

北海道札幌市東区のボーリングコアにおける 上部更新統~完新統の堆積環境と層序¹⁾

嵯峨山 積^{2)3)†} 佐藤 明⁴⁾ 井島 行夫⁵⁾ 岡村 聡⁶⁷⁾

Sedimentary environment and stratigraphy of the late Pleistocene to Holocene of boring core drilled in the Higashi Ward of Sapporo, Hokkaido, Japan¹⁾

Tsumoru Sagayama^{2) 3)†}, Akira Sato⁴⁾, Yukio Izima⁵⁾ and Satoshi Okamura^{6) 7)}

- 2018年5月24日受付 2018年7月30日受理 1) 全地連「技術フォーラム 2016」 (能本) および日本地質学会北海道支部平成30 年度例会(札幌)で発表. 2) 北海道総合地質学研究センター Hokkaido Research Center of Geology, 連絡先: 069-0834 江別市文京台東町 18-12 Address: 18-12, Bunkvodai-higashi, Ebetsu 069-0834, Japan 3) 酪農学園大学 Rakuno Gakuen University 4) 三菱マテリアル株式会社 Mitsubishi Materials Corporation Ltd. 5) 北海道総合地質学研究センター気付 c/o Hokkaido Research Center of Geology
- ⁶⁾ 北海道教育大学札幌校
 Hokkaido University of Education
 ⁷⁾ 北海道土質試験協同組合
- Hokkaido Soil Research Co-operation

[†] Corresponding author: tsaga@hrcg.jp

Keywords: sedimentary environment, stratigraphy, late Pleistocene, Holocene, boring core, Sapporo

(要旨)

上部更新統~完新統の層序を検討する上で、 ¹⁴C年代の測定,火山灰や珪藻の分析は有効な手 法であり、これらの測定や分析は土木構造物や 建築物の基礎調査で得られたボーリングコアを 用いて行うことが可能である. 札幌市東区にお いてボーリングにより長さ 43.50 m の後期更新 世~完新世堆積物(SL-2 コア)が採取され,同 堆積物の層序や堆積環境の解明のために放射性 炭素年代測定や火山灰分析,珪藻分析を行った. 火山灰分析では、広域対比可能な約 4.1 万年前 の支笏軽石流堆積物(Spfl)や約11.3 万年前の 洞爺火山灰(Toya), MIS5e 期の新たな火山灰 (札幌東区火山灰, SHa; 新称)を認定した. 珪藻分析により縄文海進時の汽水環境が明らか になり, 同海進高頂期の汽水湖は紅葉山砂丘か ら南長沼まで広がっていたと推定した. 今回の 結果は、今後の札幌市における地下地質の層序 研究にとって有用なデータの1つと考える.

はじめに

中央北海道の札幌市街北部には,石狩平野の 一部である標高15 m以下の沖積低地(石狩低 地)が広がる.同低地を形成する上部更新統~ 完新統は,氷河性海水準変動の影響を受け堆積 した地層で,軟弱であることから地震動を増幅 させる特徴がある.このため,地震に伴う被害 予測や評価の精度を向上させるために同層の 層序を正確に反映した地盤構造モデルを作成 する必要がある.

札幌付近の低地下の上部更新統や沖積層に ついての主な論文は以下の通りである.

Igarashi (1975)の石狩湾岸域での花粉分析, 松下 (1979)の石狩海岸部の埋没地形や上部更 新統~完新統層序解析,赤松ほか(1981)の札 幌市丘珠の沖積層ボーリングコアの記述,赤 松・松下 (1984)の貝化石群集や放射性炭素年 代(以下,¹⁴C年代と称する)測定値による第 四系の層序区分,五十嵐(1985)の江別市角山 の花粉分析,五十嵐ほか(1989)の札幌市新琴 似での洞爺火山灰(Toya)挟在の報告,大丸

(1989)の完新世における豊平扇状地と氾濫源 低地の形成過程解明,高木ほか(1990)の札幌 市栄町のボーリングコア中の貝化石群集検討, 加藤ほか(1995)の札幌市北部の表層地盤の報 告,珪藻分析については佐藤ほか(2001)や川 上ほか(2012d)の新篠津村武田地区での沖積 層ボーリングコアや,嵯峨山ほか(2007,2010, 2013,2016,2017)の広域的検討がある.更に, 佐藤ほか(2007)の地盤構造モデルの検討や, 廣瀬ほか(2011)の沖積層基底の検討,川上ほ か(2012a,b,c)のボーリングコアの層序解明, 嵯峨山ほか(2015)の珪藻分析に基づく検討が 行われている.しかし,詳細な層序や発達史を 確立するためには微化石や火山灰,¹⁴C年代値 などのデータが少なく,更なる研究が必要とさ れている.

