

中央大学理工学部 ○学生員 大野 広志 中央大学理工学部 正員 志村 光一
中央大学大学院 学生員 吉本 健太郎 中央大学理工学部 正員 山田 正

1. はじめに:北海道東部に位置する網走湖は上層が淡水、下層が塩水の強固な密度二成層を形成している。著者らは網走湖における現地観測により、豪雨や融雪出水などの洪水による上流から湖への淡水の流入が塩淡水境界水位の変動に多大な影響を及ぼすことを明らかにしてきた^{1),2)}。本研究は現地観測の結果に基づき、洪水の湖への流入形態と洪水前後における塩淡水境界面および水理諸量の変動特性を明らかにすることを目的としている。

2. 観測概要: 著者らは、前線性豪雨による洪水時およびその前後(1998/8/27～9/10)に4回(8/27, 9/3, 9/4, 9/10)の現地観測を行った。図-1は観測経路と観測点を示したものである。観測方法は観測船から魚群探知機(周波数 107kHz)を使用し、流入水の挙動および塩淡水界面の可視化を行った。さらに図-1に示す観測点で塩分濃度、水温、濁度、クロロフィル a を鉛直方向に 10cm 間隔で測定した。

3. 洪水の流入形態：前線性豪雨

(1998/8/28～1998/8/29)に伴う洪水(1998/8/29)が網走川上流(女満別湾方向)から網走湖内に流入した。図-2は洪水前後における日平均流量、水位、日降水量、全日日射量、湖心(測点⑤)における塩炭境界水位と気温、水温(水位-3m、-5m)の時系列を示したものである。洪水のピーク流量は1997年の年平均流入流量の約14倍に及び、過去5年間で最大の洪水であった。洪水観測時(1998/9/3)の湖の流入流量は年平均流量の約3

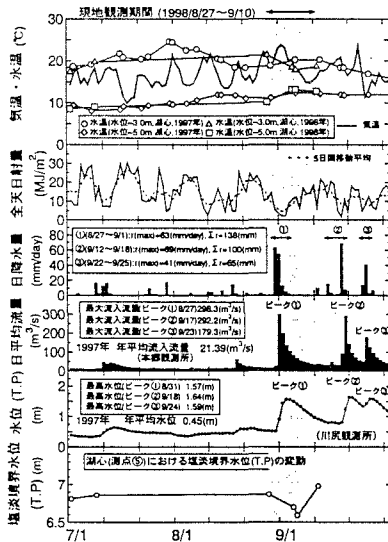


図-2 網走地方の気象条件、流入流量、水位、湖心
における水温、塩淡水境界水位の時系列
(1998/7/1～9/31 観測期間中の最大流入流量と最高水位は
1997年の年平均値のそれぞれ約14倍と約3.5倍であった。)

超音波による湖縦断方向の映像である。水位-6.8m における強い超音波の反応強度は塩炭境界である。図-4 は図-3 の測点⑥付近において水位-4~-8m の部分を拡大し、超音波による映像と超音波の反射強度の鉛直分布を重ねたものであ

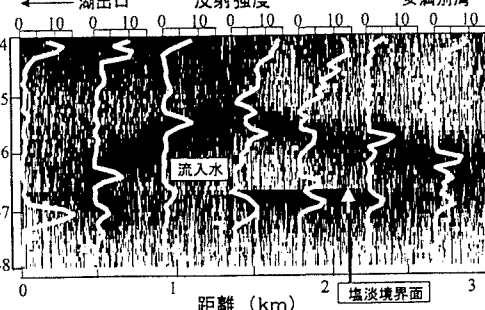


図-4 塩淡水境界付近における超音波の反射強度
(1998/9/3 測点⑥付近の水位-5m~-7mで超音波の強い反応がある。)

