

千曲川中流部における石面付着物の化学特性

渡辺義人・谷川るみ

信州大学繊維学部

The Chemical Characteristics of "Aufwuchs" on riverbed gravels in midstream of Chikuma River

Yoshito WATANABE and Rumi TANIGAWA

Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University

Key words: River Chikuma, Aufwuchs, gravel, chemical composition

千曲川, 付着物, 礫, 化学組成

1 はじめに

河床の石面に発達する付着物は付着性藻類を主構成生物とする有機物と無機物の複合体である。すはわか藻類による栄養塩の吸収と有機物合成および金属などの無機物の沈澱・吸着により石面に蓄積して発達した物質系である。見方を変えれば河床の石面は、物質の流下過程で沈澱・蓄積などによって物質の一部を滞留させるとともに、光合成による無機物から有機物への変換¹⁾、微生物による有機物の無機化、脱窒など生物学的ないし化学的变化を起こす場でもあり、そうした場での付着物の存在の意義は大きい。付着物はアユなどの魚や水生昆虫などの餌として生態学的にも重要な役割を担っている²⁾。一方、付着物の過繁茂は生物環境を劣化させ、また石面から剝離した付着物は二次的なBOD負荷源として働くなど環境科学的な面においても等閑視出来ない存在である³⁾⁴⁾。このように多面的な特徴・役割を有する付着物の化学動態の研究は、河川における物質の挙動機構や河川生態系における生物動態の解明に極めて重要と考えられる。

本研究は上記のことを念頭において、千曲川中流部の主に瀬の部分の付着物、を対象にその化学的特徴を把握すべく、その主要成分元素の含量および各含量比について検討したものである。また、含量に変動を与える要因として川の水深との関係などについても一部調査を行った。

2 調査, 分析方法

付着物の採取は図-1のように坂城町北端に架かる

鼠橋より約400m上流の千曲川右岸A, B 2地点で行った。地点間の距離は約100mである。A地点は早瀬、B地点は平瀬に相当する流況である。またB地点はA地点のすぐ下流右岸から流入する用水の影響を受けている。調査はA地点で1996年8月2日に、またB地点で同年9月18日に行った。A地点では水深20~30cmの範囲の河床から任意に18個の礫を選び、礫ごとに表面全面から付着物をプラスチック製ブラッシで剝ぎ取った。B地点では水際から流心に向かって、2.5m間隔で12.5mまで5区間に分け、区間ごとに礫を5個ずつ任意に選び、付着物を全面採取した。各区間の水深は水際から5~10cm, 10~13cm, 13~35cm, 35~43cm, 43~50cmの範囲である。図-2はB地点における調査範囲の河床断面図である。単位面積当たりの乾物現存量を求めるため、すべての礫の表面積をアルミホイールを利用して求めた。

礫からはぎ取った付着物は一定量の水に分散させ、その一部を定量的に分取し、乾物量とChlorophyll-aを測定した。残りの付着物は3000回転、10分間で遠心分離して集積し、105°Cで乾燥後、粉末にして下記の項目について分析を行った。

付着物について分析したのは上記のChlorophyll-aのほか、灼熱減量、炭素(C)、窒素(N)、りん(P)、全鉄(T-Fe)、全アルミニウム(T-Al)、全銅(T-Cu)、全亜鉛(T-Zn)、全マンガン(T-Mn)の計10項目である。

