

# 千苺貯水池流域におけるリン排出源の面源解析

## Analysis of Non-Point Source of Phosphorus in the Basin of Sengari Reservoir

Key words: water pollution, phosphorus, non-point source, basin

水資源利用工学分野 山本 浩子

### 1. 緒論

兵庫県神戸市北区に所在する千苺貯水池はリン制限の植物プランクトン増殖の問題を抱えている<sup>1), 2)</sup>。貯水池に流入する波豆川と羽束川のうち、近年波豆川のリン濃度(T-P)に上昇が見られる<sup>3)</sup>。この波豆川のT-P排出源を特定するため、波豆川と羽束川において1) 流域の流出特性と土地利用割合、2) T-Pの動態、3) T-Pと土地利用形態の関係について比較を行う。

### 2. 方法

#### 2.1 調査地の概要

千苺貯水池は上水用のダム湖であり、有効貯水量1,160万m<sup>3</sup>、流域面積は96.7km<sup>2</sup>で、波豆川、羽束川流域と直接貯水池周辺から流入する直接流入流域から構成される。流域上流では神戸市による年4回の水質調査が行われ、下流(15, 29)では自動水質監視装置による1時間に1回の水質調査と水位の測定が行われている(図1)。

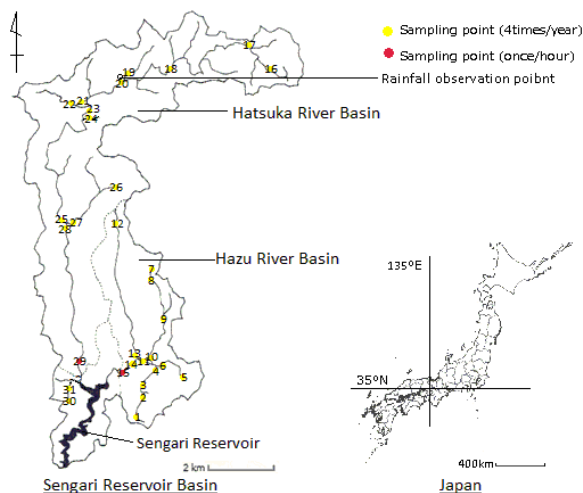


図1 千苺貯水池流域地図

#### 2.2 GISによる流域情報の整理

流域情報の整理、面積の算出、土地利用割合の計測はGISソフト「MANDARA」を利用した。河川の流路、流域界の情報は国土交通省提供のデータを取り込み、さらに採水点ごとの詳細な流域界は国土地理院提供の標高データをもとに設定した。作成した

流域地図を100m×100mメッシュに区切り、土地利用細分区データを取り込んだ。

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 各河川流域の流出特性と土地利用割合

各河川流出特性を表1に示す。平均比流量が等しいことから年間を通した積算流量は両河川とも流域面積に比例する値を取ることが分かる。また最大比流量が羽束川の方が大きく、波豆川の方が小さい。これらのことから、波豆川と羽束川では一時的な貯留効果が異なっていると言える。

表1 波豆川と羽束川の流出特性

河川名	流域面積 (Km <sup>2</sup> )	平均流量 (m <sup>3</sup> /s)	最大流量 (m <sup>3</sup> /s)	平均比流量		最大比流量	
				平均流量(m <sup>3</sup> /s) 集水面積(km <sup>2</sup> )	最大流量(m <sup>3</sup> /s) 集水面積(km <sup>2</sup> )		
波豆川	23.0	0.6	208.5	0.02	9.06		
羽束川	61.1	1.4	884.4	0.02	14.47		

各河川流域の各採水点における流域面積、土地利用割合を図2に示す。統計分析を行ったところ森林、水田、宅地割合で両河川に有意差が出た(p<0.01)。なお森林は正規分布を示したのでウェルチのt-検定、その他は正規分布ではなかったためマン・ホイットニーのU検定を行った。これらいずれの土地利用形態も波豆川の方が羽束川よりも分散が大きかった。波豆川では森林、水田、宅地が分散して所在している一方、羽束川では集中して所在している。

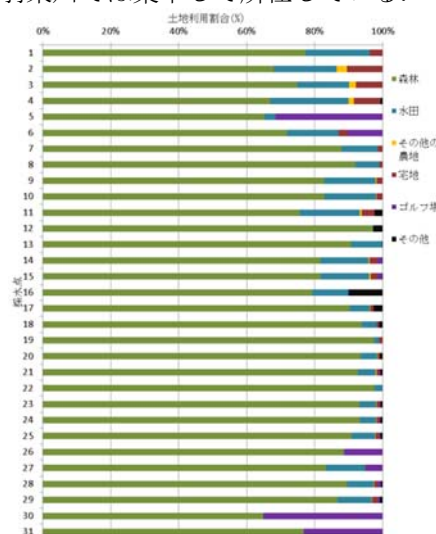


図2 土地利用割合(2009年)

### 3.2 各河川流域のリン濃度の動態

自動採水監視装置による1時間毎のT-Pの観測が行われている採水点15と29におけるデータ(2009-2013)の分析を行う。ともに正規分布を示さなかったため、マン・ホイットニーのU検定を行ったところ、波豆川と羽束川のT-Pに有意差が見られた( $p < 0.01$ )。

