

ヤマメ・アマゴおよびイワナの親魚放流魚の産卵床における卵の発眼率

岸 大弼, 長瀬 丈, 原 徹

Egg survival in spawning redds of stocked mature masu salmon and charr in streams of Gifu, central Japan

DAISUKE KISHI, JO NAGASE AND TORU HARA

ヤマメ *Oncorhynchus masou masou*、アマゴ *O. m. ishikawae*、イワナ *Salvelinus leucomaenis* は全国の内水面の漁業協同組合で漁業権魚種に指定されている重要な魚種である(中村・飯田, 2009)。それら溪流魚の増殖方法として、稚魚放流、発眼卵放流、成魚放流、人工産卵場や人工産卵河川の造成といった手法が挙げられる(中村・飯田, 2009)。それらうち稚魚放流が各地で長年多用されてきたが、その費用対効果は漁業協同組合が期待する水準よりも低いことが明らかにされている(中村ほか, 2022)。そのため、稚魚よりも安価な種苗である発眼卵への関心が高まり、稚魚放流の代替方法として発眼卵放流が提案されている。発眼卵放流は養殖場で生産された発眼卵を河床の礫中に埋設するという増殖方法である(中村・飯田, 2009; 岸・徳原, 2013)。しかし、発眼卵放流には、晩秋から初冬の水温が低い時期に従事者が手作業で実施しなければならないこと、埋設作業に習熟を要すること、対象河川へのアクセスが制限される多雪地域では実施困難という問題点があった。親魚放流は養殖場で生産された成熟親魚を産卵期に河川に放流して自発的に産卵させる増殖方法で、発眼卵放流の短所を改善するために考案されたものである(徳原ほか, 2010; 徳原・岸, 2013)。発眼卵放流は技術や労力の面の制約が大きかった一方、親魚放流には成熟親魚の放流作業だけで済むという長所がある。また、一般に溪流魚の産卵期は積雪前であることから、親魚放流であれば多雪地域でも実施が可能である。そうした背景から、近年、県内外の漁業協同組合による親魚放流の採用例が増加している。ただし、溪流魚の親魚放流は 2010 年に提案された比較的新しい方法であり、現在もなお、その増殖効果の検証が必要な段階にある。岐阜県内ではアマゴ親魚放流魚の産卵床の発眼率が徳原ほか(2010, 2017, 2019)によって調査されているものの、2 河川の事例に限定されているのが実情であり、知見の蓄積が求められていた。また、アマゴの事例しかないことから、ヤマメおよびイワナを対象とする調査の実施も求められていた。そこで本課題ではアマゴを対象とする調査を追加実施したほか、ヤマメおよびイワナを対象とする調査にも取り組んだ。

キーワード: 溪流魚、増殖方法、産卵床、発掘調査、発眼卵

材料と方法

この調査ではヤマメの親魚放流を神通川水系の山田川(飛騨市神岡町)、アマゴの親魚放流を木曾川水系の大谷(下呂市萩原町)、浅谷(郡上市明宝)、深谷(下呂市萩原町)、初矢谷(下呂市小川)、イワナの親魚放流を神通川水系の五升ヶ谷(高山市一之宮町)で実施した(図)。これらの河川では次のように調査を実施した。

山田川

ヤマメの親魚放流を 2019 年 10 月 11 日および 16 日に 3 か所の淵で実施した。11 日は飛騨市内の民間養殖場で生産された 1 歳の雌 17 尾と雄 13 尾を放流した。上流側の淵には雌 10 尾と雄 13 尾、中間の淵には雌 4 尾、下流側の淵には雌 3 尾をそれぞれ放流した。これらは神通川下流で採捕されたサクラマスを初代とする系統で、当研究所下呂支所で継代飼育魚から生産された発眼卵を民間養殖場が導入してふ化・育成したものである。16 日は下呂支所で生産された同一系統の雄 20 尾を追加放流した。これらは上流側の淵に 5 尾、中間の

