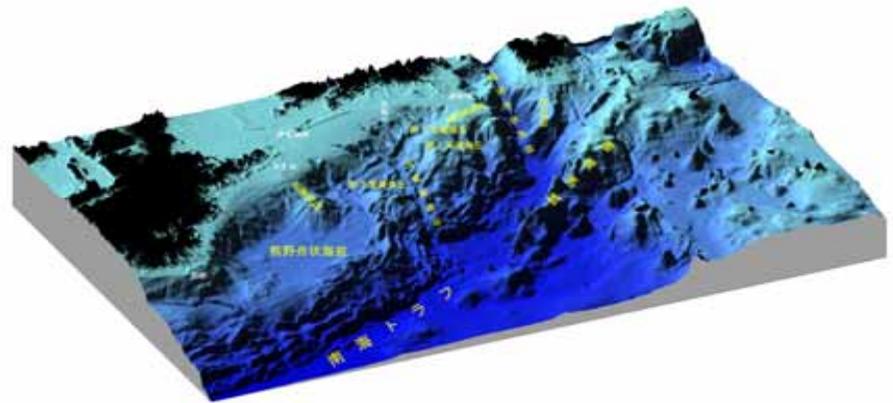


環境への課題

- 自然環境との調和の実現に向けて - (平成18年度研究成果報告)



環境影響評価分野

グループリーダー

入澤 博

財団法人エンジニアリング振興協会

(知的財産権および著作権等の関係上、発表当日に使用したスライドから一部のスライドを除いてあります。)

環境影響評価グループの任務

- MH開発生産時に、海底近傍域を中心とした生態系に影響を及ぼす可能性があるため、この影響を予測評価するために必要となる手法(影響予測モデル等)開発を進め、その手法に必要な海域環境情報を、南海トラフでの海域調査を通じ取得すること。
- MH開発生産時に想定されうる環境・安全面に係わる現象をモニタリングするためのツールとしての要素技術を開発すること。
- MH開発生産時に想定されうる地層変形現象を予測すること。
- MH開発生産時に想定されうる環境・安全面に係わる課題、配慮事項を、大水深海域での在来型石油・天然ガス資源開発等の環境・安全面の調査・分析を通じて把握するとともに、MH開発に適用できるリスク評価手法を整備すること。

フェーズ1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資源開発候補海域の環境条件(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

各SGのデータ等を収録した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. 地層変形予測技術サブグループ

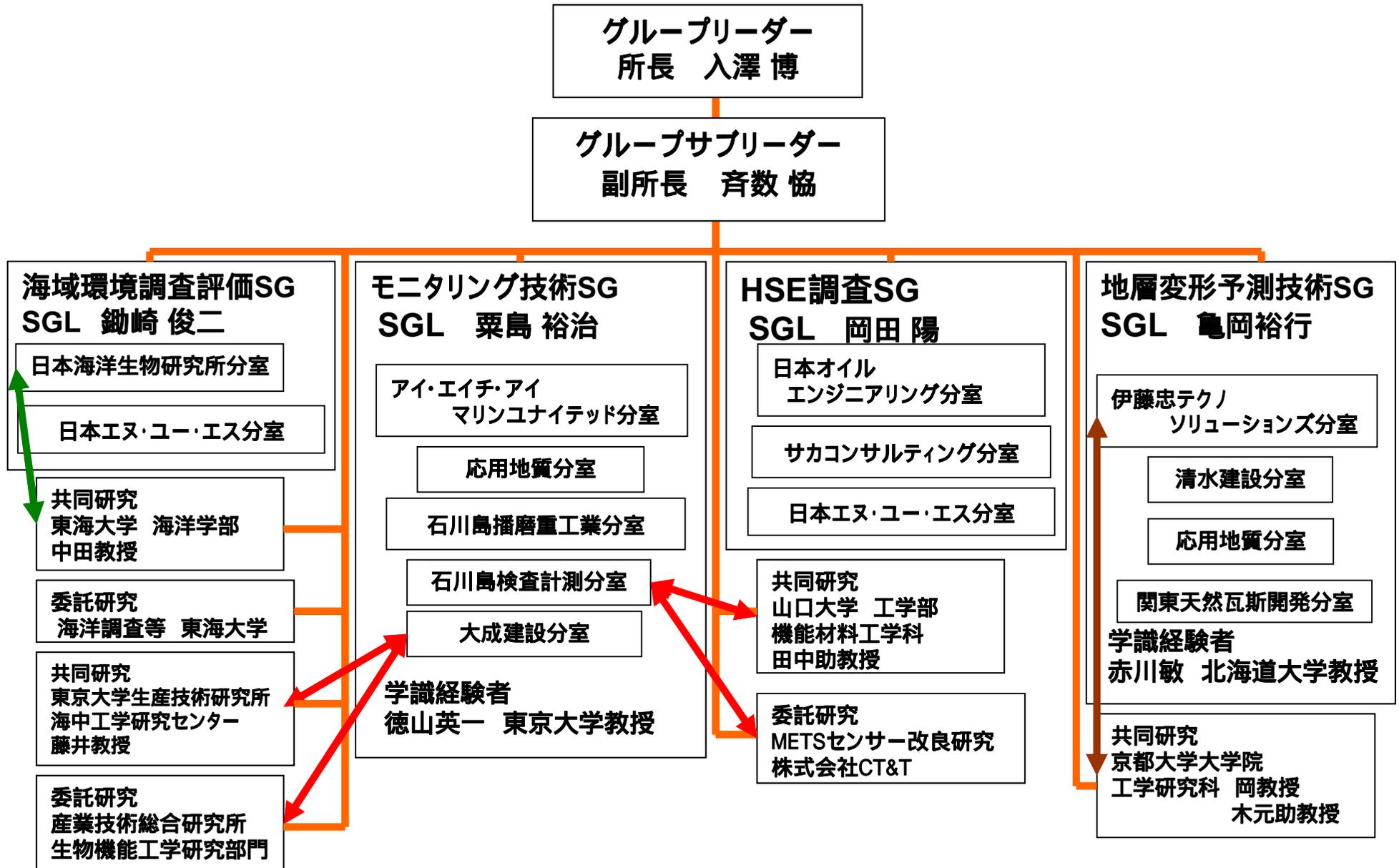
地層変形予測プログラム(シミュレータ)の開発

4. HSE調査サブグループ

環境および安全管理システムの検討と整理

環境影響に対するマクロなリスク評価手法の手順の検討と整理

環境影響評価グループ実施体制 (H18年度)



メタンハイドレート開発計画の目標及びスケジュール(フェーズ1)

～2005年度 (H17年度)	2006年度 (H18年度)	2007年度 (H19年度)	2008年度 (H20年度)	最終目標
<h2>海域海底環境の状況把握 (海域環境調査評価SG)</h2>				<ul style="list-style-type: none"> 海洋産出試験に適用する環境影響評価手法を策定
<ul style="list-style-type: none"> 2003、2004海域環境調査の概査を実施 南海トラフ海域の海域環境の特徴をとりまとめ。 南海トラフ周辺海域の水塊構造の特徴、海底近傍に生息する生物種と生物量を把握。 	<ul style="list-style-type: none"> 南海トラフの海域毎の経年的な特徴を整理 	<ul style="list-style-type: none"> 海域環境の季節的、経年的な変動特性等を解析 	<ul style="list-style-type: none"> 海洋産出試験における環境影響評価するために必要な方法と課題を整理 	
<h2>ガス漏洩検知技術・地層変形検知技術の開発 (モニタリング技術SG)</h2>				<ul style="list-style-type: none"> ガス漏洩検知技術・地層変形検知技術のモニタリングシステム(実証システム)の完成
<ul style="list-style-type: none"> METSセンサーの改良により応答性向上(室内試験、浅海域試験により検証)。 選定したサーボ型加速度計、傾斜計等を組み込んだシステムの性能試験を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> METSセンサー改良による実証機の開発 地層変形モニタリング実証機の開発 実証機の陸域での性能評価 	<ul style="list-style-type: none"> METSセンサー実証機の外部評価、実海域試験の結果解析 実証機の最終性能試験評価 海洋産出試験への適応性評価 	<ul style="list-style-type: none"> 海洋産出試験用モニタリングシステムの基本設計 METSセンサーの実証機の総合評価 地層変形モニタリング実証機の完成 	
<h2>地層変形予測技術の開発 (地層変形予測技術SG)</h2>				<ul style="list-style-type: none"> 地層変形予測評価可能なモデルの完成
<ul style="list-style-type: none"> 「弾粘塑性構成式」を選定 	<ul style="list-style-type: none"> 地層変形予測モデルの構築、地層変形予測モデルの開発 構成式の構築及び地盤物性の評価データをフィードバックし、プログラムを構築。 室内模型実験および実地盤の変形現象を検討し、更なる精度向上を図る。 		<ul style="list-style-type: none"> 地層変形予測プログラムの検証評価 	
<h2>安全管理・環境管理調査の実施 (HSE調査SG)</h2>				<ul style="list-style-type: none"> MH開発に伴う安全・環境管理、環境影響へのリスク評価に関する情報の整理とまとめ
<ul style="list-style-type: none"> 北海沿岸国(英国・ノルウェー)、豪州の監督官庁及び制度について情報収集。 	<ul style="list-style-type: none"> カナダにおける法規制等を調査(大水深等オペレーションの安全・環境管理情報の取得) マクロなリスク評価に関する調査を開始 	<ul style="list-style-type: none"> フェーズ1に収集した情報のフォローアップと整理 マクロなリスク評価に関する調査を継続 	<ul style="list-style-type: none"> フェーズ2に収集した情報の整理とまとめ マクロなリスク評価に関する調査の整理とまとめ 	

