

## ボーリングデータ解析に基づく長沼低地の沖積層基底面モデルと 浅部地下地質構造

### The basal surface model of the Chuseki-so and the shallow-level of the sub-surface geologic structure based on analysis of borehole data in the Naganuma lowland of the central Ishikari Lowland Zone, Hokkaido

木村克己<sup>1\*</sup>・康 義英<sup>1</sup>・花島裕樹<sup>2</sup>

Katsumi Kimura<sup>1\*</sup>, Yoshihide Kou<sup>1</sup> and Yuki Hanashima<sup>2</sup>

**Abstract:** The article have constructed the basal surface model of the Chuseki-so and three sheets of geologic sections, which traverses the northern, center and southern areas of the Naganuma lowland, based on 1090 numbers of borehole data and the stratigraphic reference data due to existing research articles. The middle and upper Pleistocene and Holocene are divided into, in the ascending order, the Shimonopporo formation, pre-Kitanaganuma formation, Kitanaganuma formation, Shikotsu-volcanoclastic deposits, Mozeushi formation, Chuseki-so and the associated river terrace deposits. The basal model of the Chuseki-so, which reveals geographic geometry of the incised-valley formed until the Last Glacial Maximum, indicates a ship-bottom like geometry in the altitude of 20 to 40 m under the sea level. The geometry is concordant to the geologic structure of the middle to upper Pleistocene in the center and northern geologic sections.

**Keywords:** Naganuma lowland, Eastern boundary fault zone of Ishikari Lowland, borehole data, basal model of the Chuseki-so, Kitanaganuma formation, Mozeushi formation,

#### 要旨

本報告において、既存研究の層序的研究を基準にして、1090本の建築・土木事業に関連したボーリングデータにより、沖積層基底面のサーフェスモデルと長沼低地の北部・中部・南部を代表する3枚の東西方向の地質断面図を作成し、石狩低地帯中央部の長沼低地の標高-100m以浅の浅部地下地質構造を解析した。第四系層序は、下位から上位へ、下野幌層、先北長沼層、北長沼層、支笏火山碎屑物、茂世丑層、河成段丘堆積物、沖積層に区分できる。沖積層基底面モデルは、最終氷期最盛期頃の開析谷地形を表しており、長沼低地中央部付近を中心に南北に延びる標高-40～20mの舟底状の形状を示す。この形状は、支笏火砕流堆積物が厚い南部の地質断面を除く、北部と中央部の地質断面図における中・上部更新統の地質構造に符合している。

#### 1. はじめに

石狩低地帯東縁には、西に凸の弧状を描き南北に52km延びる岩見沢、栗沢、馬追の3つの丘陵列が認められる。この丘陵列の地質構造については、地表露頭や変動地形調査、そして反射法地震探査による深部地下構造の解析によって、丘陵の斜面形状が東上がりの伏在スラストに伴う fault-bend foldの背斜を反映しており、その西側斜面には背斜構造前翼での活撓曲と西上がりのバックスラストにあたる一連の活断層が発達していることが明らかにされている。これらの活断層は、その北方、南方延長部も含め、石狩低地東縁断層帯と呼ばれ、日高衝上断層帯の前縁スラストにあたりと理解されている(伊藤, 2000; 池田ほか編, 2002; 地震調査研究推進本部, 2010)。一方、長沼低地を挟んで西方には、野幌丘陵が位置する。この野幌丘陵の第四系は、地表地質と変動地形の研究から、

\* Correspondence

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Geology and Geoinformation)

<sup>2</sup> 筑波大学生命環境科学研究科 (Department of Earth and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Graduate)

背斜構造をなし、その西翼には西傾斜の活撓曲が発達すること、石狩低地を挟んでその北方延長には西上がりの当別断層が発達していることが明らかにされている（北海道，2002）．大津（1999），北海道（2002）は、これらの活構造と反射法地震探査断面による深部地下構造の解釈により、石狩低地東縁断層帯と同様に、野幌丘陵の背斜構造が東上がりの伏在スラストによる fault-bend fold にあたり、当別断層はそのバックスラストとする構造モデルを提示している．

これら両丘陵間に広がる長沼低地は、石狩低地帯東縁断層帯の fault-bend fold の背斜の前方で、かつ、野幌丘陵の同背斜の後方にあたることになる．長沼低地の地下構造については、深部地下構造を対象とする反射法地震探査による反射断面解析に基づき、第四系以下古第三系までが水平に成層した地質構造であると解釈されている．しかし、活断層の活動性や変動地形を検討する上で、低地であるために地表に露頭はなく、層序ボーリング調査も極めて少ないため、北海道（2001）および岡（2007）によって先駆的にボーリングデータを用いた地下構造の解析が実施されているが、浅部の地下構造には第四系の層序区分も含めて不明な点が多い．

長沼低地の浅部地下構造の解明においては、①第四系層序の基準とその正確な対比、②建築・土木事業で得られるボーリングデータ（以下、ボーリングデータ）の収集とデータベース化、③浅部地下構造の三次元モデリングの技術開発が必要である．①については、北海道（2001）および岡（2007）の研究の後、産業技術総合研究所（2007）、能篠ほか（2008）の中・上部更新統層序に関する研究が行われ、重要な層序の指標を与えている．また、下川ほか（1993）が長沼町南長沼で実施した 180m 層序ボーリング調査については、中・上部更新統の指標となるテフラを含め未公表な情報が多い．本研究ではこれらの研究成果を参照することに努めた．②については、岡（2007）で利用されたボーリングデータも含め、最大限のデータ収集とデータベース整備を進めた（木村ほか，2011）．③ボーリングデータを基礎にした三次元モデル構築については、木村ほか（2013）、木村ほか（印刷中）が指摘しているとおり、解析ツールおよびボーリングデータの偏在や欠如を補う方法の開発が必要である．

産業技術総合研究所の沿岸域の地質・活断層調査研究プロジェクトにおいて、本研究課題「地下構造のデータベースとモデリング」では、本研究の対象となる

長沼低地の浅部地下構造の解析にあたって、これら 3 課題の研究・開発を実施した．

本報告では、速報として、既存研究の層序的研究を基準に、調査地域内の 1090 本のボーリングデータにより、活構造の変動を制約する上で有用と考えられる沖積層基底面についてサーフェスマデルを作成し、洞爺テフラおよびそれを下部に含む泥炭・泥層の基底面も含め、代表的な地質断面において、第四系の層序区分とその地質構造を検討した．また、沖積層基底面では、最終氷期最盛期頃に形成された埋没地形面と地質特性の詳細を示した．

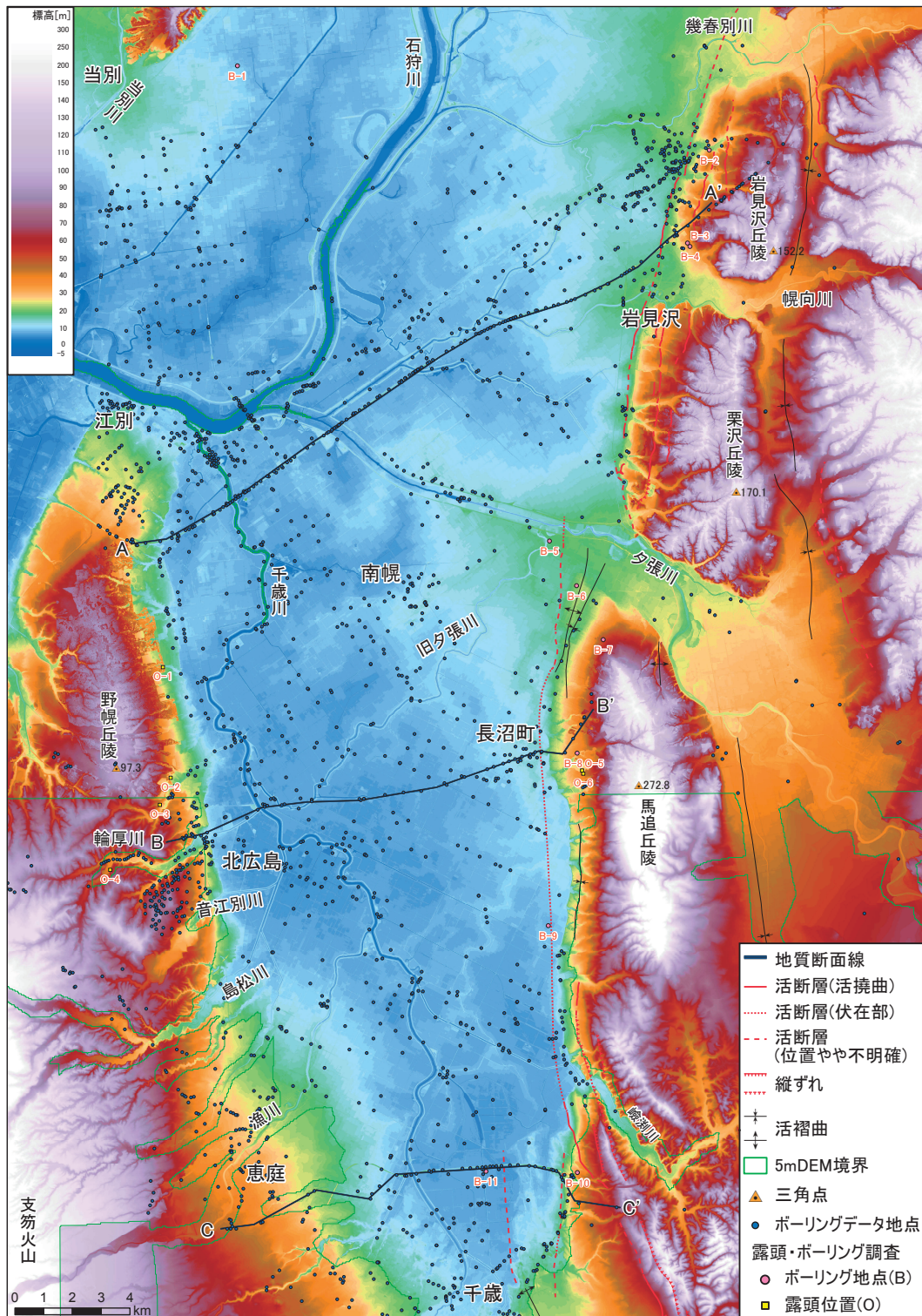
研究対象地域は、北緯 42 度 50 分 9.6 秒～43 度 12 分 43.2 秒、東経 141 度 30 分 50.4 秒～46 分 48 秒の範囲で、東西 22km、南北 41km の面積を有する（第 1 図）．石狩低地帯中央部の長沼低地とそれに隣接する丘陵斜面麓と支笏火山麓が含まれる．

