

< 論 説 >

北海道札幌市北区の上部更新統～完新統ボーリング層序；札幌扇状地 堆積物の基底年代と MIS 5a の海面高

嵯峨山 積^{1) 2)}・井島 行夫³⁾・岡村 聡^{1) 4) 5)}・阪田 義隆⁶⁾

Stratigraphy of the upper Pleistocene to Holocene boring in the Kita Ward,
Sapporo, Japan; Geologic time of the Sapporo fan deposits, and sea level of
the MIS 5a

Tsumoru Sagayama^{1) 2)}, *Yukio Izima*³⁾, *Satoshi Okamura*^{1) 4) 5)}
and *Yoshitaka Sakata*⁶⁾

2020 年 6 月 8 日受付

2020 年 8 月 1 日受理

1) 北海道総合地質学研究センター 〒069-0834 江別市文京台東
町 18 番地の 12 嵯峨山気付

Hokkaido Research Center of Geology, c/o Sagayama,
Ebetsu 069-0834, Japan

2) 酪農学園大学 〒069-8501 江別市文京台緑町 582 番地
Rakuno Gakuen University, Ebetsu 069-8510, Japan

3) 〒061-1132 北広島市北進町 3 丁目 4 番地 10
Hokushin 3-4, Kitahiroshima 061-1132, Japan

4) 北海道土質試験協同組合 〒003-0831 札幌市白石区北郷 1 条 8
丁目
Hokkaido Soil Research Co-operation, Sapporo 003-0831,
Japan

5) 北海道教育大学 〒002-8502 札幌市北区あいの里 5 条 3 丁目
Hokkaido University of Education, Sapporo 002-8502,
Japan

6) 北海道大学大学院工学研究院 〒060-8628 札幌市北区北 13 条
西 8 丁目
Faculty of Engineering, Hokkaido University, Sapporo 060-
8628, Japan

Corresponding author: T. Sagayama, tsaga@hrcg.jp

Keywords: stratigraphy, upper Pleistocene to Holocene,
boring, Sapporo fan deposits, sea level, MIS 5a

はじめに

石狩湾沿岸から苫小牧沿岸に至る石狩低地帯（長尾，1941）の北部に位置する石狩平野（狭義）は，扇状地や氾濫原，後背湿地，砂丘などが広がり，地下には氷河性海水準変動の影響を受け堆積した上部更新統～完新統が分布する．同平野には多くの都市が存在し，同層の層序や分布の解明は地震防災や地下空間利用，地下水資源開発などにとって重要な課題である．石狩平野の地下地質の層序や堆積環境などは徐々に解明されつつあるものの，地層区分や地質年代が明瞭なボーリングは今なお少

要旨

札幌市北区で長さ 44.00 m の N 8・1 コア（後期更新世～完新世堆積物）が採取され，同堆積物の層序や堆積環境の解明のために火山灰分析と珪藻分析を行った．火山灰分析で深度 43.58 m 前後で約 10.6 万年前降灰の洞爺火山灰（Toya）を，深度 19.42 m 前後で約 4.1 万年前噴出の支笏軽石流堆積物（Spfl）の挟在層準を認定し，珪藻分析で深度 24.35 m 前後のシルトの堆積環境は淡水域であったことを明らかにした．札幌扇状地堆積物の堆積開始は後期更新世の MIS 5e，またはそれ以前と考えられる．N 8・1 と北大地盤観測井（HU），地質研究所井（GSH）に挟在する泥質物の堆積環境から，MIS 5a の最高海面は標高－13 m 前後と推定した．

なく，更なる研究が必要とされている．

2011 年に札幌市北区で建築物の基礎調査用ボーリングが行われ，掘削位置は北 8 条西 1 丁目であることから，名称を N 8・1 ボーリングとし以下に述べる．得られたコアは主に砂礫からなる扇状地堆積物で，同堆積物の層序と堆積環境を明らかにするために，火山灰と珪藻の分析を行った．その結果，約 106 ka 降灰（東宮・宮城，2020）の洞爺火山灰（以下，Toya と称す）と約 41 ka 噴出（許ほか，2001）の支笏軽石流堆積物（Katsui，1963：Spfl）の挟在層準と淡水生珪藻の産出を確認し，更に扇状地堆積物基底の地質年代や MIS 5a 期の最高海

面高を検討した。なお、札幌扇状地は豊平川扇状地とも称される（例えば山口ほか，1964；大丸，1989 など）が，本文では同扇状地の最初の研究である小山内ほか（1956）に従い前者を用いることとし，同扇状地を形成する堆積物を札幌扇状地堆積物とした。

主な研究

石狩平野地下の上部更新統～完新統の層序検討は小山内ほか（1956）による5万分の1地質図幅調査が最初で，その後，山口ほか（1964，1965）が水理地質学の立場から帯水層区分を行い，湊ほか（1968）はSpflより上位の地層を軟弱地盤地質系統として区分している。更に，大島（1974）の沖積層区分や基底深度の研究，五十嵐・熊野（1974）の札幌市手稲中継ポンプ場と荻戸中継ポンプ場の沖積層についての花粉分析，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・松下（1984）の貝化石群集や放射性炭素年代（ ^{14}C 年代）測定値による第四系の層序区分，五十嵐ほか（1989）の札幌市新琴似でのToyaの挟在を公表している。大丸（1989）は完新世における豊平川扇状地と氾濫原低地の形成過程を解明し，高木ほか（1990）は札幌市東区栄町のボーリングコア中の貝化石群集から地史を検討している。佐藤ほか（2001）は新篠津村武田地区での沖積層ボーリングコアについて解析し，川上ほか（2012d）により再整理され，廣瀬ほか（2011）は既存ボーリング資料を用いて沖積層基底礫層の上限標高を示している。嵯峨山ほか（2007）は