水質については全窒素(TN)、全りん(TP)、T-Fe、T-Al、T-Cu、T-Zn、T-Mnの7項目である。

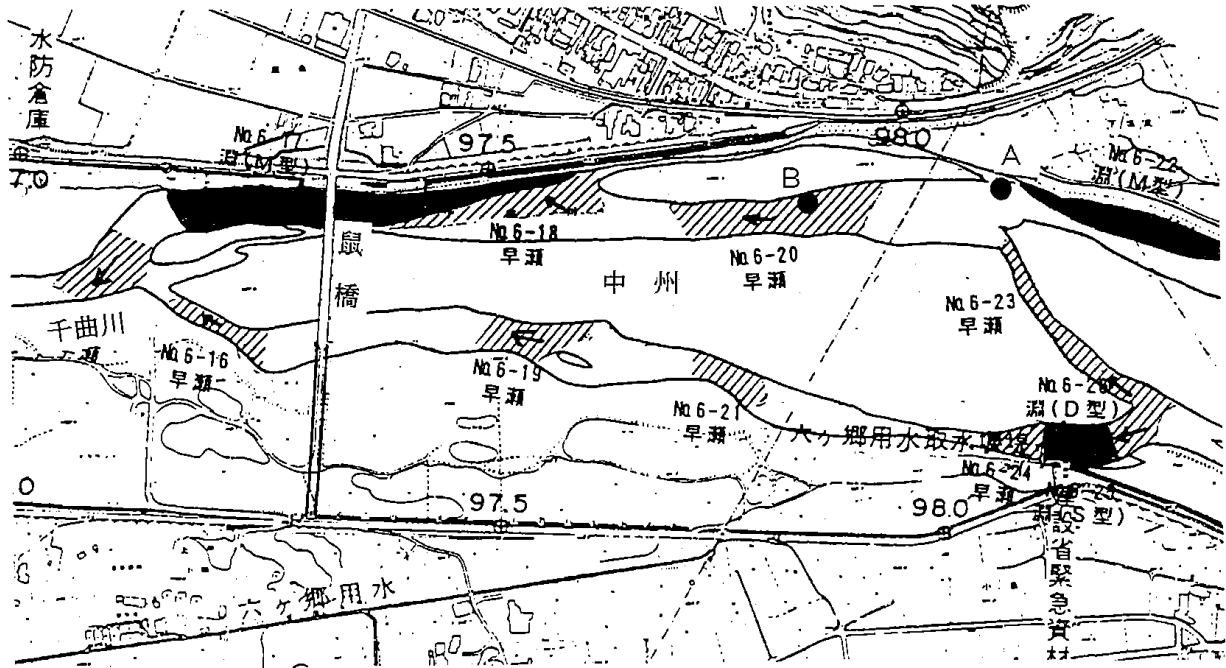


図-1 調査地点

付着物および水質の各項目の分析法は下記の通りである。

(付着物)

Chl-a: メタノール抽出, UNESCO-SCOR 法
 灼熱減量: 乾燥付着物試料を磁製ルツボに取り, マッフル中620°Cで1時灼熱して求めた。

CおよびN: CHN コーダー

PおよびFe, Al, Cu, Zn, Mn: 硝酸, 過塩素酸, フッ化水素酸による湿式分解後, ICP 発光分光法

(水質)

TN: アルカリ性ペルオキシ二硫酸カリウム加圧分解, 紫外吸光度法

TP: 酸性ペルオキシ二硫酸カリウム加圧分解, モリブデンブルー・吸光度法

Fe, Al, Cu, Zn, Mn: 原水を40倍に濃縮, 硝酸分解後, ICP 発光分光法による。

図-3は千曲川で採取した同じ付着物を対象に, 本来 UNESCO-法で用いられている Chl-a のアセトン抽出による測定値とメタノール抽出による測定値を比較したものである。この図から明らかなように両者の値はきわめて良く一致している。このことから少なくとも, 今回のような珪藻を主体とする試料については抽出力が高く, 操作も簡便なメタノール抽出法が有効であり, 本調査のすべての Chl-a の分析にこの方法が適用された。