## 2. 地形・地質概説

### 2.1 地形

調査地域の長沼低地はその東縁に馬追丘陵を始めとする西に凸の弧状をなす岩見沢、栗沢、馬追の 3 つの丘陵群、西縁に野幌丘陵と支笏火山群、南縁は支笏火砕流台地に画され、北は石狩低地に面している（第 1 図）．長沼低地の東縁および西縁をなす丘陵は、いずれも幅 2～4km で、尾根沿いの高さは 100～270m の高まりをなしている．これらの丘陵の地形面は、海成面の中位・高位の段丘面が識別され、西斜面は西に、東斜面は東に傾斜し背斜構造をなす（平川ほか，2010；石山ほか，2010；澤ほか，2010；池田ほか，1996a，1996b）．岩見沢・栗沢・馬追の丘陵列においては、西斜面麓沿いに活撓曲が、斜面中腹には、東向きの逆向き低断層崖が発達しており、石狩低地東縁断層帯の前縁をなす活断層に伴う変動地形と考えられている（北海道，2001；池田ほか編，2002；石山ほか，2010）．野幌丘陵でもその北西斜面麓に活撓曲が発達している（北海道，2002）．

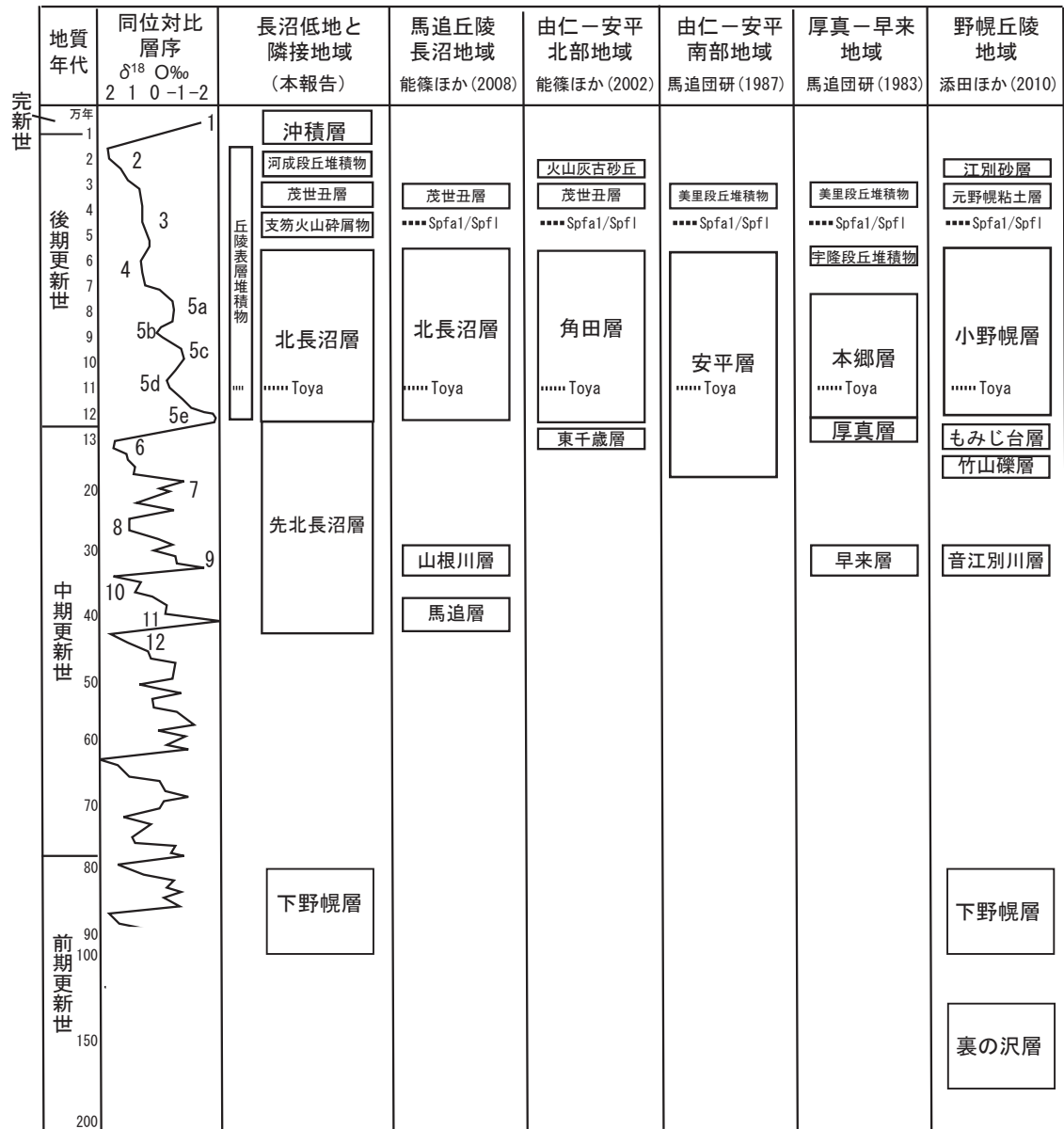
長沼低地には、南から北に流れ石狩川に合流する千歳川とそれに流入する旧夕張川、剣淵川、漁川、島松川などの支流がある．長沼低地はこれら河川の氾濫原であり、開拓前には広い範囲で泥炭地が発達していた（大矢，1993）．千歳川に沿う長沼低地の標高は、石狩川との合流地点で 5m、最南部の千歳市付近で標高 10m であり、縦断方向約 30km 間で勾配約 0.2/1000



第1図 石狩低地帯中央部の長沼低地とその周辺地域の地形と位置図。

地形標高の段彩図は国土地理院の国土基盤地図情報の標高（5mメッシュ）を利用して作成した。岩見沢・栗沢・馬追丘陵の活構造の表現は平川ほか（2010）、石山ほか（2010）、澤ほか（2010）に基づく。本図に3本の地質断面線、解析に用いたボーリングデータ地点、既存研究の露頭・ボーリング調査地点を示す。（出典 B-1, O-1～O-4：北海道（2002）；B-2～B-4：北海道（2001）；B-5～B-7, B-10, -11：産総研（2007）；B-8：近藤・五十嵐（1987）；B-9：下川ほか（1993）；O-5, -6：能篠ほか（2008））

Fig.1 Geomorphologic map of the Naganuma lowland in the center of the Ishikari Lowland Zone. The graduated coloring of topography altitude is made based on the topography altitude model (5m mesh) of the Geographic Survey Institute. The map show the location of three section lines, borehole data and reference sites based on existing articles.



第 2 図 石狩低地帯の第四系層序区分対比。  
 能篠ほか (2008) の層序対比表を参考に作成した。  
 Fig.2 Stratigraphic correlation of the Quaternary strata in the Ishikari Lowland Zone.  
 It is made based on the stratigraphic correlation figure of Nojo et al. (2008).

と大変緩い。

## 2.2 層序

野幌丘陵，由仁-安平低地，馬追丘陵，および南に隣接する厚真-早来地域に分布する台地・段丘の露頭を利用した第四系層序の研究が進められている。これら各地域の第四系層序とその対比は，クッチャロ羽幌テフラ (Kc-Hb) (115 ~ 120ka：町田・新井，2003)，洞爺テフラ (Toya) (112 ~ 115ka：町田・新井，2003)，支笏第一テフラと支笏火砕流堆積物 (Spfa1/Spfl) (42 ~ 44ka：町田・新井，2003) などのテフラ層序を鍵にしてなされている (第 2 図；馬

追団研，1983，1987；能篠ほか，2002，2008；添田ほか，2010)。

中部更新統については，厚真-早来地域の早来層，野幌丘陵地域の竹山礫層，音江別川層，そして，馬追丘陵地域で，山根川層・馬追層がある。これらの中部更新統は，竹山礫層を除いて他は海成相を含む地層とされている。上部更新統については，ステージ 5e の海成相を含む地層が，厚真-早来地域の厚真層，野幌丘陵地域のもみじ台層がある。由仁-安平低地北部では陸成層の東千歳層がそれに相当すると考えられている。ステージ 5 ~ 4 の地層には，厚真-早来地域の本郷層，野幌丘陵の小野幌層，馬追丘陵地域の北長沼

