

平成24年度「二酸化炭素削減技術実証試験事業（国庫債務負担行為に係るもの）」に係る企画競争募集要領

平成24年2月8日
経済産業省
産業技術環境局
地球環境連携・技術室

経済産業省では、平成24年度「二酸化炭素削減技術実証試験事業（国庫債務負担行為に係るもの）」を実施する委託先を、以下の要領で広く募集します。

【ご注意】

本事業への申請は、府省共通研究開発管理システム（e-Rad）による申請が必要です。当該システムの使用にあたっては、事前に研究機関及び研究者の登録が必要です。

※e-Radによる申請手続を行わないと本事業への申請ができませんので、十分留意してください。

1. 事業の目的

二酸化炭素回収・貯留（CCS：Carbon dioxide Capture and Storage）は、世界的にも中長期的な地球温暖化対策として期待されており、2008年に開催されたG8北海道洞爺湖サミットでは、2050年までにCO₂排出量を世界で半減するという目標の共有が合意された。そして地球温暖化への取組としてエネルギー効率の改善、風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギーの促進等とともにCCSを含む先進的なエネルギー技術の開発と展開の必要性が確認された。

国際エネルギー機関（IEA）の試算によると、2050年に温室効果ガスを半減させるためにはCCSが約2割の削減分を担うとされている。

2050年に世界の温室効果ガスを半減するためには、日本としても先進国の一員としてCO₂の削減に取り組むことが重要であり、そのためには、省エネルギーや再生可能エネルギーのみならず、CCSも活用しなければ大量のCO₂削減を達成することは困難であると考えられる。

これらを踏まえ、平成20年3月に公表された「Cool Earth - エネルギー革新技術計画-」において、CCSは今後重点的に取り組むべき21の革新技術のひとつとして位置づけられており、さらに、平成22年6月に閣議決定された「エネルギー基本計画」においても、2020年頃のCCSの商用化を目指した技術開発の加速化を図ることが述べられているところである。

以上のように、我が国においては、二酸化炭素回収・貯留（CCS）技術適用の本格化について、地球温暖化対策として速やかな対応を求められており、これには実排出源から分離・回収したCO₂を用いて、より実用に近い規模（年間10万t-CO₂規模以上）で実施するCCS大規模実証試験を通して、分離・回収から圧入・貯留にいたるトータルシステムとして実証する必要がある。

今回募集する事業では、この実証試験に必要な施設の設計・建設等を平成24年度から平成27年度にかけて実施する。

（注）実証試験計画の扱いについて

別添の実証試験計画の扱いについては、実証試験計画の中の「実証試験計画の位置づけ」に記載されているとおりである。実証試験計画に記載されている全体システムや貯留層等の全てを必須として固定するのではなく、提案者からは、実証試験計画の第1章1.2（将来の100万トン規模実用化に向けた課題）に記載されている課題をクリアするためのより効果的かつ実証的な提案がなされるべきである。ただし、本実証試験計画の範囲以外の提案をされる場合には、申請者はそれらの技術的妥当性について提案書へ記載すること。

2. 事業内容

（1）実証試験に必要な施設の設計・建設等

CCS大規模実証試験を北海道苫小牧地点において実施するため、必要な施設の設計・建設等を行う。具体的には、別添の実証試験計画を元に、実証試験計画に提示されている課題をクリアするための具体的かつ実証的なトータルシステムを各申請者が提案し、そのためのスケジュールを立てた上で、必要な施設の設計・建設等を行う。

（2）施設の試運転の実施

（1）において建設した実証試験の施設について、予定の機能が発揮できることを確認するための試運転を実施する。

（3）モニタリングの実施

実証試験計画に提示されているモニタリング計画を元に、具体的かつ実証的なモニタリング計画を策定する。また、それに応じて、必要なベースラインの取得等を実施する。

（4）法規制対応、安全性評価等に係る調査、検討

今回の実証試験の実施に必要な法規制への対応、「CCS実証事業の安全な実施にあたって」(2009年8月、経済産業省産業技術環境局 二酸化炭素・回収貯留(CCS)研究会)への対応、安全性評価等に係る調査、検討を実施する。

(5) 社会的受容性に係る調査・検討、理解促進活動等

実証試験の実施に向け、北海道苫小牧市の地元関係者を中心に広く国民にCCSの意義、技術、安全性等の理解を得るための調査・検討、理解促進活動等を実施する。

(6) 成果報告書の作成

事業の成果物として、成果報告書を電子媒体(透明テキストファイル付きPDFファイル(CD-ROM等の記録媒体に保存))で3式作成し、経済産業省産業技術環境局地球環境連携・技術室まで提出する。

なお、本事業を受託する研究者等は、研究活動の内容や成果を社会・国民に対して分かりやすく説明する活動(以下、「国民との科学・技術対話」という。)に積極的に取り組むこと(詳細は、「国民との科学・技術対話」の推進について(基本的取組方針)(平成22年6月19日)を参照のこと)。

3. 事業実施期間

契約締結日～平成28年3月31日

4. 応募資格

応募資格：次の要件を満たす企業・団体等とします。

本事業の対象となる申請者は、次の条件を満たす法人とします。なお、コンソーシアム形式による申請も認めますが、その場合は幹事法人を決めていただくとともに、幹事法人が事業提案書を提出して下さい。(ただし、幹事法人が業務の全てを他の法人に再委託することはできません。)

- ①日本に拠点を有していること。
- ②本事業を的確に遂行する組織、人員等を有していること。
- ③本事業を円滑に遂行するために必要な経営基盤を有し、かつ、資金等について十分な管理能力を有していること。
- ④予算決算及び会計令第70条及び第71条の規定に該当しないものであること。
- ⑤経済産業省所管補助金交付等の停止及び契約に係る指名停止等措置要領(平成1

5・01・29会課第1号)別表第一及び第二の各号第一欄に掲げる措置要件のいずれにも該当しないこと。

⑥府省共通研究開発管理システム(e-Rad)への登録を行っていること(※)

(※)府省共通研究開発管理システム(e-Rad)

e-Rad(Electric-Research and Development)とは、政府全体の研究資金について、研究開発管理に係る一連のプロセス(公募→受付→審査→採択→採択課題管理→成果報告等)をオンライン化する府省横断的なシステムです。

○e-Radポータルサイト<http://www.e-Rad.go.jp/>

○e-Rad利用可能時間帯

6:00~26:00(月~金)、12:00~26:00(土)、12:00~26:00(日)(土曜日は運用停止、祝祭日は上記のとおり利用可能)

○e-Radヘルプデスク

電話番号:0120-066-877(フリーダイヤル)

受付時間:9:30~17:30※土曜日、日曜日、祝祭日を除く

【応募に当たっての留意事項】

○不合理な重複及び過度の集中の排除

競争的資金の適正な執行に関する指針(平成17年9月9日競争的研究資金に関する関係府省連絡会申し合わせ、平成21年3月27日最終改正)を踏まえ、経済産業省所管のすべての研究資金について、不合理な重複^{注1}及び過度の集中^{注2}が認められた場合には、不採択とする場合があります。また、応募書類に事実と異なる記載をした場合は、不採択、採択取消し又は減額配分とする場合があります。

注1「不合理な重複」とは、同一の研究者による同一の研究課題に対して、複数の研究資金が不必要に重ねて配分される状態であって、次のいずれかに該当する場合をいう。

・実質的に同一(相当程度重なる場合を含む。以下同じ。)の研究課題について、複数の研究資金に対して同時に応募があり、重複して採択された場合

・既に採択され、配分済の研究資金と実質的に同一の研究課題について、重ねて応募があった場合

・複数の研究課題の間で、研究費の用途について重複がある場合

・その他これらに準ずる場合

注2「過度の集中」とは、同一の研究者又は研究グループ(以下「研究者等」という。)に当該年度に配分される研究費全体が、効果的、効率的に使用できる限度を超え、その研究期間内で使い切れないほどの状態であって、次のいずれかに該当する場合をいう。

・研究者等の能力や研究方法等に照らして、過大な研究費が配分されている場合

・当該研究課題に配分されるエフォート(研究者の年間の全仕事時間に対する当該研究の実

施に必要となる時間の配分率)に比べ、過大な研究費が配分されている場合

- ・不必要に高額な研究設備の購入等を行う場合
- ・その他これらに準ずる場合

○公的研究費の不正な使用及び不正な受給への対応

(1) 研究費の管理・監査体制の整備と実施状況の確認

公的研究費の不正な使用及び不正な受給(以下「不正使用等」という。)については、「公的研究費の不正な使用等への対応に関する指針」(平成20年12月3日経済産業省)(以下、「公的研究費に関する指針」という。)に基づき、経済産業省は資金配分機関として、本事業の委託先事業者は研究機関として研究費の管理・監査体制の整備等の必要な措置を講じることとしています。

各研究機関における研究費の管理・監査体制の整備等については、公的研究費に関する指針に基づき、実施状況の報告を求める場合がありますので、求められた場合には直ちに報告するようにしてください。なお、当該年度において、同旨の報告書を、他府省等を含め既に提出している場合は、この報告書の写しの提出をもって代えることができます。

また、上述の報告の他、各研究機関における研究費の管理・監査体制の整備等の実施状況を把握するため、現地調査を行う場合があります。

(2) 公的研究費の不正使用等があると認められた場合の措置

本事業及び他府省の事業を含む他の研究資金において、公的研究費の不正使用等があると認められた場合、以下の措置を講じます。

- ①当該研究費について、不正の重大性などを考慮しつつ、全部又は一部を返還していただくことがあります。
- ②不正な使用を行った研究者及びそれに共謀した研究者に対し、本事業への翌年度以降の応募を制限します。(応募制限期間:不正の程度などにより、原則、当該研究費を返還した年度の翌年度以降2~5年間)
- ③不正な受給を行った研究者及びそれに共謀した研究者に対し、本事業への翌年度以降の応募を制限します。(応募制限期間:原則、当該研究費を返還した年度の翌年度以降5年間)
- ④他府省を含む他の資金配分機関に対し、当該不正使用等に関する措置及び措置の対象者等について情報提供します。このことにより、不正使用等を行った者及びそれに共謀した研究者に対し、他府省を含む他の資金配分機関の研究資金への応募が制限される場合があります。

○研究活動の不正行為への対応

研究活動の不正行為(ねつ造、改ざん、盗用)については「研究活動の不正行為への対応に関する指針」(平成19年12月26日経済産業省)(以下「研究活動に関する指針」という。)に基づき、経済産業省は資金配分機関として、本事業の委託先事業者は研究機関として必要な措置を講じることとします。そのため、告発窓口の設置や本事業についての告発があった

場合の調査をお願いすることがあります。また、本事業及び他府省の事業を含む他の研究事業による研究活動に係る研究論文等において、研究活動の不正行為があると認められた場合、以下の措置を講じます。

(1) 本事業において不正行為があると認められた場合

- ①当該研究費について、不正行為の重大性などを考慮しつつ、全部又は一部を返還していただくことがあります。
- ②不正行為に関与した者に対し、本事業への翌年度以降の応募を制限します。(応募制限期間：不正行為の程度などにより、原則、不正があったと認定された年度の翌年度以降2～10年間)
- ③不正行為に関与したとまでは認定されなかったものの、当該論文等の責任者としての注意義務を怠ったことなどにより、一定の責任があるとされた者に対し、本事業への翌年度以降の応募を制限します。(応募制限期間：責任の程度等により、原則、不正行為があったと認定された年度の翌年度以降1～3年間)
- ④他府省を含む他の資金配分機関に対し、当該不正行為に関する措置及び措置の対象者等について情報提供します。このことにより、不正行為に関与した者及び上記③により一定の責任があるとされた者に対し、他府省を含む他の国の研究資金における事業への応募が制限される場合があります。
- ⑤経済産業省は不正行為に対する措置を決定したときは、原則として、措置の対象となった者の氏名・所属、措置の内容、不正行為が行われた研究資金の名称、当該研究費の金額、研究内容、不正行為の内容及び不正の認定に係る調査結果報告書などについて公表します。

(2) 過去に国の研究資金において不正行為があったと認められた場合

国の研究資金において、研究活動における不正行為があったと認定された者(当該不正行為があったと認定された研究の論文等の内容について責任を負う者として認定された場合を含む。)については、研究活動に関する指針に基づき、本事業への参加が制限されることがあります。

経済産業省における研究上の不正行為、研究費の不正使用等に関する告発・相談窓口

経済産業省 産業技術環境局産業技術政策課 研究開発事業適正化推進係
〒100-8901 東京都千代田区霞が関1-3-1
TEL 03-3501-1773 / FAX 03-3501-7908
E-mail kenkyu-hotline@meti.go.jp

5. 契約の要件

- (1) 契約形態：委託契約
- (2) 採択件数：1件
- (3) 予算規模：平成24年度予算としては、10,200,000,000円（消費税を含む）を上限とします。また、平成25年度は12,300,000,000円、平成26年度は12,300,000,000円、平成27年度は12,200,000,000円（それぞれ消費税を含む）を歳出上限とします。なお、最終的な実施内容、契約金額については、経済産業省と調整した上で決定することとします。
- (4) 事業期間：事業期間は、平成24年度から平成27年度までの4年間を予定しており、複数年の契約を予定しています。ただし、予算の状況及び中間評価の結果等を踏まえ、変更があり得ます。
- (4) 成果物の納入：成果報告書の電子媒体（透明テキストファイル付きPDFファイル（CD-ROM等の記録媒体に保存））で3式を経済産業省に納入。
- (5) 委託金の支払時期：毎年度事業終了後の精算払いとなります。
※事業終了前の支払い（概算払）が認められる場合は制限されていますのでご注意ください。
- (6) 支払額の確定方法：事業終了後、事業者より提出いただく実績報告書に基づき原則として現地調査を行い、支払額を確定します。
支払額は、契約金額の範囲内であって実際に支出を要したと認められる費用の合計となります。このため、全ての支出には、その収支を明らかにした帳簿類及び領収書等の証拠書類が必要となります。また、支出額及び内容についても厳格に審査し、これを満たさない経費については、支払額の対象外となる可能性もあります。

※本事業は平成24年度以降に実施される事業であるため、平成24年度予算の成立以前においては、委託予定者を決定するものであり、また、平成24年度予算の成立までは内容が変更される場合があります。

6. 応募手続き

(1) 募集期間

募集開始日：平成24年2月8日（水）

締切日：平成24年3月15日（木）17時必着

(2) 説明会の開催

開催日時：平成24年2月20日（月）13時30分～14時00分

開催場所：経済産業省別館6階632-2会議室

説明会への参加を希望する方は、10. 問い合わせへ2月16日（木）17時までにご連絡ください。

連絡の際は、メールの件名（題名）を必ず「平成24年度「二酸化炭素削減技術実証試験事業（国庫債務負担行為に係るもの）」説明会出席登録」とし、本文に「所属組織名」「出席者の氏名（ふりがな）」「所属（部署名）」「電話番号」「FAX番号」「E-mailアドレス」を明記願います。

なお、会場の都合により、説明会への出席につきましては、応募単位毎に2名までをお願い致します。（複数組織での共同応募を予定されている場合は共同で応募される複数組織を一応募単位とし、その中から2名までの出席をお願い致します。）当省への入構番号につきましては登録頂きました、「E-mail アドレス」までご連絡致します。また、出席者多数の場合は説明会を複数回に分け、時間を調整させて頂くことがありますので、予めご了承下さい。

(3) 応募書類

① 以下の書類を一つの封筒に入れてください。封筒の宛名面には、「平成24年度「二酸化炭素削減技術実証試験事業（国庫債務負担行為に係るもの）」申請書」と記載してください。

- ・申請書（様式1）＜申請書1部＞
- ・企画提案書（様式2）＜10部＞
- ・会社概要票及び直近の過去3年分の財務諸表＜1部＞

② 提出された応募書類は本事業の採択に関する審査以外の目的には使用しません。

なお、応募書類は返却しません。機密保持には十分配慮いたしますが、採択された場合には、「行政機関の保有する情報の公開に関する法律」（平成11年5月14日法律第42号）に基づき、不開示情報（個人情報、法人の正当な利益を害する情報等）を除いて、情報公開の対象となりますのでご了承ください。

③ 応募書類等の作成費は経費に含まれません。また、選定の正否を問わず、企画提案書の作成費用は支給されません。

④ 企画提案書に記載する内容については、今後の契約の基本方針となりますので、予算額内で実現が確約されることのみ表明してください。なお、採択後であっても、申請者の都合により記載された内容に大幅な変更があった場合には、不採択となる場合があります。

⑤ 今回の公募では、応募受付期間内に、「(4) 応募書類の提出」に基づく応募書類の提出に加え、以下の「(5) 府省共通研究開発管理システム（e-R&D）による応募」

手続きが必要です。

(4) 応募書類の提出先

応募書類は郵送・宅配便等により以下に提出してください。

〒100-8901 東京都千代田区霞が関1-3-1

経済産業省産業技術環境局地球環境連携・技術室

「平成24年度「二酸化炭素削減技術実証試験事業（国庫債務負担行為に係るもの）」担当あて

※ 持参、FAX及び電子メールによる提出は受け付ません。資料に不備がある場合は、審査対象となりませんので、記入要領等を熟読の上、注意して記入してください。

※ 締切を過ぎての提出は受け付けられません。郵送等の場合、配達の場合で締切時刻までに届かない場合もありますので、期限に余裕をもって送付ください。

(5) 府省共通研究開発管理システム（e-Rad）による応募

e-Radへの登録・申請等、必要な手続きについては、前述の「e-Radポータルサイト」を参照してください。

(a) e-Radへの登録（ログインID、パスワードの取得）

e-Radによる申請書類の提出は、所属研究機関及び研究者がe-Radに登録し、ID、パスワードを取得してから可能となります。本システムへの登録申請（申請者による研究機関及び研究者登録が必要）から、ID、パスワード取得には時間を要しますので、本事業に応募される方は、早め（公募締切の少なくとも2週間以上前を推奨）に本システムへ登録申請してください。

