

環境への課題

— 自然にやさしい開発のために —

平成 15 年度成果報告会

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リーダー 大関 真一

 Research Consortium for Methane Hydrate Resources in Japan

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従来型石油・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観測するためのツールの要素技術を開発しておくこと。

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

南海トラフ海域の環境条件（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

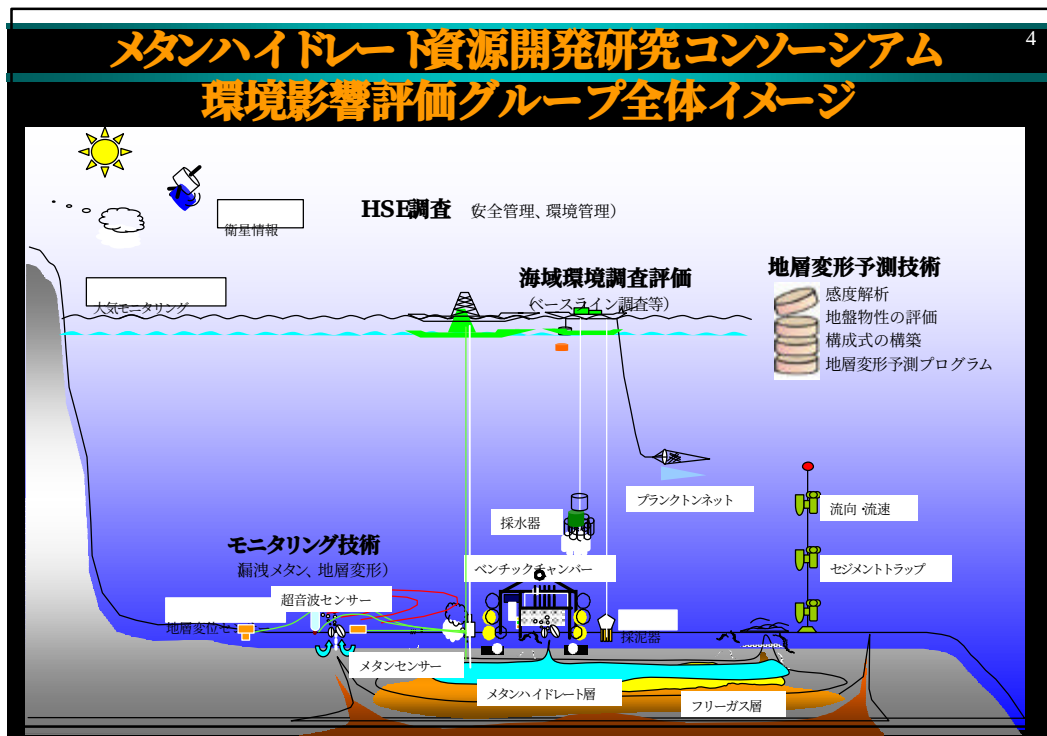
メタンガス漏洩／地層変形モニタリング要素技術の開発

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）

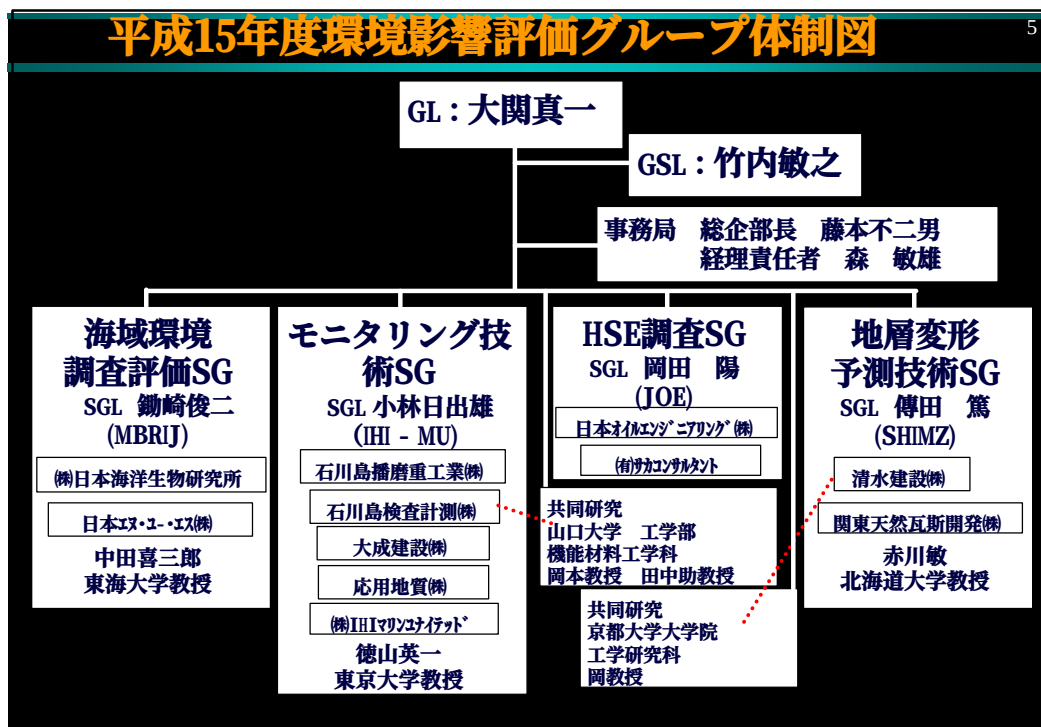
4. 地層変形予測技術サブグループ

