

北海道石狩平野の沖積層層序と特徴的な2層準の対比

Stratigraphy and correlation of two typical geologic horizons of the Alluvial deposits
in the Ishikari Plain, Hokkaido, Japan

嵯峨山 積・藤原与志樹*・井島行夫**・岡村 聡**・
山田悟郎***・外崎徳二****

Tsumoru Sagayama, Yoshiki Fujiwara, Yukio Izuma, Satoshi Okamura,
Goro Yamada and Tokuji Tonosaki

Abstract

Radiometric carbon dating, volcanic ash analysis and diatom analysis were carried out for the purpose of clarifying the stratigraphy and paleoenvironment of the Alluvial deposits, the latest Pleistocene to the Recent, obtained from three drill holes in the Ishikari Lowland and Naganuma Lowland, located in northern part of the Ishikari Depression, central Hokkaido, Japan. The deposits is divided into four Members, Basal gravel, Lower sand Member, Middle mud Member and Upper sand Member, in ascending order. Diatom analysis results in the Ishikari Lowland reveal that horizon of the in-14.5 to-6.8 meter above sea level is maximum stage of salinity (MSS), which is possible to cause by maximum stage of the Jomon Transgression, and horizon of temporary decrease stage of salinity (TDS) is in-17.5 to-8.8 meter above sea level. Authors propose that those two typical geologic horizons are effective to correlate the Alluvial deposits.

キーワード: 石狩平野, 沖積層, 縄文海進, 珪藻分析, 塩分濃度指数

Key words: Ishikari Plain, Alluvial deposits, Jomon transgression, diatom analysis, salinity index

I はじめに

北海道中央部の石狩湾から苫小牧に至る石狩低地帯の北部には石狩平野(狭義)が広がる。同平野は、野幌丘陵を境に西の石狩低地と東の長沼低地に細分され、両低地下には約2万年前の最終氷期極盛期以降に堆積した沖積層(最上部更新統~完新統)が分布する。臨海低地の沖積層は氷河性海水準変動の影響を大きく受けて形成されていることから、全国的に共通した層序が認められる(井関, 1983)。沖積層の詳細な層序や古環境、形成過程を明らかにすることは、構造物の建設や地下空間利用、地下水の開発・保全の他、土壤汚染対策、地震や地盤沈下などの防災対策を考える基礎資料となる。

著者らは、これまで北海道開発局、北海道庁、札幌市などから入手した掘削孔の地質コアを用いて石狩平野の上部更新統~完新統の層序と古環境について検討し、縄文海進による汽水湖(古石狩湖)の広がりとも MIS5e 期に形成された海成平坦面が石狩低地の一部に存在することを明らかにした(嵯峨山ほか, 2010b)。

今回、同低地における石狩翔陽高等学校掘削孔(IS)、拓北掘削孔(TK)、長沼低地の六号水掘削孔(RS)

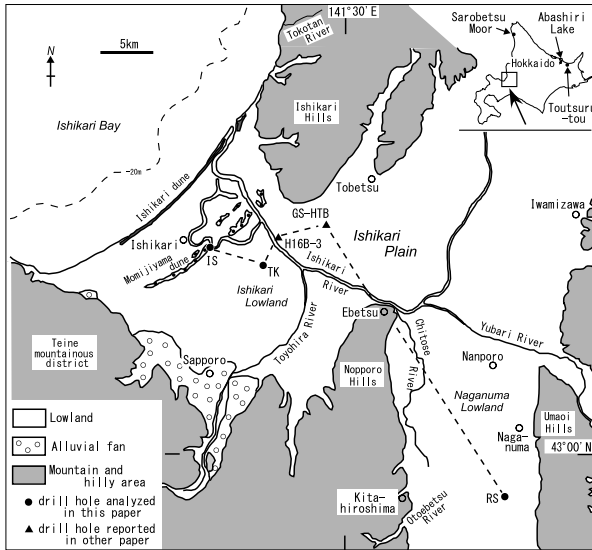
の3孔(第1図)の地質コアについて放射性炭素年代(以下、 ^{14}C 年代と称す)測定、珪藻と火山灰の分析を行い、層序を検討した。その結果、特に標高-14.5~-6.8mの層準で珪藻海~汽水生種が最も多く産し、この直下の標高-17.5~-8.8m層準で一時的に珪藻淡水生種が多産することが明らかになった。これら2層準は広域対比にとって有効な指標となると考える。

II 石狩平野の沖積層層序

石狩低地の地形は内陸より海に向かって、後背湿地、紅葉山砂丘、砂堤列平野、石狩砂丘および海浜に区分される(北川・赤松, 1980)。後背湿地は標高10m以下で、低地の大部分を占め、表層には泥炭や自然堤防堆積物が分布する。紅葉山砂丘は幅0.5~1kmの細長い形で、現海岸線に平行に6km程度の内陸に位置する。上杉・遠藤(1973)は同砂丘を紅葉山砂丘地帯と称しており、下部の砂礫層と上部の砂丘砂からなり、最高点は標高18.5mである。砂堤列平野の幅は3~4kmで、標高は4~6.5mである。幅50~100mの砂堤列と比高1~2mの低地が交互に20組ほど繰り返され、海進高頂期後の海退時に形成された砂堤堆積物からなる。これ

*元北海道教育大学札幌校大学院 **北海道教育大学札幌校

元北海道開拓記念館 *株式会社エーテック



第1図 掘削孔と対比図の位置

IS: 石狩翔陽高等学校, TK: 拓北, H16B-3: 札幌大橋 (嵯峨山ほか, 2010a), GS-HTB: 川下 (川上ほか, 2012b), RS: 六号水. 破線は第7図の対比の位置を示す.

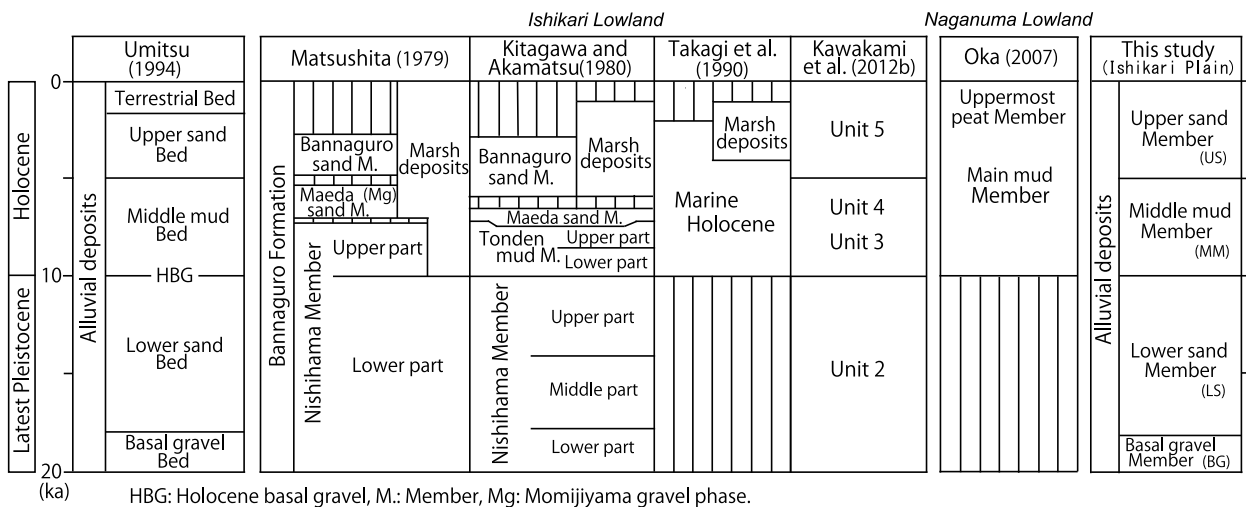
Fig. 1 Locality map of drill hole and correlative section. IS: Ishikari-shoyo High School, TK: Takuhoku, H16B-3: Sapporo Bridge (Sagayama et al, 2010 a), GS-HTB: Kawashimo (Kawakami et al., 2012 b), RS: Rokugosui. Broken line shows locations of correlative section in Fig. 7.