一度登録が完了すれば、経済産業省及び他省庁等が所管する制度・事業の応募の際に再度登録する必要はありません。また、経済産業省及び他省庁等が所管する制度・事業で登録済みの場合は、再度登録する必要はありません。

(b) e-Radでの申請

e-Radポータルサイトへログインし、研究代表者が公募件名に対する応募基本情報を入力して、e-Rad提出用のファイル（pdf形式）をe-Radへアップロードすることによりe-Radへの提出がなされます。（ただしファイル容量が3MBを超えるものは提出できませんのでご注意ください。）

なお、本事業への応募は、所属研究機関及び研究者が、e-Radに登録し、ID、パスワードを取得してから可能となります。

(c) 個人情報の取扱い

e-Radによる申請について、応募書類等に含まれる個人情報は、不合理な重複や過度の集中の排除のため、他府省・独立行政法人を含む他の研究資金制度・事業の業務においても必要な範囲で利用（データの電算処理及び管理を外部の民間企業に委託して行わせるための個人情報の提供を含む）する他、e-Radを経由し、内閣府の「政府研究開発データベース」へ提供します。

7. 審査・採択について

(1) 審査方法

採択にあたっては、第三者の有識者で構成される委員会で審査を行い決定します。
なお、応募期間締切後に、必要に応じて提案に関するヒアリングを実施します。

(2) 審査基準

以下の審査基準に基づいて総合的な評価を行います。

- ① 4. の応募資格を満たしているか。
- ② 提案内容が、1. 本事業の目的に合致しているか。
- ③ 事業の実施方法、実施スケジュールが現実的か。
- ④ 事業の実施方法等について、本事業の成果を高めるための効果的な工夫が見られるか。
- ⑤ 本事業の関連分野に関する知見を有しているか。
- ⑥ 本事業を円滑に遂行するために、事業規模等に適した実施体制をとっているか。
- ⑦ コストパフォーマンスが優れているか。また、必要となる経費・費目を過不足無く考慮し、適正な積算が行われているか。

(3) 採択結果の決定及び通知について

採択された申請者については、経済産業省のホームページで公表するとともに、当該申請者に対しその旨を通知します。

8. 契約について

採択された申請者について、国と提案者との間で委託契約を締結することになります。なお、採択決定後から委託契約締結までの間に、経済産業省との協議を経て、事業内容・構成、事業規模、金額などに変更が生じる可能性があります。

契約書作成に当たっての条件の協議が整い次第、委託契約を締結し、その後、事業開始となりますので、あらかじめ御承知おきください。また、契約条件が合致しない場合には、委託契約の締結ができない場合もありますのでご了承ください。

なお、契約締結後、受託者に対し、事業実施に必要な情報等を提供することがありますが、情報の内容によっては、守秘義務の遵守をお願いすることがあります。

9. 経費の計上

(1) 経費の区分

本事業の対象とする経費は、事業の遂行に直接必要な経費及び事業成果の取りまとめに必要な経費であり、具体的には以下のとおりです。

経費項目	内容
I. 人件費	事業に直接従事する者の直接作業時間に対する人件費
II. 事業費	
旅費	事業従事者に対する事業を行うために必要な交通費、日当、宿泊費
会場費	事業（会議、講演会、シンポジウム）を行うために必要な会場借料及び茶菓料（お茶代）等
謝金	事業を行うために必要な謝金（委員謝金等）
設備費	事業を行うために必要な機械装置及び工具器具備品等の購入、製造、借用、修繕又は据付けに必要な経費
物品購入費	事業を行うために直接必要な物品（当該事業のみで使用されることが特定・確認できるもの。原材料及び消耗品費等（諸経費の中の一般管理費で購入するものを除く。）の購入に要する経費
外注費	事業を行うために必要な経費の中で、事業者が直接実施することが出来ないもの又は適当でないもの（機械装置又は工具器具部品等の設計、製造、改造、修繕又は据付け、試料の製造、分析鑑定等）の外注に要する経費 ※ただし、軽微な再委託（①50万円未満の再委託・外注、②印刷費、会場借料（会場提供者からの付帯設備を含む。）、翻訳費その他これに類するもの）については、この項目には計上せず他の適当な項目に計上すること。
印刷製本費	事業で使用するパンフレット・リーフレット、事業成果報告書等の印刷製本に関する経費
補助職員人件費	事業に直接従事する補助職員（アルバイト等）に係る経費

その他諸経費	事業を行うために必要な文献購入費、法定検査、検定料、特許出願関連費用等に係る経費
Ⅲ. 再委託費	<p>事業を行うために必要な経費の中で、事業者が直接実施することが出来ないもの又は適当でないもの（調査、工作物の作成、組立等及び大学、高等専門学校、独立行政法人化した研究所、公設試験研究機関等からの技術指導費等）の一部を委託するのに必要な経費</p> <p>※ただし、軽微な再委託（①50万円未満の再委託・外注、②印刷費、会場借料（会場提供者からの付帯設備を含む。）、翻訳費その他これに類するもの）については、この項目には計上せず他の適当な項目に計上すること。</p>
Ⅳ. 一般管理費	<p>事業を行うために必要な経費の中で、エビデンスによる照合が困難な経費（当該事業とその他の事業との切り分けが困難なもの）について、契約締結時において一定割合支払を認められる間接経費。</p> <p>具体的には、当該事業を行うために必要な家賃、水道光熱料、コンピュータ使用料、回線使用料、文房具などの汎用的な消耗品等、当該事業に要した経費として抽出・特定が困難な経費。（これらにあっても事業の特定が可能なものは、事業費に計上すること。）</p>

※ なお、上記の各項目に「国民との科学・技術対話」の遂行に直接必要な経費を含めることができる。

（2）直接経費として計上できない経費

- ・建物等施設に関する経費
- ・事業内容に照らして当然備えているべき機器・備品等（机、椅子、書棚等の什器類、事務機器等）
- ・事業実施中に発生した事故・災害の処理のための経費
- ・その他事業に関係ない経費

10. 問い合わせ先

〒100-8901 東京都千代田区霞が関1-3-1

経済産業省産業技術環境局地球環境連携・技術室

担当：栗原、別所

FAX：03-3501-7697

E-mail : kurihara-teruo@meti.go.jp
bessho-hirotada@meti.go.jp

お問い合わせは電子メール又はFAXをお願いします。電話でのお問い合わせは受付できません。

なお、お問い合わせの際は、件名（題名）を必ず「平成24年度「二酸化炭素削減技術実証試験事業（国庫債務負担行為に係るもの）」としてください。他の件名（題名）ではお問い合わせに回答できない場合があります。

以上

(様式1)

受付番号 ※記載不要	
---------------	--

経済産業省 へ

平成24年度「二酸化炭素削減技術実証試験事業（国庫債務負担行為に係るもの）」申請書

申請者	企業・団体名	
	代表者役職・氏名	印または署名
	所在地	
連絡担当窓口	氏名（ふりがな）	
	所属（部署名）	
	役職	
	電話番号 （代表・直通）	
	E-mail	

(様式2)

受付番号 ※記載不要	
---------------	--

平成24年度「二酸化炭素削減技術実証試験事業（国庫債務負担行為に係るもの）」
企画提案書

<p>1. 事業の実施方法</p> <p>* 募集要領の2. 事業内容の項目ごとに、具体的な実施方法及び内容を記載してください。</p> <p>* 本事業の成果を高めるための具体的な提案を記載してください。</p> <p>* 別添の実証試験計画の範囲を超えてご提案される場合は、超えた範囲の技術的な妥当性について具体的にご説明下さい。</p>
<p>2. 実施スケジュール（1. の実施が月別に分かること）</p>
<p>3. 事業実績</p> <p>類似事業の実績</p> <p>・ 事業名、事業概要、実施年度、発注者等（自主事業の場合はその旨）</p>
<p>4. 実施体制</p> <p>* 実施責任者略歴、研究員数等及び実施者の業務内容</p> <p>* 外注、再委託を予定しているのであればその内容</p>
<p>5. 事業費総額（千円）※記載している費目は例示。募集要領9.（1）経費の区分に応じて必要経費を記載すること。なお、本事業は平成24年度から平成27年度までの4年間の予定であり、事業費積算はそれぞれの年度毎及び総括表の計5つを作成すること。</p>
<p>I 人件費</p>

II 事業費	
①旅費	
②会場費	
③謝金	
④補助職員人件費	
III 再委託費	
IV 一般管理費	
小計	
IV 消費税及び地方消費税	
総額	千円（※総額は委託予定額の上限内に収めて下さい。）

別 添

苫小牧地点における実証試験計画

平成24年2月

経済産業省
産業技術環境局
地球環境連携・技術室

実証試験計画の位置付け

経済産業省は、二酸化炭素回収・貯留（CCS：Carbon dioxide Capture and Storage）実用化に向けて平成20年度から平成23年度にかけてCCS大規模実証試験実施のための候補地点選定、候補地点における実地調査、必要な施設の概念設計等を進めてきた。これらの調査等を受託した日本CCS調査株式会社は、候補地点の一つである北海道苫小牧地点に関して、これまでの調査や検討の結果を踏まえ、平成23年10月、経済産業省に「貯留層総合評価」及び「実証試験計画（案）」を提出した。

これらを受けて、経済産業省では「CCS実証試験実施に向けた専門検討会」を平成23年10月から12月にかけて4回開催し、技術的な妥当性の確認を行った。本実証試験計画は、この検討会における議論を踏まえたものである。

ただし、実際のCCS大規模実証試験実施に当たっては、検討会における委員からの指摘にもあるように常に最新の技術動向等を踏まえて実施するとともに、実際の商用プラント等に与える影響を考慮する必要がある。このため、本実証試験計画に記載されている全体システムや貯留層等の全てを必須として固定するのではなく、提案者からは、本実証試験計画の第1章1.2（将来の100万トン規模実用化に向けた課題）に記載されている課題をクリアするためのより効果的かつ実地的な提案がなされるべきである。したがって、本実証試験計画に記載されている排出源、分離・回収方法、貯留層、モニタリング手法等は、技術的な確認がなされた候補として提示したものであり、実際に実証試験を提案する者には、その点を踏まえた上で、実施計画の策定を求める。

内容

第1章 実証試験実施の背景、位置付け	1
1.1 長岡でのCO ₂ 圧入実証試験（1万トン規模）の成果	1
1.2 将来の100万トン規模実用化に向けた課題	1
1.3 苫小牧実証試験の技術的位置付け	3
第2章 実証試験計画（案）の内容	1
2.1 全体計画の概要	1
2.1.1 全体システム	1
2.1.2 実施工程	2
2.2 技術検証課題と実証方法	2
2.2.1 設備設計・建設計画	3
(1) 設備設計に関する基本的考え方	3
(2) 分離・回収設備設計（D1-1基地、D1-2基地）	3
① 全体フロー	3
② 技術検証課題	5
(3) 液化・輸送設備設計（D2基地）	6
① 全体フロー	6
② 技術検証課題	8
(4) 圧入設備設計（D0基地）	8
① 全体フロー	8
② 技術検証課題	11
(5) 圧入井掘削	11
① CCS-3	11
② CCS-4	12
③ 坑井の仕上げ	13
④ 技術検証課題	14
2.2.2 システム運用計画	16
(1) システム運用計画に関する基本的考え方	16
(2) CO ₂ 供給計画（D1-1基地、D1-2基地）	16
① 基本計画	16
② 技術検証課題	16
(3) CO ₂ 供給計画（D2基地）	17

① 基本計画	17
② 技術検証課題	17
(4) 圧入設備運転計画（D O 基地）	18
① 基本計画	18
② 技術検証課題	19
(5) 地上設備運用における確認事項のスケジュール	19
(6) 圧入計画	20
① 定常運転（基本圧入運転）	20
② 非定常運転	21
2.2.3 貯留モニタリング計画	23
(1) CO ₂ モニタリング計画に関する基本的考え方	23
(2) 圧入前モニタリング	24
① モニタリング項目	24
② 弾性波探査	25
③ 微小振動、自然地震のモニタリング	26
(3) 圧入中モニタリング	28
(4) 圧入後のモニタリング	30
2.2.4 海洋系におけるモニタリング計画	31
(1) モニタリング計画に関する考え方	31
(2) 圧入前	31
① 妥当性のあるCO ₂ 漏出シナリオの設定	32
② ベースライン調査	32
③ 湾岸内流況を考慮したモデルの構築	33
④ CO ₂ 海水拡散挙動シミュレーション	33
⑤ 海洋生物への影響評価	33
(3) 圧入中	34
(4) 圧入後	35
2.3 異常事態発生時の対応	36
2.3.1 異常事態の想定とその対処方法の確立（保安規定の策定）	36
2.3.2 保安設備の設置	36
2.3.3 保安訓練の実施	36
第3章 まとめ	1

3.1 実証試験計画の概要	1
3.1.1 CCSトータルシステム	1
3.1.2 圧入計画	1
3.1.3 モニタリング	2
3.1.4 実施工程	2
3.2 実証試験成果の活用性、実用展開	2
3.2.1 技術的成果の活用可能性	3
(1) 分離・回収	3
(2) 輸送	3
(3) 圧入	3
(4) 貯留・モニタリング	3
3.2.2 将来の法制度化へ向けて	4

第1章 実証試験実施の背景、位置付け

1.1 長岡でのCO₂圧入実証試験（1万トン規模）の成果

財団法人地球環境産業技術研究機構は、経済産業省による補助事業「二酸化炭素地中貯留技術研究開発」プロジェクトの一環で、平成15年7月から平成17年1月までの1年半の間に新潟県長岡市岩野原において、深度約1,100mの帯水層に合計10,400トンのCO₂を圧入する基礎的なCO₂圧入実証試験を実施した。

その目標は、「わが国の帯水層におけるCO₂圧入終了後のCO₂挙動に関する観測データを取得して、地質工学的な解析・評価を行い、当該事業で開発した長期挙動予測シミュレータにより、CO₂を安定して貯留できることを確認する」（平成22年度二酸化炭素地中貯留技術研究開発中間評価報告書）ことであった。

長岡でのCO₂圧入実証試験は陸域（既存の天然ガス生産基地）で実施され、わが国で最初の帯水層へのCO₂の圧入試験であり、圧入井の周囲に3本の観測井が掘削された。観測井を利用したCO₂圧入前、圧入中、圧入後の物理検層および坑井間の弾性波トモグラフィによる地下の詳細な物性データの取得により、帯水層でのCO₂挙動が詳細に把握された。同時に、わが国特有の変化に富む地質構造を有する帯水層に適したCO₂長期挙動予測シミュレータが開発され、高い精度でのCO₂挙動予測が可能となり、圧入されたCO₂が試験地点の帯水層に1,000年にわたり安全に貯留できることが確認された。これらにより、帯水層において最小限の観測井によるCO₂挙動の把握・予測が可能な見通しが得られた。

長岡でのCO₂圧入実証試験では、CO₂圧入部分に主眼が置かれ有意義な結果が得られたが、圧入に使用したCO₂は市販のCO₂であり、分離・回収を含めたCCSトータルシステムを構成していなかった。

1.2 将来の100万トン規模実用化に向けた課題

長岡でのCO₂圧入実証試験、苫小牧でのCCS大規模実証試験、および実用化段階のCCSプロジェクトにおける各要素の特徴を表1.1-1にまとめる。

表 1.1-1 大規模実証試験の位置付け

要素	区分	長岡 CO ₂ 圧入実証試験 合計 1 万トン規模	苫小牧 大規模実証試験 10 万トン/年規模以上	実用化段階で想定される CCS プロジェクト 100 万トン/年規模
排出源	(市販の CO ₂ を利用)		製油所 (2ヶ所)	発電所、工場等
分離・回収			化学吸収法	化学吸収法、膜分離法等
輸送			タンクローリー パイプライン (机上検討)	パイプライン、タンクローリー 船舶等
貯留		陸域 深部塩水帯水層 (構造性)	海底下 深部塩水帯水層 (構造性/非構造性)	海底下/陸域 深部塩水帯水層 (構造性/非構造性) 生産終了油・ガス層
圧入		1 坑井	2 坑井	2~5 坑井
CO ₂ 挙動把握のための 主要モニタリング 手法		観測井 3 坑	弾性波探査 観測井 1~2 坑	弾性波探査 観測井複数坑

CCSは、すでに海外の一部の国で実施されているように、将来においては1か所あたり年間100万トン規模での実用化が考えられる。長岡での成果と実用化に向けた後述のギャップを埋めるためには、安全、安心にCCSが実施できること（i. 社会的受容性の向上、ii. 適用法規、技術基準の確認・必要に応じた整備）は当然必要であるが、これに加えて年間10万トン規模以上の大規模実証試験において、以下に示す課題を解決しなければならない。

