

多摩川水系における底生動物と水文・水理特性
の影響に関する研究

2005年

土屋 十園
前橋工科大学工学部建設工学科 教授

目次

| | |
|----------------------------|----|
| 第1章 はじめに | 1 |
| 1-1 研究の背景と目的 | 1 |
| 1-2 既往研究レビュー | 1 |
| (1) 底生動物について | 1 |
| (2) 小規模河川構造における底生動物の動態について | 2 |
| (3) 洪水による攪乱について | 2 |
| 2 調査概要 | 4 |
| 2-1 多摩川水系生物調査 | 4 |
| (1) 調査地点の概要 | 4 |
| (2) 現地調査 | 5 |
| 3 小規模河川構造における底生動物調査 | 8 |
| 3-1 瀬-淵構造について | 8 |
| 3-2 調査結果 | 9 |
| (1) 流量観測調査結果 | 9 |
| (2) 河床環境調査 | 12 |
| (a) 河床砂礫の粒径組成調査 | |
| (b) 光量調査 | |
| (c) 付着藻類調査 | |
| (3) 底生動物調査 | 17 |
| (a) 平井川 | |
| (b) 秋川 | |
| (c) 北浅川 | |
| (d) 多摩川 | |

| | |
|------------------------------|----|
| 第4章 攪乱に伴う底生動物群集の長期的変動 | 27 |
| 4-1 攪乱の概念 | 27 |
| 4-2 底生動物群集の動態 | 28 |
| (1) 底生動物の経年変化 | 28 |
| (2) 底生動物の季節別変化 | 29 |
| 4-3 河川流量と底生動物群集の動態の関係 | 39 |
| (1) 流量変動と底生動物の動態 | 39 |
| (2) 洪水発生後の生物量の増加 | 39 |
| (3) 攪乱頻度と生物多様性 | 41 |
| | |
| 5 まとめ | 48 |
| 5-1 小規模河川構造における底生動物の動態 | 48 |
| 5-2 長期的にみた底生動物の動態の変化 | 49 |
| | |
| 参考文献 | 50 |

第1章 はじめに

1-1 研究の背景と目的

河川における底生動物は洪水などの自然的インパクトや、河川工事などの人為的インパクトを絶えず受けている。したがって、これらの現存量が回復し生態的に極相までに回復するには多くの時間を必要とする。また、底生動物の種の多様性は河川生態系のうち瀬・淵といったリーチスケール、局所的なマイクロハビタットスケールなどの空間的構造に大きく依存している。一方、水系・流域といったマクロハビタットスケールでは水質、流量といった長期的変動によるインパクトを受けて種の多様性に影響しているものと考えられる¹⁾。

近年、河川環境を保全するために正常流量、あるいは生態保全流量の必要性が述べられているが、事例として Q_{60} 流量が強調されている²⁾。しかし、これらの流量設定は明確な根拠が不明であり実測データによって検討することが必要である。

そこで本研究は水文学の長期的な視点から底生動物の変動特性を捉え、その変動要因となるものとして年間の河川流量を位置づけ、流況解析から洪水攪乱と底生動物群集との関係を確認統計的手法によって検討した。洪水による自然的な攪乱と人為的な攪乱の違い、さらに底生動物群集が多様性を保つ上で、適度な攪乱規模を定量的に示すことを目的とした。

更に、瀬、淵などの流水形態のうち河床の局所的な環境を一次消費者である底生動物や、生産者である藻類と物理的・水理的環境との関係を検討することとした。

なお、本研究と関わる既往研究は平成11年度、12年度において河川環境管理財団の助成研究とし実施した。この研究では既往の行政資料を中心に過去の洪水実績と生物資料との履歴をインベントリーする形式で河川改修工事や洪水などの攪乱に対する底生動物の変動特性を明らかにした。これらのデータの上に、平成15年度、平成16年度の調査を行い、解析検討し取りまとめたものである。

1-2 既往研究レビュー

(1) 底生動物について

1990年の多自然型川づくりの推進、1997年の河川法改正により河川環境に対する意識が社会的にも高まり、治水、利水に環境保全も含めた総合的な河川管理がなされるようになった。ここで求められる環境保全とは治水・利水面との調和を図りつつ、沿川住民が親しみをもち、川とふれあえるような状態を保つことである。そのためには必然的に河川環境の多様性を維持することが重要であり、その結果、生物多様性が達成されるものと考えられる。生物は場の環境に対して敏感に反応するため、河川環境を評価する上で大事な指標となりうる。河川における水生生物はおもに藻類、底生動物、魚類の3つに分類できる。このうち、底生動物は一次消費者であり、魚類のような二次消費者に比べ、河川環境の影

響を直接的に受けやすい。加えて、様々な生活様式を持った種が存在するため、それぞれ生息場に適した種が多く生息するようになる。そのため種の組成からも生息場の環境を知ることができる。

淡水生物の中でも底生動物(Benthos)に着目した研究は今西によるカゲロウ目にもとづく棲み分け理論(1940)¹⁾に代表されるように河川生態学においては古くからなされているが、河川工学においては対象とされてこなかった。しかしながら、多摩川水系で底生動物の調査が長期的に実施され^{3,4)}、瀬 - 淵構造における時間的、場所的变化とともに、人為的要素も加えたインパクトに対する影響とその変動に関する研究もなされ、経年的な河床の安定による生息環境の悪化が明らかにされている⁵⁾。また、渓流域におけるステップ・プールと底生動物の関係についても局所的に流速が速く、多様性がある流れ場に底生動物が多く生息することが示されている⁶⁾。

(2) 小規模河川構造における底生動物の動態について

わが国の河川の地形的特徴について生態学の立場から可児¹⁾は流れの状態を「平瀬」、「早瀬」および「淵」に区分した。また、これらの一連の組み合わせを河川の単位形態として、瀬 - 淵構造を Aa 型, Bb 型, Bc 型の 3 つに分類した。この分類は今日、河川の生態環境を理解する上で重要な指標となっている。河川における縦断的な生物群集を見た際に「川の構成単位が動物群を完結させる単位である。」といわれている⁷⁾。したがって、瀬 - 淵構造は河川を形成する単位であり、小規模河川構造といえる。浮石、沈石といった河床構造の特性などの物理的環境の違いをもつ平瀬、早瀬、淵は、それぞれを生息場所 (Habitat) とする魚類や底生動物の種類組成や生物量が異なっていることは重要な知見となっている。一方、瀬 - 淵の区分を河川工学の視点から水理的特性について調査した研究もなされており、水深、フルード数の検討を行い、瀬と淵の状態の分類的説明がされている^{8,9)}。また、工学的な河床構造の形成機構の研究もなされている¹⁰⁾。

津田によれば瀬と淵との生物群集の違いは流速、水深、底質(石礫、砂泥)および底の光量によるものとされている¹¹⁾。ここでは物理的な要素のうち光量に関する重要な指摘を行っている。上述のとおり、流速や底質の違いによる生物群集の特性についてはすでに明らかであるが、瀬 - 淵構造における光環境と生物環境との関係を検討した研究はなされていない。

(3) 洪水による攪乱について

近年、河川環境を保全するため、ダムによる貯水や各種用水の水利用のため流量が少なくなった河川に対して、正常な流量を流す必要があるとされている。これは河川流量の変動が小さくなり平準化され、攪乱が起りにくくなることで生息種の単一化、多様性の喪失が危惧されているためである。生態系における生物相は時間が経過するにつれ、競争排除により限られた種のみが生物量を増加させ、優占するようになり種の多様性が損なわれる。

これは極相(Climax)と呼ばれる¹²⁾。攪乱により極相が破壊され、再び多様性が回復されるようになる。

河川において攪乱を起こしうる外的要因は増水であるが、底生動物にとっては攪乱による河床の更新は多様性を保つ上で重要なものである。礫間、礫上が砂泥で覆われることにより早瀬や平瀬での浮石構造が失われ、良好な生息環境が失われる。このように安定した河床は洪水で引き起こされる河床攪乱により解消される。

ダムの流量調整により河川流量が減少し、安定化した多くの河川では人為的に河床攪乱を起こす目的でダムからの放流が試みられている。しかし、攪乱の規模は大きすぎても小さすぎても生物には悪影響となり、適度な洪水攪乱が必要となる。平面 2 次元水理解析を用いて河床攪乱頻度と生息場としての瀬 - 淵構造の変質との関係を考察した研究がなされているが¹³⁾、実測したデータから攪乱と生物の関係を定量的に示されたものは少ない。

第2章 調査概要

2-1 多摩川水系生物調査

(1) 調査地点の概要

底生動物における長期的変動を検討するために東京都による1980年代からの約20年間の多摩川水系における生物調査結果、およびそれに近年の調査結果を加えたものを用いて長期的な視点からの底生動物群集の変動を観察した。東京都の調査では、都内の32河川、42ヶ所の調査地点について行なっているが、本研究では多摩川水系の秋川、北浅川、平井川および多摩川拝島橋を対象とした。それぞれの調査地点については図2.3に示す。また、調査地点の概況を示したものを図2.4に示す。対象とした4河川における底生動物群集の解析については東京都による1983年～1998年の生物調査結果³⁾⁴⁾を用いたが、加えて1999年～2001年については河川整備基金助成事業「河川生態系への攪乱の要因に関する調査研究」¹⁴⁾による調査結果を使用した。さらに継続的に補完するために2003年9月に4河川において現地調査を行った。以下に各調査点の詳細な概要を示す。

(a) 秋川・東秋川橋

秋川は檜原村の三頭山の南東側山腹斜面に源を発し、あきる野市落合付近で多摩川と合流する流路延長37.6km、流域面積169.6km²の一級河川である。多摩川の支川の中ではもっとも水量が豊かで水質も良好な状態である。本調査点は東京都の生物調査の地点の中では底生動物の種類数は多い部類に入る。河床は調査期間を通じてほぼ浮石の状態であるが、橋直下の床固め工事以降(1987年)は河床が安定化してきている。調査地点の河川形態は早瀬と判断できる。

(b) 北浅川・南浅川合流点

多摩川中流部最大の支川である浅川は、流域面積154.6km²を有し、高尾山や陣馬山を水源として八王子市を流れ、日野市百草付近で多摩川へ合流する流路延長35.6kmの一級河川である。近隣の生活排水が多く流入し、冬季に固有水量が減少した際の水質悪化が著しい時期もあり、底生動物も減少傾向にあったが、八王子市をはじめとする流域の下水道普及率が上昇してきたことから改善する傾向となった。調査地点では以前は浮石であったが、近年は沈石となっていることが目立つようになった。この地点の河床形態は平瀬と判断できる。

(c) 平井川・多西橋

平井川は日の出山に源を発し、流路延長18.7km、流域面積38.4km²の小さな河川である。あきる野市五日市線鉄橋付近で多摩川中流部に流入するが、調査地点は合流点直上流に位

置する。この河川では 1990 年前後に河川改修が頻繁に行われており、浮石から沈石への変質が生じているが、これも主に護岸整備を行った改修工事の影響と思われる。本調査地点は平瀬として調査を行った。

(d) 多摩川・拝島橋

多摩川本川は山梨県塩山市三ノ瀬を水源とし、川の流路延長は 137.9 km であり、流域面積は 1237.5 km²にも達する。調査地点は中流部の日野用水堰下に位置する。水量対策として 1992 年 9 月より羽村堰より 2m³/s の非灌漑期(9～5 月)において放流がなされるようになった。また、都市下水の流入により水質が悪化したが、下水道の普及により近年改善された。

(2) 現地調査

(a) 調査項目および方法

現地調査の調査項目は河川横断測量、流量測定、DO、ふるいわけ試験による河床砂礫の粒度分布調査および底生動物調査、堆積砂泥量調査である。

底生動物調査は 30×30cm コドラート付きサーバネット(網目:0.5 mm)を用いて、各調査点から底生動物を採集し、10%ホルマリンによって固定した。サンプリング試料を研究室持ち帰りソーテングを行い、実態顕微鏡および光学顕微鏡を用いて同定・分析を行った。その他、付着藻類も補助的に行った。採集した試料は電気炉を用いて、強熱減量を測定した。

また、光環境と底生動物の関係を見るため光量調査を実施した。

堆積砂泥量調査については礫間および礫上に堆積した砂泥量と底生動物の関係をみるために透明アクリル製筒型コドラート(5×5×18 cm)と改良した灯油ポンプによる砂泥の定量採取を行った。灯油ポンプの吸い込みパイプの先端は、熱を加え細く引き伸ばし、直径 5 mm として先端を斜めにカットした。

(b) 調査測定日

調査を実施した日時は下記のとおりである。

第一回 平成 15 年 9 月 6 日～9 月 7 日 (秋)

第二回 平成 16 年 1 月 24 日～1 月 25 日 (冬)

第三回 平成 16 年 8 月 5 日～8 月 6 日 (夏)

第四回 平成 16 年 12 月 16 日～12 月 17 日 (冬)

なお、調査結果は各章、各項目の解析検討の中でデータとして使用している。

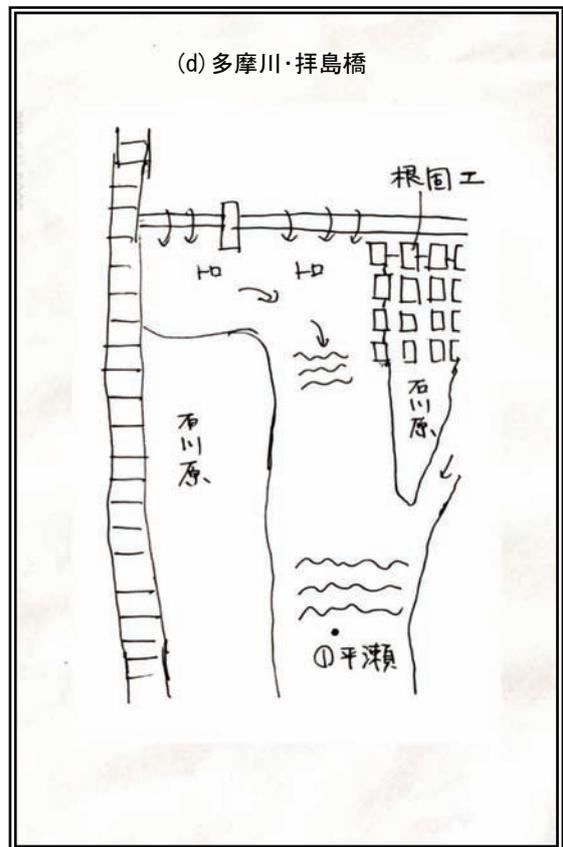
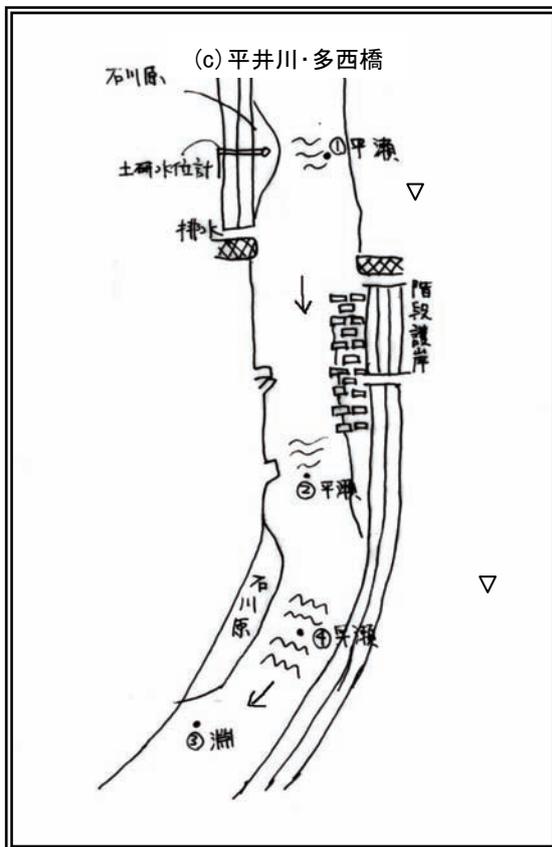
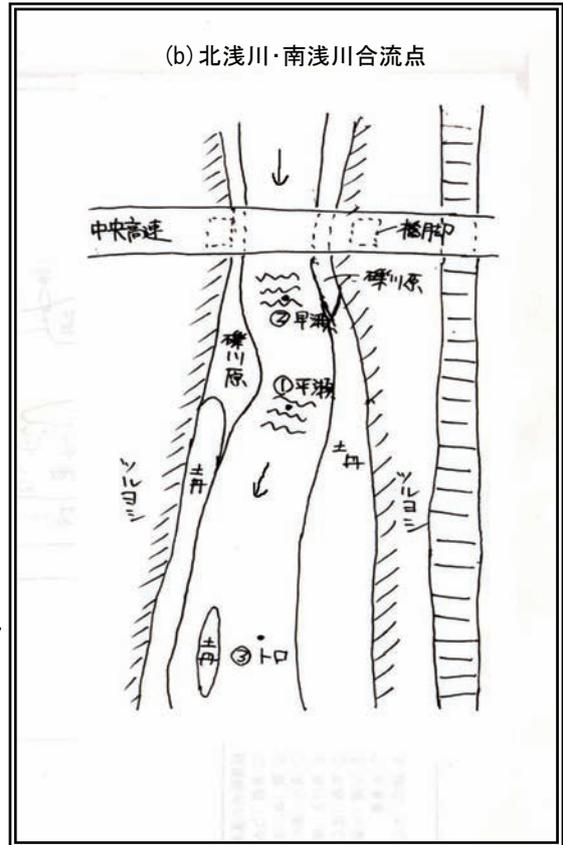
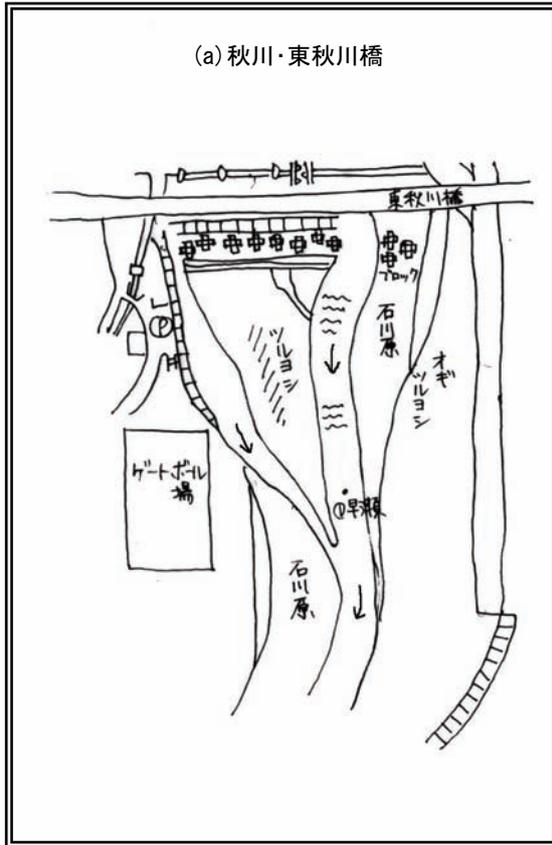


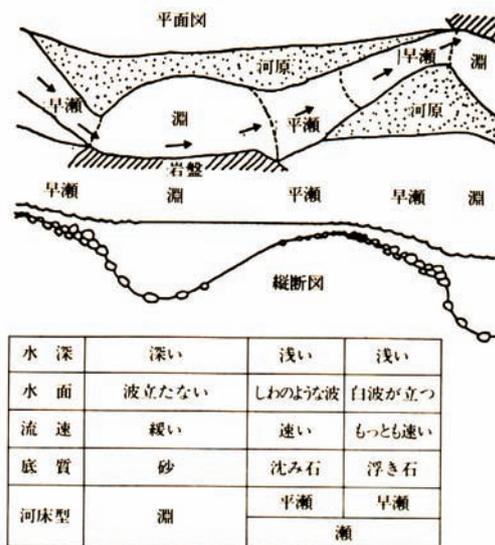
図 2.4 多摩川水系生物調査地点の概況

第3章 小規模河川構造における底生動物調査

3-1 瀬 - 淵構造について

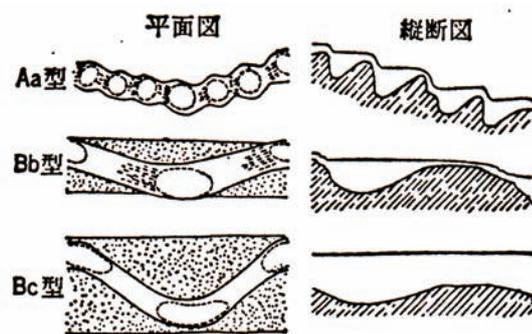
瀬 - 淵構造は生物群集を完結させる単位であることはすでに述べた。ここでは平瀬、早瀬、淵におけるそれぞれの特性について述べる。図 3.1 に示すように早瀬は流速が最も早く、白波を伴う流れとなっている流れ場を指す。早瀬に比べ流速が劣り、しわのような波が生じている流れ場を平瀬と呼ぶ。淵は流れが遅く淀み、水深が大きな地点である。主にこれら 3 つが連続性を持って一つの単位形態を成し、河川を形成している。これが河川を区分しうる最も小さな形態であり、小規模河川形態と呼ばれている。また河床砂礫の構造の違いも現れる。早瀬は大礫を積み上げたような礫間に空隙がある浮石構造と呼ばれる状態になっている。一方、平瀬では礫間に空隙がなく表層の礫が埋まった状態にあり、これを沈石と呼んでいる。この河床構造による微小な空間が底生動物にとっての重要な生息場(マイクロハビタット⁶⁾)となる。

