

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

仕様書

1. 件名

平成 26 年度二酸化炭素貯留適地調査事業

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、国際エネルギー機関（IEA）の試算によると、地球温暖化による気温の上昇の影響を 2 度以下にする場合、CCS が約 2 割の削減分を担うとされている。

我が国は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、中長期的には、省エネルギーや再生可能エネルギーのみならず、CCS の活用も視野に入れることが必要である。

政府は 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、平成 25 年 4 月には経済産業省と環境省による「東京電力の火力電源入札に関する関係局長級会議とりまとめ」において、2050 年目標との関係から、国は 2020 年頃の商用化を目指した CCS 等の技術開発の加速化を図るとともに、CCS 導入の前提となる貯留適地調査等についても早期に結果が得られるように取り組むこととなった。

これを受け、本事業では、経済産業省「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）に係る委員会」（以下、「H25 経済産業省委員会」と言う。）及び環境省「平成 25 年度シャトルシップによる CCS を活用した二国間クレジット制度実現可能性調査委託業務」における「我が国周辺水域二酸化炭素貯留適地検討会」（以下、「H25 環境省検討会」と言う。）において選定された調査候補地点をベースとして、二酸化炭素の貯留適地調査を行う。また、平成 27 年度以降の調査地点の選定及び調査計画（案）の作成を行う。

3. 実施概要

(1) 二酸化炭素貯留適地調査に係る二次元弾性波探査の実施

二酸化炭素貯留適地調査を行うにあたり、H25 経済産業省委員会及び H25 環境省検討会において選定された調査候補地点（(2) ①に示す地点を除く。）について、民間等の保持する既存の弾性波探査データ（以下、「既存民間弾性波データ」と言う。）の確認を行った上で、地元との調整及び経済的な観点から妥当と考える 3 カ所を選定する。

選定した 3 カ所に対しては、必要に応じて H25 経済産業省委員会及び H25 環境省検討会の検討結果に加えた調査を行った上で、既存民間弾性波データの取得及び二次元弾性波探査を実施し、得られたデータの整理・解釈を行って、二酸化炭素の貯留適地かどうか検討する。

ただし、既存民間弾性波データの取得に最大限努めることとし、これにより、十分なデータが得られる場合には、二次元弾性波探査の実施を省略することが

できる。

また、調査で得られたデータ及び情報について、WEB 上で公表できるよう整理を行う。

※ 平成 26 年度における調査スペックは別紙のとおりとする。また、提案する調査地点は実施可能性を十分に検討の上、提案することを前提とするが、実際に調査を実施する地点は、有識者の意見や地方自治体等との調整状況を踏まえ、経済産業省及び環境省と協議の上、決定する。その場合も、双方の委員会及び検討会により選定された地点をそれぞれ 1 カ所以上含むこととする。

(2) 平成 27 年度以降の調査候補地点の選定及び調査計画（案）の作成

平成 27 年度以降の調査候補地点の選定、調査計画（案）及び測線計画（案）の策定を行う。さらに、各調査候補地点について、調査費用の概算及び調査スケジュール（案）の作成を行う。

なお、当該計画における調査候補地点については、以下に示す調査等を行った上で、選定することとする。

- ① H25 経済産業省委員会及び H25 環境省検討会において、既存の二次元弾性波探査データにより、三次元弾性波探査の実施に必要なデータ解析に進むことができるとされた地点及びこれに相当する地点について、地質構造解析を行う。
- ② H25 経済産業省委員会及び H25 環境省検討会において選定された地点の内、①の対象地点以外の地点については、必要に応じて既存民間弾性波データの取得及び追加文献調査を行う。
- ③ H25 経済産業省委員会及び H25 環境省検討会において、今後情報を収集しながら検討していく等とした地域については、必要に応じて、調査候補地点を絞り込み、既存民間弾性波データの取得及び追加文献調査を行う。

