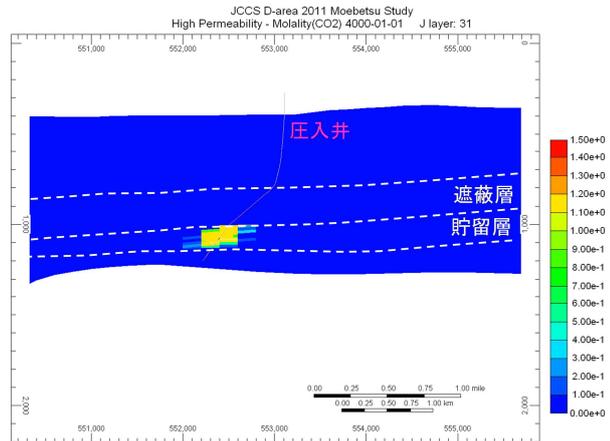
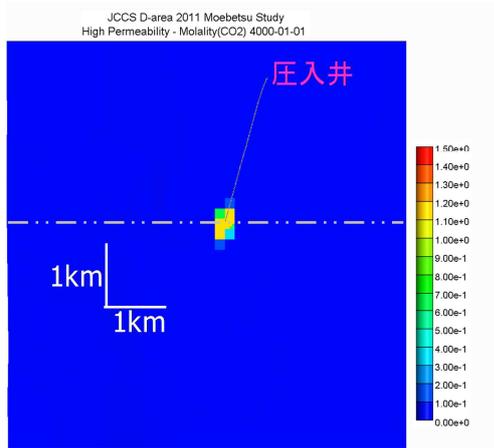
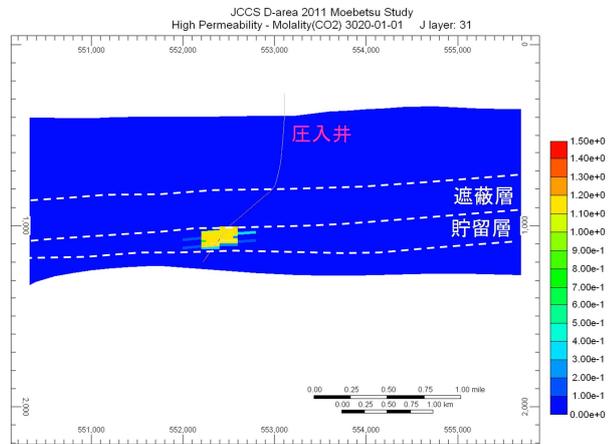
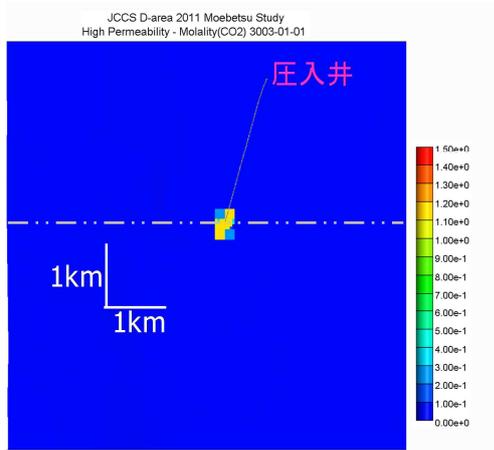
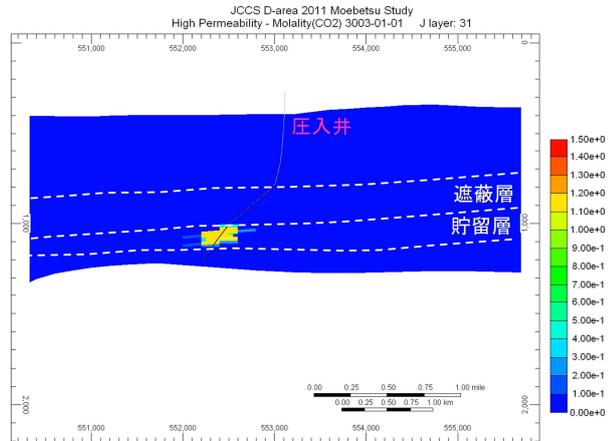
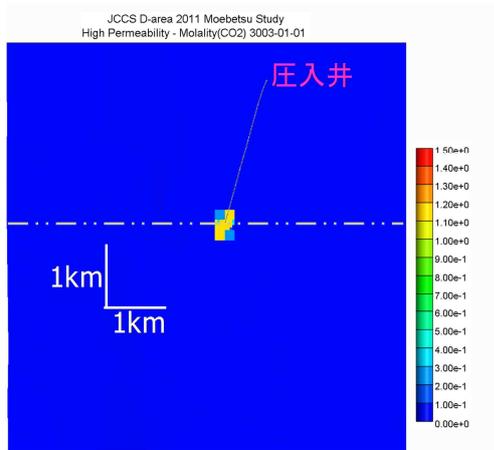


注: 上段: 3年後, 中段: 20年後, 下段: 1,000年後。左側: 平面分布 (k 方向セル 28), 右側: 東西断面 (位置は平面分布の点線的位置)。単位は, mol/kg。

第 2.2-58 図 溶解 CO₂ 量の推移 (低浸透率ケース)(平成 23 年度シミュレーション結果)



注: 上段: 3年後, 中段: 20年後, 下段: 1,000年後。左側: 平面分布 (k方向セル28), 右側: 東西断面 (位置は平面分布の点線的位置)。単位は, mol/kg。

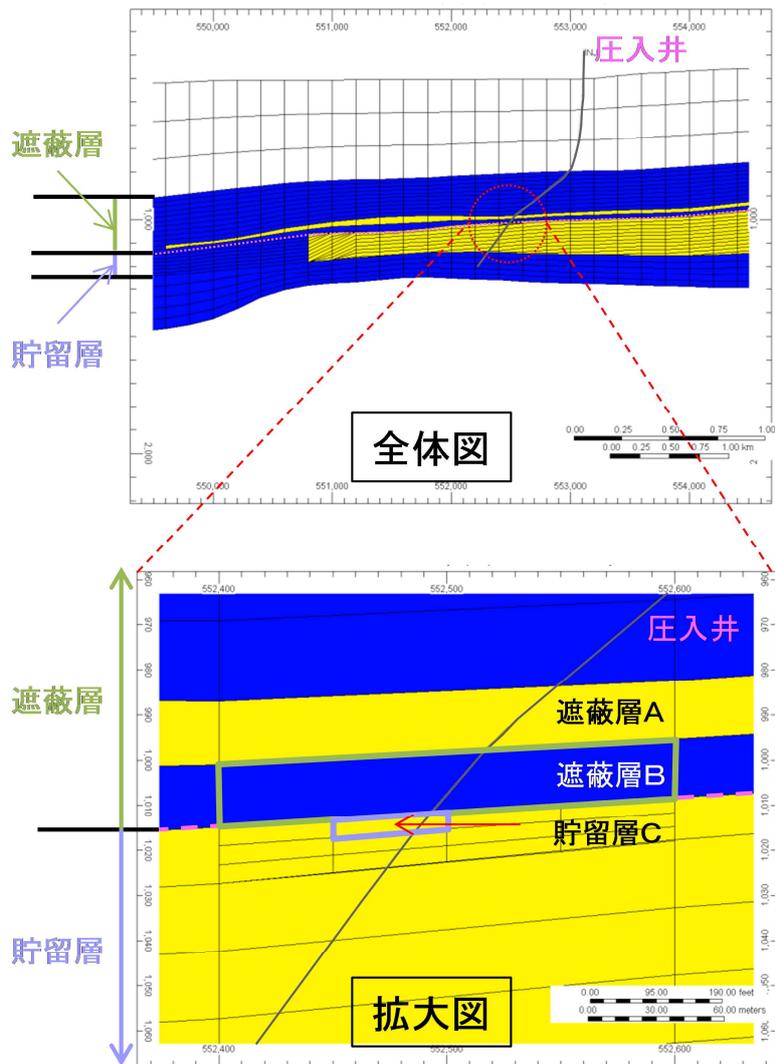
第 2.2-59 図 溶解 CO₂ 量の推移 (高浸透率ケース)(平成 23 年度シミュレーション結果)

