

平成 19 年度
特許出願技術動向調査報告書

メタンハイドレート
(要約版)

< 目次 >

| | | |
|-------|------------------------|----|
| 第 1 章 | 背景と調査目的..... | 1 |
| 第 2 部 | メタンハイドレートの技術概要..... | 1 |
| 第 3 部 | 市場・政策動向分析..... | 8 |
| 第 4 部 | 特許出願動向分析..... | 15 |
| 第 5 部 | 研究開発動向分析..... | 30 |
| 第 6 部 | 今後日本が目指すべき研究・技術開発..... | 37 |

平成 20 年 4 月

特 許 庁

問い合わせ先

特許庁総務部企画調査課 技術動向班

電話：03 - 3581 - 1101 (内線 2155)

第1章 背景と調査目的

水分子が構成する籠型構造の内部にメタン分子が取り込まれた物質がメタンハイドレートであり、外観は氷と同様である。一般に低温、高圧の条件で生成し、分解するとその体積の約172倍(理論値)のメタンを取り出せるなど、各種の極めて興味深い性質を有する。しかし、従来は石油・天然ガス関連設備やパイプラインを閉塞する厄介物として、関連する産業界や研究者など、社会のごく一部でのみ知られていた。

ところが、近年、一般の新聞紙上等でも「メタンハイドレート」を度々見かけるようになった。その第一の理由は、天然のメタンハイドレートが、従来考えられていたシベリアやアラスカ等の永久凍土地帯だけでなく、日本近海も含む水深約500m以上の海底下に広く存在することが明らかとなり、新たな天然ガス資源として注目され始めたことである。また、天然ガスと水から人工的に生成するメタンハイドレートを利用すれば、条件により、現在の天然ガス長距離・大量輸送手段である液化天然ガス(LNG)よりも低コストで輸送できる可能性が明らかとなり、積極的な技術開発が開始されたことが第二の理由である。

2006年5月に策定された新・国家エネルギー戦略において、日本の一次エネルギー供給における石油依存度を低減させる具体的目標が定められ、その達成手段の一つとして、石油から天然ガスへの転換が考えられる。また、天然ガスは他の化石燃料に比較して二酸化炭素発生量が相対的に少ないことから、地球温暖化防止の観点からも天然ガスへの転換が進められつつある。また最近では、原油価格に比較して天然ガス価格が相対的に低いことも、石油から天然ガスへの転換の一因である。これらの結果、日本の天然ガス需要は今後も増加すると予想されている。しかし、日本は国産天然ガス資源に乏しく、消費する天然ガスの96%以上を海外からの輸入LNGに依存しているのが現状である。

このような日本において、近海に大量賦存が見込まれる天然メタンハイドレートは貴重な国産天然ガス資源である。また、人工メタンハイドレートによる低コスト天然ガス輸送は、LNGによる輸送では経済性を見込めず、開発が見送られてきた中小規模ガス田における天然ガス生産を可能とし、日本への天然ガス供給源の多様化につながる可能性がある。

このようなことから、メタンハイドレートは天然、及び人工の双方とも、我が国のエネルギー供給にとって重要と認識され、その技術は2007年4月発表の技術戦略マップ2007に掲げられ、国家プロジェクト、及び国の開発費補助により、その実用化に向けた積極的な技術開発が進められている。

このようにまだ実用化前の技術開発途上にあるが、将来の日本のエネルギーセキュリティ、及びクリーンなエネルギー源の確保に大きな影響を与える可能性のあるメタンハイドレートについて、その技術開発の現況、及び世界における日本の地位に関する情報を提供することは、今後の適確な技術開発推進にとって極めて重要と考えられる。このような観点から、メタンハイドレートに関する技術の動向を、主として特許出願動向に基づいて調査、分析し、その現状と日本における今後の課題を明らかにする。

第2章 メタンハイドレートの技術概要

第1節 メタンハイドレートの概要

「ハイドレート(水和物)」は水分子が構成する籠型構造内部の空間に他の物質(ゲスト物質)

が一定の比率で取込まれた状態の化合物である。ゲスト物質が気体の場合は「ガスハイドレート」、その気体がメタンの場合が「メタンハイドレート」である。

純粋メタンのハイドレート構造模式図を第 2-1 図に示す。図中の小さい○は水分子(酸素原子の位置)、大きな●がメタン分子である。ガスハイドレートの構造はガス種類等により異なる。

ガスハイドレートは一般に低温、高圧下で生成し、安定である。その条件はガス種類により異なるが、メタンハイドレートの場合は、0℃で約 25 気圧以上、5℃で約 42 気圧以上である。温度と圧力をこの安定領域に維持し、水中にメタンを十分に拡散させればメタンハイドレートが生成し、安定に保持することができる。逆に、安定領域にあるメタンハイドレートを加熱、または減圧して温度、圧力を安定領域外とするとメタンハイドレートは分解する。ハイドレート生成は発熱反応であり、生成時には熱を放出し、分解時には熱を吸収する。

様々な物質添加によって生成条件を変化させることが可能であり、加熱や減圧に代え、塩類やアルコール類等の添加でメタンハイドレートを分解することも可能である。これらはパイプライン等におけるハイドレートの生成防止や生成したハイドレートの分解に使用され、インヒビタと呼ばれる。

メタンハイドレート等のガスハイドレートの主要な性質を以下に示す。

- (1)ガス包蔵性 : 例えばメタンハイドレートの場合、理論上、その体積の約 172 倍のメタンを包蔵。
- (2)ガス選択性 : ガス種類により、ハイドレート生成し易さに相違があり、また生成しないガスもある。
- (3)生成/分解熱 : 圧力の増減で生成/分解を行うことにより、熱の発生/吸収が可能。
- (4)生成/分解圧力 : ハイドレートを加熱して分解すれば高圧を発生可能。
- (5)自己保存性 : 大気圧下のメタンハイドレートの安定存在可能最高温度は約 -80℃であるが、これよりはるかに高い -20℃程度でも準安定で長期間保存可能。

ガスハイドレートの発見は 19 世紀初めに遡るが、第 1 章で述べたガスパイプライン閉塞問題に端を発し、1930 年代から欧米において活発な研究、開発が開始された。1960 年代以降の永久凍土地帯における天然メタンハイドレートの発見などを経て、1990 年頃までは米国、欧州、カナダ、ロシア(旧ソビエト連邦)における研究、開発が世界をリードしてきた。

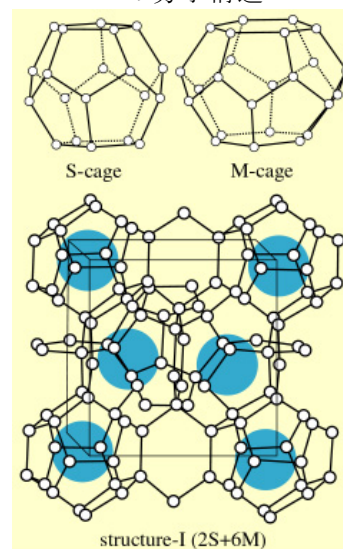
第 2 節 メタンハイドレート技術の俯瞰

1. 調査対象

本調査の対象物質はメタンハイドレートであるが、これにはメタンを主成分とし、エタン、プロパン等も含有する混合ガスである天然ガスのハイドレートを含むものとする。

本調査の対象技術は、最終的には分解し、回収したメタンや天然ガスをエネルギー源として利用するための技術とする。すなわち、1)天然に存在するメタンハイドレートからメタン、

第 2-1 図 メタンハイドレートの分子構造



【出典】大阪大学 大学院基礎工学研究科 物質創成専攻 化学工学領域 環境物理化学グループ、大垣研究室ホームページ

<http://www.cheng.es.osaka-u.ac.jp/ohgakilab/hydrate.html>

天然ガスを回収する技術、及び 2)天然ガスを原料として人工的にメタンハイドレートを生成し、天然ガスの輸送、貯蔵に利用する技術の 2 技術を主たる調査対象とする。

なお、主対象技術に関する検索でヒットした、上記以外の応用技術に関する特許、論文も調査対象とする。また、メタンハイドレートの工学的研究の端緒となったその生成防止技術は調査対象とはしないが、この分野は現在のメタンハイドレートに関する研究・開発でも主要な位置を占めるため、主対象技術に関する検索でヒットした生成防止技術に関する特許と論文は別途分類し、参考としてその推移を本編で述べる。

本調査の対象技術を第 2-1 表に示す。表の網掛け部分が検索、調査の対象である。以下、本報告書ではこの表の 1)を天然メタンハイドレート、2)を人工メタンハイドレートと呼ぶことにする。

第 2-1 表 調査対象技術

| 調査 | 技術内容 | 検索 | 備考 |
|------|--|--------------------------------------|---------|
| 調査対象 | 1)天然に存在するメタンハイドレートからメタン、天然ガスを回収する技術 | 特許、論文の検索対象 | 主たる調査対象 |
| | 2)天然ガスを原料として、人工的にメタンハイドレートを生成し、天然ガスの輸送、貯蔵に利用する技術 | | |
| 調査対象 | 上記 1)、2)以外のメタンハイドレート応用技術 | 直接の検索対象とはせず、上記 1)、2)の検索でヒットしたもののみを対象 | 応用技術 |
| | メタン、天然ガス以外のガスハイドレート応用技術 | | |
| | メタンハイドレートの生成防止技術 | 同上 | 参考 |

2. 技術俯瞰

メタンハイドレートに関する技術俯瞰図を、在来型天然ガスの生産から利用までのフローと共に第 2-2 図に示す。天然メタンハイドレートと人工メタンハイドレートは同じ物質であり、その挙動や物性に関する基礎技術は共通である。しかし、その利用技術は大きく異なる。単純化すれば、天然メタンハイドレート技術は深海底や永久凍土地帯の地下などの自然環境中におけるメタンハイドレートの分解技術であり、人工メタンハイドレート技術は、低温、高圧下でなければ生成しないハイドレートの製造技術である。

3. 天然メタンハイドレートに関する技術

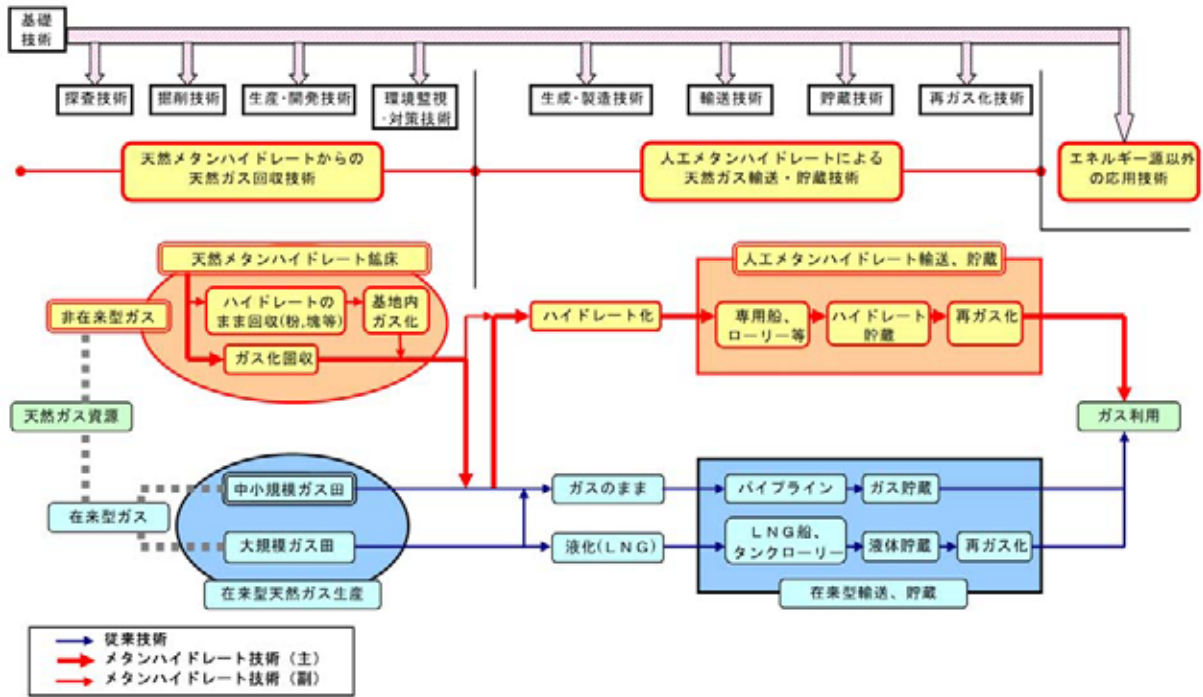
天然メタンハイドレートに関する技術は、在来型天然ガス田におけるガス井からの天然ガス生産に相当する技術である。

日本近海の天然メタンハイドレートの分布状況を第 2-3 図に示す。日本近海の資源量(技術的、経済的な回収可否を考えない存在量)は天然メタンハイドレート層の下に存在する天然ガスも含め、日本の天然ガス消費量の約 96 年分との推定²⁻¹⁾が行われている。特に、御前崎沖から足摺岬沖にかけての南海トラフについては詳細調査が行われた結果、有望と考えられており、2007 年 3 月には、東海沖から熊野灘にかけての東部南海トラフの資源量について、

2-1) MH21 ホームページ>メタンハイドレートの説明>どこにどれだけあるのか?

URL:<http://www.mh21japan.gr.jp/mh-3.htm>

第 2-2 図 メタンハイドレートに関する技術俯瞰図



日本の天然ガス消費量の約 14 年分に相当との評価結果が経済産業省と石油天然ガス・金属鉱物資源機構から発表された。

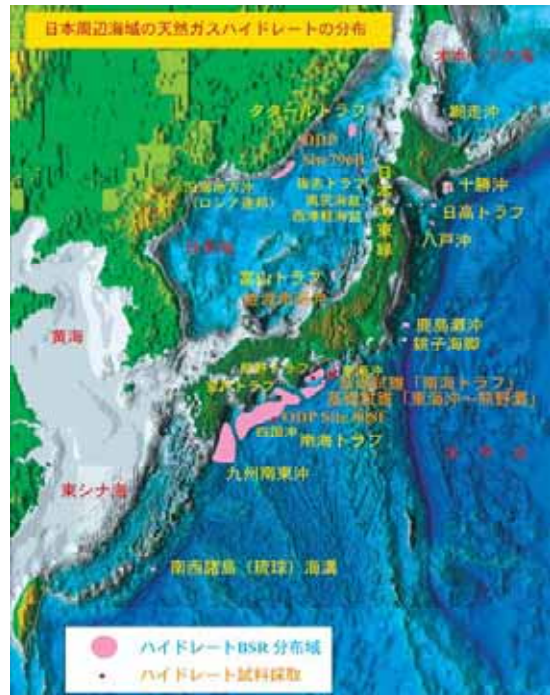
以下では、主として海域の天然メタンハイドレートを中心として技術の概要を述べる。

(1) 探査 2-2)

天然メタンハイドレートの賦存場所と賦存量を把握するために探査を行う。初期段階では海底表層部の地質調査が行われ、メタンハイドレートの存在が見込まれる地域において、従来技術を応用、あるいは改良した様々な方法による物理探査や地化学探査などを行う。代表的な物理探査手法として、人工的に発生させた弾性波の反射を捉えて地下の状況を把握する地震探査(音波探査)がある。

探査の最終段階では、それまでに抽出された有望地域において試掘(試錐)が行われ、試掘井内での様々な測定(検層)や地層サンプル採取(コアリング)等が行われる。

第 2-3 図 日本近海の天然メタンハイドレート分布状況



【提供】独立行政法人 産業技術総合研究所 佐藤幹夫氏

2-2) MH21 ホームページ>メタンハイドレートの説明>どうやって探すのか?
URL:<http://www.mh21japan.gr.jp/mh-4.htm>

(2) 掘削²⁻³⁾

回収が経済的に成り立つ天然メタンハイドレート賦存量、及び生産量を確認後、天然ガス回収のための生産井掘削を行う。この生産井掘削には、基本的に従来の石油、天然ガスに関する技術の応用、あるいはその改良で対応可能と考えられている。

(3) 生産²⁻⁴⁾

天然メタンハイドレート層からの天然ガス生産方法には大別して、a)地層表面、及びその近傍の回収、b)地層内固体回収、c)地層内ガス化回収、の3種類が考えられている。現在ではc)が最も現実的な方法と考えられている。

地層内でのガス化方法として、1)温水や蒸気圧入による加熱、2)生産井の減圧、3)メタノール等のインヒビタ(第2章第1節参照)注入、及びこれらの組み合わせが考えられている。

(4) 環境監視²⁻⁵⁾

天然メタンハイドレートからの人為的天然ガス生産はこれまでに例がないことであり、環境に対する影響には未知の部分がある。そこで、探査で有望地域が絞られた段階から、環境監視を行うことが考えられている。このように早い段階から監視を始めるのは、各種環境指標の自然状態における数値や状況を把握し、人為的操作を加えた後の基準とするためである。

4. 人工メタンハイドレートに関する技術

人工メタンハイドレート技術は、在来型天然ガスの輸送、貯蔵に相当する技術である。

現在の天然ガス長距離・大量輸送手段である液化天然ガス(LNG)とメタンハイドレートの比較を第2-2表に示す。単位体積当りガス量では人工メタンハイドレートはLNGの約1/4と劣るものの、大気圧下での貯蔵温度はLNGよりもはるかに常温に近く、これが大きな利点となる。すなわち、人工メタンハイドレートではLNGのような極低温用高級材料の使用が不要となるため、低コストで天然ガス輸送システムを構築することが可能と考えられている。また、LNGは原料天然ガスを約-162℃という極低温まで冷却する必要があるため、生産するLNGの約9%に匹敵する液化エネルギーを要する²⁻⁶⁾と言われており、この面でも相対的に温度が高い人工メタンハイドレートは有利である。

天然ガスの主な輸送方法の定性的な比較を第2-3表に示す。人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送が適する範囲はLNGとパイプラインの間に位置し、中小規模ガス田からの中距離(およそ6000～6500km以下)輸送に適すると考えられている。

第2-4図に人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送全体システム²⁻⁷⁾の概念図を

第2-2表 人工メタンハイドレートとLNGの比較

| | 人工メタン ハイドレート | LNG |
|-----------------------|-------------------------|---------------------|
| 1m ³ 中のガス量 | 約172Nm ³ (*) | 約600Nm ³ |
| 大気圧下での貯蔵温度 | -20℃程度 | 約-162℃ |

(*)理論値

2-3) MH21 ホームページ>メタンハイドレートの説明>どうやって開発するのか?

URL:<http://www.mh21japan.gr.jp/mh-6.htm>

2-4) MH21 ホームページ>メタンハイドレートの説明>どうやって生産するのか?

URL:<http://www.mh21japan.gr.jp/mh-5.htm>

2-5) MH21 ホームページ>メタンハイドレートの説明>環境への影響は?