北大地盤観測井（以下，HU）の層序を検討し，北川ほか（1985）は同コアの標高-139～-123 mに逆帯磁期が認められ，その中の標高-137～-136 mに存在する正帯磁期はJaramillo事件に相当するとしている。嵯峨山ほか（2010）の珪藻分析による沖積層の広域的検討や，川上ほか（2012a, b, c）の堆積学的観点からの沖積層の層序解明がなされている。また，沖積層の特徴的な2層準の検討（嵯峨山ほか，2013）や地質研究所観測井（以下，GSH）の層序検討とHU孔の層序対比（嵯峨山ほか，2014），札幌市東区のSL-2（佐藤ほか 2014；嵯峨山ほか 2018）の検討，4本のボーリングの珪藻群集による堆積環境対比（嵯峨山ほか，2015），野幌丘陵と近隣低地の中～上部更新統の層序検討（嵯峨山ほか，2016），沖積層の基底とMIS 5e 堆積面の研究（嵯峨山ほか，2017）などが行われている。

地形・地質とボーリング概要

札幌市の北半分を含む石狩低地は石狩平野の石狩湾臨海部に位置し，地形は扇状地と氾濫原・後背湿地に大きく区分される。扇状地は西方の山地に沿って南より札幌扇状地，円山扇状地，琴似扇状地，発寒扇状地および星置扇状地が発達する。豊平川により形成された札幌扇状地は，扇状地面の高さの違いにより平岸面（小山内ほか，1956）と札幌面（藤木，1974）に区分され，平岸面は札幌市南区真駒内付近の標高80～90 mを扇頂とし，札幌面はJR札幌駅北側の標高15 m付近まで広がる。氾濫原・後背湿地は札幌扇状地以北に広がり，礫や

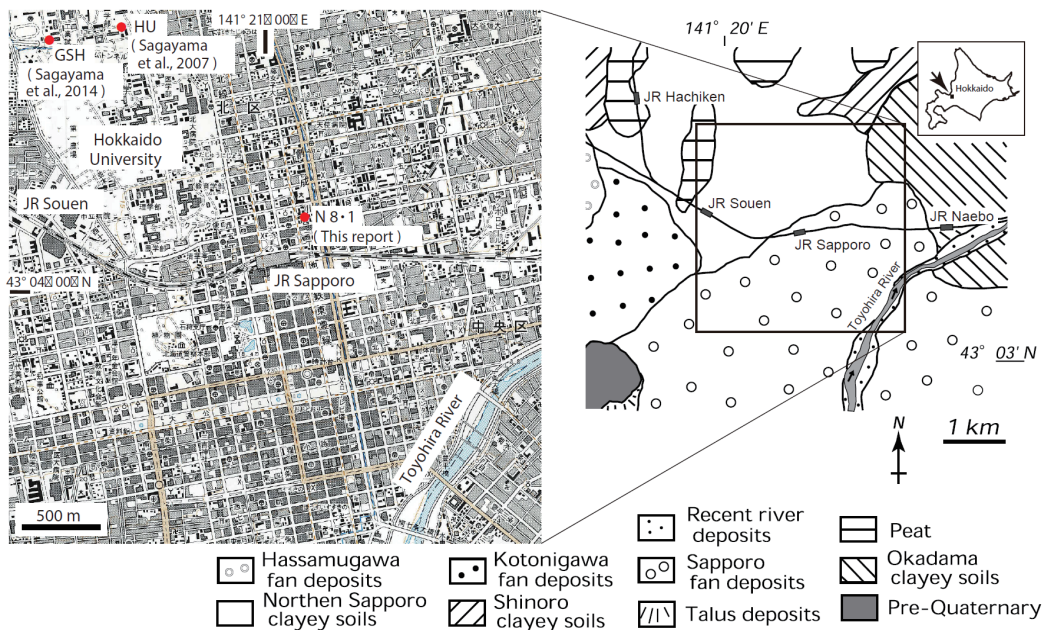


Fig. 1 Boring sites of N8・1, HU and GSH in Sapporo on topographic map of the Sapporo quadrangle (1 : 25,000-scale) of Geospatial Information Authority of Japan.

