

# メタンハイドレート：第1回海洋産出試験

何を調べようとしたのか？  
どうやって作業したのか？  
何が起きて何がわかったか？  
これからしなければならないことは？

MH21フィールド開発技術G: 山本晃司 (JOGMEC)  
MH21資源量評価G: 藤井哲哉 (JOGMEC)  
MH21生産手法開発G: 長尾二郎 (産総研)  
MH21環境チーム: 中塚善博 (JOGMEC)

# 今日の話

- 0:00-0:20 (elapsed time): プログラム全体の紹介 (事前調査からP井掘削まで) - 山本
- 0:20-0:50: 貯留層の評価 (検層、コア、生産挙動の予想) - 藤井・長尾
- 0:50-1:20: 坑内機器降下からガス生産実験 - 山本
- 1:20-1:50: 試験後のデータ解析と環境影響、そして次に目指すもの - 山本・中塚
- 1:50-2:20: 小パネルディスカッションと質疑・応答: 何がわかったか・何が今後の課題か (全員)

# 第1回海洋産出試験

## プログラム全体の紹介(事前調査から 生産井掘削まで)

- 海洋産出試験の目的は何か、なぜ試験を行わなければならなかったのか

# なんのために海洋産出試験？

- 通常の(在来型)石油・天然ガスの場合
  - 地下で流体(液体・気体)として存在する
  - 坑井を掘削して、そこから自噴する分をエネルギー資源として使っている。
    - 通常の石油・天然ガスでも地下にある資源をすべて生産できるわけではない。
      - 元々地下にある量＝原始資源量
      - 経済的に生産できる量＝可採埋蔵量
      - 回収率＝可採埋蔵量／原始資源量
    - 石油は、周囲の水との比重差や溶け込んでいるガスの影響で圧力がかかった状態なので自噴する。まだ石油が残っていても圧力が落ちるなどで生産ができなくなる。
    - 人の力で生産をアシストする技術があり、回収率の向上に寄与しているが、その分コストが増加する。

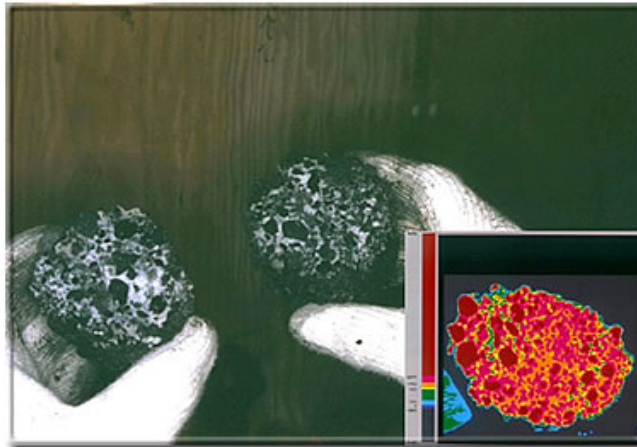


掘削リグによる海洋坑井の生産試験。石油が海底に掘削された坑井から自噴してきたのを燃焼させている。在来型の石油でも、実際にその油田で経済的に生産できるか、試掘して試験する。

陸上の油田の坑口装置(クリスマスツリーと言われるバルブの集合体)。通常、石油はポンプでくみ上げるわけではなくて、バルブを開くと自然に流れ出るので、<sup>4</sup>経済的に生産できる。

# なんのために海洋産出試験？

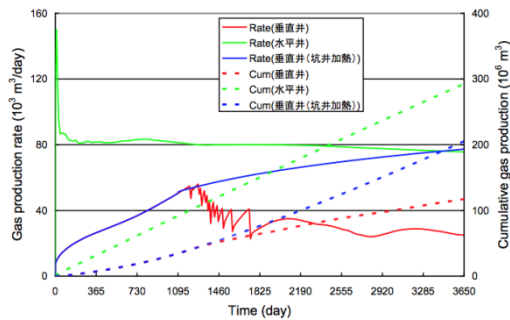
- 一方でメタンハイドレートは
  - 地下に**固体**として存在
  - 海底面下から固体のまま採掘するのは費用がかかり現実的ではない
    - 1立方メートル(約1トン)のハイドレートから取り出せるエネルギーは原油ドラム缶1本分程度:大きなコストはかけられない。
    - 海底を大きくかき乱すような生産手法は環境・漁業への影響などの問題がある。
  - **経済的になりつつ生産手法**を見つける必要がある
  - 一方で、**なんらかの方法で水とメタンガスに分離できれば**、坑井に集めて通常の石油・天然ガス同様に生産できる可能性が出てくる。(分解採取法)
    - 圧力を下げる(減圧法)、熱を加える(熱刺激法)、なんらかの物質で安定条件を変えるなど
    - シェールガスの場合は、地層に人工的に割れ目を作ることでガスが流れるようにすることで生産できるようになった。砂層にあるメタンハイドレートは、ガスと水に分かれれば流れることができる。



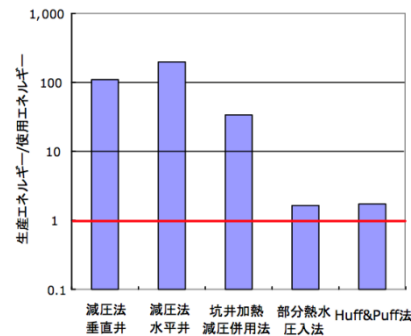
←MHを含む砂層の写真。  
左は東部南海トラフ、右は  
カナダ・マリックサイトのも  
の。左の写真で白く見える  
のはMH分解による温度低  
下で生じた氷。