- 1) CO₂ 分離・回収～輸送～圧入のトータルシステム全体として計画通りの機能・性能を発揮できるか。
- 2) 各要素が計画通りの機能・性能を発揮できるか。
 - ・CO₂ 分離・回収、輸送、圧入、モニタリング、地質モデル構築、CO₂ 挙動予測シミュレーション
 - ・圧入中および圧入後（圧入運転終了後）のCO₂ 挙動の把握
 - ・圧入後のCO₂ 挙動の予測
- 3) エネルギー負荷の低減、コストの低減はできるか。

以下に、長岡でのCO₂ 圧入実証試験の成果と上記の実用化に向けてのギャップについて述べる。

- 1) について、

長岡でのCO₂ 圧入実証試験では、大規模排出源からCO₂ を分離・回収したのではなく、市販のCO₂ を使用し、圧入したことからトータルシステムとしての機能・性能確認を実施していない。

2) について、

長岡では、圧入されたCO₂が少量で貯留層の狭い領域に留まっていたことから、構築した地質モデルも狭い領域を対象としていた。実用化へ向けては、大規模な貯留における広範囲で複雑な地質条件下での、地質モデルやCO₂挙動モニタリングの主要項目である弾性波探査について、その機能・性能を確認する必要がある。

3) について、

長岡はCO₂の分離・回収を含んだトータルシステムとはなっておらず、エネルギー負荷の低減/コストの低減の検討は実施していない。

わが国においては、苫小牧でのCCSトータルシステムの大規模実証試験を実施して初めて、上記の全ての課題の検討が可能となる。

具体的には、苫小牧における大規模実証試験では、商業規模を十分に意識し、実用化段階に近い、CO₂を年間10万トン以上の規模で、分離・回収、輸送、圧入・貯留するCCSのトータルシステムを実証する。また、合計数10万トンのCO₂を貯留層へ圧入・貯留し、CO₂の挙動を各種モニタリング手法により観測することで、その結果を用いた長期挙動予測が可能となる。

1.3 苫小牧実証試験の技術的位置付け

1) システム全体

- ・わが国として初となる分離・回収から輸送、圧入、貯留までのCCSトータルシステムを実証し、CCS技術を確認する。

2) 分離・回収、輸送

- ・ガス供給基地および分離・回収基地では、水素製造装置からのCO₂分離・回収について消費エネルギーの少ないモデルを実証する。
- ・液化供給基地では、水素製造装置からの既分離CO₂を活用して、将来に備えたCCS事業の技術オプションとしてのCO₂液化・貯蔵・出荷・輸送システムを実証する。

3) 圧入

- ・2ヶ所の排出源から異なる状態のCO₂（気体・液体）を受入れることで、多様な排出源に対応できる操業管理技術を実証する。
- ・陸上基地から沿岸海底下への地中貯留を実施するために、地上基地から掘削する大偏距坑井の掘削技術を実証する。

4) 貯留・モニタリング

- ・苫小牧地点の異なる深度に存在し貯留層として十分な性状が期待される滝ノ上層T

- 1 部層（構造的）、前別層砂岩層（非構造的）に対し、安全、確実にCO₂を貯留できることを実証する。
- ・異なるタイプの貯留層に対して、圧力とレートを的確に制御しながらCO₂を圧入・貯留し、圧入時・圧入後のCO₂挙動を観測することで、幅広い貯留層条件（地質・深度・圧力）に対応した貯留層の管理技術を実証する。

第2章 実証試験計画（案）の内容

2.1 全体計画の概要

2.1.1 全体システム

商業運転中の製油所（2ヶ所）の水素製造装置を排出源として、CO₂含有ガスから分離・回収した気体CO₂および既分離CO₂を液化した液体CO₂を圧入基地へ輸送する。圧入基地では、これらのCO₂をそれぞれ圧縮、昇圧・加温して統合し、年間15～25万トン程度（排出源の操業状況等による）を2層の貯留層に圧入する。

ガス供給基地（以下、「D1-1基地」という。）では、水素製造装置から発生したCO₂含有プロセスガスを昇圧し、送出配管により製油所に隣接する分離・回収基地（以下、「D1-2基地」という。）に送出する。D1-2基地では分離・回収を行い、年間10～20万トン程度の気体CO₂を同じ敷地内に設置する圧入基地（以下、「D0基地」という。）に移送する。

液化供給基地（以下、「D2基地」という。）では年間5万トン程度の既分離CO₂を液化し、タンクローリーにてD0基地に輸送する。

D0基地ではD1-2基地、D2基地から輸送されたCO₂を、圧入に必要な圧力まで昇圧し、圧入井を通じて苫小牧沖の2つの貯留層に貯留する。

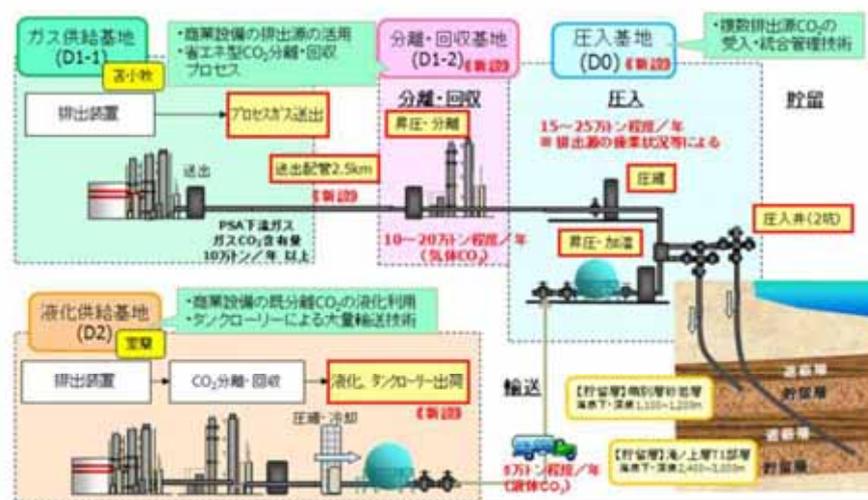


図 2.1-1 実証試験全体フロー

2.1.2 実施工程

以下の実施期間を基本案とし、2020年までに試験を完了する。ただし、詳細な実施工程を策定する際は、実証試験の進捗を十分にふまえて、無理なく実施可能なスケジュールを組むことが重要であり、その点に留意する。

- ・設備建設期間 : 3.5年
- ・設備運転・CO₂圧入期間 : 3.5年
- ・貯留層モニタリング : 圧入前・圧入中・圧入後に実施（微小振動、自然地震観測を含む）（圧入後モニタリング期間：2.5年）
- ・海洋系モニタリング : 圧入前（ベースライン調査）・圧入中・圧入後に実施（圧入後モニタリング期間：2.5年）

圧入およびモニタリングに使用した坑井については、継続的にモニタリングに利用するもの以外は9年目までに、長期的な安全性に配慮した適切な方法（耐CO₂セメントプラグ等）で廃坑する。



図 2.1-2 実施工程表

2.2 技術検証課題と実証方法

設備設計・建設、システム運用、貯留モニタリングおよび海洋系におけるモニタリングに関するそれぞれの計画について、基本的な考え方を示すとともに、技術検討課題およびその実証方法ならびに安全性確保に関する取り組みについて記す。

2.2.1 設備設計・建設計画

(1) 設備設計に関する基本的考え方

- 1) 実証試験の意義をふまえた必要十分な規模、仕様とする。
- 2) 省エネルギー、低コスト化に向けた検討が可能な全体システムとする。
- 3) 排出源装置（商業設備）への影響を考慮する。
 - ・ 排出源装置の稼働状況をふまえた適正な規模とする。
 - ・ 商業設備の安全性、安定運転を確保する。
- 4) 緊急停止時等の安全性確保、周辺環境への影響を局限するものとする。

(2) 分離・回収設備設計（D1-1基地、D1-2基地）

① 全体フロー

D1-1基地は、排出源である水素製造装置がある製油所内に設置する。D1-1基地で発生するCO₂を含むガスの一部を送出配管でD1-2基地に送り、D1-2基地でCO₂を分離・回収する。D1-1基地およびD1-2基地の基本フローを図2.2-1に示す。

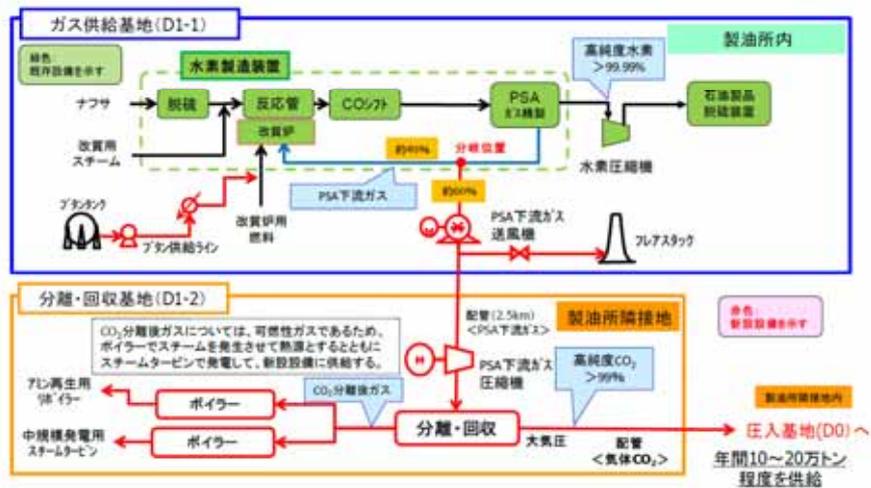


図 2.2-1 D1-1基地、D1-2基地の基本フロー

水素製造装置には、その水素の精製方式によりPSA方式と化学吸収方式の2つの方法がある。D1-1基地の水素製造装置ではPSA方式が採用されており、ナフサの脱硫とシフト反応で生成された原料ガス（PSA上流ガス）を、高純度のH₂（製品）とCO₂を含むその他のガス（PSA下流ガス）に分離している。PSA下流ガスは水素製造装置の

改質炉燃料に用いられている。CO₂の分離・回収の原料ガスの候補としては、PSA上流ガスとPSA下流ガスのいずれもが考えられるが、どちらの場合も高純度CO₂を得るためにCO₂分離・回収装置を新たに設置する必要がある。

PSA上流ガスからの分岐は、PSA下流ガスと比較してCO₂分圧が高く、分離・回収をする場合にも分離・回収のアミン再生熱を低減するための昇圧設備が不要となるなど有利な点があるが、水素製造装置本体に係る改造として、PSA吸着塔内高性能吸着剤の更新、水素圧縮機的能力増強、水素製造装置の改質炉バーナーの交換が必要となり、既設装置の改造コストが大きくなるとともに安全対策上考慮すべきポイントも多い。

一方、PSA下流ガスの分岐は、既設設備である水素製造装置本体の改造箇所が少ない上、商用設備の安定的な運転を確保しつつ、分離・回収プロセスを実証できる。このため、本実証試験計画案では分離・回収の原料ガスをPSA下流ガスとし、商業設備の安定的な運転を確保する観点から、CO₂を分離・回収した後のガスについてはD1-1基地へ還流しないこととした。分岐したPSA下流ガスは、D1-1基地に設置した送風機により、D1-2基地までの約2.5kmを配管により移送する。

なお、PSA下流ガスは、現在は製油所内で水素製造装置の改質炉燃料として利用しているため、PSA下流ガスのもつ熱量を改質炉用燃料に補給することが必要となる。

D1-2基地は製油所の隣接地に設置する。D1-2基地では、配管でD1-1基地から受入れたPSA下流ガスを昇圧した後、分離・回収設備で高純度のCO₂（濃度99容量%以上）を回収し、同一敷地内にあるD0基地へ構内配管で移送する。分離・回収装置でCO₂を分離した後のガスは、H₂、CH₄、CO等を含む可燃性ガスであるため、i) D1-2基地内に設置するボイラーでスチームを発生させてアミン再生用ボイラーの熱源として利用するとともに、ii) スチームタービンにより発電して、CCSに係る新設設備への電力の一部として供給する。

分離・回収プロセスには、活性アミン法と省エネルギー型フロースキームを採用した。本システムは近年アンモニアやLNGプラントでの省エネルギー分離・回収プロセスとして注目されており、使用実績が多いものである。

通常のアミン再生塔では、CO₂を吸収したアミンを再生して高純度CO₂を取り出し、スチーム加熱器により再生塔を加熱して吸収液からCO₂を回収する。

一方、省エネルギー型フロースキームでは、再生塔に低压フラッシュドラムと呼ばれる低压塔を設置する。減圧による吸収液からのCO₂放散効果に加えて、再生塔における水蒸気の熱を活用するため低压フラッシュドラムでは追加の熱を必要とすることなくCO₂を放散する。吸収液中に残ったCO₂は再生塔においてスチーム加熱器により分離されるが、

その分離に必要な供給熱量を削減できることから、通常のアミンの再生熱と比較して、再生熱の低減効果が期待できる。

CO ₂ 吸収アミン溶剤	1級・2級アミン	3級アミン	混合アミン	活性アミン
基材溶剤 吸収促進剤	MEA, DEA なし	MDEA なし	MDEA 1-2級アミン等	MDEA あり
溶剤再生熱 (GJ/t-CO ₂)	3.5	-	3.5	(通常型フロー) 2.9~3.5

※MDEA: Methyl Di-Ethanol Amine

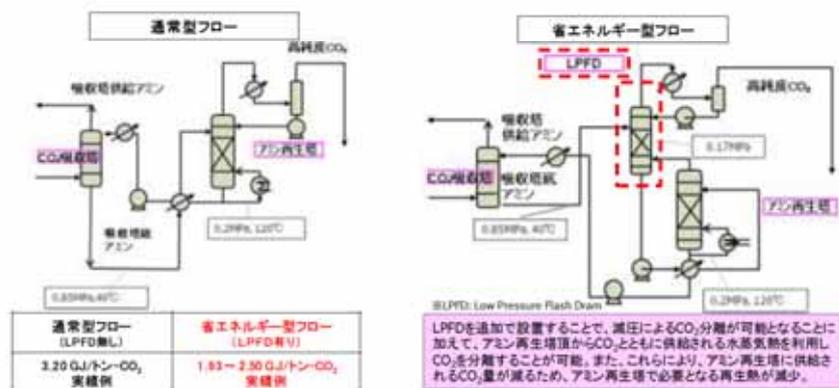


図 2.2-2 分離・回収システム（活性アミン法と省エネルギー型フロースキーム）

D1-1基地およびD1-2基地の設備は、稼働日数を330日（連続運転）と想定し、関連法令や技術基準を遵守するように設計する。また、製油所内に設置する設備については、製油所内の設備に係る法令や安全基準も満たす仕様とする。具体的に、新設設備に係る関連法令としては、高圧ガス保安法、電気事業法、ガス事業法、工場立地法等が挙げられる。

更に、D1-2基地では、緊急時に系内のPSA下流ガス、分離後ガス、高純度CO₂を安全に処理するための設備を設置する。具体的には、PSA下流ガスおよび分離後ガスについてはフレアスタック、高純度CO₂については放散用ベント設備（ベントスタック）を設置する。放散用ベント設備については、2.2.1(4)にて設計の考え方を示す。

② 技術検証課題

a 既存施設、設備への影響の局限化

CO₂排出源である水素製造装置は既存施設内にあるため、CCS実証試験用の設備設置やその稼働状況が既存施設に与える影響を局限化するための対策が不可欠である。この点について十分に配慮した仕様とする。

b 省エネルギー型分離・回収プロセスの性能確認

化学吸収プロセスの中でも活性アミンは特にCO₂の吸収性能に優れ、装置コスト・運転コストを他のプロセスに比べて低く抑えることが期待できる。分離・回収エネルギーは、現在運用されている分離・回収法におけるエネルギー値等を考慮して2.5GJ/トン-CO₂以下を目標とし、費用対効果等も勘案しながら、2.0GJ/トン-CO₂程度まで低減することも狙う。この値は、アミンリボイラーにおけるスチーム消費量と溶剤循環ポンプ動力の変化を測定し、評価する。

(3) 液化・輸送設備設計 (D2基地)

① 全体フロー

D2基地は、CO₂排出源である製油所内に設置する。D2基地で発生する気体CO₂を圧縮・液化設備で液体CO₂とし、構内配管、貯蔵設備、出荷輸送設備まで移送して、タンクローリーによりD0基地まで輸送する。D2基地の基本フローを図2.2-3に示す。

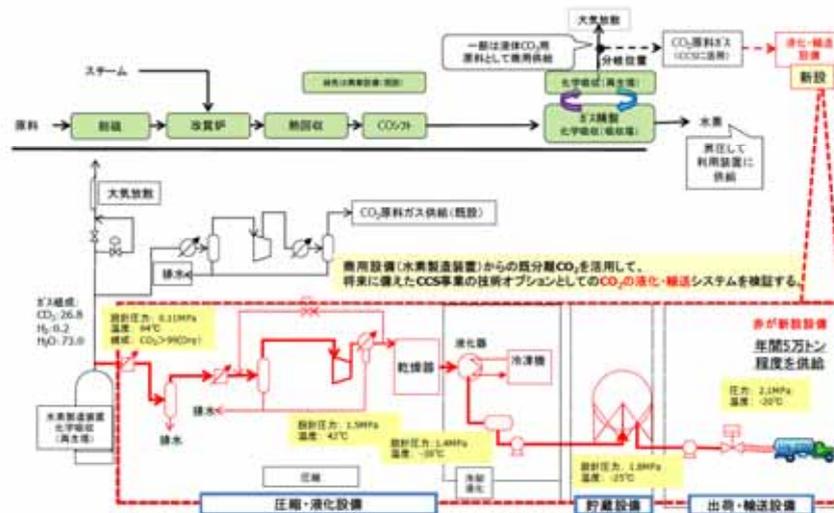


図 2.2-3 D2基地の基本フロー

D2基地における水素の精製方式は化学吸収方式であり、ガス精製装置の再生塔では高濃度のCO₂を含むガス（ドライベースで濃度99容量%程度、以下、「既分離CO₂ガス」という）に分離されている。このガスの一部は、液体CO₂用原料として商用供給されており、残りは大気放散されている。このガスは液化することでさらにCO₂の純度が上がるため、新たに分離・回収装置を設置する必要はなく、液化・輸送等の設備を新設するのみで

