

## 北海道東部厚岸湾・湖底表層堆積物と厚岸湾沖積層コアの珪藻分析 —堆積環境・塩分指数・電気伝導度の検討—\*

嵯峨山 積 \*\*・重野聖之 \*\*\*・内田康人 \*\*\*\*・七山 太 \*\*\*\*\*・安藤寿男 \*\*\*\*\*

Diatom analyses of the surface sediments in Lake Akkeshi and the uppermost Pleistocene to Holocene drilled core at the coast of Akkeshi Bay, eastern Hokkaido, Japan: Investigation of sedimentary environment, salinity index and electrical conductivity\*

SAGAYAMA Tsumoru\*\*, SHIGENO Kiyoyuki\*\*\*, UCHIDA Yasuhito \*\*\*\*,  
NANAYAMA Futoshi\*\*\*\*\* and ANDO Hisao\*\*\*\*\*

**Abstract** In order to clarify sedimentary environments of the latest Pleistocene to Holocene in the Akkeshi area, diatom analyses of bottom surface sediments on Akkeshi Bay and Lake Akkeshi, and diatom analyses and electrical conductivity measurements of the Akkeshi core, 59.22 m long, drilled from the sea floor 2.9 m deep of Akkeshi Bay were carried out. *Cocconeis scutellum*, *Fragilaria faciculata* and *Thalassionema nitzschiooides* abundantly yield from the surface sediments. On the basis of diatom compositions, the Akkeshi core can be divided into four diatom zones in ascending order, *Aulacoseira ambigua* - *Navicula contenta* - *Navicula mutica* zone, *Cocconeis placentula* var. *euglypta* - *Cocconeis scutellum* zone, *Thalassionema nitzschiooides* - *Thalassiosira eccentrica* - *Thalassiosira hyalina* zone and *Cocconeis scutellum* - *Paralia sulcata* - *Thalassiosira hyalina* zone. Results of diatom analyses show the seawater inundation during the Holocene transgression occurred at the depth of -47.6 m in the Akkeshi core, and its geologic time is inferred as ca 11.2 cal. ka. Salinity indices calculated from diatom compositions suggest that the present lake water salinity is nearly equivalent to the basal part of unit Es, -39.9 ~ -36.95 m deep of the core.

**Key Words :** diatom analysis, salinity index, uppermost Pleistocene to Holocene, sedimentary environment, electrical conductivity, Lake Akkeshi, Akkeshi Bay.

### はじめに

臨海平野を形成する沖積層は、最終氷期以降の海面上昇の影響を受け堆積した、最も新しい地層である。豊富な地質情報を有しており、同層の堆積環境解明はより古い地層の形成過程を検討する上でも有意義である。沖積層の研究には、貝や有孔虫、花粉、珪藻などの生物遺骸の解析のほか、粒度分析や火山灰分析、放射性炭素年代（以下、<sup>14</sup>C 年代）測定、電気伝導度（以下、EC）、水素イオン濃度指数（以下、pH）、

帶磁率の測定など、多様な方法が用いられている。特に珪藻は塩分濃度の違いにより生息種が異なるため、群集や優勢種などの検討から海域、汽水域および淡水域といった当時の堆積環境を推定でき（小泉 1976）、有明海研究グループ（1965）や長谷川（1966）、阿久津（1972）、地象部地質研究室（1973）、鹿島（1986）などにより古くから沖積層の古環境解析がなされてきた。一方、古生物とは異なる堆積環境の判別の手段として EC があり、横山・佐藤（1987）は大阪層群や琵琶湖層群の粘土層について EC 値の違いに基づいた堆積環境の判

2014 年 1 月 6 日受付、2014 年 4 月 17 日受理。

\* 日本地質学会第 119 年学術大会（堺市）で一部発表。

\*\* 北海道支部、北海道立総合研究機構地質研究所、〒 060-0819 札幌市北区北 19 条西 12 丁目

Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization (HRO), Sapporo 060-0819, Japan

\*\*\* 北海道支部、明治コンサルタント(株)本店、〒 064-0807 札幌市中央区南 7 条西 1 丁目

Meiji consultant Co. Ltd., Sapporo 064-0807, Japan

\*\*\*\* 北海道立総合研究機構地質研究所、〒 047-0008 小樽市築港 3-1

Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization (HRO), Otaru 047-0008, Japan

\*\*\*\*\* 産業技術総合研究所地質情報研究部門、〒 305-8567 つくば市東 1-1-1

Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Tsukuba 305-8567, Japan

\*\*\*\*\* 茨城大学理学部地球環境科学領域、〒 310-8512 水戸市文京 2-1-1

Department of Earth Science, Faculty of Science, Ibaraki University, Mito 310-8512, Japan

