

図7 湖水位変化 (W1地点) と降雨量

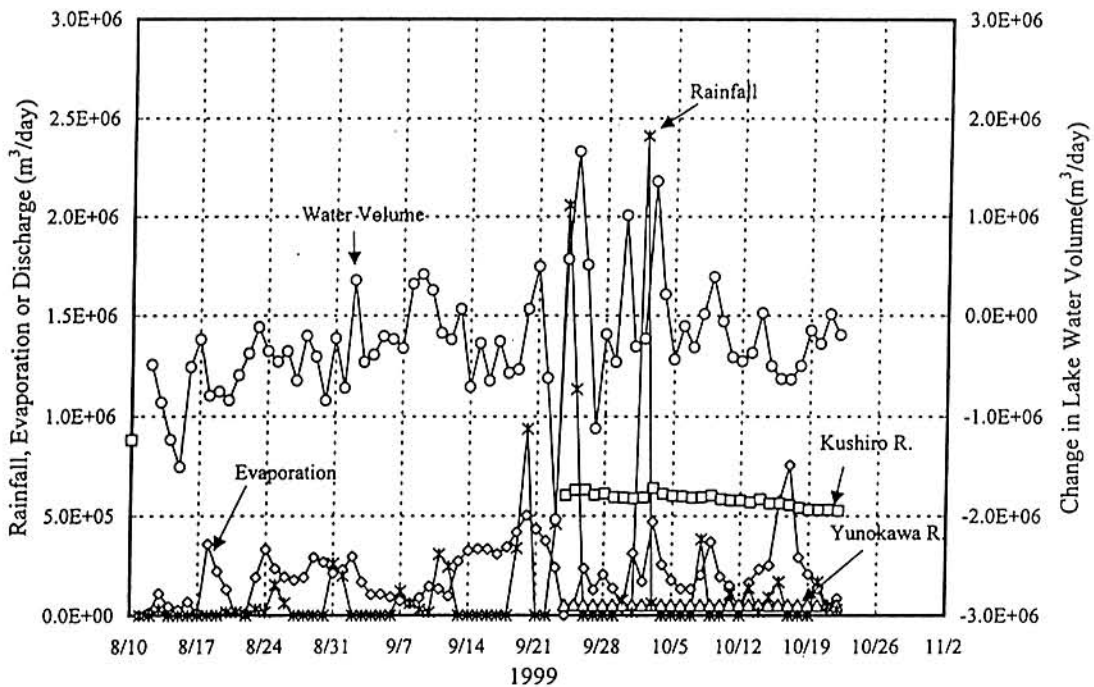


図8 全雨量、湖水量、全湖面蒸発量及び釧路川・湯川の日流量変化

また、L1は25~30m層に8月まで最大値を示す層が残っていることが特徴的であった。

### 3.3 湖水位及び流入出負荷量

#### 3.3.1 湖水位

湖水位観測を砂湯及び対岸の2箇所で1999年8月から10月まで実施し、降雨量データと共に図7に示した。全体的には8月~10月まで水位低下(0.25m/月)が見られるが降雨に伴う水位上昇が確認された。この水位上昇は、降雨強度に比例し、9月24日(47mm)の降雨後の反応時間はいずれも約6時間程度であり、水位持続時間は4~6日程度であった。また、降雨による湖面上昇は降雨量

が50mm程度であれば5日程度で元の湖水位に回復し、その後再び0.25m/月の水位低下が起っていた。

湖水位を基に水収支を概算すると期間中の水位差による湖水流出量は約3.8m³/secで、実測の流入流出差は4.8m³/secとなり、蒸発量が多いことを示している。このことは、図8に示した気象データや湖水量変化からも確認できる。蒸発量をみると、気象条件によって差が認められるが、高いときは釧路川流量以上の値を示した。期間中の流出量 = (期間中(2ヶ月)の水位差 ≒ 25cm) × (湖面積 ≒ 80km²) ÷ (2ヶ月間のsec) ≒ 3.8m³/sec

