

ボーリングデータベースに基づく越後平野の沖積層モデル

Stratigraphic model of the incised valley-fill sediments based on borehole log database in the Echigo plain, central Japan

船引彩子¹・宮地良典¹・木村克己¹

Ayako Funabiki¹, Yoshinori Miyachi¹ and Katsumi Kimura¹

¹地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Geology and Geoinformation)

Abstract: The Echigo Plain faced on the Japan Sea coast is a sedimentary basin governed by subsidence of the western marginal active faults including the Kakuda-Yahiko fault. The incised valley under the Echigo Plain is filled with the sediment of the Shinano and Agano Rivers as the sea level rose during the last deglacial. The thickness of the sediment is up to 160 m. The plain is still interseismically subsiding at a rate of about 3 mm/yr at the coast. We reconstructed stratigraphic model based on about 10,000 borehole logs and high-resolution analyzed 27 boreholes with radiocarbon dates. The stratigraphy of the Echigo plain is composed of the lower fluvial sediments, middle marine sediments, sand body sediments, and upper fluvial sediments. The lower fluvial sediments correspond to the meandering river system during the transgressive period. The middle marine sediments change estuarine system to barrier-lagoon system and delta system. The sand body sediments are classified as sandy barrier and dune sediments of the barrier-lagoon system. The upper fluvial sediments are composed of the modern floodplain, channel, lagoon, and marsh sediments. Moreover, we made three-dimensional surface model of the lower fluvial sediments, middle marine sediments, and sandy sediments. The base of the lower fluvial sediments indicates the narrow NNE-directed incised valley of the Old Shinano River during the Last Glacial Maximum. Buried Pleistocene terraces covered by the Late Pleistocene alluvial gravels and sands, are surrounding the incised valley. They appeared at the elevation of -40 to -60 m, -20 m, and higher than 0 m.

Keywords: Echigo Plain, incised valley-fills, borehole log database, surface model

要 旨

日本海に面する越後平野の地盤は、主に信濃川・阿賀野川などによって運ばれた最終氷期最盛期以降の沖積層から構成されている。角田・弥彦断層を含む平野西部の断層帯の影響を強く受けており、海岸付近での沈降速度は約 3 mm/yr を超え、沖積層の厚さは最大 160 m に達する。

本稿では越後平野で約 10,000 本のボーリングデータと 27 本の放射性炭素年代を含むボーリングコアの解析結果を基に、沖積層の層序モデルを再構築した。越後平野の沖積層は下位から上位へ、下部河成層、中部海成層、砂体構成層、上部河成層に分類される。下部河成層は海進期の蛇行河川システムに、中部海成層はエスチュアリーシステムからバリアー・ラグーンシステムおよびデルタシステムに対応する。砂体構成層は中部海成層のうちバリアーおよび砂丘の堆積物から構成される。また上部河成層は現世のチャネルや湿地、氾濫原の堆積物からなる。

さらに、沖積層基盤上面（下部河成層下面）、中部海成層下面、砂体構成層下面について三次元でのサー

フェスモデルを作成した。沖積層の基盤上面は北北東-南南西方向の細い開析谷地形を示す。平野の周辺には標高約 -40 ~ -60 m, -20 m, 0 m 以浅に更新統の砂礫層から構成される最終氷期の埋没段丘面が確認された。

1. はじめに

越後平野の地盤は、主に最終氷期最盛期以降に形成された沖積層から構成されており、平野西縁部の断層運動による堆積盆の沈降、沿岸域の堆積環境の多様性を反映して、数 m から最大 160 m まで層厚が変化する。また岩相についても大量の含水量を保持する軟弱な海成粘性土から支持層になるほどの固さを有する河川成の砂層や礫層まで多様な変化を示すことが知られている。こうした沖積層の層厚、岩相の詳細な空間分布を明らかにする上で、高密度のボーリングデータによるデータベースの構築は重要な課題であると考えられる。

平成 21 年から 22 年にかけて越後平野地域で約 10,000 本のボーリングデータの収集とデータベース

化を実施した(木村ほか, 2010). 本研究ではこのデータベースを基に越後平野周辺で掘削されたボーリングコア 27 本の解析結果などを統合し, 沖積層の層序や堆積環境の変遷について再解析を行った. その結果をここに報告する.

2. 越後平野の沖積層

沖積層の層序区分については鴨井ほか (2002), 新潟県地盤図編集委員会編 (2002), 卜部ほか (2006) などに詳しくまとめられている (表 1). 本稿ではこれらの既往研究を参考に, 堆積環境を考慮して新たな層序区分を行った (第 1 図).

2.1 基底礫層

越後平野では, 水溶性天然ガスの開発を目的として多数の坑井調査が行われてきた. 天然ガス包含層(ガス層)は主として礫層からなり, 上位から G1~G5 層と呼ばれていた. 牧山 (1963) は G1 層を基底礫層とみなし, G5 層の基底から G1 層の基底までを蒲原層群とした. これに対し阪口 (1964) は, 層相が著しく変化する G1 層の上限をもって沖積層の下限と見なした. また福田ほか (1966) は, 上部更新統~完新統を上位から A~E 層に分け, E 層を G1 相当層, A 層から C 層を沖積層とした.

一方, Minato *et al.*, (1967), 長谷川ほか (1967) は, 沖積層の下位に泥炭を挟むシルトと細砂の互層を主体とする河川成の西蒲原層を設定した. 西蒲原層は, 層相と年代値 (26~25 kyr BP, 同位体分別未補正) から, 最終氷期の亜間氷期に対比された. そして G1 層を西蒲原層の基底部を構成する地層とした. また, G1 層が被覆する平坦面には, -130 m 前後と -150 m との 2 面があり, これらが新旧の埋没段丘面である可能性を指摘した. 柴崎・和田 (1968) は, 上位から I~IV 層に分け, I・II 層を完新統, V 層を最終氷期最寒冷期の堆積層とした. さらに西田 (1969) は, 新潟市東部で多数のボーリング資料を解析し, 深度 60 m まで分布する砂層を中心とする地層を東新潟層とした. 青木・仲川 (1980) は, 多数のボーリング柱状図の解析から, G1 層を深度の浅いものから Btg I~Btg IV の 4 段階に区分し, 全体を埋没段丘礫層群と命名した. また, 安藤 (1994) は, 基盤まで到達する 100 m 以上の深いボーリング資料と年代値を紹介し, 埋没段丘の存在を示した.

鴨井ほか (2002) では越後平野の沖積層最下部には基底礫層を設定していないが, 沖積層の下位に分布する河川成堆積物は 30~18 kyr BP (同位体分別未補正) を示すことから, これらと沖積層との境界を不整合として沖積層の基盤としている. 新潟県地盤図編集委員会編 (2002) では沖積層の基底面を連続性のよい礫層の上面に置き, 明瞭な礫層を欠く場合には年代値や層相および N 値などから推定している.

また, 沖積層基盤の形状として以下のような特徴を挙げている. ①越後平野の西縁部を縁取るように, 三島町から与板町・分水町を経て, 井田・二箇丘陵の東縁を通過して北上する北北東-南南西方向の線を境にして, 沖積層の厚さが極端に違っている. ②越後平野全体の沖積層の厚さは, 阿賀野川を境にその北東部で薄く南西部で厚い. ③阿賀野川以北の越後平野北部地域における沖積層の底面は比較的平坦であり, 明瞭な谷地形が存在せず, 最終氷期には台地上の緩斜面を形成していた. ④信濃川流域(越後平野主部)での沖積層の最大層厚部は西側に偏り, 横断方向での基盤面の形は非対称である.

2.2 沖積層の層序

越後平野では, 沖積層は初め, 単に沖積層として一括されていた(牧山, 1963; 阪口, 1964). 沖積層の層序区分は Minato *et al.*, (1967) および長谷川ほか (1967) が越後平野の沖積層に白根累層という名称をあたえ, 層相から下部・中部・上部に 3 分し, 中部層を海成粘土としたが, 時代的な位置づけははっきりしていなかった. 柴崎・和田 (1968) は白根地域のボーリングコアの層相と花粉分析を基に沖積層を上位から I~V 層に分け, I・II 層を完新統, V 層を最終氷期際寒冷期の堆積層とした (第 1 図).

青木・仲川 (1980) は, 白根累層 (Minato *et al.*, 1967) を不整合によって, 更新統部分の白根層と完新統部分の黒鳥層に区分し, 関東地方における七号地層と有楽町層にそれぞれ対比した. さらに, 白根層を層相をもとに下部, 中部, 上部に区分した. 1980 年代以降の研究では越後平野の沖積層を白根層と黒鳥層に 2 分することが一般的となっていた(建設省北陸地方建設局・北陸技術事務所編 1981; 青木 1996; 小林 1996; 新潟県地質図改訂委員会, 2000). 青木 (1996) は安藤 (1994) の示した放射性炭素年代にもとづき, 黒鳥層の基底付近の年代を 3,160 yr BP (同位体分別未補正) とし, 黒鳥層とともに白根層上部も完新統とした.

鴨井ほか (2002) では青木・仲川 (1980) の黒鳥層と白根層上部層とが同時異相の関係にあることを証明し, 越後平野の沖積層を再び白根層と一括し, 層相や堆積環境, 年代値によって A~I 層の 9 層に区分し, 古環境を復元した. 新潟県地盤図編集委員会編 (2002) では鴨井ほか (2002) と同様に沖積層を白根層とし, 約 5 kyr BP, 10 kyr BP の年代 (同位体分別未補正) を境に上部層 (A1), 中部層 (A2), 下部層 (A3) に細分している. このうち従来黒鳥層とされてきた地層は A1 に相当する. また A1~A3 層の内部を層相によって詳細に分類している.

2.3 沖積層の堆積環境

越後平野中央部における沖積層の層相は, 臨海部と内陸部で大きく異なっている(和田, 1972; 小林

ほか、1976；青木・仲川，1980；安井ほか，1998）。臨海部では、砂丘下に厚い砂層が発達し、地盤工學上良好な地盤を構成している（青木・藤田，1981；青木，1996）。臨海部に分布する厚い砂層（青木・仲川，1980の白根層上部）は、海津（1994）により、縄文海進高頂期以降に形成された沖積層上部砂層（井関，1962，1985）に相当する地層と考えられた（鴨井ほか，2002）。

これに対し、内陸部は、埋積の進む越後平野にあって湖沼群がいつまでも残存し、軟弱な粘土～シルト層が厚く堆積した地域であり、地盤沈下量の累計値の分布図から、柴崎（1971）によって古白根潟の存在が予想された地域でもある。

西田・茅原（1956）は、後氷期の海進によって内湾が形成された後、外側に砂州が発達したため内側が潟湖となって汽水化し、埋積される過程で水域が縮小し、淡水化していった地史を考えて古地理図に示した。

海津（1989）は、信濃川下流域の地下30～50 m付近に分布する、Minato *et al.*, (1967) で示された海成粘土層に相当する厚い粘土層から、海～汽水生珪藻化石を検出し、放射性炭素年代が6 kyr BP（同位体分別未補正）を示すことから、この粘土層は縄文海進によって拡大した内湾（潟湖）の堆積物であるとした。この内湾はバリアーの前進によって埋積された（海津，1989），もしくはバリアー形成後に陸側の潟湖が埋積され、氾濫原に変化して平野の埋積が進行したものとされた（大平，1992；鴨井ほか，2002）。

鴨井ほか（2002）によると、最終氷期に形成された開析谷は、後氷期に向かって約15～10 kyr BP（同位体分別未補正）から埋積され始め、約10～8 kyr BP（同位体分別未補正）には海水の影響を受けるようになり、8～5 kyr BP（同位体分別未補正）には海岸部にバリアー、内陸部にラグーンが形成されるバリアー・ラグーンシステムへと変化した。さらに約5 kyr BP（同位体分別未補正）以降、ストランドプレインシステムが海側へと前進し、ラグーンの埋積が進行した。安井ほか（2001）は、Minato *et al.*, (1967) の海成粘土層に相当する層準の軟体動物、有孔虫、珪藻分析から、外洋水の流入する塩分濃度の高い内湾から低～中鹹度汽水域の潟湖へと変化していく過程を復元し、この変化の原因を7.2 kyr BP（同位体分別未補正）以降顕著になった砂堆の成長に求めた。また6.8 kyr BP（同位体分別未補正）に縄文海進高頂期を迎え、その後も5.5 kyr BPと2 kyr BPの2回にわたって海水の浸入があったことを示した。

さらにト部ほか（2006）は平野の中でも相対的に沈降が卓越する西蒲原地域において、埋没バリアーの存在を指摘し、バリアー・ラグーンシステムが前進と後退を繰り返しながら、相対的に前進していったことを指摘した。このうち、最初のバリアー・ラグ

ーンシステムが形成された後の海進時期を安井ほか（2001）の縄文海進高頂期（6.8 kyr BP，同位体分別未補正）とし、その後6 kyr BP，4 kyr BP，2 kyr BP，2 kyr BP以降の5回にわたって海水の浸入があったことを指摘した。またト部（2008）は阿賀野川下流域の亀田地域の砂丘地帯においてボーリング掘削を行い、この地域の沖積層がバリアー・ラグーンシステムではなく、デルタシステムを基礎として形成された可能性を示した。

さらにTanabe *et al.*, (2009, 2010)，中西ほか（2010），宮地ほか（2009，2010，2011a），ト部ほか（2010，2011）では、信濃川流域のボーリングコアの解析結果より、堆積環境をより詳細に検討している。信濃川の最終氷期開析谷内では17 cal kyr BP頃より13 cal kyr BPまで河川もしくは沼沢地のような環境が続き、蛇行河川システムが発達した。13 cal kyr BP以降、9 cal kyr BP頃まで塩性と淡水性の湿地環境を繰り返し、およそ1,000年おきに海水の流入が見られ（宮地ほか，2010），上方深海化を示すエスチュアリーシステムが発達した。9 cal kyr BP頃に海の影響がもっとも強くなり、海進に伴うラビーンメント面が形成されて（中西ほか，2010；宮地ほか，2010）沖浜や内湾などの環境となった後、バリアー・ラグーンシステムが発達したとされている。

3. 手法

3.1 ボーリングデータベース

これまでに作成したボーリングデータベースは、新潟県、県内の市町村、北陸地盤情報活用協議会、防災科学技術研究所の協力を得て、収集・電子化したものである。この業務で得られたボーリングデータは約10,000本であり、ボーリング交換用データ形式（xmlのバージョン2.01）で電子化されている（木村ほか，2010）。これらのデータについて、緯度、経度、標高、土質名、コードなどの品質確認を行い、エラーデータについては元の報告書にもどって修正するようにつとめた。

3.2 地質断面図

以上のデータベースにこれまで産業技術総合研究所や新潟大学などによって採取されたボーリングコア27本（表2）の堆積相解釈・放射性炭素年代値などを加え、産業技術総合研究所が開発したボーリング柱状図解析システム（木村ほか，2010）を利用して沖積層の地質断面図を作成した（第3図）。断面図には断面線から約1 km幅以内のボーリングデータを投影した。沖積層基盤上面については新潟県地盤図編集委員会編（2002）と同様、連続性のよい礫層の上面に置いた。明瞭な礫層を欠く場合には、年代値や層相及びN値の大きさなどから推定した。ボーリングコアの年代値はすべて暦年較正された値を用い、

未校正のものは CALIB ver. 6.0.1 (Stuiver *et al.*, 2010) を使用して $AD1950 = 0 \text{ cal yr BP}$ として 2σ の誤差範囲をもった暦年代に校正した。貝化石の暦年校正の際は、 $\Delta R=0$, 海洋炭素 = 100%とした。