環境影響評価グループの全体イメージ

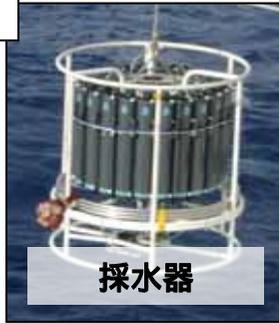
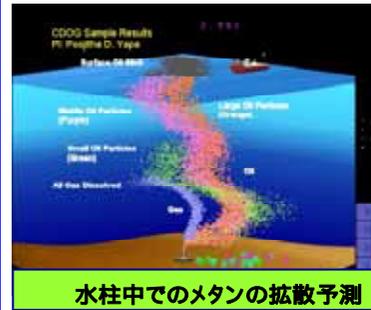
HSE調査SG

(安全管理・環境管理システム調査)

・MH開発生産操業時における安全管理、環境管理システムの整備

・環境影響に対するマクロなリスク評価手法の手順の検討と整理

海域環境調査評価SG



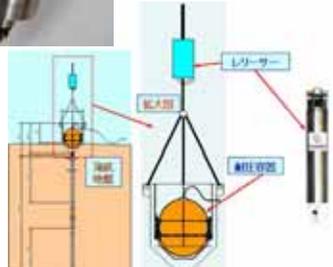
情報

情報

モニタリング技術SG



METSセンサー
(溶存メタン検出用)

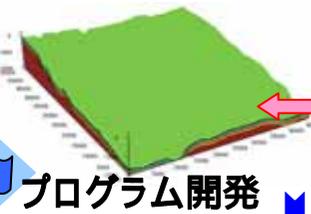
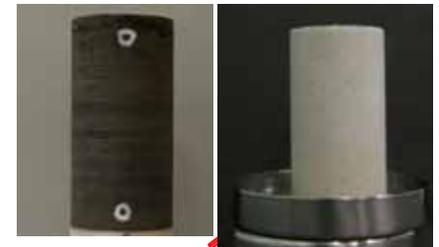


・メタン漏洩、地層変形を検知するための要素技術の開発
・総合モニタリングシステムの基本設計

・メタンの拡散範囲を予測可能なモデルの開発
・海域環境影響評価手法の策定
・海域情報の特徴付け、データベース化

地層変形予測技術SG

力学試験



プログラム開発

シミュレーション

・MH生産層を除く、上部・下部地盤の変形を予測

海域環境調査評価SGの活動内容

1. ベースライン調査

- 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

2. 海域環境への影響を評価・解析するためのモデルの整備

- 漏洩メタンの海水中での挙動予測モデルの整備
- MH分解生成水放出影響予測モデルの開発

3. データベースシステムの構築

- 環境影響に係る各種情報の収録

調査時期

平成15年10月24日 ~ 12月 6日

平成16年10月25日 ~ 11月11日

平成17年10月17日 ~ 10月31日

南海トラフ広域の
海域環境の把握
➤ 経年的な変動特性を把握

平成18年10月22日 ~ 10月31日

基礎試錐実施域の
海域環境の把握
➤ 季節的な変動特性を把握

使用船舶：東海大学望星丸

ベースラインとして把握する項目

水塊構造(水温・塩分etc)

流動状況(流向・流速計etc)

水柱中の化学成分(メタンetc)、生物量(バクテリアetc)

海底表層堆積物の性状(粒度etc)、底生生物量(ベントスetc)

