



新しい天然ガス資源

メタンハイドレート

「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」フェーズ2

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム（MH21）

メタンハイドレートについて

人工のメタンハイドレート結晶を机の上に置いて観察すると、色が白く、触ると冷たい、氷のような物質ですが、火をつけると燃えます。そのため「燃える氷」と呼ばれることがあります。メタンハイドレートとはどのような物質なのでしょうか？そして、なぜ「新しい天然ガス資源」と呼ばれているのでしょうか？

メタンハイドレートとは？

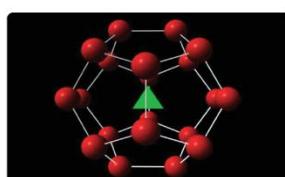
メタンハイドレート(Methane Hydrate)は、メタン分子の周りを水分子が取り囲む包接水和物という物質です。

メタン分子の周りを水分子が囲み、低温高圧という環境のもとで固体となったものがメタンハイドレートです。メタンハイドレートは、温度が上がったり、圧力が下がったりすると分解し、燃えやすいメタンガスと水になります。

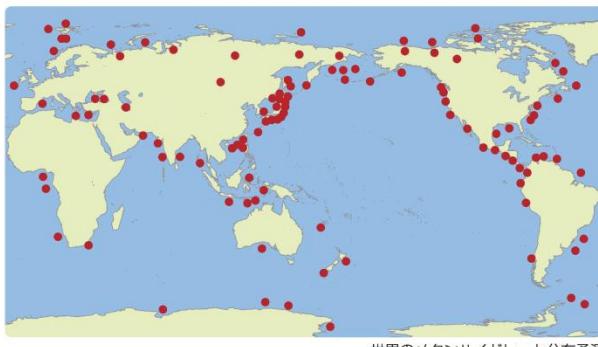
よって、火を近づけるとメタンハイドレートは燃え、そして、燃えた後に水が残るのです。



人工のメタンハイドレート

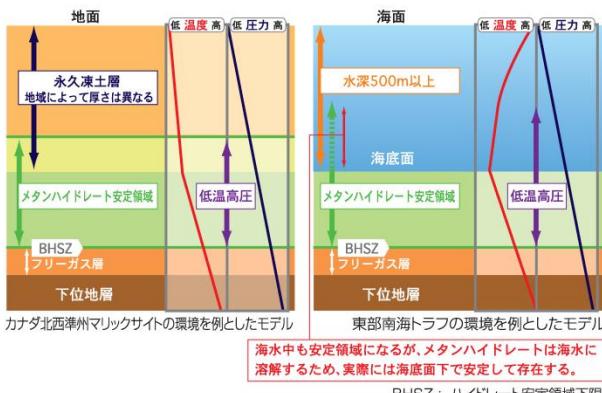


メタンハイドレートの構造 緑:メタン 赤:水



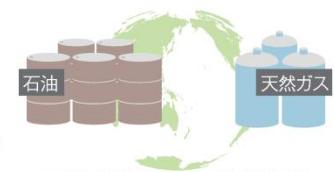
メタンハイドレートは何故注目されるのか？

世界的に見てメタンハイドレートが存在できる低温高圧という環境は、永久凍土層地帯や、深海の海底面下に存在します。世界中にはその環境を実現できる場所は多くあり、メタンハイドレートは世界中に分布しています。そして、石油・天然ガスのようなエネルギー資源が少なく、エネルギー資源を輸入に頼る日本にも、多く存在すると推測されています。



メタンハイドレートは天然ガス

メタンハイドレートに含まれているメタンは、天然ガスの主成分です。すなわち、メタンハイドレートの開発は天然ガスの開発と同じで、利用方法も同じです。天然ガスは石油・石炭に比べ、燃焼時の二酸化炭素や大気汚染物質の放出が少ないクリーンなエネルギー資源と言われています。したがって、メタンハイドレートもクリーンなエネルギーと呼ぶことができるのです。



