

## [ 資 料 ]

# 兵庫県における河川底質重金属濃度の長期変動傾向とその評価

駒 井 幸 雄\* 竹 田 洋 子 梅 本 諭

Long- term changes and evaluation of heavy metal concentrations in river bottom  
sediments of Hyogo Prefecture

Yukio KOMAI\*, Yoko TAKEDA and Satoshi UMEMOTO

*Water Environment Division, Hyogo Prefectural Institute of Public Health and  
Environmental Sciences, 3-1-27 Yukihiro-cho, Suma-ku, Kobe, 654-0037, Japan*

## はじめに

公共用水域の水質については水質汚濁防止法に基づく水質の測定計画によって監視が行われており<sup>1)</sup>このうち、人の健康に関わる環境基準項目(健康項目)にはカドミウム、鉛、ヒ素、水銀など 26 項目(2005 年現在)が含まれている。

一方、底質は水質と密接な関係を有し河川環境の評価において重要な要素であるため、環境基準はないものの水質調査を補完するものとして位置づけられる。兵庫県内全域の河川底質中の重金属(カドミウム、鉛、銅、亜鉛、総水銀、マンガン、クロム、ニッケル、およびヒ素)については、1978 年から 1981 年に行われた全域調査結果(56 河川 215 地点)によって、濃度レベルと分布傾向の特徴が報告<sup>2-4)</sup>されている。その結果、兵庫県の河川底質中重金属濃度の特徴として、(1) 超塩基性岩地域ではニッケルやクロムが、丹波帯ではマンガンがいずれも高濃度であるが、堆積岩においても砂岩が分布する地域ではいずれの重金属も総じて低濃度を示すように地質が大きく影響していること、(2) 過去の非鉄金属鉱山の鉱業活動の影響を受けた地点では鉱床の種類に対応した重金属濃度の違いが見られること、(3) 事業場排水との関係では、阪神間の工業地帯の河川では工場排水に起因して

多くの重金属は高濃度を示し、皮革排水が流入する河川では特異的にクロムが高濃度であること、等が明らかにされた。

これと平行して、1975年からは環境基準点を中心に、河川では21河川33地点(2005年度)、海域では12地点(2005年度)において年1回の頻度で重金属等を対象とした底質調査が実施されており<sup>1)</sup>、長期のデータの蓄積がなされている。

そこで、本報では底質環境の変化について検討するために、1978年~2004年の27年間の兵庫県下の代表的な河川における底質中重金属汚染濃度の長期変動について評価を行ったので報告する。

## 調査方法

### .1 調査地点

底質調査のモニタリング地点のうち、一級河川である猪名川 - 神崎川(軍行橋, 辰巳橋), 加古川(板波橋, 相生橋), 揖保川(竜野大橋, 王子橋)と、二級河川のうち鉱山廃水や皮革排水の影響を受けた市川(神崎橋, 工業用水取水点), および皮革関連のニカワ排水の影響を受けた夢前川(夢前橋, 才崎橋)の5河川10地点について検討を行った。各調査地点の位置を図1に示す。

### .2 採泥方法

底質調査は、1978年~2004年間の5月から10月の期間に各地点ごとに原則として同じ月に実施した。調査地点の流水部分の全体から、スコップを用いて数力所で

水質環境部

\* 別刷請求先: 〒654-0037 神戸市須磨区行平町 3-1-27  
兵庫県立健康環境科学研究センタ -  
水質環境部 駒 井 幸 雄

採泥し,その場で2mmのフルイでふるって混合し,ビニール袋に入れて持ち帰った。河口近くで水深があり河川に直接入れない地点(辰巳橋,相生橋,工業用水取水点)については,橋上から円筒型採泥器(ドレッジ)を用いて採泥した。なおこれらの地点では原則として左右および中央の3カ所で採泥しているが,中央部は浚渫が行われたり採泥できない場合もあったので右岸地点の結果で代表させることとした。また,工業用水取水点は1997年から右岸側においてスコップで採取した。

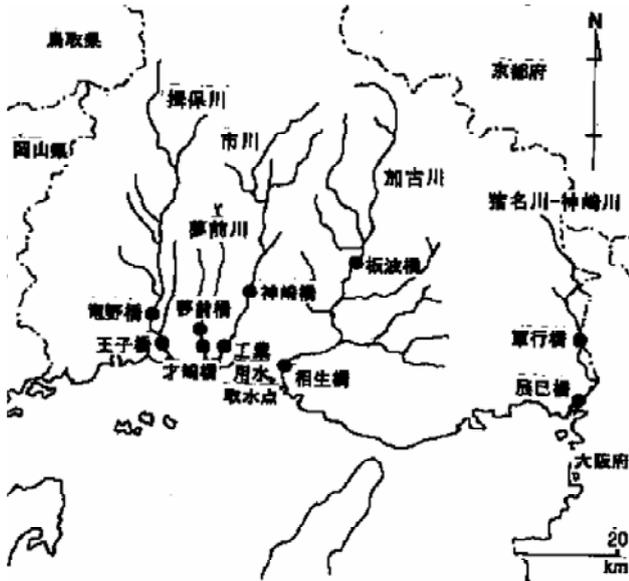


図1 調査地点図

### 3 分析方法

底質の前処理と分析は底質調査方法<sup>5)</sup>に準じて行った。遠沈処理した湿泥について含水率, 強熱減量 (Ignition loss : IL), および総水銀を測定し, その他の重金属項目については, 風乾後に約 100 μm 以下に微粉碎し, 硝酸-塩酸抽出をした。カドミウム, 鉛, 銅, および亜鉛は DDTC-酢酸 n-ブチル抽出を行い, クロム・ニッケル・マンガンは MIBK により除鉄処理後にいずれも原子吸光光度法で測定した。ヒ素については水素化物発生-吸光光度法(1996年度からは原子吸光光度法)で分析した。結果は全て乾泥あたりの濃度で示した。

