

メタンハイドレート開発について

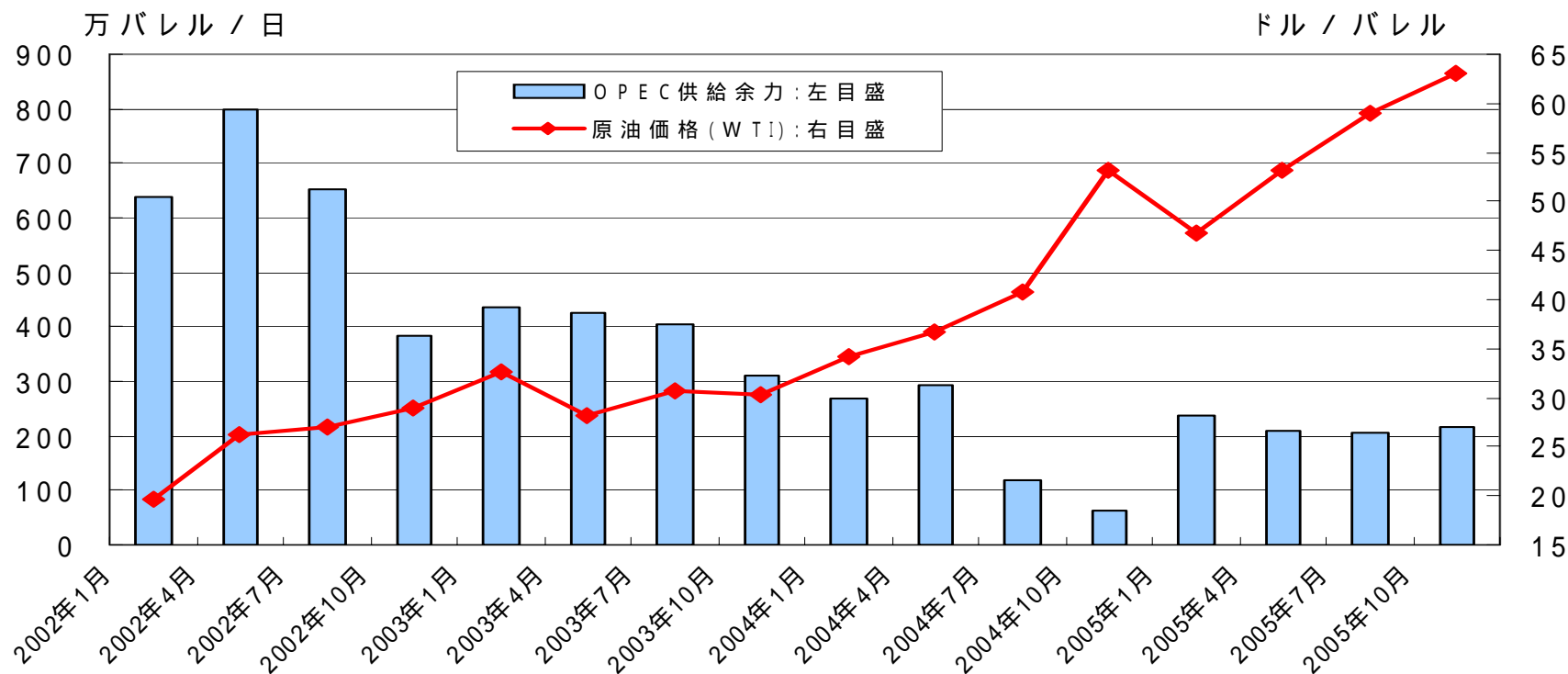
平成18年1月

経済産業省 資源エネルギー庁
石油・天然ガス課

世界における石油資源を巡る状況

「構造的要因」による原油価格の高騰

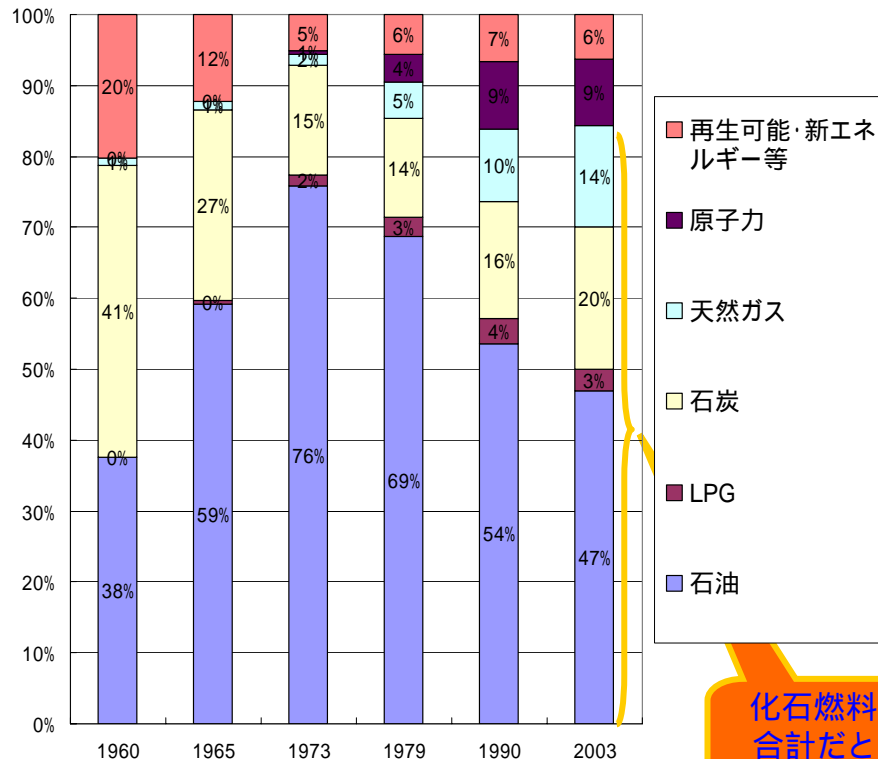
中国・インド等アジア諸国における経済成長に伴う急激な需要の拡大、資源獲得競争の激化
産油国における生産等への投資が円滑に進まず、OPEC諸国での供給余力の低下



我が国におけるエネルギー資源を巡る状況

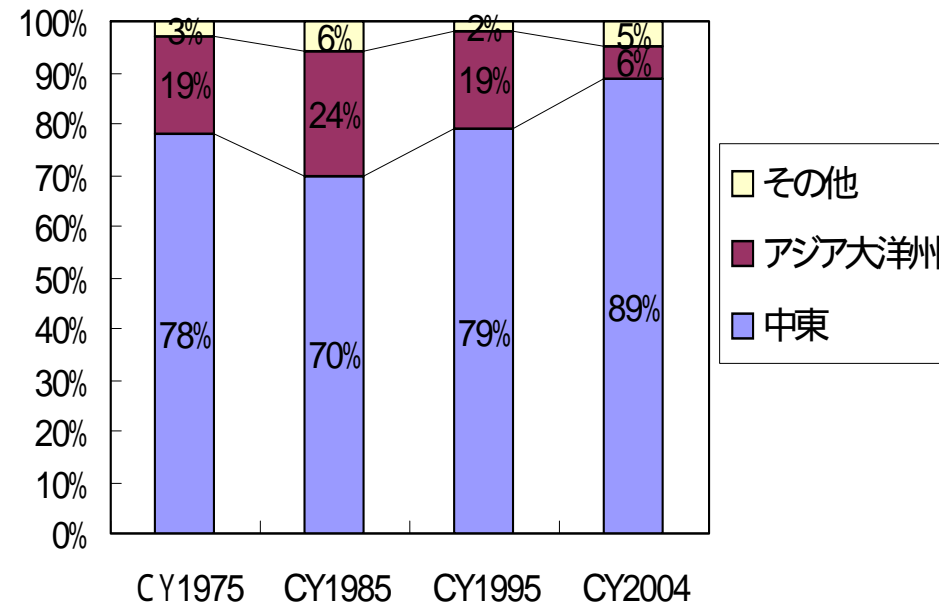
一次エネルギー供給の8割以上を海外からの化石燃料、特に石油に依存。しかも中東依存度が高い(89%)。我が国企業による石油開発比率(自主開発比率)は15%程度。
 エネルギー資源の安定供給確保のためには、**自主開発の拡大と供給源の多様化を進めることが必要。**

