

環境への課題

- 自然環境との調和を目指して -

平成16年度研究成果報告

環境影響評価分野

環境影響評価グループリーダー

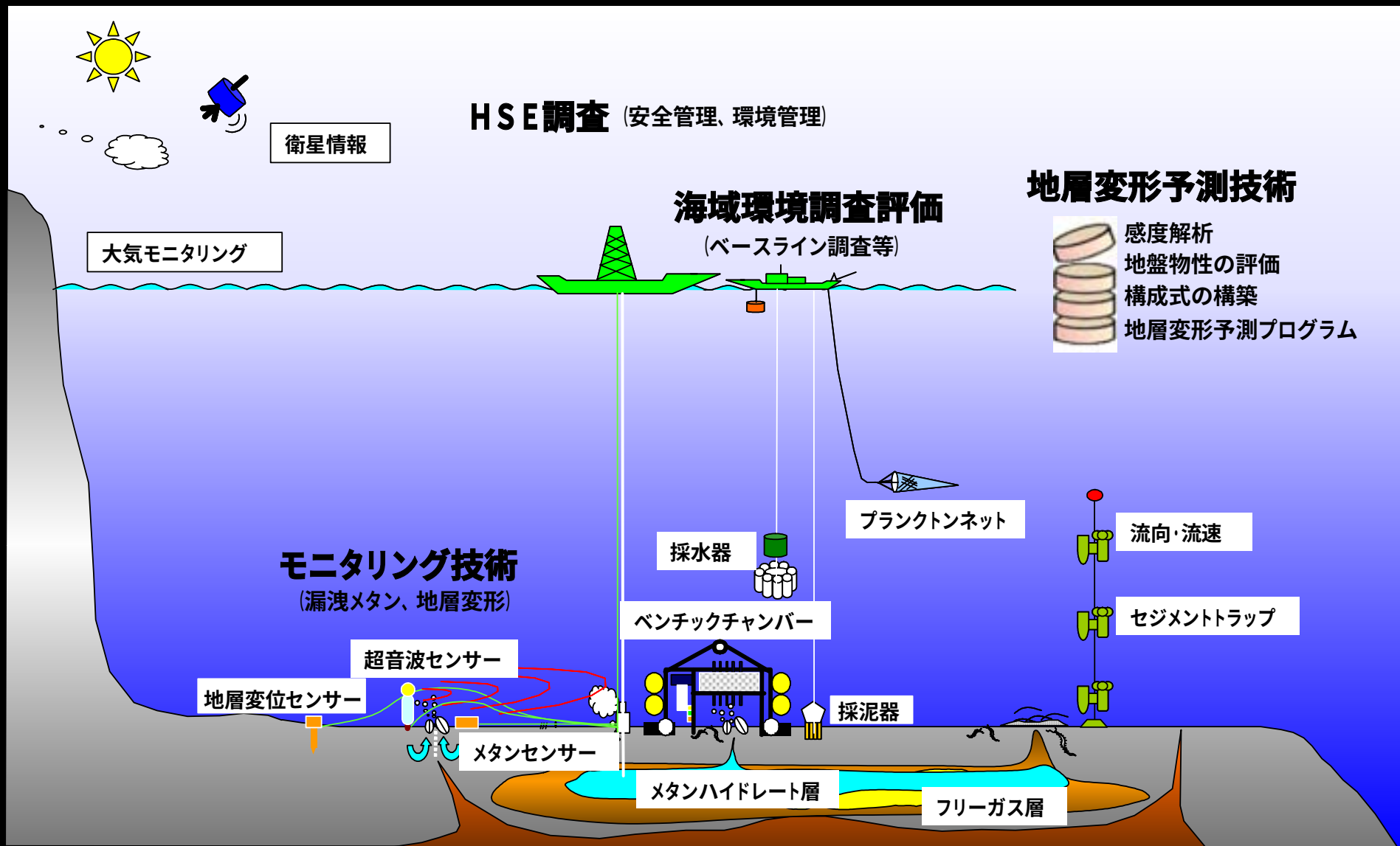
大関 真一

財団法人エンジニアリング振興協会

環境影響評価グループの任務

- 環境への負荷（インパクト）が許容される範囲に収まることの見通しに関して検討するために、海洋自然環境の実態を知り、環境負荷のメカニズムのあらましを分析しておくこと。
- 水深の大きな海域における在来型石油・天然ガス資源開発の安全・環境面の現況を調査・分析し、また、MH資源開発に適用される予定の技術手法の特徴に照らした場合、どのような課題、配慮事項があるのか予見を行うこと。
- 開發生産時の環境・安全面に関わる現象を有効にモニタリングするためのツールの要素技術を開発しておくこと。

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム 環境影響評価グループ全体イメージ



フェーズⅠにおける主な研究開発課題

1. 海域環境調査評価サブグループ

MH資源フィールドの環境条件 (環境・生態系) の把握

MH分解生成水の海洋環境への影響に関する評価

HS&E、問合せに対応するデータベースの構築

2. モニタリング技術サブグループ

メタンガス漏洩／地層変形モニタリング要素技術の開発

3. HSE調査サブグループ

安全管理システムの検討 (フェーズ2の海洋産出試験に向けて)

4. 地層変形予測技術サブグループ

地層変形予測シミュレータ (プロトタイプ) の開発

平成16年度環境影響評価グループ体制図

5

GL：大関 真一

GSL：竹内 敏之

事務局 総企部長 嘉納 康二
経理責任者 森 敏雄

**海域環境
調査評価SG**
SGL：鋤崎 俊二

(株)日本海洋生物研究所

日本IY・I・IY(株)

中田喜三郎
東海大学教授

共同研究
産業技術総合研究所
生物機能工学研究部門
布施主任研究員

**モニタリング
技術SG**
SGL:小林 日出雄

石川島播磨重工業(株)

石川島検査計測(株)

大成建設(株)

応用地質(株)

(株)IHマリソユナイツド

徳山英一
東京大学教授

HSE調査SG
SGL：岡田 陽

日本オイルエンジニアリング(株)

(有)サココンサルティング

共同研究
山口大学 工学部
機能材料工学科
岡本教授
田中助教授

共同研究
京都大学大学院 工学研究科
岡教授
小高助教授
木元助手

**地層変形
予測技術SG**
SGL：傳田 篤

清水建設(株)

関東天然瓦斯開発(株)

CRCソリューションズ(株)

応用地質(株)

赤川敏
北海道大学教授

H16年度海域環境調査評価SGの活動内容

1. ベースライン調査

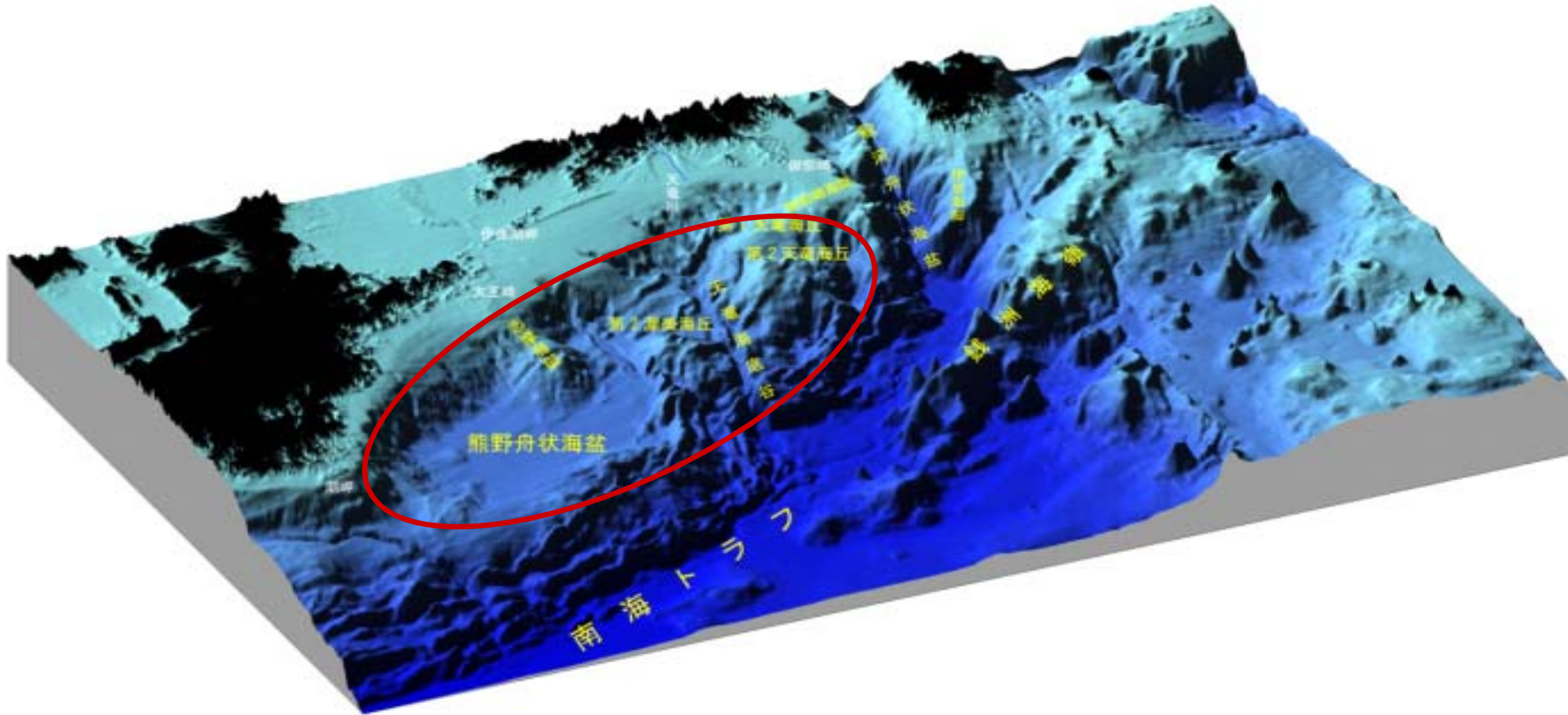
- 平成15年度海域調査のフォローアップ調査
- 基礎試錐調査域を含む南海トラフ海域(東海沖～熊野灘)における海域環境の特徴を明らかにするための調査

(東海大学望星丸傭船)

