

ダム貯水池の水質予測の基礎について

○東北大学工学部 学 高崎 みつる
同 学 小関 司
同 正 佐藤 敦久

1 はじめに

水域の富栄養化の問題は、水利用上、特に上水引用に際して、植物プランクトンの異常発生に伴う汚濁効率の悪化、逆洗間隔の短縮、成層期底層部での溶存酸素の消滅に伴うマンガン、鉄の溶出、硫化水素の発生、PH変化による汚濁調整への影響など各種の弊害を呈する。本研究においては仙台市の南西約20kmに位置し、仙台市の主要な上水源となっている釜房ダムにおける昭和48年3月から昭和53年2月までの水質定期観測のデータとともに、釜房湖における植物プランクトンの主要な制限因子とみられるNを中心に、その経年変化を調べたものである。本報告における解析は、○貯水池流入河川水質、貯水池水質、の経年変化を表わす。○水質因子相互の影響を調べる、の2点を目的とすることで、貯水池の富栄養化が流入河川からの栄養塩搬入に原因するか、又は貯水池自身の底泥のまき上げなどによる栄養塩に原因するか、を判断することか出来るとの考えのもとに行なわれた。

2 解析手法

定期観測による水質データを時系列列として扱い、平均0、分散1に標準化した後、全標本に基づいた回帰直線と標本値間のばらつきを標準化したデータとして扱った。第1に標準化したデータに関して、標本時系列に含まれる卓越周期をパワースペクトルを用いて検出し、第2に卓越周期に基づき、有限フーリエcos級数による近似式を求めた。第3に水質因子相互の関係が明らかになるため、主成分分析による水質因子主成分を求めた。

第1、第2の手法には、任意標本を全て通過する線形多次式のように表わし、

$$x_m = \sum_{k=0}^{M/2} [A_k \cos \frac{2\pi km}{N} + B_k \sin \frac{2\pi km}{N}] \quad (1)$$

$$A_k, B_k \text{ をそれぞれ} \quad A_k = \frac{2}{N} \sum_{m=0}^{N-1} x_m \cos \frac{2\pi km}{N} \quad k=0, 1, 2, \dots, \frac{N}{2} \quad (2)$$

$$B_k = \frac{2}{N} \sum_{m=0}^{N-1} x_m \sin \frac{2\pi km}{N} \quad k=1, 2, \dots, \frac{N}{2}-1 \quad (3)$$

で表わしたものをを用いた。(2)(3)式より各成分波 振幅 位相角は

$$X_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2} \quad (4) \quad \phi_k = \tan^{-1} \left(\frac{B_k}{A_k} \right) \quad (5)$$

で表わされる。したがって卓越周期による A_k, B_k を(4)(5)と(1)式に代入した次式に適用し、近似波とした。

$$\hat{x}_m = \frac{x_0}{2} + \sum_{k=1}^{M/2-1} X_k \cos(2\pi f_k m + \phi_k) + \frac{X_k}{2} \cos 2\pi f_{M/2} m \quad (6)$$

又パワースペクトルは、(6)式を複素変換し

$$\frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} x_m^2 = |C_0|^2 + 2 \sum_{k=1}^{M/2-1} |C_k|^2 + |C_{M/2}|^2 \quad \text{ただし} \quad C_k = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} x_m e^{i(2\pi km/N)} \quad (7)$$

とした右辺各項に $T = N \Delta t$ を乗じた値を用いた。

3 解析結果

[前川]

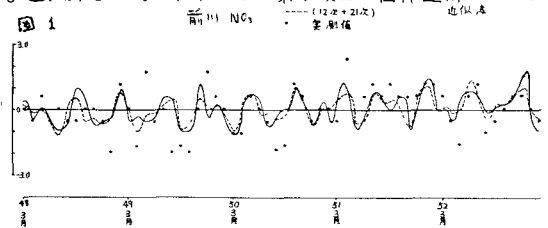
パワースペクトル密度分布図より選んだ卓越周期による近似波を次式に示す。なお第1項目は回帰直線による全体の傾きを示すものである。

$$\hat{x}(t) = (-0.386 + 0.0127t) + 0.6 \cos(0.4\pi t + 1.261) + 0.44 \cos(0.7\pi t + 0.222) \quad (3-1)$$

