

CCS実証事業の安全な実施にあたって

平成21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

まえがき

2008年、我が国はG8の議長国を務め、同年6月に青森で開催されたG8エネルギー大臣会合の共同声明には、「・・・2010年までに、世界で20のCCS^(注)大規模実証を開始する必要がある・・・」旨盛り込まれた。続いて7月に開催された洞爺湖サミットにおいてとりまとめられた首脳宣言においても、上記G8エネルギー大臣会合の議長声明の内容が支持された。

これを受けて、2008年7月にとりまとめられた「低炭素社会づくり行動計画」(2008年7月29日閣議決定)の中では、我が国として、「2009年度以降早期に大規模実証に着手し、2020年までの実用化を目指す」旨明記された。

一方、2008年5月に、国内29社(2009年7月3日現在32社)が出資し、日本CCS調査株式会社が設立された。同社は、国及び独立行政法人新エネルギー・産業技術開発機構の委託を受けて、我が国近傍においてCCSの実証事業を実施する場合の候補地や技術的な可能性にかかる検討を着実に実施してきている。

こうした状況を受けて、2008年10月、我が国がCCSの大規模実証事業を実施する場合に、安全面・環境面から遵守することが望ましい事項について検討することを目的として、二酸化炭素回収・貯留(CCS)研究会(経済産業省産業技術環境局長の私的研究会)が再開され、具体的な検討作業を行うため2つのワーキンググループが設置された。

ここに示す「CCS実証事業の安全な実施にあたって」は、CCSの大規模実証事業を実施する際に安全面・環境面から遵守することが望ましい基準を示したものであり、将来CCSが実用化される際に整備されるべき安全上のルールを先取りするものではない。実証事業を行う事業者は、関連法規を遵守又は準用するとともに、本基準を踏まえて適切な対応を図り、加えて、事業を実施するサイトに応じてより詳細な安全確保のための体制(組織、内規等)を整備することが期待される。

CCSにかかる安全面を含めた規制のあり方については、その検討が現在まさしく各国、国際機関等において鋭意進められているところであり、規制者ネットワークも整備されその活動が開始されたところである。CCSが実用化される際には、我が国が行う実証事業において得られる知見だけでなく、CCSの安全確保にかかる最新の取組み、諸外国において実施されるCCS事業や各国の規制動向等を踏まえた検討を改めて行うことが必要である。

本研究会における検討結果が、CCSの実証事業において有効に活用され事業の適確かつ円滑な実施に資するとともに、実証事業の経験を通じて費用対効果を含む様々な課題が克服され、CCSの実用化が進むことを期待するものである。

(注) CCS : Carbon dioxide Capture and Storage (二酸化炭素回収・貯留)の略称

目次

	ページ
1．CO ₂ 貯留に際し地質面から検討すべき事項	1
1-1．水理地質及び地質構造にかかるモデルの構築	1
(1) 広域モデル(概念モデル)の構築	
(2) 詳細モデル(数値シミュレーションモデル)の構築	
1-2．大規模実証事業の実施にあたって検討すべき事項	2
(1) 貯留層及びキャップロックの存在確認	
(2) 適切なCO ₂ 圧入計画(圧入レート及び総量)の設定	
(3) キャップロックのシール性	
(4) CO ₂ 圧入地点付近における過去の地震活動	
1-3．取得するデータ、その取得方法及び取得すべき時期	4
(1) 調査井掘削前に取得するデータ	
(2) CO ₂ 圧入開始前までに取得するデータ	
2．CO ₂ 輸送にかかる安全確保	9
3．CCS関連施設設置にかかる安全確保	10
4．周辺環境への影響評価	12
4-1．背景	12
4-2．CCSに関連した環境影響評価にかかる研究等の状況	13
4-3．今後の実証事業実施にあたって	13
(1) 圧入したCO ₂ の漏出シナリオ	
(2) リスクの時間的变化	
(3) 自然の環境変動レベルの把握	
(4) 環境影響評価の調査項目	
(5) 環境影響評価の実施方法	
(6) 留意事項	
5．CO ₂ 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	17

5 - 1 . 坑井の掘削及び仕上げ	1 7
(1) ケーシング計画の策定	
(2) 噴出 (ブローアウト) 防止対策	
(3) C O ₂ 漏洩防止のためのセメンティング	
(4) 坑井の仕上げ	
(5) 防爆対策	
(6) 関連法による保安上の措置の準用	
5 - 2 . 坑井の閉鎖	1 8
5 - 3 . 坑井の記録	1 8
6 . C O ₂ 圧入・運用時の安全確保	2 1
6 - 1 . C O ₂ 圧入・運用計画の策定	2 1
6 - 2 . 詳細モデルの更新を通じた C O ₂ 圧入・運用計画の最適化	2 1
6 - 3 . 他の項目との関係	2 1
7 . 圧入する C O ₂ の濃度基準	2 2
7 - 1 . 海底下地層への貯留の場合	2 2
(1) 既存の化学プラント等の過程で回収される C O ₂	
(2) I G C C により排出されたガスより回収される C O ₂	
7 - 2 . 陸域における貯留の場合	2 2
8 . モニタリング	2 5
8 - 1 . C O ₂ 圧入開始前までに実施すべき事項	2 5
(1) C O ₂ 貯留層及びその上位層にかかる詳細モデルの構築	
(2) C O ₂ の圧入に先立つ C O ₂ 地中挙動予測シミュレーションモデルの 高精度化	
(3) モニタリング項目にかかるバックグラウンドデータの取得	
8 - 2 . C O ₂ 圧入開始以降に実施すべき事項	2 5
(1) C O ₂ の圧入時においてモニタリングすべき事項	
(2) C O ₂ 圧入開始以降の地層等のモニタリング	

(3)	ヒストリーマッチング	
(4)	長期的なCO ₂ 挙動の予測	
(5)	CO ₂ 圧入井及び調査井の健全性等にかかるモニタリング	
(6)	CO ₂ 圧入終了後のモニタリング継続期間	
8 - 3	モニタリング計画の策定	2 7
9	異常が発生した場合に採るべき措置	3 2
9 - 1	発生しうる異常事態の想定と優先順位の付与	3 2
9 - 2	異常の検知にかかる基準の設定	3 2
9 - 3	異常事態の発生時に必要な対応措置等の想定・準備・実施	3 3
9 - 4	異常事態の収束後の対応	3 3
9 - 5	異常事態に対応するために準備すべき事項	3 4
(1)	危害予防規程や保安管理体制の整備	
(2)	CO ₂ 漏出等の重要シナリオの抽出	
(3)	保安設備等の設置	
1 0	二酸化炭素回収・貯留(CCS)研究会これまでの会合開催経緯	3 7
1 1	委員名簿等	4 0

参考一覧

	ページ
(参考1 - 1) 財団法人地球環境産業技術研究機構(以下「RITE」という)が長岡における貯留実証事業で検討した事項(CCS実施に係る安全基準検討WG・長期的な安全確保WG第1回合同会合(平成20年11月6日開催)資料5等より作成)	6
(参考1 - 2) これまでの石油・天然ガス開発経験から明確なCO ₂ 地中貯留のための地質条件と必要な地質情報(第2回CCS実施に係る安全基準検討WG(平成20年11月19日開催)資料1等より作成)	7
(参考1 - 3) 地震を考慮したサイト選定にあたって必要な検討項目(第3回CCS実施に係る安全基準検討WG(平成20年12月24日開催)資料1等より作成)	7
(参考2 - 1) 現行国内法による関連規制	9
(参考2 - 2) 諸外国における関連規制	9
(参考3 - 1) RITEが長岡において貯留事業を実施した際の例(RITE作成)	10
(参考3 - 2) CO ₂ 分離・回収装置の例(企業ヒアリングにより作成)	11
(参考4 - 1) IPCC特別報告書において示されている潜在的漏洩経路(IPCC Special Report “Carbon Dioxide Capture and Storage,” Summary for Policymakers and Technical Summary ISBN 92-9169-119-4, p.32, Figure TS.8.)	12
(参考4 - 2) IPCC特別報告書より(IPCC Special Report “Carbon Dioxide Capture and Storage,” Summary for Policymakers and Technical Summary ISBN 92-9169-119-4, p.13)	13
(参考4 - 3) 現行国内法の関連規制	15
(参考4 - 4) 諸外国における関連規制	16
(参考5 - 1) 現行の石油・天然ガス井掘削時の保安上の基準	19
(参考5 - 2) 現行の石油・天然ガス井閉鎖時の保安上の基準	20
(参考6 - 1) 諸外国における関連規制	21

(参考7 - 1) ロンドン条約1996年議定書における規定(附属書 から抜粋)	23
(参考7 - 2) 海防法における規定	23
(参考7 - 3) 諸外国における関連規制	24
(参考8 - 1) R I T E が長岡における貯留実証事業で検討した事項(C C S 実施に係る安全基準検討WG・長期的な安全確保検討WG第1回合同会合(平成20年11月6日開催)資料5等より作成)	28
(参考8 - 2) 貯留量の定量評価及び漏洩の早期検出に効果的なモニタリング(第3回長期的な安全確保検討WG(平成20年12月26日開催)資料2等より作成)	29
(参考8 - 3) 地震との関係を踏まえてモニタリングに要請されること(第3回C C S 実施に係る安全基準WG(平成20年12月24日開催)資料1等より作成)	31
(参考9 - 1) C O ₂ の漏洩防止の観点から必要と考えられる機器・設備(例)(石油パイプライン事業法第29条~40条を参照して作成)	34
(参考9 - 2) R I T E が長岡における貯留実証事業実施中に発生した地震に対応し実際に採った措置等(C C S 実施に係る安全基準検討WG・長期的な安全確保検討WG第1回合同会合(平成20年11月6日開催)資料5等より作成)	35
(参考9 - 3) 諸外国における関連規制	36

1. CO₂貯留に際し地質面から検討すべき事項

1.1. 水理地質及び地質構造にかかるモデルの構築

CO₂貯留について地質面から検討する際には、あらかじめ水理地質及び地質構造にかかる以下の概念モデル及び詳細モデルを構築し、その適確性を検討することが必要である。

(1) 広域モデル(概念モデル)の構築

CO₂貯留層、キャップロック及びその上部の領域を含む水理地質及び地質構造の広域モデル(概念モデル)を、既存資料等を利用して構築する。その対象領域は、流体トラップや背斜構造全体にかかる主要な地質構造を含むものとし、地表面又は海底面までを対象領域として構築する。