高浸透率ケースでは、気相 CO₂ は圧入井近傍において圧入終了直後で東西約 400m、南北約 600m に高い CO₂ 飽和度の範囲が広がる。一方、溶解 CO₂ は圧入井近傍において圧入終了直後で東西約 600m、南北約 800m に広がる。その後、CO₂ は水平方向にはほとんど移動しなくなり、貯留層内で上方方向に分布を広げる。20 年後以降、1,000 年後までには安定するが、溶解 CO₂ は 1,000 年後まで主に垂直方向に分布を広げる。

圧入された特定二酸化炭素ガスは、貯留層(砂岩)の孔隙の地層水を押し出しながら広がる。掘削した萌別層圧入井の貯留層の浸透率は 370mD と解析されており、平成 23 年度シミュレーションの設定値より高くなっている(第 2.2-5 表)。しかしながら、第 2.2-54 図～第 2.2-59 図において浸透率による大きな差は見られないこと、また本計画における特定二酸化炭素ガスの圧入量は平成 23 年度シミュレーションの予測よりも 20%減であることから、CO₂ 圧入に伴う貯留層内の CO₂ 分布は、平成 23 年度シミュレーション結果と大きく変わることはないと予測される。

g. 遮蔽性能検討

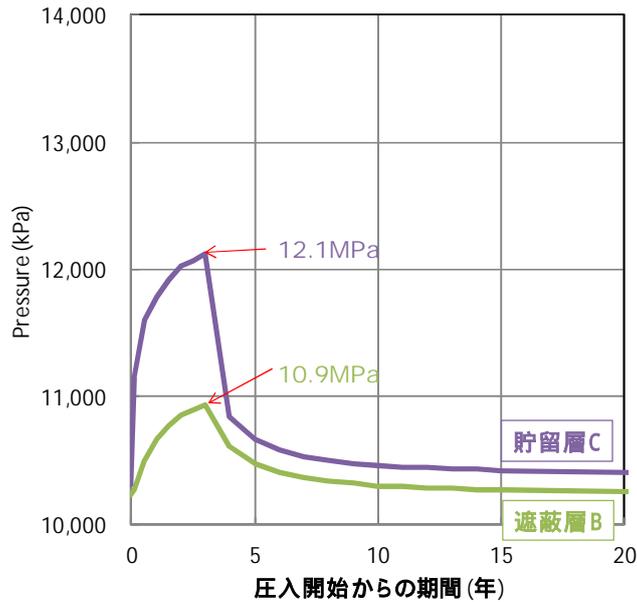
遮蔽性能評価として、遮蔽層と貯留層の境界付近の鉛直に並んだ 3 つのセルにおける CO₂ 飽和度と溶解 CO₂ 量を精査した。圧入井が通るセルで最も圧力が上昇するので、このセルを選択し、貯留層上限のセル(堆積相区分 8)を貯留層 C、その直上の遮蔽層下限のセル(堆積相区分 5)を遮蔽層 B、さらにその直上の遮蔽層のセル(堆積相区分 4)を遮蔽層 A とした(上位から遮蔽層 A、遮蔽層 B、貯留層 C の順。第 2.2-29 図および第 2.2-60 図)。



注：黄色：砂岩，青色：泥岩。

第 2.2-60 図 萌別層の地質モデル断面図（平成 23 年度シミュレーション結果）

コア試料の分析結果では，堆積相区分 2（遮蔽層 A よりも上部の泥岩）ではスレシヨルド圧力 0.75MPa，遮蔽層 B ではスレシヨルド圧力 1.65～1.67MPa が得られている。圧入終了時における貯留層上限での圧力（貯留層 C：12.1MPa）が，圧入終了時における遮蔽層下限の圧力（遮蔽層 B：10.9MPa）にスレシヨルド圧力（1.65MPa）を加えた圧力（12.55MPa）を超えていないことを確認した（第 2.2-61 図）。

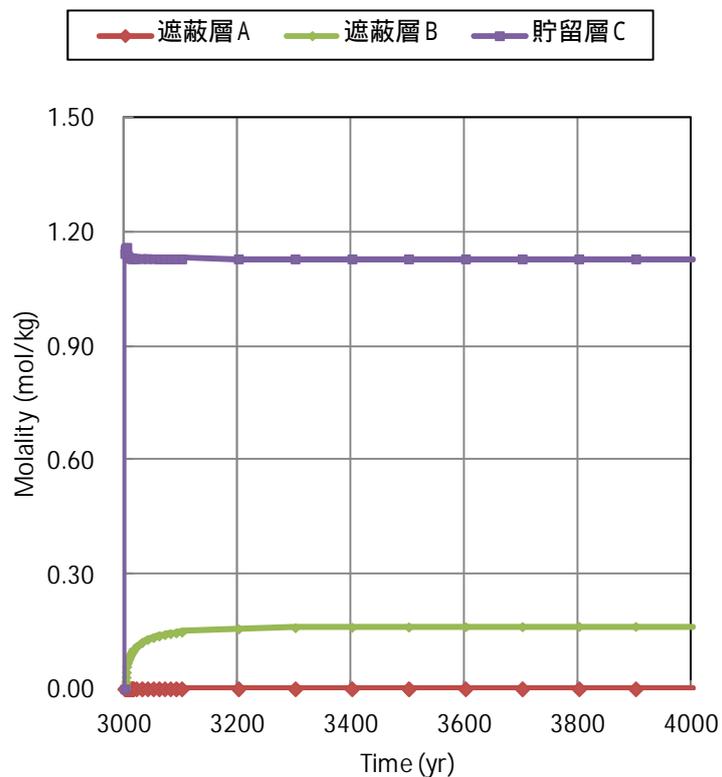
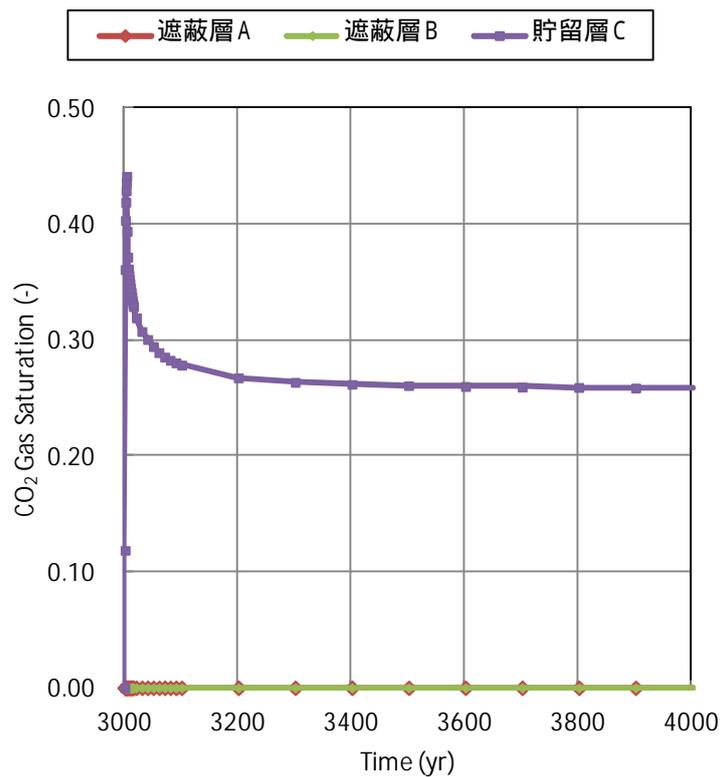