【図3-1 一次エネルギー供給シェアの推移】



化石燃料
合計だと
84%

【我が国の石油の中東依存度の推移】

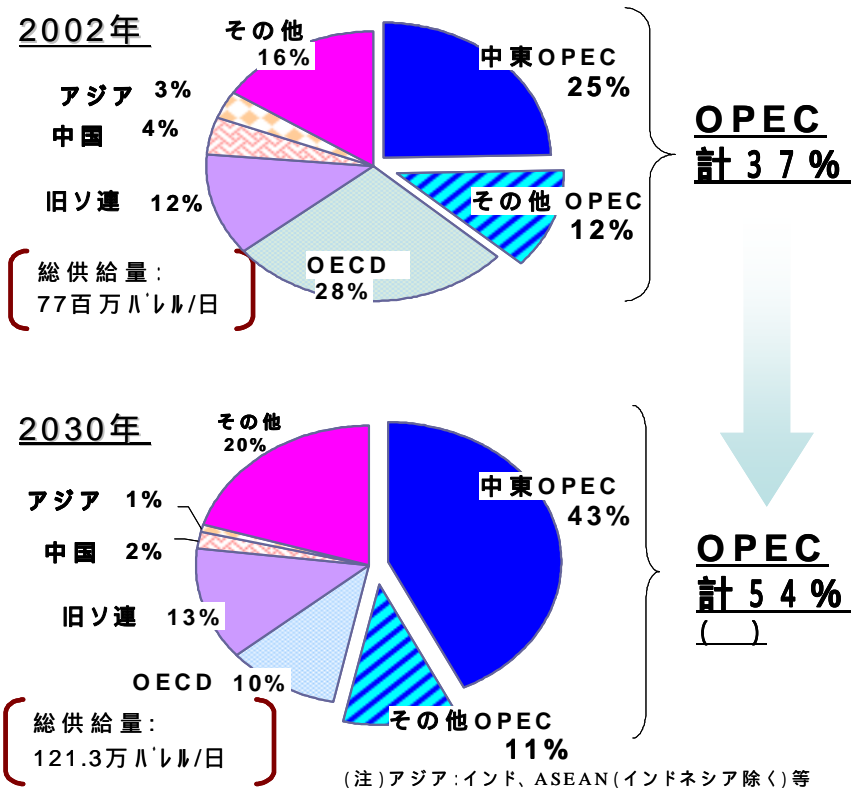


(出典) 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」より作成

中東依存度と石油ピーク

- ・世界的に見ても石油埋蔵量は、その半分以上が中東地域に集中。
- ・OPECへの依存度は、今後更に世界全体で高まる見通し。
- ・石油の生産量をみると、楽観的なケースでも、生産のピークが2040年には到来するとの見通しあり。

【図3-3 世界の石油供給の地域別見通し】

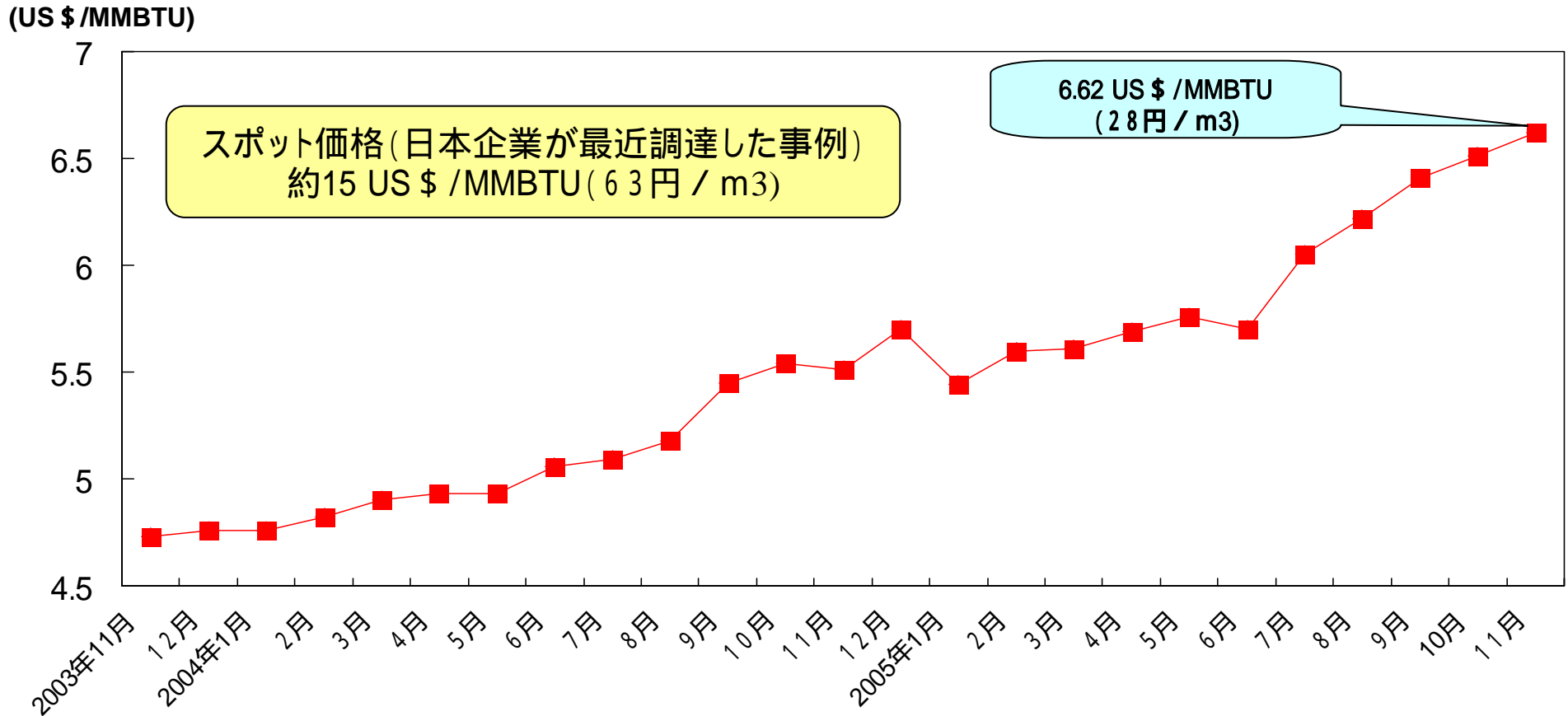


【表3-1 石油の生産量のピークに関する見通し】

	標準的なシナリオ	悲観的なシナリオ	楽観的なシナリオ
1996年1月時点の在来型石油の残存究極可採埋蔵量 (兆バレル)	2.6	1.7	3.2
在来型石油生産量のピーク	2028年～2032年	2013年～2017年	2033年～2037年
在来型石油のピーク時の世界的需要 (百万バレル/日)	121	96	142
非在来型石油の2030年の生産量 (百万バレル/日)	10	37	8