2013年に、札幌市東区で建築物の基礎調査用 ボーリングが行われ、後期更新世〜完新世の堆 積物コアが得られた.同コアについて、層序や 堆積環境の解明のために¹⁴C年代測定や火山灰 分析、珪藻分析、pH・EC測定が行われ、それ らの結果の一部は佐藤ほか(2014, 2016)によ り報告されている.今回、更に検討した結果、 縄文海進時の内陸への海水流入の確認や、支笏 軽石流堆積物(Splf)や洞爺火山灰(Toya), 広域対比可能な新たな火山灰を認定し、今後の



Fig. 1. Boring sites of SL-2, Loc. 6, OKD and MB-11 on 1 : 25,000-scale topographic map of the Sapporo-tohokubu quadrangle (Geographical Survey of Japan).

地下地質の層序研究に有用なデータを提供す ることが可能になったので報告する.なお,試 料番号は採取深度(m)である.

ボーリング概要と孔内地質

ボーリングコア(SL-2)は、2013年6月に地 盤標高8.19 mの札幌市東区北34条東21丁目(北 緯43°6'15",東経141°22'44")において(Fig.1), 建物の支持基盤層を確認するために深度43.50 m(標高-35.31 m)までの掘削により採取され た.既存ボーリングの資料検討によれば、札幌 市の東区元町~同丘珠~北区あいの里にかけ 南北に延びた沖積谷が発達しており(佐藤ほか, 2007),今回の掘削位置はこの谷上に位置する.

 孔内地質は、深度21 mを境に下部は礫が主
 体で上部はシルトや砂が卓越し、層相から I ~
 ⅥのUnitに区分される(Fig. 2).最下位のUnit-I (深度43.50~41.00 m)は、炭質物を含む細粒
 砂層と軟弱な砂質シルトからなる、深度41.95
 ~41.90 mで火山灰混じり細粒砂が認められ、
 これらを採取し火山灰分析を行った。Unit-Ⅱ

(深度41.00~21.00 m)は,深度41.00 m~35.00 mでは礫~砂~シルトと上方細粒化を呈する. 深度41.00~36.95 mの礫は主に火山岩からなり, 径2 cm以下の円~亜円状である.深度39.40~ 39.35 mに火山灰が混じり,これらを採取し火 山灰分析を行った.深度36.95~36.40 mは細~ 中粒砂である.深度36.40~35.00 mのシルトは 細かな炭質物を含み硬質で,標準貫入試験のN 値は26と13である.より上位の深度35.00~ 33.00 mはシルト~細粒砂状の火山灰で,軽石 や岩片は認められない.本火山灰の基底部付近 には厚さ0.5 cm程度の2枚の泥炭層が挟在する

(Fig. 3).火山灰分析用に,深度35.00~34.95 m,同34.93~34.90 m,同34.00~33.90 mおよび 同33.40~33.30 mにてガラス質火山灰を採取し た.深度33.00~28.20 mは火山岩主体の径3 cm 以下の円~亜円礫からなり,少量のシルトを含 む.深度28.20~26.00 mは灰~青緑色のやや粘 性のあるシルトで,深度26.00~21.00 mは径3 cm以下の円礫からなり,所々に厚さ5~20 cm のシルトが挟在し,深度23.40~23.50 mには泥 炭質シルトが認められる.Unit-III (深度21.00 ~16.70 m) は下位より砂質シルト,泥炭質シ



Fig. 2. Geologic column with stratigraphic division, sampling horizons, results of diatom analysis, salinity index estimated by diatom analysis and N values for SL-2 core.

