

治水と希少種の保全是両立するか

要旨

1. はじめに
 2. 河川環境と淡水魚
 3. 上流武庫川の特徴
 4. 新たな河川改修
 5. 河川改修が河川の物理的形狀に及ぼした影響
 - 5.1 流れ幅の變化
 - 5.2 水深の變化
 - 5.3 底質の變化
 - 5.4 シェルターの復活
 6. 河川改修が河川の生物に及ぼした影響
 - 6.1 魚類の応答
 - 6.2 魚類の再生産
 - 6.3 底生動物の応答
 - 6.4 貝の応答
 7. 治水と河川環境の保全是両立するか
- 参考文献

武庫川草野河川改修



要旨

兵庫県河川課は、武庫川上流で二分の一確率の治水目標を達成するため、河床や河岸の土砂掘削を主とした河川改修を 2003 年より武庫川上流域で開始した。工事区間は 8km・期間は 10 年にわたる。掘削により、河道幅・水深・流速分布が単調化し、特に局所的な深部が消失し、河床からは泥底の部分が縮小した。この河川環境の変化に反応して、絶滅が危惧されるシロヒレタビラやアブラボテなどの魚類、キイロヤマトンボやホンサナエ・キイロサナエ・アオサナエなどのサナエトンボ科のトンボヤゴ、また兵庫県レッドリスト A ランクのトゲナベブタムシは減少を続けている。またタナゴ類の産卵基質となる、カタハガイ・ニセマツカサガイ・トンガリササノハガイなどもここ 5 年ほどは採集されなくなったもののほうが多い。ただ絶滅魚種は今のところない。今回の河川改修では、計画高水水量を安全に流下させる河道断面を確保できれば、河道内に木杭やジオテキスタイルなど障害物を配置する工夫も凝らされた。また蛇行点の淵も土地買収を伴って実施された。この処置により、蛇行点また障害物を中心に局所的な深場やそれに付随するシェルターの復活や堆積環境の再生が期待されている。しかしながら河床勾配をある程度長い距離で一定にする河川改修設計法では、多様な水生生物を育てていたもとの複雑なハビタートは再創造されないのかもしれない。

1. はじめに

武庫川は中流での河床勾配が最も大きく上流でのそれは小さく、また最上流の標高は 200m と低い。ここにはほとんどの日本の河川が開発により失ってしまった下流域の沖積平野に形成される河川環境がミニチュア版として奇跡的に残されている。河床勾配が小さいことによって、流速は小さく時には停滞し、土砂の運搬能力も小さい。この下流域に類似した環境にあわせ、他の河川では下流域に広がる氾濫原の水溜りや水路などに住む、タナゴ類やフナ・ドジョウやナマズなどが、泥や砂またマコモ・ツルヨシによって形づくられるクリーク状の河川環境に住んでいる。武庫川上流の堆積しやすい条件は、河川氾濫原を住み場とする魚にとって好ましい条件を提供すると同時に、上流武庫川で水害が頻発する原因ともなっている。

兵庫県河川課は、二分の一確率の治水目標を達成するため、河床や河岸の土砂掘削を主とした河川改修を 2003 年より武庫川上流域で開始した。工事区間は 8km・期間は 10 年にわたる。本研究はこの河川改修による物理的インパクトが、生息する希少淡水魚に与える影響を長期モニタリングすることにより河川改修の影響を把握し、さらにその影響の軽減策を提示する。

全国津々浦々の河川で改修工事が行われた結果、魚類やその他の水生動物また水生植物が減少した例は数多くある。しかしながらどのような工事を行った結果、どのように魚類を含む生物群集が影響を受けるのかという事実を記載した報告は実は皆無である。河川工事が河川生物群集にどう影響を与えるのかという課題は、因果関係が極めて複雑で、要因と結果の対対応がつかはずもなく、結論をすぐに出すことを要求される最近の生態学の対象となりえないのかもしれない。しかし河川改修による影響の全貌を捉えて記載しておくことは、対象種を絞った各部分群集の調査研究を行う以前に必要な基礎である。

2003 年の掘削後、流れ幅は一時的に広くまた水深は全体的に浅くなり、砂泥底の河床部

分が減少した。しかしながら流れ幅・水深は3年後から5年後にはほぼ掘削前の状況に戻った。調査区間の疎通能力が増し同時に下流部に砂礫洲が形成されたため、2009年以降には掘削前より深所が増加し、深い場所であるにもかかわらず大礫部分が急激に増加し、2011年にはこれまで観察されたことのなかった岩盤が現れ、砂泥底が減少した。

この物理的環境の変化により、上流武庫川を特徴づける絶滅危惧種、シロヒレタビラ・アブラボテは改修以前の十分の一以下に減少した。またこれらタナゴ類の産卵基質となる、カタハガイ・ニセマツカサガイ・トンガリササノハガイは、改修前からそれ程密度が大きくはなかったが、2009年以降3年間は全く採集されていない。その他キイロヤマトンボは2003年以降、トゲナベブタムシも2004年以降には全く採集されなくなった。

今回の河川改修では、計画高水水量を安全に流下させる河道断面を確保できれば、河道内に木杭やジオテキスタイルなど障害物を配置する工夫も凝らされ、また蛇行点の淵も土地買収を伴って実施された。この処置により、蛇行点また障害物を中心に局所的な深場やそれに付随するシェルターの復活や堆積環境の再生が期待されている。

2. 河川環境と淡水魚

日本の河川の物理構造と魚類に関する一般的な概況説明のため田中(2006)¹⁾より引用する。日本の川の勾配はふつう上流で大きく中流から下流に流れくだるにつれゆるく緩やかな流れとなる。さらに下流で海と接する河口の汽水域では、海に向かって流れたり逆に上流に向かって流れたりを、潮の干満にあわせて繰り返す。一般に川の上流では水流による侵食力が強く働くので、兩岸の壁を削り複雑に絡み合う岩を縫って流れ、鋭く切れこんだ渓谷が形成される。「雨だれ石をも穿つ」と言われるが、上流の侵食作用は水そのものによって主に生じているのではない。水流によって流動化した砂や礫また岩が互いに衝突することによって、またそれらが兩岸や川底を侵食する毎に岩や礫などは徐々に細かく砕かれ礫や砂になりついには泥にまで砕かれる。台風や梅雨末期の岩が動くような増水時には、水流によって流動化した岩と岩また岩と岩盤がぶつかり合い、サイズの大きい岩から礫へまた砂が生成される。このようにして生成した岩や礫、砂また泥は水流に乗って上流から下流へと運ばれる。流速が大きくなればなるほど水流による岩や礫の運搬能力は大きくなる、したがって大きい岩や礫は、中流にまで流されることなく上流に留まり、大岩や大きな礫で構成されるイワナやアマゴのすむ上流域の渓流景観を形作る。これよりサイズの小さい岩や礫がやや下流にまで運ばれてアユやウグイのすむ中流の景観を作り、中流を通過した小さな礫や砂は下流のおだやかな砂州や三角州を形成し、さらに細かい泥は運搬力の最も小さな海と接する汽水域にまで達し干潟を形成する。

このように川の上流から下流に向かって河原や川底を構成する岩・礫・砂・泥の割合が徐々に変化すること、またこれらが瀬から淵にかけての水流の変化に合わせて局所的に底質が変化することで河川の大まかな物理的構造は規定されている。さらに標高の高いしたがって水温の低い地下水によって始まる源流の冷たい流れが、下流に降るに従って太陽の輻射熱などによって上昇することも加わり、水深・流速・底質・水温が複合して連続的に変化し多様な河川環境を形作っている。

兵庫県を始めとした近畿地方の河川ではこの河川環境の変化に合わせて、最も上流にはイワナが、その下流にアマゴやヤマメなど冷たい水を好む北方起源のサケ科の魚が住み、

アマゴ域の下部の中流域には冷たい水を好むカジカ・アカザ・タカハヤとともに比較的暖かい水を好むアユ・ウナギ・ウグイ・カワムツ・カマツカ・ヨシノボリなどが入り混じって住んでいる。標高 500m 以上の近畿地方の河川には上に挙げたせいぜい 10 種類程度の淡水魚しか住んでいないのが普通で、日本の川の上中流部の魚類相は極めて単純であると言ってよい。日本の淡水魚の種類が急激に増加するのは、沖積平野を流れる標高 200m 以下の下流域とその氾濫原に散在していた一時的水域やそれらの間を網の目のように結んでいた水路においてである。

