

ブラウントラウト完全駆除技術の開発

大浜秀規・谷沢弘将*・坪井潤一**・長谷川功***

山梨県富士川水系金川でブラウントラウトの定着が確認され、当該河川を漁場区域とする峡東漁業協同組合から駆除の要望があったことから、当センターでは2012年から調査を開始している¹⁾。駆除により一定の資源抑制効果は認められたものの¹⁾、引き続きこの方法を継続することでブラウントラウトを根絶させることや資源を更に低レベルに抑制することは困難と考えられた。このため駆除方法の再検討を行った結果、上流から調査区毎に成魚を電気ショッカーで除去し、低密度にすることで繁殖を抑制して、翌年以降残ったブラウントラウトを順次除去する手法に変更した。併せて効果的な除去を図るため、河岸の植生が枯れた秋以降の低水時に少人数で複数回駆除を行った。2014年の途中からこの手法に基づき完全駆除の可能性について検討を開始している。本研究は2017年から正式に課題化して実施されているが、今回は主に2014年の前報から2016年までに行った事前調査の結果を中心に取りまとめた。

材料及び方法

調査河川は富士川水系笛吹川支流の金川で、調査区間の河川形態はAa-Bb移行型で本州における典型的な山地溪流の形状を呈している。平水時流量は約250L/sで、ここに調査区として上流区、中流区、下流区を設けた(図1)。

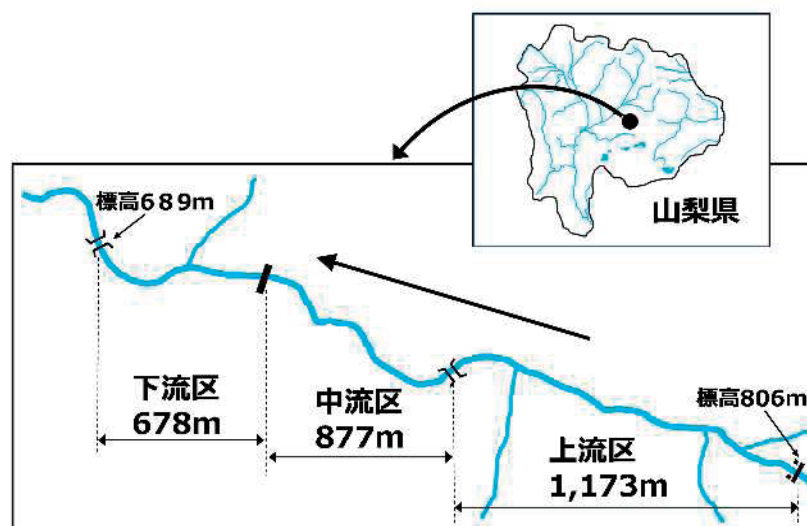


図1 金川の位置と調査区間

Oohama Hideki, Tanizawa Kosho, Tsuboi Junichi, Hasegawa Koh

*山梨県農政部花き農水産課 **水産研究・教育機構中央水産研究所 ***水産研究・教育機構北海道区水産研究所

山梨県県土整備部が保有する富士川水系一級河川金川河川区域平面図(1/1,000, 2002年作成)の流路形状と現状に大きな違いがなかったことから、調査区間の距離、標高、水面積等についてはこの図面から算出した(表1)。上流区の上流端には遡上不可能な堰堤が、上流区と中流区の境界と下流区の下流端には橋がある。また、調査区間内で遡上を阻害すると思われるのは、河床低下により護床ブロックが露出し、落差が約1.5m生じている箇所が上流区に1カ所のみある。調査区間内には、イワナ、アマゴ、ニジマス、ブラウントラウト、カジカ、その他に外観の斑紋からイワナとブラウントラウトの交雑種及びイワナとアマゴの交雑種と思われる魚が生息している。なお、調査区間より上流でブラウントラウトは確認されていない。

