

千曲川における付着生物量の変動に関する研究

沖野 外輝夫・池田 淑恵

信州大学理学部

Fluctuation of the attached biomass on the river bed in R. Tikumagawa

Tokio OKINO and Yosie IKEDA

Faculty of Science, Shinshu University

Key words: River ecosystem, attached biomass, Tikumagawa,

1 はじめに

河川生態系の研究は湖沼の生態系研究に比べるときわめて少ないのが現状である。その理由は、湖沼が閉鎖性の強い水域で生態系研究に有利であるのに対して、河川は当然のことながら開放系としての性格が強く、生態系研究に不利であることがあげられる。また、河川水量の変動は生態系としての安定性においてもマイナスの条件であり、定常的な生態系の構造と機能の把握が困難であることも、河川生態系研究の遅れの理由の一つとしてあげることができる。

一方、あまりにも人工化された河川の現状に対する反省から、河川そのものの自然科学的な理解が大切であるとする認識が住民、専門家、そして河川管理者の間にも高まり、河川を一つの生態系として総合的に捉えようとする意識が定着しつつある。

しかし、河川生態系研究の遅れの理由となった河川の開放系的性格、環境の不安定的性格に対しての研究手法は未開発な部分が多く、河川生態系研究は研究手法のもっとも基礎となる、生態系構成要素の計測手法の確定がその第一歩とならざるをえない。

本報告では、生態系の物質循環機能にとっても基礎となる、付着生物の現存量測定を中心として紹介し、時空間的に変動の大きい生態系での付着生物量の計測手法、えられたデータの解析に対する問題点について報告する。

本研究は、建設省による河川生態学術研究の一環として行われたもので、その研究目的は以下のようになっている。

河川生態学術研究会は、生態学的な観点より河川を

理解し、川の本来あるべき姿を探ることを目的として設置された(1996)。その目的の達成に向けては以下のテーマを設定し、研究を進めることを方針としている。

- (1) 河川流域、河川構造の変貌に対する河川の応答を理解する。
- (2) 生物生息空間(Habitat)の類型化とその変動(自然、人為による)あるいは適正な分布を明らかにし、今後の河道管理と流量管理の基礎資料を得る。
- (3) 特定区間における生物現存量、生物種数、種の多様性、物質循環、エネルギーの流れを明らかにし、河川生態系モデルを構築する。これらを用いて、河川の環境容量を推定し、今後の河川管理に資する。
- (4) 河川に再自然化工法などの環境インパクトを与えその影響を明らかにし、評価の手法を確立し、河川の自然復元の手法を探る。
- (5) 以上に関する成果を総合し、生態学的な観点より河川のあるべき姿を探る。

2. 研究対象地域の概要と方法

研究対象河川として千曲川をとりあげた。千曲川は甲信・秩父の境にある甲武信岳(標高2,483m)を源流とし、佐久、小諸、上田、長野の各盆地を貫流し、新潟県からは信濃川と名称が変わる。わが国最長の河川で、幹川流路延長は367kmである。長野県内でもっとも大きな支流は北アルプスを源流とする河川と奈良井川を集める犀川で、長野市の東で千曲川に合流している。1989年の測定資料から計算された河川係数

(最大流量/最小流量)は22(林, 1992)とされているが、流量変動の大きな河川である。

主要な調査地域としては千曲川中流域の、上田市下流、鼠橋付近を選定した(図-1)。この地域は他の研究課題との共通調査対象地域として選定されている。試料の採取は図-1に示された本流右岸側の早瀬部分で行われた。この地域の河床の礫の大きさは10~30cm程度のものが多く、部分的には50cmを超える大きな石も含まれている。本流に接する右岸側の大半は河原で、水路に沿ってヤナギの低木が生えているが、左岸側にはヤナギの他にニセアカシアなどのやや高い木が河畔林として成育している。この左岸側の河畔林の中を一本の水路が流れており、これについても試料の採取を行っている。図中に試料の採取地点を示してあるが、それぞれに目的によって調査の時日は異なっている。