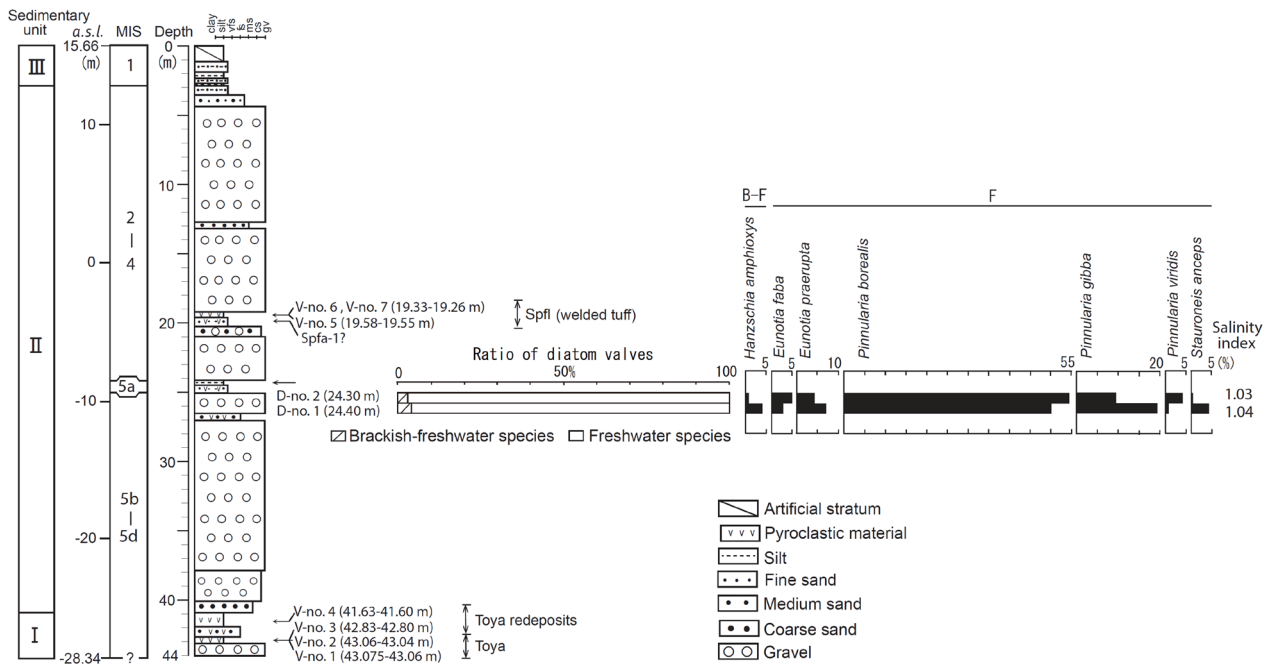


Fig. 2 Geologic column, sampling horizons, results of diatom analysis, salinity index obtained by diatom analysis and N values for N8-1 core. Toya: Toya volcanic ash, Spfl: Shikotsu Pumice Flow deposits, B-F: brackish to freshwater species, F: freshwater species.

砂，粘土からなる河川堆積物や泥炭などが分布する。

扇状地を形成する札幌扇状地堆積物は豊平川などにより供給された砂や礫，粘土などからなる。厚さは50 m前後で，深度25～30 mのシルト層を境に上下に区分され（北川，1990），上部は主に中礫以上の砂礫からなり，下部は砂礫層からなる。小山内ほか（1956）は，ほぼ同じ標高で広く分布する厚さ数mの泥炭層や泥炭質シルト層（山口ほか，1965）より上位の砂礫層を札幌扇状地堆積物としている。札幌扇状地堆積物の地質年代については，札幌市教育員会編（1989）は最終氷期から完新世のものとしている。大丸（1989）は更新世の扇状地礫層（平岸面堆積物）の下位にSpflより古い扇状地礫層が存在するとしている。また，大丸（2003）は，Spflより下位に連続性のよい埋没段丘面があり，本面は豊平川扇状地を示すものの，詳細な年代については不明としている。

N 8-1 ボーリングコアは，2011年3月に建物の支持基盤層確認のために深度44.50 m（標高-28.34 m）までの掘削により採取された。掘削位置はJR札幌駅より約325 m北東方の札幌市北区北8条西1丁目（北緯43° 04' 16.1"，東経141° 21' 11.7"）で（Fig. 1），札幌扇状地（札幌面）のほぼ末端部に位置し，地盤標高は15.66 mである。孔内地質は著者の一人（阪田）により記載され，以下にそれに基づいて述べる。砂礫が大半を占め，下部付近に火山灰が，中央部に火山灰とシルトがそれぞれ挟在し，最上部は砂や粘土からなり，層相に

基づき下位よりI～IIIのユニットに区分される。ユニットIは深度44.00～40.95 mで，深度44.00～43.07 mは粗砂と安山岩質な直径1 cm前後の細礫からなる。深度43.07～42.68 mは褐色の細粒火山灰～砂質火山灰で，深度43.075～43.06 m，同43.06～43.04 m，同42.83～42.80 mで火山灰分析用試料V-no. 1～V-no. 3を採取した。深度42.68～41.97 mは淘汰良好な暗褐色の火山灰質砂で，深度41.97～40.95 mは砂混じりの粗粒火山灰からなり，深度41.63～41.60 mで火山灰分析用試料V-no. 4を採取した。ユニットIIは深度40.95～2.70 mで，深度40.95～39.70 mは褐色で直径1 mm前後の粗砂からなり，全体的に火山灰質である。39.70～37.89 mは安山岩質な直径1 cm前後の細礫からなる。深度37.89～26.87 mは直径6 cm以下の安山岩質礫と中～粗砂を主体に，一部に粘土を含む。深度26.87～26.62 mは褐色の火山灰質砂で，深度26.62～25.05 mは安山岩質礫と中～粗砂からなり，深度25.05～24.48 mは厚さ数cm単位の火山灰質シルトと細砂の互層を呈する。深度24.48～24.13 mはやや砂混じりの塊状シルトで，深度24.40 mと同24.30 mで珪藻分析用試料D-no. 1とD-no. 2を採取した。深度24.13～20.22 mは安山岩質礫と中～粗砂からなり，部分的に粘土を挟む。深度20.22～19.73 mは火山灰質砂から火山灰質シルトへと上方細粒化し，深度19.73～19.60 mでは褐色で淘汰良好な火山灰が認められる。深度19.60～19.20 mは白色の火

山灰と直径数 cm の軽石や岩片からなり、硬く溶結している。火山灰分析用試料 V-no. 5 は深度 19.58 ~ 19.55 m で、同 V-no. 6 と V-no. 7 は深度 19.33 ~ 19.26 m で採取した。深度 19.20 ~ 13.01 m は安山岩質礫と中〜粗砂を主体に、部分的に火山灰や粘土が混入する。深度 13.01 ~ 12.67 m は淘汰良好な中砂からなり、上方粗粒化を呈する。深度 12.67 ~ 4.30 m は安山岩質礫と中〜粗砂からなり、部分的に火山灰や粘土が混じる。礫は直径 5 cm 以下で、垂角〜垂円状である。深度 4.30 ~ 2.70 m は細〜中砂からシルト質砂、シルトへと上方細粒化を呈し、細〜中砂は火山灰質で、シルト質砂には長さ数 mm の植物根が混入する。ユニットⅢは深度 2.70 ~ 0.00 m で、深度 2.70 ~ 1.15 m は下位より火山灰質なシルト質砂、粘性のあるシルト、厚さ数 cm の火山灰を挟むシルト質砂が累重する。最上部の深度 1.15 ~ 0.00 m は垂角礫やビニール片などが混入する人工層である (Fig. 2)。

