

上越沖及び酒田沖MH胚胎域での地盤強度調査(2)

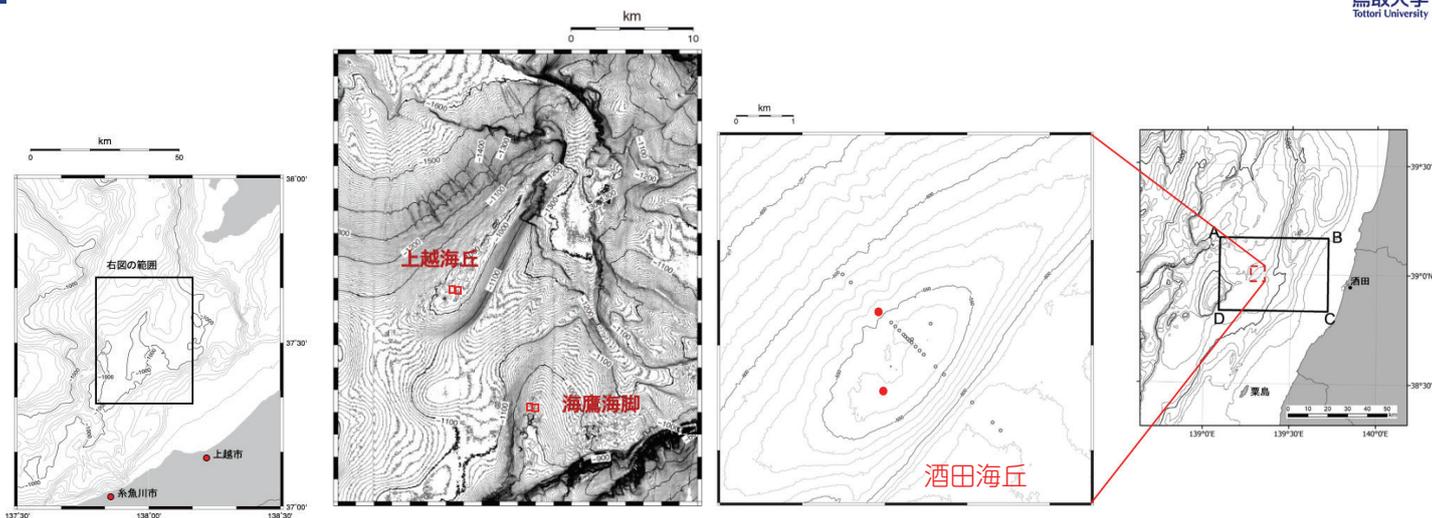
海底表層地盤の物理特性

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いたしました。
関係各位に対し、謝意を表します。

鳥取大学工学部 中村公一

表層型MHの研究開発 2024年度研究成果報告会 p1

検討内容



鳥取大学 酒田海丘の海底面から約55mbsf

川崎地質(株) 酒田海丘, 上越海丘, 海鷹海脚の海底面から約140mbsf



2海域の物理特性・圧密特性について整理する。