表1 調査区間の概要

	距離(m)	標高差(m)	河床勾配(%)	水面積(m ²)	川幅(m)
上流区	1,173	56 (806 - 750)	4.77 (1 / 21)	7,300	6.2
中流区	877	33 (750 - 717)	3.76 (1 / 27)	5,300	6.0
下流区	678	28 (717 - 689)	4.13 (1 / 23)	5,500	8.1
全区間	2,728	117 (806 - 689)	4.29 (1 / 24)	18,100	6.6

注:川幅は水面積から逆算した数値。

採捕は電気ショッカー(エレクトロフィッシャー12A, 12B又はLR20, スミスルート社製, 直流300~400V)を用い、基本的に2名1組で行った。駆除作業を効率的に行うために、繁殖抑制を目標にする場合には、ブラウントラウトの成魚(>1+)が生息するであろう、やや深く大きめの場所でのみ採捕を行い、当歳魚(0+)しか生息しないであろう水深の浅い場所や、流れの緩い場所は除外した。また、駆除作業は周辺河川の水位情報(国土交通省水文水質データベース)を参考に、水位の高い時には延期し、低水時のみ実施するように努めた。採捕したブラウントラウト及び交雑種は全て回収し、全長、尾叉長、成熟の有無について測定した。イワナ、アマゴについては個体数をカウント後、直ちにその場で放流した。なお、カジカについては作業の効率化を図るためカウントしていない。

1区間、1回当たりの採捕尾数からCPUE(尾/区・回)を、推定生息数はprogram captureのZippenの減少法²⁾により算出した。採捕されたブラウントラウトの年級は前報に準じ149mmまでを0+, 150~250mmまでを1+, 250mmを超えるものについては>2+とした¹⁾。

結果及び考察

駆除作業は、2012, 2013年とも各区1回の延べ3回ずつ実施したが、2014年から上流区及び中流区での実施回数を増やし、2014年に延べ10回、2015年に延べ6回、2016年に延べ10回実施した(表2)。2015年の上流区が少ないのは、上流区で繁殖抑制に成功したことから実施回数を少なくしたためである。

表2 駆除作業の実施状況

年度	月日	調査区			合計
		上流区	中流区	下流区	
2012	8/24 ~ 9/24	1	1	1	3
2013	9/26 ~ 9/27	1	1	1	3
2014	9/17 ~ 12/12	4	4	2	10
2015	8/12 ~ 11/20	2	4		6
2016	10/27 ~ 2/22	5	4	1	10

電気ショッカーの採捕を複数回行うと、除去されたブラウントラウトの分だけ生息数は減少し、それに伴い採捕数も徐々に減少すると想定される。このため、採捕回数を多くすると CPUE は徐々に下がってしまうため、総採捕数や CPUE で実施回数が異なる年度間の比較をすることは適当でない。そこで各年度における初回の電気ショッカーによるブラウントラウト採捕数は資源量に比例していると考えられることから、これを用いて検討を行った（表3）。

上流区では2013年32尾、2014年39尾採捕されたが、2015年にはその1/10以下の3尾にまで急減したが、2016年には12尾に増加した。中流区でも2014年から2015年にかけて採捕数が1/20近くまで急減した。合計では2012年の183尾から2014年の286尾までいったん増加した後、2015年に13尾と急減し、2016年に40尾に増加した。

これらのことから、上流区と中流区のブラウントラウト資源量は、駆除回数を増やしたことにより2014年以降減少していると考えられた。なお、上流区で2015年から2016年にかけて増加しているのは、一端抑制した繁殖が再び行われ、0+が加入したためと考えられた。また、合計の採捕数が2016年に増加した原因としては、この上流区での増加に加え、前年に駆除作業を行わなかった下流区で採捕を実施した影響が大きいと思われた。

表3 各年度における初回の電気ショッカーによるブラウントラウトの採捕数

年度	上流区	中流区	下流区	合計
2012	-	-	-	183
2013	32	132	66	230
2014	39	196	51	286
2015	3	10	-	13
2016	12	5	23	40

