

樫野川の河川成分の流域別変動について

伊原 靖二・今村 主税

Analysis of Constituents in River Water from the Fushino Valley

Yasuji IHARA · Chikara IMAMURA

Summary

Analytical studies in natural waters of Fushino river for three years in March, 2003 from April, 2000 have been reported. Analytical items in fresh water were mainly pH, conductivity, turbidity, dissolved oxygen, temperature, uv absorbance, total organic carbon, surfactant, and dissolved ions, respectively. At the eight points of river valley, fluctuation of river constituents was analyzed in terms of statistical methods. The behavior of these analytical values and compounds in the natural environment was briefly discussed.

1. 緒言

本来河川は溶存物質や懸濁物質を上流から下流へ輸送する場であり、また、懸濁物質を分解・除去する場でもある。しかし、人間活動の増大とともに、多くの都市河川ではその自浄能力を上回る汚濁物質の流入があるため水質が悪化している。河川が汚染されれば、景観が損なわれるのはいうまでもないが、悪臭が発生したり、水生生物が死んだりする。さらに、我々はその河川水を水道源として利用しており、河川水の汚染が進行すると、現在の浄水施設では十分に浄化できず、水道水のかび臭さや、濁りが発生することが考えられる。水道から流れ出る水は、飲料水という生理学的な役割だけでなく、炊事・洗濯・入浴を初めとして清掃、消火、工場用水などの形で日常生活のあらゆる場で使用されている。このように、水は人間の生命と健康を保持、増進するための基本的なものであり、我々の生活に必要不可欠なものであるといえる。

現在、河川を汚染する原因の3/4が家庭から排出される生活排水であるといわれている。これに対処するために下水道の普及や、活性汚泥処理を中心とした下水処理場の建設が進められているが、まだ十分であるとはいえず、生活排水が直接河川などに排出されることも多い。また、家庭用洗剤の流入も河川の汚染の重要な問題となっており、一般に排水中に各種の界面活性剤が含まれていると、その排水の性状を複雑なものにし、処理を難しくしている¹⁾。さらに起泡性、生分解性、生物への毒性などの点で

問題となり、活性汚泥法による処理の効率を低下させる。今後その影響の調査も必要である²⁻¹⁰⁾。これらの事実を踏まえ、河川の水質を調査することにより、我々の生活がどれくらい河川に負荷を与えているか検討する必要がある。

樫野川は県内の2級河川では4番目の広さの流域面積であり、中国山系を水源とし、中流の農地や市街地を貫流し、河口域に大きな干潟を形成している山口湾に至っている。流域に多くの人口を有し、生活排水による汚染も心配されている。また山口市及びその周辺地域の水道源として利用されている。樫野川の水質調査については、筆者らは1994年3月から1995年2月までの1年間¹¹⁾、及び1999-2000年の2年間の水質調査を試み¹²⁾、その結果を報告した。さらに前報では、2001年の樫野川水系3河川における水質調査を試み、樫野川の現段階の水環境について、一の坂及び仁保川の結果と比較しながら主として生活排水からと考えられる問題点のある項目に着目しその測定結果を報告した¹³⁾。本調査においては2000年の4月から2003年3月までの3年間の主としてpH、導電率、濁度、溶存酸素、水温、全有機炭素、界面活性剤、及び溶存イオン等の河川成分の水質調査の測定結果を、各流域別（ポイント別）の変動から考察し、樫野川の水環境の変化を比較検討することにした。

2. 実験

2-1 試水

樫野川の河川成分の測定は月一回の間隔で2000年の4月から2003年3月までの3年間の約36回行った。樫野川の河川水を図1に示すように上流の入野橋から大

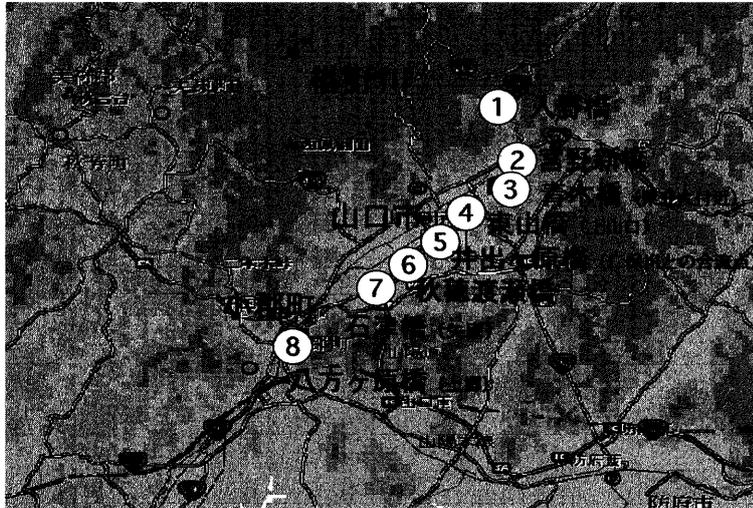
学付近、山口市内、湯田温泉を中心に8ポイント(1:入野橋、2:宮野新橋、3:青木橋、4:東山橋、5:井手ヶ原橋、6:秋穂渡瀬橋、7:石津橋、8:八方原橋)を選び、川の流れのほぼ中央に橋上から網につるした採水器をおろして実施した。採水した試

