

河川水質の保全と水質浄化法に関する考察 — 高屋川について —

尾島 勝*

Study on Preservation of the Water Quality and the Methods of Self-Purification in an Urban River

— on the subject of the Takaya River —

Masaru OJIMA

ABSTRACT

In this paper, it has the three contents such that 1) a summary account of the water pollution prevention, 2) a field survey both on the water quality and the discharge of the Takaya River in Fukuyama district, and 3) a experiment for the self-purification based on the contact oxidation through stones. It was analyzed that the water qualities such as COD, T-N and T-P were very high pollution levels in the Takaya River. And then, the contact oxidation method was evaluated an effectual one for the self-purification of the pollutive river water.

Key Words: Water Pollution Prevention, Self-Purification, Contact Oxidation Method, Field Survey,

1. はじめに

1992年6月にブラジルのリオデジャネイロで「地球サミット」とも呼ばれる「環境と開発に関する国際会議」(UNCED)が開催された。その具体的な行動計画の「アジェンダ21」の中には、「水と持続可能な開発」も主要なテーマとして取り上げられ、「淡水資源の質および供給の保護」の章が設けられ、詳細な対策が合意されている¹⁾。

目をわが国内に転じて、環境白書²⁾により公共用水域の水質汚濁の現況を見れば、その保全と浄化を急務とするところも多い。平成2年度の水質測定結果によると、人の健康に係わるカドミウム等の健康項目については、その環境基準値を超えた検体数(19)の総検体数約13万6千に対する割合は0.01%と非常に低く、昭和46年度の0.69%に比べても大変な改善である。また、平成元年に水質環境目標値が設定されたトリクロロエチレンやテトラクロロエチレンについては、調査総検体数約2万3千に対して0.04%の越過率であり、これもまた非常に低い。

一方、BOD(COD)等の生活環境の保全に関する項目については、環境基準類型の指定された3103水域(河川2389, 湖沼129, 海域585)について、代表的な水質指標であるBOD(COD)では全体の73.1%が基準値を達成しており、言い方を変えれば26.9%の水域では依然として未達成である。その達成率を水域別にみれば、河川73.6%, 湖沼44.2%, 海域77.6%であり、平成元年度の73.8%, 46.3%, 82.4%よりも悪化している。

窒素, リン等の栄養塩類の供給によって、湖沼水が徐々に肥沃化される現象を富栄養化と呼んだが、近年、

* 土木工学科

人口や産業の集中等により、湖沼のみならず内湾海域や閉鎖性河川においても同様の現象が起り、赤潮、アオコ等の発生が繁出するようになった。湖沼水については昭和57年にその環境基準を示し、平成2年度までに琵琶湖等48水域について類型指定が行われている。湖沼の富栄養化防止のために、窒素、リンの一般排出基準を定めて、昭和60年7月から排出規制を実施しており、平成元年7月には排出規制の対象となる湖沼が追加され、現在リンについては1066湖沼、このうちの78湖沼は窒素についても排出規制を実施している。

我々が調査研究の対象としている広島県備後地区の芦田川については、すでに「河川環境管理基本計画」が平成元年3月に策定され、河川空間管理計画が定められている。しかし、水量・水質に係わる水質環境管理計画については、平成5年1月からやっとその策定のための検討が始められることになった。

芦田川は、流域降雨量が少ない上に、河川水の利用率が極めて高く、本川下流部や支川高屋川の平常流量は極めて少なく、水質も極めて悪い。とくに支川高屋川の水量・水質の改善が急務とされており、長期的な抜本対策とは別に、短期速効性のある種々の水質保全、浄化対策の計画が具体化されつつある。

2. 河川水質の保全・管理

2-1 水質管理計画の考え方³⁾

今日、水質管理の目標が管理主体により、時により、場所によって異なっているから、次の5項目についてそれぞれ明らかにする必要がある。

- 1) 望む水質とは何か
- 2) 河川のどのような水理条件（渇水、低水等）を対象とすべきか
- 3) 河道内自浄作用の評価
- 4) 流入汚濁量の把握とその削減方法
- 5) 水質維持のための工学的手法とその効果・限界の算定

すなわち、河川水質管理計画を立てるとき、対象とすべき水質指標は汚濁原因（源）によって異なり、その制御方法も異なるので、計画の規模、目標をまず最初に明確にもつことが肝要である。

表-1に水質汚濁の原因と生起現象、水質指標、法的規制、制御方法についてまとめて示した。望ましい水質基準は、利用水の用途によって異なることは周知のとおりであり、上水道原水、農業用水、工業用水、水産用水にたいしてそれぞれ独自の水質指標とその基準値が定められている。

わが国においては、これらの用水を河川水に大部分依存しているから、雨水のほかには家庭排水や工場排水、下水処理水などが流入する河川への流入汚濁物質について、いわゆる排水基準として表-2に示すような健康項目9、生活環境項目16の全国一律の基準値が定めら

表-1 水質汚濁の原因と現象

水質汚濁とひとりにいってもいろいろな現象がある。それぞれの対策のため方や考え方が異なるので、整理しておく必要がある。

原因物質	水質汚濁現象	水質指標	法的規制	制御方法
1 病原菌	水系伝染病の流行	大腸菌群数、一般細菌数	飲料水基準・環境基準	消毒
2 急性有毒物質	魚類の死亡	フェノール、シアン	飲料水基準、排水基準	排出規制・生物分解
3 酸・アルカリ類	酸性・アルカリ性水域・パイプの腐食	pH、アルカリ度、酸度	ほとんどすべての基準に含まれる	中和
4 無機物・土砂・砂礫土	濁り色の増加	浮遊物質・濁度・透視度・透明度	飲料水基準・環境基準	沈殿・凝集沈殿・濾過
5 有機物・屎尿等	溶存酸素の欠乏・嫌気化・魚類の死亡	DO、BOD、COD、TOC、TOD	環境基準・排水基準	生物処理・エアレーション
6 無機栄養塩（リン・窒素）	富栄養化、赤潮藻類の異常増殖	全窒素、アルブミン・イド性窒素、アンモニア、亜硝酸、硝酸、リン	なし	硝化脱窒（三次処理）
7 重金属類・難分解性物質	慢性毒（水俣病等）	アルキル水銀、総水銀、カドミウム、クロム、PCB、DDT、等	環境基準（健康項目） 飲料水基準、下水適受入れ基準	クロースド・システム
8 上記以外のもの	水温変化、塩分濃度スケールの発生	水温、塩素、イオン、硬度、電導度、ケイ酸、油分	項目・状況に応じて定められている	

表-2 排水基準

全国一律排水基準と東京都公害防止条例による上乗せ基準とを合わせて示したものである。上段の健康項目については、東京都の排水基準も全国一律排水基準となっているが、生活環境項目のBOD、COD、SS、フェノール、銅等は上乗せされている。なお全国基準にない温度、外観、臭気等の項目が「談乗せ基準」として含まれている。

項目	公共用水域への全国一律排水基準	東京都公害防止条例（上乗せ基準）
健康項目		
カドミウム	0.1 mg/l	0.1 mg/l
シアン	1 mg/l	1 mg/l
有機リン	1 mg/l	1 mg/l
鉛	1 mg/l	1 mg/l
六価クロム	0.5 mg/l	0.5 mg/l
ヒ素	0.5 mg/l	0.5 mg/l
総水銀	0.005 mg/l	検出されないこと
アルキル水銀	検出されないこと	検出されないこと
PCB	0.003 mg/l	
生活環境項目		
水素イオン濃度	pH 5.8~8.6	pH 5.8~8.6
水素イオン濃度（海域）	pH 5.0~9.0	
BOD	160 mg/l （日間平均 120 mg/l）	日間平均 20 mg/l 最大 25 mg/l
COD	160 mg/l （日間平均 120 mg/l）	日間平均 30 mg/l 最大 40 mg/l
浮遊物質	200 mg/l （日間平均 150 mg/l）	日間平均 70 mg/l 最大 90 mg/l
n-ヘキサン抽出物質含有量		5 mg/l
鉱油類	5 mg/l	
動植物油脂類	30 mg/l	
フェノール類	5 mg/l	1 mg/l
銅	3 mg/l	1 mg/l
亜鉛	5 mg/l	5 mg/l
溶解性鉄	10 mg/l	10 mg/l
溶解性マンガン	10 mg/l	10 mg/l
クロム	2 mg/l	2 mg/l
フッ素	15 mg/l	
大腸菌群数（1 cm ³ につき）	日間平均 3 000	
温度	—	40 度以下
外観	—	異状な着色または発泡の認められないこと
臭気	—	臭気度 4 をこえる不快な臭気をおびていないこと

れている。したがって、河川水質管理計画は、図-1のようなフローに従って策定される。

2-2 水質保全対策事業

河川管理といえば、従来は水利用管理が中心であり、農業用水利権が絶大であった。したがって、昔から日本のみならず諸外国においても「水争い」は絶えない。すなわち、まず第一は水量であり、安全で安定した水の確保のための「治水」・「利水」管理に重点が置かれたことは当然であろう。しかし、今日では水質の重要性が人間のみならず生態系全体としての環境問題として指摘され、その管理・保全の方策が具体化されつつある。

河川に係わる基本法としては、明治29年(1896)に制定された旧河川法があり、昭和39年(1964)の新河川法によって治水・利水に加えて、河川環境の保全が明記されることになった。しかし、水質問題が河川管理の中に組み込まれるようになったのは、昭和33年(1958)の水質保全法の成立によるものが初であり、昭和42年には公害対策基本法が成立、昭和45年には水質汚濁防止法が制定され、「健康の保護」と「生活環境の保護」に関する環境基準が公示され、87水系に適用された。そして同時に公害行政を直轄する環境庁が設立された。そして48年には、瀬戸内海環境保全特別措置法が制定された。

水利用に直接的に関連する法律等をまとめて表-3に示した。また、平成4年10月には、中央公害対策審議会と自然環境保全審議会とによって、地球規模的な今日の環境問題に対処すべき新しい「環境基本法制のあり方について」の答申がなされている。

