

## 添付書類- 2

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する事項を記載した書類

## 目 次

1. 海底下廃棄をしようとする特定二酸化炭素ガスの特性	1
1.1 特定二酸化炭素ガスの物理的及び化学的特性に関する情報	1
1.2 特定二酸化炭素ガスが廃棄される地層内での反応性	2
(1) 滝ノ上層 T1 部層	2
(2) 萌別層砂岩層	6
1.3 政令で定める基準への適合状況	8
2. 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	9
2.1 当該特定二酸化炭素ガスが海洋環境に及ぼす影響の程度を予測するために把握した海域の流況その他の自然的条件の現況及びその把握の方法	9
(1) 自然的条件の現況	9
① 水深	9
② 水温, 塩分, 温度躍層及び密度躍層の存在の有無, 並びにそれらの季節的变化	10
③ 海域の流況およびその季節的变化	15
2.2 漏出事例仮説の設定	21
(1) 断層の性状に関する文献調査	21
(2) 地層中での CO <sub>2</sub> 移行挙動シミュレーション	23
2.3 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の予測	26
3. 潜在的海洋環境影響調査項目の現況の把握	28
3.1 水環境及び海底環境	29
(1) 水環境	29
① 項目	29
② 調査方法	29
ア) 調査測点	29
イ) 調査実施日	30
ウ) 調査方法	30
a. 水温	30
b. 塩分	30
c. 溶存酸素 (DO)	31
d. 水素イオン濃度指数 (pH)	31
e. 全炭酸	31
f. アルカリ度	31
g. 硫化水素	31

h. pCO <sub>2</sub> .....	32
i. 流速・流向 .....	32
③ 結果 .....	33
ア) 水温 .....	33
a. 採水調査結果 .....	33
b. 多項目センサー調査結果 .....	33
イ) 塩分 .....	35
a. 採水調査結果 .....	35
b. 多項目センサー調査結果 .....	35
ウ) 溶存酸素 (DO) .....	37
a. 採水調査結果 .....	37
b. 多項目センサー調査結果 .....	37
エ) 水素イオン濃度指数 (pH) .....	39
a. 採水調査結果 .....	39
b. 多項目センサー調査結果 .....	39
オ) 全炭酸 .....	41
a. 採水調査結果 .....	41
カ) アルカリ度 .....	42
a. 採水調査結果 .....	42
キ) 硫化物イオン濃度 .....	43
a. 採水調査結果 .....	43
ク) pCO <sub>2</sub> .....	43
a. 採水調査結果 .....	43
ケ) 流速・流向 .....	44
(2) 海底環境 .....	46
① 項目 .....	46
② 調査方法 .....	46
ア) 調査測点 .....	46
イ) 調査実施日 .....	46
ウ) 調査方法 .....	47
a. 水素イオン濃度指数 (pH) .....	47
b. 酸化還元電位 (ORP) .....	47
c. 全有機炭素 .....	47
d. 無機炭素 .....	47
e. 硫化物 .....	47
f. 粒度組成 .....	47

③ 結果	48
ア) 水素イオン濃度指数 (pH)	48
イ) 酸化還元電位 (ORP)	48
ウ) 全有機炭素	48
エ) 無機炭素	48
オ) 硫化物	48
カ) 粒度組成	48
3.2 海洋生物	50
(1) 項目	50
(2) 調査方法	50
① 調査測点	50
② 調査実施日	50
ア) 植物プランクトン, 動物プランクトン	50
イ) メイオベントス, マクロベントス	50
ウ) メガロベントス	50
③ 調査方法	50
ア) 浮遊生物の生息状況	50
a. 植物プランクトン調査	50
b. 動物プランクトン調査	51
イ) 魚類等遊泳動物の生息状況	51
ウ) 海草及び藻類の生育状況並びにさんご類の生息状況	51
エ) 底生生物の生息状況	51
a. メイオベントス調査	51
b. マクロベントス調査	51
c. メガロベントス調査	51
(3) 結果	52
① 浮遊生物の生息状況	52
ア) 植物プランクトン調査	52
イ) 動物プランクトン調査	53
② 魚類等遊泳動物の生息状況	54
ア) 苫小牧市および厚真町地先海域に生息する魚類等	54
イ) 苫小牧市および厚真町地先海域における魚種別の漁獲量	70
③ 海草及び藻類の生育状況並びにさんご類の生息状況	79
ア) 海草及び藻類の生育状況	79
イ) さんご類の生息状況	81
④ 底生生物の生息状況	81