木曾川ではかつて全流域で 64 種の淡水魚が確認されたが、このうちの 8 割以上の魚が恵那峡より下流部の標高 200m 以下の濃尾平野の扇状地や輪中で知られる低湿地、また河口付近の汽水域に至る下流域に分布していた。この濃尾平野はもともと木曾川・長良川・揖斐川の合流点付近に洪水によって運ばれ堆積した土砂によって形成されたものである。大阪平野ももとを正せば淀川や大和川の洪水によって形づくられたもの。これら日本のほとんどの沖積平野が水田や畑また住宅地や工場として開発され尽くし、人口密度が最も高い地域となった現在、多くの淡水魚が住む本来の下流域が残されている河川はほとんどないと言ってよいだろう。かつて下流域の氾濫原やそこに散在する水溜りや水路に住んでいた淡水魚の多くは、その環境が似ている下流部に現れる流れのゆったりとした澱みやワンド、田んぼの用水・ため池や数少ない河川内の一時的水域に細々と生きながらえているのが現状である。

3. 上流武庫川の特徴

兵庫県や近畿地方の他の河川と異なり武庫川は、中流の宝塚市から三田市にかけての「武田尾溪谷」あたりの河床勾配が最も大きく、三田市から上流ではその河床勾配が小さくかつ最上流でもその標高は 200m 程度と低い。いわば日本のほとんどの河川が開発により失ってしまった下流域の沖積平野近辺に形成される河川環境がミニチュア版として奇跡的に残されている場所と言える。河床勾配が小さいということは、同じ川幅や深さであっても、川の水が下流に向かってスムーズに流れにくいことであり流速は小さく時には停滞する、それにとまって当然土砂の運搬能力も小さい。すなわち武庫川上流では砂や泥が堆積しやすいいわば下流域の環境が上流であるにもかかわらずその源流域に至るまで出現する。この下流域の環境にあわせ、他の河川では下流域に広がる氾濫原の水溜りや水路などに住むフナ・ドジョウやナマズなどが、泥や砂またツルヨシによって形づくられるクリーク状の環境に住んでいる。武庫川上流の堆積しやすい条件は、これら下流域を本来の住み場とする魚にとって好ましい住み場を提供すると同時に、三田盆地より上流の武庫川で水害が頻発する原因ともなっている。常に土砂が堆積する環境にあるため、これらを常に常時取り除き続けられない限り、砂や泥が河床に溜まって流れを狭め水が溢れやすく、結果として昔から洪水常襲地帯となっている。

この洪水を防ぐため武庫川上流の篠山市・当野から草野にかけての区間で、30 年以上前の 1972 年から 1973 年にかけて大規模な河川改修工事が行われた。工事前後の航空写真また残された現場写真から判断すると、自然堤防や石組みなどの小規模な人工護岸が作り出していた岸边は、隣接する田んぼや畑の買収を伴い、およそ 2 倍に拡幅された。当時の工事関係者には、生物多様性の確保や希少水生生物の保全といった考えは毛頭なく治水のみ

を考えた工法が採用されたと考えられ、河床の堆積物や土手の斜面はユンボとブルドーザーによって完全に破壊された。その後 30 数年経ち河床に泥や砂が徐々に、あるいは洪水時には一気に堆積し、水辺に近い岸边にはツルヨシが、やや陸地化した部分にはオギが生い茂り、それらの間を縫うように小さなサラサラ瀬や淀みをともなう「みお筋」が再び形作られた。ここには兵庫県下で 2 ヶ所でしか確認されていない流水性のオグラコウホネをはじめとしてミクリなどの貴重な水生植物も復活し再び群落を形づくるまでに回復した。

日本で数箇所では確認されていない水生カメムシのなかまトゲナベブタムシが小さな礫で構成されるサラサラ瀬に住み、キイロヤマトンボ・キイロサナエ・アオサナエなどのトンボ類が砂泥底に、ドブガイ・オバエボシガイ・マツカサガイ・ニセマツカサガイ・カタハガイ・トンガリササノハガイなどの二枚貝が砂泥底から抽水植物マコモの根元の礫にかけて分布し、これらの二枚貝を産卵場所とする、アブラボテ・シロヒレタビラ・カネヒラなど兵庫県で絶滅が心配されるタナゴ類が数多く住んでいる。またタナゴ類ではないが同じく二枚貝に産卵するカワヒガイも共存している。さらに本来下流域の流れの緩やかなやや深い場所に住むイトモロコ・ズナガニゴイ・コイ・ギンブナや、やや浅い場所を好むカマツカ・ムギツク・シマドジョウもメンバーに加わる。武庫川上流は堆積環境にあるとしたが、堆積環境が全てを多い尽くしているわけではなくその中にはサラサラ瀬も局所的に出現し、その底は小さな礫によって構成される。ここではトウヨシノボリやカワヨシノボリの雄がナワバリを構え、石の下を磨き上げた産卵床に雌を誘って産卵に及ぶ。同じ底魚のドンコも砂泥底からサラサラ瀬にかけての広い範囲にその数は少ないが住んでいる。オイカワ属に至っては、そのフルメンバーであるオイカワ・ヌマムツ・カワムツが揃っている。さらに普通私たちが田んぼの用水路やため池の住人と思ってしまうタモロコ・モツゴ・メダカ・ナマズ・ドジョウもその数は少ないが確認されている。田んぼの用水路やため池は、かつて水田の伝播・新田開発とともに人が新しく創出した場であり、これらの魚の本来の住み場は、武庫川上流のこの地域で見られるような堆積環境が卓越しながらも局所的には流水環境が散在していた下流域の環境であったのではと想像できる。このように武庫川上流では、30 年以上前に大規模な河川改修が行われ、川底の砂泥や岸辺の堆積物が徹底的に除去されたと考えられるにもかかわらず、多くの水生動植物が復活した。この時絶滅した水生生物がいたのかもしれないが、その後かなりの種が復活・再生したと考えられる。

4. 新たな河川改修

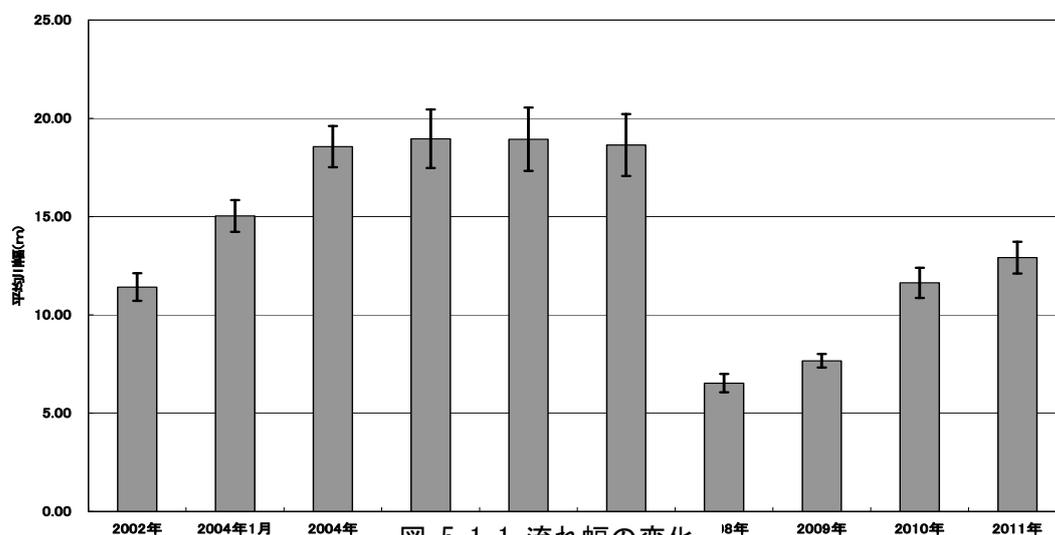
1996 年の梅雨末期の集中豪雨による洪水で、また 2004 年の秋に襲来した台風 23 号による増水によって、武庫川上流の草野から当野地区にかけての広範囲の水田や畑が冠水するに至った。河川改修はそれ以前からすでに計画されていたが、30 数年前に実施された河川改修後に岸近くや川床に蓄積した堆積物を再び除去し、川の断面を広げ疎通能力を高め治水安全度をあげる改修工事が、草野から当野にかけての武庫川上流の 8km 区間で実施されることになった。まさに前述した多様な水生生物が生息する区間である。河川改修によって魚類を始めとした河川生物が大きな打撃を受けていることは、たびたび指摘される。しかし淡水魚がその生活を完結するのに必要な、生息場所の物理的環境などの諸要素と魚類相またその構成種の数に与える影響についての