URL:<http://www.mh21japan.gr.jp/mh-7.htm>

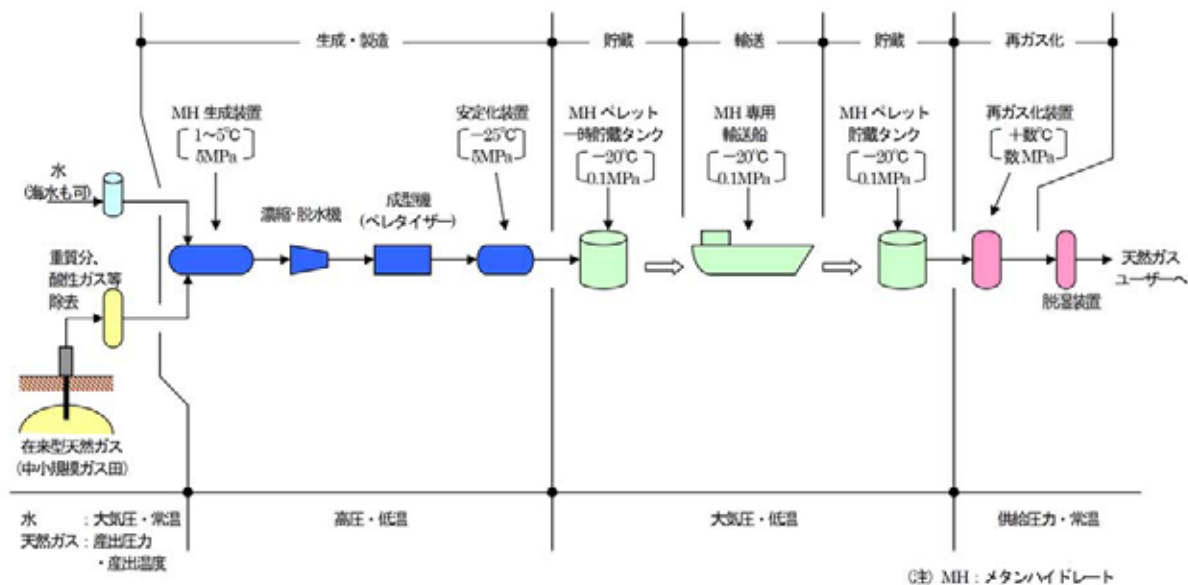
2-6) 田村 他、第15回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集、pp.419-423、1999年

2-7) 宮田和明、奥井智治、平山裕章、石油/天然ガスレビュー、Vol.35、No.6、pp1-9、2001年11月

第 2-3 表 天然ガス輸送方法の定性的比較

| | 輸送量 | 輸送距離 | 備考 |
|-------------|------|-------|-------------------|
| パイプライン | 広範囲 | 短～中距離 | 実用技術、陸上輸送に適する |
| 液化天然ガス(LNG) | 大量 | 長距離 | 実用技術、大規模ガス田に適する |
| 圧縮天然ガス(CNG) | 少量 | 短距離 | 技術確立、小規模ガス田に適する |
| 人工メタンハイドレート | 中～少量 | 中距離 | 技術開発中、中小規模ガス田に適する |

第 2-4 図 人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送全体システム概念図



示す。図中の圧力と温度、プロセスの順序、名称等は一例であり、確立されたものではない。

(1) 生成・製造

生成・製造は文字通りのメタンハイドレート生成である狭義の生成と、生成したハイドレートを輸送、貯蔵に適する状態とするための脱水等の調製(後処理)の工程から成る。

狭義の生成では、天然ガスと水をハイドレート生成条件を上回る高压、低温の状態とし、十分に接触させ、かつ生成熱を除去(冷却)してハイドレートを生成する。なお、天然ガス輸送のために好ましい性状のハイドレート生成(性状制御)が必要であるが、それらの性状はハイドレート生成時にほぼ決定されると考えられ、狭義の生成の一部とみなすことができる。

調製は第 2-4 図の濃縮・脱水、成型、安定化の各操作から成る。

1) 生成促進

ガスハイドレートの生成は、固有の反応速度を除くと、水中へのガス拡散と生成熱除去が律速である。したがって、気液接触と冷却の促進によって効率の良い生成、及びコンパクトな設備での生成が可能である。また、添加剤等によるガスハイドレート生成条件の緩やかな方向(低压、高温側)への移動(平衡移動)も生成促進につながる。

・気液接触促進

(a)機械的攪拌、(b)ガス中への微小水滴噴霧、(c)水中へのガス気泡分散、及びこれらの組み合わせなどが考えられている。(c)の方式は管式の生成装置にも適する。この他、界

面活性剤添加によるガスの水中への拡散促進も考えられている。

・冷却促進

容器式生成装置では、内部の水を容器外の熱交換器に循環、冷却する方式が多い。また、熱交換器そのものを生成装置に用いる方式(管式生成装置)も考えられている。

・平衡移動(生成圧力低減、生成温度上昇)

前述のインヒビタとは逆の効果を発揮する添加剤により、低圧・高温で生成を可能とする方法や、活性炭の細孔内での生成などが考えられている。

2) 性状制御

高ガス密度化、粒径制御、ガス組成制御などが検討されている。

- ・高ガス密度化 : ハイドレートの単位体積当たりガス包蔵量の増加
- ・粒径制御 : 異種粒径のハイドレートを製造、混合し、圧密時の充填率を増大
- ・ガス組成制御 : 原料天然ガスと同組成のハイドレート生成

3) 生成装置

メタンハイドレート生成に必要な圧力が数 MPa 以上と高圧であることから、装置型式は圧力容器式と配管式にほぼ限られている。圧力容器式では流動層式も検討されている。

4) 調製

濃縮・脱水、成型、安定化を行い、輸送、貯蔵に適した状態とする技術である。

- ・濃縮・脱水 : 未反応水の除去であり、機械的脱水と、未反応水のハイドレート化による水和脱水の2方式が中心
- ・成型 : ハンドリング容易化のため、生成した粉末状ハイドレートを圧密し、所定の形状、大きさのペレット(一般に球形等の固体)に成型
- ・安定化 : 大気圧、 -20°C 程度での長時間保存を可能とする、冷却等による自己保存性発現(人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送の鍵となる技術)

(2) 輸送、貯蔵

様々な輸送方式が考えられるが、専用輸送船によるペレット輸送を中心として開発が進められている。積載と荷降ろし設備の設計面での開発が一つのポイントである。現在はメタンハイドレート専用輸送船の試設計とその国際安全基準策定に向けた検討が進められている。

貯蔵は固定された輸送用タンク(容器)とみなすことができ、技術内容も同様である。

(3) 再ガス化

メタンハイドレートペレットを分解して、再び気体の天然ガスに戻す技術である。ペレットへの温水散布や温水中への浸漬などが考えられている。なお、メタンハイドレートを加熱して分解すれば高圧の発生が可能(第2章第1節)であり、圧縮機を用いずに、再ガス化後の天然ガスをそのまま高圧ガスパイプラインに供給可能である。

再ガス化後に残る水は再び輸送船で生成基地に戻し、ハイドレート生成用の水として再利用することが考えられている。

(4) 応用技術

ガスハイドレートの性質を利用する技術であり、以下のような検討例がある。今後も様々な応用先²⁻⁸⁾が検討され、新たな産業技術につながる事が期待されている。

2-8) 産業技術総合研究所ホームページ>研究紹介・成果:研究分野・研究ユニット>環境・エネルギー>メタンハイドレート研究ラボ>機能活用技術研究概要、
URL:[http://unit.aist.go.jp/mhlabo/kinou\[1\].htm](http://unit.aist.go.jp/mhlabo/kinou[1].htm)

- ・ガス包蔵性の利用 : 二酸化炭素の深海底隔離
- ・ガス選択性の利用 : バイオガス中の硫化水素除去、バイオガス中のメタン濃縮、石炭ガス化ガス中の二酸化炭素分離
- ・生成/分解熱の利用 : 冷熱蓄熱、冷凍機作動媒体
- ・その他 : 海水淡水化、排水浄化、低温排熱発電媒体

第3章 市場・政策動向分析

第1節 市場動向分析

1. 日本のエネルギー供給とメタンハイドレート

第1章で述べたように、石油から天然ガスへの転換が進められつつあり、日本の天然ガス需要は増加している。日本での天然ガス供給は、その96%以上を海外からの輸入LNGに依存しており、日本は世界で生産されるLNG(年間約1億4000万t)の約40%を消費する世界最大のLNG消費国である。一方、世界のLNG需要は2000年以降、これまでに約40%増加しており、今後も継続して増加すると予想されている。世界のLNG貿易拡大に伴い、LNG市場の性格が従来の個別契約による長期的、安定的取引から、原油と同様なグローバルな取引やスポット取引へと変化する可能性が指摘されている。

このような状況下で日本が必要とするLNG(天然ガス)を確保することは、エネルギーセキュリティの面、及び二酸化炭素排出量削減の面から極めて重要な課題であり、そこで注目されているのがメタンハイドレートである。日本近海に大量の賦存が見込まれる天然のメタンハイドレートは貴重な国産天然ガス資源として、また人工メタンハイドレートはこれまで経済的なガス輸送手段がないために開発が見送られていた中小規模ガス田からの天然ガス輸送手段として期待されている。

これら天然、および人工のメタンハイドレートに関する技術は2007年4月に資源エネルギー庁が発表したエネルギー技術戦略に挙げられており、実用化に向けて活発な技術開発が進められている。ここでは、その実用化時期について考察する。

2. 天然メタンハイドレート

単純に経済的側面からの実用化の条件は、天然メタンハイドレートから生産する天然ガスの価格が輸入LNG価格と同等以下になることと考えられる。

天然メタンハイドレートから生産する天然ガスのコストについて公表されている推定値のうち、ここでは、メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム(略称MH21)が中間評価の段階で報告したコスト¥35~50/m³³⁻¹⁾に基づいて検討する。ただし、この試算コストには多くの仮定が含まれ、今後の技術開発進展等に伴い、見直しや変動の可能性はある。

LNG輸入価格については、従来、原油価格とほぼ連動していることを利用し、IEA(国際エネルギー機関)による将来の予想原油価格³⁻²⁾から推定した。なお、近年のLNG価格と原油価格との乖離を考慮し、最近の原油価格と熱量等価LNG価格の比が将来も継続すると仮

3-1) 総合科学技術会議トップページ>専門調査会>第51回>資料4-2メタンハイドレート開発について(2006年1月)、URL:<http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/hyouka/haihu51/haihu-si51.html>

3-2) World Energy Outlook : Executive Summary, IEA ホームページ>World Energy Outlook>See more >Executive Summary, URL : <http://www.worldenergyoutlook.org/2007.asp>

定した。このように推定した将来の予想 LNG 輸入価格を第 3-1 図に示す。この図には BP 統計 2007 年版³⁻³⁾による 1990 年から 2006 年までの原油価格と日本向け LNG 価格の実績も示した。第 3-1 図には、上記の原油価格、日本向け LNG 価格の予想値と共に、前述の MH21 による天然メタンハイドレートから生産するガスの予想価格(コスト)範囲を熱量等価原油体積あたりのドル価格に換算³⁻⁴⁾して示した。

第 3-1 図の熱量等価原油体積当たりの LNG 輸入価格と原油価格を比較すると、2004 年以降の両者の乖離が大きい。これは原油価格にリンクしつつも、その急変に対して LNG の価格変動を抑制するように設定された価格決定方式のためと考えられる。今後はこの価格決定方式の見直しが行われ、原油価格への完全リンクに近づくと予想されている。したがって、将来の LNG 価格は原油価格に近づき、第 3-1 図の上向き矢印のように上昇する可能性が高いと考えられる。

以上の予想に基づくならば、経済産業省のメタンハイドレート資源開発計画において、技術整備完了の目標としている 2016 年ごろには、天然メタンハイドレートから生産するガス価格は輸入 LNG 価格とほぼ等しくなり、2020~2025 年ごろには輸入 LNG 価格を下回る可能性がある。すなわち、単純に経済性だけに着目するならば、天然メタンハイドレートの市場は 2020 年頃以降に立ち上がる可能性があるとして予想される。

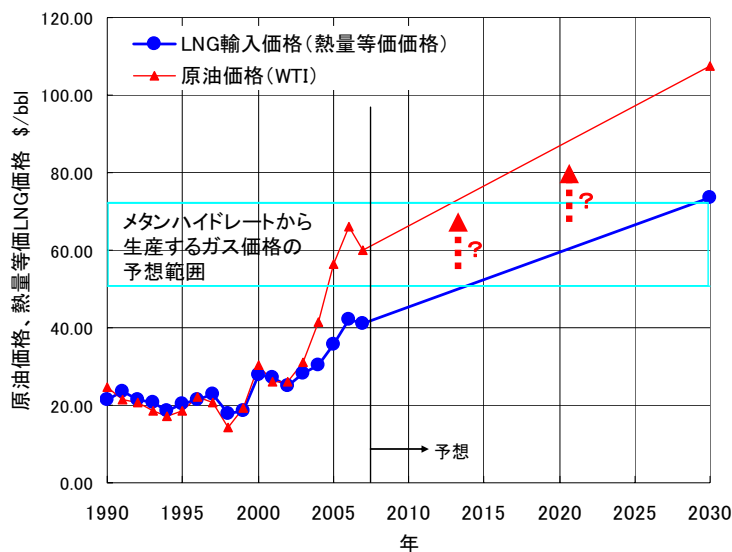
しかし、天然メタンハイドレートの開発は日本のエネルギーセキュリティに深く関わる問題であり、このような経済性だけで単純に判断すべきものではない。例えば、天然ガス価格の高騰や在来型天然ガスの枯渇など、今後の天然ガス供給状況の変化に対処する方策として、国産天然ガス資源として確保しておくという選択も考えられる。また、世界のエネルギー需要増加に伴う需給逼迫の状況下で、産ガス国等との交渉を対等に進めるための戦略的手段として、必要ならば直ちに天然メタンハイドレートという国産天然ガス資源を開発可能な状況としておくことも重要である。そのためにも、技術開発を継続、促進する必要がある。

3. 人工メタンハイドレート

第 3-2 図は天然ガス輸送距離とそれに必要な設備建設費について、各種輸送方法を比較した図であり、人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送の全体システム技術の開発を進めている日本の企業が作成したものである。

この図から、年間 100~200 万 t という、最近の大型 LNG プラントに比較すれば格段に小

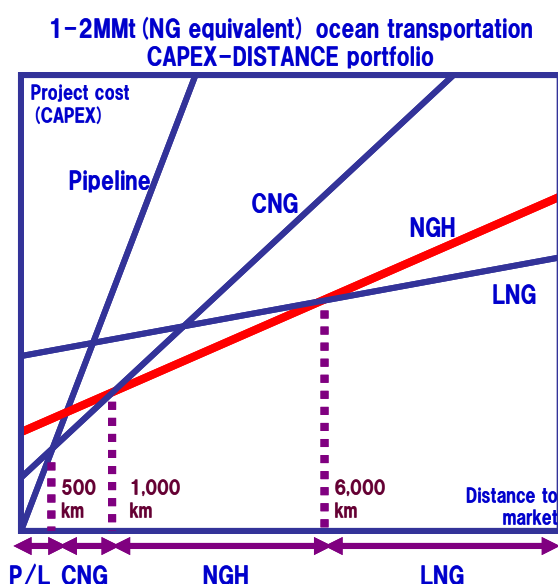
第 3-1 図 天然メタンハイドレートから生産するガス価格(原価)予想値と予想 LNG 輸入価格



3-3) BP Statistical Review of World Energy June 2007

3-4) 天然ガス 1000m³ = 原油 6.29 bbl (BP 統計による)、\$ 1 = ¥110 として計算

第 3-2 図 各種天然ガス輸送方法の比較



【注】

縦軸 : 設備費(建設費)
横軸 : 市場までの輸送距離

1-2MMt(NG equivalent) ocean transportation
: 天然ガス 100~200 万 t/年の海上輸送

CAPEX : 設備費(建設費)

Pipeline、P/L : パイプライン

CNG : 圧縮天然ガス

NGH : 人工メタンハイドレート

LNG : 液化天然ガス

【提供】 三井造船株式会社

さい規模の輸送量において、輸送距離が 1000~6000km の範囲の海上輸送では人工メタンハイドレート(図中では NGH)による輸送は他の方法よりも設備費(建設費)が安いことが分かる。したがって、現在は経済的ガス輸送手段がないために開発が見送られている中小規模ガス田の開発を可能とすることが期待される。

人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送の経済性に関し、1996 年に Gudmundsson³⁻⁵⁾が、年間約 300 万 t の天然ガスを約 6500km 輸送する場合、輸送システム全体の設備費は同条件の LNG による輸送よりも約 24%低いとの試算結果を報告した。また、三井造船³⁻⁶⁾は、年間 100 万 t の天然ガスを約 6500km 輸送する場合、設備費は 23%、再ガス化後のガス価格は 18%、それぞれ LNG で輸送するよりも低くできるとの試算結果を報告した。

人工メタンハイドレートの市場立上り時期について、まず LNG 需給バランスに基づき、大規模ガス田に適する LNG だけでは需要を満たす量の天然ガス輸送が困難になり、新たな輸送手段や中小規模ガス田の開発が必要となる時期に立ち上がると想定した。具体的には、世界の LNG 需要予想と、稼働中・建設中・計画中の全 LNG 供給設備による供給能力予想の比較³⁻⁷⁾等を検討した。しかし、LNG 供給設備の増強には、資機材価格(特に極低温用鋼材価格)等の上昇によるプラントコスト上昇や技術者不足³⁻⁸⁾等の不透明要因が多く、見解は様々であった。したがって、LNG 需給バランスからの数量的検討だけでは、人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送の市場立上り時期予測は困難である。

しかし、数値に表すことは困難なものの、人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送に対する需要として以下が考えられる。

3-5) Gudmundsson, J.S., Borrehaug, A., Proc. 2nd Int. Conf. Natural Gas Hydrates (Toulouse, France, 6/2-6/96), pp.415-422, 1996

3-6) 三井造船(株)、(財)日本船舶技術研究協会、「NGH 輸送船の研究開発」、(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 天然ガスハイドレート(NGH)の海上輸送に関する研究成果発表会における配布資料、2006 年 7 月 4 日

3-7) 森川哲男、エネルギー、Vol.40、No.3、pp104-107、2007 年 3 月

3-8) 野上隆之、石油・天然ガスレビュー、Vol.41、No.4、pp.1-16、2007 年 7 月

- ・ LNG よりはるかに高温での輸送によるコストダウン
 - ： 特殊な機器や高価な極低温用鋼材、及び特殊な技術が不要であり、LNG 供給設備増強における不透明要因の多くを解消可能
- ・ 中小規模ガス田の開発への適用
 - ： 未開発中小規模ガス田保有国の経済発展欲求に伴うその開発
 - ： LNG が適する大規模天然ガス田の減退、新規発見減少への対処
- ・ 小規模分散天然ガス輸送(島嶼地域、離島等)への適用
 - ： パイプラインが適する近距離輸送でも経済性を発揮できる可能性

人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送技術が確立されれば、これらの需要が顕在化し、早期市場立上りの可能性があると考えられる。

実際、この天然ガス輸送システム全体の技術開発を進めている世界唯一の企業である三井造船では、今後の LNG 需要増加分の 10%程度を人工メタンハイドレートで代替可能と考え、2012 年には事業化し、2020 年ないし 2030 年には年間 1000 万 t の天然ガス供給体制を構築する³⁻⁹⁾としている。そして、同社は中国電力と共同で実証試験³⁻¹⁰⁾を進めている。

このような潜在需要に応えるためには、技術開発を促進して早期に技術を確立し、必要となれば直ちに人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送の要請に応えられるように技術を確立しておくことが重要であり、これは二酸化炭素排出削減のためのクリーンエネルギー源、及び日本のエネルギーセキュリティの確保にもつながる。

第 2 節 政策動向分析

1. 深海探査プロジェクトの概括

エネルギー資源としての天然メタンハイドレートへの着目の過程では、当初は純学術的研究であった深海探査の歴史が欠かせない。天然メタンハイドレートに関し、とりわけ重要な役割を果たした代表的深海探査プロジェクトを第 3-1 表に示す。探査には膨大な費用を要するため、国際共同研究として政府機関が主たる活動を実施してきた。

このような深海探査を通じて、海底の地震(音波)探査によるメタンハイドレート資源の探査が可能となり、日本周辺にも多くの賦存が確認、あるいは推定されている³⁻¹¹⁾。

第 3-1 表 代表的な深海探査プロジェクト

| 開始年 | プロジェクト名 | 参加国、その他 |
|--------|--|--|
| 1968 年 | 深海掘削計画 DSDP (Deep Sea Drilling Project) | 米国による。 |
| 1975 年 | 国際深海掘削計画 IPOD (International Phase of Ocean Drilling) | 米国主導による。日本、仏国、西独、英国、ソ連。 |
| 1985 年 | 国際深海掘削計画 ODP (Ocean Drilling Program) | 米国主導による。日本等 22 ヶ国。 |
| 2003 年 | 統合国際深海掘削計画 IODP (Integrated Ocean Drilling Program) | 日本、米国主導による。 ECORD(17 ヶ国)、中国、韓国の 21 ヶ国。 |

3-9) 日本経済新聞、2007 年 4 月 20 日

3-10) 日本経済新聞、2006 年 6 月 9 日

3-11) 「メタンハイドレート—資源量評価研究の経緯と最新の成果—」、林;石油・天然ガスレビュー、Vol.41、No.5(2007) 58

2. 日本における研究・開発のプロジェクト動向

(1) 日本における研究・開発のプロジェクトの経緯

深海探査を通じ、次第にメタンハイドレートがエネルギー資源として認識されるようになり、各国で本格的活動が始まった。日本では 1992 年の国際地質学会での、日本近海に大量の天然ガスがハイドレートとして存在しているとの報告³⁻¹²⁾を端緒として動きが活発化した。

1994 年に石油審議会においてメタンハイドレートの基礎調査の必要性が指摘され(第 8 次 5 ヶ年計画)、1995～2000 年に石油公団(現 石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC))が中心となり、特別研究「メタンハイドレート開発技術」を実施した³⁻¹¹⁾。本研究に基づき 1999 年には、静岡県御前崎沖の基礎試錐「南海トラフ」においてメタンハイドレート胚胎コアサンプルの採取に成功し、これが将来のエネルギー資源となる可能性が示唆された³⁻¹¹⁾。

これらの成果を受け、2001 年 7 月、経済産業省が「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」(2001～2016)を発表し³⁻¹³⁾³⁻¹⁴⁾、これを実施するために「メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム(略称 MH21)」が発足して研究が開始された。このプロジェクトでは 2016 年までの技術整備を目標としている。

1994 年の石油審議会答申以降に発表されてきた様々な政策、プロジェクトの動向を概括し、第 3-3 図に示す。同図には後述の外国の動向も併せて示す。図のように、天然メタンハイドレート技術に対する政策支援は 1995 年以降活発になり、現在は MH21 を中心として開発が進められている。なお、2008 年 1 月、経済産業大臣と米国エネルギー省長官との間で、天然メタンハイドレート資源の開発に関する日米協力が合意された³⁻¹⁵⁾。

以上は天然メタンハイドレートに関する政策、プロジェクトの動向であるが、一方、人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送技術に関しては、液化天然ガス(LNG)による輸送と比較した経済性試算結果が 1996 年に欧州の研究者によって発表された(第 3 章第 1 節 3.)ことを契機として、大学、民間企業により検討が開始された。これに関する NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)の補助による研究が 2000 年に開始され、また 2001 年からは石油公団(現 JOGMEC)、JRTT(独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構)の研究費補助による開発が進められ、現在に至っている。現在も NEDO、JOGMEC、JRTT による分担、連携した補助で開発が進められているが、この技術は要素技術の開発をほぼ終了し、大型実証試験を検討する段階に近づいたと考えられる³⁻¹⁶⁾、³⁻¹⁷⁾。

3-12) Krasov, J., Gas Hydrates in Continental Margin - EXploration and Economic Significance, Abs. 29th Int. Geological Conf., p802, 1992

3-13) 「メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム (MH21) 誕生までの経緯」, MH21 公開情報, URL:<http://www.mh21japan.gr.jp/mh21-2.html>

