

小田川における水質汚濁に関する研究 (第1報)

(1994年4月8日受理)

板野 道弘 嶋田 義弘 加納 純孝

Studies on Water Pollution in the Oda River Part I

Michihiro Itano Yoshihiro Shimada Sumitaka Kanou

Key words: 小田川, 水質汚濁, 相関関係

はじめに

著者らは1988年11月から4年間にわたって高梁川の水質汚濁について調査し、その結果を本学紀要等ですでに報告^{1)~4)}してきた。その報告の中で高梁川に合流する三大支川(西川, 成羽川, 小田川)の合流直前に設けた調査地点のデータで、いつの調査でも気になっていたのが、幹川である高梁川に一番下流で合流(倉敷市古地付近)する小田川の値であった。ここの調査地点の値が他の調査地点(支川の西川, 成羽川も含む)のものに比べ大きく様相が異なっていたことは前報までに述べてきた。この小田川は、岡山県の西南部を西から井原市, 矢掛町, 真備町を抜けて東へ流れる中河川で通常の流量は非常に少なく、そのため流入物質の希釈および拡散が少なく、今後この川の水質についてのモニタリングは必要であると考えていた。高梁川についての報告は、著者らのほかにも浮田等^{5), 6)}のものもあるが、小田川についての報告は見当たらない。そこで今回、小田川について調査を実施し若干の知見を得たので報告する。

実験方法

1. 調査水域および調査日

図1に調査地点を示す。調査地点は井原市の上流にSt.01(芳井町川相:新落合橋下), St.02(芳井町吉井:芳水橋上), St.03(井原市新町:新橋上)までの3地点を設け、さらに下流に向かって井原市と矢掛町のほぼ中間地点にSt.04(井原市木之子町:馬越橋上)を、矢掛町と高梁川との合流点までの中間付近にSt.05(矢掛町猿掛:琴弾岩前)を、また既報^{2), 4)}で異常な値を示したSt.5C(真備町