第 2.2-61 図 遮蔽層 B と貯留層 C の圧力の時間変化（平成 23 年度シミュレーション結果）

なお、シミュレーションにおけるスレシヨルド圧力について、より安全サイドの設定としてコア試験で得られている最低値（0.75MPa）を採用して遮蔽性能の検討を行った。ベースケースにおけるそれらのセルの CO₂ 飽和度および溶解 CO₂ 量の時間変化を、第 2.2-62 図に示す。

圧入中は、遮蔽層 B と貯留層 C のセルの圧力差（約 1.2MPa）が遮蔽層 B に設定したスレシヨルド圧力（0.75MPa）を越えるために、貯留層 C から遮蔽層 B へ CO₂ の流れがあるが、遮蔽層 B における CO₂ 飽和度はほとんど変化がない。遮蔽層 B における溶解 CO₂ 量は、圧入開始 1,000 年後に 0.16mol/kg-地層水だけ増加する。さらに、遮蔽層 A の溶解 CO₂ 量は圧入開始 1,000 年後でも 3.4×10^{-4} mol/kg-地層水と非常に低い。また、遮蔽層である泥岩は 1.73×10^{-3} mD の非常に小さい浸透率を有している。

以上より、ベースケースにおいては圧入中に CO₂ が貯留層から遮蔽層へとわずかに移動するものの、泥岩内の水に溶解して安定した状態となる。萌別層泥岩層は、所定量の CO₂ を貯留層するのに十分な遮蔽性能を有していると判断する。



注：上段：CO₂飽和度，下段：溶解CO₂量。上位から遮蔽層A，遮蔽層B，貯留層Cの順。

第 2.2-62 図 遮蔽層・貯留層境界付近での CO₂ 飽和度と溶解 CO₂ 量の時間変化（ベースケース）
（平成 23 年度シミュレーション結果）

遮蔽層性状が劣る場合（第 2.2-15 表の 5）の CO₂挙動を評価した。スレシヨルド圧力を 0.012MPa，水平浸透率を 7×10^{-3} mD と，ベースケースよりも遮蔽層性状としては劣る値を設定した。

ベースケースと同様に，遮蔽層と貯留層の境界付近の鉛直に並んだ 3 つのセルにおける CO₂飽和度と溶解 CO₂量を精査した。第 2.2-63 図に，それらのセルの CO₂飽和度および溶解 CO₂量の時間変化を示す。

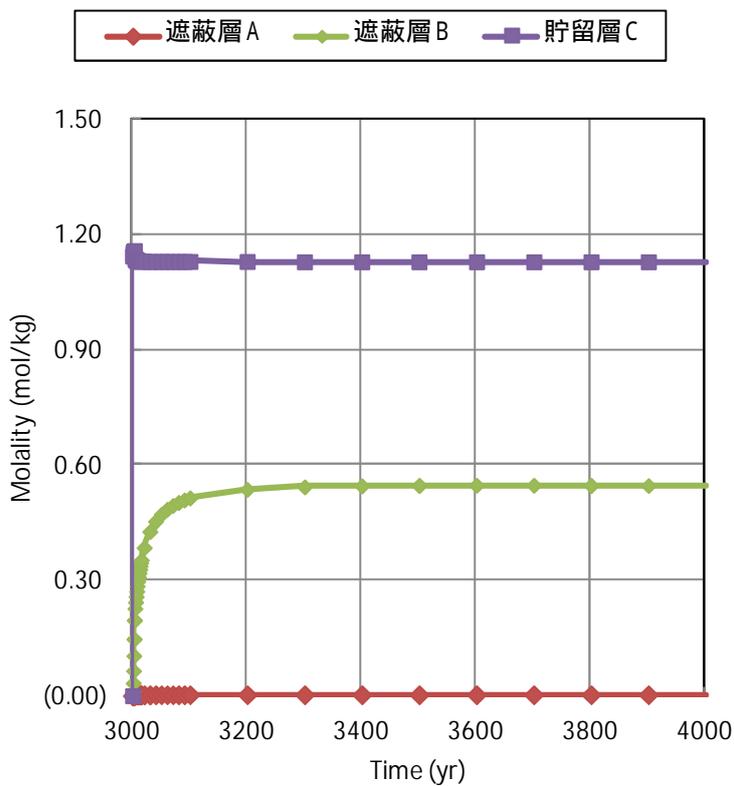
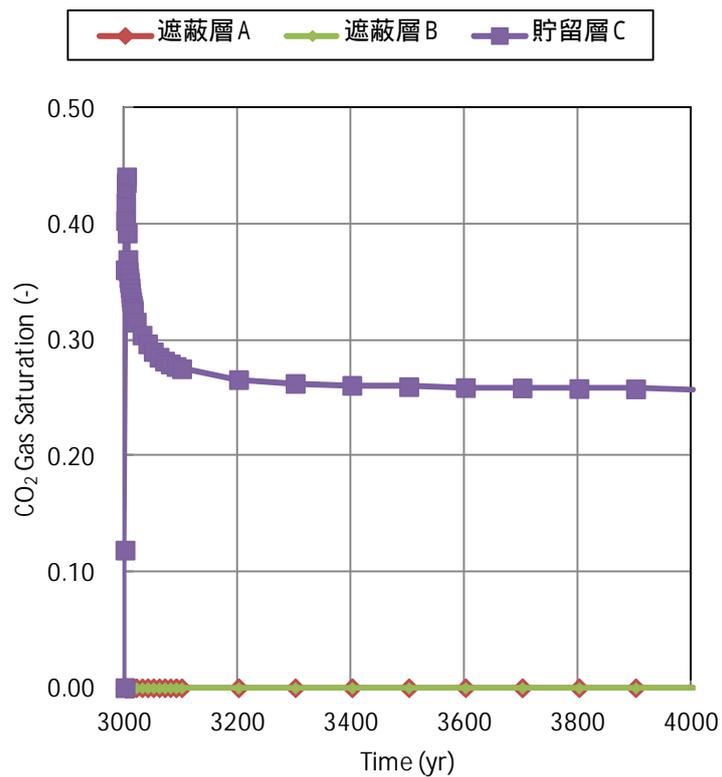
ベースケースと同様に，遮蔽層 A と遮蔽層 B における CO₂飽和度は，ほとんど変化がない。遮蔽層 B における溶解 CO₂量は，0.55mol/kg-地層水（圧入開始 1,000 年後）とベースケースより多い。また，遮蔽層 A の溶解 CO₂量は圧入開始 1,000 年後で 2.6×10^{-3} mol/kg-地層水と非常に低い。

