

千曲川における河川生態学術研究の取り組みと成果

千曲川研究グループ代表 早稲田大学人間科学部教授 沖野 外輝夫

千曲川河川生態学術研究が実地に始められたのは平成7年のことです。河川生態学術研究会が発足し、実地研究の場の一つとして多摩川グループに次いで千曲川が第二の研究の場となりました。以後今日まで研究の第一フェーズ、第二フェーズを経て10年間、千曲川をフィールドとした各種の研究が続けられています。ここでは千曲川研究での取り組みと、成果の一部を紹介することにします。

1. 千曲川河川生態学術研究の取り組み

平成7年に千曲川河川生態学術研究が河川生態学術研究の実働班として、河川工学と生態学の協働で始まりました。しかし、テーマははっきりしているようで、内実は茫漠としているのが実情でした。そこで、千曲川グループでは生態系の重要な機能としてあげられている物質循環を研究の軸として行うことを念頭に置いて、生態系の要素である環境と生物群集について、個々の研究をまずは始めることにしました。ただし、研究の場は共通にして、できるだけ時期も揃えて行うという、研究チームでのゆるい縛りをつけることにしました。何しろ、日本一長い、大きな川です。研究グループのメンバーに勝手にどうぞ、となってしまう最後のまとめができないことになり、生態系研究と銘打った意味が無くなってしまいます。まずは千曲川の生態系としての実体を知る必要があります。それには、それぞれの専門分野で基礎的なデータを出すことが先、議論は後にすることとして、実際にデータをとりながら考えることにしました。しかし、今回の千曲川河川生態学術研究は、調査ではなく、研究だという点で当初の研究参加メンバーの中には戸惑う方もあり、メンバーが固定するまでには2年ほどの歳月がかかりました。せっかく参加する意志をお持ちになりながら途中で辞退された方々にはこの場をお借りしてお詫びする次第です。

幸いにして研究当初の中心的メンバーは千曲川での研究実績を持ち、上田、長野に居を構えて居られ

たのが心丈夫でした。それにしても、研究の手足となる若い人の養成がまずは緊急の課題でした。信州大学の研究メンバーはそれぞれに入学してきた学生、あるいは研究室に配属された院生や学生に「河川生態学術研究」参加を呼びかけ、何はともあれ千曲川へ出かけることにしました。その結果、信州大学を中心とする生態学研究者と、河川工学が専門の土木研究所の研究者との協働が実現し、地元大学の大学院生、学部学生の協力が得られたことにより、千曲川河川生態学術研究の成果をここに報告することができ、さらに河川生態系研究者の養成につなげることができました。

千曲川は信濃川につながる日本一大きな川ですから全体を最初から研究対象とするのは無謀というものです。とは言っても千曲川全体の概要がつかめなければ適切な研究の場を選定することができません。そこで各専門の立場で千曲川の概要をつかむための地形、水質、生物群集、流域の諸元に関する予備調査を行いました。それが初年度の研究内容で、研究費も決まらず、研究計画も固まらない中でのことでしたから参加された研究メンバーが人的にも経済的にも最も厳しかった時期だったと思います。その結果、以後共通の研究場として選定された鼠橋地区の千曲川研究での位置づけが可能になり、研究の継続を楽に行えるようになりました。共通の研究場とした鼠橋地区は当時建設省土木研究所でも研究対象地区としており、千曲川にとっては典型的な中流域的性格を持ち、自然と人間活動の関係を解析する上でも適切な場であったと現在でも思っています。

2. 千曲川河川生態学術研究の成果

千曲川河川生態学術研究は第一段階を終了、現在はグループ活動を休止し、個々の研究を進展させる段階に入っています。研究が終わったわけではなく第二段階へ進めるための準備期間中にあるわけですから、この報告では中間段階までの成果の一部を、とりあえずまとまっている項目を中心に紹介するこ