今日、実施されたり検討されている水質保全対策事業を整理、分類すれば表-4のようになる⁴⁾。

すなわち、河川での対策と河川外での対策に2分される。河川外での対策事業の最重要は、下水道整備であることは周知のとおりであるが、わが国の現状は文明諸外国に比べれば、その整備率は極めて貧弱であり、全国平均で40%程度にすぎない。また、地方都市においては流域下水道・公共下水道の普及率はさらに極端に悪くなり、いわゆる家庭からの生活雑排水の処理が大きな課題である。全国的にみれば、全汚濁負荷量の約40%が生活雑排水によるものであり、これに小規模事業所からの排水10%を加えた、全量のほぼ半分は規制の強化のみではなかなか効果が上がらないものといえる。しかしながら、河川外でのいわゆる発生源対策を積極的に講じなければ、河川での直接浄化対策にも限界があり、水質の劣化が急速に進む危険性が高い。

河川での対策は、表に示すように 1) 流況の改善、2) 汚濁負荷の除去、3) 汚濁負荷流入の分離、の3手段に大別される。

流況の改善の対策例としては、広島城の堀の水の浄化事業⁵⁾や大阪寝屋川の支川である古川浄化導水路⁶⁾をはじめ、水と緑のオープンスペースを創造する河川環境整備事業として進められているものが多い。

汚濁負荷流入の分離の対策例としては、江戸川の流水保全水路整備事業⁷⁾が進行中であり、その他の汚濁河川にも逐次適用されるものと考えられる。

汚濁負荷の除去対策は、いわゆる水域の自然浄化機能の増強をはかるものであり、さらに細かくその方法

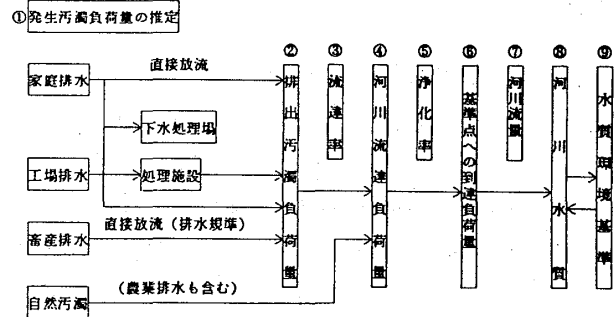


図-1 河川水質同定のフロー

表-3 水利用関連法

- 1) 旧河川法 (1896年、M. 29) 治水対策に重点、約70年間河川に係る基本法
- 2) 電気事業法 (1911年、M. 44)
- 3) 国土総合開発法 (1950年、S. 25)
- 4) 工業用水法 (1956年)
- 5) 水道法 (1957年)
- 6) 工業用水道事業法 (1958年)
- 7) 水質保全法 (1958年) 初めて水質問題が河川管理の中に入る
- 8) 水質源開発促進法 (1961年、S. 36) 水資源開発事業(利水)の重要 5水系指定
- 9) 新河川法 (1964年、S. 39) 治水、利水に加えて河川環境の保全を明記
- 10) 公害対策基本法 (1967年) 水、大気、土壌、騒音について守るべき環境を制定
- 11) 水質汚濁防止法 (1970年) 「健康の保護」と「生活環境の保護」に関する環境基準を設定、87水系に適用、この法律を具体化するための14の関連法案を改正、新設した…「公害国会」環境庁を設立…公害行政を直轄
- 12) 瀬戸内海環境保全特別措置法 (1973年)
- 13) 流域別下水道整備総合計画 1973年に策定、河川全体の汚濁物質の収支と水質の予測を行うことに主眼をおく

表-4 水質保全対策事業

河川での対策………	流況の改善 (維持用水、浄化用水の確保)
	汚濁負荷の除去 (汚泥の液漂、浄化用水等によるフラッシュ、瞬間接触酸化法、ひも状接触酸化法、エアレーション、マイクロストレーナー、貯留池)
河川外での対策………	汚濁負荷流入の分離 (二段河川、水質保全水路)
	下水道の整備 工場排水、畜産排水等の規制 生活雑排水の簡易処理 浄化にかかわる広報・啓蒙活動の促進

を分類すれば表-5のようになる。

3. 高屋川の現況

3-1 流域の概要

高屋川は、芦田川本川10km地点で合流する主要な左支川であり、その流域面積は加茂川合流後の御幸地点で136.2km²であり、なかでも福山市と岡山県井原市とにとり囲まれた都市化の著しい神辺町の56.46km²はすべてこの流域内に含まれ、高屋川の河川環境を左右する主要な流域である。

芦田川的全流域面積は、福山市を中心とする備後地方の約870km²を占め、流域内人口は約26万人（平成2年）である。そのうち、神辺町を中心とする高屋川流域の人口は約11万人であり、過去20年間におよそ2倍程度の伸びを示している。なお人口約36万人の福山市の市街地中心部はほとんど芦田川流域には含まれておらず、この区域からの流出水は流域下水道として芦田川浄化センターで処理され、山手橋より下流河道の流況および水質環境には影響を及ぼしていないことに注意する必要がある。

芦田川の河川工事実施計画⁸⁾は、昭和63年3月に改定されたものであり、治水および利水計画の基本となる。その計画の概要を示せば次のとおりである。計画高水流量配分を図-2に示した。

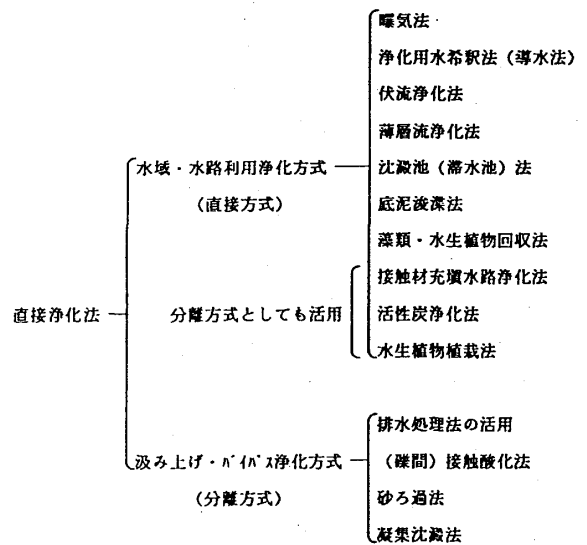
- 1) 基本高水のピーク流量は、昭和40年7月の洪水を主要対象洪水として、基準地点神島において3500m³/secとし、そのうち八田原ダムで700m³/secを調節し、河道への配分流量を2800m³/secとする。
- 2) 八田原ダムでは、計画高水流量1250m³/secのうち、750m³/secの洪水調節を行い、下流河道への流下は500m³/secとする。御調川合流点までのダム下流残流域流量と御調川流量750m³/secを合わせて、府中地点での計画高水流量は1700m³/secとし、神谷川流量300m³/sec、高屋川流量500m³/secおよび残流域からの流入量を合わせて神島地点で2800m³/secとなる。それより下流は瀬戸川の流量200m³/secを合わせて、小水呑地点において3000m³/secとする。
- 3) 全長450m、長さ41.5mのゲート10門をもつ芦田川河口堰（昭和56年完成）では、3000m³/secの計画高水流量を流すに必要な河積を確保するとともに、塩害の防除をはかる。
- 4) 河口堰の貯水容量496万m³を利用して、新たに日量17万m³（1.97m³/sec）の工業用水を確保し供給する。
- 5) 八田原ダム（平成6年完成予定）によって、新たに日量17万m³の都市用水を確保し供給する。
- 6) 流水の正常な機能の確保のために必要な流量を確保する。

3-2 河川流量

芦田川中流部および高屋川の流量観測基準地点における昭和56年～平成2年の10ヶ年の平均値として河川流況を表-6に示した⁹⁾。この結果に基づき河川流況を以下のように考察した。

- 1) 芦田川中流部の府中（26.8km）と上戸手（21.0km）における流況を比較すれば、流域が約100km²広がる上戸手の方が、豊水量、平水量、低水量、渇水量のいずれも減少しており、比流量では76～78%に低下していることがわかる。この両観測地点間における水利状況は、農業用水として六地藏用水、上大木用水、四日市下河原鴨谷用水があり、上水道用水として府中市上水、新市町上水が取水されている。
- 2) 芦田川下流部の郷分（12.2km）における流況はさらに悪くなり、とくに平水流量以下の流量のてい減が著しい。上戸手地点から郷分に至る間での水利状況は、農業用水として井溝用水1.438m³/sec、七社頭

表-5 河川水の直接浄化法



● 芦田川計画高水流量図

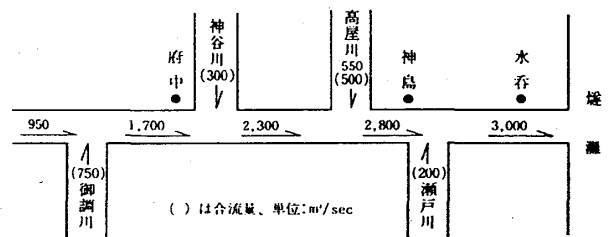


図-2 芦田川中下流部計画高水流量

首工 2.896m³/secの他にも慣行水利の取水があり、工業用水として福山市工業用水 2.084m³/sec、上水道用水として福山市上水 1.192m³/sec、神辺町上水 0.035m³/secが取水されており、この区間からの許可水利権量は単純総計 7.681m³/secになる。したがって、芦田川中下流域における水利用率は極めて高く、平常時においても河川維持用水の不足による河川環境の悪化が容易に想像できる。

3) 高屋川についてみれば、神辺の豊水量 0.80 m³/secは比流量換算では 2.65 となり、府中のそれに比べてもかなり大きな値である。しかしながら、平

水量、低水量、渇水量の比流量は、それぞれ 0.90、0.40、0.23 であり、低水量以下の利水容量はかなり小さい。さらに神辺町のほぼ中心部にあたる掛の橋においては、流況はさらに悪化しており、比流量は、本川中津原堰下流の郷分と同程度である。高屋川最下流測点の御幸では、箱田川、六反田川、加茂川等の流入によって表に示したような流況になり、比流量からみれば本川中流部の上戸手の流況程度に回復するといえる。

