

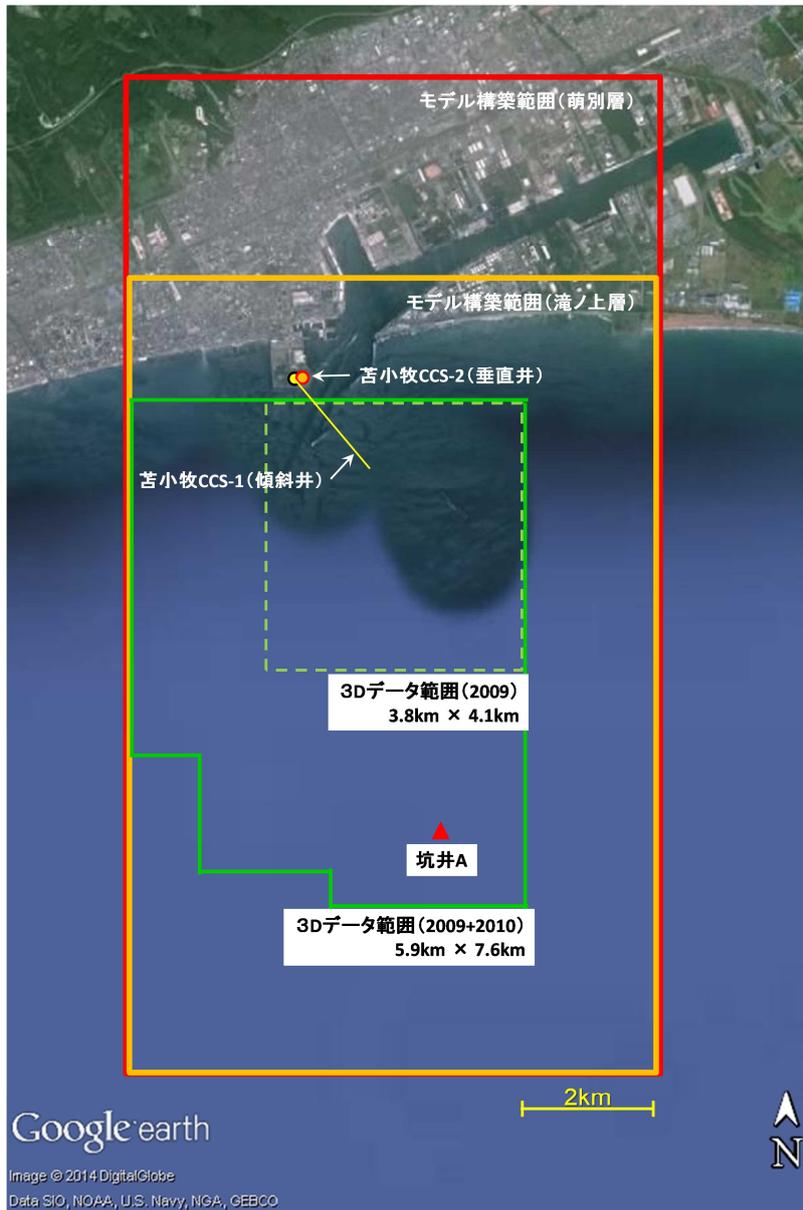
(3) 当該海域の地質

当該地域で実施した調査の概要

調査対象区域の苫小牧港西港区沿岸海域は、これまで石油・天然ガスの探査を目的とした弾性波探査による調査が多くなされており、周辺には深度 3,000m を越える天然ガス開発用の坑井が複数あることから、CO₂ 貯留対象となり得る深部塩水層として、海底面下約 1,000m～約 3,000m に滝ノ上層 T1 部層および萌別層砂岩層が存在することが知られていた。

滝ノ上層 T1 部層および萌別層砂岩層を貯留対象層として本計画を実施するために、既存の地質データに加えて貯留対象地域における詳細な地質データを取得して地下の構造形態を詳細に把握した。これらのデータから地質モデルを構築し、そのモデルを用いたシミュレーションにて特定二酸化炭素ガスの貯留可能性や長期的な移動について評価することを目的として以下の調査を実施し（第 2.2-5 図）、当省において「苫小牧地点における貯留層総合評価書」^[1]をまとめた。

^[1] 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 (http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sangi/ccs/report_001_s01.pdf, 2015/1/28 アクセス)