未来のエネルギーとして、
メタンハイドレートは
社会にも環境にも貢献します。

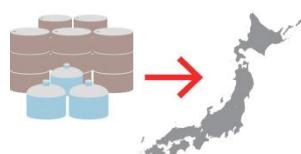
限りある世界のエネルギー資源

石油、天然ガスは限りある地球の資源です。代替エネルギー資源を探すこと



温室効果ガス、排気ガスの問題

石油や石炭が燃焼すると温室効果ガスである二酸化炭素(CO₂)、大気汚染のもととなる硫黄酸化物(SO_x)や窒素酸化物(NO_x)が排出されます。



日本周辺にも大量に存在

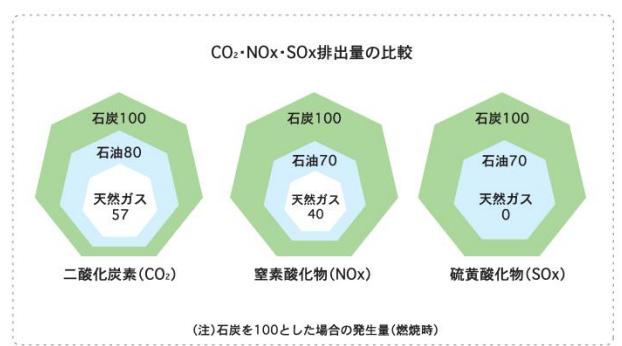
日本周辺にも大量にメタンハイドレートが存在すると推測されています。



乏しい日本のエネルギー資源

日本は、石油・天然ガスなどのエネルギー資源に乏しく、ほとんどを輸入に頼っています。

メタンハイドレートから得られたメタンガスは、家庭の都市ガスや発電燃料、天然ガス車、燃料電池など、様々なエネルギーとして利用できます。



メタンハイドレートから得られたメタンガスは、硫黄酸化物や窒素酸化物、二酸化炭素の排出量が石油や石炭と比べて少なくクリーンな資源です。

メタンハイドレートの生産手法

石油や天然ガスは流体のため井戸を掘るだけで噴き出し(自噴)しますが、メタンハイドレートは固体のためそのままでは自噴しません。メタンハイドレートを地層の中で分解させ、メタンガスだけを採取するのがメタンハイドレートの生産手法です。地層の中で効率よく、経済的にメタンハイドレートを分解させる手法の確立が必要です。フェーズ1では、実験やシミュレーションにより、「減圧法」主体の生産手法が有効であることが分かりました。

効率よく、経済的な生産手法を求めて

低温高圧で安定するメタンハイドレートを地層中で分解させるには「温度を上げる」「圧力を下げる」の他にインヒビターと呼ばれる薬剤を注入する方法などがあり、それぞれ「加熱法」「減圧法」「インヒビター圧入法」などと呼ばれます。効率よく経済的にメタンハイドレートを分解させる手法はどれでしょうか? MH21は、その生産手法を求め、フェーズ1において、分析・実験・シミュレーション・フィールドでの実証を通して、科学的な検討を行いました。



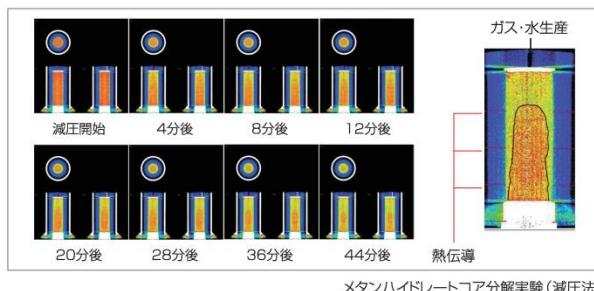
メタンハイドレート層の物性を調べる

効率よい生産手法を探すためには、メタンハイドレート濃集帯を形成する砂質層孔隙充填型メタンハイドレート層の物性を知らなければなりません。天然試料や人工の模擬メタンハイドレート層を作製し、その物性を調べました。



