

第1節 自然科学的立場からのモニタリング

5. 琵琶湖-淀川水系に与える影響

5.7 淀川及び神崎川の河川水質調査

井桁明丈¹⁾、和田英太郎¹⁾※

1) 総合地球環境学研究所

※(現所属) 海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター

1. はじめに

2003年度に行った淀川水系調査において各種水質及び安定同位体比分析により淀川水系における水質汚濁状況及び河川環境状況が明らかとなり、特に桂川、宇治川の淀川合流前地点(京都市伏見区、八幡市、大阪府島本町など)において著しい水質汚濁が確認され、この原因として京都市内から発生する多量の生活排水の処理施設がこの地域に集中しているためであることが明らかとなった。また、淀川においては排水の流入が少ないため、3河川合流前地点ほどの汚濁は確認されず、一定の水質回復の傾向が見られた。しかし、この調査では淀川支流にて調査を行っていないため淀川を用水として利用して排出する淀川支流の水質状況について未解明であった。本研究では淀川及び淀川支流を中心に大阪府内の淀川流域の水質状況を新たな指標を用いて調査した。

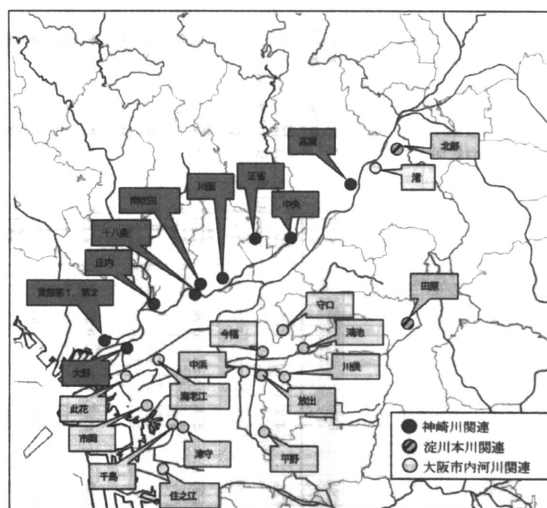
2. 調査水系

淀川は桂川、宇治川、木津川が合流した河川で、全長38km、平均流量163m³/s、大阪府の中心部を流れる。淀川には主だった河川及び排水の流入はなく、大阪平野を貫流し、大阪湾に流入する。摂津市にて神崎川へ、大阪市東淀川区(淀川大堰)にて大川に分水している。神崎川は大阪府北部を流れる淀川の分流である。摂津市一津屋地区西端にある一津屋水門にて淀川右岸から取水し、東淀川区北部を西に貫流し、大阪湾に注ぐ。水源の多くは神崎川支流の安威川である。神崎川流域は人口が密集しており、流域の多くを建物用地が占める都市型河川である。流域には8箇所の下水処理施設を有する^{注1)}(図1)。神崎川は水質汚濁が著しく進行している河川であり大阪府が行っている河川水質調査にてBOD(生物化学的酸素要求量)が環境基準未達成の河川である(平成15年)¹⁾。

調査は2004年12月に、淀川3地点、神崎川3地点と神崎川支流安威川1地点、及び桂川、宇治川、

木津川の淀川合流前地点それぞれ1地点の計10地点で行った(図2)。尚、淀川3地点及び桂川、宇治川、木津川の淀川合流前地点は2003年調査地点(YD_1、YD_2、YD_3及びKT_14、UJ_6、KD_8)と同一である。

各調査地点で河川水及び堆積物を採取し、現地にて水温、透視度、pH、電気伝導度(EC)を測定した。採取した水試料は孔径150μmのプランクトンネットでリターなどをとりのぞいた試料について懸濁態粒子量(SS)、全有機炭素(TOC)、全窒素(Total-N)、全リン(Total-P)を測定した。また、水試料をGF/Fフィルター(0.7μm)にてろ過し、ろ液については栄養塩濃度(NO₃⁻-N、NO₂⁻-N、NH₄⁺-N、PO₄³⁻-P)及び塩素イオン濃度(Cl⁻)、微量金属イオン濃度、硝酸イオンの窒素安定同位体比($\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$)、硫酸イオンの硫黄同位体比($\delta^{34}\text{S-SO}_4^{2-}$)を測定した。表層堆積物は無機炭酸塩を除去後、炭素及び窒素安定同位体比