物理特性：土粒子密度，粒度分布，液性限界・塑性限界・塑性指数，鉱物組成，自然含水比，間隙比

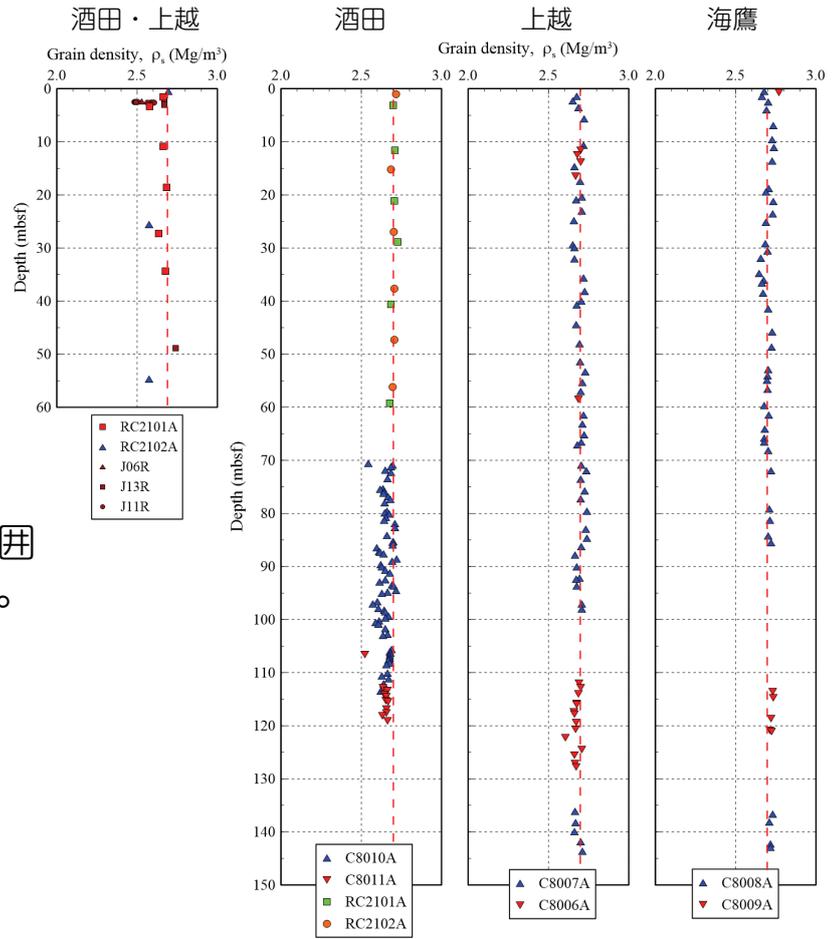
圧密特性： $e - \log p$ 関係，圧密降伏応力

表層型MHの研究開発 2024年度研究成果報告会 p2

物理特性（土粒子密度）

土粒子密度の平均値
2.7Mg/m³

一般的な無機質土であれば、
2.6Mg/m³~2.8Mg/m³のごく狭い範囲
の値となることが報告されている。



物理特性（粒度分布）

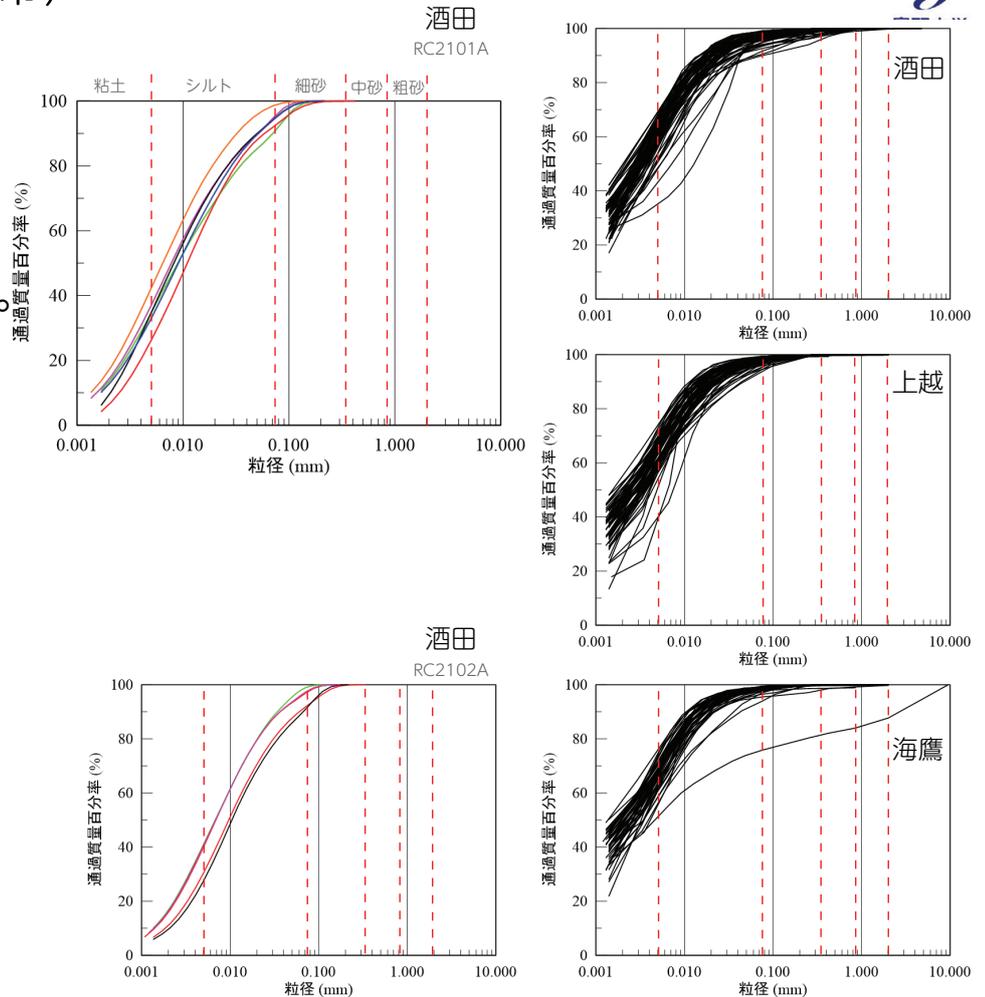
細粒分含有率は約90%
(粘土 + シルト)

