

国立国会図書館 調査及び立法考査局

Research and Legislative Reference Bureau
National Diet Library

論題 Title	メタンハイドレート開発の経緯と課題
他言語論題 Title in other language	History and Issues of Methane Hydrate Development
著者 / 所属 Author(s)	三浦 良文 (MIURA Yoshifumi) / 国立国会図書館調査及び立法考査局専門調査員 議会官庁資料調査室主任
雑誌名 Journal	レファレンス (The Reference)
編集 Editor	国立国会図書館 調査及び立法考査局
発行 Publisher	国立国会図書館
通号 Number	898
刊行日 Issue Date	2025-10-20
ページ Pages	1-27
ISSN	0034-2912
本文の言語 Language	日本語 (Japanese)
摘要 Abstract	非在来型化石燃料のメタンハイドレートについて、我が国は将来的な商業生産化を目指して研究開発を進めている。他方、解決すべき課題も多く、継続的かつ着実な取組が求められている。

* この記事は、調査及び立法考査局内において、国政審議に係る有用性、記述の中立性、客観性及び正確性、論旨の明晰（めいせき）性等の観点からの審査を経たものです。

* 本文中の意見にわたる部分は、筆者の個人的見解です。

メタンハイドレート開発の経緯と課題

国立国会図書館 調査及び立法考査局

専門調査員 議会官庁資料調査室主任 三浦 良文

目 次

はじめに

I メタンハイドレートとはどのようなエネルギー資源なのか

- 1 在来型化石燃料と非在来型化石燃料
- 2 メタンハイドレートとは何か

II 我が国におけるメタンハイドレート開発の経緯と現状

- 1 我が国におけるメタンハイドレート開発の経緯
- 2 我が国におけるメタンハイドレート開発の最新状況

III メタンハイドレート開発の諸課題

- 1 メタンハイドレート開発の技術的課題
- 2 メタンハイドレート開発に係る技術的課題以外の諸課題

おわりに

キーワード：非在来型化石燃料、シェール革命、砂層型メタンハイドレート、表層型メタンハイドレート、南海トラフ、「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」、「海洋基本計画」、MH21-S 研究開発コンソーシアム

要 旨

- ① 石油や天然ガス等の化石燃料は、従来技術で採掘可能な在来型化石燃料と採掘に技術革新が必要な非在来型化石燃料に大別される。非在来型化石燃料であるメタンハイドレートは、天然ガスの主成分であるメタンガスを豊富に含み、「燃える氷」とも呼ばれている。我が国は、将来的な商業生産化を目指して、メタンハイドレートの研究開発に注力している。
- ② メタンハイドレートは低温高压の条件下で生成し、永久凍土の地下や水深 500m 以深の海底下の堆積物中に存在する砂層型メタンハイドレートと、水深 500 ～ 1,500m の海底面等に塊状で存在する表層型メタンハイドレートに分類される。
- ③ 平成 13（2001）年 7 月に経済産業省が策定した「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」の実施により、砂層型メタンハイドレートは、南海トラフでメタンハイドレート濃集帯を発見した上で、その資源量を算定し、メタンガスの海洋産出試験も行った。表層型メタンハイドレートは、海洋調査で主に日本海側で存在を確認し、海洋産出試験に向けた調査を継続している。
- ④ ただし、商業生産化に向けては、長期安定的なガス生産の実証、我が国周辺海域における資源量の把握、環境影響評価や経済性の検討等といった技術的課題のほか、国際連携協力、技術者等の人材育成、中国との開発をめぐる関係等の課題もある。そのため、令和 5（2023）年 4 月の第 4 期海洋基本計画では、メタンハイドレートの商業化については令和 12（2030）年度までに民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指すとしている。
- ⑤ もし、メタンハイドレートの商業生産化に成功すれば、エネルギー資源に乏しい我が国のエネルギー安全保障に少くない影響を与え、さらに水素社会の実現やカーボンニュートラルにも資することができる。メタンハイドレートの商業生産化に向けての継続的かつ地道な研究開発が今後も求められている。

はじめに

「地球上に存在するエネルギー資源のうち、石油や天然ガスはあと約 30 年程度で枯渇してしまうのではないか。」という議論が、1960 年代から 1970 年代にかけてなされていた。実際に、民間シンクタンクのローマ・クラブ（Club of Rome）⁽¹⁾が 1972 年に公表した『成長の限界—ローマ・クラブ「人類の危機」レポート—』⁽²⁾によれば、当時の確認埋蔵量（a）を当時の年間使用量（b）で単純に除した資源の耐用年数（a/b）は、石油が 31 年、天然ガスが 38 年であった。そして仮に、今後新たな油田の発見等によってそれらの埋蔵量が 5 倍に増加したとしても、それぞれ石油が 50 年、天然ガスが 49 年で枯渇すると予想し、幾何級数的、つまり加速度的な経済成長とそれに伴うエネルギー資源の急激な消費拡大に警鐘を鳴らしていたのである。他方、エネルギー研究所（Energy Institute: EI）⁽³⁾の 2025 年の統計では、ローマ・クラブによる同レポートの公表から約半世紀を経たにもかかわらず、2020 年末現在の可採年数⁽⁴⁾は、石油が 53.5 年、天然ガスは 48.8 年となっている⁽⁵⁾。

このように同レポートの予想が外れた理由を簡単に説明すると、石油や天然ガスの埋蔵量は、これらエネルギー資源の需給ひっ迫等による価格上昇、採掘技術の革新による採掘コストの低下及び採掘可能箇所拡大等により、事業採算性が改善したことで、同レポートの想定をも上回る新たな油田の発見と開発の大幅な拡大をもたらしたとされる⁽⁶⁾。

その一つに、2000 年代後半の米国で進展したシェール革命がある。これにより、これまで採算性や採掘技術等の観点から商業生産が困難であったシェールオイルやシェールガスといった非在来型化石燃料（後述）の開発が大きく進展したことが石油や天然ガスの埋蔵量の増加をもたらし、米国のみならず世界の石油・天然ガス等のエネルギー市場に大きな影響を与えることとなった⁽⁷⁾。

* 本稿におけるインターネット情報の最終アクセス日は、令和 7（2025）年 9 月 25 日である。また、人名に続く役職は当時のものである。

- (1) 1970 年 3 月にイタリアのアウレリオ・ペッチェイ（Aurelio Peccei: イタリアの経済学者）が創設した民間シンクタンク。人口、資源、食糧、環境汚染等について、地球的観点から考察し提言している。Club of Rome Website <<https://www.clubofrome.org/>>
- (2) ドネラ・H. メドウズほか（大来佐武郎監訳）『成長の限界—ローマ・クラブ「人類の危機」レポート—』ダイヤモンド社, 1972.（原書名: Donella H. Meadows et al., *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*, New York: Universe Books, 1972.）ローマ・クラブがマサチューセッツ工科大学に委託した研究。人口の増加とそれに伴い天然資源使用量は幾何級数的に増大するため、食糧や天然資源を急激に消費してしまい、近い将来、経済成長は限界に達するという結論に至った。
- (3) 2003 年に設立されたエネルギー分野の国際的な専門家組織。本部はロンドン。Energy Institute Website <<https://www.energyinst.org/>>
- (4) 確認埋蔵量（Reserves）を年間生産量（Production）で割った数値（R/P）を可採年数という。石油学会編『石油辞典 第 2 版』丸善出版事業部, 2005, p.143.
- (5) “2025 Energy Institute Statistical Review of World Energy.” <<https://www.energyinst.org/statistical-review>>
- (6) 「9.6 石油開発の展望と課題」日本エネルギー経済研究所、石油天然ガス・金属鉱物資源機構編『石油・天然ガス開発のしくみ—技術・鉱区契約・価格とビジネスモデル— 改訂版』化学工業日報社, 2020, pp.321-327; 「第 3 章 埋蔵量のナゾ」岩瀬昇『石油の「埋蔵量」は誰が決めるのか?—エネルギー情報学入門—』（文春新書）2014, pp.87-130; 「第 1 章 石油をめぐる世界の動き」瀬川幸一編『石油がわかれば世界が読める』（朝日新書）2008, pp.15-57.
- (7) 地下 2,000 ～ 4,000m にある頁岩（けつがん、シェール（shale））層に含まれる原油や天然ガスは、従来の採掘技術では開発は困難であったが、価格上昇と技術革新により商業生産が可能となったことにより、米国のエネルギー資源の輸入依存度は低下し、2020 年には石油の純輸出国となった。他方、環境破壊や原油の中東依存度の低下による米国の中東政策への影響も懸念されている。「第 4 章 3 シェール革命」平田竹男『世界資源エネルギー』

その非在来型化石燃料のうち、我が国が開発に注力しているエネルギー資源がメタンハイドレート（methane hydrate）である⁽⁸⁾。メタンハイドレートとは、高圧かつ低温の条件下において水分子がメタン分子をカゴ状構造に閉じ込めている氷状の固体物質であり、シベリアやアラスカ等の永久凍土地帯の地下や水深 500 ～ 1,000m の深海底下の地層中に多く賦存⁽⁹⁾することが確認されている。我が国周辺海域では、南海トラフ及び日本海側でその存在が確認されており、我が国は 1990 年代から埋蔵量の調査及び試掘、そして商業生産を目指した研究開発に取り組んでいる。このメタンハイドレートの商業生産化に成功すれば、我が国のエネルギー安全保障に大きなインパクトを与える可能性があることが指摘されている⁽¹⁰⁾。

本稿では、そのメタンハイドレートに関して、第Ⅰ章でエネルギー資源としての特徴、第Ⅱ章では我が国における研究開発の経緯と現状について、第Ⅲ章でメタンハイドレート開発の諸課題について概観する。

I メタンハイドレートとはどのようなエネルギー資源なのか

1 在来型化石燃料と非在来型化石燃料

石油や天然ガス等の化石燃料は、採掘等のコストに採算性がある「在来型化石燃料」と、採掘には新たな技術開発が必要な「非在来型化石燃料」とに大まかに分類されている⁽¹¹⁾。

石油系の非在来型化石燃料（非在来型石油ともいう。）には、「タイトオイル」、「重質油・超重質油」、「ビチューメン」、「オイルシェール」等があり、天然ガス系の非在来型化石燃料（非在来型天然ガスともいう。）には、「タイトサンドガス」、「シェールガス」、「コールベッドメタン」、「メタンハイドレート」等がある（表 1）。

こうした非在来型化石燃料の一部には、2000 年代以降の原油価格の高騰を契機として、採掘技術の開発が進んだこと等により、採算性が見通しが立ったため、商業生産が可能となったものもある。さらに、非在来型化石燃料は、いまだ不明な部分も多いが、その埋蔵量が在来型化石燃料と比較して非常に多いとも予想されているため、将来の化石燃料の枯渇の懸念が後退

入門—主要国の基本戦略と未来地図—』東洋経済新報社、2023、pp.143-149;「第 2 章 米国：シェール革命とエネルギー自立 2-3 シェール革命：アメリカの復活」橋爪吉博『新しい石油の地政学』秀和システム、2024、pp.87-98。

(8) 例えば、「[第 4 期] 海洋基本計画」（令和 5 年 4 月 28 日閣議決定）では、「日本周辺海域に相当量の賦存が期待されるメタンハイドレートについて、我が国のエネルギー安定供給に資する重要なエネルギー資源として、将来の商業生産を可能とするための技術開発を進める。」としている。「第 2 部 海洋に関する施策に関し、政府が総合的かつ計画的に講ずべき施策 5. 海洋の産業利用の促進（1）海洋資源の開発及び利用の促進」[「第 4 期」海洋基本計画」（令和 5 年 4 月 28 日閣議決定）p.59. 内閣府ウェブサイト <<https://www8.cao.go.jp/ocean/policies/plan/plan04/plan04.html>>

(9) 主にエネルギー資源等の量を示す際に用いられる、ある場所にどれだけの資源や要素が存在するか又は潜在的に存在すると考えられる量を指す用語。

(10) 「燃える氷メタンハイドレート 日本は、実はエネルギー資源大国？」瀬川編 前掲注(6)、pp.180-182;「第 4 章 日本はエネルギー資源国になれるのか」石川憲二『海洋資源大国めざす日本プロジェクト！—海底油田探査とメタンハイドレートの実力—』（角川 SSC 新書）2013、pp.129-149;「第 3 章 日本のエネルギー政策にも光が」今井激『シェールガス革命で復活するアメリカと日本』今井激事務所、2012、pp.59-81。