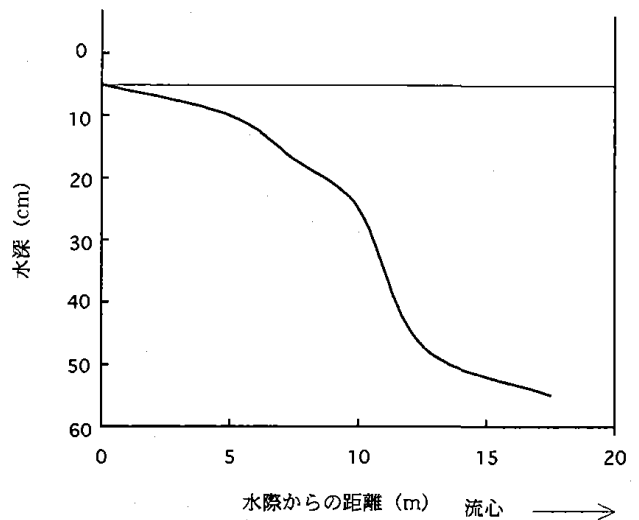


図-2 付着物採取区間の河床断面図

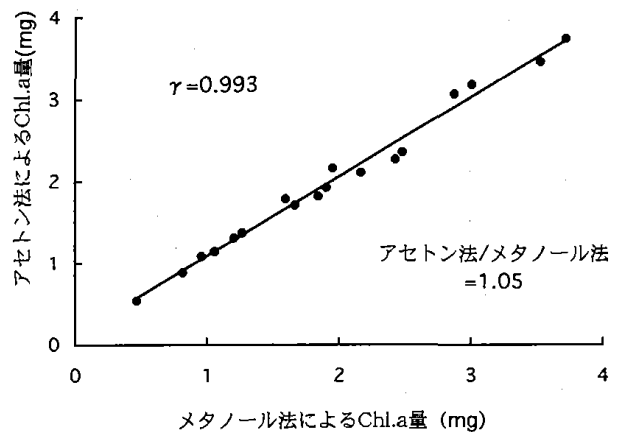


図-3 千曲川付着物の Chl. a 分析におけるメタノール抽出法とアセトン法との関係

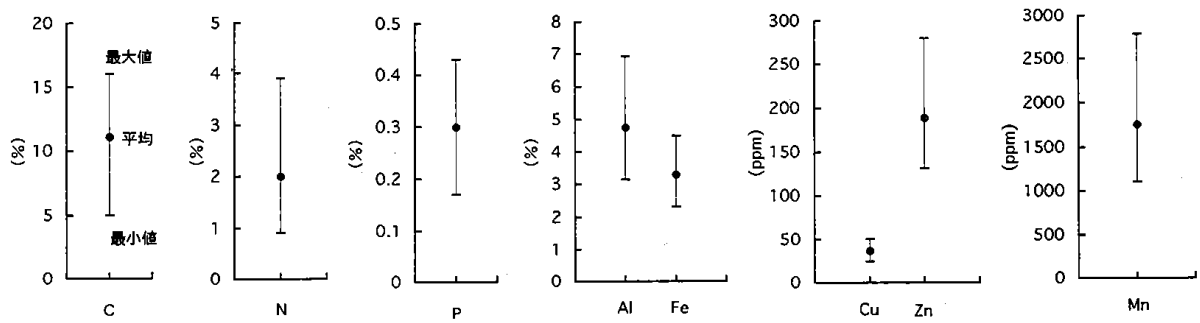


図-4 A地点における付着物中のC, N, Pおよび各金属含量の変動幅ならびに平均値

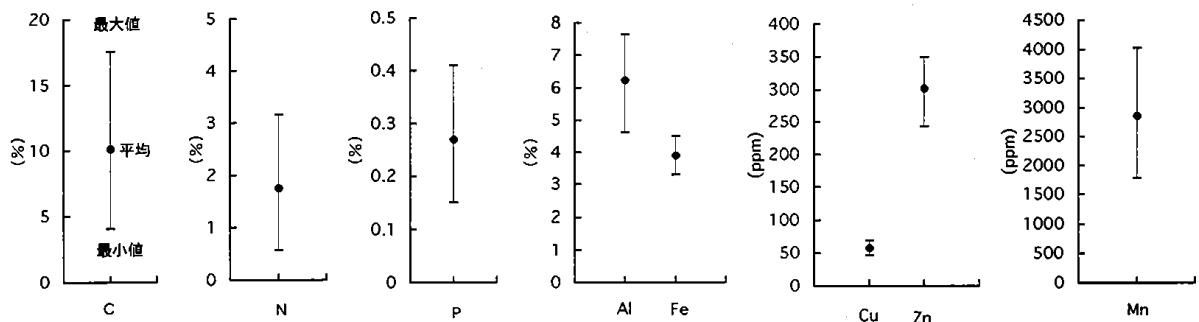


図-5 B地点における付着物中のC, N, Pおよび各金属含量の変動幅ならびに平均値

3 結果と考察

(1) 付着物中の各成分含量

図-4, 図-5はそれぞれA地点とB地点で採取した付着物中のC, N, P, Al, Fe, Cu, Zn, Mnの最小値, 最大値および平均値を示したものである。図-6は同様に両地点のCaとMgについてのものである。CとPおよびFe, Al, Ca, Mgは両地点とも変動幅も平均値も良く似ているが, NとCu, Zn, Mnは明らかに異なり, 地点間の差がみられた。

ちなみに平均値を比べると, A地点はN; 2.00%, Cu; 37ppm, Zn; 190ppm, Mn; 1760ppmに対して, B地点ではN; 1.75%, Cu; 58ppm, Zn; 302ppm, Mn; 2860ppmであり, NはA地点の方が高く, 金属類はB地点の方が高い。この要因として水質の季節変動(8月と9月), 用水の影響, 付着藻類の主組成の変化などが考えられるが, 現在のところ不明であり, 今後の課題である。

(2) 各成分含量と乾物現存量および水深との関係

図-7~図-10はA地点における付着物の単位面積当たりの乾物現存量とChl. a, C, N, Feの4成分の含量との関係を見たものである。これによるとChl. a, C, Nの3成分はいずれも付着物現存量が小さい

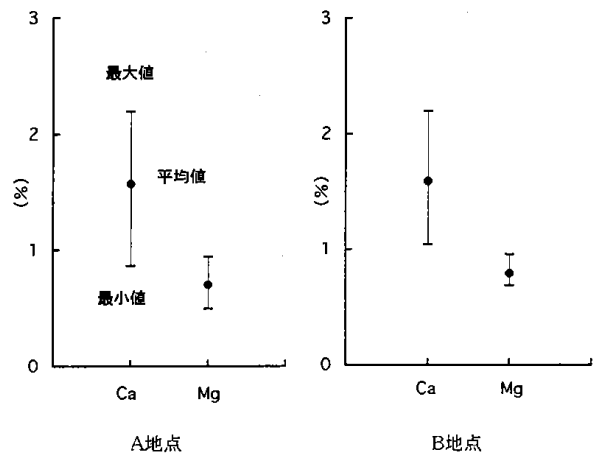


図-6 A, B地点における付着物中のCa, Mg含量の変動幅ならびに平均値

時は各含量は高く, 現存量が大きくなると低下する傾向があり, Feはこれらの成分とは逆の関係にある。いかえれば付着物現存量が小さい時は有機物が多く, 現存量が大きくなるとFeなどの無機物の占める割合が高くなることを示す。

図-11~図-14は付着物を採取した場所の水深と成分含量の関係を見たもので, C含量は岸から流心に向かって, 水深が深くなるにつれ, 明らかに高くなる傾向を示している。これに対して, Feなどの金属は逆