4) 高屋川合流後の山手地点の流況は、平水量、低水量、渇水流量に顕著に示されるように高屋川からの流入流量によって改善されているが、比流量でみれば極めて小さい値であり、河川環境の大幅な改善は期待できない。なお、この河川区間における利水状況は、福山市上水道の 0.405m³/secがある。

3-3 河川水質

芦田川中下流部および高屋川の水質測定地点（環境基準点）における昭和56年～平成2年の10ヶ年のBOD75%値の年平均値を表-7に示した¹⁰⁾。この結果に基づき河川水質現況を以下のように考察した。

1) 芦田川本川の府中大橋、上戸手、中津原地点における河川水質をA類型の環境基準値 2.0mg/lと比較すれば、府中ではほぼ毎年基準値を満足しているといえ、上戸手、中津原も指定類型のA基準には達していないものの、B類型基準値 3.0mg/lは満足しており、ほぼ良好な水質を保持しているといえる。

2) 高屋川の3地点、滝山堰（神辺）、川北（掛の橋）、横尾（御幸）についてみれば、いずれも指定類型Aの基準値を大きく超えており、その改善には多くの課題があるといえよう。

3) 高屋川流入後の山手橋では約 4～8 mg/l、さらに瀬戸川合流後の小水呑橋では約 5～9 mg/lの値を示し、水質汚濁の程度は高屋川と大差ないといえよう。

福山市水道局の水質試験報告書¹¹⁾による平成2年度の本川神島橋、高屋川横尾および川北における流量ならびに水質指標の各月ごとの観測結果を図-3～図-5に示した。

CODは過マンガン酸カリウム法による分析であり、図中破線で示した 5 mg/lは湖沼B類型の環境基準値である。一般に流水のある河川の水質汚濁指標としてはBODによるが、停滞性水域や海水のように栄養塩類が多い場合にはCODによることが多い。したがって、流量が少なく、また河口堰によって貯水され停滞性が高いと考えられるこれら下流域の測点に関しては、COD値で考察する。

SSは浮遊性物質濃度であり、25mg/lであれば河川における水産環境水質基準を満足する。富栄養化の指標である全窒素（T-N）は総和法による分析値であり、図中破線で示した 1 mg/lは湖沼V類型の最もゆるい環境基準値であり、0.6mg/lで貧酸素化による魚介類の棲息障害が起きる。0.15mg/lで緩速ろ過池障害が起こり、上水道のかび臭の原因となる。もう一つの重要な富栄養化指標である全リン（T-P）は、アスコルビン酸法による分析値であり、図中の破線で示した 0.1mg/lは湖沼V類型の環境基準値であり、また河

表-6 主要地点の河川流況

主要地点の平均流況表						
観測地点	流域面積 (km ²)	豊水流量 (m ³ /s)	平水流量 (m ³ /s)	低水流量 (m ³ /s)	渇水流量 (m ³ /s)	備 考
芦田川	府 中	488.9	9.96 (2.04)	6.19 (1.27)	4.77 (0.98)	SS6～E2
	上戸手	585.0	9.30 (1.59)	5.79 (0.99)	4.30 (0.74)	SS6～E2
	郷 分	648.6	9.91 (1.07)	1.55 (0.24)	0.35 (0.05)	SS6～E2
	山 手	817.1	8.72 (1.07)	2.65 (0.32)	1.05 (0.13)	SS6～E2
高屋川 御 幸	136.2	2.48 (1.87)	1.32 (0.97)	0.83 (0.61)	0.41 (0.30)	SS6～E2

表-7 芦田川の水質現況

[BOD75%値] 芦田川の水質の状況 (mg/l)												
測定地点	S.56	S.57	S.58	S.59	S.60	S.61	S.62	S.63	H.1	H.2	平均	
府中大橋	2.2	1.6	1.7	1.1	1.1	1.8	3.0	2.6	1.5	1.7	1.8	
上戸手	2.9	2.7	2.4	3.3	1.8	2.3	3.8	2.7	2.4	2.9	2.7	
中津原	2.7	2.7	2.5	2.7	1.5	2.3	2.8	2.8	2.2	2.0	2.4	
山手橋	4.0	5.1	4.0	5.8	4.0	6.6	7.8	5.6	5.5	9.7	5.2	
小水呑橋	5.9	6.0	4.5	5.8	4.7	7.1	9.3	6.6	5.1	5.7	6.1	
滝山堰	3.0	4.2	3.6	3.4	2.2	3.1	3.7	2.4	3.1	2.4	3.1	
川北	3.3	4.2	8.3	7.4	2.8	5.2	8.1	5.1	5.4	4.8	5.5	
横尾	6.8	6.5	8.5	9.0	10.0	19.0	12.5	10.0	13.0	13.1	10.9	

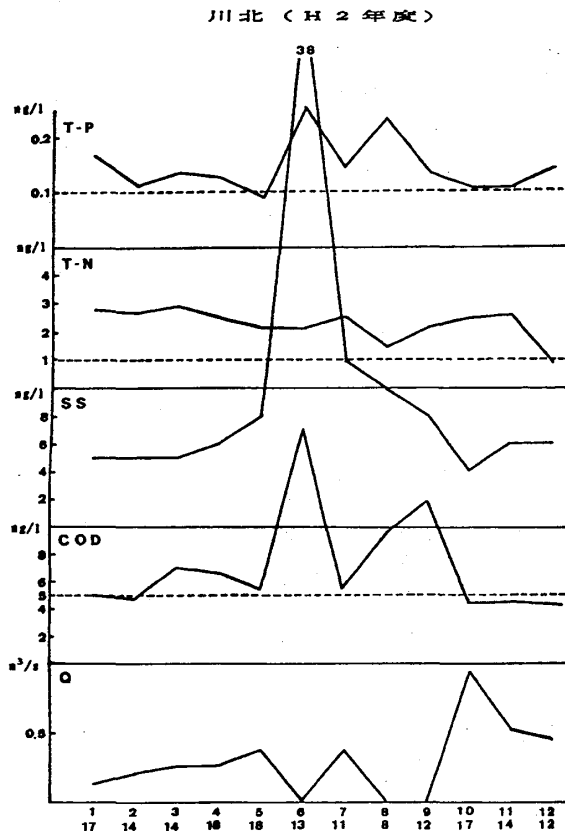


図-3 流量ならびに水質指標の観測結果 (川北)

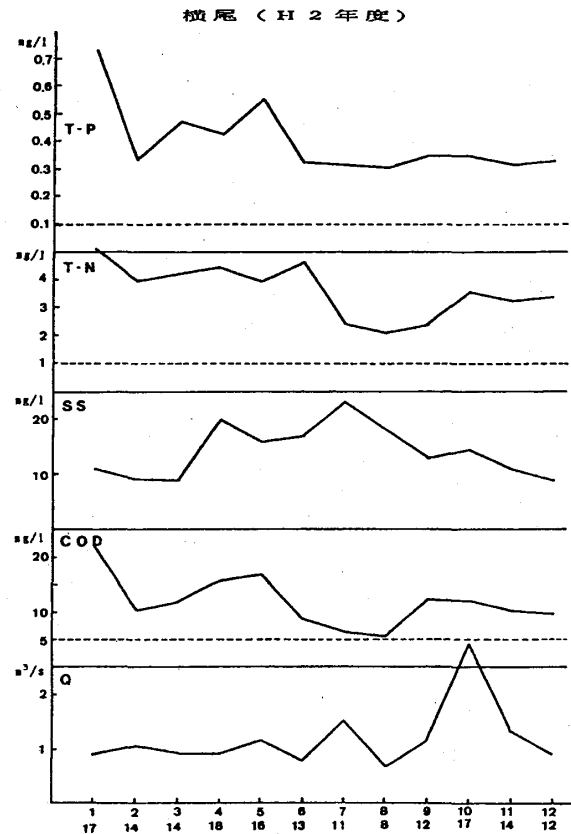


図-4 流量ならびに水質指標の観測結果 (横尾)

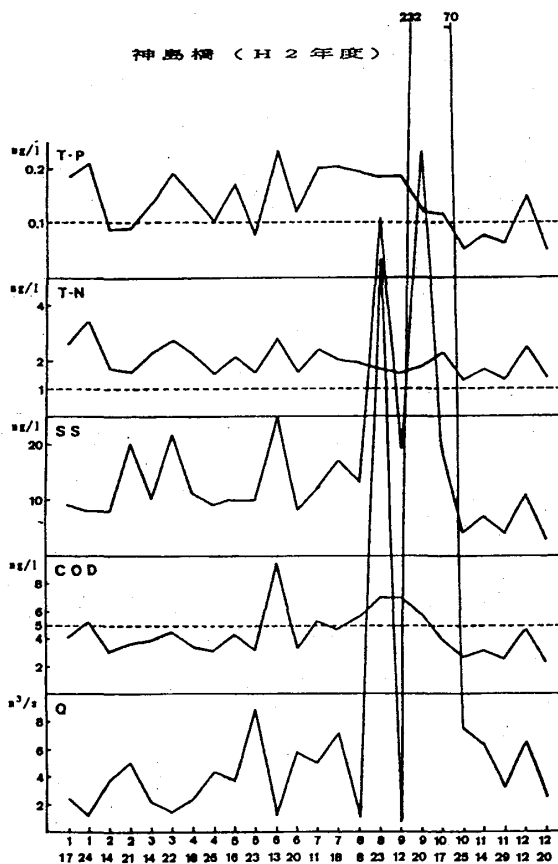


図-5 流量ならびに水質指標の観測結果 (神島橋)

