

大阪大学工学部	学生員	○次田 幸平
大阪大学大学院工学研究科	学生員	窪田 光作
大阪大学大学院工学研究科	正会員	西田 修三

1.はじめに

閉鎖性内湾への栄養塩輸送機構解明に向けた研究が数多く行われる中で、これまで、流域の水循環の一部として考えられてきた都市域の地下水が栄養塩輸送にも大きな役割を担っていることが明らかになってきた¹⁾。しかし、地下水に関する既往の研究は地下水汚染や流動に関するものがほとんどで、流域の栄養塩輸送における地下水の影響を定量的に明らかにしているものはほとんどない。本研究では地下水の揚水による人工循環系への水・物質輸送に着目し、大阪府域における揚水による栄養塩輸送量の推定を行う。

2.調査概要

地下水の採水地点を図-1に示す。調査期間は2011年3月および2012年11月から2013年2月までで、採水は揚水量が多い市町村の井戸を中心に48箇所121本の井戸から行った。試料水は窒素、リン、ケイ素について溶存態成分の分析と、水温、pH、電気伝導度の測定を行った。

3.大阪府域の地下水揚水の変遷

大阪府の揚水量の5年ごとの変化と最新のデータ(2011年)を図-2に示す。2008年以降は揚水量集計井戸が増えたため揚水量が見かけ上増加している。大阪府全体では揚水量は年々減少している。1965年から1980年にかけて大阪市の揚水量が激減しているのは揚水規制によって工業用井戸の廃止が相次いだためである。2011年では、揚水量は北大阪が最も多く、次いで泉州が多くなっており、これらの地域から大阪府全体の揚水量の約70%が揚水されている。

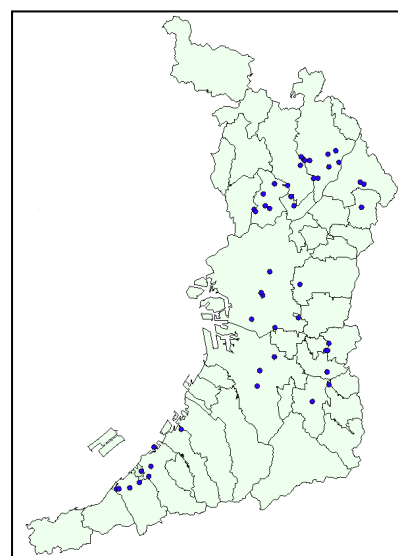


図-1 採水地点

4.大阪府域の地下水の水質分布特性

各採水地点の栄養塩濃度の分布を図-3に示す。 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ は大阪市周辺で高い値を示した。これは既往の研究から、過剰揚水に起因した粘土層から帯水層への間隙水の移流有機物の分解によるものと考えられている。他の研究でも大阪市周辺で高濃度の $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ が観測されている。 $[\text{NO}_2+\text{NO}_3]\text{-N}$ は付近に農業用地がある浅い井戸で高い濃度を示す傾向が見られた。これは、化学肥料の窒素化合物の地下浸透によるものと考えられる。 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ は明瞭な分布特性は見られなかったが、帯水層の深度や地質に依存しているものと考えられる。

