

# 今後のエネルギー関連技術開発の 重点について

平成13年6月1日

経済産業省

資源エネルギー庁

1．従来からのエネルギー源多様化技術、省エネルギー及びエネルギー利用高度化技術、原子力エネルギー技術等の研究開発

- ・核燃料サイクル関連技術開発（P2）

2．供給、輸送、変換、消費のエネルギートータルシステムの変革をもたらす研究開発

- ・水素エネルギー（P5）

3．エネルギーインフラを高度化していくため必要な研究開発

- ・燃料電池（P5）

- ・超電導（P9）

## 4 . エネルギーを社会的・経済的に総合評価・分析する研究

- ・メタンハイドレート ( P10 )
- ・原子力安全基盤研究

### 核燃料サイクル関連技術開発

#### 1 . 目的

我が国における核燃料サイクル事業の確立を目的とした所要の技術開発を行うとともに、使用済燃料の再処理から発生する高レベル放射性廃棄物について、その安全かつ合理的な処分に向けた技術開発を推進し、原子力発電の有するエネルギー安定供給上の優れた特性の一層の改善に資する。

#### 2 . 背景・必要性

我が国は、核燃料サイクルを確立し、使用済燃料の再処理により回収されるプルトニウム、ウラン等を有効利用していくことを基本方針としており、これをより具体化するため、核燃料サイクルを構成する重要な技術開発の推進が必要。

また、再処理に伴って生じる高レベル放射性廃棄物については、現在までに、ガラス固化体 14 , 400 本相当が発生しており、20 年後には累計 4 万本に達する見込みである。今後、原子力発電による電力供給を継続していくためには、高レベル放射性廃棄物の地層処分を実現することが不可欠。

#### 3 . 研究開発課題等

##### ( 1 ) 核燃料サイクル分野

核燃料サイクル分野について、現在以下のような研究開発課題につき、研究を実施。

( ウラン濃縮 )

日本原燃 ( 株 ) が、核燃料サイクル開発機構が新たに開発してきた技術の移転を受け、新型遠心分離機による平成 22 年度からの濃縮ウランの生産開始を目標として、その研究開発を実施。

( 再処理 )

高燃焼度燃料や使用済軽水炉MOX燃料の再処理を可能とするための技術開発を実施。

(MOX燃料加工)

日本原燃(株)は、国内外の技術を導入してMOX燃料加工工場を設置する予定であるが、これらの技術の我が国への適用のための改良や、技術の組合せによる適用性等について国からの補助を受け確証試験(H11~H14年度)を実施。

#### (2) 高レベル放射性廃棄物処分

現在、高レベル放射廃棄物の地層処分に関する研究開発は以下の3分野の課題につき研究を実施。

深地層の科学的研究

- ・地質環境特性を地表及び地下深部から評価する研究開発
- ・深地層研究施設等を建設し、深部地質環境特性を把握

処分技術の信頼性向上

- ・与えられた地質環境に応じた人工バリアの設計、長期安定性の評価、実際の地質環境における人工バリアの施工成立性確認、これらを考慮した処分場全体の安全かつ合理的な設計
  - ・これらの技術開発をサイトスペシフィックでかつ実規模で実施
- 安全評価手法の高度化
- ・処分された高レベル放射性廃棄物から、溶出した放射性物質の人体への影響評価(期間は十万年程度を想定)

### 4. 実施体制

#### (1) 核燃料サイクル分野

(ウラン濃縮)

これまでの開発成果、知見、人的資源を結集してオールジャパン体制で対応するため、核燃料サイクル開発機構、民間事業者の技術者を日本原燃(株)「ウラン濃縮技術開発センター」に結集し、一体となった体制で研究開発を実施。

(再処理)

現在、六ヶ所で建設中の再処理工場の今後の稼働状況等を踏まえつつ、核燃料サイクル開発機構が東海再処理施設において実施。

(MOX燃料加工)

国内でプルトニウム取扱いの技術、経験を有する核燃料サイクル開発機構と、実施主体である日本原燃(株)との間で技術協力協定を締結し、同機構からの技術、人材の移転等を受けて、研究開発を実施。

#### (2) 高レベル放射性廃棄物処分

高レベル放射性廃棄物分野については核燃料サイクル開発機構を中心に、適切な役割分担と連携の下、原子力環境整備促進・資金管理センター、電力中央研究所、産業技術総合研究所、放射線医学総合研究所等

