

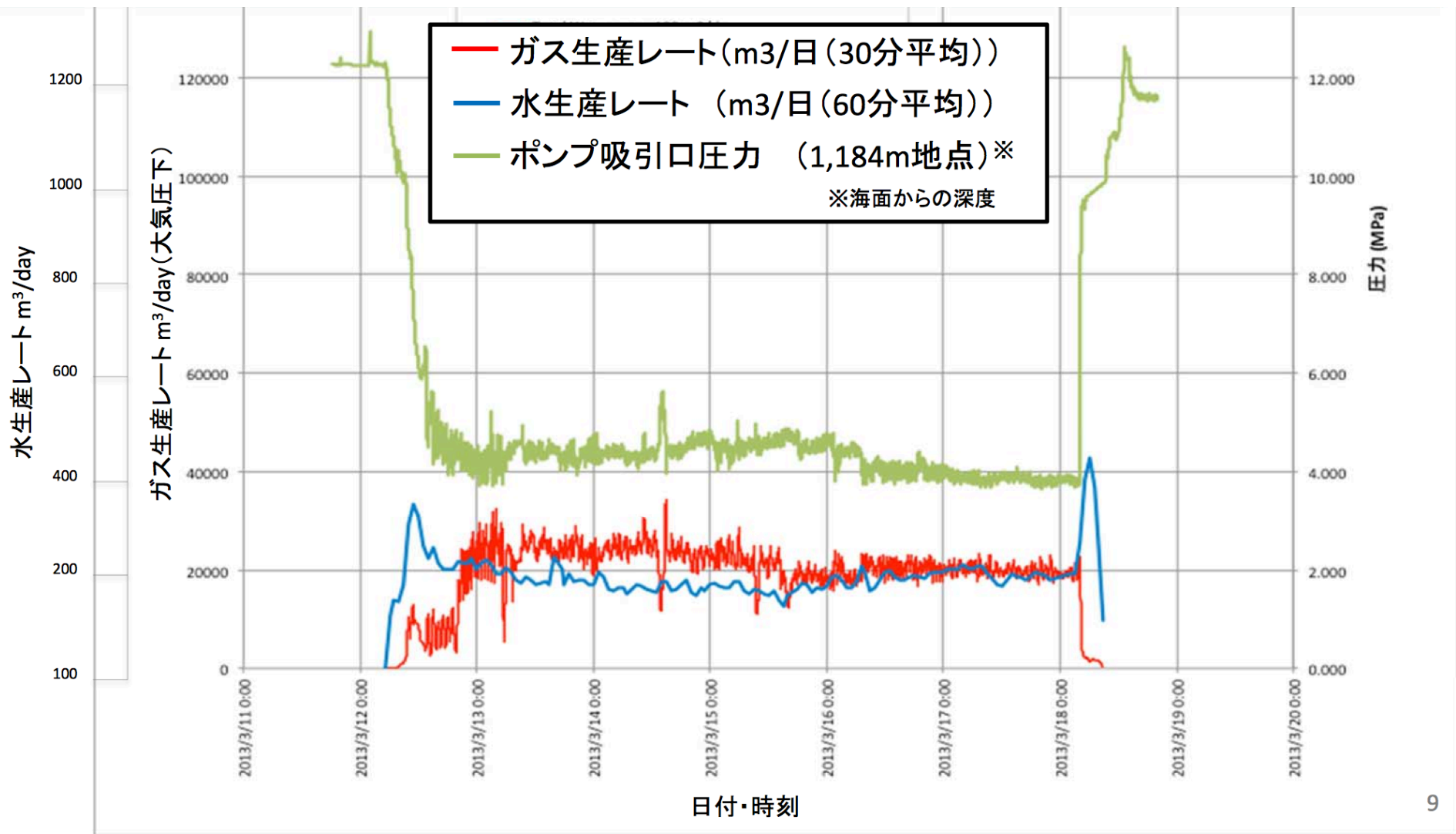
# 第1回海洋産出試験

## 試験後のデータ解析と環境影響、そして次に目指すもの

- どんなデータが取れて、何がわかったか？
- どんな課題が残されたのか？
- 商業化にむけてやらなければいけないことは？

# 取得された代表的なデータ

- 生産された水・ガスの生産レート(船上で計測)
- 生産された水・ガスのサンプル
  - ガス組成・炭素同位体比・水中の塩素濃度他の成分の分析
- 生産井坑内の温度・圧力データ
  - リアルタイムセンサーの断線などで一部欠測あり
- モニタリング坑井での温度データ
  - 生産井から25-30m離れたモニタリング井の特定深度で、最大0.5°C程度の温度低下を確認→メタンハイドレート分解の広がり分解した深度を確認
- モニタリング坑井での検層データ
  - 中性子捕獲断面積などに、試験前後で変化を確認(さらに解析中)
- 追加検層坑井(8月)
  - 解析中
- 4成分地震探査データ
  - 試験の前後及び今年7月にデータ取得、解析中
- 環境モニタリングデータ
  - 先月末にセンサーを海底から回収、データ解析中
- 各データと解析結果の詳細は、今後学術論文として順次報告する



# 得られた成果(1): 日本周辺海域の条件(地質, 温度等) においてどのような生産挙動が得られるか知ること

日本周辺海域において、(カナダの陸上で有効性が確かめられた)  
減圧法によりハイドレートからガスを生産できるかどうか確認する

- 海洋坑井の生産性(減圧法による短期的なガス生産量)を確認する

→●減圧を達成し、ガスの生産を見た。

→●一部、さらに評価が必要なデータもあるが(塩分濃度など)、ガス量、地層温度計のデータ、物理検層のデータなどは、生産されたガスがメタンハイドレートの分解によるものであることを示している。

→●6日間にわたって、日産約20,000立方メートル(大気圧下)のほぼ定常的なガスの生産が計測された。

→●ガス量は事前のシミュレーションよりも多く、水量は少なかった。  
このため、地層中で起きている現象のより良い理解が必要となっている。

→●出砂によりガスの生産が6日間に限られたので、経済性評価に必要な長期挙動を予想するのに十分なデータとは言えない。

## 得られた成果(2):減圧法を海底下の比較的浅い深度に適用させるための技術を実証する

- 一部、電源・計装系ケーブルの問題から動作しない機器(ヒーター・リアルタイムセンサーなど)があったものの、減圧の実現に必要な機器は有効に機能した。
- 懸念されたセメント・地層間隔離の問題は生じず、有効に減圧が実現できた。
- ガス水分離の問題など、長期の生産では問題となりうる課題が明らかになった。
- 出砂対策装置(グラベルパック)は最初の数日有効に機能したが、6日目に機能を発揮しなくなり、試験の継続が不可能になった。

## 得られた成果(3):メタンハイドレートの分解挙動及び 環境影響評価に情報・知見を与えるモニタリング技術 の適用・実証

- 坑内及び海底面に設置したモニタリング装置によるメタンハイドレート分解と環境影響のモニタリング
  - 坑内設置の地層温度計、検層によるモニタリングなどはメタンハイドレート分解のモニタリング手法として有効に機能した。
  - 4成分地震探査・環境モニタリングについては、データの分析・解釈の途上である。