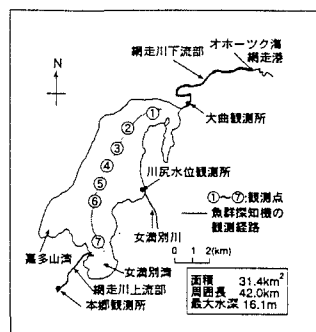


図-1 網走湖の概要と観測経路

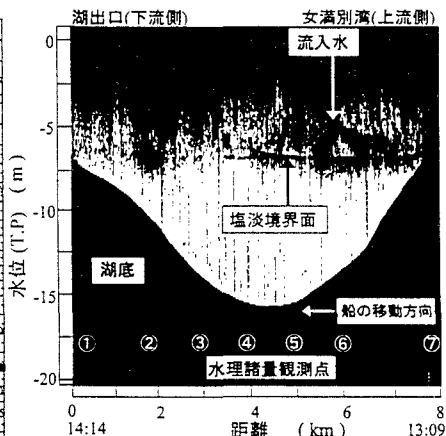


図-3 網走湖縦断面の超音波による映像
(1998/9/4 13:09～14:14 測点⑥の水位-5～7mに
おいて超音波による樫の形状を示す反応がある。)

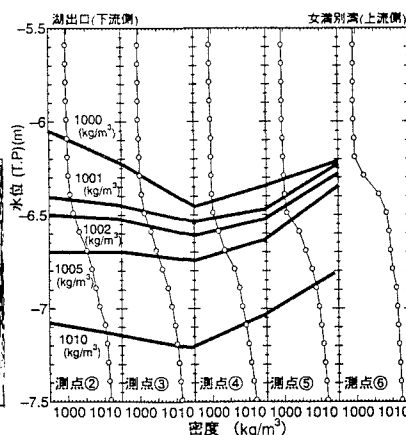


図-5 網走湖の洪水時における密度分布 (1998/9/3)
(1998/9/3 図中の太線は等密度線である。
下流側の湛点ほど中間層が広がっている。)

キーワード：塩淡水境界、中層密度流、クロロフィルa濃度、洪水

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 Tel.03-3817-1805 Fax.03-3817-1803

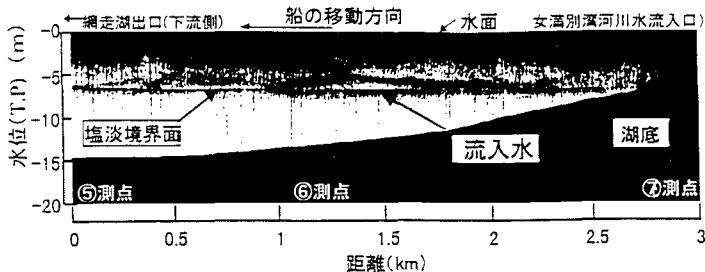


図-6 超音波による中層密度流の映像 (1998/9/4 10:43~11:21)

(流入水は塩淡水境界面に沿って侵入し、角度の緩い楔形の形状をなしている。)

る。図-3、図-4より超音波の反射強度は塩淡水境界面とその上部(水位-6m付近)で高くなる。図-5は洪水時(1998/9/3)の測点②~⑥における密度の鉛直分布を示したものである。測点⑥では水位-6.2~-6.8mの間に密度の中間層が存在する。測点⑥における密度の中間層の水位と、超音波の反射強度が高くなる水位(-6m 付近~-6.8m)はほぼ同水位であることから、流入水は中層密度流の形態で湖内に侵入してくることがわかる。図-6は図-3の超音波による映像を、網走湖の水深と長軸方向距離の比に近づけるために水平方向に拡大したものである。流入水は非常に角度の緩い楔の形状をなして塩淡水境界面に沿って塩水層と淡水層の間に侵入している。

4. 水理諸量の変動特性: 図-7は測点②~⑥における塩分濃度を塩淡水境界付近に注目して示したものである。湖下流側の測点ほど、塩淡水境界面は不明瞭になる。②、③測点では水位-6.2~-6.5mにおいて上層の塩分濃度が上昇している。これは塩淡水境界面上を中層密度流が移動する際に中間層が上層に広がることにより、塩分が下層塩水から上層淡水に供給されるものと推察できる。図-8は各測点の洪水前後(1998/8/27, 9/3, 9/10)における濁度の鉛直分布を示したものである。濁度は洪水時に湖全域の淡水層で高い値を示し、塩淡水境界付近では特に高い値を示している。洪水時では同水位の濁度が流入口から測点③にかけて低下しているのに対し、測点③から湖出口にかけては濁度が上昇している。その要因として、前者は浮遊物質が重力の影響により境界面に向かって沈降し、後者は中層密度流と塩水層の速度差(せん断力)によって浮遊物質が境界面付近から巻き上げられるためと考えられる。図-9は各測点の洪水前後(1998/8/27, 9/3, 9/10)におけるクロロフィルa濃度の鉛直分布を示したものである。クロロフィルa濃度は洪水前と洪水時を比較すると淡水層の全水深で $5\mu\text{g/l}$ 程度まで低下する。そこで、図-2より観測期間中の湖心(測点⑤)における水温(水位-3m、-5m)を1997年の同時期の水温と比較したが明瞭な変化は見られなかった。これよりクロロフィルa濃度の低下は水温の変化によるものではなく、植物プランクトンが洪水により湖外へはきだされたためと考えられる。

