

河川の無機塩類量と付着藻類現存量

日下部 有 信

はじめに

藻類は水中の無機塩類を栄養物質として摂取することによって成長増殖するので、窒素やリンなどの無機塩類の多い水中では藻類の現存量も多くなるはずである。湖沼における植物プランクトンの現存量の変化と無機塩類量の関係は比較的よく調べられている(倉茂1933, その他)。それによれば湖沼では一般に無機塩類が多ければ植物プランクトンの現存量も多くなる。これに対して河川の無機塩類量と付着藻類現存量の関係については十分に調べられていない。これに関する報告も比較的少なく、日下部ほか(1978)・松原ほか(1980)・沖野ほか(1980)などがあるが、これらも無機塩類量と付着藻類現存量の関係を論じるには資料が十分でなく、実際両者の関係もあまり論じられていない。筆者はいくつかの河川で無機塩類量と付着藻類現存量の上流から下流への変化や年間変動を調べてきたが、鳥根県の斐伊川と神戸川における1977年8月から1978年10月にかけての調査結果を中心に今までの結果をまとめて検討し報告したい。これらの調査にあたって鳥根県企画部(当時)の浴野啓三氏その他の方々、また京都府衛生公害研究所(当時)の米谷武士氏・橋本明夫氏および松原徹氏には大変お世話になりご助力をいただいた。心から感謝の意を表する次第である。

調査地点と方法

斐伊川水系では本流上流域の船通山(A)・日向側(B)と中流域の大曲(C)・三成(D)・北原(E)・大島(F)・下谷(G)および支流の三刀屋川の榎原(H)の8地点、神戸川水系では本流上流域の鑑谷(I)、中流域の手倉(J)・八神(K)・門曲(L)・乙立(M)・半分(N)の6地点で調査し、このうち斐伊

川水系のA・C・E・F・H, 神戸川水系のI・J・K・L・M・Nの11地点では数度にわたって調査して年間変動を調べた。

各調査地点では無機環境要素として水素イオン濃度 (pH)・塩素イオン量・COD (過マンガン酸カリ消費量)・アンモニア態窒素量 (NH_4^+-N)・亜硝酸態窒素量 (NO_2^--N)・硝酸態窒素量 (NO_3^--N)・磷酸態燐量 ($\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$) および全燐量 (T-P) を測定した。測定方法を以下に記す。

pH: ガラス電極法あるいは pH 比色測定器による比色法

塩素イオン量: 硝酸第二水銀法

COD: 酸性過マンガン酸カリ消費量 (湯浴法)

NH_4^+-N : インドフェノール法

NO_2^--N : α -ナフチルアミン・スルファニル酸法

NO_3^--N : プルシン・スルファニル酸法

$\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$: アスコルビン酸還元・モリブデン酸アンモニウム法

T-P: 過硫酸カリウム ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) を加えて 100°C 2 時間加熱処理後, $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ に準じて測定

付着藻類は各調査地点の平瀬・早瀬の河床の石の表面に $5\text{cm} \times 5\text{cm}$ (25cm^2) の方形枠を 3 ヶ所設定し, その枠内の藻類をブラシでこすり落して採取した。その試料について 3000 回転 5 分間の遠心沈澱を行ない, その沈澱量を測定して藻類現存量とした。

結果および考察

1 無機環境

1-1 水素イオン濃度・塩素イオン量・COD

水素イオン濃度 (pH) は斐伊川水系で 6.8~8.2, 神戸川水系では 7.0~8.2 で自然河川の値を示しており, 河川生物に対して特に問題になるような値は認められない。

塩素イオン量は斐伊川水系では 5.2~18.7ppm 神戸川水系では 5.2~16.5ppm と比較的 low, 汚水の流入などの人為的影響が少ないことを示している。一般に河川の塩素イオン量は上流ほど低く下流へ行くにつれて高くなる傾向があるが, 斐伊川水系・神戸川水系でもやはり下流に行くにつれて値が高くなっている。また同じ地点では年間を通して大きな変化はない。斐伊川・神戸川の 1970 年の調査結果 (日下部 1971) と比較すると, 下流部で若干増加

