

海底資源掘削泥水の海中排出拡散状況の 実験的検討

板垣 侑理恵¹・片山 裕之²・大西 左海³・鵜飼 亮行⁴
萱嶋 孝一⁵・竹内 和則⁶・山下 聡⁷

¹正会員 五洋建設株式会社 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1)

E-mail: yurie.itagaki@mail.penta-ocean.co.jp (Corresponding Author)

²正会員 五洋建設株式会社 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1)

E-mail: hiroyuki.katayama@mail.penta-ocean.co.jp

³正会員 五洋建設株式会社 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1)

E-mail: sakai.oonishi@mail.penta-ocean.co.jp

⁴正会員 五洋建設株式会社 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1)

E-mail: akiyuki.uaki@mail.penta-ocean.co.jp

⁵三井海洋開発株式会社 事業開発部 (〒103-0027 東京都中央区日本橋2-3-10)

E-mail: koichi.kayajima@modec.com

⁶三井海洋開発株式会社 事業開発部 (〒103-0027 東京都中央区日本橋2-3-10)

E-mail: kazunori.takeuchi@modec.com

⁷正会員 北見工業大学 工学部社会環境系 (〒090-8507 北海道北見市公園町165)

E-mail: yamast@mail.kitami-it.ac.jp

表層型メタンハイドレート (MH) の採掘計画では、掘削時の不要泥水を掘削跡窪地へ海中排出することを計画している。本研究では、海中排出時の泥水拡散状況把握のため、窪地を再現した形状の水槽を用いて、模擬深海底泥 (中国カオリン) による泥水の連続長時間投入を模擬した実験、および日本海側の MH 賦存サイト海底から採取した深海底泥による泥水投入実験を実施した。また密度流モデルによる数値解析を実施し投入泥水の挙動把握を行った。その結果、連続長時間投入では密度流的な拡散が支配的となる傾向が確認された。また、同濃度条件において MH 賦存サイトの深海底泥による泥水の方が投入時流速が大きく、投入後の濁りの長期化の傾向が確認された。これらの特性は、含有される粘土鉱物や強熱減量にみられる有機分の含有に影響されることが示唆された。

Key Words : shallow methane hydrate, seabed discharge, turbidity diffusion, muddy water discharge experiment, properties of deep sea mud

1. はじめに

日本近海の深海底にはメタンハイドレートが賦存しており、水深 1000 m 程度の海底面下 200 m~300 m の砂質堆積層内に砂と混じり合った状態で存在する砂層型メタンハイドレートと、水深 500 m 程度の海底面や比較的浅い深度の海底泥などの中に塊状で存在する表層型メタンハイドレート (以下、MH) の 2 種類に分類される。国内では、前者は太平洋側の東部南海トラフに、後者は主に日本海側にその存在が確認されている^{注1)}。

菅原ら²⁾は、MH 掘削時の不要な海水と深海底泥を掘削跡地へ海中排出することを想定し、模擬深海底泥を使用した泥水投入実験を行っている。実験の結果、泥水投

入直後は密度流的な挙動を示すが、沈降に伴い移流拡散挙動が支配的になること、また海底着底後の泥水運動が水平方向に転化し、水槽壁に衝突後の上向き流れによって更に広がることを報告している。しかし、投入時間が 2 分と短く、泥水を連続的に長時間投入した場合の拡散挙動の把握には不十分であった。また、水槽内濃度の時間的変化や、水槽底に沈降堆積した泥の空間分布などの定量的な把握には至っていない。

本研究では、MH 掘削後の不要泥水を海中排出した際の濁りの拡散が、周辺海域の生態系等海洋環境へ与える影響を把握することを目的とした。そのために、実海域で想定されている MH 掘削後の窪地を再現した形状の水槽 (以下、窪地模型) を用いて、模擬深海底泥による泥

水および日本海側の MH 賦存サイト（以下、MH サイト）の海底から採取された深海底泥による泥水を連続的に長時間投入する実験を実施した。また同時に現地規模における現象理解を目標に密度流モデルによる数値解析を実施し、投入泥水の沈降・拡散特性の把握を行った。