粘土分含有率は、
地点・深度により異なる。

土質材料の大分類
細粒分含有率 ≥ 50%

→ 細粒土 Fm

観察により
→ 粘性土 Cs



物理特性（液性限界・塑性限界）

液性限界

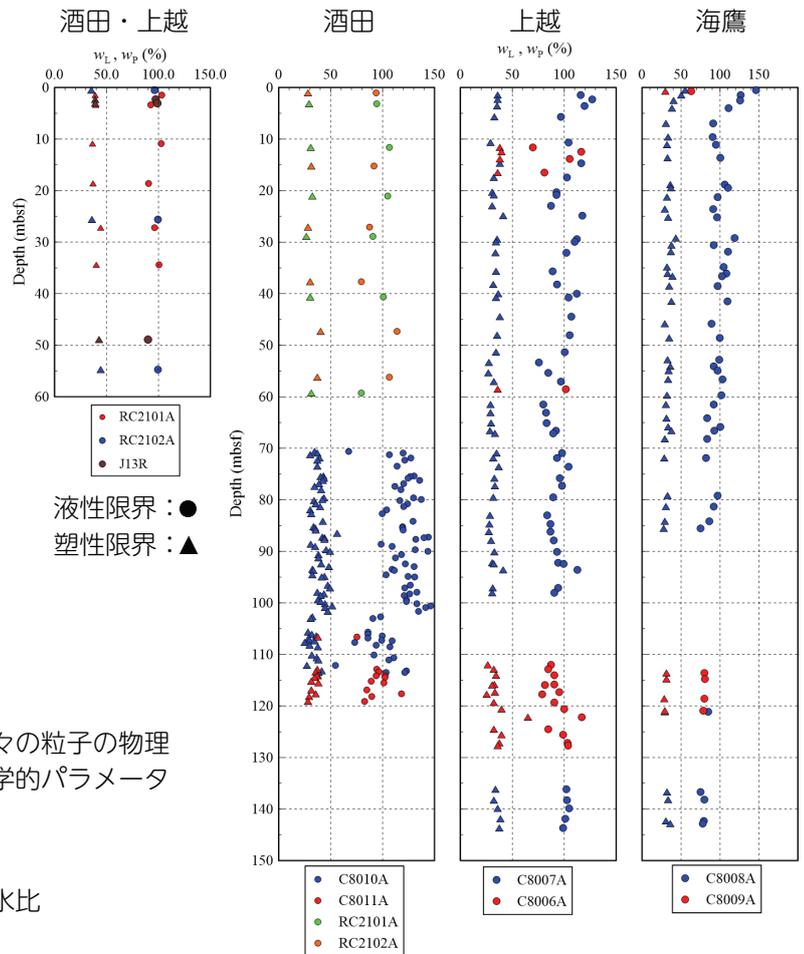
3海域とも $w_L = 100$ 前後。

下記の点が異なる。

酒田：70~100mbsfは約120

上越：ばらつきが大きい

海鷹：80mbsf以深は小さくなる傾向



塑性限界の平均値

酒田：36.9

上越：33.8

海鷹：33.9

細粒土は粒径の小さい土粒子の集まりであるため、個々の粒子の物理界面効果などが大きい。このため、粒度組成よりも工学的パラメータとして重要。

液性限界：土が塑性状態から液状に移るときの含水比