メタンハイドレート層の分解挙動を調べる

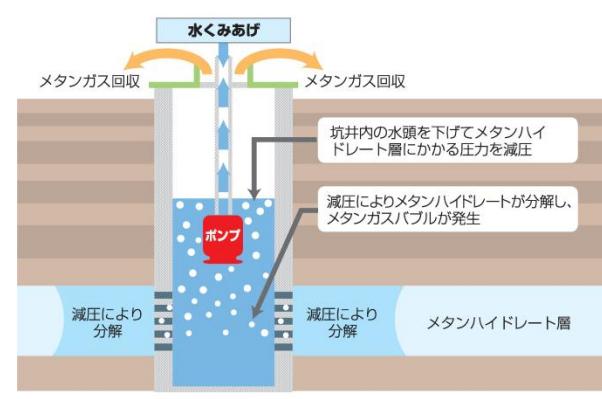
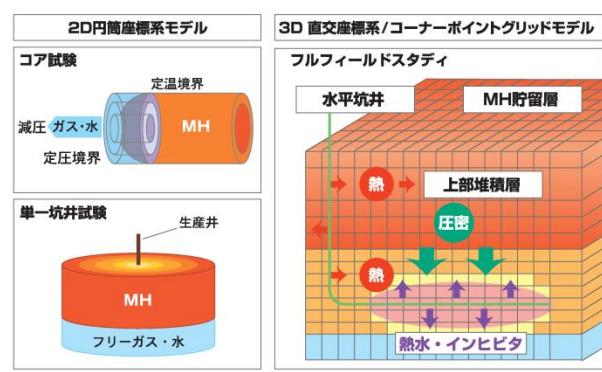
メタンハイドレートを含む地層の物性について分かってきましたが、実際に地層の中でどのようにメタンハイドレートが分解しているのかも知る必要があります。模擬メタンハイドレート堆積層内の分解の様子を、医療で用いられているX線CT装置で可視化できるように改良し、減圧法、加熱法など様々な生産手法を模擬してメタンハイドレート分解挙動を調べました。



生産シミュレータを使って最適な生産手法を調べる

実験室で得られたデータは、MH21が独自に開発したメタンハイドレート生産シミュレータ「MH21-HYDRES」に入力されました。MH21-HYDRESはフィールドレベルで様々な生産手法をシミュレーションすることができます。

MH21-HYDRESのシミュレーション結果により、効率よく、経済的なメタンハイドレート生産手法は「減圧法」だということが分かりました。



フィールドでの実証

「減圧法」による生産をフィールドで実証するために、永久凍土地帯にメタンハイドレートが存在するカナダ北西準州・マッケンジーデルタ・マリックサイトに赴き、減圧法によるフィールドテストを行いました。その結果、2008年、世界で初めて減圧法による連続生産に成功し、減圧法が有効なメタンハイドレート生産手法であることを実証しました。



我が国におけるメタンハイドレート開発計画

1990年代前半からメタンハイドレート開発に関する基礎研究が始まり、2001年7月経済産業省から「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」が発表され、本格的なメタンハイドレート開発研究が始まりました。この開発計画を実行するために組織されたのがメタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム(通称:MH21)です。



2002年第1回陸上産出試験

「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」の目標

- 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

メタンハイドレート開発研究の歴史

1810 年	塩素ハイドレート発見
1888	メタンハイドレート報告
1934	ハイドレート発生が、ガス輸送パイプラインの閉塞原因であることを発見
1965	シベリア永久凍土環境下の地層中でハイドレートが形成されることを実証
1970代	BSRとメタンハイドレートに関する初期研究が実施される
1979	中米海溝で初めてメタンハイドレートのサンプルを回収
1980	南海トラフ周辺海域でBSR発見の報告
1989	奥尻海嶺でメタンハイドレートのサンプルを回収
1990	四国沖南海トラフでメタンハイドレートのサンプルを回収
1990年代前半	(財)エネルギー総合工学研究所などで非在来型天然ガスの一つとして、メタンハイドレートの研究開始
1995-2000	石油公団(TRC)を中心に民間10社で特別研究「メタンハイドレート開発技術研究」を実施
1996	「日本周辺のメタンハイドレート資源量が年間天然ガス消費量より2桁程度大きい説」公表
1999-2000	基礎試錐「南海トラフ」メタンハイドレートのサンプルを回収
2000	経済産業省にメタンハイドレート開発検討委員会設置
2001/07	経済産業省から「メタンハイドレート開発計画」発表
2001-2002	カナダにおいて第1回陸上産出試験を実施。世界で初めてメタンハイドレート層からメタンガスを生産(温水循環法)
2002/03	メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム発足
2002	基礎物理探査「東海沖～熊野灘」(三次元地震探査)実施
2004	基礎試錐「東海沖～熊野灘」実施
2007/03	経済産業省から東部南海トラフでのメタンハイドレート原始資源量公表
2007/04	カナダにおいて第2回陸上産出試験(第一冬)実施 減圧法によりメタンガスを生産
2008/03	カナダにおいて第2回陸上産出試験(第二冬)実施。減圧法により連続的に(約6日間)メタンガスを生産
2009/04	「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」フェーズ2開始