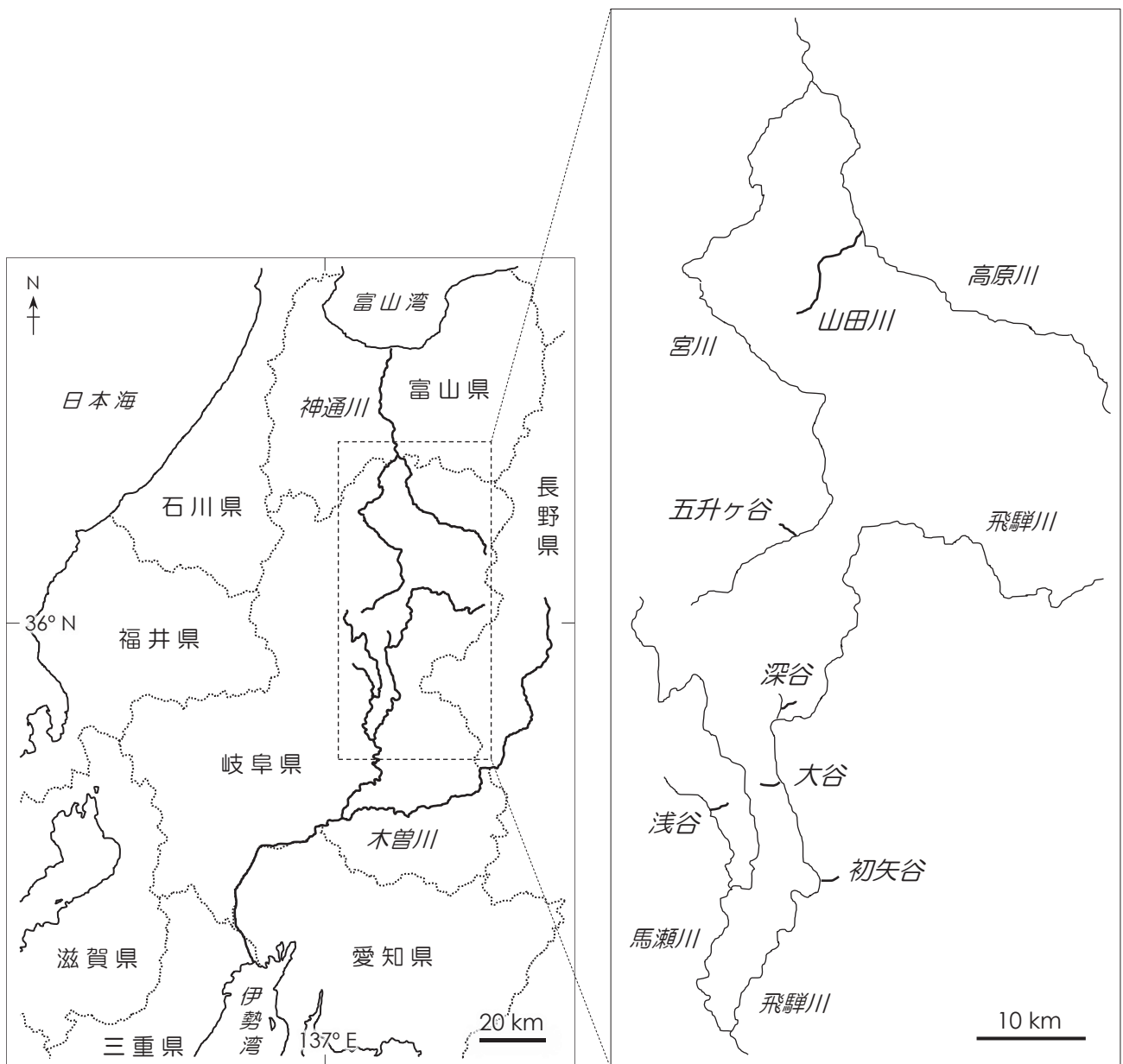


図 親魚放流および産卵床の調査を実施した河川の位置

淵に 10 尾、下流側の淵に 5 尾をそれぞれ放流した。調査区間内にはイワナおよびカジカ大卵型 *Cottus pollux* が生息しており、先住のヤマメが存在しないほか、今回の調査以外にヤマメの放流は実施されていない。そのため、確認される産卵床はいずれも今回の調査で放流したヤマメが形成したものである。調査区間内には先住のイワナの産卵床も形成されるが、産卵時期および発眼時期の相違から、今回の調査で放流したヤマメの産卵床との判別が可能であった。放流後、産卵床の位置および水温を数回確認した。サケ科魚類の卵は産卵後から発眼までの期間は安静が必要とされることから(隆島・村井, 2005)、産卵床の発掘調査は発眼後に実施した。発掘

