

# 1. 河川中流部の河川生態系

## 中流部の河川生態系 4

水 質	6
付着藻類	8
植 物	10
陸上昆虫	12
水生昆虫	14
魚 類	16
鳥 類	20

### はじめに

河川生態学研究会千曲川研究グループでは、河川中流部に典型的な瀬・淵が発達し、氾濫・堆積により寄州、中州、河畔湿地、ワンド・タマリなどが形成され、さらに山地や周辺の農地などとも密接な関係を持っているという条件におおむね近い場所として、千曲川鼠橋地区を研究対象地区に選定しました。そこで、河川中流部の野生生物の生息場所（以下、「すみ場」と呼ぶ）における河川生態系の構造や、これを利用する動植物の生態、さらに河川特有の自然条件である洪水の搅乱による河川生態系への影響などについての調査、研究を行ってきました。

河川事業に携わる土木技術者は、洪水の搅乱などによる時間的・空間的な変動を受けながら、すみ場の階層構造（35ページ参照）が成立しているという河川特有の生態系に関する基礎知識を身につけるとともに、各事業がどの変動段階に相当するのか、また、どの階層のすみ場に影響を及ぼすかなどを事前に検討する必要があると考えられます。

本書はこうしたことに必要な知識や技術を取得するための参考書として利用されることを目的として、千曲川研究グループの専門家へのヒアリングや、研究成果などをもとにして編集したものであり、以下の構成からなっています。

「1. 河川中流部の河川生態系」では、水質のほか、動植物の特徴的な生態を紹介しています。

「2. 洪水の搅乱による河川生態系への影響」では、鼠橋地区でみられた洪水後の現象を、地形や化学環境、動植物ごとに紹介しています。

「3. 川のすみ場の保全と再生」では、河川土木技術者と生態学者が協働するための方策を提案しています。



千曲川鼠橋地区(下流方向を見る)

## 2. 洪水の搅乱による 河川生態系への影響

洪水の発生	22
洪水後の変化	24
地形の変化	24
化学環境の変化	25
植生の変化	26
陸上昆虫の変化	27
水生昆虫の変化	27
鳥類の変化	28
魚類の変化	29
植生変化のメカニズム	30

## 3. 川のすみ場の保全と再生

### 河川土木と生態学の“協働” 34

# 中流部の河川生態系

食物連鎖によってお互いに密接な関係をもつ生き物たち、そしてそれを取り巻く環境、これら生き物たちと環境のさまざまなつながりによって「生態系」が成立しています。

河川の中流部は、搅乱と更新を繰り返す変動の多い環境のもとで、生き物たちが共存し、遷移を繰り返す、独自のダイナミックな生態系を形成しています。

## 水質

河川水中の窒素、リンなどの栄養塩類の濃度が高まると、富栄養な環境になり、藻類や水草による基礎生産力が高まります。しかし、過度な富栄養状態になると、藻類により生産された有機物や細菌類などが水中の酸素を消費してしまうため、他の水生動物が呼吸困難になり、魚介類の死滅を招くことがあります。また、異臭の発生、水質の不安定化、汚濁に強い生物の異常発生などの問題を引き起こすこともあります。

## 付着藻類

付着藻類とは河床の石、岩石、底泥、水中植物に付着している珪藻、藍藻、緑藻などの藻類の総称です。

中流部の瀬には石が多く、その表面には付着藻類が繁殖しています。カゲロウやトビケラの幼虫などの水生昆虫や、アユやヨシノボリなどの魚類がこれらの付着藻類をよく食べます。

## 植物

河川の植物の生育場所は、水流によって頻繁に搅乱されるという特色をもっています。

このため、短期間にライフサイクルを完結できる1~2年生草本や、搅乱に伴う倒伏や土砂による埋没を受けても生育できるツルヨシやヤナギ類等の植物が多く生育しています。また外来植物の侵入も目立つようになりました。

## 陸上昆虫

昆虫は現在知られているだけで76万種におよび、地球上の動物種の3/4を占めます。こうした昆虫の多くは植物や有機物を食べ、鳥類などに食べられる低次消費者です。生態系の物質循環の点においても重要な構成員です。また、河川敷は常に搅乱される環境ですが、このような環境に依存する河川特有な昆虫も存在しています。

## 水生昆虫

水生昆虫は水域を生活の場とする昆虫を指します。ハエ目、カゲロウ目、トンボ目、カワゲラ目、トビケラ目などがあり、生息場所は餌、水質、水深、流速、水温、底質条件などによって左右されます。

水生昆虫は魚や鳥の餌になっているものが多く、川の生物群集にとって餌生

## 魚類

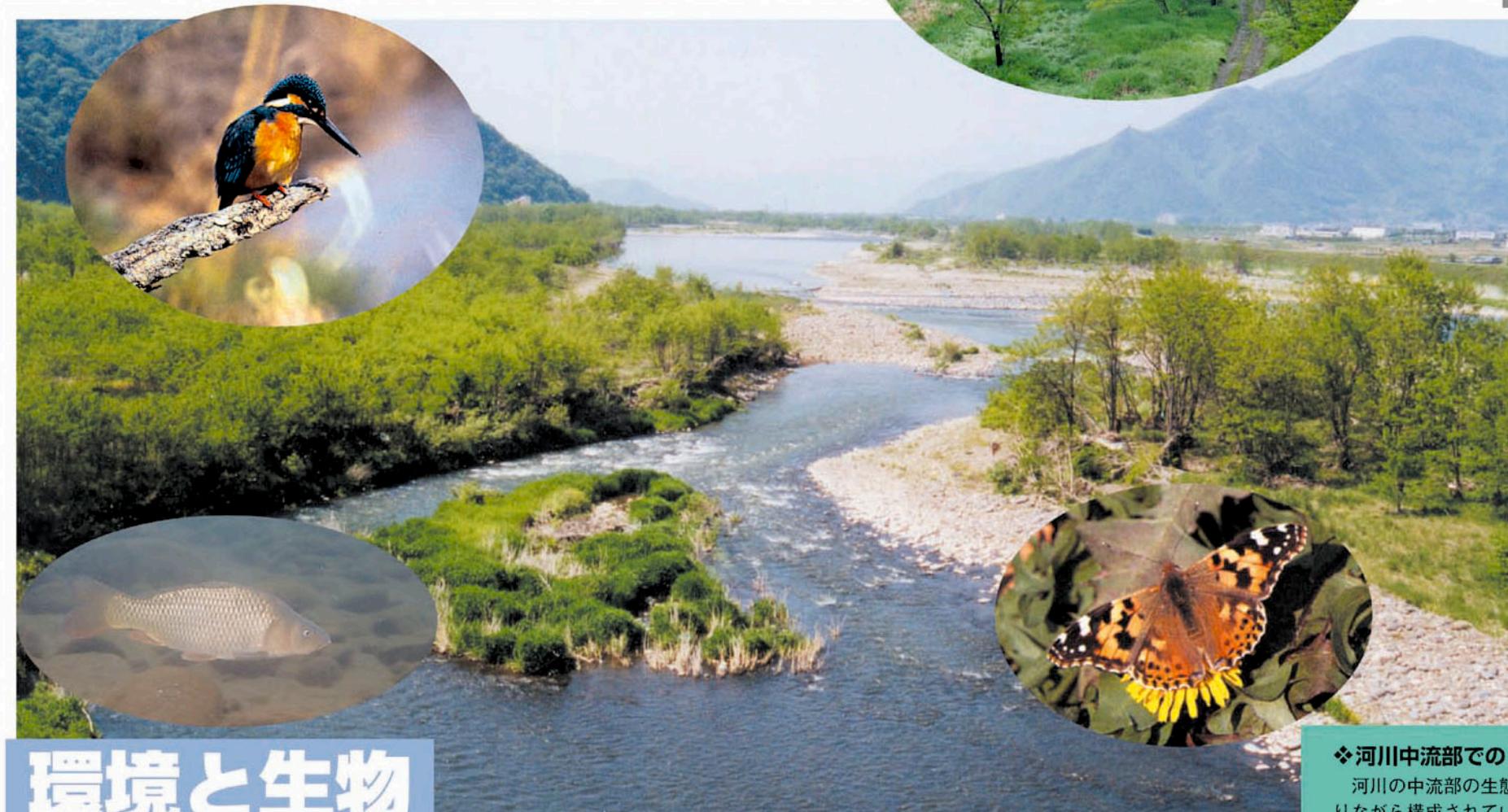
河川中流部は蛇行を繰り返しながら、瀬や淵を形成している場所です。このような瀬の石には付着藻類がよく繁茂し、アユ、ウグイ、オイカワや水生昆虫がこれを食べます。なかには、アユのように発育段階によって食性を変えるものもあります。また、水生昆虫や仔稚魚を食べる動物食の魚類も生活しています。本川の淵やワンド・タマリの止水域等は洪水時の避難場所として重要な生息場所となっています。

## 鳥類

河川に生息する鳥というとカモやサギなどの水鳥を思い浮かべますが、陸鳥の中にも水辺環境を利用するものが多くあります。オオヨシキリ・チュウヒなどは水辺のヨシ原に、コチドリは河原に、ヒバリ・セッカは河川敷の草地に、ホオジロ・モズは河川敷の低木などに生息しています。

またオオタカ・ハヤブサなどの猛禽類は水辺でカモなどの鳥類を捕食しています。コアシサシやカワセミなどは、河川に依存して生活しています。

## 環境と生物



## 洪水 インパクト



## レスポンス

「洪水」による搅乱（インパクト）をうけ、河川中流部の物理環境や生物たちは以下のような応答（レスポンス）をみせますが、それが河川の自然の姿です。

### ◆地形の変化

- ・土砂の堆積や裸地の拡大
- ・化学環境の変化

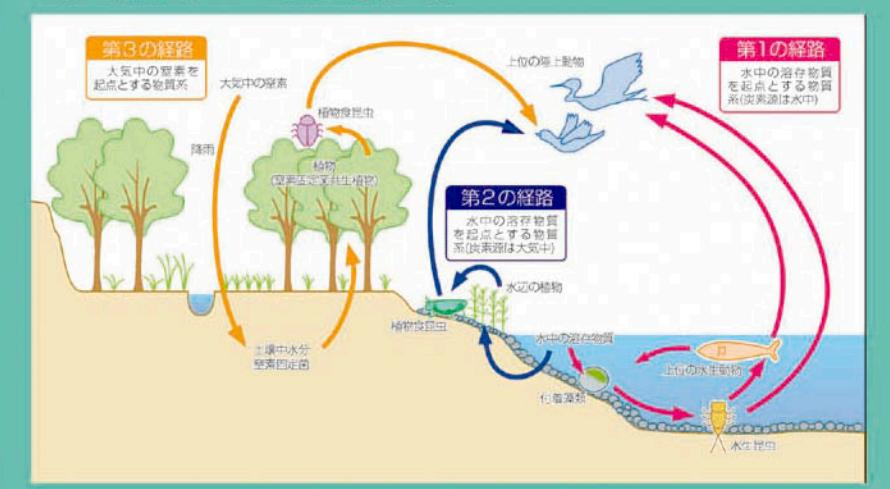
  - ・土砂堆積に伴う窒素、リンの蓄積

- ・生物の変化

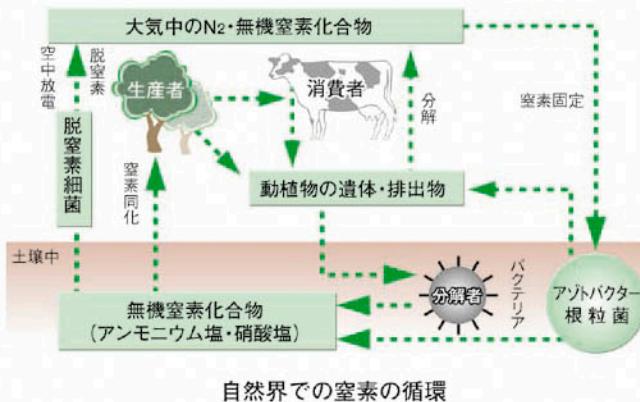
  - ・付着藻類の剥離、流失と再生
  - ・水生昆虫の流出と復活
  - ・樹林の倒伏、流失
  - ・魚類の本川からワンド、タマリへの避難
  - ・鳥類の繁殖密度の変化

## ◆河川中流部での「複合生態系」

河川の中流部の生態系は、水域と陸域、植物と動物などが、さまざまにつながりながら構成されている複合生態系です。



# 水質



◆窒素(N)、リン(P)は生物の体を構成する重要な元素

生物の体は主に、炭素(C)、水素(H)、酸素(O)、窒素(N)、リン(P)の5元素をもとに構成されています。このうち、植物の生長に欠かせない窒素は大気の4/5を占めています。

窒素は硝酸塩の形で雨によって地表に運ばれ、一部の植物に吸収されたり、土中の根粒菌などのバクテリアによって固定され、硝酸塩とアンモニアの形で多くの植物に吸収されます。

窒素はやがて草食動物や肉食動物に移動し、動植物の死体が微生物などの働きで分解、生成したアンモニアは、再び植物に吸収されたり、微生物によって脱窒作用を受けて窒素ガスに戻されます。こうした窒素の流れを地球化学的にとらえたものを“窒素循環”といいます。

近年、人間活動による自動車の排ガス、化学肥料、畜産・生活廃棄物などの増加によって放出された窒素化合物がこの循環を乱すと共に、大気中

では光化学スモッグを引き起こす原因のひとつになっています。また、リンも化学肥料、畜産・生活廃棄物などに多量に含まれていて、地球化学的なリンの物質循環を乱す原因となるばかりでなく、窒素とともに河川・湖沼などの水域の富栄養化の原因となっています。

◆人為的な窒素、リンの増加が環境低下を招いている

水中の窒素、リンなどの栄養塩類濃度が高まることにより、藻類や水草による基礎生産力が高まり、生物生産が増大することを“富栄養化現象”といいます。藻類により生産された有機物は細菌類により分解され、水中の酸素を消費してしまうため、他の水生動物の呼吸困難、魚介類の斃死を招くこともあります。また、異臭の発生、水質の不安定化、汚濁に強い生物の異常発生など、社会問題を引き起こすこともあります。河川敷の土中や河川水、地下水に窒素、リンが多くなると、本

