2.2.2 地層水塩分濃度解析による水理地質評価

「ＣＣＳ実証事業の安全な実施にあたって」においては、「CO_2貯留層、キャップロックおよびその上部の領域を含む水理地質および地質構造を広域モデル（概念モデル）として既存資料等を利用して構築する」と記載されている。そこで、複数の周辺坑井における物理検層データおよび地層温度データを使用し、滝ノ上層以浅の地層水の塩分濃度を算出し、坑井ごとに深度分布を求め、地質層序と塩分濃度の対応関係を評価した（図 2.2-3）。

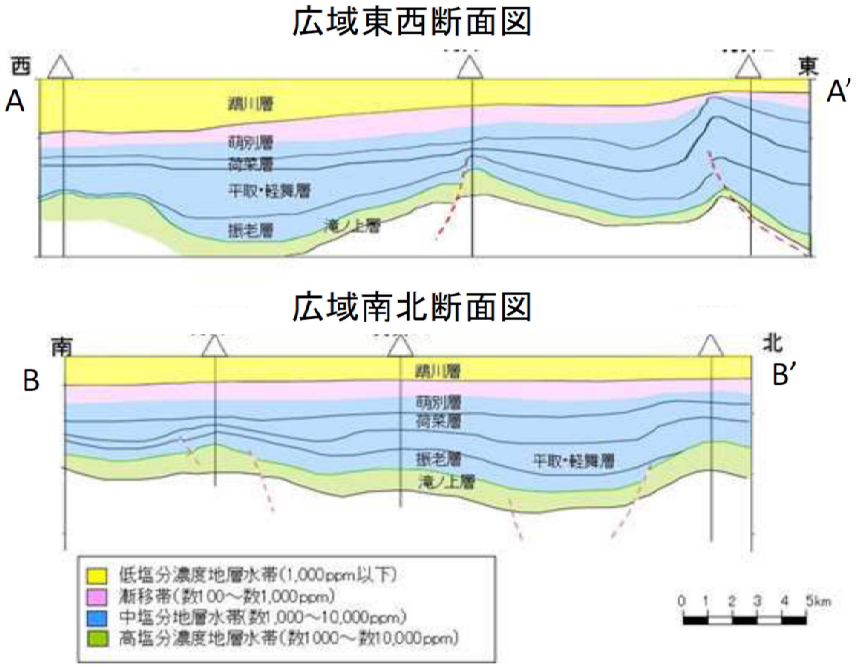
1) 萌別層～荷菜層

表層から萌別層上部へは、下位に向かって数 100～1,000ppm の範囲で次第に塩分濃度が上昇し、萌別層下部～荷菜層では数 1,000～10,000ppm の範囲で安定した値となり、検討範囲全体にわたって同様の傾向を示し、成層構造をなすことがわかった。鵡川層～萌別層上部の塩分濃度と萌別層下部～荷菜層のそれとは明らかに異なり、成層構造をなすことから、鵡川層と萌別層下部～荷菜層との間には垂直方向への地層水の移動はないと考えられる。

2) 滝ノ上層

滝ノ上層の塩分濃度は数 1,000～数 10,000ppm を示し、その上位層の数 1,000～10,000ppm の塩分濃度よりも高く、上位層同様に検討範囲にわたって成層構造をなすことがわかった。

また、滝ノ上層とその上位層の地層圧力を比較するために、苫小牧ＣＣＳ-1（後述）の掘削時における泥水比重を対深度でプロットすると、上位層では比重 1.1 前後であるのに対し、滝ノ上層では比重 1.4～1.5 である。滝ノ上層とその上位層との泥水比重が異なるということは、滝ノ上層の地層圧力がその上位層とは異なっていることを示す。すなわち、滝ノ上層とその上位層とで圧力システムが異なり（図 2.2-4）、垂直方向の圧力伝播がなく、地層水の移動がないと考えられる。



