

宮崎大学工学部 正会員 石黒政儀
 宮崎大学工学部 学生員 坂田節男
 宮崎大学工学部 ○ 学生員 野田和彦

1 はしがき. 近年公共用水域の水質汚濁が急速に進み社会的な問題となっているが、河川の水質は河川流域の特性と水文気象特性による自然的要因および都市や産業の活動による人為的要因によって支配される。河川水質に関する研究は①河川の長年に亘る経年的な変動を追求して将来水質をも予測し、汚濁防止対策や水資源の確保に資するアプローチ②短期間の水質変動、すなわち、ひと雨のひと洪水水質変動を追求して水質管理や水利用施設の設計や操作運転の合理化を進めるアプローチのふたつに大別される。本文では②の立場に立つて人為的汚濁要因の少ない自然河川をとりあげ、特に河川下流部に上水用の取水地帯があり浄水場の操作運転が円滑に行なえるように降雨、流出、水質予測という連の水利用システムを考えた研究の第一報である。また本報では水質予測解析例として大淀川を取り上げ、柏田での1日1回および毎時観測の水質資料を用いた。

2 自然河川における雨天時水質の予測法. 自然河川における水質(濁度、SS、COD、BOD、etc)は晴天時には清澄となるが降雨、洪水があれば急速に悪化することは一般に知られている。全流域上に単位時間に単位降雨があれば単位流量曲線図として水文学的手法により容易にHydrographが得られる。自然河川における雨天時の汚濁時間曲線(Pollutograph)は流域地表面上に一樣に分布する汚濁物質の流送現象と考えれば、Hydrographに類似したパターンとなる。実際の河川では各支川からの流量と濁質および降雨分布などの組み合わせとして現われ、流域内一樣降雨時の実測HydrographとPollutographを解析して水質予測と可能とする。①HydrographとPollutographの基本型として検討の結果、非対称曲線式の対数正規型を採用する。すなわち、

$$Q = \frac{\sum q}{3600} \cdot \frac{\log e \cdot k}{\sqrt{\pi} \cdot t} \cdot e^{-\frac{k^2}{2} \left[\log \frac{t}{t_0} \right]^2} \quad \text{---(1)} \quad \text{ここで、} k, t_0 \text{ は常数、} e \text{ はNapierの常数、} t \text{ は継続時間、} q \text{ は単位流量 } Q = \frac{m^3}{s}$$

$\sum q = 10^3 m^3$ 単位として、 $Q = 0.06805 \sum q \frac{k}{t} e^{-\frac{k^2}{2} \left[\log \frac{t}{t_0} \right]^2}$ --- (2) さらにPollutographにも同式型を用いるが式(2)で $Q = P (g/m^3)$ 、 $\sum q = \sum P (g/m^3)$ 、として各常数は実測より求める ②過去観測資料による水質資料項目の発生頻度特性の検討 ③水質指標項目の相関性の検討 ④流量と濁度の相関性 ⑤流域支川形状特性と降雨分布特性によるHydrographとPollutographを求める ⑥Hydrographの予測法; 先行降雨条件、累加雨量、降雨強度降雨継続時間、水位、流量の組み合わせた共軸相関図法を過去観測値より求め、これよりPollutographを推定する ⑦HydrographとPollutographのピーク部時間差の検討

3 大淀川の水質予測. 2の項目について大淀川(2244 Km²) 柏田地帯での解析例を示せば次のとおりである。

$$\textcircled{1} Q, P \text{ 曲線値 } Q = \frac{5680}{t} e^{-11.7 \left[\log \frac{t}{1.0} \right]^2} \quad \text{---(3)}$$

$$P = \frac{1500}{t} e^{-12.1 \left[\log \frac{t}{11.23} \right]^2} \quad \text{---(4)}$$

図-1のQ, P式値と計算したのが式(3)(4)であり、式(1)(2)で良く表現できる。ここで注目すべきは、流量よりも濁度の方が時間的に早くピークに達し、同一流量でもP値が異なる。すなわち濁質と流量は1価関数ではない。またPのピークを知ればQのピークも予測できる水文学上の重要なポイントを持つており、大淀川柏田ではその遅れが6~8時間である。

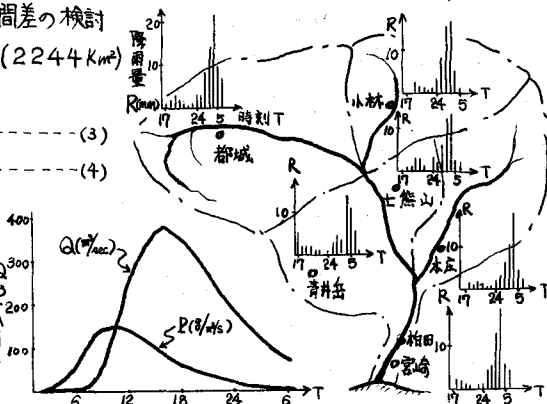


図-1 73年6月21日~23日、大淀川流域降雨と柏田でのQ, P

②濁度、SS、COD、BODの発生頻度分布 72年1月より12月まで1日1回測定された各種水質(222個)の発生頻度分布は、図-2のようにすべて非対称分布となり、これを対数正規確率紙に示したものが図中の斜線である。これは極端に汚濁の進行した都市河川水質の頻度分布が正規分布になると、言われる事と比較して対称的である。

