

上流河川に設けた禁漁区におけるイワナ産卵量の増加

重倉基希・傳田郁夫・小川 滋・熊川真二・築坂正美・上島 剛・北野 聡*・山本 聡

Increase in egg production of white-spotted charr *Salvelinus leucomaenis* after fishing prohibition in the upper stream

Motoki Shigekura, Ikuo Denda, Shigeru Ogawa, Shinji Kumakawa, Masami Tsukisaka, Go Ueshima, Satoshi Kitano* and Satoshi Yamamoto

溪流魚の増殖手法として、禁漁区の設定が古くから行われてきた^{1,2)}。禁漁には2つの目的があげられる。1つ目は、禁漁にすることで河川の生息個体数の増加を図ることであり、主に増加した個体を遊漁に利用する目的で行われる^{3,4)}。もう1つは、禁漁にすることで河川を再生産の場、すなわち「種川」⁵⁾として守ることであり、主に支流や遊漁河川の上流部を禁漁とする。前者については、イワナ生息個体数の増加事例が報告されているが^{3,4)}、後者について、特に禁漁による「種川」としての有効性の増大については研究例を知らない。

長野県の志賀高原を流れる雑魚川は、著名なイワナ漁場で、ほとんどの支流を禁漁とし、種苗放流を行わない増殖手法により管理されている河川である⁶⁾。雑魚川を管理する志賀高原漁業協同組合は、「種川」としての利用を目的として、2009年に支流の上流部に新たな禁漁区を設定した。

本研究では、禁漁前の2008年から禁漁4年目の2012年までの5か年にわたり調べた禁漁区と下流遊漁区の生息密度、体サイズを比較することにより、禁漁区におけるイワナ資源の状態と動向を評価する。さらに、両区間の成熟雌個体数、産卵量を比較することにより、禁漁による「種川」としての機能の向上について議論する。

材料と方法

調査河川の概要

調査を行った雑魚川支流の満水川は、長野県山ノ内

町および木島平村の志賀高原を流れる河川で、信濃川水系中津川の上流部に位置する(図1)。確認されている生息魚種はイワナのみである。

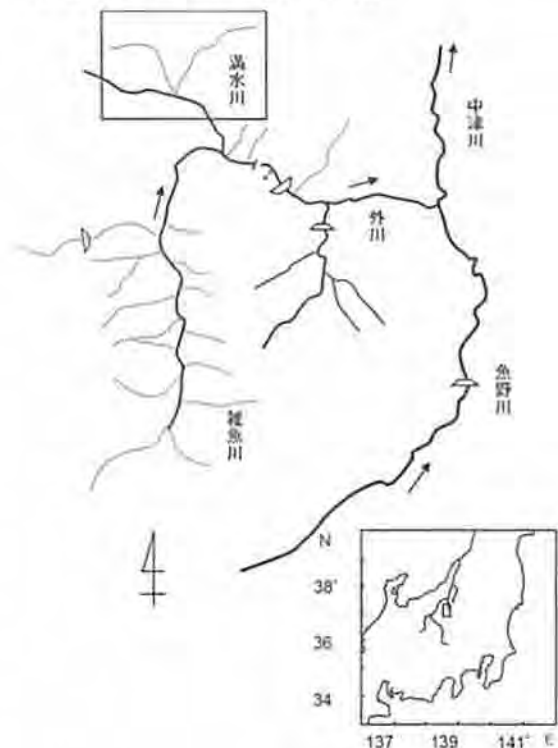


図1 満水川の位置。点線は禁漁区を示す

調査区の設定

満水川の禁漁区は、遊漁区との境界直上で2本に分岐する支流に設定された。禁漁区の各支流に1カ所ずつ調査区(禁漁区A、B)を反復区として設定した。遊漁区である下流に対照区として2カ所の調査区(遊漁区A、B)を設定した。それぞれの調査区はできるだけ河川形態に差がない場所を選択した。調査区の位置を

*長野県環境保全研究所

図2に、概要を表1に示した。禁漁区の各支流の集水面積は、禁漁区Aのある支流が5.54km²で、禁漁区Bのある支流が2.53km²であった。これらの集水面積はEndou et al.⁷⁾が推定した、降海型が現れない本州のイワナ個体群維持に必要な集水面積を満たしていた。