(11) ①自噴又は容易に採掘可能であり、②採掘コストに採算性がある在来型化石燃料に対し、非在来型化石燃料は、商業生産には新規の技術開発が必要なエネルギー資源である。「1.1 非在来型天然ガスとは」日本エネルギー学会天然ガス部会資源分科会 CBM・SG 研究会 GH 研究会『非在来型天然ガスのすべて—エネルギー資源の新たな主役〈コールベッドメタン・シェールガス・メタンハイドレート〉—』日本工業出版、2014、pp.1-4;「9.4 シェール革命と非在来型天然ガス」「9.5 非在来型石油で変貌する世界の石油地図」日本エネルギー経済研究所、石油天然ガス・金属鉱物資源機構編 前掲注(6)、pp.299-321。

するともいわれている⁽¹²⁾。他方で、例えばシェールガス開発の際に用いられる水圧破碎法⁽¹³⁾は、地下のシェール層（頁岩層）に大量の地下水と化学薬品を流し込んでガスを採掘するため、水不足や化学薬品による水質汚染、さらには採掘地域において微小ながら地震発生の可能性等が指摘されており、非在来型化石燃料の開発には環境汚染のおそれも課題として存在する⁽¹⁴⁾。

表1 主な非在来型化石燃料

主な非在来型石油	
タイトオイル (tight oil)	主にシェール（頁岩）層に存在する流動性の低い軽質・中質の原油のことを指す。水圧破碎法 ^(注1) や水平掘削法 ^(注2) によって採掘が可能となった。2000年代以降に米国で大増産が行われるようになり、シェールオイル（shale oil）と呼ばれている。
重質油・超重質油 (heavy oil, extra-heavy oil)	原油の密度を表すAPI比重 ^(注3) が20度以下の原油を重質油といい、粘度が高く流動性に乏しい。さらにその中でも、API比重が10度以下のものを超重質油と呼び、南米のベネズエラに多くが存在している。
ビチューメン (bitumen)	粘性が非常に高く、オイルサンド（oil sand） ^(注4) の砂粒に付着しているため、加熱することにより粘性を低くして採掘する。カナダに集中して存在する。
オイルシェール (oil shale)	石油・天然ガスに分解する以前の未熟成な原油資源であり油母頁岩（ゆぼけつがん）とも呼ばれる。回収には加熱が必要となる。なお、シェールオイルとは別の物質である。
主な非在来型天然ガス	
タイトサンドガス (tightsand gas)	地下数千メートルの浸透率が低い砂岩層に貯留した天然ガスのことを指す。1980年代以降の米国で採掘のための技術開発が進み、商業生産が行われるようになった。
シェールガス (shale gas)	薄く剥がれやすいシェール（頁岩）層内に滞留している天然ガスである。経済性の観点から生産が困難であったが、2000年代後半以降の米国において採掘技術が進展し、商業生産が可能となった。
コールベッドメタン (coal bed methane)	石炭形成過程で生成されたメタンガスが、そのまま地下の石炭層に吸着した。米国で1980年代後半から商業生産が進み、オーストラリア、カナダ、中国等においても開発が進められている。
メタンハイドレート (methane hydrate)	水分子がメタン分子を取り込んだ固体物質で、低温高圧下において生成される。陸上では永久凍土地帯の地下の堆積物中、海洋では深海底下数百メートルの地層に存在が確認されている。我が国や諸外国においても、商業化に向けた技術開発が進められている。

* これらのほか「ガス液化燃料（gas to liquid: GTL）」、「石炭液化燃料（coal to liquid: CTL）」等の非在来型石油や「地球深層ガス」、「地圧水溶性ガス」、「バイオマスガス」等の非在来型天然ガスも存在する。

(注1)「水圧破碎法」とは、頁岩層に超高压水を注入し地層に割れ目を作って、シェールガスやシェールオイルを回収する方法。高压水には、割れ目を保持するための砂、地層を溶かす酸性物質、液体を流れやすくするため界面活性剤等の薬剤が多く含まれている。

(注2)「水平掘削法」とは、垂直に掘り始めた坑井を徐々に傾斜させ、最終的に水平方向に掘削する方法である。

(注3)「API比重」とは、米国石油協会（American Petroleum Institute: API）が定めた原油の密度の指標である。

(注4)「オイルサンド（oil sand）」とは、高粘度の原油を含む砂岩層のことである。

(出典)「第1章 シェールガス・オイルとは」幾島賢治・八木宏監修『シェールガスの開発と化学プロセス 普及版』シーエムシー出版, 2020, pp.3-13;「9.4 シェール革命と非在来型天然ガス」「9.5 非在来型石油で変貌する世界の石油地図」日本エネルギー経済研究所, 石油天然ガス・金属鉱物資源機構編『石油・天然ガス開発のしくみ—技術・鉱区契約・価格とビジネスモデル— 改訂版』化学工業日報社, 2020, pp.299-321;「用語辞典」石油・天然ガス資源情報ウェブサイト <<https://oilgas-info.jogmec.go.jp/termsearch/index.html>> 等を基に筆者作成。

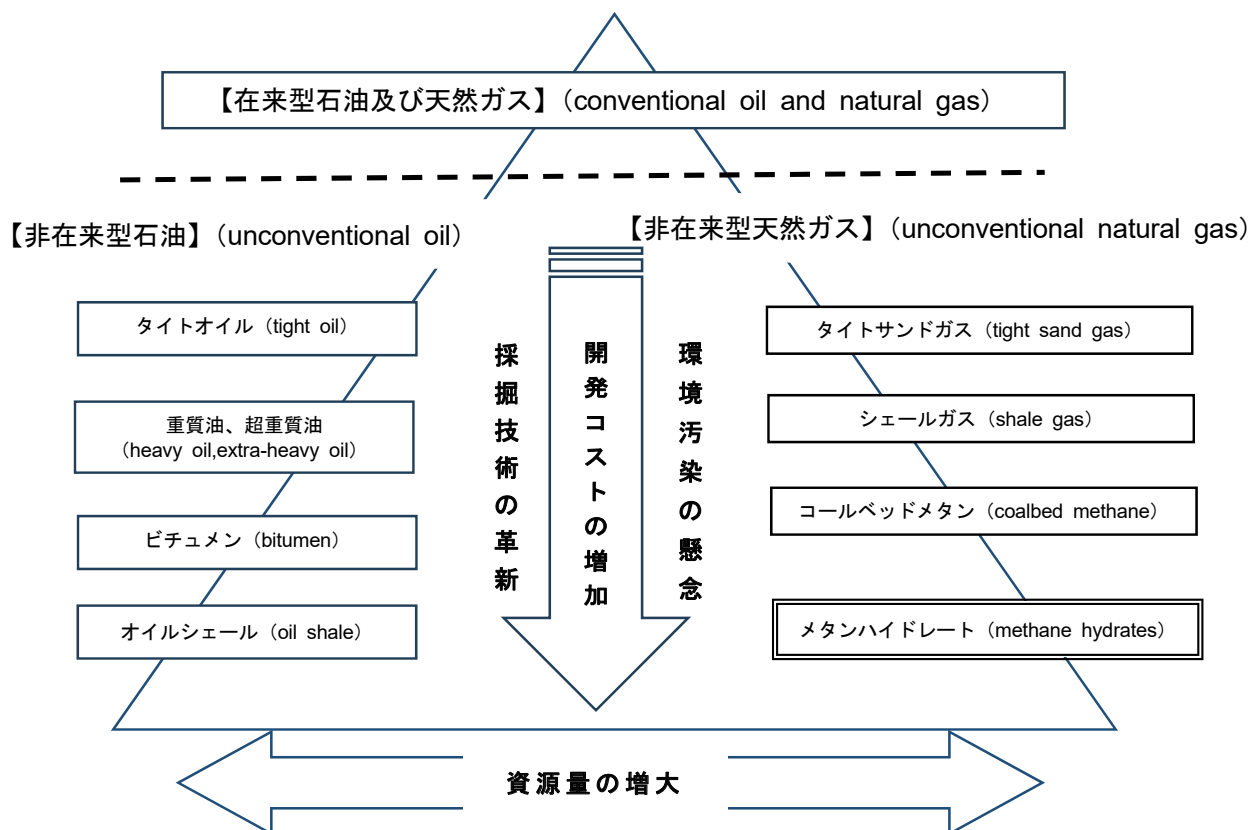
(12) 「9.5 非在来型石油で変貌する世界の石油地図」日本エネルギー経済研究所, 石油天然ガス・金属鉱物資源機構編 同上, pp.310-321; 橋爪 前掲注(7)

(13) 頁岩層に超高压水を注入し地層に割れ目を作って、シェールガスやシェールオイルを回収する方法。高压水には、割れ目を保持するための砂、地層を溶かす酸性物質、液体を流れやすくするため界面活性剤等の薬剤が多く含まれている。「第1章 シェールガス・オイルとは」幾島賢治・八木宏監修『シェールガスの開発と化学プロセス 普及版』シーエムシー出版, 2020, pp.3-13.

(14) 十市勉「シェール革命の光と影」2013.3. 日本エネルギー経済研究所ウェブサイト <<https://eneken.iecej.or.jp/data/4821.pdf>>; 野口義直「米国のシェール革命と環境政策」『摂南経済研究』10(1・2), 2020.3, pp.27-37.

メタンハイドレートは、このような非在来型天然ガスの中においても、採掘には課題も多く、商業生産化には技術革新が不可欠であるエネルギー資源であるとされている（図1）⁽¹⁵⁾。

図1 石油・天然ガスの種類と開発コスト・資源量



(注) メタン、エタン等のガスと水の固体結晶を一般にガスハイドレートと称するが、商業化の対象となるガスハイドレートの多くはメタンを主とするため、ここでは「メタンハイドレート」を用いている。

(出典)「第1章 石油と石油産業」日本エネルギー経済研究所、石油天然ガス・金属鉱物資源機構編『石油・天然ガス開発のしくみ—技術・鉱区契約・価格とビジネスモデル—改訂版』化学工業日報社、2020、p.16（図1.2 石油資源の種類）等を基に筆者作成。

2 メタンハイドレートとは何か

では、その非在来型天然ガス的一种であるメタンハイドレートとはどのような物質なのか。ハイドレート (hydrate) とは包接水和物を意味しており、水分子が水素結合により形成する籠状の格子の中に別の分子を取り込んだ状態を表す。そのうち、メタンや二酸化炭素、プロパンといった気体分子を取り込んだものをガスハイドレート (gas hydrate) と呼称している⁽¹⁶⁾。したがって、メタンハイドレートとは、水分子がメタン分子を取り込んだ固体のことを指している。なお、メタンハイドレート 1m^3 を分解すると、約 $160 \sim 170\text{m}^3$ ものメタンガスが回収可能であるとされている⁽¹⁷⁾。

メタンハイドレートの分子化学式は $\text{CH}_4 \cdot 5.75\text{H}_2\text{O}$ となり、分子構造は図2のようになる。

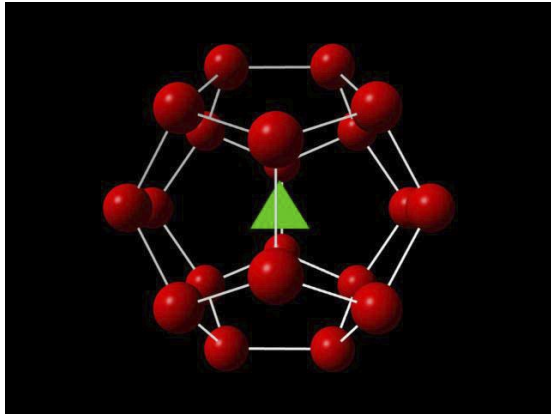
(15) 「1.1.5 メタンハイドレート」日本エネルギー学会天然ガス部会資源分科会 CBM・SG 研究会 GH 研究会 前掲注(11)、pp.6-8; 「4.2 メタンハイドレートの分布と資源量試算」同、pp.169-177。

(16) 「1.1.5 メタンハイドレート」同上、pp.6-8; 「第4章 メタンハイドレート」同、p.159。

(17) 「メタンハイドレートの基礎情報」MH21-S 研究開発コンソーシアムウェブサイト <https://www.mh21japan.gr.jp/basic_info.html>; 「知っておきたいエネルギーの基礎用語～メタンハイドレートとは? (エネコレ)」2017.8.22. 資源エネルギー庁ウェブサイト <<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/methanehydrate.html>>; 「メタンハイ