# なんのために海洋産出試験？

- 実験室や、コンピュータシミュレーションで有効と思われる方法を研究している。
- しかし、**地下で起きることを我々が完全に理解しているわけではない。**
- 現在の知識では、実際に何が起こるか、確かに経済的な生産法があるのか予想がつかない部分がある。**実際にうまくいくか、試してみる必要がある。**
  - 2002年及び2007-2008に陸上(カナダ極地の永久凍土層の下のメタンハイドレート)で熱刺激法及び減圧法の実験を行い、減圧法で継続的なハイドレート分解に成功した。
  - しかし、日本近海の海底面下のハイドレートで同じ方法がうまくいくか、確認する必要がある。

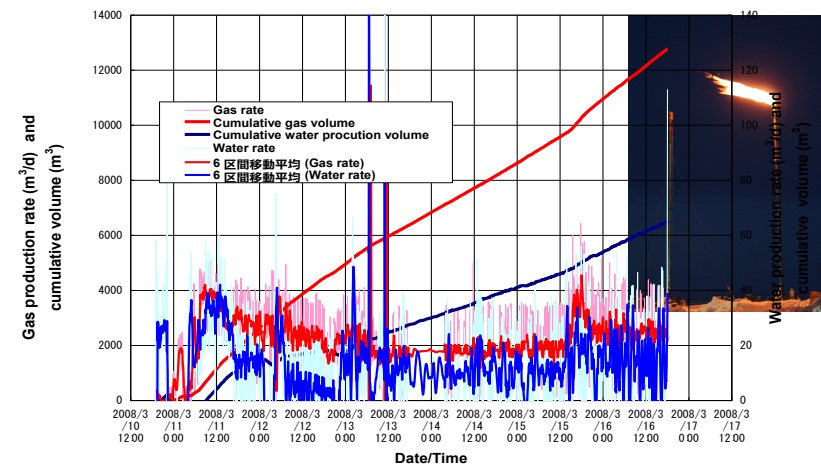


(a) 減圧法によるガス生産挙動予測結果例



(b) エネルギー産出比計算例

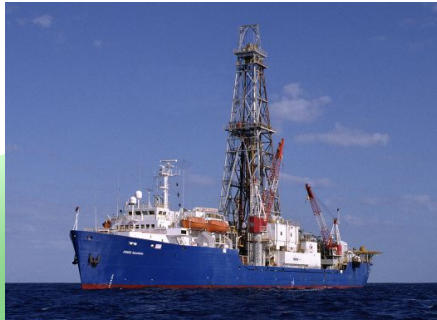
コンピュータシミュレーションによる各手法のガス生産レートの変化とエネルギー産出比の違い。(MH21総括成果報告所)



カナダで行われた陸上産出試験(2008年)のガス・水生産量。約6日間で13000立方メートルのガスが生産された。



# メタンハイドレート商業化にむけた研究の道筋



日本近海にメタンハイドレートがあるか**探査**する

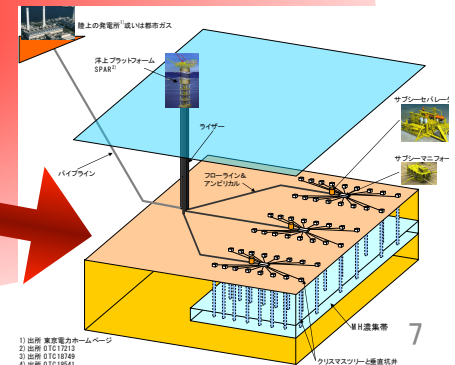
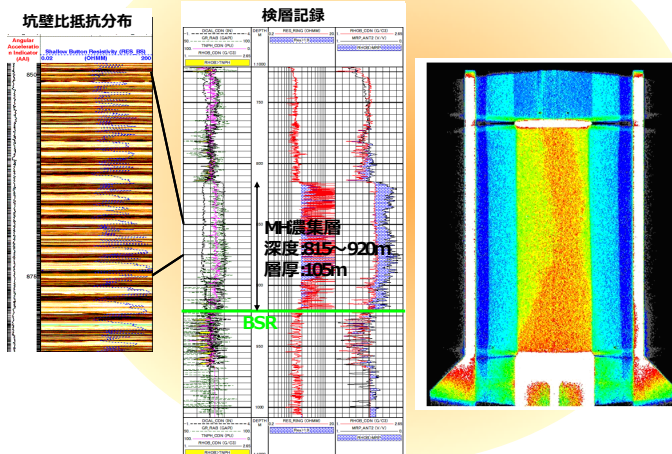


陸上(永久凍土層)のハイドレートで**実験**する。

データやサンプルを**分析**し、**室内実験**や**コンピュータシミュレーション**で検討する。

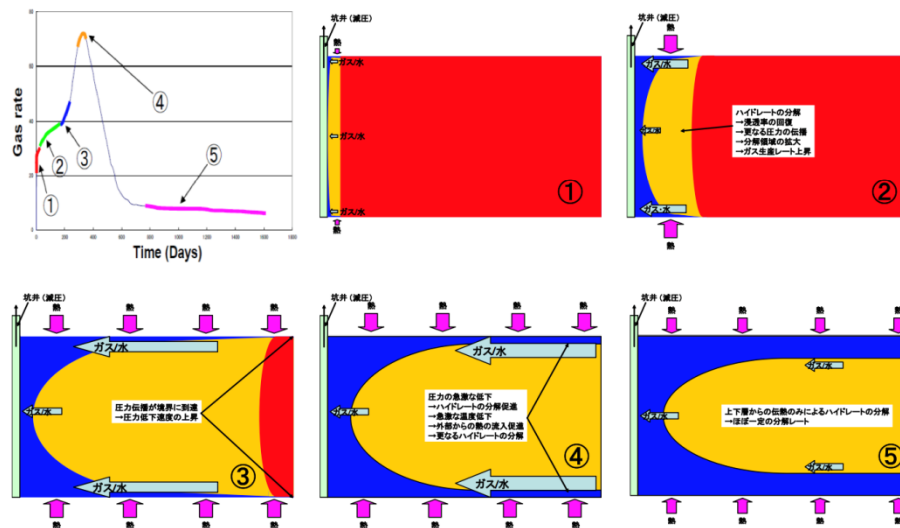
日本近海の海洋で**実験**する  
(**海洋産出試験**)