調査は放流後の平均水温から積算水温を概算して発眼時期に相当する時期の 11 月 23 日に実施した。産卵床には、実際に卵が産み込まれた「真の産卵床」と、親魚が形成途中で放棄して産卵しなかった「偽の産卵床(試床)」とが混在する(Kondou et al., 2001)。これらは外部の物理環境で正確に区別することは困難であるため、すべての産卵床を発掘して卵の有無を確認し、卵が存在するものは真の産卵床、卵が存在しないものは偽の産卵床と判断した。今回の産卵床の個数記録では前者のみを対象とした。その後、卵をホースポンプで産卵床から採集し、生存卵数および死亡卵数を記録した(岸ほか, 2009)。生存卵は発眼卵放流の方法で河床に戻した(岸・徳

原, 2013)。

大谷

アマゴの親魚放流を2022年10月28日に1か所の淵で実施した。この淵には雌3尾と雄6尾を放流した。これらは下呂市内の民間養殖場で継代飼育魚から生産された1歳の個体である。調査区間内にはイワナおよびカジカ大卵型が生息しており、先住のアマゴが存在しないほか、今回の調査以外のアマゴの放流は実施されていない。そのため、確認される産卵床はいずれも今回の調査で放流したアマゴが形成したものである。調査区間内には先住のイワナの産卵床も形成されるが、産卵時期および発眼時期の相違から、今回の調査で放流したアマゴの産卵床との判別が可能であった。産卵床の発掘調査は前出の山田川と同様の方法で12月5日に実施した。

浅谷

アマゴの親魚放流を2022年10月28日に2か所の淵で実施した。上流側の淵には雌2尾と雄4尾、下流側の淵には雌2尾と雄4尾をそれぞれ放流した。これらは下呂市内の民間養殖場で継代飼育魚から生産された1歳の個体である。調査区間内にはイワナおよびカジカ大卵型のみが生息しており、先住のアマゴが存在しないほか、今回の調査以外のアマゴの放流は実施されていない。そのため、確認される産卵床はいずれも今回の調査で放流したアマゴが形成したものである。調査区間内には先住のイワナの産卵床も形成されるが、産卵時期および発眼時期の相違から、今回の調査で放流したアマゴの産卵床との判別が可能であった。産卵床の発掘調査は前出の山田川と同様の方法で12月6日に実施した。

深谷

アマゴの親魚放流を2023年10月25日に2か所の淵で実施した。上流側の淵には雌2尾と雄4尾、下流側の淵には雌2尾と雄4尾をそれぞれ放流した。これらは下呂市内の民間養殖場で継代飼育魚から生産された1歳の個体である。調査区間内にはニジマス *O. mykiss* およびカジカ大卵型が生息しており、先住のアマゴが存在しないほか、今回の調査以外のアマゴの放流は実施されていない。深谷では漁業協同組合によるニジマスの増殖事業は実施されておらず、生息している個体の来歴は不明である。事前の予備調査では、エレクトロフィッシャー(LR-24型、Smith-Root社)を使用してニジマスを除去した。そのため、確認される産卵床はいずれも今回の調査で放流したアマゴが形成したものである。産卵床の発掘調査は前出の山田川と同様の方法で11月24日に実施した。

結果および考察で後述するように、深谷では砂の堆積が観察された。砂の堆積が多いと卵の発眼率の低下が予想されることから(Yamada and Nakamura, 2009)、深谷では補足調査として産卵床の河床材料の採集も実施した。河床材料の採集

は産卵床の発掘直前に、卵室の直上と推定される地点において25×25cmコドラート付きサーバーネット(網長100cm、目合225 μ m)を使用して実施した(岸ほか, 2020)。採集した河床材料は研究室に持ち帰って十分に風乾した後、目合2mm、8mm、16mm、32mmのステンレス製ふるいを使用して砂(粒径2mm未満)、小礫細粒(2-8mm)、小礫粗粒(9-16mm)、中礫細粒(17-32mm)、中礫粗粒・大礫(33mm以上)の5階級に分画し、それぞれの重量割合(%)を求めた。

初矢谷

アマゴの親魚放流を2024年11月14日に2か所の淵で実施した。上流側の淵には雌2尾と雄4尾、下流側の淵には雌2尾と雄4尾をそれぞれ放流した。これらは下呂市内の民間養殖場で継代飼育魚から生産された1歳の個体である。事前の聞き取り調査では、地元住民によってアマゴの稚魚放流が実施されているとの情報があった。調査区間内にはイワナおよびアマゴが生息している(岸・徳原, 2012)。今回の調査では事前の予備調査でエレクトロフィッシャーを使用してアマゴを除去した。そのため、確認される産卵床はいずれも今回の調査で放流したアマゴが形成したものである。調査区間内には先住のイワナの産卵床も形成されるが、産卵時期および発眼時期の相違から、今回の調査で放流したアマゴ親魚の産卵床との判別が可能であった。産卵床の発掘調査は前出の山田川と同様の方法で12月20日に実施した。

