

第7回日本陸水学会北海道支部大会

日時：2004年12月17日(金)

発表会 15:30～18:30，総会・懇親会 19:00～

場所：発表会 北海道大学農学部多目的室(本館裏の新館1階)

懇親会 口福(こうふく)北7条西7丁目6-9(クラーク会館裏手)

tel. 011-756-1147: 会費 3000円程度

<プログラム>

*発表時間は質疑応答を含む

15:30～15:40 開会の挨拶 支部会長・橘 治国

15:40～16:00 1. 閉鎖性汽水湖における貧酸素水塊形成の機構 北海道・サロマ湖

*菅林恵太(北大・理)・福山龍次(道環境セ)・知北和久(北大・理)

16:00～16:20 2. 豊平川流域におけるヒ素化合物の動態

*渡辺 楓・和泉充剛・辰巳健一・橘 治国(北大・工)

石川 清(北海道漁連)

16:20～16:40 3. 多雪山地流域におけるCI収支

*山崎 学・石井吉之(北大低温研)

16:40～17:00 4. アイスシェルターにおける貯氷タンクの適正規模について

- 各地の気温と製氷モデルによる検討 -

*木村賢人・浦野慎一(北大・農)

17:00～17:20 5. 鳴き砂(Musical sand)の生成について(序報)

*小林則彦(道立苫小牧工業高校)知北和久(北大・理)

17:20～17:30 休憩

17:30～17:50 6. 倶多楽湖における水質と一次生産

*脇 聡一郎(北大・工)古里栄一((有)日本水理研究所)

福島智彦(日立プラント)深沢達矢・橘 治国(北大・工)

17:50～18:10 7. 地球温暖化によるヒマラヤ氷河湖の拡大機構：観測とモデリング

*知北和久(北大・理)

18:10～18:30 8. 達古武沼からの分離株を例としたラン藻の形態的分類と遺伝子解析

*高野敬志(道衛生研)日野修次(山形大・理)三上英敏・

石川 靖(道環境セ)五十嵐聖貴(国立環境研)

1. 閉鎖性汽水湖における貧酸素水塊形成の機構 北海道・サロマ湖

*菅林恵太 (北大・理・地惑)・福山龍次 (道環境セ)・知北和久 (北大・理・地惑)

1. はじめに

北海道北東部に位置するサロマ湖は日本で3番目に大きい湖(面積約 152km²)であり、外海との開口部が狭いために閉鎖性汽水湖の特徴を有する。

ここでは、ホタテ貝やカキ貝の養殖事業を中心とした漁業活動が盛んに行われており、生産額は年間 30 億円にも達する。しかし近年、底質の悪化や富栄養化の進行、夏季の貧酸素水塊の発生が起り、養殖業に大きな被害を与えている。

本研究は、湖内の溶存酸素(DO)の分布形成について「将来予測モデル」を構築することを目的とする。一般的な湖と異なり、湖内部に設置されている養殖施設による流れの阻害と養殖される生物の DO 消費を考慮した新しい物理モデルを開発する。

2. サロマ湖の物理的環境

サロマ湖は、開口幅 350m、水路長 300mの第一湖口と幅 50m、長さ 305mの第二湖口によって海と通じており、潮汐の影響を受けて湖水位は日変動する。サロマ湖の湖面積を除く流域面積は 723.5km² でかなり大きい、二つの湖口からの交換量が非常に多いために、湖水の塩分濃度は通常 30‰以上あって海水に近い。

海に面しているため、日中は海風(陸から海へ)が夜間は海風(海から陸へ)が卓越し、湖面との摩擦によって湖表層では吹送流が発達する。

3. 観測概要

2003 年、2004 年の 5 月から 11 月に月二回現地観測を行った。サロマ湖内に 13 の水質調査地点を用意し、水深、セッキ深度を測った。また各地点で水深 0、2、5、10m、湖底の 5 層で採水を行い、pH、電気伝導度(EC)、水温、溶存酸素(DO)濃度、化学的酸素必要量(COD)などを分析した。また、溶存酸素調査補助点を 10 用意し、同じように分析を行った。

4. 観測結果

2003 年の 8 月から 9 月にかけて、湖の最深点付近で貧酸素水塊が見られた。7 月後半から徐々に形成され、9 月後半に突然なくなった。貧酸素水塊が形成されている期間は風が弱く、崩壊する直前に平均風速 6m/s の風が吹いたことから、吹送流による上下混合が貧酸素水塊形成に大きな影響を与えていることが予想される。

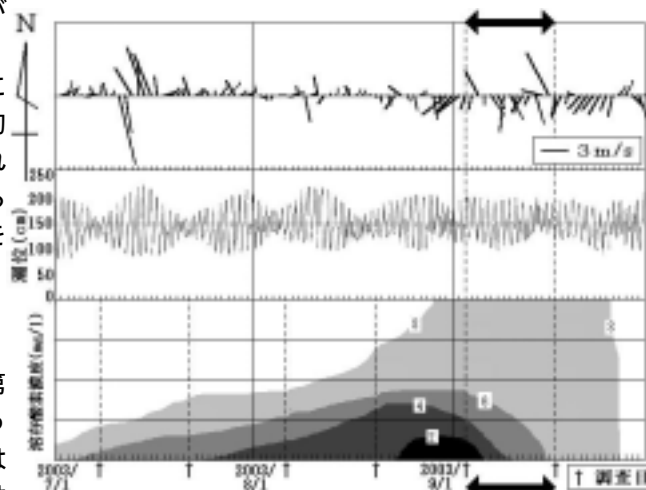


図 2 (a) 風向風速ベクトル図(湧別町) (b) 潮位(網走市) (c) 最深部における DO 鉛直分布の変遷

5. シミュレーション

観測結果のデータを用いて、湖流と DO 分布のシミュレーションを行った。湖内の流れを水平二次元でシミュレーションするために、数値計算プログラム「Aqua Sea v7.2」を使用した。潮位と風速・風向のデータを導入することで、サロマ湖全体の流動がわかった。しかし、現実の養殖施設の影響を考慮することが出来なかった。

養殖施設の影響を考えるために、三次元流体解析プログラム「Phoenix v3.5」を用いて、三次元で養殖施設内部の流速と DO 分布をシミュレーションした。養殖施設によって吹送流が減衰され、DO の分布に偏りが出るのがわかった。