注：2012年は区別に記録していないため合計の値のみ。

2015年の下流区は駆除を実施していない。

上流区で採捕されたブラウントラウトを尾叉長組成から年級群に分けると、2013年及び2014年は両年とも0+, 1+, >2+が採捕されたが、2015年は1+のみで0+と>2+は採捕されず、2016年には再び0+, 1+, >2+が採捕された（図2）。2015年に0+が出現しなかったのは、2014年に上流区で4回行った駆除作業により繁殖が抑制されたためと考えられる。しかし、2015年には残存していたブラウントラウトにより再び繁殖が行われ、2016年に0+が出現したと考えられる。

2016年に大型のブラウントラウト（FL：372mm，♀）が採捕されているが、この個体は尾叉長の組成から3+以上であると推定され、つまり上流区で2014年に4回、2015年に2回行われ

た電気ショッカーで採捕されず、繁殖に関与していた可能性が高い個体と考えられる。また、金川におけるブラウントラウトは1+で69%、2+以上では99%が成熟することから¹⁾、2015年のブラウントラウトの繁殖は電気ショッカーで除去できなかった>2+に加え、1+の一部も産卵に加わっていたと推察される。

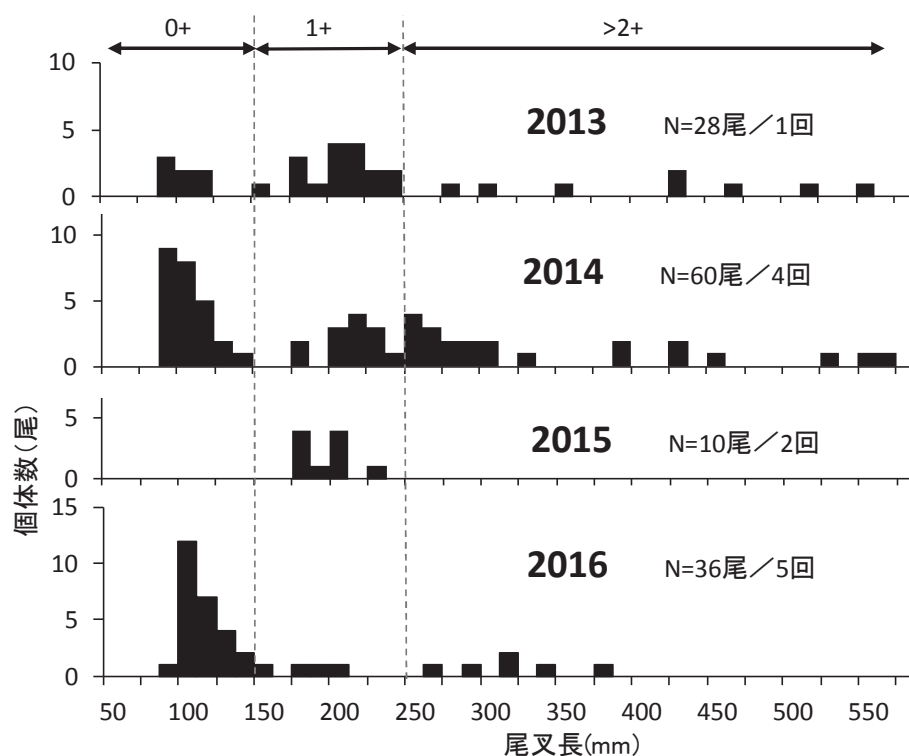


図2 上流区で採捕されたブラウントラウトの尾叉長別個体数
表中の数値は、年度、総採捕個体数／実施回数

中流区は、上流区に比べ0+の採捕数が多いことから、繁殖場所とされており¹⁾、2014年9月には1回目で155尾と多くの0+が採捕されていた(図3)。2014年に4回の駆除作業で307尾を除去したところ、2015年から0+の採捕数は激減した。ただし、0+は継続して採捕されており繁殖は抑制できていなかった。またFL350mmを超える個体が毎年採捕されたことから、上流区同様複数回電気ショッカーをくぐり抜け成熟したブラウントラウトが、毎年存在していることが確認された。