本稿ではこれらの年代値や堆積相を整理し、ボーリングデータベースによる N 値と土質区分の空間分布などを考慮して既往研究の層序と対比し、沖積層を下位から上位へ、下部河成層、中部海成層、上部河成層に3分した。また、中部海成層のうちバリアーや砂丘などを構成する砂質堆積物を砂体構成層として分類した。

3.3 サーフেসモデル

さらに、これらの層準の境界面のサーフェスモデルを作成した。すなわち下位から上位へ沖積層基盤上面（下部河成層下面）、中部海成層下面、砂体構成層下面の3面である。

作成手順は最初にボーリング柱状図解析システムで断面図を作成後、各地層境界の緯度経度および標高データを抽出した。収集したボーリングデータのうち、沖積層基盤まで到達するものは1,000本弱ほどで、その多くは基盤の浅い上流部の扇状地などに集中している。そのため新潟県地盤図編集委員会編(2002)で示された沖積層の断面図に表示されている地層区分境界の標高および緯度経度を抽出し、補完的に用いた。また経度30秒毎に東西断面図を描き、そこから得られた地層区分境界についても標高や緯度経度を抽出した。これらのデータすべてをGISソフトのArc GISに入力し、逆距離荷重補間法 (IDW: inverse distance weighted interpolation) を用いて半径50 m以内の最も近い4点から標高値を内挿してラスタに変換し、データを補完して50 mメッシュの数値標高モデル (DEM: Digital Elevation Model) を作成した(第4図)。同様の方法で中部海成層と、砂体構成層の下面についてもサーフェスモデルを作成した。

4. 結果および考察

4.1 旧岩船潟地域 (断面図 1~1' および 1a~1a')

断面図 1~1' および 1a~1a' は越後平野最北部の旧岩船潟を横断する東西および北西-南東断面である。沖積層の厚さは最大約 20 m で、内陸部は内湾性の泥と現世の河川堆積物、沿岸部は主に砂丘堆積物からなる。岩船潟は岩船丘陵、荒川平野の旧扇状地および岩船砂丘に囲まれた低地で、排水条件が悪いためその中心部には最近まで潟湖が形成されていた。1781~1788 年にかけて干拓がすすみ、現在のような平坦面を形成している(新潟県地盤図編集委員会編, 2002)。

断面図 1~1' の沿岸部では、更新統の上位に基底礫層を挟まずに直接沖積層が堆積しているため、更新統の上限を沖積層の基盤とした。本地域の更新統

は泥炭層を挟む礫層や砂・シルト、粘性土 (N=5~10) の不規則な互層からなり、43~20 kyr BP (同位体分別未補正) の年代が得られている(鴨井, 2002; 新潟県地盤図編集委員会編, 2002; 安井ほか, 2002)。断面図の丘陵側では扇状地性の礫層が発達し腐植物も多く含む(新潟県地盤図編集委員会編, 2002)。この礫層は海側へ向かって N 値 50 以上の砂層へと変化する。沖積層の基盤上面は両断面線中央部では比較的平坦で海進期の氾濫原堆積物は断面図 1~1' の内陸部と断面図 1a~1a' でわずかに認められるだけである。

その上位は安井ほか(2002)で海成層とされる砂層を挟む粘性土層。砂層は N 値 10~20 で、新たに得られたボーリングデータでは粘性土中に二枚貝の貝殻片も認められる。断面図 1~1' では、この粘性土が最大 20 m の厚さがあるが、旧岩船潟南部の断面図 1a~1a' では基底礫層が下位に厚く発達しており、粘性土は 10~15 m 程度の厚さしかもたない。

最上部は腐植物を多く含む泥層で、5 m 程度の厚さをもつ。また沿岸部では砂丘砂層(新潟県地盤図編集委員会編, 2002)が堆積しており、砂丘背後や石川の河口部付近には N 値 30 以上の砂礫層が厚さ最大 10 m で確認された。

4.2 紫雲寺砂丘-加治川地域 (断面図 2~2')

断面図 2~2' は海岸付近の紫雲寺砂丘を横断する。北側を胎内川、南側を加治川の扇状地に挟まれた地域にあって、断面線の北西部はバリアー・ラグーンシステム(吉田ほか, 2006)を横断しており、埋没バリアー上で掘削された OC-1, OC-2 コア(小松原・ト部, 2007)、内陸部のラグーン地域で掘削された KJSN コア(吉田ほか, 2006)が存在する。

OC-1 および OC-2 コアの最下部を構成する砂礫層 Ga-4 は歪角礫を含む亜円~円礫と、泥を含む淘汰不良の砂からなり、河川性の堆積物と考えられている(小松原・ト部, 2007)。20.1~11.2 cal kyr BP の年代値を示し、周囲のコアとも連続性がよいことからこの砂礫層は沖積基底礫層とされる(小松原・ト部, 2007)。本断面線の南部、加治川沿いの地域で得られた KJSN コアの最下部は砂礫層の上位に AT テフラ(25,000 年前) および 20 cal kyr BP (同位体分別補正済み) の年代を持つ砂・シルト層からなる氾濫原堆積物が見られる。さらに上位には As-K テフラ(14,000~13,000 年前)が存在する。この As-K テフラをのせる砂・シルト層は同地域に多く分布しており(安井ほか, 2002; 新潟県地盤図編集委員会編, 2002)、砂礫層 Ga-4 と同時異相をなす。

沖積層の基盤は沿岸部では深度 -50 m 程度であるが、KJSN コアより内陸では -40 m 以浅となり、新発田市付近の加治川流域では、-30 m 付近以深に更新統と推定される礫層が広く分布し、扇状地性の平坦面を形成する(新潟県地盤図編集委員会編, 2002)。

沿岸部では基底礫層の上位に河成層を挟まずに内湾性の泥層が直接分布している（小松原・ト部, 2007）。泥層が堆積をはじめたのは 11.2 cal kyr BP 以降で、少なくとも 8.2 cal kyr BP までには堆積が終わり、上位に河川成の砂礫層 Ga-3 が堆積している。砂礫層は 9.1~8.2 cal kyr BP に堆積を開始しており、埋没バリアー（ト部ほか, 2006）を形成する外浜堆積物の砂層に挟まれている。この砂礫層を含む砂層は周辺のコアとも連続性がよく、断面図上での幅は約 6 km に及ぶ。同時期に内陸部の KJSN コア（吉田ほか, 2006）付近では潮汐低地~ラグーン堆積物が見られ、このラグーン堆積物は内陸へ約 6 km まで追跡することができる。ラグーン堆積物に相当する部分は粘性土ではなく、砂・シルト層が主体で粗粒物質が多く、N 値は細粒なシルト層で 0~20、砂層では 20~50 を示す。収集したボーリング資料からはシルト層部分に貝殻片、シジミ貝やサンドパイプが確認された。

Ga-2, Ga-1 砂礫層はいずれも下位に外浜堆積物、上位に砂丘堆積物が見られる河川堆積物であり（小松原・ト部, 2007）、Ga-2 は 8.2 cal kyr BP 以降、また Ga-1 は 5.9 cal kyr BP 以降に堆積している。

4.3 信濃川河口部~阿賀野川流域（断面図 3~3'）

断面図 3~3' は平野中央部、信濃川を横断し、新砂丘 I~III を経て阿賀野川の開析谷にいたる断面図である。沿岸部に沖積層の基盤まで達する OYA コア（ト部ほか, 未公表）が、内陸の阿賀野川沿いには新砂丘 II 上に SN-1 コア、新砂丘 I 上に KM-1 コア（ト部, 2008）が位置する。

信濃川および阿賀野川下流域における沖積層の基盤は、砂、礫層からなる上部更新統であり（新潟県地盤図編集委員会編, 2002）、本断面図上の信濃川河口部では約 -140 m に達する。新津丘陵付近で基盤は -60~-50 m 付近に平坦面の地形を示し、さらに内陸では阿賀野市~五泉市にかけて標高 0 m 以上に平坦面を形成する。これらの基盤の表層部は腐植物や泥層を挟む N 値 50 以上の砂礫層からなる。

沿岸部の OYA コアでは下部より蛇行河川から汽水域と変化し、10~9.6 cal kyr BP 頃には内湾に変化する（ト部ほか, 未公表）。その後 5.4 cal kyr BP までにはほとんど堆積が無く、3.9 cal kyr BP まで沖浜~外浜を構成する砂層が見られる。SN-1, KM-1 コアは上方粗粒化するシルト~中粒砂からなり、デルタシステムとされている（ト部, 2008）。

最上位には N 値 10 以下の腐植物を含む泥層が卓越し、現世の氾濫原・河川堆積物と解釈されている（新潟県地盤図編集委員会編, 2002）。層厚は 10 m ほどで堆積年代は 3.9 cal kyr BP 以降である。

4.4 阿賀野川河口部~能代川沿い（断面図 3a~3a'）

断面図 3a~3a' は阿賀野川の河口部から新津市市街地を経て、阿賀野川の左岸支流である能代川の開

析谷に至る断面図である。本断面では沿岸部より、TA-1, KD-1, SN-1, KM-1 コア（ト部, 2008）および内陸の能代川沿いに GN-1 コア（新潟県応用地質研究会平野地盤研究グループ, 2006a, b）がある。阿賀野川下流域における沖積層の基盤は断面線 3~3' と同じく、砂、礫層からなる上部更新統であり、本断面では標高約 -120 m に達する。砂体の背後より新津丘陵に向かって -90 m から -30 m まで浅くなり、N 値 50 以上の腐植物や泥層を挟む砂礫層からなる。断面線の南側、GN-1 コアの北側で基盤上面が高まりをなすのは、新津丘陵が近いことで、同様の傾向は新潟県地盤図編集委員会編（2002）でも見られる。内陸の能代川流域では、更新統は N 値 20 以上のシルト層と礫層の互層からなる。能代川流域で掘削された GN-1 コアでは、最下部の更新統は 43.7 cal kyr BP を示し、その上位の河川性の砂礫層は 9.6 cal kyr BP より前に堆積を終えていることから沖積層基底礫層と考えられる（新潟県応用地質研究会平野地盤研究グループ 2006a, b）。

沖積層基盤の上には晩氷期に堆積したとみられる腐植物などを含む砂・シルト層が分布しており、河成層に分類できる。一部に砂層をレンズ状に介在しながら海側では層厚 40 m にまで達し、陸側に向かって尖滅する。その上位には層厚 25~65 m の貝殻片を含むシルト・砂の互層が堆積し、さらに上位に層厚 40 m 前後の厚い砂層をのせている。砂層は上方粗粒化の傾向を示し、デルタシステムとされている（ト部, 2008）。最上位は腐植物を多く含む泥層や砂層からなり、砂丘列より内陸では一部砂礫層も見られる。

内陸の能代川流域に位置する GN-1 コアでは、沖積層基底礫層の上位に氾濫原堆積物（9.6~8.6 cal kyr BP）、砂泥互層からなる洪水氾濫堆積物（8.4~7.9 cal kyr BP）、砂から泥に上方細粒化する河川・氾濫原堆積物（7.9~7.5 cal kyr BP）が見られる。さらに上位は沼沢火山灰を含む泥質な湿地積物（7.5~5.1 cal kyr BP）を経て砂礫を多く含む現世の河川堆積物に変化する。これらの層相は周囲のコアとも連続性がよい。

4.5 信濃川河口付近（断面図 3b~3b'）

断面図 3b~3b' は信濃川の河口付近から沖積層の最深部を北東~南西方向に走る断面線である。GS-NIF コア（宮地ほか, 2010, 2011a）、NIS コア（ト部ほか, 未公表）、OYA コア（ト部ほか, 未公表）、Ni09-AG コア（天野ほか, 2010, 2011）を含む。各コアは信濃川河口部付近に位置し、最も海岸に近い GS-NIF コアの最下部は基底礫層は見られず、植物根を含むシルト層・泥炭層からなり、33.2~25.1 cal kyr BP の年代を示すことから、上部更新統と考えられる。NIS および OYA コアでは最下部に基底礫層があり、上位の氾濫原堆積物からそれぞれ 15.3, 15.2 cal kyr BP の年代が得られている。この基底礫層は周囲のボーリングデータとも連続性がよく沖積層の基盤と

考えられる。氾濫原堆積物の上位は砂層～泥層からなる淡水～塩水湿地堆積物、主に泥層からなる沖浜もしくは内湾堆積物、砂層からなる外浜堆積物・前浜堆積物・後浜堆積物・現世河川および砂丘堆積物に区分されている（宮地ほか，2010；ト部ほか，未公表）。これらの堆積相は周囲のボーリングデータに対比できる。また、沖浜・前浜堆積物は阿賀野川河口沖で掘削されたNi09-AGコアまで連続している（天野ほか，2010, 2011）。

蛇行河川堆積物の堆積年代は16～11 cal kyr BP頃までである。その後10 cal kyr BP頃まで淡水～汽水の環境を繰り返し、NIS コアでは11.8～9.8 cal kyr BP頃、OYA コアでは10～9.6 cal kyr BPに内湾の環境に変化している。その後NIS コアでは2.6 cal kyr BP以降、OYA コアでは5～3.9 cal kyr BPの間に外浜堆積物が見られ、OYA コアでは3.9 cal kyr BP以降現世の河川堆積物へと変化している（ト部ほか，未公表）。

4.6 角田・弥彦断層～新津丘陵～能代川地域（断面図4～4'）

平野西縁部に位置する角田・弥彦断層から信濃川の開析谷を横断し、沖積層中の埋没バリアーを横断し、さらに新津丘陵を超えて能代川・阿賀野川の開析谷に至る東西断面である。本断面線にはGS-SGT コア（宮地ほか，2009；中西ほか，2010）、GS-NAK-1 コア（ト部ほか，2006；宮地ほか，2009；中西ほか，2010；稲崎，2011）、GS-KNM コア（宮地ほか，2009；中西ほか，2010；Tanabe *et al.*, 2010）、MG-1 コア（ト部ほか，2006）、SRSN コア（吉田ほか，2006）、GN-1 コア（新潟県応用地質研究会平野地盤研究グループ（2006a, b））が含まれる。

沖積層の基盤は古信濃川開析谷の最も深いところで-160 mを超え、新津丘陵より東の能代川開析谷では約-30 mである。基盤岩は、断層の西側で魚沼層群、東側では上部更新統の礫層と異なっている。沖積層の層厚はGS-KNM コア付近で最も厚く、154 m以上に達するが、東側に向かって次第に薄くなり、東縁部小須戸町市街地付近では約50 mとなり、新津丘陵の縁では急に薄くなり、数mとなる（新潟県地盤図編集委員会編，2002）。基盤の種類は東縁部では上部更新統の礫層ではなく、魚沼層群を不整合に覆って分布する中部更新統である（新潟県地盤図編集委員会編，2002）。

沖積層の最下部には植物片や根を多産する泥層と斜交層理の発達する砂層の互層からなる蛇行河川～氾濫原堆積物が見られ、その上限からはGS-NAK-1 コアで11.8 cal kyr BP、GS-KNM コアで13 cal kyr BPの年代が得られている。その上位は砂・シルト互層、粘土層、砂・シルトの互層からなり、それぞれ塩性湿地～湿地堆積物、沖浜堆積物、外浜・前浜・後浜の堆積物に相当する海成堆積物である。砂層は一般的に粘土層よりもN値が高く、50を超えることも多

い。収集されたボーリングデータでは信濃川開析谷の東部で標高-30 mよりも浅い泥層・砂層に頻繁に貝化石が見られる。堆積年代はGS-SGT コアで8.2～1.6 cal kyr BP、GS-NAK-1 コアで12.2～1.2 cal kyr BP、GS-KNM コアで10.1～3.3 cal kyr BPである。内陸に位置するSRSN コアでは湾頭デルタやラグーンなどを構成する砂層～泥層が見られ、堆積年代は10.6～2.5 cal kyr BPである。

