

D-1 海底石油生産装置適用化技術に関する調査

坂本 隆

平成 15 年度海底石油生産装置適用化技術に関する調査分科会委員

(新日本製鐵(株) 鉄構海洋・エネルギー事業部

海洋エンジニアリング部海洋技術グループリーダー)

亭島 博彦

平成 15 年度海底石油生産装置適用化技術に関する調査分科会委員

((株) 日本海洋生物研究所 第一部門 副部門長)

1. 調査目的

本調査は、我が国では実績のない海底生産システムを導入する場合に検討が必要となる、漁業活動への配慮、機器装置やそれらの設置作業・生産操業時等での安全性確保、海洋環境の保全などについて、検討を行うことを目的とするものである。

ここでは、海底生産システムを導入する場合に、トロール漁を行う漁業者に対する安全確保策として当該システムへの設置が必要な保護構造物について、その実態に合った基本仕様の検討と、ROV (Remotely Operated Vehicle) による当該システムへの IMR (検査・保守・補修) 作業の安全性に関する検討を行うことをテーマとした「保護構造物基本仕様の確立への調査」と、保護構造物が設置された場合の海洋環境への影響予測を行う「漁礁環境特性調査」の内容で、平成 12 年度から 15 年度の 4 ヶ年に亘って実施してきた。

2. 調査内容

2.1 保護構造物基本仕様の確立への調査

漁業活動が盛んな我が国周辺海域では、底びき網漁業を行う漁業者に対する安全の確保、漁場の環境負荷等にも配慮した、調和のとれた海洋石油開発を目指すことが重要である。このためには、単にリグからの落下物を対象にするばかりでなく、設置される保護構造物の形状が、想定海域での底びき網漁業に使われる魚網に対して問題を起さない形状であることが要求される。そこで、底びき網漁業に用いられる漁具を円滑に通過させる機能(オーバーローラビリティ)の確認を行うため、保護構造物や漁具の模型を製作し、大型水槽でその実証実験を行った。次に、保護構造物を有する海底生産システムの生産操業時の重要課題として挙げられる ROV を使用して行う IMR 作業の安全性確保に着目した調査、検討を行い、これを基に、実物スケールの 1/4 規模を切り出した保護構造物と海底生産装置の模型を製作し、ROV による海中での総合的な IMR 作業の安全性実証試験を行った。最終的には、ROV を使用して行う IMR 作業の手順や安全策について海外の事例を調査し、これに過年度に実施した調査の成果も参照しつつ、技術基準の作成に資するような作業手順書をまとめた。

また、上記に関連した海外の情報収集として、海底生産システム適用時の北海における漁業対策の実例や IMR 作業の実績及び主に東南アジアにおける ROV や支援船等の実情、更に ROV と海底生産システムとのインターフェースに関する世界共通な技術基準などについて調査を行った。

2.2 漁礁環境特性調査

海洋環境の保全に関しては、漁業との調和を図るために保護構造物の漁礁としての効果について検討することとした。そこで先ず、文献調査と実際に漁礁が設置されている神奈川県三浦市沖（以下、三浦沖）での実海域調査を通じて、保護構造物の設置による海洋環境の変化について調査し、それらを基に底層流の変化に伴う堆積物粒子の拡散を予測する物理環境予測モデルと、堆積物粒子の拡散が底生生物に及ぼす影響を予測するための生物影響予測モデルの構築を行った。次に、三浦沖と実際にプラットフォームが設置されていた新潟県阿賀沖北を対象として、これらのモデルによるシミュレーションを行い、底層付近における漁礁効果を予測、検討した。最終的には、この検討結果と既存資料・既存データから保護構造物の漁礁効果を総合的に評価した。

3. 調査の成果及び今後の課題

3.1 保護構造物基本仕様の確立への調査

平成 12 年度から 4 年間に亘り、我が国において海底仕上げシステムを導入した場合、海底石油生産装置を保護するために必要となる保護構造物の基本仕様と、当該装置に対する IMR 作業の安全性に関する調査を実施した。4 年間の調査を通じて得られた知見は、以下のように整理できる。

