

【参考文献】

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

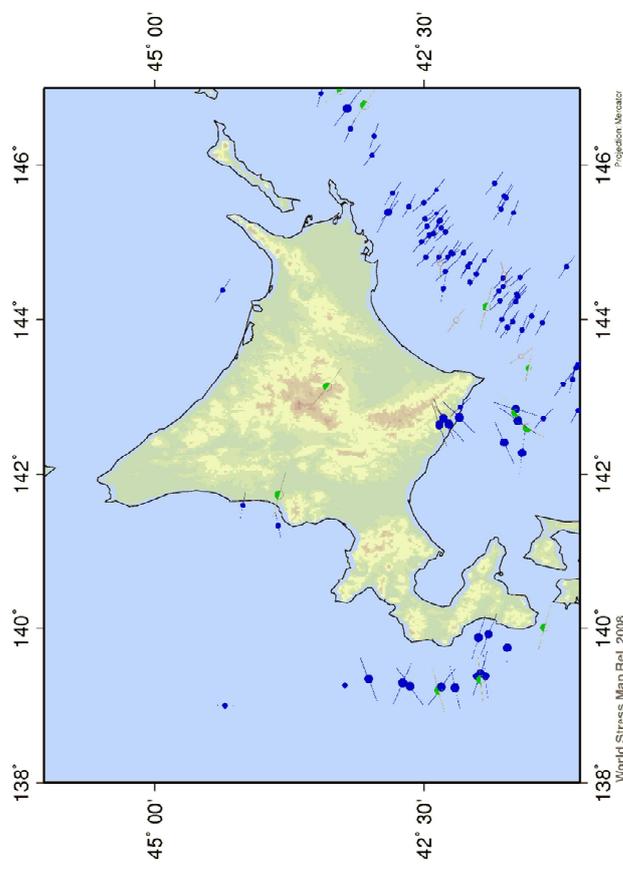
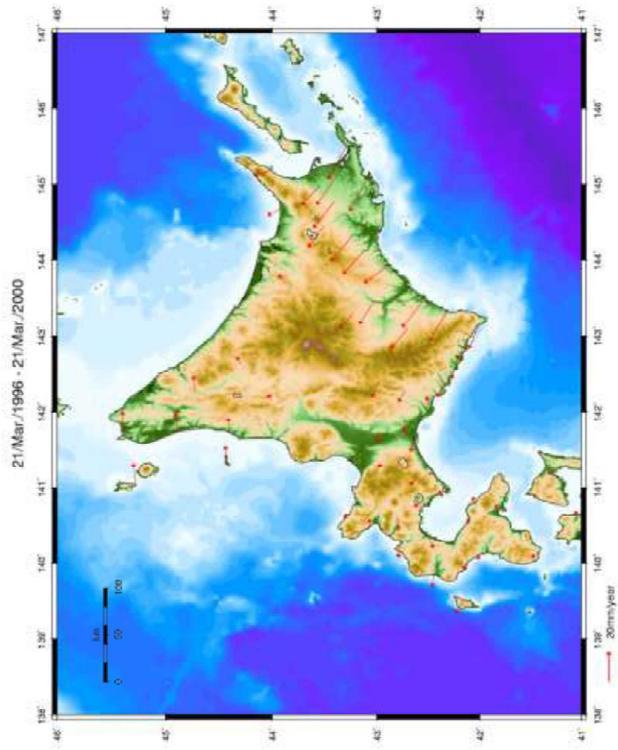


図 3. 2-2 北海道地域の地殻応力データ分布図 (左) および水平変位速度分布図 (右)

### (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、CO<sub>2</sub>貯留に際し地質面から検討すべき事項として、CO<sub>2</sub>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が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。

