

メタンハイドレートフォーラム 2013

メタンハイドレート開発研究の展望

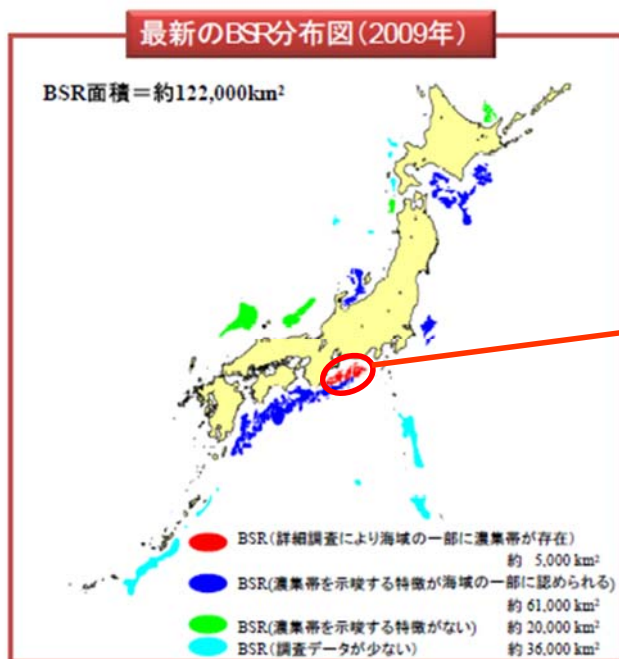
①産業技術総合研究所 臨海副都心センター (2014年1月24日)

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム (MH21)
プロジェクトリーダー

増田 昌敬*

*) 東京大学大学院工学系研究科
エネルギー・資源フロンティアセンター (FR CER)

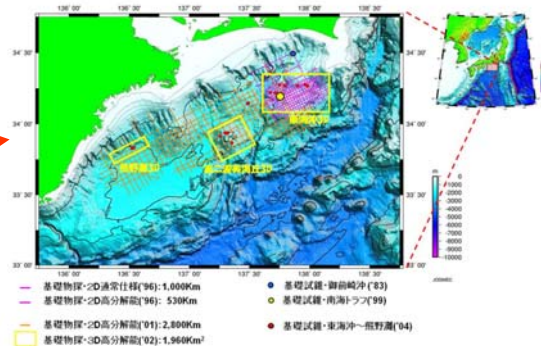
日本周辺海域に眠るMHの資源ポテンシャル



(図の出所) MH21研究コンソーシアム
HP: <http://www.mh21japan.gr.jp/>

東部南海トラフ海域のメタンハイドレート

- メタンガス原始資源量(※): 約1.1兆m³
(LNG換算で約8億4千万トン)
- BSR分布面積: 約5,000km²

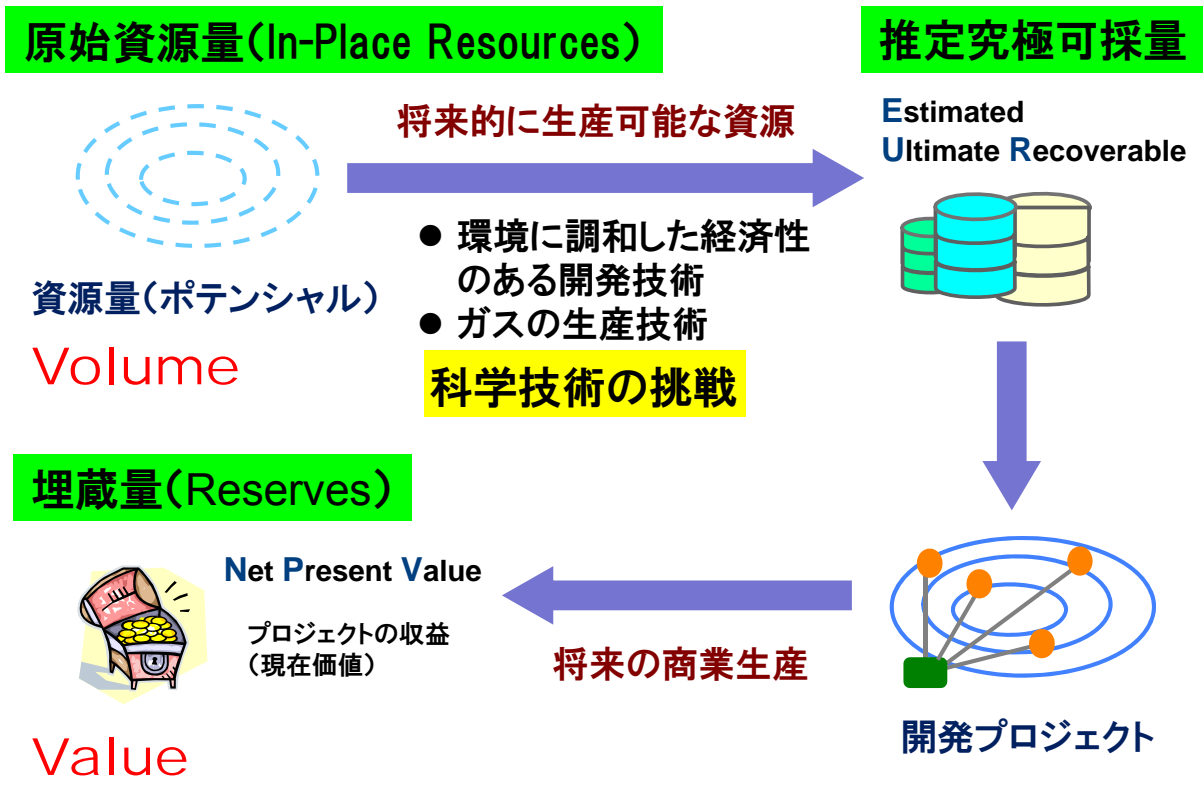


<<参考>>

- ・ 2011年の我が国のLNG輸入量は約8千万トン(天然ガス換算で約1,055億m³)

(※) 原始資源量は、地下に集積が見込まれる資源の単純な総量であり、技術的に採掘可能な可採埋蔵量ではない点に留意が必要

MH開発研究:資源量(Volume)を経済価値に変える



我が国におけるMH開発計画(経済産業省)

【基本方針】

我が国周辺に相当量の賦存が期待されているメタンハイドレートについて、将来のエネルギー資源として位置付け、その利用に向け、経済的に掘削・生産回収するための技術開発を推進し、エネルギーの長期安定供給確保に資する。