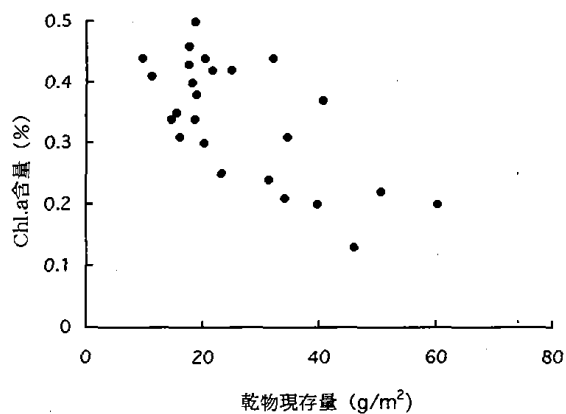


図-7 付着物の乾物現存量と Chl.a 含量の関係

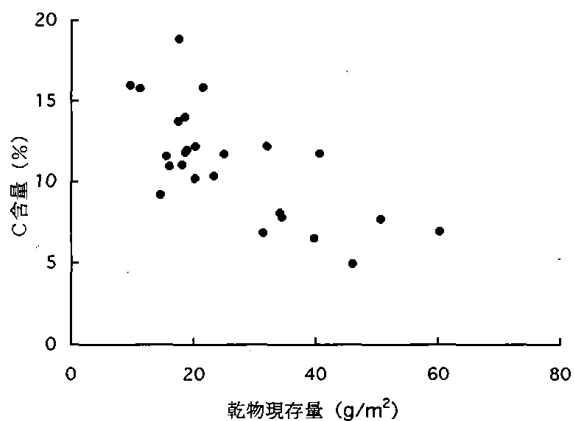


図-8 付着物の乾物現存量と C 含量の関係

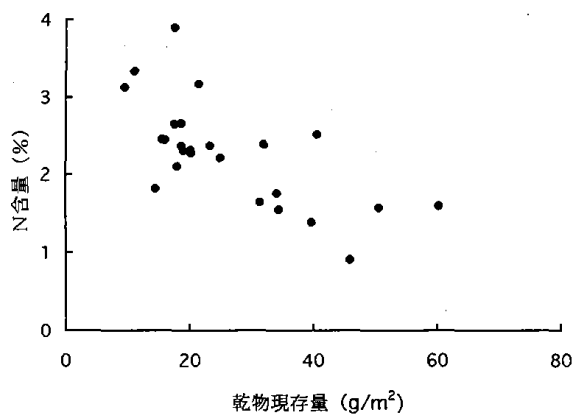


図-9 付着物の乾物現存量と N 含量の関係

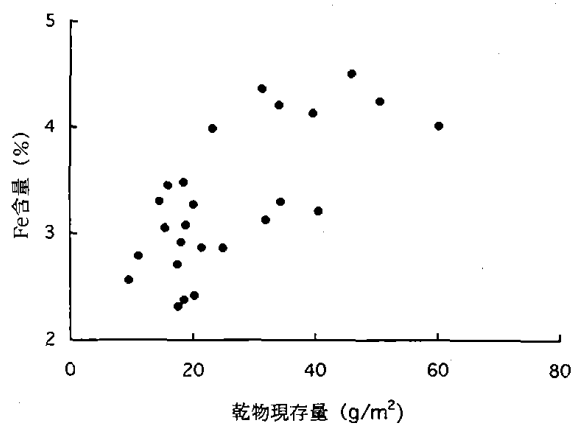


図-10 付着物の乾物現存量と Fe 含量の関係

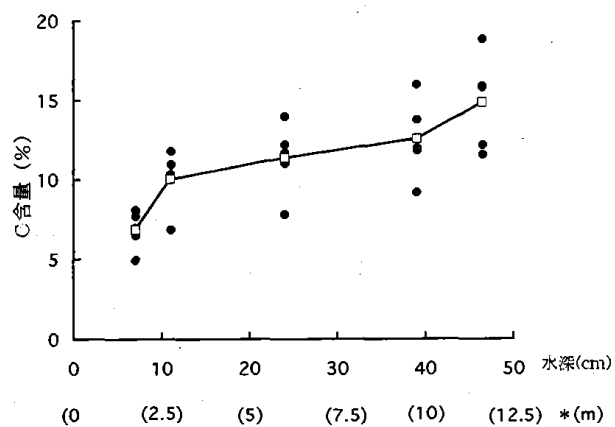


図-11 水深と付着物 C 含量との関係

*カッコ内は岸から流心への距離

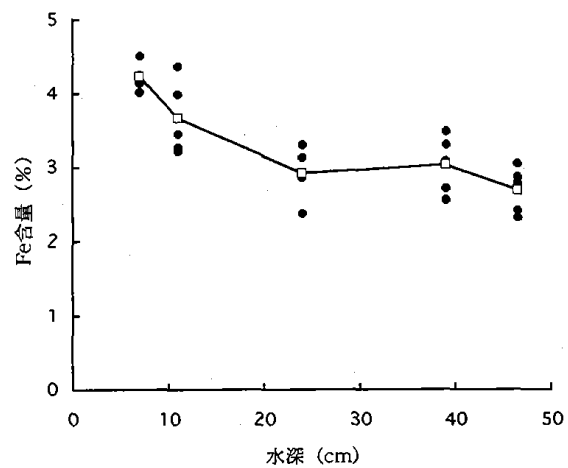


図-12 水深と付着物 Fe 含量との関係

千曲川中流部における石面付着物の化学特性

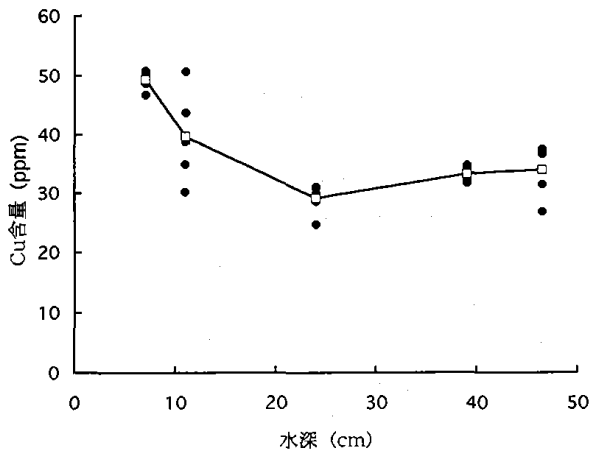


図-13 水深と付着物 Cu 含量との関係

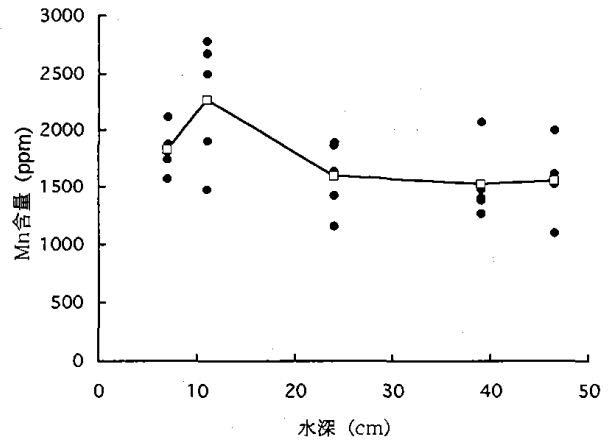


図-14 水深と付着物 Mn 含量との関係

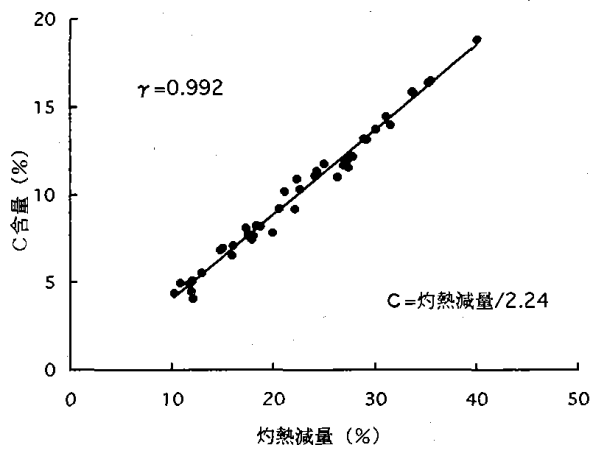


図-15 付着物の灼熱減量とC含量の関係

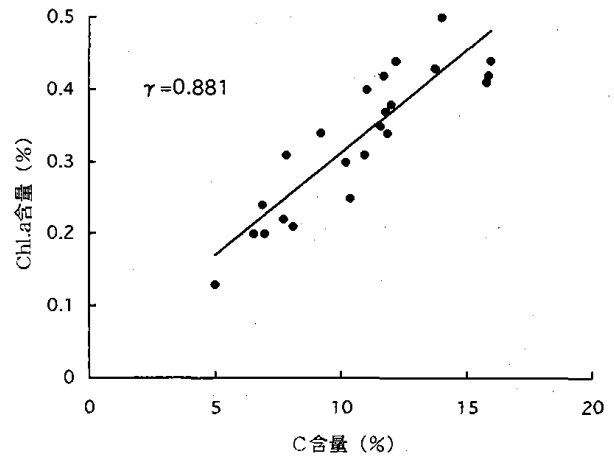


図-16 付着物C含量とChl.aとの関係

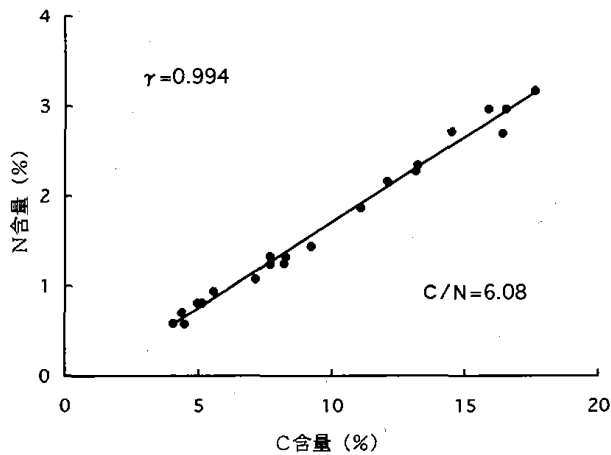


図-17 B地点における付着物のC含量とN含量の関係

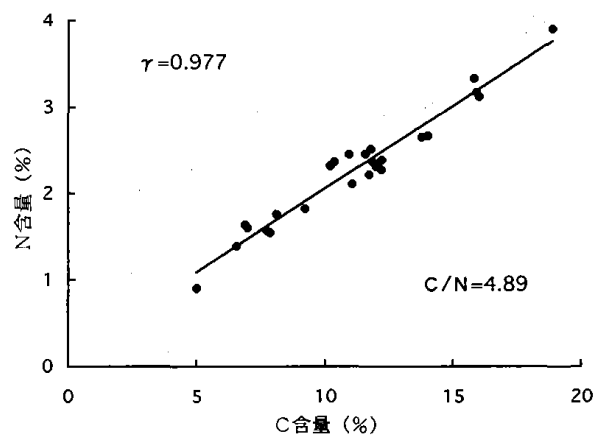


図-18 A地点における付着物のC含量とN含量の関係

の傾向にある。これは浅くなると流速が落ちて、シルトや砂の沈澱効果が大きくなり、無機物が多くなるためと考えられる。

(3) 含量における各成分間の相関と平均含量比

図-15～図-24は各成分含量間の相関をみたものである。

