

フェーズ1成果報告

平成20年6月19日

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム

プロジェクトリーダー

田中 彰一

「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」

フェーズ1

総括成果報告書

平成20年6月

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム



JOGMEC

独立行政法人
石油天然ガス・金属鉱物資源機構



独立行政法人
産業技術総合研究所

ENAA

財団法人
エンジニアリング振興協会

我が国周辺海域で発見されるメタンハイドレートの種類

A 砂質層



B 泥岩層



C 海底面露頭



A: 基礎試錐「東海沖～熊野灘」採取コア。水深720m、海底下164m。

→ **砂質層が開発対象**

B: 基礎試錐「東海沖～熊野灘」採取コア。水深1862m、海底下126m

C: アメリカ メキシコ湾。水深545mの海底面 (Fire in the Ice, Winter 2004)

砂岩の顕微鏡写真

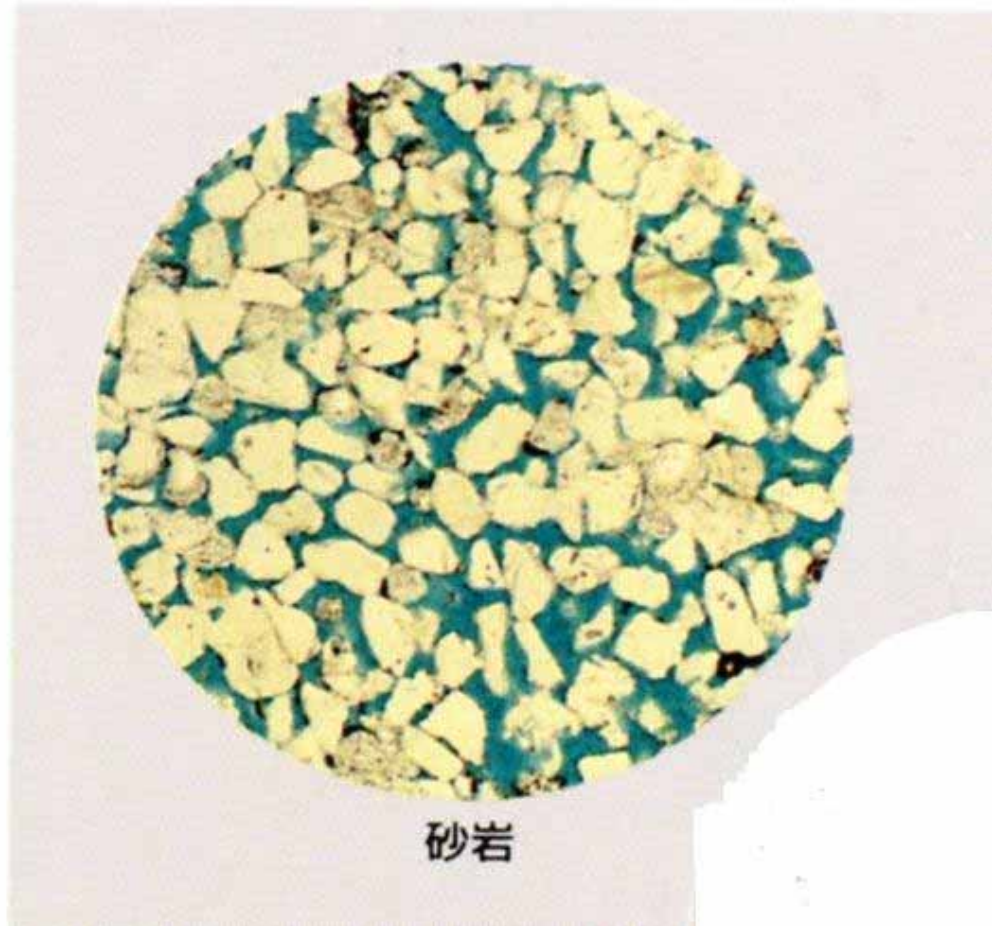
砂岩の孔隙内の水を
青い液体に置き換え
て撮影。

油層は青い部分が
石油で、
天然ガス層はガスで、
部分的に置き換わる。

石油鉱業連盟