ルト,シルト質砂および砂の順序で重なる. Unit-IV(深度16.70~11.00 m)は非常に粘性の



Fig. 3. Close-up of geologic column (35.50 to 31.50 meter in depth) of SL-2 core, showing redeposited Toya volcanic ash fall and Shikotsu Pumice Flow, and sampling horizons of volcanic ash.

強い暗灰色の粘土からなり,N値が0~2のいわ ゆる軟弱粘土である.Unit-V(深度11.00~5.40 m)はシルト質砂・シルト・砂の互層を呈する. Unit-VI(深度5.40~0.70 m)は厚さ1.5 mの泥炭 を最下部に,シルト質砂やシルトが累重する. 最表層の深度0.70~0.00 mは舗装用人工物であ る.

分析方法

1.14C年代測定

(株)加速分析研究所に委託し、AMS 法で ¹⁴C年代測定を実施した.暦年較正年代の計算 にはIntCal13 (Reimer et al., 2013)を用いた. 2.火山灰分析

試料41.95~41.90の火山灰混じり細粒砂, 試 料39.40~39.35の火山灰混じり砂礫, 試料35.00 ~34.95のガラス質火山灰, 試料34.93~34.90の ガラス質火山灰, 試料34.00~33.90のガラス質 火山灰, 試料33.40~33.30のガラス質火山灰の 計6試料について水洗いした後,約60℃で乾燥 させ,粒径0.125~0.063 mm の火山ガラス,斜 方輝石および角閃石を選別した.これらについ て,北海道教育大学札幌校の温度変化型屈折率 測定装置により1試料30個を基本に屈折率を測 定した.

3. 珪藻分析

粘土やシルトなどの細粒堆積物を対象に分 析用試料として採取し,珪藻殻の含有率が低い のを除いた17 試料について1250倍の生物用顕 微鏡で鑑定を行った.試料の処理やプレパラー ト作成,鑑定方法は嵯峨山ほか(2010)と同様 である.鑑定数は1試料につき100 殻とし,産 出率が低い試料35.55は97殻,試料20.55は80殻 で終了した.また,群集組成から塩分指数(嵯 峨山ほか,2010,2014)を求めた.本指数は海 生種が多い場合は5に近くなり,淡水生種が多 い場合は1に近くなる.塩分指数と塩分濃度の 関係は嵯峨山(2018)により明らかにされてお り,本指数値により堆積当時の塩分濃度を推定 することができる.

分析結果

1.14C年代測定

Unit-IIの火山灰(深度35.00~33.00 m)の基 底部付近の泥炭薄層中の植物片(試料34.95) で36,003 - 35,182 cal BP, Unit-VとUnit-VIの境 である試料5.40の泥炭で3,725 - 3,586 cal BP, Unit-VIの試料3.00の泥炭で646 - 586 cal BPの 較正年代値が得られた(Table 1).

2. 火山灰分析

Unit-I 最上部の試料41.95~41.90は火山ガラ スや有色鉱物が乏しく,火山ガラスの屈折率の

Table 1.	Radiocarbon ages	for peat and	plant fragments	from SL-2 core.
----------	------------------	--------------	-----------------	-----------------

Boring name	Depth (m)	Materials	Measured ¹⁴ C age (yBP)	σ ¹³ C (‰)	Conventional ¹⁴ C age (yBP)	2σ calibrated result (cal. BP)
SL-2	3.00	Peat	640 ± 20	-28.39	586 ± 23	646-586
	5.40	Peat	$3,\!490\pm\!30$	-29.34	$3,420\pm 28$	3,725-3,586
	34.95	Plant	$31,800 \pm 140$	-31.59	$31,\!695\pm\!142$	36,003-35,182



Fig. 4. Refractive index histograms of volcanic glass, orthopyroxene and amphibole for redeposited Shikotsu Pumice Flow deposits (Spfl), Toya volcanic ash fall (Toya), Sapporo Higashi-ku volcanic ash (SHa), and unknown volcanic ash in SL-2 core. Refractive index histograms of Toya, SHa and Nsa-1 (Sagayama et al., 2007, 2016, 2017) are also shown for comparison.

