

Engineering

石油開発環境安全センター
設立15周年記念特集



目次

Engineering
Advancement
Association
of Japan

石油開発環境安全センター(石油センター: SEC) 設立15周年記念特集

祝辞 1
石油開発環境安全センターの
15周年に寄せて

広瀬 研吉
経済産業省 原子力安全・保安院長

SEC設立15周年記念座談会 2
21世紀における石油センターの
役割と事業の展望について

渡辺 道明
経済産業省 原子力安全・保安院 鉱山保安課長

田中 彰一
東京大学 名誉教授

牧 武志
帝国石油(株) 代表取締役副社長/運営会議・前委員長

寒河井 正
石油資源開発(株) 代表取締役副社長/運営会議・委員長

入澤 博(司会)
当協会常務理事 石油センター 所長

石油センターに対する想い 10

茅 陽一
財団法人地球環境産業技術研究機構 副理事長・研究所長

落合 俊雄
独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 副理事長
(元 石油センター運営会議委員)

成田 英夫
独立行政法人産業技術総合研究所 メタンハイドレート研究ラボ長
(MH21 コンソーシアム 生産手法開発グループGL)

大野 健二
独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
石油天然ガス開発技術R&D推進グループリーダー
(MH21 コンソーシアム 資源量評価グループGL)

駒田 広也
財団法人電力中央研究所 首席研究員
(CO₂地中貯留 想定モデルWG 主査)

梶岡 雅俊
帝国石油(株) 代表取締役社長
(元 石油センター 企画委員会委員長)

岡 健司
(株)日本海洋生物研究所 代表取締役

山口 健
川崎地質(株) 特別顧問(石油センター 初代所長)

大関 眞一
日本鉱業協会 専務理事(石油センター 2代目所長)

今後の石油センターに 11
期待すること

石油センターの 14
事業の歩みと今後の展開

SEC事業紹介

石油開発環境保全の実現 16
(廃止坑井の位置確認事業)

海洋石油開発と 18
環境問題について

天然ガス資源の安定供給 20
(天然ガスパイプラインを巡る動向)

メタンハイドレート 22
開発促進事業
(環境影響評価に関する研究開発)

二酸化炭素地中貯留 27
技術開発の展開

石油センター事務局より 33



[表紙]
JOIDES Resolution
(独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構提供映像)

この船は、地球環境変動の解明、地震発生メカニズムの解明及び地殻内生命の探求等を目的とした国際プロジェクトIODP(Integrated Ocean Drilling Program:統合国際深海掘削計画)において運用され、日本、アメリカを始めとした世界各国が協力し、海洋科学掘削を実施している。日本国周辺でメタンハイドレートの賦存有有望視されている地域の一つである東海沖～熊野灘における平成15年度海上基礎試験「東海沖～熊野灘」においてJOIDES Resolution 号を用いた掘削作業が実施された。

石油開発環境安全センターの 15周年に寄せて

経済産業省 原子力安全・保安院長

広瀬 研吉



この度、石油開発環境安全センターが発足15周年を迎えられましたことを心からお慶び申し上げます。貴センターは、石油開発に伴う環境保全、保安確保に携わる我が国唯一の機関として平成3年11月に発足以来、これまで種々の調査研究、情報提供などについて精力的に取り組まれ、順調な成果を挙げてこられました。

石油開発技術は日々発展し、遠隔化・大水深化といった立地条件での操業が可能となり、また、生産を終了した坑井の状況に応じた封鎖措置の検討が必要となるなど操業環境は変化しています。石油・天然ガスの探鉱、開発では、このような状況の変化を見据え、保安の確保と環境保全に取り組むことが求められます。

現在、石油開発環境安全センターでは、こうした操業環境の変化により生じる課題に積極的に取り組まれているところであり、今後取りまとめられる成果には、新たな鉱山保安制度に導入されたリスク・マネジメントの視点が最大限反映され、事業者の自主的な取り組みによって高水準の保安が確保されるものと期待されます。

石油開発環境安全センターはこのような環境変化に対応すべく、積極的な活動を展開されていますが、これまでの15年の実績を基に今後益々発展されることを祈念致します。最後に、石油開発分野の環境、安全に携わる関係各位におかれましては、今後とも鉱山保安施策に関する一層のご理解、ご協力を賜りたくお願い申し上げます。

21世紀における石油センター（SEC）の役割と事業の展望について



渡辺 道明（わたなべ みちあき）

1980年東京大学理学部地学科卒業、81年東京大学大学院理学系研究科中退、同年経済産業省入省。97年製造産業局鉄鋼課企画官、98年内閣情報調査室内閣調査官、2001年資源エネルギー庁資源燃料部石油流通課企画官（LPガス担当）、2002年九州経済産業局環境資源部長、2004年中小企業基盤整備機構経営基盤支援部長、2006年原子力安全・保安院鉱山保安課長に就任し、現在に至る。

入澤 石油センター（SEC）は、この11月で15周年を迎えました。設立の背景には、石油開発や輸送をめぐる大規模な事故の発生、それにとまなうリスク意識の高まり、安全規制における行政需要の増大などがあつたと聞いています。現在は、この分野に関する行政需要に対応する主要な専門機関として、石油開発に関する調査・研究を中心に幅広い事業を展開しています。

21世紀に入って、環境問題の深刻化、原油価格の高騰、アジアを中心とした世界的なエネルギー需要の増大など、エネルギー情勢は不透明な状況が続いています。また、鉱山保安行政、特に最近改正された鉱山保安法においては、事業者の自主保安の確立という方向性が打ち出されました。こういった状況をふまえて、この15年間のご感想をお伺いしたいと思います。

田中 SECは、石油開発の上流部門における調査・研究機関としては、石油鉱業連盟、天然ガス鉱業会、石油公団石油開発技術センターについて、日本で4番目に設立された機関です。その中でも、常に開発と一体となってサポートし、環境保安の面から石油開発の上流部門をしっかり見守っている唯一の機関であり、時代を先取りした適切な設立だったと思っています。

地球温暖化の問題も、エネルギーを燃やすことによって発生するCO₂対策を技術的に補うための取り組みなど、この15年間で徐々に環境に重点を置くような形で健全に発展してこられました。

渡辺 SECは石油開発にとまなう環境保

全および保安確保のための専門機関を設立するというスタートしたわけですが、CO₂貯留やメタンハイドレートも含めて、非常に注目される活動をされていると思います。幾つかの分野ではSECが最も信頼できるという定評もあり、関係者の方々の努力の賜物と考えています。

1949年に制定された鉱山保安法は、2004年の抜本的な大改正がなされるまでに22回の改正を行っていますが、最後の実質的な大改正を行ったのは三池炭鉱の災害を契機とした1964年であり、今回の改正は、それ以来、40年ぶりということになります。今回の大改正では、その後の坑内掘り石炭鉱山の大幅な減少や保安水準の向上など鉱山保安を巡る状況変化を踏まえ、リスクマネジメントの導入、一律・事前の規制の大幅な整理・合理化、規制の大括り化を中心に改正が行われました。

今後、SECにおいて調査が行われ、とりまとめられる成果には、そうしたリスクマネジメントの視点が最大限反映されることが期待されます。また、本年3月に、海洋投棄可能物の限定列举と環境影響評価等に基づき許可を発給する仕組みを取り入れたロンドン条約の96年議定書が発効し、我が国も締結を目指し国内体制が整備されたことから、現在、中央鉱山保安協議会石油鉱山保安部会において、海洋掘採施設等の撤去に関する最新の技術動向、海洋汚染防止法等の規制の動向等を注視しつつ、我が国における鉱業権者が講ずべき適切な措置方法等の検討を行っているところです。そういった面でも、行政にとってSECの協力は不可欠だ

出席者：渡辺 道明 経済産業省 原子力安全・保安院 鉱山保安課長
田中 彰一 東京大学 名誉教授
牧 武志 帝国石油(株) 代表取締役副社長 / 運営会議・前委員長
寒河井 正 石油資源開発(株) 代表取締役副社長 / 運営会議・委員長
(司会)：入澤 博 当協会常務理事 石油センター 所長

と考えています。

入澤 ありがとうございます。続いて、石油開発ビジネスの観点からお願いします。

寒河井 弊社には今、海洋パイプラインの計画があり、環境面など一企業ではなかなか調査しづらいようなことも含めて、SECが実施しているさまざまな事前調査が時期を得たものと思っています。

最近の石油開発をめぐる情勢は、原油高を反映して新たな鉱区への参入がかなり難しい状況です。その中で我々が鉱区をとるためには環境対策が不可欠なので、諸外国に遅れをとらないようSECに先導していただけると助かります。

牧 先ほど、生産終了後の海洋施設の廃止についての話が出ましたが、実は当社のいわき沖のプラットフォームが来年にも生産終了する予定です。このプラットフォームは、過去に廃止された同種のもの比べ、世界最大のものとなる予定です。現在、SECにおいて、さまざまな方面の協力を得て、国の委託で海洋掘採施設撤去等に関する調査を行っているところであり、実務的にも大変ありがたく、SECの役割に大いに期待しております。

我が社では5年前に、従来保安室と言っていたものを環境安全部と名前を変えました。これは、環境問題の認識の高まりという最近の動きに押されてという感じでした。それと比べて、15年前にSECを設立されたその先見性に改めて敬意を表す次第です。

石油開発の動向と天然ガスへのシフト

牧 石油開発の動向に関しては、ICEP ニュース(石油開発情報センター)の2005年12月に「LNGの動向とその原油価格への影響」というレポートを書かさせていただきましたが、ポイントは原油から天然ガスへのシフト、LNG輸出入国の拡大、原油価格への影響の3つです。

世界のLNG貿易は、2004年で1億2900万トン。このうち日本が5600万トン、韓国と日本で約7割を占める、非常に限られた国・地域の取引で、現在、新しい国・地域がその輸出に加わってきており、エジプト、サハリン、アフリカのアンゴラ、ロシア、中南米などで、大規模なLNG開発が計画されています。

2番目の特徴ですが、輸入の方も、アメリカ、ヨーロッパ、インド、中国などで新しい受入れ基地が多数建設中、あるいは計画中です。今後LNG貿易は、日本を中心としたアジアだけに限定されたものから、輸出、輸入ともにプレイヤーが大幅に増え、その結果LNGも徐々に原油と同じような商品になっていくのではと考えています。

3番目は、今後原油を含めた化石燃料の中でのLNGのウェイトがどんどん大きくなっていき、それが原油価格にも影響してくるのではないかとということです。LNGは、原油に比べるといわゆるR/P、可採年数が約5割も多く、既発見未開発のガス田も世界にたくさんあります。しかも価格差が大きく、最近の国内データでも、熱量で比較すると石油はLNGの1.6



田中 彰一(たなか しょういち)

1957年東京大学工学部を卒業し、同年帝国石油(株)に入社。60年東京大学工学部助手。その後講師、助教授を経て83年教授。95年停年退職。同年東京大学名誉教授。石油技術協会および日本地熱学会名誉会員。石油学会顧問。



牧 武志(まき たけし)

1967年帝国石油(株)に入社。93年理事、生産部長。95年取締役新潟鋳業所長、99年常務取締役、2002年専務取締役国内本部長、パイプライン建設本部長に就任。2005年代表取締役副社長に就任し現在に至る。新南海石油開発(株)取締役、磐城沖石油開発(株)代表取締役社長、オハネットオイルアンドガス(株)取締役、帝石コンゴ石油(株)取締役、国際石油開発帝石ホールディングス(株)取締役を兼任。

~1.7倍。日本国内でも劇的なガスシフトが起こっており、今後はアメリカも似たような動きになっていくでしょう。このガスシフトが原油価格の低下をもたらす可能性が十分にあると考えられます。我々も、今後は原油の開発とあわせて、天然ガスの開発にもっと注目すべきだと考えています。

入澤 寒河井副社長は、国内でガス開発を手がけておられますが。

寒河井 国内でも今、原油高の影響で石油からガスへの需要者の変化が著しく、ガスの供給がかなりタイトになっています。ただ国内のガスは海外ほど潤沢ではないので、やはりLNGの手当がある程度追求していかなければ、需要に追従するのは難しい状況です。

海洋石油・ガス開発の展望

入澤 天然ガスの開発も含めて、海洋の石油開発の展望という観点からお話を進めさせていただきます。現在、排他的経済水域の設定や大陸棚開発など、日本近海での資源開発が非常に注目を集めています。特に、深海域や遠隔地海域での必要性が高まっていますが、これに対してどのような考えをお持ちでしょうか。

渡辺 鉱山保安の関係で申し上げますと、これまでの石油・ガス開発は陸上から非常に近い海域でしたが、現在、遠隔地域における石油開発が企業によって実施されつつあります。従来にない立地条件での操業が予想されるため、鉱山保安のあり方も整理する必要があり、SECのご協力も得て、今後開発することも見込まれる東シナ海などの遠隔海域石油開発における操業にかかわる環境保全や労働安全に関する調査・研究を、しっかりやっていきたいと考えています。

田中 私も技術者のひとりとして、日本の海洋石油開発で「海底仕上げ」をぜひやってほしいと、20年以上前から思っています。そういうチャンスが日本近海であるとしたら、平成11年度基礎試錐「三陸沖」は水深857メートルの箇所掘削されガス層を発見しました。それに引き続き平成12年度基礎試錐「南海トラフ」も水深945メートルで掘削しメタンハイドレート層を発見しました。これらの海域が「海底仕上げ」の候補にあがると思いますが、将来は更に多くの「海底仕上げ」の候補地が出てきて、日本の技術水準も上がるのではないかと期待しています。

海洋石油開発における作業の安全と環境保全

田中 1988年に起きた北海油田の重大事故の後、非常に海洋関係の保安技術が向上したと言われており、その辺についても、SECにおいて、かなり厚い報告書がまとめられています。

北海の中でも、イギリスとノルウェーでは少し異なった考えで進められています。イギリスのセーフティーケースでは、各民間会社が操業対象ごとに目的に適した保安目標をつくって申告し、行政側が許可を出すという方式で、審査を石油会社で働いていた熟練のエンジニアが補助しています。それにより実効性のあるシステムが機能しており、それに比べると日本はかなり遅れているという印象がありました。

保安に関しては、平成9年度から平成11年度にわたって、海洋石油開発にかかわる作業の安全と環境保全というテーマで、ワークショップをやったことがあります。SECとCCOP(東・東南アジア地

球科学計画調査委員会)の共同主催で、参加者は韓国、中国、それからインド、ベトナム、フィリピン、マレーシア、タイなど、CCOPの参加国。東南アジアの人々に聞くと、彼らはメジャーと一緒にやっているので、大体セーフティーケース並みのシステムをもっており、日本が一番遅れているという印象を受けました。その後、思い切って、鉱山保安法の大改正をしていただいて、非常によかったと思っています。

寒河井 海底仕上げについては、今後の海洋資源開発においても必要な技術だと思います。日本でも海底仕上げの実績を重ねて、いずれ本当に遠隔地でも1つのベースをもとにして、海底仕上げで探鉱していくべきだと考えています。

田中 付け加えますと、海底仕上げをするには漁業等との間で調和をとることが必要です。北海を調べますと、トロール網が海底仕上げの構造物にぶつかっても網が切れず、構造物も破損しない、オーバーローラビリティーのあるシステムを採用しています。SECでも模型をつくって水槽実験を行い、オーバーローラビリティーの基礎的な技術は習得しました。また海底構造物が漁礁として役に立つのではないかといたシミュレーションも実施しました。そういったことが今後生かされて、実際の技術につながっていけばよいと期待されます。

牧 以前、いわき沖にある我々のプラットフォームの近くにガス田が見つかったので、それを海底仕上げにして、今のプラットフォームにつなぎ込むという計画を立てました。4分の1モデルの実物模型をつくり、SECと共同でオーバーローラビリティーの実験を実施し、漁業関係者の理解も得つつあったのですが、残念ながらその時点では採算性の問題で、実

現には至りませんでした。これだけ油の値段が高くなっている今なら、また話は違ったと思います。

一方で、今、オーストラリアの沖合で国際石油開発が、イクシスというガス田を発見して、これをLNGにするためのスタディをやっています。ここは水深が250メートルから300メートルで、海底仕上げを一部取り入れることになると思います。オペレーターは国際石油開発で、我々もサポートすることになりますが、いわき沖での経験を役立てられると思っています。

メタンハイドレート資源開発

入澤 海洋石油開発については、我が国においても、メタンハイドレートの開発に向けていろいろな調査・研究が進められており、私どもも環境影響評価の観点から参画させていただいております。これを中心になって進めておられる田中先生、コメントをお願いします。

田中 エネルギー資源全体を、品質、開発技術が確立しているもの、まだ研究中のもの、あるいは予測される資源量などを総合して、図面にあらわした資源ピラミッドが、1900年代半ばごろアメリカで出されました。頂点から底辺に向かうに従って技術が難しく、開発リスクも高いが、量的には多いということを表現しています。ピラミッドの一番先端に位置しているのが、在来型の石油と天然ガス。その下に、石油では低浸透率層の油、オイルサンドを含む重質油、天然ガスとしてはタイトガス砂岩(浸透率の小さい砂岩層のガス)、CBM(コールベッドメタンガス)、ガスシェールなどが配置されています。一番下の底辺に石油ではオイルシェールが、天然ガスではメタンハイドレ



寒河井 正(さがい ただし)

1967年東京大学工学部資源開発工学科を卒業し、同年石油資源開発(株)に入社。95年生産部長、97年取締役生産部長、99年取締役長岡鉱業所長に就任。2002年常務取締役開発本部長、2004年専務取締役開発本部長。2005年専務取締役執行役員 開発本部、専務取締役執行役員海外本部副本部長。2006年代表取締役副社長執行役員に就任し、現在に至る。日本海洋石油資源開発(株)顧問、同取締役兼任。

トが位置づけられています。オイルサンドはかなり日常的に生産されるようになってきており、その他の非在来型資源も底辺の2つ以外は経済的に生産される地域が増加しています。

