HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	融雪プールの動物プランクトン : 石狩砂丘地帯を例として
Author(s)	守屋, 開
Citation	環境科学 : 北海道大学大学院環境科学研究科紀要, 2, 23-38
Issue Date	1979-03-25
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/37092
Type	bulletin (article)
File Information	2_23-38.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

環 境 科 学（北海道大学）	No. 2	23 ～ 38	1979・3月

融雪プールの動物プランクトン
―石狩砂丘地帯を例として―

守 屋 開*

Zooplanktons in Temporary Pools Fed by Snow-Melt Water on the Ishikari Coastal Area, Hokkaido

Hiraku Moriya*

Summary

In every spring, temporary pools are widely distributed on the Ishikari coastal sand dune area after thawing.

The present study is intended to clarify the relationship between aquatic organisms and their habitats; especially water temperature, pH, salinity, and period of continuous existence of pools.

Five temporary pools, which were formed on the shallow depressions between sand dunes and emerged sand bars, were taken and the field works were carried on from November 1976 to January 1978. Maximum depth of snow cover was 150 cm during the observation period.

The main results obtained by this study are as follows:

1) Northern species such as *Nordodiaptomus alaskaensis* occurred in these pools. Three stages were distinguished on the basis of the changes of fauna, which were affected by the temporal changes of water temperature.

2) The waters of the studied pools showed weak acidity; pH 6. Rotifer, *Rotaria rotatoria, Lecane luna* and *Lecane lunaris,* Cladocera, *Chydorus sphaericus,* the common species in acidic waters, were found in these pools.

3) Chlorinity in these pools was 5 to 40 times as much as that in inland lakes under the natural conditions, and was increased towards the shore-line, attaining 100mg/l at Pool 1 situated 250m from the shore-line. Accumulated number of species became greater in proportion to the increase of period of continuous existence of pool. The rate of increase of

* 北海道大学大学院環境科学研究科環境基礎学研究室 1978年12月13日受理
Laboratory of Fundamental Research, Division of Environmental Structure, Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, Sapporo
Received Dec. 13, 1978

aquatic species living in Pool 1 was smaller than that for the other pools. This may be caused due to the higher chlorinity of Pool 1.

4) Aquatic organisms living in the studied pools had to bear the deterioration of their habitat; especially dryness and both low and high temperature. From the results of field survey, the stage of tolerance to such extreme environmental conditions was clarified for three species; adult of *R. rotatoria,* embryonated egg of *Chirocephalopsis uchidai* and egg of *N. alaskaensis.* In the case of *R. rotatoria,* the laboratory experiments also showed that adult was in the stage of tolerance.

5) Judging from the relationship between aquatic organisms and their environmental conditions, these temporary pools fall on the type of dystrophic β-mesotrophy, cold-temperate water and "Kleingewässer"

6) It should be emphasized that a lot of female *C. uchidai* which has never been reported before were collected from the studied pools, the diameter of the resting eggs produced being 450 – 500 μm.

I　はじめに

水生生物は，温度，pH，塩分濃度などの環境要因の差により，その生息する水体が異なっている。さらに，乾燥に対して耐える能力がなければ，一時的な水体には広く分布することができない。環境と水生生物との関係についてはすでにいくつかの研究が行なわれている。温度に関する研究には，水野・戸田（1964）の実験的解析などがある。また一時的な水体のプランクトンについては，Moriya (1959)，Williams (1975)，Daborn (1976)，Geddes (1976)，Morton & Bayly (1977) などの研究がある。塩分濃度については，Arnott & Hussainy (1972)，Bakker et al. (1977)，Rippingale & Hodgkin (1977) などにより報告されている。しかしながら，北海道における淡水動物プランクトンと環境に関する研究は数少ない (Moriya1959)。そこで本研究では融雪期に形成される一時的な水体を対象に環境と生物との対応を明らかにしようと試みた。1976年11月～1978年1月に，融雪プールの水体存続期間，塩分濃度，水温，pHと水生生物との関係に注目した一連の調査と実験を行ったので，その結果の一部を報告する。

II　調査地域と方法

北海道の石狩低地帯の一部である石狩海岸平野のうち，札幌市北方15kmの石狩町3線 (Fig. 1) の石狩湾沿岸に平行に拡がる砂丘地帯を調査地域とした。砂丘地帯は防風保安林に指定されたカシワ林で覆われ，砂丘間には窪地の列が形成されている。窪地帯には雪解けとともに，多数の融雪プールが生じるが，それらは季節とともに変遷し，乾燥してしまう。本研究ではFig. 1に示した5つのプールについて主に調査を行った。

石狩町の気候は，年平均気温が約8.0℃で，年平均降水量は約1,000mmであるが，冬期間の降水量が多い。降雪の初日は10月末，終日は4月中旬である。なお，最深積雪の平年値は，213cmである。3月中旬から日最高気温がプラスとなり4月頃から日平均気温がプラスとなってくる (Fig. 2)。調査地域の石狩3線で積雪深を実測した結果，最高約150cm (1977年2月14日) を記録した。その後，3月の昇温時より積雪量は直線的に減少し，4月の上旬には積雪がゼロとなった。