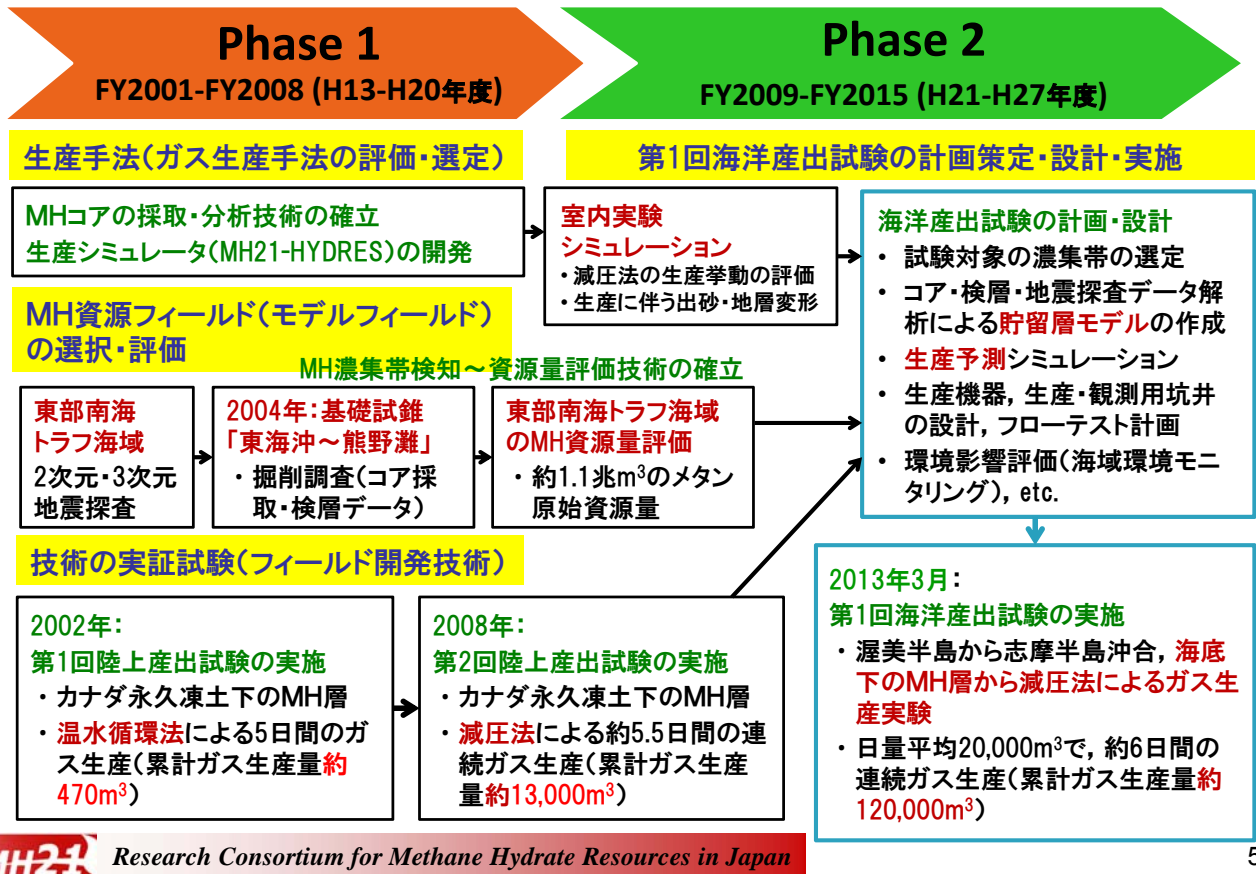
【目標】

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
4. 選択されたメタンハイドレート資源フィールドでの海洋産出試験の実施
5. 商業的産出のための技術の整備
6. 環境保全に配慮した開発システムの確立

【研究開発期間(3段階のアプローチを設定)】

- フェーズ1 (2001~2008年度)
目標1, 2, 3の達成
- フェーズ2 (2009~2015年度)
目標4の達成[我が国近海での海洋産出試験の実施]
- フェーズ3 (2016~2018年度)
目標5, 6の達成[最終目標:メタンハイドレート商業的産出のための技術の整備]

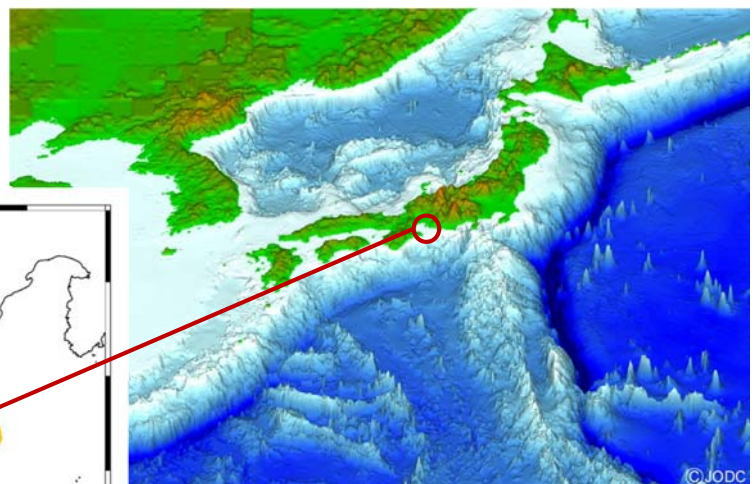
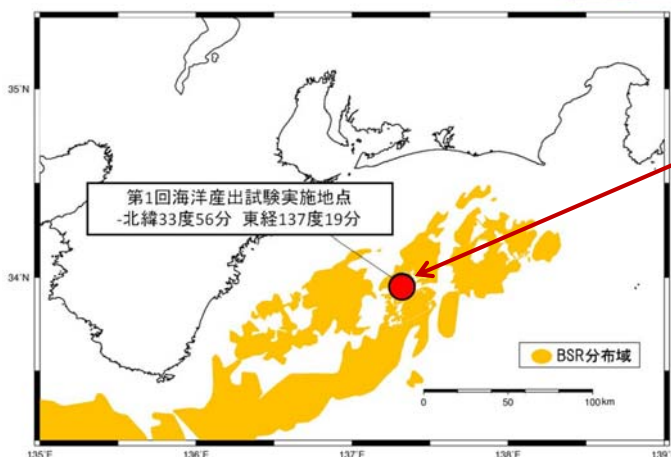
現在までのMH開発研究の成果(流れ)



5

第1回海洋産出試験の海域

- 渥美半島から志摩半島沖合[第二渥美海丘のMH濃集帯]
- 水深: 約 1,000 m
- 海底面からMH層上部までの深度: 約270 m



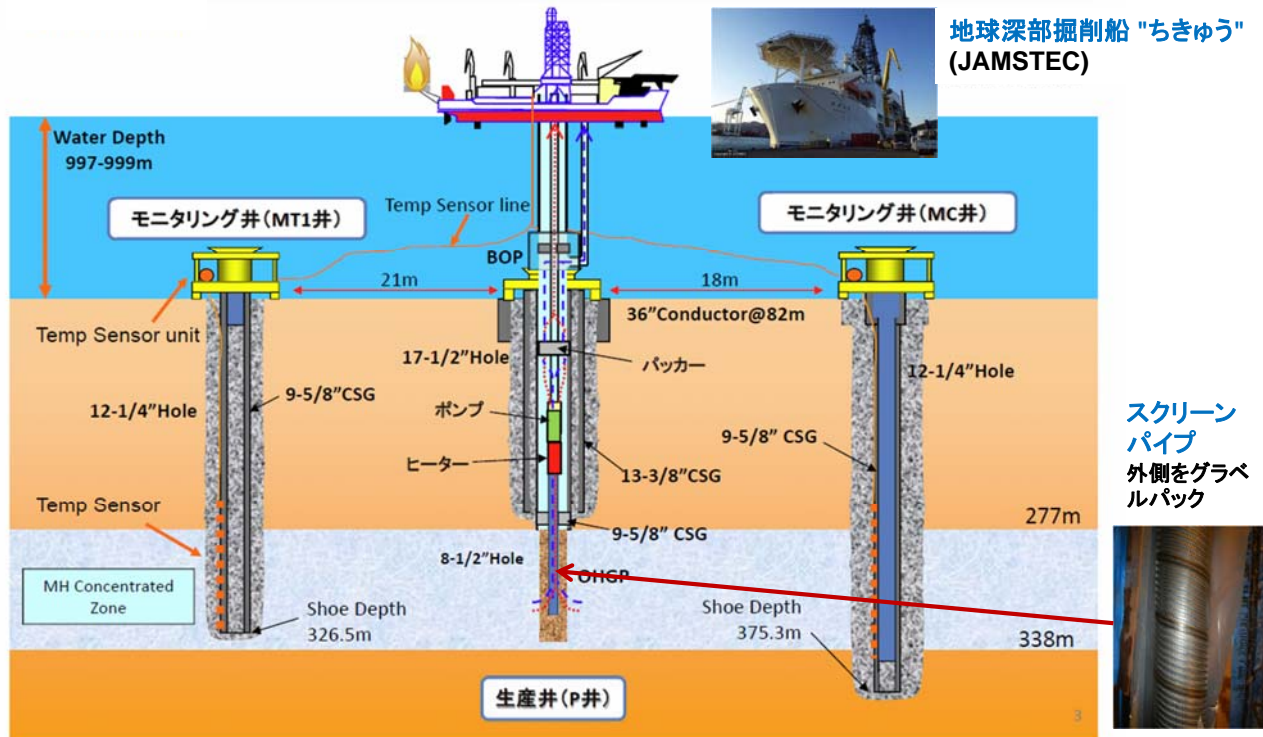
(上図の出所) 海上保安庁 海底地形図
<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN9/sodan/kaiteitikei/japan006.jpg>