「石油開発技術のしおり」より転載

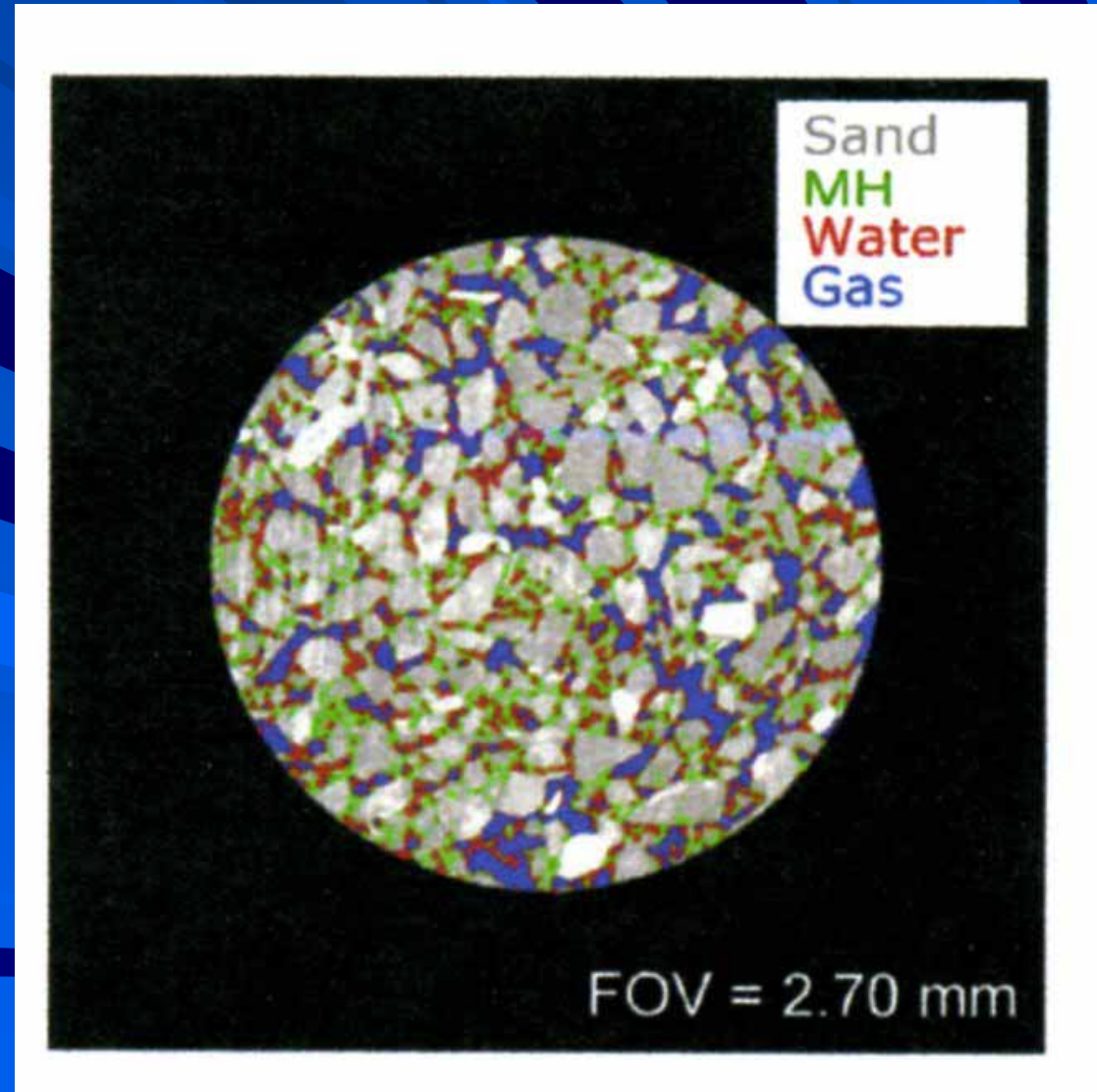
貯留岩の顕微鏡写真



砂岩

砂質層中のメタンハイドレートの状態

基礎試錐「東海沖
～熊野灘」採取コア
のCT画像
砂粒
メタンハイドレート
水
ガス
の4成分が分離識別
されている。
生産手法開発グループ
の成果

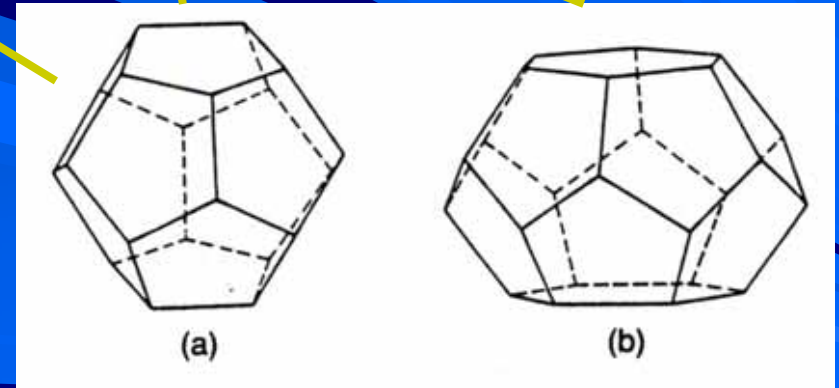
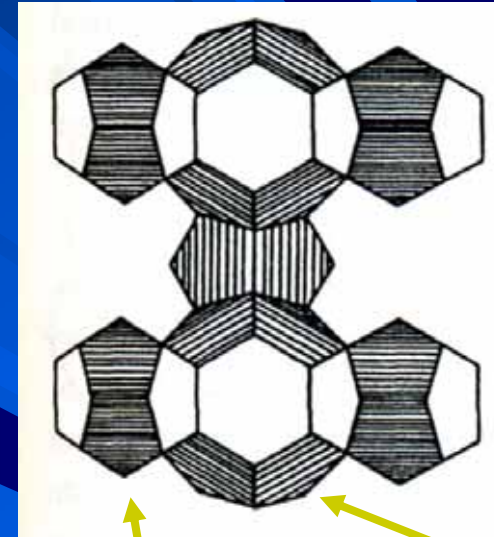
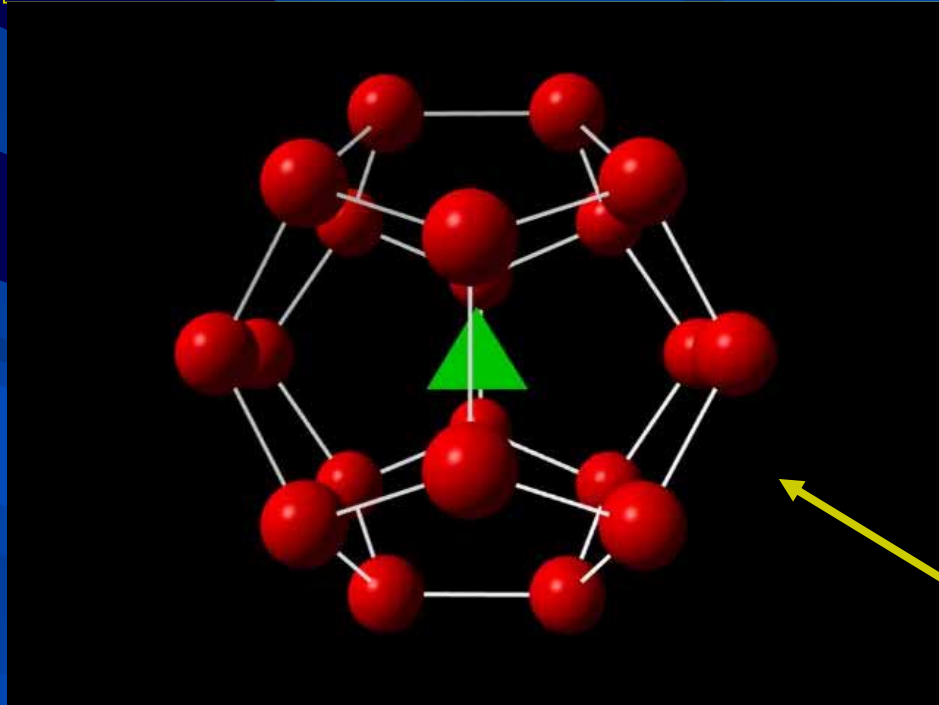


“燃える氷”メタンハイドレート

- メタンハイドレートは水とメタンから作られる白い氷状の固体
- メタンを多量に含むので非在来型天然ガス資源に位置づけられている。
- 燃える氷とも呼ばれる。



メタンハイドレートの構造



小さいケージの構造

緑:メタン

赤:水分子

出典:Sloan 1998

メタンハイドレートに含まれるメタン量

- 占有率：メタンが入っているケージの割合
- 自然界のメタンハイドレートの占有率：
0.9～0.95

メタンハイドレート 1 m³が分解すると

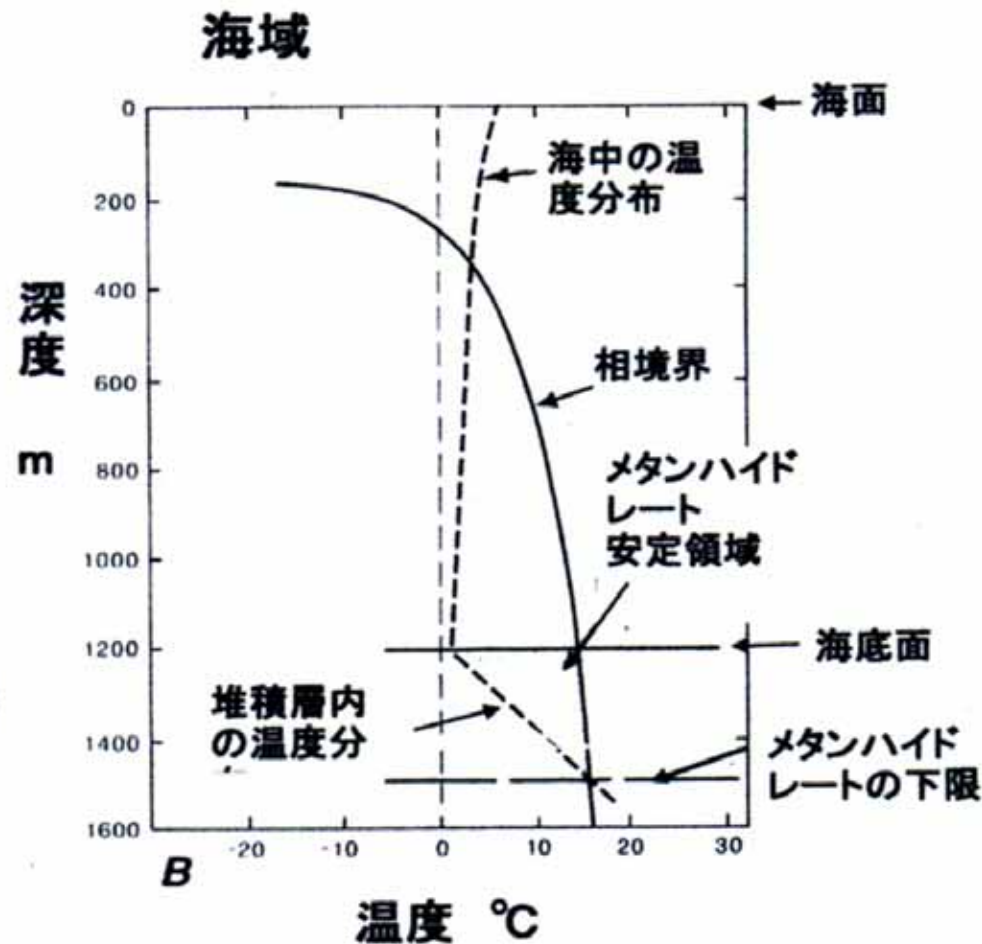
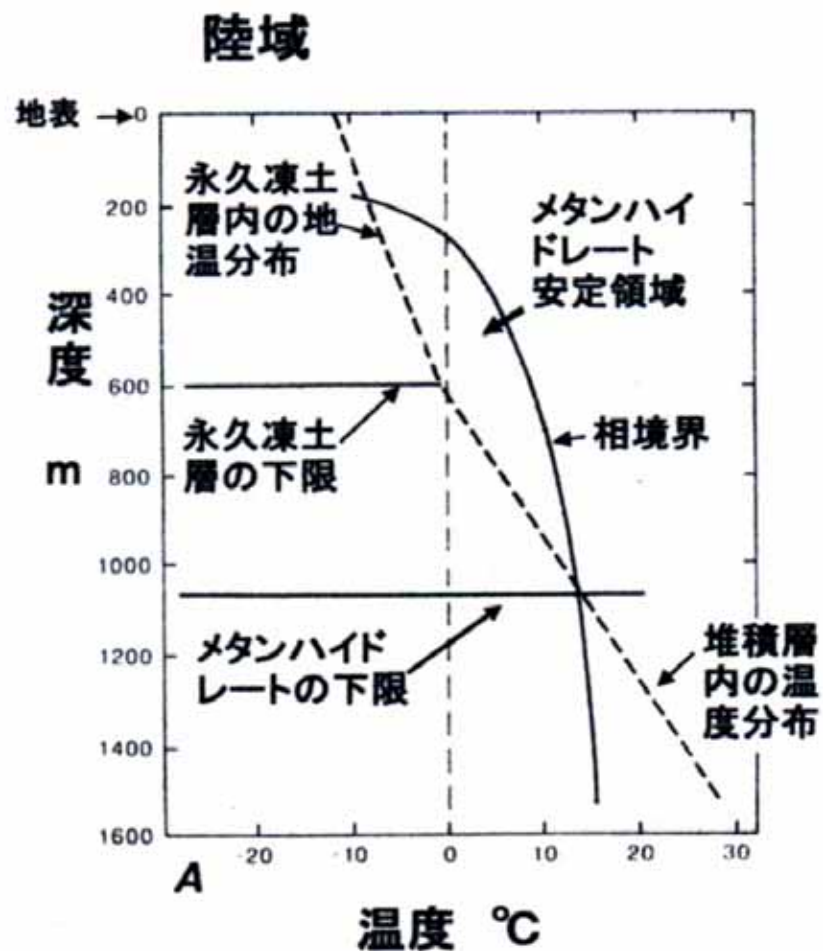
水：0.8 m³