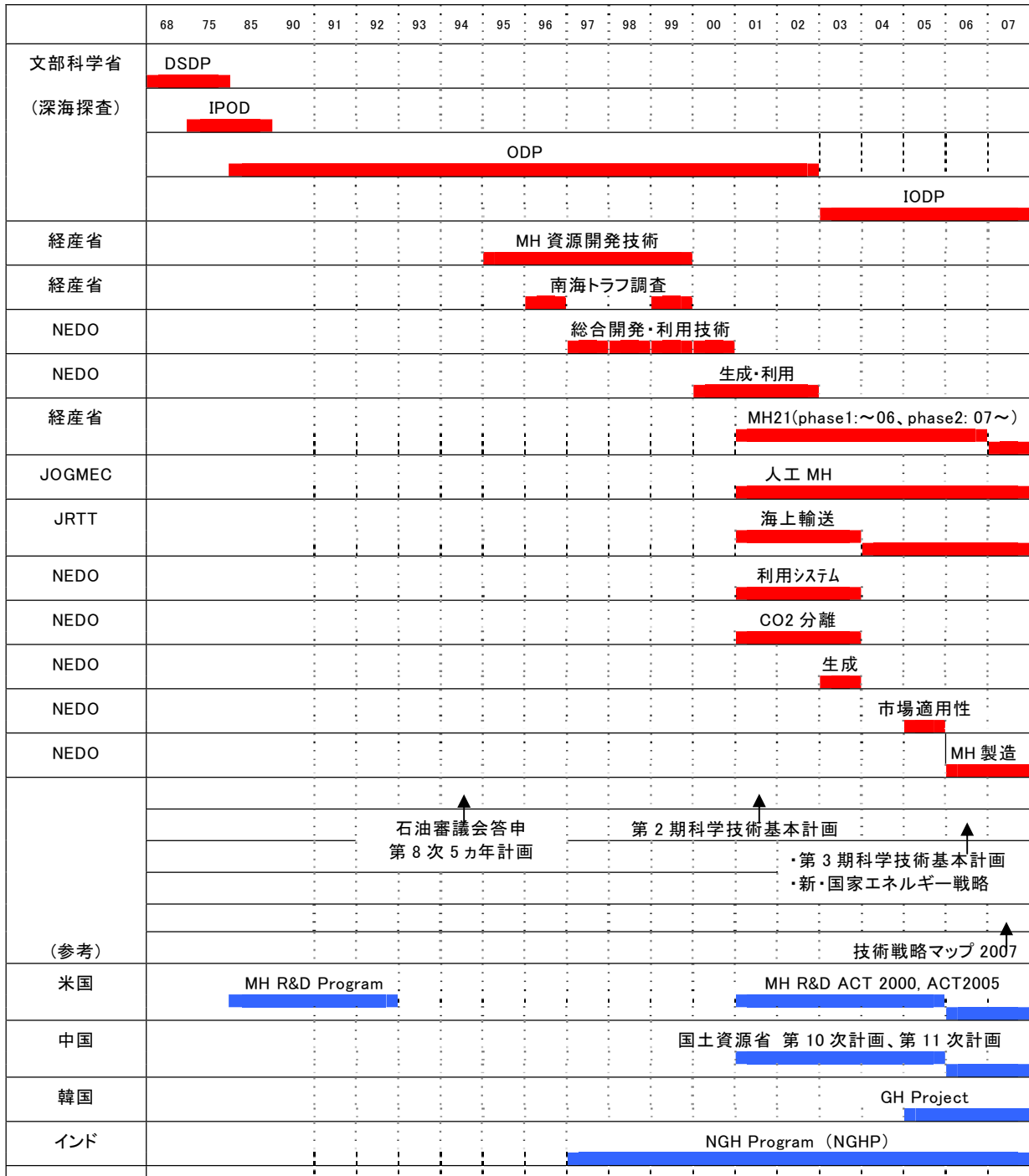
3-14) 「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」, 経済産業省 資源エネルギー庁 資料 2001 年 7 月, URL:<http://www.meti.go.jp/topic/downloadfiles/e20205cj.pdf>

3-15) NHK ニュース、2008 年 1 月 25 日

3-16) 「燃料関連分野の技術戦略マップ」, 資源エネルギー庁 資源・燃料部、2007 年 4 月

3-17) 「2030 年を見据えた TRC/R&D 戦略、JOGMEC/TRC (石油天然ガス・金属鉱物資源機構 石油開発技術本部)、2007 年 7 月

第 3-3 図 日本におけるハイドレート関連政策、プロジェクトの経過(図中の MH はメタンハイドレートの略)



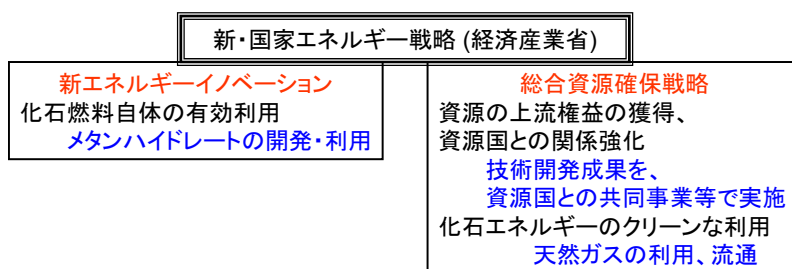
(2) 日本のエネルギー政策におけるメタンハイドレートの位置づけ

ここでは、政策と研究・開発の関係を総括する。

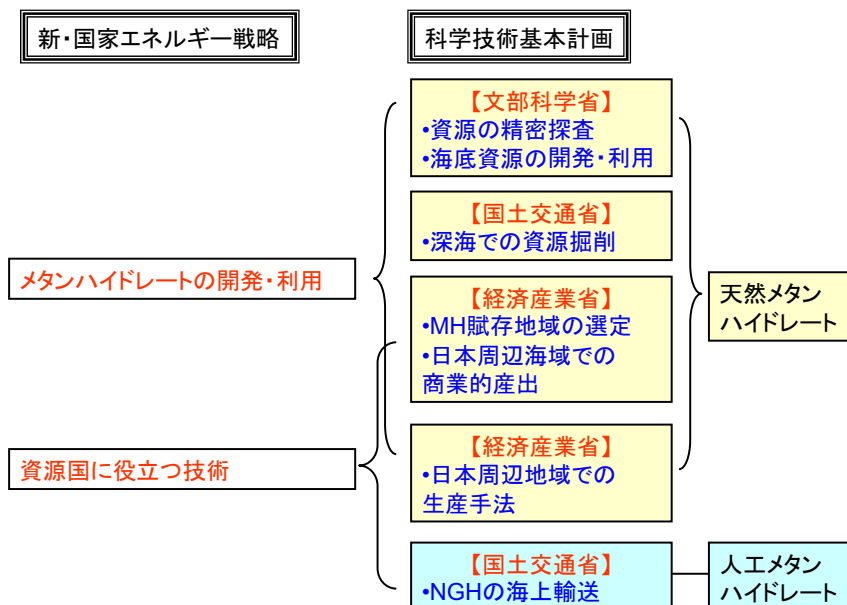
第 3-4 図はメタンハイドレートに関わる経済産業省の「新・国家エネルギー戦略」の上位目標をまとめたものである。大きな上位目標は「新エネルギーイノベーション」と「総合資源確保」である。これら上位目標に対するメタンハイドレートの研究・開発の大きな位置づけは、「メタンハイドレートの開発・利用」と「資源国に役立つ技術」の 2 点に集約される。

そこで、これら 2 点の視点を基軸に、科学技術基本戦略において示された各省所管の関連プロジェクトの位置づけを大括りすると第 3-5 図となる。

第 3-4 図 メタンハイドレートに関わるエネルギー戦略の上位目標



第 3-5 図 エネルギー戦略上のメタンハイドレートの位置づけ



3. 諸外国における研究・開発のプロジェクト動向

(1) 米国の政策プロジェクト

深海探査計画 IODP は日米の研究協力体制により開始され、両国が主導している³⁻¹⁸⁾。米国はこのような学術的側面では積極的であるが、メタンハイドレート資源開発の具体計画では、従来は必ずしも積極的ではなかった。しかし、現在、開発の加速に向けて進みつつある。

米国エネルギー省(DOE)は 1982 年から 1992 年にかけて、メタンハイドレートの物性から生産モデル等にわたる広範な基礎的研究を実施した(予算約 800 万ドル)。1993 年以降、これらの研究は規模が縮小されて継続されてきた³⁻¹⁹⁾。しかし、米国政府は、あらためて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位置づけ、国内生産を目指して研究を推進することとし、2000 年の「The Methane Hydrate R&D Act of 2000 法案」により、2001～2006 年の研究が進められてきた³⁻²⁰⁾。

3-18) 「IODP に関する我が国の取組みについて」、文部科学省 深海掘削委員会評価小委員会 資料，
URL:http://www.mext.go.jp/b_menu///shingi/gijyutu/gijyutu5/siryu/004/06022204/003.htm

3-19) 「Methane Hydrate - The 1982-92 R&D Program」，米国 DOE 資料，
URL:http://www.fossil.energy.gov/programs/oilgas/hydrates/1982-92_Program.html

3-20) 「METHANE HYDRATE RESEARCH AND DEVELOPMENT ACT OF 2000」，米国 DOE 資料，
URL:<http://www.netl.doe.gov/technologies/oil-gas/FutureSupply/MethaneHydrates/rd-program/legislation.htm>

同プロジェクトは2005年に「Methane Hydrate Research and Development Act of 2005 法案」として延長された³⁻²¹⁾。その際に、米国のハイドレートに関する技術開発は日、印、中、韓等の他国に大幅に遅れており、原因は少ない予算にあるとして予算の大幅な増額を求め、2006～2010年にわたる計1億5500万ドルの支出が承認された³⁻²²⁾。

(2) 欧州の政策プロジェクト

天然メタンハイドレート資源に関する欧州の技術開発では、日米ほどの組織的、積極的な動きは見られない。欧州諸国はIPODからIODPに至る学術的側面の強い深海探査プロジェクトに参加しており、現在のIODPではコンソーシアム「ECORD」³⁻²³⁾として参加している。

一方、EU管理下の研究開発プロジェクトでは、メタンハイドレートの資源開発・利用に関連するプロジェクトは3件と少ない³⁻²⁴⁾。これは、資源開発に関してはEU構成各国のエネルギー事情が異なるため、国別の対応となっているものと推測される。

(3) 韓国の政策プロジェクト

韓国ではThe Gas Hydrate Development Project(2005～2014年の10年計画)に基づき、2005年に「Gas Hydrate R&D Organization」が設立され、産業資源省、石油公団、ガス公社、地質資源院が参加している。メタンハイドレートを将来の資源として注目しており、2015年以降の商業生産を目指す計画である³⁻²⁵⁾。

(4) 中国の政策プロジェクト³⁻²⁵⁾

中国では国家海洋局、国土資源省、地質調査所他が主管となり、2001年の「第10次5ヶ年計画(01～05年)」において、国土資源省の7大重点プロジェクトの一つに海域のメタンハイドレート調査評価プロジェクトが位置づけられ、2004年には広州天然ガスハイドレートセンターが設立されている。2006年の「第11次5ヶ年計画(06～11年)」にもメタンハイドレート調査の実施が組み込まれた。東中国海に賦存するとされるメタンハイドレートに注目し、2010～2015年に試験的生産、2020年前後までの生産開始を目指している。

第4章 特許出願動向分析

第1節 分析方法

(1) 使用したデータベース、検索対象、検索期間

日本への出願については公開・公表・再公表特許を調査対象とし、データベースは「PATOLIS」を用いた。外国への出願については、データベース「DWPI」、及び「esp@cenet」

3-21) 「An Advisory Committee to the Secretary of Energy」, 米国 DOE 資料,
URL:http://www.fe.doe.gov/programs/oilgas/hydrates/Methane_Hydrates_Advisory_Committee.html

3-22) 「Report to Congress - An Assessment of the Methane Hydrate Research Program and An Assessment of the 5-Year Research Plan of the Department of Energy」, 米国議会報告書, 2007年6月,
URL:http://www.fe.doe.gov/programs/oilgas/publications/methane_hydrates/CongressReport.pdf

3-23) 「European Consortium for Ocean Research Drilling」, ECCORD ホームページ,
URL:<http://www.ecord.org/>

3-24) 「CORDIS 検索サイト」, URL:<http://cordis.europa.eu/search/index.cfm>

3-25) 「メタンハイドレート—資源量評価研究の経緯と最新の成果—」, 林; 石油・天然ガスレビュー, Vol.41, No.5(2007) 58,
URL:http://oilgas-info.jogmec.go.jp/report_pdf.pl?pdf=200709_057a.pdf&id=1812

を用い、収録範囲内の世界各国で公開・登録された特許を対象とした。

調査対象期間は、PATOLIS と DWPI では収録されている全期間とし、esp@cenet については公報発行日が 1929 年 1 月 1 日から 1975 年 12 月 31 日までの特許を対象とした。

PATOLIS、DWPI においては、調査対象であるメタンハイドレート、及びその輸送・貯蔵、石油・天然ガスの採取等に関する国際特許分類を基本とし、当該技術分野に関係する用語検索を加えて検索を実施した。また、esp@cenet においては用語と公報発行年で検索を実施した。

(2) 出願件数の計数方法

PATOLIS、及び esp@cenet のデータは個別特許を 1 件と計数する。

DWPI のデータはパテントファミリー中の個別出願を 1 件の出願特許として計数する。したがって、同一発明であっても出願先国数が多ければ出願件数としては多く計数される。

(3) 調査、分析の対象文献

本調査ではデータベース収録範囲内の世界で出願された全特許を対象とするが、特に、その大部分を占める日本、米国、欧州、韓国、中国の 5 ヶ国(以下、「5 極」と記す)に出願された特許に重点を置く。ただし、メタンハイドレートに関しては 5 極以外への出願も含めた調査、分析が必要な場合があり、その場合は 5 極にその他の国を加え、データベース収録範囲内の全ての国(以下、「全世界」と記す)に出願された特許を対象とする。

(4) 注目研究テーマ、重要特許、基本特許

注目研究開発テーマは、実用上、特に必要となる技術であり、かつ特許出願件数の多い技術分野を選定し、本調査のための委員会での審議により選定した。

メタンハイドレート技術は実用化前の技術開発段階にあるため、現時点における実用性の観点からの重要特許選定は妥当ではない。そこで、注目研究テーマに属する全ての特許文献について発明内容を精査すると共に時系列的な相互関係を調べ、発明の核心において新たなアイデアが付加された最初の特許文献を重要特許として選定した。その際には、各国審査官によって当該特許が引用された回数(被引用回数)も参考とした。

さらに重要特許において、権利付与され、発明の内容が同一目的の他の発明によって回避することが困難と判断される特許を基本特許と位置づけ、これについて調査した。

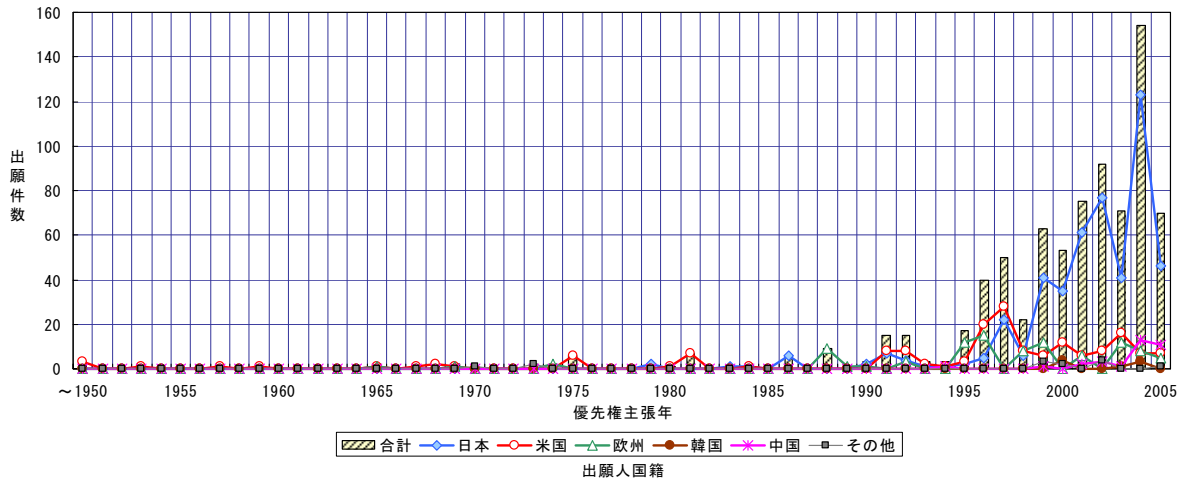
第 2 節 全体動向

1. 5 極での出願状況

2005 年以前に 5 極に出願されたメタンハイドレートに関する分析対象特許出願は 799 件であり、最も古い出願は 1941 年の 3 件である。以下の特許出願動向分析では、1941 年以降、2005 年までを全期間と定義する。第 4-1 図に 5 極での出願人国籍別の出願件数推移を示す。

第 4-1 図から、1996 年頃以降の日本国籍出願人による出願が圧倒的に多く、日本以外の国籍による出願の比率は少ないことが分かる。ただし、日本以外の外国籍出願人による出願の増加傾向も見られ、特に米国、欧州国籍出願人による出願の増加が顕著である。また、2004 年からは中国国籍出願人による出願が急増し、米国、欧州国籍出願人と同レベルに達していることが注目される。なお、1980 年代までは米国国籍出願人による出願が主であり、1980 年代後半から、日本と欧州の出願人による出願が見られるようになったことが示されている。

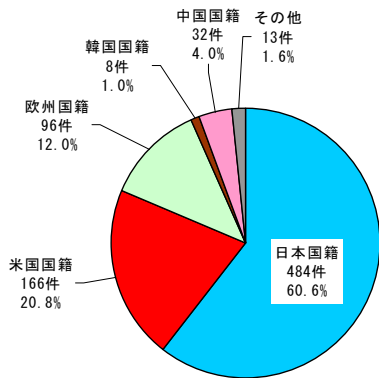
第 4-1 図 5 極における出願人国籍別出願件数の推移(全期間)



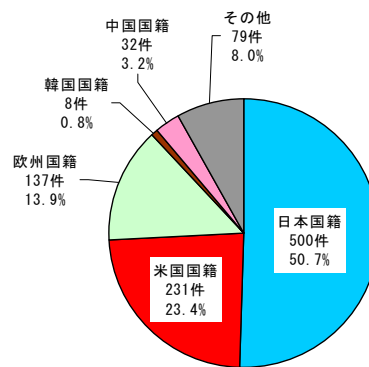
第 4-2 図には 5 極での出願人国籍別の出願件数の比率を示す。全体の 61%が日本国籍出願人によるもので、圧倒的に優勢である。米国、欧州の各国籍出願人が日本に次ぎ、これら 3 ヶ国の出願人で全体の約 93%を占める。

第 4-3 図には全世界への出願人国籍別の出願件数の比率を示す。第 4-2 図と比較してその他国籍出願人による出願の比率が大きい。その他国籍出願人の国籍内訳を第 4-1 表に示す。この表から、旧ソビエト連邦諸国とロシアの国籍の出願人による出願が多いことがわかる。

第 4-2 図 5 極における出願人国籍別出願件数の比率(全期間、n=799)



第 4-3 図 全世界における出願人国籍別出願件数の比率(全期間、n=987)



第 4-1 表 全世界へのその他国籍出願人による出願件数(全期間)

| 出願人国籍 | 出願件数 |
|---------------|------|
| 旧ソビエト連邦諸国、ロシア | 59 件 |
| オーストラリア | 11 件 |
| カナダ | 7 件 |
| 南アフリカ | 2 件 |

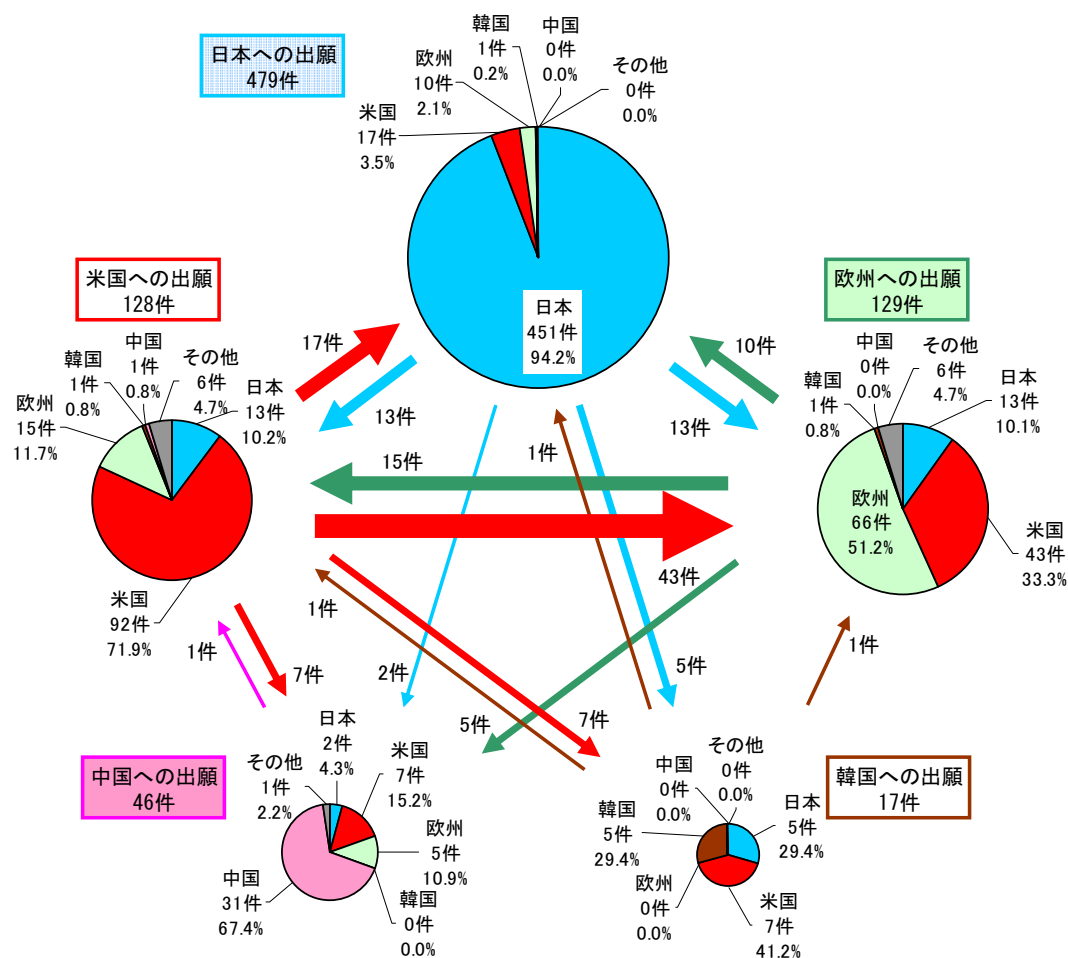
2. 5極における出願の相互関係

5極への出願における出願件数の収支を第4-4図に示す。この図によれば、日本への出願件数は圧倒的に多いが、日本国籍出願人による他国への出願が少ないことが注目される。日本と米国、あるいは欧州との間の収支の差は小さい。