8月、9月の全流入河川流量平均値=2.4m³/sec  
 釧路川の流出量平均値=7.2m³/sec

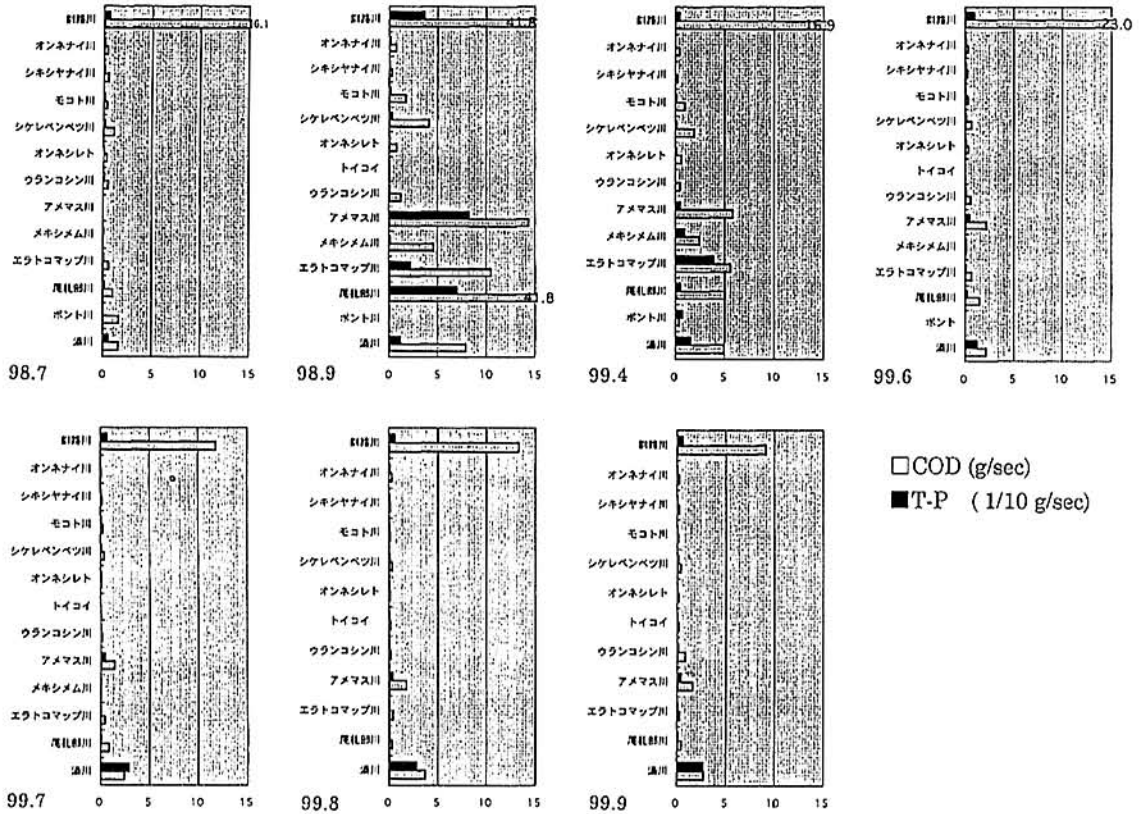


図9 流入出河川の月別 (COD,T-P) 負荷量

3.3.2 COD及び栄養塩類の負荷量

各流入出河川のCOD及びT-Pの月別流入負荷量を図9に示した。

CODはいずれも流出河川の鉦路川が最も高い。流入河川のうち、98年9月と99年4月の畑地貫流河川が高い値を示している。特に、98年9月の降雨時には尻札部川の値が一時的にせよ流出河川と同程度の負荷量を示した。

