

E-1 「事業創生にむけたSEC自主研究テーマの取組みについて」 －SEC企画技術部会の活動状況－

山 田 周 治
一般財団法人 エンジニアリング協会
(石油開発環境安全センター 所長)

1. 背景・目的

石油開発環境安全センター（SEC）の主要な役割は設立の経緯から、石油・天然ガス開発に係る「保安の確保と環境の保全」に関する情報収集や調査研究などが主要な業務内容である。

一般財団化以前は、公的機関などが実施する石油開発プロジェクトを中心に受託し調査活動を数多く実施していたが、昨今、この実施案件が減少傾向にあり、さらに公益法人改革などの社会状況変化もあり、SECは将来の展望をしっかりと見据えていく必要に迫られている。

このような状況下、一昨年より自主活動である企画技術部会の下に「テーマ検討会」を設置し、今後SECが検討すべき自主テーマについて、議論を重ねている。

本日は、昨年度に実施した自主研究テーマについて紹介するとともに、今後のSECの自主活動と受託事業の進むべき方向について説明したい。

2. 活動状況

分科会は、賛助会員企業の有意義な情報交換、意見表明の場であるとともに、受託事業に繋がる活動を行う場と認識している。これらの状況を踏まえ、昨年度は以下の3つの分科会活動を実施した。

2. 1 資源分科会

石油センターの主要な役割の1つは石油・天然ガス開発に係る「保安の確保と環境の保全」に関する調査研究であり、その知見を深めるために平成25年度は分科会を5回開催した。また、経済産業省から受託した、「大水深海底鉱山保安対策調査」の継続受託を目指し、石油開発に関する最新の技術動向についての講演を企画し、講師を交え活発な議論を交わすことで大水深域の石油開発リスクの抽出と対策検討についての知見を深めた。

2. 2 エネルギー分科会

本分科会では、政権交代があったこともあり、東日本大震災後の新たなエネルギー基本計画策定に関連して当センターで貢献できることを再度検討し新たな提言書を作成し、意見表明を行うことを目標に活動した。

「エネルギー基本計画」の見直しが平成25年12月にずれ込むことを受け、石油センターとして貢献出来ること再度検討し新規項目を付加し新たな提言を作成し、意見表明を行なった。平成25年度は分科会を5回開催し、11月に「最終提言」をMETI「基本政策分科会」のパブリックコメントに提出した。

2. 3 テーマ検討会

賛助会員の要望・課題を取り入れ、石油センター自主事業の中に賛助会員にとって価値あるテーマを作りこむことを目的とし、企画技術部会の下に「テーマ検討会」を設置した、平成25年度は検討会を3回開催し、次年度の検討テーマについて討議した。検討項目は、海洋事業、CCS、鉱山保安、パイプライン、水素事業など多岐にわたっている。

3. 今後の方針

資源分科会は、今後日本の石油開発において避けては通れない、大水深海底鉱山の保安対策について調査を進めていく。分科会において賛助会員各社より最新の技術動向についてプレゼンテーションを行い、内容について質疑応答を行うことで共通認識を深めていく。特に、国内外における大水深石油ガス開発におけるリスク評価の見直しの状況、保安対策の最新動向および法規制動向について議論し、今後取り組むべき対策や保安技術開発のあり方について検討を行う、また、本分科会の発展形としては、経済産業省より本件に関連する事業の受託を目指していく方針である。

エネルギー分科会は、エネルギー政策への提言をすることを会のテーマとしたが、昨年度パブリックコメントを提出し、政府のエネルギー基本計画も閣議決定されたことで一応の区切りとする。今後は、シェールガスなど特定の項目に絞り議論を深めていく方向を検討したい。

テーマ検討会は、技術部会の開催の合間に、今後SECが選定すべきテーマや、SECが進んでいく方針についての議論を進めていく。また、本分科会での議論を、企画技術部会や、企画委員会に上げていくことで、SECの進むべき方向を決めるステアリング的な機能を持つ分科会として発展させていきたいと考えている。

以上

E-2 シェールガス開発に係る環境影響の調査検討

高 橋 康 夫

一般財団法人 エンジニアリング協会

(石油開発環境安全センター 技術調査部長)

1. 事業の目的

シェールガス・オイルは北米を中心に広く開発されているが、地下水汚染や誘発地震といった問題も懸念されている。環境に関する問題の所在を明らかにし、水処理などの環境保全技術を通じて環境問題を抑制し、安定的な開発のサポートに資することを目的とする。

