

# 河川工作物がイワナとアマゴの個体群存続におよぼす影響

誌名	山梨県水産技術センター事業報告書
ISSN	13422677
著者名	遠藤,辰典 坪井,潤一 岩田,智也
発行元	山梨県水産技術センター
巻/号	33号
掲載ページ	p. 28-35
発行年月	2006年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 河川工作物がイワナとアマゴの個体群存続におよぼす影響

遠藤辰典<sup>1</sup>・坪井潤一・岩田智也<sup>2</sup>

河川には多目的ダムや河口堰といった大規模な河川工作物の他に、上流域には一般に砂防ダム（本研究では治山ダム、谷止工、床固工等も含める）と呼ばれる落差数メートル程度の構造物や、農業用水路の取水堰堤、林道保護のための円筒管（カルバート管）など、河川工作物が無数に存在する。山梨県森林環境部の管轄だけでも、1万基以上の砂防ダムが設置されている（遠藤 未発表データ）。河川工作物は治水や利水を目的に設置されてきたが、一方で河川の単調化および分断化、水温上昇、水質悪化、土砂堆積等の様々な環境悪化を引き起こすことが知られている<sup>1)</sup>。また、河川に生息する生物にとって、工作物による河川に分断化は往来を妨げる障壁となる<sup>2)</sup>。ほとんどの砂防ダムは1970年代以降に設置されており、我が国の渓流域の分断化やそれによる生息地の縮小化は、わずか30年という短期間で生じている<sup>3)</sup>。そのため、工作物が生態系へ与える影響は、今後さらに大きくなる可能性がある。

河川性魚類は川に沿った線的な移動を余儀なくされることから<sup>4)</sup>、工作物による隔離の影響が著しく大きい。特に、海と川を往来する回遊魚は、工作物の上流域において絶滅しやすく、それによって種の多様性が低下する事例が多く知られている<sup>5) 6)</sup>。また、海へ回遊しない魚であっても、工作物による隔離は個体群の縮小をもたらす、偶然による個体数変動や近交弱勢などの遺伝的劣化によって絶滅を引き起こすと予測されている<sup>3) 4) 7)</sup>。

そのため、河川工作物による分断化と魚類の絶滅の関係を評価することは河川生態系の保全を考える上できわめて重要である。しかしながら、我が国では通し回遊魚について研究例がいくつか報告されているのみで<sup>6-8)</sup>、河川型の生活史をもつ本州以南のサケ科魚類について河川分断化の影響を調べた研究はこれまでにない。

本研究の調査河川である富士川水系の上流部には、ヤマトイワナ *Salvelinus leucomaenis japonicus* およびヤマメ *Oncorhynchus masou masou* の亜種であるアマゴ *O. masou ishikawae* が分布しており、ヤマトイワナは完全に、アマゴはほとんど河川型の生活史を送っている。しかし現在では、河川改修やニッコウイワナ *S. leucomaenis pluvius* などの種苗放流によって、ヤマトイワナ（以後、イワナ）およびアマゴの在来個体群は、支流域に局所的にしか生息しておらず<sup>9) 10)</sup>、極めて貴重な地域個体群である。本研究ではイワナ、アマゴ在来個体群と河川工作物の分布を調べ、工作物が2種に与える影響を調査した。

## 方法

### 野外調査

調査は、山梨県内を流れる富士川水系で行った。野外調査を行う前に、在来個体群の分布域を中村<sup>11)</sup>に従い推定した。まず、漁業協同組合、地元住民、釣り人に対し、イワナとアマゴの放流履歴（場所、時期、魚種）についてできる限り詳しく聞き取り調査を行った。その際、工作物設置数が急速に増加する1980年代以前の、2種の分布最上流地点についても情報を集めた。次に工作物の位置と設置年代を、山梨県森林環境部所有の治山台帳から調べ、放流魚の侵入が不可能な在来個体群分布域を推定した。これにより在来個体群が生息していると期待される29支流が抽出され、これらを調査対象河川とした。なお、保護上の目的から、具体的な支流名は示さない。

2004年6月から9月にかけて、調査河川において潜水目視により生息範囲を調査した。本流との合流地点から、水が無くなる源流部までを調査区間とし、流程に沿って潜水目視調査を行いながら2種の分布最上流地点を特定した。また、河川工作物の正確な位置をGPS (EMPEX, Tokyo)を用いて記録した。なお、工作物については、その多くが砂防ダム（最小のものは堰堤高1.55m）であったが、魚類の遡上を著しく阻害するカルバート管なども含めた。後日、潜水目視による分布最上流地点と、電撃捕魚器 (Smith-Root, Inc., Vancouver, Washington)を用いて推定した分布最上流地点を13河川で比較した。その結果、全ての河川で一致したため、潜水目視の精度は高いと考えられた。

