

添付書類-2

特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄する海域の特定二酸化炭素ガスに起因する汚染状況の監視に関する計画に係る事項

目 次

1. 監視の全体計画	1
2. 通常時監視に係る事項	4
2.1 監視の方法	4
(1) 特定二酸化炭素ガスの状況に関する事項	4
① 海底下廃棄実施期間に海底下廃棄をした特定二酸化炭素ガスの数量	4
② 特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄をしている海域において海底下廃棄をされ ていると推定される特定二酸化炭素ガスの数量	4
③ 特定二酸化炭素ガスに含有される物質ごとの当該特定二酸化炭素ガス中に 占める割合又は濃度	4
④ 特定二酸化炭素ガスの圧入圧力及び速度並びに圧入時の温度等の圧入条件の 経時的变化の概要	5
(2) 海域の状況に関する事項	5
① 特定二酸化炭素ガスの圧入等による地層内圧力及び温度の変化等の地層及び 地質の状況並びに特定二酸化炭素ガスの位置及び範囲等	5
② 海水の化学的性状	9
ア) 通常時監視	9
a. 採水による水質分析	10
b. 多項目センサーによる鉛直観測	11
c. 採水による底質分析	11
d. クロロフィルa および栄養塩類の分析	11
イ) 確認調査	11
a. 現地概況調査	12
i) 採水再調査	12
ii) センサー調査	12
iii) 気泡確認調査	12
b. 現地詳細調査	12
i) 採水再々調査	12
ii) 気泡確認詳細調査	13
iii) 気泡採取調査	13
③ 海洋生物及び生態系並びに海洋の利用の状況	13
ア) 海洋生物の状況	13
イ) 生態系の状況	14
ウ) 海洋の利用の状況	14

2. 2 監視の実施時期及び頻度	15
(1) 特定二酸化炭素ガスの状況に関する事項	15
① 海底下への廃棄量	15
② 廃棄した特定二酸化炭素ガスに含まれる二酸化炭素並びに不純物の濃度	15
③ 特定二酸化炭素ガスの圧入圧力及び速度並びに圧入時の温度等の圧入条件の 経時的变化	15
(2) 海域の状況に関する事項	15
① 特定二酸化炭素ガスの圧入等による地層内圧力及び温度の変化等の地層及び 地質の状況並びに特定二酸化炭素ガスの位置及び範囲等	15
ア) 特定二酸化炭素ガスの圧入等による地層内圧力及び温度の変化等の地層及び 地質の状況	15
a. 通常時監視	15
b. 確認調査	16
c. 懸念時監視への移行等	16
イ) 特定二酸化炭素ガスの位置及び範囲等	17
② 海水の化学的性状	17
ア) 通常時監視	17
a. 海水の化学的性状による調査の移行基準	18
イ) 確認調査	19
a. 現地概況調査	19
b. 現地詳細調査	20
③ 海洋生物及び生態系並びに海洋の利用の状況	20
3. 懸念時監視に係る事項	21
3. 1 監視の方法	21
(1) 海底下廃棄をした地層内の圧力及び温度の経時的变化並びに海底下廃棄をし た地層の状態並びに特定二酸化炭素ガスの位置及び範囲等	21
(2) 海水の化学的性状並びにその他特定二酸化炭素ガスの状況及び海域の状況を 把握するために必要な項目	22
3. 2 監視の実施時期及び頻度	22
(1) 海底下廃棄をした地層内の圧力及び温度の経時的变化並びに海底下廃棄をし た地層の状態並びに特定二酸化炭素ガスの位置及び範囲等	22
(2) 海水の化学的性状並びにその他特定二酸化炭素ガスの状況及び海域の状況を 把握するために必要な項目	23
4. 異常時監視に係る事項	24
4. 1 監視の方法	24
(1) 海底下廃棄をした地層内の圧力及び温度の経時的变化及び海底下廃棄をした	

地層の状態並びに海底下廃棄をした特定二酸化炭素ガスの状態の詳細	24
(2) 海水の化学的性状並びにその他特定二酸化炭素ガスの状況及び海域の状況を把握するために必要な項目	24
(3) 海洋生物及び生態系並びに海洋の利用の状況	25
① 海洋生物の状況	25
② 生態系の状況	25
③ 海洋の利用の状況	25
4. 2 監視の実施時期及び頻度	25
(1) 海底下廃棄をした地層内の圧力及び温度の経時的变化及び海底下廃棄をした地層の状態並びに海底下廃棄をした特定二酸化炭素ガスの状態の詳細	26
(2) 海水の化学的性状並びにその他特定二酸化炭素ガスの状況及び海域の状況を把握するために必要な項目	26
(3) 海洋生物及び生態系並びに海洋の利用の状況	26
① 海洋生物の状況	26
② 生態系の状況	26
③ 海洋の利用の状況	26

1. 監視の全体計画

監視は、特定二酸化炭素ガスの廃棄が計画に従い安全に行われていること、廃棄された特定二酸化炭素ガスが予定した位置に確実に貯蔵されていること、廃棄海域における海洋環境への影響が事前の予測・評価の範囲に収まっていることを確認するために行う。また、海底下での特定二酸化炭素ガスの貯蔵の状態に影響を及ぼすことが懸念される特別な事情が発生した場合に備え、漏出が生じていること、または漏出のおそれが生じていることの確認や、漏出による海洋環境の保全上の障害の程度の把握のための方法についても事前に立案する。したがって本計画は、「通常時監視」、「懸念時監視」および「異常時監視」から構成される。

監視の項目は、大きくは「特定二酸化炭素ガスの状況に関する事項」と「海域の状況に関する事項」があり、後者はさらに「特定二酸化炭素ガスが廃棄された地層の状況」、「廃棄された特定二酸化炭素ガスの位置及び範囲」および「廃棄海域の海洋環境の状況」に分類される。

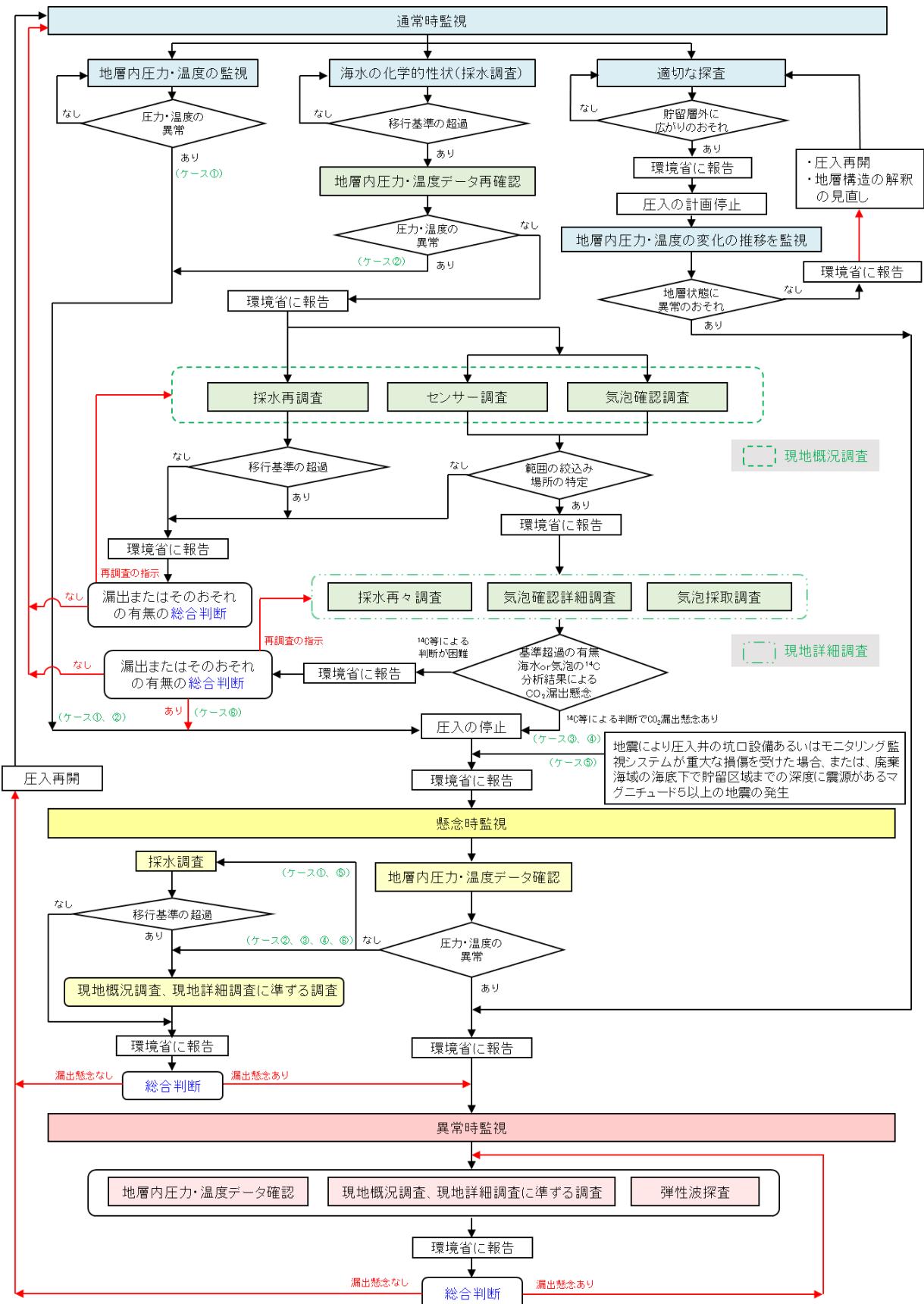
監視の方法としては、「特定二酸化炭素ガスの状況に関する事項」については、廃棄する特定二酸化炭素ガスの分離・回収・圧入基地内に設置されているプロセス計装機器による計測・監視、「特定二酸化炭素ガスが廃棄された地層の状況」については、圧入井および観測井における坑内圧力および坑内温度の計測・監視、「廃棄された特定二酸化炭素ガスの位置および範囲」については、特定二酸化炭素ガスの分布状況や挙動を把握するための適切な探査による調査および観測井における坑内圧力および坑内温度の計測・監視、「廃棄海域の海洋環境の状況」については、海洋環境調査および文献調査ならびにヒアリング調査とする。