レンジとモードは、それぞれ1.500-1.504と 1.501-1.502で、斜方輝石では同様に1.710-1.718 と1.714である。Unit-II中の試料39.40~39.35で は火山ガラスはやや乏しく、火山ガラスの形態 は町田・新井(2003)による軽石型繊維状・バ ブルウォール型で、屈折率のレンジとモードは 1.498-1.501と1.500である。斜方輝石の屈折率の レンジとモードは1.712-1.716と1.715、角閃石で は同じくレンジは1.668-1.670, 1.674-1.677, 1.680-1.684でモードは1.675と1.681である. 層 厚2m(深度35.00~33.00m)の火山灰層の最下 部から採取した試料35.00~34.95では,火山ガ ラスは軽石型繊維状・バブルウォール型で厚み があり,屈折率はレンジとモードは1.495-1.497 と1.496で,斜方輝石では同じく1.708-1.712と 1.710である. 試料34.93~34.90では,火山ガラ スは軽石型繊維状・バブルウォール型で,屈折 率のレンジとモードは1.499-1.503と1.500であ る. 斜方輝石では同じく1.706-1.715と1.709であ る. 試料34.00~33.90では,火山ガラスは軽石 型繊維状・バブルウォール型で,屈折率のレン ジとモードは1.500-1.503と1.500-1.502である. 斜方輝石ではレンジが1.707-1.713と1.717-1.728 で,モードは1.710である.試料33.40~33.30は 有色鉱物に乏しいガラス質火山灰で,火山ガラ スの形態は軽石型繊維状・バブルウォール型で, 屈折率はレンジとモードは1.498-1.502と1.500 である(Fig. 4).

3. 珪藻分析

Unit-Ⅲ~IVの試料17.60~14.60では海生種が 50%以上を占め,試料14.60で塩分指数が3.94 で最大となる.また,Unit-Ⅱの試料35.55や同 27.90,Unit-IVの試料12.70や同11.60では海生種 が25~35 %で塩分指数は3以下である(Fig. 2). これら試料における優勢種は外洋性種の *Thalassionema nitzschioides* (Grun.) Mereschkowskyや*Thalassiosra* spp.などである. Unit-IIの試料21.80では海生種は9 %(塩分指 数:1.42)で,淡水生種の*Pinnularia* spp.が多産 する.Unit-V~VIでは,海生種は1~0%(塩分 指数:1.01~1.29)と少なく,淡水生種の *Cymbella silensiaca* Bleisch や *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr.が多産する.新第三系から再堆積 によりもたらされた絶滅種は試料17.60~11.60 の8試料で多く,9~14 %を占める.

考 察

最初に火山灰分析の結果について述べる. 試 料41.95~41.90では,火山ガラスの屈折率はSpfl と一致するものの,より上位の火山灰との関係



Fig. 5. Relationship between lithologic column of SL-2 core and sea level during the late Pleistocene to Holocene. Sha: Sapporo Higashi-ku ash, Toya: Toya volcanic ash fall, Spfl: Shikotsu Pumice Flow deposits, and redep.: redeposits.

から層準的にSpflとは考えられない.また, 11.5-12万年前降灰(町田・新井,2003)のKc-Hb (クッチャロ羽幌テフラ)やToyaとも屈折率は 一致せず,未同定の火山灰とした.次に,試料 39.40~39.35は,札幌市新川のSB-1孔(新川1) の深度35.65 mの火山灰(嵯峨山ほか,2016) や札幌市北区のHU孔(北海道大学観測井)の 深度37.72-37.70 mの火山灰(嵯峨山ほか,2007) と比較すると,屈折率の低い火山ガラスは欠け ているものの,斜方輝石や角閃石の屈折率はほ ぼ一致しており(Fig.4),これら三火山灰は 同一のものと考えられる.本火山灰の屈折率は,約11.3万年前降灰のToyaより下位に挟在する 嵯峨山ほか(2016)の野幌新富火山灰1(NSa-1) や野幌新富火山灰2(NSa-2),更にはKc-Hbと も異なり(Fig. 4),これまで報告されていな いことから新らたに札幌東区火山灰(SHa)と した.なお,SB-1孔やHU孔での本火山灰は, いずれもToyaの下位に位置し,MIS5e期堆積物 のもみじ台層相当層中に挟在する.次に,試料 35.00~34.95(標高-26.81~-26.76 m)の火山 ガラスの屈折率はToyaとほぼ同じで,厚みのあ るガラスの形状もToyaの特徴と一致するもの の,Toyaには付随しない斜方輝石も認められる ことから再堆積物の可能性が高い.本火山灰の 挟在標高(約-26.78 m)は,札幌市新川のSB-1 孔や札幌市新琴似のSNK孔(五十嵐ほか,1989) のToya層準(それぞれ標高-27.44 mおよび標