地層変形予測シミュレータ（プロトタイプ）の開発



平成15年度環境影響評価グループ体制図

5

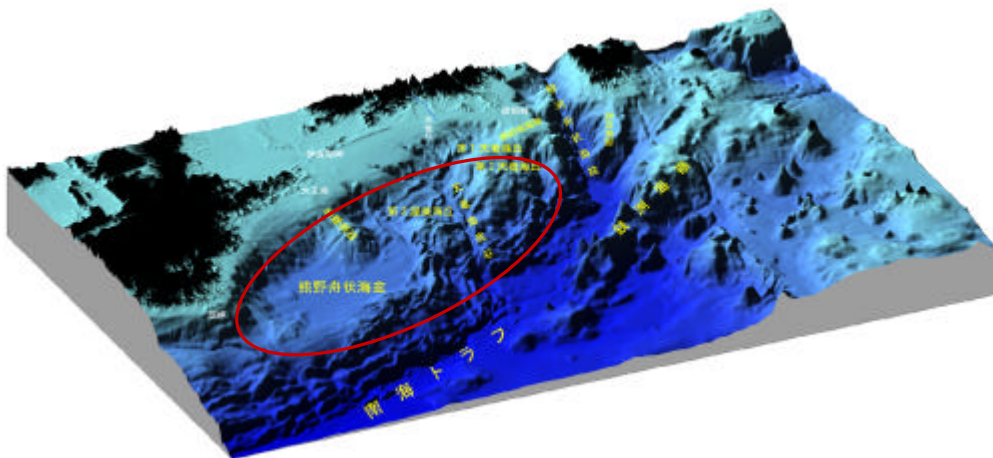


海域環境調査評価SGの活動内容

6

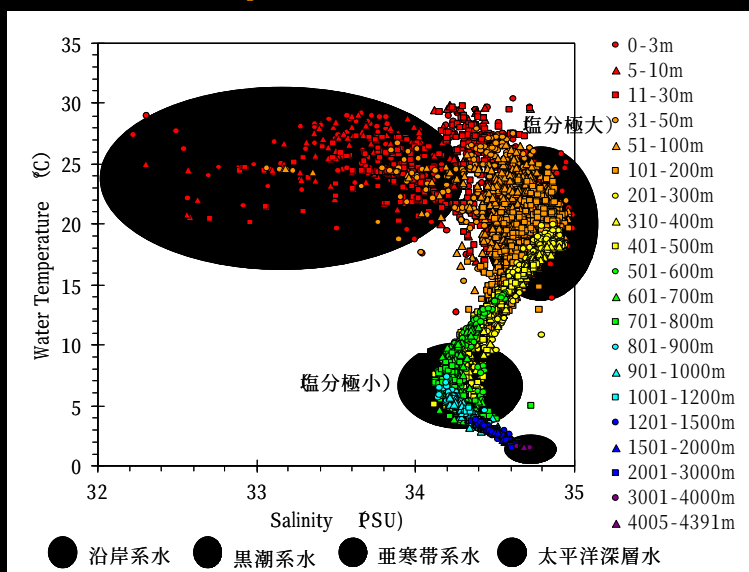
1. 海域環境のベースライン調査実施
東海大学望星丸備船)
2. MH分解生成水放出影響調査
3. データベースシステムの開発 整備

南海トラフ 熊野灘～東海沖) の海底谷と海丘



T-Sダイアグラムによる水塊構造の解析例 (南海トラフ周辺)

8



海域環境ベースライン調査で求められる課題

9

- 物理情報**
 - 底層域を中心とした流況特性
 - 水温・塩分分布
- 化学情報**
 - 海水中の化学成分等
 - 堆積物の性状及び間隙水中の化学成分等
 - 海底から or 海底へのFlux 化学組成 時間変動)
- 生物情報**
 - 海底近傍ないし堆積物中に生息する生物の種類と量
- 地質情報**
 - 海底地形
 - 浅部微細地質構造

海域環境ベースライン調査の実施

10

10月24日～10月28日 (Leg 1)

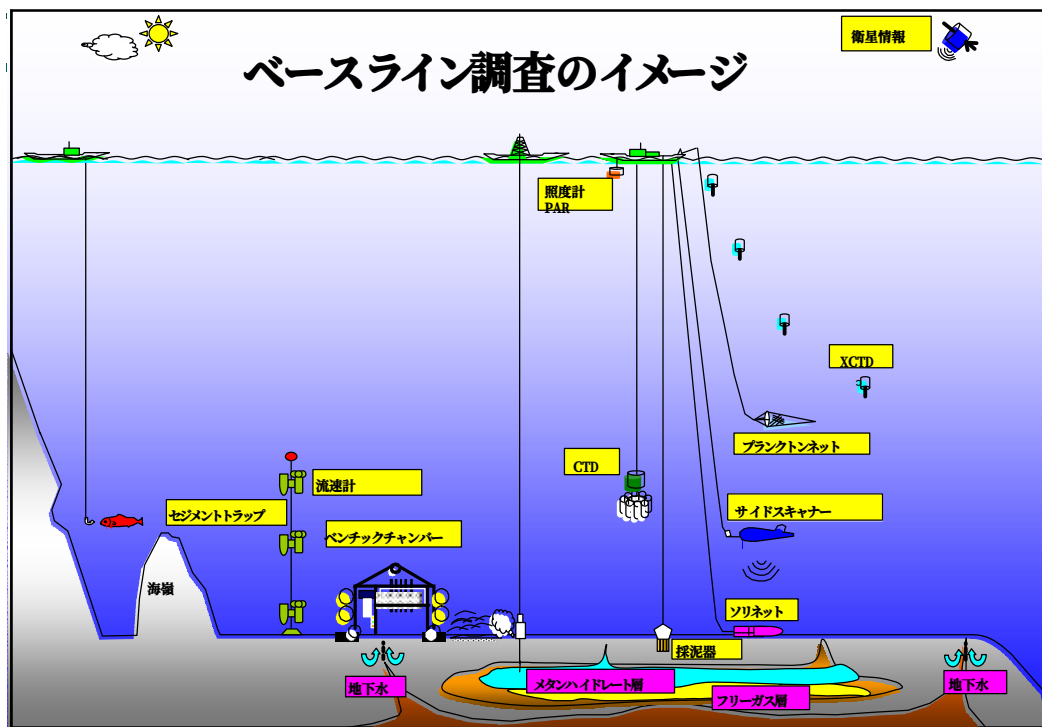
- 短期間の流向・流速情報取得のための係留系投入
- XBT・XCTDを用いた水温・塩分の水平・鉛直分布観測