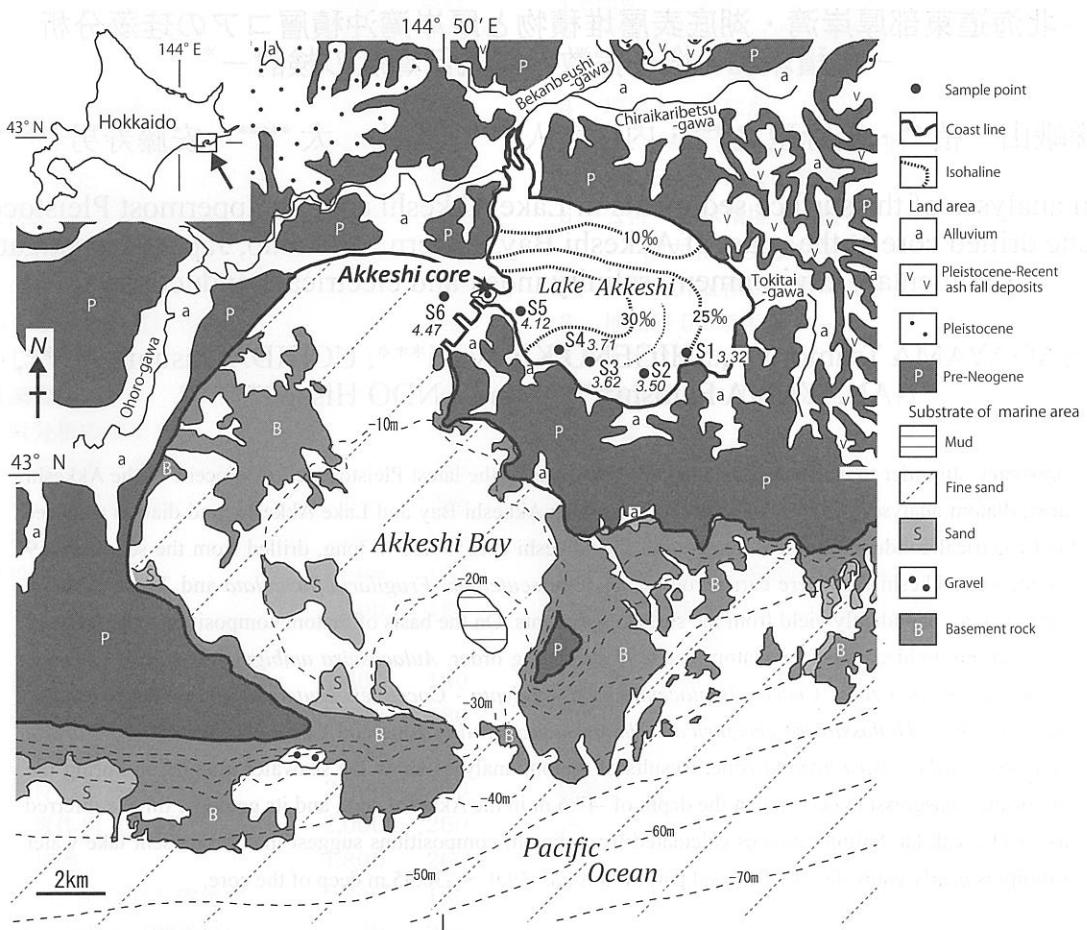


Fig. 1 Locations of the Akkeshi core and sampled surface sediments in Lake Akkeshi and Akkeshi Bay. The basic geological map is after Suga et al. (2009). Asterisk shows the drilling site of the Akkeshi core. Thick and thin dotted lines in Lake Akkeshi show isohaline contours by Sawai and Kashima (1996), and an extrapolated 27.5‰ isohaline by the authors, respectively. Italic numbers below samples S1 to S6 indicate salinity indices calculated from diatom compositions.

別法を提唱している。

北海道東部の太平洋沿岸には、海跡湖とされる湖沼が数多く認められ（磯部ほか 1999），厚岸町に広がる厚岸湖は西方の厚岸湾から幅約 700 m の水路を通して流入する海水と、別寒辺牛川などの周辺河川から供給される淡水が混じり、汽水湖を形成している。面積は 32.3 km<sup>2</sup>で、厚岸湾と接する部分で水深 11 m と最大になる。一方、厚岸湾は東西約 12 km、南北約 13 km、面積約 120 km<sup>2</sup> の内湾で、大局的には湾奥の北から外洋に接する南に向かって徐々に深くなり、太平洋に面した湾口部で最大水深約 30 m となる (Fig.1)。

2009 年 2 月に、厚岸町港町の漁港岸壁付近でボーリングにより長さ 59.22 m の沖積層コア（以下、厚岸コア）が採取され、珪藻分析を含む各種の測定・分析が行われた。これらの結果は重野ほか（2013）により公表されているものの、分析項目が多岐にわたることから、珪藻分析について記載されているに過ぎない。そこで、本論では珪藻分析の結果を詳しく述べ、珪藻群集組成から得られた塩分指標を用いて塩分濃度と対比し、古環境推定のために EC を測定し検討

した。更に、2011 年 7 月に厚岸湖・厚岸湾で音波探査を実施（内田ほか 2012）した際に採取した表層堆積物を珪藻分析し、群集組成や堆積環境について厚岸コアと比較した。なお、本論では AMS<sup>14</sup>C 年代値は曆年較正値 (cal. ka) で示し、従来の年代値 (yrs BP) も併記する。AMS<sup>14</sup>C 年代値や火山灰分析の詳細は重野ほか（2013）を参照いただきたい。

## 厚岸湖・厚岸湾周辺の地形・地質と海況

厚岸湖・厚岸湾の周辺には山地や丘陵が広がり、一部には根室面とされる標高 70 m 前後の海成段丘面が認められる。標高 10 m 以下の沖積低地は別寒辺牛川、チライカリベツ川、尾幌川、トキタイ川などの流域に広がる。山地・丘陵には主に砂岩泥岩互層や泥岩からなる上部白亜系～古第三系暁新統の根室層群が分布し、一部には礫や砂などからなる更新統が不整合で同層群を覆う（小山内ほか 1961）。更に、更新世～現世に降下した阿寒や摩周起源の火山灰がこれらを覆って分布する。沖積層は、主に河川流域に分布し、砂や泥、泥炭

などからなる。別寒辺牛川やチライカリベツ川流域の沖積層上部については、沢井・鹿島（1996）や沢井・三塩（1998）、Sawai (2001a), Atwater et al. (2004) により珪藻分析が行われている。厚岸湖と厚岸湾の現世堆積物については、粒度分析と鉱物分析が塩沢（1969）によりなされており、厚岸湾の底質は海上保安庁水路部（1999）で報告されている。

佐々（1957）は厚岸湾や厚岸湖付近における完新世初期の地盤沈降を指摘し、Okumura(1996)は火山灰に基づく海成段丘面の対比により本地域を含む沿岸域は0.2～0.5 mm/年程度の軽微な隆起傾向にあるとしている。更に、Atwater et al. (2004) や Sawai et al. (2004), Kelsey et al. (2006) などにより、現在は1 cm/年の速度で沈降し、400～500年間隔で発生する千島海溝の巨大地震やその後の余効変動により1～2 mの隆起が繰り返し発生しているとされている。

厚岸港の検潮記録によれば、大潮時の平均潮差は146 cm（平均高潮位+68 cm、平均低潮位-78 cm）で（厚岸漁業協同組合 1990），外洋からの海水は厚岸湾湾口部から北ないし北東方向へと厚岸湖と接する潮流口に収束する様に流入し、厚岸湖では湖岸に沿って東方（湖奥）へと流れる（北海道開発局 2004）。厚岸湖の塩分濃度は、別寒辺牛川や尾幌川の河口から湖北沿岸域にかけ10‰以下と最も低く、時計回りに順次高くなり、湖中央部から湖西沿岸域にかけて30‰以上となる（沢井・鹿島 1996；Fig. 1）。

## 湖底～海底表層堆積物と厚岸コアの概要

### 湖底～海底表層堆積物

表層堆積物の採取は、2011年7月13日に厚岸湖のS1～S5、厚岸湾のS6の計6点で行った。Table 1に各地点の緯度・経度と水深、採取日を示す。S1（水深-0.8 m）が最も東で、厚岸湾のS6（水深-6.5 m）が最も西に位置する（Fig. 1）。採泥作業は採泥面積1/20 m<sup>2</sup>のスミスマッキンタイヤ採泥器（グラブ式）を船上から湖底に降ろして行った。得られた堆積物はアクリル容器（4×4×20 cm<sup>3</sup>）により深さ7～9 cmの柱状試料として持ち帰り、室内で柱状図を作成し、分析用試料を取り分けた。S1～S5は粘土、S6はシルトからなり、表層部はいずれも茶色で、下部はS1～S5で灰黒色、S6は灰色を呈する（Fig. 2）。

### 厚岸コア

掘削位置は厚岸湾の北東側、北緯43°2'55.8"、東経144°51'14.0"で、陸上より約5m海側の水深2.9 mの海域である（Fig. 1）。沖積層は層相や堆積構造などから下位よりFv, Tf, Es, Ft, BrおよびArの堆積ユニット（以下、ユニット）に区分される（Fig. 3）。以下、重野ほか（2013）に基づき各ユニットの概要を述べる。

