

# 河川及び用水路の水質汚濁の現状と浄化機構に関する研究

岡林 悦子\*    樋渡 重徳\*  
 田中 光徳\*    石井 勲\*

## A study on the Present State of Water Pollution in Rivers and Water Channels and its Purification Mechanism

Etsuko OKABAYASHI    Shigenori HIWATASHI

Mitsunori TANAKA    Isao ISHII

Water on the earth called an "aqua planet" consists of 97% of seawater and 3% of fresh water of which river water accounts for only 0.0001%. The mean precipitain in Japan is approximately 430 billion tons per year and approximately 80% of it flows into the sea without uses. The domestic water is no more than 2.5%. Since the mean usage of domestic water is 335 ℓ/person·day, nealy equal volume of domestic drainage is considered to be produced. Rivers and the sea is increasingly polluted with years by the domestic and small-scale industrial drainages, particularly sludge accumulated on the bottoms of sea and rivers increases the pollution of seawater and river water. The generation of red tides caused by the polluted river water flowing into Kinko Bay has assumed serious dimensions also in Kagoshima Prefecture. The purpose of this study is to examine the present state of the water pollution of rivers and water channels in the prefecture and to develop and apply the contacting material which is grown about with bacteria considered optimum for the natural purification of water.

### 1. はじめに

「水惑星」と言われる地球上の水はほとんどが海水(97%)であり、残り淡水中(3%)の河川水は、僅かに0.0001%を占めるにすぎない<sup>1)</sup>。又、日本における年平均降雨量はほぼ4300億トンとされ、その約80%は利用されることなく海に流出している。我々が使用している生活用水は2.5%程度で、平均使用量は、335ℓ/人・日である<sup>2)</sup>。生活排水はこの生活用水とほぼ同量であると考えられる。これらの生活排水及び小規模事業排水による河川や海の汚濁は、依然として著しい状況にある。特に河川底や海底汚泥への汚濁の蓄積は大きい。県内において、H7年赤潮の発生した錦江湾へ流入する、河川の水質汚濁も憂慮されるものである。

本研究では、県下のいくつかの河川及び用水路の水質汚濁の現状を調査した後、各種接触材(K-ろ材、木炭、ポーラスなコンクリート等)及び微生物等による、河川や用水路の直接浄化を行う事を目的としている。H7年度は主として、水質汚濁の調査を行った。用水路については、河川の取水口付近、水田地帯、生活排水の多い市街地、工場付近等を考慮に入れて、測定地点を決定した。河川については、市街地を流れている稲荷川の4本の支流について調査した。

### 2. 調査及び実験概要

#### 2.1 用水路

国分市内用水路の水を8ヶ所の地点で採水しpH, BOD, COD,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ の5項目について測定した。測定地点は図-1に示す通りで(A)天降川取水口付近 (B)国分市街地 (C)工場排水口付近 (D)工場及び団地の出口 (E)水田及び住宅地 (F)

\* 土木工学科 (第一工業大学環境衛生開発研究所)

(本論文の一部は平成7年度土木学会西部支部講演) (概要集に既発表)

すべての用水路水が流入してきている河口 (G) 団地出口 (H) 水田及び住宅地である。pH は遠隔測定 pH メーター、BOD は BOD-2000、COD、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$  は共立化学のバックテストを使用した。また、(G) においては AM6:00 ~ PM18:00 まで2時間ごとに測定し、日中における生活のサイクルと水質の変化を調査した。同時に生物顕微鏡写真撮影装置 (Nikon AFX-DX) を用いて、用水路底の汚泥 (倍率 100 ~ 400) を撮影した。