2002年三次元地震探査船



2002年三次元地震探査



室内実験装置



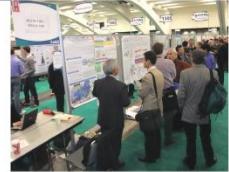
室内実験装置



2004年基礎試錐



一般向け成果報告会



海外での学会発表



第2回陸上産出試験サイト全景

フェーズ1の成果ハイライト

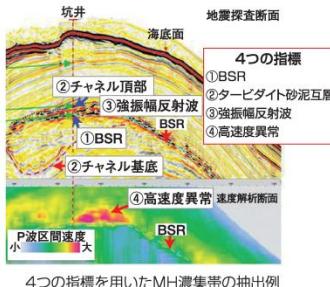
2001～2008年度に実施された「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」フェーズ1において、日本は輝かしい業績を挙げました。これらの研究結果により、日本はメタンハイドレート開発研究における世界のトップランナーとして認められるようになりました。

1 開発可能性が高いMH濃集帯を確認

開発可能性を持つと考えられる規模とMH含有率を持つMH濃集帯を東部南海トラフにおいて世界で初めて確認しました。

2 MH濃集帯の地震探査による探査手法を世界で初めて確立

石油・天然ガス探査で使用される地震探査手法によりMH濃集帯の存在を推定する手法を世界で初めて確立しました。



3 東部南海トラフMH原始資源量を計算

地震探査や掘削調査(基礎試錐)の結果から東部南海トラフのMH原始資源量を確率論的に世界で初めて計算しました。

4 MHの物性や分解挙動を測定する室内実験機器の開発と手法の確立

MHは低温高圧という環境で安定なため、MHの物性や分解挙動を測定できる室内実験機器の開発や手法を確立しました。

5 MH層からメタンガスの産出挙動を予測する我が国独自のMH生産シミュレータを開発

理論式や実験結果などをモデル化して、フィールドレベルの産出挙動を予測する、我が国独自のMH生産シミュレータを開発しました。

6 減圧法がMH濃集帯の生産手法として有効であることを科学的データに基づき世界で初めて提唱

室内実験の結果及びMH生産シミュレーションの結果により、東部南海トラフのメタンハイドレート濃集帯に対する有効な生産手法は「減圧法」であることを世界で初めて提唱しました。

7 陸上産出試験により減圧法の有効性をフィールドレベルで実証

カナダ永久凍土地帯において、世界で初めて減圧法により約6日間のMH層からのメタンガス連続産出に成功しました。

※文中で、メタンハイドレート＝MHとします。

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

基礎研究

(調査技術、分解生成技術、生産技術、環境影響評価等)

2001 年度	二次元地震探査(東部南海トラフ) 第1回陸上産出試験(カナダ)
2002	三次元地震探査(東部南海トラフ)
2003	基礎試錐(東部南海トラフ)
2004	
2005	
2006	中間評価
2007	第2回陸上産出試験第1冬(カナダ) 第2回陸上産出試験第2冬(カナダ)
2008	フェーズ1最終評価

フェーズ2

海洋産出試験を通じての技術課題の抽出
経済的な生産手法の提示

我が国周辺海域のMH賦存状況の把握
海洋産出試験を通じての環境影響手法の提示

2009 年度	
2010	海洋産出試験準備 陸上産出試験
2011	中間評価
2012	海洋産出試験
2013	
2014	海洋産出試験
2015	フェーズ2最終評価

フェーズ3

2016 年度

商業的産出準備
総合評価
(経済性、環境影響等)

2017
2018 プロジェクト最終評価

※本スケジュールはフェーズ1終了時に設定されたものである

フェーズ2の計画と目標

2009年度から「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」フェーズ2が開始しました。フェーズ1から実施体制を改め、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構、(独)産業技術総合研究所が中心となって開発研究を進めます。フェーズ2の最大のイベントは我が国周辺海域で実施される2回の海洋産出試験です。

フェーズ2の目標

1. 海洋産出試験の実施による生産技術の実証と商業的産出のための技術課題の抽出
2. 経済的かつ効率的な採収法の提示
3. 我が国周辺海域でのメタンハイドレート賦存状況の把握
4. 海洋産出試験を通じた環境影響評価手法の提示
5. 我が国周辺海域のメタンハイドレート層が安全かつ経済的に開発できる可能性の提示