## 結果と考察

### 1 河川底質の重金属濃度の経年変化

1978年~1982年と2000年~2004年のそれぞれ5年間の平均値と両者の比(1978年~1982年の平均値/2000年~2004年の平均値)と併せて表1に示す。項目によって違いはあるものの大部分の地点の平均値の比は1以下となり, 2000年以降の重金属濃度は1980年前後に比べて減少している。なお, 2000年~2004年の平均値が1978年~1982年の平均値より20%以上高い値を示した地点と項目は, 揖保川王子橋(ヒ素, マンガン), 市川神崎橋(ヒ素), 夢前川夢前橋(ヒ素, マンガン), 夢前川才崎橋(亜鉛)であるが, この原因については不明である。

代表例として重金属のうち鉛, ヒ素, および亜鉛の変

表1 1978年-1982年 および 2000年-2004年における底質中重金属等の平均濃度

		含水率 %	IL %	Pb mg/kg	Cu mg/kg	Cd mg/kg	Zn mg/kg	As mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg	Cr mg/kg	Hg mg/kg
猪名川 - 神崎川	1978-1982(A)	21.9	1.4	41.4	61.62	0.44	210	7.26	476	14.3	14.7	0.009
	2000-2004(B)	20.7	1.2	28.7	44.53	0.23	207	7.52	393	11.4	11.9	0.005
	B/A 比	0.9	0.8	0.7	0.7	0.5	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	0.6
加古川	1978-1982(A)	53.9	16.1	197	334	5.20	1850	15.68	330	95.9	260	0.95
	2000-2004(B)	35.2	6.0	99.2	137	1.56	468	9.28	222	31.6	65.6	0.57
	B/A 比	0.7	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3	0.6	0.7	0.3	0.3	0.6
加古川	1978-1982(A)	21.0	1.7	21.4	21.3	0.20	91.5	8.16	522	11.6	10.4	0.020
	2000-2004(B)	21.1	1.1	8.83	7.69	0.10	46.5	6.32	396	9.28	6.26	0.010
	B/A 比	1.0	0.6	0.4	0.4	0.5	0.5	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5
加古川	1978-1982(A)	59.4	10.9	46.5	53.5	0.75	217	10.24	359	28.9	27.2	0.13
	2000-2004(B)	54.8	9.5	39.7	46.7	0.52	192	9.86	393	23.0	22.9	0.090
	B/A 比	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.9	1.0	1.1	0.8	0.8	0.7
揖保川	1978-1982(A)	21.7	1.7	14.42	21.48	0.14	60.2	9.30	408	14.6	21.7	0.010
	2000-2004(B)	21.0	1.6	15.14	18.82	0.12	77.3	11.7	469	14.6	16.0	0.009
	B/A 比	1.0	0.9	1.0	0.9	0.9	1.3	1.3	1.1	1.0	0.7	0.9
揖保川	1978-1982(A)	25.5	1.9	18.70	16.24	0.16	60.7	4.16	270	12.5	27.0	0.018
	2000-2004(B)	21.5	1.3	13.12	12.30	0.10	63.1	7.08	397	11.2	44.8	0.010
	B/A 比	0.8	0.7	0.7	0.8	0.6	1.0	1.7	1.5	0.9	0.2	0.6
市川	1978-1982(A)	22.7	1.7	297	228	2.91	2210	33.4	688	9.73	11.7	0.013
	2000-2004(B)	22.1	1.6	198	154	1.52	1620	55.3	636	10.5	9.66	0.015
	B/A 比	1.0	1.0	0.7	0.7	0.5	0.7	1.7	0.9	1.1	0.8	1.2
市川	1978-1982(A)	29.5	4.0	105	94.4	1.78	710	13.7	237	12.4	1010	0.14
	2000-2004(B)	23.0	1.4	44.3	45.1	0.86	406	9.08	227	13.0	42.0	0.020
	B/A 比	0.8	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	1.0	1.1	0.0	0.1
夢前川	1978-1982(A)	23.5	1.9	17.6	9.39	0.17	73.2	6.75	252	8.59	12.2	0.023
	2000-2004(B)	24.3	1.6	13.9	10.2	0.10	75.3	8.90	298	8.40	6.52	0.013
	B/A 比	1.0	0.8	0.8	1.1	0.6	1.0	1.3	1.2	1.0	0.5	0.6
夢前川	1978-1982(A)	22.6	1.7	12.8	9.10	0.10	47.6	5.80	222	7.98	148	0.021
	2000-2004(B)	22.9	1.4	12.5	8.61	0.10	61.8	5.92	230	7.86	63.0	0.008
	B/A 比	1.0	0.9	1.0	0.9	1.0	1.3	1.0	1.0	1.0	0.4	0.4