11月13日～11月20日 (Leg 2)

- 水柱中の化学成分・溶存メタンガス・硫化水素・栄養塩類・有機物量)及び生物量(バクテリア・微小プランクトン等)の観測。
- Leg1で設置した流速計の回収。

11月25日～12月6日 (Leg 3)

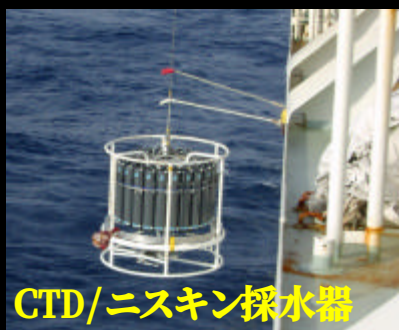
- 流向・流速及びセジメントトラップの設置(1ヶ年設置)
- 海底表層堆積物の性状及び底生生物に関する観測。
資源量評価分野地化学調査担当チームとの共同調査)



観測機器および観測状況

12

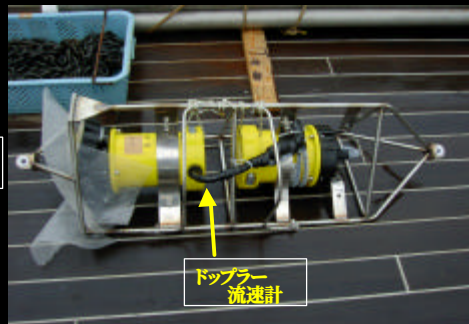
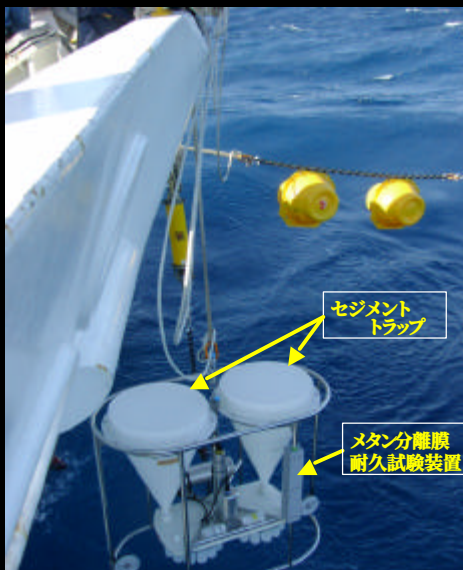
流速計の設置 短期係留)



設置深度 海底面から10m・120m・
250m・500mの4水深 画面をクリック」

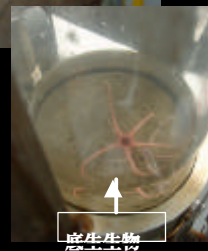
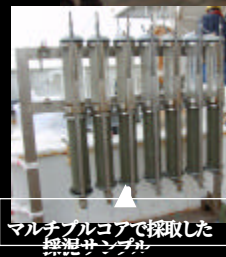
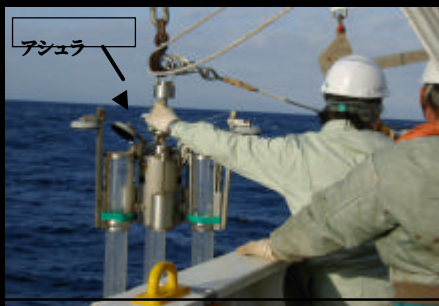
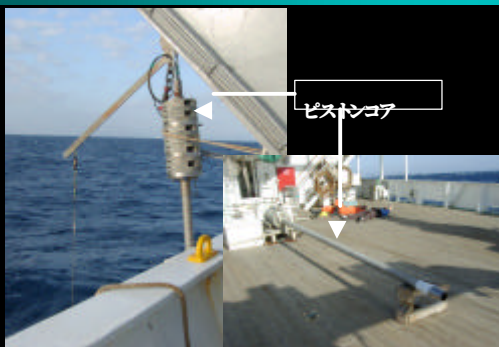
係留系を構成する機器類(1ヶ年設置)

13



堆積物試料の採取機器

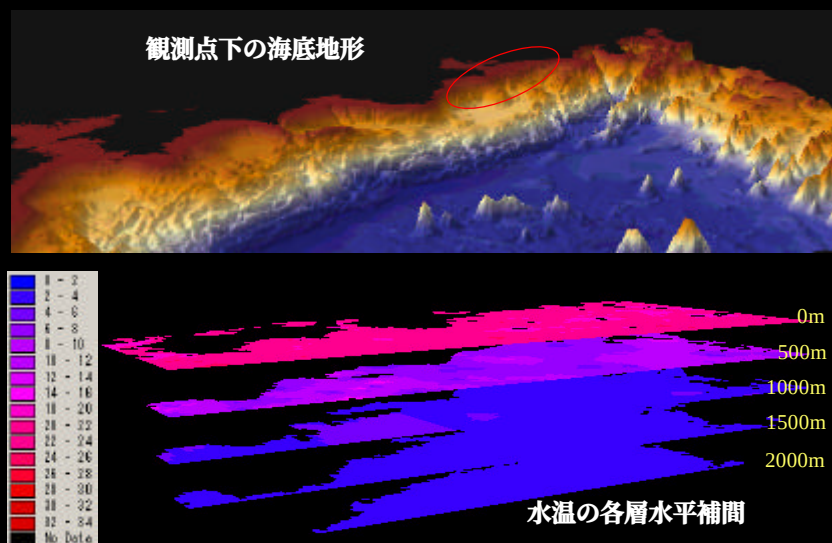
14



- 1) 海洋深層水利用による低温水の放出
- 2) LNG基地等からの海洋への低温水の放出
- 3) その他 海洋への排水の解析モデル)
海洋への低塩分水 (淡水) の放出
例) 核燃料施設からの海洋への放出モデル

