

新潟県における砂丘湖の現状

福原晴夫¹⁾・木村直哉²⁾・根本富美子³⁾・戸田任重⁴⁾・野原精一⁵⁾・大高明史⁶⁾

Sand dune lakes in Niigata, Japan

Haruo FUKUHARA¹⁾, Naoya KIMURA²⁾, Fumiko NEMOTO³⁾, Hideshige TODA⁴⁾,
Seiichi NOHARA⁵⁾ and Akifumi OHTAKA⁶⁾

- 1). 〒950-2181 新潟市西区五十嵐 2-8050 新潟大学教育人間科学部 ; Faculty of Education and Human Sciences, Niigata University, Ikarashi 2-8050, Niigata 950-2181, Japan
- 2). 〒950-2042 新潟市西区坂井 700-1 (株) グリーンシグマ ; Green Sigma Cooperation, Sakai 700-1, Niigata 950-2042, Japan.
- 3). 〒950-2181 新潟市西区五十嵐 2-8050 新潟大学大学院教育学研究科 ; Graduate School of Education, Niigata University, Ikarashi 2-8050, Niigata 950-2181, Japan
- 4). 〒390-8621 松本市旭町 1-1 信州大学理学部物質循環学科 ; Faculty of Science, Shinsyu University, Asahimachi 1-1, Matsumoto 305-8506, Japan
- 5). 〒305-8506 つくば市小野川 16-2 国立環境研究所 ; National Institute for Environmental Studies, Onogawa, Tsukuba 305-8560, Japan
- 6). 〒036-8560 青森県弘前市文京町1 弘前大学教育学部 ; Department of Natural Science, Faculty of Education, Hirosaki University, Hirosaki 036-8560, Japan

Abstract

Intensive limnoecological surveys were conducted in 26 sand dune lakes including springs in Niigata. There were two groups of sand dune lakes, Niigata sand dune lakes including lakes and Katamachi sand dune lakes with lakes. Lakes were characterized in the view of high and fluctuated water temperature, high pH values and comparatively low electric conductivity, whereas spring water had low water temperature, pH and dissolved oxygen concentration with small fluctuations. A water bloom by *Microcystis* was observed in some lakes in Katamachi sand dune lakes. Origin and age of lakes were also discussed based on the formation age of sand dunes revealed by archaeological relics.

Key words: sand dune lake, Niigata Sand Dune, Katamachi Sand Dune, eutrophication springs

1 はじめに

新潟県内には自然湖沼を含め、大小合わせると約 6000 の「溜池」が存在する (浜島, 2002)。全国の溜池の総数が約 205,000 であり, 第 1 位の兵庫県の 44000 に比較すると及ぶべくもないが, 数で全国第 8 位。密度で第 20 位の多さである (浜島, 2002)。このうちダム湖を除く湖面積 1ha

以上の湖沼は約 60 あり、最大水深は 33.0 m の坊ヶ池（旧中頸城郡清里村，現上越市清里区），最も湖面積の広いのは汽水湖である加茂湖（4.95 km²、旧両津市，現佐渡市両津）である（福原ら，1990；Fukuhara, 1992）．全国的に特徴のある湖として，マール起源と推定されている坊ヶ池（堀江，1957；福原ら，1988），調和型湖沼中では最もカルシウム濃度の高い高浪池（糸魚川市小滝）（福原ら，1991；Fukuhara et al., 1992）が知られている．

Horie (1962)は日本の約 450 湖沼の成因と主要な湖盆形態をまとめ、新潟県で 24 湖沼をリストアップしている．このうち注目すべきは、成因が砂丘に起因する湖沼（砂丘湖）を挙げていることである．新潟県の砂丘湖は新潟砂丘と潟町砂丘に分布する（図 1）．Horie は Hutchinson (1957) の分類体系にもとづきこれらを Type 62 としている．Hutchinson (1957) の定義による Type 62 は「Lakes between well-oriented sand dunes」となっている．我が国において砂丘湖の定義は必ずしも確定していない．関連する地形や地理，地学分野の辞典（事典）類には「砂丘湖」がなく，陸水の事典のみで「複数の砂丘列の間に淡水して出来る湖」となっている（日本陸水学会，2006）．狭義の意味では砂丘列間に湛水する水体であるが，砂丘の末端で浸出する湧水に涵養されている湖沼も含めて，本報告では砂丘湖（sand dune lake）を「砂丘からの湧水により涵養される砂丘列間または砂丘列の背後に形成された水体」と定義する．

世界的な規模で考えると砂丘湖は多くの貴重植物種とそれに付随した動物相を有する景観的にも極めてユニークなタイプの湿地と位置づけされ(Grootjans et al., 1998),進化の場としても重要で，固有種を含む生物多様性の高い場であることが明らかにされてきている (Pollet & Grootaert, 1996; McLachlan et al., 1996; Pott & Hannover, 1999; Lammerts et al., 2001; Grootjans et al., 2004; UNESCO,

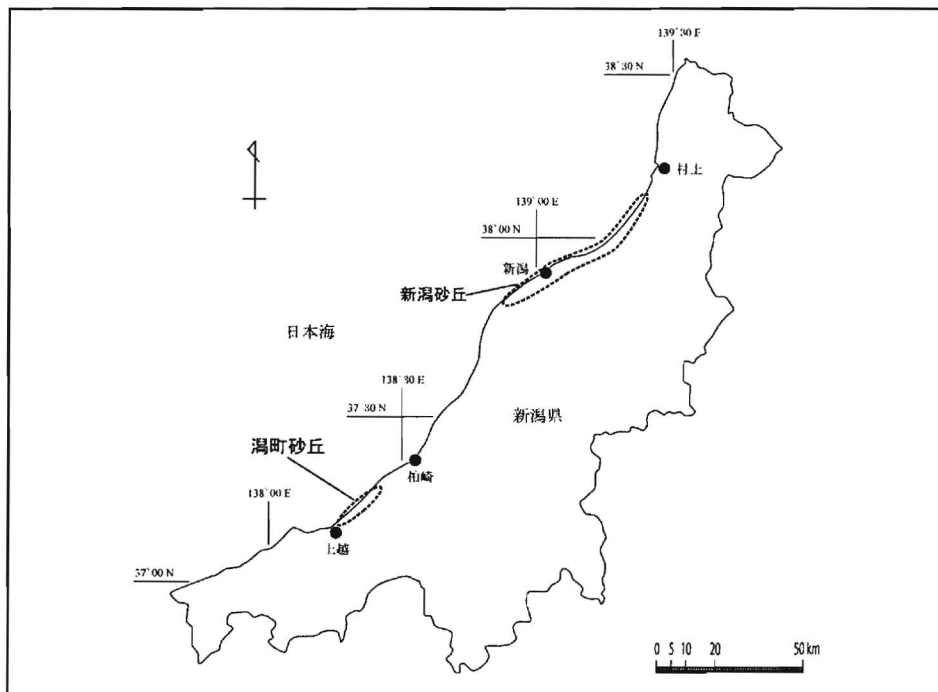


図 1 新潟県における砂丘湖沼群の位置

Fig.1. Site of sand dune lake groups in Niigata Pref

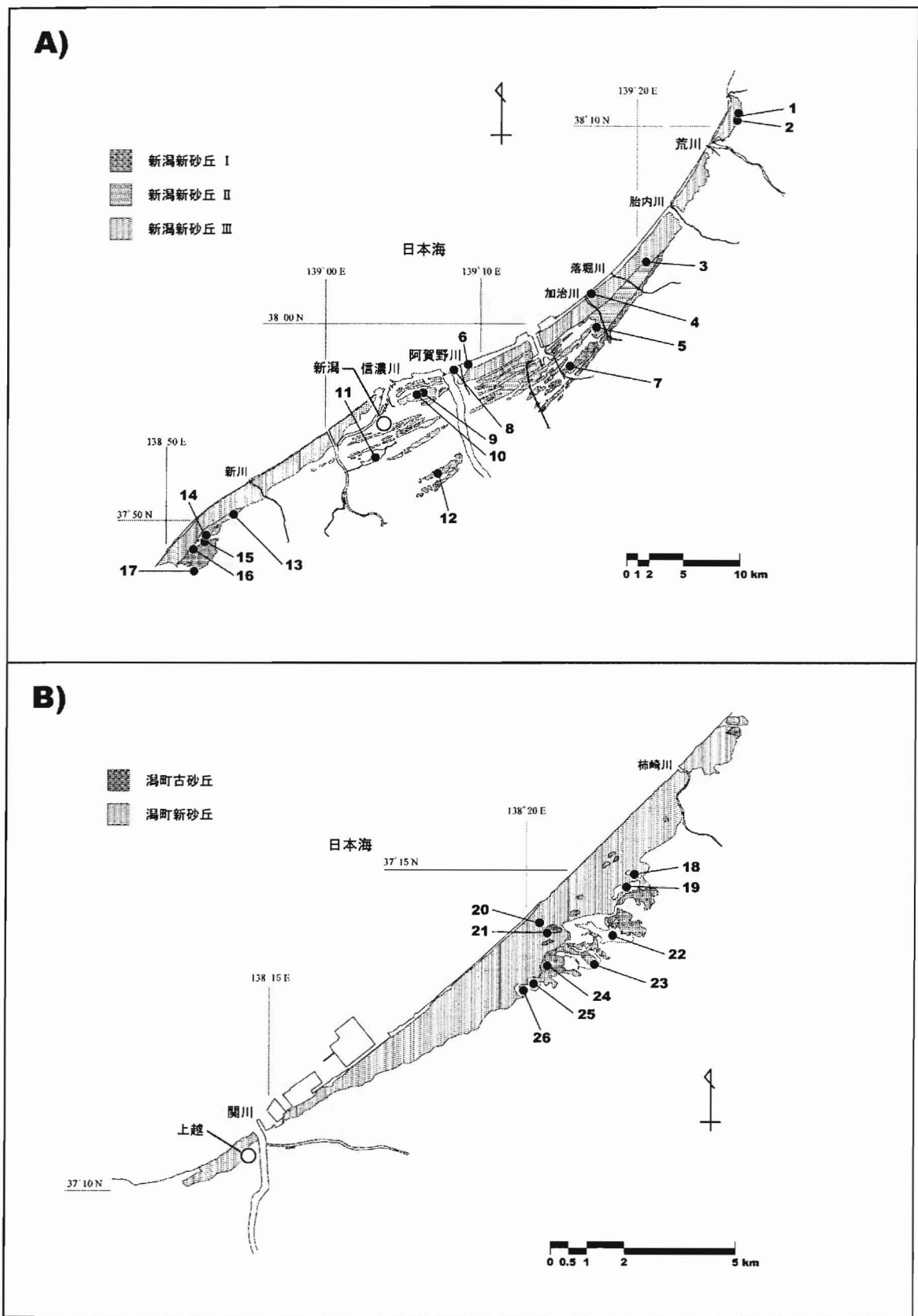


図 2. 新潟県における砂丘湖の分布. (A) :新潟砂丘湖沼群, 砂丘列は新潟県古砂丘研究グループ (1979) および鈴木 (2005) を参考に描いた. (B) :潟町砂丘湖沼群, 砂丘の分布は長谷川・新潟古砂丘グループ (1988) による

