

網走湖におけるアオコの発生に関する研究

中央大学大学院 学生員 三沢大輔
東京都水道局 正員 向山公人

中央大学理工学部 正員 池永 均 山田 正
北見工業大学 正員 内島邦秀

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。近年、上流河川からの栄養塩類の流入負荷、塩水層や底泥からの栄養塩の供給による富栄養化が進行し、アオコの発生が問題となっている。本研究は現地観測の結果を考慮した生態系モデルを用いてアオコの発生を再現、予測し水質の改善策を見出すことを目的としている。

2. 網走湖における Chl. a、流量、気象条件の経年変化：

図-1は1994/4/1～1995/10/31の日降水量、日平均気温、全天日射量、日平均流入流量、日中の網走湖湖心における各水深の水温、Chl. aの経年変化を示したものである。94年、95年4月中旬から5月上旬にかけての流量増加は融雪出水、94年10月初旬の流量の増加は大雨(70mm/day)に起因していることを示している。これらの流量増加の1ヵ月後に淡水層の Chl. a 濃度が急激に増加している。94年の融雪出水後の淡水層の Chl. a は100(μg/l)に達するのに対して95年は50(μg/l)と比較的低い。これは、94年の融雪期後1ヶ月に水温が10～17℃まで急上昇するのに対し95年は12℃前後で比較的低いことが植物プランクトンの発生を抑制したためと考えられる。これらのことから、流量の増加による湖外からの栄養塩類の負荷増加が植物プランクトンの増加に大きく影響することが示された。

3. 網走湖の流動特性を考慮した生態系モデル：著者らはこれ

までに網走湖の長期・短期流動特性を考慮した塩淡水境界の長期変動モデルを提案してきた。¹⁾この塩淡水境界変動モデルの特徴は湖出口における淡水流速によって塩水の流出量が決定することである。なお、逆流開始後5時間以降に塩水が湖内に流入するものとした。生態系モデルとして宗宮のモデル²⁾を用い、塩水層は年間を通して安定し無酸素状態であることを考慮し淡水層のみに適用している。

4. モデルの構成：表-1にモデルの基礎方程式を示す。塩淡水境界変動モデルは(1)、(2)式で表される。ここで、 h は層厚を示し添字のfは淡水、sは塩水を示している。生態系モデルは(3)式で表される。ここで f_i は内部生産、 q_i は各物質の流入流出量を示している。生態系モデルで扱うものは植物プランクトン(F_s : Chl. a)・動物プランクトン(F_d : Zoo-p)、窒素・リン (ともに無機態(F_s : I-キ-ワード：富栄養化、アオコ、塩淡水境界

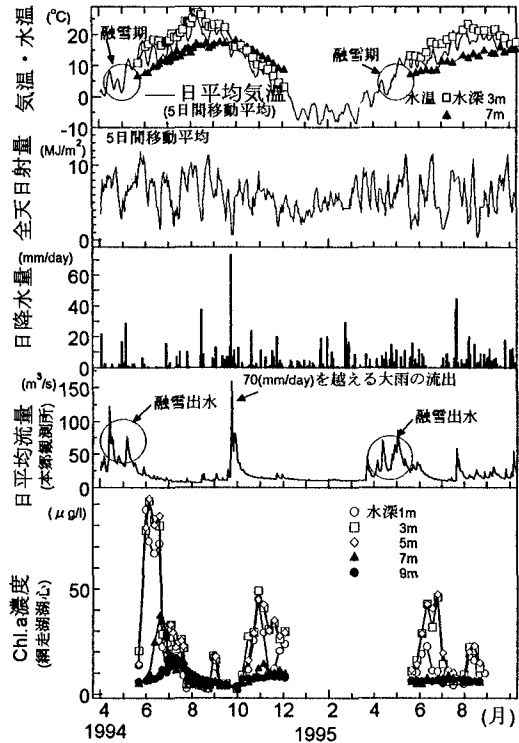


図-1 網走地方における気象条件、流入流量湖心における水温、Chl.a濃度の時系列

表-1 本研究で用いた基礎式

1) 塩淡水境界の長期変動モデル	網走川上流からの淡水流入量・負荷関係式
$A_1 \frac{dh_f}{dt} = A_2 \frac{dh_s}{dt} + Q_{fin} - Q_{fout} \quad (1)$	$COD = 3.2411Q^{0.2365} \quad (4)$
	$T - N = 0.6813Q^{0.1545} \quad (5)$
	$T - P = 0.0428Q^{0.1950} \quad (6)$
$A_2 \frac{dh_s}{dt} = Q_{sin} - Q_{sout} \quad (2)$	網走川上流からの淡水流入量・汚濁成分比率関係式
1) 生態系モデル	$DCOD / COD = 1.0255Q^{-0.0840} \quad (7)$
$\frac{dF_i}{dt} = f_i + q_i \quad (i=1,2,3,\dots,8) \quad (3)$	$IN / T - N = 0.8326Q^{-0.0953} \quad (8)$
	$IP / T - P = 0.8953Q^{-0.1414} \quad (9)$

連絡先：〒112 東京都文京区春日1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 TEL03(3817)1805