プールは融雪期に積雪下で形成されはじめ，数十日間存続する。

プランクトンについては，バンドン型500mℓサンプラーを使用し，1,500mℓを1サンプルとして各プールにつき毎週1回3サンプルずつを採集した。採集したプランクトンはネットで濾過し，70%エチルアルコール，5%ホルマリンで固定保存した。採集と同時に水温を測定し，水質分析用の水をサンプリングした。

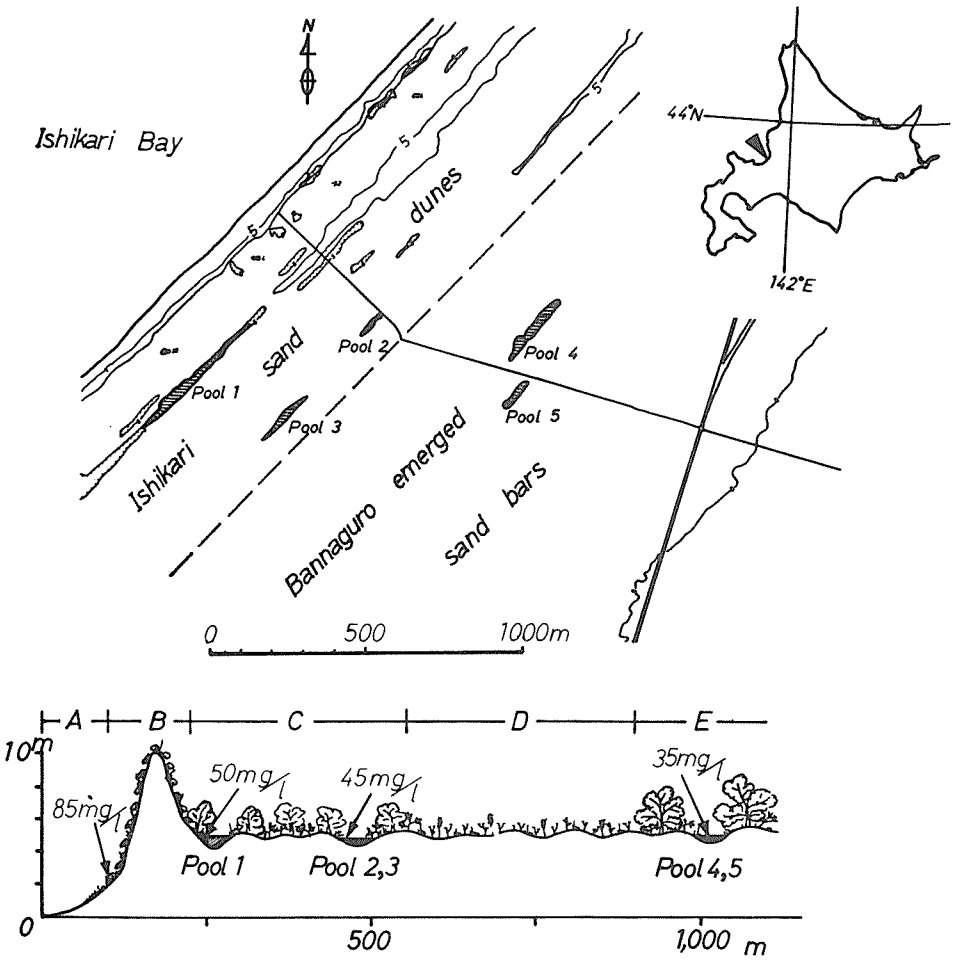


Fig. 1. Location of area studied and cross section.
A: no vegetation
B: *Rosa rugosa* dominant
C: *Qercus dentata*, *Sasa* spp. dominant
D: *Hypochceris radicata*, *Œnothera biennis* dominant
E: *Acer mono*, *Sasa* spp. dominant
35mg/ℓ : Chrolinity concentration in snow, January 21, 1978.

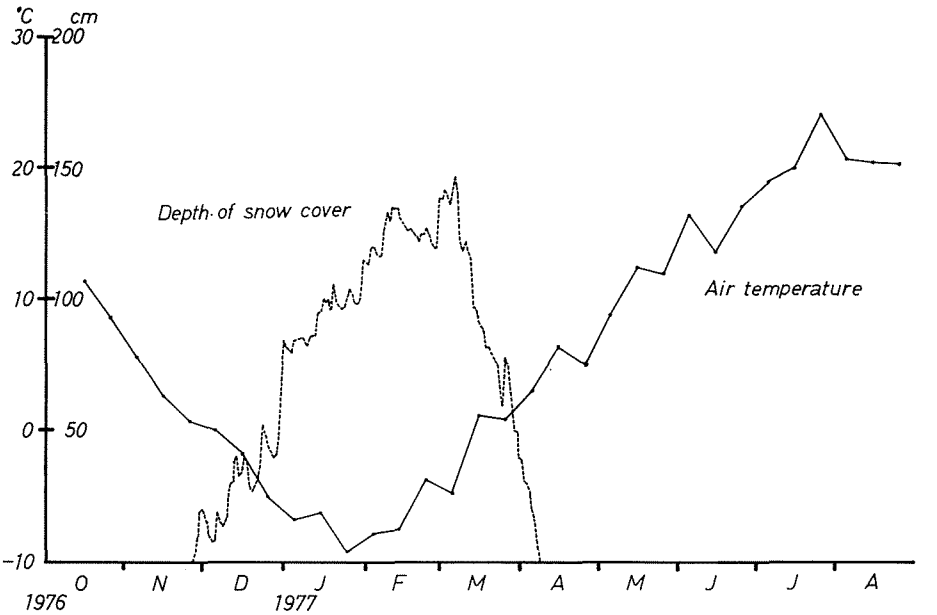


Fig. 2. Air temperature and depth of snow cover.