五升ヶ谷

イワナの親魚放流を2019年11月13日に2か所の淵で実施した。上流側の淵には雌3尾と雄6尾、下流側の淵には雌2尾と雄4尾をそれぞれ放流した。これらは神通川水系小谷で採捕されたイワナを初代とする系統で、下呂支所の継代飼育魚から生産された5歳の個体である。調査区間内には先住の魚類が存在しないほか、今回の調査以外イワナの放流は実施されていない。そのため、今回確認された産卵床はいずれも今回の調査で放流したイワナが形成したものである。産卵床の発掘調査は前出の山田川と同様の方法で2020年1月11日に実施した。

結果および考察

ヤマメの産卵床は山田川で1か所、アマゴの産卵床は大谷で1か所、浅谷で3か所、深谷で1か所、初矢谷で2か所がそれぞれ確認された(第1表)。卵の発眼率は山田川で91.1%、大谷で75.7%、浅谷で83.6-92.8%、深谷で13.8%、初矢谷で91.7-94.7%であった。各河川における産卵床の卵の発眼率の良否を検討するため、県内外の河川における他の調査事例の結果と比較した。岐阜県内での親魚放流魚の産卵床にお

第1表 県内の河川における親魚放流魚の産卵床の卵の発眼率

対象魚	水系	河川	調査 年度	産卵床 番号	卵数(粒)			発眼率(%)	出典
					生残	死亡	計		
ヤマメ	神通川	山田川	2019	1	328	32	360	91.1	今回の調査
アマゴ	木曾川	竹原川	2007	1	250	18	268	93.3	徳原ほか(2010)
				2	313	9	322	97.2	
				3	39	6	45	86.7	
				4	250	14	264	94.7	
				5	140	28	168	83.3	
				6	204	26	230	88.7	
				7	20	7	27	74.1	
				8	719	48	767	93.7	
				9	219	8	227	96.5	
				10	252	8	260	96.9	
				11	411	13	424	96.9	
				12	498	21	519	96.0	
				13	248	19	267	92.9	
				14	221	23	244	90.6	
						15	273	76	
		竹原川*1	2009	1	20	24	44	45.5	徳原ほか(2017)
				2	93	65	158	58.9	
				3	141	25	166	84.9	
				4	187	174	361	51.8	
				5	44	0	44	100.0	
		阿多野谷	2009	1	174	12	186	93.5	徳原ほか(2019)
				2	226	12	238	95.0	
				3	246	64	310	79.4	
		阿多野谷*2	2009	1	236	7	243	97.1	徳原ほか(2019)
				2	154	7	161	95.7	
				3	40	1	41	97.6	
		大谷	2022	1	234	75	309	75.7	今回の調査
		浅谷	2022	1	280	34	314	89.2	今回の調査
				2	491	96	587	83.6	
				3	491	38	529	92.8	
		深谷	2023	1	50	312	362	13.8	今回の調査
		初矢谷	2024	1	344	31	375	91.7	今回の調査
				2	125	7	132	94.7	
イワナ	神通川	五升ヶ谷	2019	1	444	55	499	89.0	今回の調査
				2	945	138	1083	87.3	