白い氷状の物質であり、火を近づけるとメタンガスが燃えることから「燃える氷」とも呼ばれている（図3）。

図2 メタンハイドレートの分子構造



（注）三角形がメタン分子、球形が水分子である。
（出典）「MH21-S 研究開発コンソーシアム」

図3 燃えるメタンハイドレートの結晶



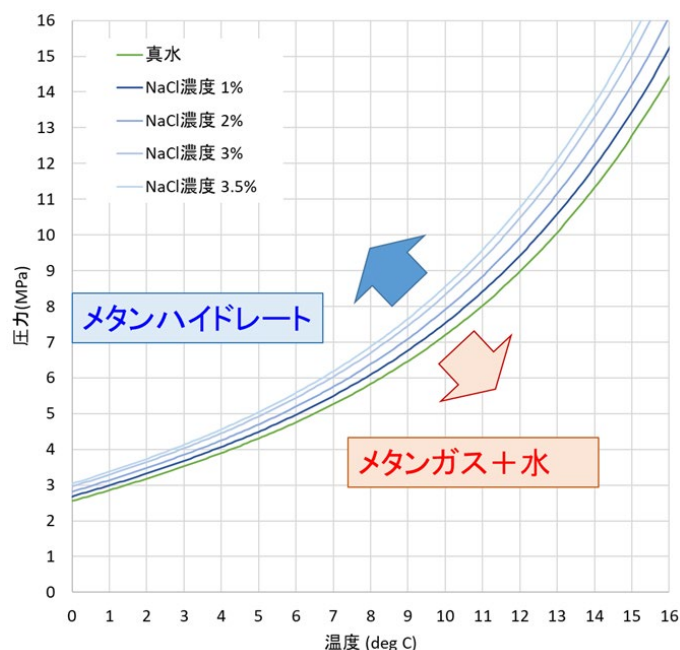
（注）この写真は人工のメタンハイドレートである。
（出典）「MH21-S 研究開発コンソーシアム」

メタンハイドレートが安定して存在する条件は、低温かつ高圧下であり、その領域と、分解して水とメタンガスに分かれる領域との境界線を相平衡曲線と呼んでいる（図4）。図中で曲線の左上に移動、低温高圧下ではメタンハイドレートは安定的に存在し、曲線の右下に移動、つまり昇温・減圧するとメタンハイドレートは水とメタンガスに分解する。

深海底の水温はおおむね3～4度であり、その水温では圧力が4MPa以上でなければメタンハイドレートは生成されないということがこの図からわかる。圧力が4Mpa以上に相当する水深は400m以上であることから、メタンハイドレートが深海底や湖底で生成されやすい理由である。また、北極に近いカナダ、アラスカ、シベリア、チベット高地等の永久凍土地帯（年間の平均気温が0度を下回り、深度の深い凍っている地層）にもメタンハイドレートの存在が確認されている。

ドレートについて」2024.4.22. 同 <https://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/oil_and_gas/#methahy>
なお、以下のメタンハイドレートに関する説明もこれらの資料に基づく。

図4 「メタンハイドレート」と「メタンガス+水」の相平衡曲線



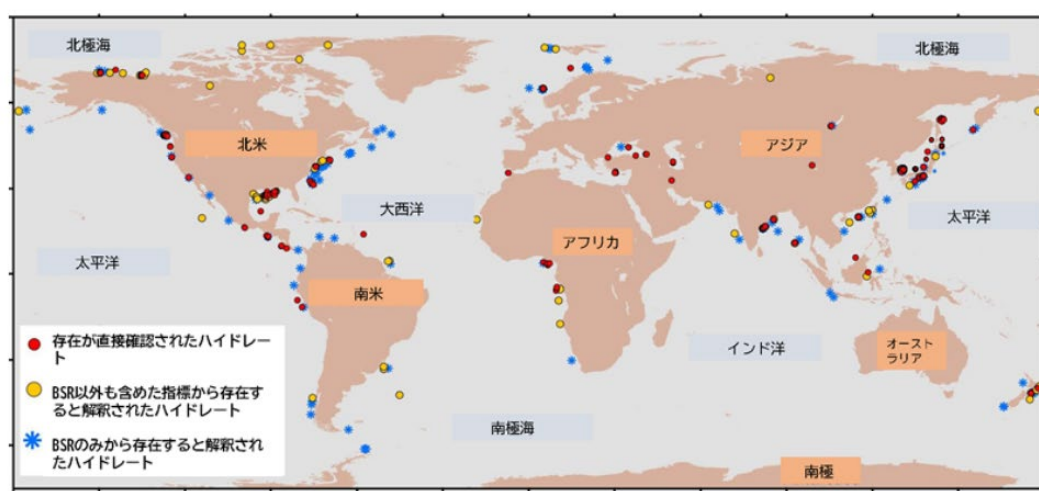
(注) 相平衡曲線が複数あるのは、異なる濃度の塩分 (NaCl: 塩化ナトリウム) により変化するからである。

例えば、海水は、おおむね 3.5% の濃度の NaCl を含んでいる。

(出典) 「MH21-S 研究開発コンソーシアム」

それでは、実際の自然界においてメタンハイドレートはどこに存在しているのか。前述した、低温高圧下の条件に加えて、メタンを含む堆積物が多く存在すること、メタンハイドレートを貯留できる地層があることの3点が必要条件となる。このような場所は多く存在しており、メタンハイドレートは世界中でその分布が確認されている (図5)。具体的には、陸域であればシベリア、アラスカ、カナダ等の永久凍土地帯の地下 500 ～ 600m の堆積物中に、海域では水深 500 ～ 1,000m 以深の深海底下 500m にその存在が確認されている。また、我が国周辺海域でも調査の結果、相当の賦存量が推定されている。

図5 メタンハイドレートが存在すると推定されている地点



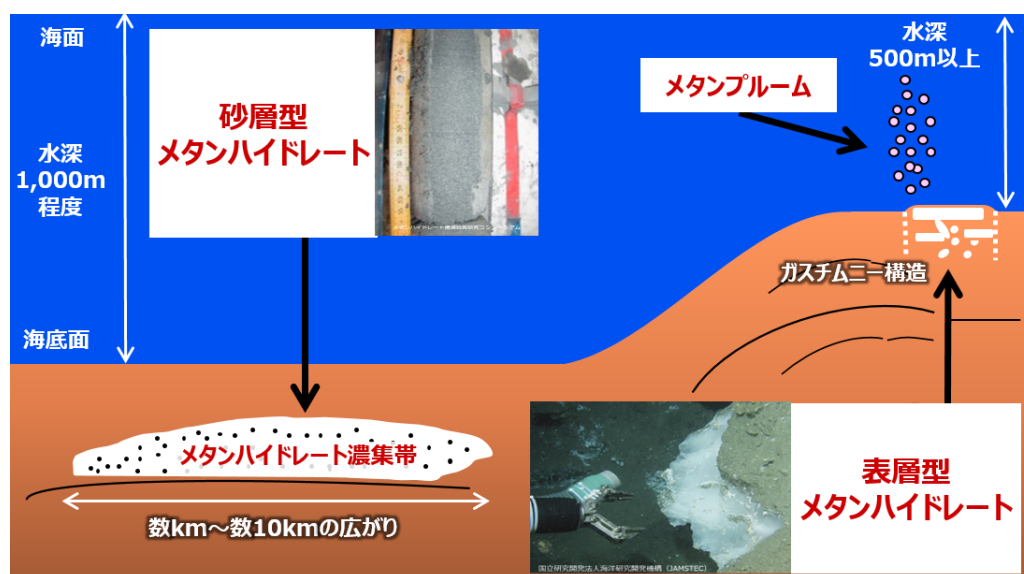
(注1) BSR とは、地震探査で観測される Bottom Simulating Reflector: 海底擬似反射面のことであり、メタンハイドレートの存在を示唆する指標である。『4.1.3 メタンハイドレートの探査手法』日本エネルギー学会天然ガス部会資源分科会 CBM・SG 研究会 GH 研究会『非在来型天然ガスのすべて—エネルギー資源の新たな主役(コールベッドメタン・シェールガス・メタンハイドレート)—』日本工業出版, 2014, pp.166-169.

(注2) USGS データ <<https://www.sciencebase.gov/catalog/item/5eb413a282ce25b5135a9f2a>> に MH21-S 研究開発コンソーシアムが日本周辺情報を追記。

(出典) 「MH21-S 研究開発コンソーシアム」

メタンハイドレートは、主に砂層型メタンハイドレートと表層型メタンハイドレートに分類される。砂層型メタンハイドレートは、永久凍土の地下や海底下 500m 程度の砂層内に砂粒子の隙間を埋めるような形で存在している。我が国周辺海域では、太平洋側の主に東部南海トラフ海域を中心に賦存が確認されており、研究開発も 2010 年代に海洋調査が行われた表層型メタンハイドレートに先行して行われている。表層型メタンハイドレートは、水深 500 ～ 1,500m の海底面及び比較的浅い深度の泥層の堆積物中に塊状で存在し（図 6）⁽¹⁸⁾、主に日本海側を中心にその賦存が確認されている。

図6 メタンハイドレートの賦存形態



（注）メタンブルームとは、海底から放出された大量のメタンによるガスの柱のことである。「⑧ 新たな有力スポット、日本海東縁」松本良『エネルギー革命メタンハイドレート』飛鳥新社、2009、pp.40-48.

（出典）「メタンハイドレートについて」資源エネルギー庁ウェブサイト <https://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/oil_and_gas/>

以上のことから、メタンハイドレート（主として砂層型メタンハイドレート）の商業生産化には、次の条件が必要とされる⁽¹⁹⁾。

- 通常は固体であるため流動性がなく自噴しないことを踏まえた採掘技術
- 低温高压のメタンハイドレートから安定的にガスを生産するための技術開発
- 砂層内からガスを取り出す経路の確保
- ガス生産の際の環境影響への配慮
- 大水深の海底下に生産設備を設置する技術開発

(18) 「メタンハイドレートについて」同上;「メタンハイドレートとは？」国立研究開発法人産業技術総合研究所ウェブサイト <https://unit.aist.go.jp/georesenv/topic/SMH/methane_hydrate.html>

(19) 「9.4 シェール革命と非在来型天然ガス 4 メタンハイドレート」日本エネルギー経済研究所、石油天然ガス・金属鉱物資源機構編 前掲注(6)、pp. 305-307.

Ⅱ 我が国におけるメタンハイドレート開発の経緯と現状

エネルギー資源の大部分を輸入に頼っている我が国にとって、メタンハイドレートの開発が進めば将来的に重要なエネルギー資源ともなり得ることから⁽²⁰⁾、その研究開発は1990年代から本格的に取り組まれている。まず、平成11(1999)年から平成12(2000)年にかけて石油公団(現在の「独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構(JOGMEC)」)⁽²¹⁾が行った太平洋側の南海トラフにおける試掘により砂層型メタンハイドレートの存在が確認された。また、平成25(2013)年度から平成27(2015)年度まで国立研究開発法人産業技術総合研究所(産総研)⁽²²⁾が実施した日本海側における調査によって表層型メタンハイドレートの存在が確認された。双方とも令和12(2030)年度までに民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指して技術開発が鋭意進められているところである。

1 我が国におけるメタンハイドレート開発の経緯

メタンハイドレートは、1970年代以降に実施された学術調査等において我が国周辺海域において膨大な量の賦存が予想されていた⁽²³⁾。また、メタンハイドレートには、天然ガスの主成分であるメタンガスが豊富に含まれていることから、エネルギー資源に乏しい我が国のエネルギー安全保障の観点から、さらに、天然ガスは石油や石炭に比して燃焼時に二酸化炭素や窒素酸化物という有害物質の排出量が少ないことから、環境に対する負荷の少ない有望なエネルギー資源として、その商業生産化を目指した研究開発が1990年代から取り組まれてきた。

平成13(2001)年7月に公表された「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」(後述)では、メタンハイドレートの商業生産化の実現には、①一定量以上の資源量の存在の確認、②採掘のための新たな技術開発、③商業ベースに乗せるためのコスト削減が必須であるとされており、どれも一朝一夕には解決できない課題であるため着実な取組が必要とされた。

(1) 石油審議会答申から基礎試錐(しすい)「南海トラフ」の実施まで

平成6(1994)年6月24日、石油審議会⁽²⁴⁾は「今後の国内石油及び可燃性天然ガス資源開発のあり方について」⁽²⁵⁾を通商産業大臣に答申した。そこでは、次世代のエネルギー資源とし

(20) 「メタンハイドレートについて」前掲注(17)

(21) 平成16(2004)年2月に、石油公団と金属鉱業事業団の事業を継承する独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構が発足し、令和4(2022)年5月、独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構に改称された。「沿革」独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構ウェブサイト <https://www.jogmec.go.jp/about/development_001.html>

(22) 平成13(2001)年4月、旧工業技術院の15研究所と計量教習所が統合され独立行政法人産業技術総合研究所が発足し、平成27(2015)年4月に独立行政法人産業技術総合研究所から国立研究開発法人産業技術総合研究所に名称を変更し、平成28(2016)年10月に特定国立研究開発法人に指定された。「Ⅰ.総説」『2022年度 産業技術総合研究所年報』p.1-3. 国立研究開発法人産業技術総合研究所ウェブサイト <https://www.aist.go.jp/pdf/aist_j/annual_report/2022/2022nenpou_all.pdf>

(23) 松本良ほか「日本周辺海域におけるメタンハイドレートの分布、産状と起源」『地学雑誌』133(2), 2024.4, pp.63-89.