第 2.2-5 図 調査範囲位置図

ア) 三次元弾性波探査

苫小牧港西港区沖合において、東西約 3.8km、南北約 4.1km の範囲（平成 21 年度調査）と、東西約 5.9km、南北約 7.6km の範囲（平成 22 年度調査）で三次元弾性波探査のデータを取得した。

イ) 調査井

- ・平成 22 年度調査（苫小牧 CCS-1）：滝ノ上層および萌別層の調査を目的として苫小牧 CCS-1 を掘削し、物理検層、リークオフテスト（遮蔽層の強度測定）、コア試料・カッティングス試料の採取、貯留層の圧入テスト、垂直弾性波プロファイリング（Vertical Seismic Profiling; VSP）調査等を実施した。
- ・平成 23 年度調査（苫小牧 CCS-2）：萌別層の調査を目的として苫小牧 CCS-2 を掘削し、リークオフテストおよびコア試料の採取・分析を実施した。

ウ) 圧入井

- ・平成 26 年 10 月から平成 27 年 2 月にかけて、それまでの調査をもとに掘削位置を選定し、滝ノ上層 T1 部層への特定二酸化炭素ガスの圧入を実施する滝ノ上層圧入井を掘削した。また、物理検層、リークオフテスト（遮蔽層の強度測定）、コア試料・カッティングス試料の採取、貯留層へのブラインによる圧入テスト等を実施した。
- ・平成 27 年 3 月から平成 27 年 6 月にかけて、萌別層砂岩層への特定二酸化炭素ガスの圧入を実施する萌別層圧入井を掘削した。また、遮蔽層および貯留層の調査を目的として、物理検層、リークオフテスト、コア試料・カッティングス試料の採取、貯留層の圧入テスト等を実施した。

I) CO₂ 挙動予測シミュレーション

- ・平成 22 年度シミュレーション：周辺の既存坑井データと二次元弾性波データおよび平成 21 年度実施の三次元弾性波探査の結果に基づいて滝ノ上層 T1 部層を圧入対象層とした地質モデル構築と CO₂ 挙動予測シミュレーションを実施した。
- ・平成 23 年度シミュレーション：平成 22 年度の弾性波探査の結果と、平成 22 年度から平成 23 年度に得られた苫小牧 CCS-1 および苫小牧 CCS-2 での試験結果と試料分析の結果を加えて、滝ノ上層 T1 部層と萌別層砂岩層を圧入対象とした地質モデルを構築し、CO₂ 挙動予測シミュレーションを実施した。なお、「苫小牧地点における貯留層総合評価書」^[1]におけるシミュレーション結果は、本シミュレーションに基づいて作成した。
- ・平成 24 年度シミュレーション：圧入井掘削予定位置から効率的に圧入井を掘削するための検討を目的として、既存の地質モデルをもとに CO₂ 挙動予測シミュレーションを実施した。

^[1] 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 4-20, pp. 第 3 章 27-48
(http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sangi/ccs/report_001_s01.pdf, 2015/11/16 アクセス)

- ・平成 27 年度シミュレーション：滝ノ上層 T1 部層への圧入については，圧入井の掘削により，圧入井掘削位置における貯留層の圧入性が極めて低いことが確認された。圧入井で取得したデータをもとに地質モデルを修正し，CO₂ 挙動予測シミュレーションを再実施した。

当該地域で取得したデータおよびその解析結果
 解釈・解析に使用したデータを，第 2.2-1 表に示す。

第 2.2-1 表 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	地質構造解釈，地積学的検討，音響インピーダンス等の物性値推定	三次元弾性波探査データ（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，スレシヨ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，滝ノ上層圧入井，萌別層圧入井
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，滝ノ上層圧入井，萌別層圧入井
温度・圧力データ	地温勾配 坑底圧力（貯留層および地層破壊圧力）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	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	陸海域の既存二次元弾性波探査データ

ア) 三次元弾性波探査結果解釈の概要

取得した三次元弾性波探査データに加え，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（既存の民間井：廃坑済）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」「鶴川層」の計 8 層準に区分し，三次元弾性波探査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，ダウンラップ等の堆積様式を確認した。

a. 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，振老層の複数層準にわたる厚い遮蔽層が確認されている。

