

# 大和川の有機汚濁に関する水質調査

橋 淳治\*・三浦靖弘\*\*・綾 美幸\*\*\*・赤穂陽子\*\*\*・田仲一弥\*\*\*\*

## 1. はじめに

1960年代から1970年代の高度経済成長期に多発した水質汚染が社会問題化し、河川や海洋においては発生源対策として事業所排水に対する規制強化がなされた。その結果、今日に至っては重金属をはじめとする有害物質による水質汚染はほとんどなくなった。しかしながら河川や海洋の有機汚濁や富栄養化については停滞ないし悪化の傾向にあり、その解決が今日的な課題になっている。

そこで、奈良県から大阪府にまたがる有機汚濁河川として全国的にも有名な大和川において、水質汚濁と浄化を題材とした環境教育のための基礎データ収集を目的として調査を行った。

なお、本研究は大阪府教育センター平成13年度「環境教育」研修の班別課題研修で行った研究のうち、大和川の有機汚濁を中心とした水質調査についてまとめたものである。

## 2. 調査地点及び方法

### (1) 調査地点

大和川は、都祁高原を源流に流域面積1070km<sup>2</sup>、幹川流路延長68km<sup>2</sup>、流域市町村19市19町3村、流域内人口202万人、支流170本を有している。また、流域の下水道整備率は奈良県域39.5%、大阪府域43.2%である<sup>1)</sup>。

調査地点は、国土地理院の地形図や水系図のほか、大和川流域の河川管理事務所の資料やインターネットを通じて得られた資料をもとに、有機汚濁の程度を考慮して選定し、図1に示した。下流部から上流部に向かって、調査地点としてSta.1が大和市住之江区南加賀屋の阪堺大橋、Sta.2が堺市浅香山町の西除川合流部、Sta.3が大和市東住吉区矢田の下高野大橋、Sta.4が大和市平野区瓜破の

高野大橋、Sta.5が藤井寺市津堂の大正橋、Sta.6が柏原市古町の河内橋上流、Sta.7が柏原市峠の亀ノ瀬橋、Sta.8が奈良県王寺町の昭和橋、Sta.9が奈良県川西町の新御幸橋、Sta.10が奈良県桜井市朝倉の川岸、Sta.11が奈良県桜井市滝倉の初瀬川ダム上流部である。

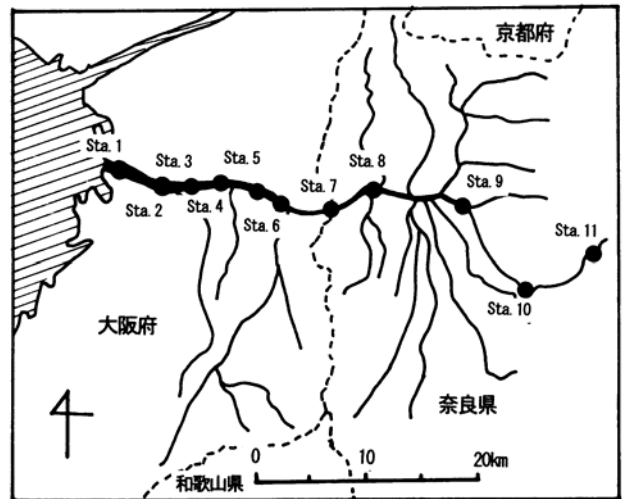


図1 大和川の調査地点

### (2) 方法

現地調査は2001年7月28日の午前中に一斉に行い、現地にて気温と水温を測定した後、試水をペットボトルに入れて実験室に持ち帰った。試水は直ちにパケットテストにてCOD、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、リン酸態リンを測定し、一般細菌と大腸菌群の培養を行った。さらに正確な化学分析を行うために試水の一部はワットマン社のGF/Cグラスファイバーフィルターでろ過して冷凍保存した。

栄養塩類はパケットテストでの分析結果を参考に必要に応じて再蒸留水で希釈し、アンモニア態窒素はSagi(1966)のインドフェノール法<sup>2)</sup>、亜硝酸態窒素はBendshneider and Roinson(1952)のN-1-ナフチルエチレンジアミンを使う方法<sup>3)</sup>、硝酸態窒素は西条と三田村(1995)の硫酸ヒドラジン還元法<sup>4)</sup>、リン酸態リンはMurphy and Riley(1962)のアスコ