河川の地域的特性の指標として河床の礫の長径、短径を測定した。測定は河原に100mのラインをとり、1mごとにラインに触れている礫の長径と短径を測定し、このラインを流路に沿ったものと、直交するものの2本について行っている。さらに、付着物の測定に用いた水路内の礫についても、全て長径と短径を測定している。

付着物の採取は河川で通常行われている $5 \times 5 \text{ cm}^2$ の方形枠を礫上から掻き取る方法が主として用いられたが、比較のために $50 \times 50 \text{ cm}^2$ の方形枠内の礫全部について、その付着物を全て掻き取って、定量する方法も行った。 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ の方形枠内の付着物の採取は次のような手順で行われた。適当な大きさの礫を採取し、

礫上に方形枠を切り抜いたゴム板をあてがい、方形枠の区画に釘で印を付ける。この区画の外の付着物全てを金ブラシで掻き取り、洗い流した後、区画内の付着物を歯ブラシで掻き取り、ポリ製のジョッキに洗ビンで洗い落とし、ポリビンに保存、アイスボックスに入れて実験室に持ち帰った。洗ビン中の水は水道水を用い、サンプルの処理は当日中に行っている。

毎回、季節変化を追跡する通常のサンプリングにおいては、対象地域の5地点で礫を同じ地点で3箇所採取しているが、1996年8月には同じ箇所でも $5 \times 5 \text{ cm}^2$ のサンプルを20箇所、 $50 \times 50 \text{ cm}^2$ のサンプルを6箇所採取した。また、流路に直交して、岸から20mのラインをとり、1mごとに、計21箇所のサンプルを採取、分析した。さらに、早瀬から平瀬、平瀬から早瀬への変化による付着物量の変動を知る目的で、早瀬を起点として50m間隔で、水深の変動の影響が回避できる水深の礫を3箇所ずつ採取、分析を行っている(1996年11月)。

付着物量の測定は、試水をあらかじめ乾燥、秤量してあるガラスファイバー濾紙(GF/C, 47mm径, Watmann社製)で濾過後、 100°C 、24時間乾燥後、秤量して算出している。クロロフィル量の分析には90%アセトン抽出法を用いている。抽出液は分光光度計にて、4波長(630nm, 645nm, 663nm, 750nm)の吸光度を測定、UNESCO-SCORの式にて算出している。