T-Pは、CODと同様に98年9月と99年4月の降雨と融雪時に畑地からの流出負荷が高い。その他の晴天時は湯川の負荷量が最も高い。

次に、負荷量バランスを晴天時(98年7月、99年6月、7月、8月及び9月の平均値)と降雨時(98年9月)及び融雪時(99年4月)に区分し、土地利用ごとに図10に示した。晴天時のCODは流入量合計7.1g/secに対し、流出量は14.0g/secで流出量が流入量の約2倍であった。T-Nは流入量1.56g/secに対し、流出量が0.97g/sec、T-Pは流入量0.29g/secに対し、流出量が0.06g/secと約1/5の負荷量しか流出していない。1998年9月の降雨は台風による豪雨で降雨量も125mmであった。このときのCODは流入量88g/secに対し流出量41g/secであった。T-Nは流入量31.2g/secに対し流出量4.3g/sec、T-Pは流入量2.23g/secに対し、流出量0.35g/secといずれも流入量が流出量の約7倍の負荷量で、局時的に多量の有機物が湖内に供給されたことになる。融雪時のCOD流入量は29g/secで流出量16g/secに対し約1/2、T-Nは流入量6.2g/secに対し、

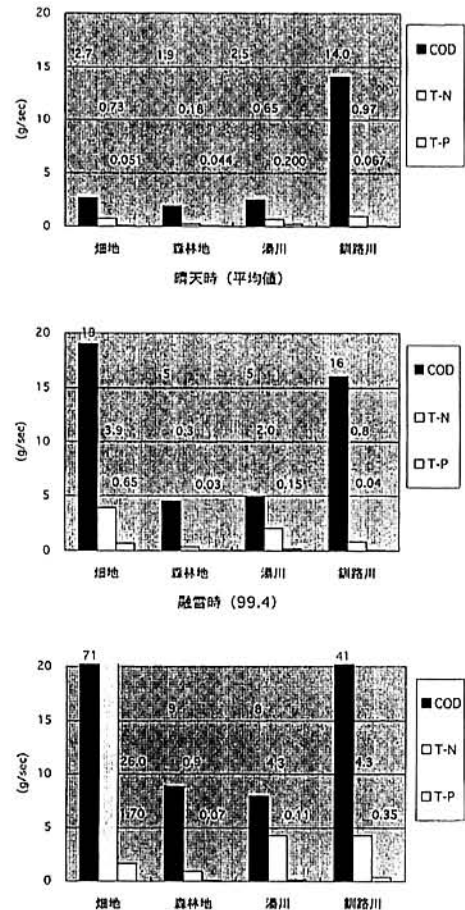


図10 土地利用及び気象区別流入出負荷量

流出量0.8g/sec、T-Pは流入量0.83g/secに対し流出量0.04g/secであった。

晴天時を除いては、いずれも畑地を貫流する河川からの負荷量が著しく高く、全流入負荷量に占める割合は、CODが降雨時80%、融雪時65%、T-Nが降雨時83%、融

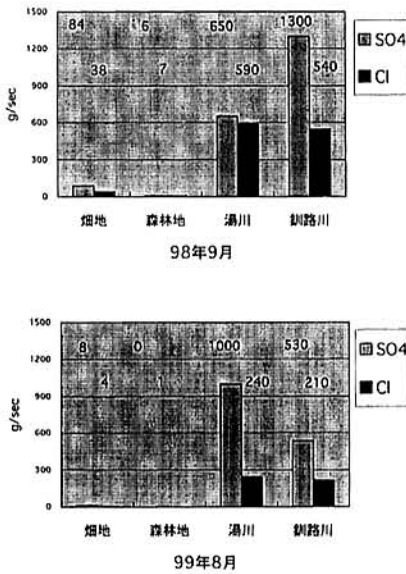


図11 硫酸イオン及び塩素イオン流入出負荷量

雪時62%、T-Pが降雨時90%、融雪時78%といずれも60%以上の値であった。晴天時はCOD、T-Nとも湯川と畑地からの負荷量はほぼ同じであるが、T-Pは湯川からの負荷量が畑地や森林地の約4倍であった。