(3-1)式の結果を 図1に示す。

[太郎川]

近似式は(3-2)となる。結果を図2に示す。



$$\hat{x}(t) = (-0.7961 + 0.0261t) + 0.381 \cos(0.203\pi t - 1.511) + 0.536 \cos(0.4\pi t + 0.774)$$

〔貯水池〕

$$+ 0.273 \cos(0.45\pi t + 0.834) \quad (3-2)$$

$$[中] \hat{x}(t) = (-0.327 + 0.011t) + 0.532 \cos(0.628\pi t + 0.017) + 0.515 \cos(1.361\pi t + 0.906) + 0.437 \cos(2.094\pi t + 0.585) \quad (3-3) \quad \text{図3}$$

$$[下] \hat{x}(t) = (-0.265 + 0.009t) + 0.395 \cos(2.094\pi t + 0.546) + 0.349 \cos(2.618\pi t + 0.738) + 0.514 \cos(3.192\pi t) \quad (3-4) \quad \text{図4}$$

$$[DO] \hat{x}(t) = (-0.253 + 0.008t) + 1.182 \cos(0.524\pi t + 0.223) + 0.248 \cos(1.361\pi t - 0.808) + 0.155 \cos(2.723\pi t - 0.638) \quad (3-5) \quad \text{図5}$$

$$[COB] \hat{x}(t) = (-0.6962 + 0.023t) + 0.285 \cos(0.209\pi t - 1.36) + 0.569 \cos(0.524\pi t - 0.303) + 0.303 \cos(1.676\pi t - 0.739) + 0.41 \cos(1.885\pi t - 0.181) \quad (3-6) \quad \text{図6}$$

〔主成分分析〕 変数としては、水温、PH、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、COD、DO、生物総数、濁度、BOD、活性ケイ酸、電導度 *Asterionella*-sp、*Mellicita*-sp、*Senedon*-sp、*Gelutera*-sp を選んだ。又主成分としては寄与率1以上のものを選んだ結果、累積寄与率は70%となつた。表1に各変数と主成分の相関を示す因子負荷量を示した。これから第1主成分は生物濃度に関する因子、第2主成分は生産活動、呼吸、分解による因子、第3主成分は水域の汚染度全般を示す因子、第4主成分は、藻類による汚染度の因子と思える。

4 結論

流入河川、貯水池ともにNは増加傾向を示していることがわかる。一又図(1)(2)に比べ 図(3)(4)の経年変化が弱いことから、栄養塩の流入はその全てが富栄養につながるものではなく、貯水池の河川的性質が強いことを示している。又主成分分析結果と合わせ考えると第1主成分でCOD、生物が強い相関をもつことから、図(6)より、生物も増加傾向にあるであろうと予想される。又図5よりDOの変化は他の水質因子に比べ明確な周期性ともち経年変化が明らかなことから、水域全体のバランスを判断するのに適していると思われる。

参考文献：釜戸ダム資料整理報告書 気象統計学

主成分図とOR

表4-9 図4の負荷列

	COMP1	COMP2	COMP3	COMP4
1 水温	0.33751	0.78319	0.22344	-0.15172
2 PH	-0.19546	-0.77594	0.01238	-0.00973
3 $\text{NO}_3\text{-N}$	-0.02425	-0.09409	0.53425	-0.56641
4 $\text{PO}_4\text{-P}$	0.24445	-0.09789	-0.01445	-0.13681
5 COD	0.66530	0.19028	-0.12770	-0.30773
6 BOD	-0.49162	-0.75591	0.19277	0.09172
7 生物総数	0.93053	-0.32160	0.06769	0.07678
8 濁度	0.58117	0.35159	0.03486	0.13574
9 BOD	0.07045	-0.14844	-0.04464	-0.20850
10 活性ケイ酸	-0.08216	-0.13401	0.21356	-0.78253
11 電導度	0.17501	-0.10521	-0.70600	-0.30602
12 <i>Asterionella</i> -sp	0.80030	-0.34003	0.24755	0.22419
13 <i>Mellicita</i> -sp	0.58169	-0.19465	-0.41772	-0.10249
14 <i>Senedon</i> -sp	0.09240	-0.33785	0.18567	0.12524
15 <i>Gelutera</i> -sp	0.06177	-0.30700	0.14784	-0.09134