の研究機関、大学の英知を結集すると共に、地層処分技術開発の先駆的役割を果たす米国、スイス、スウェーデン、カナダ、ドイツ、フランス等とも協力しつつ、研究開発を実施。

## 5. 取組状況

### (1) 核燃料サイクル分野

#### (ウラン濃縮)

日本原燃(株)において、平成12年11月から、新型遠心分離機の要素技術の開発のため、ウラン濃縮技術開発センターを設置。

#### (再処理)

使用済軽水炉MOX燃料等の再処理技術について、核燃料サイクル開発機構東海再処理施設において研究開発に着手。

#### (MOX燃料加工)

日本原燃(株)において、確証試験を実施中。

### (2) 高レベル放射性廃棄物処分

高レベル放射性廃棄物処分に関する取組みとして、平成13年度、主に以下の研究開発を実施(平成13年度予算総額137億円、研究開発に係る施設建設・維持費、最終処分のための拠出金を含む)。

- ・ 核燃料サイクル機構において地層処分技術の信頼性の確認及び安全評価手法の確立に向けての研究開発並びに深地層の科学的研究等の基盤的な研究開発を実施

(平成13年度予算額 74億円)

- ・ 原子力環境整備促進センターを中心に、地層処分候補地等を選定する際の、経済性を考慮した現実的なサイト調査・評価手法の開発及び地層処分技術の高度化並びに高レベル放射性廃棄物処分研究に関する情報収集を実施(平成13年度予算額 57.2億円)

# 燃料電池・水素技術開発

## 1．目的

「次世代のキー・テクノロジー」と呼ばれる燃料電池と「究極のクリーンエネルギー」と呼ばれる水素とについて、将来のエネルギー資源及びその利用に向け、経済的に利用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・地球環境問題対策に資する。

## 2．エネルギー分野への貢献

燃料電池は、石油を利用しても省エネルギー効果の高いもの、さらに天然ガス等の石油代替エネルギーで生産された水素を使用する技術であり、エネルギー使用の合理化を期待される。

水素は、水を含む地球上の多くの物質に水素が含まれているという意味で豊富なエネルギーであり、今まであまり利用されていないエネルギー資源の1つである。

### 3 . 現状

(1) 燃料電池の市場自立化と普及を早期に実現するには、競合する機器・設備と競争力を有するレベルまで、如何に性能、経済性が向上することが必要。それを含めて、以下のような課題がある。

燃料電池スタック(燃料電池本体)、改質器、水素燃料貯蔵、全体システム等について、高効率化、耐久性等の向上に向けた技術開発が必要。

自動車用燃料電池は、現在の自動車エンジンのコストと同程度とすることが必要であり、1kW当たり5,000円(25万円/台)の実現が目標。

定置用燃料電池は、家庭用給湯器を代替し、更に発電器の機能が付加されている価値を考慮すると、システム価格(kW)で1台当たり30~50万円の実現が目標。

燃料電池の燃料となる水素をどのように製造・供給するかが、その燃料供給インフラの整備とあわせて大きな課題。今後の技術革新によっては市場において特定の方式に絞り込まれる可能性があるが、現時点においては、多様な方式につい

て検討や開発競争が進められている状況。

(2) 水素は、非在来型の資源であり、如何に経済的かつ生産から消費までの技術開発を行うかについて、以下のような課題がある。

水素は水の電気分解によって容易に製造される。また、燃料電池等のエネルギーに使用されて、再び水に戻る。この様に、水素はクリーンエネルギーであるものの、電力及び化石燃料等から製造される2次エネルギーであるため、如何にして高効率で、二酸化炭素排出量を押さえ、かつ、安価に製造するかが課題である。

水素をエネルギーとして使用する際には、製造サイトから利用サイトへ輸送し、また、車載用等として貯蔵する技術として、高効率にかつ安全に輸送・貯蔵できる技術の開発が必要である。

水素自動車等を普及促進するために、燃料補給部のインターフェースを考慮したインフラストラクチャーの開発及び整備を行う必要がある。

水素エネルギーを電力、熱、動力に変換し利

用する際には、水素エネルギーの特性を最大限に活かした分野での技術開発が必要である。

これまでに一般社会に広く使われていない水素を導入するに当たって、十分に安全を確保するため、水素の漏洩、拡散、燃焼等の特性を十分に把握すると共に、その取り扱い方を十分注意する必要がある。

