

(4) シミュレーションによるCO₂の圧入挙動

上述の7ケースについて25万トン/年の圧入レートで3年間(75万トン)の挙動予測シミュレーションを行ったところ、ベースケースおよび高浸透率ケースにおいて25万トン/年×3年間の圧入が可能であることを確認した。

低浸透率ケースでは、圧入開始後、坑底圧力(貯留層上限深度での坑内圧力)がすぐに圧入圧力の上限(約13.4MPa)に達することから、圧入レートを14~16万トン/年に減少せざるをえなくなり、その結果、累計圧入量が45.2万トンであった。

以上の通り、貯留可能量に影響を与える要因が水平浸透率であることから、本項では水平浸透率が異なるケースのCO₂圧入挙動について述べる。

① CO₂圧入時の挙動

a. ベースケース

図3.1-18にベースケースにおける坑底圧力、圧入レートおよび累計圧入量の時間的变化を示す。想定圧入レートおよび期間である25万トン/年の圧入レートで3年間(累計圧入量75万トン)CO₂を圧入可能であることを確認した。ベースケースでは、坑底圧力が、圧入圧力上限(13.4MPa)以下で圧入することができ、圧入終了時点での坑底圧力は13.2MPaとなった。圧入終了後に坑内圧力は大きく低下し、圧入終了5年後には10.6MPaとなり、以後ゆっくりと圧入前の地層圧(10.3MPa)に近づいていく結果が得られた。

b. 低浸透率ケース

図3.1-19に低浸透率ケースにおける坑底圧力、圧入レートおよび累計圧入量の時間的变化を示す。低浸透率ケースでは、圧入開始後すぐに坑底圧が圧入圧力上限(13.4MPa)に達して、圧入レートが11~16万トン/年、累計圧入量が45.2万トンとなった。ベースケースと同様に圧入終了後に坑底圧力は大きく低下し、圧入終了5年後には10.7MPa程度となり、以後ゆっくりと圧入前の圧力(10.3MPa)に近づいていく結果が得られた。

c. 高浸透率ケース

図3.1-20に高浸透率ケースにおける坑底圧力、圧入レートおよび累計圧入量の時間的变化を示す。想定圧入レートおよび期間である25万トン/年の圧入レートで3年間(累計圧入量75万トン)CO₂を圧入可能であることを確認した。高浸透率ケースでは坑底圧力が、圧入圧力上限(13.4MPa)以下の圧力で圧入することができ、圧入終了時点では12.5MPaとなった。他のケースと同様に坑底圧力は圧入終了後に圧力は大きく低下し、圧入終了5年後には10.6MPa程度となり、以後ゆっくりと圧入前の圧力(10.3MPa)に近づいていく結果が得られた。

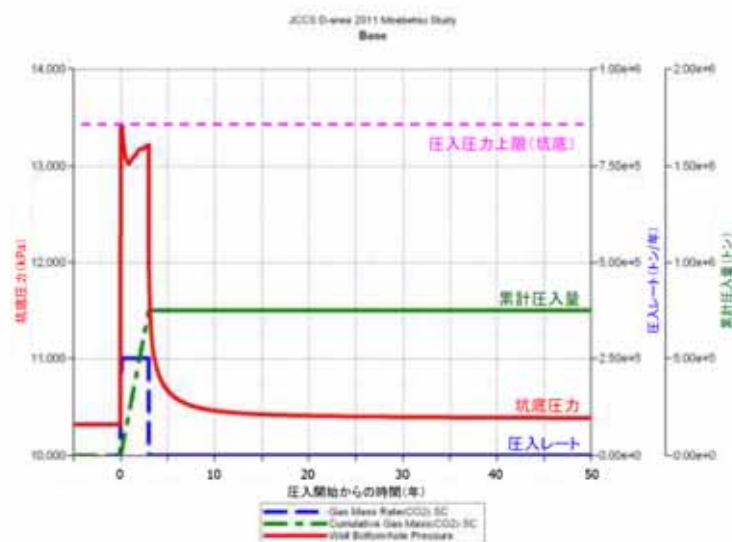


図 3.1-18 ベースケースにおける坑底圧力の時間（年）的变化

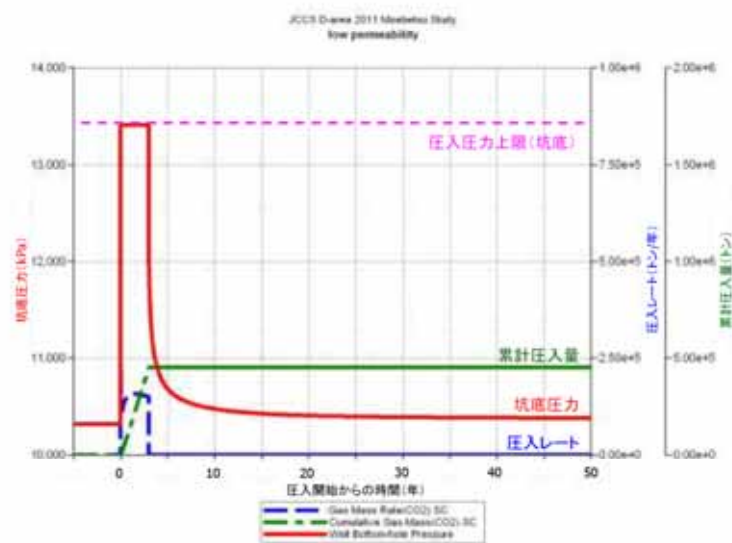


図 3.1-19 低浸透率ケースにおける坑底圧力の時間（年）的变化

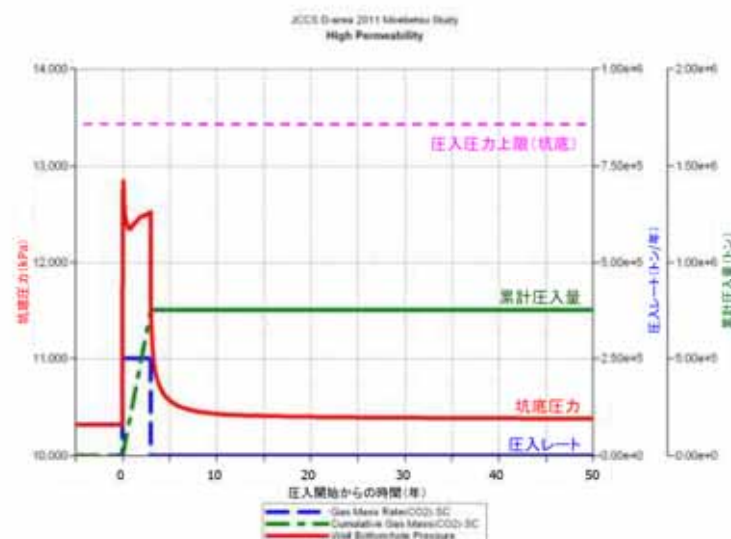


図 3.1-20 高浸透率ケースにおける坑底圧力の時間（年）的变化

② 貯留層の圧力分布

a ベースケース

図 3.1-21 にベースケースにおける圧入終了時点の圧力分布を示す。南北に約 800m、東西約 800m の範囲に 1,000kPa（圧入前の地層圧の約 10%）以上に上昇した領域が、南北に約 6km、東西約 6km の範囲に 100kPa（圧入前の地層圧の約 1%）以上に圧力が上昇した領域が確認された。しかし、20 年後までには前述の圧力上昇は見られなくなった。

b 低浸透率ケース

図 3.1-22 に低浸透率ケースにおける圧入終了時点の圧力分布を示す。南北に約 600m、東西約 400m の範囲に 1,000kPa（圧入前の地層圧の約 10%）以上に上昇した領域が、南北に約 4km、東西約 4km の範囲に 100kPa（圧入前の地層圧の約 1%）以上に圧力が上昇した領域が確認された。しかし、20 年後までには前述の圧力上昇は見られなくなった。

c 高浸透率ケース

図 3.1-23 に圧入終了時点の圧力分布を示す。南北に約 800m、東西約 800m の範囲に 1,000kPa（圧入前の地層圧の約 10%）以上に上昇した領域が、南北に約 6.5km、東西約 4km の範囲に 100kPa（圧入前の地層圧の約 1%）以上に圧力が上昇した領域が確認された。しかし、20 年後までには前述の圧力上昇は見られなくなった。

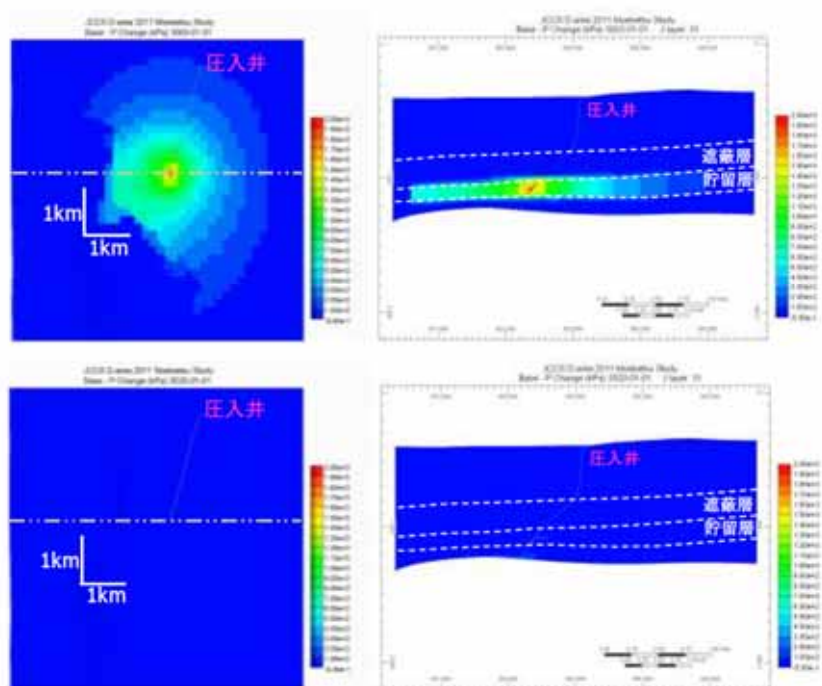


図 3.1-21 CO_2 圧入前からの圧力変化量（単位：kPa）の推移（ベースケース）
 （上：3 年後 下：20 年後）
 （左：平面分布（k 方向セル 28） 右：東西断面（位置は平面分布の点線の位置））

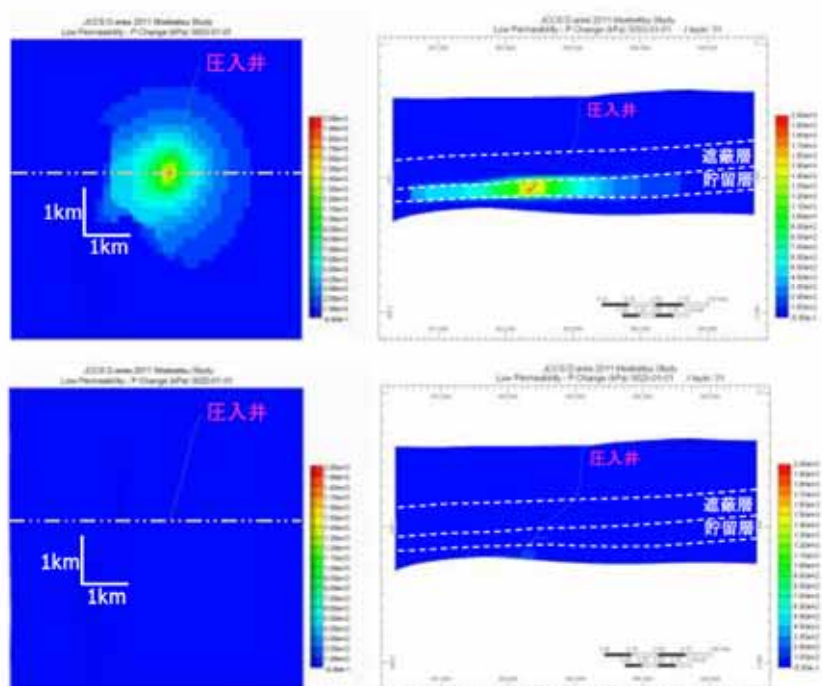


図 3.1-22 CO_2 圧入前からの圧力変化量（単位：kPa）の推移（低浸透率ケース）
 （上：3 年後 下：20 年後）
 （左：平面分布（k 方向セル 28） 右：東西断面（位置は平面分布の点線の位置））