季節変動に関する分析を行ったところ波豆川と羽束川ともT-Pは5月頃から上昇し始め、7月～8月にかけてピークを迎えたのち10月頃まで減少を続ける。これは年ごとに繰り返されていた。より詳細に見るため波豆川のT-Pから羽束川のT-Pを引いた値を図3に示す。波豆川のT-P増加には5～10月に限定された何らかの季節的な要因があると考えられる。

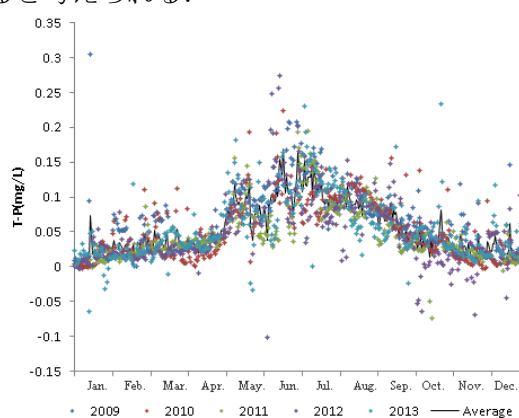


図3 波豆川と羽束川T-Pの差の季節変動

各河川上流の採水点で2004年5月-2014年4月まで年4回行われている水質調査の季節変動を支流ごとに分析した。どの支流でも年による分散はあるものの概ね6月にピークを取り、特に大原野川(1-4)、佐曾利川(7-10)で高い値が出ている。羽束川流域と直接流入流域でも6月にピークを取る傾向は同様に見られたが、T-Pの値は波豆川と比較して全体的に低いことが分かる。羽束川流域の中では末吉川(26-27)の採水点27での6月の上昇率が目立った。

### 3.3 各河川流域のリン濃度と土地利用形態との関係分析

河川ごとにT-Pと土地利用形態との相関関係を調べる。波豆川と羽束川の差が5～10月に広がることから、5～10月とそれ以外の月に分けて、T-Pの中央値を求め、土地利用割合との単回帰分析を行った。土地利用形態ごとの相関係数を表2に示す。5～10月にT-Pと強い正の相関を示したのは波豆川で水田と宅地で、負の相関を示したのは森林だった。一方、羽束川では強い正の相関が水田で、負の相関が森林であった。これらのことから、波豆川における5～10月のT-Pが羽束川よりも高い値を取ったのは、波豆川の水田が何らかの要因で羽束川よりも高いT-P

排出源となってしまっているからか、波豆川の宅地が原因となってしまっているからだと考えられる。

表2 T-Pと土地利用形態の相関係数

		森林	水田	その他の農地	宅地	ゴルフ場	その他
波豆川	全期間	-0.7	0.7	0.5	0.7	-0.3	-0.4
	5～10月	-0.7	0.8	0.3	0.5	-0.5	-0.3
	5～10月以外	-0.7	0.7	0.7	0.8	-0.3	-0.4
羽束川	全期間	-0.5	0.4	0	-0.2	0.1	0.4
	5～10月	-0.6	0.7	-0.1	0	0.2	0
	5～10月以外	-0.4	0.3	-0.2	-0.1	0.1	0.3

## 5. 総括

本研究により得られた知見は以下のようにまとめられる。

(1) 年間を通じた積算流量は両河川とも流域面積に比例する値を取るが、最大比流量は波豆川の方が小さかった。波豆川と羽束川では一時的な貯留効果が異なっていると言える。

(2) GISソフトを用いて各河川流域の土地利用形態を調査した結果、森林、水田、宅地割合で両河川に有意差が出た( $p < 0.01$ )。またこれらいずれの形態も波豆川の方が羽束川よりも分散が大きく、波豆川では森林、水田、宅地が分散して所在している一方、羽束川では集中して所在していることが分かった。

(3) 分散は大きいものの両河川のT-Pの差は5月初頭から上昇を始め、ピークを取った後5月末～6月初頭に一度減少した。その後また上昇を始め7月にピークを取り10月頃までゆるやかに減少している。波豆川のT-P増加には5～10月に限定された何らかの季節的な要因があると見られる。

(4) 土地利用形態とT-Pの相関を単回帰分析で求めた。その結果、5～10月における主なT-P排出源は両河川ともに水田であり、さらに波豆川では宅地も相関が高かった。波豆川における5～10月のT-Pが羽束川よりも高い値を取ったのは、波豆川の水田が何らかの要因で羽束川より高いT-P排出源となってしまっているからか、波豆川の宅地が原因となってしまっているからだと推察された。

## 謝辞

解析に用いた水質と水位のデータは神戸市水質試験所よりご提供いただいた。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) OECD, 1982. Eutrophication of Waters, Paris: OECD.
- 2) 藤原建紀(2014): 千苧水源地のリン, 武庫川市民学会誌, 2(1), p. 20.
- 3) 神戸市環境局(2014): 平成25年度 環境水質.