我が国には、非在来型に属する資源が非常に少なく、CBMは今北海道で試験中ですが、それを除けば、メタンハイドレートしかないのが現状です。

1995年の「第8次国内石油および可燃性天然ガス資源開発5カ年計画」にメタンハイドレートの調査が盛り込まれました。そこで、基礎試錐「南海トラフ」の調査の一部として行われ、深度1150メートルから1200メートルのところでメタンハイドレートを含む砂層を見つけました。当時、海洋におけるメタンハイドレートを含んだ砂層の存在は予想されていましたが、それがはっきり実証されたのは南海トラフが最初でした。それで、急に皆さんの関心が高まりました。

メタンハイドレートを海洋で調査する前に、石油開発8社共同で「メタンハイドレート開発技術」研究が行われ、基礎的な研究から、圧力・温度を保持してコアが採取できるコアサンプル採取器(PTCS)の開発などが行われました。また地層内のメタンハイドレートを実際に掘削して手にとって調査してみることが重要であることから、1998年にカナダ北部のマッケンジーデルタでメタンハイドレート調査井を国際共同研究で掘りました。これららの努力が基礎試錐「南海トラフ」での成功につながり、世界的に評価されたのだと思っています。

平成13年7月にエネ庁から「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」が発表されました。開発目標6項目のうち、最初の1から5までは時系列的に並んだもので、6番目が環境保全に配慮したシステ

ムを確立するというもので、開発技術と平行して、第三者的な立場で環境に配慮したものを研究して行くことが必要であるということで、SECにお願いすることになったと聞いております。冒頭で申し上げましたが、石油開発の上流部門の調査・研究機関として、独自の立場をとっておられるように、メタンハイドレートの開発にもその視点から貢献しておられます。

寒河井 当社は南海トラフの鉱区を持っている関係で、JOGMEC(独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構)が中心になって取り組んでいる「メタハイ21」の大きな柱である資源量調査のお手伝いをしています。南海トラフで、メタンハイドレートの存在を示すと思われていたBSR(海底擬似反射面)が観測されている地点や観測されていない地点で実際に井戸を掘り、それぞれの結果を突き合わせて、メタンハイドレートとBSRの関係をほぼ明らかにし、日本近海、日本を取り巻く海でのメタンハイドレートの量についておおよそ検討をつけるところまで来ました。今後、JOGMECがマッケンジーデルタ(カナダ)で実施する、第2回の産出テストについても、開発業界としてはできるだけのお手伝いはさせてもらってもいいです。しかし、メタンやエタンを含んだハイドレートを溶かすのは我々石油鉱業の現場で経験していますが、なかなか容易ではなく、地下でガス化してうまく出すのは現時点では課題が多いと思っています。

田中 資源ピラミッドの一番底辺に位置づけられてあることから分かるように、基礎的に研究すべき課題や未開発の技術的部分が多く残されており、これからの資源であると考えています。

渡辺 まだまだ課題はありますが、この

プロジェクトの中で非常に参考になる新事実も分かってきたので、SECで実施されている環境影響評価の進捗状況なども勉強させていただきながら、いろいろ検討していきたいと考えています。

地球環境対策と 二酸化炭素地中貯留

入澤 少し論点を変えて、地球環境対策という観点からお話をいただきたいと思えます。

SECにおいても、地球環境対策ということで、かなり以前から二酸化炭素地中貯留技術開発に取り組んでいます。これ以前にも、平成5年に田中先生のご指導のもとで取りまとめた二酸化炭素地中処分調査がありましたが、これはCO₂の地中貯留が知られていないころから手がけられた先駆的な事業でした。また平成12年から国家プロジェクトとして、RITEでCO₂の地中での挙動把握のための研究開発が始まっています。具体的には、帝国石油の長岡岩野原基地でCO₂圧入実証試験を進め、世界的に見ても極めて大きな成果を挙げてきた流れがあります。

そこで、このプロジェクトを中心となって進めてこられた田中先生に、お話を伺いたいと思えます。

田中 SECができる前に、エン振協の技術部でCO₂の有効利用を2年ぐらい研究したことがあります。三菱重工の方がアイデアを出されて、日本でCO₂を液化して、それを中東に持って行ってEOR(Enhanced Oil Recovery)に使おうという研究でした。それをCO₂処分関係の国際会議(1st ICCDR、1992)で発表しました。その後、国内の油田でどれくらい可能性があるか検討することになりましたが、やはり国内の油田は小さいのでEOR

では大量に処分できないだろうという結論に達しました。次に、天然ガスの地下貯留は、帝国石油をはじめ、ほかの企業も取り組んでおられますので、その技術に応用しようということになりました。我が国独自の資源である水溶性天然ガスはメタンが地層水に溶けているものですが、CO₂はメタンよりもっと地層水に溶ける可能性があるのではないかとということで、これらを含めて3年間調査が行われました。1994年に京都で行われた2nd ICCDRで発表しました。

現在ではCO₂を地下の地層に入れる試みは、北海のスレーブナー、アルジェリアの砂漠のインサラ、オーストラリアの海洋のゴルゴンで、ガス開発で出てきたメタンから分離したCO₂をその場で入れるということが実際に行われ、あるいは計画として検討されています。これは非常に経済的だと思いますが、日本の岩野原プロジェクトは、ガス開発とは無関係に地下深部塩水層に入れようという実験です。1万トンの非常に小規模なプロジェクトでしたが、世界に勇気を与えたという意味で、有意義だったと思います。

入澤 このプロジェクトは、帝国石油から長岡のフィールドをご提供いただいておりますし、石油資源開発にはSECの事業の中で、多くの研究者にご参加いただいています。それをふまえて、両副社長からコメントをお願いします。

牧 このプロジェクトは、単斜構造の中にCO₂を入れて、その後のCO₂の挙動を観察することが重要なテーマです。単斜構造の水層にCO₂を圧入すると、徐々に構造上方に向かって移動することが予想されますが、地層の中のCO₂がどういう状態にあるのか、どのように拡がっていくのか、それを引き続きモニターしていきます。ここまで詳細に追いかけるプロ

ジェクトは、世界でも例がなく、その意味でも非常に意味のあるプロジェクトだと思っています。

寒河井 入れたガスの状態を調査する手法として、日本で初めて4Dサイスマックを採用しました。通常は構造形態を深く調べるために3Dサイスマックを使いますが、それに時間的な変化を加え、次元を1つ上げたものです。さらに、坑井間弾性波トモグラフィーなども応用して、さまざまな技術的検証ができたと思っています。

通常、枯渇ガス田にガスを圧入する場合は、十分なシール能力があるという前提で入れますが、ガスの入っていない水層の上のキャップロック(泥岩のシール層)にどれだけシール能力があるのか、不安もありました。その辺も十分検討した上でガスを入れて、これをモニターすることは、本当に重要なことだと思います。

田中 CO₂が外部に漏れないように地層内にとどめておくトラッピング機構として、2年ぐらい前から、ガス残留飽和率をもう少し見直したらどうかという意見が出ています。岩質によっては、ガス残留飽和率で残る量の方が、浮力などで移動する量より多いのではないかとこの研究もあります。普通の天然ガスの地下貯留では、浸透率、孔隙率がいい岩質を選ぶわけですが、かえってそうではないところの方が残留ガス飽和率が高くなっていいのではないかなど、いろいろな新しい説が出ており、今後、科学的にも楽しい領域だと思います。

地層に貯留したCO₂が1000年後、1万年後に漏らないように貯留すること考えると、今までの石油開発、ガス開発に使っていたシミュレーターとはまた違った機能が要求されます。そういう意味でも、



入澤常務理事

技術の進歩に非常に刺激を与えるプロジェクトだと思えます。

リスクマネジメントへの主体的な取り組み

入澤 事業者への自主保安という形で施行された鉱山保安法の大改正をうけ、さらなる自主保安対策確立に向けて、受託調査や基準づくりのお手伝いをしております。特にパイプラインの保安では、欧米のリスク評価手法を取り入れた調査・研究などにも取り組んでいます。今後どういった方向に向かうのか、鉱山保安法を担当している渡辺課長から、コメントをいただければと思います。

渡辺 鉱山保安の監督は国が実施しており、原子力安全・保安院鉱山保安課が担当し、地方機関として全国9カ所に産業保安監督部を配置して、監督にあたっています。新たに鉱山保安制度に導入されたリスクマネジメント手法については、特に中小鉱山の方々にその考え方をどう普及していくかを大きな課題として、日々いろいろ取り組んでいるところです。

先ほどお話がありました天然ガスパイプライン供用後の維持管理について、先般SECの方で欧米の調査をしていただきましたが、欧米と日本の事情はかなり違うこともわかり、そのまま日本に導入できるものではないという課題も明らかになった状況です。個々の企業においても参考になると思いますが、我々も政策の役に立てていきたいと思っています。

寒河井 企業が一度大きな事故や環境問題を起こしたら、企業としての価値が下がってしまうため、環境あるいは保安には、自主的に力を入れる必要があることは、我々も十分認識しています。我々はリスクがわかっているならば、それなりの対

応はできるのですが、実は今、想定外のこと結構起こっています。例えば、北海道沖の地震で長周期振動により起こった石油タンクのスロッシングや、大丈夫だと思っていた路盤が突然の集中豪雨でやられるなど、我々がどんなリスクを抱えているのか、なかなか想定できません。できれば、石油鉱業だけではなく、電力やガス業界がどういうリスクを想定して事業計画を立てているのか、あるいは海外の大きなメジャーはどんなリスクを想定しているのか、その辺の情報があれば、我々としてもありがたいと思います。

牧 5、6年前から社内でも起きた大きな事故・トラブル寸前のアクシデントをヒヤリ事故と定義してカウントしていますが、従来のような保安活動をやっている、ヒヤリ事故の数がなかなか減らないんですよね。逆に言うと、大事故が起こる確率がかかなり高い状態にあるということで、従来の保安活動だけではこの壁を破れないのではないかと考え、労働安全衛生マネジメントシステムを導入し、プラン・ドゥー・チェック・アクト、PDCAのサイクルを回すことでスパイラル状に安全レベルを上げていこうという取り組みを始めました。同じ頃、同様な考え方をベースに鉱山保安法の改正があり、自分たちが取り組もうとしていたことが法律でバックアップされて心強く感じました。

ヒヤリ事故も含めた事故災害の原因のひとつに、操作ミスがあります。ある仕事をするためバルブを開け、仕事が終わった後、バルブを閉めるのを忘れてしまうといったたぐいの操作ミスは、通常の保安活動ではなかなか根絶できません。従来のやり方では、バルブ操作時は指差呼称で確認しなさいと指導しますが、それが実際に守られているかどうかを確実にチェックするステップが事前に組み込

まれていませんでした。

当社のある鉱場の例ですが、バルブ開閉ミスで深刻な問題を起こし、その反省をふまえてこれからは相互にチェックしようということになりました。操作時に開閉札の操作と指差呼称を決められたとおり実施しているかどうかを、オペレーター同士が相互にチェックし、できていない人がいたらヘルメットにイエローカードをつける。イエローカードを3つもらったら反省文を書く。こんな取り組みをしたのです。

行き過ぎかと思われるかもしれませんが、労働安全衛生マネジメントシステムと言うからには、実際にやられているかどうかをはっきり確認する「C」(チェック)が肝で、「C」が確実なら、有効な「A」は自らついてきます。

この労働安全衛生マネジメントシステムを導入してから2年半たちますが、残念ながら現時点で大きな成果が上がっているとは言えません。しかし、従来の取り組みとは次元が1つ違うので、これを続けていけば、必ず今までとは違う結果が出てくると信じています。

田中 この問題には、従業員教育も関係してくると思います。SECで3年にわたって北海の石油会社の教育体制について調べたことがありますが、職種によって必要な教育があり、それを受けて試験に合格しなければ職場にいられないというやり方を徹底していました。日本のように画一的なものではなく、目的に合わせた教育です。日本の石油開発産業は従業員の数が少ないので、なかなか難しいと思いますが、今後、遠距離地域や深海など、技術的な環境条件が難しくなると、きちんとした教育体制をつくって有資格者を充てていくことが、さらに重要になってくるのではないかと思います。



牧 補足ですが、ここ数年、日本国内で起こった大きな事故の調査をしたところ、事故原因の7～8割はヒューマンエラーだという結果が出たそうです。先生が言われた教育と、ヒューマンエラーをどうしたら減らせるのかに関しては、訓練と内部監査が肝であると思います。すなわち仕事に関する一般的な知識を教育するとともに、その仕事に関して過去に起きた事故・トラブルの原因と対策を教え込み、さらに繰り返し訓練することでしっかりしたスキルを身につけさせる。そして内部監査によって各オペレーターが十分な知識とスキルを有していることを定期的に確認していくことが重要ではないかと思えます。

田中 おっしゃるとおりだと思います。

石油センターへの期待

入澤 最後に、これからのSECの事業を

どのように進めていくべきかなどにつきまして、ご意見、ご要望をいただければと思います。

渡辺 SECは我が国の石油開発の環境安全に関する唯一の調査機関であり、これだけの実績を積み重ねています。これを中核にしなが、今後もいろいろな事業に取り組んでいただきたいと思います。これまでの成果についてのPRや情報発信に、もう少し力を入れてもいいのではないかと思います。

寒河井 私は随時さまざまな要望を出し、弊社からも研究員を出させてもらっていますので、現場からのニーズ等をこちらに伝えていくために、今のシステムを継続していただきたいと思います。

牧 環境と安全は、我々石油開発業界・会社の持続的発展のカギを握っていると認識しています。そういう意味で、海外も含めた他社の環境保全、あるいは安全確保への優れた取り組みについて、ぜひ

情報収集し、水平展開していただけるとありがたいと思います。

田中 石油開発業界の環境安全を取り扱うシンクタンクであるためには、開発側と距離をおいた第三者的な立場をとる必要があると思います。SECの研究員には、石油開発の方はもちろん、さまざまな業界の方がおられるので、今まで石油業界が持っていなかった考え方、見方が出てくるのだと思います。新しい環境安全の芽を育てていくには、やはりそういった新しい視点を入れていくことが必要です。そういう意味でSECは非常に貴重な存在であり、それをきちんと育てていただきたいと思います。

入澤 本日は、いろいろ貴重なご意見、まことにありがとうございました。

石油センターに対する想い

石油センターの15周年を迎えるに当たり、各方面でお世話になっている方々から「石油センターへの想い」を書いていただきました。

茅 陽一 財団法人地球環境産業技術研究機構 副理事長・研究所長



石油開発環境安全センターが 設立15周年を迎えられたこと 心よりお祝い申し上げます。貴センターには、私どもの二酸化炭素地中貯留技術開発事業に関して多大のご協力をいただき、おかげで大きな成果を得ることが出来ました。この技術は、わが国でも世界でも、今後の温暖化の抑制に大きな役割を果たすことが期待されており、私どももこの技術の実用化に一層の努力をしたいと考えておりますが、このためには、地中資源開発に関する貴センターの豊富なご経験がなんといっても大きな力で、これからますます私どもとの研究協力を強めていくことをお願いしたいと存じます。貴センターの今後のご発展をお祈りいたします。

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 副理事長
(元 石油センター運営会議委員)

落合 俊雄

私は、新日本製鐵(株)でエンジニアリング部門を担当していた平成16年度に運営会議委員として、石油センターの運営にかかわらせていただいた。当時、石油センターが取り組んでいたテーマの中でも、産業技術総合研究所、JOGMECと研究コンソーシアム(MH21)を組んでいるメタンハイドレートの環境影響評価調査、及びRITEと共同で行っている二酸化炭素地中貯留技術研究は、今でも記憶が鮮明である。

いずれも、将来のエネルギー問題の解決にとって重要な、また息の長いプロジェクトであり、運営会議での報告を聞きながら、所期の成果の挙げることを強く期待していた。

これからも、石油センターが他機関との連携を密にし、石油開発における環境保全の調査・研究に積極的に取り組まれることを願っている。



メタンハイドレート資源からの天然ガス生産の実現は、わが国の長期的なエネルギー安定供給と自給率の向上のみならず、地政学的な観点からも極めて重要なものとして位置づけられる。わが国周辺海域のメタンハイドレート胚胎層は深海海底下に広く存在し、未固結な砂質堆積層である場合が多い。このため、生産に伴うメタンハイドレート層の強度や圧密変形特性などの力学特性の変化を十分把握しながら開発を進めることが極めて重要である。それらの現象が長期的に海底面に及ぼす影響、それに伴う海底環境、海洋環境への影響を評価できるのは石油センターをおいて他になく、その総力の結集により環境保全に配慮したメタンハイドレート開発技術が確立されることを期待したい。

独立行政法人産業技術総合研究所 メタンハイドレート研究ラボ長
(MH21 コンソーシアム 生産手法開発グループGL)

成田 英夫

資源機構JOGMECとエン振協並びに独立行政法人産総研は平成13年度よりMH21研究コンソーシアムを組成し、経済産業省からの受託事業である「メタンハイドレート資源開発研究」を推進しています。3つの組織は各々得意分野を中心に分担・協力し合いながら事業を進めているところであります。メタンハイドレートは日本周辺では水深1000m以深の海洋底から数百メートルの地層中に、また極地地方の永久凍土の下の地層などに存在しています。経済産業省の策定された「メタンハイドレート開発計画」では日本周辺のメタンハイドレートを将来の資源と位置づけ、そこからのメタンガス生産の現実化を目指しています。そのためにはメタンハイドレートの賦存状態の把握、資源量の評価、融解メカニズムの解明と生産方法の開発に加えて、自然環境に与える影響を抑制しつつ、安全に生産するという点も重要になります。

エン振協 石油センターが担うこの分野の技術開発と蓄積は今後一層重要視される、環境に配慮した(所謂サステナブルな)資源の開発に欠かせないものと思しいたします。今後のさらなるご活躍・発展を期待いたします。