これらで得られた知見をもとに、**商業化のための技術**を開発する。

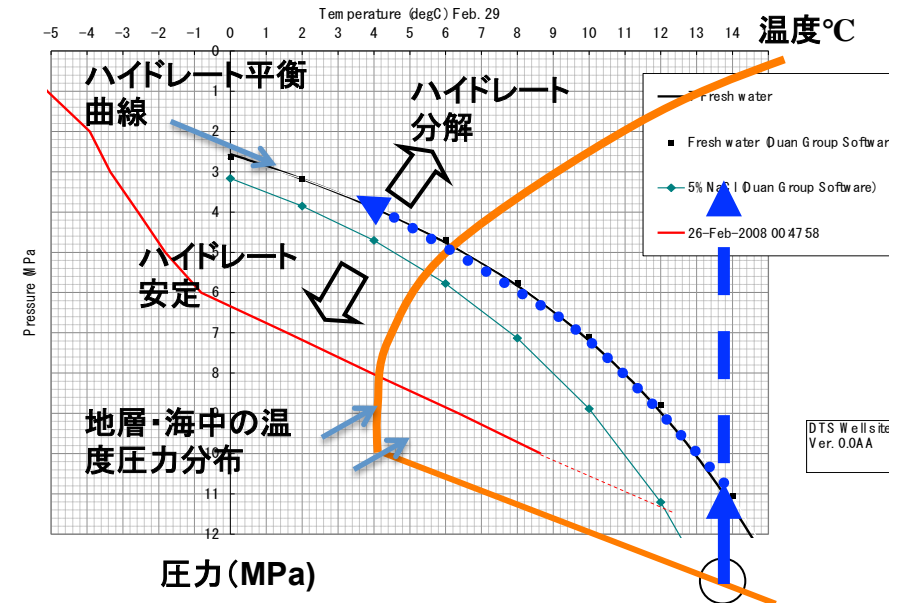


# メタハイは何か難しいのか？

- メタンハイドレートの分解は吸熱反応なので、**エネルギーを与え続けなければ継続的に分解が進まない。**
- **減圧法＝人工的に熱エネルギーを投入せず、平衡温度と地層の温度の差の分の熱でハイドレートを分解させる。**
- **メタンハイドレート層の圧力を下げ続けることができるか？**
- **分解に必要な熱が効果的に地層から集められるか？**
- **つまり、地層の中で、熱と流体の動きがうまくコントロールできるのか？がポイント(それにしては、我々はまだ地下のことを良く知らない)**



減圧法の模式図：坑井から水をくみ上げ井戸の底の圧力を下げると、地層の中の流体が移動して地層の圧力も下がりハイドレートの分解が始まる。始めは地層そのもの、ついで周辺の地層から熱が供給されて、分解が継続する。(栗原他、2011)

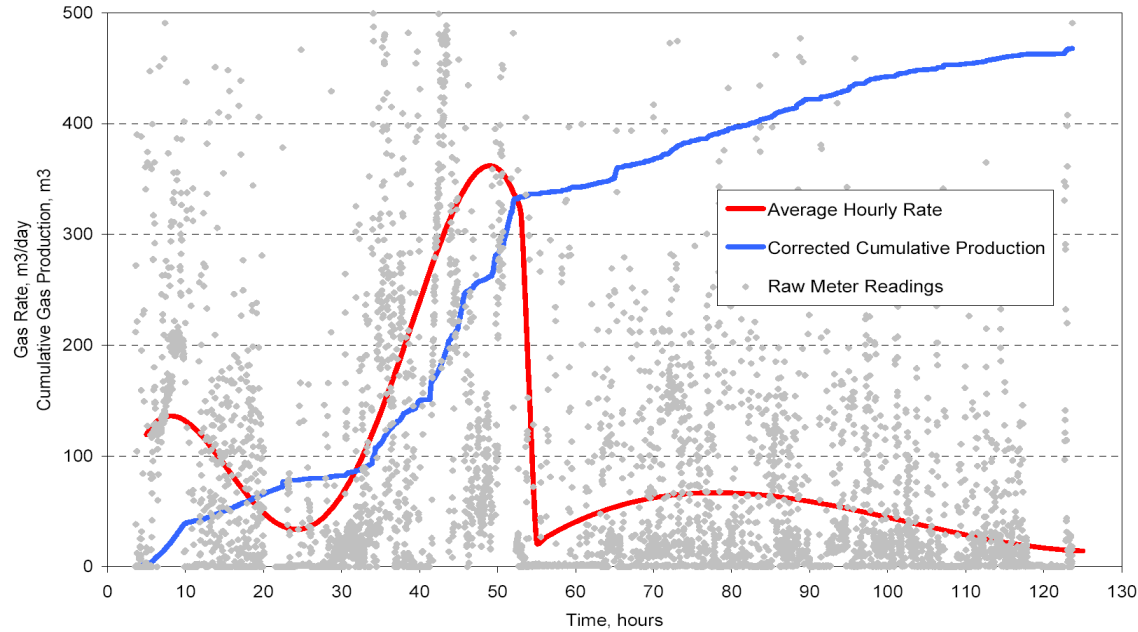


ハイドレート平衡曲線と減圧法の過程：初期の温度・圧力(o)から圧力を下げると(青破線)メタンハイドレートの分解が始まるが、実際は吸熱反応ため、外部からの熱供給がなければ温度圧力は青点線上を移動して、分解が停止してしまう。