2. シェールガス関連情報に関する講演

シェールガス開発関連企業・有識者の方に、関連する情報について御講演を頂いた。

(1)「環境対応のシェール開発技術」(第2回分科会(H25.7.23))

講演者：ハリバートン・オーバーシーズ・リミテッド 橋本 博之 氏

(2)「シェール開発における環境問題」(第2回分科会(H25.7.23))

講演者：石油資源開発(株)北米シェールプロジェクト部長 影山 隆 氏

(3)「シェールガス開発と水」(第3回分科会(H25.9.9))

講演者：国際石油開発帝石(株)シニアコーディネーター 荻野浩市氏

(4)「国内のオイル/ガスフィールドにおける坑廃水処理について」(第3回分科会(H25.9.9))

講演者：(株)テルナイト 技術部長 佐藤 敬氏

(5)「非在来型油・ガス田における水処理技術戦略」(第3回分科会(H25.9.9))

講演者：シュルンベルジェ(株) コミュニケーションマネージャー 大澤 理氏

3. 文献調査

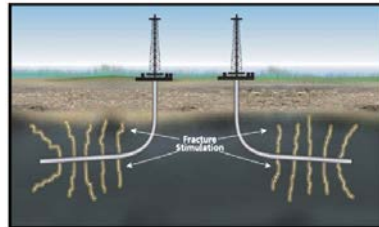
シェールガス開発に関する操業、環境規制は、米国各州やカナダ、欧州等で徐々に進められてきている。フラクチャリングについては禁止している国がある一方で、開発を推進している国・地域もあり、立地条件等で大きく異なっている。最近の傾向としては、リスクを評価し対策を明確にしたうえで推進という方向が多いように思われる。

4. 海外調査

カナダにおいてシェールガス開発に参画している石油資源開発(株)カルガリー事務所及び国際石油開発帝石(株)カルガリー事務所を訪問し、プロジェクトの内容を直接見聞した。

カナダカルガリーで開催されたシェールガス開発における水管理に関するカンファレンスに参加し、得た知見としては、水源の確保、水の輸送、フローバック水の再処理といった項目が大きなテーマとなっていた。特に水源の確保や水の輸送を減らすといった観

点からも、フローバック水の再処理は最も大きな問題であるとされていたが、その方法はフィールドによって千差万別である。地層の性状により、採用するフラクチャリングデザインは異なり、添加剤も異なる。また、フローバック水の取り扱いも圧入か放流か再利用かによって、求められる水質も異なる。これらを考え合わせて、各々のフィールドに最適な処理方法を採用していかなければならない。



5. まとめ

シェールガス開発は在来型に比べて一定の生産量を確保するために多くの坑井が必要である。フラクチャリングは多量の水を使用するため、米国やカナダにおいては、取水が許可制であったり、取水量の制限が設けられているところもある。このようなことからフローバック水の再利用についても、積極的に取り入れられつつある。シェールガス開発に伴う、飲料水用の地下水汚染については、様々なマスコミ報道がなされており、因果関係が明確でないものもあるが、坑井仕上げに問題があって地下水層にメタンやフラクチャリング水が混入した事例もみられている。マスコミ報道ではフラクチャリングによって問題が発生しているように報じられているが、実際の事例から直接地下水層に悪影響を及ぼしている事実は確認できなかった。しかし、多くの坑井が掘削されている実情から、坑井の仕上げを確実に実施することが地下水系汚染を防止する上で肝要である。

また、シェールガス開発に伴うと考えられる誘発地震については、フラクチャリング作業そのものによって発生したというよりも、フローバック水等の液体の廃棄のための還元圧入作業によって、既存の地震断層に影響を与えた可能性が高いと考えられているが、そのメカニズムについては簡単ではなく、現在も研究対象となっている。誘発地震に対する対応としては、地震計の設置等による地震モニタリング体制の充実およびその情報開示、地下の状態を十分に把握することが求められている。



E-3 平成25年度 大水深海底鉱山保安対策調査

青 柳 敏 行

一般財団法人 エンジニアリング協会
(石油開発環境安全センター 研究主幹)

1. 調査目的及び概要

本受託調査事業では、大水深海洋石油・可燃性天然ガス開発及びシェールオイル・ガス開発に係る保安対策の動向、必要なリスク評価の実施状況等について、関係諸外国等から情報を収集・評価するとともに、我が国鉱山保安法令と比較、今後の我が国が取り組むべき対策について考察し、必要な対策・提言等を取りまとめた（経済産業省・同調査報告書に記されている調査結果概要等は以下のとおり）。