とにします。

2-1 千曲川の生態系を支える付着藻類群集（基礎生産力の測定）

共同研究域と設定した（当時）坂城町地籍の共同調査地域は鼠橋を中心とする上下流1 km、計2 km、川幅およそ400 mの地域です。この辺りは水質的にも、河川構造的にも千曲川の典型的な中流域と言えます。河床には大小の礫が敷き詰められ、川水が減少すると広い礫河原が現れます。乾湿を繰り返す環境下での付着藻類の生活を検討しながら、一年間の現存量と基礎生産力の変化を知るために調査地点を決め、一週間から10日おきに、あるいはもっと短い間隔で付着藻類の増減を追跡しました。その結果、水量が安定している秋から冬にかけての時期でも付着藻類の量は20～30日程度の周期で増減し、減少するきっかけは水量の変化、増水によること、または付着物量が多くなって剥がれやすくなることがわかりました。千曲川中流域の瀬での付着物の最大量はおおよそ乾燥重量にして100～200g/m²程度で、夏期になると水量の増減や水生昆虫に食べられたりする影響で、60g/m²程度を上限として短い周期で増減しています。



写真-1 千曲川共同調査区域（鼠橋地区）

現場で得られた現存量の変化を検定するために、ステンレス製の網かごに河原の礫を敷き詰めて、河床に沈め、その中の礫上に付着してくる藻類の量を追跡してみました。その結果0.4～17g/m²・日の速度で付着藻類が増加していることがわかりました。一方剥離する速度は0.3～7g/m²・日で、これを炭素と窒素に換算すると、炭素の増加量は0.1～1.7g/m²・日、窒素は0.02～0.27g/m²・日に相当します。

実験装置を用いた現場法による生産力測定の結果

では、千曲川の付着藻類の活性が最も高くなる水温は15℃付近であること、一日の総生産力は炭素にして3～4g/m²・日で諏訪湖の最も富栄養化していたときの生産力に匹敵することが確かめられました。

千曲川の縦断調査や市民が参加しての24時間水質調査の結果から、この地域は千曲川の中でも最も富栄養的な水質であることも確かめられました。結果として、水中の礫に付着する藻類の量（現存量）は多く、植物による基礎生産力は高いということがわかります。千曲川の河床での付着藻類による生産力は陸上の植物群落に匹敵するか、それ以上という高い評価も与えられています。

千曲川の流れが白く濁っていることがあります。その原因は流下藻類にありました。これらの流下藻類は河床に生息する造網性の水生昆虫の餌として利用されています。剥がれて、流されても、自然の系の中で作られた有機物は、どこかしらで無駄なく使われていることがわかります。

研究中に偶然気づいたのが水中に透過した光のフラッシュ現象でした。川底の光のフラッシュは規則的な周期をもち、その周期は瀬の波の状況を反映しているようです。以前から光のフラッシュが河川の水生植物の生産力を増進しているのではないかということ言われていました。しかし、確かめたという話は聞いていませんでした。そこで、千曲川の現地でフラッシュ効果を確認してみたところ、確かに光の振幅が大きくなると光合成が何割か増加することがわかりました。付着藻類も自然の現象を有効に使っていること、川では瀬の部分で生産力が高いことの証明ともなります。

2-2 川の中の物質の流れをコントロールする水生昆虫

河川の場合、底生生物の主役は水生昆虫類です。水生昆虫類で目立つのは体の大きいトビケラの仲間です。特にヒゲナガカワトビケラは体も大きく、千曲川の中流域では量も多いことで目立つ存在です。ヒゲナガカワトビケラは造網性昆虫の一種で、河床の礫に小石を集め、自らがはき出した糸で巣を作り、流れてくる藻類を集めて食べています。3月に調べた結果では、千曲川の中流域では1 m²当たり5,000～9,000匹の水生昆虫が生活していることがわかりま

す(表-1)。造網指数の高いことは、その食物は上流から流れてきているものが多いことを示しています。この辺りの川幅はおよそ60m程度ですから、川に1m幅で横断面積をとると、3kgの水生昆虫がいることになります。

表-1 千曲川鼠橋上流の平瀬、三地点での水生昆虫現存量(1997年3月6日)

三地点の間隔は250m、各地点で岸から5mを基点にして流心へ10m間隔で3~5点を設けて、水生昆虫を採取した。この表では水辺の地点は省いて、平均値で記載。(現存量は湿重量)

	上流側	中間	下流側
個体数密度(匹/m ²)	7,500	8,700	5,200
現存量(g/m ²)	56.1	68.9	35.0
種類数	19	19	18
造網指数	0.87	0.87	0.79

千曲川鼠橋地域で最も個体数の多いのはシマトビケラ、次いでコガタシマトビケラ、アカマダラカゲロウ、ウスバヒメガガンボでしたが、現存量でもシマトビケラとコガタシマトビケラは多く、これに密度は低かったヒゲナガカワトビケラが続きます。水生昆虫以外ではユスリカ類とイトミミズ類が見られます。