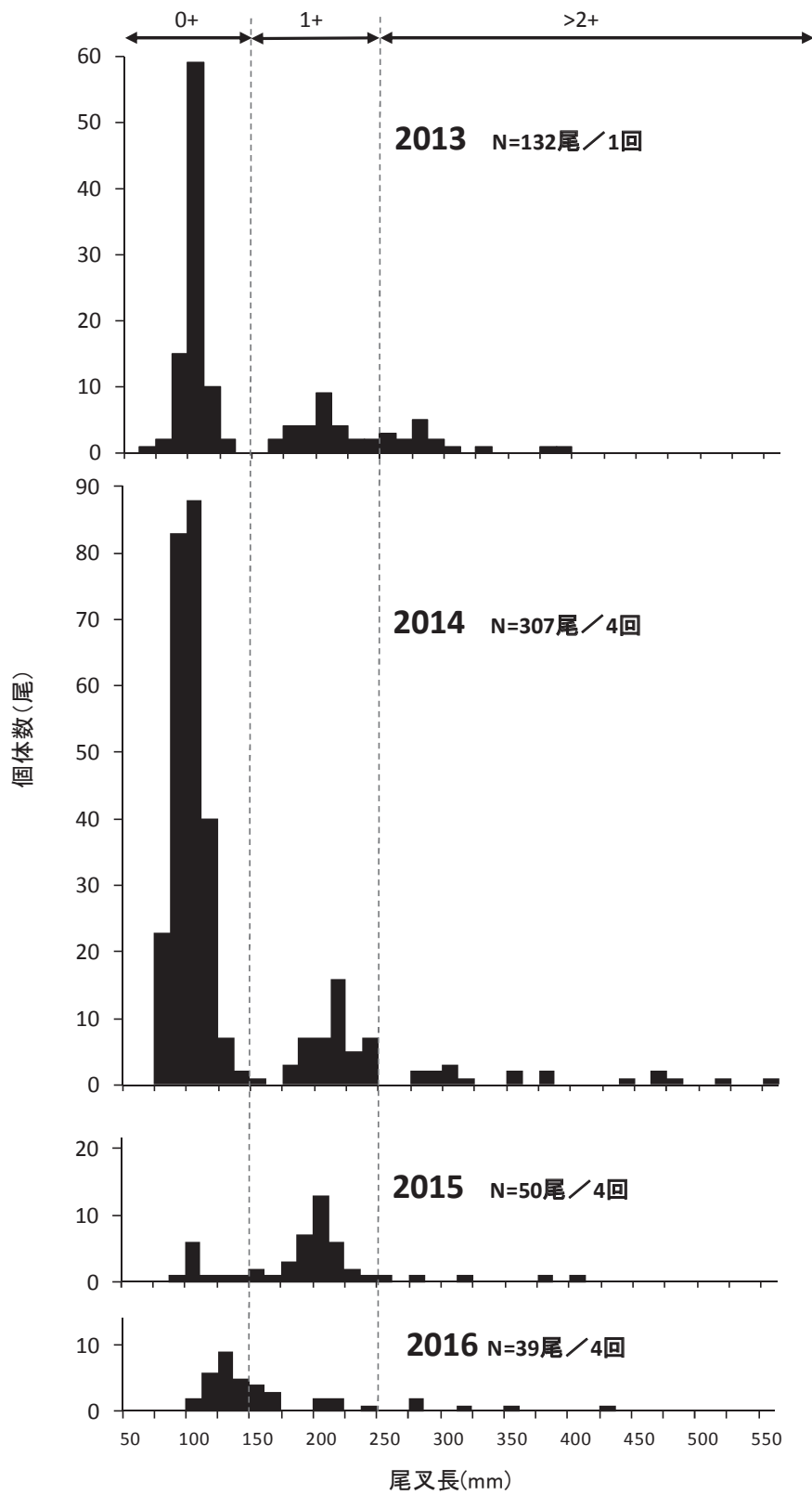


図3 中流区で採捕されたブラウントラウトの尾叉長別個体数
表中の数値は、年度、総採捕個体数／実施回数

上流区の各年における駆除回次毎の採捕数の変化を図4に示した。全体的には1回目の採捕数が多いものの、直線的に減少する傾向は認められず、逆に増加する場合もあった。

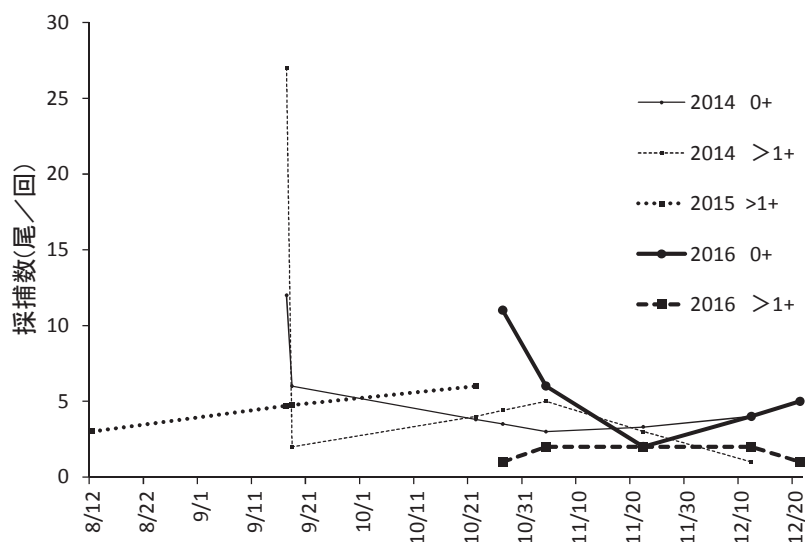


図4 上流区における回次別採捕数の変化

2016年の上流区におけるブラウントラウト0+の採捕状況から算出された推定生息数は、2pass, 3pass, 4pass, 5passでは各々20尾, 20尾, 25尾, 35尾となり徐々に増加し、逆に推定採捕率は、各々58.7%, 61.8%, 42.2%, 26.4%と徐々に減少した(表4)。

推定生息数と採捕率がこの様に変化したことは、採捕によるブラウントラウトの減少が直線的でなかったことを示している。これは図4に示したように採捕数がどの年度や年級においても直線的に減少していなかったことから、金川で行っている電気ショッカーによるブラウントラウト駆除では一般的な現象と考えられる。

順調に減少しなかった理由として、①区間外からの移動による加入、②密放流による人為的な加入、③電気ショッカーで除去しにくい個体の存在が考えられる。区間外からの加入については、調査区間よりさらに上流にブラウントラウトは生息していないため下流からの遡上が想定される。ただし、0+の一部が中流区から500m以上上流にある遡上困難と思われる落差の上流でも採捕されていることから、遡上してきた可能性は低いと考えられる。また、密放流の防止及び駆除作業を実施していることの広報活動を行っていること、あえて上流区に密放流を行わなくても下流区ではブラウントラウトが潤沢に釣れることなどから、新たな密放流が行われたとは考えにくい。つまり、本調査において複数回の駆除作業をくり抜けた成魚が複数確認されていること、大型のブラウントラウトは遊泳して定位することは少なく、カバー周辺の底に密着して定位していることが水族館の回遊水槽内でしばしば観察されていること(大浜未発表)などから、採捕されにくいブラウントラウトの個体が存在し、それが電気ショッカーで採捕されることなく残存していたためと考えられた。