温室効果ガス、特に二酸化炭素(CO₂)の排出削減は緊急の課題であり、早期の実用化が期待される削減技術の一つとして、CO₂地中貯留技術の開発が国プロとして進められている。この国プロに石油センターでは2000年より参加し、私も当センターを通じて参加させていただいております。CO₂地中貯留は超臨界状態のCO₂を地下800m以深の帯水層に圧入する行為であり、これには既存の石油・天然ガスの探査、採掘技術が適用でき、また開発中のメタンハイドレート資源開発環境影響評価が応用できます。今後予定されている地中貯留の原位置実規模試験などには、当センターの会員である石油開発、地質調査、プラント設計、建設施工等の会社が一丸となって総合的に推進すべきプロジェクトである。当センターには、これら組織を指導し、わが国におけるCO₂地中貯留の早期実用化に向けた中心的役割を期待します。

財団法人電力中央研究所 首席研究員
(CO₂地中貯留 想定モデルWG 主査)

駒田 広也

今後の石油センターに期待すること

日頃お世話になっている賛助会員各社のみなさまから「SECに対するご意見・ご感想」をいただきました。

(敬称略・順不同)

これまで我が国海域における石油開発はそれほど活発ではありませんでしたが、深海を含む新しい海域の探鉱が活発化しています。また、現在 SECも参画し国が推進しているメタンハイドレート開発計画が本格的に展開されることになれば、これまでとは比較にならないほどの大規模な海洋活動が出現する事態になります。そのような活動が国民に積極的に受け入れられるように、世界中の知恵を集めて官民の活動に生かすような事業の展開を期待します。
(日本オイルエンジニアリング株) 岡田 陽

私がSECの活動を知るようになって10年余が過ぎました。

当時耳慣れないCO₂地下処分が最近では地中貯留技術と脚光を浴びようになり、また、メタンハイドレートなる言葉も最近では世の中に浸透してきたと思います。このように常に時代の先端を行くテーマとエンジニアリング技術の開発による安

全確保・環境保護をより一層充実するために更なる努力を持って事業に取り組んでいって頂きたいと願う次第です。
(東洋エンジニアリング株) 三原 重美

設立15周年おめでとうございます。SECは、石油開発の環境・安全に関する技術、システム開発を推進するスペシャリティ・センターとして、国内外の情報発信基地となることを期待します。具体的には、今まで実施された受託事業の中から、テーマを絞って、情報蓄積し、インターネットや適宜ワークショップ等を開催し、広くここにSECありと重宝されるセンターを目指して頂きたい。
(大成建設株) 安田 博和

現在の技術で生産可能な石油資源や天然ガス資源は、今後数十年で使い果たしてしまうともいわれています。これらの資源以外に、メタンハイドレートを始め、オイルシェール等の超重質油等の非在来

型石油資源が存在する。最終的に再生可能エネルギーに移行するまでの穴を埋めるために、これらは重要なエネルギー資源といえます。

非在来型石油資源を石油/天然ガス代替の燃料として利用するためには、これまで日本の石油化学プラントメーカーが培ってきた技術をもって臨む必要があり、SECが、エネルギー市場全体の流れをみて体系的に戦略を策定されることを期待します。
(石川島播磨重工業株) 中山 隆幸

二酸化炭素地中貯留技術開発において、岩野原での基礎実証試験がほぼ一段落してモニタリング作業を残すのみですが、次期の実用化に向けての作業としては、石油・天然ガスレビューVol40, No.4で大関さんをご指摘されておられるように、さらに貯留規模を大きくしての実証試験とモニタリング技術の開発を目指すのか、或いはタイプの異なる貯留サイトでの基礎実証を目指すのか、または双方を併せたものに向かおうとしているのか、石油開発分野に携わるものとして非常に注目しているところです。2015年頃の本格システム実証に向けて、残された期間

中に解決すべきことが山積みですが、弊社としてできる限り協力して、SECとともにこの事業を推進していきたい所存です。(石油資源開発株) 兼清 豊比古

「地下1,100mに圧入されたCO₂の挙動を把握せよ」これが我々に課せられた岩野原プロジェクトにおける課題です。地球温暖化防止策の一つとして注目されるCO₂地中隔離の実証試験として開始された同プロジェクトで我々はSECの下、地中に圧入されたCO₂の挙動を物理検層という手法を用いて検知することに成功しました。今後、これらの成果が温暖化防止技術開発の一助となり、我々の持つテクノロジーを通じて社会貢献が行えることを期待します。
(株)物理計測コンサルタント 渡辺 二郎

SEC設立15周年、おめでとうございます。これまでの同センターの活動に心から敬意を表します。近年我が国には、エネルギーの国家安全保障だけではなく、固有の地震国を踏まえたエネルギー施設等、グローバルな感性に基づく社会インフラの充実も、安全保障の概念の一環として必要とされています。係る観点から、

梶岡 雅俊

帝国石油株式会社 代表取締役社長
(元 石油センター 企画委員会 委員長)



石油センターはなかなかユニークな組織である。何よりもその事業を支えるメンバーが多彩である。石油は勿論のこと、鉄鋼、船舶、建設、電機等、広範な分野の専門家を糾合し、通常はそこにアカデミアも加わる。環境や安全といった価値概念をエンジニアリングするに、寧ろこれは当然かもしれない。唯、専門家も畑を違えれば所詮は一介の素人技術屋である。その道の権威からみれば、凡そ目線は外れがちである。しかし、重要なことは、そうした目線が往々にして一般市民のそれと重なることである。言うまでもなく、環境や安全の問題は、社会の受容なくして解決はありえない。そうしてみると、あまたの専門的アプローチに加え、市民感覚が自ずと織り込まれる石油センターの仕組は、優れて目的に叶っているのである。

設立以来15年の歳月を振り返り、石油センターの今日をみると、つくづくそう思う次第である。「環境は経国の大業」の感すらある昨今だが、石油センターにはこれまで通り、虚心な複眼をもって、地道に歩まれることを願っている。

もう15年、というのが正直なところの感想です。石油センターが設立されてその年に弊社が参加した業務は阿賀沖北プラットフォーム撤去に伴う海洋環境影響評価でした。石油生産施設撤去に伴う海域生態系への影響事例を諸外国へ求め、約4000もの施設を有するメキシコ湾の例が参考になったことを記憶しています。阿賀沖北プラットフォームの撤去は規模、水深ともに国内では過去に例がないものでした。問題は解体作業時に使用する爆薬が周辺生態系に及ぼす影響で、主に衝撃波と底泥の拡散が引き起こされます。米国ではイルカ、カメ等の保護動物ばかりでなく、魚類、甲殻類等に対する配慮方法も検討されています。日本では本四架橋の事例が爆発の影響を扱っており、随分参考になりました。

科学技術の発展に伴い、効率や利便さだけの追求の結果がいろいろな負の影響を自然生態系、社会生態系に及ぼすことが認識されてきました。その点から考えると石油センターの社会的な役割は、エネルギーの確保に伴う人、生態系を含めた健康と安全を事前に評価し、生態系の中で調和のある持続的な展開を進めていく重要な役割を担っていると認識しています。石油センターの今後の更なる発展と社会への貢献を期待します。

株式会社日本海洋生物研究所 代表取締役

梶岡 健司



今後のSECには、資源の少ない技術立国日本の活力あるコンセプトの追求と、会員企業との強い協業連携体制に基づく発展を切望致します。

(鹿島建設株) 藤村 久夫)

弊社は現在、SECの指導のもとにメタンハイドレート開発促進事業(地層変形予測シミュレータの開発)に参画しています。合わせて貴センターに対しては、種々の領域を専門とする会社の技術を融合化して、新しい領域への事業展開、ひいては社会への貢献度向上に、さらなる活動に期待しております。

(伊藤忠テクノソリューションズ株) 梶岡 裕行)

設立15周年おめでとうございます。1989年エクソン・バルディス号、1997年ナホトカ号の油流出事故などを教訓として、石油の開発や輸送に伴う環境保全

が求められる中、油汚染の防除・対応のテーマに先進的に取り組まれてきた貴機関の実績に敬意を表します。しかし、本年7月地中海東部、8月フィリピン沖での油流出事故など、依然として海洋の油汚染が自然環境や社会経済に大きな影響を及ぼしています。グローバルな視点から環境とエネルギーの問題を扱う機関として、時代の要請に答える調査研究・技術開発の推進を期待します。

((株)サイエンス・アンド・テクノロジー 中根 徹)

SEC設立15周年おめでとうございます。SECは最先端の英知を結集した技術開発を取組んでこられました。今後も、弊社はSECの活動の一端を担えるよう努力してまいります。

昨今、地球規模での環境汚染問題対策が必要不可欠な情勢となっておりますので、SECにはより一層、環境問題に関する事業を取り上げていただければ幸いです。

(応用地質株) 菊地 弘明)

SEC設立15周年、おめでとうございます。SECとは平成7年度から始まった

海底仕上げ坑井保安技術調査からのお付き合いですが、既に10年以上経過したことに驚きと喜びを感じます。当センターの目的とされている石油開発における環境保護と安全確保は、エンジニアリング会社としても重要な理念です。今後、日本周辺大陸棚における石油開発が盛んになるとは思いますが、その中で当センターの活動成果が目指され、当該産業活動に貢献できるものと期待しています。

(新日鉄エンジニアリング株) 坂本 隆)

二酸化炭素地中貯留技術研究開発の業務に参画しておりますが、本分野は一企業ではカバーし得ない幅広い技術分野からの参画が不可欠です。要素技術の開発もさることながら、全体システムの構築及びその実証といったプロジェクト遂行能力に期待しています。本技術の有効性を証明し、CO₂排出削減に貢献して欲しいと思います。また、他のテーマに関しても複合技術の異業種間統合に力を発揮されることを期待しています。

(三菱重工業株) 久詔 陽康)

これまでの事業活動の中で、石油関連の技術はかなり成熟していると感じています。

今後は、それらの技術を活かして、石油燃料の消費などにより発生する二酸化炭素の排出抑制技術や地中貯留などの排出量の削減技術の開発をより積極的に進めて行き、それらの技術が地球温暖化の防止の事業として広く利用されることを期待します。

また、昨年度の日帰り見学会のような会員サービスの充実も期待します。

((株) 関組 前田 信行)

設立15周年おめでとうございます。メタンハイドレート開発、天然ガスパイプライン関連事業、廃坑井関連事業、二酸化炭素地中貯留関連事業など、貴センター設立趣旨に立脚した、エネルギー開発・安全・環境に関する活動に敬意を表します。

石油価格高騰、天然ガスに関するサハラ問題・インドネシアからの輸入減少問題などエネルギーに関する課題は、山積しております。貴センターがこれら

川崎地質株式会社 特別顧問
(石油センター 初代所長)

山口 健

設立15周年おめでとうございます。初代の所長として、時の過ぎ行く速さと、設立当初から大きく成長した石油センターの姿には、感慨深いものがあります。設立当初は、通産省立地公害局鉱山課(当時)からの委託事業として、石油鉱山の保安対策を中心とした事業を行っていたのが、蓄えられてきた知見を活用し、次第に事業の幅を広げ、現在は、新しいエネルギー資源として注目されているメタンハイドレートの開発に伴う環境影響、地球温暖化問題の対応策として、二酸化炭素地下貯留についての研究開発を行うまでになりました。石油センターの長所は、石油開発、エンジニアリング、土木建設ほか多種多様な業種のエキスパートの協力を得ながら事業を進めるところにあります。今後ともこの長所を存分に活かし、各業種の英知を当センターに結集し、エネルギー問題、地球環境問題等の解決に、より一層の貢献ができることを期待しています。

大関 眞一 日本鉱業協会 専務理事
(石油センター 2代目所長)

小職は、石油センターが10周年を迎える年の正月に所長に着任しました。海洋石油開発に伴う油濁関連の調査研究に加え、「CO₂地中貯留技術」や「MH21」など、ここ数年は「大型で歯ごたえのある案件」にもチャレンジしてきました。いずれも甲乙付け難い大事な仕事であると思ひますし、ここ2~3年が色々な意味で「勝負の分水嶺」ともなる大事な時期となる予感がします。

天然ガス供給、水素エネルギー、そして温暖化防止の3分野は、ENAA全体にとっての戦略的領域であり、2分野に關与する石油センターの役割は大きいと言えます。「個性ある公益法人としての新たなミッションの追求」と「会員企業に有効なビジネスチャンス創造」という二つのベクトルが自ずと絡み合ってくる『未体験ゾーン』の中にこそ、石油センターに相応しいフィールドが横たわっているのではないかと想像しています。

石油センターの一層の発展を祈ります。

の課題を解決する新規事業を創設することにより、関連業界の発展に寄与し、優秀な学生・技術者が育つ環境を構築することを期待します。

((株)ダイヤコンサルタント 小俣 明)

「新・国家エネルギー戦略」に謳われている「世界最先端の化石燃料利用国となる」にあたって、SECの担う役割が今後益々大きくなる。

環境コンサルタント企業としては、SECを通じ、資源開発と環境問題について、今までの知見・技術に留まらず、バイオアッセイ等生物学的な影響評価等についても展開し、環境への影響をより正確に予測・評価していく調査・研究開発を行い、貢献していけることを期待している。

((株)環境総合テクノス 石田 和憲)

設立15周年、おめでとうございます。設立以来、エネルギー開発での「安全の確保」、「環境の保護」に関するさまざまな技術開発、調査事業等において、産・官・学連携の要として極めて重要な役割を果た

してこられました。今後、地球環境保護の観点から、新たなエネルギーの開発・利用が重要な課題として、更なる技術開発が求められる中、引き続き、このような技術開発、調査事業等に関する先進的機関として、中心的な役割を果たして戴けるものと期待しております。

(清水建設株) 傳田 篤)

15周年おめでとうございます。

私自身、SECの業務に携わらせて頂き、早9年目になります。この間、MH資源開発に關わる海域環境への影響評価や、ベトナム国への石油・天然ガス開発に關わる環境監視技術の供与など、多くの仕事を通して貴重な経験をさせて頂くことができました。

石油・天然ガス資源の開発・利用に際して派生する様々な環境・安全問題への社会的認識も高まり、SECの役割は今後更に重要になってくると思われまふ。今後ともSECとともに環境問題に精力的に取り組んでいきたいと考えています。

((株)日本海洋生物研究所 鋤崎 俊二)

創設15周年おめでとうございます。

私事で恐縮ではありますが、弊社のような海洋石油掘削請負会社では、とすると顧客様からの要求に従い、安全・円滑に石油坑井の掘削を行うだけの傾向に陥りがちになりますが、SECとのエンジニアリング業務契約を通して、エンジニアとしての知見を広めさせて頂いた事は大変ありがたいことであつたと感謝致しております。

そんな中でのやや残念な思い出は、当時開発した成果品を国内の他教育現場で利用しようと考えた時に、制約が多く利用を断念せざるをえなかったことでした。

現在は既に改善されていることとは思いますが、SECの成果品が広く業界で利用されることを期待致します。

SECのますますのご発展をお祈り申し上げます。

(日本海洋掘削株) 澤村 啓)

SEC創設15周年をお祝い申し上げます。官民協力のもと、エンジニアリング技術の推進による『安全の確保』と『環境の保護』を目的に設立されて以来、石油の探

鉱・開発生産と安全確保・環境保護に対する高度な技術開発やシステム開発等を鋭意推進され、その活躍の場も海外にまで拡大し日本のエンジニアリングの評価を高められました。また、次世代エネルギーとして実用化が待たれるメタンハイドレートや、地球温暖化対策の切り札として期待される二酸化炭素地中貯留技術開発等の先導役として一層のご活躍を心よりご期待申し上げます。

(千代田化工建設株) 松岡 憲正)

今後の世界にとって、エネルギー確保と地球環境保全、安心・安全な社会の構築が、いっそう重要になってくるものと思われまふ。SECには、産学・業界横断的なプラットフォームとして、これらに係る国内外の新たな技術動向を反映した調査・研究を今後も推進していただき、我が国のエンジニアリング産業の更なる発展に向けた中心的な役割を担ってほしいと思ひます。

(JFEエンジニアリング株) 田中 俊哉)

「石油センターの事業の歩みと今後の展開」

石油開発環境安全センター(以下SEC)は石油・天然ガス開発に係る『保安の確保と環境保全』に関する情報収集・調査研究を推進する機関として、平成3年11月に(財)エンジニアリング振興協会の附置機関として設立された。

その後、海上プラットフォームの撤去に際しての「海洋環境影響調査」や「石油鉱山保安対策調査」の委託事業を皮切りに日本近海での大規模流出油事故を想定した「リアルタイム大規模流出油監視・予測・対応システムの開発」や「高粘度流出油回収技術調査」等を受託し、さらに「高圧ガスパイプラインの保安技術に関する調査研究」等へと展開し、その活動範囲を大きく広げてきた。(一覧表参照)

SECではこうした石油・天然ガス開発の『保安確保と環境保全』の技術開発推進のため、石油開発、重工、鉄鋼、電機、機器メーカー、総合建設等の各専門技術を有する多くの企業の参加のもと、その総合的エンジニアリング力を駆使して、

「石油・天然ガス開発に伴う安全確保・環境保全」問題に取り組む、社会と時代のニーズに沿って、その事業を展開してきた。

さらに、2004年には事業者の諸事情に応じた適切かつ確実な保安自主管理する制度が導入された改正鉱山保安法が施行され、改正法へのスムーズな移行と自主管理体制の構築のため、わが国の実情に適応した調査活動や指針の作成がさらに必要となってきた。

諸外国においては中立的な公的研究機関(DNV, SINTEF, ASME等)が、環境保全、安全確保の種々の指針作成、調査活動や新規技術開発等を積極的に取り組み、石油開発分野の環境・安全面でのリスクマネジメント手法を取り入れた自主管理体制の定着に向けての不可欠な存在となり、権威ある存在に成長してきた。わが国においても、国内の実情に即した同様の中立的な調査・研究機関が、ますます重要視されている。