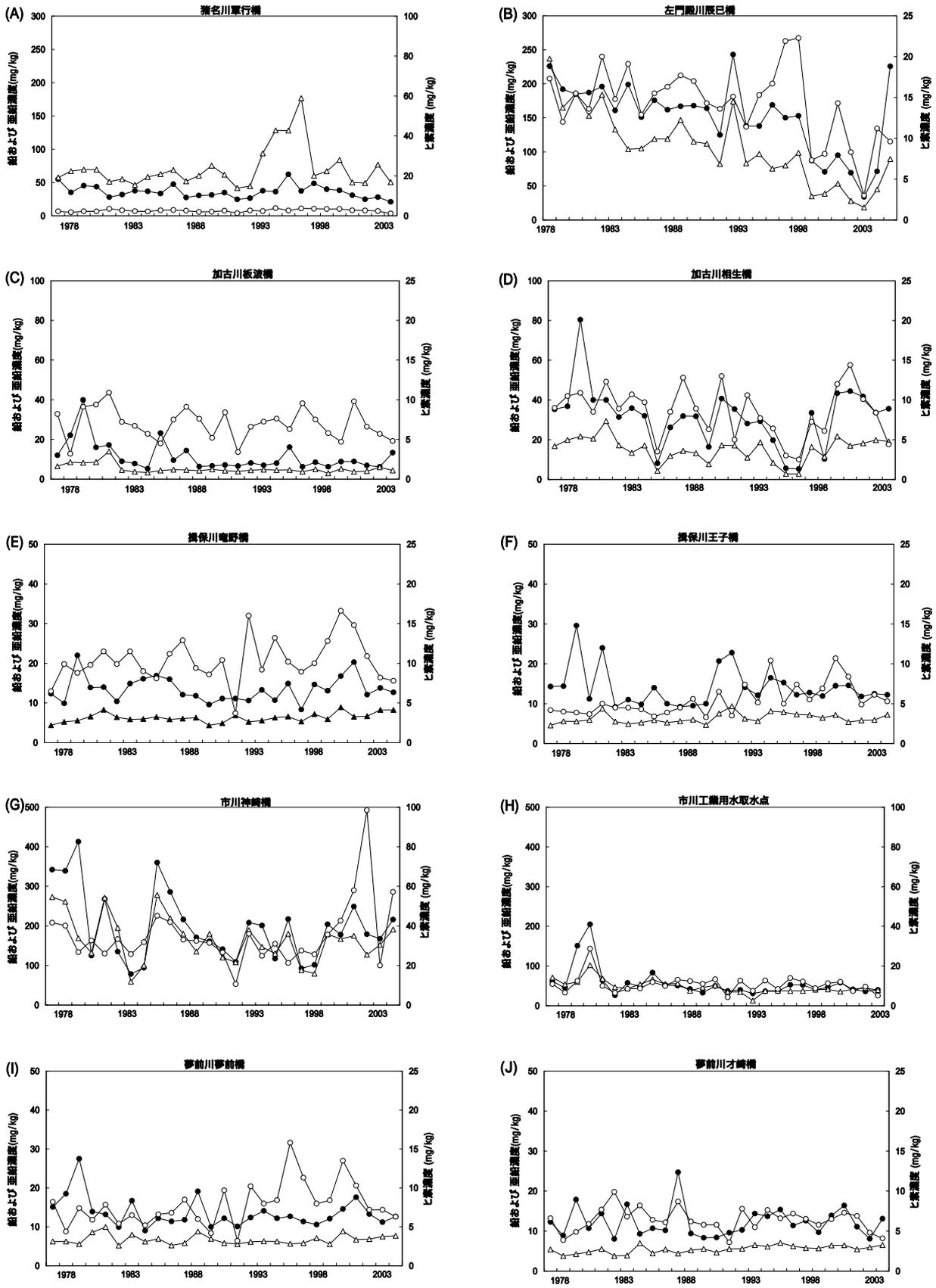


図2 底質中のヒ素、鉛、および亜鉛濃度の経年変化  
 ○：ヒ素、●：鉛、△：亜鉛、○の濃度は 1/10 のスケールで示している。

動傾向について各河川ごとの結果を図 2 に示す。いずれの地点においても、項目によって異なるとはいえ調査年ごとの変動が大きい。各河川ごとの変動の特徴は以下の通りである。

猪名川軍行橋と左門殿川辰巳橋の経年変化をそれぞれ図 2-(A) と (B) に示す。軍行橋では一定の傾向は認められないが、ヒ素濃度は 1995 年 5 月の調査では 11.6 mg/kg に上昇し、2001 年以後は減少傾向を示している。この濃度上昇は、1995 年 1 月の阪神淡路大震災後に、高濃度のヒ素を含む湧水の影響により水中のヒ素濃度が増加した<sup>6,7)</sup>こととの関連が示唆される。辰巳橋はいずれも減少傾向を示しているが、最近 2 年間の増加は底質の粒度の変化との関係が推察される。

加古川板波橋 (図 2-(C)) のヒ素は年によって濃度差が見られる。鉛と亜鉛の場合は、1978 年～1982 年ごろまでは相対的に濃度は高いが、それ以降は濃度レベルはやや低下しているものの一定の変動傾向は認められない。加古川相生橋 (図 2-(D)) の場合、年によって濃度差が大きく変動傾向が特定できないことから、データの平滑化のために時系列分析の移動平均法により 5 年間の移動平均をとった結果 (図 3-(A)) から、1998 年まで減少傾向にあ

るが 2000 年～2004 年には増加していることが認められる。

揖保川では、竜野橋 (図 2-(E)) と王子橋 (図 2-(F)) の場合も変動は大きいですが、一定の傾向は認められない。

市川神崎橋 (図 2-(G)) は、日本有数の銅・鉛・亜鉛を含む鉱床をもつ生野鉱山から約 40 km 下流に位置しているが、その影響によって重金属の濃度レベルは県内河川の中でも高い<sup>2,4)</sup>。5 年間の移動平均法の結果を図 3-(B) に示すが、各年ごとのバラツキはあるもののヒ素を除くと全体として減少する傾向が認められる。下部の工業用水取水点 (図 2-(H)) の場合は、いずれの重金属も全体として減少する傾向にある。神崎橋に比べて重金属の濃度は低いですが、これは神崎橋と工業用水取水点の間において流域からの重金属負荷が相対的に小さいために、結果として重金属濃度は希釈されたものと考えられる。

夢前川 (図 2-(I), 図 2-(J)) については才崎橋の亜鉛がやや増加傾向を示す以外は一定の傾向は認められない。

以上のように、河川底質中の重金属濃度は、過去 26 年間を通して見ると、一時的な濃度増加はあっても全体として明確な上昇傾向を示した地点はなく、減少傾向を示すか横ばいであった。本報で示す以外の地点についても同様の結果であり、少なくとも河川底質中重金属の汚染は進行しておらず、むしろ減少傾向にあることが示唆された。

日本では、1970 年代以降さまざまな水質汚濁源対策 (排水基準の設定と事業場排水規制の強化、下水道整備および生活排水対策の進展、あるいは総量規制による COD 等の負荷量削減など) が実施されてきた。兵庫県も地場産業である皮革産業排水対策や “生活排水 99% 大作戦” をスロ - ガンに生活排水処理率を 94.7% (2003 年度末) にするなど、独自の諸施策を積極的に行ってきた。その結果、兵庫県も含めた全国の水質の健康項目に関わる環境基準超過検体率は 1971 年度以降急激に減少しており<sup>8)</sup>、底質は水質の変化に対応した変化をしているものと考えられる。