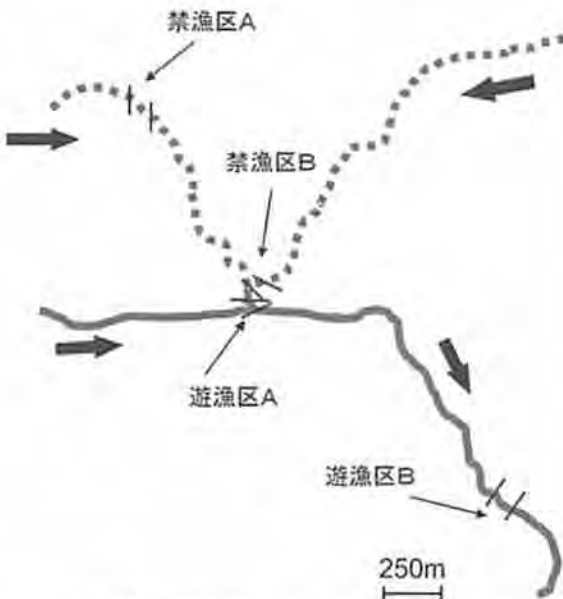


図2 満水川調査区。→は川の流れ方向を、点線は禁漁区(2009年～)を、実線は遊漁区を示す

物理環境特性調査

全調査区の河川形態に差がないかどうかを確認するために、物理環境特性調査を行った。

まず、調査区において5本のトランセクト(河川横断線)を等間隔に設置し、トランセクトごとに河川幅(m)を計測した。次に、各トランセクトにおいて左岸より50cmごとに計測点を設け、各計測点で、水深(cm)、表層の流速(cm/秒)、河床材料、流向、カバーの有無を記録した。本調査は2011年8月に行った。

次に、測定した6項目について主成分分析により、調査区の物理環境に特徴があるか統計解析した。分析にあたり、河床材料は河床の構成要素、河床材料径(mm)より7段階に分類⁸⁾、河床材料、流向、カバーの有無に

関してはスコア値を当てはめて分析を行った(表2)。
 井上、中野⁹⁾の方法より、得られた各計測点の第3主成分までの主成分スコアを用いて散布図を作成し、各調査区における河川形態に差があるかどうかを調べた。

表2 カテゴリー別スコア値

河床材料	径	スコア
枝・葉		0
砂	1/16-2 mm	1
細礫	2-4 mm	2
中礫	4-64 mm	3
大礫	64-256 mm	4
巨礫	<256 mm	5
岩盤		6
流向		
下		1
横		2
上		3
カバー		
無		0
有		1

生息密度の推定

本調査では、孵化日に当たる1月1日を年級を定める基準日とした。年齢形質が得られていない生物種の年齢別サイズ、個体数を知るには、体長等の度数分布を正規分布に分解する手法が用いられている¹⁰⁾。本調査においては、全長組成における最初の峰に含まれる個体を0歳魚とした。

イワナの生息密度を推定するため、禁漁前の2008年から禁漁4年目にあたる2012年までの5カ年において、漁期が終了した10月に2日間の標識再捕調査を行った。イワナの採捕には、電気ショッカー(SMITH-ROOT社製 ELECTROFISHER MODEL12)を用いた。

生息個体数をPetersenの方法で推定した。第1日目の採捕魚は、麻酔して全長および体重の測定と成熟の有無を記録し、全ての個体の尾鰭上葉を標識として数mm切除して再放流した。翌日あるいは翌々日の第2日目

表1 調査区の概要

利用	区間名	標高 m	区間長 m	水面幅 平均 m	面積 m ²	経度	緯度
禁漁区	禁漁区A	1,300	124	3.5	434	E138° 31' 56"	N36° 50' 29"
	禁漁区B	1,290	127	3.0	381	E138° 32' 19"	N36° 50' 03"
遊漁区	遊漁区A	1,280	96	7.0	672	E138° 32' 18"	N36° 50' 01"
	遊漁区B	1,230	119	4.6	547	E138° 33' 02"	N36° 49' 31"

に、同様の方法で再捕獲を行い、標識の有無を確認し、標識のある個体については全長のみ、標識のない個体については全長および体重の測定と成熟の有無を記録した後に放流した。95%信頼限界は Jones¹¹⁾ の近似式によって求めた。本調査は、調査水域に生息していた個体を標識魚に用い、短期間のうちに再捕したので、Ricker¹²⁾ が示した Petersen の方法が適用できる条件を満たしていたと判断した。推定に当たって再捕数が 10 個体未満の場合は、Chapman の修正式を適用した¹³⁾。生息個体数は、全ての個体および 1 歳以上の個体の 2 とおりに分けて推定し、それぞれの調査区の面積で除して、生息密度を求めた。求めた生息密度について、区分ごとに禁漁区と遊漁区の比較を行った。比較を行うにあたり、調査を開始した時である 2008 年における生息密度の差が、その後における増減の差の比較に与える影響を除くために、調査区ごとに 2008 年の生息密度を 1 としたときの 2009 年から 2012 年における生息密度を相対密度として計算し、禁漁区、遊漁区それぞれについて反復区の平均値を求めた。野生イワナの成熟年齢は雄で満 2 歳、雌で満 3 歳という報告があるので¹⁴⁾、禁漁後に生活史が一巡したと考えられる 2012 年の値を用いて禁漁区と遊漁区の比較を行った。

