

分散分析による河川低流量時水質の変動特性

岐阜大学工学部 学生員 ○堀 博
 岐阜大学工学部 正員 東海明宏
 岐阜大学流域環境研究センター 正員 湯浅 晶
 岐阜大学流域環境研究センター 正員 篠田成郎

1. はじめに

河川水質は気象要因、汚濁排出要因によって規定される。木曽川は岐阜県東濃地域、愛知県尾張地域の水道原水に利用されている。現在のところ原水として良好な水質を保っているとはいえ、将来に備えた発生源対策等を含めた環境管理計画が必要となってきた。そこで本研究では、木曽川を対象にその第一歩として、原水中の有機物の代表指標である過マンガン酸カリウム消費量と流量、降雨の関係を明らかにすることを目的とする。

2. 解析手順

2.1 使用するデータ

名古屋水道局によって測定されている犬山、尾西市朝日地点の水質（水温、濁度、色度、pH、アルカリ度、過マンガン酸カリウム消費量、電気伝導率）を用いた。（犬山地点は9:30採水、朝日地点は9:00採水の週5日のデータ）

犬山、朝日地点の流量は、日本河川協会の流量年報の犬山、起地点のものを用いた。（毎時各水位に対する流量の平均値）

日降雨量は、岐阜気象台の木曽川流域内観測地点（河合、美濃加茂、柄石峠、三森山、伽藍、宮之前、船山、萩原、宮地、黒川、金山、付知、恵那、中津川）のものを用いた。

解析期間は1990年から1992年までの3年間とした。

2.2 基本統計量の算出

水質データについて変動特性をつかむため、基本統計量（平均、中央値、最頻度、75%値、標準偏差、分散、尖度、歪度、最小、最大）を算出する。

2.3 回帰分析

水質と流量の関係を求めるため式(1)で回帰係数を求め、流量変動との関連を検討する。

$$C(t) = a Q(t)^b \quad \dots (1)$$

$C(t)$: t 日の過マンガン酸カリウム消費量 (mg/l),
 $Q(t)$: t 日の流量 (m³/s), a, b : 係数

2.4 相関分析¹⁾

過マンガン酸カリウム発生源の空間分布を知るため犬山地点の測定値と流域降雨観測値点との相関係数を式(2)、式(3)を用いて求める。

$$r(k, \tau) = \frac{\sum_{t=0}^n C(t) R(t-\tau)}{\sqrt{\sum_{t=0}^n C(t)^2 \sum_{t=0}^n R(t-\tau)^2}} \quad \dots (2)$$

過マンガン酸カリウム消費量が流量の変動によって決まる部分と各地点の降雨量によって規定されるものと分けられると考えると、(3)式からえられる。

$$r(k, \tau) = \frac{\sum_{t=0}^n (C(t) - aQ^b) R(t-\tau)}{\sqrt{\sum_{t=0}^n (C(t) - aQ^b)^2 \sum_{t=0}^n R(t-\tau)^2}} \quad \dots (3)$$

$r(k, \tau)$: k 地点における τ 日前の降雨量と過マンガン酸カリウム消費量の相関係数、 $R(t-\tau)$: τ 日前の降雨量 (mm/日)、 τ : 遅れ日数

2.5 分散分析

過マンガン酸カリウム消費量が流量や降水量だけでなく、他の要因や他の要因と流量の相互作用によって変動する可能性がある。これを検討するため、二元配置の分散分析を実施する。

今、2つの要因AおよびBを取り上げる。A要因の i 番目の水準を A_i 、B要因の j 番目の水準を B_j とする時、 $A_i B_j$ 中の λ 番目の水質データ $C_{ij\lambda}$ は、式(4)のように定義できる。

$$C_{ij\lambda} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_{ij} + \varepsilon_{ij\lambda} \quad \dots (4)$$

ただし、 μ は一般平均、 α_i は A_i の主効果、 β_j は B_j の主効果、 τ_{ij} は A_i と B_j の相互効果、 $\varepsilon_{ij\lambda}$ は誤差とする。 $\varepsilon_{ij\lambda}$ は互いに独立な正規分布 $N(0, \sigma^2)$ に従うと仮定して、解析する。

3. 結果と考察

3.1 基本統計量からみた考察

過マンガン酸カリウム消費量の犬山、朝日地点での年ごとの基本統計量を表1に示す。

犬山、朝日の2地点を比較してみると、1990年と1991、1992年とは水質変動特性が異なることが判明した。1991、1992年では平均、最頻値、分散、標準偏差ともに、下流に位置する朝日地点の方が低い値となっている。最大値についても同様で、変動の大きい犬山地点での過マンガン酸カリウム消費量は、移流分散と自浄作用の影響を受け、朝日地点に伝搬

しているとの判読と考えられる。尖度、歪度からみると、朝日地点の方が平均回りに多く観測され、対称性が強い。

1990年における犬山、朝日地点の比較からいえることは、平均値に差がない、移流分散の程度が小さいという点であり、このことは1991、1992年の観測結果とは異なる。従って、この年のデータ解析には注意が必要である。