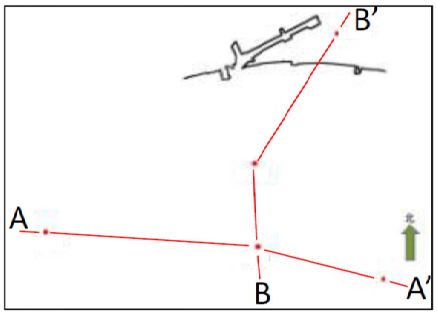


図 2.2-3　地層水の塩分濃度分布断面図

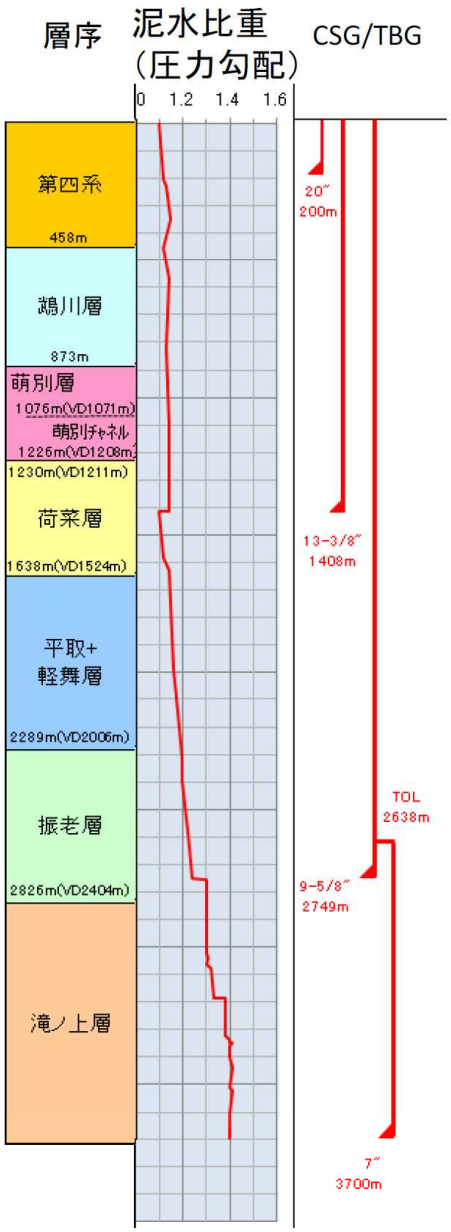


図 2. 2-4　苫小牧ＣＣＳ－１における泥水比重の変化図

2.3　使用した地質データ

苫小牧地点周辺を含む道央南部の陸域および海域では、数十年にわたって石油・天然ガスのための調査が国および民間企業によって行われてきた。苫小牧地点における貯留層評価に使用した地質データには、国による基礎物理探査データ、民間企業が取得した既存の二次元弾性波探査データ（以下、「２Ｄデータ」という）や周辺坑井データなどが含まれる。

貯留層の評価には、既存地質データおよび今回新規に取得した地質データを使用した（表 2.3-1）。今回取得した三次元弾性波探査データ（以下、「３Ｄデータ」という）の解析においては、その範囲内にある既存の坑井Ａ（1970 年代に民間企業によって海域に掘削された試掘井で、深度 3,000m 以上の滝ノ上層以深まで調査されている）および苫小牧ＣＣＳ－１のデータをリファレンスとして使用した。また、滝ノ上層Ｔ１部層の地質モデルを構築する際に使用した浸透率・孔隙率相関には既存の坑井Ａおよび周辺坑井のデータを使用した。

表 2.3-1　貯留層評価の使用データ一覧

使用データ	使用方法	データソース
三次元弾性波探査データ（3D）	地質構造解釈、堆積学的検討、音響インピーダンス等の物性値推定	3Dデータ （リファレンスデータ： 坑井A・苫小牧CCS－1）
コア分析データ	岩石学的評価の他、孔隙率、浸透率、相対浸透率、毛細管圧、スレショルド圧等の基礎物性値の提供 浸透率-孔隙率相関	周辺坑井 坑井A 苫小牧CCS－1 苫小牧CCS－2
坑井速度測定データ	弾性波データの時間－深度変換	坑井A 苫小牧CCS－1
物理検層データ	岩相区分の判定 インピーダンス推定 岩相分布・孔隙率分布の作成	坑井A 苫小牧CCS－1
温度・圧力データ	地温勾配 坑底圧力（貯留層圧力＆地層破壊圧力）決定	坑井A 苫小牧CCS－1 苫小牧CCS－2
二次元弾性波探査データ（2D）	地質構造解釈、堆積学的検討、音響インピーダンス等の物性値推定	陸海域の既存2Dﾃﾞｰﾀ

2.4　三次元弾性波探査結果の概要

2.4.1　実地調査

苫小牧港西港区沖合の海域において、2009 年 10 月 8 日から 11 月 27 日に東西約 3.8km、南北約 4.1km の区域で、さらに 2010 年 7 月 15 日から 9 月 10 日に東西約 5.9km、南北約 7.6km の区域で、３Ｄデータを取得し、データ解析を行うために両３Ｄデータを統合した処理を行った（図 2.4-1）。