水はその場で水質チェッカーにて、pH、導電率、濁度、溶存酸素、及び水温を測定するとともに、その後出来る限り速やかに実験に供し、その他の各成分を測定した。

2-2 測定

採水した水はその場で水質チェッカーにて、水温、導電率、濁度、溶存酸素を測定するとともに、pHメーターにてpHを測定した。全有機体炭素(TOC)、界面活性剤濃度、紫外吸光度、イオンアナライザーによる溶存イオン及び多項目迅速水質分析計による鉄及びリン酸については、その後出来る限り速やかに実験に供し、前報と同様な測定方法¹¹⁻¹³⁾にて各河川成分を測定した。

図1 樫野川の河川成分の水質調査ポイント



3. 結果及び考察

本調査では、3年間の樫野川の流域別(ポイント別)変動の結果を表1-3にまとめた。また、各データは1

から8のポイント別の3年間の平均値であり、測定回数、標準偏差、最大値、最小値と共に示した。

表1 樫野川の水温、濁度、pH、溶存酸素及び導電率のポイント別変動

		1 入野橋	2 宮野新橋	3 青木橋	4 東山橋	5 井出ヶ原橋	6 秋穂渡瀬橋	7 石津橋	8 八方原橋
水温 ℃	平均	20.7	20.3	20.2	20.4	20.3	20.5	20.9	20.8
	測定回数	35	35	36	36	36	36	36	36
	標準偏差	7.3	7.6	7.5	7.6	7.8	8.1	8.3	8.1
	最大	33.0	32.5	33.2	32.9	33.5	34.1	35.4	33.2
	最小	5.7	5.4	5.8	6.6	6.6	6.1	6.5	6.6
濁度 NTU	平均	4.0	3.3	2.8	3.0	3.2	3.7	4.7	5.4
	測定回数	33	33	33	33	33	33	33	33
	標準偏差	5.1	3.6	4.0	3.6	3.9	3.6	4.1	4.0
	最大	23	17	21	17	18	18	19	18
	最小	0	0	0	0	0	0	0	0
pH	平均	7.3	7.4	7.5	7.4	7.5	7.6	7.5	7.6
	測定回数	36	36	36	36	36	36	36	36
	標準偏差	0.34	0.39	0.43	0.38	0.42	0.43	0.41	0.49
	最大	8.3	8.2	8.3	8.1	8.2	8.2	8.2	8.7
	最小	6.8	6.8	6.8	6.4	6.4	6.4	6.5	6.8
溶存酸素 mg/l	平均	8.27	8.28	8.41	8.51	8.39	8.58	8.43	8.59
	測定回数	33	33	34	34	34	34	34	34
	標準偏差	1.67	1.54	1.64	1.55	1.62	1.62	1.65	1.45
	最大	11.52	11.12	11.42	11.43	11.49	11.46	11.72	11.77
	最小	4.58	5.08	5.17	5.70	5.00	5.42	4.98	5.66
導電率 mS/cm	平均	0.103	0.095	0.106	0.115	0.119	0.117	0.118	0.130
	測定回数	35	35	36	36	36	36	36	36
	標準偏差	0.041	0.019	0.016	0.017	0.021	0.022	0.022	0.027
	最大	0.284	0.167	0.140	0.144	0.153	0.154	0.153	0.189
	最小	0.066	0.064	0.075	0.079	0.069	0.079	0.079	0.086

測定：2000年4月～2003年3月

3-1 水温、濁度、pH、溶存酸素(DO)、及び導電率
表1に樺野川の水温、濁度、pH、溶存酸素(DO)及び導電率のポイント別変動の結果を示した。

水温は水の素性を示す一つの重要な因子である。樺野川の水温の各月別の測定結果では当然ながら上流から下流に向かうにつれて、若干上昇する傾向が見られた。しかし表1に示しているように、水温の流域(ポイント)別平均値は20.2から20.9℃とほぼ同じであった。これは各ポイントでの温度差が異なり、結果的にはほぼ同一値になったものと考えられる。各ポイント別の最高温度の差は3℃であり、最低温度の差は1.1℃であった。

濁度は水の濁り具合を透過散乱方式を用いて定量化したものである。水の濁りの起源は、地表に存在する粘土性物質、地表に存在する有機性物質、プランクトンおよび微生物、種々の廃水成分、異種の水の混合により生ずる沈殿、河床沈殿物の舞い上がり、付着物質のはく離などがあげられる¹⁴⁾¹⁵⁾。樺野川の濁度は各ポイント別平均では余り大きな差は見られないが、ポイント1で若干高く4.0 NTUを示し、その後少し減少してさらに下流に向かうにつれて徐々に上昇している。最後の8ポイント目では5.4 NTUを示した。これは、濁りの原因である懸濁物の濃度が上中流域より、下流域で高いことを表している。

pHは天然水の最も根本的な性質であり、普通、淡水はpHが7付近である。pHを支配する因子は主に地質因子である。すなわち、水が通ってくる地質の化学組成の示すpHと同じ傾向を示すということである。その他土壌中の二酸化炭素の溶解による影響や植物の炭酸同化作用およびバクテリアによる生物体の分解が考えられる¹⁵⁾。各ポイント別の平均値は7.3から7.6とほぼ同じでありほとんど中性を示した。一般に、地下水のpHが酸性を示すことが多いが、樺野川の場合pHは主として地質因子であり、地下水の影響をあまり受けていないようである。