層、由仁-安平低地北部地域の角田層がある。なお、本郷層は、鶴川降下火山灰層を含む風成火山灰層に覆われることから、時代範囲はステージ5までであり、ステージ4の宇隆段丘堆積物に不整合で覆われる。宇隆段丘堆積物を除くこれらのステージ5～4の地層は、泥炭と有機質泥を特徴とする陸成層であり、テフラを多く含み、鍵層として、クッチャロ羽幌テフラ(Kc-Hb)、洞爺テフラ(Toya)を最下部に挟まれるという共通した特徴が認められる。また、これらのステージ5～4の地層は、Spfa1/Spfl、および最終氷期後半(ステージ3～2)の陸成層に覆われる。この陸成層には、茂世丑層や段丘堆積物である美里段丘堆積物、ローム層にあたる元野幌粘土層がある。

調査地域の長沼低地および馬追丘陵のボーリング柱状図で得られる地下の第四系については、北海道(2001)、岡(2007)によって層序区分がなされている。両研究は、土木・建築事業で得られたボーリングデータを利用し、厚真-早来地域の層序区分(第2図)と対比して、上部更新統について下位から上位へ、厚真層、本郷層、支笏火山堆積物(Spfa1/Spfl相当)、火山灰質粘土・ローム層に区分している。一方、産総研では、千歳市祝梅において、中位段丘面上と長沼低地の2地点で60mと90mの層序ボーリング調査を実施し、後期更新世の火山噴出物を多量に含む火山灰質砂礫層と洞爺テフラを挟む泥炭層、その直下には生痕や貝化石を含むシルト層ないし砂～シルト層が分布していることを明らかにし、後者を洞爺テフラの直下で海進期堆積物であることから、最終間氷期(MIS5e)にあたりと判断している。

以上の既存の層序的研究に基づき、本研究においては、第2図に示すとおり、第四系について、下位から上位へ、先北長沼層、北長沼層、支笏火山碎屑物、茂世丑層、河成段丘堆積物、沖積層、と層序区分する。なお、丘陵の表層に認められる風成の火山灰質堆積物は丘陵表層堆積物として他の第四系と区別する。

### 2.3 地質構造

深部地下構造については、反射法地震探査と基礎試錐によるボーリングコア解析による地質断面解析結果が報告されている。それらの中で、長沼低地の地下構造に関するものでは、石油公団による長沼低地北部から馬追丘陵北端を通る測線H91-2の再解析とその構造図(産総研, 2007)、および千歳市の長沼低地南部から馬追丘陵南部を横断する反射断面とその構造

図(栗田・横井, 2000)がある。これらはいずれも、馬追丘陵は、東傾斜の褶曲衝上断層帯前線に位置し、fault-bend foldをなしていること、長沼低地はその前方に位置し、地下の第四系以下古第三系までがほぼ平行に成層していることを示している。

長沼低地の東縁をなす岩見沢・栗沢・馬追の丘陵列は、中位段丘面にあたるステージ5の海成段丘面、高位段丘面相当のステージ7ないし9の海成段丘面がそれぞれ識別され、これらが丘陵西斜面では西へ傾斜し、丘陵の西麓は活撓曲が、西斜面には西隆起の逆断層が発達している(北海道, 2001; 平川ほか, 2010; 石山ほか, 2010; 澤ほか, 2010)。千歳市以南では、馬追丘陵よりさらに西に逆断層を伴った褶曲構造が発達していることが知られている(伊藤, 2000)。地震調査本部は、千歳市以南から苫小牧、勇払、日高沖にかけて発達する同褶曲帯を石狩低地断層帯南部帯として区別している。

一方、野幌丘陵にも、ステージ5の海成段丘面として江別段丘が、その上方にステージ7ないし9相当の海成層である音江別川層が丘陵面上に、南部では下野幌層が分布し、丘陵の尾根線に沿って背斜構造を呈しており、丘陵東斜面は東傾斜を示す(北海道, 2002)。

長沼低地は、東の石狩低地断層帯と西の馬追丘陵の活褶曲との間に位置している。

## 3. 研究手法

地下地質構造の解析の基本データとして、建築・土木事業のボーリング調査(標準貫入試験)で作成されるボーリングデータを利用する。以降、ボーリングデータと呼ぶとき、特に断らない限り、これらを指すものとする。主要な地盤の情報として、岩相(土質)とN値(標準貫入試験値)の柱状図と個々の岩相についての観察記載が得られる。そのため、研究手法の核となるのは、ボーリングデータの整備・標準化、およびその解析・計算処理法である。

### 3.1 ボーリングデータベース整備と標準化

北海道開発局、北海道、岩見沢市、南幌町、恵庭市、北広島市、千歳市の各市町、地盤工学会北海道支部、寒地土木研究所、北海道総合研究機構地質研究所の協力を得て、ボーリング柱状図資料の収集・電子化を行い、ボーリングデータベースを整備した(木村,

2011). 電子化は、国土交通省の土質・地質調査成果電子納品要領のボーリング交換用データ (ver.2.10) の形式・基準にしたがった。今回、長沼低地の地下構造解析に利用したボーリングデータ数は 1,090 点である。

元データにおいて、孔口標高が不明ないし仮基準点からの比高である場合は、国土地理院の数値地図 5m メッシュ (標高) (以下、5mDEM) の標高値を基準にして定めた。数本のボーリングデータについては 5mDEM の標高値が高架橋などの人工物面であったため、周辺のボーリングデータの標高値を参照して定めた。

ボーリングデータの土質名は、ユーザー定義によって土質を、砂礫、砂、礫混り砂、砂質粘性土・シルト質砂 (砂と粘性土との中間となる粒度の岩相。以後、砂泥と呼称する)、礫混り砂泥、粘性土 (泥と同義)、礫混り粘性土、有機質土、火山灰・火山灰質土、軽石質火山灰、堆積岩類、風化岩など、表土・盛土の 13 に対応させて整理した。本報告で説明する地質断面図に表示されるボーリング柱状図の土質はすべてユーザー定義土質名称を使用している。

### 3.2 ボーリングデータ解析による地質断面図表現

ボーリング柱状図解析システム (木村, 2011) を用いて、設定した断面線に 100 ~ 200m 幅でその範囲に含まれるボーリング柱状図を直交する方向に投影して地質断面図を作成した。地下構造解析のため、ボーリングデータの分布と南北方向の地質構造を考慮して、東西系を 21、南北系 7 断面をそれぞれ作成した。これらのうち、第 3 ~ 5 図に代表的な地質断面図を示す。各断面図には以下の情報が表現されている。

投影された柱状図の情報として、土質、N 値の垂直分布、および貝殻の含有が表現されている。土質は先に述べたユーザー定義による土質区分によって、N 値は 0 ~ 50 までの数値と 50 以上の場合は 50< の記号が柱状図右横に表示されている。貝殻の含有は各土質に関する観察記事から抽出した。地形面の断面形状は国土地理院の 50mDEM に基づいて表示した。

地層境界については、個々の柱状図で特定した層準が柱状図横に三角シンボルで明示されている。長沼低地東縁の丘陵における活構造は都市圏活断層図に基づく。

### 3.3 サーフェスモデルの作成

地層境界面のサーフェスモデルは、三次元的に表現された地層境界面モデルのことを意味する。本報告では沖積層基底面のサーフェスモデルを作成し等高線図で表現した (第 6 図)。

サーフェスモデルの作成手法は木村ほか (印刷中) に基づく。以下、その概要を記述する。

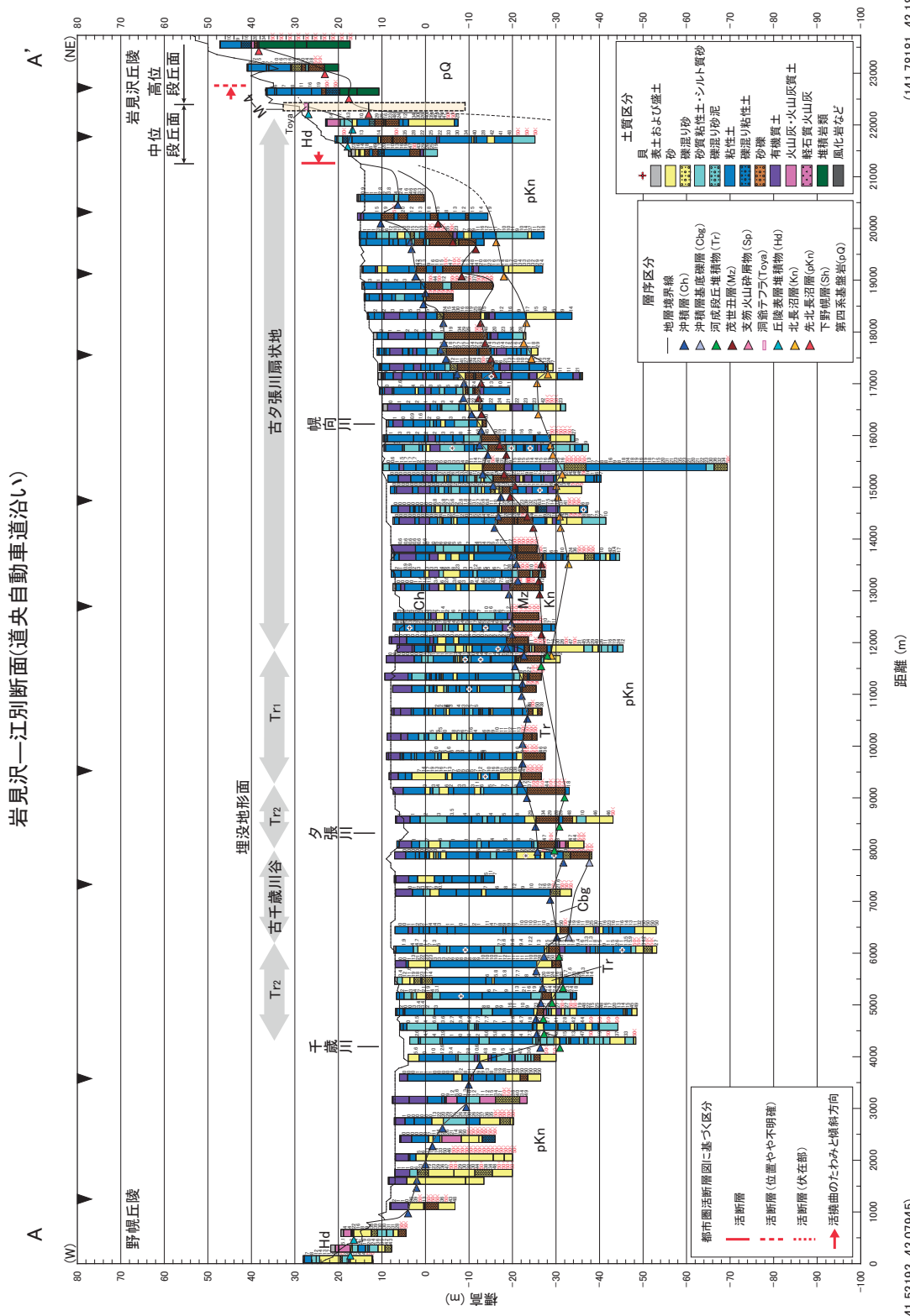
第一に、ボーリング柱状図解析システムを利用して作成した地質断面図上で、個々の柱状図の土質と N 値 (標準貫入試験値)、および周辺の柱状図との対比に基づき、個々のボーリング柱状図について地層境界の層準を定める。同システム上で、全柱状図の地層境界のデータは、地点の緯度・経度と標高データとして保存され、テキストでエクスポートすることができる。