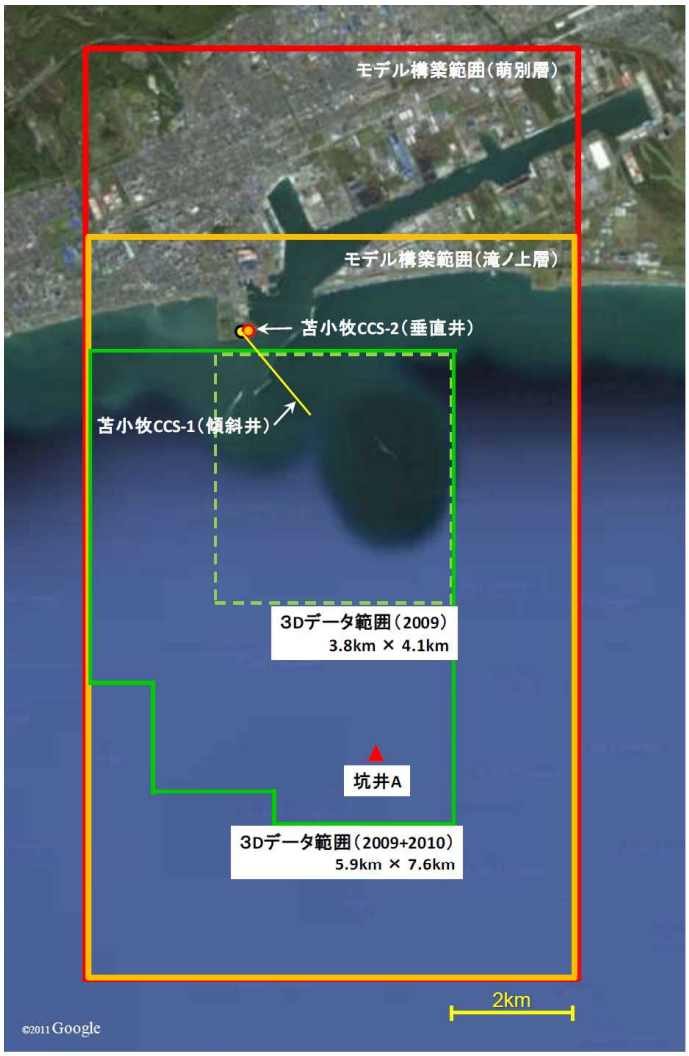


図 2.4-1　調査範囲位置図

2.4.2　３Ｄデータの解釈

平成 22 年度および 23 年度の３Ｄデータに加え、民間企業が所有する周辺海域の弾性波探査断面と坑井資料を補助的に利用し、層序のコントロールポイントとして坑井Ａおよび苫小牧ＣＣＳ－１を使用して解析作業を実施した。

坑井Ａおよび苫小牧ＣＣＳ－１の層序に従って、下位より「滝ノ上層泥岩層」「滝ノ上層Ｔ１部層下部」「滝ノ上層Ｔ１部層上部」「振老層」「平取+軽舞層」「荷菜層」「萌別層」「鵡川層」の計 8 層準に区分し、３Ｄデータにより各層準について岩相と反射波の特徴、各地層境界や地層内における不整合、オンラップ、ダウンラップなどの堆積様式を確認した。

1）滝ノ上層

滝ノ上層は火山岩/凝灰岩からなる上部の滝ノ上層Ｔ１部層と下部の泥岩層からなり、さらに滝ノ上層Ｔ１部層は上部の凝灰岩卓越層と下部の溶岩～凝灰角礫岩卓越層とに分けられる。滝ノ上層Ｔ１部層は周辺の既存坑井において、浸透率の高い溶岩～凝灰角礫岩・凝灰岩として認められ、その上位には平取+軽舞層、振老層からなる厚い遮蔽層が確認されている。

３Ｄデータでは滝ノ上層Ｔ１部層下部の溶岩～凝灰角礫岩卓越層は全体的に強反射で水平方向の連続性が良く、溶岩～凝灰角礫岩の粗粒堆積物が比較的安定して分布していると推定される（図 2.4-2 および図 2.4-3）。滝ノ上層Ｔ１部層上限（振老層基底）は、北北西～南南東の構造の高まり（背斜構造）を示し、その北端部（沖合約 3km）付近でドーム状の構造を形成している。この構造は火山の噴出口近傍を示している可能性があり、周辺には孔隙率および浸透率が高い粗粒堆積物が堆積していることが期待される。滝ノ上層Ｔ１部層上限は、構造東翼部では約 15° で北東に傾斜している（図 2.4-4）。

2）萌別層

萌別層は３Ｄデータでは上部と下部とで反射波の特徴が異なっている。上部は連続性の悪い弱反射となっていることから、シルト岩～泥岩が発達していると予想され、下部は連続性の良い強反射であることから、坑井Ａで認められた礫岩、砂岩のような粗粒堆積物（粗粒相）の発達が予想される。この強反射は南西方向へ薄化して不明瞭になることから、粗粒相は検討海域の北東部を中心に発達していると考えられる。海底面から萌別層までの間では反射波はほぼ平行で、一連の堆積層として識別される（図 2.4-2 および図 2.4-3）。粗粒相発達域（萌別層下部）の上面は、北西から西に約 1～3° で緩く傾斜している（図 2.4-5）。

