令和元年度　瀬戸内海研究フォーラム in 広島

地下水の水源利用が淀川流域の栄養塩輸送に及ぼす影響

中谷祐介，宮西杏奈，西田修三（大阪大学大学院工学研究科）

Keywords：地下水取水，淀川流域，浄水場，窒素，リン，ケイ素

背景と目的

大阪湾は集水域に人口や産業が集中するため，陸域から多量の栄養塩が流入している．さらに，湾口部が狭く閉鎖性が高いために**富栄養化**しやすく，湾奥部海域では赤潮や貧酸素水塊といった水質汚濁現象が発生している．
一方，湾口部や隣接海域では，近年，栄養塩濃度が枯渇しつつあり，約40年間にわたる流入負荷削減等によって**貧栄養化**が進行した可能性も指摘されている．

大阪湾の水質や生態系を適切に管理するためには，陸域から流入する栄養塩量を正しく把握し，適正に制御することが今後はさらに重要となる．

淀川流域のように，都市化が進行した流域では，降雨・蒸発散・浸透・流出といった自然的な水循環だけでなく，**取水・利用・浄水処理・排水・導水といった人工的な水循環（人工水循環系）が複合した系によって水・物質動態が決定**されている．

これまで，流域や沿岸海域の水環境に関しては，CODや窒素，リンに注目した調査・研究が多く行われてきた．一方，水域生態系の一次生産者である珪藻類にとって必須元素であるケイ素は，これまであまり注目されてこなかった．

健全な物質循環系を構築するためには，窒素，リン，ケイ素の適正な濃度バランスを管理することが重要である．

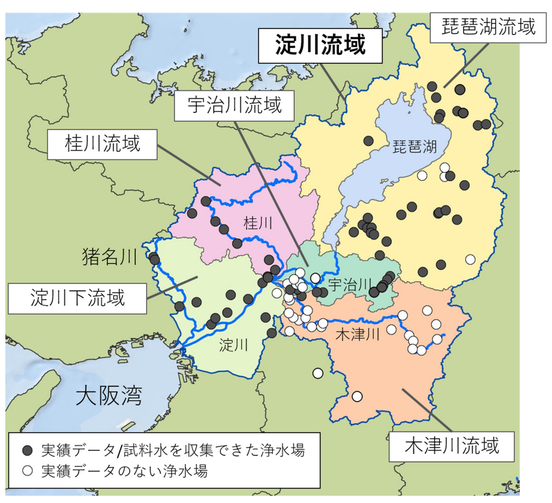

図1　淀川流域と 地下水を取水している浄水場

人工水循環系に取り込まれた**ケイ素は浄水・下水処理によって除去されることなく，保存的にふるまった後，系外へ排出される**（西田ら，2018）．そのため，**水域へのケイ素負荷量には浄水場での水源取水によるケイ素輸送量が無視できない可能性**が考えられるが，流域全体を対象にした評価は行われていない．
また，地殻中に多く含まれるケイ素は，表流水に比べて地下水の濃度が高い．そのため，**水道水源として地下水を利用している浄水場では，取水により多量のケイ素が地表に輸送されている**と予想されるが，定量的には明らかにされていない．

本研究では，淀川流域圏において，人工水循環系の入り口である浄水場における水・物質動態に着目し．**地下水を取水している浄水場**を対象に，**取水による窒素，リン，ケイ素の輸送量を定量化**するとともに，**流域スケールの物質輸送に及ぼす影響**について解析を行った．

方法

地下水を取水している浄水場を対象に，平成29年度の**地下水取水量とストレーナー位置のデータを収集・分析**するとともに，**原水と浄水を採取し水質分析**を行った．淀川流域内に給水区域を有し，地下水を取水している浄水場は99ヶ所存在するが，今回はそのうち**42ヶ所の浄水場**からデータを試料水を収集した．