2. 中規模泥水投入実験

(1) 実験概要

a) 使用した泥水材料

本研究では、泥水の材料として、模擬深海底泥とした中国カオリン^リと、MH サイトで採取された深海底泥の 2 種類を用いて、現地での排出条件を流量 1.17 m³/s、スラリー濃度を 1.8 % と仮定し、含水比 2000 % の排泥水を作製した。MH サイトの深海底泥は、新潟県上越沖の海鷹海脚で採取されたコア試料を使用した（図-1、図-2）。採取コア試料の詳細は表-1 に示す。なお、中国カオリンと MH サイト深海底泥の粒度分布を図-3 に示す。両者の粒度分布は全体的には類似しているが、MH サイト深海底泥の方が細粒分の割合が 10 % 程度大きい。

b) 実験設備

幅 2.4 m × 奥行 2.4 m × 高さ 1.2 m の水槽（水深 1.0 m）の中に、1 辺約 0.7 m × 高さ 1.0 m の板 4 枚を用いて 8 角柱の窪地地形を再現し（図-4）、泥水投入実験を実施した。なお、菅原^リの検討に倣い、窪地模型内の水は真

水とし、モノポンプを用いて泥水を投入した。

窪地模型内の泥水拡散状況の視認性を向上させるため、模擬深海底泥を使用したケースは中規模水槽内壁を黒色に、MH サイト深海底泥を使用したケースは白色に塗装した。図-4 に水槽内部状況を示す。泥水着底後の広がり把握するため、窪地模型底面に 0.25 m² 間隔に配置した一辺 50 mm の立方体のゴムブロック上に、100 mm 間隔格子状の鋼材を設置した。投入後の堆積分布把握のため、鋼材中央列中心より窪地模型の壁面に向かい鋼材間に直方体のシャーレ（内寸幅 70 mm × 奥行 70 mm × 深さ 15 mm）を配置した。堆積厚は、シャーレ内堆積底泥の乾燥重量から換算した。シャーレと反対側の鋼材間においては、堆積層厚の直接計測も試みた。

泥水沈降状況はビデオ撮影の他に、泥水沈降速度が大きいと考えられる投入口の下 100 mm（流速計 1）と 300 mm（流速計 2）の位置 2 か所でサンプリング周波数 10 Hz の電磁流速計（AEM213-DA、JFE アドバンテック社製）による流速測定を行った。また濃度の空間分布を把握するため、窪地模型中央の底から 500 mm の位置（濁度計 1）、格子状鋼材の上面（底から 50 mm）に固定する位置（濁度計 2）、および窪地模型中央から側面に 600 mm の格子状鋼材上の位置（濁度計 3）の 3 箇所で濁度計（TC-3000、OPTEX 社製）による濁度の計測と採水を行った。

採水はチューブポンプを用いて 15 秒間の採水を複数

表-1 MH サイト採取コア試料の詳細

コア試料※名	採取日時	Top mbsf ^{※1)} (m)	Bottom mbsf (m)	コア長 (m)
RC1509-01H-2	2015 年 9 月 24 日	1.0	2.0	1.0
RC1509-01H-4		3.0	4.0	1.0
RC1509-01H-5		4.0	5.0	1.0
RC1509-01H-EX ^{※2)}		5.0	5.3	0.3