監視計画の全体概要を、第 1-1 表に示す。また、監視計画のフロー概要を、第 1-1 図に示す。

なお、この計画は、今後の科学的知見の充実または国際的な動向等を踏まえ、必要に応じて見直しを行う。

第1-1表 監視計画の全体概要

監視項目	①特定二酸化炭素ガスの状況に関する事項			②海域の状況に関する事項						
	廃棄量	濃度	圧入条件	地層内圧力及び温度の変化等の地層及び地質の状況	特定二酸化炭素ガスの位置及び範囲	海水の化学的性状	海洋生物の状況	生態系及び海洋の利用の状況		
監視方法	流量計	アルカリ吸収法及びガスクロマトグラフ分析法	圧入圧力・速度、圧入時の温度	圧入井の圧力・温度	観測井の圧力・温度	適切な探査	観測井の圧力・温度	海洋環境調査	海洋環境調査	文献調査・ヒアリング調査
通常時監視	頻度等	連続監視	定期分析	連続監視	連続監視	連続監視	期間内に2回	連続監視	年1回 必要に応じて確認調査を実施	年1回 許可期間終了年の前年に1回
	報告	年1回	年1回	年1回	年1回	年1回	期間内に2回	年1回	年1回 確認調査の報告は直ちに	年1回 許可期間終了年
懸念時監視	頻度等	運転停止			連続監視	連続監視		連続監視	状況に応じて実施	
	報告				海水の化学的性状と同時	海水の化学的性状と同時		海水の化学的性状と同時	直ちに	
異常時監視	頻度等	運転停止			連続監視	連続監視	速やかに実施	連続監視	状況に応じて実施	状況に応じて実施
	報告				海水の化学的性状と同時	海水の化学的性状と同時	海水の化学的性状と同時	海水の化学的性状と同時	直ちに	直ちに



注: → と赤字は環境省による判断を経ての移行を示す。

第1-1図 通常時・懸念時・異常時監視の移行の流れ

2. 通常時監視に係る事項

2.1 監視の方法

「(1) 特定二酸化炭素ガスの状況に関する事項」は、圧入を行っている場合に行う監視項目であり、「(2) 海域の状況に関する事項」は、圧入を行っている場合および圧入を終了した後の維持管理、監視等のみをする場合の監視項目である。

(1) 特定二酸化炭素ガスの状況に関する事項

① 海底下廃棄実施期間に海底下廃棄をした特定二酸化炭素ガスの数量

特定二酸化炭素ガスの圧入量を流量計にて計測し、CO₂ 分離・回収・圧入基地内の管理棟に設置されている分散形制御システム (Distributed Control System; DCS) にて連続監視、記録するとともに、その積算値を特定二酸化炭素ガスの数量とする。

圧入量を計測する流量計の仕様は第 2.1-1 表の通り。

第 2.1-1 表 圧入量（圧入速度）を計測する流量計の仕様

流量計	使用範囲	(保証範囲) 精度
滝ノ上層少量圧入流量計 (コリオリ式)	0～380kg/h	(24～380kg/h) ±1.1%RD (10～24kg/h) ±2.5%RD (期待値)
滝ノ上層圧入流量計 (超音波式)	0～30,000kg/h	(6,744～30,000kg/h) ±1.0%RD (1,686～6,744kg/h) ±0.2%FS (193.9～1,686kg/h) ±5%RD (期待値)
萌別層圧入流量計 (コリオリ式)	0～30,000kg/h	(3,000～30,000kg/h) ±1.0%RD (1,200～3,000kg/h) ±1.5%RD

注：1. RD (Reading) は、読み値に対する精度を表す。

2. FS (Full Scale) は、最大流量に対する精度を表す。

滝ノ上層少量圧入流量計と滝ノ上層圧入流量計は、高圧 CO₂ 圧縮機出口から滝ノ上層圧入井坑口の間に、並列に設置し、圧入する流量に応じて切り替えて使用する。

萌別層圧入流量計は、第 2 低圧 CO₂ 圧縮機出口から萌別層圧入井坑口の間に設置している。

② 特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄をしている海域において海底下廃棄をされていると推定される特定二酸化炭素ガスの数量

上記 (1) ①と同様の方法で計測する。

③ 特定二酸化炭素ガスに含有される物質ごとの当該特定二酸化炭素ガス中に占める割合又は濃度

特定二酸化炭素ガスに含まれる二酸化炭素の濃度は、「特定二酸化炭素ガスに含まれる二酸化炭素の濃度測定の方法を定める省令（以下、「省令」という）（平成十九年九月十九日環境省令第二十二号）に従い、日本工業規格 K1106 の 4・3・2 に定めるアルカリ吸収法により測定する。

特定二酸化炭素ガスに含有されるその他の物質（水素、窒素、酸素、炭化水素、一酸化炭素）ごとの濃度は、水素・窒素・酸素については日本工業規格 K1106 の 4・3・1(4) 及び(6) (a)，

炭化水素については K0225 の 9, 一酸化炭素については K0225 の 7・1 に定めるガスクロマトグラフ分析法により測定を行う。なお、特定二酸化炭素ガスに含有される二酸化炭素以外の物質は、省令に挙げられている物質（水素、窒素、酸素、炭化水素、一酸化炭素）のみであるため、これらについて測定を行う。

上記の特定二酸化炭素ガスに含まれる二酸化炭素及び二酸化炭素以外の含有される物質ごとの濃度の測定は、CO₂ 分離・回収設備の下流（CO₂ 圧縮設備の上流）のガスをサンプリングし、第三者機関において実施する。

また、CO₂ 分離・回収設備の運転管理のため、定期的に自動でサンプリングし、プロセスガスクロマトグラフ（横河電気株式会社製、GC8000）で分析を行う。分析結果は DCS にて監視、記録する。

④ 特定二酸化炭素ガスの圧入圧力及び速度並びに圧入時の温度等の圧入条件の経時的变化の概要

特定二酸化炭素ガスは、運転計画に従い圧力と速度（圧入量）を適確に制御しながら圧入する。

圧入圧力および速度（圧入量）ならびに圧入時の温度等の圧入条件は、それぞれ該当するプロセス計装機器で計測し、そのデータは DCS にて監視、記録する。

圧入前の圧力と温度は、CO₂ 圧縮機出口と圧入井坑口の間に設置されている圧力計と温度計で監視する。貯留層内の圧力と温度は、圧入井の遮蔽層最下部付近に設置した温度・圧力センサー（P/T Sensor）により監視する。圧入速度（圧入量）を計測する流量計については上記①にて記載の通り。圧入速度（圧入量）の制御は圧入井坑口で監視する圧力値にて行う。一方、圧入圧力の異常の判断は、圧入井の遮蔽層最下部付近で監視する圧力値にて行う。

（2）海域の状況に関する事項

① 特定二酸化炭素ガスの圧入等による地層内圧力及び温度の変化等の地層及び地質の状況並びに特定二酸化炭素ガスの位置及び範囲等

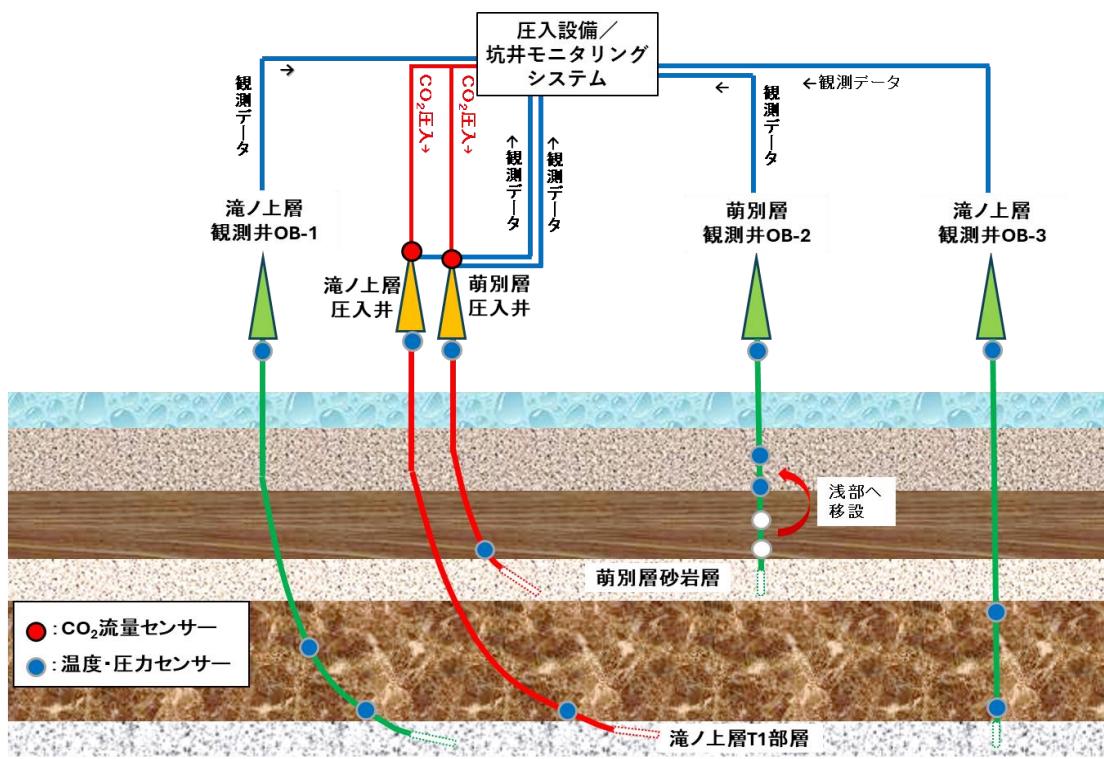
特定二酸化炭素ガスの圧入等による地層内圧力及び温度の変化等の地層及び地質の状況を監視する方法として、本計画では、2 坑の圧入井での地層内圧力および温度の観測に加え、3 坑の観測井による地層内圧力および温度の観測を実施する。観測井での観測データは、海底下地層に廃棄した特定二酸化炭素ガスの広がりの監視にも活用される（第 2.1-1 図）。