# その他、今回の試験で明らかになった成果と課題

- 貯留層評価と生産挙動予測
  - 検層データ、圧力コアの取得により、貯留層の特性についてこれまでなかった良好なデータが取得できた。
- 東部南海トラフ海域の気象・海象条件における船体の位置保持
  - ちきゅうのDPSシステムによってライザー掘削を及び産出試験を、緊急離脱の状況に追い込まれることなく実現できた
  - しかしながら、リスクの無視できない状況もあったため、緊急離脱のリスクを低下させるための処置(船体の位置保持技術、大きなドリフトを許す海底・海中の設備等)の検討が必要
- 船上機器・坑内機器を安全に設置して運用できた。

# 第1回海洋産出試験の成果と課題：今のところの結論

- 少なくとも短期的には、海洋坑井においても減圧を実現することができて、メタンハイドレートを分解させてガスを生産することができることが実証できた。
- 一方で、出砂の問題など、長期・安定的な減圧とガス生産の阻害要因も明らかになった。

→経済性を評価するには、長期的なガス生産挙動を確かめることが必要であり、今回の試験結果とモデリング技術を組み合わせて、予測の精度を高めて行くが、最終的にはフィールドで実証することが必要になる。

以上から

- 技術課題を克服した上で、安定的で経済的に有効な技術と長期的な生産挙動のフィールド実証を行う必要がある。
- そのため、必要な技術開発と、中長期をターゲットにした陸上・海上それぞれの産出試験の準備に着手したい。



# 第1回海洋産出試験：残された疑問点

- ガスは出た。どこから、どのように？
  - どうしてあれだけ早く、たくさんガスが出たのか？
  - 掘削とGP作業、逸水などがどう影響したか
- 水とガスは地層内・管内をどのように流れたのか？
  - ハイドレート再生成のリスクはなかったのか？
- 砂と水はどこから来たのか？地層にどんな力がかかって
  - なぜグラベルパックは働かなくなったのか？
  - 砂を止められればフローは継続できたのか？
  - 他にも安定的なフローを止める要因はないのか？
- 現状の認識：
  - 減圧法でガスが出せることは証明できたが、安定的・経済的に生産できる方法であることはまではまだ証明できなていない
  - まずは、地下で流体と熱がどう移動したのかを確認すること←モニタリングデータとコンピュータシミュレーションで評価
  - 海底の浅いところで、本当に安定的に生産できるのか？

# 外部の研究者を交えたワーキンググループを構成

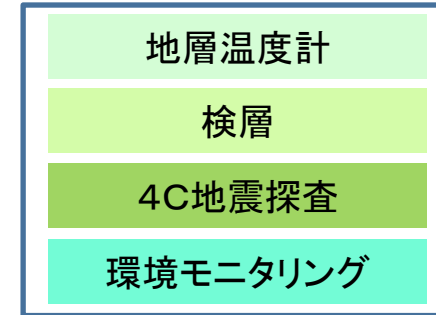
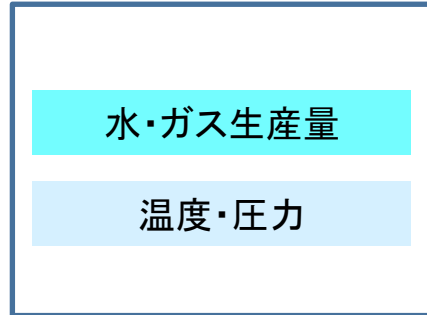
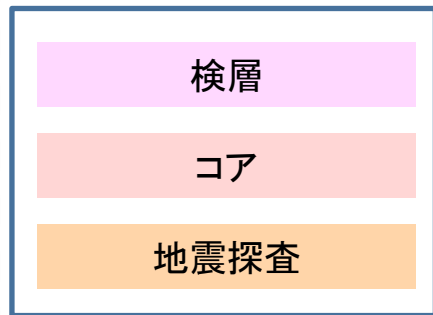
- 今後のメタンハイドレート開発の方向を定める上で重要な点として次の3つカテゴリーの疑問に答えることが必要として、問題点を整理して、具体的な検討を行う。
  - 実際の生産挙動は事前の予測とは異なっていたのはなぜか。モデルのどこが違っていたのか。
  - ハイドレートはどこで分解したか。水とガスはどこから来たのか。
  - ハイドレート分解挙動は貯留層の地質・物理・力学条件とどのように関係したか。
    - WG1: 貯留層評価・生産ヒストリーマッチング
    - ❖ 出砂は、どの地層でなぜ、どのように起こったのか。
    - ❖ どこで地層(と坑井?)が破壊され、砂と水が供給されて、出砂に至ったのか?
    - ❖ なぜ出砂対策装置は機能しなくなったのか。
      - WG2: 出砂・ジオメカクス
      - 仕上げ区間40mのところからガス・水が来ていたのか。
      - 管内をどのようにガスと水が流れたのか。生産機器(ポンプ・セパレータ)はどのように機能したのか。
      - 生産されたガスと水は坑井及び管路中をどのような流動様式で流れたのか
      - WG3: 管内流動
- お互いは相互に関係し合うので、それぞれタスクを定めて独自に検討を行う他に、密接に情報交換を行う。

# 基本的な検討の流れとWGの役割

WG1: 熱・流体の移動の観点

WG2: 力学的現象の観点

WG3: 坑内・生産システム  
内の流動の観点での生  
産データ評価・向上



貯留層評価

生産挙動

モニタリングデータ

数値モデルによるヒストリーマッチングと逆解析  
(生産手法開発Gとの連携)

地下、坑内、生産設備等における諸現象の理解

## 1. 新たな「海洋基本計画」

- 平成25年4月に、新たな海洋基本計画を閣議決定。
- 砂層型メタンハイドレートについては、これまでの目標を堅持しつつ、商業化プロジェクトに向けた目標を初めて設定。
- また、表層型メタンハイドレートについて、資源量調査の目標を初めて設定。

＜新たな海洋基本計画におけるメタンハイドレートに関する記載＞

### 砂層型メタンハイドレート

- ・日本周辺海域に相当量の賦存が期待されるメタンハイドレートを将来のエネルギー資源として利用可能とするため、海洋産出試験の結果等を踏まえ、平成30年度を目途に、商業化の実現に向けた技術の整備を行う。その際、平成30年代後半に、民間企業が主導する商業化のためのプロジェクトが開始されるよう、国際情勢をにらみつつ、技術開発を進める。

