

放流用種苗育成手法開発事業（平成25年度／国庫委託）

小溪流における長期資源モニタリング調査(1);サイズによる資源量変動の違いとその要因

誌名	栃木県水産試験場研究報告
ISSN	13408585
著者名	高木,優也 網川,孝俊 久保田,仁志
発行元	栃木県水産試験場
巻/号	58号
巻号補足	
掲載ページ	p. 36-39
発行年月	2015年2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



放流用種苗育成手法開発事業（平成25年度／国庫委託）

「小溪流における長期資源モニタリング調査Ⅰ」－サイズによる資源量変動の違いとその要因－

高木 優也・綱川 孝俊・久保田 仁志

目 的

渓流域のイワナ・ヤマメ・アマゴの資源量は、漁獲だけでなく洪水などの環境変動や河川の水環境収容力の影響を受けることが知られている。¹⁻⁴⁾ また、石川県手取川水系蛇谷では禁漁後4年目から資源量の増加が認められており、その要因は4年目に初めて確認されるようになった1歳魚の増加によるとされている。⁵⁾ しかし、このような卓越年級群の発生メカニズムは明らかではない。

そこで、輪番禁漁制が導入された漁場における10年間の長期資源モニタリング調査から、小溪流におけるイワナ・ヤマメの資源量変動をサイズごとに検証し、その要因について考察した。

材料および方法

調査場所 調査は栃木県北西部の利根川水系大芦川支流（西大芦漁協管内）の本沢および落平沢で行った（図1）。2012年5月と6月のそれぞれ200mm、168mmの日降水量を記録する大雨によって、両沢ともに土砂が大量に流入し、その要因について考察した。

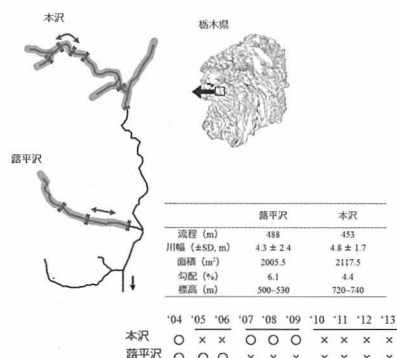


図1 調査対象とした2河川と輪番期間（調査区間は細両矢印の範囲。○は解禁、×は禁漁を示す。）

調査方法 調査区間内の1歳魚以上のイワナ・ヤマメの生息個体数を標識再捕法（栃木県水産試験場研究報告第54号を参照）により推定した。調査は、春（5～6月）と秋（9～10月）の年2回行った。採捕した1歳魚以上のイワナ・ヤマメについて、全長、体重を測定した。2010年から2013年の秋の調査では、雌雄別に全長、体重を測定した。本調査地では、イワナで2歳の春、ヤマメで1歳の秋に平均全長が15cm超となると推定される（p40参照）。また、解禁年であっても15cm

以下のサイズの漁獲は禁止されている。そこで、全長15cm以下（主に1歳魚かつ漁獲の影響を受けない）と15cm超（主に2～3歳魚かつ解禁年には漁獲の影響を受ける）の2つのサイズクラスについてそれぞれ生息密度を求めた。

変動の大きさ、周期性及び同調性 資源量変動の特徴を明らかにするために、生息密度の変動係数（標準偏差／平均）と自己相関係数を魚種別・河川別・サイズクラス別に算出した。また、河川や魚種に共通した変動があるかどうかを検証するために、サイズクラス別に魚種間・河川間での相関係数を算出した。

環境収容力 密度効果の影響を検証するために、生息密度と肥満度の関係を回帰分析により解析した。1歳魚以上のイワナ・ヤマメの肥満度（CF）を以下の式で算出した。

$$CF = BW / TL^3 \times 1000$$

季節的な傾向を調べるために、春と秋の調査回の平均肥満度を魚種別・河川別に比較した（t検定）。また、降水量と渓流域の水生昆虫の個体数には負の相関があることが知られている。²⁾ そこで、各調査月以前の6か月に記録された70mm以上の降雨の回数と平均肥満度の関係を回帰分析により解析した。採捕個体数が少ない調査回があったため、サイズクラス別の解析は行わなかった。