資料はまだ少なく、下流域に住むコイ科魚類の密度と物理的環境との関係明らかにした報告はその調査の困難さもあって皆無に近い。どれくらいの時間スケールまた地理的スケールで河川改修の影響が魚類の密度に影響を及ぼすのか、またどれくらいのタイムスケールで魚類群集の回復が期待できるのかを探り、試験掘削に先立ち川幅・水深・底質・流速・沈水植物の繁茂状況とそれらの環境要因の変化に対応して反応する魚類相の変遷を小型定置網で採集する調査を2002年10月より2011年まで継続して実施した。

5. 河川改修が河川の物理的形状に及ぼした影響

5.1 流れ幅の変化

掘削の行われる前2002年10月と左岸の試験掘削の行われた後の2004年1月、両岸掘削後の2004年10月以降の流れ幅の変化を、調査区間60mに測点を5m毎にとった流れ幅の平均と誤差を表5.1.1. 図5.1.1.に示した。試験掘削前の調査地点では、



水際にマコモ続いてツルヨシが川岸近くに繁茂し、それより冠水頻度の低いやや陸地化した河川敷にはオギの群落が形成され土手に続いていた。試験掘削が行われた後には、調査地点の左岸は数百mに渡って両岸に堆積していた土砂が取り除かれて直線的な形状に変化した。ただ掘削に先立ち、マコモ・ゴキズル・ナガエミクリ等の希少水生植物の株は一時避難させ、掘削終了後に再移植する丁寧な方法が採用された。河道方向と直角にとった5m毎10数地点での流れ幅は、掘削が実施される前2002年10月に11.42m (±0.70 SE)、左岸掘削後2004年1月のそれは15.04m (±0.81 SE)、さらに両岸試験掘削後の2004年10月には18.56m (±1.05 SE) となり明らかに掘削工事によって流れ幅が急激に広がり、その後流れ幅が19m弱の状態は2007年まで続いた。続いて調査区間の下流部での掘削が完了して疎通能力が大きくなったこと、また2007年秋季の洪水により深掘れが生じ流れ幅は一気に縮小し、その後2011年に至るまで徐々に広がり続け、2011年には平均流れ幅12.91m (±0.80 SE) と試験掘削以前の状態とほぼ同じレベルに戻った。

表 5.1.1 流れ幅の変化

	2002年	2004年1月	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
平均川幅	11.42	15.04	18.56	18.96	18.94	18.64	6.53	7.67	11.63	12.91
標準誤差	0.70	0.81	1.05	1.49	1.61	1.57	0.47	0.34	0.76	0.80

5.2. 水深の変化

水深の変化については、流れ幅を測定したライントランセクト上の 1m ごとに設定した 200 ポイント以上で測定した (図 5.2.1 表 5.2.1)。試験掘削前 2002 年 10 月

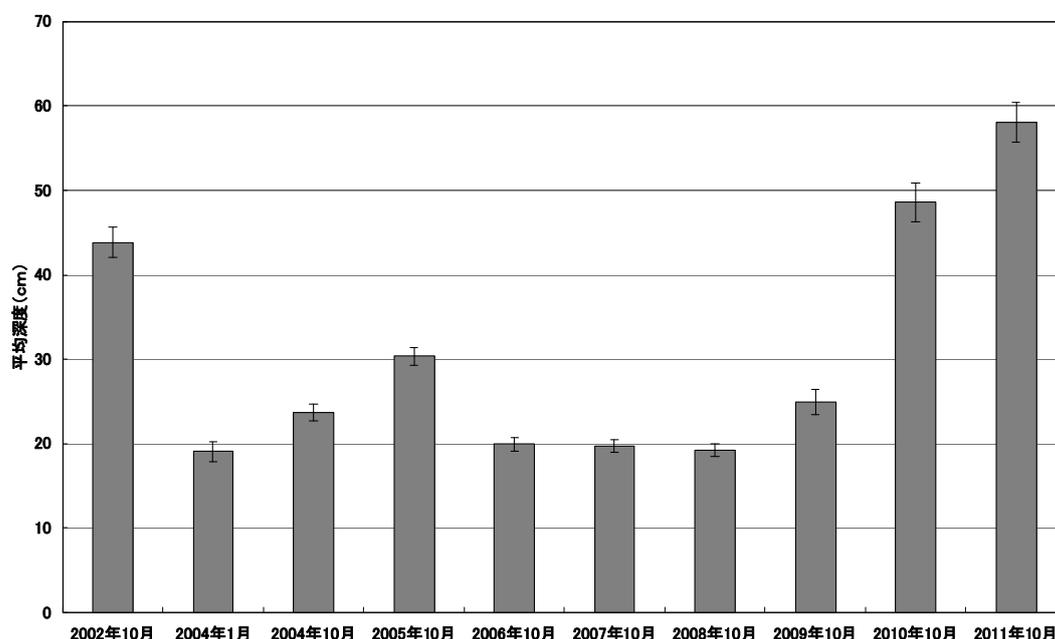


図 5.2.1 深度の変化

の平均水深は 43.82cm (±1.79 SE)、左岸掘削後の 2004 年 1 月に 19.05cm (±1.18 SE)、両岸掘削後 2004 年 10 月のそれは 23.7 cm (±1.03 SE) と、深度は半分以下となった (表 5.2.1)。掘削前には 70~80 cm と局所的に深いポイントも橋桁の直上下流やツルヨシのバンクに囲まれた地点に認められたが掘削後の 2004 年から 2008 年に至るまでは、このレベルの局

表 5.2.1 深度の変化

	2002年10月	2004年1月	2004年10月	2005年10月	2006年10月	2007年10月	2008年10月	2009年10月	2010年10月	2011年10月
平均深度	43.82	19.05	23.7	30.34	19.92	19.73	19.23	24.91	48.61	58.03
標準誤差	1.79	1.18	1.03	1.07	0.8	0.77	0.77	1.46	2.3	2.39

所的な深いポイントが認められなくなった (図 5.2.2)。改修区間では二分の一確立の治水安全度が確保されれば木杭を打ち込んだりジオテキスタイルを設置して流れの多様化を創

出するという多自然型工法が採られたが、これらの障害物設置に伴う局所的な深所は工事後数年では形成されなかった。改修直後 2004 年 1 月に急激に増加したのは 20 cm 以下の極めて浅い水域である。この区間の工事設計では改修前の河床の掘削の必要はなく、流れ幅の両端に続く堤防内堆積物のみを除去するという計画であった（口絵写真参照）。しかしながら堆積物の除去は、2004 年 10 月の両岸掘削後は左岸掘削後と同様に 20cm 以下の浅い水域がさらに広がった(図 5.2.2)。河川改修の主目的が治水安全度を高めるためであり、そのために河道断面を可能な限り大きく取ることがその目的であることから、当然の帰結といえる。図 5.2.2 では同じ測定区間の各水深地点を、その割合ではなく年ごとにポイント数で示しているの、掘削後に流れが平坦化して浅い水面が急激に広がったことも同

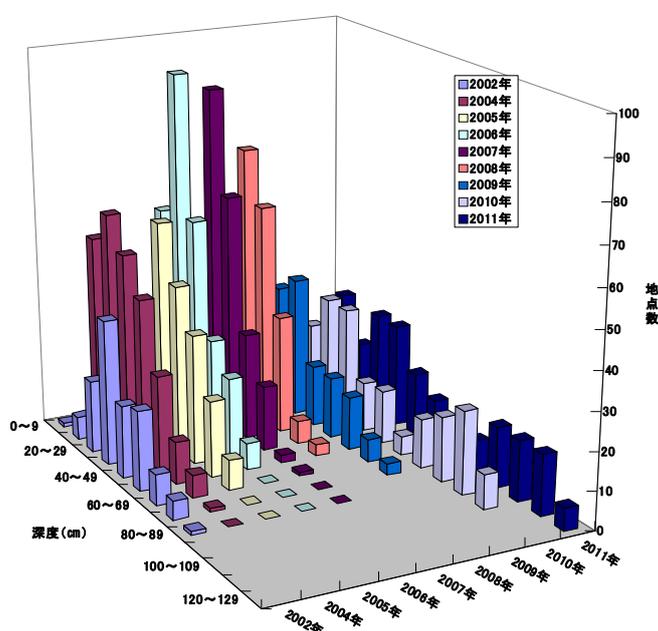


図 5.2.2 深度別頻度分布の変化

時に示している。また掘削後 2007 年まで平均流れ幅が広がったこと(図 5.1.1,表 5.1.1)とも対応している。両岸掘削後から 2009 年 10 月までは平均水深は 20cm 前後であったが、2010 年に 48.61cm(±2.3 SE)続く 2011 年に 58.03cm(±22.39 SE)と急激に深い地点が増加した(図 5.2.1 表 5.2.1)。これは調査区間の下流部分に砂礫洲が形成されたことと対応していて、流れ幅は掘削以前とそれほど変化が認められない(図 5.1.1, 表 5.1.1)にもかかわらず全体的に 2002 年の掘削前より深くなり(図 5.2.1, 表 5.2.1)、深度のあるクリーク状の流れへと変化した。すみ場の要素として深くて流れの緩やかな水域の領域が増加したことは、水生動物の種類相とその数に影響を及ぼすと考えられる。