DOは河川や海域の自浄作用や魚類などの水生生物にとって不可欠である。河川の水質面から考えるとDOが高ければ、河川水中の微生物が十分に呼吸でき、自然浄化作用も促進される。従って、DOは、TOCやBODとの関連が深いといえる。水中での酸素消費の原因は酸素の水中の無機化合物との反応、バクテリアによる有機物の分解や動植物の呼吸作用によると考えられる。樺野川のポイント別平均値は8.27から8.59 mg/lとほぼ一定値を示した。また最高値はポイント8で11.77 mg/lであり、最低値はポイント1で4.58 mg/lであった。DOの季節変化では、季節を通して夏は数値が低く冬は高い。これは酸素の水に対する溶解度との関連が有ることを示している。

水溶液の導電率は水中に溶けているイオン量と各イオンの電気を運ぶ速さによって支配される。した

がって、導電率によりおおまかに水中の溶存イオン量を比較することができる。

樺野川の導電率のポイント別平均値は0.1から0.13 mS/cmであり、図2に示すように上流から下流にいくほど高い値を示した。後に示す溶存イオンのグラフを見ると、一部の結果を除き導電率とほぼ同じ傾向を示しており、下流域にイオン性物質が多いため導電率が高い値になったのだと考えられる。下流では各支流からの各イオン性物質が流入しているものと考えられるが、上述したように、導電率はイオン濃度に関係するため後述の各種イオン測定の結果と比較検討することにする。

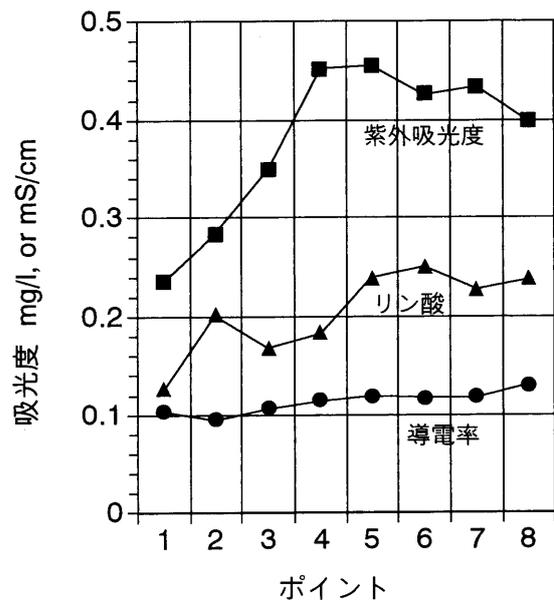


図2 導電率、紫外吸光度、リン酸濃度のポイント別変動の結果

3-2 全有機炭素(TOC)、紫外吸光度、界面活性剤、鉄、及びリン酸濃度

表2に樺野川のTOC、紫外吸光度、界面活性剤、鉄、及びリン酸濃度のポイント別変動の結果を示した。

TOCは測定水中の有機物に含まれる炭素の量を表すものであるが、環境白書の項目には含まれておらず、これまであまり研究されてこなかったため、くわしいことは分からない。しかし、BODのような内容が漠然として有機物の量を測定できないのに対して、TOC測定は有機物のみに含まれている炭素量も測定のため、水中の発生源を特定しやすい有機物量は有機炭素量により正確に表現できる。そのため、BODの測定結果と比較検討することで、実際の有機物汚染の状況を知ることができる。一般に、下流域では上流域に比べ有機物による汚染があると思われるが、今回のポイント別平均の結果で

は3.7から4.6 mg/lで相対的に高い値を示した。また図3に示すように、中流より上流と下流で高い値を示した。

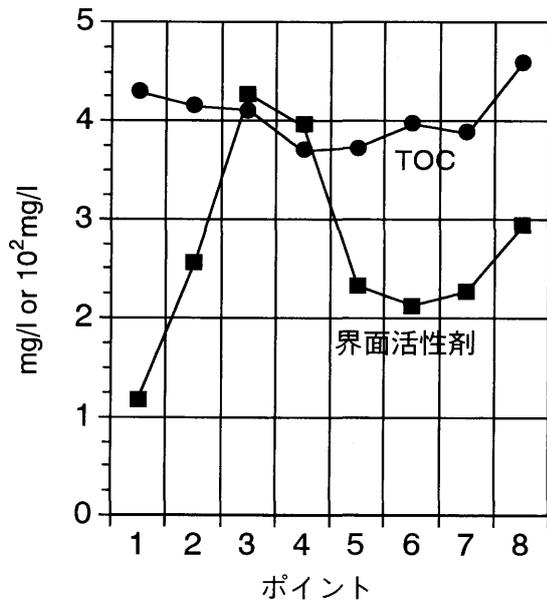


図3 全有機炭素 (TOC) 及び界面活性剤濃度のポイント別変動の結果

紫外吸光度は分光光度計により220nmの吸光度を測定したものであり、各紫外部に吸収のある有機物、硝酸イオン、亜硝酸イオン等が存在すると高い値を示す。またCODやTOCとよい相関があり、水中の有機物含量の指標として有用であると考えられている。樺野川のポイント別平均吸光度は0.24から0.46であるが、図2に示したように、ポイント4-5で高い値を示した。TOCの結果と異なっており、有機物だけでなく硝酸イオン、亜硝酸イオン等の影響があるものと考えられる。

合成洗剤の普及により、洗剤成分の1つである陰イオン界面活性剤が多量に使用され、その結果各地の河川で水質汚染を生じ、飲料水源や環境生物に影響を及ぼす心配が指摘されている。近年の水質汚濁の大切な指標である。しかし、今回の定量方法では陰イオン性界面活性剤の量のみであり、近年洗剤に含まれている非イオン性界面活性剤等の定量は出来ない。樺野川の界面活性剤濃度のポイント別平均値は0.0117から0.0424 mg/lであるが、図3に示すように、中流のポイント3-4で最大値を示した。下流よりも中流の方が高い値を示している。河川の性質からして、上中流域のほうが下流域に比べ水質も良好であ

