

矢作川の水質特性

宮地成子・八木明彦

Water Characteristic of YAHAGI River

Shigeko MIYACHI and Akihiko YAGI

Abstract

Long terms of changes for BOD, COD and SS from 1960 to 1988 in Yahagi River were figured by the calculation of the annual reports of water (Suisitsu Nenpyou) From the results of change on SS, the turbidity of Yahagi River was high level from 1960 to 1970, but low level, 10ppm, was recently shown The organic pollutions increased in the last five years The fluctuation of BOD showed a high variation, beside that of COD showed a low variation in Yahagi River

In the short term experiment, for example, diurnal variation was observed in this river From the result of both the total nitrogen and phosphate showed the high value DON value of diurnal variations was observed the abundant from the sunrise, and DOP value was high at the midnight Dissolved oxygen value decreased from the sunset under the influence of the tributary (Kanori River) which was high pollutant river

The remarkable changes of nitrogen and phosphate were observed with time from the inorganic and organic forms in Yahagi River It might be that the dissolved organic nitrogen and phosphate played an important part for the eutrophication from our observations and experiments in this River

はじめに

河川などの水質汚濁は、高度経済成長時代の工業の急激な発展により、特定の地域すなわち大都市や臨海地域に人口と工場が集中し、その結果、生活排水、工場排水によって河川・湖沼・海湾の水質汚濁が進行したと考えられる。この水質汚濁に対し、1970年に「水質汚濁防止法」が制定され、そして翌年環境基準が決まり、水質の浄化が試みられた。しかしこれらの規制は、河川水質汚濁の問題を工場排水による水質化学的な汚れや水の濁りからのみ見ており、炊事、洗濯、入浴等、人の生活に伴い排出される生活排水に関しての規制は、水質汚濁防止法が一部改正となった1990年まで、ほとんど何もと言っていいほどされていなかった。このため環境基準を超える汚濁を示す水域は少なくなく、例えばその達成率は環境白書¹⁾によれば、1985年で60~90%、1990年で60%前後と低い。また、汚濁の原因のうち生活排水の占める割合は伊勢湾で52%、東京湾68%、瀬戸内海48%という報告もある²⁾。更に、生活排水が原因といわれる富栄養化の問題、例えば最近頻繁に発生しているダム湖の淡水赤潮が、門田ら³⁾の報告によると矢作川でも起こっていることから、将来、矢作川を水源としている三河地域でも飲料水の異臭

等の問題が引き起こされるのではないかと危惧される

そこで、愛知県のおお中央を流れ、豊田市、岡崎市、安城市の生活用水はもとより、工業用水に重要な役割を果たしている矢作川について、水質汚濁の特徴を知るために長期経年変化を求め、更に特定地点での経日変化及び日周変化を観測することにより河川の特色をとらえる試みをした。これにより矢作川の過去30年間の濁りや有機汚濁の推移、更に富栄養化の原因と考えられる窒素・リンの変化をみるのが可能となる。また1地点での各態の窒素やリンの短期変化と赤潮の発生後密接な関係のある流下性藻類の変化も知る事が可能となる。

矢作川においては、広正義編⁴⁾の「矢作川水系における水性昆虫の群集生態学的研究」を始め、杉山ら⁵⁾、上條⁶⁾、YAGI⁷⁾及び八木⁸⁾の研究があるのでこれらを参考としてまとめた。

方 法

1. 矢作川の概要と調査地点

矢作川は、その源を中央アルプスの南端、長野県恵那郡上矢作町及び愛知県北設楽郡稲武町に発し、上村川、名倉川、根羽川をほぼ同一地点で扇状に集め、愛知県のおお中央部を貫流し、三河湾に注ぐ流域面積1830km²、幹川流路延長117kmの河川である。主要汚濁源は、上流部の山砂利、けい砂工業排水による浮遊物質、豊田市の機械工業、岡崎市・安城市の繊維工業の工場排水及び都市下水等である。矢作川は、沿川都市の発展に伴い新規都市用水の取水も計画されており、今後の汚濁対策が重要な課題とされている。利水状況としては、矢作川は、本川支川とも古くから農業用水として利用され、矢作ダムなどの水源開発が行われ、下流域の西三河地方の都市用水、農業用水として利用されている。