塑性限界：土が塑性状態から半固体状に移るときの含水比

物理特性（塑性図）

土質材料の小分類

ほぼ全て CH

深度が大きくなると、液性限界・塑性指数ともに小さくなる傾向。

$$I_p = w_L - w_P$$

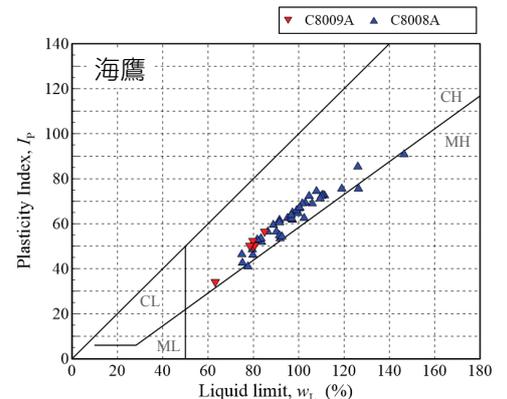
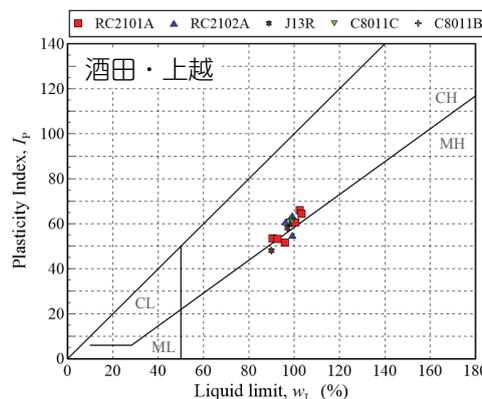
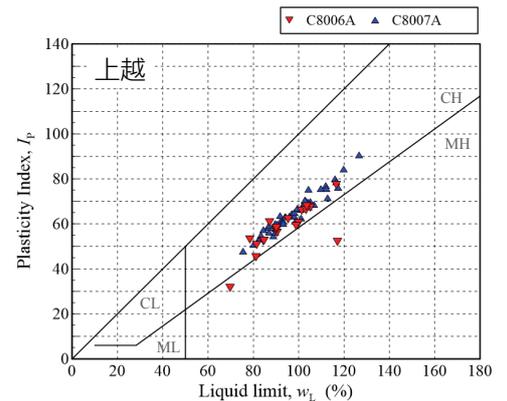
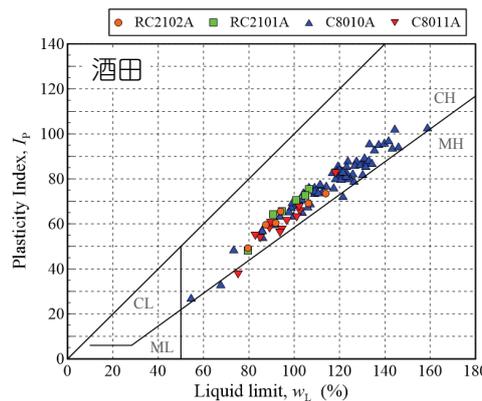
塑性指数 = 液性限界 - 塑性限界

ML : シルト (低液性限界)

MH : シルト (高液性限界)

CL : 粘土 (低液性限界)

CH : 粘土 (高液性限界)