表2 樺野川の全有機炭素、紫外吸光、界面活性剤、鉄、及びリン酸のポイント別変動

		1 入野橋	2 宮野新橋	3 青木橋	4 東山橋	5 井出ヶ原橋	6 秋穂渡瀬橋	7 石津橋	8 八方原橋
全有機炭素 mg/l	平均	4.30	4.15	4.11	3.70	3.73	3.97	3.88	4.59
	測定回数	35	35	36	36	36	36	36	36
	標準偏差	2.33	2.42	2.47	2.27	2.27	2.20	2.13	2.76
	最大	10.85	11.21	10.05	9.61	9.87	9.78	9.85	14.61
	最小	1.08	0.93	0.27	0.10	0.29	0.54	0.57	0.62
紫外吸光	平均	0.236	0.284	0.349	0.452	0.455	0.426	0.434	0.399
	測定回数	35	35	36	36	36	36	36	36
	標準偏差	0.478	0.554	0.681	0.837	0.850	0.762	0.817	0.713
	最大	2.27	2.77	3.34	3.92	4.08	3.74	4.01	3.90
	最小	0.012	0.075	0.102	0.151	0.127	0.102	0.066	0.056
界面活性剤 mg/l	平均	0.0117	0.0258	0.0424	0.0392	0.0232	0.0213	0.0227	0.0293
	測定回数	35	35	36	36	36	36	36	36
	標準偏差	0.0096	0.0131	0.0198	0.0270	0.0147	0.0134	0.0146	0.0148
	最大	0.0580	0.0820	0.1040	0.1235	0.0870	0.0740	0.0840	0.0707
	最小	0.0017	0.0080	0.0080	0.0080	0.0050	0.0060	0.0050	0.0130
鉄 mg/l	平均	0.070	0.085	0.090	0.093	0.071	0.078	0.097	0.105
	測定回数	35	35	36	36	36	36	36	36
	標準偏差	0.096	0.135	0.104	0.127	0.069	0.065	0.103	0.079
	最大	0.486	0.564	0.426	0.512	0.370	0.257	0.431	0.459
	最小	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
リン酸 mg/l	平均	0.126	0.202	0.168	0.184	0.239	0.251	0.228	0.238
	測定回数	30	30	30	30	30	30	30	30
	標準偏差	0.129	0.310	0.151	0.122	0.188	0.343	0.214	0.210
	最大	0.60	1.64	0.63	0.45	0.80	1.94	0.99	0.97
	最小	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00

測定：2000年4月～2003年3月

るように思われる。しかし、実際には違っており、これには後述するように下水道の普及が関係していると考えられる。

リン酸は多項目迅速水質分析計 (Hake、DR-2010) を使用し、リン酸態窒素として測定した。リンの起源は岩石起源の無機リンと動植物体の分解によって生じる有機リンがある。し尿水中にもリンが含まれ、生活排水の影響を受けた河川のリン濃度は大きくなる。樺野川のポイント別平均値は0.13から0.25 mg/l であり、表3でも明らかのように上流から下流に行くにつれて若干上昇した。3年間の結果を見る限り、比較的低濃度であるが、近年全リン酸は全窒素量と共に年々上昇していることも指摘されている。また、月別最大値がポイント2で1.64 mg/l、ポイント6で1.94mg/lと高く、当時肥料等の流入があったと考えられる。

鉄はリン酸と同じく多項目迅速水質分析計を用い

て溶解性鉄として測定されたものであり、今回の測定結果では各ポイント別平均値は0.70から0.105 mg/l まで変化しているが、ポイント別の傾向はあまり見られなかった。

3-3 溶存イオン濃度

河川水中に含まれる溶存イオンの起源は大別して、雨水に含まれる成分、地表で雨水に取り込まれる成分、地中で水にとけ込む成分、及び人間活動により供給される成分に分けることができる。表3はイオンクロマトグラフ分析にて測定した陰イオンである塩化物イオン (Cl)、硝酸イオン (NO₃)、及び硫酸イオン (SO₄) 及び陽イオンであるナトリウムイオン (Na)、カリウムイオン (K)、マグネシウム (Mg)、及びカルシウムイオン (Ca) の各項目のポイント別結果である。