以上のことから，遮蔽性能が極端に劣るケースを想定した場合でもベースケースと同様に遮蔽層内の水に溶解した CO₂のわずかな上昇は認められるが，溶解して安定した状態であると判断できる。

萌別層圧入井の掘削結果を踏まえて，遮蔽性能を検討した。

本書類の第 2.2 節(3) I)において，本井掘削時に採取した萌別層泥岩のカッティングス試料の孔口半径を測定し，調査井（苫小牧 CCS-2）および萌別層観測井で採取した萌別層泥岩の孔口半径を比較することから，遮蔽層の浸透率（ 1.73×10^{-3} mD）・スレシヨルド圧力（0.75MPa）を推定した（第 2.2-6 表）。また，遮蔽層層準のカッティングス試料の分析により，遮蔽層の孔隙率（30～37%）を取得した。

上記より，平成 23 年度シミュレーションは，安全側の浸透率・スレシヨルド圧力で実施されているため，本井における掘削結果を勘案しても，安全側の評価ができていると考えられる。



注：上段：CO₂飽和度，下段：溶解CO₂量。上位から遮蔽層A，遮蔽層B，貯留層Cの順。

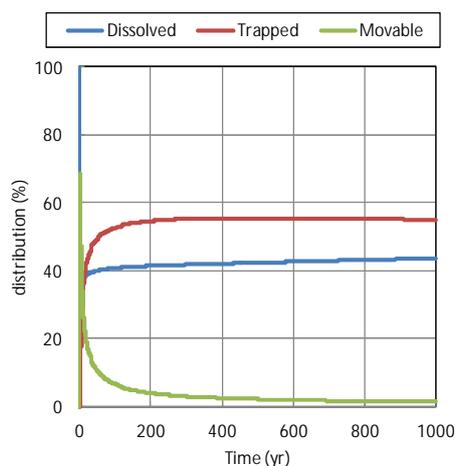
第 2.2-63 図 遮蔽層・貯留層境界付近での CO₂飽和度と溶解 CO₂量の時間変化（遮蔽性能（低）ケース）（平成 23 年度シミュレーション結果）

h. CO₂の貯留形態ごとの割合

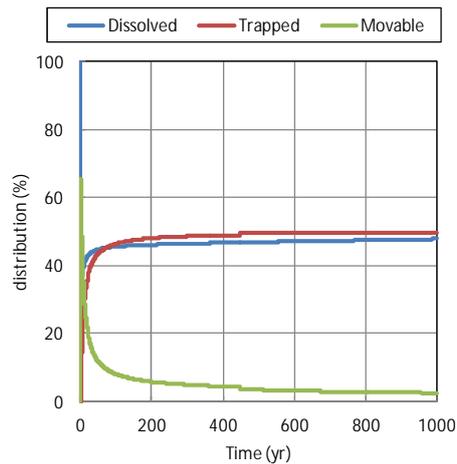
貯留 CO₂の3つの貯留形態を Movable(移動する可能性がある気相 CO₂), Dissolved(溶解 CO₂), Trapped(孔隙などにトラップされ動かない気相 CO₂)と表現し,各モデルの CO₂ 圧入量に対する割合の経時変化を,第2.2-64図~第2.2-66図に示す。

いずれのケースにおいても圧入終了後すぐに Movable CO₂は減少し,約50年でその割合は9~10%程度となり,さらに減少を続ける。また, Trapped CO₂と Dissolved CO₂の割合はゆっくりと変化する。その割合については,圧入開始後1,000年後においては,ベースケースでは Dissolved CO₂は約44%, Trapped CO₂は約55%,低浸透率ケースでは Dissolved CO₂は48%, Trapped CO₂は49%,高浸透率ケースでは Dissolved CO₂は45%, Trapped CO₂は54%となった。この差については,圧入終了までの CO₂の広がり方による地層水との接触面積の違い,CO₂が溶解し密度が大きくなった地層水の貯留層内での移動のしやすさ,貯留層内の圧力状態が原因であると考えられる。

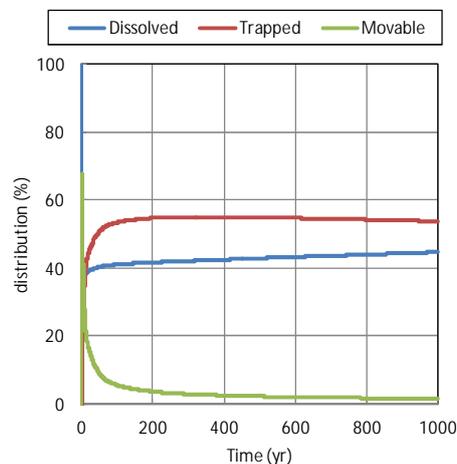
なお,萌別層圧入井の掘削結果において貯留層の浸透率に大きな値が解析されているが(第2.2-5表),孔隙率が同程度であるため,平成23年度シミュレーション結果と大きく変わることはなく,ほぼ同等の CO₂の貯留形態ごとの割合となると予測される。



第2.2-64図 ベースケースにおける CO₂の貯留フォーム(割合)の変化(平成23年度シミュレーション結果)



第 2.2-65 図 低浸透率ケースにおける CO₂ の貯留フォーム（割合）の変化（平成 23 年度シミュレーション結果）



第 2.2-66 図 高浸透率ケースにおける CO₂ の貯留フォーム（割合）の変化（平成 23 年度シミュレーション結果）

2.3 鉱業権の設定または出願の状況について

当該海域には、民間会社により、試掘権が設定されている。ただし、当該区域において、現時点で公開されている開発計画はない。

当該地域の北方に位置する勇払油・ガス田において、滝ノ上層 T1 部層中に油・ガスの胚胎が知られていることから、滝ノ上層 T1 部層中には油・ガスが胚胎する可能性はあるが、同一構造における構造的上位で掘削された坑井 A（第 2.2-5 図参照）において、稼行に足る油・ガスの発見がなされなかったことから、当該海域における油・ガスの胚胎の可能性は低いものと判断される。

萌別層砂岩層については、特に鉱物資源の胚胎は知られていない。

3 海底下廃棄をされた特定二酸化炭素ガスの潜在的な移動及び漏出の経路の推定結果に係る事項

3.1 特定二酸化炭素ガスと地層やシール層の成分との相互作用

滝ノ上層 T1 部層および萌別層砂岩層に CO₂ を圧入し、それぞれの地層と CO₂ 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た。

(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 3.1-1 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 3.1-2 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 Thermodem^[1]を参照した。