ア) メイオベントス調査	81
イ) マクロベントス調査	84
ウ) メガロベントス調査	85
3.3 生態系	87
(1) 項目	87
(2) 調査方法	87
① 藻場, 干潟, さんご群集その他の脆弱な生態系	87
② 産卵場又は生息場その他の海洋生物の生息状況	87
③ 熱水生態系その他の特殊な生態系	87
(3) 結果	88
① 藻場, 干潟, さんご群集その他の脆弱な生態系	88
ア) 藻場	88
イ) 干潟	88
ウ) さんご群集	88
② 産卵場又は生息場その他の海洋生物の生息状況	88
ア) 苫小牧市および厚真町地先海域を産卵場として利用している魚類など	89
イ) 苫小牧市および厚真町地先海域に生息する底生性の魚類など	90
ウ) 苫小牧市および厚真町周辺の河川と地先海域を回遊する遡河回遊魚など	91
エ) 苫小牧市および厚真町地先海域に生息する貴重な魚類など	92
③ 熱水生態系その他の特殊な生態系	94
3.4 海洋の利用	95
(1) 項目	95
(2) 調査方法	95
① 海洋レクリエーションの場としての利用状況	95
② 海中公園その他の自然環境の保全を目的として設定された区域としての利用 状況	95
③ 漁場としての利用状況	96
④ 主要な航路としての利用状況	96
⑤ 港湾区域および港域に関する情報	96
⑥ 海底ケーブルの敷設, 海底資源の探査または掘削その他の海底の利用状況	96
(3) 結果	97
① 海洋レクリエーションの場としての利用状況	97
② 海中公園その他の自然環境の保全を目的として設定された区域としての利用 状況	99
③ 漁場としての利用状況	102
ア) 漁業の実態	102

a. 漁業活動の社会基盤	102
b. 漁業種類別漁獲量	108
c. 漁期・漁場	109
イ) 北海道海面漁業調整規則等による規制状況	116
④ 主要な航路としての利用状況	118
⑤ 港湾区域および港域に関する情報	119
⑥ 海底ケーブルの敷設, 海底資源の探査または掘削その他の海底の利用状況	124
ア) 海底ケーブル等	124
イ) 海底資源	125
4. 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潜在的海洋環境影響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	128
4.1 海洋環境の化学的な変化の予測の方法	128
(1) シミュレーションモデル	128
① MEC モデル	128
② CO <sub>2</sub> 二相流モデル	129
(2) 苫小牧沖海中拡散シミュレーションモデル	130
① モデル領域	130
② 境界条件データ	131
③ シミュレーションに用いたコンピュータ	131
(3) 静水圧モデル単体での計算	131
(4) モデル計算結果と観測データの比較	133
4.2 海洋環境の化学的な変化の予測—CO <sub>2</sub> 漏出シミュレーション	138
(1) シミュレーション条件	138
① CO <sub>2</sub> 漏出量	138
ア) シナリオ 2 萌別層ケース (シナリオ 2 ケース)	138
イ) 貯留量の 1%が漏出するケース (1%漏出ケース)	139
② 漏出域	142
③ 季節	143
④ シミュレーションケース	143
4.3 シミュレーション結果	145
(1) 潜在的環境影響評価項目	145
(2) 溶存 CO <sub>2</sub>	145
4.4 海洋生物への影響の予測方法	154
(1) 生物影響閾値の設定	154
(2) CO <sub>2</sub> 漏出シミュレーションによる pCO <sub>2</sub> の増分 (ΔpCO <sub>2</sub> )	158

① $\Delta pCO_2$ .....	158
② $\Delta pCO_2$ の最大値 .....	163
③ $\Delta pCO_2$ の 24 時間移動平均値 .....	171
(3) 生物影響の予測結果 .....	178
5. 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 .....	180
6. 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 .....	181



## 1. 海底下廃棄をしようとする特定二酸化炭素ガスの特性

### 1.1 特定二酸化炭素ガスの物理的及び化学的特性に関する情報

本計画において海底下廃棄をしようとする特定二酸化炭素ガスの圧入井坑口での特性を、第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 廃棄する特定二酸化炭素ガスの圧入井坑口での特性（設計値）

廃棄する井戸の名称		滝ノ上層圧入井	萌別層圧入井
圧入する特定二酸化炭素ガスの状態	温度(運転範囲) : °C	31~40	31~40
	圧力(運転範囲) : MPa	14.4~22.8	4.0~9.3
	粘度(最大温度・圧力時) : cP	0.082	0.043
	密度(最大温度・圧力時) : kg/m <sup>3</sup>	858.324	584.773
廃棄する特定二酸化炭素ガスに含まれる CO <sub>2</sub> の濃度 (乾きガス, 体積 %)		99.70	99.70
主要な不純物と濃度 (乾きガス, 体積 %)		H <sub>2</sub> : 0.22 CH <sub>4</sub> : 0.06 CO : 0.02	H <sub>2</sub> : 0.22 CH <sub>4</sub> : 0.06 CO : 0.02