3. 結果と考察

図2は、鼠橋付近より上流部の支流とその支流が流入する直前の千曲川の付着物中のクロロフィルa量

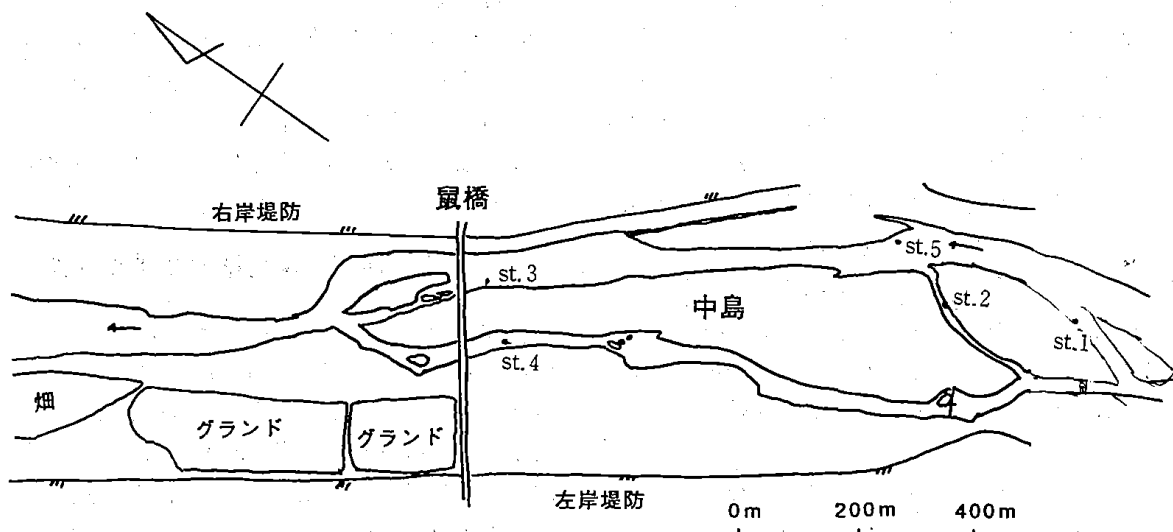


図-1: 千曲川・鼠橋付近の共同調査地域と調査定点の位置

を示したものである。支流の測定地点も千曲川へ流入する直前のものである。測定は1996年9月12～16日に行われている。支流部でのクロロフィルa量としての最大は御堂川の $290\text{mg}/\text{m}^2$ 、最小は浦野川の $2.7\text{mg}/\text{m}^2$ 、平均 $81\text{mg}/\text{m}^2$ で、地点間によるその差は支流の水質により大きく影響されている。一方、本流の場合には鼠の川流入直前の、 $212\text{mg}/\text{m}^2$ がもっとも大きく、塩川沢川流入直前の $29\text{mg}/\text{m}^2$ がもっとも小さい。平均値は $69\text{mg}/\text{m}^2$ であった。しかし、各地点共に時期的な変動が大きいことが推定され、本報告で主に扱われた鼠橋付近も $21\sim 221\text{mg}/\text{m}^2$ 、平均 $93\text{mg}/\text{m}^2$ であり、上流域で得られた範囲に入る地域として、とりあえずは千曲川中流域の代表として扱うことのできる地域と言える。

図-3はこの鼠橋の地域の河川特性を河原および水路中の礫で示せないかを検討したものである。60cm以上の長径を有する礫は地中に埋まっている部分があり、正確さを欠くので除くと、長径と短径の比はきわめて均一であることが分かる。河床の礫は付着物測定のためにサンプリングされたものであり、30cm以下

の長径を有する礫しかないが、河原で得られた短径/長径比の勾配0.68に近い、0.73となっている。今後、他の地点での同様の測定から両者の比が中流域の地域特性を示す指標として採用できる可能性を検討することが必要であり、その示す意味を解析することの重要性が示された。

通常のサンプリング法として採用されている、礫上の $5\times 5\text{cm}^2$ 方形枠による定量法と、今回行った $50\times 50\text{cm}^2$ 内の礫全量の付着物のサンプリングによる結果を比較したものが表-1に示されている。通常の $5\times 5\text{cm}^2$ の方法では $21\sim 221\text{mg}/\text{m}^2$ 、平均 $93\text{mg}/\text{m}^2$ 、標準偏差 $49.1\text{mg}/\text{m}^2$ という結果になった。一方、 $50\times 50\text{cm}^2$ の方法では $44\sim 64\text{mg}/\text{m}^2$ 、平均 $56\text{mg}/\text{m}^2$ 、標準偏差 $6.81\text{mg}/\text{m}^2$ という結果が得られた。平均値で比較すると小方形枠の方が大方形枠の1.7倍の現存量となっている。これは小方形枠の場合には礫の上面をサンプリングの対象として選ぶ場合が多く、その礫上でもっとも多く付着している部分を選定している結果、単位投影面積当たりに換算すると最大値が得られることを示している。一方、大方形枠の場合には