※ 東部第1、第2処理場は支流左門殿川流域

総合地球環境学研究所 プロジェクト3-1
琵琶湖-淀川水系における流域管理モデルの構築
水質・流入負荷からみた淀川下流域の問題構造(2006)より抜粋(一部改変)

図1 大阪府内の下水処理施設分布図

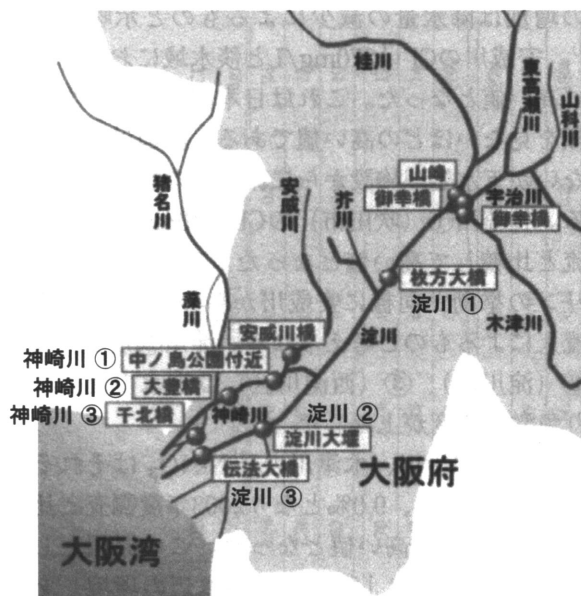


図2 調査地点

を測定した。GF/Fフィルター（ $0.7\mu\text{m}$ ）上の粒子についても無機炭酸塩を除去後、炭素及び窒素安定同位体比を測定した。分析方法は表1に記す。

3. 結果

各調査地点の分析結果を表2及び章末付表に記す。

桂川（大阪府島本町）、宇治川（八幡市）、木津

川（八幡市）のDIN濃度はそれぞれ 3.58mg/L 、 1.36mg/L 、 1.60mg/L となり、桂川、宇治川では2003年度調査と比べて低く、木津川では同程度であった^{注2)}。また3河川ともに全窒素の90%以上が溶存態であった。 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ は 0.22mg/L 、 0.08mg/L 、 0.02mg/L となり、桂川、宇治川では全リンの約80%、木津川では約40%が溶存態であった。木津川の溶存態リンの比率が他河川と比べて低いのは当日の懸濁態粒子量（SS）が他河川と比較して多いためである。2003年度調査と同様に窒素、リンともに桂川が高い傾向を示した。

淀川①（枚方市）、淀川②（大阪市東淀川区）、淀川③（大阪市西淀川区）のDIN濃度はそれぞれ 1.70mg/L 、 1.11mg/L 、 0.97mg/L となり前年度調査と同程度であり、全地点において全窒素の90%以上が溶存態であった。また、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 濃度も前年度と同程度であり、全リンの約60～70%が溶存態であった。

神崎川のDIN濃度は $2.97\sim 3.92\text{mg/L}$ と淀川本流と比較して非常に高い値となり、神崎川上流部の支流安威川（摂津市）にて 6.95mg/L と最大値を示した。同様に $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 濃度も淀川本流と比較して高く、安威川にて 0.52mg/L と最大値となった。この結果から神崎川における高濃度の窒素・リンの負荷は支流の安威川によることが示された。大

表1 分析方法

分析項目	分析方法	機器名称
透視度	透視度板	
pH	電導率計法	
EC	ガラス電極法	
SS	ろ過重量法	
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	インドフェノール青吸光光度法	HITACHI, 200-20
$\text{NO}_2^-\text{-N}$	ナフチルエチレンジアミン吸光光度法	HITACHI, 200-20
$\text{NO}_3^-\text{-N}$	Cu-Cdカラム還元-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法	HITACHI, 200-20
Total-N	Cu-Cdカラム還元法	HITACHI, 200-20
$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$	モリブデン青吸光光度法	HITACHI, 200-20
Total-P	ベルオキシ二硫酸カリウム分解法	HITACHI, 200-20
TOC	高温燃焼式TOC法	東レエンジニアリング, TOC 780L
Cl^-	イオンクロマトグラフ法	DIONEX, DX-320J
$\delta^{15}\text{N}\text{-NO}_3^-$	同位体質量分析法	PDZ, ANCA-SL
懸濁粒子の炭素・窒素安定同位体比		ThermoQuest Finnigan, Delta Plus XP
堆積物の炭素・窒素安定同位体比		
$\delta^{34}\text{S}\text{-SO}_4^{2-}$		ThermoQuest Finnigan, Delta Plus XP
微量元素	ICP-MS質量分析法	