占有率100% メタン：172 m³ (0°C、1 atm)

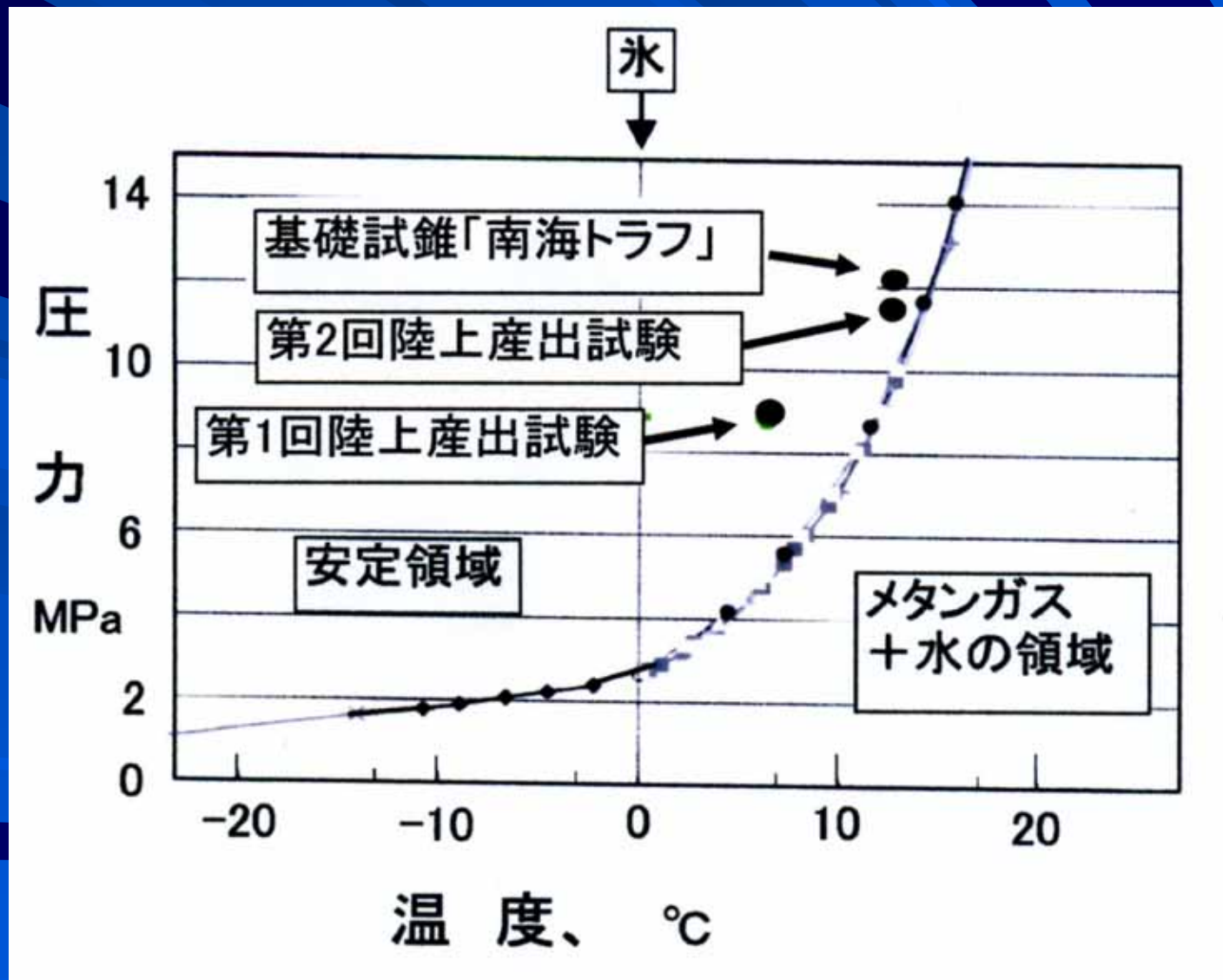
95% 165 m³ (0°C、1 atm)