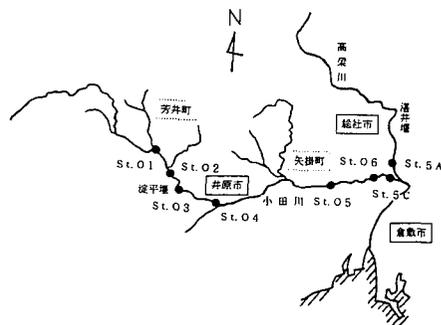


図1 調査地点

表1 水質分析結果（その1）

調査地点	調査日	気温 ℃	水温 ℃	pH	総硬度 mg/l	Na mg/l	Mg mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l
St. O1	92. 8.24	30.3	23.3	7.38	40.2	5.34	2.46	1.59	11.87	0.08
	11. 3	17.4	11.6	7.98	49.9	6.84	2.98	1.65	13.94	0
	12.17	9.0	6.1	7.92	45.5	5.71	2.49	1.42	14.82	0
	93. 2.11	9.7	5.0	8.02	46.9	5.04	1.96	1.53	10.14	0.07
	4.11	9.9	8.3	7.92	54.8	5.83	2.36	1.56	12.61	0
	6. 6	20.0	19.6	7.87	74.5	6.65	3.21	2.47	16.71	0.09
St. O2	92. 8.24	31.9	24.1	8.00	45.8	5.57	3.16	1.59	12.91	0.06
	11. 3	16.8	12.6	8.81	59.3	6.96	3.87	1.65	15.97	0
	12.17	8.0	5.4	8.18	51.1	6.58	3.22	1.77	15.19	0.01
	93. 2.11	10.1	5.2	8.49	57.6	5.22	2.64	1.48	11.91	0.04
	4.11	11.0	9.2	8.41	64.9	5.97	3.08	1.68	13.51	0
	6. 6	21.8	20.0	8.47	76.6	6.73	3.47	2.37	17.25	0.02
St. O3	92. 8.24	32.1	24.6	7.87	47.1	5.91	3.07	1.76	13.09	0.03
	11. 3	16.8	12.4	7.98	56.1	6.92	3.68	1.76	14.80	0
	12.17	8.8	7.5	7.80	50.1	6.13	3.04	1.52	15.08	0.02
	93. 2.11	10.2	6.0	8.02	54.8	5.14	2.50	1.47	11.60	0.12
	4.11	11.1	9.0	8.02	58.5	5.76	2.92	1.70	13.46	0
	6. 6	23.7	17.0	7.93	75.5	6.44	3.71	2.20	16.24	0.03
St. O4	92. 8.24	30.8	24.8	7.78	49.6	7.81	3.56	1.91	13.20	0.04
	11. 3	18.4	15.0	7.71	63.3	19.50	4.35	2.66	15.48	0
	12.17	9.7	9.7	7.59	59.7	18.83	3.73	2.47	15.51	0.05
	93. 2.11	9.6	6.7	7.68	61.3	10.22	3.08	1.96	12.87	0.08
	4.11	10.7	10.9	7.67	65.2	11.94	3.42	2.50	14.27	0.01
	6. 6	21.9	19.5	7.56	80.7	21.40	4.23	3.54	17.05	0.07
St. O5	92. 8.24	30.5	26.9	7.58	51.0	8.49	3.96	2.63	13.06	0.12
	11. 3	15.1	12.3	7.66	61.8	15.54	4.62	3.01	14.93	0.13
	12.17	10.7	7.1	7.76	58.8	13.42	4.01	2.62	15.93	0.12
	93. 2.11	9.7	6.7	7.92	66.3	11.65	3.47	2.55	14.33	0.19
	4.11	9.1	10.3	7.93	70.8	11.58	3.91	2.85	15.42	0.06
	6. 6	22.9	21.0	7.89	81.1	14.32	4.54	3.96	17.25	0.10
St. O6	92. 8.24	30.6	28.0	7.61	49.2	8.77	3.80	2.81	12.52	0.14
	11. 3	16.6	13.4	8.09	61.9	14.92	4.56	3.20	15.20	0.15
	12.17	11.3	6.9	7.95	58.9	12.25	4.00	2.53	16.03	0.13
	93. 2.11	9.9	7.4	8.67	67.3	10.07	3.49	2.56	14.44	0.17
	4.11	7.1	10.5	7.97	70.0	11.37	3.91	2.83	14.89	0.05
	6. 6	22.6	20.6	7.83	86.3	13.85	4.84	3.77	17.47	0.13
St. 5C	92. 8.24	30.6	28.8	7.64	48.0	8.77	3.74	2.81	12.49	0.18
	11. 3	15.1	12.0	7.77	63.1	15.29	4.66	3.13	15.16	0.16
	12.17	11.0	6.7	7.88	59.6	12.00	4.03	2.61	16.09	0.14
	93. 2.11	10.0	7.0	8.43	66.6	10.36	3.57	2.45	14.24	0.27
	4.11	7.2	10.1	7.82	71.1	11.29	3.96	2.86	14.72	0.10
	6. 6	23.7	20.9	7.60	76.7	11.69	3.84	3.94	16.66	0.38
St. 5A	92. 7.25	21.5	26.3	7.88	50.4	5.22	2.25	1.81	13.37	0.06
	10.11	23.4	17.8	8.21	50.4	5.00	2.27	1.83	15.05	0.03
	11.29	16.9	9.7	8.62	48.5	5.66	3.34	1.42	16.15	0
	93. 2.11	10.3	6.9	8.27	54.0	5.25	2.02	1.10	12.00	0
	6. 6	23.0	19.8	8.69	60.8	6.01	2.38	1.48	14.19	0.04

表1 水質分析結果 (その2)

