

微生物固化によるメタンハイドレートからメタンガス回収支援手法の検討

富山県立大学 ○学生会員 岩田 悠介 正会員 畠 俊郎
産業技術総合研究所 非会員 米田 純 JOGMEC 正会員 山本晃司

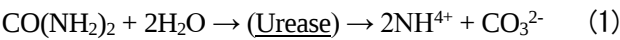
1. はじめに

近年、日本近海の海底に多く賦存するメタンハイドレート（以下 MH）が新たな天然ガス資源として注目されている。日本近海に賦存する MH は大きく砂層型と表層型に分けられる。砂層型は海底砂層に氷状の固体で存在しており、MH を水とメタンガスに分離することで回収する技術として減圧法が注目されている。減圧法では、ガス・水生産に伴って発生する出砂による生産障害が懸念されている。メタンガスの安定生産を目指す上で、分解に伴う出砂を抑制する微生物由来の新しい対策技術について検討した結果を報告する。

2. 目的

本件では、MH 生産時に出砂が想定されている砂層を対象とし、微生物由来の酵素（ウレアーゼ）により生産される炭酸カルシウムを MH 胚胎層の間隙中に析出させ透水性の低下や強度増進効果を期待している。本研究で使用する微生物として、高いウレアーゼ活性を有する *Sporosarcina pasteurii*（以下 *S.pasteurii*）、*S.pasteurii* よりも低いウレアーゼ活性を有する *Sporosarcina aquimarina*（以下 *S.aquimarina*）、また太平洋深海底において 2012 年に採取した圧力コア由来の微生物 *Sporosarcina newyorkensis*（以下 *S.newyorkensis*）を選定した。微生物の代謝機能による炭酸カルシウム析出のメカニズムを式(1)、(2)示す。

〈尿素の加水分解〉



〈炭酸カルシウム析出〉



ウレアーゼ活性陽性微生物に固化成分（尿素、塩化カルシウム）を含む固化溶液を添加することで炭酸カルシウムが析出する。

3. 試験方法

本研究の流れを図-1 に示す。対象砂層として珪砂 8 号を選定し、相対密度 50%に調整した φ5.3 cm、H15 cm の供試体を作製した。この供試体に微生物の培養液を供試体の間隙体積分通水した後、表-1 に示す固化溶液を一定の負圧（水頭差 50 cm 相当）で断続的に通水させ微生物の代謝機能により析出する炭酸カルシウムが透水性の低下に与える影響を検証した。試験中は通水した固化溶液量を測定し、ダルシー則を用いて透水係数の算出を行った。試験終了は初期の透水係数から概ね 2 桁程度低下するまでとした。試験後、供試体内の炭酸カルシウム析出分布を把握することを目的として X 線 CT 撮影を行った。また、供試体内の炭酸カルシウム析出率や強度に与える影響を明らかにすることを目的としてコーン貫入試験を行った。その後、強度増加の要因と考えられる供試体内での炭酸カルシウム析出量の測定を行うため、0.50 mol/L の塩酸を用いて炭酸カルシウムを酸分解処理し、酸分解前後の質量差から炭酸カルシウム析出率を算出した。

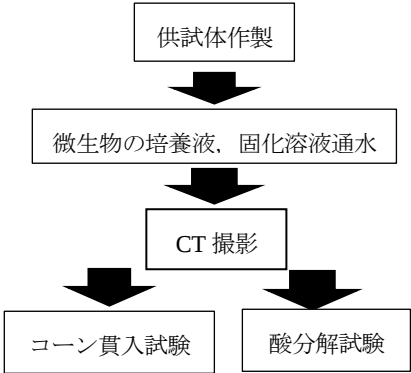


図-1 実験フローチャート

表-1 固化溶液組成

試薬名	容量
Nutrient Broth	3.00 g
NH ₄ Cl	10.0 g
NaHCO ₃	2.12 g
CO(NH ₂) ₂	18.02 g
CaCl ₂	33.29 g
純水	1000 ml
CO(NH ₂) ₂ , CaCl ₂ 濃度	0.30 mol/L

表-2 試験条件

使用微生物	<i>S.pasteurii</i> <i>S.aquimarina</i> <i>S.newyorkensis</i>
砂種	東北珪砂 8 号
砂量	432 g
相対密度 Dr	50 %
負圧	-0.005 Mpa（流速 4.4 ml/min）
固化溶液濃度	0.30 mol/L

4. 研究結果

4.1 断続透水固化試験結果

本試験では, *S.pasteurii*, *S.aquimarina*, *S.newyorkensis* の3種を用いた透水試験を行った. 各試験ケースにおける経過日数と透水係数の関係を図-2, 間隙体積に対する通水量と透水係数の関係を図-3にそれぞれ示す.