CO<sub>2</sub>分離・回収・圧入設備は新規に建設するもので、現時点で当該特定二酸化炭素ガスは入手不可能であり、第 1.1-1 表の数値は設計値である。そのため、圧入開始前に行う CO<sub>2</sub>分離・回収・圧入設備の試運転において当該特定二酸化炭素ガスのサンプリングおよび組成分析を行い、CO<sub>2</sub> および主要な不純物の濃度を確認する。また、温度と圧力については、圧入開始後、坑口および圧入井の遮蔽層最下部付近に設置した圧力・温度センサーにより計測する。粘度・密度については、実測する温度・圧力値を参照し、流送シミュレーションにより推定する。

廃棄された特定二酸化炭素ガスの海底下地層内での圧力状態予測については、添付書類-2「海域選定書」の 2.2 節(3)の④で詳述する。

なお、特定二酸化炭素ガスに含まれる二酸化炭素および含有される物質ごとの濃度の把握は、ガスクロマトグラフ分析法にて行う。

ガスクロマトグラフ分析法では、サンプリングしたガス中の不純物（水素、窒素、酸素、炭化水素及び一酸化炭素）の濃度を測定し、当該ガス中の二酸化炭素の濃度は次の式により算定する。

$$C = 100 - (A_h + A_n + A_o + A_c + A_m)$$

C : 二酸化炭素の濃度 (単位 体積百分率)

A<sub>h</sub> : 測定された水素の濃度 (単位 体積百分率)

A<sub>n</sub> : 測定された窒素の濃度 (単位 体積百分率)

A<sub>o</sub> : 測定された酸素の濃度 (単位 体積百分率)

A<sub>c</sub> : 測定された炭化水素の濃度 (単位 体積百分率)

A<sub>m</sub> : 測定された一酸化炭素の濃度 (単位 体積百分率)



## 1.2 特定二酸化炭素ガスが廃棄される地層内での反応性

滝ノ上層 T1 部層および萌別層砂岩層に CO<sub>2</sub> を圧入し、それぞれの地層と CO<sub>2</sub> との地化学反応状況を推察するために、一次元地化学シミュレーションを実施し、貯留層の鉱物および圧入した CO<sub>2</sub> と地層水との反応にかかる析出・溶解する鉱物について考察した。ここで示す一次元とは空間的な一次元を意味するものである。

一次元での反応量(鉱物化量)の予測は、以下のように検討した。

- ・調査井で採取した地層水を元に地層水の組成を推定
- ・調査井で採取した岩石サンプルの分析等に基づき、貯留層中の鉱物組成を推定。熱力学パラメータは公開データベースから引用した。
- ・溶液化学種を推定
- ・反応速度パラメータを文献等から推定
- ・1D シミュレータによりシミュレーションを実施

一次元地化学シミュレーションにより、貯留層の鉱物および圧入した CO<sub>2</sub> と地層水との反応にかかり析出・溶解する鉱物について考察することで、CCS に係る地層との化学的特性の把握は可能であると考えている。なお、この数値シミュレーションでは、入力値に最も妥当と考えられる値を使用したが、推定困難な値もあり、以下に記載した結果は、一部は仮定に基づく解析である。以下に示す検討結果は1つのシナリオであり、その確度を保証するものではない。実証試験では、圧入期間中および圧入終了後の監視期間中に複数回の弾性波探査を実施し、地質モデルの修正を行う。その機会ごとに、地化学反応にかかる部分についても可能な修正を行う。また、必要に応じ地化学シミュレーションの多次元化も検討する予定である。

### (1) 滝ノ上層 T1 部層

滝ノ上層 T1 部層の地層水は、苫小牧 CCS-1 (滝ノ上層調査井) で採取した地層水を基に、第 1.2-1 表に示す地層水組成を使用した。滝ノ上層 T1 部層の鉱物組成は、苫小牧 CCS-1 の試料を参照し、第 1.2-2 表に示す組成を採用した。

また、鉱物の熱力学データは、公開データベースである Thermoddem<sup>[1]</sup>を参照した。

<sup>[1]</sup> Thermoddem (BRGM, the French Geological Survey : <http://thermoddem.brgm.fr/>, 2015年2月5日アクセス)