圧入井の観測データは専用の光ケーブルによって、観測井の観測データは公衆回線を利用して、坑井モニタリングシステムに送信され、監視、記録される。

なお、圧入井の圧入区間周辺の地層内圧力および温度については、圧入井の遮蔽層最下部付近に設置され運用されている正副 2 基の温度・圧力センサー（P/T Sensor）および坑井モニタリングシステム（第 2.1-1 図）によって観測するが、仮に同時に観測できなくなる事態が発生した場合には、観測井の連続監視の継続、および、圧入井坑口での連続観測に加えてスリックラインによる圧力・温度の定期測定を実施することで対応することを計画している。なお、圧入井は高傾斜井であることから、スリックラインによる測定にあたっては、事前に

降下荷重を主とした坑内調査により安全な降下可能深度を把握し、また、環境省を含めた関係各所と協議をして、安全かつ確実に貯留層深度の圧力・温度を把握できる測定方法を検討した上で実施する。

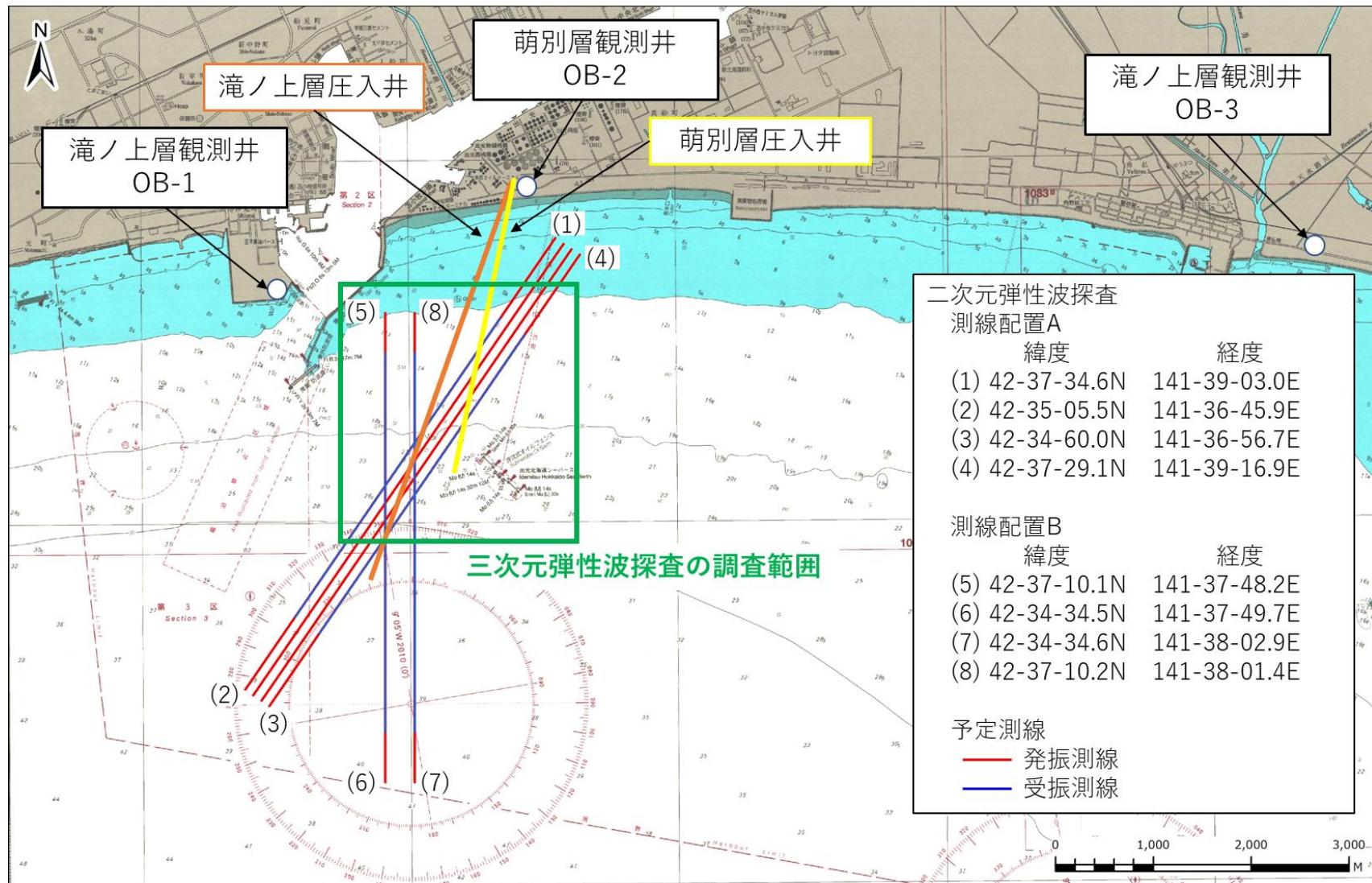
また、観測井OB-2については、各種センサーを貯留層深度から約500m浅部の深度に移設したことにより、坑内温度は貯留層深度の温度から乖離した観測値となったが、圧力は坑底部の圧力変動を反映した圧力変動を観測している。圧入井と観測井の圧力変動を比較することで、観測される圧力変動が貯留区域で起こっている現象であるか貯留層全体で起きている現象であるかの判断に活用できることから、連続的な監視を継続することとする。



第2.1-1図 坑井モニタリングシステムの概要

また、海底下地層に廃棄した特定二酸化炭素ガスの分布状況や挙動を把握するための手段として、定期的に適切な探査を実施する。弾性波探査を実施するとしたら、三次元弾性波探査は、第2.1-2図に示す緑枠の範囲で、二次元弾性波探査は、第2.1-2図に示す(1)～(8)の測線配置等で、それぞれ海底受振ケーブル（Ocean Bottom Cable; OBC）を受振器として使用し、エアガン発振によりデータを取得する。二次元弾性波探査のデータでは、三次元弾性波探査のデータに比べ、CO₂の面的な分布状況を把握することは困難であるが、測線方向へのCO₂の広がりを確認することが可能である。圧入しない場合には弾性波探査による特定二酸化炭素ガスの挙動確認は差分が抽出されないことも想定されるが、弾性波探査は貯留した地層に新たな漏洩経路が形成されていない等の状況を確認するには有効である。

併せて圧入井での地層内圧力および温度の連続観測や、圧入地点を含む海域での定期的な海洋モニタリングにより、圧入が計画に沿って実施され、総合的な判断として漏洩がないことの監視とする。



注：海上保安庁発行の海図（W1036）に加筆

第 2.1-2 図 弹性波探査（三次元と二次元）の調査位置

参考 各観測井に設置されている各センサーの設置深度及び仕様

センサー名 【測定項目】	萌別層 観測井 OB-2 (垂直井)		滝ノ上層 観測井		備考		
	2024年9月 まで	2025年1月 以降	OB-1 (傾斜井)	OB-3 (垂直井)	センサー 仕様	測定 精度	分解能
	設置深度	設置深度	設置深度	設置深度			
DTS 【温度】	0~902m (10m 毎に 計測)	0~452m (10m 毎に 計測)	0.0~2, 295m (10m 毎に 計測)	0.0~1, 746m (10m 毎に 計測)	連続式光ファ イバ 温度センサー (Distributed Temperature Sensor)	±1°C	0.15°C (3km 長に 対して)
FBG 【温度・圧力】	902m	452m	2, 295m (垂直深度 2003m)	1, 746m	光ファイバ回 折 格子温度セン サー	±1°C ±0.5MPa	0.01°C 0.005MPa
半導体 ^{注1)} (電流制御型) 【圧力】	902m	452m	2, 295m (垂直深度 2003m)	1, 746m	Silicon on Silicon 素子 圧力センサー	±0.5MPa	無限小
PPS ^{注2)} 【温度・圧力】	929m	478m	2, 611. m (垂直深度 2238m)	2, 153m	Silicon on Saphia 素子温 度センサー	±0.5°C ±0.03MPa	0.01°C 0.0003MPa

注1) 半導体センサーは、2020年度にデータ送信方式について仕様変更（電圧伝送型から電流伝送型へ）を実施

注2) PPS は高精度センサーとして 2020 年度に新規追加 (圧入井 PT センサーと精度は同等)

参考 各観測井仕上げ坑内図

② 海水の化学的性状

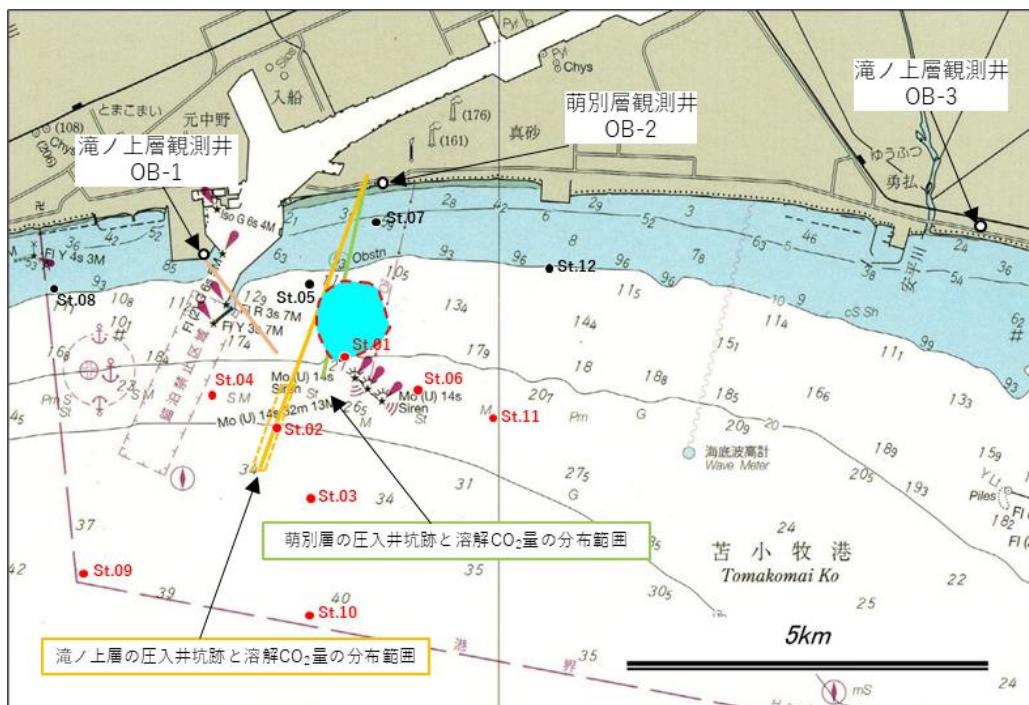
ア) 通常時監視

特定二酸化炭素ガスの圧入前に行った海域のベースライン調査（2013～2014年に実施）で行った12測点のうち、移行基準の調査を行うSt. 01, St. 02, St. 03, St. 04, St. 06, St. 09, St. 10およびSt. 11の8測点（第2.1-3図および第2.1-2表）において、ベースライン調査と同様に採水による水質分析および多項目センサーによる鉛直観測を行う。