(3) 委員会による調査業務の推進

(1) 及び (2) の業務に当たって有識者の助言及び指導を受けるために委員会を開催する。委員会は 5 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)。また、委員会開催の事務局を務める(委員への謝金、交通費の支払い等を含む)。

(4) 平成 27 年度以降に実施予定の二酸化炭素貯留適地調査における準備業務

(2) で策定した調査計画（案）に基づいて、27 年度以降の調査を円滑かつ速やかに進めるために 26 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。

具体的には、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、二酸化炭素貯留適地調査への自治体の考え方、協力を

得るための進め方等を整理する。

4. 事業期間

委託契約締結日から、平成 27 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）並びに調査で得られたデータ及び情報の電子媒体（CD-ROM等の記録媒体に保存） 5 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

7. その他

H25 経済産業省委員会及びH25 環境省検討会において検討された内容については、入札説明会において資料等に基づき説明し、説明会参加者等からの質問については、可能な限り詳細に回答するものとする。

(別紙) 平成 26 年度における調査スペックについて

1 調査地点内の測線間隔について

2. 5 k m程度とする。

2 長基線測線について

長基線測線については、対象エリアを含むより広範囲なエリアでの地質構造形態を把握し、周辺での活断層の発達状況を確認しつつ、一帯の地質構造安定度をとらえるためのものとする。

長基線測線の本数は各調査地点について 6 本以上とし、長さは各 5 0 k m から 1 0 0 k m程度とする。

3 総測線長について

1, 0 0 0 k m程度 (長基線測線を含む)

実施計画書（仕様書）

平成27年度二酸化炭素貯留適地調査事業

1. 事業概要

我が国においては、地球温暖化抑制のための有効な対策の一つとして期待されている二酸化炭素回収・貯留（CCS）の2020年頃の実用化を目標に、苫小牧地点においてCCS大規模実証試験事業が推進されている。CCS導入の前提となる二酸化炭素貯留適地の調査については2013年4月に経済産業省と環境省による「東京電力の火力電源入札に関する関係局長級会議取りまとめ」において、2050年目標との関係から、国は、早期に結果が得られるよう取り組むこととされている。

これを受け、経済産業省「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）に係る委員会」（以下、「平成25年経済産業省委員会」と言う。）及び環境省「我が国周辺水域二酸化炭素貯留適地検討会」（以下、「平成25年環境省検討会」と言う。）において、二酸化炭素貯留適地の調査候補地点が選定された。これら検討結果に基づき、「平成26年度二酸化炭素貯留適地調査事業」（以下、「平成26年度適地調査事業」と言う。）では、調査対象地点を選定し、二酸化炭素貯留適地調査を開始した。

「平成27年度二酸化炭素貯留適地調査事業」（以下、「本事業」と言う。）では、「平成26年度適地調査事業に係る有識者委員会」（以下、「平成26年度有識者委員会」と言う。）において検討された調査候補地点をベースとして二酸化炭素貯留適地の調査を行い、併せて平成28年度以降の調査地点の選定及び調査計画（案）の作成を行うものである。これら業務の実施にあたり、有識者による確認と指導・助言を受けるために委員会を開催し、当該委員会の事務局として円滑な運営を図る。なお、本事業の成果は、貯留地点候補の抽出を通じ、新たな輸送手段の実証を含むCCSの実用化に向けた検討に資するものとする。

2. 事業内容

（1）二酸化炭素貯留適地調査に係る2D探査の実施

平成25年経済産業省委員会及び平成25年環境省検討会において選定された調査候補地点や、平成26年度有識者委員会で検討された調査候補地点について、民間等の保持する既存二次元弾性波探査（以下、「2D探査」と言う。）測線の配置等を可能な限り確認したうえで、地方自治体等の調査への意向等も踏まえて、妥当と考える3カ所程度を調査対象地点（案）として抽出し、有識者による確認を経て調査対象地点とする。