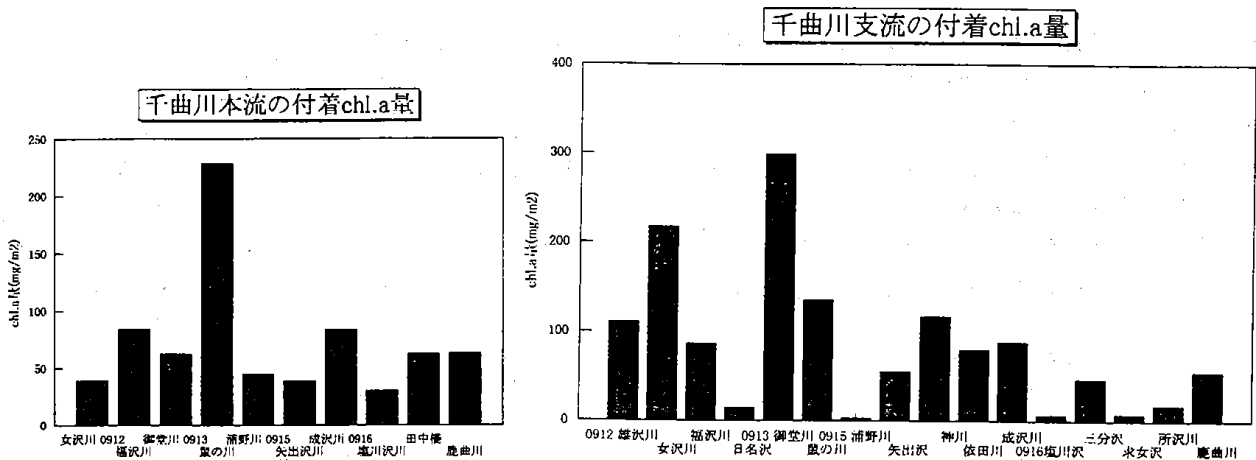


図-2：鼠橋より上流の本川と支川の付着クロロフィルa量

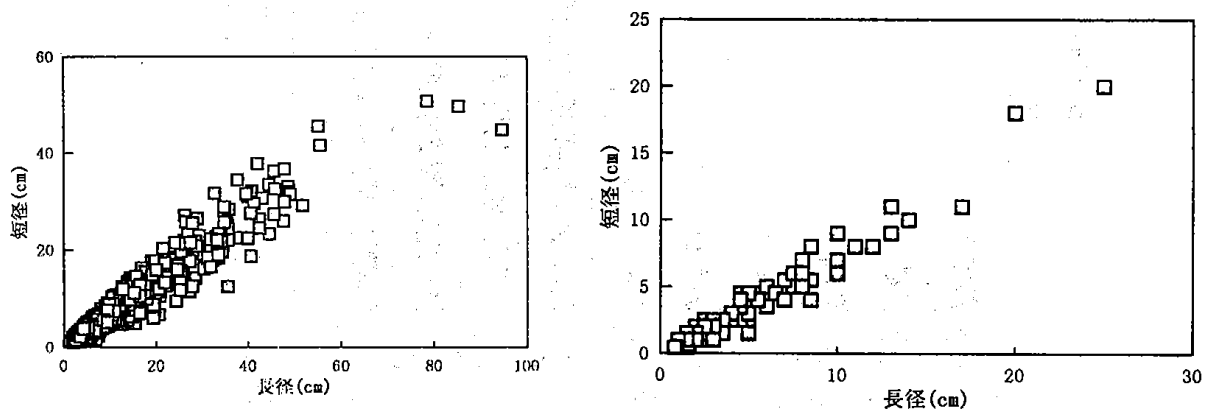


図-3：河原と水路中の礫の短径と長径の関係（鼠橋地点）。左図：河原の礫、右図：水路中の礫

表-1：付着藻類のサンプリング法による比較。Aは5×5cm²小方形枠によるもの。Bは50×50cm²大方形枠によるもの。採取日は1996年8月9～10日、採取地点は鼠橋右岸側、定点、水深10～30cm。

採取方法	Chl. a (mg/m ²)				Chl. b (mg/m ²)			
	Max.	Min.	Av.	SD	Max.	Min.	Av.	SD
A	221	21	93	49.1	27.7	4.3	10.3	5.57
B	64	44	56	6.8	3.8	5.9	1.78	