図 1 サロマ湖の位置と養殖施設の配置

2. 豊平川流域におけるヒ素化合物の動態

渡辺 楓・和泉充剛・辰巳健一・橋治国(北大・工), 石川清(北海道漁連)

1. はじめに 札幌市の主要水道水源である豊平川上流には、ヒ素が高濃度で含まれている定山溪温泉がある。札幌市は豊平川の扇状地に発達しているため、ヒ素は水ばかりでなく、底質や流域土壤中に含まれている恐れもある。豊平川の流出先である茨戸湖においても高濃度のヒ素が検出されることは、そのことを示す例であろう。ヒ素は低濃度でも摂取し続けると発ガン性があるとされ、平成5年の環境基準改正により $0.05\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ から $0.01\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ と厳しい基準へ変更された。本研究では、豊平川及び流域内の茨戸湖におけるヒ素の分布とその形態変化を水質、底質の両面から調査し、ヒ素拡散のメカニズムを明らかにすることを目的とした。

2. 調査地点及び調査方法 図1に示す扇状地内の20地点で採水し、また底質や周囲の土壤も採取した。茨戸湖内に堆積した底泥については、鉛直方向に10cmごとにサンプリングした。調査は2003年7月31日から11月21日の平水期に実施した。ヒ素の分析は、全量をICP-MS(YOKOGAWA HP-4500)、3価と5価の形態分画は、辻らの報告に従い水素化合物発生-原子吸光法(Varian Specter AA220型原子吸光光計)を用いて定量した。底質、土壤試料は、ウェントワース・スケールに従い、0.063mm以上を砂層、以下をシルト・粘土層と区分し、各々についてフッ酸硝酸で溶液化した後、ICP-MSによって分析した。

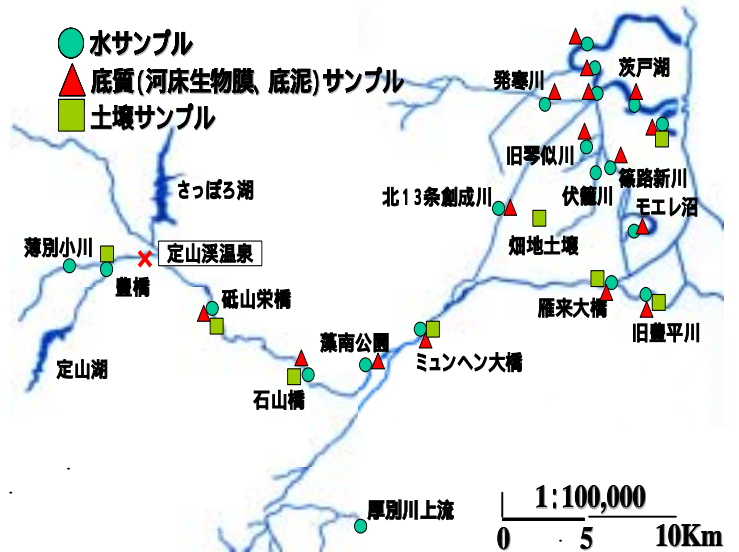


図1 調査地点の概略図

3. 結果及び考察 3.1 札幌市内のヒの動態

(1) 水中におけるヒ素の動態 図2に示したように、定山溪温泉のすぐ下流の地点である砥山栄橋で環境基準の $10\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ を超えた ($A_{5T} = 11.84\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)。水中ヒ素濃度は流下するに従い、希釈・沈降により減少するが、豊平川下流部にあたる茨戸湖流入口では、全量で $3.86\sim 9.56\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ と再び増加した。また、湧水地点ではほとんど溶存態として存在するが、下流に行くに従い懸濁態の割合が増大した。さらに中流域の雁来大橋ではヒ素が急激に増加していることから、地下水の湧出などなんらかの外的要因も考えられた。

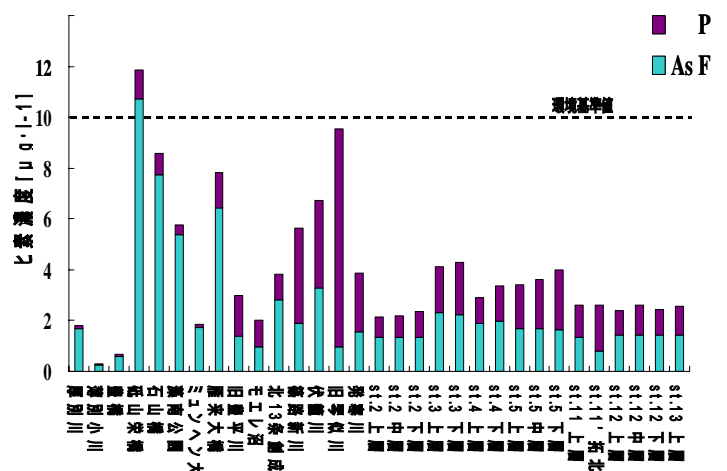


図2 水中ヒ素濃度

(2) 河床生物膜及び底泥のヒ素含有量

河床生物膜と底泥に関して、豊平川流域では $43.6\sim 118.9\text{mg}\cdot\text{kg}\cdot\text{dw}^{-1}$ という高い値を示した。上流の河床生物膜では、 $100\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{dw}^{-1}$ 前後の高含有量であった。藻類の摂取による生物濃縮の可能性もあるが、強熱減量が小さい(約17%)ので、ヒ素含有量が高い粘土・シルトなど微細粒子の生物膜への吸着が考えられる。

藻類の摂取による生物濃縮の可能性もあるが、強熱減量が小さい(約17%)ので、ヒ素含有量が高い粘土・シルトなど微細粒子の生物膜への吸着が考えられる。

また、現在では豊平川からの流入がないモエレ沼の底泥の含有率が高い(70.8~82.8mg・kg⁻¹)ことから、過去の豊平川の流れの影響とヒ素の長年に渡る蓄積が推測される。懸濁態ヒ素の沈降・吸着などにより、最下流の河川に至るまで高含有量の状態が維持され、底質のヒ素汚染は広範囲に及んでいることがわかる