## 2 濃度変動と底質の性状との関係

河川底質の重金属濃度は底質粒度の違いによって濃度変動が大きくなる<sup>9-11)</sup>ので、重金属濃度の変化を評価する場合には、底質の粒度との関係の評価が必要であることが指摘<sup>12)</sup>されている。そこで、いずれも感潮域に位置するという共通の堆積環境にあり長期には減少傾向を示していたにもかかわらず、最近数年に限ると濃度上昇が認められる左門殿川辰巳橋と加古川相生橋について、濃度変化の原因について詳細な検討を加えた。なお、辰巳橋の鉛の濃度は 175 mg/kg であり、相生橋の 34.0 mg/kg

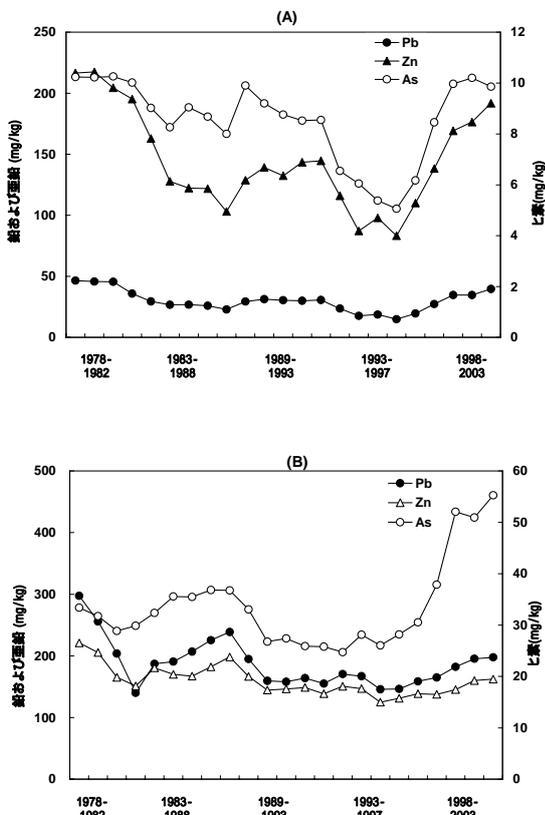


図 3 加古川相生橋および市川工業用水取水点の底質中におけるヒ素、鉛、および亜鉛濃度の 5 年間移動平均値  
A: 加古川相生橋, B: 市川工業用水取水点  
亜鉛の濃度は 1/10 のスケールで示している。

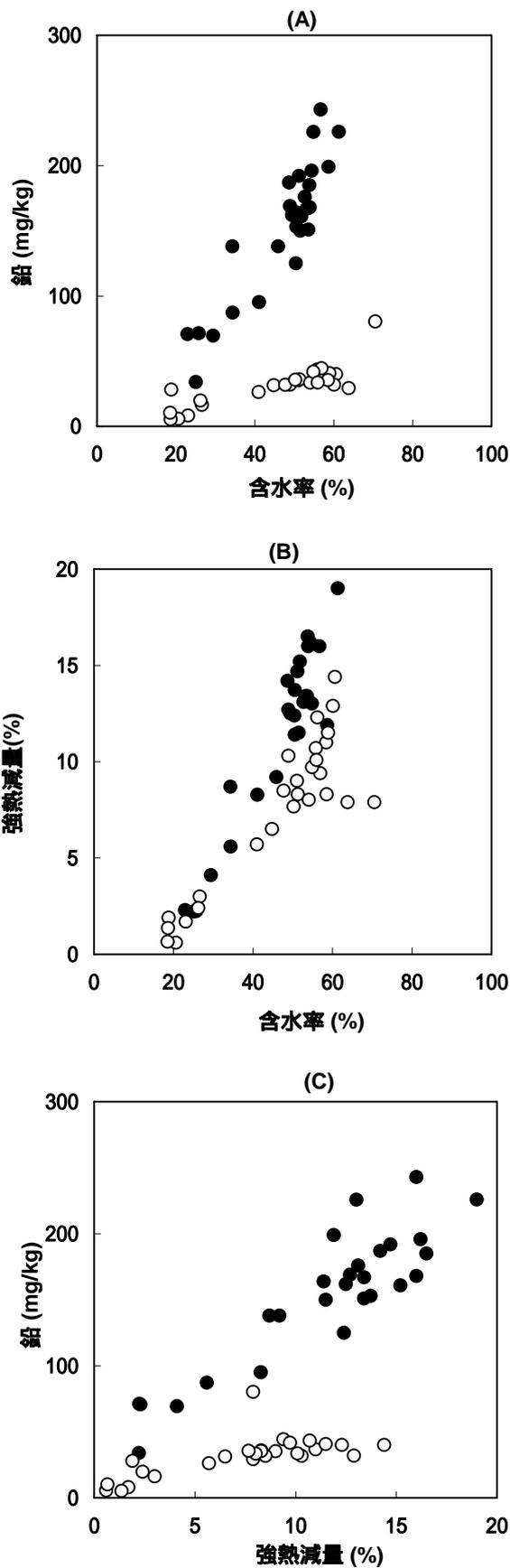


図4 感潮域の河川底質中における含水率，強熱減量，および鉛の相互関係  
 ○：左門殿川辰巳橋      ●：加古川相生橋

の約5倍高い。辰巳橋は、人口密度が高く日本を代表する工業地帯に立地する多数の事業場からの排水や生活排水の影響を受けてきた神崎川の下流域にあり、相生橋の流域に比べてはるかに有機物や重金属の負荷が大きいという背景の違いによるものである。

粒度組成の測定がされていないので、含水率を粒度の間接的な指標<sup>12)</sup>とした。含水率と有機物量の指標であるIL、ILと鉛、および含水率と鉛との関係を散布図として図4(A)～(C)に示す。いずれの項目間においても正の相関関係が認められる。一般に感潮域の地点は、塩分の上昇による凝集作用により粘土やシルトなど微細な粒子が堆積しやすい環境にある。それに伴って有機物や重金属も同時に沈積するため、粒度変化に対応して有機物量や重金属濃度も変化していることが推察されるが、図4に示されている相互関係はそのことを裏付けている。