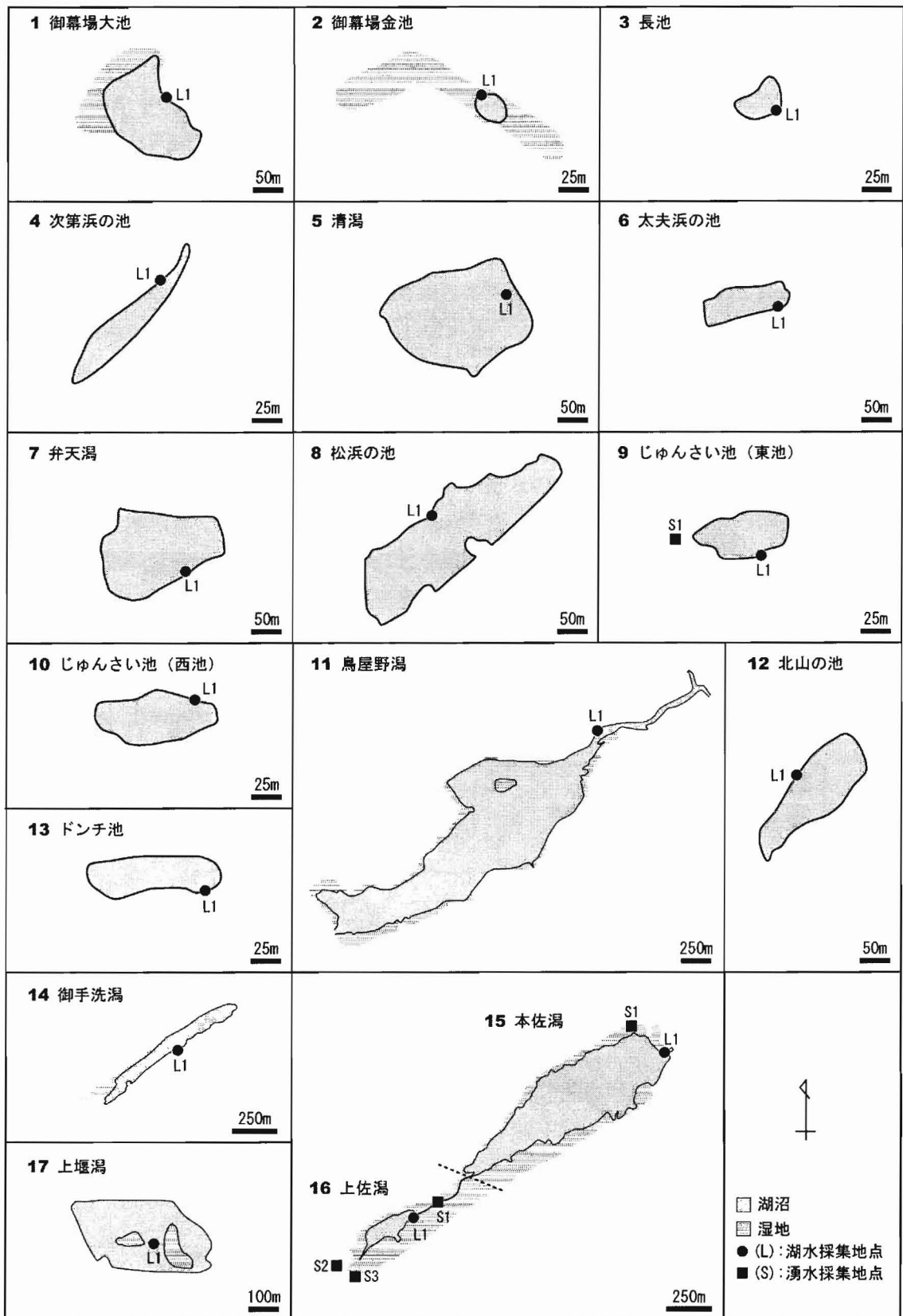
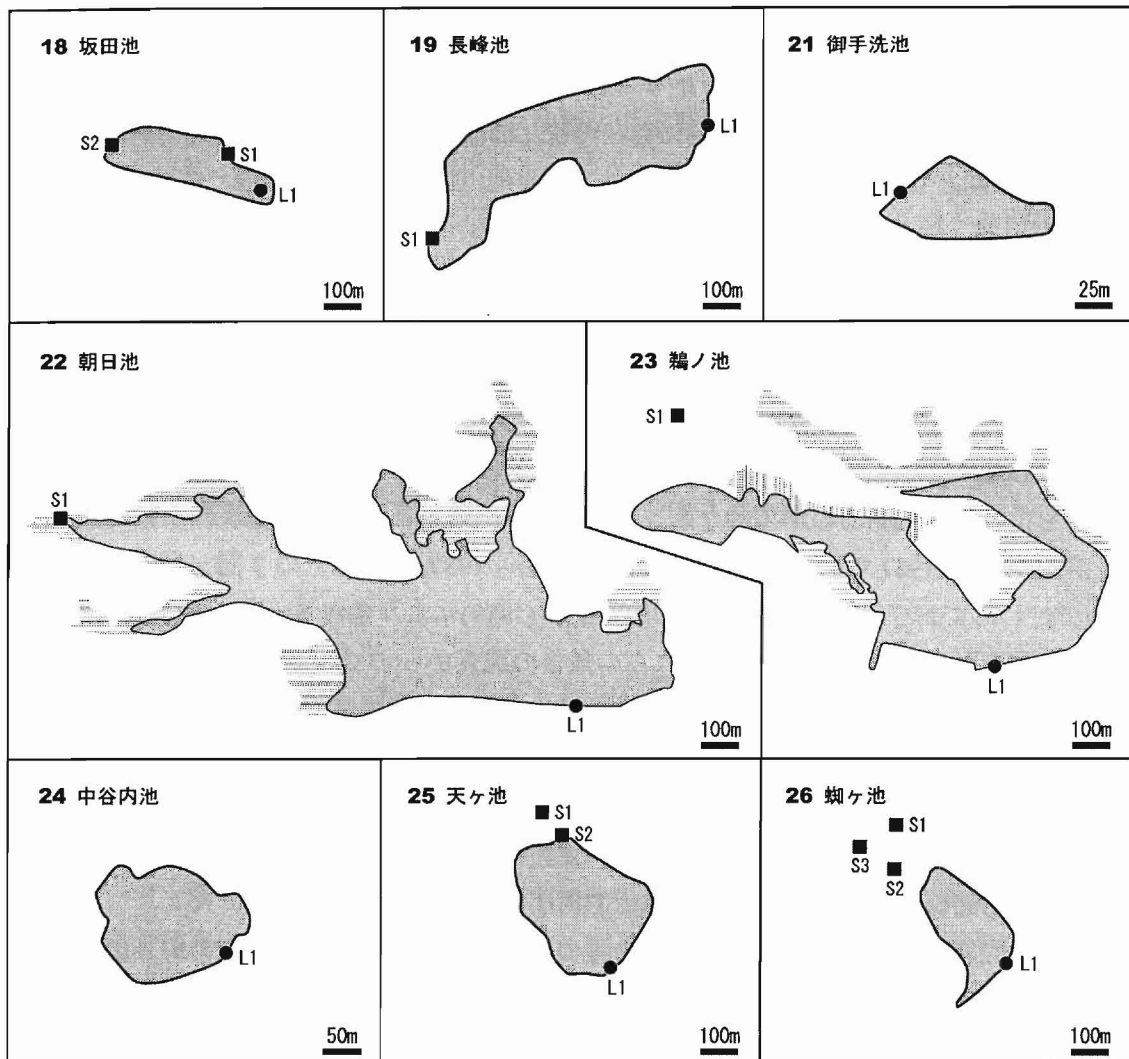


図 3. 新潟県の砂丘湖の湖盆. 湖水と湧水の調査地点も合わせて示す.

Fig. 3. Morphometry and sampling sites of lakes (L) and springs (S) of sand dune lakes in Niigata.



※：20 弁天池 は湧水地であり湖沼部を伴わないため掲載していない。

図 3. 続き.

Fig. 3. continued.

(2001). しかし、一方では人間活動によって生物多様性を急速に失いつつある点も指摘されている (Grootaert, 1996 ; Grootjans et al., 1998; Grootjans et al., 2001). 世界遺産にも指定されているオーストラリアの石英からなるフレーザー島の砂丘湖群においても人為的な炭素の流入による影響が懸念されている (Hadwen & Bunn, 2004).

Horie (1962)は新潟県以外で砂丘を成因とする湖として青森県にのみ 10 湖沼 (ベンセ沼, 冷水沼, 平滝沼, 雁沼, 長沼 (小清水), 大滝沼, 唸沼, 長沼 (下北), 八田郎沼と北沼) を挙げている. 日本の砂丘地帯が約 35 知られている中で (長谷川・新潟古砂丘グループ, 1988) 考えると新潟県や青森県にのみ分布する砂丘湖は, 砂丘地と言えども, ある一定の環境 (特に地下水位と窪地の深さ(dune slack)の関係) のもとで形成されるきわめて成因的に珍しい存在といえる. 砂丘湖は世界的に珍しい湖沼であることを最初に指摘したのは伊藤・豊島 (1952) であるかもしれない.

彼らは新潟市近郊の砂丘列間に湛水している沼（じゅんさい池と思われる）を砂丘湖とし、砂丘湖自身が当時の諸外国の地理・地形・地学の有名な著書中で触れていないか、触れられても所在や成立を明らかにしていなく、「世界的に存在の甚だ稀なもの」としている。新潟県内では Horie (1962)では砂丘湖としてわずか9湖沼（天ヶ池，朝日池，御手洗池，長峰池，佐潟(池)，犀潟，坂田池，鳥屋野潟，鶉ノ池）が登録されているのみである。このうち，犀潟は干拓されその姿を留めていない。

Horie (1962)はこれらの湖沼リストを作成するにあたって，1/200000の地図上に記されたものとしているため，多くの小規模な砂丘湖はリストに挙げられていない。そこで本研究の第一の目的は，新潟県内の大小の砂丘湖をすべてリストアップし，出来るだけ正確に位置と湖盆形態を記載することとした。

砂丘湖を含む新潟県湖沼の網羅的な調査は，環境庁（省）による自然環境保全基礎調査（湖沼調査）が1979年，1987年，1993年（新潟県，1979，1987，1993）の3回，湖面積1ha以上の21湖沼で行われており，また，新潟県環境保健部（1989）により県内51湖沼について一般的な水質や生物の調査が行われてきている。これらの最後の調査からすでに20年が経過していることから，本研究の第二の目的として，新潟県の砂丘湖について一般水質や生物相，利用形態についての現状を明らかにすることとした。

本稿においては，新潟県内の26の砂丘湖（1湧水地を含む）の位置と湖盆形態やクロロフィルaを中心とした一般的な水質，利用形態について述べる。また，新潟県砂丘湖の成因、環境，水生生物に関する諸報告・文献を巻末にまとめて掲げた。

新潟県農地建設課防災係からは新潟県溜池台帳の電子データを得た。砂丘湖の野外調査にあたっては，新潟大学教育人間科学部の当時学生加藤美幸さん，木村元信さん，小野美幸さん，竹内友里さんの助力を得た。記して感謝申し上げたい。

2 調査方法

湖沼の位置については国土地理院地図閲覧サービス，湖面の標高については国土地理院数値地図，湖盆形態については既存の報告によった。最近いくつかの湖沼では溜池整備事業（長峰池，坂田池等）や公園化事業（清潟，佐潟等）により湖岸の改変が行われたものもあるが，詳細が不明な部分もあり，既存の数値を用いた。湖沼名は基本的に国土地理院1/25000の地図と新潟県（1979）よったが，地図上に名称のないものは現地の通称名を使い，全く呼称の不明なものは近くの集落名を便宜的につけた場合もある。また，県内の他の地域に多くある名称（大池など）には地域名を冠した。総数で25湖沼，1湧水地の調査を行った（図2）。