			事業名	委託元
石油開発環境保全の実現	石油鉱山保安対策	A-1	石油鉱山保安対策調査(海洋石油開発エキスパートシステムの開発)	経済産業省
		A-2	掘削作業で生じる廃棄物の処理技術及び法規制の調査	石油公団
	廃止坑井	B-1	湯の台地区鉱害防止調査	山形県八幡町
		B-2	休廃止鉱山技術調査	石油公団
		B-3	中国廃山コスト調査	石油公団
		B-4	石油資源開発坑井封鎖技術調査	経済産業省
		B-5	廃止坑井位置確認等実証調査	経済産業省
その他	B-6	石油及び天然ガス鉱山坑井廃止基準調査	経済産業省	
	C-1	災害情報検索システム	石油公団	
海洋石油開発と環境問題		D-1	海洋環境影響調査(プラットフォーム撤去に伴う環境調査)	経済産業省
		D-2	リアルタイム大規模流出油監視・予測システムに関する調査	経済産業省
		D-3	高粘度油回収機の研究開発	石油連盟
		D-4	海底仕上げ坑井保安技術調査	経済産業省
		D-5	海洋石油開発危機管理調査	経済産業省
		D-6	海洋掘削カッタリング等地下還元技術調査	経済産業省
		D-7	海洋石油開発における環境・安全教育プログラムに関する調査	経済産業省
		D-8	油濁防止対応調査	ICEP ^{*3)}
		D-9	海底石油生産装置適正化技術に関する調査	経済産業省
		D-10	地球深部探査船運用管理システムの構築(石油掘削危機管理システムの実態調査)	JAMSTEC ^{*6)}
		D-11	海洋石油開発に係わる海洋汚染影響調査	経済産業省
		D-12	海洋石油開発環境影響調査(遠隔海域石油開発環境安全調査)	経済産業省
天然ガス資源の安定供給	天然ガスパイプライン基準整備	E-1	ガスパイプラインの保安対策調査	石油公団
		E-2	天然ガス液体燃料化技術動向調査	石油公団
		E-3	石油天然ガスパイプライン建設の規則等調査	石油公団
		E-4	パイプライン基準整備に関する調査	石油公団
		E-5	天然ガスパイプライン安全基準整備調査(天然ガスパイプライン技術基準調査)	日本ガス協会
		E-6	天然ガスパイプライン安全基準整備調査	経済産業省
新規エネルギー資源開発(メタンハイドレート等)	メタンハイドレート資源開発(環境影響評価)	F-1	ガスハイドレート資源化技術先導研究開発・環境影響評価法の調査	NEDO ^{*2)}
		F-2	メタンハイドレート資源開発環境影響評価に関する研究	石油公団
		F-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開発)	経済産業省
	その他	G-1	ロシア連邦エベンギ自治管区における石油資源データの評価及びシベリア南部原油の総合開発と東アジアへの輸送可能性に関する調査	石油公団
		G-2	オイルシェール開発促進調査	石油公団
二酸化炭素地下貯留技術開発		H-1	CO ₂ 地中処分技術調査	CRIEPI ^{*1)}
		H-2	二酸化炭素地中貯留技術研究開発	RITE ^{*5)}
		H-3	国際プロジェクトとしての二酸化炭素隔離・輸送についての経済性調査	NEDO ^{*2)}
		H-4	石炭ガス化プロセスから回収されるCO ₂ の地下貯留システム検討	J-COAL ^{*7)}
その他	技術移転等	I-1	ベトナム国における海洋石油開発に係る海域環境保全管理システムについての技術支援事業	ICEP ^{*3)}
		I-2	産油国政府担当者研修	JICA ^{*4)}

*1) CRIEPI:(財)電力中央研究所

*2) NEDO:(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構

*3) ICEP:(財)石油開発情報センター

*4) JICA:(独)国際協力機構

*5) RITE:(財)地球環境産業技術研究機構

*6) JAMSTEC:(独)海洋研究開発機構

*7) J-COAL:(財)石炭エネルギーセンター

一方、21世紀に入り、特に「地球規模での環境保護」と「エネルギーの安定供給」に対する要請が高まり、国際海洋法条約の批准により、自国の経済水域での資源利用、資源開発が大きく期待され、その遠隔地開発を含む資源開発の環境保全対策に対しても責任を負うことが義務付けられるようになってきている。最近ではわが国周辺海域に大量に存在する新規エネルギー資源(メタンハイドレート等)開発も注目を浴び、その資源開発の進捗に沿って、その環境影響評価手法の確立が望まれている。

また、昨今の京都議定書の発効により、地球環境問題の解決は緊急かつ重要な課題となり、大気中への二酸化炭素排出削減の有効な手段としてのエネルギー資源開発技術の応用技術、特にSECで長年研究開発に取り組んできた「二酸化炭素地中貯留技術」が大きく脚光を浴びている。

このような状況の中、今後のわが国周辺でのエネルギー資源確保とその環境保全問題を解決するには、最新技術導入による体系的、定量的かつ客観的な環境影響評価の手法の早期確立が、ますます重要とされてきているといえる。

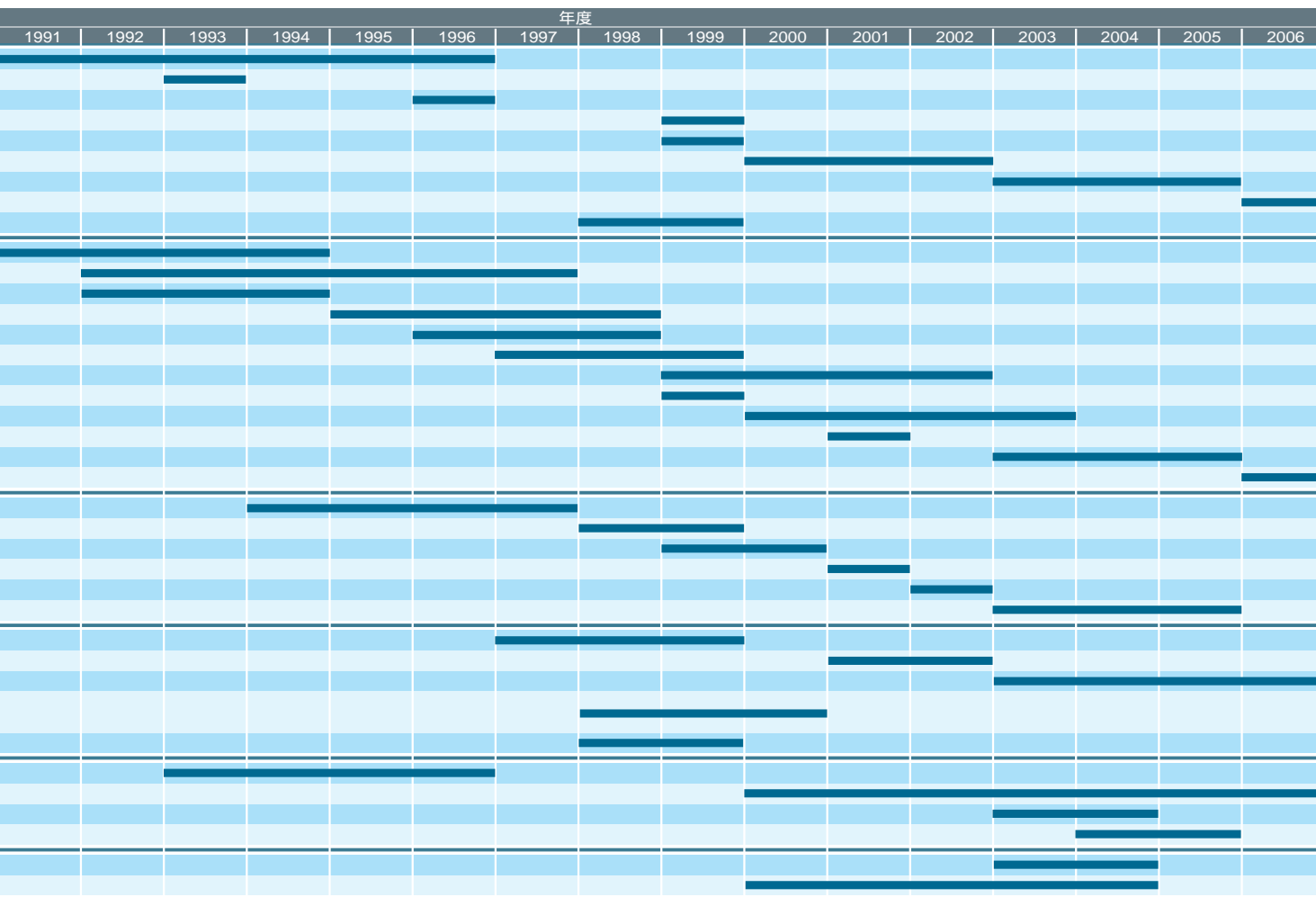
SECは上記の役割の一翼を担う機関として、「環境」と「エネルギー」をキーワードに石油開発、石油生産の現場状況を十分に把握し、多くの企業集団の技術力を生かし、これまでの事業等で培った技術、ノウハウを活用して、石油天然ガ

ス開発における環境・安全課題に関する事業活動を精力的に展開することにより、今後とも広く社会に貢献していきたいと考えている。

SECが取り組んでいる事業は以下の5分野に分類でき、分野毎の事業の内容と今後の展開、展望については次章より詳細に紹介したい。

SEC事業の分類

- ・石油開発環境保全の実現
(廃止坑井対策に関する調査・研究)
- ・海洋石油開発と環境問題
- ・天然ガス資源の安定供給
(天然ガスパイプラインの安全基準整備調査)
- ・新規エネルギー資源開発
(メタンハイドレート資源開発における環境影響評価)
- ・地球温暖化対策(二酸化炭素地中貯留技術開発)



はじめに

石油開発環境保全の実現 (廃止坑井の位置確認事業)

国内の油田地帯には数多くの廃止坑井が放置されている実態が明らかになっている。これらは昭和初期以降に開発された坑井が多く、なかには明治及び大正時代に遡るとされる坑井も含まれている。これらの廃止坑井の中には、廃止時にケーシングパイプが抜かれ、地表から坑口位置が確認できない坑井も多数ある。その中には適切な封鎖処置がなされていない坑井があり、漏油等の鉱害問題が発生している地域がある。このような問題を解決するためには、坑井位置を特定し、坑井を封鎖する必要がある。

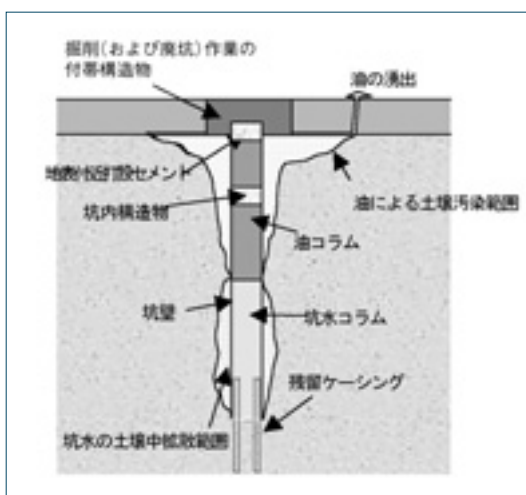
エンジニアリング振興協会石油開発環境安全センターでは、経済産業省からの委託事業として、平成15年度から平成17年度までの3年間にわたって、既存の地下探査技術を応用し、坑井位置の特定に重点を置き、安価でかつ効果的な坑井位置確認手法を確立することを目的として調査を実施し、成果を収めることができた。

調査の概要と成果

廃止坑井を物理探査によって確認する際、坑井掘削当時の掘削手法および坑井の現況などを考えて検知目標物を設定する必要がある。検知目標物には以下のようなものがあり、坑井の形状など坑井の中心が特定できる目標物を直接目標物と言える。(図-1、)

それに対し、坑井の存在を推定できる目標物を間接目標物と言える。(図-1、)

調査を開始するに当たり、既存の地下探査技術でこれらの検知目標物の探査が可能か、坑井の状況を考えて活用可能と思われる手法を検討の対象とし、その結果、地面を振動させてその波動を使う弾性波探査、電気信号を使う電磁探査、電気探査、及び地中レーダー探査を採用した。



- 坑内に溜まった坑水の層(坑水コラム)もしくは坑内に溜まった油の層(油コラム)
- 坑壁
- 残留ケーシング
- 地表付近打設セメント
- 廃坑時の坑内構造物、セメントプラグ、ブリッジ、木栓など
- 油による土壌汚染範囲、坑水の土壌拡散範囲

図1 検知目標物 概念図

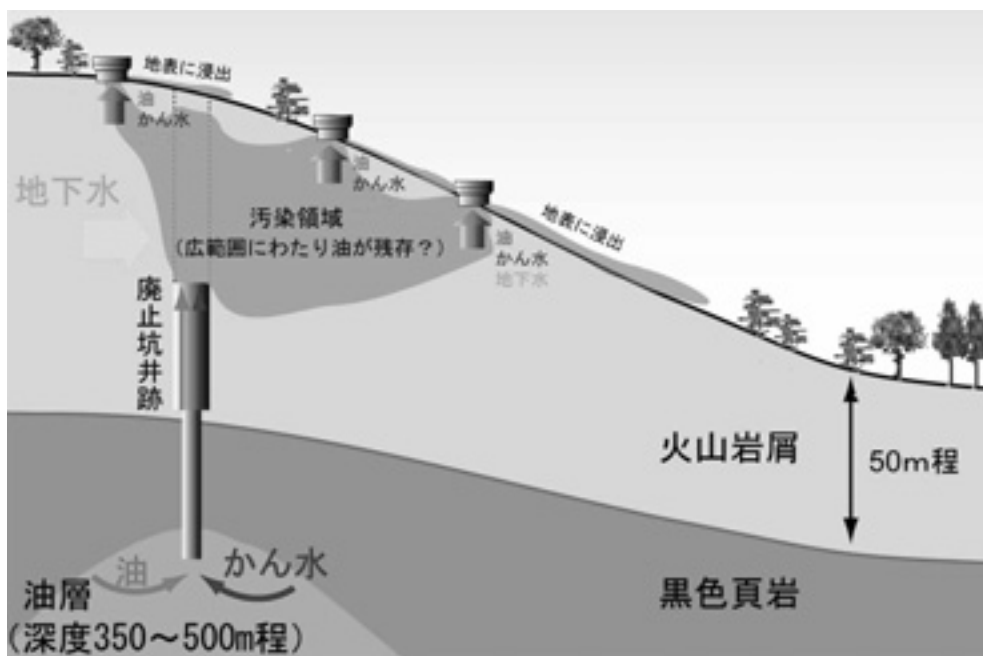


図2 廃止坑井地下状態推定模式図

調査地の選択に当たっては地表から坑井位置が不明確で、その坑井からの漏油があると推定される地域を選定して実施した。まず、北海道稚内市のアスファルト舗装に覆われている市体育館駐車場の中で、漏油個所にコンクリートセパレーターを設置して、漏油を処理している稚内鉱山、次に、水田の中に廃止坑井からの漏油があり、そこにヒューム管を設置し、拡散を抑えている秋田県由利本荘市の内道川鉱山(調査時は岩城町)、鳥海山の中腹に位置し、数箇所から坑水・ガスと共に漏油がある山形県酒田市の鳥海山鉱山(調査時は八幡町)、そして、新潟県柏崎市の水田の中で坑水・ガスと共に漏油があり、鋼板製矢板のピットに溜めて処理している(仮称)安田鉱山(図・3)で実施した。

調査結果は稚内鉱山、内道川鉱山では、廃止坑井をイメージできる地下に鉛直にのびる異常帯が確認できた。鳥海山鉱山、(仮称)安田鉱山においては探査の異常値が集約された箇所があり、その場所を開削、ボーリングで検証したところ、廃止坑井が確認できた。その後、鳥海山鉱山では自治体により坑井封鎖がなされ、更地になった。

まとめ

坑口位置が判明していないが、埋もれてしまった古い廃止坑井から油やガスが漏れているケースは多数存在する。このような場合での坑口位置を特定する技術はこれまで存在していない。今回の調査では、石油探査及び土木の地質調査に使われている各種の物理探査手法を試用して、調査地域の地表状況、想定される坑内状況により、適用する探査技術手法を選択する際の考



図3 安田鉱山坑井確認作業

慮点などを整理した。

この調査の成果を広く普及させる目的で、啓蒙普及用に「地表から坑口位置を確認できない廃止坑井の位置を特定するための物理探査手法の活用の方針について」の小冊子を作成して、関連する北海道、秋田県、山形県、新潟県等の関係自治体に配布した。

今後この調査の成果が、関係自治体、事業者等に広く活用され、廃止坑井からの漏油による環境問題の解決の一助となるとともに、今後の廃止坑井確認事業を実施する関係者の皆様から、更なる廃止坑井確認技術の向上改善に向けての、多数のご提言をいただけることを期待している。

(事務局 石黒 修一)

海洋石油開発と 環境問題について

はじめに

わが国は四方を海洋に囲まれ、長い海岸線を有し、排他的経済水域も広大で水産資源や海路での物流等で恩恵を受けている。その一方、沿岸域では津波・波浪等の災害を受けやすい面がある等、海洋とは密接な関わりがある。

海洋油田からの石油生産量は世界全体の約30%に達しており、その比率はますます高まると見込まれるが、開発に伴う資源の暴噴あるいは海底構造物やパイプラインの敷設および埋設等が引き起こす海底かく乱といった環境に及ぼす影響も懸念される。

SECでは海洋石油開発における適切な環境保全や安全管理を可能とするために、環境影響の予測・評価、より厳しくなる作業条件下での保安確保等について調査・研究を実施している。