既存情報を用いた海域環境の解析

南海トラフ周辺海域における11月の水深別水温分布



ベースライン調査

- ＊既存情報による当該海域を含む海域の解析、概況の把握
 - 海底地形 地質 水塊構造等の物理環境
 - 栄養塩の鉛直分布等の化学環境
 - 漁業資源を含めた生物環境
- ＊南海トラフでのベースライン調査（予備調査）を実施。（R15年10～12月）
 - 水温 塩分の水平鉛直分布データ
 - 約1ヶ月の流向流速データ 海底上10m～500mの範囲では水深帯によって流向や流速が大きく異なることが示された）
 - 水柱及び海底表層堆積物の化学性状、生物の概査 近傍に湧水域や泥火山が存在する場所では、海底近傍でメタン濃度が高くなる傾向）

MH分解生成水放出影響調査

- ＊既存物理モデルの情報収集、分析
 - 既存のモデルや計算スキームの転用には工夫が必要となる見込み

データベースの構築

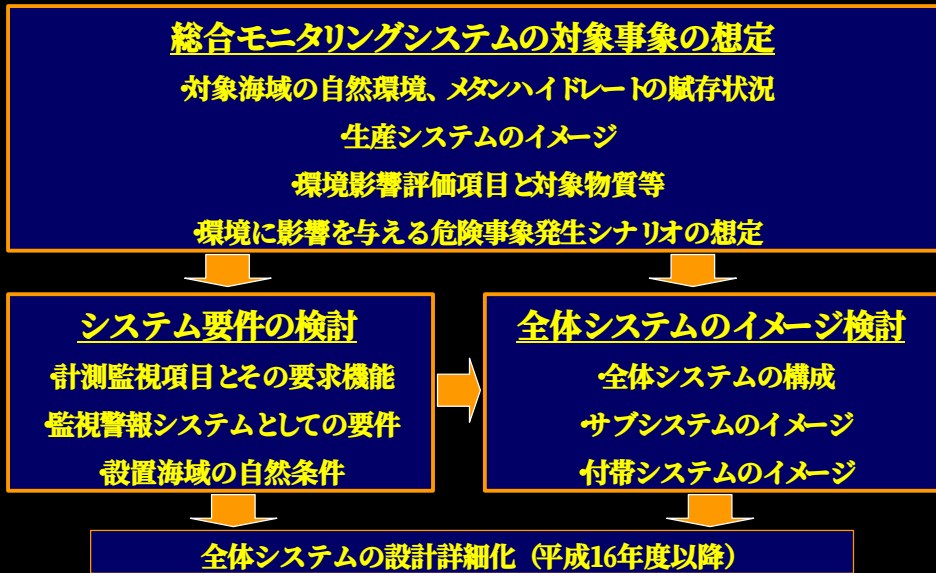
- ＊システムのプラットフォーム及び共有のためのネットワーク環境を整備
- ＊既存データおよび取得したデータの入力

モニタリングSGの活動内容

1. 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（直接検出法、間接検出法、広域検出法）
2. 海底地層の微小変形を検知するモニタリング技術開発
3. 総合モニタリングシステムの基本設計

総合モニタリングシステム開発の進め方

19



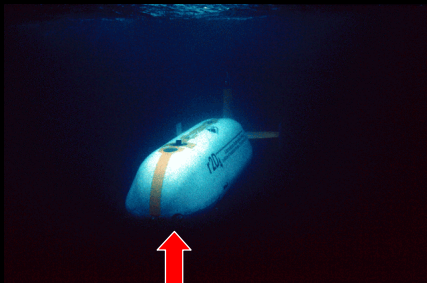
関連技術の動向調査 大水深用AUV

20

深海巡航探査機「うらしま」JAMSTEC・MHI
 2000年竣工、設計深度3,500m。
 長距離連続潜航のため燃料電池を採用。



マリンバード川崎重工、2001年竣工
 水中ドッキングによる充電方式の実験機、
 2003年に和歌山県で実海域試験に成功



深海知能ロボット“eD4” 東大生産研・三井造船
 2002年竣工、潜航深度4000m、巡航距離60km
 自律航行機能 潜航計画表に従い潜航を行う。障害物回避、自身の状態をモニターして行動計画変更、環境特異点データ検出時に詳細調査を行う。



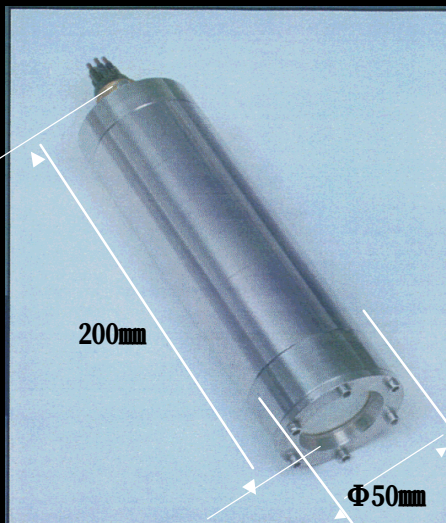
目的：METSセンサーの基本的特性や実用上の課題点を抽出し「リアルタイムセンサー」として適用可能性の調査