第 3.1-1 表 地化学反応シミュレーションで使用した滝ノ上層 T1 部層の地層水組成

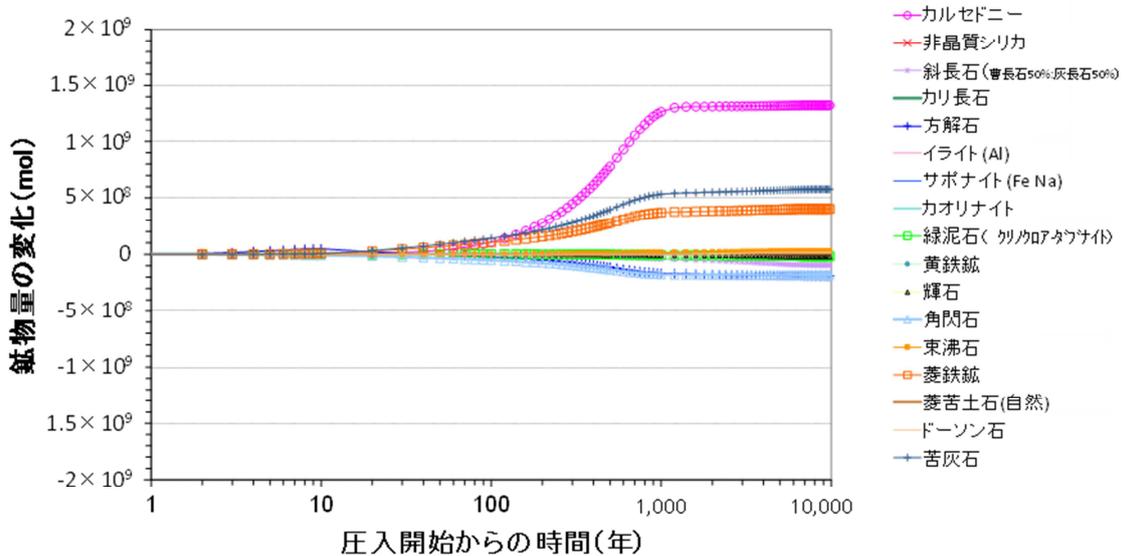
滝ノ上層 T1 部層 地層水組成	
貯留層温度 ()	90
pH	6.75
組成	濃度 (mg/kg)
Cl ⁻	20,732.00
SO ₄ ²⁻	63.33
HCO ₃ ⁻	10.23
HS ⁻	4.89E-04
SiO ₂ (aq)	83.93
Al ³⁺	8.78E-03
Ca ²⁺	8,321.83
Mg ²⁺	2.06
Fe ²⁺	9.24
K ⁺	11.69
Na ⁺	3,893.70
NH ₄ ⁺	16.61
備考	黄鉄鉱,カルセドニー,束沸石,カオリナイト,方解石,サポーナイト(Fe,Ca),イライト(Al)と化学平衡になるように地層水組成を熱力学的に再構成(Thermodemを使用)。

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

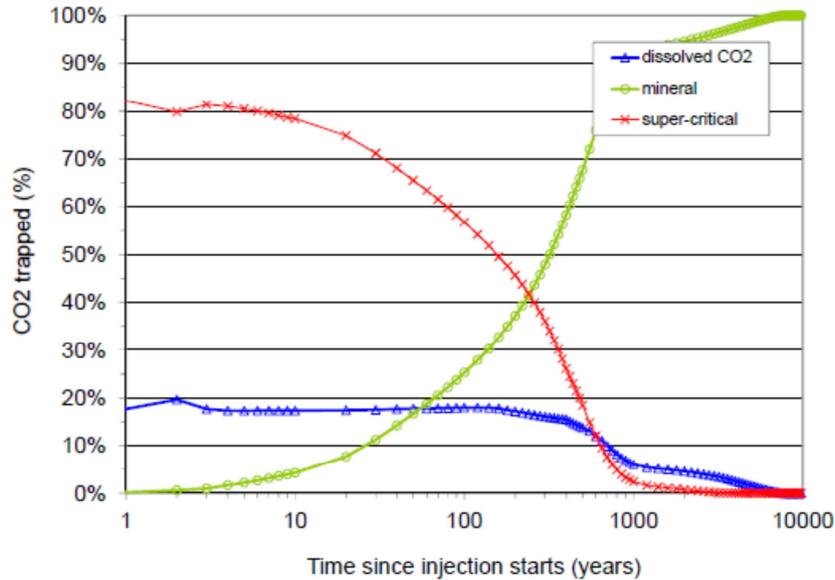
第 3.1-2 表 地化学反応シミュレーションで使用した滝ノ上層 T1 部層の鉱物組成

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	clinoclore/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 3.1-1 図および第 3.1-2 図に示す。



第 3.1-1 図 滝ノ上層 T1 部層に CO₂ を圧入した際の鉱物変化量の推定



第 3.1-2 図 滝ノ上層 T1 部層に CO₂ を圧入した際の鉱物固定化量の推定

CO₂ 圧入終了から 20 年程度は、ほとんど反応が起こらない。100 年程度以降から、カルセドニー、方解石、苦灰石が析出し、緑泥石や角閃石、方解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、数 10 年後ごろから CO₂ が鉱物として固定化される量が増加する。10,000 年後には、圧入した CO₂ のほぼすべてが鉱物として固定化される結果となった。

第 3.1-3 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 3.1-3 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		ムクハク	イイト	緑泥石	斜方沸石	斜方沸石	斜方沸石	斜方沸石	石英	斜長石	加長石	方解石	ドクハク	黄鉄鉱	赤鉄鉱	角閃石
900	萌別層泥岩		砂質泥岩	x										x				
950			砂質泥岩	x										x				
1000			砂質泥岩	x										x				
1050			砂質泥岩	x														
1100			砂質泥岩	x													x	
1150			砂質泥岩	x												x		
1200	萌別層砂岩		砂質泥岩	x														
1250			砂質泥岩	x														
1300	荷葉層		砂質泥岩	x														
1350	荷葉層		砂質泥岩	x														
1400	荷葉層		砂質泥岩	x									x					
1450	荷葉層		砂質泥岩	x									x		x			
1500	荷葉層		砂質泥岩	x									x		x			
1550	荷葉層		砂質泥岩	x									x					
1580	荷葉層		砂質泥岩	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														
1850	平取+軽舞層		泥岩	x								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 x : 極めて少ない

第 3.1-3 表に示すように、砕屑岩である振老層（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 CO₂ 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。遮蔽層には CO₂ 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 CO₂ の接触部分でのみ生じることとなる。

(2) 萌別層砂岩層

萌別層砂岩層の地層水は、苫小牧 OB-2（萌別層観測井）で採取した地層水を基に、第 3.1-4 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 OB-2 試料を参照し、第 3.1-5 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^[1]を参照した。