Ⅲ 結　　果

1) 水　　温

調査地域である石狩3線の融雪プールでは，水温は0℃から約40℃までの上昇方向のみで終る。プール2，5のような小さな水体では水温は変動幅が大きく，かつ気温の変化によって左右される（Fig. 3）。ゆえに，その水体には温度変化に強い水生生物が出現することが期待される。プール1，3，4のような大きな水体では水温の変化量は小さい（Fig. 3）。

水生生物からみると，融雪プール初期の水温10℃以下のときに優占する種と，15℃前後で出現する種，20℃を越えてから出現する種などさまざまである。

各プールとも*Rotaria rotatoria*は，融雪プール出現初期の低水温時に出現して優占し，高水温時にも少数ではあるが出現している(Figs. 3，4)。北方系種である*Nordodiaptomus alaskaensis*はプール初期から出現し，水温0℃～20℃間に成長し，耐久卵を産む。*Chirocephalopsis uchidai*は，*N. alaskaensis*と同一時期に出現し，低水温時に優占する。*Daphnia pulex*は，10～15℃になると出現してくる。その後，水温が約25～30℃になると全個体が消失する。その間に，甲殻に耐久卵を付着させた雌が大群をなして遊泳している時期があり，その時の水温は18℃前後であった。なお*D. pulex*の生存範囲の上限は25～28℃，下限は0℃以下であり，増殖可能な好適範囲は0～20℃である(水野・戸田，1964)。調査プールの*D. pulex*も同様の傾向を示し

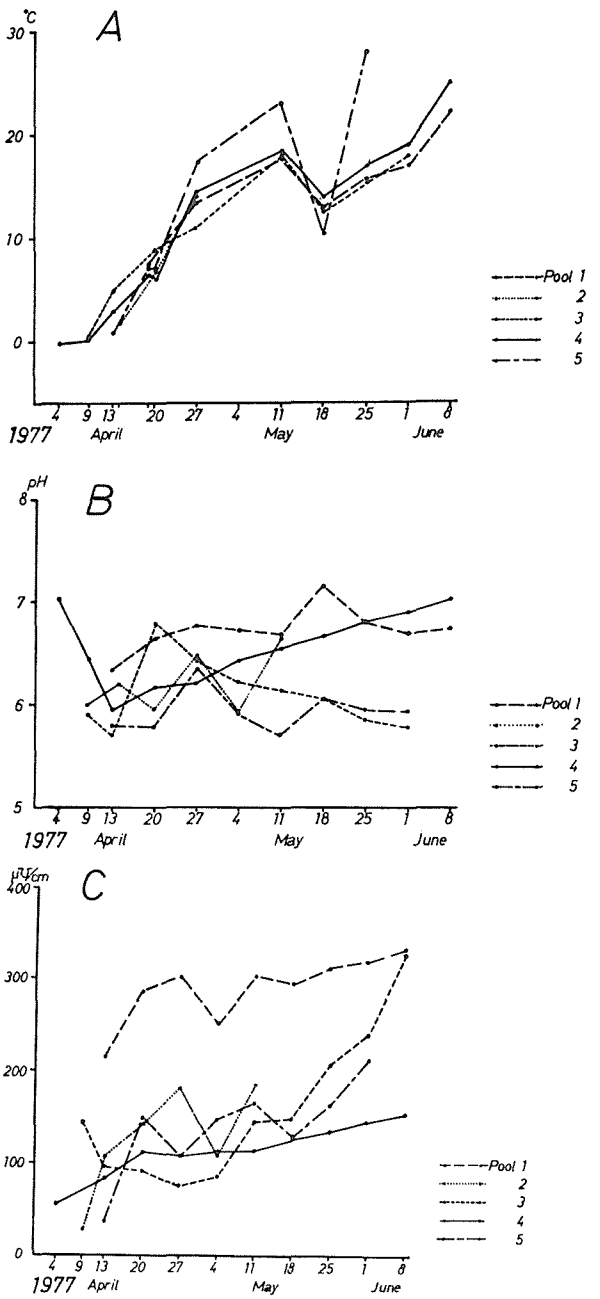


Fig. 3. Water temperature (A), pH (B) and electric conductivity (C) of the temporary pools.