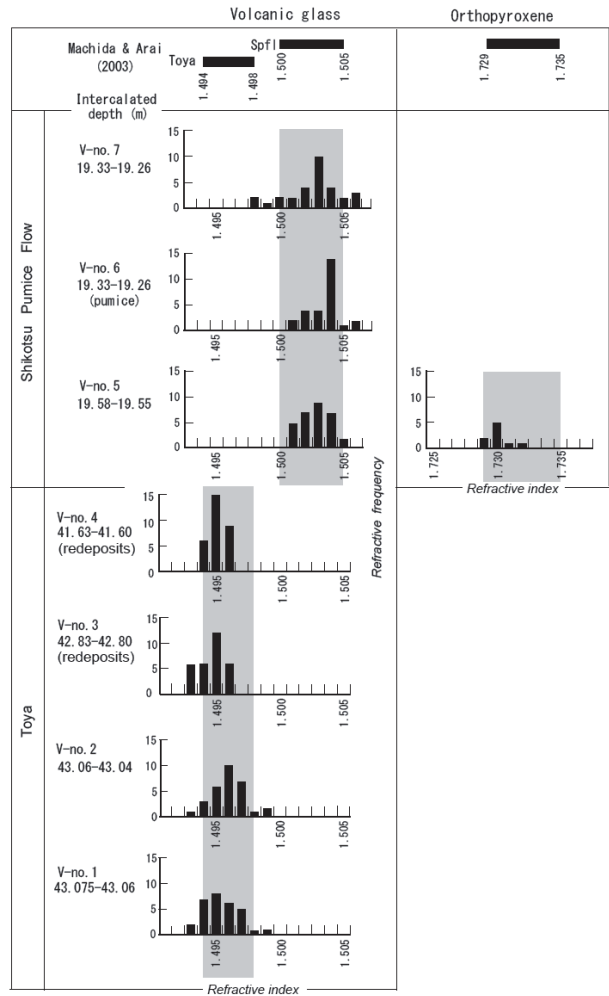


Fig. 3 Refractive index histograms of volcanic glass and orthopyroxene for Shikotsu Pumice Flow deposits (Spfl) and Toya volcanic ash fall (Toya) in N8-1 core.

Table 1 List of diatom fossils yielded from two geologic samples, D-no. 1 and D-no. 2, of N8-1 core.

Name of species / Geologic sample	Ecol.	D-no.1 D-no.2	
		24.4	24.3
<i>Cymbella naviculiformis</i> Auerswald	F	1	1
<i>C. silensiaca</i> Bleisch	F	1	
<i>Eunotia faba</i> (Ehr.) Grun.	F	3	5
<i>E. glacialis</i> Meister	F		2
<i>E. praerupta</i> Ehr.	F	7	4
<i>E. spp.</i>	F		2
<i>Hantzchia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.	B-F	4	1
<i>Navicula contenta</i> Grun.	F	4	1
<i>N. mutica</i> Kütz.	B-F		2
<i>N. bisulcatum</i> (Lagenstedt) Cleve	F	1	
<i>Pinnularia aestuarii</i> Cleve	F	1	2
<i>P. borealis</i> Ehr.	F	50	54
<i>P. gibba</i> Ehr.	F	19	14
<i>P. lagenstedtii</i> (Cleve) Cleve-Euler	F	2	
<i>P. microstauron</i> (Ehr.) Cleve	F	1	
<i>P. subcapitata</i> (Ehr.) Greg.	F		1
<i>P. sudetica</i> (Hilse) Peragallo	F		3
<i>P. viridis</i> (Nitzsch.) Ehr.	F		3
<i>P. spp.</i>	F	2	4
<i>Stauroneis anceps</i> Ehr.	F	4	1
Total valves counted		100	100
(x5)	M	0	0
(x4)	M-B	0	0
(x3)	B	0	0
(x2)	B-F	4	3
(x1)	F	96	97
Total		100	100
Index (mean value)		1.04	1.03

M: Marine species, M-B: Marine to brackish species, B: Brackish species, B-F: Brackish to freshwater species, F: Freshwater species

分析方法

1. 火山灰分析

火山灰分析用試料の V-no. 1 (細粒火山灰) は深度 43.075 ~ 43.06 m, V-no. 2 (細粒火山灰) は深度 43.06 ~ 43.04 m, V-no. 3 (砂質火山灰) は深度 42.83 ~ 42.80 m, V-no. 4 (砂質火山灰) は深度 41.63 ~ 41.60 m, V-no. 5 (軽石質火山灰) は深度 19.58 ~ 19.55 m, V-no. 6 (軽石) と V-no. 7 (火山灰) は深度 19.33 ~ 19.26 m でそれぞれ採取された。これら 7 試料を水洗いした後、約 60 °C で乾燥し、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て、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。本方法は横山ほか(1986)により実用化された温度変化型測定法の一つで、井島・春日井 (1980) や春日井ほか (1980) により改良されたものである。火山ガラスの形態は町田・新井 (2003) の分類によった。

2. 珪藻分析

珪藻分析用試料は深度 24.40 m (D-no. 1) と同 24.30 m (D-no. 2) で採取したシルトで、生物用顕微鏡の 1,000 倍で鑑定を行った。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。算定数は 1 試料につき 100 殻で、群集組成から塩分指数 (嵯峨山ほか, 2010, 2014) を求めた。本指数は海生種や海〜汽水生種が多い場合には 5 に近くなり、当時