CCSに適したCO₂の供給が可能となる。

実証試験では、再生塔から放出されている既分離CO₂ガスを分岐し、水分を除去して原料ガス圧縮機（オイルフリーターボ式圧縮機を想定）で圧縮する。その後、チリングクーラーを経て、乾燥器ユニットに移送する。そこで脱湿された既分離CO₂ガスは液化設備に送られ、スクリュウ式の冷凍機ユニットで冷却され、液化器を経て液体CO₂となる。液体CO₂は移送ポンプ、加温器を経て、構内配管により貯蔵設備である球形タンク、タンクローリー出荷設備に移送する。

なお、球形タンクの貯蔵量は、国内で製造実績のある最大容量の850トンとした。これは、CO₂液化設備が停止した場合には2日間は継続して出荷できること、出荷が停止した場合でも、液化設備の運転を停止する必要がないように配慮したものである。

また、貯蔵および出荷設備は、石油製品の貯蔵・出荷エリアの近隣に設置して、製油所との一体運用が可能となるように配慮した。石油製品の貯蔵・出荷エリアが水素製造装置から離れた場所にあることから、液体CO₂移送配管は既設の配管ラックを最大限活用することとした。

これまでの水素製造装置の稼働実績等を十分にふまえて、年間5万トンのCO₂の出荷が可能となるような液化設備および出荷設備仕様とした。



図 2.2-4 液体CO₂の大規模輸送システム

液体CO₂の輸送で利用するタンクローリーは、運用の効率化、コスト削減の観点から、市場での利用実績がある最大容量13.3トン積載トレーラーとして、タンクローリー積場は3レーンとした。これにより、1日あたりの往復回数は12回（6台×2往復）となる。液体CO₂は、出荷時に濃度等の性状および出荷量の確認を行った上でタンクローリーに積み込む。

D2基地の設備は、稼働日数を330日（連続運転）と想定し、製油所内設備に対する適用法令および安全基準を遵守し、安全性を確保する。関連する主な法令は、高圧ガス保安

法、消防法、石油コンビナート等災害防止法である。また、タンクローリー輸送についても、高圧ガス保安法や道路交通法等の規定を遵守するように設計および運行管理を行う。

② 技術検証課題

a 水素製造装置の負荷変動に対応した液化装置の性能確認

本実証試験に用いる既分離CO₂ガスのD2基地における発生量は、水素製造装置の稼働状況(主として水素の製造量)により変動する。CO₂液化設備に供給できる既分離CO₂ガスの量は、最大でも大気放散ガス量から水素製造装置の圧力バランスをとるため最低限必要な大気放散量を差し引いた量となる。本実証試験では、実際の水素製造装置の稼働状況をふまえた出荷量実績を見ることで、設備性能に係る検証を行う。

b 構内配管を含む出荷設備の気化ロス分低減

液体CO₂は、外気からの熱によって一部気化するためロスが生じる。このため、液体CO₂出荷設備では、構内移送部分も含めたロス分の低減が重要である。水素製造装置の稼働状況が著しく低下した場合も考慮した設計としているが、本実証試験においては、実稼働状況もふまえて、このロス分を検証し、効率的な運転手法を確立する。

(4) 圧入設備設計 (D0基地)

① 全体フロー

D0基地については、CO₂貯留ポイントまでの圧入井の坑跡デザインを検討した結果、製油所の隣接地から圧入井を掘削することが適当であると判断し、D1-2基地と同じく製油所の隣接地に設置することとした。

貯留層総合評価では、前別層砂岩層と滝ノ上層T1部層の2つの地層でCO₂が安全に貯留できることが示されている。このため、D0基地の設備設計については、2本の圧入井を用いて年間15~25万トンのCO₂を圧入可能な設備とする。

D0基地の基本フローを図2.2-5に示す。

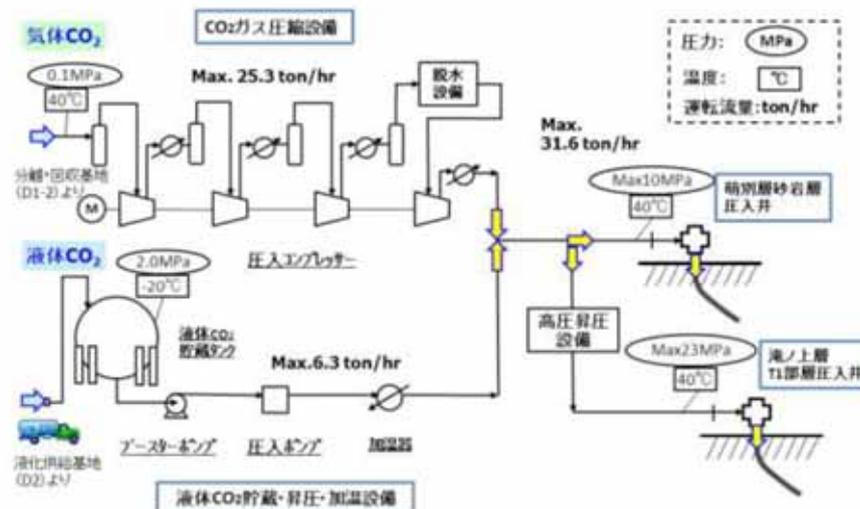


図 2.2-5 D0基地の基本フロー

a 気体CO₂圧縮設備

D1-2基地から受入れる気体CO₂は、圧縮機を用いて萌別層砂岩層の圧入圧力(最大10MPa程度)まで昇圧する。

なお、圧縮機には容積型(往復動式と回転式)とターボ型(軸流式と遠心式)のタイプがあるが、往復動式や回転式は高圧縮が可能であるものの大容量には適さない。軸流式は大容量には適しているが高圧縮には適さない。以上から、将来、年間100万トン規模のCO₂を圧入・貯留する実用化段階を想定し、遠心式の圧縮機を採用することとした。ただし、実証試験では、実用化段階のものより小規模(最大年間20万トン規模)の遠心式圧縮機を採用する。

CO₂圧入運転時には、貯留層に負荷を与えない安定した圧入量で運転する必要がある。このため、圧縮機には流量と圧力を最適に制御できる応答性の優れた制御システムが求められる。また、運転時には圧縮機高圧段のCO₂流量が不足してサージを発生させないよう十分注意する必要がある。

これらを考慮して圧縮機の制御システムとして、回転数制御システムおよびアンチサージシステムを採用する。

回転数制御システムには、いくつかの方法があるが、VVVFがよく知られたシステムである。これにより、i) 起動時電力を通常運転時並みに抑制し、ii) 圧入流量や坑口圧に合わせて圧縮機の回転数を自動で制御でき、通常時運転の消費動力を削減することが

可能となる。

また、アンチサージシステムは、吐出流体の一部を吸込み側に戻すことにより、一定値以上の吐出流量が確保できる制御システムである。例えば、回転数制御システムにVVVFを採用した場合、吐出流量が圧縮機定格の70%程度以下になった場合、流量の制御が困難となるが、アンチサージシステムによりVVVFがカバーできない低流量域においても、サージを回避することが可能となる。

b 液体CO₂受入設備

D2基地で生成された液体CO₂を、タンクローリーによりD0基地に輸送し、液体CO₂貯蔵タンクに貯蔵する。D2基地から輸送する液体CO₂は、平均すると一日160トンであり、タンクローリー(13.3トン積み)6台によりピストン輸送が行われる。タンクローリーからの荷卸しによる車両の滞留を防ぐため、タンクローリー荷卸場を3レーン設置するとともに、タンクローリーのスムーズな運行が可能となる配置計画とする。

液体CO₂貯蔵タンクには、貯蔵タンクからの供給時に生じる内圧低下によりタンク内温度が低下することを避けるため、温浴式の気化器を設置する。

c 液体CO₂およびCO₂ガスの統合設備

液体CO₂は、ブースターポンプおよび圧入ポンプにより萌別層砂岩層の計画圧入圧力(最大10MPa程度)まで昇圧し、加熱器により圧入温度(40℃)まで昇温する。

加熱器下流のCO₂は、CO₂ガス圧縮設備から供給されるCO₂と混合して、萌別層砂岩層(坑口圧:最大10MPa)に圧入する。滝ノ上層T1部層には、さらに圧入に必要な圧力(坑口圧:最大23MPa程度)まで高圧昇圧設備で昇圧して圧入する。また、それぞれの圧入井の上流には、圧入するCO₂性状を測定する監視システム(温度計、圧力計、流量計および分析計)を設置する。

d 緊急放散設備

稼働日数を330日(連続運転)と想定し、適用法令を遵守して安全性を確保する。主な関連法令としては、高圧ガス保安法、工場立地法がある。

加えて、D0基地には緊急時に系内のCO₂を大気へ安全に放散するため、CO₂緊急放散用ベント設備(ベントスタック)を設置する。具体的には、i) D0基地緊急停止時にD1-2基地から受入れるCO₂を緊急放散して、D1-2基地への影響回避することと、ii) 圧入井メンテナンス時の活用が想定される。

ベントスタックの高さは、労働安全衛生法が安全な作業環境として定めるCO₂の着地

濃度(0.5%)未満となるように設定する。

ベント設備以外の緊急放散設備として、i) 各所の安全弁(圧縮機ドラム、液体CO₂貯蔵タンクなど)、ii) 圧縮機吐出緊急放散弁、iii) 加温器出口緊急放散弁を設置し、緊急時の安全性を確保する。

② 技術検証課題

技術検証項目として最も重要なものは、圧縮設備における最適な制御システムの検証である。このため、回転数制御およびアンチサージシステムの性能を確認し、CO₂を安定的に圧入できることを検証する。

(5) 圧入井掘削

製油所に隣接する敷地内のD0基地に坑井掘削基地を設け、萌別層砂岩層および滝ノ上層T1部層の2層を圧入対象層として、それぞれに圧入井を掘削する。以下では、滝ノ上層T1部層を対象にした圧入井を「CCS-3」、萌別層砂岩層を対象にした圧入井を「CCS-4」とする。2つの坑井を掘削することにより、深度および離岸距離ならびに地質状況に応じた坑井掘削技術を検証する。

なお、圧入井掘削時には、これまでの調査で採取しなかった地下水を採取・分析(同位体測定等を含む)し、地層水流動や貯留層および遮蔽層の地化学的検討に用いる。

① CCS-3

圧入井CCS-3は、苫小牧CCS-1および3D弾性波探査の解析結果に基づき、滝ノ上層内でも圧入性状が良好な地点を目標に掘削する。これにより、坑底までの水平偏距4,103m、垂直深度2,789m、掘削長5,570m、最大傾斜角70°の高傾斜坑井となる(図2.2-6および表2.2-1参照)。

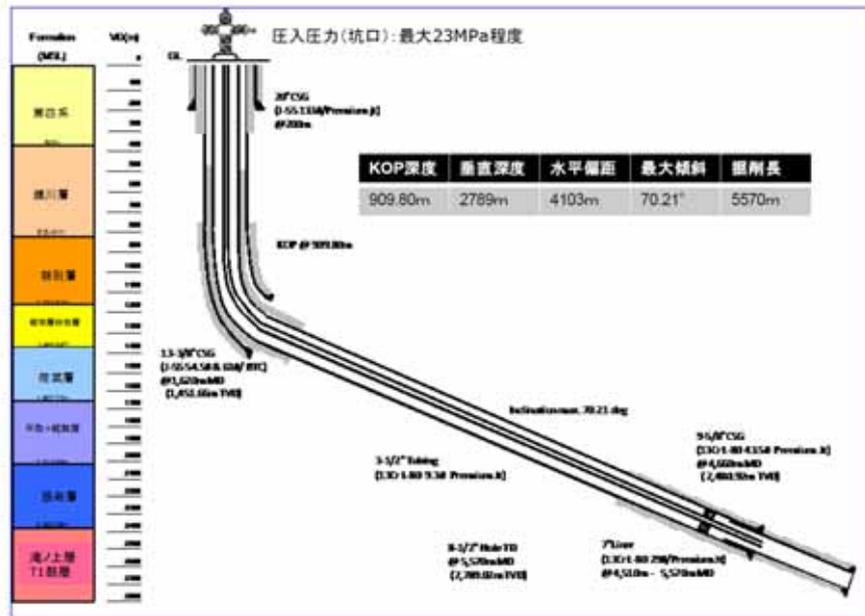


図 2.2-6 流ノ上層 T1 部層を対象とした圧入井 CCS-3 の坑跡

表 2.2-1 CCS-3 ケーシング計画

坑径 (inch)	パイプ径 (inch)	パイプ管種			
		重量 ft/lb	グレード	継手	深度 m
打込み管	30	t=16mm	SGP	溶接	0-25
26	20	133	J-55	PJ	0-200
17-1/2	13-3/8	54.5	J-55	BTC	0-1,620
12-1/4	9-5/8	43.5	L-80 13Cr	PJ	0-4,660
8-1/2	7	29	L-80 13Cr	PJ	4,510-5,570
TBG	3-1/2	9.3	L-80 13Cr	PJ	0-4,660

② CCS-4

圧入井 CCS-4 は、3D 弾性波探査の解析結果に基づき、萌別層砂岩層が厚く発達している地点を目標に掘削する。これにより、坑底までの水平偏距 2,911m、垂直深度 1,169m、掘削長 3,520m、最大傾斜角度 86° の大偏距 (ERD) 坑井となる (図 2.2-7 および表 2.2-2 参照)。

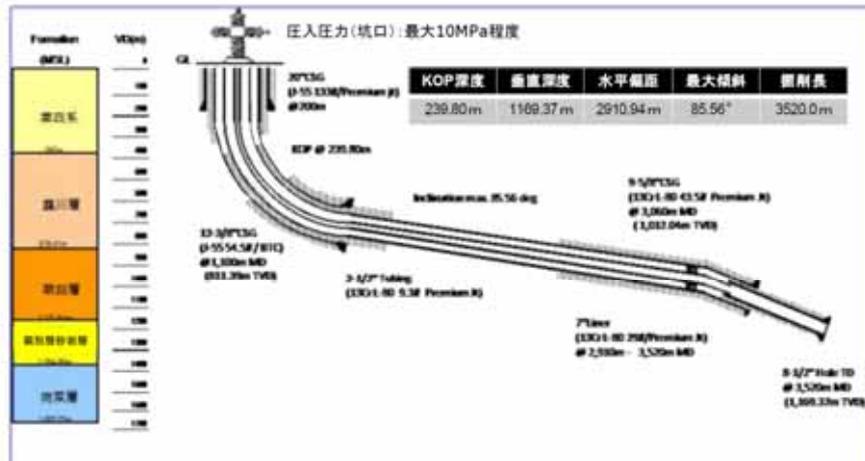


図 2. 2-7 萌別層砂岩層を対象とした圧入井 CCS-4 の坑跡

表 2. 2-2 CCS-4 ケーシング計画

坑径 (inch)	パイプ径 (inch)	パイプ管種			
		重量 ft/lb	グレード	継手	深度 m
打込み管	30	t=16mm	SGP	溶接	0-25
26	25	133	J-55	PJ	0-200
17-1/2	13-3/8	54.5	J-55	BTC	0-1,100
12-1/4	9-5/8	43.5	L-80 13Cr	PJ	0-3,060
8-1/2	7	29	L-80 13Cr	PJ	2,910-3,520
TBG	3-1/2	9.3	L-80 13Cr	PJ	0-3,060

坑井の掘削および廃坑作業にあたっては、労働安全衛生法はもとより、鉱業を目的として坑井を石油鉱山内で掘削する際に適用される鉱山保安法、鉱業法等の技術基準を準用して作業の安全を図る。また、経済産業省ガイドライン「CCS実証事業の安全な実施にあたって」の項目「5. CO₂地中貯留を目的とした坑井の掘削・閉鎖にあたっての安全確保」をふまえて作業を実施し、安全を確保する。

③ 坑井の仕上げ

圧入するCO₂の漏洩を防止し、長期的な安定性に配慮するため、坑井に降下したケーシングと坑壁との間にセメントを必要区間充填することとし、7”（インチ）および9-5/8”

ケーシングのセメンチングには、耐CO₂セメントを使用する（図 2.2-8 参照）。

坑井の仕上げには、チュービングとパッカーを使用し、CO₂計画圧入圧力、圧入レート、ケーシングとチュービングの強度等を総合的に検討し、CO₂の圧入により坑井の健全性が損なわれないようにする。圧入するCO₂による腐食を防止し、長期的な安定性に配慮するため、チュービング、7" および9-5/8" ケーシングは耐CO₂材を使用し、パッカーおよび坑口装置でCO₂と接触する箇所には耐CO₂材料を使用する。