これらの海成堆積物の上位は泥炭層や砂層を含む粘性土層から構成され、標高10～20 m付近には連続性の良い泥炭層が分布し、塩生湿地および現世の氾濫原堆積物とされている。それより上位には現世の河成堆積物が見られる。これらの年代はSRSN コアでは5.7 cal kyr BP以降、GS-KNM コアでは3.3 cal kyr BP、GS-NAK-1 コアでは1.2 cal kyr BPである。

4.7 竹野町・巻町～鎧淵～能代川（断面図5～5'）

本断面図は弥彦山地～角田・弥彦断層から埋没バリアーの内陸側を通り、新津丘陵、能代川にいたる断面である。GS-NTN コア（ト部ほか，2010）、GS-NMD コア（ト部ほか，2010）、竹野町-GS コア（下川ほか1997、下川ほか2000、中西ほか未公表）、巻-GS コア（下川ほか1997、下川ほか2000、中西ほか未公表）、YA コア（Tanabe *et al.*, 2009, 2010）およびGN-1 コア（新潟県応用地質研究会平野地盤研究グループ，2006a, b）が含まれる。

沖積層基盤の形状は4～4'断面線とほぼ同じだが、断面線西端では魚沼層群から構成される井田（矢作）丘陵で谷が分断されている。本断面図では、最も深いYA コア（129.4 m）で沖積層基盤に標高-120 mで達し、開析谷の西端で角田・弥彦断層の上盤側に位置するGS-NTN コアでは更新統の基盤岩（竹野町層相当）が標高-18.9 mに見られる。

沖積層の最下部には断面線4～4'と同様に蛇行河川～氾濫原堆積物が見られ、その上限はYA コアで11.3 cal kyr BPにあたる。下部層は泥炭層を挟む砂・シルトからなる。層厚は西側の吉田付近で最も厚く30 mほどで、東側に向かって薄くなる。

氾濫原堆積物の上位には塩生湿地、ラグーンや湾頭デルタなどの堆積環境を示す海成堆積物が見られ、これらはN値20～50以上を示す砂質土層、N値10程度の粘性土層、およびN値10前後の粘性土の優勢な砂・シルト互層からなる。GS-NTN コアでは沖積層の基盤の上に直接海成層がのり、その堆積年代は9.9～7.1 cal kyr BPを示す。GS-NMD コアでは10.1～7.9 cal kyr BP、竹野町-GS コアでは8.1～7.3 cal kyr BP、巻-GS コアでは9.3～2.8 cal kyr BP、YA コアでは11.3～5.5 cal kyr BPである。YA コアでは9.6～9.2 cal kyr BPには完全に塩性湿地の環境になり、海の影響を最も強く受けるようになった。その後、海側にバリアーが形成されるため（ト部ほか，2006；Tanabe *et al.*, 2010）、YA コア地点はラグーン～湾頭

デルタの堆積環境へと変化する。

表層部では断面図 4~4' と同様、標高 10~20 m 付近に連続性の良い泥炭層、さらに砂層や粘性土層が分布している。YA コアではこれらと同層準の堆積物が 5 cal kyr BP 以降のラグーン~湿地への堆積物とされ、また GS-NAK-1 コアでも 1.2 cal kyr BP 以降、現世の河川堆積物が見られる。

4.8 信濃川沿い（断面図 6~6'）

信濃川に沿って新潟市から白根市、燕市を経て、長岡市に至る越後平野を南北に縦走する地域である。本断面図には GS-NIK コア（宮地ほか、2010、2011；中西ほか、2010）、GS-KNM コア（宮地ほか、2009；中西ほか、2010；Tanabe *et al.*, 2010）、MG-1 コア（ト部ほか、2006）、および YA コア（Tanabe *et al.*, 2009、2010）が含まれる。

沖積層の基盤は上部更新統の固結した泥炭層を挟む礫層および砂・シルト互層から構成されており（新潟県地盤図編集委員会編、2002）、AT 火山灰などを含む（宮地ほか、2011a）。近年のコア掘削で得られた結果によると、古信濃川の流路（鴨井ほか、2002）付近にあたる沿岸部の GS-NIK コア付近で約 -140 m、GS-KNM コア付近で約 -160 m と深く、鎧淵に位置する YA コアでは -120 m、白根市付近では -80 m、三条市付近で -60~-70 m、見附市付近で -40 m、長岡市付近では -30 m と内陸部にかけて浅くなる。

沿岸部では基盤の上に上方細粒化を示す砂層~泥層が発達しており、その上限は GS-NIK コアで 16.3 cal kyr BP、GS-KNM コアで 13 cal kyr BP、YA コアで 11.3 cal kyr BP にあたる。この層準は蛇行河川堆積物（中西ほか、2010；宮地ほか、2010）や氾濫原堆積物（Tanabe *et al.*, 2009、2010）とされる。同様の層準は内陸部まで連続しており、燕市から三条市にかけては砂・シルト互層を主体とし、自然堤防堆積物と考えられるレンズ状の砂層をしばしば介在する（新潟県地盤図編集委員会編、2002）。見附市から長岡市までは砂層と粘性土層が指交関係を繰り返す。長岡市付近では礫層が優勢になり、更新統の礫層との区別が困難である。

上位には沼沢地に何度も汽水域が侵入するような環境を示す腐植物や植物片、生痕などを含む砂泥互層がみられる。堆積年代は GS-NIK コアで 14.8~9 cal kyr BP、GS-KNM コアで 10.1~9.3 cal kyr BP、YA コアでは 11.3~9.6 cal kyr BP である。珪藻などの分析結果から上方深海化の傾向が確認されており、GS-NIK コアで海の影響が最も強くなるのは、淡水~塩水湿地堆積物から波浪の影響を受ける外浜や沖浜に変化する 11~10.8 cal kyr BP 頃、GS-KNM コアでは沖浜になる 9 cal kyr BP 頃である。

さらに上位の層準では YA コアと GS-KNM コアの間位置する MG-1 コア付近でバリアーが形成され（ト部ほか、2006）、YA コア側では潟湖の環境に、

GS-KNM 側では外浜システムから前浜、後浜と浅海化する環境を示す。さらに現在の砂丘堆積物となり（ト部ほか、2006；宮地ほか、2010）、この砂質堆積物は約 2 cal kyr BP 頃まで堆積している。

最上位は N 値 10 以下の粘性土層が主体で、N 値 10~30 の砂層をレンズ状に挟む。この砂層は埋没した自然堤防堆積物と考えられており（新潟県地盤図編集委員会編、2002）、吉田、燕、三条付近で層厚 20 m ほどにまで発達する。

5. 層序の対比とサーフェスモデル

以上のような地質断面図から、ArcGIS を用いて沖積層の基盤上面についてサーフェスモデルを作成した（第 4-1 図）。また越後平野の沖積層を下位より下部河成層、中部海成層、砂体構成層、上部河成層に分類し、海成粘性土を含む中部海成層や、地盤工學上重要とされる砂体構成層の下面についてもサーフェスモデルを作成した（第 4-2、4-3 図）。

5.1 沖積層基盤

越後平野北部

越後平野最北部の旧岩船淵付近では沖積層の基盤は標高約 -20 m に広がっている。表層は主に泥炭層を挟む礫層や砂・シルト、粘性土（N=5~10）の互層からなり、年代値（43~20 kyr BP、同位体分別未補正）から、上部更新統とされている（鴨井、2002；新潟県地盤図編集委員会編、2002；安井ほか、2002）。この平坦面は南北の連続性がよく、海陸接合の沖積層基底面図では海側に向かって階段状の高まりを示す（宮地ほか、2011c）。旧岩船淵より南部、断面線 1~1' と 2~2' の間には胎内川の埋没扇状地とされる砂礫層の高まり（新潟県地盤図編集委員会編、2002；安井ほか、2002）が見られる。

胎内川の埋没扇状地より南西で、沖積層の基盤は標高 -40~-60 m で平坦面を形成している。この面を構成する砂礫層 Ga-4 は最終氷期以降の沖積基底礫層で沿岸部では深度 -50 m 程度（OC-1、OC-2 コア：小松原・ト部、2007）であるが、内陸では -40 m 以浅（KJSN コア：吉田ほか、2006）となる。新発田市より上流の加治川流域では、-30 m 以浅に更新統と推定される礫層が広く分布し、加治川の埋没扇状地を形成している。また福島潟周辺では基盤は -60 m 付近の固結した泥炭層を挟む砂・礫・粘性土の不規則互層で 37~19 kyr BP（同位体分別未補正）の年代が得られている（新潟県地盤図編集委員会編、2002）。

阿賀野川流域

阿賀野川の上流域、五泉市~阿賀野市では標高 0 m 以浅に N 値 50 以上の腐植物や泥層を挟む砂礫層からなる平坦面が確認でき、最終氷期以前の埋没段丘面と考えられる。早出川はこの段丘面上に埋没扇状地を形成している。また能代川流域では、この段

丘面を削り込むように -30～-40 m の谷地形が見られ、谷底から 43.7 cal kyr BP の年代を示す泥層が報告されている（新潟県応用地質研究会平野地盤研究グループ, 2006a, b）。

阿賀野川の中流域には胎内川扇状地西端から新潟港付近まで標高 -40～-60 m の平坦面が続いており、そこから阿賀野川・信濃川の河口に向かって西に大きく傾斜している。現在、北に流れている阿賀野川の流路とは異なり、沖積層の基盤では西側に向かって谷が形成されていることがわかる。阿賀野川以西には古信濃川に向かって流れ込む谷地形が複数認められる。阿賀野川下流域における沖積層の基盤は、砂、礫層からなる上部更新統であり、河口部の沖積層の基盤は -140 m に達する。この基盤は N 値 50 以上の腐植物や泥層を挟む砂礫層から構成され、断面図 3～3' および 3a～3a' で砂体の背後より新津丘陵に向かって -90 m, -60～-50 m と -40～-30 m 付近に階段状の地形を示すことから、埋没段丘面と考えられる。

信濃川流域

古信濃川の開析谷における基盤は、西側で魚沼層群、東側では上部更新統の固結した泥炭層を挟む礫層および砂・シルト互層から構成されている。これらの礫層及び砂・シルト互層が発達している地域は標高 -40～-60 m の埋没段丘面を形成する。埋没段丘の東縁部では、魚沼層群を不整合に覆って分布する中部更新統と推定されている（新潟県地盤図編集委員会編, 2002）。

海陸接合の沖積層基盤等深線図から、古信濃川の流路すなわち最終氷期の開析谷は角田・弥彦断層に沿って北北東に流れ、従来の研究（新潟県地盤図編集委員会編, 2002）に比較してかなり西側に限定されていることがわかる（宮地ほか, 2011c）。また、内陸部においても東西方向の層厚分布から、最終氷期における古信濃川の河道は現在の信濃川河道の西側に位置する。平野南部の蒲原地域では、沖積層の基盤は開析谷の最も深いところで -160 m を超え、東側に向かって次第に浅くなり、東縁部小須戸町市街地付近では約 -50 m となる。新津丘陵の縁ではさらに基盤が浅くなり、-数 m 程度となる。

開析谷上流、分水町以南の島崎川流域では -30 m 以浅に上～中部更新統とされる泥岩が分布しており、分水町付近では -90 m より深い谷を形成している。この谷は東部の燕市にかけて浅くなり、既往研究では燕―三条間で基底礫層の深度が急に変っていることから、信濃川以東には段丘崖が埋没している可能性が指摘されている（Iwanaga and Ishibashi, 1977；新潟県地盤図編集委員会編, 2002）。

与板町付近では標高約 -60 m の谷が見られ、やはり東に向かって浅くなり、見附市付近では約 -30 m となる。与板町の開析谷では表層から完新統の厚さが約 30 m で、下位には晩氷期の河川成堆積物が 30 m 以上の厚さで分布している（新潟県地盤図編集

委員会編, 2002）。さらに内陸の長岡市付近では扇状地または河川堆積物とされる砂礫層が広く分布し（青木・仲川, 1980）、沖積層基盤との識別は困難である。

5.2 下部河成層

新潟県地盤図編集委員会編（2002）では、約 5 kyr BP, 10 kyr BP の年代（同位体分別未補正）を境に沖積層を上部層、中部層、下部層としている。下部層は海進期の上方深海化する堆積物からなり、平野中央部では、砂質土・粘土の互層が発達している。さらに鴨井ほか（2002）ではこの下部層を晩氷期（15～11 kyr BP, 同位体分別未補正）に堆積した氾濫原や池沼のシルトと砂からなる I 層としている。

本稿で参照したボーリングコアでは、これらの沖積下部層、I 層とほぼ同じ層準に主に上方細粒化を示す砂層～泥層からなるチャンネル堆積物や氾濫原堆積物が見られ、海進期の蛇行河川システム（Tanabe *et al.*, 2010）とされている。粘性土には植物片や根が多く含まれ、砂層には斜交層理が発達している。また、年代は下限が最終氷期以降、上限は地域によって異なり、15～11 cal kyr BP である。本稿はこれらの特徴から海進期の蛇行河川システムに当たる層準を鴨井ほか（2002）の I 層に相当するものとして下部河成層とした（第 1 図）。

5.3 中部海成層

下部河成層の上位には、下位より湿地・塩性湿地の交互する層準から内湾や沖浜へと上方深海化するエスチュアリーシステム（Tanabe *et al.*, 2010）、バリアー・ラグーンシステム（鴨井ほか, 2002；ト部ほか, 2006；吉田ほか 2006 など）、デルタシステム（ト部, 2008）を形成する砂層や泥層が重なる。堆積年代は地域によって差があるが、海底コアの Ni09-AG や Ni09-YT を含めるとおおよそ 13～1 cal kyr BP の間である。本稿ではこれらの堆積物を一括して中部海成層とした。新潟県地盤図編集委員会編（2002）の沖積層中部層（10～5 kyr BP, 同位体分別未補正）は最下部に鴨井ほか（2002）によって指摘された内湾の泥層である D 層や H 層を含むが、大部分はラグーンの泥層（F 層：鴨井ほか, 2002）、湾頭デルタの砂層、埋没バリアーの砂層、浜堤列の砂層などから構成されており、中部海成層に相当するものと考えられる（第 1 図）。

中部海成層下面の形状（第 4-2 図）は下部河成層下面（第 4-1 図）と同様の傾向を示している。平野北部では新潟港以東の埋没段丘面上で -40 m 以浅と下面が高く、埋没段丘の存在する白根付近でも中部海成層の下限は高くなっている。最深部は信濃川の開析谷中央で -120 m を越えるが、角田・弥彦断層の上盤側では約 -20 m と隆起傾向を示す。信濃川流域の海成層南限は与板町付近まで貝殻の破片を含む粘土層を追跡することができるが、その下面は分水町

付近で -50 m から -10 m と大きく異なる。海成層の下限は内陸部ほど資料が少なく、今後の検討課題である。

5.4 砂体構成層

越後平野の臨海部では、砂丘下に厚い砂層が発達し、地盤工學上良好な地盤を構成していることが指摘されており（青木・藤田 1981；青木 1996）、これら臨海部に分布する厚い砂層（青木・仲川 1980 の白根層上部）は、海津（1994）により、縄文海進高頂期以降に形成された沖積層上部砂層（井関 1962, 1985）に相当する地層と考えられた（鴨井ほか, 2002）。これらの砂層は地表面では新潟砂丘の新砂丘 I, II, III の砂丘列として現れている（第 1-1 図；新潟古砂丘グループ, 1974；竹内ほか, 2011）。そのうち最も内陸に位置する砂丘 I の南端は西蒲原地域（第 1-1 図）に埋没している（新潟古砂丘グループ, 1974）。これらは埋没バリアーとされ（Urabe *et al.*, 2004）、平野南部の砂体構成層の中にはこのようなバリアーが何層にも重なって埋没しており、角田・弥彦断層の影響を受けて沈降している（Urabe *et al.*, 2004；ト部ほか, 2006）。