平成14年度の結果から

- 半導体検出器出力電圧の溶存酸素濃度依存
- 溶存メタン濃度切換時の半導体検出器出力の応答特性

実用上の課題点の抽出を実施

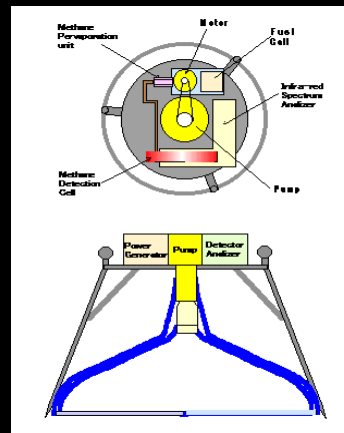
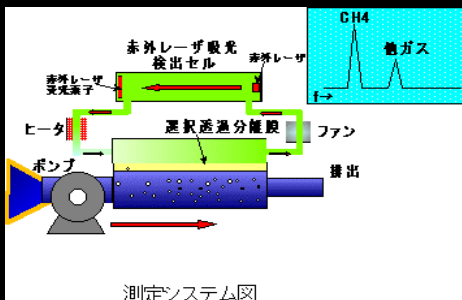
- 温度依存性
- 器差間の応答性
- 検出精度
- 実海域での試験



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

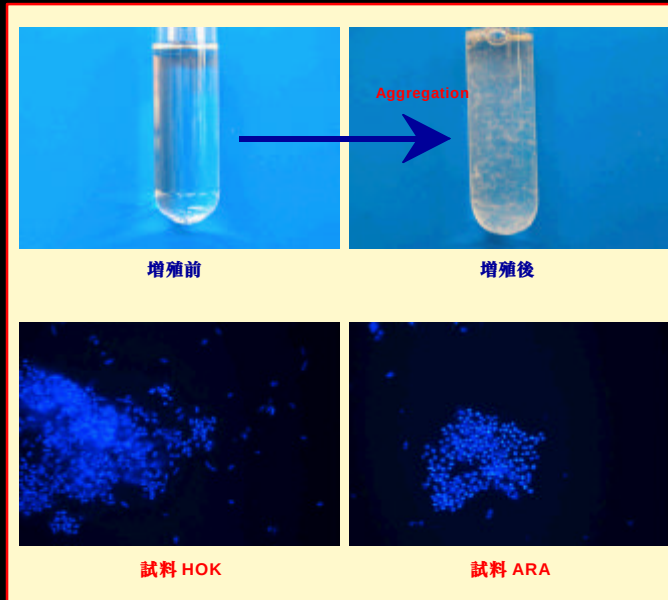


間接検出法

- 海洋性メタン酸化細菌の探索
- プロトタイプバイオセンサーの原理と応答性能の確認
- 南海トラフにおけるメタン酸化細菌の分布状況の把握

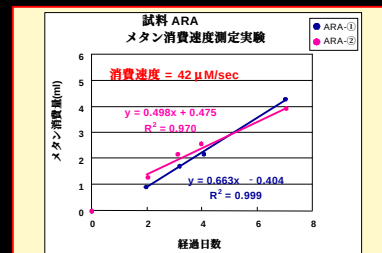
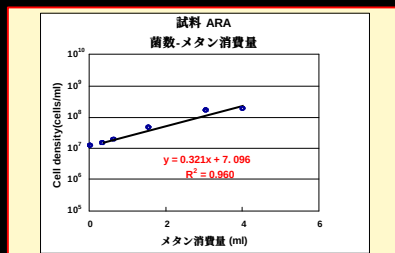
増殖したメタン酸化細菌群

25

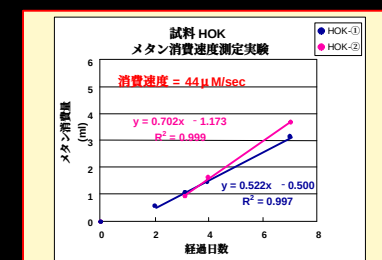
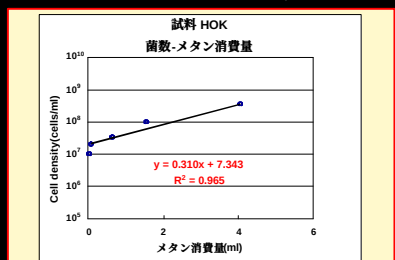