概況を把握するための湖沼の一斉調査は，2005年夏（7月），2005年秋（9月），2006年冬（12月），2006年春（5月）を基本とし，補充的な調査や水生動物調査時の観測を2005年夏（8月），2005年冬（12月），2006年秋（10月），2007年秋（9月）に行った。各湖沼及び湧水の調査地点を図3に示す。調査項目は気温（棒状温度計），水温（DKK-TOA，DO-24P），pH（東京硝子機器，PH82），電気伝導度（YOKOGAWA SC82），溶存酸素濃度（DKK-TOA，DO-24P），クロロフィルa（GF/F，SCORE-Unesco法，本報告の根本。小野(2008)参照），セストン量（GF/C，110℃乾燥），栄養塩（GF/Cロ液）とした。セストン量の調査は2005年夏には行わなかった。測定や採水

は短時間に多くの湖沼を観測する必要性から、可能な限り岸辺を離れた表層について行った。また、流出河川が明らかな場合は流出口付近で調査を行った。全部の湖沼の観測は5日以内とした。観察事項として、水生植物の種類と繁茂状況(相観による湖面被度 1(0-20%), 2(20-40%), 3(40-6%), 4(60-80%), 5(80-100%)), 湖沼の利用状況, 湖岸の状況等を記載した。

水質の調査と同時に動物プランクトン(50LをXX25でろ過し, 3%ホルマリン固定), 植物プランクトン(原水50-100mlをホルマリン2%固定), 水辺を中心とした水生動物の調査を行った。湖水の栄養塩及びプランクトン類については, 分析・計数中のため別に報告することとした。

湖沼の周囲で湧水地点の明確なものについては, 気温, 湧水の水温, pH, 電気伝導度, 溶存酸素濃度, 栄養塩を上記と同じ方法を用いて測定した。湧水については, 湖水位の上昇により, 測定できない時期もあった。

調査湖沼の概念図および調査地点, 湧水の調査地点を図3に示す。

3 結果と論議

1) 新潟県における砂丘湖の分布

今回周囲の地形より砂丘湖と同定し, 調査を行った現存する湖沼の位置を図2に示す。このうち弁天池は池としての形態はなく, 小さな湧水池のみになっているが, これを含めると26の砂丘湖を挙げることが出来た。

新潟県の砂丘湖は大きく新潟砂丘湖沼群と潟町砂丘湖沼群に分けられる。新潟砂丘湖沼群には, 角田山麓から村上市の三面川河口まで続く約70kmの新潟砂丘に, 佐潟、鳥屋野潟をはじめ, 県北の村上市近くの海岸よりの2湖沼(御幕場大池, 御幕場金池)を含め, 計17湖沼がある。また, 潟町砂丘湖沼群には, 潟町砂丘に長峰池, 朝日池など計9湖沼がある。潟町砂丘湖沼群は頸城湖沼群の大部分を含む。

新潟砂丘湖沼群の分布する新潟砂丘は海岸線に平行した縦列砂丘となっており, 内陸に向って10列の砂丘が並び, 砂丘列上の遺跡群より形成年代の推定がなされ, 古さの順に新砂丘I・II・IIIに区分されている(新潟古砂丘グループ, 1967, 1975, 1979; Moriwaki, 1982; 田中ら, 1996; 小熊, 1996; 山本, 1996; 鈴木, 2005)。砂丘列の形成に従って砂丘湖も形成されていると仮定すると, 一つの方法として砂丘列の形成推定年代より, 砂丘湖の形成年代がある程度推定可能となる。これらの論文をもとに砂丘湖の形成年代について考察する。砂丘湖の前身となる低湿地は, 海岸より遠い砂丘列の形成に伴って形成され, 海岸に近い砂丘列の完成に伴って閉塞され, 湖化したと仮定すると, 現存する砂丘湖はより海岸に近い砂丘列の形成以前に形成されたと推定できる。この論法で推定すると, 北山の池, 弁天潟は内陸に位置する新砂丘I-2と新砂丘I-3の間、あるいは新砂丘I-3に位置し, 新砂丘I-2, I-3の形成が縄文中期以前と推定されていることから約4千から5千年以前の形成が推定される。新砂丘IIには鳥屋野潟、清潟, 御手洗潟等が含まれる。新砂丘IIにはこれまで古墳時代以降からの遺跡の出土が知られることから, 約1600から1200年前以前の形成と推定される。しかし, 出土遺物の再検討の結果, 縄文時代後期と晩期とする見解もあり(田中ら, 1996), 時代は約2500年前にさかのぼる可能性もある。新砂丘IIIは最も年代が新しく, 室町時代以降の形成と推定され, 新砂丘IIIの砂丘列間には御幕場大池やじゅんさい池(東, 西)松浜池など海岸よりの湖沼が含まれる。佐潟は形成年代の異なる2つの砂丘列間に湛水して

いる。本佐潟（本潟）は新砂丘Ⅰ-3と新砂丘Ⅱ-1の間にはさまれており、新砂丘Ⅰ-3の形成年代が縄文中期以前と推定されていることより、その形成年代は約4千から5千年以前と推定できるかもしれない。一方上佐潟（上潟）は新砂丘Ⅰ-3と新砂丘Ⅲ-2の間に湛水しており、新砂丘Ⅲ-2は室町以降の形成が推定されているため、閉塞は比較的最近の出来事かもしれない。

佐潟の東端のヨシ帯の柱状コアでは C^{14} (AMS)による年代推定がなされている(百原、2000)。これによれば採集コア最下部(5.3 m)の年代は 3570 ± 190 YBP(ミツガシワを測定)ですでに佐潟は淡水湖沼化していたと推定されており、佐潟の北の新砂丘Ⅱの一部の形成を約5000~3500年前と推定している。また、安井ら(2002)は新潟平野北部の低湿地(塩津潟の原型)の淡水化は約5000年前以降としており、多くの湖沼が誕生していた可能性がある。

一方潟町砂丘湖沼群の分布する潟町砂丘は、上越市五智から同市大潟、柿崎竹鼻にかけての南西一北東に続く約20kmの弓形の砂丘である(長谷川・新潟古砂丘グループ、1988;高野ら、1988;飯川ら、1996;鈴木、2005)。砂丘は古砂丘の上に新砂丘が堆積した2階建てとなっており、古砂丘砂層は潟町砂層とよばれ、新砂丘はⅠとⅡに区分される。湖沼群の分布は大きく2つに分かれ、砂丘列に囲まれている中谷内池、御手洗池、坂田池、長峰池、弁天池の第1のグループと砂丘列と沖積面との境に位置している、朝日池、鶉の池、天ヶ池、蜘蛛池の第2のグループである(図2)。前者は新潟砂丘湖沼群のように比較的球形ないしは楕円形であるが、後者は複雑な湖岸を有し、これは横列砂丘である古砂丘の形を反映したものであると推定されている(長谷川・新潟古砂丘グループ、1988)。湖沼を涵養する湧水は、古砂丘と新砂丘の境等から流れ出しているとみなされている(鈴木、2005)。これら湖沼の形成年代は明らかではない。古砂丘の形成は4.7万年よりかなり古いとみなされており(飯川ら、1996)、第2のグループはいずれも平野部に堤防が築かれ、現在は溜池として使用されているが、ミズバショウ、ミツガシワなどの氷河期遺存種が分布する(福原ら、2008)ことから、これらの湖沼の原型は洪積世末期から低湿地として存在していたと推定されている(飯川ら、1996)。新潟砂丘湖沼群、潟町砂丘湖沼群ともに、湖底柱状コアなどによる形成年代の推定が必要である。

2) 新潟県における砂丘湖の湖盆形態と利用形態の特徴

図3には湧水地である弁天池を除いた25湖沼についての形態と確認した湧水地点を示す。またこれら砂丘湖の位置とこれまで判明している湖盆形態を表1に示す。

調査湖沼中、2湖沼を除いては閉塞湖(Closed lake)で、常態的な流入河川が認められず、主に湧水と雨水のみによって涵養されている。代表的な湖沼は上佐潟、御手洗潟、長峰池、坂田池、朝日池等である。佐潟は湧水を起源とする上佐潟からの流入があるが、基本的には湧水によっている。佐潟、上佐潟については多数の湧水地点が確認されるが(根本・福原、2008)図中には調査地点のみを示している。ある程度の規模のある明らかな流入河川(農業排水路を含む)を有するのは鳥屋野潟、上堰潟、である。鳥屋野潟には栗の木川からの定期的な注水が行われている。上堰潟には周囲の基盤整備事業により、北西側で農業用水を中心とした排水の流入がある。湧水・河川流入以外、すなわち人為的な給水はじゅんさい東池(湧水ではないが、地点としてはSとして扱った。工業用水を給水している)、北山の池、清潟で行われており、朝日池では春の水田耕作による

表 1. 新潟県における砂丘湖の湖盆形態と利用状況
Table 1. Morphometric data and utility of sand dune lakes in Niigata

番号	湖沼名	Lake name	位置		標高 (m)	湖岸線 (km)	面積 (km ²)	最大水深 (m)	湖岸整備状況	主な利用形態
			緯度	経度						
1	御幕場大池	Omakuba-ohike	N 38° 10' 25"	E 139° 26' 22"	8 ^{*6}	1.1	0.07	0.7	人工, 半自然	公園
2	御幕場金池	Omakuba-kana-ike	N 38° 10' 20"	E 139° 26' 19"	8				自然	公園
3	長池	Naga-ike	N 38° 03' 08"	E 139° 20' 33"	8				半自然	公園
4	次第浜の池	Shidaihama-no-ike	N 38° 01' 31"	E 139° 17' 04"	2				自然	
5	清潟	Kiyo-gata	N 37° 59' 50"	E 139° 17' 24"	8 ^{*1}	0.7	0.033	1	半自然	公園
6	太夫浜の池	Tayuuhama-no-ike	N 37° 57' 56"	E 139° 09' 10"	3				自然	
7	弁天潟	Benten-gata	N 37° 57' 51"	E 139° 15' 44"	4	0.6	0.02	1	半自然	公園
8	松浜の池	Matuhama-no-ike	N 37° 57' 40"	E 139° 08' 15"	1.5 ^{*3}		0.026 ^{*3}	1.7 ^{*3}	自然	
9	じゅんさい東池	Junsai-higashi-ike	N 37° 56' 31"	E 139° 06' 14"	4				半自然	公園
10	じゅんさい西池	Junsai-nishi-ike	N 37° 56' 26"	E 139° 05' 56"	4				半自然	公園
11	鳥屋野潟	Toyano-gata	N 37° 53' 11"	E 139° 03' 14"	0	7.7	1.62	1.3	半自然	公園
12	北山の池	Kitayama-no-ike	N 37° 52' 25"	E 139° 07' 15"	1	0.6	0.06		人工, 半自然	公園
13	ドンチ池	Donchi-ike	N 37° 50' 20"	E 138° 54' 14"	1.9	0.28	0.36	3.5	自然	
14	御手洗潟	Mitarase-gata	N 37° 49' 16"	E 138° 52' 31"	5	2.2	0.09	0.85 ^{*4}	自然	非常用用水
15	本佐潟	Hon-sa-gata	N 37° 48' 57"	E 138° 52' 26"	5	2.9	0.344 ^{*2}	1.5 ^{*2}	自然	公園
16	上佐潟	Kami-sa-gata	N 37° 48' 33"	E 138° 51' 42"	5		0.025 ^{*2}	0.8 ^{*2}	自然	公園
17	上堰潟	Uwazeki-gata	N 37° 47' 27"	E 138° 51' 44"	8				人工, 半自然	公園
18	坂田池	Sakata-ike	N 37° 14' 56"	E 138° 22' 04"	4	1.2	0.08	2	人工	公園・用水
19	長峰池	Nagamine-ike	N 37° 14' 43"	E 138° 21' 55"	4	2.6	0.25	6.7 ^{*5}	人工, 半自然	公園・用水
20	弁天池	Benten-ike	N 37° 14' 12"	E 138° 20' 08"	20	-	-	-	人工	湧水池
21	御手洗池	Mitarase-ike	N 37° 14' 01"	E 138° 20' 25"	27	0.3	0.01	1.5	半自然	公園
22	朝日池	Asahi-ike	N 37° 14' 00"	E 138° 21' 39"	3	6.8	0.45	2.4	人工, 半自然	一部公園・用水
23	鵜ノ池	U-no-ike	N 37° 13' 32"	E 138° 21' 14"	3	4.4	0.22	1.6	人工, 半自然	一部公園・用水
24	中谷内池	Nakayachi-ike	N 37° 13' 31"	E 138° 20' 24"	6	0.7	0.02	1.5	人工, 半自然	用水
25	天ヶ池	Ama-ga-ike	N 37° 13' 13"	E 138° 20' 09"	4	1.1	0.09	2.8	人工, 半自然	用水
26	蜘蛛ヶ池	Kumo-ga-ike	N 37° 13' 07"	E 138° 19' 57"	4	1.3	0.02	1	半自然	用水