調査対象地点については、民間等が2D探査データを所有することが確認された場合は、可能な限りデータの借用に努め、データ借用後はデータ再処理を行った上で、地質解釈作業を行う。

なお、借用した民間等の2D探査データが、地質解釈や貯留可能量評価を行うにあたりデータ量が不足する場合や記録媒体の品質劣化等の理由により使用に耐えないものであった場合には、新規に2D探査を実施し、データを取得する。借用データや新規取得の2D探査データは、処理を施した上で概略解析を行い、二酸化炭素貯留適地としての可能性を検討する。

（2）平成28年度以降の調査候補地点の選定及び調査計画（案）の作成

平成28年度以降の調査候補地点の選定、測線計画を含む調査計画（案）の策定を行い、

各調査候補地点について調査費用の概算及び調査工程（案）の作成を行う。

当該計画における調査候補地点は、上記（１）に加え、以下に示す検討等を行った上で選定する。

a. 平成２６年度適地調査事業で２Ｄ探査を実施した地点の地質解析と貯留可能量評価

平成２６年度適地調査事業で２Ｄ探査を実施した地点について、新たに取得した２Ｄ探査データ及び活用可能な民間等の２Ｄ探査データを用いて、地質構造解析や貯留層・遮蔽層分布推定を行い、貯留可能量評価を実施する。

b. 既存２Ｄ／３Ｄ探査データの処理・解析と貯留可能量評価

平成２５年経済産業省委員会及び平成２５年環境省検討会において選定された調査候補地点のうち、上記（１）と（２）a. 以外の調査地点、並びに平成２６年度適地調査事業において検討した新たな貯留候補地点については、民間等による既存の２Ｄ探査及び三次元弾性波探査（以下、「３Ｄ探査」と言う。）データの活用を検討する。既存データの活用が可能な地点については、有識者による確認を経て、探査データ処理を必要に応じ施したうえで、測線間隔等を踏まえて、地質構造解析、貯留層・遮蔽層分布推定、貯留可能量評価を実施する。

c. 今後の情報収集が必要な地点及び新たな調査候補地点の検討

平成２５年経済産業省委員会、平成２５年環境省検討会および平成２６年度有識者委員会において、今後、情報を収集しながら検討を加えていくとされた調査地点については、優先順位を考慮しつつ、文部科学省による断層調査や地震動予測情報等の最新情報の入手に努めながら検討を加えていく。また、新たな調査候補地点として、同委員会や検討会において対象とならなかった地点における貯留可能性についても検討する。

（３）ＣＣＳデータ・情報の整理

平成２６年度適地調査事業に加え、本事業で取得するデータや情報については、データや情報の提供者から公開に係る了解を得る等、適切に管理を行ったうえで、WEB向けに情報の公開を可能とするべく整理する。

（４）社会受容醸成に向けた情報発信

調査対象区域を中心に、社会受容醸成に向けた情報発信活動を計画し実施する。

（５）委員会の運営

本事業を的確に実施するために、第三者の有識者により構成される委員会を設け、指導及び助言を受ける。また、委員会事務局として円滑な委員会の運営に努める。

（６）平成２８年度以降の二酸化炭素貯留適地調査に向けた準備業務

上記（２）で策定した調査計画（案）に基づき、平成２８年度以降の調査を円滑に進めるために、平成２７年度内に着手することが望ましい業務は、準備業務として実施する。

具体的には、調査の優先順位が高い地点の自治体等から漁期等の基本情報を収集するとともに、二酸化炭素貯留適地調査への自治体の考え方等を整理する。

（７）成果報告書の作成

本事業での成果を、成果報告書として取りまとめる。

4. 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）並びに調査で得られたデータ及び情報の電子媒体（CD-ROM等の記録媒体に保存） 5式