海域環境調査での調査項目

物理量

1. 流速
2. 流向
3. 密度

化学量

水柱

1. 溶存メタン
2. 硫化水素
3. 溶存酸素
4. 栄養塩類
5. 懸濁態有機物
6. 水温
7. 塩分
8. 蛍光強度

沈降粒子

1. 懸濁物質
2. 懸濁態有機物
3. 珪藻類細胞数
4. 動物プランクトン
5. ペレット

直上水

1. 溶存メタン
2. 硫化水素
3. 溶存酸素
4. pH

海底近傍

間隙水

1. 溶存メタン
2. 栄養塩類
3. 溶存有機態炭素
4. Ca
5. Mg
6. Cl
7. Fe
8. Mn
9. SO_4^{2-}
10. pH

堆積物

1. 有機態炭素
2. 全窒素
3. 含水率
4. 比重・密度
5. 粒度分布
6. 硫化物
7. Fe
8. Mn
9. CaCO_3

生物量

水柱

1. バクテリア
2. 藍藻類
3. 従属栄養性鞭毛虫類
4. 独立栄養性鞭毛虫類

海底近傍

直上水

1. バクテリア

堆積物

1. バクテリア
2. ナノベントス
3. メイオベントス
4. マクロベントス

基礎試錐コア

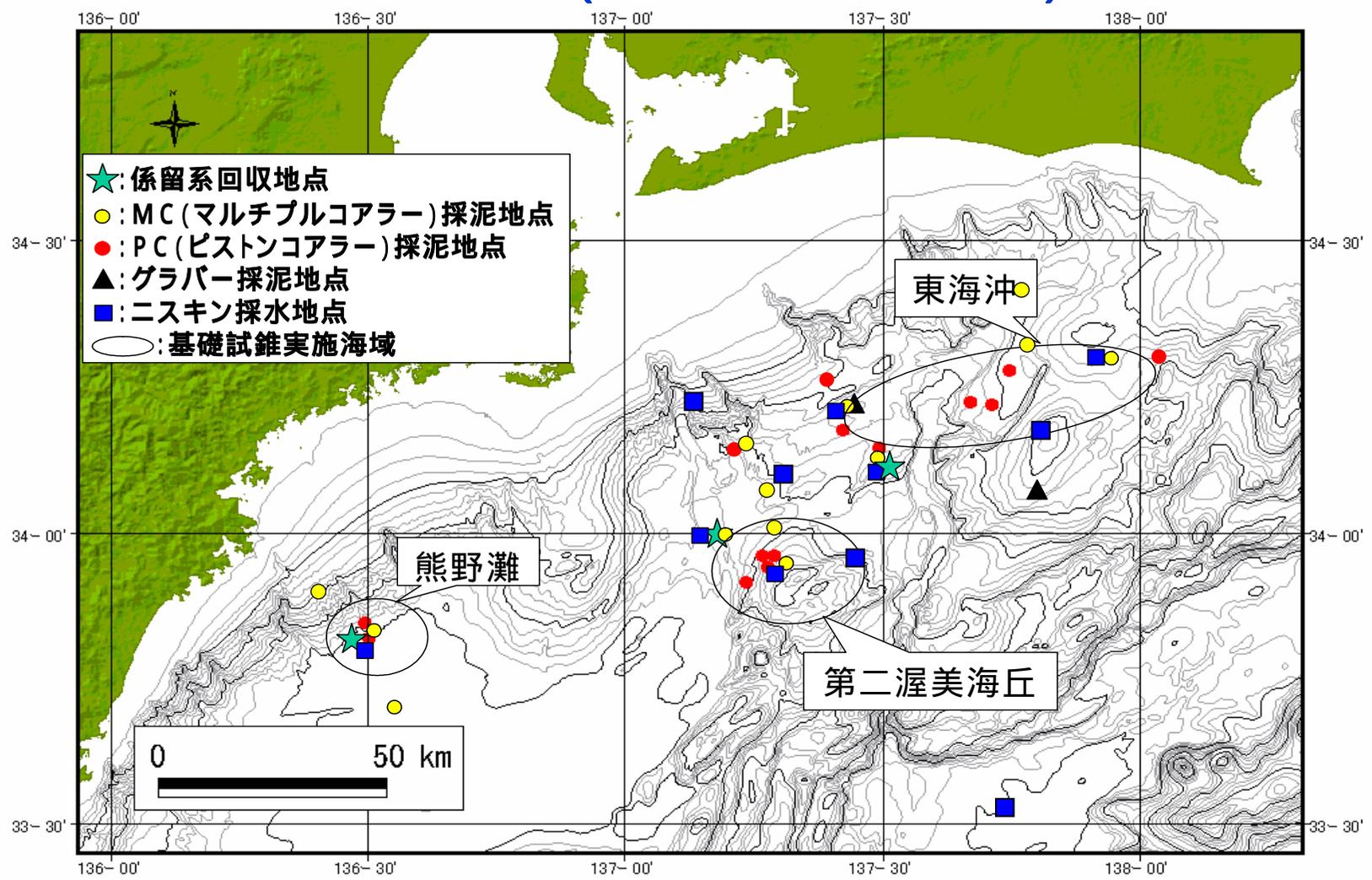
間隙水

1. Na
2. Ca
3. Mg
4. Cl
5. SO_4^{2-}
6. pH

測定は地化学調査
チームで実施

海洋環境調査の位置(H15年度～17年度調査位置)

- 南海トラフ(東海沖～熊野灘) -



水柱の観測



XBT/XCTD



セジメント・トラップ

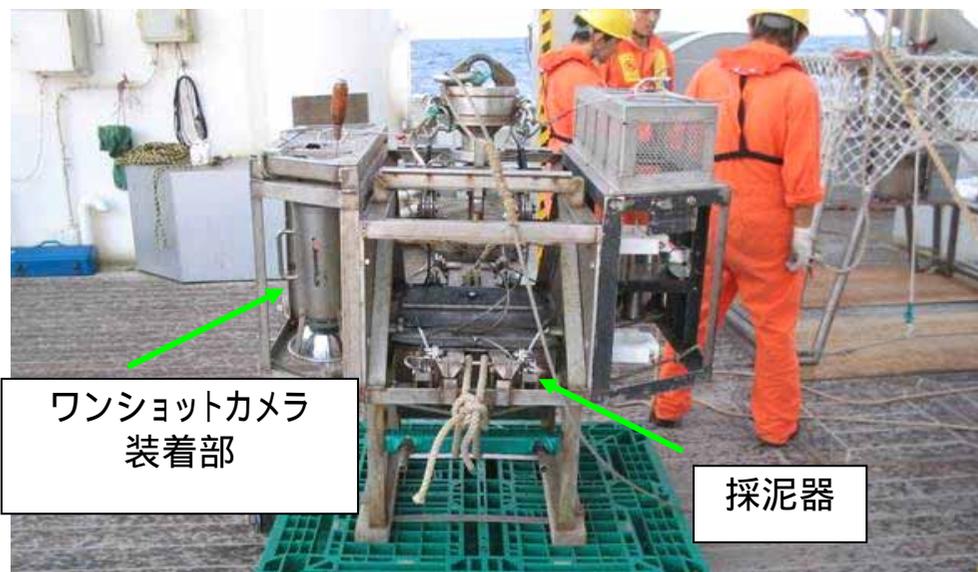


CTD/ニスキン採水器

堆積物試料の採取



マルチプルコアラー



ワンショットカメラ
装着部

採泥器

カメラ付Grab式採泥器



ピストンコアラー

海底堆積物試料



底生生物



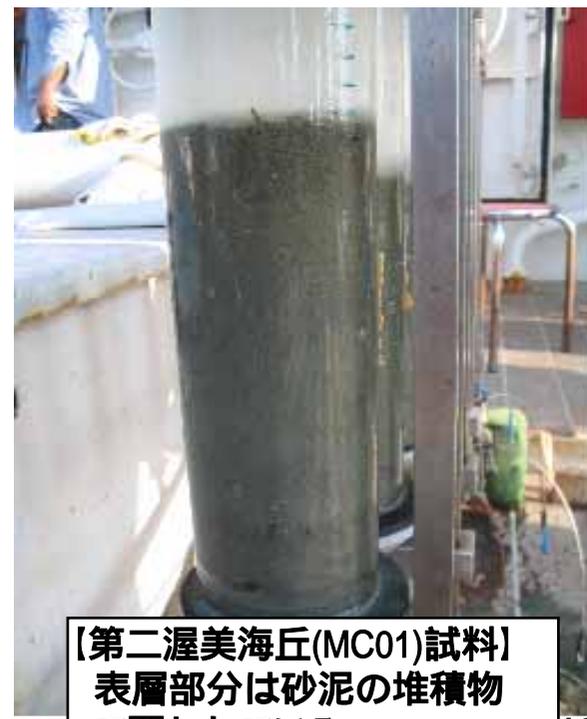
ワンショットカメラによる海底面の撮影



マルチプルコアラーで
採取した海底表層堆積物

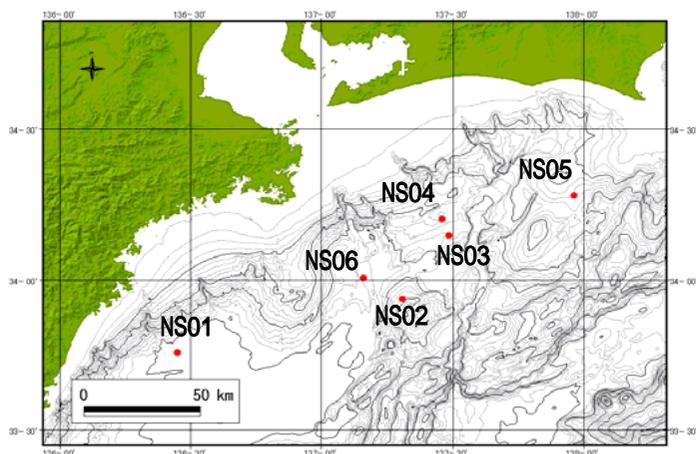
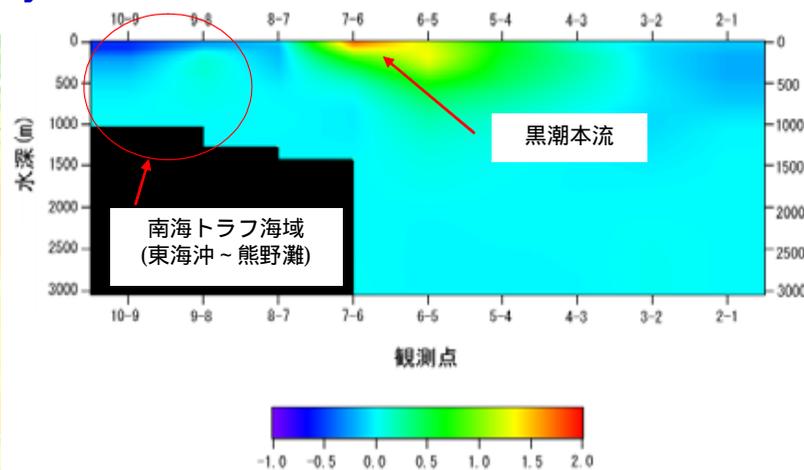
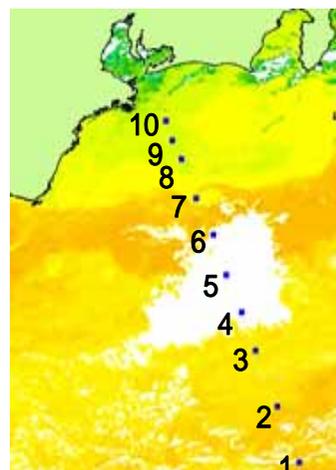
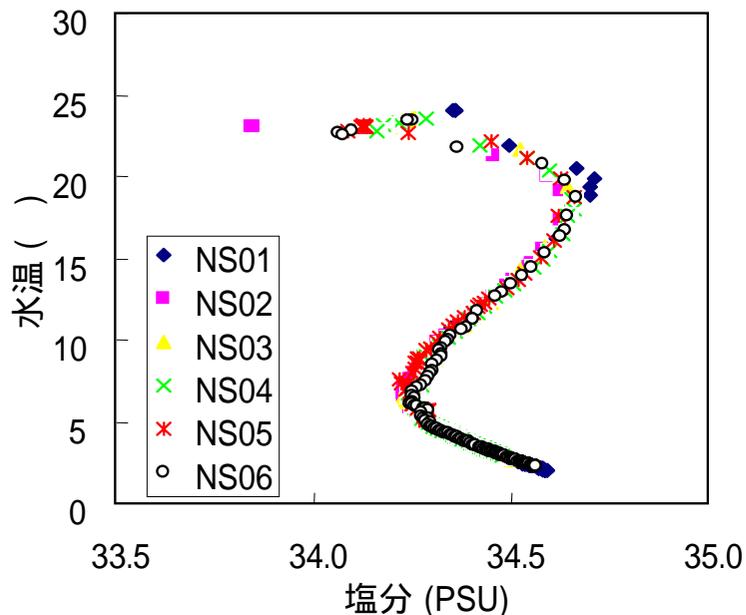