阪府の報告では、平成16年度における安威川支流の正雀川の全窒素及び全リン濃度（平均）はそれぞれ17mg/L、1.1mg/Lと非常に高く、正雀川合流以降安威川の全窒素・全リン濃度は4.7mg/L、0.4mg/Lと急激に増加することから正雀川からの大量の窒素、リンの負荷が安威川を経由して神崎川に影響を及ぼしていると示唆される²⁾。正雀川流域は上流部に千里ニュータウンを擁しており、ここからの排水を処理する下流部の正雀下水処理場（摂津市）より下流はドブ川と化している。神崎川の全窒素、全リンに占める溶存態の比率はそれぞれ86～98%、61～79%であった。安威川ではそれぞれ94%、91%であった。

本調査では全河川において窒素、リンともに溶存態の比率が比較的高い傾向が見られた。これは森林や農地を集水域とする河川の生元素の供給が陸上有機物や森林及び耕地からの土壌由来の比率が高いのに対し、都市域を集水域とする河川では生活排水による生元素供給の比率が高く、また、下水処理施設にて懸濁粒子を沈降除去しているためであると考えられる。

桂川、宇治川、木津川のTOC濃度はそれぞれ2.2mg/L、2.0mg/L、1.9mg/Lであり、3河川間に大きな違いは見られなかった。淀川①、②、③はそれぞれ2.0mg/L、1.5mg/L、1.7mg/Lであり窒素、リン同様に流下に伴い濃度の減少傾向が見られた。安威川のTOC濃度は3.7mg/Lと本調査において最大値を示し、多量の有機物負荷が認められた。神崎川①、②、③はそれぞれ2.4mg/L、2.9mg/L、2.9mg/Lで、窒素・リン濃度と同様に淀川本流より高い傾向を示した。TOCは水中に含まれる有機物中の炭素量を示し、BOD、COD同様に有機性汚濁を測る水質指標である。BOD及びCODは分析方法の性格上、汚濁物質の分解のしやすさの影響を受けるため分解率が100%ではないが、TOCは分解率がほぼ100%であるため水中の汚濁物質量がよりの確に定量でき、今後、新たな水質汚濁指標として用いられると考えられる。

桂川、宇治川、木津川及び淀川のCl⁻濃度は、全地点において2003年度調査時と比較して高い値となった。この結果は冬季に降水量の減少に伴う河川流量の減少により河川水中のCl⁻濃度が高くなるという井桁らが滋賀県で行った河川水質調査（未発表）と同様な傾向である。また、この3河川の流量も同様に冬季に減少していることからCl⁻

の増加は降水量の減少によるものと示唆される³⁾。安威川のCl⁻は270mg/Lと淡水域において非常に高い値となった。これは日本国内において他に類を見ないほどの高い値である。原因は定かではないが下水処理施設から流入水の影響と思われる。神崎川①（吹田市）のCl⁻は40mg/Lと淀川本流と比較して高い値となった。これも先の窒素、リンの挙動と同様に安威川からの高濃度のCl⁻の流入によるものと考えられる。淀川③及び神崎川②（淀川区）、③（西淀川区）は海水の流入により急激に濃度が上昇した。

桂川、宇治川、木津川の $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ はそれぞれ11.8‰、12.0‰、9.0‰となり2003年度調査と比較して0.3～1.9‰高い値となった。この原因として井桁ら（本節3.3「稲枝地区の水辺の環境」を参照）による滋賀県内小規模河川では冬季は降雨の減少に伴い $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ が1～2‰程度高くなる事例や、2003年度と比較して流量が減少していることから、降水量の減少に伴う河川流量の減少によるものと考えられる。また、木津川が他の2河川と比較して低い値となったのは前年度と同じ傾向である。淀川3地点の $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ は8.6～10.2‰となり2003年度同様に全域において高い値となった。神崎川3地点の $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ はそれぞれ10.1～10.9‰となり淀川同様高い値となった。また、安威川においても10.6‰と高いことから、神崎川の水源である淀川及び安威川の双方が生活排水（下水処理水）由来の水であると示唆された。

