

II-540

小笠原父島下水処理場データのスペクトル解析

東京都立大学工学部 正 員 小泉 明
東京都立大学工学部 正 員 稲員 とよの
横 浜 市 正 員○富永 裕之

1. はじめに

下水道の普及とともに、下水処理場が水環境に与える影響は年々大きくなっていくものと思われ、中でも下水処理システムの適切な維持管理は重要な問題となってきた。筆者らはこれまでの研究で、下水処理場の運転管理のための情報を得る1つの手段として、スペクトル解析が有効であることを提案している¹⁾。本稿ではこれを小笠原諸島の父島の下水処理場に適用した結果を示す。

父島は東京の南約1000km、亜熱帯に位置し海洋性の気候である。下水道についてはその歴史的な背景も手伝って、表1に示すようにかなり高い普及率となっている。父島はまた、観光地でもあるため、通常は1500人程度の人口がシーズン中には5割程度増えることもある。このような気候的な特性あるいは観光の影響が、流入水質および水量に表われるかどうか、また処理場の運転にどのような影響を与えているのかは大変興味深い問題である。

そこで、おもにスペクトル解析を用いて下水処理システムの個々の要因の変動特性の分析、および要因間の関連分析を行なうこととする。対象とした処理場は小規模ながら都内と同じ活性汚泥法を用いた処理をしている。用いたデータは管理月報に記載されている日データ13変数で、1985年4月から1988年3月までの3年分(1096日)について解析を行なった。基礎式を以下に示す。

表1 父島の現況(1986年度)

年平均気温	25°C
年間総降雨量	1176mm
人口	約1500人
面積	約24km ²
観光客数 ⁽¹⁾	14861人/年
下水道普及率 ⁽²⁾	約91%

注(1) 定期船による観光客数

(2) 排水設備普及件数/水道給水件数

$$\text{パワースペクトル: } S_{xx}(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \{1/T \int_{-\infty}^{\infty} X(t) e^{-i2\pi ft} dt \cdot \int_{-\infty}^{\infty} X(t) e^{i2\pi ft} dt\} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{クロススペクトル: } S_{xy}(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \{1/T \int_{-\infty}^{\infty} X(t) e^{i2\pi ft} dt \cdot \int_{-\infty}^{\infty} Y(t) e^{-i2\pi ft} dt\} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{コヒーレンス: } \text{Coh}^2(f) = |S_{xy}(f)|^2 / \{S_{xx}(f) \cdot S_{yy}(f)\} \dots\dots\dots (3)$$

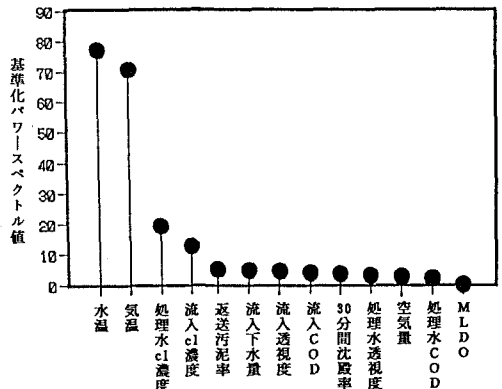
ここに X(t), Y(t):解析する要因の時系列, T:周期区間, f:周波数 (1/T)

2. 基準化パワースペクトルによる分析

各要因の周期性の相対的な強さを比較するため、データを平均値と標準偏差で基準化したうえでパワースペクトルを計算した。このパワースペクトルを基準化パワースペクトルと呼ぶ。季節変動に着目し、1年周期の基準化パワースペクトルの値を大きい順に並べて図1を得た。気温、水温以外のパワースペクトルはとても小さい値を示している。都内の下水処理場での同様の解析結果¹⁾と比較すると、小笠原においては入力および制御要因に季節変動が殆どみられないことが分かる。これは海洋性の気候のため、都内ほど四季の変化が明確でないためと思われる。

次に、各要因の1年未満の周期の基準化パワースペクトルについて検討したところ、定期船の入出港の間隔である1週間程度の周期変動は表われなかった。そこで月平均流入下水量と観光人口との関係を散布図に表わし、図2を得た。図2より月平均配水量は観光人口と線形な関係にあるのに対し、流入下水量にはその