### データ解析

調査河川のうち工作物が全く無かった2河川を除く27河川を解析に用いた（図1a, b）。

Endou Shinsuke<sup>1</sup>, Tsuboi Jun-ichi, Iwata Tomoya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>帝京科学大学理工学部, 現所属 北海道大学水産科学院, <sup>2</sup>山梨大学循環システム工学科

本稿は「山梨県水産技術センター研修生受入要綱」に基づいて行った帝京科学大学理工学部卒業論文の要約である。

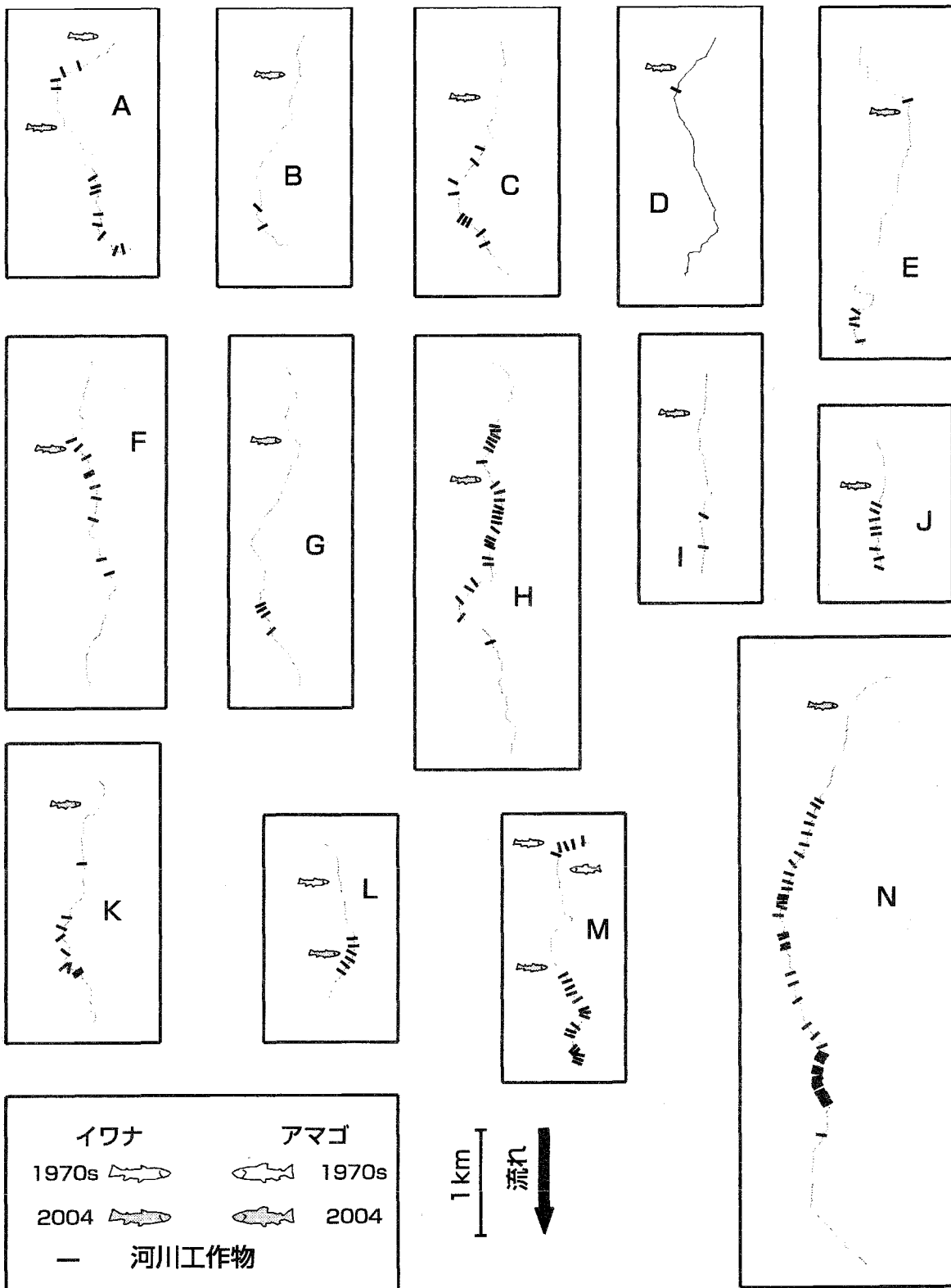


図1-a 河川工作物の位置とイワナの分布最上流地点，河川∞は唯一のイワナ・アマゴ混生河川，1970年代の分布水域については、聞き取り調査により明らかになったもののみを記載した。