(24) 石油業法(昭和37年法律第128号)第17条に基づき、石油の安定的かつ低廉な供給の確保に関する重要事項を調査審議することを目的として設置された通商産業大臣の諮問機関。平成13(2001)年12月の石油業法の廃止に伴い、鉱物資源及びエネルギーの安定的かつ効率的な供給の確保並びにこれらの適正な利用の推進に関する総合的な施策に関する重要事項等を調査審議する総合資源エネルギー調査会(経済産業省設置法(平成11年法律第99号)第19条)に統合された。

(25) 石油審議会「今後の国内石油及び可燃性天然ガス資源開発のあり方について」『石油政策』33(16), 1994.7.5, pp.24-31.

て注目されていたメタンハイドレートやコールベッドメタン等の非在来型天然ガスも基礎調査の対象とし、着実な探鉱・開発を図る必要性に言及している。そして、メタンハイドレートに関しては、我が国周辺海域で相当量が賦存することが試算されていたことから、研究・開発課題を明確にした上で、基礎的研究及び技術開発を推進し、資源量の把握及び将来の商業化の可能性を検討するための基礎的な調査に取り組む必要があるとした⁽²⁶⁾。具体的には、開発実績のある陸域フィールドの情報を収集しつつ、海域調査に必要な検討課題を明確化するため、南海トラフ等の試錐（ボーリング）対象地域における調査の実施が適当であるとしている⁽²⁷⁾。

通商産業省は本答申を受け、まず、答申に示された第8次国内石油・天然ガス基礎調査5カ年計画（平成7（1995）～平成11（1999）年度）に基づき、南海トラフにおけるメタンハイドレート調査（基礎試錐）を石油公団に委託した。石油公団では、基礎試錐に向けた研究開発のため、民間企業10社⁽²⁸⁾と共同で「メタンハイドレート開発技術研究」に取り組み、①メタンハイドレートの生成過程や生成条件等を地質学的に把握するための調査研究、②基礎試錐「南海トラフ」実施のための掘削技術の開発、③メタンハイドレート生産技術の開発及び開発可能性調査等を研究テーマとして実施した⁽²⁹⁾。この研究成果を活用して、平成11（1999）年11月から平成12（2000）年2月にかけて実施した基礎試錐「南海トラフ」では、静岡県天竜川河口沖合（御前崎沖）約50kmの水深945mの海域でボーリング調査を実施し、海面下1,152～1,210mの砂層中に世界で初めて海域におけるメタンハイドレートの存在を確認し、質量ともに優れたサンプルを回収することに成功した⁽³⁰⁾。

さらに、同時期、国会においてもメタンハイドレートに関する議論が活発に行われており、例えば、平成12（2000）年3月1日の参議院予算委員会において、深谷隆司通商産業大臣（当時）が「メタンハイドレート、…（中略）…この間、御前崎で実験をいたしましたら取り上げることが成功したという、そういう報道がございます。五、六百メートルの海底の、その下の恐らく百から四百メートルのところに低温高压でできたかき氷みたいなものがこうあって、ただそれを取り出す技術がまだ十分でない。恐らく価格も相当なものではないか。これが着実に研究が進んで取り上げることができるようになりますれば、ただいまのお話のように、我が日本の近海にかなり存在すると言われておりますから、これは相当なエネルギー源になると思います。」と答弁している⁽³¹⁾。

(2) 「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」の策定

こうした状況の中、平成13（2001）年6月の総合資源エネルギー調査会石油分科会開発部会天然ガス小委員会が「天然ガス政策の在り方に関する報告書」⁽³²⁾において、天然ガス高度利

⁽²⁶⁾ 同上, pp.27-28.

⁽²⁷⁾ 同上, p.28.

⁽²⁸⁾ 石油資源開発、帝国石油、東京ガス、大阪ガス、日本海洋掘削、テルナイト、インドネシア石油、AOCエネルギー開発、電源開発、東邦ガスの10社。名称はいずれも当時のものである。

⁽²⁹⁾ 石油開発技術センターメタンハイドレート研究プロジェクトチーム「21世紀のエネルギー資源“メタンハイドレート”の開発」『石油・天然ガスレビュー』34(2), 2001.3, pp.15-26.

⁽³⁰⁾ 石油公団「国内石油天然ガス基礎調査 基礎試錐「南海トラフ」におけるメタンハイドレート含有層の確認について」『天然ガス』43(2), 2000.2, pp.21-23; 島田忠明「夢の天然ガス資源—メタンハイドレート—」『石油・天然ガスレビュー』34(2), 2001.3, pp.2-14.

⁽³¹⁾ 第147回国会参議院予算委員会会議録第2号 平成12年3月1日 p.34. <<https://kokkai.ndl.go.jp/txt/114715261X00220000301/304>>

⁽³²⁾ 「総合資源エネルギー調査会石油分科会開発部会天然ガス小委員会報告書—天然ガス政策の在り方に関する報

用社会の実現を目指すため、メタンハイドレート開発の推進を掲げた。

そこでは、我が国天然ガス消費量の 100 年分に相当する量が賦存するという試算もあるメタンハイドレートは、21 世紀における新たな国産エネルギー資源として期待される。一方、非在来型資源であることから経済的かつ安全に開発を行うため、①メタンハイドレート層からメタンガスを産出する新たな技術開発、②日本近海におけるメタンハイドレートの賦存量調査、③環境に調和した掘削技術の確立等についての課題があることが指摘された⁽³³⁾。

これらの課題を解決するためには国が主体となって中長期的な取組により技術開発や基礎試験等を拡充していくことが重要であり、メタンハイドレート研究の先導的役割を果たす米国、カナダとも協力する必要があるとし、平成 12（2000）年 6 月に通商産業省に設置された「メタンハイドレート開発検討委員会」（委員長：田中彰一東京大学名誉教授）の報告を尊重すべきであるとしている。平成 13（2001）年 7 月 19 日、そのメタンハイドレート開発検討委員会が「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」（以下「開発計画」という。）を公表した。概要は次のとおりである⁽³⁴⁾。

まず、開発計画の基本方針として、我が国周辺において相当量の賦存が期待されているメタンハイドレートを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を図ることとした。基本方針に基づく開発計画の目標は次の 6 項目を挙げた。

- 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
- 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
- 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及びその経済性の検討
- 選択されたメタンハイドレート資源フィールドでの産出試験の実施
- 商業的産出のための技術の整備
- 環境保全に配慮した開発システムの確立

また、目標達成へのアプローチとして、①砂層中に賦存するメタンハイドレートを開発の対象とすること、②メタンハイドレート賦存海域の探査及び資源量評価の手法を確立すること、③メタンガス生産手法を確立すること、④現場産出試験を実施すること、⑤メタンハイドレート開発に伴う環境影響評価の手法を確立すること、⑥メタンハイドレート開発に係る経済性を評価すること等を掲げた。これらを踏まえ、平成 28（2016）年度まで、フェーズ 1 から 3 までの 3 段階に分けたアプローチにより開発を進めていくこととした（表 2）。

告書—天然ガス高度利用社会の実現を目指して—」経済産業省ウェブサイト（国立国会図書館インターネット資料収集保存事業（WARP）により保存されたページ）<<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/285403/www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g10629bj.pdf>>

⁽³³⁾ 同上, pp.9-10.

⁽³⁴⁾ メタンハイドレート開発検討委員会「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」2001.7; 経済産業省資源エネルギー庁石油・天然ガス課「メタンハイドレート開発計画について」2001.7.19.（国立国会図書館インターネット資料収集保存事業（WARP）により保存されたページ）<<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/285403/www.meti.go.jp/kohosys/press/0001738/0/010719metanhaidoreito.pdf>>

表2 メタンハイドレート開発計画における各フェーズの目標

【フェーズ1】(2001～2006年度)
○メタンハイドレートに関する基礎研究（探査技術、基礎物性、分解生成技術等） ○メタンハイドレート探査技術の最適化の達成 ○我が国周辺海域での物理探査等によるメタンハイドレート賦存海域及び賦存量の把握 ○フェーズ2における海洋産出試験実施場所の選定 ○陸上産出試験におけるメタンガス生産技術の検証
【フェーズ2】(2007～2011年度)
○メタンハイドレートに関する基礎研究（生産技術、環境影響評価等） ○フェーズ1で選定された海洋産出試験実施場所の資源量の把握 ○日本近海での海洋産出試験の実施及び生産技術等の検証
【フェーズ3】(2012～2016年度)
○商業的産出のための技術を整備し、経済性、環境影響等の検証

(出典) メタンハイドレート開発検討委員会「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」2001.7, pp.9-10 を基に筆者作成。

なお、開発計画の実施機関として、平成14(2002)年3月20日に、石油公団、独立行政法人産業技術総合研究所（現在の「産総研」）、財団法人エンジニアリング振興協会（ENAA）⁽³⁵⁾の3機関で「メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム（MH21）」⁽³⁶⁾を設立した。

(3) 「フェーズ1」開発の状況について

ここでは、フェーズ1の状況と経緯を説明する⁽³⁷⁾。まず、開発計画の目標である、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については、我が国周辺海域のBSR（Bottom Simulating Reflector. 海底擬似反射面⁽³⁸⁾）の調査、東部南海トラフ海域の物理探査、基礎試錐「東海沖～熊野灘」の実施、佐渡南西沖海域の物理探査等により、メタンハイドレートが賦存する可能性のあるエリアの抽出技術を確認し、東部南海トラフ海域においてはメタンハイドレートが集積した砂層の広がりである「メタンハイドレート濃集帯」を発見した。

次に、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については、東部南海トラフ海域を対象にメタンハイドレートとして賦存しているメタンガスの資源量を算定する技術

⁽³⁵⁾ 「フェーズ1」のみ参加。現在は一般財団法人エンジニアリング協会。エンジニアリング協会ウェブサイト
<<https://www.ena.or.jp/>>

⁽³⁶⁾ 現在は、平成26(2014)10月に石油資源開発株式会社等民間企業11社が中心となって設立した日本メタンハイドレート調査株式会社が新たに参画している。石油資源開発株式会社「砂層型メタンハイドレート資源開発研究に関する事業への参画に向けた新会社への当社資本参加について（お知らせ）」2014.10.1. <https://www.japex.co.jp/news/uploads/pdf/JAPEX20141001_JMH_Establish_j.pdf>

⁽³⁷⁾ メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム「『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総括成果報告書」2008.8. <https://www.mh21japan.gr.jp/pdf/seika/phase1_20110622.pdf>

⁽³⁸⁾ メタンハイドレート探査の有力な存在指標として反射法地震探査（音波を使った物理探査）の記録断面に見られるBSR（Bottom Simulating Reflector）が用いられる。メタンハイドレートに起因するBSRは、①海底面とほぼ平行の強反射である、②埋没による温度圧力の上昇に伴う続成鉱物相の境界面に比べて連続性が悪い、③位相反転を伴う等の特徴を有する。反射法地震探査記録の解析を行うことにより、メタンハイドレート濃集帯の抽出が可能となった。「4.1.3 メタンハイドレートの探査手法」日本エネルギー学会天然ガス部会資源分科会CBM・SG研究会GH研究会 前掲注(11), pp.166-169; 「【用語集】『我が国におけるメタンハイドレート開発計画』前掲注(34), p.35.