※コア取得ツール：ピストンコア

※1) mbsf (Meters Below Sea Floor) : 海底下の深さ

※2) EX: コアライナー切断時にはみ出ってしまった試料

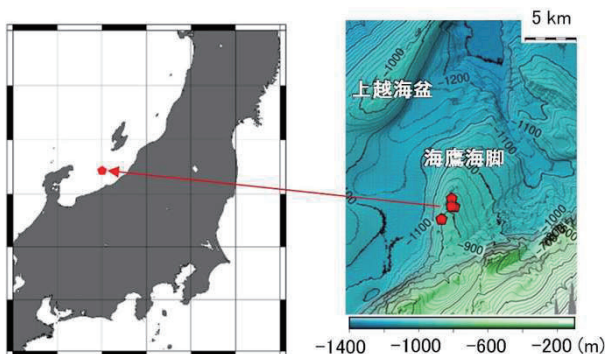


図-1 海鷹海脚位置図

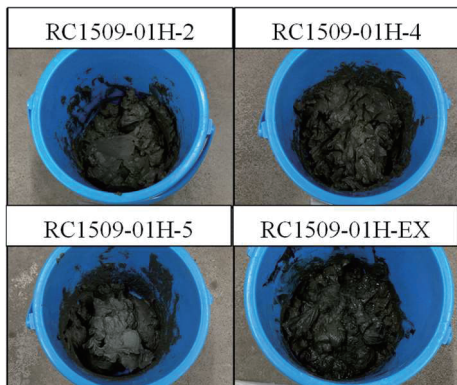


図-2 MH サイトで採取された深海底泥

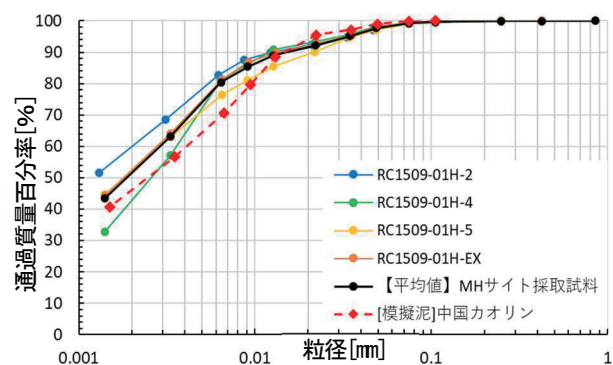


図-3 本検討で使用する底泥の粒度分布

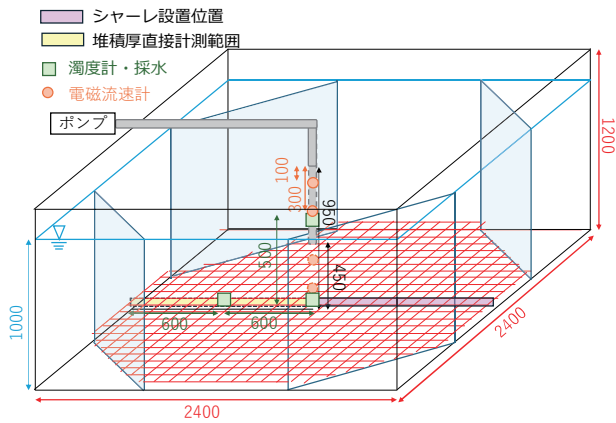


図4 水槽内部状況図

表-2 泥水投入試験ケース一覧

CASE	試料	投入場所・高さ		投入量/ 投入時間
		位置	底面から	
1-1	中国 カオリン	中央	950 mm	80 L/10分
1-2			450 mm	
2-1			950 mm	480 L/120分
2-2			450 mm	
3	MHサイト 底泥		950 mm	51 L/383秒

回行った。濁度計より計測された濁度[FTU]は、別途検体を用いた計測から作成した濁度[FTU]と浮遊物質濃度(SS濃度)[mg/L]の相関式からSS濃度に換算した。なお濁度計は0~3000[FTU]の測定範囲のものを使用した。

c) 実験ケース

実験ケース一覧を表-2に示す。CASE1-1~CASE1-2では模擬深海底泥水80Lを連続的に10分間で投入した。投入高さによる濁り拡散範囲の違いを確認するため、窪地模型中央の底から950mmの位置(CASE1-1)と450mm(CASE1-2)の高さからの投入を実施した。さらに、泥水を連続的に長時間投入した際の沈降状況を確認するため、模擬深海底泥水480Lを連続的に120分間で投入し、投入高さを窪地模型中央の底から950mmの位置(CASE2-1)と450mm(CASE2-2)としたケースも実施した。また、MHサイトで採取された深海底泥を用いた泥水については、提供された底泥量の関係から、窪地模型中央の底から950mmの位置から泥水51Lを6分23秒で投入するケースのみ実施した(CASE3)。

(2) 実験結果

実験結果のうち、CASE1-1~CASE1-2の投入終了時の様子を図-5に示した。各ケースとも、投入初期の高濃度泥水の挙動は、菅原ら¹⁾と同様に密度流的な挙動が支配的であり、着底後に窪地模型底を水平方向に広がり壁面に衝突した泥水は、壁からの反射流動によりゆっくり広がる様子が確認された。また、低い位置から投入した方