している以外はあまり変わらない。また人為的な汚染の影響の比較的少ない他の諸河川の調査結果、たとえば江川水系(日下部1970, 1971b)・高津川水系(日下部1972a)・九頭竜川水系(日下部1972b)・由良川(日下部ほか1978)・木津川(松原ほか1980)などと比較すると、それらとよく似た値を示している。

COD(過マンガン酸カリ消費量)は水中の溶存有機物量を示すもので、下水などの有機物による汚染が進むにつれて増加するから、一般に下流に行くにつれて高くなるものであるが、斐伊川や神戸川ではそのような傾向は認められず、むしろ上流の方が高い場合もある。これは有機物の流入が比較的少なく、分解が流入と同程度にあるいはそれを上回るほどに進んでいるためと考えられる。

1-2 アンモニア態窒素量($\text{NH}_4\text{-N}$)

アンモニウム塩はタン白質が分解して生じるもので、水中でタン白質が分解してできる他に土壌中から溶け出してくるものも多い。自然の動植物の遺体の分解によるものや動物の排出物を起源とするもののほか、人間活動によるものもある。したがって流域から汚水の流入があれば当然高くなり、下流に行くほどこの値が増加する河川は多く、京都府の由良川でもそのような傾向を顕著に示す。

斐伊川水系の $\text{NH}_4\text{-N}$ 量は0.01未満~0.16ppm、神戸川水系のそれは0.01未満~0.08ppmと由良川や木津川など比較的汚染の少ない他の河川に比較してもやや低い値を示している。斐伊川・神戸川の上流から下流への変化をみると、図1~4に示すように下流ほど増加する時とそうでない時がある。

アンモニア態窒素は流下する間に酸化されると亜硝酸態窒素さらに硝酸態窒素に変化するし、藻類などの植物が栄養塩類としてこれを吸収利用するから、その分だけ水中から減少していく。すなわち $\text{NH}_4\text{-N}$ の流入があってもあまり多くなければ水中の溶存量は増加しないという結果になる。斐伊川や神戸川の図1・図3の場合はそういう状態であると思われるが、図2・図4や由良川の場合などは、酸化されたり吸収利用される量以上の流入量があるために下流ほど増加しているものと思われる。

1-3 亜硝酸態窒素量($\text{NO}_2\text{-N}$)

亜硝酸塩はアンモニウム塩の硝化作用の過程で生ずるが、これはさらに酸化されて硝酸塩になるので硝化作用の中間の一時的な産物であり、藻類に吸収される量も多くないと考えられる。斐伊川水系・神戸川水系とも亜硝酸態

窒素の量は 0.001 未満～0.019ppm と比較的 low、必ずしも下流でふえていないので、流入量も多くはなく硝化も順調に行われているように思われる。

1-4 硝酸態窒素量 (NO_3^- -N)

硝酸塩は亜硝酸塩の酸化によって生ずるものであり、これは水中の藻類によってN源として最も多く摂取利用されるので、藻類の現存量に直接関係する重要な無機塩である。斐伊川水系では 0.04～0.41ppm、神戸川水系では 0.06～0.53ppm で汚水の流入の少ない河川の平均的な値を示している。由良川では上流から中流の福知山市付近までが大よそこの程度で、それより下流は下水処理場放流水などの影響でより高い値となる。斐伊川や神戸川では大量の汚水の流入がないために下流ほど値が高くなるということはなく、むしろ減少することもある。これには藻類による硝酸イオンの吸収が働いているものと思われる。同じ地点での年間変動をみると、かなり変化しているところが多く、たとえば神戸川の乙立では 0.08～0.31ppm と巾があり、三刀屋川の榎原でもほぼ同様の変動巾が認められる。

1-5 磷酸態磷量 (PO_4^{3-} -P)

磷酸は一般に生物の遺体や動物の排出物に含まれていて水中に溶け出すが、人間の生活活動による排水中にも含まれて河川に流入する。斐伊川水系では 0.004～0.044ppm、神戸川水系でも 0.002～0.033ppm と巾がある。他の河川たとえば由良川では 0.001～0.057ppm と巾がさらに広く、また下流における増加傾向がみられるのに対して、木津川では中流域で一時多くなるが、その下流ではむしろ減少している。神戸川では下流へ行くにつれて増加している時もあるが、斐伊川ではそういう傾向は認められない。これは磷酸イオンも硝酸イオンの場合と同様に流域からの流入量があまり多くない上に藻類によって摂取されるためと思われる。