【熊野灘(MC02)試料】
表層部分は浮泥様の
堆積物で覆われている。



【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。

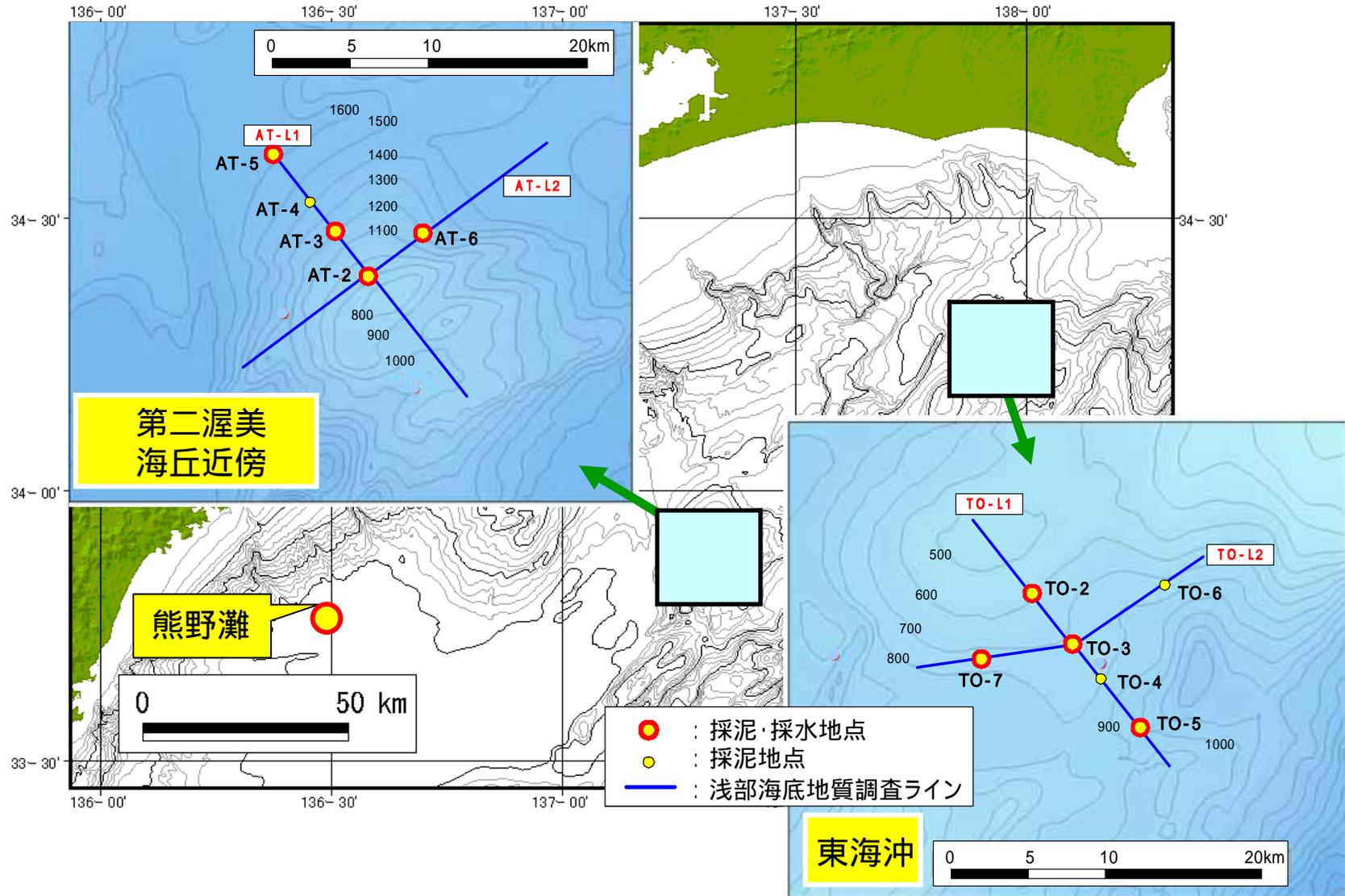
南海トラフ(東海沖～熊野灘)の海洋環境の特徴



- 対象海域の水塊は沿岸系水・黒潮系水・亜寒帯系水・太平洋深層水の4つの水塊によって構成されている。
- 黒潮流軸の内側に位置し、冷水塊がしばしば形成する。
- 黒潮流軸の変動は、海底付近の流動場にも影響を及ぼす。
- 多くの冷水湧出域が確認されており、そこには化学合成生態系が形成されている。
- 水柱中の溶存メタンは2～9nmol/kgの範囲にあり、冷水湧出域近傍では相対的に高くなる。

