

・東北大学工学部 学 高崎 みつる
 岩手県庁 学 小関 司
 東北大学工学部 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は、植物プランクトンの異常発生に伴う河過効率の悪化、逆洗間隔の短縮、成層期貯水池底層部での溶存酸素の消滅に伴う、コンカン、鉄の溶出、硫化水素の発生、PH変化による河過調整への影響など各種の弊害を呈する。富栄養化機構説明の1手法として、水質経年変化を時系列波として扱い、その周期性に着目することにより、貯水水位など水文的に支配される物理量に対して、水質因子の挙動が把握しやすくなるであろうと予想される。又水質因子のもつ卓越周期をもとに近似された再現波形の傾きを比べることで、貯水池の富栄養化が、底泥からの溶出、巻き上げに大きく依存しているのか、又は流入河川からの影響によるのかを評価することもできよう。そこで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をモデルとして選び、同ダムにおける、昭和48年3月から昭和53年2月までの間に行なわれた水質定期観測のデータを資料とし、代表的な水質因子として、溶存酸素、PH、NO₃-N、CO₂、リン、電気伝導度、生物総数、優先プランクトンであるケイ藻類の代表として、Asterionella-SP などについて、各水質因子の経年変化のもつ卓越周期をもとに、水質変動を、有限フーリエ Cos 級数の近似波として再現することを試みた。

2 解析手法

定期観測による水質データを時系列波として扱い、平均0、分散1に基準化した後、全標本に基づいた回歸直線と標本値間のばらつきを基準化されたデータとして扱った。第1に基準化されたデータに関して、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 級数による近似を行なった。

第1、第2の手法には、任意標本を全て通過する線形な、Sin波、Cos波の合成波として、次式のように表わし、

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

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

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

で表わしたものをを用いた。(2)、(3) 式より、各成分波の 振幅、位相角は

$$X_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2} \quad (4)$$

$$\phi_k = \tan^{-1} (B_k/A_k) \quad (5)$$

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

$$x_m = \frac{X_0}{2} + \sum_{k=1}^{N/2-1} X_k \cos (2\pi f_k \cdot t + \phi_k) + \frac{X_{N/2}}{2} \cos 2\pi f_{N/2} \cdot t \quad (6)$$

ここで $f_k = \frac{k}{N \cdot \Delta t}$

又パワースペクトルは、(6)式を複素変換し

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

とした右辺各項に $T = N \cdot \Delta t$ と乗じた値を用いた。

3 解析結果

PHのパワースペクトル密度分布を図1に示す。こゝより5次、17次、

28次成分波を選ぶ。こゝらの成分波による近似波を次式に示す。

なま、第1項は回帰直線による全体の傾きを示すものである。

$$\tilde{x}(t) = (-0.0375 + 0.012t) + 0.996 \cos(0.524t + 0.620) + 0.307 \cos(1.780t - 1.472) + 0.281 \cos(2.932t + 0.577) \quad (図4)$$

以下同様に、DO、NO₃-Nについても、図2.3に示したパワースペクトル密度分布より選んだ卓越周期により、図5.6のように近似波を作成した。この結果PH、DOなどは卓越周期が明確なため近似波の再現性もよいが、リン、ケイ酸、電気伝導度、生物総数、Asterionella-spなどは、NO₃-Nと同様に周期が明確ではなく、そのため近似波も図6のように実測値から離れたものとなった。

4 おわりに

本解析においては、パワースペクトル密度分布に明らかなように、測定間隔1ヶ月という間の水質挙動を追いきれず、DO、PHを除いて、有限フーリエ近似を行なうことが出来なかった。これは同ダムにおいては、流入、流出の変化が激しく、貯水位変化に対して貯水量の変動も大きい、いわば河川的な性格が強い貯水池であることにもよると考えられる。今後貯水位変動を考慮し、水質因子の挙動を考慮し、又特定の水質因子を選び、その挙動をSampling間隔を小さくして評価してゆく予定である。

図4

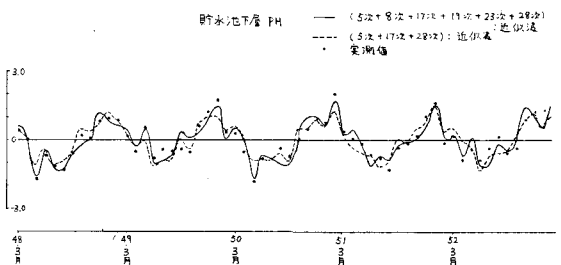


図5

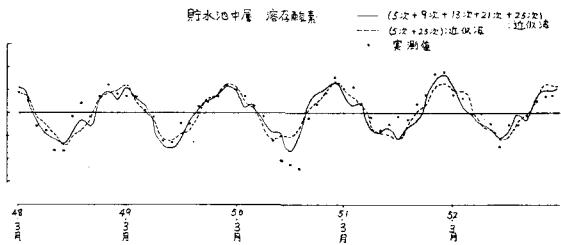


図6

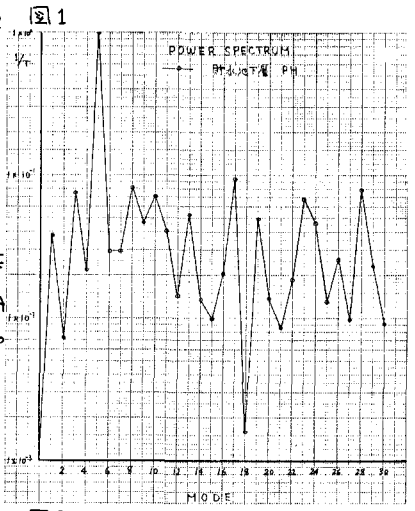
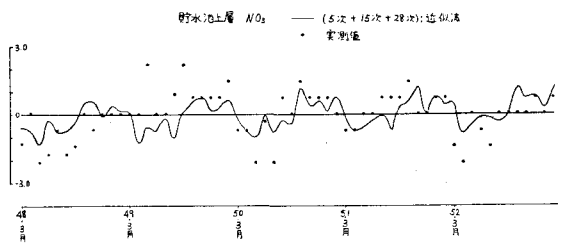


図2

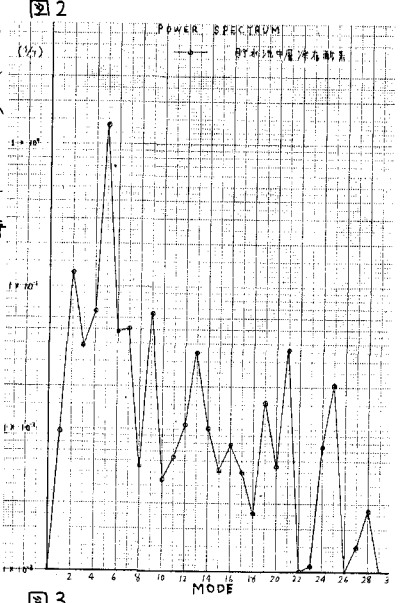


図3