#### 4 . 開発計画

(1) 燃料電池の実用化・普及に向けては、技術開発、実証試験、基準・標準の整備、規制の見直し等多様な取り組みが必要とし、したがって、以下のような段階的なシナリオを踏まえつつ産学官が役割分担をしつつ一体となって取り組みを進めていくことが効果的かつ現実的。

2000～2005年頃（基盤整備、技術実証段階）

- ・ 技術開発戦略の策定及びその実施
- ・ 制度面の基盤整備（基準・標準化）の推進【ミレニアム・プロジェクト】



- ・ 実証試験の実施（運転特性等データ取得、社会的受容性の向上）

- ・ 燃料電池用燃料の品質基準の確立

2005～2010年頃（導入段階）

[ 期待される導入目標 2010年：自動車用約5万台、定置用約2.1百万kW ]

- ・ 2003年頃から計画されている実用品レベルの製品の市場導入が加速化され、燃料供給体制等の段階的な整備を開始。

- ・ 公共施設・機関、燃料電池関連企業における率先の導入推進。

- ・ 第2期燃料電池技術開発戦略の策定及びその実施

2010年頃以降（普及段階）

[ 期待される導入目標 2020年：自動車用約5百万台、定置用約10百万kW ]

- ・ 燃料供給体制の整備、コスト低減を踏まえ、自律的に市場が拡大・進展。

- ・ 公共施設・機関、燃料電池関連企業のみならず、一般民間部門において導入が進展。

(2) 水素エネルギーの利用の課題は、生産から消費に渡ることから、実際の開発の実現までには多様なエンジニアリング技術を要するものと考えられる。

水電解製造技術においては、従来の効率を上回り、長時間運転で信頼性が保て、安価な固体高分子水電解法の実用化を実施している。また、改質による水素、副生水素等の導入のためのシステム解析、経済性の検討を行っている。

水素の輸送・貯蔵技術においては、液体・圧縮ガス・貯蔵材料が挙げられる。ここで、ボイルオフ及び耐圧性に優れた分散型の液体水素貯蔵技術の開発、また、合金・化学・カーボン系において、高性能で、耐久性に優れた水素貯蔵材料の開発を実施している。また、安全性が確保された車載用燃料タンクの実用化を実施している。

水素自動車のインフラストラクチャーとして重要な水素供給ステーションの開発を行い、圧縮水素・合金燃料タンクとのインターフェースと共に、安全にかつ急速に水素を充填できる技術開発

を実施している。

水素エネルギーを電力、熱、動力に効率良く変換し得る技術として、純水素固体高分子形燃料電池等の開発を実施している。

水素の漏洩、拡散、燃焼等の特性を実際の試験で行うと共に、特性を解析できるソフトの開発を行い、安全確保のための設計指針を作成している。

## 5 . 実施体制

具体的な取り組みとしては、我が国自動車、電気機械、素材、エネルギー等の産業界、大学、産業技術総合研究所等の研究機関が必要に応じ国によるプロジェクトを活用し、燃料電池実用化・普及に向けた種々の課題の検討については、燃料電池実用化戦略研究会（資源エネルギー庁長官私人的研究会（産学官））、燃料電池実用化推進協議会（民間団体）が連携しつつ実施。欧米諸国等の動向も踏まえつつ、産学官が一体となって、研究・技術開発を実施。

## 6 . 取組状況

平成 1 3 年度の固体高分子形燃料電池関係の予算は 7 5 . 2 億円、水素関係の予算は、2 7 . 0 億円であり、前年度予算額それぞれ 4 4 . 5 億円、1 6 . 6 億円と比べ 1 . 6 倍以上となる増額となっている。予算の概要は以下のとおり。

### ( 1 ) 固体高分子形燃料電池関係予算

燃料電池普及基盤整備事業 ( 一般会計・日本新生特別枠 )

[ 13.5 1

7.0億円 ] ( 3.5億円増額 )

地球温暖化対策としても期待される燃料電池の実用化に向け、その前提となる安全性・信頼性等の評価試験を通じたデータ収集・評価手法の確立、基準・標準の提案を産学官一体となって実施する。

高効率燃料電池システム実用化等技術開発費補助金

[ 20.0 2

5.0億円 ] ( 5.0億円増額 )