ユニットFv（標高-61.0～-50.0 m層準）：標高-61.0 m以深で根室層群（上部白亜系～古第三系晩新統）の固結した泥

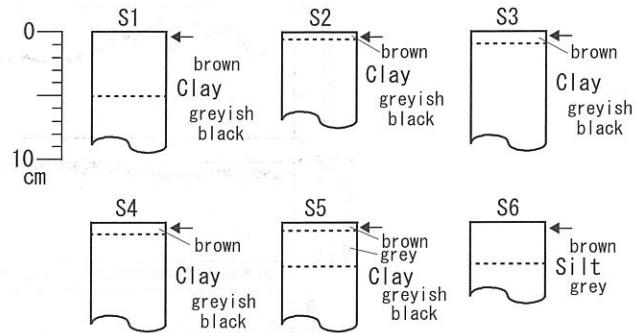


Fig. 2 Geologic column and sample horizons of surface sediments in Lake Akkeshi and Akkeshi Bay. Black arrows show horizons of diatom analysis samples. Sample locations of the sediments are shown in Fig. 1.

Table 1 Latitude, longitude, water depth and sampling date of the Akkeshi core and surface sediments in Lake Akkeshi. a.s.l.: above sea level.

Sample name	North latitude	East longitude	a.s.l. (m)	Collecting date
S1	43° 1' 54.313"	144° 55' 2.877"	-0.8	
S2	43° 1' 42.251"	144° 53' 51.604"	-0.9	
S3	43° 1' 47.408"	144° 53' 8.947"	-1.5	
S4	43° 1' 56.284"	144° 52' 18.071"	-1.4	July 13, 2011
S5	43° 2' 34.916"	144° 51' 29.173"	-7.9	
S6	43° 2' 58.192"	144° 50' 25.338"	-6.5	
Akkeshi core	43° 2' 55.8"	144° 51' 14.0"	-2.9	May 28, 2009

岩が厚さ約2 mで認められたことから、本ユニットは同層群を不整合で覆う。主に暗灰色で淘汰不良のシルト～極細粒砂からなり、一部に不明瞭な平行葉理が発達し、酸化した藍鉄鉱が点在する。下位ほど陸生起源の炭質物や材片が多く、基底部には径1～3 cmの泥礫を含む。本ユニットは平行葉理の発達したシルトや、細粒砂の薄層を一部に挟在するシルトから、径1～2 cmの泥礫や有機物を多く含む細粒砂へと上方粗粒化を示し、洪水起源と推測される細粒砂層を挟在する。標高-60.8 mで採取された泥炭の<sup>14</sup>C年代値は13.8 cal. ka (11,944 ± 34 yrs BP)である。本ユニットは河川成堆積物と推定された。

ユニットTf（標高-50.0～-40.0 m層準）：生物擾乱が発達し、暗灰色の砂を含有する淘汰不良なシルト～細粒砂からなり、材片や炭質物片が散在する。砂の含有量や貝殻片、生痕などの産状から下部（標高-50.0～-47.9 m）、中部（標高-47.9～-44.0 m）および上部（標高-44.0～-40.0 m）に区分される。下部はシルトを主体とし、細粒砂の薄層をcmオーダーでくり返し挟在し、生痕によりシルト・細砂の互層が攪乱されている。貝殻遺骸は認められない。標高-49.7 mの木片の<sup>14</sup>C年代値は11.4 cal. ka (9,904 ± 40 yrs BP)である。中部には明瞭な浸食基底をもち上方細粒化を示す淘汰不良なシルト～中粒砂が見られ、生痕は少なく、砂質部には材および貝殻遺骸が多く含まれる。上部は砂を含むシルトからなり、生痕により堆積構造は攪乱されているため、砂の薄層は断続的で、しばしばパッチ状となる。本ユニットは干潟成堆積物と解釈された。

