

### 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 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、CO<sub>2</sub>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）

発生が見込ま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。

CO<sub>2</sub>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。

- ・CO<sub>2</sub>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

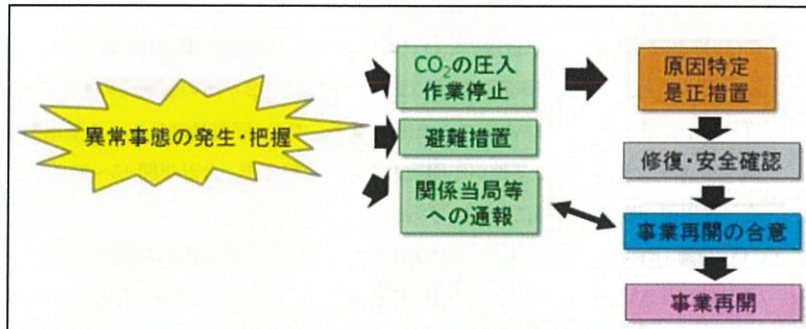


図 2.3-1 異常事態発生時の基本的対応

実証試験実施中に異常事態が発生・検知された場合は、CO<sub>2</sub>の漏出を回避するために、CO<sub>2</sub>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 of 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

- ・CO<sub>2</sub>排出源：苫小牧地点近傍のCO<sub>2</sub>排出源の内、技術的に比較的容易にCO<sub>2</sub>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。CO<sub>2</sub>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。
- ・CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>を分離・回収する。
- ・CO<sub>2</sub>液化・輸送（D2基地）：D2基地では既分離のCO<sub>2</sub>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。
- ・CO<sub>2</sub>圧入：D0基地で2ヶ所の排出源より輸送されたCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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) CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>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) CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>漏出の検知 (海洋系モニタリング)

CO<sub>2</sub>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。

CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>下での省エネルギー型CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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。
	アミンリボイラー	CO <sub>2</sub> 分離回収過程で、CO <sub>2</sub> を吸収したアミン溶液からCO <sub>2</sub> を取り出すために熱を加えるためのボイラー。
	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。
	温度躍層	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
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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> を分離する方法。
活性アミン法		化学吸収法の吸収溶剤に、1～3級アミンとCO <sub>2</sub> 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蔽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 <sub>2</sub> が海水中へ漏出した場合のCO <sub>2</sub> 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ばって運転した際に、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を生成する反応。一酸化炭素含有ガスから水を製造する場合、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、水をを得る。
	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 <sub>2</sub> 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撮像法の一つで、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。問題になっている現象に対して必要なパラメータ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 <sub>2</sub> 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(LPFD)	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 <sub>2</sub> 放散効果と、再生塔からの熱を活用するシステム。LPFDはLow Pressure Flash Drumの略。
	泥水比重	坑井掘削において、掘削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	バックアー	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蔽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 <sub>2</sub> 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	用語	説明
英数	BTC	API規格(American Petroleum Institute)の代表的なネジ Butress Thread Couplingの略。
	CCS	CO <sub>2</sub> の回収と貯留のこと。Carbon dioxide Capture and Storageの略。
	CO <sub>2</sub> 海水拡散シミュレーション	本書では、方がー、CO <sub>2</sub> が海水中へ漏出した場合のCO <sub>2</sub> の拡散をシミュレーションする技術。
	CO <sub>2</sub> 挙動モニタリング	帯水層に貯留されたCO <sub>2</sub> の動きや拡がりの観測。
	CO <sub>2</sub> 濃度指標	海水中のCO <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> を貯留するには、これらのガスや燃焼排ガスからCO <sub>2</sub> 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。	