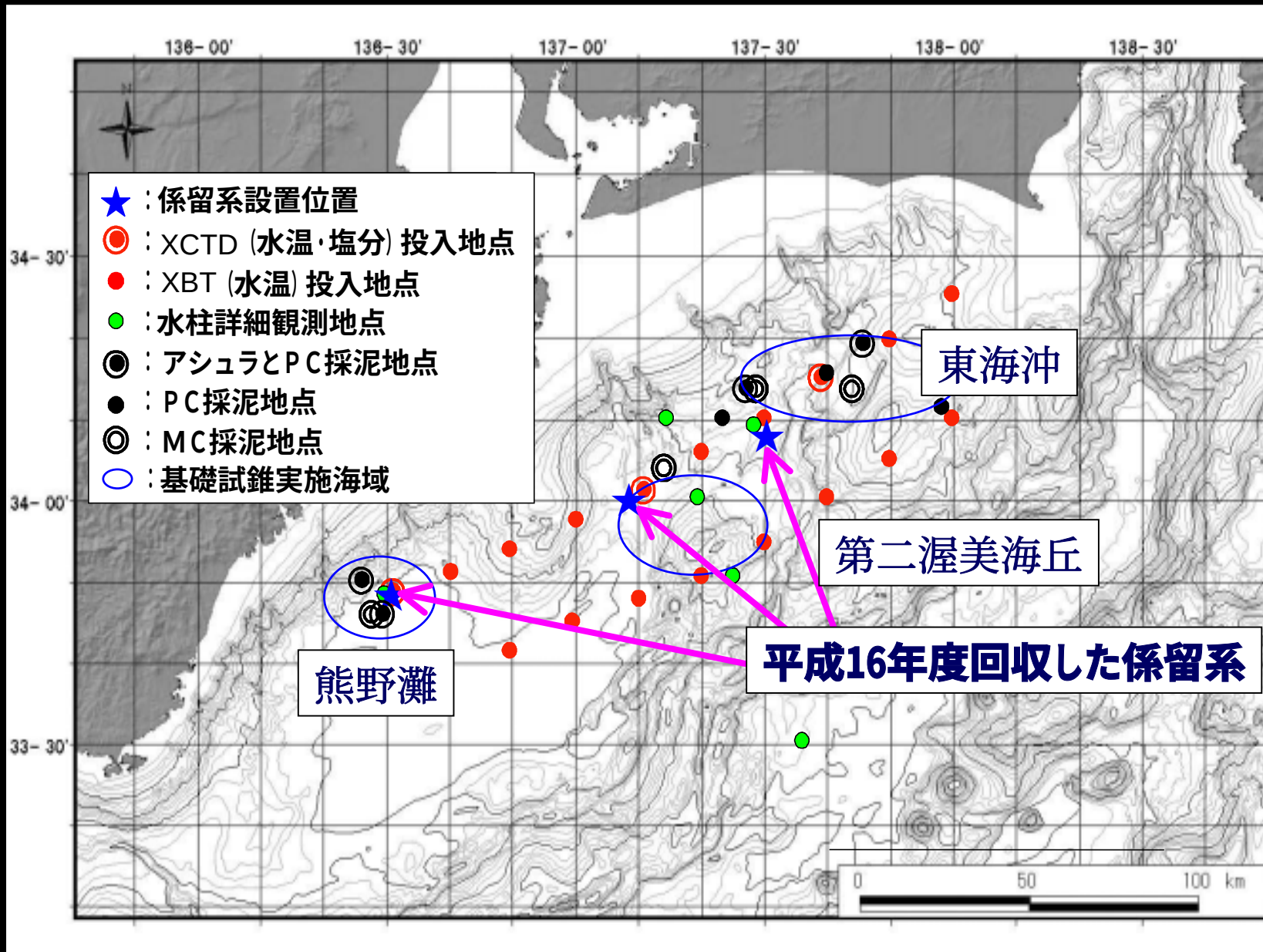
2. MH分解生成水放出影響調査

3. データベースシステムの構築

南海トラフ (熊野灘～東海沖) の海底谷と海丘

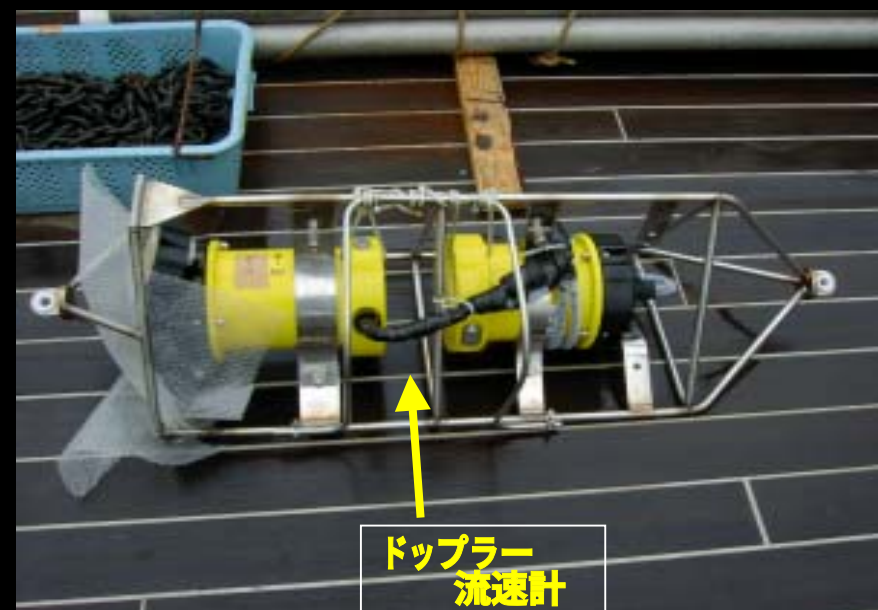
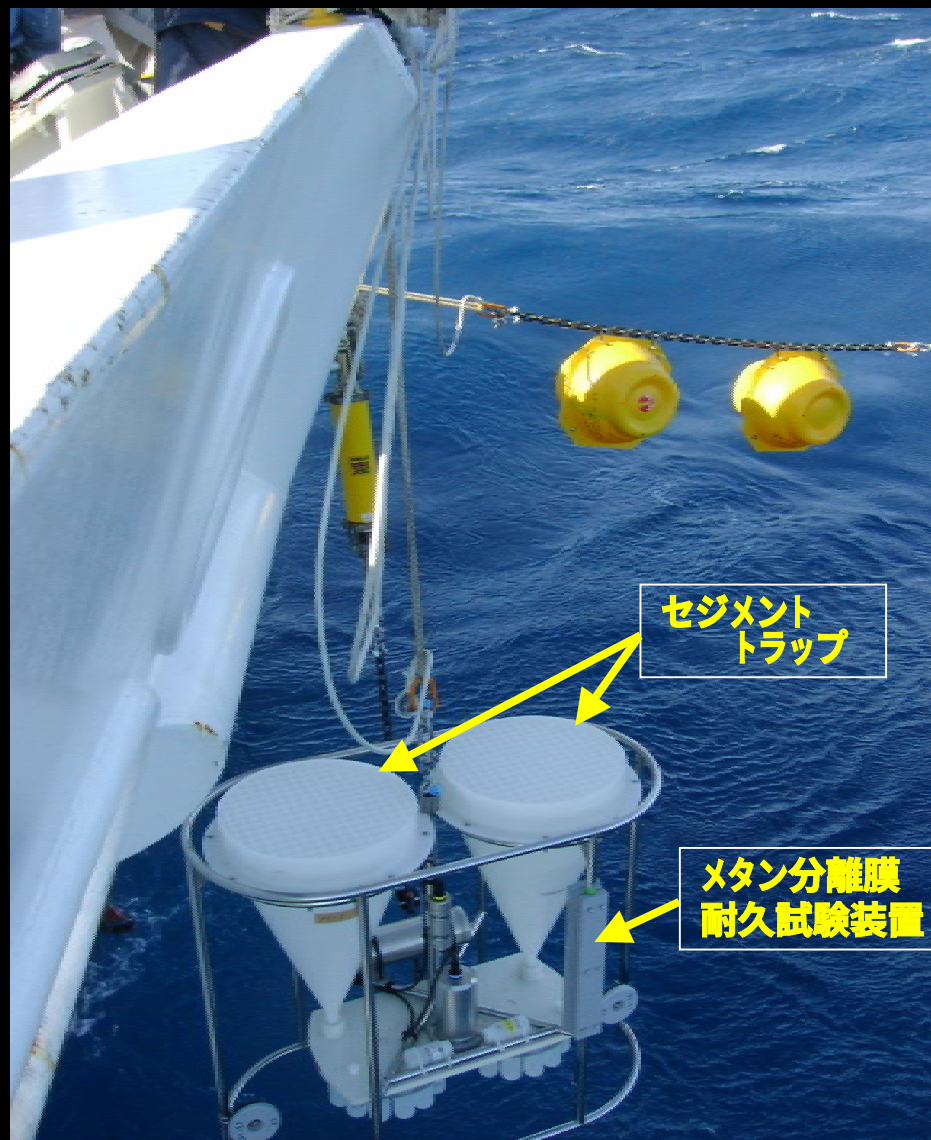


平成15年度観測測点



係留系を構成する機器類(平成15年度に設置)

9



セジメントトラップによって捕捉された全粒子束

平成15年度設置した係留系

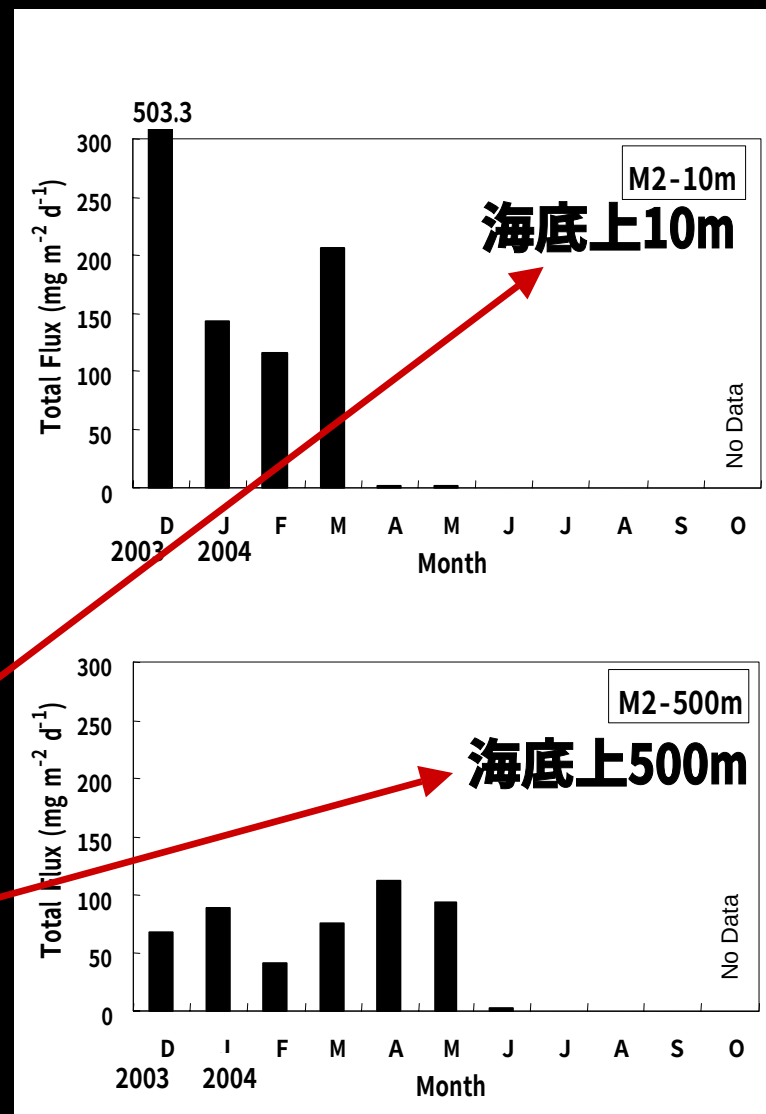


海底上
10m
(1840m)