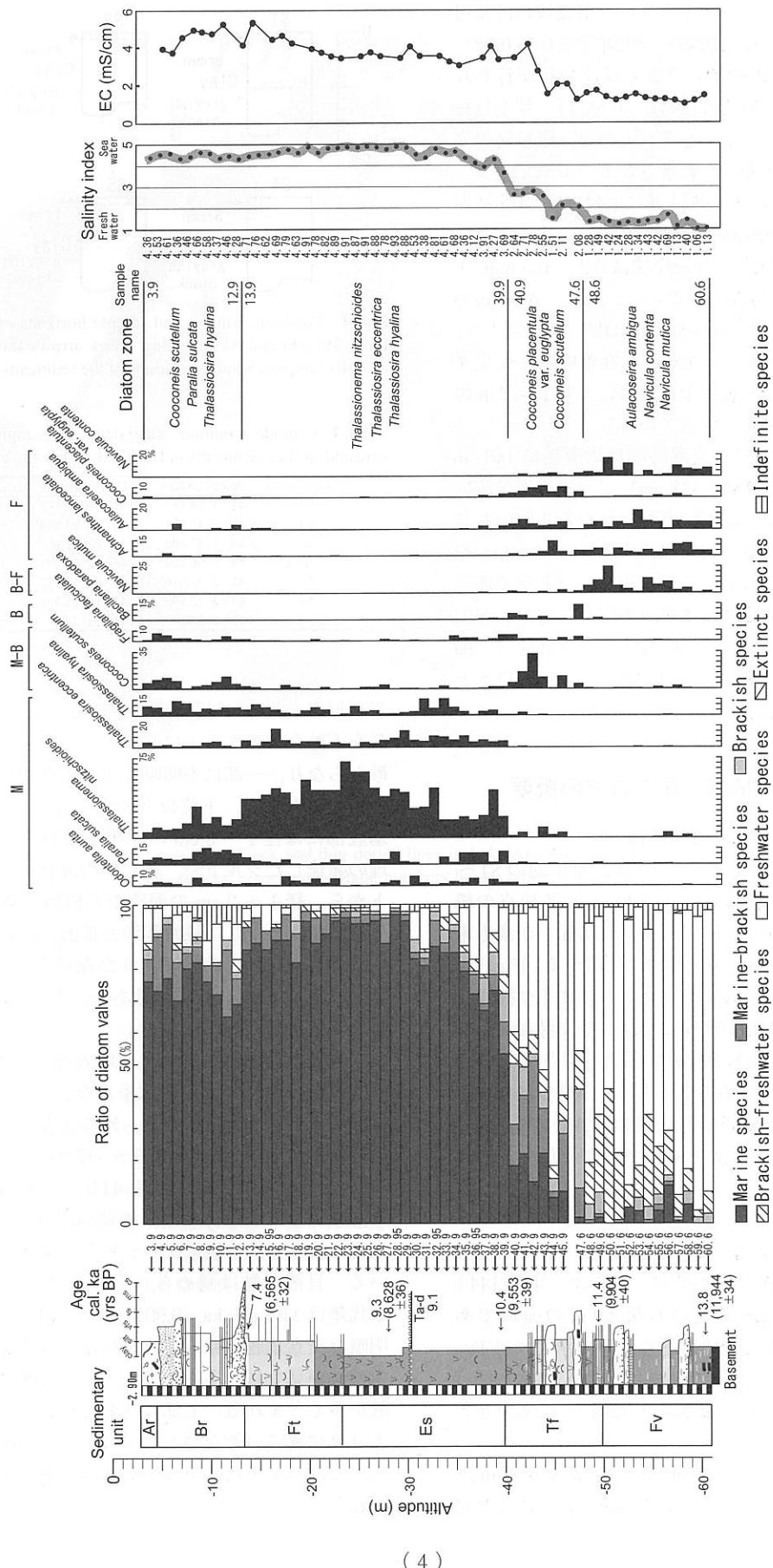


Fig. 3 Sedimentary units, sedimentary column, diatom composition, salinity index and electrical conductivity (EC) of the Akkeshi core. Sedimentary units and column are based on Shigeno et al. (2013). Tad: Tarutami d pyroclastic fall deposits. M: Marine species, M-B: Marine to brackish species, B: Brackish species, B-F: Brackish to freshwater species, F: Freshwater species.

ユニット Es (標高 -40.0 ~ -23.5 m 層準) : ほぼ均質なシルト～粘土からなり、砂の含有量や貝殻片、生痕などの存在から下部 (標高 -40.0 ~ -29.5 m) と上部 (標高 -29.5 ~ -23.5 m) に区分される。下部の基底はユニット Tf より漸移的に層相が変化する。暗緑灰色の砂分を含むシルト～粘土からなり、貝殻片が散在する。下位ほど生痕が少なく、砂や貝化石の混入が増える傾向にある。上部はコア中では最も細粒で、ほとんど砂成分や貝殻片を含まない海成の暗灰色粘土からなる。生痕の発達が著しく、堆積構造は明瞭ではない。標高 -30.5 ~ -27.5 m 層準では、白灰色で粗粒砂サイズの軽石が点在する。この層準の最上部では、約 9.1 cal. ka に降灰 (古川ほか 2006) した樽前 d 降下火碎堆積物起源の軽石の濃集部が層厚 1 cm で認められる (重野ほか 2013; 長谷川ほか 2013)。標高 -39.3 m の貝殻片の  $^{14}\text{C}$  年代値は 10.4 cal. ka ( $9,553 \pm 39$  yrs BP), 標高 -27.3 m の貝殻片の  $^{14}\text{C}$  年代値は 9.3 cal. ka ( $8,628 \pm 36$  yrs BP) である。本ユニットは内湾泥底環境下の堆積物と推定された。

ユニット Ft (標高 -23.5 ~ -13.5 m 層準) : 上方粗粒化を示すシルト～砂礫からなり、上限は標高 -13.5 m の貝殻を多く含む礫層基底部の浸食面である。暗灰色の細粒砂を含有するシルト層からなり、生痕の発達により堆積構造はほとんど認められないものの、レンズ状もしくは層状に細粒砂を頻繁に伴うことから、本来は砂泥互層であった可能性が高い。この細粒砂を含有するシルト層は、下位ほど粘土分が優勢であるため上方粗粒化の傾向を示す。標高 -13.65 m で採取された貝殻片の  $^{14}\text{C}$  年代値は 7.4 cal. ka ( $6,565 \pm 32$  yrs BP) である。本ユニットは干潟成堆積物と解釈された。

ユニット Br (標高 -13.5 ~ -5.0 m 層準) : 基底部の礫層を除き、下位よりシルト、砂の薄層を挟在するシルト、細粒砂、砂礫が累重し、上方粗粒化を示す。基底部は径 2 ~ 5 cm の亜円礫や貝殻が密集する暗灰色で淘汰不良な礫質粗粒砂～細粒砂からなる。礫種はチャート、頁岩、砂岩などで、一部に径 1 ~ 3 cm の泥礫が認められる。より上位のシルト層は生痕の発達により堆積構造はほとんど認められないものの、標高 -6.5 m 付近にはトラフ型斜交層理や平板型斜交層理が観察され、細粒砂は下位のシルトを浸食基底で覆う。本ユニットは潮汐チャネル充填堆積物～外浜堆積物と推定された。

ユニット Ar (標高 -5.0 ~ -2.9 m 層準) : 全体に貝殻遺骸を含み、上位ほど頻繁に材片等の炭化物が混入する。最上部の標高 -3.5 ~ -2.9 m には金属片や漁網、貝殻、0.2 ~ 1 cm 大の頁岩からなる角礫が散在する。本ユニットは現世の泥質堆積物と解釈された。

## 珪藻分析と EC 測定の方法

### 珪藻分析

表層堆積物の分析用試料はいずれも表層から深さ 1 cm より採取した (Fig. 2)。厚岸コアの試料番号は採取位置の標高

(- と m は省略) で表した。鑑定用プレパラートの作成は嵯峨山ほか (2010) の方法を用い、遺骸の算定は 1,250 倍の生物用顕微鏡で 1 試料につき 100 個を目途に行った。

種の同定は主に Kramer and Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a, b) を用いて行い、小杉 (1988) と安藤 (1990) の環境指標種群を参照した。あわせて小菅 (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) などにより海生種、海～汽水生種、汽水生種、汽水～淡水生種、淡水生種、絶滅種、不明種に区分した。

次に、得られた珪藻群集の変化と、塩分濃度や EC 値の変化と比較するために、産出する珪藻種の生息域組成を数値化して塩分指数を求めた。本指数は海生種の計数に 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 の数を乗じ、これらの合計数を全体の計数から絶滅種と不明種の遺骸数を引いた数で除した値である (嵯峨山 2006; 嵯峨山ほか 2010, 2013)。これは、海生種や海～汽水生種が多産すると指数は 5 に近くなり、当時の塩分濃度は高かったと推定される。逆に、淡～汽水生種や淡水生種が多いと指数は 1 に近くなり、塩分濃度は低くかったと推定される。なお、塩分指数だけでは海生種や汽水生種、淡水生種などの割合は分からることから、Fig. 3 にある様に各種の割合グラフを併用して図示している。

柳沢 (2000) によれば群集組成の計数把握には最低でも 200 個体程度必要とされていることから、海生種～汽水生種と汽～淡水生種～淡水生種の殻数がほぼ同じ割合である厚岸コアの試料 40.9 について 100 個と 200 個における同定属数、種数および塩分指数の比較を行った。結果は 100 個に比べ 200 個の場合は、属数は 1.1 倍、種数は 1.4 倍となったが、塩分指数はほぼ同じであった (Table 2)。同様な値は石狩平野の結果 (嵯峨山ほか 2013) でも示されている。200 個の計数では希に産する遺骸が確認されたため、属数や種数はいくらか増加するが、優勢種や塩分指数を用いて古環境を検討する上では 100 個体の計数でも支障はないと判断される。

### EC 測定

厚岸コアの懸濁水の電気伝導度は、電気伝導率測定器 B-173 Twin Cond (Horiba) を用いて測定した。対象とした地質試料の間隔は基本的に 1 m とし、50 試料について横山 (1993) の方法を参考に以下の様に実施した。試料 20 g 程度

**Table 2** Number of identified genera and species, and calculated salinity indices in two different total valve counts (100 and 200) for the same diatom analysis sample from -40.9 m below sea level of the Akkeshi core.