調査地点は以下の通りである

富国橋：愛知県豊田市、岩津天神橋：愛知県岡崎市、米津橋：愛知県西尾市

2. データの収集

杉山ら⁵⁾の報告にその後の10年間の値を水質年表⁹⁾よりもとめ、1964年から1988年の25年間の結果を矢作川についてまとめた。さらに、米津橋において、窒素・リン・流下性藻類の経日変化と日周変化を1982年、1985年及び1987年に観測した結果をまとめた。

3. 水質分析

分析方法は以下に述べる通りである

(溶存酸素)

24時間観測では YSI 製 DO メーターを使用

(窒素)

(1) NH₄-N, Newell (1967) & Sagi (1966) の方法で定量

(2) NO₂-N, Bendshneider and Robinson (1952) の方法で定量

(3) NO₃-N, Wood, Armstrong and Richards の Cd-Cu カラム還元法

(4) DON, K₂S₂O₈で加熱分解後、吸光度220nm で測定

(リン)

(1) PO₄-P, Murrphy and Riley (1962) のアスコルビン酸還元法で定量

(2) DOP, Menzel and Corwin (1965) の方法を一部改良して測定

(3) POP, ろ過したろ紙上の懸濁物質を DOP と同様の方法で定量

なお、窒素とリンの本文中の表示方法は以下の通りである

$$T \text{ inorg N} = \text{NH}_4 + \text{NO}_2 + \text{NO}_3, \quad \text{TDN} = \text{DON} + T \text{ inorg N}, \quad \text{TN} = \text{PON} + \text{TDN},$$

$$\text{TDP} = \text{DOP} + \text{PO}_4, \quad \text{TP} = \text{POP} + \text{DOP}$$

結果及び考察

1. 矢作川における BOD, COD, SS の長期変動

矢作川において、有機汚濁や濁りが過去25年間でどの様に変化したかを求め、河川の特徴を明らかにするために図1, 2, 3を作成した。BOD (図1) について次のようなことがわかった

1) 富国橋：1983年と1987年が1 ppm を超える以外は1 ppm 以下と小さい。ただし1972年から1988年までの間に、非常に小さい範囲であるが増加する傾向がみられることから、有機汚濁が進んでいると考えられる

2) 岩津天神橋：70年代に入り高くなる傾向があり、1980年から1982年にかけて特に汚れが目立った。

3) 米津橋：1966年、1970年から1974年、1987年においては2 ppm と高く、1976年から1986年の10年間は0.75~1.30ppm と比較的lowかつその変化幅も小さかった。これにより、1976年頃までは有機汚濁が高かったが、その後はやや低くなり横ばい状態が続いていることが認められる

以上3地点の長期変動結果から、BOD は1988年は1 ppm 前後であるから、有機汚濁的にはかなり回復が認められていると考えられる。

次にCOD については、図2に示すようにいずれの地点も25年間で徐々に増加している様子が明らかに判る。特に米津橋の場合は、1973年以後に3 ppm 台に急上昇して以来ゆるやかな右肩上がりの傾向を示し、有機汚濁の河川への負荷が毎年少しずつ増え続けているものと推定される

BOD の値がかなり変動しているのに比べ、COD の値は各地点での変動幅が少なく、有機汚濁の推移を知るのに、BOD の値よりもCOD の値の方がわかりやすいことから、矢作川の場合には、微生物によって分解される有機物はかなり不安定であるといえる。ただし、●印で示される富国橋(3地点では最も上流)においては、BOD に比較的変動幅が少なく、安定していることが認められる。