本稿では、中部海成層の中でも特に埋没バリアーの砂層、浜堤列平野や砂丘地帯を形成する砂層を一括して砂体構成層とした（第 1 図）。これらの砂層は既往研究の堆積相解釈では埋没バリアーやストランドプレーンを構成する外浜・前浜堆積物や現世の砂丘堆積物などに分類されている。またト部（2008）で示されたデルタシステムの堆積物は断面図上で埋没バリアーとの分離が困難なため、砂体構成層に含める。この砂体構成層は鴨井ほか（2002）で示された地表部に残存する砂丘列（新潟古砂丘グループ, 1974）を形成する B 層、砂州～砂丘堆積物（青木・仲川, 1980, 青木, 1996, 鴨井ほか, 2002）を形成する C 層、および埋没バリアーを形成する E 層（鴨井ほか, 2002）が相当する（第 1 図）。

砂体構成層下面のサーフェスモデル（第 4-3 図）は下部河成層や中部海成層の下面よりも凹凸が少ない。これは、中部海成層の塩生湿地～内湾・沖浜の堆積物によってある程度谷が埋積されたのちにバリアー・ラグーンシステムが発達しているからと考えられる。砂体構成層は海岸線に沿って約 70 km 連続しており、沿岸部から内陸部までの幅は 2～15 km に及ぶ。

平野北部の砂体構成層は最下部が標高 -10～数 m で、全体の層厚も 20 m 未満である。胎内川の埋没扇状地より南側、埋没段丘面上では砂体構成層の下面は -10 m より深くなり、阿賀野川より西では -30 m、最も深くなる古信濃川の流路では標高 -70 m に及ぶ。阿賀野川上流域、新津丘陵の北側で砂体構成層の下面は再び高くなり、新砂丘 I より約 2.5 km 内陸にまで広がっている。平野南部の砂体構成層下面は現在

の阿賀野川流路から平野の西端部にかけて -40 m から -70 m に緩やかに傾斜している。

5.5 上部河成層

既往研究では約 5,000 年前とされる沼沢火山起源の軽石の出現の下限を持って沖積層上部層・中部層の境界としている（新潟県地盤図編集委員会編, 2002）。内陸の能代川流域に位置する GN-1 コアでは沼沢火山灰を含む泥質な湿地積物（7.5～5.1 cal kyr BP）を経て現世の河成堆積物に変化しており、白根地域に位置する SRSN コアでも主に沼沢火山灰より上位に現世の河成堆積物が見られる。そのほかのコアでも約 5～6 cal kyr BP 以降にはラグーンや塩性湿地から河成堆積物へと変化し、氾濫原堆積物の泥・腐植土が卓越し、藍鉄鉱を含む。ほとんどの地域で N 値は 5 以下と軟弱である。ただし、内陸部に位置する GN-1 コア平野北部の旧岩船潟、加治川流域などでは現世の河成堆積物として N 値 30 以上の砂礫層が確認されている（第 3-1, 3-2 図）。本稿ではこれらの堆積物を一括して上部河成層とした。

上部海成層は新潟県地盤図編集委員会編（2002）の上部層のうち海成砂層をのぞいたものに相当し、鴨井ほか（2002）において現在の沖積層を形成する A 層に相当するが、一部は砂丘形成層や、ラグーン堆積物と同時異層の関係にある（第 1 図）。

6. 最大海氾濫面について

越後平野沖積層に見られる最大海氾濫面については二通りの解釈が議論されている。以下、二つの最大海氾濫面に対して既往研究の見解をまとめた。

6.1 海水準上昇期の最大海氾濫面

平野南部の鎧潟に位置する YA コアでは中部海成層の下部で塩性と淡水性湿地を繰り返しており、9.6～9.2 cal kyr BP には完全に塩性湿地の環境になる。その後 9 cal kyr BP 頃から沿岸部にバリアーが形成されるため、YA コア地点はラグーンへと変化する。Tanabe *et al.*, (2010) ではこの時期を上方深海化の傾向を示すエスチュアリーから上方浅海化するバリアー・ラグーンシステムへの変換時期として、最大海氾濫面（Van Wagoner *et al.*, 1988）に対比している。また YA コアより海側、赤塚・金巻新田地区に位置する GS-SGT コアでは上部外浜堆積物と下位の上部更新統との間に、GS-NAK-1・GS-KNM コアでは沖浜堆積物と下位の湿地堆積物の間に外浜浸食によって形成されたラビーンメント面が 9.4～8.2 cal kyr BP の間に形成されており（第 3-4 図）、YA コアで最大海氾濫面が形成された時期に重複する。このラビーンメント面は圧密沈下や断層の上下変異移動の影響を受け、GS-SGT コアと GS-KNM コアでその標高差は 42.5 m におよぶ（中西ほか, 2010）。

平野北部の加治川沿い、埋没バリアーの内側に位置する KJSN コア（吉田ほか，2006）では湾頭デルタ堆積物と下位の河川堆積物との間に、浸食面を持って重なる海進ラグが存在し、海岸線の陸側への移動に伴い形成されたベイラビーンメント面（Nummedal and Swift, 1987）と考えられ、その年代は 10.8~8.5 cal kyr BP の間である（第 3-2 図）。この時期を境に KJSN コアではバリアー・ラグーンシステムを構成するラグーン堆積物が完新世半ばごろまで見られる。同時期に沿岸部の OC-1 および OC-2 コアでは基底礫層である Ga-4 の上位に内湾性の泥層が分布している。この泥層が堆積をはじめたのは少なくとも 11.2 cal kyr BP 以降で、8.2 cal kyr BP までにはバリアーを形成する砂層が見られるようになり、5.9 cal kyr BP までにはバリアーのほとんどが完成している（小松原・ト部，2007）。このように加治川流域でも Tanabe *et al.*, (2010) で示された最大海氾濫面の時期以降、バリアー・ラグーンシステムの発達が見られた。

6.2 海水準高頂期の最大海氾濫面

越後平野の南部では複数のバリアー・ラグーンシステムが埋没しており（ト部ほか，2006），そのうち最も深い位置に存在している最初のバリアー・ラグーンシステムは 9.4~8.2 cal kyr BP に形成されたとされる（宮地ほか，2010, 2011a, c）。吉田（2006）では、この最初のバリアーが形成された後再び海が進入する時期を、安井ほか（2001）で示された軟体動物化石を多く含む粘土層が最も内陸まで追跡できる約 6.8 kyr BP（同位体分別未補正）とし、縄文海進高頂期かつ最大海氾濫面（Van Wagoner *et al.*, 1988）に相当するとしている。この最大海氾濫面は平野北部の KJSN コアではラグーンの形成時期にあたり、暦年較正を行った年代では 8.5~6.1 cal kyr BP 頃と考えられる。KJSN コアより海側の OC-1 および OC-2 コアでは同時期にバリアーがほぼ出来上がっており、KJSN コアではこの時期以降、ラグーンの底層が強還元的な環境になり湖の環境へと変化した可能性が指摘されている。またこの年代は初期のバリアーが形成された後、SRSN コア地点でラグーンが淡水化を始めた 8~7.1 cal kyr BP に相当し、やはり最大海氾濫面とされている（吉田ほか，2006）。

阿賀野川流域に位置する TA-1, KD-1, NT-1, SN-1, KM-1 コアのうちラグ堆積物を伴った浸食面が TA-1 コアで 11~5.1 cal kyr BP, KM-1 コアで 11.7~9.4 cal kyr BP（ト部，2008）が見られ、Tanabe *et al.*, (2010) で述べられた最大海氾濫面の時期に重複している。KM-1 コアでは 9.4~7.5 cal kyr BP にも再びラグ堆積物が確認されており、これより上位で細粒砂~粗粒砂のデルタフロント堆積物に変化する。

沿岸部のコアを見ると OYA, NIS, GS-NIF, GS-NIK, GS-NAK-1, GS-KNM, GS-SGT, コアでは 10~9 cal kyr BP 頃に沖浜や外浜の堆積物に変化し、

7 cal kyr BP 頃まで堆積環境の変化はあまり見られない。また埋没バリアーの内部に位置する GS-NTN, GS-NMD, 竹野町-GS, 巻-GS, YA コアではラグーンや湾頭デルタの堆積物が見られる。断面線 3b~3b'（第 3-3b 図）や 6~6'（第 3-6 図）を見ると、8~7 cal kyr BP 以降、沿岸部では同時間線の傾斜が大きくなり、砂質堆積物が海に向かって前進していく様子がわかる。

このように Tanabe *et al.*, (2010) で示された 9 cal kyr BP 頃の最大海氾濫面は平野全体で海の影響が強くなった時期であり、平野南部や北部の加治川流域などで堆積体が海側へと前進し始める時期として認識できる。また、他の地域では 9 cal kyr BP 頃に海の影響が強くなり、8~7 cal kyr BP 頃から堆積体が海側へ移動する様子が見られる。

これら二つの同時期は最終氷期の信濃川の開析谷に向かって傾斜しており（第 3-4 図）、断層の影響を受けているものと考えられる。

7. まとめ

越後平野地域内で収集された約 10,000 本のボーリングデータのデータベースを用いて近年越後平野で掘削されたボーリングコアの年代値や堆積環境を総合的に解釈し、沖積層の地質断面図を作成した。その中で沖積層を下位から上位へ、下部河成層、中部海成層、砂体構成層、上部河成層の 4 つの岩相層序に区分した。掘削された層序ボーリングコアの堆積相解釈と比較すると、下部河成層は海進期の蛇行河川システムに、中部海成層は海進~海退期のバリアー・ラグーンシステムおよびデルタシステムに、また上部河成層は現世の蛇行河川システムに対応する。そして砂体構成層はバリアー、砂丘、およびデルタフロントの砂層に相当する。

岩相層序境界面について 3 次元のサーフェスモデルを作成した。沖積層の基盤上面は従来の研究よりもより幅が狭く、北北東-南南西方向の開析谷の地形を示す。平野北部の旧岩船潟と胎内川扇状地~新潟港にはそれぞれ標高約 -20 m, -40~-60 m の平坦面が見られる。また阿賀野川の上流域には標高 0 m 以浅の平坦面と早出川による埋没扇状地、能代川による -20~-30 m の開析谷が確認された。信濃川流域でも開析谷の西側に -40~-60 m の平坦面が見られた。これらの平坦面は主に更新統の砂礫層から構成され、最終氷期の埋没段丘面と考えられる。中部海成層の下面は沖積層の基盤上面とほぼ同じ傾向を示すが、角田・弥彦断層の上盤側では大きく隆起している。砂体構成層は現世の砂丘堆積物が主になる平野北部では薄く、南部では角田・弥彦断層の影響を受けて厚く堆積しており、複数のバリアーシステムが累重している。

越後平野では最大海氾濫面に関しては二通りの解

積がある。最初は海水準が上昇していた 9 cal kyr BP の時期で、エスチュアリーからバリアー・ラグーンシステムへの変換点とされる。この時期には平野の広範囲で海の影響が強くなり、ラビーンメント面の形成や潮汐低地から内湾や沖浜への上方深海化の傾向が顕著に見られた。その後、平野中央部の阿賀野川流域ではデルタシステム、北部と南部ではバリアー・ラグーンシステムが発達した。複数のバリアー・ラグーンシステムのうち、最初のバリアー・ラグーンシステムが形成された後、越後平野では海水準高頂期を迎え(8~7 cal kyr BP)、汽水域がラグーン地域に再び広がった。二度目の最大海汜濫面はこの時期とされている。これらの同時間線は断層の影響を受けて信濃川の最終氷期開析谷中心部に向かって傾斜している。

謝辞 ボーリングデータの収集や使用にあたっては新潟県、県内の市町村、北陸地盤情報活用協議会、防災科学技術研究所、(株)興和の鴨井幸彦氏に、ボーリングデータの追加入力業務においては産業技術総合研究所の和田明美氏に、ArcGISの使用やサーフェスモデルの作成に当たっては産業技術総合研究所の渡邊真理子氏にご協力いただいた。また、産業技術総合研究所の小松原 琢博士、京都教育大学の田中里志博士、韓国地質資源研究院の中西利典博士、および新潟大学のト部厚志博士にはボーリングコアや未公表の年代値資料を提供していただいた。以上の方々と機関に深く感謝いたします。

