

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

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

地下深部における地層内でガスは地下水に溶解した状態で存在している。このような状態で存在するメタンガスのモニタリングに関するセンサー開発は十分に進んでおらず、観測可能なセンサーが存在しないのが実情である。そこで、著者らは地下水中に溶解しているメタンガス測定が可能なセンサーの開発とその適用性について検討を進めている^{1), 2)}。本報告では、開発した溶存メタンセンサーの室内実験結果を示し、測定値に及ぼす水流およびメタンガス以外のガスが混入した場合の影響について明らかにする。

2. 溶存メタンセンサーの概要

本研究では、海域におけるメタンハイドレートの賦存調査等で使用事例がある CAPSUM 社（ドイツ）製の溶存メタンセンサーをベースに、飽和濃度相当のメタンガスが溶存する地下水中のメタン濃度測定が可能なセンサーを製作した（図-1）。その測定原理は、メンブレン（分離膜）を介して水中の溶存メタンガスを気化分離させ、分離したメタンガスをセンサー内のガス検出器で測定するものである。ガス検出器には熱伝導率型の検出器を用いており、メタンガス分圧を直接測定するものとなっている。溶存濃度はヘンリーの法則に従うものとしてガス分圧と温度から換算して求められる。また、深度 1000m までの飽和濃度相当の溶存メタンガス測定を可能とするよう、測定レンジは 2mmol/l～150mmol/l に設定した。

3. 室内試験装置

図-2 に室内試験装置の系統図を示す。この試験装置は、溶媒としての水に所定の圧力下でガスを溶解させる溶解槽、定流量ポンプ（max100ml/min）、溶存メタンセンサーを設置する圧力容器を基本構成とし、径路中にはガス分析のための試料採取管、圧力容器内には温度・圧力測定のための温度・圧力センサー（max10MPa）が配置されている。溶解槽には、ガスの溶解を効率的に行うためモーター制御の攪拌翼を取り付けている。

キーワード メタンセンサー、溶存メタン、分離膜、二酸化炭素、濃度

連絡先 〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 三井住友建設（株）技術研究所 TEL 04-7140-5200

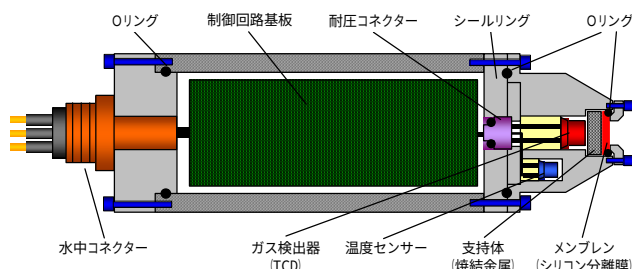


図-1 センサー構造の概略

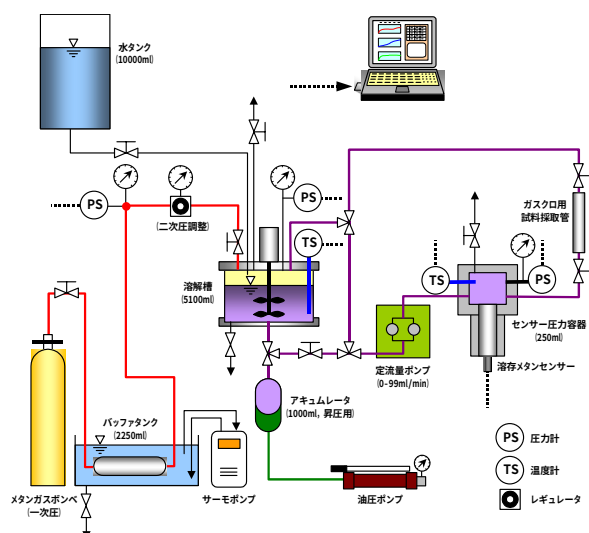


図-2 試験装置系統図

4. 試験結果および考察

（1）水流の影響

図-3 は、11mmol/l の濃度でメタンガスを溶解させた水を 10ml/min と 90ml/min の条件で循環させた時のセンサー出力濃度の変化を比較して示している。図から、流速によりセンサーの反応性は変化することが分かる。これに関して、分離膜のガス透過性との密接な関係が指摘できるが、田中ら³⁾は同種の分離膜の溶存メタン透過性に関する試験から、溶存メタンに対する透過係数は供給水流量の増加とともに増加し、流量の少ない範囲では比例的であることを明らかにしている。また、この膜透過特性の水流依存性は、液相側の膜表面近傍に存在する境