らを上杉・遠藤 (1973) は花畔砂堤列地帯, 松下 (1979) は花畔低地と称している. 石狩砂丘は標高10 m 以下で, 7列ほどの砂丘列からなり, 上杉・遠藤 (1973) は石狩砂丘地帯としている. 海浜は標高数 m で, 海浜砂からなる. 長沼低地は標高10m 以下の平坦面からなり, 最上部には泥炭や自然堤防堆積物が

分布する.

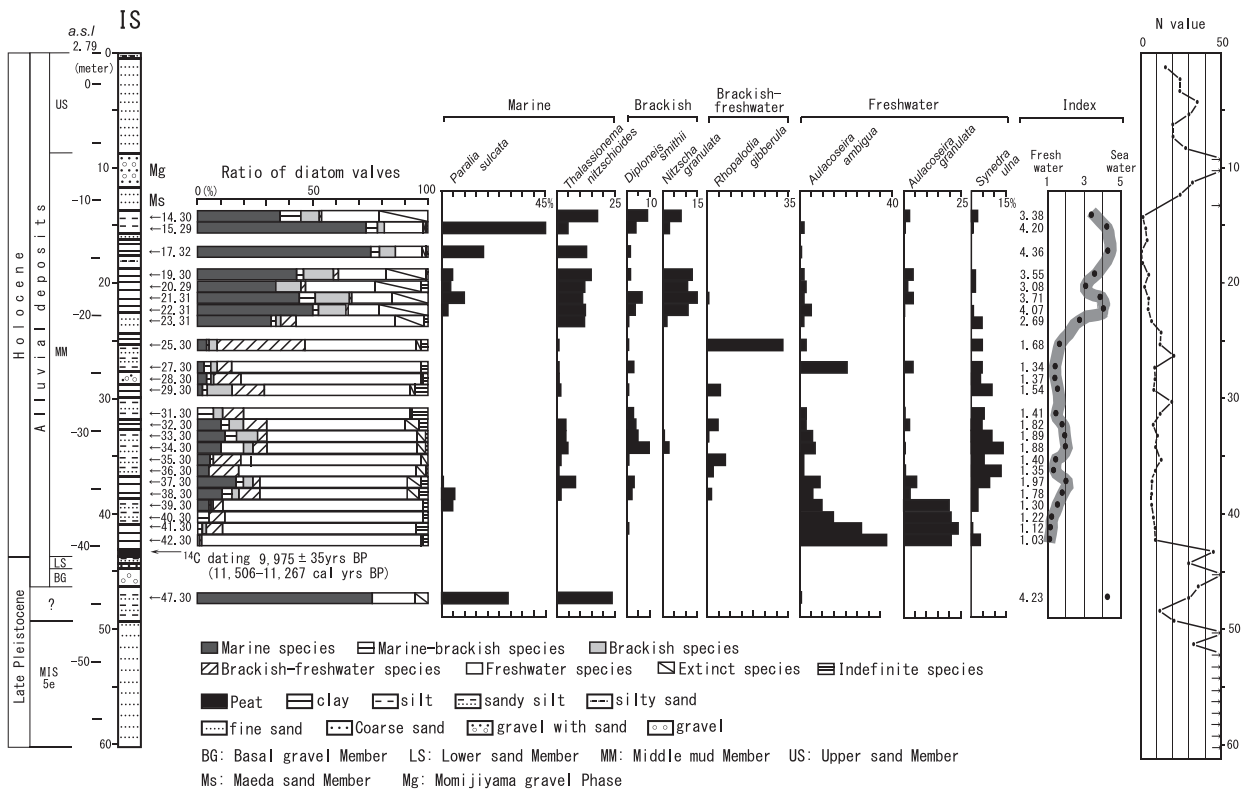
石狩低地では, 湊ほか (1972) は沖積層を軟弱地盤地質系統とし, 最上部洪積統と沖積統に区分し基底分布などを示している. 大嶋ほか (1978) は約2万年前以降の堆積物について, 下位より下部砂礫層, 下部砂泥層, 上部砂泥層, 上部砂礫層および最上部泥層に区分し, 縄文海進高頂期 (以下, 海進高頂期) を上部砂泥層の中央部付近に位置付けている.

松下 (1979) は紅葉山砂丘より海側の石狩低地の沖積層を花畔累層と称し, 下位より西浜層 (下部および上部), 前田砂層, 花畔砂層に細分し, 前田砂層, 花畔砂層のそれぞれ間に時間間隙を認めている. 前田砂層の堆積開始は約7,000年前とされ, 紅葉山砂丘下部の砂礫 (紅葉山砂礫相) は前田砂層の最上部に分布し, 海進高頂期の堆積物としている. また, 紅葉山砂丘より陸側の沖積層を西浜層下部と沢沼地堆積物に区分し, 沢沼地堆積物中の厚い粘土層は西浜層上部層や前田砂層の同時異相と考えている. 北川・赤松 (1980) は下位より西浜層, 屯田泥層, 前田砂層, 花畔砂層, 沢沼地堆積物に区分し, 西浜層は松下 (1979) の西浜層下部, 屯田泥層は松下 (1979) の西浜層上部層に対比している. また, 西浜層と前田砂層は一連の堆積物とし, その上位に不整合で紅葉山砂礫相を最下部とする花畔砂層が累重する. 高木ほか (1990) は松下 (1979) の西浜層と前田砂層は側方変化により明瞭な区別が不可能と述べ, 花畔砂層も含めて一括して海成完新統とし, 主な堆積期間は約11,000~6,000yrs BP と約5,800~3,600yrs BP の二つの時期としている. 最近では, 大津ほか (2009) や川上ほか (2012a,b,c) により堆積学的解釈に基づき沖積層研究が行われており, 川上ほか (2012b) は, 沖積層をユニット2~ユニット5に区分し堆積学的観点からの解釈を行っている.



第2図 石狩低地と長沼低地の沖積層層序

Fig. 2 Stratigraphy of the Alluvial deposits in the Ishikari Lowland and the Naganuma Lowland.



第3図 IS 孔の地質柱状，珪藻分析結果および N 値
 IS 孔の位置は第1図を参照。地質試料の番号は採取深度を示す（第4図，第5図も同様）。
Fig. 3 Geologic columnar section, result of diatom analysis and N value.
 Location of IS shown in Fig. 1. Number of geologic sample shows sampling depth (same in Fig. 4 and Fig. 5).