国分市内の用水路水については先の水質調査とは別に、市街地 (I) 地点の用水路水を用いてカイワレダイコンの発芽テストを行った。また家庭排水、農業排水による汚染を考慮して、次の品目について同時に発芽テストを行った。①シャンプー ②油 ③塩素系漂白剤④合成洗剤 ⑤農薬 ⑥石けん ⑦ドライクリーニング液 ⑧  $\text{H}_2\text{SO}_4$  水溶液 (pH = 1) ⑨  $\text{H}_2\text{SO}_4$  水溶液 (pH = 2) ⑩ NaOH 水溶液 (pH = 13) ⑪ NaOH 水溶液 (pH = 12) ⑫用水路水 ⑬水道水①~⑦までの濃度は 2ml / 300ml (水道水) とした。種子は各々 20 個ずつとし、発芽率と発芽後における根と茎の断面、横面を顕微鏡により観察、撮影した。

## 2. 2 稲荷川支流の水質調査

鹿児島市内 3500 世帯の飲料水となっている稲荷川の水質調査を行った。これは都市排水による汚染の激しい稲荷川を、種々の直接浄化法を用いて浄化を試みるのが大きな目的である。平成7年度はその第一段階として、稲荷川の4本の支流について水質調査を行った。支流は倉谷川、吉水川、野呂迫川、大石様川で、それぞれの採水地点は図-3に示す通りである。水質調査は5月、7月、9月、10月の4回である。調査項目は水温、透視度、色、臭い、pH、BOD、COD、 $\text{NH}_4^+$ -N、TOC、SS、流速、川幅、水深とした。BODはBOD-2000と高精度DOメーター(飯島電子工業)の2通り、CODはバックテストと過マンガン酸カリウム滴定法の2通り、TOCはラボ用TOC分析装置(Model TOC-650)  $\text{NH}_4^+$ -NとSSは、DR-2000(分光光度計)を使用した。流量は簡易流量測定を行い、川底の汚泥と浮遊物は生物顕微鏡で検鏡し写真撮影した。それぞれの採水した河川水は、室内で嫌気状態での変化も観察した。



図-1 国分市用水路の水質計測地点

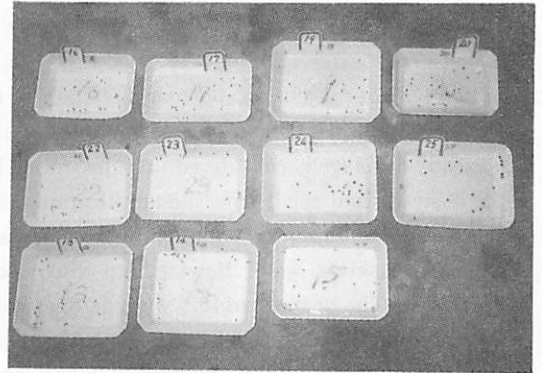


写真1 カイワレ大根の発芽テスト

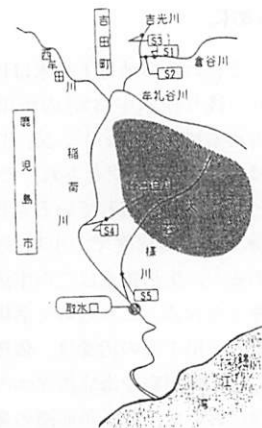


図-2 稲荷川水系と水質計測地点

### 3. 実験及び調査の結果

#### 3.1 用水路

9月15日の国分市用水路の各地点の計測結果を図-3に示す。水田部(H)では特に $\text{NH}_4^+$ の濃度が高く、肥料の影響と思われる結果が見られる。全ての用水路水の集まる水戸川河口(F)では、 $\text{NH}_4^+$ 、BODともに他よりも高い値を示す。市街地(C)ではBODが最も高く、生活排水による影響が大きい事が伺える。図-4は小規模団地出口付近(G)における、一日の日中水質変化を示したものである。朝8時にCODの大きなピークがあり、午後4時にも小さなピークがある。これは一般家庭の生活排水のサイクルとはほぼ一致している。特に朝8時前後に炊事、洗濯、洗面等の汚水が集中して出される事が解る。 $\text{NH}_4^+$ は朝8時から10時に増加している。