の塩分濃度が高かったと、淡水生種や汽～淡水生種が多い場合には1に近くなり、塩分濃度が低かったと推定される。

分析結果

1. 火山灰分析

V-no. 1 は火山ガラスが極めて豊富で、厚みのある形状をなし、町田・新井 (1992) の軽石型を示す。火山ガラス屈折率のレンジとモードは、それぞれ 1.493-1.499 と 1.494-1.497 である。V-no. 2 も同様に火山ガラスが極めて豊富で、厚みのある形状をなし、軽石型を示す。火山ガラス屈折率のレンジとモードは 1.493-1.499 と 1.495-1.497 である。V-no. 3 も火山ガラスが極めて豊富で、厚みのある形状をなし、軽石型を示す。火山ガラス屈折率のレンジとモードは 1.493-1.496 と 1.495 である。V-no. 4 も同じく火山ガラスが極めて豊富で、厚みのある形状をなし、軽石型が多く町田・新井 (1992) のバブル壁型がわずかに存在する。火山ガラス屈折率のレンジとモードは 1.494-1.496 と 1.495 である。V-no. 5 は火山ガラスは豊富で、多くの軽石型とわずかなバブル壁型が存在し、有色鉱物は乏しい。火山ガラス屈折率のレンジとモードは 1.501-1.505 と 1.502-1.504 で、斜方輝石屈折率のレンジは 1.729-1.732 である。V-no. 6 は同様に火山ガラスが豊富で、軽石型とバブル壁型のいずれもが認められる。火山ガラス屈折率のレンジとモードは 1.501-1.506 と 1.504 である。

V-no. 7 も火山ガラスが豊富で、軽石型とバブル壁型が存在し、有色鉱物は極めて乏しく、火山ガラス屈折率のレンジとモードは 1.498-1.506 と 1.503 である (Fig. 3)。

2. 珪藻分析

D-no. 1 (深度 24.40 m) と D-no. 2 (深度 24.30 m) ではいずれも淡水生種が 95% 以上を占め、わずかに汽～淡水生種である *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun. や *Navicula mutica* Kütz. が産する。優勢種は付着性淡水生種の *Pinnularia borealis* Ehr. で、D-no. 1 では 50 %, D-no. 2 では 54 % を占める。その他、*Pinnularia gibba* Ehr. や *Eunotia praerupta* Ehr. が随伴する (Table 1, Fig. 2)。千葉・澤井 (2014) によれば、*Hantzschia amphioxys* や *Navicula mutica*, *Pinnularia borealis* は陸生珪藻 A 群集に、*Pinnularia gibba* は湖沼湿地付着生種群に区分される。塩分指数は D-no. 1 が 1.04, D-no. 2 が 1.03 で、いずれも淡水の区分に相当する。

考 察

1. N8・1 コアと札幌扇状地堆積物の地質年代

今回の火山灰分析の結果から、V-no. 1 ~ V-no. 2 の火山ガラスの屈折率が Toya の 1.494-1.498 (町田・新井, 2003) にほぼ相当し、厚みのあるガラス形状や軽石型を示す点から、これらは Toya に対比可能と考える。V-no. 3 ~ V-no. 4 は、上記の 2 試料に比べ、屈折率レンジが異なることから Toya の再堆積の可能性はある。V-no. 5 ~ V-no. 7 の火山ガラスの屈折率は Spfl

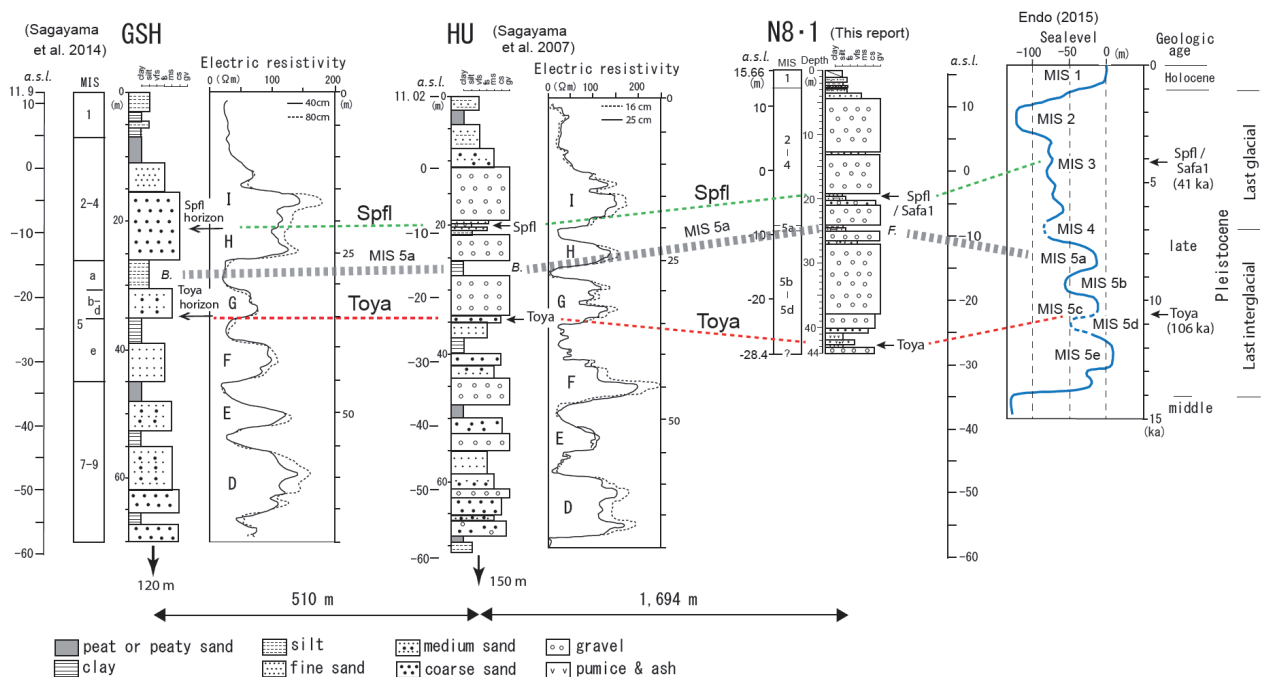


Fig. 4 Correlation of N8・1 core with two neighboring boring cores (HU and GSH), and sea level curve for the late Pleistocene to Holocene. The coring sites are shown in Fig. 1. Geologic columns of HU and GSH are after Sagayama (2007, 2014). Toya: Toya volcanic ash fall, Spfl: Shikotsu Pumice Flow deposits, Spfa 1: Shikotsu Pumice Fall deposits 1, B.: Brackish, F.: Freshwater.