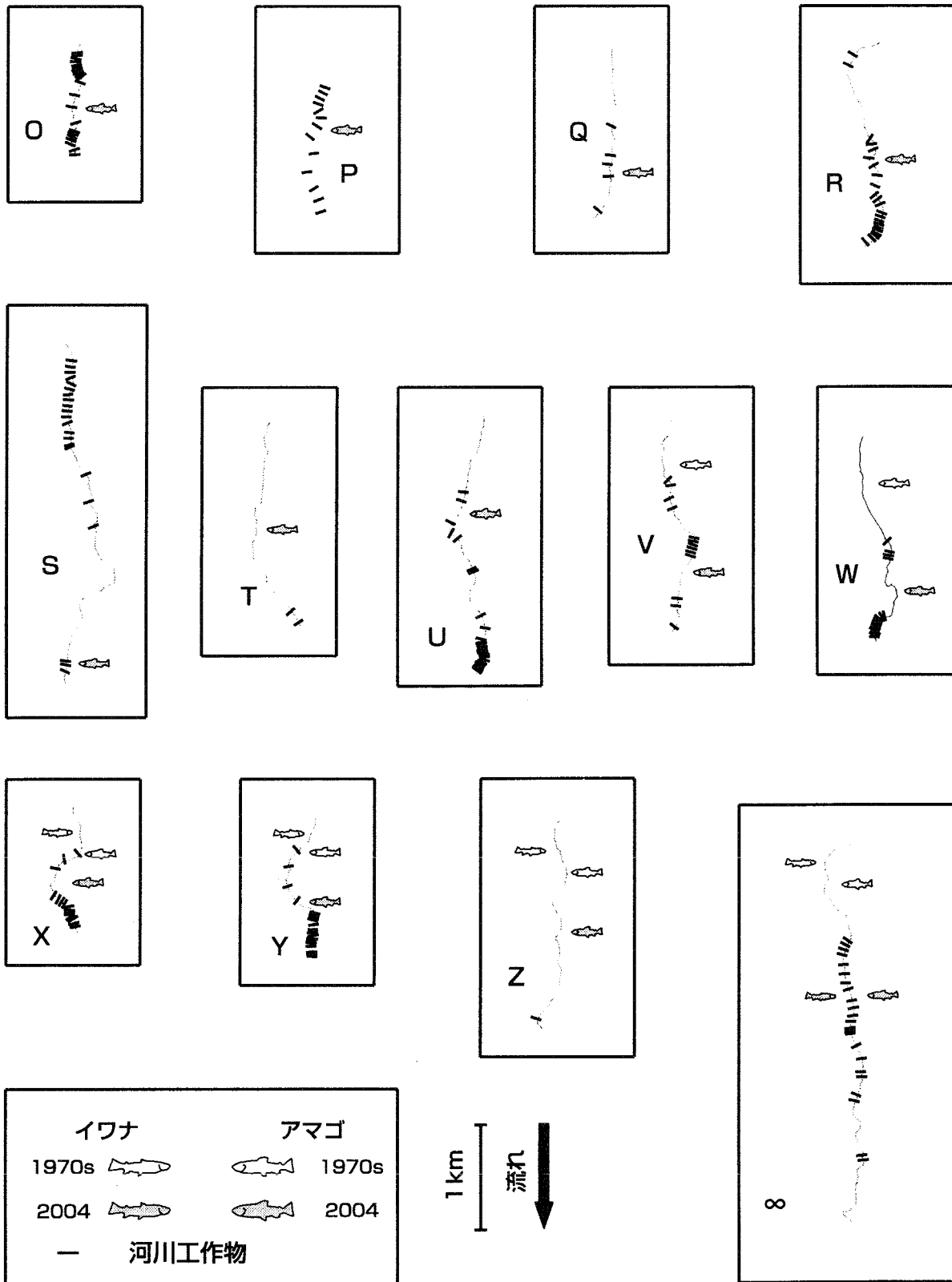


図1-b 河川工作物の位置とアマゴの分布最上流地点. 河川∞は唯一のイワナ・アマゴ混生河川. 1970年代の分布水域については、聞き取り調査により明らかになったもののみを記載した.