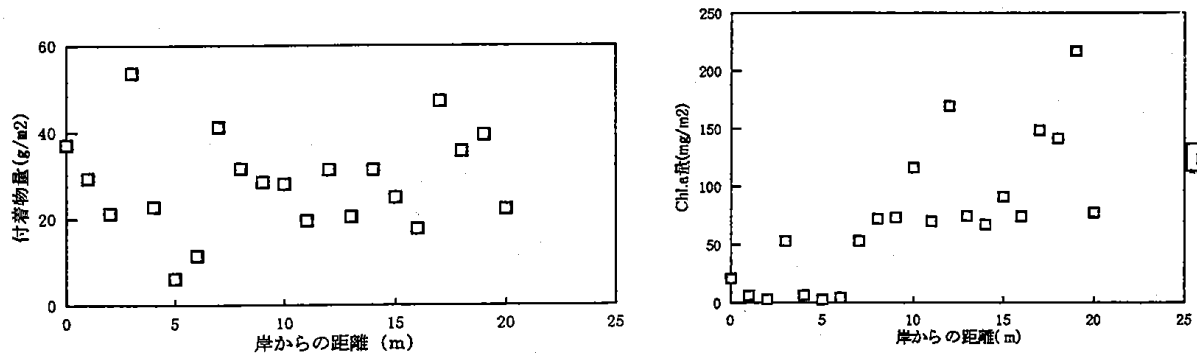


図-4：川岸から20mまでのライントランセクトによる付着物量とクロロフィルa量の変動（鼠橋右岸，st.5）。

付着量の少ない側面も含まれるために礫上面の積算よりは少なくなることが推測される。どちらの測定法がより良いかというよりは、通常の小方形枠による方法で得られた単位投影面積当たりの結果は、その場所での付着藻類の最大現存量を表していると理解しておくことが重要である。特に、上位の栄養段階の生物との物質面での量的な関係を解析する場合には得られた現

存量のこの種の評価が重要になるう。

図-4は流路に直交したライン上での付着物量とクロロフィルa量の変動について示したものである。付着物量については岸からの距離と関係なく変動するのに対して、クロロフィルa量は岸から約5mの地点を境にして増加し、50～250mg/m²の範囲で変動している。このことは岸からおよそ5m地点までは水