川における水産環境基準値でもある。貧栄養湖と富栄養湖の境界値は、T-Nで0.15～0.20mg/l、T-Pで0.02mg/lとされている。

これらの図から次のような河川水質特性がみられる。

- 1) 高屋川の最下流基準点横尾と神辺町のほぼ中央に位置する川北を比較する。T-N、T-P値はいずれも、加茂川、吉野川、箱田川などの流入後の横尾の値が数倍も大きく、横尾ではT-P、T-N値ともに1月～6月までが高く、7月～9月のかんがい期の値が低いのに対し、川北ではT-P値は6月～9月に高い値を示している。しかし、川北でのT-P値は年間を通じてほぼ0.1～0.2mg/lの範囲で変動しているのに対し、横尾では0.3mg/l以下になることはなく、最大値は0.7mg/lを超えており、富栄養化の程度は極めて高い。すなわち、横尾におけるT-P、T-N値の変動特性と絶対値の大きさから推察すれば、施肥料の多い時期や降雨流出、河川流量の多い時期とは一致せず、何か他の汚染源によるものと考えられる。

COD値についてみれば、川北では流量が0.2m³/sec程度以上であれば、ほぼ5～7mg/lの範囲にあるが、流量が極めて少ない6月、8月、9月の値

は10mg/l以上となっており、流量の減少が水質劣化に強く起因していることがわかる。横尾では1m³/sec程度以上の流量が維持されており、観測日当日のCOD値と流量との間に直接的に明確な関係はみられない。しかしながら、一般的には流量の多い6～8月の値は低く、流量の少なくなる1月～5月までは高い値となる傾向が顕著である。しかも、その値が10mg/lを超える期間がほとんどであり、水質の悪化は川北に比べてさらにひどいといえる。

2) 芦田川本川の下流部基準点の神島橋では、T-P値は年間を通じてほぼ0.1～0.2mg/lの範囲にあり0.1mg/l以下の値も数回みられる。また、T-N値も1.5～3.0mg/lの範囲を変動しており、流量の変化とはほとんど無相関である。しかし詳しくみれば、横尾地点と同様に1月～6月頃までがやや高めの値を示しており、1月24日、3月22日のように流量が少ないときは、明確なT-N値の上昇がみられる。

COD値は高屋川の2地点に比べれば、明らかに低い値であり3～4mg/lが平均的である。したがって、流量の増加に伴う希釈効果によって、水質はかなり改善されていることがわかる。

3-4 水質調査とその考察

芦田川下流域の水質環境悪化の主原因が高屋川の水質にあるとされているので、われわれは高屋川へ流入する2次支川の影響を解明する目的で、図-6に示した11測点を設定し、平成4年7月から平成5年1月のほぼ半年間に、いくつかの異なる河川流況の下に水質調査を実施した。高屋川に設定した測点を簡単に説明すれば、No.5の出原橋は本川河口より10kmの合流点より約0.5km上流であり、すでに河道整備は完了している。No.6の横尾は高屋川の最下流水質基準測点であり、吉野川、井溝用水が流入しており、ここでは流量とともに水質項目のすべてが公的機関によって定期的に計測されている。No.7は新川の流入直後、No.11は高屋川中流部の水質基準測点であり、これより上流の高屋川本川水に加えて深水川、堂々川、竹田川などの2次支川水を集める。

水質測定項目は、COD、SSおよび濁度、T-P、T-Nである。CODの分析法は、米国ハック社のマイクロサンプル分解法により、DR/2000型分光光度計（ハック社製）によって濃度値が直読できる。SSおよび濁度は比色測定法によりDR/2000を用いて濃度値が直読できる。T-P、T-Nはダイジェスダール分解器を用いて所定の処理を行った検体サンプルをDR/2000によって数値化する。それらの結果を表-8にまとめて示した。T-Pの測定結果に0が多いが、検出過程におけるミスか検出されずとする（ND）かの判断は難しいが、本分析器機の検出能が不十分であることも考えられる。また逆にCODはかなり大きな値が目立つが本分析値はJIS法による過マンガン酸カリウム法による

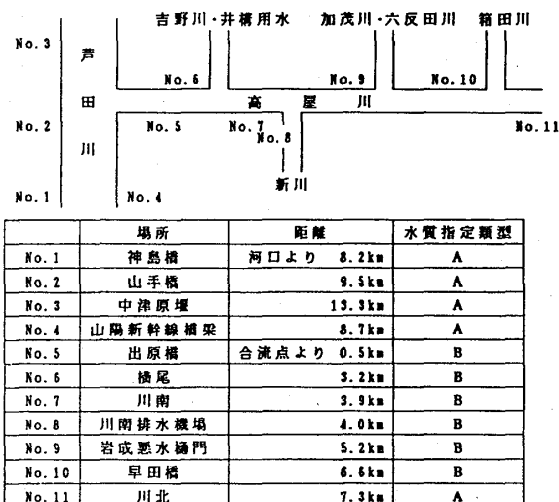


図-6 水質調査地点とその概況

表-8 芦田川・高屋川の水質測定結果

芦田川・高屋川水質測定結果表

COD (mg/l)

	7/13	7/28	8/19	9/7	9/21	10/6	10/26	12/5	1/12
No.1	2	19	0	32	13	14	11.5	3.5	13.5
No.2	14	12	5	9.5	9	9	12	2.5	4
No.3	9	12	3.5	9	6	10	6.5	2	3
No.4	0	14.5	8	14	10.5	12	6	9	10.5
No.5	11	13	8	13	8	19	12	13.5	9
No.6	15	13.5	10	14.5	15.5	19	18	11.5	22.5
No.7	8	37	9	18	14	19	20	17	11
No.8	6	17	15	17	14.5	27	18.5	23	22.5
No.9	13	16.5	12	22.5	17	23	27	47	44
No.10	30	30.5	14	12	11	22	15.5	24	12
No.11	10	10	18.5	10	11	12	10	14	8

T-P (mg/l)

	7/13	7/28	8/19	9/7	9/21	10/6	10/26	12/5	1/12
No.1	0.17	0.12	0	0.4	0	1.93	0.53	0.83	0.50
No.2	0.17	0	0	0.3	0.1	0.17	0.53	0.53	0.57
No.3	0.15	0.13	0.27	0.3	0	0.13	0.6	0.70	0.13
No.4	0.18	0	0.07	0.37	0.3	0.07	0	0.23	0.53
No.5	0.32	0	0.2	0.43	0.17	0	0.8	0.27	0.57
No.6	0.37	0.18	0.35	0.1	0	0.4	0.8	0.67	0.63
No.7	0.3	0.13	0	0.4	0.17	0	0.03	0.83	0.60
No.8	0.13	0.27	0.07	0.47	0.4	0	0	0.50	0.83
No.9	0.43	0	0.23	0.43	0.2	0.47	0	0.83	1.00
No.10	0.27	0.17	0.3	0.37	0	0.53	0.8	0.33	0.67
No.11	0.2	0.03	0.13	0.33	0	0.17	0.63	0.37	0.47

T-N (mg/l)

	7/13	7/28	8/19	9/7	9/21	10/6	10/26	12/5	1/12
No.1	8.2	10.2	13.6	9.1	5.2	5.3	4.4	6.7	8.3
No.2	9.6	7	9.6	4.3	7.2	7.4	6.6	5.8	7.1
No.3	10.1	7.1	8.8	13.4	4.6	7.7	6	6.3	7.9
No.4	7.1	5.9	8	10.8	9.3	11.2	8.9	17.7	8.7
No.5	7.5	5.2	6.6	11.8	8.4	7.2	9.7	8.4	9.1
No.6	10.9	7.6	8.2	7.3	6.9	11.8	11.8	10.3	10.9
No.7	9.2	14	10.4	10.2	11.8	14.9	14.1	16.8	11.7
No.8	9.8	11.1	9.9	5.9	16.1	13.3	12	13.5	18.1
No.9	9.2	10.1	7	5.8	9.1	16.1	12		15.0
No.10	9.6	4.9	7.8	3.9	5.5	8.4	8.8	7.9	7.8
No.11	7.7	3.8	8.8	5.3	6.5	6.4	7.8	8.1	7.7

SS (mg/l)

	7/13	7/28	8/19	9/7	9/21	10/6	10/26	12/5	1/12
No.1	15.5	19	28	15	24	10.5	8.5	8	9.5
No.2	9.5	9.5	28	5	5.5	6.5	8	4	5
No.3	19	12.5	21.5	4	4	4.5	4	3	5.5
No.4	18.5	7	16	6.5	9	5	10	10.5	7.5
No.5	10	6	13	6	13	5	6	8.5	5
No.6	15.5	7	10	7.5	8	4	6.5	6	5.5
No.7	15.5	8	10	11.5	10.5	8.5	9.5	6.5	8
No.8	16.5	11	7.5	10	138.5	15.5	27.5	9	9.5
No.9	8.5	16	6	12.5	46	12.5	10.5	28	36.5
No.10	10.5	21.5	9.5	13	9	13	10	15	8
No.11	8.5	22	10.5	6	8	12.5	3.5	6	7