水0.8 m³ とメタン165 m³が目安。

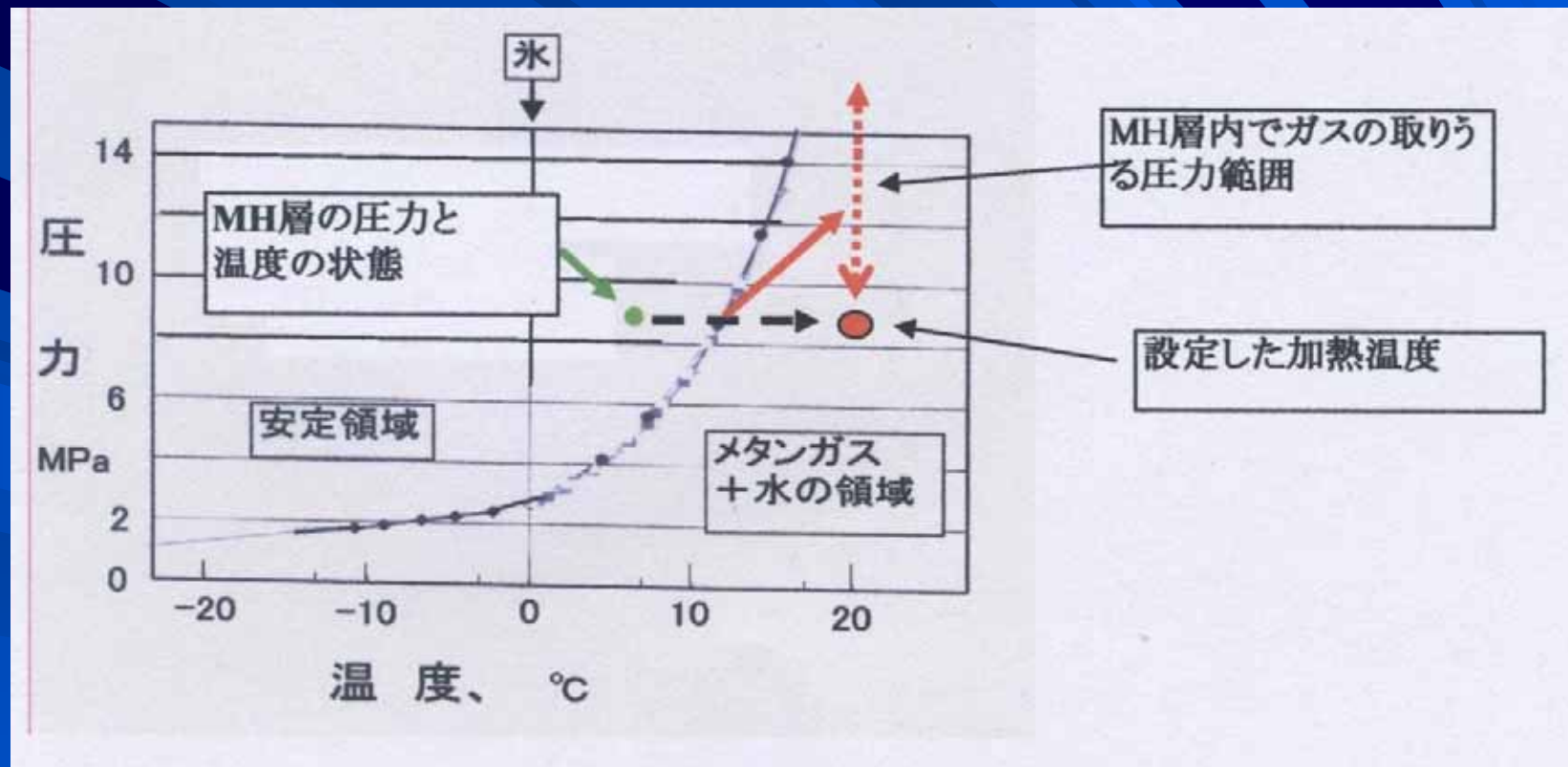
メタンハイドレートの存在する範囲



メタンハイドレート層の存在する環境の例

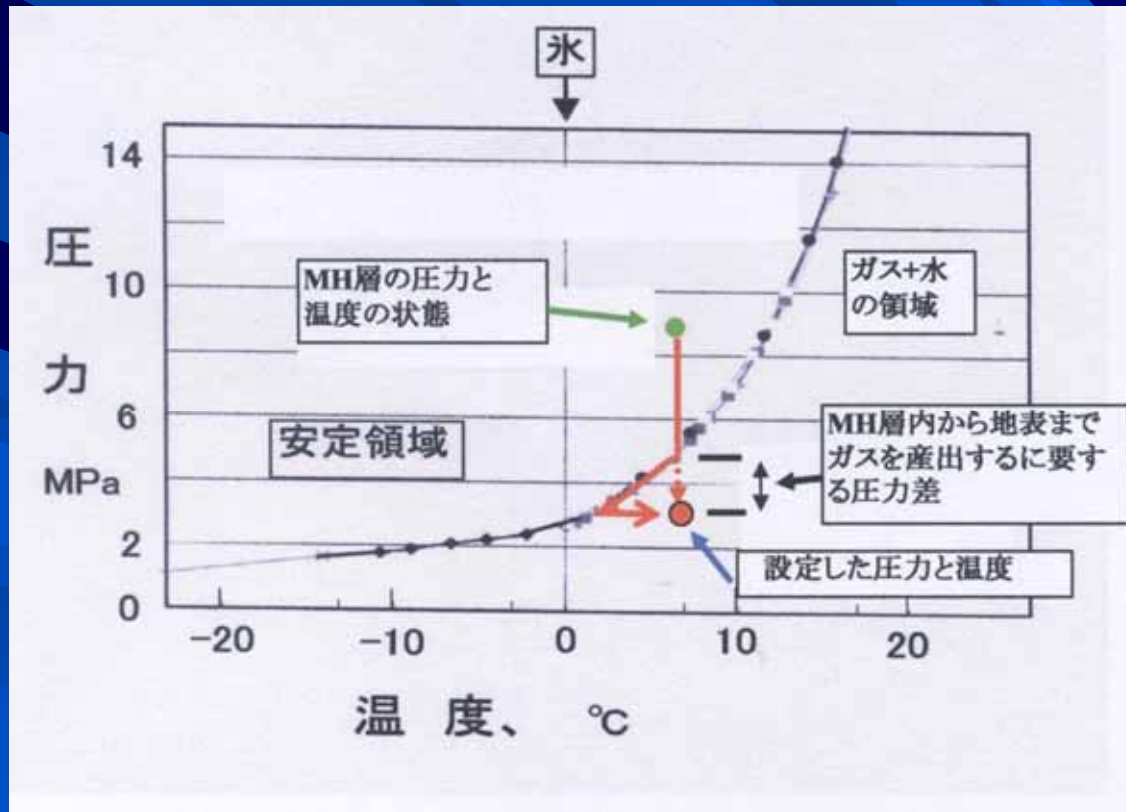


加熱法の説明



第1回陸上産出試験で、加熱法の一つである温水循環法を試み、メタンハイドレート層を分解してメタンの産出に成功した。

減圧法の説明



第2回陸上産出試験で採用し、6日間の連続産出に成功した。

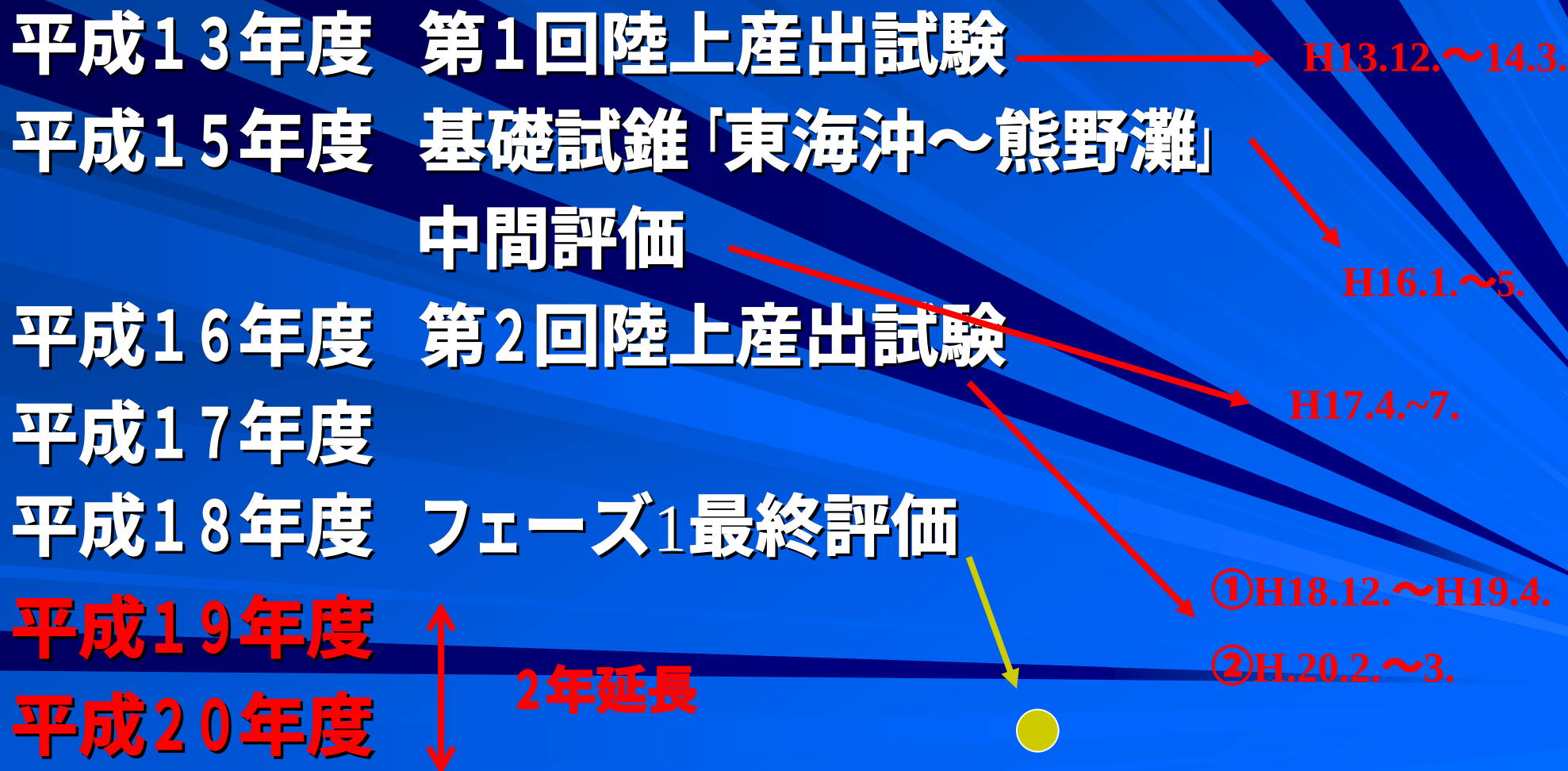
開発計画 II 目標の6項目

1. 日本周辺海域におけるメタンハイドレートの賦存状況と特性の明確化。
2. 有望メタンハイドレート賦存海域のメタンガス賦存量の推定。
3. 有望賦存海域からのメタンハイドレート資源フィールドの選択、並びにその経済性の検討。
(以上1～3はフェーズ1の課題)
4. 選択されたメタンハイドレート資源フィールドでの産出試験の実施 (2011年度まで)。
5. 商業的産出のための技術の整備 (2016年度まで)
6. 環境保全に配慮した開発システムの確立。
(4はフェーズ2、5はフェーズ3、6は全フェーズの課題)

フェーズ1の主な行事

当初計画

実績／予想



2年延長の理由

- 平成15年度基礎試錐「東海沖～熊野灘」の成果として東部南海トラフ海域のメタンハイドレート層は砂泥互層の砂層に賦存することが明らかになった。
- 砂泥互層を対象とする新たな研究課題が提起されたこと。
- 砂泥互層の採取法として減圧法の有効性が認識されたこと。
 - 第1回陸上産出試験のデータの分析
 - 室内コア試験のデータの分析
- 第2回陸上産出試験は減圧法を採用