### 3.3.3 硫酸イオン(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)及び塩素イオン(Cl<sup>-</sup>)

本湖の重要なpH決定因子と考えられるSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>及びCl<sup>-</sup>の流入出負荷量を図11に示した。Cl<sup>-</sup>はSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>と湯川の高い寄与率が示された。ただし、今回の調査では降雨時と湯水期の非定常状態での値であるため年間の湯川の正確な負荷流入総量は不明であるが、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>とCl<sup>-</sup>の大半が湯川起源であることは示唆された。湖底や湖岸からの温泉の供給は確認されているものの、流入量に関する詳細なデータは不足している。

## 4 湖水のpH変動予測

陰イオン流入出負荷量や蒸発散量等を基に滞留年数とイオン濃度の予測を行った。

ただし、仮定として、硫酸及び塩素イオンの供給量は湯川からのみとし、流量は実測の鉦路川平均流出量を用いた。また、結氷期(約4ヶ月)の流量減少と降雨期の流量増加を考慮して、鉦路川平均値の360日分として算出する。蒸発量は鉦路川流量の40%(図8から算出)とする。

算出結果は下記のとおりである。

湖水の滞留時間は公式には18年程度となっているが、これは年間降水量と流域面積から単純計算したもので解析上は用い得ないため、2カ年間の鉦路川平均流出量、蒸発量を基に計算すると、下記のとおりとなる。

湖水の滞留時間： $3,330 \times 106 \text{m}^3$ (湖容積)/ $864,000 \text{m}^3/\text{日} \times 365$ 日(年間流出量) = 10.5年

ただし、 $864,000 \text{m}^3/\text{日} = (8.9$ 月の平均流量 $7.15 \text{m}^3/\text{sec}$ に平均蒸発量：鉦路川流量の40%を加えたもの)

となり、この滞留時間と湯川からの供給量を基に1991年及び1998年の湖内の各イオン濃度を算出すると

1991年：Cl<sup>-</sup> = 51,920t/10.5年となる。この値から湖水濃度を算出すると  $51,920 \text{t} / 3,330,000,000 \text{m}^3 = 15.5 \text{mg/l}$  となる。この値は湖内の実測47mg/lと比較すると小さい値である。同様に98年のCl<sup>-</sup>濃度は25,700t/10.5年で7.7mg/lとなる。

同様にSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>を計算すると湖内計算値は1991年は47.1mg/l 1998年は28.8mg/lとなる。

1991年の流入出バランスをみると流出河川である鉦路川からのCl<sup>-</sup>流出負荷量は(Cl<sup>-</sup>:360g/sec、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:960g/sec)は湯川(Cl<sup>-</sup>:160g/sec、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:500g/sec)の2.25倍、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は1.9倍で、湖内からの供給が考えられるためこの値を一定として計算すると1991年の計算値はCl<sup>-</sup>=34.8mg/l、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>=89.4mg/lとなる。

1998年の各濃度をみると、鉦路川(Cl<sup>-</sup>:270g/sec、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:680g/sec)、湯川(Cl<sup>-</sup>:77g/sec、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:300g/sec)で、Cl<sup>-</sup>は3.5倍、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は2.2倍である。これらの結果を基に湖内のイオン濃度を算出すると1998年の計算値はCl<sup>-</sup>=27mg/l、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>=63.3mg/lとなる。

1991年の実測値から10.5年後の湖水の予測値を算出すると、Cl<sup>-</sup>=34.8mg/l SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>=89.4mg/l となり、7年後の1998年の実測値(Cl<sup>-</sup>=30mg/l SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>=65mg/l)と比較するとやや高い値となる。しかし、実際には、湯川の濃度が減少しているため、湖水の値は低くなっており、計算結果はほぼ満足する値となった。さらに、1998年から10.5年後の水質予測を行うとCl<sup>-</sup>=27mg/l、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>=63mg/lでほぼ現状と同じ値となる。

従って、今後湯川からの供給量に大きな変化がない限り、屈斜路湖のpHは、ほぼ現状の濃度を維持するものと考えられる。

## 5 考 察

屈斜路湖への有機物及び栄養塩類の流入負荷量をみると晴天時では湯川などの負荷量が各項目とも20~50%程度を占めているが、降雨時には市街地や畑地からの供給が急増している。このことは降雨時のノンポイントソースからの年間流入負荷が湖への負荷の大半を占めていることを示唆している。このため、年間流入出負荷総量を算出するためには、降雨強度別の流入負荷量と融雪期の