Cu μg/l	Zu μg/l	Pb μg/l	Cd μg/l	F mg/l	Cl mg/l	NO ₂ mg/l	Br mg/l	NO ₃ mg/l	PO ₄ mg/l	SO ₄ mg/l	COD mg/l	DO mg/l
0	0	0	0	0	5.45	0	0.09	3.26	0.04	8.82	1.19	9.0
0	0	6	0	0	6.13	0	0.18	2.42	0	11.16	1.05	10.5
0	0	8	0	0	6.04	0	0.12	4.24	0	10.70	0.68	11.9
0	0	0	0	0	5.51	0	0.10	4.10	0	8.62	0.83	12.5
0	0	2	0	0	5.52	0	0.13	1.97	0	9.22	1.63	11.4
0	0	0	0	0	6.66	0	0.11	5.56	0	14.94	1.15	8.9
0	0	0	0	0	5.60	0	0.07	3.81	0.08	9.69	1.26	9.0
0	0	0	0	0	6.36	0	0.13	2.99	0	11.62	0.88	11.4
0	0	2	0	0	6.33	0	0.09	4.75	0	11.69	1.10	13.0
0	0	0	0	0	5.82	0	0.08	4.92	0	9.89	0.81	12.7
0	0	0	0	0	5.62	0	0.09	2.70	0	10.46	1.46	12.6
0	0	0	0	0	6.68	0	0.11	5.59	0	14.12	0.99	10.0
0	0	0	0	0	5.74	0	0.07	3.79	0	11.64	1.44	8.7
0	0	0	0	0	6.00	0	0.13	3.05	0	12.78	0.60	10.4
0	0	0	0	0	6.26	0	0.12	4.71	0.04	12.60	0.43	11.8
0	0	0	0	0	5.71	0	0.08	4.89	0.01	10.29	0.90	11.7
0	0	0	0	0	5.61	0	0.09	2.87	0	10.88	0.86	11.6
0	0	0	0	0	6.50	0	0.10	6.49	0	15.56	0.80	9.5
0	0	0	0	0	6.05	0.11	0.06	4.28	0.24	14.51	1.35	8.8
0	0	0	0	0	16.56	0	0.12	3.55	0.46	34.56	1.86	9.8
0	0	0	0	0.05	8.24	0	0.12	5.27	0.23	34.05	1.98	10.9
0	0	0	0	0	10.95	0.03	0.10	5.74	0.16	18.08	1.02	11.6
0	0	0	0	0	6.70	0.12	0.09	3.19	0.34	6.99	2.95	9.9
0	0	0	0	0	7.70	0.22	0.08	2.84	0.36	40.84	2.38	8.3
0	0	0	0	0.07	6.39	0	0.06	4.26	0.23	16.28	1.81	8.4
0	0	0	0	0.14	15.00	0	0.07	2.04	0.08	26.63	1.80	10.1
0	0	0	0	0	11.45	0	0.13	4.07	0.03	23.20	1.95	12.0
0	0	0	0	0.06	10.59	0.01	0.08	5.01	0.02	20.97	1.86	12.1
0	0	0	0	0.10	10.69	0	0.07	2.41	0.05	22.46	3.39	11.1
0	0	0	0	0.21	11.50	0	0.07	1.35	0.01	24.28	2.26	9.2
0	0	0	0	0.09	6.61	0	0.05	4.16	0.21	16.88	2.32	8.5
0	0	0	0	0.08	11.28	0	0.08	1.58	0.07	24.83	1.86	11.1
0	0	0	0	0	11.31	0	0.13	3.93	0	21.04	1.44	12.8
0	0	0	0	0.07	6.77	0.05	0.07	4.24	0	18.69	1.95	13.0
0	0	0	0	0.11	10.52	0	0.07	2.11	0	20.06	2.13	11.8
0	0	0	0	0.18	7.41	0	0.08	0.24	0	23.41	2.86	9.5
0	0	0	0	0.08	6.47	0.08	0.06	4.09	0.22	16.96	2.32	8.6
0	0	0	0	0.10	11.22	0	0.10	1.54	0.05	24.65	1.83	10.3
0	0	0	0	0	11.25	0	0.11	3.78	0	20.37	1.30	13.0
0	0	0	0	0.07	6.83	0.05	0.08	4.09	0.01	18.86	1.87	12.7
0	0	0	0	0.11	10.44	0	0.07	1.99	0.10	20.78	2.17	11.3
0	0	0	0	0.12	7.19	0.26	0.04	2.84	0.06	18.46	2.77	8.9
2	0	0	0	0	5.41	0.06	0.02	2.97	0	7.27	1.12	8.1
0	0	0	0	0	5.60	0.06	0.03	4.30	0.01	8.85	1.51	9.9
0	0	0	0	0	5.25	0.02	0.01	2.30	0	7.28	0.66	12.3
0	0	0	0	0	5.85	0.03	0.03	3.15	0	6.09	0.42	12.1
0	0	0	0	0	5.83	0	0.02	2.28	0.02	7.28	1.26	9.8