長沼低地では，岡（2007）は東京下町の有楽町層（山川，1909；青木，1969）相当層である沖積層上部のみが存在するとし，下位より主部泥層と最上部泥炭層に細分している。

第2図に主な石狩低地と長沼低地の層序を示す。

Ⅲ 掘削孔の位置と孔内地質

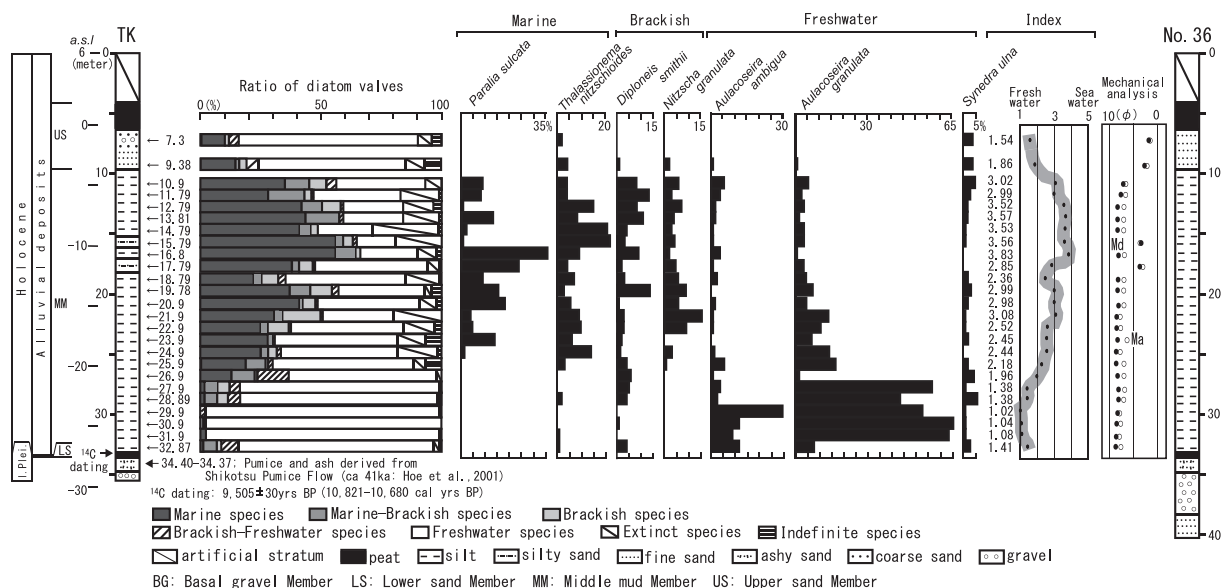
掘削孔の位置を第1図に示す。今回用いた掘削孔は石狩低地の IS（石狩翔陽高等学校掘削孔）と TK（拓北掘削孔），長沼低地の RS（六号水掘削孔）である。以上に加えて，珪藻分析結果が報告されている札幌大橋沿いで掘削深度40m，地盤標高4.21mの H16B-3（嵯峨山ほか，2010b）と当別町川下に位置する掘削深度55m，地盤標高5.6mの GS-HTB（川上ほか，2012b）の2孔（第1図）を検討に用いた。

以下に IS, TK および RS の3掘削孔について述べる。

IS 石狩翔陽高等学校敷地内に位置し（北緯43°10′14.53″，東経141°20′30.69″），茨戸下水処理場の約280m南東にある。1977年に工事が行われ，掘削深度は60.31mである。地盤標高は，作成された地質柱状図では-2.79mとされているものの，地下水位が地表面下-1.30mと記載されていることや周辺の地盤標高を考慮すると，

+2.79mである。地質は，最下部の深度60.31～46.4mは細砂～細砂混入の砂質シルトからなる。深度46.4～44.9mは粒径3～20mmの礫からなる砂礫である。その上位は深度44.9～43.75mが粗砂～砂質シルト，深度43.75～13.8mは厚さ0.65mの泥炭にはじまり，主に粘土～シルトが累重する。深度13.8～8.8mは細砂～礫まじり砂からなり，深度8.80mより上位は細砂主体である。標準貫入試験による N 値は，深度60.23～52.23mは50以上で，深度51.3～43.3mで10～50以上，深度42.3～14.3mで一部を除いて2～12，深度13.3～1.3mで16～50以上である（第3図）。

TK 札幌市北区篠路町拓北7丁目（のろ）の北海道電力（株）拓北変電所敷地内に位置し（北緯43°9′4.52″，東経141°24′43.75″），2008年に工事が行われ，掘削深度は36mである。本孔は土質試験用の地質試料採取が目的で掘削され，地盤標高の測量や地質の記載はなされていない。このため，国土院発行の2.5万分の1地形図と南東方約200mに位置する既存孔（No. 36孔）を参考に地盤標高を6mと読み取り，地質柱状図は同既存孔の柱状図と後に述べる粒度分析の結果を基に作成した。地質は，最下部の深度36～34.8mは砂礫からなり，深度34.8～33.55mは多くの軽石を含む火山灰質砂で，深度33.55～33.28mはシルト質細砂からなり，深度33.28

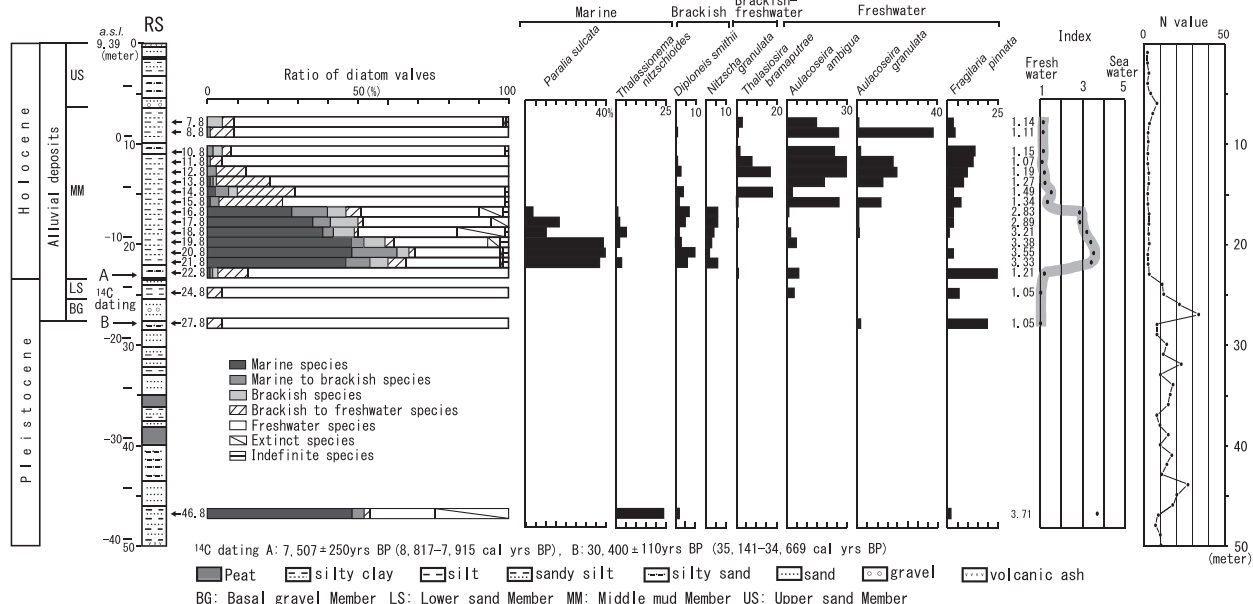


第4図 TK 孔の地質柱状, 珪藻分析および粒度分析の結果

TK 孔の位置は第1図に, 既存孔 (No.36) の地質柱状を右端に示す. 1.Plei.: 上部更新統, Md (●): 中央粒径, Ma (○): 平均粒径.

Fig. 4 Geologic columnar section and results of diatom analysis and grain size analysis of TK.

Location of TK shown in Fig. 1. No.36, end of right side of this figure, is previous boring near by TK. 1. Plei.: late Pleistocene, Md (●): median diameter, Ma (○): mean diameter.



第5図 RS 孔の地質柱状, 珪藻分析結果および N 値

RS 孔の位置は第1図に示す.

Fig. 5 Geologic columnar section, result of diatom analysis and N value of RS.

Location of RS shown in Fig. 1.