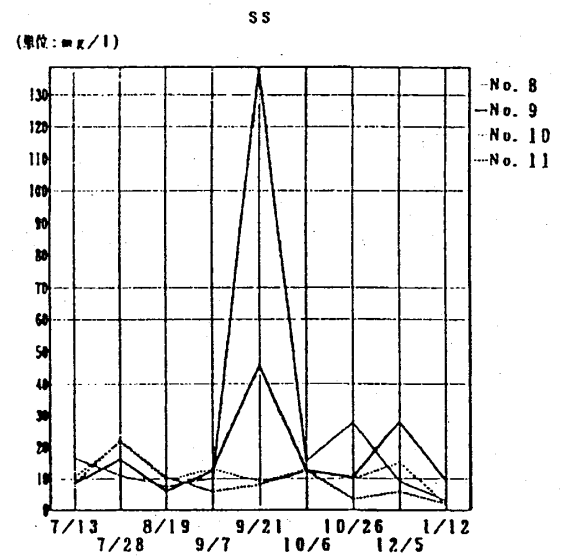
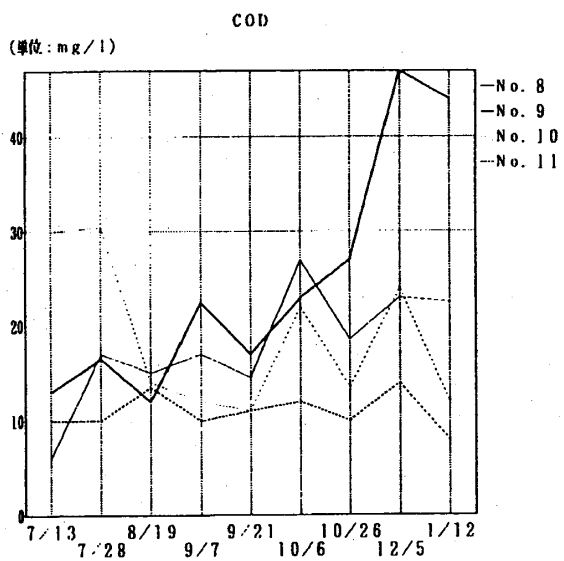
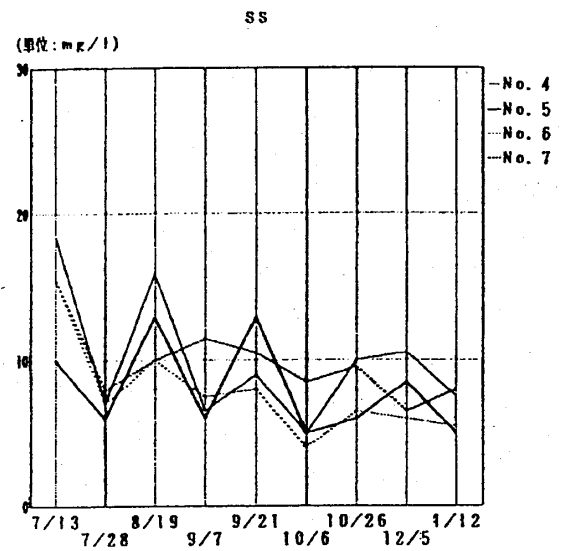
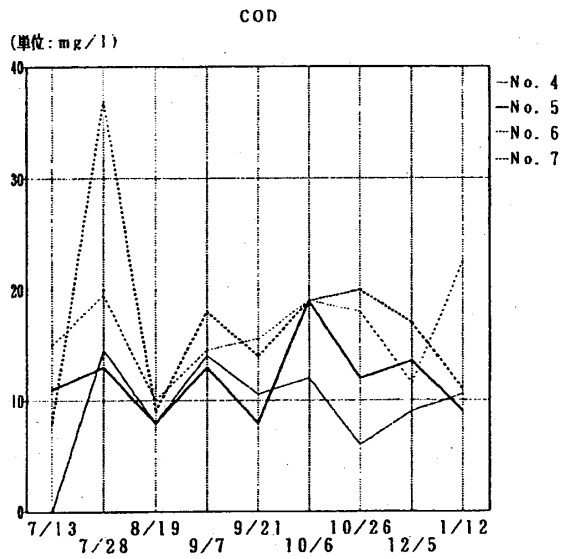
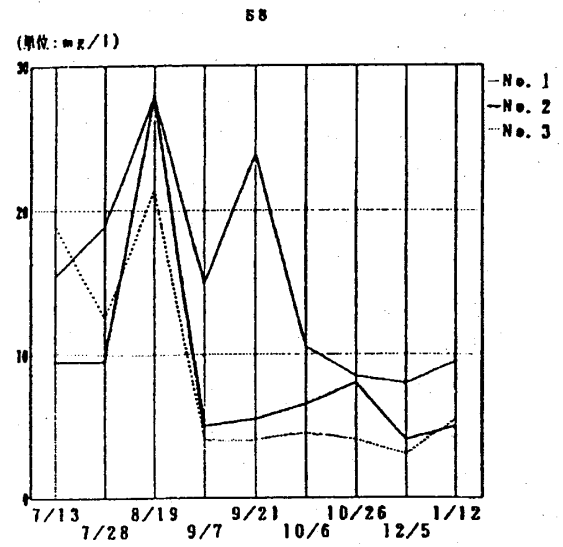
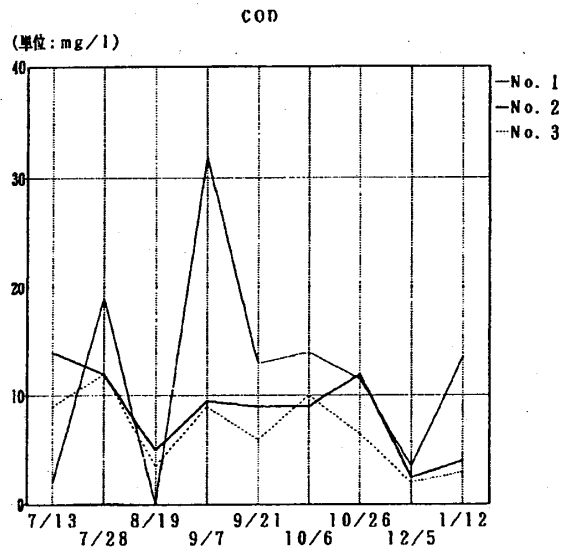


図-7 COD値の経時変化

図-8 SS値の経時変化

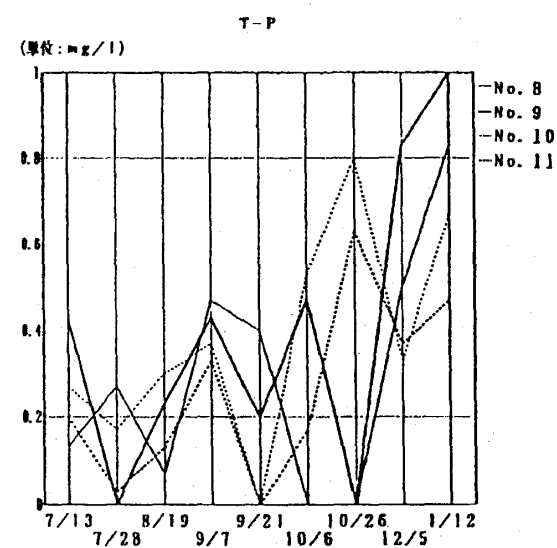
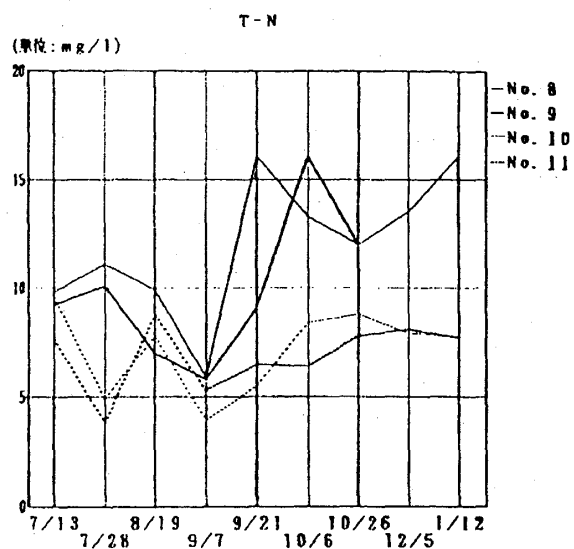
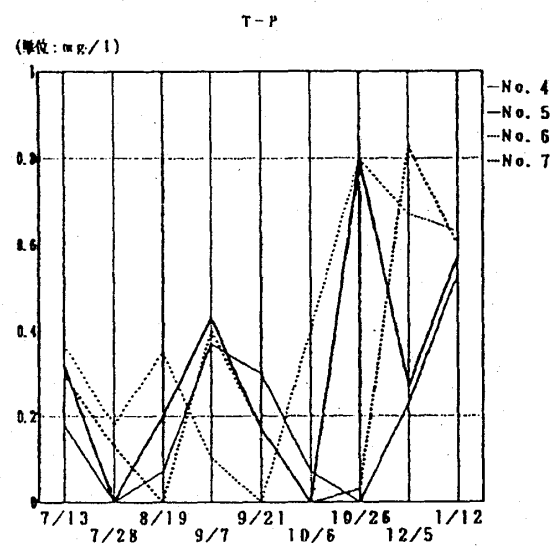
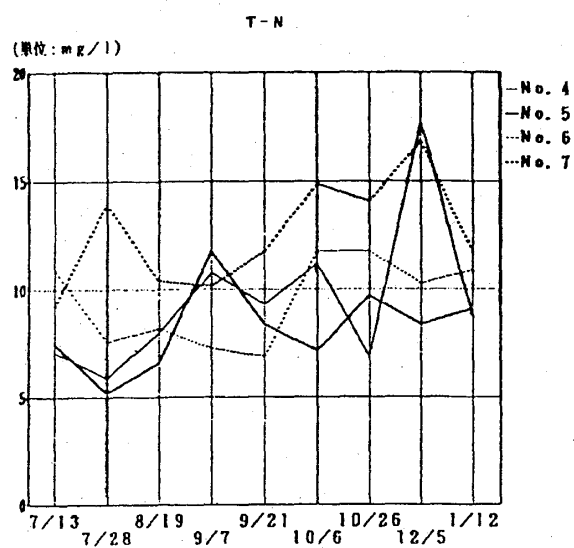
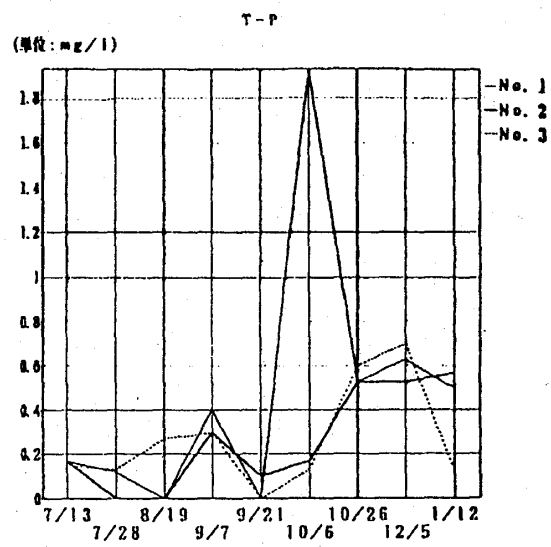
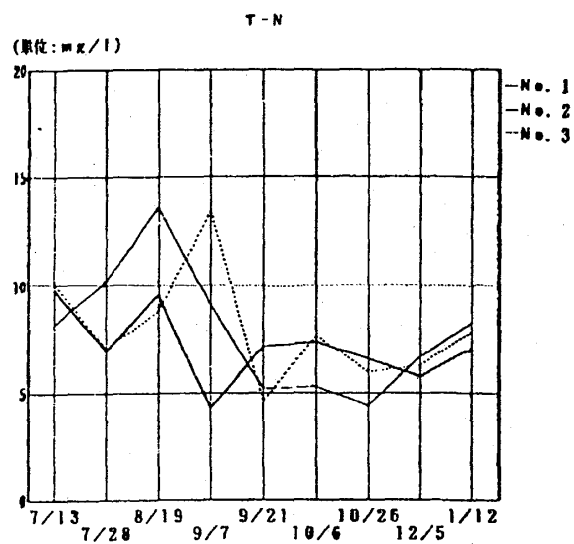