下二万：矢形橋上) はそのまま今回の調査地点に残し、さらにその上流1.6km付近に St. O 6 (真備町
 箭田：福松橋上) を設けた。この7ヵ所の常設調査地点に加え対照として幹川高梁川にも St. 5 A (真備
 町川辺：川辺橋下) をそのまま残して調査した。小田川の各調査地点で、1992年8月24日に始まり11月
 3日、12月17日及び1993年2月11日、4月11日、6月6日とほぼ2ヵ月ごとに四季6回実施した。なお、
 St. 5 Aでは、高梁川の調査の時期が一致する1992年7月25日から1993年6月6日までの間に行った
 5回のデータを使用した。

2. 試料の採集および実験項目

検水は500m³容ポリエチレンびんに採水し、既報^{2), 3)}と同じく21項目を測定した。

3. 試薬および標準溶液

既報^{2), 3)}と同じ。

4. 装置および器具

既報^{2), 3)}と同じ。

5. 分析方法

既報^{2), 3)}と同じ。

結果および考察

今回調査した21項目について表1に調査地点の全ての測定結果を示した。また各調査地点の平均値
 (n=6)、全測定値の平均値 (n=42) および対照として行った St. 5 A の平均値 (n=5) と前年高
 梁川で調査報告した全測定値の平均値 (n=48) を併せて表2に示した。

表2 調査地点別の平均値 (その1)

調査地点	データ数	pH	総硬度 mg/l	Na mg/l	Mg mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l
St. O 1	6	7.85	51.96	5.90	2.58	1.70	13.35	0.04
St. O 2	6	8.39	59.21	6.17	3.24	1.76	14.46	0.02
St. O 3	6	7.94	57.02	6.05	3.15	1.74	14.05	0.03
St. O 4	6	7.67	63.30	14.95	3.73	2.51	14.73	0.04
St. O 5	6	7.79	64.96	12.50	4.09	2.94	15.15	0.12
St. O 6	6	8.02	65.60	11.87	4.10	2.95	15.09	0.13
St. 5 C	6	7.86	64.19	11.57	3.97	2.97	14.89	0.21
全データの平均値	42	7.93	60.89	9.86	3.55	2.37	14.53	0.08
St. 5 Aの平均値	5	8.33	52.85	5.43	2.45	1.53	14.15	0.03
高梁川の平均値*	48	7.97	35.18	4.39	1.83	1.07	11.25	0.11

* 高梁川の平均値：1991年3月～1992年1月の調査で既報⁴⁾

今回のこの調査を始めた1992年の夏の気象は、梅雨が7月24日に明け“梅雨明け10日”の連日の猛暑の後8月に入って30年ぶりという3個の台風(4日:9号, 8日:10号, 18~19日:11号)が迷走しながら九州地方北部から中国地方西部を通過し、強い雨をもたらした。11号だけでも各地に100mm以上の雨が降り、小田川でもその影響を受けて増水した。そこで第1回目の調査はその雨の影響がなくなったと思われる状態になってから採水した。よってこのときのデータは小田川としては、生活雑廃水の影響がほとんど無い状態でのサンプルと考えられる。これを基にして今後の汚染の実態をモニタリングしていきたい。その後の調査期間中の気象は平年と差がなく流量も少なく、流れはゆるやかかほとんど流れていない平素の小田川の状態だった。