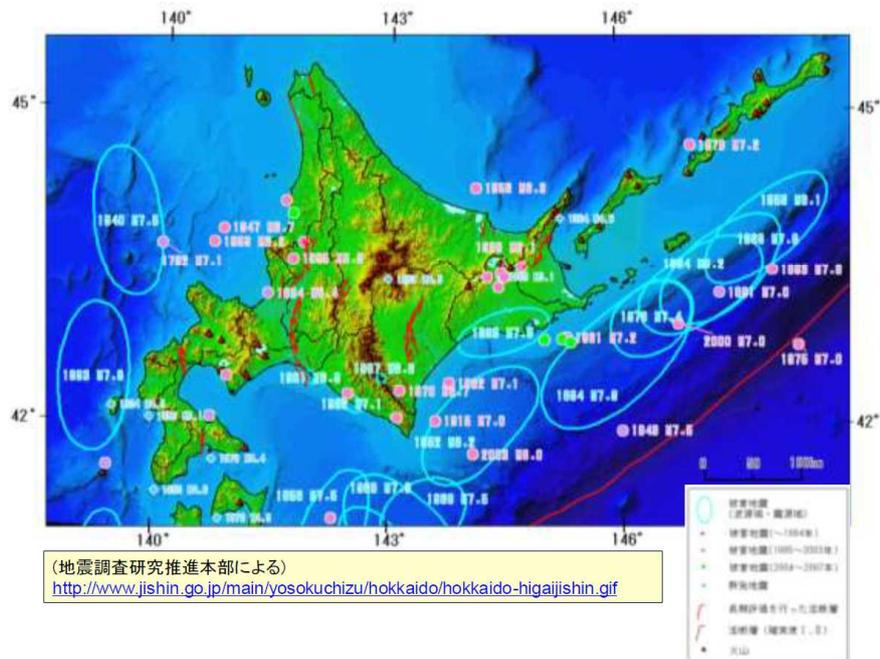


図 3.2-3 北海道周辺の地震活動



(4) 苫小牧周辺の活断層

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）。

苫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。

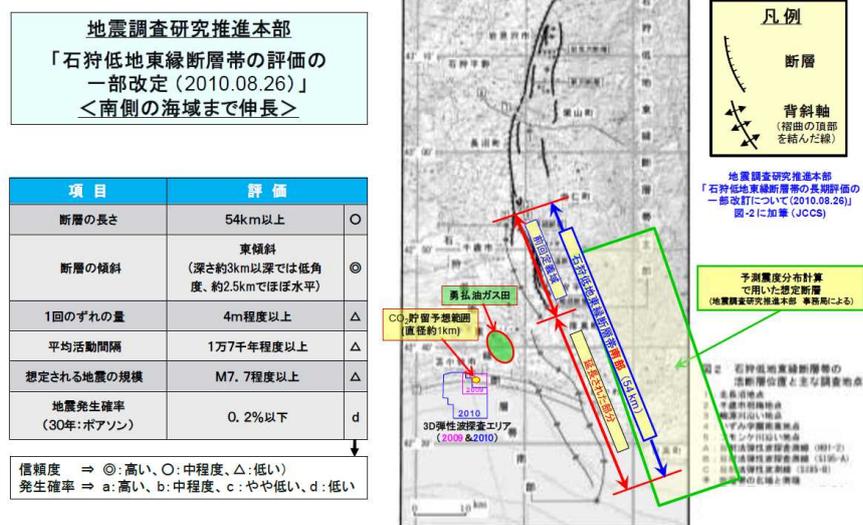


図3.2-5 石狩低地東縁断層帯

(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、萌別層堆積時以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CO<sub>2</sub>の圧入に対しては安定していると判断する。