～9.2mは厚さ0.15mの泥炭にはじまり、その上位にはシルトが厚く累重し、深度9.2～4.1mは砂～泥炭、最上部の深度4.1mより上位は埋立土である(第4図)。

RS 掘削位置は南長沼市街西方250mの地盤標高9.39mの地点(国道274号沿い)で(北緯42°57′47.54″, 東経141°40′51.36″), 2001年に工事が行われ、掘削深度は50mである。地質は、下位より深度50.0～39.9mは砂質シルトから軽石や火山灰質砂を含む砂に変化し、39.9～35mは1.7mの厚さの泥炭～砂質シルト～厚さ1.1mの泥炭からなり、35～27.6mは砂とシルトが交互に累重する。深度27.6～25.4mは礫を含む中～粗砂で、深度25.4～23.5mは火山灰質なシルトや細砂からなる。深度23.5～23.3mは泥炭質シルトからなり、深度23.3～22.1mは泥炭混じりのシルト質砂、深度22.1～6.3mはシルト質砂を伴う粘土やシルトが主体で、深度6.3mより上位は中～粗砂、砂質シルト、砂礫や火山灰質粗砂からなる。N値は、深度49.8～23.8mは7～34で、深度22.82～1.82mで2～8である(第5図)。

IV 分析方法

以下に、¹⁴C年代測定、火山灰分析、珪藻分析および粒度分析の方法と結果について述べる。なお、試料名は掘削孔の記号(IS, TK, RS)と採取した深度(m)で表した。

IV.1 ¹⁴C年代測定

ISの深度43.3m(標高-40.51m)の植物片、TKの深度33.14m(標高-27.14m)の泥炭、RSの深度27.8m(標高-18.41m)の植物片について株式会社パレオ・ラボにより加速質量分析法(AMS法)により行われた。RSの深度22.83m(標高-13.44m)の泥炭については、有限会社シーデートにより液体シンチレーションを用いたβ線計測法で行われた。なお、本文ではこれまでの研究との比較のために従来の¹⁴C年代値(yrs BP)を用い、較正した暦年代値(cal yrs BP)を併用した。また、暦年較正がなされていない¹⁴C年代値については、コンピュータソフトCalib6.0(Stuiver and Reimer, 1993)と暦年代データセットIntcal 09(Reimer et al., 2009)を用いて較正暦年代値(cal yrs BP)を求めた。

IV.2 火山灰分析

温度変化型屈折率測定装置を用いて、軽石や火山灰の火山ガラスと有色鉱物の屈折率を測定した。掘削孔から採取した試料を水洗した後、約70℃で乾燥させ粒径0.125～0.063mmの火山ガラスを選別し、鏡下で屈折率測定と形態観察を行った。測定方法は井島・春日井(1980)や春日井ほか(1980)に改良を加えたもので、横山ほか(1986)により実用化された温度変化

型測定法の一つである。測定誤差は浸液で±0.0002、鏡下観察で±0.001で、火山ガラスの形態は町田・新井(2003)の分類に従って区分した。

IV.3 珪藻分析

プレパラートの作成方法は嵯峨山ほか(2010b)と同様である。1,250倍の生物用顕微鏡で1試料につき100個を目途に遺骸の同定を行い、産出率が低い試料は1ないし2枚のカバーガラス全域の観察で終了した。また、絶滅種の割合が高いISのIS22.31やTKのTK14.79については同定数を135個とした。種の同定はKramer and Lange-Bertalot(1986, 1988, 1991a,b)のほか、小菅(1972)、濁川・西片(1975)、野尻湖珪藻グループ(1980)、長谷川・濁川(1993)、工藤(1997)、濁川・長谷川(1999, 2002, 2005)などを用い、さらに海生種、海～汽水生種、汽水生種、汽水～淡水生種、淡水生種、絶滅種、不定種に区分した。次に、得られた珪藻群集を塩分濃度の目安とするため、数値化して塩分濃度指数(嵯峨山ほか, 2010b)を求めた。本指数は、各試料中の海生種の同定数に5、海～汽水生種に4、汽水生種に3、汽水～淡水生種に2、淡水生種に1の係数を乗じ、これらの合計値を同定値から絶滅種と不定種の遺骸数を引いた数値で除すことにより求められる。すなわち、海生種が多いほど指数は5に近く、塩分濃度が高かった(海水量が多かった)ことを示し、逆に淡水生種が多いほど指数は1に近く、塩分濃度が低かった(淡水量が多かった)ことになる。

IV.4 粒度分析

TKの層相を明らかにするために、25試料についてレーザー回折式粒度分析装置(Coulter社製LS230)により粒度分析を行った。中央粒径および平均粒径は宮本ほか(1998)を参考に求めた。

V 分析結果

V.1 ¹⁴C年代測定

ISの植物片(深度43.3m, 標高-40.51m)は9,975±35yrs BP(11,610–11,520 cal yrs BP, 11,506–11,267 cal yrs BP), TKの泥炭(深度33.14m, 標高-27.14m)は9,505±30yrs BP(11,069–10,953 cal yrs BP, 10,867–10,847 cal yrs BP, 10,821–10,680 cal yrs BP), RSの植物片(深度27.8m, 標高-18.41m)は30,400±110yrs BP(35,141–34,669 cal yrs BP), RSの泥炭(深度22.83m, 標高-13.44m)は7,507±250yrs BP(8,980–8,822 cal yrs BP, 8,817–7,915 cal yrs BP)である(第1表)。

V.2 火山灰分析

TKの深度34.40～34.37m(標高-28.40～-28.37m)

第1表 放射性炭素年代測定結果

Table 1 Result of radiometric carbon dating.

Cord number	Drilling name	Depth (mbsf)	Depth (masl)	Material	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional ^{14}C (1σ , yBP)	Calibrated (2σ , cal yBP)	Probability	Method
PLD-14310	IS	43.30	-40.51	plant	-28.43±0.22	9,975±35	11,610-11,520 11,506-11,267	21.4% 74.0%	AMS
PLD-14311	TK	33.14	-27.14	peat	-27.19±0.14	9,505±30	11,069-10,953 10,867-10,847 10,821-10,680	33.3% 2.6% 59.5%	AMS
PLD-16747	RS	27.80	-18.41	plant	-24.82±0.13	30,400±110	35,141-34,669	95.4%	AMS
CD-296	RS	22.83	-13.44	peat	-27.00	7,507±250	8,980-8,822 8,817-7,915	4.8% 93.4%	β -ray

mbsf: meter below surface, masl: meter above sea level.

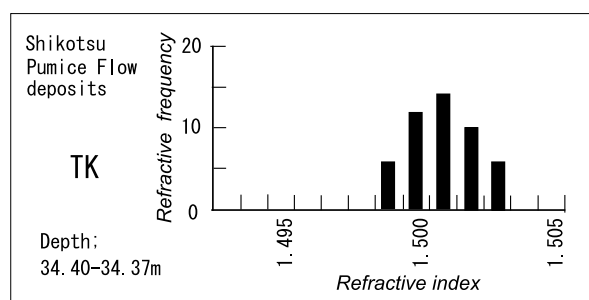
から採取した軽石には有色鉱物として普通輝石, 斜方輝石, 角閃石が認められ, 火山ガラスは軽石型を主体とする. ガラス屈折率は1.499~1.503を示す (第6図).

V.3 珪藻分析

絶滅種は新第三紀に多産する *Denticulopsis hustedtii* や *Neodenticula kamschatica* などで, 1試料につき数%の産出がほとんどであったが, TK の TK14.79 (標高-8.79 m) で27.4%と大きな割合を示した. これは10種の絶滅種によるもので, 平均すると1種で3%弱である. また, 新第三紀から現世まで産出する *Thalassionema nitzschioides* などは絶滅種か否かの区別はほとんど不可能で, 海生種と分類した一部にも古い地層からもたらされた遺骸が含まれている可能性はあるものの, 絶滅種の割合が大きい試料が極端な結果を示しておらず, 絶滅種の混入は古環境を検討する上で問題はないと判断した. 次に, 遺骸の同定数は1試料につき最低でも200個とされている (柳沢, 2000) ことから, 同定数100個と200個の比較を, 比較的含有率の高い IS の IS17.32 (標高-14.53m) と TK の TK20.9 (標高-14.9m), RS の RS15.8 (標高-6.41m) を用いて行った. 結果は200個の場合は100個に比べ, 属数は1.13倍, 1.07倍および1.14倍と1割程度, 種数は1.62倍, 1.39倍および1.38倍と約5割大きくなり, 塩分濃度指数は0.98倍, 0.97倍および1.01倍とほぼ同じ値である (第2表). 海生種の *Paralia sulcata* については, Sawai (2001) は東部北海道の調査で異地性を指摘しているものの, 同種は IS や TK では他の海生種と近似する産出率を示すことから, 現地性とした.