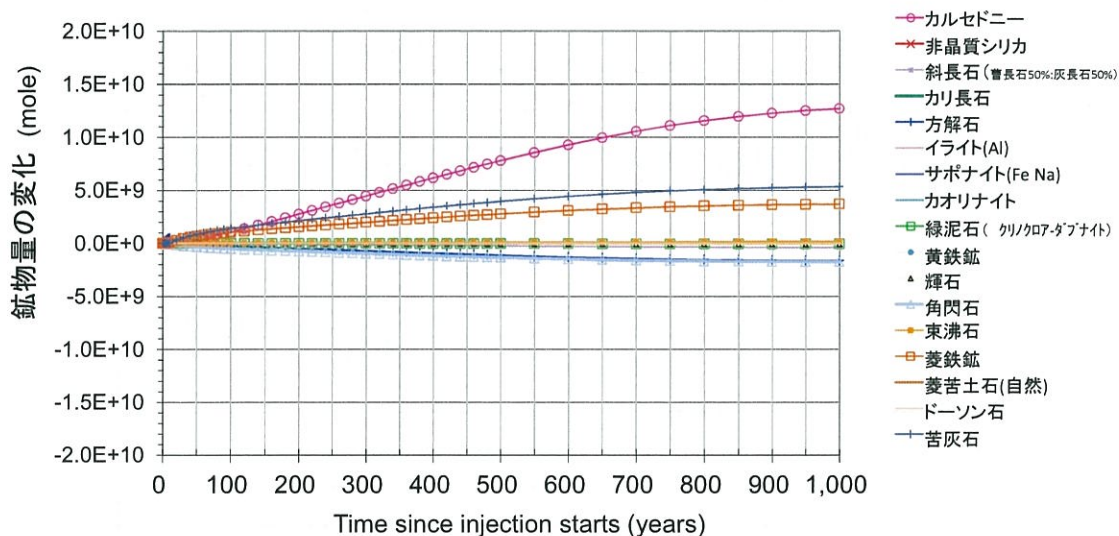
第 1. 2-1 表 地化学反応シミュレーションで使した滝ノ上層 T1 部層の地層水組成

滝ノ上層 T1 部層 地層水組成	
貯留層温度 (°C)	90
pH	6. 75
組成	
	濃度 (mg/kg)
Cl <sup>-</sup>	20, 732. 00
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	63. 33
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10. 23
HS <sup>-</sup>	4. 89E-04
SiO <sub>2</sub> (aq)	83. 93
Al <sup>3+</sup>	8. 78E-03
Ca <sup>2+</sup>	8, 321. 83
Mg <sup>2+</sup>	2. 06
Fe <sup>2+</sup>	9. 24
K <sup>+</sup>	11. 69
Na <sup>+</sup>	3, 893. 70
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	16. 61
備考	黄鉄鉱, カルセドニー, 束沸石, カオリナイト, 方解石, サポナイト (Fe, Ca), イライト (Al) と化学平衡になるように地層水組成を熱力学的に再構成 (Thermoddem を使用)。

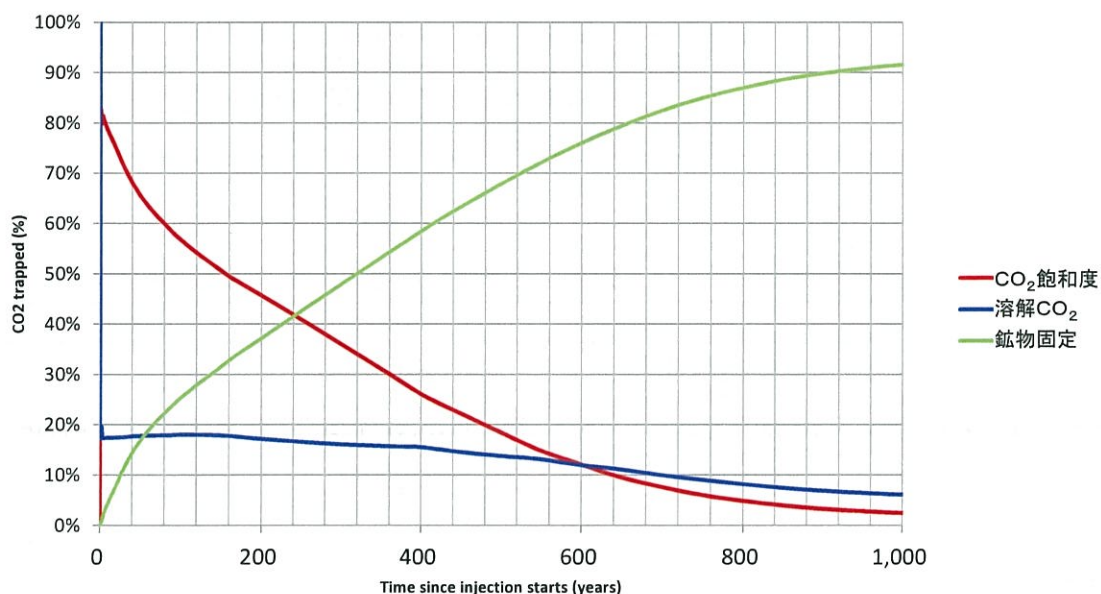
第 1. 2-2 表 地化学反応シミュレーションで使した滝ノ上層 T1 部層の鉱物組成