来栄養分の少ない環境を好んで生育していた河川環境下で固有な植物や、それを生息基盤とする動物の生息環境が損なわれ、河川生態系が変化することも考えられます。

従来、水域の汚染指標の測定にはBOD(生物化学的酸素要求量)、COD(化学的酸素要求量)が用いられてきましたが、富栄養化問題に対処するには河川水などに含まれる窒素、リンの濃度を測定し、環境への影響をその発生源から総合的に総量として把握する必要があります。このため、1日24時間連続で水質・水量観測を行い、1日間の濃度変化と総量を正確に把握する研究も進められています。

## 千曲川中流部の水質

千曲川研究グループの研究によると、千曲川流域では、化学肥料使用量の減少や畜産廃棄物の農地還元、下水処理の普及により、窒素負荷流入量がこの30年間でほぼ半減したと考えられます。しかし、河川水中の全窒素濃度には減少傾向は認められません。これには、かつて土壤中に蓄積した窒素・リンの流出、および下水道普及による流達率の上昇が関与している可能性があります。



## アンモニアやpHによる水質測定

水質測定項目として、アンモニアやpHも利用されることがあります。アンモニアは窒素化合物が分解した最初の形態であるため、ある地点の河川水の調査でアンモニアが検出されれば、その地点のすぐ上流に汚染源があることがわかります。つまり、アンモニアは河川水の汚染の指標となるのです。またpH測定は、付着藻類の光合成が活発になると、その場所の河川水の1日間のpH変化が大きくなるので、河川水の栄養度を総合的に評価する指標とすることができます。

# 付着藻類

河床の石に付着した藻類

## ◆付着藻類は水生動物の生活を支えている

付着藻類とは河床の石、岩石、底泥、水中植物に付着している珪藻、藍藻、緑藻など、藻類の総称です。その主要なものは珪藻類です。

中流部の瀬には石が多く、その表面には付着藻類が繁殖しています。カゲロウやトビケラの幼虫などの水生昆虫や、アユやヨシノボリなどの魚類がこれをよく食べます。食藻性の水生昆虫は、食虫性水生昆虫に食べられ、これらの水生昆虫はさらに雑食性のオイカワやウグイ、食虫性のカワムツやアカザなどの魚類に食べられます。成魚のアユは珪藻や藍藻などの付着藻類がよく生育する瀬では、なわばりをもって生活しています。アユ成魚1尾は1日約2g（乾燥重量）の付着藻類を必要とするといわれています。

## ◆食べられた付着藻類はいつ増えるのか

付着藻類の生育は、水質（水温、pH、濁り、有機物、窒素・リンなどの栄養塩類）、生育場となる付着基盤（河床の石・岩・底泥・水中植物）の種類、大きさ、流速、光条件、そして捕食者である



魚類や水生昆虫などの影響を受けます。

付着藻類の増殖を季節的にみると、水温、日射量が上昇する夏季は増殖時間が早く、水温、日射量が低下する冬季は遅くなります。しかし、夏季は付着藻類の捕食者である魚類や水生昆虫などからの被食圧が高まり、結果的に付着藻類の量は減少します。また、夏季には大雨による付着基盤からの洗い流しがあり、これも減少に影響しています。冬季は増殖時間が長くかかるものの、被食圧が低下し、大雨などの影響がほとんどないことから、藻類の現存量は増加します。1年間を通してみると、付着藻類は30～40日周期で増減を繰り返しています。

## ◆河川水に含まれる窒素、リンは栄養となるが……

付着藻類の生産量は河川水に含まれる窒素、リンなどの栄養塩類の増加とも密接な関係があり、栄養塩類の増加にともなって、藻類の生産量は増加することが知られています。多摩川・千曲川・荒川ではしばしば、富栄養化が著しい富栄養湖と同等か、それ以上の生産量が確認されています。



アユのはみあと

## 河川におけるクロロフィルa量最大値の比較

河川（調査年）	クロロフィルa (mg/m³)			
	春	夏	秋	冬
荒川（1961～1963）	200～300	100～200	200～250	300～500
千曲川（1973）	180～200	100	200	260～500
多摩川（1973～1974）	100～700	100～500	100～500	100～200

### クロロフィルaについて

植物の緑色色素成分で、光合成に関与する。水域でのクロロフィルa量の多少を測定して、生きている藻類量の目安とすることができます。クロロフィルにはa、b、cなど数種類あるが、なかでも、藻類に共通して含有されるのはクロロフィルaであることから、藻類量を表現する場合に、クロロフィルa量が用いられることが多い。

## 千曲川中流部の付着藻類

千曲川研究グループの鼠橋地区での研究において、河床の付着藻類現存量をクロロフィルa量を指標として調べたところ、布引から鼠（94～120km）の地点が最も現存量が多いことがわかりました。これは河川水が富栄養状態にあることと、河床に10～20cmの大きな礫が多く、礫が転がりにくいため付着藻類の繁殖に適しているからと考えられます。



付着藻類の調査

### 付着藻類の生育環境

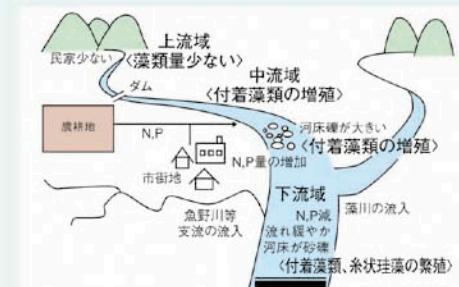
付着藻類の生育に望ましい環境は、水深は1mより浅く、濁りの度合を示すSS値が25ppm以下で、付着基盤は礫が多い（粒径10～30cmがよい）といった条件です。

千曲川中流部の鼠橋地区付近は、SS値は平均値12ppmで、200～300mmサイズの礫が多く、付着藻類の発達に適しています。

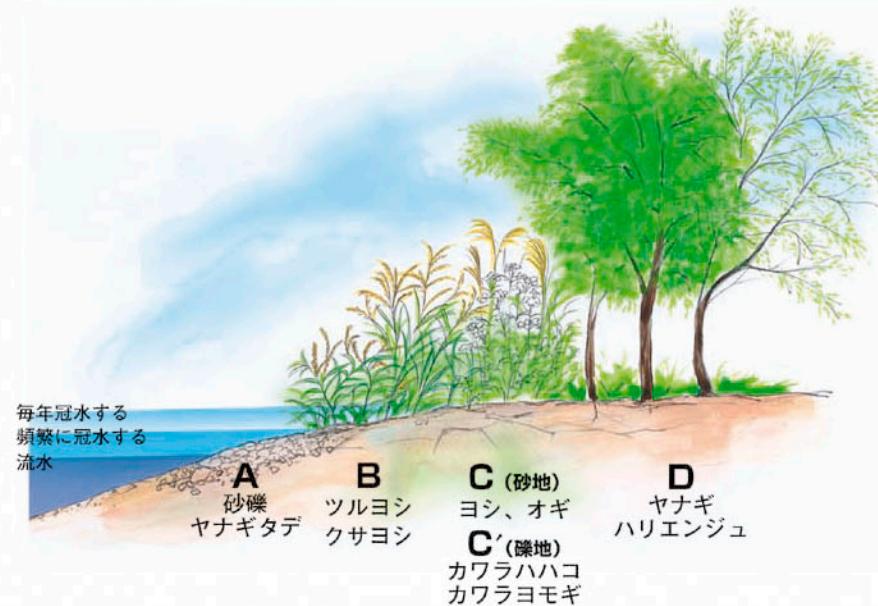
### 信濃川(千曲川)の上流から河口までの特徴

千曲川研究グループの研究により以下のことがわかりました。

- 中流部の上田市付近は河床の礫が大きく、栄養塩類（窒素、リン）が多いため、付着藻類の発達に適した環境である。
- 上田市付近においては、流量が30m³/sを越えると付着藻類が河床礫面から剥離しはじめると考えられる。
- 平水時に河川が白濁している場合があるのは、付着藻類の死骸などの懸濁物質が原因であると考えられる（冬季に多い）。



# 植物



## ◆なぜ河川敷には草本植物が多いのか

河川の植物の生育場所は、水流によって頻繁に攪乱されるという特色をもっています。そのため、ライフサイクルが長い木本植物は育ちにくく、攪乱の間をぬって、短期間にライフサイクルを完結できる1~2年生の草本植物や、攪乱によって倒伏したり、土砂に埋もれても萌芽して再生できるツルヨシなどの多年生草本が多く生育しています。

## ◆中流部の河川植生

中流部では侵食と堆積の両方が行われ、小石や砂礫からなる河原や中州が形成されます。こうした河原や中州は流水の影響を受けやすく、安定した植生は形成されにくいのです。水際の湿った砂礫地には1年生草本のヤナギタデ群落や、多年生草本のツルヨシが優占することが多く、毎年のように攪乱を受けます。攪乱を受けないようになる

と他の群落に変わってしまいます。水面からやや高い疊地にはカワラハハコ、カワラヨモギなどがパッチ状に群落をつくり、砂地にはオギが群落を形成します。また、旧河道沿いなどの停滞水域にはヨシが優占します。木本植物としてはヤナギ類が優占します。

## ◆外来植物の侵入（ハリエンジュの繁茂）

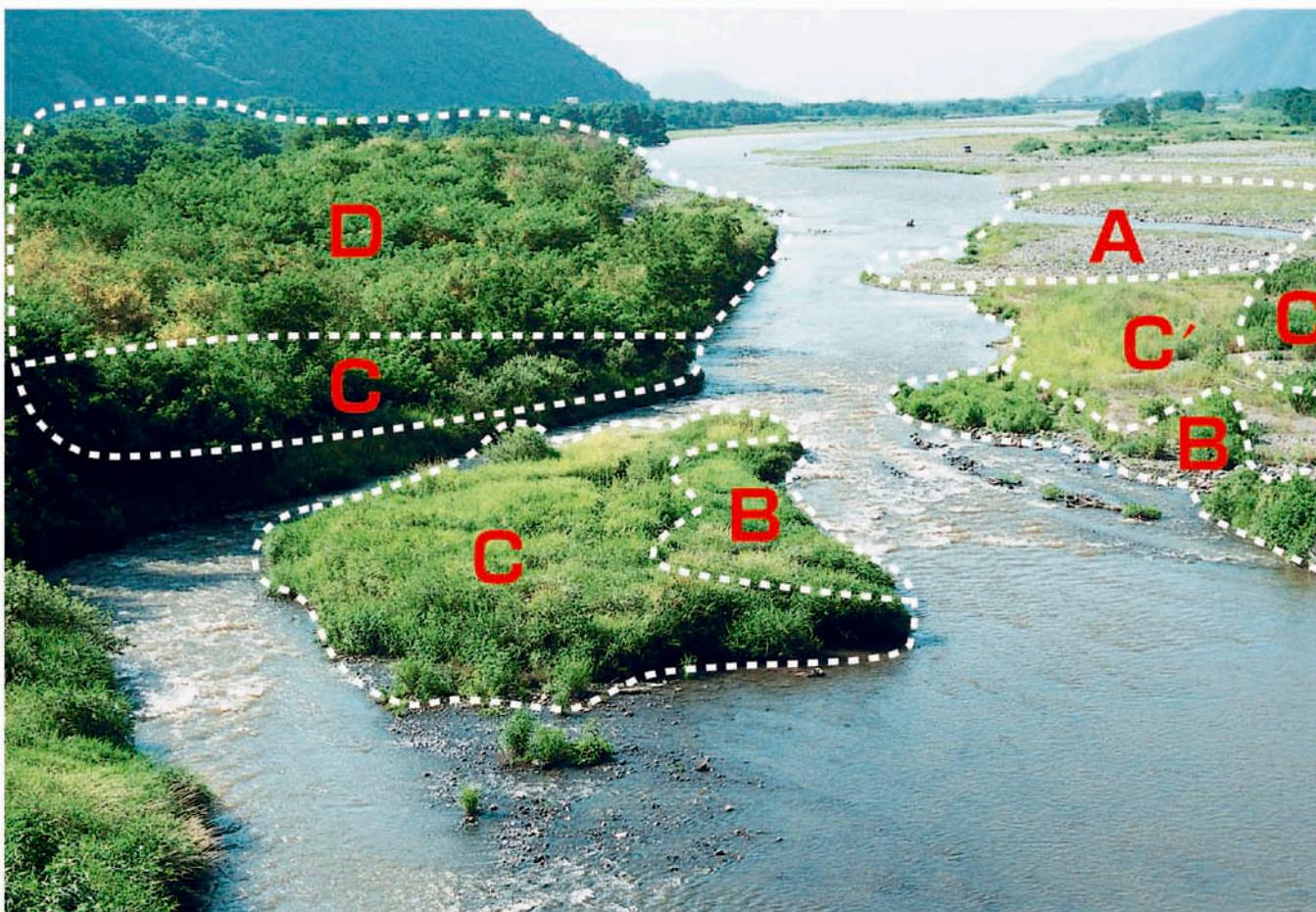
河川中流部の植生は、本来はこのような姿をしていますが、近年、多くの外来植物が侵入しています。ある地域や群落に生育する植物の全種数に対する外来植物の種数の割合を調査し、人為作用の強さを判断する指標としていますが、河川敷ではその割合が高い場合も多いのです。

外来植物のうち、ハリエンジュは生長が早い、繁殖能力が高いことから、攪乱地にいち早く樹林を形成することができます。このため、近年

では全国の主な扇状地河川の約80%で樹林を形成しています。ハリエンジュなどの河道内の樹林は、出水時に洪水流速を減少させ、樹林化する以前の河原の状態に戻りにくくしてしまいます。そのため、河原にハリエンジュが侵入すると、陸域の生物の増加を促す反面、河原に生息する生物の減少を招くおそれがあります。



河川中流部の植生（千曲川鼠橋左岸）



砂礫の河原と中州が発達した河川中流部（千曲川鼠橋付近）

## 千曲川中流部の植物

### ハリエンジュによる樹林化

ハリエンジュは1873年に日本に導入された北アメリカ原産のマメ科の樹木で、別名はニセアカシアといいます。特徴として、大気中の窒素を根粒バクテリアによって固定し、それを吸収しています。このため、栄養分の少ない崩壊地などの緑化樹などとして利用されました。近年は全国の河川敷などで繁茂し、樹林化しています。