鉱物組成 (XRD分析)

粘土の状態や性質を表す指標のひとつに、活性度がある。
活性とは、他の物質を吸着したり、化学的に結合する傾向の強さ。

- ・活性度は、塑性指数を粒径 $2\mu\text{m}$ 未滿の含有率で除して求められる。

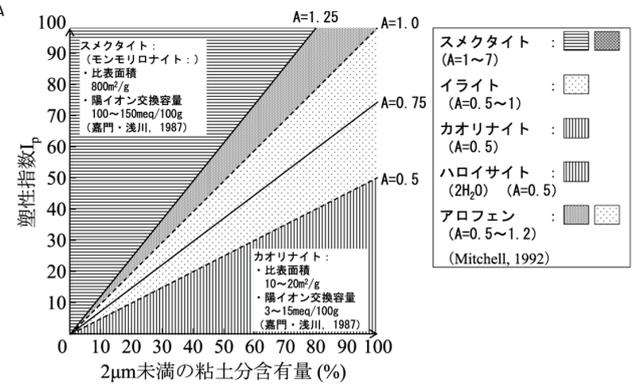
国内の港湾地域の粘性土の活性度の検討例では、大部分が1~2程度。
検討結果の右表より、活性度が大きいことがわかる。

試料名		活性度
RC2101A	Core2	4.2
	Core4	3.3
	Core12	3.6
	Core20	5.1
	Core29	3.8
	Core37	8.4
RC2102A	Core1	3.6
	Core13	5.4
	Core22	5.4
C8011B		3.5
C8011C		3.5

→ 粘土鉱物の含有が考えられることから、XRD分析を実施

エチレングリコール処理 (EG処理)

回折パターンピークが重なる緑泥石とスメクタイトを判別する方法であり、スメクタイトの膨潤作用 (シート状結晶の層間距離の拡大) を利用して、両鉱物のピークを分離する。

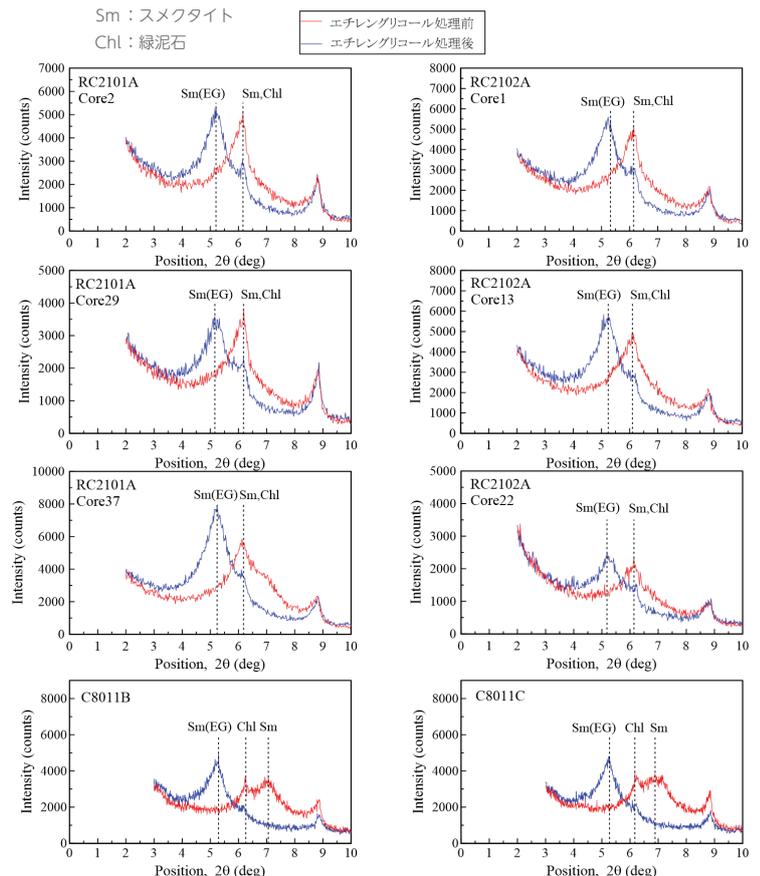


日野ら：土の活性度と物理化学的性質に関する一考察 より引用

鉱物組成 (XRD分析)