(3) 土壌中のヒ素含有量 一般の土壌に含まれるヒ素含有率1~10mg・kg-dw⁻¹と比較して、扇状地全体に渡って非常に高含有量(3.5~115.1mg・kg-dw⁻¹)であることがわかる。基本的にシルト・粘土層では砂層よりも高い値を示し(図3)、20.4~115.1mg・kg-dw⁻¹だった。各土壌の粒径分布と溶出試験の結果、微細粒子であるシルト・粘土層の割合が高い土壌ほど溶出量が大きい傾向にあることがわかった。したがって雁来大橋の微細粒子の割合が比較的高い(12~27%)ことは、この地点の溶存態ヒ素濃度が高くなる原因の一つといえる。また着目すべき点として畑土壌の高含有量があげられる。扇状地のかなりの範囲に渡って土壌ヒ素汚染が広がっていると推測され、また同時に、通常畑土壌粒子は微細である(本研究の畑土壌の粒径分布は1mm以下が97.1%)ので、降雨時などのヒ素の溶出及び、

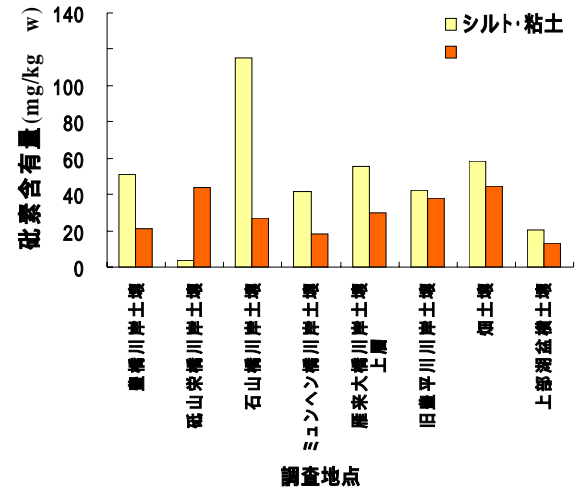


図3 土壌中ヒ素含有量

河川水への再流出が懸念される。微細粒子に吸着したヒ素は豊平川の流系変化に伴って広範囲に拡散、蓄積し、流量増加による洗い出しや溶出によって再び水質へ影響を及ぼしていると考えられる。

3-2 茨戸湖内のヒ素の動態 茨戸湖は豊平川最下流部に位置する。水中ヒ素濃度は2.16~4.30μg・l⁻¹でほぼ安定した値であったが、伏籠、創成、発寒の3河川の流入地点であるst.3で一番高い値を示した。湖全体の観測値を扇状地内と比較すると、水中濃度は低いですが底泥中含有量が

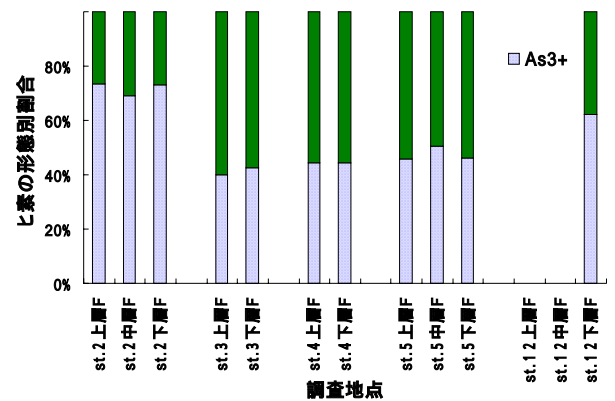


図4 茨戸湖内における溶存態As³⁺とAs⁵⁺の割合

が高い(9.3~252.1mg・kg-dw⁻¹)といえる。ヒ素といくつかの物質(Cd、Zn、Fe、PO₄³⁻)とに相関性がみられ、特に底泥中のFeとの相関性は高く(r²=0.81)湖沼内ではヒ素は独自の挙動をしているのではなく、鉄化合物、特に水和酸化物に共沈または吸着し、湖水から除去され底泥に蓄積されたと推測される。また比較的3価ヒ素の割合が高い(図4)のは、底泥の表層付近で還元状態となっている微量粒子の巻き上がりが影響していると考えられる。ヒ素の毒性は5価より3価の方が強いことについてさらに検討する必要がある。

4. まとめ 豊平川流域において水質・底質及び土壌調査を行い、ヒ素の広域的な拡散メカニズムについて解析した。温泉水に起因するヒ素は、流下過程で流出機構が変化し、下流域では懸濁態として流出することがわかった。この変化には、底泥中のシルト・粘土層への蓄積、流出変動に伴う巻き上げ及び溶出が関与することが明らかとなった。流出先の茨戸湖内では底泥中にヒ素が高濃度で蓄積されており、ヒ素の潜在的な汚染源を形成しているといえる。ポイント汚染であるはずのヒ素が、歴史的な背景を経て扇状地由来のノンポイント汚染へと変化していることが示唆された。

3. 多雪山地流域における Cl 収支

山崎 学・石井吉之(北大低温研)

1. はじめに

寒冷多雪地域は厳冬期間や融雪期間が非常に長く、このような特徴は山地流域の水・化学物質循環に大きな影響を与えると考えられる。

これまで北海道北部の山地小流域において2000年の融雪期に、積雪下面融雪水(以下融雪水と呼ぶ)をインプット、河川流出をアウトプットとするリザーバーを考えた水・化学物質収支をおこなった。その結果、水収支はほぼ釣り合ったが、塩化物イオン(Cl⁻)を含む主要な無機イオンすべてにおいてアウトプットの方が多くなった。

本研究では、融雪期に限らず複数年に及ぶ長期間の Cl 収支を求め、季節変化経年変化について調べた。

2. 観測概要

観測は北海道大学雨龍研究林内母子里神社沢流域(約 1.2km²; 標高: 290m ~ 545m)で行った。流域から 500m ほど離れた北大フィールド科学センターの敷地内にて降水の採水(1 週間 1 回; 乾性降下物も含む)、流域の末端堰で河川水の採水(3 時間 ~ 4 日間に 1 回)を行った。また、雨雪量計の降雪捕捉率を求めるために不定期に積雪水量調査を行った。採水した水の分析項目は、主要無機イオンである。