桂川、宇治川、木津川の $\delta^{34}\text{S-SO}_4^{2-}$ はそれぞれ0.0‰、0.6‰、2.0‰、淀川3地点の $\delta^{34}\text{S-SO}_4^{2-}$ は上流から0.4‰、0.4‰、9.3‰となった。安威川では0.9‰となり、神崎川では上流から0.6‰、17.4‰、17.7‰となった。通常、森林からの渓流水の $\delta^{34}\text{S-SO}_4^{2-}$ は6～10‰程度であり、人間活動による人為的な硫黄の負荷によって河川水中の $\delta^{34}\text{S-SO}_4^{2-}$ は0‰に近い値となる⁴⁾。本調査では海水の流入が認められる地点を除き、木津川では2.0‰、他の地点ではすべて0‰に近い値となった。この結果から本調査地点の河川水は $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ と同様に人間活動の影響を強く受けていることが示された。人間活動の増大によって水系内の窒素安定同位体比（ $\delta^{15}\text{N}$ ）は高くなり、硫黄安定同位体比は低くなる^{5,6)}。本調査における木津川の $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ は他の河川と比較して低く、 $\delta^{34}\text{S-SO}_4^{2-}$ は高くなった。今回の調査は都市域を流域とする河川でのみ行ったため $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ 及び $\delta^{34}\text{S-SO}_4^{2-}$ の値に地点間の差

表2 調査結果

	water		atmospheric		pH	EC (mS/s)	SS (mg/L)	TOC (mg/L)	NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	NO ₂ ⁻ -N (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	DIN (mg/L)	Total-N (mg/L)	PO ₄ ³⁻ -P (mg/L)	Total-P (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)
	temperature (°C)	transparency (cm)	temperature (°C)	transparency (cm)												
桂川	13.7	>100	11.5	>100	7.4	23.9	3	2.2	3.37	0.09	0.12	3.58	3.70	0.22	0.28	24
宇治川	9.5	85	12.0	85	7.7	18.9	2	2.0	1.31	0.01	0.04	1.36	1.47	0.08	0.11	17
木津川	10.0	70	10.2	70	7.6	13.7	8	1.9	1.55	0.04	0.01	1.60	1.68	0.02	0.06	10
淀川①	9.5	>100	11.0	>100	7.7	19.7	4	2.0	1.31	0.05	0.34	1.70	1.79	0.09	0.13	17
淀川②	14.5	>100	12.0	>100	7.7	16.7	2	1.5	1.02	0.02	0.07	1.11	1.23	0.04	0.07	14
淀川③	14.8	>100	16.0	>100	7.8	1850	1	1.7	0.76	0.03	0.18	0.97	1.04	0.05	0.08	6700
安威川	14.2	>100	11.2	>100	7.4	114	3	3.7	6.40	0.02	0.13	6.55	6.95	0.52	0.57	270
神崎川①	12.6	>100	17.1	>100	7.6	31.4	4	2.4	1.98	0.12	0.46	2.56	2.97	0.10	0.16	40
神崎川②	14.0	>100	19.9	>100	7.5	589	2	2.9	2.22	0.12	0.91	3.25	3.56	0.14	0.20	1800
神崎川③	14.2	>100	21.5	>100	7.5	1080	2	2.9	2.35	0.15	1.42	3.92	4.01	0.24	0.30	3500

	POM			Sediment			comment
	δ ¹⁵ N-NO ₃ ⁻ (‰)	δ ³⁴ S-SO ₄ ²⁻ (‰)	δ ¹⁵ N (‰)	δ ¹³ C (‰)	δ ¹³ C (‰)	sampling data	
桂川	11.8	0.0	5.1	-24.3	5.3	-24.7	2004.12.21
宇治川	12.0	0.6	1.9	-24.4	5.3	-25.6	2004.12.21
木津川	9.0	2.0	10.1	-24.3	4.3	-25.8	2004.12.21
淀川①	10.2	0.4	6.3	-24.6	9.1	-22.8	2004.12.21
淀川②	9.5	0.4	3.1	-25.3	4.2	-26.1	2004.12.20
淀川③	8.6	9.3	5.3	-25.2	4.1	-25.1	2004.12.20 汽水域
安威川	10.6	0.9	5.6	-24.6	2.0	-23.9	2004.12.21
神崎川①	10.9	0.6	4.9	-25.3	no data	no data	2004.12.20
神崎川②	10.5	17.4	2.0	-24.4	2.9	-25.6	2004.12.20 汽水域
神崎川③	10.1	17.7	2.2	-24.2	3.0	-25.7	2004.12.20 汽水域