燃料電池自動車、定置用燃料電池の評価用試験体・試験装置の技術開発を行う。また、燃料電池の実用化に向け、量産化、コスト低減、実用規模へのスケールアップ等の課題克服のための各種部品、燃料電池システム等の技術開発を行う。

### 固体高分子形燃料電池研究開発

[ 30.5億円【新規】 ]

民生・産業用の新エネルギー供給技術としての期待が大きい固体高分子形燃料電池を用いたエネルギーシステムの開発・導入にむけた研究開発を行う。

同種の研究開発は、2000年度まで運輸・民生用高効率エネルギーシステム技術開発（2000年度11.0億円）において実施していた。

### 石油ガス利用・供給機器技術開発事業費補助金

[ 2.7億円【新規】 ]

LPガス固体高分子形燃料電池システムを設置・運転し、評価を行いつつ、LPガスから水素を製造するための前処理装置、排熱を有効に活用するための排熱

回収装置、システム全体の高効率化のための研究開発を行う。

( 2 ) 水素関係予算

水素エネルギー利用技術開発 [ 16.6億円

27.0億円 ] ( 10.4億円増 )

水素を新たなエネルギー媒体とする社会を構築するため、水素エネルギー利用のトータルシステムに関する調査・研究及びそのシステムを構成する製造、輸送・貯蔵、利用等の技術開発を実施する。

超電導電力貯蔵システム技術開発  
( S M E S : Superconducting Magnetic Energy Storage )

1 . 背景・必要性

超電導技術の電力分野への応用の中で、超電導電力貯蔵システムは、従来のエネルギー貯蔵装置と比べて、貯蔵効率が高い、エネルギーの出し入れ速度が速いなどの特徴を有している。このような優れた機能を持つ S M E S が電力系統に導入された場合、電力負荷平準化対策としての電力貯蔵用や、電力品質を維持するための系統制御用として活用でき、広範囲の効果が期待されている。特に、近年、風力発電等の不安定電源の導入等に伴う電力品質の低下が危惧されていることから、系統制御用への導入が一層期待されている。

2 . 目 的

平成 3 年から平成 1 0 年までの要素技術研究等により、要素技術の確立がなされたが、実用化に向けてコスト面での課題が残った。これを踏まえ、コスト的に実現性の高い系統制御用を的を絞り、競合設備並みの低コスト化を目指した技術開発を行い、実用化に資することを目的とする。

3 . エネルギー分野への貢献度

電力品質の維持によって電力の安定供給に資する。また、電力負荷を平準化することによって電気料金の低廉化にも資する。

4 . 研究開発内容

実用化の観点から、系統制御用（系統安定化用途及び負荷変動補償・周波数調整用途）の S M E S 開発に的を絞り、その 2 つの用途ごとにコスト低減技術の開発等を行う。

5 . 全体計画

開発期間；平成 1 1 ~ 1 5 年度（ 5 年間）

性能面・コスト面をバランス良く勘案し、適切な超電導線材、コイル形状等の選定を行う。その後、選定したコイル及びコイル周辺設備を試作し、試験・評価を行う。

6 . 所要資金 総額：約 3 8 億円（平成 1 1 ~ 1 5 年度）

7 . 実施体制

国 N E D O （財）国際超電導産業技術研究センター  
（補助） （委託）

8 . 今後 5 年間の目標

本事業において、平成 1 5 年度まで研究開発を実施し、所要の成果を達成する。

9 . 1 0 年間の見通し

本事業における研究開発を実施後、系統制御用として逐次導入が期待される。それを踏まえ、負荷平準化のための電力貯蔵用としてもコスト低減が進み、導入が見込まれる。

本技術開発のほか、別添の技術開発についても併せて実施中。

## メタンハイドレートの開発

### 1. 目的

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。

### 2. エネルギー分野への貢献

メタンハイドレートは、日本近海に我が国の天然ガス消費量の100年分に相当する量が賦存しているとの試算もあり、その利用が可能となれば、我が国のエネルギー安定供給に与える効果は大きく、21世紀における有望な新たな国産エネルギー資源として期待される。

### 3. 現状

メタンハイドレートは非在来型の資源であり、如何に経済的かつ安全に開発を行うかについて、以下のような課題がある。

メタンハイドレートは地中に固体で存在し、井戸を掘っても自噴しない。このためメタンハイドレート層を分解して、メタンガスを産出するための新たな採取技術の開発が必要である。