を確立した。なお、東部南海トラフにおけるメタンガス資源量の算定結果は、平均値で約 1 兆 1415 億 m^3 、メタンハイドレート濃集帯では 5739 億 m^3 になり、これは令和 3 (2021) 年の我が国の LNG (Liquefied Natural Gas. 液化天然ガス⁽³⁹⁾) 輸入量の約 6 年分に相当する⁽⁴⁰⁾。さらに、メタンハイドレート資源フィールドの選択及びその経済性の検討に関しては、3 か所を海洋産出試験候補海域として選定し、経済性については、メタンガスの生産量、生産中の障害、建設コスト、技術開発の実現等を仮定して、 1m^3 当たり 46 ～ 174 円の生産コストと算出した。そのほか、海洋産出試験が想定されている東部南海トラフ海域の自然環境の調査を、環境保全に配慮した開発システムの確立を目的として行った。

それに加え、平成 14 (2002) 年及び平成 19 (2007) 年から平成 20 (2008) 年にかけてカナダのマッケンジーデルタ地域マリックサイトで実施されたメタンハイドレートの陸上産出試験では、永久凍土の地下約 1,000m 付近の砂層中のメタンハイドレートからメタンガスを連続して産出することに成功した。その際、メタンハイドレートを加熱してメタンを取り出す温水循環法よりも、メタンハイドレート層の圧力を減圧することによりガスを産出する減圧法が有効であることが実証された。なお、研究開発の進捗状況に鑑み、フェーズ 1 は当初予定から 2 年間延長され、平成 20 (2008) 年度までの 8 年間の計画となったため、全体の計画も 2 年間延長された。

(4) 「フェーズ 2」及び「フェーズ 3」開発の状況について

続いて「フェーズ 2」及び「フェーズ 3」の経過を併せて概説する⁽⁴¹⁾。フェーズ 2 及びフェーズ 3 では、主に東部南海トラフ海域で世界初の減圧法によるメタンハイドレート濃集帯からのガス生産を行った。平成 25 (2013) 年の第 1 回海洋産出試験では、急激な出砂⁽⁴²⁾及び大量の水が坑内に流入したため 6 日間（ガス生産量は約 119,000 m^3 ）で実験を終了した。出砂対策を強化して行った平成 29 (2017) 年の第 2 回目の海洋産出試験では 2 坑の生産井により試験を実施し、第 1 坑では出砂があったものの、第 2 坑では出砂はなく、合計 36 日間（ガス生産量は約 263,000 m^3 ）のガス生産を行うことができた。ただし、これによりメタンハイドレートからのガス生産が長期安定的に可能であることが実証されたわけではなく、商業生産に向けての知見は不十分であるとの結論に至っている⁽⁴³⁾。

フェーズ 2 及びフェーズ 3 ではこれらの実証試験に加え、我が国周辺海域の資源量の評価も

(39) 天然ガスをマイナス 162 度まで冷却すると液体になり体積が気体の 600 分の 1 となるので、生産地からタンカーで大量輸送できることになる。

(40) 「大規模天然ガス田クラスのメタンが東部南海トラフに眠っている」MH21-S 研究開発コンソーシアム『砂層型メタンハイドレート研究開発フェーズ 4』2024.3. <<https://www.mh21japan.gr.jp/mh21wp/wp-content/uploads/panflet2024.pdf>>

(41) 「MH21 の 18 年間の成果」MH21-S 研究開発コンソーシアムウェブサイト <<https://www.mh21japan.gr.jp/results.html>>; メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム「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 及びフェーズ 3 総括成果報告書」2019.2. <<https://www.mh21japan.gr.jp/report/report.html>>

(42) 石油や天然ガスを採取する際に、採取層の砂が坑井内に流入して、パイプの閉塞による生産量低下や、機器に損傷を与えることがある。「出砂障害」石油・天然ガス資源情報ウェブサイト <<https://oilgas-info.jogmec.go.jp/term/1000843/1000885.html>>

(43) 山口聡「第 3 章 海洋エネルギー・鉱物資源及び海洋再生可能エネルギーをめぐる日本と世界の動向」国立国会図書館調査及び立法考査局編『海洋をめぐる動向と課題—科学技術に関する調査プロジェクト報告書—』（調査資料 2024-5）国立国会図書館, 2024, pp.77-78. <<https://doi.org/10.11501/14120933>>; 山本晃司・天満則夫「メタンハイドレート開発—商業生産に向けての課題と現在の研究開発—」『マリンエンジニアリング』56(2), 2021.3, pp.74-80.

継続して実施し、新たなメタンハイドレートの濃集帯を抽出し、併せて、将来の商業生産を目指した技術整備や環境影響評価手法の検討等も行っている。なお、海洋産出試験は、国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）⁽⁴⁴⁾が保有する地球深部探査船「ちきゅう」⁽⁴⁵⁾により実施している。

(5) 表層型メタンハイドレート開発への取組

これまで、学術的な調査においては存在が確認されてきた⁽⁴⁶⁾表層型メタンハイドレートについては、平成 25（2013）年度から平成 27（2015）年度にかけて、経済産業省の委託を受けて産総研（AIST）が実施した資源量把握のための海洋調査を契機として研究開発が大きく進展した⁽⁴⁷⁾。この海洋調査では、日本海側の 10 海域を対象に調査を実施した結果、1,742 か所において表層型メタンハイドレートの存在可能性がある地質構造が確認できている。しかしながら、地質構造内におけるメタンハイドレートの分布を推定することは困難であるため、調査データが比較的揃っている 3 海域（上越沖、酒田沖（最上トラフ）、丹後半島北方（隠岐トラフ））をモデル調査海域として調査を行い、上越沖の「海鷹海脚（うみたかかいきゃく）」という海底から台地のように突き出ている部分の資源量の試算を行ったところメタンガス換算で約 6 億 m³ と推定され、これは我が国の天然ガス消費量の約 2 日分であるとされている⁽⁴⁸⁾。

これらの海域調査の結果等を踏まえて、表層型メタンハイドレートの回収及び生産の仕組み等に係る研究開発のため、平成 28（2016）年度から調査研究を開始し、併せて海洋調査も継続して実施しているところである⁽⁴⁹⁾。

(6) 「海洋基本計画」及び「エネルギー基本計画」におけるメタンハイドレート開発の位置付け

次に「海洋基本計画」及び「エネルギー基本計画」におけるメタンハイドレート開発の位置付けを説明する。

平成 20（2008）年 3 月 18 日、「海洋基本法」（平成 19 年法律第 33 号）に定める、海洋に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るため「海洋基本計画」が閣議決定された。同基本計画においては、「メタンハイドレートは、将来のエネルギー安全保障上重要かつ有望な国産エネルギーとなりうる」とした上で、「今後 10 年程度を目途に商業化を実現することを目標とする」（下線は筆者による。以下同じ。）としていた⁽⁵⁰⁾。その後、同基本計画は、第 2 期⁽⁵¹⁾、第

(44) 海洋資源の利用、地震・火山活動に関する調査研究を目的として、昭和 46（1971）年 10 月に認可法人海洋科学技術センターとして発足し、平成 16（2004）年 4 月に独立行政法人海洋研究開発機構に改組、平成 27（2015）年 4 月、国立研究開発法人海洋研究開発機構に移行した。有人潜水調査船しんかい 6500 等を保有している。「沿革」国立研究開発法人海洋研究開発機構ウェブサイト <<https://www.jamstec.go.jp/j/about/history/>>

(45) 平成 17（2005）年 7 月竣工の地球深部探査船。全長 210m、排水量約 57,000t。「地球深部探査船「ちきゅう」とは」国立研究開発法人海洋研究開発機構ウェブサイト <<https://www.jamstec.go.jp/chikyuu/j/>>

(46) 「⑧ 新たな有力スポット、日本海東縁」松本良『エネルギー革命メタンハイドレート』飛鳥新社、2009、pp.40-48。

(47) 天満則夫ほか「表層型メタンハイドレートの研究開発に関する取り組み」『KANRIN』99 号、2021.11、pp.26-32；山本・天満 前掲注(43)

(48) 「海底表層から「燃える氷」」『日本経済新聞』2021.3.18。

(49) 「表層型メタンハイドレートの回収技術に関する調査研究」国立研究開発法人産業技術総合研究所ウェブサイト <https://unit.aist.go.jp/georesenv/topic/SMH/project_seisan.html>

(50) 「[第 1 期] 海洋基本計画」（平成 20 年 3 月 18 日閣議決定）pp.16, 21。内閣府ウェブサイト <<https://www8.cao.go.jp/ocean/policies/plan/plan01/plan01.html>>

(51) 「[第 2 期] 海洋基本計画」（平成 25 年 4 月 26 日閣議決定）内閣府ウェブサイト <<https://www8.cao.go.jp/ocean/policies/plan/plan02/plan02.html>>

3期⁽⁵²⁾と順次改定され、令和5(2023)年4月28日に閣議決定された第4期海洋基本計画では「メタンハイドレートについて、…(中略)…2030年度までに民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指して、…(中略)…技術開発を行う。」となっており、昨今の研究開発の進捗状況を反映し商業化に向けたスケジュールが後ろ倒しされている⁽⁵³⁾。

また、平成22(2010)年6月18日にエネルギー政策基本法(平成14年法律第71号)に基づき閣議決定された第3次エネルギー基本計画の中でも「メタンハイドレートについては、平成30年度(2018年度)を目途とした商業化の実現に向けて、…(中略)…技術の整備を行う。」とされていたが⁽⁵⁴⁾、こちらも令和7(2025)年2月18日策定の「第7次エネルギー基本計画」では「メタンハイドレート…(中略)…については、…(中略)…2030年度までに民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指す。」と、第4期海洋基本計画と歩調を合わせた形になっている⁽⁵⁵⁾。

なお、平成21(2009)年3月24日、メタンハイドレートを含めたエネルギー・鉱物資源の開発に関して、総合海洋政策本部⁽⁵⁶⁾が海洋基本計画に基づいて開発等の具体的な計画及び国、研究機関及び民間企業の役割分担を明示した「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」⁽⁵⁷⁾を取りまとめている。

これらの諸計画におけるメタンハイドレート開発に関する記述を整理すると表3のとおりとなり、開発計画の進捗状況と合わせて比較すると図7のようになる。

⁽⁵²⁾ 「[第3期] 海洋基本計画」(平成30年5月15日閣議決定) 内閣府ウェブサイト <<https://www8.cao.go.jp/ocean/policies/plan/plan03/plan03.html>>

⁽⁵³⁾ 「[第4期] 海洋基本計画」前掲注(8), p.59.

⁽⁵⁴⁾ 「[第3次] エネルギー基本計画」(平成22年6月18日閣議決定) p.18. 資源エネルギー庁ウェブサイト <https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/100618honbun.pdf>

⁽⁵⁵⁾ 「[第7次] エネルギー基本計画」(令和7年2月18日閣議決定) p.55. 資源エネルギー庁ウェブサイト <https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20250218_01.pdf>

⁽⁵⁶⁾ 海洋基本法に基づき、海洋に関する施策を集中的かつ総合的に推進するため設置された(本部長:内閣総理大臣、副本部長:内閣官房長官及び海洋政策担当大臣、本部員:本部長及び副本部長以外の全ての国務大臣)。「総合海洋政策本部」首相官邸ウェブサイト <<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/index.html>>

⁽⁵⁷⁾ 経済産業省「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」2009.3. (国立国会図書館インターネット資料収集保存事業(WARP)により保存されたページ) <<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/286865/www.enecho.meti.go.jp/topics/090324/honbun.pdf>>

表3 海洋基本計画、エネルギー基本計画等におけるメタンハイドレート開発の位置付け

【第1期海洋基本計画（抜粋）】 平成20（2008）年3月18日閣議決定	
「メタンハイドレートは、南海トラフ等に相当量の賦存が見込まれており、商業生産が可能となった場合には、将来のエネルギー安全保障上重要かつ有望な国産エネルギーとなりうる。…（中略）…賦存状況の把握のための調査を実施するとともに、周辺海域での産出試験、経済性の評価、生産に伴う環境への影響の評価技術の確立等、将来の商業生産に必要な技術開発等を計画的に推進する。」 「いまだ商業化されていないメタンハイドレート及び海底熱水鉱床については、今後10年程度を目途に商業化を実現することを目標とする。」	
主な関連する計画	【海洋エネルギー・鉱物資源開発計画（抜粋）】 平成21（2009）年3月24日策定
	「これからの10年程度の技術開発期間を「生産技術等の研究実証」段階〔7年間程度〕と「商業化の実現に向けた技術の整備」段階〔3年間程度〕とに分けて技術開発を推進する。」 「平成21年度から平成27年度までの7年間では、陸上におけるより長期にわたる産出試験の実施、及び我が国周辺海域での海洋産出試験の実施等の技術開発を通じて、メタンハイドレートの開発技術の整備に必要な技術課題の抽出を行う。」 「平成28年度から平成30年度までの3年間では、平成13年度から蓄積した我が国周辺海域のメタンハイドレートに関する研究成果について、技術課題、経済性評価、周辺環境への影響等の観点から総合的な検証とまとめを行い、全体最終評価を実施する。」
	【第3次エネルギー基本計画（抜粋）】 平成22（2010）年6月18日閣議決定
	「メタンハイドレートについては、平成30年度（2018年度）を目途とした商業化の実現に向けて、陸上及び海域での産出試験の推進等により、我が国の生産技術の研究実証を踏まえた技術の整備を行う。さらに、賦存海域・賦存量の詳細な把握などの課題の解決についても産学官の連携の下、積極的に取り組む」
【第2期海洋基本計画（抜粋）】 平成25（2013）年4月26日閣議決定	
「日本周辺海域に相当量の賦存が期待されるメタンハイドレートを将来のエネルギー資源として利用可能とするため、海洋産出試験の結果等を踏まえ、平成30年度を目途に、商業化の実現に向けた技術の整備を行う。その際、平成30年代後半に、民間企業が主導する商業化のためのプロジェクトが開始されるよう、国際情勢をにらみつつ、技術開発を進める。」 「日本海側を中心に存在が確認された表層型のメタンハイドレートの資源量を把握するため、平成25年度以降3年間程度で、必要となる広域的な分布調査等に取り組む。」	
主な関連する計画	【海洋エネルギー・鉱物資源開発計画（抜粋）】 平成25（2013）年12月24日改定
	①砂層型メタンハイドレートについて 「我が国周辺海域に相当量の賦存が期待されるメタンハイドレートを将来のエネルギー資源として利用可能とするため、海洋産出試験の結果等を踏まえ、平成30年度を目途に、商業化の実現に向けた技術の整備を行う。その際、平成30年代後半に、民間企業が主導する商業化のためのプロジェクトが開始されるよう、国際情勢をにらみつつ、技術開発を進める。」 ②表層型メタンハイドレートについて 「日本海側を中心に存在が確認された表層型のメタンハイドレートの資源量を把握するため、平成25年度以降3年間程度で、必要となる広域的な分布調査等に取り組む。」
	【第4次エネルギー基本計画（抜粋）】 平成26（2014）年4月11日閣議決定
	「砂層型〔メタンハイドレート〕は、…（中略）…2018年度を目途に商業化の実現に向けた技術の整備を行う。その際、2023年から2027年の間に、民間企業が主導する商業化のためのプロジェクトが開始されるよう、国際情勢をにらみつつ技術開発を進める。」 「表層型〔メタンハイドレート〕については、資源量把握に向けて2013年度以降、3年程度で、必要となる広域的な分布調査等を行うこととする。」