(1) CASE1-1: 投入後10分

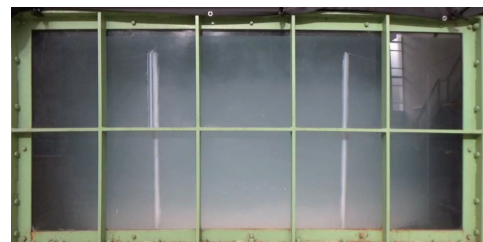


(2) CASE1-2: 投入後10分

図-5 投入時間10分の代表ケース投入終了時の様子



(1) CASE2-1: 投入後120分



(2) CASE2-2: 投入後120分

図-6 投入時間120分のケース投入終了時の様子

が泥水の巻き上がりが低減される傾向がみられた。

次に長時間投入ケース(CASE2-1, CASE2-2)の投入終了時の様子を図-6に示した。図-5と比べて明らかに窪地模型内全体に濁りが広がっている様子がわかり、また、投入位置が高いケースの方が投入した泥水の再浮上により上層への濃度拡散が促進されている傾向がみられた。また図-5(1)および図-5(2)でも同様の傾向が見られるが、投入位置が高いCASE2-1の方が窪地模型底付近に明確な高濃度層が見られる。長時間の泥水投入の観察結果から、短時間の泥水投入時に推定された移流拡散的に濁りが広がる挙動は投入初期に見られるもので、窪地模型底に着底した泥水が静的に徐々に上層に広がっていく密度流的な濁りの拡散挙動が支配的となる様子が確認された。

a) 流速の計測結果

電磁流速計による計測結果を表-3に示す。上向き流速

表-3 代表ケースにおける平均流速(cm/s)

CASE	投入高さ (mm)	底泥種類	測定位置 (投入口直下) 平均流速(cm/s)		投入量 (L/分)
			100 (mm)	300 (mm)	
1-1	50	中国 カオリン	-21.8	-11.7	8
1-2	550		-16.6	-11.6	
3	50	MH サイト 底泥	-32.3	-21.2	8

を正とし、平均流速は流速データが安定してから時間帯から算出した。模擬深海底泥である中国カオリンによる泥水では投入口下方 100 mm では16～22 cm/s 程度、300 mm では12 cm/s 程度となっており、20 cm 沈降する間に50～70%に減衰している。またMHサイト深海底泥を使用したCASE3では投入口下方100 mm で32.3 cm/s、300 mm で21.2 cm/s と測定され、模擬深海底泥を投入したケースよりも投入初期流速が大きくなっていた。

b) 濁度の計測結果

投入方法、投入量が同条件で底泥材料のみ異なるCASE1-1とCASE3について、濁度計および採水から換算したSS濃度時系列を図-7に示す。窪地模型中央の底から500 mmの位置で計測を行った濁度計1はレンジオーバーとなり、3000 [FTU]を超える濁度となっていた。

CASE1-1、CASE3ともに投入泥水のSS濃度は50000 mg/Lであった。投入後の泥水によるSS濃度の分布は、採水1で2000～4100 mg/L、採水2で2000 mg/L程度、採水3で1200 mg/Lに低減していた。また、長時間連続投入を行ったCASE2-2において、投入80分後に水面下50 cm程度の位置で2回採水したところ、SS濃度はそれぞれ4.25 mg/L、25.25 mg/Lとなり、投入泥水濃度から1/2000～1/10000程度に希釈されていた。

また、各測定位置の採水結果を比較すると、採水1ではCASE3の方が大きく、採水2と採水3では同程度であった。これは採水方法と泥水の流下速度との関係で、採水1の位置では泥水の流下速度が大きく、採水用のチューブポンプでは主流をサンプリングできなかったためと推定される。

c) 堆積層厚の計測結果

投入後の泥水は徐々に沈降して窪地模型底に堆積層を形成する。長時間連続投入を行ったCASE2-1、CASE2-2の堆積層厚分布を図-8に示す。なお堆積厚は、泥水投入終了後24時間後まで静置しておき、堆積泥に影響を与えないように静かに窪地模型内の水を抜いた後にシャーレを回収して測定した。

窪地模型中央の底から950 mmの位置から投入を行ったCASE2-1の堆積厚は、中央で薄く壁面に近づくにつれて厚くなった。窪地模型中央の底から450 mmの位置か