フェーズ1成果のハイライト

1. 世界で初めて地下のメタンハイドレート層からメタンガスの連続した産出に成功。(詳しい説明は別途なされる。)
2. 東部南海トラフ海域において、世界で初めてメタンハイドレートが開発可能性があると考えられるタービダイト砂泥互層の砂層に胚胎することを発見。
3. メタンハイドレート層及び周辺地層のコア試料の原位置条件での試験手法の確立。
4. メタンハイドレート層に賦存するメタンガスの原始資源量を坑井データ、地震探鉱データに基づき確率論的に計算する手法を世界で初めて確立し、東部南海トラフ海域のメタンガスの原始資源量を算定。
5. メタンハイドレート層からのメタンガスの産出挙動を予測する我が国独自の専用シミュレータを開発。

日本周辺海域のBSRの分布 (目標1)

東部南海トラフ海域 における調査

地震探査(2D, 3D)

基礎試錐 32坑井 (検層・コア採取)



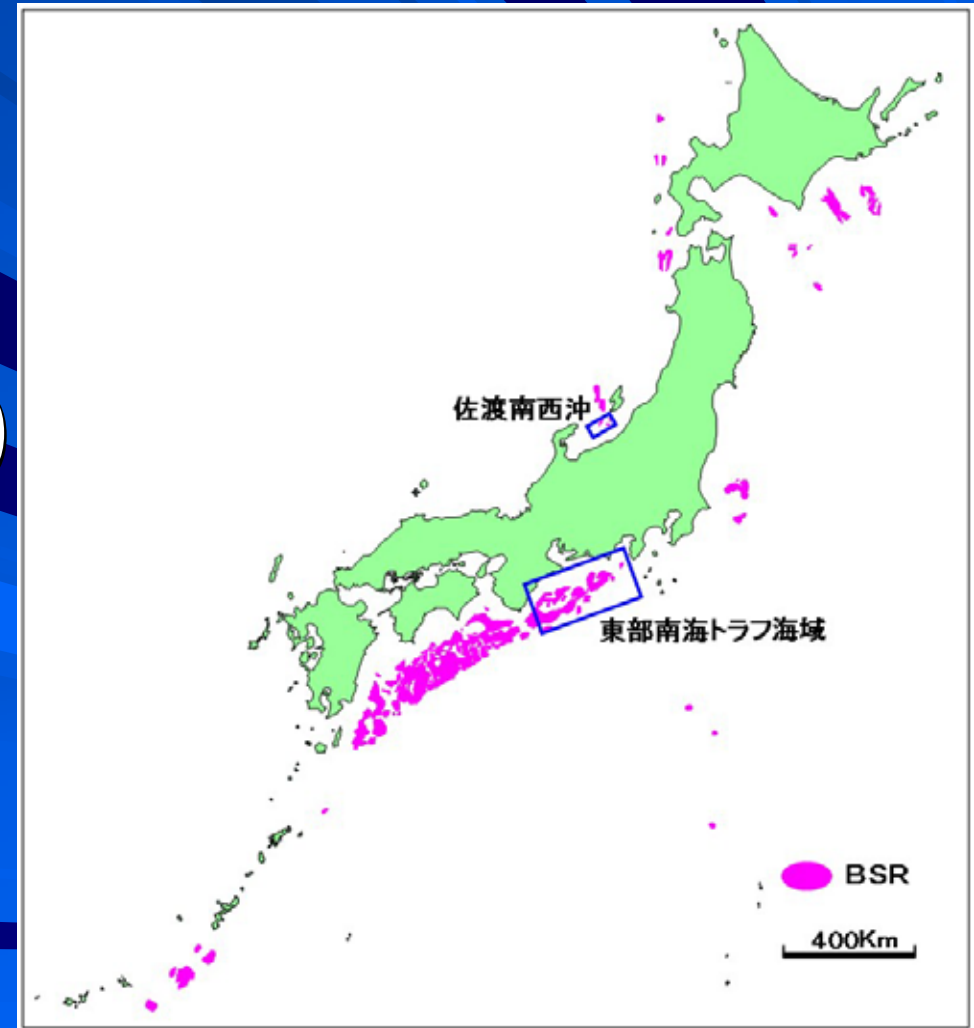
BSRの解釈の進歩

タービダイト砂泥互層の発見

メタンハイドレート濃集帯の定義

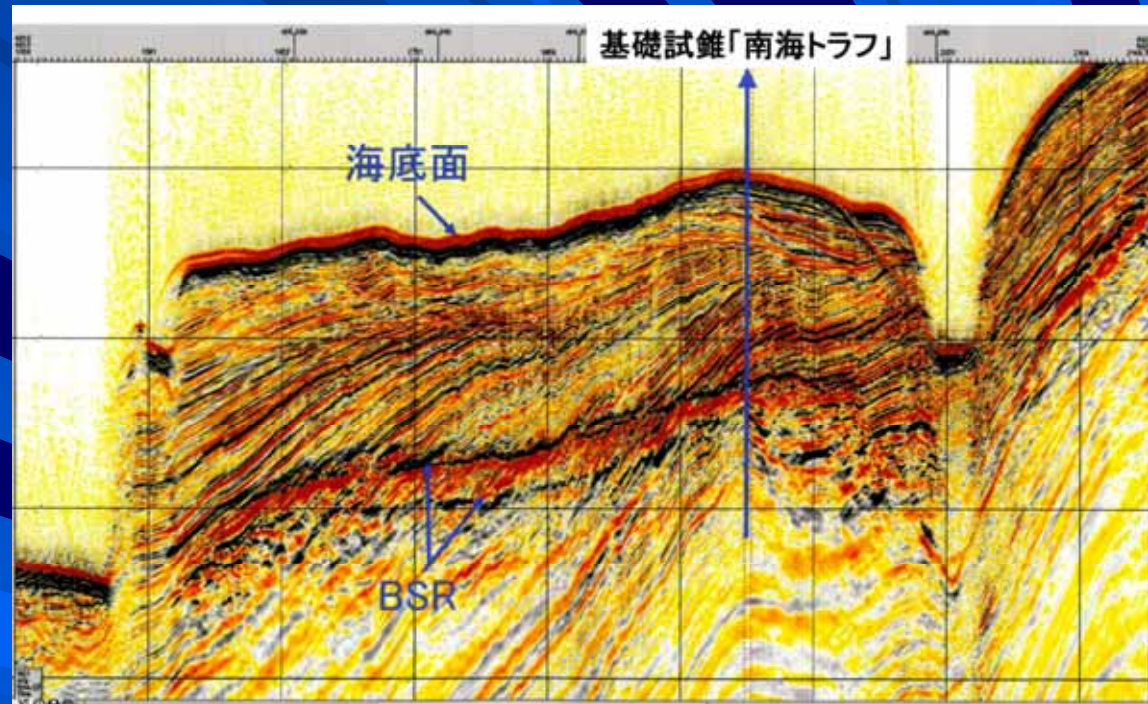
コア試料の原位置条件での測定

技術の確立



BSRの解釈 (目標1)

- BSRはメタンハイドレート安定領域の下限に相当
- それより浅い深度にBSRが無くてもメタンハイドレートが存在することがある。
- BSRはメタンハイドレートが存在することを定性的に示すものであり、資源としての量を示す指標としては不十分である。



(中水他(2004))

タービダイト堆積物とは



タービダイト(Turbidite)・・・
Turbidity Currentによる堆積物。

Turbidity Current (混濁流, 乱泥流)・・・浅い水深に堆積した粗粒堆積物を, 地震・暴風・津波などによって数十年や数百年に一度の割合で, 周りの流体と混合し流動化して深海へ運搬する。
通常は, 細粒の泥しか堆積しない沖合いにおいて, 砂泥互層を形成する。

タービダイト堆積物は、
海底扇状地とよばれる地形に存在する。

タービダイト砂泥互層の検層記録の例 (目標1)

