

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2009

課題番号：19510093

研究課題名（和文）

治水と希少水生生物の保全は両立するか

研究課題名（英文）

The river improvement effects on endangered freshwater fishes and plants of the upper reach of The Muko-River, Hyogo Prefecture, Japan.

研究代表者

田中哲夫 (TANAKA TETSUO)

研究者番号：40244694

研究成果の概要

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。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って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ことを目的としている。掘削の始まる前 2002 年から試験掘削の行われた 2003 年以降 2009 年に至るまで、基準調査区間での水深・底質など物理的環境条件の推移と、この変化に魚類群集がどのように反応するのかの調査を継続して解析している。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、泥底の部分が縮小した。試験掘削後 8 年が経過した時点においてもこれらの生息場所要素は完全には復帰していない。これに対応して定置網で捕獲される魚類、特に絶滅を危惧されるシロヒレタビラやアブラボテは、2003・2004 年に何故か一旦増加したが、続く 2005 年から 2009 年に至るまで減少を続けている。河川改修の方法は、河床勾配をある区間では一定に設計するのが普通であり、流水環境と止水環境がモザイク状に出現するようには設計されていない。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、河道内に障害物を設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。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長い距離で一定にする河川改修法では、多様な水生生物を育てていたもとのハビタートモザイク状態は再創造されないのかもしれない。

Abstract

Upper reach of the Muko-River is high-biodiversity reach inhabited by many species of endangered freshwater plants and animals. This point is characterized by low altitude and low gradient of stream bed, so this area show tendency of sandy-mud accumulation on stream bed like as lower reach of other streams. In the same time, this stream character arise frequent flood caused by high deposition rate of sandy-mud. The Hyogo Prefecture river section began the river improvement that centered on the soil excavation of the riverbed and the riverside in the Muko-River upstream region to achieve the flood control target of 1/2 probabilities in 2003.

A physical impact by this river improvement aims at the influence given to a endangered freshwater fish that lives in this area and it has aimed to understand the influence of the river improvement by monitoring a long term, and to present the reduction plan of the influence in addition. After 2003 doing the test excavation in the first, the fish crowd to this change is continuously analyzing the investigation how it reacts until 2009 as the transition of a physical, environmental condition such as depth and the bottom sediments in the standard investigation section.

The width of the river channel, depth, and the flow velocity distribution are made monotonous by digging, an especially deep point disappears, and the area of the mud bottom has reduced. These habitat elements have not returned completely at point that eight years passed after it digs up the examination. White and brown bitterling, *Acheilognathus tabira* and *Tnanakia limbata*, having misgivings for fishes captured by the trap net corresponding to this, especially keep decreasing capture number from 2005 continuing to 2009 though it increased once why in 2003/2004.

In this river improvement, if the river channel section made to flow as the water level of planned high water was safe was able to be secured, the deep pool and the meander reach that set up the obstacle in the river channel. Local deep pool, the revival of the shelter that accompanies it, and the reproduction of the sedimentary environment are expected centering on the meander point and the obstacle it. However, an original state of habitat-mosaic to bring up various aquatic animals and plants might not be created again in this river improvement method making the constant river bed gradients by such a long distance.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 19 年度	1,400,000 円	420,000 円	1,820,000 円
平成 20 年度	1,000,000 円	300,000 円	1,300,000 円
平成 21 年度	1,100,000 円	330,000 円	1,430,000 円
年度			
年度			
総計	3,500,000 円	1,050,000 円	4,550,000 円

研究分野：環境学

科研費の分科・細目：環境技術・環境材料

キーワード：河川改修・希少淡水魚・治水

1. 研究開始当初の背景

河川環境と淡水魚

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。このようにしてできた岩や礫、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溪流の景観を作る。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、その環境が類似している下流部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。

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よう。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。すなわち砂や泥が堆積しやすい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倍に拡張された。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コンボとブルト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「水脈筋」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。

他にも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量に消費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、川底の砂泥や岸边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。

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あちこち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

で実施されている。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月より実施している。

3. 研究の方法

魚類の調査には定置網を用いた。これまでの調査から定置網で得られる結果は相対密度ではあるが極めて信頼性の高い資料が得られることを確認している。8 kmの調査区間に設けられた標準調査地点の深度・底質・流速・水生植物・二枚貝等の物理的また生物的環境要因と魚類相の変遷を9年間追跡した。動的平衡系にある河川生態系の河川改修に対する反応を捉えるには、オーソドックスな方法を長期間に渡って実施することが必要であるが、コイ科の魚が優占する日本の下流域の河川環境においてはほとんど行われていないのが現状である。