さらに、イワナ体サイズの変化を確認するために、1 歳以上の個体について全長の中央値を求め、生息密度と同様に 2008 年の値を 1 としたときの各年の相対全長を計算し、禁漁区と遊漁区の比較を行った。

加えて、成育の健全性を示す指標として、個体別の肥満度 (体重 g/全長³cm×1000) を計算し、この場合も同様に 2008 年の値を 1 としたときの各年の相対肥満度を計算し、禁漁区と遊漁区の比較を行った。

産卵量の推定

本調査では、調査区内に生息している全雌親魚が産むであろう卵数を産卵量 EN (粒/ m^2) として定義し、推定を行った。求め方は以下のとおりである。

本調査の採捕魚のうち、成熟が確認された雌について、全長 TL を、横田ら¹⁵⁾ の (1) 式により標準体長 SL に換算した。

$$TL \text{ (mm)} = 1.12 \times SL \text{ (mm)} + 8.36 \quad (1)$$

算出した SL (mm) の mm 単位を切り上げて 1cm ごとに階級分けし、各 SL (cm) 階級における成熟雌の採捕数 C_{SL} を求めた。 C_{SL} を再捕率 R (2 日目標識魚再捕数 / 1 日目標識放流数) で除して、調査区間における SL (cm) 階級別の成熟雌の個体数 N_{SL} を推定した。

次に、野生イワナにおける採出法による「採卵数」を「期待される産卵数」とみなし、小原ら¹⁶⁾ による (2) 式から、各 SL (cm) 階級別の成熟雌 1 個体が産出すると期待される卵数 EN_{SL} を計算した。計算には各 SL (cm) 階級の中央値を用いた。

$$EN_{SL} = 25.96 \times SL \text{ (cm)} - 248.05 \quad (2)$$

さらに、調査区間 S (m^2) における「産卵量 EN (粒/ m^2)」は (3) 式により推定した。

$$EN = \sum (N_{SL} \cdot EN_{SL}) / S \quad (3)$$

調査区ごとに推定した成熟雌の個体数を合計し、生息密度と同様に、2008 年の値を 1 としたときの相対尾数を計算し、禁漁区と遊漁区の比較を行った。

さらに、求めた調査区ごとの産卵量から、この場合も同様に、2008 年の値を 1 としたときの相対産卵量を計算し、禁漁区と遊漁区の比較を行った。

結 果

測定した物理環境のパラメータについての主成分分析の結果を表 3 に、第 1 主成分、第 2 主成分、第 3 成分より計算した調査区における主成分スコアの散布図を図 3 に示した。第 3 主成分までの累積寄与率は 70.0% で、第 1 主成分には河床材料、流向および流速、第 2 主成分にはカバーと水深、第 3 主成分には河川幅が大きく寄与した。各主成分の値より、第 1 主成分が流れの強さを、第 2 主成分が河川の開放度を、第 3 主成分

が河川の規模を表していると解釈した。主成分スコアの散布図における各区の分布は重複しており、調査区の物理環境に顕著な差異はなかった。

表3 主成分分析結果

	第1主成分	第2主成分	第3主成分
河床材料	0.5409	0.0330	0.1288
カバー	-0.0965	-0.7573	0.0242
流向	0.5577	-0.0939	-0.0638
流速	0.5303	0.2760	0.0665
水深	0.3014	-0.5761	0.1730
河川幅	-0.1226	0.0920	0.9718
寄与率(%)	33.7	53.4	70.0

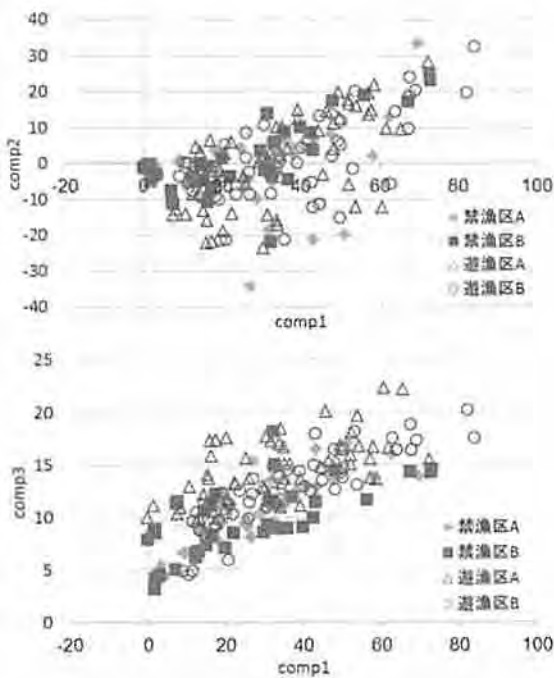


図3 各調査区における主成分スコア
(上: 第1vs第2, 下: 第1vs第3)