累加流入負荷量の算出が不可欠で、さらにこれらの栄養塩や有機物の湖内での推移や生物生産への利用、系外への流出等の詳細についての解析も必要となってくる。

湖内のpH上昇はプランクトンのみならず大形の挺水植物など生物生産を急激に増加させており、生物の至適pHへの変化が供給される栄養塩や有機物の生態系への消費をもたらしている。しかし、クロロフィルa濃度や水温の鉛直分布から現状の一次生産は主に水温躍層より以深にほぼ限定されているため、今後、種の同定も含め一次生産と至適水温層との関係も観察していく必要がある。

湖内の生態系に最も影響を及ぼすPH変動はイオン供給量に強く依存しているが、現状では湯川が晴天時及び降雨時とも9湖以上の寄与率を占めている。しかし、負荷バランスから湖内湧水からの流入も確認されており、湖の収支を把握するためにも湖底を含めた年間の流入出負荷量の精査が今後の課題である。

## 6 結 語

今回の調査によって、屈斜路湖の物質収支についてその概要を把握し、汚濁物質の流入する様相が示された。これらの物質の一部は系外へ流出し、その大半は堆積物や生物生産に利用されていると考えられる。特に、堆積物として蓄積された有機物や栄養塩類は、今後、底層で好気分解から嫌気分解の過程を経て湖水中に再溶解し、湖の富栄養化を誘発する恐れを持っている。このため、今後も調査を継続し、湖水の変化を監視すると共に水質保全対策を検討していく必要がある。

## 7 参 考 文 献

- 1) 福山龍次：pH変動に伴う湖水質の変動  
北海道環境科学研究センター所報 第21号29～33。  
(1996)
- 2) J.V.Sutcliffe, Y.P.Parks: The hydrology of the Nile.  
(1999)
- 3) 北海道地下資源調査所：北海道の地熱・温泉、(D)  
北海道東部 (1981)
- 4) 北海道公害防止研究所編：北海道の湖沼、屈斜路湖  
(1990)
- 5) 黒萩 尚：理科年表読本“空からみる日本の湖沼”  
p38～41、丸善 (1991)
- 6) 奥田 節夫、半田 彦 監訳：湖沼の科学 (1984)
- 7) 坂田 康一：北海道湖沼堆積物の化学成分、地質学  
論文集、第39号、p75～88
- 8) 倉持 寛太：“草地酪農地域の水質への草地負荷寄  
与率の推定”第15回上・水研究会資料、農業環境技術  
研究所 (1998)

- 9) 知北 和久：火山性湖沼における水質の形成と変動  
の機構に関する研究、平成10～11年度科学研究費補助  
金研究成果報告書 (2000)

## Chemical mass budget in Lake Kussharo

Ryuji Fukuyama, Kazuhiro Hamahara  
Osamu Saitoh, Jiro Arisue  
Kazuhiisa Chikita\*

### Abstract

Water budget was calculated in Lake Kussharo from 1998 to 1999.

This paper documents the budget, with particular emphasis on the ions and the nutrient. An early fundamental water balance of the lake basins is given by R.Fukuyama(1991).

Calculated budgets were characterized as follows.

Accumulated water as snow in the ice-covered season was discharged constantly at the rate of  $0.01\text{km}^3/\text{month}$  from outlet during the ice break term, irrespective of the supplemental rainfall.

A great amount of nutrient was discharged by rivers through farms into the lake and formed the lacustrine deposits.

Even in flood, Yunokawa River dominates the ion flux, and the difference under condition of rainfall and fine weather was not observed.

Lake pH values after one decade were predicted as  $\text{Cl}^- = 30\text{mg/l}$  and  $\text{SO}_4^{2-} = 65\text{mg/l}$ .

This hypothesis means that pH values will not be changed soon.

---

\* Hokkaido Univ.