図-15から付着物の灼熱減量とC含量は両者極めて強い相関があり、Cのほとんどが有機物由来であることを示している。両者の比から次の関係式が得られる。

$$C = 0.45 \text{灼熱} \times \text{減量}$$

図-16のChl.aとC含量も比較的良い相関がみられるが、灼熱減量との相関に比べてばらつきが大きく、付着藻類の枯死体の影響を窺わせる。両者の比C/Chl.aは35前後である。

図-17と図-18はB地点とA地点におけるC含量とN含量の相関関係である。いずれも強い相関があり、Nも主に有機体として存在していることを示唆している。しかし両者のC/NはA地点が4.89に対して、B地点のそれは6.08と前者よりかなり大きい。これはすでに述べたように両地点におけるN含量の違いに起因するもので、N含量の大きいA地点の方が当然C/Nは小さくなる。本調査以外に千曲川中流部の他のいくつかの地点のC/N比はB地点のそれに近い。

図-19、図-20のNとPも極めて良い相関関係にあるが、上記のCとNの場合と同様、両者の比は異なり、A地点の方が小さい。

図-21～図-24は付着物中の金属の中でもっとも含量の高いAlと他の金属との関係をみたもので、Mnを除いて、どの金属とも良い相関が見られ、主に土壌を起源とすFeとの相関は特に強い。CuとZnの関係も一部は土壌を起源とするが、当然都市排水の影響も考えられ、両者には強い相関がある。Mnと他の金属との間には全く相関性はみられず、他の金属とは異なった挙動機構の存在を窺わせる。

表-1 濃縮係数の算出に用いた水質データ

| | A地点 (960918) | B地点 (960802) |
|----------|-----------------|-----------------|
| N (ppm) | 1.73 | 1.75 |
| P (ppm) | 0.009 | 0.14 |
| Fe (ppb) | 283 | 1030 |
| Al (ppb) | 310 | 1580 |
| Mn (ppb) | 14.9 | 41.9 |
| Zn (ppb) | 7.07 | 10.6 |
| Cu (ppb) | 1.55 | 3.17 |

(4) 各成分の濃縮係数

