

|          |                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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](mailto:kurihara-teruo@meti.go.jp)  
[bessho-hirotada@meti.go.jp](mailto: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<br>※記載不要 |  |
|---------------|--|

経済産業省 あて

平成 2 4 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<br>（代表・直通） |  |        |
|        | E-mail          |  |        |

(様式2)

|               |  |
|---------------|--|
| 受付番号<br>※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

|                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 事業の実施方法                                                                                                                                                |
| <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> |
| 2. 実施スケジュール（1. の実施が月別に分かること）                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                           |
| 3. 事業実績                                                                                                                                                   |
| <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>                                                                                                   |
| 4. 実施体制                                                                                                                                                   |
| <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>                                                                                          |
| 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。                                  |
| I 人件費                                                                                                                                                     |

|              |                           |
|--------------|---------------------------|
| 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 2 4 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と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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>を圧入する基礎的なCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>圧入終了後のCO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>長期挙動予測シミュレータが開発され、高い精度でのCO<sub>2</sub>挙動予測が可能となり、圧入されたCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>挙動の把握・予測が可能なが見通しが得られた。

長岡でのCO<sub>2</sub>圧入実証試験では、CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>は市販のCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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<br>CO <sub>2</sub> 圧入実証試験<br>合計 1 万トン規模 | 苫小牧<br>大規模実証試験<br>10 万トン/年規模以上 | 実用化段階で想定される<br>CCS プロジェクト<br>100 万トン/年規模     |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------|
| 排出源                                        | (市販の CO <sub>2</sub> 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<br>パイプライン (机上検討)       | パイプライン、タンクローリー<br>船舶等                        |
| 貯留                                         | 陸域<br>深部塩水帯水層<br>(構造的)                     | 海底下<br>深部塩水帯水層<br>(構造的/非構造的)   | 海底下/陸域<br>深部塩水帯水層<br>(構造的/非構造的)<br>生産終了油・ガス層 |
| 圧入                                         | 1 坑井                                       | 2 坑井                           | 2~5 坑井                                       |
| CO <sub>2</sub> 挙動把握のための<br>主要モニタリング<br>手法 | 観測井 3 坑                                    | 弾性波探査<br>観測井 1~2 坑             | 弾性波探査<br>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。

- CO<sub>2</sub>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。
- 各要素が計画通りの機能・性能を発揮できるか。
  - CO<sub>2</sub>分離・回収、輸送、圧入、モニタリング、地質モデル構築、CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>挙動の把握
  - 圧入後のCO<sub>2</sub>挙動の予測
- 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CO<sub>2</sub>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。

- について、

長岡でのCO<sub>2</sub>圧入実証試験では、大規模排出源からCO<sub>2</sub>を分離・回収したのではなく、市販のCO<sub>2</sub>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 $\text{CO}_2$ 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 $\text{CO}_2$ 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 $\text{CO}_2$ 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 $\text{CCS}$ 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、 $\text{CO}_2$ 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 $\text{CCS}$ のトータルシステムを実証する。また、合計数10万トンの $\text{CO}_2$ を貯留層へ圧入・貯留し、 $\text{CO}_2$ 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 $\text{CCS}$ トータルシステムを実証し、 $\text{CCS}$ 技術を確立する。

## 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 $\text{CO}_2$ 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 $\text{CO}_2$ を活用して、将来に備えた $\text{CCS}$ 事業の技術オプションとしての $\text{CO}_2$ 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 $\text{CO}_2$ （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）、萌別層砂岩層（非構造的）に対し、安全、確実にCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>を圧入・貯留し、圧入時・圧入後のCO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>含有ガスから分離・回収した気体CO<sub>2</sub>および既分離CO<sub>2</sub>を液化した液体CO<sub>2</sub>を圧入基地へ輸送する。圧入基地では、これらのCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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。