1-6 全磷量 (T-P)

全磷量は無機磷と有機磷を含むが、たとえば農薬の有機磷が河川に流入すると全磷量は増加する。斐伊川水系では 0.005～0.077ppm、神戸川水系では 0.002～0.026ppm で他の河川と比較してやや低い。木津川では 0.012～0.25ppm とやや高く、由良川では 0.001～0.065ppm と値は高くないが下流ほど高くなる傾向がある。全磷量のうち磷酸態磷の占める割合は高く、一般に70～80%に達するが、由良川の下流では磷酸態磷が減少しても全磷量があまり低下していない。これは下流域で磷酸以外の形の磷の流入が多いことを示し

ている。

2 藻類現存量

同じ地点でも平瀬・早瀬・淵・とろといった河床型によって現存量は異なる。平瀬と早瀬を比較すると早瀬の現存量が高いことが多い(日下部1970, 1971b, 1972a, 1972bなど)。流速を変えて藻類の生産量を調べた実験(中西1971)でもこれを裏づける結果が示されている。しかし逆に平瀬の方が多い場合も少なくない(日下部1971a, 1975など)し、またほぼ同じ場合もある(日下部1983)。淵やとろは常に最も少なく、一般に平瀬や早瀬の現存量の20%以下であり、そこにみられる藻類も付着して生育しているものよりも流下してきて沈積したものが多し。

付着藻類は河川の出水によって剝離することがあり、剝離後の付着藻類の回復の程度は0から出発しても2週間でほぼ80%、3週間でほぼ100%回復する(安達・日下部1973)。しかしふつうの出水による剝離は一部にとどまるから、これよりもっと回復は速い。付着藻類を剝離させるほどの出水を起す一日の降水量は数十ミリ以上であり、今回用いた資料の中には出水の影響を考慮しなければならないものはない。

斐伊川水系・神戸川水系の平瀬と早瀬の付着藻類現存量は0.1~0.8mlで0.2~0.7mlのところが多い。1977年~78年の現存量を1970年のそれと較べても大きな違いは認められない。1970年に現存量の多かったところ、たとえば斐伊川の大島(F地点)や神戸川の門曲(L地点)・乙立(M地点)などは1977年~1978年でもやはり高く、前回低かったところ、たとえば斐伊川上流域の船通山(A地点)や神戸川上流域の鑑谷(I地点)などは今回もやはり低い。さらに調査期間を通じての年変動をあわせて考えると、付着藻類の多い地点はつねに多く、少ない地点はつねに少ないといえる。