5. 成果物の納入場所

経済産業省 産業技術環境局 環境政策課 環境調和産業・技術室

6. 事業実施期間

委託契約締結日から平成28年3月31日まで

7. 支出計画

別添支出計画書のとおり。

別紙 1 - 1

実施計画書（仕様書）

平成 28 年度二酸化炭素削減技術実証試験事業

本実施計画書は、苫小牧地点における平成 28 年度の CCS 大規模実証試験事業（平成 28 年度「二酸化炭素削減技術実証試験事業」。以下、「本事業」と称する）の実施計画を取りまとめたものである。

1. 苫小牧実証試験事業の概要

我が国においては、地球温暖化対策への対応として、二酸化炭素回収・貯留（CCS）技術の速やかな実用化が求められている。実用化のためには、実排出源から分離・回収した CO_2 を用いて、実用に近い規模（年間 10 万トン CO_2 規模以上）で分離・回収から圧入、貯留に至るまでのトータルシステムとして CCS 技術を実証する必要がある。

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）」にて、CCS 大規模実証試験を実施するために必要な準備を苫小牧地点に整えた。すなわち、商業運転中の製油所の水素製造装置を排出源として、 CO_2 含有ガスからの CO_2 分離・回収、圧入に必要な圧力までの昇圧、苫小牧沿岸の 2 つの貯留層（萌別層、滝ノ上層）への年間 10 万トン以上の CO_2 の圧入の、各々に必要な設備を建設、試運転を 2016 年 2 月末までに完了した。実証試験設備のフローを図 1 に示す。

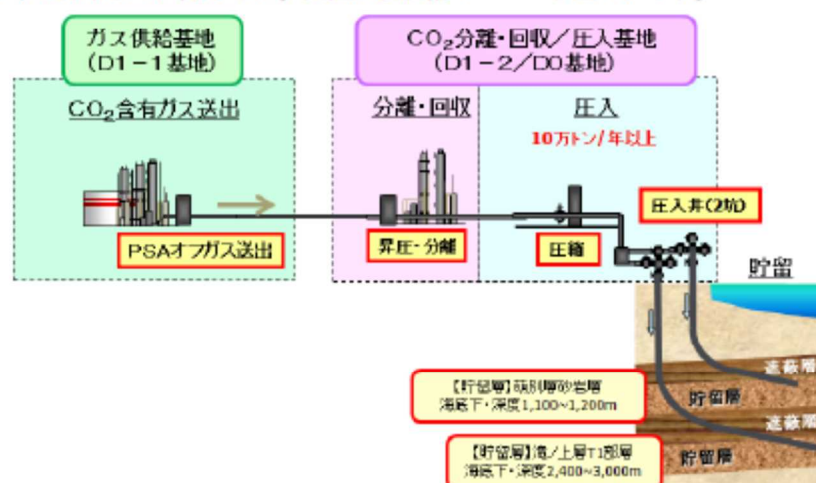


図 1 苫小牧地点の CCS 実証試験設備フロー

圧入井については、滝ノ上層T1部層への圧入井（IW-1）と萌別層砂岩層への圧入井（IW-2）を掘削した。

観測井として、滝ノ上層観測井OB-1、滝ノ上層観測井OB-3、萌別層観測井OB-2の3坑を整備し、坑内に温度、圧力計及び地震計を設置した。微小振動、自然地震を観測するモニタリング設備として、常設型海底受振ケーブル1式、海底地震計4器、陸上設置地震計1器を設置した。苫小牧地点のCCS実証試験設備の位置関係を図2に示す。