以下に分析結果を述べる.

IS では25試料を分析し, 59属240種を確認した. 絶滅種の割合は IS22.31 (標高-19.52m) で21.5%と最大を示す. 最下部の IS47.3 (標高-44.51m) では海生種が全体の76%を占め, 優占種は内湾指標種群の代表種 (小杉, 1988) である *Paralia sulcata* や外湾指標種群で内湾指標種群の主要構成種 (小杉, 1988) である *Thalassionema nitzschioides* である. その上位の IS42.3



第6図 火山灰ガラスの屈折率

Fig. 6 Refractive index histogram of volcanic ash glass.

第2表 珪藻遺骸の同定数100個と200個における塩分濃度指数, 属数および種数

Table 2 Salinity index, genus and species numbers in 100 and 200 diatom valves counted.

Number of valves counted	IS 17.32	TK 20.9	RS 15.8
100 ge., sp. index	24, 34 4.38	27, 41 2.99	14, 32 1.36
200 ge., sp. index	27, 55 4.31	29, 57 2.89	16, 44 1.37

ge.: genus, sp.: species

(標高-39.51m) から同25.3 (標高-22.51m) では淡水生種が70~90%前後を占め, 優占種はいずれも浮遊性である *Aulacoseira ambigua* や湖沼浮遊性種群 (安藤, 1990) の *Aulacoseira granulata* から, より上位では付着性種の *Synedra ulna* へと変化する. IS23.31 (標高-20.52 m) から最上位の IS14.3 (標高-11.51m) では海生種の割合は40~80%となり, 優占種は *Paralia sulcata* や *Thalassionema nitzschioides* の他, 汽水生種で海水泥質干潟指標種群 (小杉, 1988) の *Nitzschia granulata* が産する. 塩分濃度指数の最大は IS17.32 (標高-14.53m) の4.38で, 最小は IS42.3 (標高-39.51m) の1.03で, 全体として上位に向かって値が徐々に大きくなる (第3図).

TK では25試料を分析し60属189種を確認した. 絶滅種の割合は TK14.79 (標高-8.79m) で27.4%と最大

を示す。最下部のTK32.87(標高-26.87m)からTK27.9(標高-21.9m)までの6試料は淡水生種が全体の80%以上を占め、優占種は*Aulacoseira ambigua*や*Aulacoseira granulata*である。より上位のTK26.9(標高-20.9m)からは海生種の割合が徐々に増加し、TK16.8(標高-10.8m)で最大の割合(65%)となる。その後は徐々に淡水生種の割合が大きくなる。優占種は、海～汽水生種で付着性の*Diploneis smithii*、浮遊性の*Paralia sulcata*や*Thalassionema nitzschioides*、付着性の*Nitzschia granulata*である。なお、TK26.9(標高-20.9m)では、河口浮遊生種群(小杉, 1988)あるいは最下流性河川指標種群(安藤, 1990)である浮遊性の*Cyclotella meneghiniana*が特徴的に多産(12%)する。最上位のTK7.3(標高-1.3m)では淡水生種が80%以上を占め、優占種はいずれも中～下流性河川指標種群(安藤, 1990)の*Reimeria sinuata*, *Athnanthes lanceolata*である。塩分濃度指数の最大はTK16.8(標高-10.8m)の3.93で、最小はTK30.9(標高-24.9m)の1.02で、全体として上位に向かって徐々に大きくなった後、ピークを過ぎると値は小さくなる(第4図)。

RSでは18試料を分析し、42属160種を確認した。絶滅種の割合はRS46.8(標高-37.41m)で24%と最大を示す。最下位のRS46.8(標高-37.41m)では海生種が50%を占め、淡水生種は22%で、優占種は*Thalassionema nitzschioides*である。その上位のRS27.8(標高-18.41m)～同22.8(標高-13.41m)の3試料では汽～淡水生種や淡水生種が95%以上を占め、優占種は付着性の淡水生種*Fragilaria pinnata*である。より上位のRS21.8(標高-12.41m)で海生種が大幅に増加し、RS20.8(標高-11.41m)で割合が最大となり、その後、RS16.8(標高-7.41m)まで徐々に海生種の割合が小さくなる。優占種は*Paralia sulcata*で、汽水生種の*Nitzschia granulata*が一定の割合で産し、*Thalassionema nitzschioides*の割合は非常に小さい。RS15.8(標高-6.41m)から最上位のRS7.8(標高+1.59m)までは汽～淡水生種や淡水生種が再び多産する。優占種は*Aulacoseira ambigua*や*Aulacoseira granulata*, *Fragilaria pinnata*である。塩分濃度指数の最大はRS20.8(標高-11.41m)の3.65で、最小はRS24.8(標高-15.41m)の1.05で、下位は1程度でその上位では急激に3.5前後に変化し、その後は小さくなり再び1程度になる(第5図)。

V.4 粒度分析

TK17.79(標高-11.79m), TK15.79(標高-9.79m), TK9.38(標高-3.38m), TK7.3(標高-1.3m)では中央粒径や平均粒径は2~4φで細砂に、その他の試料では中央粒径は7~8φ前後、平均粒径は7φ前後でシルトに分類される(第4図)。

VI 考察

VI.1 掘削孔の地質層序

海津(1994)は全国の沖積層を下位より、谷底に堆積した河成堆積物で円礫を主とする基底礫層、層厚10m前後の砂層(砂泥互層)で腐植質シルトあるいは泥炭を挟むことがある下部砂層、厚さ20m前後の軟弱なシルト・粘土層で大量の海棲貝化石を含む中部泥層、層厚10m前後の細砂ないし中砂よりなる上部砂層、河成の氾濫原堆積物や沼沢地・湿地などに形成された泥炭などからなる陸成層に5区分し、更新世と完新世の境界(約10,000yrs BP)は下部砂層と中部泥層の境界に、海進高頂期(約6,000yrs BP)は中部泥層中に位置するとしている。

本文では上記の区分を参考に、IS, TK および RS について¹⁴C年代測定値や火山灰の分析結果、層相および標準貫入試験値(N値)を考慮し、下位より礫を主体とする基底礫層と主に砂やシルトからなる下部砂層(以上が最上部更新統)、シルトや泥が主体の中部泥層と砂やシルト質砂が主体で礫や泥炭を伴う上部砂層(以上が完新統)の4部層に区分した(第1表)。なお、¹⁴C年代測定用試料である泥炭には土壌として混入する古い有機物や上位層からの新しい有機物が含まれる可能性があり、正確な年代を得るためには問題はあるものの、ISについては植物遺体を抽出して測定しており上記の懸念はなく、泥炭を試料としたTKやRSでは層序や火山灰の分析結果と比較して矛盾のない値が得られている。