図1 父島処理場1年周期の基準化パワースペクトル

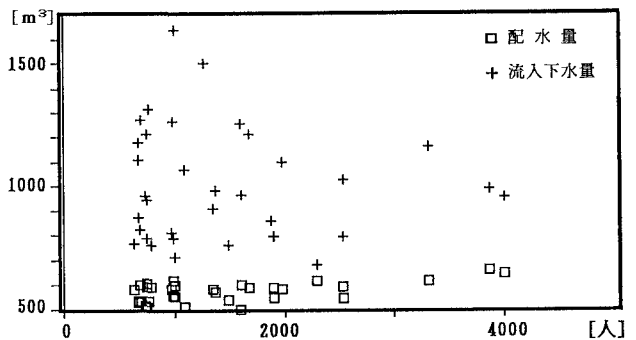


ような関係が見られないことが分かった。さらに別の散布図より、流入下水水量についてはむしろ降水量の影響が大きいことが分かった。

3. クロススペクトルによる分析

要因間の関係について検討するため、要因の全組合わせについてクロススペクトルを計算した。コヒーレンスのピークの表われ方により、これを5つのパターンに分類した。その一部を図3に示す。連動パターンは、どのような周期においても比較的高いコヒーレン

図2 観光人口と水量の関係



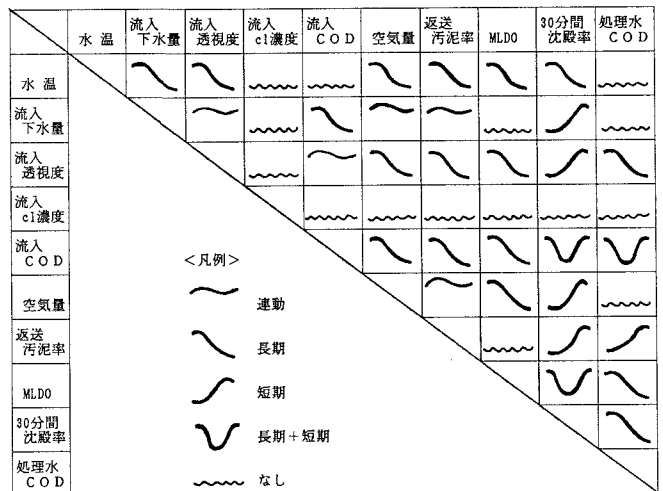
スを示すもので、例えば流入透視度と流入CODのように物理的にも強い線形関係にある、すなわち共線性が強い要因の関係を示している²⁾。また、コヒーレンスのピークが周期にして7日以上にのみ出る場合は長期パターンとした。このパターンは、流入CODと空気量、返送汚泥率、MLDOとの間などに見られ、ある要因（例えば流入COD）の影響が別の要因に及ぶまでに7日以上の変れをとまなうことを意味している。これに対し、7日以内のみにピークをもつ短期パターンは、影響の時間遅れが数日以内に留る関係で、流入透視度と30分間沈殿率との関係等に表わることが分かった。さらに、流入CODと処理水CODとのコヒーレンスは、長期と短期の両方にピークが見られる。

一般に、下水処理システムにおいては、入力と出力の間に複雑な生物反応が介在し、そのため要因間の関係には何らかの時間遅れが生じると考えられる。図3により、要因の組合わせによって遅れの出方に差異があることが明らかになった。

4. おわりに

本稿では、基準化パワースペクトルの分析により、季節変動が比較的小さい入力要因に応じて年間を通してほぼ一定の運転をしているという、父島の処理場の維持管理特性が明らかになった。また、コヒーレンスを計算しクロススペクトル・マトリックスに表わすことにより、要

図3 クロススペクトル・マトリックス



因間の関連が把握でき、さらにその時間遅れの差異を明確にすることができた。これらのスペクトル解析の結果を踏まえ、時間遅れを考慮に入れた処理システムのモデル化を行なっていけば、より有効な維持管理の情報が得られるものとする。

なお、本研究にあたり、種々の資料を提供して頂いた東京都小笠原村建設水道課の皆様には感謝の意を表します。

〔参考文献〕

- 1) 小泉，稲員，加藤：下水道維持管理計画に関する基礎的研究—下水処理場データのスペクトル解析，土木学会第44回年次学術講演会，第Ⅱ部，1989
- 2) 藤原，津村，平岡：自己回帰モデルを用いた都市ごみ焼却炉システムの解析，衛生工学研究論文集，Vol. 25，1989