三次元弾性波探査データでは，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（第 2.2-6 図および第 2.2-7 図）。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（第 2.2-8 図）。

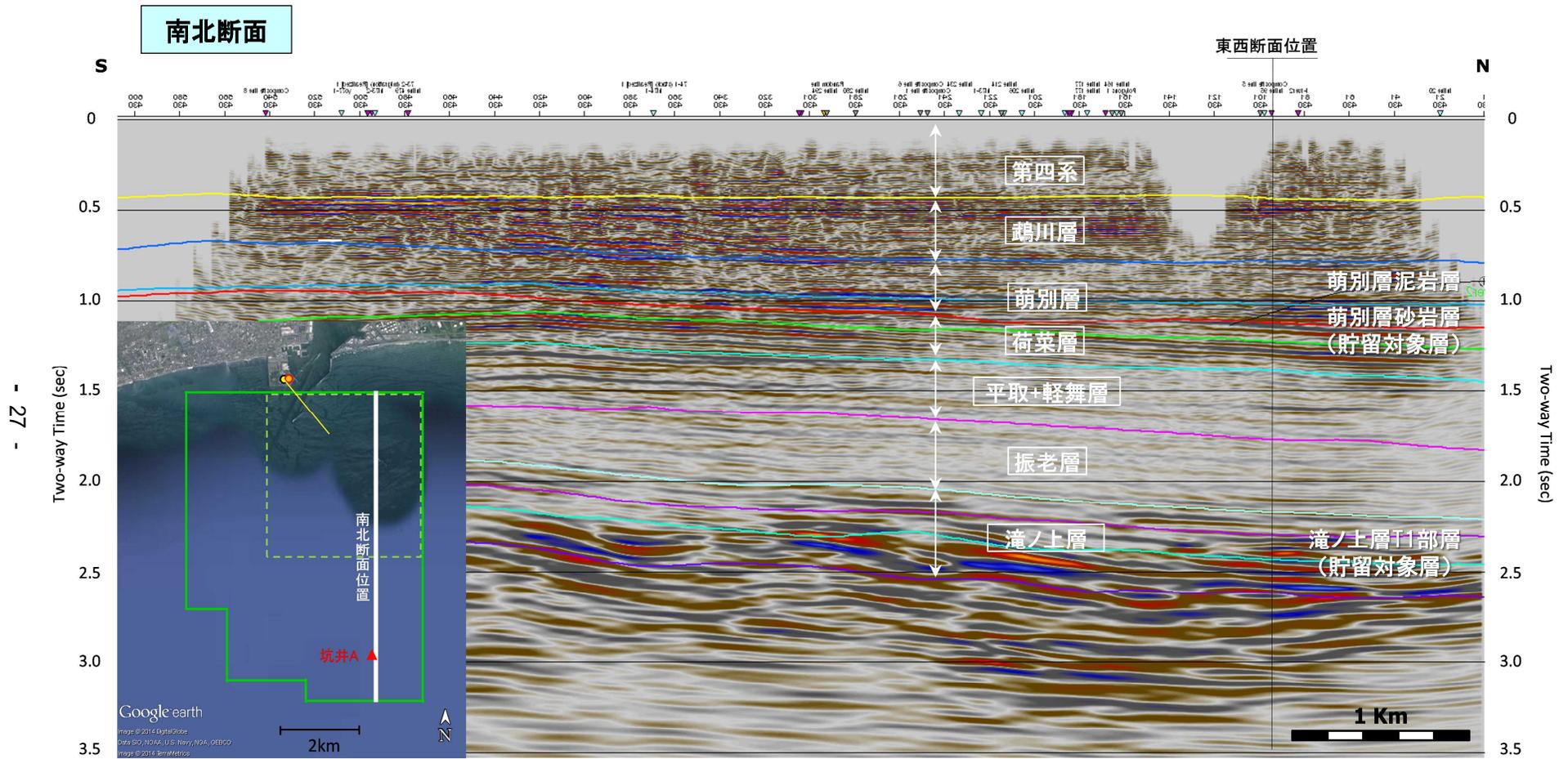
b. 萌別層

三次元弾性波探査データでは、本層の上部は連続性が良好ではない弱反射となっており、苫小牧 CCS-1 で確認されたシルト岩～泥岩が発達していると予想される。下部は連続性の良い強反射であることから、坑井 A や苫小牧 CCS-1 で確認された礫岩、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（第 2.2-6 図および第 2.2-7 図）。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（第 2.2-9 図）。