Number of valves counted	Number of genera	Number of species	Salinity index
100	26	48	2.64
200	29	67	2.65

を蒸発皿に取り、110 °C 設定の乾燥機中に48時間放置する。乾燥させた試料を乳鉢で細かく粉碎した後、秤量した10 g をビーカーに入れ、蒸留水を120 ml 加えて攪拌機により3 分間攪拌する。攪拌後静置し、1時間後と5日後にそれぞれ測定する。両測定値に大きな違いは認められないことから、5日後の測定値を結果として採用した。Fig. 3 の右端に測定値をグラフで示す。

### 珪藻分析の結果

表層堆積物 6試料で29属74種を同定した。

S1の優勢種は付着性海～汽水生種で、海水藻場指標種群（小杉 1988）とされる *Coccconeis scutellum* Ehr. と、付着性淡水生種の *Fragilaria faciculata* (Ag.) Lange-Bertalot で、塩分指数は3.32である。S2では、浮遊性汽～淡水生種の *Thalassiosira lacustris* (Grun.) Hasle が 18%，*C. scutellum* が 17%，*F. faciculata* が 14% を占める。塩分指数は3.50である。S3では、*C. scutellum* が 21%，*F. faciculata* が 16%，付着性汽水生種の *Bacillaria paradoxa* Gmelin が 9% を占める。塩分指数は3.62である。S4では、*C. scutellum* が 17%，*F. faciculata* が 14%，外洋指標群集の構成種（小杉 1988）の *Thalassionema nitzschiooides* (Grun.) Mereschkowsky が 8% を占める。塩分指数は3.71である。S5では、*C. scutellum* が 13%，*T. nitzschiooides* が 11%，付着性海生種の *Odontella aurita* (Lyngb.) Ag. が 9%，浮遊性海生種で内湾指標群集の構成種（小杉 1988）である *Paralia sulcata* (Ehr.) Cleve が 8% を占める。塩分指数は4.12である。S6では、浮遊性で外洋海生種の *Thalassiosira hyalina* (Grun.) Gran が 15%，*T. nitzschiooides* が 10%，*P. sulcata* が 9%，*C. scutellum* が 7% を占める。塩分指数は3.32である（Fig. 4）。

厚岸コア 地質柱状図（Fig. 3）の横に示した層準から採取した57試料について、49属271種を同定した。優勢

種の層序的分布から以下の4珪藻帯に区分される。下位から試料 60.6～48.6 の *Aulacoseira ambigua* (Grun.) Simonsen - *Navicula contenta* Grun. - *Navicula mutica* Kütz. 帯、試料 47.6～40.9 の *Coccconeis placentula* var. *euglypta* (Ehr.) Cleve - *Coccconeis scutellum* 帯、試料 39.9～13.9 の *Thalassionema nitzschiooides* - *Thalassiosira eccentrica* (Ehr.) Cleve - *Thalassiosira hyalina* 帯、試料 12.9～3.9 の *Coccconeis scutellum* - *Paralia sulcata* - *Thalassiosira hyalina* 帯である（Fig. 3）。海生種は0～97%と、ユニット毎に産出頻度が異なる。新第三紀や前期更新世に生息していた絶滅種は1%以下の産出であった。以下に、各帯の群集組成と塩分指数について述べる。

*Aulacoseira ambigua* - *Navicula contenta* - *Navicula mutica* 帯は、ユニット Fv とユニット Tf の下部に相当する。海生種の割合は0～12%と非常に少なく、基底部の試料 60.6 および試料 59.6 では産出しない。安藤（1990）によれば、浮遊性淡水生種の *A. ambigua* は湖沼沼澤湿地指標群集の特徴的な種で、付着性淡水生種の *N. contenta* や *N. mutica* は陸域指標群集の主要構成種である。塩分指数は1.06から1.69の範囲にあり、全体的に低い値を示す。

*Coccconeis placentula* var. *euglypta* - *Coccconeis scutellum* 帯はユニット Tf の上部にほぼ相当する。*C. placentula* var. *euglypta* は付着性淡水生種である。海水種の割合は0～22%と幅広く、試料 47.6 で汽水生種が本格的に産出し、より上位の試料では海～汽水生種の増加が認められる。塩分指数 1.51 から 2.78 の範囲で、低指数値から高い値へ徐々に変化するのが認められる。

*Thalassionema nitzschiooides* - *Thalassiosira eccentrica* - *Thalassiosira hyalina* 帯はユニット Es およびユニット Ft に相当する。優勢種の *T. nitzschiooides*、*T. eccentrica* および *T. hyalina* はいずれも浮遊性の外洋海生種である。海生種は53

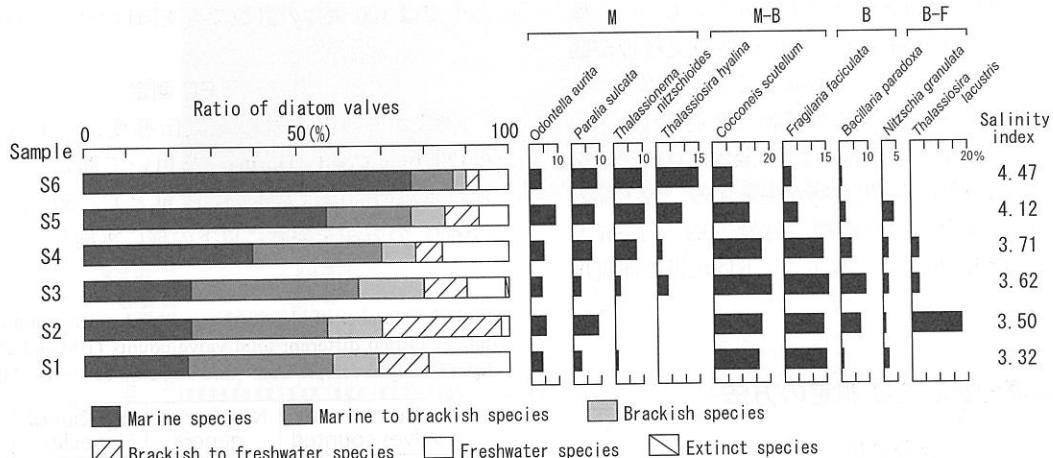


Fig. 4 Diatom composition of surface sediments in Lake Akkeshi and Akkeshi Bay. Sample locations (S1-S6) of the sediments are shown in Fig. 1. M: Marine species, M-B: Marine to brackish species, B: Brackish species, B-F: Brackish to freshwater species.