### 千曲川と多摩川の樹林化の比較

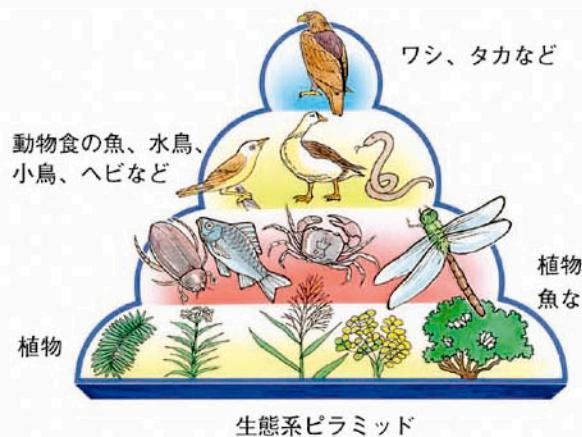
千曲川と多摩川の樹林化について比較したところ、それぞれの川のもつ樹林化の特徴がわかつてきました。

多摩川では、大規模な洪水があっても樹林の破壊は生じません。その理由として、河床低下、細粒土砂の堆積による複断面化により、高水敷の冠水頻度が減少していることが考えられます。そのため、「河原ができ、それが動的に維持される」というシステムが失われつつあると考えられます。

一方、千曲川では1999年の大規模な洪水により、高水敷が冠水することによる樹林の破壊、河原の増加が見られたことから、比較的、扇状地河川に特有な「河原ができ、それが動的に維持される」というシステムが保たれています。しかし、高木の割合が上昇し続けていることから、次第にそのシステムが保たれなくなるおそれがあります。



# 陸上昆虫



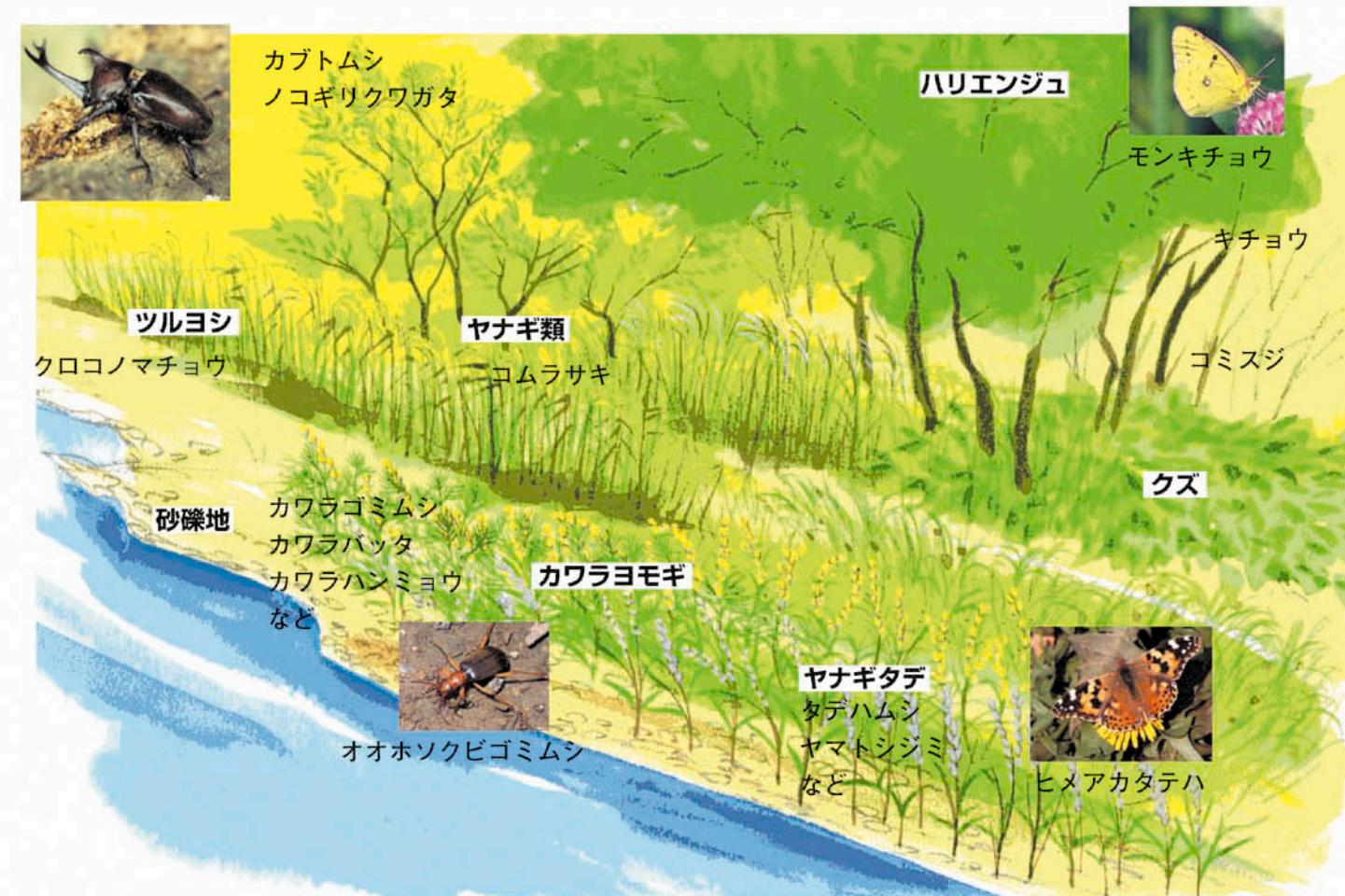
## ◆ 昆虫は環境のスペシャリスト

昆虫の口の形状は、外骨格によって固まっていて自由がきかないため、「今日は花の蜜を吸って、明日は葉っぱにしようか」というような、食べ物の自由な選択はできません。そこで、さまざまな環境に適応して、その環境のスペシャリストになることで生きてています。

したがって、われわれ人間にとて、同じように見える環境でも、昆虫にとっては大違いで、限られたエリアの樹木、草、砂礫などをすみ分けているのです。しかも、鳥のように移動範囲が広くないので環境への依存度はきわめて高いといえます。

## ◆ 搾乱される環境に依存する昆虫

河川敷は常に搾乱される環境であり、この環境に依存する昆虫もいます。たとえば、カワラバッタ、カワラハンミョウなど「カワラ」が名前につくものなどはその代表例で、搾乱がある砂礫地に



生息しています。カワラバッタの色は砂礫地では保護色になっているので、鳥などの外敵に見つかりにくいのですが、緑色のバッタでは見つかってしまします。しかし、川が安定し、搾乱が少なくて草が繁茂すると、そこに適した種が侵入するようになり、砂礫地にのみ生息するカワラバッタは見られなくなってしまいます。

## ◆ 昆虫の繁殖

昆虫の95パーセントは1年で一生を終えます。つまり世代交代する時間が短いので、自分たちが生活できる環境をみつけると、きわめて早い時間で増殖します。同じ種でも同時期に成虫や幼虫、卵がみられるのは、環境の変化や、外敵による影響を柔軟に受け止め、絶滅を防ごうという戦略であると考えられます。

また、昆虫によっては成虫と幼虫で異なる環境にすみ、異なる餌を食べるものも多いようですが、

これも他の昆虫と違う生活様式をとろうとしたり、親子での競合を防ごうという知恵なのかもしれません。

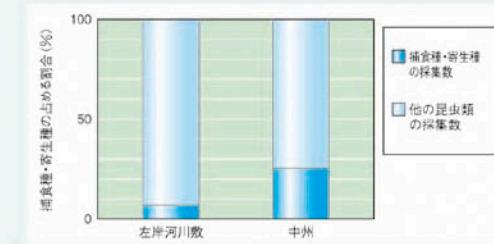
こうした、したたかな戦略を持つ昆虫ですが、病気にかかることが多いのです。特に大量発生して、雨が降った後などは、病気が発生しやすく、草本類の穂などに群がって死んでいる姿を見ることがあります。

## ◆ 生態系における昆虫の役割

昆虫は現在知られているだけで76万種に及び、地球上の動物種の3/4を占め、今後研究が進むと300万種にもなるといわれています。国内では約3万種が確認されていますが、現在でも毎年数多くの新種が記載されています。こうした昆虫の多くは植物や有機物を食べ、鳥などの小動物に食べられる低次消費者と呼ばれています。数が少ない貴重種などは生物多様性の維持という意味で重要ですが、生態系における物質循環という意味では、普通にいて、普通に食べ、食べられる種の存在のほうが重要です。

## 千曲川中流部の陸上昆虫

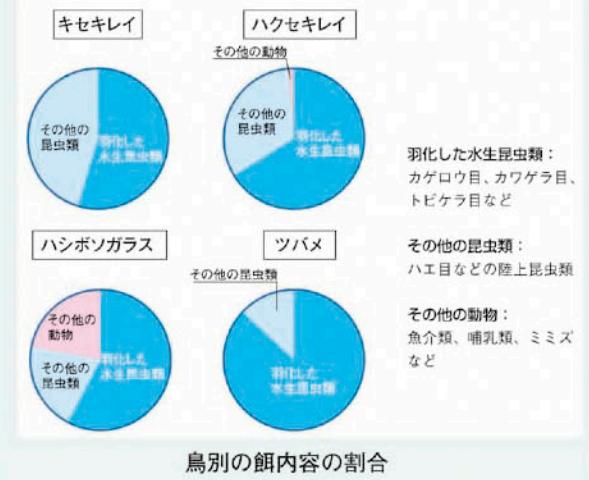
千曲川研究グループの鼠橋地区での捕獲調査によると、高水敷の昆虫相は比較的高い多様性を保っていますが、中州では多様性が低くなっています。しかし、中州は高水敷に比べて採集昆虫に占める捕食種・寄生種の割合が高くなっています。人為の影響が強くなると、植食種(植物を餌とする種)よりも栄養段階が上位である捕食種や寄生種が、より強く影響を受けて個体数が減ります。そのため、中州で捕食種や寄生種の割合が高水敷より高い理由は、中州が高水敷と隔離されていて、自然的環境が保たれていたためと考えられます。



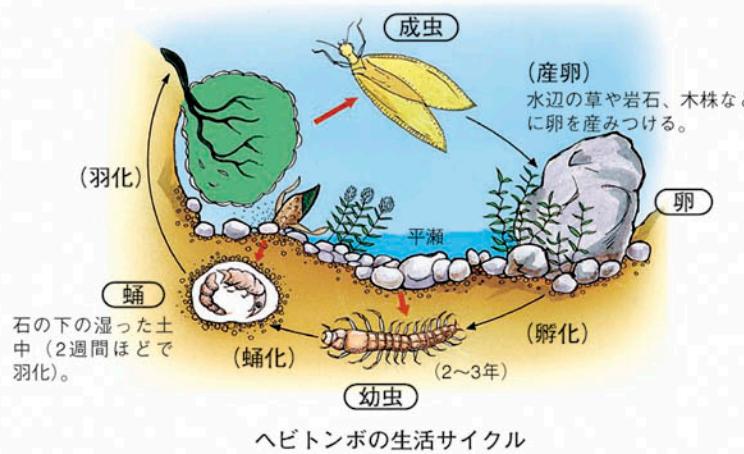
鼠橋地区における河川敷と中州の捕食種・寄生種の割合の比較

## 鳥類は昆虫類をどのくらい食べているのか

主に水辺で昆虫類などを採餌するキセキレイなどは、羽化した水生昆虫を餌とする割合が高く、一方、森林から水辺で採餌するムクドリなどは陸上昆虫を餌とする割合が高いことがわかっています。千曲川研究グループの研究によると、鳥類の餌のうち羽化した水生昆虫類の個体数の割合は、キセキレイ約60%、ハクセキレイ約70%、ハシボソガラス約60%、ツバメ約90%でした。



# 水生昆虫

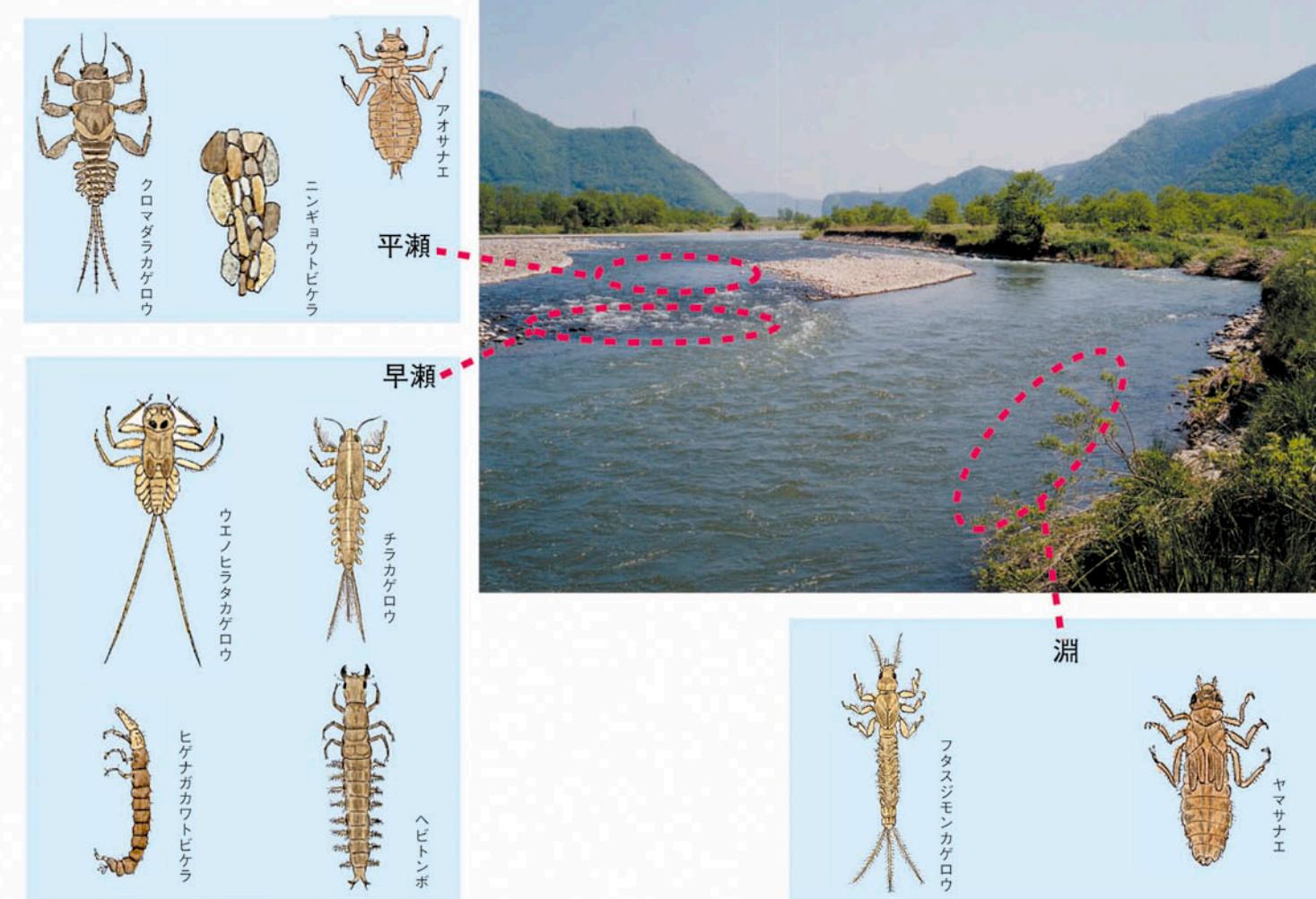


## ◆水生昆虫にはどのようなものがいるのか

水生昆虫は水域を生活の場とする昆虫を指します。大部分の種類は幼虫期間のみを水の中で過ごしますが、ミズカマキリなどのように成虫期間も水中で生活する種もあります。中流部で人の目につくのは、石についているカゲロウの幼虫や、トビケラの幼虫などです。水生昆虫は魚や鳥の餌になっているものが多く、川の生態系では大きな役割を果たしています。