2. 調査内容

本調査事業では、以下の（１）及び（２）のテーマを対象に、まずは実際に開発が進められている諸外国における現地調査を中心に、それぞれの開発に係る保安対策（保安技術、遵守すべき保安法令類、開発業界等におけるガイドライン類等）の動向、必要なリスク評価の実施状況等について、関係諸外国等から情報を収集・評価するとともに、我が国鉱山保安法令と比較、今後の我が国が取り組むべき対策について検討した上で必要な対策・提言等としてまとめた。

（１）大水深海洋石油・可燃性天然ガス開発に対する保安対策

調査対象国及び調査対象機関は、米国、イギリス、ノルウェー、ブラジル、オーストラリアの関係政府機関、海洋石油・可燃性天然ガス開発会社、関係業界団体であり、調査事項は、海洋石油・可燃性天然ガス鉱山開発における保安技術、遵守すべき保安法令類、開発業界等におけるガイドライン類等、リスクマネジメントの実態とリスク評価方法、環境汚染問題の現状と対策、並びに各種事故事例と原因及び対策である。

（２）シェールオイル・ガス開発に対する保安対策

調査対象国及び調査対象機関は、米国及び欧州関係国の関係政府機関、シェールオイル・ガス開発会社、関係業界団体であり、調査事項は、シェールオイル・ガス開発における保安技術、遵守すべき保安法令類、開発業界等におけるガイドライン類等、リスクマネジメントの実態とリスク評価方法、環境汚染問題の現状と対策、並びに各種事故事例と原因及び対策である。

3. 調査結果に基づく考察

（１）大水深海洋石油・可燃性天然ガス開発に対する保安対策

- 米国の特徴である Prescriptive な規制と欧州の特徴である Performance-based な規制は、どちらかに優劣をつけるというものではなく、Case-by-Case でそれらをうまく組み合わせ活用すると共に、その国・地域特有の文化を尊重する事もとても重要である。
- イギリス、ノルウェー、米国、オーストラリア、並びにブラジルの法規制について、日本と比較（Appendix の Deepwater：鉦山保安法との比較対照表）すると、特に日本の鉦山は環境影響評価法の適用外であるが、鉦山保安法令の中で、現況調査として、鉦山周辺の状況等につき調査することとなっているが、環境影響評価法と違って、詳細な調査項目は規定していなく、それは、各鉦山の自主性を重んじ、高い能力が要求されていると思料する。
- 米国メキシコ湾 Macondo 事故後、海底 BOP 機能の向上について議論が高まり、ヒューマンエラーにより幾重にも設けたセーフティーバリアをすり抜けて事故・災害に至ったとの情報もある。米国石油協会（API）は、2010 年の事故を踏まえて、海底 BOP 機能拡張に関する API 規格の見直しを 2012 年に実施している。
- 米国メキシコ湾 Macondo 事故以後、海洋汚染防止の一環として、メキシコ湾における石油・天然ガス探鉦活動では、海底 BOP が機能しない場合に備えて、暴噴時の油濁拡散防止と坑井抑圧を目的とした CAPPING SYSTEM が義務化されたとの情報を入手した。
- 欧州現地調査に依れば、海洋における石油・天然ガス開発の送油・送ガスパイプライン設備の維持・メンテナンスにおいて ROV を使用しており、近い将来には、umbilical を使用しない AUV（Autonomous Underwater Vehicle）の組み合わせ使用の動きもある。

（２）シェールオイル・ガス開発における保安対策

- 米国の企業は、モニタリング・データも可能な範囲で公開し近隣住民との共生に最大限努めている。なお、調査途上において、カナダにおいてもシェールオイル・ガスの開発が進んでいるとの情報を得た。イギリスでは、シェールオイル・ガスの開発において、一度のみのハイドロリック・フラクチャリングに対して、世界中の事故例を収集し万全の対策に取り組んでおり、基本的に推進姿勢であり、実績がほとんど無いという意味で、日本とほぼ同じスタートラインに立っている。
- シェールオイル・ガスの商業化が進んでいる米国の主な州の具体的な規制について、日本と比較対照（Appendix の Shale Oil & Gas：鉦山保安法との比較対照表）したところ、水質調査や廃水規制等で日本と同様な環境関連の規制が行われていることがわかった。また、米国では近年シェール層開発が急速に進み、様々な環境及び社会的なリスクが指摘されていたが、主なリスクは、環境に関連した帯水層（地下水・地表水）汚染リスクと微小地震誘発リスクである。