*1 竹原川:雄親魚を放流せず、雌親魚だけを放流した事例

*2 阿多野谷:人工産卵場に産卵した事例

第2表 国内の河川における親魚放流魚の産卵床の卵の発眼率の範囲および平均±標準偏差

対象魚	県	水系	河川	調査 年度	調査した 産卵床数	発眼率の範囲(%) (平均±標準偏差)	出典				
ヤマメ	秋田	雄物川	掛ノ沢川	2012	4	70.8-90.0 (84.0±8.9)	徳原ほか(2019)				
					4*1	89.7-98.1 (92.5±5.2)					
	栃木	利根川	大芦川*2	2015	14	9.0-99.2 (64.9±27.9)	高木ほか(2017)				
	岐阜	神通川	山田川	2019	1	91.1	今回の調査				
サクラマス	秋田	米代川	仏社川*3	2017	14	0.0-98.9 (57.3±45.9)	佐藤・八木澤(2018)				
				2018	18	0.0-99.7 (77.2±27.9)	佐藤・八木澤(2019)				
				2019	16	0.0-93.8 (41.7±33.6)	佐藤・八木澤(2020)				
				2020	14*4	69.1-100.0 (86.7±10.9)	佐藤・八木澤(2021)				
					30*5	0.0-100.0 (61.7±35.3)					
				2021	17*4	0.0-96.5 (40.0±32.5)	佐藤・八木澤(2022)				
					17*5	0.0-97.2 (38.5±33.6)					
				2022	27*4	41.7-100.0 (86.1±17.0)	佐藤・八木澤(2023)				
					14*5	0.0-100.0 (63.6±33.8)					
					富山	神通川	西派川	2019	1*6	80.0	浦邊ほか(2020)
								2020	3	20.4-100.0 (69.3±42.8)	浦邊ほか(2021)
			小佐波川	2020	3	33.3-87.8 (54.7±29.1)	浦邊ほか(2021)				
				2021	2*3	30.0-65.8 (47.9±25.3)	浦邊ほか(2023)				
				2022	2*3	66.7-68.8 (67.7±1.5)	野村・古川(2024)				
			安蔵川*3	2023	3	0.0-73.8 (25.0±42.3)	野村ほか(2024)				
アマゴ	岐阜	木曽川	竹原川	2007	15	74.1-97.2 (90.6±7.2)	徳原ほか(2010)				
					2009	5	45.5-100.0 (68.2±23.3)	徳原ほか(2017)			
					2009	3	79.4-95.0 (89.3±8.6)	徳原ほか(2019)			
						3*1	95.7-97.6 (96.8±1.0)				
						大谷	2022	1	83.6-92.8 (88.5±4.6)	今回の調査	
						浅谷	2022	3	83.6-92.8 (88.5±4.6)		
						深谷	2023	1	13.8		
		初矢谷	2024	2	91.7-94.7 (93.2±2.1)						
イワナ	岐阜	神通川	五升ヶ谷	2019	2	87.3-89.0 (88.1±1.2)	今回の調査				
				滋賀	琵琶湖・淀川	大杉川	2019	4	56.1-86.6 (76.5±13.8)	菅原(2021)	
						犬上川	2019	4	0.0-93.9 (65.6±44.1)		
						向山谷	2020	3	86.7-97.4 (92.5±5.4)	幡野・吉岡(2022)	
						板ヶ谷	2021	4	59.0-97.8 (79.7±20.2)	幡野・吉岡(2023)	
						小和谷川	2021	4	73.5-96.6 (86.2±11.7)		

*1 秋田県の掛ノ沢川、岐阜県の阿多野谷：人工産卵場に産卵した事例

*2 栃木県の大芦川：雄親魚は雌親魚より少ない数を放流した事例

*3 秋田県の仏社川、富山県の小佐波川の 2021、2022 年度および安蔵川、岐阜県の竹原川の 2009 年度：雄親魚を放流せず、雌親魚だけを放流した事例

*4 秋田県の仏社川の 2020-2022 年度：排卵が進む前の雌親魚を 9 月下旬に放流した事例

*5 秋田県の仏社川の 2020-2022 年度：排卵が進んだ雌親魚を 10 月上旬に放流した事例

*6 富山県の西派川の 2019 年度：河床を耕転した区間で産卵した事例

第3表 県内の河川におけるアマゴ親魚放流魚の産卵床の河床材料の組成

河川	調査年度	産卵床番号	重量割合 (%)					出典
			砂 (粒径 2mm 未満)	小礫細粒 (2-8mm)	小礫粗粒 (9-16mm)	中礫細粒 (17-32mm)	中礫粗粒・大礫 (33mm 以上)	
竹原川	2007	1	9.1	25.0	18.1	30.6	17.2	徳原ほか(2010)
		2	14.4	24.4	27.4	25.2	8.6	
		3	9.0	21.4	16.5	22.7	30.3	
		4	12.9	24.5	18.7	21.9	22.0	
		5	12.3	26.9	17.4	19.4	24.0	
		6	13.0	28.0	18.1	16.4	24.5	
		7	7.7	31.9	25.3	20.1	15.0	
		8	13.4	33.4	16.2	19.4	17.6	
		9	13.1	18.1	15.8	37.6	15.4	
		10	8.3	24.7	22.0	22.3	22.8	
		11	5.6	18.3	18.7	39.4	18.0	
		12	11.1	19.5	21.6	34.7	13.0	
		13	14.0	28.1	14.2	23.8	19.8	
		14	14.1	25.2	17.2	23.0	20.6	
		15	8.9	30.8	17.5	18.3	24.4	
		16*	5.8	13.4	18.0	39.2	23.6	
深谷	2023	1	23.7	47.4	17.6	3.4	7.9	今回の調査