水生昆虫の住み場所を細かく見ると、同じカゲロウ目でも、コカゲロウは瀬の頭の方に多く、アカマダラカゲロウは瀬の下の方に多い、トビケラ属は一般に瀬の下の方に多いといった傾向も見られました。これら分布の違いは体の形や生活の違いから生じるもので、生活域は河川の物理的環境と対応していることが分かります。

生息場所の違いによる水生昆虫類の特徴を千曲川中流域について整理すると以下のようになりました。流れの緩い、たまりのような場所では糸状藻類が石礫上を覆っています。この糸状藻類の中にもアカマダラカゲロウ、ウスバヒメガガンボ、ヒゲナガカワトビケラ、コガタシマトビケラ、ウルマーシマトビケラなどが多く見られます。河床の礫の裏側にはエルモンヒラタカゲロウなどのヒラタカゲロウ類が徘徊し、礫の重なり合った場所にはヒゲナガカワトビケラが前述したように小石を集めた巣を作っています。その巣の隙間を利用して生息しているのがコガタシマトビケラ、シマトビケラ属類、アカマダラカゲロウ、オオクママダラカゲロウなどです。こ

のように人の目には触れにくい川底の礫を住みかとして多くの植物や動物が、それぞれに環境条件に合わせて生活し、河川を一つの生態系としてつなげていることがわかります。その環境条件を変えることは彼らの生活の基盤を奪うばかりでなく、河川の生態系としての構造と機能をも壊すことになる、という認識を持って人は河川に接する必要があるのではないのでしょうか。

今回、千曲川の研究を始めてから4年目の夏、1999年8月から9月にかけて、思いもかけない台風の襲来と、20年に一度程度の出水を経験しました。研究を続けてきた早瀬は脇の河原を含めて、水面下となり、本流の流れも大きく変わりました。野外研究には継続性が重要ですが、それを根底から覆すような変化に全員呆然としました。しかし、考えてみれば河川のキーワードの一つは変動です。この大きな変動は不幸と考えるよりも大きなチャンスと前向きに捉える方が賢明です。自然が与えてくれた願ってもないチャンスとして研究を継続、再開することにしました。

早速千曲川に行き、再び礫の表面の付着藻類や水生昆虫の採集を再開しました。付着藻類についてはすでに実験で確かめたように、水と礫がありさえすれば、早速増殖を始めます。付着藻類は生活史も短く、上流からは常に細胞が流下藻類として流れてきますから、復活には2ヶ月とはかかりません。それに対して動物は生活史も長く、流下して来て、定着し、増殖を始めるまでには時間がかかります。それでも、動物もしたたかに生活の場を復活すべく活動を再開し始めます。まず最初には生活史の短い、小型の草食昆虫であるユスリカ類が出水後数日で活動を始めました。ユスリカ類の餌は礫上に増殖する付着藻類ですから、藻類の増殖が始まれば餌の確保はできます。小さいユスリカは生活史も短く、必要とする餌の量も少なく済みます。洪水後の動物群集復活の一番手ということでしょう。続いてユスリカ類の体の大きい種類が増えてきます。ユスリカ類が活動を始めると、2,3週間後には小型のカゲロウ目が一時増加し、1ヶ月経過するとトビケラ目が順調に増え始めました。中でも個体数密度が大きかったのはシマトビケラ属とコガタシマトビケラ属でした。この二種のトビケラ属は千曲川の中流域の水生昆虫

群集の核ともなる種類です。その量は8月末の洪水から、わずか4ヶ月で1平方メートル当たりそれぞれ8,900個体と4,000個体にもなり、量的には完全復活に近い状態と言えます。ただし、千曲川の安定条件下で優先する造網性のヒゲナガカワトビケラの復活には一年以上の時間がかかるようです。その後、陸上に飛来する水生昆虫を毎日採集し、河川の水生昆虫の洪水後の復活状況を追跡、この初期の回復を追認しました。

それにしても洪水のような大変革に遭遇しても、河川の動物群集の復活は思っていたよりも迅速に行われるようです。しかし、この大変革は自然現象であり、人為的な河床の改変とは質的に違いがあるようです。いくら河川の生物群集の復活力が大きいからといって、人間が川に対して何をしても良いというわけではありません。洪水の場合には河川生物が生息する基本的な条件が破壊されていないことにより、一時的な攪乱として河川生物は対処し、それが治まれば再び生活場の補修に取りかかることができると言うことでしょうか。