\* 大阪府教育センター

\*\* 大阪府立藤井寺工業高校

\*\*\* 東大阪市立若江中学校

\*\*\*\* 大阪府立西成高等学校

ルビン酸還元法<sup>5)</sup>、ケイ酸態ケイ素はモリブデン黄法<sup>6)</sup>で化学分析を行った。

一般細菌はIshida(1980)の低栄養従属栄養細菌培地で<sup>7)</sup>、大腸菌群はデスオキシコーレイト培地<sup>8)</sup>でそれぞれ平板培養して定量した。

### 3. 結果と考察

#### (1) 簡易法による測定結果

7月28日の大和川水系におけるパックテストを中心とした簡易法による測定結果を表1に示した。気温は29.0℃~35.0℃、水温は23.4℃~34.0℃、CODは10~100ppm、アンモニウムイオンは0~1.6ppm、亜硝酸イオンは0.006~0.3ppm、硝酸イオンは0.46~10ppm、リン酸イオン0.66~1.65ppmであった。

COD用のパックテストでは色調が変化するので比較的正確な値の測定ができたが、その他のパックテストでは感度が若干低い点と、色調ではなく発色の強さが変化するので測定者の個人差も生じ、正確な値を求めるのは困難であった。しかし、これらの測定誤差を考慮しても大和川の下流部の水質汚濁は深刻であると考えられる。特に、河川の水質基準では快適に魚類が棲めるBODは5ppm以下とされているが、BODとも高い相関のあるCODがSta.4より下流部では50ppmを超えているので生物の生息環境としては大変悪い状況であった。

表1 簡易法による大和川の水質調査結果

調査地点	気温 (°C)	水温 (°C)	COD (mgO <sub>2</sub> /l)	アンモニア (ppm)	亜硝酸 (ppm)	硝酸 (ppm)	リン酸 (ppm)
Sta.1	32.5	34.0	50	0.4	0.300	4.60	0.66
Sta.2	32.0	31.0	100	1.6	0.300	10.00	0.33
Sta.3	29.0	28.0	50	0.0	0.015	2.30	0.66
Sta.4	32.3	29.8	50	0.0	0.030	2.30	1.65
Sta.5	35.0	32.0	20	0.0	0.060	10.00	0.66
Sta.6	33.0	30.8	20	0.0	0.060	4.60	0.66
Sta.7	32.5	29.1	10				
Sta.8	32.5	31.0	20				
Sta.9	33.0	31.5	10	0.0	0.030	4.60	0.66
Sta.10	32.0	27.2	10	0.0	0.015	1.15	0.66
Sta.11	30.0	23.4	10	0.0	0.006	0.46	0.66

#### (2) 化学分析による測定結果

試水の化学分析結果を表2に示した。栄養塩類は水中の植物の成長に必要なもので、しかも欠乏しやすいものである。ここでは量的な比較(原子数の比較)をするために単位は試水1リットル当たりのマイクログラム原子(μg-atoms/L)で表現した。

アンモニア態窒素は1.3~121(平均36μg-at. N/L)、亜硝酸態窒素は0.6~24.1(平均8.2μg-at.

N/L)、硝酸態窒素は3.8~180(平均24.1μg-at. N/L)、溶存無機態全窒素(DIN)は6~326(平均92μg-at. N/L)、リン酸態リンは0.7~17.3(平均6.3μg-at. P/L)、ケイ酸態ケイ素は158~316(平均224μg-at. Si/L)であった。

表2 化学分析による大和川の水質分析結果

調査地点	アンモニア (μg-at.N/l)	亜硝酸 (μg-at.N/l)	硝酸 (μg-at.N/l)	DIN (μg-at.N/l)	リン酸 (μg-at.P/l)	ケイ酸 (μg-at.Si/l)
Sta.1	45.6	13.16	74.0	133	6.1	158
Sta.2	121.6	24.13	180.0	326	17.3	172
Sta.3	54.2	9.57	72.0	136	9.8	215
Sta.4	31.9	8.32	49.0	89	7.6	198
Sta.5	29.8	5.48	33.0	68	4.2	234
Sta.6	17.5	3.96	23.0	44	3.6	221
Sta.7	4.3	1.24	6.7	12	1.4	246
Sta.8	63.7	15.17	58.0	137	12.4	253
Sta.9	24.4	6.39	21.0	52	4.1	216
Sta.10	4.6	2.11	5.6	12	1.7	239
Sta.11	1.3	0.62	3.8	6	0.7	316