また、必要性を鑑みて自主調査として、採泥による底質分析を行う。

また、上記8測点において、2017年から行っているクロロフィルaおよび栄養塩類の分析を行う。

なお、以下の観測を実施する際には、海面への気泡上昇の有無を船上より目視で確認し、また、水中カメラを海底面まで垂下して海底面からの気泡の有無を船上のモニターより目視で監視する。



注：海上保安庁発行の海図（W1034）に加筆

■ CO₂プルーム：30万トン圧入（1000年後）^[1]

第2.1-3図 海水の化学的性状の調査海域と測点位置

（赤点：St. 01, St. 02, St. 03, St. 04, St. 06, St. 09, St. 10
およびSt. 11）

[1] 「特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄に関する実施計画に係る事項」の第4.5-46図（溶解CO₂量分布（P10）モデル（圧力上昇量が高くなる確率が10%以下のモデル））

第 2. 1-2 表 海水の化学的性状の調査測点の緯度経度

調査測点	緯度	経度
St. 01	北緯 42° 36' 30"	東経 141° 38' 28"
St. 02	北緯 42° 35' 59"	東経 141° 37' 46"
St. 03	北緯 42° 35' 26"	東経 141° 38' 07"
St. 04	北緯 42° 36' 14"	東経 141° 37' 07"
St. 06	北緯 42° 36' 15"	東経 141° 39' 13"
St. 09	北緯 42° 34' 53"	東経 141° 35' 49"
St. 10	北緯 42° 34' 34"	東経 141° 38' 06"
St. 11	北緯 42° 36' 03"	東経 141° 40' 00"

注: 世界測地系 WGS84

a. 採水による水質分析

採水層は、表層（海面下 0.5m），上層（海面下 5m），下層（海底面上 5m）および底層（海底面上 2m）とする。水質分析項目は、塩分、溶存酸素（Dissolved Oxygen; DO）、全炭酸、アルカリ度および硫化物イオン濃度とする。水質分析方法を、第 2. 1-3 表に示す。

なお、採水は風速 10m 以下、波高 1m 以下の条件下で行うことを基本とする。停船の際には、原則投錨は行わず、潮で流された場合は船長と連携し、微修正を行い、所定の位置に船位を安定させる。ただし、気象・海象条件により投錨しなければならない場合、投錨後、一定時間が経過した後に採水する等、投錨の影響がでないよう採水を実施する。また、採水時の位置を GPS で記録する。その他、採水準備作業および採水作業については、「海底下 CCS 事業に係る監視計画のあり方について」の「(別紙 4) 海底下 CCS 事業に係る監視計画における海水の化学的性状調査の作業手順及び採水プロトコル等について」に準じて実施する。

採水時の気象として、天候、気温、湿度および風向・風速を観測して記録する。採水時の海象として、波向・波高、表面水温、水色、透明度および流向・流速を観測して記録する。

第 2. 1-3 表 水質分析方法

分析項目	分析法	参考文献
塩分	海洋観測指針 5.3.4.2	海洋観測指針(気象庁: 1999)
溶存酸素 (DO)	ワインクラー法 海洋観測指針 5.4	海洋観測指針(気象庁: 1999)
全炭酸	リン酸添加、電量滴定法 ・参考物質 (Reference material for oceanic CO ₂ measurements) による分析精度管理	Dickson AG, Sabine CL and Christian JR (eds.) (2007). Guide to best practices for ocean CO ₂ measurements. PICES Special Publication 3, 191 pp.
アルカリ度	改良グラントプロット法 ・参考物質 (Reference material for oceanic CO ₂ measurements) による分析精度管理	Dickson AG and Goeyet C (1994). DOE Handbook of methods for the analysis of the various parameters of the carbon dioxide system in sea water; version 2, ORNL/CDIAC-74, Dep. of Energy, Washington, D.C.
硫化物イオン濃度	ガスクロマトグラフによる GC-FPD 法	環境省告示第 9 号別表第 2 第 3(昭和 47 年)

b. 多項目センサーによる鉛直観測

温度, 塩分, DO および水素イオン濃度指数 (pH) を 0.5m 間隔で観測する。

c. 採泥による底質分析

採取した底質は、船上にて速やかに泥色の観察を行い、pH および酸化還元電位を測定する。底質分析項目は、全有機炭素、無機炭素、硫化物および含水率とする。底質分析方法を、第 2.1-4 表に示す。

なお、採泥による底質分析は、必要性を鑑みて自主調査として行うものである。

第 2.1-4 表 底質分析方法

分析項目	分析法	参考文献
全有機炭素	塩酸による前処理後、全有機炭素を CHN 元素分析で測定	底質調査方法 (H24.8) II 4.10
無機炭素	全炭素量 (TC) - 全有機炭素量 (TOC)	底質調査方法 (H24.8) II 4.10
硫化物	亜鉛アンミン溶液で現地固定後、よう素滴定法	底質調査方法 (H24.8) II 4.6
含水率	110±5°C の炉乾燥による方法	日本規格協会 (2009) JIS A 1203:2009

d. クロロフィル a および栄養塩類の分析

採水層は、表層（海面下 0.5m）および底層（海底面上 2m）とする。分析項目は、クロロフィル a、栄養塩類は、全リン、全窒素およびケイ酸態ケイ素とする。分析方法を、第 2.1-5 表に示す。クロロフィル a、栄養塩類は、海洋生物の状況の監視項目のプランクトンのうち、植物プランクトンの現存量と関係があり、照らし合わせて確認する際に用いる。

第 2.1-5 表 クロロフィル a および栄養塩類の分析方法

分析項目	分析法	参考文献
クロロフィル a	吸光光度法	日本海洋学会 (2008). 沿岸環境調査マニュアル II [水質・微生物篇], 恒星社厚生閣, 東京, 400pp.
全リン	オートアナライザーによる流れ分析	日本規格協会 (2013). 工場排水試験方法. JIS K 0102.
全窒素	オートアナライザーによる流れ分析	日本規格協会 (2013). 工場排水試験方法. JIS K 0102.
ケイ酸態ケイ素	吸光光度法	日本海洋学会 (2008). 沿岸環境調査マニュアル II [水質・微生物篇], 恒星社厚生閣, 東京, 400pp.

① 確認調査

現地概況調査と現地詳細調査に区分し、現地概況調査では、採水再調査、センサー調査および気泡確認調査を実施する。現地詳細調査では、採水再々調査、気泡確認詳細調査を実施し、必要に応じて気泡採取調査を実施する。

なお、移行基準の超過が複数の調査測点で観測された場合、現地概況調査が広範囲にわたる可能性がある。このようなケースでは、現地概況調査の調査範囲設定に、海底下の地質情

報やシミュレーションによる漏出懸念点の存在範囲の推定を、必要に応じて検討し活用する場合もある。

a. 現地概況調査

i) 採水再調査

移行基準を超えた調査測点と移行基準を超えてなかった調査測点から選択する対照点において、通常時監視における調査項目のうち、採水による水質分析と多項目センサーによる鉛直観測を行う。本調査での採水においては、表層、上層および下層については1回の採水とするが、底層については当該測点における現場濃度について信頼性の高い観測値を得るため5回以上の採水を行い、分析結果の平均値について、移行基準の超過の有無を確認する。

ii) センサー調査

移行基準を超えた調査測点を中心とした $1\text{km} \times 1\text{km}$ 程度の範囲について、漏出懸念点の存在範囲を絞り込むことを目的とした、船舶での pH センサーによる面的な調査を行う。海底近傍（海底面上約 2m）で pH センサーによる観測を行う。観測線の間隔は 100m 以内（約 100m）とし、観測線には約 100m 間隔の測点を設定する（観測線は、等深線に可能な限り平行に設ける）。観測は、観測線上の各測点で一旦停船して海底近傍の pH を測定し、観測線上の次の測点へ移動した後再度停船して、同様の測定を繰り返して行う断続的な曳航観測を実施する。また、CTD（水温、塩分および圧力）による測定も同時に実施する。

iii) 気泡確認調査

移行基準を超えた調査測点を中心とした $1\text{km} \times 1\text{km}$ 程度の範囲について、海底面からの気泡の発生の有無の確認を目的とした、サイドスキャンソナーによる観測を行う。観測線の間隔は 100m 以内とする。さらに必要に応じて、海底面下浅深部における気泡だまりの有無の確認を目的とした、サブボトムプロファイラーによる観測も行う。

b. 現地詳細調査

i) 採水再々調査

現地概況調査のセンサー調査において、pH の不均一な分布が観測された場合は、観測された分布異常範囲の大きさに合わせて、この範囲内に 1 点あるいは複数点、また、対照点として分布異常範囲外の沖側 1 地点を調査測点として設定し、採水再調査と同様の手法で、採水による水質分析と多項目センサーによる鉛直観測を行う。