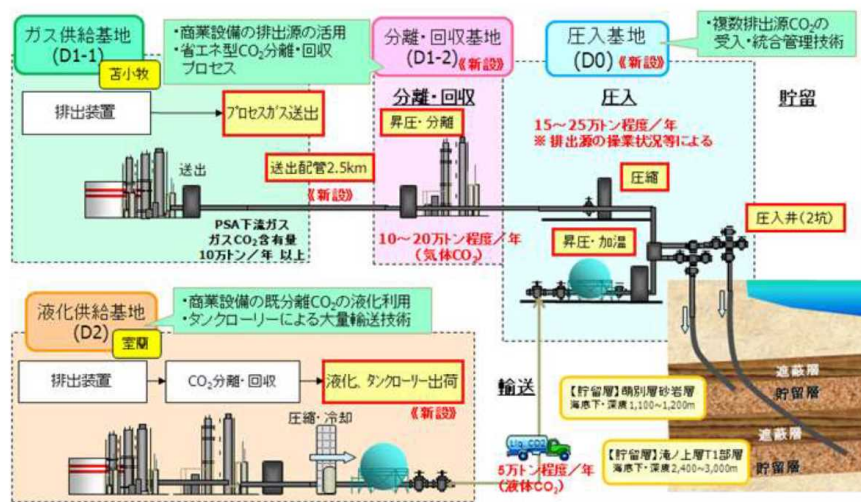


図 2.1-1 実証試験全体フロー

### 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・CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>セメントプラグ等）で廃坑する。

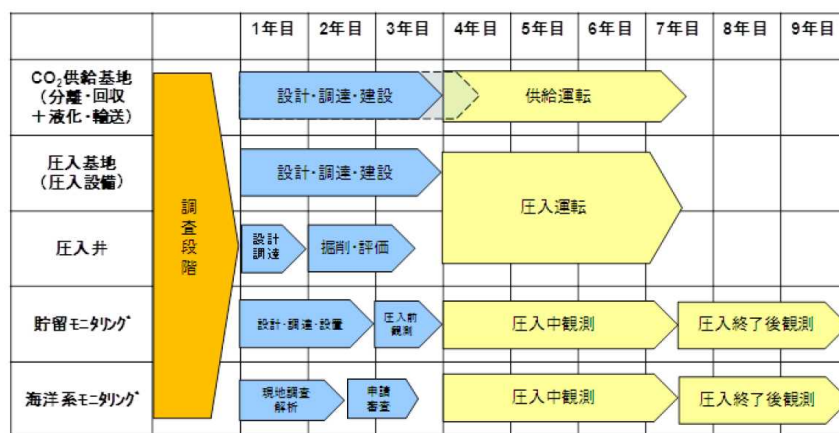


図 2.1-2 実施工程表

### 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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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。