3. 観測結果

図1に月降水量と降水中の Cl 濃度(加重平均値)を示す。Cl 濃度は冬季に高く夏季に低い、という季節変化を示す。冬季の降水は日本海からの海塩起源物質を多く含むため濃度が上昇する。ただし、1週間ごとの降水サンプルの Cl 濃度変化を見ると、冬季の降水 Cl 濃度は降水量に関係なく大きな変動(30 ~ 500 μeq/L)を示す。そのため月平均値に直すと、冬季ごとに微妙に Cl 濃度変化が異なる。

図2に月ごとの流域への降水 Cl 負荷量と流域からの河川水 Cl 流出負荷量、毎月の Cl 収支を積算していった変化を示す。冬季間に Cl 収支は増加し、融雪期に減少する大きな変化がみられる。さらに、'01 年の冬季から'02 年の融雪期にかけて Cl 収支がほぼ釣り合ったのに対し、'02、'03 年の夏季や'02-'03、'03-'04 年の冬季から融雪期にかけては Cl 収支がマイナスになった。夏季は低濃度の降水と高濃度の河川水から、毎年 Cl 収支がマイナスになると推測される。図3に融雪水と河川水からなる4年分の全融雪期間の Cl 収支を示す。冬季降水

の Cl 負荷量の年変化が大きいため、融雪水の Cl 負荷量も年変化が大きい。しかしながら、河川水の Cl 負荷量の年変化は融雪水より小さい。これは水質の安定した地下水流出の寄与が大きいためと考えられる。よって、冬季から融雪期にかけての Cl 収支は降水 Cl 負荷量の大小に大きく左右されると考えられる。

謝辞 降水の採水にあたり北大北方生物圏フィールド科学センター雨龍研究林のお世話になりました。

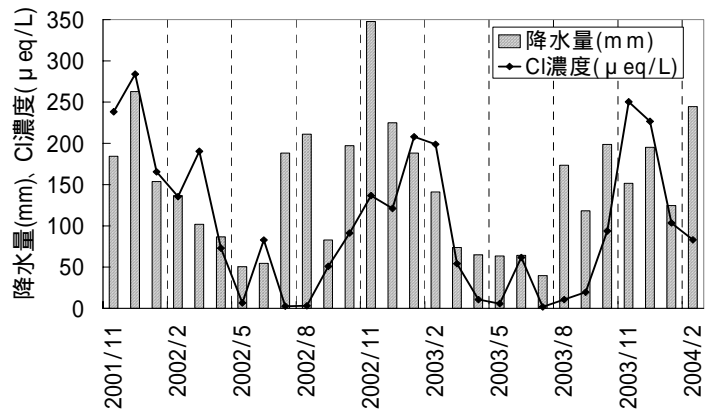


図1. 月降水量と降水中の Cl 濃度(μeq/L)

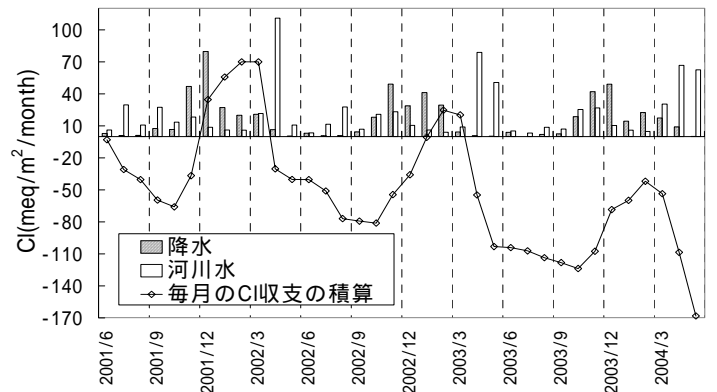


図2. 月降水 Cl 負荷量、月河川 Cl 流出負荷量 (meq/month/m²)と毎月の Cl 収支の積算値 (meq/month/m²)

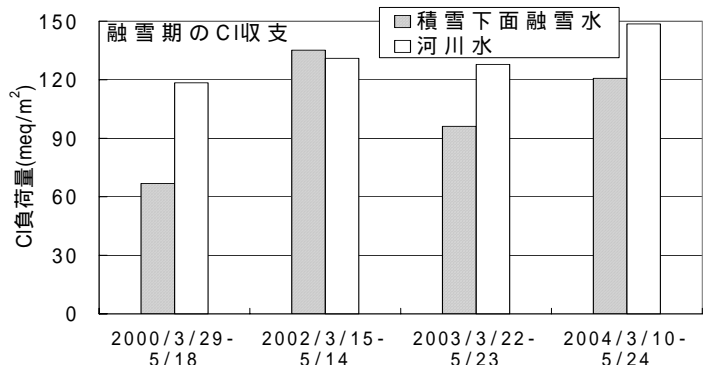


図3. 4ヶ年分の融雪期の Cl 収支

4. アイスシェルターにおける貯氷タンクの適正規模について - 各地の気温と製氷モデルによる検討 -

木村賢人・浦野慎一（北海道大学大学院農学研究科）

1.はじめに 北海道では、寒冷な気候によってもたらされる雪氷・凍土など自然冷熱を利用した省エネ施設の導入が試みられている。例えば、氷の利用では、冬に貯氷タンクの水を自然冷気で凍らせ、その氷を夏に解かすことによって、タンク周辺の気温を1年中0℃付近に保つというシステムが考えられている。このシステムはアイスシェルターと呼ばれ、冷房に電力を使うことなく1年中安定した低温空間が得られるため、農産物の長期貯蔵や建物の冷房への利用が期待されている。農産物貯蔵庫としてのアイスシェルターは、貯氷タンクを収納する貯氷室と農産物を入れる貯蔵室から成り、両室の空気を循環させて貯蔵室を低温に保つのが一般的である。しかし、このシステムを実用化するには、解決しなければならない技術的課題がいくつかある。その一つが、貯氷室の水を必要量だけ確実に製造する製氷技術の開発である。すなわち、貯氷タンクの水は冬期の気温、冷気の供給量、貯氷タンクの大きさによって凍り方が異なるため、地域の冷熱量に見合ったタンクの大きさを選定する必要がある。しかし、そのような観点から検討したタンク的设计基準はまだ出されていない。