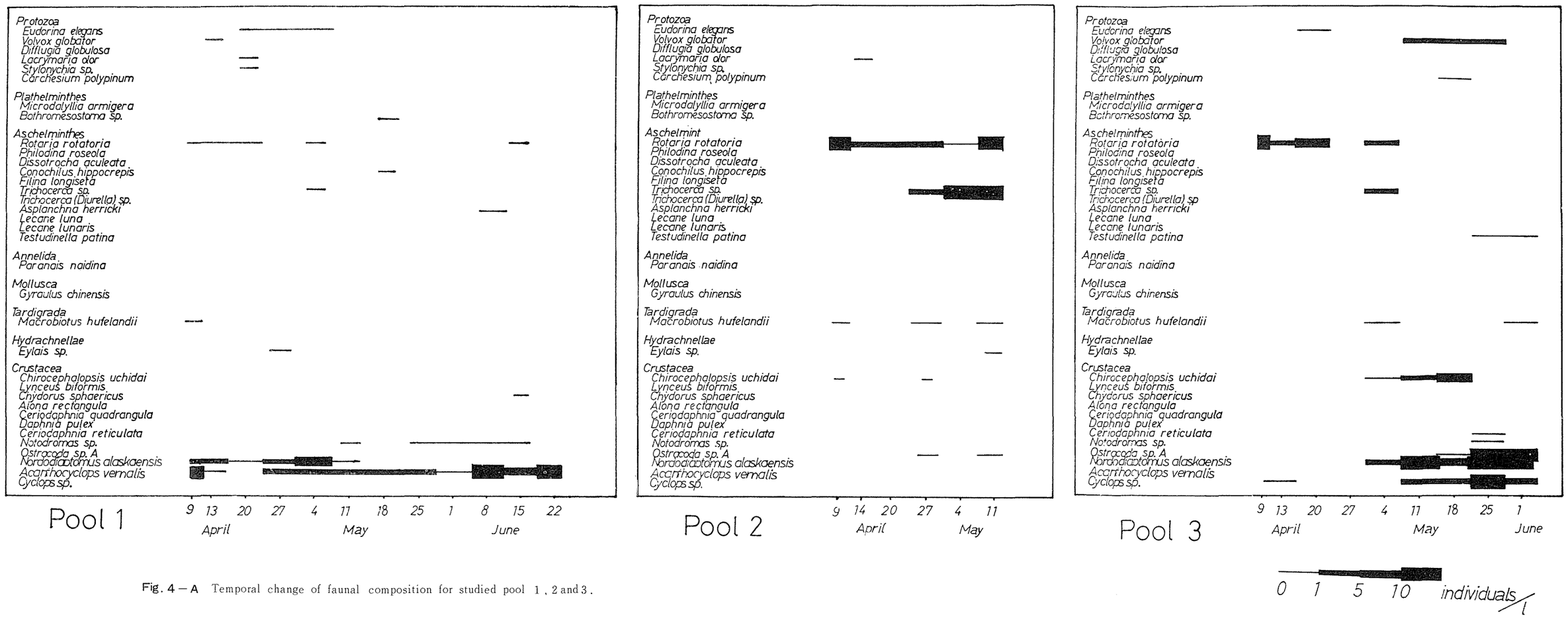
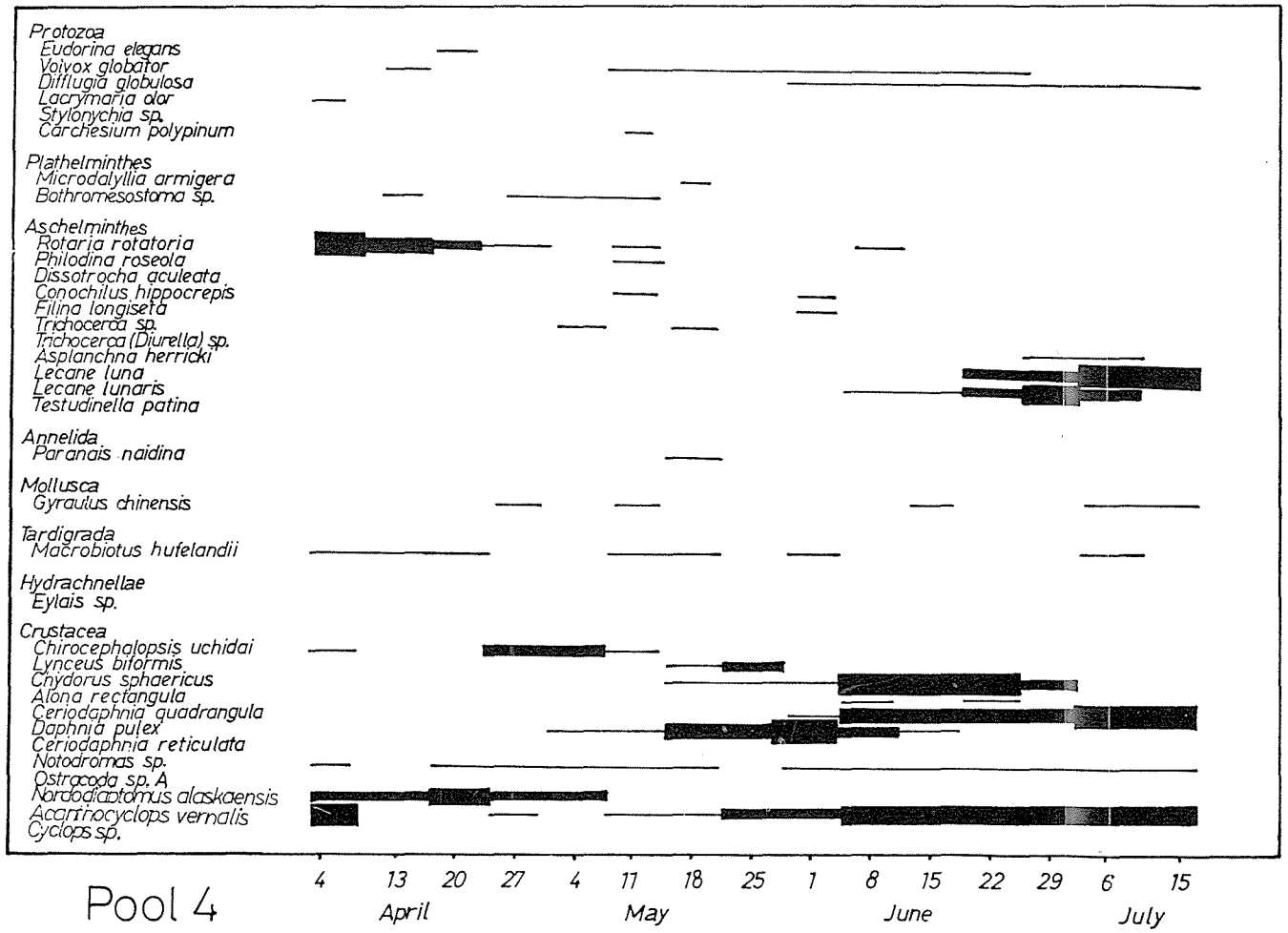