膜物質移動抵抗の影響であることが分かってきている。

(2) メタン以外のガス混入の影響

溶存メタンセンサーは、膜を介して溶液中の気体であればその種類を問わずにセンサー内に透過させる。このため、メタン以外のガスが混入した場合のセンサー出力に及ぼす影響が懸念される。そこで、メタン、二酸化炭素、窒素の3種類のガスについて、ガス圧を変化させて検出器の出力変化を調べた。試験は、圧力容器内にメタンセンサーを設置した状態でガス圧力およびガス種を変化させて行った。図-4は、これら3種類のガスそれぞれ100%におけるガス圧とセンサーの出力濃度の関係を示している。メタンについては、ガス分圧と濃度には正の比例関係が成立している。これに対して、二酸化炭素と窒素では、ガス分圧 20atm 程度まではセンサー出力の変化はほとんど無く、これ以上の分圧でセンサーへの影響が生じる結果となっている。20atm 以上の同じ分圧において、二酸化炭素の方が窒素よりも影響の割合は大きい。このことから、メタンセンサーに使用している TCD 型の検出器は、測定の対象としているメタンガスに特化してその分圧を正確に測定できることが理解できる。

図-5は、圧力容器内に、まずメタン 100%, 10.8atm の状態から所定の混合率になるよう二酸化炭素を混入させていった時の二酸化炭素の分圧比とセンサー出力に対する濃度比の関係を示している。センサーの出力濃度は二酸化炭素の分圧比が 0.6 まではほとんど変化しておらず、二酸化炭素混入による影響は生じていないと考えることができる。二酸化炭素の分圧比が 0.78 と高い場合には、濃度比で約 2.3 と二酸化炭素混入による影響が認められる。これらのことから、地下水中にメタン以外のガスが混入している場合でも、メタンが主体である場合には、ガス混入の影響は少ないと考えられる。例えば、メタンガス 70%, 二酸化炭素が 30% の場合には、深度 700m までは二酸化炭素の分圧は最大でも $70\text{atm} \times 0.3 = 21\text{atm}$ となるので、図-4の結果から数パーセントの誤差内に入るものと考えられる。

5. おわりに

今回行った試験から、溶存メタンセンサーの反応性において膜の透過特性に依存する膜表面の水流の影響が顕著であることを確認した。また、二酸化炭素等メタン以外のガス混入による測定値の影響は少ないことが分かった。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。

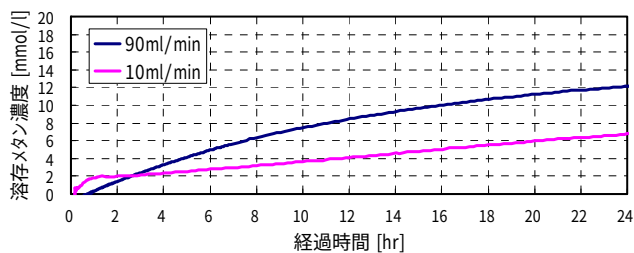


図-3 センサー出力濃度に及ぼす水流の影響

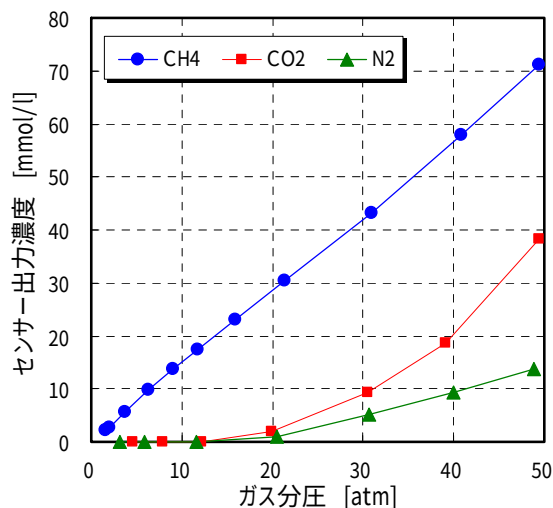


図-4 センサーの出力濃度に及ぼすガス種の影響

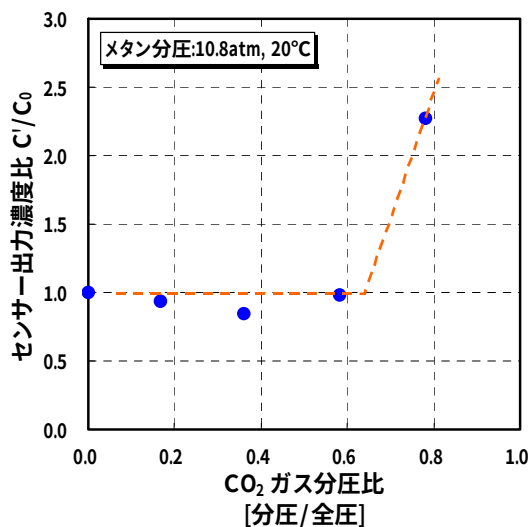


図-5 二酸化炭素混入による分圧比と濃度比の変化
(C_0 : メタン分圧 10.8atm で CO_2 分圧 0atm の時のセンサー出力濃度, C' : CO_2 混入時のセンサー出力濃度)

【参考文献】

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 田中他：水中溶存メタン濃度のモニタリングに用いる分離膜のメタン透過性, 資源素材学会秋季大会, pp.263-264, 2003.