神崎川では水質汚濁防止対策の特長として、川底に堆積したヘドロの浚渫事業<sup>13)</sup>があり、1961年度～1970年度と1971年度～1996年度までの2回にわたって実施されている。含水率は1998年までの34.3%～61.3%に比べて1998年以降は23%～41%と明らかに減少し、底質はヘドロから砂質に変化していた。浚渫は一定の河川区間ごとに順次行われているため時間的なずれを生じているが、底質の性状の変化は浚渫の影響である。しかし、2004年における辰巳橋の含水率は54.8%に増加しているように再び泥質になり、重金属濃度も上昇している。こうした含水率の増加は、辰巳橋の堆積環境によって再びヘドロ状底質が堆積したことや上流からの微細粒子の移動・再堆積が起こったことが推察され、それに伴って重金属の濃度が一時的に上昇したものと考えられる。

そこで、粒度の影響を除くために、含水率に対する鉛、亜鉛、ヒ素濃度の比を求めその経年変動を図5-(A)に示す。粒度を考慮した場合も、全体として減少傾向にある。神崎川流域の下水道普及率(2003年度末)<sup>13)</sup>は兵庫県側で98%以上、大阪府側で95%以上と進展している。下水処理施設は重金属の除去を直接の対象とはしていないものの、処理工程を通して重金属もまた一定の除去がなされる<sup>14)</sup>。このように辰巳橋では浚渫による汚染底質の除去や流入負荷削減対策の効果が伺われる。

鉛については、亜鉛やヒ素とは異なり含水率の変化を考慮しても2003年、および2004年と濃度上昇にある。汚濁対策が進展する中で鉛の濃度上昇の原因は不明であるが、今後の変化を見ていく必要がある。

相生橋では、年によって底質の含水率が大きく異なる場合があり、その影響による濃度変動も大きいと思われる。そこで、辰巳橋と同様に、含水率で補正した結果を図5-(B)に示す。特に含水率が20%～30%となる砂質底質

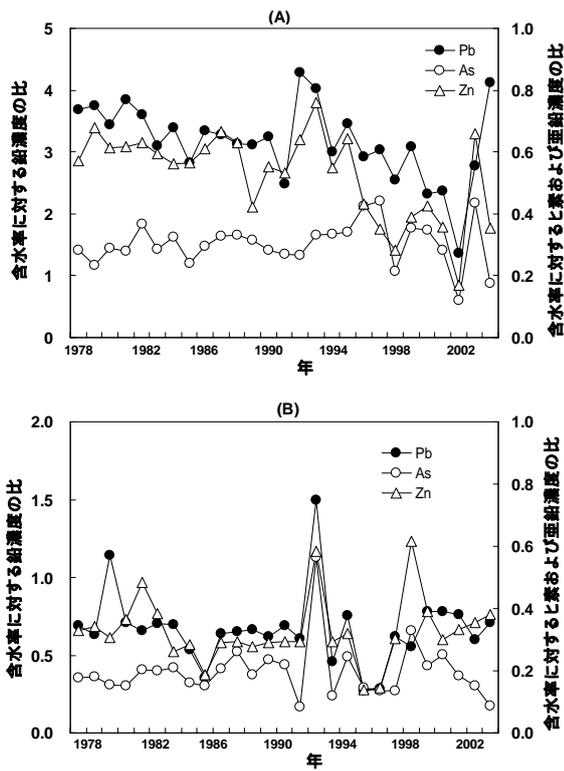


図5 感潮域の河川底質中における含水率に対する鉛、亜鉛、およびヒ素の比の経年変化  
A:左門殿川辰巳橋, B:加古川相生橋

の変動が顕著である。しかし、1998年以降については少なくとも全体として増加する傾向は認められない。ヒ素のように、含水率を考慮しない場合には増加傾向を示す(図2-(D))が、これを考慮すると逆に減少するパターンを示す場合もある。

本報では粒度の間接的な指標として含水率を用いているため、特に含水率の変化が小さい砂質の場合の精度は悪く詳細な議論は難しい。しかし、相生橋の流域には金属製品製造工場や釣り針製造業、および下水処理施設等からの排水が流入しているものの、両地点間の流域にある市町の生活排水処理率は83.1%~98%と水質汚濁対策は進展しており、今のところ相生橋の底質中の重金属濃度に影響を及ぼすような新たな汚濁源は考えられない。このことから、ここ数年見られる重金属濃度の増加は、この地点の底質が細粒化したことに伴うものと推察される。

### 3 底質中のクロム濃度の変化と汚染源との関係

#### 3.1 経年変化の特徴

猪名川の川西市域、市川の姫路市域、揖保川の龍野市域などでは、皮革のクロムなめし工程で生じた高濃度の有機物とクロムを含んだ排水が河川に直接流入し、夢前川の姫路市域には皮革のシェーピング屑を原料としたニカワ工場からの排水が流入していた。皮革関連工場は、