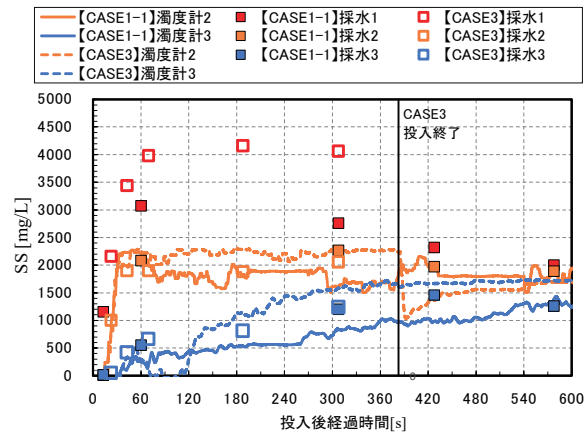


図-7 CASE1-1とCASE3のSS濃度変化

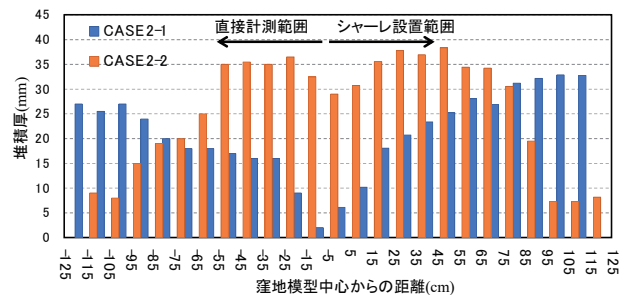


図-8 堆積層厚分布

ら投入を行ったCASE2-2では、中央部で厚く壁面に近づくにつれて薄くなった。これは、CASE2-1の方が底面着底時の流速が大きく、窪地模型底を壁面に向かう水平流速もこれに併せて大きくなるため中央部では堆積しにくかったものと考えられる。このことは、図-5や図-6で見られた投入位置の高いケースの窪地模型下部に顕著な堆積層が見られることに整合している。

d) 投入終了後の沈降状況

模擬深海底泥とMHサイト深海底泥の投入終了後に静的に沈降する状況を確認するため、CASE1-1とCASE3の投入終了後の静置状況の写真を示した(図-9、図-10)。模擬深海底泥は投入終了1時間後では窪地模型内にまだ濁りが残っているが、6時間後にはほぼ沈降が完了している。一方MHサイト深海底泥は、投入終了後1時間後には窪地模型背面が視認できるが、徐々に水槽内の濁りが増加し、投入90時間後では窪地模型背面が完全に視認できなくなった。

(3) 底泥による実験結果の違い

実験結果では、初期投入流速はMHサイト底泥泥水の方が大きいですが、投入終了後の濁りが長時間継続した。粒度試験の結果ではMHサイト深海底泥の方が細粒分が10%程度多いため沈降しにくい成分が増えると考えられるが、それ以外にも要因があると考えられた。

海鷹海脚で採取されたコアにはスメクタイトが多く含まれており²⁾(図-11)、本実験で使



(1) 投入終了1時間後



(2) 投入終了6時間後

図-9 CASE1-1の投入終了後の様子



(1) 投入終了1時間後



(2) 投入終了90時間後

図-10 CASE3の投入終了後の様子

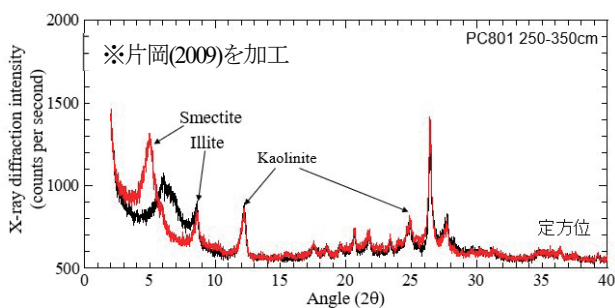


図-11 海鷹海脚で採取したコアのX線解析結果²⁾

く含有されていた可能性が示唆される。なおスメクタイトは膨潤性粘土鉱物であり、陽イオン交換容量CEC(Cation Exchange Capacity of clay)が高く、カオリン鉱物と比較してCECが10倍程度大きいと考えられる³⁾。陽イオン交換容量CECが高いことで、泥水投入時のフロッグ化(凝集性)が促進させられることにより投入初期流速が