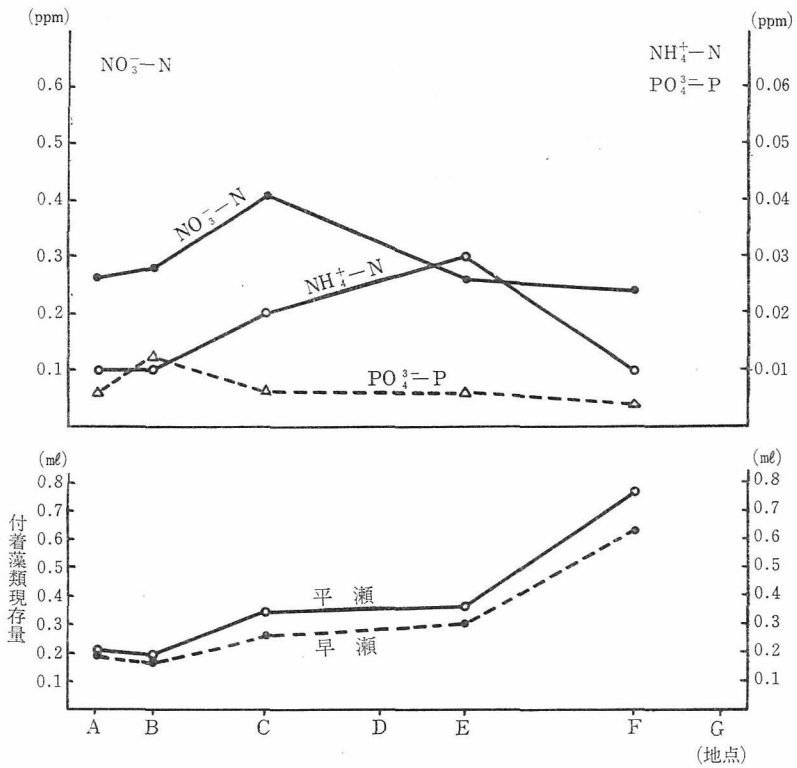


図1 斐伊川の1978年3月の $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ・ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ・ $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ および附着藻類現存量の上流から下流への変化

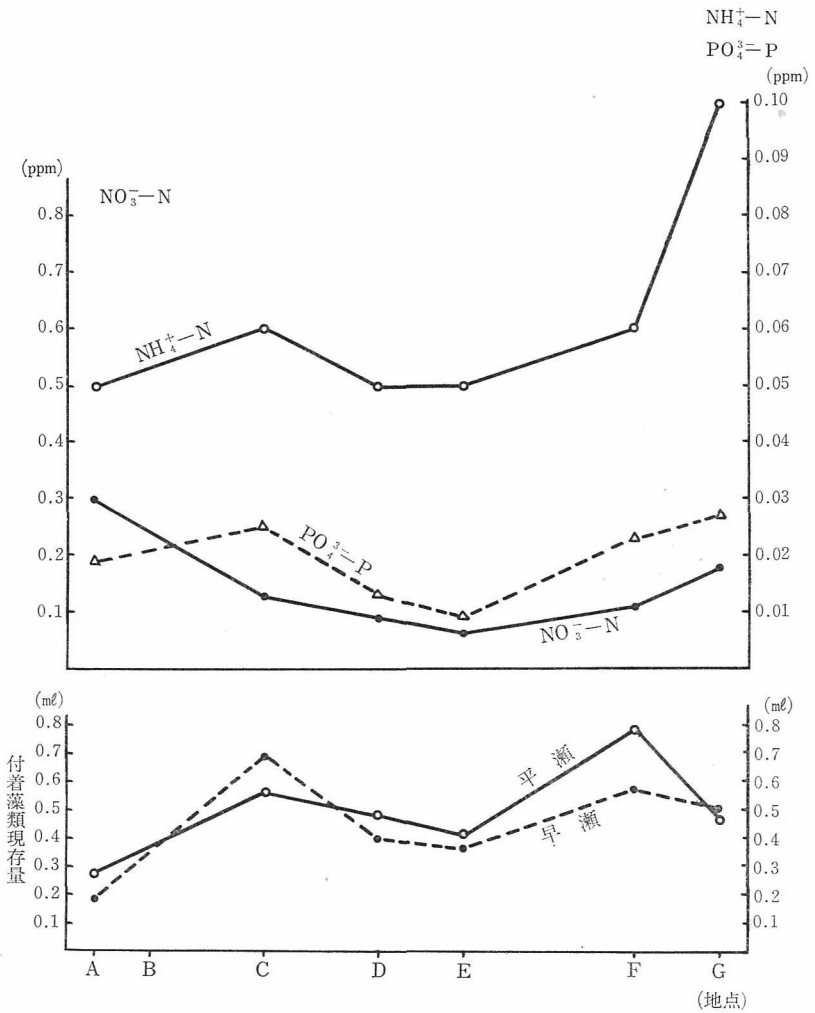


図2 斐伊川の1978年8月の $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ・ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ・ $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ および附着藻類現存量の上流から下流への変化