*1 (太字) 新潟県環境保健部 (1989) 人工 : コンクリートや矢板, 石などによりほとんど護岸されている
 *2 福原 (2004) 半自然 : 盛土などにより湖岸が整備されている.
 *3 志賀ら (2001) 自然 : 湖岸がほとんど自然状態で残っている
 *4 福原ら (2006)
 *5 福原ら (1989)
 *6 国土地理院数値地図 (標高) による

水不足に対応するため、一度使用された農業用水が再び湖に戻されて (back water) 使用されている場合もある。

新潟砂丘湖沼群の水面標高は 0 m-8 m に位置し、大部分が 5 m 以下である (表 1)。特に鳥屋野潟は海水面下になることもあり、排水面で大きな問題を持っている。一方潟町砂丘湖沼群は 4-27m で、御手洗池 (27m) は最も高い砂丘列の間に湛水している。

新潟県の砂丘湖の中で最大湖面積は鳥屋野潟の 1.62 km² で、朝日池 (0.45 km²)、本佐潟 (0.344 km²)、長峰池 (0.25 km²) と続くが、面積の判明している 13 湖沼中 10 湖沼 (77%) が 0.1 km² 以下の小規模なものが多いといえる。最大水深は長峰池の 6.7 m であるが、大部分が 1-2 m であり極めて浅い。

湖は公園として利用されている場合が多く (70%)、次いで溜池としての利用が多い (30%)、従って、何らかの形で湖岸が整備されている湖沼が多く、特に潟町砂丘湖の朝日池、天ヶ池、長峰池、鶉の池、坂田池では湖岸のかなりの部分がコンクリートによる湖岸整備がなされている (図 4)。大部分の湖岸が自然の状態に残されているのは、佐潟を除くと、松浜池やドンチ池、次第浜の池など新潟砂丘湖沼群の極めて小規模な湖沼のみになっており、潟町砂丘湖にはない。規模の大きな佐潟は本佐潟、上佐潟ともに、殆どの湖岸が自然状態となっている貴重な湖沼と言える。



図 4. 朝日池の湖岸の様子 (2006 年 9 月 9 日撮影).

Fig. 4. Lakeside view of L. Asahiike (2006.9.9)

3) 新潟県における砂丘湖水質の特徴

付表 1 に調査期間中の砂丘湖沼の水質を示す。また、表 2 に平均水質を示す。水温において特長的な点は、湧水地点の水温は低く、変化の幅が小さいことである (図 5)。複数回測定地点では、平均 12.7-17.3℃であった (表 2)。湧水の水温は、本報告中の佐潟の報文において、季節変化を示す地点やほとんど 15℃前後で変化を示さない地点があることが明らかになっており、地下水脈の違いを示すことが予想される。

EC (電気伝導度) は平均で 4.1 (じゅんさい東池 L1) -91.2 (鳥屋野潟 L1) mS/m で変化した。いくつかの湖沼を除いて、季節変化の幅は小さかった (表 2, 図 6)。鳥屋野潟、御手洗潟で変化の幅が大きく、特に鳥屋野潟では、最小と最大に 5 倍の違いがあった。鳥屋野潟は栗ノ木川の水を導入し、湖水をフラッシュアウトしているため、河川水中に都市や農業排水が季節により混入し

表2. 新潟県における砂丘湖の水質

Table 2. Water quality of sand dune lakes in Niigata.

番号	湖沼名	調査回数	水温 (°C)			EC (mS/m)			pH			DO (mg/L)			クロロフィルa (mg/L)			セストン (mg/L)			
			平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	
1	御幕大池 L1	5	20.6	4.8	31.9	10.6	7.3	13.5	6.07	5.21	7.37	8.23	5.95	9.84	210.2	51.3	358.6	53.2	32.5	63.8	
2	金池 L1	1	4.5	-	-	9.1	-	-	7.09	-	-	8.26	-	-	20.6	-	-	2.6	-	-	
3	長池 L1	1	26.7	-	-	15.7	-	-	6.91	-	-	11.26	-	-	-	-	-	-	-	-	
4	次第浜の池 L1	1	24.9	-	-	25.3	-	-	6.16	-	-	5.85	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	清潟 L1	5	20.5	5.4	29.3	5.8	4.7	7.3	6.23	5.39	7.35	7.47	3.61	11.09	10.5	2.6	23.7	5.8	4.3	7.4	
6	太夫浜の池 L1	1	26.4	-	-	21.1	-	-	8.42	-	-	13.70	-	-	130.0	-	-	-	-	-	
7	弁天潟 L1	5	21.1	5.4	29.0	8.2	4.8	13.0	7.74	6.08	9.48	10.39	3.61	15.64	114.1	42.6	177.1	20.9	13.8	25.0	
8	松浜池 L1	5	20.8	5.6	30.1	37.2	34.0	40.9	7.36	6.66	8.20	8.67	4.34	11.65	137.0	23.0	72.6	4.8	1.3	10.3	
9	じゅんさい東池 L1	5	19.5	5.5	27.0	6.0	4.1	8.3	6.77	6.22	7.30	5.69	3.97	8.82	61.2	43.5	99.2	7.7	0.6	16.7	
10	じゅんさい西池 L1	5	16.5	7.5	22.5	7.5	5.6	9.1	7.03	6.46	7.25	8.72	5.01	11.45	88.3	57.5	112.9	-	-	-	
11	鳥屋野潟 L1	5	20.7	5.8	28.3	5.9	4.5	8.0	6.52	6.05	7.45	7.81	5.14	11.45	85.8	61.8	137.2	4.6	4.0	5.7	
12	北山の池 L1	5	19.4	6.9	25.5	39.7	17.0	91.2	7.27	6.82	8.04	9.02	5.94	11.71	99.0	58.7	141.3	27.6	19.0	42.9	
13	ドンチ池 L1	5	21.7	7.2	31.0	7.8	5.2	15.7	8.69	7.26	9.44	9.64	6.39	13.66	108.6	66.1	153.0	49.7	6.0	324.3	
14	御手洗潟 L1	5	20.2	5.4	28.4	34.4	24.5	60.4	8.95	7.73	9.81	10.44	7.10	15.20	72.8	30.0	146.4	127.0	5.8	364.2	
15	本佐潟 L1	5	19.2	4.7	26.4	29.5	24.4	33.9	8.24	7.53	9.79	10.26	5.38	13.20	107.3	62.6	150.6	471.5	21.0	1316.0	
16	上佐潟 L1	5	14.7	11.3	15.8	33.5	30.2	36.2	7.16	6.90	7.62	6.44	3.56	8.82	66.3	36.2	90.1	-	-	-	
17	上堰潟 L1	5	20.4	5.3	28.1	21.9	17.3	28.4	7.83	7.34	8.13	10.20	5.79	13.12	112.5	67.9	163.7	62.3	17.4	447.7	
18	坂田池 S1	5	21.6	8.2	31.4	21.7	20.8	22.4	8.38	7.58	9.69	9.28	5.86	11.91	103.5	70.5	139.9	146.5	1.8	433.8	
19	坂田池 S2	1	13.2	-	-	20.3	-	-	6.27	-	-	6.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	長峰池 S1	6	14.6	11.9	18.7	34.5	25.7	50.4	6.62	6.08	7.25	5.53	1.83	11.77	58.1	18.0	129.9	38.0	3.7	106.0	
21	御手洗池 L1	8	14.5	12.8	16.1	29.1	26.4	31.9	6.92	6.35	8.01	5.03	3.01	7.70	50.9	30.6	77.4	-	-	-	
22	朝日池 L1	5	22.5	8.2	32.7	14.8	11.0	19.0	8.43	7.15	9.71	9.79	7.41	11.52	109.9	88.5	144.0	127.6	2.9	370.9	
23	朝日池 S1	4	14.6	9.6	20.8	26.9	23.0	28.9	6.29	5.79	6.50	5.07	3.21	7.60	51.9	36.8	72.5	184.3	3.6	524.8	
24	朝日池 BW	2	23.0	22.5	23.4	14.8	14.1	15.4	6.41	6.28	6.53	-	-	-	-	-	-	471.0	334.0	607.9	
25	鶴の池 L1	5	22.8	8.9	29.7	15.3	10.0	19.0	7.82	6.94	8.64	9.08	7.15	10.07	103.1	85.9	116.9	35.8	138.2	2.3	
26	鶴の池 S1	7	14.3	10.5	16.5	24.2	20.3	32.7	6.28	6.02	6.47	7.31	6.00	8.81	74.7	62.7	84.1	-	-	-	
27	中谷内池 L1	5	22.8	8.2	31.8	20.4	18.4	23.4	8.72	7.56	9.61	11.24	7.43	15.00	129.1	78.5	190.7	-	-	-	
28	天ヶ池 L1	5	22.6	9.1	32.2	15.8	14.4	18.0	8.46	7.55	9.43	9.85	7.34	11.52	111.8	80.8	143.8	34.8	148.9	4.4	
29	天ヶ池 S1	7	13.0	11.4	15.3	18.1	16.9	19.5	6.45	6.15	6.68	5.88	3.12	8.27	56.9	32.0	78.2	31.2	153.7	5.6	
30	細ヶ池 L1	5	23.5	12.3	32.7	21.3	18.6	23.4	8.02	7.13	9.13	10.40	8.38	11.61	119.5	101.7	145.1	21.1	116.8	3.9	
31	細ヶ池 S1	8	12.7	7.7	16.4	17.2	12.9	22.1	6.51	6.04	7.07	6.45	3.04	8.80	61.8	30.5	86.6	-	-	-	
32	細ヶ池 S2	8	13.3	10.8	16.3	19.3	14.3	22.5	6.53	5.98	6.83	5.63	3.30	8.14	54.9	32.2	75.9	-	-	-	
33	細ヶ池 S3	6	13.1	9.3	16.3	19.0	16.7	20.8	6.51	6.27	6.66	5.67	1.58	9.11	55.7	16.6	87.8	-	-	-	

ていることが推定される。また、長峰池、上佐潟の湧水での季節変化が大きかった。佐潟周辺においては、地下水の水質が施肥時期により変化することが知られており（野中ら、1997）、これらの影響が示唆される。平均値で最も高い値は、湖沼では鳥屋野潟 L1 (39.7 mS/m)、湧水では上佐潟 S1 の 42.3 mS/m であった。湖沼及び湧水の平均値は $19.5(\pm 10.3, n=25)$ 、 $25.3(\pm 7.1, n=16)$ であり、両者に有意な差はなかった。

