

光学的計測による河川流入負荷量推定の可能性

東京工業大学 学生会員 ○天田崇人
 東京工業大学 学生会員 善見憲二
 光市役所 國弘栄司
 東京工業大学 フェロー 石川忠晴

1. はじめに

湖沼の水質改善施策を立案する上で、流域から排出される汚濁負荷の定量的把握が必要となる。しかし出水時の汚濁負荷の時間変動は大きく、採水分析などで把握するのは相当困難である。そこで通常は汚濁負荷(L)を流量(Q)のみの関数とする簡便な方法(L-Q 式)が用いられてきたが、その精度は必ずしも十分でない。

一方近年、濁度や Chl-a を現場で計測できる光学的計測器が安価に供給されている。これらは汚濁負荷(COD, N, P 等)を直接計測するものではないが、流域ごとには水質項目間に一定の相関が期待されることから、これらを利用した汚濁負荷の簡易モニタリングの可能性が考えられる。そこで本研究では、霞ヶ浦に流入する 2 河川において現地観測を実施し、光計測結果と各種汚濁負荷の間の相関関係を検討した。

2. 現地観測

2.1 観測対象流域

本研究では、霞ヶ浦に流入する典型的な農耕地河川である恋瀬川と園部川を対象とした。なお、紙面の都合上、以下では主に恋瀬川について記述するが、基本的には園部川も同様であった。

2.2 光学的計測

光学的計測には Compact-CLW(アレック電子社製)を用いた。計測項目は濁度、Chl-a および水温である。なお、以下の検討で“濁度”と“Chl-a”と称するものは、光学的計測による“水質に関係するパラメータ”であり、厳密な意味での濁度および Chl-a の濃度ではない。

2.3 採水分析

平水時および出水時に採水を実施し、資料を冷蔵して持ち帰り、表-1 に示す項目について分析した。なお、分析方法は河川水質試験方法(案)に準拠した。

2.4 光学的計測および水質分析結果

表 1：水質分析項目

分析項目	記号	分析項目	記号	分析項目	記号
化学的酸素要求量	COD	溶解性有機態窒素	DON	総リン	T-P
溶解性COD*	DCOD	総窒素*	T-N	溶解性有機態リン*	DOP
有機態炭素*	TOC	亜硝酸態窒素	NO ₂ -N	懸濁性有機態リン*	POP
溶解性有機態炭素	DOC	硝酸態窒素	NO ₃ -N	懸濁性無機態リン*	PIP
浮遊物質量	SS	アンモニウム態窒素	NH ₄ -N	溶解性無機態リン	DIP
強熱減量	VSS	粒度組成	d _n		

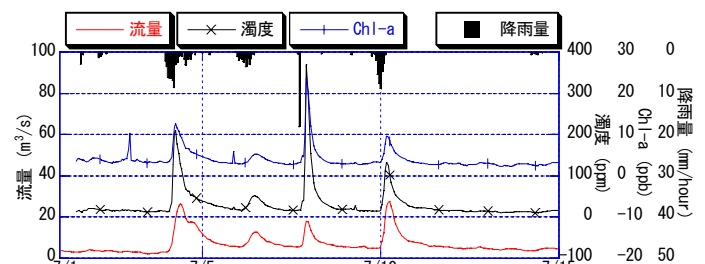


図 1：流量・濁度・Chl-a 時系列(恋瀬川)

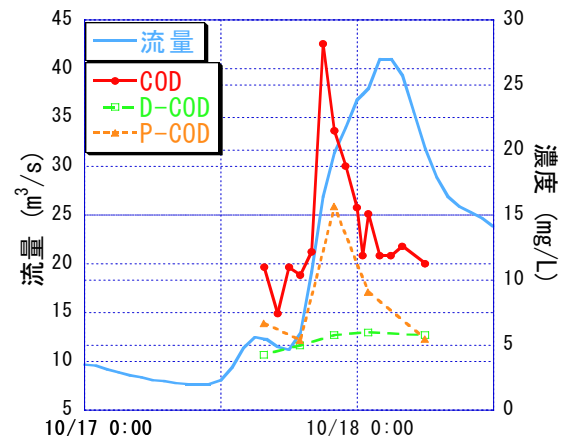


図 2：流量・負荷濃度の時間変動

光学的計測によって得られた濁度および Chl-a と流量の時系列の一部を図-1 に示す。流量・濁度・Chl-a とともに降雨出水時に大きな値となっているのが明らかである。また、採水分析により得られた出水時の負荷濃度の時間変動を COD を例として流量波形とともに図-2 に示す。出水の初期に懸濁性負荷濃度が大きく上昇し、流量がピークとなる時には減衰しており、負荷の変動波形と流量の変動波形に位相差が生じている。このため、先述した L-Q 式では負荷量の時系列を正確に推定できないと考えられる。そこで、異なる性質を持つ今回の光学的計測による計測結果と負荷濃度の時間変動の間の相関関係を検討した。

キーワード：河川流入負荷、光学的計測、流域特性、負荷の時系列

連絡先：〒226-8502 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259 G5-3 Email:tamada@depe.titech.ac.jp