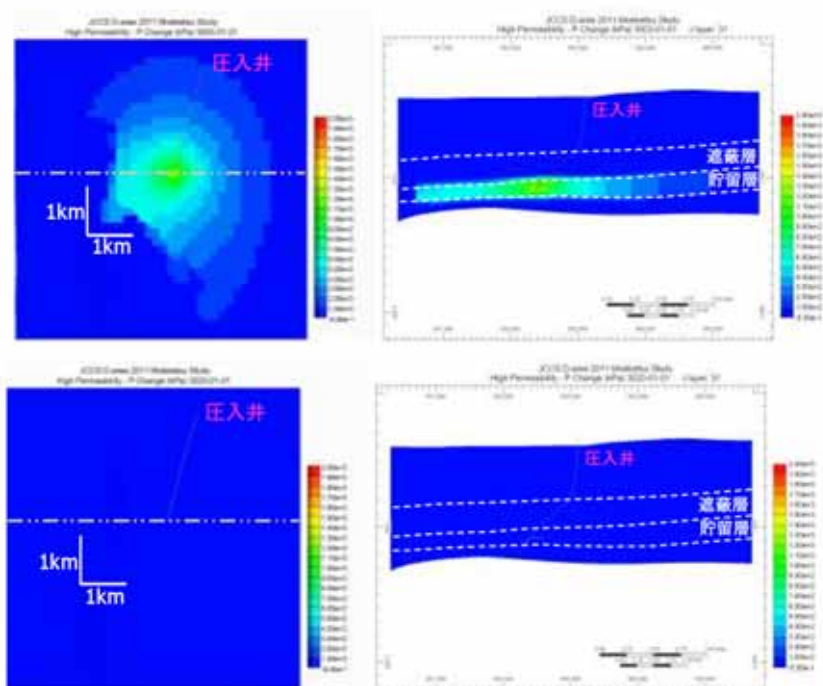


図 3.1-23 CO₂ 圧入前からの圧力変化量（単位：kPa）の推移（高浸透率ケース）
 （上：3 年後 下：20 年後）
 （左：平面分布（k 方向セル 28） 右：東西断面（位置は平面分布の点線の位置））

(5) シミュレーションによる貯留CO₂の長期挙動予測

① 圧入に伴う貯留層内のCO₂分布予測

圧入終了時点（圧入開始から3年後）、圧入開始から200年後および1,000年後における気相のCO₂飽和率分布を図3.1-24～図3.1-26に示す。また、CO₂が地層水に溶解した状態の溶解CO₂濃度の分布を図3.1-27～図3.1-29に示す。

a ベースケース

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に飽和率の高い範囲が広がっている。同様に、溶解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の範囲に広がっている。その後、CO₂は水平方向にはほとんど動かなくなるが、貯留層内での上方への移動があり、遮蔽層下限までの移動が見られる。20年後以降、1,000年後まではほとんど動かなかった。一方で、溶解CO₂は1,000年後まで主に垂直方向に広がった。

b 低浸透率ケース

気相CO₂は圧入井近傍において圧入終了直後で東西約200m、南北約200mに飽和率の高い範囲が広がっている。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400m、南北約600mに広がっている。その後、CO₂は1,000年後までほとんど動かなかった。溶解CO₂は1,000年後まで拡がり続けた。

c 高浸透率ケース

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に飽和率の高い範囲が広がっている。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に広がっている。その後、CO₂は水平方向にはほとんど動かなくなるが、貯留層内での上方への移動があり、遮蔽層下限までの移動が見られる。20年後以降、1,000年後まではほとんど動かなかった。一方で、溶解CO₂は1,000年後まで主に垂直方向に広がった。