(左図の出所) 経済産業省 第20回メタンハイドレート開発実施検討会(平成23年8月2日)

資料5-2:第1回海洋産出試験の実施地点の決定について (http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004108/020_haifu.html)

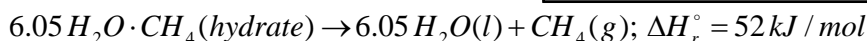
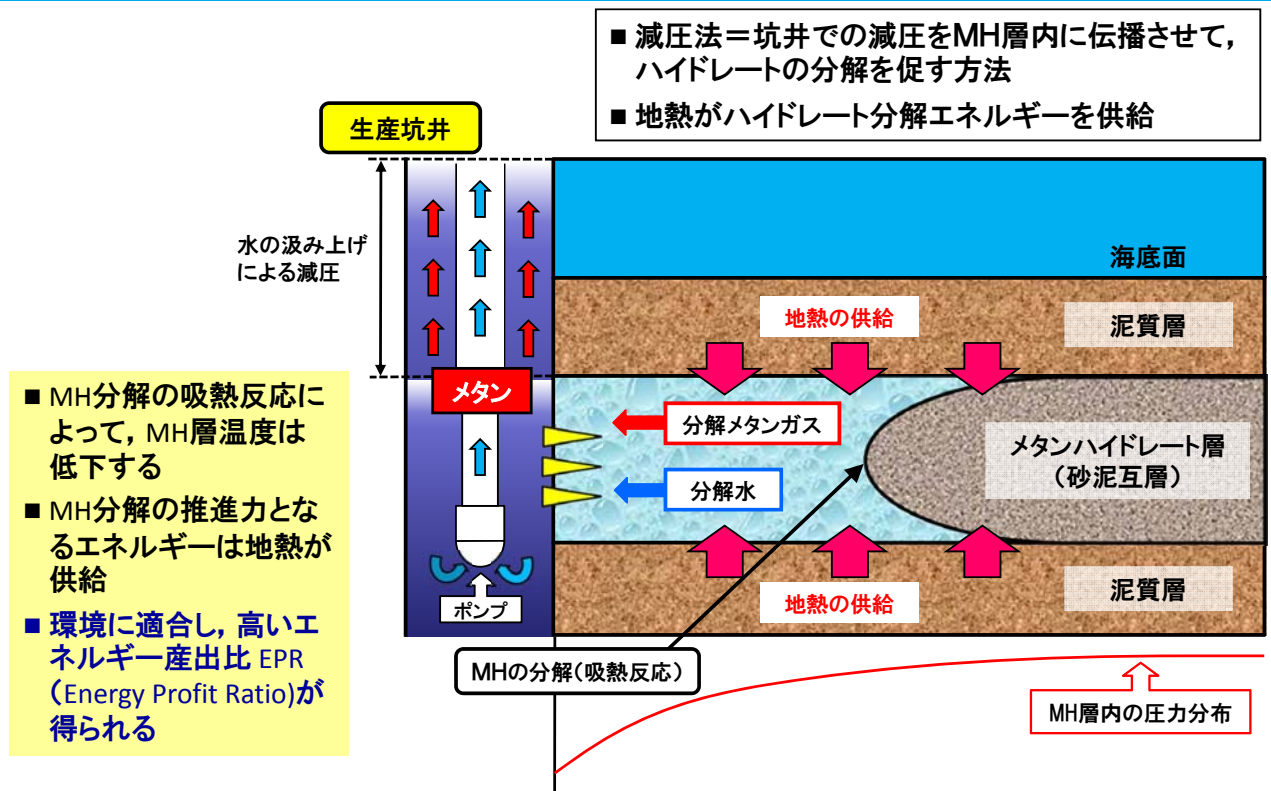
6

第1回海洋産出試験(ガス生産実験)



(図の出所) 経済産業省 第26回メタンハイドレート開発実施検討会(平成25年12月16日)
資料5: 第1回海洋産出試験の結果報告について(http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004108/026_haifu.html)

技術実証 (1) 減圧法によるガス生産と分解モニタリング



坑井からの距離

減圧法－燃える氷(Flammable Ice)から考える

- メタンハイドレート結晶は、低温・高圧の条件下で安定に存在
 - － 周りの圧力が下がると、メタンガスと水に分解する



Methane hydrate

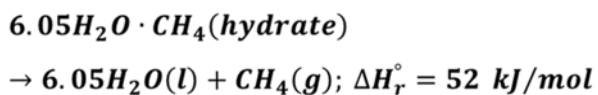
大気圧条件



Flammable ice

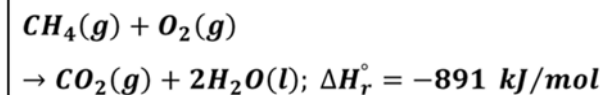
圧力を下げると、メタンがハイドレート(水分子の籠)から放出される。

吸熱反応

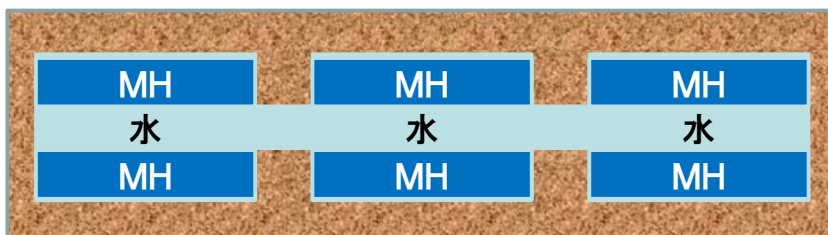


放出されたメタンが燃焼する。

発熱反応

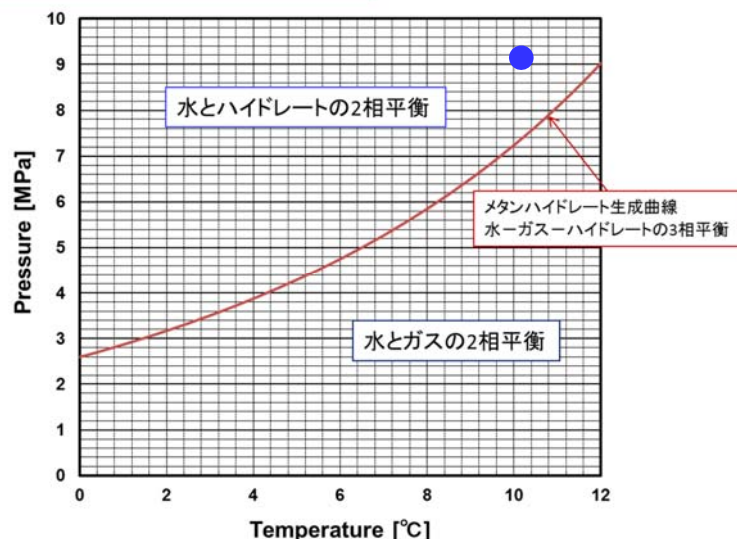


減圧法によるMH分解とガス生産の原理(1/4)