図-3中のPVとはPore volumeの略である. 全てのケースで時間経過に伴い, 透水係数の低下が確認できた. 透水係数の2桁低下までの通水量を比較すると, *S.pasteurii*と*S.aquimarina*, *S.newyorkensis*で約2倍の差が認められた. この原因として, 酵素活性値の違いが考えられる. *S.pasteurii*の酵素活性値は約1500 U/L, *S.aquimarina*は約300 U/L, *S.newyorkensis*は約500 U/Lである. そのため, 微生物種に適した通水量(通水速度)を設定する必要がある.

4.2 CT撮影

X線CT撮影の結果, *S.pasteurii*の供試体は下側から約1cmあたりに高密度体が確認された. これは炭酸カルシウムが集中的に析出したためと考えられる. また, *S.newyorkensis*の供試体下部にも高密度の部分が見られた. 一方で, 同程度の透水性低下が確認されている*S.aquimarina*は局地的な固化が認められず, 均質な密度変化が確認された.

4.3 コーン貫入試験および酸分解試験結果

CT撮影後の供試体を対象に, 供試体の上部, 下部についてコーン貫入試験を行った. 試験は, ピーク強度が確認されるまでもしくは貫入深さが約15mmに達した時点で終了とした. 結果を図-4, 5に示す. 特に*S.newyorkensis*下部(in)のピーク強度が他と比べて高い結果となった. また, 酸分解試験の結果より, 全砂量に対する炭酸カルシウムの析出率は*S.pasteurii*は3.6%, *S.aquimarina*は3.8%, *S.newyorkensis*は9.35%となった. 初期の乾燥密度は1.31 g/cm³, 試験後の*S.pasteurii*は1.36 g/cm³, *S.aquimarina*は1.35 g/cm³, *S.newyorkensis*は1.44 g/cm³なった.

5. まとめ

異なる酵素活性を持つ微生物を用いても通水量を増やすことで炭酸カルシウムの析出由来と考えられる透水係数の低下およびコーン貫入強度の増進を確認することができた. 酵素活性値が高いほど, 少ない日数・固化溶液添加量で透水性低下・強度増進効果を得ることができた.

謝辞: 本研究は, 経済産業省「国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業(メタンハイドレートの研究開発)・生産手法開発に関する研究開発」の一部として実施された. 記して謝意を表する次第である.

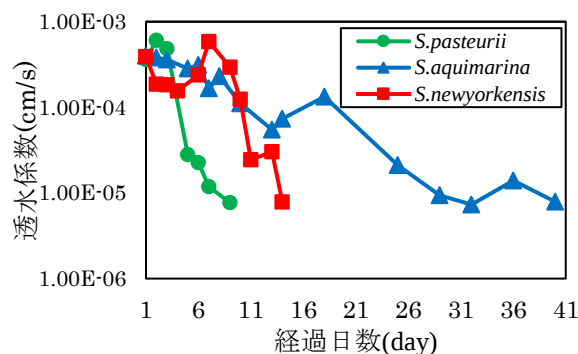


図-2 経過日数あたりの透水係数の変化

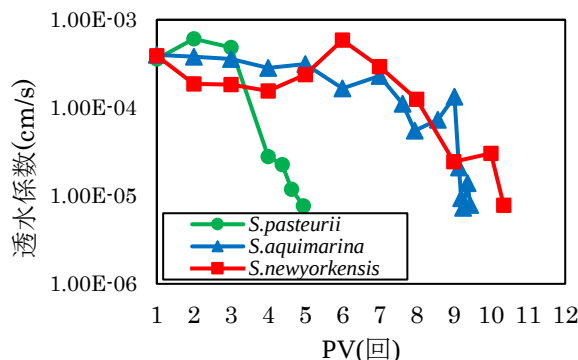


図-3 PVあたりの透水係数の変化

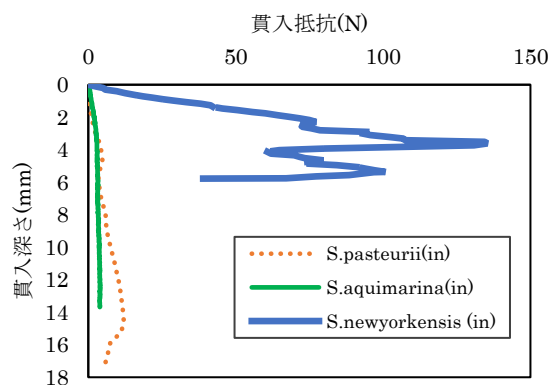


図-4 コーン貫入試験結果 供試体下部 (in)

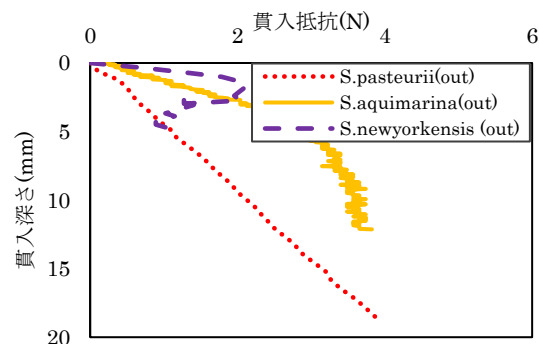


図-5 コーン貫入試験結果 供試体上部 (out)