第二に、地層境界面のサーフェスモデルの境界条件として、該当する地層境界面と地表面との境界線にあたる緯度・経度・標高値を有する三次元ラインを作成した。同ラインは、地表地質図の地層境界線に相当するものであり、地表地質図として、20 万分の 1 シームレス地質図 (産総研) を参照し、標高データとして、国土地理院の 5 m DEM を利用した。同ライン上のポイントデータを 50m 間隔で作成した。

第三に、上記の作業で得られた地層境界面のポイントデータから、野々垣ほか (2008) の計算処理プログラム BS-Horizon を利用して、空間補間計算処理を行ってサーフェスモデルを得る。同プログラムは、不等式による境界面深度の制約条件を設定することができることから、各地層境界面について、境界面まで到達していないボーリング柱状図についても、ボーリングの孔底深度以深という制約条件の設定 (以後、以深データと呼ぶ) を行った。サーフェスモデルの滑らかさの指標である  $m_1$ ,  $m_2$ , ポイントデータの充足度の指標であるペナルティ  $\alpha$  の 3 つのパラメータについて、一般に地層境界面を求める場合の標準的な設定 (塩野ほか, 2001) を利用し、 $m_1=0$ ,  $m_2=1$ ,  $\alpha = 32$  とした。また、計算は全ポイントデータを UTM の平面直交座標系に変換した上で実施し、その結果を 125m メッシュで表現した。沖積層基底面のサーフェスモデルの平均誤差は 2.1404 である。

## 4. 層序

長沼低地および隣接する野幌丘陵東麓、岩見沢・栗沢・馬追丘陵西麓に分布する第四系は、下位から上位



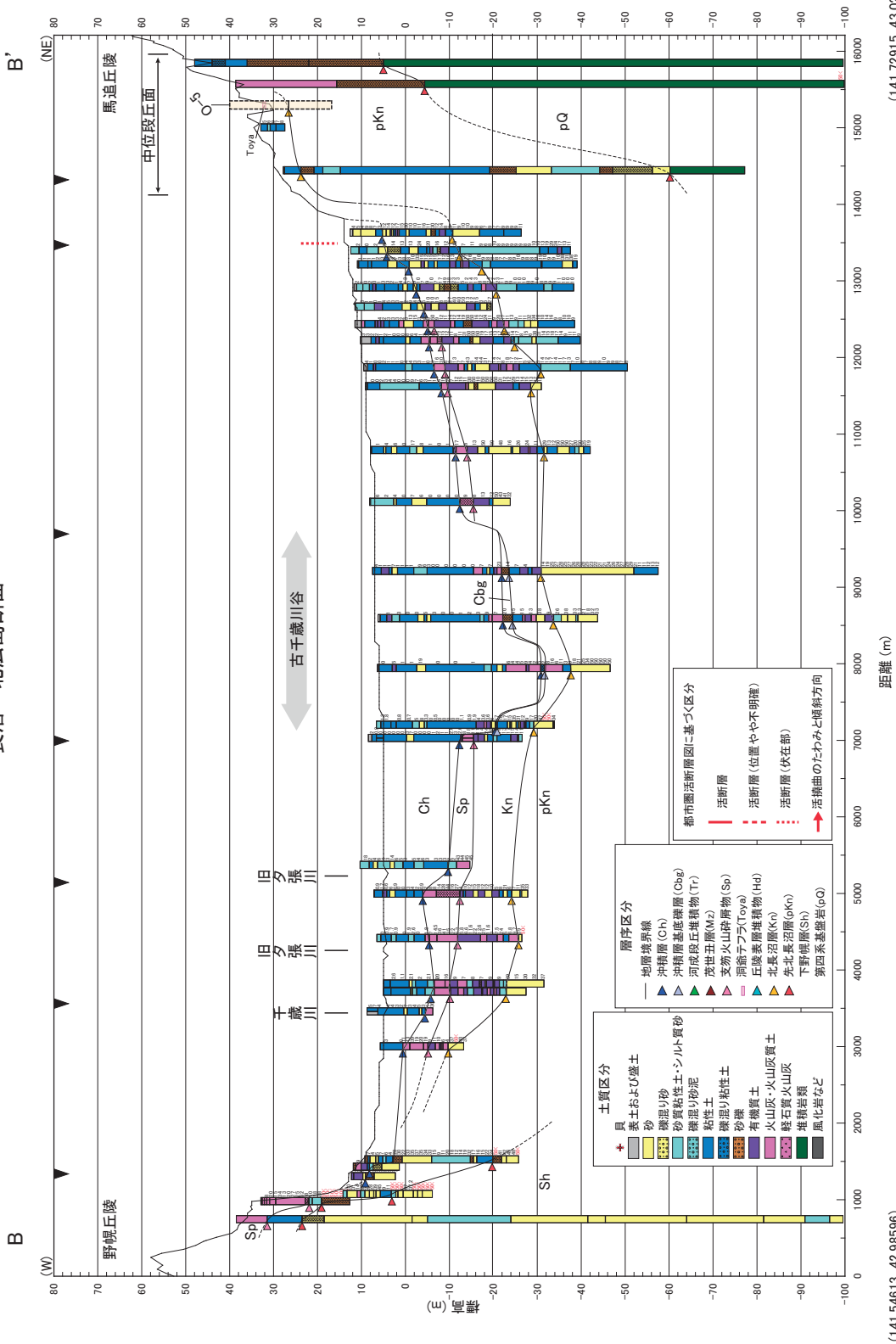
第3図 岩見沢—江別断面(道央自動車道沿い) A-A'

柱状図横の数字はN値を示す。地形面は国土地理院の50mDEMに基づく。位置は第1図参照。

Fig.3 Iwamisawa – Ebetsu Section (along the Central Hokkaido Expressway) A-A'

The numbers along each geologic column show N-value. The section of the topography is based on the 50m altitude model of the Geographic Survey Institute. See Fig.1 for the location of this section.