#### 3.2 用水路水による発芽テスト

写真1は8月13日～8月20日まで行った発芽テストの比較をしたものである。写真2は水道水を用いた場合の発芽した種子の根毛で、細胞もしっかりしており、表面に菌類などによる菌糸の付着は見られない。写真3は用水路水を用いた場合で、ついに種子は発芽しなかった。根毛も全くなく種子の表面には、無数の菌と菌糸がみられる。シャンプー、油、塩素系漂白剤、合成洗剤、農薬、石鹼、ドライクリーニング液、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaOH}$ のそれぞれの水溶液と用水路水、水道水の中で発芽が最もすみやかに進行したのは、水道水、次いで

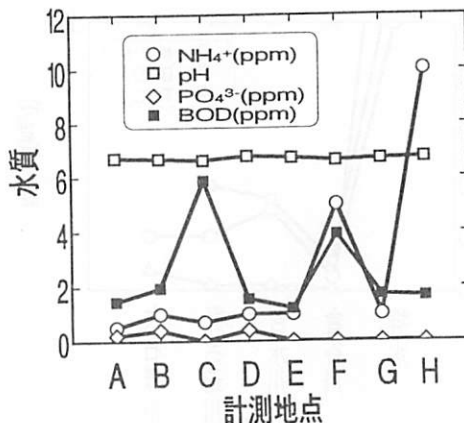


図-3 用水路の計測地点の水質変化

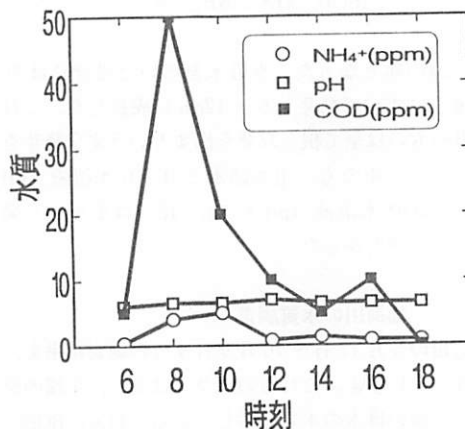
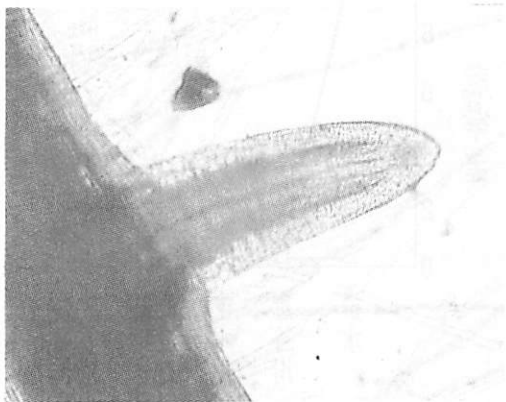
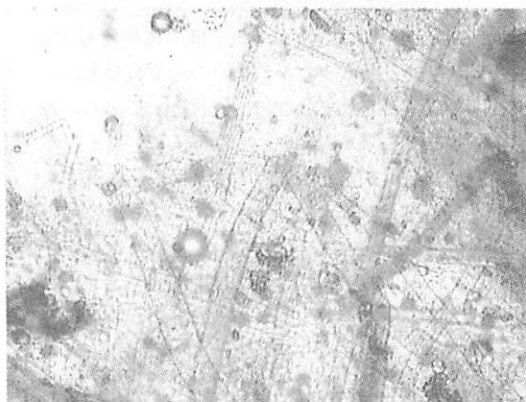


図-4 用水路の計測時刻と水質変化



× 100 倍

写真2 カイワレ大根の根毛 (水道水)



× 200 倍

写真3 カイワレ大根の種子の表面 (用水路水)

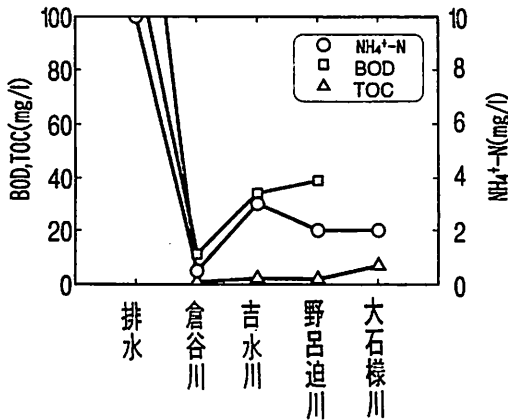


図-5 7月21日, 河川の計測点の水質変化 (BOD, TOC, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)