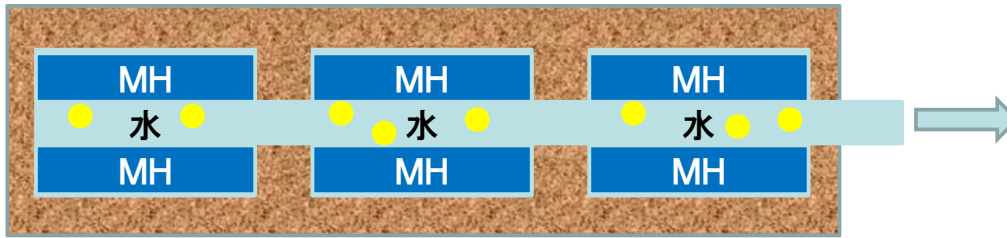


初期状態:

- MHを含む砂層の圧力・温度条件は、MHの安定領域
- 砂層内の孔隙では、MHと水が存在

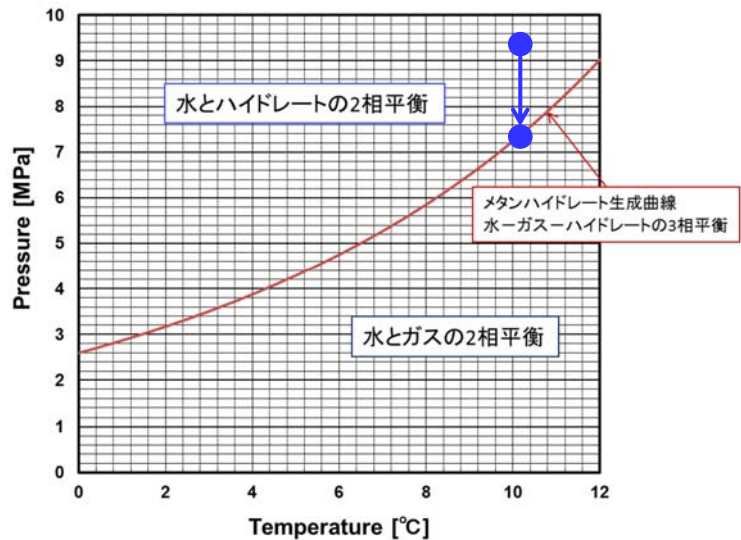


減圧法によるMH分解とガス生産の原理(2/4)

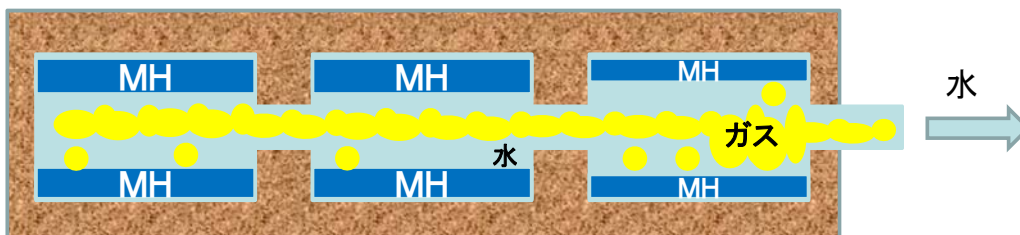


減圧:

- MHを含む砂層の端面に井戸(通路)を作り, 端面の圧力をMH分解圧力以下に低下させる
- 端面での減圧が, 水を通じて砂層内に伝わり, 砂層内のMHが分解し始める

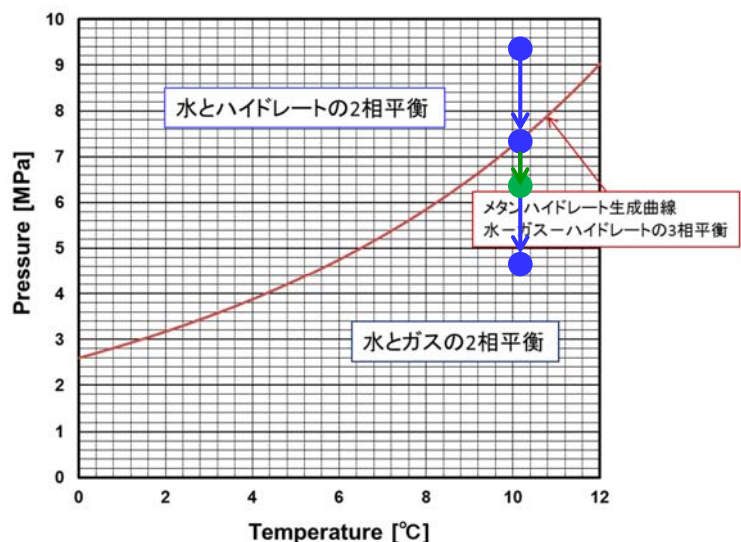


減圧法によるMH分解とガス生産の原理(3/4)

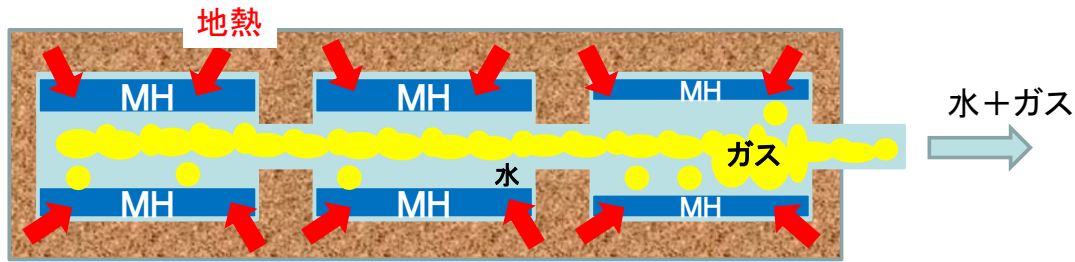


減圧の継続:

- 端面から水を生産することによって, 端面での圧力をさらに下げる(●)
- 砂層内の孔隙圧力は, 孔隙内の流動抵抗分だけ端面圧力より高いが, MH分解圧力より低い状態に維持される(●)
- MH分解によって発生したガスの飽和率が高くなると, ガスは連続相となり, 端面から生産され始める