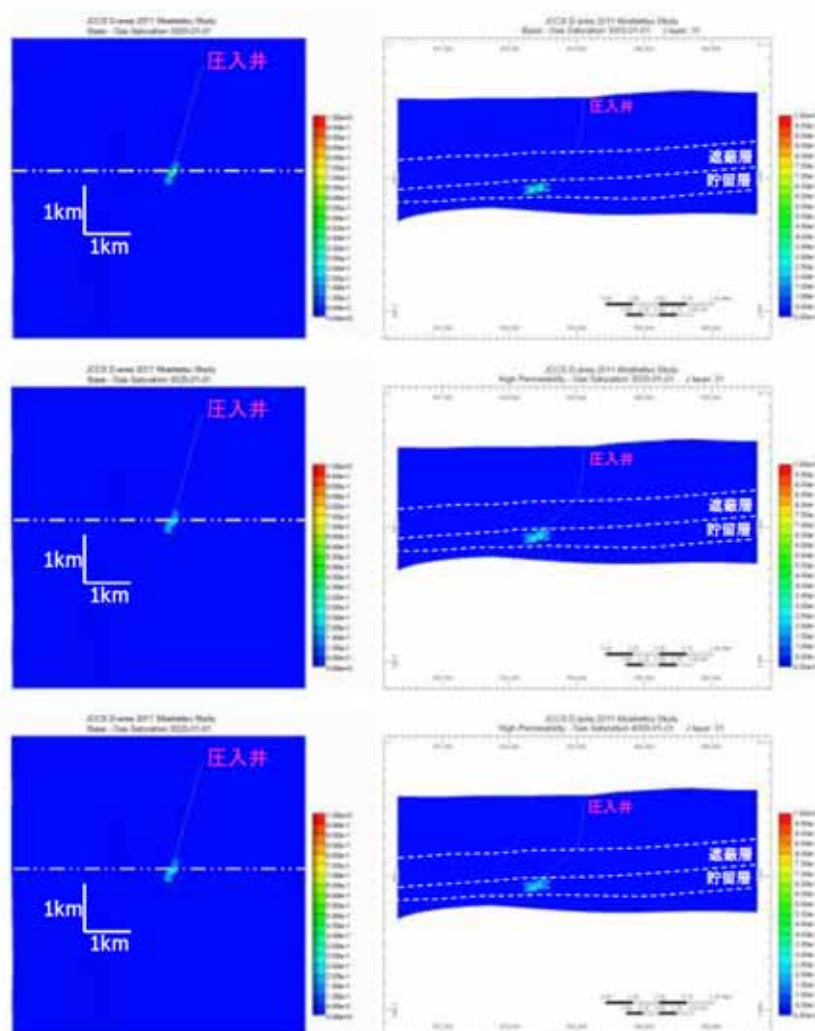


図 3.1-24 CO₂飽和率の推移（ベースケース）

（上：3年後 中：20年後 下：1,000年後）

（左：平面分布（k 方向セル 28） 右：東西断面（位置は平面分布の点線の位置））

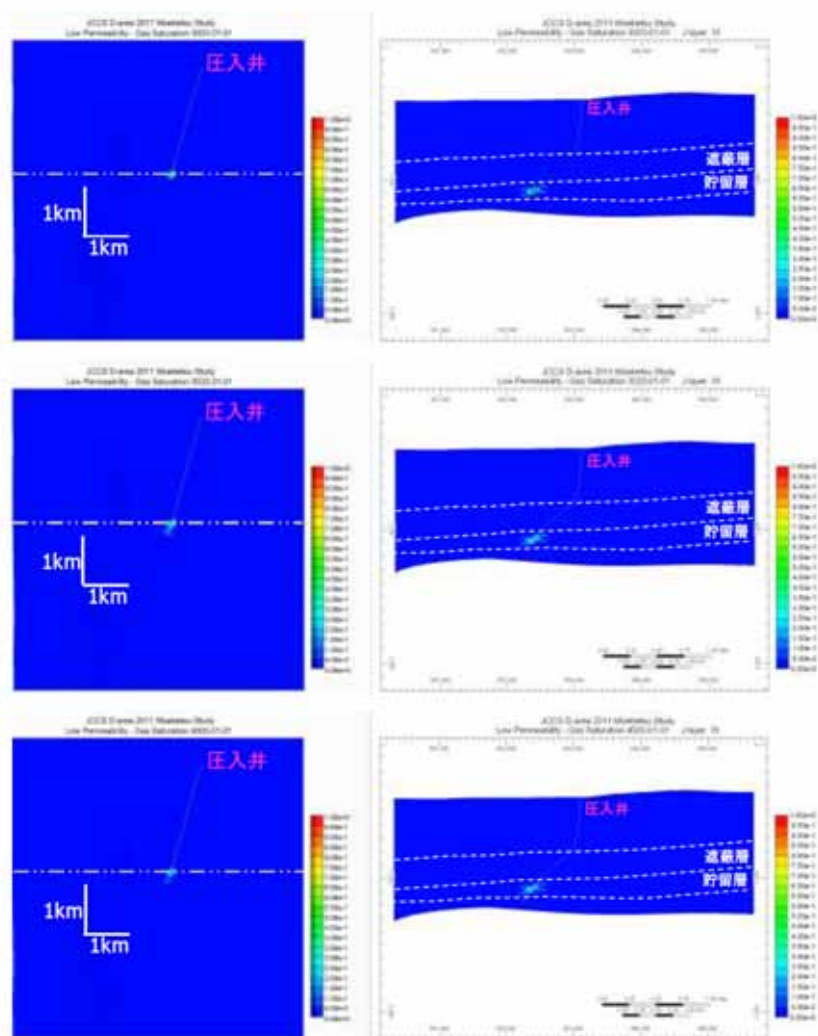


図 3.1-25 CO_2 飽和率の推移（低浸透率ケース）

（上：3年後 中：20年後 下：1,000年後）

（左：平面分布（k 方向セル 28） 右：東西断面（位置は平面分布の点線的位置））

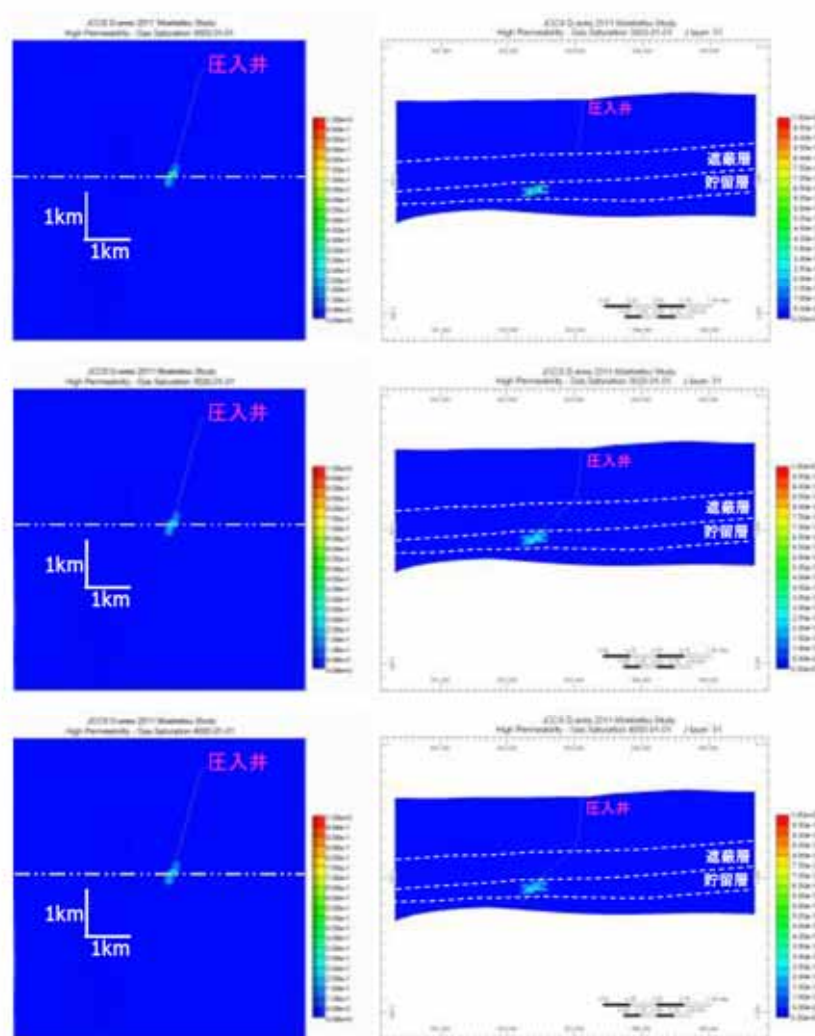


図 3.1-26 CO_2 飽和率の推移（高浸透率ケース）

（上：3年後 中：20年後 下：1,000年後）

（左：平面分布（k 方向セル 28） 右：東西断面（位置は平面分布の点線の位置））

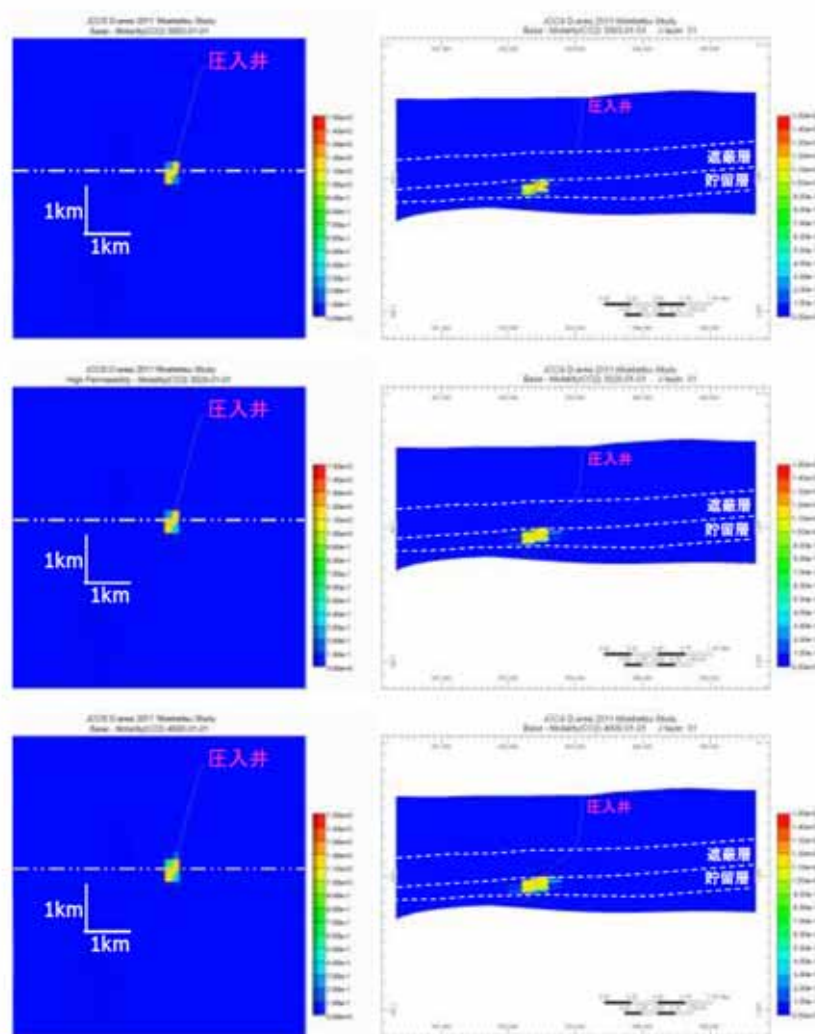


図 3.1-27 溶解 CO_2 濃度 (単位: mol/kg) の推移 (ベースケース)
 (上: 3 年後 中: 20 年後 下: 1,000 年後)
 (左: 平面分布 (k 方向セル 28) 右: 東西断面 (位置は平面分布の点線の位置))

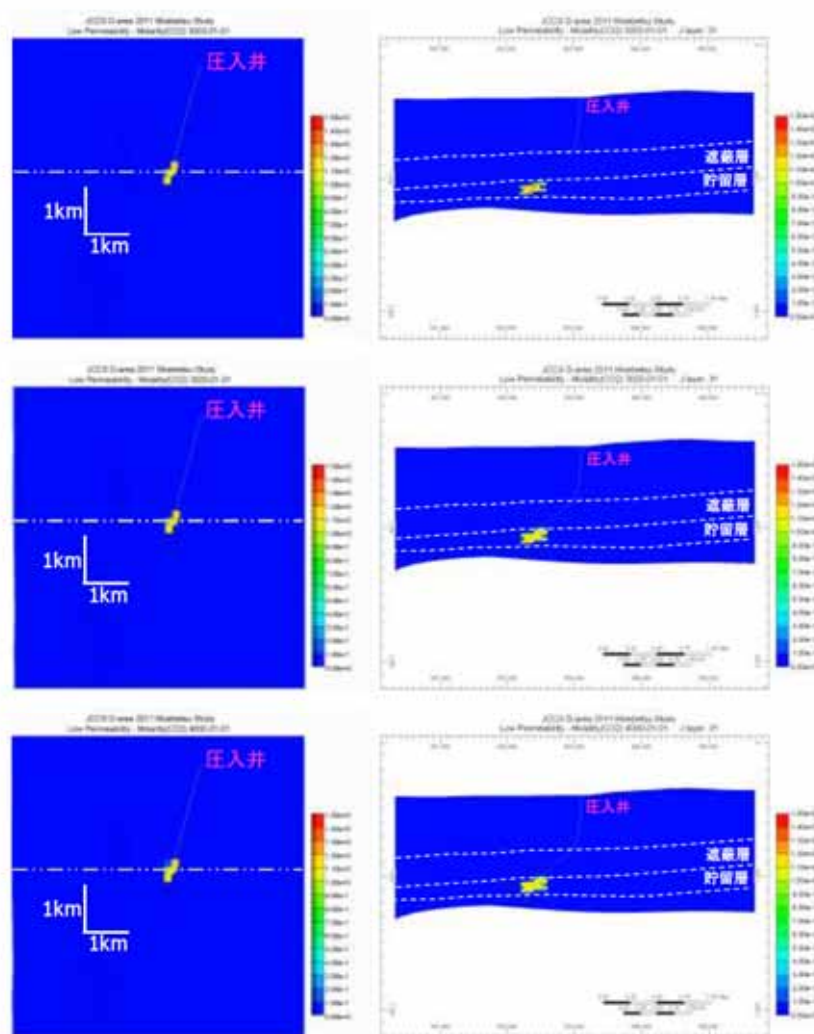


図 3.1-28 溶解CO₂濃度（単位：mol/kg）の推移（低浸透率ケース）
 （上：3年後 中：20年後 下：1,000年後）
 （左：平面分布（k方向セル28） 右：東西断面（位置は平面分布の点線の位置））

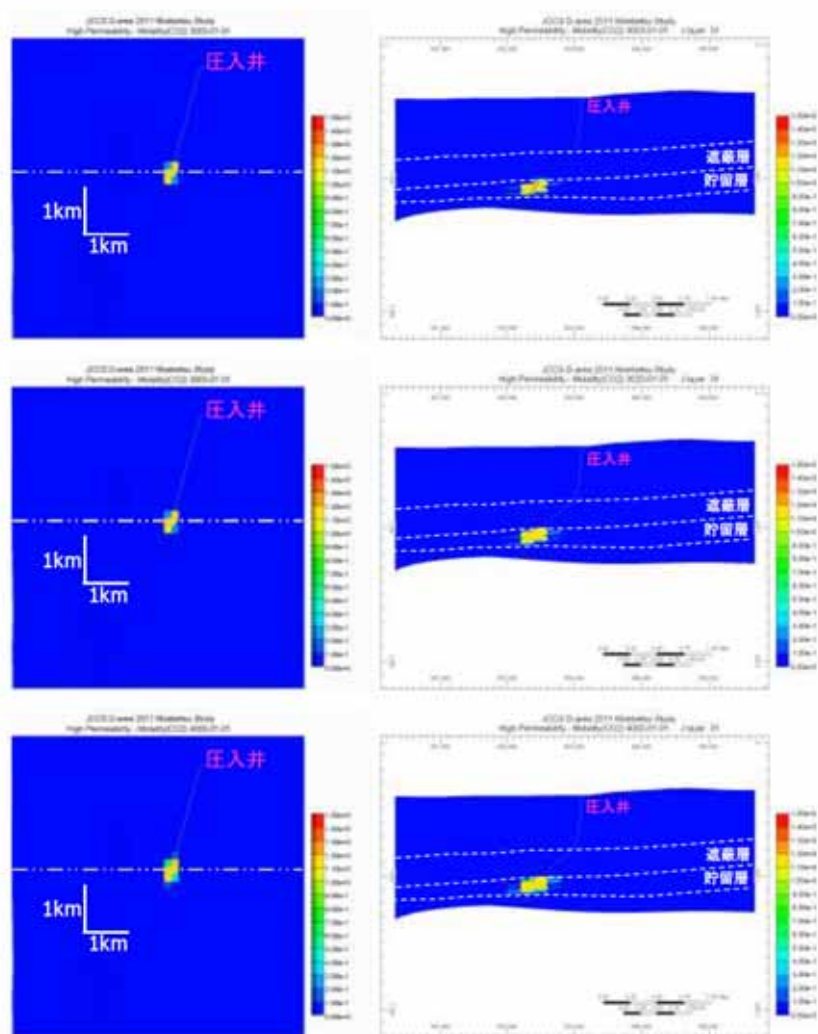


図 3.1-29 溶解 CO_2 濃度 (単位: mol/kg) の推移 (高浸透率ケース)
 (上: 3 年後 中: 20 年後 下: 1,000 年後)
 (左: 平面分布 (k 方向セル 28) 右: 東西断面 (位置は平面分布の点線の位置))

② 遮蔽性能検討

遮蔽性能の評価の一環として、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 CO_2 飽和率と溶解 CO_2 濃度を精査した。遮蔽層と貯留層の境界で最も圧力が高くなる箇所は圧入井が通るセルであることから、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とする（上位から遮蔽層A、遮蔽層B、貯留層Cの順、図2.8-6および図3.1-30）。

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（図3.1-31）。

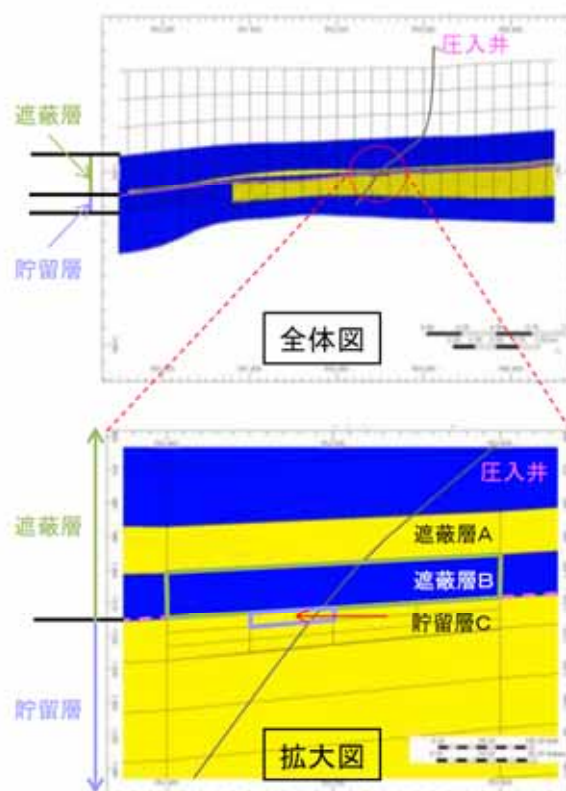


図 3.1-30 萌別層の地質モデル断面図（黄色：砂岩 青色：泥岩）

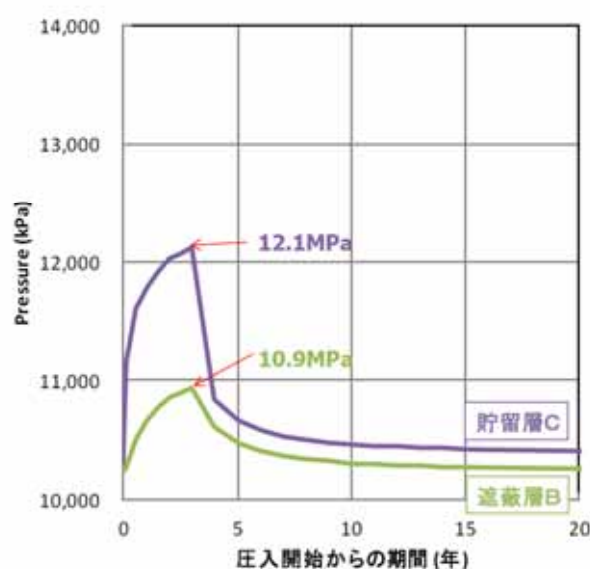


図 3.1-31 遮蔽層Bと貯留層Cの圧力の時間変化

なお、シミュレーションにおけるスレシールド圧力については、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。

a ベースケース

図 3.1-32 にベースケースにおけるそれらのセルのCO₂飽和率および溶解CO₂濃度の時間変化を示す。

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に設定したスレシールド圧力（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飽和率はほとんど変化がなかった。