長沼一北広島断面

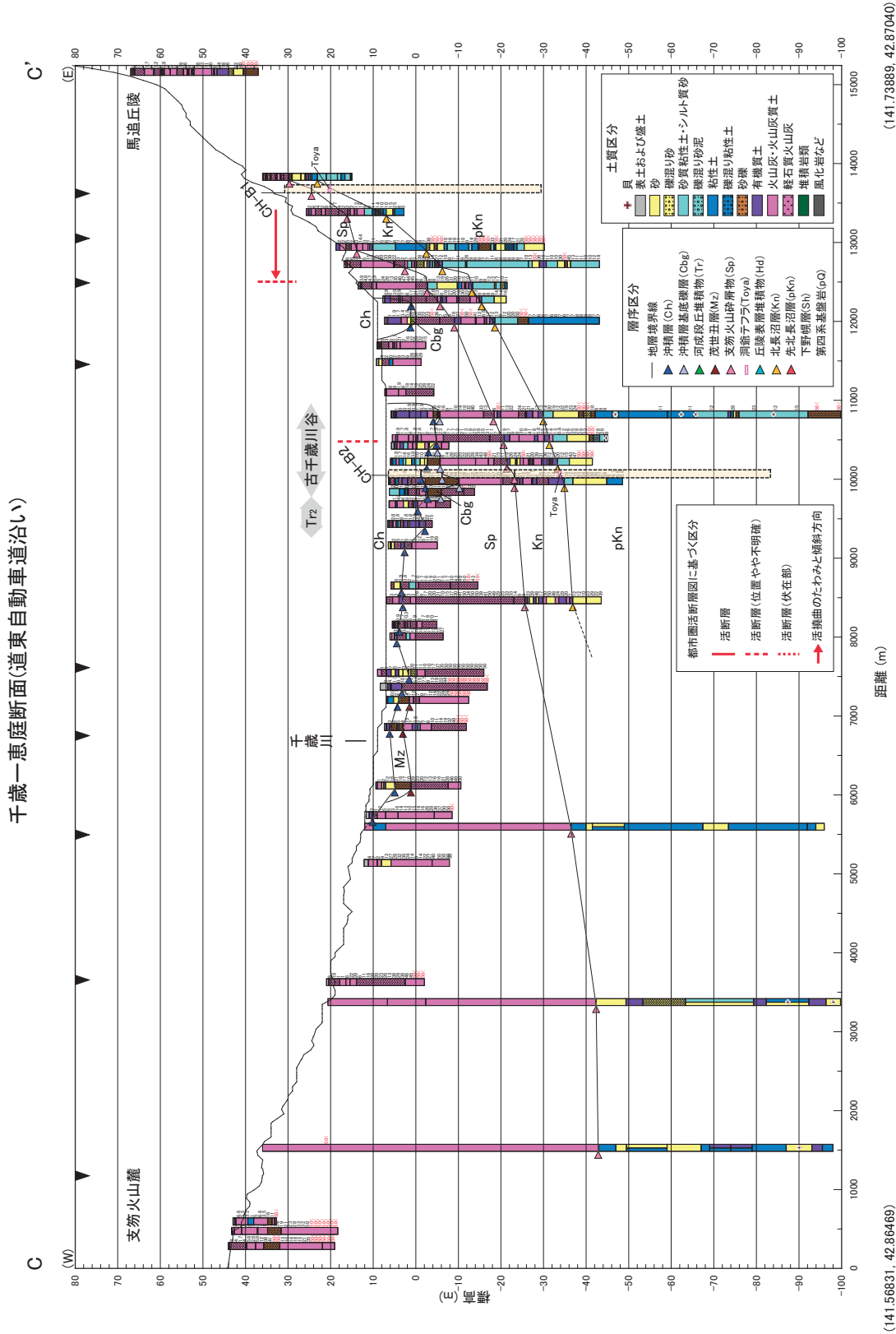


(141.54613, 42.98596)

(141.72915, 43.02657)

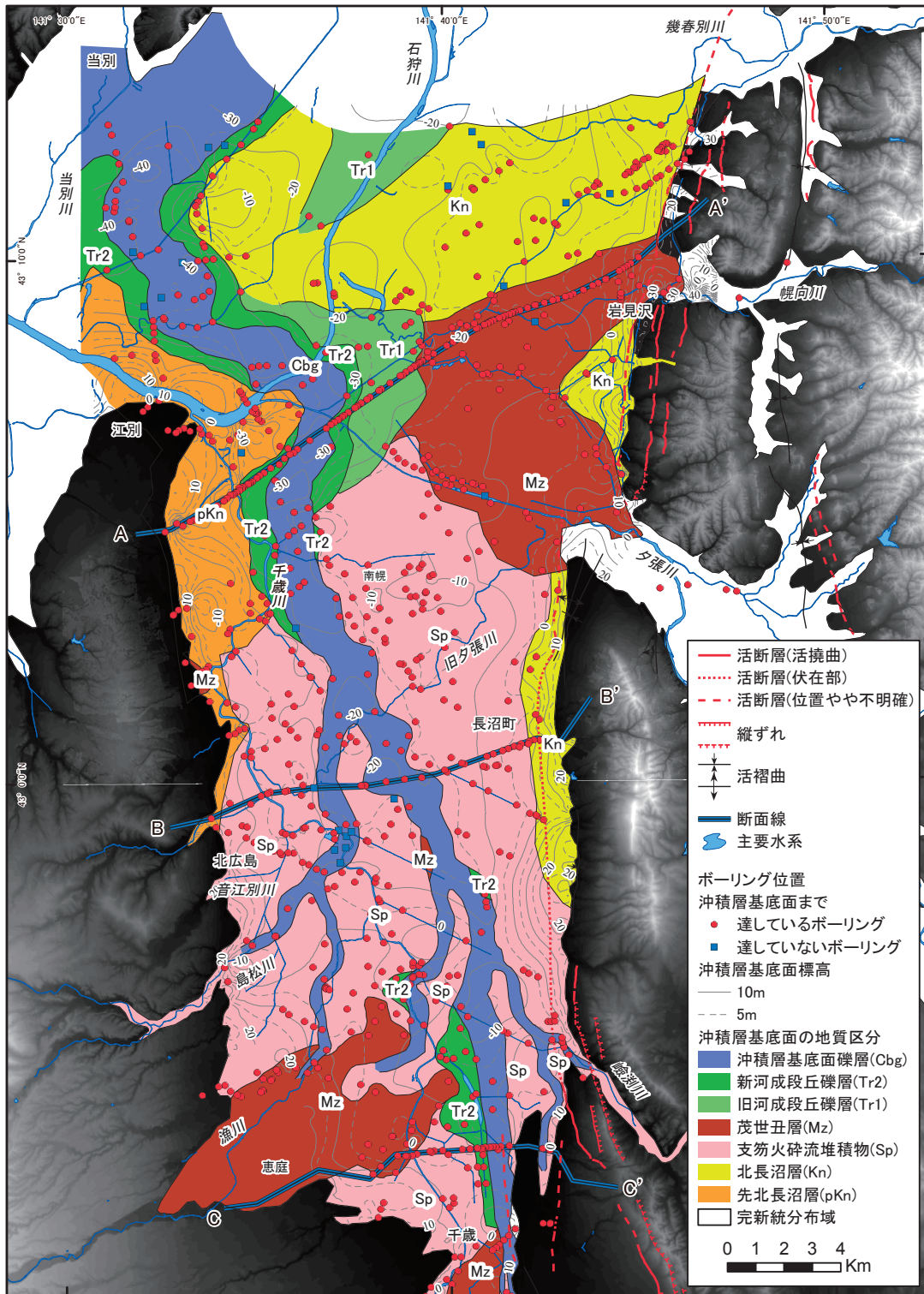
第 4 図 長沼一北広島断面 B-B' キヤプションの詳細は第 3 図を参照。  
 Fig.4 Naganuma - Kita-Hiroshima Section B-B' See the caption of Fig.3 for the detailed explanation.





第 5 図 千歳一恵庭断面 (道東自動車道沿い) C-C'  
 キャプションの詳細は第 3 図を参照。

Fig.5 Chitose - Eniwa Section (along the Eastern Hokkaido Expressway) C-C'  
 See the caption of Fig.3 for the detailed explanation.



第 6 図 石狩低地帯中央部の長沼低地における沖積層基底面のサーフェスマodelと埋没地形・地質分布。  
Fig.6 The basal surface model of the Chuseki-so associated with buried paleo-geographic and geologic divisions.

へ、下野幌層、先北長沼層、北長沼層、支笏火山碎屑物、茂世丑層、河成段丘堆積物、沖積層である。以下、各地層について簡単に概要を記述する。

**下野幌層** (北川ほか, 1976) 海成層を含む中・下部更新統であり、厚さ 50 ~ 200 m で、野幌丘陵南部に広く分布している (北海道, 2002)。第 4 図の

地質断面図において、先北長沼層の直下に、砂層が卓越する地層として認められる。

**先北長沼層** (本研究での暫定名称) つぎに述べる北長沼層の下位で、下野幌層の上位にあたるステージ 5e ~ 中期更新世の地層である。長沼低地地下においては、同期間にあたる地層について、これまで層序区

分に必要な年代や指標テフラに関する情報が乏しく、周辺地域との層序対比が難しいため、このように地層の細分を行わなかった。

本層は最大 70 m で、貝殻を含む泥・砂泥・砂が卓越する岩相を呈する。野幌丘陵下では、下位に下野幌層が、岩見沢・馬追丘陵下では下位に主に砂岩からなる中新統が伏在する（北海道，2001，2002）。

**北長沼層**（能篠ほか 2008）本層は、泥炭と有機質泥、泥が卓越し、砂、火山灰質シルトないし砂、テフラを挟む。厚さは 10～20m である。支笏火山麓では、本層の半分以上を火山灰質堆積物が占める（第 5 図）。

本層の下限は、貝殻を含む泥層を下位に伴う厚さ 5m 以上の砂ないし砂泥層の上面とし、上限は茂世丑層の砂礫、支笏火山砕屑物のテフラあるいは沖積層の基底礫層との境界とした。

**支笏火山砕屑物** 主に支笏第一テフラと支笏火砕流堆積物からなり、その最上部にはそれらの再堆積物をしばしば伴う。第 5 図の地質断面図では、本層は 10～60m と厚く、支笏第一テフラは軽石、支笏火砕流堆積物は軽石混じり火山灰や溶結凝灰岩と記載されている。

**茂世丑層**（能篠ほか，2008）北長沼層や支笏火山砕屑物を侵食面で覆う砂礫主体の地層である。分布は散点的であり、厚さは側方変化が大きく、2～15m である。夕張川・幌向川が丘陵をぬけて長沼低地に出るところに 4×10km、と漁川下流の支笏火山麓から長沼低地にかけて、10×4km の分布面積を占める。その岩相と産状からは、河川の扇状地性礫層起源が考えられる。第 3 図の地質断面図では、夕張川・幌向川に伴う埋没扇状地を古夕張川扇状地として表示している。

