

大阪大学 学生員 ○井ノ阪 典子  
 大阪大学大学院工学研究科 学生員 今岡 知武  
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 西田 修三

1. はじめに

富栄養化の指標となる窒素やリンについて、これまで様々な調査研究が行われてきた。加えてケイ素(溶解態ケイ素, SiO<sub>2</sub>-Si)も、海洋生態系の一次生産において重要な珪藻の増殖に必要な物質であるとともに、世界各地で流域からのケイ素供給量の減少が報告されていることから、近年注目されている。しかし、ケイ素の輸送や動態に関する研究は少なく、その実態はあまり明らかにされていない。ケイ素は主に地殻中に存在し、風化作用によって水中に溶出して海域へ輸送される。このような自然系によるケイ素輸送に加えて、上下水道が発達している都市域では、人工循環系によるケイ素輸送への影響も大きいと考えられる。そこで本研究では、人工循環系が発達した淀川流域におけるケイ素輸送の実態を明らかにし、人工循環系がケイ素輸送へ及ぼす影響を評価した。

2. 研究の概要

淀川流域は滋賀、京都、大阪、三重、奈良、兵庫の2府4県にまたがっており、その中で淀川下流域にあたる京都府と大阪府を対象領域とした。ケイ素輸送の実態を明らかにするため、まず対象領域内の浄水場、下水処理場のケイ素濃度調査を行った。次に人工循環系における水収支を計算し、最後に水質調査、水収支計算の結果を用いてケイ素輸送量の算定を行った。水収支については年間水収支法を参考にして計算した。年間水収支法とは、自然系水循環と人工系水循環から成り立つ水循環系経路を流れる水量を年間単位で把握する手法である。調査には水道統計(水質編, 2000~2009), 水道統計(施設・業務編, 2008), 下水道統計(2007)のデータを用い、不足していた浄水場・下水処理場のケイ素濃度データについては現地調査を行った。

3. 調査結果

(1) 上水道

上水道のケイ素濃度については、水道統計(水質編)のデータに加えて2010年3月に22ヶ所の浄水場より入手した試料の分析を行った。水道統計によると、毎年ではないものの過去10年間の原水のケイ素濃度を比較すると、濃度変化はほとんどみられなかった。

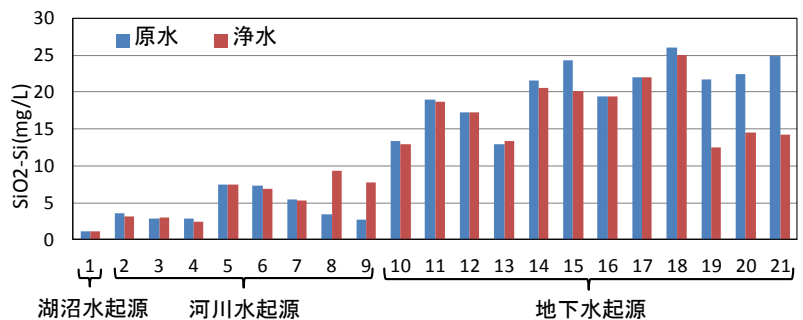


図1 浄水場におけるケイ素濃度

また、水源別にみるとそれぞれの平均ケイ素濃度は、琵琶湖から取水し原水としている浄水場では0.62mg/L、淀川などの河川水を原水としている浄水場では2.66mg/L、地下水を原水としている浄水場では14.75mg/Lとなった。ケイ素供給量減少の原因の一つは停滞水域におけるケイ素の沈降・堆積であると言われているが、琵琶湖のケイ素濃度が最も低く、その湖水が流入する淀川が次に低くなっている。それに比べて、地盤内での滞留時間が長い地下水は濃度が高くなっている。水道統計、現地調査の結果をあわせて、

代表的な浄水場の原水と浄水のケイ素濃度を図1に示す。No.8, 9, 19~21 など一部の浄水場で原水と浄水のケイ素濃度が大きく変化していることがわかる。これは府営水などを他の浄水場から受水し、自水と混合して給水してことに起因していることがわかった。詳細な解析の結果、今回対象とした浄水場の浄水処理ではケイ素濃度はほとんど変化しないことが明らかとなった。

(2)下水道

対象領域内に位置する下水処理場 27 ヲ所に依頼し、2011 年 11 月から 2012 年 1 月まで、月 1 回の計 3 回、晴天時の流入水・放流水の採水を行った。図2に3ヵ月間の分析結果の平均値を示す。流入水・放流水のケイ素濃度はほとんど変化しておらず、下水処理では溶存態ケイ素はほとんど除去されないものと考えられる。また、上水が地下水を起源としている下水はケイ素濃度が高く、河川水を起源としている下水は低いことから、処理区域で利用される上水の起源にケイ素濃度は依存していると考えられる。