現在もイワナとアマゴが混生していた河川は、河川∞のみであった(図1 b)。そのため、2種の生息する河川標高を比較した。河川標高は調査区間最下流(本流との合流地点)の標高とした。なお、河川PおよびVの下流域はB b型<sup>12)</sup>の河川地形を呈し、明らかにイワナおよびアマゴの生息に適さない環境であったため、2種が生息可能と思われるA a型を呈する流域を調査区間とした。次に、工作物による個体群隔離の影響を調べた。従属変数を最上流にある工作物(uppermost artificial barrier、以後U A B)より上流の個体群存在の有無、説明変数を種、調査河川の工作物数、工作物密度(基/km)、U A B上流の集水面積(km<sup>2</sup>)、それに占める針葉樹植林地の面積比率(%), U A B上流域の隔離年数、河床勾配(%)としてロジスティック重回帰分析を行った。また、これら7つの変数の組み合わせによってできる全てのモデルについて赤池の情報量基準(AIC, Akaike's Information Criteria)を算出し、A I Cが最小のモデルを最終モデルとした。なお、隔離年数は調査を行った2004年とU A Bの完成年の差とした。針葉樹植林地の面積比率には、環境省の第2~5回植生調査の結果を用いた。地形解析にはG I S (ArcView 3.1, ESRI Japan, Inc.; カシミール3D 8.2.4)を、解析にはSPSS 10.0 Jを用いた。

## 結 果

山梨県内の富士川水系上流域では、29河川にイワナまたはアマゴの在来個体群が生息していると推定された。その内訳はイワナ生息河川15河川、アマゴ生息河川13河川、2種の混生河川1河川であった。イワナ生息河川の標高は1166±151m(平均±95%信頼区間)、アマゴ生息河川の標高は759±103mであり、生息河川は標高で明瞭に分かれていた(ANOVA,  $F_{1, 28}=18.06$ ,  $p<0.001$ )。29河川中、工作物の全く無い河川は、わずか2河川のみであった。設置されている工作物の総数は356基(1河川あたり12.3基)であり、全てにおいて魚道は併設されていなかった。設置年代が明らかとなった220基を用いて年代別設置数を調べたところ、1980年代から工作物数が急増していることがわかった(図2)。

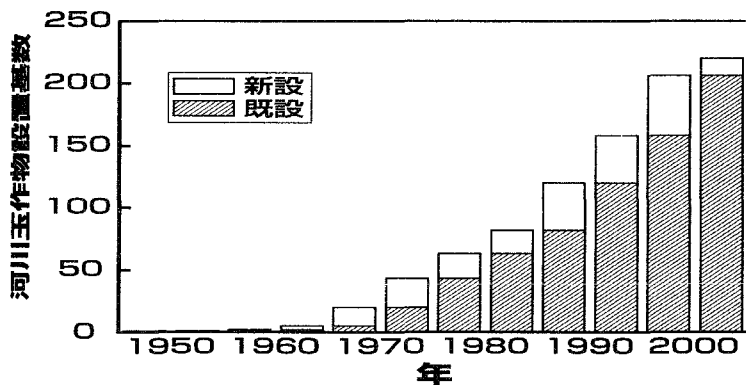


図2. 調査河川における河川工作物設置数の推移

聞き取り調査によって、全ての河川ではないが、過去の分布最上流地点が明らかになった。1970年代に水の無くなる源流部まで生息していたが、本調査を行うまでに局所的に絶滅したと推定される河川が、イワナで7河川、アマゴで7河川認められた(図1 a, b)。また、5河川あった混生域も、現在は河川∞のみであった。そこで、U A B上流における個体群存在の有無について、ロジスティック重回帰分析を用いて解析した結果、種、U A B上流の集水面積、河川の工作物数が有効な説明変数として選択された(表1)。A I Cを用いても、同様のモデルが選択された。すなわち、U A B上流の個体群の存在確率は、アマゴのほうが低く、またU A B上流の集水面積が小さいほど、工作物数が多いほど低かった(図3)。