1. 小田川の現況

pHは7.59~8.81 (7.93±0.21)と全域でほぼ微アルカリ性で推移した。この値は既報⁴⁾の高梁川の年間平均値(n=48)7.97とほぼ同じ値で、高梁川水系ではこの値に見られるように河川のpH値としては日本の他の河川に比べるとやや高めであった。このことは浮田等の報告^{5),6)}の中で高梁川のpH値が旭川に比べて0.5ポイント程高く報告されていることとよく一致している。小田川でも高梁川同様にやや高い傾向であった。全流域の中でSt.O2の値が他の調査地点に比較して年間を通してpH8.00~8.81と平均値に比べて0.46~0.88高くなっているが、そこにどのような原因があるのか解明は出来なかった。その地点から下流に行くに従って下がっていった。

陽イオン物質の全測定値を解析し各調査地点別の平均値をグラフにしたのが図2で、Mgは1.96~4.66mg/l [3.55±0.67], Kは1.42~3.96mg/l [2.37±0.70], Caは10.14~17.47mg/l [14.53±1.71]と下流に行くほど徐々に増加して行く傾向はあるがその変化は少なかった。そのような中でNaは4.05~21.40mg/l [9.86±4.22]とかなりの変動があり、St.O4の平均値はSt.O3に比べて2.47倍の14.95mg/lと大幅に増えていた。この傾向は8月の流量の多かった時期すなわち溶存物質が希釈拡散された時を除いていつの時期も同じ傾向で、季節との関係は見られなかった。この原因はやはり井原市付近の家庭から排出される洗剤等の生活雑廃水に起因することが考えられる。

表2 調査地点別の平均値(その2)

Cu μg/l	Zn μg/l	Pb μg/l	Cd μg/l	F mg/l	Cl mg/l	NO ₂ mg/l	Br mg/l	NO ₃ mg/l	PO ₄ mg/l	SO ₄ mg/l	COD mg/l	DO mg/l
0	0	2.67	0	0	5.89	0	0.12	3.59	0.01	10.58	1.09	10.70
0	0	0.33	0	0	6.07	0	0.10	4.13	0.01	11.25	1.08	11.45
0	0	0	0	0	5.97	0	0.10	4.30	0.01	12.29	0.84	10.62
0	0	0	0	0.01	9.37	0.08	0.10	4.15	0.30	24.84	1.92	9.88
0	0	0	0	0.10	10.94	0	0.08	3.19	0.07	22.30	2.18	10.48
0	0	0	0	0.09	8.98	0.01	0.08	2.71	0.05	20.82	2.09	11.12
0	0	0	0	0.08	8.90	0.07	0.08	3.06	0.07	20.01	2.04	10.80
0	0	0.43	0	0.04	8.02	0.02	0.09	3.59	0.07	17.44	1.61	10.72
0.40	0	0	0	0	5.59	0.03	0.02	3.00	0.01	7.35	0.99	10.44
0	0	0.25	0	0.01	5.11	0.02	0.02	2.57	0.02	5.73	1.34	10.33