5.3. 底質の変化

表 5.3.1 と図 5.3.1-1・図 5.3.1-2 に掘削前後の底質の変化を示した。掘削前 2002 年と比較して掘削直後の 2004 年の底質の構成は、泥の部分がやや減少したもの続く 2005

年には泥底の部分が増加した（図 5.3.1,表 5.3.1）。その後 2010 年にかけて泥がやや減少傾向にあるが河床全体の 10～20%をしめる傾向は変わらなかった。砂底についても同様の

表 5.3.1 底質の変化

	岩盤	大礫	礫	砂	泥	ポイント数
2002年	0	5	41	43	29	118
2004年(1月)	0	4	48	83	22	157
2004年(10月)	0	4	23	170	51	248
2005年	0	0	30	81	114	225
2006年	0	0	56	180	51	287
2007年	0	0	97	114	35	246
2008年	0	0	96	86	31	213
2009年	0	122	51	67	76	316
2010年	0	76	32	73	25	206
2011年	4	139	10	50	4	207

傾向が認められ、20%から 40%の間で変動しながらやや減少傾向にある。掘削前の 2002 年と掘削後一年後の 2004 年に 4 地点から 5 地点と少数観察されていた大礫底の河床は、その後 2005 年から 2008 年までの間観察されなかったが、2009 年から急激に増加し全観察地点の半数以上を占めるほどに広がった(表 5.3.1)。また 2011 年にはこれまで観察されたことのなかった岩盤が現れ同時に泥底が急に減少した(表 5.3.1)。このことは調査区間の特に下流部で疎通能力が増加し、粒径の小さな泥や砂また小径の礫が流出したことを示している。

掘削前後の河川形状の変化は、一時的に浅い水域が広がり流れ幅も拡大して泥や砂底が多くなるものの、その後 10 年近くを経ると流れ幅は掘削以前と変わらなくなり、調査区

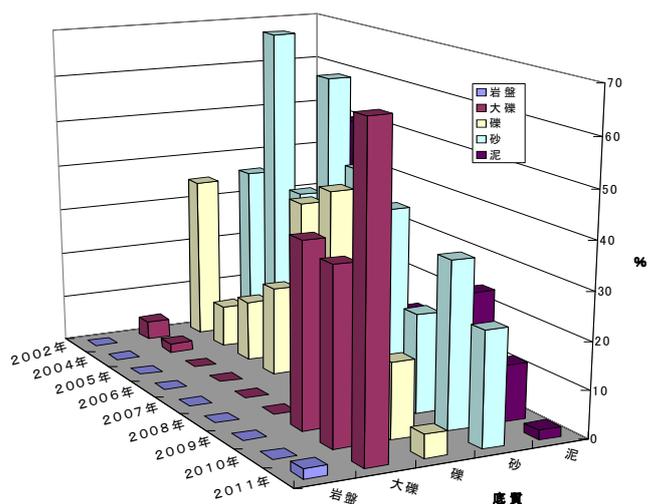


図 5.3.1-1 底質の変化

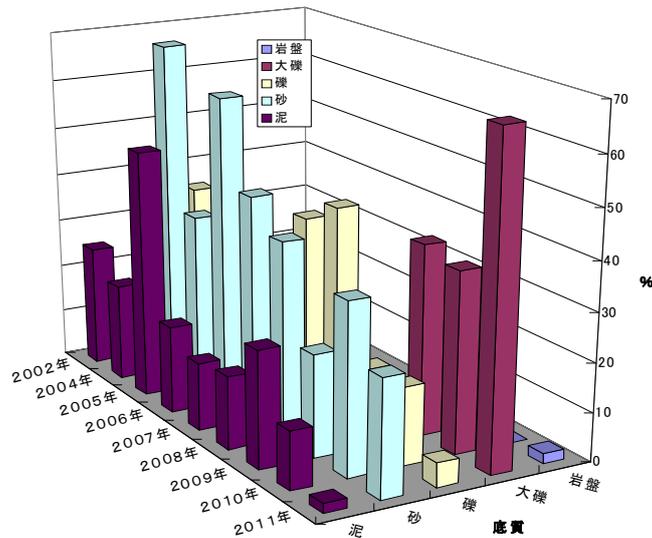


図 5.3.1-2 底質の変化

間では下流部の砂礫の洲が形成されたことに伴って深度が増加し、河床材料の構成は泥・砂・礫から大礫に特徴付けられるように変化した。河床の構成材料は出水時の掃流力あるいは堆積環境によって決定されるので、小径から大径への変化は河川改修の目的が達成され水の疎通能力が増加したことを示している。

5.4. シェルターの復活

2010年・2011年と深い地点が増加しクリーク状の流へと変化するのに呼応して、岸辺のマコモやツルヨシの株元から急激に深くなる河川断面形状に変化した。2011年秋には測点5mに奥行き30cm、同10mに同20cm、同15mに同25cm、同20mに同25cm、同30mに同50cm、同35mに同45cmの抉れたアンダーカットバンクが形成されているのを確認した。手網採集ではこのアンダーカットバンクから多数の稚魚やその他の水生動物が採集されており、流れ幅・深度・底質と複合して複雑な生息場所要素が復活しつつある。

6. 河川改修が河川生物に及ぼした影響

6.1. 魚類の応答

2002年から2011年にかけて、調査地点に約60mの間隔をあけてその上下に小型定置網を完全に川えお横断して締め切るように設置し3日間の連続採集を行い、採集された魚の種名とその数を記録した。全期間を通じて確認された魚は34種で28,730個体にのぼり、そのうち外来種は全期間を通じての採集総計がブルーギル9個体・オオクチバス7個体・カムルチー2個体と、調査区間に外来種が進入してはいるがその密度は小さい。図6.1.1に3日間の採集総計の年変化を示した。掘削前の2002年10月には1,788個体であったが試験掘削直後の2003年に4,405個体、2004年に4,888個体、2005年に4,407個体と改修前よりも採集個体数が増加した。その後2006年からは減少に転じ、2009・2010・2011年には1,000個体を上回る程度で改修前と同レベルかやや低いレベルで推移している。

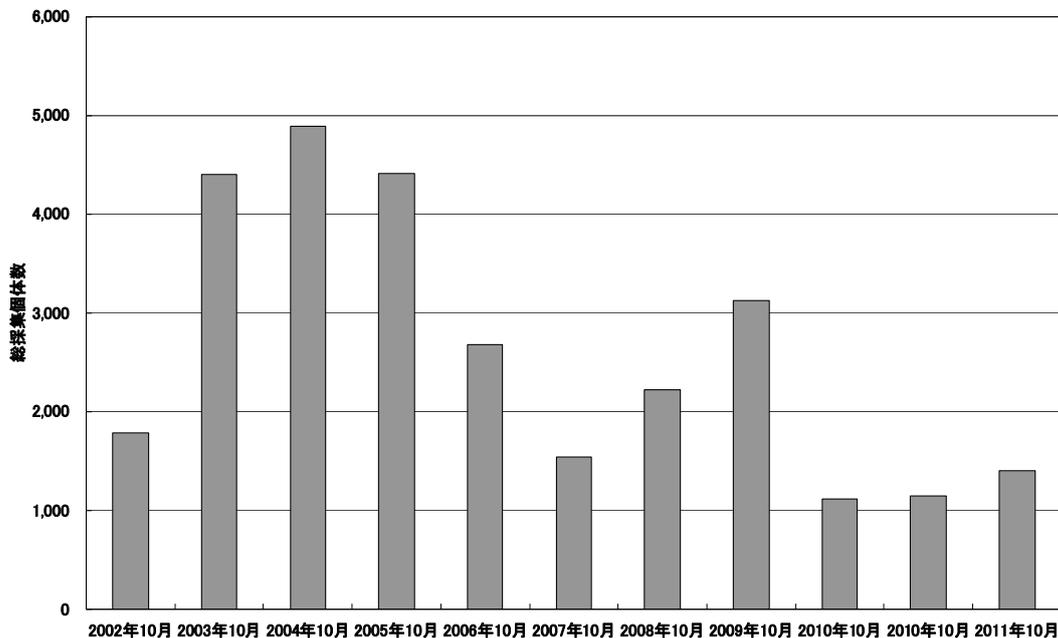


図 6.1.1. 採集個体総数の年変化

10年間にわたる総採集個体数で最も多かったのは、イシガイ科の二枚貝に産卵するアブラボテで6,672個体、カワムツ6,136個体、イトモロコ4,371個体、オイカワ4,328個体、シロヒレタビラ1,035個体、ムギツク1,035個体、カマツカ956個体、ヌマムツ718個体、ズナガニゴイ593個体、カネヒラ494個体がそれに続く（表6.1.1）。この出現主要10種においても、改修前の2002年よりも改修後の3年間は倍以上の個体が採集され、それに続く2007年から2011年にかけては改修前よりやや低いレベルで推移している。