3.2 流量による水質の変動

流量と過マンガン酸カリウム消費量の関係を図1、流量と濁度の関係を図2でも両対数軸表示で示す。

図1では、流量と過マンガン酸カリウムの指数関数関係が表れている。流量の変動幅に比べ過マンガン酸カリウムの変動幅は大きくはない。この図より過マンガン酸カリウム消費量は、溶存態成分が卓越していることがわかる。

図2で、流量と濁度との関係も同様に指数関数関係が表れている。従来から報告されている通り、濁度はある限界掃流量以上になった場合に流出していることが示されている。流量の変化に対し、濁度が敏感に対応し、変動していることが示されている。

図1、図2より流量増大時には、過マンガン酸カリウム消費量は濁質とともに挙動する性格が強いことも示されている。

3.3 渇水時期の過マンガン酸カリウム消費量の変動

1994年は降雨量が少なく、夏期には異常渇水にみまわれた。その影響のためか、過マンガン酸カリウム消費量も例年と比べ高い値が記録された。そこで、1994年4月1日から8月31日までの期間、無降雨を日降雨量5mm未満とし、朝日地点での過マンガン酸カリウム消費量と大垣地点の連続する無降雨日数の関係を散布図で示した。(図3)

過マンガン酸カリウム消費量が平均値4.2を越える場合では、無降雨日数が0~43日まで分布している。そこで過マンガン酸カリウム消費量が平均以上でかつ、無降雨日数が18日以上の場合をみると、いくつかその条件に該当するようなデータがある。この場合、明らかに流量増大には起因しない過マンガン酸カリウム消費量の増加の現象を示していると思われる。他、回帰分析、相関分析、分散分析の詳細は講演時に述べる。

表1 過マンガン酸カリウム消費量の基本統計量

犬山	1990	1991	1992	朝日	1990	1991	1992
平均	4.45	4.34	4.04	平均	4.43	4.12	3.89
中央値	4.0	3.8	3.8	中央値	4.2	3.9	3.7
最頻値	3.7	3.8	4.1	最頻値	4.1	3.4	3.5
標準偏差	1.806	2.332	1.568	標準偏差	1.439	1.290	0.853
分散	3.261	5.439	2.457	分散	2.070	1.663	0.728
尖度	20.58	41.29	52.51	尖度	46.11	18.58	23.73
歪度	3.941	5.585	6.041	歪度	5.182	3.368	3.382
範囲	13.7	24.4	16.7	範囲	17.2	12.3	8.8
最小	2.7	2.1	2.3	最小	2.7	2.5	2.7
最大	16.4	26.5	19.0	最大	19.9	14.8	11.5
データ数	284	305	287	データ数	311	305	286

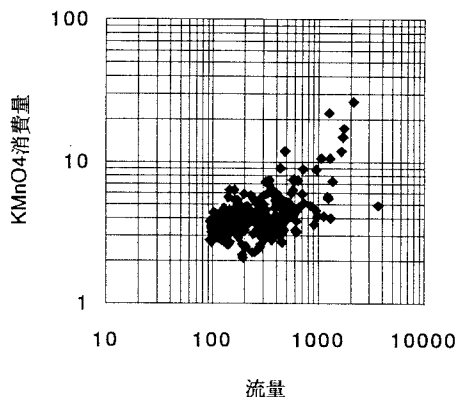


図1 犬山地点流量と過マンガン酸カリウム消費量(1991)

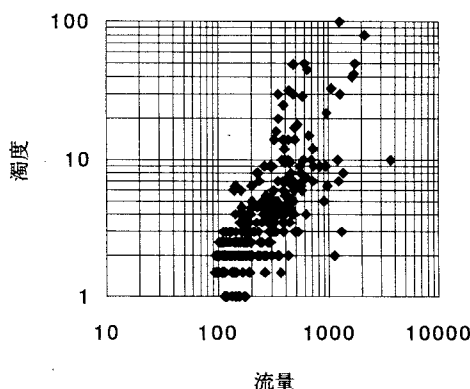


図2 犬山地点流量と濁度(1991)

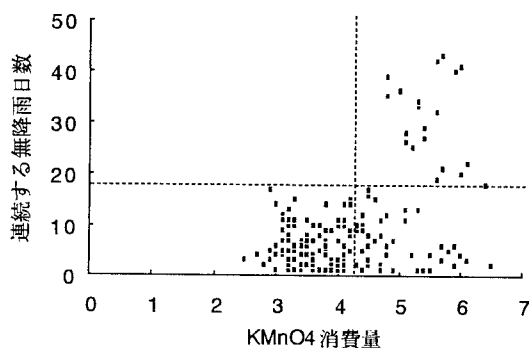


図3 朝日地点過マンガン酸カリウム消費量と大垣地点連続無降雨日数との関係

参考文献

- 1) 羽田守夫：雄物川の水質の変動特性とそのモデル化，土木学会論文報告集第265号，pp.73~81，1977年