図3は、SS の長期経年変化を示したものである。米津橋を除いて、1968年から1974年の30ppm を中心とした高い値に比較し、最近では10ppm 以下と低くなり、水の濁りが小さくなったことが認められる。矢作川の場合、著者らの観測で、1962年の米津橋で45ppm、岩津天神橋で75ppm の値が測定されたことから判るように、かつて非常にSS が高く、そのために白濁した河川である事が知られていた。この原因は主に陶土であり、1961年の著者らの観測によると、支流である犬伏川、飯野川及び籠川の3支流でSS が、それぞれ123ppm、94ppm 及び154ppm という非常に高い値が得られている。しかし、その後これらの支流より流出する陶土に起因する濁りが急減すると、矢作川は清流を取り戻したと考えられる。この減少の原因は工場排水規制の強化や、杉山ら⁵⁾が指摘しているように、1972年の東三河地方をおそった集中豪雨が、この地方の陶土工場に壊滅的な被害を与えたことも考えられる。図3から判るように米津橋においては、しばしば30ppm 前後の高い値も観測され、石面に細かい砂が付着し、藻類や底生生物の生育に悪影響を及ぼすことが避けられない(八木⁸⁾)ため、上流での一層のSS の規制が望まれる

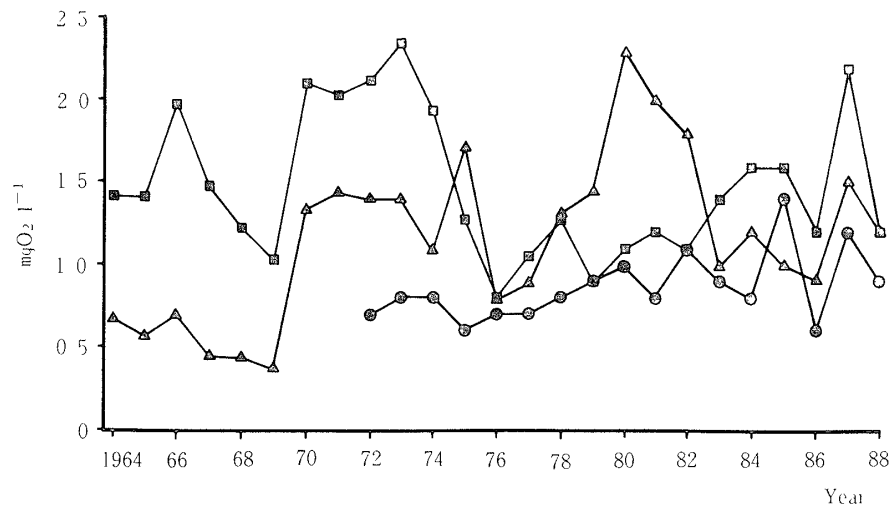


図1 BODの長期経年変化(矢作川, ●富国橋, ▲岩津天神橋, ■米津橋)

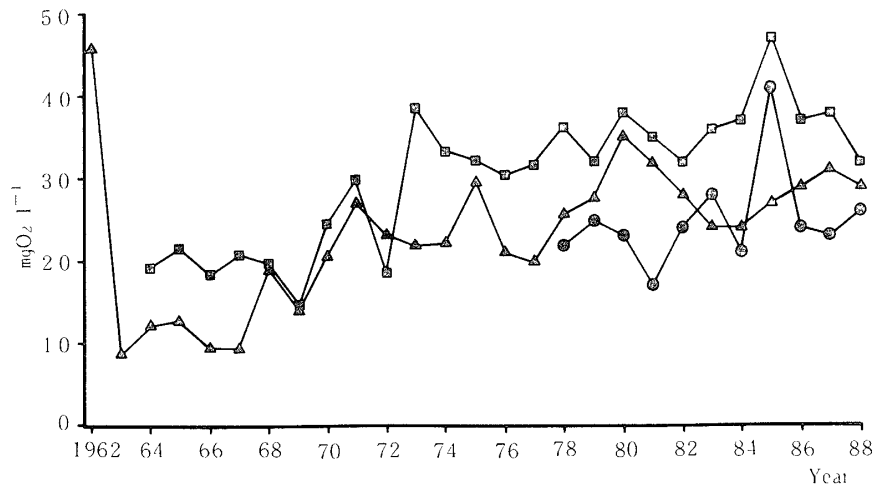


図2 CODの長期経年変化(矢作川, ●富国橋, ▲岩津天神橋, ■米津橋)