Fig. 4 — A Temporal change of faunal composition for studied pool 1, 2 and 3.



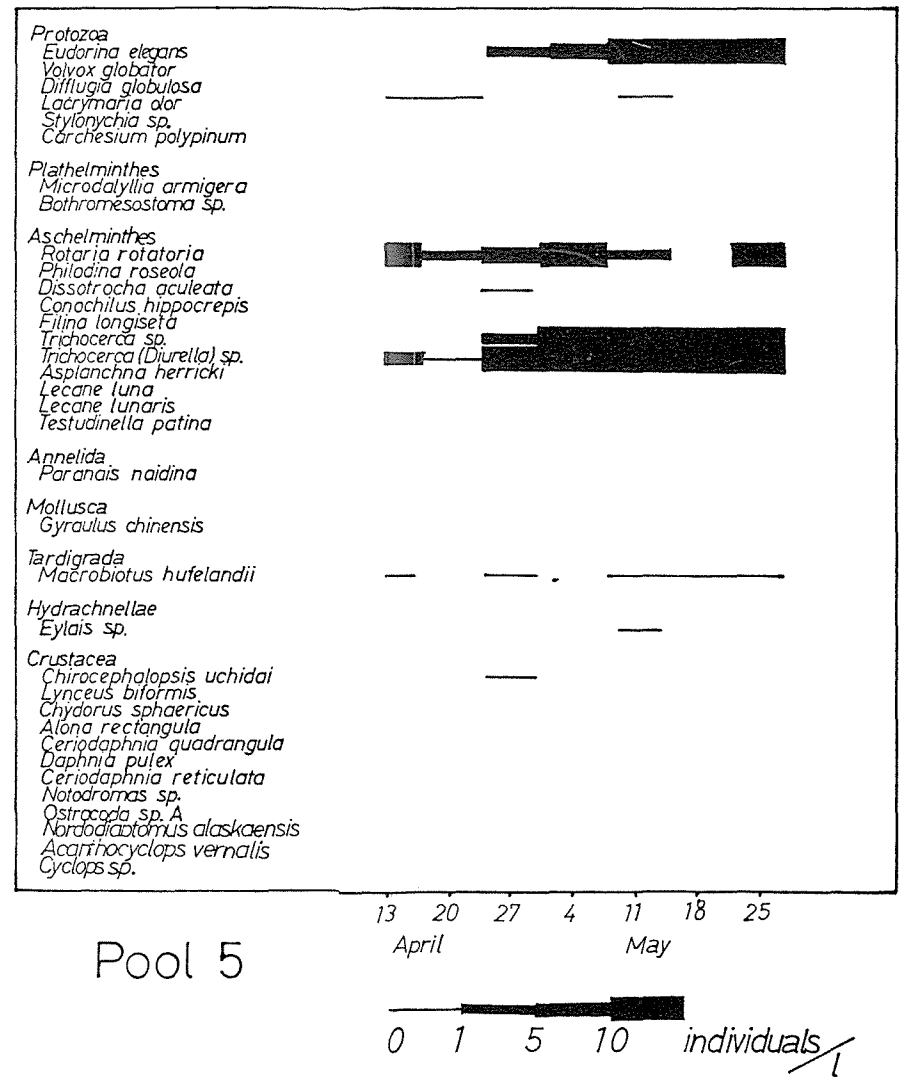


Fig. 4 − B Temporal change of faunal composition for studied pool 4 and 5,

た。これと同様の時期に出現するのは，*Ceriodaphnia quadrangula, Chydorus sphaericus, Lynceus biformis* であり，水温15℃前後の時である。水温が20℃を越えてから出現してくるものでは，*Lecane luna, Lecane lunaris, Asplanchna herricki* の3種が特徴的である。

