

小川原湖富栄養化モデルについて

建設省東北地方建設局高瀬川総合開発工事業務所

○中村 巖・横野明彦

小川原湖は、青森県の東南部に位置する高瀬川河口付近の湖で面積63²km²・総容量7億1千400万㎥と、我国でも有数の湖に属する汽水湖である。やがてその豊富な水資源は小川原湖総合開発事業により淡水化され、もつ小川原開発地域の工業用水や周辺市町村の上水道用水・かんがい用水として利用されるようとしており、小川原湖の水質保全は総合開発事業にとっても重要なテーマの一つとなっている。

本報告は、このような背景から小川原湖水質保全計画の策定に先立ち、動力学モデルを用いたシミュレーションにより小川原湖の現況水質再型及び各現象別影響度を解析した結果について報告するものである。

1. モデルの概要

モデルの基本構造は、図-1に示すとおり有光層・塩分躍層を考慮した2層構造とし、予測対象項目は湖沼の生活環境項目であるCOD及び内部生産に関連するN、Pの計3項についてプランクトン性・粒子性・溶解性の各形態別に求めたものとした。また、上層については環境基準地奥とに3ブロックに分割し、各ブロック内は完全混合として表-1に示すモデル式を作成した。

表-1 モデル基本式

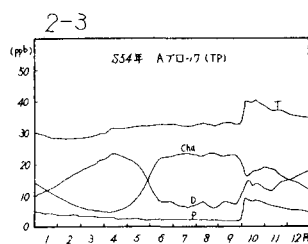
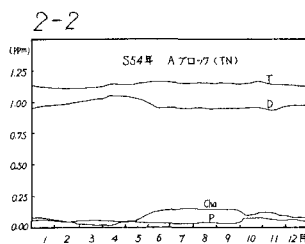
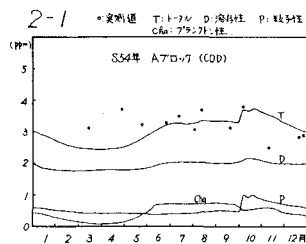
項目	モデル式	モデル使用記号
流入負荷	$L = Q \cdot Q^b$	a,b: 定数, L: 流入負荷量, Q: 流量
降雨負荷	$L = R \cdot C \cdot A$	L: 負荷量, R: 雨量, C: 雨水水質, A: 湖面積
逆流入量	$Q_s = 8.5936 (H_c - H_o)^{1.659}$	Q _s : 逆流入量, H _c : 外海潮位, H _o : 小川原湖水位
湖 上層 (A, B, Cブロック)	- プランクトン性 (N, P, COD) $\frac{d(c)}{dt} = \underbrace{\delta \left\{ \mu_{max} \cdot \left(\frac{E}{K_E + E} \right) \cdot f_T(T) \cdot \left(\frac{P}{K_P + P} \right) \cdot \left(\frac{N}{K_N + N} \right) \cdot C_p - f_d(T) \right\}}_{(G-G)} \cdot \underbrace{C_p}_{(R)} - \underbrace{(A \cdot W_c \cdot C_p + Q_o \cdot C_p + Q_{su} \cdot C_p)}_{(R)} / V$ - 溶解性 (N, P) $\frac{d(v_c)}{dt} = Q_i \cdot C_i - \delta \{ (G-G) - (R) \} \cdot V + V_k (C_o - C) \cdot S + D_e \cdot A_e - Q_o \cdot C - Q_{su} \cdot C$ - 粒子性 (N, P, COD) $\frac{d(v_c)}{dt} = Q_i \cdot C_i - k_s \cdot C^2 \cdot V + V_k (C_o - C) \cdot S - Q_o \cdot C - Q_{su} \cdot C$ - 溶解性 COD $\frac{d(v_c)}{dt} = Q_i \cdot C_i + \delta (R) \cdot V - f_c(T) \cdot C \cdot V + V_k (C_o - C) \cdot S + D_e \cdot A_e - Q_o \cdot C - Q_{su} \cdot C$	δ: 植物プランクトンの生物構成係数 μ_{max}: 最大増殖速度定数, E: 日射量 K_E: 日射量飽和定数, T: 水温 f_T: 温度係数, P: D-TP濃度 K_P: D-TP飽和濃度, N: D-TN濃度 f_N: D-TN飽和濃度, C_p: プランクトン濃度 f_d: 分解速度係数, A: 各ブロック面積 W_c: 沈降速度係数, Q_o: 流出量, Q_{su}: 取水量 V: 各ブロック容積 Q_i: 流入量, C_i: 流入水質, S: 混合面積 V_k: 上下層混合係数, C_o: 下層濃度 C: 上層濃度, D_e: 溶出速度 A_e: 溶出面積 k_s: 沈降速度係数 f_c: COD分解係数
内 下層 (Dブロック)	- 溶解性 (N, P, COD) $\frac{d(v_{Co})}{dt} = \{ S_A (C_A - C_o) + S_B (C_B - C_o) + S_C (C_C - C_o) \} V_k + Q_s \cdot C_s + S_e \cdot D_e$ - 粒子性 (N, P, COD) $\frac{d(v_{Co})}{dt} = \{ S_A (C_A - C_o) + S_B (C_B - C_o) + S_C (C_C - C_o) \} V_k + k_s \{ (C_A^2 \cdot V_A' + C_B^2 \cdot V_B' + C_C^2 \cdot V_C') - C_o^2 \cdot V_D \}$	S_A ~ S_C: 各上層ブロックとの混合面積 C_A ~ C_D: 各ブロック濃度 C_s: 逆流入水濃度 S_e: Dブロック面積 V_A' ~ V_C': 混合面積上の各上層ブロック容積 V_D: Dブロック容積