一方、米国と欧州の間の出願の流れは出願件数の割には大きく、特に米国国籍出願人による欧州への出願が多い。日米欧の3ヶ国と中国、韓国との間の出願の流れは極めて少ない。

以上を総括するならば、日本と米欧との間の出願件数の収支はほぼ均衡しており、また特許出願の流れは日米欧を中心とし、特に米欧の関係が強いといえる。

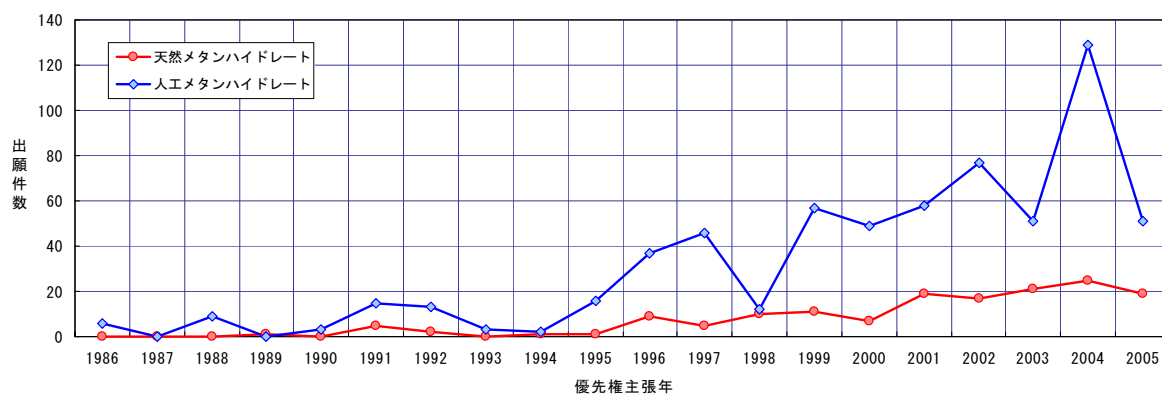
第4-4図 5極相互の出願件数の収支(全期間)



3. 5極における天然、及び人工メタンハイドレートの出願状況

天然メタンハイドレートと人工メタンハイドレートは技術内容、及びビジネスの対象が大きく異なるため、全出願における両者のウェイトを分析した。第4-5図に1986年以降の天然・人工メタンハイドレートそれぞれの5極での出願件数推移を示す。人工メタンハイドレートの件数が明らかに多く、全体動向にはその出願状況が大きく影響しているといえる。

第 4-5 図 5 極への天然・人工メタンハイドレートの出願件数の推移(1986 年以降)



4. 出願人国籍別の出願人人数

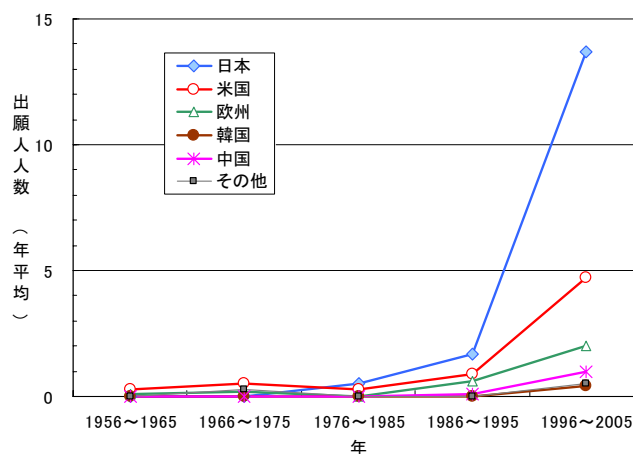
第 4-2 表に 5 極への出願における全期間の出願人国籍別人数を示す。1941 年から 2005 年までの 65 年間における全出願人人数(重複を除いた人数)は 164 出願人であり、参入者の少ない技術分野である。特に、欧州、韓国、中国では出願人人数が少なく、日米両国の出願人で天然メタンハイドレートの 83%、人工メタンハイドレートの 78%、全体の 80%を占める。

第 4-2 表 5 極への出願における出願人国籍別人数(全期間)

| | 天然メタンハイドレートに関する出願人 | 人工メタンハイドレートに関する出願人 | 全出願人(重複除去後) |
|-----|--------------------|--------------------|-------------|
| 日本 | 41 | 48 | 75 |
| 米国 | 24 | 35 | 56 |
| 欧州 | 9 | 11 | 18 |
| 韓国 | 0 | 3 | 3 |
| 中国 | 3 | 5 | 6 |
| その他 | 1 | 5 | 6 |
| 合計 | 78 | 107 | 164 |

各国の 10 年単位の年間出願人人数の平均値を求め、その推移を第 4-6 図に示す。この図からビジネス参入者のマクロ的推移が分かるが、最近の 10 年間に於いて米国、日本の増加、とりわけ日本の増加が顕著である。しかし、参入者の絶対数は日本で 15 人以下、日本以外では 5 人以下であり、他の産業分野に比べるとビジネス参入者は極めて少なく、メタンハイドレートの分野は特殊な事業分野といえる。

第 4-6 図 出願人人数の推移
(出願先：5 極、10 年間ごとの年平均値)



5. 特許権利活用状況

メタンハイドレートの技術は天然と人工の双方とも技術開発途上にあり、まだ実用化されていないが、調査の結果、下記1件の実施許諾がみられた⁴⁻¹⁾。

- ・権利者 : 石油公団(現 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構)
- ・許諾先 : Aumann & Associates Inc.(米国)
- ・許諾日 : 2002年3月11日
- ・対象技術 : メタンハイドレートコアサンプル採取器

この技術は天然メタンハイドレート層のサンプル採取において、サンプルが途中で分解しないように、圧力と温度を維持したまま回収する装置である。天然メタンハイドレートからの天然ガス生産という、技術の本体はまだ実用化されていないが、本技術はその探査段階で使用されるものであり、実施許諾先には米国、インド等の研究機関からメタンハイドレートのコアサンプル採取の依頼がある模様である。

第3節 技術分野・天然メタンハイドレートの出願動向

1. 全体動向

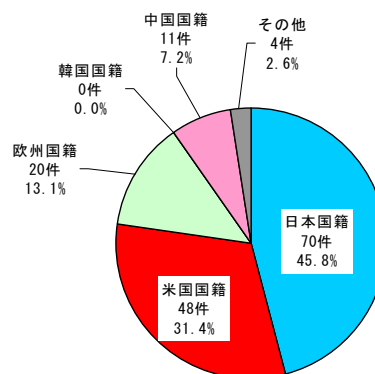
天然メタンハイドレートに関する5極への出願は全期間で164件、直近20年間の1986年以降で153件であった。1986年以降の5極への出願の出願人国籍別出願件数比率を第4-7図に示す。また、その間の出願人国籍別出願件数推移を第4-8図に示す。なお、2005年に件数が減少しているのは、出願から公開、データベース収録までの時間差によるものであり、出願件数の実態とは多少異なる可能性がある。

第4-7図によれば日本国籍出願人による出願件数が首位(約46%)であり、米国が2位(約31%)に位置する。日米欧の3ヶ国の出願人で約90%を占める。なお、米国国籍出願人による出願件数には日本国籍出願人との共同出願の6件が含まれ、これを考慮すれば日本の優位はこの図に示されているよりもやや高まる。

第4-8図において、日本国籍出願人の出願は1997年から増加開始しており、これは国の施策として天然メタンハイドレートに関する研究、技術開発が開始されたことに関連すると考えられる。

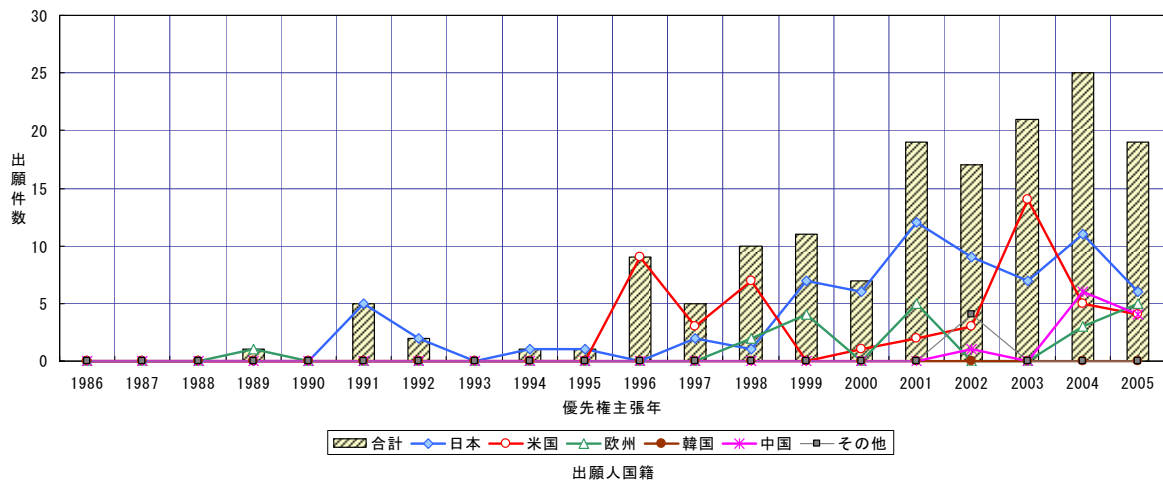
日本以外の国籍の出願人に関しては、まず米国国籍出願人の出願が1996～1998年にかけて一時増加した後、2001年から再び増加している。欧州国籍出願人による出願も1999年から増減を繰り返しているが、2004年から再度増加の兆しがうかがえる。また、中国国籍出願人による出願が2004年から増加の気配があることが注目される。米国、中国では、それぞれにおける本格的なメタンハイドレート資源開発プロジェクトがその頃に開始されており、その反映と考えられる。

第4-7図 5極における出願人国籍別出願件数比率
(天然MH、1986年～2005年、n=153)



4-1) MH21 ホームページ>プレス>TRC NEWS>メタンハイドレートコアサンプル採取器 (PTCS) 実施許諾、URL:<http://www.mh21japan.gr.jp/press/index.html>

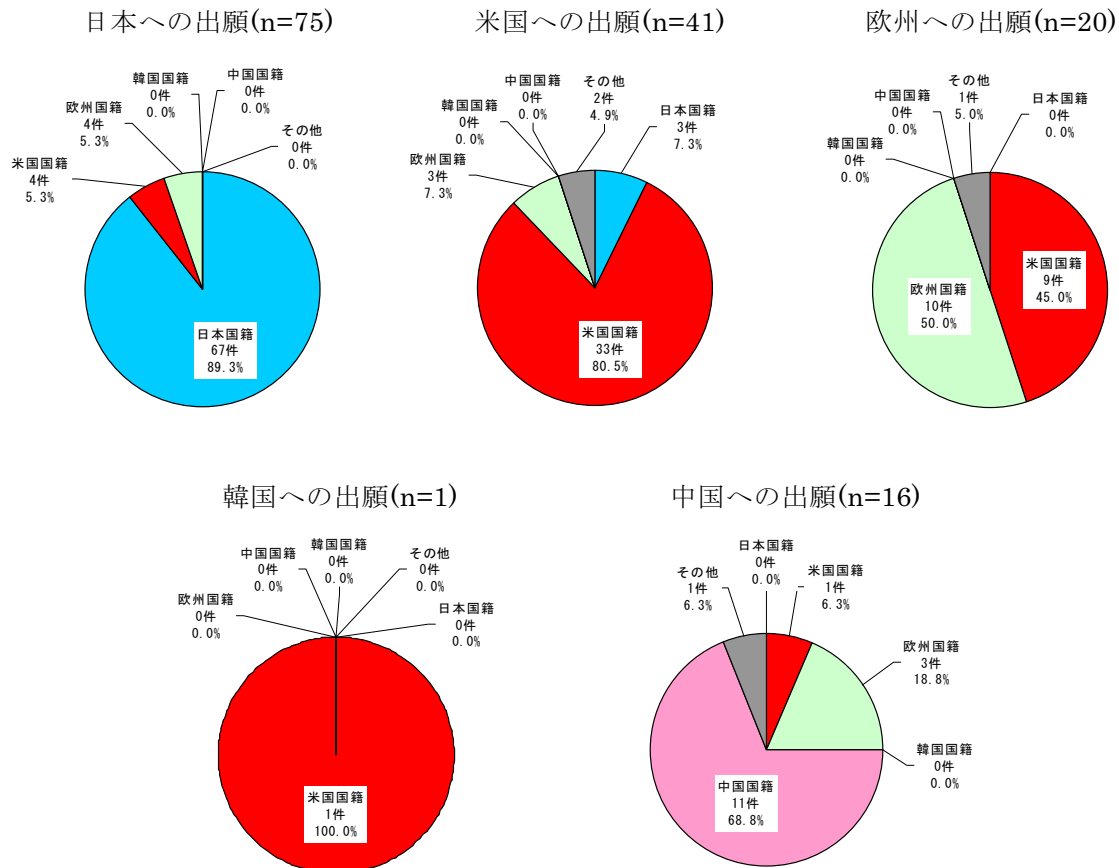
第 4-8 図 5 極における出願人国籍別出願件数推移(天然 MH、1986 年～2005 年)



第 4-9 図に天然メタンハイドレートに関する 1986 年以降の 5 極の各国への出願人国籍別出願件数比率をそれぞれ示す。

韓国への出願(米国国籍出願人による 1 件のみ)を除き、各国の出願人とも、それぞれ自国への出願が多い。日本から外国への出願は米国以外にはなく、極めて少ないことが特徴的である。これは、日本が特許技術の国内における実施、すなわち日本近海の天然メタンハイドレート資源からの天然ガス回収を第一の目標としていることの表れと考えられる。

第 4-9 図 出願先国別の出願人国籍別出願件数比率(天然 MH、1986 年～2005 年)



2. 天然メタンハイドレートの詳細技術分野別の動向

(1) 技術分野間の概括

1986年以降の5極への出願におけるハイドレート賦存場所別の件数を第4-3表に示す。陸域だけを対象とする出願は無い。

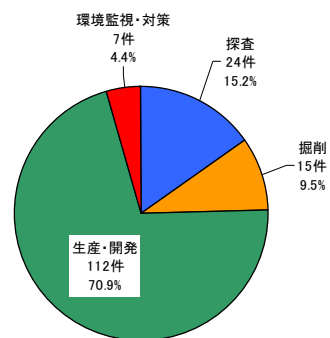
第4-10図と第4-11図に、1986年以降の5極への出願における詳細技術分野別の比率と出願件数の推移をそれぞれ示す。出願件数は、生産・開発分野が1996年頃から増加しており、それより数年遅れてその他の分野の出願増加が見られる。

出願の比率は生産・開発分野が他分野より圧倒的に多く、これはこの技術が重視されていることを示していると考えられる。一方、探査、掘削の分野が少ないが、これは天然メタンハイドレートの探査、掘削には、従来の石油、天然ガス開発における技術、あるいはその改良技術の応用が可能であるためと考えられる。

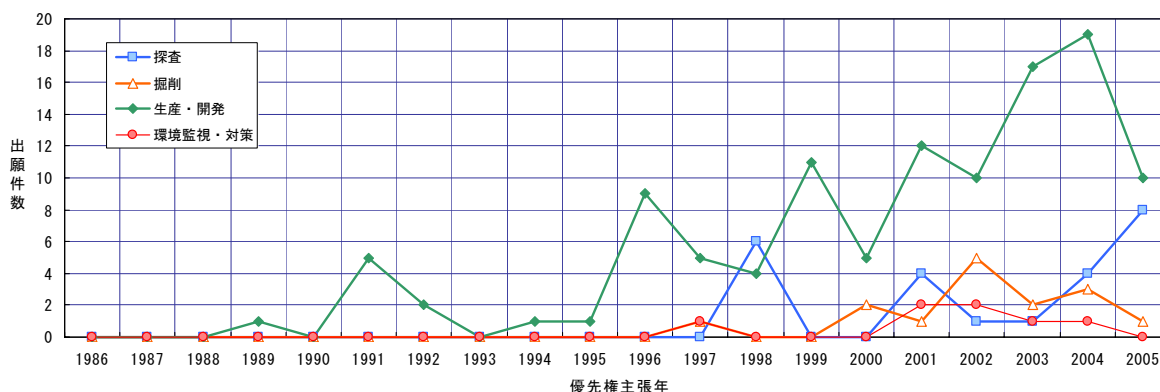
第4-3表 賦存場所別の出願件数
(天然MH,出願先5極,1986年以降)

| 賦存場所 | 出願件数 |
|----------|------|
| 陸域 | 0 |
| 海域 | 51 |
| 共通(記述なし) | 102 |

第4-10図 天然メタンハイドレートの
技術分野別の出願件数比率
(出願先:5極、1986~2005年、n=158)



第4-11図 天然メタンハイドレートの技術分野別の出願件数推移(出願先:5極、1986~2005年)

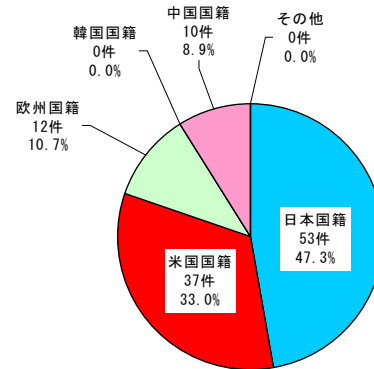


(2) 技術分野別の出願人国籍別出願件数

技術分野のうち、出願件数が比較的多い生産・開発分野について、1986年以降の5極への出願における出願人国籍別出願件数比率を第4-12図に示す。

日本国籍出願人が約半数を、米国国籍出願人が約1/3を占め、欧州が次ぐ。中国国籍出願人による出願は、この期間内では欧州に拮抗する件数である。

第4-12図 生産・開発分野の出願人国籍別出願件数比率
(出願先：5極、1986～2005年、n=112)



3. 主要出願人の動向

出願期間を1941～1990年と1991～2005年の2期間に分け、天然メタンハイドレート分野の5極への出願における出願件数ランキングの推移を第4-4表に示す。

この表から、1990年以前と1991年以降の出願件数上位の主要出願人は完全に入れ替わっていることが分かる。また、1991年以降のランキングでは、三菱レイヨンが第1位である。

第4-4表 出願件数の上位出願人(天然MH、出願先：5極)

1941～1990年(n=12)

| 順位 | 出願人 | 属性 | 件数 |
|----|-------------------|------|----|
| 1 | 米国エネルギー省 (米) | 公的機関 | 7 |
| 2 | BP (欧) | 企業 | 2 |
| 3 | コノコ・フィリップス (米) | 企業 | 1 |
| 3 | Iseux V J C (欧) | 個人 | 1 |
| 3 | Elliott G R B (米) | 個人 | 1 |

1991～2005年(n=152)

| 順位 | 出願人 | 属性 | 件数 |
|----|---------------------------------|-----|----|
| 1 | 三菱レイヨン (日) | 企業 | 12 |
| 2 | 中国科学院 (中) | 大学等 | 9 |
| 2 | 三菱重工業 (日) | 企業 | 9 |
| 4 | シュランベルジェ (欧) | 企業 | 8 |
| 4 | 大成建設 (日) | 企業 | 8 |
| 6 | 産業技術総合研究所 (日) | 大学等 | 7 |
| 7 | Aumann & Associates (米) | 企業 | 6 |
| 7 | エクソン・モービル (米) | 企業 | 6 |
| 9 | Halliburton Energy Services (米) | 企業 | 5 |
| 10 | Yemington C R (米) | 個人 | 4 |
| 10 | JFEエンジニアリング (日) | 企業 | 4 |
| 10 | Hoelter H (欧) | 個人 | 4 |
| 10 | Presssol (他) | 企業 | 4 |
| 10 | Atkinson S (欧) | 個人 | 4 |

4. 注目研究開発テーマの動向

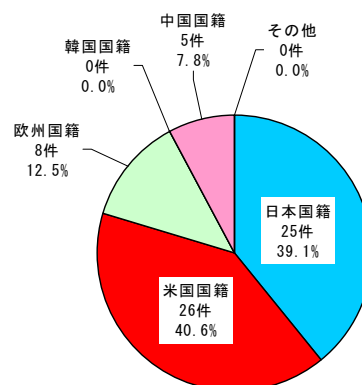
(1) 注目研究開発テーマの同定

天然メタンハイドレートからの天然ガス生産技術を構成する技術分野のうち、類似の既存技術がない生産・開発分野に着目し、その下位分類の中で最も現実的と考えられており、かつ分類付与件数の多い地層内ガス化回収を注目研究開発テーマとして選定した。

(2) 地層内ガス化回収に関する出願人国籍別特許出願件数

地層内ガス化回収に関する 1986 年以降の 5 極への出願の出願人国籍別出願件数比率を第 4-13 図に示す。この図から、この注目研究開発テーマに関しては、日米両国国籍出願人の出願件数が拮抗していることが分かる。