～97%を占め、特に試料26.9以浅では約95%と全体で最も高い割合を示す。標高-20mより上位にむかって、海生種は95%から85%前後へとやや減少する。塩分指数は3.69から4.93の範囲にあり、下半部はより高い値への移行を呈し、上半部は高指數値が安定的に連続する。

*Cocconeis scutellum* - *Paralia sulcata* - *Thalassiosira hyalina* 帯はユニットBrとユニットArに相当する。海生種の割合は試料11.9で最小の65%で、そのほかでは70～80%である。塩分指数は4.28から4.66の範囲で、比較的高い値を示し、変化の幅は小さい。

## 考 察

### 表層堆積物の堆積環境

Sawai (2001b) や Sawai and Nagumo (2003), Sawai et al. (2004) は厚岸湖の低湿地や潮汐低地において珪藻分析を行い、*Cocconeis scutellum* や *Paralia sulcata* の多産を報告している。また、沢井・鹿島 (1996) は、厚岸湖底の表層堆積物の珪藻遺骸群集について *Synedra aciculata* (本論では *Fragilaria aciculata*) や、*Cocconeis scutellum*, *Thalassiosira* spp. の多産を報告しており、今回の分析結果とほぼ同様である。

厚岸湖の塩分濃度は、別寒辺牛川河口域を含む湖北岸域で10%以下と低く、30%以上を示す湖中央部から厚岸湾に接する潮流口に向かって徐々に高くなる (沢井・鹿島 1996: Fig. 1)。北海道水産部振興計画課 (1980) によれば、厚岸湖の水温や塩分濃度は別寒辺牛川河口域を除く中央部～湖南岸水域ではほぼ上・下層均一に混合されており、同一地点での塩分濃度は水面から湖底までほぼ一様と考えられる。

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震時には、津波により大量の海水が湖内に流入したと思われるものの、環境科学研究センター (2012) が地震の前後に測定した2010年の5月、6月、8月、9月と2011年の5月、7月、8月、9月の塩分濃度には大きな変化はなく、塩分濃度が高くなったとしても一時的であったと推定できる。また、地震時の津波による堆積物や土砂移動の痕跡は、堆積物の肉眼鑑定では確認できなかった。

今回、珪藻組成から求めた表層堆積物の塩分指数は厚岸湖東奥のS1が3.32と最も小さく、厚岸湾につながる水路に沿って西側ほど大きくなり、S5で4.12、厚岸湾のS6で4.47と最大となった (Fig. 1)。塩分濃度との関係を検討する上で他の適当な測定データが存在しないため、沢井・鹿島 (1996) が実測した塩分濃度を用いてS1からS4の塩分指数との関係をグラフに表した (Fig. 5)。4点は直線に近い配列を示し、両者は比例の関係にある。試料数が少ないために限局的ではあるものの、塩分指数は塩分濃度をよく反映していると判断でき、塩分濃度25～30%は塩分指数3.3～3.75にほぼ相当すると読み取れる。なお、測定点が少ないと予想される。

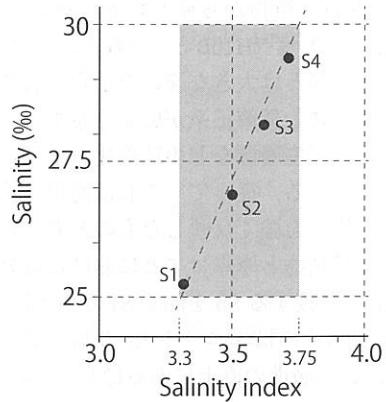


Fig. 5 Correlation of salinity index calculated from diatom composition of the lake surface sediments and water salinity in Lake Akkeshi measured by Sawai and Kashima (1996).

り塩分指数と塩分濃度の関係を更に検証する必要がある。

### 厚岸コアの堆積環境

ユニットFvの優勢種の*Aulacoseira ambigua*は湖沼沼澤湿地指標種群、*Navicula contenta*と*Navicula mutica*は陸域指標種群 (安藤 1990) で、海生種や汽水生種も少なからず産することから、本ユニットの堆積場は湿地に隣接し、わずかな量の海水が一時に流入する湖沼域と推定される。ユニットTfでは試料47.6で汽水生種が本格的に産出し、より上位の試料で海～汽水生種の増加が認められることから、古環境は全体として海水と淡水が混じる汽水域であったことが示唆される。ユニットEsでは、特に下半部で海～汽水生種が上方に増加することから、上位ほど海水量が多くなったと推定できる。ユニットEsの上半部からユニットFtの下半部では、外洋海生種の*Thalassionema nitzschioides*が卓越し、その割合がほぼ一定であることから外洋水が安定的に流入する干潟環境であったと考えられる。上半部では*T. nitzschioides*が減少する一方、内湾指標種群の*Paralia sulcata* (小杉 1988) が上位に向かっていくらか増加しており、バリアーの前進によってより内湾側の環境に変化していったものと考えられる。ユニットBrでは*P. sulcata*の割合が増加し、海～汽水生種の*Cocconeis scutellum*も認められることから、淡水がより多く流入する内湾奥域に変化していったと推定される。

ユニットTfからユニットEsにかけて海生種や汽水生種の割合が徐々に大きくなるのは、完新世に生じた縄文海進 (完新世海進) の海面上昇に伴い、流入する海水量が増えていったためと考えられる。更に、標高-47.6m付近の堆積期より本格的に海水が流入したと推定され、この層準の2.1m下位の標高-49.7mの<sup>14</sup>C年代値は11.4 cal. ka (9,904 ± 40 yrs BP) で、8.3m上位の標高-39.3mの<sup>14</sup>C年代値は10.4 cal. ka (9,553 ± 39 yrs BP) である (重野ほか 2013) ことから、両値を用いた比例計算から本格的海水流入層準の年代は11.2 cal. ka付近と予想される。

厚岸コアや表層堆積物から産した絶滅種の個体数は1%以下で、最大で33.8% (H16B-3; 嵯峨山ほか2010) に達する石狩低地の沖積層とは大きな違いを示す。石狩低地周辺では珪藻化石を多く含む新第三系が広く分布する一方、厚岸コア周辺の陸域には根室層群などの珪藻化石をほとんど産しない地層が分布している。従って、これは河川の後背地に分布する基盤地質の違いを強く反映したものと考えられる。

厚岸湖の表層堆積物と厚岸コアとにおける塩分指数を比較すると、厚岸湾に隣接するS5を除くS1からS4(3.32~3.71)とほぼ同じ値を示すのはユニットEsの基底部の3.69(試料39.9)である。この層準の直上にある標高-39.3mの<sup>14</sup>C年代値は10.4 cal. ka (9,553 ± 39 yrs BP) であるので、この頃の厚岸コアの掘削位置付近には、現在の厚岸湖のS1~S4採取地点と同様の塩分濃度(25~30%)を示す汽水環境が広がっていたと推定される。なお、ほぼ同じ塩分指数でも、試料39.9~36.95では外洋海生種のThalassionema nitzschioides, Thalassiosira eccentricaおよびThalassiosira hyalinaが比較的多産するのに比べ、表層堆積物では海~汽水生種のFragilaria faciculataやCocconeis scutellumが多産し、やや異なる群集組成を示す。