以下に各掘削孔の地質区分について述べる。

ISでは、深度43.3m(標高-40.51m)の植物片の¹⁴C年代値が9,975±35yrs BP(11,506~11,267 cal yrs BP)であることから、より下位の深度46.4~44.9m(標高-43.61~-42.11m)の砂礫が基底礫層、深度44.9~43.75m(標高-42.11~-40.96m)の粗砂～砂質シルトが下部砂層と推定した。深度43~14m(標高-40.21~-11.21m)の粘土～砂質シルトの標準貫入試験によるN値は10以下と小さな値であることから、深度43.75~8.8m(標高-40.96~-6.01m)が中部泥層と判断される。ISに隣接する茨戸下水処理場掘削孔の深度7m(標高-3m)の木片の¹⁴C年代値は4,790±150yrs BP(5,896~5,262 cal yrs BP)で(赤松・北川, 1983)、深度8.80m(標高-6.01m)以浅は層相からも海退時の三角州性堆積物と考え、上部砂層とした。深度60~43m(標高-57.21~-46.61m)のN値が50以上を示す厚さ10.6mの細粒砂はシルトや泥炭の薄層を挟み、嵯峨山ほか(2010b)で扱ったSSC-1孔において洞爺火山灰(112~115ka降灰; 町田・新井, 2003)層準より下位の深度50~42.4m(標高-41.14~-33.54m)に認められる「腐植層挟在の淘汰良好な細砂」と層相が近似する。このため、

本細粒砂は、野幌丘陵でもみじ台層（北川ほか, 1976）とされる MIS5e 期の最終間氷期堆積物に相当する可能性が高い。その上位の、深度49.4~46.4m（標高-46.61~-43.61m）の砂質シルトから採取した IS47.3 の珪藻群集は汽水の環境を示すものの、同シルトが MIS5e 期の堆積物か、それ以降の上部更新統かは不明である。松下（1979）の D-D' 断面の7本のボーリングのうち、中央のものは IS とほぼ同じ位置にあり、示された地質断面との比較から、IS の深度13.8~11.75m（標高-11.01~-8.96m）の砂は前田砂層の最上部層、深度11.75~8.8m（標高-8.96~-6.01m）の砂礫は紅葉山砂礫相に相当すると考える。

TK では深度34.8~33.55m（標高-28.8~-27.55m）の火山灰質砂中の軽石の火山ガラス屈折率は1.499~1.503で（第6図）、札幌市周辺に分布する支笏軽石流堆積物（Spf1）の火山ガラス屈折率1.500~1.503（町田・新井, 2003）と一致する。同火山灰質砂は大量に軽石を含むため、堆積時期は Spf1 の噴出（約41ka；許ほか, 2001）の直後と考えられ、後期更新世末期である。その上位の深度33.14m（標高-27.14m）の泥炭の¹⁴C年代値は9,505±30yrs BP（10,821~10,680 cal yrs BP）であることから、本測定層準よりやや下の火山灰質砂とシルト質細砂の境界（深度33.55m：標高-27.55m）が沖積層の基底と推定できる。このため、TK では基底礫層は存在せず、深度34.8~33.55m（標高-28.8~-27.55m）の火山灰質砂が下部砂層で、泥炭とその上位に累重するシルト卓越層が中部泥層、深度9.2m（標高-3.2m）以浅は砂・礫・泥炭からなる上部砂層に区分されると考える。

RS の¹⁴C年代値は、深度27.8m（標高-18.41m）の植物片で30,400±110yrs BP（35,141~34,669 cal yrs BP）、深度22.83m（標高-13.44m）の泥炭で7,507±250yrs BP（8,817~7,915 cal yrs BP）である。この下位の深度25.4~23.5m（標高-16.01~14.11m）の火山灰質なシルト~細砂の N 値は11であることから、沖積層の下部砂層の一部とも考えられるものの、岡（2007）による長沼低地では沖積層上部のみが存在との意見に基づき、深度23.5m（標高-14.14m）を沖積層基底とした。深度22~6m 前後のシルト~砂質シルトの N 値は10以下を示すことから、深度23.5~6.3m（標高-14.11~+3.09m）が中部泥層に相当する。深度6.3m 以浅は礫や粗砂が卓越する粗粒堆積物であることから上部砂層と判断した。

VI.2 珪藻分析結果による層序対比

完新世の相対的海水準の高度は、約10,000yrs BP には標高-40m 前後で（有明海研究グループ, 1965）、その後の温暖化に伴い上昇（海進）し、約6,000yrs BP の海進高頂期には海水準の高さは最大（ピーク）となり、5,000~4,000yrs BP の「縄文中後期の小海退」

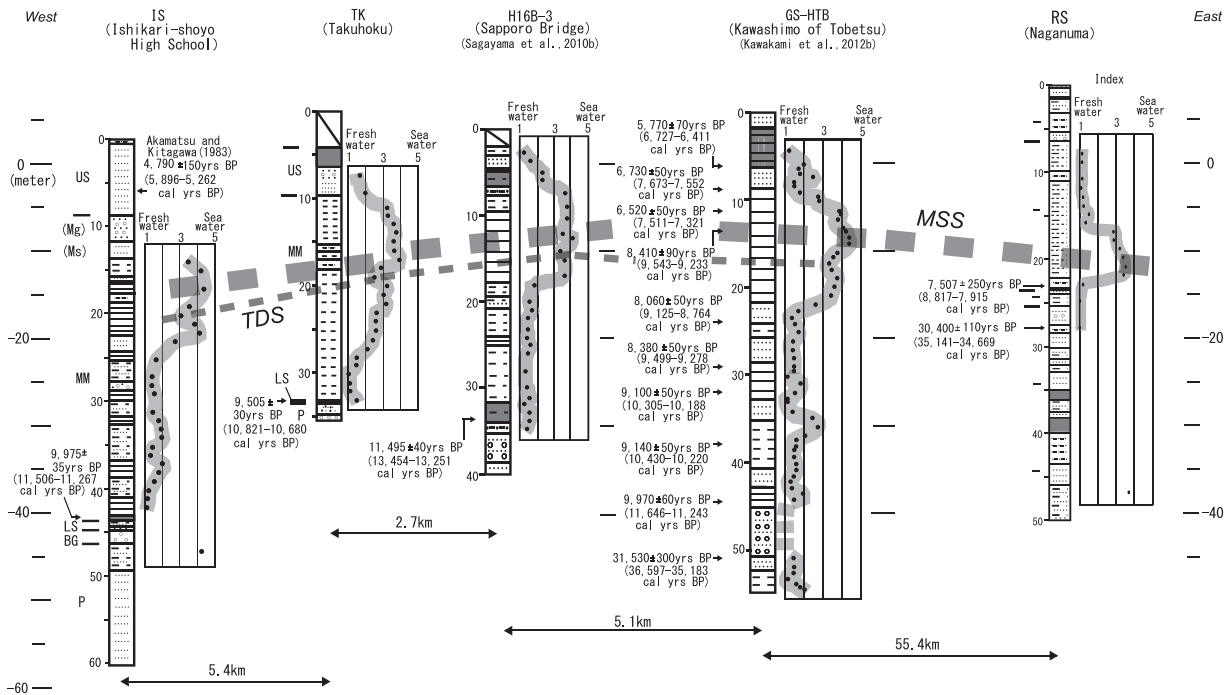
（太田ほか, 1982）や3,000~2,000yrs BP の「弥生の小海退」（有明海研究グループ, 1965）を経て、海水準は低下（海退）し、現在に至る（海津, 1994）。このような海水準変動の影響を大きく受けて形成された臨海低地の沖積層は、全国的に共通した層序を示すことから、堆積環境も類似していたと考えられる。それは、新潟第四紀研究グループ（1972）による東京都江東区や Sato et al.（1983）による神戸市玉津、安藤（1987）による埼玉県荒川低地、山口ほか（2003）による濃尾平野、石綿（2004）による東京湾北部沿岸の完新統の珪藻分析結果は、いずれも海生種の割合が上位に向かって増加→ピーク→減少という変化を示すことから明らかである。

