

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パ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が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、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部層と萌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リサ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。

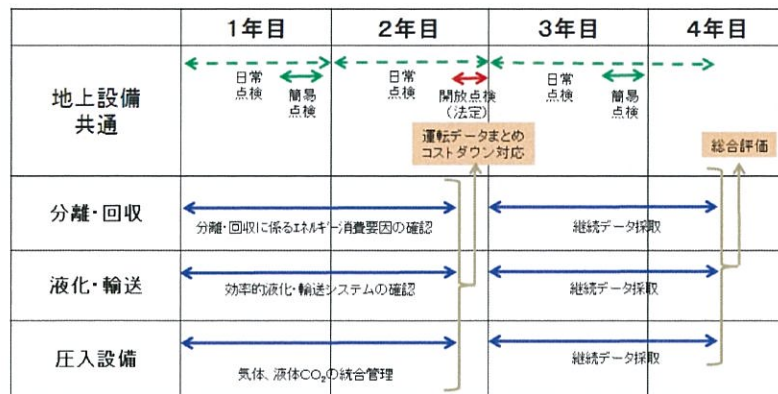


図 2.2-10 設備の運用に係る確認事項と評価スケジュール

(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)

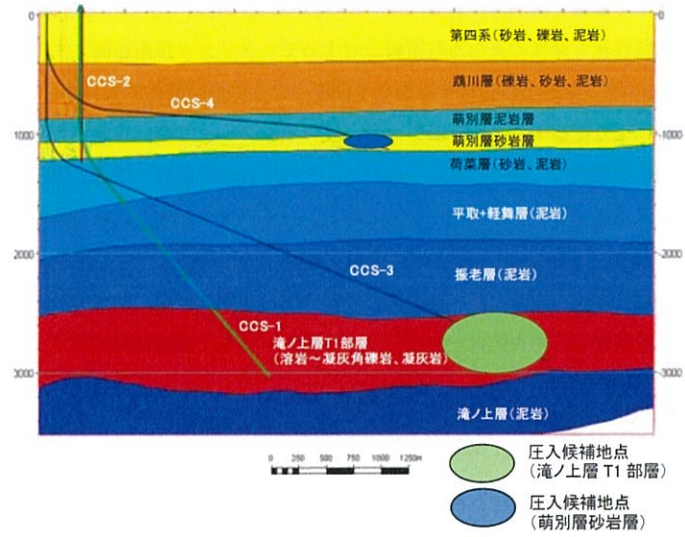


图 2.2-12 压入对象層 (断面図)

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洩・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。

	圧入前	圧入中3.5年間			圧入後2.5年間			
		1年	2年	3年	4年	5年	6年	
圧入井		温度・圧力測定、CO ₂ 圧入量等（連続測定）						
観測井		温度・圧力測定、微小振動、自然地震観測等（連続測定・観測）						
常設型 海底受振 ケーブル (常設型OBS)	1年間	微小振動、自然地震（連続観測）						
陸上設置 地震計	1年間	微小振動、自然地震（連続観測）						
海底地震計 (OBS)		観	観	観	観	観	観	微小振動、自然地震観測 (連続観測)
2D弾性波 探査	★		★		★		★	
3D弾性波 探査	★ 2009年に実施済み			★			★	
海洋系 モニタリング	1年間	定期的に測定						
	圧入前観測期間	圧入期間			圧入終了後観測期間			

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。

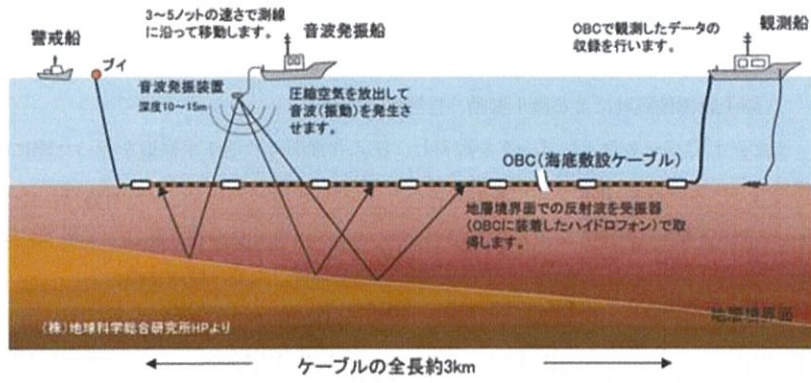


図 2. 2-14 弾性波探査作業概念図 (海底敷設ケーブル方式)