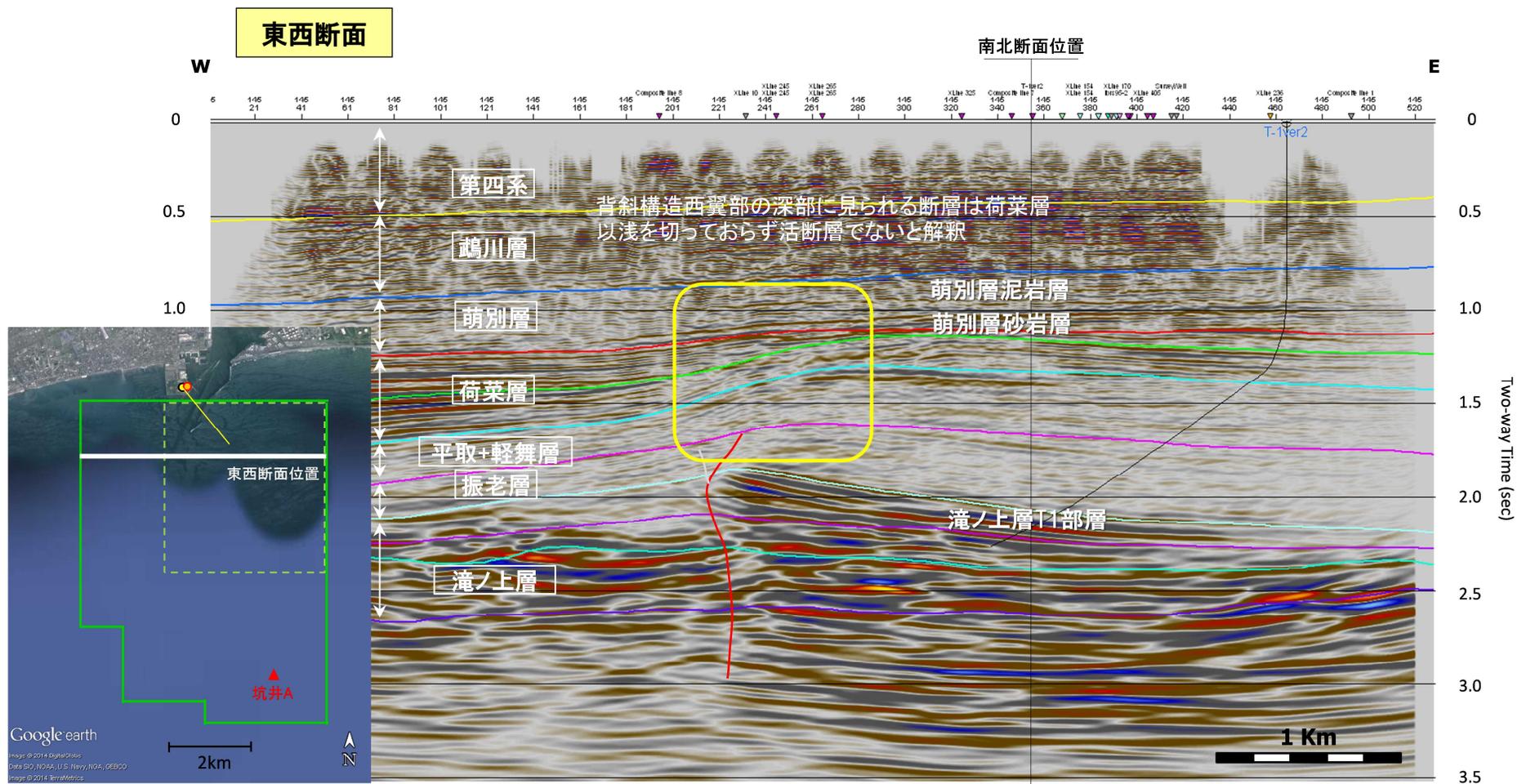
c. 地質構造

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伸びた背斜構造となっている（第 2.2-8 図）。三次元弾性波探査データから、滝ノ上層上限の背斜構造に沿って北北東-南南西に伸び、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。

