

B-29 森林流域における溶存有機炭素の 流出負荷量を推定するための回帰モデルの改良

○蓮見 修平^{1*}・江端 一徳²・西田 継³

¹山梨大学工学部 (〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11)

²山梨大学大学院 医学工学総合教育部 (〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11)

³山梨大学大学院 国際流域環境研究センター (〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11)

* E-mail: t11c052@yamanashi.ac.jp

1. はじめに

溶存有機炭素 (DOC) は生態系を支えるエネルギー源であるが、河川の自浄能力を超えると水質汚濁となる。その他に、DOC は重金属や微量化学物質、栄養塩の輸送媒体としての役割を持っている。中でも、森林内には各種の有機物の起源が存在し、さらに森林土壌には豊富に有機物が存在し、通常の河川よりも DOC の影響は広範囲かつ継続的に発揮される¹⁾。このため、森林流域における DOC の流出について研究する必要があると考える。物質の流出量の代表的な推定方法の一つとして、流量回帰法 (L-Q 法) があるが、この方法では出水イベント毎で回帰式が大きく異なり、推定精度に問題が生じることが指摘されている。そこで本研究グループでは、蛍光強度により DOC 濃度を回帰させる方法 (蛍光法) で DOC 負荷量を推定することを検討した。

2. 調査・分析方法

調査は山梨県北西部に位置する瑞牆山試験流域で行った。調査地は秩父山系西端に位置し、山梨県を南北に流れる塩川の上流部である。該当調査地上流部は人間活動が行われていないため人為影響が少なく自然状態の水の流動を考察することが可能である。植生は、ミズナラ、シラカンバ、カラマツ、モミが優先し、基岩は花崗岩である。年平均気温は 7.1℃、年降水量は約 1,150mm である。例年 10 月から 11 月にかけて落葉器となり 12 月下旬から 4 月上旬ごろまで林内は雪で覆われる²⁾。観測は 2007 年 1 月から 2009 年 12 月にかけて、流域面積 98ha の地点で流量、蛍光強度の計測と河川水の採水を行った。また、降雨時には自

動採水器 (ISCO 製 6712 型ウォーターサンプラー) を用いて 1 時間毎に河川水を採水した。観測地点を図-1 に示す。流量は水位-流量曲線を用いて算出し、水位データは 10 分間隔でデータロガー (日置電気製電圧ロガー3645) に記録した。蛍光強度と濁度はワイパー式クロロフィル濁度計 (JFE 製 COMPACT-CLW) を用いて 10 分間隔で観測した。採水した河川水はガラス繊維ろ紙 (whatman GF/F) でろ過を行い、全有機炭素計 (GE 社 Sievers900) を用いて炭素濃度を測定した後、蛍光強度及び流量との相関関係を調べた。

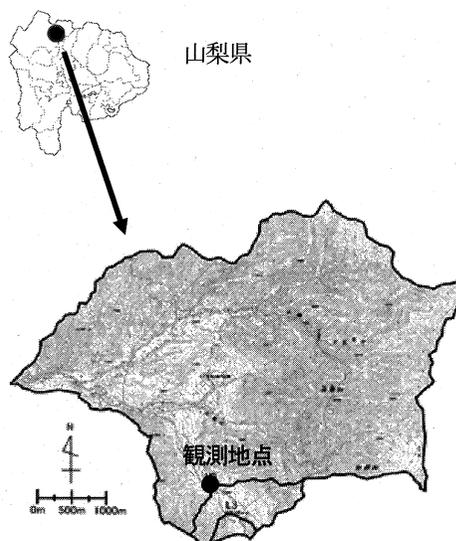


図-1 調査地概要

3. 結果と考察

図-2 に出水時の流量と DOC 濃度の関係 (C-Q 関係) の例を、図-3 に同時期の蛍光強度と DOC 濃度の関係 (C-F 関係) の例を示した。C-Q 関係、C-F 関係ともに DOC 濃度が出水ピーク前後で反時計回りに変動するヒステリシス (履歴) 現象が見られたが、C-F 関係ではその傾向が弱まるケースが多かった。ヒステリシス現象は、物質の状態が現在の条件ではなく過去の影響を受ける現象であり、しかも、無降雨期間や降雨量に左右されるため、定式化してこの現象を予測することは難しいと考えられる。従って、C-Q 関係と比べてヒステリシス現象が小さい C-F 関係は、回帰モデルの改良に役立つ可能性があると考えられる。

ここで、出水が大きくなると河床の粒子が巻き上がり、DOC 以外の物質に反応して蛍光強度を過大評価する可能性があることが過去の研究で報告されている^{3,4)}。そこで今回、濁度 70FTU 以上で、かつ、実測値と観測地の DOC 濃度の差が 2.5mg/L 以上になる部分をノイズと見なして削除し、その前後を線形補完し、新たに回帰式を作成した (修正蛍光法)。蛍光法及び修正蛍光法により作成された回帰式を図-4、図-5 に示す。修正蛍光法では回帰の精度が大幅に向上した。