石鹼, 油の類となった。水道水を用いた場合には20個の種子はすべて発芽し6~12cmに成長した。これら以外のものは全て根と双葉を出すという完全発芽をしなかった。中でも, 用水路水とH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>水溶液 (pH=1), NaOH水溶液 (pH=12, 13) はまったく発芽のきざしがなかった。

### 3.3 稲荷川の水質調査

稲荷川の5月17日~10月9日までの調査結果を, 図-6, 7に示す。これらのグラフは全て, 左端の値は食品工場の排水の水質を示している。TOC, BOD, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, SSは低い程, またDO透視度は高い程水質は良い事を示す。図-6の7月21日の計測では, 下水はTOC195mg/l, BOD122.3mg/l, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N10mg/lと非常に高い。倉谷川は全ての値が低く透視度も100を越えてきれいである。しかし, この汚染のひどい工場排水はかなりの流量で倉谷川へ流れ込んでいる。吉水川, 野呂迫川ともに, BODは30mg/lを越え, 小型合併浄化槽の排水基準20mg/lよりも汚染された水質となっている。TOCは大石様川で7.0mg/lと一般河川の約3倍もの汚染度を示している。図-7は上から透視度, BOD, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-Nの計測値を示したものである。透視度は, 野呂迫川, 大石様川が特に低く悪い。BODは, 工場排水, 野呂迫川, 大石様川が高く, 特に7月の下水と10月の大石様川は100mg/l前後で汚染の激しい。CODは7月の下水と10月の大石様川が特に悪い。しかし7月の倉谷川, 吉水川, 野呂迫川もCOD, 50mg/lとかなり高い値を示す。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N

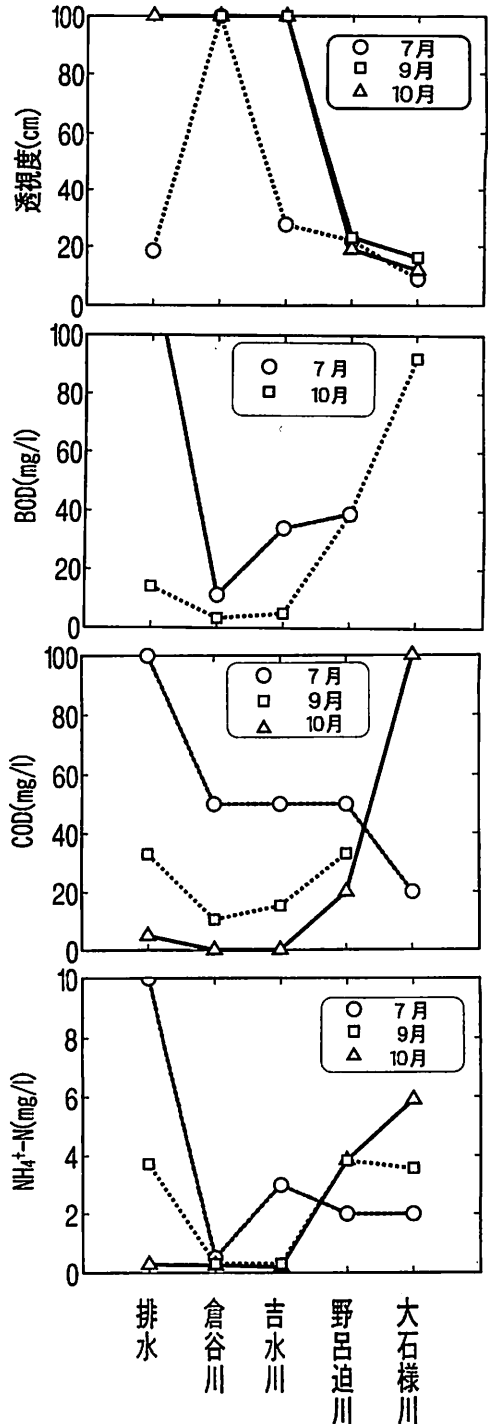


図-6 河川の計測地点の水質変化 (透視度, BOD, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)