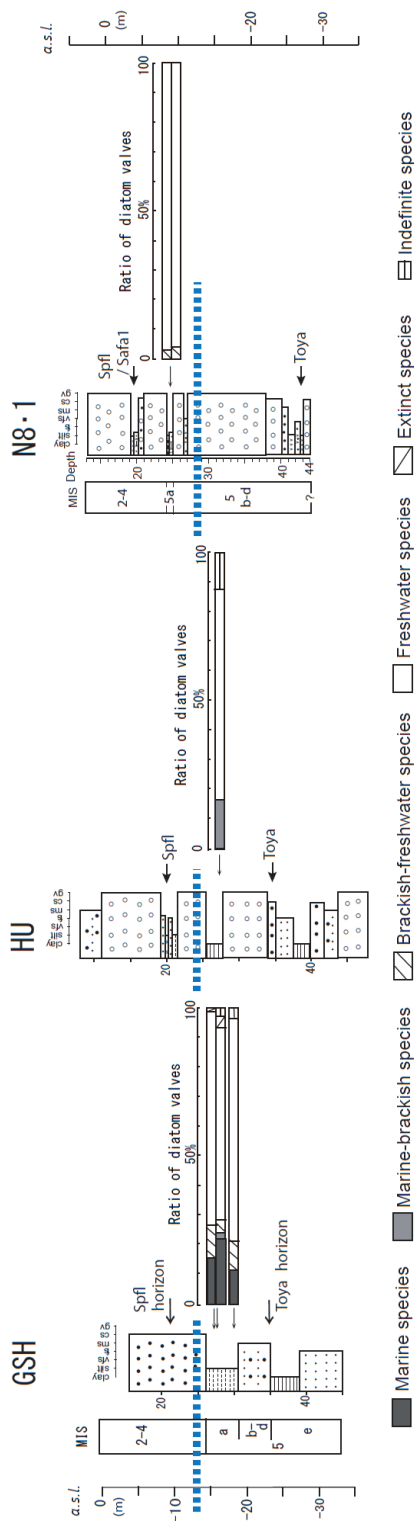


Fig. 5 Ratio of diatom valves of MIS 5a stage deposits in three boring cores, and the maximum sea level at that time. Blue broken line shows sea level in MIS 5a.

の1.500-1.505 (町田・新井, 2003) にほぼ相当し, V-no. 5の斜方輝石の屈折率も約41 ka噴出のSpflの1.729-1.735 (町田・新井, 2003) 以内に収まる。このため、これら3試料はSpflに相当すると考えるものの、V-no. 7の屈折率レンジは他の2試料に比べ低い部分(1.498-1.499)が認められる。以上から、N 8・1コアは基底部にToyaを挟在する後期更新世～完新世の堆積物と考える。

D-no. 1とD-no. 2の産出珪藻種から、深度24.48～24.13 mの塊状シルトは沼沢湿地における堆積物と推定される。

以上から、N 8・1コアの地質年代は深度44～25.05 mは下部にToyaが挟在することからMIS 5d～MIS 5b、深度25.05～24.13 mは次章で述べる根拠からMIS 5a、深度24.13～2.70 mはSpflを挟在することからMIS 4～MIS 2、深度2.70～0.00 mはMIS 1と推定した (Fig. 2)。

N 8・1の層相記載では、標高約3 mに挟在するSpfl (厚さ40 cm) は溶結しているとされている。札幌市南区石山をはじめ様々な所で観察でき、Spflの溶結部は非溶結部と累重している。一方、N 8・1コアでは非溶結部は認められないことから溶結部の礫の可能性もあり、今後の検討が必要である。また、溶結部の下位の火山灰 (深度19.73～19.60 m) は淘汰良好であることから降下火山灰の可能性が考えられ、今後の検討課題である。

次に、札幌扇状地堆積物の地質時代について検討する。小山内ほか (1956) は水井戸柱状図から札幌扇状地堆積物の厚さは最大で60～70 mとし、同堆積物の直下に泥炭層を確認している。山口ほか (1965) は、札幌扇状地堆積物の厚さを50 m前後とし、同堆積物直下に泥炭や泥炭質シルトが存在することを認めている。札幌扇状地堆積物と泥炭や泥炭質シルトの境界は札幌面の扇央部で深度54 m前後、扇端部で深度45 m前後で、標高はほぼ-30 m～-37 mである。N 8・1コア掘削地点の約1.7 km北西方に位置するHUでは標高-38 m前後に厚さ約2 mの泥炭や泥炭質粘土が、同じくGSHでは標高-35 m前後に厚さ約3 mの泥炭がそれぞれ挟在し、上記の標高-30 m～-37 mとほぼ同じ高度であることから、これらの泥炭や泥炭質シルト、泥炭質粘土はほぼ水平に連続すると考える。HUでは、約106 ka (MIS 5d) 降灰のToyaの標高は-22.98 mで、上記の泥炭や泥炭質粘土はToyaより古く、同堆積物基底の時代はMIS 5eまたはそれ以前と思われる。

2. 既存井対比とMIS 5a期の海面高

N 8・1コア掘削地点の北西方のHU (嵯峨山ほか, 2007) とGSH (嵯峨山ほか, 2014) では礫を主体とする中～後期更新世堆積物が累重する。HUにはToya (106 ka) とSpfl (41 ka) の層準が確認されており、GSHでは電気検層曲線に基づくHUとの対比から、両火山灰の層準は推定されている (嵯峨山ほか, 2014)。これら3本のボーリングの地質対比をFig. 4に示す。N 8・1のToya層準は標高約-27.40 mで、HUの標高-22.98 mに比べ約4.4 m低く、原因としては扇状地における