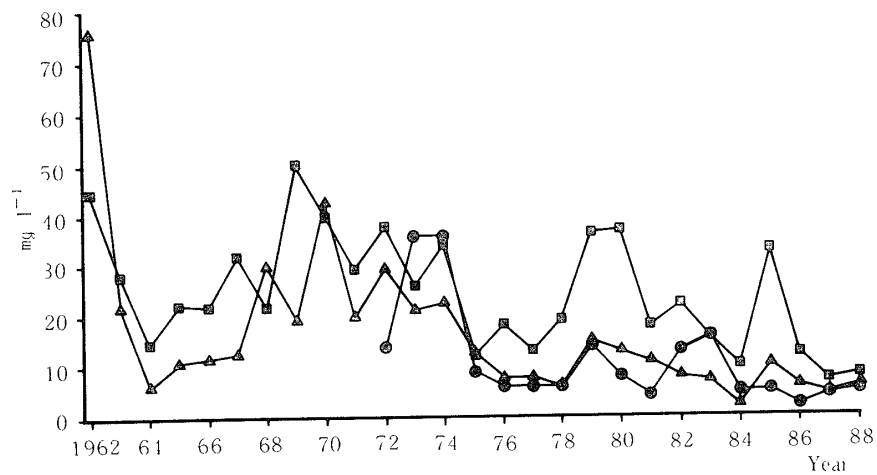


図3 SSの長期経年変化(矢作川, ●富国橋, ▲岩津天神橋, ■米津橋)

2. 1 地点での栄養塩類, 特に窒素とリンの経日変化

米津橋において, 富栄養化の原因と考えられる窒素とリンの2週間の変化を求め, どのようになっているかを考察した. 図4と図5は米津橋において各態の窒素とリンの経日(2週間)変化を示したものである. 春季は, TDN(全溶存態窒素), T inorg N(全溶存無機態窒素)及びNH₄-Nは, いずれも3日目から6日目にかけて変動が認められ, 減少した. 9日目では一度急激に増加が示されたが, 12日目には1/2に減少する. このように, 矢作川の窒素は, 短期間の間に大きく変動することが認められた. TDP(全溶存態リン)及びPO₄-Pについても同様の傾向が認められた. 夏期はT inorg N, NH₄-Nは他の時期と比較してかなり低い値を示したが, 特に大きな変動も認められなかった. しかしながら, TDNは3日目から徐々に増加し, 16日目には2倍近い値を示した. TDPとPO₄-Pは, 3日目に1/4程度に減少し, やはり低い値を示した. 秋期では, 特に大きな変化は認められず, 水質は安定していたと考えられる. 冬期の場合は, TDN, T inorg N及びNH₄-Nのいずれも徐々に増加している. また他の時期と比較して, T inorg NとTDPは4日目にかけて急激に増加していることが認められた. 前述の値は他の河川と比較すると, 木曽川, 豊川の約2倍の窒素量であり(八木未発表), リンに関しては, 約3倍と高い値が得られた.

