

盛川及び気仙川から湾への栄養塩類の負荷について

岩手大学 工学部 学生会員 ○伊藤俊

岩手大学 工学部 正会員 笹本誠 石川奈緒 伊藤歩 海田輝之

1. はじめに

岩手県沿岸域では養殖業をはじめとした水産業が盛んであるが、その豊かな水産資源は河川から流入する栄養塩類などの種々の物質により育まれている。また、河川の水質は沿岸域の生態系へ大きな影響を与えている。本研究では、岩手県沿岸域の7つの湾に流入する11河川を対象に、水質に関わる項目について現地調査を行うと共に、盛川と気仙川についてタンクモデルを用いて降水量から流量の予測を行った。さらに、2つの河川から湾へ流入する栄養塩類を算定した。

2. 調査地点および調査項目

本研究では、図-1に示す11河川を対象とした。調査は2013年6月～2015年11月に計11回行った。採水は各河川の非感潮部の流心で行った。調査項目は流量、水温、pH、電気伝導度、SS、DO、BOD、T-N、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、T-P、PO₄-P、Si、重金属類、大腸菌群数、大腸菌数である。なお、流量はプロペラ式流速計による一点法によって測定した。Si及び重金属類は河川水質試験方法(案)に従って前処理を行った後、ICP発光分析装置とICP質量分析装置で測定した。また、盛川と気仙川から湾への栄養塩類負荷量は、タンクモデルを用いてアメダスの雨量と岩手県による水位流量曲線から毎日の流量を推定し、流量と負荷量との回帰式より算定した。



図-1 調査対象河川
(本流のみ図示)

3. 結果と考察

3.1 水質特性

pH、DOについては全河川・全時期で環境基準値 AA 類型を満たしていた。SSについては2015年9月の豪雨時の調査を除いては AA 類型を満たしていた。BODはほぼ全ての河川で AA～A 類型を満たしていた。大腸菌群数はほぼ全ての河川で A～B 類型であったが、2015年9月の豪雨時は C 類型以下の河川が多かった。Cd、Pb、As 濃度はそれぞれの環境基準値 3 µg/L、10 µg/L、10 µg/L 以下をほぼ全ての河川で満たしていた。Si 濃度は平均 5.4 mg/L であった。

3.2 栄養塩類及び Si 負荷量

気仙川と盛川における栄養塩類 (T-N、T-P) と Si 負荷量を算出し、流量との相関を検討した。T-N、T-P については調査データの他に岩手県によるデータ (2011 年 6 月～2013 年 12 月) も用いた。図-2、3 に各元素の負荷量と流量の相関を両対数グラフで示した。各回帰曲線 $L=kQ^n$ (L : 負荷量、 k : 定数、 Q : 流量、 n : 定数) の n の値は気仙川で T-N: 0.816、T-P: 1.119、Si: 1.673、盛川で T-N: 0.885、T-P: 0.787、Si: 1.524 であった。この値から河川への流出特性を予測した。

T-N はどちらも $n < 1$ であり、天候などに関わらず一定の負荷が流域から河川に排出されていると思われる。

Si はどちらも $n > 1$ であり、流量が増加すると濃度も増加する掃流型物質であると考えられる。

T-P は気仙川が $n > 1$ で、盛川が $n < 1$ である。気仙川では盛川に比べて固形物に付着しての流出が多いと予想される。

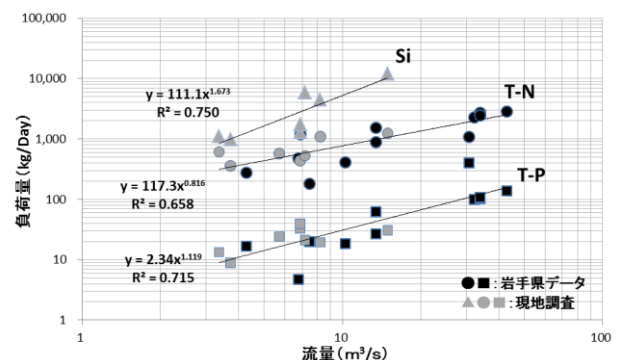


図-2 負荷量 (気仙川)

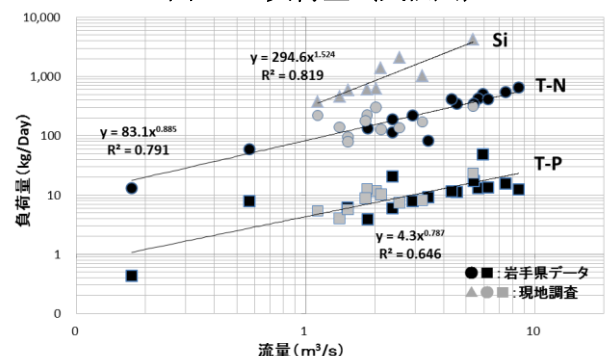


図-3 負荷量 (盛川)

キーワード: 栄養塩類 負荷量 タンクモデル 河川水質

連絡先: 岩手大学 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田 4-3-5、TEL:019-621-6449)

3.3 流量と栄養塩類及び Si 負荷量の予測

気仙川について、図-4 のタンクモデルを用いて、アメダスによる雨量データから流量の予測を行った。タンクモデルの係数決定のために岩手県による水位流量曲線により求めた流量と予測値との比較・検討を行った。グラフによる比較だけでなく、D. N. Moriasi ら¹⁾による流量予測モデルの評価基準 ($NSE > 0.5$ 、 $RSR \leq 0.70$ 、 $PBIAS : \pm 25 \%$) も用いた。各相関値は式 (1) ~ (3) により与えられる。

$$NSE = 1.0 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{obs,i} - Y_{cal,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_{obs,i} - Y_{obs_mean})^2} \right)$$
 (1)

$$RSR = RMSE / STDEV_{obs}$$

$$= \left(\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_{obs,i} - Y_{cal,i})^2} \right) / \left(\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_{obs,i} - Y_{obs_mean})^2} \right)$$
 (2)

$$PBIAS = \left(\sum_{i=1}^n (Y_{obs,i} - Y_{cal,i}) \times 100 / \sum_{i=1}^n (Y_{obs,i}) \right)$$
 (3)