商業的生産の対象となるメタンハイドレート層を的確に探査する手法が確立されておらず日本近海にどのくらいあるかという調査が必要である。日本近海で試掘により試料を採取した事例は御前崎沖南海トラフの一例のみである。

海底面から数百メートルの深さの地層を安全に掘削、坑井を仕上げる技術等が未確立である。また、環境影響評価等を踏まえ、環境に調和した開発が不可欠である。

採取技術を開発する上で不可欠な地中でのメタンハイドレートの基礎的物性が解明されていない。

### 4. 開発計画

これらの課題は、探査、生産や基盤技術の確立等多岐にわたることから、実際の開発の実現までには長期間を要するものと考えられる。

したがって、以下のような段階的なアプローチによる取り組みを進めていくことが効果的かつ現実的。

#### ・フェーズ

日本周辺海域で物理探査、試錐を行いメタンハイドレート賦存状況を把握し、その後、



調査結果を踏まえ、海洋産出試験候補海域を選定していく。また、メタンハイドレートに関する基礎的研究(基礎物性、分解生成技術等)を進める。海洋産出試験に先立ち、極地方の永久凍土地帯での陸上産出試験により、各種分解法の検証等を行う。

- ・フェーズ  
メタンハイドレートに関する基礎的研究(生産技術、環境影響評価等)を進めるとともに、選定された日本近海の有望海域での海洋産出試験により、生産技術等を検証する。
- ・フェーズ  
商業的産出のための技術を整備し、経済性、環境影響等を総合的に評価する。

具体的な開発計画については、現在、資源エネルギー庁に設置されたメタンハイドレート開発検討委員会において最終とりまとめ中。

## 5. 実施体制

我が国の石油開発産業のみならず、ガス、重工、エンジニアリング等の産業界、大学、産業技術総合研究所、石油公団等産学官の英知を結集するとともに、メタンハイドレート研究の先導的役割を果たす米国、カナダ、ドイツ、メジャー等とも協力しつつ、研究開発を実施。

## 6. 取組状況

### (1) メタンハイドレート開発技術に係る研究開発(平成7年度～11年度)

メタンハイドレート生成分解実験、解析技術、サンプル回収装置等について研究開発を実施。また、本研究開発と並行し、メタンハイドレートをエネルギー資源として探鉱開発するために必要な知見を得るため、国内外の研究動向、採取技術等の「メタンハイドレート開発促進調査」を実施。[予算額 22.6億円(平成7～11年度)]

### (2) 海上地震探査(平成8年度)

南海トラフ等の海域において海上地震探査を実施し、メタンハイドレート賦存の可能性を調査。[予算額 11.1億円]

### (3) 南海トラフにおける海上基礎試錐(平成11年度)

平成11年12月～平成12年1月にかけて、御前崎沖の「南海トラフ」(静岡県浜松市天竜川沖合約50km、水深945m)において試掘を実施。海底下200～270mでメタンハイドレートの存在を確認。メタンハイドレート試料を採取した。[予算額 52.5億円]

### (4) 平成13年度取組

- ・日本近海におけるメタンハイドレートの賦存状況を調査するために物理探査を実施。  
(平成13年度予算額 4.6億円)
- ・基礎物性把握、資源量評価手法の検討、生産性評価技術等に係る調査、研究を実施。  
(平成13年度予算額 4.4億円)
- ・カナダでの永久凍土地帯において調査井を採掘し、朝来の日本海域での生産手法の検