表1 ロジスティック重回帰分析の結果

Step	Variable	lnL	lnL <sub>R</sub>	G <sup>2</sup>	Coefficient	df	p	AIC		
1	種	-8.072	-9.312	2.481	2.888	1	0.185	30.144		
	隔離年数		-8.812	1.481	-0.121	1	0.271			
	河川工作物数		-8.344	0.544	-0.108	1	0.48			
	工作物密度		-8.333	0.522	-0.669	1	0.473			
	集水面積		-10.258	4.372	2.328	1	0.111			
	植林面積比率		-8.45	0.756	0.026	1	0.415			
	河床勾配		-8.335	0.526	0.201	1	0.467			
2	種	-8.333	-9.849	3.031	2.901	1	0.14	28.666		
	隔離年数		-8.838	1.011	-0.089	1	0.359			
	河川工作物数		-11.31	5.954	-0.196	1	0.05			
	集水面積		-13.371	10.076	2.866	1	0.028			
	植林面積比率		-8.673	0.679	0.024	1	0.433			
	河床勾配		-8.384	0.101	0.065	1	0.751			
	constant				-3.975	1				
3	種	-8.384	-9.92	3.073	2.727	1	0.147	26.767		
	隔離年数		-8.839	0.911	-0.081	1	0.38			
	河川工作物数		-11.31	5.853	-0.191	1	0.049			
	集水面積		-13.388	10.01	2.802	1	0.028			
	植林面積比率		-8.675	0.582	0.021	1	0.461			
	constant				-2.854	1				
	4	種	-8.675	-10.982	4.615	3.093	1		0.1	25.349
隔離年数			-9.135	0.921	-0.074	1	0.367			
河川工作物数			-12.165	6.98	-0.199	1	0.037			
集水面積			-13.967	10.585	2.85	1	0.027			
constant					-2.321	1	0.298			
5		種	-9.135	-11.251	4.232	2.729	1	0.099	24.27	
		河川工作物数		-12.259	6.247	-0.158	1	0.046		
	集水面積		-14.209	10.146	2.695	1	0.029			
	constant				-3.527	1				

lnL, ステップごとの対数尤度.

lnL<sub>R</sub>, 変数を除いた時の対数尤度.

$G^2 = -2(\ln L_R - \ln L)$ .

$AIC = -2 \ln L + 2k$ , ただし k はパラメータ数.

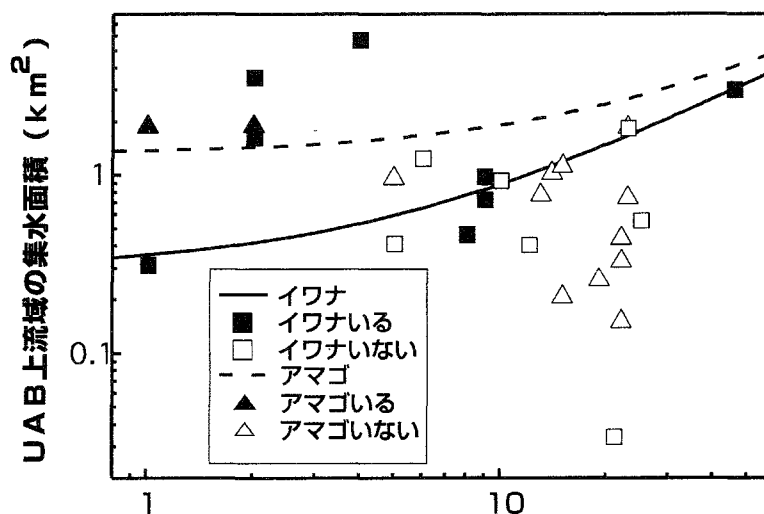


図3 最上流の河川工作物 (UAB) 上流における2種の存在と工作物数および集水面積の関係. 図中の実線 (イワナ) および破線 (アマゴ) はロジスティック重回帰分析より求めた2種の50%存在確率.