メタンの消費速度と増殖特性

26



試料ARA : $\log_{10}(\text{全菌数}) = 0.321 \times (\text{メタン消費量}) + 7.096$

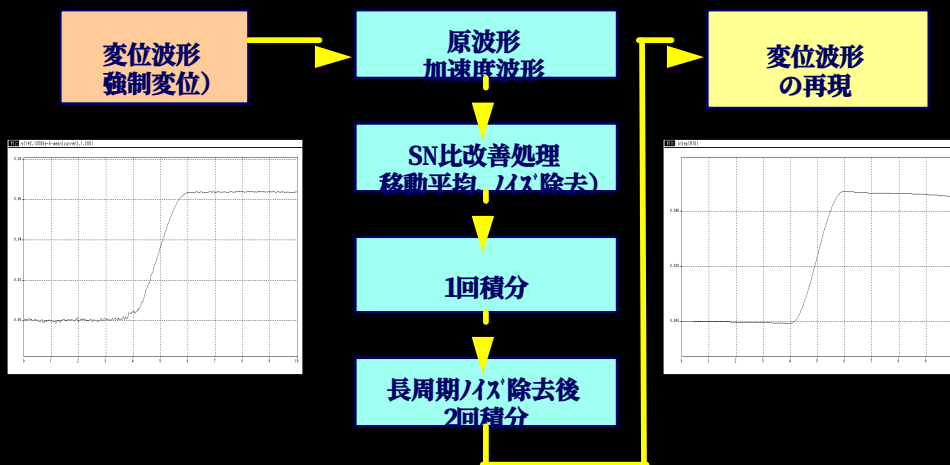


試料HOK : $\log_{10}(\text{全菌数}) = 0.310 \times (\text{メタン消費量}) + 7.343$



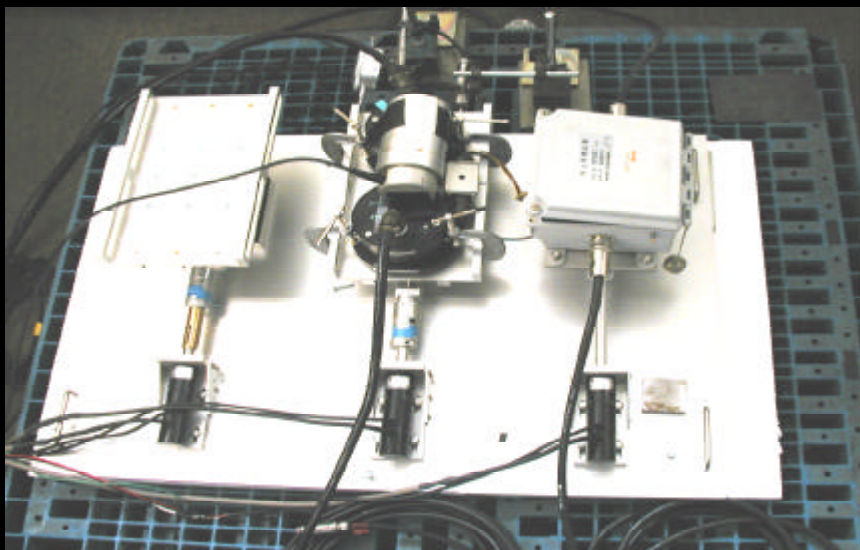
平成14年度実施)
徳島県三好郡池田町

データ処理方法の流れ



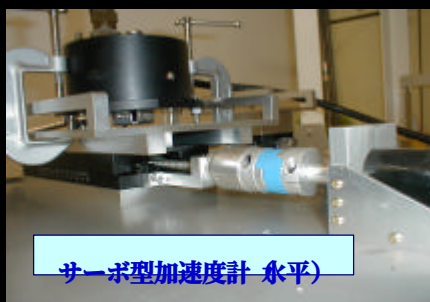
センサー類性能評価試験装置 (左:上下変位,中央 水平変位,右:傾斜)

29

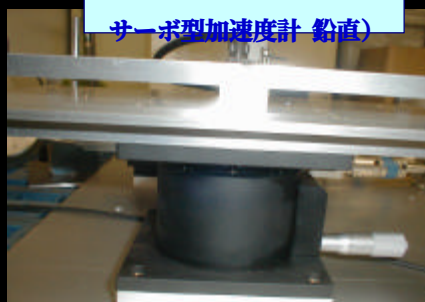


主な試験装置

30



サーボ型加速度計 (水平)



サーボ型加速度計 (鉛直)



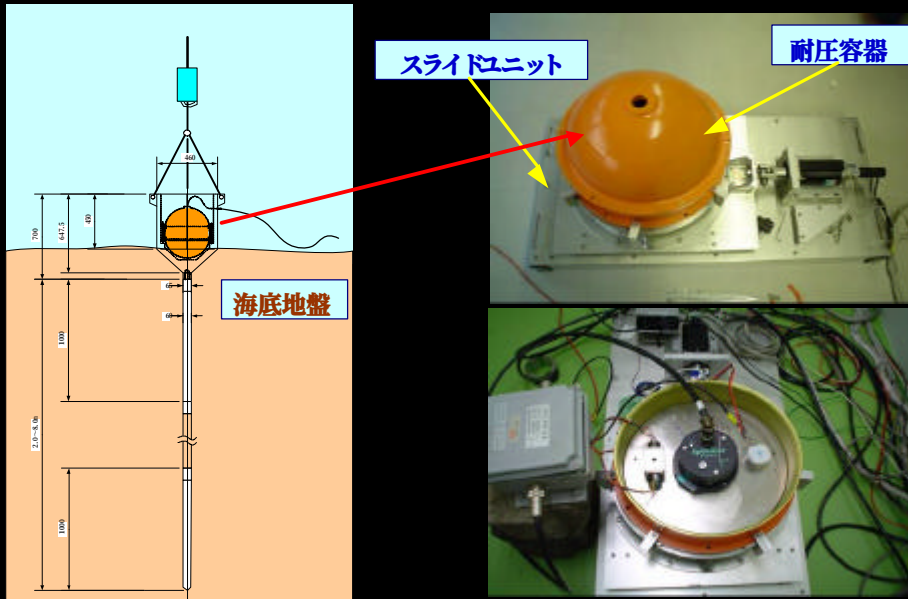
傾斜計検定器



データ収録装置 Quanterra
社-Q4128)

貫入装置概念図(自由落下方式)

31



<モニタリング技術サブグループ研究成果 まとめ>

32

総合モニタリングシステム

- *全体システムの基本要件の検討
- *全体システムのイメージの検討

ガス漏洩モニタリング

“直接検出法 (ピンポイント検知)”

- *METSセンサー (ドイツ製) の性能評価及び課題の抽出
 - ・小型 高耐圧性である長所を生かしたアラームセンサーとして有効
- *集水型モニタリングの分離膜の基本特性等の基本試験と選定
 - ・室内試験を通じ、シリコンゴム系膜材が最適と判断

“間接検出法 (バイオセンサー)”

- *海洋性メタン酸化細菌群(北海道、東京湾)の溶存メタンの消費速度測定
 - ・消費速度 約40~45 $\mu\text{M}/\text{sec}$
- *ベースライン調査で取得した試料からメタン酸化細菌の分布状況の把握

広域検出法”

- *超音波を利用 水中高圧下でガスハイドレートからの気泡発生状況試験
発生気泡は直径1mm以下の微小気泡から数mm オーダー
- *光学的手法 DIAL方式及び観測衛星の文献調査及び開発の動向調査

地層変形モニタリング

- *加速度計観測データからの変位算出（積分）法の検討
・カルマンフィルターによるトレンド除去後の2回積分が最適と判断
- *初期モデルシステムの構築と室内性能試験
耐圧収納容器の設計&試作
センサー類を収納した初期モデルシステムの構築
室内性能試験により所期の性能を確認、検証
開発システムが微小かつ緩慢な動きを検出可能との見通しを得た