表3 大阪府内における河川水質生活環境項目の調査結果（平成16年度）

河川	測定地点		BOD	DO	Total-N	Total-P	コメント
淀川	枚方大橋（流心）	上流	1.0	9.5	1.2	0.079	淀川①同地点
	鳥飼大橋（流心）		1.1	9.3	1.3	0.081	
	西日本旅客鉄道（株）赤川鉄橋	↓	1.3	9.5	1.2	0.076	淀川②同地点
	伝法大橋	下流	1.8	9.3	1.1	0.097	淀川③1.5km下流
神崎川	小松橋	上流	1.6	9.4	1.9	0.14	
	新三国橋		1.7	7.6	3.6	0.23	神崎川②2.3km上流
	神崎橋	↓	1.4	7.7	4.3	0.34	神崎川②1.2km下流
	千船橋	下流	2.0	7.3	3.5	0.26	神崎川③0.6km上流
安威川	桑ノ原橋	上流	0.9	9.9	0.44	0.030	
	千歳橋		1.3	12	0.67	0.063	
	宮島橋	↓	1.4	13	0.65	0.064	安威川調査地点より3.2km下流
	新京阪橋	下流	1.6	8.4	4.7	0.40	安威川調査地点より2.5km上流
安威川支流							
佐保川及び茨木川	安威川合流直前		1.6	14	0.88	0.064	安威川千歳橋上流にて合流
大正川	安威川合流直前		1.5	12	2.2	0.19	安威川新京阪橋上流にて合流
山田川	安威川合流直前		3.3	12	1.1	0.044	安威川新京阪橋上流にて合流
正雀川	安威川合流直前		12	4.4	17	1.1	安威川新京阪橋上流にて合流

単位はすべてmg/L

平成17年度版大阪府環境白書より抜粋

はあまり見られなかったが、今後河川水質及び流域診断を行う上で $\delta^{34}\text{S-SO}_4^{2-}$ は $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ と同様に人間活動の影響を表す指標として用いることができると考えられる。淀川③及び神崎川③、④の $\delta^{34}\text{S-SO}_4^{2-}$ が9.3%～17.7%と非常に高い値となっているがこれは海水（およそ20%）の流入によるものである。

桂川、宇治川、木津川の堆積物の $\delta^{15}\text{N}$ はそれぞれ5.3‰、5.3‰、4.3‰、淀川3地点の $\delta^{15}\text{N}$ は9.1‰、3.4‰、4.8‰となり、木津川でのみ3%程度の増加が見られたものの他地点においては2003年度の結果と同等の値となった。また、淀川中流以降 $\delta^{15}\text{N}$ が低くなる傾向も2003年度調査結果と同じである。神崎川及び安威川の堆積物の $\delta^{15}\text{N}$ は2.0～3.0‰と淀川水系と比較して低い値となった。

本調査から淀川支流の水質状況は淀川本流と比較して汚濁が進行していることが示された。神崎川の水質悪化の原因は支流安威川の影響によるものであり、安威川下流域にて合流する正雀川の水質汚濁が大きな原因と考えられる。現在、神崎川の水質改善を踏まえて維持流量として淀川から $10\text{m}^3/\text{s}$ を確保して放流しているが、神崎川の水質は改善されておらず、汚濁物質の負荷軽減に向

けての対策はなされていない。人口密集地帯である正雀川流域の排水を処理する正雀下水処理場は処理区内人口と比較して規模が小さく、また、下水処理による窒素及びリンの除去率はそれぞれ51%、81%と他の下水処理施設と比較して劣っている（平成16年度実績）。従って早急に高度処理の導入及び規模の拡張が求められる。

大阪府内の河川水質汚濁の原因は主に下水処理水や工場排水などによるものである。即ち汚染発生源は特定されており（点源負荷）、滋賀県のような降雨や農地、森林などからの面源負荷の比率が大きい県とは水質汚濁構造が異なる。従って汚染発生源での対策によって一定の水質改善が可能であると考えられる。

大阪府の上水は高度浄水処理（オゾン処理）の普及によって水道水の水質が改善された。大阪府内の下水道普及率（人口比）は90%と他府県と比較しても高いが、下水の高度処理普及率は46%である（共に平成17年度実績）。大阪府の高度処理普及率は滋賀県（80%）に次いで全国で2番目に高い普及率であるが、淀川水系の水質保全のために更なる普及が必要であると考えられる。

謝辞

本調査及び分析は東レテクノ株式会社と合同で行った。東レテクノ株式会社 営業部 小杉剛史氏、環境科学技術部 武井直子氏に感謝の意を記す。

注釈

- 1) 安威川流域2箇所含む。支流左門殿川流域1箇所を除く。
- 2) DIN：溶存態無機窒素 (NO_3^- -N、 NO_2^- -N、 NH_4^+ -N) の和

