

## 河川水質モデルのパラメータ決定に水質観測頻度が与える影響に関する研究 Study on effects of water quality observation frequency on parameter estimation of loading and solute concentration model

○山本楓子<sup>1</sup>, 田中丸治哉<sup>1</sup>, 多田明夫<sup>1</sup>, 渡辺浩二<sup>2</sup>

○Fuko YAMAMOTO, Haruya TANAKAMARU, Akio TADA and Koji WATANABE

**1. はじめに** 筆者らは、水質データが高頻度で観測されている山林小流域に流出負荷量もしくは水質濃度を推定する河川水質モデルを適用し、妥協計画法でパラメータを決定することで、水量・水質の再現性を両立させたモデルが得られることを示した（渡辺ら<sup>1)</sup>、田中丸ら<sup>2)</sup>）。しかしながら、高頻度の水質観測は一般的ではなく、そのようなデータが利用できるケースは稀である。本研究では、水質データの観測頻度を10分間隔から2週間間隔まで変えたとき、河川水質モデルによる流出負荷量、水質濃度の再現性がどれほど変化するかを調べることで、水質観測頻度がパラメータ決定に与える影響を検討する。

**2. 対象流域と解析資料** 奈良県五條市の山林小流域（12.14ha）を対象とする。流量、雨量データには2007年5月～2011年4月の10分間隔データを、蒸発散量には五條の日単位気象データをもとにPenman式で推定したものをを用いた。水質データにはFIP水質観測システム<sup>3)</sup>によって15分間隔で観測された2009年6月～2011年4月のナトリウムイオン濃度を線形補間で10分単位に変換したものを使用した。なお、全期間を同定期間とした。

**3. 河川水質モデルとその最適化** 既報<sup>1,2)</sup>と同様、河川水質モデルには、長短期流出両用モデル（LST-II）の4流出成分に対してべき乗型LQ式（ $L = \alpha Q^\beta$ ,  $L$ : 流出負荷量,  $Q$ : 流量,  $\alpha, \beta$ : 係数）もしくはべき乗型CQ式（ $C = \alpha Q^\beta$ ,  $C$ : 水質濃度）を導入したモデルを用いる。決定すべきパラメータは22個であるが、これらの決定には妥協計画法<sup>4)</sup>を適用した。妥協計画法では、流量最重視のパラメータ、水質最重視のパラメータをそれぞれ決定した後、両パラメータによる再現誤差から求めた理想解に最も距離が近い妥協解を目的関数空間上で探索することで、流量と水質の再現性を両立させたパラメータを得る。誤差評価関数には平均二乗誤差平方根RMSEを用い、その最小化にはSCE-UA法を用いる。

**4. 高頻度水質データを使用した際の同定結果** まず、最も高頻度な10分間隔の水質データに基づいて同定した。妥協解のパラメータによる再現性を見ると、河川流量の再現性は流量最重視のパラメータによる再現性に近く、水質（流出負荷量もしくは水質濃度）の再現性は水質最重視のパラメータによる再現性に近いことから、河川流量と水質濃度の再現性を両立させたパラメータであることが確かめられた。

**5. 水質観測頻度を低下させた際の同定結果** 次に水質観測頻度の間隔を1日、1週間、2週間に低下させ、妥協計画法でパラメータ同定を行う。利用できるデータの個数は、欠測データを除いてそれぞれ71,304個、495個、71個、33個となる。その際、河川流量は10分間隔のデータが利用できるものとした。パラメータを同定した後の再現性評価に際しては、流量、水質ともに10分間隔のデータに基づいて再現誤差の評価を行った。妥協解のパ

1 神戸大学大学院農学研究科, Graduate School of Agricultural Science, Kobe University

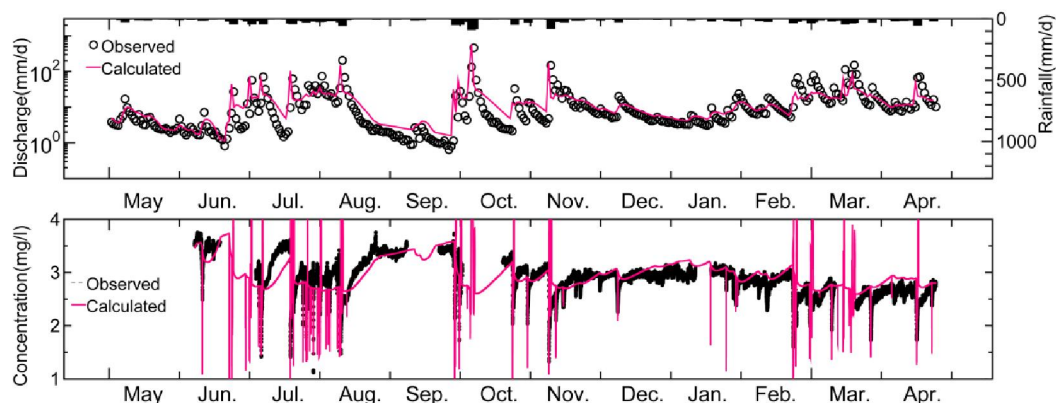
2 八千代エンジニアリング(株), Yachiyo Engineering Co, Ltd.