一方で、遮蔽層Bにおける溶解CO₂濃度は、圧入開始 1,000 年後に 0.16mol/kg-地層水だけ増加していた。さらに、遮蔽層Aの溶解CO₂濃度は圧入開始 1,000 年後でも 3.4×10^{-4} mol/kg-地層水と非常に低かった。

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。

以上のことから、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が、泥岩内の水に溶解して安定した状態となる。したがって、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。

b 遮蔽性能（低）ケース（表 3.1-4 の⑤）

遮蔽層性状が劣る場合の CO_2 挙動を評価した。スレシヨルド圧力を 0.012MPa、水平浸透率を $7 \times 10^{-3} \text{mD}$ 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 CO_2 飽和率と溶解 CO_2 濃度を精査した。図 3.1-33 にそれらのセルの CO_2 飽和率および溶解 CO_2 濃度の時間変化を示す。ベースケースと同様に遮蔽層 A と遮蔽層 B における CO_2 飽和率はほとんど変化がなかった。

一方で、遮蔽層 B における溶解 CO_2 濃度は 0.55mol/kg -地層水（圧入開始 1,000 年後）とベースケースより多くなった。また、遮蔽層 A の溶解 CO_2 濃度は圧入開始 1,000 年後で $2.6 \times 10^{-3} \text{mol/kg}$ -地層水と非常に低かった。

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 CO_2 濃度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ことがわかった。

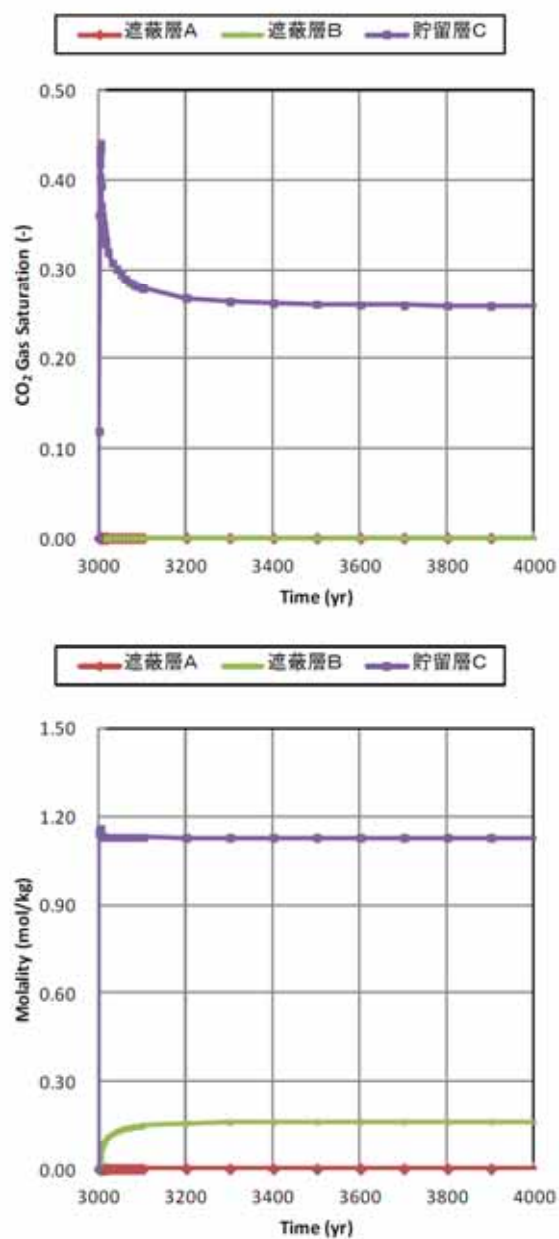


図 3.1-32 遮蔽層・貯留層境界付近でのCO₂飽和率と溶解CO₂濃度の時間変化
(ベースケース) (上: CO₂飽和率 下: 溶解CO₂濃度)
(上位から遮蔽層A、遮蔽層B、貯留層Cの順)

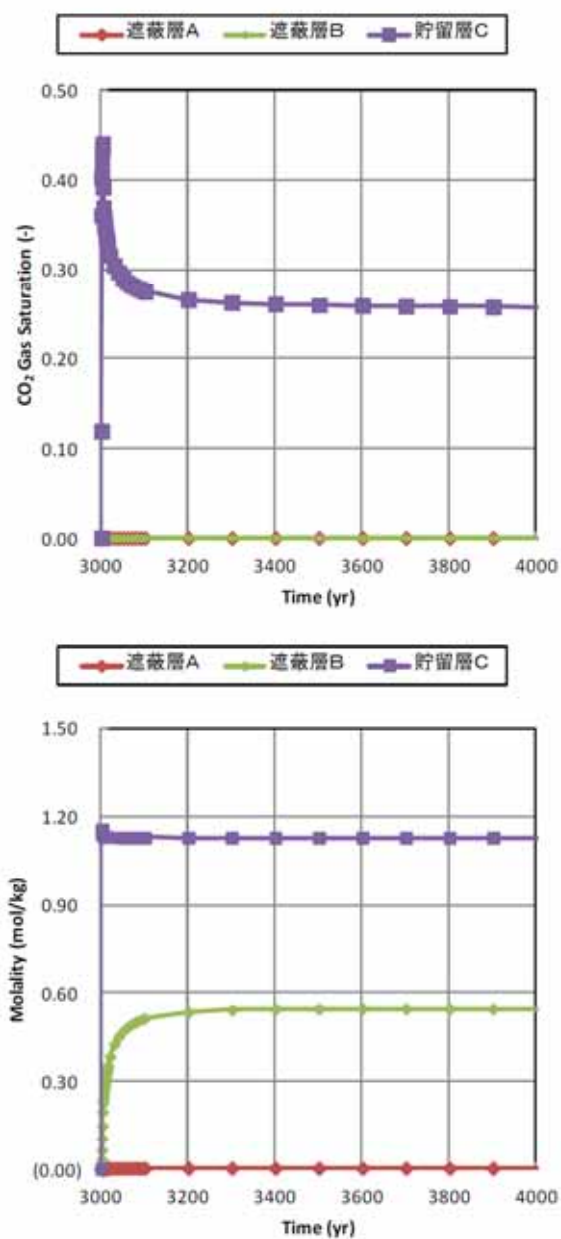


図 3.1-33 遮蔽層・貯留層境界付近でのCO₂飽和率と溶解CO₂濃度の時間変化
 (遮蔽性能(低)ケース) (上: CO₂飽和率 下: 溶解CO₂濃度)
 (上位から遮蔽層A、遮蔽層B、貯留層Cの順)

③ CO₂の貯留形態ごとの割合

貯留CO₂の3つの貯留形態をMovable、DissolvedおよびTrappedで表現し、各ケースにおける割合について、その経時変化を図3.1-34～図3.1-36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量は減少し、約50年でその割合は9～10%程度となり、さらに減少を続けていく。また、Trapped CO₂とDissolved CO₂の割合はゆっくりと変化していく。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量は約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%という割合になった。この差については、圧入終了までのCO₂の拡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。

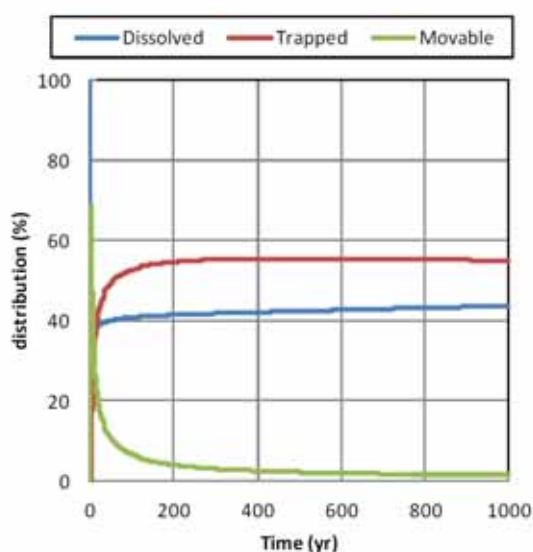


図3.1-34 CO₂の貯留フォーム（割合）の変化（ベースケース）

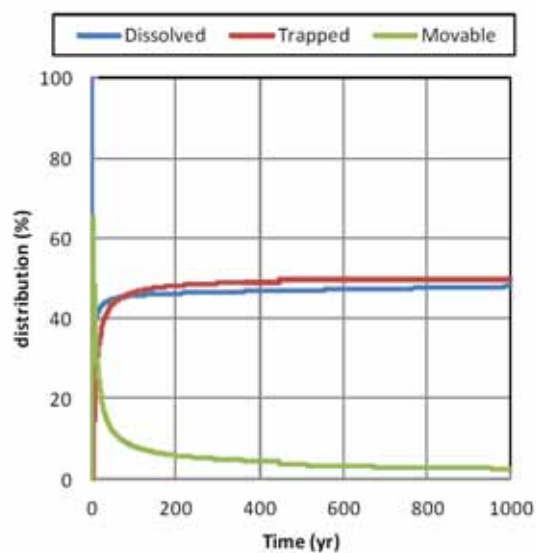


図 3.1-35 CO₂の貯留フォーム（割合）の変化（低浸透率ケース）

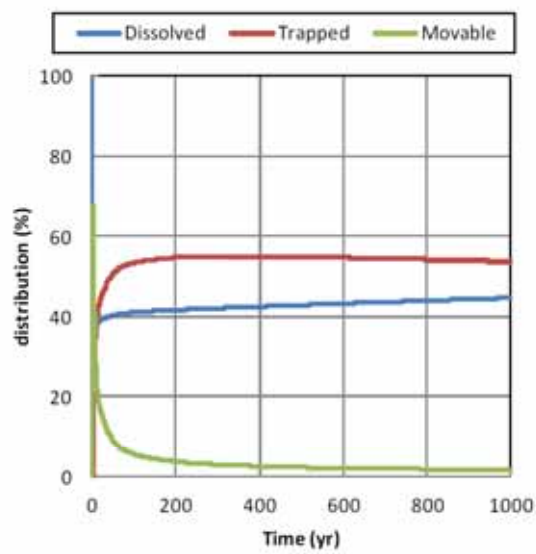


図 3.1-36 CO₂の貯留フォーム（割合）の変化（高浸透率ケース）

(6) 総合評価

① 萌別層評価のまとめ

萌別層砂岩層について行った貯留層評価、遮蔽層評価、 CO_2 挙動予測シミュレーションの結果を以下の記述および表 3.1-5 にまとめる。

- 1) 萌別層砂岩層は、沖合に前進しながら陸棚に堆積したファンデルタからなり、砂岩を主体とし、砂礫岩、シルト岩を伴う。緩やかな西傾斜で安定的に堆積し、層厚は約 100m である。砂礫岩相は北東部を中心に発達していると解釈される。
- 2) 萌別層泥岩層は、下位の萌別層砂岩層の上位に安定して堆積し、層厚約 200m のシルト岩～泥岩からなる。貯留対象領域を覆う領域で十分な厚さがあり良好な遮蔽性能が期待される。
- 3) 貯留層の性能、遮蔽層の性能を評価するため、25 万トン/年×3 年間の CO_2 を圧入し、圧入終了後 997 年間（圧入開始から 1,000 年間）の CO_2 挙動を予測するシミュレーション実施した。
- 4) シミュレーションの結果をまとめると、以下の通りである。
 - ・7 つのケース中 6 ケースで 25 万トン/年×3 年間（累計圧入量：75 万トン）の圧入は可能であった。層内の浸透率を 9md とした低浸透率ケースでは 3 年間で累計圧入量が 45.2 万トン（平均 15 万トン/年）であった。浸透率が低い場合においても萌別層における最少想定圧入レートの 10 万トン/年での圧入が可能であることを確認した。
 - ・気相 CO_2 の拡がり（圧入井近傍において）は水平方向に東西 400m 程度、南北 600m 程度までであり、溶解 CO_2 の拡がり（圧入井近傍において）は東西 400m 程度、南北 600m 程度までであった。
 - ・遮蔽層（萌別層泥岩層）へは遮蔽層の下限のセルには溶解 CO_2 の状態で CO_2 は存在するが、それより上位へは移動していなかった。
 - ・圧入終了時における貯留層上限での圧力（12.1MPa）が、圧入終了時における遮蔽層下限の圧力（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。