第 3.1-4 表 地化学反応シミュレーションで使した萌別層砂岩層の地層水組成

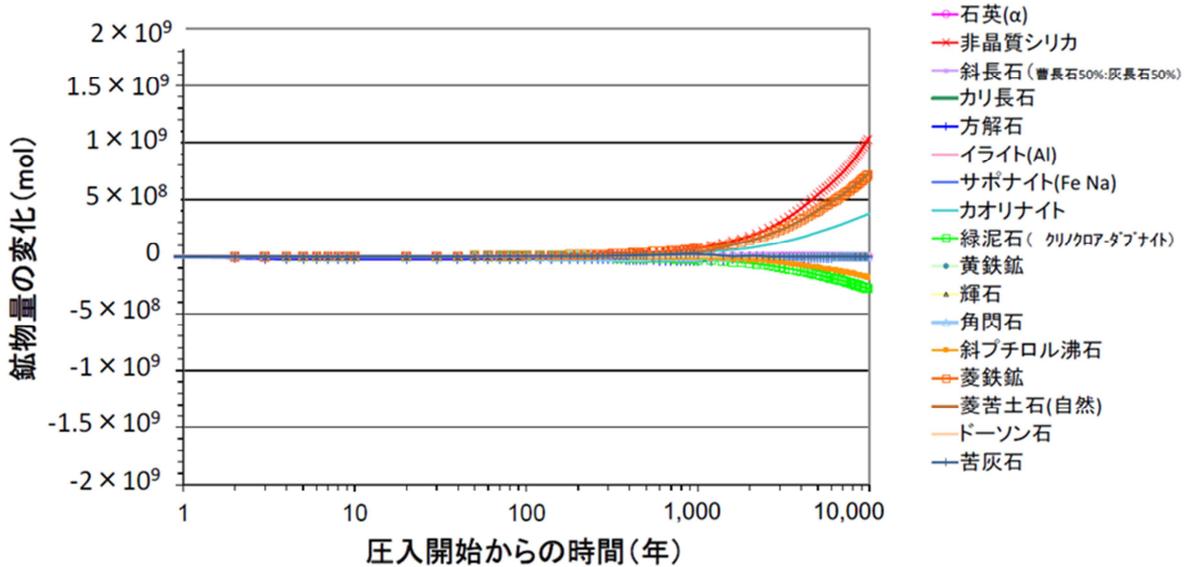
萌別層砂岩層 地層水組成	
貯留層温度 ()	40
pH	7.17
組成	
	濃度 (mg/kg)
Cl ⁻	1,864.10
SO ₄ ²⁻	9.17
HCO ₃ ⁻	541.40
HS ⁻	7.28E-05
SiO ₂ (aq)	156.00
Al ³⁺	1.35E-04
Ca ²⁺	45.91
Mg ²⁺	8.04
Fe ²⁺	0.45
K ⁺	11.02
Na ⁺	1,321.74
NH ₄ ⁺	2.69
備考	黄鉄鉱，非晶質シリカ，クリノプチロライト (Na)，カオリナイト，菱鉄鉱，方解石，サポナイト (Fe, Ca)，菱苦土石，イライト (Al) と化学平衡になるように地層水組成を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

第 3.1-5 表 地化学反応シミュレーションで使した萌別層砂岩層の鉱物組成

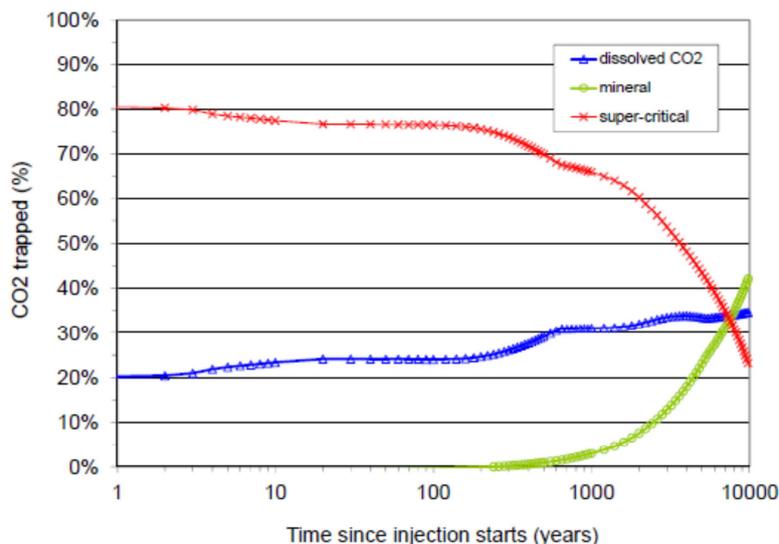
Class	和名	Name	Abbreviation	鉱物組成 (vol%)
シリカ鉱物	石英	quartz	quartz, alpha	22.34
シリカ鉱物	非晶質シリカ	amorphous silica	amorphous silica	0.00
長石	斜長石	albite/anorthite	ab0.5an0.5	11.06
長石	カリ長石	K-feldspar	microcline	9.75
炭酸塩鉱物	方解石	calcite	calcite	0.49
粘土鉱物	イライト	illite	illite(Al)	9.40
粘土鉱物	サポナイト	saponite	saponite(FeCa)	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
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

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

シミュレーションの結果を，第 3.1-3 図および第 3.1-4 図に示す。



第 3.1-3 図 萌別層砂岩層に CO₂ を圧入した際の鉱物量変化量の推定



第 3.1-4 図 萌別層砂岩層に CO₂ を圧入した際の鉱物固定化量の推定

CO₂ 圧入終了から 100 年程度は，ほとんど反応が起こらない。1,000 年程度以降から，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，400～500 年ごろから CO₂ が鉱物として固定化される量が増加する。

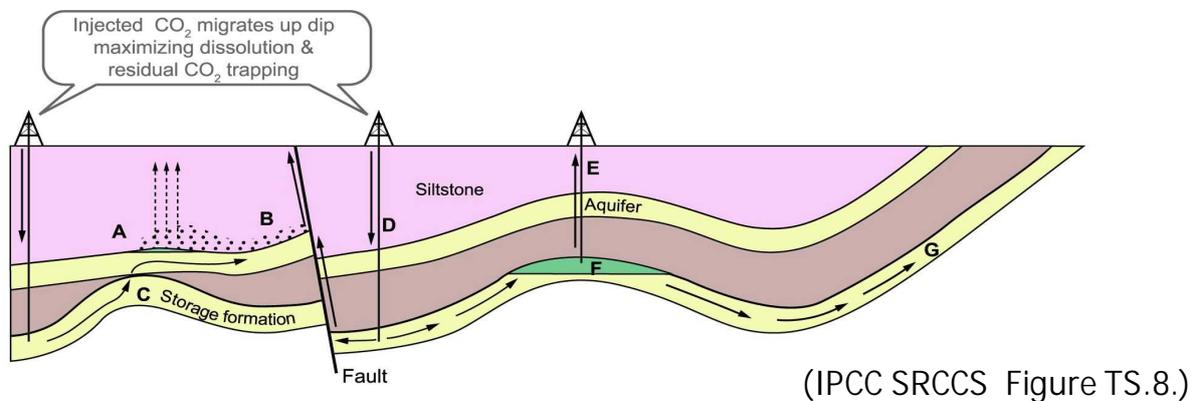
萌別層砂岩および萌別層泥岩の堆積物の主な供給源は共通していると考えられ，鉱物組成も類似している（第 3.1-3 表）。1,000 年以降に溶解量が増加する角閃石や斜プチロル沸石の存在量も同程度であることから，CO₂ への化学的な反応は類似したものになるが，遮蔽層には CO₂ がほとんど浸透できないと考えられ，化学的反応は遮蔽層と CO₂ の接触部分でのみ生じることとなる。