調査の推移と成果

海域での資源開発における環境の保全や保安の確保に関して、平成3年のSEC発足以来、経済産業省からの委託事業を中心として各種調査研究を実施している。

発足から約10年間は、労働安全面の事故防止に向けてのシス

テムや環境影響に関する評価手法について、基本情報の収集から開始して次のようなシステムや評価手法を開発・構築した。

坑井の暴噴防止の万全を図るための予測・制御・対応を一元化したエキスパートシステム、阿賀北沖プラットフォームの撤去に伴う現場データ採取を行っての海洋環境影響評価、

事故に伴う流出油の監視・拡散予測・防除対応を統合した「流出油対応海洋環境情報システム(MEGIS: Marine Environment Geographic Information System for Oil Spill Response)」開発、海底仕上げ坑井の設計から設備廃棄に至るあらゆる段階で考慮・順守すべき事項の調査、海洋石油開発におけるHS&Eマネジメントシステム及び欧米の法規の構成・法的要求事項及び行政機関・関係団体の役割等調査、実証井を掘削してカッティング等の処分に関連する安全確保と環境に配慮した技術指針の確立等である。



写真1 Tanzaniaite プロジェクト
(<http://www.offshore-technology.com/>)

その後今日に至るまで、さらに総合的なシステムの整備や評価精度の向上、構築したシステムの実証試験といったグレードアップの段階を迎えている。

それまでの成果を踏まえ、平成11年度から14年度にかけて「海洋石油開発に係わる環境・安全プログラムに関する調査」を行い、わが国の実態に則した安全教育プログラムを整備した。また、石油開発に伴う排出物が海洋で変質しながらどのように広がり、海洋生態系や沿岸の施設にどのように影響を与えるかの度合いを調査し、これを基に予測・対応に役立つ環境センシティブティ(ES)を検討した。

平成12年度から15年度には「海底石油生産装置適用化技術に関する調査」として、トロール漁を行う漁業者に対する安全確保策としてシステムへの設置が必要となる保護構造物の基本仕様の検討、遠隔操作船(ROV)による当該システムへの検

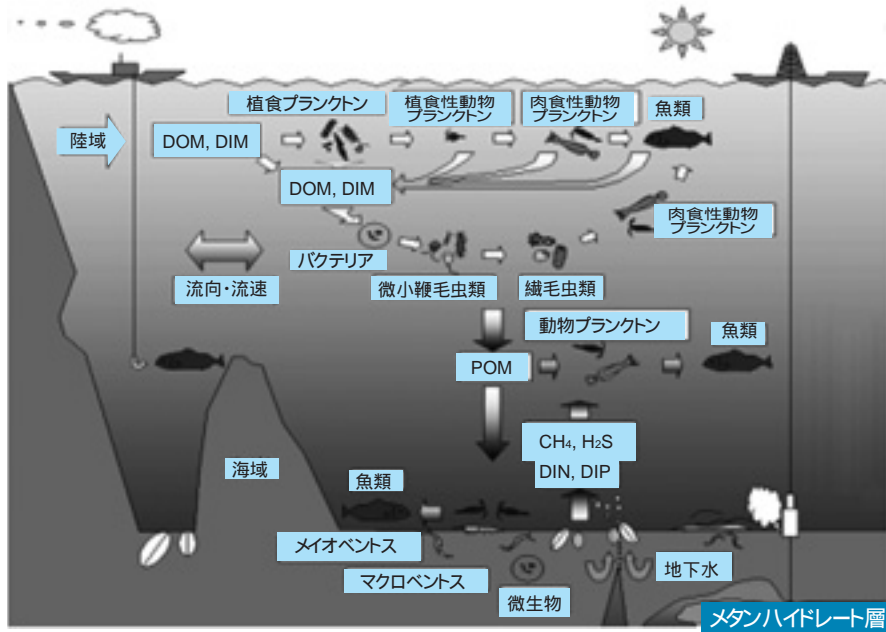


図1 海域環境評価モデルの例

査・保守・補修(IMR)作業の安全性を検討、保護構造物が設置された場合の予測、特に漁礁効果を視野に入れた調査等を行った。

平成15年度から17年度には「海洋石油開発に係る海洋汚染影響調査」として、底泥からの原油成分の溶出・蒸発・エマルジョン化・光分解による原油成分の変化等を従来のモデルに組み込み、油の化学的性状変化を考慮したシミュレーションモデルの構築、海底かく乱実験跡の環境変化を最長6年後までモニタリングすることにより、環境変動の把握・評価などを行った。

平成18年度からは、「遠隔海域石油開発環境安全調査」として、わが国が今後、従来にない立地条件での操業を実施する場合の環境保全・労働安全に関する指針等の検討に資する事項を取りまとめることを目的として、開発実績のある諸外国の関連法令や指針、労働安全および環境保全対策の事例について情報収集を行っている。

まとめ

SECでは、開発エリアの大水深化、遠隔地化により条件がますます厳しくなっている状況を踏まえ、日々進歩を続けている最新の技術動向を把握しながら、海洋における石油開発に伴う環境安全問題に取り組んでいる。現在、メタンハイドレートの開発に伴う環境影響評価手法に取り組むこととなったのは、これまでの多くの調査や技術開発の経験がベースとなっていることによる。

石油価格の高騰により、従来では想定されなかった厳しい条件での石油開発が予想される。また、それに伴い、新たな開発

条件に対応した、環境保全面・労働安全面に関する指針等が必要とされることが想定される。SECでは、最新の技術動向を把握するとともに、海洋生態系等に対する理解を深めて海洋環境影響評価技術の向上を目指すとともに、技術進歩等に伴う環境保全面・労働安全面に関する新たな制度設計への貢献等に向けて今後とも努力を継続していきたい。

(事務局 金光 雅弘)

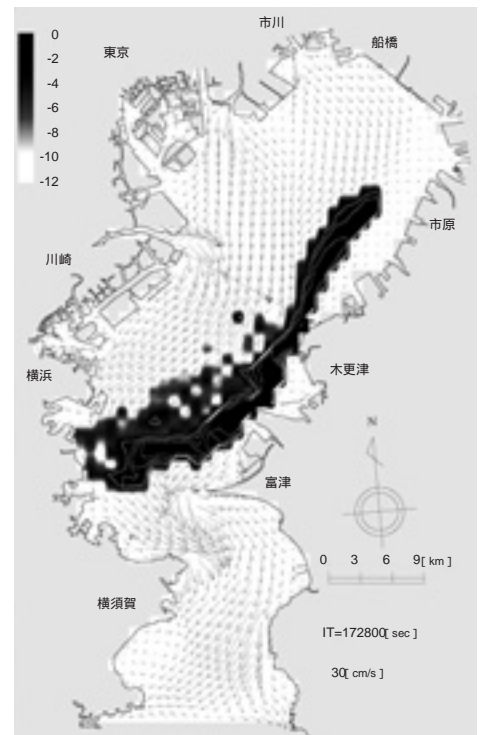


図2 東京湾におけるタンカー事故を仮定した環境影響シミュレーションの例

天然ガス資源の安定供給 (天然ガスパイプラインを 巡る動向)

国際天然ガスパイプライン敷設構想の出た時期(平成11年度頃)は、国内で事業形態毎に存在する技術基準の一本化・各産業での国際標準化への推進・規制緩和や性能規定化、技術の進歩への対応などへの動きがあった。

平成11、12年度の調査では、このような背景を踏まえ、陸上・海底パイプラインに関連する国内外の法規・技術基準の体系化と比較分析、技術トレンドなどについて調査した。

平成13年度は、同年6月から経済産業省原子力安全・保安院長の私的諮問機関である「ガスパイプライン安全基準検討会」が開始されたのを受け、この検討会をサポートするため、欧米諸国のパイプラインの保安に係わる法体系・保安機関・技術基準などについて調査を行うと共に、欧米におけるリスク分析手法についての情報収集を行った。



写真1 海底パイプライン敷設船(出典: Saipem社ホームページ)

はじめに

天然ガスは、他の化石燃料と比較して環境への負荷が少ないエネルギーであり、政府の発表したエネルギー需給の見通しでも、エネルギーの供給に占める割合が益々増加することが見込まれており、その重要性も増すものと考えらる。

わが国では、その大半が海外からLNG(液化天然ガス)として輸入され、パイプラインで供給を行う方式は、限られた天然ガス産地と結ばれた陸上パイプライン、LNG基地と都市ガス網を結ぶ近距離のものなどに止まっている。パイプラインによるガス輸送は、安全で効率的な方法であり、一度敷設すれば長期的に利用でき、輸送ロスも余り生じないなどのメリットがある。

近年、パイプラインにより近隣諸国から国内消費地まで天然ガスを導入しようという構想が浮上したが、上述のようにわが国には実績がないことから、それに対応するためには、国際的なパイプラインの基準を念頭に置いた法制度・技術の両面から整備が必要である。

当センターでは、関係機関からの委託を受け、これらの法制整備をサポートするため、天然ガスパイプラインの技術基準に関する調査を実施してきた。

平成14年度は、平成14年3月に出された上述の検討会での中間取りまとめを受け、長距離、高圧、且つ、海底敷設の天然ガスパイプラインを対象とする技術基準整備を念頭に、性能規定化の趣旨に沿った整理・検討を行い、技術基準素案及びその解説を作成した。また同時に、性能規定化された技術基準の適用時に必要となる審査基準のあり方を検討し、その一部について(設計係数、耐震設計、非破壊検査)素案を作成した。

この中で、パイプ内部に掛かる圧力により発生する応力と材料の降伏強度の比率を表す設計係数を、海外実績と同じ0.72(従来は0.4前後)とする提案をした。この設計係数の数字が大きいため、管厚が薄くて良いことになり、コスト的に有利になる。また、溶接部の検査方法、高強度材料、限界状態設計法、耐震性などについて新しい考え方を提言した。

昨今、わが国でも本格的な海底パイプラインの計画も検討され始めているが、これらの新しい考え方を初めて導入しながら諸準備を行っているという。一方、これまでの調査の過程で判明してきたのは、リスク評価に基づくパイプラインの維持管理手法が、欧州諸国を中心に

その導入が進み始めていることであった。そこで、平成15年度から17年度に、リスクマネジメントの考え方を導入した新たな鉱山保安行政の枠組みの中、欧米型リスク評価に基づいた天然ガスパイプラインの維持管理手法のわが国での適用可能性について、原子力安全保安院からの委託による調査を行った。その結果、そのまま欧米の手法を導入するには、設計や環境条件が違うので難しいが、経験をベースにした従来の法に近い半定量的手法などは、鉱山の施設のみではなく、人に対する危害の防止のための評価にも適用でき、有意義なツールになるとわかった。

まとめ

世界のパイプラインの動向に目を向けると、エネルギー資源への注目度の高まりと石油価格高止まりの後押しもあり、パイプライン建設意欲は高まっており、北米アラスカ、西シベリアやカスピ海から欧州へ、また、東シベリアから中国あるいは太平洋沿岸の積み出し港までの長距離などのパイプライン建設計画にも弾みがついている。

パイプラインに関する技術的トレンドとして、程度の差はあるものの、海外・国内共に高圧化、鋼管材料の高強度化の方向にあり、それに付随した溶接部信頼性が課題となっている。

但し、わが国の場合、地震地帯であること、人口密集地への敷設が中心であることなど特殊事情も多く、海外の技術動向をそのまま取り入れることが出来ない場合もある。特に防災面・安全面、環境面での社会的受容性のハードルが高くなっていることから、多方面にわたり、より慎重な検討が実施されている。

またわが国では建設後、かなりの年月を経たパイプラインも



写真2 シールド内天然ガスパイプライン
(出典：新日鉄エンジニアリング(株))

増えており、その維持管理の重要性が認識されて来たことから、パイプラインの各種検査手法、評価手法についての検討も課題となってきた。

当センターとしては、こうした動向を踏まえ、業界専門家などの知見を横断的に広く活用しながら、技術動向を把握し、その解決に向けサポートして行きたいと考えている。

(事務局 根田 栄)



図1 欧州のガスパイプライン網(出典：ACONA社報告書)

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 研究開発)

はじめに

わが国は一次エネルギーの大半を海外に依存し、最近の油価高騰等の国際情勢に伴う多くの不安定要素をかかえている。また、最近の地球規模での環境対策のため、「石油・石炭と比べて環境にやさしい」天然ガス等へのクリーンエネルギーシフトへの要請が高まり、国内での天然ガス等の安定供給が資源燃料確保戦略として高く望まれている。こうした中、メタンハイドレートは天然ガス資源として、日本周辺海域で豊富な存在が確認され、将来の期待できる国産のクリーンエネルギー資源として大きな注目が注がれている。

メタンハイドレート開発促進事業は、わが国周辺海域に大量に存在するメタンハイドレートについて、将来の国産エネルギー資源としての利用に向けて、2016年度までに経済的に掘削・生産回収するための研究開発を実施し、わが国の将来エネルギーの長期安定供給確保を目的とした事業である。

本研究開発は、平成13年7月、経済産業省の「メタンハイドレート開発検討委員会」でとりまとめられた「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」に基づき、長期的国家エネルギー戦略として積極的に進められているものである。

メタンハイドレートとは

メタンハイドレートは、水分子が作る球形状のケージの中に、メタン分子が取り込まれた構造をしている(図-1)。このように、ガス分子が水素結合による水分子でできた構造に取り込まれてできた包接水和物をガスハイドレートと総称する。

メタンハイドレートは地層中に含まれる植物や動物が分解発生したメタンガスが、低温・高圧の環境下で水と結合してハイドレート化したものと考えられ、日本周辺では北海道から沖縄までの日本周辺海域に存在し、特に東海地方沖から宮崎県沖に広がる南海トラフ地域に広く分布し、水深500m以深の海底の下の地層中に存在する。1m³のメタンハイドレートを分解させると、約0.8m³の水と約160～170m³の天然ガスの主成分であるメタンガスを得ることができる。(図-2)

メタンハイドレート層からのガス生産手法として、熱刺激法(水蒸気や熱水等を圧入し、ハイドレートの温度を上昇させ分解させる方法)、減圧法(ポンプ等を用いた減圧によりハイドレートを分解させる方法)、インヒビター注入法(塩類、メタノール、グリコール等の溶剤をハイドレート層に注入することにより、ハイドレートの平衡圧力曲線を低温・高圧側にシフトさせて分解させる方法)及びこれらを組み合わせた方法が提唱されている。これまでのMH21での研究開発成果により、わが国周辺海域のメタンハイドレート資源には減圧法を中心とする生産手法が有望であることが明らかになってきた。

研究開発全体の現状

『メタンハイドレート開発計画』を踏まえ、中長期的にわたる新たな技術開発等を国主導で実施していく観点から、平成14年度に新たな予算としてメタンハイドレート開発促進委託費が計上され、平成14年4月に(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構、(独)産業技術総合研究所及び(財)エンジニアリング振興協会から構成されるメタンハイドレート資源開発研究コンソーシアムMH21が設立された。(図-3)

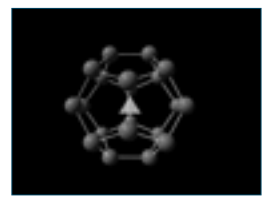


図1 メタンハイドレートの結晶構造 (三角はメタン分子、球は水分子)

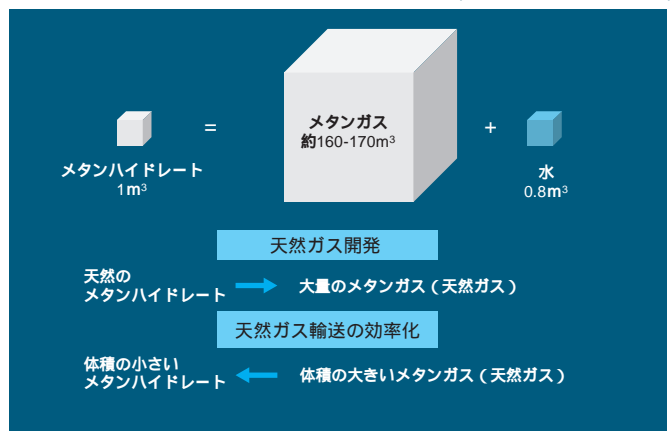


図2 メタンハイドレートの中のメタンガス：水

メタンハイドレート開発実施体制（フェーズ）

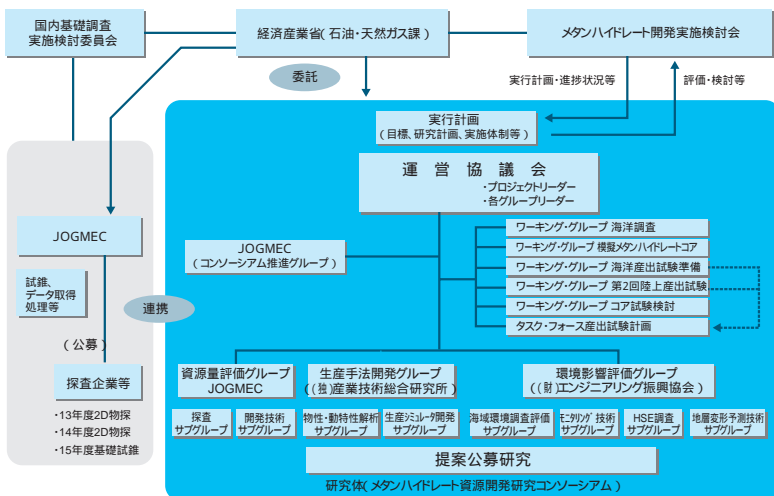


図3 メタンハイドレート開発実施体制（フェーズ）

このコンソーシアムの中でエンジニアリング振興協会は、3つの研究グループの1つである『環境影響評価グループ』として、研究開発を進めている。環境影響評価グループの実際の研究開発では、4つのサブグループ((1)海域環境調査評価 (2)モニタリング技術 (3)HSE調査 (4)地層変形予測技術)を組織し、12社の参加と4大学および1研究機関の協力を得て、資源量、生産手法の研究開発分野と歩調をとりつつ、環境影響評価に関する基礎課題の解決と基礎技術の確立を目指して、「環境評価のベースとなる海域環境調査」、「大水深における各種モニタリング技術の要素技術開発」や「環境影響評価に関する重要課題の情報収集と調査活動」及び「海底地層変形を予測するシミュレーション手法開発」等の環境評価分野の技術開発に取り組んでいる。