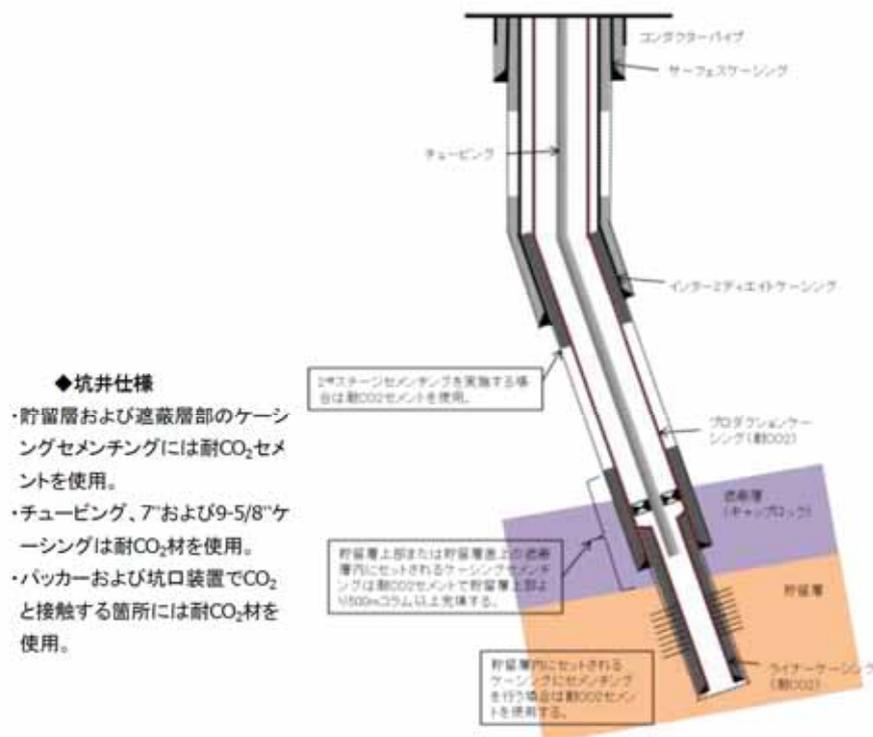


図 2.2-8 圧入井掘削 坑井仕様

④ 技術検証課題

CCS-3およびCCS-4は、いずれも高傾斜井であり、特にCCS-4は大偏距(ERD)の坑跡となる。これらの高傾斜の坑井の掘削における技術検証項目は以下の通り。

- a) トルク（回転方向の負荷）およびドラグ（掘削方向の負荷）を考慮したケーシング、ドリルパイプおよび掘削装置の選定

高傾斜井においては、坑内のパイプ類（ドリルパイプ、ケーシングおよびチュービン

グ) と坑壁との摩擦は、高傾斜区間が長くなることにより大きくなる。このため、通常の傾斜井よりもパイプ類にかかるトルクおよびドラグが大きくなり、掘削障害のリスクが高まる。そこで、計画した坑跡におけるトルクおよびドラグの大きさを予測し、最適なケーシング、ドリルパイプおよび掘削装置を選定する必要がある。

b 坑内洗浄のためのポンプ速度の最適化

高傾斜区間では掘進中の掘り屑が坑内下側に停滞しやすいため、抑留事故が発生するリスクがある。これを低減するため、坑内洗浄に必要とされる最適ポンプ速度を得るためのドリルパイプの径、泥水システムおよびポンプ性能についての検討が必要である。

c 坑壁安定性確保のための適正な泥水比重の検討

CCS-4のように、深度が浅い区間で高傾斜の裸坑区間が長くなると坑壁崩壊が発生する可能性が高くなる。坑壁の崩壊を防ぐためには泥水比重を上げる必要があるが、深度が浅い地層では岩石強度が小さいため、泥水比重を上げることによる逸泥が発生する可能性がある。このため事前に岩石力学的な検討を行い、岩石強度を考慮した適正な泥水比重を求めることが必要である。

d 最適な泥水システムの選定

高傾斜区間の坑内洗浄能力の向上、潤滑性の向上および坑壁安定性を考慮した最適な泥水システムを選定することが重要である。上記bおよびcを考慮し、さらに苫小牧CCS-1およびCCS-2の掘り屑の分析結果と合わせて検討した結果、CCS-3およびCCS-4の泥水システムは表2.2-3示すシステムを検討する。

表2.2-3 滝ノ上層T1部層および萌別層砂岩層圧入井 泥水システム

坑径 (inch)	ケーシング (inch)	泥水の種類	比重 (S.G)	粘性 (sec/qt)	備考
26	20	ベントナイト	1.10	150-300	
17-1/2	13-3/8	ベントナイト	1.30	150-300	
12-1/4	9-5/8	シンセティックベースマッド	1.30	60-70	
8-1/2	7	シンセティックベースマッド	1.30	60前後	滝ノ上層は1.48SG
仕上げ流体		NaCl ブライン NaCl/NaBr ブライン	1.10	-	滝ノ上層は1.48SG

e 傾斜掘り機器の選定

CCS-4においては、浅い軟弱層内から傾斜掘りを開始しなければならない。国外

で掘削されている大偏距井の情報を収集して、軟弱層内において計画通りに傾斜方向を制御できる傾斜掘り機器を選定する必要がある。

f 最適なセメンチングの実施

高傾斜区間にセットするケーシングのセメンチングにおいては、坑内下側にある泥水や掘り屑をセメントと置換することが難しく、ケーシングを坑内中央に設置するのが難しいことに加えて、セメントからの遊離水により坑内上側にセメンチング不良が生じることが原因となって、良好なセメンチングは容易ではない。これらに対処するために、セメンチング前にスパーサー（泥壁の洗浄を目的とした特殊溶液）を多く流し込む方法や、セメンチングを補完するバッカーを使用する方法の検討が必要である。

2.2.2 システム運用計画

(1) システム運用計画に関する基本的考え方

- 1) 以下に示すCO₂供給計画と圧入計画との整合を取りつつ、全体を最適化したトータルシステムを運用する。
- 2) CO₂供給計画については、排出源の稼働状況を十分にふまえたものとする。
- 3) CO₂圧入計画については、それぞれの貯留層の圧入性能を十分にふまえたものとする。
- 4) CO₂輸送計画については、効率化および経済性を考慮する。
- 5) CO₂受入・圧入は、複数排出源からのCO₂の管理と圧入量のコントロールを適切に行う。

(2) CO₂供給計画（D1-1基地、D1-2基地）

① 基本計画

D1-1基地から供給されるPSA下流ガスから、D1-2基地においてCO₂を分離・回収し、高純度CO₂（濃度99容量%以上）とした後、D0基地に気体CO₂を年間10～20万トン程度供給する。ただし、供給量については、排出源の稼働状況等による。

② 技術検証課題

D1-2基地の分離・回収設備および付帯設備に係るエネルギー消費データを蓄積し、エネルギー消費要因を明らかにする。また、分離・回収設備および昇圧設備の運用実績をふまえて、システム最適化に向けた課題を抽出し、対応策をとりまとめる。

(3) CO₂供給計画 (D2基地)

① 基本計画

D2基地から、タンクローリーによりD0基地へ年間5万トン程度の液体CO₂を供給する。ただし、具体的な供給量については、排出源の操業状況等による。D2基地では、既分離CO₂ガスを圧縮・液化設備により液体CO₂にしてタンクローリーでD0基地まで輸送する。

輸送については、市場実績がある最大容量が13.3トン積載のトレーラータイプのタンクローリーを使用し、出荷・輸送に係る設備および運行に係るコストの最適化を図れるように計画する。



図 2.2-9 液化出荷タンクローリー輸送システム

② 技術検証課題

a 運用基本性能の確認

車両輸送システムの運用により、CO₂液化出荷・輸送・受入に係る管理手法を確立する。

b 既存設備への影響の確認

液体CO₂の出荷量実績を把握することで、商用設備である水素製造装置の稼働に影響を及ぼさずに、液体CO₂の供給が可能であることを確認する。

(4) 圧入設備運転計画（D0基地）

① 基本計画

D0基地では、D1-2基地から気体CO₂を年間10～20万トン程度、D2基地から液体CO₂を年間5万トン程度受け入れる。

D0基地において、D1-2基地およびD2基地から受け入れるCO₂の流量（D2基地からの液体CO₂については、タンクローリーによる受入れ量を重量にて測定）、温度、圧力およびCO₂濃度を測定し、受け入れるCO₂の管理を行う。

受け入れたCO₂は2.2.2(6)に示す圧入計画に従い、2本の圧入井により滝ノ上層T1部層と前別層砂岩層に圧入する（年間15～25万トン程度）。その際、2ヶ所の排出源から供給されるCO₂を、適切に2層の貯留層に圧入するべく、温度、圧力および流量の統合管理を行う。

なお、D0基地においてCO₂圧入運転を行う際には、海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律（以下、「海洋汚染防止法」という。）の規定に基づき、D1-2基地およびD2基地からCO₂を受け入れる際に行う測定とは別に、D0基地における圧縮設備と圧入井の取り合い部において、圧入するCO₂の流量、温度、圧力および濃度を測定する。同法で定める測定方法に基づき、ガスクロマトグラフィーにて、圧入流体中のN₂、O₂、H₂、CO、CH₄の濃度を測定して、CO₂濃度が体積百分率で99%以上であることを確認する。

また、これらの流量および圧力の測定結果から見込まれる圧入レートと、D1-2基地およびD2基地の予定稼働状況から推定されるCO₂供給可能量を比較し、D0基地の貯蔵量や圧入量を調整する。

D0基地は、高圧ガス保安法が定める第一種製造者に該当するため、同法に基づき、保安統括者、保安技術管理者および保安係員を選任する必要がある。また、D0基地は、電気事業法が定める自家用電気工作物を設置し、特別高圧電力を受電するため、電気主任技術者を選任する必要がある。これらの者が、設備点検を定期的に行い、安全性を確保する。

また、D0基地には1日に12台の液体CO₂タンクローリーが出入りする。タンクローリーからD0基地内の受入タンクへの液体CO₂の移し替え作業時は、立会要員を配置し、同作業の安全性を確保する。

さらに、圧入運転中には、貯留層の温度、圧力に関するデータを取得する。圧入ができなくなるなどの緊急事態においては、基本的には遮断弁が自動で作動し、地下と地上設備を遮断することで安全を確保するが、これに加えて、圧入井監視要員を常時配置し、取得

したデータをもとに的確に運転状況を判断した上で、緊急事態においては手動でも遮断弁を閉めることが可能となるよう管理体制を構築する。

② 技術検証課題

a プロセス基本性能の確認

圧入量の変動に対する圧縮設備の負荷追随性や電力節減量を測定、確認する。

b 気体・液体CO₂の統合管理

D0基地内のCO₂貯蔵量や圧入量といったCO₂の量的推移に加えて、システム全体の消費エネルギーを測定することにより、システム全体の効率向上に向けた検討を行う。

CCSが実用化された際には、効率性の観点等から、複数の排出源から排出されるCO₂を、さまざまな輸送形態を用いて、1つの貯留地点に輸送一括して圧入する方式が考えられる。排出源となる商用装置は、稼働状況によりCO₂供給量が変動するため、安全かつ効率的にCO₂を圧入する上で、CO₂圧入量や貯蔵量を適切に管理することが不可欠である。このため、本実証試験では、運用管理システム等に対するオペレーションブリーチ等の手法によるシミュレーションを実施し、技術的に問題がないことを確認する。また、本実証試験で得られた知見を十分に活用することで、圧入基地の効率的な運用や圧入に係るコストが低減されることが考えられる。

(5) 地上設備運用における確認事項のスケジュール

システム運用における地上設備の実証項目と長期信頼性に係る確認事項のスケジュールを図2.2-10に示す。

1年目から2年目にかけて実証項目のデータ取得を行う。運転中は日常点検のほか、1年目末に簡易点検（目視）、2年目末に開放点検（法定：高圧ガス保安法）を実施する。3年目初頭にはそれまでのデータとりまとめ、3年目以降の運転計画の策定を行う。また、コストダウン策の提案等を行う。3年目～4年目前半は、2年目までに得られた課題を解決するための継続データを取得するために追加試験等を行い、3年半の運転を終了する。4年目後半はデータ解析による信頼性評価等の結果をとりまとめ、最終評価を行い、設備・運転にかかる総合評価を行う。



図 2. 2-10 設備の運用に係る確認事項と評価スケジュール

(6) 圧入計画

萌別層砂岩層および滝ノ上層T1部層の2層を圧入対象層として、2層の貯留層へ圧入する。圧入に当たっては、坑底圧力等を常にモニタリングし、遮蔽層の破壊圧を基に算出した圧入圧力の上限值を超えないようにすることが必要不可欠である。

① 定常運転（基本圧入運転）

貯留層へのCO₂圧入は、以下に示す圧入レートによる滝ノ上層T1部層と萌別層砂岩層への圧入を基本とする（図 2. 2-11、図 2. 2-12 参照）。

圧入レートは、各貯留層においてCO₂の挙動を検知する上で最低限必要と想定される累計圧入量をふまえて算出したものである。また、圧入圧力は、現在想定している圧入深度、管内ロス、遮蔽層の強度等を考慮したもので、より正確な値は圧入井掘削後の状況をふまえて最終的に決定する。

滝ノ上層T1部層

- ・ 圧入期間：3.5年
- ・ 圧入レート：10万トン/年以上
- ・ 圧入圧力：（坑口）最大23MPa程度、（坑底）最大44MPa程度

萌別層砂岩層

- ・ 圧入期間：3.5年
- ・ 圧入レート：5万トン/年以上
- ・ 圧入圧力：（坑口）最大10MPa程度、（坑底）最大15MPa程度

定常運転では、2層に対してCO₂を同時に圧入し、モニタリングを適切に行うことで、

滝ノ上層T1部層と萌別層砂岩層両層へCO₂が安全に貯留できることを実証する。これにより、地質性状と深度の異なる貯留層に対するモニタリング技術を確立する。

なお、モニタリングでは近接する異なる深度の2つの貯留層内におけるCO₂の挙動を弾性波探査により把握する必要があるため、圧入ポイントを的確に設定する必要がある。

圧入運転開始時は、徐々に昇圧しながら、それぞれの貯留層の圧入上限圧力を超えないように圧入する必要があるため、所定の圧入レートに達するまでに数ヶ月程度かかることが想定される。この間の貯留層の圧力挙動を観測することによって、不均質性の大きな火山岩貯留層と層状をなした砂岩貯留層の性状の違いを検証する。予定の圧入レートに達した後は、貯留層の圧力を監視しながら一定の圧入レートで連続運転する。

② 非定常運転

実証試験においては、定常運転を基本とするが、実用化に向けて各層の基礎データを取得することを目的に、以下の非定常運転を適宜実施する。

滝ノ上層T1部層と萌別層砂岩層のそれぞれに対して、最大圧入レート25万トン/年のCO₂を短期的に圧入し、貯留層の圧力挙動およびCO₂の挙動をモニタリングする。

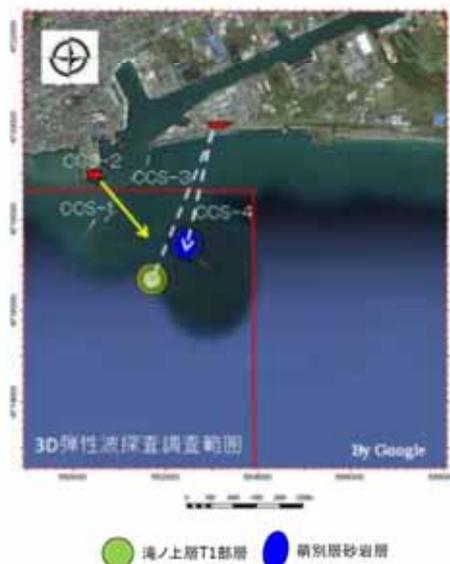


図 2. 2-11 圧入対象層（平面図）

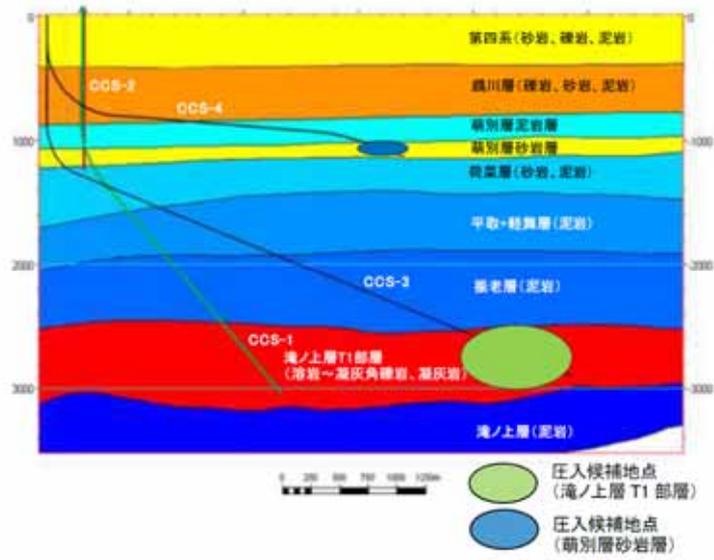


図 2.2-12 圧入対象層 (断面図)