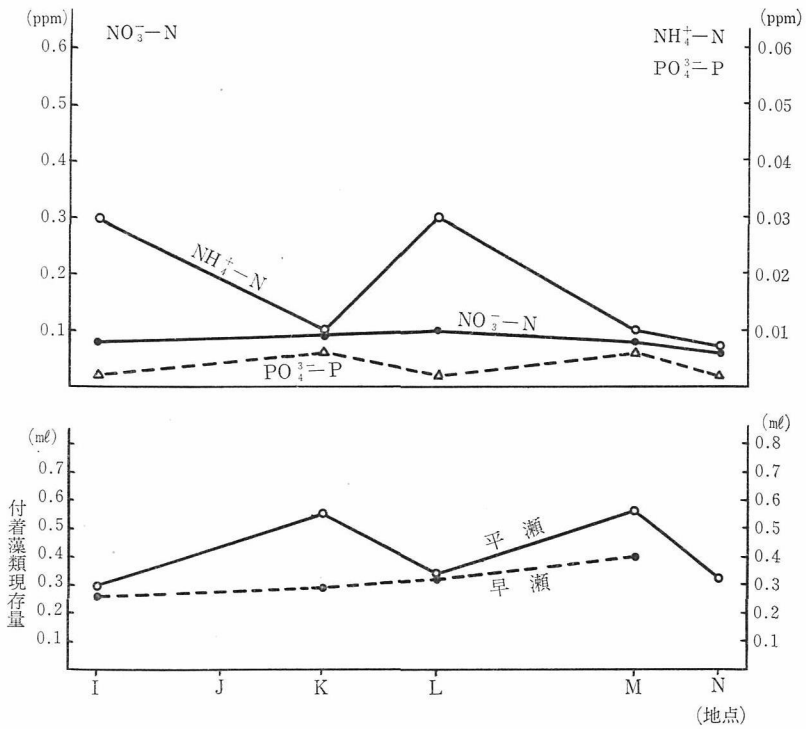


図3 神戸川の1977年10月の $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ・ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ・ $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ および附着藻類現存量の上流から下流への変化

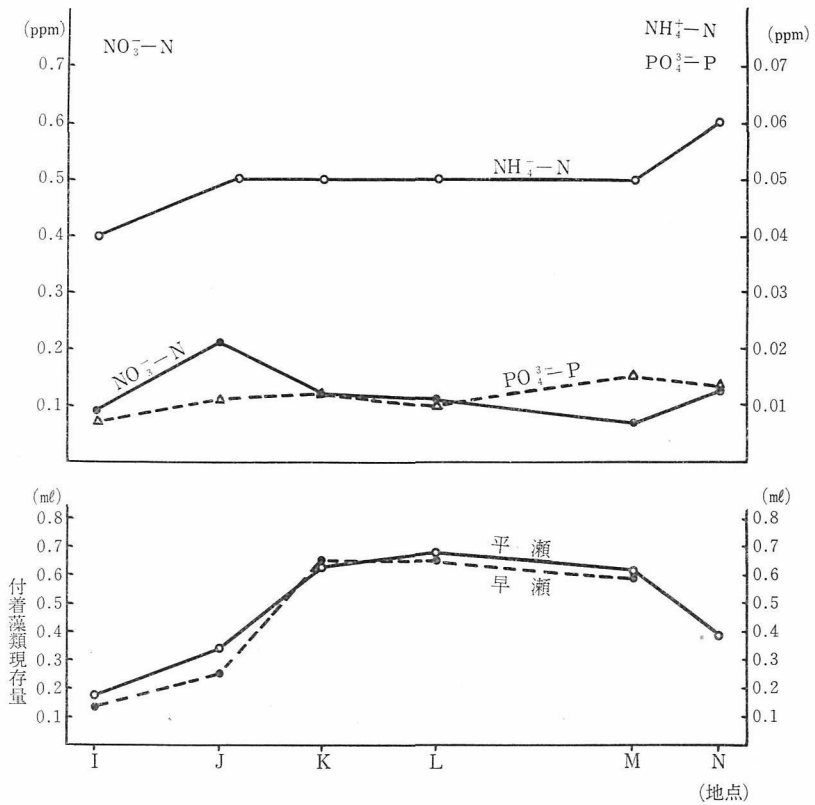


図4 神戸川の1978年8月の $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ・ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ・ $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ および附着藻類現存量の上流から下流への変化