メタンハイドレート開発促進事業の当初の研究開発計画は、フェーズ（平成13年度～平成18年度）にわが国近海での物理探

査、基礎試錐による賦存有望海域の選定、陸上産出試験、基礎研究等の実施、フェーズ（平成19年度～平成23年度）にわが国近海での海洋産出試験、生産技術等に関する基礎研究等の実施、フェーズ（平成24年度～平成28年度）に商業的産出のための技術整備、経済性、環境影響評価等の実施計画工程であった。

平成15年度海上基礎試錐「東海沖～熊野灘」で確認されたメタンハイドレートを含む地層は、タービダイト起源の砂泥薄互層であったことから、十分に解析・検討を行う必要性から第2回陸上産出試験・フェーズ期間の2年間の延長がフェーズ中間評価で審議・了承され、メタンハイドレート開発計画は、図-4に示す工程で研究開発が進められている。

環境影響評価グループの各サブグループの研究内容については次章以降に詳細に説明する。

各サブグループの研究内容

(1) 海域環境調査評価サブグループ

「海域環境調査評価サブグループ」が担う役割は、メタンハイドレート開発がどの程度海域環境に対して影響を及ぼす可能性があるかを明らかにすることにある。そのため「メタンハイドレート開発に想定される海域環境の現況を把握し、その特徴を明確にすること」と、その海域環境に対する影響の程度を把握のため、「メタンハイドレート開発に付随する様々な環境影響要素の海域環境に対して影響インパクトの予測・評価すること」が必要である。実際の研究開発においては、MH開発が想定される海域(東海沖～熊野灘)の海域環境調査(次ページ図-5、図-6)、メタンハイドレートの分解に伴って発生が想定される

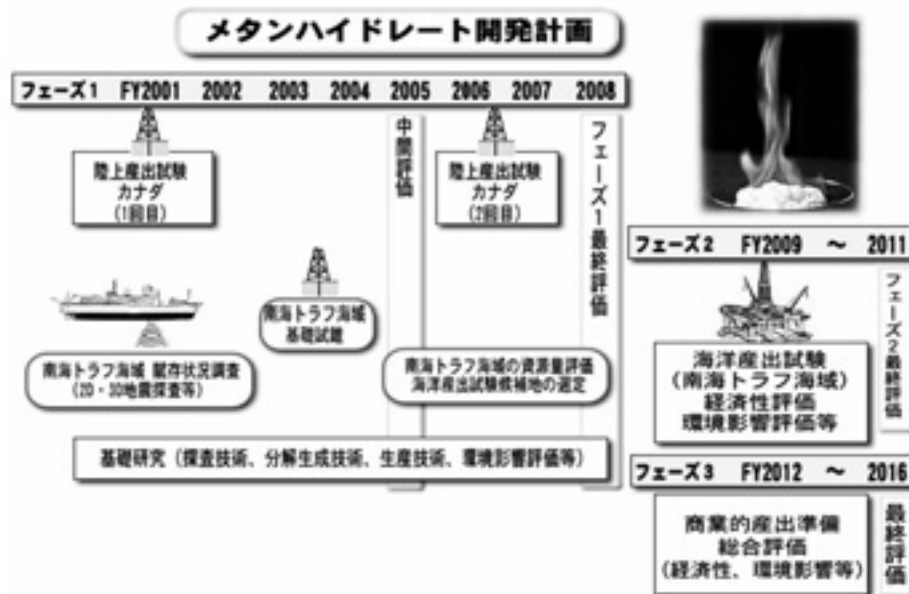


図4 メタンハイドレート開発計画

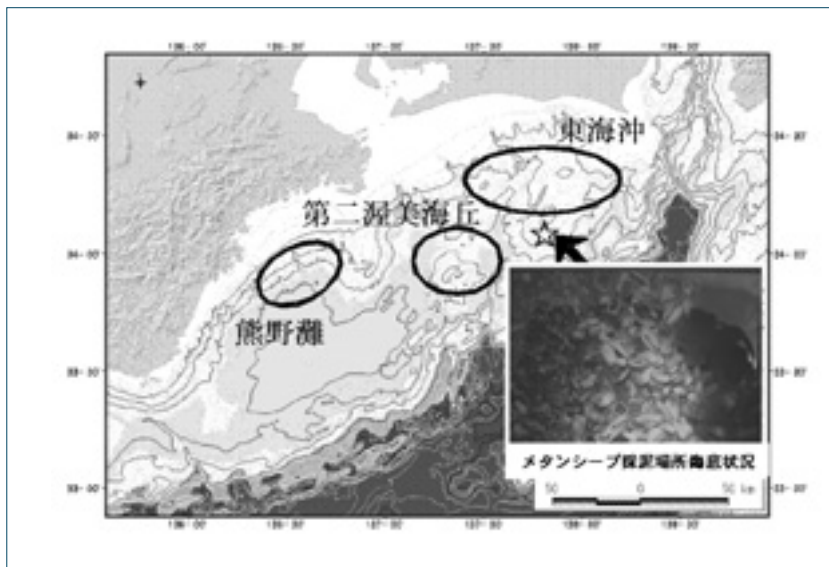


図5 海域環境調査エリア



図6 実海域での堆積物試料採取

低塩分水や、メタンガスなどの環境影響因子の海水中での挙動を解析できる数値モデル開発。さらに、データベースシステムによる環境情報の一元管理による環境影響への予測・評価の取組みを進めている。これら事項は、当該海域の環境特性を把握するうえで基礎的かつ重要な情報であり、海洋産出試験の想定海域での環境影響評価には今後は、さらに総合海域調査を含む、より多くにデータの取得・蓄積が必要となる。

さらに、これらの海域環境情報を利用し、海水中にメタンが漏洩した場合や、メタンハイドレートの分解に伴って発生すると想定される水(生成水)を水柱中に放出した場合の拡散範囲を予測できるシミュレーションモデルを開発している。(図-7) これらモデルに、水柱中での拡散状況を予測するだけでなく、生物影響モデルを組み合わせることで、海洋生物に及ぼす影響の度合いを予測・評価できるシステム開発を目指している。

これら研究開発を通じて得られた海域環境情報や数値モデルでの解析結果により、海洋産出試験における海域環境影響評価のために必要な手法を確立させて将来の環境に配慮したメタンハイドレート資源開発に大きく貢献できるものと考えている。

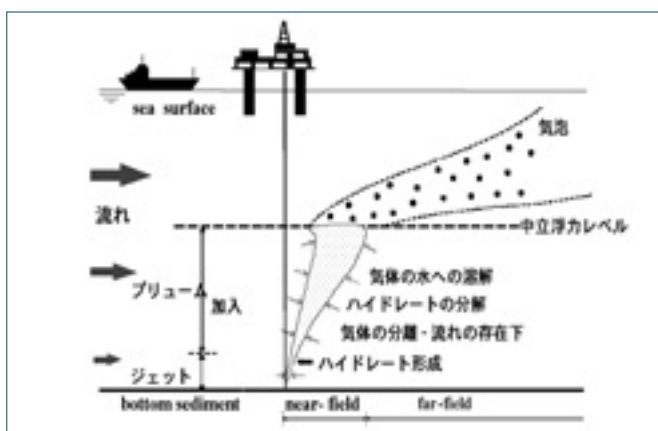


図7 海中でのメタン及び生成水の挙動予測シミュレーション

(2) モニタリング技術サブグループ

メタンハイドレート開発時の環境影響評価を行うためには、メタンハイドレート開発に伴い環境に影響を与える可能性がある変化(溶存メタン、分解水、インヒビタ、酸性ガス、HCなどの放出、海底地形の変化等)を早期に検知するモニタリング技術が必要である。この中で、漏洩メタンと海底地層の微小な変化の検知は、既存技術では対応できないため、モニタリング技術SGでは、それらのセンサーに絞り要素技術の研究開発を進めるとともに、海洋産出試験でのモニタリング全体システムの確立を目指している。

1) ガス漏洩モニタリングの要素技術の開発

『改良METSセンサー』の開発と実海域試験

大水深下で長期間のリアルタイム測定が可能な、METSセンサーを用いて性能向上のための改良研究を行い、現在までに応答性が従来の1/5(約300秒 約60秒 濃度上昇時90%応答)に向上するとともに、省電力化と安定性向上を実現し、実海域試験で性能確認した。(図-8)

『集水型モニタリングシステム』の開発

より高感度の溶存メタンセンサーとして赤外系メタン濃度測定機構、分離膜透過したメタンを検出する集水型モニタリングシステムの開発を行っている。

『バイオセンサー(微生物検出法)』の開発

生産終了後の長期的モニタリングシステムとして微生物(メタン酸化細菌)を用いたバイオマーカーとして間接的にメタンを検知する手法について研究を進めている。

『広域検知法』の開発

超音波やメタンガスの吸光特性を利用した広域的メタン漏洩検知を目的に研究を行っている。

2) 地層変形モニタリングシステムの開発研究

MH生産に伴い、周辺の海底面地盤に変形をリアルタイムに

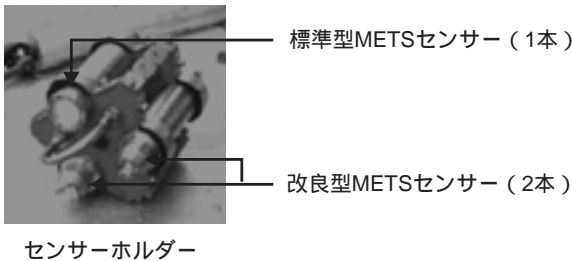


図8 改良METSセンサー

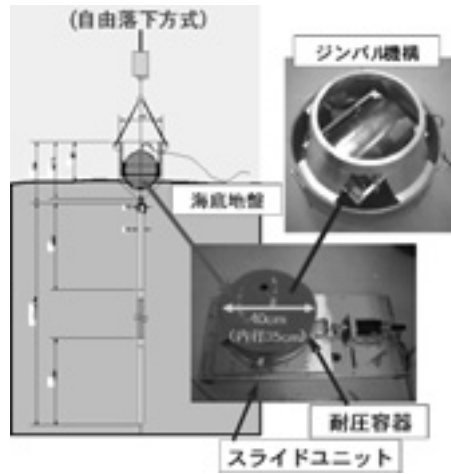


図9 地層変形モニタリング

モニタリングする装置を開発する。設置する計器単体でその地点の変位を計測するべく、海底面に高精度の地震計(サーボ型加速度計)を設置し、海底表層地盤の動きを加速度観測し、2回積分によって変位を算出するシステムを開発中である。陸域地すべり地での実地性能検証とともに、実証機(プロトタイプ)の設計とセンサーの評価試験を終了し、海底土質サンプルによる海底表層地盤の強度特性やクリープ特性の把握を行っている。(図9)

3) 総合モニタリングシステム検討と今後の展開

環境影響評価に必要な、複数の観測センサーの効率的な配置と、センサーの位置保持方法、電源・データの伝送方法、演算解析・監視警報システムなどを含めた全体システムの検討を進めている。フェーズの海洋産出試験に向けて、モニタリングシステムの基本設計を確立し、各種センサーの開発とともにデータ伝送・電源供給システム、制御・解析処理ソフトを完成させ、これらのシステムを用いた総合モニタリングシステムを検討中である。(図・10)

(3) HSE 調査サブグループ

1) 安全管理面

石油や天然ガスの開発においては、事前にHS & E管理システムを策定し運用することが世界の趨勢となっているが、わが国においても、2004年の改正鉱山保安法の施行に伴い、安全保全面ではその種のシステムが必要になってきている。メタンハイドレート資源開発の安全管理面ではフェーズに予定されてい

る海洋産出試験への対応を主要テーマとし、関連情報の収集・整理を進めている。

具体的にはこれまでに、大水深における従来の石油掘削・生産作業における安全面の問題点の調査(図・11) 海洋石油開発における浮遊式装置の事故例の調査 基礎試験作業のレビューを通じたメタンハイドレート層掘削における安全上の問題点の調査を実施し、現在は 大水深での実績をもつ先進各国で採用されている安全管理システムの調査を実施している。(図・12)

2) 環境管理面

近年、国民からの資源開発に伴う環境影響に対する関心が高く、また、メタンハイドレート開発実施検討会から海洋石油開発に絡む各国の環境アセスの実態を調査しておく必要性を指摘する意見が出され、さらに総合科学技術会議評価専門調査会からは環境影響に対するマクロなリスク評価も踏まえて研究を実

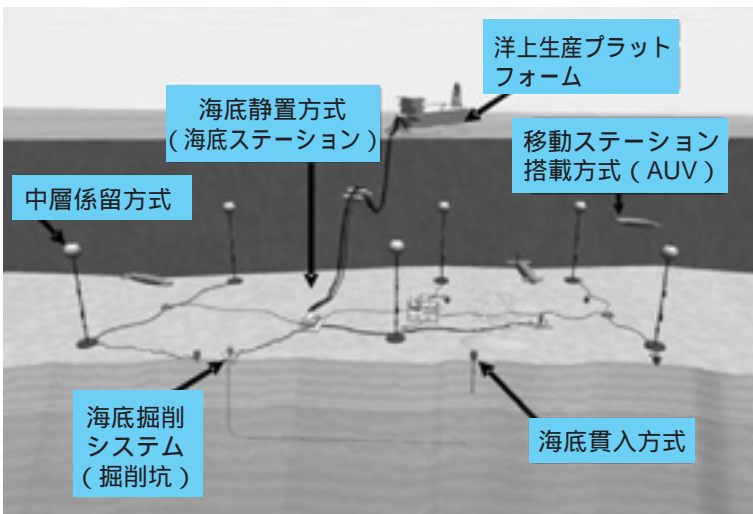


図10 総合モニタリングシステムイメージ



図11 安全・環境面での調査活動地域

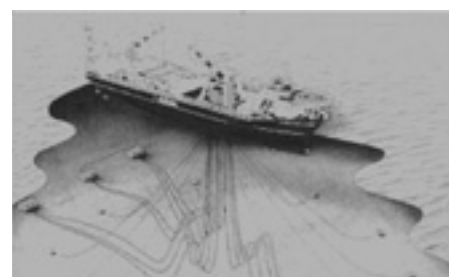


図12 既存の大水深での石油生産設備『STATOIL WEB SITE』

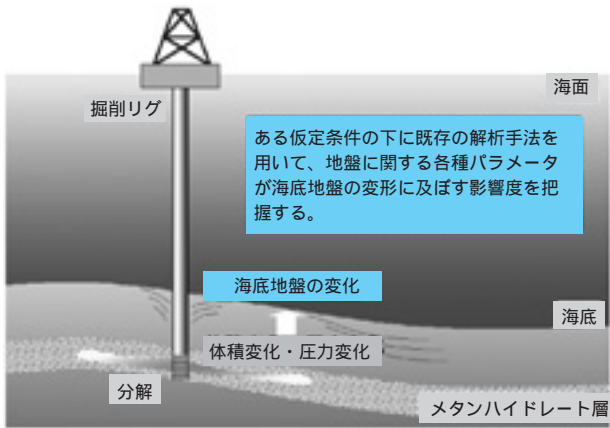


図13 地層変形予測技術のイメージ

施する必要性が指摘されるなど、各方面から『環境問題』に対する高い関心が出され、こうした危惧や要請に応じていくことが、フェーズにおける調査の中心になっている。

具体的にはこれまでに、メタンハイドレートが環境に及ぼす影響に関する諸学説の文献調査と環境影響評価制度を中心とする各国の環境管理に関する仕組みに関する調査を継続的に実施中で、さらに今年度から、マクロなリスク評価の要請に応えるべく必要な調査を開始した。これまでの海外調査で得られた知見は概ね下記の様にとまとめられる。

- 大水深における従来型の石油開発では、浅海域と比較して、安全面では既知のハザードがより深刻になると認識され、環境面では影響が問題視される度合いはむしろ少ない。
- メタンハイドレートによる環境影響は概ね海底地盤への影響と地球気候変動への影響の観点から論じられ、開発行為による影響に関する研究はこれまでになされていない。
- 大水深開発等の新規分野の際にはHS & E 管理面で最も重要なことは、リスクを特定することである。
- リスク要因やリスクの捉え方には地域の特性や経験が反映され、より多様な地域に対して調査が必要である。

フェーズの残された期間においては、安全管理および環境管理に関する各国の制度に関する調査をさらに進めると共に、マクロなリスク評価に関する調査も本格的に実施していく予定である。MH 開発および海洋産出試験における環境影響管理上の課題の抽出と対応の方向性の取りまとめを行う予定である。



図14 シミュレーション結果の検証

(4) 地層変形予測技術サブグループ

深海底下の海底地盤中にあるメタンハイドレートからメタンを生産する手法では、地盤中でメタンハイドレートの相平衡状態を変化させて分解するもので、地盤中に存在する固体のメタンハイドレートが水とメタンに置換わることから、骨格構造の変化や間隙圧の変化に起因した地盤変形が生じる可能性が懸念されている。(図-13) 地層変形予測技術サブグループでは環境影響評価の面から、メタンハイドレート開発に伴う海底地盤の変形の可能性について、解析的手法により予測技術の研究開発に取り組んでいる。

海底地盤物性の評価

海底面下の温度・圧力条件を再現して人工メタンハイドレート試料を生成し、海底地盤のコア試料や模擬した試料の室内試験による海底地盤の基礎物性・力学特性の把握に取り組んでいる。

海底地盤の力学的特性を表現する構成式の構築

室内試験結果を対象にシミュレーションや数値解析を実施し、海底地盤の物性の把握と地層変形予測に必要な『力学特性を考慮した地盤の構成式(応力-ひずみ関係式)』の構築を進めている。(図-14)

プロトタイプ of 地層変形予測プログラムの開発

これらの研究結果を踏まえ、現在、地層変形予測プロトタイププログラムの開発を進めており、今後、室内モデル実験によるプログラムの評価検証し地層変形予測シミュレータを開発中である。