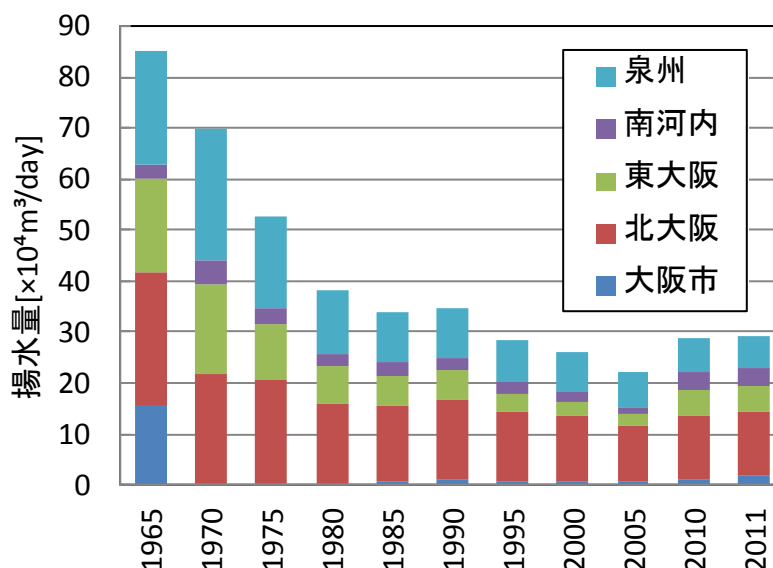


図-2 大阪府地下水揚水量

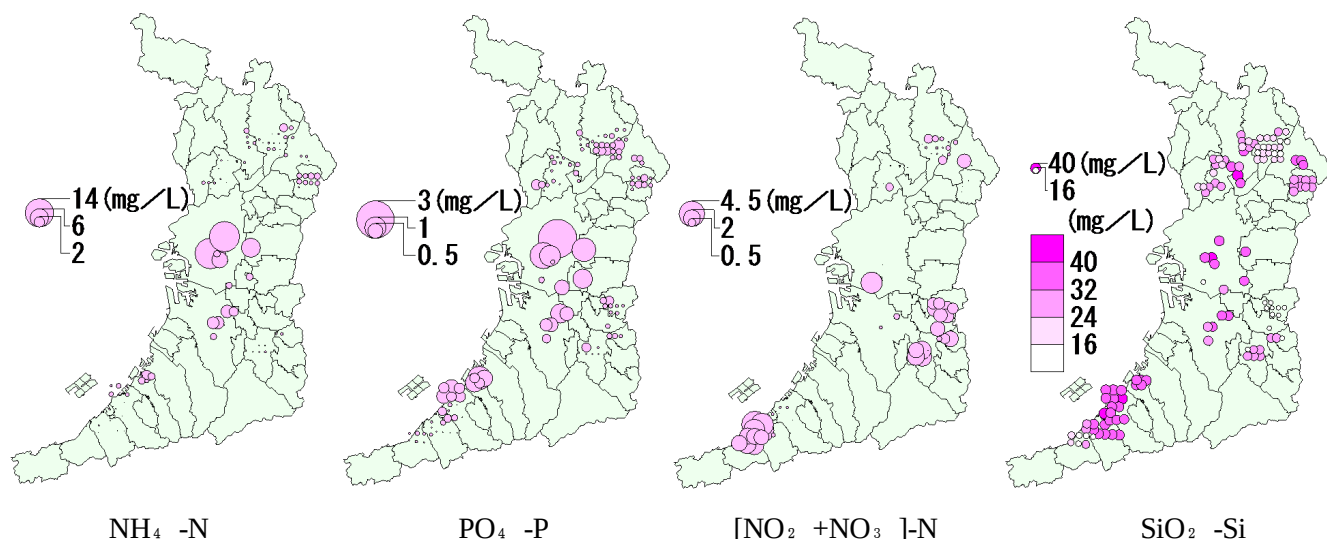


図-3 栄養塩各態の分布

5.揚水による地下水の栄養塩輸送量の推定結果と考察

採水調査と揚水量データを用いて、地下水の揚水による栄養塩輸送量の推定を行う。まず、大阪府を5つの地域に区分し、揚水量で按分した地下水の平均濃度を求める。それに各地域の全揚水量を乗じることによって、地域全体の輸送量を算出し、それらの合計を大阪府域の地下水の揚水による栄養塩輸送量とした。本研究で採水を行った井戸の揚水量の合計は大阪府全体の揚水量の約50%を占め、推定結果は十分な信頼性を有するものだと考えられる。

表-1 淀川と揚水された地下水の栄養塩輸送量の比較

	NH ₄ -N [ton/day]	[NO ₂ +NO ₃]-N [ton/day]	PO ₄ -P [ton/day]	SiO ₂ -Si [ton/day]	水輸送量 [m ³ /day]
地下水	0.16	0.001	0.054	7.25	2.92 × 10 ⁵
淀川	0.67	0.21	0.81	42	1.72 × 10 ⁷
地下水/淀川	24.5%	0.46%	6.6%	17.4%	1.7%

2011年の栄養塩輸送量の推定結果とあわせて、大阪湾に流入する淀川の平水時の栄養塩輸送量を表-1に示す。淀川流量と地下水揚水による水輸送量を比較すると、揚水による輸送量は淀川のわずか1.7%に過ぎない。しかし、栄養塩輸送量はNH₄-Nでは淀川の約24%、PO₄-Pは約7%を示している。

表-2 1965年と2011年の揚水された地下水の栄養塩輸送量の比較

	NH ₄ -N [ton/day]	[NO ₂ +NO ₃]-N [ton/day]	PO ₄ -P [ton/day]	SiO ₂ -Si [ton/day]	水輸送量 [m ³ /day]
地下水	1.22	0.39	0.28	22.6	8.51 × 10 ⁵
1965/2011	745%	264%	529%	312%	291%

これは、大阪市周辺のNH₄-NとPO₄-P濃度が高いことによる。また、地下水のSiO₂-Si輸送量も淀川の約17%と高い値をしめしているのは、地下水が河川水に比べ2～10倍の濃度を有するためである。このように、地下水の揚水は栄養塩輸送にとって無視できない要素であることがわかる。

また、1965年においても同様の手法で当時の地下水揚水による栄養塩輸送量の推定を行った。過去の地下水の栄養塩のデータがなかったため、2011年の計算で得た各地域の平均濃度を用いて1965年の揚水量を乗じ、1965年の栄養塩輸送量を推定した。推定結果を表-2に示す。2011年の結果と比較すると、1965年の揚水量は2011年の約3倍であったため、[NO₂+NO₃]-NとSiO₂-Siの輸送量も約3倍となっている。しかし、NH₄-Nは約7倍、PO₄-Pは約5倍の値を示している。これは、大阪市のNH₄-NとPO₄-Pの平均濃度が高いうえに、1965年の大阪市の揚水量も2011年比べて約10倍にも及んでいたため、これらの輸送量が大きくなった。以上の結果より、1965年当時は栄養塩輸送において現在以上に地下水の影響が大きかったものと考えられる。

【参考文献】

- 1) 西田・今岡(2012)：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 益田晴恵編(2011)：都市の水資源と地下水の未来，京都大学学術出版会