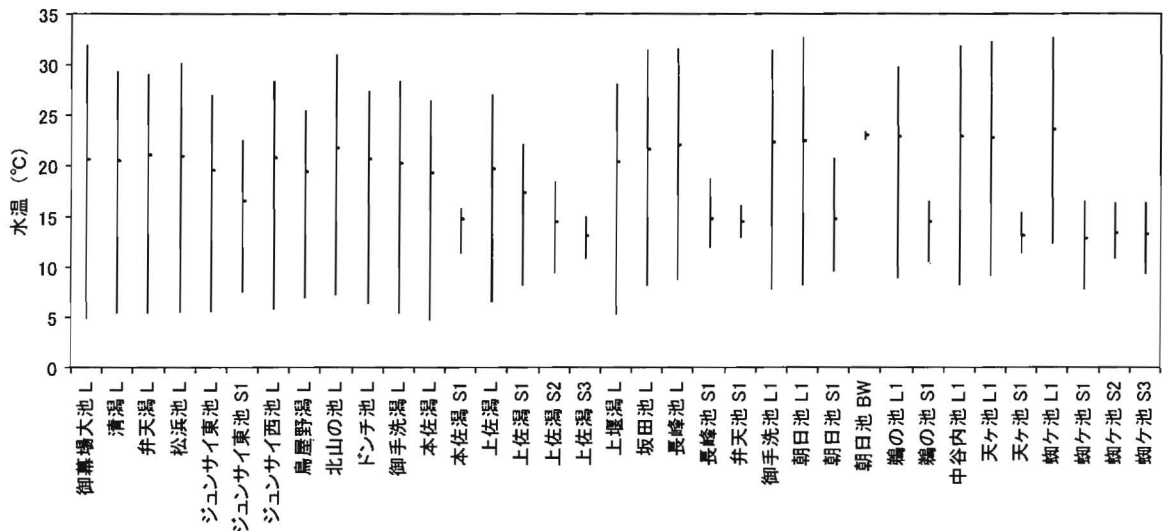


図 5. 新潟県砂丘湖及び湧水の水温。最大、最小、平均値を示す。

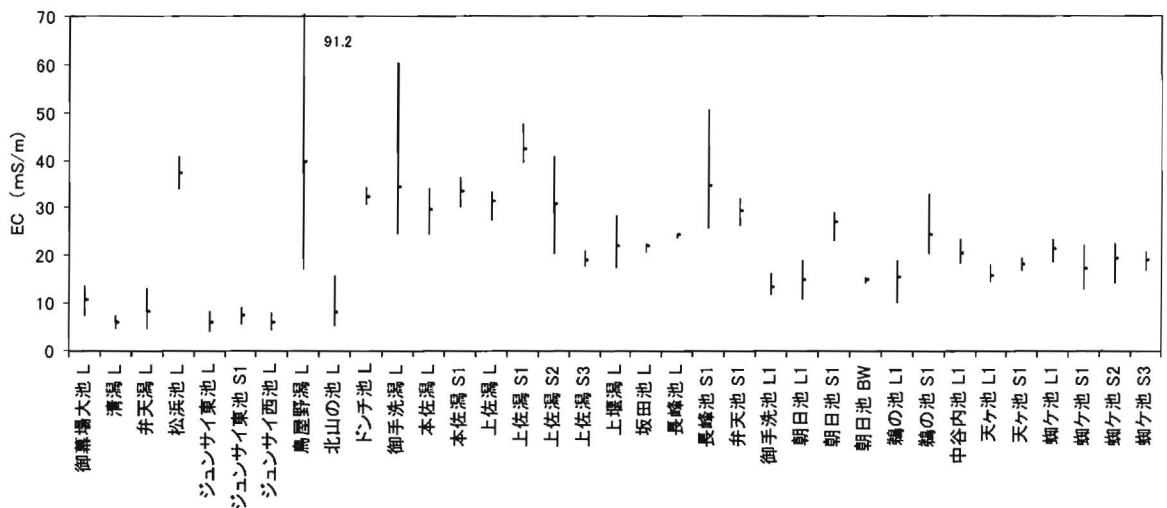


図 6. 新潟県砂丘湖及び湧水の EC (電気伝導度)。最大、最小、平均値を示す。

Fig. 6. Electric conductivity (EC) (Min., Average, Max.) of sand dune lakes and springs in Niigata.

pH の変化は明らかに湖沼で大きく、また値も湖沼で高かった (表 2, 図 7)。平均値の最高は御手洗潟 L で 8.95 を示した。同潟で最大値 9.81 に達した。多くの湖沼で 8 以上を示し (太夫浜の池 L1, 北山の池 L1, 本佐潟 L1, 上佐潟 L1, 坂田池 L1, 朝日池 L1, 中谷内池 L1, 天ヶ池 L1, 蜘蛛池 L1), 特に潟町湖沼群で高かった。一方、湧水の pH は 6.28–7.58 で多くは 7 以下であった。湖沼における高い pH は、後述するように基礎生産が高いことを示す。

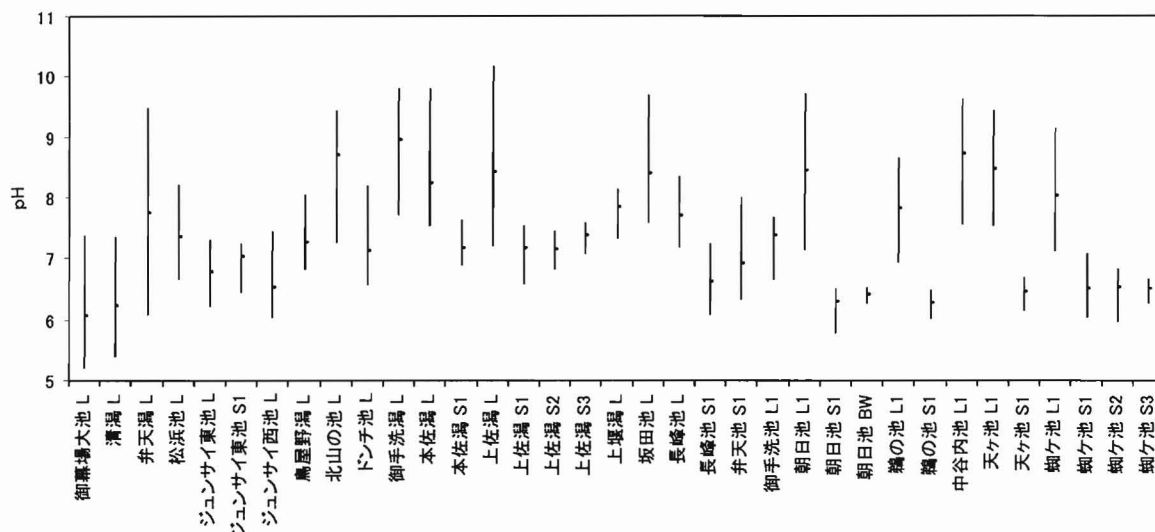


図 7. 新潟県砂丘湖及び湧水の pH. 最大, 最小, 平均値を示す.

Fig. 7. PH (Min., Average, Max.) of sand dune lakes and springs in Niigata.

pH の変化と同様な変化を溶存酸素濃度が示した (図 8、表 2)。弁天潟, 上佐潟, 坂田池, 朝日池等で変化が大きく, 夏季の飽和度は 150% を超える湖沼も多くみられた。一方, 湧水での変化は小さく, 最小値は 16.6 (蜘蛛池 S3) - 58.4 (上佐潟 S3) (%) で不飽和であった。このことは湧水として噴出するまでの間に地中において消費されていることを示す。

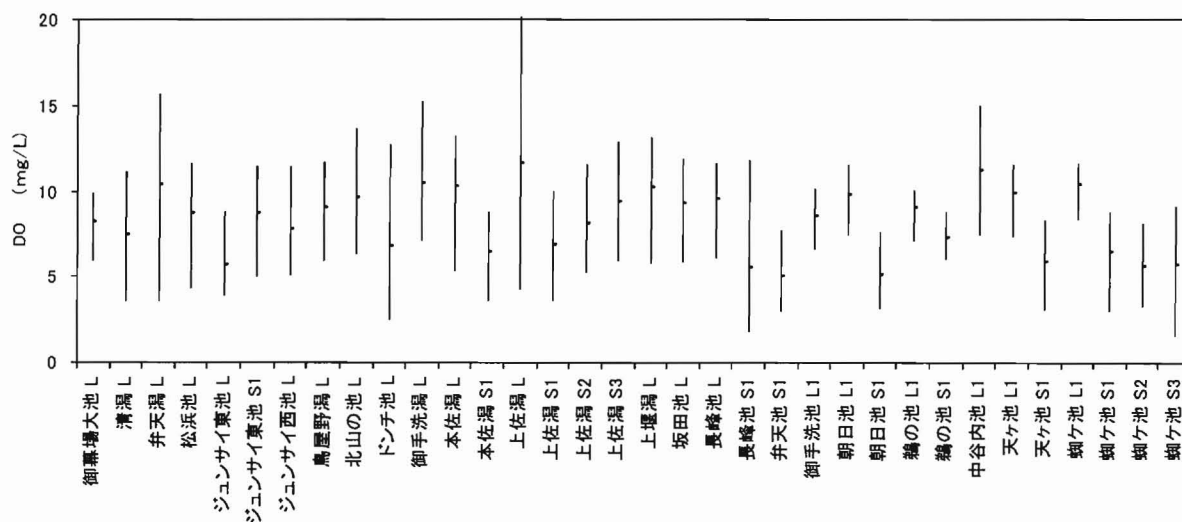


図 8. 新潟県砂丘湖及び湧水の溶存酸素飽和度. 最大, 最小, 平均値を示す.

Fig. 8. Dissolved oxygen concentration (%) (Min., Average, Max.) of sand dune lakes and springs in Niigata.