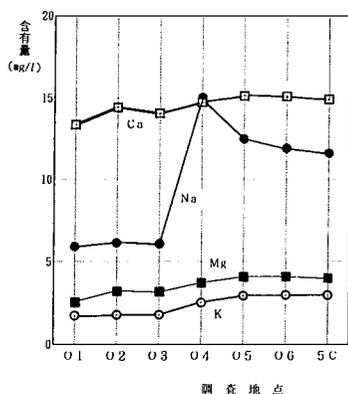


図2 陽イオン物質の濃度変化

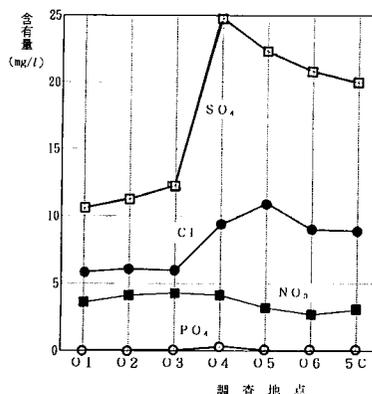


図3 陰イオン物質の濃度変化

陰イオン物質についても全測定値を解析し各調査地点別の平均値をグラフにしたのが図3で、FとNO₂は井原市街地上流のSt.O3までには全く検出されなかった。その地点より下流のSt.O4からはFはすべての地点で検出され、NO₂は11～12月の時期を除いて散発的に検出された。その値はFが0～0.21mg/l [0.04±0.06]、NO₂が0～0.26mg/l [0.02±0.06] だった。PO₄でも0～0.46mg/l [0.07±0.11] と結果は同じに見えるが、前述のFやNO₂と異なってSt.O3より上流でも検出されており、またその地点より下流ではSt.O6で検出されなかったがほぼ全域で検出された。以上述べたF、NO₂およびPO₄は検出されない地点もあったが、Cl、Br、NO₃およびSO₄は全調査地点から検出された。その中でClとSO₄は図3でも顕著にわかるようにSt.O3とSt.O4の間でClが5.97mg/lから9.37mg/lへと約1.6倍に、SO₄が12.29mg/lから24.84mg/lへと約2.0倍に増加しており、やはりここにも井原市付近の家庭からの生活雑排水の影響が現れており、その後は漸次減少して行った。またBr [0.09±0.03] とNO₃ [3.59±1.34] とは全流域でほとんど変化がなかった。

重金属類ではPbがSt.O1で0～8μg/lとわずかに検出されたが、その他の地点では全く問題はなかった。Cu、ZnおよびCdにおいては全調査地点でまったく検出されなかった。

CODは0.84～2.18mg/l [1.61±0.69] とおよびDOは9.88～11.45mg/l [10.72±1.50] となっており今のところまだ清浄といえる範囲(COD 3 mg/l以下、DO 7.5 mg/l以上。ただし湖沼に関する水質基準値による)を満たしていた。

現況把握基礎調査として今回の結果から小田川を見ると井原市を境にして上流と下流にはっきりとした差がでた。この結果は建設省等^{7), 8)}が示している河川類型で小田川淀平堰より上流はA類型でそれより下流はB類型、さらに高梁川港井堰より下流はB類型とされており、これとよく一致している。

2. 溶存物質間の相関性

各溶存物質の相互間における相関性を検討し表3にその相関係数を示す。相関係数が0.9以上を示したものはNa-SO₄ (r=0.940) だけだった。この両物質間の相関性の高さを物語るのに図2および図3で両者のグラフの傾向が非常によく一致していることでも明らかである。しかし、このように高い相関を示す因果関係に何が関与しているかは明白ではない。

総硬度、Na、Mg、Kの陽イオン物質相互間およびCl、SO₄と陽イオン物質間には比較的高い順相関が、またpH、Br、NO₃、DOは他の溶存物質との間にはほとんど相関は認められなかった。

表3 溶存物質相互の相関

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	pH	総硬度	Na	Mg	K	Ca	Fe	Cl	Br	NO ₃	SO ₄	COD	DO
1	pH	0.012	-0.398	-0.319	-0.366	-0.149	-0.159	-0.279	0.162	0.106	-0.363	-0.367	0.579
2	総硬度	NS	0.509	0.565	0.704	0.733	0.263	0.337	-0.169	-0.245	0.510	0.482	-0.078
3	Na	--	++	0.767	0.327	0.538	0.299	0.739	-0.082	-0.342	0.940	0.177	-0.148
4	Mg	-	++	+	0.829	0.680	0.348	0.660	-0.214	-0.441	0.741	0.575	-0.281
5	K	-	++	++	0.611	0.603	0.540	0.540	-0.427	-0.448	0.717	0.781	-0.355
6	Ca	NS	++	++	++	0.116	0.400	0.400	0.162	-0.187	0.550	0.286	-0.104
7	Fe	NS	NS	+	++	NS	0.207	0.207	-0.505	-0.084	0.291	0.457	-0.066
8	Cl	NS	++	++	++	NS	NS	0.017	0.017	-0.266	0.704	0.356	0.093
9	Br	NS	NS	NS	++	NS	--	NS	NS	0.098	-0.094	-0.492	0.333
10	NO ₃	NS	-	--	--	NS	NS	NS	NS	-0.218	-0.218	-0.486	0.113
11	SO ₄	-	++	++	++	++	NS	++	NS	NS	0.504	-0.162	
12	COD	-	++	++	++	NS	++	+	--	--	++	-0.300	
13	DO	++	NS	NS	NS	-	NS	NS	+	NS	NS	NS	NS

++, -- : Significant correlation at P<0.01. +, - : Significant correlation at P<0.05.