なお、2016年上流区で実施した電気ショッカーの5passから算出された上流区のブラウントラウト0+の推定生息数は35尾であった。実際の採捕数28尾との差の7尾が駆除終了時に残存していたとすると、流程では100m当たり0.60尾、水面積では100㎡当たり0.10尾の密度で生残していたと算出される。ブラウントラウトを根絶するためには、電気ショッカーにより生息しているブラウントラウト全てを除去することが望ましいが、前述したとおりブラウントラウトの習性からそれは非常に困難であり、かつ仮に全てを除去できたにしても、それを確認することはできない。このため、ブラウントラウトの生息密度をある程度以下にして、再生産を阻止することで個体数の増加を抑え、その後残存しているブラウントラウトを順次除去することが、実際に根絶するための手法になると考えられる。このため、ブラウントラウトの生息密度と再生産の有無については今後も注視する必要がある。

表4 2016年上流区におけるブラウントラウト0+の推定生息数と推定採捕率

	経過 日数	採捕数	累積 採捕数	推定 生息数	95%信頼 区間	推定採捕 率(%)
1pass	0	11	11	-	-	-
2pass	8	6	17	20	18-44	58.7
3pass	26	2	19	20	20-29	61.8
4pass	46	4	23	25	24-40	42.2
5pass	55	5	28	35	30-67	26.4

注: ≥1+は減少法による資源推定ができなかった。

魚種別CPUEの年変化は、イワナでは2012年、2013年が各々91.3尾/区・回、109.0尾/区・回とほぼ同じであったが、それ以降は兩年の半分程度に減少した(表3)。アマゴでは2013年の403.3尾/区・回が一番高く、2014年に101.2尾/区・回へ減少し、2015年と2016年はほぼ同じ230尾/区・回台とやや増加した。

なお、このCPUEは年により実施区間と回数が表2のとおり異なることに注意する必要がある。イワナとアマゴは計数後直ちに放流しているが、ブラウントラウトと交雑種は採捕後除去している。このためブラウントラウトと交雑種は実施回数が多くなるほどCPUEが下がり、これで年変化を検討することは適当でないと考えられるため、表5からは除外している。

表5 魚種別のCPUE(尾/区・回)

年度	魚種	
	イワナ	アマゴ
2012	91.3	241.0
2013	109.0	403.3
2014	42.7	101.2
2015	52.8	236.8
2016	54.3	233.2

例えば、電気ショッカーによる推定採捕率が80%であった場合、採捕を4回繰り返すと取り残したブラウントラウトは0.2%にまで減少するが、同様に推定採捕率50%で採捕を4回行った場合は6.3%、推定採捕率30%の場合は24%のブラウントラウトが採捕されることなく残ってし

まう。このように採捕率が低い場合根絶はかなり困難となるため、採捕率を向上させるための検討が必要であろう。加えて今後は電気ショッカーという単一の手法だけでなく、刺網や置き針など他の採捕方法との併用についても検討する必要がある。

なお、2015年8月5日に上流区の大いなる淵を中心に、ヤスを用いた潜水駆除を行ったが、潜水目視できたブラウトラウトは、その後電気ショッカーで採捕された数を大きく下回った。調査区間内には長径が2mを超える巨石が多数にあり、淵には奥行きが1m以上あるくぼみも数多くあった。電気ショッカーで採捕されなかったブラウトラウトは、このような場所に定位していると推定されるが、このような場所は、見通しが悪くかつ暗かった。このため本調査河川におけるブラウトラウトの潜水目視は困難であり、駆除方法としては適していないと考えられた。

また、今回の調査結果の解析についてはブラウトラウトが各調査区間を超えて移動しないと仮定して行っているが、成熟したマス類はペアを求めて移動するのが一般的である。このためブラウトラウトの移動状況について標識放流やバイオテレメトリー調査等により把握すると共に、遡上障害物の設置について検討する必要がある。