図-25は各成分の水中の濃度と付着物中の含量の比を算出したもので、いわば付着物の濃縮係数に相当するものである。各成分の水中濃度は表-1に示したA地点とB地点でのそれぞれの調査時に採水した試水の測定値を用いた。この図からNが 10^4 、FeとAlが 10^5 オーダーで最も高く、PとCu、Znはその中間である。金属の濃縮率が高いのは藻類による体内への取り込みによる蓄積のほか、懸濁物の沈澱・吸着や溶存態金属の付着物の表面への物理化学的吸着などの過程があるためと推定される。

(5) 千曲川付着物の平均化学組成

最後に、これまで述べてきた結果を総合して平均的な付着物の元素組成を図-28にまとめた。すなわち、付着物の化学組成は概略C;10%, N;2%, P;0.3%, Fe+Al;10%, Caその他の金属;2%, Si, O, S, H, その他の元素;75%である。このC, N, P各含量のレベルは著者らによる諏訪湖の珪藻を主体とする水草付着物の平均含量C;13%, N;2%, P;0.3%にきわめて近い。灼熱減量が有機物量に相当するものとして、前述したCと灼熱減量の関係から有機物量を換算すると22.4%になる。ちなみに付着物を有機物と無機物に分けると有機物23%前後、無機物およそ73%となる

千曲川中流部の瀬の部分では一般に種組成は変わるが年間を通し珪藻が優占藻類である。珪藻のC含量は種によって、また生育環境の条件によって異なると思われるが、珪酸質の殻を有しているので一般に他の藻類よりもかなりC含量は低い。珪藻のC含量の報告例として海産型のSkeletonema sp.およびCosinodiscus sp.のそれぞれ25.3%, 20%がある⁵⁾。著者らは重量組成で90%以上が珪藻(Melosira sp.)で占められている諏訪湖産植物プランクトンおよび同じく諏訪湖産の別の例(Fragilaria sp.)でC含量がそれぞれ22.4%と28%の測定値を得ている。これらの知見から、珪藻のC含量はおよそ20%から30%前後の範囲にあると考えられる。図-11でみたようにC含量は水深とともに明らかに高くなる傾向がある。今回の調査中の最深部、水深50cmの地点で採取されたC含量18.9%の付着物中には、かなりの割合で藻体が占めていることを示唆している。

