

II-453 河川の流出負荷量ポテンシャルモデル

国立環境研究所 水土壤環境部 正員 海老瀬 潜一

1. はじめに

流域の水利用や土地利用の形態が異なれば、汚濁負荷構造や汚濁物質の流出負荷量レベルが異なってくる。これは、水利用の後の排水の水量と水質に支配されることと、流域の汚濁負荷特性と称されるものの中で、顕在する負荷発生源だけでなく面源負荷のように潜在的な部分も含めた負荷の存在量に、地形や水文条件などに支配される負荷の流出のし易さ（流出特性）をも加味した流出負荷量ポテンシャルが異なることによると考えられる。これらの人為的な汚濁負荷の排出と降雨流出に伴う汚濁負荷の流出を併せた流出負荷量ポテンシャルを評価することを試みた。霞ヶ浦の流入河川群を対象に、流域の単位面積当りの年間流出負荷量を流出負荷量ポテンシャルと定義して、流域の単位面積当りの年間流出流量の1次関数として表現するモデルを提案する。

2. 解析対象河川と調査データ

解析対象の河川は霞ヶ浦（西浦）流入河川の園部川、山王川の上下流4地点、恋瀬川の本支流8地点、天の川、境川、桜川、備前川、花室川、清明川、小野川、新利根川の11河川の21地点である。調査データは、最近の13年間にを行った頻度が毎週1回（水曜日）の定時で、1年間52回の定期負荷量調査結果である。調査の期間と河川は、1978年6月～1979年5月に3河川4地点、1979年6月～1980年5月に3河川6地点、1981年6月～1982年5月に7河川7地点の前半の4カ年における3カ年分の調査データと、1987年6月～1988年5月に3河川10地点、1990年6月～1991年5月に8河川8地点の後半の4カ年における2カ年分の調査データである。

3. 流出負荷量ポテンシャルモデル

後半2カ年分の8河川15地点で調査年度の異なるデータを含む18個の調査データと、前半3カ年分の10河川13地点で調査年度の異なるデータを含む17個の調査データ、および、これらの両調査データを併せた11河川21地点で35個の調査データの場合について解析を行った。地理的に近くてほぼ同じ気象条件下にあるこれらの河川流域を対象とし、同一頻度で同程度の測定精度を有する調査データゆえに、高い精度の解析結果が期待できる。各調査地点の年間52回の調査結果から、各流域の単位面積当りの年間流出負荷量（流出負荷量ポテンシャル） L_A 、すなわち、比流出負荷量（ $10^3\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{y}$ ）と、単位面積当りの年間流出流量 Q_A 、すなわち、比流量（ $10^6\text{m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{y}$ ）を算定した。 Q_A は流域からの流出高であり、他流域からの用水の導水等がなければ有効雨量であり、水文学的に重要な因子である。この値が大ききことは、年間降水量が多いか、蒸発散量が少いか、流域内地表面の不浸透面積比率が高いか、導水された各種用水の排水量が多いかなどによっている。

後半2カ年分の8河川15地点の18個の調査データについて、 $T-N$ 、 $T-P$ 、 $T-COD$ の流出負荷量ポテンシャル L_A と Q_A の関係は図-1(a),(b),(c)に示すように、明らかに1次比例の関係が見られる。

表-1 後半2カ年分の調査データでの直線回帰式

Water Quality Indicator	Period 1987~1988 & 1990~1991	Correlation Coefficient
T-N	$L_A = 3.12 \cdot Q_A - 0.016$	0.874
T-P	$L_A = 0.448 \cdot Q_A + 0.143$	0.941
T-COD	$L_A = 9.10 \cdot Q_A - 0.935$	0.955
TOC	$L_A = 12.1 \cdot Q_A - 3.46$	0.936
Cl	$L_A = 34.5 \cdot Q_A - 10.9$	0.947
SS	$L_A = 66.6 \cdot Q_A - 15.8$	0.814

表-2 前半3カ年分の調査データでの直線回帰式

Water Quality Indicator	Period 1978~1979, 1979~1980 & 1981~1982	Correlation Coefficient
T-N	$L_A = 2.46 \cdot Q_A + 1.24$	0.724
T-P	$L_A = 0.447 \cdot Q_A + 0.070$	0.584
T-COD	$L_A = 10.7 \cdot Q_A - 1.47$	0.940
Cl	$L_A = 31.9 \cdot Q_A - 1.60$	0.942
SS	$L_A = 28.3 \cdot Q_A - 2.07$	0.916

表-3 前半3カ年と後半2カ年の全調査データでの直線回帰式

Water Quality Indicator	Period (1978~1979, 1979~1980, 1981~1982, 1987~1988 & 1990~1991)	Correlation Coefficient
T-N	$L_A = 2.65 \cdot Q_A + 0.724$	0.774
T-P	$L_A = 0.430 \cdot Q_A - 0.026$	0.617
T-COD	$L_A = 11.0 \cdot Q_A - 2.01$	0.943
Cl	$L_A = 32.3 \cdot Q_A - 5.59$	0.918
SS	$L_A = 44.2 \cdot Q_A - 5.49$	0.741