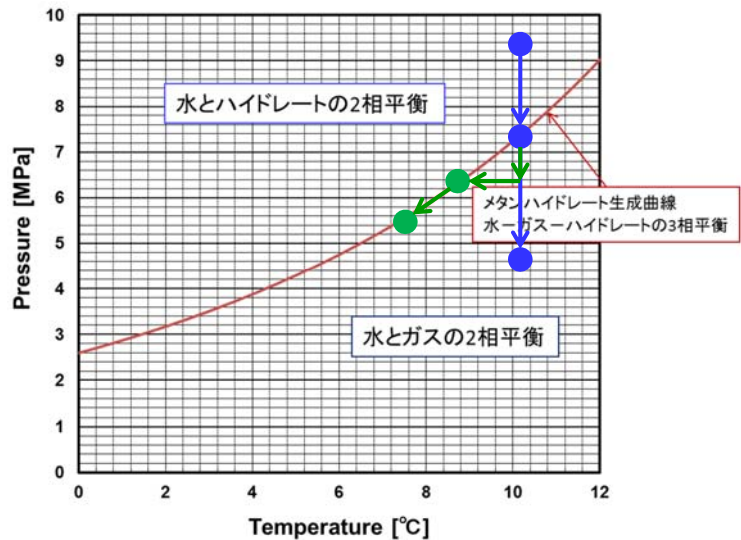


減圧法によるMH分解とガス生産の原理(4/4)



減圧の継続と水・ガスの生産:

- MH分解による吸熱反応で、砂層の温度は低下する。MHが存在していれば、3相平衡圧力曲線まで温度は低下する (●)
- 地層の初期温度は高いので、その顕熱(地熱)供給によって、地層内ではMHの分解が継続する
- 地層温度は徐々に低下しながら、MH分解が継続する

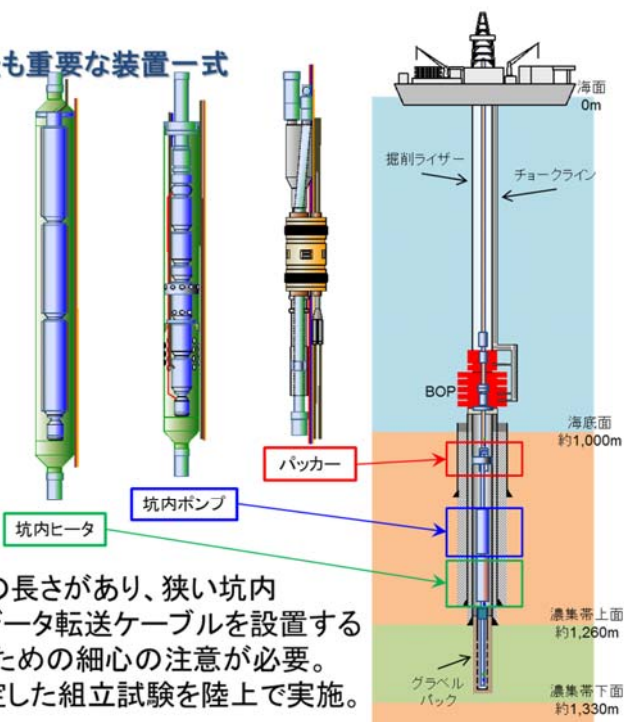


技術実証(2) 生産井とその坑内機器

●坑内機器:減圧を行うための最も重要な装置一式

(1) 主要装備と主な役割

- ・坑内ヒータ:約36m
 - 生産流体を加熱することで、流体の温度圧力条件を、メタンハイドレート安定領域外に維持し、流路におけるハイドレートの再生成を防ぐ。
- ・坑内ポンプ:約30m
 - 生産水を排出し、水頭の位置を調整することで、坑底圧の減圧を行う。
- ・パッカー:約2m
 - パッカー上下のアニュラス部の圧力シールを確立させる。



(2) 留意点

- ・坑内機器は一式で300m以上の長さがあり、狭い坑内(内径22cm)に多数の電源、データ転送ケーブルを設置することとなるため、損傷等を防ぐための細心の注意が必要。
- ・このため、船上での作業を想定した組立試験を陸上で実施。

(図の出所) 経済産業省 第24回メタンハイドレート開発実施検討会(平成25年4月5日)

資料6-2:フィールド開発技術グループ(http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004108/024_haifu.html)

技術実証 (3) 生産実験の環境モニタリング

●環境モニタリング作業

・地層変形モニタリングシステム及び総合環境モニタリングシステムという2種類のシステムをMH分解の影響範囲及び坑井近傍に設置し、MHの分解に伴い生じる可能性のある海底面の変形及びメタンの漏洩の可能性をモニターする。

(1) 地層変形モニタリングシステム →海底面の変形をモニタリングする装置



- ・全8台を設置
- ・計測項目
 - ①傾斜
 - ②圧力
 - ③温度
 - ④位置・方位

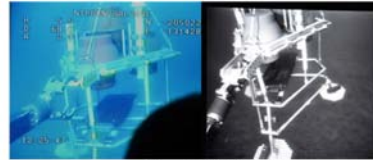
(2) 総合環境モニタリングシステム →メタンの漏洩をモニタリングする装置



- ・全5台を設置
- ・計測項目
 - ①溶存メタン濃度
 - ②溶存酸素濃度
 - ③塩分
 - ④水温
 - ⑤流向流速

(3) スケジュール

- ・平成24年10月15日～11月6日：地層変形モニタリングシステムの最終動作確認試験実施
- ・平成24年11月19日～11月21日：総合環境モニタリングシステムの最終動作確認試験実施
- ・平成24年12月1日～12月12日頃：**両モニタリングシステムの現場海域への設置作業**
- ・設置後～平成25年6月頃：連続計測の実施
- ・平成25年6月頃～：データ解析の実施



(4) 設置作業の概要

- ・ROVを用いて設置作業を実施。
- ・サイズ、重量ともに大きい総合環境モニタリングシステムについては、ROVを用いたモニタリングシステムの設置のための事前検討としてH23年度にハンドリング試験を実施。

<ハンドリング試験の様子>



<設置作業で用いる航洋丸>

(図の出所) 経済産業省 第24回メタンハイドレート開発実施検討会(平成25年4月5日)

資料6-2:フィールド開発技術グループ(http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004108/024_haifu.html)

技術実証 (4) 長期の環境影響モニタリング

海域環境調査

- ・海洋産出試験の試験実施地点である第二渥美海丘近傍での調査を実施
- ・継続的に実施している事前事後調査の他、掘削時の環境影響の計測として、音及び掘削時の水の濁りについて調査を実施
- ・生態系の把握を目的とした、魚類相の調査を実施

⇒ 本調査は、**フェーズ2終了時まで継続実施**の予定

	平成23年度						
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
事前・事後調査	○					○	○
掘削時調査						○	○
魚類相調査						○	○
漁業振興実証調査						○	○

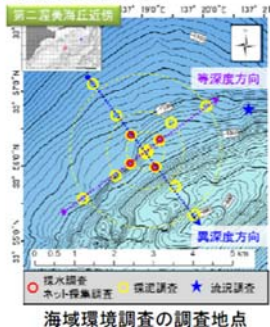
H23年度
海域環境調査スケジュール



掘削時の音響調査

(センサー(上)と計測(右))

□ 試験の環境影響確認



海域環境調査の調査地点

ネット採魚

- 調査機材: フランクtonネット・丸網ネット
- 調査機材: 網目からネットを曳網
- 調査機材: フランクton網、魚類・稚魚を採取



採水

- 調査機材: ロゼットサンプラー
- 調査機材: ニースキン採水器
- 調査機材: 所定の水深の水を乱射器採取

海域環境調査の調査項目

採魚

- 調査機材: マルチフルアラー
- 調査機材: 海面から数10cmの短いコア採りを採取



魚類相調査の状況

(図の出所) 経済産業省 第21回メタンハイドレート開発実施検討会(平成24年3月30日)