4 おわりに

以上、千曲川中流部の瀬の部分の付着物を対象にして、Chl.a, C, N, PおよびFe, Al, Cu, Zn, Mn

千曲川中流部における石面附着物の化学特性

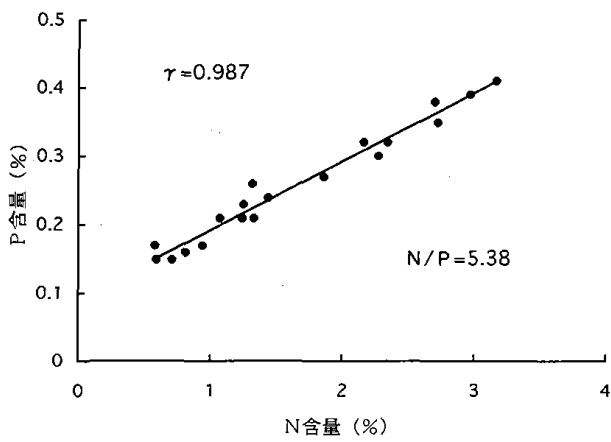


図-19 B地点における附着物のN含量とP含量の関係

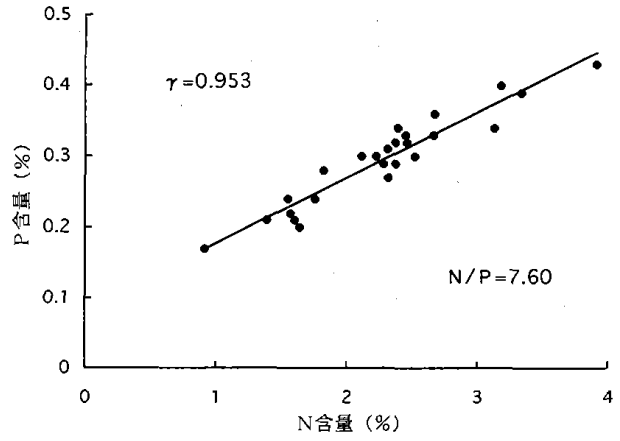


図-20 A地点における附着物N含量とP含量の関係

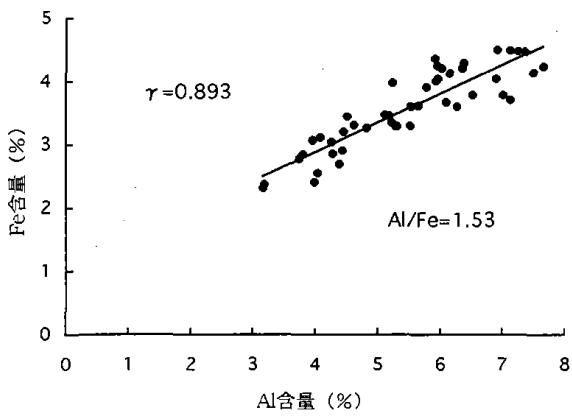


図-21 附着物 Al 含量と Fe 含量の関係

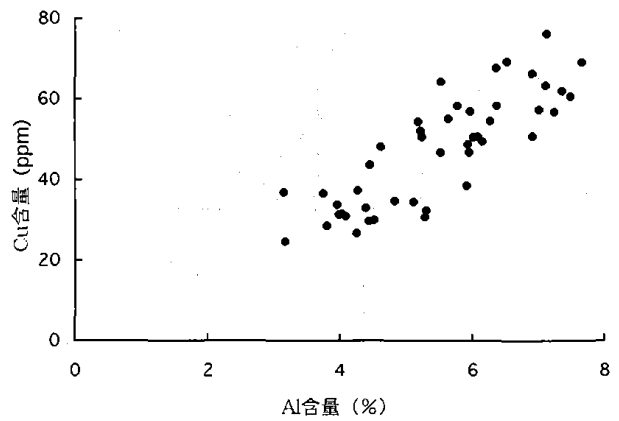


図-22 附着物 Al 含量と Cu 含量の関係

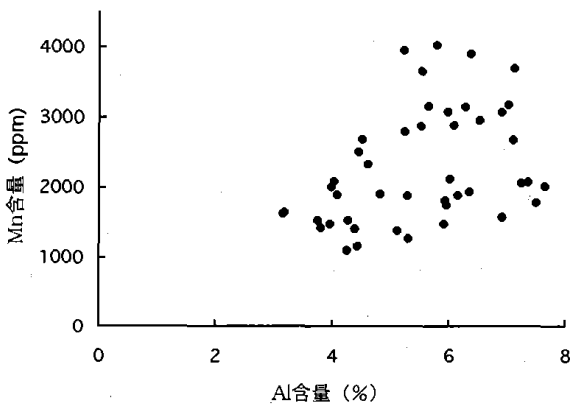


図-23 附着物の Al 含量と Mn 含量の関係

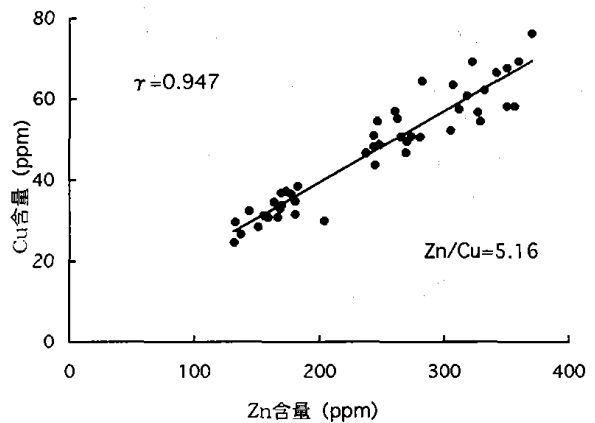


図-24 附着物の Zn 含量と Cu 含量の関係

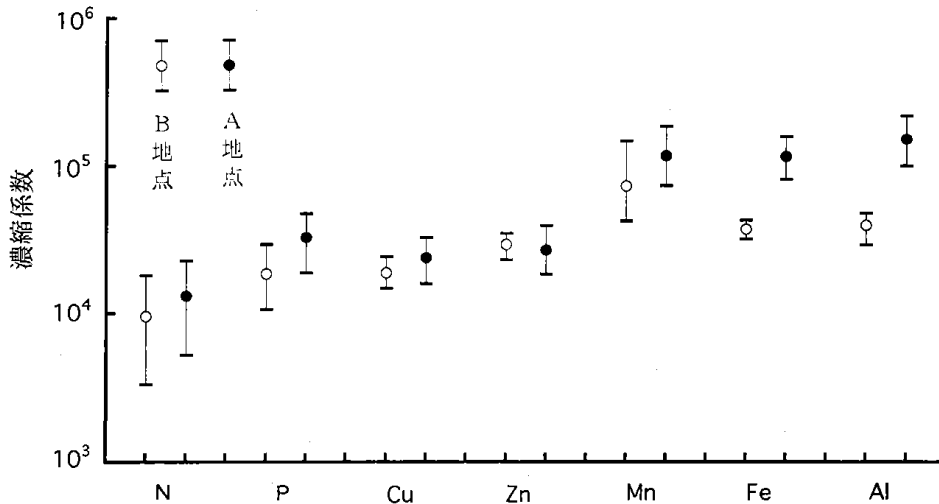


図-25 千曲川付着物における各元素の濃縮係数

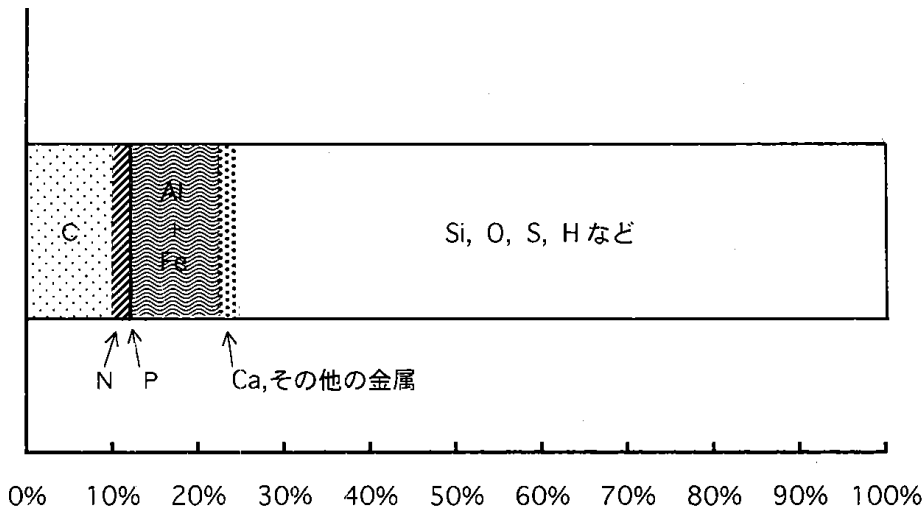


図-26 千曲川付着物の平均的化学組成