表3 樺野川の各種溶存イオン濃度のポイント別変動

		1 入野橋	2 宮野新橋	3 青木橋	4 東山橋	5 井出ヶ原橋	6 秋穂渡瀬橋	7 石津橋	8 八方原橋
塩化物イオン mg/l	平均	5.54	7.28	8.00	8.73	9.56	11.10	10.56	11.49
	調査回数	36	36	36	36	36	36	36	36
	標準偏差	1.14	2.43	2.63	2.72	2.11	2.82	2.64	3.13
	最大	8.95	13.99	15.60	18.61	13.85	18.94	16.74	20.74
	最小	3.72	3.39	4.67	4.68	5.17	6.35	3.86	5.33
硝酸イオン mg/l	平均	1.94	2.39	2.97	4.08	4.12	3.68	3.53	3.35
	測定回数	33	34	36	36	36	36	36	36
	標準偏差	1.55	1.32	1.29	1.35	1.49	1.06	1.01	1.17
	最大	7.70	7.04	8.27	8.70	8.68	6.80	6.25	6.82
	最小	0.41	0.69	0.84	1.77	1.62	1.66	1.61	0.90
硫酸イオン mg/l	平均	13.21	10.62	9.71	10.23	10.48	9.92	10.19	10.86
	測定回数	36	36	36	36	36	36	36	36
	標準偏差	11.98	4.18	1.94	1.79	2.43	2.04	1.81	2.27
	最大	77.55	22.67	13.39	14.34	17.81	13.89	14.35	15.58
	最小	4.70	5.32	4.61	6.80	6.19	4.14	6.30	6.53
ナトリウム イオン mg/l	平均	8.41	8.70	7.94	8.06	8.78	8.90	8.83	9.61
	測定回数	36	36	36	36	36	36	36	36
	標準偏差	3.43	2.33	2.36	2.52	2.91	3.37	3.21	3.88
	最大	14.47	14.05	13.69	12.51	13.86	16.02	15.35	17.62
	最小	3.76	5.55	3.73	4.17	4.29	4.36	4.47	4.44
カリウム イオン mg/l	平均	0.99	1.15	1.45	1.61	2.02	2.10	2.03	2.28
	測定回数	36	36	36	36	36	36	36	36
	標準偏差	0.58	0.56	0.71	0.65	0.86	0.99	0.57	0.72
	最大	3.53	3.24	3.87	4.15	4.39	6.25	4.19	5.09
	最小	0.53	0.63	0.83	0.89	0.97	0.90	1.12	1.24
マグネシウム イオン mg/l	平均	1.44	1.35	1.59	1.85	1.85	1.75	1.78	2.06
	測定回数	36	36	36	36	36	36	36	36
	標準偏差	0.58	0.27	0.29	0.30	0.27	0.24	0.28	0.30
	最大	4.38	1.99	2.29	2.51	2.38	2.27	2.77	2.56
	最小	0.91	0.78	0.50	1.23	1.08	1.20	1.27	1.39
カルシウム イオン mg/l	平均	15.44	13.87	14.76	16.00	15.03	13.15	13.65	14.59
	測定回数	36	36	36	36	36	36	36	36
	標準偏差	5.75	2.72	2.06	2.23	2.17	1.90	2.18	1.98
	最大	42.36	21.57	20.39	21.83	18.55	17.25	20.09	19.34
	最小	9.24	8.75	9.64	9.87	8.96	8.34	8.58	9.44

測定：2000年4月～2003年3月

陰イオンの代表である塩化物イオン (Cl) は、すべての天然水に含まれているが、天然では岩石からの供給は少ない。天然での供給源は主に大気中に巻き上げられた海水が雨や風により、下降するものである。その他温泉及び火山からの供給も考えられるが、人為汚染による影響も大きく、我々人間は食塩 (NaCl) としてかなりの量を摂取しており、特に人口の多い都会の井戸水や河川などに塩化物イオンは多く検出される。榎野川のポイント別平均値は5.5から11.5mg/lで、図4に示したように、上流から下流域にいくにつれて明らかに上昇している。途中の支流からの流入も考えられるが、中流域から下流域の上昇は海水の影響は考えられないため、人間が生活に用いている塩化ナトリウム (NaCl) による人為汚染だと判断できる。

硫酸イオンはその行動が複雑であり、しかもこれまであまり研究が行われてこなかったため、その起源を推測することは困難である。しかし、家庭排水や化学肥料に含まれており、また、大気中にも石油や石炭の燃焼で生じる硫酸塩が浮遊していることがわかっているため、雨水と共に地上に降り注ぎ、河川水中の硫酸イオンの原因となっているとも考えられる。榎野川のポイント別平均値は9.7から13.2 mg/lでほぼ一定値であるが、ポイント1で一番高い値が得られた。ポイント1では最大値が77.4 mg/lと非常に大きく得られた月があり、これが、平均値を上げた原因である。

硝酸イオンのような窒素化合物は天然では細菌の作用により、その形態は様々に変化する。そのため、その起源はわかりにくい、種としてタンパク態物質の分解により生じているのではないかとされる。一般的には、全窒素や、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素として測定されている。溶存イオン中の硝酸イオンと亜硝酸イオンはイオンクロマトグラフで精度良く測定できる。しかし今回の測定では亜硝酸イオンはほとんど検出されなかった。榎野川の硝酸イオンのポイント別平均値は1.9から4.1 mg/lであるが、図4に示すように、中流のポイント4-5で最大値を示した。下流よりも中流の方が高い値を示している。この傾向は紫外線吸収の結果とよく似ており、相関性があるものと思われる。

陽イオンのうち、ナトリウムイオンは海からの風送塩と雨水、岩石・土壌の溶出、及び海水・温泉からの流入が考えられる。また塩素イオンと同様に生活排水に起因する人為汚染による影響も大きいと考えられる。榎野川のポイント別平均値は7.94から9.61 mg/lであり、塩化物イオンほど顕著ではないが、図4に示したように、上流から下流域にいくにつれて上昇している。今回の結果では塩化物イオンの結果と併せて人間が生活に用いている塩化ナトリウム

(NaCl) による人為汚染の可能性が高いと考えられる。

カリウムイオンは河川水にはわずかしこ含まれておらず、その主な起源は岩石・土壌にあるものと思われる。しかし、カリウムは3大栄養素でもあり、肥料中にも多く含まれている。榎野川のポイント別平均値は0.99から2.28 mg/lであり、図4に示しているように上流から下流にいくにつれてわずかに増加することがわかった。

カルシウムイオンは岩石土壌に起因するところが大きい、カルシウムイオンは淡水のもっとも重要な主成分であり、わが国では一般に他国に比べ含量が少ない。榎野川のポイント別平均値は13.2から16.0 mg/lであり、ほぼ全地域で一定値を示した。