# なぜ減圧法で試験したのか？

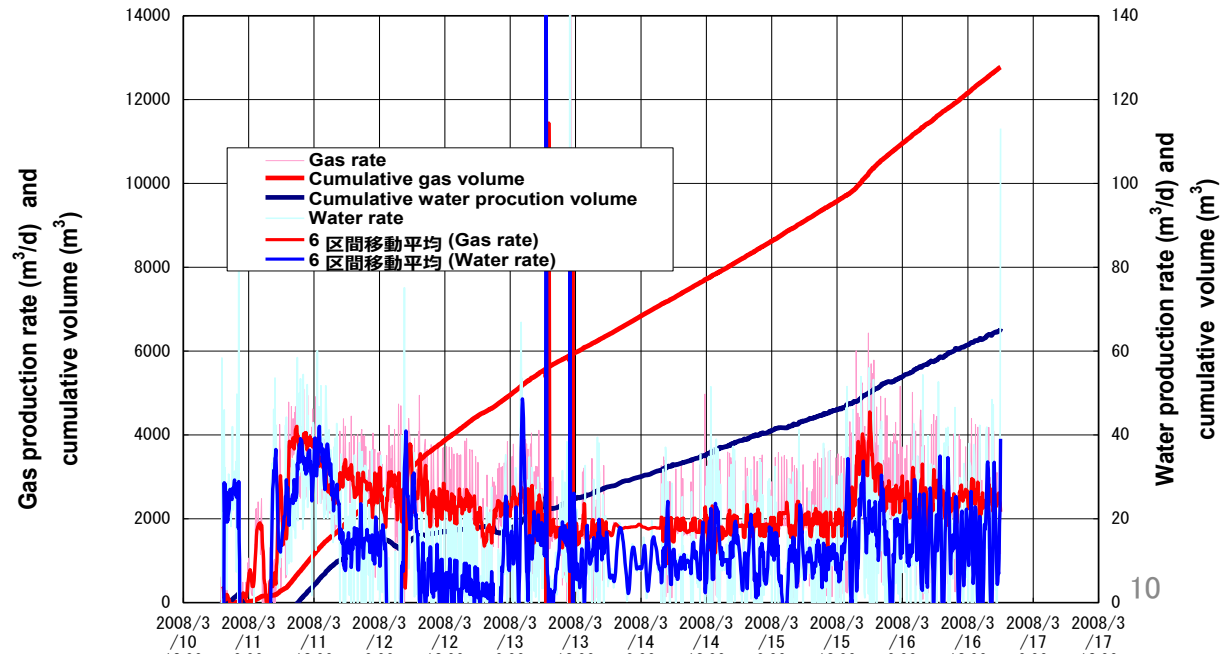
- 人工的に熱を投入しない「減圧法」でガスの生産ができるのであれば、経済性のある生産に近づけることができる：石油における一次回収に相当
  - 以前は、メタンハイドレート層は浸透率(流体の通しやすさ)が大変低いので、減圧法の適用は難しいと考えられていた。
  - そのため2002年にカナダで行われた第1回陸上産出試験では温水循環による熱刺激法が試みられたが、ガスの生産量はわずか(5.5日間で約460立方メートル)で、また生産レートはすぐに低下してしまった。
  - 一方、同じ時に行われた小規模な減圧実験で地層に浸透率があることがわかり、「減圧法」が適用できるかもしれないという期待が高まった。
  - 2007年の第2回陸上産出試験第1冬(カナダ)では、出砂ですぐ生産が止まったが、それでも半日で800立方メートルのガスが生産できた。
  - 2008年の第2回陸上産出試験第2冬(カナダ)では、6日間ポンプを動かし続けて13000立方メートルのガスを継続的に生産した。(予算と作業期間の制約で6日で作業終了した)
- 一方、単純な減圧に対する地層の応答を調べることで(条件設定を単純にすることで)、我々が一番知りたい、「地層の中を熱と流体がどのように移動するのか」についての情報を得ることができる。
- この情報は、より生産性を高めるための検討に利用できる。
  - 経済性を高めるために生産性を維持・向上させる手法の検討も必要



2002年：第1回陸上産出試験のガス生産量(赤線：日産の生産レート、青線：累積生産量)



2008年：第2回陸上産出試験のガス・水生産量(赤線：ガスの日産の生産レートと累積生産量、青線：水の日産の生産レートと累積生産量)



# どんな技術課題があったのか(1)

- 試験海域で安全に操業すること
  - 使用する船の選定: 動復員費がかからないのでトータルのコストが安く済む、研究用設備や水処理機材が使用できるなどから「ちきゅう」を使用することにした
    - ダイナミックポジショニング (DP; 錨を下ろすのではなくて、常にスラスター(プロペラ)をまわし続けることで、船を一カ所に保持する方式) 船
    - DP船で石油・天然ガスを生産するのは日本で初めて
    - ガス生産実験は、ライザーパイプ(船と坑井をつなぐ太い鋼管)で船と井戸が結ばれた状態で作業する。緊急時にはただちに離脱できる準備が必要
  - 台風が来ず、季節風が強いものの比較的天候が安定している冬場を試験実施時期に選んだ
    - 第2渥美海丘は関ヶ原を越えて流れ込む強風の通り道だった
    - 3月になると移動性高気圧・南岸低気圧の影響が強くなる
  - 事前に海域の潮流や海底地盤を調査した
  - 安全に関わるリスク解析(Hazard Identification)を実施した
  - 環境影響評価を実施した