- ① 海底石油生産装置を、最大な外的危険要因であるトロール漁業から保護するためには、保護構造物を海底石油生産装置上に被せて設置することが必要である。オーバーローラブルな保護構造物の設置により、漁船や漁具に対する漁業活動の安全性をも確保できる。
- ② 保護構造物が設置されると、海底石油生産装置に対する ROV による IMR 作業に対しては障害となりうるが、最適な設計を行うことにより、最小化された保護構造物内部で安全に ROV 作業が可能となる。これは実験によっても確認された。
- ③ 海底石油生産装置に対する IMR 作業については、NORSOK や ISO といった国際規格に標準的な仕様が示されているが、本調査においても、海外で入手した情報と実験等を通じて得た知見をベースに、IMR 作業の標準仕様を検討した。

昨今、諸外国の海洋石油開発フィールドにおいては、海底石油生産システムは一般的に導入されている。漁業活動の盛んな我が国周辺海域において、海底石油生産システムを導入する際に、漁業活動による海底石油生産装置へのダメージを与えるリスクがあると同時に、漁船・漁具の損傷というリスクも考慮する必要がある。今後、実フィールドへ展開する際は、本調査を通じて得られた知見を活用して、これらのリスクの最小化を図ることが

今後の課題である。

3.2 漁礁環境特性調査

人工構造物(保護構造物)が海域に設置されると、魚類がその周辺に蟠集することが経験的に知られている。この漁礁効果は、「餌料環境から見た効果」と「生育環境から見た効果」に分類される。これらの効果をより詳細に検討すると、「餌料環境から見た効果」については、魚類の餌料となる生物からみて、底生生物、付着生物、浮遊及び遊泳生物に区別される。また、「生育環境から見た効果」については、魚類の利用目的からみて、生殖、休憩、避難などに区別される。

そこで、「餌料環境から見た効果」に関して、最も量的に多いと思われる底生生物については、シミュレーションによる定量的な評価を試み、下記①～③のように、人工構造物が設置されるとその周辺の流況と堆積物の分布が変化し、それに伴う底生生物(餌料)の増加が見られ、それを餌にする魚類が集まってくるという漁礁効果を定量的に示すことができた。

- ① 人工構造物が設置された場合、周辺の流況やそれに付随する沈降粒子の分布などの物理環境が変化する。
- ② これに伴って底質環境とその場に生息する底生生物(餌料)の群集構造も変化し、この結果として、その周辺での底生生物が増加する。
- ③ 最終的には、人工構造物周辺での底生生物の増加が魚類の蟠集につながる。

また、定性的な評価としては、上述の検討結果に実海域調査で得られた知見を含む既存知見を加えて、人工構造物の漁礁効果を総合的に検討し、付着生物、浮遊生物、遊泳生物及び生育環境などの観点から、今回の対象である保護構造物には、明らかな漁礁効果がある(魚が蟠集する)ことが推察できた。

現在、漁礁の設置から水産資源の増殖までのメカニズムに関しては、餌場効果、流影効果、陰影効果、逃避場効果などに細分化され、調査研究が行われる場合が多い。本調査で試みた人工構造物の漁礁効果の定量化によって、餌場効果の一部を定量的に示すことができたと考えられる。しかし実際には、様々な効果が合わさって、結果的に水産資源の増殖に結びつくものとするのが自然である。そのため人工構造物の総合的な漁礁効果を定量的に評価するためには、更なる調査研究が必要と考えられる。

以上

D-2 二酸化炭素地中貯留技術研究開発

-長岡における地中貯留実証試験について-

菊田 勝彦

(財) エンジニアリング振興協会

石油開発環境安全センター 研究主幹

「二酸化炭素地中貯留技術研究開発」は温室効果ガスである二酸化炭素(以下、 CO_2)を削減するための効果的な方法の1つとして、実用化を目指し、平成12年度から平成16年度の5年間にわたり研究開発を行うものである。

平成12年度にNEDOの委託事業としてスタートし、平成14年度からは経済産業省の補助金交付事業となっている本事業において、(財)エンジニアリング振興協会は(財)地球環境産業技術研究機構(RITE)の分室という立場で実施している。

平成15年7月7日に、国内では初めてとなる CO_2 の圧入を新潟県長岡市岩野原基地(帝石鉱区内)で開始し、現在1日40tの CO_2 を地下約1,100mの帯水層に送り続けている。