マグネシウムイオンはカルシウムイオンと同様に主として岩石土壌の風化に起因するが、海からくる可能性も考えられる。榎野川のポイント別平均値は1.3から2.2 mg/lであり、その変化はわずかであるが、若干下流に行くにつれて増加している。各1-8ポイント別のMg/Ca (当量比) はそれぞれ0.15、0.16、0.18、0.19、0.20、0.22、0.22、0.23で、両イオンは自然界の各流下層からの組成であり、河川水質の地域的特色を示している。

若干のばらつきがあるが、ほとんどすべての溶存イオンが下流に向かうに従いほぼ一定か増加しているのが分かった。溶存イオンは有機物と違い、分解されることはなく、むしろ、いろいろな物質の分解や電解により生じることが多いため、下流に向かうに従い徐々にその濃度が上昇するのであろう。

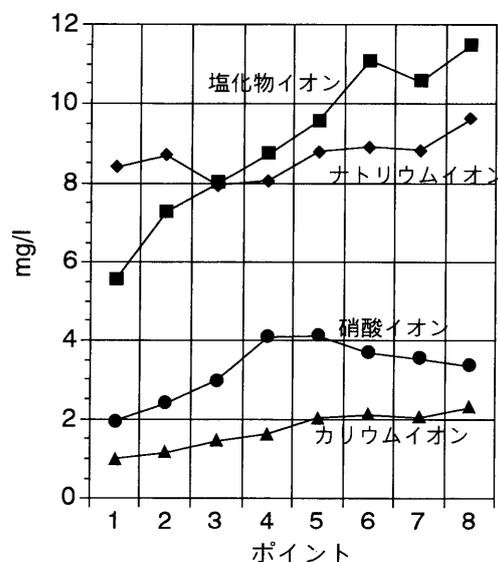


図4 塩化物、硝酸、ナトリウム及びカリウムイオン濃度のポイント別変動の結果

3-4 榎野川の流域別特徴

図5に界面活性剤濃度の3年間の月別変動を示した。各月で測定値が上下して逆転しているところがあるが、上流のポイント1や下流域のポイント8に比べ中流域のポイント4が高い値を示していることは明らかである。榎野川を取りまく環境を考えてみると、上中流域では、下流域に比べ、民家数も少なく、その分農作地が多い。河川成分の性質からして、上中流域のほうが下流域に比べ水質も良好であるように思われる。しかし、実際には違っており、これには、下水道の普及が関係していると考えられる。ポイント3、4である山口市宮野地区には、まだ下水道が完全に普及しておらず、家庭排水が直接榎野川に流入

することも多く、これに対し、下流域では下水道も普及しており、家庭排水が直接榎野川に流入することも少ないはずである。

図6に塩化物イオン濃度の3年間の月別変動を示した。各月で測定値が上下しているところがあるが、上流のポイント1や中流域のポイント4に比べ下流域のポイント8がかなり高い値を示していることは明らかである。ナトリウムイオンも塩化物イオンほど急激ではないが下流にいくにつれて上昇する傾向を示しており、上述したように人間が生活に用いている塩化ナトリウム (NaCl) による人為汚染の可能性が高いと考えられる。