次に、EC測定の結果について述べる。ECは水溶液中のイオン量に支配されるため、測定により溶液中のイオン量の変化を知ることが出来る。また、陰イオンの量は淡水に比べ海水の方が多いことから、粘土に含まれる陰イオンに注目し、その量から粘土の堆積環境の推定は可能とされる(横山1993)。横山・佐藤(1987)は、大阪層群と琵琶湖層群の粘土を対象に、EC値が1.3 mS/cm以上を海成堆積物、0.4~1.2 mS/cmを汽水成堆積物、0.4 mS/cm以下を淡水成堆積物と区分した。その後、内園・森(2004)や内園(2007, 2010)は、横山(1993)の測定方法に準拠し、濃尾平野の更新統や沖積層の堆積環境をECにより推定し、沖積層については1.5 mS/cm以上が海成、0.6~1.5 mS/cmが汽水成、0.6 mS/cm未満が淡水成としている。

厚岸コアの測定では、最低値が0.97 mS/cm(試料58.15)、最高値は5.3 mS/cm(試料14.15)である。全体的にユニットFvからユニットTfの下半部は2 mS/cm以下で、ユニットTfの上半部から2 mS/cm以上と値が大きくなり、ユニットFtやユニットBrでは4 mS/cm前後で、ECと塩分指數のグラフは似た変化傾向を示す(Fig. 3)。内園(2007)の区分を用いると、ほぼ標高-47m以深が汽水成堆積物、それ以浅が海成堆積物となる。

### まとめ

1) 完新統の堆積環境解明のために、北海道東部の厚岸湖・厚岸湾の表層堆積物6試料の珪藻分析と、厚岸湾の水深2.9mの地点で掘削された沖積層(厚岸コア; 長さ59.22m)の57試料について珪藻分析と電気伝導度測定を行っ

た。2) 表層堆積物からはCocconeis scutellum, Fragilaria faciculataおよびThalassionema nitzschioidesなどが多産した。3) 硅藻化石の群集組成から厚岸コアは、下位よりAulacoseira ambigua - Navicula contenta - Navicula mutica帶, Cocconeis placentula var. euglypta - Cocconeis scutellum帶, Thalassionema nitzschioides - Thalassiosira eccentrica - Thalassiosira hyalina帶, Cocconeis scutellum - Paralia sulcata - Thalassiosira hyalina帶に区分される。4) 厚岸コアにおける珪藻化石組成の層序的変化と<sup>14</sup>C年代から、完新世(縄文)海進による本格的な海水流入は標高-47.6m付近の堆積期に生じ、その時代は約11.2 cal. kaと推定される。5) 厚岸湖の表層堆積物における塩分指數は、厚岸コアのユニットEs基底部付近(標高-39.9~-36.95m)のとほぼ同じ値となり、厚岸コアのこの層準が現在の厚岸湖に近い汽水環境であったことを示唆する。

謝辞: 国土交通省北海道開発局釧路港湾事務所からは、研究のための厚岸コアの使用許可をいただいた。厚岸漁業協同組合からは調査船の手配をはじめ、厚岸湖の調査に理解と協力をいただいた。須藤雄介氏(茨城大学大学院理工学研究科博士前期課程: 当時)と熊崎農夫博氏(厚岸町海事記念館)には、現地での分析用試料採取に協力いただいた。濱原和広氏(北海道立総合研究機構環境科学研究センター)からは、厚岸湖のデータと文献を提供していただいた。2名の匿名査読者からは的確な指摘と意見をいただいた。本研究には、平成22~24年度日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究B、課題番号22340153、現世および化石カキ礁の形成過程から解明する古環境とカキ類の古生態変遷、研究代表者: 安藤寿男)と厚岸町平成23~24年度厚岸湖・別寒刃湿原学術研究奨励補助金(申請者: 重野聖之)を使用した。記して感謝申し上げます。

### 文 献

- 厚岸漁業協同組合(1990) 厚岸町海域漁場基本図調査事業報告書。319p.
- 阿久津 純(1972) 東京下町低地よりえられた試錐コアの珪藻群集。岩井淳一教授記念論文集, 251-258.
- 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.
- 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-。地団研專報, 11, 86p.
- Atwater BF, Furukawa R, Hemphill-Haley E, Ikeda Y, Kashima K, Kawase K, Kelsey HM, Moore AL, Nanayama F, Nishimura Y, Odagiri S, Ota Y, Park SC, Satake K, Sawai Y and Shimokawa K (2004) Seventeenth-century uplift in eastern Hokkaido, Japan. The Holocene, 14: 487-501.
- 地象部地質研究室(1973) 東京の“沖積層”の研究(その1)-微化石分析について-。昭48.都土木技研年報, 147-181.
- 古川竜太・中川光弘・古堅千絵・吉本充宏(2006) 樽前火山先史時代の噴火活動。月刊地球, 28: 302-307.