の5種類の金属を中心に各成分含量の変動幅や平均値、また各成分と付着物現存量や水深との関係、さらに各成分間の含量の相関や含量比、濃縮係数などを検討しながらその化学的特徴を探ってきた。こうした化学的特性は、はじめにも述べたように、河川水路内における物質動態の研究や生態系の物質循環を考察する上で、基礎的な知見であり重要である。今回不十分だった水深あるいは流速と化学組成の関係をはじめ、珪藻の種組成との関係、さらに珪藻以外の藻類を主体とする付着物の化学的特性などについて今後の調査検討が望まれる。

この研究は千曲川生態学術研究の一環として行ったものである。

5 文 献

1) 沖野外輝夫 (1970) : 河川における付着藻類の生

産力. 資源科学研究所報, 74号, 72~79.

2) 田中 光・増沢 一・伊藤時夫・牟田邦甫・古田能久・東井純一 (1984) : 河川の付着性藻類とアユへの物質とエネルギーの流れに関する研究. グリーンエネルギー計画成果シリーズIII, 165~180, 農林水産技術会議事務局

3) 井上隆信・海老瀬潜一 (1993) : 河床付着生物膜現存量の周年変化と降雨に伴う剝離量の評価. 水環境学会誌, 16, 507~515.

4) 桜井善雄 (1985) : 千曲川中流域における河床 Periphyton による有機物生産とその河川水質への寄与. 信州大学環境科学論集, 第7号, 25~32

5) Strickland, J. D. H. (1960) : Measuring the Production of Marine Phytoplankton. Fisheries Research Board of Canada, Bulletin No. 120

(受付 1997年2月3日)