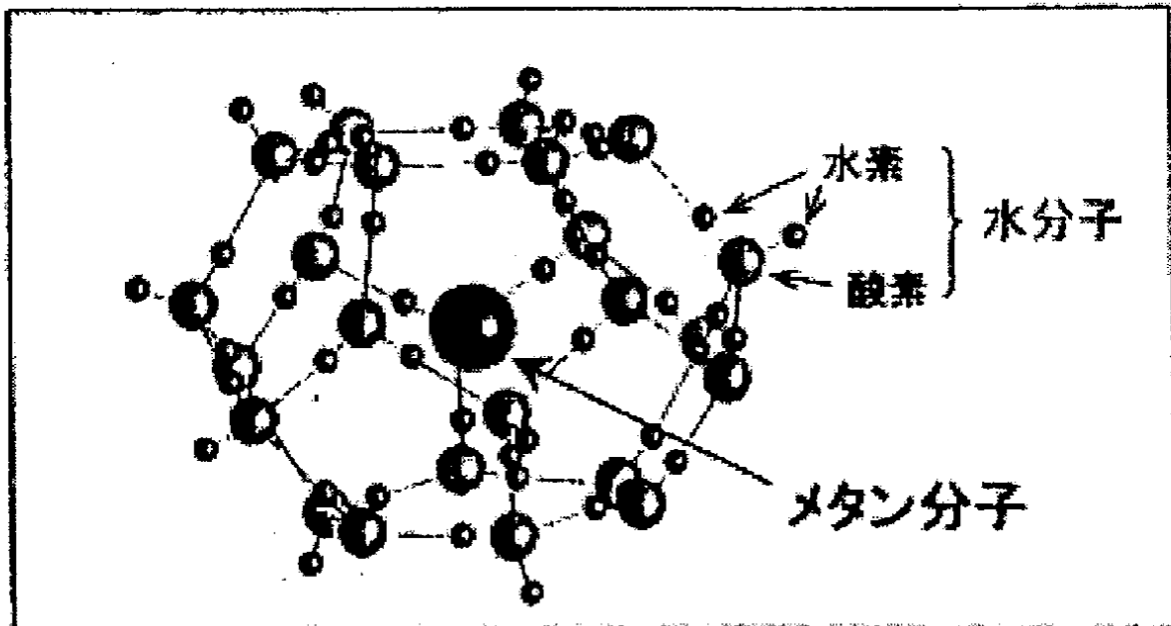
討に資するため生産テストを実施。  
(平成13年度予算額 7.6億円)

# メタンハイドレートについて

## 1. メタンハイドレートの特徴

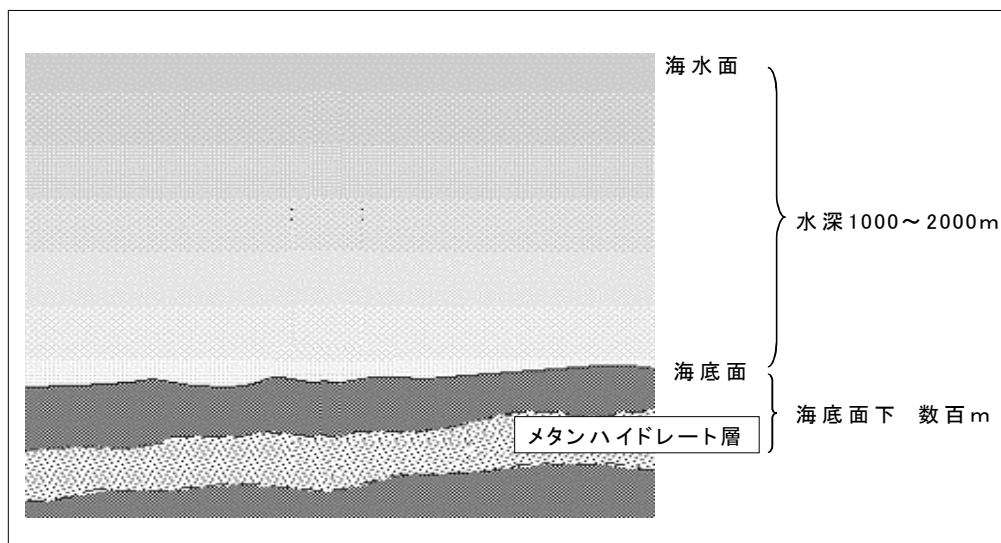
- (1)低温高圧の条件下で、水分子の結晶構造の中にメタン分子が取り込まれた氷状の固体物質

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の結晶構造

- (2)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の海底下に賦存  
(海底面からは数百mであり、石油・天然ガスよりも浅部に存在している。)