まとめ

現在、フェーズの研究開発の終盤を迎えてきた。今年の冬期にはカナダマリックでの2回目の陸上算出試験で南海トラフに有効な『減圧法等』生産手法での産出試験が実施される予定である。エンジニアリング振興協会(MH21 環境影響評価グループ)では、MH21の資源量評価グループおよび生産手法開発グループと連携して、フェーズの研究開発目標である海洋産出試験に適用する環境影響評価手法の策定 ガス漏洩検知技術・地層変形検知技術のモニタリングシステム(プロトタイプ機)の完成 地層変形予測モデルのプロトタイプ of 完成 メタンハイドレート開発に伴う安全・環境に関する情報の整理を完遂し、きたるフェーズでの海洋産出試験での環境影響評価に向けて、この環境影響評価に関する研究を精力的に推進し、将来の「環境と調和した国産エネルギー資源開発」の早期実現に向けて貢献したいと考えている。

(事務局 嘉納 康二、鈴木 信也)

二酸化炭素地中貯留 技術開発の展開

はじめに

近年、地球温暖化による各方面への影響が深刻化し、その早期対策が益々重要とされている。こうした地球規模での環境対策が叫ばれる中、これまでの石油・天然ガスの掘削開発等で蓄積した技術を応用できる「二酸化炭素地中貯留技術」が地球規模環境対策として、大きな注目をあびている。昨年9月にIPCC総会(気候変動に関する政府間パネル)の中で「二酸化炭素回収・貯留に関する特別報告書」が採択され、「二酸化炭素地中貯留技術」は研究開発段階から1歩進んだ「実証・実用」段階と位置づけられ、各国への積極的な展開を促している。今年6月にノルウェーのトロンハイムで開催されたGHGT-8(8th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies)国際会議ではこの二酸化炭素地中貯留技術をいかに早く実用化し、地球規模での環境対策に組み込むかが真剣に議論され、世界各地で新規の実証化・実用化レベルでの二酸化炭素地中貯留プロジェクトが多数紹介され、実用化を加速しようとする動きに驚かされた。

エンジニアリング振興協会(以下ENAA)では、この

「二酸化炭素地中貯留技術」開発については、「地球環境に考慮した二酸化炭素の有効利用技術に関する調査」(平成2~3年)から事業をスタートし、平成5~8年に田中彰一東大名誉教授が中心にまとめた「二酸化炭素地中処分調査」において、圧入実証試験への要素技術開発、実用化プロセスと経済性検討、および全国賦存量算定などの当時としては先駆的な研究開発を行ってきた。その後、NEDOの先導研究を経て、長岡での二酸化炭素圧入試験を含む「二酸化炭素地中貯留技術開発」事業として(財)地球環境産業技術研究機構(以下RITE)の補助金事業に参画してきた。

この長岡での二酸化炭素圧入実証試験については研究開発目的での圧入試験としては世界的にも高い評価を得、地中での二酸化炭素挙動把握の面で極めて大きな成果を残した。今年2月のRITE主催/ENAA共催の東京で開催された国際ワークショップ「世界の動向と長岡プロジェクト」でも国内外から極めて高く評価され、今後ともこの技術の早期実用化に向け、更なる大きな展開を積極的に推進することが期待されている。

二酸化炭素地中貯留とは

「二酸化炭素地中貯留」は、二酸化炭素を分離回収し、地下の地層が有する貯留能力を利用して隔離固定するもので、枯渇油田・ガス田への貯留、石油・ガス増進回収(EOR、EGR)による貯留、帯水層への貯留、炭層メタン増進回収による炭層への貯留などがあり、特に帯水層^注は、油・ガス田や炭層に比べ広い範囲に分布しており、将来の地中貯留可能量としてより大きな規模が期待され、地中貯留の対象として最も有望と考えられている。

「二酸化炭素地中貯留」はこれまでの石油・天然ガスの掘削開発、地下貯蔵や石油増進回収等で蓄積した技術を応用できることから、即効性がある実用可能な技術として大きな期待がかけられている。

図-1は発電所、製鉄所、石油精製工場などの各事業所から大



図1 二酸化炭素地中貯留の概要

(注) 粒子間の空隙が大きく透水性が比較的高い砂岩などで構成され、地下水で飽和された地層を指す。

気に放出拡散される二酸化炭素を含む排気ガスや石油ガス生産に含まれる随伴ガスから二酸化炭素を分離回収し、パイプラインもしくは船舶等で輸送され、圧入地点から地下にある帯水層に圧入して貯留するものである。圧入される二酸化炭素は、密度が大きく、低粘土、高拡散性を有する『超臨界状態』（臨界圧約7.4MPa、臨界温度約31.4℃）の二酸化炭素とし、地中で安定した超臨界状態を保つべく、約800m以深での帯水層を対象として考える。

わが国における二酸化炭素地中貯留技術研究開発

日本周辺での帯水層での二酸化炭素地中貯留を考えるに、帯水層での二酸化炭素の挙動把握や安全性、環境への影響等、実現に向けて克服すべき技術的課題もあり、実証試験も含めた技術的科学的な探求が望まれてきた。こうした課題解決に向け、平成12年から8年間でRITEが中心となり、国家的プロジェクト

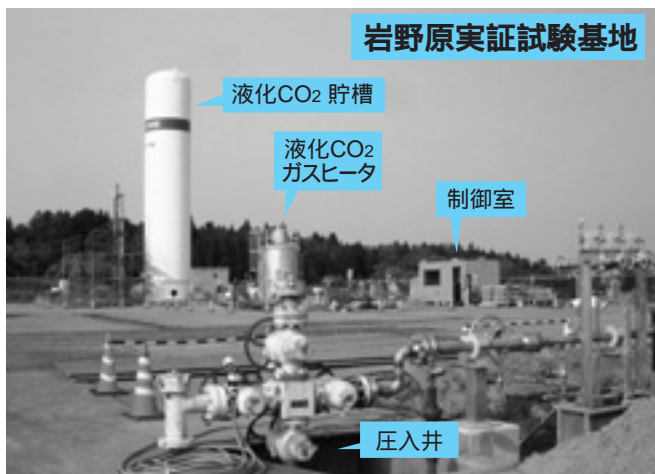


図2 長岡での圧入実証試験基地

として二酸化炭素地中貯留技術の開発に向け研究開発が精力的に進められ、ENAAはRITE分室としてこの事業に取組んでいる。

RITEが取組む「二酸化炭素地中貯留技術開発」の内容の概要は以下のとおりである。

(1) 平成12～16年)期間

基礎研究等

二酸化炭素と対象層の反応確認のための基礎実験、モニタリング手法の検討、長期予測シミュレーターの開発、総合的な経済性・安全性検討、社会合意形成に係るシステム研究

圧入実証試験

二酸化炭素を帯水層に圧入して既存技術(資源工学等)の適用性を検証、各種モニ

タリング観測と貯留メカニズムの解明、将来の挙動予測のためのシミュレーション・スタディ

地質調査

日本周辺の帯水層の分布・地質構造等の地質広域調査による地中貯留の潜在的能力の算定とデータ取得

このうち、ENAAは基礎研究の中の「長期予測シミュレーター開発」、圧入実証試験、および地質調査を担当した。

(2) 平成17～19年)期間

前期で集積された『科学的技術的知見をもとに実適用への進展』を目指し、総合評価と安全性手法開発を実施し、平成20年度以降の事業展開を検討する。

総合的評価

想定モデル地点を対象に実適用のイメージ策定とコスト算定、実適用への技術的課題抽出と今後の研究計画作成排出源を考慮した実適用可能な全国の貯留可能量の算定コスト、貯留可能量をもとに地中貯留の有効性のシナリオの策定と技術実証・実適用ロードマップの作成及び社会受容性(PA対応)や法体系などの社会システム基盤の構築や安全確認・環境影響評価に係る指針案を検討する。

安全性評価手法の開発

岩野原モニタリング継続とシミュレーターの精度向上各種基礎物性値取得と地中挙動予測手法の高精度化に関する研究の実施

このうち、ENAAは「想定モデル地点での実適用イメージ策定、コスト算定」、「全国貯留可能量の算定」及び「岩野原モニタリング継続」等を担当している。

(3) 平成20年～)期間(予定)

2015年以降からの帯水層貯留の本格的な実適用に向けて、今

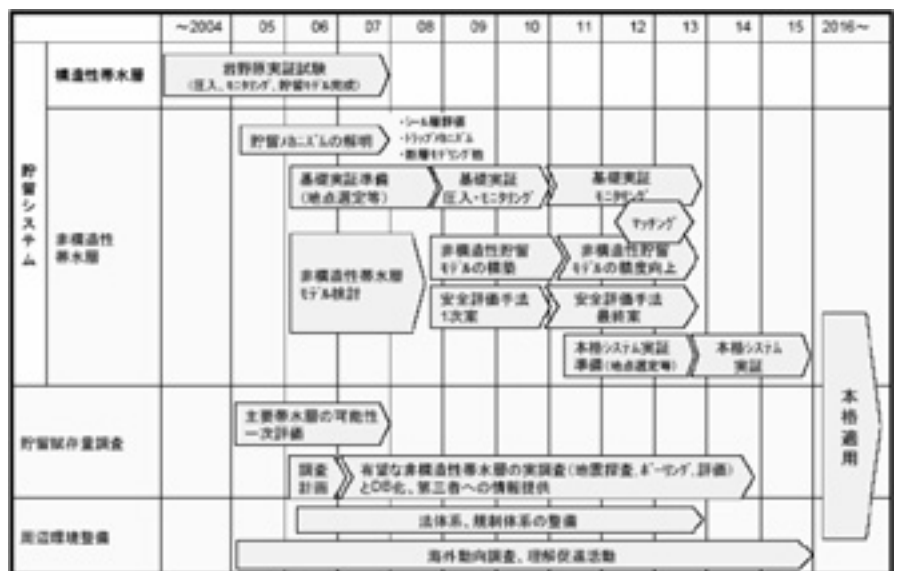


図3 今後の帯水層貯留のロードマップ(経済産業省産業技術環境局 CCS2020)

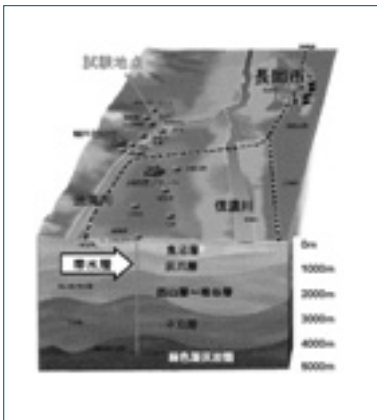


図4 実証試験地点の地質概要

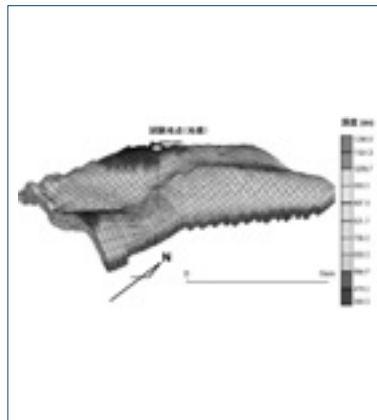


図5 貯留層の3次元モデル

後は二酸化炭素大量排出源近傍に分布が期待される「非構造帯水層」での貯留技術の確立を目指し、「基礎実証試験」の実施、「非構造性帯水層での貯留モデルの構築」、「貯留賦損量の実調査研究開発」及び実適用に向けた技術詳細検討や法整備等を含む「周辺環境整備」が進められる予定である。(図-3)

長岡における二酸化炭素圧入実証試験のまとめと展望

(1) 圧入実証試験の目的

長岡市岩野原基地での「二酸化炭素圧入実証試験」は、わが国の帯水層に対して、実際に二酸化炭素を地中に圧入して、貯留層中の二酸化炭素挙動に関する実測データを取得することにより、以下の目的を達成することを目指して実施した。

- ・ 日本での二酸化炭素の地中貯留の可能性検討
- ・ 圧入二酸化炭素挙動観測による貯留モデルの構築
- ・ 既存技術(資源工学等)の二酸化炭素地中貯留への適用性検証
- ・ 将来の大規模な圧入のための運転経験

(2) 圧入実証試験地点

新潟県長岡市南西部の信濃川支流渋海川左岸に位置する帝国石油(株)岩野原基地で圧入実証試験を実施し、(図-4)この地域は従来から天然ガスを産出する地域として知られ、その探査・開発活動の累積された地質情報に基づいて、圧入実証試験地点およびその周辺の広域的な地質構造を調査した。

岩野原基地周辺においては、深度約4,000m~5,000m以深には、天然ガス産出層となっている第三紀中新世の基盤が分布し、その上位に新第三紀後期から第四紀にかけての堆積岩が分布している。圧入対象の帯水層(貯留層)としては、深度約1,100mに分布する前期更新世灰爪層の砂岩卓越部を選定した。帯水層は図-5の圧入対象帯水層の3次元モデルに示すように閉じた背斜構造を形成し、圧入実証試験地点は、背斜構造の南翼に位置している。

(3) 坑井の配置

圧入実証試験地点では、平成12年度から平成14年度にかけて、二酸化炭素圧入のための圧入井IW-1(掘削深度1,230m)と圧入した二酸化炭素の挙動観測のための観測井3坑OB-2、OB-3、OB-4(掘削深度1,270~1,322m)が、貯留層およびキャップロックの地質学的特性の調査を兼ねて掘削された。観測井の平面的な配置は、二酸化炭素の到達(ブレイクスルー)を圧入井からの距離に応じて複数回確認し、さらにその後の経時変化を捉えられる配置(観測井は圧入井からの距離が異なる不等辺三角形の各頂点に位置する)とした。貯留層深度での坑井の模式的配置を図-6に示す。図中には圧入中に実施した各種の観測(モニタリング)も合わせて示す。

(4) 貯留層およびキャップロックの地質状況

坑井掘削を行った局所的な範囲においては、貯留層は傾斜15度で東北東に傾斜する単斜構造を示し、断層などの明瞭な構造不連続面は認められず、層厚は約60mである。また、坑井掘削範囲におけるキャップロックの層厚は約130mと帯水層の約2倍の厚さで物理検層結果およびコア試験結果から十分な遮断性を

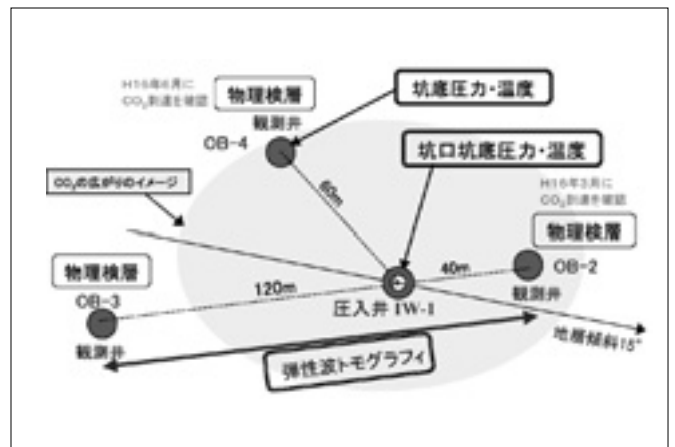


図6 坑井の位置関係(貯留層標高)と観測

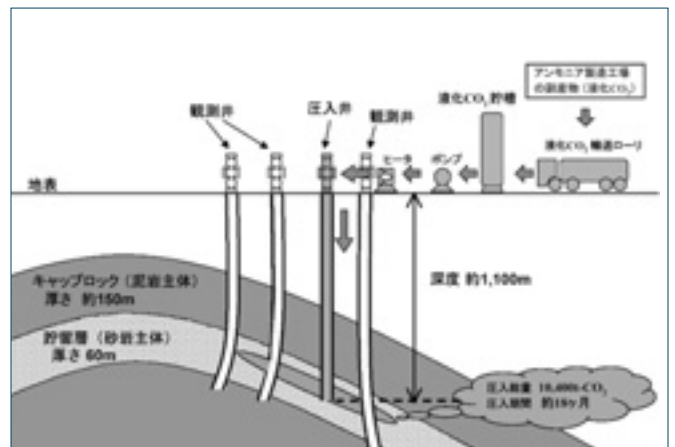


図7 圧入実証試験の概略イメージ

有していると判断された。

(5) 圧入設備

設備設計においては、圧入する二酸化炭素を圧入井の坑口から坑底まで超臨界状態に保つことを要点として、圧入設備は設計されている。圧入設備の概要と圧入全体の概略イメージを図-7(29頁)に示す。

(6) 圧入運転

二酸化炭素圧入運転は平成15年7月に開始し、8月より圧入レート20 t-CO₂/日での連続圧入運転を開始した。平成16年度の圧入運転は、圧入レート40 t-CO₂/日とし、夏季の二酸化炭素供給逼迫期の圧入休止、10月23日の新潟県中越地震による圧入運転一時中断を経て、平成17年1月まで継続し、最終累計圧入量10,400 t-CO₂をもって完了した。

(7) モニタリング観測

圧入試験に伴い地中での二酸化炭素の挙動のための坑口・坑底温度圧力測定、弾性波トモグラフィ、物理検層(音波検層、比抵抗検層、中性子検層、ガンマ線検層)および微動観測を実施した。

圧力・温度計測は、圧入対象である貯留層の圧力・温度変化を連続的に直接測定するもので、圧入井IW-1の坑口と帯水層部

分および観測井OB-4坑の貯留層部分で、圧入による貯留層の圧力・温度変化を連続的に測定した。

弾性波トモグラフィは、貯留層に圧入した二酸化炭素の分布とその経時変化を坑井間の広い範囲で把握することを目的として平成17年度までに6回の測定を実施した。これにより観測井OB-2坑、OB-3坑間における二酸化炭素の貯留範囲と圧入に応じた貯留範囲の拡大が、圧入井IW-1近傍から広がる盤弾性波速度の低下として画像化された。(図-8)

物理検層は、観測井OB-2坑、OB-3坑およびOB-4坑を対象として、二酸化炭素到達を捉え、かつその経時変化を高い分解能で計測して、地下における二酸化炭素の挙動を把握することを目的として実施した。二酸化炭素の圧入中はほぼ1カ月間隔で測定を行い、平成16年2月には観測井OB-2坑で、平成16年6月には観測井OB-4坑で二酸化炭素の到達(ブレイクスルー)が物性地(P波速度、比抵抗、中性子孔隙率)変化として確認され、さらにその後の二酸化炭素の動きに伴う物性値の変化により、圧入に伴う帯水層中の二酸化炭素飽和度が推定された。