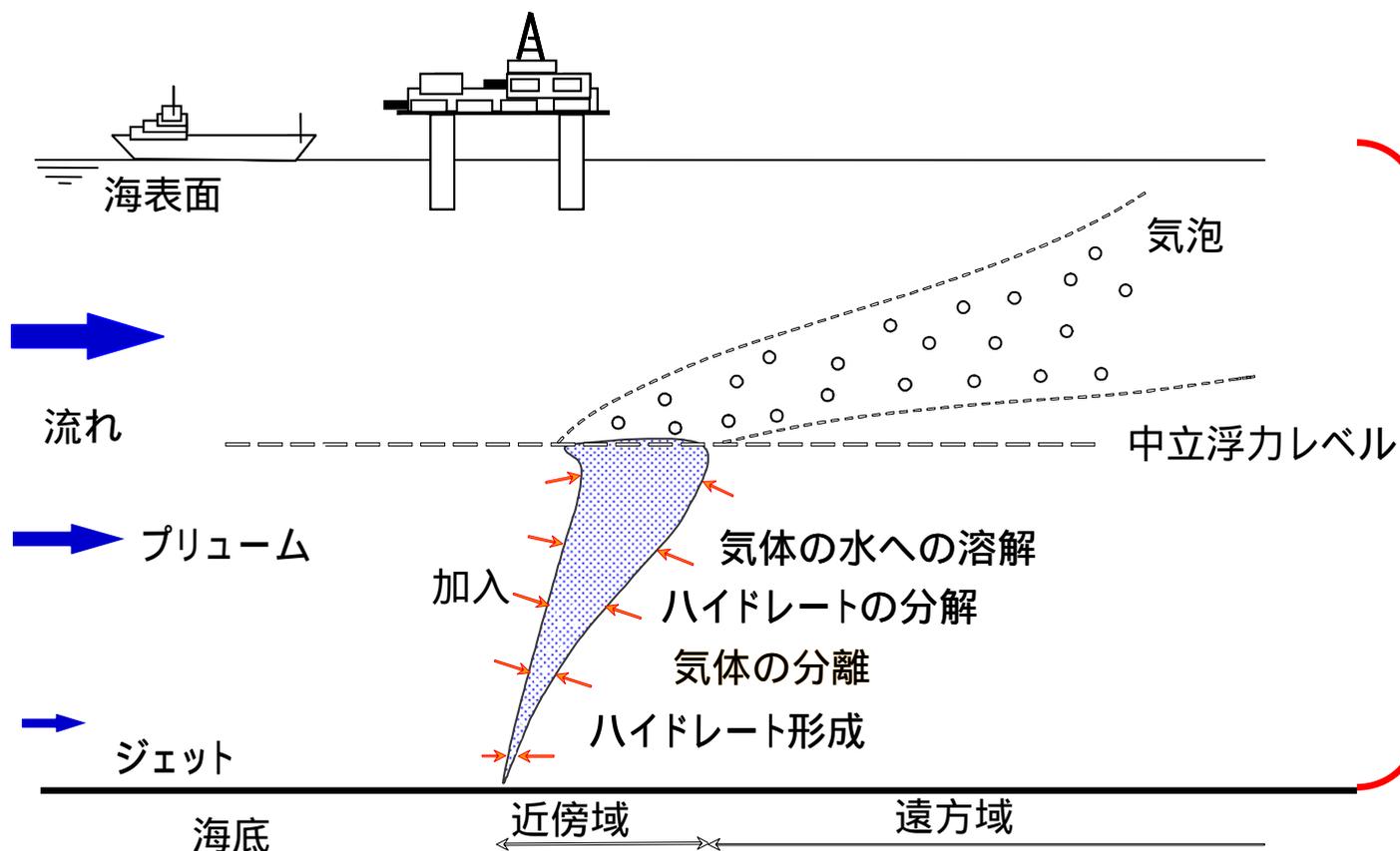
海洋環境調査の位置（H18年度）

— 基礎試錐周辺域 —



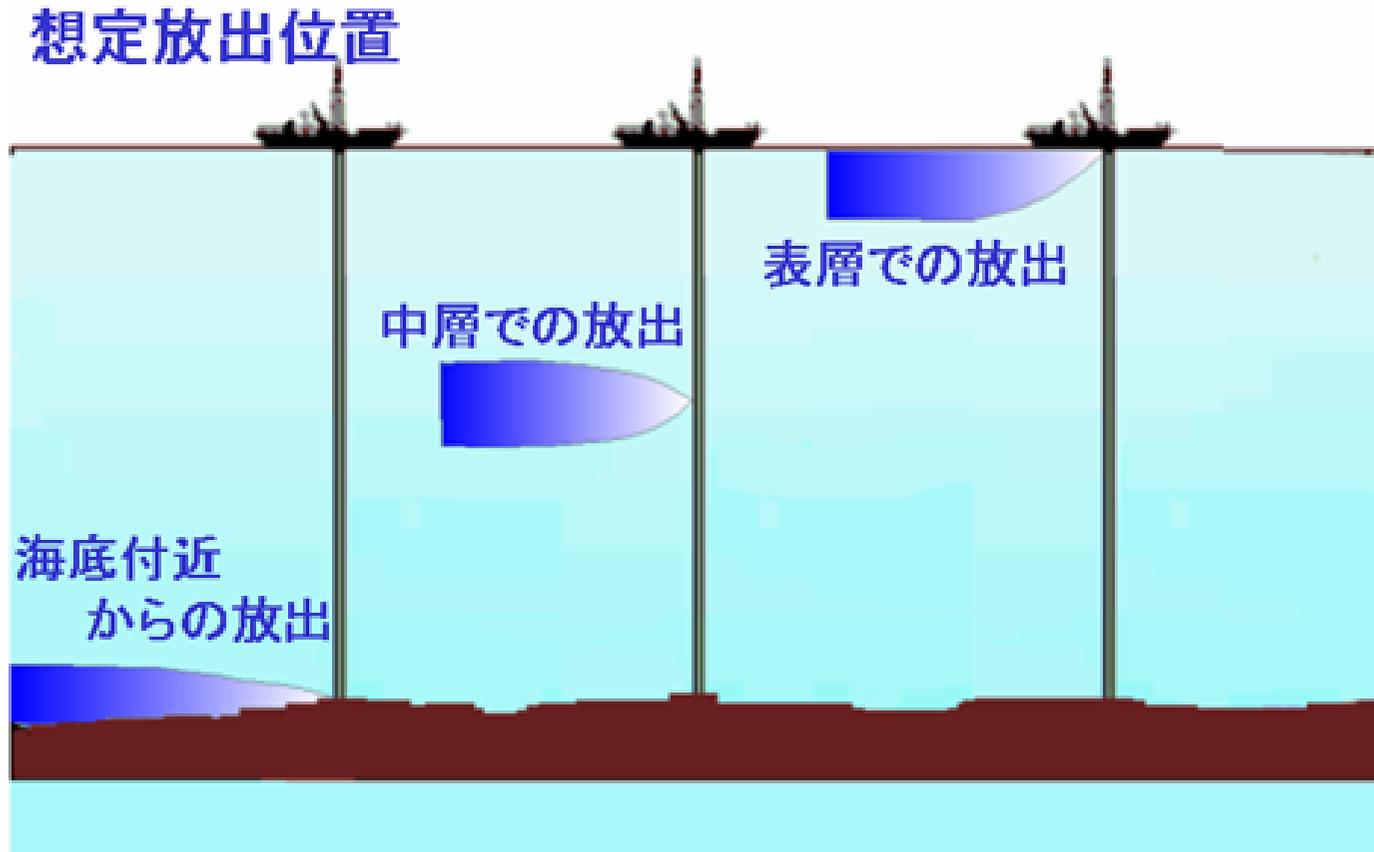
海水中でのメタン拡散予測モデルの模式図

- 水深が深いいため、**高圧力・低温度**を考慮する必要がある
- 気体が溶解する過程での圧力の影響を考慮しなければならない
- **気泡のサイズ**や**上昇速度**が一定でないことを考慮しなければならない
- 漏洩した気体は**ガスハイドレート**を形成する可能性がある



気泡の**サイズ変化**と
再ハイドレート化を
考慮できるよう開発

メタンハイドレート分解生成水の拡散モデル概要



- 検証計算および試算の結果、様々な条件下でプルームの挙動が再現できることを確認した。
- 負荷源が熱源および冷源の場合についても拡散現象を計算することが可能である。
- 海底地形の影響を考慮した計算が可能である。

海域環境調査評価SGのH18年度のまとめ

海域環境調査

- * 南海トラフ(東海沖～熊野灘)周辺海域の経年的な特徴を把握するために、既存資料および平成15～17年度の海域調査結果から、環境特性を解析
 - ・南海トラフ周辺海域の海洋構造(水塊構造、流速・流向等)の把握
 - ・海域毎の水柱ならびに表層堆積物中の化学・生物量を把握
- * 基礎試錐実施域周辺のより詳細な海域情報を得るために、調査域を絞り込んで、海域環境調査を実施
- * 漏洩メタンの挙動を予測・評価するために適応可能な既存モデルについて、メタンガス泡の様態変化などを反映できるようにするための改良に着手

分解生成水放出影響予測調査

- * 海底および海中域からメタンハイドレート分解に伴う生成水が放出された場合の拡散を評価する物理モデルによる試計算を実施
 - ・試計算結果により、分解生成水の拡散範囲に対する海底地形の影響を反映できることを確認

モニタリング技術SGの活動内容

1. 総合モニタリングシステムの基本概念の構築

- 総合モニタリングシステムの基本構想の整理と概念設計

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

直接検出法: METSセンサー、集水型モニタリングシステム

- METSセンサーの改良
- 集水型モニタリング基本システムの開発

間接検出法: メタン酸化細菌固有の遺伝子利用によるシステム

- メタン酸化細菌分布の把握とバイオマーカー探索

広域検出法: 超音波センサーによる気泡検出、
レーザーレーダーによる大気メタン濃度検出

- センサー類の調査と既存調査事例の整理

3. 海底地層の微小変形を検知するモニタリングシステム開発

- 地層変形モニタリングシステムの開発

地層変形モニタリングシステム

データ処理方法の流れ

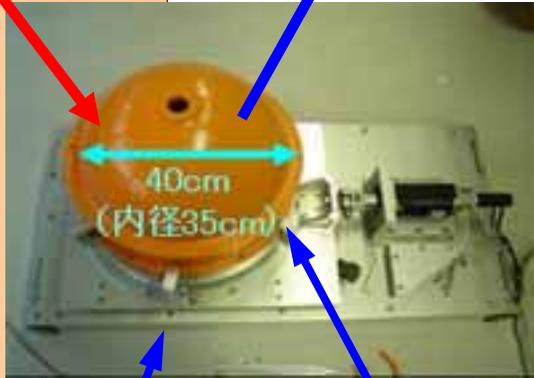
(自由落下方式)