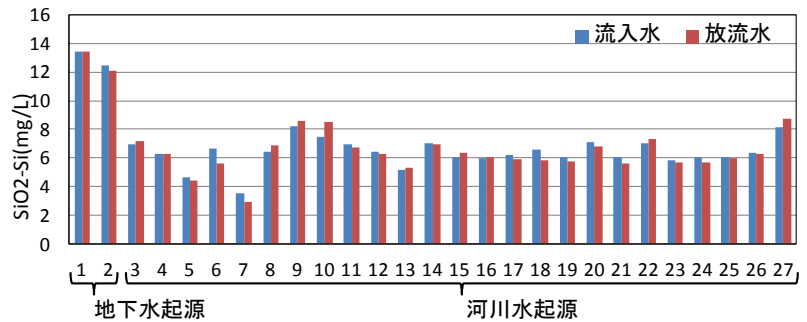


図2 下水処理場におけるケイ素濃度

4. ケイ素輸送量の算定

水収支計算によって求められた対象領域全体(京都府, 大阪府)の, 人工循環系による水量とケイ素量のフローを図3に示す。今回は晴天時の一日当たりのケイ素輸送量を算定しており、図中のαは不明水により負荷されたケイ素量を表す。不明水とは排出汚水量と処理量の誤差水量のことで、下水管に直接浸入し、主に雨水浸入水や地下水浸入水などが考えられる。図より浄水場から 11.67t/day, 工業用水の取水によって 1.45t/day のケイ素がそれぞれ供給されていることがわかった。また、人工循環系の中で水利用や不明水の浸入によるケイ素負荷が生じ、最終的に河川へは 27.27t/day のケイ素が人工循環系によって輸送されていることがわかった。ケイ素濃度を比較しても、給水時のケイ素濃度が 3.51mg/L であるのに対し、下水処理場の放流水中のケイ素濃度が 6.51mg/L と約 2 倍に増加しており、ケイ素輸送に及ぼす人工循環系の影響は大きいことがわかる。また、浄水場や工業用水として取水された水のうち、地下水起源の水によって最終的に家庭や事業所へ輸送されるケイ素量は表1のように求めた。給水量に占める地下水の割合に比べ、地下水由来のケイ素量の割合が多いことから、地下水利用がケイ素輸送に与える影響は大きいと言える。

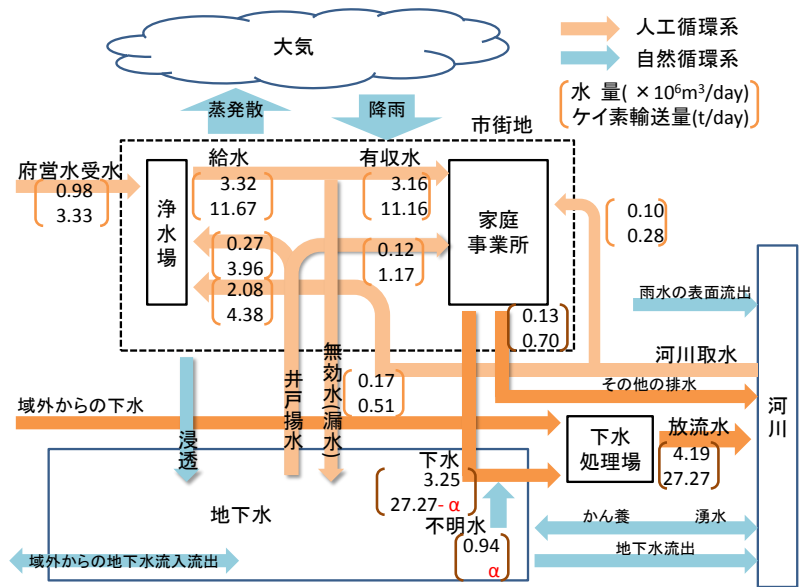


図3 人工循環系による水・ケイ素輸送

表1 給水量に占める地下水起源の割合

	京都府		大阪府	
	水量(m <sup>3</sup> /day)	ケイ素量(t/day)	水量(m <sup>3</sup> /day)	ケイ素量(t/day)
給水量	910,343	4.36	2,636,414	8.7591
地下水	238,012	3.19	146,001	1.937
%	26.15	73.17	5.54	22.12

【謝辞】 本研究を進めるにあたり、ご高配頂いた各浄水場・下水処理場の方々に感謝の意を表します。

【参考文献】 河川環境管理財団：河川におけるケイ酸など無機溶存物質の流出機構に関する研究，2007。