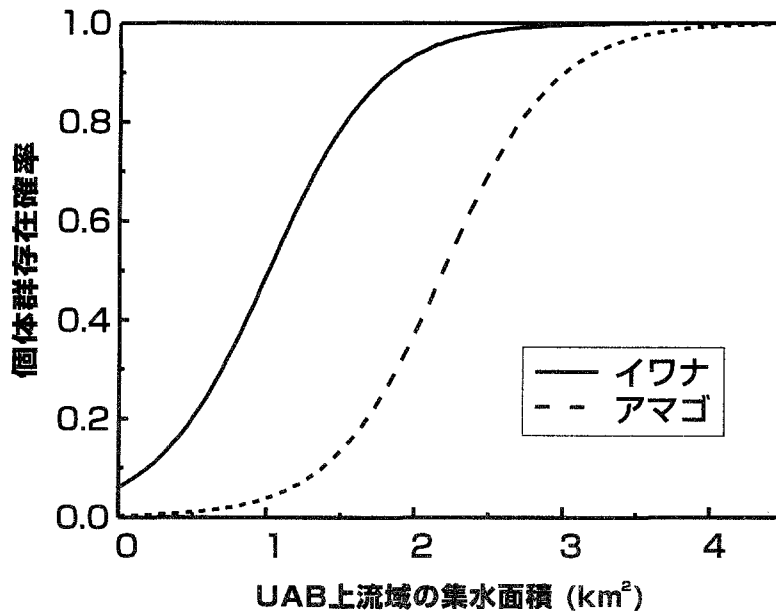


図4 最上流の河川工作物（UAB）上流における個体群の存在確率と集水面積の関係。存在確率曲線はロジスティック回帰モデルから求め、工作物数には種ごとの平均値を用いた。

このモデルから、UAB上流の個体群維持（50%個体群存在確率）に必要な集水面積は、イワナでは1.01km<sup>2</sup>、アマゴでは2.19km<sup>2</sup>と推定され、これより上流に工作物が設置された河川ほど、局所的に絶滅する可能性が高くなることが示された（図4）。

## 考察

山梨県内の富士川水系では、放流履歴の無い在来個体群はごく限られた小支流にしか残されておらず、その生息地は1980年代以降に急増した河川工作物により、著しく分断化されていた。過去の分布域と比較した結果、局所的絶滅や混生域の消失が確認され、イワナとアマゴの生息河川は標高で明瞭に分かれていた。UAB上流の個体群の有無は集水面積および河川工作物数に依存しており、多くの工作物が最上流域まで設置されると、イワナおよびアマゴ個体群が局所的に絶滅することが示唆された。また、個体群維持における隔離に対する耐性は種間で異なり、UAB上流ではアマゴのほうがイワナよりも存在確率が低い傾向が認められた。

過去に2種が混生していた河川は5河川であったが（図1）、現在も混生していたのは河川∞のみであり、他の4河川では河川標高1,000m付近を境に、標高の高い河川ではイワナ、低い河川ではアマゴの単独生息域になっていた。河川でも、共存しているものの両種の分布最上流地点は砂防ダム直下であり、2004年の分布最上流地点は聞き取り調査で得られた地点から大きく下がっていた（図1b）。一般に、イワナ類（ヤマトイワナ、ニッコウイワナ、アメマス*S. leuomaenis leuomaenis*）とヤマメ類（ヤマメ、アマゴ）の混生域は比較的狭く、好適水温の違いにより、上流域にイワナ類が、下流域にヤマメ類が生息することが知られている<sup>13, 14</sup>。このことは、本研究における2種の生息河川の分布結果を支持している。しかしながら、わずか30年程度の短期間に混生域の多くが消失したことは非常に不自然である。工作物設置は淵の消失や河川生産力の低下を引き起こすことが知られている<sup>11</sup>。実際に、北海道知床半島では、砂防ダム設置が水生昆虫のバイオマス低下を引き起こし、それに伴いオショロコマ密度が低下している<sup>15</sup>。2種が同所的に存在する水域では、イワナ類は淵の底層部に定位点を持ち、ヤマメ類が主に中層から表層を利用するが<sup>16</sup>、生息地が狭い小河川では種間競争が激しくなり、長期的な競争の結果、共存が成立しにくいと考えられている<sup>17</sup>。本研究での混生域の消失は、工作物設置が生息地の縮小や餌資源量の低下をもたらし、競争が激化した結果であると考えられる。また、UAB上流の個体群存在確率はアマゴのほうがイワナよりも低かった（図3,4）。そのため、現在の分布域決定には、河川標高の他に、種ごとに異なる分断化耐性も影響を及ぼしている可能性がある。

1970年代以前は、河川A, L, M, V, W, X, Y, Z, ∞では、イワナ、アマゴもしくは2種が水の無くなる源流部まで生息していたことが、聞き取り調査により明らかになった。また、工作物が無かったため解析に使用しなかった2河川では、現在もイワナ、アマゴのいずれかが源流部まで生息していた。以上のことから、両種ともに潜在的に源流部まで生息する能力があるものの、1980年代以降の工作物の急増により（図2）、著しく分断化された個体群が局所的に絶滅