また、上・中・下流により単位形態の配列が異なる(図 3.2)。上流においてはひとつの蛇行区間内にいくつもの小規模河川形態が存在する。これは溪流においてよく見られるが Aa 型とよばれている。ひとつの蛇行区間に一組の瀬 - 淵構造が見られる場合は Bb 型とよばれ、よく中流域に見られる形である。本調査の対象区間はこの Bb 型に分類される。Bb 型同様、一蛇行区間にひとつの瀬 - 淵構造が存在するが、早瀬がないものを Bc 型とよんでいる。



(水野信彦:「河川の生態学」補訂版より引用)

図 3.1 瀬-淵構造の概念図



(水野信彦:「河川の生態学」補訂版より引用)

図 3.2 河川形態の配列による 3 つの型の区分

3-2 調査結果

(1) 流量観測調査結果

表 3.1 表 3.2 は平成 16 年の流量観測結果を示した。この年は日本列島に 10 個もの台風があり、そのうち多摩川水系では平成 16 年 10 月 9 日は台風 22 号によって洪水の影響が大きく、流量が前年より増加した。したがって、8 月と 12 月の調査結果を比較すると多摩川では $2.611\text{m}^3/\text{s}$ から $5.819\text{m}^3/\text{s}$ となり、平井川は $0.990\text{m}^3/\text{s}$ から $1.384\text{m}^3/\text{s}$ となった。しかし、秋川、平井川では流量は減少している。また、瀬-淵構造における物理的環境の最大流速に着目すると、秋川は 8 月、12 月のそれは 1.506m/s 、 1.324m/s であり、流速 1m/s 以上の早瀬を形成している。多摩川もほぼ同様である。しかし、日野用水堰の直下のため構造物周辺の深掘れと堆砂があり流量変動は大きい。その他の平井川、北浅川は流速、水深とも小さく平瀬の状態が続いている。既往の調査から平井川は河川改修工事による河床の平坦化、北浅川は河床の洗掘による河床低下とその結果の基盤の露出が生じている。

4 箇所の河川形態は中流域を代表する小規模河川形態であり Bb 型に属し、生息環境からはリーチスケールの早瀬と平瀬構造の一部とみることができる。各地点の流水形態の状況を写真 3.1, 写真 3.2, 写真 3.3, 写真 3.4 に示した。また、この調査で同時に行った河川横断測量の結果を図 3.3 に示した。

表 3-1 流量観測結果 (8 月)

| | 最大流速(m/s) | 平均流速(m/s) | 最大水深(m) | 流量(m ³ /s) |
|-------|-----------|-----------|---------|-----------------------|
| 北浅川 | 0.807 | 0.029 | 0.49 | 1.774 |
| 秋川 | 1.506 | 0.057 | 0.50 | 6.022 |
| 平井川上流 | 0.498 | 0.031 | 0.24 | 0.687 |
| 平井川下流 | 0.521 | 0.044 | 0.26 | 0.990 |
| 多摩川上流 | 1.034 | 0.032 | 0.29 | 1.958 |
| 多摩川下流 | 1.575 | 0.118 | 0.38 | 2.611 |

表 3-2 流量観測結果 (12 月)

| | 最大流速(m/s) | 平均流速(m/s) | 最大水深(m) | 流量(m ³ /s) |
|-----|-----------|-----------|---------|-----------------------|
| 北浅川 | 0.798 | 0.050 | 1.30 | 1.186 |
| 秋川 | 1.324 | 0.014 | 0.69 | 3.191 |
| 平井川 | 0.486 | 0.083 | 0.16 | 1.384 |
| 多摩川 | 1.135 | 0.052 | 0.85 | 5.819 |

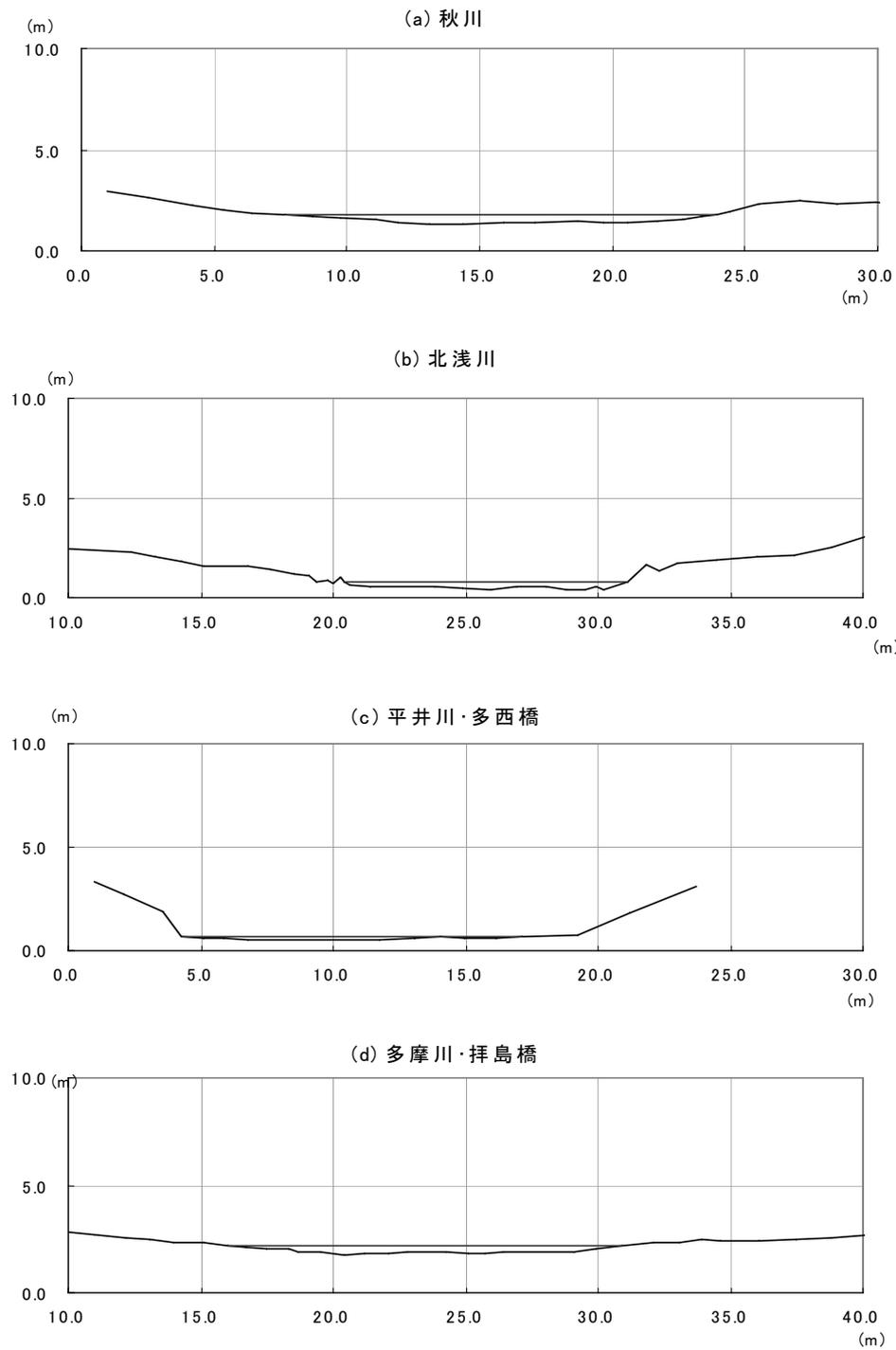


図 3. 3 多摩川水系調査地点の横断面

写真 3.1 北浅川の調査地点（平瀬）



写真 3.2 秋川の調査地点（早瀬）



写真 3.3 平井川の調査地点（平瀬）



写真 3.4 多摩川の調査地点（平瀬）



（２）河床環境調査

（a）河床砂礫の粒径組成調査

調査河川の瀬 - 淵構造の河床環境を把握するために粒径組成調査を行った。図 3.4 に各調査地点の河床礫のふるいわけ試験による粒径加積曲線を示した。各調査箇所を 50%粒径で検討すると秋川 160mm，北浅川 40mm，平井川 25mm，多摩川 200mm であった。早瀬である秋川は粒径 10 mm以下が少なく 3%程度である。したがって，粒径の大きい砂礫・浮石の河床となっている。多摩川は平井川のそれにほぼ近い状態を示している。平井川は粒径 10 mm以下が 25%程度であり平瀬の特徴を示している。平瀬である北浅川は粒径 10 mm以下が 20%程度であり，平井川よりは粒径の大きい砂礫は多い。したがって，河床砂礫の大きな粒径の割合が比較的多い秋川の早瀬では浮石構造ができやすい状態にあると考えられる。しかし，平井川では平坦な河床であり沈み石の構造となっている。北浅川でも平井川と同様な状態が確認された。以上の結果，書く調査箇所は瀬 - 淵構造における砂礫の粒径組成の顕著な違いとその特徴を示している。

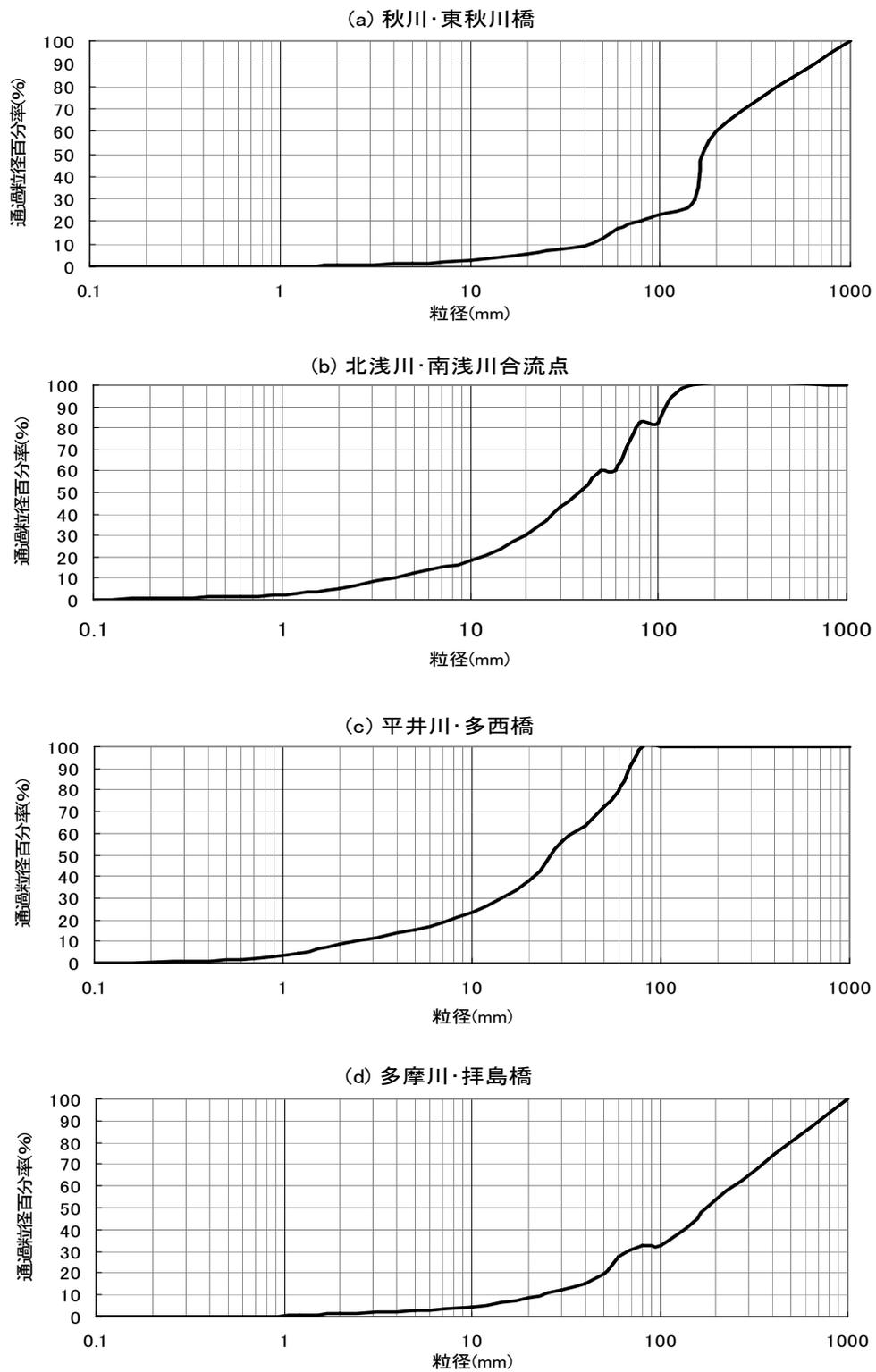


図 3.4 多摩川水系における河床砂礫の粒度分布

(b) 光量調査

秋川の淵、多摩川の平瀬において 2004 年 8 月、光量測定を行った。測定結果を図 3.5、図 3.6 に示した。観測当日の天候は晴れ及び曇天であり、日射の状態が必ずしも安定していなかった。また、測定時間中にも光量に差が生じるため、光量子量の測定値については大気中においても測定を行い、流水中の光量を大気中の測定値に対する比として扱い、これを無次元の相対光量とした。また、測定方法は流水中での光量は水面から淵、平瀬とも 5 cm 間隔で水深(鉛直)方向に測定した。なお、測定には LI-COR 社製の光量子計を使用した。測定値の単位は[E/m²/s (E:Einstein)]である。水中で光が吸収され、減衰する過程は式(3.1)に示す指数関数に従う(Lambert-Beer の法則)とされる。

$$I_z = I_0 e^{-\alpha z} \quad (3.1)$$

ここで、 I_0 は水面の光量子量であり、 I_z は水深 z における光量子量である。 α は吸光係数である。吸光係数とは水中の植物性プランクトンの濃度によって決まる定数である。本研究では植物性プランクトンについては調査していないため、この定数については特定できない。よって、ここでは最小二乗法により、鉛直方向の光量子量の実測データに指数関数を近似させ、定数 α を求め図中に示した。

流水形態ごとの相対光量は淵 0.4~0.7、平瀬 0.6~0.8 である。淵より平瀬の方が相対光量の範囲は狭いが数値は大きい。淵は深いため相対光量は水深とともに低減している。今回は早瀬では観測をしていないが、既往の研究(2004, 諸田・土屋, 水工学論文)では淵より平瀬、平瀬より早瀬においてより相対光量が高くかつ、幅が大きいことが示されている。本調査では明確な違いは示されなかったが、光の散乱が大きい平瀬、早瀬では浮き石の隅々まで光が乱反射し、藻類生産(強熱減量で表示)が大きいことが観測されている。この効果はフラッシュ効果と呼ばれている。

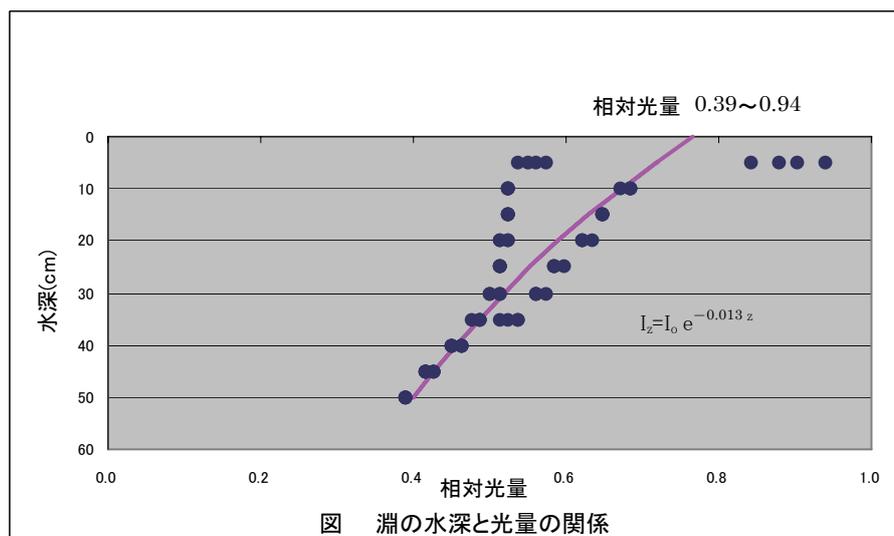


図 3.5 淵の水深と光量関係

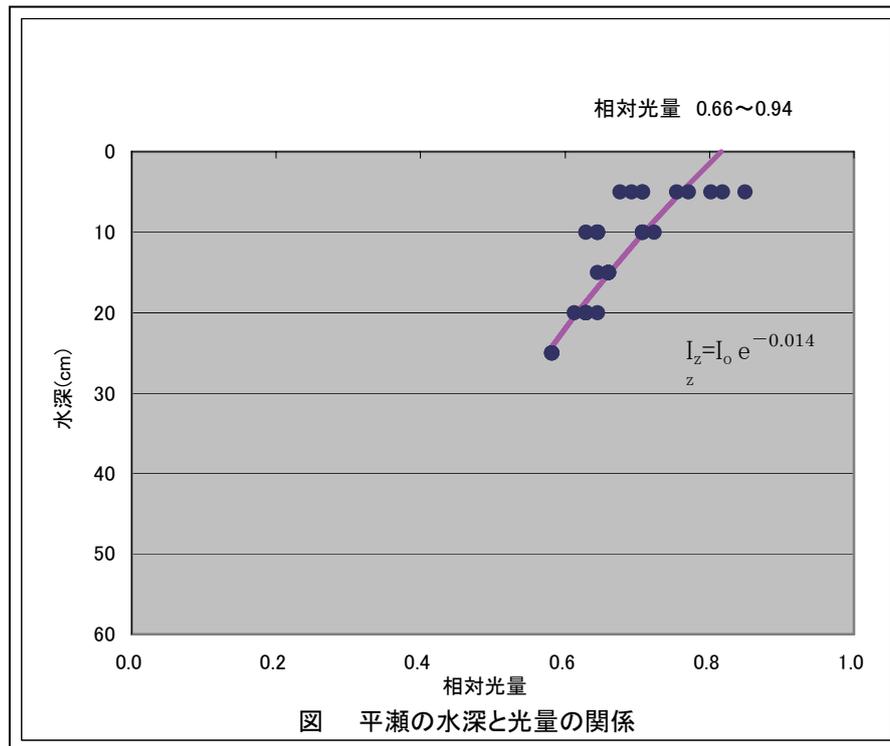


図 3.6 平瀬の水深と光量関係

(c) 付着藻類調査

本調査では、各調査地点の大礫に付着している藻類をそれぞれ 5×5 cm のコドラートで採集し、湿潤重量を測定した。サンプリング試料を乾燥させ乾燥重量を測定した後、電気炉にて燃焼させ強熱減量 (IL) として測定した。なお、この調査は 2004 年 8 月、12 月に実施した。表 3.3、表 3.4 に付着藻類の分析結果を示した。強熱減量 (IL) の計算方法は式(3.1)のとおりである。

$$IL(\%) = \frac{IL(mg)}{TR(mg)} \quad (3.1)$$

ここで、 TR とは蒸発残留物(乾燥重量)である。

電気炉を用いて 600℃ で燃焼させた強熱減量とは、藻類中に含まれる有機化合物が揮発したものを示す¹⁶⁾。藻類も他の植物と同様、光合成を行い有機化合物を生成している。各河川の 8 月、12 月の 2 回の調査とも淵、平瀬、早瀬の明確な違いを示すほど強熱減量に大きな差が見られなかった。特に、12 月では多摩川、秋川の早瀬で低い値を示した。これは度重なる台風、洪水による河床の攪乱による藻類の定着が少なかったものと考えられる。本来は早瀬、平瀬では光環境の上からも藻類が活発に光合成を行うことができる場所であ

ると考えれる.

