



Title	流量・負荷量回帰式による河川の負荷量計測法
Author(s)	山本, 哲也
Description	第1回衛生工学シンポジウム (平成5年11月17日 (水) -18日 (木) 北海道大学学術交流会館) . 4 計測手法 . 4-3
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 1, 129-132
Issue Date	1993-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7435
Type	departmental bulletin paper
File Information	1-4-3_p129-132.pdf



多い。平水流量は $2.45 \text{ m}^3 \text{ S}^{-1}$ 、流況係数は2.9（1982年）である。なお降雨の影響は、降水量30～50mmのときおおむね3日間である。

水質・流量の観測は二の橋地点（集水面積 122 km^2 ）で行い、主要な項目の年間総量は表 1のとおりである。

3. 解析方法

計測精度については、直線型（ $L=a \cdot Q+b$ ）と曲線型（ $L=a \cdot Q^b$ ）の回帰式を検討対象とした。用いたデータは、1980年7月より2年間毎日観測した日平均流量（ m^3/sec ）、日平均負荷量（ g/sec ）である。年間総量は、観測値及びLQ式より算出した日平均負荷量を加算した。LQ式による負荷量計測精度の評価指標としては、平均日誤差（ E_a ）、年総量比（ R ）、年誤差（ E_y ）を用い、以下のように定義した。

$$E_a = \frac{1}{365} \sum \frac{|f(Q_i) - L_i|}{L_i} \times 100 (\%) \quad R = \frac{\sum f(Q_i) - \sum L_i}{\sum L_i} \times 100 (\%) \quad E_y = |R| (\%)$$

ここで、 $f(Q_i)$ はLQ式による日負荷量、 L_i は観測による日負荷量である。

LQ式と流域環境との関連性については、曲線型（ $L=a \cdot Q^b$ ）の回帰式を検討対象とした。用いたデータは、1980年4月より3年間、1987年1月より4年間 月3～4回の定期水質・流量観測したものである。流域環境因子としては年降水量、平均流量、晴天時平均水質、比負荷、人口密度、家畜頭数密度などを取り上げた。

4. 結果及び考察

4.1 LQ式から計測した日負荷量の精度

まず1年間の毎日観測データからLQ直線式、LQ曲線式を算出し、流量データを用いて負荷量計測を試みた。両式から計測した負荷量は観測値とよく一致し、 E_a は多くの項目で20から40%の範囲にあった。 E_a とLQ式の相関係数とはいずれも関連性が弱く、また E_a は曲線式のほうが直線式より全項目で小さかった。

4.2 LQ式から計測した年間総量の精度

年間総量の計測精度を調べるため、毎日観測データから求めたLQ式を用いて項目別にRを算出した（図2）。直線式のRは、どの項目についても計測値は観測値と全く一致した。一方曲線式のRは-31.3から+4.4%の範囲に分布し、計測値は観測値よりも過小評価になることが多かった。このような両式の相異は、回帰式の基本的な性格によるものと考えられる。

4.3 LQ曲線式から計測した年間総量の誤差要因

LQ式の信頼性を論議するときよく相関係数 r が話題になるが、 r に対応する E_y の範囲は広く、単純に r から精度を判断することは難しい。そこで E_y についてLQ式の相関係数 r_{LQ} と回帰式の指数 b を説明変数とする重回帰分析をしたところ、次の結果を得た（有意水準1%）。

$$E_y = 49.5 + 9.7b - 65.6 r_{LQ} \quad (r=0.815)$$

こうした関係を容易に判断できるよう指数の大きさによって区分して図3に示した。

4.4 観測頻度と計測精度

観測頻度と回帰式の変動並びに負荷量計測精度との関係を明らかにするため、いろいろな間隔で

抽出したデータごとにLQ式を求め、負荷量を推定した。抽出間隔が大きくなればなるほど、回帰式の各数値や推定負荷量、また誤差も幅広くなることほどの成分も同じであった。

E_aについては、両式とも毎日観測データから算出したとき最小となった。Rの変動を成分別にみると、T-N が小さな変動幅で、直線式、曲線式とも抽出間隔15日でもおおむね±10% の範囲内にあった。これに対してT-COD、T-P では±10% の範囲内は抽出間隔 3日までで、抽出間隔 7日になると±20% の範囲に広がった。各抽出間隔ごとにRの範囲を比較すると、といずれも直線式よりも曲線式の方が狭かった。

4.5 観測頻度と誤差要因

LQ式のrが高いとき、年間総量、日平均負荷量の計測に関して、曲線式ではb、直線式ではaがそれぞれ大きな影響をもつことが明らかとなった。この要因としては、各データ組に雨天時のどのようなデータがどれくらい含まれているかによる。

4.6 LQ式算出のための観測頻度

毎日観測データの集計より年間総量に対してCOD、T-P で10%、T-N で 5% の誤差範囲にあることが望まれることから、各成分の必要観測頻度、LQ式の形式は以下のように考えられる。

T-N について年間総量誤差5%以内を確保するためには、観測間隔は7～10日とし、直線式を使うことが望まれる。曲線式も過小となることもあるが、変動は直線式よりも小さく十分活用できる。

COD、T-P について年間総量誤差 10%以内を確保するためには、測定間隔は3日以内とし、直線式を使うことが望まれる。ただ現実的な制約を考えると、観測間隔を7日とし、雨天時のデータを補充したうえで、曲線式を使う方法も実際的といえる。

日平均負荷量の計測については、両式には大差はみられなかったが、マイナスの計測値を生じないこと、また指数によって誤差を予測出来ることなどから、曲線式の方が汎用性に優れていると考えられる。