このモデルによって、地下水流動についても可能な範囲で考慮しつつ、広域の地層を対象として、圧入されたCO₂の挙動を大局的に把握・予測し、影響の及ぶ範囲の予測・限定を行う。さらに必要に応じて、(2)に記す詳細モデルを構築する際の境界条件の設定に、本モデルを用いることとする。

(2) 詳細モデル(数値シミュレーションモデル)の構築

上記(1)により構築した広域モデルを利用して、計画している全てのCO₂の圧入を行った場合に影響が及ぶ領域を予測し、その領域(貯留層)及びキャップロックを含む水理地質及び地質構造に関する詳細モデル(数値シミュレーションモデル)を構築する。構築するモデルは、圧入井、調査井^(注1-1)等において圧入に先立ち実施される物理検層、コア試験又は原位置試験の結果得られるデータや、CO₂圧入開始以降のモニタリングにより得られたデータをフィードバックして更新を行い、さらなる精緻化が可能であるものとする。本モデルは、CO₂の圧入と貯留の実証事業の計画を策定するにあたって、圧入されたCO₂が計画された領域に留まることを予測評価するために用い、必要に応じ当初の事業計画改善に役立て、さらに長期的なCO₂の挙動を予測するためのベースとする。また、広域モデルも参照して、環境影響評価や圧入したCO₂漏洩可能性の検討にも役立てるものとする。^(注1-2)

(注1-1) 実証事業実施に際しては事前に十分なデータを取得する観点から、圧入井に加えて一本以上の調査井を掘削することが望ましい。ただし、既存データの有効活用によりこれを補完したり、調査井を圧入井として活用したり、調査井を観測井として活用することを認めないとするものではなく、この点についてはサイト状況に応じて対応することが必要である。

(注1-2) 本基準において、「漏洩(leakage)」は、貯留対象とする貯留層からの移動とし、「漏出(seepage)」は、飲料用地下水への移動、地中から大気又は海洋への移動を意味する。

1 - 2 . 大規模実証事業の実施にあたって検討すべき事項

(1) 貯留層及びキャップロックの存在確認

[基本的な考え方]^(注1 - 3)

- ・ 貯留層とキャップロックを含む領域の水理地質及び地質構造モデル（詳細モデル）を利用して、貯留の可能性及び貯留容量を適切な仮定と根拠に基づき確認する。
- ・ 圧入したCO₂が浸透し拡がると予想される貯留領域及びその近傍に大規模断層が認められないこと、地下流体の湧出が認められないこと、貯留層及びキャップロックとなる地層（各層）の連続性があることを確認する。仮に断層等がある場合には、そのシール性及び漏洩リスクについて慎重に確認する。
- ・ さらにキャップロックが十分な厚さを有し貯留層を覆う形で連続する状態で存在し、貯留層に圧入されたCO₂を保持し得る（漏洩させない）状態であることを確認する。
- ・ 坑井など人工構造物が存在する場合には、その位置や性状を十分に把握し、漏洩ルートとなる可能性がないか確認する。

[CO₂圧入開始前に検討すべき事項]

- ・ 公開情報、詳細な反射法地震探査（以下「震探調査」という）によるデータ及びコアサンプルの採取・分析、原位置試験の結果により、貯留層の存在と広がりを確認し、計画している量のCO₂の貯留が可能であるか評価する。
- ・ 公開情報、震探調査及び既存の地質構造に関するデータにより、貯留層及びキャップロックに断層又は不連続面がないことを確認する。仮に断層等がある場合には、そのシール性及び漏洩リスクについて慎重に評価する。
- ・ さらに、地表面及び海底面に断層の存在が予想されたり、地下流体の湧出点の存在が認められる場合には、CO₂圧入地点近傍の踏査や文献調査等により、その断層面等が貯留されたCO₂と最も近づく距離と場所を推定し、影響が及ぶ可能性について評価する。
- ・ 公開情報、震探調査及び既存のコアサンプルの分析の結果により、CO₂をシールする役割を果たすキャップロックが存在し、その下位の地層に想定される量のCO₂が保持されるか評価する。
- ・ また、貯留層の岩相、成分（岩石鉱物）の分析及びその中に含有される地層水等のサンプル分析及びキャップロックの分析等により、CO₂が圧入された場合に想定される化学反応の影響について調査し、貯留量、圧入性への影響を評価する。

（注1 - 3）[基本的な考え方] では考え方の原則として確認事項を示し、その具体的方法を [CO₂圧入開始前に検討すべき事項] に示している。

(2) 適切なCO₂圧入計画(圧入レート及び総量)の設定

[基本的な考え方]

- ・ 圧入する地層深度、地質にかかる物性データに基づき、計画している圧入レートによる圧入が可能かについて確認する。
- ・ 構築された詳細モデルを用いて、貯留層シミュレーションを行い、計画している量のCO₂の圧入・貯留が可能か確認する。

[CO₂圧入開始前に検討すべき事項]

- ・ 公開情報、震探調査及びコアサンプルの採取・分析、原位置試験の結果により、貯留層の存在と広がりを確認するとともに、貯留層の孔隙率、浸透率等を測定し、圧入深度に計画しているレートでのCO₂圧入が適切かを貯留層シミュレーションを行い予測評価する。

(3) キャップロックのシール性

[基本的な考え方]

- ・ 貯留層上部に存在するキャップロックが、必要なシール能力を保持し続けることが可能か確認する。
- ・ さらに、計画しているCO₂圧入圧力によってもキャップロックが破壊されないことを確認する。

[CO₂圧入開始前に検討すべき事項]

- ・ コアサンプルを用いた室内実験により、キャップロックのスレシヨルド圧力を測定し、CO₂の圧入を開始した後に貯留層の圧力が原則としてこのスレシヨルド圧力を超えないことを確認する。必要に応じて、同じくコアサンプルを用いた室内実験により、キャップロックの物性(浸透率等)を測定し、そのシール性について評価する。
- ・ また、原位置試験により、キャップロックの役割を果たす地層の破壊圧が、想定するCO₂圧入により生じる圧力より十分に大きいことを確認する。

(4) CO₂圧入地点付近における過去の地震活動

[基本的な考え方]

- ・ CO₂ 圧入予定地点付近における過去の地震活動(震源分布等)について事前に確認するとともに、モニタリングデータと比較可能なバックグラウンド情報を取得しておく。

[CO₂ 圧入開始前に検討すべき事項]

- ・ CO₂ 圧入予定地点付近における地質、地層構造の調査に加えて、過去の地震活動について、既存の公開データを分析し、付近における地震活動度が他の地域と比較して著しく高くないことを確認する。
- ・ また、CO₂ 圧入地点及びCO₂ 圧入開始以降にモニタリングを予定している地点において、CO₂ 圧入開始以前より地震計を設置し、相当の期間(1年程度を目安とする)バックグラウンドとなるデータの取得を行う。

1 - 3 . 取得するデータ、その取得方法及び取得すべき時期

(1) 調査井掘削前に取得するデータ (注1 - 4)(注1 - 5)

取得するデータ及び取得方法	目的
地質に関する公開情報や既存データの取得及び震探調査の実施	CO ₂ をトラップする地質構造の存在の確認
	広域的な水理構造の推定
	キャップロック及び貯留層の存在の確認と貯留能力の推定
	貯留層及びキャップロックの連続性(貯留層の尖滅、断層の有無等)の評価

(注1 - 4) 震探調査を調査井掘削直後、あるいは圧入井掘削以前に実施する場合には、調査井掘削前に震探調査を実施する必要はない。

(注1 - 5) 貯留領域及びその近傍に地下流体の地表湧出点がある場合には、流体起源を調べる目的で、水質、ガスに関わる各種特性を調べる。

(2) CO₂ 圧入開始前までに取得するデータ

取得するデータ	取得方法	目的
検層により得られる地層の各種データ	物理検層	キャップロック及び貯留層の特定(岩相、流体飽和率等の把握、浸透性の推定)
層序・岩相	泥水検層、掘り屑分析等	岩質、地層深度、層序等の確認
貯留層及びキャップロックを	コアサンプルの分析、掘り屑分	岩質 - 層序の確認、CO ₂ 圧入

含む上位層の岩石鉱物組成	析等	時、圧入後に想定される化学反応の種類、反応性の把握
貯留層及びキャップロックを含む上位層の孔隙率	物理検層、コア試験、掘り屑分析等	貯留容量の推定
貯留層及びキャップロックを含む上位層の浸透率 ^(注1-6)	コア試験、圧力試験、掘り屑分析等	シール性の評価、圧入性の把握
貯留層の毛管圧	コア試験	最大ガス飽和率の把握
キャップロックのスレシールド圧力	コア試験	キャップロックのシール能力、貯留上限圧力の評価
貯留層の破壊圧	コア試験、ステップレート圧入試験	貯留岩強度、圧入上限圧力の評価
キャップロックの破壊圧	コア試験、リークオフ試験 ^(注1-7)	キャップロック強度、圧入上限圧力の評価
温度・圧力	掘削時の測定、検層、温度・圧力測定(温度勾配、圧力勾配を含む)	CO ₂ の溶解度、圧入圧力の適確性評価
地層水の化学成分	地層水サンプルの成分分析	CO ₂ の溶解度、岩石との反応性の把握

(注1-6)キャップロックの浸透率が極めて低い場合は、キャップロックの浸透率・孔隙率の正確な測定は、必ずしも必要ではない。

(注1-7)キャップロックの破壊圧については、キャップロックを破壊せずにその応力を算定する手法について、現在石油鉱山保安部会において検討中であり、そうした技術の採用についても同部会における技術的検討を経ることを前提として認めるものとする。

(参考1-1)財団法人地球環境産業技術研究機構(以下「RITE」という)が長岡における貯留実証事業で検討した事項(CCS実施に係る安全基準検討WG・長期的な安全確保WG第1回合同会合(平成20年11月6日開催)資料5等より作成)

1.「キャップロックのシール性が高く、連続性を有すること」

【背景となる考え方】

圧入されたCO₂が長期にわたり安定して貯留されることを確保する観点で、圧入した地層から上位層への漏洩を防ぐ観点から設定されたもの。

2.「深部塩水層の深度は800m~1,200mが望ましい」

【背景となる考え方】

CO₂の体積が最小となるように圧入するためには、超臨界状態のCO₂を深部塩水層に貯留することが望ましい。この臨界状態となる地層温度と圧力(約31以上・7.4MPa以上)を確保するために設定されたもの。(下限(1,200m)の目安については、掘削コスト、圧入の効率性等を考慮したと考えられる)