水生昆虫には、ハエ目、カゲロウ目、トンボ目、カワゲラ目、トビケラ目などがあり、すみ場の条件(餌、水質、水深、流速、水温、底質など)によってすみ分けています。

また、水生昆虫は水質や流速の差で種の分布域が異なることから、環境の指標になるため、水生昆虫を利用した水質評価も行われています。



## ◆水生昆虫のライフサイクル

一般的に瀬には水生昆虫の現存量が多く、淵では少なくなっています。また、1つの石でも上流側、下流側、流心側など、わずかな環境の差を異なる種がすみ分けています。餌は種によって異なりますが、付着藻類や上流から流れてくる落ち葉などの有機物、肉食昆虫は他の昆虫などを食べています。

ライフサイクルは比較的短く、小型の種は年7～10回、大型の種は年1～2回、卵～幼虫～蛹～成虫を繰り返します。産卵は、水草に産みつけるもの、河床に沈降させるもの、ゼリー状の卵塊を岩などに付着させるものなどがあります。産卵数は沈降させるもので1回に100～200個、卵塊状のもので2,000～3,000個程度です。

ユスリカを例にとってみますと、年何回ものライフサイクルを繰り返し、同時期に卵と成虫を見ることがあります。しかし、季節的にみれば、冬

は幼虫で過ごし、春の羽化に備えることが多いようです。

## ◆搅乱後の回復

水生昆虫は、洪水や河川工事による搅乱の影響を受けやすい生物です。搅乱後の水生昆虫の回復する順は、体が小さく、ライフサイクルが短いものから始まります。年に1回程度の規模の洪水では、ユスリカが1～2週間程度で回復し、その後ガガンボ、トビケラの順に回復が見られることが多いようです。また、同じユスリカの中でも小さい種から大きい種の順に回復します。大型の昆虫では回復に1年以上かかることもあります。回復時間は一般に洪水より河川工事、大河川より中小河川のほうが遅いといわれていますが、上流からの水生昆虫の供給や支川やワンド・タマリの有無などによっても異なります。

## 千曲川中流部の水生昆虫

### 水生昆虫の現存量とハビタット

- 千曲川研究グループの研究によって以下のことがわかりました。
- 水生昆虫の個体数密度は、水辺から5m付近の水位変動を受けやすい場所では低い。
- 早瀬の瀬頭から瀬尻までの、水生昆虫個体数密度の縦断分布を見ると、瀬頭が他の場所の4～5倍密度が高い。
- 幼虫が羽化して成虫となる数は、春はカゲロウ目が多く、夏～秋にはトビケラ目のウルマーシマトビケラ、コガタシマトビケラが多い。また、年間を通してハエ目のユスリカ類やガガンボ類も多い。
- 底質の礫の状態と水生昆虫の生息密度の関係を見ると、空隙の多くできる「へこみ石」で相対的に密度が高く、「載り石」、「はまり石」では密度が低い傾向が認められた。

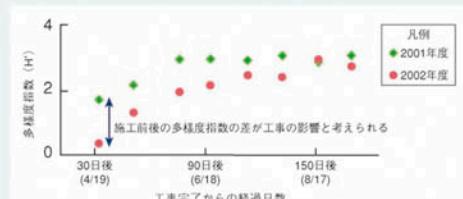


はまり石：石の下の部分が底質に埋没して、上だけが水中に出ている  
載り石：砂礫や泥の上に石が載っている  
へこみ石：石の下面にへこみがある  
浮き石：大きな砾や石が積み重なり、その間に間隙を形成している

底質の礫の状態の分類

### 河川護岸工事がユスリカ成虫の発生に与える影響と回復度

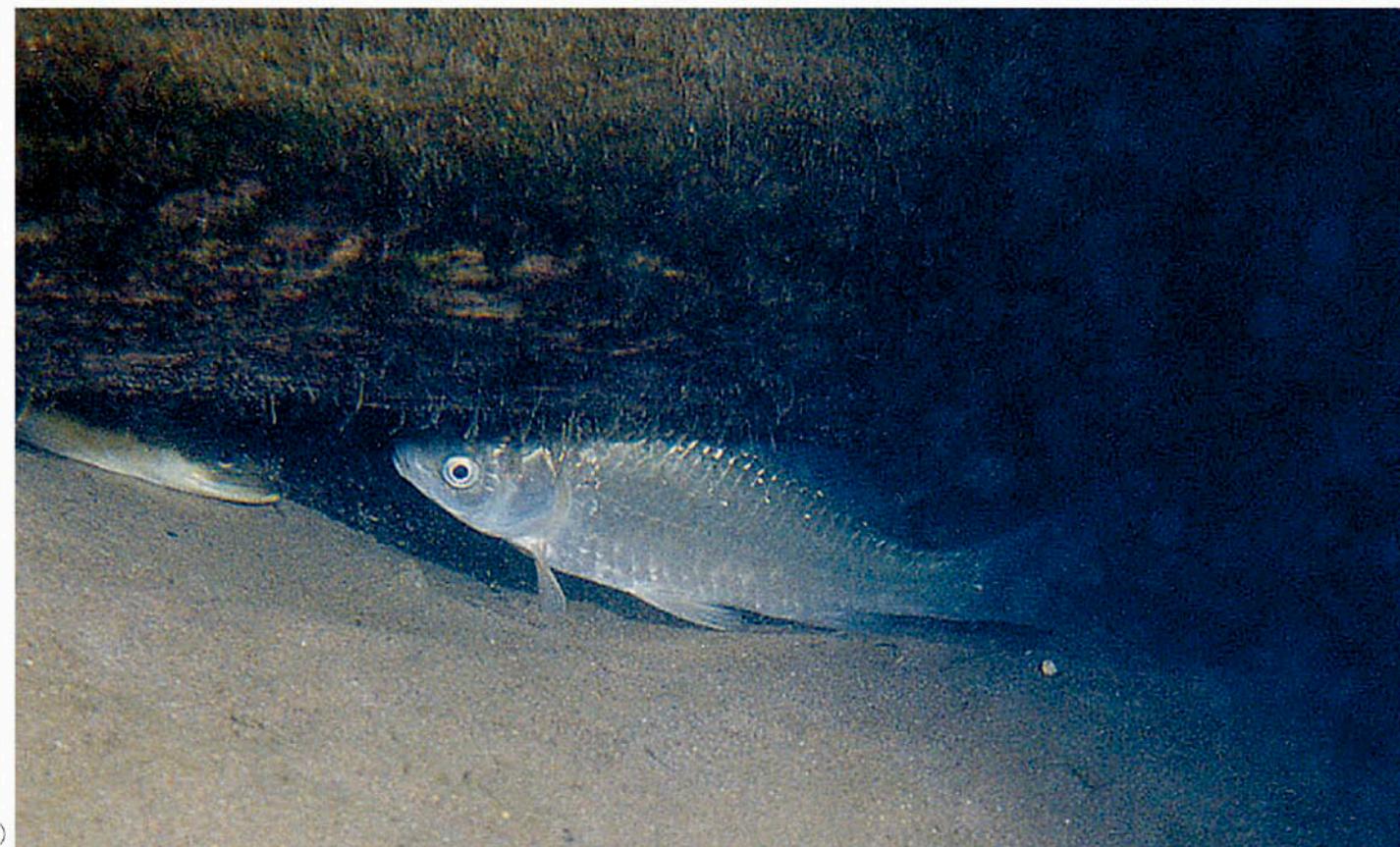
下の図は、2001年度(施工前)と2002年度(施工後)の、4月～8月の同時期の調査結果を比較したもので、これをみると、工事後は一時的にユスリカ類の種数が減少し、特定の種だけが突出して増加する傾向がみられます。しかし、時間の経過とともに、多様なユスリカ類が生息できる環境が回復すると考えられます。



ユスリカ成虫の多様度指数 ( $H'$ ) の経時的变化

※多様度指数 ( $H'$ )：種数一個体数関係からみた群集構造の複雑さを示す指標。

# 魚類



木工沈床内に潜むウナギ（左）とゲンゴロウブナ（右）（千曲川鼠橋地区）

## ◆中流部の魚類

川の上流部は急流で水温が低く、冷水性のイワナ、ヤマメ、カジカなど、中流部はオイカワ、ウグイ・アユなど、下流部は流れが緩やかで水温もやや高く、モツゴ、ナマズ、ドンコなどが多くなっています。

中流部の瀬には石が多く、その表面には付着藻類がよく繁茂しています。その付着藻類を、カゲロウやトビケラの幼虫などの水生昆虫や、アユ、ウグイ、オイカワなどが食べます。さらに水生昆虫は雑食性の魚類であるオイカワやウグイ、食虫性のカワムツ、ムギツク、アカザなどに食べられたりします。しかし、アユが稚魚期にはプランクトン、幼魚期には水生昆虫、成魚期には付着藻類を食べるというように発育段階により、あるいは生息場所により食性を変える場合もあり、魚類の食性は必ずしも固定的なものではありません。

## ◆ワンド・タマリ

本川の淵は付着藻類が少なく、水生昆虫などの

底生動物も少ないですが、魚類にとっては重要な生息場所です。また、ワンド・タマリという静水域は、洪水時の避難場などとして有効です。

ワンド・タマリは河川に一般的に見られる地形で、州の発達などによってできた湾入部や、本川と隔離された小池です。主に、河床勾配が急に緩くなった場所では洪水によって水路が網目状に流れた後に取り残されてできたり、川が湾曲した場所に砂州が発達してできたものなどがあります。また、人工物である水制の水衝部にもできることができます。しかし、こうしてできたワンド・タマリは、川によって違いはありますが10年～20年で、大規模な洪水などによってその姿を消すことが多いようです。

## ◆本川とワンド・タマリの違い

本川とワンド・タマリの環境を比較すると、本川は流れが速く、河床が砂礫で、瀬や淵があり、水深の変化が大きくなっています。これに対して、ワンド・タマリは流れが遅く（もしくはなく）、水

深は安定し、河床は砂質や泥質になっています。

また、ワンド・タマリは静水域であることから、プランクトンや水草も多く、魚類の産卵や稚魚の成長に適し、本川には少ない魚種を見ることも少なくありません。本川と隔離されたワンド・タマリに生息する魚類は、春の雪解けなどによる小規模な出水によって本川から入り、夏や秋の出水によって流出します。しかし、冬も本川には少ないドジョウが土中に生息するなど、特殊な種のすみ場になることもあります。

## ◆ワンド・タマリをつくるとしたら

ワンド・タマリは河川において多様性を担う空間として重要です。また、人為的に創出することも可能な空間であることから、多自然型川づくりのメニューとなることもあります。しかし、設置にあたっては川の持つ変動特性やワンド・タマリ発生の経過をふまえ、河床勾配や蛇行の状況を考慮し、必然的な場所を選定することが重要です。さらに、10年～20年で消失しやすいという自然のサイクルを理解しておく必要があります。

## 千曲川中流部のワンド・タマリ



千曲川鼠橋付近のタマリ



スクuba潜水法での魚類の調査



鼠橋地区のタマリの木工沈床付近のキンブナ

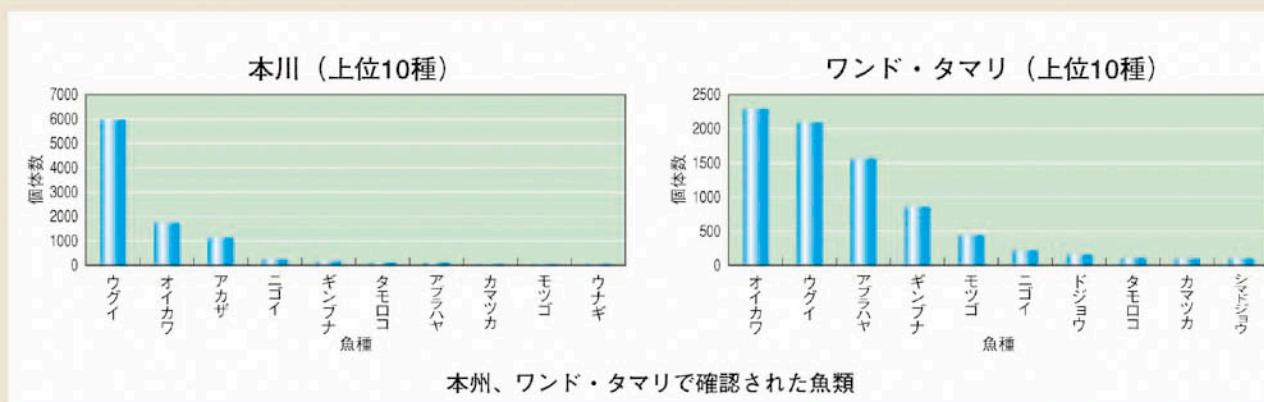


木工沈床内に潜むコイ（鼠橋地区）

## 鼠橋地区の魚類の生息状況

鼠橋地区で生息が確認された魚類は29種でした。このうち、本川では21種が、ワンド・タマリでは25種が確認されています。

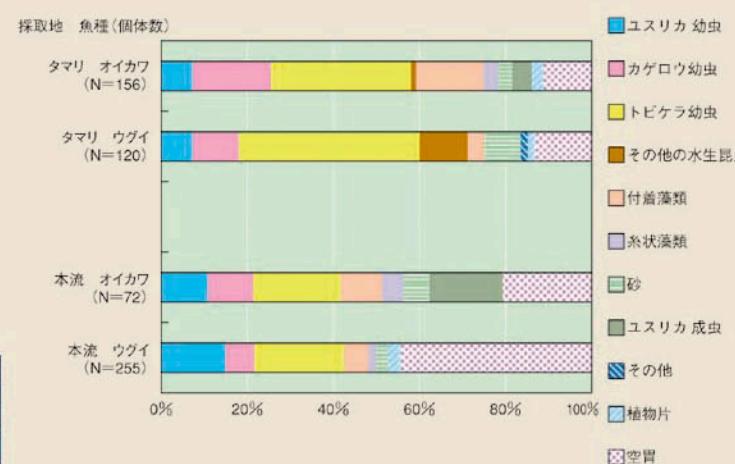
本川ではウゲイ、オイカワ、アカザの3種が優占し、この3種だけで本川で採捕された魚類の個体数の92%を占めています。特にウゲイの優占が著しく、約62%を占めています。また、近年千曲川で減少が報じられているアカザも多く採捕されているのが特徴的です。



