

# 日本海側と太平洋側由来の微生物を用いた模擬タービダイトの固化に関する研究

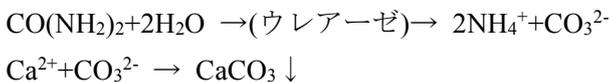
富山県立大学 学生会員 ○山本 健太  
 富山県立大学 正会員 畠 俊郎  
 高知大学 安田 尚登

## 1. はじめに

人間の産業活動に伴う温室効果ガス排出が原因で地球温暖化が社会問題となっている。また、近年石油や石炭に代わる次世代のエネルギーとしてメタンハイドレートが注目されはじめている。しかしながら、メタンハイドレートの生産では細粒分の流出による地盤変状や表層地盤の崩壊等が懸念されている。その上、メタンハイドレートの生産に伴う分解由来の海域からの温室効果ガス排出も問題となっている。このような背景の下、環境負荷の小さい技術が必要とされており、現在では温室効果ガスの発生が少ない地盤固化技術として微生物代謝を用いたものが注目されている。

## 2. 目的

本研究では、日本海側と太平洋側由来の単離微生物を用いた模擬タービダイトの固化処理を行い、土の圧密排水三軸圧縮試験(CD試験)による物理特性の把握と、微生物固化処理土の浸透方向における析出率の分布確認を目的とした。以下に微生物機能による炭酸カルシウム析出メカニズムを示す。



海洋の窒素サイクルなどの天然プロセスを利用した尿素及び海水中に含まれるカルシウムイオンとウレアーゼ活性を持つ微生物を組み合わせることで固化効果が得られると期待している。

## 3. 実験方法

本実験における物理試験(CD試験)の試験フローを図-1に、カラム中の炭酸カルシウム析出量測定試験のフローを図-2にそれぞれ示す。

### 3.1 CD試験

模擬タービダイトを対象に表-1の2地点から採取した底泥サンプル由来の日本海側・太平洋側の微生物により固化処理およびCD試験により物性値の確認を行った。既往の研究を参考に、表-2に示す組成で作成した模擬タービダイト350gを含水比20%の割合で加水・混合の後に供試体を作成した。なお、締固めはプラスチックモールド内に10層に分けて1層につき15回タンパーで突き固めを行う方法を用い、3本ずつ計6本作成した。その後、日本海側の微生物と太平洋側の微生物を用いた菌体培養液を1回通水し、0.3mol/Lの固化溶液を1本につき3回通水した。なお、固化溶液の通水間隔は1回分の固化溶液を通水後に次の固化

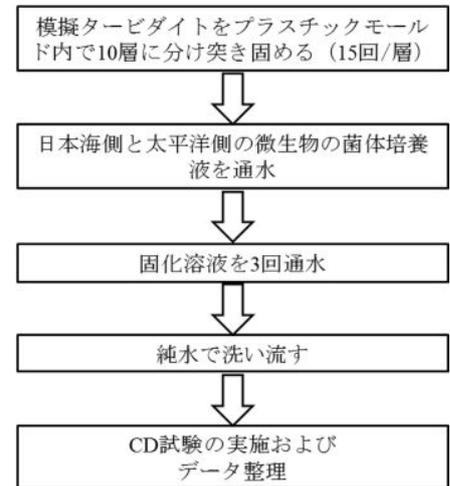


図-1 CD試験のフロー

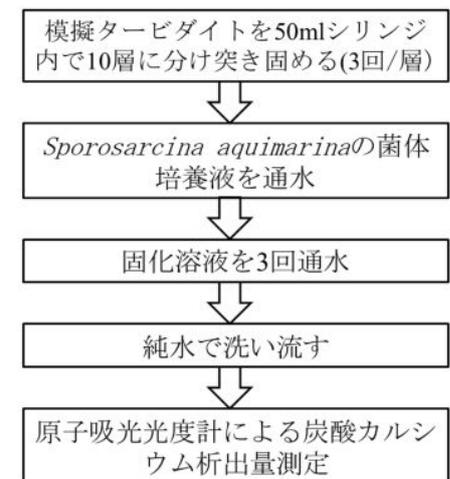


図-2 カラム中の炭酸カルシウム析出量測定試験のフロー

表-1 サンプル採取地点

	GPS座標	海底下(m)
日本海側	37°21.6'N	表層
	137°57.6'E	
太平洋側	34°16.5'N	165.8
	137°57.9'E	

表-2 模擬タービダイトの組成

組成	配合割合(%)
7号珪砂	70
8号珪砂	17
R5.5	10
カオリン	1
MK-300 雲母	2

溶液を通水した。固化溶液3回通水後、純水で洗浄し冷凍庫内に保存した。その後、供試体を直径約5cm、高さ約10cmに整形し、土の圧密排水三軸圧縮試験(CD試験)を行った。有効拘束圧50, 100, 150kPaで载荷を行い、試験結果に基づき粘着力c及び内部摩擦角φ等を算出した。