地下水取水量の実績データが得られなかった浄水場については，水質検査計画などに記載されている浄水処理能力や配水量を代用した．窒素，リン，ケイ素はいずれも**溶存無機態栄養塩（DIN，PO_4-P，SiO_2-Si）**のデータを用いた．

結果と考察

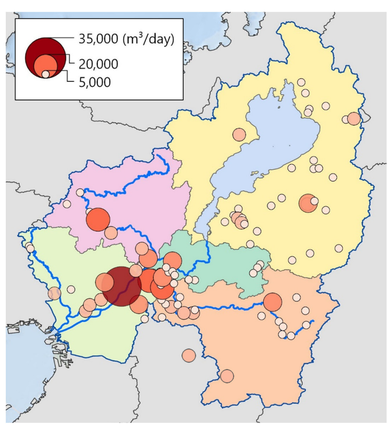

図2　浄水場における地下水取水量の分布

地下水取水量は小流域ごとに大きく異なり，**宇治川，木津川，桂川の合流部付近で多く取水**されていた．

表1　浄水場における地下水取水量

	取水量 ($10^4 m^3$/day)	流域面積 (km^2)	流域面積あたりの取水量 (m^3/day/km^2)
淀川流域全体	41.1	8,240	49.9
琵琶湖流域	11.0 (27%)	3,848	28.6
宇治川流域	4.7 (11%)	506	92.9
木津川流域	7.4 (18%)	1,596	46.4
桂川流域	5.7 (14%)	1,100	51.8
淀川下流域	12.3 (30%)	1,190	103.4