海底上
500m
(1350m)



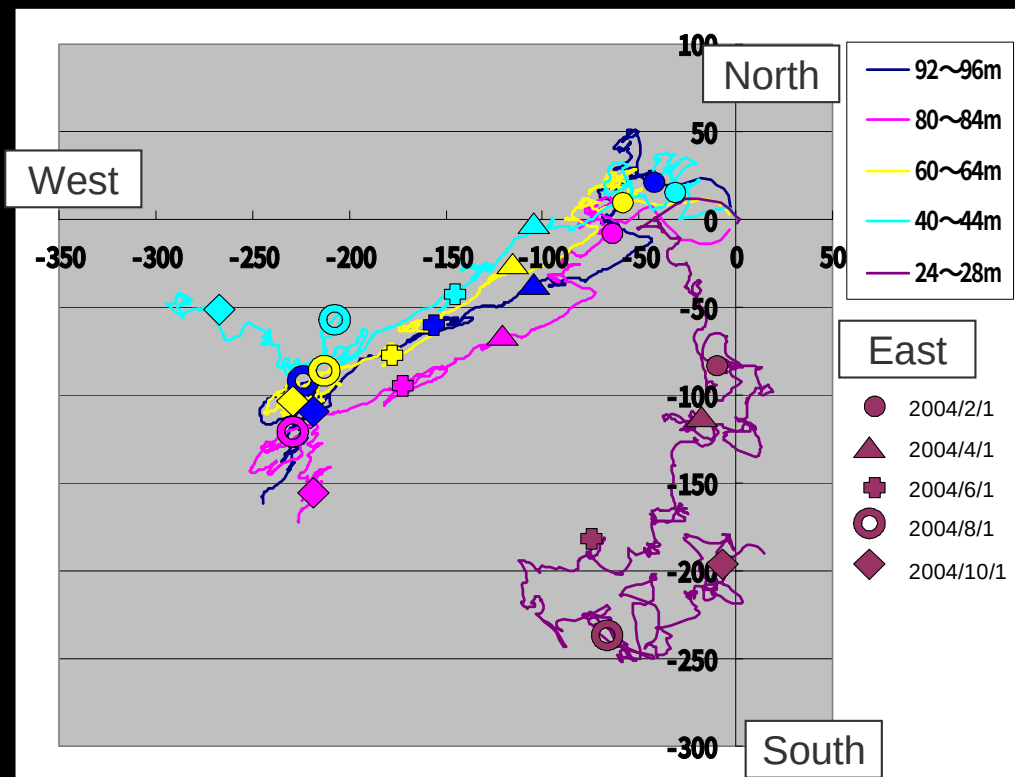
12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月



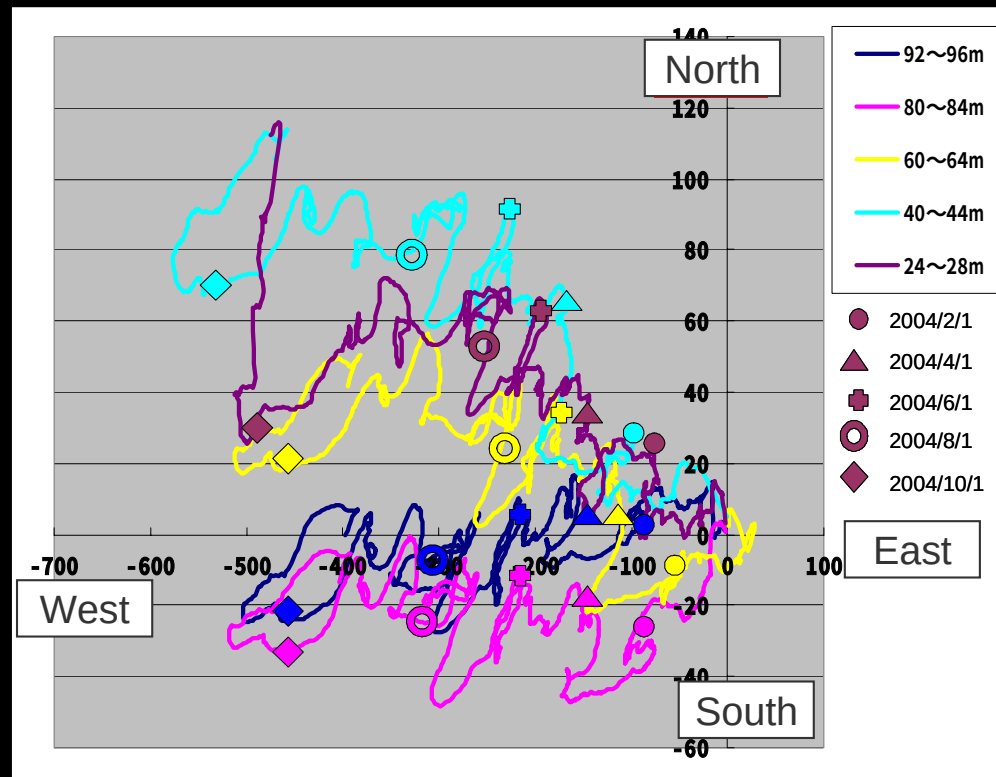
平成16年度回収したセジメントトラップ試料 (1年間係留)

海底面直上の流向流速の 進行ベクトル(Progress vector diagram)図

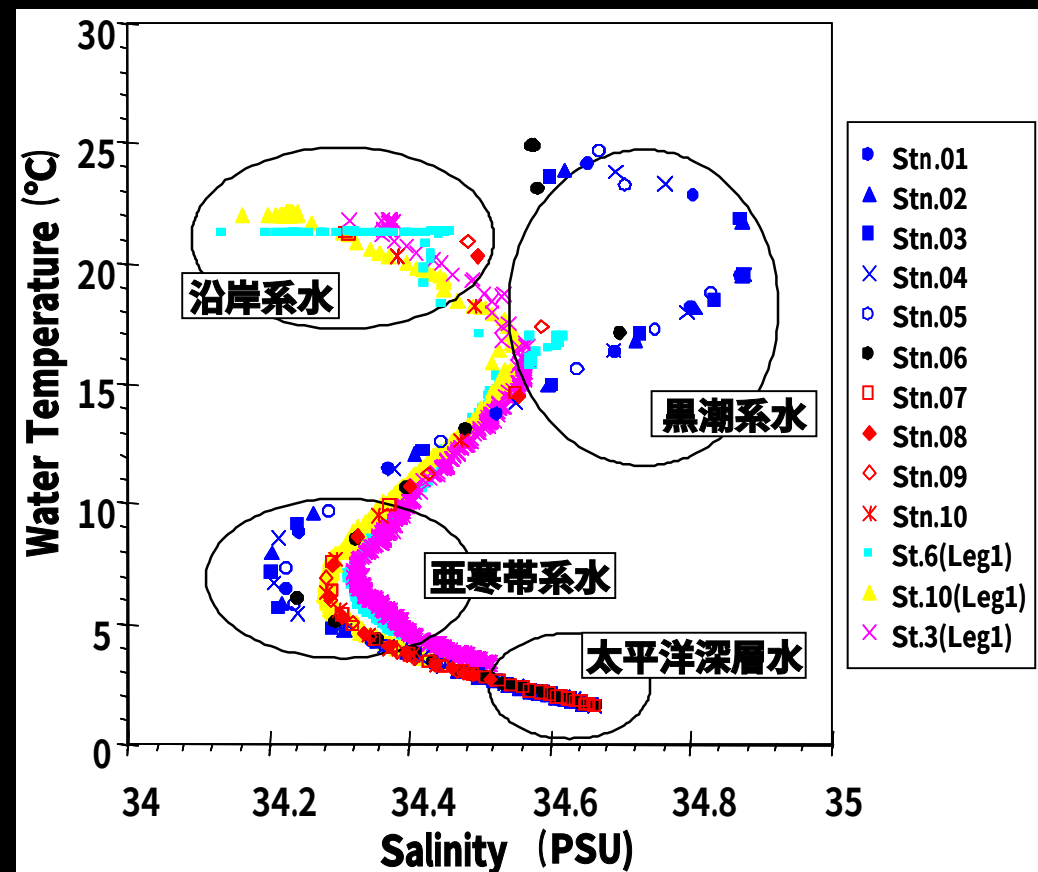
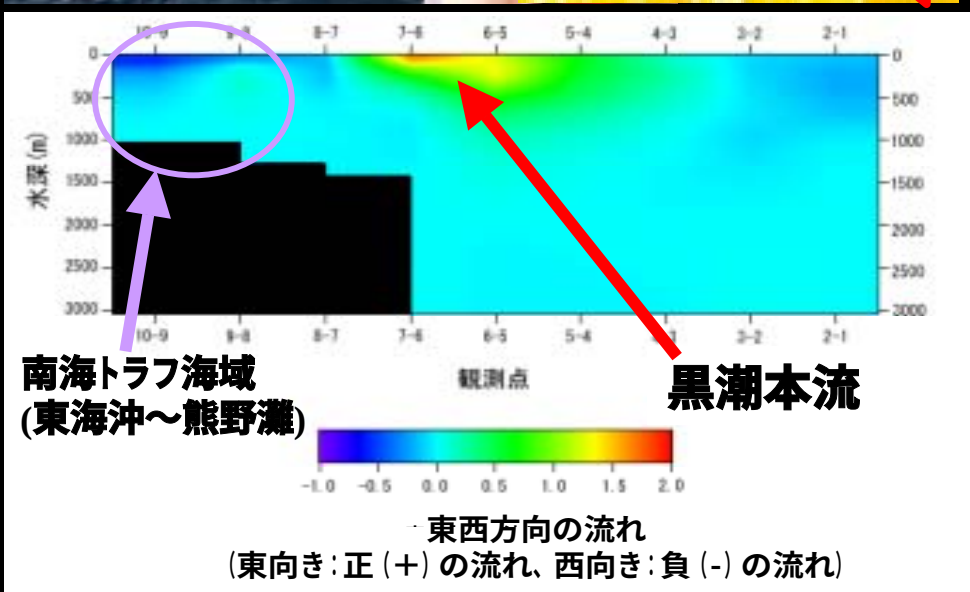
東海沖(M1)