(出典) IEA/World Energy Outlook 2004

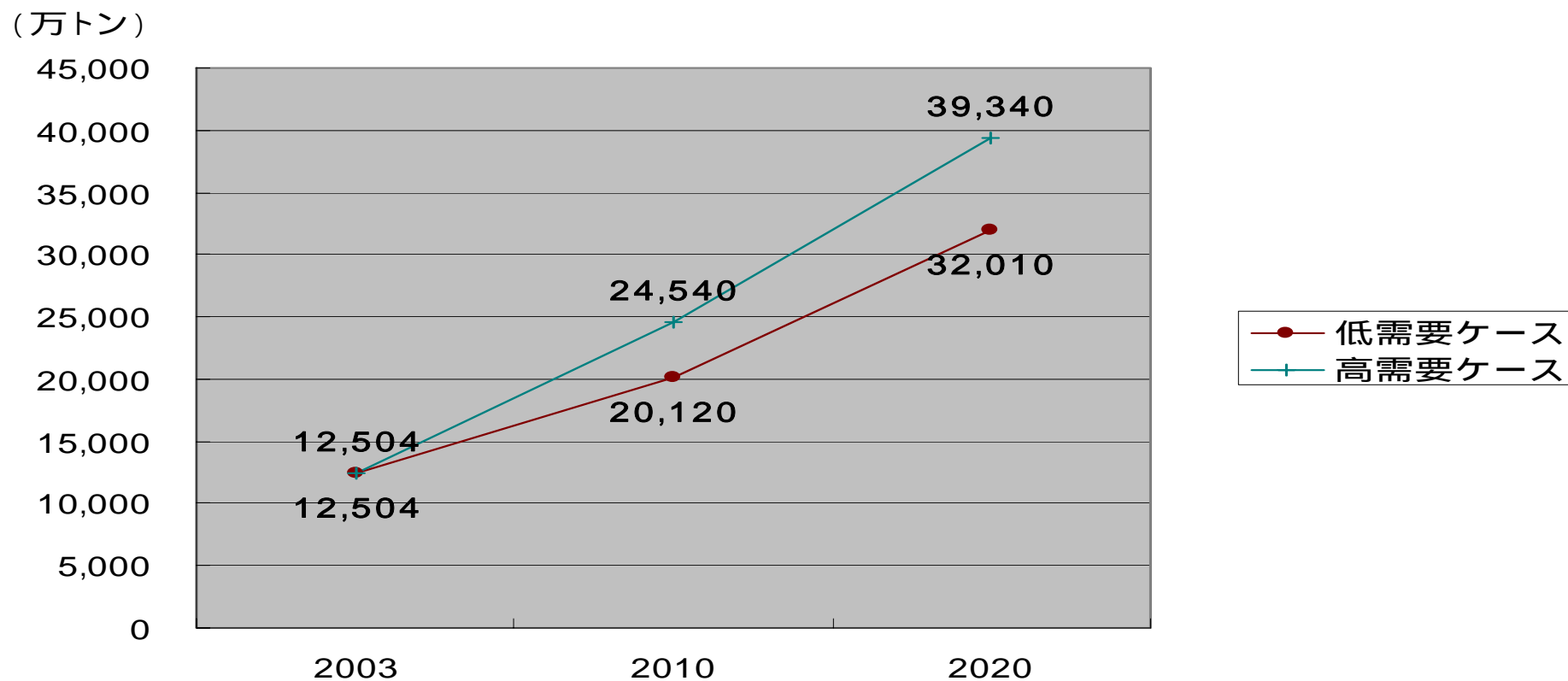
我が国天然ガス(LNG)輸入価格の推移



MMBTu = エムエム・ビー・ティー・ユー
MM = 100万、Btu = プリティッシュ・サーマル・ユニットの略で1ポンドの水を1華氏上げるのに必要な熱量のこと。

(出典)財務省「貿易統計」
(財)日本エネルギー経済研究所

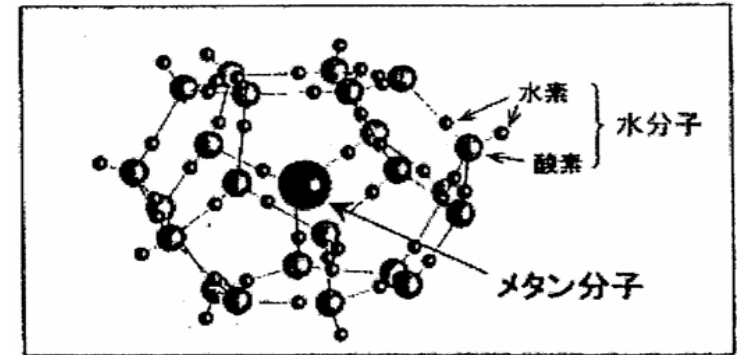
世界における天然ガス(LNG)需要の見通し



メタンハイドレートとは？

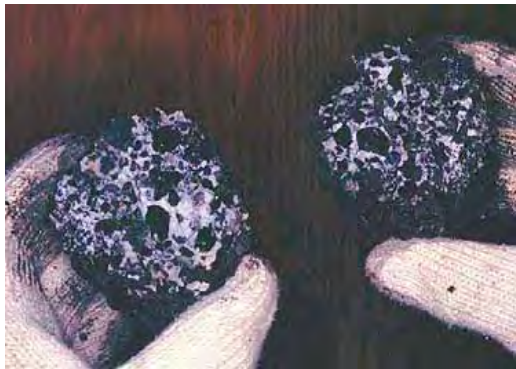
低温高圧の条件下で、水分子の結晶構造の中に天然ガスの成分であるメタン分子が取り込まれた氷状の固体物質

(理論化学式 $\text{CH}_4 \cdot 5.75\text{H}_2\text{O}$)



(メタンハイドレート結晶構造)

