

国内のダム湖における流入河川の水質と流域背景に関する統計的評価

東北大学大学院工学研究科 学生会員 ○桑原 亮
東北大学大学院工学研究科 正会員 梅田 信

1. はじめに

湖沼は河川に比べて閉鎖的であるため、水質汚濁や富栄養化が進行しやすい環境にある。一方、ダム湖は日本における水道水源のほぼ半分を担うなど、非常に重要な水資源である。そのため、将来にわたり水を安定的に供給していくためには、ダム湖の水質管理が重視すべき課題である。

ダム湖の水質は流入河川の影響が支配的であり、集水域の環境条件が河川水質に与える影響を評価することは重要な課題である。本研究では、日本国内の多数のダム湖を対象に、流入河川の栄養塩（総リンおよび総窒素）と流域背景との関係を統計的に評価した。

2. 研究方法の概要

2.1. 対象ダムの選定

対象ダムの地理的分布を図-1に示す。ダム湖の水質悪化が進行すると、上水道の利用に影響を与えると予測される。また、水質と流域背景の関係を検討するために用いるデータが十分に入手可能な必要がある。このことから、国土交通省および水資源機構が管理し、利用目的に上水道がある多目的ダムのうち、流入河川の栄養塩濃度の実測値が得られた65のダムを対象とした。

2.2. 流入河川の栄養塩濃度の算出

流入河川の栄養塩濃度は、ダム管理者である国土交通省または水資源機構¹⁾が測定した値から求めた。基本的には1990年代のデータを平均しているが、測定期間が限られているものが多く、対象期間に差異が生じてしまった。

2.3. 流域背景の解析

本研究では、GISを用いて、ダム湖の集水域の生成および流域背景の解析を行った。集水域の生成には、国

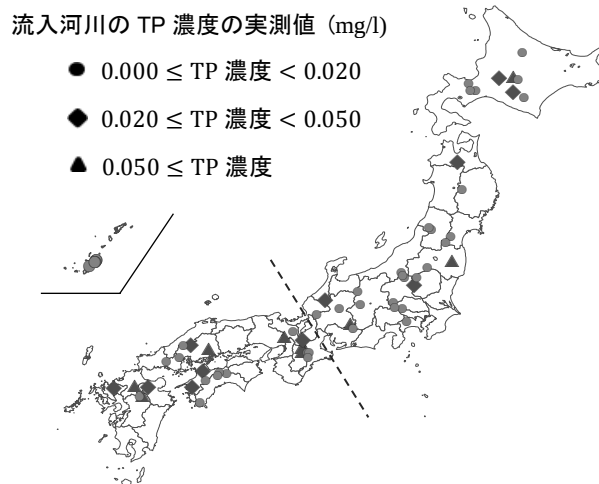


図-1 対象ダムの地理分布と河川水質

土交通省の基盤地図情報のうち、10m メッシュの数値標高モデル (<http://fgd.gsi.go.jp/download/>) を用いた。

ダム湖の流域人口は、花崎ら²⁾の社会経済シナリオに基づいて作成された2010年の人口シナリオデータを用いた。土地利用形態の抽出には、国土交通省が提供している国土数値情報 (<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>) の土地利用細分メッシュデータを使用した。ただし、土地利用データは、1997年もしくは2009年に作成されたもののうち、流入河川の栄養塩濃度データと近い年のものをダムごとに選択している。

2.4. 栄養塩負荷量の解析方法

流入負荷量は、流入水量と栄養塩濃度の積である。栄養塩の流出には降水が大きく関係する³⁾ことや、予測の際に気候変動の影響も考慮可能であることから、式(1)による負荷量の検討も行う。

$$L = CA \times R \times C \quad (1)$$

ここで、 L は栄養塩負荷量の計算値、 CA は集水面積、 R は降水量、 C は栄養塩濃度である。目的変数 L は、水文水質データベース (<http://www1.river.go.jp/>) の流入水量

の実測値と、栄養塩濃度の実測値から算出した。説明変数 R は、国土数値情報の平年値メッシュデータ (<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>) の年間降水量である。 C は回帰分析で作成した式による推定値である。