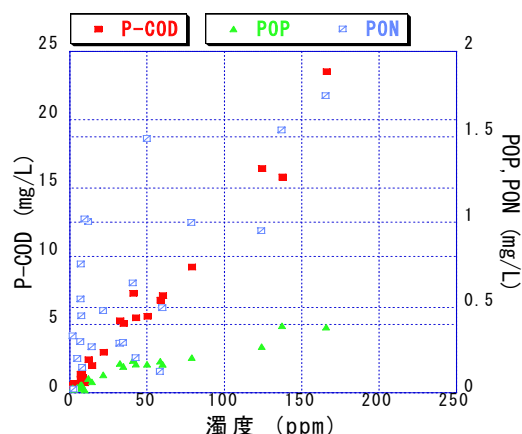


図3：懸濁性汚濁負荷の濁度依存特性

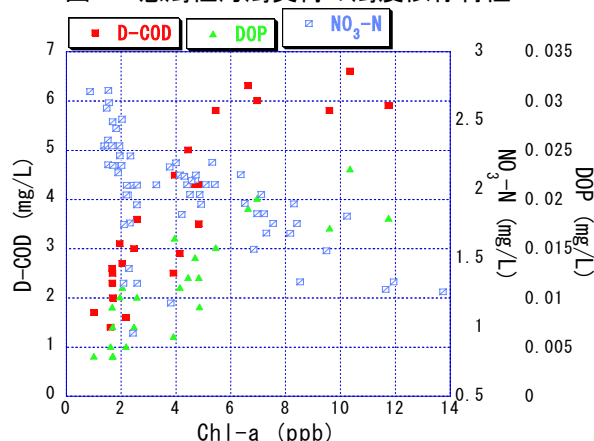


図4：溶溶性汚濁負荷のChl-a依存特性

3. 汚濁負荷量の推算

3.1 光計測値と負荷濃度の相関性

図-3，図-4に主な水質項目の濁度依存特性およびChl-a依存特性を示す。懸濁性負荷は濁度との相関が比較的高く，溶溶性負荷はChl-aとの相関が比較的高いという結果が得られた。特に主要な懸濁性負荷であるP-COD，POPは濁度とほぼ一価の関係を有している。

ただし，これらの相関は必ずしも直接的な相関ではないことに注意が必要である。例えば，NO₃-NはChl-aと負の相関を有しているが，その傾向は平水時と出水時で異なっている。これは，この流域の洪水流出において，例えば，農地からの流出と地下水流出といった成分の配分を介した見掛けの相関である可能性が高い。しかし，本研究では直接的な相関でなくとも，光学的計測結果と水質項目の間に流域固有の相関性があつた場合には，計測結果から負荷濃度を推定できるため，そのような相関性は有用であると考えられる。

3.2 負荷濃度推算および精度検証

上述の考え方にに基づき，本節では光学的計測結果と水質分析結果との相関について水質項目ごとの回帰式を作成し，負荷濃度の時系列を推定する。

負荷算定法として，まず負荷濃度を $Conc. = \alpha \cdot x_1^\beta + \gamma$ ある

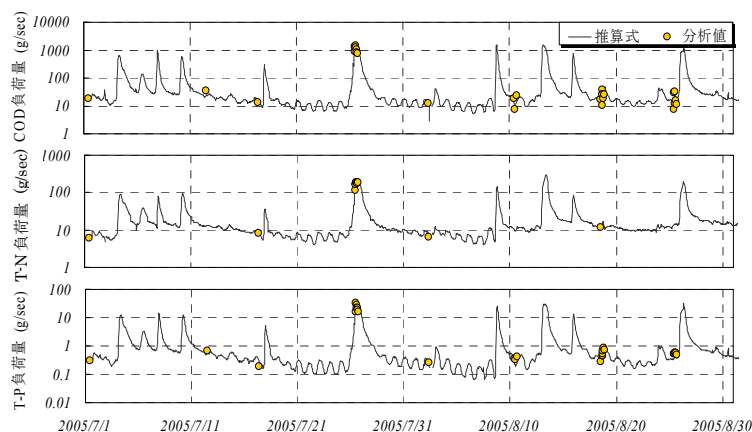


図5：負荷推定結果（恋瀬川7・8月）

いは定期観測により決定する季節毎の定数として算定する。ここで， $Conc.$ ：負荷濃度， α, β, γ ：係数， x ：推定指標（流量，濁度あるいはChl-a）である。また，必要に応じて閾値(η)を設け， η を超える範囲は $Conc. = \zeta \cdot x_2^\psi + \xi$ の形で回帰した。ここで， ζ, ψ, ξ ：係数である。そして，ある時刻での汚濁負荷量は，その時刻の負荷濃度に流量を乗じたものとして算定した。その結果の一部を分析値と共に図-5に示す。

本法とL-Q式の精度比較を行うために次式に基づき誤差を推定した。

$$\text{誤差} = \sqrt{\frac{\sum (\text{推定フラックス} - \text{水質分析値} \times \text{流量})^2}{N}}$$

まず，CODについては，L-Q式での推定による誤差に比して本法による誤差は恋瀬川，園部川で各々33%，69%に減少しており，またT-Pについても48%，56%に減少していた。T-N負荷量の推定においては，各々71%，73%に減少しており，他の2項目に比して精度の向上率は低いものの，若干の精度向上が認められた。

4. おわりに

本研究では，光学式水質計の出力値と水質分析結果の相関関係を調べることで，約半年間にわたり一定の回帰式を用いて，各種汚濁負荷量の時系列を比較的高精度で推定した。すなわち，時々回帰式の精度を確認するだけで，この計測から汚濁負荷の時系列を推定することが可能であり，流域の変化に応じた回帰式の更新も1年に1回程度で十分だと考えられ，本法は行政の行うモニタリングとしても成立するであろう。

参考文献

- [1] 山本浩一，二村貴幸，坂野章，日下部隆昭，末次忠司，横山勝英；濁度計による懸濁態栄養塩負荷推定に関する研究，河川技術論文集，第9巻，2003.6.