大きくなった可能性が考えられる。

また、本実験に使用した深海底泥の強熱減量試験を行ったところ8.0%程度であり、沿岸海域底質の強熱減量事例と同程度であった^{注3)9)}。従ってMHサイト深海底泥に含まれた有機分が、投入終了後の窪地模型内に残留した微弱な流れにより再浮上し、比重が軽く沈降速度が遅いため、水槽内の濁りが長期化したものと考えられる。

3. 3次元密度流モデルによる数値解析

(1) 数値解析の概要

泥水投入が短時間もしくは投入初期では、投入直後の高濃度泥水の密度流的挙動を除くと濁りの広がり方は移流拡散的であったが、連続長時間投入になると密度流的な挙動が支配的になることが前述した実験で確認された。そのため、静水圧近似とBoussinesq近似に基づく3次元密度流解析⁹⁾を用いて実験再現解析と現地規模における現象理解を目標に、現地泥水投入を模擬した長時間の泥水投入解析を実施した。

本検討では深海下を想定し、外力場として波浪や海流は考慮せず、泥水投入により生じる乱れのみを再現することとした。解析条件を表-7に示す。また本検討における密度フルード数 F_d は、実験条件で $F_d=0.62$ 、現地条件で $F_d=0.60$ とほぼ同程度の値となることを確認している。

(2) 実験再現解析

対象をCASE1-1とし実験再現解析を行った。実験はモノポンプによる投入であったが、解析では投入セルから自重沈降による投入である等、実験条件との差異を調整するため、投入泥水濃度が実験と同じオーダーとなるように(図-13参照)解析条件を設定した(表-4)。

表-3、図-6のデータを再現解析の検証データとして、窪地模型中央の底面から同距離となる層の解析値と実験データの比較を行った。図-12に解析における48s(左)と144s(右)の泥水挙動の濃度・流速分布図を示す。また図-13には、投入軸上の濃度と流速の実験データについて実験再現解析との比較を示すが、投入軸上の流速に関しては実験が10~20cm/s程度に対して、解析では100cm/s程度と大きくなっていた。これは沈降泥水先端の密度海面での抵抗や乱れによる減衰が解析では十分再現されていないことが要因と考えられるが、今後の課題である。投入軸上の濃度に関しては、投入初期は解析値が過

表-4 実験再現解析条件

解析領域	幅2m×奥行2m×高さ1.5m
解析格子	幅0.05m×奥行0.05m×高さ0.1m
解析時間	480s($\Delta t=0.1$ s)
泥水濃度	4000mg/L

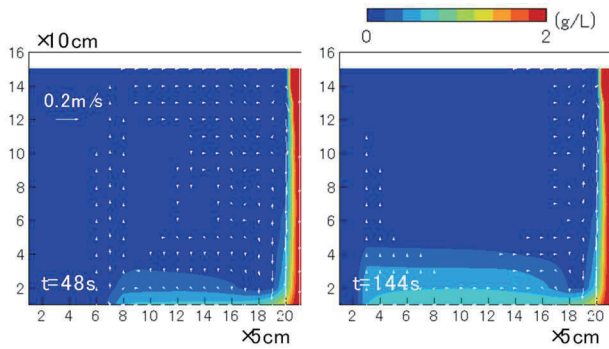


図-12 実験再現解析結果（濃度分布・流速ベクトル図）

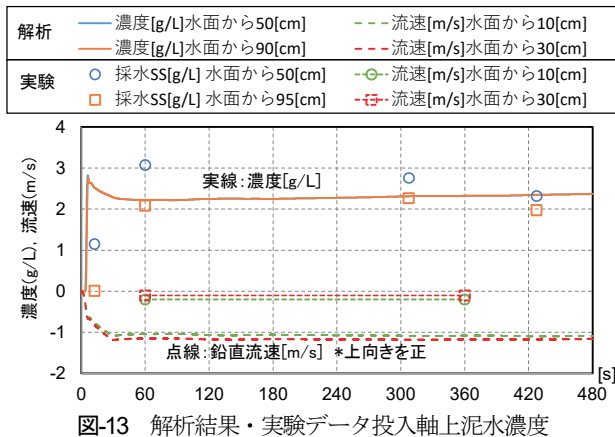


図-13 解析結果・実験データ投入軸上泥水濃度

大評価となるが、安定した投入状態になると解析でもほぼ同程度の濃度が再現できた。

(3) 現地条件解析

現地泥水投入を想定し、長時間の泥水投入解析を実施した。解析条件を表-8に示す。泥水投入高さは実験に併せて海底面から50mと100mの2ケースとした。

解析結果のうち、主要な時間の泥水挙動の濃度分布図を図-14に示す。なお、左半分は海底面から100m、右半分は50mの位置から投入した結果である。泥水投入高さの違いによらず、濁りが水平方向へ広がる時間は大きく変わらなかった。ただし、投入高さが低いケースでは低層に高濃度層が見られ、相対的には上層への濁りの拡がりは低く抑えられているものと考えられる。解析においても投入高さが海底面に近い方が窪地からの濁りの流出にとって有効であることが確認された。