砂丘湖におけるクロロフィル a 濃度を図 9 に示す。濃度が高く, 大きな変化を示したのは, 御幕場大池, 弁天潟, ドンチ池, 御手洗潟, 本佐潟, 朝日池であった。最大値が $200 \mu\text{g/l}$ を超えたのは, 御幕場大池 ($359 \mu\text{g/l}$), 御手洗潟 ($265 \mu\text{g/l}$), 本佐潟 ($224 \mu\text{g/l}$) であった (表 2)。明らかに新

潟砂丘湖沼群に富栄養化した湖沼が多かった。しかし、浮遊性藍藻類 (*Microcystis*) による明らかなブルームは、新潟砂丘湖沼群では、佐潟のみであったが、潟町砂丘湖沼群では、坂田池、長峰池、朝日池、中谷内池、天ヶ池で観察された(表 3)。

先に述べたように、砂丘湖は浅いため、水生植物の繁茂が著しい湖沼が多く見られる、相観被度の分布 (図 10) は凹型を示し、被度 3 以上は 50% 以上の湖沼であった。一方でほとんど湖内に水生植物が繁茂してない湖沼(中谷内池、天ヶ池、御幕場大池など)も多いということは、秋期に維持管理のために水位を低下させることが行われているため、水生植物の生育がある程度抑制されていることによるかもしれない。

ある程度深度のある湖沼においては、クロロフィル a 濃度とセストン量には相関がみられる。この点を砂丘湖において検討すると、図 11 に示すように、良い相関は得られていない。これは、砂丘湖は浅いため、湖底泥が容易に攪拌されて、泥の巻き上がりがおこり、豊富な水生植物の分解時に、セストンが急増するようなことによると思われる。この点も砂丘湖の特徴の一つといえるであろう。

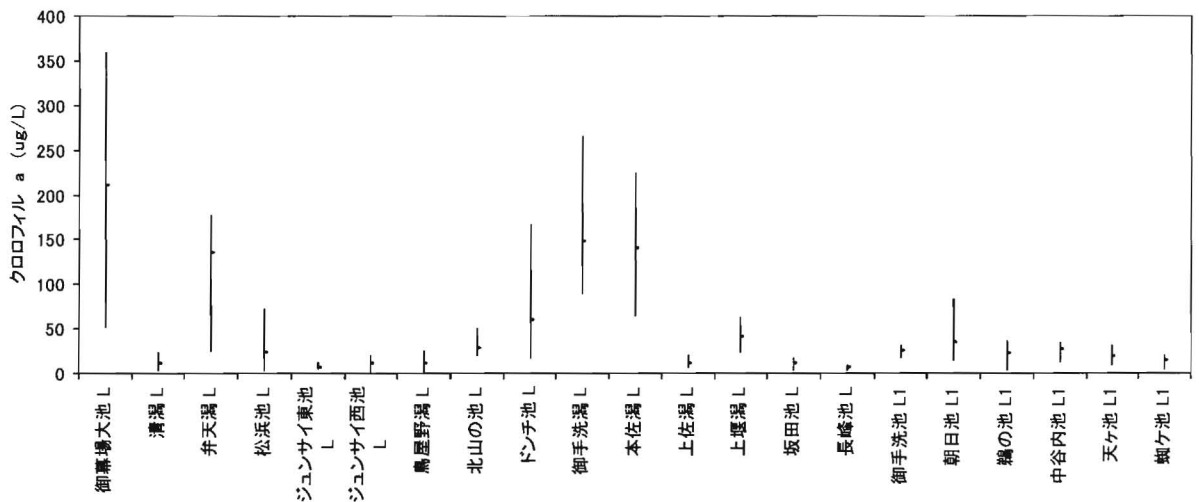


図 9. 新潟県砂丘湖のクロロフィル a 濃度。最大、最小、平均値を示す。

Fig. 9. Chlorophyll-a concentration (Min., Average, Max.) of sand dune lakes in Niigata.

湖 沼 名	相観による夏季のブルームの発生状況		相観による被度	
	2005-2006		2005-2006	
御幕場大池	×		×	1
御幕場金池	×		×	3
長池	×		×	2
次第浜の池	×		×	1
清潟	×		×	5
太夫浜の池	×		×	1
弁天潟	×		×	5
松浜の池	×		×	3
じゅんさい東池	×		×	5
じゅんさい西池	×		×	5
鳥屋野潟	×		×	1
北山の池	×		×	2
ドンチ池	×		×	6
御手洗潟	×		×	4
本佐潟	○		○	4
上佐潟	×		×	4
上郷潟	×		×	1
坂田池	○		○	4
長峰池	○		○	1
弁天池	-		-	-
御手洗池	×		×	5
朝日池	○		○	2
鶴の池	×		×	1
中谷内池	○		○	1
天ヶ池	○		○	1
蝦ヶ池	×		×	2

表 3. 新潟県における砂丘湖の夏季ブルームの発生状況と相観による水生植物の被度

Table 3. Summer phytoplankton bloom and covering degree of aquatic macrophytes in sand dune lakes in Niigata.

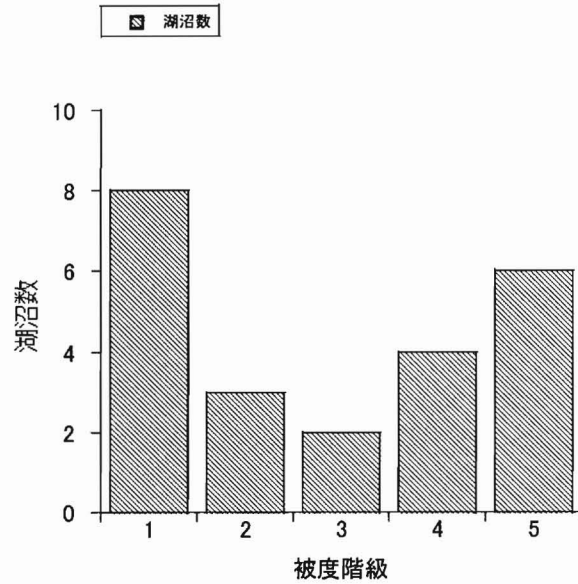


図 10. 新潟砂丘湖の水生植物被度の頻度分布. 被度は夏季の相観により, 被度階級は表 3 による.
 Fig.10. Distribution of frequency of aquatic macrophyte covering of sand dune lakes in Niigata.

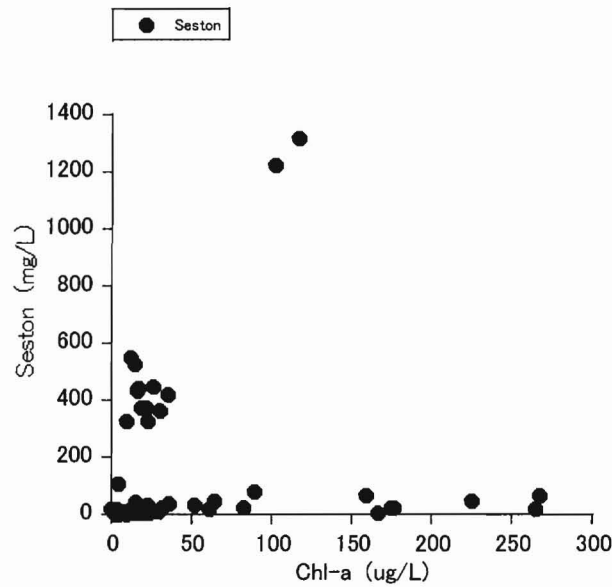


図 11. 新潟砂丘湖のクロロフィル a 濃度とセストン量の関係.
 Fig. 11. Relationship between chlorophyll-a and seston concentrations of sand dune lakes in Niigata.

4. 引用文献

福原晴夫・木村直哉・根本富美子・平沢恵子 (2008) : 新潟県の砂丘湖における貴重水生植物の分布. 「急務となっている砂丘湖の生物多様性保全に関する研究」. 科学研究費補助金研究成果報告書.

Fukuhara, H. (1992): Limnological characteristics of lakes in a snowy area in Japan and flowering

- ecology of an emergent aquatic plant, *Menyanthes trifoliata* L. Proceedings of 6th international symposium on river and lake environment, 298-304.
- 福原晴夫・青柳 則子・斎藤優子(1991): 新潟県湖沼の陸水生態学的研究 VIII. 高カルシウム湖, 高浪池(糸魚川市)の陸水生態学的研究. 新潟大学教育学部紀要, 33: 5-26.
- 福原晴夫・緒方 猛・石野光一(1988): 新潟県湖沼の陸水生態学的研究 IV. 坊ヶ池中頸城郡清里村)の陸水生態学的研究. 新潟大学教育学部紀要(自然科学), 30:1-17.
- 福原晴夫・高田 香・堀川恵理子(1990): 多雪地帯における山地湖沼の陸水生態学的徴と水生植物. 水草研究会会報, 42: 4-11.
- Fukuhara, H., N. Aoyagi, Y. Saitoh and O. Sato (1992): Summer stratification of calcium in Lake Takanamiike, Niigata, Japan, with moderately high calcium concentration -Possibility of calcite formation in lake water-. Jpn. J. Limnol.,53: 355-361.
- Grootaert (1996); An estimation of the natural values of dune habitats using Empidoidae (Diptera). Biodiv. Conser. 5: 859-880.
- Grootjans, A. P., W. H. O. Ernst & P. J. Stuyfzand (1998); European dune slacks: string interactions of biology, pedogenesis and hydrology. TREE, 13: 96-100.
- Grootjans, A. P., E. B. Adema, R. M. Bekker & E. J. Lammerts (2004): Why young coastal dune slacks sustain a high biodiversity. In Martinez & N.P. Psuty (Eds), Coastal Dune, Ecological Studies 171: 85-101.
- Grootjans, A. P., H. Everts, K. Bruin & L. Fesco (2001): Restoration of wet dune slacks on the Duch Wadden Sea Island: Recolonization after large-scale sod cutting. Restor. Ecol. 9: 137-146.
- Hadwen, W. L. & S. E. Bunn (2004): Tourista Increase the contribution of autochthonous carbon to littoral zone food webs In oligotrophic dune lakes. Marine and Freshwater Research, 55: 701-708.
- 浜島繁隆(2002):ため池の概観. 浜島繁隆ら編著「ため池の自然」, 1-22.信山社サイテック.
- 長谷川正・新潟古砂丘グループ(1988):大潟町の自然概観および地形・地質. 大潟町史. 1-46. 大潟町史編さん委員会,
- 堀江正治(1957): 越後国坊ヶ池の湖盆形態と湖周の地形. 陸水雑, 19:23-28.
- Horie, S. (1962): Morphometric features and the classification of all the lakes in Japan. Mem. Coll. Sci. Univ. Kyoto, (B), 29: 191-262.
- Hutchinson, G. E. (1957); A Treatise on Limnology, vol 1. John Wily & Sons, New York.
- 飯川健勝・草野英二・黒田一武・仙田幸造・高野武男・長谷川正・米山正次・藤田 剛・渡辺 勇(1996): 吉川町の地形・地質と気候. 吉川町史, 1-1-163. 吉川町史編さん委員会.
- 伊藤武夫・豊島重造(1952): 新潟市外に於ける砂丘湖. 日本林學會誌, 33(11): 365-367.
- Lammerts E. J., C. Maas & A. P. Grootjans (2001); Groundwater variables and vegetation in dune slacks. Ecol. Eng. 17: 33-47.
- McLachlan, A., G. Kerley & C. Rickard (1996); Ecology and energetics of slacks in the Alexandria coastal dunfield. Landscape and Urban Planning, 34: 267-276.
- Moriwaki, H.(1982):Geomorphic development of Holocene coastal plains in Japan. Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University,17:1-42.