砂泥互層

白色部分: 砂質層

茶色部分: 泥質層

メタンハイドレートの濃集層

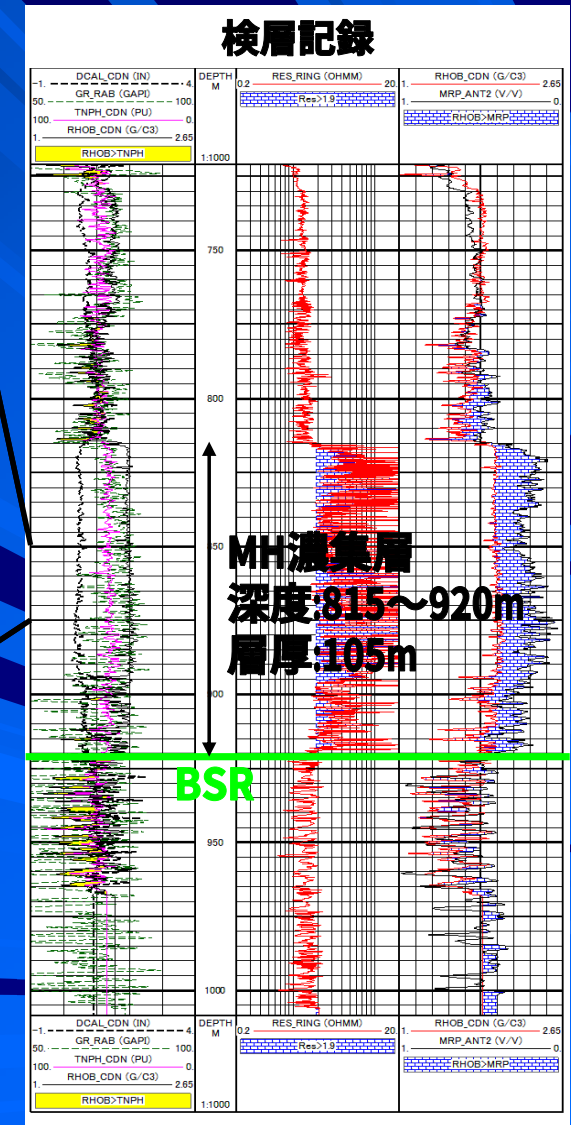
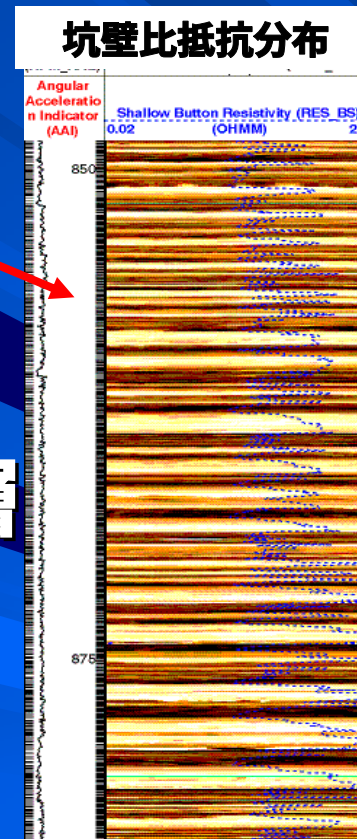
評価基準:

3 Ω mを上回る高比抵抗層

ネット層厚が10m以上

基礎試錐「東海沖～熊野灘」の坑井の例

水深: 約700 m

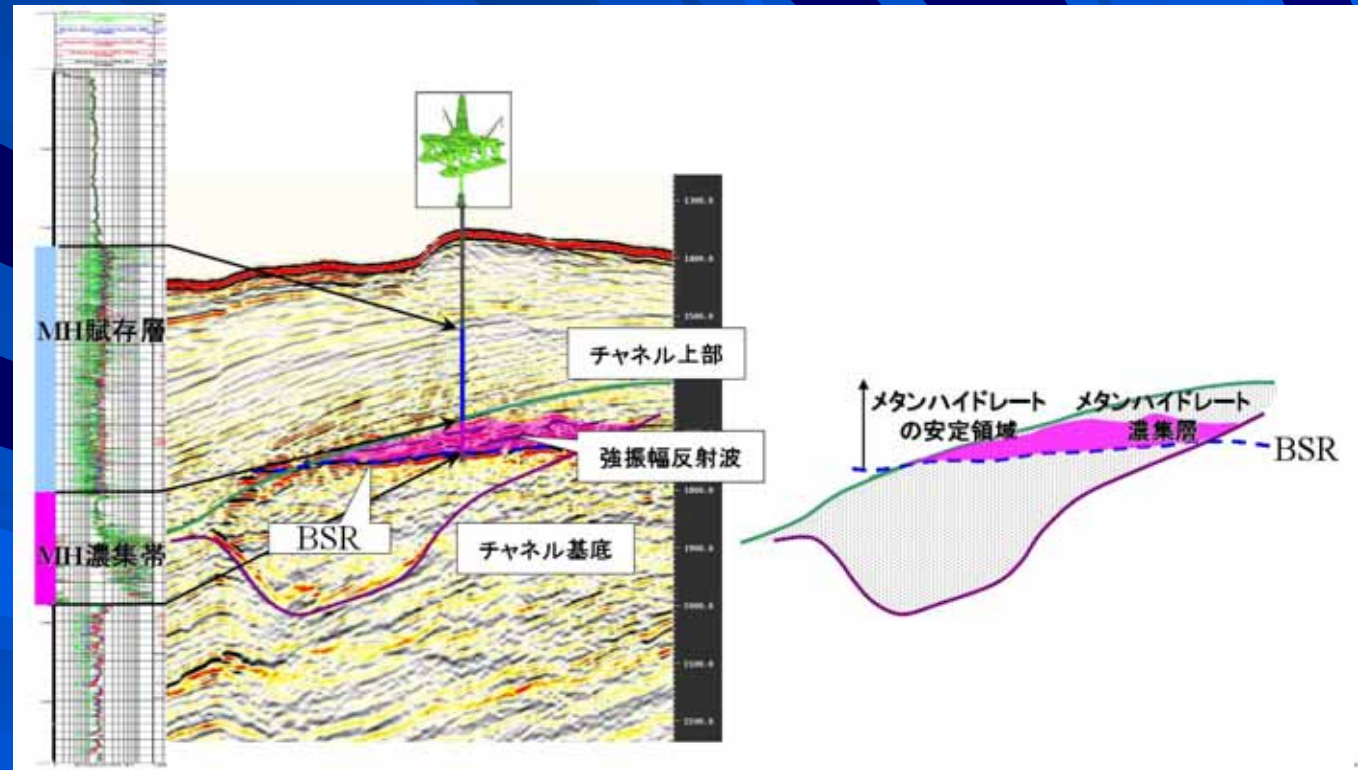


メタンハイドレート濃集帯の例 (目標1)

地震探査データ
からメタンハイド
レート濃集帯を
抽出する方法を
確立。



原始資源量の算定が可能



東部南海トラフ海域の例

東部南海トラフ海域のメタンハイドレート層のメタンガス 原始資源量 (目標2)

分類	メタンガス原始資源量 (億m ³)		
	P90	Pmean	P10
メタンハイドレート濃集帯	1,769	5,739	11,148
メタンハイドレート賦存層	1,067	5,676	12,208
合計	2,836	11,415	23,356

P90：この値より大きい量が賦存する確率が90 %以上と推定される量

Pmean：この値より大きい量が賦存する確率が50 %以上と推定される量、平均値に相当する。

P10：この値より大きい量が賦存する確率が10 %以上と推定される量

BSR分布域面積：4,687 km²

メタンハイドレート濃集帯面積：767 km²

メタンハイドレート賦存層面積：3,920 km²

原始資源量：この内のどれだけが地表に生産出来るかは今後の課題。

日本の天然ガス消費量846億m³、国内生産量33億m³ (平成18年度)

メタンハイドレート資源フィールドの検討案 (目標3)

検討 項目: 41項目

項目	α 濃集帯	β 濃集帯	γ 濃集帯
原始資源量Pmean(億m ³)	591	87	111
面積(km ²)	35.5	12.3	23.7
全層厚 (平均値) (m)	62.3	39.6	37.8
水深(m)	675~878	857 ~1405	855 ~1,035
離岸距離(km)	40~50	70~80	40~50
貯留層タイプ	タービダイト成砂泥互層	タービダイト成砂泥互層	タービダイト成砂泥互層
貯留層深度(m)	α -1坑井: 815~919 α -2坑井: 922~953	β -1坑井: 1,295~1,339	γ -1坑井: 1,167~1,193
地層温度(℃)	α -1坑井地点 8.6 ~10.3	β -1坑井地点 12.7~14.3	γ -1坑井地点 12.5~13.2
海底面傾斜	α -1と α -2坑井周辺は2度以下であり、大きな問題はない。	β -1坑井周辺の海底地形は複雑であり、傾斜10度を超える場所もある。全体的な平均傾斜は3度程度。ほぼ平らな所も存在し、地点を選べば問題ない。	γ -1坑井周辺は2度以下であり、大きな問題はない。
周辺の海底地形	α -1と α -2坑井周辺は穏やかなスロープ。東へ5km離れた場所から急崖が始まり、凹地へ続く。	β -1坑井周辺の海底地形は複雑。南側に高まりがある。北西へ4km離れた場所に海底地滑り跡が認められる。	γ -1坑井周辺は穏やかなスロープ。4km離れると海底谷につながる急崖が存在する。