2.2.3 貯留モニタリング計画

(1) CO₂モニタリング計画に関する基本的考え方

CCSを安全かつ安定的に実施するためには、貯留したCO₂の挙動（移動・拡がり）の把握や貯留層外部への漏出・漏洩検知を継続的に行う必要がある。このため、貯留層に圧入したCO₂の量や圧入方法に応じたモニタリングを実施する。これらのモニタリングのベースは弾性波探査であるが、試験中は、常にその時点での最新の技術（BAT（Best Available Technology））を用いることとする。また、実証試験の状況や結果によっては、弾性波探査以外のモニタリング手法（新しいボーリングによる検層、トモグラフィ、海底の電磁場の連続測定等）も臨機応変に適用する。加えて、CO₂の圧入が微小振動を生じさせているかを確認、検証するべく微小振動と自然地震のモニタリングを実施するとともに、各種モニタリングを通じて、継続的に断層活動の有無や他の断層の可能性を確認する。また、モニタリング計画については適宜見直す。その際は、想定外の地震も考慮する。なお、微小振動や自然地震のモニタリングについては、原則的に連続観測とする。

実証試験では、海洋汚染防止法に加えて、「CCS実証事業の安全な実施にあたって」の内容もふまえて、CO₂の圧入開始前、圧入中、圧入後において適切な場所および頻度でモニタリングを実施する。

なお、「苫小牧地点における貯留層総合評価」におけるシミュレーションによれば、CO₂圧入後、貯留層内の圧力が安定するまでに2～3年を要する。このため帯水層に安定的にCO₂を貯留できることを確認するためには、圧入後2～3年程度のモニタリングが必要である。これは、あくまで実証試験としてのモニタリング期間であり、その後も海洋汚染防止法の規定に基づき、モニタリングを継続することが必要である。

実証試験におけるモニタリングの目的は、以下の通り。

目的1：CO₂の漏洩、貯留層圧力の異常の検知

- ・圧入されたCO₂が計画通りに安全に貯留層内に留まっていることを確認する。
- ・貯留層からのCO₂の漏洩を検知する。

目的2：圧入されたCO₂の貯留層内での挙動把握（貯留層モニタリング）

- ・CO₂の圧入および貯留が計画通り安全かつ安定的に行われていることを確認する。
- ・CO₂の圧入後も安定して貯留されていることを確認する。

目的3：モニタリングにより得られたデータをもとに貯留層モデルの更新、CO₂の挙動予測シミュレーションの精度向上（貯留層モニタリング）

- ・貯留層モデルの信頼性を向上させる。
- ・シミュレーションによるCO₂の長期挙動予測の信頼性を向上させる。

目的4：CO₂の圧入と微小振動の関連性検証（微小振動、自然地震モニタリング）

- ・CO₂の圧入により、貯留層付近で発生する微小振動の規模、振源位置を求め、CO₂の地中貯留との関連性を確認する。
- ・自然地震により観測される振動の貯留層内のCO₂に対する影響について評価する。

図2.2-13に圧入前から圧入後に至るまでのモニタリングスケジュールの概要を示す。



図 2.2-13 モニタリングスケジュールの概要

(2) 圧入前モニタリング

① モニタリング項目

CO₂圧入前には、圧入後の各種物性値（弾性波速度、圧力、温度等）の変化、微小振動の発生の有無や発生する場合その振源を把握できるようにベースラインデータを取得する。モニタリング項目については、必要に応じて追加するとともに、ベースラインデータは、その後の実証試験結果を評価する上で基本となるため、十分なデータを蓄積する。

以下に、圧入前に実施するモニタリング項目を示す。

- ・2D弾性波探査（ベースラインデータ取得のための調査）
- ・3D弾性波探査（ベースラインデータ取得のための調査）

以下は、連続測定・観測する項目である。

- ・観測井（調査井CCS-1坑を改修）内の受振器による微小振動、自然地震観測

- ・常設型海底受振ケーブル(OBC)による微小振動、自然地震観測
- ・海底地震計(OBS)による微小振動、自然地震観測
- ・陸上設置地震計による微小振動、自然地震観測

また、上記ベースラインデータを取得し、圧入井掘削時の地下水採取を行った際には、地質モデルを改良し、地化学反応も考慮したCO₂長期挙動シミュレーションを行う。なお、CO₂長期挙動シミュレーションを実施する際には、浸透率分布の地球統計学を利用した感度分析の他、スレシヨルド圧力の低減を含めた感度分析の実施も検討する。

② 弾性波探査

弾性波を用いたモニタリング手法には、弾性波探査のほか坑井間の弾性波トモグラフィ探査がある。しかし、本実証試験では貯留層におけるCO₂の拡がり弾性波トモグラフィ探査の測定限界を超えることが想定されるため、同探査は実施せず、2D弾性波探査および3D弾性波探査を実施する。

一般的に、CO₂を貯留層内に圧入することによる弾性波速度の減少と振幅の変化を捉えることにより観測時点におけるCO₂の分布域を把握することが可能となる。弾性波速度や振幅について圧入前のデータ(ベースラインデータ)を取得し、CO₂の圧入開始後に同様の手法で観測を行い、結果を比較することでそれらの変化の把握が可能となる。

また、地下構造を2次元的に把握することを目的に、2D弾性波探査では、図2.2-14に示すように海底にOBCを直線状に敷設する。2D弾性波探査の調査位置(OBCを敷設して観測を行う測線位置)は、滝ノ上層T1部層と萌別層砂岩層の両圧入地点直上を通過する直線とする。3D弾性波探査では、複数のOBCを海底に平行に敷設することで、地下構造を3次元的に把握する。3D弾性波探査は、2009年の3D弾性波探査調査結果をベースラインデータとし、CO₂の圧入開始以降は2009年の3D弾性波探査の範囲について定期的に探査を実施する(図2.2-15)。2D弾性波探査については、ベースラインデータ取得のための探査を圧入前に実施し、圧入開始以降は、3D弾性波探査実施時期の間を補完する形で探査を実施する。

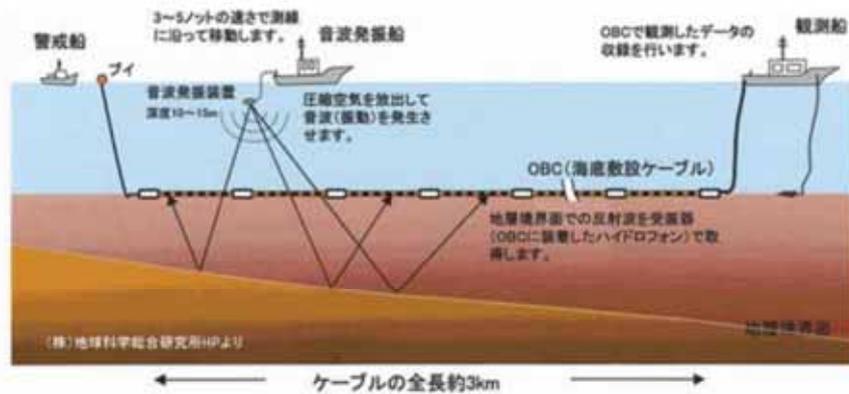


図 2. 2-14 弾性波探査作業概念図 (海底敷設ケーブル方式)

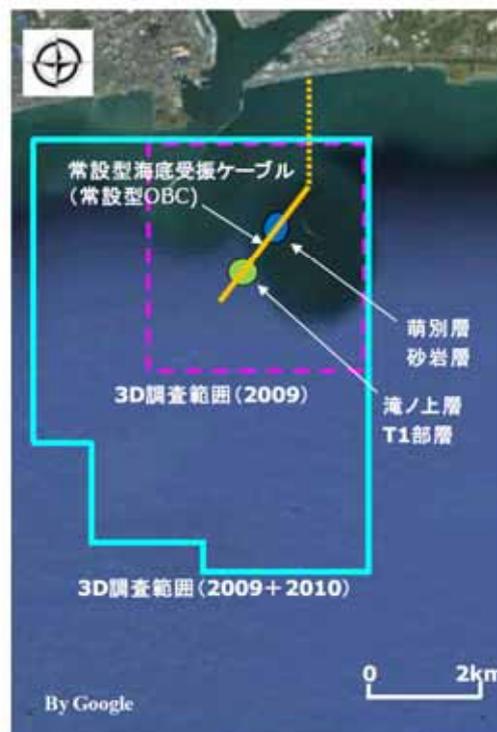


図 2. 2-15 2Dおよび3D弾性波探査の調査範囲

③ 微小振動、自然地震のモニタリング

観測井内には複数の3成分受振器(上下動、水平2成分)を、貯留層の直上の海底にはOBC(2D弾性波探査と兼用)を、貯留層の直上の海底を含む数ヶ所には高感度の地震

計（OBSおよび陸上設置地震計）をそれぞれ設置し、微小振動と自然地震の連続観測を実施する（図2.2-16、図2.2-17参照）。

国内外での研究成果によれば、貯留層近傍においてCO₂の圧入に起因する微小振動が発生する可能性がある。図2.2-17に示す配置の観測機器により、萌別層砂岩層と滝ノ上層T1部層においてCO₂の挙動に関連して発生する微小振動を検知し、その振源位置を決定する。特に、滝ノ上層T1部層の圧入予定地点西側約2kmにある断層を十分に観測できるような測定システムを構築する。

また、これらの観測機器により自然地震を観測し、震源位置の決定と地震規模の把握を行い、自然地震が貯留したCO₂等に与える影響について検証する。自然地震に関しては、防災科学技術研究所のHi-net（図2.2-18参照）の観測データを利用することにより、実証試験地点を含む広い範囲の自然地震の活動を把握することが可能となる。

なお、実証試験計画地点の東方20～30kmには活断層である石狩低地東縁断層帯南部が分布する。この活断層分布域で発生する自然地震のデータを捕捉するHi-net等の既設の地震観測網があるが、これに加えて、石狩低地東縁断層帯南部などにおける地震活動を把握できるように地震計の設置を検討する。

以上を含め、必要十分な範囲をカバーし、最適かつ経済的な地震観測網を構築する。

ベースラインデータを取得するために、微小振動と自然地震の連続観測は、圧入開始約1年前から開始する。

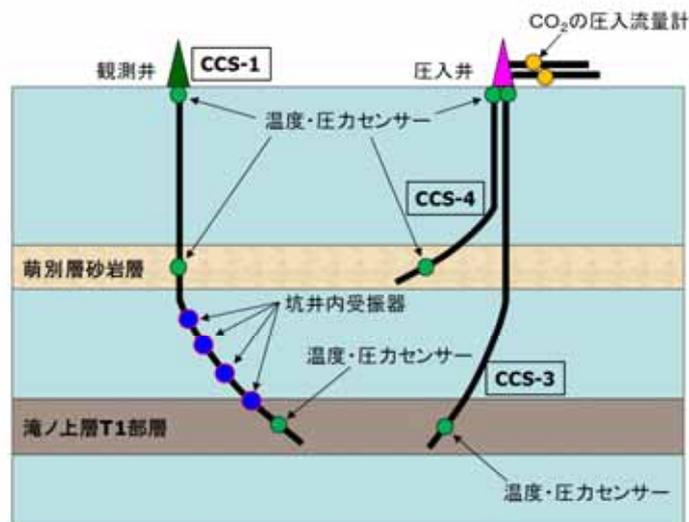


図2.2-16 圧入井・観測井におけるモニタリング概念図

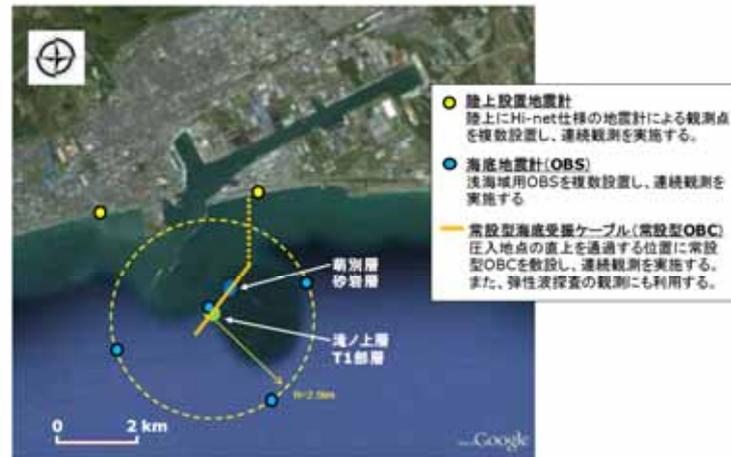


図 2.2-17 微小振動、自然地震観測機概略配置図



(防災科学研究所の高感度地震観測網 Hi-net : 防災科学技術研究所が運営している地震動の観測システムで、全国に観測点を配置し、緊急地震速報の発信にも活用されている。)

図 2.2-18 陸上設置地震計による自然地震観測システムの事例

(3) 圧入中モニタリング

CO₂ 圧入中のモニタリングに関しては、安全にCO₂ 地中貯留が実施されていることを確認することが最も重要な目的である。圧入中のモニタリングでは、i) 圧入したCO₂ の

挙動を観測し、ii) 貯留層からのCO₂の漏洩を検知することで、計画通りにCO₂の圧入および貯留が安全かつ安定的に実施されていることを確認する。また、iii) モニタリングにより得られたデータとCO₂長期挙動予測シミュレーション結果とを比較して、地質モデルの改良を図る。

また、これらのモニタリングの結果、仮に異常が検知された場合は、2.3に示す対応をとる。

以下に、圧入中に実施するモニタリング項目を示すとともに、図2.2-19にモニタリングの概念図を示す。

a 連続測定・観測項目

- ・圧入井坑底における温度・圧力測定
- ・圧入井坑口における温度・圧力、アニユラス圧力、CO₂圧入量測定
- ・観測井坑底における温度・圧力測定
- ・観測井坑口における温度・圧力、アニユラス圧力測定
- ・観測井内における微小振動、自然地震観測
- ・OBSによる微小振動、自然地震観測
- ・OBCによる微小振動、自然地震観測
- ・陸上設置地震計による微小振動、自然地震観測

上記観測井はCCS-1坑を改修するものであるが、より観測精度を高める観点から、必要に応じて追加観測井を掘削する。

b 定期的実施する項目

- ・2D弾性波探査
- ・3D弾性波探査

なお、貯留層総合評価の結果をふまえて、弾性波探査の実施時期に関しては、各貯留層の貯留量（累積圧入量）が同探査に適切な量に達した時点から実施する。また、滝ノ上層T1部層と萌別層砂岩層という深度の異なる2層のそれぞれにCO₂を圧入するため、2層の貯留層におけるCO₂の挙動を正確に把握するには、上位層（萌別層砂岩層）に圧入されたCO₂が下位層（滝ノ上層T1部層）からの弾性波の情報に与える影響をシミュレーションし、その結果に基づく適切な圧入ポイントの選定が必要である。



図 2.2-19 圧入中のモニタリング概念図

(4) 圧入後のモニタリング

CO₂圧入後（圧入運転終了後）は、引き続き貯留層内におけるCO₂の挙動を把握し、安定的にCO₂が貯留されていることを確認するため、圧入中と同様に以下のモニタリングを実施する。

- ・ 圧入井坑底における温度・圧力測定
- ・ 圧入井坑口における温度・圧力、アニュラス圧力測定
- ・ 観測井坑底における温度・圧力測定
- ・ 観測井坑口における温度・圧力、アニュラス圧力測定
- ・ 観測井内における微小振動、自然地震観測
- ・ OBSによる微小振動、自然地震観測
- ・ OBCによる微小振動、自然地震観測
- ・ 陸上設置地震計による微小振動、自然地震観測
- ・ 2D弾性波探査
- ・ 3D弾性波探査

なお、実証試験終了後も、海洋汚染防止法の規定に基づきモニタリングを継続する。圧入井と観測井の廃坑については、その後のモニタリング継続の方法と内容を必要性和有効性の見地から検討の上、実施の可否を決定する。

2.2.4 海洋系におけるモニタリング計画

(1) モニタリング計画に関する考え方

圧入前のモニタリングは、海洋汚染防止法の規定に基づき、ベースラインとしての海洋環境調査を1年通して行い、CO₂漏出を想定した海洋環境への事前影響評価を実施する。また、自然界由来のCO₂とCCS起因のCO₂を判別するための同位体比の測定等、追加的な調査項目の実施も検討する。

圧入中のモニタリングは、CO₂漏出を想定した海洋環境への事前影響評価をふまえた上で、圧入前に実施したベースライン調査における調査範囲、調査項目、調査頻度等を基本として実施する。

圧入後のモニタリングは、圧入前に実施したベースライン調査における調査範囲、調査項目、調査頻度等を基本とするが、圧入中におけるモニタリング結果をふまえて、調査範囲、調査項目、調査頻度等について見直しを行う。

(2) 圧入前

海洋汚染防止法では圧入前に貯留対象海域のベースライン調査を実施し、CO₂漏出を想定した海洋環境への事前影響評価を実施することが義務付けられている。事前影響評価のポイントは、i) 妥当性のあるCO₂漏出シナリオの設定、ii) 貯留対象海域における海洋環境の現況を把握するためのベースラインの調査、iii) 港湾内流況を反映できるモデルの構築、およびiv) i～iiiをふまえた想定漏出CO₂の海水拡散シミュレーション評価とそれに基づく海洋生物への影響評価である。図2.2-20に海洋汚染防止法に基づいて実施する事前影響評価に関するフローを示す。