現地概況調査の気泡確認調査において、気泡の発生が観測された場合は、気泡確認地点、また、対照点として気泡確認地点以外の沖側 500m 以上離れた 1 地点を調査測点として設定し、採水再調査と同様の手法で、採水による水質分析と多項目センサーによる鉛直観測を行い、移行基準の超過の有無を確認する。

なお、採水再々調査は、第三者機関において、または、第三者機関の協力・指導の下、採水・分析を行う。

また、採水再々調査では、設定した全ての調査測点の底層で、放射性炭素分析（以下、「¹⁴C 分析」と称する）のための採水を実施する。

ii) 気泡確認詳細調査

現地概況調査のセンサー調査において pH の不均一な分布が観測された場合は、観測された分布異常範囲において、また、気泡確認調査において気泡の発生が観測された場合は、気泡確認地点の周辺において、遠隔操作無人探査機（Remotely Operated Vehicle; ROV）による水中カメラ撮影を行い、撮影映像から気泡の発生状況を詳細に調査する。

iii) 気泡採取調査

気泡確認詳細調査により気泡の発生が観測された場合は、可能な限り、気泡を採取し、成分分析を行う。成分分析の結果、CO₂ 濃度が著しく高い場合は、さらに ¹⁴C 分析を行う。

③ 海洋生物及び生態系並びに海洋の利用の状況

ア) 海洋生物の状況

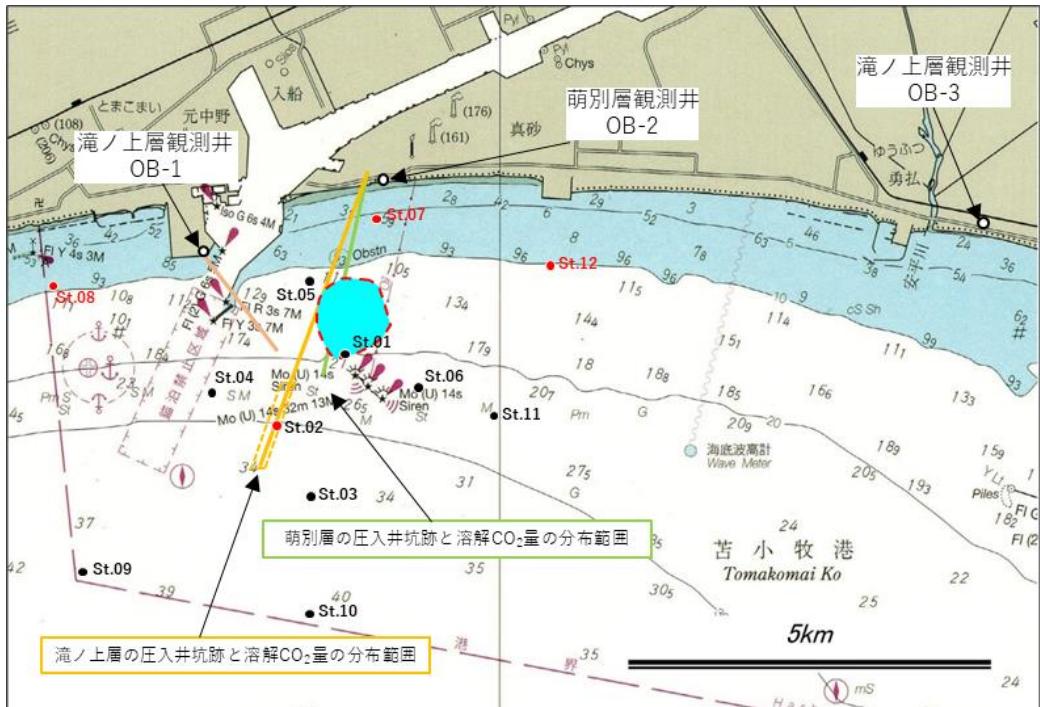
採水による水質分析と同じ St. 01, St. 02, St. 03, St. 04, St. 06, St. 09, St. 10 および St. 11 の 8 測点（第 2.1-3 図および第 2.1-2 表）において実施する。監視項目は、プランクトンおよびウバガイとする。

また、必要性を鑑みて自主調査として、メイオベントス、マクロベントス、メガロベントスの調査を行う。

プランクトンは、植物プランクトンおよび動物プランクトンを対象として、「海洋観測指針（気象庁、1990 年）」および「海洋調査技術マニュアル 海洋生物調査編（海洋調査協会、2006 年）」を参考に採取および前処理を行い、出現状況を観測する。ウバガイは、ベースライン調査を行った 12 測点のうち、St. 07, St. 08 および St. 12 の 3 測点（第 2.1-4 図および第 2.1-6 表）において、分布密度の観測と、St. 05, St. 07 および St. 12 に近い海域の 1 測点において、生息状況の調査を行う。メイオベントスおよびマクロベントスは、採泥器によって採取し、出現状況を確認する。メガロベントスは、ROV による水中カメラ観測方法を用いて、出現状況を確認する。なお、ROV 観測を実施する際には、気泡発生の有無を確認する。

監視計画においては、地層（貯留層）の圧力・温度に係るデータが正常値を示していたとしても、採水調査の結果において、移行基準の超過の判定を行っている。移行基準は、生物活動の影響を考慮に入れた指標を用いており、植物プランクトンは大増殖がみられるなど（春季大増殖）、水質調査の結果の解釈に寄与すると考えられ、生物活動の影響と関係するプランクトンを監視項目にして、移行基準による判定、移行基準のデータ追加の見直し等の検討に用いる。

一方、苫小牧はウバガイが特産の水産物であるが、その餌生物であるプランクトンは、ウバガイ調査結果の解釈に資する情報である。



注：海上保安庁発行の海図 (W1034) に加筆

■ CO₂ プルーム : 30 万トン圧入 (1000 年後) ^[1]

第 2.1-4 図 ウバガイの分布密度の調査海域と測点位置
(赤点 : St. 07, St. 08 および St. 12)

第 2.1-6 表 ウバガイの分布密度の調査測点の緯度経度

調査測点	緯度	経度
St. 07	北緯 42° 37' 31"	東経 141° 38' 47"
St. 08	北緯 42° 37' 02"	東経 141° 35' 31"
St. 12	北緯 42° 37' 12"	東経 141° 40' 33"

注：世界測地系 WGS84

イ) 生態系の状況

対象海域における貝類、カニ類、魚類等の生態系の主要構成要素について、水産統計等を利用してこれらの資源変動を監視する。

ウ) 海洋の利用の状況

対象海域の利用状況について、既往文献による調査、関係者へのヒアリング等を用いて海域のベースライン調査における知見からの変化について監視する。

[1] 「特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄に関する実施計画に係る事項」の第 4.5-46 図 (溶解 CO₂ 量分布 (P10) モデル(圧力上昇量が高くなる確率が 10%以下のモデル))

2.2 監視の実施時期及び頻度

「(1)特定二酸化炭素ガスの状況に関する事項」は、圧入を行っている場合に行う監視項目であり、「(2)海域の状況に関する事項」は、圧入を行っている場合および圧入を終了した後の維持管理、監視等のみをする場合の監視項目である。

(1) 特定二酸化炭素ガスの状況に関する事項

① 海底下への廃棄量

特定二酸化炭素ガスの圧入期間中は、特定二酸化炭素ガスの圧入量を DCS にて連続監視、記録するとともに、その積算値を特定二酸化炭素ガスの廃棄量として日ごとおよび月ごとに集計する。

これらの値について、海底下廃棄期間（以下、「貯留期間」と称する）のうち、圧入期間の単位期間ごとにとりまとめ、遅滞なく環境大臣に報告する。

② 廃棄した特定二酸化炭素ガスに含まれる二酸化炭素並びに不純物の濃度

特定二酸化炭素ガスの圧入期間中は、第三者機関による分析（計量証明書と同様の記載内容が記された試験結果報告書による）を、年1回（9月頃）行う。なお、第三者機関による分析は、定期的な分析の他に運転状況により必要に応じて実施する。

また、CO₂分離・回収設備の運転管理のため、定期的に自動でサンプリングし、プロセスガスクロマトグラフによる分析も行う。この分析結果は、DCS にて監視、記録し、特定二酸化炭素ガスの判定基準に適合した濃度管理範囲に収まるように、CO₂分離・回収設備の運転を行う。

年1回以上行う第三者機関による分析結果は、圧入期間の単位期間ごとにとりまとめ、遅滞なく環境大臣に報告する。

③ 特定二酸化炭素ガスの圧入圧力及び速度並びに圧入時の温度等の圧入条件の経時的变化

特定二酸化炭素ガスの圧入期間中は、圧入圧力および速度（圧入量）ならびに圧入時の温度等の圧入条件を、それぞれ該当するプロセス計装機器で連続的に計測し、そのデータは DCS にて監視、記録する。

これらの値について、圧入期間の単位期間ごとにとりまとめ、遅滞なく環境大臣に報告する。

(2) 海域の状況に関する事項

① 特定二酸化炭素ガスの圧入等による地層内圧力及び温度の変化等の地層及び地質の状況並びに特定二酸化炭素ガスの位置及び範囲等

ア) 特定二酸化炭素ガスの圧入等による地層内圧力及び温度の変化等の地層及び地質の状況

a. 通常時監視

特定二酸化炭素ガスの廃棄期間中は、圧入井および観測井の坑内に設置された温度・圧力センサーの観測値を、CO₂ 分離・回収・圧入設備内の管理棟に設置されている坑井モニタリング監視システムにて連続監視、記録する。大規模地震などが近傍で生じ CO₂ 漏洩が懸