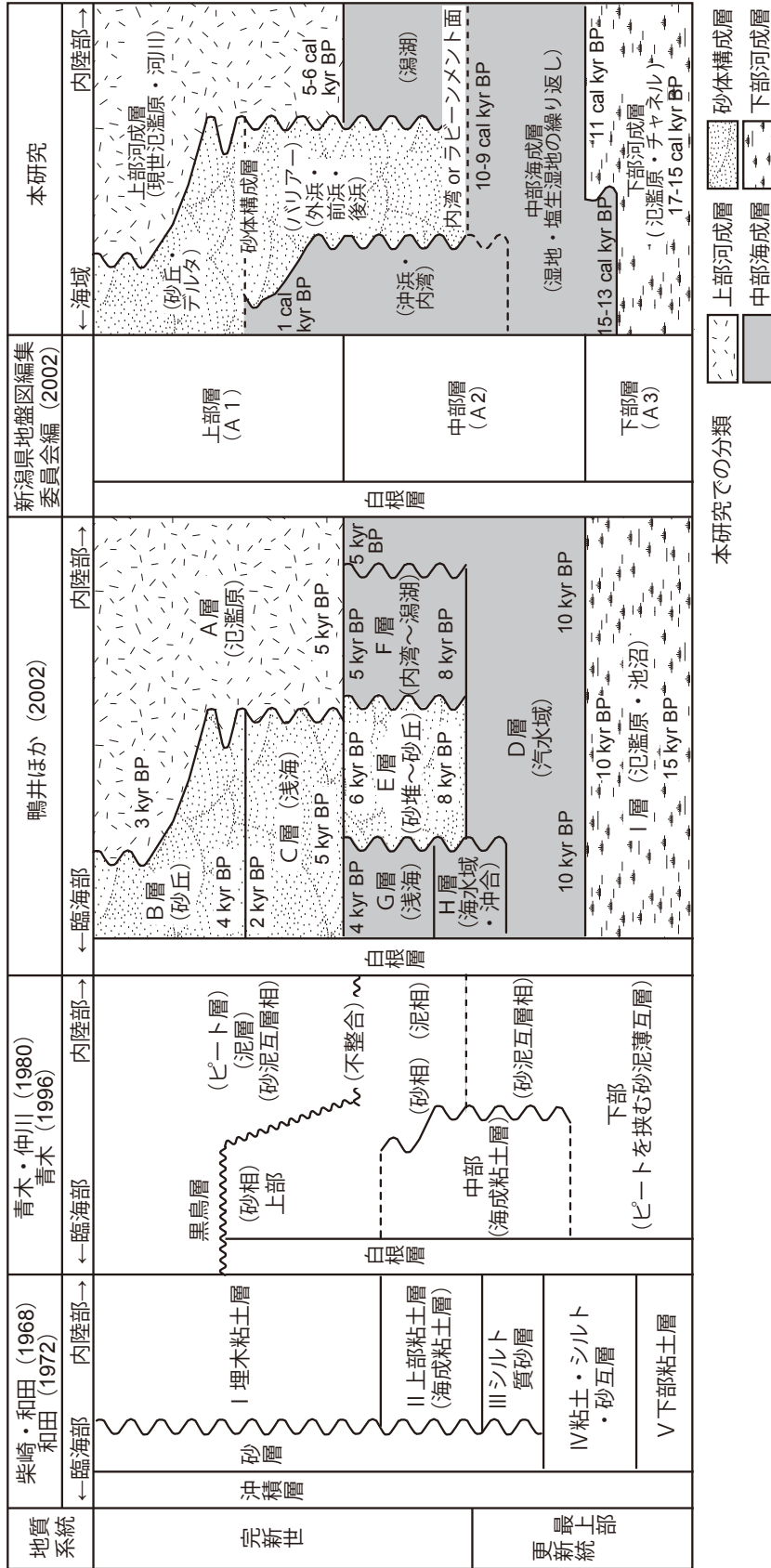
文 献

- 天野敦子・井上卓彦・池原 研 (2010) 新潟平野沿岸・海域ボーリング試料の層相変化と音響層序との対費。平成 21 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, no.54, 33-40
- 天野敦子・井上卓彦・池原 研 (2011) 越後平野沿岸海域の堆積物と音波探査記録からみた更新世-完新世間の堆積環境変遷。海陸シームレス地質情報集,「新潟沿岸域」, 数値地質図 S-2, 地質調査総合センター。
- 安藤 廉 (1994) 越後平野の地盤地質について。新潟応用地質研究会誌, 42, 27-39。
- 青木 滋・仲川隆夫 (1980) 新潟平野の地盤地質について。新潟大学積雪地域災害研究センター研究年報, 2, 25-40。
- 青木 滋 (1996) 越後平野の地盤環境。第四紀研究, 35, 259-270。
- 福田 理・阿久津 純・徳永重元 (1966) 新潟深層試験井の坑井地質。地質調査所特別報告, 3, 76-84。
- 長谷川和夫・湊 正雄・大矢 暁・柴崎達雄・陶山 国男・高橋雄一郎・和田温之 (1967) 新潟平野における晩期第四系の年齢。第四紀研究, 6, 79-84。
- 稲崎富士・宮地良典・ト部厚志・楮原京子 (2011) ランドストリーマー反射法地震探査による新潟市四ツ郷屋・赤塚地区における越後平野西縁断層の浅部変形構造調査。海陸シームレス地質情報集,「新潟沿岸域」, 数値地質図 S-2, 地質調査総合センター。
- 井関弘太郎 (1962) 沖積平野の基礎的問題点。名古屋大学文学部研究論集, 24, 51-74。
- 井関弘太郎 (1985) 沖積層上部砂層・砂礫層形成の環境と要因。細井淳志郎先生退官記念論文集, 1-8。
- Iwanaga, S. and Ishibashi, T. (1977) Aquifer and buried terrace in the Central Part of the Niigata plain. *Engineering Geology*, 18, 116-124。
- 鴨井幸彦 (2002) 新潟県下における沖積層の層序および平野の形成過程に関する地質学的研究。平成 12 年度新潟大学学位申請論文
- 鴨井幸彦・安井 賢・小林巖雄 (2002) 越後平野中央部における沖積層層序の再検討。地球科学, 2, 123-138。
- 建設省北陸地方建設局・北陸技術事務所編 (1981) 新潟県平野部の地盤図集 (新潟平野編)。北陸建設弘済会。
- 木村克己 (2010) 新潟地域の浅層地盤のボーリングデータベースとそれに基づく地質モデル。地質調査総合センター速報:平成 21 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, no.54, 189-193。
- 小林巖雄 (1996) 越後平野地下の第四系。第四紀研究, 35, 191-205。
- 小林巖雄・青木 滋・渡辺其久男・藤田 剛・新渡戸 隆・石橋輝樹・平井明夫・福山恵美子・大森昌衛 (1976) 新潟市緑ヶ丘, 地盤沈下観測井 (坂井輪井 K-1) の地質について。新潟大地盤災害研年報, 2, 37-54。
- 小松原 琢・ト部厚志 (2007) 越後平野北部・紫雲寺砂丘地下の沖積層。日本地質学会第 114 年学術大会講演要旨, 330-331。
- 牧山鶴彦 (1963) 新潟ガス田の層序および地質構造について。石油学会誌, 6, 684-687。
- Minato, M., Suyama, K., Hasegawa, K., Oya, S., Takahashi, Y., Nakagawa, K., Wasa, N., and Shibasaki, T., (1967) Absolute age of subsurface late Quaternary deposits in the Niigata lowland. *Jour. Fac. Sci. Hokaido Univ.*, Series 4, 13, 401-406。
- 宮地良典・中西利典・ト部厚志・田辺 晋・稲崎富士・安井 賢・小松原 琢・水野清秀 (2009) ボーリングコア解析による角田・弥彦断層の活動度評価。地質調査総合センター速報:平成 20 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, no.49, 101-120。

- 宮地良典・卜部厚志・田辺 晋・安井 賢・稲崎富士・鴨井幸彦・中西利典・小松原 琢・水野清秀 (2010) 越後平野沿岸部のボーリング試料から見た沖積層の地質構造地質調査総合センター速報：平成21年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告，no. 54, 127-151.
- 宮地良典・卜部厚志・田辺 晋・安井 賢・稲崎富士・鴨井幸彦・中西利典 (2011a) 新潟平野海岸部の沖積層の地質構造. 海陸シームレス地質情報集，「新潟沿岸域」，数値地質図 S-2，地質調査総合センター.
- 宮地良典・卜部厚志・田辺 晋・安井 賢・中西利典・稲崎富士・楳原京子・小松原琢・水野清秀 (2011b) 越後平野西縁部，角田・弥彦断層による変形構造とその活動度評価. 海陸シームレス地質情報集，「新潟沿岸域」，数値地質図 S-2，地質調査総合センター.
- 宮地良典・船引彩子・井上卓彦・天野敦子・楳原京子・卜部厚志・岡村行信 (2011c) 越後平野沿岸地域に分布する海陸の地層対比. 海陸シームレス地質情報集，「新潟沿岸域」，数値地質図 S-2，地質調査総合センター.
- 中西利典・宮地良典・田辺 晋・卜部厚志・安井 賢・若林 徹 (2010) ボーリングコア解析による越後平野西縁，角田・弥彦断層の完新世における活動度. 活断層研究，**32**，9-25.
- 仲川隆夫 (1985) 新潟平野の上部更新統・完新統—とくに沈降現象との関係について—. 地質学雑誌，**91**，619-635.
- 新潟県地盤図編集委員会編 (2002) 新潟県地盤図説明書. 新潟県地質調査業協会.
- 新潟県応用地質研究会平野地盤研究グループ (2006a) 越後平野東部，五泉・村松地域における沖積層について (第1報). (財) 環境地質科学研究所研究年報，**17**，80-90.
- 新潟県地質図改訂委員会 (2000) 新潟県地質図 (2000年度版) および同説明書. 新潟県，200p.
- 新潟県応用地質研究会平野地盤研究グループ (2006b) 越後平野東部，五泉・村松地域における沖積層について (第2報). 新潟応用地質研究会誌，**66**，57-81.
- 新潟古砂丘グループ (1974) 新潟砂丘と人類遺跡—新潟砂丘の形成史 I—. 第四紀研究，**13**，57-65.
- 西田彰一 (1969) 新潟平野の形成過程とその問題点. 日本地質学会第76年学術大会. シンポジウム「海岸平野」資料集，53-58.
- 西田彰一・茅原一也 (1956) 弥彦・角田山塊の生い立ちと最近の地史. 新潟県文化財年報，**1**，1-44.
- Nummedal, D. and Swift, D.J.P. (1987) Transgressive stratigraphy at sequence-bounding unconformities: some principles derived from Holocene and Cretaceous examples. In Nummedal, D., Pilkey O.H. and Howard, J. D. eds., *Sea-level fluctuation and coastal evolution* (Spec. Publ. SEPM, no.41), 241-260.
- 大平明夫 (1992) 完新世における新潟平野北東部の地形発達史. 地理学評論，**65**，867-888.
- 下川浩一・栗田泰夫・佐竹健治・吉岡敏和・七山 太・荻谷愛彦・小松原 琢・羽坂俊一・重野聖之 (1997) 地形・地質調査 1，科学技術振興調整費日本海東縁部における地震発生ポテンシャル評価に関する総合研究 (第I期 平成6～8年度) 成果報告書，科学技術庁，67-84.
- 下川浩一・栗田泰夫・佐竹健治・吉岡敏和・七山 太・荻谷愛彦・小松原 琢・羽坂俊一・重野聖之 (2000) 地形・地質調査 1，日本海東縁部における地震発生ポテンシャル評価に関する総合研究 (第II期 平成9～10年度) 成果報告書，科学技術庁，65-85.
- 阪口 豊 (1964) 越後平野の古地理の問題によせて. 第四紀研究，**3**，284-289.
- 柴崎達雄 (1971) 地盤沈下—しのびよる災害—. 三省堂，東京，205p.
- 柴崎達雄・和田温之 (1968) 沖積層研究からみた新潟平野の変動. 地質学論集，no.2，57-61.
- Stuiver, M., Reimer, P.J., and Reimer, R.W. (2010) CALIB 6.0.1 <http://calib.qub.ac.uk/calib/index.html>
- 竹内圭史・尾崎正紀・小松原 琢 (2011) 新潟沿岸域の20万分の1地質図. 海陸シームレス地質情報集，「新潟沿岸域」，数値地質図 S-2，地質調査総合センター.
- Tanabe, S., Tateishi, M., and Shibata, Y. (2009) The sea-level record of the last deglacial in the Shinano River incised-valley fill, Echigo Plain, central Japan. *Marine Geology*, **266**, 223-231.
- Tanabe, S., Nakanishi, T., and Yasui, S. (2010) Relative sea-level change in and around the Younger Dryas inferred from late Quaternary incised-valley fills along the Japan Sea. *Quaternary Science Reviews*, **29**, 3956-3971.
- 海津正倫 (1989) 完新世における新潟平野の地形発達史. 日本地理学会予稿集，**35**，198-199.
- 海津正倫 (1994) 沖積低地の古環境学. 古今書院，東京，270p.
- 卜部厚志 (2008) 越後平野の阿賀野川沿いにおける沖積層の堆積システム. 第四紀研究，**47**，191-201.
- Urabe, A., Takahama, N., and Yabe, H. (2004) Identification of a subsided barrier island in the Holocene alluvial plain, Niigata, central Japan. *Quaternary International*, **115-116**, 98-104.

- ト部厚志・吉田真見子・高濱信行 (2006) 越後平野の沖積層におけるバリアー・ラグーンシステムの発達様式. 地質学論集, no. 59, 111-127.
- ト部厚志・宮地良典・稲崎富士・楳原京子 (2010) 新潟市竹野町地域の沖積層に記録された越後平野西縁断層の活動度評価. 地質調査総合センター速報: 平成 21 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, no. 54, 117-125.
- ト部厚志・宮地良典・稲崎富士・楳原京子 (2011) 新潟市岳野町地域の越後平野西縁断層の活動度評価. 新潟平野海岸部の沖積層の地質構造. 海陸シームレス地質情報集, 「新潟沿岸域」, 数値地質図 S-2, 地質調査総合センター.
- 和田温之 (1972) 新潟平野の形成過程. 地質学論集, no. 7, 77-89.
- 安井 賢・鴨井幸彦・大谷政敬・関谷一義・今野和則・小林巖雄 (1998) 越後平野”沖積層”の層序・堆積環境と粘性土層の工学的性質. 地盤工学会中部支部, 理学・工学情報が臨海平野の地盤解積に果たす役割に関するシンポジウム発表論文集, 93-98.
- 安井 賢・小林巖雄・鴨井幸彦・渡辺秀男・石井久夫 (2001) 越後平野中央部, 白根地域における完新世の環境変遷. 第四紀研究, 40, 121-136.
- 安井 賢・鴨井幸彦・小林巖雄・ト部厚志・渡辺秀男・見方 功 (2002) 越後平野北部の沖積低地における汽水湖沼の成立過程とその変遷. 第四紀研究, 41, 185-197.
- 吉田真見子・保柳康一・ト部厚志・山崎 梓・山岸美由紀・大村亜希子 (2006) 堆積相と全有機炭素・窒素・イオウ濃度を用いた堆積環境の復元—越後平野上部更新統～完新統の例. 地質学論集, no. 59, 93-109.

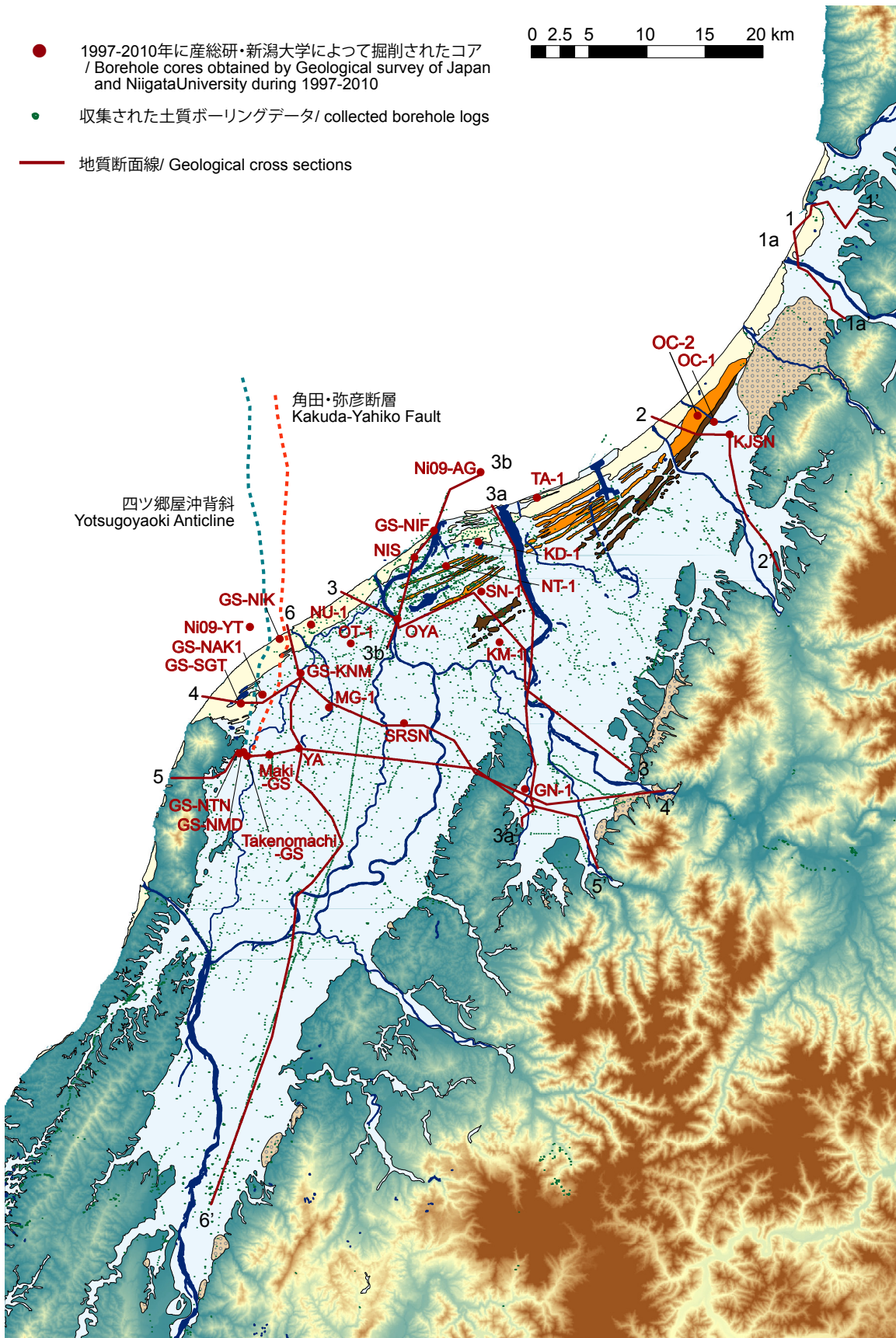
(受付: 2010 年 12 月 1 日, 受理: 2011 年 1 月 15 日)



