

面源負荷量の和と差についての考察 Consideration of gross and net value of nonpoint loads

○多田 明夫*・田中丸治哉*

○Akio TADA* and Haruya TANAKAMARU*

1.はじめに 面源から排出され、河川を流下する物質の総量である流出負荷量に関して、我々はその不偏推定法と区間推定法を開発した。この手法はべき乗型 LQ 式を用いた負荷量計算法 (rating curve method, RCM) と重点的サンプリング (Importance sampling) に基づいており、これを RCM+IS 法と呼ぶことにする。この方法によれば、単独河川を流下する物質の総量を、推定される負荷量の大きさに比例した確率でサンプリング (sampling probability proportional to size; PPS sampling) された水質試料と、高頻度の流量観測値を用いて適切に推定できる。我々としては、まだ推定効率に改善の余地はあるものの、基本的に単独の河川・集水域からの流出負荷量の推定法は確立できたものと考えている。

次の課題として、単独河川ではなく、複数の河川が流入する水域への総流入負荷量 (gross load) の推定の問題を考える必要がある。例えば、特定の年度に琵琶湖に流入する汚濁物質の総量の推計がこれにあたる。もう一つの課題は、ある系に対する正味の負荷量の変化、すなわち差し引き排出負荷量 (net load) の推計に関わる問題である。これは、例えば水田群が汚濁負荷を削減しているのか、それとも増大しているか検討するために、比較的よく検討される数値である。これらの値を推定する際に、単に個別に得られた単位河川の負荷量の推定量の合計を総流入負荷量としたり、あるいは系への流入・流出負荷量の差を差し引き排出負荷量とすることに問題は無いのか、というのが本報告の問題提起である。この問題を、総流出負荷量・差し引き排出負荷量の推定の問題として検討してみたい。

2.方法論 今、簡単のため、2つの河川 A, B の面源負荷量の点推定量が \hat{L}_A, \hat{L}_B であり、それぞれの 95%信頼区間が $(\hat{L}_{A,2.5\%}, \hat{L}_{A,97.5\%})$, $(\hat{L}_{B,2.5\%}, \hat{L}_{B,97.5\%})$ であつたとする。いま、この2河川が流入する湖沼があつて、その湖沼への合計の総流入負荷量の点推定量を考えると、この値は $\hat{L}_A + \hat{L}_B$ にはならない。またある系 C があり、その系への流入河川が A, 系からの流出河川が B だと仮定する。この場合、系 C の差し引き排出負荷量は $\hat{L}_A - \hat{L}_B$ にはならない。またこの2つの河川の信頼区間を用いて、総流入負荷量や差し引き排出負荷量の信頼区間を定めることはできない。これは、両河川の流量が独立に発生していないことに起因する。LQ 式で考えると、独立な分布を仮定して良いのは回帰式周りの残差なのであつて、LQ 式による瞬間推定負荷量 \hat{l}_i は、河川流量 q_i が A・B 両河川で何らかの相関を持って発生しているので、両者の対応を考えて推定量を構成する必要がある。

実際に、奈良県五條市の小山林流域 (12.14ha) で 2016 年度に 2 日に 1 度の定期観測で収集された全窒素の LQ 式 ($\ln \hat{l}_i = 0.373 + 1.17 \ln q_i$, 対数空間での回帰の残差分散 0.387) を例に考える。この回帰式をもとに、正規乱数を用いて、残差が $N(0, 0.387)$ に従い、LQ 式が測定結果の式と一致するような模擬負荷量の時系列を、2009~2011 年期間中の約 2 年間の

(所属) *神戸大学大学院農学研究科, Graduate school of agricultural science, Kobe university

(キーワード) 面源, 負荷量, 区間推定, 差し引き排出負荷量, 総排出負荷量

流量データ（10分値）から発生させる。河川 A の流量と負荷量のデータとしてはこの値をそのまま用い、河川 B のデータとして、12時間だけ時間をずらしたデータを利用する。このようなデータであれば、総流入負荷量は河川 A の真値（10分間瞬間負荷量の合計値）の2倍、差し引き排出負荷量はほぼゼロになるはずである。