そこで本研究は、地域の冷熱量に適した貯氷タンクの大きさを把握することを目的に、地域の気温変化とタンク内の水の製氷過程をモデル化し、北海道各地の製氷可能量を計算した。またこの結果から、地域の冷熱量（積算寒度）に適した貯氷タンクの大きさを検討した。

2. 研究方法

タンク内の水から周辺空気への伝熱量と、凍結過程で放出される潜熱量が等しいと仮定し、タンク内の水の製氷過程を以下の式でモデル化した。

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{1}{R\rho l}(T - T_m) \quad (1)$$

ただし、 x は生成される氷厚、 l は凝結潜熱、 ρ は水の密度、 R は熱抵抗、 T は水温、 T_m は気温、 t は時間である。貯氷タンクの大きさは、縦 0.94m、横 1.2m、深さ 0.74m とした。材質は鉄とし、熱伝導率は 83.5W/mK(0℃)とした。熱伝達率は、上面は 11W/m²K(小幡ら, 1993)、側面と底面は 5.7W/m²K(浦野, 1979)とした。貯氷タンク内の水は 0℃と仮定した。

各地における冬期の気温はサインカーブでモデル化した。式は以下のとおりである。

$$T = a \sin(\pi / (Days - 1) \cdot x), \quad 0 \leq x \leq Days - 1 \quad (2)$$

ただし、 $Days$ は 0 未満の日数、 a は係数である。ここでは積算寒度(FI)と $Days$ および a の関係を求め、 FI から冬期の気温変化((2)式)を推定した。

3. 結果および考察

3.1. 上面からの氷の厚さ 貯氷タンクの上面は水面と直接空気が接しているため、他面に比べ熱伝達率が大きい。したがって、このような貯氷タンクでは上面からの製氷を効率よく行うことが重要である。そこで最初に、積算寒度を変化させたときの上面の氷厚を計算した。その結果、氷厚は積算寒度が高くなるにつれて大きくなった。しかし、増

加傾向は曲線的であった。これは、氷厚の増加に伴って氷の熱抵抗が大きくなり、次第に製氷効率が悪くなるためである。図1に示すように、積算寒度が低く氷が薄いと、氷の表面境界層の熱抵抗が支配的になる。一方、積算寒度が高い場合、氷厚が増すにつれて氷自体の熱抵抗が支配的になる。

3.3. 積算寒度別の貯氷タンクの大きさ 貯氷タンク内の水は暖冬であっても必要量の氷を確保する必要がある。タンクの水は冷気と接している表面から下部に向けて凍る速度が最も速い。そのため、地域に適した貯氷タンクを選択する場合、深さが重要になる。そこで、AMeDASで観測された各地の最小積算寒度時に製氷される深さをタンクのその地域の最大の深さとして、タンクの上限值を推定した。なお、ここでは実際の貯氷タンクを想定し、側面と底面の製氷も加味して計算した。その結果が図2である。ここでは実際のタンクの形状を考えて1.0mを上限とした。この結果から、積算寒度が小さい地域では、浅いタンクを導入すれば、北海道のほぼ全域で冬の自然冷気を使った製氷が可能であることがわかった。

4. まとめと今後の課題 本研究は、各地の冷熱量に応じた最適な大きさの貯氷タンクを選定することを目的に、製氷モデルを作成して各地の製氷可能量を計算した。その結果、地域の冷熱量に見合った貯氷タンクを選定すれば、北海道のほぼ全域で氷を完了させることができることがわかった。

しかし本研究の結果は、モデルによる検討だけであるため、現在本モデルの妥当性を検討するため、図3のようにタンク内に水を入れて野外で製氷実験を実施中である。タンク内にT型熱電対を設置し、製氷時の温度変化と凝結完了時間を実測する予定である。また、実際に貯氷室に設置されているように貯氷タンクを重ね、そのときの2つの貯氷タンクの製氷過程についても検討する予定である。

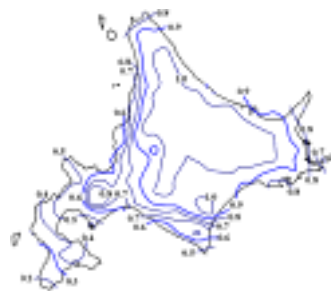
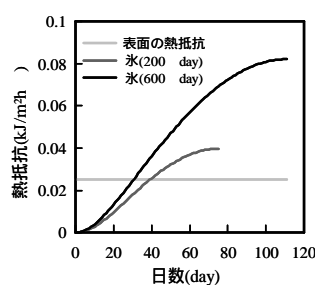


図1 氷の熱抵抗値の変化。ただし、図2 各地域の最小積算寒度時の貯氷タンクの深さの上限值
直線は表面境界層の熱伝達抵抗

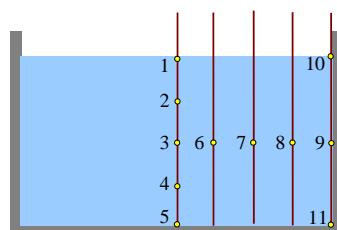


図3. 実験の概略図

5. 鳴き砂(Musical sand)の生成について (序報)

小林則彦 (北海道苫小牧工業高校) 知北和久 (北海道大学・理・地惑)

1. はじめに

日本全国の特定の海岸等には「鳴き砂」と呼ばれる砂が存在する。そのような砂浜では足を擦るようにして歩くと「キュッ、キュッ」という音がする。鳴き砂については、その分布や性質、砂の鳴くメカニズム、また海浜環境との関係について、Bagnold(1954)、三輪(1995)らによって多くの研究が行われてきた。しかし、それらは鳴き砂そのものを対象とした研究であり、鳴き砂がどこから来るのか、鳴き砂と非鳴き砂との境界条件は何なのかに関しては、これまでほとんど議論されていない。本研究では、地球科学的視点から鳴き砂の給源を特定することを含めて、生成機構と境界条件を探ろうとするものである。