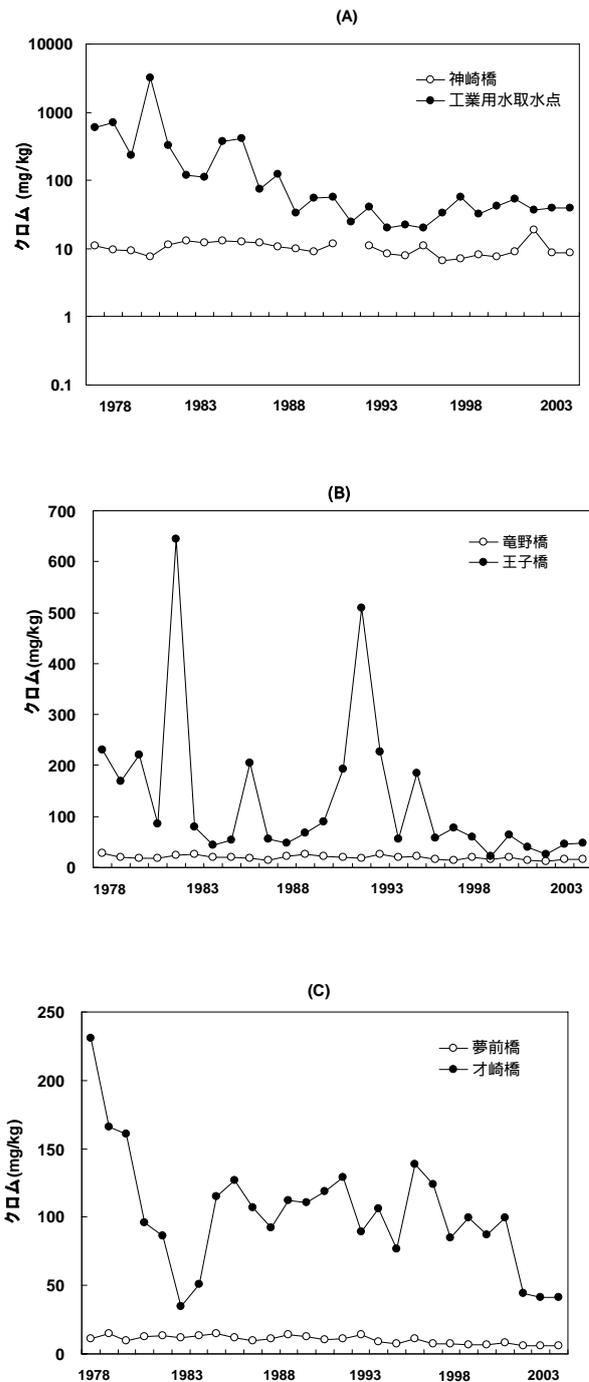


図6 市川、揖保川、および夢前川底質中のクロム濃度の経年変化  
A:市川(工業用水取水点の1993年は欠測), B:揖保川, C:夢前川

それぞれ関係する河川の二つの調査地点の間に立地しているため、上流側と下流側地点における1978年~1982年の平均値(表1)には著しい濃度差がある。2000年~2004年においても上流側地点の6.5 mg/kg ~ 16.0 mg/kg に対して下流側地点は42.0 mg/kg ~ 65.6 mg/kg と濃度は高い。揖保川龍野橋は、他の地点に比べて相対的に高い濃度であるが、揖保川上流にはクロム濃度が高い塩基性岩が分布しており地質的な影響<sup>4)</sup>と思われる。

上記の4河川のうち、他の産業排水や下水処理施設などの影響が大きいと考えられる猪名川 - 神崎川以外の3河川について、底質中のクロム濃度の変化を図6に示す。上流側の地点の底質中のクロム濃度はいずれも10 mg/kg ~ 20 mg/kg 前後の濃度で推移しており、それぞれ人為的汚染の影響が無い場合のバックグラウンド値と見なされる。一方、下流側地点は、いずれも1978年当時は高濃度であり、例えば市川では底質の性状が有機物の多いヘドロ状であったとはいえ3,200 mg/kg (1981年)の濃度も検出されていた。経年的には、市川(図6-(A))および揖保川(図6-(B))は明らかな減少傾向を示している。しかし、夢前川(図6-(C))の場合は1983年から再び上昇し、1985年~2001年の間はほぼ100 mg/kg 前後の濃度で推移しながら2002年以降に再び減少しているように、市川及び揖保川とは大きく異なるパターンを示していた。

### 3.2 水質の変化との関係

皮革排水は高濃度の有機物とクロムを含む特徴があるので、河川水への影響を見るために BOD および全クロムの濃度変動を図7に示す。なお、平均値の計算において、表記下限値未満の濃度(クロムは、0.01 mg/L 未満)の場合は、表記下限値を使用した。図中には、それぞれの河川における皮革関連排水の処理開始と流入が停止した時期を示している。市川工業用水取水点の BOD の年平均値は 15.6 mg/L (1978 年)であったが、1979 年以降の皮革排水の処理対策の進展と共に減少し、1987 年には 2.1 mg/L となって以降 1 mg/L 前後で推移している。全クロムの平均濃度も、0.11 mg/L (1977 年)から 0.047 mg/L (1983 年度)へと減少し、1986 年度以降は 0.01 mg/L 以下であるように BOD の変化と対応している。

揖保川関係の皮革工場排水処理は、他の地域よりも遅い 1994 年に、しかし段階的ではなく全ての排水について終末処理場での処理が開始された。その結果、1994 年を境に揖保川王子橋の BOD の年平均値は 16 mg/L ~ 35 mg/L から 3.7 mg/L に急減し翌年以降は 1 mg/L 前後となった。全クロムの平均濃度も 1994 年以前には 0.05 mg/L ~ 0.024 mg/L と常時検出されていた状態から全て 0.01 mg/L 以下になり、水質は劇的に改善された。

市川工業用水取水点と揖保川王子橋の底質中のクロム濃度は、いずれも水質に対応して次第に減少している。しかし、初期の濃度減少は大きいのが次第に緩やかになっており、水質に比べてその変化は小さいという共通の特徴を示した。2000 年~2004 年の底質中クロムの平均濃度は、市川工業用水取水点の場合 42 mg/kg だが上流側の神崎橋よりも 4 倍も高く、揖保川王子橋の場合も、44.8 mg/kg であるが、上流側の竜野橋と比べれば 2~3 倍高い濃度である。