Shepard et al³⁾は、ロッキー山脈の4河川において4~8年間で13~29回電気ショッカーの駆除を行うことでブルックトラウトの根絶に成功している。これらは川幅が1.2~2.6m、流量が0.05~0.17m³/sと小規模な河川である。一方、Meyer et al⁴⁾はブルックトラウトの根絶に失敗しているが、成功事例に比べ、河川規模が大きく、駆除回数が少なく、単年のみの実施であったことがその原因とされている。本調査における金川は川幅6.6m、流量0.25 m³/sと成功事例と比べ川幅が広く、流量が多いなど河川規模が大きい。また電気ショッカーによる駆除回数は5年間で上流区13回、中流区14回と成功事例とほぼ同程度であった。金川での駆除はそもそも魚種が異なることから同一の比較は適切ではないかもしれないが、この電気ショッカーによる根絶成功事例に比べ、河川規模が大きい割には駆除の努力量がやや低いといえる。複数年にわたり駆除を行うのではなく、単年の駆除努力を増やすことが成功に繋がると考えられている³⁾。金川ではこれまでの駆除により上中流区のブラウトラウト資源量はかなり減少しており、繁殖抑制に成功した年もあったことから、今後は上中流区での努力量を更に上げて根絶の可能性について検討を進める必要がある。

近年北海道以外の本州においてもブラウトラウトの定着が確認され、その影響が懸念されることから、水産庁により産業管理外来種の管理指針策定が進められている。北海道の静狩川⁵⁾、岐阜県の宮川⁶⁾、鳥取県の千代川など、ブラウトラウト生息河川の何方所かで駆除が行われ、静狩川では2015年に採捕数が0尾になっている。今後はブラウトラウトの根絶がどのような条件であれば可能で、それにかかる経費がどの程度必要なかなどについても、本研究を進めることで明らかにする必要がある。

要約

1. 富士川水系金川にてブラウトラウト完全駆除技術開発の事前調査を行った。
2. 電気ショッカーによる駆除作業を2012年から2016年までに延べ32回・区実施した。
3. 駆除回数の増加により、上中流区のブラウトラウト資源量は2014年以降急減していた。
4. 上流区では、2014年の駆除で繁殖が抑制された結果2015年0+が出現しなかったが、残存していたブラウトラウトにより再び繁殖が行われ、2016年に0+が出現したと考えられた。
5. 中流区では、駆除作業により2015年から0+採捕数が激減したが、繁殖は抑制できなかった。

6. ブラウントラウトの一部は電気ショッカーで除去しにくい場所にいると考えられた。
7. 潜水によるブラウントラウト駆除は、金川では適していないと考えられた。
8. 上中流区での努力量を更に上げて、根絶の可能性について検討を進める必要がある。

文献

- 1) 谷沢弘将・大浜秀規・小澤諒・坪井潤一・長谷川功 (2016) : 富士川水系金川におけるブラウントラウト駆除の効果. 山梨県水産技術センター事業報告書, 43, 8-16.
- 2) USGS: program capture.オンライン, <http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/capture.html>.
- 3) Shepard, B. B., L. M. Nelson, M. L. Taper and A. V. Zale (2014): Factors Influencing Successful Eradication of Nonnative Brook Trout from Four Small Rocky Mountain Streams Using Electrofishing. North American Journal of Fisheries Management, 34, 988-997.
- 4) Meyer, K. A., J. A. Lamansky, and D. J. Schill (2006) : Evaluation of an unsuccessful Brook Trout electrofishing removal project in a small Rocky Mountain stream. North American Journal of Fisheries Management, 26, 849-860.
- 5) 工藤智 (2015) : ブラウントラウトの駆除とその効果. 平成 27 年度水産研究本部成果発表会講演要旨集, 北海道立総合研究機構水産研究本部. 14.
- 6) 長瀬崇 (2017) : 岐阜県宮川におけるブラウントラウトの生息状況. 2017 年度日本魚類学会年会講演要旨集, 日本魚類学会. 38.