3.「連続性のある約10m以上の有効層厚をもつ深部塩水層が望ましい」

【背景となる考え方】

貯留するCO₂(当初8,000t~10,000tを想定)を保持するのに十分な層厚を有すること。

4.「キャップロックと深部塩水層の地層傾斜は緩やかであること」

5.「キャップロックと深部塩水層は、付近(面積1.5平方キロメートルの範囲)に影響を及ぼす可能性のある断層あるいは不浸透層が存在しないこと」

【背景となる考え方】

地表との角度が60度より小さい角度の断層はほとんどないことから、圧入深度を約1,200mと仮定し、圧入点を頂点とし、母線と地表面がなす角度を60度と設定し、地表面に向かい広がる円錐の範囲にCO₂漏洩につながる可能性のある断層がないことを確保するとともに、地層に連続性が確認できることを前提とする。

(参考1 - 2) これまでの石油・天然ガス開発経験から明確なCO₂地中貯留のための地質条件と必要な地質情報(第2回CCS実施に係る安全基準検討WG(平成20年11月19日開催)資料1等より作成)

1. 地質構造

【基本的な考え方】

CO₂をトラップする地質構造が存在していることが明確である必要がある。その具体的な構造としては、石油・天然ガス開発の経験から、背斜トラップ、断層トラップ、層位トラップがあり得るが、まずは、背斜トラップが対象候補地として望ましい。ただし、他のタイプのトラップにおいても、十分な技術的根拠に基づいてトラップの存在が推定できる場合には、その条件を満たすものとする。いずれのタイプのトラップにおいても、その存在を確認する必要がある。

2. 貯留層

【基本的な考え方】

CO₂圧入に伴う圧力上昇を吸収するのに十分な貯留能力があるかを確認する必要がある。

また、計画している圧入レートで圧入が可能かについて、浸透率の計測による圧入性の確認とともに、必要に応じてシミュレーションによる確認を行う。

さらに貯留層が、十分な広がり、連続性(不均質でない、断層がない等)を有していることを確認する必要がある。

3. キャップロック

【基本的な考え方】

圧入したCO₂が^{にじ}しみ出さない十分な厚さを有し、貯留層を覆っている必要がある。また、毛管圧的作用によりCO₂の^{しんしゅつ}滲出を防ぐことが可能であることを確保する必要がある。

さらに、CO₂の圧入圧力においてキャップロックが破壊されない十分な強度を有する必要がある。

(参考1 - 3) 地震を考慮したサイト選定にあたって必要な検討項目(第3回CCS実施に係る安全基準検討WG(平成20年12月24日開催)資料1等より作成)

1. 断層の有無

【基本的な考え方】

CO₂圧入地点付近において、活断層・活褶曲等の調査、地質・地盤構造の調査を行い、活構造や断層が付近にある場合には、貯留層やキャップロックに及ぼす影響を確認する必要がある。

CO₂が貯留される付近に断層がないことが望ましいが、ある場合であってもその規模やシール(泥岩層)の性状により、CCSの実施が可能な場合も十分ある。

2. 地震活動

【基本的な考え方】

圧入地点付近における過去の地震、活構造、微小地震の発生状況等を調査し、異常がないことを確認するとともに、CO₂圧入後のモニタリングに資するため、付近の地震に関するバックグラウンドを十分に把握しておくことが重要である。

2. CO₂輸送にかかる安全確保

CO₂は不活性ガスであり、しかもCCSのために輸送するCO₂は不純物の含有率が一定の基準を満たしているので(7.参照)、そのガスの輸送にあたって、CCSのために特化して保安又は環境上の目的で安全基準を設ける必要はないと考えられるが、(参考2-1)に示した高压ガス保安法などの関連法規を遵守又は準用する必要がある。

(参考2-1) 現行国内法による関連規制

現在の国内法体系の中で、CO₂の輸送を行う際に関連するものとしては、高压ガス保安法がある。CCSにかかるCO₂は、温度及び圧力の状態によって同法の「高压ガス」に該当し(第2条第1項第1号)、その移動については、同法第23条第1項により必要な保安上の措置を講ずることが義務づけられる。

具体的な保安上の措置は、一般高压ガス保安規則第48条に車両を用いて移動(輸送)する場合、第51条に導管を用いて移動する場合の基準が定められている。

その他関連する法令として、車両を用いた輸送については、積載方法、重量等により、道路法に基づく通行許可が必要となっている。

船舶によりCO₂を輸送する場合については、船舶安全法に基づく危険物船舶運送及び貯蔵規則、船舶による危険物の運送基準等を定める告示に必要な措置が規定されている。具体的には、CO₂はその状態(気体、液体又は固体)又は運送の形態(個品での運送又はばら積みでの運送)の違いにより、高压ガス(同規則第2条第1項ロ)、有害性物質(同規則第2条第1号リ)又は液化ガス物質(同規則第2条第1号の2イ)と分類され、輸送に際し講ずるべき措置が規定されている。

(参考2-2) 諸外国における関連規制

米、EU、豪においては、CCS実施のためのCO₂の輸送について、特に新たな規制を保安又は環境上の目的から設けていない。

3. CCS 関連施設設置にかかる安全確保

CCS 実証事業の実施にあたり設置する個々の施設・機器については、鉱山保安法などの関連法規を遵守又は準用する必要がある。

(参考3-1) RITE が長岡において貯留事業を実施した際の例 (RITE 作成)

RITE が長岡において、約1万トンのCO₂貯留事業を行った際に設置した施設及びその設置に際し遵守した関連法規は以下のとおりとなっている。

設備 (大項目)	具体的に設置したもの	遵守した関連法規
坑井	圧入井	鉱山保安法
	観測井	鉱山保安法
圧入設備	液化炭酸ガスタンク ^(注3-1)	鉱山保安法 (高圧ガスを製造する施設)
	液化炭酸ガス貯槽用加熱蒸発器 ^(注3-1)	鉱山保安法 (高圧ガスを製造する施設)
	プースターポンプ ^(注3-1)	鉱山保安法 (高圧ガスを製造する施設)
	液化炭酸ガス加圧ポンプ ^(注3-1)	鉱山保安法 (高圧ガスを製造する施設)
	受電設備・需要設備 ^(注3-2)	鉱山保安法 (電気工作物)
	受水設備	
	給水タンク	

(注3-1) 圧入設備のうちこれらの項目は「高圧ガス保安法」に準拠し、鉱山保安法における「高圧ガスを製造する施設」として施設設置の認可申請がなされた。保安にかかる設備 (安全弁、緊急遮断装置、CO₂ガス漏洩検知警報装置、通報設備) もこれに含まれる。

(注3-2) 鉱山保安法における「電気工作物」として施設設置の認可申請がなされた。

(参考3 - 2) CO₂分離・回収装置の例(企業ヒアリングにより作成)

国内において、化学吸収法(アミン吸収法等)によるCO₂分離・回収装置の設置実績を調べたところ、設置に際し遵守した関連法規は以下のとおりとなっている。

設備(大項目)	具体的に設置したもの	遵守した関連法規
CO ₂ 分離・回収装置	脱硫装置	毒物及び劇物取締法 (高度脱硫用NaOH:劇物)
	吸収塔	高圧ガス保安法
	再生塔(リボイラーを含む)	労働安全衛生法 (第1種圧力容器)
	吸収液補給タンク	毒物及び劇物取締法 (KOH:劇物)
	コンプレッサ	高圧ガス保安法

(注3 - 3) 上記の関連法規の該当・非該当は、化学吸収法の具体的内容、ガスの圧力により異なる。

4. 周辺環境への影響評価

4 - 1 . 背景

CCSが国際的に認知され、温暖化対策上非常に有望なオプションと位置づけられてからの月日はまだ浅い。ノルウェーのスライプナーにおける海底下帯水層へのCO₂圧入が、温暖化対策として世界で初めて開始されたのは1996年である。一方、CCSによりCO₂を隔離することが期待される期間はこれに比較にならないほど長い。

IPCCが2005年にとりまとめた特別報告書は、CCSの分野において国際的に最も傑出した専門家により編纂されている。CCSによる環境影響の可能性と範囲を考えるにあたって、IPCC特別報告書の記述は、検討の出発点として現在最も拠り所とすることができるものである。

同報告書では、「圧入されたCO₂が99%以上100年の期間、貯留層において管理されることは可能性が非常に高い(very likely)」、「1,000年の期間としても可能性が高い(likely)」としている。また、圧入したCO₂が漏出した場合のリスクを地球規模のリスクと局所的なリスクに分けているが、前者は気候変動に影響するとし、後者については、人体、生態系及び地下水への影響の可能性について言及している。

一方、CCSにより貯留するCO₂は、元々大気に放出されていたものを温暖化対策の目的のために分離・回収したものであり、その分離・回収後のCO₂が満たすべき体積濃度等の要件が明確となっている点(参考7-1、7-2参照)について留意する必要がある。また、CO₂の貯留にあたっては、計画している量のCO₂を安全かつ安定的に貯留することが可能なサイトを選定するために必要な検討を行うこと(1.参照)さらに、CO₂圧入開始以降についても、モニタリングを通じてCO₂漏洩等の異常が発生した場合に早期に検知可能とするため必要な措置を講じる(8.参照)こと等にも留意すべきである。

(参考4-1) IPCC特別報告書において示されている潜在的漏洩経路(IPCC Special Report “Carbon Dioxide Capture and Storage,” Summary for Policymakers and Technical Summary ISBN 92-9169-119-4, p.32, Figure TS.8.)