微地形, または当時の豊平川の河川流路の可能性が考えられる。

札幌扇状地堆積物は深度 25 m 付近に細砂またはシルトの薄層を挟在し (山口ほか, 1965), これを境に上下に区分される (北川, 1990)。N 8・1 においても深度 24.48 ~ 24.13 m (標高 - 7.88 ~ 7.53 m) に塊状シルトが, HU では深度 27 m (標高 - 15.98 m) 付近に厚さ 1.3 m の粘土がそれぞれ認められ, これらの泥質堆積物は Toya と Spfl の挟在層準のほぼ中央に位置することから同時代の堆積物で, 更に, GSH の深度 27 m (標高 - 15.10 m) 付近の粘土まで水平方向に追跡できる。上記の 3 つのボーリングの泥質堆積物からは珪藻化石が産し, 今回明らかにした様に N 8・1 での堆積環境は淡水域を示唆する, 一方, HU の粘土からは海～汽水生種が 16 殻, 淡水生種が 71 殻で (嵯峨山ほか, 2007), GSH の粘土では海～汽水生種は 11 ~ 23 殻, 汽～淡水生種は 70 ~ 84 殻産し (嵯峨山ほか, 2014), いずれも低塩分濃度の汽水的環境を示す (嵯峨山ほか, 2007, 2014)。すなわち, 当時の海水は HU や GSH まで達していたものの, N 8・1 までは到達しなかったと考える。後期更新世～完新世海面変化曲線 (遠藤, 2015) によれば, 高海面期は最終間氷期の MIS 5e, MIS 5c, MIS 5a と, 完新世の MIS 1 で, Toya と Spfl の間に存在する上記の泥質堆積物は MIS 5c または MIS 5a に堆積したと推定できる。同堆積物の時代が MIS 5c (105.6 ~ 93.6 ka; 五十嵐, 2009) の高頂期とすると, これと Spfl (41 ka) 間の約 6 万年間の堆積物の厚さは約 5 m のみであることから MIS 5c の可能性は低く, 同堆積物は MIS 5a のものと思われる。

N 8・1 コア中の MIS 5a の堆積物である塊状シルトの挟在標高は約 - 7.70 m で, 淡水の堆積環境を示し, 同じく HU や GSH の粘土層は約 - 15.50 m で, 汽水を示すことから, 当時の海面高は - 15.50 m と - 7.70 m の間に位置すると推定される。更に, HU や GSH の粘土層から産した海生種や海～汽水生種の割合が小さいことから少量の海水が流入した低塩分濃度の堆積環境であることが読み取れる。このため, 粘土層堆積当時の海面は標高約 - 15.50 m より若干上位, すなわち標高 - 13 m 前後に存在していたと考える (Fig. 5)。町田 (2003) は, 海洋酸素同位体変動 (Shackleton, 1987) からは MIS 5c や 5a の最高海面高はともに標高 - 20 ~ - 25 m と見積もられるものの, アイソスタシーやジオイド性ユースタシーの影響が無視できるバハマでの標高 - 15 ~ - 18 m (Richards et al., 1994) や, バルバドスの標高 - 13 ~ - 18 m (Gallup et al., 1994), ハイチの標高

- 13±2 m (Dodge et al., 1983) を考慮し, 「海成段丘アトラス」 (小池・町田, 2001) ではいずれの期の最高海面高も標高 - 15 m としたと述べている。本海面高は, 今回の推定した海面高とはわずか 2 m 差で, ほぼ一致すると考える。なお, 垂直地盤変動量については論じるための具体的資料がないことから考慮しておらず, 更なる検討データが必要と考える。

おわりに

石狩平野地下に分布する上部更新統～完新統の層序や堆積環境の研究にとって火山灰分析と珪藻分析は有用な解析手段で, 特に Toya と Spfl は地質時代を認定する鍵層となる。これに ^{14}C 年代や古地磁気測定, 花粉分析などを加味することで飛躍的に研究精度は高くなると考える。

本論の要約は次の通りである。1) 札幌市北区で長さ 44.00 m の N 8・1 コア (後期更新世～完新世堆積物) が採取され, 同堆積物の層序や堆積環境の解明のために火山灰分析と珪藻分析を行った。2) 火山灰分析では深度 43.58 m 前後で約 10.6 万年前降灰の洞爺火山灰 (Toya) と深度 19.42 m 前後で約 4.1 万年前噴出の支笏軽石流堆積物 (Spfl) の挟在層準を認定し, 珪藻分析では深度 24.35 m 前後のシルトで淡水域環境を確認した。3) 札幌扇状地堆積物の堆積開始は MIS 5e またはそれ以前と考えられる。4) N 8・1 と隣接の北大地盤観測井 (HU), 地質研究所観測井 (GSH) との地層対比を行い, MIS 5a とした泥質堆積物の堆積環境を基に, 当時の最高海面は標高 - 13 m 前後と推定した。

謝 辞

8・1 再開発組合からは N8・1 コアの研究と公表について許可していただき, 伊藤組土建の小野忠廣氏には仲介の労を取っていただいた。査読は北海道総合地質学研究センターの会員の宮坂省吾氏 (株式会社アイピー) と岡 孝雄氏 (株式会社北海道技術コンサルタント) により行われ, 適切な指摘により本論を改善することができた。火山灰分析は北海道教育大学札幌校の, 珪藻分析は北海道大学北方生物圏フィールド科学センター植物園の施設と装置を利用して行った。記して感謝申し上げます。

引用文献

- 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.
- 千葉 崇・澤井祐紀, 2014, 環境指標種群の再検討と