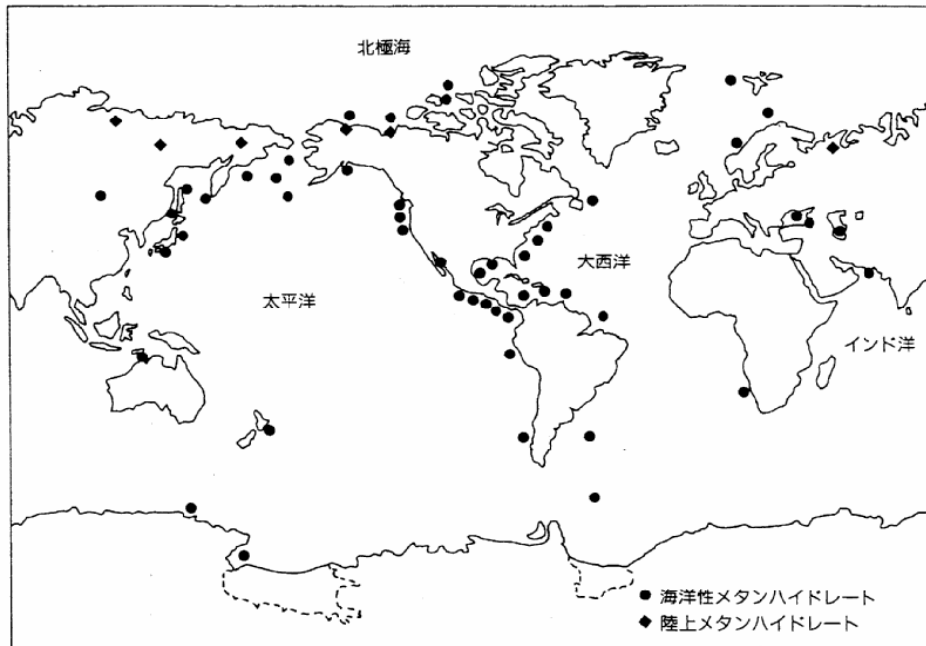
【採取されたメタンハイドレート】(氷状:白色部分)



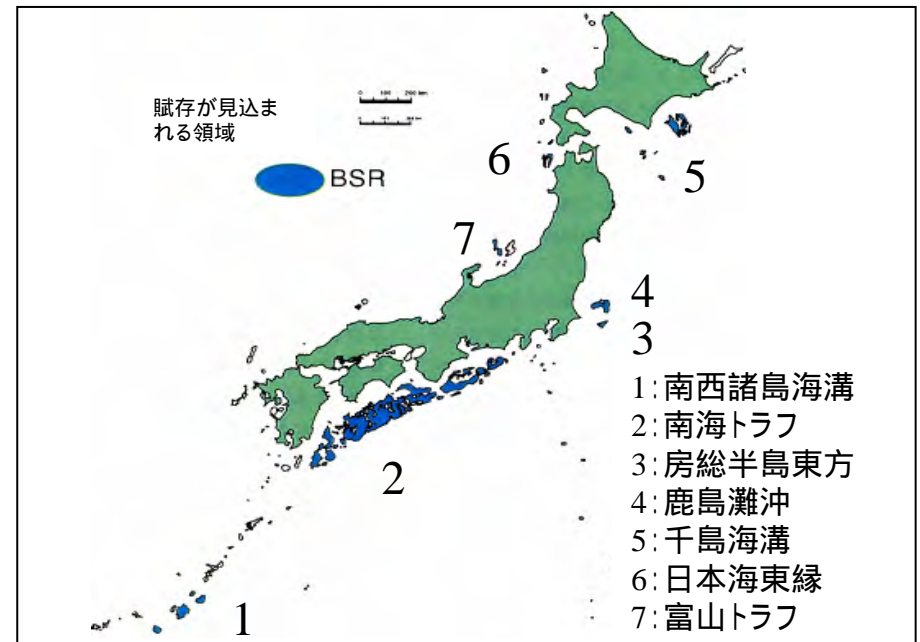
【燃焼するメタンハイドレート】



メタンハイドレートの賦存状況



[出所：Kvenvolden, K.A., (1996)を参考にエネルギー総合工学研究所が作成]



[出所：石油公団他(2000) (現(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構)]

陸域では、高緯度地域の凍土下部、海域では水深の深い海域(1000m～)の海底下に賦存(海底下からは数百mであり、石油・天然ガスよりも浅部に存在)

メタンハイドレートの特長

1. メタンハイドレートは日本近海の海底地層内に相当量賦存が見込まれている。

- ・我が国年間天然ガス消費量の約100年分との試算。
- ・世界では404兆m³埋蔵されているとの試算があり、これは在来型天然ガスの埋蔵量に匹敵。

自主開発エネルギー資源の確保、中東依存度の低減への貢献

2. クリーンなエネルギー資源である。

- ・メタンハイドレートの成分である天然ガスは、石油等の他の化石燃料に比べて、環境負荷が極めて少ないクリーンなエネルギー資源

地球温暖化対策への貢献

メタンハイドレートは、我が国のエネルギーセキュリティ確保に貢献する
国産の新たなクリーンエネルギー源として極めて有望。

メタンハイドレートは地中に固体で存在するため、石油等と異なり、井戸を掘っても自噴しないため、新たな生産技術の開発等が必要。

メタンハイドレートの生産手法

メタンハイドレートを掘削、固体のまま掘り出すのではなく、海底地層内で以下の手法によりメタンガス化し、採取管(ライザーパイプ)を通じて、気体として採取。

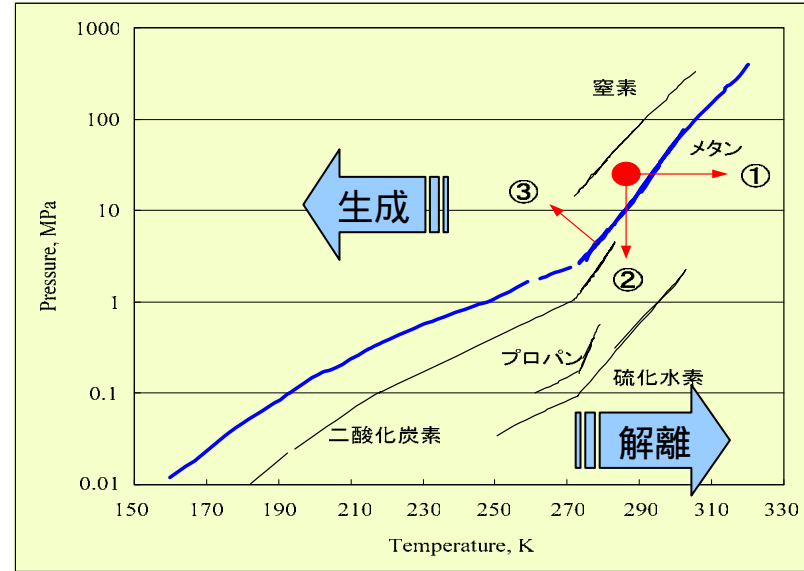
【基本的な3 + 1手法】

温度を上げる(加熱法)

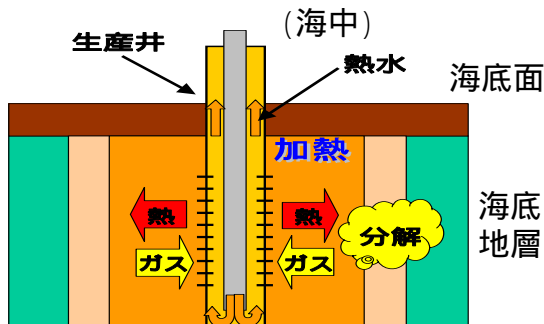
圧力を下げる(減圧法)

生成・解離平衡条件自体を低温高压側にシフト
(インヒビタ圧入法: 分解促進剤の注入)