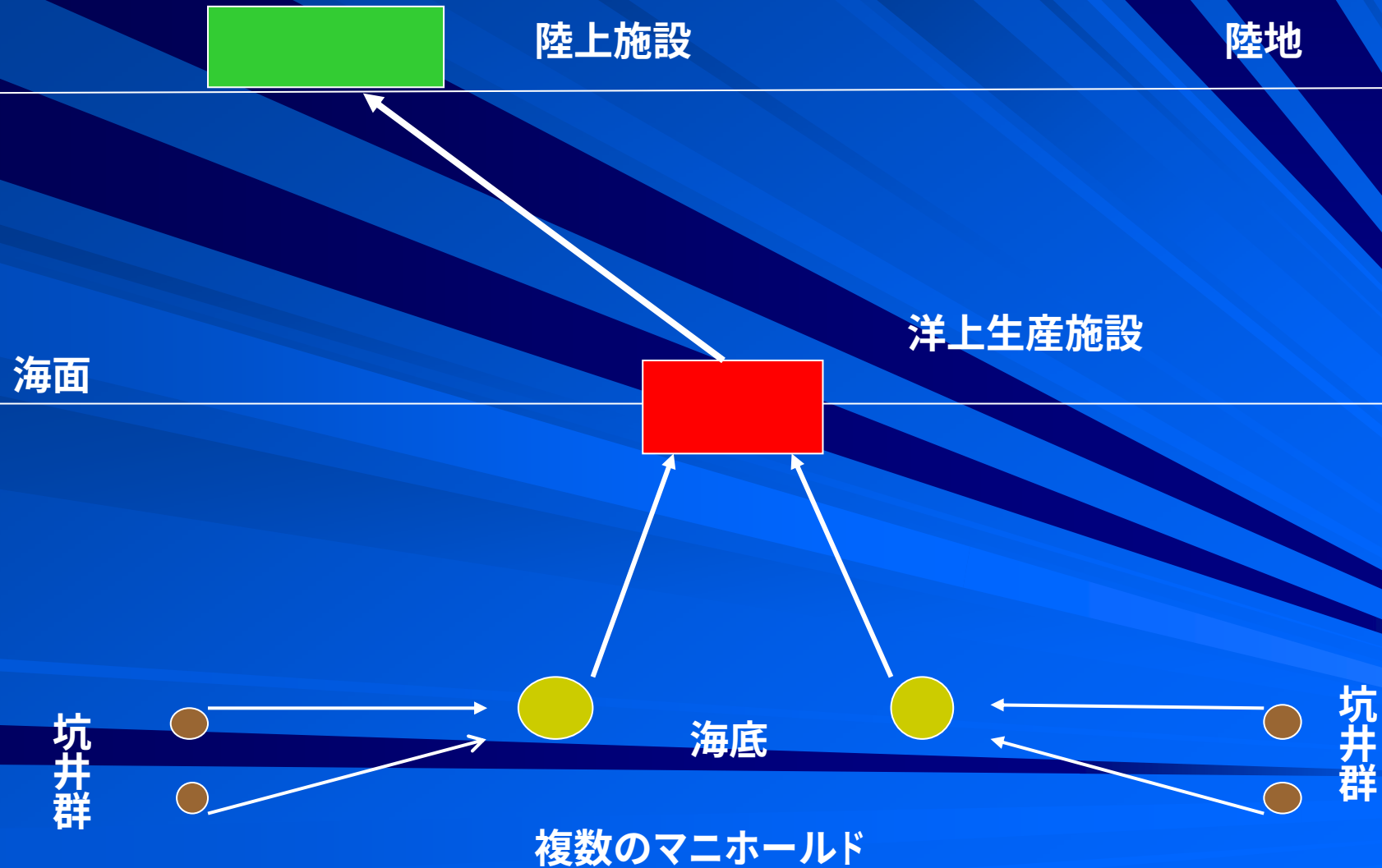
経済性の検討 (目標3)

- メタンハイドレート開発に適した経済性評価計算プログラムを開発すること

MH-ECONOMIDS Basic Modelを開発

- メタンハイドレート開発の実現可能性についての見通しを検討すること
- 現状の研究成果に基づき、想定した開発システムと開発時期の生産原価と在来型資源のそれとの比較
- 経済性を向上させるための技術開発課題を検討すること

経済性の検討仮定 (目標3)



経済性の検討仮定 (目標3)

検討仮定

- 生産期間: 15年
- 1坑井の生産期間: 8年
- 事業化開始時期: 2016年
- 2004年ガス価格: 23.8円/m³
- インフレ率: 2.56 %
- ガス価格上昇率: 3.88 %

経済性の検討例 (目標3)

■ 経済性検討に用いた主な仮定

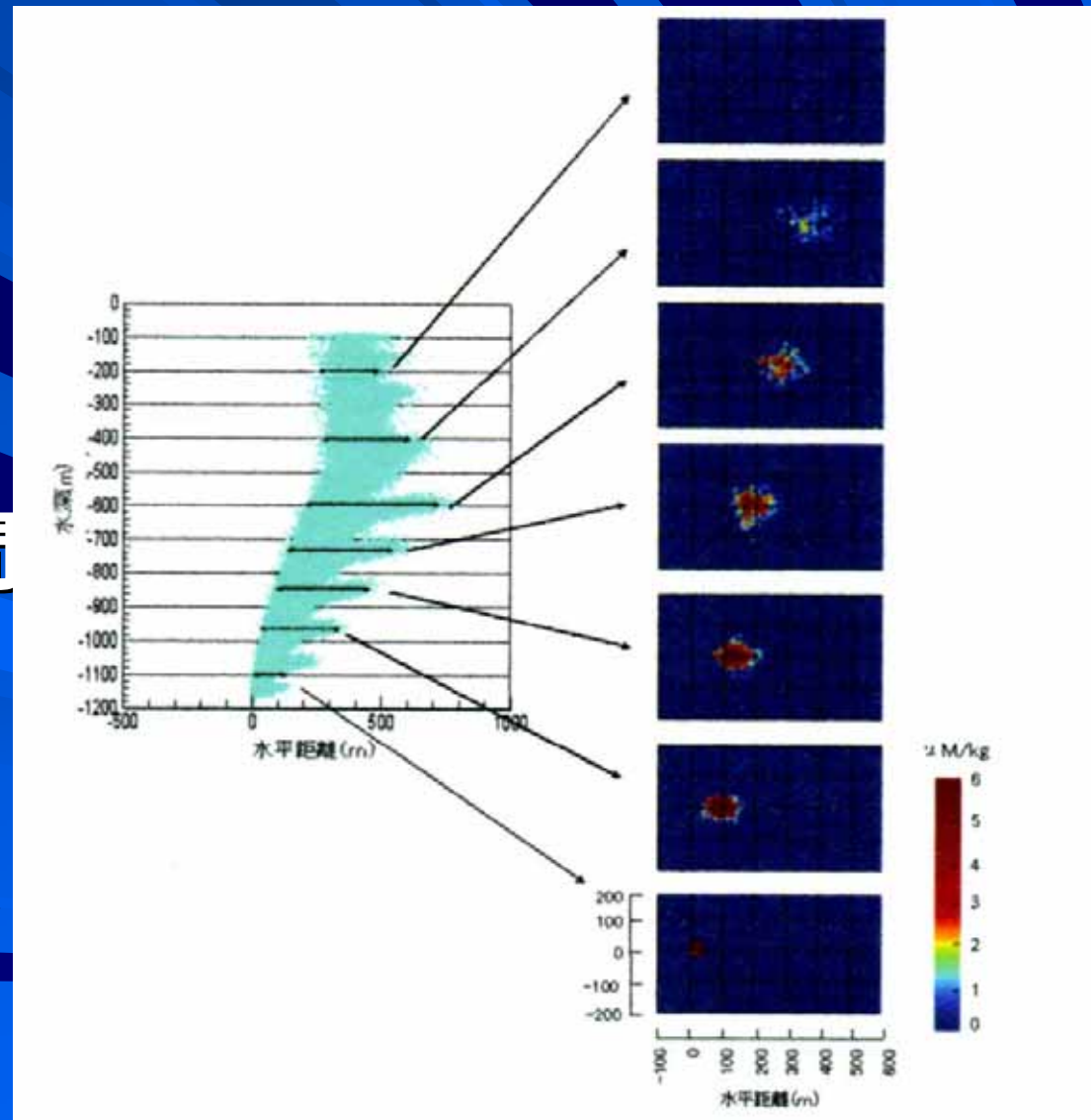
- 地質が水平方向に均質。その地域に掘削された坑井1本のデータを適用。
- 長期生産障害が想定内。産出試験での実証が必要。
- 生産シミュレータにより算定した生産量を使用。
- 機器・技術の実現を仮定。今後の研究開発が必要。