# どんな技術課題があったのか(2)

- 確実に坑井の中を減圧し、それを維持できること
  - 坑井の周囲で圧力が海底などと導通しないようなしっかりした坑井の掘削・仕上げ
    - コンダクターパイプのジェットイング設置
    - 特殊な軽量・低発熱(ハイドレート分解防止)セメントの使用
    - ケーシングパッカーの使用など
    - セメント評価技術
  - 確実に減圧が行え、ガス・水量の変動に対応できる坑内機器
    - ポンプ、ガスセパレータ、ヒーター、パッカー、温度・圧力センサー、電源・計装系のケーブルなどの組み合わせ—信頼性を第一に選定
    - 緊急離脱に対応できる仕組み
    - 極めて複雑なシステムを船上で扱う上での作業の安全性、確実性
  - 信頼性の高い出砂対策
    - 地層の砂をなるべく動かさず、かつ目詰まりを起こしにくい出砂対策装置
  - ガス・水の分離とハイドレート再生成防止
    - 事前の実験等による再生過程の検討

# どんな技術課題があったのか(3)

- 今後の研究に**必要なデータを確実に取得すること**
  - **貯留層評価のための地質・物性データの取得**
    - **物理検層**種目の検討(坑井のデザインにも影響)
    - **コアの取得**作業と船上での分析
      - コア取得装置の検討・開発・試験
      - 船上と陸上での分析機器と計画
  - **生産井と船上でのデータ取得**
    - 坑内機器と船上に設置するセンサー類と伝送系
    - データを表示し、即時分析できるシステム
  - **モニタリング坑井でのハイドレート分解モニタリング**
    - モニタリング井のデザインと配置
    - モニタリング装置(地層温度計)の設計・製造・設置



# どんな技術課題があったのか(4)

- 関係先との調整

- 法的課題

- 鉱山保安法に基づく作業
- 法に適合した環境対策(特に生産水の処理)