2. 鳴き砂についての認識の現状

・鳴き砂の条件として言われること

石英を多く含むこと。石英は固くて摩擦係数が大きいことによる。

砂が汚れていないこと。夏に海水浴客などによって汚れて音が出なくなることがあり、冬の波に洗われるとまた鳴くのが復活する例がある。

砂粒が丸い(円磨度が大きい)こと。室蘭イタンキ浜の砂粒は丸いが、円磨度の小さい鳴き砂もあり、この条件は定かではない。古い鳴き砂は結果として丸くなるとの説もある。

・鳴くメカニズム

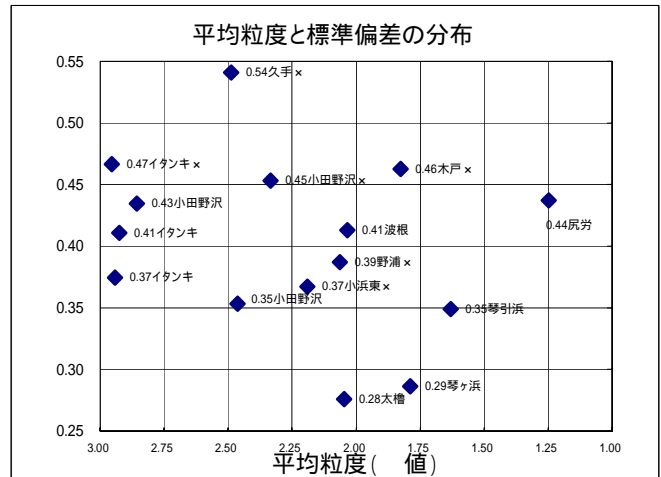
外力に対して砂がいくつかの層をつくり、その層の剪断面で生じる一種のスティックスリップ現象であるとされる。石英が多く、砂粒子間の静止摩擦係数が大きくないとこの現象が起こらない。

3. 本研究のこれまでの成果

・鳴き砂の境界条件について

鳴き砂としての石英含有率の下限は約40%である。

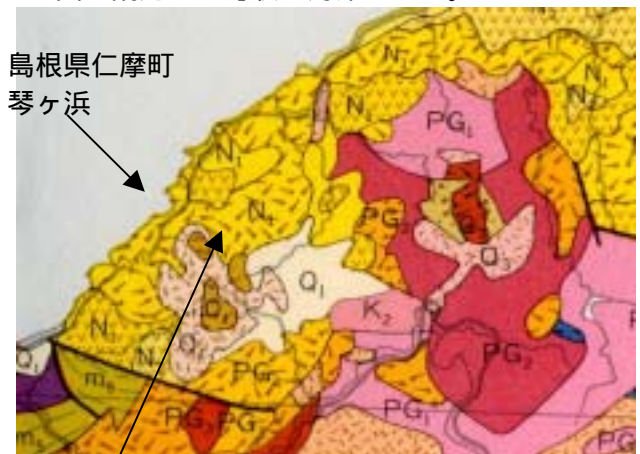
鉱物組成が同様な砂、すなわち同じ砂浜で鳴く部分と鳴かない部分を比較した場合、鳴く部分の方がより粒が揃っている。粒が揃っているかどうかは粒径(値)分布の標準偏差で求めた。砂の鉱物組成や粒径により異なるので境界は明確ではないが、概ね標準偏差0.45が上限と見られる。鳴かない砂には貝殻片などの大きな粒や、砂鉄・岩片等の細かい粒が含まれていることが多い。そのような砂では粒径の非対称度(歪度)が+・-どちらかに偏るが、はっきりした特徴は見られない。



・鳴き砂の生成過程について

後背地(海食崖)に石英を多く含む花崗岩や石英安山岩があること。しかし、後背地にそれらの地質が見受けられない場合(イタンキ浜等)がある。河川が上流から運んだり沿岸流によって運搬される場合もあるものと考えられる。

近くに大きな河川があると、一般的に細かい土砂が堆積するため鳴き砂にならない。鳴き砂海岸の多くは付近に大きな河川が無く、周囲と隔離した弓状の海岸である。



珪長質火山岩 (非アルカリ)

[島根県中部地質図]

4. まとめ

鳴き砂の境界条件と生成過程の研究は緒についたばかりで、解明すべき部分がまだ多々ある。今後、一つ一つの条件を組み合わせ、鳴き砂の全体像を明らかにしていきたい。

6. 倶多楽湖における水質と一次生産

Water quality and primary production of lake Kuttara

脇聡一郎(北大)・古里栄一((有)日本水理研究所) 福島智彦(日立プラント)

深沢達矢 橋治国(北大)

1. 研究目的

倶多楽湖は摩周湖と比べて遜色ない清澄な大型の貧栄養湖である。しかし、貧栄養湖の透明度の低下が近年報告されているように、人間活動による水質や生態系の変化に注意してゆかなくてはならない¹⁾。観光地からの排水の流入、道路や交通機関からの雨天時の汚濁水の流入、大気からの直接流入、また集水域の森林の管理など、様々な要因が考えられる。今、現状を把握しておくことは重要である。また貧栄養湖内の物質循環について、陸水学的に不明なところが多い。特に栄養塩の循環とプランクトンの増殖などの関係は、これらが、貧栄養湖保全対策の基本でありながら未だ明確ではない。

本報告では主にクロロテック(アレック電子 ACL220 型)とフルオロプローブ(bbe Moldaenke GmbH.社)²⁾による Chl-a 濃度の鉛直分布と藻類の分布特性に着目し、一次生産の実態について検討した。自然再生が叫ばれるなか、本来の自然環境を明らかにし、記述しておくことは重要であり、今後の環境保全への基礎研究として実施した。

2. 研究方法

調査期間

倶多楽湖の水質調査は 2000 年～2003 年にかけて 14 回実施した。

調査方法、分析方法

代表地点でパンドン式採水器を用いて採水した。またクロロテックを用いて湖心部(147m)で濁度、溶存酸素、Chl-a、水温、光子数を測定した。2003 年 7 月 23 日と 8 月 28 日においてはアンテナ色素タイプの識別可能なセンサー：フルオロプローブを用いて色素分布の観測を行った。