したと考えられる。イワナとアマゴの個体群の存続は隔離された面積に強く依存しており(図4)、これは他の先行研究の結果と一致していた<sup>7, 18, 19)</sup>。Morita and Yamamoto<sup>7)</sup>は、工作物上流のイワナ類個体群を50年間維持するのに必要な集水面積は2.3km<sup>2</sup>と推定している。しかし、本研究でこれを満たすのは、イワナの生息する15河川中わずか3河川であった。このことから、現在UAB上流に生息しているイワナやアマゴ個体群も、近い将来、局所的に絶滅する恐れがある。イワナ類の最小存続可能個体数(MVP)は250個体と言われている<sup>20)</sup>。本研究の調査河川ではこの条件を満たすエリアは極わずかであろう。また、極少数のオスがメスを独占するイワナ類では、有効集団サイズが総個体数の3割程度と小さいことから<sup>21)</sup>、絶滅に致らないまでも工作物上流では遺伝的多様性の低下が予測される<sup>22, 23)</sup>。さらに、極小化した個体群では近親交配による有害遺伝子の発現や工作物下流に有害遺伝子を供給することにより、河川全体の遺伝的劣化を招く恐れがある<sup>24)</sup>。

今後、絶滅リスクが高いと思われる源流域に新たな工作物を設置する際には、溪流魚の上下流方向の移動が維持されるよう、十分に配慮されるべきである。そのためには、既設の工作物のスリット化や魚道の設置だけではなく、工作物を撤去するという選択肢が必要かもしれない<sup>25)</sup>。魚道の設置などによって河川の連続性が取り戻されれば、工作物上流で絶滅していても下流からの移入により絶滅した個体群の復活が期待できる。さらに、産卵遡上が自由に行えるようになり、遺伝的交流が促進され、より安定した個体群となるであろう。一方で、河川の連続性を取り戻すことによって、在来個体群が放流個体群と混ざってしまうことが指摘されている<sup>11)</sup>。在来個体群と放流個体群の遺伝子が混ざると、適応度の低い雑種個体が生まれ、集団の増殖率が減少してしまう可能性がある<sup>22)</sup>。そのため、在来個体群が生息する最下流部の工作物には魚道を設置せず、それより上流の工作物には早急に魚道を設置する必要があるかもしれない。今後、水産、土木、林務等の管轄を超えた情報共有と河川管理体制が必要不可欠となるであろう。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、(独)北海道区水産研究所 森田健太郎博士には、終始有益なご助言、ご指導を頂いた。

山梨中央、峡東、峡北の各漁業協同組合、山梨県森林環境部、やまなし淡水生物研究会の方々には調査にご協力を頂いた。特に、やまなし淡水生物研究会長の窪田茂氏には1970年代の分布水域に関する貴重な情報を頂いた。

## 要 約

1. 河川工作物によって上流に隔離されたイワナ、アマゴ個体群を対象として、河川工作物がイワナとアマゴの生息分布に与える影響を調査した。
2. 潜水目視により2種の分布最上流地点および河川工作物の正確な位置を把握した。
3. 在来個体群が生息していた29河川に設置されている工作物は356基(1河川あたり12.3基)であり、全てにおいて魚道は併設されていなかった。
4. 1970年代に河川最上流部まで生息していたが、本調査を行うまでに局所的に絶滅したと推定される河川が、両種ともに確認された。
5. 最上流にある河川工作物(UAB)上流域における個体群存在確率は、アマゴの方が低く、またUAB上流の集水面積(生息水域)が小さいほど、工作物数が多いほど低かった。
6. 個体群維持(50%個体群存在確率)に必要な集水面積は、イワナでは1.01km<sup>2</sup>、アマゴでは2.19km<sup>2</sup>と推定され、これより上流に工作物が設置された河川ほど、局所的に絶滅する可能性が高くなることが示された。

## 文献

- 1) 太田猛彦, 高橋剛一郎(編)(1999): 溪流生態砂防学. 東京大学出版会, 東京.
- 2) National Research Council(1996): Upstream. National Academy Press, Washington, D.C., 56-66, 196-197.
- 3) 森田健太郎, 山本祥一郎(2004): ダム構築による河川分断化がもたらすもの—一川は森と海をつなぐ道—.(前川光司編) サケ・マスの生態と進化. 文一総合出版, 東京, 281-312.
- 4) Dunham JB, Vinyard GL, Rieman BE(1997): Habitat fragmentation and extinction risk of Lahontan cutthroat trout. *N. Am. J. Fish. Manag.*, 17, 1126-1133.
- 5) Joy MK & Death RG (2001): Control of freshwater fish and crayfish community structure in Taranaki, New Zealand: dams, diadromy or habitat structure? *Freshwater Biol.*, 46, 417-429.
- 6) 福島路生(2003): ダムによる生息環境分断と淡水魚類の多様性低下についての定量的評価. 国立環境研究