4. おわりに

MH掘削後の不要泥水の連続海中排出を模擬し、模擬深海底泥による泥水およびMHサイトの海底から採取された深海底泥による泥水を連続的に投入する実験を実施した。その結果、連続長時間投入では拡散による濁りの拡がりよりも密度流的な挙動が支配的となる傾向が確認

表-5 現地条件解析条件

解析領域	幅280m×奥行280m×高さ100m
解析格子	幅2m×奥行2m×深さ2m
解析時間	18,000分(5時間)($\Delta t=1.0$ s)
泥水濃度	50000mg/L
泥水投入高さ	海底面から100mと50m

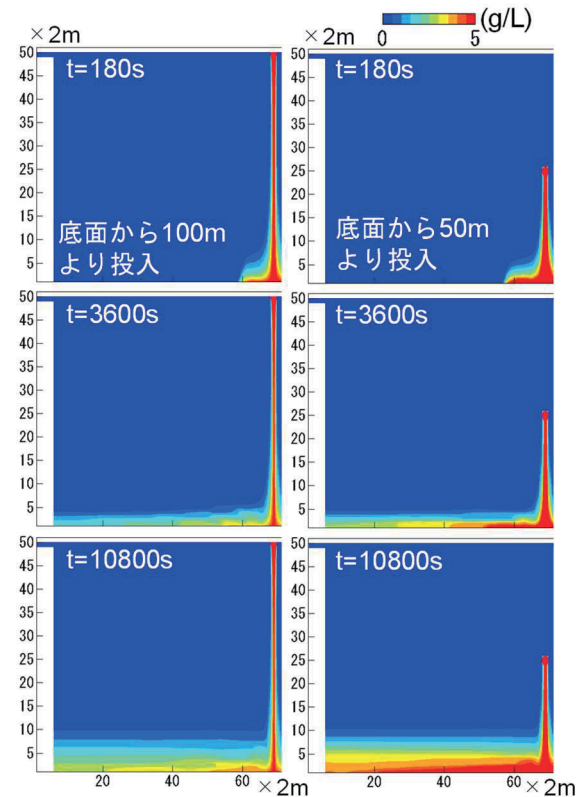


図-14 現地条件解析結果（濃度分布図）

された。また、同じ濃度の泥水でもMHサイト深海底泥による泥水の方が投入時の流速が大きく、投入後の濁りが長期化する傾向が確認された。これらの特性は、含有される粘土鉱物や強熱減量にみられる有機分の含有に影響されることが示唆された。また3次元密度流モデルによる数値解析により濃度に関しては定量的にも実験再現ができ、現地条件解析でも投入位置が海底面に近い方が濁りの拡散抑制に有効であることが確認された。

MHサイト深海底泥の沈降特性に寄与したと示唆された陽イオン交換容量CECの影響に関しては、真水か海水かによる差異も考えられるため、今後は底泥の物性把握とあわせて現地深海底泥を用いた海水への投入実験により更に沈降、拡散特性の把握を進めていく予定である。

謝辞：本研究は、経済産業省のメタンハイドレート研究開発事業の一部として実施した。また、本研究で利用した日本海側上越沖の海鷹海脚で採取されたコア試料は、産業技術総合研究所様から御提供頂いたものである。ここに謝意を表する。

NOTES

- 注1) 経済産業省：海底エネルギー・鉱物資源開発計画，2024.3，<https://www.meti.go.jp/press/2023/03/20240322-001/20240322001.html>，Accessed on: May. 1st 2024.
- 注2) 産総研：世界初，深海底に眠る塊状のメタンハイドレートの高さや硬さを測定，https://www.aist.go.jp/ais-t_j/press_release/pr2019/pr20191128/pr20191128.html，Accessed on: March. 7th 2024.
- 注3) 国土交通省北陸地方整備局：平成 12 年富山県東部海域底質調査結果，<https://www.hrr.mlit.go.jp/kurobe/hai-sa2/kekka.pdf>，Accessed on: March. 11th 2024.