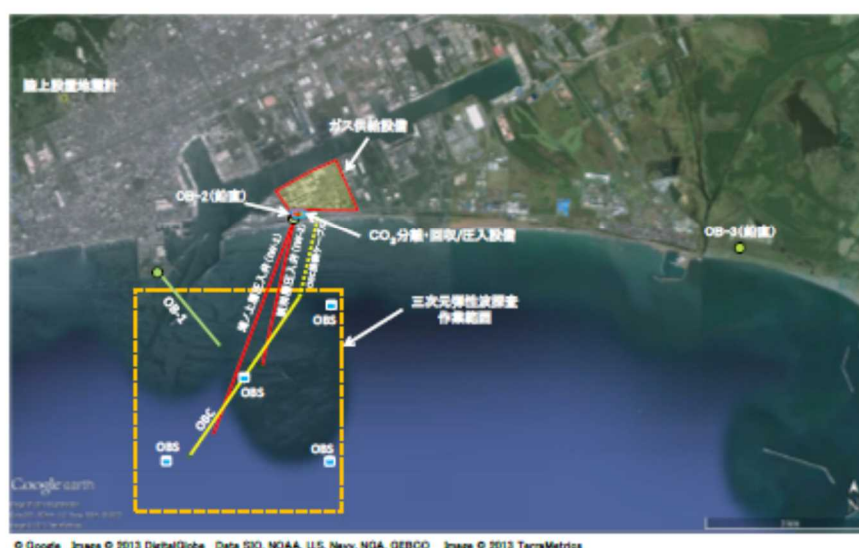


図2 苫小牧地点のCCS実証試験設備

これまでの実証試験事業において出された課題、指摘事項等を以下に記す。

2012年2月当省作成の「苫小牧地点における実証試験計画」の1章3項「苫小牧実証試験の技術的位置付け」に記載されている地上設備（分離・回収、圧入設備）の課題は以下のとおりにとめられる。

イ) 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技術を確立する。

ロ) 分離・回収システム

ガス供給基地及び分離・回収基地では、水素製造装置から送気される

CO₂含有原料ガス（PSAオフガス）からのCO₂分離・回収について、消費エネルギー

ギーの少ないモデルを実証する。

ハ) 圧入システム

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、貯留する。

上記実証試験計画第2章「実証試験計画（案）の内容」には以下の具体的な課題が記載されている。

- 1) 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。
- 2) 省エネルギー型分離・回収プロセスの性能を確認する（スチーム消費量と溶剤循環ポンプ動力の変化の測定、評価等）。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2.5 GJ/t-CO₂以下を目標とし、費用対効果も勘案しながら、2.0 GJ/t-CO₂以下まで低減することも狙う。
- 3) 圧縮設備における最適な制御システムを検証する（回転数制御及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）。
- 4) 圧入量の変動に対する圧縮設備の負荷追従性や電力消費量を確認する。
- 5) D1-2基地の分離・回収及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。
- 6) D1-2基地の分離・回収設備及び昇圧設備の運用実績を踏まえて、システム最適化に向けた課題を抽出し、対応策を取りまとめる。
- 7) 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。
- 8) 実証設備の設計及び運転実績を踏まえ、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。

2012年9月の総合科学技術会議評価専門調査会での本実証試験への指摘事項は以下のとおりである。

- A) 本事業で年間10万トン規模のCO₂貯留で実証できる技術内容を明確にするとともに、100万トン規模に拡大する場合の技術的課題とその実現のための手段、方法を明確にする必要がある。
- B) コスト削減目標（特に分離・回収コスト）を設定し、随時検証を行いつつその見直しを行っていくことが必要。

平成28年度以降の事業においてはこれら課題、指摘事項の解決を含め、トータルシステムとしてCCS技術を実証する。

2. 本事業の内容

CO₂の圧入は2016年4月以降、2019年3月までの計3年間、モニタリングはさらに2年間継続し2021年3月までの計5年間が計画されている。本事業はその1年目を担うものである。

2.1 地上設備における実証試験

地上設備について、大きく以下4つの課題を検証する。

- イ) 本設備はCO₂の分離・回収について消費エネルギーの少ないプロセスを採用して設計したが、実際の設備におけるCO₂分離・回収エネルギーを検証する。また、運転負荷の変動によるCO₂分離・回収エネルギーの変化を検証する。
 - ロ) 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を圧入するための圧縮設備における最適な制御システムを検証する。
 - ハ) 緊急遮断システム（ESD）等の安全システム及び装置個別の保安設備等の安全対策機能を確認し、また、開放点検時等に腐食、劣化、損傷状況のデータを採取し設備使用実績をまとめる。
- ニ) これらを総合的に解析し、実用への展開を図る。