1. 二酸化炭素地中貯留とは

二酸化炭素地中貯留は堆積岩の間隙にボーリング孔などを使って CO_2 を注入することで半永久的に地下に閉じ込めてしまおうとするものである。この概念を図1に示す。

貯留対象となる堆積岩層の間隙は地下水で満たされていることから、これを帯水層と称している。貯留効率の点で、地下での CO_2 の密度はできるだけ大きな方が有利となる。 CO_2 は気体と液体の中間状態である”超臨界状態”の圧力・温度幅が比較的大きく、この性質を利用する。そのための貯留深度は1千数百m程度となる。

超臨界状態の CO_2 は、比重が0.6程度であり、注入したままでは半永久的に閉じ込めることができない。そこで帯水層の上方を遮蔽する役割を果たす難浸透性の地層が分布している必要がある。この地層をキャップ・ロックと称している。

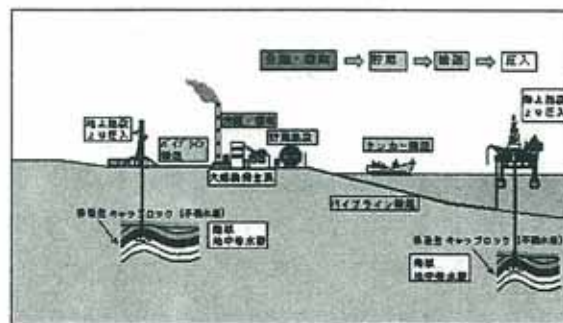


図1 二酸化炭素地中貯留の概念

2. 圧入実証試験

圧入実証試験は、地下での CO_2 の実挙動を観測するとともに、挙動のメカニズムを解明していこうとするもので、平成12年度～平成15年度の始めにかけて帯水層の地質工学的調査・解析および CO_2 の観測

のための様々な準備を進め、昨年7月から圧入運転に入った。

圧入運転を行うことにより、CO₂の帯水層内での挙動把握、さらに開発中のシミュレータの検証が実証試験におけるテーマとなっている。

圧入条件は以下に示すとおりである。

- ・ 圧入レート： 20～40 t-CO₂/day
- ・ 総圧入量： 約 10,000 t-CO₂ (平成 16 年 6 月 13 日現在、約 5,330 t-CO₂)
- ・ 圧入期間： 約 18 ヶ月
- ・ 挙動予測期間： 圧入開始後 200 年間
- ・ 圧入圧力(坑口)： 7～11 MPa
- ・ 圧入温度(坑口)： 32 ℃

3. 観測計画

帯水層に圧入した CO₂の経時的な広がり把握するために図 2 に示した各種の観測を計画した。

物理検層：通常は 4～8 週間毎、観測井への到達予想時期前後は約 2 週間毎

弾性波トモグラフィ：初期状態、圧入期間中 1 回、圧入終了後 1 回 合計 3 回

なお、物理検層・弾性波トモグラフィの実施時期および回数は、観測データに基づく挙動解析の結果に応じて随時見直していくこととしている。

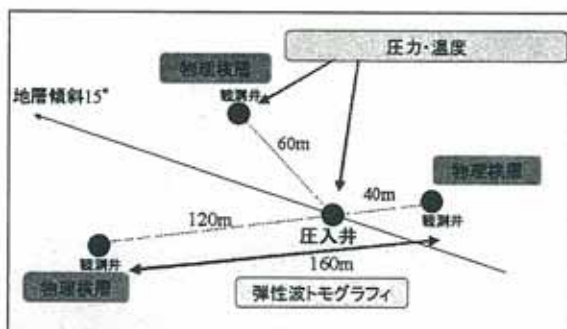


図 2 坑井配置および観測配置

4. 観測結果

当初、シミュレータ予測では、平成 15 年 10 月頃には圧入井に最も近い観測井に到達すると想定されたが、観測結果では 16 年 2 月～3 月に到達したことが確認できた。結果的には予想以上に間隙率が高く CO₂の挙動が緩やかであったといえる。

圧入量としても予定量の 1/2 以下であることから、今後どのような挙動を示すか注視したい。また、観測結果をもとにシミュレーションのヒストリーマッチを行うことにより、シミュレータの検証を行っていきたい。