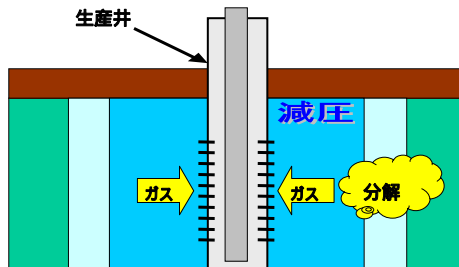
上記手法の組み合わせ



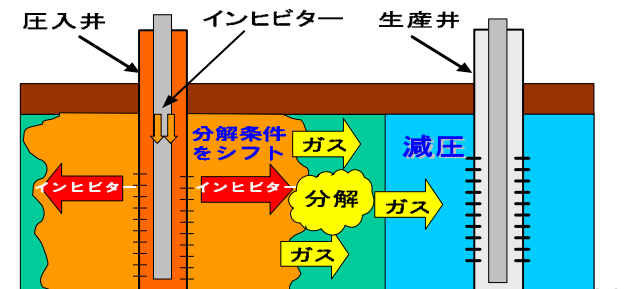
メタンハイドレートの生成・解離平衡条件図



加熱法 (温水循環法)



減圧法



インヒビタ圧入法

メタンハイドレートの開発に向けた提言(例)

「京都議定書目標達成計画」(抄)(平成17年4月28日)「閣議決定」

第3章 目標達成のための対策と施策

第2節 地球温暖化対策及び施策

1. 温室効果ガスの排出削減、吸収等に関する対策・施策

(1) 温室効果ガスの排出削減対策・施策

エネルギー起源二酸化炭素

イ. 施設・主体単位の対策・施策

天然ガスシフトの推進

天然ガスは、他の化石燃料に比べ相対的に環境負荷が少ないクリーンなエネルギーであり、中東以外の地域にも広く分散して賦存することから、原子力等の他のエネルギー源とのバランスを踏まえつつ、天然ガスシフトの加速化を推進する。

・天然ガス等を原料とするGTL (Gas To Liquid) やDME (Dimethyl Ether)、**メタンハイドレートに係る技術開発等を推進**し、その導入を進める。

「エネルギー基本計画」(抄)(平成15年10月7日)「閣議決定」

第2章 エネルギーの需給に関し、長期的、総合的かつ計画的に講ずべき施策

第3節 多様なエネルギーの開発・導入

天然ガス利用技術(GTL及びDME)、**メタンハイドレートの開発加速**

また、国産エネルギー資源として期待されるメタンハイドレートの開発・導入を進めるため、当面10年程度の期間を念頭に将来の商業化を目指し、新たな生産・探査技術の開発や環境影響評価等を着実に進める。

海外におけるメタンハイドレート開発の取組

米国

米国DOEが1982年から1992年にかけてメタンハイドレートに係る研究を実施(予算約800万ドル)
米国政府はメタンハイドレートを経済的、環境的に有望な新エネルギーとして捉え、米国国内での生産を目指し研究を推進。
(The Methane Hydrate R&D Act of 2000)

2005年8月8日にブッシュ大統領はThe Domenici-Barton Energy Policy Act of 2005法案に署名。これによりThe Methane Hydrate R&D Act of 2000を2010年まで延長し、更に1億5500万ドル(5年間の合計)の追加支出を承認。

カナダ

1970年代から研究を行っており、物性の研究では世界最高レベル。

1972年に北方の永久凍土地帯であるマッケンジーデルタ、マリック地域でメタンハイドレートを確認。

マリック地域で1998年には掘削試験を、2002年には実証試験を実施(カナダ、米国、日本、ドイツ、インドの国際協力研究)。

現在各国/関係機関とのガスハイドレート研究に活発に参画。

2005年8月～10月にバンクーバー島沖合でガスハイドレート調査を実施。

インド

1996年にインド石油天然ガス省がガスハイドレート研究計画(NGHP)を発表。翌1997年にインド東岸(マドラスとカルカッタの間)の深海部分の石油ガス探鉱区で探査中に広範囲にメタンハイドレートの存在を確認。

メタンハイドレート賦存有望海域として、アラビア海のLaccadive Ridge北の水深1,000～3,000m、東岸のKrishna-GodavariおよびCaverの沖合地域、アンダマン海のAndaman Forearc地域を選定。NGHPは周辺海域の物理探査の結果を踏まえ合計10地点で30坑の試掘実施とコアの採取を計画中。2008年の商業生産開始が目標。

メタンハイドレート開発計画の目標及びスケジュール

(目標:メタンハイドレートの商業的産出のための技術の整備)

	フェーズ (2001~2008年度)	フェーズ (2009~2011年度)	フェーズ (2012~2016年度)
資源評価/ 産出試験	<p>日本周辺のメタンハイドレートの賦存量算出・産出試験候補海域の選定</p> <p>目標 日本周辺の物理探査データの解析及び基礎試錐を通じ、賦存有望海域のメタンハイドレート資源量を評価するとともに、海洋産出試験候補海域を選定。</p>	<p>賦存有望海域での海洋産出試験の実施</p> <p>目標 ・産出候補海域における資源量の詳細把握 ・ハイドレート集積機構等の解明</p>	<p>商業的産出技術の整備</p> <p>目標 ・経済性を考慮した長期安定生産技術の確立 ・商業生産システム概念設計 ・環境影響評価手法の確立・実施、地層変形予測システムの完成。</p>
生産手法開発	<p>基礎物性・分解特性の把握 / 産出手法の開発</p> <p>目標 メタンハイドレートの短期及び長期の2度に亘る陸上産出試験、並びにメタンハイドレートに関する基礎物性及び分解挙動の解明を通じ、生産シミュレータを開発するとともに海洋生産手法を開発。</p>	<p>海洋生産手法の確立 / 生産シミュレータの完成</p> <p>目標 ・海洋生産手法の有効性評価・確立 ・海洋貯留層特性に最適な手法適用基準の提示 ・生産シミュレータの完成 ・海洋メタンハイドレート生産坑井掘削 ・固定技術の確立 ・メタンハイドレート二次回収法、生産増進法の開発</p>	
環境影響評価	<p>環境影響評価の要素技術開発</p> <p>目標 1. 海域海底環境の状況把握。 2. 地盤変形検知・ガス漏洩検知技術の開発、地層変形予測技術の開発。 3. 安全管理・環境管理調査の実施。</p>	<p>環境影響評価、海洋環境モニタリング技術確立</p> <p>目標 ・海洋産出試験実施海域での環境影響評価 ・海洋環境モニタリング技術の実用化 ・地層変形予測システムのプロトタイプ完成</p>	

フェーズの流れ

資源量
評価

- ・メタンハイドレート探査技術の開発
- ・日本近海のメタンハイドレート賦存有望海域の選定・賦存量の概算評価

第1回陸上産出試験

<目的>

- ・メタンハイドレートの試験産出
- ・産出時基礎データ取得

<内容>

- ・手法: **加熱法(温水循環法)**
- ・場所: カナダマッケンジーデルタ
- ・2001年12月～2002年3月

<成果>

- ・砂層に賦存するメタンハイドレートの分解ガスの産出に世界初成功(5日間連続、計468m³)
- ・試験で取得したデータをもとに生産シミュレータの改良。課題として生産効率の向上、分解範囲モニタリング技術の開発等を抽出。