標識再捕調査で採捕され、第1日目と第2日目における重複個体を除いたイワナの全長組成および0歳魚の識別を図4に示した。各調査区におけるイワナの推定生息密度を表4に、禁漁区と遊漁区における相対密度の経年変動を図5に示した。2012年におけるすべての個体についての相対密度の平均値は、禁漁区で1.84、遊漁区で1.50であり、有意差はなかった (t -test, $t=2.70$, $df=2$, ns)。2012年における1歳以上の個体の相対密度の平均値は、禁漁区で2.16、遊漁区で0.87であり、こちらも有意差はなかった (t -test, $t=2.68$, $df=2$, ns)。

表4 イワナ推定生息密度(個体/m²: 推定値±95%信頼限界)

年	禁漁区A	禁漁区B	遊漁区A	遊漁区B
2008	0.31 ±0.10	0.34 ±0.11	0.20 ±0.07	0.60 ±0.18
2009	0.61 ±0.20	0.47 ±0.12	0.37 ±0.10	0.45 ±0.10
2010	0.58 ±0.61	0.48 ±0.14	0.52 ±0.20	0.61 ±0.16
2011	0.80 ±0.69	0.37 ±0.14	0.56 ±0.23	0.56 ±0.26
2012	0.73 ±0.30	0.45 ±0.12	0.43 ±0.11	0.53 ±0.21

年	禁漁区A	禁漁区B	遊漁区A	遊漁区B
2008	0.17 ±0.05	0.24 ±0.08	0.12 ±0.04	0.38 ±0.13
2009	0.40 ±0.14	0.25 ±0.06	0.16 ±0.04	0.25 ±0.05
2010	0.41 ±0.11	0.35 ±0.13	0.20 ±0.12	0.26 ±0.06
2011	0.73 ±0.83	0.31 ±0.12	0.18 ±0.11	0.36 ±0.19
2012	0.44 ±0.19	0.41 ±0.11	0.14 ±0.03	0.26 ±0.17