## 2. メタンハイドレートの賦存状況について

### (1) メタンハイドレートの分布

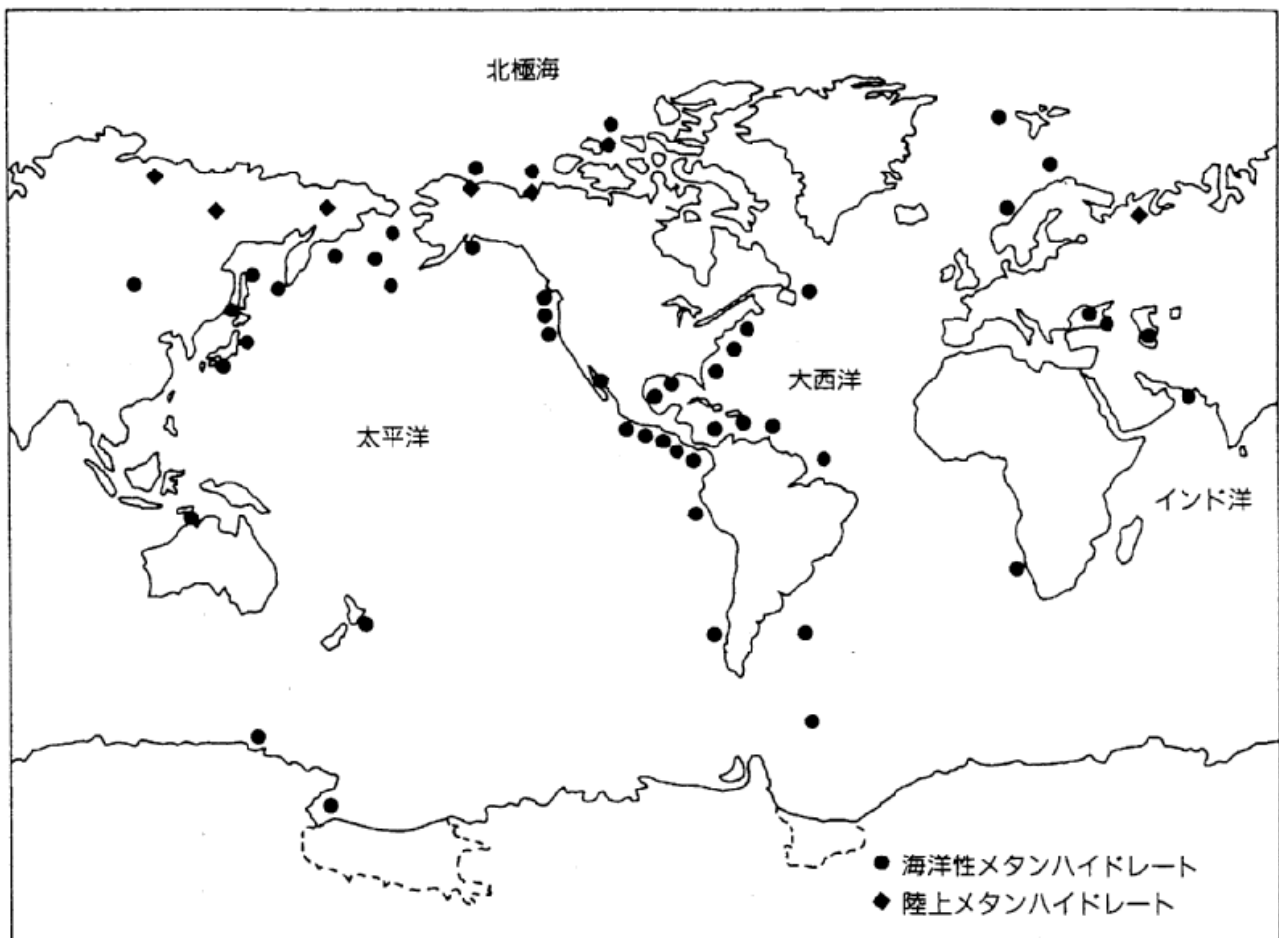
- ・現在までに得られたデータを基に作成した世界及び日本周辺での分布は、別図のとおりである。

### (2) メタンハイドレートの原始資源量の試算値

- ・世界で、404兆 $m^3$ と試算されており、在来型天然ガスの原始資源量437兆 $m^3$ に匹敵する量である。
- ・我が国で、7.4兆 $m^3$ と試算されており、1999年度の我が国の天然ガス消費量750億 $m^3$ の約100年分に相当する。

