

三河湾に流入する河川の栄養塩負荷算出法の提案と評価

豊橋技術科学大学大学院 学生会員 河渕智実

豊橋技術科学大学 正会員 井上隆信, 横田久里子, 松本嘉孝

1. 背景・目的

愛知県の三河湾湾奥は典型的な閉鎖性海域であり、毎年赤潮や青潮といった被害も多く発生するなど富栄養化が問題となっている。この富栄養化の原因の一つとして、河川からの栄養塩の流入が挙げられる。この栄養塩の流入源は、工場や家庭などの発生源が特定できる特定汚染源と、山林や農地等の発生源が特定できない非特定汚染源とに大別できる。このうち、特定汚染源からの負荷は、法令・下水道の整備等により減少傾向にある。一方、非特定汚染源からの負荷は、土地利用別や降雨時など詳細な調査から、これまでの推定値よりも高い値となることが示されている。そのため、閉鎖性水域の富栄養化に対する汚濁負荷量の制御や削減のためには、非特定汚染源からの栄養塩負荷量の把握が重要だと考えられる。

ここで、既往の研究より、非特定汚染源からの栄養塩負荷量は降雨に伴う流量増加時に大きくなることが報告されている。そのため、降雨時の負荷量を算定することは、栄養塩の年間負荷量を算出する上で必要不可欠であるといえる。そこで本研究では、三河湾湾奥へ流入する河川の栄養塩負荷量を評価するため、降雨時の影響を考慮した経験式を新たに提案し、既存の手法で算出した年間負荷量との比較を目的とする。

2. 研究方法

2.1 調査地点・調査期間・分析項目

本研究では三河湾流入河川のうち、豊川と梅田川を研究対象として選定した。両河川は、三河湾湾奥への総流入流量に占める当該河川流量の割合が大きい、既往研究において当該河川から大量の負荷量が発生していると評価されている、降雨時調査を含めた水質調査が数多く行われている、流量の連続データが得られているなどの特徴がある。分析には2008～2010年の毎月1回の調査、および2008～2011年に行われた降雨時調査の結果を用いる。測定項目はいずれもTN（全窒素）、TP（全リン）、流量である。なお降雨時調査の際には、降雨時に1時間に1回の

採水と流量測定を行った。

2.2 栄養塩負荷量の評価方法

これまでの年間栄養塩負荷量は、経験式であるLQ式にて算出されてきた。この式は、一般に広く用いられている方法で、流量と負荷量の関係を指数関数近似した式によって負荷量の算定を行う。

$$L = a \cdot Q^n \dots (式1)$$

L：負荷量 Q：流量 a, n：係数

流域毎に、観測値から a, n の係数を決定し、河川の流量データより未観測の負荷量のデータを求め、これを積算し年間流出負荷量の算定を行う。上記の計算方法は、長期間の時系列データをもとに、最適な因子と関数形の組み合わせを決定するため、降雨時流出のように急激な短期変動に追従できる構造になっていない。すなわち、季節変化のような長期変動への適用を目的としている。

図-1は梅田川における観測によって得られた流量と、水質分析によって求めたTN濃度と流量より求めた負荷量との関係を示している。流量の増加によりTN負荷量も増加していることがわかる。図-1中の式は、式1を梅田川のTN-LQ式である。LQ式による、観測値と計算値の決定係数は豊川、梅田川共に0.9を超える結果となった。ただ、晴天時と降雨時では、流量のみならず栄養塩濃度や負荷量も大きく変わり、その負荷の発生メカニズムも大きく異なることから、降雨時と晴天時とをわけて負荷量の算出

