

溶存メタンセンサーによる地層内メタン濃度測定
その2 幌延における孔内測定試験

山口大学工学部 正会員 兵動 正幸 北海道大学大学院 大賀 光太郎
日本原子力研究開発機構 國丸 貴紀 三井住友建設 正会員 山本 陽一
サンコーコンサルタント 正会員○佐々木 勝司 CAPSUM Technologie Michel Masson

1. はじめに

本研究を実施する北海道幌延町では、日本原子力研究開発機構により高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究・開発の一環として、深地層の科学的研究に関する各種の調査・研究の他、地下研究施設の建設が予定されている¹⁾。また、これまでに実施された試錐調査ではメタンを主成分とするガスを包蔵する堆積岩の存在が明らかとなっている¹⁾。このため、地下施設の建設や調査研究においてメタンガスの影響が懸念されており、地下水中の溶存メタンガス濃度を正確に計測する必要がある。そこで、著者らは高濃度に溶存する地層内のメタンガス濃度の測定が可能なセンサーを開発中である^{2),3),4)}。ここでは、試錐孔を用いた溶存メタンガス濃度の測定手法およびモニタリング機器としての溶存メタンセンサーの適用性確認と課題の抽出、試錐孔内のメタンガス濃度プロファイルの作成を目的として実施した原位置試験結果について報告する。

2. 孔内測定試験概要

試験は日本原子力研究開発機構が所有する試錐孔にて行った（図-1）。試錐孔の最大深度はGL-520mで溶存メタンセンサーによる測定は、GL-88mとGL-490mの2深度で行った。また、試錐孔内のメタンガス濃度分布を把握し溶存メタンセンサー測定値と比較する目的で試錐孔内の採水もあわせて実施した。ガスの水への溶解は温度と圧力に依存することから、採水は原位置の圧力を保持した状態でサンプリング可能な採水器を用いて行った。溶存メタンセンサーに対する室内試験⁴⁾から、安定した測定のためにはメンブレン表面に水流を与える必要があること等の膜透過特性の水流依存性が明らかになっていることから、水流発生装置と溶存メタンセンサーを組み合わせたプローブを試作して、これを孔内に投入して測定を行った。