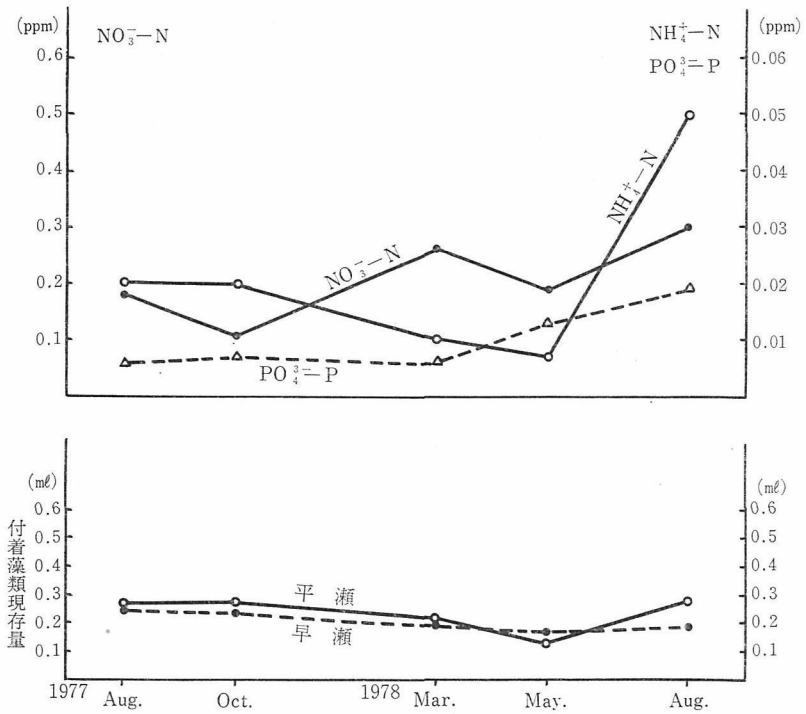


図5 斐伊川上流域船通山 (A地点) の $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ・ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ・ $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ および付着藻類現存量の年変化

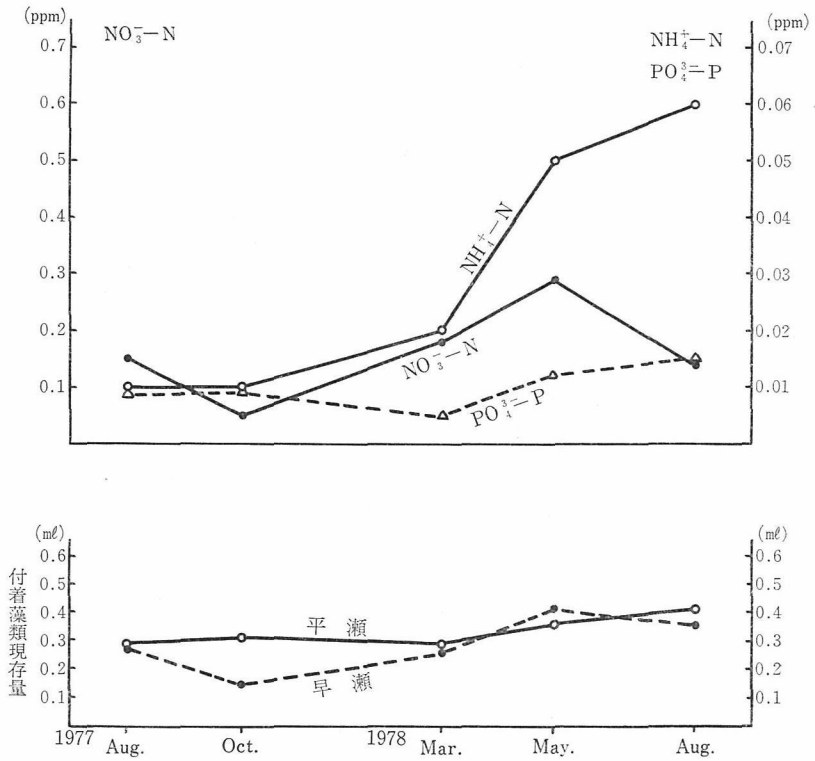


図6 斐伊川水系三刀屋川中流域瀬原（H地点）の $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ・ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ・ $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ および附着藻類現存量の年変化