資料5-5 環境チーム (http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004108/021_haifu.html)

第1回海洋産出試験の成果と課題



第1回メタンハイドレート海洋産出試験(ガス生産実験)

JOGMECchannel · 15本の動画 359回再生

公開日: 2013/06/28
2013年1月~3月に実施しました。第1回メタンハイドレート海洋産出試験(ガス生産実験)の映像です。

石油天然ガス・金属鉱物資源機構
JOGMECchannel - YouTube

<http://www.youtube.com/watch?v=jfdGC3GIKPE>

● 成果 (世界初の海洋MHからのガス生産)

2013年3月: 第1回海洋産出試験の実施

- ・ 渥美半島から志摩半島沖合、海底下のMH層から減圧法によるガス生産実験
- ・ 日量平均20,000m³で、約6日間の連続ガス生産(累計ガス生産量約120,000m³)

● 技術課題

1. 長期・安定的なガス生産

- ・ 坑井内に砂が流入する出砂が予想以上に発生したことや気象条件の悪化等により、当初2週間を予定していたガス生産実験が約6日間で終了

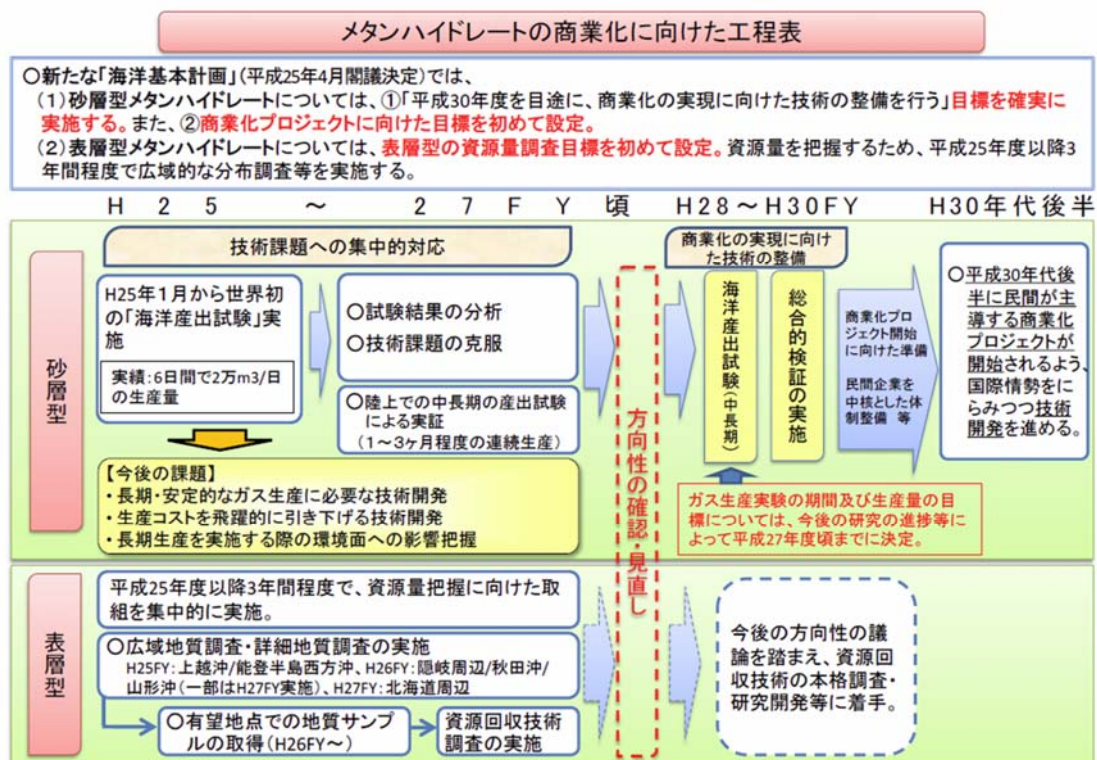
→ 出砂など長期安定生産を行う上で障害となる課題を克服する技術開発

2. 生産量の増加

- ・ ガス生産量はカナダでの陸上産出試験時の生産量より大幅に増加したが、将来の商業化のためには、一つの坑井からの生産量をさらに増大させる必要がある

→ 減圧法の改良等の技術開発

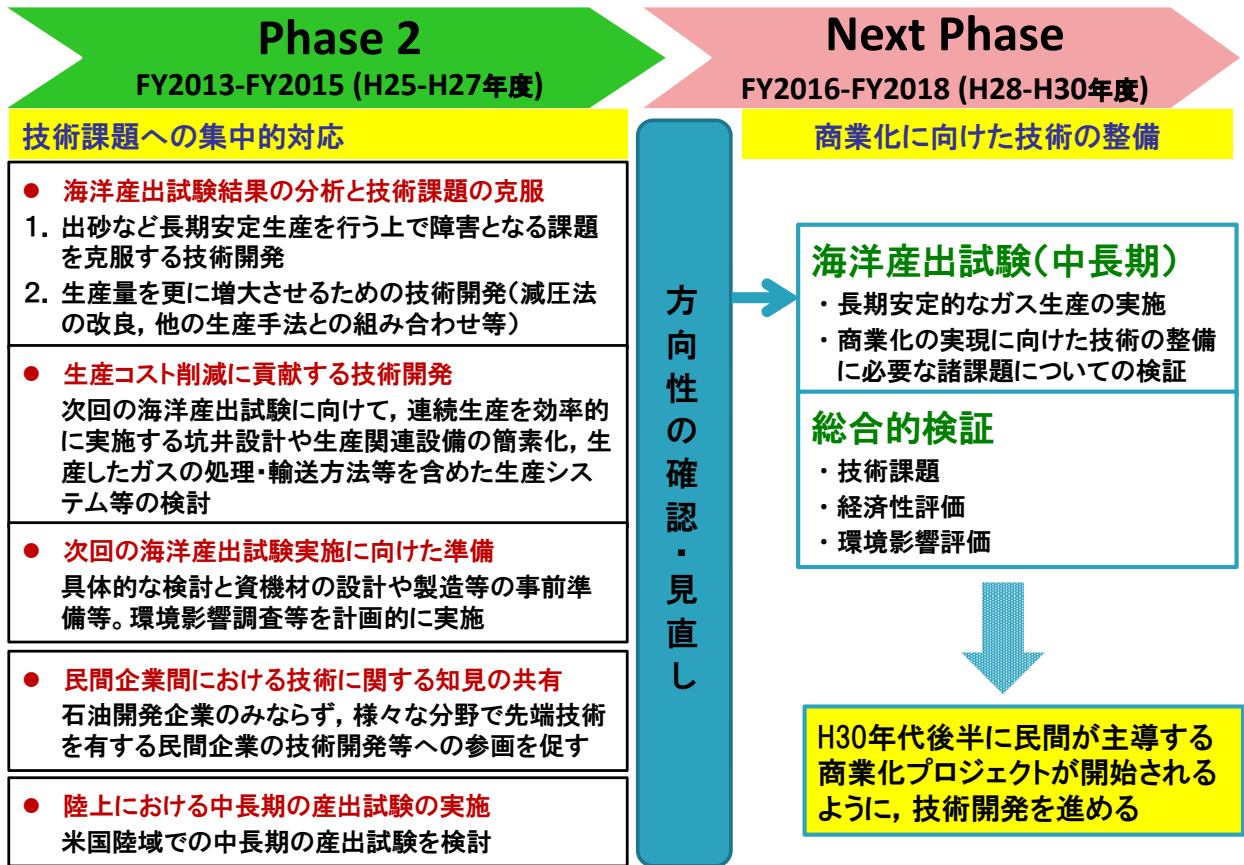
海洋エネルギー・鉱物資源開発計画(平成25年12月24日)