【第3期海洋基本計画（抜粋）】 平成30（2018）年5月15日閣議決定

「日本周辺海域に相当量の賦存が期待されるメタンハイドレートについて、我が国のエネルギー安定供給に資する重要なエネルギー資源として、将来の商業生産を可能とするための技術開発を進める。その際、平成30年代後半に民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指して、国は産業化のための取組として、民間企業が事業化する際に必要となる技術、知見、制度等を確立するための技術開発を行う。」

「砂層型のメタンハイドレートについては、…（中略）…長期間の安定生産を実現するための生産技術の確立、経済性を担保するための資源量の把握、商業化を睨んだ複数坑井での生産システムの開発等について取り組む。」

「表層型のメタンハイドレートについては、…（中略）…回収・生産技術の調査研究を引き続き行うとともに、有望な手法が見つかった場合には研究対象を絞り込み、商業化に向けた更なる技術開発を推進する。」

「海底下の地層における表層型メタンハイドレート分布、形態の特徴等を解明するための海洋調査を実施する。」

【海洋エネルギー・鉱物資源開発計画（抜粋）】 平成31（2019）年2月15日改定

「砂層型、表層型とも」「将来の商業生産を可能とするための技術開発を進め、2023年度から2027年度の間に民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指す。」

【第6次エネルギー基本計画（抜粋）】 令和3（2021）年10月22日閣議決定

「メタンハイドレートについては、「海洋基本計画」（2018年5月閣議決定）に基づき策定された「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」（2019年2月経済産業省策定）において定めた、「2023年度から2027年度の間に民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指す」という目標の中で、可能な限り早期に成果が得られるよう技術開発等を推進する。」

【第4期海洋基本計画（抜粋）】 令和5（2023）年4月28日閣議決定

「日本周辺海域に相当量の賦存が期待されるメタンハイドレートについて、我が国のエネルギー安定供給に資する重要なエネルギー資源として、将来の商業生産を可能とするための技術開発を進める。その際、2030年度までに民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指して、国は産業化のための取組として、民間企業が事業化する際に必要となる技術、知見、制度等を確立するための技術開発を行う。」

「砂層型のメタンハイドレートについては、…（中略）…長期間の安定生産を実現するための生産技術の確立、経済性を担保するための資源量の把握、商業化を睨んだ複数坑井での生産システムの開発等について取り組む。」

「表層型のメタンハイドレートについては、…（中略）…本格的な研究開発を引き続き行い、商業化に向けた更なる技術開発を推進するとともに、海底下の状況や環境影響を把握するための海洋調査を実施する。」

【海洋エネルギー・鉱物資源開発計画（抜粋）】 令和6（2024）年3月22日改定

「砂層型、表層型とも」「2030年度までに民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指して、国は産業化のための取組として、民間企業が事業化する際に必要となる技術、知見、制度等を確立するための技術開発を行う。」

【第7次エネルギー基本計画（抜粋）】 令和7（2025）年2月18日閣議決定

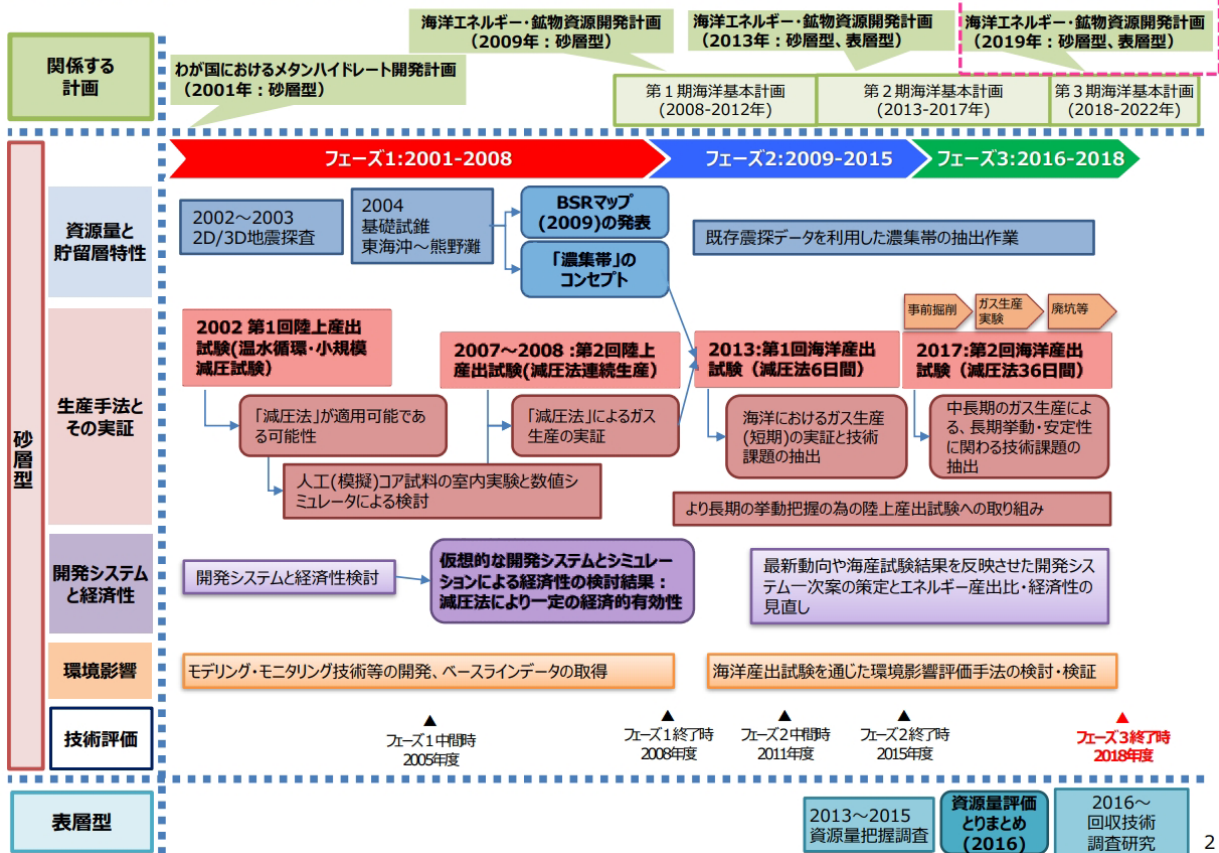
「メタンハイドレート（砂層型・表層型及びメタンブルーム）については、海洋基本計画等に基づき、民間企業が事業化する際に必要となる技術、制度等を確立するための技術開発等を推進する。その際、世界的に先端的であり不確実性・難易度が高いことを踏まえつつ、技術開発等の進捗状況や得られた成果の分析や評価を行い、2030年度までに民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指す。」

（注）関連する計画は、全てを網羅したものではない。なお、下線は筆者による。

（出典）「海洋基本計画」内閣府ウェブサイト <<https://www8.cao.go.jp/ocean/policies/plan/plan.html>>; 「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画を改定しました」2024.3.22. 経済産業省ウェブサイト <<https://www.meti.go.jp/press/2023/03/20240322001/20240322001.html>>; 「第7次エネルギー基本計画が閣議決定されました」2025.2.18. 同 <<https://www.meti.go.jp/press/2024/02/20250218001/20250218001.html>> 等を基に筆者作成。

図7 フェーズ3までのメタンハイドレート研究開発の変遷と各種計画の関係

メタンハイドレートの研究開発にかかる事業の変遷



(出典) 資源エネルギー庁資源・燃料部石油・天然ガス課「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画等について」(第34回メタンハイドレート開発実施検討会 資料3) 2019.10.16, p.2. 経済産業省ウェブサイト <https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methane_hydrate/pdf/034_03_00.pdf>

(7) 地方自治体及び大学における取組

ここでは、地方自治体及び大学におけるメタンハイドレート開発をめぐる取組を紹介する⁽⁵⁸⁾。まず、地方自治体関連で代表的なものとしては、海洋エネルギー資源開発促進日本海連合(以下「日本海連合」という。)が挙げられる。日本海連合は、日本海及び日本海沿岸地域のポテンシャルをいかして、メタンハイドレート等の海洋エネルギー資源の開発を促進するため、平成24(2012)年9月に発足した日本海沿岸の10府県(秋田県、山形県、新潟県、富山県、石川県、福井県、京都府、兵庫県、鳥取県、島根県)で構成される自治体連合である。平成27(2015)年11月には、青森県と山口県が加入し、現在は12府県で活動を行っている。具体的には、表層型メタンハイドレートに関し、その開発の加速化を促すための情報収集や調査研究、フォーラム等の広報活動や国への要望活動⁽⁵⁹⁾等を行っている⁽⁶⁰⁾。

メタンハイドレート開発に関して独自の取組を行っている地方自治体もある⁽⁶¹⁾。例えば、

(58) 栗将倫「自治体からのメタンハイドレート開発」『えねるみくすー日本エネルギー学会機関誌一』98(2), 2019.3, pp.181-186. <https://www.jstage.jst.go.jp/article/jieenermix/98/2/98_181/_pdf/-char/ja>

(59) 「首相官邸・経済産業省へ要望活動を行いました。」2025.5.23. 海洋エネルギー資源開発促進日本海連合ウェブサイト <<https://www.nihonkairengou.jp/首相官邸・経済産業省へ要望活動を行いました。-4.html>>

(60) 「組織概要」海洋エネルギー資源開発促進日本海連合ウェブサイト <<https://www.nihonkairengou.jp/gaiyou>>

(61) 栗 前掲注(58)

新潟県では、日本海連合に事務局として携わるほか県独自の啓発事業として、平成 26（2014）年度からフォーラムや研究会等を開催している。また、平成 29（2017）年 6 月には、資源開発に参画を希望する企業の掘起こしやメタンハイドレートを活用・消費する各種ビジネスの創出を目指し、将来メタンハイドレートの商業化が実現した際の参入可能分野の想定を示すことで、県内事業者の参入のヒントや契機となる活用構想を作成している⁽⁶²⁾。また京都府では、府民に対する啓発事業として各種のセミナーやパンフレットの作成のほか、令和 2（2020）年度に、表層型メタンハイドレートの啓発動画を作成して、YouTube で公開している⁽⁶³⁾。さらに、市町村レベルでは新潟県上越市において、市のホームページで表層型メタンハイドレートのこれまでの研究開発や日本海連合の取組を紹介するほか、直江津港がメタンハイドレート開発によるエネルギー資源の受入れや供給等の拠点となることによる地域の活性化を目指して、情報収集や各種の啓発活動に取り組んでいる⁽⁶⁴⁾。

各大学においてもメタンハイドレートに関する様々な取組を行っており、ここではそのうちの数例を紹介する。まず、明治大学では、平成 24（2012）年にガスハイドレート研究所⁽⁶⁵⁾を設置し、産総研から再委託された表層型メタンハイドレートの海洋調査を実施している⁽⁶⁶⁾。鳥取大学は、平成 28（2016）年度から全国に先駆けて大学院にメタンハイドレート科学コースを新設し⁽⁶⁷⁾、北見工業大学は、令和 3（2021）年 11 月に北海道日高沖では初めて表層型メタンハイドレートの採取に成功している⁽⁶⁸⁾。

また、東京大学は、メタンハイドレート開発における経済性や環境負荷を数値で把握できるシステムを日本メタンハイドレート調査株式会社（JMH）⁽⁶⁹⁾と共同で開発し⁽⁷⁰⁾、東京海洋大学では、上越沖の表層型メタンハイドレート開発に関連し、メタンハイドレートの回収技術と水産資源であるベニズワイガニの共存を目指した技術開発を地元企業との共同で取り組んでいる⁽⁷¹⁾。

(62) 「メタンハイドレートの将来的な活用構想を作成しました」2019.3.29. 新潟県ウェブサイト <<https://www.pref.niigata.lg.jp/sec/sogyosuishin/1356871411976.html>>

(63) 京都環境フェスティバル「表層型メタンハイドレート啓発動画」2020.12.18. YouTube <<https://www.youtube.com/watch?v=oMABFJts-io&t=3s>>

(64) 「日本海上越沖の表層型メタンハイドレート」2022.9.16. 上越市ウェブサイト <<https://www.city.joetsu.niigata.jp/soshiki/sanritu/methane-hydrate.html>>

(65) 「ガスハイドレート研究所」明治大学ウェブサイト <<http://www.isc.meiji.ac.jp/~hydrate/>>

(66) 明治大学「明治大学などの研究チーム日本海の表層型メタンハイドレート掘削調査へ海洋資源調査船「白嶺」で」(Press Release) 2014.6.24. 大学プレスセンターウェブサイト <<https://www.u-presscenter.jp/item/5585.pdf>>

(67) 「鳥取大大学院 メタンハイドレートコース 1 期生に 4 人 日本のエネルギーに光を」『毎日新聞』（地方版 / 鳥取）2016.4.9.