武庫川上流域河川改修計画区間8 kmに基準調査区間(50 m)で春・秋の二回定置網による三日間連続調査で魚類を採集す

る。また、調査区間に15本程度のライントランセクトを設定しライン上1m毎に、水深・底質・流速などの物理的環境要因の測定を行った。

4. 研究成果

掘削が河川形状に及ぼす影響

掘削の行われる前2002年10月と左岸の掘削の行われた後の2004年1月、両岸掘削後の2004年10月さらに両岸掘削後約一年が経過した2005年10月から2009年10月の物理環境の変化を追う。試験掘削前の調査地点では、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大きな群落が形成されていたが、試験掘削が行われた後には、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。掘削が実施される前2002年10月と左岸掘削後の2004年1月に河道方向と直角にとった5m毎10数地点での流水幅は、それぞれ9.1m(標準偏差:9.2)と12.1m(同:7.7)で、掘削工事によって河川の流水幅が広がり、川幅の変化が小さくなった。この状況は2005年以降2009年に至るまでそれほど変化していない。すなわち川道の流れ幅の変化は小さくなり、一様な流れとなって掘削前の状態には戻っていない。

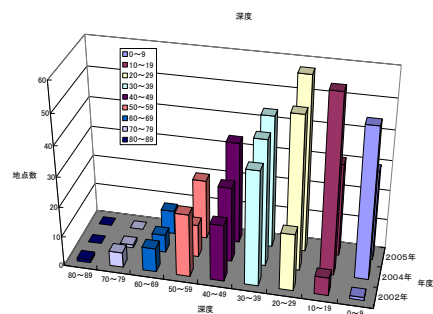


図.1 掘削直前後の深度の変化

掘削前後数年間の間の深度の変化について、ライントランセクト上の1mごとに設定

した 100 ポイント以上で測定した。2002 年掘削前の平均水深は 44cm、2003 年左岸掘削後のそれは 24 cm と約半分の水深となった。その後 2005 年には 30cm と一時深度が増加したが、2006～2008 年には 20 cm 程度で 2009 年には 25 cm と全体的に浅くなり掘削前の値の半分となった。掘削前には水深が 70～80 cm と局所的に深いポイントも橋桁の下やツルヨシに囲まれて水流により深く掘れ込んだところに認められたが、掘削後にはこのレベルの深い場所が認められなくなった。また掘削前にピークのあった水深 30cm のポイントは改修後には数少ない地点と変化し、代わって改修後に増加したのは 20 cm 以下の極めて浅い水域である (図 1)。2004 年 10 月の両岸掘削直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。両岸掘削後約 1 年が経過した 2005 年 10 月にはこの浅い水域の割合は徐々に縮小しはじめ、代わって水深 20～40cm の部分が卓越しはじめ掘削以前の水深分布とかわらない状況に回復してきた。ただまだ水深 70cm 以上の局所的な深部が再生するまでには至っていない。図では、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ため、掘削後に流れが平坦化して水面が急激に広がったことも同時に見てとれる (図 1)。

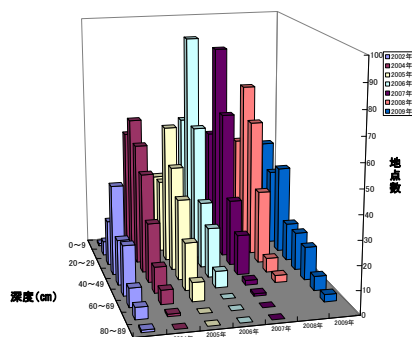


図.2 掘削前から 2009 年までの深度の変化

2005 年以降 2009 年に至るまで、40～70 cm のやや深い地点数は増加傾向にあるが、掘削前の 80 cm 以上の地点は消失したままである (図.2)。調査地点では河道断面が確保でき治水安全上さほど問題がないと推定される場合、ジオテキスタイル (編み籠に大礫を詰めたもの) また木杭を打ち込み、局所的な障害物を創生し増水時の渦流によって深部が形成されるような仕掛けを講じたが、その効果がまだ現れないのかあるいは無効なのか、局所的な深所は形成されないままの状態が続いている。