3.2 CO₂漏出の可能性検討

(1) CO₂漏出要因の洗い出し

貯留層から CO₂ が漏出する要因として、IPCC 特別報告書^[1]において示されている潜在的な漏洩経路は、下記のとおり分類されている（第 3.2-1 図参照）。

- (A) CO₂ のガス圧が遮蔽層の毛細管圧を超えて移動
- (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 貯留層圧の増加およ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



第 3.2-1 図 IPCC 特別報告書^[1]による潜在的な漏洩経路

苫小牧地点における貯留層総合評価の検討結果^[2]により、貯留後の CO₂ が貯留対象層から漏出する要因の可能性として、以下の漏出経路が想定される。

- 1) 遮蔽層の毛細管圧を超えて移動
- 2) 断層を通じた移動
- 3) 廃坑井を通じた移動
- 4) 圧入井等の設置予定の構造物に沿った移動

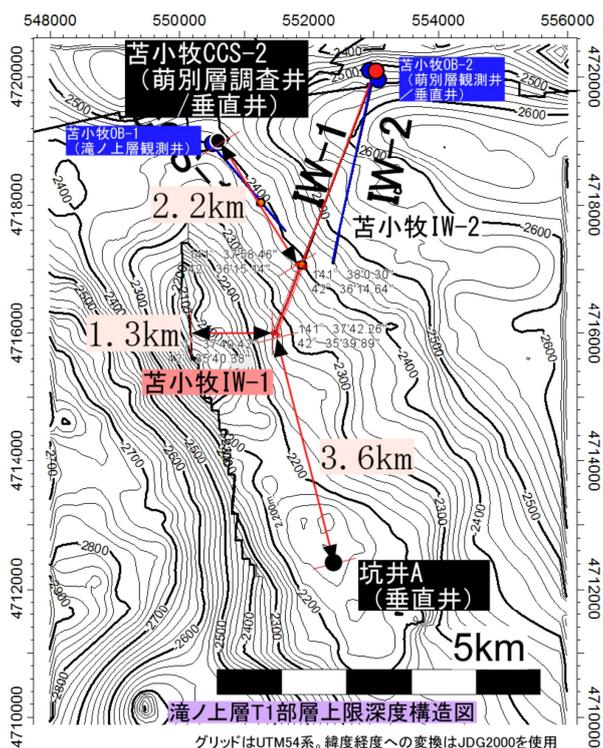
1)については、CO₂挙動予測シミュレーションにより漏出経路とはならないとする結果を得ている。

^[1] Benson, S., Cook, P., Anderson, J., Bachu, S., Nimir, H.B., Basu, B., Bradshaw, J., Deguchi, G., Gale, J., von Goerne, G., Heidug, W., Holloway, S., Kamal, R., Keith, D., Lloyd, P., Rocha, P., Senior, B., Thomson, J., Torp, T., Wildenborg, T., Wilson, M., Zarlenga, F., and Zhou, D. 2005. Underground geological storage. In: Metz, B. et al. (Eds), IPCC Special Report on carbon dioxide capture and storage. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp.195-276

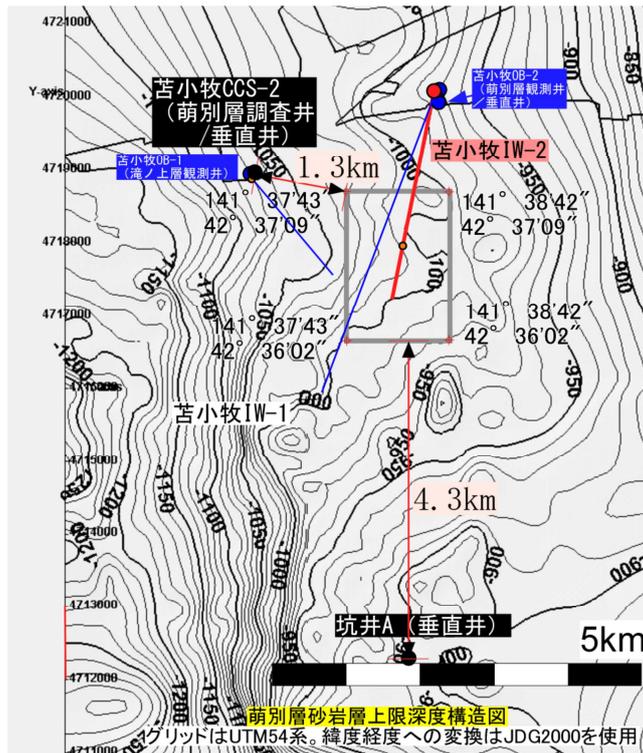
^[2] 経済産業省 .2011 .CCS 実証試験実施に向けた専門検討会-とりまとめ, 苫小牧地点における貯留層総合評価, 平成 23 年 10 月 26 日, pp. 第 3 章 59-60
(http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sangi/ccs/report_001_s01.pdf, 2015/1/28 アクセス)

2)および3)に関しては，次の理由により漏出経路とはならない。

- ・ 滝ノ上層圧入井周辺には，滝ノ上層を切る断層が解釈されている。CO₂ プルームから断層までの距離は，1.3km となる。また，周辺に存在が知られる廃坑井は，苦小牧 CCS-2 と坑井 A の 2 坑井があり，CO₂ プルームからの距離は，それぞれ 2.2km，3.6km の距離が確保されている（第 3.2-2 図）。
- ・ 萌別層圧入井周辺には，萌別層を切る断層は解釈されていない。また，廃坑井である苦小牧 CCS-2 および坑井 A それぞれとの CO₂ プルームからの距離は，1.3km 4.3km の距離が確保されている（第 3.2-3 図）



第 3.2-2 図 滝ノ上層圧入井周辺の圧入した CO₂ の分布予測範囲と，周辺の断層および廃坑井との位置関係



第 3.2-3 図 萌別層圧入井周辺の圧入した CO₂ の分布予測範囲と、周辺の廃坑井との位置関係

4) に関しては、圧入した CO₂ が移動する可能性がある区間には、耐 CO₂ 素材のケーシングを用いている。また、ケーシングと地層との間を、耐 CO₂ セメントを用いて遮水（セメンチング）している。よって、圧入井の外側からの漏洩の危険はないと考えられる。

(2) CO₂ 漏出要因に関する検討のまとめ

上記の想定される漏出経路 1) ~ 4) について検討した結果のまとめは、以下のとおりである。

1) 遮蔽層の毛細管圧を超えて移動

滝ノ上層 T1 部層および萌別層砂岩層の圧入圧力は、それらの遮蔽層のスレシヨルド圧力（毛細管圧）を超えることはなく、CO₂ は遮蔽層には浸透しない。

2) 断層を通じた移動

シミュレーションによる CO₂ 長期挙動予測の結果、圧入後 200 年程度で CO₂ の広がりに変化は見られなくなり、1,000 年を経ても CO₂ は断層に到達しないことから、断層は CO₂ の漏出要因にならないと考える。