TOC, SS, SiO₂や無機イオンのCa, Mg, Na, K, Cl, SO₄についても同様の結果が得られる。また、前半3カ年分の10河川13地点の17個の調査データについても、同様に各種の水質項目に対してL_AとQ_Aの明らかな1次比例関係が見られた。したがって、ここで成立することが明らかになった汚濁物質の流出負荷量ポテンシャルモデル、 $L_A = p \cdot Q_A + q$ 、の係数pの違いから経年変化の大きさを推定することができる。

4. 汚濁負荷構造の経年変化と汚濁負荷の削減

同一水質項目でも、両調査データの回帰直線（ $L_A = p \cdot Q_A + q$ ）の勾配はかなり異なった。両調査データには多くの河川が共通に含まれているため、中間の5年間を挟んでこの13年間には、これら流域内の汚濁負荷構造にかなりの経年変化があったと考えられる。当然予想されることながら、前半3カ年分と後半2カ年分の両調査データを併せた解析結果では、pがそれぞれの調査データでの解析結果の中間に近い値になるものが多く、相関係数が幾分小さくなる傾向が見られた。汚濁物質の流出負荷量ポテンシャルモデルの直線回帰関係を3つの場合に分けて表-1～3に示す。

このモデルによれば霞ヶ浦の流入河川の汚濁物質の流出負荷量ポテンシャルを下げるには、年間流出流量を減少させる必要があり、減少が行えればこのモデルの回帰直線に沿った流出負荷量の減少が見込める。この実現には、他流域から導水される各種用水の節水を行うほか、さらに循環使用や再利用を進めてその排水量を減少させることと、降雨時の直接流出量を減少させるために地表面から地下への浸透量を増加させる工夫（市街地化拡大の抑制、浸透性舗装等の雨水の地下浸透の普及など）が必要と考えられる。

5. おわりに

流出負荷量ポテンシャルモデルが線型の1次関数で表現できるということは、晴天時や降雨時流出を併せた1年間の平均濃度がこれら霞ヶ浦流入河川ではほぼ一定であることを意味している。特定の濃度の大量の排水がなかったことに起因するためか、今後、他の流域での検討が必要である。

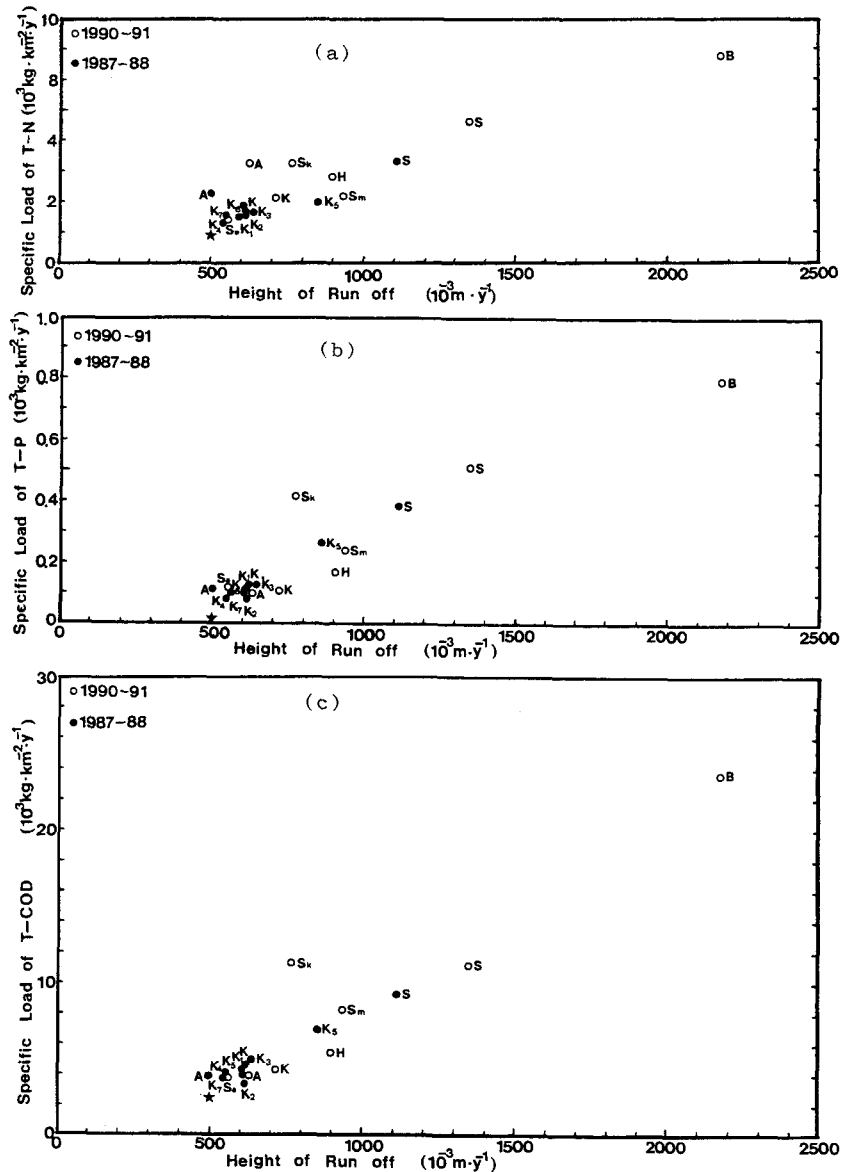


図-1 調査データの回帰関係