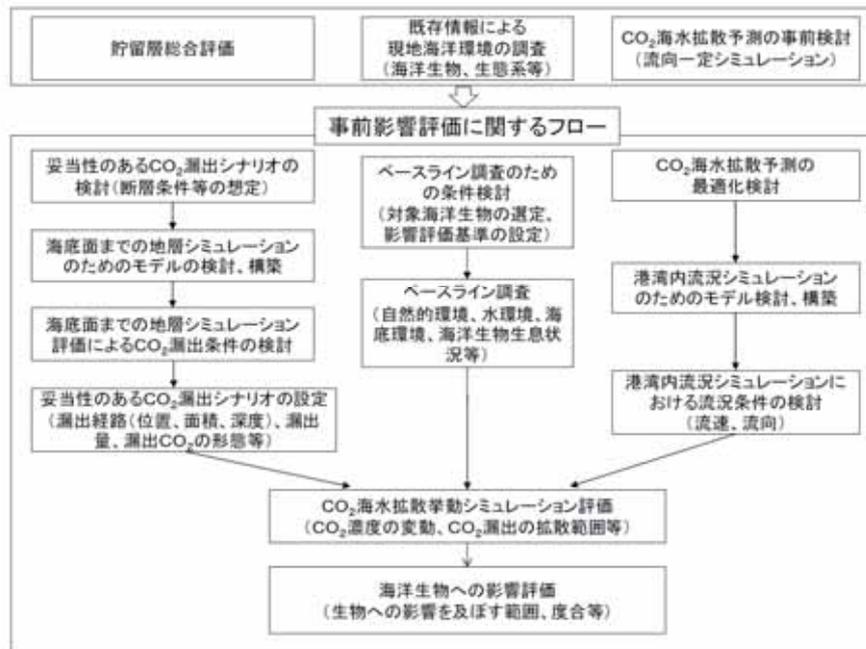


図 2.2-20 海洋環境への事前影響評価に関するフロー

① 妥当性のあるCO₂漏出シナリオの設定

廃坑井等の人造物の破損事故等からのCO₂の漏出は、各種安全対策等により防止されると考えられることから、CO₂漏出シナリオの設定にあたっては、断層からのCO₂漏出が最も可能性が高いシナリオと想定される。このため、ここでは断層からのCO₂漏出を想定する。

具体的には、「苫小牧地点における貯留層総合評価」に基づき、確認されている断層および存在可能性のある未検出の断層に対する検討、評価を行い、地質構造、堆積層、岩石物性等のデータに基づき、海底面までの地層シミュレーションモデルを検討、構築する。その上で、地層シミュレーション評価によりCO₂漏出条件を検討する。

地層シミュレーション評価の結果に基づき、海底面への漏出経路（位置、面積、深度）、漏出量、漏出CO₂の形態等のCO₂漏出シナリオを設定する。

② ベースライン調査

ベースライン調査は、環境省「特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄の許可の申請に係る指針」（以下、「環境省指針」という。）に基づいて実施し、圧入前の貯留対象海域の海洋環境の現況を把握する。

調査範囲は、海洋生物および生態系の広がりならびに事前検討におけるCO₂海水拡散予測結果等を考慮して範囲を設定する。

調査項目は、環境省指針に基づいて設定する。

調査頻度は、季節変動を受けると考えられる流況、水環境および海洋生物については4回/年(四季)を原則とし、季節変動を受けにくいと考えられる海底環境等の項目については1回/年とする。また、深さ方向の測点は、温度躍層や密度躍層の季節変動を考慮して選定する。表2.2-4にベースライン調査の計画概要を示す。

表 2.2-4 ベースライン調査の計画概要

区分	項目	方法	深さ方向の測点	頻度
流況	・流向、流速	係留	表層・底層	4回/年(四季)
水環境	・水温、塩分、温度躍層・密度躍層の有無	採水	表層・中層・底層	4回/年(四季)
	・CO ₂ 濃度指標:全炭酸濃度、アルカリ度 ・水素イオン濃度			
	・有害物質の濃度:硫化水素、重金属類		表層・底層	4回/年(四季)
海底環境	・CO ₂ 濃度指標:全炭酸濃度、アルカリ度	採定	海底	1回/年
	・有害物質の濃度:硫化水素、重金属類			1回/年
海洋生物	・魚類等遊泳動物の生息状況 ・底生生物の生息状況(石灰質の殻の有無による種を分類)等	採水、ネット、採定 既存情報	(層別なし)	4回/年(四季) (採定は1回/年)
生態系	・藻場、干潟、脆弱な生態系 ・重要生物種の産卵場・生息場等	既存情報		1回/1年
海洋の利用等	・レクリエーション、海中公園、遊場、航路等	既存情報		1回/1年

③ 湾岸内流況を考慮したモデルの構築

ベースライン調査により得られた港湾内の流況を用いて、港湾内流況シミュレーションモデルを検討し、構築する。その上で同シミュレーション結果をふまえて、CO₂海水拡散挙動シミュレーションに用いる流況を予測する。

④ CO₂海水拡散挙動シミュレーション

CO₂海水拡散挙動シミュレーションには、CO₂漏出シナリオによる漏出経路、漏出量等、ベースライン調査により得られた水環境の現況、港湾内流況シミュレーション結果をふまえて得られた流況を使用する。CO₂海水拡散挙動シミュレーション結果によりCO₂漏出の範囲等を推定する。

⑤ 海洋生物への影響評価

海洋生物への影響評価の対象とすべき海洋生物の選定、海洋生物に影響を与える評価基

準を設定した上で、CO₂海水拡散挙動シミュレーションから得られたCO₂濃度および影響範囲に基づき、評価対象海洋生物への影響度合い等を評価する。

(3) 圧入中

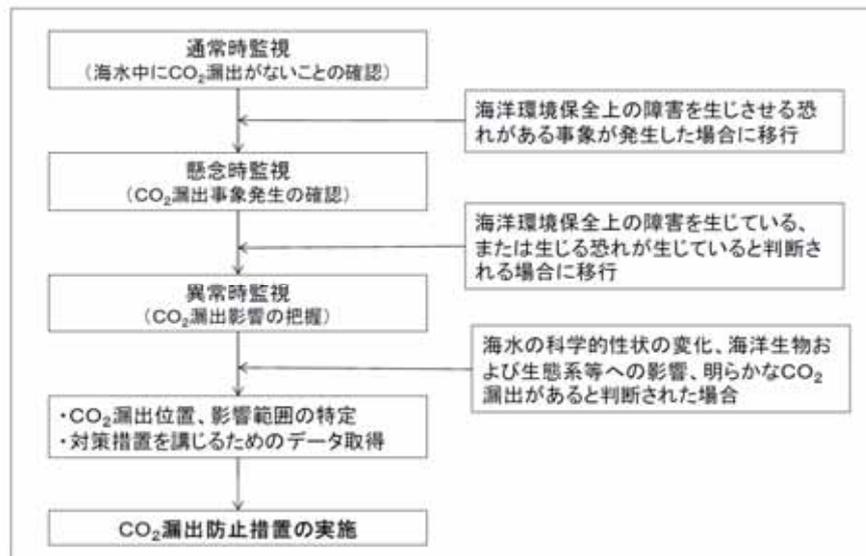
圧入中のモニタリングは、原則としてベースライン調査と同様の調査範囲、調査項目、調査頻度等により実施することを基本とし、定期的な監視により漏出の有無を確認するためのデータを取得する。表 2.2-5 に圧入中におけるモニタリングの計画概要を示す。

なお、圧入前におけるCO₂の海洋環境への事前影響評価を考慮して、必要に応じて調査範囲、調査項目、調査頻度等の計画を見直す。

表 2.2-5 圧入中におけるモニタリングの計画概要

区分	項目	方法	深さ方向の測点	頻度
流況	・流向、流速	係留	表層・底層	4回/年(四季)
水環境	・水温、塩分、温度躍層・密度躍層の有無	採水	表層・中層・底層	4回/年(四季)
	・CO ₂ 濃度指標：全炭酸濃度、アルカリ度 ・水素イオン濃度			
	・有害物質の濃度：硫化水素、重金属類		表層・底層	4回/年(四季)
	・気泡有無の確認	サイドスキャンソナー	底層	4回/年(四季)
海底環境	・CO ₂ 濃度指標：全炭酸濃度、アルカリ度	採泥	海底	1回/年
	・有害物質の濃度：硫化水素、重金属類			1回/年
海洋生物	・魚類等遊泳動物の生息状況 ・底生生物の生息状況(石灰質の殻の有無による種を分類)等	採水、ネット、採泥 既存情報	(層別なし)	1回/年
生態系および海洋の利用等		既存情報による調査を1回/5年(換算期間)		

圧入中のモニタリングは、通常時監視、懸念時監視および異常時監視に区分され、海水中へのCO₂漏出の恐れの数値等によってより詳細な監視段階に移行する。図 2.2-21 に環境省指針が定める通常時監視、懸念時監視および異常時監視の移行フローを示す。



(「特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄の許可の申請に係る指針」より抜粋)

図 2. 2-21 圧入中のモニタリングにおける移行フロー

(4) 圧入後

圧入後のモニタリングでは、圧入中と同様に定期的な監視によりCO₂漏出の有無を確認する。

圧入後のモニタリングは、圧入中のモニタリングと同様に通常時監視、懸念時監視および異常時監視に区分され、海水中へのCO₂漏出の恐れ具合によってより詳細な監視段階に移行する。

なお、圧入後のモニタリングは、圧入前におけるベースライン調査および圧入中におけるモニタリング結果に加えて、以下の点を考慮して調査範囲、調査項目、調査頻度等の見直しを検討する。

- 1) 環境基準が設定され、実測値が基準値を大きく下回っている項目
- 2) CO₂濃度上昇に連動して変動を受ける可能性がない、あるいは極めて低い項目
- 3) CO₂漏出の検出に適した項目の中、技術のブレークスルーにより経済的、効率的に測定可能となった項目

2.3 異常事態発生時の対応

実証試験の実施にあたっては、以下に例示する保安に関連する法令を遵守し、また、「C S実証事業の安全な実施にあたって」の内容をふまえ、安全を確保し、事故・災害の発生を未然に防ぐように努める。

- ・海洋汚染防止法
- ・高圧ガス保安法
- ・労働安全衛生法

また、実証試験期間に発生し、CO₂の圧入運転、設備、周辺環境、人命あるいは人の健康等に多大な影響を与える事象である異常事態の発生に備え、圧入作業開始以前に異常事態発生時の対処を準備しておく必要があり、以下に取り組む。

2.3.1 異常事態の想定とその対処方法の確立（保安規定の策定）

発生が予見される異常事態をリストアップし、それら異常が発生した場合にとるべき措置や異常発生を未然に防ぐために準備する内容を規定し（保安規定）、同規定の中で、保安管理体制の整備、保安に携わる人員の選任とその職務範囲の決定、異常事態の判別方法とその対処方法に関することを取り決める。保安規定及び保安管理体制については、想定外の地震も考慮し対応できるよう、適宜、見直しを行う。

2.3.2 保安設備の設置

遵守すべき関連法令を満たし、策定した保安規定に即した保安設備を設ける。その際は、異常事態の規模や頻度、影響度を考慮し、必要に応じて遠隔操作が可能な保安設備や、複数のバックアップ設備の設置等の措置を講じる。

2.3.3 保安訓練の実施

異常事態が発生した際に、策定した保安規定に即して関係者が迅速に対応できるように、定期的に保安訓練を実施する。また、訓練を通じて問題点の抽出および必要な改善措置をとる。

CO₂圧入中に想定される異常事態としては、主に以下が挙げられる。異常事態が発生した際には、図2.3-1に示す対応が求められる。ここに示した手順と関係法令をふまえて保安規定を策定する必要がある。その際は、想定される異常事態の内容を十分に検討し、より具体的な対策・措置を盛り込むことが必要である。

- ・CO₂の大規模な漏洩、漏出
- ・大規模な地震、津波の発生

・関係施設の事故や火災の発生

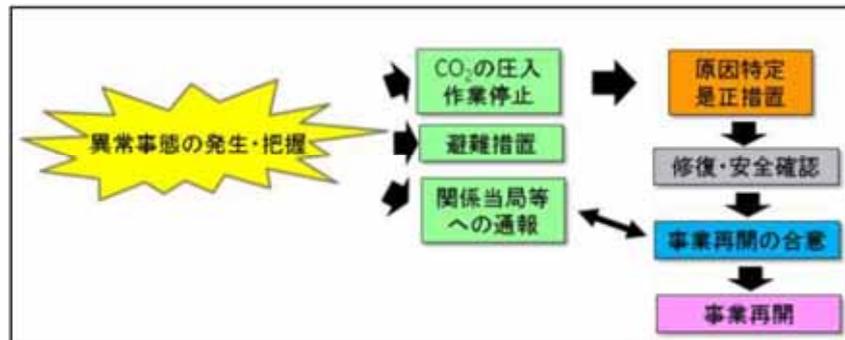


図 2.3-1 異常事態発生時の基本的対応

実証試験実施中に異常事態が発生・検知された場合は、CO₂の漏出を回避するために、CO₂圧入作業を直ちに中断する。その上で、人的被害の回避のための避難や設備に対する被害拡大防止の措置（火災時の消火活動等）を講ずる。また、同時に関係当局等に対して異常事態発生の通報を行い、周辺環境への影響拡大を防止する。

異常事態への対処終了後は、被害状況の把握、異常事態の原因特定、関係当局への情報提供を行い、必要な修復を実施する。修復後は、安全確認を十分に行い、関係当局等との間で試験再開に関する合意を得たのち、試験を再開する。

第3章 まとめ

3.1 実証試験計画の概要

3.1.1 CCSトータルシステム

- ・CO₂排出源：苫小牧地点近傍のCO₂排出源の内、技術的に比較的容易にCO₂を分離・回収でき、かつ実証試験に対する協力が得られる2ヶ所の製油所の水素製造装置（D1-1基地、D2基地）を排出源とする。CO₂回収量はD1-1基地が年間10～20万トン程度、D2基地が年間最大5万トン程度で、合計年間15～25万トン程度（排出源の操業状況等による）である。
- ・CO₂分離・回収（D1-2基地）：D1-1基地で水素製造装置から排出されるCO₂含有プロセスガスをD0基地に隣接するD1-2基地まで、2.5kmの配管により移送し、CO₂を分離・回収する。
- ・CO₂液化・輸送（D2基地）：D2基地では既分離のCO₂を回収・液化し、13.3トン積タンクローリー計6台により、D0基地内の受け入れ設備まで約80km輸送する。
- ・CO₂圧入：D0基地で2ヶ所の排出源より輸送されたCO₂を受け入れ、海底下の2層の貯留層に対してそれぞれの圧入井（傾斜井）によりCO₂を圧入・貯留する。

3.1.2 圧入計画

貯留層は、沿岸域海底下の新第三紀の構造性帯水層である滝ノ上層T1部層（深度2,400～3,000m）および非構造性帯水層である萌別層砂岩層（深度1,100～1,200m）である。

滝ノ上層T1部層に対する圧入井（CCS-3）は、垂直深度2,789m、水平偏距4,103m、垂直深度2,789m、掘削長5,570m、最大傾斜角70°である。萌別層砂岩層に対する圧入井（CCS-4）は、垂直深度1,169m、水平偏距2,911m、掘削長3,520m、最大傾斜角86°であり、いずれも高傾斜坑井あるいは大偏距（ERD）の坑井となる。

基本圧入計画は以下の通り。

- 1) 滝ノ上層T1部層
 - ・圧入期間：3.5年
 - ・圧入レート：10万トン/年以上
 - ・圧入圧力：（坑口）最大23MPa程度、（坑底）最大44MPa程度
- 2) 萌別層砂岩層
 - ・圧入期間：3.5年
 - ・圧入レート：5万トン/年以上

・圧入圧力：(坑口) 最大 10MPa 程度、(坑底) 最大 15MPa 程度

3.1.3 モニタリング

モニタリングの目的は以下に示す 5 項目であり、これらの目的に応じてモニタリングの項目、期間、頻度を設定している。

- 1) CO₂の漏出、貯留層圧力等の異常の検知 (貯留層モニタリング)
- 2) 圧入されたCO₂の貯留層内での挙動把握 (貯留層モニタリング)
- 3) モニタリングにより得られたデータをもとに貯留層モデルの更新、CO₂の挙動予測シミュレーションの精度向上 (貯留層モニタリング)
- 4) CO₂の圧入と微小振動の関連性検証 (微小振動、自然地震モニタリング)
- 5) 海水中へのCO₂漏出の検知 (海洋系モニタリング)

CO₂の圧入前は、ベースラインデータの取得のために、2D弾性波探査、3D弾性波探査、微小振動、自然地震観測および海洋環境調査を実施する。

CO₂の圧入中・圧入後は、2D弾性波探査、3D弾性波探査、海洋環境調査を定期的実施するとともに、微小振動、自然地震観測と圧入井および観測井での温度・圧力の連続測定・観測を継続する。

3.1.4 実施工程

EPC (設計・調達・建設) 期間約 3.5 年、設備運転・圧入期間 3.5 年、圧入後モニタリング期間 2.5 年を基本とし、わが国がCCS実用化の目標としている 2020 年までに試験を完了する。

3.2 実証試験成果の活用性、実用展開

本実証試験は、2ヶ所の製油所の水素製造装置からCO₂を分離・回収、輸送し、2層の海底下帯水層に圧入する実証試験である。わが国で初となる分離・回収から輸送、圧入、貯留までのCCSトータルシステムでの大規模実証試験であることから、事業を通じて種々の技術的課題、安全性に関する課題等を検証し、将来のCCSの実用展開及び技術開発に貢献する。さらに、システム全体および個々の要素のコスト構造を明らかにし、それぞれの最適化を検討することにより、将来のCCS実施にかかるコスト低減に資するデータを提供する。