REFERENCES

- 1) 菅原弘貴，片山裕之，鶴飼亮行，望月幸司，竹内和則，山下聡：泥水海中排出時の汚濁拡散の基礎的検討，土木学会論文集，Vol.79，No.17，23-17160，2023.[Sugahara, H., Katayama, H., Ukai, A., Mochizuki, K., Takeuchi, K. and Yamashita, S. : Fundamental study on pollution diffusion during seabed discharge of muddy water, *Japanese Journal of JSCE*, Vol.79, Issue.17, 23-17160, 2023.]
- 2) 片岡沙都紀：表層型ガスハイドレート賦存地盤の土質特性に関する基礎的研究．北見工業大学博士論文，p.49, 2009.[Kataoka, S. : Fundamental study on soil properties of surface gas hydrate-bearing soils, *Doctoral thesis, Kitami institute of technology*, p.53, 2009.]
- 3) 池田飛鳥，大河原正文，三田地利之：粘土の残留強度と陽イオン交換容量 CEC との関係，第 39 回地盤工学研究発表会，pp.325-326，2004.[Ikeda, A., Okawara, M. and Mitachi, T. : Relation between the residual strength and cation exchange capacity of clay, *Proceeding of the 39th Japan national conference on geotechnical engineering*, pp.325-326, 2004.]
- 4) 佐藤善徳，長沢トシ子：強熱温度が浅海堆積物の強熱減量に与える影響，日本海区水産研究所報告，43 号，pp.105-115，1993. [Sato, Y. and Nagasawa, T. : The influence of temperature on ignition loss of shallow sea bottom sediments, *Bulletin of Japan sea regional fisheries research laboratory*, Vol.43, pp.105-115, 1993.]
- 5) 口田登，足立一美，楠田哲也，金山進：底泥の静水中の沈降特性に関する実験，第 33 回海岸工学講演会論文集，pp.352-356，1986. [Kuchida, N., Adachi, K., Kusuda, T. and Kanayama, S. : Experiments on the sedimentation characteristics of bottom mud in steady water, *Proceedings of the 33rd coastal engineering conference*, pp.352-356, 1986.]
- 6) 中嶋さやか，金山進，関本恒浩，井関和夫：夏季周防灘の底層における孤立低温水塊の形成メカニズムと物理環境に関する一考察，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.66，No.1，pp.951-955，2010. [Nakajima, S., Kanayama, S., Sekimoto, T. and Iseki, K. : A study on the formation mechanism of isolated cold dome and physical environment near the bottom of Suo-Nada in summer, *Journal of JSCE, Ser. B2 (Coastal Engineering)*, Vol.66, No.1, pp.951-955, 2010.]

(Received March 14, 2024)

(Accepted July 18, 2024)

EXPERIMENTAL STUDY OF DISCHARGE DIFFUSION OF DRILLING MUD INTO THE SEA

Yurie ITAGAKI, Hiroyuki KATAYAMA, Sakai ONISHI, Akiyuki UKAI, Koichi KAYAJIMA, Kazunori TAKEUCHI and Satoshi YAMASHITA

In the shallow methane hydrate (MH) mining project, it is planned to discharge the mud water into a deep-sea depression at the drilling site. In this study, to understand the turbidity during the discharge into the sea, experiments were conducted using a simulated deep-sea bottom mud (chinese kaolin) and deep-sea bottom mud collected from the seafloor of the MH existence site in the Japan Sea to simulate continuous long-term mud injection using a water tank that reproduces a depression. Numerical analysis using a density-flow model was also conducted to understand the behavior of the input mud water.

As a result, it was confirmed that the density flow spreading tended to be dominant in the case of continuous long-term injection. In addition, it was confirmed that the flow velocity at the time of injection was higher in the mud from the deep-sea bottom at the MH existence site under the same concentration conditions, and that the turbidity due to muddy water tended to be prolonged after the injection. It is suggested that these characteristics are affected by the clay minerals contained in the mud and the organic content in the mud as seen in the strong thermal loss.