以上, 溶存態窒素の特徴として, DONの値が非常に高いことが認められ, 従来はとかく無機態窒素の値のみで河川の窒素量を論じてきたが,

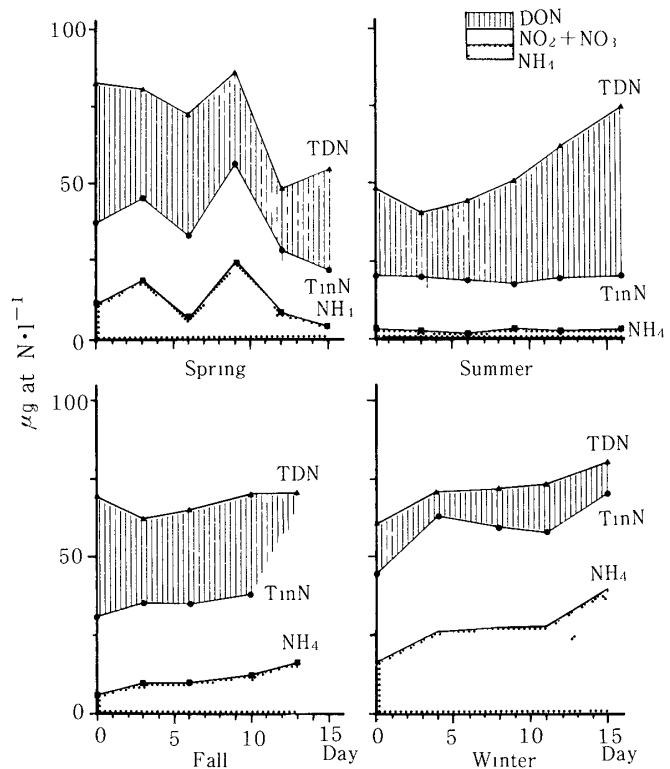


図4 各態窒素の経日変化(矢作川米津橋)

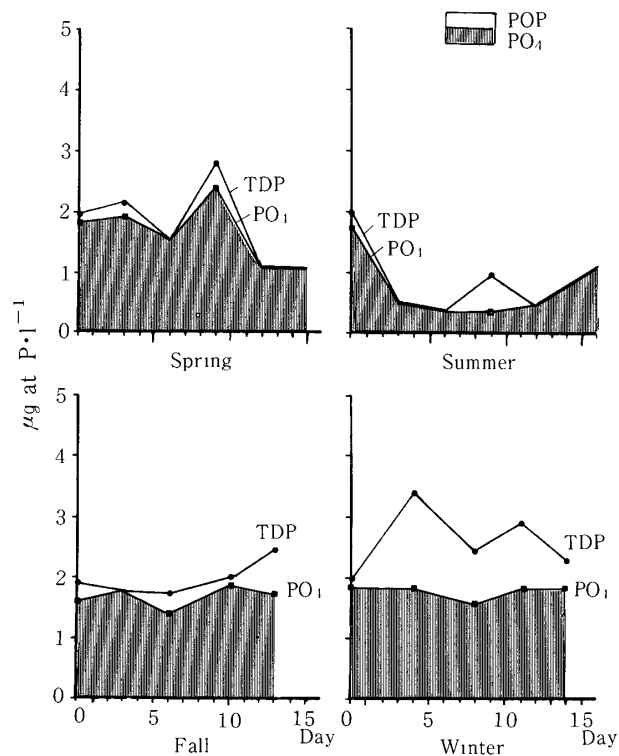


図5 各態リンの経日変化(矢作川米津橋)

有機態窒素, 特に溶存有機態窒素の値を考慮しなければならないことが示唆された。リンについては, 冬に DOP が多いが他の季節は少ないことから, やはり, 無機態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$) のみで河川の富栄養化の基となるリンの溶出や取り込みを論じるのは避けなければならないと思われる。

河川水中で測定されるクロロフィルの値は, 一般には流水のため, そこに存在するプランクトンが求められるのではなくて, 上流の離脱した付着藻類の残骸, またはダム湖から流出したプランクトンが求められると考えられる。これらは一般に流下性藻類と呼ばれている。この藻類現存量を図6に示す。クロロフィル-aの値は, 米津橋で, 春期0.3~33.2, 夏期0.0~1.83,