石狩低地の完新統の珪藻分析でも、嵯峨山ほか（2010b）の H16B-3 や今回の TK の様に、海生種の割合は上位に向かって大きくなった後、ピークを迎え、その後は逆に小さくなる。このような海生種の産出割合の変化は海進から海退までの1サイクルを示す。このため、海生種や汽水生種の最多産層準が海進高頂期に相当すると推定でき（石川ほか, 2009）、IS では IS17.32（標高-14.53m）、TK では TK16.8（標高-10.8m）、RS では RS20.8（標高-11.41m）といった塩分濃度指数が最大を示す層準が同高頂期に当たると考える。Sato et al.（1983）や山口ほか（2003）では、約6,300yrs BP 降灰（町田・新井, 1983）の鬼界アカホヤ火山灰は海生種珪藻の多産層準に挟在しており、このことから塩分濃度指数最大の層準=海進高頂期という見解は支持される。

IS から RS までの対比を第7図に示す。

前述した様に、各掘削孔の最大塩分濃度指数値が海進高頂期の層準と考え、MSS（Maximum stage of salinity の略）層準として対比した。本対比線は当時の汽水湖（古石狩湖）の湖底面高を示しており、IS, TK, RS 以外の MSS 層準は、H16B-3 で深度12.4m（標高-8.19m）、GS-HTB で深度15.1m（標高-9.5m）で、H16B-3 と GS-HTB が比較的高い高度を示す。一方、MSS 層準の直下、すなわち IS の深度20.29m（標高-17.5m）、TK の深度18.79m（標高-12.5m）、H16B-3 の深度14.1m（標高-9.89m）、GS-HTB の深度17.5m（標高-11.9m）の層準で塩分濃度の割合が一時的に小さくなるのが認められ、TDS（Temporary decrease of salinity の略）層準として対比した（第7図）。なお、長沼低地の RS では TDS は認められず、原因として MSS 層準下の沖積層が極めて薄いことによる可能性がある。また、GS-HTB の¹⁴C年代値は MSS や TDS の層準と年代的に調和しておらず、今後の検討課題である。

大嶋（1974）は石狩市（旧厚田村）の古潭川（第1図）河口付近の水深1m の海底から東釧路Ⅱ式土器の出土（岩崎・宇田川, 1965）に基づき、縄文早期頃の相対的海水準は現在より5m 以上低かったと推定して



第7図 石狩低地の塩分濃度指数曲線による掘削孔の層序対比

MSS：最大塩分濃度指数，TDS：一時的塩分濃度低下．対比の位置は第1図に示す．柱状図の凡例は第3図～第5図を参照．GS-HTBの柱状図は川上ほか（2012b）を参考に作成し，GS-HTBの塩分濃度指数は嵯峨山ほか（2010a）による．

Fig. 7 Stratigraphic correlation based on salinity index curve, calculated from diatom analysis, of drill holes in the Ishikari Lowland.

MSS：Maximum stage of salinity, TDS：Temporary decrease of salinity. Location of this correlative section shown in Fig. 1. Geologic legend is shown in Fig. 3 to Fig. 5. Geologic columns of GS-HTB are modified from Kawakami et al. (2012b). Salinity index of GS-HTB is by Sagayama et al. (2010a).

いる．

石狩低地以外では，北海道東部のオホーツク海に面した網走湖（第1図の北海道図参照）で，米村ほか（1967）は女満別川河口の北西方1.1km，水深1.35～1.8mの湖底に縄文早期中葉頃の遺跡が存在することを報告している．その年代は¹⁴C年代測定により7,000yrs BPで，当時の湖は網走川や能取湖をへてオホーツク海とつながっており，その湖面は現在より1.5m以上低かったとしている．また，同じオホーツク海沿岸の斜里平野での児平（1996）の完新世の古環境検討では，濤釣沼西岸（第1図の北海道図参照）に位置する掘削孔Pt. 1において¹⁴C年代値7,180±60yrs BP（8161-7929 cal yrs BP）の測定層準（標高約-7.9m）の直上，すなわち約7,000yrs BPに珪藻遺骸群集の淡水生種の割合が一時的に大きくなることが示されている．酒井ほか（2011）は，北海道北部のサロベツ原野（第1図の北海道図参照）の沖積層を検討し，古環境は7,500～8,000 yrs BPにバリアラグーンとなり，7,400yrs BP以降に淡水環境へ，6,200yrs BP前後に再び海水環境に変化したと述べている．

以上から，7,000yrs BPには海水準が現在よりもい

くらか低かった可能性があり，本文で述べたTDSとどのような関係にあるのか，解明する必要である．また，他平野の沖積層でも¹⁴C年代測定や火山灰分析，珪藻分析を行い，MSSとTDSの2層準を明らかにすることにより，沖積層の確実な対比が可能になると考える．

Ⅶ おわりに

本文のまとめは以下の通りである．

- 1) 石狩低地と長沼低地の3本の掘削孔から得られた地質試料について放射性炭素年代測定，火山灰分析，珪藻分析を行い，沖積層の層序と古環境を検討した．
- 2) 沖積層は下位より最上部更新統の基底礫層（BG）と下部砂層（LS），完新統の中部泥層（MM）と上部砂層（US）の4層に区分した．
- 3) 石狩低地では，縄文海進高頂期の堆積物の層準は標高-14.5～-6.8mである．
- 4) 海進高頂期層準直下の標高-17.5～-8.8mには，塩分濃度の一時的低下が認められる．
- 5) 上記の2層準は，沖積層を広域対比する上で有効

な指標となると考える。

謝 辞

地質試料は, TK は北海道大学大学院の田中洋行氏から, RS は北海道石狩振興局札幌建設管理部から提供していただいた。基礎地盤コンサルタンツ株式会社北海道支社からは IS に関する資料を提供していただいた。TK の粒度分析は菅 和哉氏(元北海道立総合研究機構地質研究所)にお願いし, 近藤 務氏(株式会社北海道技術コンサルタント), 五十嵐八枝子氏(北方圏古環境研究室), 高木俊男氏(復建調査設計株式会社)および高橋輝明氏(元株式会社ダイヤコンサルタント)からは石狩低地の古環境についてご意見をうかがい, 有益な指摘を受けた。前田保夫氏(兵庫県立大学)と齋本 格氏(神戸市立飛松中学校), 紀藤典夫氏(北海道教育大学函館校), 添田雄二氏(北海道開拓記念館)には文献入手にご協力いただいた。本研究は, 平成21~23年度の日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究C, 研究番号21540478, 既存掘削井の地質コアを利用した札幌市周辺の軟弱地盤の研究, 研究代表者: 嵯峨山 積)の助成により行われた。記して感謝申し上げます。