※括弧内は淀川流域全体に占める割合

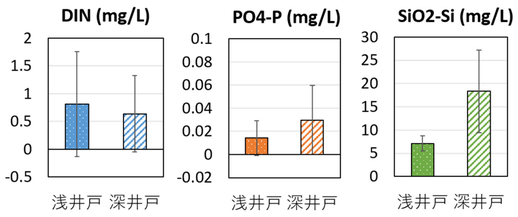

図3
地下水水質の分析結果

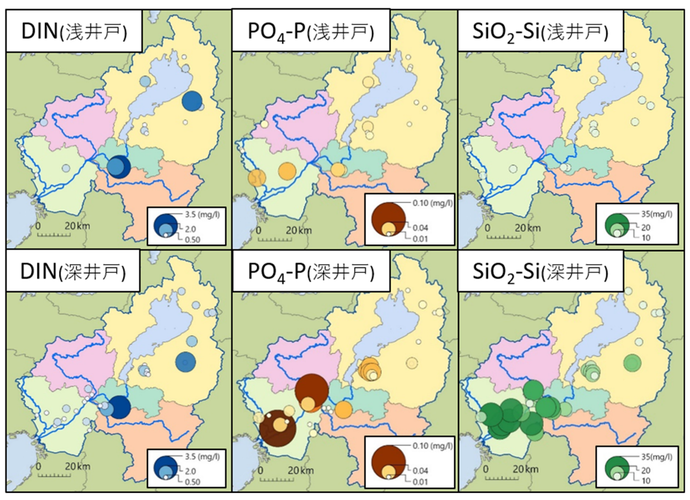

図4　浅井戸・深井戸別の地下水水質の分布

地下水の水質濃度（淀川流域全体）

DIN　浅井戸：0.81±0.94 mg/L
　　深井戸：0.64±0.69 mg/L

PO_4-P　浅井戸：0.014±0.015 mg/L
　　深井戸：0.030±0.030mg/L

SiO_2-Si　浅井戸：7.09±1.62 mg/L
　　深井戸：18.3±8.88 mg/L

DIN ：浅井戸と深井戸の水質濃度に大きな差異はなく，空間分布に顕著な傾向はみられなかった．

PO_4-P，SiO_2-Si：浅井戸よりも深井戸のほうが高い濃度を示し，下流域の深井戸で特に高い傾向がみられた．

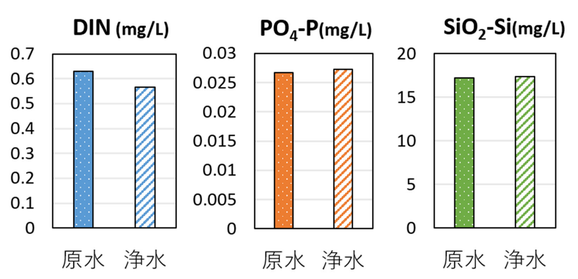

図5　浄水処理による水質濃度の変化

DIN：浄水処理により約10%濃度低下

PO_4-P，SiO_2-Si：ほとんど変化なし．

取水によって人工水循環系に取り込まれたケイ素は保存的に輸送されていた．

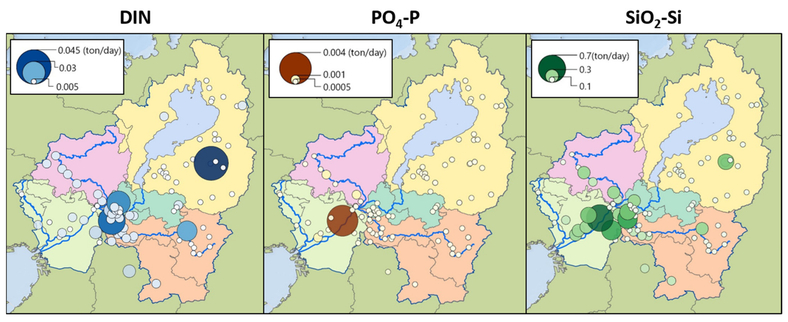

図6　浄水場での地下水取水による輸送量の分布

地下水の水質分布特性を反映して，**窒素，リン，ケイ素の輸送量はそれぞれ取水量とは異なる個々の分布特性を示した．**

表2　浄水場での地下水取水による流量・SiO_2-Si輸送量と河道断面流量・ SiO_2-Si輸送量の比較

【流量】	(a)地下水取水量 (m^3/sec)	(b)河川流量 (m^3/sec)	(a)/(b)
琵琶湖・宇治川流域	1.8	171.83	1.1%
木津川流域	0.86	47.28	1.8%
桂川流域	0.66	40.02	1.6%

【ケイ素輸送量】	(a)浄水場での地下水取水に伴う輸送量 (ton/day)	(b)河道断面輸送量 (ton/day)	(a)/(b)
琵琶湖・宇治川流域	2.1	14.4	**15%**
木津川流域	1.7	13.7	**12%**
桂川流域	0.88	8.70	**10%**

河川流量（晴天時）に対する地下水取水量の比率はいずれの流域においても**2%以下と微小**であった．

いずれの小流域においても，**支川末端におけるSiO_2-Si河道断面輸送量のうち，10～15%が浄水場での地下水取水に由来しており，流域スケールの物質輸送に無視できない**量であった．

結論

- PO_4-PとSiO_2-Siの取水による輸送量は，淀川下流域に位置する浄水場で大きく，淀川流域全体に占める割合はそれぞれ49%，37%であった．
- 浄水処理によって，DIN濃度は約10%低下した一方，PO_4-PとSiO_2-Siの濃度はほぼ変化しなかった．
- **いずれの小流域でも，支川末端におけるSiO_2-Si河道断面輸送量の10～15%が浄水場での地下水取水に由来**し，流域スケールの物質輸送に無視できない影響を及ぼしていた．
- 今後，地下水利用が促進されることで**海域へのケイ素負荷量は増加**する一方，**窒素・リンについては負荷削減**施策が継続されることで，**陸域負荷の栄養塩バランスは将来的に変化する**と予想された．

謝辞

本研究を進めるにあたり，関係自治体の方々には各種データおよび試料水提供のご協力を賜りました．ここに記して深く感謝の意を表します．