以上

D-3 メタンハイドレート開発促進事業 環境影響評価に関する研究 - ベースライン調査について -

鋤崎 俊二

環境影響評価グループ 海域環境調査評価サブグループリーダー
(株)日本海洋生物研究所 第1部門 部門長

1. はじめに

経済産業省主導によるメタンハイドレート資源開発研究が平成13年度より開始され、現在メタンハイドレートの資源量評価、生産手法開発及び環境影響評価の3分野に関する研究が精力的に進められている。このうち、エンジニアリング振興協会では環境影響評価分野を担当しており、海域環境調査評価、モニタリング技術、地層変形予測及びHSE調査の4つのサブグループを組織し、メタンハイドレート開発に付随する環境影響の評価及び事業の社会的受容性確保（PA）に資することができるよう研究開発を進めている。ここでは、海域環境調査評価サブグループが実施している、メタンハイドレート資源開発に伴って懸念される事項の海域環境に与える影響予測と評価手法に関する研究内容を紹介するとともに、平成15年度から開始した南海トラフ海域の海域環境調査（ベースライン調査）で得られた成果の一部、及び今後の課題について報告する。

2. 研究の目的とベースライン調査の位置づけ

海域環境調査評価サブグループの研究目的は、メタンハイドレート開発に伴う海域環境への影響を評価するために必要な海域環境情報を取得し、データベース及び環境影響予測モデルを核に構築する『環境影響評価システム：図1』に取り込むことで海域環境に及ぼす影響を予測評価することにある。

メタンハイドレート資源開発については、現在までのところその生産手法が研究段階にあるため、開発に伴う環境影響因子としてどのような事項を考慮すべきかに関して、かならずしも明確になっているわけではない。このため、生産手法の内容及び今後開発がなされると想定される海域に応じた環境への影響因子について明らかにしていく必要がある。なを、メタンハイドレートが胚胎する場所は海底面下約200m程度と浅いことから、生産行為による海底地盤への影響、メタンハイドレートの分解生成水（低塩分水など）、あるいはメタンハイドレート層からのメタ



図1 環境影響評価システムの構成

ンガスの漏洩の可能性等に関連し、すでに環境影響の視点から、いくつかの懸念事項が指摘されている。これら事項は、その規模によっては海域環境に対して強い影響を及ぼすことが予想され、直接ないし間接的に海洋生態系の物質循環にも波及する可能性もある。このため、懸念される事項に関し、それを確認あるいは防止するために必要な調査研究を進めておくことが必要である。

メタンハイドレート開発で懸念される環境への影響を評価する場合、これらを測定ないし解析できる手法を整備し、より定量的かつ精度良く解析することが求められる。そのためには、環境変動を捉えるための各種モニタリング技術の開発及び対象となり得る海域の物質循環を解析することができる環境影響予測モデル等を整備することで、海洋生態系への影響を総合的に判断する必要がある。このようなモニタリング技術開発、及びモデル構築のためには実海域から多くの情報を取得することが必要である。例えば、海底地盤の変形や変位の可能性を評価するためには、海底地形や浅部地質特性に関する情報が不可欠である。また、メタンガス漏洩の有無を検知するためには、周辺海域でのメタンガスのバックグランド濃度とその変動幅を把握しておく必要がある。さらには、メタンガスや低塩分な水が水柱中に放出された場合の海水中での挙動を解析するためには、海底近傍を中心とした流況情報の取得が求められる。この他、海底ないし水柱生態系への影響を環境影響予測モデルによって評価・解析するためには、漁業生物を含む各種生物の現存量や代謝速度の情報が必須である。このような課題に関連する情報の一部を実海域から取得するため、平成15年度より南海トラフ周辺海域において海域環境のベースライン調査を開始した。なお、平成15年度に実施したベースライン調査は、平成16年1月～5月に実施した基礎試錐「東海沖～熊野灘」前に、当該海域周辺の海域環境情報を取得することにある。また、今後実施される予定の、南海トラフ海域のベースライン総合調査のための予備調査として位置づけられている。