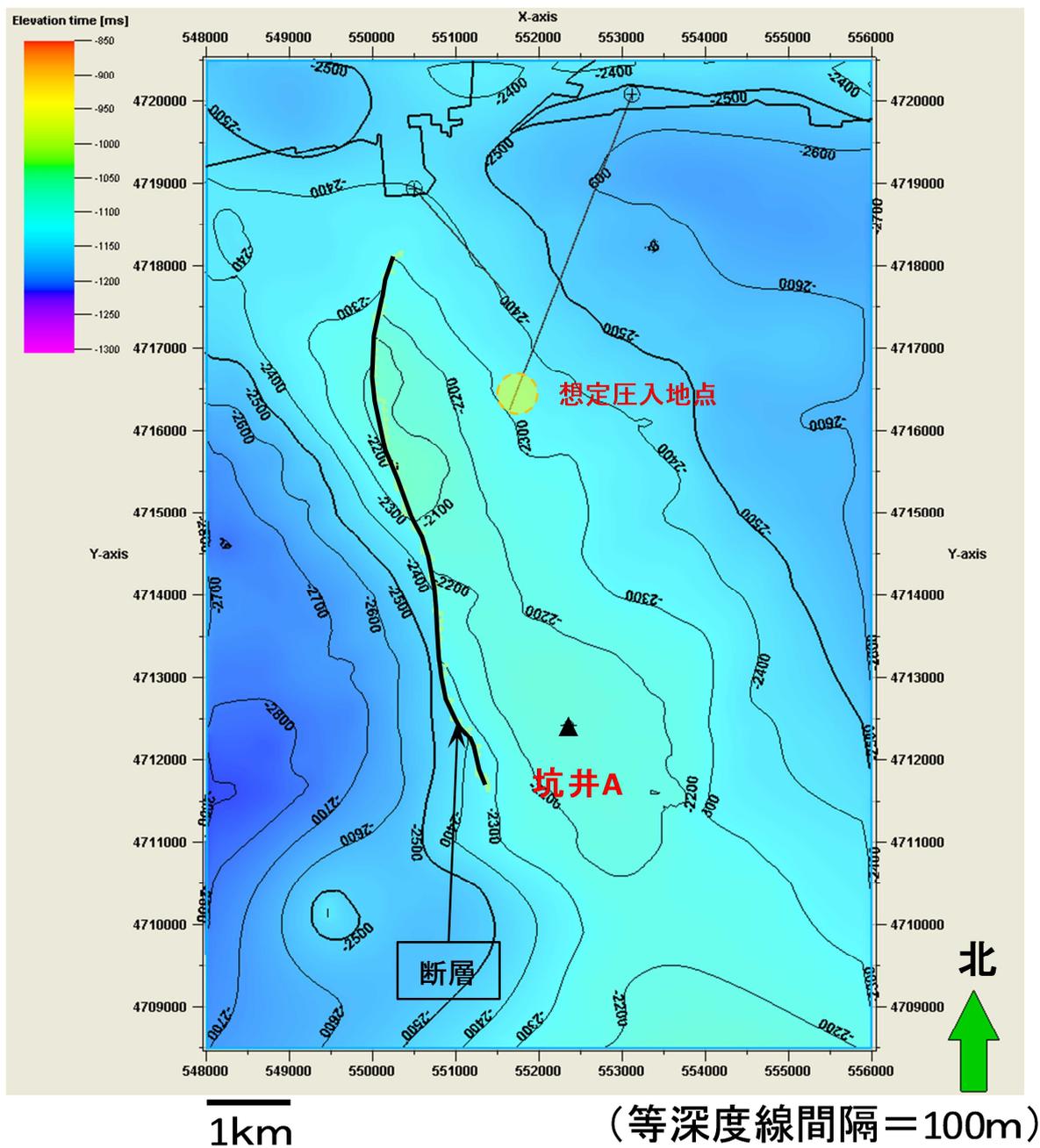
一方、萌別層から第四系にかけては一連の堆積層として認識されること、鶴川層上限の時間構造図では苫小牧沖構造の背斜構造が認められないことおよび鶴川層基底の時間構造図では東の高まりからの構造の張り出しとなっていることから、萌別層堆積時以降は背斜構造を形成するような構造運動はなかったと考えられる（第 2.2-9 図）。