表 3.3 付着藻類の分析結果(2004.8)

| | 蒸発残留物(%) | 含水率(%) | 強熱残留物(%) | 乾燥試料中の 強熱残留物(%) | 強熱減量(%) | 乾燥試料中の 強熱減量(%) |
|--------|----------|--------|----------|--------------------|---------|-------------------|
| 北浅川平瀬 | 0.46 | 99.54 | 0.29 | 62.04 | 0.18 | 37.96 |
| 北浅川早瀬 | 0.29 | 99.71 | 0.17 | 59.18 | 0.12 | 40.82 |
| 北浅川淵 | 1.66 | 98.34 | 1.27 | 76.59 | 0.39 | 23.41 |
| 秋川早瀬 | 1.02 | 98.98 | 0.74 | 72.36 | 0.28 | 27.64 |
| 秋川淵 | 0.45 | 99.55 | 0.21 | 47.83 | 0.23 | 52.17 |
| 平井川平瀬① | 0.58 | 99.42 | 0.28 | 48.32 | 0.30 | 51.68 |
| 平井川淵 | 1.01 | 98.99 | 0.69 | 68.06 | 0.32 | 31.94 |
| 平井川早瀬 | 0.31 | 99.69 | 0.06 | 20.78 | 0.25 | 79.22 |
| 平井川平瀬② | 0.28 | 99.72 | 0.12 | 41.67 | 0.17 | 58.33 |
| 多摩川平瀬 | 0.67 | 99.33 | 0.42 | 61.84 | 0.26 | 38.16 |

表 3.4 付着藻類の分析結果(2004.12)

| | 蒸発残留物(%) | 含水率(%) | 強熱残留物(%) | 乾燥試料中の 強熱残留物(%) | 強熱減量(%) | 乾燥試料中の 強熱減量(%) |
|--------|----------|--------|----------|--------------------|---------|-------------------|
| 北浅川平瀬 | 0.09 | 99.91 | 0.07 | 76.92 | 0.02 | 23.08 |
| 北浅川早瀬 | 0.11 | 99.89 | 0.10 | 85.71 | 0.02 | 14.29 |
| 北浅川淵 | 0.08 | 99.92 | 0.06 | 82.05 | 0.01 | 17.95 |
| 秋川早瀬 | 0.07 | 99.93 | 0.07 | 96.87 | 0.00 | 3.13 |
| 秋川淵 | 0.52 | 99.48 | 0.49 | 92.96 | 0.04 | 7.04 |
| 平井川平瀬① | 0.12 | 99.88 | 0.10 | 83.33 | 0.02 | 16.67 |
| 平井川淵 | 0.32 | 99.68 | 0.28 | 87.65 | 0.04 | 12.35 |
| 平井川早瀬 | 0.02 | 99.98 | 0.02 | 83.33 | 0.00 | 16.67 |
| 平井川平瀬② | 0.11 | 99.89 | 0.10 | 91.30 | 0.01 | 8.70 |
| 多摩川平瀬 | 0.05 | 99.95 | 0.04 | 87.50 | 0.01 | 12.50 |

(3) 底生動物調査

現地調査は平成16年8月5日と12月17日に行った。底生動物調査は30×30 cmコドラート付サーバーネットを用いて採取し、同時に付着藻類も採集した。底生動物は10%ホルマリン溶液で固定した後、分析室に持ち帰り種の同定と計数、計量を行なった。付着藻類については、現存量の指標としてクロロフィル a 量の測定を行なった。調査した河川毎に、底生動物と付着藻類を採集した場所を以下に示した。

- ・平井川・多西橋・・・・・・・・早瀬・平瀬①・平瀬②・淵の4地点
- ・秋川・東秋川橋・・・・・・・・早瀬と淵の2地点
- ・北浅川・中央道浅川橋・・・・・・・・早瀬・平瀬・トロの3地点
- ・多摩川・拝島橋・・・・・・・・平瀬1地点のみ

採集した底生動物の種類数、個体数、湿重量は、下記の概要表および表3.5～3.6に示すとおりであった。また、表3.7～3.8には以下の用語説明として生活型区分、採餌型区分を示した。写真3.5には代表的なヒゲナガカワトビケラ、ウルマシマトビケラを示した。

表3.5 調査結果概要

| 河川名 | | 平井川 | | | | 秋川 | | 北浅川 | | | 多摩川 |
|---------|-----|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|------|------|
| 調査点 | | 早瀬 | 平瀬① | 平瀬② | 淵 | 早瀬 | 淵 | 早瀬 | 平瀬 | トロ | 平瀬 |
| 種類数 | 8月 | 32 | 34 | 33 | 23 | 31 | 29 | 18 | 17 | 19 | 23 |
| | 12月 | 30 | 22 | 27 | 14 | 37 | 23 | 20 | 18 | 16 | 22 |
| 12月-8月差 | | -2 | -12 | -6 | -9 | 6 | -6 | 2 | 1 | -3 | -1 |
| 個体数 | 8月 | 907 | 1193 | 1008 | 809 | 2748 | 532 | 708 | 1268 | 790 | 586 |
| | 12月 | 940 | 657 | 915 | 337 | 1085 | 187 | 1548 | 753 | 462 | 225 |
| 12月/8月比 | | 104% | 55% | 91% | 42% | 39% | 35% | 219% | 59% | 58% | 38% |
| 湿重量 | 8月 | 7.82 | 8.89 | 6.95 | 3.89 | 11.33 | 3.14 | 17.12 | 15.28 | 2.44 | 2.35 |
| | 12月 | 2.95 | 2.77 | 2.07 | 0.34 | 3.38 | 0.86 | 7.09 | 4.38 | 1.61 | 0.88 |
| 12月/8月比 | | 38% | 31% | 30% | 9% | 30% | 27% | 41% | 29% | 66% | 37% |

注：12月/8月比とは、8月の値を100とした時の、12月の値の百分率を示す。

(a) 平井川・多西橋

8月の種類数は23～34種、個体数は809～1193個体、湿重量は3.89～8.89gとなっており、いずれの項目も平瀬①で多く淵では少なかった。

12月の種類数は14～30種、個体数は337～940個体、湿重量は0.34～2.95gとなっており、いずれの項目も早瀬で多く、淵では少なかった。

8月と12月の調査結果を比較すると、種類数は採集した4地点全てで減少した。早瀬に比べて、平瀬①や淵の減少幅が大きかった。

個体数は、早瀬と平瀬②でほぼ同様の結果となったのに対し、平瀬①と淵ではカゲロウ目やユスリカ科を中心に、平瀬①で約6割、淵で約4割に減少した。

湿重量をみると、8月は早瀬や平瀬①、平瀬②でヒゲナガカワトビケラが、淵ではシマイシビルやコオニヤンマなど大型の種が出現したことから大きな値となったが、12月にはこれらの種が減少したため値は小さく、8月の1～4割程度であった。

(b) 秋川・東秋川橋

8月の種類数は29～31種, 個体数は532～2748個体, 湿重量は3.14～11.33gとなっており, いずれの項目もトロより早瀬で多かった。12月の種類数は23～37種, 個体数は187～1085個体, 湿重量は0.86～3.38gとなっており, 8月同様いずれの項目も早瀬で多かった。8月と12月の調査結果を比較すると, 種類数は早瀬で6種が増加したのに対し, トロでは6種減少した。

個体数は, 8月に多かったコカゲロウ科, マダラカゲロウ科, シマトビケラ科, ヒラタドロムシ科などが12月に減少し, 早瀬, トロとも8月の4割程度であった。12月のトロでは全体的に個体数が少なかった。

湿重量をみると, 8月は大型のヒゲナガカワトビケラやオナガサナエが出現したが, 12月にはこれらが減少し, 8月の3割程度であった。

(c) 北浅川・中央道浅川橋

8月の種類数は17～19種, 個体数は708～1268個体, 湿重量は2.44～17.12gとなっており, 個体数は平瀬, 湿重量は早瀬と平瀬で多かった。種類数は3地点ともほぼ同じであった。12月の種類数は16～20種, 個体数は462～1548個体, 湿重量は1.61～7.09gとなっており, いずれの項目も早瀬で多かった。

8月と12月の調査結果を比較すると, 種類数は早瀬で2種, 平瀬で1種が増加し, 淵では3種減少した。前述した2河川の調査点に比べて, 種類数の増減幅は小さかった。

12月の個体数は, 早瀬でミズミミズ科とユスリカ科が増加し, 8月の約2倍となったが, 平瀬とトロではミズムシやコカゲロウ属などが減少し, 2地点とも8月の約6割であった。

湿重量をみると, 8月は大型のヒゲナガカワトビケラが早瀬と平瀬で多く出現し, 大きな値となった。12月にもヒゲナガカワトビケラは出現したが, 出現個体の多くは8月に比べて小型で, 12月は8月の3～4割程度の湿重量であった。トロでは, 早瀬や平瀬に比べて大型の出現個体が8月にも少なく, 湿重量の値は8月, 12月とも前記2地点より小さかった。

(d) 多摩川・拝島橋

8月の結果をみると, 種類数23種類, 個体数586個体, 湿重量2.35gで, 12月の結果は22種類, 225個体, 0.88gとなっていた。

8月と12月の調査結果を比較すると, 12月の種類数は1種減, 個体数, 湿重量は, ともに6月の約4割に減少した。8月に比べて12月の種類数が減少した地点は10地点中7地点, 個体数が3割以上減少した地点は10地点中7地点であり, 調査点全てにおいて湿重量が3割以上減少した。12月調査の約2ヶ月前にあたる, 平成16年10月9日に, 台風22号が関東地方を通過した。これらの底生動物の全体的な減少は, 台風による出水の影響を受けた結果であると推察された。

平井川の平瀬①や淵では, 出現種や個体数の減少幅が大きかった。その要因のひとつとし

て、平井川の流量の差が大きいことが考えられる。現地を目視観察で、平水時の水深が 15cm 程度なのに対し、出水時の最高水位の痕跡は河床から 1.5m 以上の高さにあったことなどが確認されている。このように平水時と出水時の流量の差が大きい場所では、平水時の緩い流速に適応している種が、出水時の速い流速に耐えられず、多くは流下すると考えられる。

さらに、平井川の平瀬①付近は、粒径の小さい礫が多い平坦な地形であり、出水時に底生動物が逃避できる礫間の空隙が少ない。このような条件も、底生動物の出現種、個体数の減少幅が他より大きくなったことの要因のひとつとなった可能性がある。平井川でも早瀬では、平水時も流速が速く、礫も大きいため、上記の要因の影響が弱く、種類数や個体数の減少幅が小さかったと考えられる。

秋川や多摩川についても、種類数は平井川の早瀬と同様に考えることができる。しかし、秋川、多摩川では、個体数の減少幅が大きかった。これらの河川は、平井川や北浅川よりも河川規模が大きいことから、出水時に底生動物が逃避できる空間の多様性が大きく、多くの種が生残できると考えられる。その一方で、流量が多いことから、河床の攪乱規模も大きいと思われ、流下する個体が多かったと考えられる。

出水などによって攪乱が起きた後の底生動物の加入過程は、上流からの流下個体の加入と、カワゲラ類などの水生昆虫にみられるような、成虫の遡上飛翔後の産卵による加入がある。このうち後者による加入は、短期間に多くの個体数の増加が期待できる。

今回の台風による出水時期は、多くの水生昆虫の産卵期を過ぎていたことから、個体数の急速な回復には至っていないと考えることができる。

各調査点において、個体数および湿重量の多いものから最大 3 種を選出し、全体に占める割合と、その種の生活型を表 4 に示した。8 月の個体数をみると、マダラカゲロウ属の仲間やマルヒラタドロムシ属のような匍匐型、コガタシマトビケラのような造網型など、安定した底質と関連のある種が多い。また、湿重量は造網型のヒゲナガカワトビケラが高い比率を占めた。これに対して 12 月は、個体数ではユスリカ科（生活型不明）や、ミズミズ科のような掘潜型が多く、湿重量ではヒゲナガカワトビケラの占める割合が低下している調査点が多い。ユスリカ科やミズミズ科は、1 世代に要する期間が短いため急速に個体数を増加させることができ、河床の攪乱が起きた後のような、空いたニッチをいち早く利用することができる種である。

このように、12 月の底生動物調査結果は、台風の出水による影響が示唆された。影響の度合いは、平水時と出水時の流速の差が大きいと思われる場所で、強く現れた。

表 3.6 主な出現種の生活型と出現割合

| | 平井川 早瀬 | | | 平井川 平瀬① | | | 平井川 平瀬② | | |
|-----|---|--|--------------------------------------|--|--|--------------------------------------|---|---|--|
| | 種名 | 生活型 | 割合 | 種名 | 生活型 | 割合 | 種名 | 生活型 | 割合 |
| | 8月 | アカマダラカゲロウ エラブタマダラカゲロウ コカゲロウ属 ヒゲナガカワトビケラ | (葡萄型) (葡萄型) (遊泳型) (造網型) | 26% 17% 12% 80% | アカマダラカゲロウ エラブタマダラカゲロウ コガタシマトビケラ アカマダラカゲロウ | (葡萄型) (葡萄型) (造網型) (葡萄型) | 34% 16% 8% 5% | マルヒラ外ロムシ属 エラブタマダラカゲロウ シロタニガワカゲロウ ヒゲナガカワトビケラ マルヒラ外ロムシ属 シロタニガワカゲロウ | (葡萄型) (葡萄型) (葡萄型) (造網型) (葡萄型) (葡萄型) |
| 12月 | ユスリカ科 ミスミス科 ナミウスムシ ヒゲナガカワトビケラ ウルマーシマトビケラ ユスリカ科 | (?) (掘潜型) (葡萄型) (造網型) (造網型) (?) | 54% 11% 9% 42% 13% 9% | ユスリカ科 ミスミス科 ヒラ外ロムシ属 ヒゲナガカワトビケラ ヒゲナガカワトビケラ ユスリカ科 | (?) (掘潜型) (葡萄型) (葡萄型) (造網型) (?) | 58% 18% 9% 51% 27% 8% | ユスリカ科 ミスミス科 ナミウスムシ ヒゲナガカワトビケラ オナガサナエ ユスリカ科 | (?) (掘潜型) (葡萄型) (造網型) (葡萄型) (?) | 70% 13% 5% 29% 18% 15% |

注：出現割合が5%以上の種を揚げた

| 平井川 淵 | | | |
|----------|--|--|--|
| | 種名 | 生活型 | 割合 |
| 8月 | ミスミス科 エラブタマダラカゲロウ シロタニガワカゲロウ | (掘潜型) (葡萄型) (葡萄型) | 30% 14% 9% |
| 12月 | コオニヤンマ ヒゲナガカワトビケラ シロタニガワカゲロウ ミスミス科 ユスリカ科 シロタニガワカゲロウ マルヒラ外ロムシ属 ユスリカ科 | (掘潜型) (造網型) (葡萄型) (掘潜型) (?) (葡萄型) (葡萄型) (?) | 24% 14% 11% 52% 30% 26% 24% 18% |

| | 秋川 早瀬 | | | 秋川 淵 | | | 多摩川 平瀬 | | |
|-----|---|---|--|---|--|---|---|---|--|
| | 種名 | 生活型 | 割合 | 種名 | 生活型 | 割合 | 種名 | 生活型 | 割合 |
| | 8月 | コカゲロウ属 コガタシマトビケラ アカマダラカゲロウ ヒゲナガカワトビケラ ウルマーシマトビケラ マルヒラ外ロムシ属 | (遊泳型) (造網型) (葡萄型) (造網型) (造網型) (葡萄型) | 28% 20% 15% 52% 9% 8% | コカゲロウ属 マルヒラ外ロムシ属 ヒメトビイロカゲロウ ヒゲナガカワトビケラ マルヒラ外ロムシ属 | (遊泳型) (葡萄型) (遊泳型) (造網型) (葡萄型) | 21% 20% 14% 69% 7% | マルヒラ外ロムシ属 アカマダラカゲロウ コガタシマトビケラ ヒゲナガカワトビケラ マルヒラ外ロムシ属 アカマダラカゲロウ | (葡萄型) (葡萄型) (造網型) (造網型) (葡萄型) (葡萄型) |
| 12月 | アシマダラフユ属 ユスリカ科 フタバコカゲロウ オオヤマカワケラ アシマダラフユ属 ウルマーシマトビケラ | (葡萄型) (?) (遊泳型) (葡萄型) (葡萄型) (造網型) | 26% 20% 8% 24% 12% 12% | ユスリカ科 Anthocha sp. コガタシマトビケラ オナガサナエ ヒゲナガカワトビケラ ユスリカ科 | (?) (造網型) (造網型) (葡萄型) (造網型) (?) | 34% 25% 11% 49% 17% 9% | ユスリカ科 ミスミス科 アシマダラフユ属 ヒゲナガカワトビケラ カミムラカワケラ マルヒラ外ロムシ属 | (?) (掘潜型) (葡萄型) (造網型) (葡萄型) (葡萄型) | 29% 17% 9% 40% 33% 8% |

| | 北浅川 早瀬 | | | 北浅川 平瀬 | | | 北浅川 トロ | | |
|-----|---|--|---|---|--|--|--|---|--|
| | 種名 | 生活型 | 割合 | 種名 | 生活型 | 割合 | 種名 | 生活型 | 割合 |
| | 8月 | コガタシマトビケラ ウルマーシマトビケラ ユスリカ科 ヒゲナガカワトビケラ ウルマーシマトビケラ | (造網型) (造網型) (?) (造網型) (造網型) | 28% 21% 17% 87% 5% | コカゲロウ属 ミスムシ ウルマーシマトビケラ ヒゲナガカワトビケラ ウルマーシマトビケラ ミスムシ | (遊泳型) (葡萄型) (造網型) (造網型) (造網型) (葡萄型) | 36% 24% 9% 78% 6% 5% | ユスリカ科 ミスムシ ミスミス科 シマイシビル(葡萄型) ヒゲナガカワトビケラ ミスムシ | (?) (葡萄型) (掘潜型) (葡萄型) (造網型) (葡萄型) |
| 12月 | ミスミス科 ユスリカ科 ウルマーシマトビケラ ヒゲナガカワトビケラ ユスリカ科 コカゲロウ属 | (掘潜型) (?) (造網型) (造網型) (?) (遊泳型) | 39% 38% 8% 58% 6% 6% | ユスリカ科 ミスミス科 コカゲロウ属 ヒゲナガカワトビケラ ウルマーシマトビケラ ユスリカ科 | (?) (掘潜型) (遊泳型) (造網型) (造網型) (?) (?) | 40% 26% 15% 66% 18% 5% | ユスリカ科 ミスミス科 ヒゲナガカワトビケラ ユスリカ科 ユスリカ科 ウルマーシマトビケラ | (?) (掘潜型) (造網型) (?) (?) (造網型) | 69% 13% 66% 16% 18% 9% |

表 3.7 生活型の区分

| | | |
|-------|----------------|------------------|
| 掘 潜 型 | (burrowing) | 砂や泥の中に潜っているもの |
| 匍 匐 型 | (creeping) | 礫上や礫間をはって移動するもの |
| 遊 泳 型 | (swimming) | 主に遊泳して移動するもの |
| 造 網 型 | (net-spinning) | 糸を用いて網をはり、餌をとるもの |
| 携 巢 型 | (case-bearing) | 石や落ち葉で巣をつくるもの |

表 3.8 摂餌型の区分

| | | |
|------|-----------------|-----------------------|
| 採集食者 | (collector) | デトリタスや藻類などをかき集めて食べるもの |
| 刈取食者 | (scraper) | 藻類などを削り取って食べるもの |
| 破碎食者 | (shredder) | 落ち葉などをかみちぎって食べるもの |
| 捕食者 | (predator) | 他の動物を捕らえて食べるもの |
| ろ過者 | (filter feeder) | ろ過食のもの |



(刈田敏:「水生生物ハンドブック」より引用)

写真 3.5 造網型に属する代表的な二種

なお、底生動物の餌の1つである、付着珪藻の現存量の指標として、蛍光光度法にてクロロフィル a 量を測定した。測定結果を表 3.9 に示した。

表 3.9 クロロフィル a 量の測定結果

| 河川名 調査点 | 平井川 | | | | 秋 川 | | 北浅川 | | | 多摩川 |
|------------|------|------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|------|
| | 早瀬 | 平瀬① | 平瀬② | 淵 | 早瀬 | トロ | 早瀬 | 平瀬 | トロ | 平瀬 |
| 8月 | 5.90 | 9.90 | 6.68 | 7.12 | 8.80 | 14.42 | 3.04 | 11.78 | 15.28 | 9.32 |
| 12月 | 7.97 | 8.82 | 8.36 | 15.63 | 1.06 | 6.10 | 3.50 | 4.06 | 2.75 | 0.76 |
| 12月/8月比 | 135% | 89% | 125% | 220% | 12% | 42% | 115% | 34% | 18% | 8% |

8月の測定結果をみると、クロロフィル a 量は $3.04 \sim 15.28 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ で、1地点のみ測定している多摩川を除く3河川では、早瀬の値が他より小さかった。12月の測定結果は、 $0.76 \sim 15.6 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ で、多摩川を除く3河川では、調査地点間に1.5～5.7倍の差がみられたが、最大値や最小値となる地形に共通性は認められなかった。

8月と12月の測定結果を比較すると、多摩川や、秋川の早瀬の12月の値は8月の値の1割程度であり、減少幅が大きかった。クロロフィル a 量は淵・トロで多く、早瀬、平瀬で少ない。

12月の多摩川・拝島橋は対岸を中心として落差工の工事が行なわれており、調査点がある右岸側に河川水が集中していた。そのため調査点の周囲は流速が速く、河床は最近更新が起きたようにみえた。

12月の秋川の河川水には濁りがみられ、透視度は29度（1度=1cm）であった。濃い濁水の流下が長期間に及んだ場合、付着藻類の光合成作用の低下が生じたり、濁水中の浮遊砂により藻類自体が削られて流出するなど、付着藻類の現存量が減少することが予想される。しかしながら、現地調査時にみられた濁水の発生期間や濃度などの詳細は不明であり、濁りが付着藻類の現存量に与える影響に関する定量的な知見も少ない、秋川のクロロフィル a 量が減少した要因は明らかでなかった。

クロロフィル a 量の結果はバラツキが大きく、台風による出水の影響は認められなかった。これは、底生動物に比べて、付着藻類の世代交代が非常に早く、短期間のうちに現存量が増加するためと考えられる。

(参考資料)

2003年, 2004年の底生動物調査結果を参考に下記に示した.