生産手法検討

メタンハイドレートの物性解析

砂層を生産対象として検討

生産シミュレータ開発

日本近海(南海トラフ) 物理探査・基礎試錐

<目的>

- ・地層コア試料採取による、日本近海でのメタンハイドレートの賦存実態を確認

<内容>

- ・場所: 東海沖～熊野灘(水深700～2000m、海底面下250～500m)物理探査・基礎試錐
- ・2002年7月～12月(物理探査)
- ・2004年1月～2004年5月(基礎試錐)

<成果>

- ・試錐16地点のうち、11地点でメタンハイドレート層を確認。海底地層は当初予想の砂層ではなく、**砂泥互層**であり、メタンハイドレートは、その砂層孔隙に存在することが判明

- ・有望海域の賦存量算出、海洋産出試験海域の選定

第2回陸上産出試験

<目的>

- ・生産手法の有効性検証
- ・長期連続生産試験データ取得

<内容>

- ・手法: **減圧法**
- ・場所: カナダ(予定)
- ・2006年度冬季～2007年度冬季
- ・日本近海海底地層に類似した地層での検証を目指す

<成果目標>

- ・減圧法による3ヶ月連続生産、必要な操業条件確認
- ・連続生産時メタンハイドレート分解データの取得
- ・生産シミュレータ、モニタリング技術の有効性確認、改良

適用する生産手法を減圧法と決定

砂泥互層の物性データを測定

生産シミュレータ開発に反映

基礎試錐実施前後の海底環境を調査

有望海域の海底環境の把握
開発に伴う環境影響評価手法を検討

フェーズ1 成果検証・まとめ

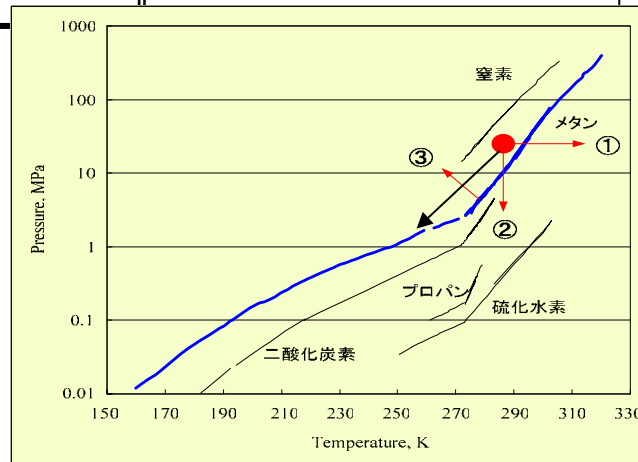
生産
手法
開発

環境
影響
評価

環境影響評価の要素技術開発

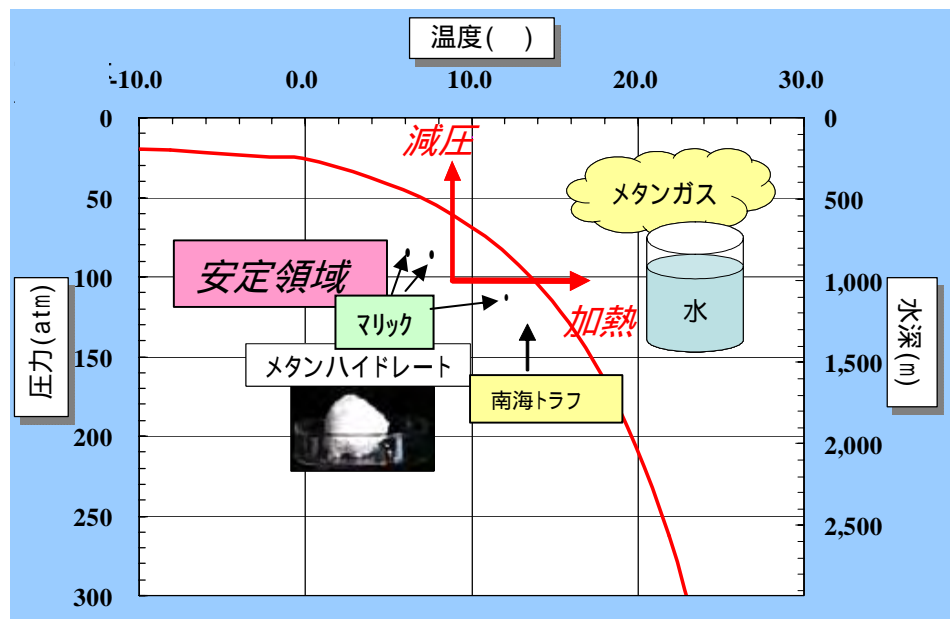
海底地層の性質と生産手法について

	単位生産量当たり 必要なエネルギー	砂層	砂泥層
加熱法	大きい	<p>第1回陸上産出試験</p> <p>加熱により温度を高めることで、メタンハイドレートから気体メタンを分離、回収。确实であるが、投下エネルギー量に対するメタン採取量が小さい。</p>	<p>加熱により温度を高めることで、メタンハイドレートから気体メタンを分離、回収。确实であるが、投下エネルギー量に対するメタン採取量が小さい。</p>
減圧法	小さい	<p>圧力を下げることによって、温度も下がる*ため、メタンが解離しにくい（或いは全く解離しない）。</p> <p>*固体のメタンハイドレートが気体のメタンと液体の水へと分解させる反応は吸熱反応。</p>	<p>第2回陸上産出試験</p> <p>泥層が熱供給源として機能し、圧力を下げてもメタンハイドレートが賦存する砂層の温度は下がりにくく、メタンは比較的容易に気体として解離。効率的に採取可能。</p>