第 4-13 図 5 極における地層内ガス化回収に関する出願人国籍別出願件数比率 (1986 年～2005 年、n=64)



5. 重要特許

第 4 章第 1 節(4)で述べた基準に従い、天然メタンハイドレートに関して全世界に出願された特許のうち、地層内ガス化回収に分類付与された 99 件(重複を除く)から 35 件を重要特許として選定した。

地層内ガス化回収技術の中でも、加熱法については 1974 年に最初の出願がなされた後、比較的多くアイデアが出願されている。その具体的方法では流体による加熱が多いが、後述の基本特許に代表される二酸化炭素地中貯留と天然ガス生産を連立させる技術に関するアイデアも比較的多く出願されている。これに対し、減圧法とインヒビタ注入法に関する出願はそれぞれ比較的最近の 1994 年と 1998 年からであり、その数は多くない。

6. 基本特許

天然メタンハイドレートのガス化に関わる加熱、減圧、インヒビタ注入(高圧、低温側への平衡移動)の各基礎技術をはじめとして、この技術分野に関する基本特許と解されるものは見当たらなかった。

ただし、下記公開案件は基本特許ではないが、DWPI における被引用回数が 149 回と 2 位の 3 倍近くあり、飛び抜けて多いことから、加熱法の一方法である「ガス置換」に関する最初の特許文献として、特に注目すべき重要特許と考えられる。

【公開番号】 特開平 5-25986

【発明の名称】 投棄二酸化炭素を熱源とする天然ガス採取方法および装置

【出願日】 平成 3 年(1991)7 月 19 日

【出願人】 日本鋼管株式会社(注：現 JFE エンジニアリング株式会社)

この技術は天然メタンハイドレート層からの天然ガス生産と、燃焼排ガス等から分離した二酸化炭素のハイドレート化地中貯留を同時に行うことから「ガス置換」と呼ばれる。

第 4 節 技術分野・人工メタンハイドレートの出願動向

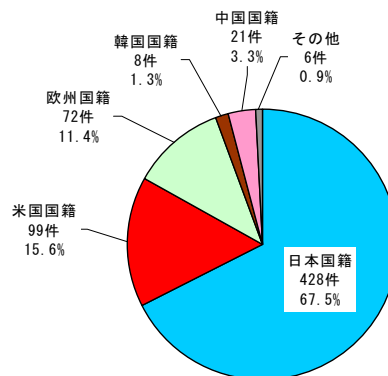
1. 全体動向

人工メタンハイドレートに関する 5 極への出願は全期間で 660 件、出願が急増した時期を含む直近の 20 年間である 1986 年以降で 634 件であった。1986 年以降の 5 極への出願における出願人国籍別出願件数比率を第 4-14 図に、また同期間の出願人国籍別出願件数推移を第 4-15 図に示す。なお、2005 年に件数が減少しているのは、出願からデータベース収録までの時間差によるものであり、出願件数の実態とは異なる可能性がある。

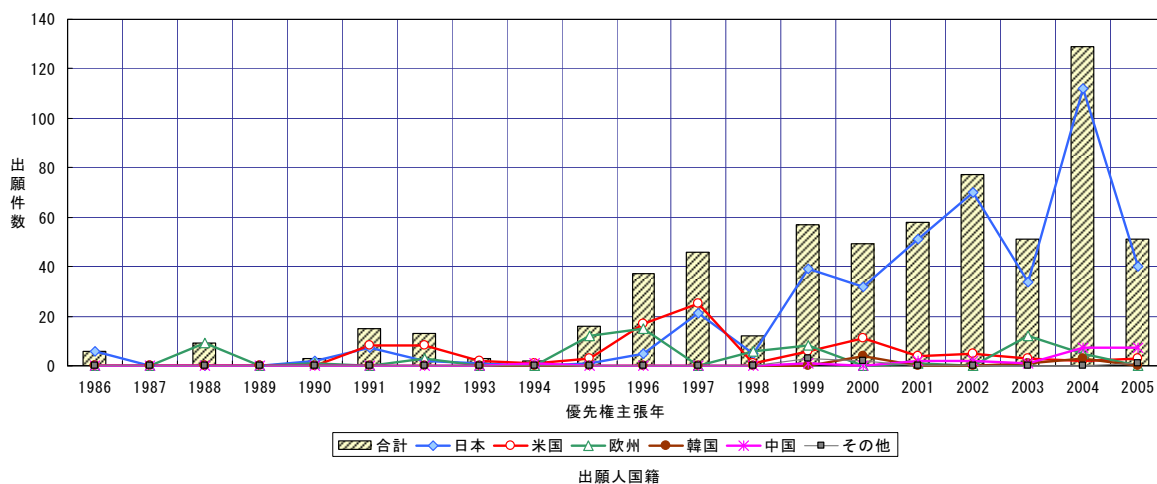
第 4-14 図から、日本国籍出願人による出願が約 2/3 を占め、圧倒的に優位であることが分かる。

第 4-15 図で明確なように、日本国籍出願人による出願は 1996 年を境に急増している。この時期は天然メタンハイドレートに関する出願件数増加時期とほぼ一致しているが、主たる原因は異なると考えられる。

第 4-14 図 5 極における出願人国籍別出願件数比率
(人工 MH、1986 年～2005 年、n=634)



第 4-15 図 5 極における出願人国籍別出願件数推移(人工 MH、1986 年～2005 年)



第 4 章第 3 節 1. で述べたように、天然メタンハイドレートの場合は日本における本格的な政策プロジェクトの開始が影響したと考えられるが、人工メタンハイドレートに関するプロジェクトが本格的に開始されたのは 2001 年である。

人工メタンハイドレートに関する出願が増加開始した 1996 年は、液化天然ガス(LNG)と比較した人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送の経済性試算結果が発表され、大きな注目を得た年である(第 3 章第 1 節 3.)。この年の人工メタンハイドレートの特許出願件数の増加は、この研究発表と深く関連していると考えられるのが妥当である。

注目されるのは、米欧国籍出願人による出願も 1996 年前後に一時的に増加してピークを示しているが、その後は沈静化し、出願件数の顕著な増加傾向が見られないことである。これは、米欧では天然ガス供給のほとんどが自国産、あるいはパイプラインによる輸入であり、人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送の必要性が日本に比べて少ないことが背景にあると考えられる。なお、中国国籍出願人による出願が 2004 年から増加の気配がある。

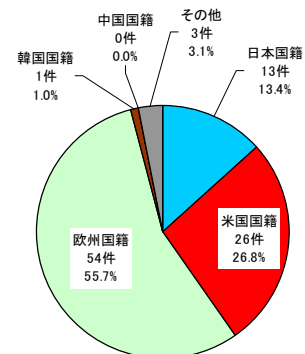
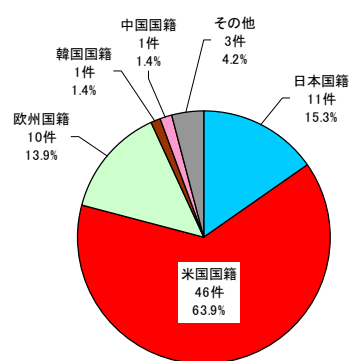
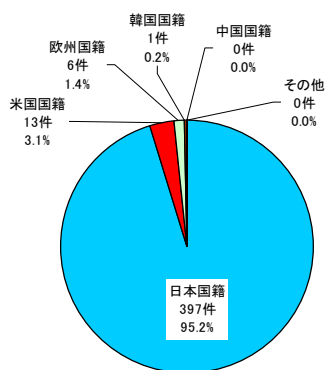
第 4-16 図に 1986 年以降の 5 極の各国への出願における出願人国籍別出願件数比率を示す。また、各国における日本国籍出願人による出願件数の比率の比較を、天然メタンハイドレートも含め、第 4-5 表に示す。これらの図表から分かるように、日本国籍出願人による外国へ

の出願は天然メタンハイドレートの場合よりも多く、5極の全ての国に出願している。これは、天然メタンハイドレートでは日本周辺海域の資源回収、国内消費が当面の目的であり、特許技術も国内実施が中心と考えられるのに対し、人工メタンハイドレートは海外からの天然ガス輸入手段としての利用が想定され、技術の適用先が海外にも及ぶことを反映したものと考えられる。

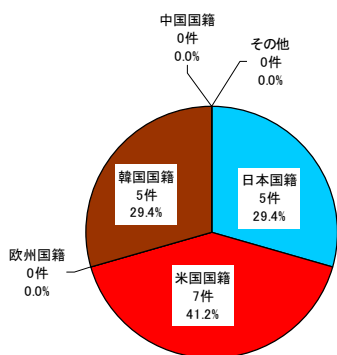
第 4-5 表 出願先国別の日本国籍出願人による出願件数シェア（1986 年～2005 年）

| 出願先国 | 天然 MH | 人工 MH |
|------|-------|-------|
| 日本 | 89.3% | 95.2% |
| 米国 | 8.6% | 15.3% |
| 欧州 | 0% | 13.4% |
| 韓国 | 0% | 29.4% |
| 中国 | 0% | 6.5% |

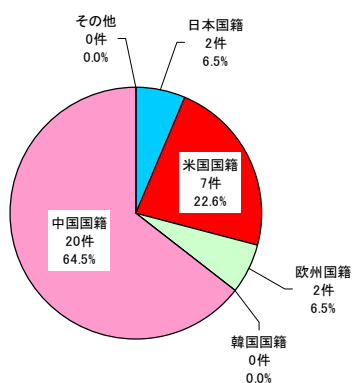
第 4-16 図 出願先国別の出願人国籍別出願件数比率(人工 MH、1986 年～2005 年)
 日本への出願(n=417) 米国への出願(n=72) 欧州への出願(n=97)



韓国への出願(n=17)



中国への出願(n=31)



2. 人工メタンハイドレートの詳細技術分野別の動向

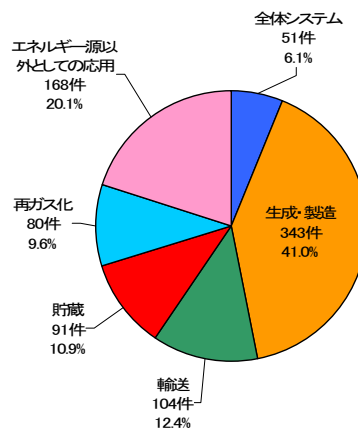
(1) 技術分野間の概括

1986年以降の人工メタンハイドレートに関する5極への出願における技術分野別の特許出願件数比率と出願件数推移をそれぞれ第4-17図と第4-18図に示す。1件の特許に複数の分類が付与されることもあり、何れも重複を含む件数である。

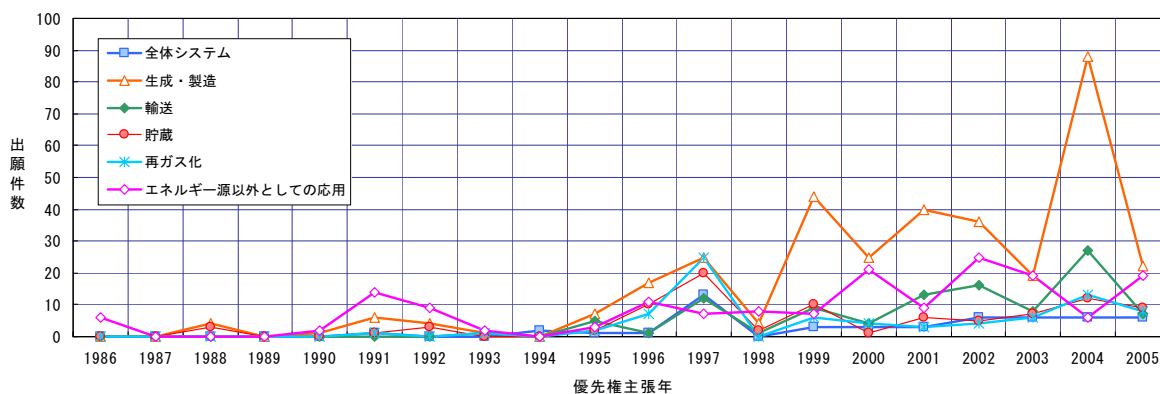
第4-17図によると、ハイドレート生成という新技術が必要な生成・製造に関する出願が多い。また、注目すべきは本調査の主対象ではないエネルギー源以外への応用に関する出願が約20%と、生成・製造に次いで多いことである。

第4-18図の出願件数推移によれば、1995年頃からいずれの分野も増加傾向にあり、特に生成・製造分野が1999年以降に大きく増加していることが分かる。生成・製造分野以外はいずれも緩やかな増加である。

第4-17図 人工メタンハイドレートの技術分野別出願件数比率
(出願先：5極、1986～2005年、n=837)



第4-18図 人工メタンハイドレートの技術分野別の出願件数推移(出願先：5極、1986～2005年)



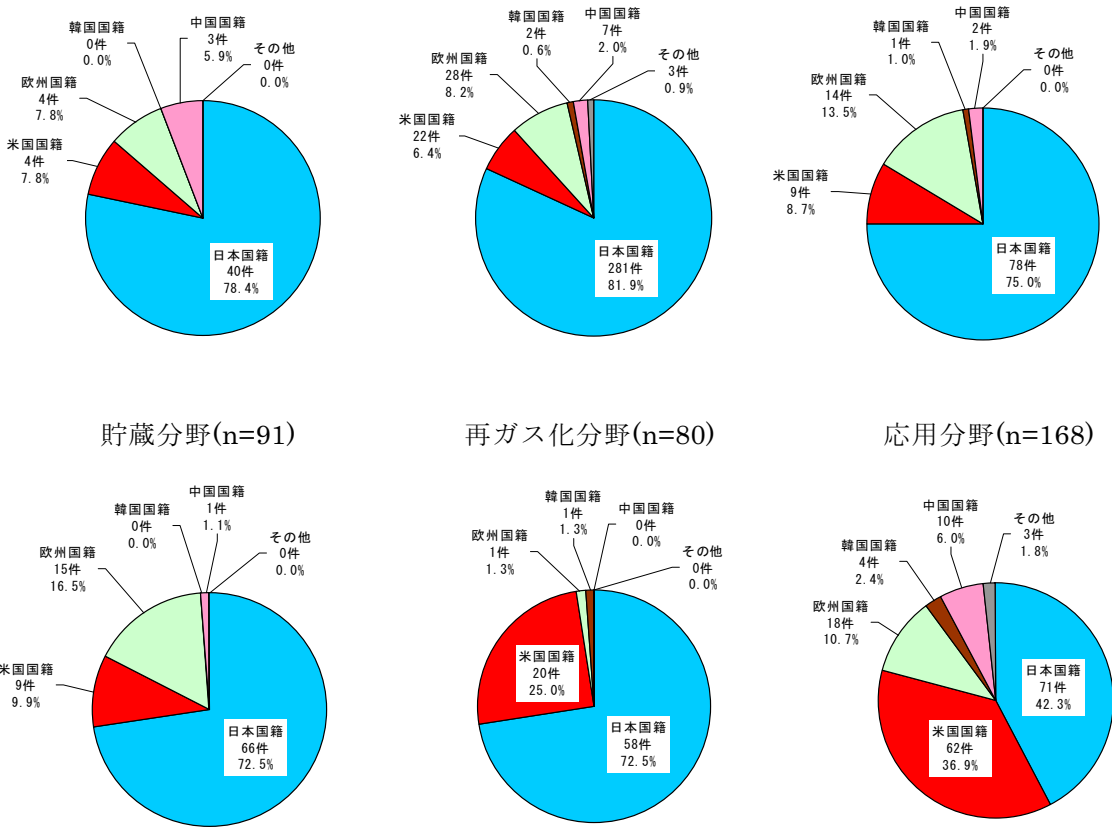
(2) 技術分野別の出願人国籍別出願件数

1986年以降の5極への出願における技術分野別の出願人国籍別出願件数比率を第4-19図に示す。

応用分野以外の人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送に関する5分野では、日本国籍出願人による出願は全体の約72～82%を占め、圧倒的に優勢である。日本における本技術の開発への注力状況を反映している。

一方、応用分野では日本国籍出願人が全体の42%で首位を占めるものの、2位の米国国籍出願人が37%を占めており、ほぼ肩を並べている。

第 4-19 図 技術分野別の出願人国籍別出願件数比率(出願先：5 極、1986～2005 年)
 全体システム分野(n=51) 生成・製造分野(n=343) 輸送分野(n=104)



3. 主要出願人の動向

全期間(1941～2005 年)の人工メタンハイドレートに関する出願件数ランキングのうち、5 極全体、及び日本への出願におけるランキングを第 4-6 表に示す。両者の差から主要出願人の日本以外の 5 極への出願件数が分かる。この結果から次の点が分かる。

- (1) 5 極、及び日本への出願件数では三井造船が突出して第 1 位である。しかし、同社は全出願件数 172 件のうち、日本以外の 5 極への出願は 3 件のみである(ただし、第 4-6 表には示さないが、5 極以外のその他の国へは 6 件を出願)。
- (2) 5 極への出願件数上位 10 出願人のうち、7 出願人を日本国籍出願人が占める。
- (3) 5 極への出願において、公的機関・大学等の中では産業技術総合研究所が主要出願人である。

第 4-6 表 出願件数の上位出願人(人工 MH、全期間)
 出願先 5 極(n=660) 出願先 日本(n=420)

| 順位 | 出願人 | 属性 | 件数 | 順位 | 出願人 | 属性 | 件数 |
|----|-----------------|-----|-----|----|-----------------|-----|-----|
| 1 | 三井造船 (日) | 企業 | 172 | 1 | 三井造船 (日) | 企業 | 169 |
| 2 | 三菱重工業 (日) | 企業 | 64 | 2 | 三菱重工業 (日) | 企業 | 54 |
| 3 | JFEエンジニアリング (日) | 企業 | 29 | 3 | JFEエンジニアリング (日) | 企業 | 26 |
| 4 | エクソン・モービル (米) | 企業 | 27 | 4 | I H I (日) | 企業 | 20 |
| 5 | 東京ガス (日) | 企業 | 25 | 4 | 産業技術総合研究所 (日) | 大学等 | 20 |
| 6 | 産業技術総合研究所 (日) | 大学等 | 21 | 6 | 東京ガス (日) | 企業 | 19 |
| 7 | I H I (日) | 企業 | 20 | 7 | 三菱レイヨン (日) | 企業 | 14 |
| 8 | Statoil (欧) | 企業 | 18 | 8 | 中部電力 (日) | 企業 | 13 |
| 9 | プリティッシュガス (欧) | 企業 | 16 | 9 | 大阪ガス (日) | 企業 | 6 |
| 10 | 三菱レイヨン (日) | 企業 | 15 | 9 | 中国電力 (日) | 企業 | 6 |
| | | | | 9 | 石川島プラント建設 (日) | 企業 | 6 |

4. 注目研究開発テーマの動向

(1) 注目研究開発テーマの同定

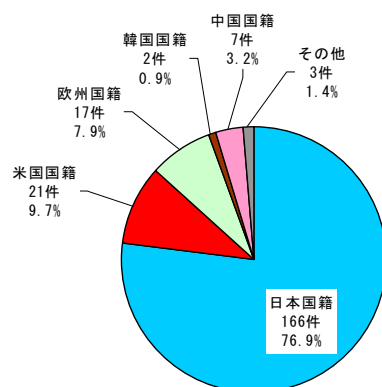
人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送技術を構成する技術分野のうち、生成・製造分野が特に重要と考えられる。その理由は、人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送システム全体の設備費や輸送コストに対し、ハイドレート製造技術が強く影響する⁴⁻²⁾、⁴⁻³⁾ためである。生成・製造分野には生成促進、性状制御、生成装置、調製の4技術が属するが、これらは何れも重要と考えられ、これら4技術分野を注目研究開発テーマとして選定した。

(2) 各注目研究開発テーマに関する特許出願動向

前記4技術分野のうち、最も出願件数が多い生成促進分野の5極における1986年以降の出願人国籍別出願件数比率を第4-20図に示す。

日本国籍出願人が圧倒的多数の77%近くを占める。ここでは割愛したが、性状制御、生成装置、調製の3分野も同様であり、それぞれ順に約84%、78%、85%を占め、極めて優勢である。

第4-20図 生成促進に関する出願人国籍別出願件数比率
(1986年～2005年：n=216)



5. 基本特許、重要特許

(1) 重要特許の同定、および基本特許

前記の注目研究開発テーマ4技術分野に分類付与された特許出願、及び注目研究開発テーマではないが、天然ガス輸送・貯蔵への人工メタンハイドレート利用という基本アイデアに関する特許出願を調査し、第4章第1節で述べた基準に従い、重要特許を選定した。

全期間において、人工メタンハイドレートに関して全世界に出願された特許815件のうち、同一パテントファミリーに属し、技術内容が重複するものを除く553件について明細書を精査し、142件(技術分野間の重複を除く)を重要特許として選定した。

その過程で基本特許についても調査したが、注目研究開発テーマ、および上記の天然ガス輸送・貯蔵への人工メタンハイドレート利用の何れにおいても、基本特許と解される出願は見当たらなかった。

(2) 天然ガス輸送・貯蔵への人工メタンハイドレート利用に関する重要特許とその変遷

1965年に人工メタンハイドレートによる天然ガスの輸送と貯蔵に関する最初の重要特許出願がなされている。ただし、その内容は比較的限定されており、基本特許となり得るものではないと考えられる。

(3) 生成促進に関する重要特許とその変遷

生成促進のうち気液接触促進については、1975年にバブリング(水中への気泡分散)に関する出願がなされて以降、水噴霧、攪拌、界面活性剤利用に関して重要特許が出願されている。

4-2) Gudmundsson, J.S., Borrehaug, A., Proc. 2nd Int. Conf. Natural Gas Hydrates (Toulouse, France, 6/2-6/96), pp.415-422, 1996