表.1 北浅川の調査結果

| | 平瀬 | | | | 早瀬 | | | | トロ | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 9月 | 1月 | 8月 | 12月 | 9月 | 1月 | 8月 | 12月 | 9月 | 1月 | 8月 | 12月 |
| 個体数 | 144 | 502 | 1268 | 753 | 368 | 1282 | 708 | 1548 | 88 | 273 | 790 | 462 |
| 湿重量(g) | 0.66 | 9.95 | 15.28 | 4.38 | 1.41 | 21.64 | 17.12 | 7.09 | 0.32 | 5.92 | 2.44 | 1.61 |
| 種類数 | 12 | 12 | 17 | 18 | 11 | 20 | 18 | 20 | 7 | 13 | 19 | 16 |
| Simpson 指数 | 0.648 | 0.714 | 0.787 | 0.746 | 0.681 | 0.704 | 0.832 | 0.691 | 0.520 | 0.713 | 0.670 | 0.500 |

(/0.09 m²)

表2 北浅川の各調査点の優占種

| 測点：平瀬 | | 種名 | 湿重量(g) | 優占率(%) | 個体数(匹) |
|-------|-------|-------------|--------|--------|--------|
| 9月 | 第1優占種 | ウルマーシマトビケラ | 0.19 | 28.8 | 12 |
| | 第2優占種 | ユスリカ科 | 0.11 | 16.7 | 76 |
| | 第3優占種 | エルモンヒラタカゲロウ | 0.08 | 12.1 | 8 |
| 1月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 5.67 | 57.0 | 29 |
| | 第2優占種 | ウルマーシマトビケラ | 3.46 | 34.8 | 215 |
| | 第3優占種 | エルモンヒラタカゲロウ | 0.30 | 3.0 | 15 |
| 8月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 11.99 | 78.5 | 35 |
| | 第2優占種 | ウルマーシマトビケラ | 0.99 | 6.5 | 118 |
| | 第3優占種 | ミズムシ | 0.78 | 5.1 | 310 |
| 12月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 2.90 | 66.2 | 17 |
| | 第2優占種 | ウルマーシマトビケラ | 0.81 | 18.5 | 63 |
| | 第3優占種 | ユスリカ科 | 0.23 | 5.3 | 298 |

| 測点：早瀬 | | 種名 | 湿重量(g) | 優占率(%) | 個体数(匹) |
|-------|-------|------------|--------|--------|--------|
| 9月 | 第1優占種 | コカゲロウ属 | 0.66 | 46.8 | 159 |
| | 第2優占種 | フタバコカゲロウ | 0.26 | 18.4 | 117 |
| | 第3優占種 | ウルマーシマトビケラ | 0.22 | 15.6 | 14 |
| 1月 | 第1優占種 | ウルマーシマトビケラ | 12.88 | 59.5 | 641 |
| | 第2優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 6.26 | 28.9 | 26 |
| | 第3優占種 | コカゲロウ属 | 0.83 | 3.8 | 185 |
| 8月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 14.97 | 87.4 | 37 |
| | 第2優占種 | ウルマーシマトビケラ | 0.92 | 5.4 | 146 |
| | 第3優占種 | コガタシマトビケラ | 0.48 | 2.8 | 199 |
| 12月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 4.14 | 58.4 | 26 |
| | 第2優占種 | ウルマーシマトビケラ | 1.62 | 22.8 | 117 |
| | 第3優占種 | ユスリカ科 | 0.45 | 6.3 | 590 |

| 測点：トロ | | 種名 | 湿重量(g) | 優占率(%) | 個体数(匹) |
|-------|-------|-------------|--------|--------|--------|
| 9月 | 第1優占種 | エルモンヒラタカゲロウ | 0.12 | 37.5 | 13 |
| | 第2優占種 | ユスリカ科 | 0.06 | 18.8 | 59 |
| | 第3優占種 | ウルマーシマトビケラ | 0.06 | 18.8 | 3 |
| 1月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 4.24 | 71.6 | 18 |
| | 第2優占種 | ウルマーシマトビケラ | 0.62 | 10.5 | 34 |
| | 第3優占種 | ウスバヒメガガンボ亜科 | 0.39 | 6.6 | 81 |
| 8月 | 第1優占種 | シマイシビル | 1.07 | 43.9 | 38 |
| | 第2優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 0.63 | 25.8 | 2 |

| | | | | | |
|-----|-------|------------|------|------|-----|
| | 第3優占種 | ユスリカ科 | 0.13 | 5.3 | 423 |
| 12月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 1.07 | 66.5 | 7 |
| | 第2優占種 | ユスリカ科 | 0.25 | 15.5 | 320 |
| | 第3優占種 | ウルマーシマトビケラ | 0.15 | 9.3 | 17 |

(/0.09 m²)

表.3 平井川の調査結果

| | 平瀬① | | | | 平瀬② | | | | 淵 | | | | 早瀬 | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 9月 | 1月 | 8月 | 12月 |
| 個体数 | 155 | 314 | 1193 | 657 | 248 | 268 | 1008 | 915 | 54 | 236 | 809 | 337 | 178 | 878 | 907 | 940 |
| 湿重量 (g) | 0.60 | 15.23 | 8.89 | 2.77 | 5.54 | 5.00 | 6.95 | 2.07 | 0.44 | 4.70 | 3.89 | 0.34 | 3.25 | 14.65 | 7.82 | 2.95 |
| 種類数 | 15 | 17 | 34 | 22 | 19 | 16 | 33 | 27 | 16 | 14 | 22 | 14 | 10 | 20 | 32 | 30 |
| Simpson 指数 | 0.773 | 0.865 | 0.834 | 0.624 | 0.896 | 0.884 | 0.858 | 0.493 | 0.874 | 0.854 | 0.822 | 0.636 | 0.830 | 0.819 | 0.865 | 0.675 |

表 4 平井川の各調査点の優占種

| 測点：平瀬① | | 種名 | 湿重量(g) | 優占率(%) | 個体数(匹) |
|--------|-------|-------------|--------|--------|--------|
| 9月 | 第1優占種 | エルモンヒラタカゲロウ | 0.19 | 31.7 | 7 |
| | 第2優占種 | コカゲロウ属 | 0.13 | 21.7 | 64 |
| | 第3優占種 | ウルマーシマトビケラ | 0.08 | 13.3 | 5 |
| 1月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 13.22 | 86.8 | 48 |
| | 第2優占種 | カミムラカワゲラ | 0.36 | 2.4 | 6 |
| | 第3優占種 | オオマダラカゲロウ | 0.15 | 1.0 | 5 |
| 8月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 5.94 | 66.8 | 26 |
| | 第2優占種 | マルヒラタドロムシ属 | 0.40 | 4.5 | 88 |
| | 第3優占種 | コガタシマトビケラ | 0.25 | 2.8 | 95 |
| 12月 | 第1優占種 | ヒラタドロムシ属 | 1.40 | 50.5 | 56 |
| | 第2優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 0.75 | 27.1 | 4 |
| | 第3優占種 | ユスリカ科 | 0.22 | 7.9 | 378 |

| 測点：平瀬② | | 種名 | 湿重量(g) | 優占率(%) | 個体数(匹) |
|--------|-------|---------------------|--------|--------|--------|
| 9月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 4.20 | 75.8 | 22 |
| | 第2優占種 | ウルマーシマトビケラ | 0.34 | 6.1 | 15 |
| | 第3優占種 | エルモンヒラタカゲロウ | 0.19 | 3.4 | 14 |
| 1月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 4.23 | 84.6 | 24 |
| | 第2優占種 | コガタシマトビケラ | 0.14 | 2.8 | 44 |
| | 第3優占種 | ウルマーシマトビケラ | 0.14 | 2.8 | 21 |
| 8月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 3.44 | 49.5 | 13 |
| | 第2優占種 | マルヒラタドロムシ属 | 1.14 | 16.4 | 254 |
| | 第3優占種 | <i>Eriocera</i> sp. | 0.60 | 8.6 | 7 |
| 12月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 0.61 | 29.5 | 3 |
| | 第2優占種 | ユスリカ科 | 0.32 | 15.5 | 637 |
| | 第3優占種 | ヒラタドロムシ属 | 0.17 | 8.2 | 7 |

| 測点：淵 | | 種名 | 湿重量(g) | 優占率(%) | 個体数(匹) |
|------|-------|------------|--------|--------|--------|
| 9月 | 第1優占種 | シロタニガワカゲロウ | 0.15 | 34.1 | 8 |
| | 第2優占種 | マルヒラタドロムシ属 | 0.04 | 9.1 | 3 |
| | 第3優占種 | コカゲロウ属 | 0.02 | 4.5 | 6 |
| 1月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 3.37 | 71.7 | 31 |
| | 第2優占種 | カミムラカワゲラ | 0.48 | 10.2 | 4 |
| | 第3優占種 | クシゲマダラカゲロウ | 0.20 | 4.3 | 61 |
| 8月 | 第1優占種 | シマイシビル | 0.90 | 23.1 | 10 |
| | 第2優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 0.56 | 14.4 | 3 |
| | 第3優占種 | シロタニガワカゲロウ | 0.43 | 11.1 | 72 |
| 12月 | 第1優占種 | シロタニガワカゲロウ | 0.09 | 26.5 | 13 |
| | 第2優占種 | マルヒラタドロムシ属 | 0.08 | 23.5 | 4 |
| | 第3優占種 | ユスリカ科 | 0.06 | 17.6 | 101 |

| 測点：早瀬 | | 種名 | 湿重量(g) | 優占率(%) | 個体数(匹) |
|-------|-------|-------------|--------|--------|--------|
| 9月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 1.91 | 58.8 | 16 |
| | 第2優占種 | ウルマーシマトビケラ | 0.54 | 16.6 | 44 |
| | 第3優占種 | エルモンヒラタカゲロウ | 0.47 | 14.5 | 12 |
| 1月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 9.52 | 65.0 | 65 |
| | 第2優占種 | ウルマーシマトビケラ | 3.19 | 21.8 | 296 |
| | 第3優占種 | ナミヒラタカゲロウ | 0.47 | 3.2 | 11 |
| 8月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 6.28 | 80.3 | 22 |
| | 第2優占種 | アカマダラカゲロウ | 0.29 | 3.7 | 239 |
| | 第3優占種 | エラブタマダラカゲロウ | 0.25 | 3.2 | 158 |
| 12月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 1.25 | 42.4 | 5 |
| | 第2優占種 | ウルマーシマトビケラ | 0.37 | 12.5 | 31 |
| | 第3優占種 | ユスリカ科 | 0.28 | 9.5 | 512 |

表5 秋川の調査結果

| | 早瀬 | | | | 淵(トロ) | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 9月 | 1月 | 8月 | 12月 | 9月 | 1月 | 8月 | 12月 |
| 個体数 | 280 | 3047 | 2743 | 1085 | — | 716 | 532 | 187 |
| 湿重量(g) | 1.05 | 13.12 | 11.33 | 3.38 | — | 3.26 | 3.14 | 0.86 |
| 種類数 | 29 | 29 | 31 | 37 | — | 19 | 29 | 23 |
| Simpson 指数 | 0.906 | 0.328 | 0.841 | 0.872 | — | 0.152 | 0.870 | 0.804 |

(/0.09 m²)

表 6 秋川の各調査点の優占種

| 測点：早瀬 | | 種名 | 湿重量(g) | 優占率(%) | 個体数(匹) |
|-------|-------|------------|--------|--------|--------|
| 9月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 0.47 | 44.8 | 5 |
| | 第2優占種 | ウルマーシマトビケラ | 0.19 | 18.1 | 34 |
| | 第3優占種 | コカゲロウ属 | 0.07 | 6.7 | 41 |
| 1月 | 第1優占種 | アシマダラブユ属 | 5.45 | 41.5 | 2490 |
| | 第2優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 4.65 | 35.4 | 27 |
| | 第3優占種 | オオヤマカワゲラ | 1.16 | 8.8 | 2 |
| 8月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 5.88 | 51.9 | 29 |
| | 第2優占種 | ウルマーシマトビケラ | 0.98 | 8.6 | 232 |
| | 第3優占種 | マルヒラタドロムシ属 | 0.87 | 7.7 | 261 |
| 12月 | 第1優占種 | オオヤマカワゲラ | 0.82 | 24.3 | 2 |
| | 第2優占種 | アシマダラブユ属 | 0.42 | 12.4 | 281 |
| | 第3優占種 | ウルマーシマトビケラ | 0.41 | 12.1 | 51 |

| 測点：淵(トロ) | | 種名 | 湿重量(g) | 優占率(%) | 個体数(匹) |
|----------|-------|--------------|--------|--------|--------|
| 1月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 1.36 | 41.7 | 6 |
| | 第2優占種 | ユスリカ科 | 0.87 | 26.7 | 659 |
| | 第3優占種 | カミムラカワゲラ | 0.68 | 20.9 | 2 |
| 8月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 2.18 | 69.4 | 8 |
| | 第2優占種 | マルヒラタドロムシ属 | 0.23 | 7.3 | 109 |
| | 第3優占種 | ニンギョウトビケラ | 0.11 | 3.5 | 6 |
| 12月 | 第1優占種 | ユスリカ科 | 0.08 | 9.3 | 63 |
| | 第2優占種 | Anthocha sp. | 0.05 | 5.8 | 47 |
| | 第3優占種 | Eriocera sp. | 0.04 | 4.7 | 2 |

表 7 多摩川の調査結果

| | 平瀬 | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| | 9月 | 1月 | 8月 | 12月 |
| 個体数 | 270 | 1383 | 586 | 225 |
| 湿重量(g) | 0.98 | 15.83 | 2.35 | 0.88 |
| 種類数 | 21 | 27 | 23 | 22 |
| Simpson 指数 | 0.746 | 0.836 | 0.821 | 0.858 |

(/0.09 m²)

表 8 多摩川の各調査点の優占種

| 測点：平瀬 | | 種名 | 湿重量(g) | 優占率(%) | 個体数(匹) |
|-------|-------|-------------|--------|--------|--------|
| 9月 | 第1優占種 | ウルマーシマトビケラ | 0.27 | 27.6 | 19 |
| | 第2優占種 | フタバコカゲロウ | 0.18 | 18.4 | 122 |
| | 第3優占種 | エルモンヒラタカゲロウ | 0.09 | 9.2 | 7 |
| 1月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 10.92 | 69.0 | 40 |
| | 第2優占種 | ウルマーシマトビケラ | 2.71 | 17.1 | 276 |
| | 第3優占種 | アシマダラブユ属 | 0.45 | 2.8 | 232 |
| 8月 | 第1優占種 | ヒゲナガカワトビケラ | 1.33 | 56.6 | 6 |
| | 第2優占種 | マルヒラタドロムシ属 | 0.35 | 14.9 | 182 |
| | 第3優占種 | アカマダラカゲロウ | 0.17 | 7.2 | 138 |
| 12月 | 第1優占種 | カミムラカワゲラ | 0.29 | 33.0 | 3 |
| | 第2優占種 | マルヒラタドロムシ属 | 0.07 | 8.0 | 5 |
| | 第3優占種 | ユスリカ科 | 0.05 | 5.7 | 65 |

第4章 攪乱に伴う底生動物群集の長期的変動

4-1 攪乱の概念

河川を生息場とする底生動物をはじめ，魚類，植生等の生物群集は種間の競争により限られた種のみが優占し，極相(Climax)に遷移する¹²⁾。このような生息場は攪乱(Disturbance)により極相の状態は破壊され，再び競争で排除された種が生息可能となる。あらゆる生息環境はこの過程が繰り返されることにより種の多様性(species diversity)が保たれている。河川は他の自然環境に比べ変動性が高く，攪乱が頻繁に起こりうるものが生息場としての河川環境がもつ特徴である。攪乱の発生に起因するものは人為的要因によるものと自然的要因によるものとに分けられる(図4.1)。これらの代表的な種としては前者は河川改修工事，後者は台風や集中豪雨による洪水などが挙げられる。

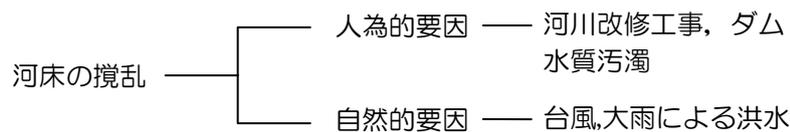


図4.1 底生動物への攪乱の要因

本章では多摩川水系における東京都の既往のデータによる1983年からの生物調査結果に近年の調査結果を加えたものを用いて，長期的な視点から底生動物群集の変動を捉えることによって，河床の攪乱と底生動物の関係を定量的に明らかにすることを試みた。対象とした調査地点は多摩川水系の秋川，平井川，北浅川および多摩川本川の拝島橋地点である。

はじめに底生動物の経年変化により長期的な変動特性を把握できた。これを踏まえ，河川改修工事が頻繁に行われた平井川と大規模な河川改修が行われなかった秋川を比較した。また，平井川における河川工事履歴を把握し，人為的要因による攪乱の影響を調査した。

次に，流量変動との関連性を探り，自然的攪乱に対する生物群集の動態を検討した。流量については生物調査地点と近郊の流量観測所によるデータを扱った。攪乱は競争排除を妨げる働きがあるが，規模によりその機能は大きく変化する。攪乱の規模が大きすぎると回復に要する時間が長く，種の減少を招く場合もある。反対に小さすぎると十分に競争排除を抑えることができない。したがって，多様性を保つには適度な攪乱が必要とされる(図4.2)。これは中規模攪乱説(intermediate disturbance

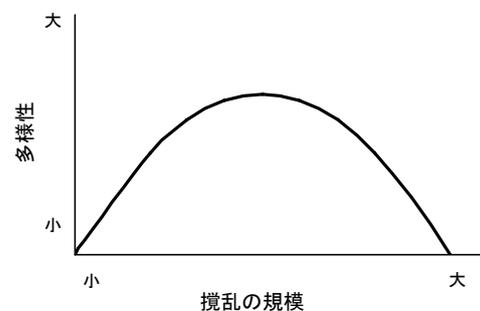


図4.2 中規模攪乱説模式図

hypothesis)と呼ばれ¹⁵⁾、植物性プランクトンや陸上植物など、広く確認されている。この理論をもとに攪乱規模と生物動態の関連性を確認するため、確率統計的な取扱いをもとに解析を行なった。