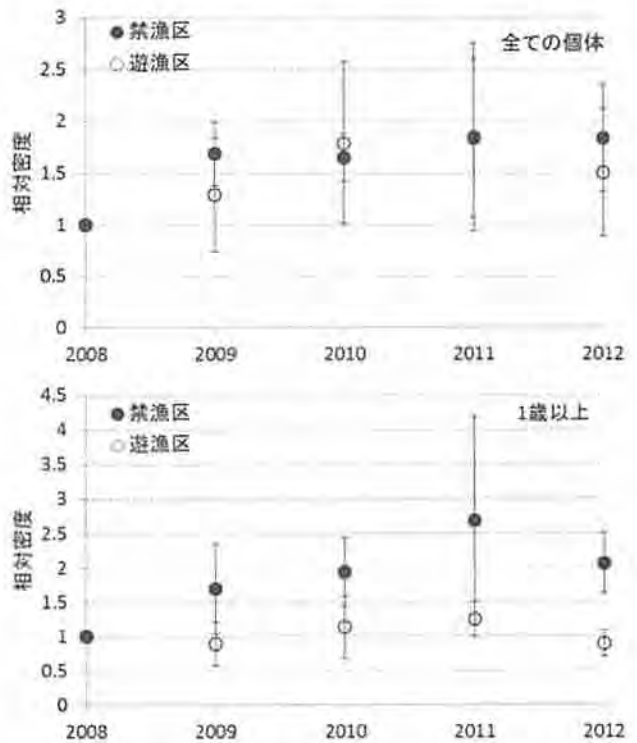


図5 相対密度の平均値の経年変動。
○は平均値、縦線は最大・最小を示す

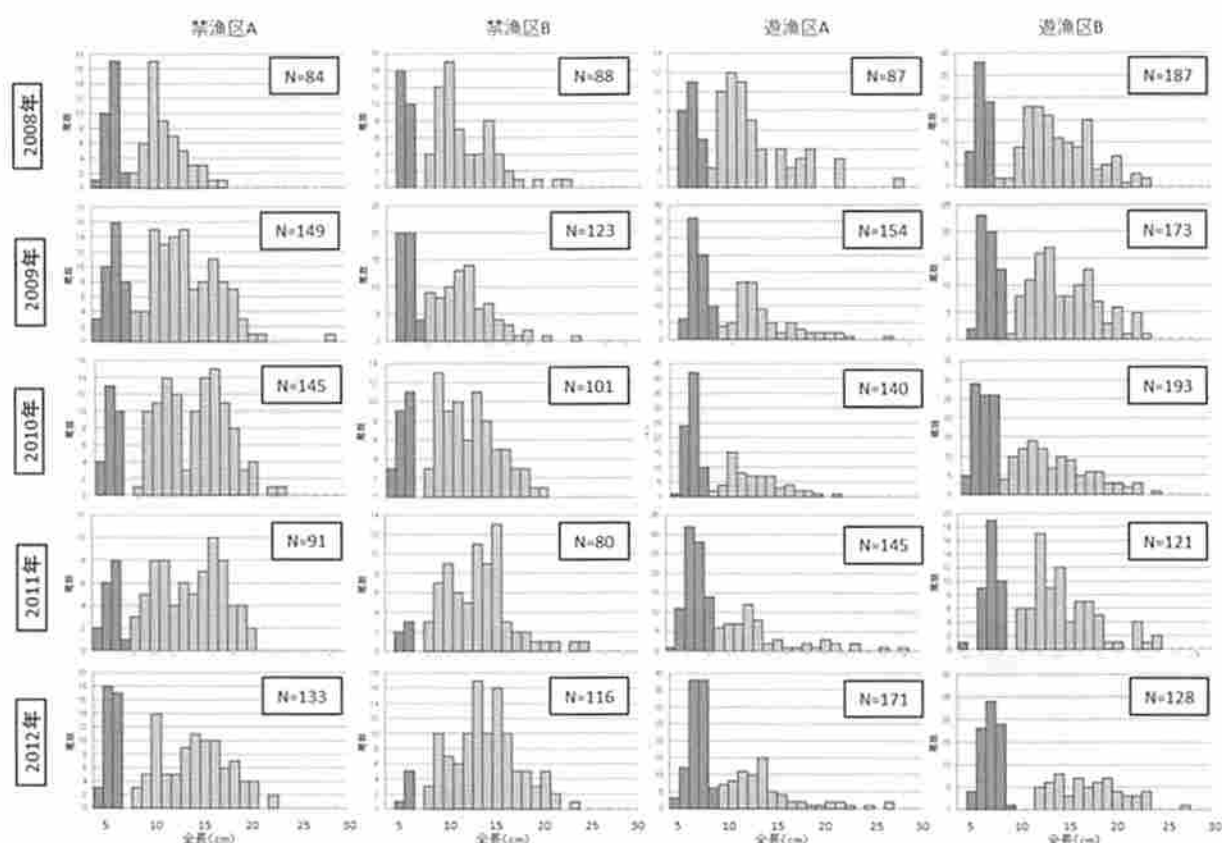


図4 2008 - 2012 年の 10 月におけるイワナ全長組成。濃い色は 0 歳魚を示す

各調査区における 1 歳以上のイワナ全長の中央値を表 5 に、禁漁区と遊漁区における相対全長の平均値の経年変動を図 6 に示した。2012 年における相対全長の平均値は、禁漁区で 1.30、遊漁区で 1.16 であり、禁漁区の方が有意に大型化していた (t -test, $t=3.15$, $df=2$, $p<0.05$)。

表 5 1 歳以上のイワナ全長の中央値(cm)

年	禁漁区 A	禁漁区 B	遊漁区 A	遊漁区 B
2008	11.3	11.3	11.7	14.3
2009	13.5	11.9	12.8	14.6
2010	14.6	12.6	12.3	14.3
2011	14.8	13.7	12.7	14.4
2012	14.9	14.4	13.1	17.1

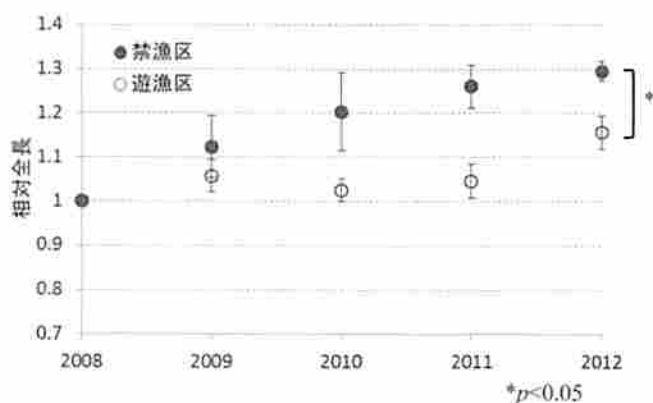


図 6 相対全長の平均値の経年変動。

○は平均値、縦線は最大・最小を示す

各調査区におけるイワナの肥満度の平均値を表 6 に、禁漁区と遊漁区における相対肥満度の平均値の経年変動を図 7 に示した。2012 年における相対肥満度の平均値は、禁漁区で 0.96、遊漁区で 0.97 であり、有意差はなかった (t -test, $t=-0.87$, $df=2$, ns)。

表6 イワナ肥満度の平均値

年	禁漁区 A	禁漁区 B	遊漁区 A	遊漁区 B
2008	9.6	9.4	9.7	9.3
2009	9.6	9.1	9.6	9.1
2010	9.3	9.3	9.3	9.1
2011	9.5	9.6	9.4	9.1
2012	9.1	9.1	9.3	9.2