4-3) 三井造船(株)、(財)日本船舶技術研究協会、「NGH輸送船の研究開発」、(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 天然ガスハイドレート(NGH)の海上輸送に関する研究成果発表会における配布資料、2006年7月4日

冷却促進では、氷の潜熱利用等、冷熱源に関するものと、熱交換方法に関する重要特許がある。後者については、管式反応器に関する技術の系統と、容器式反応器外部に循環冷却ループを設ける技術の系統とがある。

平衡移動(生成圧力低減)では、初期は添加剤として THF(テトラヒドロフラン)等を用いる方法が中心であったが、最近ではメチルシクロヘキサン等を用いる方法が出願されている。

(4) 性状制御に関する重要特許とその変遷

性状制御に関しては 1995 年以降に出願が始まっていることが特徴である。これは、人工メタンハイドレートに関する研究、開発がある程度進展した段階で、性状制御の必要性が明らかになったためと考えられる。

(5) 生成装置に関する重要特許とその変遷

容器式生成装置に関して 1997 年以降に出願が増加し、少し遅れて 2001 年以降に管式生成装置に関する出願も開始された。何れにも共通であるが、付着・閉塞防止に関する技術を含むものが多く、この問題が人工メタンハイドレートの高速、大量生成における一つの課題であることを窺うことができる。

(6) 調製に関する重要特許とその変遷

安定化では冷却法に関する重要特許が多く、濃縮・脱水では機械的脱水と、未反応水のハイドレート化による水和脱水の 2 方法が考えられている。

第 5 章 研究開発動向分析

第 1 節 分析方法

学術論文を調査するために文献検索を行った。利用したデータベースは JST(独立行政法人科学技術振興機構)が運営する検索サービス JDream II の JSTPlus^{注)}と JST7580^{注)}、および日米独が共同(日本では社団法人化学情報協会)で運営する検索サービス STN の COMPENDEX、GeoRef、TULSA である。

検索条件は基本的に特許検索と同様とし、特許出願動向分析の場合と同一の技術分類表に従って抄録等から技術分類を付与した。

データベース間の重複と調査対象技術に該当しないものを除いて得られた論文件数は、2005 年までに発表されたものが 2446 件であり、最初の論文発表年は 1975 年である。

第 2 節 全体動向

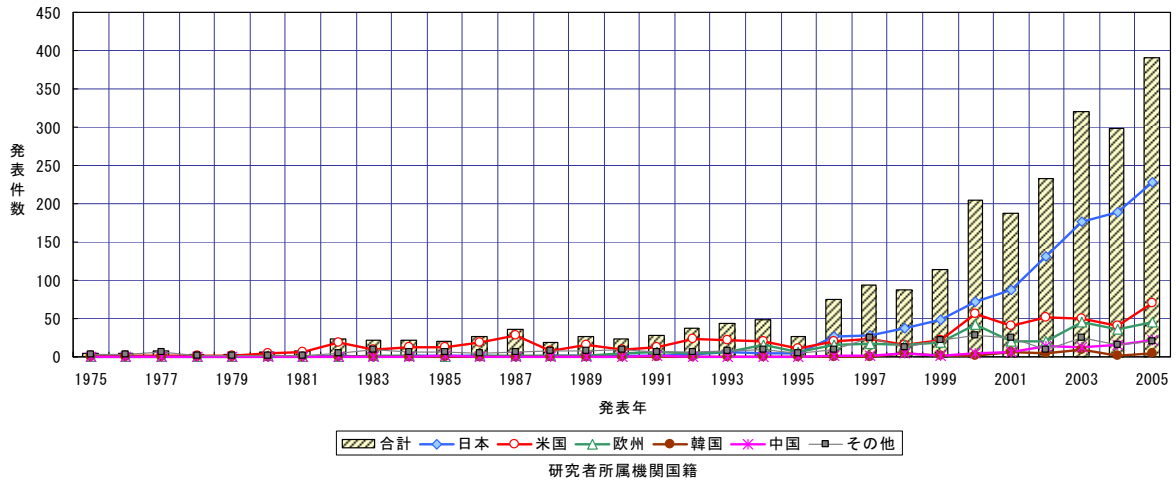
1. 研究者所属機関国籍別の論文発表件数推移

本調査が対象とするメタンハイドレート技術に関する最も古い論文発表は、検索した範囲では 1975 年であった。1975 年から 2005 年まで(以下の研究開発動向分析では、これを「全期間」とする)の研究者所属機関国籍別の論文発表件数推移を第 5-1 図に示す。

米国国籍研究機関の発表は 1975 年から件数は少ないが継続しており、1982 年、及び 2000 年にステップ状に増加した。日本国籍研究機関の発表は 1996 年から一貫して急な増加を示しており、現在では世界で断然首位の地位を占めている。中国国籍研究機関は 2001 年から緩やかな増加傾向を示している。これら諸国における発表件数増加時期は第 3 章第 2 節で述

注) JSTPlus、JST7580 は独立行政法人科学技術振興機構の登録商標

第 5-1 図 研究者所属機関国籍別の論文発表件数推移

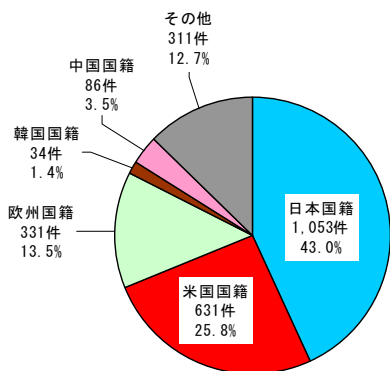


べた各国の政策プロジェクト開始時期と符合しており、その影響と考えられる。

2005 年までの論文発表の研究者所属機関国籍別の比率を第 5-2 図に示す。この図のように、最近の急増を反映して日本国籍研究機関が 43%と首位にある。米国、欧州の研究機関がそれに続き、日米欧で約 80%を占める。

注目すべきは、その他の国の研究機関が 13%弱を占めることであり、第 5-1 表にその内訳を示すように、カナダとロシア・旧ソビエト連邦諸国の研究機関が大部分を占め、かつ表に示したように韓国、中国と同等以上の発表件数であり、メタンハイドレート分野ではこれらの国を無視できないことが分かる。

第 5-2 図 研究者所属機関国籍別の論文発表件数比率 (全期間、n=2446)



第 5-1 表 その他国籍研究機関の発表件数内訳

| 研究者所属機関 国籍 | 発表件数 (件) | 全体における 比率(%) |
|-------------------|-------------|-----------------|
| カナダ | 162 | 6.6 |
| 旧ソビエト連邦 諸国・ロシア | 86 | 3.5 |
| インド | 26 | 1.1 |
| 大洋州 | 15 | 0.6 |
| 中近東 | 12 | 0.5 |
| 他 | 10 | 0.4 |
| 合計 | 311 | 12.7 |

2. 研究者所属機関別発表件数上位ランキング

全期間を 1975 年から 1990 年、および 1991 年から 2005 年の二つの期間に分けた上位ランキングを第 5-2 表に示す。1990 年以前のランキングでは、日本国籍研究機関は産業技術総合研究所が 14 位に位置する以外は見当たらないのに対し、1991 年から 2005 年では、上位 20 機関のうち、日本国籍研究機関が半分を占め、かつ 1~4 位を独占している。

第 5-2 表 発表件数上位ランキング

(1975 年～1990 年、n=256)

(1991 年～2005 年、n=2190)

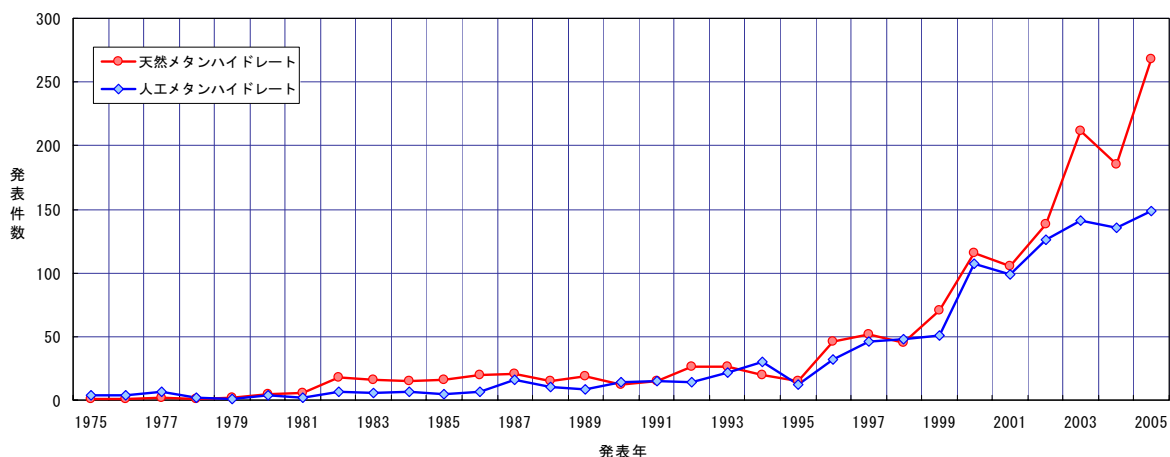
| 順位 | 所属機関名 | 属性 | 件数 |
|----|------------------------------------|------|----|
| 1 | ロシア科学アカデミー (他) | 大学等 | 26 |
| 2 | ピッツバーグ大学(米) | 大学等 | 21 |
| 3 | National Res. Council of Canada(他) | 大学等 | 20 |
| 4 | コロラド・スクール・オブ・マインズ (米) | 大学等 | 17 |
| 5 | 米国エネルギー省 (米) | 公的機関 | 13 |
| 5 | 米国地質調査所(米) | 大学等 | 13 |
| 7 | アラスカ大学(米) | 大学等 | 12 |
| 7 | カルガリー大学(他) | 大学等 | 12 |
| 9 | アルバータ大学(他) | 大学等 | 11 |
| 10 | Geoexplorers International(米) | 企業 | 10 |
| 10 | ロシアラモス国立研究所(米) | 大学等 | 10 |
| 12 | テキサスA&M大学(米) | 大学等 | 7 |
| 13 | ライス大学(米) | 大学等 | 6 |
| 14 | ワシントン大学(米) | 大学等 | 5 |
| 14 | 産業技術総合研究所 (日) | 大学等 | 5 |
| 14 | ブリティッシュガス (欧) | 企業 | 5 |
| 14 | コロンビア大学(米) | 大学等 | 5 |
| 18 | カリフォルニア大学 (米) | 大学等 | 3 |
| 18 | エクソン・モービル (米) | 企業 | 3 |
| 18 | ガスプロム (他) | 企業 | 3 |
| 18 | National Bureau of Standards(米) | 公的機関 | 3 |

| 順位 | 所属機関名 | 属性 | 件数 |
|----|-----------------------|------|-----|
| 1 | 産業技術総合研究所 (日) | 大学等 | 240 |
| 2 | 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (日) | 公的機関 | 125 |
| 3 | 東京大学 (日) | 大学等 | 63 |
| 4 | 大阪大学(日) | 大学等 | 61 |
| 5 | 米国地質調査所(米) | 大学等 | 54 |
| 6 | 慶応義塾 (日) | 大学等 | 48 |
| 7 | 北海道大学 (日) | 大学等 | 47 |
| 8 | ロシア科学アカデミー (他) | 大学等 | 40 |
| 8 | コロラド・スクール・オブ・マインズ (米) | 大学等 | 40 |
| 10 | 石油資源開発(日) | 企業 | 33 |
| 11 | 首都大学東京(日) | 大学等 | 32 |
| 12 | カルガリー大学(他) | 大学等 | 30 |
| 13 | キール大学(欧) | 大学等 | 29 |
| 14 | 米国エネルギー省 (米) | 公的機関 | 27 |
| 14 | 山口大学(日) | 大学等 | 27 |
| 16 | テキサスA&M大学(米) | 大学等 | 26 |
| 16 | 中国科学院 (中) | 大学等 | 26 |
| 18 | ブリティッシュコロンビア大学(他) | 大学等 | 25 |
| 19 | ヘリオット・ワット大学(欧) | 大学等 | 23 |
| 19 | 筑波大学(日) | 大学等 | 23 |

3. 天然、及び人工メタンハイドレート別の発表件数推移

本調査の対象であるメタンハイドレートは、基礎研究分野を除き、天然と人工では技術内容が大きく異なる。そこで、論文発表における両者のウェイトを見るため、天然と人工に分けた論文発表件数推移を第 5-3 図に示す。1975 年以降、ほぼ同数で推移してきたが、2002 年以降は天然の方が人工よりも大きく増加している。これは、特許出願とは逆の傾向である。

第 5-3 図 天然、及び人工メタンハイドレートの論文発表件数推移比較

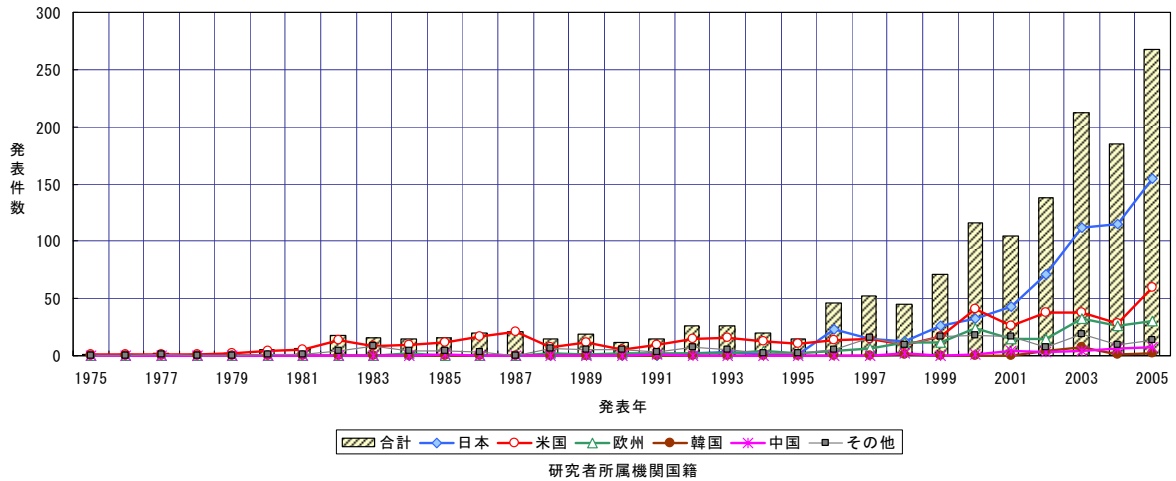


第 3 節 技術分野・天然メタンハイドレートの論文発表動向

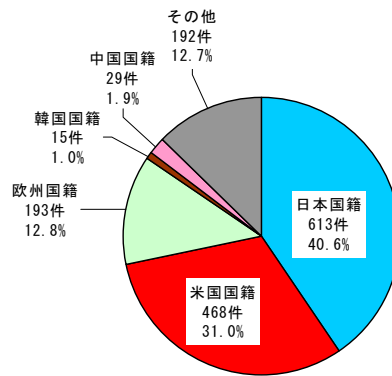
1. 全体動向

天然メタンハイドレートに関する論文発表は 1975 年から 2005 年の間で 1510 件(その他に分類された基礎研究含む)であった。研究者所属機関国籍別の論文発表件数推移を第 5-4 図に示す。1996 年以降の日本国籍研究機関の急増が顕著である。第 5-5 図に研究者所属機関国籍別の発表件数比率を示す。日本国籍研究機関が約 40%で首位を占める。

第 5-4 図 天然メタンハイドレートに関する研究者所属機関国籍別論文発表件数推移



第 5-5 図 天然メタンハイドレートに関する研究者所属機関国籍別論文発表件数比率 (n=1510)

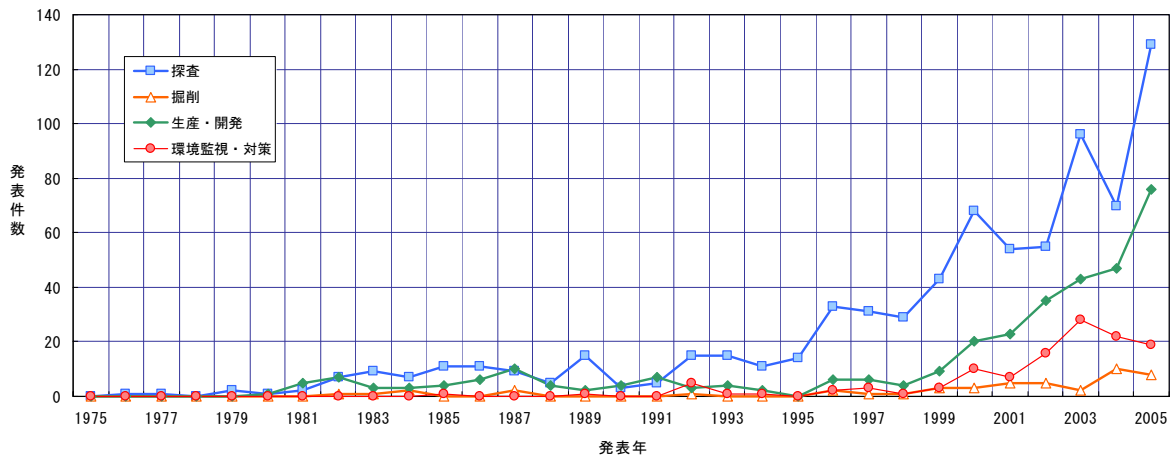


2. 天然メタンハイドレートの詳細技術分野別の論文発表動向

(1) 詳細技術分野間の概括

天然メタンハイドレートの各詳細技術分野別の論文発表件数推移を第 5-6 図に示す。特許の場合とは異なり、近年の発表は探査分野が格段に多く、次いで生産・開発、環境監視・対策、掘削の順となっている。

第 5-6 図 天然メタンハイドレートの詳細技術分野別の論文発表件数推移

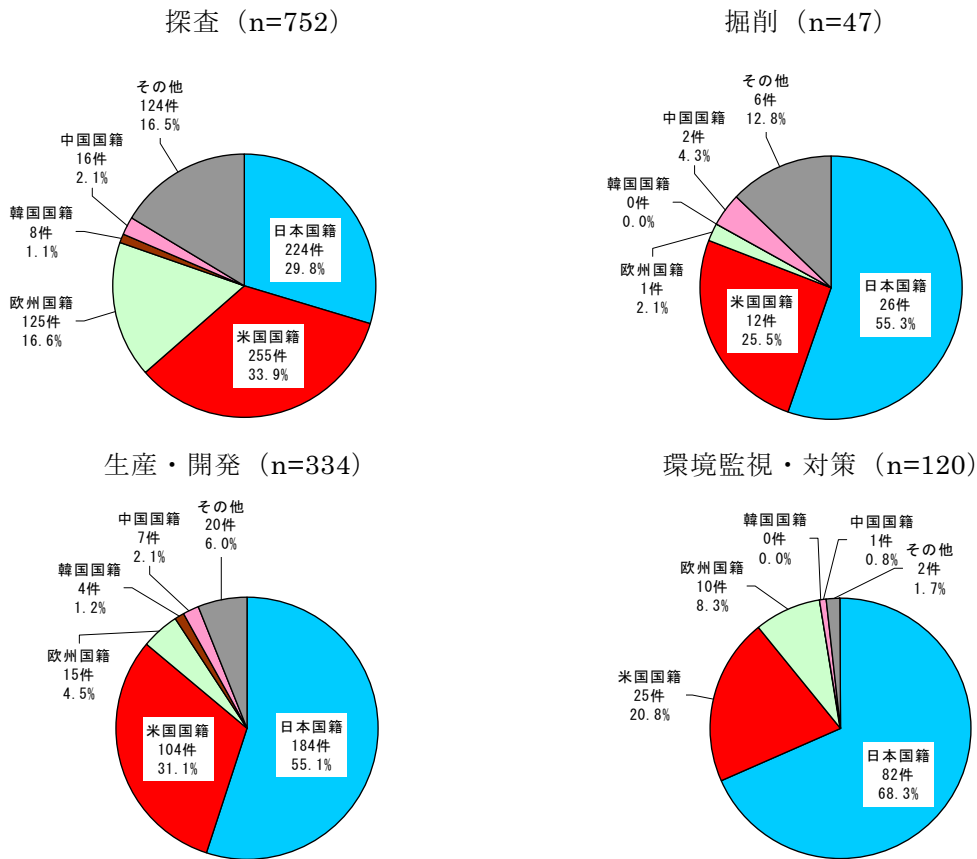


(2) 詳細技術分野の論文発表動向

各詳細技術分野の研究者所属機関国籍別論文発表件数比率を第 5-7 図に示す。

探査分野では、以前から継続的に発表してきた米国国籍研究機関と、最近発表が急増した日本国籍研究機関とがほぼ並んでおり、欧州とその他の研究機関も比較的多い。探査以外の分野では日本国籍研究機関による発表が55%以上を占め、優勢である。

第5-7図 詳細技術分野の研究者所属機関国籍別の論文発表件数比率

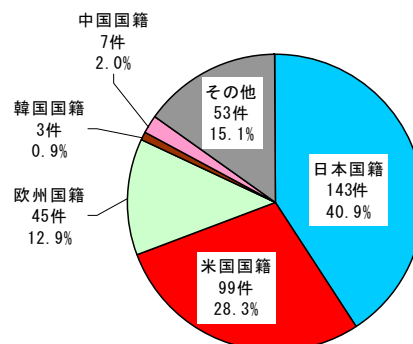


3. 基礎研究

第5-8図に、主として天然メタンハイドレートに関連する基礎研究に関する研究者所属機関国籍別論文発表件数比率を示す。

探査分野以外では日本国籍研究機関による発表の比率は55%以上あったのに対し、この基礎研究では約40%となっている。有識者に対するインタビューにおいても、メタンハイドレートに関する基礎研究では欧米の方が充実している旨の意見が多く、そのような状況がこの件数比率に表れていると思われる。