5. まとめ: 1)洪水は非常に角度の緩い楔の形状をなして中層密度流の形態で湖内に流入し、塩淡水境界到達後は境界面に沿って侵入する。2)洪水時の塩淡水境界面は湖下流側ほど不明瞭になる。3)濁度は流入口から湖下流側に向かうに従い減少し、測点③から湖出口に向かうに従い増加している。4)洪水時に植物プランクトンが湖外へはきだされるため、クロロフィルa濃度は淡水層の全水深において低下する。

謝辞: 本研究に際して北海道開発局網走開発建設部の協力を得たことをここに記し感謝の意を表す。

参考文献: 1)池永ら:網走湖の塩水化の機構と塩淡二成層の長期変動特性に関する研究,土木学会論文集, No.600, II-44, pp.85-104, 1998. 2)山田正:汽水湖の長期および短期の流動特性,第33回水工学に関する夏期研修会講義集A-7, A-8-1~20, 1997.

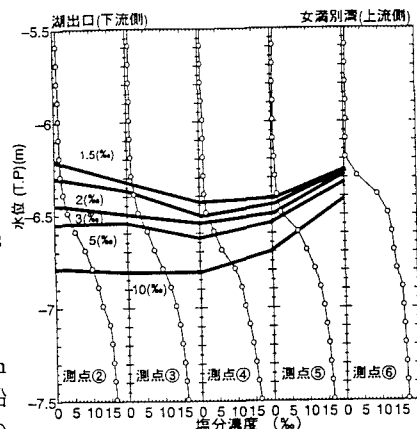


図-7 網走湖の洪水時における塩分濃度分布 (1998/9/3 図中の太線は等塩分濃度線である。同水位では下流側ほど塩分濃度が高くなる。)

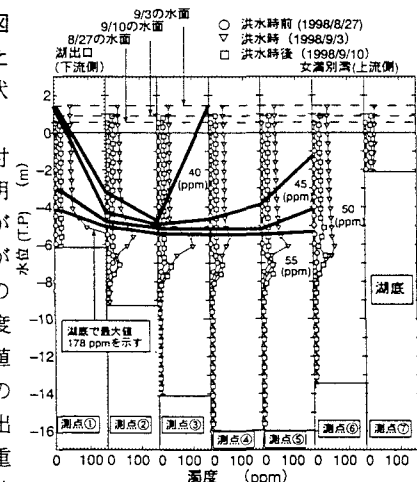


図-8 網走湖の洪水前後における濁度分布 (1998/8/27, 9/3, 9/10 図中の太線は等濁度線である。上流側から測点③に向かうに従い濁度が低下する。測点③から下流側ほど濁度が高くなる。)

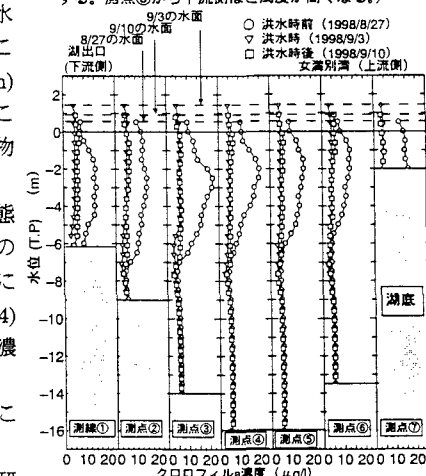


図-9 網走湖の洪水前後におけるクロロフィルa濃度分布 (1998/8/27, 9/3, 9/10 洪水時に淡水層の全水深でクロロフィルa濃度が急激に低下している。)