この主要10種の総計は26,925個体で全種総捕獲数28,730個体の97%を占めている。最も数多く採集されているアブラボテを含むイシガイ科の二枚貝を産卵基質とする魚類4種の変動を図6.1.3.に示した。これらの魚は産卵基質としてイシガイ、カタハガイ、マツカサガイ、ニセマツカサガイ、トンガリササノハガイなどを利用するが、産卵する魚種の

表 6.1.1. 主要10種の捕獲数

	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	合計
アブラボテ	972	2,324	1,075	397	577	276	359	266	332	94	6,672
カワムツ	460	568	2,233	107	227	143	642	1,151	304	301	6,136
イトモロコ	19	85	126	1,898	799	231	284	443	181	305	4,371
オイカワ	159	617	822	1,013	209	356	400	437	72	243	4,328
シロヒレタビラ	11	405	278	475	306	43	53	29	19	3	1,622
ムギツク	29	46	22	28	52	32	184	348	2	292	1,035
カマツカ	20	168	30	172	76	261	48	53	39	89	956
ヌマムツ	84	32	161	89	43	46	161	71	0	31	718
ズナガニゴイ	9	83	33	68	177	65	35	85	35	3	593
カネヒラ	12	27	55	92	52	53	17	162	17	7	494
合計	1,775	4,355	4,835	4,339	2,518	1,506	2,183	3,045	1,001	1,368	26,925

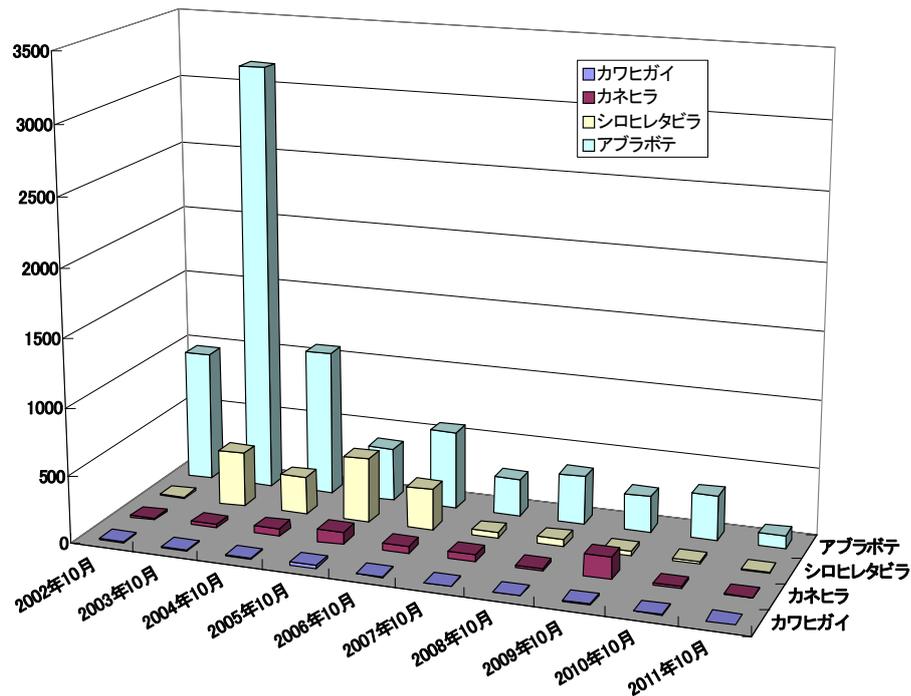


図 6.1.1 二枚貝に産卵する 4 種の変動

産卵基質特異性あるいは選択性は、これまで明瞭には認められていなくて魚種構成また二枚貝相とその密度により可変とされている。アブラボテは採集された全種の中でも（図 6.1.2.）また二枚貝に産卵する 4 種の中でも最も多く採集された。アブラボテの数は、掘

表 6.1.2. 二枚貝に産卵する 4 種の変動

	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	合計
アブラボテ	972	2,324	1,075	397	577	276	359	266	332	94	6,672
シロヒレタビラ	11	405	278	475	306	43	53	29	19	3	1,622
カネヒラ	12	27	55	92	52	53	17	162	17	7	494
カワヒガイ	6	7	7	21	5	3	3	9	5	1	67

削前の 2002 年 972 個体、2003 年 2,324、2004 年 1,075、と掘削後数年間は掘削前よりも多い結果となった。シロヒレタビラも同様に 2002 年 11 個体、2003 年 405、2004 年 278、2005 年 475 とこれまた掘削前よりも掘削後の少なくとも数年間は採集数が多い。掘削による生息場所の変化が、この 2 種にプラスに作用した結果アブラボテやシロヒレタビラの個体数の増加をもたらしたと考えられるのであろうか。もしこの仮説が正しいとするならば、河床掘削や河川改修をどんどん推進すれば、河川改修はこれらのタナゴ類の保全にとってプラスの影響をもたらすことになり、この地域の治水にとって有効なだけでなくこれらの魚にとっても大変好ましい事業ということになる。しかしながらアブラボテは 2007 年以降、シロヒレタビラも 2007 年以降に急激に減少に転じた。河川改修の魚類への影響

がタイムラグを伴って顕在化したものと考えられる。2002年から2004にかけて1,000のオーダーで採集されていたアブラボテは、2011年にはわずか94個体にまで減少した。シロヒレタビラも2007年から同様に減少し始め、2011年にはわずかに3個体が採集されたに過ぎず危機的な状況であるといえる。田中(2008)³⁾によると、アブラボテは加古川・市川・夢前川・揖保川にも分布しているが、武庫川が最も主要な分布河川である。またシロヒレタビラは、加古川・千種川にごく少数分布しているが、やはり武庫川がその主要な分布河川であり、武庫川からこれらのタナゴ類が消滅することは、兵庫県からの絶滅を招くことに等しいといえよう。一方2002年には採集個体数の少なかったカネヒラは2009年に162個体採集され、河川改修の結果むしろ増加傾向にあるのかもしれない。また図表には掲載しなかったが同じく二枚貝に産卵するヤリタナゴが2006年に2個体初めて採集され2009年に5個体、2011年には8個体採集されるようになった。カネヒラとヤリタナゴはアブラボテとシロヒレタビラよりも流れのある河川に住む傾向があるとされている。同じように二枚貝を産卵基質とするタナゴ類であるが流速に対する選好性の違いが、このような結果をもたらしたのかもしれない。二枚貝の鰓に産卵するタナゴ類と違って外套膜に産卵するカワヒガイは、もともと数が少ないが最近の6年間では、年あたり10個体以下ではあるがコンスタントに採集されている。

表 6.1.3. オイカワ属3種の変動

	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	合計
カワムツ	460	568	2,233	107	227	143	642	1,151	304	301	6,136
オイカワ	159	617	822	1,013	209	356	400	437	72	243	4,328
ヌマムツ	84	32	161	89	43	46	161	71	22	31	740

次にオイカワ属 (*Zacco* spp.) 三種の変化を見てみよう。カワムツの数は掘削前の2002年に460個体、2003年568、2004年2,233と多数採集されていたが、2005年に107個体と減少し2006年・2007年と100から200個体の間で推移していた。その後2008年に642個体・2009年に1,151個体と再び増加し、2010年304個体・2011年301個体採集されている(表 6.1.3., 図 6.1.4)。カワムツはタナゴ類が急激に減少する状況においても、数は大きく変動するもののある程度の数は維持されていて、河川改修が大きくマイナスに作用したとは考えにくい。一方オイカワは、改修後流れ幅が広くなり浅い場所が増加するのに合わせるように、2002年には159個体であったものが、2003年617個体、2004年822、2005年1,013個体と急激に増加した。その後2010・2011年と深い場所が増加(図 5.2.1)するにつれて、その数はやや減少傾向にある(表 6.1.3.)。その後2006年以降2011年まで、カワムツと同じようなレベルで採集されている。オイカワは、浅い流れのある環境を選好することが知られていて、改修後の環境がプラスに作用したのと考えられる。