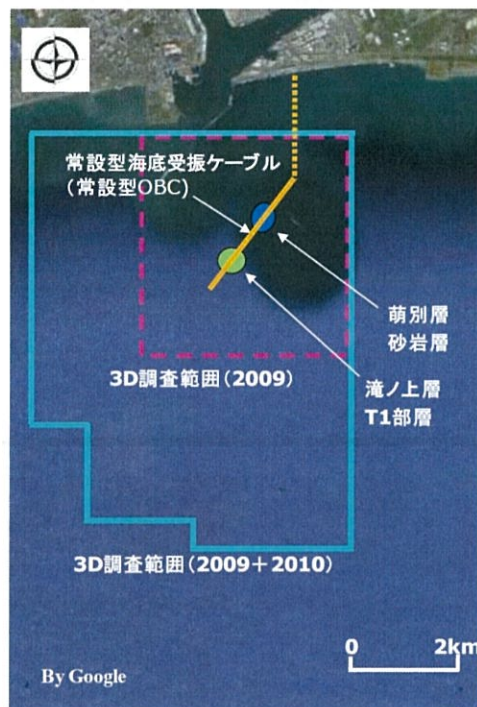


図 2. 2-15 2Dおよび3D弾性波探査の調査範囲

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等と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。

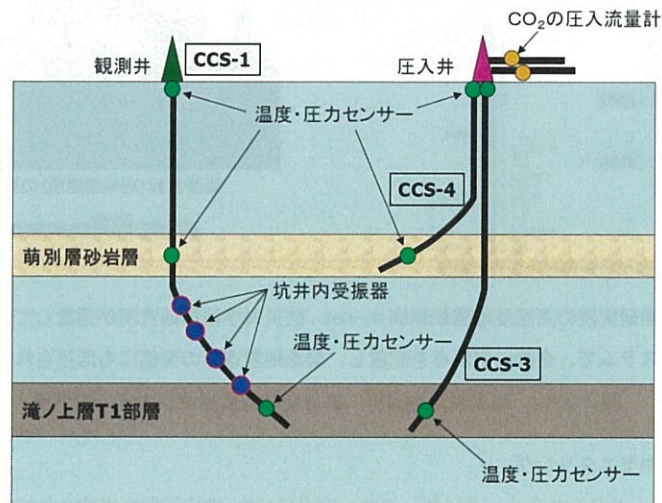


図2.2-16 圧入井・観測井におけるモニタリング概念図

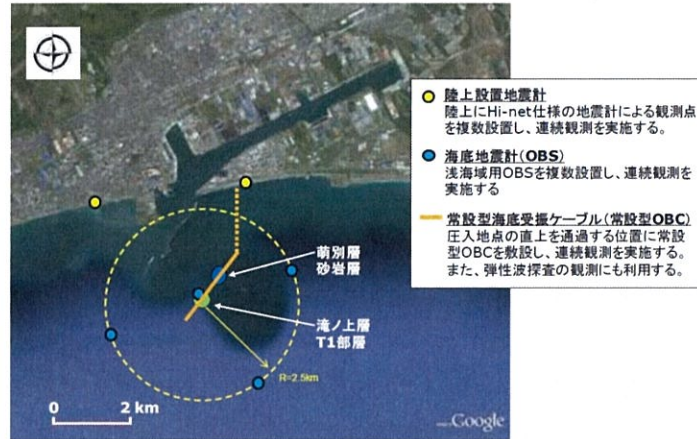
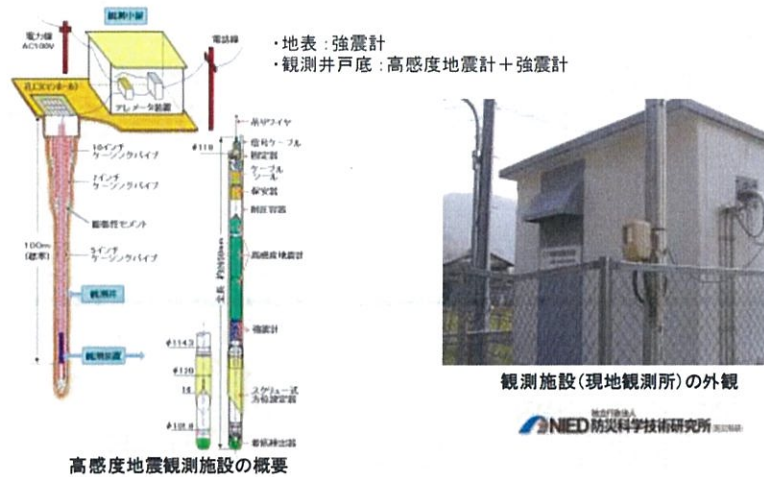