NS : Not significant

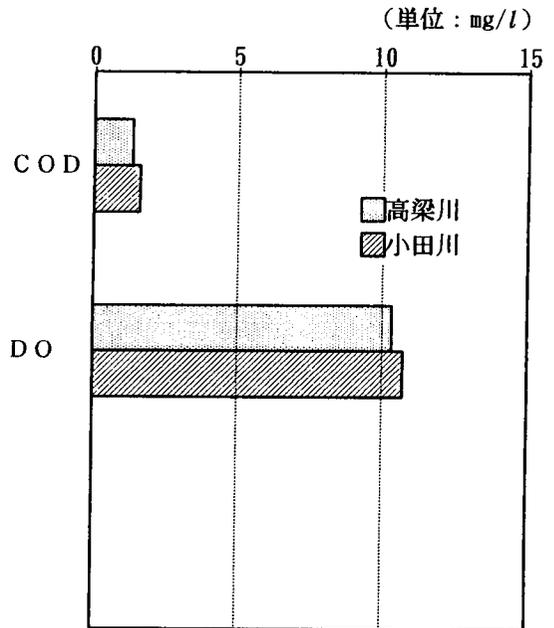
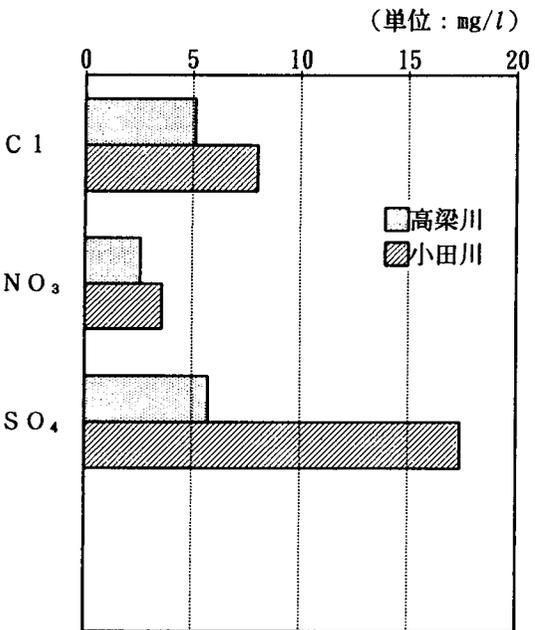
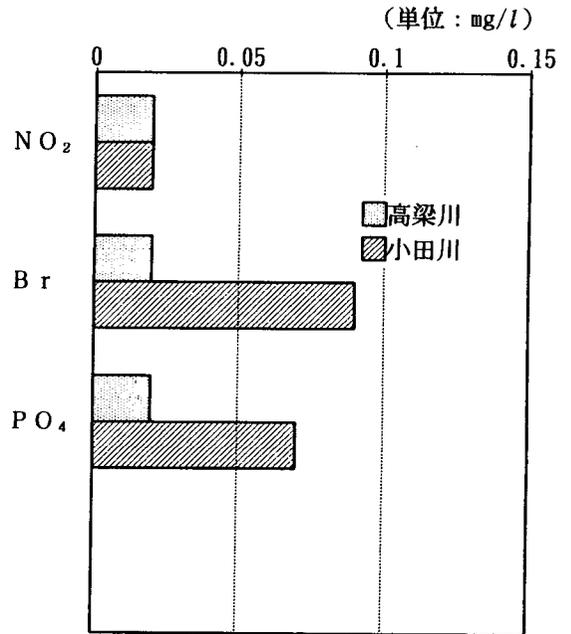
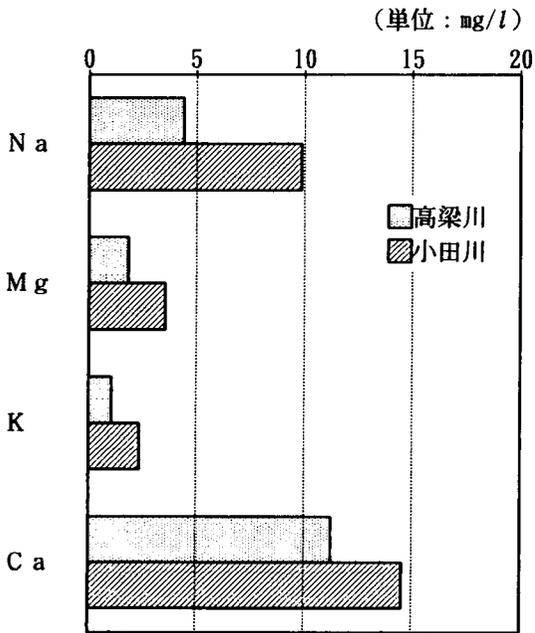