<漏洩シナリオ> 圧入井又は廃坑井の欠陥よりCO₂が漏洩する場合、確認されていない地層上の裂け目、亀裂より徐々に漏洩する場合

<潜在的漏洩経路>

- A. CO₂のガス圧が毛管圧を超えて移動
- B. 断層を通じてCO₂が移動
- C. キャップロックの局所的な不連続部分を通じた移動
- D. CO₂貯留層圧の増加及び断層の浸透率の増加によって生じる移動
- E. プラグの状態が完全でない廃坑井を通じた移動
- F. 地下水に溶解したCO₂が貯留層の外に移動
- G. 地下水に溶解したCO₂が傾斜した地層を通じて地表に移動

(注4-1) IPCC報告書では潜在的漏洩経路について escape と記述しており、ここでは「移動」の表現で統一し

ている。

4 - 2 . C C Sに関連した環境影響評価にかかる研究等の状況

海底下に貯留したCO₂が海洋に漏出した場合の長期的な影響を評価するために必要な科学的知見は、一部の研究（例：天然CO₂流出海域調査：R I T E）は実施されているものの、統一的な手法・アプローチを導出するものとはなっていない。

なお、最近では、浮遊系のみではなく、底生系の生物への環境影響評価も検討されている。

（参考4 - 2）I P C C特別報告書より（IPCC Special Report “Carbon Dioxide Capture and Storage,” Summary for Policymakers and Technical Summary ISBN 92-9169-119-4, p.13）

「・・・こういったレベルでのpHの変化は、海洋表面近くに生息する生物に何らかの影響があることが分かっているが、長期的な影響については研究されていない。包括的なリスク評価を完成させるためには、こうした影響への一層の理解が必要である。・・・」

4 - 3 . 今後の実証事業実施にあたって

（1）圧入したCO₂の漏出シナリオ

（参考4 - 1）に示されたI P C C特別報告書における潜在的漏洩経路は、実際の漏洩が起こり得る経路に着目すると、圧入井や廃坑井に沿って移動、断層やフラクチャに沿って移動、圧入層に沿って移動、キャップロックの孔隙中を移動、に分類され、実際の漏出はこれらの組み合わせによるということが出来る。

このうち、及びの漏洩経路は、非常に長期にわたる漏出シナリオ（10万年～100万年）の一部を構成する可能性があると考えられるのに対し、及びは比較的短期であっても漏出につながる可能性があるシナリオとすることができる。

環境影響評価にあたっては、これらの漏洩経路、漏出シナリオとそのシナリオに対応した浮力、圧力等の漏洩のドライビング・フォースについても考慮することが必要である。

（2）リスクの時間的变化

CO₂漏出にかかるリスクの時間的变化は、国際リスク管理委員会（I R G C）による報告書（2008）の中で示されているとおり、一般的には、圧入開始から徐々に漏洩リスクが増大し、圧入終了時点で最高点に達し、サイト閉鎖後は、時間の経過とともに漏洩リスクが減衰していくと考えられる。

環境影響評価にあたっては、このリスクの時間的变化を考慮した検討を行うことが適当と考えられる。

(3) 自然の環境変動レベルの把握

CCSの実証事業を実施する場合には、環境影響評価の項目等について、自然の変動のレベルを把握しておくことが、生態系への影響等を評価する上で重要な参照情報となる。このため、実証事業の実施地点が明確となった際には、可能な限り早急に、環境影響評価項目を含めて、実証事業実施前段階における自然の環境変動のレベル把握につながるデータの取得に着手すべきである。

(4) 環境影響評価の調査項目

環境影響評価については、海底下におけるCO₂の貯留に関する現行の海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律（以下「海防法」という）を遵守する必要があるが、陸域におけるCO₂貯留の場合を含めて、事前及びCO₂圧入中・後に実施することが望まれる環境影響評価の項目は次のとおりと考えられる。

【検討が必要な環境影響評価項目】

大気質	二酸化炭素
	硫黄酸化物
	窒素酸化物
	粉じん
騒音	
振動	
水質（浅層の地下水） < 陸域下貯留の場合 >	pH
	HCO ₃ ⁻
	水の汚れ
	水の濁り
	水温
	有害物質（金属を含む）濃度
海水の化学的性状	CO ₂ 濃度指標
	水素イオン濃度
	有害物質（金属を含む）濃度
生物・生態系	サイトの状況に応じて項目を選定
景観	
人と自然の触れあいの活動の場	
廃棄物	
地盤、地形及び地質 < 陸域下貯留の場合 >	
土壌汚染	

(5) 環境影響評価の実施方法

環境影響評価の実施にあたっては、上記(1) に示したCO₂漏洩経路とそのドライビング・フォースを考慮した漏出シナリオを明確化した上で、必要な環境影響評価項目について、その評価の実施方法を明らかにする必要がある。

(6) 留意事項

CCSにかかる環境影響評価の大きな特徴は、CO₂漏出による環境影響の有無が明確でないこと、CO₂漏出による環境影響が生じる可能性のある時点が非常に遠い将来となる可能性があること、他の環境影響評価を実施する事業に類似の事例がなくその実施方法も国際的に明確でないこと、等があげられる。

こうした状況を踏まえ、今後実施する実証事業に続いてCCSの実用化が進む際には、その環境影響評価の内容とその実施方法等について、国内実証事業において蓄積される知見や今後の国際的な議論の動向を踏まえた対応が望まれる。

(参考 4 - 3) 現行国内法の関連規制

特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄にあたっては、海防法に基づき、環境大臣に提出する許可を受けるための申請書(第 1 8 条の 8 第 2 項) に「海底下廃棄事前評価書」を添付することとされている(注 : この海底下廃棄事前評価は、特定二酸化炭素ガスを海底下廃棄することにより海洋環境に及ぼす影響について調査するもの)。

この「海底下廃棄事前評価書」に記載が必要な項目は、以下の 7 項目であり、特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄の許可等に関する省令(平成 1 9 年環境省令第 2 3 号) 第 4 条第 1 項第 1 号 ~ 第 7 号に規定されている。

海底下廃棄しようとする特定二酸化炭素ガスの特性

海底下廃棄をされた特定二酸化炭素ガスが海洋に漏出したと仮定した場合に予測される当該特定二酸化炭素ガスの海洋への漏出の位置及び範囲並びに漏出量並びにその予測の方法

潜在的海洋環境影響調査項目

潜在的海洋環境影響調査項目の現況及びその把握の方法

特定二酸化炭素ガスが海洋に漏出したと仮定した場合に予測される潜在的海洋環境影響調査項目に係る変化の程度及び当該変化の及ぶ範囲並びにその予測の方法

当該特定二酸化炭素ガスが海洋に漏出したと仮定した場合に予測される海洋環境に及ぼす影響の程度の分析及びこれに基づく事前評価の結果

その他当該特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄をすることが海洋環境に及ぼす影響についての調査の結果に基づく事前評価に関して参考となる事項

また、この事前評価書の策定に際して盛り込むべき事項等については、「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(平成 2 0 年 1 月・環境省)」に示されている。

(参考4 - 4) 諸外国における関連規制

1. EUの規制(CCS指令)

CCS指令の附則による関連の指令の改正として、

CO₂を輸送する導管(直径800mm以上、全長40km以上)

CO₂の貯留サイト及びCO₂回収装置(年間150万トン以上回収するものに限る)

は、官又は民のプロジェクトにおいて環境影響評価が必要なものとして列記されており、従来のアセス指令(EC指令85/337/EEC)に沿い、環境影響評価を行うこととなる。

2. 米国のUICプログラム・クラス

CCSに関連した施設設置等に関する事前の環境影響評価の実施は特に求められておらず、それぞれの州法に従い、環境影響評価に対応することとなる。なお、UICプログラムでは、CO₂の圧入にあたって、サイトが満たすべき最低限の基準(§146.83)等を示しており、事業者はサイトの地質構造が計画している量のCO₂を貯留するのに適切であること等を証明することが求められている。その過程で例えばCO₂が漏洩する可能性の検討をすることとなる。

5 . C O₂ 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

5 - 1 . 坑井の掘削及び仕上げ

(1) ケーシング計画の策定

坑井の掘削にあたっては、貯留層より浅い領域の家庭用飲料水、工業用地下水等の淡水地下水層の保護及び逃水、崩壊、噴出等の掘削障害を回避することを目的として、あらかじめケーシング計画を策定する。

(2) 噴出（ブローアウト）防止対策

掘削にあたっては、噴出防止のため、あらかじめ地層の構造及び深度に対する地層圧の変化を分析し、必要に応じて多段のケーシングを設置する計画とした上で掘削を行い、常時地層圧を監視しながら、適正比重の泥水を用いて坑内の圧力制御を行う。

また、ブローアウト・プリベンター（BOP）を、少なくとも一段以上設置し、高圧流体が地上へ噴出することを防止する。

さらに、坑井掘削時には、掘削の際にリターン泥水のガス含有量、流量等を連続的に監視し、異常高圧層の存在、坑内への流体浸入の兆候の早期発見に万全の体制を講じる。また、チュービングパイプの交換時など、定常的な圧入以外の坑井の作業時にも噴出に注意して作業を行うことが必要である。

(3) C O₂ 漏洩防止のためのセメンティング

圧入するC O₂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パイプと坑壁との間にセメントを必要区間充填することとし、C O₂貯留対象層を直接遮蔽する部分のセメントには、C O₂に対して耐久性のあるセメントを使用しなければならない。

(4) 坑井の仕上げ

坑井の仕上げには、チュービングとパッカーを使用し、C O₂圧入時にチュービングの外側における圧力等の監視を行うことにより、圧入しているC O₂漏洩の兆候について監視できる体制を確保する。

圧入井掘削・仕上げにあたっては、C O₂圧入予定圧力、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、C O₂の圧入により坑井の破壊が生じないことを確保する。

また、坑井には、圧入するC O₂による腐食を防止し、長期的な安定性に配慮するため、必要箇所には耐C O₂腐食材料で製作された資材、又は耐C O₂腐食防止表面処理を施した

資材を使用する。

さらに、鋼管類、坑口装置の継ぎ手についても、圧入するCO₂の圧力に対応して、十分なシール性が確保されるものを利用する。

(5) 防爆対策

掘削施設付近における防爆のための措置については、石油、天然ガス井掘削と同等の安全性を確保する。

(6) 関連法による保安上の措置の準用

鉱業法、鉱山保安法、石油及び可燃性天然ガス資源開発法等を準用し、石油又は天然ガスを開発する際の坑井掘削、関連施設の設置に必要な安全性と同等の安全性を確保する。

5 - 2 . 坑井の閉鎖

CCS実証事業を行なった際に掘削した圧入井、調査井及び観測井を閉鎖する際の安全性確保については、鉱山保安法などの関連法規を準用することに加え、長期的な安定性に配慮して行うべきである。

このため、CO₂と接触する恐れがある箇所のセメントプラグ性状については、CO₂に対する耐久性が高い特殊セメント/セメント添加剤を使用することとし、特に坑井近傍に残留するCO₂を減少させるための措置を講じることも検討が必要である。

5 - 3 . 坑井の記録

事業者は、坑井閉鎖後も坑井の存在が明確となるよう、その位置、閉鎖の方法、状態等にかかる明確な記録を保存し、当局からの要請に応じいつでもその記録を提示可能とすることが必要である。

(参考5 - 1) 現行の石油・天然ガス井掘削時の保安上の基準

1. 鉱業法

鉱業法第63条第1項または第2項の規定に基づき、施業案を経済産業局長に届出又は認可を受けなければならない。

その申請を行う試掘権者又は採掘権者は、鉱業法施行規則第27条の規定に従い、同規則様式第20による施業案に説明図をあわせて提出しなければならない。

2. 石油及び可燃性天然ガス資源開発法

石油及び可燃性天然ガス資源開発法第35条第1項の規定に基づき、鉱業権者等は、掘削しようとする坑井に関し、経済産業局長に開坑届を提出しなければならない。開坑届の様式は、同法施行規則第41条様式第9に定められている。