モデル選択による禁漁効果の検証 禁漁の効果を明らかにするために、一般化線形混合モデル（GLMM）を用いたモデル選択を行った。各調査回における推定生息個体数を応答変数として、禁漁・解禁の状態（F）、降雨の回数（R：各調査月以前の6か月間に70mm以上の降水量を記録した降雨の回数）および調査月（M）を説明変数とし、調査年（Y）をランダム効果とした。応答変数がカウントデータであることからポアソン分布を仮定し、連結関数はlogとした。パラメータ推定にはlme4 パッケージのlmer関数を用いた。AIC（赤池情報基準量）を基準にベストモデルを求めた。2012年のデータを含む場合と含まない場合の2つのケースについてそれぞれ解析を行った。これらの統計解析には R. version 2.15.2を使用した。

結果および考察

変動の大きさ、周期性および同調性 1歳魚以上の

イワナ・ヤマメの生息密度は、10年の間に大きく変動した（図2）。変動係数を算出したところ、15cm以下のサイズで特に変動が激しく、最も変動が大きかった本沢イワナ（15cm以下）では、少ない年（2013年5月）と多い年（2010年5月）の差は85倍に達した。

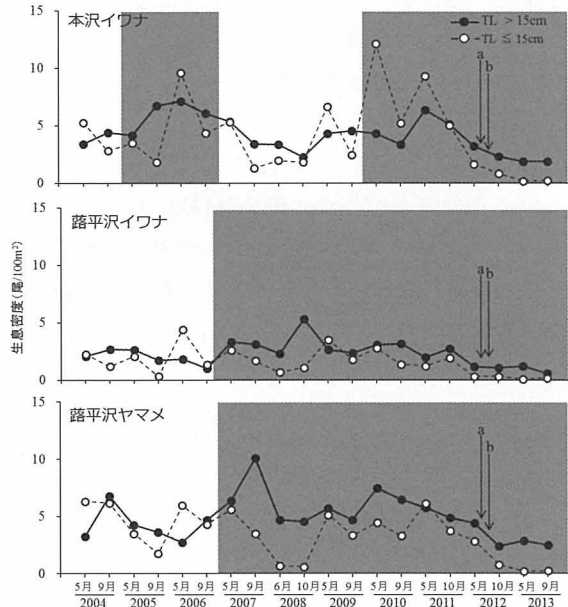


図2 イワナ・ヤマメの
サイズクラス別生息密度の変化
（グレーのエリアは禁漁年であることを示す。
a：200mmの降雨（2012年5月3日）、
b：168mmの降雨（2012年6月19日））

一方で、15cm超のサイズでは個体数の変動は比較的小さく、最も変動が小さかった本沢イワナ（15cm超）では、少ない年（2013年5月）と多い年（2006年5月）の差は3.8倍であった。

表1 生息密度の変動係数		
TL<15cm	本沢イワナ	0.82
	落平沢イワナ	0.75
	落平沢ヤマメ	0.62
TL≥15cm	落平沢イワナ	0.47
	落平沢ヤマメ	0.39
	本沢イワナ	0.38

生息密度の自己相関係数を算出したところ、本沢イワナの15cm以下のサイズクラスで2年半（5調査回）に負の自己相関（ $r=-0.548(p<0.05)$ ）、15cm超のサイズクラスで半年（1調査回）に正の自己相関（ $r=0.604(p<0.001)$ ）が認められた。魚種やサイズ、河川に共通した周期は認められなかった。15cm以下のサイズクラスの生息密度には、河川・魚種を問わず高い相関が認められた（図3：本沢イワナvs落平沢イワナ

$r=0.734(p<0.001)$ 、本沢イワナvs落平沢ヤマメ $r=0.711(p<0.001)$ 、落平沢イワナvs落平沢ヤマメ $r=0.706(p<0.01)$ ）。一方、15cm超のサイズクラスでは、落平沢のイワナとヤマメの生息密度にのみ有意な正の相関（ $r=0.540(p<0.05)$ ）が認められた。これらから、同じ沢の同じ魚種であっても、サイズによって環境条件の影響の受けやすさは異なり、特に15cm以下のサイズクラスでは気象条件など広域的な環境変動の影響を受けやすいことが示唆された。