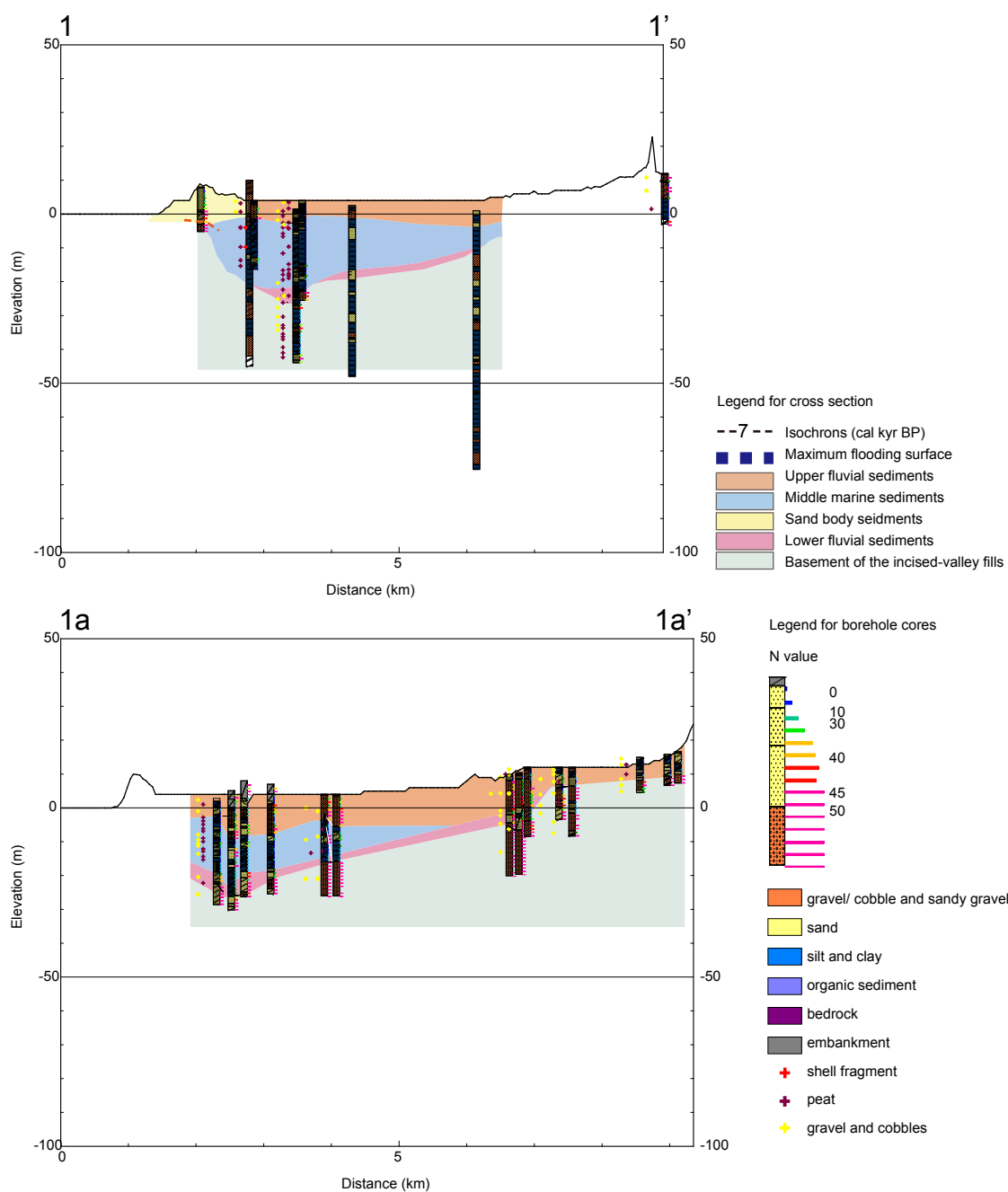
第1図 従来の主な層序区分との比較 (鴨井ほか, 2002 に加筆).
Fig. 1 Comparison of main previous stratigraphical divisions of alluvial deposits (modified after Kamoi *et al.*, 2002).



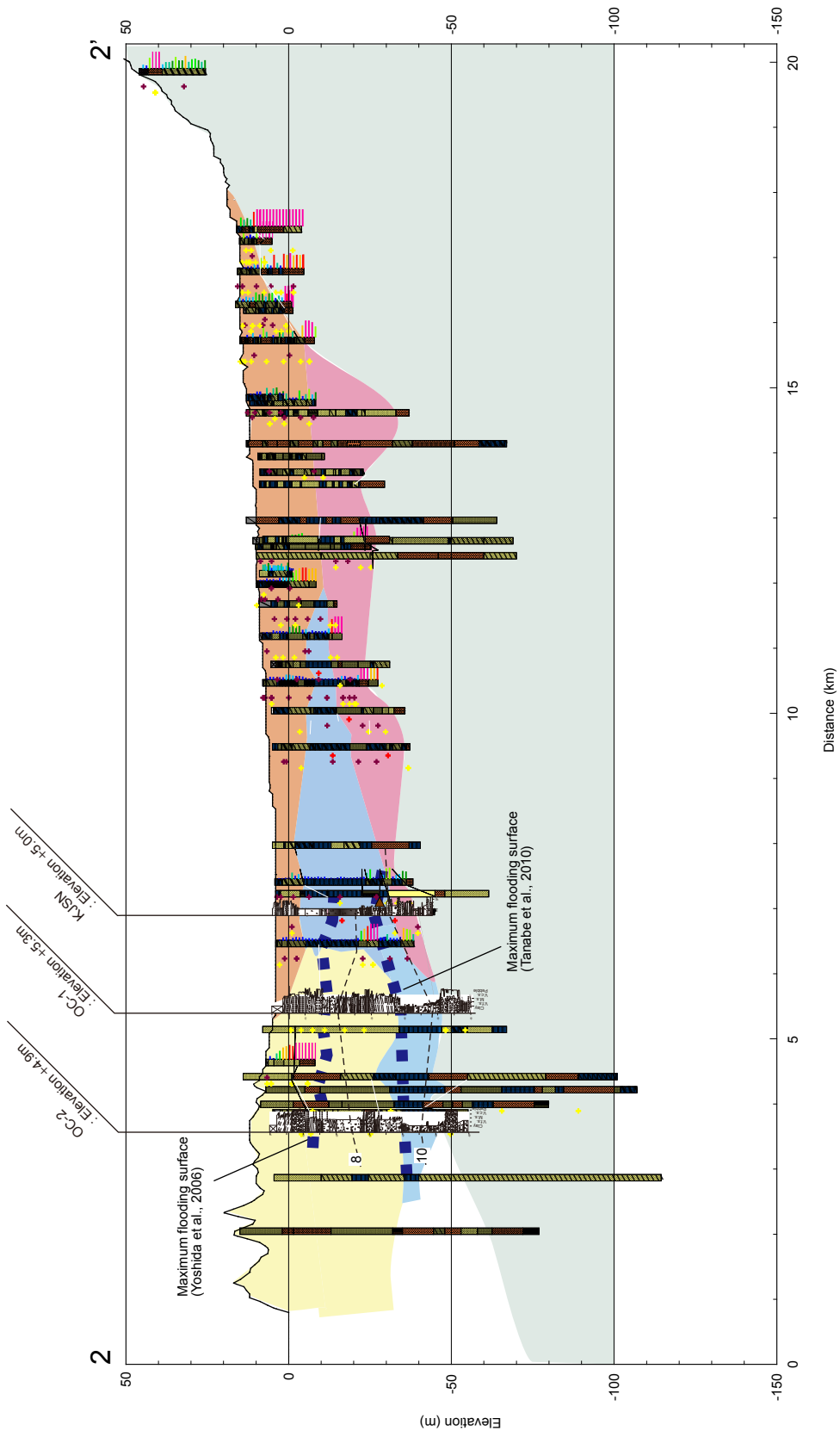
第 2-1 図 越後平野位置図。氾濫原および扇状地の範囲は竹内ほか (2011) 参照。砂丘列の分類は越後平野古砂丘グループ (1974) を参照。角田・弥彦断層および四ツ郷沖背斜の位置は宮地ほか (2011c) 参照。
 Fig. 2-1 Location map of the Niigata Plain. Floodplain and alluvial fans are modified after Takeuchi *et al.*, (2011). Recent dunes are modified after Niigata Ancient Dune Research Group (1974). Kakuda-Yahiko Fault and Yotsugoyaoki anticline are modified after Miyachi *et al.*, (2011c).



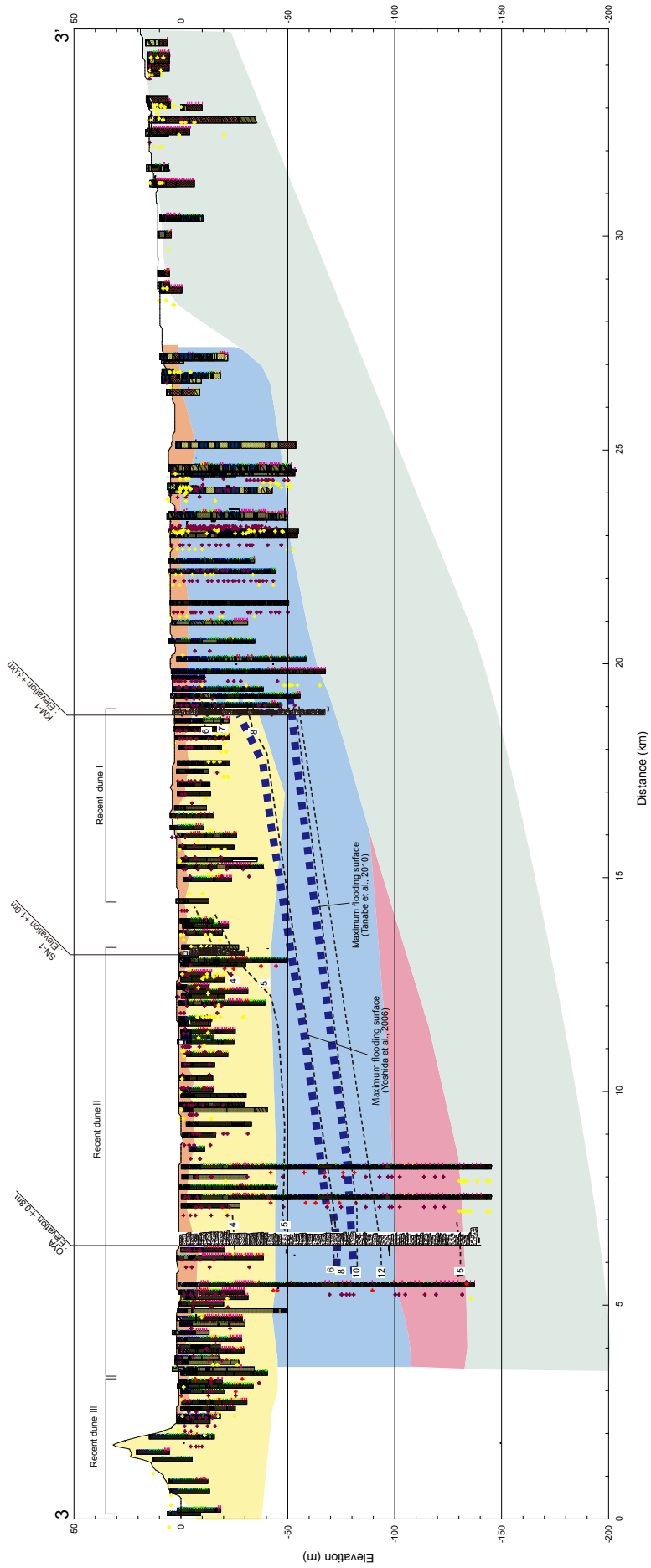
第 2-2 図 ボーリングと地質断面図の位置図.
Fig. 2-2 Location map of borehole sites and geologic cross sections.



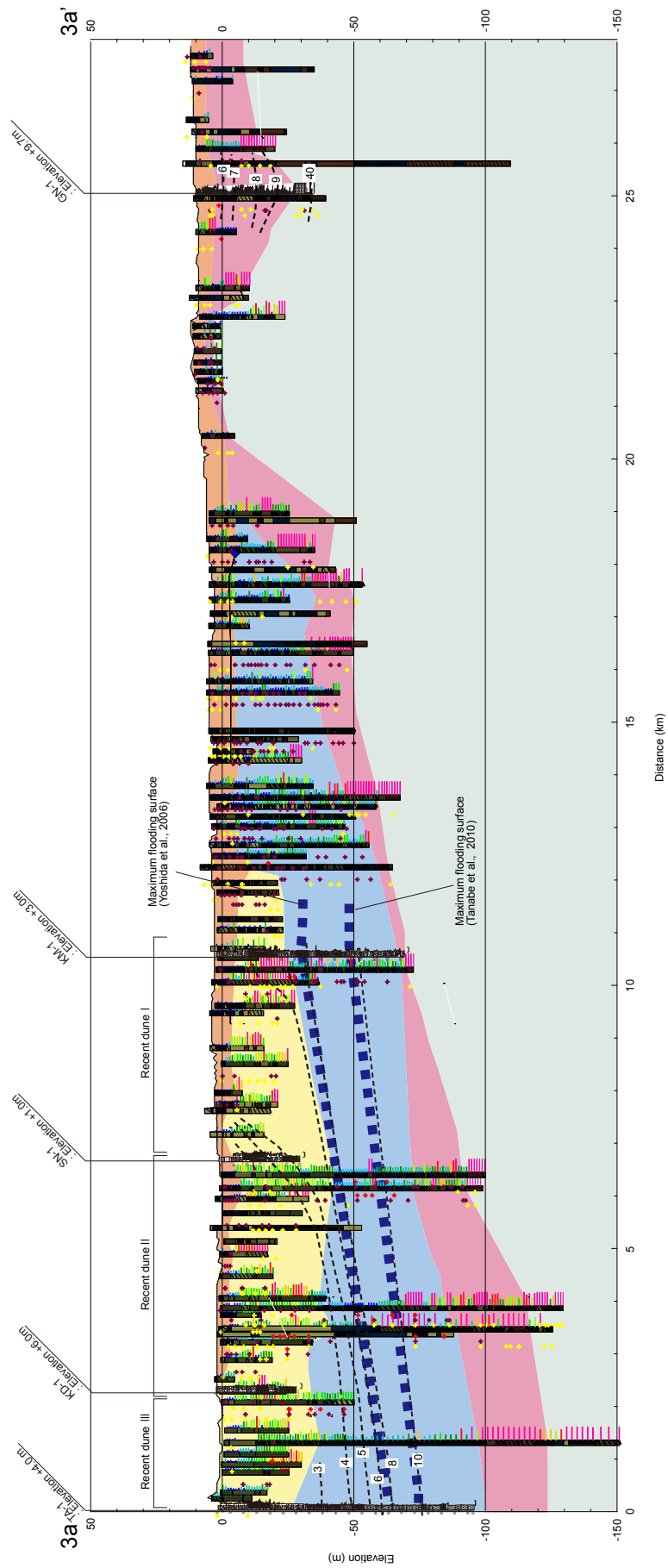
第 3-1 図 旧岩船潟地域. 断面線の位置は第 2-2 図を参照. (断面図 1~1' および 1a~1a').
 Fig. 3-1 Geological Cross Sections of Echigo Plain. The locations are shown in Fig. 2-2. Old-Iwafune-gata area (1-1' and 1a-1a').