2-3 千曲川に住む魚の量

人の生活にもっとも身近な河川生物は魚です。鼠橋付近で確認された魚種はウグイ、オイカワを中心として26種でした。希少種とされているアカザが量的には第4位というのも意外でした。魚の行動については研究メンバーがアクアラングを使用し、精力的に観察してきましたが、生態系の物質循環機能を解析するには現存量の測定が欠かせません。たまたま今回の研究期間中に堤防の改修のために河道の付け替えを行う地点がありました。付け替えに当たってはその流れの一部を仕切って、一時的に干上げる工事が必要になります。漁協の協力で、干上げる部分の魚類は事前に採り上げ、本川に移す計画でした。この計画ではその部分の魚類を全量採り上げるわけですから、その量が分れば懸案であった千曲川の魚類現存量のデータが得られます。早速に手配がされ、国土交通省土木研究所の研究メンバーが測定を行いました。減多にないチャンスを活かす試みでした。

方法は予定されている工事区間の下流部に刺し網を張り、上流部を閉じてから、減水によって流下する魚を一定時間間隔で、全量捕獲するという単純な

ものですが、大きな河川では初めての試みでした。結果として、千曲川の本流にはその時期1㎡当たり約85gの魚が生息していることが分かりました。千曲川の中流域には本流につながったり、隔離されたりした「たまり」や「わんど」といった池があります。この池では別の方法で調べましたが、魚類の現存量は1㎡当たり25~100g、平均で57gですから、本流の85gという数字がいかに多いかが分かります。

2-4 河川に暮らす鳥たち

河川生物として鳥類は重要な生物です。生態系の重要な機能である物質の大きな流れが魚や水生昆虫を通して鳥類に流れているわけで、河川生態系を研究する上でも鳥類は重要な生物群集であることが理解できます。今回の千曲川河川生態学術研究でも鳥類の研究は河川生態系の物質循環機能を解析する上で重要な位置を占め、多くの知見が得られました。

ライン・センサス調査により鼠橋調査地で確認された鳥類は29科68種でした。確認された種のうちで留鳥の占める割合は常に60%以上でした。ツバメやオオヨシキリなどの夏鳥は4月から10月にかけて、ツグミ、カシラダカなどの冬鳥は11月から翌年5月頃まで観察することができます。出現した鳥類を、水辺で主に生活する種（水辺の鳥：カイツブリ科、サギ科、カモ科、チドリ科、シギ科、カモメ科、カワセミ科、セキレイ科、カワガラス科）とそれ以外に分けてみました。意外なようですが、四季を通じて水辺の鳥は少数派でした。ライン・センサス調査以外の調査で確認された種も7科9種ありましたので、千曲川の鼠橋付近で確認された鳥類の種は合計30科77種になりました。そのうち繁殖が確認されたのは、河川敷内で28種、河川敷内を利用し堤防の外側で繁殖していたものが40種ありました。結局河川敷内外で繁殖が確認されたのは生息確認種の52%に相当します。この40種の繁殖種のうち水鳥（オオヨシキリを含む）は17種で、42.5%です。繁殖の場として利用している水鳥は半数にも満たないことが分かります。

一方、本来は森林に住むシジュウカラ、エナガ、アカゲラなども河川敷で繁殖していることが確認されています。このことは現在の千曲川の河川敷が森林に近い環境になっていること、つまり樹林化が進

行している証拠でもあります。また、スズメ、カラス、ムクドリなど、河川を餌を採る場所として利用し、繁殖は河川敷の外という鳥類が約半数もあるというのが現在の千曲川中流部の実情でした。

河川敷にも砂礫地、草地、樹林といった多様な環境が混在しています。それぞれの環境に生息する主な種を千曲川の中流域で分けてみると、1) 砂礫地を中心に行動圏が分布している種：コチドリ、イカルチドリ、イソシギ、ハシボソガラス、セグロセキレイ、ハクセキレイ、2) 草本群落を中心に行動圏が分布している種：モズ、ホオジロ、オオヨシキリ、3) 木本群落を中心に行動圏が分布している種：シジュウカラ、エナガ、となります。

以上の行動圏と営巣場所は河川敷が安定している間は大きく変化することはありません。しかし、河川工事などがあると砂礫地に営巣するイカルチドリは砂礫地の増加により増えたり、高木に営巣するハシボソガラスなどは工事の騒音で営巣地を変えたりしました。