ジンバル機構



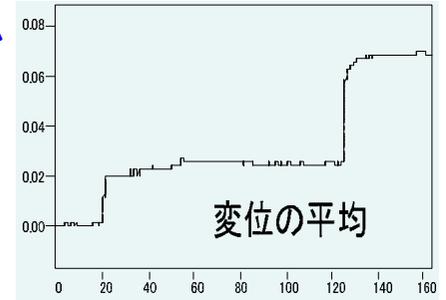
海底地盤



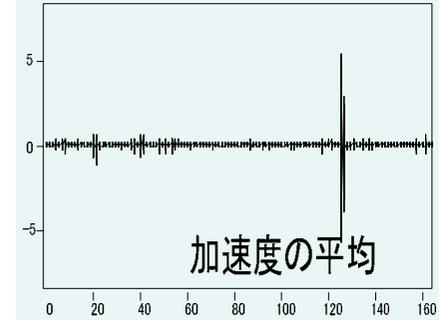
耐圧容器

スライドユニット

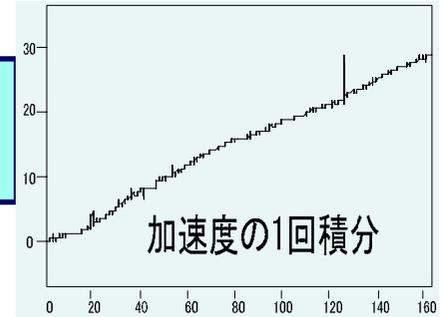
変位波形
(強制変位)



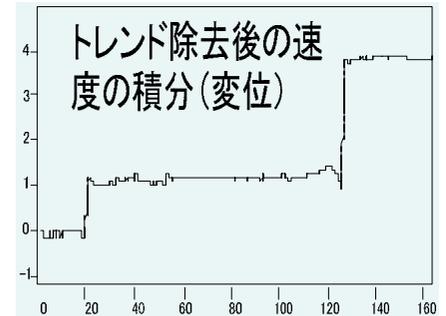
原波形
加速度波形



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

モニタリング技術の開発のH18年度のまとめ

総合モニタリングシステムの検討

* 生産時総合モニタリングシステムの基本概念の構築

- ・対象事象の発生シナリオの想定
- ・モニタリングシステムに求められる機能の検討
 - 早期に溶存メタンを検出 耐圧性を備えたMETSセンサー
 - メタンガスの漏洩 超音波利用モニタリングシステム
 - 地層変形そのものを検出 地層変形モニタリングシステム
- ・モニタリングステーションの機能要件を整理
 - (ex) 海底静置式ステーション 長期定点観測用に設定し、海底近傍の溶存メタン等を計測

* 各観測ステーションの一部についての概念設計(センサー配置等)

ガス漏洩モニタリング技術の開発

直接検出法(METSセンサー・集水型モニタリングシステム)

* METSセンサーの精度向上のための改良

- ・センサー出力を安定化させるため、検出器の初期条件(加熱温度等)を最適化。
- ・低流動状態の環境下でも良好な応答性を得るために、センサーヘッドの形状を改良。

* 集水型モニタリング基本システムの開発

- ・計測部の選定と、耐圧性、メタン透過性の向上を目的とした耐圧型分離膜モジュールの性能評価試験

モニタリング技術の開発のH18年度のまとめ

間接検出法(バイオマーカー利用)”

- * 南海トラフでの取得試料から微生物群集構造の系統解析実施
 - ・メタン湧出域においてマーカーとなりうるメタン酸化細菌固有の遺伝子を検出
 - * 原位置(海底設置型)遺伝子検出実験用システムの設計に着手
- ## 広域検出法
- * 吸光特性利用モニタリングシステムの概念設計
 - ・大気中のメタン濃度を測定するためのレーザーレーダーセンサー類の調査
 - ・システムの概念設計
 - * 超音波利用モニタリングシステムの既存事例調査
 - ・メタンガス泡を検出するための超音波利用センサー類の調査と、既存調査事例の整理

地層変形モニタリングシステム

- * 陸域における地すべり地域(四国)での観測を継続実施
- * 海底土質試料のせん断クリーブ試験による検証
 - ・変位計で得られた変位を加速度計2回積分による手法でほぼ再現できることを確認。
- * 電力供給、データ伝送方法の検討
- * 自動解析手法およびデータ収録システムの検討

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作成と室内試験
- 地層変形予測の検討対象とする地層モデルの設定

2. 構成式の構築

- 基礎試錐コア試料および海底地盤模擬試料の三軸試験を対象としたシミュレーション及び数値解析

3. 地層変形予測プログラムの開発

- 地層変形予測プログラム(実証プログラム)の開発

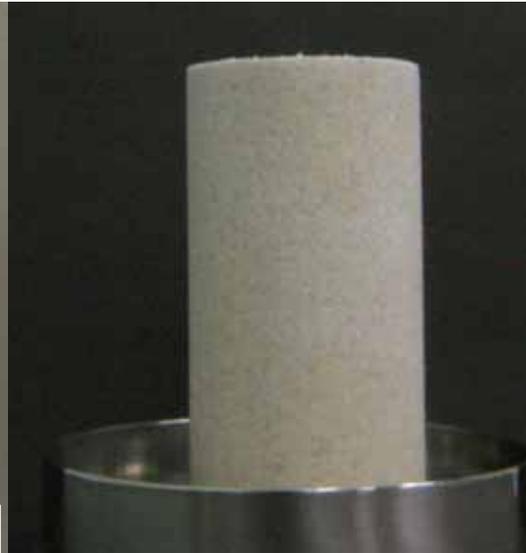
4. 地層変形予測プログラムの評価・検証

- 室内模型実験による検証方法の検討

地層変形予測技術の開発



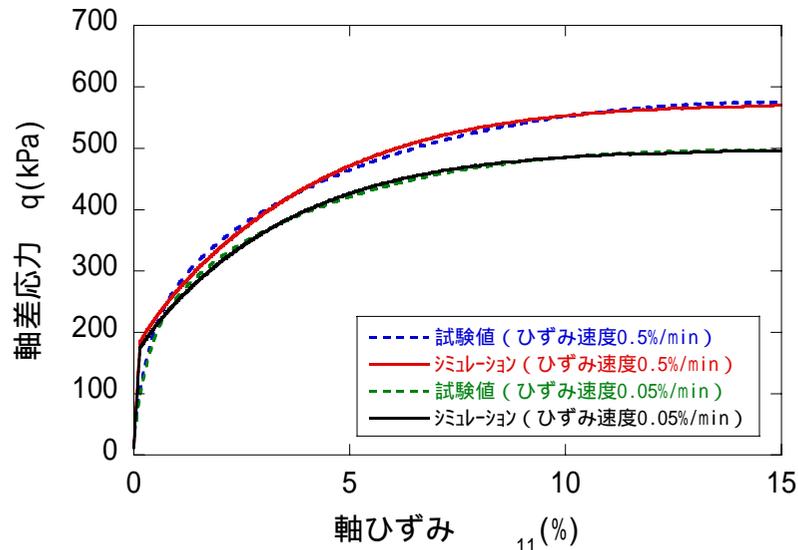
基礎試錐コア試料
(砂泥互相の一例)