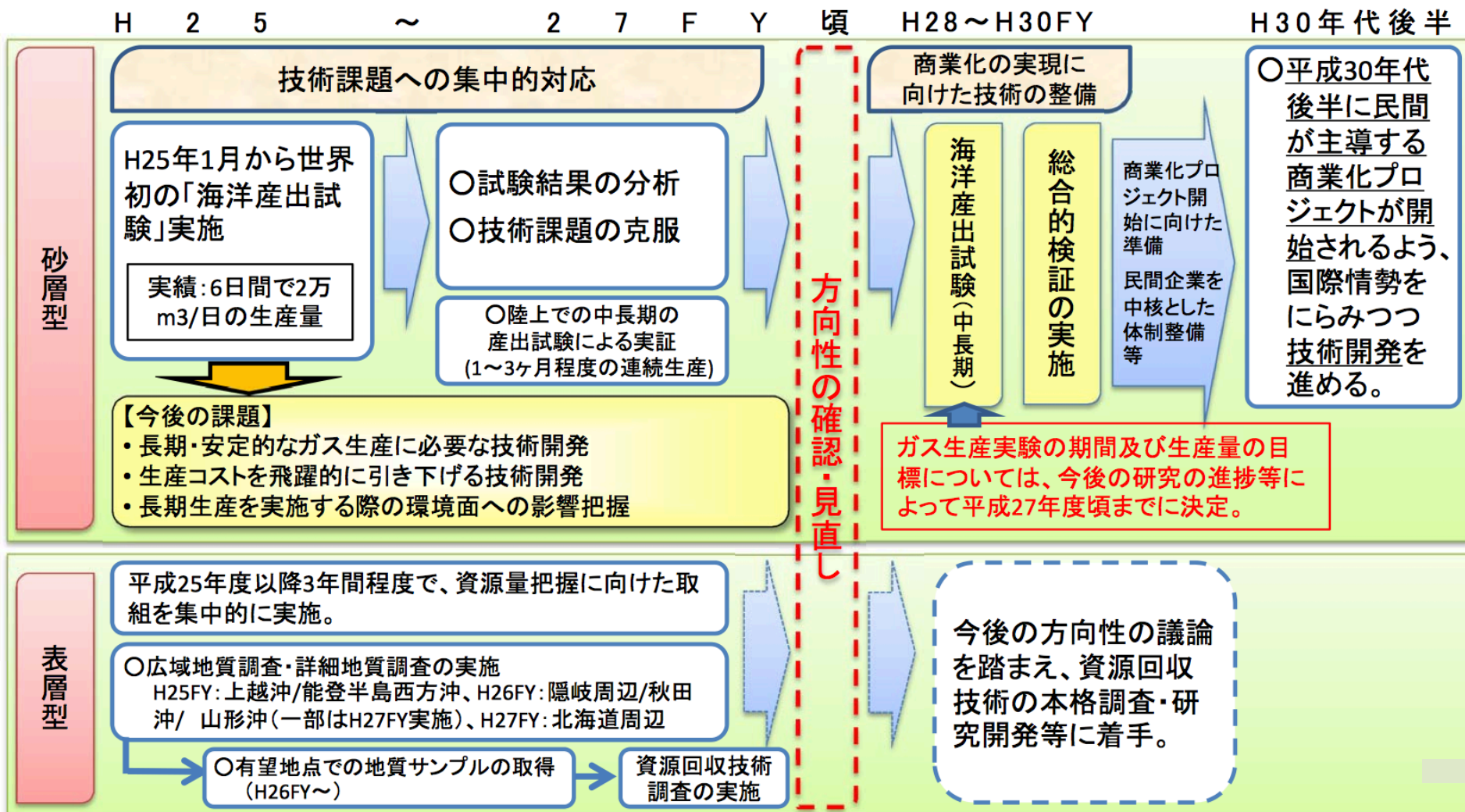
### 表層型メタンハイドレート

- ・日本海側を中心に存在が確認された表層型のメタンハイドレートの資源量を把握するため、平成25年度以降3年間程度で、必要となる広域的な分布調査等に取り組む。



この目標を達成するため、総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会にて  
**「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」**の見直しを実施中。  
**メタンハイドレートについても新たな工程表(案)を発表。**

○新たな「海洋基本計画」(平成25年4月閣議決定)では、  
 (1)砂層型メタンハイドレートについては、①「平成30年度を目途に、商業化の実現に向けた技術の整備を行う」目標を確実に実施する。また、②商業化プロジェクトに向けた目標を初めて設定。  
 (2)表層型メタンハイドレートについては、表層型の資源量調査目標を初めて設定。資源量を把握するため、平成25年度以降3年間程度で広域的な分布調査等を実施する。(※)これを受けて「我が国のメタンハイドレート開発計画」も見直す予定





- 平成30年度を目途に、**商業化の実現に向けた技術の整備を行う。**
- その際、平成30年代後半に、民間企業が主導する商業化のためのプロジェクトが開始されるよう、国際情勢をにらみつつ、技術開発を進める。

では、具体的にはH30までに何をしなければならないか？

- 現状適用しうる生産手法で、メタンハイドレートからのガスが経済性を  
持って生産しうることを示す。→**そのためには、メタンハイドレートの長期的な生産挙動を示すことが不可欠である。**
- 海洋のMH資源に対して、**安定的な生産を可能とする技術を示す。**
- ガスの輸送・需要家への供給、環境への影響と対策を含めて、**将来の商業開発システムの展望を示す。**