熊野灘(M3)



観測機器および観測状況

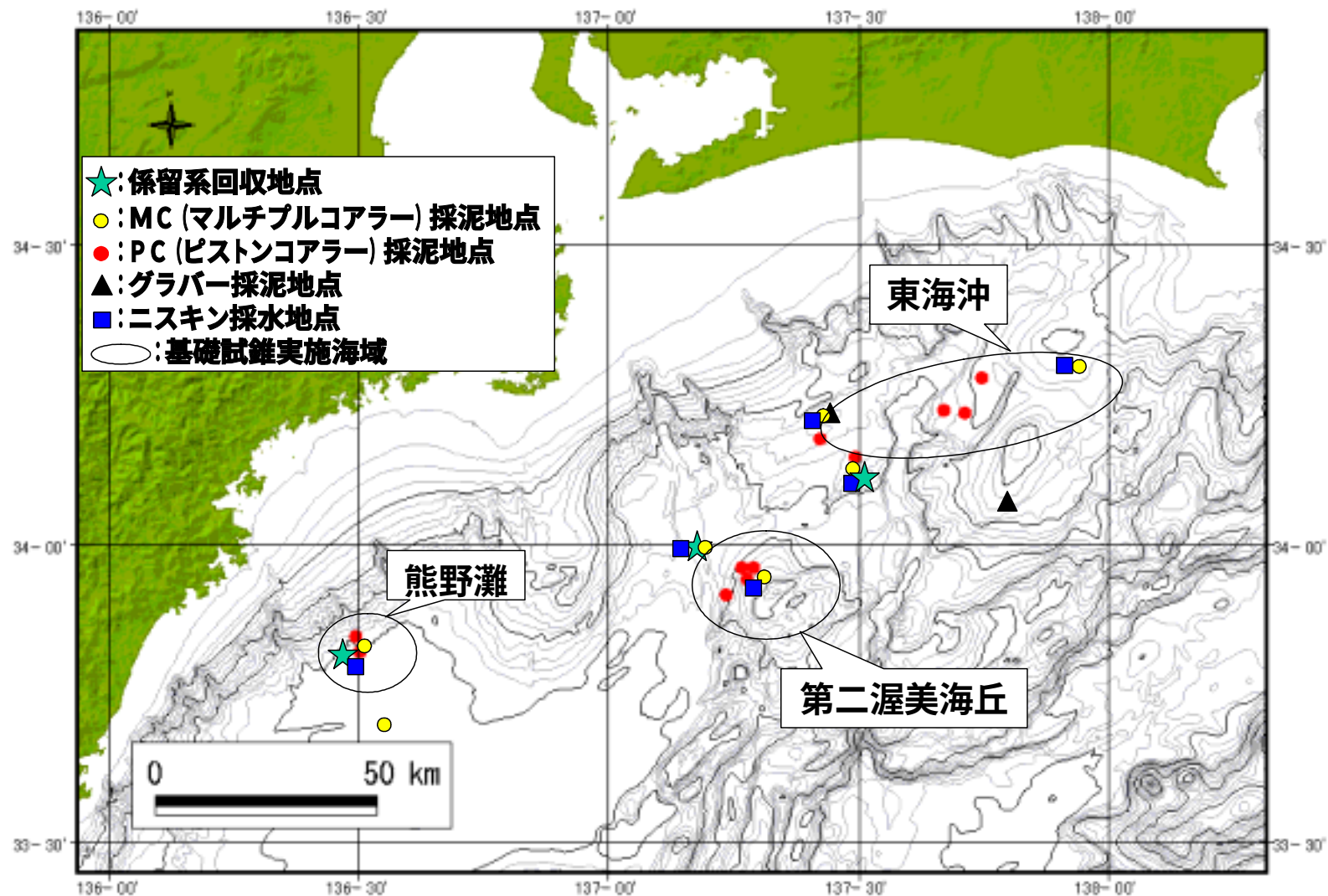


T-S (水温-塩分) ダイアグラム

データは平成15年度のCTD調査結果を使用した。

水温・塩分から計算した地衡流

平成16年度観測測点

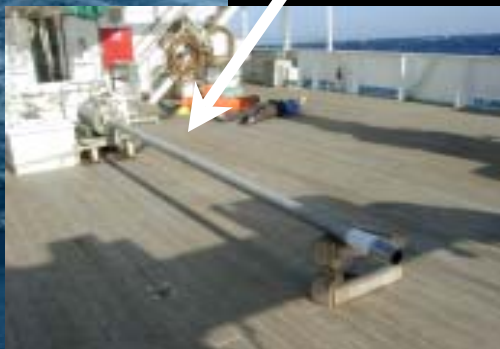
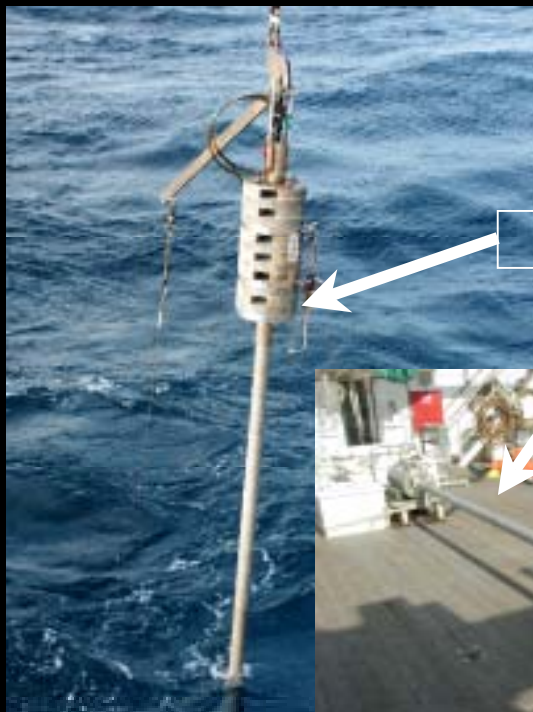


堆積物試料の採取機器

マルチプルコア



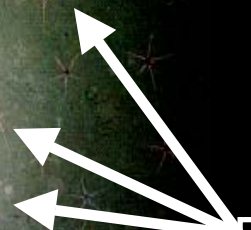
ピストンコア



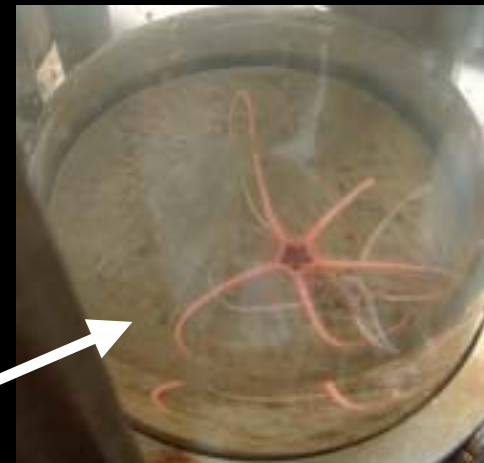
ワンショットカメラ
装着部

採泥器

海底堆積物試料



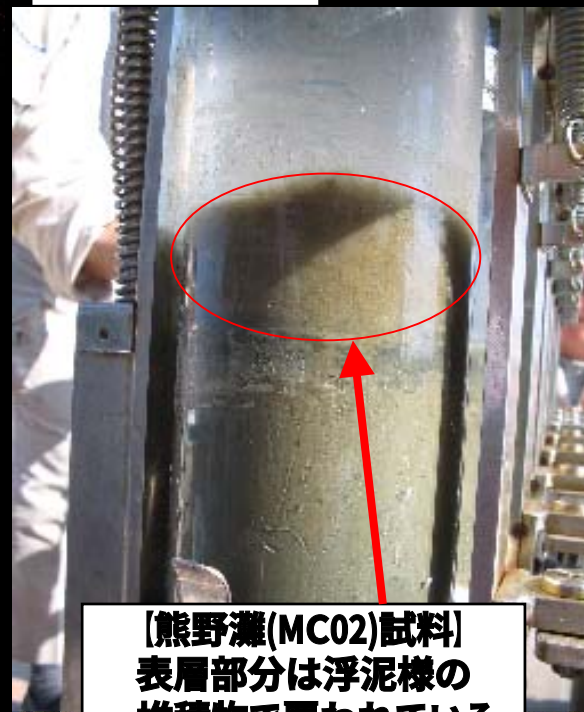
底生生物



ワンショットカメラによる海底面の撮影



マルチプルコアラーで
採取した海底表層堆積物



【熊野灘(MC02)試料】
表層部分は浮泥様の
堆積物で覆われている。



【第二渥美海丘(MC01)試料】
表層部分は砂泥の堆積物
で覆われている。

MH分解生成水放出解析モデルについて

(1) 海洋での化学物質の汚染機構

化学物質の海洋中での物質収支・輸送モデル

(2) 海洋生態系モデル

一般的な海洋生態系モデル→低次生態系モデル

低次生態系モデルが最も実用的なレベルのモデル

(3) 海洋への放出実験およびトレーサ実験の調査

データベースシステムの構築

環境影響評価のための関連データの入力

<海域環境調査評価サブグループ研究成果(まとめ)>

ベースライン調査

＊平成15年度、平成16年度の海域環境調査

- ・南海トラフ(東海沖～熊野灘)の海域環境調査実施。(H16年10～11月)
- ・南海トラフ(東海沖～熊野灘)周辺海域の流動場の特徴を把握
(冷水塊と考えられる反時計周りの流れを捉えた。)
- ・約1ヶ年の流向流速データ(東海沖及び熊野灘ともに、海底付近の主要な流向は西南西から西北西であることが明らかとなった。)
- ・水柱及び海底表層堆積物の化学性状、生物の概査(メイオベントスを中心とした底生生物の鉛直分布は、約7cm以浅の堆積物層に集中。)
(本年度調査したほとんどの地点で中層部もしくは海底近傍層で溶存メタン濃度が高くなる傾向が認められた。)