図-9 T-N値の経時変化

図-10 T-P値の経時変化

値よりも2～3倍程度大きくなるようであり、したがって、図に示した10mg/lを汚濁の判定の目安とした。

これらの結果を、本川右岸部、高屋川下流部、高屋川中流部の地区に分け、それぞれの水質項目ごとに濃度の経時的变化を示したのが図-7～図-10である。また、この期間中の降雨、河川流況を図-11に示した。さらに、河川流況がかなり悪いと推測される観測日のCOD, SS, T-Nについてその場所的变化として示したのが図-12～図-14である。

今回の調査分析結果から次のような水質特性把握を行った。

1) COD値は流量の大小によって強い影響を受け、流量が増せば希釈効果が働き、COD値は低下する。しかもその効果は流量の絶対値が大きい本川測点ほど大きく、流量の2乗にはほぼ比例した効果となる。図-7から判るように本川測点での値が10mg/lを超えるのはわずかであるのに対して、高屋川での測点では、ほとんどの測定値が10mg/lを超えている。しかも下流部より中流部の方が値は大きく、それだけ水質が悪いといえる。場所的变化を示した図-12によれば、本川水に比べて高屋川の水質が悪いことは明らかであり、2次支川水の流入による影響が大きいことがわかる。

2) SS値は、当然流量の大小によって強い影響を受け、流量が増せば土砂や塵の混入も多くなり、その値は上昇する。また、河川改修工事やその他の原因による特異値も現れるが、一般には大流量の時ほど大きな値となる。図-8から判るように、環境基準値の25mg/lを超えることはまれであり、3地区間の相違もほとんどない。しかしながら、比較的流量の少ない観測日の状況を示した図-13をみれば、高屋川中流部のNo.8～No.11における値が、その他の地区の測定値よりも明らかに大きいことがわかる。この水質特

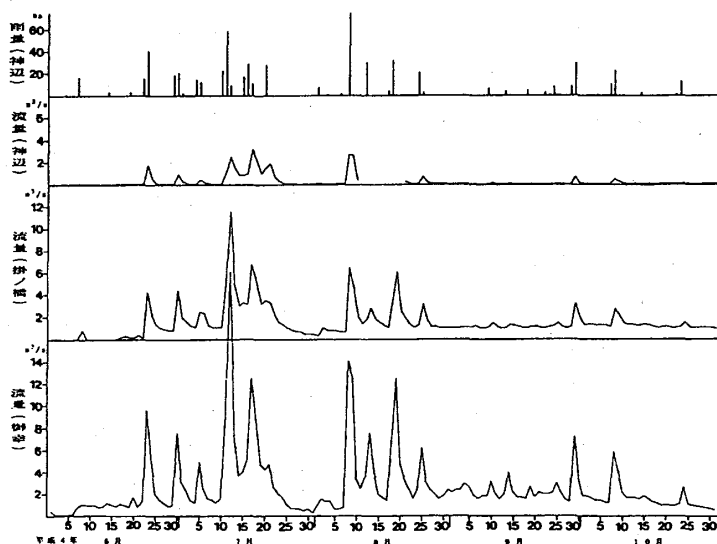


図-11 降雨および河川流況

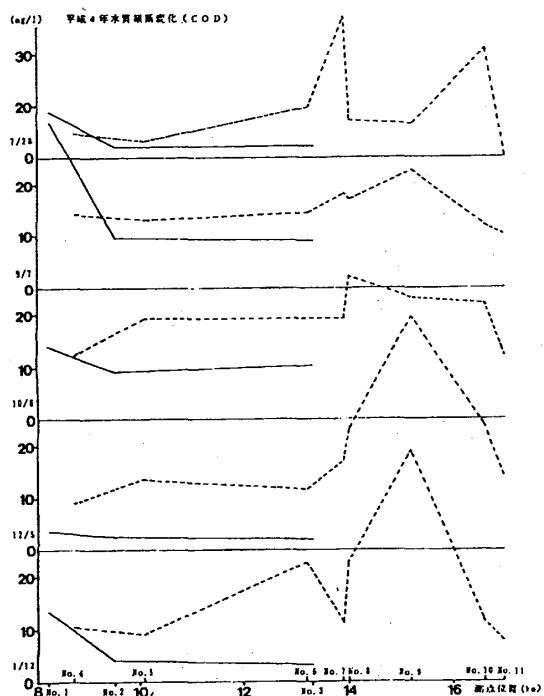


図-12 CODの場所的变化

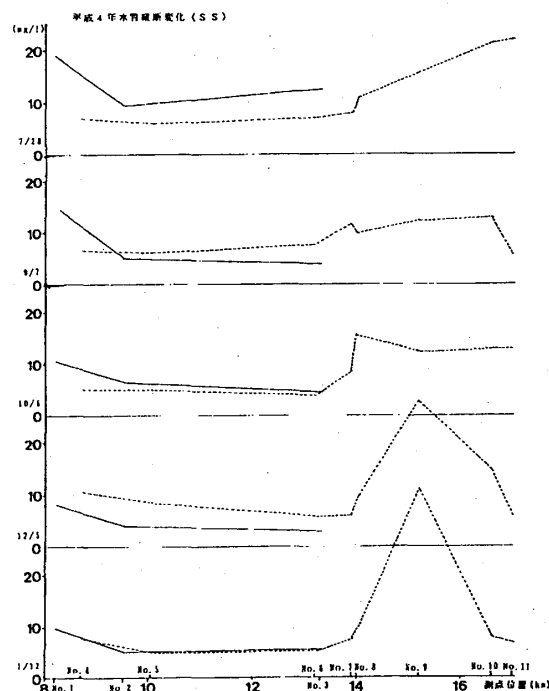


図-13 SSの場所的变化

性は河川流量の大小とは直接的な関係にあるとは考えられず、観測日当日の流域における植生や塵埃など空間環境の相違によるものと推測される。

3) T-N値は、流量との関係が直接的であるとは考えられないが、高濃度成分が流水によって移流したり拡散することもあると考えられる。今回の計測ではNo. 2の測定値は流量と比較的強い相関（相関係数0.72）を示したが、高屋川のNo.6では全く相関性は認められなかった。図-9から判るように、高屋川の下流部測点ほどその値は大きく、2次支川の流入によって次第に富栄養化の程度が増しているといえる。しかも9月以後、経時的に増加する傾向が顕著にみられる。とくに、神辺平野の汚濁度の高い2次支川が流入しているNo.5～No.9において顕著である。図-14に示したように、12月5日のNo.9測点の値は検出レンジをオーバーしており、1月12日の結果をも勘案すれば、冬期の無降雨期には、高屋川中流部の河川水は極めて高い富栄養化の状態にあるといえる。図-4に示した平成2年度の測定結果においても1月～6月に高い値を示しており、ここで示した結果を裏付けているといえよう。

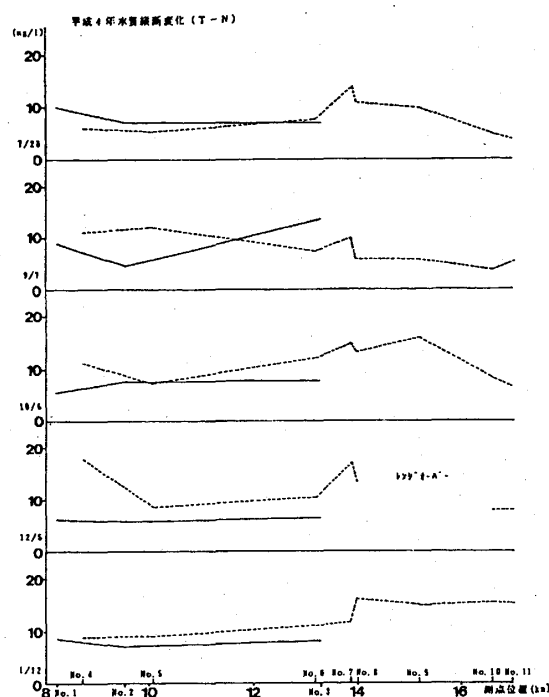


図-14 T-Nの場所的变化

4. 河川水の直接浄化法

4-1 直接浄化法の展望

わが国の河川、湖沼、海域の水質は、一時期からみれば改善されているが、依然として悪いところも多い。全国的にみれば全汚濁負荷量の約40%が生活雑排水によるといわれ、汚濁が進行中の水域では、発生源対策のみならず、水域内での直接的浄化を促進させることも必要となる。宗宮を中心として「自然浄化機能の定量的把握」に関する研究成果を上梓した「自然の浄化機構」の中にも河川における自然浄化機能に関する最新の研究成果が示されている¹²⁾。また、現在考えられている水域の直接浄化法を須藤は表-5のようにまとめて示している¹³⁾。いずれの方法も、その浄化技術の基本は水域が本来有する自然浄化機能の増強である。

わが国において現在実施中、将来実施されるであろういくつかの浄化法の特徴を簡単に述べる。

1) ばっ気法

ばっ気は酸素(DO)を物理的に供給するとともに水の循環を惹起させる目的がある。湖沼等の閉鎖性水域のばっ気には深水層ばっ気と全層ばっ気とがあり、わが国では主として後者である。アオコ(藍藻類)の発生の抑制に効果大であり、同時にアンモニア、硫化水素、マンガンなども減少するから水道水源貯水池の原水対策としては効果的である。