Class	和名	Name	Abbreviation	鉱物組成 (vol%)
シリカ鉱物	玉髄	chalcedony	chalcedony	8. 61
長石	斜長石	albite/anorthite	ab0. 5an0. 5	16. 04
長石	カリ長石	K-feldspar	microcline	10. 85
炭酸塩鉱物	方解石	calcite	calcite	4. 05
粘土鉱物	イライト	illite	illite (Al)	14. 01
粘土鉱物	サポナイト	saponite	saponite (FeCa)	3. 07
粘土鉱物	カオリン石	kaolinite	kaolinite	0. 00
粘土鉱物	緑泥石	clinochlore/daphnite	clcl2. 5dap2. 5	5. 07
粘土鉱物	黄鉄鉱	pyrite	pyrite	3. 10
輝石	輝石	diopside/hedenbergite	diop0. 8hed0. 2	5. 81
角閃石	角閃石	tremolite/actinolite	trem3act2	5. 63
沸石	束沸石	stilbite	stilbite	8. 24
炭酸塩鉱物	菱鉄鉱	siderite	siderite	0. 00
炭酸塩鉱物	菱苦土鉱	magnesite	magnesite (Natur)	0. 00
炭酸塩鉱物	ドーソン石	dawsonite	dawsonite	0. 00
炭酸塩鉱物	苦灰石	dolomite	dolomite	0. 00

シミュレーションの結果を, 第 1. 2-1 図および第 1. 2-2 図に示す。



第 1. 2-1 図 滝ノ上層 T1 部層に CO<sub>2</sub> を圧入した際の鉱物変化量の推定



第 1. 2-2 図 滝ノ上層 T1 部層に CO<sub>2</sub> を圧入した際の鉱物固定化量の推定

CO<sub>2</sub> 圧入開始直後から、カルセドニー、苦灰石、菱鉄鉱が徐々に析出し、角閃石、方解石、緑泥石が溶解するものと推定される。溶解した鉱物も含め化学反応が進行し、1,000 年後には圧入した CO<sub>2</sub> の 90%以上が鉱物として固定される。