酒田沖深度約55mbsfの試料には、
スメクタイトが含まれている。

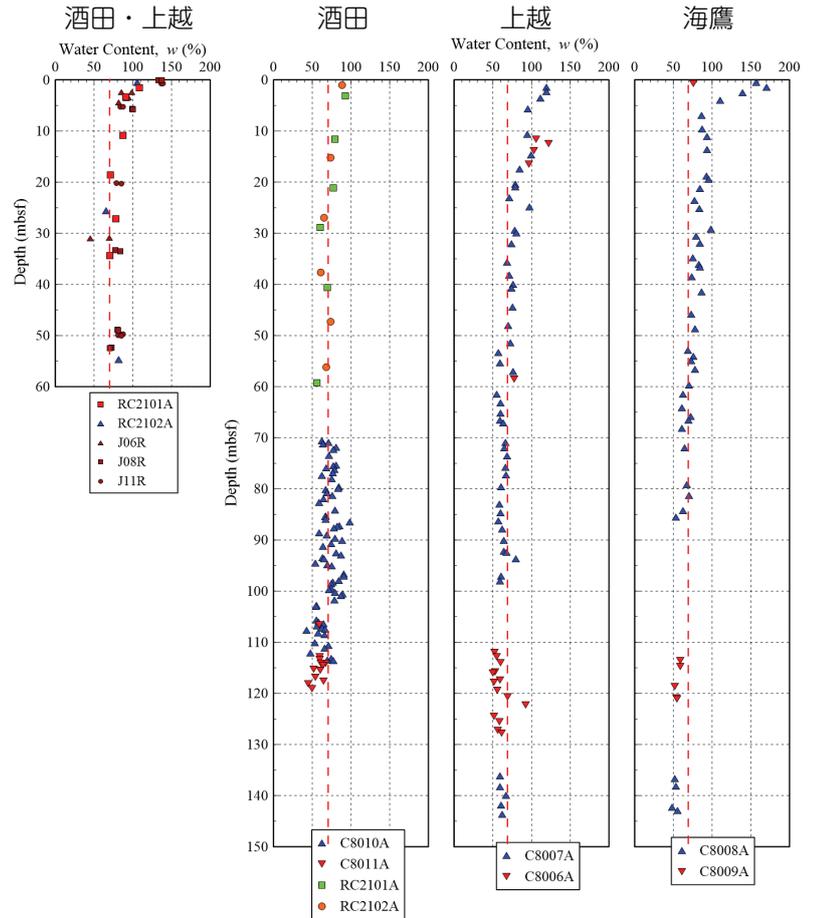
他試料もほぼ全てCHに分類される
ため、スメクタイトが含まれている
と考えられる。