ダム水源環境整備センターによる「噴水による富栄養化対策」¹⁴⁾に示された実ダム貯水池における実験成果は興味深い。

2) 浄化用水導水法・伏流浄化法

汚濁河川に清水を導き、希釈、掃流を行うもので、水質改善の効果が大きいことは当然であるが、その用水源の確保と導水施設が必要となる。汚濁の程度がひどくその緊急性が認められるところでは実施された例もあり、徳島市新町川、千葉県手賀沼¹⁵⁾などが挙げられる。また、高屋川についても浄化用水の導水が真剣に検討されている。

3) 底泥浚渫法

浄化原理は汚濁堆積物の機械的除去であり、すでに述べた広島城の堀の底泥の除去や岡山県児島湖における大規模な底泥浚渫事業¹⁶⁾などが進行中である。

4) 水生植物植栽法・水生植物回収法

水生植物の繁茂する水路に導水して、生物のもつ分解吸収機能や物理的な沈澱効果などを利用するものであり、BOD浄化効果大であるとともに窒素・リン等の栄養塩の除去効果も大きい。しかし、広い面積とメンテナンスが必要となる。浄化効果の調査解析例としては須藤らによる報告がある¹⁷⁾。

5) 接触酸化法・接触材充填水路浄化法

接触材に付着した微生物を繁殖させ、その生物分解による浄化効果と接触材空隙間におけるろ過、沈澱を期待するものであり、いずれにしてもメンテナンスが必要であり、河川流況や気象条件なども併せて検討しなければならない。

この方法の実施効果を検討した例は、数多いが¹⁸⁾、土木学会関西支部が行った「付着生物による海水浄化の共同研究」の成果¹⁹⁾は、感潮河口域における水質浄化法として注目できる。

また、土壌浄化法として別に分類もされるが、土壌のもつ分解・吸着能を利用するものとして、トレンチ方式、表面浸透方式などもある。とくに最近、東京都水道局で採用した土壌浄化法²⁰⁾は、礫間接触ばっ気の原理である。

4-2 礫間接触酸化法による小模型水路実験

ここでは、3-4に示した現地水質調査測点 No.11 (川北) で採取した河川水の、室内小型模型水路による水質浄化実験について述べる。図-15 に示した諸元をもつ実験装置により、実験条件は表-9 に示すとおりである。

接触材として用いた石炭は、北海道産でタール分を除去した多孔石であり、直径2～3cmの粒径に選別されており、ゼオライト(沸石)は山形産の天然材であり拳大の粒径のものとそれを2～3cmに砕いて生成したものである。

実験方法は、図-15 に示した幅30cmの試験水路の180cm区間に厚さ10cmまで接触材をできるだけ密に敷き詰め、予め水道水によって十分に水潤させておく。そして、実験開始直前にそれを排水し、試験水(採取河川水)と入れ換え、接触材の間隙を十分飽和状態にさせる。残りの試験水は下部貯水槽に貯め、図に示した循環装置によって、所定流量を流し、実験を開始する。

表に示したように断面平均流速は0.35～0.38cm/secと小さく、生物膜の生成と接触酸化能の増大を期待するものであり、回転率とは試験水の全量がこの実験水路を1時間で何回転しているかの目安であり、空隙率は試験水路全体としての接触材の空隙率である。すなわち、ゼオライトに比べて石炭の方がわずかに空隙が大きく、いずれの実験ケースについてもほぼ1/2の空隙を有している。

実験期間中の通水状態は、各ケースで異なる。ケースⅠでは、1日目2時間15分通水し、16時間45分停止、2日目は6時間通水、16時間停止、さらに4日目の最終試料採取時から通算63時間後に再び3時間の通水を行った。ケースⅡでは1日目3時間通水、15時間停止、2日目から5日目まで9時間通水、15時間停止のサイクルとした。ケースⅢでは4日間とも9時間通水、15時間停止のサイクルとし、ケースⅣでは4日間は上記のサイクルとし5日目は6時間の通水を行った。

水質分析のための採水は、通水前の貯留水を各実験日の第1回目とし、原則として3時間ごととした。水質分析項目は、COD、SS、濁度およびT-N、T-Pであり、分析器機は3章3-4に説明したものと同一である。

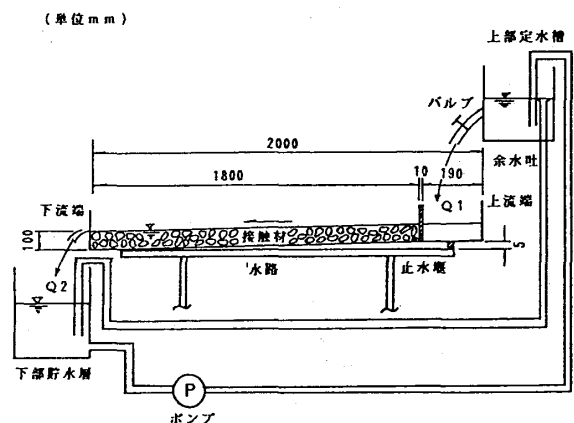


図-15 礫間接触酸化法の実験装置

表-9 実験ケース・実験条件

		実験条件 平成4年度					
実験 ケース	接触材	実験開始日	試験採取水 (l)	平均流量 (cc/sec)	断面平均流速 (cm/sec)	回転率 (回/hr)	空隙率
ケースⅠ	石炭	8/25	113.5	113.2	0.38	3.59	0.52
ケースⅡ	石炭	9/1	132.0	110.0	0.37	3.00	0.52
ケースⅢ	ゼオライト大	10/26	132.0	110.0	0.37	3.00	0.49
ケースⅣ	ゼオライト小	11/30	154.4	105.0	0.35	2.45	0.47

実験結果の分析値を一覧表として表-10に示した。また、各実験ケースごとに水質分析値の時間的変化を図-16～図-19に示した。

これらの水質実験結果から以下のような考察ができる。

1) ケース I

採水日前日(8月24日)に22mmの降雨があり、25日の掛の橋流量は $3.1\text{m}^3/\text{sec}$ と比較的流量が多い状態であった。採取水の初期水質は、COD 10.5mg/l 、SS 9.0mg/l 、T-N 6.15mg/l であった。

COD値は通水によって低下する傾向を示し、最終値は 7.0mg/l となり除去率は約33%である。

SS値は通水開始2日目で 1.0mg/l と急減し、最終値は 0.5mg/l となり除去率は約94%である。

T-Nについては、実験開始2時間ほどで一時的に初期値よりも高い $7.05\sim 7.30\text{mg/l}$ となっているが、2日目の6時間通水後には 3.05mg/l と効率の良い減を示している。しかし、3日目の初期値は再び 6.25mg/l を示し、その後は通水を続けても明確な減傾向は現れず、最終値も 6.05mg/l とほとんど除去効果が示されていない。3日目以後の数値の変動状況から判断して、礫間空隙中に一旦吸着したものが再び流出しているものと考えられる。

T-Pについては 0.80mg/l 程度の最大値が4日目以後に急激な低下をしており、最終値を 0.13mg/l とすれば、除去率は84%にもなる。

2) ケース II

2週間程無降雨状態が続き、採水日の掛の橋流量は $1\text{m}^3/\text{sec}$ である。採取水の初期水質はCOD 10.0mg/l 、SS 6.0mg/l 、T-N 5.25mg/l 、T-P 0.33mg/l であり、ケースIよりもむしろ小さい値である。

COD値は2日目に初期値よりも大きな値を示しているが、3日目以後は通水とともに減傾向を示し、最終値は 4.0mg/l となり、除去率は60%である。

SS値は除去効率が良く、通水開始2日目で 1.5mg/l に低下し、3日目以後はほぼ100%の除去率となる。

T-Nについては、最小値は 2.30mg/l であるが、検出値が初期値以上を示す場合も多く、とくに通水5日目の値が大きく、最終値は 8.30mg/l である。このことはケースIの実験よりもさらに明確に接触材中からの窒素成分の溶解流出を示すものといえよう。

T-Pについては、減傾向はみられず、浄化効果は発見されていない。

3) ケース III

23日に13mmの降雨があり、24日の流量は $1.6\text{m}^3/\text{sec}$ と増大したが、採水日前日からは $1.0\text{m}^3/\text{sec}$ のこの期間における通常流量となった。採取水の初期水質はCOD 15.0mg/l 、SS 18.5mg/l 、T-N 5.8mg/l である。

COD値は、1日目は増大傾向を示し、通水2日目には 38.0mg/l の最大値を記録している。しかし、3日

表-10 実験結果(ケース I)

8/25(水) 15:00 開始 → 17:15 終了(2時間15分後)

時間	項目	SS(ろ過前)	SS(ろ過後)	濁度(ろ過前)	濁度(ろ過後)	T-N	T-P	COD
15:00(開始)		9.0 mg/l	3.5 mg/l	12.5 FTU	4.5 FTU	6.15 mg/l	0.80 mg/l	10.5 mg/l
17:15(終了)		5.5 mg/l	4.0 mg/l	9.5 FTU	6.0 FTU	7.05 mg/l	0.80 mg/l	9.5 mg/l

8/26(木) 10:00 開始 → 17:00 終了(7時間単位)

時間	項目	SS(ろ過前)	SS(ろ過後)	濁度(ろ過前)	濁度(ろ過後)	T-N	T-P	COD
10:00(開始)		4.0 mg/l	2.5 mg/l	7.0 FTU	4.5 FTU	7.30 mg/l	0.02 mg/l	10.0 mg/l
13:00(3h後)		2.5 mg/l	1.5 mg/l	4.0 FTU	4.0 FTU	5.55 mg/l	0.83 mg/l	13.0 mg/l
16:00(6h後)		1.0 mg/l	0 mg/l	2.5 FTU	2.0 FTU	3.05 mg/l	0 mg/l	9.0 mg/l

8/27(金) 9:00 開始 → 18:00 終了(9時間単位)