本川に優占するアカザ(ギギ科アカザ種)

宮城県・秋田県以南の本州・四国・九州に広く分布する。水の比較的きれいな川の上流から中流の瀬の石の下や間にすむ。

ウゲイとギンブナ(鼠橋地区のタマリ)



ウゲイとオイカワの生息地別の食性

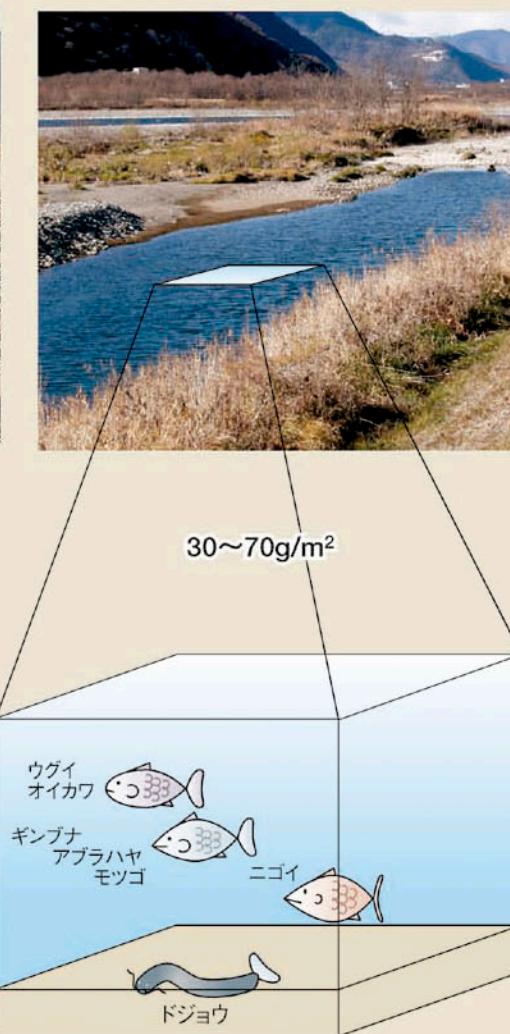
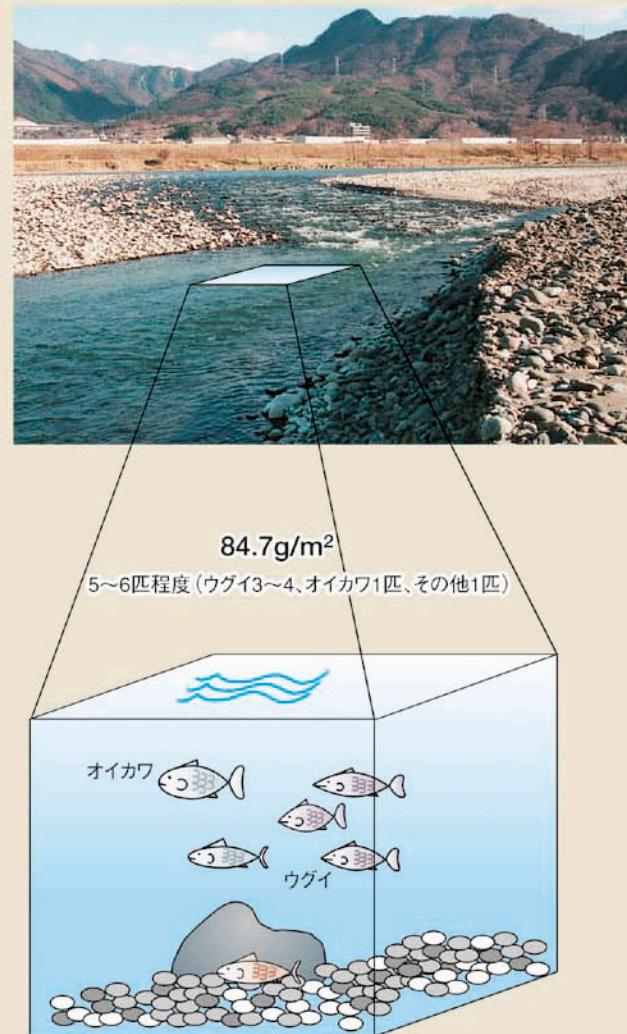
本川とタマリでは食べるものは異なるのだろうか。本川とタマリでウゲイとオイカワの食性を調査したところ、どちらでもトビケラ類を多く捕食していた。

## 魚類現存量の推定

千曲川鼠橋下流において1999年10月から2000年3月まで実施された、災害復旧のための護岸工事の際に、瀬回し工事によって瀬・淵にいた魚類が本川流路跡にできた湛水部に閉じ込められたという想定のもとに、本川における魚類現存量を推定する調査を行いました。調査方法は、湛水部から避難させる魚類降下用水路と湛水部で、それぞれ避難した魚と取り残された魚を捕獲し、捕獲数から推定式等を用いて現存量を推定しました。

この結果、本川の現存量は、湿重量で1m<sup>2</sup>当たり84.7g、魚種に換算するとウゲイ3~4匹、オイカワ1匹、その他1匹の計5~6匹程度が生息しているものと推定されました。この際、降下用水路を通って避難した魚類は、明け方と夕方によく動くことが確認されました。

ワンド・タマリについては直接採捕による調査から1m<sup>2</sup>当たり30~70gの魚類が生息していることが推定されました。



# 鳥類



給餌するモズ

夜が明け、カモなどは昼間休息して、夜に近くの水田などでせっせと餌をとって渡りの準備をしています。

鳥の寿命は比較的短く、小型の鳥で1~2年、猛禽類で4~5年の寿命といわれています。しかし、天敵による捕食や餓死による死が多く、毎年同じ数を維持するためには、1つがいにつき、一生の間に2羽の成鳥まで生き残る雛を育てることが必要です。それに必要な繁殖環境や採餌環境が損なわれると生息数は減少していくことになります。

## ◆川を利用する鳥

河川に生息する鳥というとカモやサギなどの水鳥がまず思い浮かびますが、陸鳥の中にも河川などの水辺環境を利用するものも少なくありません。たとえば、オオヨシキリ・チュウヒなどは河川のヨシ原に、ヒバリ・セッカは河川敷の草地に、ホオジロ・モズは河川敷の低木に生息します。また、オオタカ・ハヤブサなどの猛禽類は水辺でカモなどの鳥を採餌しています。

## ◆川に依存する鳥

河川でなければ生息できない鳥は少ないですが、河川に依存して生活している鳥は多くいます。では、それらの鳥はどのような暮らしをしているのでしょうか。水中にダイビングして魚をとるコアジサシの繁殖場は川の白州の砂礫地で、春から夏にかけて雛を育てます。夏鳥のコアジサシは越冬のために秋には南方に向かいますが、春になると



- ① ササゴイ
- ② コサギ
- ③ ダイサギ
- ④ アオサギ
- ⑤ アオシギ
- ⑥ イソシギ
- ⑦ クサシギ
- ⑧ アオアシサシ・ツルシギ
- ⑨ イカルチドリ
- ⑩ タゲリ・ケリ
- ⑪ コチドリ

コアジサシ（右）と  
その卵（上）

## 千曲川中流部の鳥類

### 水生昆虫と鳥類

千曲川研究グループの調査では、イワツバメ、ハシボソガラス、ササゴイ、アオサギという鼠橋付近で繁殖していた4種の鳥類について、繁殖中の巣にいる雛が親から給餌された餌を頸輪法によって採集しました。

この結果、イワツバメは水生昆虫が餌の多くの割合を占めており、これに対してハシボソガラス、ササゴイ、アオサギは魚が主な餌となっていました。



採餌の調査のため「頸輪法」による調査を行う。  
針金は調査後にはずす。

イワツバメから  
採集された餌ハシボソガラスから  
採集された餌ササゴイから採  
集された餌アオサギから採  
集された餌

## 2. 洪水の搅乱による 河川生態系への影響

河川の自然生態系は、洪水による搅乱を受けて成立しています。洪水による搅乱は、河川の生態系にどのような影響をもたらしているのでしょうか。1996年から千曲川の鼠橋地区を研究フィールドとして、その検証が行われ、1998年、1999年に発生した洪水後に見られた現象を各項目ごとに整理しました。さらに、それらから明らかになった植生変化のメカニズムをまとめました。

# 洪水の発生

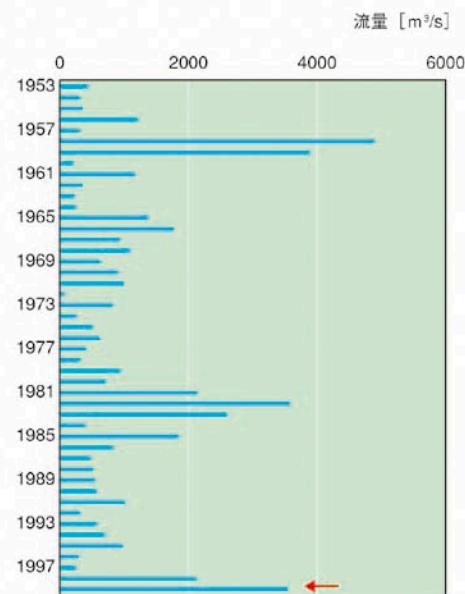
## 千曲川鼠橋地区における洪水前後の変化

1999年8月13日～15日、17年ぶりに鼠橋上流地区の中州全面が冠水する大規模洪水が発生しました。1999年8月と同年11月の航空写真を比較すると、地

形が大きく変化するとともに、ハリエンジュを中心とした樹林が広範囲に流失したことがわかります。



鼠橋上流（97.5km）地点の洪水時の水位  
1999年（平成11年）8月の洪水では、千曲川97.5km付近の中州の全面が冠水した。



千曲川生田水位観測所年最大流量  
1999年の洪水は、1982年以来、17年ぶりの大規模洪水となった。



▶ 洪水前の鼠橋上流地点  
水際にはツルヨシ群落が、陸側にはハリエンジュ林が広がる。



◀ 洪水から半年後の鼠橋上流地点  
樹林に回復の兆しがみられる。草地は裸地を覆う程回復している。

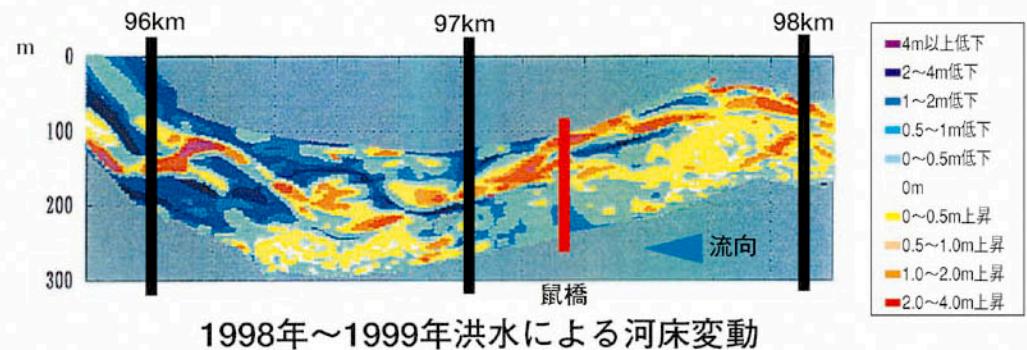
## 洪水後の変化

### 地形の変化

#### 低水路の河床変動

過去の砂利採取や洪水によって複断面化していく河道の高水敷では、洪水時の掃流力が減少して礫が移動しにくくなり、低水路際の側方侵食でしか大規模な河床変動が生じていません。側方侵食幅

は最大で20m程度とそれほど大きなものではありませんでした。一方、低水路では大規模な流路変動が生じ、平均河床高がほとんど変わらなかったにもかかわらず、局所的には4mも河床変動した箇所がありました。



### 土砂の堆積

中水敷や高水敷化した中州では平均で15cm、最大で50cm程度の土砂堆積が見られました。土砂堆積厚は高水敷上の冠水深が大きいほど粗砂～中砂

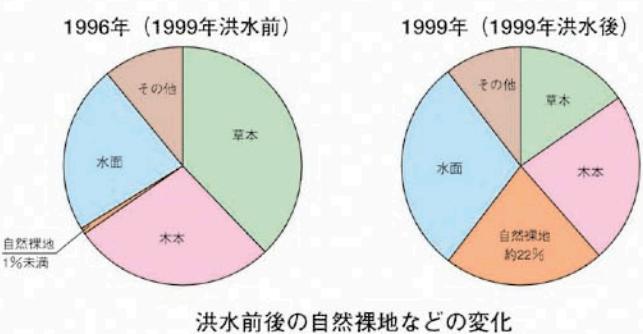
が厚く堆積し、冠水深が小さい（冠水時間が短い）ほど細砂が薄く堆積する傾向があります。