(図の出所) 経済産業省「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」の改定について

http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/shigen_nenryo/report_01.html

今後のMH開発研究の展開(計画)



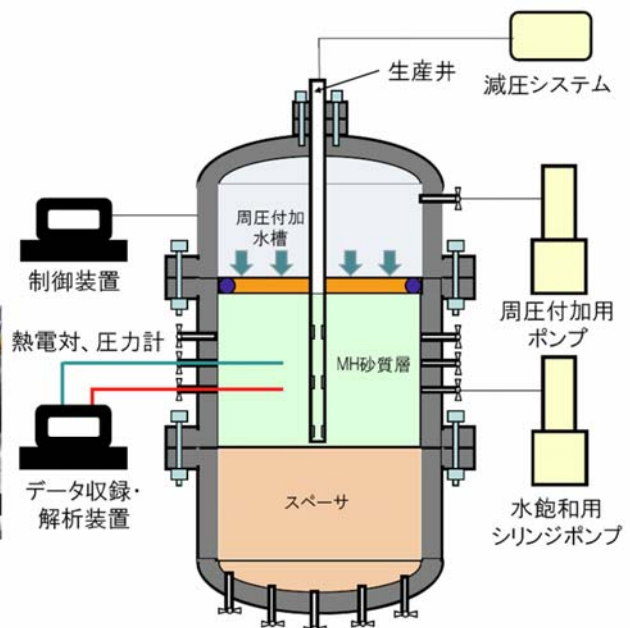
生産手法の高度化(生産量を更に増大させるための技術開発)

◆ (独)産業技術総合研究所メタンハイドレート研究センター

- ・ 大型のMH生産試験装置を導入
- ・ 減圧法を用いた場合の回収率評価や補完的にMH層に熱を加えることによって回収率を向上させるための研究



・拘束圧: 15MPa以上
・内径: 1m, 内高: 1.5m
・使用温度: -5~20°C



(図の出所)
(独)産業技術総合研究所 メタンハイドレート研究センター
MHRC Newsletter No.8 (<http://unit.aist.go.jp/mhrc/alliance.html>)

MH開発技術の市場は世界に広がる可能性

Calculated Gas In-Place in Hydrate-Bearing Sands
Total Median = 43,311 tcf

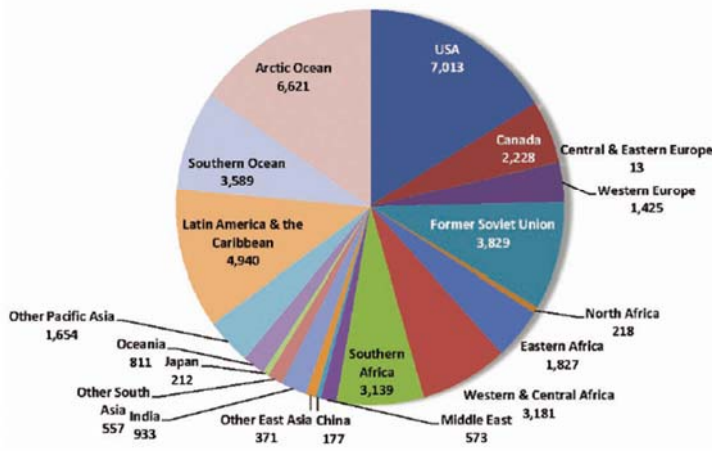


Figure 1: Calculated gas in-place in hydrate-bearing sands (median, tcf).

(Source) Johnson, A.H., "Global Resource Potential of Gas Hydrate-A New Calculation", Fire in the Ice, vol.11 (2), US DOE, 2011.

A. Johnsonが、石油システムのアプローチで最近試算した数値

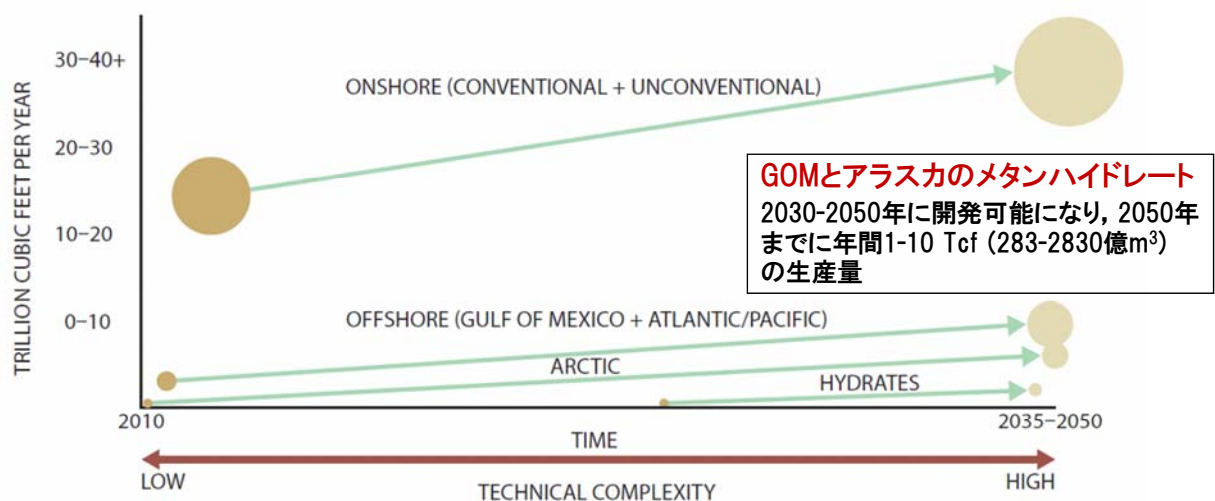
- **世界の原始資源量**
43,311 tcf(約1,226兆m³)