3. 調査結果の概要

平成15年度のベースライン調査では、主に南海トラフ海域の水塊構造を解析するために必要な水温・塩分・流況情報、水柱中の溶存メタン等の化学成分及び生物現存量、並びに海底表層堆積物の性状と生息する生物の種類と量に関する情報を取得し(図2)、その概況を把握した。これまで得られた情報から南海トラフ海域の海洋構造は、地理的位置・海底地形・水深及び沖合に流れる黒潮流によって大きく影響を受け、沿岸系水・黒潮系水・亜寒帯系水及び太平洋深層系水の異なる水塊によって構成されているなど、その海洋構造が極めて複雑であると推察できた。また、水柱中の溶存メタンは、近傍に泥火山が存

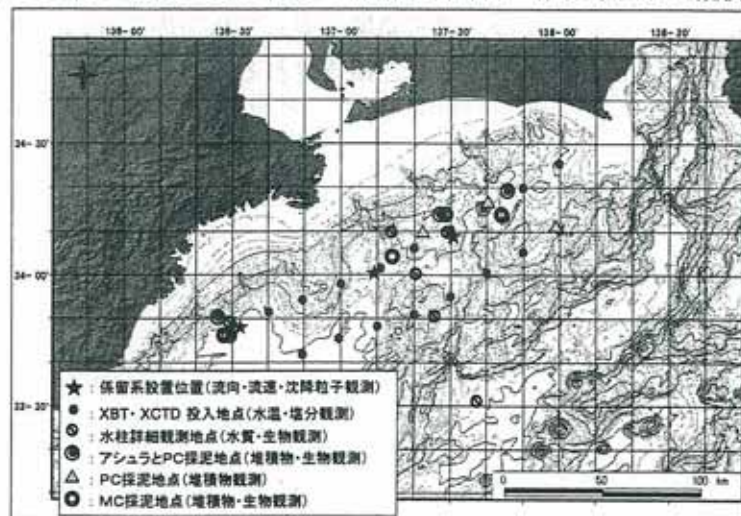


図2 東海沖～熊野灘にかけてのベースライン調査地点

在する熊野灘や冷水湧出域が確認されている第二渥美海丘近傍では、ここからの起源と推察されるメタン濃度の異常が確認され、特に第二渥美海丘北東約35 km地点の海底上100 mで約9nmol/kgと、これまで東海沖～熊野灘で報告されてきた既存値を超える値が測定された。このような水柱中の溶存メタンの濃度や場所的違いを明らかにしておくことは、メタンハイドレート開発に伴う地層からのメタンガス漏洩を検知する上で極めて重要である。報告会では、これら平成15年度のベースライン調査を通じて明らかになった事項を中心に、当該海域の海洋環境の現況を紹介するとともに、海域環境を理解する上で重要かつ未解明の事項についても解説する。

4. 今後の課題

平成15年度のベースライン調査は、10月下旬～12月上旬の間に、のべ15日間に渡って実施した。ただし、ここで取得された情報からだけでは季節的な変動特性まで議論することはできない。特に、水柱中あるいは堆積物中の生物・化学量は季節によって大きく変動することが考えられる。メタンハイドレート開発に伴う環境への影響を評価する場合、自然現象としての変動幅を考慮しながら検討する必要があるため、その変動幅を把握するための調査が必須である。このため、現在、当該海域の流向・流速及び海底近傍へ有機物等の供給量の周年変動を捉えるための観測機器を海域に設置している。この機器類は平成16年度の秋に予定している調査によって回収し、1ヶ年に渡るデータを解析することになっている。また、今後予定されているベースライン総合調査においても、同一地点において年複数回の調査を実施し、生物・化学量の季節的な変動特性を把握することが必要であると考えられる。さらに、想定される環境影響因子に対する生物への直接的ないし間接的な影響を評価するための現場 (*in situ*) 実験等も、この調査に組み込むことを考えている。

今後、メタンハイドレートの開発研究を実施するためには、メタンハイドレートの開発にともなう懸念される事項に対して、どの程度であれば環境に対して影響を及ぼすことになるのか、あるいは、どの程度であれば許容されうるのかをより定量的に判断することが重要である。そのためには、図1に示すように、環境影響評価の分野で取得されるベースライン調査結果をはじめとする様々な情報を統合し、数々の評価手法を多用しながら、一元的に運用できる手段を構築することを考えている。このようなシステムを運用することによって、例えば、最も環境に対して負荷の少ない生産手法の提言や速やかな異常検知の発信を行うことができると期待される。

以上