3. 結果、考察

水質の概要

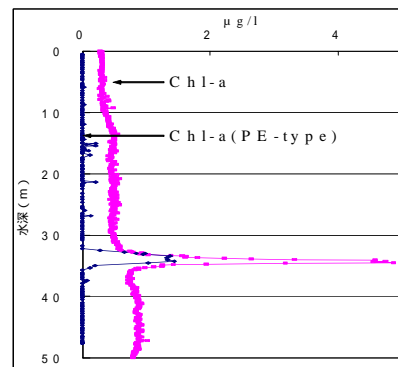
2003 年の調査において COD(Mn)は 0.5～0.8mg/l、透明度は 15～20m、Chl-a 濃度は表層で 0.10～0.28 μg/l であった。これらのデータを過去のデータと比較すると、ここ 20 年間の経年的な大きな変化はく、清澄な湖を保っている。栄養塩では全リンが表層で 0.002～0.015mg/l、全窒素が 0.15～0.32 であり、低濃度である。しかし、沢水で湖内よりも高い濃度のリンを観測した。(2003 年の調査で全リンが 0.006～0.074)これらは流量が非常に小さく、湖内の水質に影響を及ぼすものではなかった。湖内の一般無機イオンは電気伝導度が 60～70 μS/cm で一般的であったが、沢水については、SO₄²⁻、Mg²⁺、Ca²⁺が高く、近くにある登別温泉と土壌の影響が考えられる。また、雨水の成分は Cl⁻が高いことから 2km 離れた海からの影響が考えられる。

藻類の鉛直分布

クロロテックにより、Chl-a 濃度は成層期においては温度躍層下の 30～40m 付近で 1.87～5.83 μg/l の極大層が観測された。これらの鉛直分布は成層期では安定していたが、融雪期の調査(2000 年 5 月 25 日)では全層で 0.34～0.39 μg/l と一定であった。フルオロプローブによる色素分布から、主に PE-type の藍藻類であることが分かった。補償深度³⁾における藍藻類の集積は北海道湖沼調査では初めてである。集積する藍藻類の生物的特性と湖沼全体の富栄養化と藻類増殖の関係の解析が貧栄養湖の環境解析と保全対策に対する、今度の大きな検討課題にあるであろう。その意味では極めて重要な知見である。

4. まとめ

本湖の水質調査から世界的に清澄な貧栄養湖であることが確認できた。自然本来の湖を保っているが、流入水や雨水で、湖内よりも高い栄養塩や無機イオンが観測された。今後、これらの動態の解明と影響について継続的な調査を行い、保全に努めなければならない。また今回の調査で倶多楽湖において、補償深度付近で藍藻類による Chl-a 濃度の極大層を観測した。化学的な観点からは藻類の増殖要因である栄養塩には特徴的な鉛直分布は見られなく低濃度であった。湖沼の保全と関連して、栄養塩の循環のメカニズムの解明が大きなテーマである。



Chl-a と Chl-a(PE-type)の鉛直分布(2003.7.23)

謝辞

本調査は、さけ・ます資源センターの清水幾太郎氏、(有)日本水理研究所の古里栄一氏にご協力いただくと共に、貴重なご意見をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 橋治国：貧栄養湖の水質に及ぼす人間活動の影響評価と集水域管理、平成 11 年度～平成 12 年度科学研究費報告書、(2001)
- 2) 古里栄一：水環境学会誌、Vol.26、No.5、p 33-49 (2003)
- 3) Coon, T.C. et al. : J. Plankton Res., 9, 327-344 (1987)

7. 地球温暖化によるヒマラヤ氷河湖の拡大機構：観測とモデリング

知北和久 (北大・理・地惑)

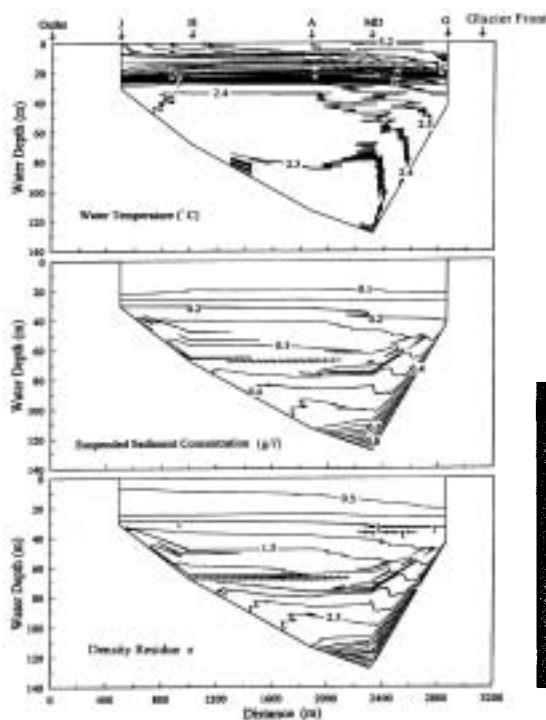
1. はじめに

ヒマラヤ氷河湖の拡大機構については、1995 年より実施している現地調査により、これまで多くの知見を得ている。この湖盆拡大は、18 世紀～19 世紀の小氷期以後に起こった氷河の縮小・後退に伴って、氷河先端にあった氷上湖（水平スケール 100 m オーダー）が現在はモレーンによって堰き止められた湖（水平スケール 1 km 程度）にまで発達した現象を指す。この拡大は、近年の地球温暖化によって加速傾向にあると判断される。これまで、東ネパールの Tsho Rolpa 湖（湖面標高 4580m）と Imja 湖（同 5010 m）、ブータンの Lugge 湖（同 4540 m）の実態が明らかにされた。今回は、観測された湖の物理構造や流動構造の違いにどのような要因が係わるのかを、実寸模型を用いた数値実験によって明らかにする。

2. 観測結果の概要

図 1 に Tsho Rolpa 湖で得られた水温、懸濁物質濃度 (SSC)、密度残差 の縦断分布を示す。水温躍層が水深約 25m に存在し、この付近の水温は 4 °C である。これより上層には、ほぼ一様な SSC と密度をもつ風による混合層が存在する。下層には、氷河前面（氷崖）から流入した高濁な融解水が密度流によって移流拡散している。懸濁粒子の密度は 2760 kg/m³ である。つまり、観測された水温範囲 2.3～5 °C では、SSC が 0.1 g/l を超えると湖水密度は常に 1000 kg/m³ 以上となる。実際の SSC は 0.1 g/l を超えているため、湖水密度分布は温度