**当面の目標として、中長期海洋産出試験に向けた、  
技術課題の抽出／解決と、準備作業を始める**

合わせて、シミュレーションや実験による検討、陸上産出試験等を進める。

# 海洋エネルギー・鉱物資源計画のスケジュール

平成25～27年度：技術課題への集中的対応

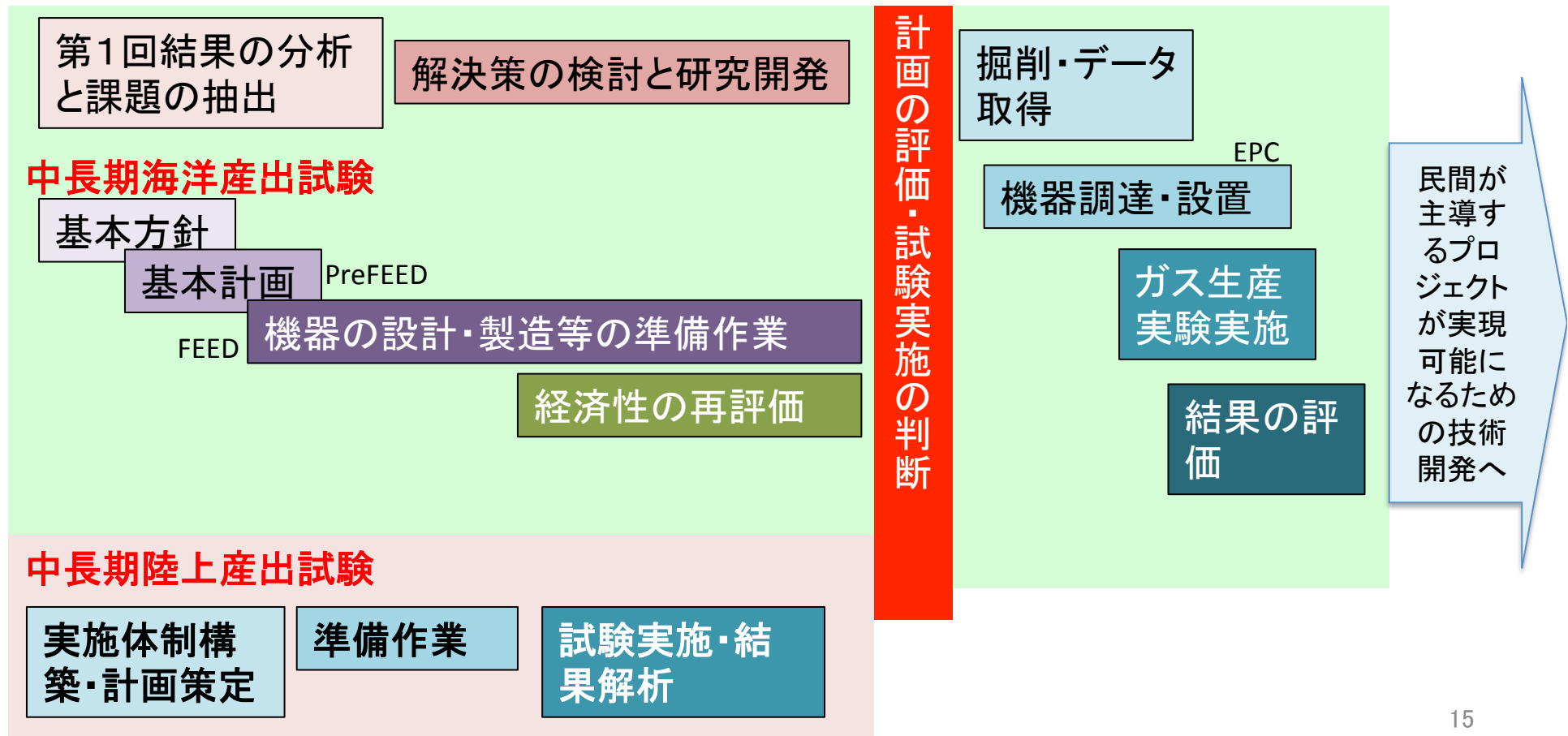


方向性の確認・見直し



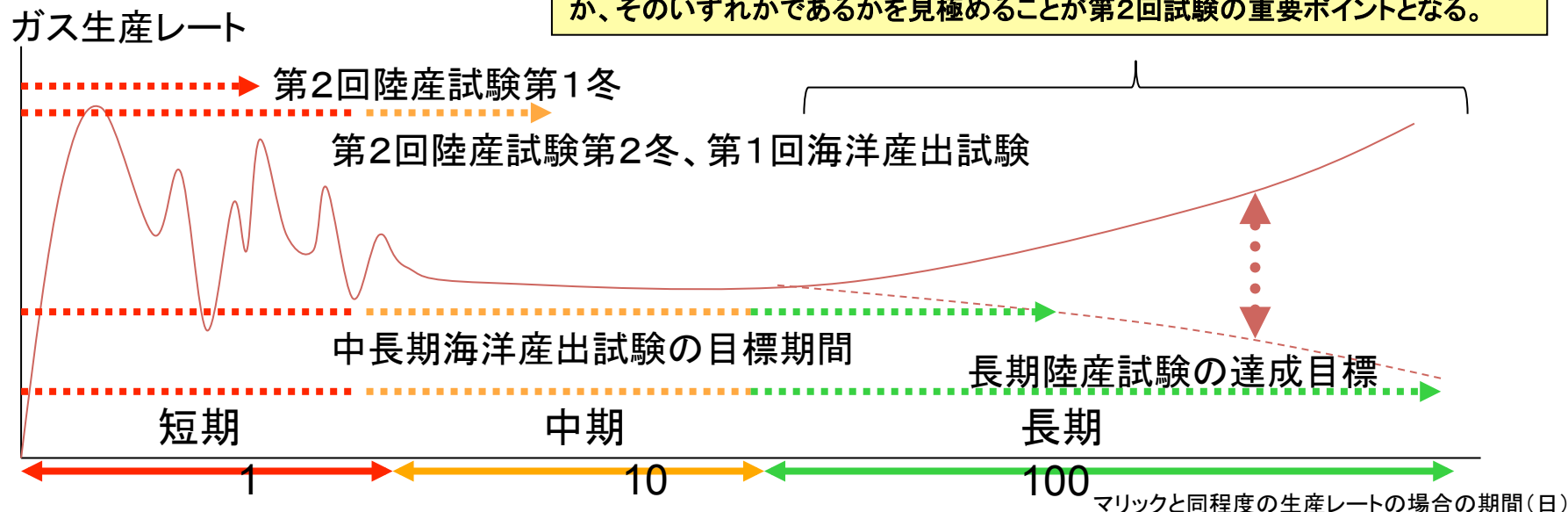
平成28～30年度：商業化の実現に向けた技術の整備

## MH21として考えている実施スケジュール



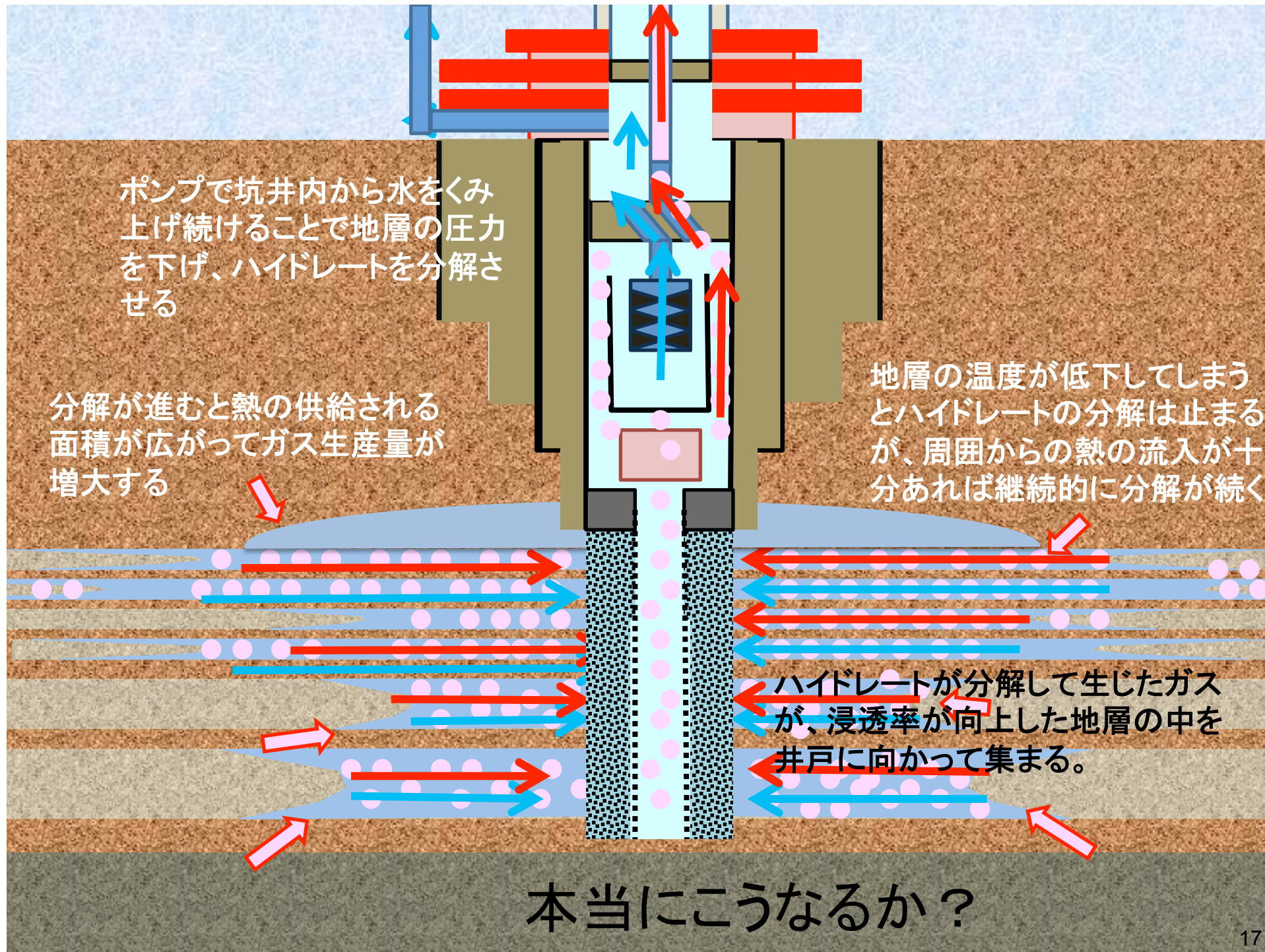
# 産出試験の試験期間とガス生産量の挙動の予測

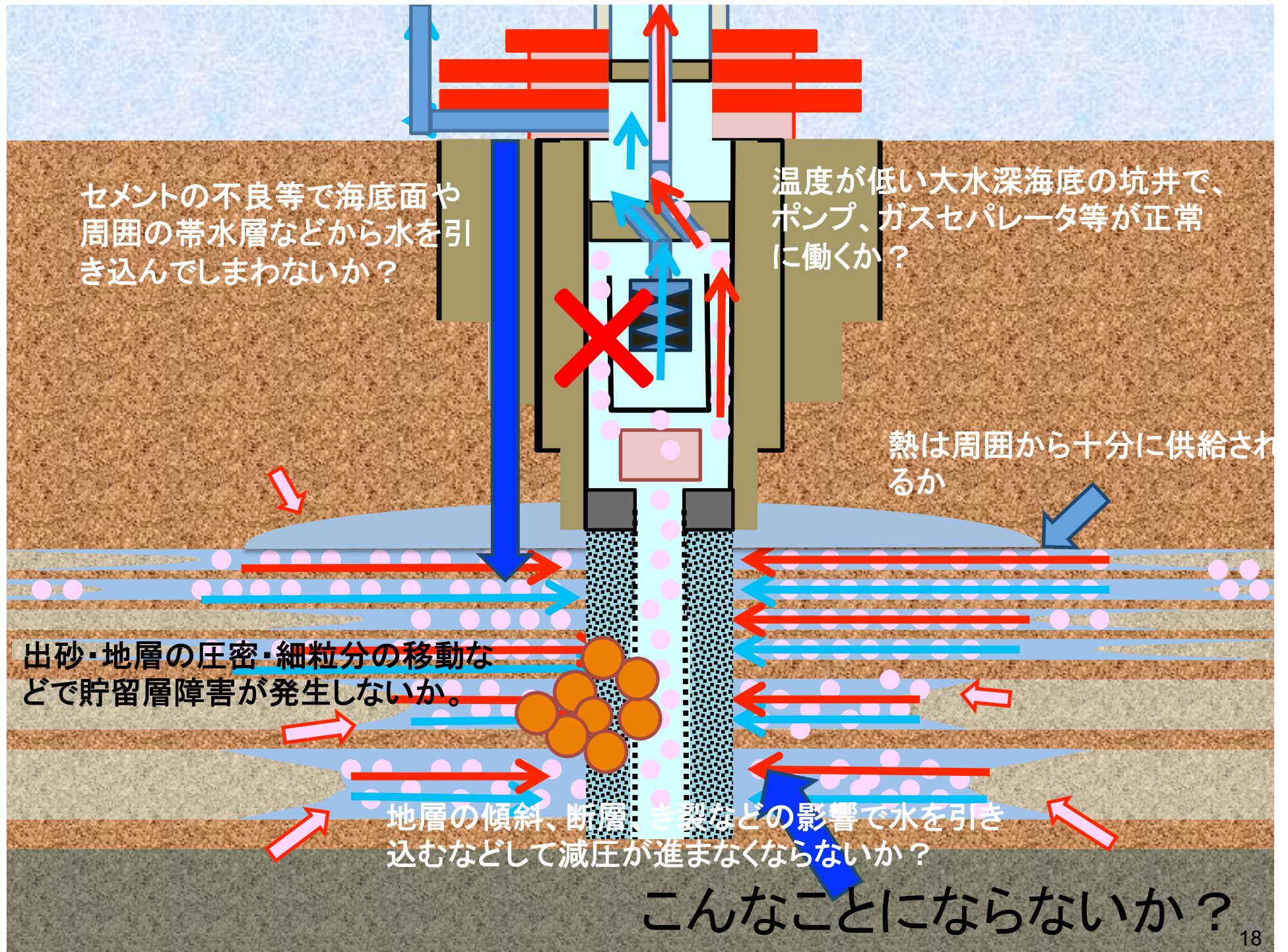
減圧法でのMH生産の場合、分解フロントが拡大することによる生産量の増大が見込まれている。実際にこの現象が生じるのか、あるいは熱の供給が十分でなかったり、貯留層障害が起きたり、水生産量が増大したりして生産量が増えないのか、そのいずれかであるかを見極めることが第2回試験の重要ポイントとなる。



時期の特徴	短期	中期	長期
時期の特徴	減圧作業の不安定さや坑井周辺の局所的な現象により生産レートが変動する時期	坑内圧力が一定に保たれ、準定常的なガス・水の流れが確立する時期	分解範囲拡大による熱の供給増加による分解レート向上、あるいは生産障害による低下等、ゆっくりとした長期的変化が生じる時期
分解挙動	平均分解半径が坑井から数十cmにとどまり、地層の熱の他、坑井やセメントの影響を受けている	平均分解範囲が1mを超えて、坑井の影響は小さくなる。地層の元もとの熱と周囲からの熱供給がハイドレートの分解熱とバランスする	平均分解範囲が数m以上に達し、分解領域の広がりによる熱供給状況の変化が見え始める。一方でスキン形成、圧密などの生産障害、機器の磨耗等のトラブルが生じる
達成課題	装置が機能し、減圧によりガスが生産できることは確認できるが、その後の推移は予想できない。	減圧法における熱収支が評価できて生産挙動の将来予測に役立つが、分解範囲拡大による影響や生産障害はわからない。	長期挙動予測や機器の長期信頼性など将来の商業生産に直接用いることができる情報が得られる。