- 今次調査訪問国における企業・団体ヒアリングにて、在来型の石油・可燃性天然ガス技術の応用である水平掘りとハイドロリックフラクチャリングの技術やその影響を分かり易く技術的に説明する普及活動、公聴会、並びに説明会が開催されているとの情報を得ており、地域住民の理解を得て開発を進めることが非常に重要である。

4. 我が国の今後の課題

(1) 大水深海洋石油・可燃性天然ガス開発に対する保安対策

- 日本と同様に大水深開発を目指すアフリカのような新規開発国における法令制度、開発技術、並びにリスクマネジメント等実態を把握し、諸外国の各情報と日本の開発環境を比較する必要がある。
- 日本の大水深における海洋石油・天然ガス開発を環境に配慮して安全に進める上で、大水深での掘削実績のある海域を対象として、海底地形・海底生物・流況等の特有の環境データを把握し、環境影響評価と必要な鉱害等に対する保全措置を策定すると共に、メキシコ湾（Macondo）での事故のようなことが日本で発生したことを想定し、迅速な措置対策を講じられるよう、予め、模擬的に海底の坑井等から漏油が発生し、拡散挙動について海底地形・流況等のデータによりシナリオ設定を行って最適な保安措置は何かを検討する必要がある。
- 大水深開発の先行国における海底 BOP のより具体的な仕様等（BOP の構成、構造、制御システム、保守監理、作動試験方法、緊急時作動システム、信頼性・冗長性確保、噴出の前兆（キック）を検知するシステム及びその解析技術、キック流体排出装置、作業員の教育訓練、ウェルコントロール及びドリルシステムテスト作業手順）を把握した上で、日本国内での的確な運用を図る調査が必要である。
- CAPPING SYSTEM は、海底 BOP が機能しない場合、被害拡大を最小限に食い止める漏油拡散防止対策の手段の一つとして、導入が進みつつあるシステムであるが、各国における CAPPING SYSTEM に関する規制等が定まっていない現状を踏まえ、大水深開発の先進国における CAPPING SYSTEM の運用について、海底坑口方式と海上坑口方式との相違点、機器の構成と要求仕様、制御システム、緊急時作動システム、信頼性・冗長性確保、操作技術、作業手順、設置および廃坑作業等を調査した上で、日本での運用について検討する必要がある。
- 日本国の大水深の開発における危害防止及び鉱害防止対策の ROV の的確な運用につき検討するためには、各国の先進事例（掘削・仕上げ時および漏油対策時における作業内容、ワーククラス ROV の要求仕様、操作技術、作業手順、緊急時対応）について、更なる調査を実施する必要がある。

（２）シェールオイル・ガス開発における保安対策

- 調査対象として米国を中心に調査したが、カナダにおいても、日本の石油開発会社が参画していることを知る限り、今後、カナダの情報も把握することは意義がある。
- シェールオイル・ガスの開発における環境関連の主なリスクである帯水層汚染リスクと微小地震誘発リスクを削減するためには、事前に地殻構造を十分に調査して帯水層の存在と性状を把握した後、ケーシングパイプを的確な深度に降下してセメンチングで遮蔽することで帯水層を確実に保護してゆくことが必要である。フラクチャリングの伸張方向と付近の断層を把握して作業計画を定めると共に、事前に作業中断の判断基準を定め、微小地震をモニタリングして、基準を超えた誘発地震の兆候が見られた場合には直ちに作業を中断するような監視体制を定めることが必要である。
- シェールオイル・ガスの開発における地域住民の理解は非常に重要であるため、事業者は、会社のステークホルダーへの説明はもちろんのこと、事業を展開する地域の住民への事前、経過、並びに事後の説明会等において情報を開示し、理解を得た上で、開発生産作業を進めることが必要である。

Ｅ－４ 平成２５年度 メタンハイドレート開発に係る海洋生態系への影響評価のための基礎研究－メタンハイドレート開発に向けた影響評価手法の研究開発－

(この事業は、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
(JOGMEC)からの受託により実施したものです。)

海 野 圭 祐
一般財団法人 エンジニアリング協会
(石油開発環境安全センター 研究員)