第 1. 2-3 表に、苫小牧 CCS-1 で採取したカッティング試料の X 線回折分析結果を示す。

第 1.2-3 表 苫小牧 CCS-1 で採取したカッティング試料の X 線回折分析結果

深 度 (m)	地 層 名		岩 相 (肉眼記載)	同 定 さ れ た 鉱 物													
	累層	部層		スフェライト	イライト	緑泥石	斜方沸石	モナシ沸石	スフェライト	オパール	石英	斜長石	角長石	方解石	ドロマイト	黄鉄鉱	赤鉄鉱
900	萌別層泥岩		砂質シルト岩	x	△	△				◎	○		x		△		△
950			砂質シルト岩	x	○	○				○	○	△	x		△		△
1000			砂質シルト岩	x	○	○				◎	○		x		△		△
1050			砂質シルト岩	x	○	○				◎	○				△		△
1100			砂質シルト岩	x	○	○				◎	○	△			x		△
1150			砂質シルト岩	x	△	△	△			○	○	○			x		△
1200	萌別層砂岩		砂質シルト岩	x	○	○	△			◎	○	△			△		△
1250			砂質シルト岩	x	○	○				◎	○				△		△
1300	荷葉層		砂質シルト岩	x	○	○				◎	○			△		△	
1350	荷葉層		砂質シルト岩	x	○	○				◎	○	△			△		△
1400	荷葉層		砂質シルト岩	x	△	△				○	◎		x		△		
1450	荷葉層		砂質シルト岩	x	○	○				○	○	△	x		x		○
1500	荷葉層		砂質シルト岩	x	○	○	△			◎	○		x		x		△
1550	荷葉層		砂質シルト岩	x	○	△	△			◎	○		x		△		△
1580	荷葉層		砂質シルト岩	x	○	△	○			○	○	△	x		△		△
1650	平取+軽舞層		泥岩	x	○	○				○	○				△		△
1700	平取+軽舞層		泥岩	x	○	○	○			x	○	○			△		△
1750	平取+軽舞層		泥岩	x	○	○	○			x	○	○	x		△		△
1800	平取+軽舞層		泥岩	x	○	○	○			△	◎	x	△		△		△
1850	平取+軽舞層		泥岩	x	○	○	○			△	○	○	△		△		△
1900	平取+軽舞層		泥岩	x	○	△	○			△	○	○			△		△
1950	平取+軽舞層		泥岩	x	○	○	△			△	○	○			△		△
2000	平取+軽舞層		泥岩		○	○	△			△	◎	○			△		
2050	平取+軽舞層		泥岩	x	○	○	△			△	○	○			△		x
2100	平取+軽舞層		泥岩	x	○	○	○			△	△	○	x		△		x
2150	平取+軽舞層		泥岩	x	○	○	△			△	○	○			△		x
2200	平取+軽舞層		泥岩	x	○	○	△			△	◎	○			△		x
2250	平取+軽舞層		泥岩	x	○	○	△			x	◎	○			△		x
2300	振老層		泥岩	x	○	○	△			◎	○				△		
2350			泥岩		○	○	△			◎	○				△		
2400			泥岩	x	○	○				◎	○		x		△		
2450			凝灰質泥岩	x	○	○				◎	○		x		△		
2500			泥岩	x	○	○				◎	○		x		△		
2550			凝灰質泥岩	x	○	○				◎	○		x	x	△		
2600			泥岩	x	○	○				◎	○		x		△		
2650			凝灰質泥岩	x	○	○				◎	○		x	x	△		
2700			泥岩	x	○	○				◎	○		x		△		
2750			泥岩	x	○	○				◎	○		x		△		
2800			泥岩	x	△	○	△			◎	○		x		○		
2900		滝ノ上層	T1	火山礫凝灰岩	x	△			◎		△	○			x		
2950	滝ノ上層	T1	火山礫凝灰岩	x	△			◎		△	○						
3000	滝ノ上層	T1	砂質凝灰岩	x	△		○	◎		△	○						
3100	滝ノ上層	T1	砂質凝灰岩	△	△		○			○	◎		x				
3150	滝ノ上層	T1	砂質凝灰岩	△	x				△	○	◎		x			△	
3250	滝ノ上層	T1	砂質凝灰岩	△	△		◎			△	◎		x				
3300	滝ノ上層	T1	砂質凝灰岩	△	△		○			○	◎		x		△		x
3400	滝ノ上層	T1	砂質凝灰岩	△					○	○	◎		x			△	
3450	滝ノ上層	T1	凝灰岩	x	x		◎			○	△		x				
3500	滝ノ上層	T1	砂質凝灰岩	△					◎	○	◎		x				
3550	滝ノ上層	T1	砂質凝灰岩	△					△	○	◎		x			△	
3600	滝ノ上層	T1	砂質凝灰岩	○						○	◎		x			○	
3650	滝ノ上層	T1	砂質凝灰岩	○						○	◎		x				
3700	滝ノ上層	T1	砂質凝灰岩	△		○				○	◎		x				

◎：多い ○：中 △：少ない ×：極めて少ない

第 1.2-3 表に示すように、碎屑岩である振老層（遮蔽層）で同定された鉱物は、滝ノ上層 T1 部層の火山岩類とは異なり、萌別層泥岩などに近い組成を示す。したがって、遮蔽層と CO<sub>2</sub> の化学的な反応は萌別層に近い反応が生じることになる。流動シミュレーションの結果、遮蔽層には CO<sub>2</sub> がほとんど浸透できないと考えられ、化学的反応は遮蔽層と CO<sub>2</sub> の接触部分でのみ生じることとなる。

なお、流動シミュレーションのモデルは、ブラインによる圧入試験で確認した滝ノ上層の浸透率（再解析）や、滝ノ上層で採取したコアの孔隙率-浸透率の関係を考慮しており、遮蔽層の浸透率とは異なった値を使用している。貯留層の孔隙率の平均は 13.2%、その孔隙率に対応する浸透率は 2.0×10<sup>-3</sup>mD を与え、遮蔽層には孔隙率は 19%、浸透率は 4.3×10<sup>-5</sup>mD を与えた。シミュレーションでは、圧入した CO<sub>2</sub> は、溶解 CO<sub>2</sub> を含め遮蔽層への浸透は認められていない。貯留層内でさえ垂直方向への CO<sub>2</sub> の移動は数 m 規模であり、遮蔽層の浸透率を勘案すればシミュレーション結果は妥当であると判断している（別紙-1 第 4.5-10 図参照）。

(2) 萌別層砂岩層

萌別層砂岩層の地層水は、苫小牧 0B-2（萌別層観測井）で採取した地層水を基に、第 1.2-4 表に示す地層水組成を使用した。萌別層砂岩層の鉱物組成は、苫小牧 0B-2 試料を参照し、第 1.2-5 表に示す組成を採用した。