*体重/全長³×1000

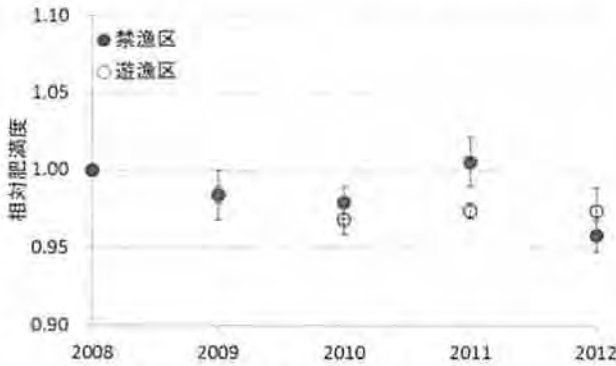


図7 相対肥満度の平均値の経年変動。

○は平均値、縦線は最大・最小を示す

各調査区における標識再捕調査で採捕され第1日目と第2日目における重複個体を除いたイワナ成熟雌の採捕数、平均全長および採捕数より推定した成熟雌の個体数の合計を表7に、禁漁区と遊漁区における相対尾数の平均値の経年変動を図8に示した。2012年における相対尾数の平均値は、禁漁区で14.50、遊漁区で1.87であり、禁漁区の方が有意に増加していた (t -test, $t=4.49$, $df=2$, $p<0.05$)。調査区ごとに推定した産卵量を表8に、禁漁区と遊漁区における相対産卵量の平均値の経年変動を図9に示した。2012年における相対産卵量の平均値は、禁漁区で13.21、遊漁区で2.13であり、禁漁区の方が有意に増加していた (t -test, $t=7.64$, $df=2$, $p<0.01$)。

表7 成熟雌の採捕数 (尾)、平均全長 (cm)、推定した全個体数 (尾)

年	禁漁区 A			禁漁区 B		
	採捕尾数	平均全長	推定尾数	採捕尾数	平均全長	推定尾数
2008	2	15.9	5	2	18.7	4
2009	14	16.8	88	7	15.4	13
2010	17	17.4	113	11	15.6	50
2011	13	16.9	118	15	15.8	65
2012	17	17.5	58	33	16.0	75

年	遊漁区 A			遊漁区 B		
	採捕尾数	平均全長	推定尾数	採捕尾数	平均全長	推定尾数
2008	6	18.6	10	10	19.0	20
2009	5	18.1	11	15	18.8	36
2010	6	18.5	33	12	19.4	38
2011	2	17.1	7	8	18.8	38
2012	7	19.8	18	11	20.0	40

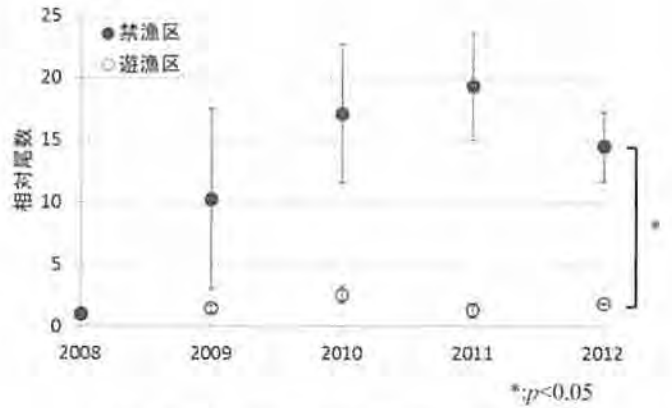


図8 成熟雌の相対尾数の平均値の経年変動。

○は平均値、縦線は最大・最小を示す

表8 推定した産卵量(粒/m²)

	禁漁区 A	禁漁区 B	遊漁区 A	遊漁区 B
2008	1.63	2.35	3.12	7.69
2009	32.61	4.45	3.15	13.45
2010	45.49	17.78	10.02	15.33
2011	44.74	23.16	1.84	14.18
2012	23.86	27.70	6.29	17.32