これらの観測に加え、平成17年12月には観測井OB-2坑の貯留層部分から試料採取を行い、圧入した二酸化炭素の状況が直接確認された。

(8) シミュレーション・スタディ

シミュレーション・スタディは今回開発した二酸化炭素長期挙動予測のためのシミュレータGEM-GHG(天然ガス地下貯蔵シミュレータ)を使用して実施した。観測されたデータのヒストリーマッチングにより得られた最適貯留層モデルにより、圧入した二酸化炭素の現状の貯留状況と1,000年後までの長期挙動についての予測計算を行った。その結果、浮力を駆動力とする二酸化炭素の移動は極めて小さく、実証試験エリアでは二酸化炭素は圧入実証試験地点の近傍に長期間安定的に貯留されるとの予測が得られた。(図-9)

このように平均浸透率が低いわが国の帯水層に対して、地層特性を考慮した計画圧力と圧入レートで、累計10,400tの二酸化炭素が圧入でき、わが国帯水層における二酸化炭素地中貯留の実現性が確認された。この実証試験で実施した既存技術を利用・発展させたモニタリング技術やシミュレーション予測技術による地中二酸化炭素の挙動の解明は今後の二酸化炭素地中貯留の安全性検討に大いに役立つであろう。また、実証試験中に起こった中越地震は、地震国であるわが国での二酸化炭素地中貯留事業の耐震性を検証する貴重な経験となった。

実用化システムに向けての 全体イメージ策定とその技術的課題

長岡圧入実証試験等を中心とする研究開発の成果を踏まえ、今後、日本国内で二酸化炭素地中貯留を実用化するためには、その全体システムのイメージの策定と実適用に向けての技術的

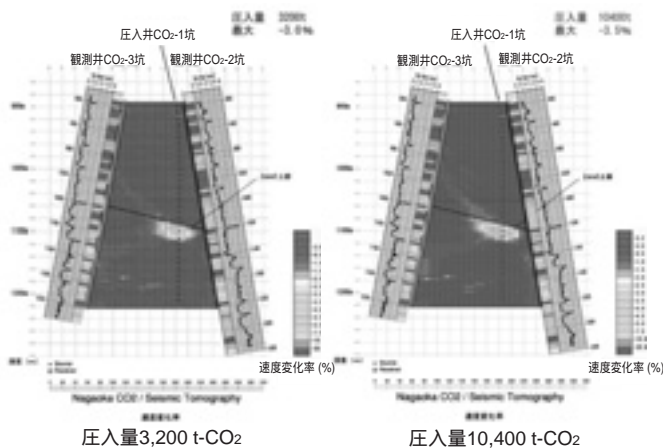


図8 弾性波トモグラフィ結果(P波速度の変化率)

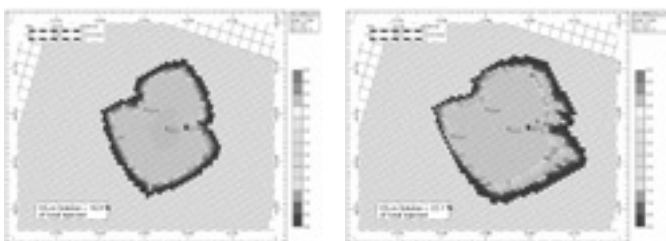


図9 シミュレーション・スタディによる溶解CO₂分布の変化(左/圧入直後&右/1000年後)

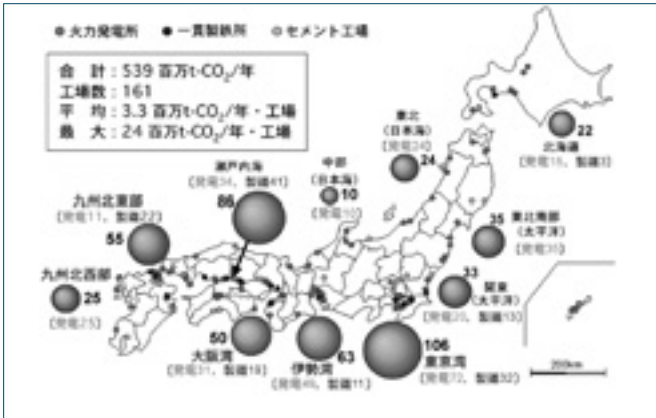


図 10 わが国のCO₂主要排出源と排出量 (RITE 平成 17 年度成果報告書)

課題を解決していく必要がある。

(1) 国内における二酸化炭素地中貯留事業の実適用の規模イメージ

海外で現在進められている実用レベルでの二酸化炭素地中貯留プロジェクトは概ね年100万トン以上の規模で進められている。(Sleipner、Weyburn、Crust、Gorgon、In-salah、Snohvit) 国内での二酸化炭素地中貯留事業を考えるに、年100万トン規模を全国エリア毎の14~15箇所を考えると年間CO₂貯留量は1,400万トン・CO₂/年となり、これは国内の主要産業からの排出量合計の年間5.39億トンのたかだか約3%程度である。(図-10)

この規模で20年間継続して貯留すると、合計で2億8,000万トン・CO₂の容量が必要となるが、平成17年度RITE/ENAAで実施した「全国賦存量調査」によると貯留メカニズムが判明し、(構造性帯水層)かつ基礎試験データを有する帯水層の貯留ポテンシャルだけでも約52億トン・CO₂と報告され、この規模に対して十分な貯留容量の帯水層が国内周辺に存在すると考えられる。

また、この1,400万トン・CO₂/年という規模は、京都議定書

の削減目標である6,700万トン・CO₂/年(1990年基準の総排出量11.2億トン・CO₂の約6%の削減)に対して、約2割に相当する規模となり、二酸化炭素地中貯留が国内で本格的に実適用されれば、二酸化炭素の排出削減目標に対し、大きく貢献できるものと考えられる。

(2) 国内における全体システムの設備イメージ

平成17年度RITE/ENAAで実施した「想定モデル地点調査」では具体的な排出源、輸送、圧入設備および貯留層を想定してエンジニアリング・スタディを実施し、わが国における全体システムのイメージ策定のための検討がなされた。

モデル地点は背斜構造を有する構造性地下帯水層の存在が期待でき、貯留層等の諸データが豊富に揃っている地点として北海道の2地点(ともに海域)と、新潟の2地点(海域1地点、陸域1地点)を選定した。

分離・回収設備

モデル地点近傍の火力発電所、製鉄所、セメント工場等からは、一設備あたり年間100万トン規模の二酸化炭素排出が期待でき、製油所の水素製造設備からは10~40万トン程度の回収が技術的に見込めることがわかった。分離回収プラントの設備サイズからも概ね100万トン/年を1ユニットとすることが現実的と考えられ、各排出源での最適な化学吸収法プロセスを選定し、分離・回収プラントを設計・試算した。

輸送設備

排出源から圧入地点までの輸送経路は現地調査に基づき、設置条件や施工性より実現性のあるCO₂パイプラインルートを選定し、輸送量100万トン/年の場合の輸送設備を設計・試算した。

貯留設備

海域の圧入設備は、沿岸の圧入基地から貯留層まで圧入井の大偏距掘削(ERD)による最適配置の坑井検討を実施した。想定地点での圧入井は(垂直深度1,200mから2,400m水平偏距

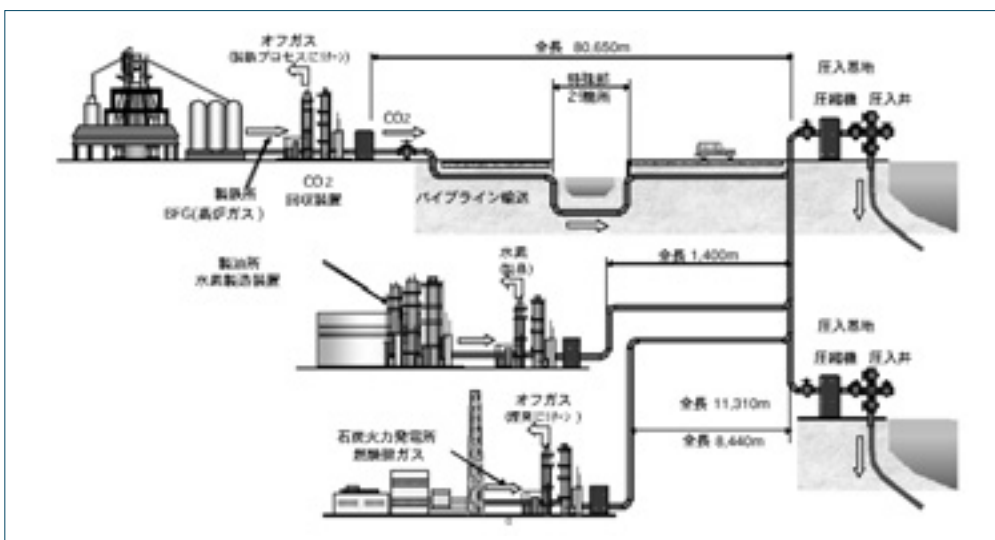


図 11 全体システム設備イメージ

は最大7,200 m)国内のERD実績を超えているが、海外でのERD実績に基づく詳細なエンジニアリング検討により、実施が充分可能であるとの結論を得た。

陸域の圧入井は圧入対象層の条件から水平長1,200 m程度の水平坑井(垂直深度1,200 ~ 1,300 m)を想定し、さらに経済性からマルチラテラル坑井の検討も実施した。

全体システム

複数の排出源からの二酸化炭素をパイプラインで集め、複数の圧入地点まで送る場合の全体システム例を図-11(31頁)に示す。この調査で検討した全体システムをベースに二酸化炭素地中貯留の設備のコスト試算を詳細に行い、技術的には十分対応できる確信が得られた。今後の検討については、コストそのものが地域的諸条件、地質条件に大きく左右されることから、安全性を十分配慮した上で、国内の現状に即した、各設備での地域特性を考慮した大幅なコストダウンが重要課題であるといえよう。

(3)実適用に向けた技術課題の整理

今後、わが国において二酸化炭素地中貯留事業を実現していくためにはコストの削減と安全性・信頼性確保のために以下のような詳細な技術検討を進めていく必要がある。

地中貯留最適サイトの選定

二酸化炭素排出源と貯留層の地理的マッチングを得た最適貯留サイトの選定

分離・回収設備

- ・排出二酸化炭素の条件に応じた吸収液の選定・開発と最適プロセスの選定
- ・吸収・再生過程に必要な熱エネルギーの確保(未利用エネルギーの有効活用)
- ・排出源設備の操業への影響の考慮

輸送設備

- ・高密度輸送を考慮した輸送プロセスの最適化と経済性の追求
- ・法的位置づけを含めた二酸化炭素の安全輸送法の検討

圧入設備

- ・貯留層でのシール性能、地質モデルおよび圧入性能の異方性を評価するための試掘調査、地震探査、シミュレーション解析等による貯留層条件の把握
- ・坑井内での管内流動シミュレーション解析を含む圧入井の最適設計
- ・大偏距掘削(ERD坑井)の詳細実施設計(図-12、図-13)
- ・圧入操業条件の検討と3D地震探査等による定期的な監視モニタリング検討

これらの技術課題については、現在、その解決に向け、鋭意技術詳細検討が進められている。

想定地点のCO₂坑井はERD技術が必要となる。

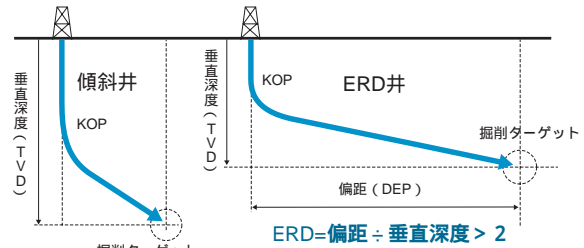


図12 大偏距掘削(ERD)の概要

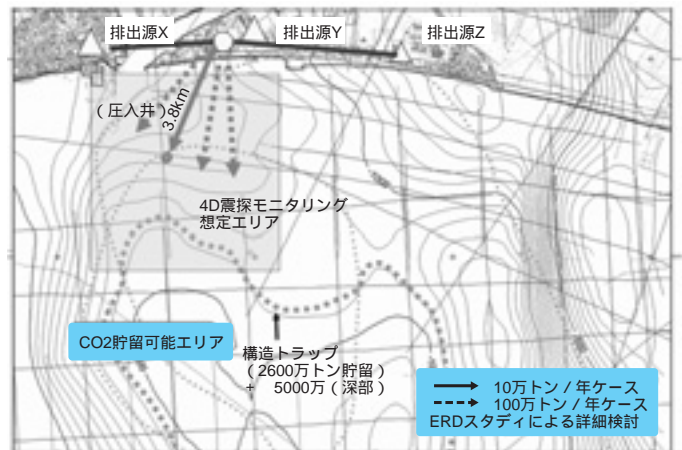


図13 モデル地点でのCO₂貯留層の検討

まとめ

今回の長岡での圧入実証試験の実施とそれに伴う技術的検証は二酸化炭素の地下での挙動把握、予測手法の開発などの二酸化炭素地中貯留技術開発に大きく貢献してきた。さらに、RITE/ENAAで平成17年度より実施した「想定モデル地点調査」と「全国賦存量調査」の調査研究は将来のわが国での二酸化炭素地中貯留事業の実適用への可能性を大きく進展させてきた。

わが国における「二酸化炭素地中貯留事業」の実適用に向けては、更なるモニタリング技術の技術開発による安全性検討・検証とともに、想定される地域地点の特性を考慮した「二酸化炭素地中貯留の一貫システムとしての最適化検討」が不可欠であり、想定サイトでの「実務エンジニアリングワークによる詳細な技術検討」と「技術的諸問題を具体的に解決するための一貫システムでの実証試験」が必要であると考えている。

また、個別の技術開発のみならず、二酸化炭素を地中に貯留することの明確な法的位置付け、CO₂漏洩に対する監視、安全対策を含めた適用法規・技術基準等の整備とともにこの事業に関する社会的コンセンサス獲得も急務であろう。

エンジニアリング振興協会では、今後ともこの「二酸化炭素地中貯留技術開発」をさらに推進し、この事業の早期実用化をめざし、わが国における地球環境改善と温暖化対策の前進に積極的に貢献したいと考えている。

(事務局 嘉納 康二、榎瀬 大爾、古川 博宣)

石油センター 事務局より



棚瀬 大爾 野口 綾子 古川 博宣 嘉納 康二 石黒 修一 茅沼 貢 金光 雅弘 鈴木 信也 三宅 勇治
菊池 強 齊数 協 入澤 博 松田 任子 根田 栄

所長就任から4カ月程ですが、SECの現在実施している事業、過去実施してきた事業などについてフォローし、諸先輩及び会員の方々の大変な努力による大きな成果を勉強させて頂いております。

所長就任時にSECが今年11月で15周年を迎えるということを知り、この節目に特集号を企画しました。

新参者の副所長です。メタハイ、CO₂などこれまで経験したことのない世界に多少戸惑いながらも、活気のある雰囲気の中で仕事ができる

職員に採用されて、はや11年目になりました。この間、たくさんの方を迎え送ってきました。街中で声をかけられた時に名前が出てこなかったらどうしようと思う時もあります。もちろん忘れるはずはありませんが、腰が曲がるま

この中でも、関係の皆様、関係方面から多くのお言葉も頂いておりますが、今後これらの言葉を励みにSECの役割を着実にこなし、皆様の期待に応えられますようSEC職員一同、力を合わせ業務を遂行して参る所存であります。

皆様方の更なるご指導・ご支援の程をお願い申し上げます。
(当協会常務理事 石油センター所長 入澤 博)

ことを喜んでおります。関係の皆様方の、今後のご指導ご協力をよろしく申し上げます。
(石油センター副所長 齊数 協)

でSECにいたら…。
皆様、今後もSECへ変わらぬご支援のほどお願いいたします！
(総務・企画部 松田 任子)

Engineering No.112 2006.11

広報部会「広報誌編集分科会」
分科会長 堀田 研二（千代田化工建設）
副分科会長 笠原 文東（日揮）
委員 浅川 時生（石川島播磨重工業）
坂田 文彦（荏原製作所）
吉田 真（大林組）
藤村 久夫（鹿島建設）
大島 光晴（JFEエンジニアリング）
三樹 正美（石油資源開発）
大久保 澄（大成建設）
宮脇 邦彦（東洋エンジニアリング）
川田 真（三菱重工業）
事務局 小倉 三枝子
財団法人エンジニアリング振興協会
〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目4番6号
財団本部 総務部・業務部
TEL.03-3502-4441 FAX.03-3502-5500
財団本部 技術部
TEL.03-3502-4444 FAX.03-3502-4964
地下開発利用研究センター
TEL.03-3502-3671 FAX.03-3502-3265
石油開発環境安全センター
TEL.03-3502-4447 FAX.03-3502-3265
URL <http://www.ena.or.jp>

制作 三幸企画

編集後記

SECが長年、着々と取り組んできた「エネルギー」と「環境」の問題は近年、時代の確かなニーズとなり、大きな事業へと展開してきました。

これはひとえに、この間、SEC事業を常にご支援いただいた皆様と賛助会員各社のご協力の賜物であると感謝しています。

私は石油センター（SEC）とは大きな舞台であると考えています。

このSECという舞台を利用して、良いシナリオを企画・立案し、賛助会員各社から素晴らしい技のある役者に多数、集まってもらい、大きな事業（演劇）をともに立ち上げ、社会のニーズに沿った成果・評価を獲得していくようなものです。

ぜひ、今後も時代を先取りした事業を皆様とともに創出し、「エネルギー」と「環境」問題の解決に向け、貢献していきたいと考えています。

今後ともSEC事業への積極的なご参加をよろしくお願い申し上げます。

(石油センター 総務・企画部長 嘉納 康二)