- 既存の経済活動(漁業活動・海底ケーブル・航路等)との調整

- マスコミ取材を含めた安全対策

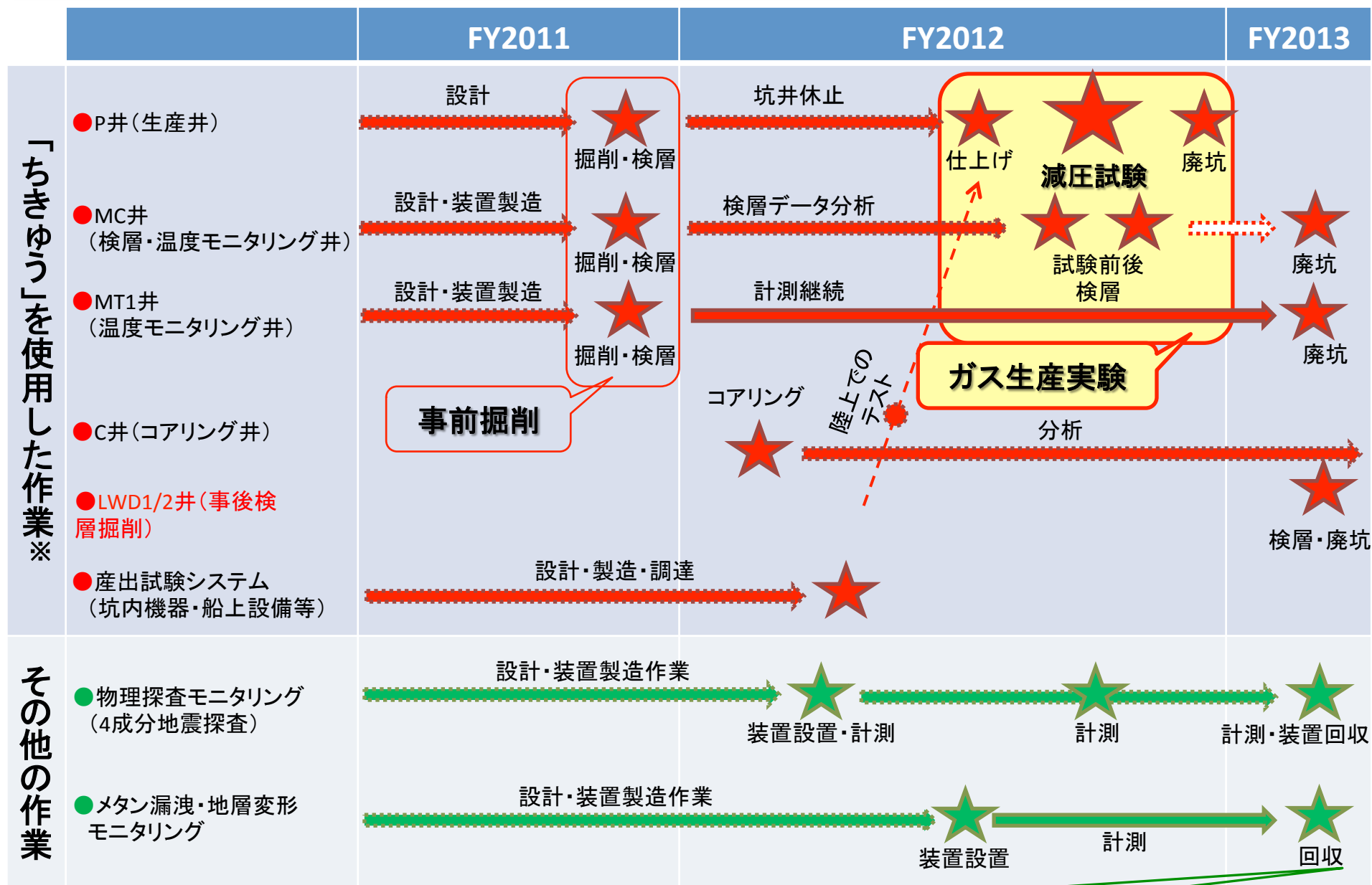
- ガスが燃焼されずに大気中に放散される場合があるので、ヘリの接近を制限した

# 準備と実行のスケジュール

5年がかりの作業:これらすべての作業をあわせて、「第1回海洋産出試験」

- 2009(平成21)年度:
  - MH21のフェーズ2研究に着手
  - 海洋産出試験の**基本計画**を検討
  - セメント・出砂対策・水処理などの技術課題の検討を開始
  - 取得データを利用した貯留層評価を開始:地層の性質を調べ、減圧に帯する応答を予想する
- 2010(平成22)年度:
  - **産出試験実施地点を絞り込み、基本計画を策定**
  - 減圧のための坑内機器やモニタリング装置の開発に着手
  - **事前調査(海底地盤ボーリング調査、詳細海底地形・地質調査)実施**
- 2011(平成23)年度
  - **試験実施地点を第二渥美海丘の一地点に決定**
  - **坑内機器やモニタリング装置の製造**
  - **事前掘削作業(モニタリング坑井2坑と生産井の浅い部分掘削)、物理検層、モニタリング装置を設置**
- 2012(平成24)年度
  - **コア(地質サンプル)取得**
  - 坑内機器、船上設備の開発・**製造・試験**
  - モニタリング装置(4成分物理探査、環境モニタリング)設置
  - **生産井の残り区間を掘削**
  - **出砂対策装置設置**
  - **ガス生産実験(坑内に機器を下ろして実際に減圧させてガスを出す作業)を実施**
- 2013(平成25)年度
  - 原状復帰(廃坑、モニタリング装置等の回収)
  - **取得データの分析**

