

国内のダム湖に流入するリン濃度と集水域環境に対する統計的評価

東北大学工学部 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、生活用水や飲料水を将来安定して供給するためには、ダム湖の水質維持が不可欠である。

また、近年、富栄養化現象の原因の一つである河川からの流入リンは、点源負荷量は減少傾向にあるものの、面源負荷量の割合は増加している¹⁾。したがって、湖沼の水質改善を図るためには、農地や市街地などの面源負荷に関して研究を進め、対策を強化していく必要がある。本研究では、ダム湖への流入総リン濃度と集水域の人口や土地利用形態との関係を、日本国内の多数のダム湖を対象に検討した。

2. 研究方法の概要

2.1. 対象ダムの選定

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ため、利用目的に上水道があるダムを選定対象とした。また、流入河川の TP 濃度の測定値が十分に入手可能な必要がある。そこで本研究では、国土交通省または水資源機構が管理し、利用目的に上水道がある 79 の多目的ダムのうち、TP 濃度の実測値が得られた 68 のダムを研究対象とした。対象ダム湖の地理分布を図 - 1 に示す。地域的な傾向を排除して解析を行うために、対象ダムが可能な限り広い分布をとるよう考慮した。

2.2. 流入河川の総リン濃度

流入 TP 濃度は、ダム管理者である国土交通省または水資源機構²⁾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

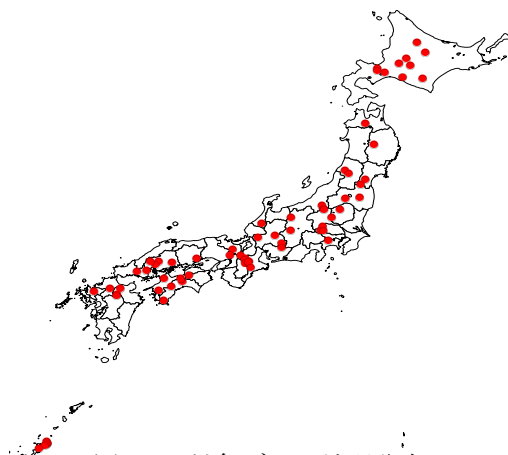


図 - 1 対象ダムの地理分布

いるものが多く、対象とする期間が異なっている。また、流入河川が複数存在するダム湖については、それぞれの河川の TP 濃度を平均した値を用いた。

2.3. 流域背景の算出

各ダム湖の集水域情報の解析には、ESRI 社の ArcGIS10 を利用した。まず、国土地理院が整備した基盤地図情報 (<http://fgd.gsi.go.jp/download/>) のうち、10m メッシュの標高データをもとに集水域を生成した。生成した集水域の精度を確認するため、すべての集水域について『ダム年鑑 2010』³⁾等に記載されている流域面積との比較を行った。

次に、人口データおよび土地利用データを ArcGIS に取り込み、集水域における情報を整理した。人口については国立環境研究所が作成した 3 次メッシュデータを用い、2010 年の人口シナリオに基づき算出した。土地形態の判別には、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>) の細分メッシュデータのうち、1997 年もしくは 2009 年に作成されたものを用いた。ただし、流入河川の水質データと利用期間が近い年をダムごとに選択している。また、TP 濃度との関係性を検討するために、11 項目で表されてい

キーワード ; リン濃度, 流域背景, 統計分析

連絡先〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 環境水理学研究室 Tel 022-795-7453 Fax 022-795-7453

る土地形態を，7 項目に分類して解析した．

2. 4. 河川の総リン濃度と流域背景の関係評価方法

流入河川の TP 濃度と流域背景の関係性を調べるため，TP 濃度を目的変数，人口密度や土地利用形態を説明変数として重回帰分析を行った．また，各変数を正規化したものから標準偏回帰係数を求め，TP 濃度に対する説明変数の影響度を評価した．