2) pH

調査地域の融雪プールは腐植栄養型湖沼に類似した環境を示し，pH 6前後の弱酸性を呈する（Fig. 3）。水色は褐色である。水体が大きいプール1はpHの日による変動は小さいが，水体の小さいプール2，5は降水や水生生物の影響による変動が大きい。pHの変動で特徴的なのがプール4である。融雪プール出現初期には中性であったのが，4月13日に最も酸性側に傾きpH5.97となり後は徐々に中性に近づいていく変化である。これは，4月9日にプール4の北側に長さ約150 m，幅約30mの別のプールが形成されプール4と結合し，水が混合されたためと思われる。北側のプールはその出現初期にpH 5.98であった（Fig. 3）。このプールには植物遺体の集積が進行している。また，プール5もこのプールと類似している。これらの原因から，泥炭地特有の腐植有機酸が混合し，プール4のpHを低下させたのであろう。4月13日以降は北側プールと分離してプール4だけの水体となりプール中の植物プランクトンを主とする光合成などの作用により徐々に中性に傾いていくのであろう。各プールを比較するとプール出現初期のpHが高い場合にはプール乾燥までにpHが高くなり，逆に酸性傾向のプールでは乾燥近くなると酸性に傾くことがFig. 3より読みとれる。毎年，同様な傾向のpH変動があるものと思われる。

鈴木（1975）によると*L. luna, L. lunaris, Dissotrocha aculeata, R. rotataria, C. sphaericus* などは酸性水域に多数出現する種であり，このような指標種が多いことより，調査地域のプールは酸性水域の特徴をもっているといえる。*Trichocerca* spp.はpH 6程度の時に多数出現する種であり，今回もpH 6前後の時に多数出現し，小さいプールで優占することがわかった。pH 5.5以下には出現しない*Filina longiseta, A. herricki*は，もちろんpHの低い時には出現せず，pH 7前後で少数ながら出現している。

3) 塩分濃度

各プールの塩素量は電気伝導度より換算して求めた。電気伝導度は融雪プール出現初期ではプール2，4，5で50μ℧/cm前後であり，塩素量に換算すると17mg/ℓである。小プールでは塩素量の変動が大きいが，それは蒸発，降水などの気象に左右されやすいからである。各プールともプールの終期が近くなると塩素量が増加する傾向（70～110mg/ℓ）にある。プール1だけは例外で出現初期から塩素量は70～100mg/ℓ存在し，徐々に増加した。プール1は最も海岸側に形成され，この地域の海側の積雪中には風成砂の薄層が何枚か存在しており，海浜の固定されていない砂が海よりの強風によって飛ばされ堆積したものと思われる。雪に含まれる塩素量も海岸で非常に高く内陸に入るにしたがって減少する（Fig. 1断面図参照）。プール1は風送塩の量が他のプールより多くもたらされ，塩分濃度が他のプールの2～3倍と高くなるのであ

ろう。各プールとも海岸に近いので風送塩の影響を多かれ少なかれ受けているであろう。各プールとも汽水程度の塩分濃度はなく淡水～低塩水の水体である。プール4に出現する*Philodina roseola*は塩分濃度の高い水体（5‰～20‰）にも出現する種（鈴木，1975）であるが，この一種から塩分濃度について語ることは不可能である。他に塩分濃度の指標となる種は出現しない。一方，プール1は他の環境条件である水温，pHは他のプールと同様の傾向を示すが塩素量だけは70～110 mg/ℓ もあり，他のプールと異なる。*C. uchidai*は塩素量だけが他のプールと異なるプール1には出現しない。

4）水存続期間

プール2，5は水の存続期間が1ヵ月強であり，プール1，3，4は50日間以上と長くなっている（Table 5）。水存続期間と対応する顕著な種は，*N. alaskaensis*, *C. uchidai* の両種で

Table 1. Characteristic of temporary pools.

Plots	Max. depth cm	Max. area m²	Period	Days
Pool 1	75	10×10^3	April 9 – June 22	75
Pool 2	25	11×10^3	April 9 – May 11	33
Pool 3	55	3×10^3	April 9 – June 1	54
Pool 4	80	6×10^3	April 4 – July 15	103
Pool 5	40	1.5×10^3	April 13 – May 25	43

ある。2種とも1世代のうち，孵化後の生存期間は約40日である。*N. alaskaensis*はプール1，3，4で優占し，他のプールには出現しない。*C. uchidai*はプール3，4で優占し，プール1には出現しない。卵または孵化後のステージで乾燥に耐性のない種では1世代強の水存続期間を必要とする。*N. alaskaensis*, *C. uchidai*は耐久卵を産するまでの長い水存続期間が必要であり，これはRotiferaのある種のように成体でも乾燥に耐える適応のしかたと異なる。種により乾燥に耐えるステージ，期間が異なってくる。総合的に判断すると，ある範囲内では水存続期間の長短に伴い種類数の多様性が左右されることが期待される。調査プールの水存続期間と水生生物の種類数との関係をFig. 5に示す。この結果より水存続期間と累積種類数との間には比例関係があると判断できる。プール2～5はほぼ同じ傾きであるが，プール1だけ累積種類数があまり増加せず傾きが小さい。