# 海洋産出試験の現場作業スケジュールについて

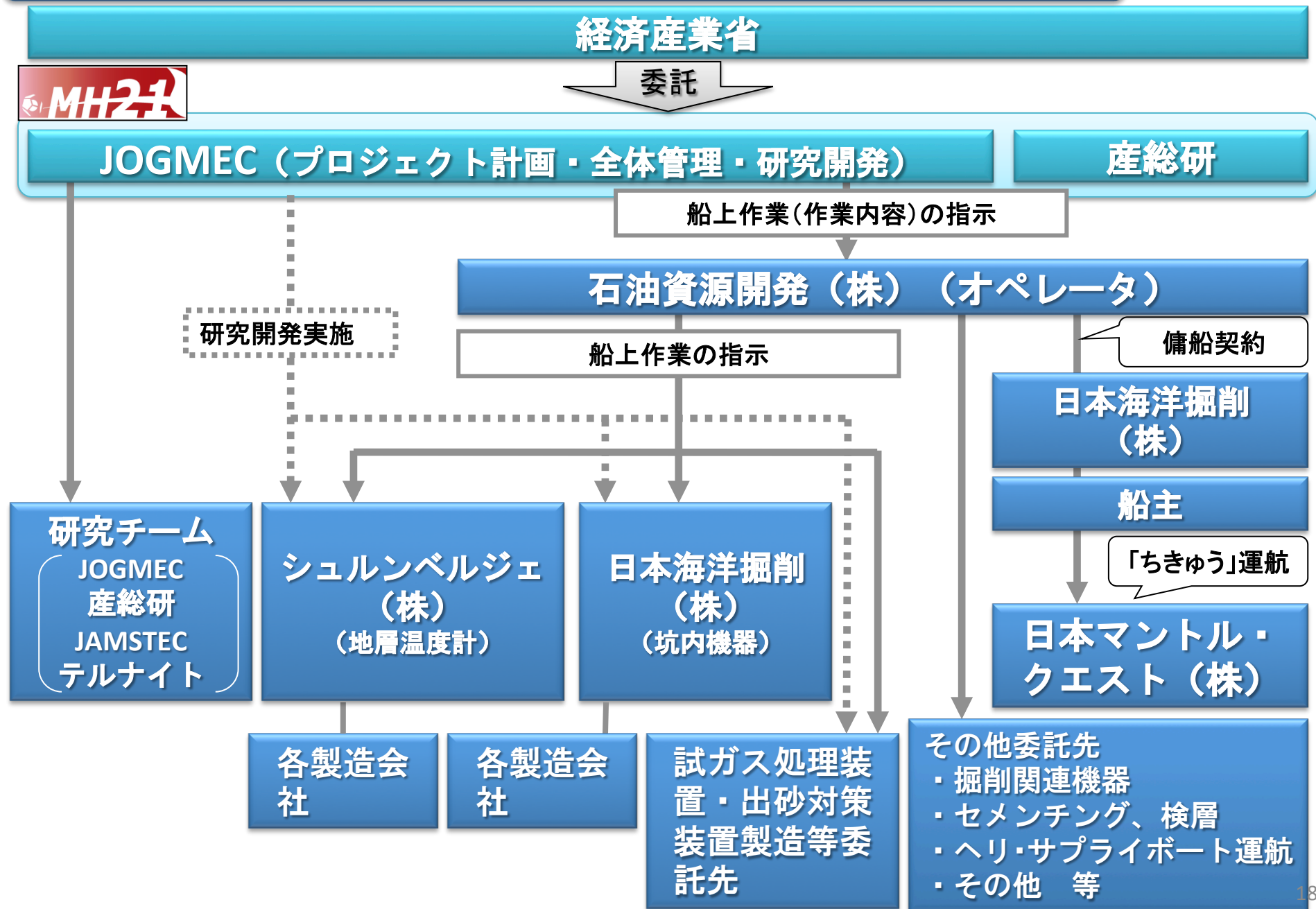


すべて完了: 現在試験地点の海底には何も残されていない

# チームワーク: 関わった人たち

- 船を運航する人たち
    - 船長以下、MQJの運航クルー
    - ROV(水中ロボット)他のサブコントラクター
  - 掘削作業を行う人たち
    - 場長以下JAPEX掘削チーム、OIM以下MQJ掘削クルー
    - セメンチング、坑口装置、ケーシングハンドリング他のサブコントラクター
    - グラベルパックの作業クルー
  - データを取得し分析する人たち
    - JOGMEC G&Gグループ(管理・解析)
    - 検層クルー
    - 坑内モニタリングチーム(SKK)
    - コア取得分析関係サブコントラクター
    - MWJラボスタッフ
    - MH21研究チーム(JOGMEC-AIST)
  - ガス生産実験を行う人たち
    - JOGMECガス生産実験チーム
    - JAPEX生産スーパーバイザー
    - 坑内機器設計・製造・設置・作業の管理・監督(JDC)
    - 生産データの取得・表示・管理システム
    - 坑内機器・船上試ガス装置のコントラクター
    - 水処理・分析関係スタッフ(テルナイト他)
  - 陸や周辺でサポートする人たち
    - 予算・資機材の調達・管理
    - 人員と移動の管理
    - 広報・情報発信
    - サプライボートのクルー
    - 環境モニタリング等の関係者
- 船上では、基本12時間交代で24時間作業
  - クルーは4週間で交代、他のスタッフは必要に応じて、ヘリで蒲郡(H23は南伊勢)から移動
  - 世界中から集めたスタッフと機材をJOGMEC/JAPEX/JDC/SKK/MQJが管理して試験を実現
  - 資機材の多くは蒲郡港からサプライボートで輸送