１．はじめに

日本周辺海域に賦存するメタンハイドレート（以下 MH）は将来のエネルギー資源として注目されており、経済産業省主導のもと、メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム（MH21）が組織され、MH の資源化に向けた研究開発を推進している。平成 13 年度から 20 年度まで実施されたフェーズ 1 において、環境分野に関しては MH 開発時における環境影響評価手法確立のための基礎研究を実施した。平成 21 年度からはフェーズ 2 に移行し、海洋産出試験を通じた環境影響評価手法の提示を目標の 1 つに設定している。

当センターは環境影響評価手法研究の一部を継続して受託している。平成 25 年度は、開発に際して想定されうる環境影響要因のうち、海底面からのメタン漏洩ならびに生産水の排出を対象とし、これらが海洋生態系に及ぼす影響予測および影響評価手法についての研究開発を行った。

２．実施内容と結果および課題

上記の環境影響要因を考慮し、平成 25 年度業務は、メタン等の海洋生物への影響に関する基礎研究、数値モデルによる海水中成分の拡散予測、海洋生態系への影響を予測するための生態系モデルの構築、メタン酸化等に係る微生物の分析、環境データベースシステムの改良、環境有識者会議の運営管理を実施した（図 1）。

本発表では、海洋生物を対象としたメタンの生態毒性試験、数値モデルによる海水中成分などの拡散予測、生態系モデルの構築、微生物分析について報告する。

2.1 海洋生物を対象としたメタンの生態毒性試験

メタンの生態毒性試験は、溶存酸素濃度を生物の生存に影響のない 6mg/L 以上に維持し、1 気圧で溶解できる溶存メタン濃度 17mg/L までを試験区の条件として、植物プランクトン 2 種(*Dunaliella tertiolecta*(緑藻類)、*Isochrysis galbana*(ハプト藻))、動物プランクトン 1 種(*Tigriopus japonicus* (シオダマリミジンコ) のノープリウス幼生)、魚類 1 種(マダイの稚魚)に対して行った。その結果、いずれの生物ともに溶存メタンに対する明確な影響は認められなかった。

今後は成体等に比べ脆弱であり、環境変化に対してより敏感に反応することが知られている海洋生物の卵や胚への影響も確認する必要がある。

2.2 数値モデルによる海水中成分（メタンガス）などの拡散予測

平成 24 年度までに構築したメタン拡散予測モデルを用いて、環境条件に今年度実施された海域環境調査の結果を使用して複数ケースの計算を実施した。その結果、放出ガス量と気泡サイズの関係では、気泡サイズが小さく放出ガス量が多いほど溶存態メタンの濃度が高くなる傾向が示された。一方、鉛直方向への拡散は浮力との関係から気泡サイズが大きいほど範囲が広がる傾向が示された。また、感度解析の結果から、高濃度の溶存態メタンおよび無酸素水が発生する条件として、多量のガスが放出されることに加え、流速ゼロの流動条件が必要であることが示された。

2.3 生態系モデルの構築

第 1 回海洋産出試験が実施された冬季を対象として、光合成生態系を対象とした再現計算を実施した。光合成生態系モデルによって計算された植物プランクトン、動物プランクトン、バクテリア、栄養塩類および溶存酸素は動物プランクトンの摂餌に関するパラメータを調整することで調査結果と合致する結果となり、第二渥美海丘の光合成生態系をおおむね再現できた。この再現結果を利用し、生産水の排出に伴う光合成生態系への影響について試算を実施した。その結果、生産水中のアンモニア濃度を高濃度に設定した場合には、ピコプランクトンの現存量が増加したが、珪酸濃度を高濃度に設定した場合には、珪藻の現存量に変化は認められなかった。

一方、夏季、冬季および春季の第二渥美海丘の底層生態系を対象とした再現計算も実施した。各季節ともに、底層域生態系モデルによって計算された各ベントスおよび堆積物中バクテリアは、調査結果と合致する結果となり、第二渥美海丘の底層生態系をおおむね再現できた。

2.4 微生物分析

海洋産出試験の水柱および底層生態系に対する影響を検討するための指標として、海洋産出試験後の第二渥美海丘海域における海水中と堆積物中のメタン酸化等に係る微生物の分析を実施した。産出試験前から試験後にかけて、好気性メタン酸化細菌の遺伝子数と堆積物中のメタン濃度には有意な相関関係があり、堆積物中のメタン濃度モニタリングのために好気性メタン酸化細菌は有効であることが示された。

今後は、未分析の海水および堆積物試料を分析することにより、第二渥美海丘における海産試験前後の微生物相の季節変化を含めた全体傾向を把握することが重要である。

本研究は MH21 の研究活動の一環で行ったものである。