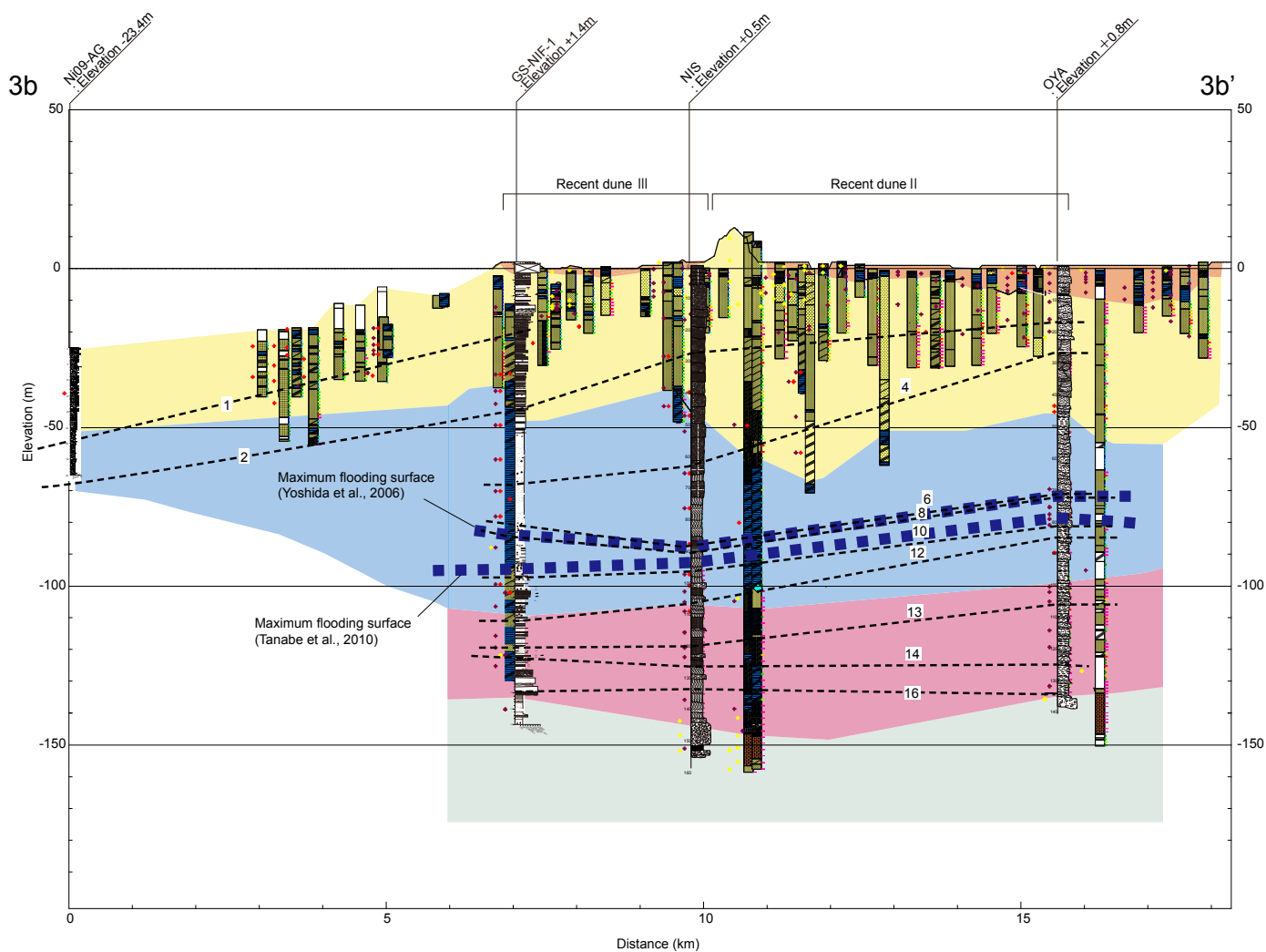
第 3-2 図 紫雲寺砂丘—加治川地域 (断面図 2~2')
 Fig. 3-2 Shiuuji-dune and Kaji River area (cross section 2-2').



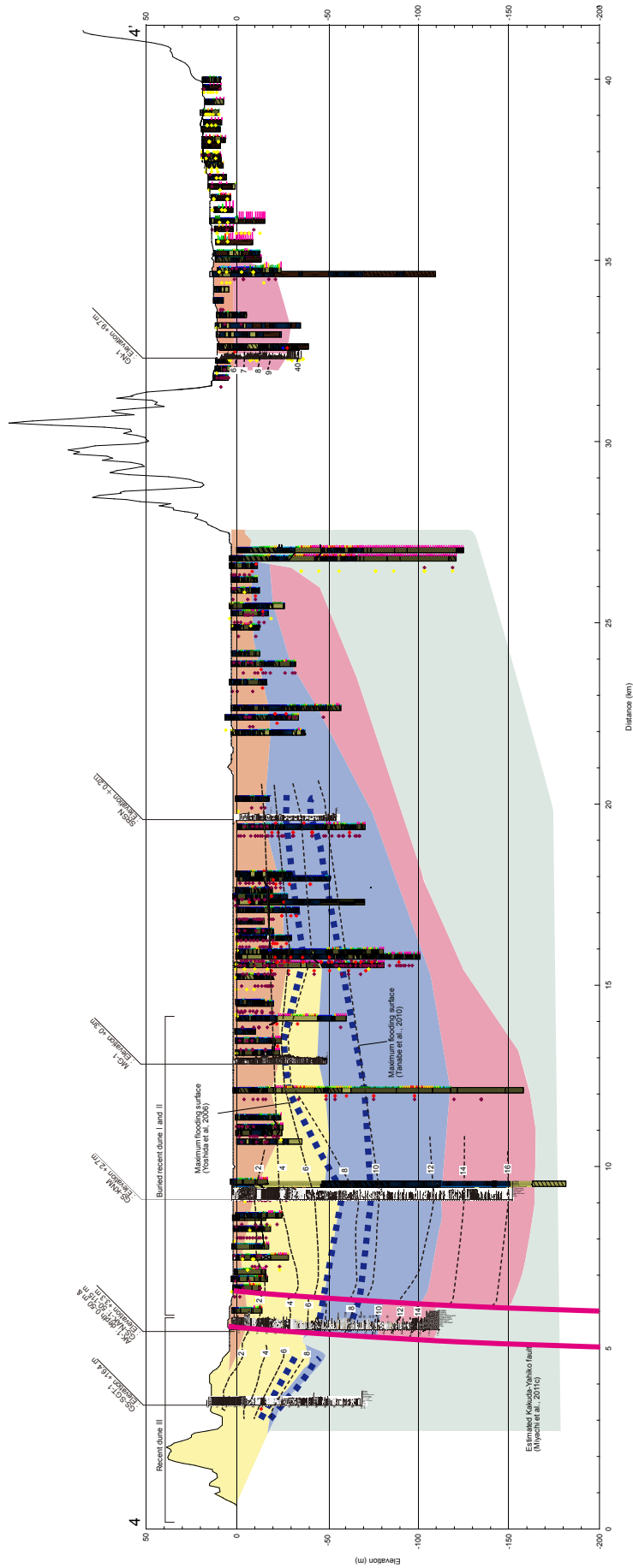
第 3-3 図 信濃川河口部～阿賀野川流域 (断面図 3～3')
 Fig. 3-3 Shimano River mouth to Agano River area (cross section 3-3').



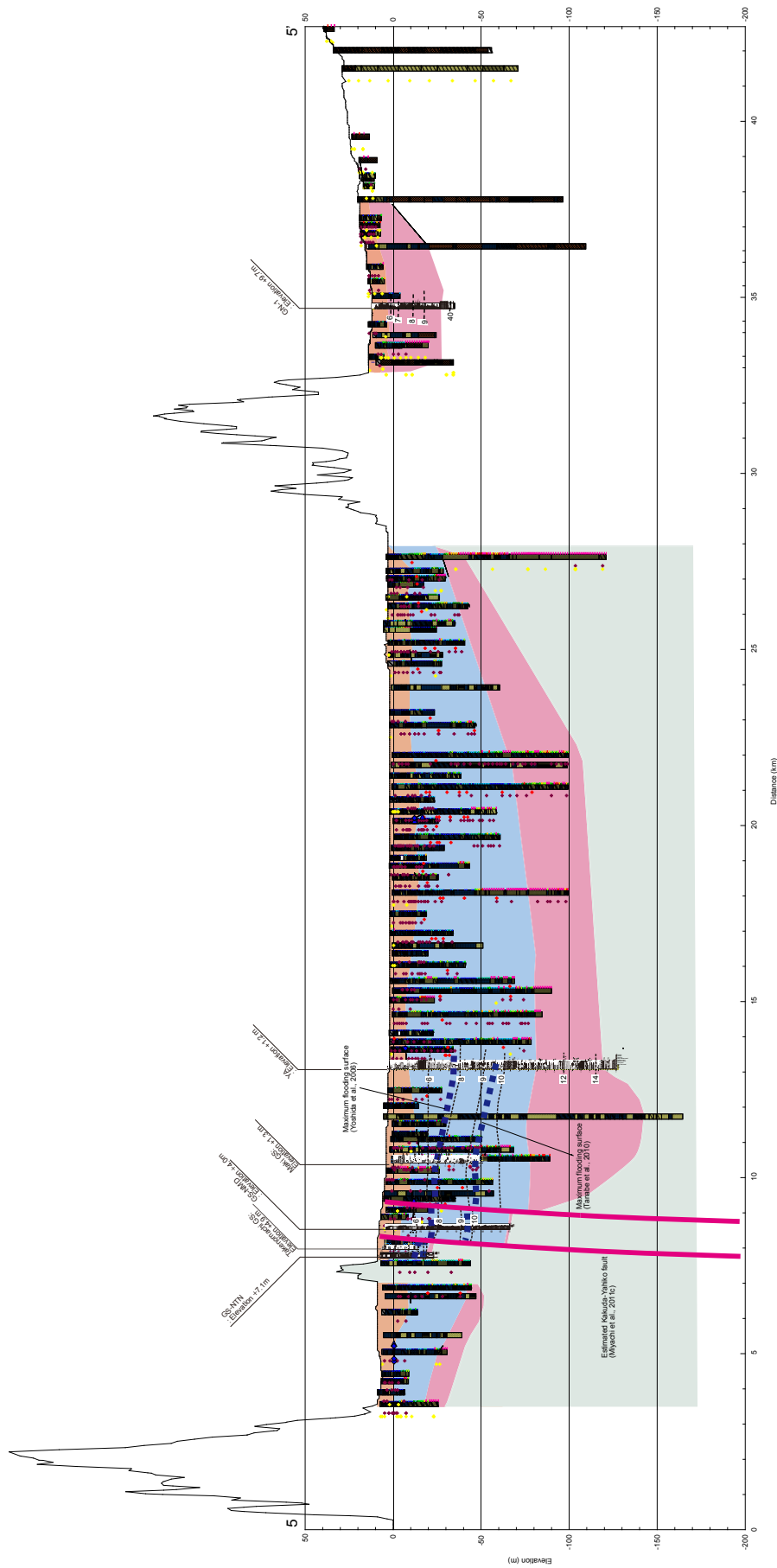
第 3-3a 図 阿賀野川河口部～能代川沿い (断面図 3a～3a')
 Fig. 3-3a Agano River mouth to Nodai River area (cross section 3a-3a').



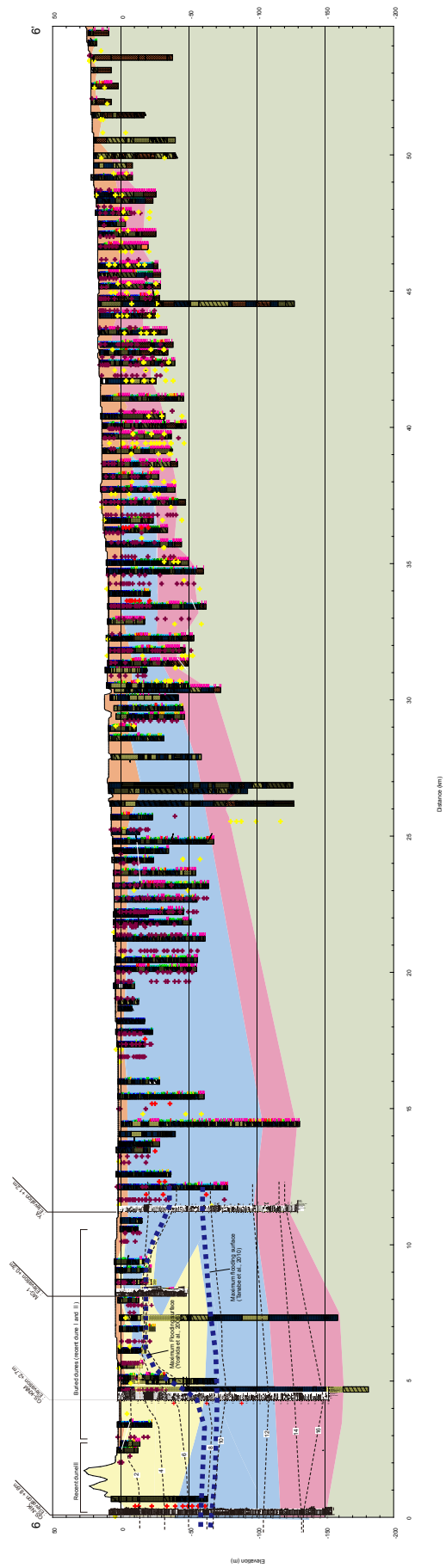
第 3-3b 図 信濃川河口付近 (断面図 3b~3b')
 Fig. 3-3b Shinano River mouth area (cross section 3b-3b').