### 3.2 カラム中の炭酸カルシウム析出量測定試験

炭酸カルシウム析出量のばらつき評価を目的として実施した。模擬タービダイトを対象に50mlシリンジ内で3.1と同様の配合条件で加水・混合した後に供試体を作成した。なお、締固めは10層に分けて1層につき3回タンパーで突き固めを行う方法を取り、計3本作成した。その後、海域由来でウレアーゼ活性が既知の微生物である *Sporosarcina aquimarina* の菌体培養液を1回通水後、0.3mol/Lの固化溶液を3回通水し、純水で洗浄した。なお、固化溶液の通水間隔は48時間とした。洗浄後それぞれの供試体を上部・中部・下部の3等分に区分し、105°Cで24時間炉乾燥させ、炉乾燥後のタービダイト10gを同質量の0.5M塩酸で酸分解した。その後、遠心分離および0.22μmのメンブレンフィルターでろ過し、溶液中に含まれるカルシウムイオン濃度から炭酸カルシウムの析出量を求めた。

## 4. 結果

### 4.1 CD試験

表-3に日本海側と太平洋側の微生物を用いて固化した供試体の粘着力cと内部摩擦角φの関係を、図-3に固化処理なしのケースと日本海側・太平洋側・*Sporosarcina aquimarina*の3種類の微生物で固化したケースの応力-ひずみ関係(有効拘束圧150kPa)を示す。CD試験の結果より固化前と比較して日本海側の微生物を用いて固化させたケースでは3.0kN/m<sup>2</sup>、太平洋側の微生物を用いて固化させたケースでは5.0kN/m<sup>2</sup>ほど増加する傾向が認められた。過去の実験において *Sporosarcina aquimarina* により固化させた供試体では約1割程度強度が増加していることから粘着力の付加により供試体の強度が増加しているのではないかと考えられる。

### 4.2 カラム中の炭酸カルシウム析出量測定試験

表-4に試験結果から得られた炭酸カルシウム全量を100%とした場合における上・中・下の各部分に含まれる炭酸カルシウムの割合を示す。表より表層(上部)付近に炭酸カルシウムが多く析出し、下部にいくにつれて減少する結果となった。この結果より供試体は溶液の浸透方向に従って固化が進行することが明らかとなった。この原因としては固化溶液が下部に浸透していくにつれ微生物のウレアーゼ反応によってカルシウムイオンが消費され、固化溶液の濃度が薄まっていくことが考えられる。

## 5. まとめと今後の予定

CD試験の結果より *Sporosarcina aquimarina* と同じく日本海側・太平洋側の底泥由来の微生物による模擬タービダイトの固化により粘着力cが増加する傾向が明らかとなった。また、カラム中の炭酸カルシウム析出量測定試験の結果より供試体内部に析出する炭酸カルシウム量は浸透方向下部にいくにつれて減少する結果となった。この結果よりより均質に固化効果を得る菌体培養液および固化溶液の注入方法を検討する必要があると考えられる。

今後は粘着力の増加の原因であると考えられる炭酸カルシウムの析出量を測定し、共同発言との関連性を明らかにするとともに、均質な固化効果が得られる注入方法についても検討を進めメタンハイドロートの生産時に役立つ新しい固化技術の有効性について検討していきたい。

表-3 固化ありなしのcとφの関係

	粘着力C	内部摩擦角φ
固化処理なし	5.0 kN/m <sup>2</sup>	37.9°
日本海側	8.0 kN/m <sup>2</sup>	37.3°
太平洋側	10.0 kN/m <sup>2</sup>	36.7°
<i>S. aquimarina</i>	13.0 kN/m <sup>2</sup>	36.7°

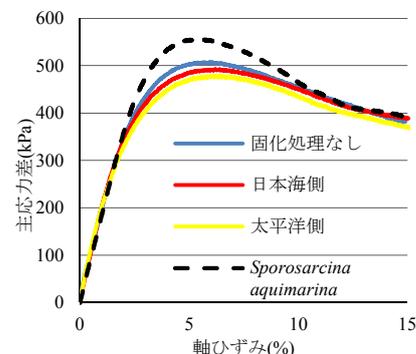


図-3 応力-ひずみ関係(有効拘束圧150kPa)

表-4 全量に対する平均析出割合

	割合(%)
上部	58.3
中部	25.7
下部	16.0