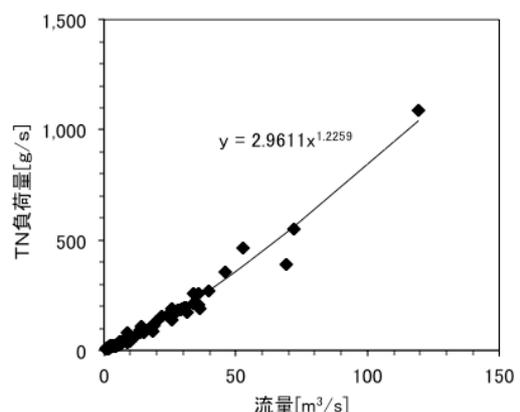


図-1 2010年の梅田川における流量とTN負荷量の関係

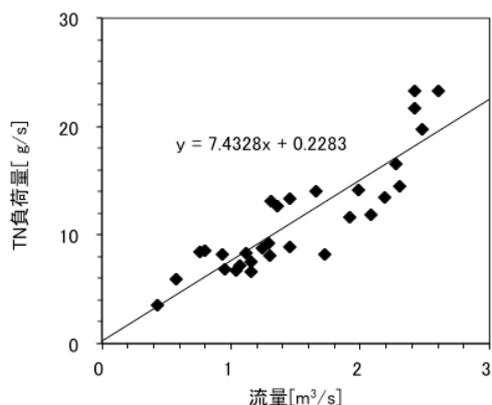


図-2 梅田川(晴天時)における流量と TN 負荷量の関係

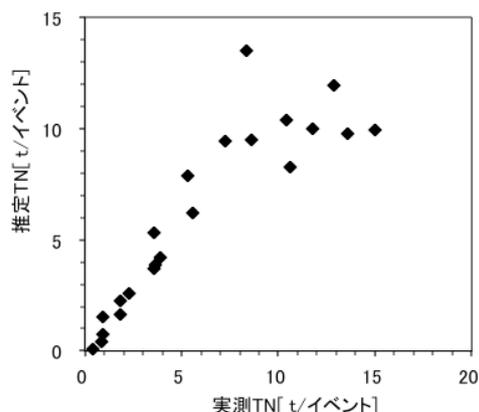


図-3 梅田川(降雨時)における実測値と推定値

をすることが望ましい。

今回提案するモデルは、晴天時と降雨時とを分離し、降雨時には降雨量と先行降雨日数を説明変数とした重回帰分析法を採用する。晴天時においては、流量と負荷量との単回帰より負荷量の算出を行うこととする。

3. 結果および考察

3.1 晴天時の負荷量算定式

梅田川における晴天時の流量および TN の関係を図-2 に示す。流量が増加すると TN も増加することがわかる。ここで両者の単回帰直線を求めた結果

$$L = 7.43 \cdot Q + 0.23 \cdot \dots \text{(式 2)}$$

となった ($R=0.88$, $p<0.01$)。以上より、晴天時における負荷量の算出には式 2 を使用する。

3.2 降雨時の負荷量算定式

本研究では、降り始めから終わりまでを一降雨とし、一降雨によって増加した流量と負荷量の関係を求めることとする。ここで、先行晴天日数が長く続くと汚濁物質が地表に堆積し、降雨時に流出する負荷量が高くなると考えられる。そのため、一降雨

表-1 2010 年における梅田川 TN の年間流出負荷量

晴天時負荷量	降雨時負荷量	総負荷量
[t/y]	[t/y]	[t/y]
396.58	77.41	473.99

の負荷量を流量と先行晴天日数を説明変数とした重回帰式を求めた。

$$L_{\text{event}} = m + p \cdot Q_{\text{event}} + q \cdot S \cdot \dots \text{(式 3)}$$

L_{event} : 1 降雨負荷量 Q_{event} : 1 降雨流量

S : 先行晴天日数 m, p, q : 係数

図-3 は梅田川における降雨時の式 3 によって求めた実測値と推定値との関係を示している。負荷量が小さな時は推定精度が高いといえるが、負荷量が大きくなると、実測値に比べ推定値が小さくなることがわかった。

3.3 年間流出負荷量

晴天時と降雨時における新たな負荷量算定式を用いて推定した、2010 年の TN 年間負荷量を表-1 に示す。この年の一降雨イベントは 34 回だった。晴天時は総負荷量の 84%、降雨時は総負荷量の 16%であった。一降雨イベントは年間の日数からするとかなり少ないにも関わらず、年間負荷量に占める割合が 16%であったことから、降雨時における負荷量が年間流出負荷量に与える影響は大きいと言える。

ここで、式 1 に示した LQ 式で年間流出負荷量を算出すると、2010 年の梅田川の TN 年間流出負荷量は 289.41[t/y] となった。この値は、式 2 および式 3 を用いて算出した年間流出負荷量に比べ 40%程度小さくなった。

4. 今後の課題

本研究では、晴天時と降雨時とを分離した負荷量算定式の提案と、既存の手法で算出した年間負荷量との比較を目的とした結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 降雨時の負荷量算定式として、流量と先行晴天日数の重回帰式による新たな算定手法を提案した。
- 2) 既存の算定手法と新たな算定手法によって得られた TN 年間負荷量を比較したところ、新たな算出法が既存の算出法より 60%程度大きくなった。