念されるような貯留層への応力変化が生じた場合には、圧入井および観測井に設置したセンサーによる連続監視で CO_2 が貯留されている地層の圧力と温度の変化を捉えることで CO_2 漏洩が検知できる可能性が高いことから、これらの値について、貯留期間の単位期間ごとにとりまとめ、遅滞なく環境大臣に報告する。

b. 確認調査

通常時監視における採水調査の結果、移行基準の超過が確認された場合、圧入井および観測井における圧力・温度データの再確認を行う。

c. 懸念時監視への移行等

a., b. における坑内圧力または坑内温度の監視で、あらかじめ設定する範囲（第 2.2-1 表）から外れた場合や事前に予測した挙動から外れた急な変化が観測された場合は、漏出のおそれが生じていることを類推させる事象と考えられるため、通常時・懸念時・異常時監視の移行の流れ（第 1-1 図）に従って、懸念時監視体制に移行するとともに、直ちに環境大臣に報告を行う。なお、圧入終了後は、別途定める貯留層管理要領にて監視を行う。

また、坑内圧力と坑内温度の変化範囲の予測および坑内圧力の挙動の予測については、実測した坑内温度圧力データや、圧入実績を考慮した CO_2 挙動予測シミュレーションにより行う。また、これらの予測結果を日々の圧入運転における貯留層の圧力と温度の変化の実測値と比較し、乖離が生じた場合にはパラメータ調整などによるヒストリーマッチングによる地質モデルの修正を行う。あわせて期間内に 2 回実施する適切な探査により特定二酸化炭素ガスの分布範囲を把握し、当該シミュレーションによる予測結果と比較することによる地質モデルの修正を行う。これらは、より正確な挙動予測の実現を目的としたものである。なお、当該シミュレーションによる予測と実績に解離が生じた場合でも常に異常と判断されるものではなく、特定二酸化炭素ガスの貯留層外（遮蔽層）への広がりのおそれが確認された場合等を異常時と判断する。

坑内圧力と坑内温度の変化範囲の予測および坑内圧力の挙動の予測については、圧入の実績を反映して改良した地質モデルによる見直しの結果を、遅滞なく環境大臣に報告する。

第 2.2-1 表 あらかじめ設定する圧入時の坑内温度・坑内圧力の範囲

坑井	坑内温度範囲 (P/T センサー位置)	坑内圧力範囲 (P/T センサー位置)
萌別層圧入井	32. 2～52. 2°C	9. 28～12. 63MPa
滝ノ上層圧入井	78. 7～96. 6°C	32. 78～38. 04MPa

- 注：1. 萌別層圧入井実績値：温度（35. 8～47. 5°C），圧力（9. 28～10. 1MPa）。
2. 滝ノ上層圧入井実績値：温度（87. 4～87. 8°C），圧力（32. 78MPa～37. 0MPa）。
3. 実績値は圧入井ごとに二器ずつ設置した P/T Sensor の平均値を記載。
4. 設定圧力の下限値は初期圧力、上限値は圧入上限圧力とする。
5. 設定温度は圧入量の増や圧入レートの変化などの要因により正常な状況であっても実績値との乖離が生じる可能性があるため、実績値の±10%とする。

イ) 特定二酸化炭素ガスの位置及び範囲等

貯留期間中は、廃棄された特定二酸化炭素ガスの位置および範囲にかかる調査として、適切な探査を第2.2-2表の計画にしたがい、実施する。

探査の実施時期は、関係者との調整により各年度で定める。

第2.2-2表 適切な探査の実施計画

実施時期	実施計画
2027年度	適切な探査手法
2029年度	適切な探査手法

調査の解析結果は、貯留期間の単位期間ごとにとりまとめ、遅滞なく環境大臣に報告する。

解析の結果、特定二酸化炭素ガスの貯留層外（遮蔽層）への広がりのおそれが疑われた場合は、探査の調査実施から解析結果が判明するまでの間に実施されている他の通常時監視項目（地層内圧力及び温度の変化等の地層及び地質の状況、海水の化学的性状）では、懸念時監視への移行に該当する異常値は観測されていない状況にある。したがって、懸念時監視への移行に該当する異常ではないが、直ちに当該結果および対応とその実施時期について環境大臣に報告を行い、対応とその実施時期について、環境省の判断に基づき早急に対応する。次いで、地層内圧力・温度の監視に異常が認められない状況での地層状態の異常のおそれを確認する方法として、坑内の圧力と温度（特に圧力の低下挙動）を注視した観測を行う。観測結果により地層の状態の異常のおそれが類推される場合は、異常時監視に移行する。なお、地層の状態の異常のおそれの判断については、異常が懸念される以前の通常時監視時の圧力低下挙動の解析結果を異常判定の基礎データとし、この基礎データと確認のため行う圧力低下挙動の観測結果を比較し、新たな特定二酸化炭素ガスの流動経路が遮蔽層に発生した可能性などが予想された場合、異常のおそれが類推される。

観測結果により地層の状態の異常のおそれが類推されないと環境省により判断された場合は、通常時監視体制を継続する。この場合、貯留層と遮蔽層の境界が予想と異なるケースなどが考えられることから、探査による地質構造の解釈の見直しに着手するとともに、次の探査で特定二酸化炭素ガスの広がりの変化を確認する。地質構造の解釈（貯留層と遮蔽層の境界）の見直しは、モデルを修正し、CO₂挙動予測シミュレーションを実施するため、4か月程度の期間を要すると考えている。見直したモデルによる当該シミュレーションで、圧入したCO₂の分布や圧入時の圧力挙動を予測することとなり、見直した結果は、その後の特定二酸化炭素ガスの貯留層外（遮蔽層）への広がりのおそれがあるか否かの判断に活用する。

② 海水の化学的性状

ア) 通常時監視

海水の化学的性状の監視における、採水による水質分析および多項目センサーによる鉛直観測は、年1回の頻度で実施する。実施時期は、これまでの観測で平均的な調査結果を示している秋季（10～12月）に実施する。具体的な実施月については関係者との調整により決定

する。自主調査として必要性を鑑みて実施する採泥による底質分析は、許可期間中に1回実施する。調査時期は2029年度秋季を想定しているが、具体的な実施時期については関係者の調整により決定する。

これらの結果は、各調査ごとにとりまとめ、速やかに環境大臣に提出する。

a. 海水の化学的性状による調査の移行基準

2020年度春季調査から2024年度冬季調査までの5年間の四季調査（現地概況調査含む）におけるSt. 01, St. 02, St. 03, St. 04, St. 06, St. 09, St. 10およびSt. 11の8測点の底層（海底面上2m）サンプルの分析で得られる溶存酸素飽和度（D0%）と二酸化炭素分圧（pCO₂：水温、塩分、全炭酸、およびアルカリ度からCO2SYSによる炭酸平衡の関係式^[1]により算出）の累乗近似による曲線関係から、自然変動の予測区間を算出し（第2.2-1図）、この上側99%予測区間を基準とし、ここから上側に外れた値が観測された場合には次のイ)に示す確認調査を実施する。

なお、苦小牧港沖の特定二酸化炭素の海底下廃棄事業においては、2013～2014年度に実施したベースライン調査、および2016年度の圧入開始以降の監視で得られたデータの蓄積があるが、大気中の二酸化炭素濃度の上昇に伴い海水の二酸化炭素濃度も年々上昇しており、ベースライン調査などの過去の二酸化炭素濃度が低い時期の観測データは移行基準のベースとなるデータから除外するべきであると考えられる。一方、自然変動による偏りを抑えるためには、ある程度データ数を確保するのが好ましい。このことより、2020年度春季調査から2024年度冬季調査までの5年間の調査データに基づいて上記の各指標による移行基準を設定することとする。

また、本申請書で示した第2.2-1図については、通常時監視を継続することで毎年蓄積される自然変動のデータを加えて、古い年度のデータを除外することにより、二酸化炭素分圧の経年的な上昇の影響を低減することができるので、データ更新の統計学的な可否について確認した上で、第2.2-1図は適宜見直すこととする。

溶存酸素飽和度と二酸化炭素分圧との関係による調査の移行基準については、「利用可能な最良な技法」（Best available Technologies; BAT）に基づいてより良い管理指標による移行基準がみつかれば、移行基準の変更の申請を検討する。

^[1] Program developed for CO₂ system calculations, ORNL/ CDIAC-105. Oak Ridge: Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy. (Lewis E, Wallace DWR: 1998)

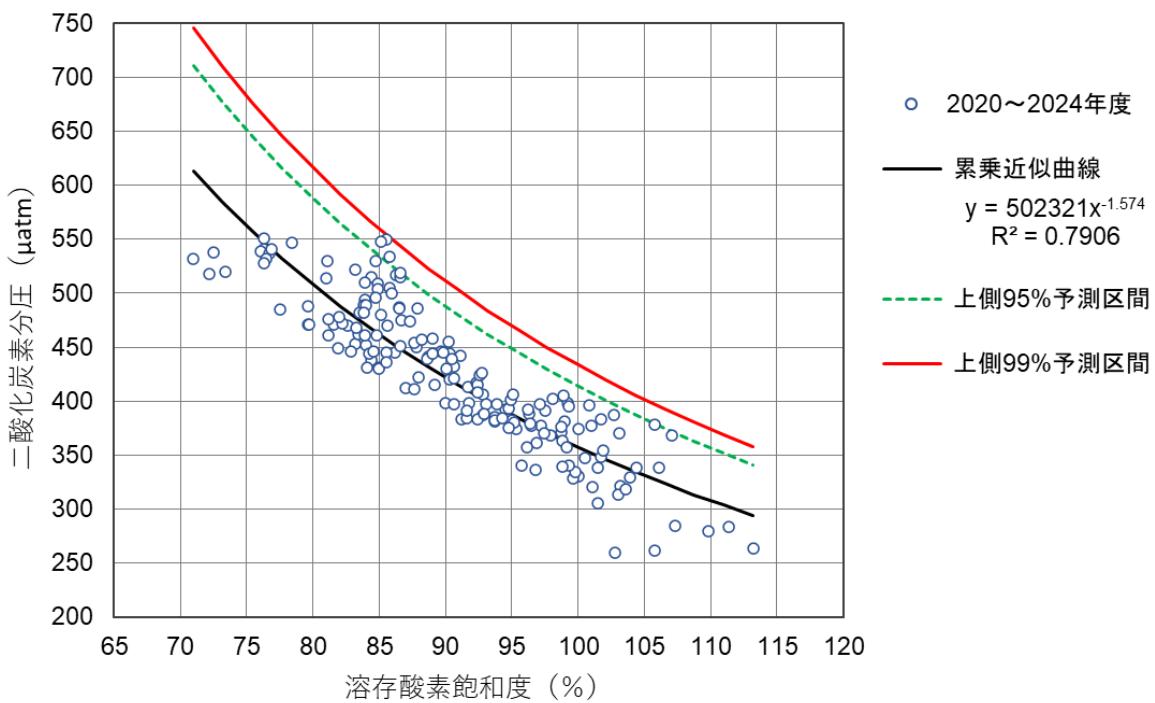
なお、CO2SYSを用いた計算で選択したパラメータは、以下の通り。

(Set of Constants) K_1 , K_2 from Lueker *et al.*, (2000)