4-2 底生動物の動態

(1) 底生動物の経年変化

(a) 種類数

多摩川水系の秋川、北浅川、および平井川の1983年から約20年間の生物調査による結果を図4.3~4.5に示す。底生動物調査は基本的に毎年2月、5月、8月、11月において調査している。図4.3は種類数の経年変化を示したものである。秋川は1980年代前半40~50種程度であったが、80年代後半から低下し始め、30種を下回ることも多くなっている。ここでは河床の安定化による減少だと考えられる。その後、1991年を境に上昇傾向になり、90年代後半以降はほぼ40種を保っている。1990年前後は比較的降水量が多く1991年は前後約10年間で最も多い降水量が記録されている¹⁶⁾。その結果、攪乱が起これり一時的な種類数低下の後、回復する傾向となったと考えられる。

秋川と平行に流れ、秋川より約2km上流で多摩川と合流する平井川の底生動物の経年変化も秋川と同様に1991年前後で一時的に種類数が減少している。しかし、この傾向は秋川よりも顕著に現れているのが見受けられる。これは秋川と同様に河床の安定化とまとまった降水による攪乱が考えられるが、それに加え、平井川では表4.1に示すように80年代後半から連続して多く河川改修工事が行われていることも要因である。したがって、秋川との比較によって、平井川での人為的要因による攪乱の影響が大きいものと考えられる。

浅川は一貫して種類数が少ない。調査を開始した1983年以降漸次減少していき、90年代中頃には10種ほどにまで低下している。その後の種類数は当初の30種前後にまで回復している。浅川流域において下水道がこの調査期間内に整備されていった経過があり、その結果による水質改善が種の回復をもたらしたと考えられる¹⁷⁾。

表 4.1 平井川・秋川の河川工事経過

| | 平井川 | 秋川 |
|-------|-------------|----------|
| 1987年 | | 床固ブロック工事 |
| 1989年 | 200m(護岸・河心) | |
| 1990年 | 750m(護岸・河心) | 浚渫工事 |
| 1991年 | 400m(護岸・河心) | |
| 1992年 | 600m(河心) | 災害復旧工事 |
| 1996年 | 100m(河心) | |
| 1997年 | 50m(河心) | |
| 1999年 | | 魚道改良工事 |
| 2000年 | 150m(護岸・河心) | |

(「河川生態系への攪乱の要因に関する研究調査」により引用)

(b) 個体数・現存量

個体数，湿重量とも図 4.4，4.5 より 3 つの河川とも類似した変動を示した。個体数については全体を通して減少傾向にあり，1988 年以降は低い状態が続いている。湿重量(現存量)については 80 年代後半までは個体数と同様に減少傾向にある。しかし，90 年代初頭から増加しはじめ，増減を繰り返しながら，調査開始時の水準まで回復している。80 年代の個体数，現存量の減少は種類数の変動要因と同様に河床の安定化と 1990 年前後で降雨の多い年が数年間続いたこと，および 80 年代後半からの河川工事によるものと考えられる。

(c) 生活型

個体数，湿重量それぞれに占める生活型による構成比を示したものが図 4.6，4.7 である。浅川での個体数における構成比と湿重量におけるものを比較すると，それぞれ優占する生活型が異なる。図 4.6 より 1980 年代は個体数の分類では掘潜型が多くを占める。しかし次第に減少し，それに伴い全体の個体数も減少している。砂や泥に潜る掘潜型が多く，当時の浅川の河床は砂泥が堆積した状態であると推察される。

湿重量による生活型の 80 年代の分類を見ると個体数では優占していた掘潜型は相対的に微量であり，全体に占める現存量が多いのは匍匐型あるいは造網型である。90 年代初頭の一時的な減少後の現存量における生活型の分類は，80 年代と変わらず匍匐型また造網型が優占となっている。掘潜型の代表種はミズミミズ科やミズムシなどでありサンプリングの際に大量に採取されることが多いが，サイズが小さく個体が多数出現しても湿重量には反映されない。一方，匍匐型や造網型は底生動物の中では比較的大型なものも多く，少数であっても現存量は大きなものとなる。

したがって，多量の降水がもたらした増水により攪乱が起こり，覆われていた砂泥が流送されたため，掘潜型は姿を消し匍匐型，造網型が優占できる生息場となったと考えられる。以上のことが図 4.6，4.7 で示されたように 90 年以降，全体の湿重量は回復しているのに対して個体数は減少したまま推移する状態となった要因と考えられる。

(2) 底生動物の季節別変動

水生昆虫は 1 年間に 1 世代，あるいは 2，3 世代となるものもあり，羽化した幼虫は水中から飛び立っていく。したがって，底生動物の生物量も季節間で大きな変動が見られる。そのことは図 4.3～4.5 からも明確に示される。長期的に底生動物の動態を見る場合，その季節的変動を把握することは重要であると考えられる。

まず，秋川調査結果の例として底生動物の種類数，現存量がそれぞれどのような分布形と適合するのを見た。図 4.8，4.9 は秋川における種類数，現存量の度数分布であるが，種類数は正規分布，現存量は対数正規分布に適合すると仮定できる。表 4.2 は種類数，現存量それぞれの実測値と標本分布に対する χ^2 分布による適合度検定を行なった結果である。この表が示すように有意水準 5%においてこれらの度数分布と標本分布との適合性は採択

できる。これを踏まえ、**図 4.10** に秋川の季節別の種類数、現存量それぞれの実測値と理論値の度数分布を図示した。その結果、種類数、現存量とも冬期が最も多く、次いで春期が多く、最も少ないのが夏期であった。主要種の羽化期は関東地方でウルマーシマトビケラ、コガタシマトビケラおよびシロタニカワカゲロウが4～5月、フタバコカゲロウが5～6月、アカマダラカゲロウが4～6月と8～10月(宮下：フィールドノート，出版文化社)といわれている。したがって、羽化期前で種類数が飽和状態で最終幼齢のためサイズの大きな水生昆虫の幼虫が多数存在する冬は種が豊富で現存量も最大となるといえる。また、**図 4.11** に平井川の季節変動別の度数分布を示したが、秋川とは異なり、湿重量においては対数正規分布には従わなかった。これは平井川における人為的な要因による攪乱が起こったことにより不規則なインパクトが与えられ、自然の状態で度数分布が乱されたのだと考えられる。

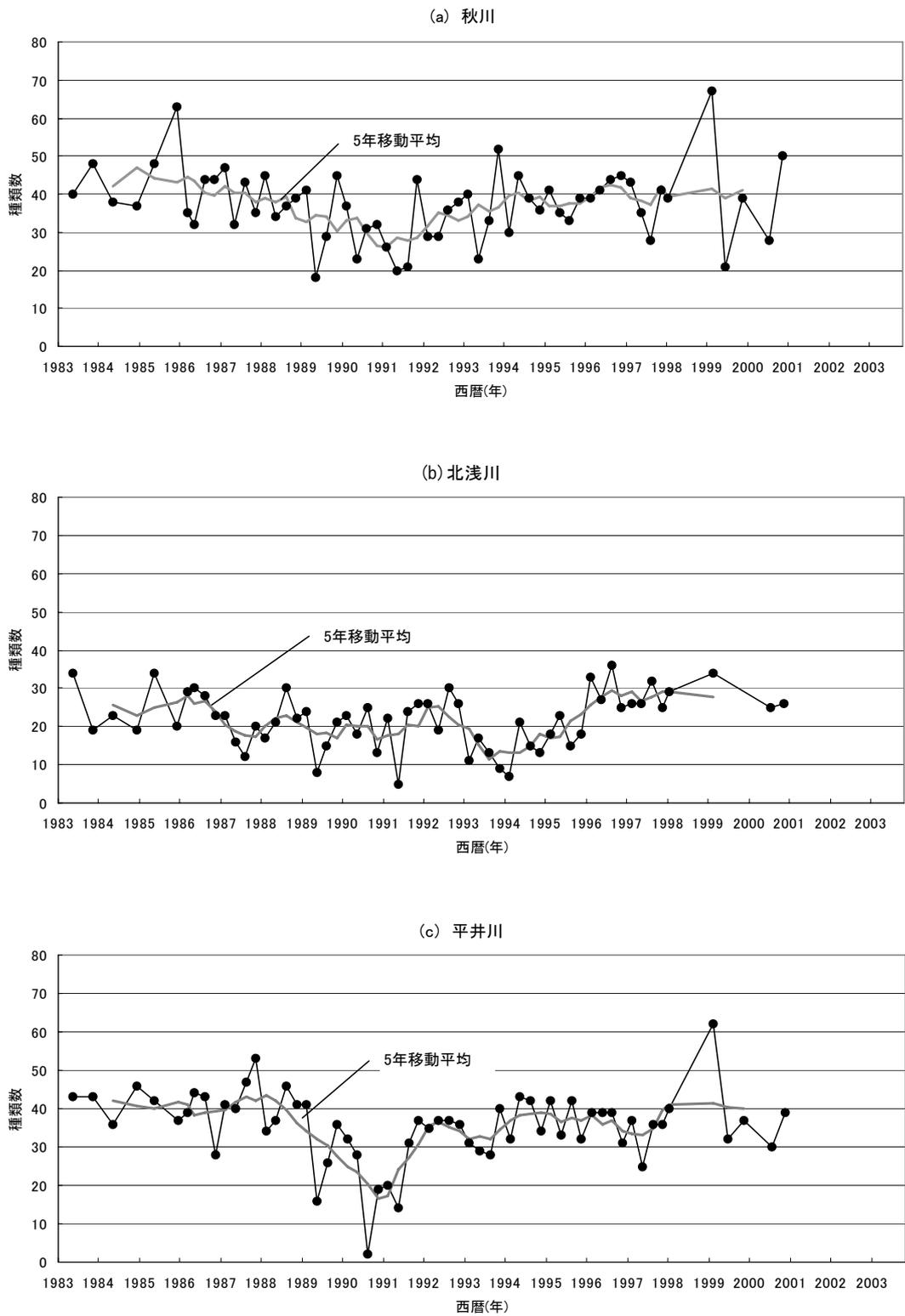


図 4.3 底生動物種類数の経年変化

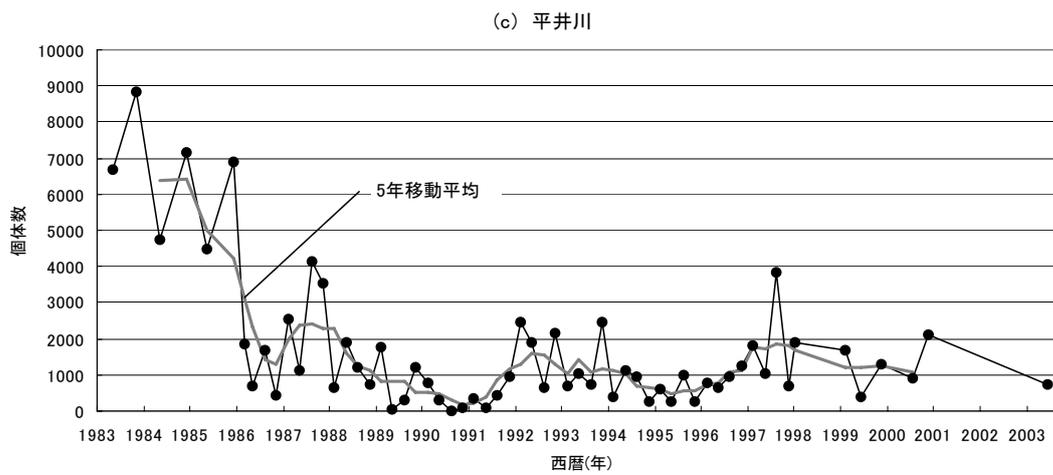
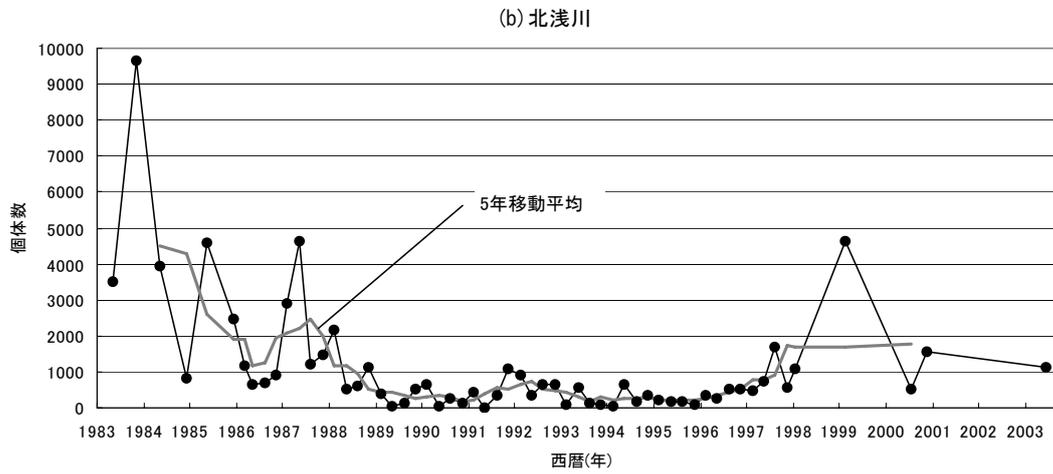
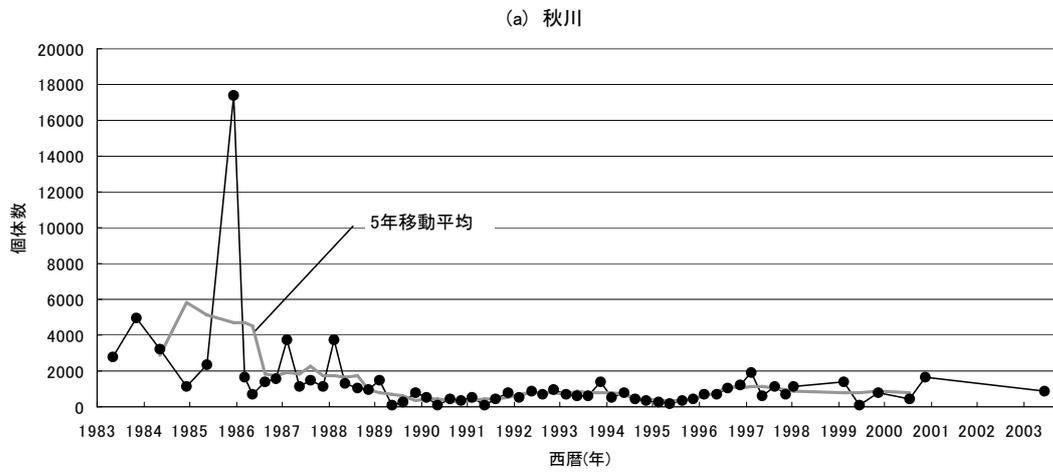


図 4.4 底生動物個体数の経年変化

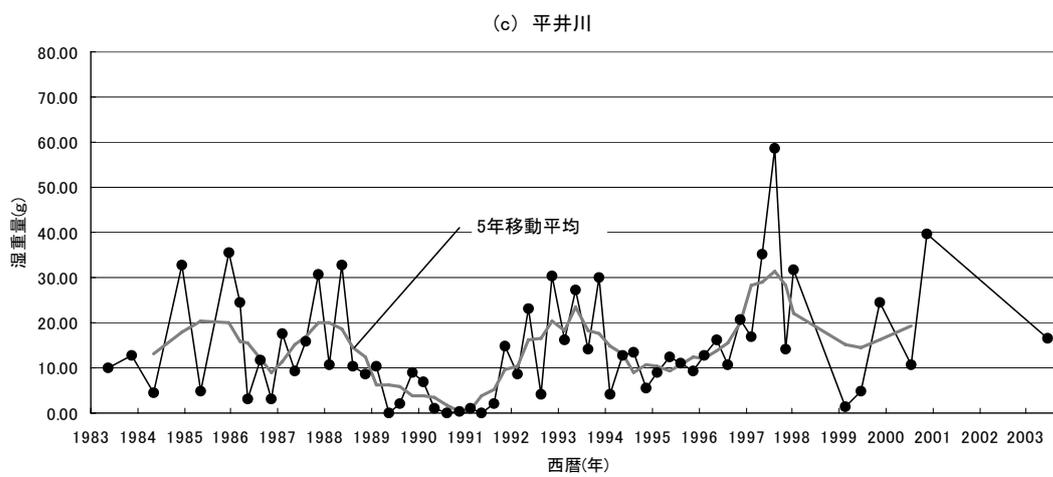
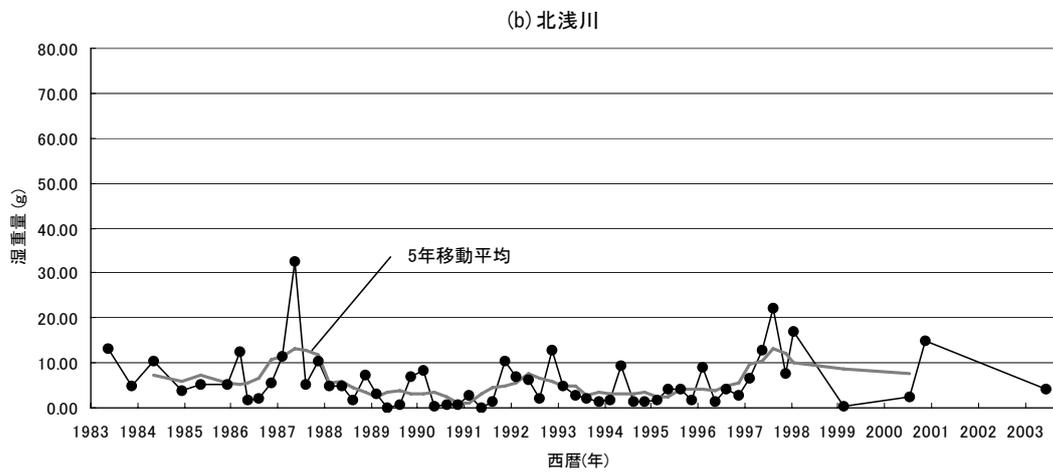
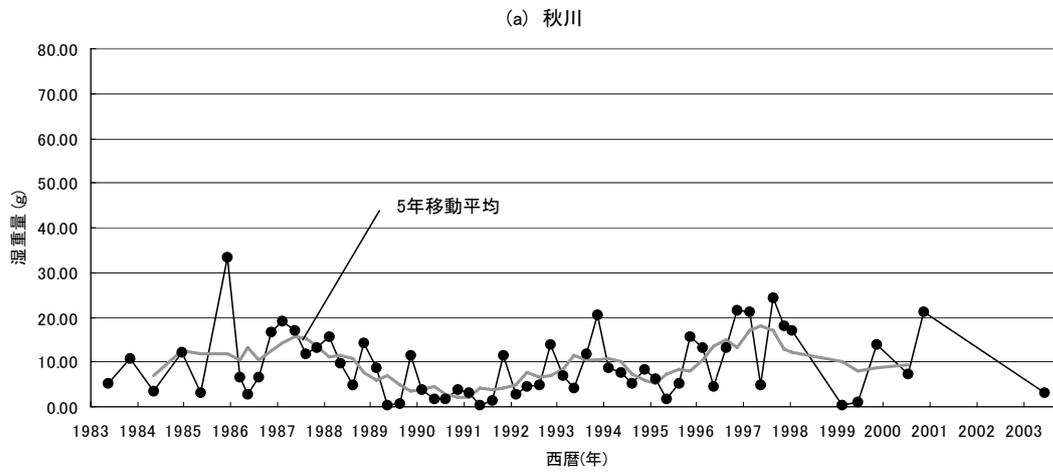
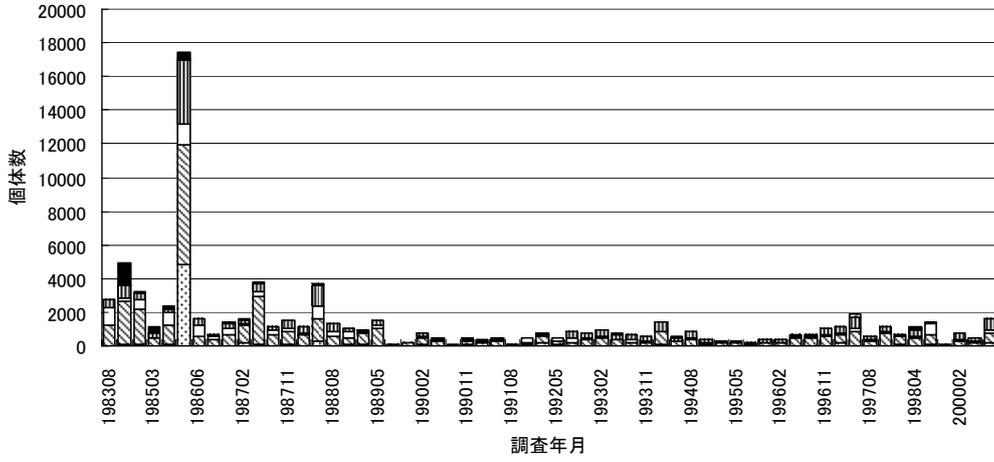
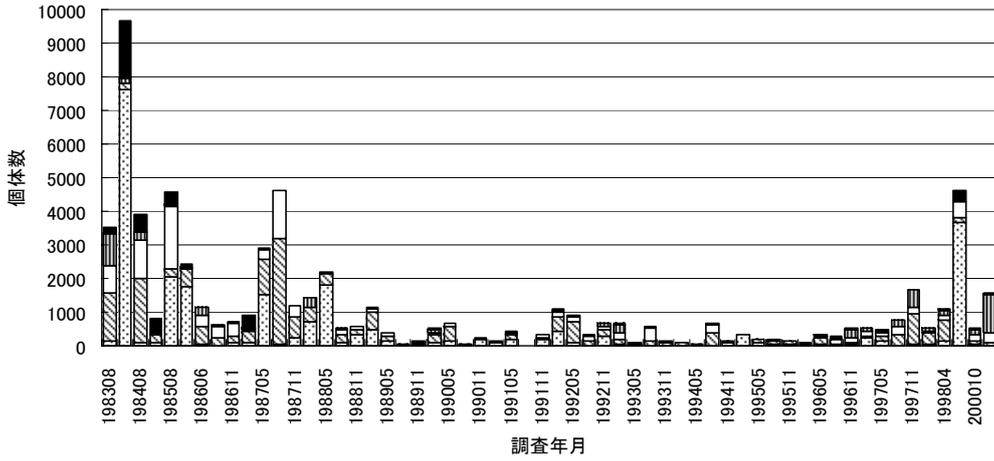