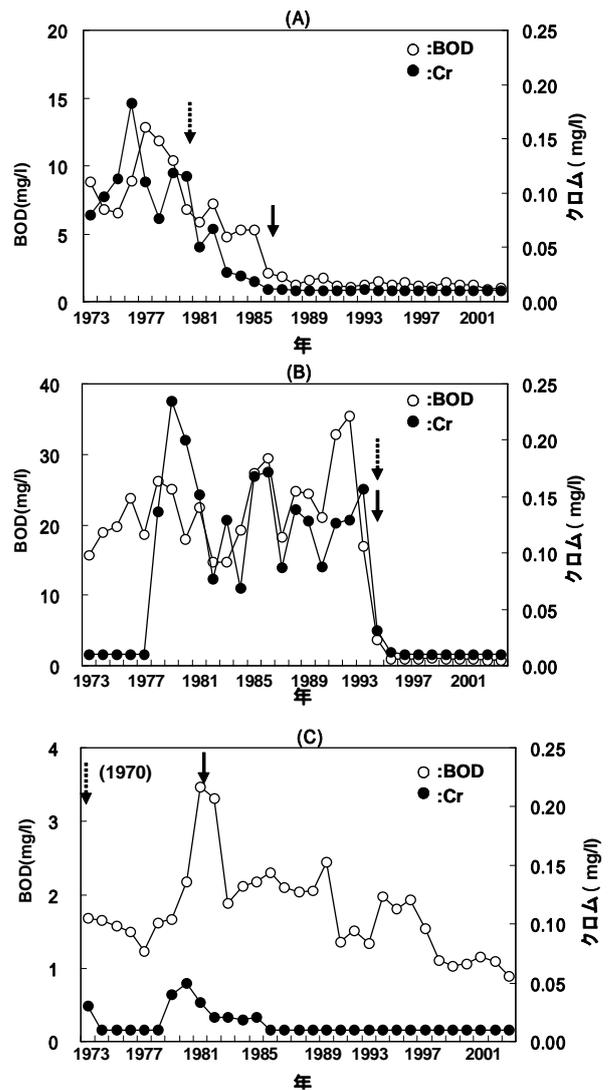


図7 市川、揖保川、および夢前川水質におけるBODとクロム濃度の経年変化  
A:市川工業用水取水点 B:揖保川王子橋  
C:夢前川蒲田橋(クロム濃度のうち、1973年度は広栄橋、1974年度は才崎橋、および1977年度~1978年度は京見橋の測定値である。)  
矢印(実線)は下水処理施設での処理が開始された年を示す。  
矢印(波線)は、前処理場での排水処理開始年を示す。

このように、皮革排水流入の影響が全く無くなった時点で水質は短期に顕著な回復を示すが、底質の場合は時間的に遅れがあること、底質濃度は初期の頃に大幅な濃度減少は見られるが 10~20 年を経ても、なお非汚染地点の濃度レベルまでは低下しないことが明らかになり、汚染底質の回復には相当の時間を要することが示された。

### 3.3 夢前川におけるクロム濃度とその原因

夢前川才崎橋は常時監視の水質測定地点ではないので、約1km 上流の蒲田橋の水質調査結果を使用した。BOD の変化を図7-(C)に示す BOD の年平均値は 0.9 mg/L ~ 3.5 mg/L

であり、一定の変動傾向は示していない。ニカワ工場排水は1970年から前処理場への流入が始まり、1979年からは全ての排水が下水処理施設で処理されている。

蒲田橋では1973年度～1974年度および1977年度～1978年度にはクロムの測定がされていないので、下流に位置する広栄橋(1973年度)、才崎橋(1974年度)および京見橋(1977年度～1978年度)の測定結果を使用した。クロム濃度の表記下限値は1979年度～1980年度の場合は0.05 mg/L、1981年度～1985年度の場合は0.02 mg/L、それ以外の年度は全て0.01 mg/Lと異なっていたが、1973年5月に唯一0.07 mg/Lの濃度が検出されたことを除くと全て表記下限値未満であった。したがって、図7-(C)における1979年～1985年のクロム濃度の増加は、測定年度の表記下限値の違いによる見かけ上のものであり、実際の濃度変動とは無関係である。

才崎橋において長期に底質中のクロム濃度が100 mg/kg前後で推移している原因を調べるために、1996年に図8に示す夢前橋(Y1)と才崎橋(Y4)の間にある新蒲田橋(Y2)と蒲田橋(Y3)の底質を調べたところ、新蒲田橋で66 mg/kg、蒲田橋では84 mg/kgのクロムが含有されていた。夢前橋と新蒲田橋の間には上流の菅生川右岸で分岐し、ニカワ工場が立地する地区(A地区)付近を通り途中に機械・電気関係の製造工場のそばを流れる農業用水路(B水路)が合流している以外に、他の水路等からの流入は認められなかった。このことから、才崎橋でクロム濃度が高い原因として、(1)ニカワ関連の排水がこの時点でもある程度流入している、(2)過去に堆積したクロム汚染の堆積物が水路に残存している、(3)全く別の汚濁源が存在することが考えられた。

そこで、1996年と1997年に周辺の詳細調査を行った結果を図8に示す。分岐された直後のB水路の底質中クロム濃度(Y5)は9 mg/kgであったが、A地区より下流の地点(Y6)では50 mg/kgと上昇し、機械・電気関係の製造工場の下流地点(Y7)ではほとんど変化はなく、夢前川に流入する直前のB水路流末(Y8)では62.5 mg/kgとY2に近い濃度であった。この水路の下流で合流する別の水路(C水路)の5地点(Y9～Y13)の底質中クロム濃度は、11 mg/kg～48 mg/kgであり、地点ごとの濃度差は大きかった。

以上のことから、(1)についてはその可能性が示唆されたこと、(2)については、B水路は浅くて流れがあり堆積物も非常に少ないことから、過去のクロムで汚染された堆積物が残存しているとは考えられないこと、(3)については、機械・電気関係の製造工場の影響は認められないが、C水路の底質のクロム濃度は48 mg/kgであったことから、この水路からの可能性は全く否定できなかった。し