### 裸地の拡大

1981～1985年の洪水以来、樹林化に伴って失われてきた礫面の自然裸地が約14年ぶりに広範囲に形成されました。低水路の砂礫州が大きく移動、変動しており、それに伴って自然裸地が形成されました。さらに、洪水前にもみられた砂礫州面のうち侵食を受けた範囲にも自然裸地がみられます。また、中州および高水敷の河岸侵食によっても低水路が拡幅しました。

この結果、総面積149haに対して洪水前（1996）には1%にも満たなかった自然裸地が、1999年の洪

水直後には約22%（33ha）に増加しました。反面、水面の増加分である約6%を加えた約28%（42ha）で植物群落の流失が生じました。



### 化学環境の変化

#### 増水時には窒素、リン濃度が著しく上昇する

1年の1/4にあたる増水期間（7月から10月）に窒素は全流下量の67.1%、リンは75.2%が流下しています。増水時の窒素、リンの濃度上昇は著しく、

河川生態系に関連する物質収支ではその変化を考慮する必要があります。

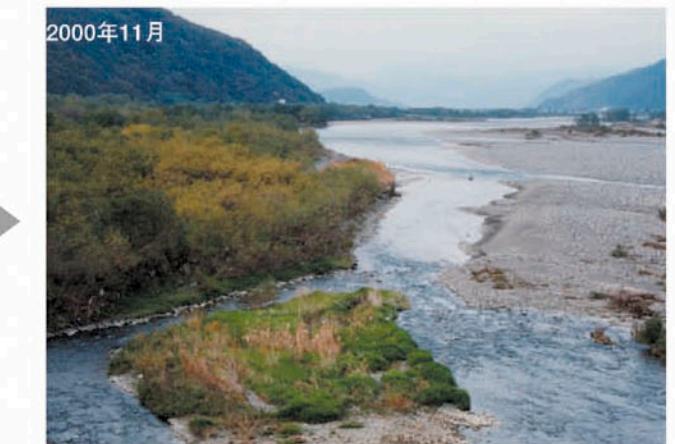
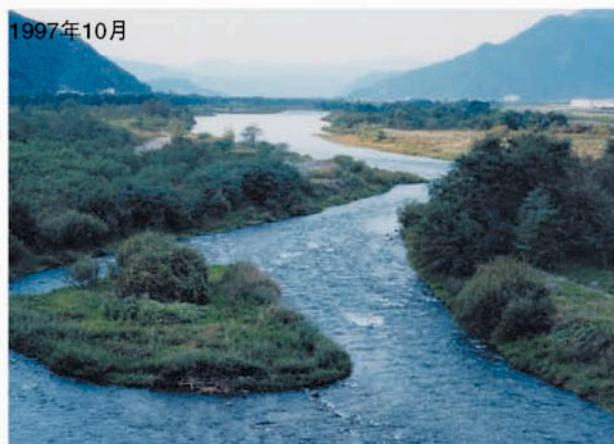
#### 土砂堆積に伴う窒素、リンの蓄積

中州上に約8,550m<sup>3</sup>の細粒土が堆積したのに伴い、有機態リンが124kg、窒素が1,928kg供給され、約830m<sup>3</sup>の細粒土が流失したのに伴い、有機態リンが6.7kg、窒素が107kg流失したと推定されます。したがって、収支ではリン、窒素ともに蓄積されたこ

とになり、それぞれ117kg、1,821kg増加しました。また、流失した植物が含有する窒素量は中州全体で約600kgと推定され、このうちの85%は木本植物（ほとんどがハリエンジュ）によるものでした。

栄養塩類の堆積状況

	有機態リン	窒 素
細粒土堆積（8,550m <sup>3</sup> ）に伴う	124kg	1,928kg
細粒土流失（830m <sup>3</sup> ）に伴う	△6.7kg	△107kg
差し引き	117kg	1,821kg



洪水により裸地が拡大した。

## 植生の変化

### 樹林の洪水位への影響

洪水時の水位痕跡や数値解析からみると、鼠橋地区程度の樹林化は洪水位の上昇にそれほど影響を与えていません。しかし、縦断的にみた場合、流速分布には影響を及ぼしています。

### 樹林の倒伏、流失

河岸沿いでは河岸侵食に伴って土壤とともに樹木が流失した場所が多くみられました。これは、樹木群上流側や河岸沿いでは流木、枝、草、ゴミが樹木に絡まってみかけ上の流体力が増加するためであり、その結果、幹直径15cm以上の樹木でも



倒伏した樹木

倒伏することが多くなります。倒伏したところが河床低下すると、根が洗い出されて流失します。幹直径5cm以下ではゴミの堆積がなくても流失しやすいのです。洪水では、洪水前の草本の約6割、木本の約2割が倒伏、流失しました。

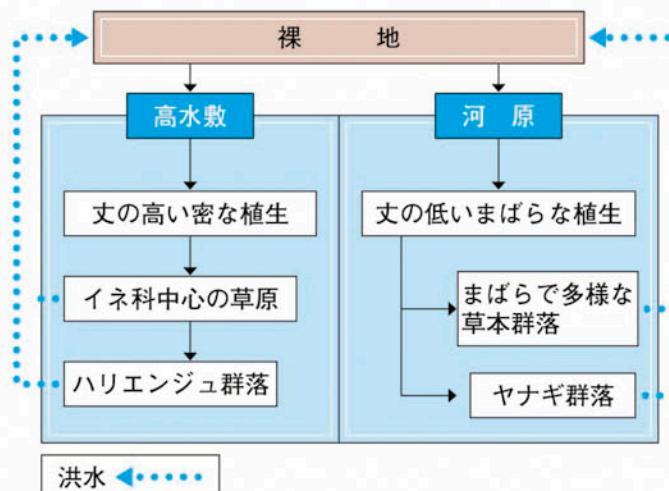
### 土砂、および栄養塩類の堆積に伴う植生変化

洪水に伴う土砂および栄養塩類の堆積によって、まばらに生える草本群落（オオアレチノギクなど）が生育する程度しか地表面に栄養塩類が存在しな

### 高水敷と河原の植生回復の違い

洪水後の植生の回復は河原と高水敷では異なるシナリオで行われます。

- ・河原は丈の低いまばらな植生が分布し、その後ヤナギ群落が発達します。
- ・高水敷は丈が高く、密な植生からツルヨシなどのイネ科中心の草原に変わり、ハリエンジュ林が発達します。洪水により堆積した土砂がツルヨシの繁茂を促し、やがて表層土砂が厚くなると樹林化が進みますが、再び洪水により破壊され、元の状態に戻ります。



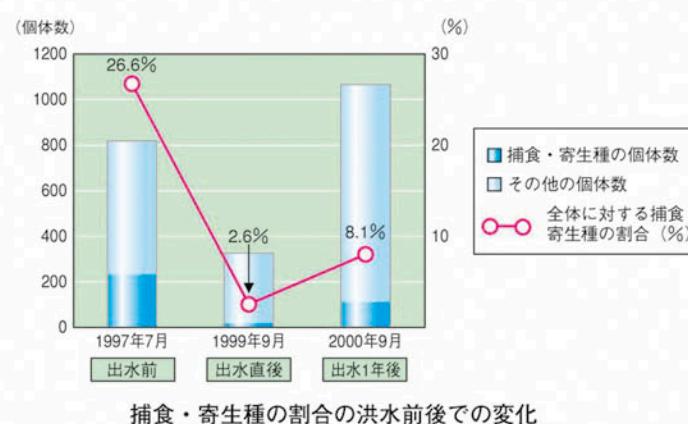
河原植物と洪水との関係

かると考えられます。また、捕食種の中には、回復が早いものもあります。たとえば洪水直後には、クロコウスバカゲロウの幼虫であるアリジゴクの巣穴が多く確認できました。これは洪水により広い面積の砂地が発生したことによると考えられます。

## 陸上昆虫の変化

### 捕食種、寄生種の激減

洪水によって昆虫の種類は減少しましたが、目数でみると1年後には回復しています。しかし、個体数で見ると捕食種、寄生種は洪水後1/10に減少し、1年後でも1/3しか回復しておらず、生態系として完全に安定するには昆虫群集でもかなりの時間がかかると考えられます。



アリジゴクの巣穴

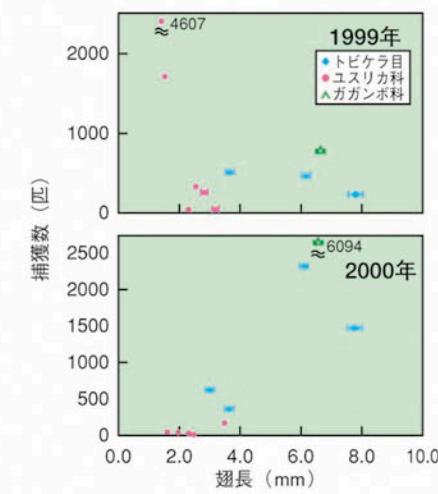
## 水生昆虫の変化

### 洪水直前にガガンボ科、トビケラ目が羽化

洪水直後、ガガンボ科、トビケラ目、ユスリカ科成虫が多量に捕獲されました。ガガンボ科、トビケラ目については洪水前の捕獲数と比較してかなり多くなっています。これは、洪水という危機にさらされた昆虫が一斉に羽化したことによる可能性が考えられます。

### 洪水後の回復

洪水後、最初に回復するユスリカ類は、同じユスリカでも小さい種から大きい種の順に回復する傾向がみられました。



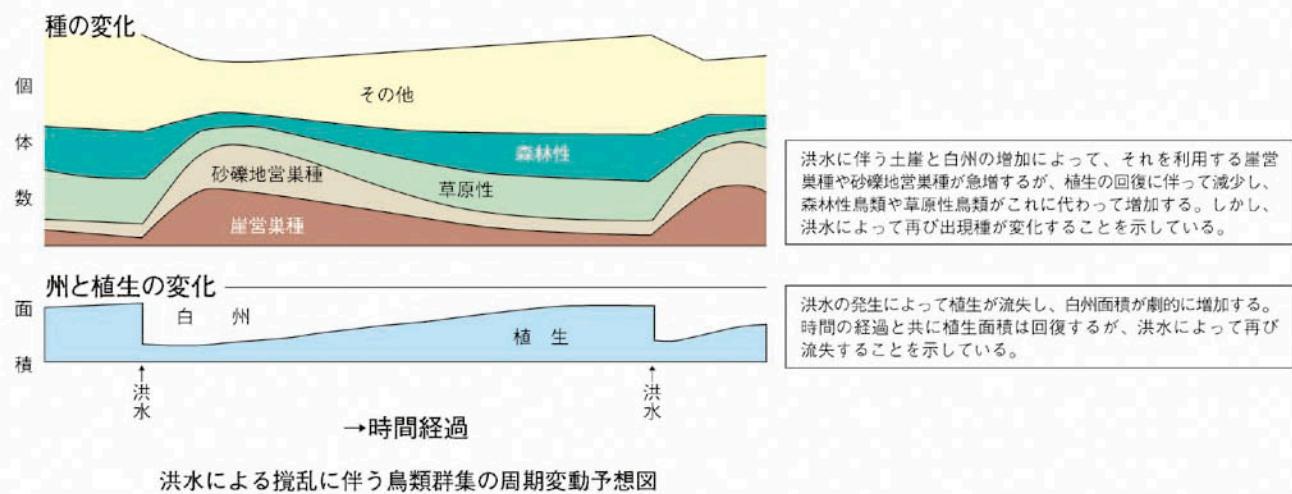
グラフの縦軸は捕獲数を、横軸は翼長を示す。洪水のあった1999年には翼長の短い小型個体が多いが、時間が経過した2000年では、逆に翼長の長い大型個体が優占するようになった。

## 鳥類の変化

### 洪水搅乱にともなう繁殖サイクルがある

洪水搅乱によって植生が流失し、州や崖が増加すると、その州や崖を利用する鳥類の増加が見られます。そして、再び植生が繁茂し、樹林化していくのに合わせて、今度は草原性・森林性鳥類が

増加します。洪水による搅乱によって、このサイクルが繰り返され、鳥類群集の多様性が維持されています。



### 種によって繁殖密度に変化が見られた

#### ◆洪水後に密度が増加した種

カワセミ・ヤマセミ（崖巣巣）、コチドリ・イカルチドリ・イソシギ（砂礫地巣巣）

#### ◆洪水後に密度が減少した種

オオヨシキリ（草原性）、モズ・キジバト・ササゴ



洪水後に密度が減少した種、オオヨシキリとその巣

洪水後に密度が増加した種、カワセミ（上）とその巣（右）



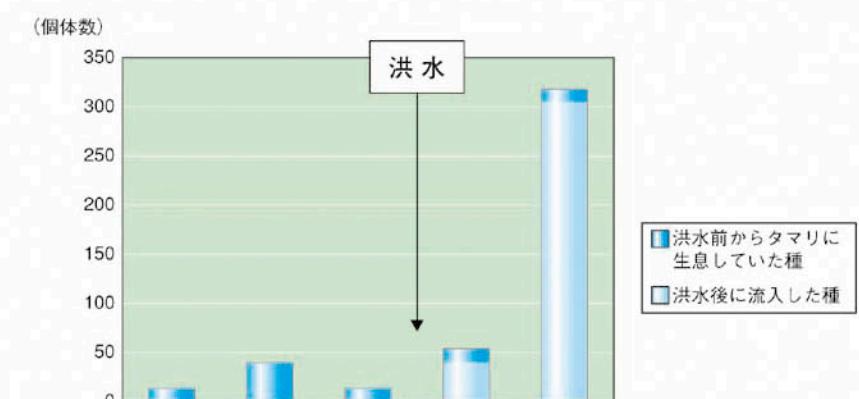
## 魚類の変化

### ワンド・タマリでは本川から避難してきた種が多数確認された

洪水前にワンド・タマリで確認されなかった魚種が洪水後に多く確認されました。これは洪水によって本川から避難して流入したものと考えられます。

冠水頻度が低いワンド・タマリでは独自の魚類群集を形成していますが、洪水による冠水によって本川と類似した群集に変化しました。冠水頻度が高いワンド・タマリではもともと本川と類似した群集を形成しており、洪水での変化はあまり見られませんでした。