② 総合評価

萌別層砂岩層への最少想定圧入レートである 10 万トン/年×3 年間の CO_2 圧入は可能であり、遮蔽層（萌別層泥岩層）への CO_2 の拡がりもないと評価する。

表 3.1-5 萌別層砂岩層貯留層総合評価のまとめ

項目	
貯留層	構造 ●緩やかな北西傾斜(1~3°)の単斜構造
	対象深度・層厚 ●垂直深度:約1,100~1,200m ●層厚:約100m
	岩相 ●砂岩主体(礫質砂岩、シルト岩を伴うファンデルタ堆積物)
	物性 ●孔隙率:25~40%(苫小牧CCS-2コア試験:封圧下)、孔隙率:20~40%(物理検層解析結果) ●浸透率:9~25mD(苫小牧CCS-1圧入テスト解析結果) ●浸透率:1~1,000mD(苫小牧CCS-2コア試験:封圧下、空気) ●浸透率:1~120mD(物理検層解析結果)
遮蔽層	圧入・貯留性能 ●【苫小牧CCS-1圧入テスト】最大1,200kl/日(掘削深度1,077~1,217mのうち57.5m) ●【シミュレーション】25万トン/年×3年間圧入可能(低浸透率ケースを除く)
	岩相 ●シルト岩～泥岩(萌別層上部)
	層厚 ●層厚:約200m
	物性 ●孔隙率:32.4~37.2%(苫小牧CCS-2コア試験:封圧下) ●浸透率: $0.80 \times 10^{-3} \sim 1.73 \times 10^{-3}$ mD(苫小牧CCS-2コア試験:水浸透率) ●リークオフ圧力:14.6MPa(等価泥水比重:1.50)(萌別層泥岩層(苫小牧CCS-2)991m) ●スレシヨルド圧力:0.75, 1.65, 1.67MPa(苫小牧CCS-2コア試験:CO ₂ -水系)
坑井掘削難易度	遮蔽性能 ●【シミュレーション】圧入終了時における貯留層上限での圧力(12.1MPa)が、圧入終了時における遮蔽層下限の圧力(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。
	坑井掘削難易度 ●軟弱な第四系・鶴川層内での坑跡コントロールや水平に近い掘削のため、掘削障害のリスクあり。
	圧入後CO ₂ の移動(シミュレーション結果) ●(3年圧入後)気相CO ₂ の拡がりには圧入井近傍で400m×600m程度、溶解CO ₂ は400m×600m程度(ベースケース)。 ●20年程度で、気相CO ₂ の拡がりに変化は見られなくなる。 ●1,000年後までは、周辺部での地層水へのCO ₂ の溶解が進み、CO ₂ 飽和率減少が確認される。

3.2 貯留対象層周辺を取巻く環境等の評価

3.2.1 活断層分布および地震活動

(1) テクトニクス概要

図 3.2-1 に苫小牧周辺のテクトニクスを示す地質概念図を示す。圧入想定域は、北海道の石狩-日高地域に属する（図 3.2-1 左下の地質図）。地質構造的には、西方に向かって前進する北北西-南南東方向の褶曲・衝上断層帯で特徴づけられる（図 3.2-1 上段の図）。同褶曲・衝上断層帯は、東北日本弧と千島弧の衝突によって形成された日高衝突帯の西側の前縁部に形成されている¹⁾。

広域の地質構造的な特徴は、以下のとおり要約できる（図 3.2-1）。

- ・西方に向かって前進する複数の褶曲・衝上断層帯が発達する。これらは、東北日本弧と千島弧の衝突によって形成されたもので、中新世に始まったものである。
- ・褶曲・衝上断層帯にはいくつかの断層が認められ、地表に現れている最も西側の断層は馬迫断層で代表される断層群である。
- ・既往の弾性波探査データから馬迫断層の西側にはいくつかの伏在衝上断層が推定される。
- ・馬迫断層およびその西側の伏在衝上断層は、南北に延びる活断層である「石狩低地東縁断層帯」を形成している。

【参考文献】

- 1) 伊藤他（1999）、日高衝突帯におけるデラミネーション-ウェッジ構造。月間地球，v. 21, n. 3, pp. 130-136.

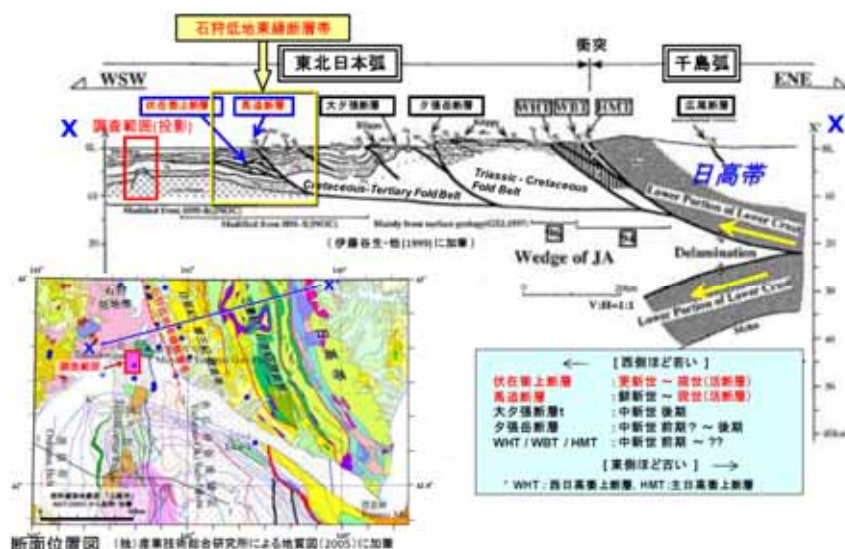


図 3.2-1 苫小牧周辺のテクトニクス概要

(2) 北海道周辺の地殻応力分布

「CCS実証事業の安全な実施にあたって」においては、CO₂貯留に際し地質面から検討すべき事項として、CO₂圧入地点付近における過去の地震活動が挙げられている。過去の地震活動の検討の一環としては、圧入地点周辺の地殻応力状態や歪みの蓄積状況を事前に把握する必要があることから、国土地理院によるGPS観測点網(GEONET)による年間平均変位速度ベクトルと、地殻応力データベースであるWorld Stress Map²⁾(WSM)を利用して応力分布について調査した。

図 3.2-2 に、WSMによる応力データ分布および札幌観測点を固定した変位速度図を示す。これらの図に現れた応力分布を反映すると考えられる特徴を列記する。

北海道南東部-日高山脈南部は、太平洋プレートの沈み込みによる千島弧の東北日本弧への衝突が生じている地域である。地殻変位速度はこの衝突と整合的な西から西北西への変位が顕著であり、南東ほどその変位速度が大きく、年間20mm以上に達している。応力データ分布図には陸域のデータが少ないが日高山脈南端付近に逆断層型の東西圧縮を示すデータが存在し、地殻変位速度ベクトルと調和的である。

石狩低地帯内に存在する札幌観測点を固定点とした場合、北海道北部地域から苫小牧-室蘭に至る地域は相対的な変位は小さい。

【参考文献】

- 2) World Stress Map (URL <http://dc-app3-14.gfz-potsdam.de/>)

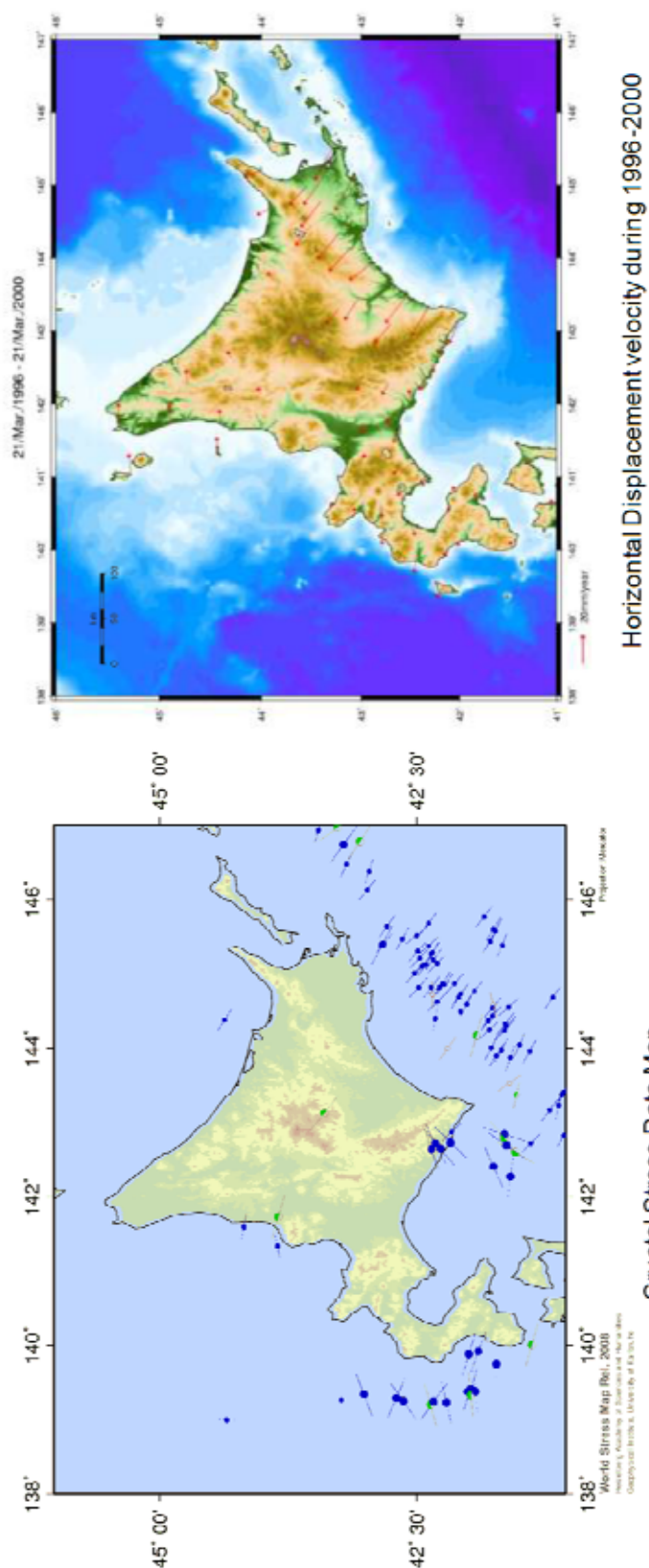


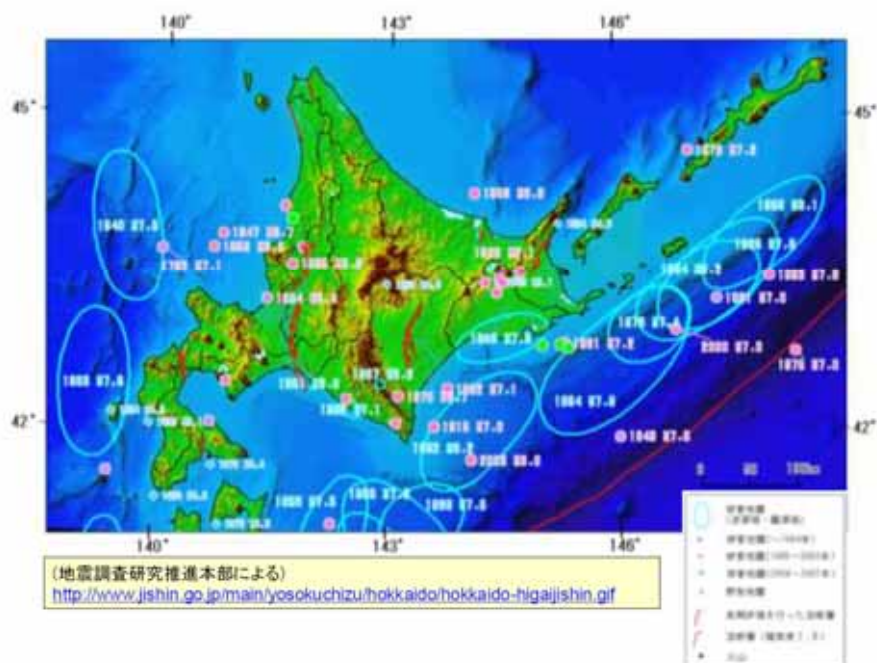
図 3. 2-2 北海道地域の地殻応力データ分布図 (左) および水平変位速度分布図 (右)