**河成段丘堆積物** 古千歳川の両岸に認められる侵食平坦面を構成する礫層主体で砂層を伴う堆積物である。厚さは 1～5m である。上記の古夕張川扇状地に接する河成段丘面は、その標高の違いから 2 段に細分することができる（第 3 図）。

**沖積層** 最終氷期最盛期頃までに形成された開析谷地形を充填した堆積物として定義されている（例えば、木村ほか，2006）。第 3～5 図の地質断面図では、開析谷底充填の礫層を沖積層基底礫層として識別して表示した。

第 3・4 図の地質断面図で示されている開析谷底では、下位から上位へ、基底礫層、下部泥・砂層、中部

泥層、上部砂層、最上部泥炭・泥層に部層区分することができる。基底礫層は厚さ 1～7 m で、N 値 20～50 以上の砂礫・砂層からなる。下部泥・砂層は、厚さ 10～15m、上方に減少傾向を示す N 値 5～10 の泥・砂泥・砂からなる。中部泥層は、厚さ 10～15m、N 値 5 以下の泥層が卓越する。第 3 図では、貝殻片が多くのボーリング柱状図で認められるが、第 4 図にはそのようなボーリング柱状図が認められない。上部砂層は、厚さ 1～4m で、主に N 値 5～10 の砂層からなり、礫混じり砂・砂泥を伴う。最上部泥炭・泥層は、泥層、有機質泥、泥炭からなり、N 値は 5 以下、厚さは 5～15 m を示す。

これらの各部層は、新篠津村武田での層序ボーリング柱状図（川上ほか，2012）に比較すると、基底礫層はユニット 2 の沖積層基底礫層、下部泥・砂層はユニット 3 の河道充填から氾濫原堆積物、中部泥層はユニット 4 の海水環境の堆積物、上部砂層および最上部泥炭・泥層は、ユニット 5 のデルタプレーン堆積物に、それぞれ対比できる。

## 5. 地質断面図

長沼低地の地下構造を示す代表的な 3 枚の東西方向の地質断面図について、隣接する丘陵も含めて、第四系の層序・岩相・地質構造を記述する。

### 5.1 岩見沢—江別断面 (A-A')

**位置とデータの出典**：長沼低地北部を東北東—西南西方向に横断する地質断面図であり、道央自動車道沿いに岩見沢丘陵西縁の岩見沢市緑が丘から野幌丘陵東縁の江別市東野幌にいたる。本断面図のボーリング柱状図は、ほとんどが道央自動車地盤調査データを出典とするもの（地盤工学会北海道支部，2003）である。

**層序**：井戸のデータを除くボーリングデータでは、標高 -70m 以浅の地層が調査対象となっており、下位から上位へ、先第四系基盤岩、先北長沼層、北長沼層、丘陵表層堆積物、茂世丑層、河成段丘堆積物、沖積層に地層区分できる。先第四系基盤岩は岩見沢丘陵にだけ認められる。

**層序対比**：本断面図地域で層序対比の指標となる既存研究には、北海道（2001）、北海道（2002）がある（第 1 図）。北海道（2001）は、岩見沢丘陵西麓の中位段丘面（平川ほか，2010）上において、西上がりの活断層を挟んで群列ボーリング調査を実施している。断

面図には層序の指標として、そのうち断層上盤にあたる M-4 ボーリング柱状図（孔口標高 32.72m, 掘進長 42m）を表示した。同ボーリング柱状図は、標高 27.12m 以浅の洞爺テフラを挟むローム質堆積物とその下位の中・上部更新統（先北長沼層相当）、標高 12.82m 以深の中新統の峰延層の砂岩（第四系基盤岩）から構成される。本断面図の層序との対比では、ローム質堆積物は丘陵表層堆積物、中・上部更新統は先北長沼層、中新統の峰延層の砂岩は第四系基盤岩にそれぞれ対比できる。野幌丘陵西縁は T3 面（平川ほか（2010）の中位段丘面相当）で、表層は洞爺テフラを含む表層堆積物からなり、その下位は中・上部更新統にあるとされている（北海道、2002）。前者は本断面図の丘陵表層堆積物、後者は先北長沼層に対比できる。

**岩相・構造：**先北長沼層は、岩見沢丘陵と野幌丘陵下に分布している。同層は、岩見沢丘陵下では泥層卓越の岩相を呈しており、地質構造では西傾斜をなし、長沼低地東縁に推定された活撓曲（平川ほか、2010）を挟んで、分布標高は 30m 以上低下する。野幌丘陵下の同層は、断面図に認められるように N 値 50 以上の砂が卓越しており、東方の長沼低地下、距離 2km の地点まで同岩相が連続しているが、より東では上部が泥・砂泥優勢となり、距離 4～6.5km では標高 -30～50m の泥優勢となる。

北長沼層は長沼低地下の距離 12～20.5km において、先北長沼層の厚い砂層の上位に重なり、上位の礫層に覆われる、厚さ 5～12m の泥炭層を挟む泥層卓越層として認められる。泥層には貝殻を含むという記載が 3 本のボーリング柱状図に認められる。

茂世丑層は主に砂礫層からなり、基底面は凹凸が顕著で直下の北長沼層を削り混んでいる。本断面図では、支笏火山碎屑物は分布しないが、図に示すとおり、馬追丘陵の西方では支笏火山噴出物が分布しており、その上位に重なる層序関係が認められる。

沖積層は主に泥・砂・砂泥からなり、おおよそ標高 -15m 以浅では N 値 5 以下、以深では N 値 5～10、基底付近では 15～25 と比較的高い場合がある。標高約 0m 以浅には泥炭層がしばしば挟まれる。基底礫層の分布から判断された古千歳川谷は、幅 2km ほどで、その両岸には上面標高が -26m 付近と -22m 付近に、主に砂礫からなる 2 段の河成段丘堆積物礫層が認められる。

岩見沢丘陵西麓では中位段丘面が西に急傾斜してお

り、沖積低地境界付近に活断層が存在するとされている。本断面図では、同活断層を境に東側の丘陵下では、丘陵表層堆積物と先北長沼層境界が地形面に平行に西に傾斜し、活断層を挟んで、西側では先北長沼層の上面標高は -15m となり、少なくとも 30m 低下している。長沼低地では、先北長沼層と北長沼層の地層境界は、距離 21～16km 間は西に緩傾斜し、距離 16～12km 間はほぼ水平な構造を示す。距離 21～16km 間では、茂世丑層も西傾斜を示すが、同層は下位の北長沼層を侵食していること、距離 16～14km 間でも西傾斜を示すことから、扇状地性礫層の堆積時に生成した構造であると推定できる。一方、野幌丘陵側では、先北長沼層の下部の砂卓越相と上部の泥卓越相との境界は、距離 5km 以西において地層が東傾斜していることを示唆している。

## 5.2 長沼—北広島断面 (B-B')

**位置とデータの出典：**長沼低地中央部付近を東西方向に横断する地質断面図であり、千歳川以東では馬追運河沿いに長沼町市街地を横断し、以西では輪厚川沿いに北広島市街地を通る。本断面図のボーリング柱状図としては、北海道、長沼町、北広島市、および北海道開発局のボーリングデータが表示されている。本断面図の東部は岡（2007）の E-E' 断面に平行している。

**層序：**井戸のデータを除くボーリングデータでは、標高 -60m 以浅の地層が調査対象となっており、下位から上位へ、先第四系基盤岩、下野幌層、先北長沼層、北長沼層、支笏火山碎屑物、沖積層に地層区分できる。なお、先第四系基盤岩は馬追丘陵にだけ認められる。

**層序対比：**本断面図の地域で層序対比する上で指標となる既存研究には、馬追丘陵西斜面域の砂利採取場跡の露頭に関する近藤・五十嵐（1987）と能篠ほか（2008）、長沼町南長沼の低地東縁における 180m 長の層序ボーリング調査に関する下川ほか（1993）、野幌丘陵東斜面（T3 面）の露頭に関する北海道（2002）がある（第 1 図）。

下川ほか（1993）のボーリング調査地点（第 1 図の B-9）は、本断面図よりも南 6km 地点にあたるが、この間において北長沼層や支笏火山碎屑物の基底面標高は比較的一定し岩相も類似しているため、地層の対比指標として有効であると考えられる。下川ほか（1993）によれば、掘削地点は長沼低地東縁に存在する活断層の西側に隣接した位置にあたり、孔口標高 8.5m で、支笏火砕流堆積物は標高 -0.86～2.14m、

洞爺テフラは標高 -14.5m、海成層を示す生痕・貝殻化石の出現は標高 -18.5m 以深にそれぞれ産出する。本断面図の長沼低地地下における支笏火山碎屑物、北長沼層、先北長沼層の各地層区分標高と符合している。

丘陵下の地質では、断面図に示したように、能篠ほか(2008)の露頭柱状図 A (標高 40m) (第 1 図の O-5) によれば、洞爺テフラ下面は標高 32.1m、北長沼層基底の不整合面は標高 26.8m である。北長沼層直下の更新統は、中部更新統の海成相を含む山根川層と馬追層に対比されている(近藤・五十嵐, 1987; 能篠ほか, 2008)。本研究の北長沼層は、能篠ほか(2008)に基づく地層名であり、同研究のそれに対比できる。また、山根川層と馬追層は、本研究では先北長沼層として一括している。