3. 鉱山保安法

鉱業法に基づく施業案の届出又は認可後、鉱山保安法第13条の規定に基づき、使用する掘削施設の設置等を含む工事計画を届出なければならない。掘削施設は、届出対象施設として「同法施行規則別表第2の五「石油鉱山における掘削施設」に定められている。工事計画届出は同規則様式第1により行い、具体的な工事計画の記載事項は別途、「工事計画の記載事項」において定められている。

また、掘削施設等の技術基準は、「鉱業上使用する工作物等の技術基準を定める省令」に定められており、例えば噴出防止装置については第17条第4項第11号において、また、海洋での掘削に使用する掘削バージについては第18条において、それぞれ基準が定められている。これらのさらに具体的な内容は、同省令の技術指針第15章掘削装置及び第16章掘削バージの中に定められている。

防爆に関しては、鉱山保安法施行規則第15条において、鉱業権者が講ずべき措置が掲げられており、その事例が「鉱業権者が講ずべき措置事例」第13章坑外における火気の取扱いの中で「火災を防止するための措置」として、例えば、「火気禁止」の警標や火災又は爆発の危険がある施設から8m以内の電気施設について防爆型とすべきことが定められている。

(参考 5 - 2) 現行の石油・天然ガス井閉鎖時の保安上の基準

石油・天然ガス井の閉鎖に関連しては、鉱山保安法第 8 条、同法施行規則第 2 5 条に規定がされており、その具体的内容については、「鉱業権者が講ずべき措置事例」の第 2 2 章に定められている。

< 鉱業権者が講ずべき措置事例第 2 2 章 (要約) >

(1) 石油・構造型天然ガス井にかかる措置

- ・ 裸坑部に仕上層又はテスト層がある場合には、裸坑部分のうちそれらの層の上端から 30 m 以浅、下端から 30m 以深の範囲についてセメントプラグを設置する。
- ・ 最終ケーシング以深に裸坑部がある場合には、ケーシングシューの上下それぞれ 30m 以上の範囲にわたる部分についてセメントプラグを設置する、又は、ケーシングシュー直上付近にブリッジプラグを設置する。
- ・ パーフォレーション部の上端から 30m 以上の範囲にわたる部分にセメントプラグを設置する、又は、パーフォレーション部の上端直近部分にブリッジプラグを設置する。
地表部については、地表付近に長さ 30m 以上のセメントプラグを設置する。
- ・ すべてのケーシング、坑口装置等は、地表面下 2m 以深の場所において撤去し、撤去後の坑口付近はセメント、土砂等で埋め戻しを行い、原状回復を図る。

(2) 水溶性天然ガス井にかかる措置

- ・ 坑井の穿孔部については、穿孔部の最上部及びその上端から 30m 以上の範囲についてセメントプラグを設置する。
- ・ 地表部については、地表付近に長さ 30m 以上のセメントプラグを設置する。
- ・ すべてのケーシング、坑口装置等は、地表面下 1.5m 以深の場所において撤去し、撤去後の坑口付近はセメント、土砂等で埋め戻しを行い、原状回復を図る。

6 . C O₂ 圧入 ・ 運用時の安全確保

6 - 1 . C O₂ 圧入 ・ 運用計画の策定

C O₂ を計画に沿って圧入し、長期的にC O₂ を安定して貯留するためには、高圧ガス保安法などの関連法規を遵守又は準用し、C O₂ の圧入 ・ 運用を適切かつ確実に実施する必要がある。また、C O₂ の圧入 ・ 運用の開始前に、C O₂ 圧入圧力の設定に対する基本的な考え方、圧入圧力の基準値とその設定方法 ・ 管理方法及び圧入レート等を内容とするC O₂ 圧入 ・ 運用計画を策定することが必要である。

6 - 2 . 詳細モデルの更新を通じたC O₂ 圧入 ・ 運用計画の最適化

C O₂ の圧入開始以降、C O₂ の挙動に関するモニタリングの結果を、詳細モデルにフィードバックし、モデルの更新を行う。さらにその改良されたモデルを利用して、C O₂ 圧入 ・ 運用計画の改善 ・ 最適化を図る。具体的には改良されたモデルにより、目標とする貯留量に至るまでの圧入レート、圧入圧力等の具体的な運用条件について最適化を行う。

6 - 3 . 他の項目との関係

モニタリング、異常発生時の対応については、8 . 及び9 . の項目を参照。

(参考 6 - 1) 諸外国における関連規制

1 . E U の規制 (C C S 指令)

C O₂ 圧入 ・ 運用時の安全性確保については、貯留に対する許可の内容 (第 9 条) に含まれているとの考え方にたっている。許可の内容には、C O₂ の最大圧入圧力等が含まれている。特に運用時の条件等を取り出した規定はない。

2 . 米国 U I C プログラム ・ クラス

§ 1 4 6 . 8 8 において、C O₂ の圧入 ・ 運用時の運転要件を定めているが、その中では、常時モニタリングすべき事項 (圧入圧力、C O₂ 流の流速、量、温度、アニユラス圧力、アニユラスの流体量等) を規定していることに加えて、「圧入圧力が圧入層における地層破壊圧の 90% を超えないように注意しなければならない」と規定している。

7. 圧入するCO₂の濃度基準

7-1. 海底下地層への貯留の場合

海防法の規定を遵守する必要がある。

今後CCS実証実験を経て実用化が進む過程において、CO₂の回収方法としては、化学吸収法であるアミン溶液を使用したCO₂の回収方法が最も有望であるが、石炭ガス化複合発電（IGCC）等高効率な石炭火力発電からのCO₂回収によるCCS実施の重要性等を考慮すると、ロンドン条約1996年議定書遵守の観点で支障が生じない範囲において、より柔軟かつ迅速に以下のCO₂回収方法及びその濃度について海防法政令への追記の検討が必要である。

(1) 既存の化学プラント等の過程で回収されるCO₂

ロンドン条約1996年議定書との関係で支障がないと考えられ、既に商用化され使用実績のあるアンモニア製造工程等における「炭酸カリ溶液」を用いた化学吸収法については、その成分、体積百分率等を検証の上、海底下地層への廃棄を可能とする途を開くことについて検討すべきである。

(2) IGCCにより排出されたガスより回収されるCO₂

IGCCにおいてCCSを行う場合に対応したCO₂の基準についても、その回収方法と濃度について早期の検討が必要である。具体的には、IGCCの過程では、CO₂を回収する際のガスにはH₂Sが含まれるとされ、既に海防法に規定されたアミン吸収法を用いた場合、H₂SとCO₂が同時に吸収され、必要とされる体積百分率を満足させるためには、このH₂SとCO₂の混合ガスからCO₂を分離する工程がさらに必要となる。また、IGCCについては物理吸収法も実用レベルで採用されている。こうした現状に対応した適切なCO₂回収方法と濃度の規定の検討が必要である。

7-2. 陸域における貯留の場合

現在、陸域においてCO₂を圧入・貯留する場合に圧入するガスが満たすべき基準を定める法令はない。

今後、陸域における貯留を検討する際には、万が一貯留したCO₂が地中から大気、地下水等へ漏出する場合を考慮しても、大気汚染防止法などの関連法規が確実に遵守されることを確保する必要がある。

(参考7-1) ロンドン条約1996年議定書における規定(附属書 から抜粋)

二酸化炭素を含んだガスについては、次の場合に限り、投棄を検討することができる。

- ・ 海底下の地層への処分である場合。
- ・ 当該二酸化炭素を含んだガスが極めて高い割合で二酸化炭素から構成されている場合。ただし、当該二酸化炭素を含んだガスには、その起源となる物質並びに利用される回収工程及び隔離工程から生ずる付随的な関連物質が含まれ得る。
- ・ いかなる廃棄物その他の物もこれらを処分する目的で加えられていない場合。

(参考7-2) 海防法における規定

1. 規定内容

【海防法における規定】

第18条の7第2号において、「特定二酸化炭素ガス(二酸化炭素が大部分を占めるガスで政令で定める基準に適合するもの)」を定義し、第18条の8第1項により、この特定二酸化炭素ガスについては、環境大臣の許可を得て、海底下廃棄ができることとしている。

【海防法施行令における規定】

第11条の5において、アミン類と二酸化炭素との化学反応を利用して二酸化炭素を他の物質から分離する方法により集められたものであって、当該ガスの二酸化炭素濃度が体積百分率99%以上であること、と規定されている。(ただし、石油精製に使用する水素の製造のためにアミン吸収法により二酸化炭素を回収する場合には、体積百分率98%以上)

2. 規定の背景

海防法におけるCO₂の基準はロンドン条約1996年議定書における規定を根拠とするものである。即ち、同議定書において「overwhelmingly(極めて高い割合)」と定めているCO₂の基準について、国内実施法においては、その回収方法と体積濃度の組み合わせにより具体化している。アミン吸収法は、政令制定時における専門家の検討等を踏まえて、当面実用化される可能性のある回収方法として定められたものである。

(参考7 - 3) 諸外国における関連規制

1. 米国UICプログラム・クラス

§ 146.81(d)において、CO₂が大部分を占めるとする一方、分離や回収の過程で不可避な付随物質の含有を認めている。

2. EU(CCS指令)

CCS指令第12条において、「CO₂が大部分を占めるガス」とし、廃棄物等を添加してはならないことに加えて、一般に回収されたCO₂には付随物質があることも併せて規定している。

3. 豪州

OPAセクション6(2008年11月改正)において、貯留の対象となる「温室効果ガス」を定義している。(ただし定性的なもののみ)

8 . モニタリング

8 - 1 . C O₂ 圧入開始前までに実施すべき事項

(1) C O₂ 貯留層及びその上位層にかかる詳細モデルの構築

C C S 実証事業実施の候補地選定にあたって、地質構造のデータ、調査井の掘削等により得られた物理検層、コア試験、原位置試験のデータ及び震探調査により得られたデータを利用して、計画している全てのC O₂の圧入を行った場合に影響が及ぶと予測される範囲全体を含む地層を対象とした詳細モデルを構築し、C O₂の挙動予測シミュレーションに資する。

(2) C O₂の圧入に先立つC O₂地中挙動予測シミュレーションモデルの高精度化

C O₂ 圧入開始前に実施される注水試験等とシミュレーションモデルによる応答とのマッチングを図ることにより、上記(1)により構築したシミュレーションモデルの高精度化を可能な限り行う。また、構築したモデルについて設定したパラメータの感度解析を適宜実施し、C O₂ 圧入に関連した挙動の予測の幅を調べておく。