3. 孔内試験結果

（1）採水試料のガス分析結果

表-1 に採水試料のガス分析結果を示す。孔内の溶存ガス

キーワード メタンセンサー，孔内試験，採水，溶存メタン

連絡先 〒136-8522 東京都江東区亀戸 1-8-9 サンコーコンサルタント（株）岩盤工学研究室 TEL 03-3683-7139

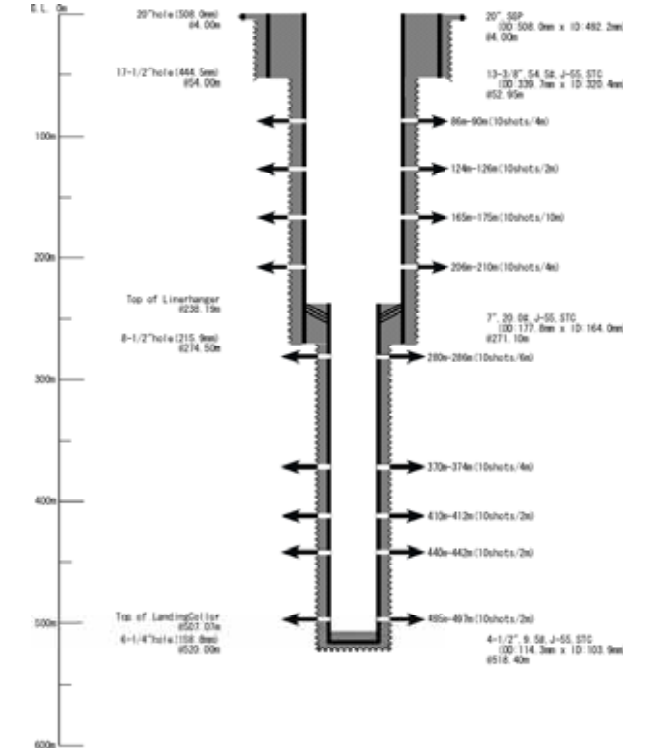


図-1 試錐孔のケーシングプログラム

表-1 採水試料ガス分析結果

採取日	深度 GL m	ガス・水比	ガス組成			CH ₄ 溶存濃度	
			CH ₄ %	CO ₂ %	N ₂ %	サンプル mmol/l	飽和 mmol/l
07-Aug-05	-8.9	0.065	79.8	0.3	18.3	2.1	3.1
07-Aug-05	-88.0	0.352	85.8	0.4	13.8	12.3	16.5
03-Aug-05	-173.5	0.550	82.0	0.6	8.3	18.3	28.7
03-Aug-05	-175.0	0.606	80.5	0.4	19.1	19.8	28.9
07-Aug-05	-220.0	0.798	89.0	1.0	8.1	28.9	34.4
08-Aug-05	-283.0	0.632	89.9	0.8	8.7	23.1	41.0
08-Aug-05	-496.0	1.240	91.2	1.1	7.0	46.0	60.0
08-Aug-05	-496.0	1.254	89.7	1.0	6.9	45.7	60.0
20-Nov-05	-88.0	0.260	88.7	0.6	10.6	9.9	16.5
20-Nov-05	-372.0	0.730	91.0	1.0	8.0	28.6	49.8
20-Nov-05	-490.0	1.110	91.3	0.8	7.5	43.7	59.1

スの約 80%～90%はメタンで占められている。溶存メタン濃度はヘンリーの法則に基づく理論上の飽和濃度に対して約 60%～80%程度の飽和度と、孔内は高濃度のメタンガスが溶解している状態にある。

（2）溶存メタンセンサーによる測定結果

図-2 に、孔内深度 GL-490m において実施した溶存メタンセンサーの測定結果をセンサー出力電圧とメタン濃度の関係により示す。このケースでは、約 50 時間で完全な平衡状態に達した。平衡後に測定時間 65 時間で水流を停止したが、その後の測定値も安定した一定値を示した。センサーの測定値はこの深度のメタン濃度が 47mmol/l であることを示している。

比濃度に対して、GL-88m と GL-490m の孔内測定結果と水流 10ml/min, 90ml/min の条件で実施した室内試験結果^{3), 4)}を図-3 (a), (b) にそれぞれ比較して示した。室内試験³⁾から比濃度と測定時間の間には、試料の溶存メタン濃度に係らず一義的な関係が存在しており、平衡状態に至る過程においてセンサーで計測される濃度変化はガス濃度またはガス分圧に比例することが明らかとなっている。図-3 の比濃度の比較から、いずれの測定結果も 90ml/min の条件で実施した室内試験結果と良好な対応を示している。したがって、センサー分離膜界面における水流の状態はこの室内試験と今回実施した孔内試験でほぼ同等の条件になっていると推察される。このように、比濃度に見られるセンサー測定値の良好な対応は、膜表面の水流の条件が等しい場合には、既知の測定結果とのフィッティング等により平衡に至る途中段階で平衡後の濃度つまり原位置のメタン濃度をある程度の誤差内で推定可能であることを意味しており、検層式の孔内ガス調査への溶存メタンセンサーの適用に関して調査の効率化の可能性を示している。

(3) 採水ガス分析結果とセンサー測定値の比較

図-4 は、封圧採水試料に対するガス分析結果から得られた溶存メタン濃度とセンサー出力濃度とを比較している。測定深度の溶存メタン濃度はセンサー測定結果と採水分析結果で良い一致を示しており、センサーの精度として十分な性能を有していることが明らかとなった。