- 根本富美子・福原晴夫(2008):砂丘湖・佐潟（新潟市赤塚）に流入する周辺湧水の水質について。
福原晴夫(編)「急務となっている砂丘湖の生物多様性保全に関する研究」. 科学研究費補助金
研究成果報告書
- 根本富美子・小野美幸(2008): SCOR-Unesco 法によるクロロフィル a 測定におけるエタノール抽出条件の検討. 福原晴夫(編)「急務となっている砂丘湖の生物多様性保全に関する研究」. 科学研究費補助金研究成果報告書.
- 新潟県(1979): 自然環境保全基礎調査湖沼調査報告書, 第2回. 新潟県.
- 新潟県(1987): 自然環境保全基礎調査湖沼調査報告書, 第3回. 新潟県.
- 新潟県 (1993): 自然環境保全基礎調査湖沼調査報告書, 第4回. 新潟県.
- 新潟県環境保健部 (1989):湖沼自然環境実態調査報告書.新潟県新潟県環境保健部.
- 新潟古砂丘グループ (1967): 日本海側の古砂丘について. 第四紀研究, 6: 19-28.
- 新潟古砂丘グループ (1975): 日本海側の古砂丘. 第四紀研究, 14:231-237.
- 新潟古砂丘グループ (1979): 砂丘と平野. URBAN KUBOTA, 17: 12-15.
- 日本陸水学会 (2006): 陸水の事典. 日本陸水学会編集、講談社サイエンティフィク
- 小熊博史 (1996): 越後平野における旧石器・縄文時代の遺跡の立地とその変遷. 第四紀研究, 35: 219-228.
- 野中昌法・阿部良悦・田辺博 (1997): 砂丘畑地の施肥窒素に起因する地下水の硝酸態窒素濃度の
上昇—新潟県越前浜地域の実例—. 日砂丘誌, 44 (1): 23-29.
- Pollet, M & P. Grootaert (1996); An estimation of the natural values of dune habitats using Empidoidea (Diptera). Biodiv. Conser. 5: 859-880.
- Pott, R. & J. P. Hannover (1999); The European reed beds and their ecology with an example from the Frisian Islands in the Northern Sea. Contribution from Kansai Organization for Nature Conservation 21: 271-288.
- 志賀 隆・川島慎一・間島絵里子・宮下直子・田中啓太 (2001): 松浜の池 (阿賀野川河口右岸) における底生動物と底質、新潟県生物教育研究会誌.36: 15-22.
- 鈴木郁夫 (2005): 新潟の地形. 第一印刷.
- 高野武男・長谷川正・米山正次・藤田 剛・黒田一武 (1988); 頸城村の地形と地質. 頸城村史, 1-51. 頸城村史編さん委員会.
- 田中久夫・長谷川正・木村澄枝・岡本郁栄・坂井陽一 (1996): 新潟砂丘の形成史. 第四紀研究, 35: 207-218.
- UNESCO (2001): "The World Heritage List" <http://whc.unesco.org/pg.cfm?cid=31>(Accessed 11 November 2005)
- 山本 肇 (1996): 越後平野における弥生時代～中世の遺跡の立地とその変遷. 第四紀研究, 35: 229-234.
- 安井 賢・鴨井幸彦・小林巖雄・卜部厚志・渡辺秀男・見方 功(2002): 越後平野北部の沖積低地における汽水湖沼の成立過程とその変遷. 第四紀研究, 41: 185-197.

付表 1. 新潟県における砂丘湖の水質

Appendix 1. Water quality of sand dune lakes in Niigata.

湖沼名	地点	調査日	調査時間	天候	水温 (°C)	EC (mS/m)	pH	DO (mg/L)	DO %	Chl-a (ug/L)	Seston (mg/L)
御幕場大池 (大池)	L1	2005/7/7	10:55	キリ雨	24.0	11.4	6.10	9.84	119.3	358.6	-
		2005/8/21	11:26	晴	31.9	7.45	5.21	-	-	-	-
		2005/9/24	9:05	くもり	21.8	7.25	5.42	5.95	69.5	158.9	63.8
		2006/5/18	9:55	晴	20.6	13.5	6.23	7.99	91.3	51.3	32.5
		2006/12/21	10:10	くもり	4.8	13.2	7.37	9.15	73.6	267.3	63.5
御幕場金池(小池)	L1	2006/12/21	10:27	くもり	4.5	9.1	7.09	8.26	65.9	20.6	2.6
		2007/9/1	11:45	晴	26.7	15.7	6.91	11.26	142.5	-	-
長池	L1	2007/9/1	13:55	晴	24.9	25.3	6.16	5.85	72.0	-	-
		2005/7/7	12:30	キリ雨	24.5	5.76	6.20	5.66	69.2	2.6	-
次第浜の池 清潟	L1	2005/8/21	14:49	くもり	29.3	5.06	5.39	-	-	-	-
		2005/9/24	10:00	くもり	21.2	4.72	5.87	3.61	41.7	9.7	7.4
		2006/5/18	10:45	快晴	22.0	7.3	6.34	11.09	130.0	6.2	5.7
		2006/12/21	11:19	くもり	5.4	6.4	7.35	9.50	77.6	23.7	4.3
		2007/9/1	10:35	晴	26.4	21.1	8.42	13.70	172.6	130.0	-
太夫浜の池 (弁天池)	L1	2005/7/7	15:15	くもり	24.4	6.18	7.75	10.33	126.1	160.7	-
		2005/8/22	10:20	くもり	29.0	5.79	-	-	-	-	-
松浜の池 (松浜沼)	L1	2005/9/24	10:30	くもり	22.4	4.79	6.08	3.61	42.6	24.6	13.8
		2006/5/18	11:40	快晴	24.1	13.0	9.48	15.64	189.9	175.2	25.0
		2006/12/21	11:44	くもり	5.4	11.2	7.63	11.99	97.9	177.1	24.0
		2005/7/7	14:15	くもり	23.6	36.8	6.66	10.07	121.3	72.6	-
		2005/8/21	16:28	晴	30.1	34	7.42	-	-	-	-
じゅんさい東池	L1	2005/9/24	11:20	くもり風あり	22.7	40.9	7.09	4.34	51.5	3.0	2.6
		2006/5/18	12:10	快晴	22.2	37.4	8.20	11.65	137.0	7.5	10.3
		2006/12/21	12:28	くもり	5.6	37.0	7.44	8.63	70.8	9.0	1.3
		2005/7/7	16:22	くもり	22.6	4.21	6.66	3.97	47.0	5.5	-
		2005/8/22	14:40	くもり	27.0	6.21	6.22	-	-	-	-
じゅんさい西池	L1	2005/9/24	13:35	くもり	22.5	7.03	6.40	4.67	55.2	4.7	6.0
		2006/5/18	13:30	快晴	19.7	4.1	7.30	8.82	99.2	12.2	16.7
		2006/12/21	14:10	くもり	5.5	8.3	7.26	5.31	43.5	4.2	0.6
		2005/7/7	16:50	くもり	19.0	7.06	7.20	10.17	112.9	-	-
		2005/8/22	14:50	くもり	22.5	7.75	7.21	-	-	-	-
鳥屋野潟	L1	2005/9/24	13:50	くもり	20.8	9.11	7.05	5.01	57.5	-	-
		2006/5/18	13:40	快晴	12.7	5.6	6.46	11.45	111.5	-	-
		2006/12/21	14:18	くもり	7.5	7.9	7.25	8.26	71.1	-	-
		2005/7/7	17:00	くもり	22.7	4.45	6.05	6.49	77.0	14.4	-
		2005/8/22	15:30	くもり	28.3	5.69	6.16	-	-	-	-
北山の池	L1	2005/9/24	13:05	くもり	23.5	6.05	6.66	5.14	61.8	1.3	4.0
		2006/5/18	14:00	快晴	23.3	5.3	6.26	-	-	9.8	5.7
		2006/12/21	13:56	くもり	5.8	8.0	7.45	8.15	67.2	20.4	4.0
		2005/7/8	17:15	晴	24.7	28.5	7.21	11.52	141.3	24.9	-
		2005/8/23	14:00	晴	25.5	20.2	7.31	-	-	-	-
ドンチ池 (論智池)	L1	2005/9/24	15:20	くもり	22.1	91.2	8.04	5.94	69.7	15.4	42.9
		2006/5/18	14:40	快晴	17.6	17.0	6.82	11.71	126.5	3.4	20.8
		2006/12/21	15:52	くもり	6.9	41.4	6.97	6.92	58.7	0.1	19.0
		2005/7/8	16:35	晴	27.6	5.29	9.02	10.79	138.4	49.7	-
		2005/8/22	12:08	晴	31.0	5.18	9.44	-	-	-	-
御手洗潟	L1	2005/9/24	14:50	くもり	23.4	5.91	8.74	6.39	76.7	20.0	26.0
		2006/5/19	12:55	くもり	19.5	7.1	9.00	13.66	153.0	22.9	324.3
		2006/12/21	15:25	くもり	7.2	15.7	7.26	7.73	66.1	21.6	6.0
		2005/7/8	14:25	晴	26.1	30.7	6.95	3.47	43.5	17.5	-
		2005/8/23	10:40	晴	27.4	30.6	6.95	-	-	-	-
本佐潟 (本潟)	L1	2005/9/24	16:05	くもり	22.6	34.2	6.99	2.53	30.0	25.2	11.1
		2006/5/19	12:10	くもり	20.9	31.0	8.18	12.74	146.4	30.1	364.2
		2006/12/21	9:25	くもり	6.3	34.0	6.56	8.51	71.1	166.7	5.8
		2005/7/8	10:05	晴	24.3	31.9	8.41	9.63	117.3	116.4	-
		2005/8/30	11:15	晴	28.4	24.5	9.60	-	-	-	-
上佐潟 (上潟)	L1	2005/9/24	18:00	くもり	21.3	26.1	9.22	7.10	82.2	89.1	77.5
		2006/5/19	9:50	くもり	21.4	29.0	9.81	15.20	176.3	117.0	1316.0
		2006/12/21	10:20	晴	5.4	60.4	7.73	9.82	80.2	265.0	21.0
		2005/7/8	9:30	小雨	22.8	24.4	7.82	9.27	110.2	166.4	-
		2005/8/30	10:20	晴	26.4	29.4	8.17	-	-	-	-
御手洗潟	L1	2005/9/24	18:35	くもり	21.6	33.9	7.90	5.38	62.6	63.9	48.0
		2006/5/19	9:05	くもり	20.6	29.6	9.79	13.17	150.6	101.4	1223.6
		2006/12/21	9:40	くもり	4.7	30.2	7.53	13.20	105.8	224.9	44.7
		2005/7/8	9:45	晴	15.6	32.5	6.90	7.68	79.7	-	-
		2005/8/30	11:00	晴	15.8	35.2	7.07	-	-	-	-
御手洗潟	L1	2005/9/24	18:15	くもり	15.8	33.0	7.62	5.68	59.2	-	-
		2005/12/18	15:00	雪	11.3	33.9	7.08	-	-	-	-
		2006/5/19	9:30	くもり	14.9	30.2	7.22	8.82	90.1	-	-
		2006/12/21	10:05	くもり	14.6	36.2	7.06	3.56	36.2	-	-
		2005/7/8	10:40	晴	23.3	27.6	8.65	14.09	168.9	20.4	-
2005/8/30	12:15	晴	27.0	32.9	8.52	-	-	-	-		

付表 1. 続き

Appendix 1. Continued.