* 竹原川の産卵床 16 番: 徳原ほか(2010)では卵の採集はせず、河床材料の調査のみ実施

ける卵の発眼率については、木曾川水系の竹原川(下呂市宮地)および阿多野谷(同市森)におけるアマゴを対象とした調査事例がある(徳原ほか, 2010; 徳原ほか, 2017, 2019)。それら 2 河川と比較すると、山田川、大谷、浅谷、初矢谷における卵の発眼率は概ね良好な水準と考えられた(第 1 表)。また、県外でのヤマメ・サクラマス *O. masou masou* の親魚放流魚の産卵床における卵の発眼率については、秋田県、栃木県、富山県の計 6 河川での調査事例がある(高木ほか, 2017; 佐藤・八木澤, 2018-2023; 徳原ほか, 2019; 浦邊ほか, 2020, 2021, 2023; 野村・古川, 2024; 野村ほか, 2024)。それら 6 河川と比較すると、山田川、大谷、浅谷、初矢谷における卵の発眼率はそれらと同等かより良好な水準と考えられた(第 2 表)。

イワナの産卵床は五升ヶ谷で 2 か所確認された(第 1 表)。卵の発眼率は 87.3-89.0%であった。イワナの親魚放流魚の産卵床における卵の発眼率については、県内では今回が初めての調査事例である。他県におけるイワナの親魚放流魚の産卵床における卵の発眼率については、滋賀県の 5 河川での調査事例がある(菅原, 2021; 幡野・吉岡, 2022, 2023)。それら 5 河川と比較すると、五升ヶ谷における発眼率は概ね良好な水準と考えられた(第 2 表)。

山田川におけるヤマメ卵、大谷、浅谷、初矢谷におけるアマゴ卵、五升ヶ谷におけるイワナ卵の発眼率が概ね良好であった一方、深谷におけるアマゴ卵の発眼率は 13.8%と低い水準であった。親魚放流魚の産卵床の河床材料に占める砂の割合が調査されているのは、徳原ほか(2010)による竹原川が唯一の事例である。今回、産卵床の河床材料の組成について補足調査を実施した結果、砂の割合は竹原川が 5.5-14.4%であるのに対して、深谷は 23.7%と高いことが確認された(第 3 表)。サケ科魚類の卵の発眼率は、産卵床への砂の堆積によって低下することが多くの研究で明らかにされている(Chapman, 1988; Argent and Flebbe, 1999; Kondou et al., 2001)。サクラマスを対象とした野外実験では、砂の割合が 20%を超過すると卵の生残率が急低下することが明らかにされている(Yamada and Nakamura, 2009)。このことから、深谷の産卵床における卵の発眼率が低かったのは砂の堆積が原因と考えられる。これは産卵適地が少ない河川では増殖効果が期待できないことを示す事例であり、親魚放流の欠点として認識する必要がある。また、県外の事例では、増水による産卵床の流失が確認されている(幡野・吉岡, 2022)。このほか、水温が産卵適温を超過している河川では産卵は行われるものの、産

卵床の卵の発眼率が低くなるのが指摘されている(佐藤・八木澤, 2022)。親魚放流の制約として、在来個体群の生息域では実施してはならないことも挙げられる(徳原・岸, 2013)。今後、親魚放流による増殖が計画される際には、河床材料の組成、気候、水温、在来個体群の有無といった諸条件を考慮して対象河川を選定することが不可欠である。

県内外のこれまでの調査および今回の調査により、親魚放流魚の産卵床における卵の発眼率について一定の知見が蓄積された。一般に親魚放流には継代飼育されている養殖魚が使用されており、そうした個体であっても産卵床の卵の発眼率が80%以上という良好な事例が県内外の調査で確認されている。その一方で、発眼率が20%を下回るような事例も複数存在しており、場合によっては卵のすべてが死亡する事例があることに留意しなければならない。したがって、資源増殖の手段として親魚放流にだけ依存することは避けるべきである。また、親魚放流魚の産卵床の卵は、天然魚(自然繁殖魚)の産卵床の卵よりも発眼率が低いことが確認されている(佐藤・八木澤, 2018-2020)。これらの事例は養殖魚の中に産卵能力が劣る個体が含まれる可能性を示唆するものであり、同時に自然繁殖魚の産卵能力の高さを支持するものといえる。近年、自然繁殖魚の重要性があらためて注目されており、禁漁区(中村ほか, 2001; 重倉ほか, 2014; 山下ほか, 2023)、輪番禁漁(久保田ほか, 2010)、漁獲制限サイズの変更(横田ほか, 2003)、人工産卵場や人工産卵河川の造成(中村, 1999; 中村ほか, 2009; 岸・徳原, 2017; 岸ほか, 2025)といった方法が提案されている。今後は、稚魚放流、発眼卵放流、成魚放流ならびに親魚放流だけでなく、自然繁殖魚の増殖と持続的利用も意識した漁場管理について検討することが望まれる。