4. おわりに

今回行った試験から、開発した溶存メタンセンサーは、十分な測定精度を示し平衡後の挙動も安定していることから、地層内メタンのモニタリング機器としての適用性を有しているものと考えられる。ただし、検層式の孔内ガス調査を対象とした場合には、センサーの応答性能を向上させて測定時間の短縮等、調査の効率化を図る必要があると考える。今後、センサーの膜表面積を可能な範囲で増やす等、溶存メタンセンサーの更なる改良を継続して行う予定である。

なお、本研究は平成 17 年度日本原子力研究開発機構先行基礎工学研究として実施したものである。

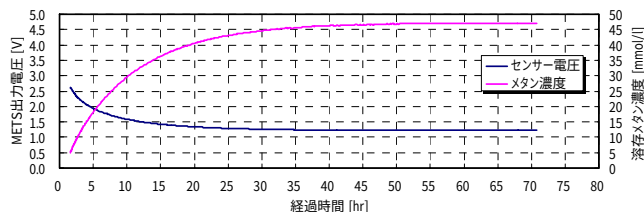
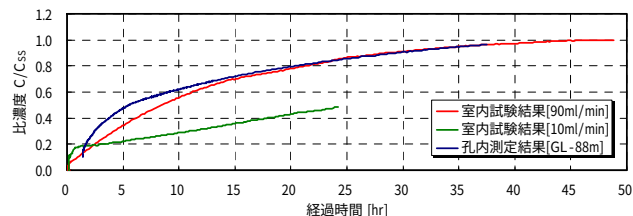
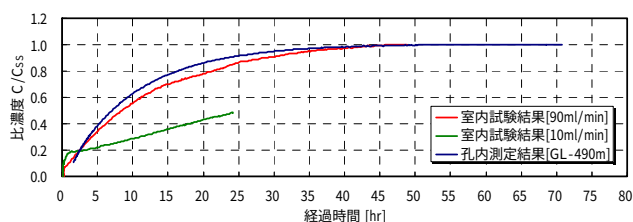


図-2 センサー測定結果 (GL-490m)



(a) GL-88m



(b) GL-490m

図-3 比濃度に対する室内および孔内測定結果の比較

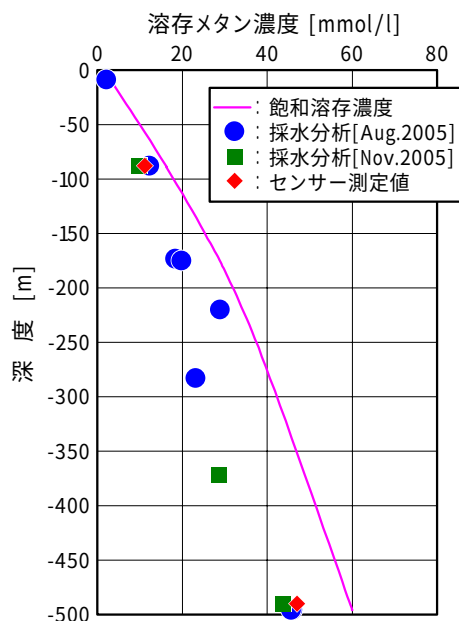


図-4 溶存メタン濃度の比較

【参考文献】

- 1) 浴・山崎：核燃料サイクル開発機構が進める深地層の科学的研究の現状（その2）、物理探査，Vol.57, No.4, pp.373-382, 2004
- 2) 兵動他：溶存メタンセンサーによる原位置メタン量測定法に関する研究—センサー基本性能確認のための室内試験—，日本応用地質学会研究発表会講演論文集，pp.405-406, 2005.
- 3) 兵動他：地層内溶存メタン測定のためのセンサー開発とその諸特性について，地盤工学研究発表会講演集，2006.
- 4) 兵動他：溶存メタンセンサーによる地層内メタン濃度測定その1 測定値に及ぼすガス種，水流の影響，土木学会年次学術講演会講演概要集，2006.