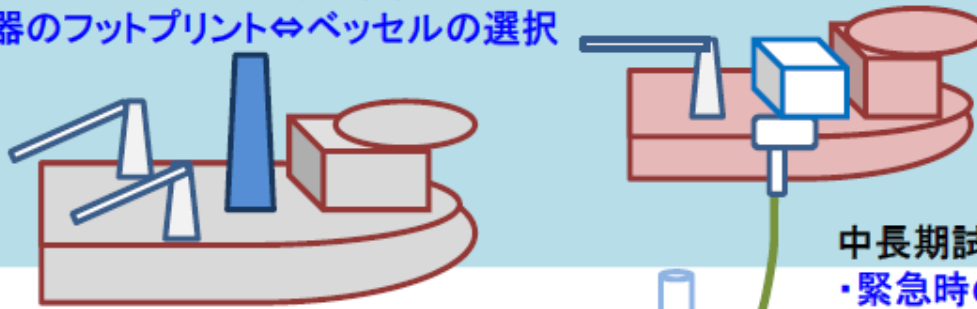
# 中長期海洋産出試験の基本的な考え方と課題

経済的で、気象・海象条件に適合し、一定期間安定的に稼働させられるフリートと船上設備

- ・掘削用及び試験用ベッセル、サポートベッセルの構成と選択
- ・気象・海象条件によらず中長期稼働できること
- ・船上機器のフットプリント⇄ベッセルの選択

HSE、法・環境基準等への適合

- ・ライザーレスでどこまで作業できるか
- ・生産水・ガスの処理
- ・環境モニタリング等



中長期試験に適した海底設備・ライザー・試験技術

- ・緊急時の離脱と復旧に対応
- ・フローアシュアランス(ハイドレート再生成防止)
- ・確実な水・ガス分離
- ・水ガス生産量の変動に対応
- ・潮流の影響回避

生産の長期安定性を評価できるモニタリング技術

- ・坑内・海底の機器
- ・船上との通信
- ・坑井設計への反映

出砂対策、Well Integrity等を考慮した坑井設計

- ・貯留層評価に対応した仕上げ区間
- ・坑井の数、垂直/水平/傾斜井
- ・出砂対策技術の検討・設計

トラブル対策や生産性向上策の適用が可能な柔軟性

- ・適用する手法の検討
- ・海底設備・ライザーの設計への反映

# 商業化にむけて！立ちはだかる課題：(1) 大水深の海洋で長期・安定に生産するための技術

- 水深1000m、陸から数十キロ、日本周辺の気象・海象（台風、潮の流れ）
  - 安全かつ経済的に掘削、生産するための船・洋上設備等
- 海底の軟弱な地層
  - 坑井の設計
  - 生産を阻害する要因（出砂・圧密/細粒分移動による浸透率低下）など
  - 海底に置く機器の安定性
- 経済的に生産でき、ガスを輸送できる機器・装置
  - 海底生産設備の技術は急速に進歩しており、水深1000mはすでに石油開発のターゲットになっている。
  - ハイドレートの生産の条件（低圧・低温・低レート等）に適合させるためのカスタマイズとコスト削減がキー
  - ハイドレート再生成によるパイプラインの閉塞など考慮しなければならない要因も多い

# 商業化にむけて！立ちはだかる課題(2)：生産量を上げ、コストを下げ、経済性を高めること

- 天然ガス資源の特徴
  - 軽いがかさばる、貯めておきにくい、運びにくい
  - 運ぶための投資が大きい(パイプライン、)：小規模な開発には不向き
  - 需要と供給をマッチさせる必要(LNGにすれば貯めておけるが...)
  - どうやって陸まで運ぶ、需要家に供給する？
  - 特にメタハイの場合は、大水深+手をかけ続けなければ生産できない(CAPEX+OPEXも高い)
- 20000m<sup>3</sup>/day：だいたい2万世帯にガスを供給できる量... もっと増やさないと投資に見合わない
  - 1m<sup>3</sup>のメタハイの結晶から生産できるエネルギーは原油1バレルとほぼ同等
  - 今回は一日に130m<sup>3</sup>くらいの固体のハイドレートを分解させた計算
  - 20000m<sup>3</sup>=LNG輸入価格で言えば120万円くらい
  - 自然に生産レートが増えて行く予想であるが、コストダウンと生産レートの向上を図って行かないとならない

# 商業化にむけて！立ちはだかる課題(3): 社会に受け入れられる資源として

- 環境への影響と防災
  - 環境影響の事前予測と対策
  - 基本的に影響は小さいと考えられるが(南海トラフの条件では暴噴事故の危険がない、メタンのみで油分を含まない)、人々の生活圏に近い
  - 新しい資源: 未知の部分が存在する
  - 台風の来る地域、地震・津波・海底地滑り等への備え
    - SFに出て来るような破局的な事象でなく、規模の小さい事象でも、安全性・経済性に大きく影響する
- 地域社会から理解を得る努力
  - 地域の暮らしと経済にどんな影響が生じるか