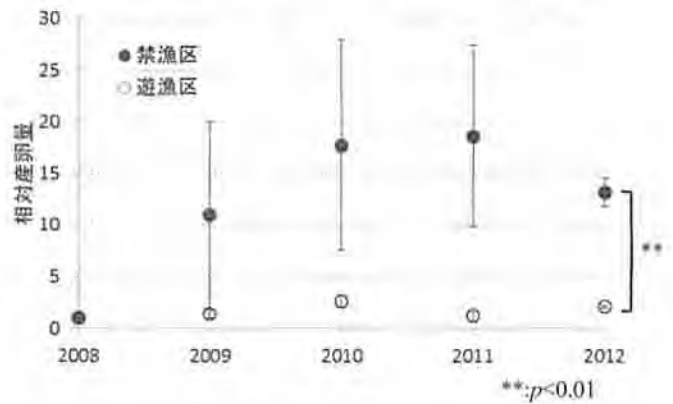


図9 相対産卵量の平均値の経年変動。

○は平均値、縦線は最大・最小を示す

考 察

資源の状態と動向

全長組成から、調査した全ての年で 0 歳魚の加入が確認され、再生産は安定して行われていたと考える。

本調査において、禁漁 4 年目にあたる 2012 年の、禁漁区と遊漁区における全ての個体および 1 歳以上の個体の生息密度には有意差がなかった。河野ら¹⁷⁾は、長野県内の禁漁河川の 8 調査区のイワナについて、全ての個体の生息密度が 0.12 個体/m² から 0.75 個体/m² であったと報告している。本調査において、禁漁前にあたる 2008 年の全ての個体の生息密度は禁漁区 A で 0.31 個体/m²、禁漁区 B では 0.34 個体/m² であり、県内禁漁河川と比較して遜色ない値であったことがわかった。中村ら³⁾は手取川水系尾添川支流蛇谷における 1 歳以上のイワナの生息密度が、禁漁後 6 年間で 0.005 個体/m² から 0.16 個体/m² まで増加したと報告している。また、久保田ら⁴⁾は、利根川水系大芦沢の 2 つの支流の全長 15cm を超えるイワナについて、1 支流では 3 年間の禁漁期間での生息密度が平均 0.03 個体/m²、漁場として利用した 2 年間では 0.02 個体/m² であり、もう 1 つの支流では 2 年間の禁漁期間の平均が 0.06 個体/m²、漁場として利用した 3 年間では 0.04 個体/m² であったとしており、禁漁により生息個体数が増加したと報告している。本調査において、禁漁前にあたる 2008 年の 1 歳以上の個体の生息密度は禁漁区 A で 0.17 個体/m²、禁漁区 B では 0.24 個体/m² であり、先行研究と比べて高い値であることがわかる。これらを考慮すると、本調査区におけるイワナ生息密度は、禁漁以前よりすでに高いレベルであり、結果として、禁漁による個体数の有意な増加にはいたらなかったと考える。

イワナは大型の個体から釣られることがわかっている¹⁸⁾。本調査では、1 歳以上のイワナ体サイズは禁漁によって有意に大きくなっていった。成育の健全性を示す指標として用いられる肥満度について、長野県河川のイワナでは肥満度 10 前後が標準的な値で 8 はかなり小さい値であるという報告がなされている¹⁹⁾。本調査における肥満度は調査期間を通して、9 から 10 の間にあり、禁漁区と遊漁区における相対肥満度には有意差

がなかった。これらにより、禁漁により 1 歳以上のイワナは大型化した。それによる個体の成育の健全性の低下はなかったと判断する。

産卵量の増加

本調査では、成熟雌の採捕数が少ない年があり、成熟雌のみを抽出しての体サイズの統計解析は行われなかった。推定した全成熟雌個体数は禁漁区で優位に増加していた。山本ら²⁰⁾は長野県河川の野生イワナについて、全長 15cm 未満の個体は雌雄ともにほとんど成熟せず、雄では全長 17cm 以上に、雌では全長 21cm に達した個体のほとんどが成熟すると報告している。本調査では、禁漁による 1 歳以上の個体の大型化に伴い、成熟個体数も有意に増加したと考える。また、産卵量も禁漁によって有意に増加したことが確認された。成熟雌 1 個体あたりの期待される産卵数は標準体長に比例し¹⁶⁾、(2) 式から、全長 20cm の雌 1 尾は全長 15cm の雌 2.4 尾分に相当すると試算される。禁漁区における体サイズおよび成熟個体数両方の増加が、産卵量の顕著な増加につながったと考える。河川において産卵量が増加することは、安定した加入を担保する基礎となる。これらより、遊漁河川であった支流を禁漁にすることが、「種川」としての機能の向上につながることを確認された。

野生のイワナについて、成魚ではあまり移動しないという先行研究がある^{21, 22)}。一方で稚魚について、発眼卵あるいは体重 2g 程度の稚魚を放流した場合は、孵化した（放流した）稚魚は下流に下ることが多いという報告があるが²³⁾、野生のイワナ稚魚も同様の移動をするかはわかっていない。図 4 の全長組成をみると、遊漁区 A で 0 歳魚の数が増えているように見え、禁漁区からの移動があったかもしれない。今後は遊漁区への資源添加効果も含めて「種川」としての機能を評価するために、イワナ稚魚の移動実態を把握する必要がある。

謝 辞

調査にご協力いただいた志賀高原漁業協同組合の皆様様に感謝いたします。

要 約

- 1) 志賀高原雑魚川支流の濁水川において、2008年に新設された禁漁区および下流遊漁区のイワナ資源の動向を比較し、禁漁による「種川」としての機能の向上について論議した。
- 2) 2008年の生息密度を1としたときの2012年の相対密度は、全ての個体では、禁漁区が1.84、遊漁区が1.50であり、1歳以上の個体では、禁漁区が2.16、遊漁区が0.87であり、どちらも有意差はなかった。
- 3) 1歳以上のイワナ全長の中央値について2008年の全長中央値を1としたときの2012年の相対全長は、禁漁区が1.30、遊漁区が1.16であり、禁漁区の方が有意に大型化していた。
- 4) 成熟雌の個体数について、2008年の尾数を1としたときの2012年の相対尾数は、禁漁区が14.50、遊漁区が1.87であり、禁漁区の方が有意に増加していた。
- 5) 産卵量について、2008年の産卵量を1としたときの2012年の相対産卵量は、禁漁区が13.21、遊漁区が2.13であり、禁漁区の方が有意に増加していた。
- 6) 遊漁河川であった支流を禁漁にすることが、「種川」としての機能の向上につながることを確認された。