野幌丘陵では、本断面図のエリアは T3 面に相当し、その表層は、洞爺テフラを含むローム質堆積物 (1m)、輪厚川沿いには支笏火砕流碎屑物を含むローム質堆積物 (6.4m) が分布し、その下位には、先北長沼層に相当する中・上部更新統、下部更新統(下野幌層)が分布する(北海道, 2002)。これらの知見に基づき、本断面図の野幌丘陵の輪厚川沿い左岸の T3 面上に位置するボーリング柱状図について、上位から下位へ、支笏火砕流碎屑物を含むローム質堆積物、先北長沼層、下野幌層に地層区分を行った。

**岩相・地質構造:** 先北長沼層は、砂・砂泥・泥層からなり、下限不明で厚さ 25m 以上ある。距離 13.5km 付近のボーリング柱状図では先北長沼層の泥層に貝化石が含まれる。

北長沼層は泥炭と泥層が卓越し、中部に砂・礫混じり砂層を挟む。古千歳川谷付近での侵食の影響を除くと、層厚 15 ~ 20m ほどで長沼低地において東西に連続している。その基底は、北長沼層の泥炭ないし粘性土と直下の先北長沼層に対比される砂ないし砂泥との境界に設定している。

支笏火山碎屑物は、古千歳川谷を挟んで、以東では厚さ 1 ~ 2m、以西では厚く 2 ~ 8m で、火山灰ないし軽石質火山灰からなる。

沖積層は、主に N 値 5 以下の泥・砂・砂泥層からなり、深度 6m 以浅には泥炭を伴う。距離 7 ~ 10km 間では基底面は古千歳川谷に相当する下に凸の開析谷の形状をなし、谷底には基底礫層と N 値 5 ~ 10 の泥炭・火山灰質シルトが伴われる。

馬追丘陵西麓斜面は西に傾斜する中位段丘面とされ、その西縁部から沖積低地にかけて活撓曲と活断

層の存在が推定されている(石山ほか, 2010)。北長沼層基底面は、馬追丘陵の中位段丘面下では地形面に平行でゆるやかにやや西傾斜を示すが、西麓の急傾斜面下で、標高 25m 付近から長沼低地東縁における標高 -10m まで急激に低下する。さらに、長沼低地東部の距離 11.5 ~ 13.7km 間で支笏火山碎屑物基底、北長沼層基底はともに西傾斜を示す。一方、野幌丘陵の東麓から長沼低地西縁の距離 2km 間では、5 ~ 10m 厚の先北長沼層とその下位に西に急傾斜をなして厚い下野幌層が伏在していると解釈される。東傾斜の構造は、北長沼層と支笏火山碎屑物の地質構造からは、距離 4km 地点まで続く。長沼低地中央部の距離 4 ~ 11.5km 間は、支笏火山碎屑物以下の第四系はほぼ水平な地質構造を示す。

### 5.3 千歳—恵庭断面 (C-C')

**位置とデータの出典:** 長沼低地南端付近を東西方向に横断する地質断面図であり、千歳川以東から千歳東インターチェンジ付近までは道東自動車道に沿う。本断面図のボーリング柱状図としては、道路公団の道東自動車道地盤調査データ(地盤工学会データベース所蔵)、西部では掘進長 100m 以上の水井戸柱状図 3 本(岡, 2007)、および千歳市役所、北海道開発局のボーリングデータが表示されている。岡の H-H' 断面に平行しており、自動車道工事関連、水井戸のデータは同一のデータを利用している。

**層序:** 井戸のデータを除くボーリングデータでは、標高 -100m 以浅の地層が調査対象となっており、下位から上位へ、先北長沼層、北長沼層、支笏火山碎屑物、茂世丑層、沖積層から構成される。

**層序対比:** 本断面図沿いの層序対比の指標となる研究では、本断面図に示すとおり、産総研(2007)の層序ボーリングデータ(CT-B1, CH-B2)がある(第 1 図の B-10, B-11)。CH-B2 は、距離 10km の沖積低地上で、地盤高 5.56m、掘進長 90m、CT-B1 は、距離 13.5km 付近の中位段丘面上で、地盤高 31.43m、掘進長 60m である。CH-B2 では、標高 -35.4 m 以深には潟湖～内湾性堆積物、標高 -31.2 ~ -35.4m の泥炭層中に洞爺テフラ、標高 -22.9 ~ -5.8m に支笏火砕流堆積物がそれぞれ認められている。CH-B1 では、厚さ 17cm の洞爺テフラが標高 20.2m に、厚さ 4cm の支笏火砕流堆積物が標高 25m にそれぞれ確認されている。潟湖～内湾性堆積物は先北長沼層、洞爺テフラおよびそれを伴う泥炭層は北長沼層下部に、支笏火

砕流堆積物は支笏火山砕屑物にそれぞれ対比できる。

**岩相・地質構造：**距離 11.2km 以東では、馬追丘陵西斜面をなす支笏火砕流台地面が西に傾斜し、幅の狭い沖積低地を挟んで、距離 11～11.7km に支笏火砕流台地 (Td) が分布する。その西側は距離 5.5km 付近まで長沼低地南部の沖積低地が広がり、その西方に広がる東傾斜の斜面は支笏火山麓である。

先北長沼層は、上部 10m ほどは上方細粒化を示す砂礫・砂・砂泥からなり、下部は泥・砂泥が卓越している。2本のボーリングデータ、および産総研の CH-B2 の記載によれば、下部には貝化石が、CH-B2 では上部の砂層に生痕が認められている。

北長沼層は、主に泥炭・火山灰質砂・シルトからなり、層厚 10m ほどで、長沼低地東部から馬追丘陵下、距離 14km までその分布が追跡できる。距離 13.5km 以東では厚さが 5m ほどと薄くなっている。距離 8km 以西においては、水井戸のデータしかなく岩相が不確かであるため、先北長沼層と北長沼層の連続性は不明である。

支笏火山砕屑物は、下位から上位へ、厚さ 2～3m の軽石層ないし軽石質火山灰 (支笏第一テフラ相当)、厚さ 5～25m、あるいはそれ以上の厚さを示す支笏火砕流堆積物、厚さ 10m 以下でシルト・砂・礫・火山灰質シルトなどが重なる。支笏火砕流堆積物はしばしばボーリングデータにおいて溶結凝灰岩と記載されている。

茂世丑層は、厚さ 2～3m の主に砂礫層であり、距離 6～7.5km の支笏火山麓下で、支笏火山砕屑物上に下に凸の面をなして分布している。本層の基底面はその形状から侵食面と考えられる。

沖積層は N 値 5 以下の泥・砂・砂泥層から構成され、直下の更新統を凹凸のある面を介して覆う。長沼低地東部には、直下に基底礫層をともなって、幅 1.2km の凹地が認められる。同凹地は古千歳川谷の開析谷地形と判断している。同谷の左岸には、河成段丘面にあたる幅 0.5km ほどの平坦面が随伴している。本断面内では段丘礫層の分布は認められないが、第 6 図に示すように、南北に続き、他の地点では段丘礫層が確認されている。

馬追丘陵西麓から千歳川付近まで連続的に対比されている北長沼層の分布は、馬追丘陵西麓で急傾斜をなし、西方へ次第に緩傾斜となる。この急傾斜域は、馬追丘陵西麓で確認されている火砕流台地面の西への活撓曲に対応するものである。支笏火山砕屑物の基底

面は、この西への緩傾斜の地質構造が支笏火山麓下の距離 1.5km まで続くことを示唆している。

## 6. 沖積層基底面モデルと古地形・地質区分

第 6 図に、長沼低地域における沖積層基底面モデル、および同基底面で表現された古地形と地質区分を示す。

沖積層基底面モデルは、標高 -40～20m、長沼低地中央部付近を中心に南北に延びる舟底状の形状を示す。底部は、地質断面図 (第 3～5 図) で表現されているように、基底礫層を伴う開析谷底にあたり、ボーリングデータで確認された基底礫の分布と一定した谷幅を見積もることにより、図に示すゆるく蛇行した最大幅 2.2km の古千歳川谷を復元することができる。同谷は当別において古石狩川谷 (川上ほか, 2012) に合流する。古千歳川谷に沿って河成段丘礫層とその平坦面が認められる。下流の江別以北では、第 3 図の地質断面図で表現されているとおり、河成段丘は 2 段識別される。

上記の開析谷底と河成段丘面以外の地域では、沖積層基底面直下に伏在する第四系の地層分布が表現されている。茂世丑層は、夕張川および幌向川が丘陵から低地に流れでる付近から西方にかけて、漁川および千歳川の支笏火山麓付近から低地にかけて、主要な分布域が認められる。これら礫層は、主要河川の丘陵ないし火山麓末端付近から緩傾斜で下流に向かって広がる。その下流端は古千歳川などの河成段丘面との境界で小侵食崖様の段差が認められる (第 3 図)。礫層の基底面は、顕著な凹凸の形状をなし、直下の北長沼層 (第 3 図) や支笏火山砕屑物に重なっていることから、侵食面であると考えられる。これらの特徴から、本礫層は扇状地性礫層にあたると思われる。長沼低地中・南部域では、支笏火山砕屑物が広い面積を占めており、斜面の勾配が大きい丘陵麓に沿って、北長沼層と先北長沼層が狭長に分布している。長沼低地北部から石狩低地にかけては、古千歳川右岸から丘陵麓にかけての緩斜面は北長沼層が、古千歳川左岸の野幌丘陵麓沿いに、先北長沼層がまとまった分布を示す。

## 7. まとめ

本報告は、長沼低地の浅部地下構造の解析研究の速報としてとりまとめたものであり、その主な内容は以

下のおりである。

(1) 利用した建築・土木事業関連のボーリングデータは 1090 本で、層序区分の指標に利用した既存研究は、層序ボーリング柱状図 11 点、露頭柱状図 6 点（第 1 図）である。