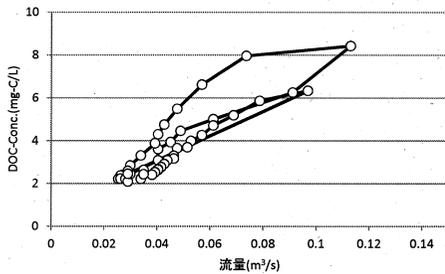


図-2 流量と DOC 濃度の経時変化の例
(2008年9月19日13:00～
9月23日20:00)

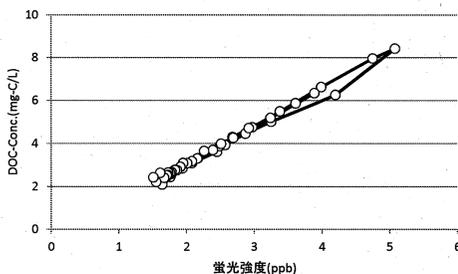


図-3 蛍光強度と DOC 濃度の経時変化の例
(同上の降雨イベント)

次に、L-Q 法、蛍光法、修正蛍光法による DOC 負荷量を実測が存在する出水期間で推定し、実測値と推定値の誤差を平均 2 乗誤差 (RMSE) で表した (表-1)。出水イベント時のサンプリングは 1 時間毎に行ったが、DOC 濃度は 1 時間の間でほぼ変化しないと仮定し、流量と掛け合わせて 10 分間毎の DOC 負荷量を算出した。解析に用いた出水イベント数は、2007 年は 12 回、2008 年は 6 回、2009 年は 8 回である。全ての年で修正蛍光法が最も誤差が少なく DOC 負荷量が推定できることが分かった。

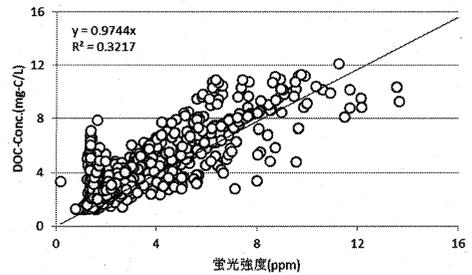


図-4 蛍光法による回帰式
(2007年～2009年)

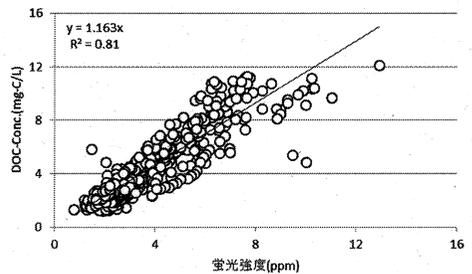


図-5 修正蛍光法による回帰式
(2007年～2009年)

表-1 各推定法における推定誤差

年度	誤差 (RMSE)			イベント数
	L-Q 法	蛍光法	修正蛍光法	
2007	0.36	0.70	0.12	12
2008	0.33	0.20	0.17	6
2009	0.24	0.49	0.06	8
平均	0.32±0.76	0.58±6.96	0.12±0.133	—

回帰法による負荷量計算では、データ数が多いほど回帰式の上下に均等にデータが分布し、見かけ上の誤差が小さくなる場合がある。今回の解析では、3種の回帰法による誤差は明らかに差があったものの、負荷量はいずれも平均22kg/ha/year前後という結果になった。しかし、ある流域で回帰モデルを適用する際に、本研究の様な長期かつ高密度のデータを準備することは現実的ではなく、短期間の限られた頻度の調査でより高精度の回帰モデルを作成する必要があるであろう。今回の修正蛍光法による回帰モデルの改良は、この問題の解決に貢献する有力な選択肢の1つである。

4. まとめ

森林河川でDOC流出負荷量の回帰モデルによる推定を試みた。降雨イベント毎に見ると、DOC濃度との相関関係は、流量よりも蛍光強度の方が強くなることが分かった。高濁度時の蛍光強度の過大評価を補正することで、従来のL-Q法よりも小さい誤差でDOC負荷量を推定する方法を提案した。今後は、クロロフィル濁度計の波長以外の波長での蛍光強度の検討とともに、上述のサンプリング回数と推定精度の関係の解析を、本格的に進める予定である。

参考文献

- 1) 西田継、森林流域における溶存有機物の生成と流出、日本水環境学会誌 Vol.34, No.5, pp.145-150, 2011
- 2) 芳賀和弘、西田継、藤田晶史、坂本康、水環境学会誌 Vol.30, No.4, pp.213~218, 2007
- 3) 和田雅史、森林河川における形態別炭素流出量の推定、平成20年度卒業論文、2008
- 4) 大野陽平、山地河川で溶存有機炭素の流出負荷量を推定するための回帰モデルの改良、平成24年度修士論文、2013