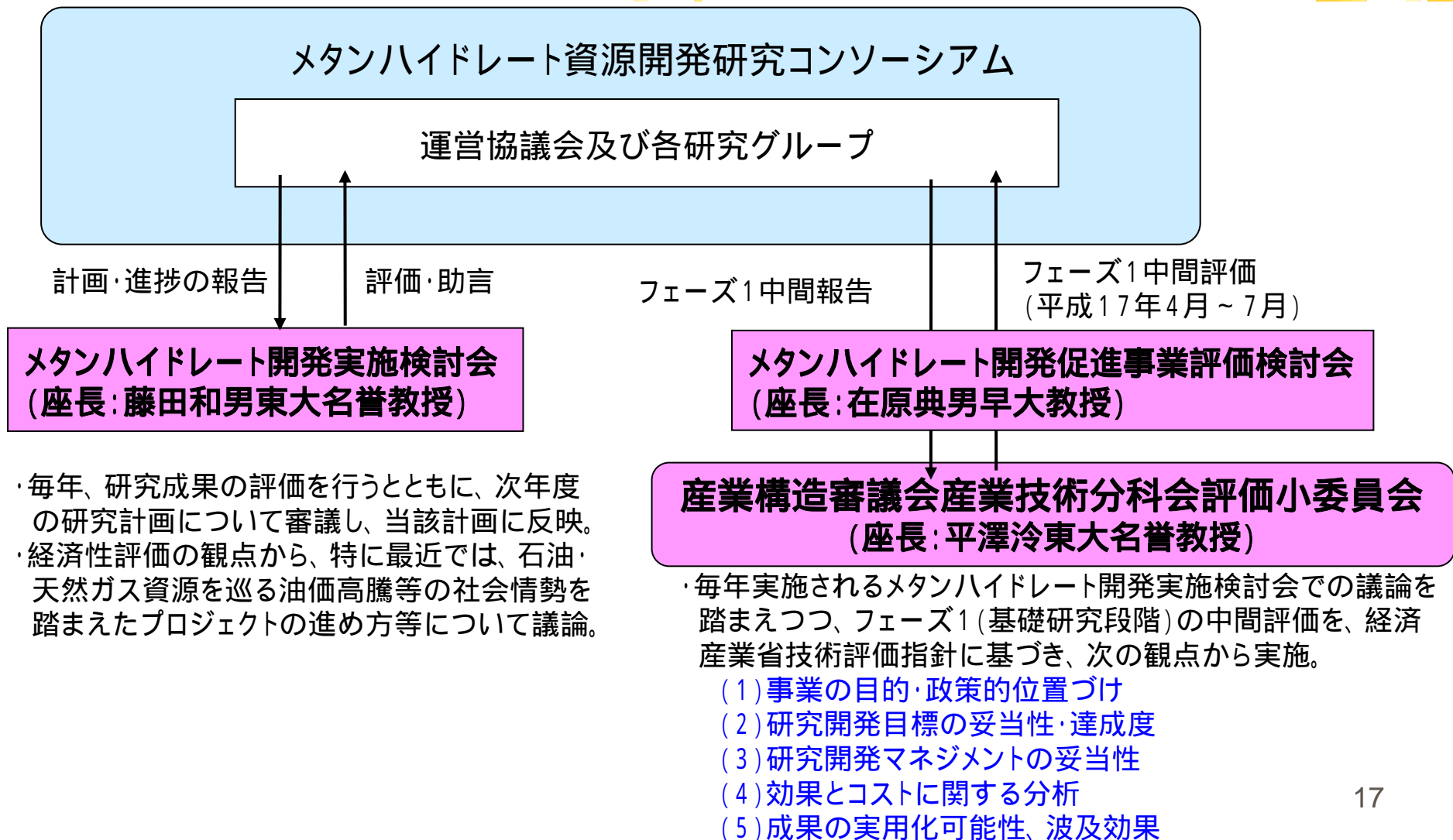


陸上産出試験成果の海上産出試験への適用について

- ・第2回の産出試験は、低コストでかつ迅速に実施する観点から、陸上において実施する予定。
- ・日本近海海底におけるメタンハイドレート賦存層と、第2回陸上産出試験予定地域における賦存層の物理的特性(温度、圧力等)は、完全に同じではないものの、類似しているため、第2回陸上産出試験において様々な案件で試験を実施することにより、海上産出試験に向けた減圧法の有効性の検証及び海上産出時におけるメタンハイドレートの挙動を一定の精度で予測するシミュレータを確立することが可能。



評価実施体制



中間評価結果への対応 : 経済性評価の実施

メタンハイドレートの開発コスト算定に関連する重要な因子は、資源フィールドデータ、開発・生産設備等の関連データ、生産量等の関連データ、地層データである。

現時点ではこれらの因子のほとんどは予想値、仮定値であり、十分な精度を持つ生産コストを算出することは困難であるが、現在開発を進めている生産シミュレータ及びコスト試算シミュレータを用いて、概算値を試算することは可能となっているところ。

今後、研究開発の進捗により明らかになる因子を、随時シミュレータに入力することにより、試算の精度、信頼性を高めていくとともに、生産コストを低下させるための課題を明確にし、研究開発へとフィードバックする。

以上を前提に、参考試算結果を下記に示す。

〔開発コスト算定に関連する重要な4因子〕

【生産量等の関連データ】

生産手法・生産レート・生産期間等

- ・地層データを用いて生産予測シミュレーターで計算したデータを入力

【開発・生産設備等の関連データ】

掘削基本単価・坑井数・坑井深度・坑井間隔・出砂処理費用・規模等

- ・大水深海域での在来型ガス田の実績値、将来の掘削技術の進捗を考慮し、各種数値を入力。
- ・生産手法に起因するコスト増等を想定し補正值を入力。

(参考値)

メタンハイドレートからのガス生産原価: 35 ~ 50 円/m³

2005年11月時点での我が国LNG輸入価格: 28 円/m³

我が国企業が最近調達したスポット価格例: 63 円/m³

2005年11月時点の米国の天然ガスのヘンリーハブ価格43 円/m³ (最近の最高額は55 円/m³ (10月))

(原油価格60\$/バレルの場合、熱量等価換算した天然ガス価格: 42 円/m³)

【資源フィールド関連データ】

離岸距離・水深・開発面積・海底面からの深度・メタンハイドレート層厚等

- ・平成15年度基礎試錐【東海沖～熊野灘】フィールドのデータを入力

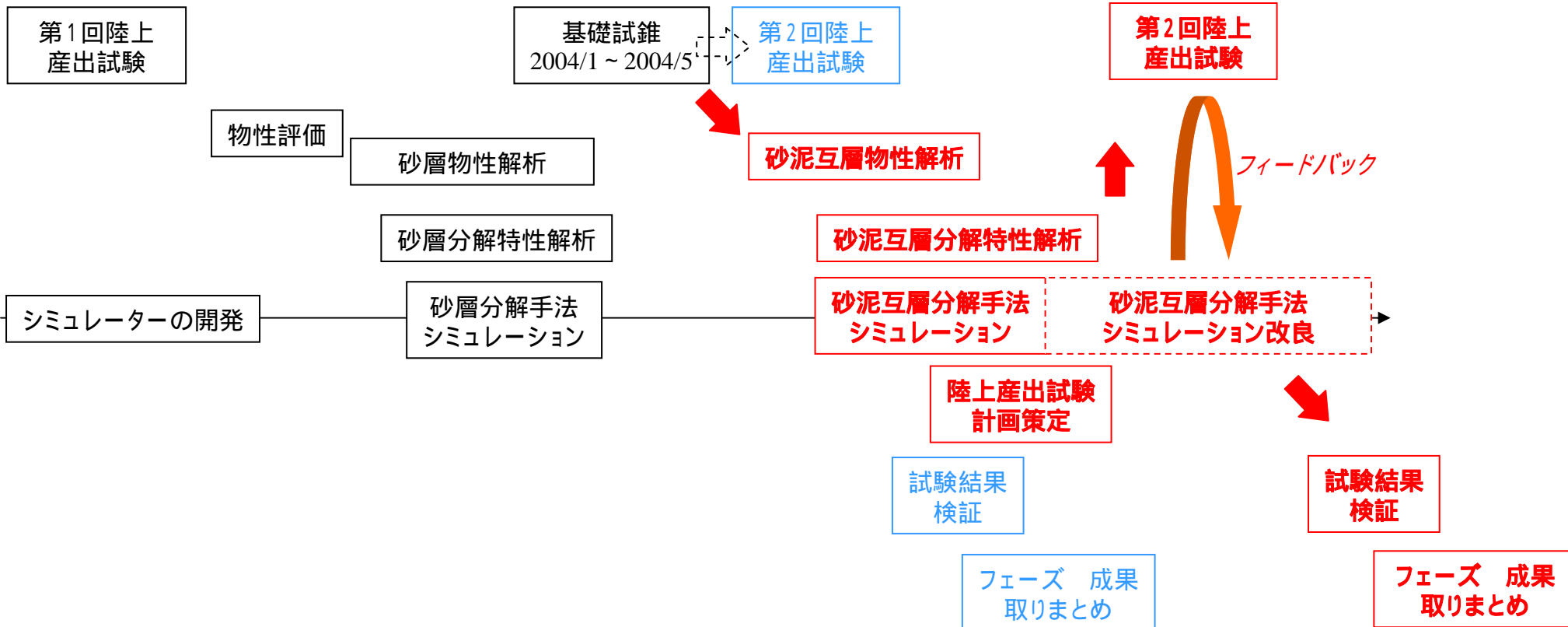
【地層データ】

浸透率・孔隙率・メタンハイドレート飽和率等

- ・平成15年度基礎試錐【東海沖～熊野灘】ボーリングコアデータを入力

中間評価結果への対応 : 第2回陸上産出試験の最適化

2001 13FY	2002 14FY	2003 15FY	2004 16FY	2005 17FY	2006 18FY	2007 19FY	2008 20FY
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------