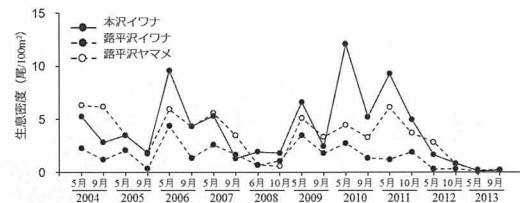


図3 15cm以下のイワナ・ヤマメの生息密度の変化

環境収容力 肥満度と生息密度の経年変化を図4に示した。平均肥満度と生息密度について、有意な回帰式は得られなかった（ $p>0.05$ ）。一方で、肥満度の平均値の年変動には河川・魚種を問わず高い相関が認められた（本沢イワナvs落平沢イワナ $r=0.703(p<0.001)$ 、本沢イワナvs落平沢ヤマメ $r=0.811(p<0.001)$ 、落平沢イワナvs落平沢ヤマメ $r=0.623(p<0.01)$ ）。このことは、本沢と落平沢では1歳魚以上のイワナ・ヤマメの餌環境が共通の広域的な要因によって変動していることを示唆する。そこで、洪水の回数と肥満度の関係について調べたところ、有意な回帰式は得られなかった（ $p>0.05$ ）。また、季節によっても平均肥満度に差は見られなかった（本沢イワナ：春（9.3）vs秋（9.6）、落平沢イワナ：春（9.5）vs秋（8.8）、落平沢ヤマメ：春（9.4）vs秋（10.0）、Welch's t-test $p>0.05$ ）。渓流域のイワナの肥満度は、10前後が標準的であるという報告がある。⁹⁾これと比較すると、両沢のイワナの肥満度はやや小さめではあるものの標準的であったと考えられた。肥満度を魚種で比較するとヤマメのほうが有意に大きかった（イワナ（9.5）vsヤマメ（9.7）、Welch's t-test $p<0.001$ ）。これは、同じ全長ではヤマメのほうがイワナより体重が重いこと（p45参照）を反映していると考えられた。渓流域のヤマメの平均的な肥満度についての情報がないため、この肥満度の大小について判断することは難しいが、少なくともややせ気味の個体が多いといった傾向は現場では見受けられなかった。

本研究の結果からは、何によって餌環境が変動しているかを明らかにすることはできなかった。しかし、

肥満度の変動は魚種や沢によらず共通で洪水の回数とは関係性が見られなかった。このことは、陸生昆虫、もしくは寿命が短い水生昆虫が重要な餌となっている可能性を示唆する。

イワナでは、年間摂餌量の82%を陸生昆虫が占めており、特に寄生したハリガネムシによって水辺へ誘導されたカマドウマ等が60%を占めているという例が報告されている。7)したがって、陸生昆虫の現存量あるいはハリガネムシの寄生率に年変動が存在するのかもしれない。

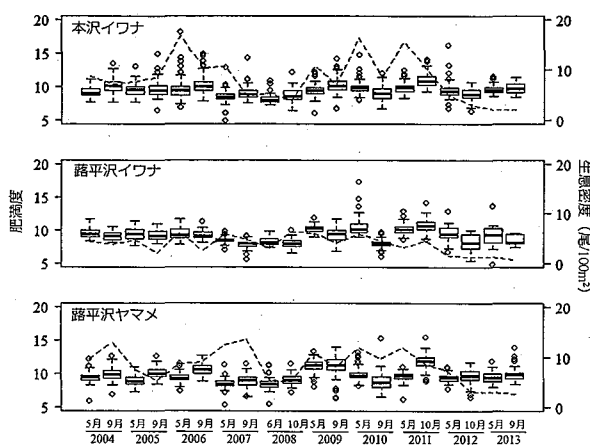


図4 1歳魚以上のイワナ・ヤマメの肥満度と生息密度の変化
(箱ひげ図は肥満度(CF), 折れ線は生息密度を示す。)

モデル選択による禁漁効果の検証2011年までのデータを用いた解析では、全長15cm 超と15cm以下のサイズクラスの本沢のイワナ、全長15cm 超のサイズクラスの落平沢のヤマメで生息個体数に対する禁漁の効果が認められた(表2)。一方で、落平沢のイワナでは禁漁の効果が認められなかった。2012年のデータを含めた解析では、イワナ・ヤマメともに禁漁の効果が認められず、むしろ15cm以下のサイズクラスの落平沢イワナでは禁漁年ほど個体数が少ないという結果となった。これは2012年の大雨に伴う個体数減少の影響によるものと考えられた。調査月には、春より秋で個体数が少ないという傾向が見られた。これは、春から秋の間での釣獲および自然減耗を反映していると考えられた。また、個体数の増加は春に起こることを示している。降雨の回数には、サイズクラスや魚種・河川で共通した傾向は見られなかった。