# 第1回海洋産出試験

## 環境への課題と取り組み

---

# メタンハイドレート開発に伴う環境影響の評価に関する検討

開発計画

環境保全に配慮した開発システムの確立



MH開発における影響の検討

MH開発に伴い発生する可能性がある環境影響の把握



- ・ リスクの抽出
- ・ 影響の予測
- ・ 影響の評価



・ 事象の確認

海洋産出試験において検討



将来のメタンハイドレート開発に向けて

予測手法、評価手法に関する検討  
必要に応じた対策の検討



# 環境影響検討に対する取り組み

## 予測

:シミュレーションによる環境影響の検討

- ・漏洩メタンの拡散
- ・カッティングス(掘くず)の拡散
- ・生態系
- ・生産水の拡散

## 調査・モニタリング

- ・海域環境の調査(底質、水質、プランクトンなど)
- ・地層(海底面)の変形
- ・海水中のメタン濃度の変化

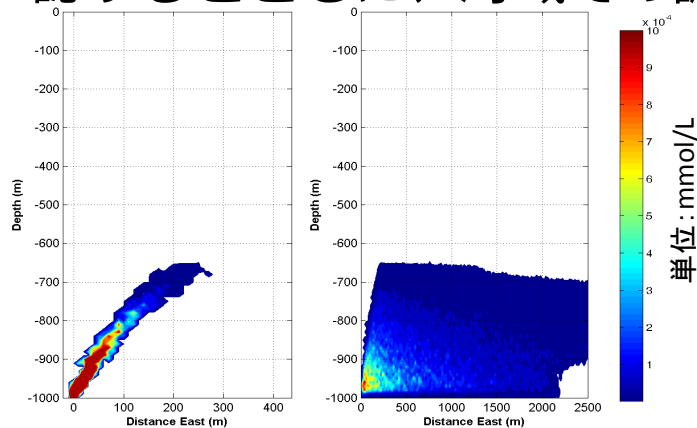
## 評価

- ・上記の検討をもとに、環境の影響を評価
- ・実現象との比較検討など

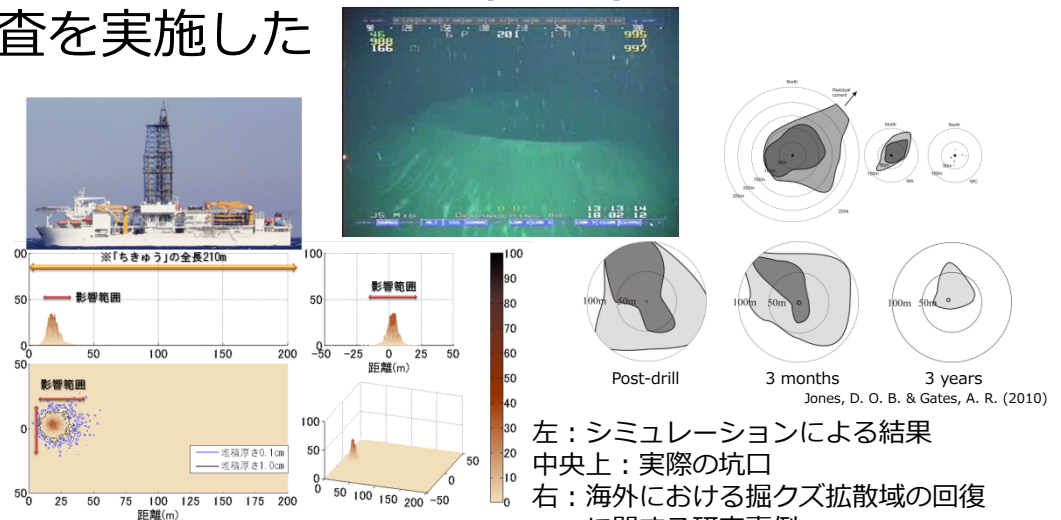
# シミュレーション等による影響の予測 (メタン、カッティングス、生産水の拡散)

開発に伴う環境影響の程度を事前に予測する為の手法を開発するとともに、  
第1回海洋産出試験における環境影響の程度の予測を実施

- ・ 海洋産出試験を実施した際に想定される環境影響の程度について、実海域の調査データ等を用いた数値計算による予測を行った
- ・ 実際の準備、試験などによる状況を水中ロボット(ROV)などにより確認するとともに、海域での調査を実施した



上：漏洩メタンの拡散予測(0.01Nm<sup>3</sup>/s、5時間後)



左：シミュレーションによる結果

中央上：実際の坑口

右：海外における掘削スラット拡散域の回復に関する研究事例

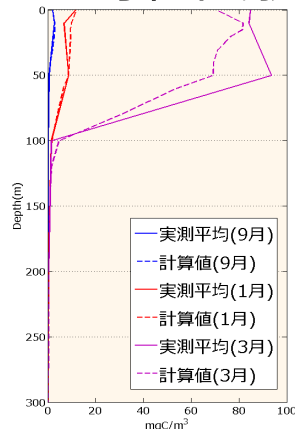
## 結果

メタン漏洩、カッティングスの拡散、生産水の拡散などについて第1回海洋産出試験をモデルとしたシミュレーションを実施したが、流れ等の影響により、早期に拡散し環境に大きく影響するような結果は得られていない。

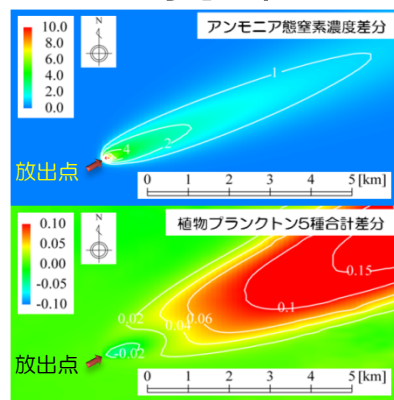
# シミュレーション等による影響の予測 (生態系への影響)

開発に伴う環境影響の程度の予測をもとに、生態系に対する影響の程度を予測する手法を開発するとともに、環境影響の程度の予測を実施

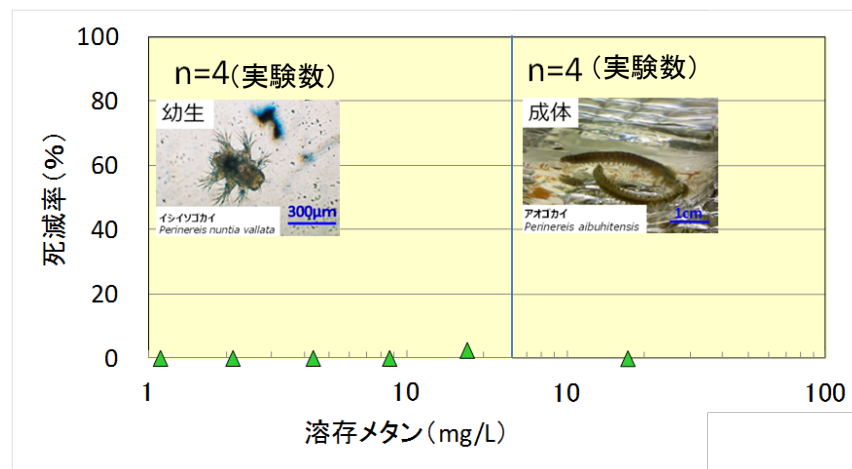
- ・生産水の排出による影響、カッティングス拡散による影響などを数値計算により検討
- ・生態毒性試験による海水中のメタンの生物への影響の確認



植物プランクトンの炭素  
現存量の再現計算結果



生産水放出に伴う影響予測 (例)  
(上: 放流水の拡散予測)  
(下: 上図拡散予測による植物プランク  
トンへの影響予測)



＜餌料となり得る生物の暴露試験の結果の例＞

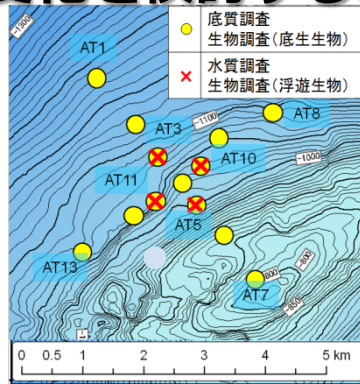
※上記計算では、実際よりも大きな値を入れ計算しています。

## 結果

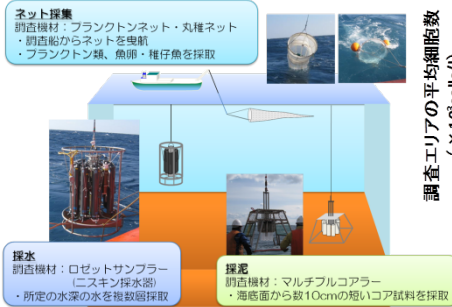
排出した水の拡散予測結果をもとにプランクトンへの影響などを検討するとともに、生物へのメタンの影響なども検討。生態毒性試験の結果からは、メタンそのものの毒性は低く漏洩による影響は低いことを示唆する結果を得ている。

# 海域の環境調査

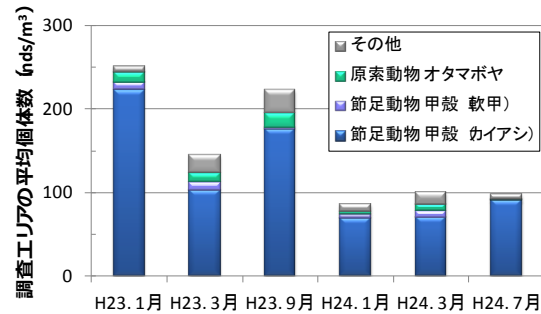
水、泥、プランクトンなど海域の環境を把握するとともに、開発に伴う変化を検討する為の調査を実施