湖沼名	地点	調査日	調査時間	天候	水温 (°C)	EC (mS/m)	pH	DO (mg/L)	DO %	Chl-a (ug/L)	Seston (mg/L)	
上佐潟 (上潟)	L1	2005/9/24	17:33	<もり	20.8	32.4	7.22	4.28	49.1	6.1	10.0	
		2006/5/19	10:25	<もり	20.7	30.0	10.18	20.86	238.9	12.0	550.6	
	S1	2006/12/21	10:55	<もり	6.5	33.5	7.56	7.14	60.0	7.8	6.2	
		2005/7/8	10:55	晴	20.3	47.7	6.60	5.95	67.7	-	-	
		2005/8/30	12:05	晴	22.2	40.3	7.54	-	-	-	-	
		2006/5/19	10:10	<もり	16.6	39.6	7.38	9.96	105.4	-	-	
		2005/9/24	17:41	<もり	19.5	42.6	6.99	3.56	39.9	-	-	
		2006/12/21	10:45	<もり	8.1	41.2	7.33	8.02	70.1	-	-	
		S2	2005/12/18	14:40	雷	9.4	29.7	6.90	-	-	-	-
			2005/8/30	12:40	晴	18.1	20.3	6.83	-	-	-	-
			2005/9/24	17:07	<もり	18.4	40.8	7.24	5.29	58.0	-	-
			2006/5/19	10:55	<もり	14.4	29.0	7.31	11.56	116.9	-	-
		S3	2006/12/21	11:30	<もり	11.6	33.4	7.45	7.49	71.2	-	-
			2005/12/18	14:55	雷	10.8	18.1	7.07	-	-	-	-
2006/5/19	10:45		<もり	15.0	20.9	7.58	12.85	131.6	-	-		
2006/12/21	11:15		<もり	13.1	17.8	7.49	5.94	58.4	-	-		
上堰潟	L1	2005/7/8	13:50	<もり	25.8	19.3	8.13	13.12	163.7	52.5	-	
		2005/8/23	11:15	晴	28.1	23.1	7.72	-	-	-	-	
		2005/9/24	16:30	<もり	22	28.4	7.83	5.79	67.9	22.9	30.6	
		2006/5/19	11:30	<もり	20.6	17.3	7.34	12.13	138.7	26.1	447.7	
坂田池	L1	2006/12/21	12:05	小雨	5.3	21.4	8.13	9.77	79.6	61.0	17.4	
		2005/7/9	11:30	<もり	25.3	22.3	9.18	11.30	139.9	17.5	-	
		2005/8/18	10:15	晴	31.4	22.4	9.69	-	-	-	-	
		2005/9/27	9:30	<もり	23.5	21.1	7.74	5.86	70.5	3.4	1.8	
		2006/5/20	9:05	小雨	19.4	22.0	7.72	11.91	133.2	15.6	433.8	
		2006/12/16	10:03	晴	8.2	20.8	7.58	8.06	70.6	7.7	4.0	
	S1	2006/12/16	10:26	晴	11.2	22.6	7.58	1.40	13.2	-	-	
		S2	2006/12/16	10:39	晴	13.2	20.3	6.27	6.15	60.6	-	-
		L1	2005/7/9	10:25	<もり	25.6	23.5	7.66	10.49	130.5	6.8	-
			2005/8/18	11:45	晴	31.6	23.7	8.34	-	-	-	-
長峰池	L1	2005/9/27	10:05	<もり	24.2	24.6	7.89	6.12	74.4	9.3	3.7	
		2006/5/20	9:45	小雨	19.9	24.5	7.46	11.63	131.3	3.9	106.0	
		2006/12/16	11:03	晴	8.7	24.6	7.20	9.84	87.3	5.6	4.2	
		S1	2005/7/9	11:00	<もり	11.9	32.1	6.44	4.93	47.2	-	-
	S1	2005/8/18	12:30	晴	14.5	33.6	6.08	-	-	-	-	
		2005/9/27	10:35	<もり	15.6	35.7	6.57	3.60	37.3	-	-	
		2005/12/17	12:05	晴	13.8	29.5	6.31	-	-	-	-	
		2006/5/20	10:30	小雨	18.7	25.7	7.25	11.77	129.9	-	-	
		2006/12/16	12:00	<もり	13.2	50.4	7.06	1.83	18.0	-	-	
		S2	2006/12/16	12:17	<もり	13.5	23.7	6.91	2.20	21.8	-	-
弁天池	S1	2005/7/9	16:45	小雨	15.3	28.6	6.62	4.65	47.9	-	-	
		2005/8/18	14:00	晴	16.1	30.5	6.35	-	-	-	-	
	L1	2005/12/17	12:25	曇	12.8	30.5	6.73	-	-	-	-	
		2005/9/28	9:45	晴	14.7	31.9	7.21	3.01	30.6	-	-	
		2006/5/20	14:50	<もり	14.1	26.4	6.54	7.70	77.4	-	-	
		2006/7/23	10:15	晴	15.2	29.7	8.01	4.89	50.3	-	-	
		2006/10/14	10:49	晴	14.0	28.1	6.66	4.97	49.8	-	-	
		2006/12/16	16:40	<もり	13.4	27.3	7.24	4.96	49.1	-	-	
		2005/7/9	16:20	晴	27.0	12.5	7.59	8.51	108.2	31.4	-	
		2005/8/19	13:30	<もり	31.4	11.7	6.65	-	-	-	-	
御手洗池	L1	2005/9/27	14:40	晴	25.1	12.0	7.61	6.65	82.1	29.4	8.9	
		2006/5/20	16:25	<もり	20.0	16.2	7.33	10.14	114.7	21.8	370.9	
		2006/12/16	16:12	<もり	7.8	13.6	7.67	8.81	76.4	16.5	2.9	
		2005/7/9	12:00	<もり	25.9	14.8	8.91	11.52	144.0	22.0	-	
	S1	2005/8/18	14:50	晴	32.7	14.0	9.71	-	-	-	-	
		2005/9/27	11:00	晴	25.1	15.2	9.11	7.41	91.5	82.9	24.4	
		2006/5/20	11:05	<もり	20.5	19.0	7.26	10.14	115.7	14.1	524.8	
		2006/12/16	13:08	小雨	8.2	11.0	7.15	10.10	88.5	17.5	3.6	
		2005/12/17	13:40	小雨	9.6	23.0	6.49	-	-	-	-	
		2005/9/27	12:15	晴	20.8	28.9	6.36	3.21	36.8	-	-	
S2	2006/5/20	12:05	<もり	16.2	26.9	5.79	4.41	46.3	-	-		
	2006/12/16	12:42	小雨	11.8	28.6	6.50	7.60	72.5	-	-		
	2005/12/17	13:55	小雨	9.1	23.8	-	-	-	-	-		
	BW1	2006/5/21	13:55	快晴	23.4	15.4	6.53	-	-	-	334.0	
鵜ノ池	L1	2006/5/21	14:05	快晴	22.5	14.1	6.28	-	-	-	607.9	
		2005/7/9	12:20	<もり	25.2	14.5	7.58	9.46	116.9	28.2	-	
	S1	2005/8/30	16:50	晴	29.7	15.7	8.09	-	-	-	-	
		2005/9/27	13:35	晴	29.7	19.0	8.64	7.15	94.5	35.8	38.4	
2006/5/20		13:35	<もり	20.6	17.5	6.94	10.07	115.1	18.2	374.0		
2006/12/16		15:48	<もり	8.9	10.0	7.87	9.63	85.9	2.7	2.3		
2005/7/9		14:00	<もり	16.5	20.3	6.17	7.92	83.7	-	-		
2005/12/17		14:15	雨	10.5	24.8	6.29	-	-	-	-		

付表 1. 続き

Appendix 1. Continued.

湖沼名	地点	調査日	調査時間	天候	水温 (°C)	EC (mS/m)	pH	DO (mg/L)	DO %	Chl-a (ug/L)	Seston (mg/L)
鶺鴒池	S1	2005/9/27	15:05	晴	16	21.8	6.40	6.00	62.7	-	-
		2006/5/20	14:05	くもり	13.9	27.5	6.02	7.18	71.8	-	-
		2006/7/23	10:55	晴	15.9	20.3	—	6.84	71.4	-	-
		2006/10/14	13:34	晴	15.8	22.3	6.47	7.13	74.3	-	-
中谷内池	L1	2006/12/17	11:04	小雨	11.8	32.7	6.32	8.81	84.1	-	-
		2005/7/9	15:15	晴	27.0	19.5	9.61	15.00	190.7	-	-
		2005/8/19	14:40	くもり	31.8	19.7	8.89	-	-	-	-
		2005/9/27	14:15	晴	27.1	20.8	8.74	7.43	94.6	31.4	24.0
天ヶ池	L1	2006/5/20	16:50	くもり	19.8	23.4	8.82	13.56	152.8	34.8	418.4
		2006/12/16	15:21	くもり	8.2	18.4	7.56	8.96	78.5	12.9	4.4
		2005/7/9	17:00	小雨	25.8	15.4	9.18	11.52	143.8	31.2	-
		2005/8/19	10:10	晴	32.2	15.7	8.33	-	0.0	-	-
蜘蛛ヶ池	S1	2005/9/27	15:30	晴	25.8	15.4	9.43	7.34	91.6	14.7	14.4
		2006/5/20	15:45	くもり	20.3	18.0	7.55	11.52	131.0	16.7	441.2
		2006/12/16	15:00	くもり	9.1	14.4	7.80	9.02	80.8	9.7	5.6
		2005/12/17	14:45	雨	11.5	19.5	6.50	-	-	-	-
	S2	2005/8/19	14:00	くもり	15.3	18.3	6.15	-	-	-	-
		2005/9/27	16:30	晴	12.9	17.6	6.41	3.33	32.6	-	-
		2006/5/21	11:35	快晴	11.4	18.2	6.37	8.27	78.2	-	-
		2006/7/23	11:30	晴	12.7	18.7	6.68	7.35	71.6	-	-
	L1	2006/10/14	14:26	晴	15.0	16.9	6.67	3.12	32.0	-	-
		2006/12/17	10:17	雨	11.9	17.9	6.40	7.31	69.9	-	-
		2005/12/17	15:10	小雨	11.3	21.8	6.12	-	0.0	-	-
		2005/9/28	12:20	晴	17.6	24.1	7.55	2.42	26.1	-	-
		2006/12/17	10:04	小雨	11.5	24.2	6.05	9.13	86.6	-	-
		2005/7/9	17:30	くもり	25.9	18.6	7.82	11.61	145.1	20.4	-
		2005/8/19	10:40	晴	32.7	20.5	8.25	-	-	-	-
		2005/9/27	15:10	晴	26.8	22.2	9.13	8.38	106.2	21.1	20.9
S1	2006/5/20	15:30	くもり	20.0	22.0	7.13	11.06	125.1	8.9	325.5	
	2006/12/16	14:42	くもり	12.3	23.4	7.77	10.53	101.7	4.0	3.9	
	2005/7/9	17:50	小雨	13.2	22.1	6.64	8.79	86.6	-	-	
	2005/12/17	15:40	曇	13.7	14.5	6.42	-	-	-	-	
	2005/8/19	11:35	晴	13.0	21.4	6.04	-	-	-	-	
	2005/9/28	10:25	晴	14	19.9	6.33	3.04	30.5	-	-	
	2006/5/21	9:50	快晴	7.7	15.1	6.73	8.80	76.2	-	-	
	2006/7/23	11:50	晴	12.6	16.2	6.44	6.80	66.1	-	-	
S2	2006/10/14	15:20	晴	16.4	15.1	6.42	5.59	58.9	-	-	
	2006/12/16	16:59	くもり	10.7	12.9	7.07	5.66	52.7	-	-	
	2005/7/9	18:00	くもり	12.5	18.2	6.63	7.78	75.5	-	-	
	2005/8/19	11:20	晴	15.0	18.2	5.98	-	-	-	-	
	2005/9/28	11:15	晴	16.3	14.3	6.50	4.17	43.9	-	-	
	2005/12/17	16:00	小雨	12.9	20.9	6.46	-	-	-	-	
	2006/5/21	10:30	快晴	10.8	22.5	6.48	8.14	75.9	-	-	
	2006/7/23	12:30	晴	12.0	21.0	6.63	5.28	50.6	-	-	
S3	2006/10/14	16:04	晴	13.9	20.1	6.83	5.10	51.0	-	-	
	2006/12/16	17:17	くもり	12.8	19.5	6.71	3.30	32.2	-	-	
	2005/12/17	16:45	曇	9.3	18.5	6.51	-	-	-	-	
	2005/9/28	10:55	晴	16.3	20.8	6.50	1.58	16.6	-	-	
	2006/5/21	11:00	快晴	12.2	19.9	6.63	9.11	87.8	-	-	
	2006/7/23	13:50	晴	15.3	17.7	6.27	5.18	53.4	-	-	
	2006/10/14	10:14	晴	15.3	20.2	6.66	5.38	55.4	-	-	
	2006/12/17	10:47	雨	10.3	16.7	6.47	7.08	65.3	-	-	

*1 ()は別称

—:未測定