 飽和率に対する浸透率変化と、見かけ上の孔隙径分布変化を考慮することで、MH 胚胎状態・MH 分解過程を各種理論式と比較・検討した。その結果、本実験結果は MH 飽和率と浸透率の変化の傾向が Lawrence Berkley Model と Matsuda Model の結果に類似していることが分かった。

[まとめ]

NMR による孔隙径分布・孔隙率測定と、浸透率測定を同時におこなうことで、細粒砂が孔隙に充填する過程での浸透率の変化を調べた。さらに孔隙径分布解析に用いた NMR スペクトルを変換することで孔隙径分布変化を高分解能で解析し、浸透率の実測値に近い解析値を得た。また MH 胚胎堆積物に関して、同様の解析法を用いることで、MH 分解に伴う孔隙径分布変化を詳細に解析することが出来た。

謝辞

本研究は経済産業省資源エネルギー庁より独立行政法人産業技術総合研究所が受託した「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。