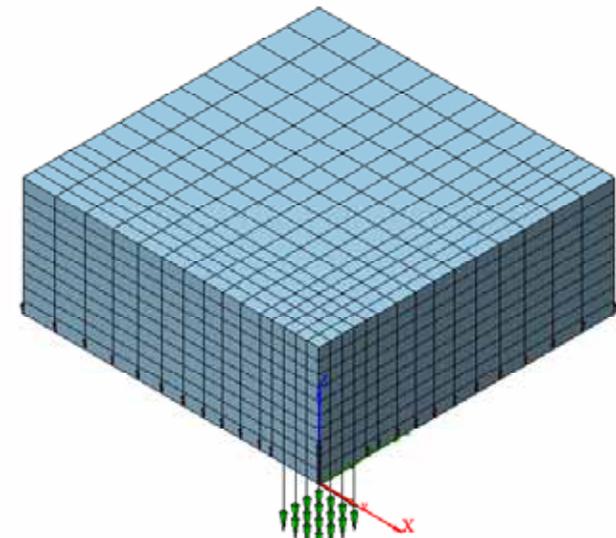
海底地盤模擬試料



低温高圧三軸試験装置



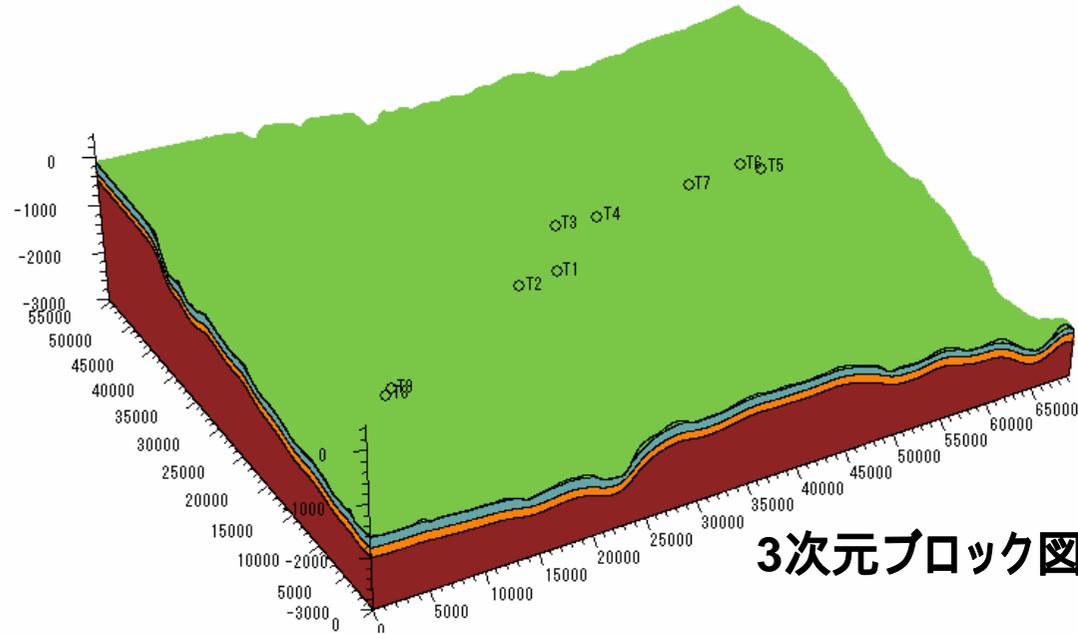
基礎試錐コア三軸圧縮試験の応力 - ひずみ関係



地層変形予測プログラムの開発

東海沖サイトにおける海底地層モデルの作成

- 東海沖における物理検層データをもとに、物性境界面を推定

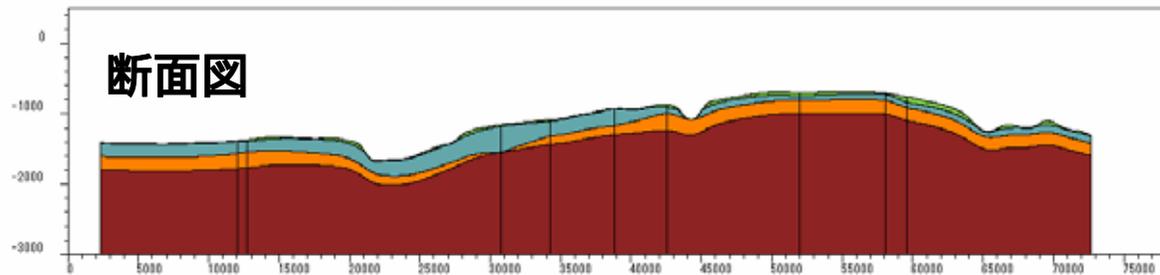


3次元ブロック図

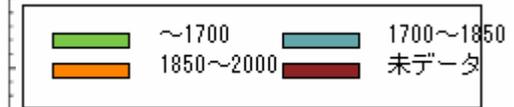
地層(物性)境界面定義

最適化原理による地層(物性)境界面推定

3次元地層モデル

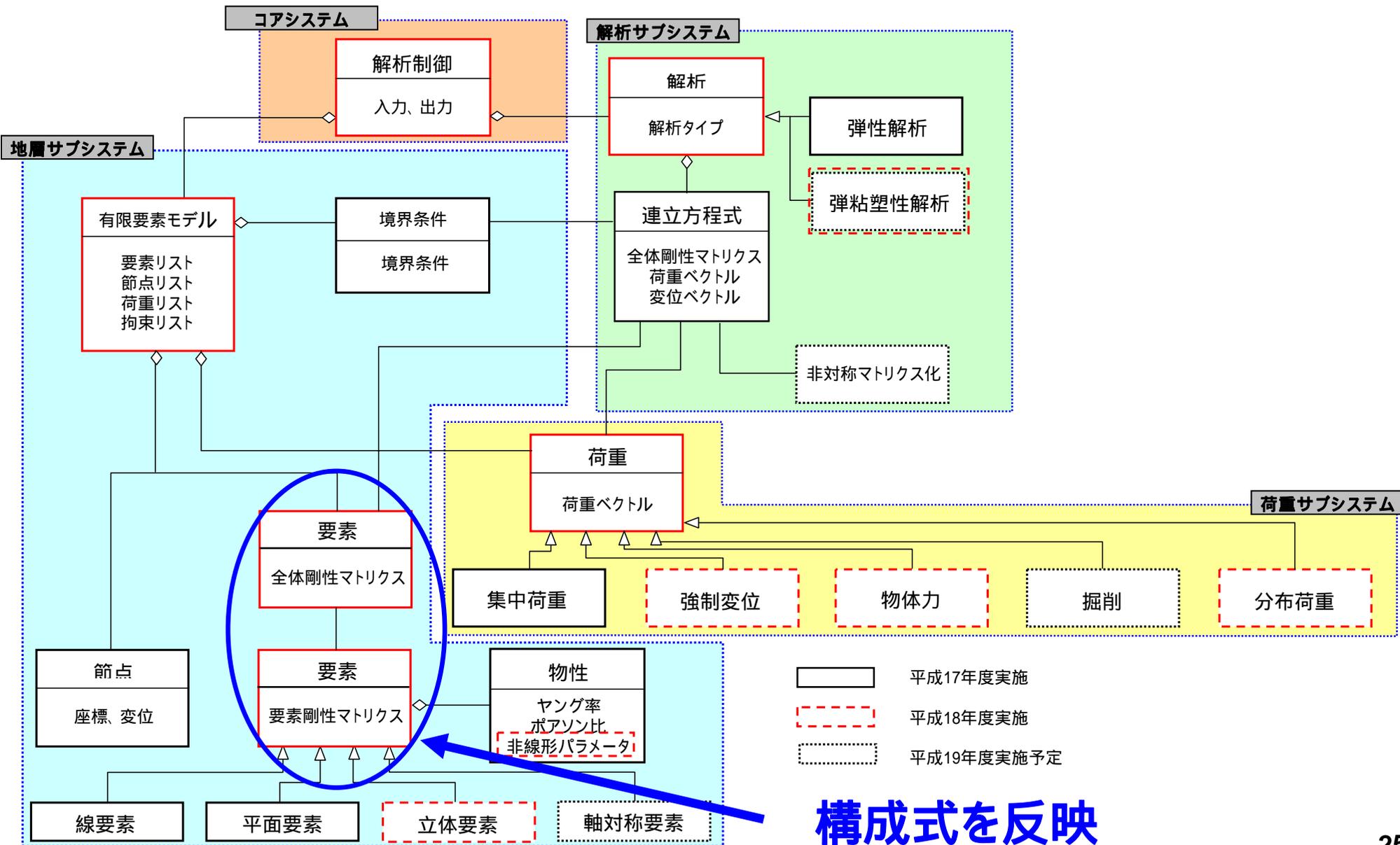


断面図



- 選定したサイト内の任意の場所の二次元地層断面、三次元地層構造を抽出でき、実際の地層構成、地形を考慮した地層変形シミュレーションが可能となる。
- 生産層での変形量と地層毎の地盤物性値をプログラムに入力することにより、生産層周辺の海底地盤の長期間に渡る変形状況を把握することが可能となる。