モデル定数については、明暗ビン法・AGP法・底泥溶出実験・有機物分解試験・プランクトン分解試験・沈降試験などの各種現場試験及び室内実験並びに、文献値などによって設定した。

2. 現況水質の再現計算

現況水質の再現は、昭和54年について半月単位で計算を行なった。CODの結果は、Aブロックを例に図-2に示すとおりで、5月以降についてはほぼ再現できたとみることが出来る。しかし4月以前の融雪期は、計算値の方が1~2 ppm低く、融雪期における流入負荷の見積り方に問題が考えられた。Nについては、洪水による影響も小さく年間を通してほぼ一定の傾向がみられ、トータルとしてよく再現されている。一方、Pは形態別の変動が激しく、5月から増え始めたプランクトン性のPは、6月から10月にかけてピークを保ち、その間溶存性Pは、5~6月頃まで減少しプランクトンの増殖を抑制していることから、小川原湖の内部生産はリン制限であるといえる。このことは、将来リンの負荷が増大することにより内部生産による有機汚濁が進行することを意味しているものと思われる。

図-2 水質再現結果



3. 負荷収支の検討

シミュレーションの負荷収支結果から、各現象ごとに湖水質への影響度を検討した。CODの増加要因のうち、流入による増は53%、これに比べ内部生産による増が45%となっている特に生産が活発な8月には増加要因の59%に達し流入負荷量を上回る影響度の大きい要因となっている。この内部生産を制限している溶存性リンの収支をみると、流入量 62.7 kg/day に対して湖内での増加要因であるAブロック直接溶出と下層ブロックに溶出し上下混合によりAブロックに混入する量の和(溶出関連負荷)は 190 kg/day で23%強となっている。このことは、内部生産による有機汚濁にとりまリンの流入はもちろん、溶出負荷のウエイトも高いことを示している。

4. あとがき

今回の現況解析では、水質再現について完全ではなかったものの、モデルの基本的な構造の妥当性及び湖内での水質変動の要因とその影響度はい概ね把握できたものと考えることが出来る。

今後は、これらの結果に基づき影響度の大きい項目を中心に定数等の詳細検討を進めるなど、将来予測モデルの完成、さらに水質保全対策計画の策定に向けて作業を実施していくものである。

図-1 モデル構造

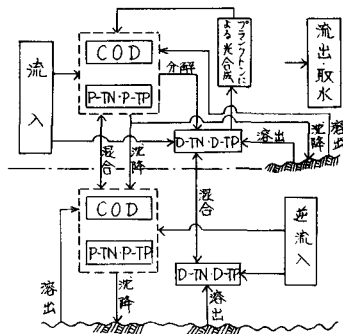


表-2 負荷収支(Aブロック)

	COD (kg日)	T-P (kg日)
流入	6,076	74.7
増殖	5,093	-
沈降	-1,567	-26.9
上下混合	63	17.7
溶出	148	1.6
分解	-3,726	-
流出取水	-6,706	-71.8