キーワード: 長短期流出両用モデル, LQ式, CQ式, 妥協計画法, SCE-UA法

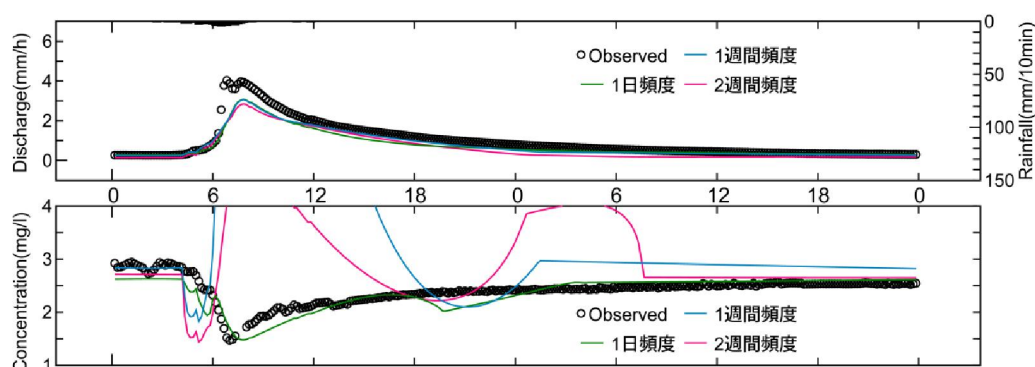
ラメータに対する RMSE と RE (相対誤差) を示す. これによると, 流出負荷量推定モデル, 水質濃度推定モデルのいずれについても, 水質データの観測間隔が 1 日の場合は 10 分間隔の場合と比べて再現性にあまり大きな違いはないが, 1 週間, 2 週間の場合は, 再現性がかなり悪化する. 河川流量の再現性も悪化しているのは, 妥協計画法を適用して流量・水質の再現性を両立させようとした影響である. **Fig.1** に 2 週間間隔とした場合の水質濃度の再現結果を, **Fig.2** に 1 日, 1 週間, 2 週間間隔とした場合の出水時における水質濃度の再現結果を示す. 水質観測頻度を低下させると, 特に出水時の水質濃度の再現性が大きく悪化することが分かる. 今後はモデル再現性を悪化させない観測方法を検討したい.

**Table 1** 水質観測頻度とモデル再現誤差の関係  
Relationship between frequency of water quality observation and simulated model error

水質観測頻度	流出負荷量推定モデル				水質濃度推定モデル			
	河川流量		流出負荷量		河川流量		水質濃度	
	RMSE (mm/h)	RE (%)	RMSE (g/ha/10min)	RE (%)	RMSE (mm/h)	RE (%)	RMSE (mg/l)	RE (%)
10 分	0.0786	32.87	0.1836	25.59	0.0848	39.70	0.1653	4.27
1 日	0.0776	42.16	0.2064	28.97	0.0827	40.96	0.1738	4.38
1 週間	0.0811	59.01	1.4559	34.52	0.0820	41.31	0.6845	7.58
2 週間	0.0830	57.98	0.3476	37.83	0.0957	60.55	0.3626	6.78



**Fig.1** 2 週間間隔の水質データに基づく日流出高と水質濃度の再現結果 (2009 年 5 月～2010 年 4 月)  
Simulation result of daily runoff and concentration by using water quality data of every 2 weeks



**Fig.2** 出水時の流出高と水質濃度の再現結果 (2009 年 8 月 11 日～8 月 12 日)  
Simulation result of flood runoff and concentration

引用文献 1) 渡辺ら：応用水文, No.26, pp.72-81, 2014, 2) 田中丸ら：平成 26 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, pp.612-613, 2014, 3) Tada *et al.*：水文・水資源学会誌, Vol.19, No.6, pp.445-457, 2006, 4) 田中丸・藤原：農業土木学会論文集, No.241, pp.107-115, 2006