図 4.5 底生動物湿重量の経年変化

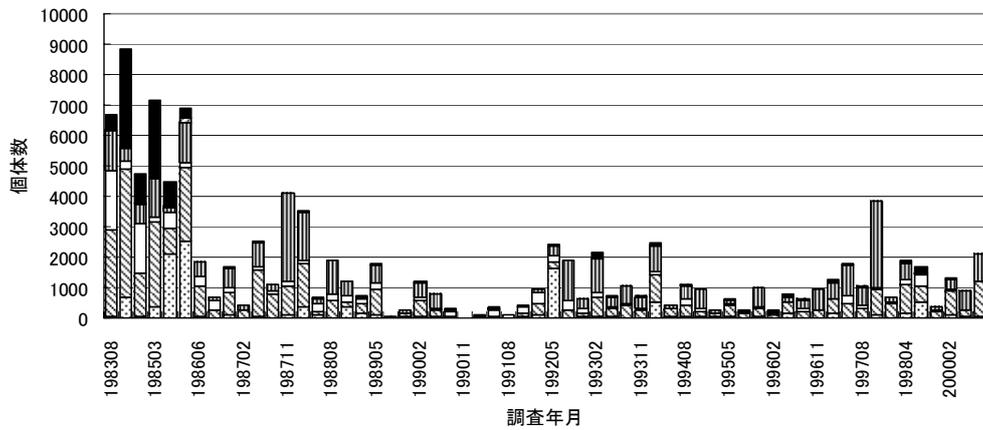
(a) 秋川



(b) 浅川



(c) 平井川



□ burrowing □ creeping □ swimming ▨ net-spinning ▩ case-bearing ■ unknown

図 4.6 個体数における生活型構成比

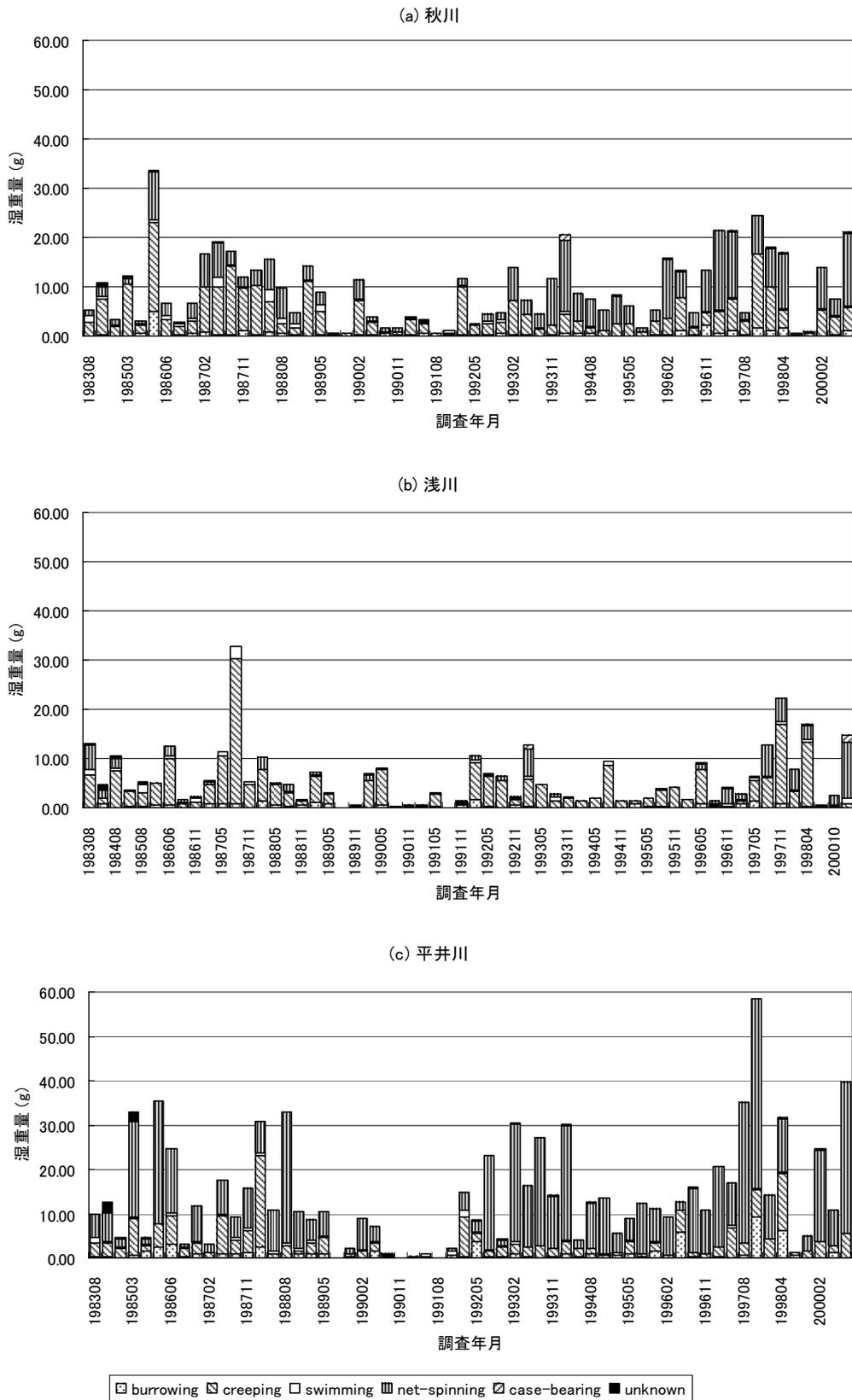


図 4.7 湿重量における生活型構成比

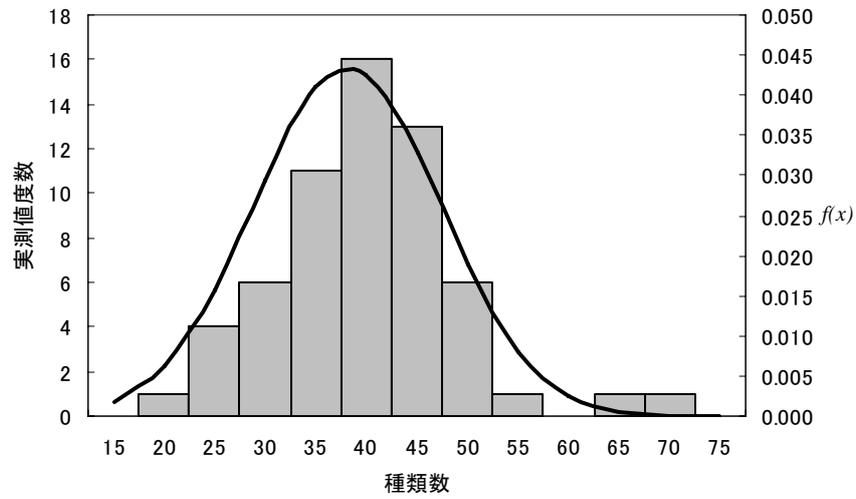


図 4.8 種類数度数分布(秋川)

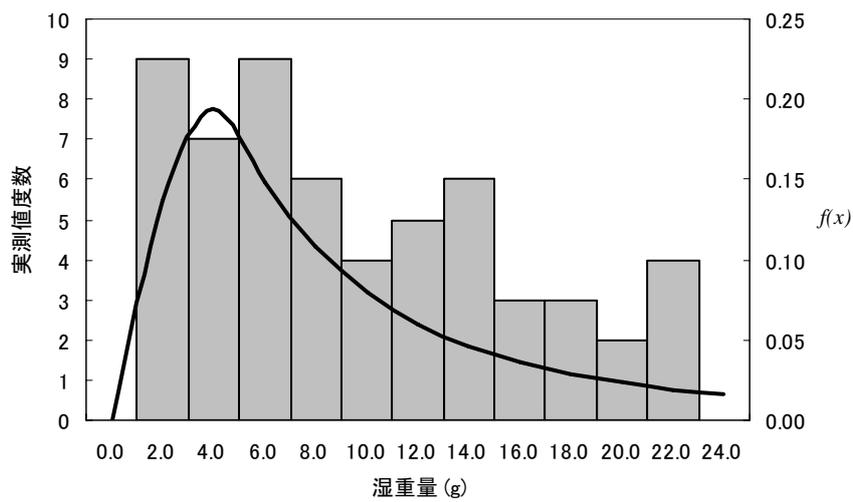


図 4.9 湿重量度数分布(秋川)

表 4.2 分布型の適合検定

| | 種類数 | 湿重量 |
|----------------------|---------|---------|
| χ^2 | 2.6592 | 10.6364 |
| $\chi^2_{0.05}(K-1)$ | 11.0705 | 14.0671 |
| 自由度 | 5 | 7 |
| 判定 | 採択 | 採択 |

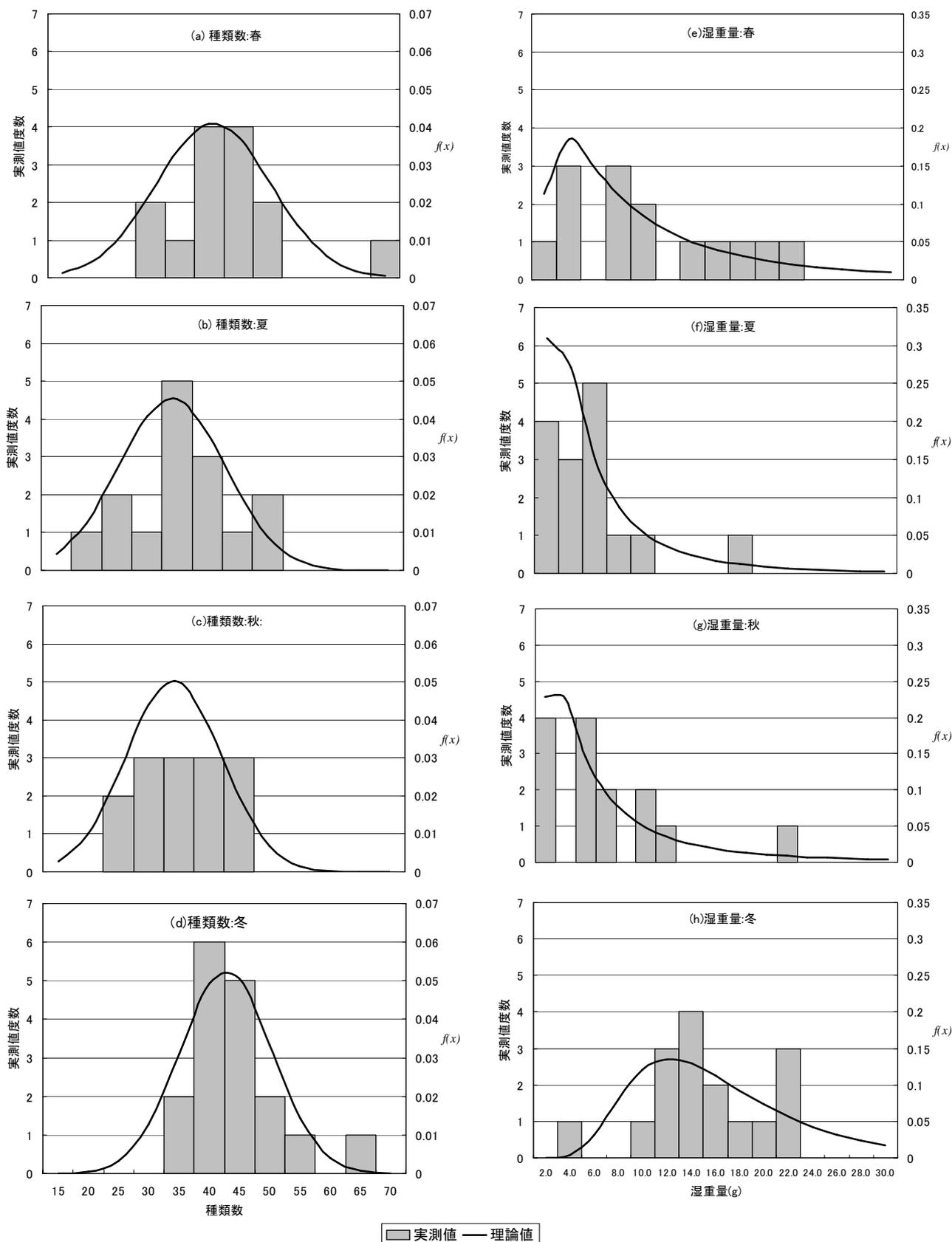


図 4.10 秋川における種類数と湿重量の度数分布

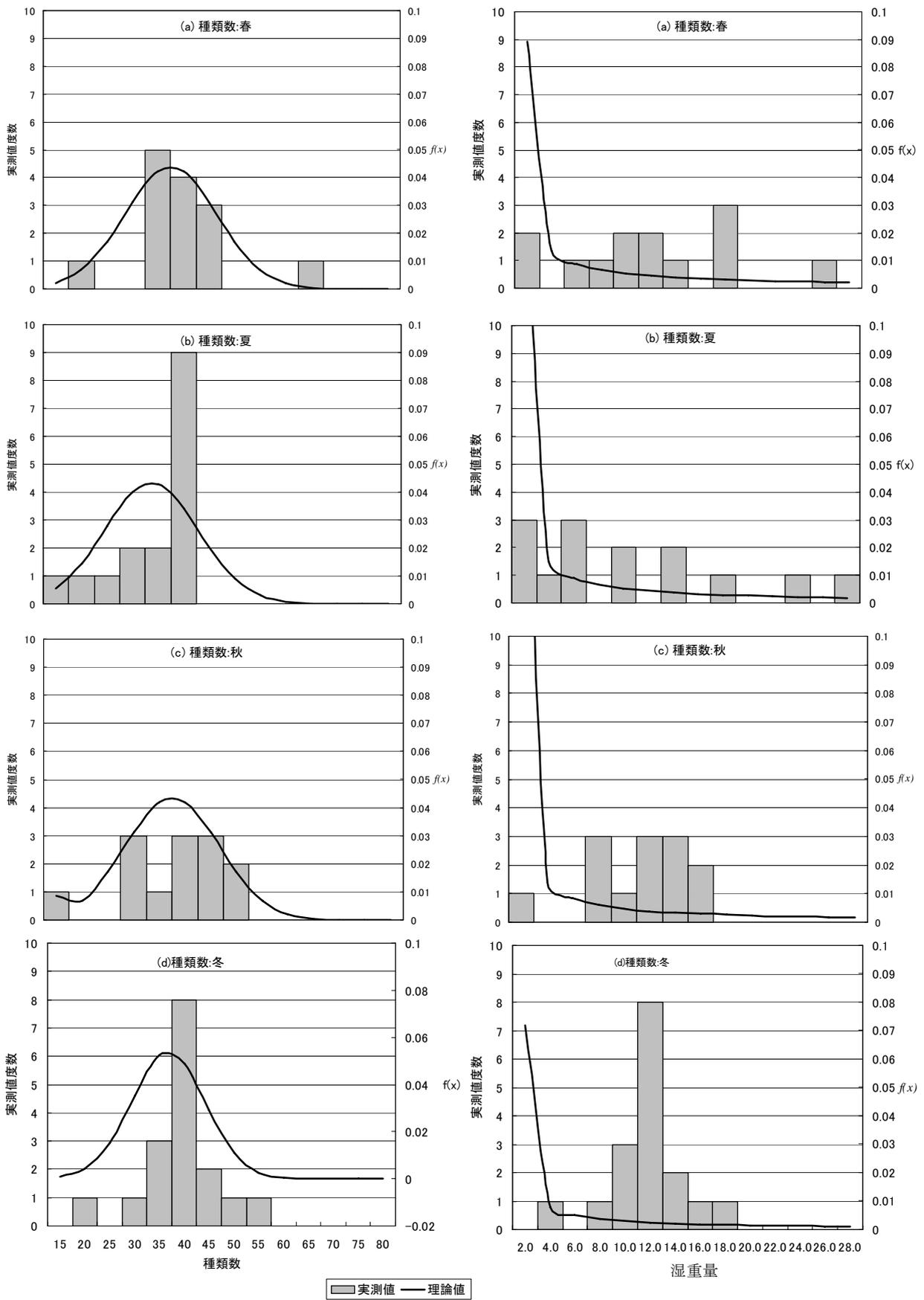


図 4.11 平井川における種類数と湿重量

4-3 河川流量と底生動物群集の動態の関係

(1) 流量変動と底生動物の動態

流量変動と底生動物の動態との関係の検討を行ったが、ここでの調査対象は河川改修が施されていない秋川・東秋川橋、浅川・南浅川合流点の2ヶ所に絞った。秋川・東秋川橋の底生動物調査結果と照らし合わせる流量データは約2 km上流にある東秋留橋流量観測所のものを用いた。秋川は中規模の河川であり調査地点と観測所の間には他の河川との合流もなくデータの整合性はよい。浅川・南浅川合流点については約3 km下流の浅川橋観測所のデータを用いた。この間には南浅川との合流点があり、整合性の点で問題が残るが、試行的に生物調査結果との照合を行った。

年間の日流量の標準偏差を算出し、その影響が顕著に現れることを考慮して翌年の冬季(2月)の底生動物調査結果を用いて照合した。前節で述べたように冬季は底生動物群集の生物量がもっとも豊富な時期であり、また、羽化する種が少ないため、羽化による生物量の減少がない。それ以前に何らかの外的インパクトがあった場合にその影響は大きく調査結果に現れる。図4.12、図4.13は2つの調査地点における年間の日流量標準偏差と底生動物の生物量および多様性との関係を見たものである。図4.13に示すとおり北浅川については湿重量における流量変動との関連性がよく現れ、対数曲線に沿って流量の標準偏差が大きくなるに従い、現存量が減少する結果となった。種類数、個体数については対数曲線との相関はよくなかったが、流量変動の増加に伴う生物量の減少傾向が把握できた。しかし、秋川について北浅川で現れたような流量変動と生物量の明確な関係は見出せなかった。

一方、図4.12(d)、図4.13(d)より多様性を示すSimpson指数(式3.2)と流量標準偏差の間には流量変動の増加とともに多様性が増加する傾向がみられた。図中で対数関数と近似したように、ばらつきが大きくこれらの関係を明確に関数で示すことはできなかったが、全体的にグラフ上の左上に点が集まっており、右上にプロットされる点はない。したがって、流量変動が大きい場合には少なくとも種の多様性が失われることはないといえる。ここではSimpson指数を用いているため、その特性から厳密には「流量変動が大きい場合、種間の均等性(evenness)が失われることはない」ということになる¹⁵⁾。以上の検討結果は流量の変動が大きいことにより底生動物の生物量は減少しているが、生物群集にとって均等性を保つ効果もたらされることを示唆している。