3. 結果と考察

研究対象とした 68 のダムのうち，14 ダムには間接集水域が存在するため，これらのダム湖は統計分析の対象から除外した．ただし，流入 TP 濃度と流域背景の関係式を作成後，実測値と計算値を比較検討する際には対象に含めた．

集水域の人口密度および土地利用形態と，流入 TP 濃度の相関係数を表 - 1 に示す．集水域における土地割合の相関が高くなるのは，流入リンの負荷量ではなく濃度を対象としているためだと推測される．次に，人口密度と農地の割合を説明変数として重回帰分析を行い，式(1)を導いた．

$$P = (2.9 \times 10^{-4} D_p) + (0.10 R_a) + 1.1 \times 10^{-2} \tag{1}$$

ここで， P は流入河川の年平均 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．説明変数には，まず，相関が最も高い人口密度を採用した．また，農地，森林，建物用地の割合は互いの相関が比較的高いため，多重共線性が生じる可能性がある．このことを踏まえて検討を行い，再現性の高かった式を選択した．式(1)の定数項 0.011 は，人為的な負荷がなくても生じる TP 濃度と考えることができ，人口密度と農地によってさらに TP が増加していくと解釈できる．

流入 TP の実測値と，式(1)による計算値の比較を図 - 2 に黒丸で示す．決定係数は 0.73 であり，ややばらつきが見られるが比較的高い再現性を確認した．標準偏回帰係数は人口密度が 0.60，農地が 0.31 で，流入 TP に与える影響は人口密度のほうが大きいといえる．

図 - 2 の四角は，間接集水域をもつダムについて，式(1)による推定値をプロットしたものである．流入 TP の実測値が高いダムでは誤差が大きいことから，TP 濃度を推定するには流域背景が特定されている必要があると考えられる．

表 - 1 流入河川の総リン濃度と流域背景の相関係数

	土地(割合)	土地(面積)
農地	0.75	0.27
森林	-0.73	0.09
建物用地	0.80	0.33
荒地	-0.26	-0.07
交通用地	0.14	0.13
河川・湖沼	-0.16	0.05
ゴルフ場	0.32	0.33
人口密度	0.82	

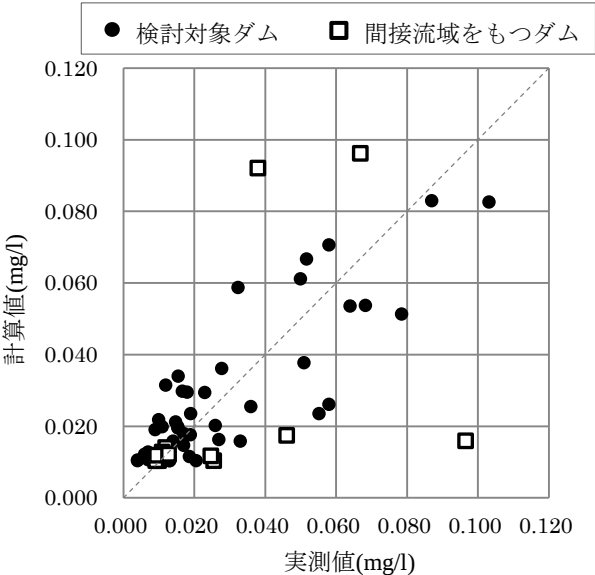


図 - 2 流入河川の総リン濃度の再現性比較

4. おわりに

流域背景が求められるダム湖に関しては，本研究で得られた式を用いることで，流入する総リン濃度を概ね再現することができた．リンの実測データの利用期間にばらつきがあることなど，再検討が必要な部分もあるが，人口シナリオを組み合わせることで，将来の人口変化による流入リンの予測が可能であると考えられる．

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) 国土交通省・農林水産省・環境省 (2006) : 湖沼水質のための流域対策の基本的考え方, 2006 年 3 月．
2) 独立行政法人 水資源機構 : 水質年報．
3) 財団法人 日本ダム協会 : ダム年鑑 2010, 2010 年 3 月．