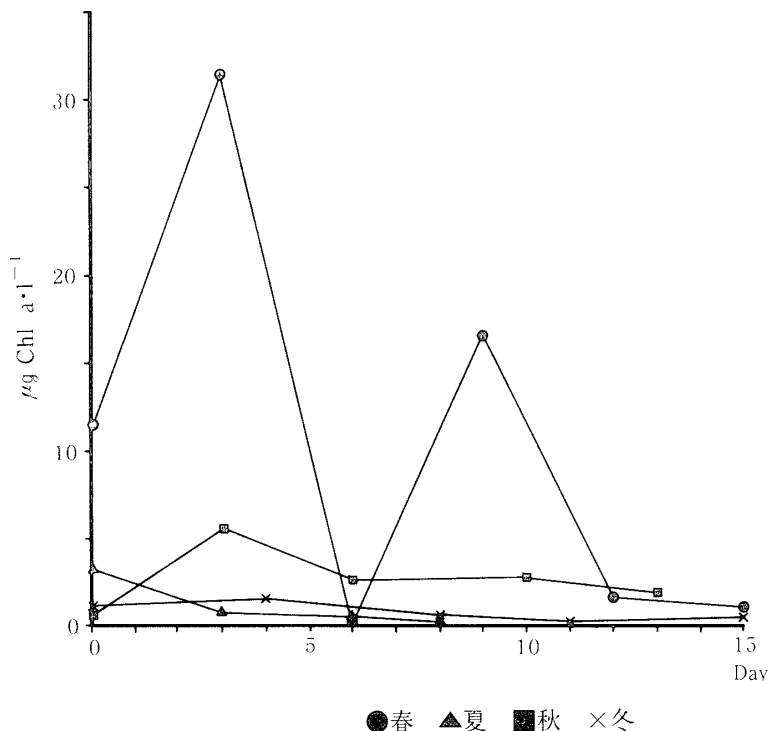


図6 流下性付着物の経日変化 (矢作川米津橋)

秋期0.7~5.53, 及び冬期0.13~1.67 $\mu\text{g Chl a/l}$ である。この結果より, 米津橋の春期の値がかなりばらつきが大きく, このことから河川水中にしばしば付着藻類などの離脱したものが存在すると考えられる。他の季節では特に大きなばらつきは認められなかった。これらの結果から, 他の河川や湖沼と比較した場合, 貧栄養湖0.3~2.5 $\mu\text{g Chl a/l}$, 富栄養湖5~140 $\mu\text{g Chl a/l}$ の値であるので, 米津橋は中栄養湖に相当することが予想された。なお, クロロフィル-aの10 $\mu\text{g/l}$ の値は, 赤潮やアオコが発生する時の値にほぼ等しい。また, 著者らの測定では, 木曾川は

1 $\mu\text{g Chl a/l}$ 程度であるのに対して, 矢作川は3 $\mu\text{g Chl a/l}$ であるので, 木曾川と比較してもかなり大きな値であることがわかる。このように, 矢作川河口部では上流からの藻類の影響がかなり認められ, 止水化することにより, 常に藻類, プランクトンの大発生が可能であると考えられる。

3. 1 地点における溶存酸素, 窒素, リン, 炭素の日周変化

矢作川の1日の水質変化を知るために, 米津橋において24時間観測を行った。

1) 溶存酸素 (飽和度) の日周変化: 図7は米津橋と, その上流で流入する有機汚濁が著しい鹿乗川 (AGP 試験として50mg/l) についての DO 飽和度を示した。米津橋では真夜中に約90%まで低下することが認められ, 支流鹿乗川の本流への影響が非常に強いことが明らかである。このことから, 矢作川下流部の水質の浄化には鹿乗川の水質汚濁の改善が必要であることが明らかとなった。

2) 各態リンの日周変化: 各態リンの日周変化を図8に示す。溶存態のリン特に $\text{PO}_4\text{-P}$ の値が深夜に高くなる傾向が見られ, 光合成生物の呼吸作用と $\text{PO}_4\text{-P}$ の溶出に何らかの関連が

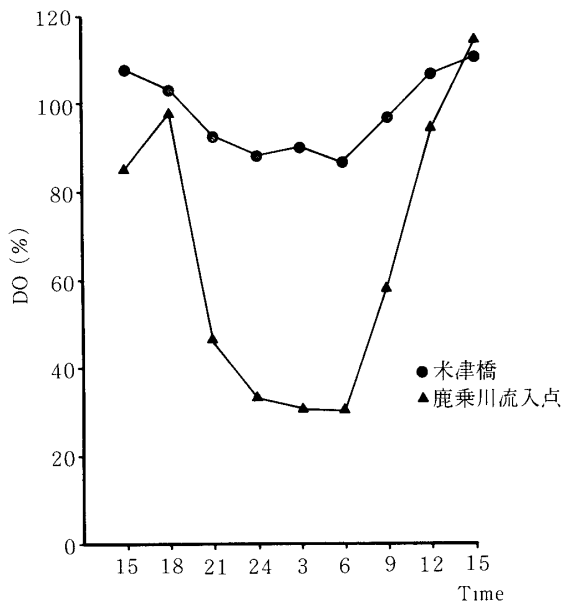


図7 溶存酸素飽和度の日周変化(春季・矢作川)