MH分解生成水放出影響調査

- ＊既存の化学・生物モデル、放出実験やモデル実験の情報収集、分析
 - ・正確なパラメータを海域調査等を通じて取得する必要

データベースの構築

- ＊既存環境情報、環境影響評価グループで取得された研究成果をデータベース化し、共有化を実施

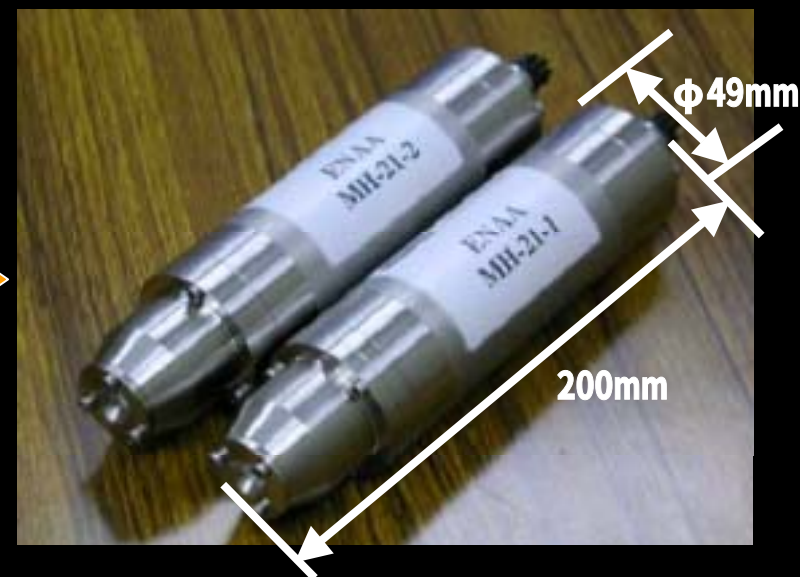
平成16年度モニタリングSGの活動内容

1. 総合モニタリングシステムの基本構成と機能の調査
2. メタンガス漏洩を早期検知する溶存メタン検出法の開発
(METSセンサーの改良、集水型モニタリングシステムの初期モデル試作と性能試験、海洋性メタン酸化細菌の分離培養と系統解析等)
3. 海底地層の微小変形を検知するモニタリング技術開発
(初期モデルの緩傾斜地すべり地帯での性能試験、深海底地盤の地盤特性等の調査)

直接検出法

METSセンサー

METSセンサー（ドイツ製）の基本的特性や実用上の課題点を抽出し、「リアルタイムセンサー」として適用可能性の調査



CAPSUM Technologie GmbH

項目	仕様
材質	チタン製
重量	1kg
水深	0～2000m
水温	2～20℃
測定レンジ	10～4000nmol/L
分解能	±2% of Full Scale (±80nmol)
応答性	1～30min (状況により変化)

- ①分離膜の材質変更及び膜厚薄くして、透過性能向上
- ②ディテクタールームの体積を小さくして、応答性を向上
- ③基盤と回路の統合により電力消費量の低減と安定性向上

直接検出法 集水型モニタリングシステム

新規開発の集水型センサー (ポンプによる海水の供給)

- ・測定精度の向上を目的
- ・キーテクノロジーとなる**分離膜の選定**作業を先行して実施

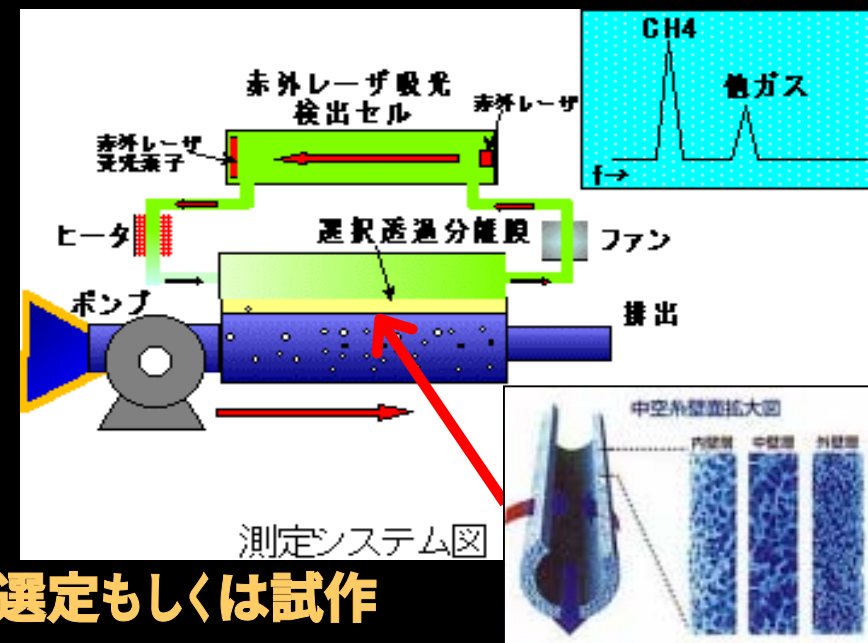
1. 分離膜の基礎研究
2. 膜透過側メタン濃度から溶存メタン濃度を算出する手法
3. 分離膜透過側メタン検出技術の基礎研究

- ≫ メタン用半導体検出器の要素試験
- ≫ 赤外式メタン検出器の要素試験



平成16年度実施内容

1. 市販品中空糸モジュールの検討
2. 集水型モニタリングシステム初期モデルの試作
 - ≫ 高圧・低温下・高流量 (20L/min以上) のポンプ選定もしくは試作
 - ≫ メタン燃焼機構の試作 (ヒーター)
3. 分離膜の耐久試験
 - ≫ 分離膜を深海中で1年間浸漬



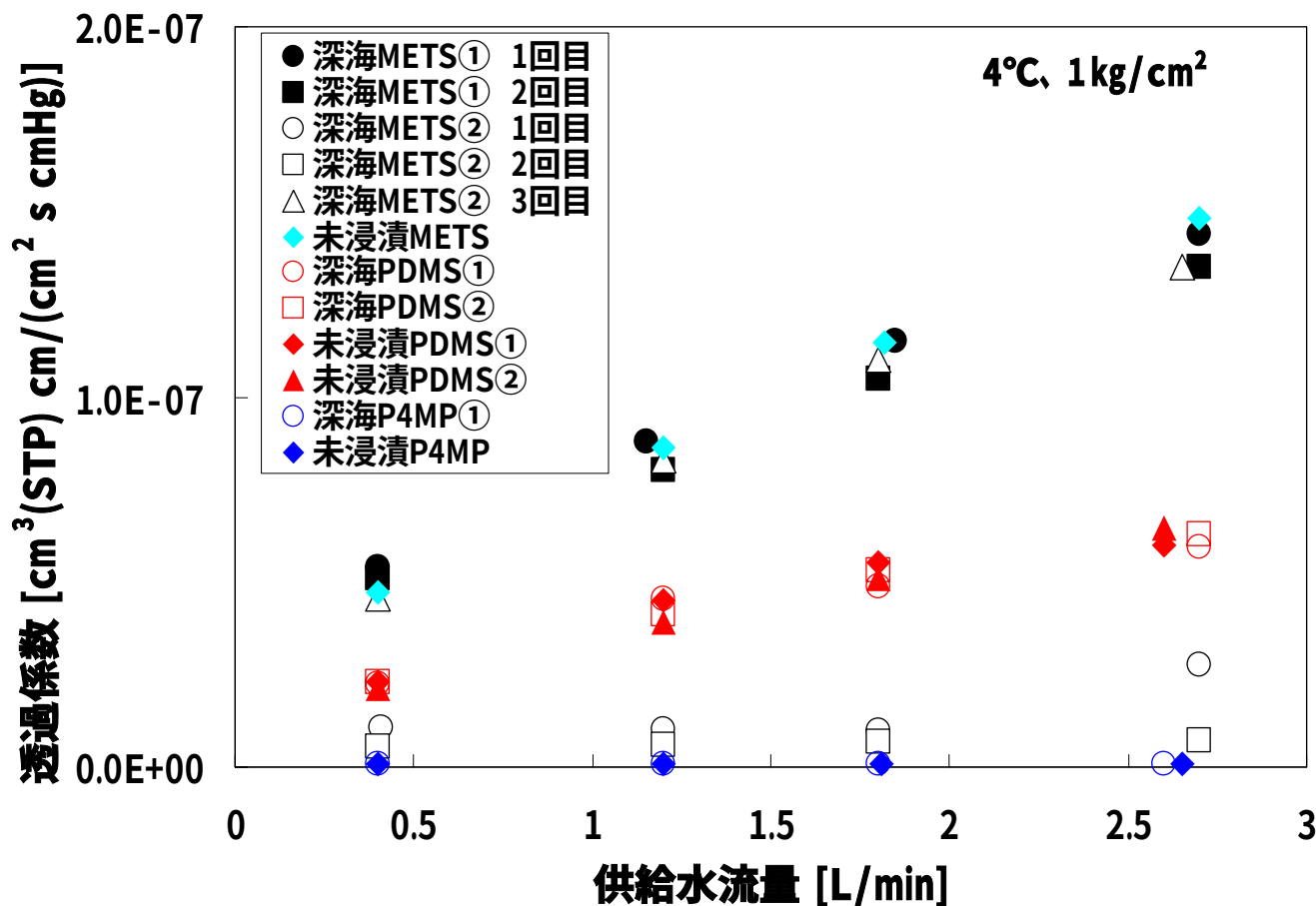
分離膜の耐久試験

1年間、深海に浸漬(南海トラフ沖 水深1390m)した分離膜の耐久性試験を実施

・膜表面に沈殿物が観察された。しかしながら、透過性能はほとんど変化なし。

・METS膜は、3回目の計測で未浸漬膜と同等の値を示した。

(1・2回目の測定では、1/20の値を示した。供給水により洗浄された可能性が大きいと考えられた。)