文 献

- 1) 久保伊津男・吉原友吉(1957): 繁殖保護「水産資源学」共立出版株式会社, 東京, 338-368.
- 2) 田中昌一(1985): 資源管理「水産資源学概論」恒星社厚生閣, 東京, 342-370.
- 3) 中村智幸・丸山隆・渡邊精一(2001): 禁漁後の河川型イワナ個体群の増大, 日本水産学会誌短報, **67**, 105-107.
- 4) 久保田仁志・酒井忠幸・土居隆秀(2010): 溪流魚の資源増殖に対する輪番禁漁の効果, 日本水産学会誌, **76**, 1048-1055.
- 5) 中村智幸(2007): イワナをもっと増やしたい! 「幻の魚」を守り、育て、利用する新しい方法, フライ

の雑誌社, 東京, 99-120.

- 6) 山本 聡・傳田郁夫・重倉基希・河野成美・小川 滋・上島 剛・北野 聡(2013): 雑魚川におけるイワナの資源評価, 長野県水産試験場研究報告, **14**, 1-6.
- 7) Endou S, Tsuboi J, Iwata T (2006): Effects of damming on the persistence of white-spotted charr and red spotted masu salmon populations. *Jpn J Conserv Biol* **11**, 4-12.
- 8) 産業技術総合研究所 地質調査総合センター: 地質図のホームページ, 岩石の分類, <http://www.gsj.jp/geology/geomap/r-classification/index.html>
- 9) 井上幹生・中野 繁(1994): 小河川の物理的環境構造と魚類の微生物場, 日生態会誌, **44**, 151-160
- 10) 相澤 康・滝口直之(1999): MS-Excelを用いたサイズ度数分布から年齢組成を推定する方法の検討, 水産海洋研究, **63**, 205-214.
- 11) Jones G.M. (1965): The use of marking data in fish population analysis. *FAO Fish. Tech. Pap.* **51-1**, 11-46.
- 12) Ricker, W.E. (1948): Method of estimating vital statistics of fish populations. *Indiana Univ. Pub. Sci. Series*, **15**, p. 101.
- 13) 松良俊明(1978): 動物の個体数調査法, 京都教育大学理科教育研究年報, No.8, 1 - 17.
- 14) 小原昌和・山本 聡(1988): イワナ 一採卵から出荷まで一, 農文協, 東京, p16.
- 15) 横田賢史・中村智幸・渡邊精一・高橋聡史(2003): イワナ *Salvelinus leucomaenis* の個体群維持に対する釣獲サイズ制限の効果, 水産増殖, **51** (1), 25-29.
- 16) 小原昌和・沢本良宏・山本聡・荻上一敏(1994): 木曾川産イワナ野生魚の人工採卵, 長野県水産試験場研究報告, **3**, 5-7.
- 17) 河野成実・山本 聡・細江 昭・小川 滋・川之辺素一・沢本良宏・築坂正美(2006): 長野県内河川におけるイワナの生息密度、体長組成と産卵数, 長野県水産試験場研究報告, **8**, 1-6.
- 18) 山本聡・小原昌和・河野成実・川之辺素一・茂木

- 昌行 (2001) : 野生イワナの毛鉤釣りによる Catch-and-Release 後の CPUE と生息尾数の変化, 水産増殖, **49** (4), 425-429.
- 19) 山本 聡・河野成実・川之辺素一 (2004) : 長野県内河川のイワナの肥満度, 長野県水産試験場研究報告, **6**, 4-7.
- 20) 山本聡・沢本良宏・小原昌和 (1994) : 長野県における野生イワナの成熟全長, 長野県水産試験場研究報告, **3**, 5-7.
- 21) Nakamura T, Maruyama T, Watanabe S, (2002) : Residency and movement of stream-dwelling Japanese charr, *Salvelinus leucomaenis*, in a central Japanese mountain stream, *Ecology of Freshwater fish*, **11**, 150-157.
- 22) 山本聡・沢本良宏・井口恵一朗・北野聡 (2004) : 千曲川水系の山地溪流における出水後のイワナの停留と移動, 長野県水産試験場研究報告, **6**, 1-3.
- 23) 山本 聡 (1991) : イワナーその生態と釣りー, つり人社, 東京, 106-108.