(2) 洪水発生後の生物量の増加

ここでは洪水が発生し、一時的な底生動物の生物量の減少の後、生物量の増加の過程に関する検討を行った。一年のうちに大きな洪水はおよそ7月～9月に起こる。したがって、11月の調査結果は大規模な洪水の直後となる。11月の調査結果に対する翌年2月の底生動物個体数、湿重量の増加率を洪水攪乱による減少から回復したものと位置づけ、最大日流量との関係を検討した(図4.14)。図4.15、図4.16はそれぞれ秋川、北浅川において底生動物

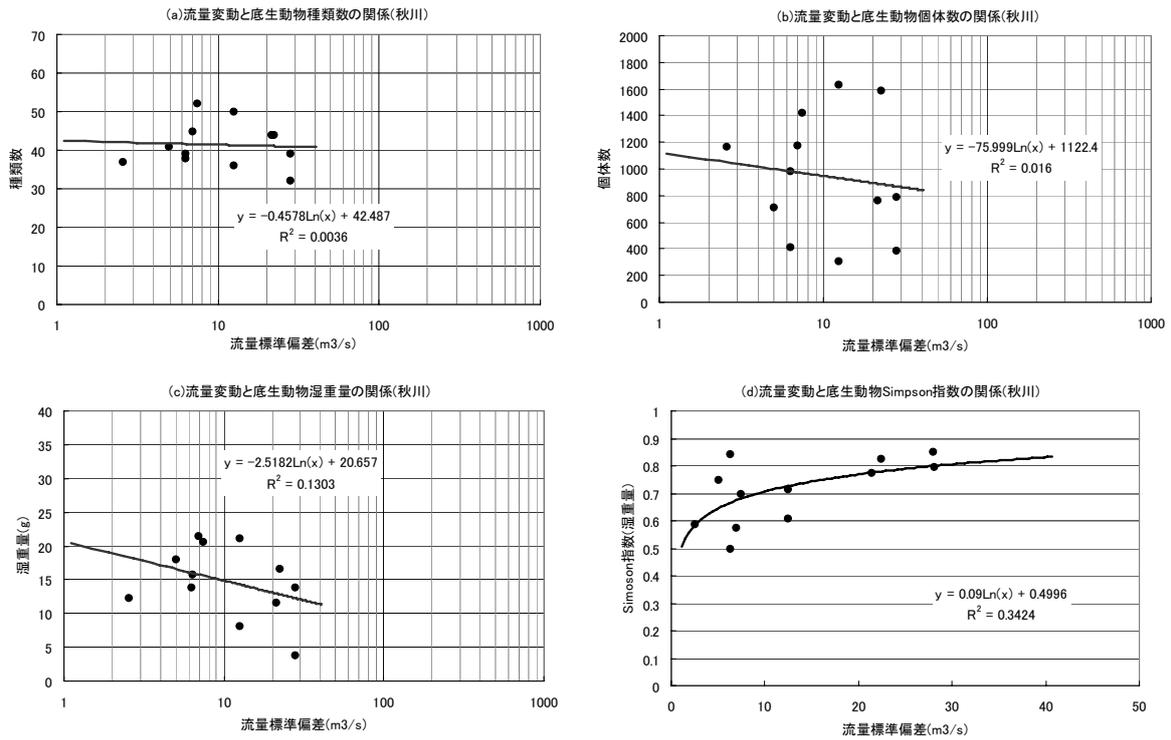


図 4.12 秋川・東秋川橋における流量変動と底生動物生物量の関係

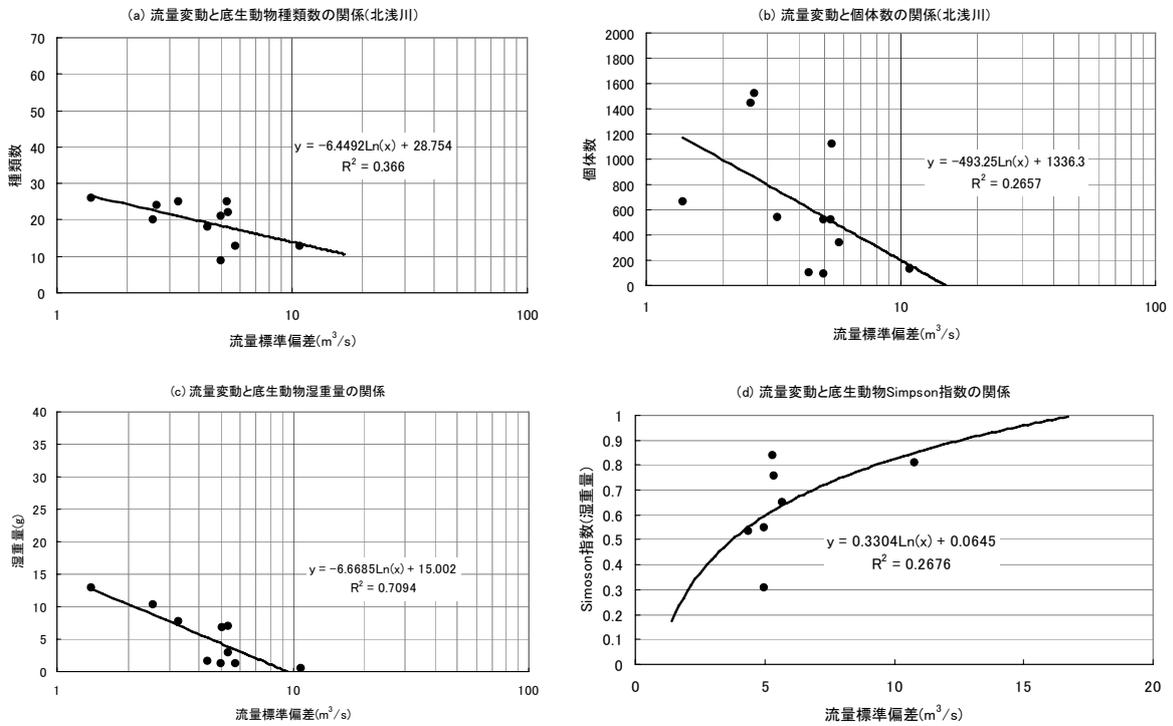


図 4.13 北浅川・南浅川合流点における流量変動と底生動物生物量の関係

個体数、湿重量の増加率を縦軸にとり、その年の最大日流量を横軸にとり図示したものである。つまり、洪水の大きさとその後の底生動物の回復の程度との関係を示している。まず、秋川では現存量における底生動物の洪水後の増加率は図 4.15 (b) より最大日流量に比例して大きくなっている。つまり洪水規模が大きいほど、その後の現存量の回復率は大きくなる。一方、図 4.15 (a) より個体数の洪水規模と回復率との間に有意な関係はあまり見受けられない。浅川におけるこれらの関係は明確な比例関係で示すことはできなかったが、図 4.16 より個体数に比べ、現存量の増加率が高くなることは読み取れる。洪水規模が大きければ、底生動物に対する被害が大きくなり、回復率も大きくなる。現存量の場合にはその傾向が見られ、個体数には見られない。この結果はサイズの大きな種が比較的被害を受けやすいからではないかと推測できる。サイズが小さい種であれば洪水に対して避難場所も容易に見つけられるため、攪乱後の生存率も高い。

攪乱後の回復については大規模な洪水が起こった場合、本流では河床が受ける影響は大きい。その際、被害を受けやすい種はサイズの大きな種である。それに比べ、被害が起こりにくい支川や沢では極相の破壊が起こらず、サイズの大きな種の生存率が高い。そのため、本流では攪乱後、攪乱の被害を受けやすい種は支流からの流下によって初期の回復がなされることがわかっている。これはストックヤードと呼ばれている。

さらに付け加えると、サイズの大きな種は生存競争に強く、優占種となり底生動物群集の多様性を阻害することが多い。したがって、攪乱による極相の破壊は種の多様性、豊富さ、均等性を回復する上で有効である。

(3) 攪乱頻度と生物多様性

中規模攪乱説を用いる場合に攪乱規模を示す代表値として標準偏差や最大値では充分説明できない。ここでは、攪乱規模となりうるものとして統計確率から算出した一年間における一定流量の超過確率を適用した。

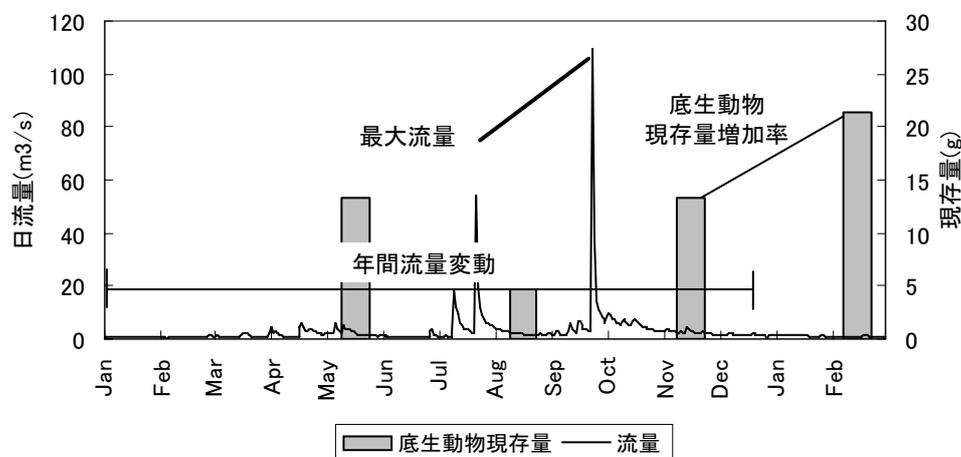


図 4.14 流量と生物量の比較の概念図

河川の一年間の流量の特性を把握する際に、流況曲線が用いられる。一年間の流量を降順に並べ、95日目、185日目、275日目、355日目の日流量をそれぞれ豊水流量、平水流量、低水流量、渇水流量として指標化している。ここでは豊水流量を洪水攪乱が起りうる流量と仮定し、これを超えうる確率、つまり超過確率を攪乱規模に相当する値とした(図4.17)。一年間の日流量の度数分布は対数正規分布に従う。よって、この対数正規分布から豊水流量の超過確率を求めることができる。これは一年間の攪乱頻度を表す指標となる。ある一定流量の超過確率は一年単位の流量全体から統計的に導き出している点でその年の洪水頻度を的確に示しており、中規模攪乱説における攪乱規模をあらわすものとして示すことができる。さらに洪水だけでなく、渇水によっても底生動物層に対して攪乱が起りうると思われる。したがって、流況曲線において355日目にあたる渇水流量も攪乱頻度の指標になると仮定し、この非超過確率とSimpson指数の関係も検討した。なお、Simpson指数の算定は下記に示す考え方と式によった。

種の多様性を示す値としてSimpson指数を算出した。Simpson指数は式(3.2)より求める。ここで n_i は個々の種の湿重量、 N は湿重量の合計である。Simpson指数は生息場において限られた数種の生物が他の種よりも優占し生物量を増やした場合、0に近くなり、どの種も優占せずに混沌とした状態となった場合に1に近い値を示す。Simpson指数は普通種に重点を置いているため(小さな値の n_i/N 比の平方はさらに非常に小さな値をとる)、厳密に言うと均等性(evenness)を示している。底生動物は種によって個体の大きさに差があることから、本調査ではSimpson指数を求める生物量として湿重量を用いた。平瀬、早瀬におけるSimpson指数はともに0.7~0.9であり淵よりも大きく多様性に富んでいるといえる。また、2回の調査を通じて、平瀬、早瀬はSimpson指数が1に近い値であるため、優占が進んでおらず多くの種が共存している状態であるといえる。

$$SI = 1 - \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2 \quad (3.2)$$

秋川, 北浅川および平井川において攪乱規模としての豊水流量の超過確率と多様性を表す Simpson 指数の関係を示したのが図 4.18 である. 横軸に超過確率, 縦軸に Simpson 指数にとり, プロットされた点に対して中規模攪乱説に従うかを検討するために, 便宜的に最大値をもつ 2 次曲線の近似を試みた. 自然度の高い秋川においては流量の欠測などもあり, 十分なデータ数は揃っていないが, 最大値をもつ凸型の 2 次曲線に対して 0.887 と良い相関が得られた(図 4.18(a)). 北浅川においても同様の検討を行なった結果, 秋川と同じく二次曲線に近似する関係を示した(図 4.18(b)). 北浅川においては相関性については秋川ほどでは高くないが中規模攪乱説に従うといえる. 一方, 前節 4-2 で述べたように連続的に施された河川改修工事が要因である攪乱が生じている平井川は豊水流量の超過確率と生物多様性との間に有意な関係はみられなかった(図 4.18(c)).

さらに図 4.19 は渇水流量の非超過確率と底生動物の多様性の関係を示したものである. 秋川においてはあまり有意な関連性はなかったものの, 北浅川においては最大値を持つ二次曲線と相関の高い状態で近似した. 平井川においては豊水流量の超過確率との関係と同様にあまり関連性がないと見受けられた. 自然度の高い秋川でこれらの関係が明確に現れなかったため, 渇水による攪乱と生物多様性との関係を考察する手法としてはさらなる検

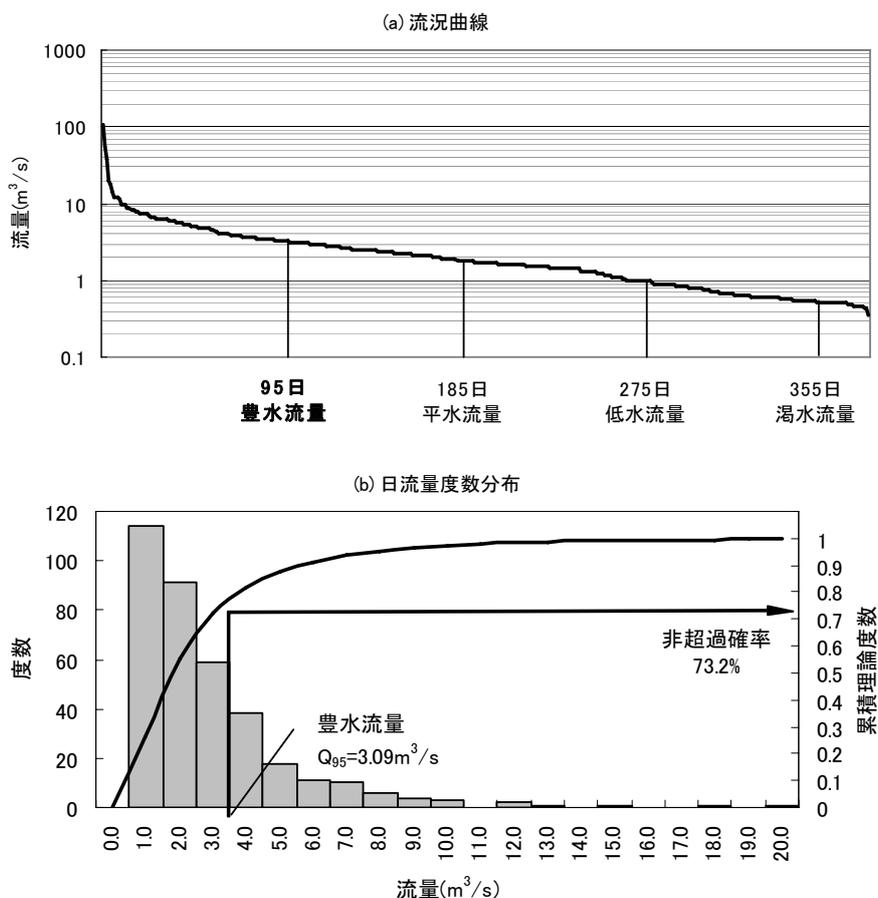


図 4.17 攪乱頻度の定義

討が必要である。

以上の検討結果より多摩川水系において自然度の高い河川では流量変動による攪乱頻度と底生動物群集との関係は中規模攪乱説によって説明できることが確認できた。ゆえに底生動物にとって最も高い多様性を保つ攪乱頻度が存在する。これを図 4.18, 図 4.19 で示した近似二次曲線より秋川と北浅川において推定した。今回の解析結果によると, 表 4.3 に示すように秋川では一年間で日流量が豊水流量を超えうる確率が 31.3%のとき最も高い多様性を示すと推定できる。多様性を Simpson 指数で示すと, このときの最大値は 0.823 であった。浅川においては豊水流量の超過確率は 22.8%のとき Simpson 指数は 0.809 となり最大値を示した。さらに表 4.4 より Simpson 指数が最も高い値を示す渇水流量の非超過確率は北浅川では 6.9%であり, このときの Simpson 指数は 0.850 である。

表 4.3 近似曲線による豊水流量に対する推定最大 Simpson 指数

| | 豊水流量の超過確率 | 推定最大Simpson指数 |
|-----|-----------|---------------|
| 秋 川 | 31.3% | 0.823 |
| 北浅川 | 22.8% | 0.809 |

表 4.4 近似曲線による渇水流量に対する推定最大 Simpson 指数

| | 渇水流量の非超過確率 | 推定最大Simpson指数 |
|-----|------------|---------------|
| 秋 川 | — | — |
| 北浅川 | 6.9% | 0.850 |

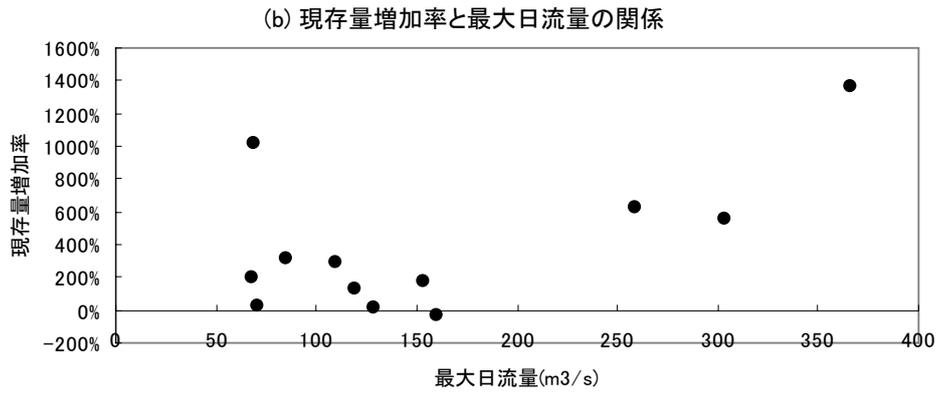
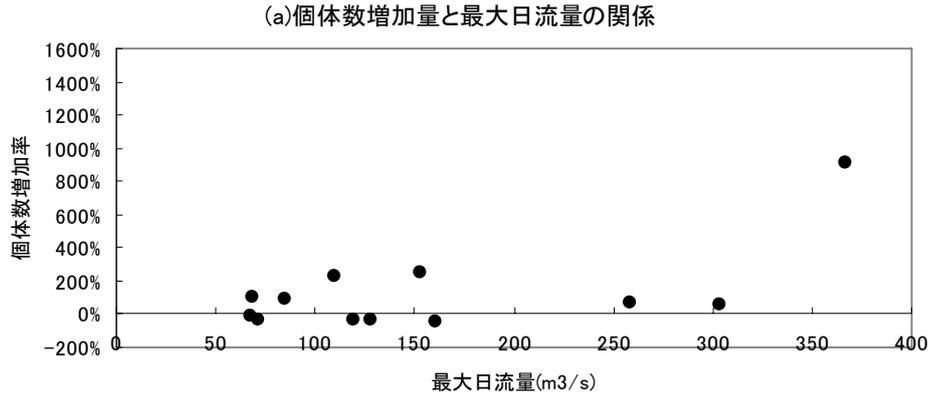