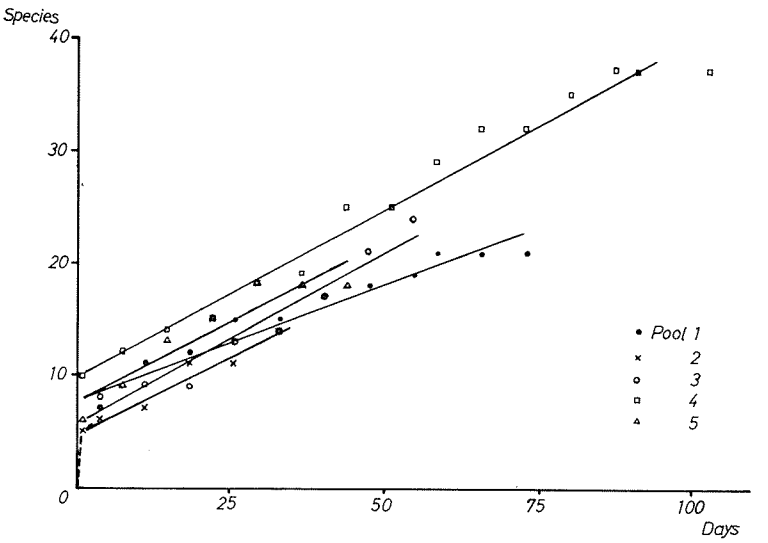


Fig. 5. Relationship of continuous existence of pool and accumulated numder of species.

Ⅳ 考　　察

石狩海岸の融雪プールにおいては，水温環境からいうと北方系の種類が多数出現する。温帯系の種類は高水温時に出現する。南方系の指標となる種は出現しない。以上のことよりプランクトン相が気候帯にほぼ一致し，生物指標的にみても融雪プールの性格は冷温水性湖沼のグループに属するとの解釈が可能である。*C. uchidai* については実験的に水温との関係を調べることは興味深いことである。

以上のことより融雪プールの水温環境の経時的変化を生物相の変遷により３区分することが可能である（Table 2）。プール初期の冷水温期には北方系種が対応している。プール終期の暖

Table 2. Temperature stages and aquatic organisms.

Pool Stage	Water Temperature	Temperature Stage	Aquatic Organisms
Early	0 ℃ ～10－15℃	Low	Northern species
Middle	10－15℃～ 20 ℃	Moderate	Northern species Temperate zone species
Late	20 ℃ ＜	High	Temperate zone species

水温期には温帯系種が対応していて北方系種は消失してしまう。プール中期の温水温期には初期で出現した北方系種が成熟産卵し，この時期から出現する温帯系種と徐々におきかわっていく。

ｐＨ，生物相の対応からみて融雪プールが腐植酸性水域であることが明らかである。弱酸性～中性への変動を示す湖沼では，その変化に対応して出現する水生生物も変化することがわかった。

塩分濃度は水生生物の生存の環境要因のうち重要な位置を占める。各プールとも汽水性種が生存していないことより淡水性であることがうかがわれる。プール１でも塩素量は高く見積っても200mg/ℓ 程度であり淡水～低塩水である。*C. uchidai* がプール１に生息していないのは他のプールに較べて塩素量が高いからであろうか。*C. uchidai* の属する Anostracaの多くは *Artemia salina* など汽水性～高塩分濃度水域に生息する種であるが，この *C. uchidai* はそのような高塩分濃度水域に出現する種と異って淡水性種であろうと思われる。この *C. uchidai* についての生態[1]は，ほとんど報告されておらず，Kikuchi (1957) に新種記載されているだけであり，他の環境要因とともに今後の研究課題であろう。

水存続期間と各プールの累積種類数の関係ではプール１だけ傾きが小さく，累積種類数が他のプールに較べてあまり増加しないことが読みとれる(Fig. 5)。これは他の要因がほぼ同じであるのに対し塩素量が２～３倍と多いことが主な原因と考えられる。累積種類数—水存続期間の関係は各プールとも直線的な比例関係にある。プール２～５の４つのプールでは比例関係の勾配はほぼ同じである。

各プールとも形成初期においてプランクトンが５～10種類出現していた。このことはプール形成初期でも，その水体を時間的集積結果としてハビタットにしている生物群集に対応する水生生物を出現させる土壌の生物維持ポテンシャルが存在するからであろう。このことはFig. 5が原点を通らないことの理由の１つとなる。つまりプールが形成されて数日以内に急激な種類数の増加が起るということを示唆しているのである。しかし，数日間しか水の存続しない水体が実際に存在しても累積種類数が同様に出現するとは思えない。なお，プール形成初期と同様の環境で土壌の加水実験を行ない，初期の種構成を観察することにより土壌の生物維持ポテンシャルや毎年の平均水存続期間などを見積ることが可能となってくるであろう。

プール乾燥後の水生生物は種により決った耐久ステージにより乾燥に合わせて夏期の高温(＋50℃)，初冬の低温凍結(－10℃)に少なくとも耐えられる。*C. uchidai*は卵～ノウプリウス幼生，*N. alaskaensis* は卵，*D. pulex* も耐久卵，*R. rotatoria* は成体，Harpacticoida は融雪プール形成初期に成体で出現することにより成体で耐えるのであろう。これは成体表面にシスト