ここで、 n : データ数、 $Y_{obs,i}$: 時間 i における観測値、 $Y_{cal,i}$: 時間 i における予測値、 Y_{obs_mean} : 観測値の平均である。

その結果、気仙川では $NSE : 0.62$ 、 $RSR : 0.62$ 、 $PBIAS : -0.56$ で基準を満たし、図-5 に示す通りタンクモデルによる計算流量は実際の流量を比較的良く再現することができた。盛川についても同様の操作を行い、 $NSE : 0.62$ 、 $RSR : 0.61$ 、 $PBIAS : 7.80$ で基準を満たした。しかし、どちらの河川も降水量の多いときには過大予測がみられたため改良が必要だと考えられる。

次に、この計算流量から、流量と負荷量の回帰式 (図-2、3) を用いて年間負荷量を算定し、表-1、2 に示した。気仙川の 2014 年の流量が他の年に比べて大幅に多いのは、降水量が多かったことに加え、流量の過大予測が多かったことが原因だと思われる。

季節ごとに比較を行うと、気仙川・盛川ともに冬 (1~3 月) の流量が少なく、春 (4~6 月) と秋 (10~12 月)

は同程度、夏 (7~9 月) の流量が多くなっていた

(気仙川: 春 26%、夏 34%、秋 29%、冬 11%、盛川 : 春 30%、夏 32%、秋 31%、冬 7%)。これは、冬季の降水量の多くが積雪として流域内に留まることや、夏季に梅雨前線や台風により降水量が多いことが影響し

ていると考えられる。また、栄養塩類負荷量の季節ごとの割合は流量とほぼ等しく、掃流型物質である Si 負荷量は流量の多い時期はより多く、流量の少ない時期はより少ない結果となった。

4.まとめ

現地調査を行った河川の水質は、大腸菌群数と 2015 年 9 月の調査時の水質を除けば、ほぼ全てで環境基準を満たし、良好な結果であった。盛川及び気仙川については栄養塩類などの負荷量と流量の回帰式の算定、タンクモデルによる降水量から流量の予測を行った。これにより、アメダスの降水量データから湾への栄養塩類などの負荷を予測できるようになった。しかし、予測の精度についてはまだ改善の余地があると思われる。

[参考文献] 1) Moriasi, D.N. et al., Transactions of the ASABE, 50 (3), 885-900, 2007

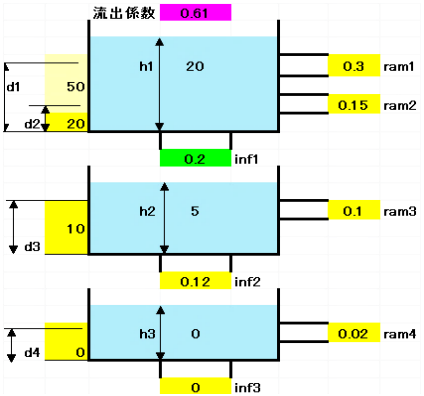


図-4 タンクモデル (気仙川)

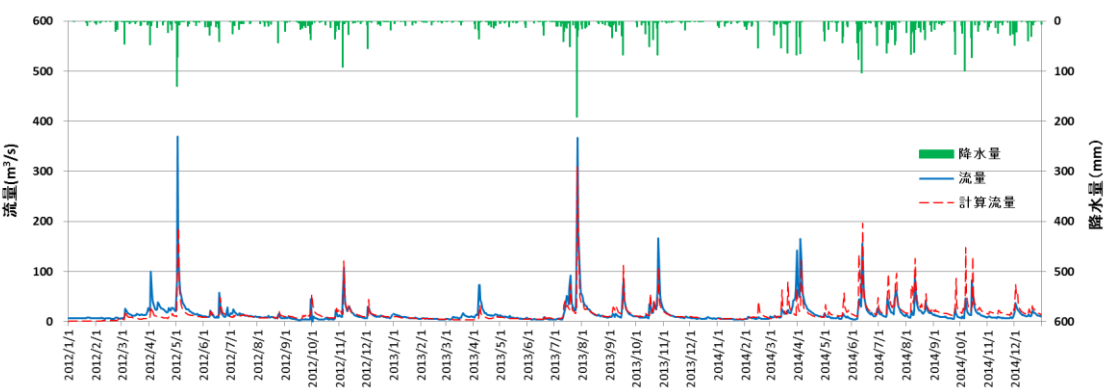


図-5 ハイドログラフ (気仙川)

表-1 年間負荷量 (気仙川)

年	流量 (m³/year)	TN (t/year)	TP (t/year)	Si (t/year)
2012	3.76×10 ⁸	305	14.5	4488
2013	4.08×10 ⁸	319	16.2	6064
2014	7.20×10 ⁸	527	29.5	10931

表-2 年間負荷量 (盛川)

年	流量 (km³/year)	TN (t/year)	TP (t/year)	Si (t/year)
2012	1.75×10 ⁸	161	6.2	2182
2013	1.37×10 ⁸	134	4.6	1329
2014	1.68×10 ⁸	159	5.8	1791