たとえば、アブラハヤ、ドジョウ、シマドジョウなどが優占していたワンド・タマリで、洪水後、ナマズ、ギンブナ、モツゴ、オイカワ、ウグイなどの移動（避難）が確認されました。それぞれのワンド・タマリによって洪水前と、洪水後の優占種はやや異なりますが、いずれのワンド・タマリでも洪水前に確認されなかった種が確認されています。また、洪水時に移動したギンブナなどがワンド・タマリで産卵することもあります。



鼠橋地区のタマリにおける各調査日の確認魚数の変化

鼠橋地区タマリで泳ぐ大型のコイ



鼠橋地区タマリに群れるウグイ



## 植生変化のメカニズム

### ◆樹林が広がる鼠橋地区は礫河原であった

鼠橋地区で河川生態系の基盤を形成する河床や植生は、洪水搅乱によってどのような変化をたどってきたのでしょうか。また、現在見られる河川敷での樹林化はどのようにして起こったのでしょうか。河道の変遷や、1998、1999年の洪水前後の



河道掘削が行われるようになる以前は多くの場所で礫河原が広がっていた



ハリエンジュ林が広がる現在の河川敷（上、左）

研究から、①河床低下に伴う複断面化、②洪水の発生、③比高（高水敷高 - 低水位）の変化、④細粒土の堆積、⑤栄養塩類（窒素、リン）の蓄積という5つの要因が相互に作用したメカニズムが考えられます。

### ●樹林化の要因

#### ①河床低下に伴う複断面化

かつての鼠橋地区は、流路の変動が激しく、砂州上であっても絶えず洪水のインパクトを受けて、植生は流失することが多い環境でした。しかし、1980年頃までの25万m<sup>3</sup>におよぶ河道掘削に伴い、河床が低下し、河道が複断面となりました。その後の洪水に伴う河床変動によって、低水路内でも比高差が生じ、さらに低い低水路と高い砂州（中水敷）が形成されました。低水路との比高差が大きくなった高水敷では、洪水時の掃流力が減少して礫が移動しにくくなりました。

この結果、河道内はダイナミックな河床変動が生じる低水路、平均年最大流量程度で冠水し、大洪水時には河床変動が生じる中水敷、大洪水時にも河床変動が非常に小さい高水敷という土砂動態が全く異なる環境に分割されました。

#### ②洪水の発生

過去20年間でみると、大きく樹林形態が変化したのは1982年8、9月の洪水（3,600m<sup>3</sup>/s）の前後であり、1999年8月洪水（3,600m<sup>3</sup>/s）後も大きな変化が生じることが予想されます。これは、3,000m<sup>3</sup>/s以上の洪水時にのみ比高の高い高水敷部分も冠水



し、部分的な植生の流失とともに土砂堆積が生じるためです。

3,000m<sup>3</sup>/s未満の洪水では、中水敷もしくは低水路内の

砂州上にのみ表層土層が形成され、中水敷や低水路内の樹林繁茂を促すという傾向がうかがえます。

#### ③比高の変化

比高が高くなった高水敷では、洪水による植生流失の外力および頻度が減少するとともに、いつ

たん堆積した土砂は掃流されにくくなり、また植生による流速低減に伴う土砂堆積が進むため、表層に細粒土層が形成されます。これは大洪水が発生しても流失せず、樹林化の進行を促進させる要因となります。

#### ④細粒土の堆積

洪水に伴って、高水敷に細粒土が堆積することが樹林化の一つの条件となります。細粒土の役割の一つは、土粒子の間隙に水分が保持されることです。土砂堆積厚と比高より、繁茂した植生の種類を分類すれば、以下の3タイプとなります。

- ・タイプI：土砂堆積なし、比高によらない  
→カワラヨモギ
- ・タイプII：土砂堆積なしで比高が30cm以下、土砂堆積10cm以上で比高が50～100cm以上  
→ツルヨシ、ネコヤナギ、ヨモギ
- ・タイプIII：土砂堆積数cm以上で比高が50cm以上、土砂堆積10cm前後で比高が150cm以上  
→ヨシ、オギ、ハリエンジュ、カワヤナギ、オニグルミ

#### ⑤栄養塩類（窒素、リン）の蓄積

樹林化プロセスにおける細粒土のもうひとつの役割は、細粒土層に栄養塩類が含まれることです。洪水による土砂の堆積によって豊富な栄養塩類が供給され、まばらに生える草本群落が生育する程度しか地表面に栄養塩類が存在しなかった地点に、密生する植物や樹木が生育するようになります。



河原に生育するカワラヨモギ

## 2. 洪水の搅乱による河川生態系への影響

植生変化のメカニズムに沿って、河床および植生の変遷を追ってみると、以下の様になります。

### ① ~1959年:

川幅いっぱいを流路が移動し、植生はなく、ほとんど裸地（礫河原）です。これが鼠橋地区本来の姿であると考えられます。

### ②1960～1980年:

砂利採取による大規模な河道掘削（25万m<sup>3</sup>）に伴って、高水敷と低水路に比高差が生じます。河道にはこれまでよりも低い低水路と高い礫州、比高がより高い高水敷が形成されました。草が一面を覆いますが、樹木はまだ若干しかみられません。

### ③1981～1985年:

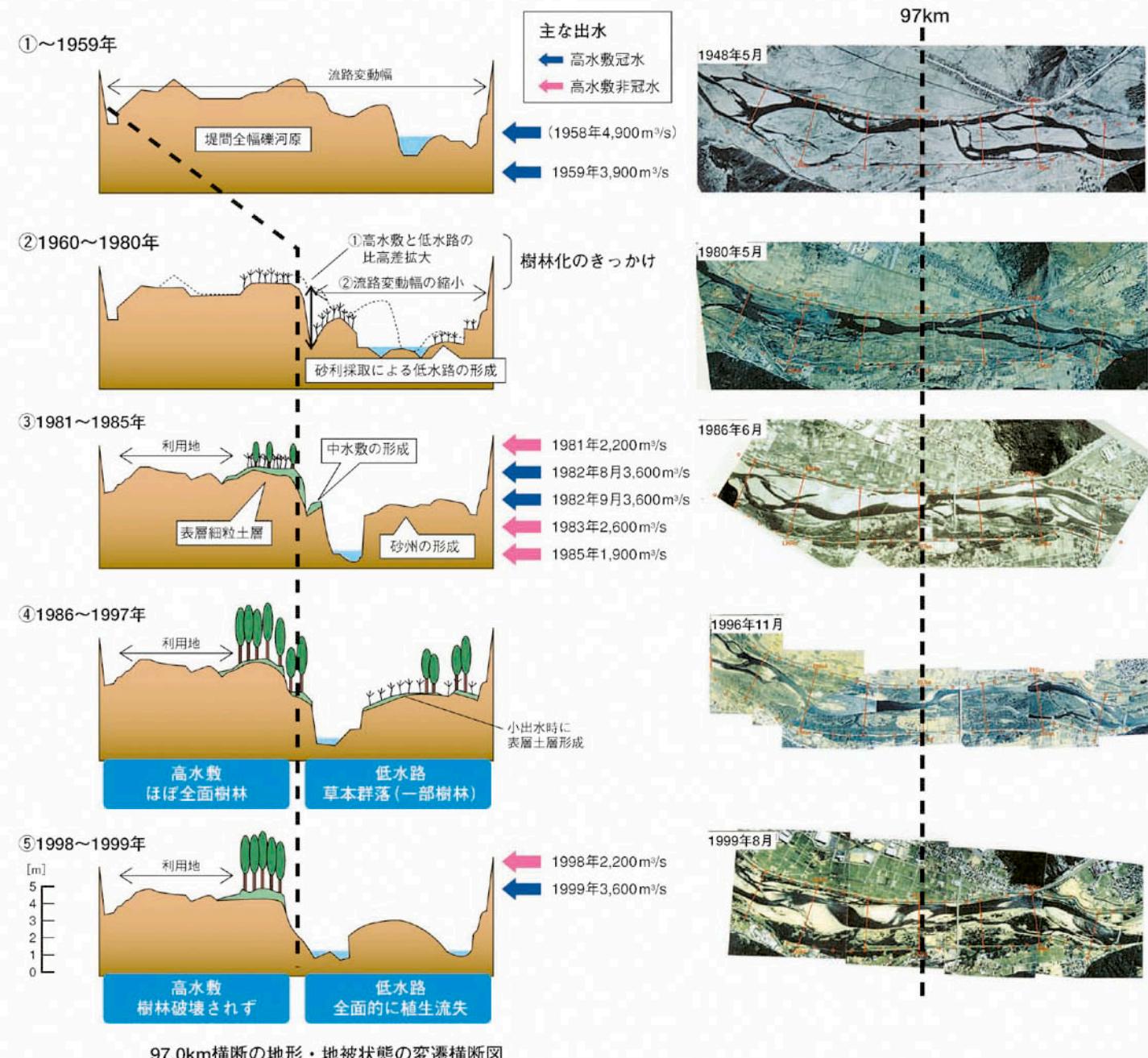
中水敷・砂州の形成、また、高水敷上に栄養塩類を含んだ厚い表層細粒土層が形成されます。その後、ハリエンジュが侵入し、ハリエンジュ群落に遷移しました。

### ④1986～1997年:

高水敷はほぼ全面的に樹林化しました。低水路は小規模な洪水により栄養塩類を含んだ表層細粒土層が形成され、砂礫地にも草本群落がみられるようになりました。また、中水敷（中州）の一部でも樹林化がみられます。

### ⑤1998～1999年:

一連の洪水により、植生が広範囲に流失しました。低水路ではほぼ全面で流失しましたが、高水敷での流失範囲は小さくなっています。



### ♦樹林化の影響

鼠橋地区の植生変化は河道掘削という人為的要因が植生を激変させる原因でした。今後は、以上のようなメカニズムで樹林の倒伏・流失、再樹林化が繰り返されることが予想されます。樹林化は生態系の生息環境（鳥の巣、隠れ場、餌の供給）を創造したり、堤防、河岸沿いの樹林は洪水に対する保護に貢献します。樹林化はこうしたメリットを有する一方で、樹林抵抗（死水域、粗度）により洪水の疎通が悪くなったり、河川敷本来の植生環境を変化させてしまう場合もあります。

環境面に限ってみると、洪水搅乱に伴って搅乱に強い、または早期に占有する外来種などが河川敷本来の群落（特に草本群落）を駆逐し、その河川が本来有していた生態環境とは全く異なった環境を形成するおそれがあります。このことは植生

に限らず、植生に関連する生態系についてもあてはまります。すなわち、河道内の植生が豊かになったからといって、必ずしもその河川にふさわしい河川環境が形成されたとはいえないのです。

### 3. 川のすみ場の保全と再生

## 河川土木と生態学の“協働”

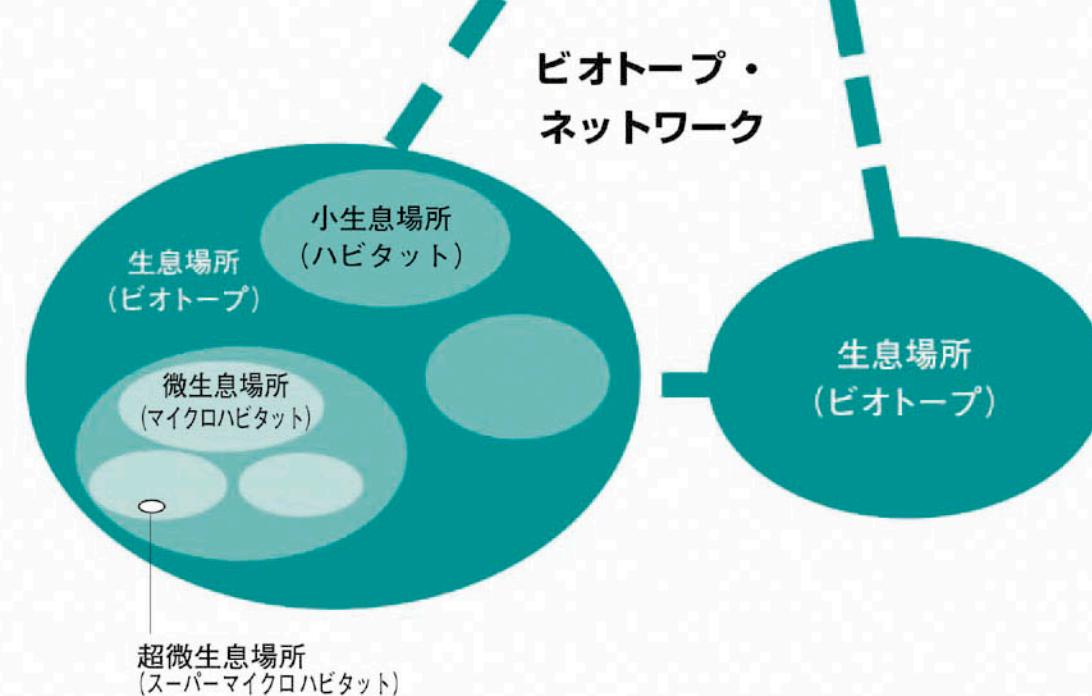
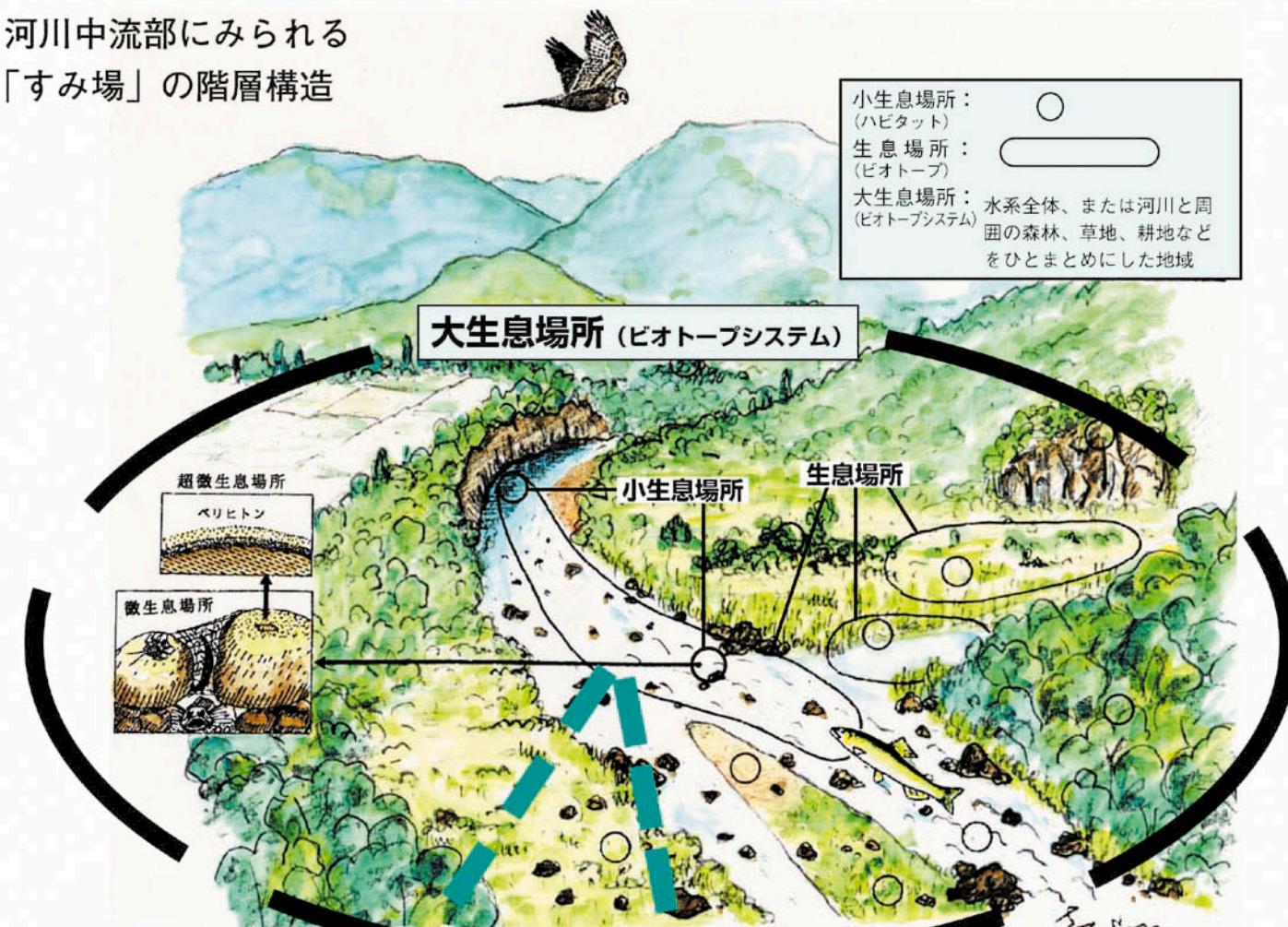
河川などの水辺は、陸域と水域が接する場所であり、自然の状態であれば、野生生物の生息・生育の環境条件が徐々に変化する推移帯をつくっています。そこには、湿生植物や水生植物、動物では魚類、両生類はもちろん、環形動物、軟体動物、甲殻類、水生・陸生の昆虫類、鳥類、哺乳類など、きわめて多様な野生生物のすみ場が存在し、生物の多様性の維持に重要な役割を果たしています。