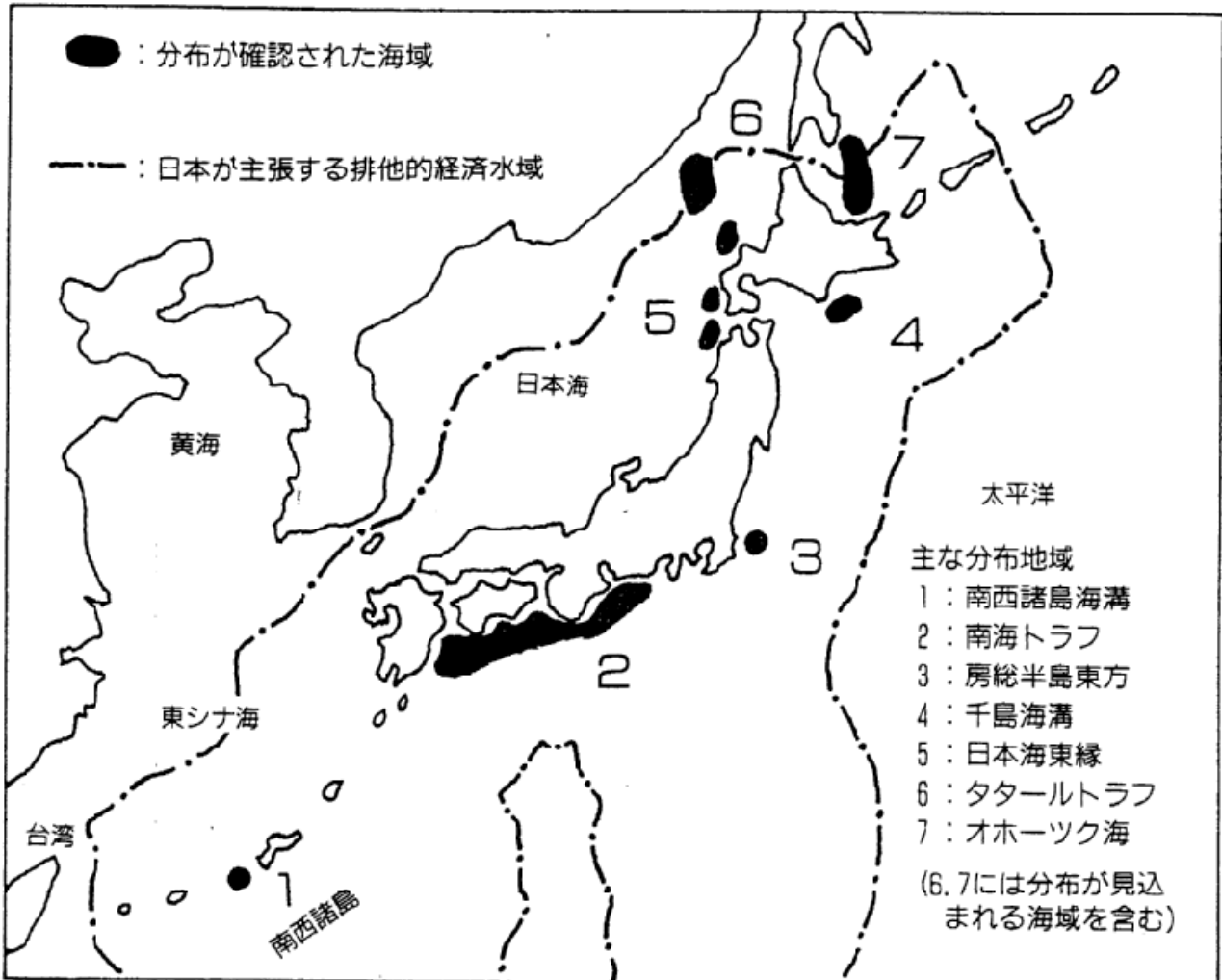
注) 原始資源量とは、地下に集積していると推定される資源の総量。

### <世界のメタンハイドレート分布>



[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]

### <日本周辺のメタンハイドレート分布>



[出所：佐藤幹夫他(1996) 地質学雑誌第 102 巻 第 11 号を参考にEILP -総合工学研究所が作成]

### 3. 石油審議会等の答申

平成 6 年 6 月の国内石油・天然ガス基礎調査第 8 次 5 力年計画に関する石油審議会答申において、「探査・掘削技術、回収技術等必要な研究・開発を推進するとともに、その進捗状況を踏まえて国内のエネルギー資源として有望な地域について、所要の基礎調査を行うことが適当である。」旨、所要の調査等の必要性を指摘。

また、平成 12 年 8 月の石油審議会開発部会基本政策小委員会中間報告において、「我が国に大きな埋蔵量が期待されているメタンハイドレートについて、経済的に採掘・生産回収をするため、長期的視点に立って、技術開発を行うべきである。」旨、メタンハイドレートへの積極的取り組みの必要性を指摘。