(3) 北海道周辺および苫小牧周辺の地震活動

「CCS実証事業の安全な実施にあたって」においては、CO₂貯留に際し地質面から検討すべき事項として、CO₂圧入地点付近における過去の地震活動が挙げられている。そこで、過去や現在の地震活動状況を調べることで、圧入地点周辺の断層運動の履歴や地殻の活動度を知ることを目的として調査を行った。

北海道周辺には、深部（100km以深）の海溝型（プレート境界型）と浅部（20-40km以浅）の内陸地震の2タイプの地震活動があり、千島海溝-日本海溝に沿って、津波を伴うマグニチュード（M）8クラスの海溝型巨大地震が繰り返し発生している（図3.2-3）。北海道では、古文書に記録された古い地震は少ないが、津波堆積物の調査から、400-500年周期で巨大津波を経験してきたことが分かっている。

苫小牧周辺における現在の地震活動を図3.2-4に示す。震源分布断面図からは、地下深部（100km以深）の海溝型（プレート境界型）と浅部（20-40km以浅）の内陸地震の2タイプの地震活動があることが分かる。平面分布図から、圧入想定地点周辺の地震活動度は、他の地域の活動度とほとんど差異はないことがわかる。苫小牧市南西側には、樽前山などの活火山があり、群発地震が発生することがある。ほとんどの場合M5以下であるが、まれにM5より大きくなり、局所的に被害が生じることがある。群発地震の活動期間は、多くは1-3ヵ月の比較的短い時間で収まるが、1年を越えた例も知られている。



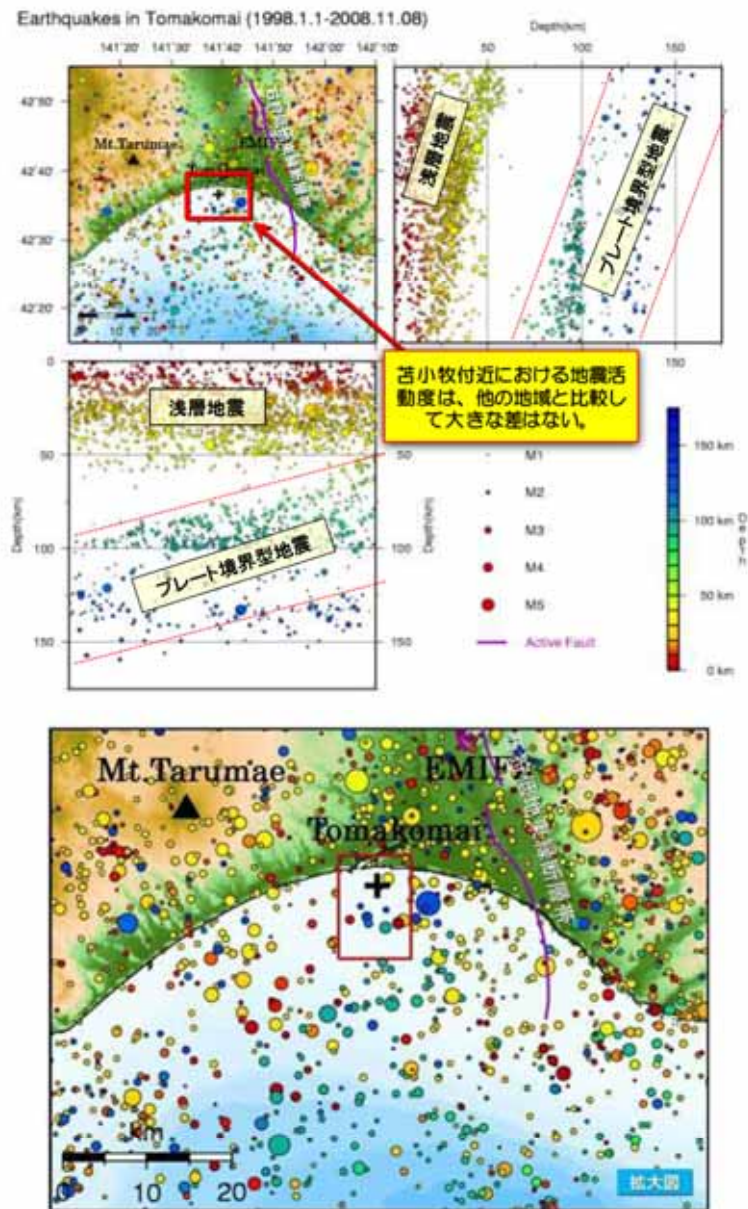


図 3. 2-4 苫小牧周辺の最近の地震活動 (1998 年～2008 年、 $M>1$)
(赤枠内は調査範囲)

(4) 苦小牧周辺の活断層

ここでは、活断層とは、第四紀後期更新世（約13万年前）以降現在まで活動的である断層、と定義する。

北海道地方の活断層のほとんどは逆断層であり、北海道の中央部がほぼ東西方向に圧縮されていることを示している。地殻変動観測からもおおむね西北西—東南東方向の圧縮場にあることがわかる(図3.2-2)。

苦小牧周辺の活断層としては、石狩平野の東縁に沿って南北方向に走っている「石狩低地東縁断層帯」がある(図3.2-1)。図3.2-5は、地震調査研究推進本部による「石狩低地東縁断層帯」の分布図である。平成22年8月に改訂されて追加された南部延長部も含まれている。図中の南部延長部は、断層そのものではなく断層活動を伴う変形を表す背斜構造軸として表現されている。震度予測シミュレーションで用いられている断層は、背斜軸の10~20km東方に想定されており、想定圧入地点からは20km以上あり、十分離れていると言える。



圖 3.2-5 石狩低地東緣斷層帶

(5) 三次元弾性波探査断面図に見られる断層

本地域で実施された三次元弾性波探査の断面図には、断層と判断される不連続面が確認されている。図 3.2-6 はその一例で、滝ノ上層の想定貯留地点を横切る Line IL-145 の東西断面図である。断面図上のほぼ中央に認められる断層は、ほぼ南北方向の走向で、滝ノ

上層から平取+軽舞層までを切っている。本断層は萌別層を切っておらず、活断層ではないと推定する。本断層は3Dデータの解析による振老層の分布形状から中新世の中期以前の引張応力場で形成された正断層と推定する。その後、荷菜層の堆積時に西側が下がるような活動があったと考えられ、その後、萌別層堆積時に降は活動を停止した。そのため、現在の圧縮応力場では再活動の可能性は低いと判断する。

また、地層水の塩分濃度分布から求めた水理地質構造から、本断層は不透水性と推定され、圧力の伝播と地層水の動きが断層にあたえる影響は小さいと判断する。

以上により、本断層は滝ノ上層T1部層へのCO₂の圧入に対しては安定していると判断する。

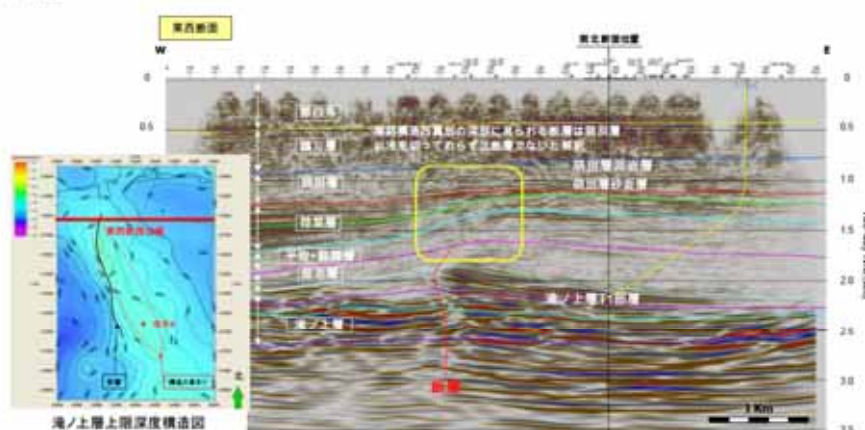


図 3.2-6 三次元弾性波探査断面図上でみられる断層例

(6) 苫小牧地点で予想される地震

苫小牧市地域防災計画においては、苫小牧沖の地震（プレート内の地震、M7.8、1974年苫小牧沖地震の震源）、馬追断層の地震（内陸地震、M6.8）、苫小牧直下の地震（内陸地震、M6.8、市街地直下の震源）を想定し、それらの震度の予測をしている。最も強い揺れの地震が予想されているのは苫小牧直下を震源とするもので、実証試験の調査地域の沿岸域（陸上）では震度5強から6弱が想定されている（図3.2-7）。

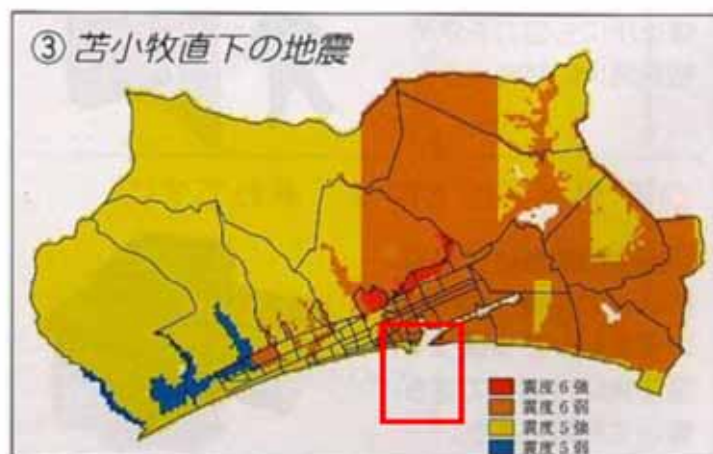


図 3.2-7 苫小牧直下を震源とする地震の震度予測（苫小牧市地域防災計画）
（赤枠内は調査範囲）

馬追断層を含む「石狩低地東縁断層帯（南部）」（図 3.2-5）については、地震調査研究推進本部によれば、54km 以上が一つの区間として一度に活動した場合、その地震の規模は、M7.7 程度以上になると推定されている。図 3.2-8 は、この地震が発生した場合に予測される断層帯の周辺地域の震度分布を示しており、苫小牧市から勇払平野にかけては震度 6 強（赤色）が、実証試験の調査地域の沿岸域（陸上）では震度 6 弱（オレンジ色）が予測されている。

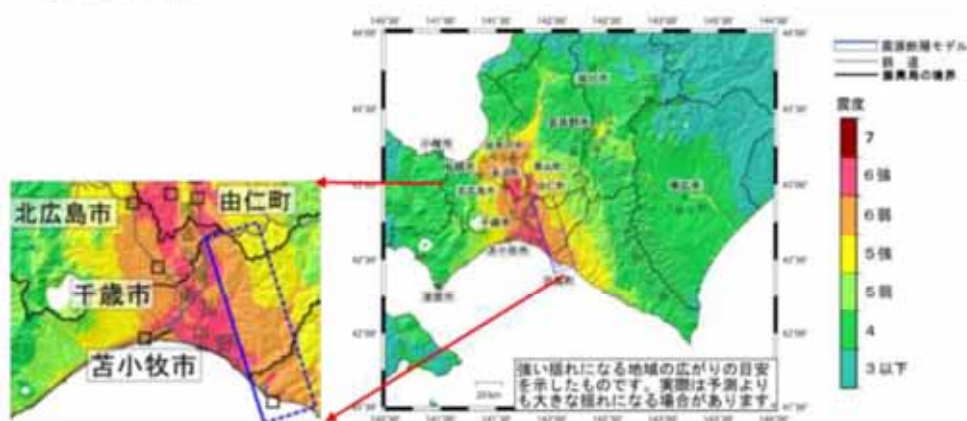


図 3.2-8 石狩低地東縁断層帯南部の地震による予測震度分布
（地震調査研究推進本部、2010 年 8 月）

3.2.2 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特別報告書において示されている潜在的な漏洩経路は下記の通り分類されている（図3.2-9参照）。

- (A) CO₂のガス圧が遮蔽層の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

Potential leakage routes and remediation techniques for CO₂ injected into saline formations