図 1

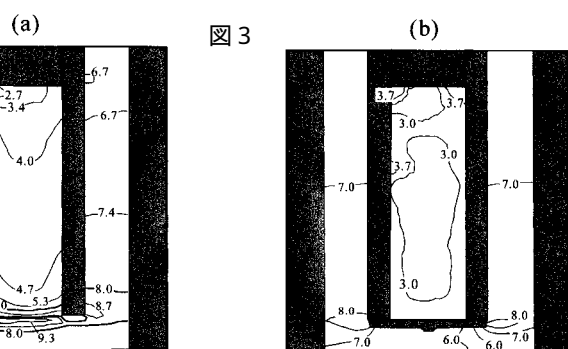
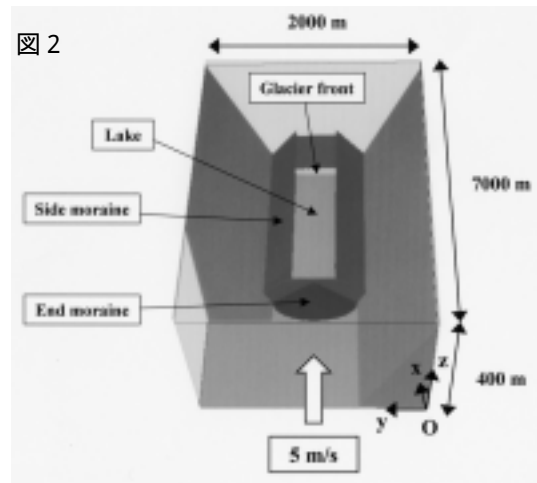


より SSC の分布に依存する。他方、Imja 湖では表層の混合層や氷崖からの高濁融解水の流入はみとめられなかった。混合層が存在しない理由として、Imja 湖では風上にあるエンド・モレーンが湖面より約 20 m 高く、これが谷風に対する遮蔽効果となって湖面風速が減少していることが考えられる。

3. 数値実験による遮蔽効果の検証

上記のエンド・モレーンによる遮蔽効果を検証するため、計算領域に実寸大の模型を置いて気流の 3D 数値計算を実施した（図 2）。用いた基本モジュールは Phoenix Ver. 3.5 である。図 2 の地形模型は、Tsho Rolpa 湖周辺の 1/50000 地形図と現地測量に基づいて組み立てられている。現地の高山条件を考慮し、標準気圧 0.6 atm、気体密度 0.75 kg/m³ とした。計算領域の上流端 $x=0$ で $u=5$ m/s（谷風の日最大値に相当）の一定風速を与えた。計算は定常状態で、湖面上の計算領域上端付近で風速 5m/s になるまで繰り返しおこなった。

計算結果を図 3 に示す。図は湖面上 2 m の平面での風速分布を表し、(a)は図 2 の模型による結果、(b)は図 2 のエンド・モレーンを 20 m 高くした場合の結果である。これより、エンド・モレーンを 20 m 上げると風速は湖面全体で 31% 減少することがわかった。



8. 達古武沼からの分離株を例にしたラン藻の形態的分類と遺伝子解析

* 高野敬志(道衛生研)・日野修次(山形大・理)・三上英敏・石川 靖(道環境セ)・
五十嵐聖貴(国立環境研究所)

1. はじめに

浮游性藻類の分類は、これまで形態的な特徴の観察により行われてきた。しかしながら、種によっては微細な細胞器官の観察が必要なため、電子顕微鏡の利用が必須になるなど、形態観察には限界が出てくる場合がある。また、ラン藻は他の浮游性藻類に比較して、体構造が単純なこともあり、細胞の大きさ等の特徴で種の区別がされるが、その特徴に該当する種が複数存在するため、種の決定が難しいことがある。近年、遺伝子解析による種の同定が広い範囲の生物に適用されてきており、浮游性藻類の分類にも応用されつつある。今回、北海道東部に位置する達古武沼において分離したラン藻である *Aphanizomenon* sp. を例にして、形態観察による分類と、遺伝子解析による分類を同時に行い、両者の有効性および妥当性を検討することを試みた。

2. 実験方法

Aphanizomenon sp. は 2004 年 8 月に達古武沼で採水した試料から、ピペット法により分離し、CB 培地で継代培養して保存株とした。遺伝子解析については以下のとおり行った。同種の培養液 200 μ L について 5 回凍結融解を繰り返し、リン酸緩衝液で洗浄した後、DNA 分離キットを用い、ゲノム DNA を抽出した。増幅する遺伝子の領域は、進化の遅い 16s rRNA 遺伝子および *rbcl* 遺伝子の一部を選択した。プライマーは高野他(2004)で報告したものをを用いた。PCR によって目的

の遺伝子の領域を増幅し、得られた産物を精製した後、ダイレクトシーケンスを行って塩基配列を決定した。

3. 結果および考察

達古武沼産の *Aphanizomenon* sp. の形態を観察した結果、トリコームは単独で浮游して先端が細くならない、アキネートの長さは 12~20 μ m、異質細胞は楕円形、といった特徴から、同種は *Aphanizomenon flos-aquae* var. *klebahnii* と推定された。

決定した遺伝子の塩基配列について、達古武沼産の *Aphanizomenon* と形態が類似している茨戸湖産の *Apha. flos-aquae* と比較したところ、16s rRNA で 3 塩基、*rbcl* で 33 塩基の置換があり、同じ種としては系統的にかなり遠い類縁にあることが示唆された。

これまでに GenBank に登録されている *Aphanizomenon* 属の種を検索し、達古武沼産の *Aphanizomenon* を含め、近隣結合法で系統樹を作成した。その結果、達古武沼産 *Aphanizomenon* と最も近い関係にあるのは *Apha. flos-aquae* var. *klebahnii* ではなく、16s RNA で *Apha. gracile*、*rbcl* で *Apha. flos-aquae* であった。形態による分類と遺伝子解析による分類は現段階では統一できていないため、形態と遺伝子の情報を整理した新しい分類体系の構築が必要であり、これまで、分離された多数のラン藻株の形態変異の程度を明らかにし、特定の遺伝子の塩基配列の情報を蓄積することが必要であると考えられた。