図 2.2-17 微小振動、自然地震観測機概略配置図



(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。

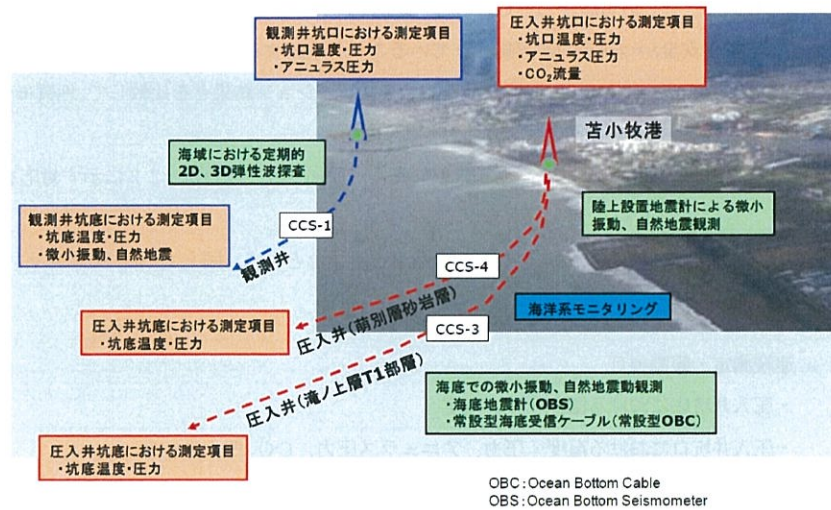


図 2.2-19 圧入中のモニタリング概念図

(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。

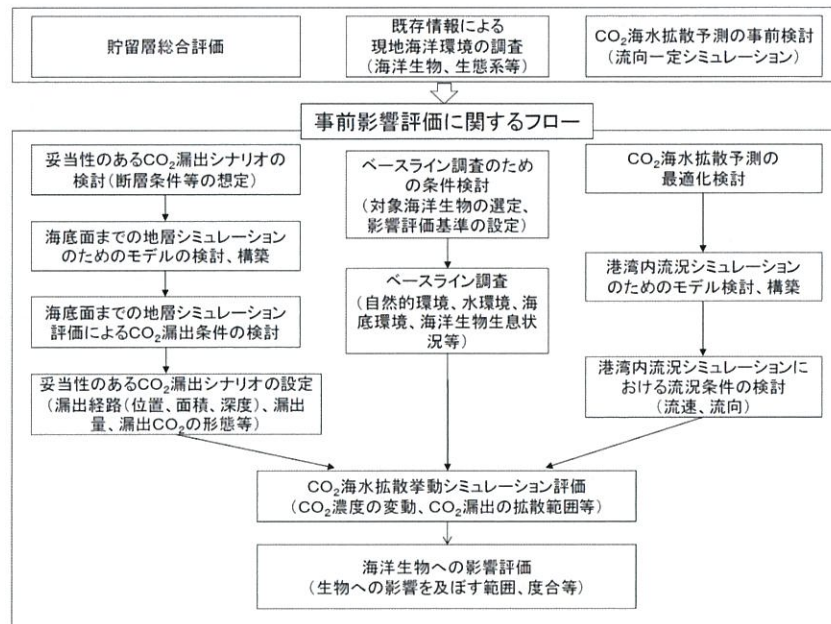


図 2.2-20 海洋環境への事前影響評価に関するフロー

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、「苦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)	4回/年(四季) (採泥は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・生育場等	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、漁場、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

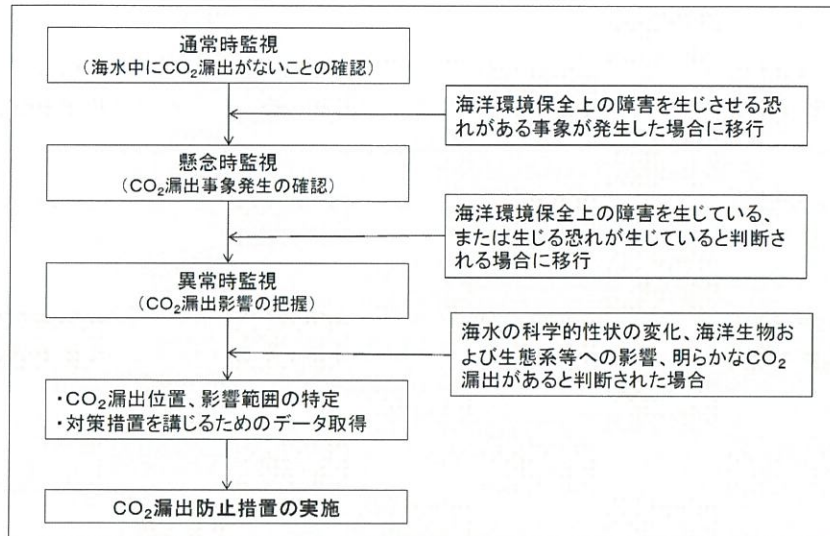
圧入中のモニタリングは、原則としてベースライン調査と同様の調査範囲、調査項目、調査頻度等により実施することを基本とし、定期的な監視により漏出の有無を確認するためのデータを取得する。表 2.2-5 に圧入中におけるモニタリングの計画概要を示す。

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(廃棄期間)		

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漏出の恐れの数値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