図 4.15 秋川における生物量増加率と最大日流量

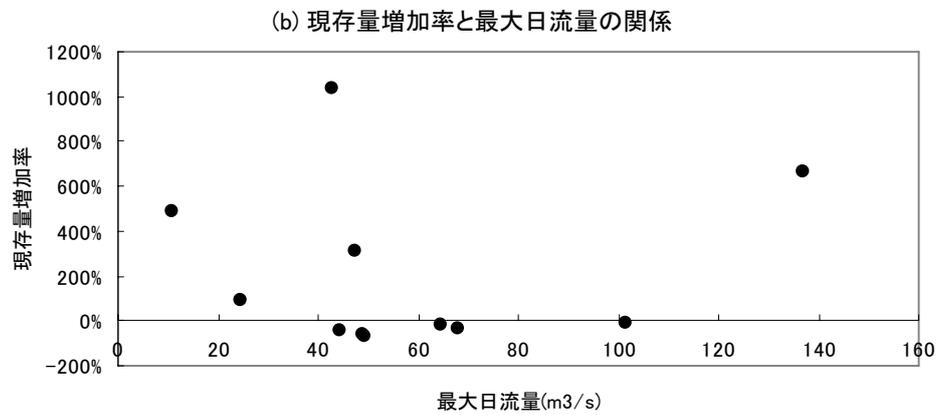
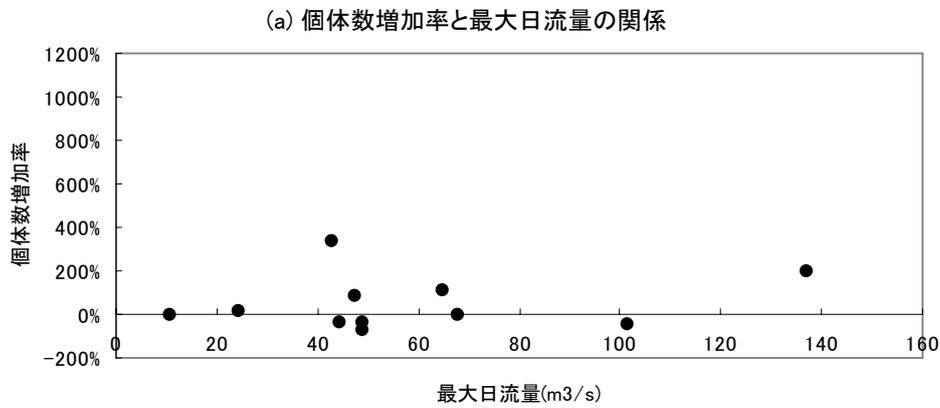


図 4.16 北浅川における生物量増加率と最大日流量

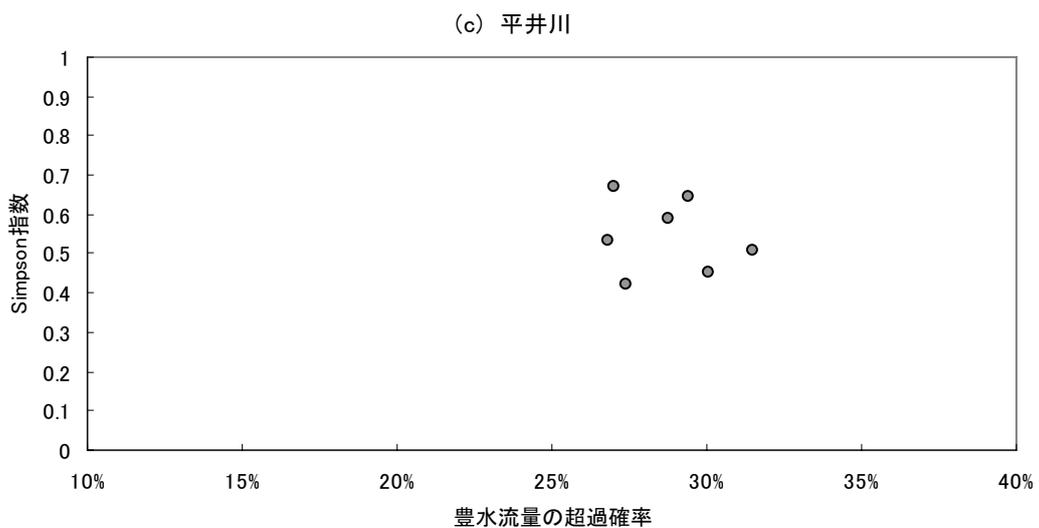
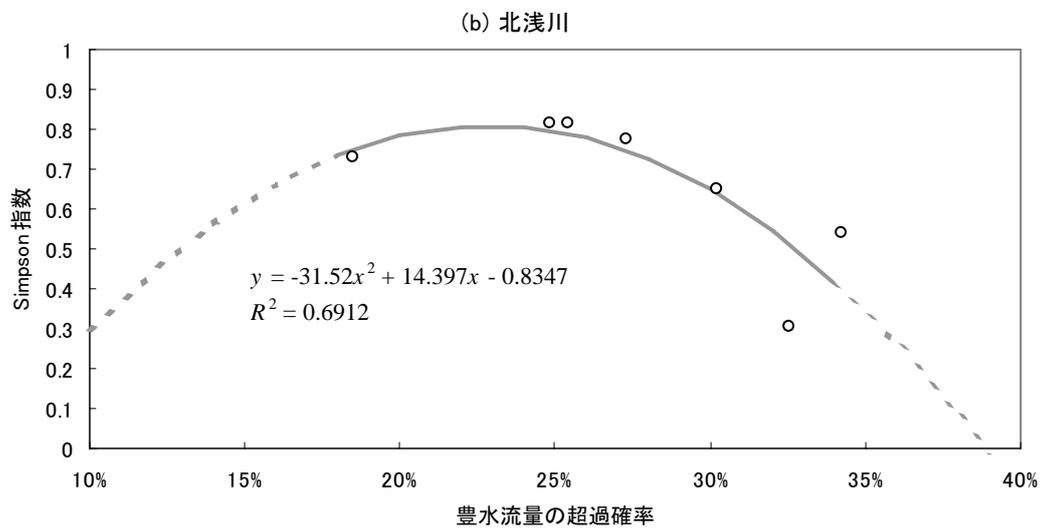
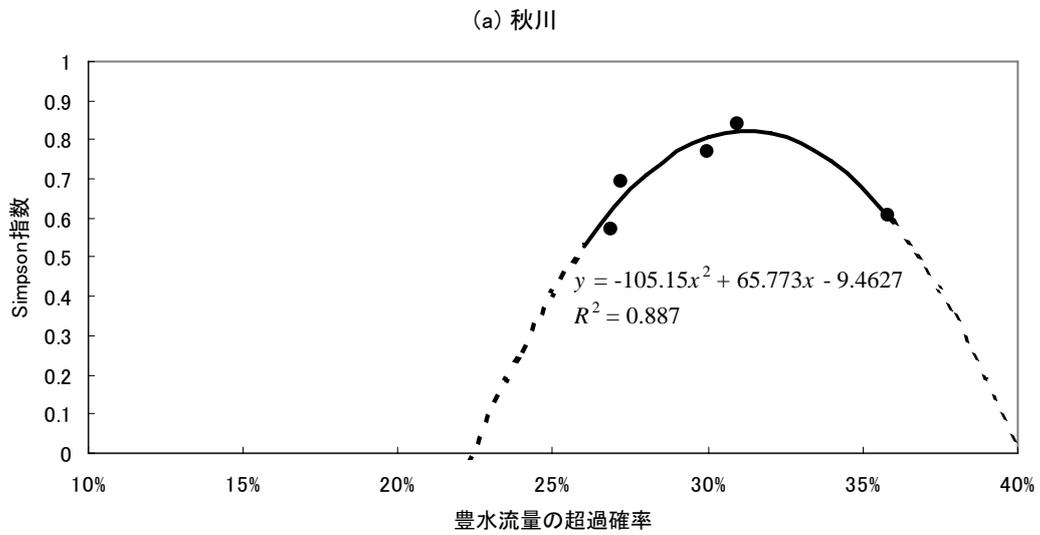


図 4.18 洪水攪乱の頻度と Simpson 指数の関係

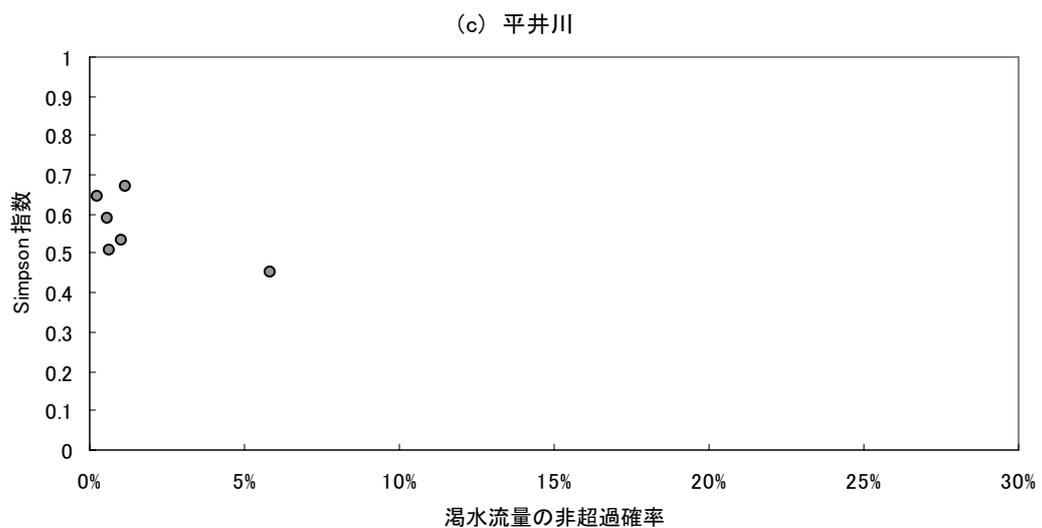
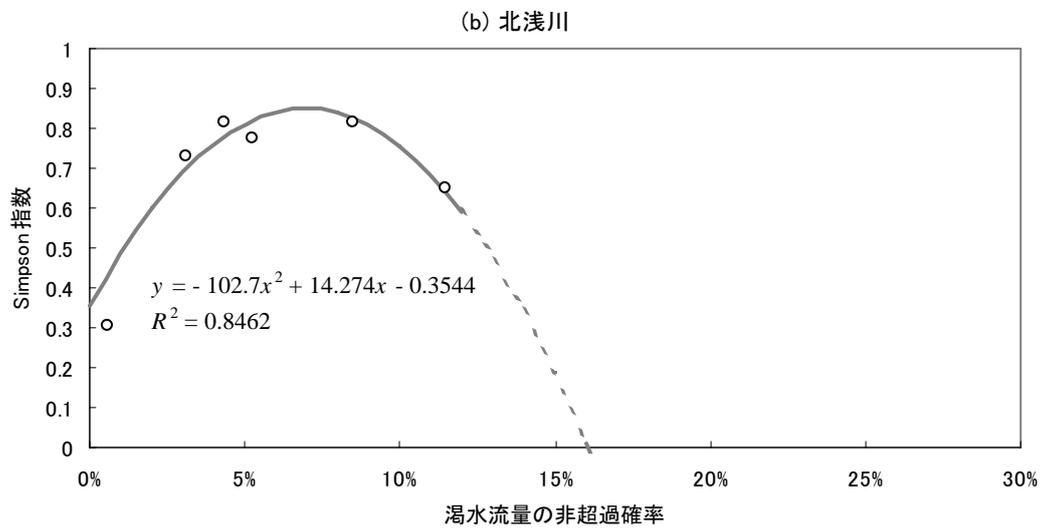
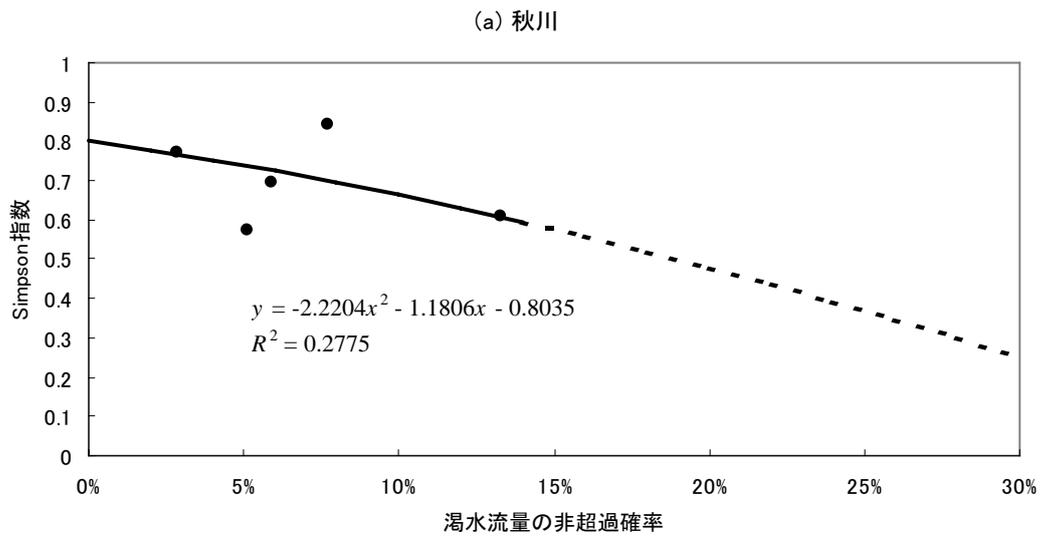


図 4.19 渴水攪乱と Simpson 指数の関係

第5章 まとめ

5-1 小規模河川構造における底生動物動態

瀬-淵構造を単位とする小規模河川構造がもつ生息場としての物理的要因と底生動物の動態との関係を検討した結果とそれによる所見を以下に示した。

(1) 底生動物

河川改修が連続して行われた平井川では、平瀬は粒径の小さい礫が多い平坦な河床地形であり、出水時に底生動物が逃避できる礫間の空隙が少ない。このような条件が底生動物の出現種、個体数の減少幅が他より大きくなったことの要因と考えられる。平井川の早瀬では、平水時も流速が速く、礫も大きいため、上記の要因の影響が弱く、種類数や個体数の減少幅が小さかったと考えられる。

秋川や多摩の種類数は平井川の早瀬と同様に考えることができる。しかし、秋川、多摩川では個体数の減少幅が大きかった。これらの河川は、平井川や北浅川よりも河川規模が大きいことから、出水時に底生動物が逃避できる空間の多様性が大きく、多くの種が生残できると考えられる。一方、流量が多いことから、河床の攪乱規模も大きいと思われ、流下する個体が多かったものと考えられる。

出水などによって攪乱が起きた後の底生動物の移入過程は、上流からの流下個体の加入と、カワゲラ類などの水生昆虫にみられるような成虫の遡上飛翔後の産卵による加入があった。今回の台風による出水時期は、多くの水生昆虫の産卵期を過ぎていたことから、個体数の急速な回復には至っていないと考えられる。

(2) 付着藻類の強熱減量

各河川の8月、12月の2回の調査とも淵、平瀬、早瀬の明確な違いを示すほど強熱減量に大きな差が見られなかった。特に、12月では多摩川、秋川の早瀬で低い値を示した。これは度重なる台風、洪水による河床の攪乱による藻類の定着がでなかったものと考えられる。本来は早瀬、平瀬では光環境の上からも藻類が活発に光合成を行うことができる場所であると考えられる。

(3) 光量測定の結果

流水形態ごとの相対光量は淵0.4~0.7、平瀬0.6~0.8であった。淵より平瀬の方が相対光量の範囲は狭いが数値は大きい。淵は深いため相対光量は水深とともに低減している。既往の研究では淵より平瀬、平瀬より早瀬においてより相対光量が高くかつ、その幅が大きく光のフラッシュ効果が確認されている。本調査では明確な違いは示されなかったが、光の散乱が大きい平瀬、早瀬では浮き石の隅々まで光が乱反射し、藻類生産が大きいことが観測されている。

(4)砂礫の粒径分布調査

各調査地点の物理的環境調査，生物調査を含め，多様な流れが存在する瀬，とくに秋川の早瀬において河床礫の組成成分を粒径の大きなものが占めるようになり，これが浮石構造をつくり出し，底生動物の生息場が確保されている．加えて，この河床構造が良好な光環境を生み出し，底生動物の餌となる付着藻類も生息しやすい場となる．したがって，早瀬，平瀬は底生動物にとって適した生息場であるため，多様性に富んだ底生動物群集が生息できると考えられる．

5.2 長期的にみた底生動物の動態の変化

底生動物にとっての攪乱を人為的な要因によるものと自然的な要因によるものとに分け，底生動物の長期的な変動からこれらの要因で起こる攪乱との関係を検討した．その結果，以下の知見が得られた．

(1)河川改修工事が施された平井川と，比較的自然的な状態が多く残されている秋川で底生動物の長期変化を比べた結果，平井川では改修工事が盛んに行われた1990年前後の生物量の減少が秋川より激しいことがわかった．したがって，底生動物群集の種類数，個体数によって，人為的攪乱である改修工事による河床攪乱との関係を把握することができた．

(2)生物調査と近接した場所の流量観測データと底生動物調査結果の確率統計的手法により洪水が引き起こす攪乱について考察を行った．その結果，流量変動の大きさにより底生動物群集は減少する．しかし，これは一時的な現象であり，やがて群集は回復し，生物量を増加させていく．攪乱により極相が破壊され，再び多様性を取り戻すが，中規模攪乱説に示されるような適度な攪乱規模，頻度が存在することが検証された．

(3)豊水流量の攪乱頻度と多様性指数である Simpson 指数の関係を検討した結果，近似式として高い相関があり，上に凸の極大値を持つ二次曲線で示されることが推察される．したがって，豊水流量の超過確率は大き過ぎても小さ過ぎても多様度は減少することを示している．また，渇水流量に対しても同様に二次曲線で示され，その非超過確率に対して豊水量と同様に適度な渇水攪乱が推測される．しかし，河川改修が連続して行われた平井川ではこれらの現象は確認することができない．最大の多様度を示す適度な洪水頻度，渇水頻度を確率統計的手法により示すことができた．

本調査結果より自然的，人為的な攪乱による影響が長期的な変動から見出すことができた．また，流量との関係より自然的な攪乱による影響をも明らかにすることができた．このように人為的，自然的な複合した攪乱が起こりうる河川に対して，その要因を区分して河川管理を考えることは今後の河川環境保全，河川整備を行う上で重要である．

参考文献

- 1)大串龍一：水生昆虫の世界，東海大学出版会，pp. 77-141, 1981
- 2)江村敏，玉井信行，松崎浩憲：生態的なフラッシュ流量に関する考察と貯水池の連結操作による流況の改善について，土木学会・環境システム研究, pp. 415-420, 1997
- 3)東京都環境局：昭和 58 年度～平成 11 年度 水生生物調査結果報告書，1985～2001
- 4)東京都環境保全局水質保全部：東京の川の生き物と環境 ー河川水生生物総合解析調査報告書ー（その 1）（その 2），1998
- 5)土屋十圀，平井正風，風間真理：多摩・山地河川における河床環境と底生動物の変化に関する研究，水工学論文集，第 46 巻，pp. 1235-1240, 2002
- 6)谷田一三：淡水生物の生息場所と種の保全，土木学会誌，vol. 83, April, pp. 34-36, 1998
- 7)土屋十圀：都市河川の総合親水計画，信山社サイテック，1999
- 8)土屋十圀，平井正風，風間真理：多摩・山地河川における河床環境と底生動物の変化に関する研究，水工学論文集，第 46 巻，pp. 1235-1240, 2002
- 9)長谷川和彦，川村信也，張祐平：群別川におけるステップ・プールの水理特性と底生動物の関係，水工学論文集，第 47 巻，pp. 1111-1116
- 10)長谷川和義，上林悟：溪流における淵・瀬(ステップ・プール)の形成機構とその設計指針，水工学論文集，第 40 巻，pp. 898-900, 1996
- 11)津田松苗：水生昆虫学，北隆館，1979
- 12)水野信彦，御勢久右衛門：河川の生態学，補訂版，築地出版，1993
- 13)田代喬，辻本哲郎：河床攪乱頻度を指標とした生息場評価による瀬・淵構造の変質に関する考察，水工学論文集，第 46 巻，pp. 1151-1156, 2002
- 14)土屋十圀：河川生態系への攪乱の要因に関する調査研究報告書，2000
- 15)宮下直，野田隆史：群集生態学，東京大学出版会，2003
- 16)土屋十圀：河川生態系への攪乱の要因に関する調査研究報告書，2000
- 17)東京都環境保全局水質保全部：東京の川の生き物と環境 ー河川水生生物総合解析調査報告書ー（その 1）（その 2），1998

「^{た ま がわすいけい}多摩川水系における^{ていせいどうぶつ}底生動物と^{すいもん}水文・^{すいりとかせい}水理特性の^{えいきょう}影響^{かん}に関する^{けんきゅう}研究」

(研究助成・学術研究 VOL. 34-N0. 254)

著 者 ^{つちや}土屋 ^{みつくに}十圀

発行日 2006年3月31日

発行者 財団法人 とうきゅう環境浄化財団

〒150-0002

東京都渋谷区渋谷1-16-14 (渋谷地下鉄ビル内)

TEL (03) 3400-9142

FAX (03) 3400-9141