各種の鳥が餌を採る環境の違いはどうか。シギ・チドリ類とセグロセキレイは水際で餌を採る割合が70%と、河川に依存している割合が高く、砂礫地はもっぱら営巣地として利用しています。橋や高木に営巣するハシボソガラス、ハクセキレイは水際や砂礫地での採餌の割合が40%ほどありますが、他の鳥類と比較すると採餌環境は多様です。3月頃に繁殖が始まるモズ、ホオジロ、オオヨシキリは枯れ草に覆われた地面で採餌する割合が70%でした。しかし、ホオジロの場合は約60%が低茎草本の地面で採餌していますが、舗装されていない道路やグラウンドなどでの採餌も見られます。オオヨシキリの場合も営巣地と同様にヨシ原で採餌することが60%と多く、営巣地と採餌地が比較的一致しています。これら三種はどちらかというと餌の内容は別として、採餌の場所を河川に依存する割合は少ないようです。本来森林性の種であるシジュウカラは低・高木の樹洞に営巣し、エナガは高木の枝の付け根に営巣しますが、採餌の場所は高木部で河川に依存する割合はきわめて少ないと考えられます。

河川を生息の場としている鳥類でも、餌の内容は種それぞれに違いがあります。まずは魚類を食べている鳥ですが、千曲川では少なくとも12種が上げら

れています。しかし、魚食性の魚類でも魚だけを食べているとは限りません。アオサギの場合は雛に食べさせていたのは37例全てが魚でしたが、ゴイサギは魚以外にも両生類や小型のほ乳類も食べていました。また、ヨシ原に潜むササゴイは両生類、甲殻類、水生昆虫なども食べていました。食性は鳥の体の大きさにも関係するのですが、鳥それぞれに餌を採る場所を変えていることも食性に反映されているようです。たとえばアオサギ、ダイサギ、コサギ3種について見ると、コサギは岸边にもっとも近い、流れのほとんどない所で採餌しています。次いでダイサギ、アオサギの順に岸边から離れた、流れの速い場所で餌を狙っている姿を見ることが多いでしょう。面白いことに、この3種を観察していると餌を採ることに成功する確率はコサギが最も高く、ダイサギ、アオサギの順で餌を採る確率が減っていました。そのかわりアオサギはコサギよりも大きな魚を採り、物質的には沢山の餌を食べることに成功しています。コサギは小さな水生昆虫や小魚を採るために頻度高く餌を食べなくてはならず忙しい採餌行動が必要です。同じサギ類でもこのようにして生活の場を変え、餌の内容を変えて、他の同類の鳥と競合しないようにしているのが分かります。

平成11年夏に千曲川で起こった大出水の結果、河川堤防内の砂礫地、草地、樹林地に大きな変化をもたらしました。洪水の影響を受け、減少した種は営巣地として利用していたヨシ原や樹木が出水により倒伏あるいは流出し、物理的に営巣が不可能になった種です。一方、増加した種(コチドリ、カワセミ)はそれまで河川が安定した時期が続き、営巣地としての環境が失われていた現状が出水によって回復し、砂礫地や水際の崖地が再生されたことがプラスに働いたと推測できます。

2-5 河川敷の地形と植物

河川敷には河原を主体とする低水敷と土壌が発達した高水敷があり、それぞれに特徴的な地形と植生が見られます。地形と土壌、植生は河川生態系の変遷を研究する上で基礎となるもので、千曲川研究グループでも最初に調査、研究が行われ、特に共同研究場となった鼠橋地区については詳細な地形図と植生図が国土交通省千曲川河川事務所で作成されました。

河原を主体とする低水敷では草本が主体となりますが、小洪水の影響を受けて短期間に遷移が繰り返されていること、その初期遷移には一年生ばかりでなく多年生の草本も侵入し、河原の植生の変化を特徴づけていることが明らかにされています。この草本植生の変化はコチドリなど、鳥類の変遷にも大きく関わっていることはすでに述べた通りです。

高水敷は大きな洪水がなければ安定した陸地であり、土壌が堆積してくると高木を主体とする植生に変わり、現在の千曲川中流域ではハリエンジュを主とする樹林化傾向が進んでいます。この樹林化の経過についても今回の研究メンバーである土木研究所のスタッフが中心となって研究、解析を進め、その変化を模式的に示すことができました。