③水質指標の相関性 71年11月より73年5月までの1日1回測定水質資料より、濁度とCOD、濁度とSSの相関は両対数紙上で直線となり濁度を y 、CODを x とすれば、 $y=10x^{1.17}$ 、SSを x とすれば、 $y=0.65x^{1.04}$ で示される。濁度とBOD、CODとBODの間には、係数BODのため、測定誤差も大きく、正確な相関は得られなかった。

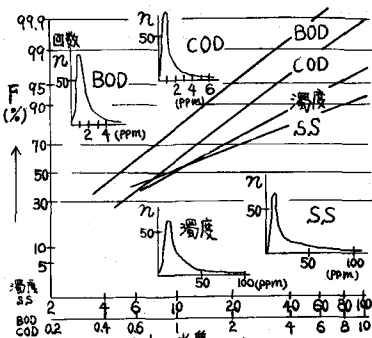


図-2 水質頻度分布図

④流量と濁度の関係 72年における流量と濁度の1日1回測定値を縦的にプロットした代表例を、図-3に示す。これらは流域内の降雨分布の相異に基くものである。Iは全域に一樣降雨、IIは主に上中流に多量降雨、IIIは主に下流に多量降雨のあった場合で、いずれも右廻りのカーブを描く特性があり、Iは全体的に濁度のピークがQのピークより先行した形、II IIIはQと濁度のピークが同時だが、立上りの傾きによって中の異なる形となる。IVは特殊例で、1降雨後Qの減少中に、前期より少量降雨があると、濁度が、一時増加するため、カーブは左廻りとなる。次に毎時間測定したQ、P値の代表例を、図-4に示す。これは図-3よりQP変化を、より正確に表示し、図中の説明のようにループの傾き(α、β)と形状は、流域内の降雨特性と関連づけられ、図-3のような単ループを組み合わせた形となる。以上のQP関係を楕円関数で表現できるとすれば次式で示され、その具体例を図-5に示す。

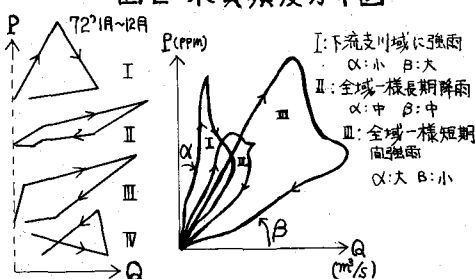


図-3 1日回測定図

ここで、Pは濁度(ppm)、Qは流量(m³/s)、θ、a、bは各流出ごとに求まる定数であり、θは先行降雨(API)と流域の降雨分布、aは流量(総雨量)にそれぞれ左右される。

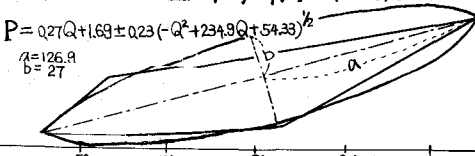
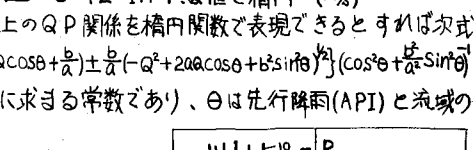


図-4 毎時間Q、P測定図

図-5 72年1月P、Q値と楕円Q(m³/s)



⑤降雨よりの水質予測相関図 大淀川の宮崎における水位予測図は、既に都府の雨量から図-6のオ2,3,4象限までの共軸相関図で求められている。これより水位を推定し、Hydrographが求まり、さらに図-1,3,4を用いて、オ1象限のQPループ群を付加して、Bollutographの推定が可能となる。

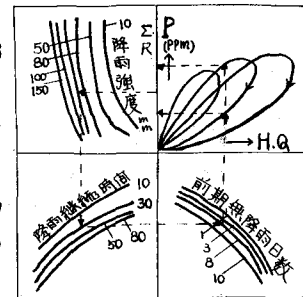


図-6 共軸相関図

4 考察とむすび、本文では河川水質の予測法として、降雨時の流量から濁度を予測する方法を提唱し、その実例をも提示したが、流量曲線と汚濁曲線の原形は、対数正規分布で表現でき、濁度と流量は一価関数でなく、右廻りのループを描き、各支川域での降雨分布特性により、下流でのループ形状が異なることを見出した。さらに図-6の共軸相関図を各地実雨量に対応させて作製すれば完全なP、Q予報が可能となる。最後に各種資料を提供頂いた宮崎市水道局小島浄水課長、宮崎県公害課、建設省宮崎工務事務所調査課の方々に謝意を表します。

参考文献 1) 石黒、上野、堤、山下、大淀川の水質変動と自浄作用、土木学会西部支部研究発表会、1962.2 2) 石黒、池田、大淀川の長期水質変動と予測、土木学会西部支部研究発表会、1972.2 3) 吉岡、和洋、木曾川水質変動の統計的評価、土木学会28周年誌、1973.10 4) 石黒、田中、下流部の雨水流出と水質変動について、土木学会オ27周年誌、1972.10 5) 石黒、島崎、雨、雨天時下水の水質変動に関する研究、土木学会西部支部研究発表会、1972.2 6) 石黒、若井、応用水文統計学、12巻、森北出版 7) 豊中、大淀川の洪水解析、オ4回、筑波大学水工学研究会、1963.3