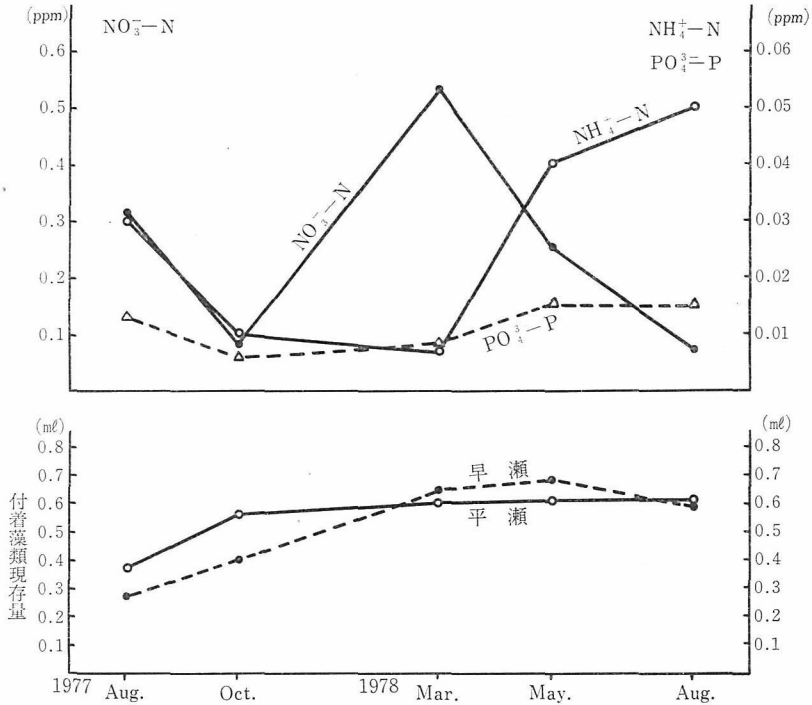


図7 神戸川中流域乙立 (M地点) の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ・ $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ・ $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ および付着藻類現存量の年変化

3 無機塩類量と付着藻類現存量の関係

藻類の生育は光や温度の他に水中に溶存している無機塩類の量によって左右されるが、無機塩類の中でもN分としてアンモニア態窒素および硝酸態窒素が、またP分として磷酸態磷がとくに重要である。そこでこれら3成分について付着藻類現存量との関係をみるために、1978年3月と8月の斐伊川の上流から下流へのそれらの変化を図1および図2に、また1977年10月と1978年8月の神戸川におけるそれらの変化を図3および図4にあらわした。さらに同一地点における年間の変動をみるために斐伊川水系のA地点とH地点のそれらの年変化を図5と図6に、また神戸川のM地点におけるそれらの年変化を図7に示した。

無機塩類量は一般に下流へ行くにつれて増加する傾向が認められる(目下部ほか1978)が、比較的汚染の少ない河川では必ずしもそのようにはならない

(松原ほか1980)。斐伊川や神戸川の場合も図1～4に示されるように、下流ほど無機塩類量が増加するという傾向は認められない。湖沼のような止水域では無機塩類の多少が植物プランクトンの現存量を左右するが、河川では図1～7を検討しても無機塩類量と藻類現存量の間に相関関係は認められない。その理由として、河川では流水による間断のない塩類の供給があるために、藻類が増殖するのに必要な塩類量は十分摂取できるので、塩類濃度が藻類現存量の増減に結びつかないのであろうということが挙げられる。むしろ他の要因が藻類現存量の制限因子として働いているのではないかと考えられる。

他の要因としてたとえば有機物などによる水の汚染が考えられる。由良川では下流へ行くにつれてアンモニア態窒素・硝酸態窒素・磷酸態磷などが増加しているのに拘わらず付着藻類現存量は逆に減少傾向を示している(日下部ほか1978)。斐伊川・神戸川でも水のきれいな中流域では現存量が高いが、斐伊川の下谷(G地点)や神戸川の半分(N地点)のように下流の汚染のみられるところでは低くなっている。

上流域の斐伊川の船通山(A地点)や神戸川の鑪谷(I地点)では常に現存量が少ないが、無機塩類量は必ずしも少なくはない。上流域では一般に川面が兩岸の樹木の樹冠の下になるために、日射がそのまま水面に注ぐ中流域や下流域のような明るさはない。夏の照度を測ってみたところ、明るいところでも樹冠の外の照度の約 $\frac{1}{2}$ (A地点)、暗いところでは約 $\frac{1}{6}$ (I地点)と少ない。したがって光量不足が上流域での付着藻類の現存量を制限しているということが考えられる。