掘削以前の水深分布とかわらない状況に回復してきた。ただまだ水深 70cm 以上の局所的な深部が再生するまでには至っていない。

河床を構成する底の状態は、流れ幅の変化が小さくなり浅い部分が広がり水の滞留するところが消失した結果に対応して、掘削前 2002 年には全体の 14% であった泥底の部分が、掘削後 2004・2005・2006 年にはそれぞれ 6・4・5% と半分以下に減少し、2009 年においても 8% にとどまっている。代わって砂底の部分が 2005・2006・2007 年と一時増加し、その後 2008・2009 年には掘削前と同程度の頻度に落ち着いた (図.3)。礫底の全体に占める割合は掘削前後で一定の傾向は認められなかった。これは礫底を形成するような流速部分は、たとえ水面が大きく広がったとしても流量に応じ限られた部分でしか形成されないことを示唆していると考えられる (図 3)。

最も大きな変化が認められるのは、直径 10cm を越える大礫の頻度である。2002・2003・2004 年には 4% から 2% の低い割合でその後 2005・2006・2007・2008 年と消失した。しかし 2009 年の秋に 39% と急激に大礫の頻度が増加した、これは 2009 年秋の出水

による大規模な河床攪乱による。

掘削前後の河川形状は、川幅の変化が消失し、川岸の形状が単調となり、浅い水域が広がり、局所的な深所が消失する。底質に関しては、砂底が増加し泥底が減少したが、疎通能力が増加したためか、大規模な出水後河床を構成する直径 10cm 以上の大礫の部分が増加した。

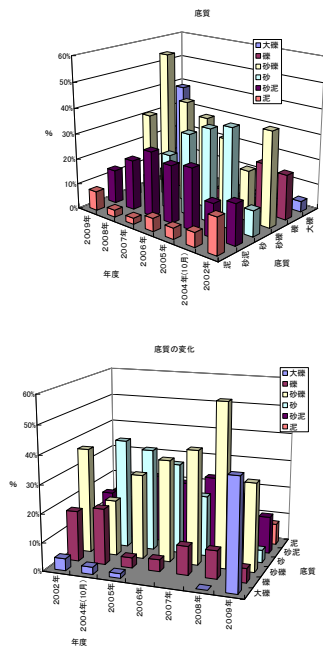


図.3 底質の変化

魚類の反応

調査地点には約 60m の間隔を空けてその上下に小型定置網を設置し、2002 年から 2009 年にかけての 8 年間、秋季に 3 日間の連続採集を行い、採集された魚種名とその数を調べた。確認された魚は 32 種。8 年間の総採集個体数で最も多かったのは、二枚貝に産卵するアブラボテで 6,236 個体、カワムツ 5,573、オイカワ 4,013、イトモロコ 3,885、シロヒレタビラ 1,600、カマツカ 828、ムギツク 741、ヌمامツ 688、ズナガニゴイ 555、カネヒラ 472 個体がそれに続く (図.4)。

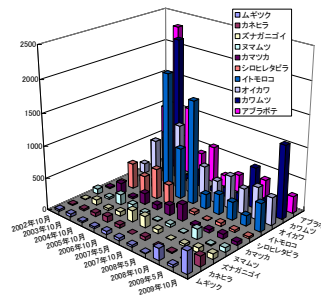


図.4 主要 10 種の採集個体数

年度別の総採集結果では、2002 年には 16 種 1780 個体、2003 年 19 種 4405 個体、2004 年 17 種 4888 個体、2005 年 20 種 4406 個体と掘削後に種数や採集個体数が減少することはなく、逆に双方ともに増加する傾向が認められた。しかしながら 2006・2007・2008 年にはそれぞれ 2,726・1,546・2,223 個体と半減し、2009 年には 3,136 個体とやや増加したが、改修前のレベルには達していない。

二枚貝に産卵するタナゴ類 3 種とカワヒガイの 8 年間の変化を図 5 に示した。アブラボテの数は、掘削前の 2002 年 962 個体、2003 年 2,324、2004 年 1,075 個体と掘削後のほうが掘削前よりも多い結果となった。しかしその後 2005 年からは激減して 2009 年には 266 個体となった。シロヒレタビラも同様に 2002