- 所特別研究報告, 生物多様性の減少機構の解明と保全プロジェクト(中間報告)平成13~14年度, 16-20.
- 7) Morita K & Yamamoto S (2002) : Effects of habitat fragmentation by damming on the persistence of stream-dwelling charr populations. *Conserv. Biol.* , 5, 1318-1323.
  - 8) 下田和孝, 中野 繁, 小野有五 (2003) : プールタイプ魚道の設置が北海道の通し回遊魚の流程分布に与える効果. 魚類学雑誌, 50, 15-23.
  - 9) 加地弘一, 大浜秀規 (2003) : 溪流魚在来個体群の生息域推定—Ⅲ. 山梨県水産技術センター事業報告書, 31, 24-28.
  - 10) 加地弘一, 坪井潤一 (2005) : 渓流域在来個体群の生息域の推定—Ⅳ —生息状況の確認調査一. 山梨県水産技術センター事業報告書, 32, 24-28.
  - 11) 中村智幸 (2001) : 聞き取り調査によるイワナ在来個体群の生息分布推定. 砂防学会誌, 53 (5), 3-9.
  - 12) 可児藤吉 (1944) : 溪流棲昆虫の生態 可児藤吉全集全1巻 (1970). 思索社, 東京.
  - 13) 田中哲夫 (1988) : 溪流におけるサケ科魚類の生態Ⅲ. アマゴとイワナの相互的食い分けとその社会構造. 京都大学理学部博士論文.
  - 14) 今西錦司(1996) : 論稿 —イワナとヤマメ—. イワナとヤマメ 渓魚の生態と釣り. 平凡社, 東京, 10-48.
  - 15) Kishi D, Murakami M, Nakano S, Taniguchi Y (2004) : Effects of forestry on the thermal habitat of Dolly Varden (*Salvelinus malma*). *Ecol. Res.*, 19, 283-290.
  - 16) Nakano S (1995) : Competitive interactions for foraging microhabitats in a size-structured interspecific dominance hierarchy of two sympatric stream salmonids in a natural habitat. *Can. J. Zool.* , 73, 1845-1854.
  - 17) 中野繁, 谷口義則 (1996) : 淡水性サケ科魚類における種間競争と異種共存機構. 魚類学雑誌, 43, 59-78.
  - 18) Rieman BE & McIntyre JD (1995) : Occurrence of bull trout in naturally fragmented habitat patches of varied size. *Trans. Am. Fish. Soc.* , 124, 285-296.
  - 19) Harig AL & Fausch KD (2002) : Minimum habitat requirements for establishing translocated cutthroat trout populations. *Ecol. Appl.* , 12, 535-551.
  - 20) Morita K & Yokota A (2002) : Population viability of stream-resident salmonid after habitat fragmentation: case study with white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) by an individual based model. *Ecol. Model.*, 155, 85-94.
  - 21) Maekawa K, Koseki Y, Iguchi K, Kitano S (2001) : Skewed reproductive success among male white-spotted charr land-locked by an erosion control dam: Implications for effective population size. *Ecol. Res.* , 16, 727-735.
  - 22) 小泉逸郎・山本祥一郎 (2004) : サケ科魚類の遺伝的構造. (前川光司編). サケ・マスの生態と進化. 文一総合出版, 東京, 243-279.
  - 23) Yamamoto S, Morita K, Koizumi I, Maekawa K (2004) : Genetic differentiation of white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) populations after habitat fragmentation: Spatial-temporal changes in gene frequencies. *Conserv. Gene.* , 5, 529-538.
  - 24) 原田泰志 (1999) : 小集団化に伴う遺伝的劣化. (森誠一編著) 自然復元特集5 淡水生物の保全生態学—復元生態学に向けて—. 信山社サイテック, 東京, 33-41.
  - 25) Healey M, Kline P, Tsai C (2001) : Saving the endangered Formosa landlocked salmon. *Fisheries* , 26(4), 6-14.