分離膜耐久試験治具

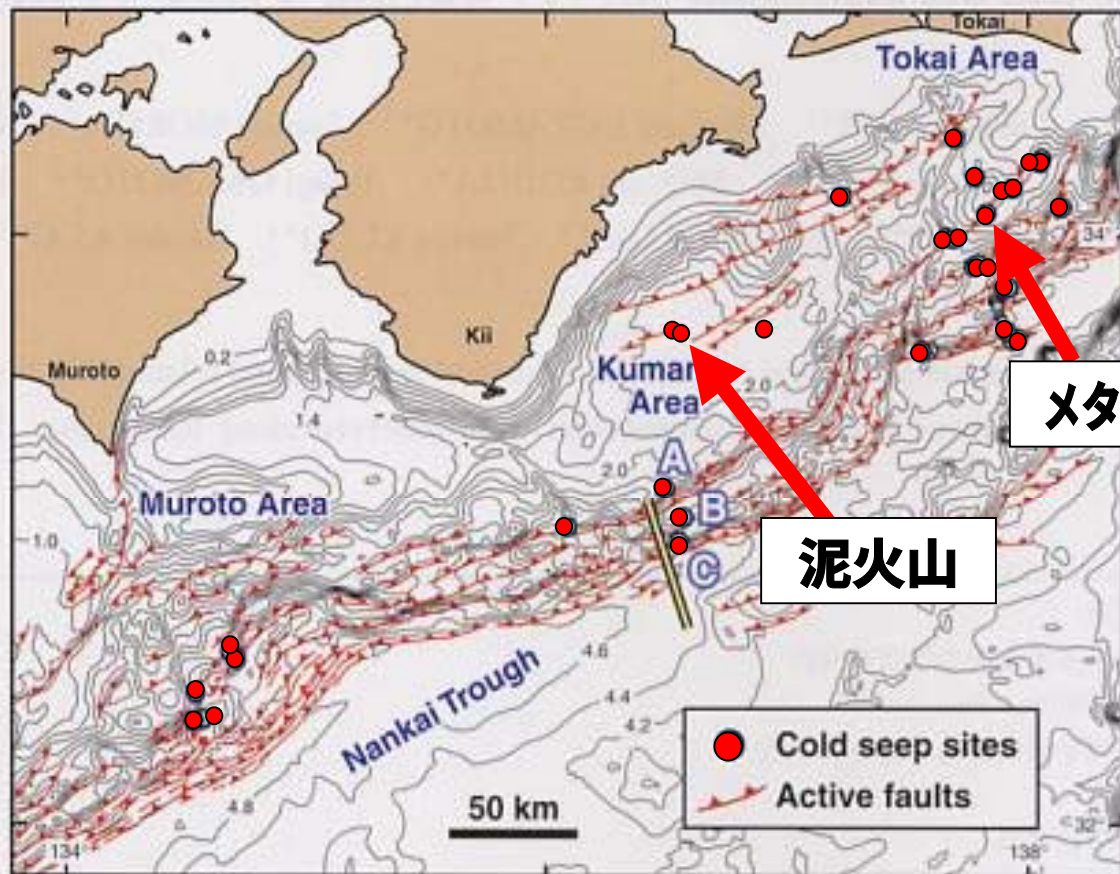


1年間海中に浸漬した分離膜

間接検出法

バイオ利用

平成16年度は、底泥試料を対象に実施。



泥火山

メタンシープ



ワンショットカメラで撮影した
メタンシープ採泥場所の状況

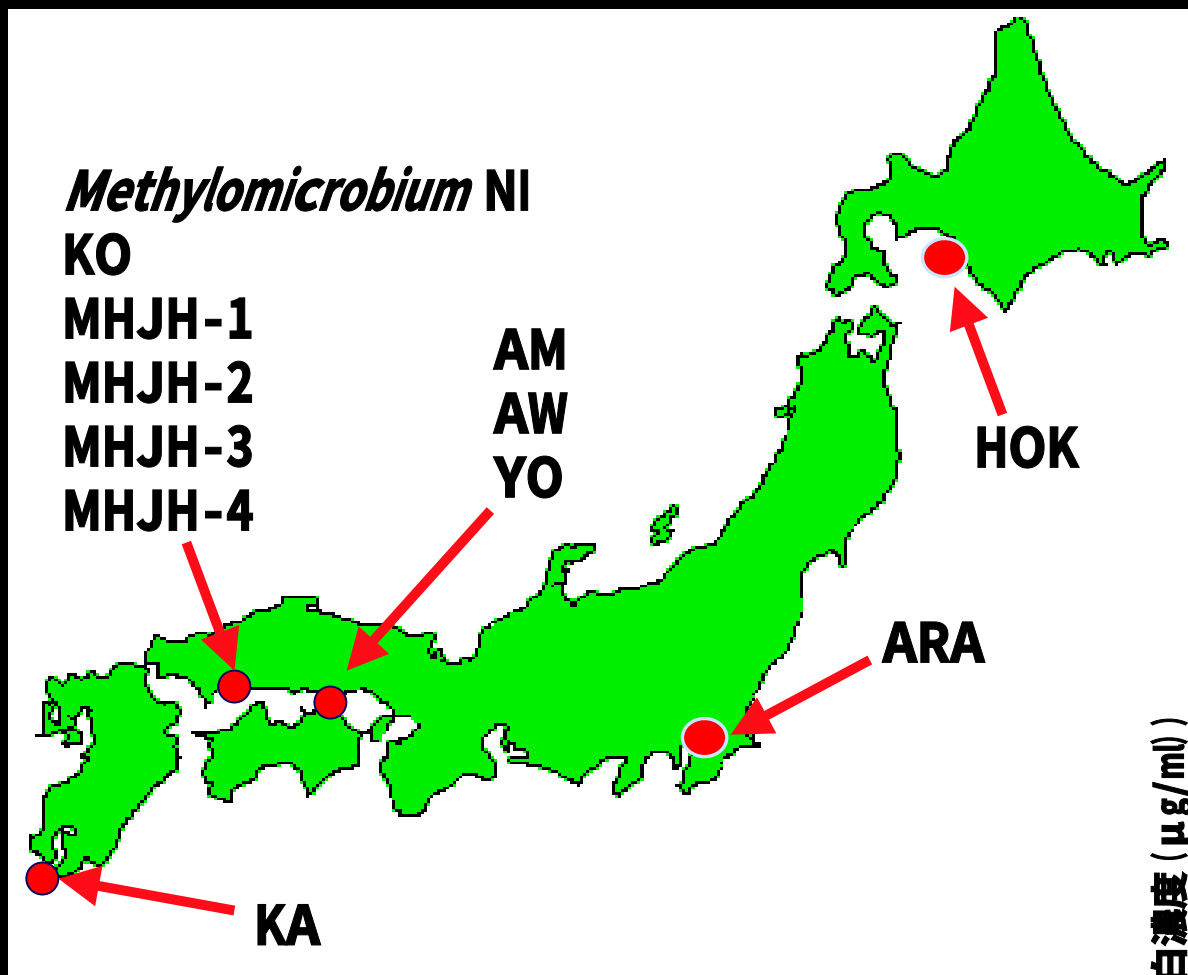
南海トラフ海域底泥表層の
メタン酸化細菌の分布

南海トラフの冷水湧出域と海底活断層の分布

出所: 芦ら(2002)を一部改図

	メタン酸化細菌の検出
メタン湧出域	DNA法で遺伝子検出 (平成16年度調査)
その他の 南海トラフ海域	検出せず

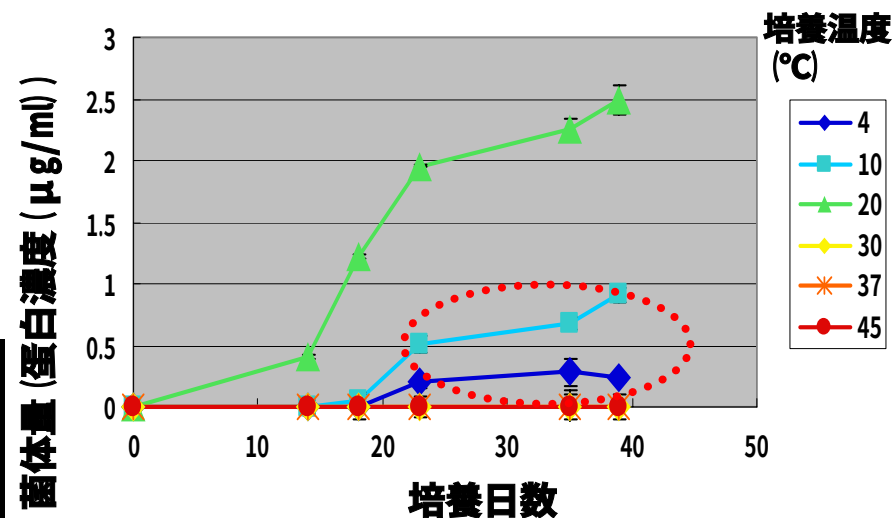
海洋性メタン酸化細菌の分布



これまで日本沿岸でメタン酸化細菌の
単離培養が確認されている採取場所



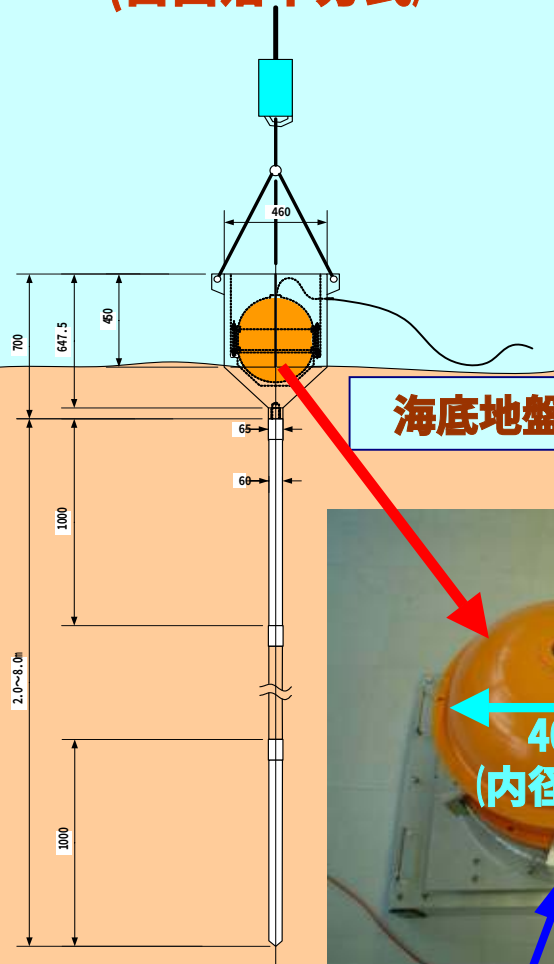
海洋性メタン酸化細菌
NI株の電子顕微鏡写真



地層変形モニタリング

データ処理方法の流れ

(自由落下方式)



海底地盤

40cm
(内径35cm)