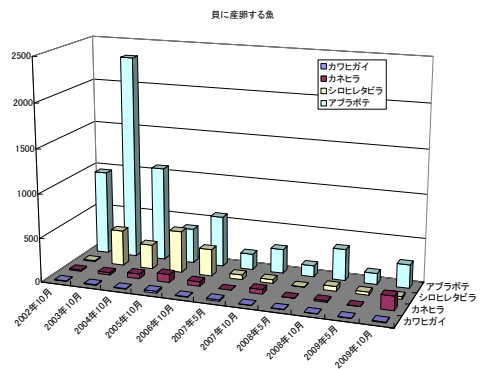


図.5 二枚貝に産卵する魚の変動

年 11 個体、2003 年 405、2004 年 278、2005 年 475、2006 年 306 個体と採集される個体数が急変することはなかったが、2007 年に

43 個体と激減、2009 年には僅か 29 個体採集できたに過ぎない。カネヒラは、改修前の 2002 年に 14 個体、その後も継続して採取され、2009 年には最も多い 162 個体を記録し改修前よりも採集個体数が多い結果となった。もともと採集個体数の少ないカワヒガイは 2005 年の 21 個体を除いてその他の年には 10 個体以下しか採集されていない。同じように二枚貝に産卵するタナゴ類とカワヒガイであるが、河川改修に対するレスポンスは種によって異なっている。

次にオイカワ属三種の変化を見てみよう。カワムツの数は、掘削前の 2002 年 460 個体、2003 年 568、2004 年 2233、2005 年 107 と大きく変化し、2005 年に最も少なかった (図 6)。その後変動しつつ 2009 年には 1,151 個体と改修前より増加傾向にあると考えられる。一方オイカワは、2002 年 159 個体、2003 年 617、2004 年 822、2005 年 1013 と年とともに増加傾向にあったが、その後変動しつつも 400 個体前後で安定している。近年カワムツとは別種であることがわかったヌمام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。

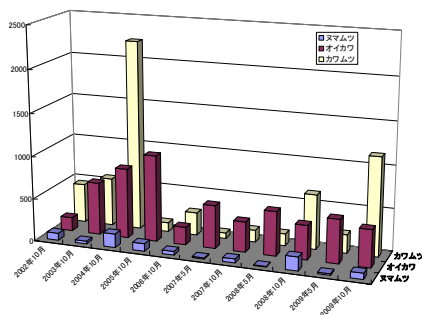


図.6 オイカワ属 3 種の変動

今回の調査では、構成する魚のうち希少種を含むかなりの種で掘削後に個体数が増加するという結果が得られた。なぜ物理的には単純な河川改修区で一時的であるにせよ、これらの種で個体数が増加したのか、理由は不

明である。しかしながら 2005 年以降は一時的に増加した希少種も減少に転じた。8 km の改修区間の工事が進行し、その影響が顕在化し始めたものと考えられる。長期に渡る、物理的な魚の住み場所の要素の変化を記載し、それに応答する魚類群集のモニタリング調査を継続する必要がある。

水湿地植物-改修工事後の回復状況

はじめに

武庫川上流域の流水中の水生植物としては、絶滅危惧種のおグラコウホネ *Nuphar oguraense* Miki がもっとも注目される。本種は全国的に希少で、近畿地方では兵庫県の摂津・丹波地域 (三田市、篠山市、丹波市) に分布が局限されている。篠山市 (旧丹南町) 岩鼻橋周辺に限って生育し、緩い流れの場所では浮葉を形成するが、沈水葉のみの群落状態がしばしば見られた。その他にエビモ *Potamogeton crispus* L.、ヤナギモ *P. oxyphyllus* Miq.、ササバモ *P. malaianus* Miq.に加えて外来植物のコカナダモ *Elodea nuttallii* (Planch.) St. John とオオカナダモ *Egeria densa* Planch. の沈水植物が記録されていた。

また一部が水中に生育する形でオランダガラシ(クレソン) *Nasturtium officinale* R.Br.、ドジョウツナギ *Glyceria ischyronura* Steud.、ヒメウキガヤ *G. leptorrhiza* Maxim. var. *depauperata* T. Koyama が比較的広範囲に見られた。また水辺の湿地にはヨシ *Phragmites australis* ((Cav.) Trin. ex Steud.、マコモ *Zizania latifolia* Turcz.、オギ *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Bentham、キシヨウブ *Iris pseudoacorus* L. の大形植物のほかに、クサヨシ *Phalaris arundenacea* L.、オオカワヂシャ *Veronica anagallis-aquatica* L.、カサスゲ *Carex*

displata Boott、そして他の地域・水系では希少なミズタガラシ *Cardamine lyrata* Bunge が多産するのが特徴であった。

これらの植物が改修工事後にどのように回復するかを2007年から2009年にかけて調査した。調査は、春(5-6月)と秋(10月)に行った。以下に結果を要約する。

1. 岩鼻橋周辺 (篠山市当野)