第5-8図 天然メタンハイドレート関連の基礎研究に関する研究者所属機関国籍別の論文発表件数比率 (n=350)



第4節 技術分野・人工メタンハイドレートの論文発表動向

1. 全体動向

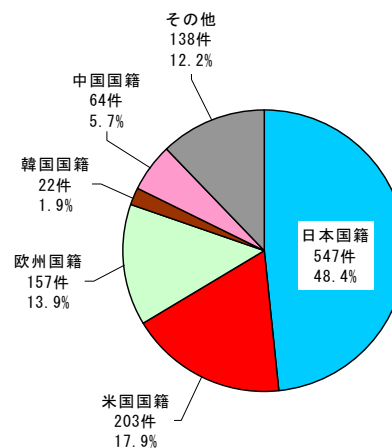
人工メタンハイドレートに関する論文発表は1975年から2005年の間で1131件(その他に分類された基礎研究含む)であった。

第5-9図に研究者所属機関国籍別の発表件数比率を示す。日本国籍研究機関が約50%で首位を占め、以下、米国、欧州の研究機関が続き、この3ヶ国の研究機関で約80%を占める。

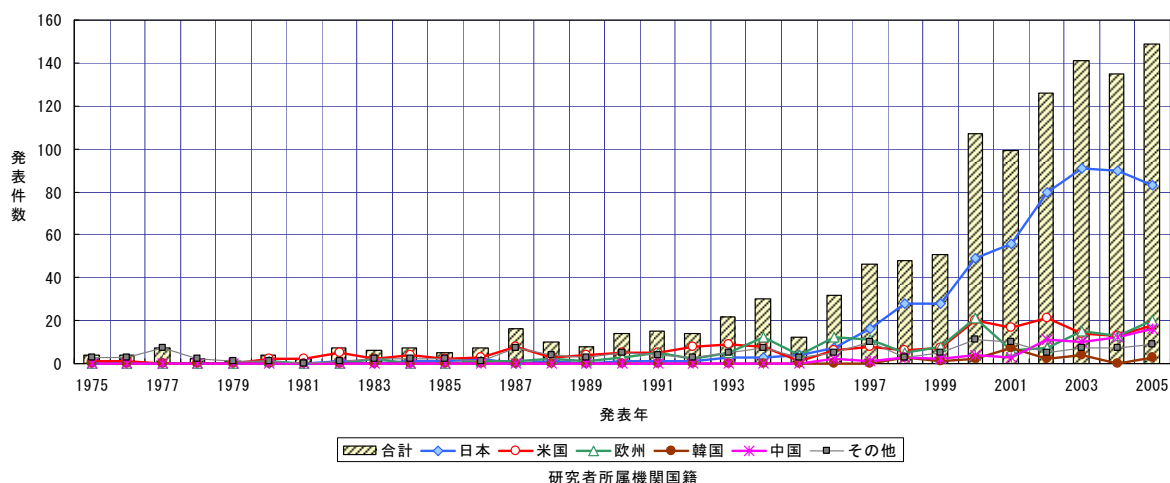
研究者所属機関国籍別の発表件数推移を第5-10図に示す。1996年以降の日本国籍研究機関による発表の急増が分かる。なお、この図では日本国籍研究機関の発表が2003年をピークに減少の傾向が見られる。しかし、図には示していないが、2006年には再び増加し、2003年を上回る件数の論文が発表されていることから、これは一時的な減少と考えられる。

日本以外では中国の研究機関による論文発表が緩やかな増加を示し、韓国国籍研究機関は1999年ごろから少数の発表を開始した。米国と欧州の研究機関による発表は2000年にステップ状に増加した後は特段の増加傾向は見られない。

第5-9図 人工メタンハイドレートに関する研究者所属機関国籍別の比率 (n=1131)



第5-10図 人工メタンハイドレートに関する研究者所属機関国籍別論文発表件数推移



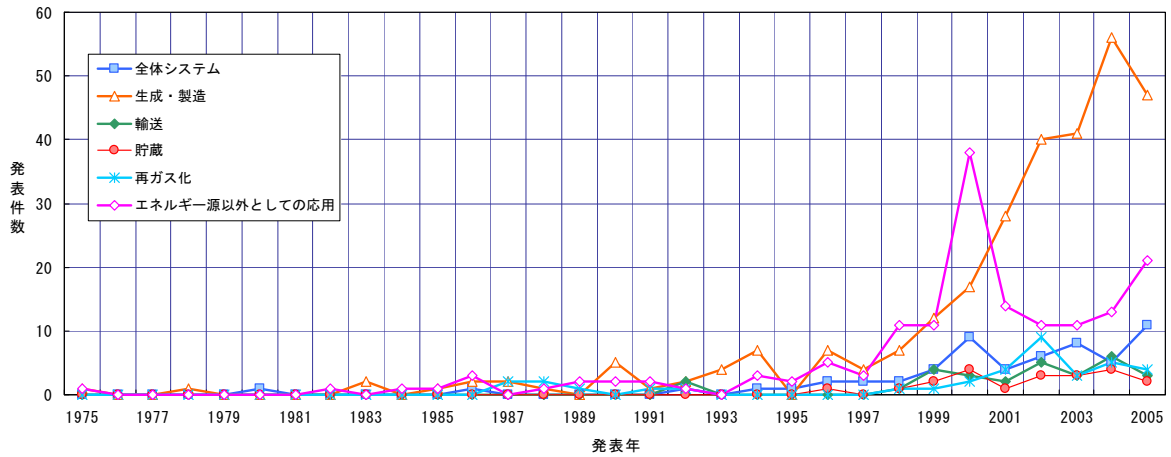
2. 人工メタンハイドレートの詳細技術分野別の論文発表動向

(1) 詳細技術分野間の概括

人工メタンハイドレートの各詳細技術分野別の論文発表件数推移を第5-11図に示す。応用以外では、生成・製造についての発表が1990年頃から急増し、続いて他の分野も増加したが、その後の急激な増加は見られない。

応用に関しては、かなり以前から少数ではあるが継続的な発表がなされており、1995年以降は2000年に一つのピークを迎えて減少した後、再び増加傾向にある。

第 5-11 図 人工メタンハイドレートの詳細技術分野別の論文発表件数推移

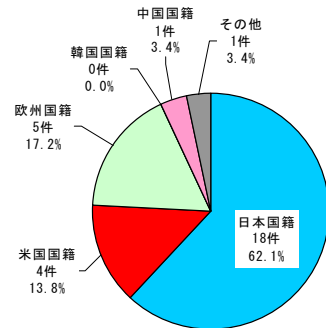
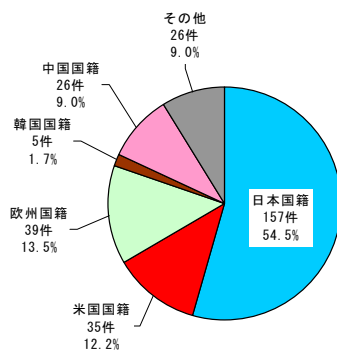
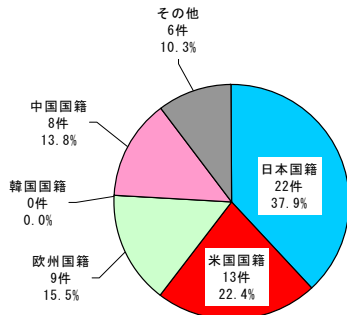


(2) 詳細技術分野の論文発表動向

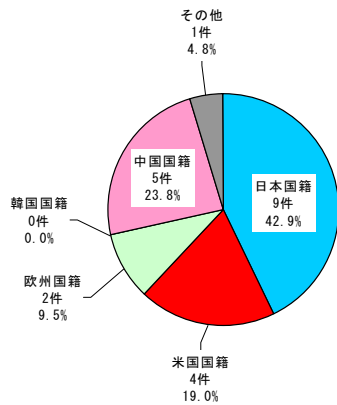
各詳細技術分野の研究者所属機関国籍別論文発表件数比率を第 5-12 図に示す。

日本国籍研究機関の発表は、全体システム分野と貯蔵分野ではやや少ないが、それ以外の分野では半数以上を占め、全分野で首位にある。

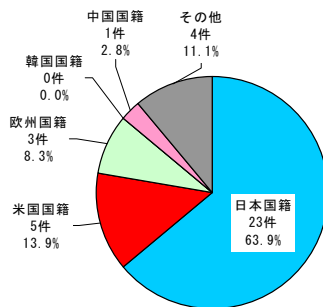
第 5-12 図 詳細技術分野の研究者所属機関国籍別の論文発表件数比率
 全体システム(n=58) 生成・製造(n=288) 輸送(n=29)



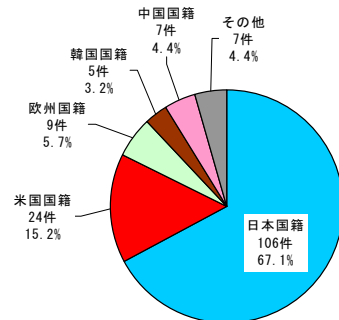
貯蔵(n=21)



再ガス化(n=36)



応用(n=158)

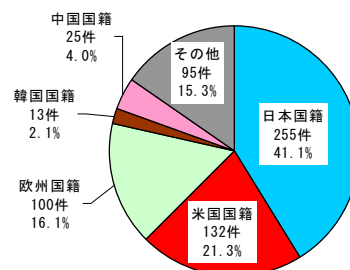


3. 基礎研究

主として人工メタンハイドレートに関する基礎研究論文の研究者所属機関国籍別論文発表件数比率を第 5-13 図に示す。

日本国籍研究機関は 41%を占めて首位であるが、その比率は人工メタンハイドレート全体での比率(約 48%：第 5-9 図)よりもやや低く、逆に米国、欧州、その他の研究機関の比率が高い。基礎研究領域では欧米の方が充実していることの表れと考えられる。

第 5-13 図 人工メタンハイドレート関連の基礎研究に関する研究者所属機関国籍別論文発表件数比率 (n=620)



第 6 章 今後日本が目指すべき研究・技術開発

第 1 節 特許出願動向と研究開発動向の関係、及び政策の影響

第 6-1 図、第 6-2 図には、天然メタンハイドレートに関する特許出願(出願先：5 極)と論文発表に関する、それぞれ日本国籍出願人・研究機関による件数推移、米国国籍出願人・研究機関による件数推移を示す。また、第 6-3 図、第 6-4 図には、人工メタンハイドレートに関する同様の図を示す。何れの図にも政策プロジェクト等の関連外部動向を示した。これらより、次の結論が得られる。

(1) 天然メタンハイドレートの技術開発推移

日本国籍出願人による特許出願件数の 1995 年頃からの増加は、第 6-1 図上部に示した日本における実用を目指した積極的な政策プロジェクトの実施が影響しているものと考えられる。第 6-2 図によれば、米国国籍出願人も 2001 年頃から特許出願件数が増加しているが、これは日本を強く意識した米国における 2001 年からの政策プロジェクトが影響しているものと思われる。なお、2003 年の米国国籍出願人による出願件数の突出は、2002 年に行われた日本主導の国際共同研究(米国も参加)によるカナダでの陸上産出試験が影響している可能性がある。このように、日米両国の出願人による特許出願件数には国のエネルギー政策に基づくプロジェクトが強く影響していると考えられる。

一方、論文発表に関しては、1995 年頃以前には日本国籍研究機関による発表件数は極めて少ないが、米国国籍研究機関では 1982～1992 年の政策プロジェクトの影響と考えられる継続的な論文発表が見られる。このことから、基礎技術蓄積の点では米国が勝る可能性がある。

(2) 人工メタンハイドレートの技術開発推移

第 6-3 図の日本国籍出願人・研究機関では、特許、論文共に 1995 年頃から急激な増加を示し、それは継続している。(図にはないが、日本国籍研究機関の 2006 年の論文発表件数は 2003 年を上回っており、2004～2005 年の件数減少は一時的と思われる。)

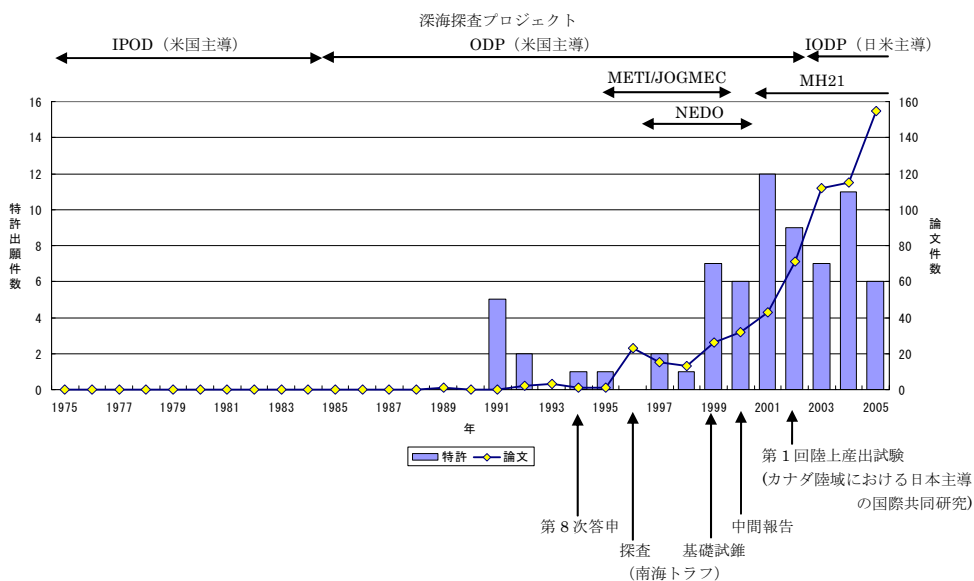
第 6-3 図、第 6-4 図から、日本、米国の各出願人による特許出願には、1991 年の自己保存性の発見、それを利用した 1992 年の天然ガス輸送の提唱、1996 年の経済性試算結果の発表等の技術的進展が強く影響していることがわかる。しかし、第 6-4 図の米国国籍出願人・研究機関では論文発表件数は増加しているが、特許出願は比較的速やかに沈静化した。この相違は、米国の天然ガス供給は、自国産天然ガスのパイプライン輸送による供給が中心であり、

人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送の必要性は日本ほどないためと考えられる。

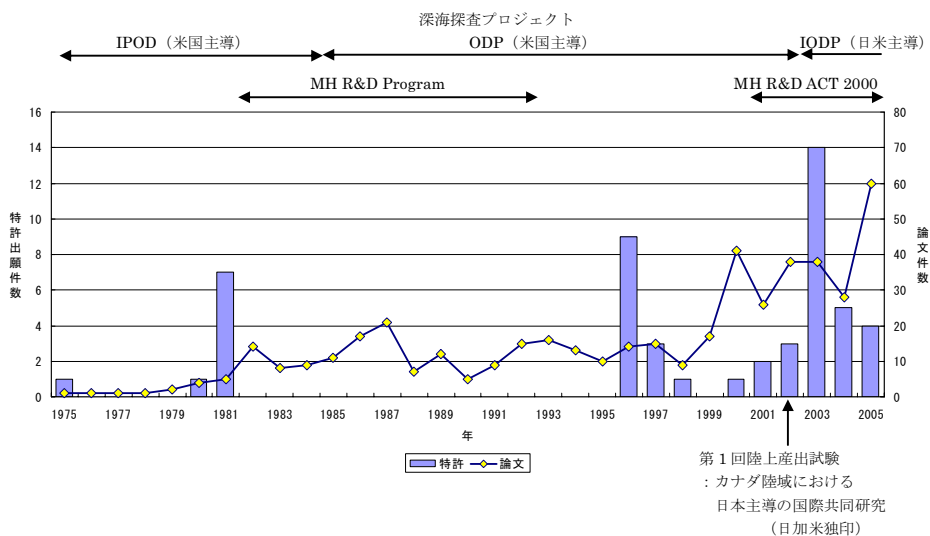
消費する天然ガスの大部分を外国からの輸入液化天然ガス(LNG)に依存している日本にとり、人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送は極めて重要な技術である。そのため、前述の技術的進展を事業に結び付ける企業活動として特許出願と技術開発が開始され、その後、第 6-3 図上部に示したそれを支援する政策プロジェクトが始動した結果、その成果として更なる特許出願が継続していると考えられる。

以上の日米の比較から、人工メタンハイドレートの実用技術の開発、実用化に向けた技術集約の勢いの面では日本が優位にあるといえるが、天然メタンハイドレート同様、基礎的な技術力では米国が勝る可能性がある。

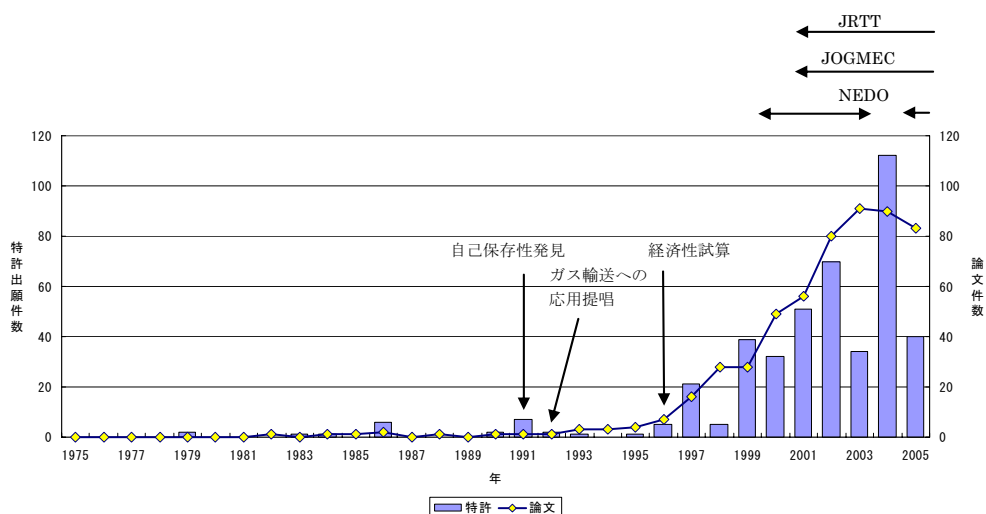
第6-1図 日本国籍出願人・研究機関による天然メタンハイドレートに関する特許出願件数と論文発表件数の推移



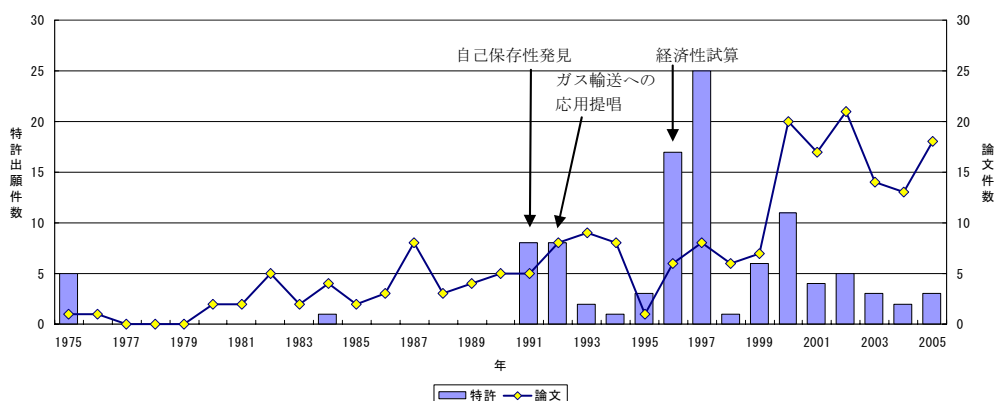
第6-2図 米国国籍出願人・研究機関による天然メタンハイドレートに関する特許出願件数と論文発表件数の推移



第6-3図 日本国籍出願人・研究機関による人工メタンハイドレートに関する特許出願件数と論文発表件数の推移



第6-4図 米国国籍出願人・研究機関による人工メタンハイドレートに関する特許出願件数と論文発表件数の推移



第2節 取り組むべき研究・開発課題

1. 世界における日本の技術競争力

メタンハイドレートに関する日本の技術競争力を米国、欧州、韓国、中国と比較した。この技術がまだ実用化前であることから、客観的な質的評価は難しいため、特許出願件数、重要特許・基本特許件数、学術論文発表件数について、絶対量と最近の推移傾向の比較を行った。その結果に基づき、日本対外国として優劣を単純化した結果を第6-1表に示す。技術区分ごとの日本の技術競争力は表のように位置づけられ、日本が外国に対し劣勢にある分野は無い。しかし、まだ把握されていない課題を含め、解決すべき課題は多く残されており、更なる技術開発が必要である。これについては次項で述べる。

第6-1表の右端欄には技術の性格を示した。「MH固有技術」と記した技術分野は、まだ未知の部分が多いメタンハイドレートの特性に直接関わり、かつメタンハイドレートが実用化される際の基幹として必要な全く新たな技術である。これら以外の分野でも技術開発は必要であるが、従来技術の応用、あるいはその改良で対応可能なものが多いと考えられる。なお、第6-1表の最下段の応用分野も「MH固有技術」であるが、それ以外の技術分野で開発された「MH固有技術」の多くを応用可能と予想されるため、記入を省略した。

メタンハイドレートの工業的利用は人類史上に例のないものであり、特にこれら「MH固

有技術」分野、すなわち天然メタンハイドレートの生産・開発分野、および人工メタンハイドレートの生成・製造と再ガス化の各分野では、更なる技術開発が必要と考えられる。

2. 今後の技術課題

第 6-1 表に示した外国に対するポジションが直ちに研究、開発への注力の要否を意味するものではない。

まず、特許、論文が低位または中位の技術分野についてみると、開発途上にある本技術は、まだ把握されていないものも含め、解決すべき技術課題が多く残されており、これらの解決が更なる特許、論文に結びつくであろうとの見解が本調査のための委員会で示された。また、技術課題の解決には実験室レベルの研究開発だけではなく、現場での実証試験を必要とし、この実証試験によって初めて得られる新たな課題発見も多い分野と考えられている。すなわち、これらの技術分野は技術の飽和のために特許出願や論文発表が低中位にあるのではなく、更なる研究、開発が必要な分野である。