自然含水比

自然含水比は、海底面から深度約15mbsfまで減少し、以深はほぼ一定（約70%）。

自然含水比の変化は、深度増加に伴う鉛直有効応力増加に対応していない。



間隙比

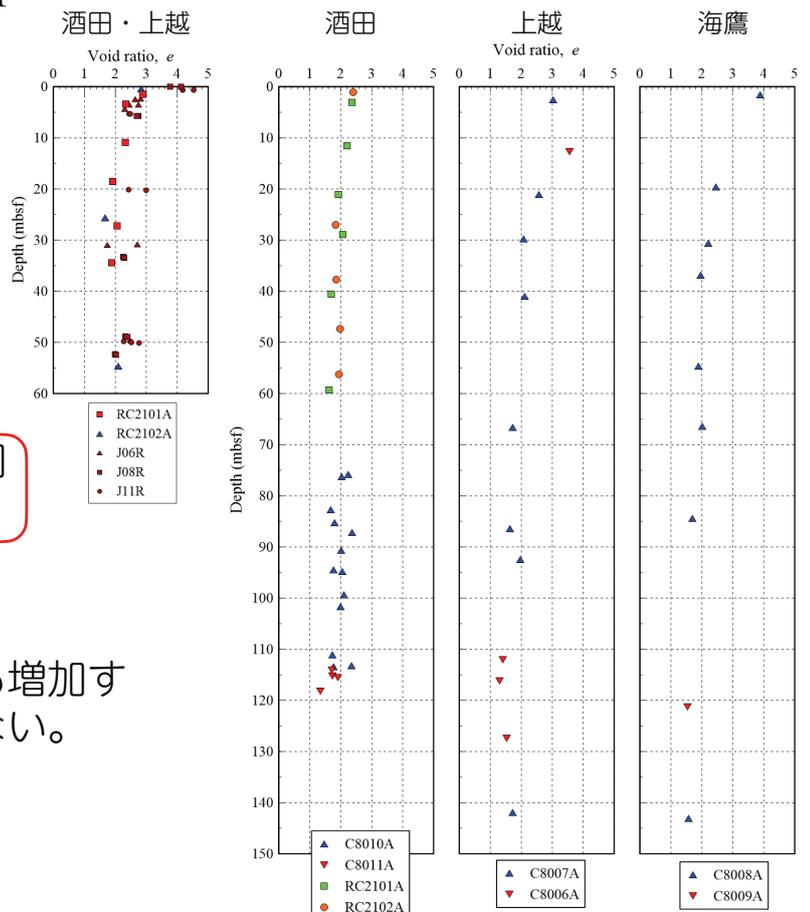
間隙比は、海底面から深度約15mbsfまで減少し、以深はほぼ一定（約2.0）。

一次圧密終了後に時間とともに発現する強度は、以下2つにわけることができる。

- ・二次圧密による含水比低下に起因する強度増加
- ・含水比低下に起因しない強度増加（セメンテーション）

上記2つをまとめて年代効果ともよばれる。

深度増加とともに地盤内有効応力も増加するが、顕著な間隙比変化がみられない。



圧密特性（段階载荷圧密試験）

採取深度が大きくなっても、試験開始時の間隙比は2.0前後

圧縮指数 C_c

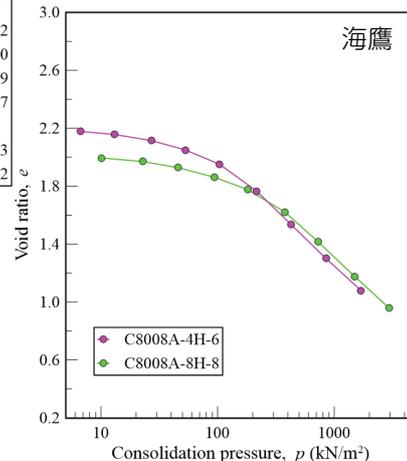
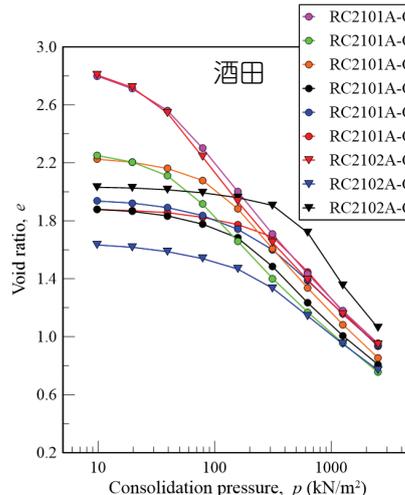
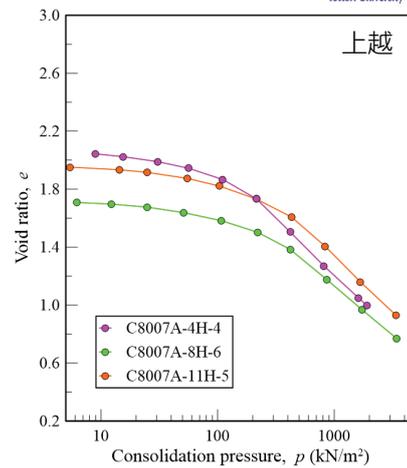
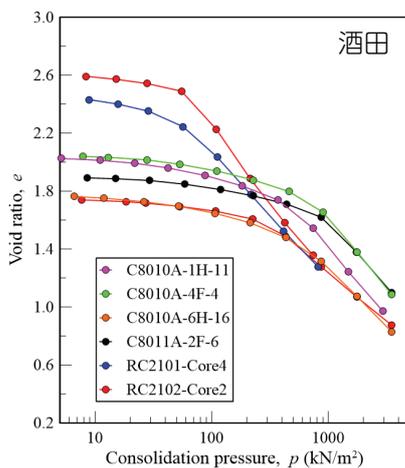
酒田 約 1.15