2.1.2 設備運転及び性能検証

(1) 分離・回収設備

① 分離・回収エネルギーの検証

設備設計における分離・回収エネルギーを運転で検証する。

分離・回収エネルギー（GJ/トン-CO₂）

$$= \text{CO}_2 \text{放散塔アミンリボイラー熱量 (GJ/トン-CO}_2) / 0.9 \text{ (スチームボイラー効率)} + \text{分離・回収設備電力消費量 (kWh/トン-CO}_2) \times 0.0036 \text{ (GJ/kWh)} / 0.420 \text{ (代表発電効率: LHV基準)}$$

ガス供給基地（D1-1基地）から供給されるPSAオフガス中のCO₂濃度は、44%から59%の範囲で変動し、分離・回収エネルギーもCO₂濃度によって変動する。

CO₂分離・回収量が設備設計値の25.3トン/時（年間20万トン回収に相当）でも、吸収塔出口CO₂濃度を一定（0.1%乾式基準）に維持するためには、吸収塔入口CO₂濃度に応じてアミン溶液循環量を調節する必要があり、放散塔アミンリボイラーの熱量が変動する。

CO₂回収率（代表組成ケースにおいて設計値99.9%以上）、回収CO₂純度（設計値99%以上）及びCO₂吸収量（設計値：25.3トン/時）を実測し、更に、アミンリボイラーsteam消費量とポンプ動力を実測することにより分離・回収エネルギー（GJ/トン-CO₂）を算出する。

代表組成ケースにおいては、アミンリボイラーのsteam消費量及び溶剤循環ポンプの

動力を合算した分離・回収エネルギーは、期待値として 1.11 GJ/トン-CO_2 、最大値として 1.22 GJ/トン-CO_2 を想定している。

② 負荷変動とプロセス性能変化

CO_2 回収量100%負荷以外にも、50%負荷、75%負荷でプロセス性能を測定する。期待値として、代表組成ケースの50%負荷では 1.51 GJ/トン-CO_2 、75%負荷では 1.27 GJ/トン-CO_2 を想定している（最大値は10%程度多くなる）。

（2） 圧入設備の運転、検証

① CO_2 回収量変動への追従性

基本的に、 CO_2 供給量（PSAオフガス流量）及び CO_2 分離・回収量は、年度ごとに計画的に決定される。萌別層と滝ノ上層への圧入量は、主たる圧入を流量制御（FC）とし、従たる圧入を圧力制御（PC）とする。

短期間のプロセス性能確認において、運転可能な最低負荷である、設計量の30%負荷（6万トン/年相当）で自動化運転範囲を確認する。萌別層と滝ノ上層の圧入井坑口での流量、圧力、温度は、各圧入井で単独に変更できる制御システムになっている。

② 圧入量変動への追従性

各圧入井に並行あるいは単独に安定的に圧入ができること、各圧入井合計で最大25.3トン/時（年間20万トン相当）を圧入できることを確認する。さらに、萌別圧入井の最小流量は1.7トン/時（年間13,300トン、計器精度保証値）、滝ノ上圧入井の最小流量は0.024トン/時（年間190トン、計器精度保証値）を実測できることを確認する。圧入設備は、圧入計画に基づいて最小～最大流量の範囲で運転し、坑口装置の上流で流量、圧力、温度を測定する。

③ 圧入圧力への追従性

CO_2 圧縮機（第1低圧、第2低圧、高圧）にはアンチサージシステムが適用され、異なるタイプの貯留層（萌別層、滝ノ上層）に対して、圧力と流量を制御し安定的に圧入できることを検証する。