また、鉱物の熱力学データは、公開データベースである Thermoddem<sup>[1]</sup>を参照した。

第 1.2-4 表 地化学反応シミュレーションで使用した萌別層砂岩層の地層水組成

萌別層砂岩層 地層水組成	
貯留層温度 (°C)	40
pH	7.17
組成	濃度 (mg/kg)
Cl <sup>-</sup>	1,864.10
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	9.17
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	541.40
HS <sup>-</sup>	7.28E-05
SiO <sub>2</sub> (aq)	156.00
Al <sup>3+</sup>	1.35E-04
Ca <sup>2+</sup>	45.91
Mg <sup>2+</sup>	8.04
Fe <sup>2+</sup>	0.45
K <sup>+</sup>	11.02
Na <sup>+</sup>	1,321.74
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2.69
備考	黄鉄鉱，非晶質シリカ，クリノプチロライト (Na)，カオリナイト，菱鉄鉱，方解石，サポナイト (Fe, Ca)，菱苦土石，イライト (Al) と化学平衡になるように地層水組成を熱力学的に再構成 (Thermoddem を使用)。

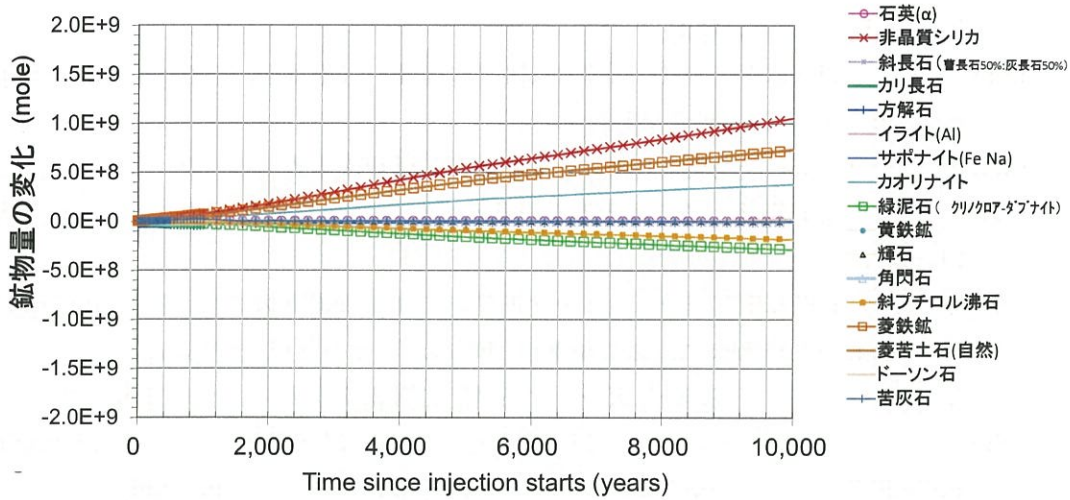
第 1.2-5 表 地化学反応シミュレーションで使用した萌別層砂岩層の鉱物組成

Class	和名	Name	Abbreviation	鉱物組成 (vol%)
シリカ鉱物	石英	quartz	quartz, alpha	22.34
シリカ鉱物	非晶質シリカ	amorphous silica	amorphous silica	0.00
長石	斜長石	albite/anorthite	ab0.5an0.5	11.06
長石	カリ長石	K-feldspar	microcline	9.75
炭酸塩鉱物	方解石	calcite	calcite	0.49
粘土鉱物	イライト	illite	illite(Al)	9.40
粘土鉱物	サポナイト	saponite	saponite (FeCa)	3.50
粘土鉱物	カオリン石	kaolinite	kaolinite	1.71
粘土鉱物	緑泥石	clinochlore/daphnite	clcl2.5dap2.5	8.65
粘土鉱物	黄鉄鉱	pyrite	pyrite	1.13
輝石	輝石	diopside/hedenbergite	diop0.8hed0.2	0.61
角閃石	角閃石	tremolite/actinolite	trem3act2	4.83