- 長谷川 健・岡正光・古川竜太・重野聖之・七山 太・中川光弘・安藤寿男 (2013) 北海道東部、釧路地域における樽前d降下火砕堆積物の発見とその意義。地質雑誌, 119 : 446-456.
- 長谷川康雄 (1966) 関東平野前期繩文時代における沖積土の微古生物学的研究 - 硅藻群集について その I - 資源科学研究所彙報, 67 : 73-83.
- 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 (日本珪藻学会誌), 8 : 79-99.
- 北海道開発局 (2004) 厚岸漁港流況調査・解析その他業務報告書. 148p.
- 北海道水産部振興計画課 (1980) 厚岸周辺海域総合開発調査報告書 (昭和54年度生産環境調査の概要, 社団法人北海道水産資源技術開発協会担当分). 昭和54年度調査結果報告書 No.1, 198p.
- 磯部一洋・横田節哉・羽坂俊一・佐藤卓見 (1999) 北海道東部太平洋沿岸に連なる海跡湖を訪ねて. 地質ニュース, 534 : 7-18.
- 海上保安庁水路部 (1999) 沿岸の海の基本図 (5万分の1) 厚岸及び海底地形地質調査報告. 6377-7, 55p.
- 環境科学研究センター (2012) 平成23年度厚岸湖に係わる環境基準未達成原因究明調査報告書. 独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地質研究本部, 22p.
- 鹿島 薫 (1986) 沖積層中の珪藻遺骸群集の推移と完新世の古環境変遷. 地理学評論, 59 : 383-403.
- Kelsey H, Satake K, Sawai Y, Sherrod B, Shimokawa K and Shishikura M (2006) Recurrence of postseismic coastal uplift, Kuril subduction zone, Japan. Geophysical Research Letters, 33 : L13315, doi:10.1029/2006GL026052.
- 小泉 格 (1976) 硅藻. 浅野 清編, 微古生物学, 138-221, 朝倉書店, 東京.
- 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) 硅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, Fragilariaeae, Eunoticeae, 576p, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Kramer K and Lange-Bertalot H (1991b) Süsswasser-Flora von Mitteleuropas. Bacillariophyceae, 4. Teil : Athnanthaceae 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 (日本珪藻学会誌), 13 : 201-214.
- 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 (日本珪藻学会誌), 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 (日本珪藻学会誌), 18 : 57-71.
- 濁川明男・長谷川康雄 (2005) 青森県尾駒沼の珪藻群集. Diatom (日本珪藻学会誌), 21 : 107-118.
- 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.
- 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.
- Okumura K (1996) Tephrochronology, correlation and deformation of marine terraces in eastern Hokkaido, Japan. Geographical Rept. Tokyo Metropolitan Univ., 31 : 19-26.
- 小山内 熙・三谷勝利・松下勝秀 (1961) 5万分の1地質図幅「厚岸」及び同説明書. 釧路-37, 北海道開発庁, 33p.
- 嵯峨山 積 (2006) 北海道東部の釧路臨海低地下の沖積層. 地質学論集, 59 : 73-81.
- 嵯峨山 積・藤原与志樹・井島行夫・岡村 聰・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・外崎徳二・近藤 務・岡村 聰・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. 地質雑誌, 116 : 13-26.
- 佐々保雄 (1957) 北海道厚岸湖牡蠣礁に於ける一観察. 北海道地質要報, 35 : 22-23.
- Sawai Y (2001a) Episodic emergence in the past 3000 years at the Akkeshi estuary, Hokkaido, northern Japan. Quaternary Research, 56 : 231-241.
- Sawai Y (2001b) Distribution of living and dead diatoms in tidal wetlands of northern Japan : relations to taphonomy. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 173 : 125-141.
- Sawai Y, Horton B P and Nagumo T (2004) The development of a diatom-based transfer function along the Pacific coast of eastern Hokkaido, northern Japan – an aid in paleoseismic studies of the Kurile subduction zone. Quatern. Sci. Rev., 23 : 2467-2483.
- 沢井祐紀・鹿島 薫 (1996) 硅藻遺骸群集からみた北海道厚岸地方における完新世後半の相対的海水準変動と古環境の復元. 化石, 61 : 21-31.
- 沢井祐紀・三塙和歌子 (1998) 北海道東部厚岸湿原における過去3,000年間の海進・海退. 第四紀研究, 37 : 1-12.
- Sawai Y and Nagumo T (2003) Diatom (Bacillariophyceae) flora of salt marshes along the Pacific coast of eastern Hokkaido, northern Japan. Bulletin of the Nippon Dental University, General Education, 32 : 93-108.
- 重野聖之・七山 太・須藤雄介・嵯峨山 積・長谷川 健・安藤寿男 (2013) 北海道東部厚岸沿岸低地の完新世バリアーシステムと海水準変動の復元. 地質雑誌, 119 : 171-189.
- 塩沢孝之 (1969) 厚岸湖および厚岸湾の底質. -粒度組成と粘土鉱物組成-. 地質雑誌, 75 : 1-11.
- 菅 和哉・嵯峨山 積・内田康人・仁科健二 (2009) 北海道沿岸域の地質・底質図-5-太平洋東海域. 北海道立地質研究所調査研究報告, 38, 37p.
- 内田康人・嵯峨山 積・重野聖之・七山 太・安藤寿男 (2012) 音波探査で見いだされた厚岸湾・厚岸湖(北海道東部)の潮流三角州の内部構造と埋没カキ礁の分布. 日本地球惑星科学連合2012年大会予稿集, HQR22-P01.
- 内園立男 (2007) 濃尾平野ボーリングコアの粘土混濁水の電気伝導度と堆積環境の関係-沖積層の例-. 地球科学, 61 : 179-186.
- 内園立男 (2010) 濃尾平野ボーリングコアの粘土混濁水の電気伝導度に基づく沖積層の堆積環境の推定. 地球科学, 64 : 11-22.
- 内園立男・森 勇一 (2004) 濃尾平野南部ボーリングコアの粘土混濁水の電気伝導度およびpH測定に基づく堆積環境の推定. 第四紀研究, 43 : 375-382.
- 柳沢幸夫 (2000) 硅藻類. 化石研究会編, 化石の研究法, 共立出版, 45-51.
- 横山卓雄 (1993) 電気伝導度測定法. 日本国第四紀学会編, 第四紀試料分析法2, 109-118, 東京大学出版会, 東京.
- 横山卓雄・佐藤万寿美 (1987) 粘土混濁水の電気伝導度による古環境の推定-千里山丘陵東端部および琵琶湖湖底におけるボーリング・コアの場合-. 地質雑誌, 93 : 667-679.

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・湖底表層堆積物と厚岸湾沖積層コアとの珪藻分析—堆積環境・塩分指数・電気伝導度の検討一. 地球科学, 68, 99-108.

SAGAYAMA Tsumoru, SHIGENO Kiyoyuki, UCHIDA Yasuhito, NANAYAMA Futoshi and ANDO Hisao. 2014. Diatom analyses of the surface sediments in Lake Akkeshi and the uppermost Pleistocene to Holocene drilled core at the coast of Akkeshi Bay, eastern Hokkaido, Japan: Investigation of sedimentary environment, salinity index and electrical conductivity. Earth Science (Chikyu Kagaku), 68, 99-108.

### 要 旨

北海道東部厚岸地域の更新世末期から完新世の堆積環境解明のために、厚岸湖・厚岸湾の表層堆積物試料の珪藻分析と、厚岸湾の水深 2.9 m の地点で掘削された厚岸コア（沖積層；長さ 59.22 m）の珪藻分析と電気伝導度測定を行った。表層堆積物からは *Cocconeis scutellum*, *Fragilaria faciculata* および *Thalassionema nitzschioides* が多産した。珪藻群集組成から厚岸コアは、下位から *Aulacoseira ambigua* – *Navicula contenta* – *Navicula mutica* 帯, *Cocconeis placentula* var. *euglypta* – *Cocconeis scutellum* 帯, *Thalassionema nitzschioides* – *Thalassiosira eccentrica* – *Thalassiosira hyalina* 帯, *Cocconeis scutellum* – *Paralia sulcata* – *Thalassiosira hyalina* 帯に区分される。珪藻分析から、完新世（縄文）海進による本格的な海水流入は標高 -47.6 m で生じ、その時代は約 11.2 cal. ka と推定される。珪藻群集から求めた塩分指数によれば、厚岸コアのユニット Es 基底部付近（標高 -39.9 ~ -36.95 m）が現在の厚岸湖の表層堆積物の塩分濃度と近似する。