

第VII部門

都市域の水・物質フローに及ぼす地下水の影響評価

大阪大学 学生会員 ○河内 陽介
 大阪大学大学院工学研究科 学生会員 大城 光
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 中谷 祐介
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 西田 修三

1.はじめに

都市域の水循環系を経由して河川へと流出する地下水輸送の主な経路として、下水管への地下水浸入や、地下水揚水がある。古くに下水道が整備された都市域では、老朽化した下水管に地下水が浸入しており、多い所では下水処理水量の30%に及ぶところもある。そのため、対策として老朽化の進んだ下水管の修繕が進められている。また、水循環基本法の施行により、地下水の持続可能な利用が検討されており、今後は地下水の揚水が促進されるものと考えられる。

既往研究により、河川水や海水に比べて地下水は栄養塩濃度が高いことが知られている。今後、下水管への地下水浸入量や地下水揚水量の変化により、都市域の水循環系が変化し、それに伴って流域の水・物質フロー、沿岸域の水質や生態系にも影響が及ぶことが予想される。

本研究では、都市域における水・物質フローの現況を定量化するとともに、地下水浸入水量や地下水揚水量の変化が水・物質フローに及ぼす影響を明らかにした。

2.研究方法

本研究では、上下水道の発達した都市域である大阪市を対象領域とした。晴天時のみを対象とし、下水管への雨水の浸入は考慮しないものとする。

まず、大阪市における水・物質フローの実態を明らかにするため、人工水循環系を構成する各要素について、流量データと水質データを用いて物質フローの定量化を行った。算定に当たっては2009年度の一年間を対象とした。

上水道の水・物質フローに関しては、既往研究において観測された、淀川の水質データ、浄水の水質データを用い、漏水量に関しては漏水率を用いて算出した。生活負荷の流入に関しては、原単位法を用い、昼間人口を考慮した市内人口を乗じることで算出し、事業場負荷については、産業別排水水質・届出排水量を基に算出した。地下水揚水の物質フローに関しては、現地調査で採水した地下水水質データを用いた。下水道の水・物質フローに関しては、各下水処理場の水質管理年報に記載されている流入時・放流時の水量・水質データを用いた。地下水浸入による水・物質フローは、処理場への流入水と下水排水との差し引きで求めた。

現況に対して、シナリオ①：工業用水道の給水量を全て地下水揚水で補う場合、シナリオ②：下水管への地下水浸入を完全に無くした場合を想定し、各シナリオにおける水・物質フローを算出した。各シナリオの算出結果と現況の算出結果を比較することで、地下水揚水や地下水浸入による水・物質フローへの影響を評価した。

3.人工水循環系における水・物質フローの定量化

図1に大阪市の人工水循環系における水・物質フローを示す。浄水処理や下水処理においてSiO₂-Siは除去さ

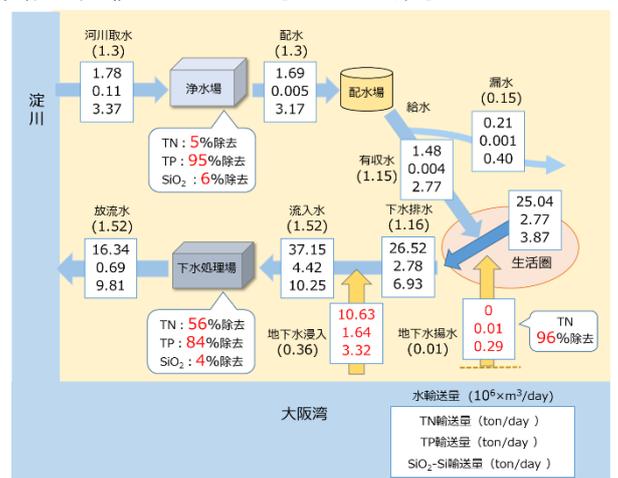


図1 人工水循環系における水・物質フロー

Yosuke KAWAUCHI, Hikaru OSHIRO, Yusuke NAKATANI, Shuzo NISHIDA

kawauchi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

れておらず、地下水揚水や地下水浸入による SiO₂-Si 輸送量はほとんど減少せず、下水処理場から河川へ負荷されている。また、地下水は高い TN 濃度を示すことがあるが、多くの事業場において揚水された地下水は塩素処理がなされ、TN に関しては90%以上除去されていた。その結果、TN のフローにおいて、地下水揚水の及ぼす影響はほとんどないことがわかった。

表1に下水処理場からの放流量と SiO₂-Si 輸送量に占める地下水起源の割合を示す。放流量と SiO₂-Si 輸送量に占める地下水起源の割合はそれぞれ約 24%、約 35%であり、地下水が放流先への SiO₂-Si 負荷量に及ぼす影響は大きいことがわかる。また、TN・TP 輸送においても地下水の影響が大きいことが図1のフロー図よりわかる。なお、大阪市では揚水規制により、地下水揚水量は少ないため、下水道への地下水浸入の影響が大きいと言える。

4. 下水処理場の放流水に及ぼす地下水の影響評価

表2に下水処理水の放流に伴う物質の輸送量及びモル濃度比について、現況と各シナリオの算定結果を示す。現況とシナリオ①を比較すると、TN・TP 輸送量はほとんど変化しない一方で、SiO₂-Si 輸送量は約 14% 増加した。その結果、放流水の Si:N 比は 13%増加し、Si:P 比は 12%増加した。今後地下水揚水が促進されることで、人工循環系における SiO₂-Si 輸送に大きな影響を及ぼすことが考えられるが、地盤沈下等も考慮した解析と予測が必要と考えられる。

現況とシナリオ②を比較すると、TN 輸送量は約 29%減少、TP 輸送量は 38%減少し、SiO₂-Si 輸送量は約 33%減少した。その結果、放流水の Si:N 比は 7%減少し、Si:P 比は 8%減少した。人工循環系において地下水浸入による物質輸送の影響は予想以上に大きい。ただし、TN、TP、SiO₂-Si 輸送量はどれも同程度の減少割合であるため、Si:N 比、Si:P 比の変動は比較的小さい。今後、下水管の修理・更新が進むことで、人工循環系における TN・TP・SiO₂-Si 輸送量が大きく減少することが予想されるが、放流水の TN・TP・SiO₂-Si モル濃度比のバランスに関しては変動が小さいと言える。

表1 下水処理場からの放流量・SiO₂-Si 輸送量に占める地下水起源の割合

	下水処理水	
	水量 (m ³ /day)	SiO ₂ -Si輸送量 (ton/day)
放流水	1.56	9.81
地下水	0.37	3.61
地下水/放流水	24%	35%

表2 下水処理水の放流に伴う物質の輸送量及びモル濃度比

	TN輸送量 (ton/day)	TP輸送量 (ton/day)	SiO ₂ -Si輸送量 (ton/day)	Si:N比 (mol/mol)	Si:P比 (mol/mol)
現況	16.34	0.69	9.81	0.30	7.07
シナリオ①	16.32	0.70	11.16	0.34	7.94
シナリオ②	11.66	0.43	6.62	0.28	7.67

【謝辞】本研究を進めるにあたり、関係機関の方々には多大なご助力を賜りました。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】1) 西田修三・今岡知武：淀川流域における複合循環系のケイ素輸送特性，土木学会論文集B1（水工学）Vol.68，No.4，pp.649～654，2012