(2) 研究対象地域は、北緯 42 度 50 分 9.6 秒～43 度 12 分 43.2 秒、東経 141 度 30 分 50.4 秒～46 分 48 秒の範囲で、石狩低地帯中央部の長沼低地とそれに隣接する丘陵斜面麓と支笏火山麓が含まれる（第 1 図）。

(3) 長沼低地および隣接する野幌丘陵東麓、岩見沢・栗沢・馬追丘陵西麓の地下に分布する第四系について、下位から上位へ、下野幌層、先北長沼層、北長沼層、支笏火山碎屑物、茂世丑層、河成段丘堆積物、沖積層に区分し（第 2 図）、3 枚の地質断面図（第 3～5 図）、沖積層基底面モデルとその古地形・地質区分図（第 6 図）で、その分布・岩相・地質構造を示した。

(4) 沖積層基底面モデルは、最終氷期最盛期頃の開析谷地形を表しており、長沼低地中央部付近を中心に南北に延びる標高 -40～20m の舟底状の形状を示す。舟底付近は、基底礫層を伴う蛇行した最大幅 2.2km の古千歳川谷底にあたり、河成段丘面が認められる。これら以外の開析谷の斜面域では、夕張川および幌向川、漁川の低地出合いに茂世丑層相当の 40km<sup>2</sup> ほどの面積の扇状地性礫層が分布すること、長沼低地中・南部域では支笏火山碎屑物、長沼低地北部から石狩低地にかけて、古千歳川右岸域に北長沼層が、古千歳川左岸域に先北長沼層がそれぞれ斜面域を占めて分布していることが判明した。

(5) 3 枚の地質断面図で、支笏火山碎屑物以下の第四系は、長沼低地東縁の丘陵西麓を通る活撓曲を挟んで、長沼低地側に急傾斜をなして分布標高が低下し、低地中央部に向かって西へ緩傾斜を示す。A-A' および B-B' 断面図では、長沼低地中央部で水平成層となり、その西方では、野幌丘陵東麓から低地西縁にかけての東傾斜の地質構造へと変化する。一方、C-C' 断面では、支笏火山麓下の地質構造は不確かであるが、西への緩傾斜が断面図の範囲内で続く。地形面を新たに作るほどに支笏火砕流堆積物が厚い C-C' 断面を除くと、A-A'・B-B' の両断面図では、沖積層基底面の舟底状の構造は、上記の更新統の向斜構造に符合している。

(6) 今後、長沼低地およびその地下地質構造における活構造とその形成史を明らかにするために、沖積層以外の第四系についても、その基底面モデルを求めて、三次元地質モデルを構築する。

## 謝辞

本論執筆にあたって、北海道総合研究機構地質研究所の大津 直、廣瀬 亘、川上源太郎の各氏には、ボーリングデータ収集・データベース化にあたって協力をいただき、第四系の地質について貴重なご意見を頂いた。ボーリング柱状図資料の収集・電子化を行うにあたって、北海道開発局、北海道、および岩見沢市、南幌町、恵庭市、北広島市、千歳市の各市町役場、地盤工学会北海道支部、寒地土木研究所の方々に便宜をはかっていただいた。産業技術総合研究所の下川浩一氏には、未公表のボーリング調査資料を参照させていただいた。以上記して深く感謝します。

## 文献

- 平川一臣・石山達也・池田安隆・東郷正美・宮内崇裕・八木浩司（2010）1:25,000 都市圏活断層図 石狩低地東縁断層帯とその周辺「千歳」。国土地理院技術資料 D・1-No.539。
- 北海道（2001）北海道活断層図 No.3 石狩低地東縁断層帯 活断層図とその解説。157p。
- 北海道（2002）北海道活断層図 No.4 当別断層および南方延長部 活断層図とその解説。109p。
- 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編（2002）第四紀逆断層アトラス。東京大学出版会、254p。
- 池田安隆・佐藤比呂志・平川一臣・伏島祐一郎・今泉俊文（1996a）2.5 万分の 1 都市圏活断層図 I 札幌地区 2 江別。国土地理院。
- 池田安隆・佐藤比呂志・平川一臣・伏島祐一郎・今泉俊文（1996b）2.5 万分の 1 都市圏活断層図 I 札幌地区 3 恵庭。国土地理院。
- 伊藤谷生（2000）日高衝突帯一前縁褶曲・衝上断層帯の地殻構造。石油技術協会誌、65、103-109。
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会（2010）石狩低地東縁断層帯の評価（一部改訂）。34p。
- 石山達也・東郷正美・平川一臣・澤 祥・今泉俊文・宮内崇裕・八木浩司（2010）1:25,000 都市圏活断層図 石狩低地東縁断層帯とその周辺「長沼」。国土地理院技術資料 D・1-No.539
- 地盤工学会北海道支部北海道地盤情報のデータベース化委員会（2003）北海道地盤情報データベ

- ス Ver.2003. 地盤工学会北海道支部.
- 川上源太郎・佐藤博文・石井正之・秋葉文雄・大津 直・田近 淳 (2012) 北海道新篠津村武田地区で掘削された沖積層ボーリングコアの層序・珪藻化石および 14C 年代. 北海道地質研究所報告, 84, 69-78.
- 木村克己 (2011) ボーリングデータ処理システムの公開. 産業技術総合研究所 TODAY, 11, no.1, 19.
- 木村克己・花島裕樹・石原与四郎・西山昭一 (印刷中) 埋没地形面の形成過程を考慮したボーリングデータ補間による沖積層基底面モデルの三次元解析東京低地北部から中川低地南部の沖積層. 地質学雑誌, 119, no.8.
- 木村克己・石原与四郎・宮地良典・中島 礼・中西利典・中山俊雄・八戸昭一 (2006) 東京低地から中川低地に分布する沖積層のシーケンス層序と層序の再検討. 地質学論集, no.59, 1-18.
- 木村克己・康 義英・花島裕樹 (2011) 福岡平野と北海道石狩低地帯域の浅層地盤のボーリングデータベースの構築. 平成 22 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 113-119.
- 木村克己・康 義英・花島裕樹 (2013) 福岡平野の警固断層と第四系の地下地質構造. 海陸シームレス地質情報集「福岡沿岸域」, 数値地質図 S-3, 地質調査総合センター, 52
- 北川芳男・中村 斎・矢野牧夫・中田幹雄・三野紀雄・森田知忠・赤松守雄・山田悟郎・松下勝秀 (1976) いわゆる“野幌層”について. 地下資源調査所報告, 48, 127-137.
- 国土交通省 (2004) 地質・土質調査電子納品要領 (案) 平成 16 年 8 月. 135p.
- 栗田裕司・横井 悟 (2000) 中央北海道南部における新生代テクトニクスの変遷と油田構造形成. 石油技術協会誌, 65, 58-70.
- 近藤 務・五十嵐八枝子 (1987) 北海道馬追丘陵北部のボーリング孔にみられる第四系. 松井 教授記念論文集, 95-103.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 火山灰アトラス [日本とその周辺]. 東京大学出版会, 276 p
- 野々垣 進・升本眞二・塩野清治 (2008) 3 次 B-スプラインを用いた地層境界面の推定. 情報地質, 19, 61-77.
- 能篠 歩・高橋嘉徳・田中伸明・高梨修一・橋本千秋・岩見沢団体研究グループ (2002) 北海道中央部石狩低地帯東縁長沼地域の中～上部更新統層序と古環境. 地球科学, 62, 307-323.
- 能篠 歩・金川和人・星野フサ・岩見沢団体研究グループ (2008) 北海道中央部石狩低地帯東縁長沼地域の上部更新統層序と古環境変遷. 地球科学, 56, 252-268.
- 岡 孝雄 (2007) 石狩低地帯中部, 長沼低地の地下地質と第四紀テクトニクス—上部更新—完新統の層序・層相・構造—. 地質研究所報告, no.78 研究報告, 95-148.
- 大津 直 (1999) ブラインドスラストに関連したバックスラスト. 日本地質学会第 106 回学術大会講演要旨, 86.
- 大矢雅彦 (1993) 河川地理学. 古今書院, 253p.
- 産業技術総合研究所 (2007) 石狩低地東縁断層帯の活動性および活動履歴調査. 「基盤の調査観測対象断層帯の追加・補完調査」成果報告書 No.H18-8, 35p.
- 澤 祥・石山達也・池田安隆・今泉俊文・宮内崇裕 (2010) 1:25,000 都市圏活断層図 石狩低地東縁断層帯とその周辺「岩見沢」. 国土地理院技術資料 D・1-No.539
- 下川浩一・佃 栄吉・奥村晃史 (1993) 北海道馬追丘陵における後期更新世の地殻変動とその速度について. 日本地質学会第 100 年学術大会講演要旨集, 504.
- 塩野清治・能美洋介・升本眞二・坂本正徳 (2001) Horizon2000: 等式・不等式制約条件や傾斜データを活用した地層面推定プログラムの改良. 情報地質, 12, 229-249.
- 添田雄二・嵯峨山 積・赤松守雄 (2010) 6.4.1 石狩低地帯 a. 野幌丘陵. 日本地質学会編集, 日本地方地質誌 1 北海道地方, 248-250.
- 馬追団体研究会 (1983) 北海道中央部馬追丘陵南東の中・上部更新統—2つの海進について—. 地球科学, 37, 8-21.
- 馬追団体研究会 (1987) 石狩低地帯東縁部の更新統層序と古地理の変遷. 地球科学, 41, 303-319.