■ 経済性解析結果

- 現在の建設コストを前提 (ベースの3倍) : $92\text{円}/\text{m}^3$
- 仮定条件が全て成立 (2004年ベース) : $46\text{円}/\text{円}/\text{m}^3$
- 生産量が予想よりも低い (1/4) 場合: $174\text{円}/\text{m}^3$

漏洩メタンの挙動予測モデル計算例 (目標6)

- 東部南海トラフ海域
- 10月の水温、塩分、流速
- 海底から $0.1 \text{ Nm}^3/\text{sec}$ の速度でメタンを6時間放出したと想定
- 海面下100m – 200mまでに海水に溶解しながら希釈・拡散する。



メタンハイドレートと環境リスクについて (目標6)

環境リスクについての検討

■ 自然発生的地球環境リスク

数千年～数十万年という地質学的な時間スケールで発生する現象 ← 専門家の研究を収集し、取り込む

■ 開発に伴う人為的なリスク

在来型石油・天然ガス開発技術を主体 +
メタンハイドレート層開発の独自の技術を追加 →
環境保全技術を整備

安全メカニズム:メタンハイドレートは圧力を下げて生産するから、坑井に水注入で圧力を上げると再固化する。

生産シミュレータ比較国際プロジェクト

- アメリカ エネルギー省と内務省の研究機関が主導する国際的な協同プロジェクト
- 5シミュレータが参加
 - MH21HYDRES：日本独自の専用シミュレータ、生産手法開発グループが開発
 - TOUGH-Fx/Hydrate：アメリカ国立研究機関が開発
 - HydrateResSim：アメリカ、同上の普及版
 - STOMP-HYD：アメリカ大学が開発
 - STARS：カナダの民間企業が開発
- 日本のシミュレータは他に対して優位性のある結果を得ている。

生産シミュレータ比較国際プロジェクトの例

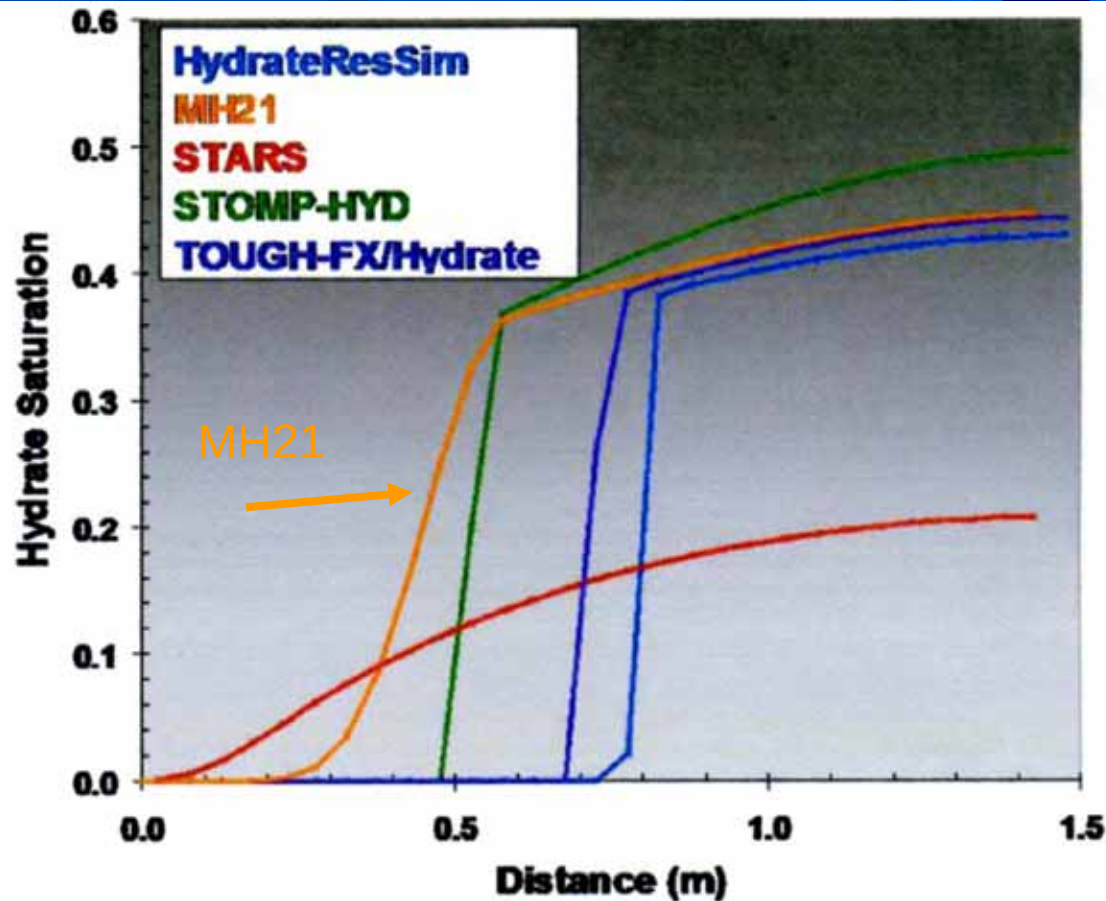


Figure 1: Problem 3 sample results—Depressurization below the quadruple point (after 20 minutes)

Fire in the Ice, Winter 2007

フェーズ1から見た今後の展望

開発計画「IV目標達成に向けた開発スケジュール」

フェーズ1の達成目標

- 基礎的研究 (探査技術、基礎物性、分解生成技術等) の推進
- メタンハイドレート探査技術の最適化を達成
- 賦存海域、賦存量を把握
- フェーズ2での海洋産出試験対象となりうるメタンハイドレート資源フィールドを選択
- 陸上産出試験を通じ、連続性をもってメタンハイドレートを分解しメタンガスを地表に取り出す技術を検証

これらの目標をほぼ達成した。

今後の課題

1. 資源量評価対象の拡大	1.1 対象海域の拡大 (2D・3D地震探査、試錐、海底調査の実施) 1.2 メタンハイドレート資源フィールド評価技術 (砂質層、非砂層充填型層) 1.3 メタンハイドレートシステムの解明 (メタンの集積メカニズムの研究)
2. メタンハイドレート生産のための基盤技術確立	2.1 長期間の産出試験 (陸上が望ましい) 2.2 海洋産出試験 (9.2節参照) 2.3 貯留層評価技術 (詳細地質モデル、貯留層キャラクタリゼーション、物性モニタリング等) 2.4 海洋生産技術の開発 (海底・坑内機器、坑井仕上げ技術等) 2.5 生産計画最適化技術 (シミュレータの高精度化、経済性評価技術等) 2.6 経済性向上 (生産システム高度化、生産性増進法等) 2.7 長期生産に伴う総合評価 (メタンハイドレート層内の変化、環境影響等)
3. 環境影響評価手法の確立	3.1 海洋産出試験を対象とした環境影響評価の実施 3.2 環境影響予測モデルの高度化 (生物影響、地層変形) 3.3 モニタリング技術開発 (センサー、総合モニタリングシステム) 3.4 海洋産出試験に対応した安全管理・環境管理システムの適用検討 3.5 環境影響に対するグローバルな環境リスクの評価及び検討

論文・学会発表・資料提供・特許

- 特許数: 14
- 特許出願中: 1

年度	論文発表	学会発表	合計
平成14年度	8	20	28
平成15年度	15	83	98
平成16年度	14	99	113
平成17年度	34	132	166
平成18年度	30	113	143
平成19年度	31	112	143
平成20年度 (5月末まで)	24	111	135
合計	156	670	826

年度	マスメディア	教育関係	その他 ^注	合計
平成14年度	10	3	8	21
平成15年度	3	1	3	7
平成16年度	14	10	10	34
平成17年度	9	1	18	28
平成18年度	20	6	26	52
平成19年度	8	8	25	41
平成20年度(5月末まで)	14	3	4	21
合計	78	32	94	204

注) 会社・機関のホームページ、社内誌、広告等への資試料提供

フェーズ1実施体制

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム運営協議会

コンソーシアム推進G
(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構

メタンハイドレート研究提案公募

ワーキンググループ

TF 産出試験計画

資源量評価G
(独)石油天然ガス・金属鉱物資源
機構

生産手法開発G
(独)産業技術総合
研究所

環境影響評価G
(財)エンジニアリング
振興協会

ご静聴ありがとうございました。