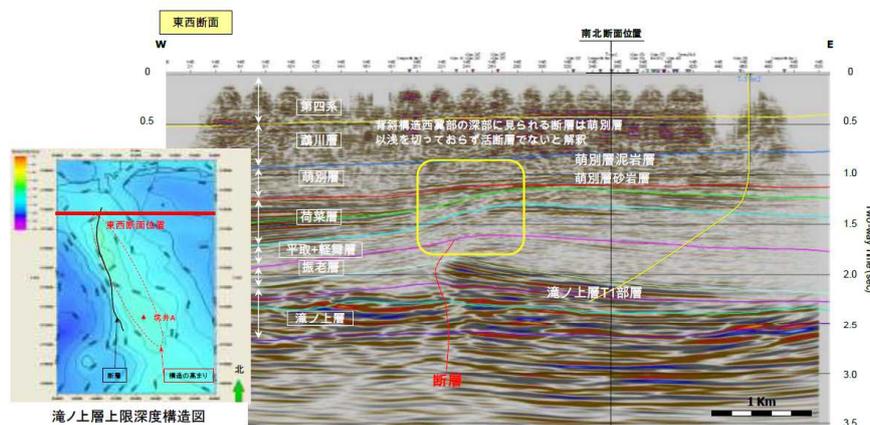


図 3.2-6 三次元弾性波探査断面図上でみられる断層例

(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）。

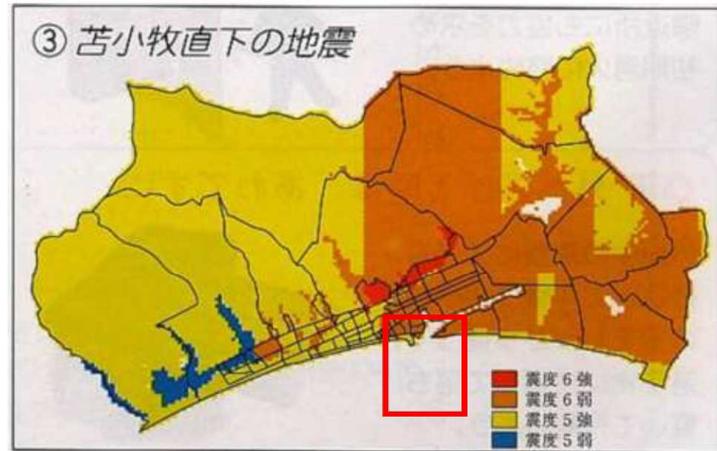


図 3.2-7 苫小牧直下を震源とするの地震の震度予測（苫小牧市地域防災計画）  
（赤枠内は調査範囲）

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。

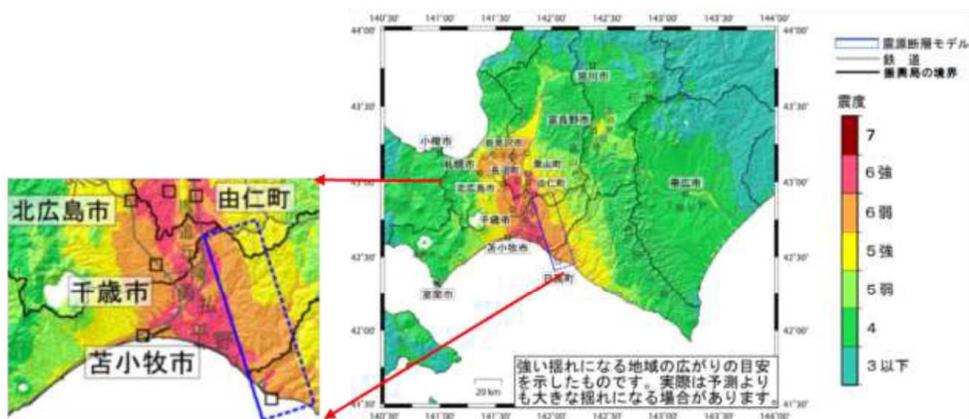


図 3.2-8 石狩低地東縁断層帯南部の地震による予測震度分布  
（地震調査研究推進本部、2010 年 8 月）

### 3.2.2 CO<sub>2</sub>漏出の可能性検討

#### (1) CO<sub>2</sub>漏出要因の洗い出し

貯留層からCO<sub>2</sub>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) CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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) CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>が貯留層の外に移動
- (G) 地下水に溶解したCO<sub>2</sub>が傾斜した地層を通じて地表に移動

Potential leakage routes and remediation techniques for CO<sub>2</sub> injected into saline formations

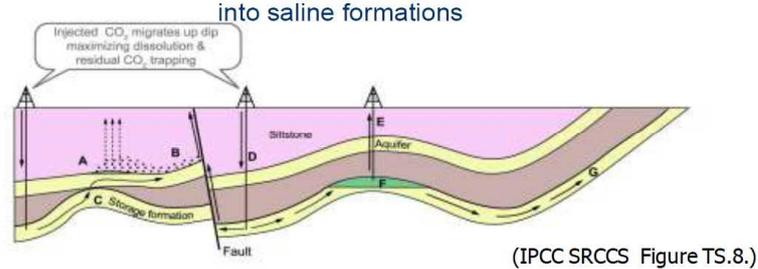


図 3.2-9 IPCC特別報告書による潜在的な漏洩経路

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CO<sub>2</sub>が貯留対象層から漏出する要因の可能性として、以下の漏洩経路が想定される。

- 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) CO<sub>2</sub>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洩経路 (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 T 1 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<sub>2</sub>は遮蔽層には浸透しない（滝ノ上層 T 1 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 T 1 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<sub>2</sub>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<sub>2</sub>長期挙動予測の結果、圧入後 200 年程度でCO<sub>2</sub>の拡がりに変化は見られなくなり、1,000 年を経てもCO<sub>2</sub>は断層に到達しないことから、断層はCO<sub>2</sub>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<sub>2</sub>長期挙動予測の結果、圧入後 200 年程度でCO<sub>2</sub>の拡がりに変化は見られなくなり、1,000 年を経てもCO<sub>2</sub>は廃坑井に到達しないことから、廃坑井はCO<sub>2</sub>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<sub>2</sub>が接触する鋼材やセメント等を耐CO<sub>2</sub>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<sub>2</sub>の移動を防止する。

以上から、圧入井等の構造物を耐CO<sub>2</sub>仕様にするにより、基本的には、CO<sub>2</sub>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、「CO<sub>2</sub>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 「CO<sub>2</sub>圧入開始前までに取得するデータ」における滝ノ上層T1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 (岩相、流体飽和率等の把握、透透性の推定)	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透透率	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シヨールド圧力	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