第 2.2-6 図 三次元弾性波探査結果解釈断面図（南北断面）

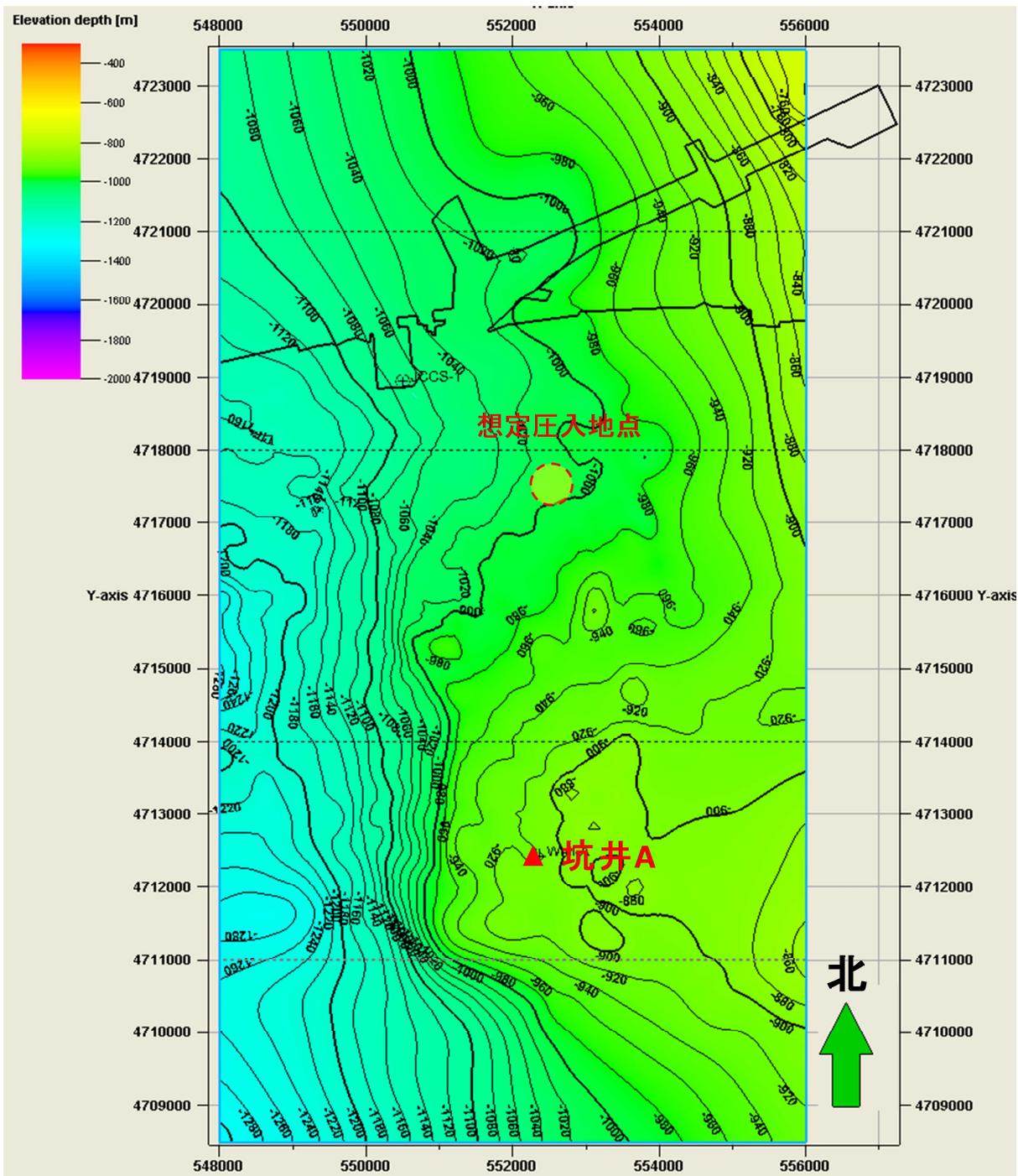


第 2.2-7 図 三次元弾性波探査結果解釈断面図 (東西断面)



注：図中のX軸およびY軸は，世界測地系 WGS84 の UTM54 系の座標。

第 2.2-8 図 滝ノ上層 T1 部層上限構造図



注：図中のX軸およびY軸は、世界測地系 WGS84 の UTM54 系の座標。

第 2.2-9 図 萌別層砂岩層上限構造図