4.7 曲線回帰式の推移と流域環境

ほぼ同程度の頻度で観測したデータから得た曲線型回帰式の推移(表2)を、水質・負荷量並びに流域環境の変化と対比させて検討した。ここではモデル定数がどのような流域環境因子と関連するかを明らかにするため、年降水量、平均流量、晴天時平均水質、比負荷、人口密度、家畜頭数密度などを説明変数とする重回帰分析を試みた。変数増減法によって抽出された説明変数(表3)は、流出要因と関連した流量と、流域の汚染強度に相当する比負荷、晴天時平均水質であった。このことは、流域の汚濁機構の変化を考慮した将来予測が可能であることを示唆する。

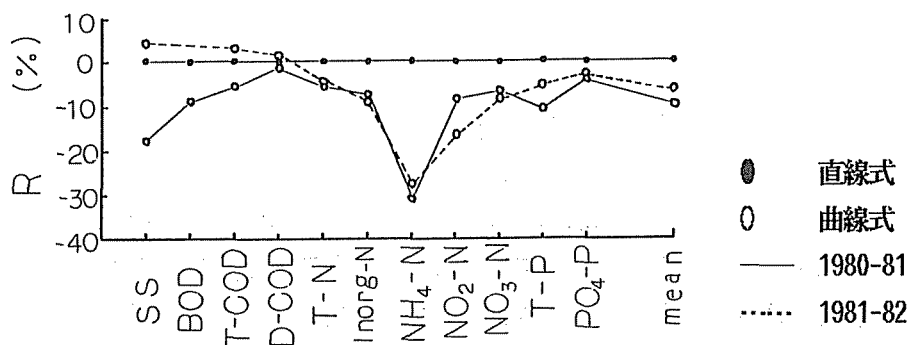


図2 項目別の年総量比R

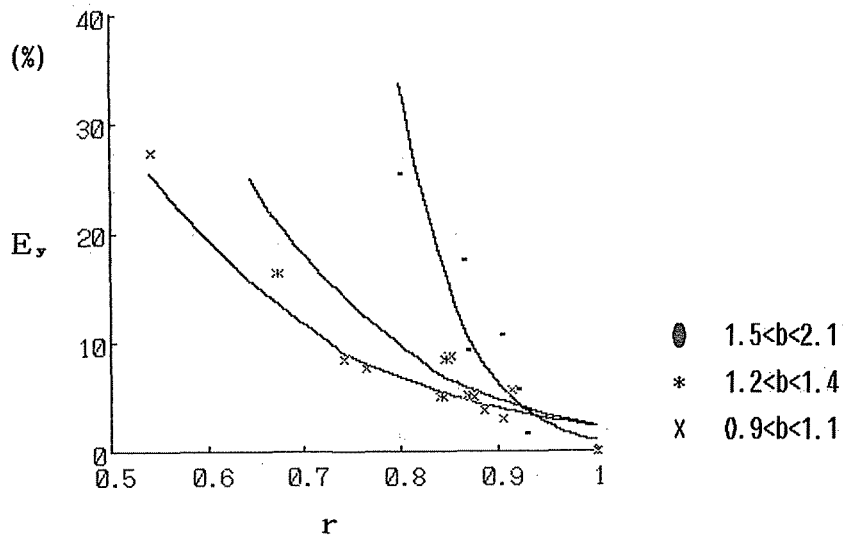


図3 曲線式の相関係数rと年誤差E_v

表2 流量・負荷量回帰式の推移

期間	COD	T-N	T-P
1980	1.69Q ^{1.83} (0.946)	2.20Q ^{0.91} (0.812)	0.0491Q ^{1.61} (0.931)
1981	2.20Q ^{1.70} (0.954)	1.77Q ^{1.11} (0.907)	0.0452Q ^{1.66} (0.922)
1982	3.18Q ^{1.45} (0.877)	2.58Q ^{1.07} (0.905)	0.0724Q ^{1.40} (0.890)
1987	3.44Q ^{1.54} (0.925)	3.55Q ^{0.85} (0.892)	0.0414Q ^{1.39} (0.865)
1988	3.50Q ^{1.38} (0.939)	3.83Q ^{1.02} (0.974)	0.0505Q ^{1.47} (0.932)
1989	1.98Q ^{1.58} (0.975)	4.93Q ^{0.95} (0.950)	0.0317Q ^{1.63} (0.937)
1990	2.45Q ^{1.55} (0.887)	4.37Q ^{1.11} (0.973)	0.0313Q ^{1.74} (0.879)

L:g/sec Q:m³/sec ()相関係数

表3 回帰式係数a・指数bの重回帰分析

目的変数	抽出された説明変数
COD	a 平均流量、比負荷
	b 比負荷
T-N	a 晴天時平均水質
	b -
T-P	a 平均流量、晴天時平均水質
	b 平均流量

5. 引用文献

- 1)海老瀬潜一(1988)集水域の総流出汚濁負荷量とその計測方法, 水質汚濁研究, 11, 748-752 .
- 2)環境庁水質保全局水質管理課(1990)非特定汚染源負荷調査マニュアル.
- 3)Ferguson, R. I. (1986)River Loads Underestimated by Rating Curves, 22, 74-76.
- 4)河原長美(1992)L-Q 曲線による汚濁負荷算定における精度と補正係数, 水処理技術, 33, 165-169.
- 5)田淵俊雄, 林寛司(1987)流量・負荷量関係式の信頼性について, 農業土木学会論文集, 131, 11-18
- 6)山本哲也, 勝村陽子, 長谷川文男(1982)霞ヶ浦流入河川の流出負荷量実態調査について-第1報 巴川の年間総流出負荷量の実測と調査方法の比較-, 第16回水質汚濁学会講演集, 254-255 .