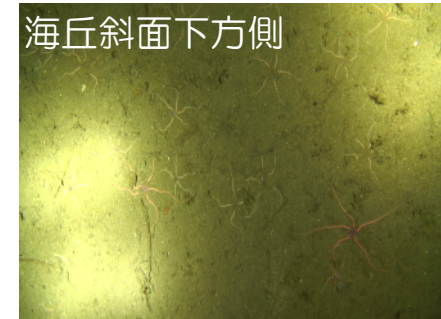
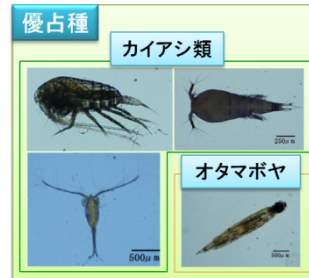
調査の実施地点



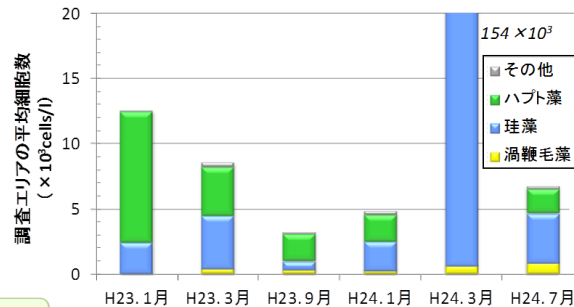
調査の実施概要



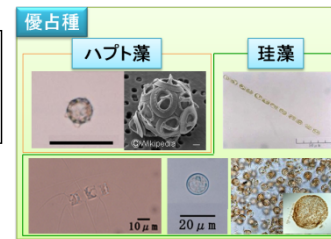
動物プランクトンの調査結果



海底の状況



植物プランクトンの調査結果



## 結果

底質、水質等の調査を実施したが、季節変動の幅を超える大きな変化は調査地点、範囲の中では確認できなかった。今回実施した規模での実験では、周辺環境の影響はあまり大きく無いと考えられる。



# 環境に関するモニタリング(地層(海底面)の変形)

生産により生じる可能性がある海底面の変形を計測することを目的とし設置、計測を行った

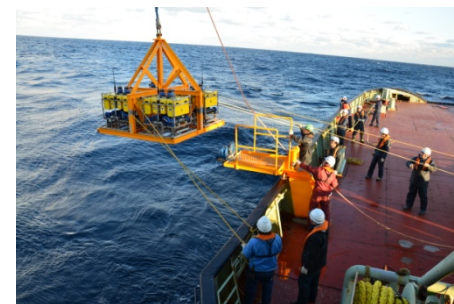


## 搭載センサー

- ・ 圧力計×1or2
  - ・ 傾斜計×1
  - ・ 方位計×1 (磁気方位)
  - ・ 温湿度計×1
  - ・ 高度計×1
- ※一部機器のみ搭載



海底面に設置した機器の状況



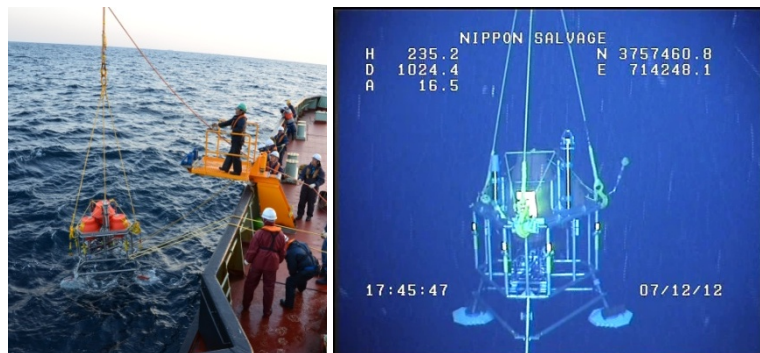
機器設置作業の様子

## 結果

結果については、現在結果の解析を実施しているが、今回実施した試験の規模においては、水中ロボット(ROV)による調査では、目視で確認できるような大きな変化は確認できていない。

# 環境に関するモニタリング(メタンの漏洩)

生産試験に伴い漏洩する可能性のあるメタンの拡散の状況をモニタリングすることを目的とし、機器を設置し計測を行った



機器設置の様子



## 搭載センサー

- METS×2  
(改良型/周波数型)
- CTセンサー×1  
(温度・塩分)
- DOセンサー×1  
(溶存酸素)

- 単層DCM×1  
(流向・流速)

※ガス生産試験終了後、生産井近傍に移動させる一基のみ搭載

## METS測定レンジ

- 10~400nmol/l (nM)

## 結果

結果については、現在結果の解析を実施しているが、試験の期間中生産井付近では水中ロボットが作業の監視にあっていたが、メタンが漏洩する現象は目視では確認できていない。



# 環境影響の評価

生産試験を一つの事例とし、国内における環境影響評価手法を参考とし、第1回海洋産出試験における環境影響の評価を試験的に実施した

- ・ 予測、調査、文献、海外事例などを参考とした評価を試験的に行った

## 環境影響の判断基準

発生頻度、影響のある期間、影響の及ぶ範囲から、影響の程度を推定

【発生頻度】  
高:ほとんどいつも発生  
中:発生しやすい(時々発生)  
低:ほとんど発生しない

【影響期間】  
長期:1年以上、継続的  
中期:数ヶ月~1年  
短期:~数ヶ月

【影響範囲】  
広範囲:全国規模(50km以内)  
地域:地域規模(10km~50km)  
近傍:近傍地域(~10km)  
直近:~1km

		影響範囲			
		広範囲	地域	近傍	直近
期間	長期間	5	4	3	2
	中期間	5	3	2	1
	短期間	4	2	1	1

区分ランク  
5:影響は甚大 4:影響は大きい 3:影響がある 2:影響は小さい 1:影響は軽微

発生頻度	影響の大きさ				
	甚大	大きい	影響あり	小さい	軽微
高	高	高	中	中	低
中	高	高	中	低	低
低	高	中	中	低	低

リスクランク  
高:受け入れ不可能なリスク(費用にかかわらずリスクの低減が必要)  
中:合理的に実行可能な限りリスクを低くすることにより受け入れ可能  
低:受け入れ可能

	評価内容	発生頻度	影響の程度			リスクレベル	
			重要種	期間	範囲		
水環境	水質	高		短期	直近	軽微	低
				短期	直近	軽微	低
				短期	近傍	軽微	低
地質・土壌環境	底質	高		短期	直近	軽微	低
				短期	直近	軽微	低
	地形・地質	高		※	直近	軽微	低
その他の環境	流況	高		短期	直近	軽微	低
	光環境	高		短期	直近	軽微	低
海洋生物	植物	高	-	短期	直近	軽微	低
				短期	近傍	軽微	低
				短期	近傍	軽微	低
動物	高	-	-	短期	直近	軽微	低
				短期	直近	軽微	低
				短期	直近	軽微	低
生態系	底質・海底地形・地質の変化による化学合成	中	○	短期	近傍	軽微	低

評価結果の一例

## 結果

各種検討をもとに、他の分野において実施されている環境影響評価を参考として、試験的に評価を実施。試験の規模、時間では環境影響のリスクは低いといった結果となった。