フィールド開発技術G

- 海洋産出試験の実施
- メタンハイドレート資源フィールドの特性評価
- 海洋開発システムの検討
- 陸上産出試験の解析と長期試験の実施

生産手法開発G

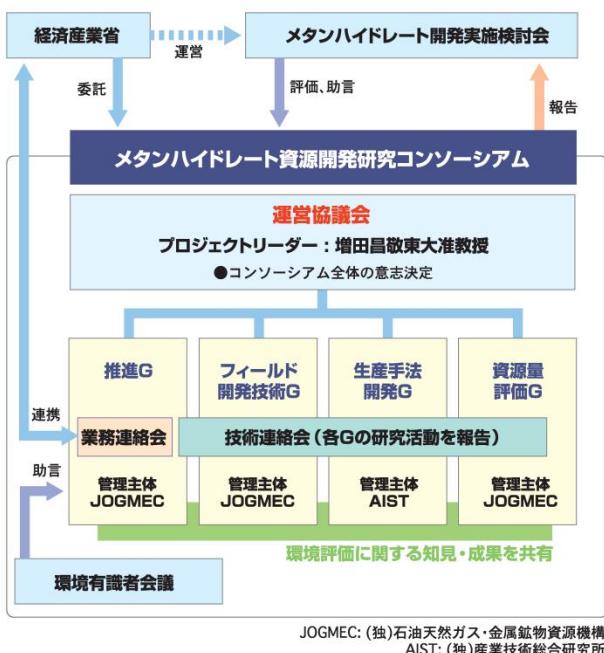
- 生産手法高度化技術の開発
- 生産性・生産挙動評価技術の開発
- 地層特性評価技術の開発

資源量評価G

- 日本周辺海域のメタンハイドレート賦存状況の評価
- メタンハイドレートシステムの検討

推進G

- 企画・運営・広報など
- 経済性検討の統括
- 環境研究の統括
 - ・環境リスクの分析と対策の検討
 - ・環境計測技術の開発
 - ・海洋産出試験における環境影響評価
 - ・メタンハイドレート層開発における環境の総合評価



フェーズ2の実施期間

フェーズ2の実施期間は7年間	前半(2009~2011年度) : 海洋産出試験の準備 陸上産出試験の実施検討				中間評価(2011年度)		最終評価(2015年度)
	後半(2012~2015年度) : 海洋産出試験の実施(2回) 技術課題の抽出						
陸上産出試験の検討	2009年度	2010	2011	2012	2013	2014	2015
海洋産出試験の準備	陸上産出試験 (アラスカなどを想定)				解析・準備		
海洋産出試験の実施				第1回 海洋産出試験		第2回 海洋産出試験	
その他の研究開発							
プロジェクト評価			フェーズ2 (中間評価)				フェーズ2 (最終評価)

開発可能性を持つメタンハイドレート濃集帯

MH21は東部南海トラフと呼ぶ静岡県沖～和歌山県沖をモデル海域として様々な調査を進め、深海底下の砂層に含まれるメタンハイドレートが集まった開発可能性を持つメタンハイドレート濃集帯を発見しました。そして、メタンハイドレート濃集帯を探査により抽出する手法を確立し、東部南海トラフのメタンハイドレート原始資源量を計算しました。

開発に適したメタンハイドレート存在形態は？

日本周辺のメタンハイドレートは深海底下の浅い深度の地層中に存在しますが、その存在形態は様々です。海底面近くや泥層の中に塊状で存在するもの、砂層の孔隙中に存在するもの等があります。

開発に適した存在形態はどれでしょうか？

実は、もっとも目立たない、砂層の砂粒と砂粒の間の孔隙に存在している「砂質層孔隙充填型メタンハイドレート」が最も開発に適しているとMH21は考えています。この存在形態は石油・天然ガスと同じであり、石油・天然ガス開発の既存機器や同じような生産手法で開発できる可能性があるため、その存在形態を示すメタンハイドレート層にプライオリティを置き、調査を行うことにしました。