3. 結果と考察

3.1. 流入河川の栄養塩濃度

本節の解析は、間接集水域を含まない 52 ダムで行ったものである。表-1 に、栄養塩濃度と人口密度および土地面積率の相関係数を示す。表-1 の結果に基づいて重回帰分析を行い、流入河川の年平均 TP 濃度を推定する回帰式を作成した。変数選択法には変数増減法を採用し、変数の採否基準として F 値を有意確率に換算した P 値 0.05 を用いた。

$$P_c = 0.009 + (2.7 \times 10^{-4} D_p) + 0.14 R_a \quad (2)$$

ここで、 P_c は流入河川の平均 TP 濃度 (mg/l), D_p は人口密度 (人/km²), R_a は農地の割合である。決定係数は 0.77 であり、比較的高い再現性を確認した。

次に、総窒素についても上記と同様の手法で検討を行い、推定式(3)を作成した。

$$N_c = 0.27 + 0.05 R_a \quad (3)$$

ここで、 N_c は流入河川の平均 TN 濃度 (mg/l), R_a は農地の割合である。決定係数は 0.55 と、TP 濃度の推定式(2)よりも低い結果となった。再現性が悪い原因として、流入河川が複数存在するダム湖において、河川の TN 濃度が大きく異なる場合でもまとめて平均をとっていることなどが考えられる。

3.2. 流入河川の栄養塩負荷量での検討

2 章 4 節に記した方法により、年間流入負荷量に関して検討した。ここでは、TN 負荷量の式(4)のみを示す。

$$N_L = 0.615 \times A \times R \times (0.27 + 0.05 R_a) \quad (4)$$

ここで、 N_L は年間 TN 負荷量 (kg/年), A は集水面積 (km²), R は年間降水量(mm/年)である。図-2 は、式(4)の再現性を両対数グラフで比較したものである。再現の精度を示す決定係数は 0.93 である。また、気候因子である降水量と、人為的な因子の農地の 2 つが変数に含まれているため、将来予測をする際にはより信頼性の高い結果が得られると考えられる。

表-1 流入河川の栄養塩濃度と流域背景の相関

	TP 濃度	TN 濃度	人口密度	農地	森林
TP 濃度	—	—	—	—	—
人口密度	0.84	0.61	—	—	—
農地	0.82	0.64	0.77	—	—
森林	-0.73	-0.44	-0.69	-0.82	—
建物用地	0.78	0.59	0.92	0.81	-0.72

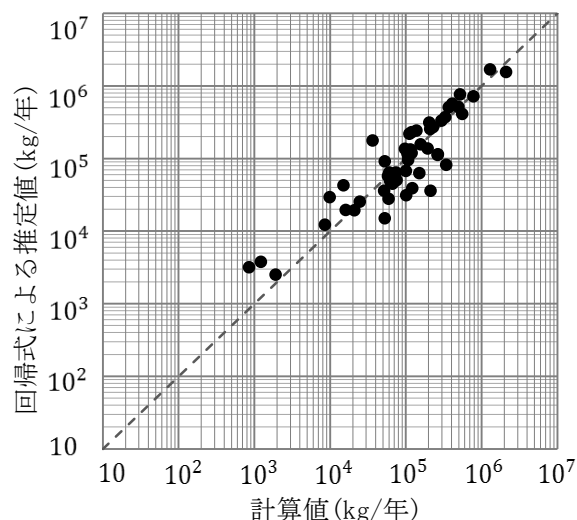


図-2 年間 TN 負荷量の再現性比較

4. おわりに

国内の多数のダム湖を対象に、流域背景から栄養塩の流入負荷を推定する式を作成した。今後は、これらの式から推定した将来の流入負荷を入力値として、湖内水質を予測していく。

謝辞: 本研究は、環境省の環境研究総合推進費 (S-8-1(3)) の支援により実施された。

参考文献

- 1) 独立行政法人 水資源機構：水質年報。
- 2) 花崎直太・高橋潔・脇岡靖明：日本の温暖化影響・適応策評価のための気候・社会経済シナリオ，環境科学会誌，25(3)，223-236，2012。
- 3) 山田俊郎，清水達雄，井上隆信，橘治国：降雨時における森林集水域からの水質成分負荷流出特性，環境工学研究論文集，vol.36，217-224，1999。