3. おわりに、上流は全く別の世界？

今回は千曲川の中流域を中心に研究が行われました。それぞれの環境要素に対する研究成果をもとにして千曲川中流域のリーチでの物質の流れを図-1のように整理してみました。水中に関してはある程度の数字をつけて物質の流れを追うことができました。しかし、河川敷を含めて考えると陸域の昆虫や鳥類を含めたより複雑な物質系になり、現段階では数値を入れての解析を行うまでには至っていません。

千曲川全域を一つの生態系として扱い、そこでの

物質の流れを流域として追跡したのが窒素に関する研究でした。安定同位体を用いた研究の結果から、上流部では自然系からの窒素の流入に加えて、農耕地からの肥料の流入が大きく関与していること、中流、下流域に降るにつれて都市部からの生活系に起因する窒素が加わり、河川生態系の窒素の流れが人為的要因で制御されていくことが明らかにされました。

水は上流から中流、下流へとつながっていますから、上流が中流とは全く別の世界というのは言い過ぎですが、最上流の物質の流れはちょっと変わっています。中流域では前述したように、河床の礫上に生活する付着藻類がほとんどの水生生物の生活の基礎となっています。上流でも付着藻類が生息してはいますが、その量は中流域に比べればはるかに少ない量でしかありません。そこで、窒素と炭素の安定同位体を使って上流域と中流域の物質の流れの違いを追跡してみました。その結果、付着藻類による水中での基礎生産が少ない上流域では、陸上からの落葉や落枝が水中に入り、これを基点とする物質の流れが河川の水生動物の生活の基盤となっていることを確かめることができました。

以上紹介した成果について、それぞれの研究の担当者、協力者のご氏名は記してありませんが、研究メンバーを含む多くの方々の協力と努力の結果が千曲川河川生態学術研究の進展につながっていることを最後に記して感謝の気持ちとさせていただきます。

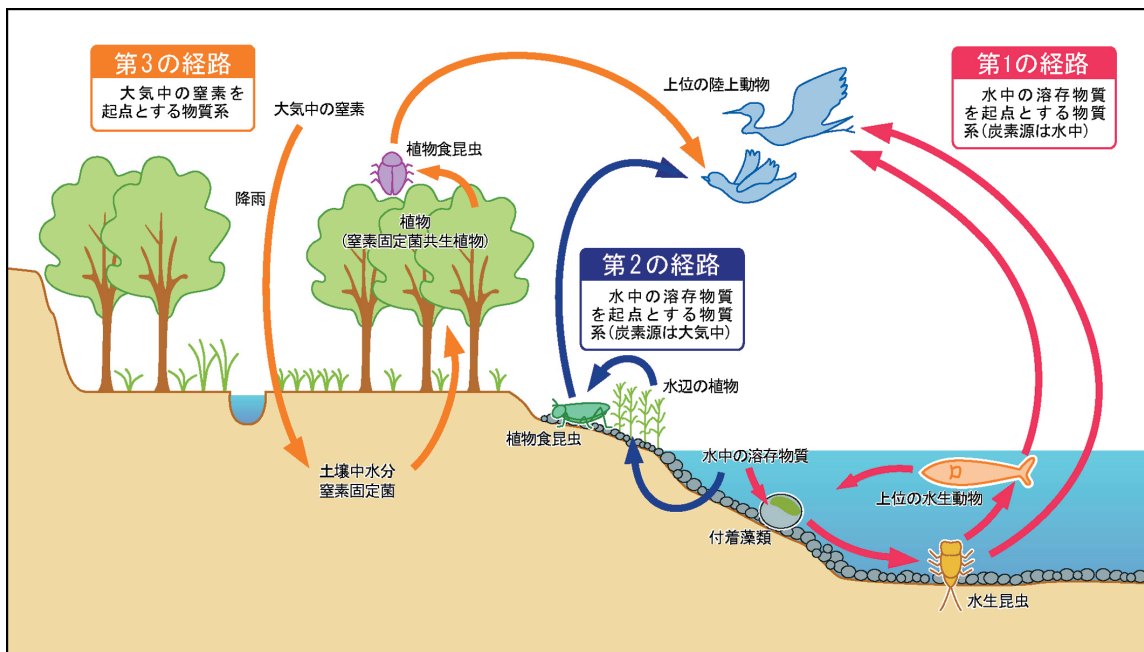


図-1 千曲川中流域のリーチでの物質の流れ