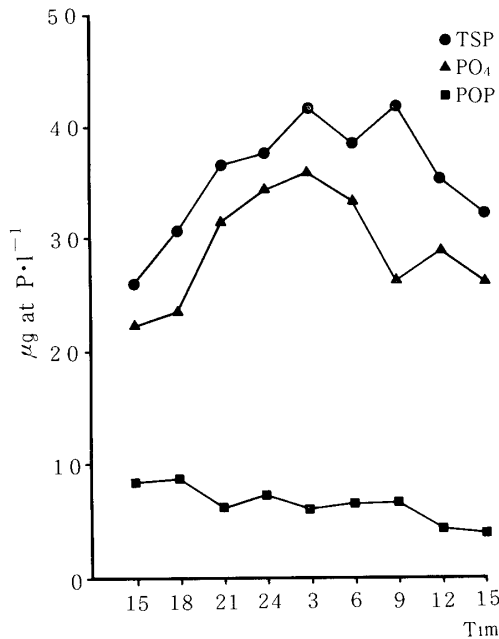


図8 各態リンの日周変化(春季・矢作川米津橋)

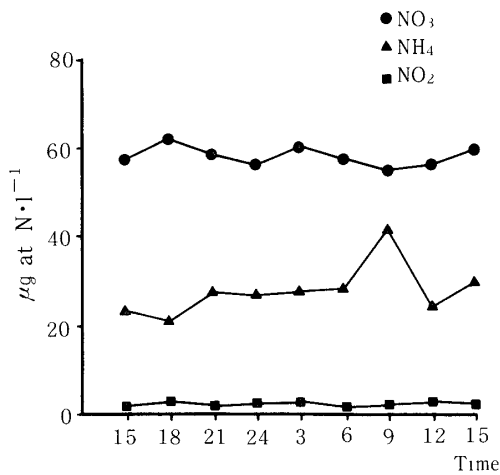
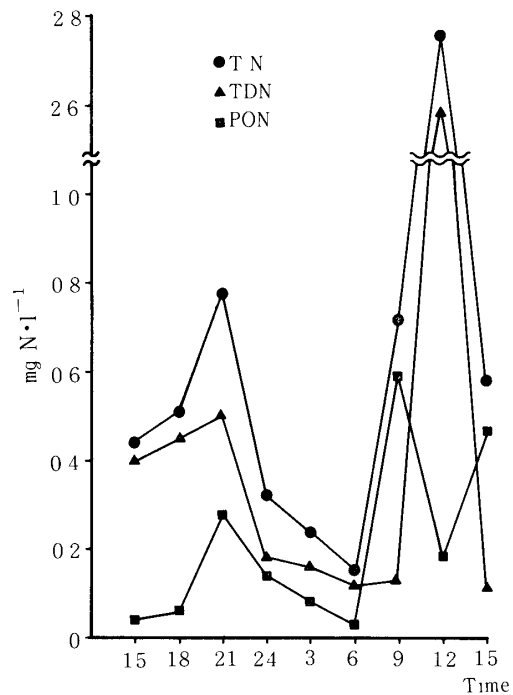


図9 各態窒素の日周変化(春季・矢作川米津橋)



あるのではないかと考えられる。PO₄-Pの1地点での大きな変化は興味深いですが、ほとんど報告がないことから、今後の追試が望まれる

3) 各態窒素の日周変化: 各態窒素の日周変化を無機態窒素と有機態窒素に分けて図示したものが図9である。無機態窒素の中では、NH₄-Nが午前9時に極大値を示した以外には特に変化は認められなかった。これに対して溶存有機態窒素と懸濁態窒素の変化は著しく、24時から6時まで減少し、日の出と共に急激な増加が認められた。これは、光合成によるDONの分解・生成が活発に行われているのではないかと推定され、湖沼海域においては、DONの分解・生