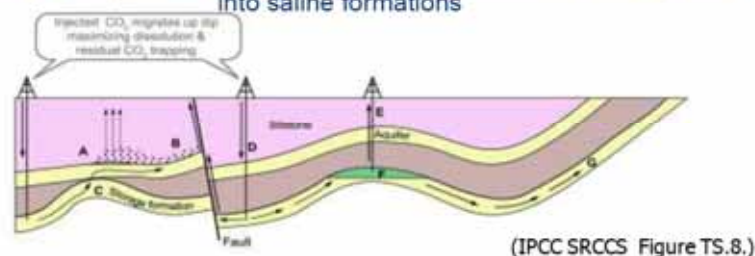


図 3.2-9 IPCC特別報告書による潜在的な漏洩経路

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

(2) CO₂漏出要因に関する検討のまとめ

苫小牧地点における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、以下の通りである。

1) 遮蔽層の毛管圧を超えて移動

滝ノ上層 T1 部層および萌別層砂岩層の圧入圧力は、それらの遮蔽層の毛管圧（スレシヨルド圧力）を超えることはなく、 CO_2 は遮蔽層には浸透しない（滝ノ上層 T1 部層では、スレシヨルド圧力が十分に高い。萌別層砂岩層では、滝ノ上層 T1 部層に比べればスレシヨルド圧力が低いものの、シミュレーションの結果、 CO_2 は遮蔽層に浸透せず、良好な遮蔽性能が期待される）。

2) 断層を通じた移動

シミュレーションによる CO_2 長期挙動予測の結果、圧入後 200 年程度で CO_2 の拡がりに変化は見られなくなり、1,000 年を経ても CO_2 は断層に到達しないことから、断層は CO_2 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 CO_2 長期挙動予測の結果、圧入後 200 年程度で CO_2 の拡がりに変化は見られなくなり、1,000 年を経ても CO_2 は廃坑井に到達しないことから、廃坑井は CO_2 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、 CO_2 が接触する鋼材やセメント等を耐 CO_2 仕様にする等の対策を施すことで、これら構造物に起因した CO_2 の移動を防止する。

以上から、圧入井等の構造物を耐 CO_2 仕様により、基本的には、 CO_2 の漏出は生じないものとする。

3.3 「CCS実証事業の安全な実施にあたって」への対応

「CCS実証事業の安全な実施にあたって」において、「CO₂圧入開始前までに取得するデータ」で挙げられているデータについての確認状況についてまとめた。表 3.3-1 に滝ノ上層T1部層の確認状況を、表 3.3-2 に萌別層砂岩層の確認状況を示す。

表 3.3-1 「CO₂圧入開始前までに取得するデータ」における淹ノ上層 T 1 部層のデータ確認状況

取得するデータ	取得方法	確認状況
検層により得られる地層の各種データ (差相、流体飽和率等の把握、浸透性の推定)	物理検層	確認済み
層序・岩相	泥水検層	確認済み
貯留層およびキャップブロックを含む岩石鉱物組成	コア分析 掘り屑分析	確認済み
貯留層およびキャップブロックを含む上位層の孔隙率	物理検層 コア試験	確認済み
貯留層およびキャップブロックを含む上位層の浸透率	コア試験	確認済み
貯留層の毛管圧	コア試験	確認済み
キャップブロックのスレッシュホールド圧力	コア試験	確認済み
貯留層破壊圧	コア試験 リークオフテスト	確認済み
キャップブロックの破壊圧	コア試験 リークオフテスト	確認済み
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)	確認済み
地層水の化学分析	揚水	圧入井掘削時に採取

表 3.3-2 「CO₂圧入開始前までに取得するデータ」における萌別層砂岩層のデータ確認状況

取得するデータ	取得方法	確認状況
検層により得られる地層の各種データ (岩相、流体飽和率等の把握、浸透性の推定)	物理検層	確認済み
層序・岩相	泥水検層	確認済み
貯留層およびキャップロックを含む岩石鉱物組成	コア分析 掘り屑分析	確認済み
貯留層およびキャップロックを含む上位層の孔眼率	物理検層 コア試験	確認済み
貯留層およびキャップロックを含む上位層の浸透率	コア試験	確認済み
貯留層の毛管圧	コア試験	確認済み
キャップロックのレスシヨンド圧力	コア試験	確認済み
貯留層破壊圧	コア試験 リークオフテスト	確認済み
キャップロックの破壊圧	コア試験 リークオフテスト	確認済み
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)	確認済み
地層水の化学分析	揚水	圧入井掘削時に採取

用語集

五十音	用語	説明
ア行	アクティブ・ブロック	シミュレーションでのグリッドモデルにおいて属性値の入力されたブロック(セル)数。
	圧縮率	本書では、貯留層岩石にかかる圧力と体積の関係を表す物理量。
	圧入能力テスト	流体を圧入することで、圧力および圧入量の時間変化を調査して、貯留層の圧入性能を評価するためのテスト
	アンブリチュード値	アンブリチュードとは振幅のこと。弾性波探査データはさまざまな波から構成されるが、振幅とは波の強さを表す。
	エクステンディッド・リークオフテスト (Extended Leak-off Test)	リークオフテストと同様に地層強度を測定する手法の一つ。リークオフテストとの違いは地層内にフラクチャーが成長する圧力まで加圧することで、地層破壊圧をはじめ最小主応力まで求めることができる。
	遠心分離法	水をしみ込ませた岩石試料を遠心分離器にかけて、回転数を上げながら回転数(遠心力)に応じて試料から排出される水の量を測定することにより、毛細管圧力を測定する手法。
	音波核層	坑井内において音波を発信し、坑壁近傍の地層の一定区間を伝播する音波の到達時間を連続測定し、地層中の音波速度情報を取得する物理核層種目。
	オンラップ	堆積物が高まりに向かって堆積する時の様式。
カ行	海進期堆積体(TST)	シーケンス層序学に基づいて堆積物を解析する際に用いる堆積物の名称の1つ。海水準が上昇する過程で海底で堆積する堆積物。 TSTは、Transgressive Systems Tractの略。
	核磁気共鳴核層	医療用のMRIと同じ原理で、岩石の孔隙率と浸透率とを測定する物理核層種目。
	火山岩	地表(海底を含む)または地下浅所においてマグマが急冷することによって生成された岩石。SiO ₂ の含有率により、高い方から順に流紋岩、デイサイト、安山岩、および玄武岩に分類される。火山岩が海底で噴出すると、一部の鉱物が化学反応を起こして変質することがある。苫小牧CGS-1の海ノ上層T1部層は、コア試料分析の結果、主に安山岩～玄武岩からなり変質は進んでいないことがわかった。
	火山砕屑物	火山の噴火で火口から直接噴出された岩石が壊れてできた破片や粒子の堆積したもの。
	カッティングス	坑井掘削中に生ずる掘り屑。
	岩相	地層の特徴。
	ガンマ線核層	岩石に含まれるカリウム等の放射性同位体が発するガンマ線を測定する物理核層種目。
	気相CO ₂	貯留層の温度圧力によっては、CO ₂ は気体と液体の特性をあわせ持つような状態になるが、本書では地層水に溶解したCO ₂ と区別して、気相CO ₂ と呼ぶ。
	基礎物理探査	国内の石油・天然ガス資源の開発を目的に、昭和30年から国によって実施されている全国規模の弾性波探査や重力・地磁気探査などの地球物理学的研究。ちなみに調査機関は基礎試探と呼ばれている。
	基底	ある地層の下層。
	基盤岩	本書では、石油や天然ガス鉱床を形成しうる地層の最下部より下位の地層。
	逆断層	断層に沿って上の地層が下の地層の上にのし上がっている断層。横から強く圧縮されたときに生ずる。
	凝灰角礫岩	熔岩由来の角礫岩片を多量に含む凝灰岩。
	凝灰岩	火山灰や軽石が固結した岩石。
	強反射	弾性波が地下から戻ってくる時の波の振幅が強い状況。
	空気浸透率	測定対象試料に空気・ヘリウム等の気体を圧入して測定した浸透率。
	具現モデル	地球統計学的手法により表現された地下のモデル。
	クラスター解析	データを分類する手法の一つ。類似した特性によって物事をクラスター(集落)に分ける統計的分析手法。
	グリッドセル	シミュレーションにおいて計算に用いられる地層を模した最小の単位。
	グリッドモデル	CO ₂ 挙動予測シミュレーションを行うためのグリッドセルからなるモデル。
	陸産化石	陸地産の産物の1種の化石。
	コア	井戸を用いて採取される円筒形の地層試料。
	高海水準期堆積体(HST)	海水準が高い時期に堆積した堆積物。堆積する場所が順次海側へ前進するという特徴を有する。 HSTは、Highstand Systems Tractの略。
	坑径核層	坑井の直径を測定する核層種目。
	孔隙分布	岩石中の孔隙の半径と容積とを頻度分布で表したもの。
	孔隙率	岩石の「かさ容積」に対する孔隙の容積の割合のこと。％で表すこともある。
	合成弾性波記録	物理核層データ(音波速度と密度)から計算される反射係数から合成した弾性波反射記録。坑井位置での弾性波探査記録と比較することによりキャリブレーションとして用いられる。

五十音	用語	説明
力行	構造運動	褶曲を形成したり断層を安定させる作用。テクトニクスともいう。
	構造場	本書では、過去において火山岩が形成されたり堆積物が堆積する時の地質構造。
	構造モデル	CO ₂ 挙動予測シミュレーションにおいて、種々のパラメータを与える前の枠組みのみのモデル。
	坑底圧力	本書では、貯留層上層深度での坑内圧力をいう。
	古第三系	およそ6,500万年前から2,300万年前の古第三紀と呼ばれる地質時代にできた地層。
	コントロールポイント	本書では、弾性波探査データを地質学的に解析する際の起点をいう。たとえば、重力異常から地下構造を推定する場合、坑井での地層深度データを坑井位置における既知情報としてモデル作成時に利用する。
サ行	最大残留ガス飽和率	残留CO ₂ トラッピングにより移動できなくなるCO ₂ の最大限の容積の、全孔隙容積に対する比。
	再堆積相	一度堆積した地層が、水流等により別の場所に流されて堆積した地層。
	差分法	微分方程式を解く際の数値解析方法の1つ。
	残差圧力法	コア試料を水で充填し、気体にスレシールド圧力よりも大きい圧力をかけてブルークスルーさせた後でスレシールド圧力を測定する方法。
	三次元弾性波探査	面的に発振点、受振点を配置し、測定を空間的に密に行うことで、三次元的な地下構造を把握するための反射法弾性波探査。発振点で発生させた弾性波が、地下の地層境界で反射して受振点に戻ってきた時の振幅を連続して測定する。このデータを用いて作成した地下構造図は、弾性波が反射して戻ってくるまでの往復走時(秒)で表示され、時間構造と呼ばれる。これに各地層間の弾性波の伝播速度をかけ合わせることで深度構造が求まる。この一連の作業を時間構造から深度構造へ変換という。
	産出	本書では、坑井を用いて圧入テストにおいて、貯留層から流体が坑内に流入することをいう。
	産出能力テスト	坑口圧力を開放して坑内流体や地層流体を産出させるテスト。圧力および産出量の時間変化を調査して、貯留層性能の評価に加え地層流体が採取できることもある。
	残留ガス飽和率	残留CO ₂ トラッピングにより移動できなくなるCO ₂ の容積の、全孔隙容積に対する比。
	残留CO ₂ トラッピング	貯留層に貯留されたCO ₂ は、圧入中の圧力が貯留層の毛細管圧を超えた場所では微細な孔隙中に入り込み、その後、その場所から移動できなくなる。このような毛細管圧による固定されるメカニズム。
	時間構造図	弾性波データによる解析結果の1つで、地下の等深度線図の1つ。地表からの深度は弾性波が伝搬する往復走時で表される。
	シーケンス層序学	地層がいつ、どこで、どのような堆積過程で形成されたのかを目的とした地質解析の1手法。
	自然電位核層	掘削泥水と地層水の塩分濃度差により生じる、岩石の地下状態での電位差を測定する物理核層種目。
	自噴	本書では、坑井を通じて地下水などが自然に地表まで流出することをいう。
	シミュレーション	模型あるいは数値モデルによる模擬試験のこと。本書では、地下の状況をモデル化して(計算式プログラム)、圧入したCO ₂ の挙動をコンピューターにより予測計算することを指す。
	斜面(Slope)	本書では、陸棚から深海へ向かって傾斜した地形での主に泥岩からなる堆積物のこと。
	褶曲	地層が横からの圧縮力を受けて、波状に押し曲げられている構造のこと。
	衝上断層	緩傾斜の逆断層を介して、一方の地層が他方の地層の上にのし上げた断層。
	シルト岩	主として砂と粘土の中間のサイズの粒子(1/16～1/265mm)によって構成された堆積岩。
	新第三系	およそ2,300万年前から260万年前の新第三紀と呼ばれる地質時代にできた地層。
	浸透率	岩石などの中を流れる流体の通りやすさを表す物性値の1つ。単位はD(ダルシー)。絶対浸透率ともいう。
	深度構造	弾性波探査データ解析で求めた時間構造を深度に変換したもの。
	水平浸透率	砂岩層は一般には層状に堆積しており、ある範囲では横方向には比較的均質であるが、縦方向には不均質となることから、浸透率も横方向と縦方向とで異なるのが一般的である。そこで横方向の浸透率を水平浸透率、縦方向の浸透率を垂直浸透率という。