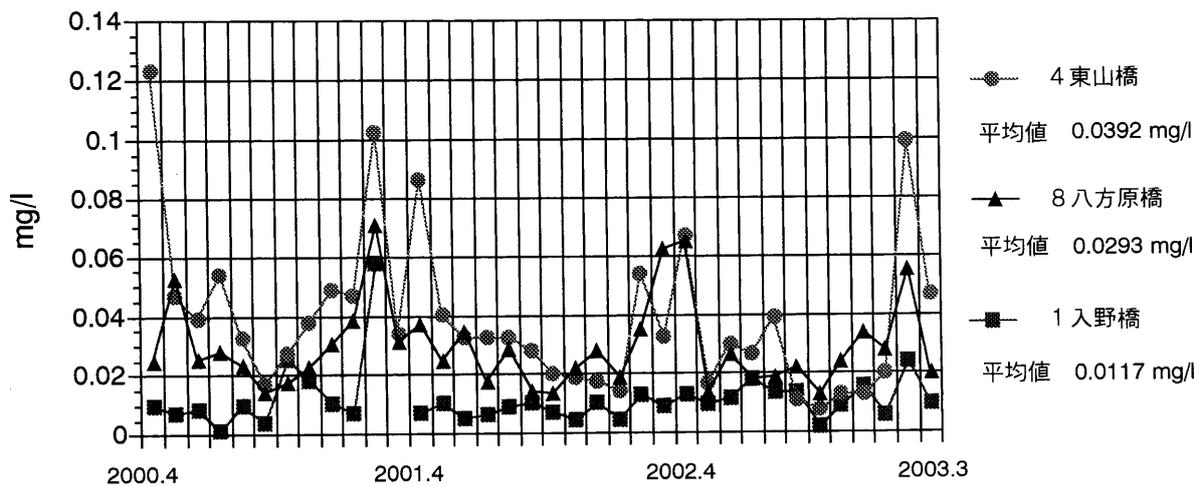


図5 界面活性剤濃度の月別変動の結果

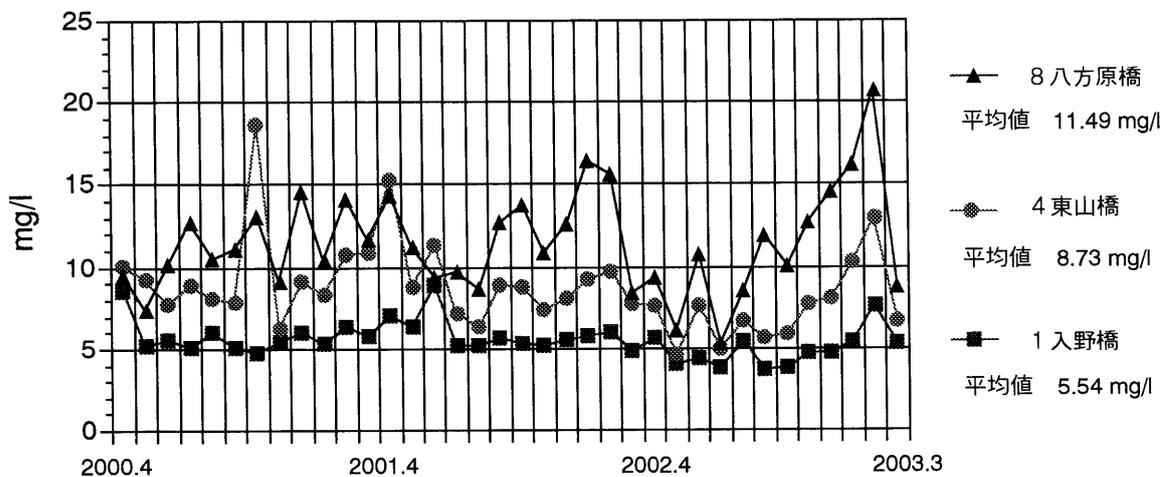


図6 塩化物イオン濃度の月別変動の結果

図7に硝酸イオン濃度の3年間の月別変動を示した。各月で測定値が上下して入れ替わっているところがあるが、上流のポイント1や下流域のポイント8に比べ中流域のポイント4がかなり高い値を示しているこ

とは明らかである。界面活性剤の濃度変化の結果と併せて、3-5の中流域の汚染が進んでいるものと思われる。

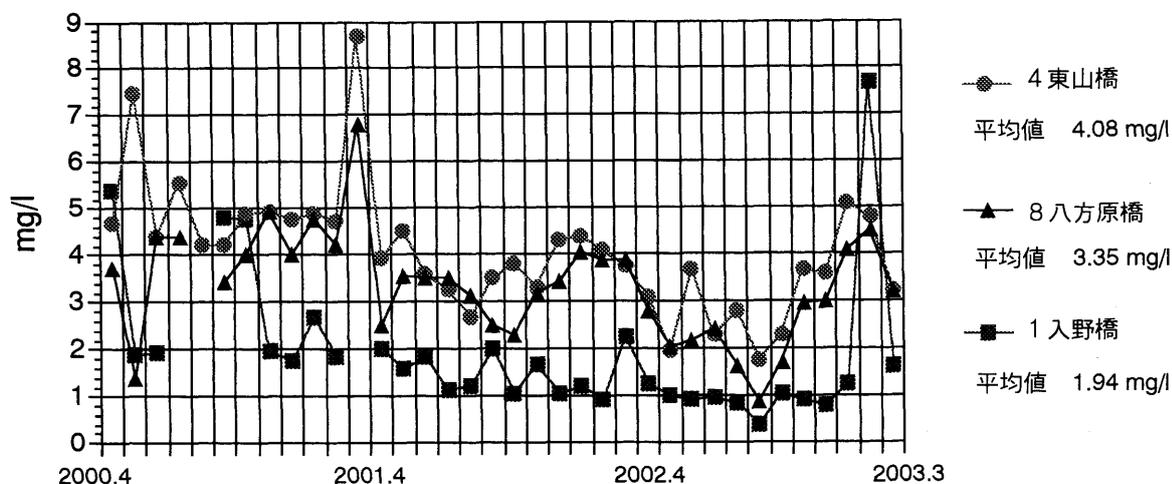


図7 硝酸イオン濃度の月別変動の結果

近年、山口湾（榎野川河口部）では、浮泥の流入、生活排水対策の遅れによる富栄養化等により、ヘドロやカキ殻の堆積、アマモ場の減少がみられるなど、干潟生態系の改変・改質が生じている。この原因は長期的な複合汚染によるものと考えられるが、今後、さらに調査を続行し長期的な調査を必要とする。この結果が短期的のみであるかどうかは今度さらに追跡調査を必要とするが、榎野川においても家庭排水の問題が深刻化するのではないだろうか。すでに報告したように、榎野川水系三河川の水質調査の比較検討から仁保川、一の坂川の2河川に比べ、榎野川は若干汚染が進行しているものと考えられる¹³⁾。

3-5 結果のまとめ

榎野川の2000年4月から2003年3月までの3年間にわたる水質調査を一般的な統計的手法により解析したところ、次のような結果が得られた。

1) 水温、濁度、pH溶存酸素及び導電率の流域（ポイント）別変動の結果、水温のポイント別平均値は20.2から20.9℃とほぼ同じであり、各ポイント別の最高温度の差は3℃であり、最低温度の差は1.1℃であった。榎野川の濁度は各ポイント別平均では余り大きな差は見られないが、ポイント1で若干高く4.0NTUを示し、その後少し減少してさらに下流に向かうにつれて徐々に上昇した。最後の8ポイント目では5.4 NTUを示した。pHの各ポイント別の平均値