改修工事後、もっとも注目されたオグラコウホネは、現在のところ復活していない。これは地盤を根本的に掘削する工事であれば当初から予想されたことであり、だからこそ兵庫県立人と自然の博物館に一時的に避難する対策が取られた。適当な時期に植え戻すことによって群落の回復を期待するのが当面の方策であろう。一方、植物体断片(切れ藻)からの再生も可能なコカナダモとヤナギモ、そして量的には少ないがオオカナダモの3種の沈水植物が回復して生育していた。どこから供給されたかは不明であるが、流域の一部に残っておれば、これらの沈水植物は比較的容易に再生することが確認された。

さらに注目すべきは湿地性の植物の回復ぶりであろう。大形抽水植物であるヨシ、マコモやオギの群落の回復は徐々に進みつつあるが、希少種のミズタガラシをはじめ、クサヨシ、オオカワヂシャ、オランダガラシ、オオバタネツケバナ *Cardamine regeliana* Miq.、カサスゲ、ドジョウツナギ、アゼナルコ *Carex dimorpholepis* Steud.、オオスズメノカタビラ *Poa trivialis* L.、カズノコグサ、ウシハコベ *Stellaria aquatica* (L.) Scop.などは中洲や低水敷湿地の植被率がほぼ100%になる勢いで回復している。岸边からオギーヨシマコモークサヨシの成帯構造(zonation)が形成され、水際にキシノウブやドジョウツナギが生育し、水中には沈水植

物が生育するという河川の植物群集の横断構造が回復し始めている。もとの土壌を撒きだしたことで種子等の散布体から湿地植物が比較的短期間での回復しつつあるのである。

2. 草野大橋付近 (篠山市草野)

この区間は、調査期間中に改修工事が進んだ。工事中は無植生状態になったが、工事終了後は回復過程が進みつつある。水中には2009年10月の時点で沈水植物のエビモ、ササバモ、オオカナダモ、コカナダモの生育が確認できた。改修工事前に記録されていたヤナギモが未確認であるが、上流域には生育しているので回復は時間の問題だろう。

河川敷の水湿地の植生回復も進んでいる。一旦は裸地になった場所に、現在では、オランダガラシ、オオカワヂシャのかく乱依存種とみなされる外来植物やヤナギタデ *Persicaria hydropiper* (L.) Spach.が確認されたほか、ツルヨシ *Phragmites japonica* Steud.、マコモ、ガマ *Typha latifolia* L.、ヒメガマ *T. angustifolia* L.、クサヨシ、サンカクイ *Scirpus triqerter* L.、ジュズダマ、イボクサ *Murdannia keisak* などのほかに、自然度の高い環境を指標すると考えられるミズタガラシとサクラタデ *Persicaria conspicua* (Nakai) Nakai も回復した。これも、もとの土壌を利用したことの成果であろう。

3. 細田橋周辺 (三田市草野)

この区間はまだ改修工事が行われていない区間であり、工事区間との対照のために調査した。

水中にはエビモが多く、ヤナギモ、コカナダモ、ササバモがともなう。これらの種は加古川上流域の典型的な沈水植物群集の構成種である。水際の湿地には武庫川上流域を特

徴づけるミズタガラシが多く、花の時期には遠くからでもわかるようになる。オランダガラシ、オオフサモ *Myriophyllum aquaticum* Vellozo) Verdc. の外来植物のほかにはサンカクイ *Scirpus triquetus* L.、ヘラオモダカ *Alisma canaliculatum* Sam.、イ *Juncus effusus* L. var. *decipiens* Buchen.、カサスゲ、アゼナルコをはじめ、多様性の高い植物群集が残存している。