要 約

1. ヤマメ・アマゴおよびイワナの親魚放流魚の産卵床の卵の発眼率を6河川で調査した。
2. 卵の発眼率は概ね良好な水準であったが、1河川(深谷)では発眼率が低かった。
3. 深谷では砂の堆積量が多く、そのことが卵の発眼率を低下させた原因と考えられた。
4. 親魚放流の対象河川を選定する際は、河床材料の組成、気候、水温、在来個体群の有無といった諸条件を考慮する必要がある。

謝 辞

今回の調査では宮川漁業協同組合、高原川漁業協同組合、

益田川漁業協同組合、馬瀬川下流漁業協同組合の方々にお世話になった。現地調査では同僚諸氏の支援を受けた。ここに記して各位に感謝する。なお、今回の調査の一部は、全国湖沼河川養殖研究会マス類資源研究部会の令和元年度～5年度の連絡試験として試験魚や調査用消耗品の提供を受けて実施した。

文 献

- Argent, D. G. and P. A. Flebbe. 1999. Fine sediment effects on brook trout eggs in laboratory streams. *Fish. Res.*, 39: 253-262.
- Chapman, D. W. 1988. Critical review of variables used to define effects of fines in redds of large salmonids. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 117: 1-21.
- 幡野真隆・吉岡 剛. 2022. イワナの親魚放流試験(2020年). 令和2年度滋賀県水産試験場事業報告: 88.
- 幡野真隆・吉岡 剛. 2023. イワナの親魚放流試験(2021年). 令和3年度滋賀県水産試験場事業報告: 105.
- 岸 大弼・荻谷哲治・徳原哲也. 2009. サケ科魚類の産卵床からのホースポンプによる発眼卵採集方法. *水産技術*, 1: 25-28.
- 岸 大弼・松山幸盛・石徹白隼人・石徹白康晴・上村純也・大津 浩・斉藤 淳・斉藤彰一・安田龍司・佐々木 茂. 2025. 郡上市の桂清水の沢におけるイワナの生息密度. *岐阜県水産研究所研究報告*, 70: 1-7.
- 岸 大弼・佐々木茂・徳田幸憲・徳原哲也. 2020. 溪流魚人工産卵河川における産卵場整備後の土砂の堆積状況. *岐阜県水産研究所研究報告*, 65: 1-10.
- 岸 大弼・徳原哲也. 2012. 飛騨地方南部の飛騨川支流群における魚類相. *岐阜県河川環境研究所研究報告*, 57: 1-10.
- 岸 大弼・徳原哲也. 2013. アマゴ・ヤマメの発眼卵埋設放流の方法. *岐阜県河川環境研究所*, 岐阜県各務原市. 16pp.
- 岸 大弼・徳原哲也. 2017. 岐阜県下呂市馬瀬に整備された人工産卵河川の物理環境およびイワナの産卵状況. *応用生態工学*, 19: 221-231.
- Kondou, T., N. Takeshita, A. Nakazono and S. Kimura. 2001. Egg Survival in a fluvial population of masu salmon in relation to intragravel conditions in spawning redds. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 130: 969-974.
- 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.
- 中村智幸. 1999. 人工産卵場におけるイワナの産卵と産着卵