地層変形予測技術プログラムのシステム構成



構成式を反映

地層変形予測技術の開発のH18年度のまとめ

地盤物性の評価

- * 海底地盤の圧密特性、強度・変形特性を把握するために、基礎試錐コア試料および海底地盤模擬試料を用いて、三軸圧縮試験を実施
 - ・圧密特性、強度・変形特性を把握

構成式の構築

- * 基礎試錐コア試料および海底地盤模擬試料の三軸試験を対象に要素シミュレーション及び有限要素法解析を実施(変形の局所化・せん断帯の発生状況等について分析)
 - ・粘性土の弾粘塑性構成式を改良
 - ・試験結果とシミュレーション結果の適合性を確認

地層変形予測プログラムの開発、検証

- * 地層変形予測プログラムの各サブシステムを開発
 - ・各サブシステム間の連動性を確認
- * 室内模型実験により地盤変形を再現するための実験手法等を検討
- * 実地盤の変形現象から得られる地盤物性情報を検討

HSE調査SGの活動内容

1. 安全管理システム

- 大水深オペレーションにおける安全管理システムの調査

2. 環境管理システム

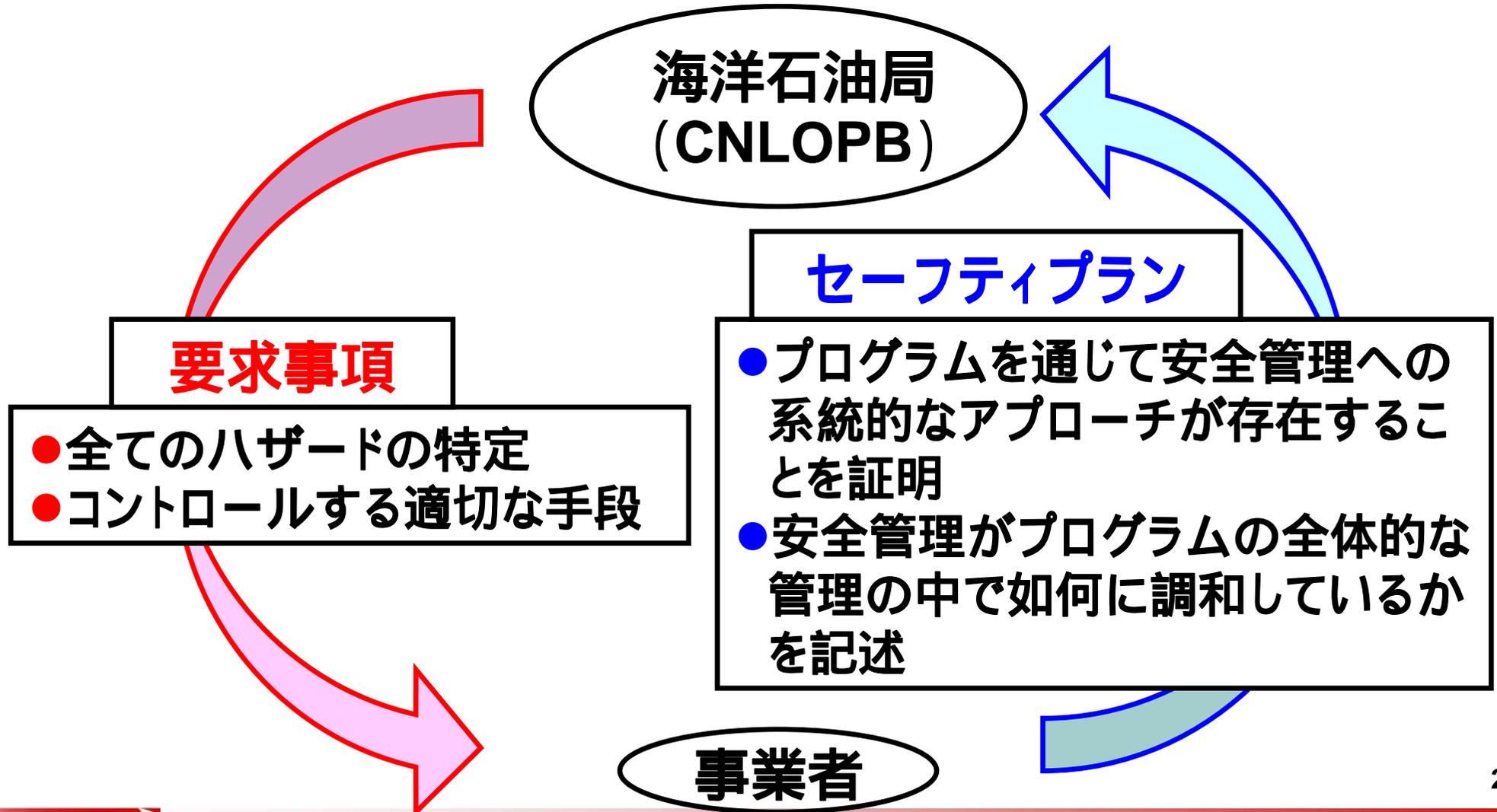
- 大水深オペレーションにおける環境管理システムの調査

3. 環境影響に対するマクロなリスク評価に関する調査

- 既存リスク評価事例の収集とマクロなリスク評価手法の手順の検討と整理

セーフティプランによる作業承認

- カナダのオフショアにおいて、石油ガス開発アクティビティを行うには合同規制当局である海洋石油局CNLOPBからの作業承認を得ることが必要



環境影響に対するマクロなリスク評価に関する調査

調査対象

類似事例の調査
* 石油・天然ガス開発事業調査
サハリン
* 大型プロジェクトの調査
原子力施設

* 気候変動(地球温暖化)と
メタン/MHの関係に関する調査
米国DOEのMH開発の動向調査
他の気候変動関連研究の調査

平成18年度 調査結果

リスク評価の事例

1. サハリン
 - ・油流出緊急対応計画
 - ・大気汚染物質拡散シミュレーション
 - ・地球温暖化ガス排出量の評価
2. 原子力施設
 - ・イベントツリー解析
 - ・フォールトツリー解析
 - の発生確率評価への適用

・大気の温度上昇/メタン濃度上昇とMHは関係
あるが、メカニズムは不明
更なる研究が必要

今後の課題

メタンハイドレート開発に対応するリスク評価手法の手順の検討
事例からの情報の整理
(リスクファクターやその対策などを整理する)
マクロなリスク評価に必要な手順の検討及び必要なデータの整理

HSE調査SGのH18年度のまとめ

大水深オペレーションにおける安全管理システムの調査

* カナダの制度について、調査を実施

- ・カナダの厳しい気象条件に配慮したセーフティープランの提出を義務付けている。
- ・安全を達成する手段を事業者自身に委ねている部分と規制されている部分がある(英国・豪州の「目標設定型」への移行を目指している)。

大水深オペレーションにおける環境管理システムの調査

* カナダの制度について、調査を実施

- ・環境影響評価が義務付けられている。
- ・環境保護を達成する手段を事業者自身に委ねている部分と規制されている部分がある。

環境影響に対するマクロなリスク評価に関する調査

* 既存リスク評価事例の収集とマクロなリスク評価手法の手順の検討と整理

- ・サハリン 開発、原子力施設のリスク評価事例、米国DOEのMH開発プログラムについて調査

今後の重点課題(H19 - H20年度)

海域海底環境の状況把握

海域環境の季節的な変動特性等を解析

漏洩メタンの挙動予測モデルおよび低温水放出影響モデルの構築

海洋産出試験に適用する環境影響評価手法を策定

ガス漏洩検知技術・地層変形検知技術の開発

METSセンサーの実証機を製作し、大水深実海域試験の実施による外部評価を実施

地層変形モニタリングシステムの実証機を製作し、室内および浅海域で性能評価を実施

ガス漏洩検知技術・地層変形検知技術のモニタリングシステム(実証機)の完成

地層変形予測技術の開発

地盤物性評価および構成式の構築のデータをフィードバックさせてプログラムを構築

室内模型実験の検証結果を反映することにより、更に精度を向上

地層変形予測プログラム(実証プログラム)の完成

安全管理・環境管理調査の実施

フォローアップ調査を実施

メタンハイドレート開発に伴う安全、環境に関する情報の整理

マクロなリスクに対応する評価手法の整備

メタンハイドレート開発に適用できるリスク評価手法を整備