時間	項目	SS(ろ過前)	SS(ろ過後)	濁度(ろ過前)	濁度(ろ過後)	T-N	T-P	COD
9:00(開始)		2.5 mg/l	2.0 mg/l	3.5 FTU	3.5 FTU	6.25 mg/l	0.77 mg/l	10.0 mg/l
12:00(3h後)		1.0 mg/l	1.0 mg/l	2.5 FTU	2.0 FTU	5.05 mg/l	0.73 mg/l	9.0 mg/l
15:00(6h後)		1.0 mg/l	0 mg/l	2.0 FTU	1.0 FTU	4.60 mg/l	0.60 mg/l	8.0 mg/l
18:00(9h後)		1.0 mg/l	0 mg/l	2.0 FTU	2.0 FTU	5.75 mg/l	0.70 mg/l	6.0 mg/l

8/28(金) 9:00 開始 → 18:00 終了(9時間単位)

時間	項目	SS(ろ過前)	SS(ろ過後)	濁度(ろ過前)	濁度(ろ過後)	T-N	T-P	COD
9:00(開始)		1.0 mg/l	1.0 mg/l	2.0 FTU	2.0 FTU	4.85 mg/l	0.83 mg/l	8.0 mg/l
12:00(3h後)		0 mg/l	0 mg/l	1.0 FTU	1.0 FTU	4.45 mg/l	0.13 mg/l	12.5 mg/l
15:00(6h後)		1.0 mg/l	0.5 mg/l	1.5 FTU	1.5 FTU	2.80 mg/l	0.40 mg/l	7.5 mg/l
18:00(9h後)		1.0 mg/l	1.0 mg/l	2.0 FTU	1.5 FTU	5.80 mg/l	0.20 mg/l	7.5 mg/l

8/31(月) 9:00 開始 → 12:00 終了(3時間単位) (2日間放流)

時間	項目	SS(ろ過前)	SS(ろ過後)	濁度(ろ過前)	濁度(ろ過後)	T-N	T-P	COD
9:00(開始)		1.0 mg/l	0 mg/l	2.0 FTU	1.0 FTU	5.55 mg/l	0.13 mg/l	7.0 mg/l
12:00(3h後)		0.5 mg/l	0 mg/l	1.0 FTU	1.0 FTU	6.05 mg/l	0 mg/l	7.0 mg/l

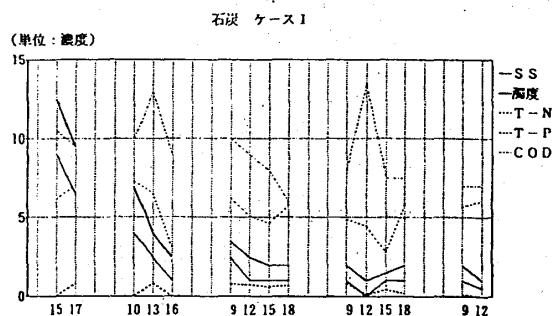


図-16 実験結果(ケース I)

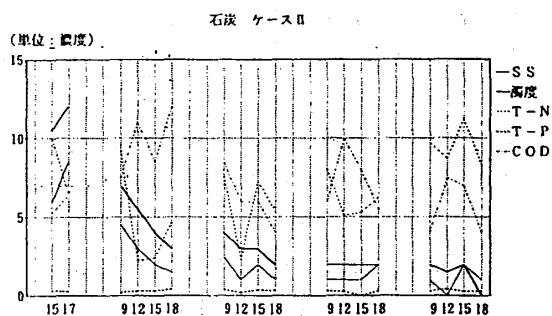


図-17 実験結果(ケース II)

目には低下傾向を示し11.0mg/lまで低下している。
しかし4日目には再び増大傾向を示している。

SS値は3時間後に6.0mg/lと初期値の1/3以下となり、除去効果が著しい。その後は通水時間を増しても浄化効果はほとんど発現されていない。

T-Nについては通水時間の増大とともに増大傾向を示し、最終値は8.6mg/lと初期値を50%も上まわり、接触材中に含まれていた窒素成分が溶解流出していることが石炭の場合と同様に推測される。

T-Pについては、最大値0.9mg/lに対して、最終値は0.6mg/lと2/3に低下しており、通水時間の増大とともに少しずつ浄化効果が発現されている傾向がみられる。

4) ケースⅣ

降雨、流量のゼータが無く詳しい流況は不明であるが、採水日の流量は少ない。採取水の初期水質はCOD 14.0mg/l, SS 4.5mg/l, T-N 5.35mg/lである。

COD値は、1日目はほとんど低下傾向を示さないが、2日目、3日目には通水による明確な低下傾向が現れている。しかしながら4日目から5日目にかけて再び値は大きくなり、初期値とほとんど変わらない。したがってCOD値の根本的な除去効果はそれほど大きくないといえよう。

SS値は4.5mg/lと低い初期値であったにもかかわらず、9時間の通水後には2.0mg/lに低下しており、通水時間の増大とともにほぼ完全に除去することができる。

T-Nについては、ケースⅢと同様に窒素成分の流出が考えられる。

T-Pについては、最大値0.8mg/lに対して5日目では明らかな値の低下がみられ、最終値を0.13mg/lとすれば86%もの除去率となる。

以上の実験結果を総括的に評価すれば次のとおりである。

- 1) CODに対する浄化作用は、石炭では発現され、滞留時間が長いほどその効果は増大するものと考えられる。一方、逆にゼオライトでは一時的には浄化効果が発現されていると思われるが、隙間に一時的に吸着された汚濁源が、通水時間の増大とともに再び流出する傾向がある
- 2) SSに関する浄化作用は、いずれの実験ケースでも発現しており、ゼオライトよりも石炭の方が除去効率は良い。
- 3) T-Nについては、浄化効果は全くみられず、いずれの実験ケースにおいても最終値は初期値を上まわっており、元々接触材中に含まれていた窒素成分が通水によって溶出していることが推測される。
- 4) T-Pについては、明確な効果が見出しにくい、石炭を用いたケースⅠでは4日目以降の値に明かな低下が認められ、除去率は84%と大きい。また、小粒径のゼオライトを用いたケースⅣでも5日目では明かな値の低下が示され、除去率86%の浄化作用の発現であるといえる。

5. あとがき

本研究では、河川水質の保全と水質浄化法について概括するとともに芦田川の主要支川である高屋川を対象として実施してきた水質調査ならびに水質浄化実験について考察した。

高屋川での汚濁は2次支川からの流入水による影響が大きく、周辺地域の下水道の整備が急がれる。芦田川本川下流部では、高屋川の合流によって水質は多大の影響を受け、さらに、河口堰による閉鎖性水域が、水質の劣化、富栄養化に拍車をかけており、抜本的な対策が必要である。

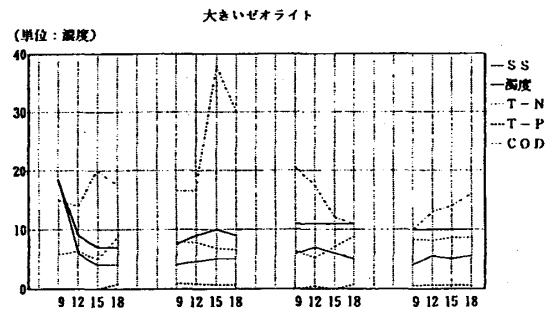


図-18 実験結果 (ケースⅢ)

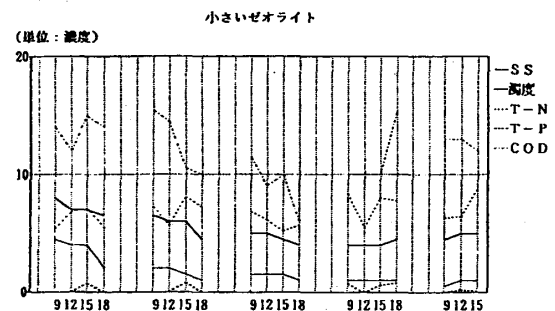


図-19 実験結果 (ケースⅣ)

参考文献

- 1) ICWE・UNCED資料研究会編：21世紀の水と環境，大成出版社，1992.10.
- 2) 環境庁編：平成4年度版環境白書，大蔵省印刷局，1992.5.
- 3) 市川新：都市河川の環境科学，培風館，1980.6.
- 4) 虫明功臣・石崎勝義・吉野文雄・山口高志編：水環境の保全と再生，山海堂，1987.10.
- 5) 堀川浄化事業，建設省中国地建太田川工事事務所，1991.4.
- 6) 美しい古川を，大阪府土木部都市河川課，1990.4.
- 7) 河川情報センター：第8次治水事業五ヶ年計画主要課題と整備の方向－関東地方版，p.80，1992.9.
- 8) 建設省福山工事事務所 事業概要
- 9) 芦田川水系河川環境基本計画協議会資料，建設省中国地建福山工事事務所，p.4，1993.1.
- 10) 前出9)と同じ，p.10.
- 11) 福山市水道局：水質試験報告書，平成2年，1990.
- 12) 宗宮功編：自然の浄化機構，技報堂出版，1990.5.
- 13) 須藤隆一：水域の直接浄化の意義と展望，特集 水域の直接浄化，用水と排水，vol.30，No.8，pp.3～7，1990.
- 14) ダム水源地環境整備センター：噴水による富栄養化対策，1990.
- 15) 小川功：手賀沼の水質浄化対策を中心に，雨水技術資料，vol.7，特集 汚濁流出と浄化，pp.95～102，1992.12.
- 16) 農林水産省，児島湖底泥浚渫事業
- 17) 細身正明・須藤隆一：湿地による生活排水の浄化，水質汚濁研究，第14巻，第10号，pp.674～681，1991.
- 18) 梅田真三郎・尾島勝：礫間浄化に関する実験的研究，土木学会論文集，II，（投稿中）
- 19) 赤井一昭他：付着生物による海水浄化の研究，海洋開発論文集，vol.8，pp.409～413，1992.
- 20) 川口匡平：生活排水の土壌浄化について，雨水技術資料，vol.7，pp.121～128，1992.12.