3) 廃坑井を通じた移動

シミュレーションによる CO₂ 長期挙動予測の結果、圧入後 200 年程度で CO₂ の広がりに変化は見られなくなり、1,000 年を経ても CO₂ は廃坑井に到達しないことから、廃坑井は CO₂ の漏出要因にならないと考える。

4) 圧入井等の設置予定の構造物に沿った移動

圧入井等の構造物の設計・建設では、CO₂ が接触する鋼材やセメント等を耐 CO₂ 仕様にし、これら構造物に起因した CO₂ の漏洩は防止される。

以上から，圧入井等の構造物を耐 CO₂ 仕様により，基本的には，CO₂ の漏出は生じないものとする。

4 海底下廃棄をされた特定二酸化炭素ガスの地層内での空間的な広がり及び特定二酸化炭素ガスの推定廃棄可能量に係る事項

4.1 海底下投棄された特定二酸化炭素ガスの地層内での空間的な広がり

特定二酸化炭素ガスの地層内の広がりについては、平成 24 年度ならびに平成 27 年度 CO₂ 挙動予測シミュレーションに基づいて検討した。

(1) 滝ノ上層 T1 部層中での空間的広がり

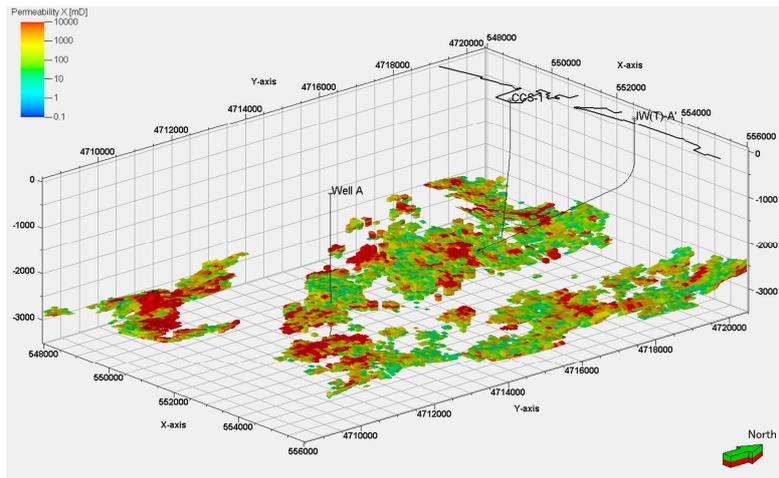
地質モデル

滝ノ上層 T1 部層への滝ノ上層圧入井の圧入（廃棄）位置を選定するあたり、三次元弾性波探査データおよび、苫小牧 CCS-1（調査井）、坑井 A（既存民間井）のデータを地質統計学的に解析し、100 通りの不均質な物性を有する地質モデル（平成 24 年度地質モデル）を作成した。地層境界深度や入力した物性値については平成 23 年度シミュレーション（第 2.2 節）と同様の値を使用している。作成した地質モデルを用い、CO₂ を 20 万トン/年のレートで 3 年間圧入するシミュレーションを実施した^{注1}。圧入終了時の貯留層上限における地層圧の上昇量を序列化し、100 個のモデルの累積確率分布を作成した。平成 23 年度シミュレーションと同様に、P10、P50、P90 を設定した。

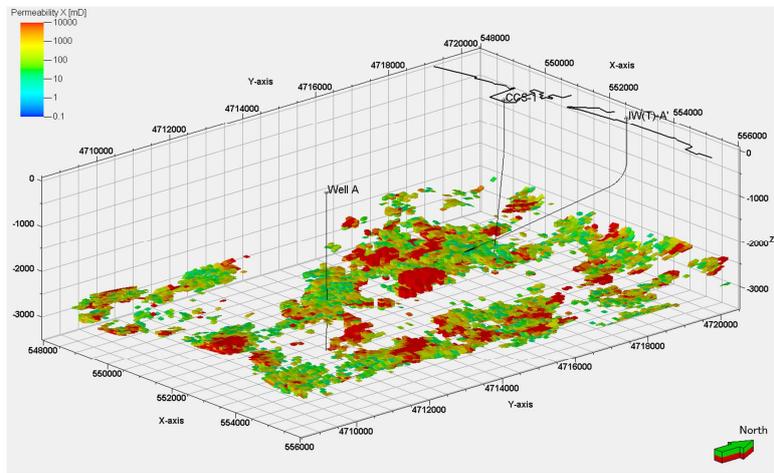
また、平成 24 年度地質モデルは、時間ドメインである弾性波探査記録に基づく地質構造解釈により作成したことから、深度ドメインの地質モデルに変換する必要がある。平成 24 年度シミュレーションでは当該地域で見込まれる ±88m の深度変換誤差を考慮した地質モデルを作成した。ベースとなる深度モデルを Base 深度モデルとし、誤差の振れ幅から Deep 深度モデルと Shallow 深度モデルを設定し、そのそれぞれの P10、P50、P90 のケースに対しシミュレーションを実施している。

それぞれの深度モデルで作成した P10、P50、P90 ケースに対する不均質モデル（浸透率）を例として、第 4.1-1 図～第 4.1-3 図に示す。

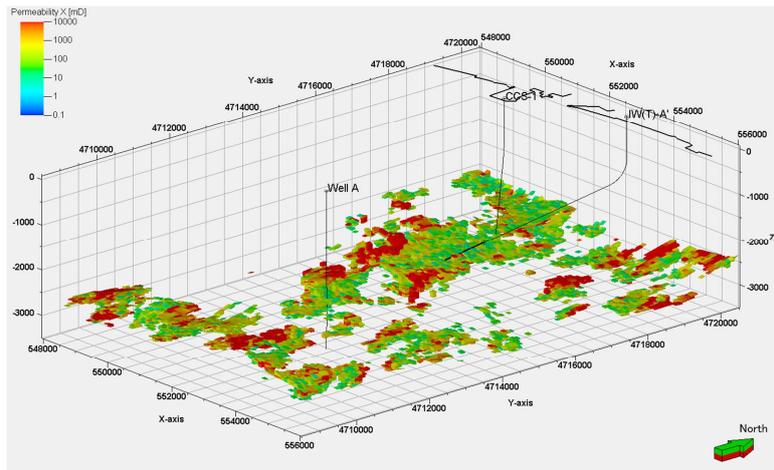
^{注1} 平成 23 年度シミュレーションは 25 万トン/年の圧入レート、平成 24 年度シミュレーションは 20 万トン/年の圧入レートであるのは、CO₂ の供給量の見直しにより計画変更したことによる。また、保守・点検の都合、モニタリング計画との関連、貯留層の状況等により、一時的に、あるいは長期的に一方の貯留層だけに圧入するケースも想定されることから、それぞれに圧入する最大値として、圧入レートを設定している。



Base深度モデル/P10ケース地質モデル（浸透率， $k > 10\text{mD}$ でフィルタリング）



Base深度モデル/P50ケース地質モデル（浸透率， $k > 10\text{mD}$ でフィルタリング）



Base深度モデル/P90ケース地質モデル（浸透率， $k > 10\text{mD}$ でフィルタリング）

第 4.1-1 図 滝ノ上層 T1 部層の不均質モデルの浸透率分布：Base 深度モデル/P10，P50，P90 ケース（平成 24 年度地質モデル）