工事の影響と植生の回復状況

区間を限って順次改修工事を進めていく方法は、移動能力のある魚類はじめ動物の保全には有効であると予想される。しかし、自ら移動できない植物種の保全に対してどこまで有効化は明かではなかった。今回の調査を通じて、もとの土壌を戻す方法が水湿地の植物群集の復元に一定の効果をもつことが示された。埋土種子をはじめ土壌中の散布体が重要な役割を果たすのであろう。工事の1～2年後にはかなりの種が復活の兆しを見せ始めている。しかし、注目種であったゴキヅルは回復していない。つまり全ての種が同等に回復しているのではない。また大規模なかく乱によって外来種の侵入も目立つために、今後どのような形で本来の植生が再生していくかについては今後の追跡が必要である。

水生植物は供給源となる生育地点があれば、切れ藻等の栄養繁殖によって回復可能な種もある。この意味でも区間を区切った工事計画は意味を持つ。しかし、もともと生育範囲が限られていたオグラコウホネは、この方法では保全できなかった。工事期間中は一時避難をして、もとの生育環境が回復してから植え戻すという方策しかない。しかし、改修工事によって河川の横断形状や流況が変化し、流速、水深、底室などの環境条件も変化しているので、どのような場所に、どのタイ

ミングで植え戻すかについては十分な検討が必要であろう。時間の経過とともに希少種の生育適した環境が戻ってくることを期待するのが現状であるが、河川の流況の変化のあり方によっては、容易な復元は可能ではないことも認識しておかなければならない。



写真1. 2005年5月岩鼻橋から見た武庫川



写真2. オグラコウホネの沈水群落
(2005年5月)



写真 3. 回復したミズタガラシ



写真 4. 細田橋のエビモ群落(2009年5月)。

治水と河川環境の保全

武庫川上流部が堆積環境にあり、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のだ。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。

最初に述べたように、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」が再び形作られたことを思い起こそう。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住み場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、シロヒレタビラやオグラコウホネが本川以外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。

河川生物の住み場というものは、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では十分に可能だと考えられる。要は、局所ではなく流域全体を視野に入れた生物の回復過程を確認しつつ、堆積する土砂の取り除きを常時行い、周りの田畑や居住地域よりも

低い掘り込み河道を維持することで治水安全度を高めることである。また状況が許せば蛇行を極力保全・再創出することも必要。さらに河道断面に余裕を持たせ大小の障害物を残し、場合によっては水制工などを新に投入し、川が勝手に変化に富んだ流れを創出してしまう大きな仕掛けを仕組んでおくことも重要である。これら河川水を滞留させつつ治水安全度を維持する河川管理は、下流への流量負荷を軽減し、流域治水の理念とも合致するものである。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

Shiga, T. and Y. Kadono (2008) Genetic relationships of Nupher in central to western Japan as revealed by allozyme analysis. *Aquat. Bota.*, 88: 105-112.

Koga, T., Y. Kadono and H. Setoguchi (2008) Phylogeography of Japanese water crowfoot based on chloroplast DNA haplotypes. *Aquat. Bota.*, 89: 1-8.

[学会発表] (計 3 件)

田中哲夫・藤田茂宏・谷本卓弥・山科ゆみ子・三浦康弘 (2010) 自らの卵捕食がカワバタモロコ个体群動態に及ぼす影響。日本生態学会，東京大学駒場，東京。

田中哲夫・藤田茂宏・谷本卓弥・山科ゆみ子・三浦康弘 (2009) カワバタモロコの初期増殖速度と个体群動態。日本生態学会、岩手県立大学、盛岡。

田中哲夫・藤田茂宏・谷本卓弥・山科ゆみ子・三浦康弘 (2008) ため池におけるカワバタモロコの増殖速度と个体群動態。2008 年日本魚

類学会シンポジウム「カワバタモロコとは？
その実態と保全」、愛媛大学、松山。

〔図書〕（計3件）

田中哲夫(2010) 総論ため池、丸山直樹他(編)
野生動物保護の辞典、朝倉書店、東京、
314-320.

田中哲夫(2009) 地球温暖化と淡水魚の盛衰、
岩槻邦夫・堂本暁子(編) 温暖化と生物多様
性、築地書館、東京、113-121.

田中哲夫(2008) (監修) 兵庫県の淡水魚、
兵庫県立人と自然の博物館、三田、250 p.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中哲夫 (TANAKA TETSUO)

研究者番号：40244694

(3) 連携研究者

角野康郎 (KADONO YASUO)

研究者番号：90127358