次に、特許と論文が共に高位にある天然メタンハイドレートの生産・開発と、人工メタンハイドレートの生成・製造を見ると、いずれも「MH 固有技術」であることが分かる。もう一つの「MH 固有技術」と記した分野である再ガス化でも、論文発表こそ中位であるが、特許出願は高位にある。このことは正に研究者、技術者がこれらの技術分野を「MH 固有技術」として重要と認識し、注力してきた結果であることを示している。更に、この分野の特許出願と論文発表の件数は引続き増加傾向にあり、これらの分野における一層の技術開発の必要性が認識されていることを反映している。この認識は外国でも同様と考えられ、特許出願と論文発表の件数における優位が目的ではないが、これらの分野においても更に研究、開発を進めなければ、直ちに現在の優位を覆されるおそれがある。

(1) 天然メタンハイドレート

天然メタンハイドレート分野におけるその兆候の一つが、第 6-2 図に示した米国の動向である。この図には「The Methane Hydrate R&D Act of 2000 法案」によって 2001 年から開始された研究、開発に伴うと考えられる米国国籍出願人・研究機関による特許出願、論文発表件数の増加傾向、および米国も参加した日本主導の国際共同研究における 2002 年のカナダでの陸上産出試験の影響と考えられる 2003 年の特許出願件数の突出が示されている。

天然メタンハイドレートに関する特許出願において、多くの分野で日本の優位が示されて

第 6-1 表 日本の技術的ポジション

| 技術分類 | | 数量的に見た日本の技術的ポジション | 技術の性格 |
|------|--------|------------------------|---------|
| 天然 | 探査 | 特許：低位、同等 論文：高位↑、同等 | |
| | 掘削 | 特許：低位、同等 論文：中位↑、優勢 | |
| | 生産・開発 | 特許：高位↑、優勢 論文：高位↑、同等 | MH 固有技術 |
| | 環境監視 | 特許：低位、同等 論文：高位→、優勢 | |
| 人工 | 全体システム | 特許：中位→、同等 論文：中位↑、優勢 | |
| | 生成・製造 | 特許：高位↑、優勢 論文：高位↑、優勢 | MH 固有技術 |
| | 輸送 | 特許：高位↑、優勢 論文：中位↑、優勢 | |
| | 貯蔵 | 特許：高位↑、優勢 論文：低位↑、同等 | |
| | 再ガス化 | 特許：高位→、優勢 論文：中位↑、優勢 | MH 固有技術 |
| | 応用 | 特許：高位↑、優勢 論文：高位↑、優勢 | |

【備考】 高、中、低位：特許出願、論文発表件数の多寡
 矢印：特許出願、論文発表件数の最近の動向
 矢印無しは、件数少なく判断不能
 同等、優位：特許出願、論文発表件数の外国との比較
 MH：メタンハイドレート

いるが、「MH 固有技術」である生産・開発分野では米国が日本に接近、拮抗している(第 4-12 図)ことは、米国もこの分野を最重要視し、技術開発に注力していることを示している。米国では開発の遅れによる特許取得機会喪失が問題として議論されている⁶⁻¹⁾ことから、特許出願の面でも日本を目標に追い上げることは確実と思われ、「特許となる技術」を視点とした開発も必要と考えられる。天然メタンハイドレートに関する技術開発において、外国は日本に出遅れていたが、米国、カナダ等が本格的開発を開始するならば、その充実した研究基盤も相俟って手強い競争相手になると予想される。

このような周囲状況にある日本としては、次のステップである海洋産出試験が技術の実用化に向けて重要であるのはもちろん、優位性を維持、強化するためにも極めて重要である。

(2) 人工メタンハイドレート

人工メタンハイドレートに関しては、天然における以上に日本は数量的に突出した優位にある(第 4-14 図)。これは欧米各国ではパイプラインによる天然ガス供給が可能であり、人工メタンハイドレートによる輸送の必要性を認識していないためと考えられる。しかし、欧米各国がその必要性を認識して本格的開発に着手した際には、天然メタンハイドレートの場合と同様に極めて強力なライバルとなる。

日本としては、「MH 固有技術」である生成・製造と再ガス化の技術を更に高度化すると共に、人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送の全体システム技術の総合と実証が実用化と優位性の維持、強化のために重要である。

3. 日本におけるメタンハイドレート技術の現況

(1) 天然メタンハイドレート

天然メタンハイドレートに関する日本の状況は以下の通りである。

- ・カナダ陸上における産出試験の第 1 回(2001 年 12 月～2002 年 3 月)、および第 2 回の第 1 期(2007 年 1 月～4 月)を終えた段階⁶⁻²⁾
- ・実用化までに更なる技術開発、特に海洋での産出試験が必須である
- ・特許出願件数は全世界で首位であるが、外国出願が少ない(第 4-9 図)

現状において、特許出願件数では全世界の首位にあるが、前述のように解決すべき技術課題が多く残されており、その解決には現場での実証試験、特に歴史上、例のない海洋産出試験が必要との見解が本調査のための委員会では示された。

(2) 人工メタンハイドレート

人工メタンハイドレートに関する状況は以下の通りである。

- ・最初の実証試験が進行中(中国電力の柳井発電所構内に設備建設中⁶⁻³⁾)
- ・更なるスケールアップを伴う大規模実証試験の必要性を検討する段階⁶⁻⁴⁾、⁶⁻⁵⁾
- ・特許出願件数全体では全世界で圧倒的の首位にあるが、外国出願が少ない(第 4-6 表)

6-1) 「Report to Congress - An Assessment of the Methane Hydrate Research Program and An Assessment of the 5-Year Research Plan of the Department of Energy」、米国議会報告書、2007 年 6 月)

6-2) メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム、平成 15 年度成果報告会(平成 16 年 6 月 8 日)資料、及び平成 18 年度成果報告会(平成 19 年 5 月 31 日)資料

6-3) 日本経済新聞 2007 年 3 月 4 日

6-4) 「燃料関連分野の技術戦略マップ」、資源エネルギー庁 資源・燃料部、2007 年 4 月

6-5) 「2030 年を見据えた TRC/R&D 戦略、JOGMEC/TRC (石油天然ガス・金属鉱物資源機構 石油開発技術本部)、2007 年 7 月

本技術についても、実証試験開始直前の現段階では把握されていない具体的技術課題が多いと考えられ、実証試験実施とその規模拡大に伴い、新たな技術課題が明らかになると共に解決技術が開発され、更なる特許出願につながると予想される。

第3節 日本における今後の課題と方向性

1. 概括

新・国家エネルギー戦略による政策の上位目標を示す第3-4図、及びこれを実現するための政策である第3期 科学技術基本計画における個々の課題との関係を示す第3-5図に見るように、天然メタンハイドレートと人工メタンハイドレートはいずれも日本のエネルギー政策にとって極めて重要な課題である。また、何れもクリーンエネルギー源である天然ガスの利用拡大につながり、二酸化炭素排出削減に寄与する技術である。

一方、本章の前節までに総括したように、ハイドレートに関する日本の技術は、現状では外国に比較して全般的に優位にあるものの、将来の実用化に向けて安穩としていられる状況ではない。

この技術は、天然および人工の双方とも、在来型エネルギー資源に乏しく、天然ガス供給を輸入 LNG に頼る日本だからこそ、世界に先駆けてその重要性を認識できた技術である。将来の在来型エネルギー資源、および LNG に適する大規模ガス田の減衰と新規発見減少に伴い、いずれは世界各国において注目される技術と予想されることから、早期に技術を確立して備えることが必要である。

第6章第1節、第2節に述べた特許出願動向の総合分析結果、及び日本の現況に基づき、日本近海の天然メタンハイドレート資源開発技術、および在来型エネルギー資源の供給源確保とそのため資源保有国支援につながる技術の二つの観点から、以下にメタンハイドレート技術の開発に関する提言を述べる。

2. 天然メタンハイドレートに関する提言

提言

海洋産出試験の実施

日本近海の海底下には大量の天然メタンハイドレートが賦存していると推定され、そこからの天然ガス生産技術が確立されれば、貴重な国産天然ガス資源となる。

天然メタンハイドレートからの天然ガス生産技術に関する特許出願、及び論文発表の件数において、日本国籍出願人・研究機関は第4-7図、及び第5-5図に示したように首位を占めており、更に増加傾向を示している。実際の技術開発では、日本は研究室レベルの研究や南海トラフにおける探査等だけでなく、カナダの永久凍土地帯にあるマッケンジーデルタにおける2回の陸上産出試験を終える段階であり、現時点では世界で唯一といえる極めて貴重な知見と経験を有している。このような日本の優位は、天然メタンハイドレートをエネルギー資源として重視する政策、およびその重要性認識を共有する研究者、技術者等が活発な研究・開発を進めた結果であり、換言すればそれだけ多くの技術課題があることを示している。

一方、米国は、天然メタンハイドレートからの天然ガス生産において重要な技術である生産・開発技術分野では、日本国籍出願人による特許出願件数の約70%(第4-12図)の出願を行い、日本に迫りつつある。米国は天然メタンハイドレートに関する特許において、日本など

の他国に負けるとの強い危機感を抱いている⁶⁻¹⁾。また、同国は日本を強く意識し、天然メタンハイドレートエネルギー資源と位置づけた5年計画の技術開発を2001年から開始し、これは2006年以降も予算を大幅に増額して継続している(第3章第2節3.)。したがって、今後、米国国籍出願人による出願が増加することが予想され、特許出願の面でも強力なライバルになると考えられる。また、米国は当面の目標をアラスカ陸上での天然メタンハイドレート資源開発としており⁶⁻²⁾、近く産出試験を行う模様との有識者インタビューでの情報もある。このような状況から、技術開発面でも米国が急速に日本に追いつく可能性が高い。

日本が目指すのは、日本近海海底下の天然メタンハイドレート資源の開発である。海底下では陸上よりも多くの技術的困難が予想され、これは海域に賦存する天然メタンハイドレートを対象とする特許出願が多い(第4-3表)ことにも現れている。また海洋での天然メタンハイドレートからの天然ガス生産は人類にとって全く未経験の技術であり、実際の現場での産出試験によってのみ得られる新たな技術課題の発見も多いと考えられている(第6章第2節2.)。したがって、日本近海の天然メタンハイドレートを国産エネルギー資源として利用可能とするためには、これまでの南海トラフにおける試錐や技術実証井の掘削、およびカナダでの陸上産出試験で明らかとなった各種課題への対応を進め、それらの成果を総合して海洋産出試験を行い、技術の実証と更なる課題の抽出を行うことが極めて重要である。

海洋の天然メタンハイドレート開発に関する技術の中で、深海掘削や大深度海底坑井仕上げ等においては、在来型石油・天然ガスの技術を応用可能と考えられている。これらの技術は現場に密着したものであり、豊富な実績を有する欧米(特に米国)が優るとの認識が、本調査のための委員会、及び有識者へのインタビューで示された。折りしも、2008年1月には天然メタンハイドレート資源の開発に関する日米両国の協力が合意され⁶⁻⁶⁾、今後、両国の連携で技術開発が促進されるものと期待される。

この海洋産出試験は、エネルギー技術戦略⁶⁻⁷⁾、及びこれに基づく燃料分野の技術戦略マップ⁶⁻²⁾、また2008年2月初めに発表された海洋基本計画(原案)⁶⁻⁸⁾で述べられている国の政策に合致するものであり、多額の研究開発費を必要とすることからも、国策として進めるべきである。第6-1図に明らかなように、これまでの特許出願、論文発表には政策プロジェクトの効果が表れており、海洋産出試験によって更なる出願、発表が行われることが期待される。その結果として、日本の技術的優位性を更に高めることができると考えられる。

なお、天然メタンハイドレート資源の開発は日本の国家エネルギーセキュリティに深く関わる問題であり、国産エネルギーとしての経済的価値だけでなく、日本へのエネルギー供給確保のための産油・ガス国との交渉を対等に進めるための戦略的手段としても重要である。最近の原油価格、及びそれと連動するLNG価格の上昇や、中国等におけるエネルギー消費の急増に伴う化石エネルギー資源供給確保の国家間の競争、更に資源ナショナリズムの高揚等、現在の世界エネルギー情勢を考えると、早期の技術確立、技術保有が必要である。

6-6) NHK ニュース、2008年1月25日

6-7) 「エネルギー技術戦略(技術戦略マップ2007)」、資源エネルギー庁、2007年4月

6-8) 「「海洋基本計画(原案)」に対する意見の募集(パブリックコメント)について」、

URL:<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/public/index.html>

3. 人工メタンハイドレートに関する提言

提言 1

大規模実証試験の推進

人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送は、中小規模ガス田からの中距離輸送(6000～6500km 程度以下)において、現在の天然ガス輸送手段である液化天然ガス(LNG)よりも経済的に有利と考えられている。例えば東南アジアは日本から 6500km 以下の距離にあり、またこの地域には経済的なガス輸送手段がないため、開発が見送られている中小規模ガス田が多く存在するといわれている。したがって、天然ガス消費量の 96%以上を輸入 LNG に頼る日本にとって、新たな天然ガス供給源確保と供給源多様化の両面から注目される技術である。

人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送に関する特許出願、及び論文発表の件数において、第 4-14 図、及び第 5-9 図に示したように、日本国籍出願人・研究機関は圧倒的首位を占めており、更に増加傾向を示している。これは天然メタンハイドレートと同様に、研究者、技術者等による活発な研究・開発の結果であり、それだけ技術課題が多いことを示している。

このような日本の突出の一因として、パイプラインによる天然ガス供給が可能な欧米各国では、人工メタンハイドレートによる輸送の必要性を認識していないことが考えられる。しかし、欧米各国が保有、あるいはその近傍にある天然ガス田の減衰などに伴い、彼らがこの技術の必要性を認識し、本格的技術開発に着手した際には、極めて強力な競争相手となる。日本としては技術を更に高度化すると共に、人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送の全体システム技術の確立と実証が、実用化、及び優位性の維持、強化のために重要である。

人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送技術の要素技術開発はほぼ終了し、現在は 2008 年度までの計画で 5t/日の規模の実証試験が進められており⁶⁻⁴⁾、早期の実用化を目指している。この試験は、人工メタンハイドレートに関する特許出願において全世界で圧倒的首位に位置する三井造船を中心として進められており、時宜を得たプロジェクトである。

この技術が実用化された場合のプラント規模は数千 t/日以上と予想されるが、規模を拡大して初めて明らかになる新たな技術課題も多いと考えられ、実用化にはその抽出と解決が必須である。そのためには、進行中の 5t/日規模の実証試験に加え、もう一段階のスケールアップを伴う大規模実証試験が必要と考えられる。

このようなことから、人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送技術は次の段階の大規模実証試験の必要性を検討する段階に到達したと考えられる^{6-2)、6-5)}。そして、その検証のための全体システム設計と事業化可能性検証が 2007 年度下期に開始された⁶⁻⁹⁾。この検証結果と現在の 5t/日の実証試験の結果に基づいて必要と判断された場合には、実用化に向けた次のステップとして大規模実証試験(100t/日程度⁶⁻²⁾を行うべきである。

この実証試験については、エネルギー技術戦略⁶⁻⁷⁾、燃料分野の技術戦略マップ⁶⁻²⁾、及び独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 石油開発技術本部の戦略⁶⁻⁵⁾で述べられており、多額の研究開発費が必要であることから、国策としての支援が必要である。なお、2008 年 2 月初めに発表された海洋基本計画(原案)⁶⁻⁸⁾では、海運需要創出の観点から、人工メタンハイドレート輸送船の開発推進が述べられている。

6-9) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) ホームページ>入札・公募・契約関連>公募のお知らせ・結果>NGH チェーン事業化検討の調査に関するご案内>結果
URL:<http://www.jogmec.go.jp/koubo/index.html>、DATE:2007/12/19 21:12

第 6-3 図には、人工メタンハイドレートに関する特許出願、論文発表は、当初は外国における新たな現象の発見とその応用の提案を契機とした企業活動として始まり、それに続く政策支援によって一段と活発になったことが示されている。このことから、上記の大規模実証試験の結果として多くの新たな技術課題の把握と解決が図られることに伴い、更なる特許出願と論文発表がなされ、日本の技術的優位を確固たるものにすることが可能と考えられる。

提言 2

資源保有国およびガスユーザーに対するアピール

人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送技術を普及させ、日本への天然ガス供給源を確保するためには、中小規模ガス田保有国とガスユーザーの双方から、経済性に関する認知を得ることが前提である。提言 1 の大規模実証試験は単に技術の実証だけでなく、資源保有国を含む国際社会に対するデモンストレーションとしても重要な役割を果たすべきものである。国際社会からの認知を受けて実用化してこそ、第 4-14 図に示されている世界で圧倒的多数を占める特許出願が活かされることになる。

また、例えば東南アジア等において、経済的ガス輸送手段がないために開発が見送られている中小規模ガス田を、人工メタンハイドレートによる天然ガス輸送で開発を可能とすることは、同地域の経済発展に貢献することになり、アジアにおける日本のプレゼンスを高めることにもつながる可能性がある。中小規模ガス田保有国が受けるであろう経済発展というメリットをアピールする場としても、大規模実証試験は重要な意味を持つと考えられる。

このような資源保有国との関係強化は一民間企業だけでできるものではなく、第 3-4 図、第 3-5 図に示した国の総合資源確保戦略に合致し、燃料分野の技術戦略マップ⁶⁻²⁾でも述べられている項目であり、国による直接的、間接的支援が必要と考えられる。

4. 外国への特許出願促進に関する提言

提言

- (1) 企業、研究機関による積極的な外国出願
- (2) 特許出願、維持費用に対する公的支援策としての研究委託費からの支出等、外国への特許出願促進策の検討

天然メタンハイドレートに関する特許の出願先国別の出願人国籍別比率を示す第 4-9 図、及び人工メタンハイドレートに関する同様な図である第 4-16 図に明らかなように、日本国籍出願人による日本への特許出願は多いが、外国への出願(比率ではなく、件数)は少ない。天然メタンハイドレートでは米国以外の外国への出願はなく(第 4-9 図)、人工メタンハイドレートでは日本国内の出願件数と比較して極端に少ない(第 4-16 図)。

天然メタンハイドレート技術が確立された際の当面の適用先は日本の排他的経済水域内である日本近海と考えられるが、将来の外国における適用に備え、外国への出願も促進すべきである。また、人工メタンハイドレート技術の適用先は国外にも及ぶことから、外国への出願が極めて重要である。

天然、及び人工メタンハイドレートが関わる資源開発には様々なリスクが伴い、またプロ

プロジェクト開始から設備が完成して投資回収が始まるまでには、一般に7～8年以上の長期間を必要とする。一方、外国への特許出願に要する費用は翻訳費なども含め、国内に比べて高額である。これが研究機関や民間企業にとっては重い負担となり、外国出願が少ない一因ではないかとの見解が本調査のための委員会で示された。先に、天然メタンハイドレートの海洋産出試験、及び人工メタンハイドレートの大規模実証試験を提言したが、その成果として多くの特許技術が生まれることが期待される一方、外国への特許出願、維持の費用が一つの問題となるおそれもある。研究委託費からの支出等を含め、公的支援による外国出願促進策の検討も望まれる。

5. 基礎研究促進に関する提言

提言

メタンハイドレートに関する基礎研究も対象とする研究プロジェクトの継続

学術論文発表件数において、日本国籍研究機関の発表件数は、天然メタンハイドレート分野での探査分野以外、及び人工メタンハイドレート分野の全体システムと貯蔵の分野以外では、何れも55%以上(第5-7図、第5-12図)であるのに対し、天然と人工の何れにおいても基礎研究では約41%(第5-8図、第5-13図)であり、首位ではあるものの、相対的にその優位性は低い。また、第6-1図～第6-4図から分かるように、米国の研究機関では古くから論文発表が継続的に行われているのに対し、日本の研究機関の論文発表が増加したのはおよそ1991年ごろ以降である。

以上より、日本と比較して、欧米では基礎研究、及び研究基盤が充実していると考えられる。有識者に対するインタビュー、及び本調査のための委員会での議論においても、天然、及び人工メタンハイドレートの技術面における日本のリードを認識しつつも、研究者の層の厚さや研究基盤の面では欧米が優るとの見解が示された。しかしながら、有識者に対するインタビューでは、国あるいは公的機関による基礎研究も対象としたメタンハイドレート分野への研究費補助が、研究者育成に役立っているとの見解も出された。

したがって、基礎研究の裾野を広げるために、メタンハイドレートに関する研究・開発課題を広く周知し、国の機関による研究費補助事業への多数の参加者を募ることが先ず必要である。そして、この研究に不可欠な、法規制の面から保有可能な研究機関・研究者が限られる高圧ガス保安法の認可を受けた既存研究設備を、多くの研究者が共同利用できる仕組み作りも必要と考えられる。

研究者層の厚さや研究基盤の面において、一朝一夕に欧米並みとすることは難しいが、技術面で日本が優位にある天然および人工メタンハイドレートの技術開発と絡めて、従来にも増して基礎研究を奨励することが必要であろう。その結果として、例えばエネルギー技術戦略⁶⁻⁷⁾に記されているハイドレート冷凍機のような、将来の産業技術につながる新たなガスハイドレート応用技術が生まれる可能性も考えられる。また、これは他の技術分野に比較して特許出願件数の優位性が相対的に低い応用技術分野(第4-19図)の強化にもつながると考えられる。