---

1) 本調査では約40日で孵化後の１世代をおくり，１化性のAnostracaで耐久卵（高低温，乾燥）を産む。なお未発見であった雌も雄とともに多数採集され，耐久卵の大きさはϕ 450～500 μm である。

を形成し，その内部で耐久するからであろう(Wesenberg–Lund, 1939)。

なお，実験結果によると，Protozoaの多くと*R.rotatoria*などの種は−40℃2日間低温処理後にも出現することより低温，乾燥に適応範囲が非常に広いことが理解できる。

調査地域の融雪プールの生物相は非常に適応範囲の広い生物が多数を占めている。また各プールとも山間の湖沼に較べ海岸地域の平地に存在する水域のため塩素量は15〜110mg/ℓ で5〜40倍と多い。調査地域のプールには人類活動のインパクトも影響しているであろうが，それを分離することは困難であった。

総合的にみると，プールは全て淡水性であるがプール1だけがやや低塩水性[2)]を示し，他の面でも異なることが明らかとなった。pH，水温など個々のプールにおいては変化度合が異なる。しかし各プールとも冷温水，弱酸性の傾向を示す。各プールの水生生物は北方系，腐植水好性種が多いが，この北方系(冷水好性)と腐植水好性種の分離を行う必要がある。これらの水域には乾燥，高温，低温に耐性がある種のみ出現できる。このような種であるAnostracaの卵は乾燥や熱に耐えることは知られている（Castle, 1938; Avery 1939)。Artemiaではトレハロースやグリセロールなどの物質で水の浸透圧などを調節しているが，これだけではその環境に対応する機構として充分でない（Daborn, 1976)。

以上を総合してこの調査地域の融雪プールは，水域のタイプのうちで腐植β中栄養の冷温水的止水少水量水域に属するということができる。水生生物とその生息環境との間には密接な相関関係があることが確認できたが，今後両者の対応を一般化，定量化し，体系づけていく必要があろう。

謝　辞

本研究を遂行するにあたり北海道大学大学院環境科学研究科の門村浩教授，山田真弓教授，高橋英紀助教授，福田弘巳助教授，伊藤立則講師，同大学低温科学研究所の坂上昭一教授には多大なる御指導と御教示を賜わった。同大学環境科学研究科の山本博助手，同研究科大学院生の鈴木啓助，板垣昭彦，岡本昌美，加藤央之，鈴木利吉の各氏には野外調査時に御協力をいただいた。これらの方々に深く感謝致します。

2) Mizuno (1961) の塩分濃度と動物プランクトンの関係を参考とする。

参考文献

Arnott, G. H. and Hussainy, S. U. 1972. Brackish-water plankton and their environmert in the Werrbee River, Victoria. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, **23**:85–97.

Avery, J. L. 1939. Effect of drying on the viability of fairy shrimp eggs. *Trans. Am. Microsc. Soc.*, **58**:356.

Bakker, C., Phaff, W. J., Ewijk–Rosier, M. v. and Depauw, N. 1977. Copepod biomass in an estuarine and a stagnant brackish environment of the S. W. Netherlands. *Hydrobiologia*, **52**: 3–13.

Castle, W. A. 1938. Hatching of the eggs of the fairy shrimp *Chirocephalopsis bundyi* Forbes to the temporary pond. *Mem. Cornell Univ. Agric. Exp. Stn.*, **392**: 1–48.

Daborn, G. R. 1976. The life cycle of *Eubranchipus bundyi* (Forbes) (Crustacea: Anostraca) in a temporary vernal pond of Alberta. *Can. J. Zool.*, **54**: 193–201.

Geddes, M. C. 1976. Seasonal fauna of some ephemeral saline waters in Western Victoria with particular reference to *Parartemia zietzana* Sayce(Crustacea: Anostraca). *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, **27**:1–22

Kikuchi, H. 1957. Occurrence of a new fairy shrimp, *Chirocephalopsis uchidai* sp. nov., from Hokkaido, Japan(Chirocephalidae, Anostraca). *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser.* Ⅵ, *Zool.*, **13**:59–62.

水野寿彦．1964．日本淡水プランクトン図鑑．保育社．

————．1975．淡水生物の生態と観察．築地書館．

————．1975．生物指標としての動物プランクトン．環境と生物指標２—水界編—．，137—152．共立出版．

————．戸田和子．1964．溜池における Cladocera 3種の出現期に関する実験的解析．能登臨海実験所年報，**4**：45—52．

Moriya, K. 1959. An ecological study of temporary pools after thawing. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser.* Ⅵ, *Zool.*, **14**:222–233.

Morton, D. W. and Bayly, I. A. E. 1977. Studies on the ecology of some temporary freshwater pools in Victoria with special reference to microcrustaceans. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, **28**:439–454.

Rippingale, R. J. and Hodgkin, E. P. 1977. Food availability and salinity tolerance in a brackish water copepod. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, **28**:1–7.

鈴木　実．1975．生物指標としての輪毛虫類と腹毛虫類．環境と生物指標２—水界編—．，108—125，共立出版．

上野益三．1973．日本淡水生物学．北隆館．

Wesenberg–Lund. C. 1939. Biologie der Susswassertiere. Verlag von Julius Springer.

Williams, W. D. 1975. A note on the macrofauna of a temporary rainpool in semiarid Western Australia. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, **26**:425–429.