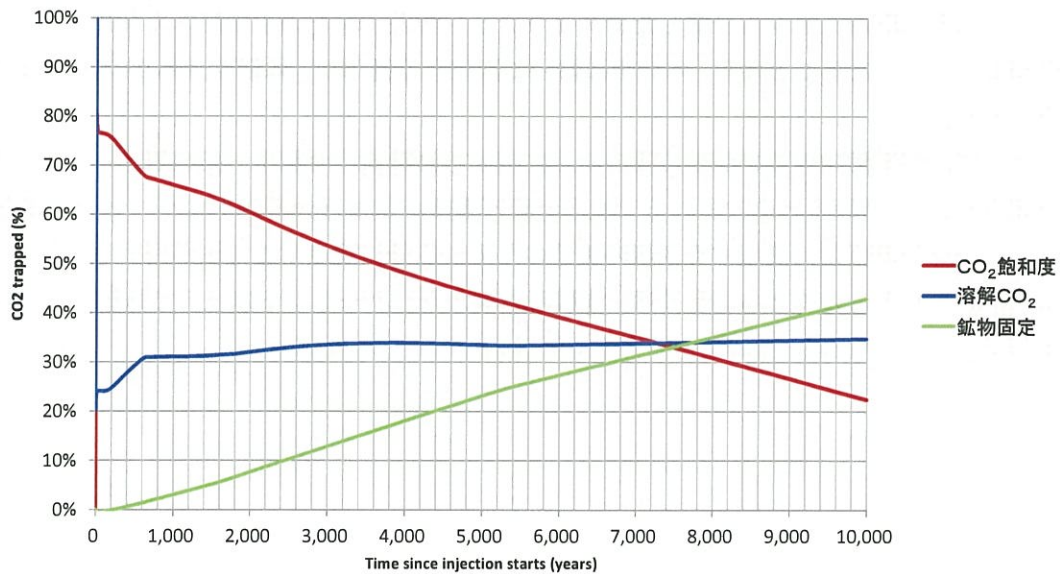
[1] Thermoddem (BRGM, the French Geological Survey : <http://thermoddem.brgm.fr/>, 2015年2月5日アクセス)

沸石	斜プチロル沸石	Na-clinoptilolite	clinoptiloliteNa	19.03
炭酸塩鉱物	菱鉄鉱	siderite	siderite	0.00
炭酸塩鉱物	菱苦土鉱	magnesite	magnesite (Natur)	0.00
炭酸塩鉱物	ドーソン石	dawsonite	dawsonite	0.00
炭酸塩鉱物	苦灰石	dolomite	dolomite	0.00

シミュレーションの結果を、第 1.2-3 図及び第 1.2-4 図に示す。



第 1.2-3 図 萌別層砂岩層に CO<sub>2</sub> を圧入した際の鉱物量変化量の推定



第 1.2-4 図 萌別層砂岩層に CO<sub>2</sub> を圧入した際の鉱物固定化量の推定

CO<sub>2</sub> 圧入開始直後から、非晶質シリカ、菱鉄鉱、カオリナイトが析出し、緑泥石や斜プチロル沸石が溶解すると推定された。溶解した鉱物も含め化学反応が進行し、1,000 年後には圧入した CO<sub>2</sub> の数%が鉱物として固定化される。その後徐々に鉱物固定化は増加し、10,000 年後には圧入した CO<sub>2</sub> の 40%以上が鉱物として固定化される。

萌別層砂岩および萌別層泥岩の堆積物の主な供給源は共通していると考えられ、鉱物組成も類似している（第 1.2-3 表）。主に溶解する鉱物と考えている緑泥石や斜方輝石の存在量も同程度であることから、遮蔽層と貯留層の CO<sub>2</sub> への化学的な反応は類似したものになるが、流動シミュレーションの結果、遮蔽層には CO<sub>2</sub> がほとんど浸透できないと考えられるため、化学的反応は遮蔽層と CO<sub>2</sub> の接触部分でのみ生じることとなる。

### 1.3 政令で定める基準への適合状況

「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律施行令」（昭和 46 年政令第 201 号）第 11 条の 5 への適合状況は、以下のとおりである。

- ・本計画において海底下廃棄をしようとする特定二酸化炭素ガスは、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る。
- ・本計画において海底下廃棄をしようとする特定二酸化炭素ガスに含まれる二酸化炭素の濃度は、第 1.1-1 表に示すとおり体積百分率 99 パーセント以上である。
- ・本計画において海底下廃棄をしようとする特定二酸化炭素ガスには、二酸化炭素以外の油等を加えていない。また、特定二酸化炭素ガスを海底下地層に圧入するために使用する設備はドライガスシールタイプの遠心式圧縮機のため、圧入の際に油分が混入するおそれはない。

なお、本計画において海底下廃棄をしようとする特定二酸化炭素ガスは、石油の精製に使用する水素の製造工程から分離したガスよりアミン類と CO<sub>2</sub> との化学反応を利用して CO<sub>2</sub> を分離したものであることから、本計画において適用する基準は、体積百分率 98 パーセント以上とする。

よって、海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律施行令第十一条の五第一項第二号に規定する基準(当該ガスに含まれる二酸化炭素の濃度が体積百分率九十九パーセント以上(当該ガスが石油の精製に使用する水素の製造のために前号に規定する方法が用いられたことにより集められたものである場合には、体積百分率九十八パーセント以上)であること。)を満たしている。