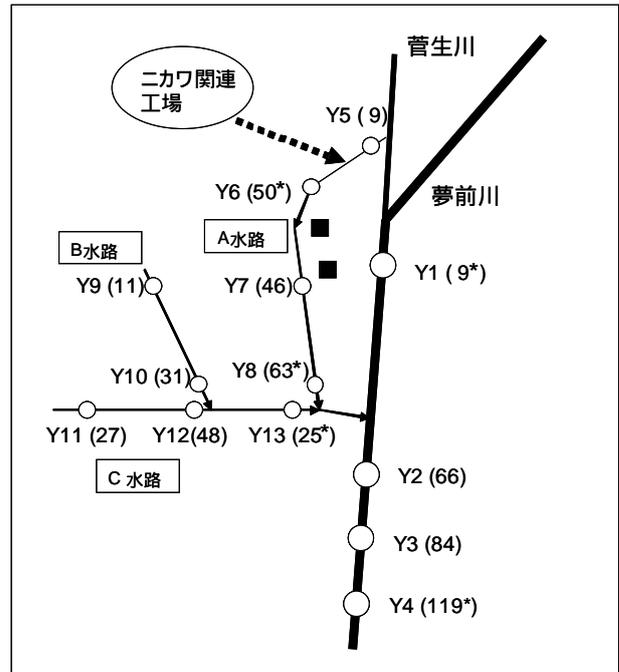


図8 夢前川および農業用水路の底質中クロム濃度の分布状況

\*1996年と1997年における調査結果の平均値

Y1: 夢前橋 Y2: 蒲田橋 Y3: 新蒲田橋

Y4: 才崎橋 ■: 電機工場

かし、C水路流末では30 mg/kgとB水路の1/2の濃度であり、水路の大きさや水量の程度から考えて、才崎橋の底質中のクロム濃度を支配するとは考えられなかった。このように、底質調査の結果は1985年以降においても引き続きニカワ工場に関わる排水が何らかの形で才崎橋の底質に影響を及ぼしていた可能性を示唆したが、これを裏付けるような直接・間接のデータについては得ることができなかったことから、原因を特定するには至らなかった。

いずれにしても2002年以降で見ると、濃度は40 mg/kg程度に減少している。この濃度は汚染の影響を全く受けていなかった夢前橋に比べて依然として4倍程度高いとはいえ、市川や揖保川においてクロムを含んだ排水が流入しなくなってから一定の年数を経た時点における濃度と同レベルである。才崎橋において長期にわたって続いていたクロム汚染もようやく改善されつつあると考えられる。

## 要 旨

兵庫県で年1回実施している河川底質調査結果に基づき、代表的地点における重金属濃度の1978年から2004年に至る26年間の長期的な変動について検討し、以下の

結果を得た。

- (1) 河川底質中の重金属濃度は、過去 26 年間を通して見ると、一時的な濃度増加はあっても全体として明確な上昇傾向を示した地点はなく、減少傾向を示すか横ばいであり、少なくとも河川底質中重金属の汚染は進行しておらず、むしろ減少傾向にあることが示唆された。
- (2) 左門殿川辰巳橋と加古川相生橋は、長期には減少傾向を示すが、最近数年に限ると濃度上昇が認められた。しかし、底質の粒度組成を考慮すると、左門殿川辰巳橋の重金属濃度は減少傾向を示し、浚渫による汚染底質の除去や流入負荷削減対策の効果と考えられること、相生橋については全体として増加する傾向は認められず、いずれの場合も重金属濃度の増加は底質が細粒化したことに伴うものと推察された。
- (3) 皮革関連排水によるクロム汚染を受けた市川工業用水取水点および揖保川王子橋では、排水の直接の流入が無くなると共に底質中のクロム濃度は水質に遅れて減少したが、10～20 年を経ても非汚染底質の 2～4 倍程度高い濃度を示しており、底質の改善のためには相当の時間を要することが明らかになった。
- (4) 1985 年からニカワ関連排水の流入がないにもかかわらず、高いクロム濃度で推移し最近減少が認められるように、市川や揖保川とは異なる挙動を示した夢前川才崎橋の周辺の底質調査結果は、1985 年以降においても引き続きニカワ工場に関わる排水が何らかの形で才崎橋の底質に影響を及ぼしていた可能性を示唆したが、原因を特定するには至らなかった。

## 文 献

- 1) 兵庫県環境局水質課：(昭和 53 年度～平成 17 年度) 公共用水域における水質測定結果報告書
- 2) 駒井幸雄，芦田賢一：河川底質中の重金属第 2 報 平均値の推定，兵庫県公害研究所研究報告，No. 16, 44-49 (1984)
- 3) 駒井幸雄，芦田賢一：河川底質中の重金属第 3 報 Cr と Ni の分布の特徴とその要因，兵庫県公害研究所研究報告，No. 17, 66-70(1985)
- 4) 駒井幸雄，芦田賢一：河川底質中の重金属第 4 報 Cu, Pb, Zn, As, Mn の分布の特徴，兵庫県公害研究所研究報告，No. 18, 98-105(1986)
- 5) 環境庁：底質調査方法，昭和 63 年 9 月 8 日 環水管第 127 号環境庁水質保全局通知(1988)
- 6) 和田桂子，福島実：兵庫県南部地震後の猪名川流域河川表流水中におけるヒ素濃度の消長，水環境学会誌，20, 860-864(1997)
- 7) 芦田賢一，山本淳，古武家善成：猪名川水系におけるヒ素およびその他重金属の空間的・時間的分布とその要因，水環境学会誌，24, 466-472(2001)
- 8) 環境省：平成 15 年度版環境白書，財務省印刷局(2004)
- 9) 駒井幸雄，芦田賢一：河川堆積物の採取法の問題点について，兵庫県公害研究所研究報告，No. 8, 81-82(1976)
- 10) 芦田賢一，駒井幸雄：河川堆積物の試料採取法について，兵庫県公害研究所研究報告，No. 9, 49-54(1977)
- 11) 駒井幸雄，芦田賢一：河川堆積物の試料採取法について，兵庫県公害研究所研究報告，No. 12, 27-30(1980)
- 12) 芦田賢一，駒井幸雄：底質分析をめぐる濃度変動 重金属を中心として - ，日本水環境学会誌，16, 11-16 (1994)
- 13) 例えば，神崎川水質汚濁対策連絡協議会：委員会資料，1-105(2001)
- 14) 駒井幸雄，古武家善成，清木 徹，永淵 修，村上和仁，小山武信，蛸灰谷 喬：瀬戸内海における底質中重金属濃度の分布と変化，日本水環境学会誌，21, 743-750 (1998)