- のふ化. 日本水産学会誌, 65: 434-440.
- 中村智幸・飯田 遥. 2009. 水産総合研究センター叢書 守る・増やす溪流魚 イワナとヤマメの保全・増殖・釣り場作り. 農山漁村文化協会, 東京. 136pp.
- 中村智幸・岸 大弼・徳原哲也・片岡佳孝・亀甲武志・菅原和宏. 2022. ヤマメ・アマゴの種苗放流の増殖効果の検証. 水産技術, 15: 17-38.
- 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, 67: 105-107.
- 中村智幸・徳田幸憲・高橋剛一郎. 2009. 人工産卵河川におけるイワナの産卵と当歳魚の動態. 応用生態工学, 12: 1-12.
- 野村幸司・古川嵩恭. 2024. サクラマス産卵親魚・降海幼魚増大調査研究 ②産卵場造成及び親魚放流の技術開発. 令和4年度富山県農林水産総合技術センター水産研究所年報: 106-107.
- 野村幸司・北川慎介・古川嵩恭. 2024. サクラマス産卵親魚・降海幼魚増大調査研究 ②産卵場造成及び親魚放流の技術開発. 令和5年度富山県農林水産総合技術センター水産研究所年報: 96-97.
- 佐藤正人・八木澤 優. 2018. 内水面重要魚種の増殖効果を高める研究(サクラマス放流技術の確立). 平成29年度秋田県水産振興センター業務報告書: 186-192.
- 佐藤正人・八木澤 優. 2019. 内水面重要魚種の増殖効果を高める研究(サクラマス放流技術の確立). 平成30年度秋田県水産振興センター業務報告書: 174-178.
- 佐藤正人・八木澤 優. 2020. 内水面重要魚種の増殖効果を高める研究(サクラマス放流技術の確立). 令和元年度秋田県水産振興センター業務報告書: 169-172.
- 佐藤正人・八木澤 優. 2021. 内水面重要魚種の増殖技術の高度化に関する研究(サクラマス資源添加技術の開発・低コスト生産種苗放流効果の実証). 令和2年度秋田県水産振興センター業務報告書: 208-212.
- 佐藤正人・八木澤 優. 2022. 内水面重要魚種の増殖技術の高度化に関する研究(サクラマス資源添加技術の開発・低コスト生産種苗放流効果の実証). 令和3年度秋田県水産振興センター業務報告書: 209-213.
- 佐藤正人・八木澤 優. 2023. 内水面重要魚種の増殖技術の高度化に関する研究(サクラマス資源添加技術の開発). 令和4年度秋田県水産振興センター業務報告書: 225-227.
- 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. 2014. 上流河川に設けた禁漁区におけるイワナ産卵量の増加. 長野県水産試験場研究報告, 15: 12-20.
- 菅原和宏. 2021. イワナの親魚放流試験. 令和2年度滋賀県水産試験場事業報告: 93.
- 高木優也・綱川孝俊・荻原秀剛・佐藤 勉. 2017. ヤマメの親魚放流の効果調査(平成27年度). 栃木県水産試験場研究報告, 60: 43-45.
- 隆島史夫・村井 衛. 2005. 水産増養殖システム 2 淡水魚. 恒星社厚生閣, 東京. 364pp.
- 徳原哲也・岸 大弼. 2013. アマゴ・ヤマメの親魚放流の方法. 岐阜県河川環境研究所, 岐阜県各務原市. 16pp.
- 徳原哲也・岸 大弼・原 徹・熊崎 博. 2010. 河川放流した養殖アマゴ成熟親魚の産卵床立地条件と卵の発眼率. 日本水産学会誌, 76: 370-374.
- 徳原哲也・佐藤正人・大原健一・辻 寛人・岸 大弼. 2019. 人工産卵場におけるヤマメおよびアマゴ卵の発眼率. 水産技術, 11: 91-96.
- 徳原哲也・辻 寛人・大原健一・岸 大弼. 2017. 河川におけるアマゴ養殖雌親魚と先住の雄親魚による自発産卵およびその卵の発眼率. 岐阜県水産研究所研究報告, 62: 15-17.
- 浦邊清治・野村幸司・竹澤野葉. 2020. サクラマス産卵親魚・降海幼魚増大調査研究. 令和元年度富山県農林水産総合技術センター水産研究所年報: 104-108.
- 浦邊清治・野村幸司・竹澤野葉. 2021. サクラマス産卵親魚・降海幼魚増大調査研究. 令和3年度富山県農林水産総合技術センター水産研究所年報: 107-119.
- 浦邊清治・野村幸司・竹澤野葉. 2023. サクラマス産卵親魚・降海幼魚増大調査研究. 令和2年度富山県農林水産総合技術センター水産研究所年報: 109-117.
- Yamada, H. and F. Nakamura. 2009. Effects of fine sediment accumulation on the redd environment and the survival rate of masu salmon (*Oncorhynchus masou*) embryos. Landsc. Ecol. Eng., 5: 169-181.
- 山下耕憲・松原利光・神澤裕平・鈴木究真・カルロス アウグスト ストルスマン. 2023. 溪流漁場における禁漁区設定による増殖効果の定量化. 日本水産学会誌, 89: 345-352.
- 横田賢史・中村智幸・渡邊精一・高橋悟史. 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: 25-29.