は7.3から7.6とほぼ同じでありほとんど中性を示した。導電率のポイント別平均値は0.1から0.13mS/cmであり、上流から下流にいくほど高い値を示した。

2) 全有機炭素（TOC）、紫外吸光度、界面活性剤濃度、鉄及びリン酸濃度の測定の結果、TOCのポイント別平均の結果では3.7から4.6 mg/lで相対的に高い値を示した。また、上流と下流で高い値を示した。界面活性剤濃度のポイント別平均値は0.0117から0.0424 mg/lであるが、上流・下流より、中流のポイント3-4で最大値を示した。中流域ではまだ下水道が普及しておらず、直接生活排水が流入したことも考えられる。リン酸のポイント別平均値は0.13から0.25 mg/lであり、上流から下流にいくにつれて若干上昇した。

3) 溶存イオンのうち陰イオンの代表である塩化物イオン（Cl）のポイント別平均値は5.5から11.5 mg/lで、上流から下流域にいくにつれて明らかに上昇した。人間が生活に用いている塩化ナトリウム（NaCl）による人為汚染だと判断できる。硫酸イオンのポイント別平均値は9.7から13.2 mg/lでほぼ一定値であるが、ポイント1で一番高い値が得られた。硝酸イオンのポイント別平均値は1.9から4.1 mg/lであり、中流のポイント4-5で最大値を示した。下流よりも中流の方が高い値を示した。この傾向は紫外線吸収の結果とよく似ており、相関性があるものと思われる。陽イオンのうち、ナトリウムイオンのポイント別平

均値は7.94から9.61 mg/lであり、塩化物イオンと同様に上流から下流にいくにつれて上昇する傾向を示した。カリウムイオンのポイント別平均値は0.99から2.28 mg/lであり、ナトリウムイオンに比べてその量は少ないが上流から下流にいくにつれて増加することがわかった。一部のイオンを除き、ほとんどすべての溶存イオンが下流に向かうに従いほぼ一定か増加しているのが分かった。溶存イオンは有機物と違い、分解されることはなく、むしろ、いろいろな物質の分解や電解により生じることが多いため、下流に向かうに従い徐々にその濃度が上昇するのであろう。

5) 樫野川の流域別特徴の代表的なものとして界面活性剤、塩化物イオン、及び硝酸イオン濃度の変動を上げることが出来る。界面活性剤濃度の3年間の月別変動では、上流のポイント1や下流域のポイント8に比べ中流域のポイント4が高い値を示した。これには、下水道の普及が関係していると考えられる。ポイント3、4である山口市宮野地区には、まだ下水道が普及しておらず、家庭排水が直接樫野川に流入することも多く、これに対し、下流域では下水道も普及しており、家庭排水が直接樫野川に流入することも少ないはずである。塩化物イオン濃度の3年間の月別変動では、上流のポイント1や中流域のポイント4に比べ下流域のポイント8がかなり高い値を示した。上述したように人間が生活に用いている塩化ナトリウム (NaCl) による人為汚染の可能性が高いと考えられる。しかし、硝酸イオン濃度の3年間の月別変動では、上流のポイント1や下流域のポイント8に比べ中流域のポイント4がかなり高い値を示しており、界面活性剤の結果と併せて、3-5の中流域の汚染が進んでいるものと思われる。

以上のような結果であるが、今回の3年間の調査では主として一部の河川成分の変動の大きい項目から、樫野川の水環境の変化を比較検討したが、その結果のすべてを考察することは一般に困難であり、今後さらに調査を継続して追跡調査を行い、河川成分の経年変化も調査検討する必要がある。

本研究の遂行にあたり、3年間の水質調査に協力して下さった多くの卒研生の諸氏及び資料の整理をして頂いた中村貴絵及び大保真由美両氏に深く感謝致します。本研究の一部は平成14年度山口県立大学研究創作活動助成事業費及び平成14年度イオン環境財団助成事業費により行なわれた。

参考文献

- 1) 用水廃水便覧, 用水廃水便覧編集委員会, 丸善 (1973) .
- 2) Y. Ihara, *J. Appl. Polym. Sci.*, **32**, 5665 (1986).
- 3) Y. Ihara, *J. Appl. Polym. Sci.*, **33**, 3087 (1987).
- 4) Y. Ihara, *J. Appl. Polym. Sci.*, **36**, 891 (1988).
- 5) Y. Ihara, *J. Appl. Polym. Sci.*, **44**, 1837 (1992).
- 6) 伊原靖二, 文部省科学研究費補助金研究成果報告書 (1985) .
- 7) 伊原靖二, 斎藤真澄, 山口女子大学特別研究費補助金研究成果報告書 (1987) .
- 8) 伊原靖二, 山口女子大学研究報告 家政学部, **17**, 1 (1991) .
- 9) 伊原靖二, 山口女子大学研究報告 家政学部, **18**, 57 (1992) .
- 10) 伊原靖二, 山口女子大学研究報告 家政学部, **19**, 35 (1993) .
- 11) 伊原靖二, 山口女子大学家政学部研究報告, **21**, 77-81 (1995) .
- 12) 伊原靖二, 大学院共同研究プロジェクト研究成果報告, 平成11・12年度, 9-22 (2001) .
- 13) 伊原靖二, 山本剛土, 西川真代, 大深智美, 道場朋子, 山口県立大学生生活科学部研究報告, **28**, 27-33 (2002) .
- 14) 日本化学会編, 陸水の化学, 化学総説 No.14, 学会出版センター (1992) .
- 15) 半谷高久, 小倉紀雄, 水質調査法 改訂2版, 丸善 (1985) .