Fig. 6. Correlations of SL-2 core with three neighboring boring cores (Loc6, MB-11 and OKD). The coring sites are shown in Fig. 1. Geologic columns of Loc. 6, MB-11 and OKD are after Sagayama (2017). Black star mark indicates solid silt. redep.: redeposits, Mo: Momijidai Formation (Last interglacial deposits), MM: Middle mud Bed, US-CT: Upper sand Bed and Chuseki terrestrial Bed and ¹⁴C: Radiocarbon dating.

高-25.20 m) とほぼ同じであり, 嵯峨山ほか (2016) が指摘するMIS5e期の堆積面上に降灰 したと考えられ, 降灰時とは大きな時間差のな い再堆積物と推定される. 最後に, 試料34.93 ~34.90, 試料34.00~33.90および試料33.40~ 33.30 の 火 山 ガ ラ ス の 屈 折 率 は Spfl の 1.500-1.505 (町田・新井, 2003) とほぼ一致し, これらは対比可能である. Spflの噴出年代は約 4.1万年前であり(許ほか, 2001), 採取深度 34.95 mの植物片の¹⁴C 年代値が約35,600 cal BPであることから上記の火山灰層はSpfl の再 堆積物と推定される.

珪藻分析の結果は、Unit-IIの試料35.55(標 高-27.36 m)と試料27.90(標高-19.71 m)か らは海生種が20%前後の割合で産し、堆積環 境は汽水域であったことを示唆する.後期更新 世~完新世の海水準変動曲線(例えば、

Shackleton, 1987) と試料35.55および試料27.90 の採取標高を比較すると, 試料35.55が約8万年 前以前で, 試料27.90は約1万年前以降と推定で きる.以上から, 海洋酸素同位体ステージ(以 下, MIS)を用いて区分すると, SL-2コアの基 底である深度43.50 mから深度36.40 m(Toya再 堆積物より下位のシルト層基底)はMIS5e期, 深度36.40 mから深度34.95 m(泥炭薄層々準) はToya再堆積物を含むMIS5d期, 深度36.40 m から深度28.20 m(海生種珪藻を含むシルト層 基底)はMIS2-3期, 深度28.20 mから深度0.70 m はMIS1期(完新世)に相当すると思われる(Fig. 5).以上の区分は, LS-2コアの周辺ボーリン グの層序区分(嵯峨山ほか, 2017)と矛盾しな い(Fig. 6).

川上ほか (2012b) は, GS-HTB (当別町川下) ボーリングの沖積層を下位より礫質河川堆積 物 (ユニット2),蛇行河川の堆積物(ユニット3), 内湾の堆積物 (ユニット4),河川及び塩水湿 地の堆積物 (ユニット5)に区分している.こ れを参考に, LS-2コアの上部更新統〜完新統の 堆積環境を解釈すると以下の通りになる.SL-2 コアのUnit-IIの下部からSpflの再堆積層と約 3.6万年前の¹⁴C 年代値が得られていることか ら, Unit-II よよびUnite-II 下部は上部更新統に, Unit-II 上部は完新統の蛇行河川堆積物に相当 する.Unit-IIIは上位に向かって海生種珪藻の割 合が高くなり、Unit-IVは海生種の割合が最大と なる.以上から、Unit-IIIは蛇行河川から内湾環 境への移行区間、Unit-IVは内湾の堆積物と推定 される.砂層が卓越するUnit-Vは淡水種の珪藻 が優勢となり、Unit-IVに比べ塩分指数が低下す ることから海退が進行して河川堆積物へと移 行したと考えられる.Unit-VIでは泥炭が堆積す る氾濫源の環境へと変化したと推定される.