(68) 北見工業大学「北海道日高沖の海底において表層型メタンハイドレートの採取に成功」（報道発表）2021.12.2. <<https://www.kitami-it.ac.jp/wp-content/uploads/2021/12/5.20211202PressRelease.pdf>>

(69) 平成 26（2014）年 10 月、砂層型メタンハイドレート開発に関する中長期の海洋産出試験等への参画を目指し、オールジャパンの組織体制によって効率的かつ効果的な業務遂行と民間企業間での知見の共有化を目的として、石油・天然ガス開発企業等の民間企業 11 社の賛同と参加により設立された。日本メタンハイドレート調査株式会社ウェブサイト <<http://jmh.co.jp/>>

(70) 東京大学「メタンハイドレートの開発の評価シミュレーションモデルを開発—先例のないシステムに対する議論を促進—」(記者発表) 2023.12.14. <<https://www.k.u-tokyo.ac.jp/information/category/press/10682.html>>; 「「燃える水」経済性評価 東大がシステム開発」『日本経済新聞』2024.1.5.

(71) 青山千春「表層型メタンハイドレートの開発に向けて」『エネルギーレビュー』41(8), 2021.8, pp.16-19; 「上越沖メタンハイドレート開発 特産のカニ「音」使い共存」『日本経済新聞』（地方経済面 北陸）2023.5.26.

2 我が国におけるメタンハイドレート開発の最新状況

それでは「フェーズ3」以降のメタンハイドレートの研究開発は、どのように進展しているのか、最新状況を踏まえて解説する。

令和元(2019)年12月、経済産業省に設置されている「メタンハイドレート開発実施検討会」⁽⁷²⁾において、フェーズ3までの研究開発の成果等を踏まえ、新たに「砂層型メタンハイドレートの研究開発フェーズ4(2019～2022年度)実行計画(以下「フェーズ4」という。)」⁽⁷³⁾及び「表層型メタンハイドレートの研究開発(2019-2022年度)実行計画(以下「表層型実行計画」という。)」⁽⁷⁴⁾が策定された。ただし、その後の進捗状況等に鑑み、両計画ともその期限を令和7(2025)年度末まで延長している⁽⁷⁵⁾。

なお「フェーズ4」に関しては、JOGMEC、産総研、JMHの3法人が組織するMH21-S研究開発コンソーシアム(MH21-S)⁽⁷⁶⁾が、「表層型実行計画」は、産総研が取り組んでいる。

(1) 「フェーズ4」の最新状況について

「フェーズ4」では、これまでの研究開発によって明らかになった、メタンハイドレートの商業生産に向けての生産技術の開発及びメタンハイドレートの資源量確認のための海洋調査という2つの課題解決をその目標としている。

生産技術の開発とは、具体的にメタンハイドレートからのガス生産を長期間連続して行える目途が付くこと(1坑井当たり日産5万m³)であり、令和5(2023)年9月から、米国エネルギー省(DOE)傘下の国立エネルギー技術研究所(National Energy Technology Laboratory: DOE-NETL)⁽⁷⁷⁾との協力の下、アラスカ州ノーススロープのプルドーベイ鉦区においてメタンハイドレートの長期陸上産出試験を実施した⁽⁷⁸⁾。令和6(2024)年7月に10か月間のガス産出試験を終え、現在データ解析作業を実施中である⁽⁷⁹⁾。なお、産出試験により生産したガスは試験設備等の燃料として自家消費し、メタンハイドレート層から生産したガスを世界で初めてエネルギー源として使用した⁽⁸⁰⁾。

海洋調査においては、次フェーズで海洋産出試験を実施するため、経済性の基準(候補地点

(72) メタンハイドレートを次世代のエネルギー資源として開発するための検討を行うため平成14(2002)年4月に設置された経済産業大臣の私的諮問機関(座長:平澤清未来工学研究所理事長)。「メタンハイドレート開発実施検討会」経済産業省ウェブサイト <https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methane_hydrate/index.html>

(73) MH21-S研究開発コンソーシアム「砂層型メタンハイドレートの研究開発フェーズ4(2019～2022年度)実行計画」(第34回メタンハイドレート開発実施検討会 資料2)2019.12.6. 経済産業省ウェブサイト <https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methane_hydrate/pdf/035_02_00.pdf>

(74) 産業技術総合研究所「表層型メタンハイドレートの研究開発(2019-2022年度)実行計画」(第34回メタンハイドレート開発実施検討会 資料3)2019.12.6. 経済産業省ウェブサイト <https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methane_hydrate/pdf/035_03_00.pdf>

(75) 資源エネルギー庁資源・燃料部資源開発課「メタンハイドレート研究開発の実施スケジュールについて」(第42回メタンハイドレート開発実施検討会 資料6)2023.11.6. 経済産業省ウェブサイト <https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methane_hydrate/pdf/042_06_00.pdf>

(76) MH21-S研究開発コンソーシアムウェブサイト <<https://www.mh21japan.gr.jp/>>

(77) 脱炭素等に係る化石燃料の研究開発のため1999年に設立された。National Energy Technology Laboratory Website <<https://netl.doe.gov/>>

(78) 「長期陸上産出試験」MH21-S研究開発コンソーシアムウェブサイト <https://www.mh21japan.gr.jp/mh21s_rikusan.html>

(79) MH21-S研究開発コンソーシアム「アラスカ長期陸上産出試験について—マイルストーン②の進捗・成果—」(第44回メタンハイドレート開発実施検討会 資料5)2024.10.22, p.25. 経済産業省ウェブサイト <https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methane_hydrate/pdf/044_05_00.pdf>

(80) 同上, p.21.

の原始資源量⁽⁸¹⁾100 億 m³ 以上) を満たす調査地点を抽出することをその目標としている。地球深部探査船「ちきゅう」によって、令和 3 (2021) 年度から令和 6 (2024) 年度にかけて三重県志摩半島沖等で事前調査のための掘削作業が実施されたところである⁽⁸²⁾。

なお「フェーズ 4」は、長期陸上産出試験における鉱区権者との諸手続や坑井掘削・地上試験設備設置・試運転作業の大幅遅延と海洋調査においても試掘を実施したものの簡易生産実験が進まず有望濃集帯の絞り込みに十分な貯留層データが取得できていない状況等に鑑み、研究開発期間を令和 7 (2025) 年度末まで延長した⁽⁸³⁾。

(2)「表層型実行計画」の最新状況について

「表層型実行計画」では、これまでの調査研究の成果等を踏まえて、生産技術開発による生産システムの検討及び海洋産出試験の実施場所の特定をその目標としている。

生産技術開発については、大口径ドリルを用いた採掘技術、砂泥とメタンハイドレートの分離技術、海底下からメタンハイドレートを揚収する技術の確立が求められるところ、いずれも研究開発段階である⁽⁸⁴⁾。

海洋調査に関しては、将来の海洋産出試験に備えて、前述の上越沖、最上トラフ、隠岐トラフの 3 地点をモデル調査海域として調査を継続中である⁽⁸⁵⁾。

なお「表層型実行計画」も、生産システム検討のためには、引き続き研究開発が必要であり、海洋調査についてもスケジュールの遅延等により海洋産出試験候補地の絞り込みに必要なデータ取得が十分ではないこと等により、研究開発期間を令和 7 (2025) 年度末まで延長した⁽⁸⁶⁾。

Ⅲ メタンハイドレート開発の諸課題

現在我が国においては、メタンハイドレート開発に関し、令和 12 (2030) 年度までに民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指して技術開発を進めているが、解決すべき課題も多く存在している状況である。本章では、そのメタンハイドレート開発の課題について整理する。

1 メタンハイドレート開発の技術的課題

令和 6 (2024) 年 3 月改定の「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」⁽⁸⁷⁾において指摘されて

(81) 「原始資源量 (gas in-place)」は、当該貯留層に含まれる該当資源全量を示す。MH21-S 研究開発コンソーシアム 前掲注(73), p.2.

(82) 若月基「日本周辺海域における今冬の追加データ取得作業」(砂層型メタンハイドレートフォーラム 2024 配布資料) 2024.12.4. MH21-S 研究開発コンソーシアムウェブサイト <<https://www.mh21japan.gr.jp/pdf/mh21form2024/doc03.pdf>>

(83) 資源エネルギー庁資源・燃料部資源開発課 前掲注(75), pp.1-8. (1. 砂層型メタンハイドレートについて)

(84) 天満則夫「生産技術の研究開発の概要と進捗」(表層型メタンハイドレートの研究開発 2024 年度研究成果報告会配布資料) 2024.12.5. 国立研究開発法人産業技術総合研究所ウェブサイト <https://unit.aist.go.jp/georesenv/topic/SMH/forum/forum2024/2_tenma.pdf>

(85) 佐藤幹夫「海洋調査の概要と進捗」(表層型メタンハイドレートの研究開発 2024 年度研究成果報告会配布資料) 2024.12.5. 国立研究開発法人産業技術総合研究所ウェブサイト <https://unit.aist.go.jp/georesenv/topic/SMH/forum/forum2024/4_satoh.pdf>

(86) 資源エネルギー庁資源・燃料部資源開発課 前掲注(75), pp.9-13. (1. 表層型メタンハイドレートについて)

(87) 経済産業省「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」2024.3.22. <<https://www.meti.go.jp/press/2023/03/20240322001/20240322001-1rr.pdf>>

いるところであるが、メタンハイドレートの商業生産化のためには、次の短期的及び長期的に解決すべき技術課題が存在する⁽⁸⁸⁾。

(1) 砂層型メタンハイドレート開発の技術的課題

(i) 短期的課題（次回海洋産出試験までに解決すべき技術課題）

○生産挙動予測と可採量評価

生産挙動予測や可採量評価に係る技術は、生産システムの設計や経済性評価を行う上で必要不可欠なものであり、その信頼性向上を図る必要がある。

○長期生産挙動の把握

長期的なガスの生産挙動の確認と安定生産が可能な技術を確立するための、より長期の産出試験が必要である。

○海洋産出試験の対象の選定

海洋産出試験の実施候補地点選定のための地質データ取得作業を行う必要がある。

○環境影響評価

海洋産出試験の環境影響の評価のためのベースラインデータを整理する必要がある。

(ii) 長期的課題（商業生産に向けた技術課題）

○我が国周辺海域の資源量評価

新たな調査データが取得される都度、分析・評価を行い、我が国周辺海域のメタンハイドレート資源量を継続的かつ信頼性を向上させた評価を行う必要がある。

○商業化に必要な条件の検討

将来の商業化に向けた開発システムのため、商業化に必要な要件に関する詳細検討等を行った上で、事業化シナリオ案を改定する必要がある。

(2) 表層型メタンハイドレート開発の技術的課題

(i) 短期的課題（海洋産出試験実施までに解決すべき技術課題）

○生産技術の開発

これまでに実施した掘削実験で得られた知見を基に、流体を対象とした分離/揚収技術に関する技術開発を進める必要がある。また、共通基盤技術の取りまとめを行うこと等により、表層型メタンハイドレートを回収・生産するための各要素技術に関する技術整備を進める必要がある。

○海洋産出試験のための海洋調査

海洋産出試験候補地の絞り込みに必要なデータ取得のための海洋調査を引き続き実施することにより、試験の実施場所を検討していく必要がある。

○環境影響評価

環境ベースラインデータの観測精度の向上や自然変動の把握のため長期的かつ繰り返しによるデータの集積が必要である。また、想定されている生産技術の実用化における海底環境への影響評価のための予測シナリオの精緻化、監視技術の高度化等の検討が必要である。

⁽⁸⁸⁾ 同上, pp.10-12.