HSE調査SGの活動内容

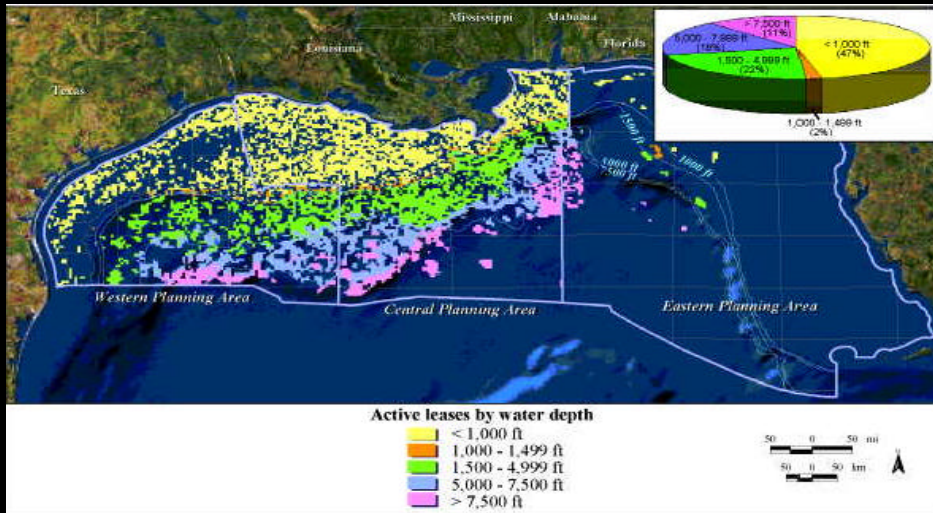
1. 大水深掘削における安全上の問題点に関する調査
 - 海洋掘削 生産における浮遊式装置の事故例に関する調査
2. 大水深での生産操業における安全上の問題点に関する調査
 - 文献調査
 - 海外聞き取り調査
3. MHによる環境影響に関する文献調査

大水深での生産操業における安全上の問題点調査

海外聞き取り調査 ■ 対象地域 GOM (メキシコ湾周辺)

35

■ 目的 文献調査からの知見の確認と補完



<HSE調査サブグループ研究成果 まとめ>

36

安全管理システム

- * 大水深掘削における安全上の問題点調査を実施
 - データベースWOADから水深300m以上の大水深の事故事例を整理
 - 従来の石油・ガス資源を対象とする掘削作業における問題点を把握
- * 産出試験における安全上の問題点調査を実施
 - 大水深海域におけるコンベンショナルな石油・ガスの生産を対象に文献調査及びメキシコ湾地域における聞き取り調査を実施
 - 生産時の事故は掘削時に比べてはるかに少ないことが判明

環境管理システム

- * 「MHの存在と気候変動等との関連」を扱った文献調査を実施
 - 検索・校込みを行った43編を整理表に取りまとめ

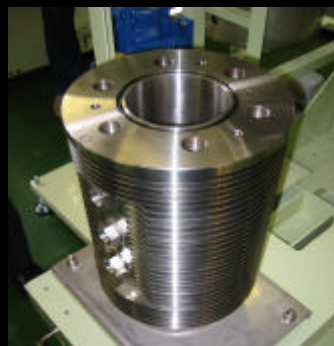
地層変形予測技術SGの活動内容

1. 地盤物性の評価 海底地盤の物性評価、氷模擬試料・模擬MH試料の三軸試験)
2. 感度解析 地盤材料特性の影響把握)
3. 構成式の構築 ひずみ軟化型弾粘性構成式を用いてシミュレーション)
4. 地層変形予測プログラムの開発 基本システムの設計)

メタンハイドレート生成装置



装置概観



圧力容器

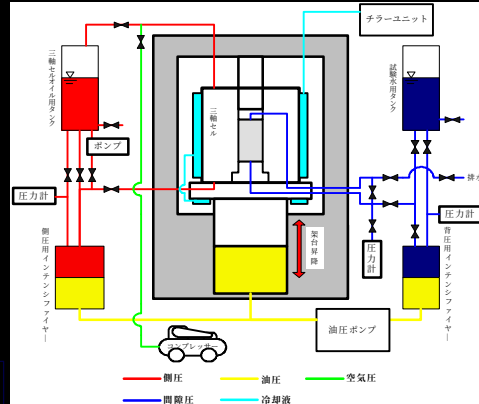
- | | |
|--------|----------|
| ■ 容量 | 3000cc |
| ■ 最大圧力 | 20MPa |
| ■ 温度範囲 | -20℃～60℃ |

低温高圧三軸試験装置

39



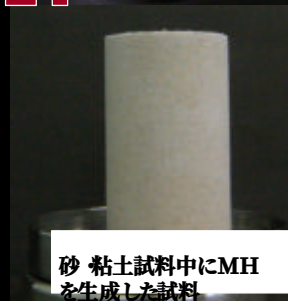
- 最大拘束圧 間隙水圧 30 MPa
- 最大軸荷重 1600 kN
- 温度範囲 $-20^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$
- 最大供試体サイズ $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$