地点別に有機汚濁の程度をDINとリン酸態リンからみると、Sta.2の浅香山ではDINが326μg-at. N/L、リン酸態リンが17.3μg-at. P/L、また、Sta.8の王寺ではDINが137μg-at. N/L、リン酸態リンが12.4μg-at. P/Lと琵琶湖南湖の値に比べてそれぞれの地点で20倍あるいは10倍程度と著しく高い結果であった。これは家庭雑排水などの河川への流入が原因している可能性が考えられる。

しかしながら、大和川の源流に当たるSta.11や府県境の山間部であるSta.7では窒素、リンともに低い値を示しており、河口部のSta.1でもこれらの値が下がっていることなどから、源流の水質は良好であり、また自浄作用もかなり働いていると考えられる結果が得られた。

一般的に、好気条件下では硝化作用が進行し、アンモニア態窒素は亜硝酸態窒素を経て硝酸態窒素になり、脱窒菌の働きで窒素ガスとなって水中から除去される。自浄作用の程度をみるためにDINに占めるアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素の割合を求めた(図2)。

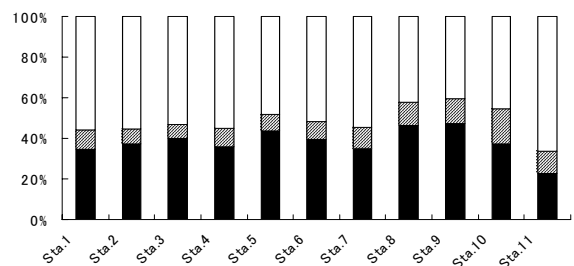


図2 大和川におけるDINに占める各無機態窒素の割合  
■はアンモニア態窒素、▨は亜硝酸態窒素、□は硝酸態窒素

上流部のSta. 11ではD I Nの値は低く、硝酸態窒素の割合も66%を超えており浄化にとっては良好な環境であった。また、全調査地点を平均するとアンモニア態窒素の占める割合は38.1%、亜硝酸態窒素の占める割合は10.2%、硝酸態窒素の占める割合は51.7%であり、良好とは言い難いが概ね酸化的环境であり、硝化・脱窒作用による浄化は働いているものと考えられる。

水中の窒素とリンのバランスをみるために試水中のD I Nとリン酸態リンの原子比(N/P比)を求めたものを図3に示した。

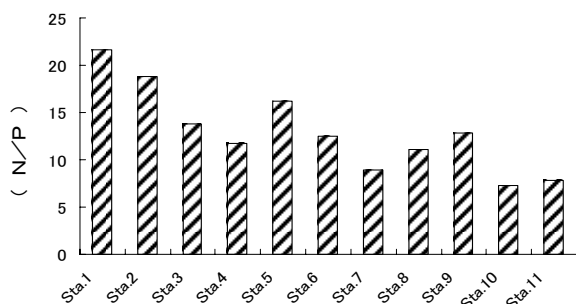


図3 大和川試水のD I Nとリン酸態リンの比(N/P)

試水のN/P比は7~21.6(平均13)であった。水中の生物の平均的なN/P比は16程度であり、この値より大きければ生物の成長にとって窒素が過剰であり、逆に小さければリンが過剰であると考えられる。今回の結果では下流部ほどN/P比が大きくなる傾向がみられ、下流部では窒素が過剰であったが、平均すると生物のN/P比に近いので、温度や光条件がそろったところに水の停滞などが起これば植物プランクトンをはじめとする生物の増殖が起こる可能性が考えられる。