N, F₇:I-P)、有機態(F₆:O-N, F₆:O-P)に分別)、溶解性 COD(F₉:S-COD)・浮遊態 COD(F₁₀:P-COD)の8つである。栄養塩負荷量は網走川上流からの淡水流入量に比例するものとし、(4)~(9)式にて表される。

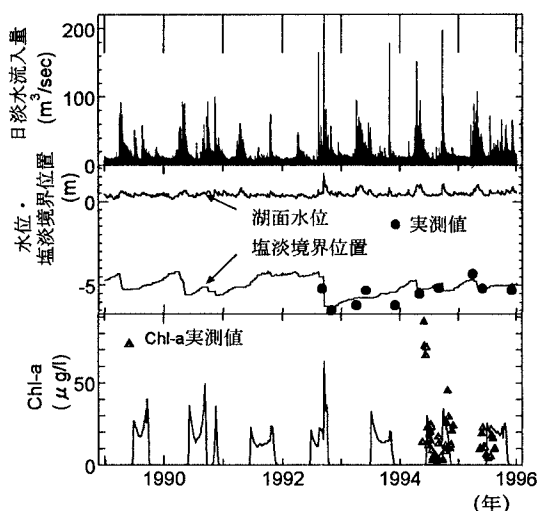


図-2 塩淡水境界、湖面水位、Chl.a濃度の経年変化 (µg/l)

5. 計算結果 5.1 網走湖内水質の現況再現：図-2は1

989~1995年における潮位、流量、日射量、気温を用いて計算した結果である。ここでは塩淡水境界位置とアオコの発生に起因する Chl. a のみを示す。計算結果においては網走川上流部からの流量の増減が植物プランクトン発生に影響を及ぼし、塩淡水境界の低下は植物プランクトンの発生に影響しない。また図-3は Chl. a の計算値と実測値の比較であるが、実測値の変動に対して計算値の変動が少なく、植物プランクトンの突発的な増加には対応できていないことがわかる。これは実測値は湖心における観測によるものであり湖内の Chl. a 平均値ではない。それに対して本計算では完全混合

を仮定しているため湖内の Chl. a 平均値を示したものであることに起因すると考えられる。しかし計算値と実測値の季節変動、流入流量による変動特性は一致し、長期的な植物プランクトンの変動を把握する際には有効なモデルであることが示された。

5.2 網走湖内水質の将来予測：図-4は4.1において使用した入力データが今後繰り返されるものと仮定し、網走川からの流入負荷量(T-P)を変化させた時の計算結果である。リン (T-P)削減に応じて Chl. a が急激に増加するときがあるものの全体を通しては Chl. a が低下し、50%削減時には効果の大きい場合には Chl. a のピークを2~3分の1に低下できることが示された。

6. まとめ :1)網走湖上流からの流量の増加は植物プランクトンの増殖をもたらす。2)本研究で用いたモデルは長期的な水質予測において有用である。3)網走川上流からの負荷量(リン)を50%削減することで Chl. a のピークを2分の1に低下させ、アオコの発生を抑制できる。

参考文献 1)池永均ら:網走湖における塩淡水境界の長期変動モデルに関する研究, 第51回土木学会年次学術講演会講演概要集, pp. 520-521, 1996. 2)奥川光治・宗宮功:数値モデルによる数値シミュレーション解析:土木学会論文集, 第337号, pp. 119-128, 1983.

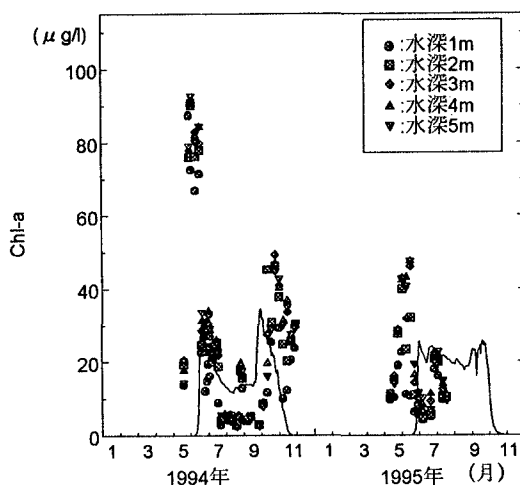


図-3 Chl.a濃度の実測値と計算値の比較

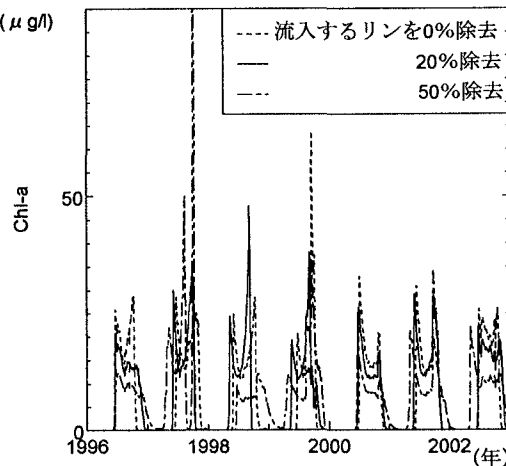


図-4 Chl.a濃度の予測計算結果