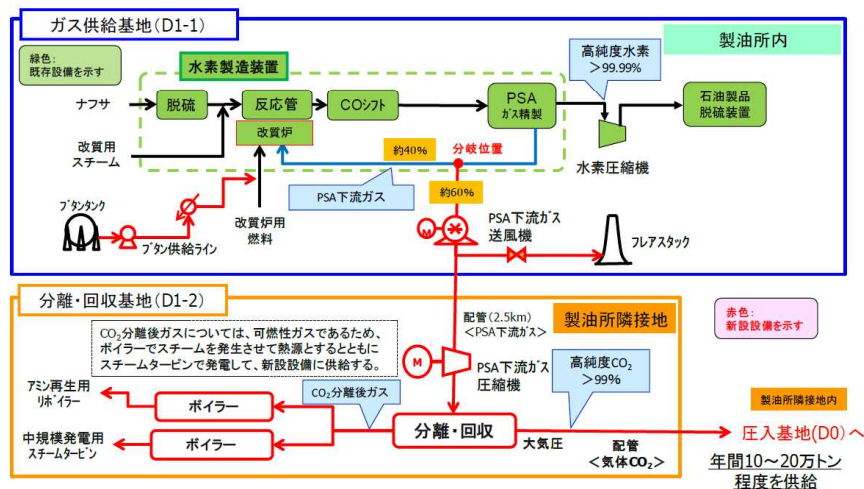


図 2.2-1 D1-1基地、D1-2基地の基本フロー

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H<sub>2</sub>（製品）とCO<sub>2</sub>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。CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>を得るためにCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>（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CO<sub>2</sub>を分離した後のガスは、H<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、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、CO<sub>2</sub>を吸収したアミンを再生して高純度CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>を放散する。吸収液中に残ったCO<sub>2</sub>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 <sub>2</sub> 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<br>吸収促進剤                    | MEA, DEA<br>なし | MDEA<br>なし | MDEA<br>1・2級アミン等 | MDEA<br>あり          |
| 溶剤再生熱<br>(GJ/t-CO <sub>2</sub> ) | 3.5            | —          | 3.5              | (通常型フロー)<br>2.5~3.5 |

※MDEA: Methyl Di-Ethanol Amine

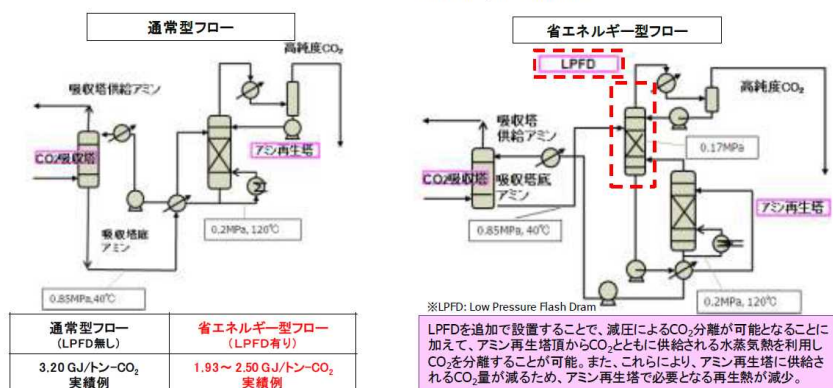


図 2.2-2 分離・回収システム（活性アミン法と省エネルギー型フロースキーム）

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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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

CO<sub>2</sub>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 $\text{CO}_2$ 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 $2.5\text{GJ}/\text{トン}-\text{CO}_2$ 以下を目標とし、費用対効果等も勘案しながら、 $2.0\text{GJ}/\text{トン}-\text{CO}_2$ 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、 $\text{CO}_2$ 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 $\text{CO}_2$ を圧縮・液化設備で液体 $\text{CO}_2$ 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。

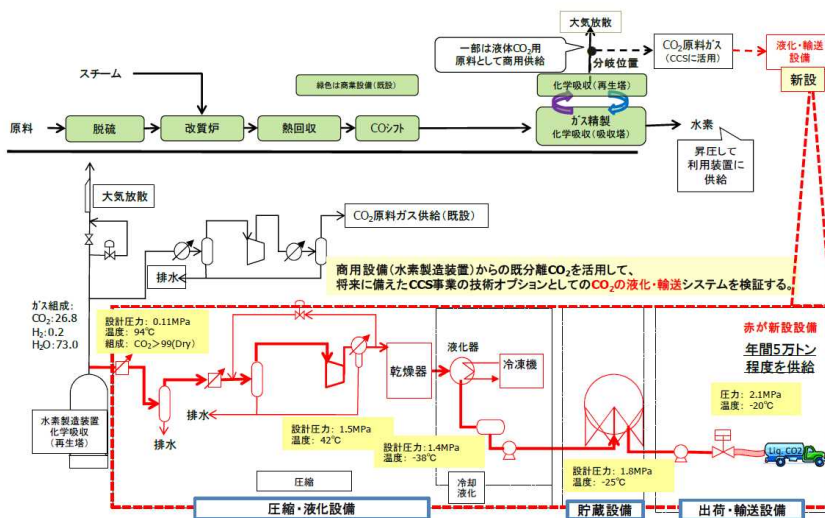


図 2.2-3 D2基地の基本フロー

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 $\text{CO}_2$ を含むガス（ドライベースで濃度99容量%程度、以下、「既分離 $\text{CO}_2$ ガス」という）に分離されている。このガスの一部は、液体 $\text{CO}_2$ 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 $\text{CO}_2$ 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