資源量変動の特徴と要因 禁漁・解禁にかかわらず、生息密度には大きな変動が見られた。生息密度の変動は15cm以下のサイズクラスで特に大きく、その変動は河川・魚種を問わずに同調していることが明らかと

なった。このことから、降雨の回数などの広域的な環境変動が影響していると考えられたが、降雨の回数が多いほど減少するといった一貫した傾向は認められなかった。また、少なくともこの10年間では、餌環境も生息密度ではなく、河川・魚種を問わず広域的な年変動によって変化していることが示された。ヤマメや本沢のイワナでは、禁漁も個体数の増加に寄与していたが、その増加の程度は僅かであった。

15cm以下のサイズクラスは主に1歳魚であり(p40参照)、個体数の増加が春に起こることを併せて考えると、前年の当歳魚の個体数及び1歳魚の春までの生残率の変動が15cm以下のサイズクラスの個体数を決定すると考えられる。したがって、卓越年級群の発生メカニズムを明らかにするためには、前年の当歳魚の個体数を加味した解析を行うとともに、餌環境の変動要因とその影響についても解明する必要があると考えられる。

表2 選択されたモデルとヌルモデルとの尤度比検定の結果

落平沢	サイズクラス	選択されたモデル*	χ^2	P
2004~2011年 イワナ	I	$R(+) + M(-)$	33.02	<0.001
	II	$R(+) + M(-)$	65.89	<0.001
ヤマメ	I	$F(+) + M(+)$	12.32	<0.01
	II	$M(-)$	37.23	<0.001
2004~2013年 イワナ	I	$R(+) + M(-)$	26.72	<0.001
	II	$F(-) + R(+) + M(-)$	72.70	<0.001
ヤマメ	I	$M(+)$	2.28	0.130
	II	$M(-)$	50.15	<0.001
本沢	サイズクラス	選択されたモデル*	χ^2	P
2004~2011年 イワナ	I	$F(+) + R(-)$	10.25	<0.01
	II	$F(+) + R(+) + M(-)$	244.04	<0.001
2004~2013年 イワナ	I	$R(-)$	5.46	<0.05
	II	$R(+) + M(-)$	247.39	<0.001

サイズクラスI: 全長で15cmを超えるサイズ、サイズクラスII: 全長15cm以下のサイズ

*F: 禁漁・解禁の状態、R: 降雨の回数、M: 調査月、括弧内の記号はそれぞれ帰帰係数の符号を示す

引用文献

- 1) 斉藤雅. イワナにおける資源の利用と個体群変動の関係. 海洋科学 1975;7:49-54
- 2) 名越誠・鈴木伸治・瀬見秀夫・坂口功祐・岩本吉包・岡本安弘. 渓流域におけるアマゴ *Oncorhynchus rhodurus* の生産. 三重大水産研報 1982;9:69-88
- 3) Nakano S・Nagoshi M. Density regulation and growth of a redspot masu-trout, *Oncorhynchus rhodurus*, in a mountain stream. Physiol. Ecol. Japan 1985;22:1-16

- 4) Sato T. Dramatic decline in population abundance of *Salvelinus leucomaenis* after a severe flood and debris flow in a high gradient stream. J. Fish Biol. 2006;69:1849-1854
- 5) 中村智幸・丸山隆・渡邊精一. 禁漁後の河川型イワナ個体群の増大. 日水誌 2001;67:105-107
- 6) 山本聡・河野成美・川之辺素一. 長野県県内河川のイワナの肥満度. 長野県水産試験場研究報告 2004;6:4-7
- 7) Sato T・Watanabe K・Kanaiwa M・Niizuma Y・Harada Y・Lafferty K. D. Nematomorph parasites drive energy flow through a riparian ecosystem.. Ecology 2011;92:201-207

(指導環境室)

放流用種苗育成手法開発事業「小溪流における長期資源モニタリング調査Ⅰ」－サイズによる資源量変動の違いとその要因－（p36-39）

輪番禁漁制が導入された漁場における10年間の長期資源モニタリング調査から、小溪流におけるイワナ・ヤマメの資源量変動をサイズごとに検証しました。15cm以下のサイズで特に変動が激しく、最も変動が大きかった本沢のイワナでは、少ない年と多い年の差は85倍に達しました。15cm以下のサイズの生息密度の変動は河川・魚種を問わずに類似しており、広域的な環境変動の影響を強く受けていることが示唆されました。また、餌環境も生息密度ではなく、広域的な年変動によって変化していることが推察されました。