### (3) 細菌類の測定結果

一般細菌は水中の有機物濃度が高いほど増殖しやすいため有機汚濁の指標となるほか、公衆衛生上の観点から測定されることが多い。

一般細菌の測定結果を図4に示した。

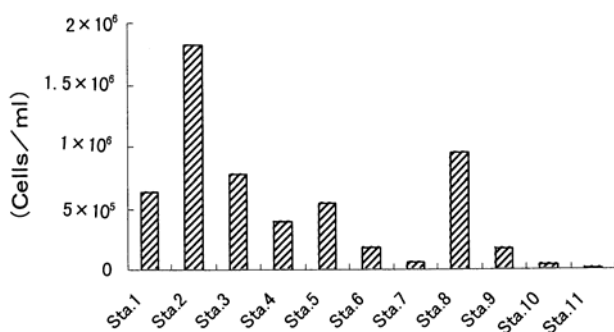


図4 大和川水系における一般細菌数

一般細菌は  $9.6 \times 10^3 \sim 1.83 \times 10^6$  (平均  $5.1 \times 10^5$  個/mL) であり、窒素やリンと同様にSta. 2の浅香山や都市化の進行の著しいSta. 8の王寺で非常に高い値が観測された。特にSta. 2の1mLあたりの細菌数が180万個体を超えるのは下水に匹敵する値であり公衆衛生的にも問題があるものと思われる。

大腸菌群の測定結果を図5に示した。この方法では大腸菌(*E. coli*)以外に性質のよく似た土壌細菌(例えば*Klebsiella pneumoniae*)の仲間も測定されるのでこれらをまとめて大腸菌群とした。この大腸菌群は病原性のあるものはごく一部であり、検出されたからといって危険であるとは限らない。大腸菌群は動物の消化管内でのみ増殖するので、人や動物の尿尿汚染の有無を調べる目的で測定される。通常、大腸菌群は通常試水100mL当たりの個体数で表現される。大腸菌群は  $0 \sim 9.8 \times 10^5$  (平均  $2.4 \times 10^5$  個/100mL) であった。一般細菌と同様にSta. 2やSta. 8では非常に高い値が観測された。大腸菌群は水浴場や水産用の水質基準では1000個/100mL以下と定められているので、これから判断しても尿尿汚染は深刻と考えられる。

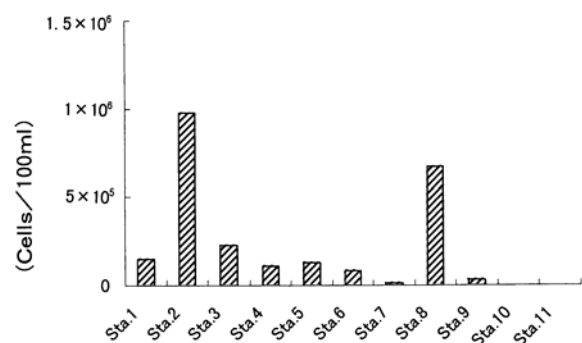


図5 大和川における大腸菌群数

しかし、大腸菌O-157についてはWako社の金コロイド抗原抗体法による測定キットで試水を調べたが、すべての調査地点において大腸菌O-157は検出されなかった。

### (4) 各種水質成分の相関

大和川の水質特性と簡易測定法の有効性を調べるために、化学分析による窒素とリンをはじめとする水質の相関関係やパケットと化学分析結果の相関関係を求めた。

D I Nとリン酸態リンの相関散布図を図6に示した。D I Nとリン酸態リンの相関係数は0.90で強い相関がみられ、これは家庭雑排水などの起源を同じとする水の流入の結果と考えられる。

同様にアンモニア態窒素と亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素と硝酸態窒素の相関係数はそれぞれ 0.96, 0.95 と高い相関であり、硝化作用が順調に進んでいる結果と推測される。

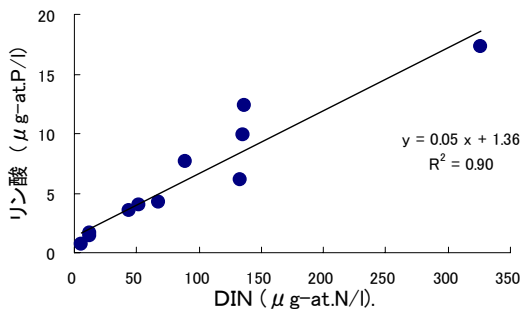


図6 大和川におけるD I Nとリン酸態リンの相関

D I Nと一般細菌、リン酸態リンと一般細菌の相関散布図をそれぞれ図7, 図8に示した。相関係数はそれぞれ 0.97, 0.92 で、強い相関がみられた。同様にD I Nと大腸菌群、リン酸態リンと大腸菌群の相関係数もそれぞれ 0.82, 0.85 と強い相関がみられ、栄養塩類が高いほど一般細菌は増加する傾向が認められた。