Unit-Ⅲ~Ⅳで海生種の割合が高く,全体と して塩分指数は上位に向かって増加→減少を 示し、約6,000年前を高頂期とする縄文海進と 引き続く海退を反映していると考える. 嵯峨山 (2018) による塩分濃度(x)と塩分指数(v) の関係式y=0.0654x+1.907を用いると、SL-2コア の最大塩分指数3.94(試料14.60)は塩分濃度 31 ‰に相当し、ほぼ海水と汽水の境界値を示 す. 嵯峨山ほか(2013)は, 最大塩分指数を示 す層準は高頂期に相当すると考えており、この 当時は大量の海水が内陸に流入したと推定さ れる.石狩砂丘が分布する現海岸線より直線で 41.5 kmの沖積層ボーリングコア(RS;長沼町 南長沼)からも海生種珪藻が多産(嵯峨山ほか, 2013) することから、汽水湖(古石狩湖) は紅 葉山砂丘から野幌丘陵東方の南長沼まで広が っていたと推定される(Fig.7).

岡ほか(1992)は札幌市北区北19条西12丁目 における第四系の基底の標高を-292 mとして いるが,層相による推定であり,更なる検証が 必要である.また,北川ほか(1985)は北大地 盤沈下井(HU孔;嵯峨山ほか,2007)におい て,逆帯磁期を示す深度150~134 m中に深度 135.7 mと同148~147 mに正帯磁期が存在する とし,これらをJaramillo事件(1.07~0.99 Ma: Cande and Kent, 1995)に相当するとしている. しかし,これらを裏付ける基礎データは公表さ れていないことから説得力に乏しい.この様に, 札幌市の低地下の第四系層序は不明な点が多 く,更なる調査・研究を行い,解明する必要が ある.

おわりに

上部更新統~完新統の層序を検討する上で, ¹⁴C年代の測定,火山灰や珪藻の分析は有効な 手法であり,これらの測定や分析は土木構造物



Fig. 7. Areal extent of the Paleo-Ishikari Lake at the maximum stage of the Holocene Transgression, ca 7,000 cal BP, deduced from the following boring cores: 12B-S4 (Sato et al., 2001; Kawakami et al., 2012d), HU (Sagayama et al., 2007), SSC-1, H16B-3, H16B-7, MHR-1 and YUB-1 (Sagayama et al., 2010), GS-HTB (Kawakami et al., 2012a), GS-HTF-1 (Kawakami et al., 2012b), GS-HIS-1 (Kawakami et al., 2012c), IS, TK and RS (Sagayama et al., 2013), GS-HTH-1 (Sagayama et al., 2015), and SB-1, MB-4, MB-5, MB-11 (Sagayama et al., 2016), and SL-2 (this study).

や建築物の基礎調査で得られたボーリングコ アを用いて行うことが可能である.多くの人々 が生活する石狩低地の地下地質の解明は,防災 や地下空間利用にとって重要な課題であり,今 後,各種の測定や分析のデータを蓄積し,更新 統~完新統の広域的層序に基づいた「浅部地盤 構造モデル」の構築が望まれる.

本論文の要点と結論は次の通りである.1) 札幌市東区においてボーリングにより長さ 43.50 mの後期更新世〜完新世堆積物(SL-2コ ア)が採取された.2)同堆積物の層序や堆積 環境の解明のために放射性炭素年代測定や火 山灰分析,珪藻分析を行った.3)火山灰分析 では,広域対比可能な約4.1万年前の支笏軽石 流堆積物(Spfl)や約11.3万年前の洞爺火山灰 (Toya),MIS5e期の新たな火山灰(札幌東区

火山灰, SHa)を認定した. 4) 珪藻分析から

縄文海進時の汽水環境を明らかにし、同海進高 頂期の汽水湖は紅葉山砂丘から南長沼まで広 がっていたことを示した.5)今回の結果は、 今後の石狩低地における地下地質の層序研究 にとって有用なデータの1つである。

謝 辞

株式会社ダイヤコンサルタント北海道支社 からは、SL-2コアの研究について許可していた だいた.同社の橋本綾佳さんにはpHおよび電 気伝導度を測定していただいた.北海道教育大 学岩見沢校の能條 歩氏には本論文を査読し ていただき、「総合地質」編集委員長の君波和 雄氏からは英文をはじめ、多くの指摘をいただ いた.記して感謝申し上げます.