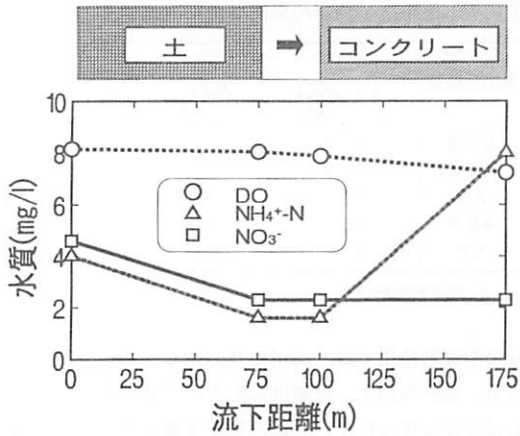


図-7 土の水路と三面コンクリート水路の上流、下流の水質変化

は7月の工場排水が最も高く、大石様川も高い値を示し9月、10月と高くなる。大石様川は7月9月10月と進むにつれ汚濁が進行し、BOD、COD、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、透視度共に他の川と比べて悪い。大石様川は採水中の雨で付着微生物群の剥離を生じ川底に蓄積した *Saprolegnia ferax* (ミズカビ) や *Achlya proliferata* (ワタカビ) 等の Syrton (綿状の塊：下水菌類) を巻き上げて、水深30cm前後の濁流となった。7月21日採水の倉谷川(写真4)野呂迫川(写真5)大石様川(写真6)を右に示す。写真4の倉谷川は、透視度や他の測定値では割合きれいな川である。しかし微生物の状態を見ると出現生物が珪藻(Bacillariophyceae)と輪虫類(Rotatoria)浄化槽に出現する線虫類(Nematode)のいずれも数個を検鏡するのみである。野呂迫川は三面コンクリートの川で川巾約1m水深2~3cm、川底に乳白色の *Saprolegnia ferax* や *Achlya proliferata* が一面付着している川である。写真5からも解るように線虫類(浄化槽に出現する微生物)と Syrton が見られる。写真6は濁流時の大石様川で、かなり発達した Syrton の他に中央に小さな Bacillariophyceae が見られる。大石様川は野呂迫川と異なり川底に少しではあるが土砂があり、脱窒などの水質浄化に役立つこれらの微生物が棲息できると考えられる。

### 3. 4 土の水路と三面コンクリート水路の水質浄化

図-7は土の水路(75m)と三面コンクリート水路(75m)では、水質がどの様に変化していくかを計測したものである。屋外の30cm巾の水路を利用して、



写真4 倉谷川 左上 Rotatoria, Bdelloidea  
中央下, Bacillariophyceae (×100倍)



写真5 野呂迫川 Mycophyta (×100倍)

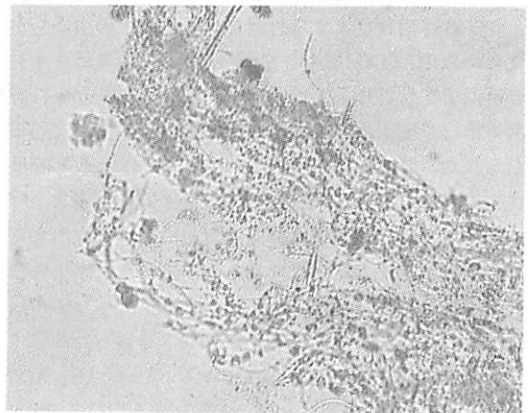


写真6 大石様川 Mycophyta (×200倍)  
中央 Bacillariophyceae

上流(75m)が土の水路, 25m 経て次に三面コンクリート水路(75m)がある。図-7から解るように, DOは土ではほとんど減少しないが三面コンクリートでは7.24まで減少している。 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ は土の水路では減少しているが, 三面コンクリートの場合は逆に増加し,  $\text{NO}_3^-$ は土で減少, 三面コンクリートでは停滞した値を示す。

