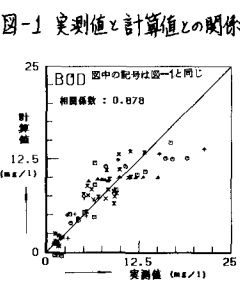
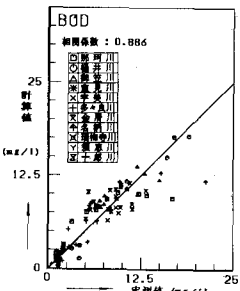


九州大学 工学部 正員。萬 久光  
同 上 正員 栗谷 陽一  
同 上 正員 楠田 哲也  
五洋建設 林 健太郎

1. はじめに 水質汚濁の進行が問題化して以来、法的規制や下水道の整備等の対策が行われてきた。しかしながら、水質汚濁の広域化、取水量の増大による河川流量の減少、富栄養化問題など、水質汚濁問題は未だ厳しい状態にある。現在、水質予測の手法としては、原単位法によるものが一般的であるが、流達率の値など評価に不備な点が残されており、原単位法を適用する上での問題となっている。本研究では、GMDHを用い、種々の流域のデータによる水質予測のためのモデリング及び検定を行ない、因子の選択について検討を加えた。

2. 計算方法 計算の対象とした河川は、福岡市を中心とした博多湾に流入する主要12河川のうち11河川である。水質項目には、BOD、NH<sub>4</sub>-N、T-N、T-Pの4項目を用いた。水質の値は年平均値である。水質予測の計算には、GMDHを用いた。多項式近似によるGMDHの完全記述では、最初の因子として $z_i (i=1, m)$ を用いた場合、Kolmogorov-Gaborの式  $z = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i z_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m a_{ij} z_i z_j + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m a_{ijk} z_i z_j z_k + \dots \dots \dots (1)$  があるが、現実にはこの式より一度に有効な因子の選択を行なうには、莫大の労力を要するので、本計算においては、次式を繰り返し用いることにより、多項式的表現を行なっている。  $y = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i z_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m a_{ij} z_i z_j \dots \dots (2)$

実際の計算では、(2)式をそのまま繰り返し行なうと、山式同様項数が莫大となるので、変数増減法により、その都度項数を特定の値に減少させ、残った項を中間変数として計算を繰り返した。計算を繰り返すごとに、重相関係数を求め、重相関係数の向上が止まった段階で計算を止めた。本計算では、計算の繰り返し回数は2~3回程度であった。計算のための最初の因子には、処理区域外、河川に放流する処理場の処理区域内(以下、処理場と称す)及び合流式下水道処理区域内の、それぞれについての、人口、商業人口、工業人口、100人槽以上の浄化槽人口、流域面積、年間降水量、取水量、森林面積、農地面積、市街地面積の16個の中から、変数増減法による結果を考慮した上で、水質に強い影響を与えると思われるものを特定個選択した。水質予測を行なう上では、上述の因子以外にも、環境基準や排水基準などの法的効果、原単位負荷の変化、経済的効果、農地への施肥量の変化、降雨による負荷の問題及び工業の分類なども考慮する必要があるが、用いた水質データが、昭和52年~昭和54年の間の短期間のデータで経年的変化が少ないこと及びデータの収集が困難であるため、今回はこれらのものについては考慮しなかった。なお、計算に際しては、各人口に対しては流域面積で割った値、降水量、流域面積については、各々の逆数を用いた。



3. 計算結果及び考察 図-1に、BODについて、16個の因子の中で市街地面積を除く15個の因子を用いて重回帰分析を行なった場合の実測値と計算値との関係を示す。図-2には、BODについて、処理区域外人口、処理場人口、降水量、取水量及び流域面積の5つの因子を最初の因子としてGMDHにより計算したときの実測値と計算値との関係を示す。そのときの最終段階の記述式及び重相関係数の値を示す。なお、表-1には、同様の計算をNH<sub>4</sub>-N、T-N、T-Pについて行なった場合の

図-1 実測値と計算値との関係 図-2 実測値と計算値との関係

表-1 最終段階の記述式と重相関係数

| 水質項目               | 重相関係数         | 最終段階における記述式                                                                   |
|--------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| BOD                | 0.878         | $y = 2.2x_1 - 2.5x_1^2 + 0.3(x_1x_2)^2 + 1.4x_1x_4 - 0.6x_4^2$                |
| NH <sub>4</sub> -N | 0.885         | $y = 0.5x_1x_3 + 0.3x_2^2x_5 + 1.0x_2x_3 - 0.5x_1x_2^2x_3 - 0.2x_4x_5$        |
| T-N                | 0.900         | $y = 1.2x_1x_3 + 0.5x_1x_4 + 0.3x_1x_2^2x_3 - 0.6(x_1x_2)^2 + 0.2x_1^2x_2x_3$ |
| T-P                | 0.906         | $y = 1.6x_1 - 0.9x_1^2 + 0.2x_1^2x_2 + 0.1(x_2x_3)^2 + 0.1(x_1x_2)^2$         |
| $z_1$ 処理区域外人口密度    | $z_2$ 処理場人口密度 | $z_3$ 降水量の逆数                                                                  |
| $z_4$ 流域面積の逆数      | $z_5$ 取水量     |                                                                               |