操業運転では、 CO_2 回収量として、50%負荷（年間10万トン回収）、75%負荷（15万トン回収）、100%負荷（20万トン回収）の性能運転を実施し、短期間に主として萌別層圧入圧縮機のアンチサージコントロールの実績データを採取しデータを解析する。

(3) 運用システムの検証

① 緊急遮断システム (ESD)

3年間の試験運転で、自動緊急停止、安全弁の作動、統合フレア/ペントスタックへの放出などの発生現象を解析し、本設備設計の安全対策が妥当か否かを検証する。

実運転期間にCO₂圧縮設備の急激な変動により、自動緊急停止 (ESD)、安全弁の作動、ペントスタックへの放出などが発生した場合、その実績データを解析して基本設計時のダイナミックシミュレーションの結果が妥当であるか否かを評価する。

② 圧縮機制御システム

圧入量の計画変更に伴う短期的な変動や計画以外の短期的な変動の際は、CO₂圧縮機の負荷追従性や電気消費量の変動を確認する。また、短期的に圧入量を低下する際は、受入れた量と圧入量との差分量であるCO₂が圧力制御により自動的に分離・回収設備からペントスタックへ放出されることを確認する。

一方、PSAオフガス圧縮機では30%～100%の負荷運転が可能であるので、実証試験の課題の一つである負荷追従性を自動化するための回転数制御は、最も電気消費量が大きいPSAオフガス圧縮機に適用し(4, 100kW)、流量変動に対する性能、追従性を確認する。

2. 1. 3 設備増強、設備運用段階の開放点検、安全管理及び保安設備の検証

(1) 設備増強

① 可燃性ガス対策

回収したCO₂は99%以上(乾式基準)の純度であるが、1%以下の可燃性ガスが同伴する。この可燃性ガスはCO₂吸収塔でアミン水溶液がPSAオフガス中に含有する水素、メタン、一酸化炭素を物理的に同伴したものである。上記2. 1. 2 (3) ②で述べたように、回収CO₂は一時的にペントスタック(高さ30m)から放出されることがあり、1%以下の可燃性ガスも大気に放出される。通常的气象条件下ではこの可燃性ガスは十分に拡散されて着地濃度は安全範囲(一酸化炭素: 10ppm未満)となるが、厳冬の異常な気象条件下ではペントスタック風下500m～800mで可燃性ガス検知器(熱線型半導体式)が発報することが確認された。近隣工場の安全管理の観点から、ペントスタックと少量可燃ガス燃焼装置を追加設置して可燃性ガスの排出を防止し、可燃性ガス検知器が発報しないよう対策を講じる。

② 滝ノ上圧入井(IW-1)への少量圧入流量計の設置

H24年度の事業で滝ノ上圧入井(IW-1)に設置した超音波流量計の精度は、0.2トン/時(年間1,500トン)で±25%であった。少流量を精度良く測定するため

に、新たに小型コリオリ流量計（耐圧設計）を設置して、0.024トン/時（年間190トン）を精度±1.1%で測定する。

（２） 保全点検と設備状況の確認

3年間の日常保全、定期保全（Scheduled Shutdown Maintenance：SDM）の実績に基づいた点検実績と設備使用実績（腐食、故障など）をまとめる。

初年度（2016年度）6月前後に第1回SDMを実施し、予め計画した機器を開放し内部を点検する。次年度及び最終年度の6月前後にもSDMを実施し、同様の開放点検を実施する。

各SDM期間中に予め選定した機器の局所的腐食劣化状況を検査する。最終年度の翌年度（2019年度）は設備を撤去する計画であるので、その際には主要機器を開放し内部を点検し、腐食あるいは劣化、損傷のデータを採取する。

2. 1. 4 実証試験成果の活用及び実用展開

本実証試験の結果をまとめ、100万吨規模の地上設備（分離・回収、圧入設備）に実用展開する場合の技術課題とその実現のための手段、方法を明確にする。

そのためには、分離・回収、圧入の実用化（年間100万吨圧入）のトータルシステムモデルを想定し、本実証試験で得られた結果を基に分離・回収、圧入設備の最適化を検討する。