(参考) 産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会 中間評価結果の概要

1: 事業の目的・政策的位置付け

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の技術整備は、世界的に先進・先導的なものであり、科学的、技術的意義が極めて高いだけでなく、国民・社会のニーズにも適合。国のエネルギー政策の重要な柱であり、国の一定の支援が必要。

未踏の分野への挑戦であり、長期的な展望の下に研究開発を進めることが望まれると同時に、作業の節目毎に見直しを行い、情勢の変化を取り込んで、柔軟に方向性を改訂することも必要。

2: 研究開発目標の妥当性・達成度

3フェーズの設定及びフェーズ1の基礎研究目標設定は妥当。

日本近海での基礎試錐の結果を踏まえて計画変更した第2回陸上産出試験を除き十分に目標を達成。

特に要素技術の分野においては相当の成果を上げたといえるが、これら技術をメタンハイドレートの探査、生産システムに組み上げる見通しはまだ見えていない。

実験室レベルの試験結果であり、実規模へ拡大するときの手法・予測・評価に注意しなければならない。

上記基礎試錐の結果判明した砂礫薄互層を対象とした生産手法について経済性の検討を行い、その改善に必要な要素を明確にする必要がある。

3: 研究開発マネジメントの妥当性

運営協議会、3グループによる実施体制は適切。また、第2回陸上産出試験の計画変更を行ったことは適切な対応。第2回陸上産出試験は、想定より複雑な賦存実態を踏まえた実施方法を検討すべき。

モデリング分野では、通常の石油開発技術がそのベースとして活用されるべきであり、石油開発の豊富な実践経験を有する油層技術者の参画が必要。

4:効果とコストに関する分析

本研究は初期段階にあり、コストパフォーマンスを云々する状況ではないものの、投入費用に対して成果と効果が着々と現れている(特に物理探査手法の開発や基礎物性の解明、コアリング技術等)。

今後は未踏の分野であり、計画面ではかなりの不透明さを抱えることになるとの意見もあり、優先順位をつけて研究を実施することにより、費用対効果の効率を確保すべき。

節目ごとに全体計画を総合的、大局的見地からチェックしながら作業を進めることが大切。

5:成果の実用化可能性、波及効果

各要素技術の開発、改善は順調に進んでいる。特に賦存の推定に関しては大きな成果。それらの中には、他の分野でも有効に利用可能と目されるものが相当数含まれている。

商業化・コストの削減を急ぐことなく、天然ガスの大規模生産を可能とする技術システムの道筋をつけることが大切。商業化に向けた道筋が描けていない未知なる研究プロジェクトは、その節目節目で評価を行い、先へ進むべきか否かを十分に議論し、判断すべき。

まとめ:今後の研究開発の方向等に関する提言

平成15年度東海沖～熊野灘の基礎試錐の結果を十分に解析・検討する方針は妥当であり、場合によっては、フェーズ1の期間延長はやむを得ない。

各フェーズ終了時の評価において、国産資源としての利用可能性を見極めて、次のステップの作業を見直すべきである。

(主な指摘事項)

- ・作業の節目ごとに見直し、柔軟に方向性を改訂することも必要。
- ・優先順位をつけて研究し、費用対効果の効率を確保すべき。
- ・節目ごとに全体計画を総合的、大局的見地からチェックしながら作業を進めることが大切。先へ進むべきか否かを十分に議論し、判断すべき。
- ・各フェーズ終了時の評価において(中間評価を含む)国産資源としての利用可能性を見極めて、次のステップの作業、体制を見直すべき。

対応

(対応)

- ・毎年の開発実施検討会、中間評価を実施する評価検討会及び産業構造審議会評価小委員会において、引き続き事業の成果、目的達成度、費用対効果等を十分に評価し、次のステップへの移行について議論する。
- ・最近の油価や石油を巡る政治経済的情勢を踏まえ、技術的観点のみならず経済的観点からも我が国周辺海域に賦存するメタンハイドレートの国産資源としての利用可能性を評価した上で、次期フェーズの研究開発内容、研究体制を検討する。

- ・実験室レベルの試験結果であり、実規模へ拡大するときの手法・予測・評価に注意が必要。

対応

- ・平成18年度に実施する第2回陸上産出試験で得られる浸透率、出砂、出水などの流体挙動に関わるデータ、と実験室で得られているデータとを十分に比較し、両者の関係から実験室レベルで得られたデータから実規模の現象を予測するためのデータ拡張性に関するスケール則を検討する。

- ・モデリング分野(産総研担当)では、石油開発の豊富な実践経験を有する油層技術者の参画が必要。

対応

- ・油層流体分析技術、坑井仕上げなどの経験を有する油層技術者を平成18年度にモデリング分野の研究に参画させるべく、石油開発企業の専門家を対象に人選中。

・第2回陸上産出試験は、当初想定よりも複雑な砂泥薄互層の開発を念頭に置き、実施方法等を検討する必要がある。

・砂泥薄互層を開発対象とした生産手法について経済性の検討を行い、その改善に必要な要素を明確にする必要がある。

対応

- ・平成15年度に東海沖～熊野灘沖で採取されたメタンハイドレートを含む砂泥薄互層コア試料の性状、基礎物性及び分解特性を測定(平成17年12月終了)。現在、詳細な解析作業を実施中。
- ・上記に並行して、生産予測シミュレータの改良を進めるとともに、砂泥薄互層に対する生産手法の有効性解析・比較を行い、減圧法が最適であることを確認。
- ・第2回陸上産出試験について、減圧法に基づく生産計画を検討中。
- ・メタンハイドレート開発の経済性評価(単位生産量当たりの必要コスト)を実施。経済性の改善に効果を及ぼす要素を検討し、主要要素を特定。それぞれの要素が経済性に与える定量的効果の詳細等を検討中。

・平成15年度東海沖～熊野灘の基礎試錐の結果を十分に解析・検討する方針は妥当である。場合によってはフェーズ の延長もやむを得ない。

対応

- ・第2回陸上産出試験の実施時期については、砂泥薄互層物性等の詳細な測定、及び生産手法の追加的検討の期間が必要であるため、平成18年度とする(当初予定は平成16年度)。日本近海海底地層に類似した地層での実施を目指す。
- ・フェーズ の期間については、第2回陸上産出試験実施時期の変更に伴い、2年間延長する予定。