- 更新, Diatom (日本珪藻学会誌), **30**, 17-30.
- 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.
- 大丸裕武, 2003, 豊平川扇状地, 日本の地形 2 北海道, 東京大学出版会, 256-257.
- Dodge, R. E., Fairbanks, R. G., Benniger, L. K. and Maurrased, F., 1983, Pleistocene sea level from raised coral reefs of Haiti. *Science*, **219**, 1423-1425.
- 遠藤邦彦, 2015, 日本の沖積層—未来と過去を結ぶ最新の地層—, 富山房インターナショナル, 415p.
- 藤木忠美, 1974, 北海道主部における最終氷期の河川地形変動, 第四紀研究, **12**, 211-221.
- Gallup, C. D., Edwards, R. I., and Johnson, R. G., 1994, The timing of high sea level over the past 200,000 years. *Science*, **263**, 796-800.
- 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.
- 五十嵐八枝子, 2009, 北西太平洋・鹿島沖コア MD01-2421 の MIS 6 以降の花粉記録: 陸域資料との対比, 地質学雑誌, **115**, 357-366.
- 五十嵐八枝子・熊野純男, 1974, 札幌市北方低地帯における沖積世の古気候変遷, 第四紀研究, **13**, 48-53.
- 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 ^{14}C 年代—日本の第四紀層の ^{14}C 年代 (171) —, 地球科学, **43**, 186-188.
- 井島行夫・春日井 昭, 1980, 位相差偏光顕微鏡による斜方輝石, 角閃石および火山ガラスの屈折率の測定, 軽石学雑誌, **6**, 83-86.
- 春日井 昭・藤田 亮・細川貢四郎・岡村 聡・佐藤博之・矢野牧夫, 1980, 南部石狩低地帯の後期更新世のテフラ—斜方輝石の屈折率と Mg-Fe 比との比較研究—, 地球科学, **34**, 1-15.
- Katsui, Y., 1963, Evolution and magmatic history of some krakatoan calderas in Hokkaido, Japan. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ.*, ser. 4, **11**, 631-650.
- 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) の層序学および堆積学的解析, 地質雑誌, **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 ^{14}C 年代, 北海道地質研究所報告, 84, 69-78.
- 北川芳男, 1990, 札幌周辺地域, 日本の地質 1 北海道地方, 共立出版, 134-136.
- 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.
- 小池一之・町田 洋編著, 2001, 日本の海成段丘アトラス, 東京大学出版会, 105p.
- 町田 洋, 2003, 海面変化史, 第四紀学, 朝倉書店, 147-152.
- 町田 洋・新井房夫, 1992, 火山灰アトラス—日本列島とその周辺—, 東京大学出版会, 276p.
- 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.
- 町田 洋・新井房夫・宮内崇裕・奥村晃史, 1987, 北日本を広くおおむ洞爺火山灰, 第四紀研究, **26**, 129-145.
- 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.
- 湊 正雄・藤原嘉樹・熊野純男, 1968, 札幌市周辺の地盤について, 北海道における特異地盤に対する地震緊急対策に関する研究, 4, 9-26.
- 長尾 巧, 1941, 札幌—苫小牧低地帯 (石狩低地帯), 矢部教授還暦記念論文集, 2, 677-694.
- 大島和雄, 1974, 釧路平原の沖積世地盤変動について, 1973 年 6 月 17 日根室半島沖地震調査報告, Part 1, 研究代表者: 酒井良男, 昭和 48 年度文部省科学研究費自然災害特別研究 (1) 802029, 1-9.

- 小山内 熙・杉本良也・北川芳男, 1956, 5 万分の 1 地質図幅「札幌」及び同説明書. 北海道立地下資源調査所, 64p.
- Richards, D. A., Smart, P. L. and Edwards, R. L., 1994, Maximum sea levels for the last glacial period from U-series ages of submerged speleothems. *Nature*, **367**, 357–360.
- 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 聡・加藤 誠, 2007, 札幌市街域における 150 m 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, 2014, 北海道札幌市北区の地質研究所観測井の地質層序. 北海道地質研究所報告, 86, 37–45.
- 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・佐藤 明・井島行夫・岡村 聡, 2018, 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. 総合地質, **2**, 1–11.
- 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.
- 札幌市教育委員会編, 1989, 札幌の自然. 新札幌市史第 1 巻, 通史 1, 3–122.
- 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, 新篠津村の沖積層一層序・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.
- 下川和夫, 1996, 札幌の扇状地. さっぽろ文庫 77, 地形と地質, 札幌市教育委員会編, 40–49.
- 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.
- 東宮明彦・宮城磯治, 2020, 洞爺噴火の年代値. 火山, **65**, 13–18.
- 山口久之助・小原常弘・早川福利・佐藤 巖・二間瀬 洌・横山英二・小山内 熙・松下勝秀・国府谷盛明, 1964, 北海道水理地質図幅説明書, 8, 札幌, 北海道立地下資源調査所, 110p.
- 山口久之助・小山内 熙・佐藤 巖・二間瀬 洌・小原常弘・早川福利・横山英二, 1965, 札幌周辺の地盤と地下水. 北海道水理地質図幅説明書, 8, 札幌別冊, 北海道立地下資源調査所, 72p.
- 横山卓雄・壇原 徹・山下 透, 1986, 温度変化型屈折率測定装置による火山ガラスの屈折率測定. 第四紀研究, **25**, 21–30.

Abstract

In order to elucidate stratigraphy and sedimentary environments of the Pleistocene and Holocene in the Ishikari Lowland, we carried out analyses of volcanic ash and diatom for a boring core (N8・1) of 44 meters long obtained from the Kita Ward, Sapporo, central Hokkaido. Results of volcanic ash analysis show the geologic horizons of following two late Pleistocene ash layers: the Shikotsu Pumice Flow deposits (Spfl) of ca 41 ka in ca 19.42 m depth and the Toya volcanic ash (Toya) of ca 106 ka in ca 43.58 m depth. Diatom analysis indicates that silt bed in ca 24.35 m depth of the core deposited in fresh water environments. Meanwhile the analysis of clay beds, being correlated with the silt bed in neighboring two cores, HU and GSH, shows sedimentary environments brackish. It is inferred that geologic age of those muddy beds is MIS 5a by two ash layers, Spfl and Toya, and maximum sea level of MIS 5a stage was ca 13 m below the present sea level.