本実証試験では、排出源側（D1-1基地）のCO₂原料ガスの種類や供給条件の制限からCCSの分離・回収、圧入以外的大型設備も多数存在するため（高圧ボイラー、発電設備、D1-1基地への給電設備、PSAオフガスブローワー、PSAオフガス圧縮機などの設置）、将来の大規模CCSで実際に想定されるトータルシステムに並び替えて、更なる省エネルギー、低コスト化のシステムを検証する。

将来のCCSトータルシステムとして、既に世界的に稼働、建設しているプロジェクトを参考にして、天然ガス精製、水素製造、アンモニア／肥料製造、ガス化複合発電などを検討する。例えば、CO₂原料ガスの種類（還元性ガス、高CO₂分圧など）で類似のCCSプロジェクトとの比較としては、天然ガス原料による水素製造装置のCO₂除去プロセス（PSA法あるいは湿式法）のCO₂分圧が本実証試験のCO₂分圧0.47MPaAに近い比較対象となる。

2. 2 圧入実証試験

CO₂圧入は3年間にわたり実施する。本事業はその1年目となる。圧入は以下に説明する試験圧入と本圧入に区分する。

2. 2. 1 試験圧入

2016年4月から5月（SDMによるCO₂供給中断前）に萌別層圧入井（IW-2）に対する試験圧入を実施する。3段階程度のステップレート圧入により、レートアップとレートダウンを複数回行い、圧入指数やスキnfactorの変化を確認する。また、最大レートでの定量圧入を一定期間実施し圧入性を確認する。定量圧入の期間は、SDM期間を考慮して調整する。その後、徐々にレートダウンし、適切な圧入レートで坑井をシャットイン（密閉）して、フォールオフ試験を実施する。シャットイン期間はSDM期間を考慮して決定する。

滝ノ上層圧入井（IW-1）へは平成29年度事業にて試験圧入を実施する。

2. 2. 2 本圧入

本圧入は2段階に区分され、その初期段階（本圧入初期段階）は定期的なフォールオフ試験を実施して貯留層の性状の変化を把握し、その後の継続段階（本圧入継続段階）はオフガス供給量あるいは貯留層の圧入性等を考慮した一定レートによる圧入を継続するものである。

萌別層への本圧入は、低レートでCO₂の圧入を開始し、3段階程度のステップレート圧入を実施し、各24時間程度の定量圧入を実施しながら徐々に圧入レートを上げ、圧入指数、PQプロット等による解析を実施し、圧入性を把握する。最大圧入可能レートに到達後、定量長期間圧入に移行する。2～3ヶ月の頻度で定期的に圧入井をシャットインし、フォールオフテストを実施することで、坑井近傍のスキnfactor、貯留層圧力等の推移を確認する。1回のシャットイン期間は10日間程度を見込む。

2. 3 モニタリング及び貯留層評価

観測井、常設型海底受振ケーブル、海底地震計及び陸上設置地震計により、CO₂を圧入する前のベースラインデータ（貯留層の温度及び圧力観測、微小地震、自然地震観測）を2014年2月から連続的に取得してきた。圧入井における貯留層の温度、圧力の連続観測は2015年2月から実施してきた。これらは2016年度も継続する。

弾性波探査については、常設型海底受振ケーブルを受振器とした二次元弾性波（2D）探査のベースラインデータを2013年に取得済みであり、三次元弾性波（3D）探査のベースラインデータは2009年度に取得済みである。2016年度は2D探査を実施する。観測井と圧入井における温度及び圧力の観測結果と2D探査の結果は、「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律（海防法）」に係る監視結果として、当省から環境大臣に報告される。

モニタリング設備及びモニタリング項目を表1に示す。