付表1 2015, 2016 年度における電気ショッカーによる駆除の概況

年度	月日	区間	作業			通電			採捕尾数				流量 (L/s)	水温 (°C)
			開始	終了	時間	開始	終了	時間	ブラウン	アマゴ	イワナ	イワナ×プラ		
2015	8/5	上流	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	568	
	8/12	上流	8:15	12:30	4:15	2,329	5,386	0:50	3	168	64	1		
	8/12	中流	10:50	13:50	3:00	-	-	-	10	186	23	10		
	10/14	中流	10:40	15:05	3:15	116,188	119,980	1:03	17	258	53	5	11.0	
	10/22	上流	9:15	13:55	3:25	120,229	123,803	0:59	6	208	76	0	11.5	
	10/22	中流	9:10	14:35	4:40	-	-	-	15	301	57	2		
	11/20	中流	10:50	15:20	4:00	123,803	128,991	1:26	8	300	44	5	11.3	
		平均			3:45			1:05	8.6	236.8	52.8	3.8	568	
	合計			22:35			4:20	60	1,421	317	23			
2016	10/27	上流	10:35	15:30	4:55	2,826	6,098	0:54	12	186	70	1		
	10/27	中流	11:35	15:40	4:40	-	-	-	5	453	42	1		
	10/27	下流	11:00	11:30	0:30	2,787	2,864	0:01	23	26	2	1		
	11/4	上流	10:05	14:20	4:15	6,100	9,644	0:59	8	227	101	0	210	
	11/22	上流	10:25	14:17	3:52	0	3,152	0:52	4	148	85	0	383	
	11/22	中流	10:45	14:35	3:50	9,644	13,542	1:04	14	449	49	1		
	12/12	上流	10:25	15:00	4:35	3,152	7,927	1:19	6	129	55	0	210	
	12/12	中流	10:45	15:30	4:45	13,542	18,479	1:22	10	308	36	0		
	12/21	上流	10:05	13:55	3:50	18,479	21,537	0:50	6	139	51	0		
	2/22	中流	10:00	14:55	4:15	23,527	29,321	1:36	10	267	52	0	163	
	平均			3:56			1:00	10	233	54	0	242		
	合計			39:27			9:01	98	2,332	543	4			

注: 駆除方法は2015.8.5のみ潜水駆除で, それ以外は電気ショッカーを用いた。

付表2 駆除の実施状況

年 度	区 間	実施 回数	採捕数					採捕割合(%)					CPUE(尾/回・区)					
			ブラ ウン	イワナ	アマゴ	イワ× ブラ	イワ× アマ	合計	ブラ ウン	イワナ	アマゴ	イワ× ブラ	イワ× アマ	ブラ ウン	イワナ	アマゴ	イワ× ブラ	イワ× アマ
2012	全	1	183	274	723	3	0	1,183	15.5	23.2	61.1	0.3	0.0	61	91	241	1	0
	上	1	32	166	384	13	4	599	5.3	27.7	64.1	2.2	0.7	32	166	384	13	4
2013	中	1	132	100	501	11	2	746	17.7	13.4	67.2	1.5	0.3	132	100	501	11	2
	下	1	66	61	325	4	0	456	14.5	13.4	71.3	0.9	0.0	66	61	325	4	0
	上	4	60	293	483	13	1	850	7.1	34.5	56.8	1.5	0.1	15	73	121	3	0
2014	中	4	307	89	314	11	1	722	42.5	12.3	43.5	1.5	0.1	77	22	79	3	0
	下	2	51	45	215	6	0	317	16.1	14.2	67.8	1.9	0.0	26	23	108	3	0
	上	3	9	140	376	1	0	526	1.7	26.6	71.5	0.2	0.0	3	47	125	0	0
2015	中	3	50	177	1,045	22	0	1,294	3.9	13.7	80.8	1.7	0.0	17	59	348	7	0
	下	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	上	5	36	362	829	1	0	1,228	2.9	29.5	67.5	0.1	0.0	7	72	166	0	0
2016	中	4	39	179	1,477	2	0	1,697	2.3	10.5	87.0	0.1	0.0	13	60	492	1	0
	下	1	23	2	26	1	0	52	44.2	3.8	50.0	1.9	0.0	23	2	26	1	0

注: 表中のイワ×ブラはイワナとブラウントラウトの、イワ×アマはイワナとアマゴの交雑種と外観から判断された個体。