耐圧容器

スライドユニット

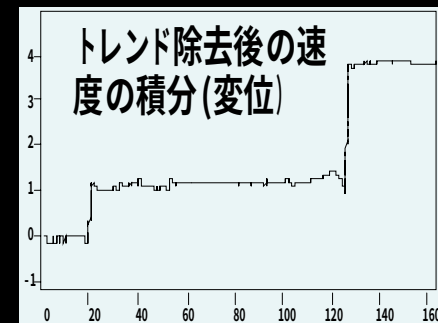
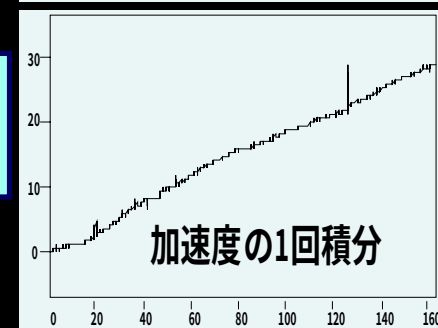
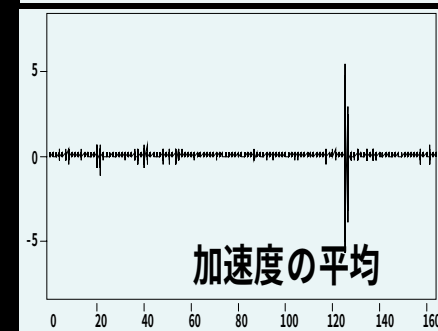
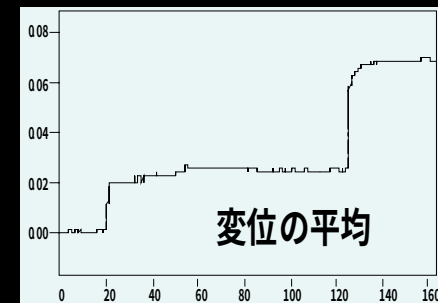
変位波形
(強制変位)

原波形
加速度波形

SN比改善処理後1回積分
(移動平均、ノイズ'除去)

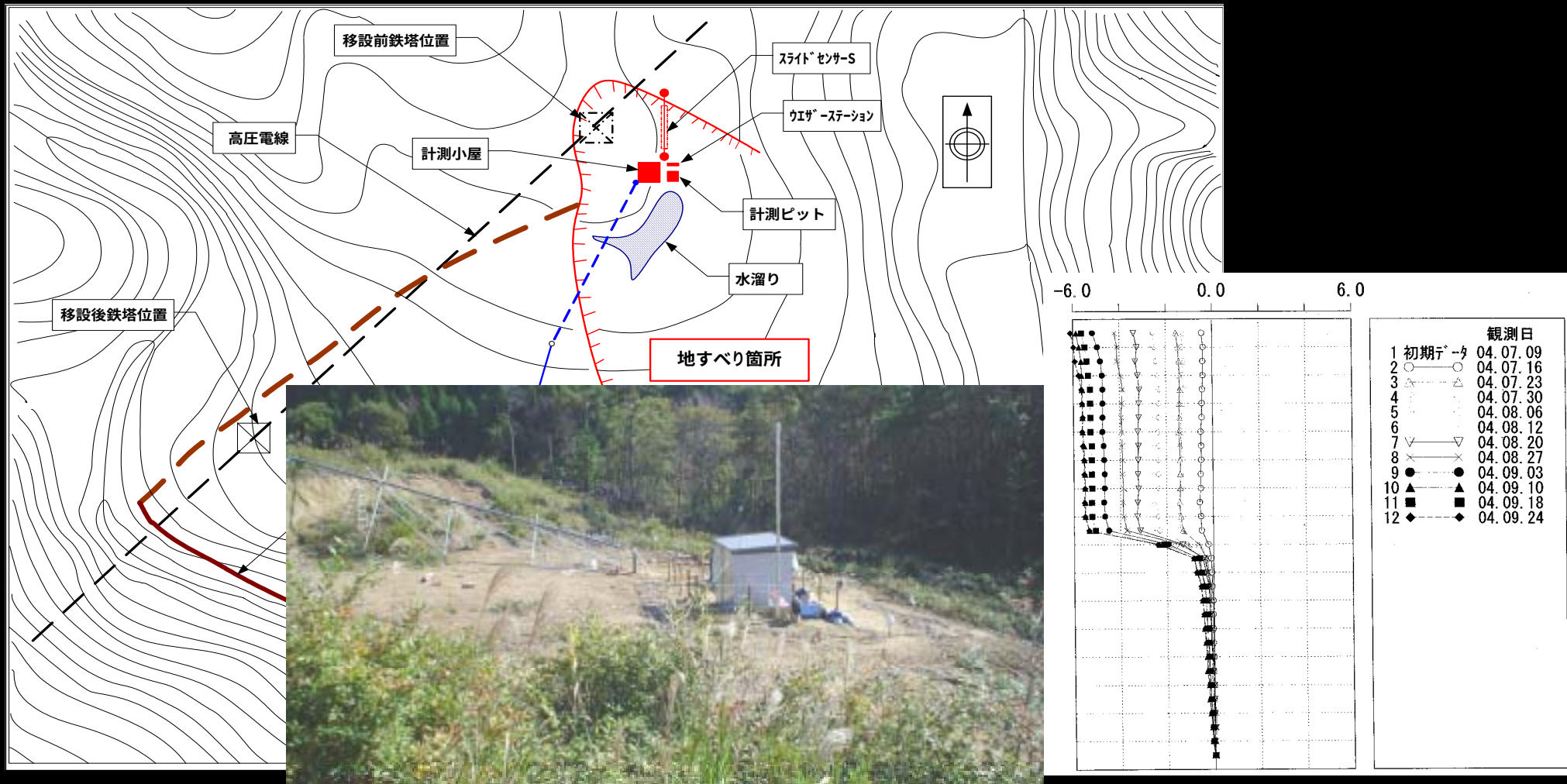
長周期ノイズ'除去後
2回積分

変位波形の再現



地層変形モニタリング

平成15年度に構築した初期モデルの性能評価および緩傾斜地すべりの実態解明を行い、改良点、対処方法を検討



(出典: 茨城県高萩土地改良事務所 平成16年度報告書に加筆)

地すべり観測施設設置状況



観測小屋の内部



観測小屋および電力線



観測ピット

観測システム写真



観測ピットに設置したセンサ収納容器
左下は床上に設置したEpiSensor



伸縮計

<モニタリング技術サブグループ研究成果(まとめ)>

総合モニタリングシステム

- ＊モニタリングスコープの整理、関連技術の動向調査を実施し、基本構成と機能について検討

ガス漏洩モニタリング

“直接検出法(溶存メタンセンサー)”

- ＊METSセンサー(ドイツ製)の改良を実施

- ・応答時間の向上、再現性・器差間偏差の向上

- ＊集水型モニタリング初期モデルの試作

- ・高圧・低温下・高流量(20L/min以上)のポンプ等を選定もしくは試作
- ・小型軽量化・省電力化の必要性

- ＊分離膜の耐圧試験を実施

- ・1年間深海に浸漬した分離膜の透過性能変化なし

“間接検出法(バイオ利用)”

- ＊日本沿岸の海洋性メタン酸化細菌を分離培養

- ・低温(4℃)で生育可能なメタン酸化細菌を単離培養確立
- ・新種のメタン酸化細菌を発見

- ＊海域環境調査で取得した試料からメタン酸化細菌の遺伝子を検出

“広域検出法”

＊超音波を利用：海底からの気泡発生事例文献・聞き取り調査

- ・水深500～1,000mの海底から発生している現象を把握
- ・発生気泡は直径1mm以下の微小気泡から数mm オーダー

“地層変形モニタリング”

＊陸上地すべり観測（緩斜面：約10度）による初期モデルの評価を実施

・センサーの分解能に近い信号も忠実に検出

・ジンバル機構も外部振動による影響がなく設計どおりの特性を確認

⇒事前の観測事例では明瞭な地すべり変位が確認されていたが、緩傾斜の地すべり地帯での観測を試みたが、降雨量が少ないため明瞭な地すべり変位が観測には至っていない

・初期モデルを深海で使用するための課題を抽出

＊高間隙水圧の条件下における土質試料の試験装置と原位置における地層特性に関する情報収集

平成16年度HSE調査SGの活動内容

1. 安全管理システム

- 日本近海試錐調査作業のレビュー
- 大水深オペレーションにおける安全管理システムの要件の調査
- 海洋掘削・生産における浮遊式装置の事故例に関する補足調査

2. 環境管理システム

- 大水深オペレーションにおける環境管理の調査

<HSE調査サブグループ研究成果(まとめ)>

安全管理システム

- ＊日本近海で行われた基礎試錐作業のレビューを実施
 - ・平成11年度基礎試錐「南海トラフ」に対して聞き取り調査等を実施
- ＊大水深オペレーションにおける安全管理システムの要件調査を実施
 - ・北海沿岸国(英国およびノルウェー)における許認可に関わる監督官庁が要求する安全管理システムの要件について聞き取り調査を実施
 - ・監督当局の認識としてオペレータの安全管理システムを重要視
 - ・大水深開発に伴うリスクや安全管理は、水深そのものよりは、使用する新規技術がリスクの要因と考えている
- ＊大水深掘削・生産における事故例の補足調査(データベース“WOAD”(DNV))を実施