文 献

- 赤松守雄・北川芳男・松下勝秀・五十嵐八枝 子,1981, サロベツ原野と石狩海岸平野お ける自然貝殻層の¹⁴C年代-日本の第四紀 層の¹⁴C年代-.地球科学,**35**,215-218.
- 赤松守雄・松下勝秀, 1984, 石狩西部地下に おける更新統の貝化石群と層序区分. 第四 紀研究, 23, 183-195.
- Cande, S.C. and Kent, D.V., 1995, Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the late Cretaceous and Cenozoic. *Jour. Geophys. Res.*, **100**, 6093–6095.
- 大丸裕武, 1989, 完新世における豊平川扇状 地とその下流氾濫原の形成過程. 地理評, 62, 589-603.
- 廣瀬 亘・川上源太郎・大津 直・木村克己, 2011,地盤ボーリングデータベースを用い た石狩低地沖積層解析谷地形の解析.日本 地 球 惑 星 科 学 連 合 大 会 予 稿 集, HQR022-P01.
- 許 成基・山崎 誠・佐高裕之・中川昌巳・ 秋山泰祐・平野令緒,2001,支笏火山噴出 層年代の再検討.地球科学,55,145-156.
- Igarashi, Y., 1975, Palynological study of subsurface geology of the coastal plain along the Ishikari Bay, Hokkaido, Japan. *The Quaternary Research*, **14**, 33-53.
- 五十嵐八枝子, 1985, 北海道の古気候-リス・ ウルム間氷期以降の気候の移りかわり-. 続北海道5万年史, 79-99.
- 五十嵐八枝子・山田 治・松下勝秀, 1989, 札幌市北部新琴似町における埋没泥炭の ¹⁴C 年代-日本の第四紀層の¹⁴C 年代(171) -. 地球科学, **43**, 186-188.
- 加藤 誠・二ッ川健二・菊池 純・松本和正, 1995, 札幌市の表層地盤と沖積層の構造. 土質工学会北海道支部技術報告集, **35**, 82 -89.
- 川上源太郎・舟引彩子・嵯峨山 積・中島 礼・ 仁科健二・廣瀬 亘・大津 直・磯前陽介・ 木村克己,2012a,北海道石狩平野,石狩 市親船地区で掘削された沖積層ボーリン グコア(GS-HIS-1)の層序学的および堆積学 的解析.地調研究報告,63,129-146.

- 川上源太郎・小松原純子・嵯峨山 積・仁科健 二・木村克己・廣瀬 亘・大津 直,2012b, 北海道当別町川下地区で掘削された沖積 層ボーリングコア (GS-HTB-1, GS-HTB-2) の層序学的および堆積学的解析.地質雑, 118, 191-206.
- 川上源太郎・嵯峨山 積・仁科健二・中島 礼・ 廣瀬 亘・大津 直・木村克己,2012c, 北海道当別町太美地区で掘削された沖積 層ボーリングコア(GS-HTF-1)の層序学 的および堆積学的解析.地調研究報告,63, 21-34.
- 川上源太郎・佐藤博文・石井正之・秋葉文雄・ 大津 直・田近 淳,2012d,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.
- 北川芳男・赤松守雄・松下勝秀・五十嵐八枝 子,1985,石狩低地帯の第四系(1)-中・ 下部更新統について-.北海道開拓記念館 研究年報,13,1-10.
- 町田 洋・新井房夫,2003,新編火山灰アト ラス-日本列島とその周辺.東京大学出版 会,336p.
- 松下勝秀, 1979, 石狩海岸平野における埋没 地形と上部更新統~完新統について. 第四 紀研究, 18, 69-78.
- 岡孝雄・輿水達司・高橋功二・秋葉文雄, 1992, 札幌市街下と西野地域の小樽内川層 および西野層の時代と対比.地質雑,97, 25-38.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Ramsy, C.B., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrick, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E. M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M., Plicht, J. van der, 2013, IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55, 1869–1887.