(ii) 長期的課題（商業生産に向けた技術課題）

○商業化に必要な条件の検討

これまでに得られた掘削機器の基礎的データの取得等を参考に、経済性や環境影響評価を進める必要がある。

これらを整理すれば、砂層型、表層型ともに、海洋産出試験で長期間にわたりメタンハイドレートからメタンガスを生産した上で、商業生産に向けた技術開発を行いつつ、我が国周辺海域におけるメタンハイドレートの資源量を把握し、経済性等の条件を検討することが技術課題ということになるだろう。また、表層型メタンハイドレートに関しては、深海底での安定的な生産を可能とする技術開発や海底における生態系への環境影響評価も重要視されている⁽⁸⁹⁾。

2 メタンハイドレート開発に係る技術的課題以外の諸課題

メタンハイドレート開発の技術的な課題以外に、国際的な連携協力、人材育成、中国との関係等の課題もある。また、産業構造審議会イノベーション・環境分科会イノベーション小委員会評価ワーキンググループ「メタンハイドレート研究開発事業中間評価報告書」⁽⁹⁰⁾でも、メタンハイドレート開発についての石油・天然ガス自主開発比率への貢献度、国民理解の促進等が課題として言及されている。

(1) 国際的な連携協力の必要性

メタンハイドレート開発に関しては、諸外国においても鋭意取り組んでいるが、我が国は比較的先行しているとも言える⁽⁹¹⁾。他方で、石油・天然ガスの採掘技術等については、いわゆるメジャーと呼ばれる国際石油会社の方が経験豊富である。そうした民間企業やエネルギー開発の先進国等との国際的な協力関係を構築した上で開発に取り組んではどうかという意見がある⁽⁹²⁾。

(2) 技術者等の人材確保及び育成

我が国では、国内及び周辺海域において大規模な油田やガス田は存在しないことから、こうした現場の採掘作業に携わった経験豊富な民間企業の技術者等の人材は不足している面がある。そのため、今後はメタンハイドレート開発に必要な人材の確保及び育成を図る必要があると指摘されている⁽⁹³⁾。

⁽⁸⁹⁾ 山口 前掲注(43), p.78.

⁽⁹⁰⁾ 産業構造審議会イノベーション・環境分科会イノベーション小委員会評価ワーキンググループ「メタンハイドレート研究開発事業中間評価報告書」(第44回メタンハイドレート開発実施検討会 資料6) 2024.8. 経済産業省ウェブサイト <https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methane_hydrate/pdf/044_06_00.pdf>

⁽⁹¹⁾ メタンハイドレートの開発は、米国が我が国と協同でアラスカ州の陸上産出試験を実施中であり、メキシコ湾の砂層型メタンハイドレートの研究も進めている。インドは、2020年にクリシュナ・ゴダヴァリ盆地のメタンハイドレートに含まれるメタンの量は世界の化石燃料の埋蔵量の2倍に達するとの研究成果を発表している。中国が我が国に次いで進んでおり、2017年5月及び2020年3月に南シナ海において試験採掘に成功している。また、中国天然資源省は、2030年の商業開発に向け、南シナ海の対象海域での地震探査や環境調査を実施したとのことである。「(メタンハイドレートの研究開発事業(中間評価)評価用資料) 国外におけるメタンハイドレート研究開発の主な動き」同上, p.16.

⁽⁹²⁾ 「⑮ 開発に向けて残された課題」松本 前掲注(46), pp.84-86; 山田吉彦「海洋国家百年の計 今こそ」『読売新聞』2021.11.28.

⁽⁹³⁾ 増田昌敬「海洋メタンハイドレートからのガス商業生産に向けての課題」『海洋資源・エネルギーをめぐる科学技術政策—科学技術に関する調査プロジェクト「調査報告書」—』(調査資料2012-6) 国立国会図書館調査及び立法考査局, 2013, pp.223-236. <<https://dl.ndl.go.jp/pid/8111693>>

(3) 中国との開発をめぐる関係

中国は、近年メタンハイドレート開発に注力しており、2030年の商業生産を目指している⁽⁹⁴⁾。2017年及び2020年には、南シナ海北部海域からのメタンハイドレートの試験採掘に成功し、2度目の採掘時には、合計約150万m³のガス生産を行った⁽⁹⁵⁾。また、2025年からは、新たな海洋掘削船（「夢想号」総トン数33,000t）による海洋エネルギー資源の探査を行う方針である。これらの中国の動きに関しては、南シナ海の領有権をめぐり対立するフィリピンとの関係悪化を懸念する意見もある⁽⁹⁶⁾。さらに、我が国の排他的経済水域（Exclusive Economic Zone: EEZ）内においても、近年中国籍の海洋調査船による海洋調査が活発化しているとの報道もある⁽⁹⁷⁾。

(4) 石油・天然ガスの自主開発比率への貢献度

第7次エネルギー基本計画⁽⁹⁸⁾では、石油・天然ガスの輸入量及び国内生産量に占める我が国企業の権益に関する引取量及び国内生産量の割合である石油・天然ガスの自主開発比率目標を2030年に50%以上、2040年に60%以上に引き上げるとしている⁽⁹⁹⁾が、その目標に対するメタンハイドレートの貢献の度合いに関する具体的な将来像が必要であるとの指摘がある⁽¹⁰⁰⁾。

(5) 国民理解の促進

メタンハイドレート開発に20年以上の長期間にわたって巨額の研究資金が投入されてきたこと等を踏まえ、一般国民に対して事業の位置付け・意義を理解してもらうための丁寧な説明と適切かつタイムリーな情報発信が必要であるとの指摘もある⁽¹⁰¹⁾。

おわりに

我が国は従来からエネルギー資源に乏しいため、石油・天然ガスの自主開発比率の引き上げ及びエネルギー自給率の向上をエネルギー政策上の重要課題としている⁽¹⁰²⁾。しかしながら、令和5（2023）年度における自主開発比率は37.2%ながら、他のエネルギー資源を含めたエネルギー自給率は15.3%とG7の中で最下位、経済協力開発機構（Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD）加盟国の中で比較しても38か国中37位という状況である⁽¹⁰³⁾。

(94) 「6-4 メタンハイドレートの探査」『中国の石油産業と石油化学工業 2019年版（Part1）』東西貿易通信社、2019、pp.141-143.

(95) 「中国「燃える氷」採掘」『読売新聞』2017.5.21; 「中国「燃える氷」2度目採掘」『読売新聞』2020.4.4; 「重大な成果！中国のメタンハイドレート試験掘削、2つの世界記録を更新」『人民網』（日本語版）2020.3.27. <<https://j.people.com.cn/n3/2020/0327/c95952-9673308.html>> なお、前掲注(91)も参照。

(96) 「メタンハイドレート 南シナ海 中国が探査 2030年の商用化視野」『日本経済新聞』2014.4.21; 「中国、ガス田探査へ 年内、南シナ海で海洋掘削船を開発」『日本経済新聞』2025.1.29.

(97) 「習政権 海底資源確保狙う」『読売新聞』2021.7.22.

(98) 「[第7次]エネルギー基本計画」前掲注(55)

(99) 同上、p.54.

(100) 産業構造審議会イノベーション・環境分科会イノベーション小委員会評価ワーキンググループ 前掲注(90)、pp.13-16.

(101) 同上

(102) 「[第7次]エネルギー基本計画」前掲注(55)

(103) 「エネルギー動向（2025年6月版）」資源エネルギー庁ウェブサイト <<https://www.enecho.meti.go.jp/about/energytrends/202506/pdf/>> エネルギー自給率の国際比較については、*World Energy Balances Highlights*, 2024 edition, 2024を基に筆者推計。我が国のエネルギー自給率はOECD38か国中37位である（38位はルクセンブルク）。“World Energy Balances Highlights.” IEA Website <<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-balances-highlights>>

このような状況から、メタンハイドレートの開発によって、我が国の自主開発比率やエネルギー自給率の向上につながることは期待できるが、どの程度貢献できるかは明確ではない⁽¹⁰⁴⁾。

ただし、我が国周辺海域に賦存するメタンハイドレートの資源量が、当初想定⁽¹⁰⁵⁾されていたような、我が国天然ガス消費量のおよそ100年分ではなく、数年分であったとしても、メタンハイドレートからのガス生産が可能となり、その結果としてエネルギー資源の輸入量をいくらかでも減少することができれば、さらに、世界でトップクラスともいわれる我が国のメタンハイドレート採掘技術が外交上のカードとして使えるようになれば⁽¹⁰⁶⁾、世界各地で高まっている地政学リスク⁽¹⁰⁷⁾に対処する観点からも、我が国のエネルギー源の多様化に貢献できるとの指摘がある⁽¹⁰⁸⁾。他方で、メタンハイドレートの開発は、経済性に見合うだけの資源量があるのか、市場化は現実的なのかという問題も提起されており、まずはしっかりと技術力を付けることが必要とされる⁽¹⁰⁹⁾。

また、メタンハイドレートから生産されるメタンガスは、水素を取り出す際の二酸化炭素の排出量が石油や石炭に比して少ない。このメタンガスを陸上又は海域のプラットフォームでエネルギー変換（電力、水素、アンモニア等）することにより、水素を利活用する社会の実現⁽¹¹⁰⁾に資するとの意見もある⁽¹¹¹⁾。加えて、メタンハイドレートが賦存する地層からメタンガスを生産した後に二酸化炭素を貯留する技術⁽¹¹²⁾の研究は、カーボンニュートラルを加速するためにも重要であるとも考えられる。

ただし、これまで論じてきたとおり、メタンハイドレート開発は、試験的にメタンガスを回収できるようになってはいるが、経済性については在来型の天然ガスに比べて遠く及ばないことから、商業生産に向けては更に時間がかかることも考えられる。他方、シェールガスのような技術革新で一挙に開発が進むことも期待できるのではないかという見解もある⁽¹¹³⁾。いずれにしても、米国のシェール革命のように、突如として我が国が資源エネルギー大国になること

(104) 産業構造審議会イノベーション・環境分科会イノベーション小委員会評価ワーキンググループ 前掲注(90), pp.7, 10, 13.

(105) 経済産業省資源エネルギー庁石油・天然ガス課 前掲注(34), p.[8]. (【参考】2. メタンハイドレートの賦存状況について)

(106) 「31 エネルギー資源は強力な外交カード」鎌田浩毅『世界がわかる資源の話』大和書房, 2023, pp.76-77; 「34 救世主になるか、メタンハイドレート」同, pp.82-83.

(107) 特定地域の政治的・軍事的・社会的問題が経済の先行きを不透明にするリスク。中東、ロシア、東南アジア等の地域について地政学リスクが想定されている。「不安映す「地政学リスク」」『日本経済新聞』2017.6.16, 夕刊.

(108) 「⑬ エピローグ」松本 前掲注(46), pp.87-91; 鎌田 前掲注(106)

(109) 佐藤徹「経済安全保障と海洋資源」2022.10.18. 東京大学海洋アライアンス連携研究機構ウェブサイト <<https://www.oa.u-tokyo.ac.jp/column/symposium/0029/index.html>>

(110) 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議「水素基本戦略」2017.12.26. 内閣官房ウェブサイト <https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei_energy/pdf/hydrogen_basic_strategy.pdf>; 同「水素基本戦略」2023.6.6 改定. 同 <https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei_energy/pdf/hydrogen_basic_strategy_kaitei.pdf> 同基本戦略では、再生可能エネルギーや未利用エネルギー等の様々なエネルギー源から作ることができる水素は、燃焼時に二酸化炭素を排出しない環境特性を持ち、燃料だけでなく原料としても活用できることから、カーボンニュートラルに向けての鍵となるとされており、様々な分野で水素を利活用した社会の構築を目指している。

(111) 段野孝一郎「国産水素の原料候補 海底に埋まる「燃える水」—メタンハイドレート—」『エコノミスト』99(24), 2021.6.22, pp.31-32; 横田浩明・種市房子「インタビュー メタンハイドレート 10年後の商用化を目指す」『エコノミスト』99(24), 2021.6.22, p.33; 山本晃司ほか「日本近海のメタンハイドレート開発におけるカーボンニュートラルの達成に向けた課題」『エネルギー・資源』42(6), 2021.11, pp.376-381.

(112) 山本ほか 同上

(113) 「第5章 日本で高まる期待と現実」十市勉『シェール革命と日本のエネルギー—逆オイルショックの衝撃—改訂版』日本電気協会新聞部, 2015, pp.143-176.

は想定しにくく、また、メタンハイドレートをエネルギー安全保障の「切り札」と位置付けるような状況にはないが、今後も着実に技術開発を進めながら、その経済性を見極めていく必要があるのではないか⁽¹¹⁴⁾。

(みうら よしふみ)

(114) 「第3章 エネルギー政策大転換 4 実用化の時期が重要となる技術」塙和也『日本のエネルギーまるわかり』日経 BP 日本経済新聞出版, 2023, pp.141-156.