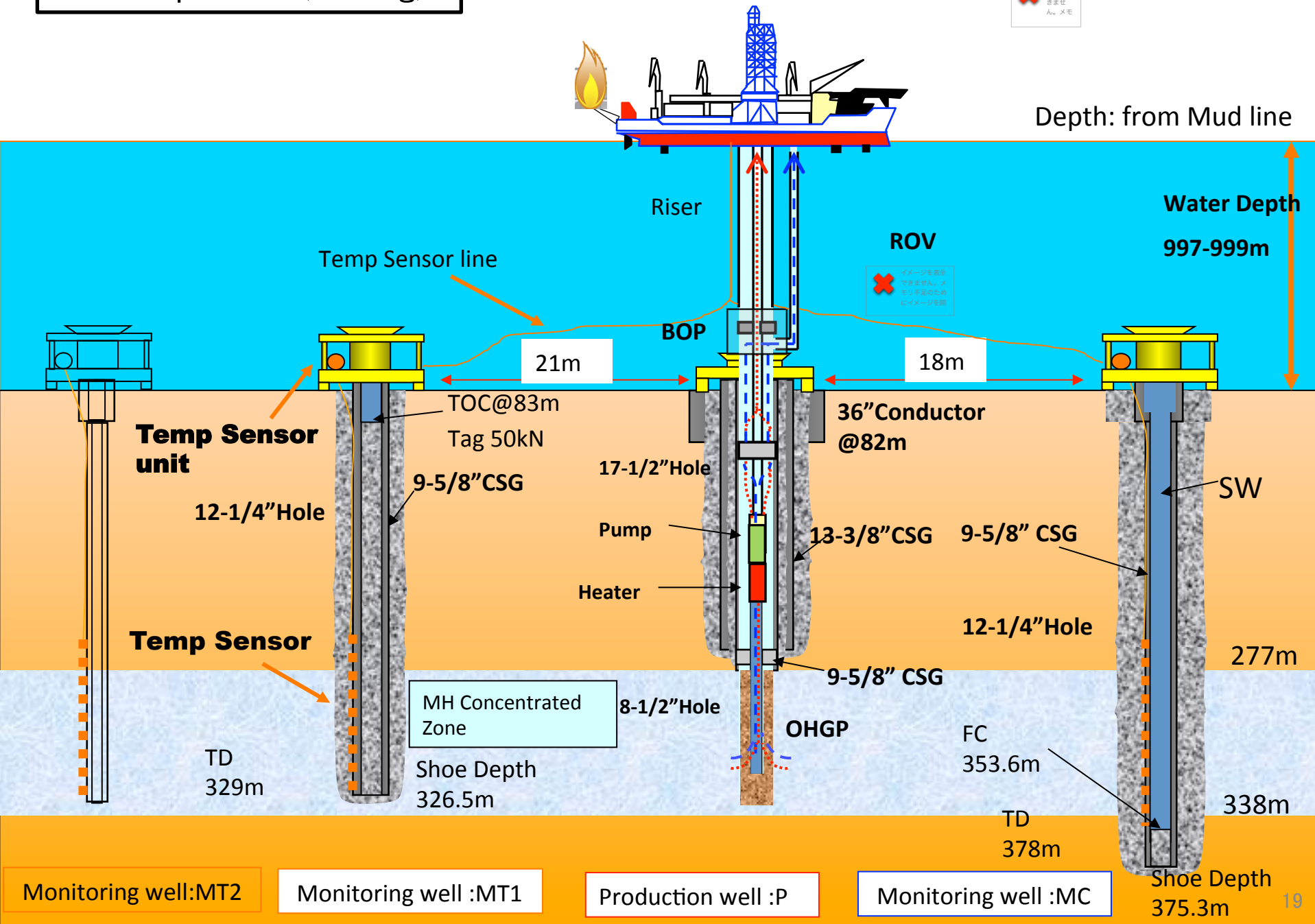
## 2. フローテストの作業計画③ ～実施体制～





# 2013 operation(flowing)

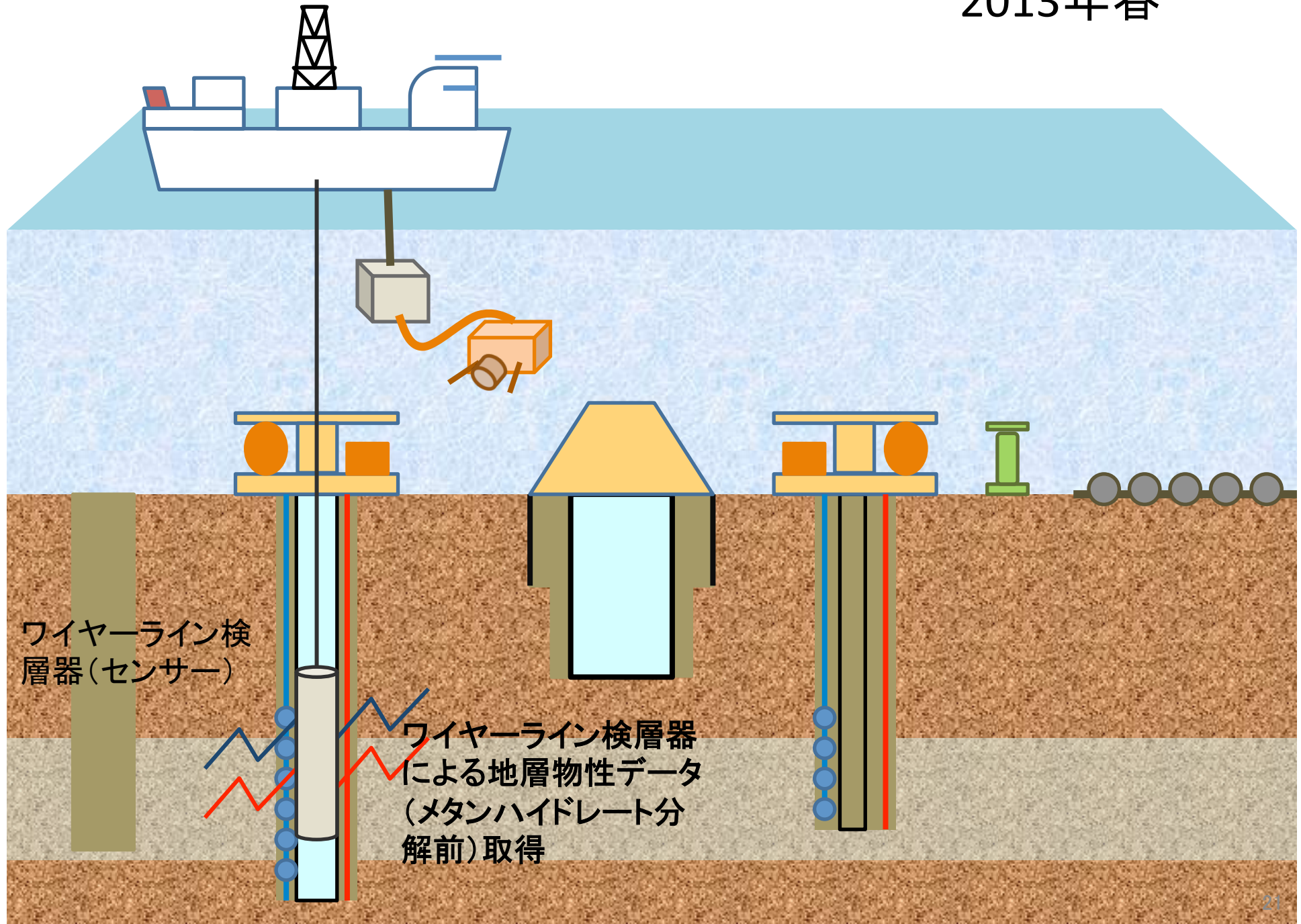
イメージ  
を表示で  
きませ  
ん。メモ



# 主要イベント(1/15-3/3)

- 1/27 ちきゅう清水港出港-テスト、備船開始
- 1/28 試験実施地点到着
- 同日 トランスポンダー設置開始(海洋産出試験H24作業着手)
- 1/29 モニタリング井作業開始
- 1/31 モニタリング井で事前の検層作業
- 2/1 生産井作業開始
- 2/3 BOP(海底に置く暴噴防止装置)設置準備、SKKモニタリングケーブル設置
- 2/14 BOP設置完了
- 2/17 生産井作業開始
- 2/21 ハイドレート層の直上まで掘削してケーシング・セメンチング作業
- 2/24 ハイドレート層の掘削開始
- 2/25 ハイドレート層掘削完了→グラベルパックオペレーションへ
- 3/3 グラベルパック準備完了、グラベルパック作業

2013年春



2013年春