近年カワムツとは別種であることが明らかになったヌマムツは、オイカワやカワムツと異なり数は少ないがほぼ安定して採集された。改修直後の2003年に84個体、大礫部分の河床が増加した(図 5.3.1)2010年に22個体、2011年に31個体と、河床の砂泥底が減少し礫サイズが大きくなるにつれて個体数が減少する傾向が認められた。

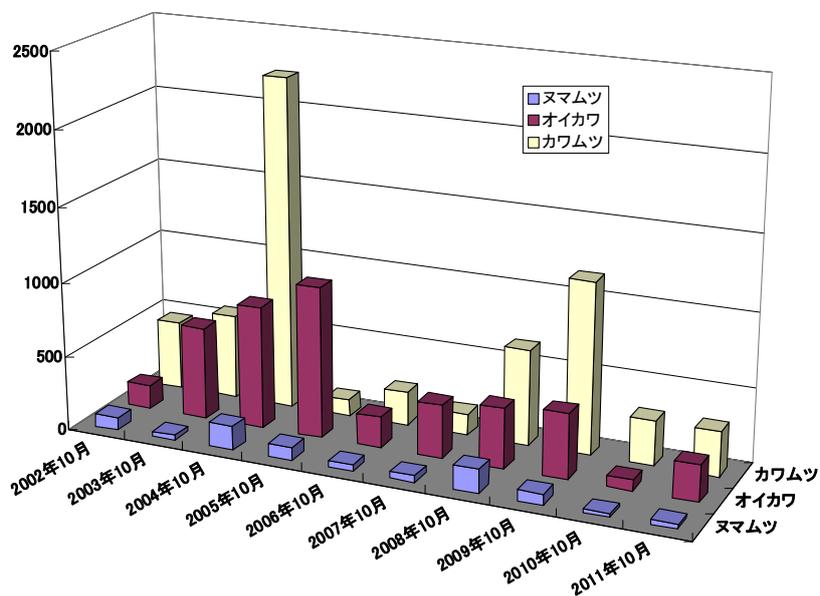


図 6.1.4 オイカワ属 3 種の変動

タナゴ類とオイカワ属を比較すると、改修後の環境変化がタナゴ類に強くマイナスの影響を与え、オイカワ属にとってはプラスの影響、もしくはそれ程大きな影響がないことが確認された。ただヌマムツに関しては減少傾向にあるのかもしれない。

6.2. 魚類の再生産

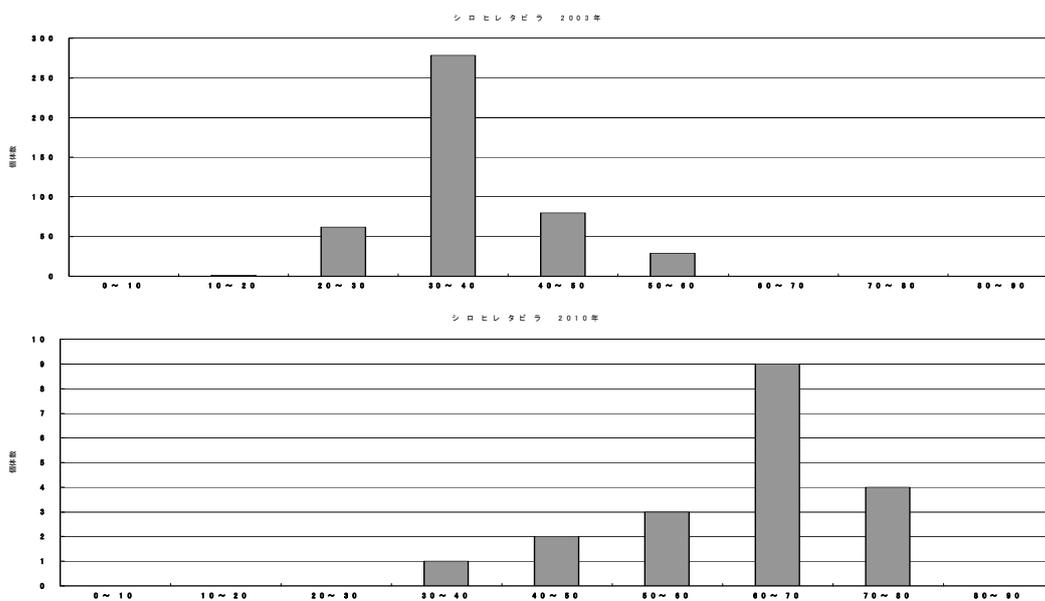


図 6.2.1 シロヒレタビラの標準体長

改修直後 2003 年と改修後 8 年を経過した 2010 年に採集されたシロヒレタビラの標準体長の頻度分布を図 6.2.1 に示した。2003 年には採集された個体数も多かったが、その中には体長 10～20mm 程度の小型個体も含まれ、20～30mm が 50 個体以上、そのモードは 30mm であった。ところが 2010 年には採集された個体数も少なかったが、10～20mm や 20～30mm の個体は全く採集されていない。シロヒレタビラの寿命は 2～3 年と考えられるが、2010 年には二枚貝への産卵が行われずに、当歳魚が孵化しなかった可能性もある。この傾向は 2009 年以降 2011 年まで連続して続いていて、20～30mm の個体は 2008 年の秋に 21 個体採集されたのが最後でそれ以降には採集されていない。前述のようにシロヒレタビラは、加古川・千種川にごく少数分布しているが、武庫川がその主要な分布河川であり、武庫川からシロヒレタビラが消滅しかかっており、兵庫県からの絶滅一步手前の状況といえる。

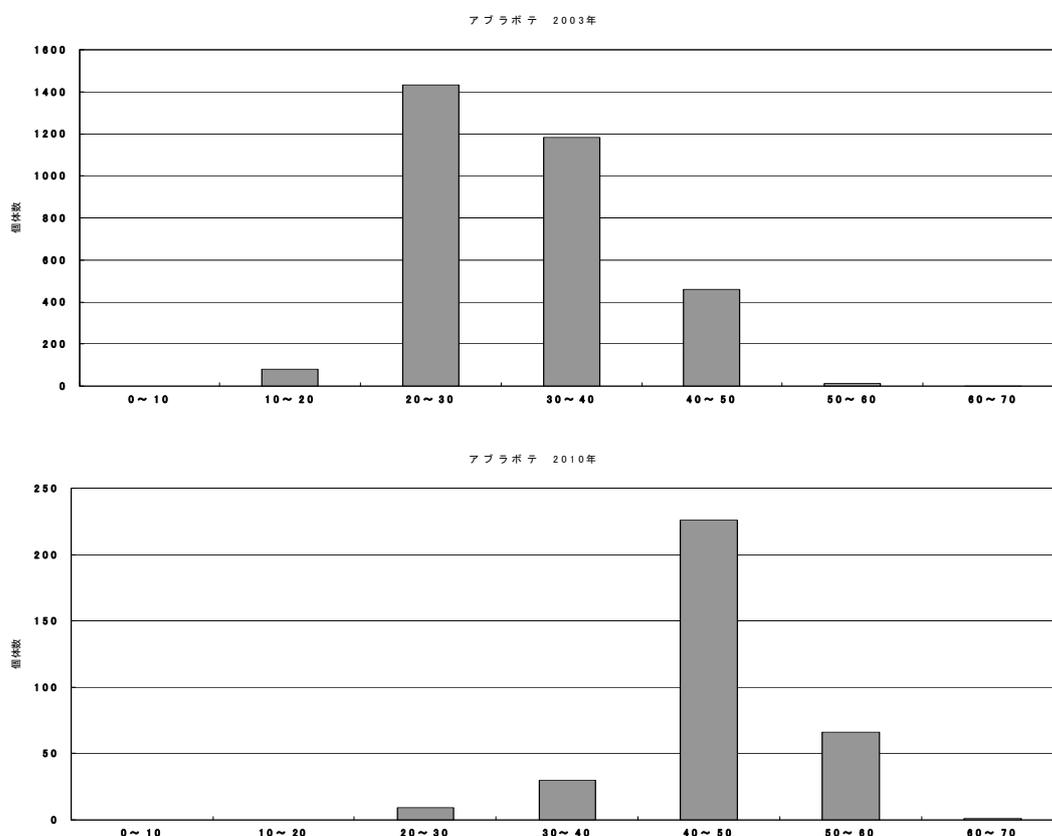


図 6.2.2 アブラボテの標準体長

また最も多く採集された調査地域の代表的魚類のアブラボテに関して、同様に改修直後 2003 年と改修後 8 年を経過した 2010 年に採集されたシロヒレタビラの標準体長の頻度分布を図 6.2.2 に示した。シロヒレタビラと同様に、アブラボテにおいても 2010 年には小型個体が特に減少していることが明らかである。採集個体数のオーダーが異なるほどに減少していることはさておき、2003 年のモードは 20～30mm にあったが、2010 年には 40～50mm に移り、ここでもアブラボテの再生産が十分に行われていないことを示している。