また、こうした生物群集の構成種は、それぞれ生存のために欲求をもっていますが、群集の生存を支えている生息環境の全体は個々の構成種のすみ場の単純な寄せ集めではありません。体が小さく行動範囲の狭い生物のすみ場の規模は小さいですが、個体が大きく、寿命が長いか、食物連鎖の上位に位置し、広い行動範囲をもつ生物のすみ場は、当然その中にたくさんの下位の小さなすみ場を包含しながら、大きな面積を占めています。このようなすみ場の総合的な存在の仕組みを「すみ

場の階層構造」(右ページ参照)と呼びます。しかし、これも河川という洪水による搅乱を受ける条件下では、安定することはなく、時間的・空間的な変動を余儀なくされます。また、河川工事による影響を受けることもあります。

河川事業に携わる土木技術者としては、こうした時間的・空間的な変動を受けながら、すみ場の階層構造が成立しているという河川特有の生態系に関する基礎知識を身につけるとともに、各事業がどの変動段階にあるのか、また、どの階層のすみ場に影響を及ぼすなどを事前に検討する必要があります。このためには、千曲川の鼠橋地区で行ったような河川の生態的な研究成果を河川計画や河川管理に生かし、河川土木工学と生態学が双方に“協働”して検討、論議できるテーブルを用意しなければなりません。

河川中流部にみられる  
「すみ場」の階層構造



### 3. 川のすみ場の保全と再生

#### 千曲川鼠橋付近のハビタット(小生息場所)の例

千曲川の鼠橋付近には以下のようなハビタットがあり、それぞれに応じた生態的利用特性があります。

ハビタットの類型	ハビタットの特性	生態的利用特性
低草本群落	草丈数十cm以下の草本群落。	多種の昆虫類・ネズミ類 (L) イソシギ・ヒバリ (N) 草の実・昆虫などを餌とする小型鳥類 (F) ヘビ類 (L) チョウゲンボウ (F) 高水時の昆虫類の避難場所
高草本群落	草丈1m以上の草本群落。 主な種: オオブタクサ・オギ・ヨシ	オオヨシキリ (N) 昆虫などを餌とする小型鳥類 (F) ヘビ類 (L)
蔓植物群落	蔓植物の群落。他の植物群落を覆うことが多い。 主な種: クズ・アレチウリ・カナムグラ	クズ: すみ場としての効果不明 アレチウリ: すみ場としての効果不明、雄花はミツバチの蜜源
低木群落	高さ2~3m以下の木本群落。 主な種: ヤナギ類・ハリエンジュ・ノイバラ	モズ・ヒヨドリ・ホオジロ・イソシギ (N) 草の実・昆虫などを餌とする小型鳥類 (F) チョウゲンボウ (F) キジ (L) 高水時の昆虫類・爬虫類・ネズミ類の避難場所
亜高木群落	高さ4~5m程度の木本群落。 主な種: ヤナギ類・ハリエンジュ	ハリエンジュ: 花はミツバチの蜜源 カラス類・ゴイサギ・コサギ (N) キジ (L) 高水時の昆虫類・爬虫類・ネズミ類の避難場所
礫地	大小の礫だけで植生がほとんどない高水敷。	コチドリ・イカルチドリ・コアジサシ・セキレイ類 (N)

※利用特性の記号			
侵食崖 (砂層があるもの)	洪水の侵食によって高水敷の縁にできた垂直に近い崖。	カワセミ・ヤマセミ (N)	
水際草本群落	水際に生育するツルヨシ・クサヨシ・ヨシ・ミゾソバ・オオイヌタデなどの草本植物の群落。しばしば茎葉を水面や水中に漂わせたり、また水面上にオーバーハングさせて成長する。	カルガモ・バン・カツブリ (N・S) 多種の魚類 (S)	
浅い早瀬	水深10~20cm程度で流れが早い浅瀬。	カケロウ類・トビケラ類などの幼虫 (L) アユ (F) ウグイ・オイカワ (F・O) サギ類 (F)	
本流の流心部	水深が深く、流速大。	不明の点多い。水底にカジカ・アカザ・ウナギ (L)	
淵	水衝部 (M型) や堰堤の直下 (S型) に形成された深水部。	コイ・フナ類・ウナギ等 (L)	
水制間のワンド	水制と水制の間にできた深掘れ部。	コイ・フナ類・ウナギ等 (L)	
タマリ	高水敷(河原)にあって本流と表流水のつながりがほとんどない水たまり。	高水時に流入した魚類 (L) 湧水依存性魚類 (L) カツブリ・カルガモ (F・N) サギ類 (F) カワセミ・ヤマセミ (F) カエル類 (O)	

### 3. 川のすみ場の保全と再生

## 河川土木と生態学の“協働”

河川事業は、川や湖の一定の広がりをもった特定の場所で、事業の目的に応じて地形を変更し、何らかの人工の構造物を設け、場合によっては、流量、流速、水位、水深、あるいはそれらの時間的な変動に変化を与えることがあります。つまりその計画にかかる情報は、特定された場所と、その場所における面積、構造、機能、および質にかかるものです。

一方、野生生物の生息場所・環境であるすみ場にかかる情報もまた、特定の場所と、その場所における面積、構造、機能、質にかかる情報にほかなりません。

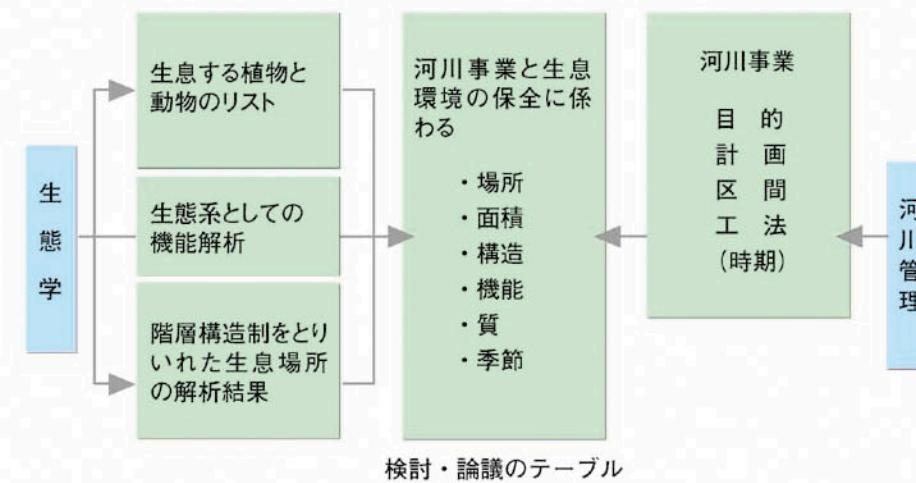
さらに、河川事業は水系計画などの広域計画から地先の施設計画まで、規模に応じた階層を有していますが、すみ場も同様にビオトープネットワークから微生息場所まで規模の大小に関わる階層構造を有しています。このため、各河川事業にお

いて生息環境の保全対策等を検討する場合は、すみ場の階層構造と照合して、当該事業に合った適切な情報を求めることが重要です。

このような、同じカテゴリーに属する情報を、土木工学と生態学の両分野から一つのテーブルの上に提出し、重ねあわせることによって、はじめてその事業と野生生物の生息環境保全の、合理的な両立点を探る論議ができることがあります。

すなわち、その事業を初期計画どおりにおこなった場合には、その場所に本来存在したすみ場の何が失われ、野生生物のいかなる種あるいは群集の生存にどの程度のダメージを与えるか、またダメージが予想される場合、それをどのような計画の見直し、あるいは設計や工法の見直しによって回避あるいは代償できるか、共通のテーブルの上で、具体的かつ合理的に論議できるのです。

#### ◆河川土木と生態学が協働するためのテーブルづくり



#### ●河川事業とすみ場の階層構造

##### 川のすみ場の階層構造

###### (1) 超微生息場所 (スーパーマイクロハビタット)

原生動物や小型の甲殻類などが生息する河床の石面や水中の植物体表面の生物膜(ペリヒトン)など。おもに顕微鏡的な生物の生息場所である。

###### (2) 微生息場所 (マイクロハビタット)

水中では河床の石礫の表面、間、植物体の表面など、陸上では河原の石礫の間、岩棚の凹みなど。水生昆虫、貝類などのすみ場や、鳥類の営巣場所となる。

###### (3) 小生息場所 (ハビタット)

早瀬、平瀬、渓、入江、河原、草本群落、高木の樹冠など。多くの生物の移動路、えさ場、かくれ場、あるいは生活史の一時期、または一生のすみ場となる。

###### (4) 生息場所 (ビオトープ)

河川中流域の瀬・淵を含む一定の区間、多様な植生をもつ川原、河畔林など。多様な小生息場所を内包し、多くの生物の一生、あるいは一時期のすみ場となる。特徴ある景観を構成する。

###### (5) 大生息場所 (ビオトープシステム)

河川の水系全体、あるいは河川と周囲の森林、耕地を含む地域などは、多くの生物にとって一生のすみ場となる。また、行動範囲が広い回遊魚類、猛禽類、大型肉食動物のすみ場となる、大生息場所(ビオトープシステム)である。

###### (6) ビオトープ・ネットワーク

渡り鳥や回遊魚類などにとって、生活史の諸段階で利用する個別の生息場所とそれを連絡する安全なルート。行動範囲の小さい生物にとっても、生息場所が連関して存在することは、種の維持のために重要である。

##### 河川事業の階層

###### 水質の改善

###### 局所的な河川工事 堰、落差工、護岸工

###### 河道掘削 築堤計画

###### 河川整備計画 河川環境管理 基本計画

注: それぞれの階層を表す用語は、ここでは一般的な意味ではなく、その階層に限定した意味をもたせている。またこのようなすみ場の階層とその呼び方は、「すみ場保全の実際のために」桜井(1995)が便宜的に区分したものであって、今のところ生態学で広く認められているものでないことを付記しておく。

#### 【監修】

沖野外輝夫 早稲田大学人間科学部特任教授 信州大学名誉教授  
 桜井 善雄 応用生態学研究所所長 信州大学名誉教授  
 戸田 任重 信州大学理学部物質循環学科教授  
 中村 浩志 信州大学教育学部生態学研究室教授  
 中本 信忠 信州大学繊維学部応用生物科学科応用生態学講座教授  
 長田 健 国立長野工業高等専門学校非常勤講師  
 平林 公男 信州大学繊維学部応用生物科学科応用生態学講座助教授  
 藤山 静雄 信州大学理学部生物化学教室教授  
 吉田 利男 信州大学農学部旭合同研究棟教授  
 末次 忠司 國土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部河川研究室長  
 服部 敦 國土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部河川研究室主任研究官  
 天野 邦彦 独立行政法人土木研究所水循環研究グループ上席研究員  
 傅田 正利 独立行政法人土木研究所水循環研究グループ研究員

#### 【写真提供】

中村浩志 長田 健 平林公男 蛭川憲男  
 横村正雄(財団法人リバーフロント整備センター研究第四部)  
 株式会社建設環境研究所

#### 【お問い合わせ先】

國土交通省北陸地方整備局千曲川河川事務所 調査課 Tel 026(227)9434 Fax 026(227)7682  
 〒380-0903 長野県長野市鶴賀字峰村74 Homepage : <http://www.hrr.mlit.go.jp/tikuma/>

財團法人リバーフロント整備センター 研究第四部 Tel 03(3265)7121 Fax 03(3265)7456  
 〒102-0082 東京都千代田区一番町8 一番町FSビル3F Homepage : <http://www.rfc.or.jp/>