文 献

- 赤松守雄・北川芳男(1983):北海道石狩低地帯北部域における完新統自然貝殻層。北海道開拓記念館研究年報, **11**, 35-53。
- 安藤一男(1987):珪藻群集からみた埼玉県荒川低地の古環境の検討。第四紀研究, **26**, 111-127。
- 安藤一男(1990):淡水産珪藻による環境指標種群の設定と古環境復元への応用。東北地理, **42**, 73-88。
- 青木 滋(1969):東京低地の第四紀層について。日本地質学会第76年学術大会シンポジウム「海岸平野」世話人会編, 海岸平野, 15-20。
- 有明海研究グループ(1965):有明・不知火海域の第四系とくに有明軟弱粘土について。地研専報, **11**, 86p。
- 長谷川康雄・濁川明男(1993):新潟県佐渡島の加茂湖からえられた珪藻群集。Diatom(珪藻学会誌), **8**, 79-99。
- 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。
- 井関弘太郎(1983):沖積平野。145p, 東京大学出版会。
- 石川 智・鈴木毅彦・中山俊雄・鹿島 薫(2009):東京都千代田区日比谷公園と江東区新砂における珪藻化石による完新世の古環境復元。地学雑, **118**, 245-260。
- 石綿しげ子(2004):東京湾北部沿岸域の沖積層と堆積環境。第四紀研究, **43**, 297-310。
- 岩崎隆人・宇田川洋(1965):厚田郡厚田村古譚出土の土器。釧路の古代文化, **8**, 10-12。
- 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, **6**, 83-86。
- 春日井昭・藤田 亮・細川貢四郎・岡村 聰・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。
- 川上源太郎・船引彩子・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。地質調査研究報告, **63**, 129-146。
- 川上源太郎・小松原純子・嵯峨山 積・仁科健二・廣瀬 亘・大津 直・木村克己(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, **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。地質調査研究報告, **63**, 21-34。
- 北川芳男・赤松守雄(1980):北海道における完新世の海進。昭和53・54年度文部省科学研究費補助金総合研究(A)「完新世における旧海水準の認定と年代に関する研究」(研究代表者 井関弘太郎), 31-44。
- 北川芳男・矢野牧夫・中田幹男・三野紀雄・赤松守雄・山田悟郎・中村 斎・森田知忠・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**, 129-137。
- 児平英司(1996):完新世における斜里地域の古環境復元。知床博物館研究報告, **17**, 1-16。
- 小菅明男(1972):福島県相馬市松川浦の水質と底質の珪藻遺骸について。地球科学, **26**, 243-255。
- 小杉正人(1988):珪藻の環境指標種群の設定と古環境復元への応用。第四紀研究, **27**, 1-20。
- Kramer, K. and Lange-Bertalot, H. (1986): Süsswasser-Flora von Mitteleuropas. Bacillariophyceae, 1. Teil: Naviculaceae, 876p, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Kramer, K. and Lange-Bertalot, H. (1988): Süsswasser-Flora von Mitteleuropas. Bacillariophyceae, 2. Teil: Epithemiaceae, Surirellaceae, 610p, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Kramer, K. and Lange-Bertalot, H. (1991a): Süsswasser-Flora von Mitteleuropas. Bacillariophyceae, 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunoticeae, 576p, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Kramer, K. and Lange-Bertalot, H. (1991b): Süsswasser-Flora von Mitteleuropas. Bacillariophyceae, 4. Teil: Athnathaceae Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema, 437p, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- 工藤浩三(1997):秋田県八郎潟干拓地におけるボーリング・コア試料中の珪藻遺骸群集と古環境。Diatom(珪藻学会誌), **13**, 201-214。

- 町田 洋・新井房夫 (1983) : 広域テフラと考古学. 第四紀研究, **22**, 133-148.
- 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. 336p, 東京大学出版会.
- 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 (1972) : 北海道の海岸平野における軟弱地盤の深度. 歌代 勤編「日本の海岸平野」, 地質学論集, **7**, 1-11.
- 宮本隆実・立石雅昭・志岐常正・公文富士夫 (1998) : 粒度の表現方法. 公文富士夫・立石雅昭編「新版細屑物の研究法」, 地学双書29, 地学団体研究会, 191-215.
- 濁川明男・西片 武 (1975) : 北陸沿岸湖沼群の珪藻類. 地球科学, **29**, 18-35.
- 濁川明男・長谷川康雄 (1999) : 福島県松川浦の底質表層軟泥中の珪藻遺骸群集と環境の変化. Diatom (珪藻学会誌), **15**, 85-101.
- 濁川明男・長谷川康雄 (2002) : 青森県鷹架沼の珪藻遺骸群集と水環境. Diatom (珪藻学会誌), **18**, 57-71.
- 濁川明男・長谷川康雄 (2005) : 青森県尾駱沼の珪藻群集. Diatom (珪藻学会誌), **21**, 107-118.
- 新潟第四紀研究グループ (1972) : 東京低地および新潟平野沖積層の生層序区分と堆積環境. 歌代 勤編「日本の海岸平野」, 地質学論集, **7**, 213-233.
- 野尻湖珪藻グループ (1980) : 野尻湖層の珪藻遺骸群集. 地質学論集, **19**, 75-100.
- 大嶋和雄 (1974) : 釧路平原の沖積世地盤変動について. 昭和48年度文部省科学研究費自然災害特別研究 (1) 802029 (研究代表者 酒井良男), 1973年6月17日根室半島沖地震調査報告 Part1, 1-9.
- 大嶋和雄・池田国昭・山屋政美 (1978) : 石狩湾の海底地形からみた低地帯の地形発達史. 地調月報, **29**, 461-476.
- 大津 直・川上源太郎・廣瀬 亘・仁科健二・嵯峨山 積・高清水康博・鈴木隆広・小澤 聡・小松原純子・木村克己 (2009) : 石狩低地の浅層地下地質・構造の解明に関する研究 (平成20年度研究成果). 平成21年北海道立地質研究所調査研究成果報告会報告資料集, 44-45.
- 岡 孝雄 (2007) : 石狩低地帯中部, 長沼低地の地下地質と第四紀末テクトニクス-上部更新-完新統の層序・層相・構造-1. 北海道立地質研究所報告, **78**, 95-148.
- 太田陽子・松島義章・森脇 広 (1982) : 日本における完新世海面変化に関する研究の現状と問題-Atlas of Holocene sea-level study in Japan を資料として-. 第四紀研究, **21**, 133-143.
- Reimer, P. J., Baillie, M. G. L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., Burr, G. S., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hajdas, I., Heaton, T. J., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kaiser, K. F., Kromer, B., McCormac, F. G., Manning, S. W., Reimer, R. W., Richards, D. A., Southon, J. R., Talamo, S., Turney, C. S. M., van der Plicht, J. and Weyhenmeyer, C. E. (2009) : IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. Radiocarbon, **51**, 1111-1150.
- 嵯峨山 積・川上源太郎・仁科健二・大津 直・廣瀬 亘・小松原純子・木村克己 (2010a) : 北海道石狩低地の最上部更新統~完新統の珪藻分析. 日本地質学会第117年学術大会講演要旨, 42.
- 嵯峨山 積・外崎徳二・近藤 務・岡村 聡・佐藤公則 (2010b) : 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.
- 酒井利彰・井岡聖一郎・石島洋二・五十嵐敏文 (2011) : サロベツ原野における沖積層の地質解析. 応用地質, **52**, 2-13.
- Sato, H., Maeda, Y. and Kumano, S. (1983) : Diatom assemblages and Holocene sea level changes at the Tamatsu site in Kobe, western Japan. The Quaternary Research (Daiyonki-Kenkyu), **22**, 77-90.
- Sawai, Y. (2001) : Distribution of living and dead diatoms in tidal wetlands of northern Japan : relations to taphonomy. Palaeogeography palaeoclimatology palaeoecology, **173**, 125-141.
- Stuiver, M. and Reimer, P. J. (1993) : Extended ¹⁴C data base and revised CALIB3.0 ¹⁴C age calibration program. Radiocarbon, **35**, 215-230.
- 高木俊男・赤松守雄・高橋輝明 (1990) : 北海道石狩低地帯の完世統自然貝殻層と古環境. 北海道開拓記念館研究年報, **18**, 1-17.
- 上杉 陽・遠藤邦彦 (1973) : 石狩海岸平野の地形と土壌について. 第四紀研究, **12**, 115-127.
- 海津正倫 (1994) : 沖積低地の古環境学. 270p, 古今書院.
- 山口正秋・須貝俊彦・藤原 治・大森博雄・鎌滝孝信・杉山雄一 (2003) : 濃尾平野ボーリングコア解析にもとづく完新統の堆積過程. 第四紀研究, **42**, 335-346.
- 山川才登 (1909) : 有楽町産沖積期介殻. 地質雑, **6**, 166-168.
- 柳沢幸夫 (2000) : 珪藻類. 化石研究会編, 化石の研究法, 45-51, 共立出版.
- 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.
- 米村哲英・松下 亘・安部三郎 (1967) : 網走湖底遺跡-調査報告書-. 北海道発掘シリーズ, **4**, 59p, 北海道出版企画センター.