引用文献

- 1) 大阪府環境情報センター『平成16年度版 大阪府環境白書』大阪環境情報センター，大阪（2004）
- 2) 大阪府環境情報センター『平成17年度版 大阪府環境白書』大阪環境情報センター，大阪（2005）
- 3) 国土交通省河川局『流量年表（平成14年）』

（社）日本河川協会，東京（2005）280-295

- 4) Nakano T, Tayasu I, Wada E, Igeta A, Hyodo F, Miura Y., Sulfur and strontium isotope geochemistry of tributary rivers of Lake Biwa: implications for human impact on the decadal change of lake water quality. Science of the Total Environment. (2005) 345 : 1-12
- 5) Ogawa N, Koitabashi T, Oda H, Nakamura T, Ohkouchi N, Wada E., Fluctuations of nitrogen isotope ratio of gobiid fish (Isaza) specimens and sediments in Lake Biwa, Japan, during the 20th century. Limnol. Oceanogr., 46 (5), (2001) 1228-1236
- 6) 石井玲子・田辺和江・谷田部順・伊藤孝・中野孝教・梶原良道・西野麻知子・辻村茂男・中島拓男・成田哲也「琵琶湖の硫黄・ストロンチウム同位体地球化学」『堆積学研究』53, 88-90 (2001)

付表

	Na (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Ca (mg/L)	Si (mg/L)	Al (μg/L)	Sc (μg/L)	Ti (μg/L)	V (μg/L)	Cr (μg/L)	Mn (μg/L)	Fe (μg/L)	Ni (μg/L)
桂川	32.5	4.72	3.76	14.3	11.2	10.8	2.4	2.0	0.9	8.6	30.5	43.4	2.2
宇治川	22.6	0.32	2.89	13.6	9.1	9.4	2.1	1.1	0.5	7.4	25.1	61.1	1.0
木津川	13.1	2.69	2.52	10.6	12.5	12.9	3.2	1.3	0.6	7.3	6.2	47.3	0.5
淀川①	20.2	3.58	3.10	17.7	10.2	12.8	2.7	1.4	0.3	6.2	25.2	41.5	1.8
淀川②	16.4	2.82	2.87	14.6	8.7	13.4	2.7	0.9	0.2	5.9	21.0	41.6	0.7
淀川③	>350	134	>200	151		638			62.7	240	40.0		88.4
安威川	>35	10.5	7.00	>20	13.9	6.1	3.3	5.2	0	2.7	99.9	173	4.3
神崎川①	>35	4.84	3.91	>20	10.6	8.2	2.6	1.7	0.6	7.5	54.5	63.8	1.2
神崎川②	>350	44.9	128	74.1		4,340		11.5	10.5	53.4	94.3		33
神崎川③	>350	75.6	>200	121		8,140		32	25.7	97.3	86.1		40

	Cu (μg/L)	Zn (μg/L)	As (μg/L)	Se (μg/L)	Br (μg/L)	Rb (μg/L)	Sr (μg/L)	Sn (μg/L)	Sb (μg/L)	I (μg/L)	Ba (μg/L)	Pb (μg/L)	comment
桂川	3.6	23.2	2.6	0.4	87.8	3.1	73.8	2.3	0.9	49.9	18.3	0.4	
宇治川	1.6	8.4	1.3	0	52.3	2.6	46.6	0.2	0.2	42.7	10.6	0.2	
木津川	1.5	3.4	0.5	0.3	54.6	2.4	57.8	0	0.1	44.6	18.6	0.1	
淀川①	2.0	10.2	1.3	0	48.9	2.8	60	0	0.3	53.7	15.5	0.2	
淀川②	1.3	5.7	1.2	0	43.1	2.2	52.2	0.2	0.3	43.8	13.8	0.2	
淀川③			20.1		>20,000	38.7	>2,000			315	18.8		汽水域
安威川	2.1	29.6	2.9	1.3	186	8.0	190	0	1.0	146	22.5	0.5	
神崎川①	1.4	11	1.7	0.5	97.1	3.7	71.7	0.2	0.5	98.6	15.3	0.2	
神崎川②			4.2		5,820	15.5	757			180	30.6	1.6	汽水域
神崎川③			11.6		10,800	25.3	1,330			178	43.9	4.5	汽水域