→ 実際は、アジアよりも米国、北極海などに多く存在



NPC(米国)によるガス生産ポテンシャル予測

Figure 1-6. North American Natural Gas Production Potential

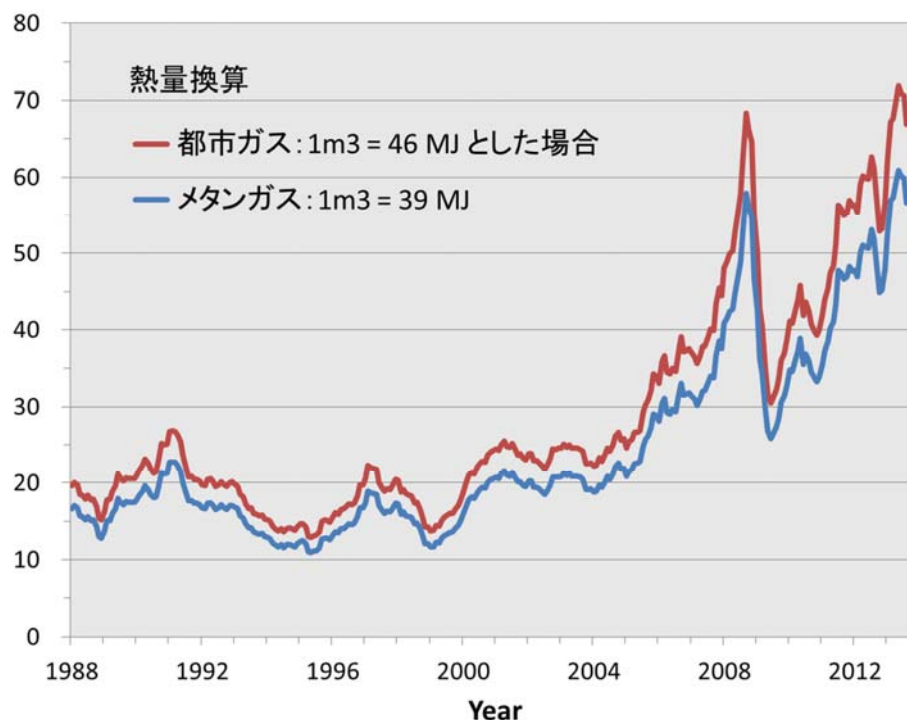


Note: North American oil and gas resource types have varying capabilities to influence future supply requirements. This chart demonstrates the growth potential and technical complexity required to develop each resource. Relative bubble sizes and vertical scale indicate supply potential for each resource type in current and future views. The bubble color provides an indication of the technical complexity required to develop each resource. While many of the resource types have growth potential under the right regulatory and market conditions, those most likely to underpin future demand are what today are considered "unconventional" oil and gas.

図の出所: NPC(National Petroleum Council): Chapter One: Resource and Supply in "Prudent Development: Realizing the Potential of North America's Abundant Natural Gas and Oil Resources (2011)". <http://www.npc.org/>

参考: 輸入LNG価格に基づくガス価格の推移

ガス価格 (円/m³)



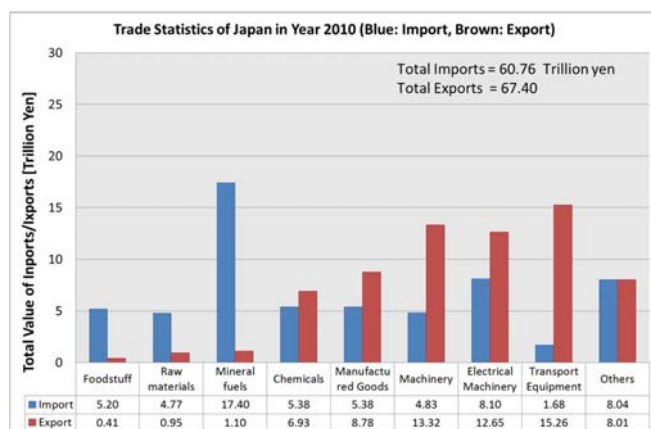
Source: 貿易統計(財務省, <http://www.customs.go.jp/toukei/info/index.htm>) のデータと為替レートから作成



参考: 日本の貿易収支の悪化(震災前後の比較)

- 貿易赤字の主要因は燃料の輸入
- 2012年は、鉱物燃料の輸入額だけで約24兆円(輸入総額の約34%): 財務省貿易統計

2010年の貿易収支



鉱物燃料の輸入額 = 17.4兆円

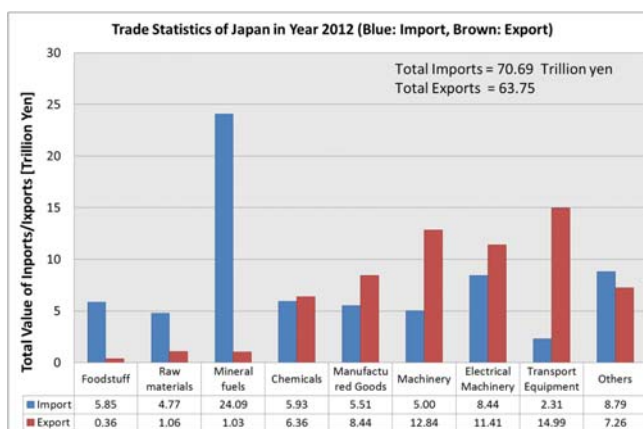
内訳)

原油: 9.4兆円, 石油製品: 1.6兆円

LNG: 3.5兆円, LPG: 0.8兆円,

石炭: 2.1兆円

2012年の貿易収支



鉱物燃料の輸入額 = 24.1兆円

内訳)

原油: 12.2兆円, 石油製品: 2.5兆円

LNG: 6兆円, LPG: 1兆円,

石炭: 2.3兆円

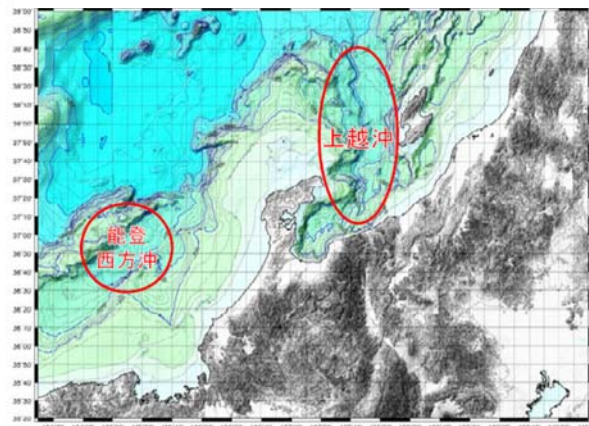


補足：表層型メタンハイドレート



経済産業省
metichannel - YouTube

<http://www.youtube.com/watch?v=gt8nxR6Q6o>



平成25年度表層型メタンハイドレート調査映像

metichannel 599本の動画 518回再生

チャンネル登録 2,402

公開日: 2013/11/29

資源エネルギー庁では、表層型メタンハイドレートの資源量把握に向けて、平成25年度から本格的な調査を開始しています。本年9月には、長期間の海洋環境と生物環境の変動を把握するため、無人探査機(ROV)により、モニタリング装置を設置しました(1年後に回収予定)。同時に、海底浸食と大規模崩壊によって露出したガスチムニー構造上部(ハイドレートマウンド)の内部構造観察を初めて実施し、ガスチムニー構造内部に表層型メタンハイドレートが存在することを確認しました。20秒頃から見える白い物質がメタンハイドレートです。また、1分26秒頃から見える泡がメタガスです。

25

最後に：MH21の研究体制

MH21研究コンソーシアムは、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)と(独)産業技術総合研究所で構成され、経産省からの委託事業を実施しています。研究には国内外大学、民間企業が参加し、Grリーダー、Teamリーダーが担当分野の研究を取り纏めています。関係者の方々のご尽力に謝辞を表します。

- ・ 経済産業省 資源エネルギー庁
- ・ メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム(MH21)
 - プロジェクトリーダー
増田 昌敬(東京大学)
 - サブプロジェクトリーダー
成田 英夫(産業技術総合研究所・メタンハイドレート研究センター)
佐伯 龍男(JOGMEC:石油天然ガス・金属鉱物資源機構)
 - 推進Grリーダー
磯部 人志(JOGMEC)
 - 資源量評価Grリーダー
藤井 哲哉(JOGMEC)
 - フィールド技術開発Grリーダー
山本 晃司(JOGMEC)
 - 生産手法開発Grリーダー
長尾 二郎(産総研)
 - 環境チームリーダー
中塚 善博(JOGMEC)