以下、要素毎に成果の活用可能性について示す。

3.2.1 技術的成果の活用可能性

(1) 分離・回収

高分圧CO₂下での省エネルギー型CO₂分離・回収プロセスを実証し、将来の石油精製、アンモニア製造、天然ガス精製、LNG製造、IGCCなどにおけるCCSのトータルシステム構築のための資とする。具体的には、以下が考えられる。

- 1) 省エネルギー型プロセスの分離・回収エネルギーを実測、解析することにより、エネルギーの削減手法を検討する。国際的な基準の制定状況も加味して、将来のCCSトータルシステムの最適化に向けた資料として活用する。
- 2) 実証設備の設計および運転実績をふまえ、実用設備のプロセス性能や長期運転性を確保するための設備設計等に関する基本的な考え方をまとめる。

(2) 輸送

国内最大規模（5万トン/年）の車両輸送システムを運用することで、大規模液化輸送に係る管理手法をまとめ、将来の複数分散小規模排出源を集約したCCSシステムのための基礎データとして活用とする。

圧入基地の検討の過程では、圧入基地の設置場所を分離・回収基地から港湾を横断した地点とするケースについて、気体CO₂の輸送パイプラインの概略設計を行い、パイプラインの敷設に係る技術的課題を検討した。結果的には、本実証試験計画では、圧入基地を分離・回収基地に隣接して設置することとし、パイプラインは敷設しないこととした。パイプラインは、将来の実用化段階における沿岸工業地域、港湾地域でのCCSトータルシステムのためには必要不可欠な設備であり、更なる検討・検証が必要であるが、本検討結果はその基礎資料となる。

(3) 圧入

複数の排出源からの受け入れ、統合管理および圧入に関する技術の実証成果は、将来の複数排出源の統合管理によるCCSトータルシステムの実用化に向けた基礎資料となる。また、沿岸部にある陸上基地から沿岸海底下の貯留層へCO₂を圧入する際に必要となる大偏距坑井掘削技術（ERD）の実証成果は、わが国沿岸部における将来の大規模CO₂圧入のための基礎技術となる。

(4) 貯留・モニタリング

沿岸海底下の複数の帯水層貯留層に年間15～25万トンのCO₂を安全かつ安定的に貯留できることの実証と、圧入時、圧入後のCO₂の挙動を観測することによる貯留層の管理技

術の実証成果は、わが国における将来の沿岸域大規模CO₂地中貯留の基礎技術となる。

また、モニタリングの内容、結果等の本実証試験に関する情報については広く提供し、CCSに対する国民の理解促進および社会的受容性の確保ならびに科学的知見の蓄積やCCSを含む関連技術の発展に役立てる。

3.2.2 将来の法制度化へ向けて

2020年以降の実用化段階においては、民間事業者が商業ベースでCCSを実施することが可能になると考えられる。このため、本実証試験を通して得られる知見等を基に、必要に応じてCCSを実施する際に必要な法制度等を検討し整備する。

用語集

五十音	用語	説明	
ア行	アニュラス	ケーシングとチュービングあるいはケーシングとケーシングの間の環状の間隙。	
	アミンリポイラー	CO ₂ 分離回収過程で、CO ₂ を吸収したアミン溶液からCO ₂ を取り出すために熱を加えるためのポイラー。	
	アンチサージシステム	圧縮機における必要最低限の流量を確保するシステム。圧縮機流量の低下により、流量、圧力、回転速度が周期的に大きく変動して、正常な運転が不能となる事態を回避する。	
	逸泥	坑井内の泥水が地層に流出し、坑内に戻らない状態。	
	遠心式圧縮機	ターボ型の圧縮機のうち外周部に吐出することで圧力を与える形式。	
	塩水帯水層	地下1,000m以上の深部にある帯水層に含まれる地層水は、一般に塩分濃度が高いことから、飲料用あるいは工業用地下水を含む帯水層と区別するための呼称。	
	オイルフリーターボ式圧縮機	潤滑に油分を用いないターボ型圧縮機。	
	往復動式圧縮機	容積型圧縮機のうち、ピストンの往復運動による容積変化で圧縮する形式。	
	温度履歴	海洋中の水温は、一般に深さと共に減少していくが、その鉛直勾配が特に大きな層。	
カ行	回転式圧縮機	容積型圧縮機のうち、回転するピストンとシリンダーの組合せで圧縮する形式。	
	海底受振ケーブル(OBC)	地震計およびデータ転送装置を内蔵した海底に設置するケーブルで、Ocean Bottom Cable の略。長期間設置用に開発されたものは、常設型OBCとよばれ、長期間にわたる地震動のモニタリングに適している。	
	海底地震計(OBS)	海底に設置できるように設計された地震計。Ocean Bottom Seismographの略。	
	化学吸収法	CO ₂ を分離回収する方法の一つで、吸収剤との化学反応によりCO ₂ を分離する方式。	
	活性アミン法	化学吸収法の吸収剤に、1～3級アミンとCO ₂ 吸収促進剤との組み合わせを用いる方法。	
	坑跡デザイン	傾斜井において掘削作業をスムーズに行うために、坑井の最適な軌跡(坑跡)を設計する。	
	傾斜井	掘削ターゲットの位置が坑口位置から水平方向に離れている場合、坑井をある深度から曲げてターゲットへ向けて掘削される角度を持った坑井。	
	ケーシング(CSG)	坑井掘削時に坑壁を保護するために設置する鉄製のパイプ。Casingの略。	
	構造性帯水層	本書では、伏せたお椀のような封じ込め構造(背斜構造)をなし、上位に浸透性の低い遮断層を伴う帯水層をいう。	
	港湾内流況シミュレーション	本書では、港や湾などの海岸や海底の形態を考慮して海水の流れを予測し、万が一、CO ₂ が海水中へ漏出した場合のCO ₂ の拡散をシミュレーションする技術のことをいう。	
	サ行	サージ	圧縮機等で流量をしぼって運転した際に、振動と騒音を起し、流量、圧力、回転速度が変動する現象。
		軸流式圧縮機	ターボ型の圧縮機のうち吸いこみと吐出する方向が同一方向の形式。
シフト反応		一酸化炭素と水蒸気から二酸化炭素と水素を生成する反応。一酸化炭素含有ガスから水素を製造する場合、この反応を利用して触媒存在下で水蒸気を添加し、副生する二酸化炭素を分離することにより、水素を得る。	
シンセティックベースマッド		坑井を掘削する際に利用する泥水の1種で、潤滑効果などの特性を高めた合成有機化合物を用いた泥水。Synthetic Base Mudの略。(他にはWBM: Water Base Mud, OBM: Oil Base Mudがある)	
スクリー式の冷凍機		冷媒を昇圧するための回転軸がネジ状の形態である冷凍機。	
セメンチング		ケーシング降下後に地層とケーシングの間隙にセメントを充填させる作業。	
増角率		傾斜井の掘削における掘削深度あたりの傾斜の増加率のこと。通常は30m当たりの傾斜角度の増加分で表す。	
操業管理技術		本書では、貯留層に対して、圧入時・圧入後のCO ₂ 挙動を観測し、圧力とレートを的確に制御しながら圧入・貯留する技術の意。	

五十音	用語	説明
タ行	帯水層	水を通しやすい地層で、孔隙や割れ目が地下水で飽和されたもの。
	大偏距(ERD)坑井	一般に水平偏距と垂直深度の比が2以上の坑井。ERDはExtended Reach Drillingの略。
	ターボ型圧縮機	圧縮機のうち、回転する翼型状の羽根によって気体に運動エネルギーを与えて圧力を加えるタイプ。
	弾性波探査	地表や海中で振動(弾性波)を発生させ、地下の地層境界ではね返ってくる弾性波を計測することにより、地下の地質構造を知る手法のこと。反射法(弾性波)探査とも呼ばれる。
	弾性波トモグラフィ	X線CTなどと同様な原理を利用した断層画像法の一つで、弾性波を用いて地層の断面や物性を把握する手法。一般的には、P波の初動走時データが用いられる。
	地質モデル	複雑な地下深部の地質状況を、単純化し模式化したものをいう。問題にしている現象に対して必要なパラメーターを設定しシミュレーションを実施する。そこから得られる結果を利用して、現象の把握、解決、予測を行う。
	チュービング	坑井で地下の石油やガスを地上まで導く、あるいはCO ₂ を地下に圧入するために、ケーシング内に設置される小口径のパイプ。
	チリングクーラー	水分を凝縮分離等の目的で使用される、冷却水より低温の冷媒を用いた冷却器。
	継手	パイプ類をつなぎ合わせるネジ部。
	低圧フラッシュドラム(LFPD)	再生のために別途に低圧塔を設置し、減圧による吸収液からのCO ₂ 放散効果と、再生塔からの熱を活用するシステム。LFPDはLow Pressure Flash Drumの略。
	泥水比重	坑井掘削において、泥層の除去や坑壁の安定の保持ために使用する泥水の比重。
	ドラッグ	坑井掘削時にパイプ類を坑井内へ降下または坑井内から引き上げる場合にパイプと坑壁との間に発生する摩擦力。
	ドリルパイプ	掘削時に、ビットに回転を伝達し、また、泥水を坑底まで送る掘削作業用のパイプ。
	トルク	坑井掘削時に回転しているパイプ類と坑壁との間に発生する摩擦等によって生じる回転方向の力。
ハ行	バックパー	ケーシングとチュービングの間の環状の間隙を閉塞する装置。
	非構造性帯水層	本書では、伏せたお椀のような明確な封じ込め構造を形成しないが、上位に浸透性の低い遮断層を伴う帯水層をいう。
	微小振動	荷重をかけたり、流体を圧入することにより、地層内で生ずる可能性のある極めて微小な振動。
	ブースターポンプ	圧力を高めるために中継用に用いるポンプ。
	物理検層	坑井掘削時に、各種のセンサーや測定器を坑内に降下させ、種々の物理量を測定する調査方法。
	フレアスタック	プラントの運転時に発生する可燃性ガスを含んだ余剰ガスを、安全弁等を通して受入れ、燃焼処理する保安設備。
	ベースライン	CO ₂ 圧入前の状態のデータのこと(Baseline)。ベースラインデータは圧入後のデータと比較することにより変化を知ることができるため、モニタリングでの基準データとなる。
マ行	密度躍層	海水の密度は深さと共に増大していくが、その鉛直勾配の大きな層。
ヤ行	遊離水	セメント硬化時に分離してくる、セメントの水和反応に必要なとされる以外の水。
	容積型圧縮機	圧縮機のうち、気体の占める空間の体積変化によって圧力を加えるタイプ。
ラ行	漏洩	本書では、貯留対象とする貯留層からの移動をいう。
	漏出	本書では、地中から大気または海洋への移動をいう。

五十音 英数	用語	説明
	BTC	API規格(American Petroleum Institute)の代表的なネジ Butress Thread Couplingの略。
	CCS	CO ₂ の回収と貯留のこと。Carbon dioxide Capture and Storageの略。
	CO ₂ 海水拡散シミュレーション	本書では、万が一、CO ₂ が海水中へ漏出した場合のCO ₂ の拡散をシミュレーションする技術。
	CO ₂ 挙動モニタリング	帯水層に貯留されたCO ₂ の動きや拡がりの観測。
	CO ₂ 濃度指標	海水中のCO ₂ 濃度を直接測定できないことから、換算するために測定する全炭酸濃度、pH、全アルカリ度など。
	CO ₂ 分離・回収	石炭ガス化ガス・化学合成ガス・天然ガスなどから、製品不純物としてのCO ₂ を分離して大気に放散する方法を分離と呼ぶ。帯水層にCO ₂ を貯留するには、これらのガスや燃焼排ガスからCO ₂ を分離して更に貯留用に回収する工程を分離・回収という。
	IGCC	石炭や重質油などを原料としたガス化複合サイクル発電のこと。Integrated Gasification Combined Cycleの略。
	KOP	傾斜井を掘削する時に、坑井を曲げ始める深度。Kick Off Pointの略。
	MD	坑井の掘削深度。Measured Depthの略。
	PJ	Premium jointの略。
	Premium jt	油井用ケーシングに使われるAPI規格(American Petroleum Institute)以外にあたる特殊なネジの総称。プレミアムジョイント。
	PSA	物理吸着を利用して目的ガス中の不純物を除去する方式。Pressure Swing Adsorptionの略。水素製造装置等で用いる。
	SGP	配管用炭素鋼管。Steel Gas Pipeの略。
	TD	坑井の坑底深度。Total Depthの略。
	TVD	傾斜井の場合の垂直深度のこと。True Vertical Depthの略。
	VVVF	電圧と周波数を可変に制御できる電源。Variable Voltage Variable Frequencyの略。

仕様書

1. 件名

平成25年度中小企業等環境問題対策調査等委託費(全国二酸化炭素貯留層基礎調査)

2. 目的

二酸化炭素回収・貯留(CCS: Carbon dioxide Capture and Storage)は、中長期的に最も重要な地球温暖化対策として世界的にも期待されており、2008年に開催されたG8北海道洞爺湖サミットでは、2050年までに二酸化炭素排出量を世界で半減するという目標の共有が合意された。そして地球温暖化への取組としてエネルギー効率の改善、風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギーの促進等とともにCCSを含む先進的なエネルギー技術の開発と展開の必要性が確認された。

国際エネルギー機関(IEA)の試算によると、2050年に温室効果ガスを半減させるためにはCCSが約2割の削減分を担うとされている。2050年に世界の温室効果ガスを半減するためには、日本としても国際社会の一員として二酸化炭素の削減に取り組むことが重要であり、そのためには、省エネルギーや再生可能エネルギーのみならず、CCSも活用しなければ大量のCO₂削減を達成することは困難であると考えられる。

これらを踏まえ、平成20年3月に公表された「Cool Earth -エネルギー革新技術計画-」において、CCSは今後重点的に取り組むべき21の革新技術の一つとして位置づけられており、さらに、平成22年6月に閣議決定された「エネルギー基本計画」においても、2020年頃のCCSの商用化を目指した技術開発の加速化を図ることが述べられているところである。

経済産業省は2020年頃のCCSの実用化に向け、平成24年度から北海道苫小牧市において、CCS大規模実証事業を開始したところであり、経済産業省と環境省が設置した東京電力の火力電源入札に関する関係局長級会議において、2050年目標との関係から国は、炭素貯留適地の調査を進めることとされている。

これを受け、本事業では、平成26年度以降に二酸化炭素貯留可能地点の全国的な実地調査を行うことを想定し、事業決定後、速やかに調査を開始出来るよう、二酸化炭素貯留層基礎調査の調査計画(案)を作成する。

3. 実施概要

(1) 調査計画（案）の作成

①実施内容

平成 24 年度から実施している CCS 大規模実証事業の地点選定に当たっては、国内で見られる典型的な 4 種類の貯留層を含む候補地点をリストアップしたが、2020 年頃の CCS 実用化に向け、早期に実証試験を開始出来るよう、既存の地質データが多く存在する地点に注目して絞り込みを行い、結果として最も早く調査及び評価が終了した苫小牧地点が選定された。

これに対して、本事業は十分な量の二酸化炭素貯留を可能とすることを目的として、比較的大きな貯留ポテンシャルを有すると期待される貯留層を主たる対象として調査を行うための調査計画（案）を作成する。

調査計画（案）には、以下の内容を含む。

- ・調査対象区域の抽出（10 カ所程度）
- ・調査対象区域の既存調査情報と今後必要となる調査項目の整理
- ・弾性波探査に関する既存データの確認または新規測線計画の作成
- ・調査対象区域の評価と優先順位検討
- ・優先される調査対象区域に対する調査費用の概算及び調査スケジュール（案）の作成
- ・以上をまとめた調査計画（案）報告書の作成

②実施方法

調査対象区域の候補は、これまでの調査で抽出されているものを中心に行う。例えば、これまでの調査・評価事業には以下のものがある。

- ・平成 17 年度～平成 19 年度に公益財団法人 地球環境産業技術研究機構が実施した「全国貯留層賦存量調査」
- ・平成 20 年度～平成 24 年度に独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構が実施した「ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究」

その他、民間ベースでの地質調査の結果があれば、積極的に当該調査結果の情報を盛り込むこととする。

(2) 委員会による調査業務の推進

①実施内容

調査計画（案）を作成するに当たって有識者の指導を受けるために委員会を開催する。

②実施方法

- ・3回程度、都内において開催することを想定（委員数10名程度）。
- ・委員会開催の事務局を務める（委員の先生への謝金、交通費の支払い等を含む。）

(3) 貯留層基礎調査の準備業務

①実施内容

調査計画（案）に基づいて、次年度以降の調査を円滑かつ速やかに進めるために年度内に着手することが望ましい業務は、準備業務として着手する。

②実施方法

- ・調査の優先度が高い区域の自治体等から漁期等の基本情報を収集するとともに、貯留層基礎調査への自治体の考え方、協力を得るための進め方を整理する。

4. 事業期間

委託契約締結日から、平成26年3月31日まで。

5. 成果物

成果報告書の電子媒体（透明テキスト付きPDFファイル（CD-ROM等の記録媒体に保存）） 3式

6. 成果物の納入場所

経済産業省産業技術環境局地球環境連携・技術室