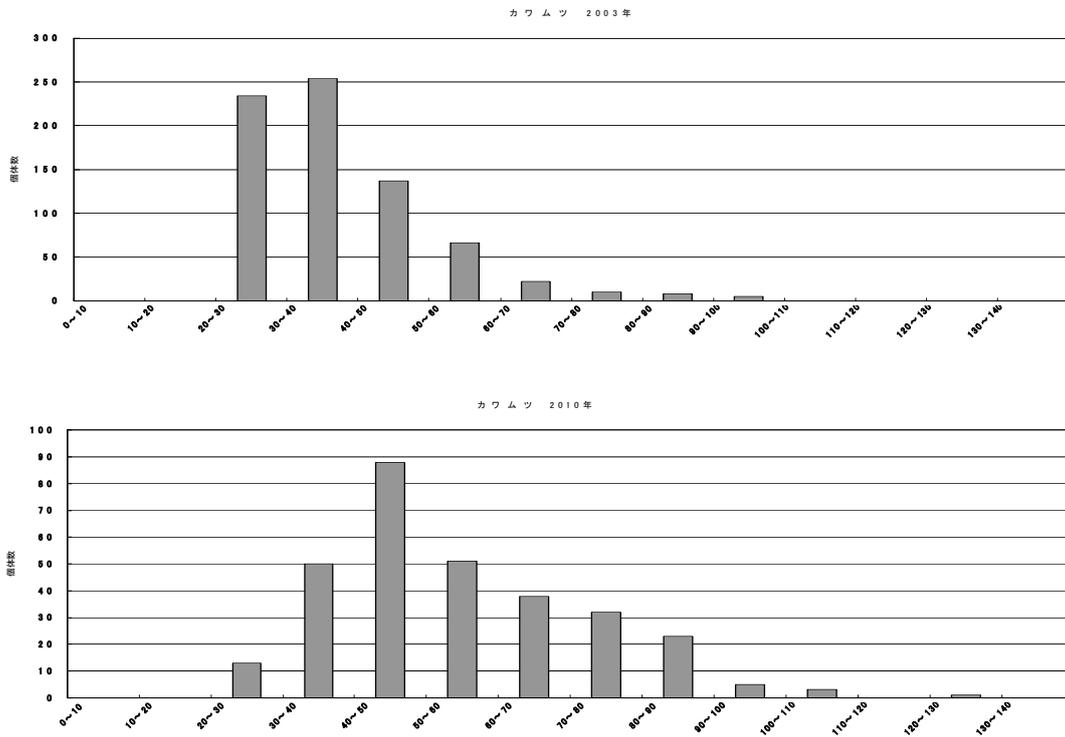


図 6.2.3 カワムツの標準体長

オイカワ属のカワムツの標準体長の頻度分布を図 6.2.3 に示した。2003 年に比べて 2010 年には 20～30mm の個体がやや減少しているようにも見て取れるが、全体的に体長の大きな個体の数が少なく小型の個体が多いという、健全な体長構成をしている。シロヒレタビラやアブラボテのように大型個体の方が小型個体よりも数が多いという逆転現象は生じておらず、健全な状態であると考えられる。

6-3. 底生動物の応答

毎年 10 月に行っている定置網調査時に、定量的な 3 人による 30 分間の底生動物の手網採集の総計を表 6.3.1 に示した。底生動物の分布状況をおさえることにより、底質や深度と同様に生息場の変化を、魚よりマイクロな生息場所を利用するに動物を指標として利用することが狙いである。また調査区間には絶滅危惧種も多く分布している。

9 年間で最も多く採集されたのはコシボソヤンマで 81 個体、コオニヤンマ 76 個体、キイロサナエ（兵庫県レッドリスト C ランク）65 個体、アオサナエ（兵庫県レッドリスト C ランク）46 個体、ホンサナエ（兵庫県レッドリスト B ランク）30 個体がそれに続く。2003 年に 2 個体採集されたキイロヤマトンボ（兵庫県レッドリスト A ランク）は、その後 2011 年にいたるまで全く採集されていない。移動能力が魚類より小さいと考えられるが、生息場所の改変に即座に反応した結果かもしれない。

兵庫県レッドリスト A ランクのとゲナベブタムシは、2003 年に 1 個体、2004 年に 2 個体採集されたが、それ以降 2011 年に至るまで全く採集されなくなった。

表 6.3 水生昆虫の変化

	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	合計
コシボソヤンマ	12	7	2	15	5	29	10	1		81
コオニヤンマ	2	7		13	14	22	11	2	5	76
キイロサナエ	5	2	7	10	26	8	4	1	2	65
アオサナエ	14	4		2	5	7		6	8	46
ボンサナエ	18	9	1	1	1					30
ダビドサナエ	0	1		4	7	7	3	3	1	26
カフトンボ属	10	8				6				24
コヤマトンボ	5	10		3	2	1				21
ハグロトンボ				7	4	7	3			21
ギンヤンマ	1			1		8		6	1	17
オナガサナエ	10			1	3		1			15
シオカラトンボ			6	3	2	2			2	15
オオカフトンボ	0	5		1	3		3	1		13
ニシカフトンボ	5	1					1			7
オジロサナエ				4			1			5
タバサナエ			1		1	2	1			5
オニヤンマ	0	2								2
キイロヤマトンボ	2									2
モノサントンボ							1			1
トンボヤゴ小計	84	56	17	65	73	99	39	20	19	
その他の水生昆虫										
トウヨウモンカゲロウ				2	4	1	7	4	14	32
フタツメカワゲラsp.				4	3	2	12	3	3	24
ヒラタドROMシ					4		7	9	3	23
オオシマトビケラ					1		14	2		17
ヒゲナガカワトビケラ							9	4		13
ゲンジボタル		1		1		1			2	5
タイコウチ				2		3				22
エルモンヒラタカゲロウ							3			3
トゲナベフタムシ	1	2								3
キイロカワカゲロウ							2			2
シマトビケラsp							1			1
チラカゲロウ							1			1
マツモムシ							1			1
その他の水生昆虫小計	1	3	0	9	12	7	57	19	22	

6.4. 貝の応答

次に底生動物と同じように採集した貝類の変化を表 6.4.に示した。最も多く採集されたのはチリメンカワニナの 695 個体で多数生息しており、2011 年現在も減少傾向にはない。タナゴ類の産卵基質となるイシガイ科の二枚貝のうち、最も数多く分布していたのはカタハガイ（兵庫県レッドリスト A ランク）で 36 個体、次にニセマツカサガイ（兵庫県レッドリスト C ランク）3 個体、トンガリササノハガイ（兵庫県レッドリスト A ランク）2 個

表 6.4 貝の変化

	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	合計
チリメンカワニナ	1	89	53	100	100	105	122	48	77	695
タイワンシジミ	14	13	20	9	30	55	2	5	4	152
カタハガイ	11	7	3	2	10	3				36
カワニナspp.		11					11			22
ヒメタニシ	1		5	2	4					12
ドブガイ	1	2		1						4
ニセマツカサガイ					2	1				3
トンガリササノハガイ	1		1							2
オバエボシガイ	1									1
マツカサガイ	1									1

体、オバエボシガイ（兵庫県レッドリスト A ランク）1 個体、マツカサガイ 1 個体であった。最も多く採集されたカタハガイでさえ、3 個体が採集された 2008 年以降採集されていない。ニセマツカサガイも 2009 年以降、トンガリササノハガイも 2006 年以降、オバエボシガイとマツカサガイも 2004 年以降採集されなくなった。タナゴ類の産卵基質となる二枚貝は総崩れ状態といえよう。