(KHSO₄) Dickson

(pH Scale) NBS scale (mol/kg-H₂O)

([B]_T Value) Uppstrom, (1974)



第 2.2-1 図 二酸化炭素分圧 (pCO₂) 対 溶存酸素飽和度 (DO%) の相関による移行基準 (累乗近似による上側 99% 予測区間)

イ) 確認調査

ア) a. で設定した移行基準は、統計的な予測手法に基づく基準であるため、特定二酸化炭素ガスの漏出がなく自然変動に起因する場合においても、基準超過が生じうることが想定される。このため、通常時監視において移行基準を超えた場合、直ちに懸念時監視に移行せず、データの再現性を確認し、基準超過の要因が海底下地層に廃棄した特定二酸化炭素ガスの漏出によるものか、または、自然変動によるものかを確認する必要がある。そこで、通常時監視の結果で移行基準を超えた観測値が得られた場合、まずは 2.2(2)①ア) b. に記載した地層内圧力及び温度に関する確認調査を行い、異常が確認された場合には懸念時監視に移行し、異常が確認されなかった場合には 2.1(2)②イ) にて記載した海水の化学的性状に関する確認調査を行う。確認調査では、まず現地概況調査を実施し、その調査結果を踏まえ、現地詳細調査を実施すべきかを判断する。

a. 現地概況調査

現地概況調査では、採水再調査、センサー調査および気泡確認調査を実施する。

採水再調査において移行基準を超過せず、センサー調査において pH の不均一な分布が観測されず、気泡確認調査において気泡の発生が確認されなかった場合、圧入井・観測井における圧力・温度データと全ての現地概況調査の結果を総合判断として、特定二酸化炭素ガスの漏出またはそのおそれが生じていないと環境省により判断された場合には、確認調査を終了し、通常時監視を継続する。

採水再調査において移行基準を超過したものの、センサー調査において pH の不均一な分布が観測されず、気泡確認調査において気泡の発生が確認されなかった場合、圧入井・

観測井における圧力・温度データと全ての現地概況調査の結果を総合判断として、特定二酸化炭素ガスの漏出またはそのおそれが生じていないと環境省により判断された場合には、確認調査を終了し、通常時監視を継続する。

センサー調査において漏出懸念点の存在範囲が絞り込まれた場合や気泡確認調査において漏出懸念場所が特定された場合には、漏出のおそれの有無についてより詳細に確認するため、現地詳細調査を行う。

b. 現地詳細調査

現地詳細調査では、採水再々調査と気泡確認詳細調査を実施し、必要に応じて気泡採取調査を実施する。

採水再々調査の海水の¹⁴C分析の結果からは特定二酸化炭素ガスの漏出またはそのおそれが生じていないと判断されるが、気泡確認詳細調査において気泡の発生が観測された場合には、気泡採取調査を実施し、観測された気泡が圧入されたCO₂を含むものであるか確認を行う。また、気泡確認詳細調査で新たに気泡の発生が確認された地点が採水再々調査での採水地点と異なる場合、および気泡の発生状況によっては気泡が採取できない場合には、当該範囲において採水再々調査を行う。

海水または気泡の¹⁴C同位体比分析の結果により圧入された特定二酸化炭素ガスの漏出またはそのおそれが生じないと判断した場合は、調査結果を環境省に報告する。圧入井・観測井における圧力・温度データ、現地概況調査結果及び現地詳細調査結果も踏まえた総合判断で、特定二酸化炭素ガスの漏出またはそのおそれが生じないと環境省により判断された場合には、確認調査を終了し、通常時監視を継続する。

海水または気泡の¹⁴C分析の結果により特定二酸化炭素ガスの漏出またはそのおそれが生じていると判断された場合には、懸念時監視に移行する。

確認調査の調査結果は、個別の調査ごとにとりまとめ、直ちに環境大臣に報告する。

③ 海洋生物及び生態系並びに海洋の利用の状況

海洋生物の状況の監視における、プランクトンに係る調査は、採水による水質分析に併せて年1回の頻度で秋季（10～12月）に実施する。具体的な実施月については関係者との調整により決定する。ウバガイの分布密度の観測は採水調査およびプランクトン調査に併せて秋季に実施する。ウバガイの生育状況の調査は年12回行う。

自主調査として必要性を鑑みて実施するメイオベントス、マクロベントス、メガロベントスに係る調査は、許可期間中に1回実施する。調査時期は2029年度秋季を想定しているが、具体的な実施時期については関係者との調整により決定する。

調査結果は、ウバガイの生育状況の調査を除いて、各調査ごとにとりまとめ、遅滞なく環境大臣に報告する。ウバガイの生育状況の調査は、年1回まとめて報告する。

生態系および海洋の利用の状況の監視は、許可期間終了年の前年度（2029年度予定）に1回実施する。これに係る文献調査は4月から9月頃を予定するが、当該年度の最新情報を収集するよう努める。

調査結果は、遅滞なく環境大臣に報告する。

3. 懸念時監視に係る事項

特定二酸化炭素ガスに起因する海洋環境の保全上の障害を生じるおそれのある事象として、圧入井および観測井における圧力および温度について明らかな異常が確認された場合、海水または気泡の¹⁴C分析の結果により特定二酸化炭素ガスの漏出またはそのおそれが生じていると判断される場合および地震（最大加速度 150 ガル以上（震度 5 弱相当））により CO₂ 分離・回収・圧入設備が緊急停止した場合は、状況を適確に把握するため、異常の事象に応じて以下の懸念時監視を実施する。

懸念時監視の結果、海底下に廃棄した特定二酸化炭素ガスの漏出またはそのおそれが生じていないことが環境省により判断された場合、通常時監視に戻る。圧入期間の場合は、圧入を再開する。

3.1 監視の方法

懸念時監視への移行は、以下のケースに分類される。

ケース①：通常時監視において、圧入井・観測井における圧力・温度データの異常が確認された場合

ケース②：通常時監視における確認調査において、圧入井・観測井における圧力・温度データの異常が確認された場合

ケース③：通常時監視における確認調査において気泡の発生が確認されないまま、海水の¹⁴C分析により特定二酸化炭素ガスの漏出またはそのおそれが生じていると判断された場合

ケース④：通常時監視における確認調査において気泡の発生が確認され、海水または気泡の¹⁴C分析により特定二酸化炭素ガスの漏出またはそのおそれが生じていると判断された場合

ケース⑤：地震により圧入井の坑口設備あるいはモニタリング監視システムが重大な損傷を受けた場合、または、廃棄海域の海底下で貯留区域までの深度に震源があるマグニチュード 5 以上の地震が発生した場合

ケース⑥：環境省による総合判断により懸念時監視に移行した場合

全てのケースにおいて、まず地層内の圧力および温度の経時的変化のデータ確認を行う。温度・圧力の異常が確認されなかった場合は、3.1(2)の調査を行い、その結果を合わせ環境省に報告する。

(1) 海底下廃棄をした地層内の圧力及び温度の経時的変化並びに海底下廃棄をした地層の状態並びに特定二酸化炭素ガスの位置及び範囲等

通常時監視と同様の方法とするが、圧入井および観測井における坑内圧力と坑内温度の監視においては、特に坑内圧力および坑内温度の変化の推移を注視することで地層の状態の把握に努める。

(2) 海水の化学的性状並びにその他特定二酸化炭素ガスの状況及び海域の状況を把握するため に必要な項目

ケース①およびケース⑤の場合には、St. 01, St. 02, St. 03, St. 04, St. 06, St. 09, St. 10 および St. 11 の 8 測点について、通常時監視における調査項目のうち、採水による水質分析と多項目センサーによる鉛直観測を行う（採水調査）。本調査での採水においては、表層、上層および下層については 1 回の採水とするが、底層については当該測点における現場濃度について信頼性の高い観測値を得るため 5 回以上の採水を行い、分析結果の平均値について、移行基準の超過の有無を確認する。移行基準を超過した地点が確認された場合は、現地概況調査および現地詳細調査に準ずる調査を行う。

ケース②の場合には、通常時監視における確認調査と同様の手法により調査を行う。

ケース③の場合には、通常時監視における採水再々調査と同様の手法により調査を行い、移行基準の超過の有無を確認する。なお、通常時監視における確認調査において漏出が懸念された測点と、そこから東西南北方向に 100m 離れた 4 地点を、調査測点として設定する。また、通常時監視における気泡確認調査と同様の手法による調査も行うが、通常時監視における確認調査の現地詳細調査において ^{14}C 分析のための採水を行った地点を中心 1km × 1km 程度の範囲を調査範囲とする。上記において気泡の発生が確認された場合は、通常時監視における気泡確認詳細調査および気泡採取調査と同様の手法により調査を行う。

ケース④の場合には、通常時監視における採水再々調査と同様の手法により調査を行い、移行基準の超過の有無を確認する。なお、通常時監視における確認調査において漏出が懸念された測点と、そこから東西南北方向に 100m 離れた 4 地点を、調査測点として設定する。また、通常時監視における確認調査の現地詳細調査において ^{14}C 分析のための採水または気泡採取を行った地点の周辺を調査範囲とし、気泡確認詳細調査および気泡採取調査と同様の手法により調査を行う。