五十音 サ行	用語	説明
	水理地質	地下水を含む地層の岩相変化や連続性、透水性、貯留性などの地層特性。
	スケルトン・アトリビュート	弾性波探査データは波から構成されていることから、波の形状の特徴を数値化したデータ。
	スレシヨルド圧力	本書では水が充填された岩石の孔隙に、気体が浸入するために必要な最小の圧力。
	成層構造	本書では、層状に整然と積み重なっている様をいう。
	世界測地系WGS84のUTM54系	世界測地系とは国際間で共通に用いる地球上の座標系のことであり、WGS84とは地球を近似する準楕球体の一種である。WGS84はGPSで用いられている。UTM54系のUTMとは、球面の座標を地図などの使いやすい平面の座標に直す投影法の一つである。ユニバーサル横メルカトル(Universal Transverse Mercator)図法を示す。平面の地図上に直す場合、歪みが一番小さくなるように、場所場所によって投影する基準面を変化させる必要がある。54系は関東～北海道まで使われている。
	層準	地層の中のある特定の時代を示す面、あるいはある厚さをもったある特定の地層の区間を指す。
	相対浸透率	砂岩に2種類以上の流体が共存して流れている時、各流体のその時の浸透率の絶対浸透率に対する比のこと。
	属性	グリッドセルに与える各種のパラメータのこと。
	属性モデル	グリッドモデルに、孔隙率、浸透率等の各種パラメータ(属性値)が与えられたモデル。
	速度構造モデル	地下での弾性波探査の伝播速度分布をモデル化したもの。
タ行	帯水層	水を通しやすい地層で、孔隙や割れ目が地下水で飽和されたもののこと。
	地質学	地質学の1分野で、堆積物が形成される機構を研究し、堆積物の分布や性質などを調べる学問。
	堆積環境	堆積物が堆積する場のいろいろな条件(地理的、物理的、化学的、生物学的など)の総称。
	堆積相	堆積物の分類名称のこと。
	第四系	およそ260万年前から現在までの第四紀とよばれる地質時代にできた地層のこと。
	ダウンラップ	堆積物が低い場所に向かって堆積する時の様式のこと。
	卓越層	複数の岩石から形成されている地層で、特にある岩石が卓越する場合に用いる呼称。
	段階昇圧法	コア試料を水で充填した後、気体にスレシヨルド圧力よりも小さい圧力から徐々に圧力をかけて、スレシヨルド圧力を測定する手法のこと。
	弾性波探査	地表や海中で振動(弾性波)を発生させ、地下の地層境界ではね返ってくる弾性波を計測することにより、地下の地質構造を知る手法のこと。反射法(弾性波)探査とも呼ばれる。
	弾性波探査シミュレーション	本書では、想定される帯水層中でのCO ₂ 分布が、弾性波探査によりどのようなデータ(弾性波速度や振幅値)が得られるのかを予測すること。
	弾性波データ	弾性波探査による取得されたデータのこと。測定点における反射波の振幅が時系列(往復走時)で記録されたものである。
	地温勾配	地層の温度は深度とともに増加するが、その時の上昇率のこと。
	地球統計学的手法	地球科学データを処理するための統計学的手法のこと。もともとは鉱床の位置を高精度で推定するために開発された手法。不確実性を客観的に表すために用いる。
	地質構造	地層の形態。
	地質層序	地層の積み重なりの方。
	地層圧力	地層の孔隙内に存在する流体の圧力。
	地層水	地層が堆積した当時の海水または陸水が、堆積物中の孔隙内に閉じ込められたもの。
	地動変位速度ベクトル	変位速度ベクトルと同じ。
	中新世	およそ2,300万年前から500万年前の地質時代。
	中性子孔隙率検層	岩石の物理量の1つである孔隙率を中性子線を用いて測定する物理検層項目。
	チューピング	坑井で地下の石油やガスを地上まで導く、あるいはCO ₂ を地下に圧入するために、ケーシング内に設置される小口径のパイプ。
	貯留層モデル	CO ₂ 挙動予測シミュレーションにおいて、種々のパラメータを与えた後のモデルのこと。
	泥岩	主として粘土サイズの粒子(1/256mm以下)によって構成された堆積岩。
	泥水比重	坑井掘削時に用いる泥水の水に対する比重。

五十音	用語	説明
タ行	ディップメータ検層	地層の傾斜を測定する物理検層種目。
	テクトニクス	現在の地質構造を形成した仕組みのこと。例えば、海溝や山脈、褶曲や大規模断層の位置など示し、応力場の推定の参考にする。
	等価泥水比重	坑井の坑底にかかる圧力を泥水比重に換算した値。
ナ行	二次元弾性波探査	直線状に発振点、受振点を配置し、測定を行い、測線に沿う地下構造を把握するための反射弾性波探査。
ハ行	背斜	褶曲の1種で上に凸の形態のもの。
	背斜構造軸	断面図上で背斜構造の最も高い点が、水平面上で形成する線。
	バーフォレーション	油・ガスを地層から生産するため、またはCO ₂ を地層内に圧入するために、火薬を使用して坑壁を保護しているケーシングとセメントの一部区間に穿孔し、地層まで穴を開け坑内と導通させる作業。
	反射面	弾性波探査において、地表で発生させ地下に伝播した弾性波が反射する地層境界面。
	半深海	海洋環境の深度による区分の1つで、深度200～4,000mの間を指し、その内深度200～500mを上部半深海、深度500～2,500mを中部半深海という。
	微化石	同定に顕微鏡が必要な微小な化石の総称。坑井掘削においては有孔虫や珪藻、花粉化石などの分析がなされることが多い。
	ヒステリシス	本書では、最初は水で満たされた貯留層にCO ₂ を圧入した後でCO ₂ を抜き出しても、毛細管現象により貯留層中にCO ₂ が残ってしまうことから、元の状態には戻らない現象をいう。
	比抵抗画像検層	坑内の坑壁のイメージを比抵抗を用いて測定する物理検層種目。
	比抵抗検層	岩石の物理量の1つで、単位体積当たりの抵抗値を測定する物理検層種目。
	ビルドアップ	本書では、坑井を用いて地層の温度を測定する際に、坑井内を泥水などの流体を循環させることによって低下した地層温度が元の状態に戻ることをいう。
	ファンデルタ	河川から延びる臨海部に扇状地がった堆積体のこと。海岸や湖岸から沖合にむかって急激に深くなるような海底や湖底に、河川から大量の粗粒（礫質）堆積物が供給される場合に形成される。
	封圧	本書では、コア試料を用いて孔隙率や浸透率を測定する際に、地下状態を模して試料全体に均等に加える圧力のことをいう。
	伏在衝上断層	衝上断層の先端が地表に出ておらず、地下で止まった状態のもの。
	不整合	地層が堆積するときに時間の大きな断続があり、下の地層を切るようにして、上に地層が堆積しているような地層の重なり。
	物理検層	坑井掘削時に、各種のセンサーや測定器を坑内に降下させ、種々の物理量を測定する調査方法。
	物理的トラッピング	貯留層に貯留されたCO ₂ は、浮力により貯留層内を上方へと移動するが、上方の遮断層のところでそれ以上上方には移動できなくなる。地層の形態によってはそれ以上移動できない状態となるが、このメカニズムを物理的トラッピングという。
	不動水飽和率	岩石は水に親和性を示すことから、毛細管現象により小さな径の孔隙に入っている水はある程度大きな圧力をかけないと取り出すことが出来ない。この時の水の容積の全孔隙容積に対する割合。
	ブレイクスルー	コア試料を水で充填し、一方の端から気体に圧力をかけることにより、他方の端へ気体が到達する時の状態。
	閉合圧力	エクステンディッド・リークオフテストにより坑内に圧力をかけて生じたフラクチャーが閉合する圧力（最少主応力に一致）。
	変位速度ベクトル	地殻の水平変位の速度の大きさと方向を、ある点を固定して相対的に表したものの。
	ベントナイト泥水	坑井掘削時に用いる泥水の1種でベントナイトと呼ばれる粘土を用いるもの。
	飽和率	地層の孔隙を占める流体の容積と全孔隙容積の比率。
マ行	マール	硫酸塩鉱物成分を含む泥岩。
	見かけ密度検層	岩石の物理量の1つである密度を測定する物理検層種目。
	水浸透率	測定対象試料に水を圧入して測定した浸透率。
	毛管圧力	毛細管圧力。毛細管現象によって生ずる張力。
ヤ行	有孔虫	主に石灰質の殻と網状仮足をもつ原生生物の一種。地層中に含まれる殻の化石により堆積時代や堆積環境を知ることができる。沖縄地方の夏の砂は有孔虫の殻。
	溶解トラッピング	貯留層に貯留されたCO ₂ が、地層中にもともと存在する地層水に溶解し地層に固定されるメカニズム。
	翼部	地層が横からの圧縮力を受けて、波状に押し曲げられた構造（褶曲）の、地層が傾いている部分。

五十音 ラ行	用語	説明
	リークオフテスト	坑井閉塞時に行う地下状態の地層強度を測定する1手法のこと。坑内に圧力をかけて地層に微少な割れ目が生じる(リークオフする)圧力を測定する。
	陸棚(Shelf)	海岸から水深約200メートルまでの傾斜の緩やかな海底。
	臨界ガス飽和率	孔隙に気相を含んだ2相が共存する場合、気相はある限界値より低いと、全く流れない。その時の気相の飽和率をいう。

五十音 英数	用語	説明
	AI	音響インピーダンス(Acoustic Impedance)。地層密度と弾性波伝播速度との積に等しい。地層の物性を示すパラメータの一つで、一般的に大きい値ほど緻密で硬い岩石を示す。
	CMR	物理検層の一種で、Schlumberger社により開発されたCombinable Magnetic Resonance検層。核磁気共鳴の原理を用いて地層の孔隙率や浸透率を求める際に用いる。
	CO ₂ 飽和率	貯留されたCO ₂ のうち地層水に溶解していないものの全孔隙容積に対する比。
	CO ₂ 挙動予測シミュレーション	本書では、貯留層にCO ₂ を圧入した際の温度・圧力や貯留層内での広がりや予測するシミュレーションをいう。
	FMI	物理検層の一種で、Schlumberger社により開発されたFullbore Formation Micro Imager検層。比抵抗を用いて坑内の地層の画像を取得する際に用いる。
	Follow Base	CO ₂ 挙動予測シミュレーションにおいて、グリッドセルを構築するための手法の一つで、ある地層の下面に平行にセルを分割すること。
	Follow Top	CO ₂ 挙動予測シミュレーションにおいて、グリッドセルを構築するための手法の一つで、ある地層の上面に平行にセルを分割すること。
	K-means法	SOMでグループ分けしたデータの境界を決定するための統計学的な手法。
	Opacity Curve	本書では、3次元データの振幅値表示などで、表示領域を限定(部分的に透明化)する際のカーブ。堆積相解析の際に、堆積体の抜き出しに使われる。
	RCBL	坑井周りのセメンチングの膠着の度合いを放射状の8方向について測定する検層。Radial Cementbond loggingの略。
	SOM	Self Organizing Mapsの略称で自己組織化写像とも呼ばれる。多数のデータのグループ分けに用いられる。
	VSP	坑井内に受振機器を設置して、地表で発生させた弾性波を測定し、地質構造を知る手法。Vertical Seismic Profilingの略で垂直弾性波プロファイリングとも呼ばれる。地表での弾性波探査よりも分解能の高い記録が得られるほか、深度と伝播時間を直接計れるため深度変換用の速度を正確に求められる。
	XPT	探針を坑壁に押し当て、少量の流体を地層から引き出して、地層の圧力と浸透率を求める検層。