図4 高梁川と小田川の溶存物質の比較

3. 高梁川との比較

小田川と高梁川の溶存物質の比較のグラフを図4に示す。これを見て明らかなことはほとんどの溶存物質で小田川の方が多く含まれているという事実である。個別にみると陽イオン物質では、小田川の方がNaで2.25倍、Mgで1.94倍、Kで2.21倍とほぼ2倍量のを溶解している。Caでは1.29倍と3割程度多くなっていた。陰イオン物質はというとClで1.57倍、NO₃で1.40倍とやや多い結果になっおり、SO₄が3.04倍（平均で17.44mg/l、最大値で40.84mg/l）と異常に高い値を示した。また量的にはほとんど含まれていないNO₂ではまったく同じで、BrおよびPO₄がそれぞれ4.50倍と3.50倍と非常に大きく増加していたが量的にはいずれも0.1mg/l以下で問題にするほどではなかった。

有機物の指標であるCODは1.20倍とわずかに多い結果であった。DOについてはほとんど両河川で差がみられなかった。

川に流入してくる汚染物質が自然環境の中で安全といえる量になるのに一番大きな要因は、その物質が希釈拡散されことである。これではただ濃度が薄まったに過ぎないが一番早い汚濁対策かもしれない。その事実がこの両河川ではっきりと現れている。すなわち河川水量が多く常時一定の流れをもっている高梁川の方が汚濁状態が良く、全体的に清浄で安定している川だということになる。

文 献

- 1) 恩藤芳典・板野道弘・加納純孝・嶋田義弘：河川水質の判定とモニタリングに関する応用微生物学的研究，(財)両備程園試験研究論叢（1990）
- 2) 板野道弘・加納純孝・嶋田義弘・山根薫子・恩藤芳典：高梁川における水質汚濁に関する学際的研究（第1報），中国短期大学紀要第21号（1990）
- 3) 板野道弘・加納純孝・嶋田義弘・山根薫子・恩藤芳典：高梁川における水質汚濁に関する学際的研究（第2報），中国短期大学紀要第22号（1991）
- 4) 板野道弘・嶋田義弘・加納純孝：高梁川における水質汚濁に関する学際的研究（第4報），中国短期大学紀要第24号（1993）
- 5) 浮田和夫・東 幹夫・渡辺仁治・三宅与志雄：高梁川・旭川の工場廃水が水質および底生生物におよぼす影響について，岡山県水試事業報告昭和42年度（1968）
- 6) 東 幹夫・浮田和夫・三宅与志雄：高梁川・旭川における水質汚濁の現状について，岡山県水試事業報告昭和43年度（1969）
- 7) 建設省河川局監修（1989）：日本河川水質年鑑，山海堂（1991）
- 8) 水質規制担当官監修（1991）：“全国の水質規制値 平成3年・4年版”，(株)アイピーシー（1991）

(付記) 本研究の一部は平成4年度中国短期大学特別研究助成費により実施したもので，ここに謝意を表します。