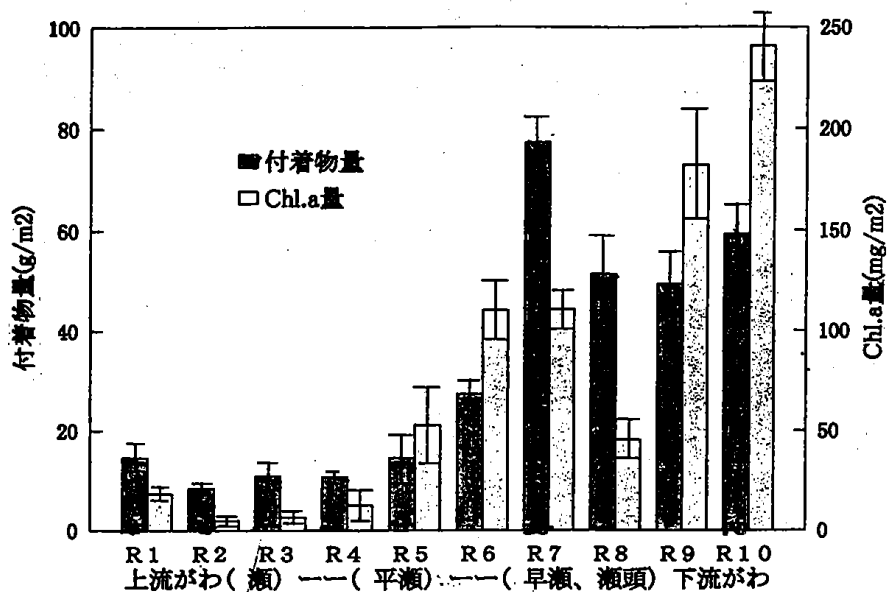


図-5a：早瀬から平瀬、次の早瀬にかけての付着物量とクロロフィルa量の変化（鼠橋右岸，1996年11月）

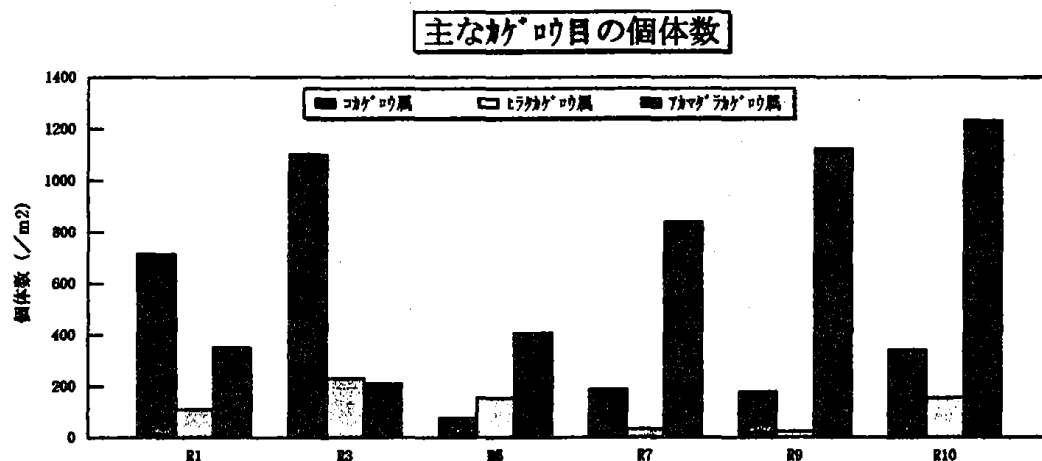


図-5 b: 図-5 a と同じ地点での水生昆虫の属レベルでの生息密度の変化。上流側 R1 から 100 m 間隔で下流 R10 まで、500m の間での変化。

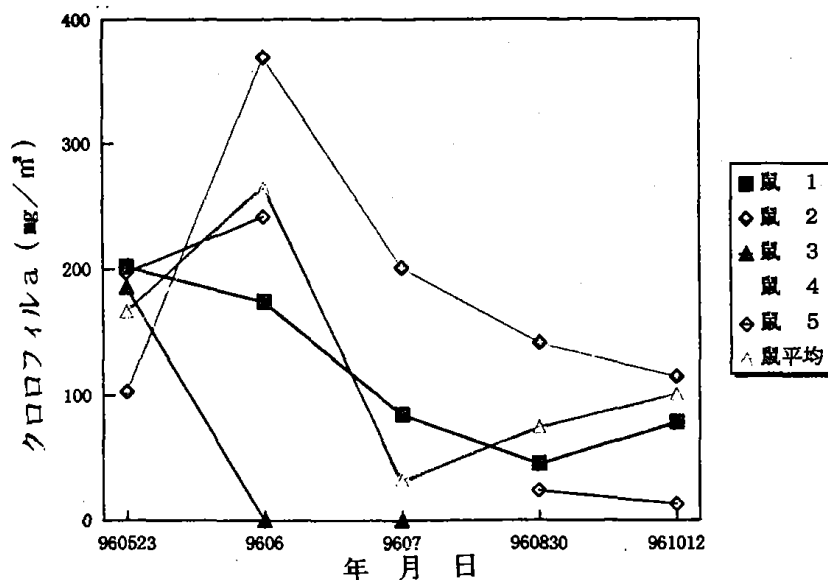


図-6: 鼠橋共同調査地域での付着クロロフィル a 量の季節変化。

位の変動により影響され、付着藻類の成育が悪いことを示している。また、付着物量については大きな数値が得られる場合が多く、付着物中のクロロフィル a の含量からみて、この水域は上流部からの懸濁物質が流速の変化により沈積しやすい環境にあることを物語っている。このことは、河川での付着藻類の成育を観察する場合には水位の変動に影響されない岸からの距離をあらかじめ把握した上でサンプリング位置を決めることが重要であることを示唆するものである。今回の鼠橋付近であれば岸からおおよそ 5 m 以上流心に入った地点ということになる。

図-5 a には、早瀬から平瀬、そして早瀬へと移る約 500m について 50m 間隔で測定した付着物量とク

ロロフィル a 量の変化を示した。最初の早瀬の 200m までは $10 \sim 15 \text{ g/m}^2$ 、その後平瀬的な流れになると次第に付着物量は増加し、最大で 80 g/m^2 となる。その後早瀬に移行する間に $50 \sim 60 \text{ g/m}^2$ 程度となる。一方、クロロフィル a 量の場合には最初の 200m の早瀬で $10 \sim 20 \text{ mg/m}^2$ が、平瀬に入ると次の早瀬の頭に至るまで増加し、最大は約 240 mg/m^2 に達する。その間に約 50 mg/m^2 と減少している部分は岸辺の淵的な状態の所で、流れも緩くなっている。付着物量の変化に比較してクロロフィル a 量の変化が大きいのが特徴である。

図-6 はクロロフィル a 量で示した季節的な変化である。一般に春は 5～6 月に高く、7～9 月に減少