日本周辺のBSR分布図

これまで、海洋のメタンハイドレートは、地震探査記録に現れるBSR(Bottom Simulating Reflector: 海底擬似反射面)の分布によって推測されていました。しかし、MH21の研究により、BSRはメタンハイドレートの存在を示すものの、メタンハイドレート濃集帯抽出のためには、ひとつの指標に過ぎないことが分かりました。

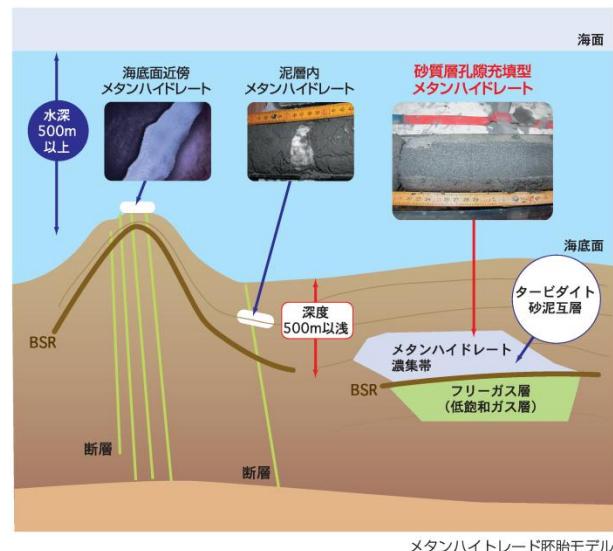
それまでの海洋メタンハイドレート分布図はBSRの存在だけが示されていましたが、MH21は、東部南海トラフ以外の既存地震探査記録を再解析し、メタンハイドレート濃集帯の存在が示唆される海域を示した、新しいBSR分布図を世界に先駆けて発表しました。

メタンハイドレート濃集帯と原始資源量

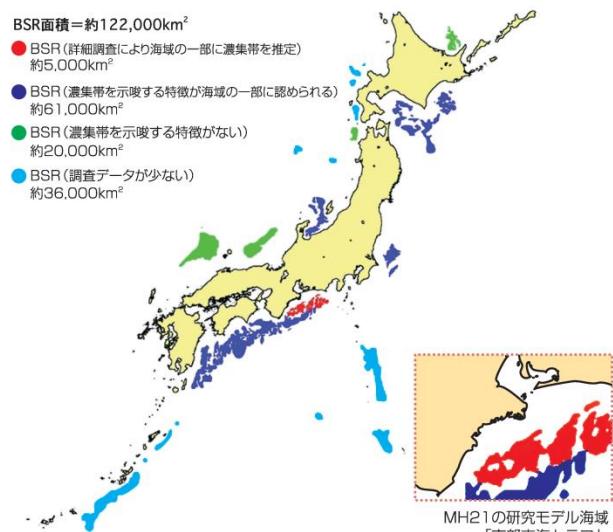
ある一定の広さ厚さを有し、メタンハイドレート含有率が多い「砂質層孔隙充填型メタンハイドレート」を「メタンハイドレート濃集帯」と呼ぶことにしました。

MH21は地震探査という物理探査によるメタンハイドレート濃集帯の抽出手法を世界で初めて確立し、その手法を適応し、東部南海トラフで10以上のメタンハイドレート濃集帯を発見しました。また、掘削調査などの結果から東部南海トラフのメタンハイドレート中のメタンガス原始資源量を確率論的に計算しました。その結果、東部南海トラフには大ガス田クラスのメタンハイドレートが存在することが分かりました。

開発可能性を持つメタンハイドレート濃集帯の原始資源量は日本が消費している天然ガス量(2005年)の約7年分であることが分かりました。東部南海トラフという狭い海域にもこれだけの量のメタンハイドレートが存在することは注目に値します。



最新のBSR分布図(2009年)



MH層の対象部分	MH中のメタンガス原始資源量(億m ³)		
	P90	Pmean	P10
MH濃集帯の部分	1,769	5,739	11,148
MH濃集帯以外の部分	1,067	5,676	12,208
合計	2,836	11,415	23,356