成は西条ら¹⁰⁾によって報告されているが、河川についてはほとんど明らかにされていないので、興味ある現象である

4) 溶存・懸濁態炭素の日周変化：水中の有機物を示す方法としては、COD, BOD があるが、これらの値はそこに存在する有機物のすべてを示す物ではないそこで本研究では、炭素の量で有機物量を考察するために、全溶存有機態炭素及び溶存態と懸濁態の炭素 (TOC, DOC, POC) を測定した これらの炭素の日周変化を示すと図10のようになる DOC は15時頃に低く、3時を凸とした緩やかな曲線を示している また、9時の場合、DOC が急に減少し、それに反比例し懸濁態炭素 (POC) の増加が示されるのは懸濁態有機物の生成、例えば藻類、ハクテリアの発生との関連を考える上で興味深い

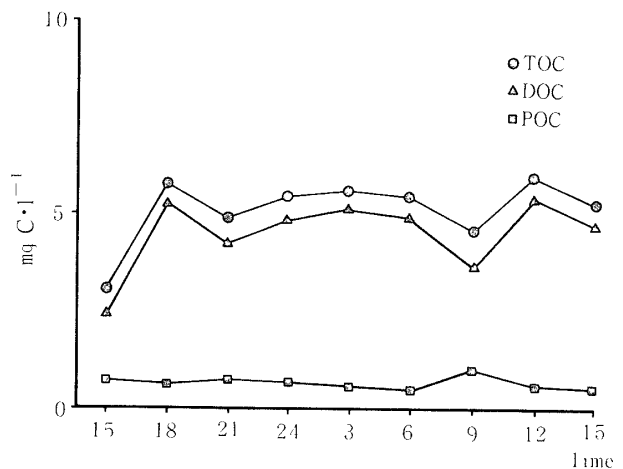


図10 有機炭素の日周変化 (春季・矢作川米津橋)

要 約

矢作川の水質の特徴を知るために、1964年から1988年までの長期間について、BOD, COD 及び SS の変化を水質年表より求め、グラフ化した その結果、濁りの指標となる SS は1960年から1970年代にかけ、非常に高かったが、最近では10ppm 前後と低くなった 有機汚濁はわずかながら、最近5年間で増加する傾向が認められた BOD で示される値は大きく変化しているが、COD の値は小さな変動で、全体的には右肩上がりの増加傾向が認められた

窒素やリンの短期間の変化では、有機態の窒素とリンがかなり多く含まれていることが判明した また日周変化では、日の出の時刻から午前中にかけて、DON が多量に形成されることが新たに認められた 一方 DOP は深夜に増加する傾向が示された

溶存酸素は、汚濁された支流の影響を受ける形で、深夜に減少することが明らかになった このように矢作川において、窒素やリンの変化は無機態と有機態いずれにおいても時間的に大きく変動していることが観測され、ただ単に無機態の N や無機態の P から河川の富栄養化を把握するには不十分であるということが判った

参 考 文 献

- 1) 環境庁編 平成1年環境白書, 大蔵省印刷局 (1989)
- 2) 清水 晃 水質汚濁研究, **14**, 2~6, (1991)
- 3) 門田 元編・淡水赤潮, 290, 恒星社厚生閣 (1987)
- 4) 広 正義編: 矢作川の自然, 287, 名古屋女学院短期大学生活科学研究所 (1966)
- 5) 杉山 章, 八木明彦, 広 正義 名古屋女子大学紀要, **27**, 267~272 (1981)
- 6) 上條はつみ 名古屋女子大学紀要, **27**, 283~288 (1981)
- 7) Yagi A and Sugiyama A 名古屋女子大学紀要, **31**, 87~94 (1985)
- 8) 八木明彦 名古屋女子大学紀要, **33**, 81~85 (1987)
- 9) 建設省編 水質年表 (昭和39年度~昭和63年度) 大蔵省印刷局
- 10) 西条八東, 坂本 充, 三田村緒佐武, 八木明彦 文部省科研費特定研究論文集, 159~173 (1975)