- 超音波発振子・受振子を上部・下部キャップに組込み、弾性波 (P波・S波) 速度を計測
- 供試体側面にリング電極を取り付け、4極法により比抵抗分布を計測

低温高圧三軸試験装置

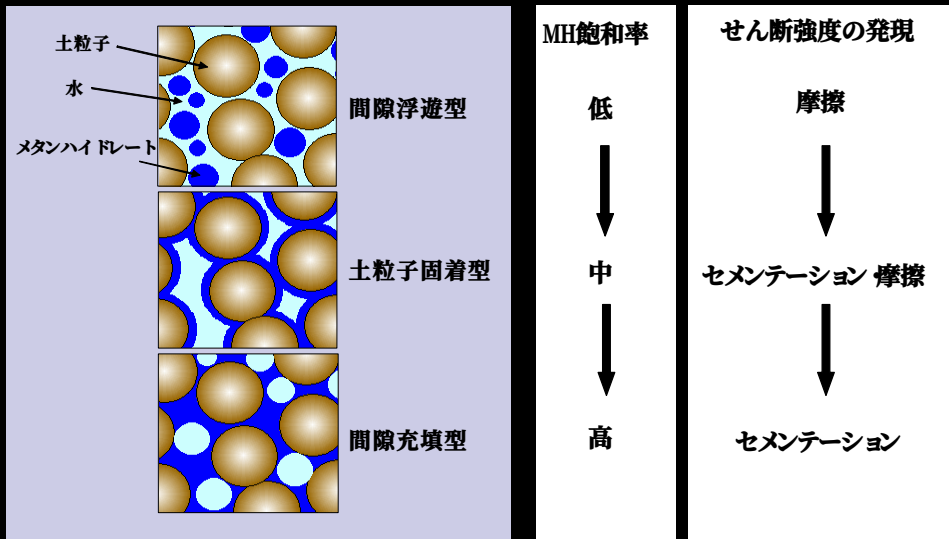
40



＜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＞ことからさまざまなMH濃度の試料を用いて実施

メタンハイドレート存在状態

41



氷模擬試料 状態 A)の作成方法

42

状態 A : 間隙浮遊型

1. -20°C の冷凍室内で超音波加湿器から噴霧された水を急速冷凍することにより氷微粉末を作成
2. 乾燥させた所定量の豊浦砂と混合
3. 供試体作成モールド内で静的に締固めて作成



氷模擬試料 状態 B)の作成方法

43

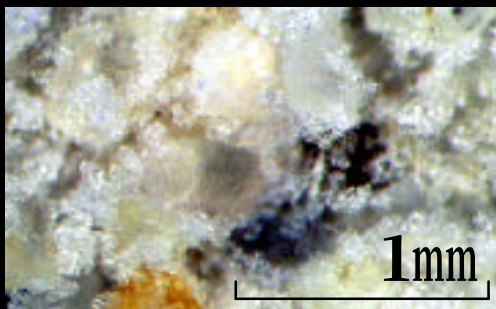
状態 B :土粒子固着型

1. 乾燥させた豊浦砂を空中落下法で供試体作成モールドに詰める
2. 供試体下部から水侵飽和させた後、所定の含水比となるよう供試体上部から10kPaのエアを圧入して脱水
3. 一次元凍結試料作成装置にて、供試体下部から凍結

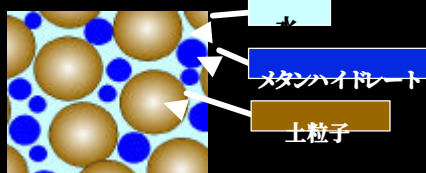


氷模擬試料 状態 AおよびB)の顕微鏡写真

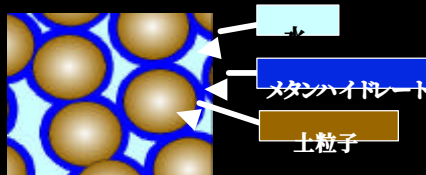
44

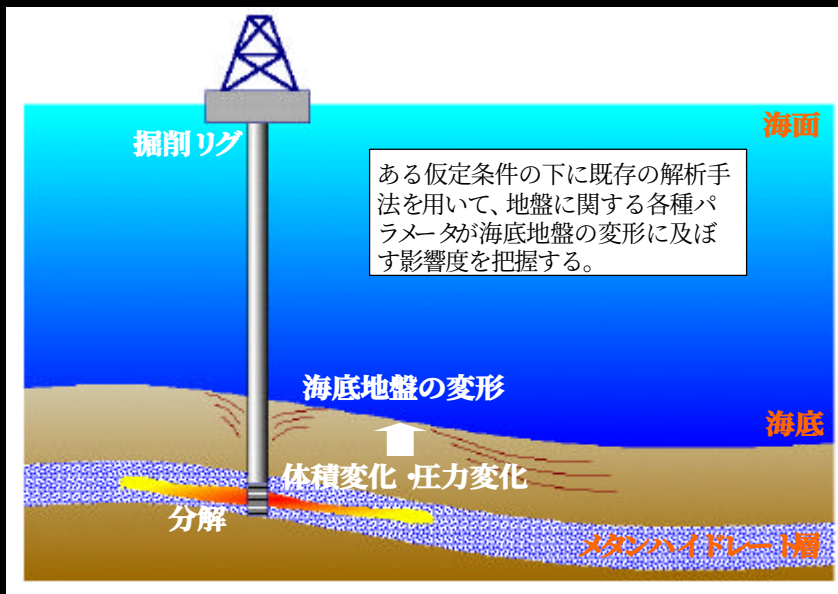


豊浦砂の氷模擬試料
状態A 氷重量比15%)



豊浦砂の氷模擬試料
状態B 氷重量比15%)





<地層変形予測技術サブグループ研究成果 (まとめ)>

感度解析 構成式の構築 地層変形予測プログラム

- * 代表的な弾 粘) 塑性モデルを選定し、感度解析を実施
地盤材料特性が海底面の沈下発生に及ぼす影響を分析
- * 構成式については、**凍結砂のひずみ軟化型弾粘塑性構成式**を選定
氷模擬試料及び模擬MH試料の三軸試験結果のシミュレーション
- * **本構成式が試験結果をよく表現できていた**
- * 地層変形予測プログラムについて、システム設計を終了

地盤物性の評価

- * MHの種々の存在状況を再現できる模擬MH試料の作成技術の検討
氷置換法が有効な手法の一つとの見通し
- * 低温高圧三軸圧縮試験装置の導入、整備、試験方法の検討
模擬MH試料の三軸試験に着手