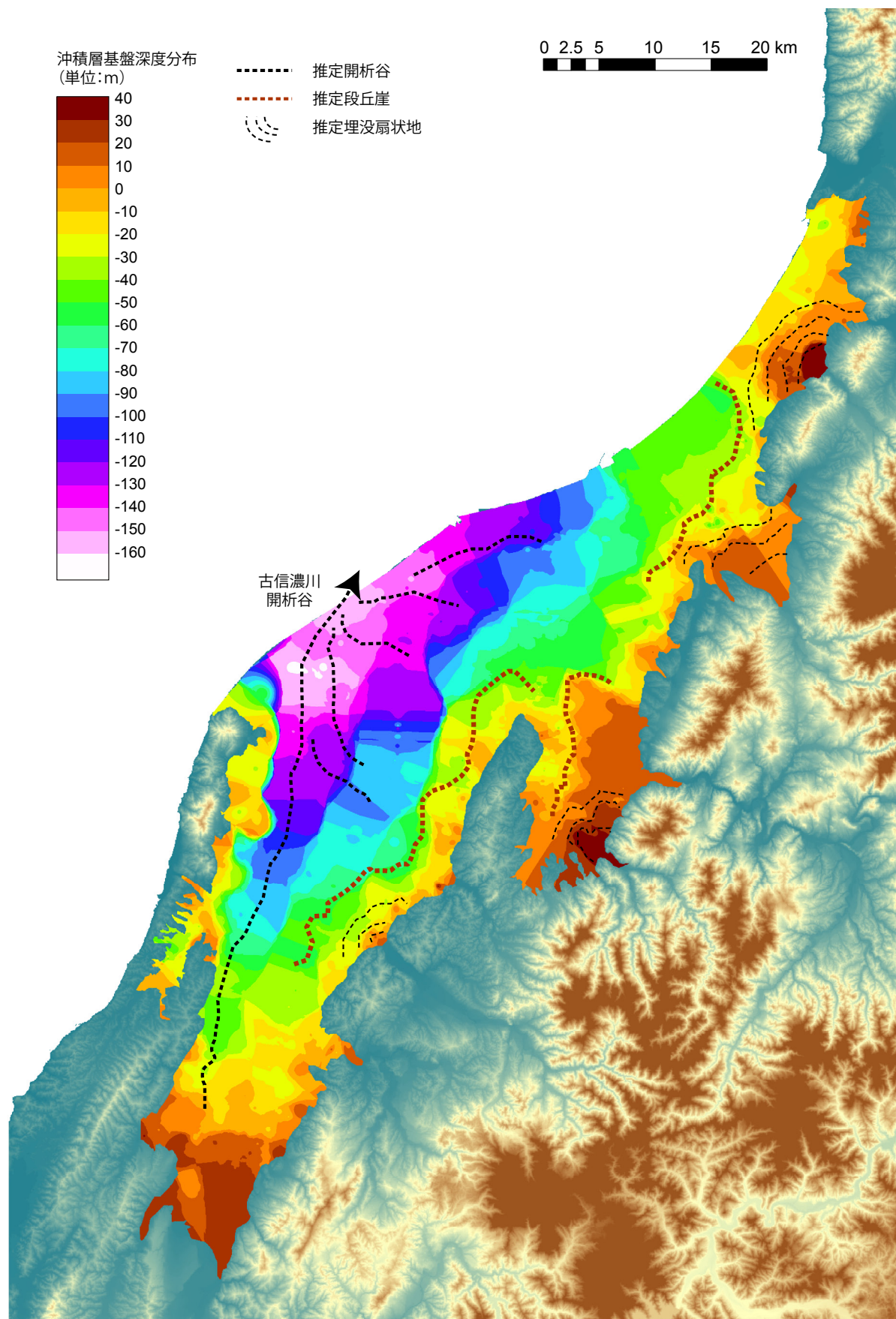
第3-4図 角田・弥彦断層～新津丘陵～能代川地域(断面図4~4')
 Fig. 3-4 Area from Kakuda-Yahiko Fault, Niitsu Hills, to Nodai River (cross section 4~4').



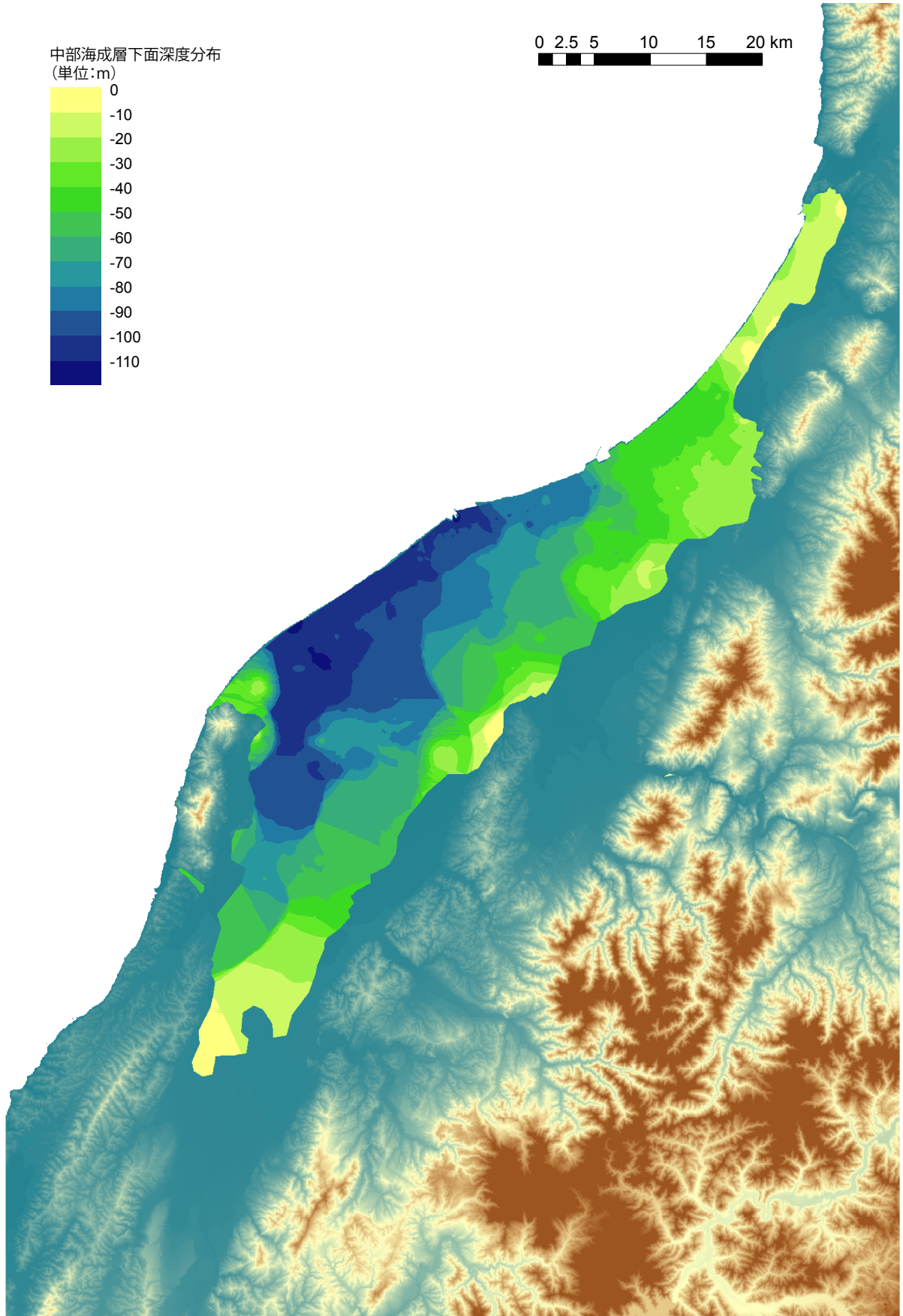
第 3-5 図 古信濃川開析谷：竹野町・巻～鎧淵～能代川 (断面図 5～5')。
 Fig. 3-5 Area from Takenomachi and Maki, Yoroigata-lagoon, to Nodai River. (cross section 5-5').



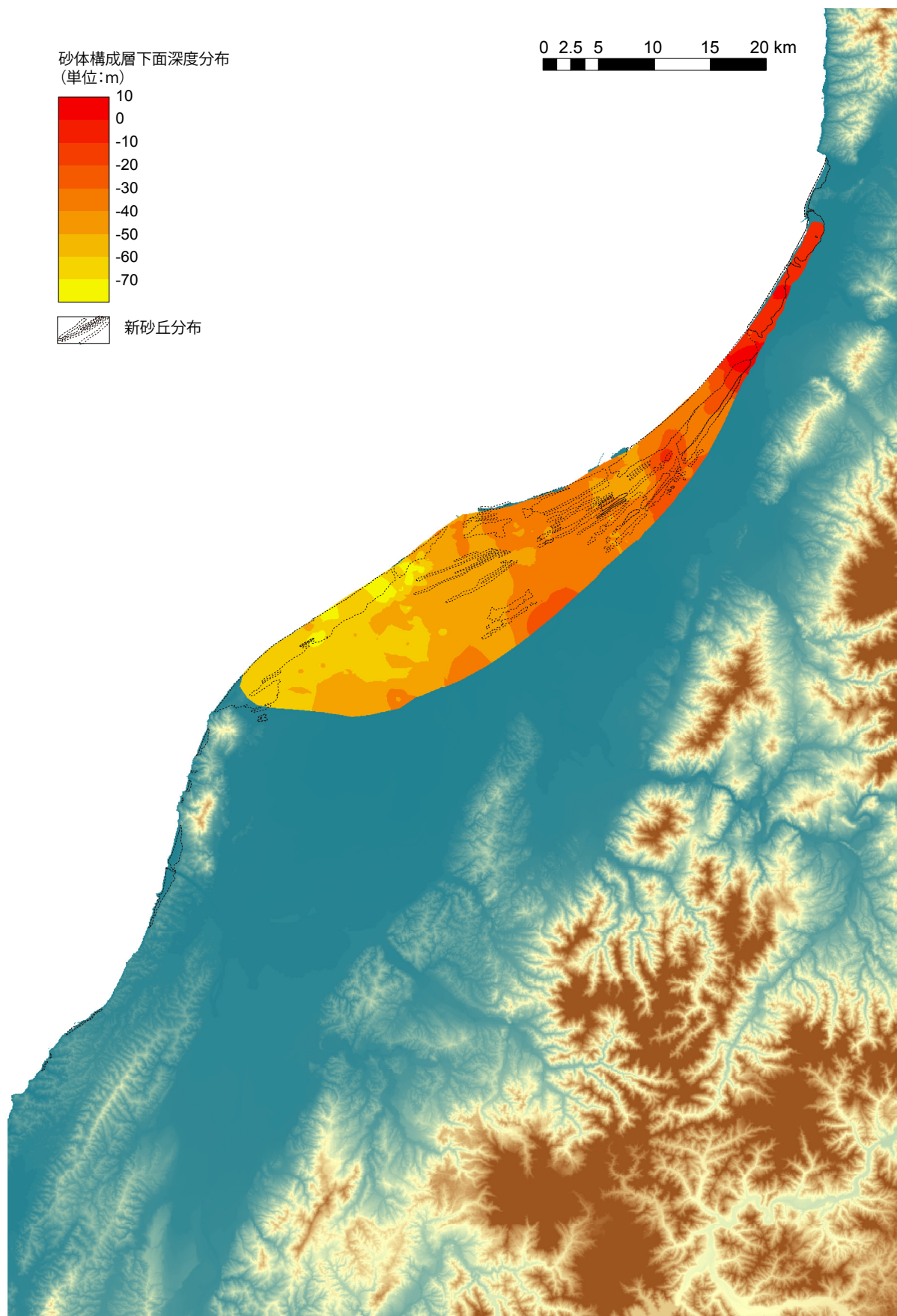
第3-6図 信濃川沿い (断面図6-6').
Fig. 3-6 Area along the Shimano River (cross section 6-6').



第 4-1 図 沖積層のサーフェイモデル。下部河成層下面（沖積層基盤上面）。
Fig. 4-1 Surface model of incised valley fill sediments. Bottom of the lower fluvial sediments
(surface of the incised valley fill sediments).



第 4-2 図 沖積層中部海成層下面.
Fig. 4-2 Bottom of the middle marine-brackish sediment.



第 4-3 図 砂体構成層下面. 点線部分は地表面で確認できる砂丘列を示す(新潟古砂丘グループ, 1974; 竹内ほか, 2011 を参照).

Fig. 4-3 Bottom of sand-body sediments; dotted lines indicate dunes modified after Niigata Ancient Dune Research Group (1974) and Takeuchi *et al.* (2011).

第1表 越後平野における上部更新統～完新統の層序区分の変遷 (新潟県地盤図編集委員会編, 2002 に加筆).
 Table 1 Transition of Late Pleistocene to Holocene stratigraphy in the Echigo Plain Modified after Editorial Committee of ground geological maps in Niigata Prefecture (2002).

地質時代	牧山 (1963)	阪口 (1964)	福田ほか (1966)	Minato et al. (1967), 長谷川ほか (1967)	柴崎・和田 (1968)	西田 (1969)	小林ほか (1976)	青木・仲川 (1980)	青木 (1996)	鴨井ほか (2002)	新潟県地盤図編集委員会編 (2002)	本研究
完新世	沖積層	沖積層	A層	白根累層	上部・中部・下部	沖積層	最上部層 (新砂丘)	黒鳥層	黒鳥層	白根層	白根層	沖積層
			V層 IV層 III層 II層 I層				上部層					
更新統	後期 G1	G1	D層	西浦原累層	砂・シルト互層	東新潟層	下部層	白根層	上部 中部 下部	西浦原層	西浦原層	沖積層の基盤
			埋没段丘				Btg IV Btg III Btg II Btg I	埋没段丘礫層 (Btg)				
中期	和南津層 G6		E層 (G1)	G1 礫層	G1 礫層	浦原層群	西浦原層あるいはG1層				沖積層の基盤	沖積層の基盤
	洪積層 (浦原層群) G2 G3 G4 G5			G1 礫層以前の累層 (G2 礫層)		魚沼層群						沖積層の基盤

第2表 既往研究で示されたボーリングコアの概要.

Table 2 Summery of boreholes in previous studies.

コア名	孔口標高 (T.P. m)	緯度 (N)	経度 (E)	Reference
巻GS	1.3	37°46'11"	138°53'54"	下川ほか (1997), 下川ほか (2000), 中西ほか (未公表)
竹野町 GS	4.9	37°46'19"	138°52'25"	下川ほか (1997), 下川ほか (2000), 中西ほか (未公表)
GS-GN-1	9.9	37°44'36"	139°09'39"	新潟県応用地質研究会平野地盤研究グループ (2006a, b)
NU-1	5.3	37°52'15"	138°56'25"	卜部ほか (2006)
OT-1	0.5	37°51'22"	138°58'46"	卜部ほか (2006)
AK-1	1.0	37°48'59"	138°53'32"	卜部ほか (2006)
GS-NAK-1	1.0	37°48'59"	138°53'32"	卜部ほか (2006), 宮地ほか (2009), 中西ほか (2010, 未公表), 稲崎ほか (2011)
MG-1	0.3	37°48'22"	138°57'27"	卜部ほか (2006)
KJSN	5.0	37°47'37"	139°01'52"	吉田ほか (2006)
SRSN	0.2	38°00'59"	139°21'10"	吉田ほか (2006)
OC-1	5.2	38°10'35"	139°20'16"	小松原・卜部 (2007)
OC-2	4.9	38°01'53"	139°19'17"	小松原・卜部 (2007)
TA-1	4.0	37°58'07"	139°09'46"	卜部 (2008)
KD-1	6.0	37°56'04"	139°06'18"	卜部 (2008)
NT-1	0.4	37°54'57"	139°04'23"	卜部 (2008)
SN-1	1.0	37°53'44"	139°06'27"	卜部 (2008)
KM-1	3.0	37°51'22"	139°07'31"	卜部 (2008)
GS-SGT	16.4	37°48'35"	138°52'16"	宮地ほか (2009), 中西ほか (2010)
GS-KNM	2.7	37°49'58"	138°55'47"	宮地ほか (2009), 中西ほか (2010), Tanabe <i>et al.</i> (2010)
GS-NTN	7.1	37°46'15"	138°52'10"	卜部ほか (2010, 2011)
GS-NMD	4.0	37°46'07"	138°52'37"	卜部ほか (2010, 2011)
YA	1.2	37°46'28"	138°55'40"	Tanabe <i>et al.</i> (2009, 2010) 宮地ほか (2011a)
GS-NIK	8.6	37°51'35"	138°54'34"	宮地ほか (2010, 2011a)
GS-NIF	1.4	37°56'36"	139°03'42"	宮地ほか (2010, 2011a)
Ni09-YT	-23.4	37°52'09"	138°52'49"	天野ほか (2010, 2011)
Ni09-AG	-25.0	37°59'20"	139°06'28"	天野ほか (2010, 2011)
NIS	0.5	37°55'22"	139°02'32"	卜部ほか (未公表)
OYA	0.8	37°52'29"	139°01'30"	卜部ほか (未公表)