前述のように、斐伊川でも神戸川でもあるいはその他の諸河川でも一般に現存量の多い地点は常に多く、少ない地点は常に少ない。一方無機塩類量ではそのようなことは認められないので、これには河床の状態が関係しているのではないかと思われる。すなわち河床が安定していて礫や砂泥があまり動かないところは現存量が高く、そうでないところは低い。前者の例としては斐伊川の大島(F地点)や、神戸川の八神(K地点)・乙立(M地点)などがあり、その他の河川でもそういう例が多い。たとえば兵庫県の中流域の加都では自然状態が良く保たれ、河床の礫が安定していて常に高い現存量が認められている(日下部1983)。後者の例として斐伊川では下谷(G地点)を挙げることができよう。

すなわち河川では溶存する無機塩類量の値で付着藻類の生産量を論じるこ

とはできないということである。

摘 要

河川の溶存無機塩類量と付着藻類現存量との関係を考察するために、鳥根県の斐伊川と神戸川の調査結果を中心に、その他の河川の資料も加えて検討した。

無機物質のうち塩素イオン量は上流から下流に行くにつれて増加しているが、藻類によって利用されると考えられるアンモニア態窒素量・亜硝酸態窒素量・硝酸態窒素量・磷酸態燐量などは、斐伊川・神戸川では下流での増加傾向が認められず、むしろ減少する場合もある。これは流入量が比較的少なく藻類による摂取量を上回らないためと考えられる。

付着藻類の現存量は一般に上流域では少なく、中流域で多いが下流域ではまた少なくなる。斐伊川・神戸川とも現存量の多い地点は常に多く、少ない地点ではいつも少ない。

図1～7に示されるように無機塩類量と藻類現存量の間には相関関係は認められない。河川では流水による塩類の絶え間のない供給があるので、塩類濃度が直接藻類現存量を左右することにはならないのではないかと。むしろ有機物その他による水の汚染、上流域では照度不足、また川底の礫や砂泥が移動するかしないかといった河床の安定の程度などが付着藻類の現存量の多少に影響を及ぼしているのではないかと考えられる。

文 献

- 倉茂英次郎(1933)：春季淡水藻の増殖と栄養塩類及び気象要素。気象集誌，Ⅱ，11，289～299
- 日下部有信・米谷武士・橋本明夫・松原徹(1978)：由良川の水生生物—付着藻類と底生動物—(自然環境保全基礎調査報告書)，33～53，京都府
- 松原徹・日下部有信・橋本明夫・米谷武士(1980)：木津川の水生生物—付着藻類と底生動物—(自然環境保全基礎調査報告書)，27～51，京都府
- 沖野外輝夫・林秀剛・吉沢清晴・加藤憲三・吉田利男・青山莞爾・磯部吉章(1980)：江の川に関する生態学的研究(1) 水質と生物，信州大学理学部付属諏訪湖実験所報告，第3号，53～75
- 日下部有信(1971)：斐伊川・神戸川水系の藻類，斐伊川・神戸川水系の生物に関する総合開発調査，5～24，鳥根県
- 日下部有信(1970)：江川の藻類，江川水系の生物生態1，26～38，鳥根県

- 日下部有信(1971)：江川の藻類その2，江川水系の生物生態2，5～14，島根県
- 日下部有信(1972 a)：高津川水系の藻類，高津川水系の生物に関する総合開発調査，1～32，島根県
- 日下部有信(1972 b)：九頭竜川水系とくに真名川の藻類，真名川ダム漁業調査報告書，29～51，建設省
- 中西正巳(1971)：溪流付着藻類の光合成および呼吸に及ぼす流速の影響，第36回日本陸水学会大会講演要旨集，120～121
- 安達誘・日下部有信(1973)：九頭竜川中流域における付着藻類植生の季節変化および復元状態，第38回日本陸水学会大会講演要旨集，304
- 日下部有信(1983)：円山川水系の藻類，円山川水系の生物生態，81～161，兵庫県
(本学教授 生物学)