3）地質構造

調査対象区域の地質構造は、滝ノ上層Ｔ１部層上限（振老層基底）構造図では北北西方向に延びた背斜構造となっている（図 2.4-4）。３Ｄデータから、滝ノ上層上限の背斜構造に沿って北北東-南南西に延び、荷菜層にまで達する断層が存在すると解釈した。断層の落差は一様ではなく、検討海域の中央付近では若干の落差が認められるが、北部や南部では落差は認められない。背斜頂部付近での削剥様式は振老層基底、平取+軽舞層基底および荷菜層中の傾斜不整合で認められ、振老層堆積前から荷菜層堆積時にかけて断層の活動と背斜構造の形成が断続的に繰り返されたと解釈した。また、萌別層基底にも背斜頂部から東部にかけて傾斜不整合が認められることから、断層の活動は萌別層堆積前まで続いていた可能性がある。

一方、萌別層から第四系にかけては一連の堆積層として認識されること、鵡川層上限の時間構造図では苫小牧沖構造の背斜構造が認められないことおよび鵡川層基底の時間構造図では東の高まりからの構造の張り出しとなっていることから、萌別層堆積時以降は背斜構造を形成するような構造運動はなかったと考えられる（図 2.4-5）。

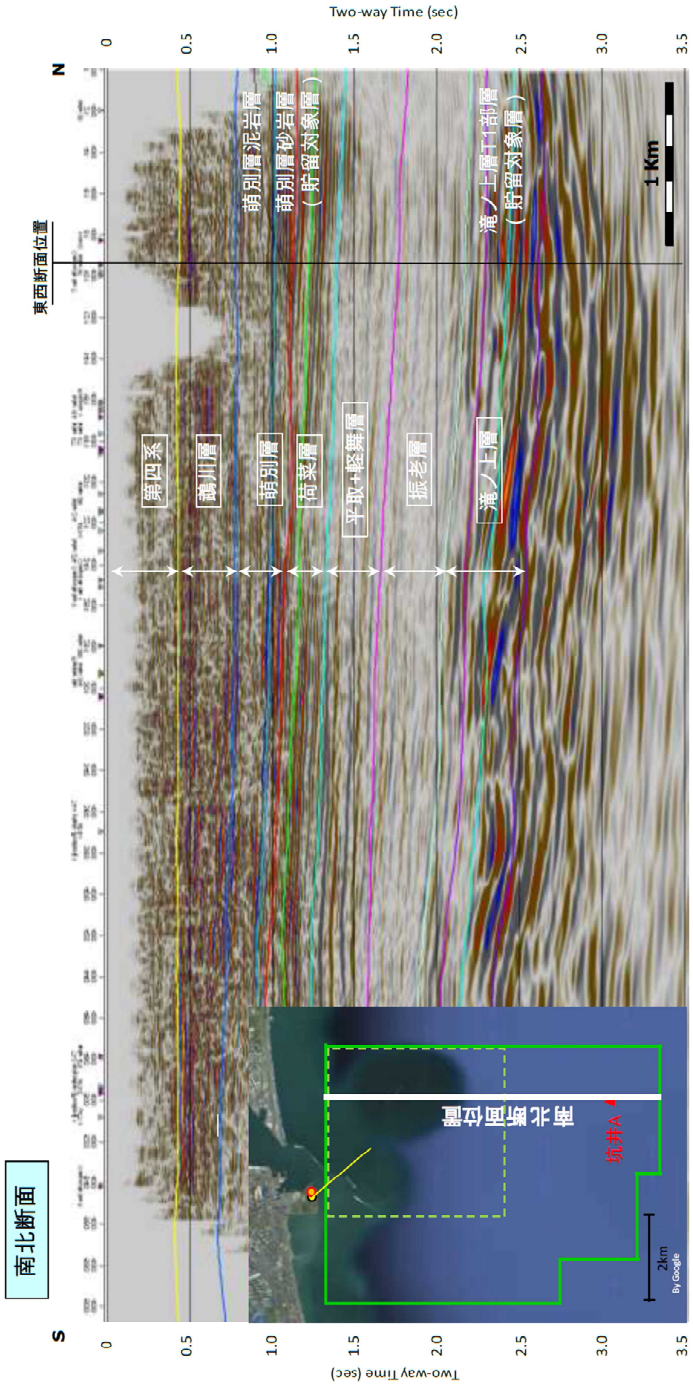


図 2. 4-2　三次元弾性波探査結果解釈断面図（南北断面）