- 嵯峨山 積, 2018, 汽水湖の塩分濃度と湖底堆 積物の珪藻遺骸群集から求めた塩分指数 の関係. Diatom (日本珪藻学会誌), 34, 1 -7.
- 嵯峨山 積・藤原与志樹・井島行夫・岡村 聡・ 山田悟郎・外崎徳二,2013,北海道石狩平 野の沖積層層序と特徴的な2層準の対比. 北海道地質研究所報告,85,1-11.
- 嵯峨山 積・五十嵐八枝子・近藤 務・鎌田耕 太郎・吉田充夫・地徳 力・外崎徳二・工 藤千春・岡村 聰・加藤 誠,2007,札幌 市街域における150m掘削コアの第四系層 序.地質雑,113,391-405.
- 嵯峨山 積・井島行夫・藤原与志樹・岡村 聡・ 山田吾郎,2016,北海道野幌丘陵と近隣低 地の中~上部更新統ボーリングコアの層 序.地球科学,70,5-19.
- 嵯峨山 積・井島行夫・藤原与志樹・岡村 聡・ 山田吾郎・宿田浩司・赤松周平,2017,北 海道石狩平野の沖積層の基底とMIS5e期の 堆積面.地球科学,71,43-61.
- 嵯峨山 積・川上源太郎・仁科健二・大津 直・ 廣瀬 亘・木村克己,2015,北海道石狩平 野における沖積層ボーリングコアの珪藻 群集.北海道地質研究所報告,87,21-81.
- 嵯峨山 積・重野聖之・内田康人・七山 太・ 安藤寿男,2014,北海道東部厚岸湾岸の沖 積層コアと厚岸湖底表層堆積物の珪藻分 析-堆積環境・塩分指数・電気伝導度の検 討-.地球科学,68,99-108.

- 嵯峨山 積・外崎徳二・近藤 務・岡村 聡・ 佐藤公則,2010,北海道石狩平野の上部更 新統~完新統の層序と古環境.地質雑,116, 13-26.
- 佐藤 明・荻野克彦・岡 孝雄・池田章浩・ 岡村 聡,2007,北海道中央部札幌付近の 沖積層層序の再検討-地震動予測に用い る地盤構造モデル化に向けて-.日本地質 学会第114年学術大会講演要旨,47.
- 佐藤 明・嵯峨山 積・岡村 聡・井島行夫, 2016, 土木地質学的ボーリングの純地質学 への適用~札幌市周辺, 沖積低地の事例~. 全地連「技術フォーラム」熊本.
- 佐藤 明・嵯峨山 積・岡村 聡・井島行夫・ 橋本綾佳,2014,札幌市東区で掘削したボ ーリングコアから読む堆積環境-pH・電気 伝導度測定と珪藻分析-.日本応用地質学 会北海道支部・北海道応用地質研究会平成 26年度研究発表会講演予稿集,34,7-8.
- 佐藤博文・石井正之・大津 直・田近 淳, 2001,石狩低地帯,新篠津村の沖積層―層 序・年代・堆積環境―.日本応用地質学会 北海道支部,平成13年度研究発表会講演 予稿集,21,9-12.
- Shackleton, N.J., 1987, Oxygen isotopes, ice volumes and sea level. *Quatern. Sci. Rev.*, **6**, 183–190.
- 高木俊男・赤松守雄・高橋輝明,1990,北部 石狩低地帯の完新世自然貝殻層と古環境. 北海道開拓記念館研究年報,18,1-17.

Abstract

In order to elucidate stratigraphy and sedimentary environments of the Pleistocene and Holocene in the Ishikari Lowland, we carried out radiometric carbon age measurements, and analyses of volcanic ash and diatom for a boring core (SL-2) of 43.50 meter long obtained from the Higashi Ward, Sapporo, central Hokkaido. From volcanic ash analysis, we have identified the following three late Pleistocene ash layers useful for wide correlations: the Shikotsu Pumice Flow deposits (Spfl) of ca 4.1 ka, the Toya volcanic ash (Toya) of ca 11.3 ka and newly identified Sapporo Higashi-ku volcanic ash (SHa) in MIS5e. Our and previous studies on diatom fossils indicate the Paleo-Ishikari Lake, a brackish water lake, had spread over a wide area from the Momijiyama dune to the Minami-naganuma at the maximum stage of the transgression, 7,000 cal BP. The stratigraphic and environmental data presented in this study provide insights into the Quaternary evolution of the Ishikari Lowland.