酒田 約 0.93

上越 約 0.70

海鷹 約 0.73

C_c は年代効果の影響により変化することが知られており、堆積年代の古い試料では大きく、未圧密に近い状態の試料では小さくなる傾向にあると言われている。



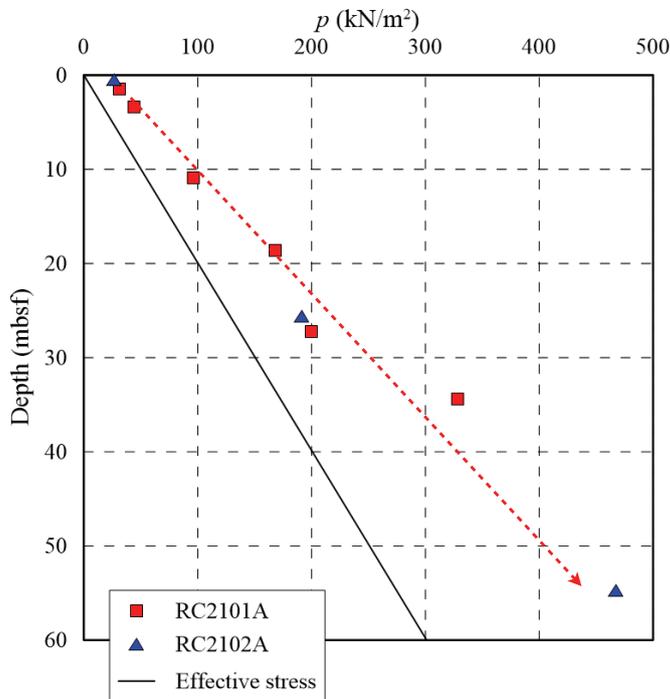
圧密特性（圧密降伏応力）

図より、深度増加とともに圧密降伏応力が増加している。

深度増加とともに地盤内有効応力は増加するが、顕著な間隙比変化がみられず圧密降伏応力が増加している。

→ セメンテーションによる強度増加が主な要因と考えられる。

海底地盤への土粒子の沈降・堆積およびその後の自重圧密による強度発現過程に関する既往の検討では、主にセメンテーションによる強度発現により、深度が大きくなると間隙比変化が小さくなることが数値計算により指摘されている。本検討結果は、既往検討が指摘する間隙比変化を約150mbsfまでみられることを実験的に明らかにした。



2海域の物理特性・圧密特性のまとめ

土質材料の分類は、2海域とも約140mbsfまで、ほぼ全て下記に分類される。

土質材料の大分類 – 細粒土 Fm – 粘性土 Cs

土質材料の中分類 – 粘土 C

土質材料の小分類 – 粘土（高液性限界）CH

活性度が大きい理由は、XRD分析によりスメクタイトが含有するためと考えられる。

深度と自然含水比・間隙比の関係は、海底面から約15mbsfまで減少し、自然含水比は約70%、間隙比は約2.0であった。また、深度増加とともに圧密降伏応力の増加が確認された。



深度増加とともに地盤内有効応力は増加するが、顕著な間隙比変化がみられず圧密降伏応力が増加するのは、セメンテーションによる強度増加が主な要因と考えられる。