(3) モニタリング項目にかかるバックグラウンドデータの取得

8 - 2 . 以下に示すモニタリングの具体的項目について、C O₂ 圧入開始前の一定の期間、十分な量のバックグラウンドデータを取得し、C O₂ 圧入開始前と後の対比を可能とすべきである。

8 - 2 . C O₂ 圧入開始以降に実施すべき事項

以下に示す項目のモニタリングは、(イ) 圧入したC O₂の挙動を観測(当初の計画通りC O₂の圧入及び貯留が安全・安定的に行われていることを確認)すること、(ロ) 得られたデータと詳細モデルによるシミュレーション結果との比較を通じてモデルの改良を図ること、(ハ) C O₂の漏洩等の異常が生じている場合に検知すること、等を目的として実施する。

(1) C O₂の圧入時においてモニタリングすべき事項

[常時監視する事項]

- ・ 圧入井坑底における圧力及び温度(ただし、坑底に圧力計・温度計を設置できない場合は推定による)
- ・ 圧入井坑口におけるC O₂の圧入流量、圧力及び温度
- ・ 圧入井のアニュラス圧力

- ・ 観測井がある場合には、CO₂ 圧入を行っている地層と（連続的につながっている）同じ層の圧力、温度及び坑口圧力
- ・ 観測井がある場合には、観測井のアニュラス圧力
- ・ 圧入地点及びその周辺地域における微震動

[定期的に監視する事項]

- ・ 圧入するCO₂の性状（濃度及び含まれる不純物の濃度）

[可能な限り監視すべき事項]

- ・ キャップロックより上位層における圧力及び温度
- ・ 比抵抗、音波速度、飽和率等のCO₂の検知に有効な物性
- ・ 観測井等で採取した地下水の化学的特性
- ・ 地下流体の地表湧出点がある場合には、湧出流体の流量及び化学的特性

（注8 - 1）上記の常時及び定期的にモニタリングすべき事項に加えて、圧入されたCO₂の挙動をより高精度に観測する観点から、モニタリング項目の追加について検討し、必要に応じて実施することが望まれる（例：VSP (vertical seismic profiling) や坑井間弾性波トモグラフィ）。その場合にも、8 - 1（3）にあり、十分なバックグラウンドデータの取得が必要となる。

また、CO₂が漏洩した場合の早期発見・観測の可能性を追求する観点から、下記（2）の震探調査を補完して実施するモニタリング項目として、比抵抗を調べる電気探査・電磁気探査や傾斜計等によるモニタリングが有用と考えられる。特に温度・圧力等常時観測しているデータに異常が認められた場合等に、これらの手法を用いたモニタリングを機動的に実施することを検討すべきである。

さらに、今後、周辺地域の自治体等の理解を得てCCSを進めていく観点から、地表面又は海底面の比較的広い地域を対象として、CO₂の漏出が生じていないか確認するためのモニタリング手法について、諸外国等の動向を見つつ検討するとともに、必要に応じて関連する技術開発を進めていくことが望まれる。

（2）CO₂ 圧入開始以降の地層等のモニタリング

現在の海防法に基づく関連規定によれば、「許可期間内に2回程度（2年に1回程度）地震探査等により廃棄した地層の監視を行い、」とされている。

震探調査は、現在、圧入されたCO₂の挙動を観測し、地層の状態をモニタリングする最も有効な方法であると考えられる。一方、その実施頻度については、プロジェクトの経済性に影響を与える可能性がある。この観点から、数値シミュレーションモデルの改良を通じた信頼性向上や、震探調査を補完する他のモニタリング技術の活用、それらの最適と考えられる組み合わせについて追求していくことが望まれる。

(3) ヒストリーマッチング

CO₂ 圧入に伴い取得される坑井データや震探調査等の地球物理的モニタリングデータを最大限に利用して、ヒストリーマッチングを繰り返し実施し、実測データとシミュレーション結果との乖離を可能な限り小さくし、事後のCO₂ 挙動予測にあたって利用するシミュレーションモデルの信頼性向上を図る。

(4) 長期的なCO₂ 挙動の予測

上記(3)によりヒストリーマッチングを行って改良された数値シミュレーションモデルを利用して、貯留したCO₂ の長期挙動についてシミュレーションを行う。

このシミュレーション結果により、必要に応じてCO₂ 圧入計画やモニタリング計画の見直し等を行う。

(5) CO₂ 圧入井及び調査井の健全性等にかかるモニタリング

CO₂ 漏洩の可能性が最も高いとされるのは、坑井周辺である。上記8-1、8-2に示したモニタリングに加えて、圧入井、調査井、同じ事業において掘削したその他の坑井、さらに必要に応じて他の事業で掘削された付近の既存井の健全性についても検査を行い、異常がないことを確認するとともに、異常が生じている場合には必要な対応策を講じることとする。

(6) CO₂ 圧入終了後のモニタリング継続期間

圧入したCO₂ の漏出リスクの時間的变化は、圧入終了時点で最高となり、その後リスクが減衰すると考えられる。

上記に示したモニタリングについては、少なくともCO₂ 圧入井を閉鎖するまでの間は実施することとし、圧入井閉鎖の時期等が具体化した段階で改めてその後のモニタリング継続、その方法と内容について検討すべきである。

8-3. モニタリング計画の策定

上記8-1及び8-2の内容を踏まえ、実証事業実施に際しては、モニタリングの具体的内容についてとりまとめたモニタリング計画を策定すべきである。

(参考8-1) R I T E が長岡における貯留実証事業で検討した事項(C C S 実施に係る安全基準検討WG・長期的な安全確保検討WG第1回合同会合(平成20年11月6日開催)資料5等より作成)

1. モニタリングの実施

C C S の実施に際して、C O₂ の漏洩や挙動を観測するために、長岡における実証事業では、以下の観測を行った。

< C O₂ 圧入時に観測を行ったもの >

項 目	目 的
圧力及び温度	C O ₂ 圧入制御のためのデータ取得 漏洩が起きた場合には、予測から外れるような圧力又は温度の変化があると考えられることから、連続観測により異常の早期検知を目指す
坑井間弾性波トモグラフィ	C O ₂ の二次元分布把握(圧入中・後)
物理検層 - 比抵抗、中性子、ガンマ線、音波、セメントボンド、B H T V (ボアホール・テレビュアー)	観測井におけるC O ₂ 到達把握等
微動観測 - 地上地震計、ハイドロフォン	圧入に伴う微動発生の監視

< C O₂ 圧入終了後 >

項 目	目 的
B H T V	観測井の健全性評価
R C B L (ラジアル・セメントボンド・ログ)	観測井の健全性評価
地下水採取試験(C H D T)	観測井における地層水の化学分析
貯留層飽和率検層・中性子検層(R S T)	圧入井におけるC O ₂ 飽和率(C O ₂ 濃度)分布の確認等
坑内水位低下調査	観測井の坑内調査

2. シミュレーションの実施

C O₂ の圧入開始に先立ち、地質に関して得られたデータを用いて、C O₂ を保持する地質構造にかかるモデルを構築し、以下のシミュレーションを行った。

(1)「ヒストリーマッチング(圧入中のC O₂ の挙動)」

【背景となる考え方】

圧入前の地質調査において予測されていた貯留層モデルの信頼性及び将来の予測精度を向上させる（高精度化）ために、圧入井及び観測井における坑底圧、CO₂の到達時期、CO₂飽和率をマッチング対象とし、不動水飽和率、相対浸透率、孔隙圧縮率、臨界ガス飽和率、浸透率不均質性等をパラメータとしてヒストリーマッチングを行った。

(2)「長期挙動予測」

【背景となる考え方】

上記(1)のヒストリーマッチングを行った貯留層モデルを用いて、CO₂飽和率、溶解CO₂分布、イオン化CO₂分布、鉱物化CO₂分布の予測を行い、圧入されたCO₂の挙動・分布を3次元的に可視化した。

この結果を用いて、実証プロジェクトのバウンダリーの確認を行い、その範囲におけるCO₂貯留の長期安定性評価や漏出リスク等を分析した。

(3)「安全性・環境影響の予測」

【背景となる考え方】

(2)で評価された予測範囲を超える事象を想定し、安全性の観点から貯留層からCO₂が漏出する極端なケースの評価と、それが環境に及ぼす影響の整理を行った。

(参考8-2)貯留量の定量評価及び漏洩の早期検出に効果的なモニタリング(第3回長期的な安全確保検討WG(平成20年12月26日開催)資料2等より作成)

1. 主なモニタリングの手法(「図解CO₂貯留テクノロジー」(RITE編)より引用)

測定技術	測定パラメータ	適用例
人工・自然トレーサ試験	移動時間、岩石・塩水・石油などへのCO ₂ 溶解、流体経路	<ul style="list-style-type: none"> 貯留層におけるCO₂の移動の追跡 溶解トラップ量の定量化 漏洩の追跡
地層水組成分析	CO ₂ 、HCO ₃ ⁻ 、CO ₃ ²⁻ 、主要なイオン、塩濃度	<ul style="list-style-type: none"> 溶解・鉱物トラップの定量化 CO₂-水-岩石相互作用の定量化 浅層地下水帯水層への漏出の検出
地中水圧測定	地圧、環状間隙圧 ^(注8-2) 、地下水の帯水層圧	<ul style="list-style-type: none"> 割れ目での地圧制御 坑井と坑井内チューブ管^(注8-3)の状態 貯留層からの漏洩
坑内検層	塩水塩濃度、音波速度、CO ₂ 飽和度	<ul style="list-style-type: none"> 貯留層の中及び上部でのCO₂の移動の追跡 浅い帯水層中への塩水の移動の追跡 3D震探調査のための地震波速度の較正

3D地震波探査	P波、S波速度、反射面、地震波振幅減衰	・貯留層の中及び上部でのCO ₂ の移動の追跡
VSP / 弾性波CT	P波、S波速度、反射面、地震波振幅減衰	・貯留層における、CO ₂ の詳細な分布の検出 ・断層及び割れ目からの漏洩検出
電気探査及び電磁気探査	地層伝導率、電磁誘導 ^(注8-4)	・貯留層の中及び上部へのCO ₂ の移動の追跡 ・浅い帯水層中への塩水の移動の追跡
重力測定	流体置換による密度変化	・貯留層の中及び上部へのCO ₂ の移動の検出 ・地下でのCO ₂ 物質収支
地表変形測定	傾斜、干渉法とGPSを使用する垂直及び水平変化	・貯留層とキャップロックの地盤力学的効果の検出 ・CO ₂ 移動経路の検出
人工衛星 / 航空機による赤外線探査	地面のスペクトルイメージ	・植物分布の計測
地表のCO ₂ フラックスモニタリング	地面と大気間のCO ₂ フラックス	・CO ₂ 放出の位置と量の検出
土壌ガスサンプリング	土壌ガス組成、CO ₂ の同位体分析	・CO ₂ の高感度な検出 ・高濃度土壌ガスCO ₂ の源の特定 ・生態系への影響評価