最終段階の記述式をも示している。全体的には、同じような項が各水質に共通して含まれている。特に、 $T-N$ 、 $NH_4-N$ については、処理区域外人口密度、処理場人口密度に降水量の逆数をかけた項が残っており、降水量 $\times$ 流域面積を流量と考えるならば、処理区域外人口/流量、処理場人口/流量の形となっている。 $BOD$ について、 $GMDH$ による結果と重回帰分析との結果を比較した場合、重相関係数もほとんど変わらず、実測値と計算値との関係もよく似た傾向を示した。 $NH_4-N$ 、 $T-N$ 、 $T-P$ についても同様なことがいえる。（重回帰分析による重相関係数は、 $T-N$ が0.923、 $NH_4-N$ が0.913、 $T-P$ が0.927である）次に、初期因子の選択の違いによる影響をみるため、因子の数を増加して計算を行なった。追加因子には、上述の計算に用いた5個の因子のどれとも相関関係が認められなかった処理場商業人口、合流式下水道処理区域内商業人口及び $BOD$ について影響をもつと思われる処理区域外工業人口の3個を選択した。これらの8個を最初の因子として $GMDH$ により計算したときの実測値と計算値との関係を、図-3、4に示す。図-3が $BOD$ 、図-4が $T-N$ についてのものである。 $T-N$ では、実測値と計算値がよく一致した。 $BOD$ では、図-2にみられる水質が悪い所でのばらつきが減り、全体的に均一な傾向となった。 $NH_4-N$ 、 $T-P$ も、重相関係数は向上した（ $NH_4-N$ : 0.940、 $T-P$ : 0.944）が、 $T-N$ に比べると、多少ばらつきが大きかった。この原因としては、 $BOD$ では $T-N$ に比べ、自浄作用、流速率等の影響が大きいこと、 $NH_4-N$ では、 $NO_2-N$ や $NO_3-N$ への変換の影響及び $NH_4-N$ の負荷源が屎尿であることから屎尿浄化槽を考慮しなかったことが考えられる。 $T-P$ では、処理場により除去率が大幅に違うため、これまでに用いた処理区域内人口等では、処理場から放流する負荷を表現できないものと思われる。以上のことより、各水質の予測の精度を上げるためには、これらの現象に相当する因子を取り入れる必要があるものと思われ、以下にこれらの因子を追加した場合について考察する。まず、市街地面積比を上述の8個の因子に追加し、各水質について計算を行なったときの、 $BOD$ についての実測値と計算値との関係を図-5に示す。 $BOD$ では、実測値と計算値とがよく一致したが、 $NH_4-N$ 、 $T-N$ 、 $T-P$ では、市街地面積比を加える以前に比べて、重相関係数の大幅な上昇は認められなかった。 $NH_4-N$ では、最終段階の記述式に、市街地面積比は残ってこなかった。次に、100人槽以上の浄化槽人口を追加し、各水質について計算を行なったときの、 $NH_4-N$ についての実測値と計算値との関係を図-6に示す。 $NH_4-N$ では、8個の因子を用いた場合の $T-N$ と同程度に実測値と計算値とがよく一致したが、 $BOD$ 、 $T-N$ 、 $T-P$ では、浄化槽人口を加える以前に比べ、重相関係数の向上は認められなかった。 $NH_4-N$ における最終段階の記述式の中には、浄化槽人口を含む項が多く残ってきた。 $T-P$ について、処理場からの放流水質と放流量から実負荷量を計算し、8個の因子の中で処理場人口と処理場商業人口とのかわりに処理場からの実負荷を用いて計算を行なったときの実測値と計算値との関係を図-7に示す。最終段階の記述式の中に、処理場からの実負荷量を含む項が多く残ってきており、重相関係数の向上も認められた。以上のように、 $BOD$ 、 $NH_4-N$ 、 $T-N$ 、 $T-P$ のそれぞれの水質項目に対して、最初の因子として有効な因子を選択することにより、今回対象としたすべての水質について実測値と計算値とがよく一致した。しかしながら、今回用いたデータは短期間のデータであり、経年約変化も少ないため、将来の予測を行なうには経年的な影響をもつ因子を考慮する必要があるものと思われる。本研究は、文部省科学研究費（一般研究）の補助を受けて行なったものである。

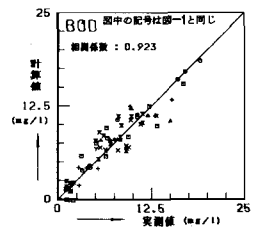


図-3 実測値と計算値との関係

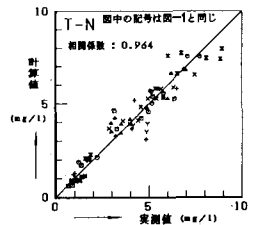


図-4 実測値と計算値との関係

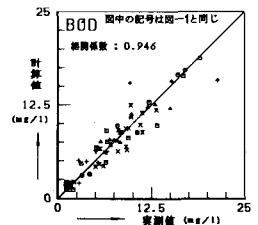


図-5 実測値と計算値との関係

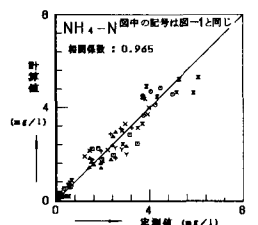


図-6 実測値と計算値との関係

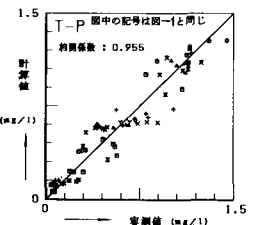


図-7 実測値と計算値との関係