ケース⑥の場合には、通常時監視における採水調査および気泡確認調査、また必要に応じてセンサー調査と同様の手法による調査を基本とするが、調査内容については環境省の指示に従う。

3.2 監視の実施時期及び頻度

懸念時監視は、特定二酸化炭素ガスに起因する海洋環境の保全上の障害を生じるおそれのある事象として、圧入井および観測井における圧力および温度について明らかな異常が確認された場合、海水または気泡の ^{14}C 分析の結果により特定二酸化炭素ガスの漏出またはそのおそれが生じていると判断された場合、および地震（最大加速度 150 ガル以上（震度 5 弱相当））により CO_2 分離・回収・圧入設備が緊急停止した場合、および貯留域を震源とするマグニチュード 4 以上の地震が発生した場合、直ちに実施する。

(1) 海底下廃棄をした地層内の圧力及び温度の経時的变化並びに海底下廃棄をした地層の状態 並びに特定二酸化炭素ガスの位置及び範囲等

圧入井および観測井における坑内圧力と坑内温度の監視を継続し、監視結果の集計/解析状況は、海水の化学的性状の報告時に、直ちに環境大臣へ報告する。

懸念時監視では、坑内の圧力と温度（特に圧力の低下挙動）を注視した観測を行う。観測結果により地層の状態の異常のおそれが類推される場合は、直ちに環境大臣に報告を行う。

懸念時監視での異常の判断は、特定二酸化炭素ガスの坑内の圧力と温度（特に圧力の低下挙動）に注視した観測結果に基づいて短期的に行うものである。異常が懸念される以前の通常時監視時の圧力低下挙動の解析結果を異常判定の基礎データとし、この基礎データと懸念時監視時の圧力低下挙動の観測結果を比較し、新たな特定二酸化炭素ガスの流動経路が遮蔽層に発生した可能性などが予想された場合、異常のおそれが類推される。

圧入井・観測井における圧力・温度データの異常が確認された場合、直ちに異常時監視に移行する。

(2) 海水の化学的性状並びにその他特定二酸化炭素ガスの状況及び海域の状況を把握するために必要な項目

圧入井・観測井における圧力・温度データの異常が確認されなかった場合、速やかに調査を実施する。調査結果は、通常時監視における確認調査と同様に監視段階の移行について判断することとし、海水または気泡の¹⁴C分析を行った結果、発生している事態が特定二酸化炭素ガスの漏出によるものと判断される場合、または、異常な事象の解消が確認できない場合は、異常時監視に移行する。海水または気泡の¹⁴C分析の結果、発生している事態が特定二酸化炭素ガスの漏出によるものではないと環境省により判断された場合、または、異常な事象の解消を環境省により確認された場合は、通常時監視に戻る。

これらの結果は、各回の調査ごとにまとめ、直ちに環境大臣へ報告する。

4. 異常時監視に係る事項

特定二酸化炭素ガスに起因する海洋環境の保全上の障害を生じ、または生ずるおそれが生じていると判断される事象として、通常時監視における探査の解析結果から圧入した特定二酸化炭素の貯留層外への広がりのおそれが生じた場合、懸念時監視において圧入井および観測井における圧力および温度について明らかな異常が確認された場合、懸念時監視における調査結果もしくは海水または気泡の¹⁴C分析の結果、発生している事態が特定二酸化炭素ガスの漏出によるものと判断された場合、または、異常な状態の解消が確認できなかった場合には、海洋環境の保全上の障害の程度を適確に把握するため、または障害を生ずるおそれが生じている場所を特定するため、もしくは異常な状態の解消を確認するため、以下の異常時監視を実施する。

異常時監視の項目の調査結果を総合的に判断し、漏出またはそのおそれが生じていないことが環境省により判断された場合には、通常時監視に戻る。漏出またはそのおそれが生じていないことが環境省により判断されない場合には、異常時監視を継続する。

4.1 監視の方法

異常時監視への移行は、以下のケースに分類される。

ケース①：通常時監視において、探査を行った結果、異常時監視に移行した場合

ケース②：通常時監視における確認調査において圧入井・観測井における圧力・温度データの異常が確認され、懸念時監視において圧入井・観測井における圧力・温度データの異常が確認され、異常時監視に移行した場合

ケース③：異常時監視に移行するまでに気泡の発生が確認されないまま、海水の¹⁴C分析の結果、異常時監視に移行した場合

ケース④：異常時監視に移行するまでに気泡の発生が確認され、海水または気泡の¹⁴C分析の結果、異常時監視に移行した場合

(1) 海底下廃棄をした地層内の圧力及び温度の経時的变化及び海底下廃棄をした地層の状態並びに海底下廃棄をした特定二酸化炭素ガスの状態の詳細

通常時監視と同様に、圧入井および観測井における坑内圧力と坑内温度の監視と弾性波探査により、海底下廃棄をした地層の状態並びに海底下廃棄をした特定二酸化炭素ガスの状態の把握に努める。

(2) 海水の化学的性状並びにその他特定二酸化炭素ガスの状況及び海域の状況を把握するため必要な項目

ケース①の場合には、St. 01, St. 02, St. 03, St. 04, St. 06, St. 09, St. 10 および St. 11 の 8 測点について、通常時監視における調査項目のうち、採水による水質分析と多項目センサーによる鉛直観測を行う（採水調査）。本調査での採水においては、表層、上層および下層については 1 回の採水とするが、底層については当該測点における現場濃度について信頼性の高い観測値を得るために 5 回以上の採水を行い、分析結果の平均値について、移行基準の超過の有無を確認する。移行基準を超過した地点が確認された場合は、採水再々調査と同様の手法により

調査を行う。センサー調査、気泡確認調査についても通常時監視における確認調査と同様の手法により調査を行う。

ケース②の場合には、通常時監視における確認調査と同様の手法により調査を行う。

ケース③の場合には、懸念時監視における採水調査において漏出が懸念された測点と、そこから東西南北方向に100m離れた4地点を、調査測点として設定し、採水再々調査と同様の手法により調査を行う。また、通常時監視における確認調査の現地詳細調査で¹⁴C分析のための採水を行った地点を中心とする1km×1km程度の範囲において、気泡確認調査と同様の手法により調査を行う。気泡確認調査で気泡の発生が確認された場合は、引き続いて気泡確認詳細調査および気泡採取調査と同様の手法により調査を行う。

ケース④の場合には、懸念時監視における現地詳細調査に準ずる調査において漏出が懸念された測点と、そこから東西南北方向に100m離れた4地点を、調査測点として設定し、採水再々調査と同様の手法により調査を行う。また、通常時監視における確認調査の現地詳細調査で¹⁴C分析のための採水または気泡採取を行った地点の周辺において、通常時監視における気泡確認詳細調査および気泡採取調査と同様の手法により調査を行う。

(3) 海洋生物及び生態系並びに海洋の利用の状況

① 海洋生物の状況

海水の化学的性状の監視結果により、海洋環境を保全するために影響を把握する必要があると考えられる場合に行う海洋生物の状況（プランクトンの出現状況およびウバガイの分布密度）の監視は、通常時監視と同様の方法とする。

② 生態系の状況

海水の化学的性状の監視結果により、海洋環境を保全するために影響を把握する必要があると考えられる場合に行う生態系の状況（貝類、カニ類、魚類等の資源変動の状況）の監視は、通常時監視と同様の方法とする。

③ 海洋の利用の状況

海水の化学的性状の監視結果により、海洋環境を保全するために影響を把握する必要があると考えられる場合に行う海洋の利用の状況における変化の監視は、通常時監視と同様の方法とする。

4.2 監視の実施時期及び頻度

異常時監視は、懸念時監視の結果により特定二酸化炭素ガスに起因する海洋環境の保全上の障害を生じ、または生ずるおそれが生じていることが否定できない場合、直ちに実施する。

異常時監視は、海底下に廃棄した特定二酸化炭素ガスの漏出またはそのおそれが生じていないうことが、環境省により判断されるまで継続して行う。

(1) 海底下廃棄をした地層内の圧力及び温度の経時的変化及び海底下廃棄をした地層の状態並びに海底下廃棄をした特定二酸化炭素ガスの状態の詳細

圧入井および観測井における坑内圧力と坑内温度の監視結果の集計/解析状況は、海水の化学的性状の調査報告時に、直ちに環境大臣へ報告する。

弾性波探査の結果は、解析後速やかに環境大臣へ報告する。

異常時監視における弾性波探査の結果、特定二酸化炭素ガスが圧入した貯留層から他の地層に移動していることが疑われた場合は、対応について環境省と協議する。

(2) 海水の化学的性状並びにその他特定二酸化炭素ガスの状況及び海域の状況を把握するため必要な項目

異常時監視に移行後、速やかに調査を実施する。

これらの結果は、各回の調査ごとにまとめ、直ちに環境大臣へ報告する。

(3) 海洋生物及び生態系並びに海洋の利用の状況

① 海洋生物の状況

海洋生物の状況は、通常時監視および懸念時監視で設定した全ての監視測点において、特に海水の化学的性状調査および気泡発生の状況調査によって漏出のおそれが生じていると判断される範囲を重点的に、年4回実施する。実施時期は、春季(5~6月)、夏季(8~9月)、秋季(11~12月)および冬季(2~3月)の予定とし、具体的な実施月については関係者との調整により決定する。なお、海洋生物の状況に漏出による明らかな影響が認められる場合には、監視の頻度を月1回とする。これらの結果は、各回の調査ごとにまとめ、直ちに環境大臣に報告する。

② 生態系の状況

生態系の状況は、異常事象の発生の確認後、直ちに監視を開始する。監視の頻度は、年1回とするが、資源変動の状況については入手できる最新の情報を常時把握するよう努める。この結果は、とりまとめ後、直ちに環境大臣に報告する。

③ 海洋の利用の状況

海洋の利用の状況は、異常事象の発生の確認後、直ちに監視を開始する。監視の頻度は、年1回とするが、入手できる最新の情報を常時把握するよう努める。この結果は、とりまとめ後、直ちに環境大臣に報告する。