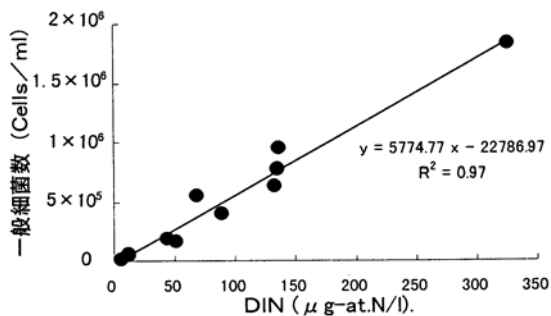


図7 大和川におけるD I Nと一般細菌の相関

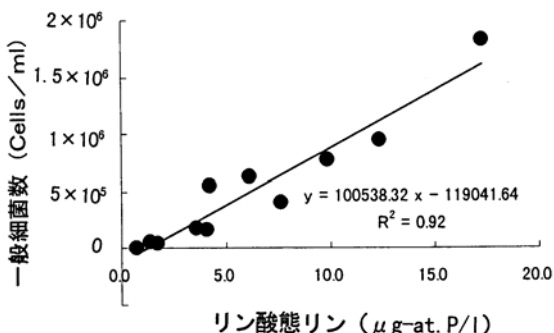


図8 大和川におけるリン酸態リンと一般細菌の相関

パックテストによるCODとD I Nの相関散布図を図9に示した。相関係数は 0.85 と高い相関がみられた。同様にCODとリン酸態リンの相関係数は

0.68, CODと一般細菌, CODと大腸菌群の相関係数はそれぞれ 0.74, 0.52 とそれぞれ相関がみられ、有機汚濁の進行とともに栄養塩類や細菌数が増加する傾向が認められた。

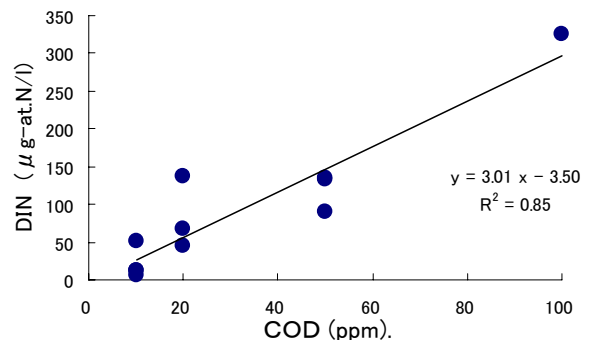


図9 大和川におけるCODとD I Nの相関

#### 4. まとめ

今回の結果より大和川の水質汚濁状況は大変深刻であることが分かった。さらに、ここで得られたデータは、環境教育の題材として汚濁の実態を考える資料として活用できるものと考えられる。

また、水質調査は化学的手法が必要なため学校での実施は困難との声をよく聞く。しかし、同一水系では有機物をはじめとする各種水質成分は家庭雑排水などと同一の起源であると考えられ、しかも、簡易測定と化学分析の相関も高いので、パックテストなどの簡易測定法も水質調査を伴う環境教育を行うには有効な手段であるといえる。

#### 引用・参考文献

- 1) 大阪府公害監視センター：大阪府公害監視センター所報, 17, 1 (1996)
- 2) Sagi, T. : The Oceanographical Magazine, 18, 43 (1966)
- 3) Bendshneider, K and Robinson, R : J. Mar. Res., 11, 87 (1952)
- 4) 三田村緒佐武・西条八束：新編樹調査法第2刷, 講談社サイエンティフィック (1995)
- 5) Murphy, J. and Riley, J. : Analytica Chemica Acta., 27, 31 (1962)
- 6) 日本化学会北海道支部：新版水の分析, 化学同人 (1971)
- 7) I shida, Y. : Arch. Hydrobiol., 88, 450 (1980)
- 8) 大阪府教育センター：だれにでもできる水質調査ガイドブック, 44 (1997)