環境管理システム

- ＊聞き取り調査を北海沿岸国(英国およびノルウェー)の制度について実施
- アジア3カ国(マレーシア、タイ、インドネシア)については法規や文献調査を実施

平成16年度地層変形予測技術SGの活動内容

1. 地盤物性の評価

- 基礎試錐「東海沖～熊野灘」コア試料の室内試験
- 海底地盤模擬試料の室内試験
- 三軸試験供試体のひずみ可視化技術の動向調査

2. 構成式の構築

- 氷模擬試料三軸圧縮試験のシミュレーション
- 基礎試錐コア試料三軸圧縮試験のシミュレーション
- 基礎試錐コア試料三軸圧縮試験の数値解析

力学試験装置

➤ 物理試験

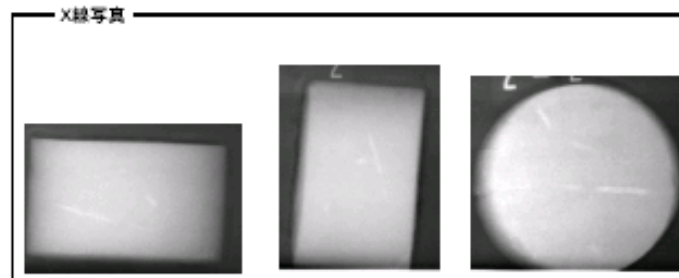
含水比、土粒子密度、粒度分布、液性限界・塑性限界、密度、X線回折

➤ 段階載荷圧密試験

➤ K_0 圧密非排水三軸圧縮試験



低温高圧三軸試験装置



基礎試錐コアの力学試験

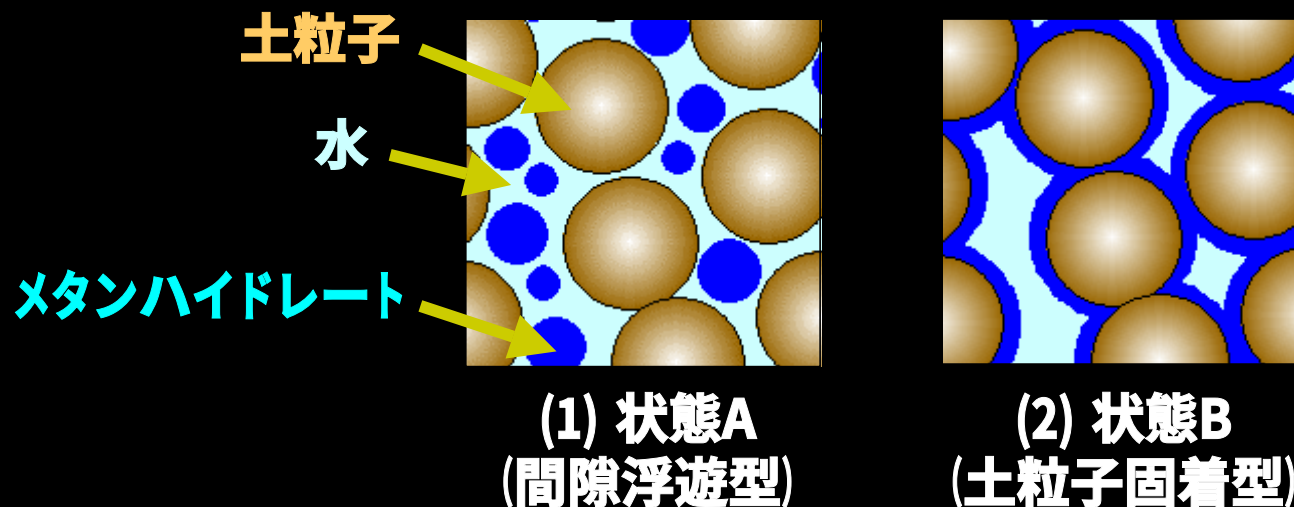


低温高圧圧密試験装置

氷模擬試料三軸圧縮試験のシミュレーション

試験条件

- 試料: 豊浦砂 (平均粒径: $180\ \mu\text{m}$, 細粒分: 0%)
- 乾燥密度: $1.48\text{g}/\text{cm}^3$, $1.55\text{g}/\text{cm}^3$
- 含水比: 8%, 10%, 15%
- ひずみ速度: $0.1\%/ \text{min}$
- 拘束圧: 1MPa, 2MPa, 4MPa
- メタンハイドレート(氷)の存在状態: A, B

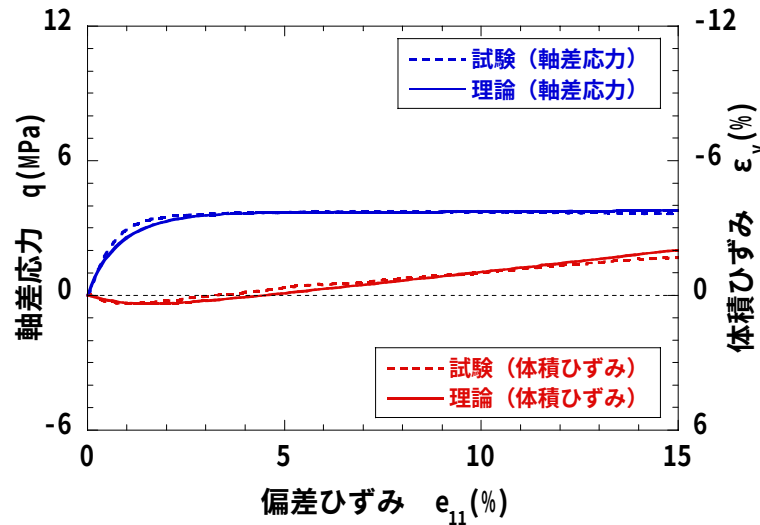


適用構成式

- 凍結砂のひずみ軟化型弾粘塑性構成式

氷模擬試料三軸圧縮試験のシミュレーション

状態A (間隙浮遊型)

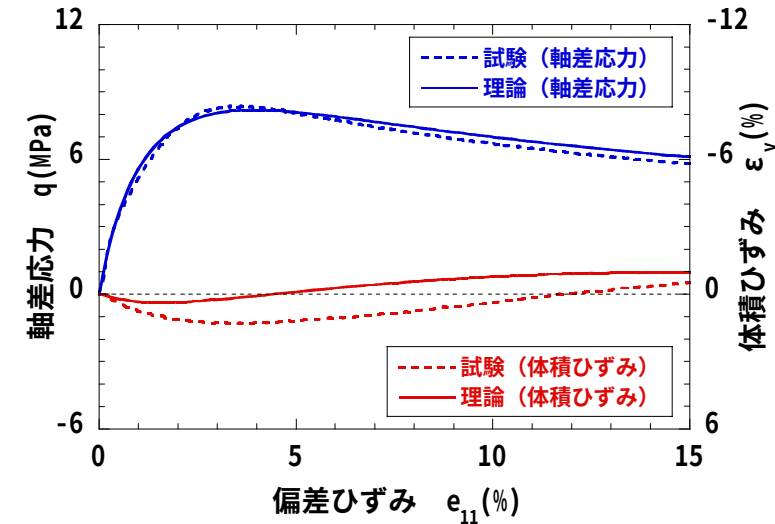


軸差応力はひずみの増加につれて増加。
最大強度に達した後はほぼ一定か若干増加。

↓
ひずみ硬化挙動

拘束圧が大きいほど最大強度は大きい。
拘束圧が小: 初期に若干圧縮ひずみ。
その後膨張。

状態B (土粒子固着型)



軸差応力はひずみの増加につれて増加。
最大強度に達した後はゆるやかに減少。

↓
ひずみ硬化-軟化挙動

拘束圧が大きいほど最大強度・残留
強度は大きい。

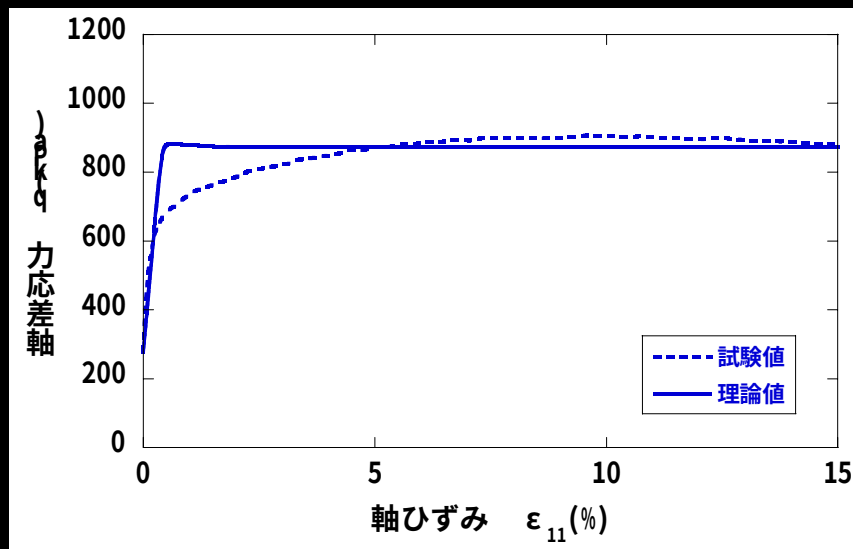
基礎試錐コア試料三軸圧縮試験のシミュレーション

適用構成式⇒粘性土の弾粘塑性構成式

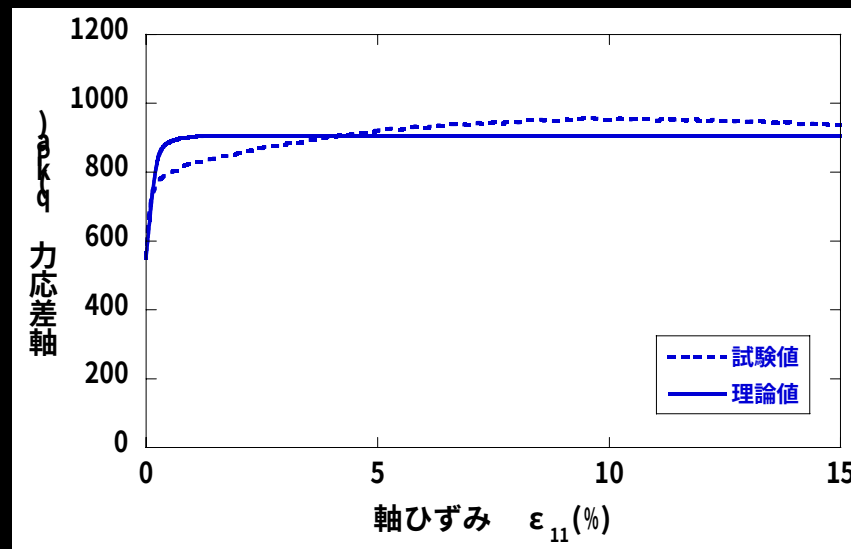
- メタンハイドレート濃集層の上部・下部地盤の採取コアについては、砂部分の回収率が悪く、採取されているコアのうち**三軸試験に適用可能なものがすべて粘性土**である。
- シミュレーションに当たっては、適用する構成式として粘性土の構成式が適当であると判断される。
- 粘性土の力学挙動は載荷時間や載荷速度などの時間依存性の影響が大きいことが知られている。
- 本構成式は、二次圧密、クリープ、ひずみ速度効果等の粘性土に特徴的な挙動を表現することができる。

応力-ひずみ関係

ケース1 (過圧密)



ケース2 (正規圧密)



<地層変形予測技術サブグループ研究成果(まとめ)>

<MH層上面から海底面に至る上部地盤(低濃度MH地層を含む)の強度や変形を研究対象としている>

地盤物性の評価

- ＊基礎試錐「東海沖～熊野灘」で得られたコア試料を用いて圧密試験・三軸試験を実施
 - ・MH含有層を含む海底地盤の圧密特性、強度・変形特性を把握
 - ⇒圧密試験より海底面付近では過圧密状態であるが、深度約100m以深ではほぼ正規圧密状態であることを確認
- ＊低温高圧三軸圧縮試験装置を用いて三軸試験を圧密試験の結果を考慮し、ひずみ制御の非排水せん断試験を実施
 - ・間隙浮遊型および土粒子固着型の氷模擬試料について、MHの存在状態や氷含有量による力学的挙動の相違を確認

構成式の構築

- ＊「凍結砂のひずみ軟化型弾粘塑性構成式」を用いた要素シミュレーション
 - ・基礎試錐コア試料の三軸試験の要素シミュレーション及び有限要素法解析のベースとする構成式として粘性土の弾粘塑性構成式で実施
 - ⇒試験における供試体の変形モードを解析結果はよく表現できていた。