(注8-2) アニュラス圧力のこと(資料提供者に確認)

(注8-3) チューピングのこと(資料提供者に確認)

(注8-4) 比抵抗のこと(資料提供者に確認)

2. 海外におけるモニタリングの事例

(1) スライプナー(ノルウェー: 深部塩水層へのCO₂圧入)

スライプナーにおいては、繰り返しの地震探査に加え、微小重力探査を実施し、CO₂の挙動監視を行った。

(2) ウェイバーン(カナダ: 石油増進回収(EOR))

ウェイバーンにおいては、繰り返しの地震探査に加え、生産流体の地化学分析を実施し、CO₂の挙動監視を行った。

(3) インサラ(アルジェリア: 砂漠の帯水層へのCO₂圧入)

インサラにおいては、人工衛星の観測データをもとに、4年間で1~2cm程度の地表変位が推定されている。(地震探査は実施条件となっていないが、実施される予定。)

震探調査によるCO₂の挙動観測は重要な手法の一つである一方、震探調査を補完する有効な手法の開発とその採用・組み合わせが非常に重要である。この観点で、現在、経済性・有効性を考慮すると、震探調査と組み合わせて実施する探査の候補として、微小重力探査やVSP等があげられる。

3. ヒストリーマッチングの重要性

CO₂の分布や貯留量等を推定する上で、貯留層の地質モデルの高精度化を行うため、モニタリングのデータを活用した初期地質モデルのキャリブレーションによるヒストリー・マッチングは極めて有効である。

このヒストリーマッチングは、貯留されたCO₂の長期挙動予測を行うモデルの信頼性を高める上でも重要である。

また、このヒストリー・マッチングを十分経たモデルの利用により、CO₂モニタリング頻度について改めて検討を行うことや、経済性を考慮したモニタリング設計が可能となる。

4. CO₂漏洩の早期検出にあたって

CO₂の動きを確認するためには、震探調査でその動きを見るだけでなく、そのバウンダリーにおいて溶解したCO₂の観測を行うことが必要である。この溶解したCO₂を観測するためには、弾性波速度の測定と同時に比抵抗の測定を行う必要がある。

また、CO₂漏洩の早期検出には、弾性波速度の測定よりも、初動の振幅測定が有効であり、その常時観測のためのシステム開発は意義がある。

(参考8-3)地震との関係を踏まえてモニタリングに要請されること(第3回CCS実施に係る安全基準WG(平成20年12月24日開催)資料1等より作成)

想定外の事象の確認を行うために、地震活動状況の監視を行うことは必要であり、モニタリングの範囲選定にあたっては、圧入により影響が及ぶ範囲を確認しておく必要がある。

現在、地震動の観測については、陸域においては防災科学研究所によるHi-net観測網等が構築されている。圧入地点近傍では、陸域では10km、海域では20km程度をカバーして観測することにより、Hi-netを下回らない検知能力、震源精度を確保することが望ましい。

具体的には、周波数範囲は圧入地点で数Hz～数千Hz、それ以外で数Hz～数十Hzを観測できるオンライン連続観測が望ましく、陸域では100m程度のボーリング孔底観測、海域では海底地震計観測が望ましい。解析項目としては、連続波形表示、イベント検出表示、自動読取機能、震源表示、各種解析・アラーム機能等を整備しておくことが望まれる。

9. 異常が発生した場合に採るべき措置

9 - 1 . 発生しうる異常事態の想定と優先順位の付与

異常時に採るべき措置を検討する場合には、あらかじめ異常事態の内容について可能な範囲で想定する必要がある。その際、発生する異常事態によって生じる影響とその範囲(対象)についても併せて検討する必要がある。

CCSの場合、主として想定される異常事態は、CO₂の漏出に伴う周辺住民の健康・安全への影響又は周辺生態系への影響、関連施設の毀損に伴う作業員の安全への影響である。

その際、人の生命にかかわることや不可逆的な生態系への影響については対応に優先度をおくとともに、異常事態の発生を認識した際に当局や周辺自治体へ遅滞なく通報する体制の確保が必要である。

【異常事態の想定とその影響(例)】

異常事態	異常事態による影響
圧入したCO ₂ の漏出	大気へのCO ₂ 放散 地下水へのCO ₂ 漏出 海洋へのCO ₂ 漏出
自然災害(地震の発生等)	圧入したCO ₂ の漏出 CO ₂ 回収・輸送・圧入設備の崩壊
設備の毀損・崩壊	大気へのCO ₂ 放散 地下水へのCO ₂ 漏出

9 - 2 . 異常の検知にかかる基準の設定

CO₂貯留開始後、常時モニタリングを行う温度・圧力・微震動(8.参照)に加えて、異常の検知に有用な項目について、「異常」とみなし必要な措置を講じる基準を定めることが必要である。この基準については、後述(9-5.(1))の規程に盛り込むものとする。

(異常の検知に有用な項目(例))

- ・ 圧入井や観測井における圧力又は温度の急変
- ・ 弾性波測定や比抵抗測定を通じたCO₂漏洩の検知(注9-1)
- ・ 施設または貯留サイトに被害を及ぼす可能性のある強い地震動
- ・ 施設の火災

(注9-1)弾性波測定や比抵抗測定の常時モニタリングを求める意味ではない。

9 - 3 . 異常事態の発生時に必要な対応措置等の想定・準備・実施

以下のように、異常事態への対応措置等の事前の整理と実際の行動が必要である。

【異常事態に対応した対応措置等】

目的	対象	対応措置
異常事態による影響の拡大防止（あるいは鎮圧）	CCS設備（回収施設、圧入設備、パイプライン、管理施設等）	【CO₂漏洩回避】 ・CO ₂ 回収・輸送・圧入作業の停止 ・輸送管・圧入井坑口の封鎖 【設備の毀損等への対応】 ・消火活動等 【人的被害の回避】 ・作業人員の退避
周辺環境への影響拡大防止	周辺自治体等	・関連する行政当局への通報
異常事態の収束までの状況把握及び追加措置	・CCS設備 ・周辺自治体等	・異常・被害状況の把握 ・原因の特定、必要で効果的な緩和措置の実施 ・周辺自治体等への情報提供

9 - 4 . 異常事態の収束後の対応

以下のように、異常事態の収束に対応した措置等の事前の整理と実際の行動が必要である。

【異常事態の収束に対応した対応等】

目的	対象	対応措置
設備・事業の復旧・再開	・CCS設備・貯留サイト ・周辺地域	・CCS設備、貯留サイトの安全確認、修復等
	・周辺自治体等	・周辺自治体等への状況説明、事業再開への合意獲得
		・個々の異常事態の対応措置全体の評価・事後の改善

9 - 5 . 異常事態に対応するために準備すべき事項

(1) 危害予防規程や保安管理体制の整備

発生しうる異常事態と必要な対応措置等の想定に基づき、異常が発生した場合に採るべき措置についてルール化した規程を整備すべきである。

同規程においては、異常事態が発生した場合の 保安管理体制の整備、 保安統括者や保安技術管理者等の選任及びこれらの者の職務の範囲、 施設が危険な状態になったときの措置及びその訓練方法に関すること、等について定めることが必要である。(参考：高圧ガス保安法第26条(危害予防規程))

(2) CO₂漏出等の重要シナリオの抽出

危害予防規程や保安管理体制の整備にあたっては、CCSを実施しているサイトの地質上の特性や採用した技術の特徴等を踏まえた上で、 CCS実施に伴い発生する事象、その原因と考えられること、 その際採るべき対応措置等、について整理し、重要シナリオの抽出を行う必要がある。そのため、FEP (Features, Events and Processes) 等の活用が有効な手段と考えられる。

(3) 保安設備等の設置

発生しうる異常事態と必要な対応措置等に基づき、異常の検知及びその対処に必要な保安設備(必要に応じ遠隔操作可能なもの)等の設置を行うべきである。

(参考9-1) CO₂の漏洩防止の観点から必要と考えられる機器・設備(例)(石油パイプライン事業法第29条~40条を参照して作成)

- ・施設の運転状態の監視装置
- ・安全制御装置(保安上異常な事態が発生した場合に災害の発生を防止するため、圧送機、緊急遮断弁等が自動または手動により連動して速やかに停止又は閉鎖する制御機能)
- ・CO₂導管等の緊急遮断弁(手動及び漏洩や基準以上の地震動を感知した場合に自動で作動できるもの)
- ・感震装置(緊急遮断弁の作動にリンク)
- ・通報・警報設備
- ・予備動力源(安全制御装置、漏洩検知装置、緊急遮断弁の運転のために用いる。また、異常事態収束までのモニタリング継続のためにも利用する。)
- ・空気呼吸器等(空気呼吸器、酸素呼吸器又は送気マスク)

(参考9-2)RITEが長岡における貯留実証事業実施中に発生した地震に対応し実際に採った措置等(CCS実施に係る安全基準検討WG・長期的な安全確保検討WG第1回合同会合(平成20年11月6日開催)資料5等より作成)

【発生した異常(地震)】

新潟県中越地震

平成16年10月23日17時56分発生(本震:M6.8、最大震度:7)

震源深さ13km、震源と圧入井の距離17km

1. 地震発生直後の対応(平成16年10月23日)

- (1) 地震発生に伴う停電を検知し、圧入設備が停止
- (2) 揺れの確認(圧入基地:加速度705gal、1km離れた基地:715gal)
- (3) 機械管理担当者が、圧入設備を緊急点検し、バルブ類を閉鎖(約5時間後)

2. 地震影響の調査

(1) 関係者による対応の協議

- ・ 10月25日 圧入実証試験WG^(注)を緊急に開催し、対応方針を協議
- ・ 10月27日 研究推進委員会を開催し、対応方針を承認
- ・ 11月1日 再度WGを開催し、上記対応方針に基づき調査計画を立案