し、10月頃から再び増加の傾向を示す。春と秋の増加は珪藻類にとって水温が増殖に適したものになるのが原因である、夏期の減少は必ずしも藻類の生産力が低いことによらず、水生昆虫や他の微小動物群集の攝食による抜き取りにも大きく依存している。

いずれにしても、河川生態系の物質循環の基礎となる付着藻類の現存量は河川水量の変動による、河川水中の微妙な環境の変化により大きく影響され、ある地点での代表的な現存量を知るには、その地域の環境の把握が事前に必要であることが分かる。水位変動の影響を受けることの少ない地点で、早瀬、平瀬、あるいは淵といった河川形態の基本単位を配慮して採集地点を選定し、かつその地点での測定値の変動を知っておくことが重要になる。また、水生昆虫の影響も大きく影響することから、同時に水生昆虫の現存量を測定し（図5b）、水生昆虫による被食量の検討も、当然のことながら重要と考える。

河川生態系の構造と機能を最終的な研究目標としている本報告で、その解析の基礎となるデーターの採取にあたっての数値の変動について検討した。環境要因のそれぞれの変動が大きいことが生態系としての特徴である河川生態系にとって、今回の報告はそのもっとも基礎となるデーターを提供することを目的としてお

り、それなりの成果を得ることができたと考えている。今後は、生物群集相互の関係を量的に明らかにするとともに、それぞれの生産力に関係する測定が重要な課題となる。

謝 辞

本報告の基礎となった現地での調査にあたっては、信州大学理学部附属諏訪臨湖実験所の学部学生、大学院生、研究生諸君の協力があり、彼等の献身的な努力によってこれまで得ることのできなかつた、意味のあるデーターを出すことができた。最後に記して、感謝の意を表する次第である。また、筆者の一人である池田は長野県により信州大学に派遣された内地留学生であり、この機会を提供していただいた関係諸機関に感謝の意を表したい。本研究は、建設省河川局の支援により行われている河川生態学術研究の一環であり、研究の進行には建設省土木研究所、北陸地方建設局千曲川建設事務所、財団法人リバーフロント整備センターの強力な援助を受けている。また、信州大学での特別研究費の一部もこの研究に投入されている。合わせて感謝の意を表する次第である。

（受付 1997年1月29日）