この条件で、2つの河川のデータセットが独立と仮定した場合（independent）と、流量の発生時刻の対応を考慮した場合（corresponding）のそれぞれに対して、総流出負荷量と差し引き排出負荷量の点推定と区間推定を行った。前者は bootstrap-t 法により得られた個々の bootstrap 標本推定量から独立に抽出した推定量の和と差の分布を調べることで、後者は和と差の瞬間負荷量を用いた RCM+IS 法により推定された。推定量を計算するための標本数は 50 とし、推定量の分布を得るための評価回数は 2,000 回とした。

3. 結果および考察 \hat{L}_A , 総流出負

荷量, 差し引き排出負荷量の点推定量, 信頼限界の分布を Fig.1 に示した。

またそれぞれのケースの 95%信頼区間の被覆確率の値を Table 1 に示した。

これらの結果より、流量の同時発生を考慮しない場合は、考慮した場合よりも推定量や信頼限界の分布のばらつきの幅が大きくなる上に、被覆確率が小さくなってしまふことが示された。このことより、個々の河川の推定量からは適切に総流出負荷量や差し引き排出負荷量を構成することができないことが示された。この結果は、流域単位での水質汚濁管理や水田の汚濁の浄化などを検討する際に重要な意味を持つと考えている。また適切な推定のためには、個別の推定量では無く、流量データ, LQ 式, 回帰の残差分散が必要となる。

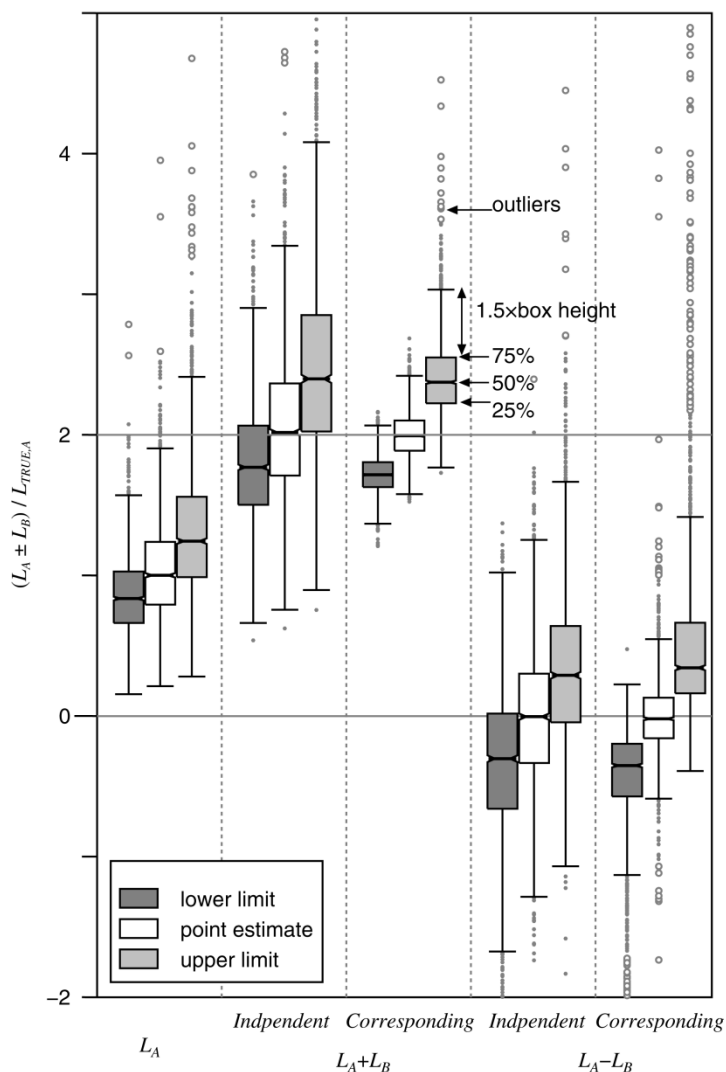


Fig.1 総流出負荷量, 差し引き排出負荷量の推定量の分布
Box-whisker plots of point estimates and confidence limits for gross and net loads

Table 1 推定量の被覆確率 p (%) coverage rates p (%)

	Gross load		Net load	
	Independent	Corresponding	Independent	Corresponding
p	46.2	94.2	46.1	89.8