(注)貯留事業の中心的な役割を果たした「二酸化炭素地中貯留技術研究開発研究推進委員会」の下に設置。

<10月25日WGにおいて取りまとめられた対応方針(基本方針)>

貯留層の状況把握と健全性確認のために、平成16年11月の中～下旬を目途に、項目を追加した物理検層と、坑井間弾性波トモグラフィを行う。

圧入設備についての点検・整備を実施する。

圧入の再開は、圧入設備・坑井の健全性、復旧作業、余震の傾向等をみながら、慎重を期して行う。

(2) 地震影響の調査

- ・ 貯留層の状況把握(物理検層:現地調査11月11日～14日)
- ・ 圧入井の健全性確認(坑底の温度・圧力の観測)
- ・ 圧入設備等の復旧作業の確認(外観目視確認、貯槽～圧入井間気密テスト、機器動作確認、貯槽点検:11月16日～18日)
- ・ 坑井間弾性波トモグラフィ調査(CO₂貯留状況の確認:11月20～29日)
- ・ CO₂供給状況の把握(出荷工場の状況、輸送経路の確認)
- ・ 余震の傾向把握

3. 地元自治体への説明と圧入再開

- ・ 長岡市に状況報告(11月19日)
- ・ 長岡市及び越路町に地震影響の調査・観測結果を報告し、再圧入の了承を得る(11月)

30日)

- ・ 圧入を再開(12月6日)

4. 地震発生後の観測データの取得状況

- ・ 圧入井: 坑底の温度・圧力データは欠測なく連続取得(無停電電源装置(UPS)による)。坑口の温度、圧力、圧入レートについては、停電により欠測あり。(約2日分欠測)
- ・ 観測井(3カ所のうち一つ): 坑底の温度・圧力データは欠測なく連続取得(UPSによる)。
- ・ 微動観測: 地震発生後もUPSにより継続的に取得。(ただし、バッテリー切れによると考えられる欠測あり(約1日分欠測))。

5. 【事後検証】長岡での貯留事業の周辺地震活動への影響の検証

この事後検証は、長岡における本実証事業の終了にあわせて、平成19年度末に行われたもの((財)地震予知総合研究振興会「二酸化炭素地中貯留の理解促進に係わる調査研究」)。

- ・ 圧入実験の開始以前の3年間の微小地震発生数は年平均123個であるが、圧入開始後1年間の発生数も120個でほぼ同数であり、少なくとも、圧入実験はこの範囲および期間に於ける微小地震の発生数に影響を及ぼすものではなかったと言える。

(参考9-3) 諸外国における関連規制

1. EUの規制(CCS指令)

第16条において、「重大な異常又は漏洩が生じた場合」について、当局への通知、「是正措置」の実施、が義務づけられている。しかしながら指令の中では、「是正措置」に盛り込むべき具体的な内容・措置、又はその指針は示されていない。

2. 米国UICプログラム・クラス

§146.94において、緊急・緩和措置計画の提出を求めるとともに、CO₂の圧入に伴い、地下飲料水源に危険が生じる恐れがあることを示す証拠が確認された場合の措置として、CO₂圧入停止、漏出の特定のためのあらゆる合理的措置の実施、当局への通知、緊急・緩和措置計画の実施、等を規定している。

10. 二酸化炭素回収・貯留（CCS）研究会これまでの会合開催経緯

平成20年10月30日（木） 9：30 - 11：00

第1回二酸化炭素回収・貯留（CCS）研究会

- 【議題】 本研究会の公開について
本研究会の開催趣旨について
最近のCCSに関する国内外の動向について

平成20年11月 6日（木） 10：00 - 12：00

第1回CCS実施に係る安全基準検討WG・長期的な安全性確保検討WG合同会合

- 【議題】 本WGの公開について
委員の紹介
本WGの開催趣旨について
長岡実証試験の成果と今後の課題
諸外国及び日本のCCSに関連する規制の概要
WGにおける検討を進めるにあたって
その他

平成20年11月19日（木） 10：00 - 12：00

第2回CCS実施に係る安全基準検討WG

- 【議題】 「炭酸ガスの地中貯留〈地質条件設定のための地質情報〉」（佐藤徹委員プレゼンテーション）
「CO₂貯留に関する安全確保について」（長谷川彰委員プレゼンテーション）
その他

平成20年11月25日（火） 10：00 - 12：00

第2回長期的な安全性確保検討WG

- 【議題】 「CCSについて」（熊谷委員プレゼンテーション）
「三菱重工の排ガスからのCO₂回収技術」（CCS研究会本委員会飯島委員プレゼンテーション）
CO₂回収技術とCO₂濃度及び回収の事例について
その他

平成20年12月24日（水） 10：00 - 12：00

第3回CCS実施に係る安全基準検討WG

- 【議題】 「CCS実験における断層、地震」（澤田委員プレゼンテーション）
「CCS事業における地下情報の収集・利用と今後の課題」
その他

平成20年12月26日(金) 13:00 - 15:00

第3回長期的な安全性確保検討WG

- 【議題】 「CCS実施に際して、坑井掘削工事に係る安全確保について」(石油資源開発(株)・藤井常務プレゼンテーション)
「帯水層貯留におけるCO₂挙動モニタリング現状と課題」(薛委員プレゼンテーション)
その他

平成21年 1月19日(月) 10:00 - 12:00

第4回CCS実施に係る安全基準検討WG

- 【議題】 「CO₂地中貯留における重要事項」(鹿園委員プレゼンテーション)
「CO₂貯留候補地が備えるべき地質の条件等」
「輸送基準等」
その他

平成21年 1月30日(金) 15:00 - 17:00

第4回長期的な安全性確保検討WG

- 【議題】 「CO₂帯水層貯留における技術課題の現状と今後の取り組みについて」(新日本石油(株)・古宮チーフスタッフによるプレゼンテーション)
「圧入するCO₂の濃度基準等」
「二酸化炭素圧入井掘削、坑井閉鎖に当たっての安全基準等」
その他

平成21年 2月20日(金) 10:00 - 11:30

第5回CCS実施に係る安全基準検討WG

- 【議題】 「CO₂貯留候補地が備えるべき地質の条件等」
「輸送基準等」
「CCS関連施設設置に係る安全確保」
「周辺への影響評価等」
その他

平成21年 2月25日(水) 10:00 - 12:00

第5回長期的な安全性確保検討WG

- 【議題】 「圧入するCO₂の濃度基準等」
「二酸化炭素地中貯留を目的とした坑井の掘削・閉鎖に当たっての安全基準等」
「CO₂圧入・運転時の安全性等」
「貯留開始以降のモニタリング計画に関する事項等」
「異常が発生した場合の採るべき措置等」

その他

平成21年 3月19日(木) 10:00 - 12:00

第6回CCS実施に係る安全基準検討WG

- 【議題】 「CCS関連施設設置に係る安全確保」
「周辺環境への影響評価等」
「CO₂貯留候補が備えるべき地質の条件等」
「輸送基準等」
その他

平成21年 3月30日(月) 10:00 - 12:00

第6回長期的な安全性確保検討WG

- 【議題】 「CO₂圧入・運用時の安全性等」
「モニタリング計画に関する事項等」
「異常が発生した場合の採るべき措置等」
「圧入するCO₂の濃度基準等」
「二酸化炭素地中貯留を目的とした坑井の掘削・閉鎖に当たっての安全基準等」
その他

平成21年4月30日(木) 13:00 - 16:00

第7回CCS実施に係る安全基準検討WG・第7回長期的な安全性確保検討WG合同会合

- 【議題】 「CCSの実施にあたり、安全面・環境面より守るべき指針(仮称)」の統合テキスト(案)について
今後の予定について
その他

平成21年5月1日~平成21年5月31日

「CCSの実施にあたり、安全面・環境面より守るべき指針(仮称)」にかかるパブリックコメント

平成21年7月3日(金) 16:00 - 18:00

第2回二酸化炭素回収・貯留(CCS)研究会

- 【議題】 「CCSを実施する際に安全面・環境面から遵守することが望ましい基準(案)」について
その他

1.1. 委員名簿等

二酸化炭素回収・貯留（CCS）研究会委員

（50音順、敬称略）

赤井 誠	（独）産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 主幹研究員
飯嶋 正樹	三菱重工業(株) プラント・交通システム事業センター 環境プラント部 主席プロジェクト統括
大野 健二	（独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）石油開発技術本部 R&D推進部長
<u>茅 陽一</u>	（財）地球環境産業技術研究機構 副理事長・研究所長 東京大学 名誉教授
佐藤 光三	東京大学大学院工学系研究科 教授
白山 義久	京都大学フィールド科学教育研究センター長瀬戸臨海実験所 所長・教授
関根 和夫	日本CCS調査(株) 業務企画部長
田中 彰一	東京大学 名誉教授
高見 佳宏	電気事業連合会 技術開発部長
松橋 隆治	東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授
村井 重夫	（財）地球環境産業技術研究機構 CO ₂ 貯留研究グループ グループリーダー
山口 光恒	東京大学先端科学技術研究センター 特任教授
山田 健司	新日本製鐵(株) 環境部長

CCS実施に係る安全基準検討WG委員

（50音順、敬称略）

岩田 章裕	電気事業連合会 技術開発部 副部長
佐藤 徹	石油資源開発(株) 開発本部貯留層開発部長
澤田 義博	（財）地震予知総合研究振興会 地震防災調査研究部長
鹿園 直建	慶應義塾大学理工学部応用化学科 教授
長谷川 彰	出光興産(株) 執行役員 環境安全部長
松岡 俊文	京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 教授
<u>松橋 隆治</u>	東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授
村井 重夫	（財）地球環境産業技術研究機構 CO ₂ 貯留研究グループ グループリーダー
柳 憲一郎	明治大学法科大学院法務研究科 教授

長期的な安全性確保検討WG委員

（50音順、敬称略）

北村 喜宣	上智大学法学部・法科大学院 教授
熊谷 司	日揮(株) 第2プロジェクト本部 グループリーダー

佐藤 光三 東京大学大学院工学系研究科 教授
島本 辰夫 国際石油開発帝石(株) 技術本部 技術推進ユニット コーディネーター
薛 自求 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 講師
高見 佳宏 電気事業連合会 技術開発部長
(平成21年2月~)
當舎 利行 産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門 グループリーダー
福島 透 電気事業連合会 技術開発部長
(平成21年1月まで)

下線は、研究会及び各WGの座長。

(オブザーバー)

古宮 耕二 新日本石油株式会社研究開発本部研究開発企画部 R & D 企画グループ
チーフスタッフ
佐藤 徹 東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授
藤井 健 石油資源開発株式会社常務執行役員
環境省地球環境局環境保全課
経済産業省資源エネルギー庁石油・天然ガス課
経済産業省資源エネルギー庁石炭課
経済産業省原子力安全・保安院鉱山保安課

(事務局)

(財)エネルギー経済研究所(平成20年12月~平成21年3月)
経済産業省産業技術環境局地球環境技術室