#### 4. まとめ

国分市, 鹿児島市は共に市街地や団地など住宅密集地を持ち, 生活排水等による汚濁は大きいと言える。農業用水として利用されるはずの用水路水に家庭排水等の排水が流入して汚染されているが, 特に団地や市街地では水質が家庭の朝の炊事, 洗濯, 洗顔等の活動時と符合して悪くなる。用水路水を用いた発芽テストでは用水路水, NaOH水溶液,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 水溶液が特に悪い。薬品類は種子に脱色や萎縮を生じるのに対し, 用水路水の種子は膨潤後腐敗した。また, 検鏡下においても夥しい数の菌系が見られ, 所謂ミズワタと一般的に言われている *Saprolegnia ferax* や *Achlya prolifer* 等の発生につながっていく様子を見せていた。これらの用水路は春から秋にかけて流量があり, 土砂が適当に底に溜っている為にある程度浄化能力もあると考えられ, 大石様川や野呂迫川のようにはなっていない。鹿児島市の野呂迫川と大石様川は水深2~3cmとかなり浅く, 吉野の住宅地の排水溝的な存在になっている。水質はBOD, COD,  $\text{NH}_4^+-\text{N}$ が高く, 透視度も悪い。微生物面においても *Saprolegniaferax*, *Achlya prolifer* 等の Sytron 状の物が川底に, 一面に付着し強腐水性の川と言える。吉水川は水田を流れる川であるが, 倉谷川と合流する付近では洗剤などの泡立ちが見られBOD, COD,  $\text{NH}_4^+-\text{N}$ が高くなる。流量は9月13日計測で, 倉谷川(1.12l/sec) 吉水川(46.5kg/sec) 野呂迫川(9.9kg/sec) 大石様川(12.3kg/sec)で, 倉谷川を除き他の川はかなり少ない。しかし雨になると流量は10倍以上になり, 川底の Sytron 状の物を捲き上げて濁流となる。家庭排水による河川の汚濁は流出する汚濁物質がさまざまに複雑である。表-1は水生生物(微小後生動物)の界面活性剤に対する  $\text{LC}_{50}$  (Median Lethal Concentration : 半数致死濃度)を調べた報告<sup>3)</sup>である。合成洗剤に使用されているLASやAE, AOS等が水1ℓ中に数10mg~数mg存在するだけで *Phrodina* (輪虫類), *Nais* (ミズミミズ) *Aeolosoma* (ベニアブラミミズ)の半数が死ぬ事を示している。大石

表-1 微小後生動物の界面活性剤に対する  $\text{LC}_{50}$

界面活性剤	$\text{LC}_{50}$ (mg/l)		
	<i>Philodina</i> (48)	<i>Nais</i> (96)	<i>Aeolosoma</i> (96)
L A S	17.5	7.1	14.2
A O S	38.0	—	—
A S	52.5	—	—
A E S	56.0	—	—
A E	15.8	7.1	14.2

( )内は接触時間

様川や野呂迫川では, 河川に見られる水生生物の中で魚類, 昆虫の幼虫, 貝類はもちろん肉質虫類, 輪虫類もほとんど見られない。この様な水質汚濁の激しい河川の浄化を行う事は河川水を飲み水としている市町村にも, 富栄養化の心配される錦江湾にとっても大切な事だと考える。尚, 本研究の一部は環境事業団の助成を受けたものである。

#### 参考文献

- 1) 河村 武, 岩城英夫: 環境科学 I 自然環境系, 朝倉書店 1992, pp.84~88.
- 2) 藤巻 宏, 斎尾恭子, 木村 滋: 日本の生物環境資源, 農文協.
- 3) 下水道試験法, 日本下水道協会, 1984, pp.482~484.