P α :この値より大きい量が賦存する確率が $\alpha\%$ 以上と推定される量
Pmean:平均に相当

メタンハイドレートに関してよくいただく質問

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアムには様々な質問が寄せられます。

ここではよくいただく質問に対してお答えします。

なお、文中で、メタンハイドレート＝MH、

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム＝MH21とします。

Q. MHは分解しやすい物質ですね。

A. 我々が住む一気圧の環境ではMHはマイナス80℃でなければ安定して存在することができません。したがって、例えば20℃の環境にMHを置くと、急激に分解します。それを見てMHは分解しやすいと思われる方も多いと思います。しかし、安定して存在する温度から100℃離れた環境に置かれたことによって分解するのです。地層中で安定して存在しているMHは逆に、分解しにくい物質として存在しています。分解しにくいため効率のよい生産手法の確立が必要となっているのです。

Q. 一体、日本周辺にはどれくらいのMHが存在するのですか？

A. 1996年に発表された論文をもとに「日本の天然ガス消費量の100年分」のMHが日本周辺に存在する、と言われることがあります。しかし、この計算は当時のデータをもとに計算したものであり、現在は様々なデータがかなり変わっています。資源量を正確に計算するには詳細な調査が必要です。しかし、日本周辺全体に詳細な調査を行うと多大な時間とコストがかかります。そこでMH21では東部南海トラフ(静岡県沖～和歌山県沖)をモデル海域として詳細な調査を行い、その海域のMH原始資源量を綿密に計算しました。その結果、東部南海トラフに大天然ガス田クラスのMH資源があることが分かりました。東部南海トラフ以外の海域にどの程度の量のMHがあるかは、東部南海トラフで行ったような詳細な調査を行う必要があり、現在は分かっていません。なお、「日本の天然ガス消費量」をもとにし、何年分という表現がよく使われますが、日本の天然ガス消費量は増加傾向にあるので、年によって数字が変わることになります。

Q. MHを開発すると地球温暖化に影響すると聞きました。

A. メタンは二酸化炭素の20数倍の温暖化効果を持つ物質であり、MH開発によってメタンが大気中に放出することは避けなければなりません。しかし、開発対象が砂層中の「MH濃集帯」であり、生産手法が「減圧法」主体であるならば、MH開発によってメタンが大量に大気中に放出される心配は少ないと考えています。地層中でMHが分解した後はメタンの生産、すなわち、天然ガスの生産と同じであり、天然ガス生産と同じ機器・施設で開発することができます。よって、MH開発は安全に行われている天然ガス開発と同じであり、MH開発だからといってメ

タンを大気中に放出するリスクは天然ガス開発より大きいとは言えません。また、減圧法は生産井の水位を低下させてMHを強制的に分解させる手法です。もし、生産機器・設備が何かしらの理由で破壊されたとしても海水が生産井に流れ込みMH層の圧力を回復させます。それによりMHの分解は止まり、メタンガスの発生は止まります。したがって、連続的にメタンガスが漏洩することは考えにくいのです。

ただし、MH開発に伴う環境影響については未知な点もあります。MH21では様々な面からMH開発に係わる環境影響について、詳細な検討を続けていく予定です。

Q. 低温高圧の場所があればMHは必ず存在するのですか？

A. MHが生成するためにはメタンが必要です。メタンは植物や動物などに由来する有機物が分解されて生成されるものです。有機物は堆積物中に(より多く)含まれ、MHも堆積物の厚いところに分布します。世界のMH分布予測図(P1)をご覧下さい。大洋の深海域よりも堆積物の厚い陸に近い海、もしくは陸上にMHが多く存在していることが分かります。

Q. 日本のMH埋蔵量は世界一だと聞きました。

A. MHは日本だけでなく、世界に広く分布することが予測されています。日本の研究が進んでいるため日本に多く埋蔵されているように見えているだけです。世界には日本よりも多くMHが存在する国があると考えられます。

Q. 原始資源量と埋蔵量は意味が違うのですか？

A. MH21では、MHの量を示す時、原始資源量という言葉を使います。MHの原始資源量とは、その場所に存在するMHの中に存在するメタンの量を示します。一方、資源開発において埋蔵量とは、技術的・経済的に回収可能な資源の量のことです。MHの場合、まだ生産手法が確立されておらず、開発が進んでいないため、埋蔵量を見積もることが出来ません。

Q. MHについてもっと知りたいです！

A. MH21では、成果報告会の開催やパンフレット、Websiteの制作等の広報活動を通じて、皆様にメタンハイドレートに関する情報をご提供しております。詳しくはMH21 Websiteをご覧下さい。<http://www.mh21japan.gr.jp/>