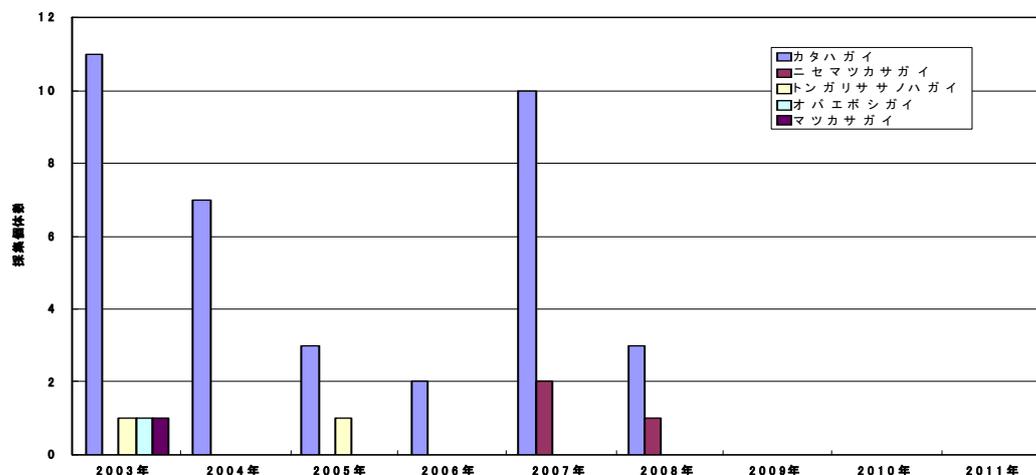


図 6.4. イシガイ科の貝の変化

7. 治水と河川環境の保全是両立するか

武庫川上流部は堆積環境にあり、近畿地方の河川の中でも特異な性格を示していること、すなわち近畿地方の他の河川ではすでに開発し尽くしてしまった河川の下流域の環境が奇跡的にそのミニチュア版として残され、そこに貴重な水生生物が住んでいる。また堆積環境であるが故に、常に堆積し続ける土砂を取り除かない限り洪水が頻繁にこの地域を襲うこともまた必然である。

これまで私たちは、治水に対して最も有効な手段である「ダム」の建設と河道整備によって数多くの日本の河川を洪水から守ってきた。ダムが治水に効果があることは誰もが認めている。しかし制御することにある程度成功したのは水量のコントロールであって、水の流れが運ぶ「土砂」のコントロールに関しては予期せぬ副作用の大きさに途方にくれている状態であると言ってよい。例えば既設の多くのダムでは、ダム湖で石や礫はもちろんのこと粗い砂も沈殿して流入部付近に沈殿する。すなわち岩・礫・砂などの川の瀬や淵を形づくる材料がダムの下流部に供給されない。その結果ダムより下流部では基盤の岩が露出したり、あるいは大きな岩だけで川床が構成され、砂礫の河床や砂州が消失するという現象が頻発している。

冒頭で述べたように、河川景観は水の流れとその流れによって下流へ下流へと運ばれる岩・礫・砂によってその大枠が形づくられるので、土砂の流れをダムや取水堰堤・砂防ダムによって防ぐ（阻害する）ことは河川環境・河川景観、またそこに住む水生昆虫や魚に致命的な影響を与える。幸か不幸かこの武庫川上流では、長良川と同じくダム建設に好適な地理的条件が整っていない。傾斜が緩く河岸段丘が開けた武庫川上流にダムを建設するとなると、その幅数キロメートルに達するダムを作る必要があるし、完成したとすれば恐らく武庫川上流にある集落や田畑はそのほとんどが水没すると考えられる。小規模な砂防堰堤が流入する谷々に作られてはいるが、草野から上流部の武庫川の本川には砂防堰堤もゴムでできたファブリダムもなく、農業用水は川底からポンプアップによって取水されている。意図して残ったのかあるいは偶然の結果なのか、今も土砂の流れを断ち切ることの

ない貴重な川が残されることになったといえよう。ダムがなく砂防堰堤の数が少ない川は、自然の摂理として土砂を正常に運び堆積させる。ここで 30 数年前に大規模な河川改修工事が行われたにも関わらず、その 30 年後に再び河床に泥や砂が堆積し、水に近い岸边にはツルヨシが、やや陸地化した部分にはオギが生い茂り、それらを縫うように小さなサラサラ瀬や淀みをともなう「みお筋」が再び形作られた。堆積環境にある川の土砂をそのまま放置すれば、河道を固定してしまっている現在、河床はどんどん上昇しすぐに天井川となり、上昇にあわせて堤防を高くできたとしても、それはイタチゴッコ、いずれは堤防が決壊するきわめて危険な状況に至ると考えられる。武庫川上流のような堆積環境にある河川の氾濫原に田畑を耕しそこに住まうには、河床また河川敷に堆積する土砂のスピードにあわせて、常時これらを掘削し河道を低く保って洪水を防ぐ以外に道はないと考えるべきだろう。

ではどのように掘削するべきか。大規模な河川改修が行われた 30 数年前には、田んぼや水路の整備がまだそれほど進んでいなくて、武庫川本川のオグラコウホネやシロヒレタビラなどの希少種は、本川に限って分布していたのではなく、本川と隣接して連続したり切れたりするあちこちの水路や水溜まりにも小集団がある程度分布していたのではなかろうか。あるいは改修区間の上下流に残されたそれらが、改修後徐々に砂泥が堆積しそれぞれの河川生物が要求する住み場の要素が回復するのに合わせて移動して復活したと考えられる。しかしながら河川改修や圃場整備がほぼ完了した現在堤内地と堤外地は明瞭に峻別されて、通常の状態では移動は不可能となっている。シロヒレタビラやオグラコウホネが武庫川本川以外の細流にも分布しているとは考え難く、本川のこれらの希少生物を絶滅させればそれは武庫川からの絶滅を意味する。

河川生物の住み場は、川の流れが運びかつ堆積させる土砂の動的なバランスの上に形成される。すなわち現在その種が分布している狭いポイントを静的に保全することはできない、住み場所は常に変動していると考えられるのである。したがって河川改修がある生物の分布域全体に決定的なダメージを与えることのないよう、分布する生物のモニタリングを継続して改修のマイナスの影響と回復状況を見据えつつ、工事方法・工事区間や工事期間を臨機応変に変更し、河川生物の保全と同時に治水安全度の確保を図ることは、河川規模が小さな武庫川上流などでは十分に可能だと考えられる。要は、生物の回復を確認しつつ堆積する土砂の取り除きという攪乱を常時行い希少種の生息場所要素が残りその生活史がかろうじて完結できる余地を残しつつ、周りの田畑や居住地域よりも低い河道を維持することである。

しかしながら今回の結果から局所的であるかもしれないが、タナゴ類の重要な産卵基質であるカタハガイ・ニセマツカサガイなどイシガイ科の絶滅を招いてしまったのかもしれない。このことはタナゴ類の産卵と再生産に関して決定的な影響を与えると予想される。ただ現在のところ魚類の絶滅種を出してはいない。また調査区間の下流で生息を確認しているトゲナベブタムシが復活するのか、流域にかろうじて残っているカタハガイなどのイシガイ科の二枚貝が再び復活するのか、予断を許さない状況である。現在工事は 8 割方完了していて、今後とも復活するのかどうかを確認するために長期にわたるモニタリングが不可欠である。

参考文献

- 1) 田中哲夫・信本 励 (2006) 武庫川上流の自然—治水と環境保全は両立するか—、江崎保男 (編)「武庫川散歩」、81-90、人と自然の博物館、三田、111p.
- 2) 田中哲夫 (1998) 河川の魚類群集、江崎保男・田中哲夫 (編)、水辺環境の保全—生物群集の視点から—、朝倉書店、東京、177-192.
- 3) 田中哲夫 (監修) (2008) 兵庫県の淡水魚、人と自然の博物館、三田、239p.

助成事業者紹介

田中哲夫

現職：兵庫県立大学 自然・環境科学研究所 准教授（理学博士）

兵庫県立 人と自然の博物館 主任研究員

主な著書：

「河川の魚類群集」、江崎保男・田中哲夫（編）、水辺環境の保全—生物群集の視点から—、朝倉書店、東京、177-192.

「日本の淡水魚」、分担執筆、山と溪谷社、東京、719p.

「総論 ため池」、分担執筆、野生動物保護の事典、朝倉書店、東京、789p.

共同研究者

角野康郎

現職：独立行政法人 神戸大学 教授（理学博士）

主な著書：

「日本水草図鑑」、文一総合出版、東京、179p.

信本 励

現職：水棲堂代表取締役

主な著書：

武庫川上流の自然—治水と環境保全は両立するか—、江崎保男（編）「武庫川散歩」、81-90、人と自然の博物館、三田、111p.

森本静子

現職：ひとはく地域研究員

主な著書：

水生昆虫図鑑（ホームページ）