

資 料

# 人工産卵場におけるヤマメおよびアマゴ卵の 発眼率

徳原哲也\*<sup>1</sup>・佐藤正人\*<sup>2</sup>・大原健一\*<sup>3</sup>・辻 寛人\*<sup>3</sup>・岸 大弼\*<sup>1</sup>

Egg number and eyed egg rate in artificial spawning sites for masu salmon  
*Oncorhynchus masou masou* and *O. m. ishikawae* in streams

Tetsuya TOKUHARA, Masato SATO, Kenichi OHARA, Hirohito TSUJI and Daisuke KISHI

We compared egg number and the eyed egg rate between artificial and natural spawning sites in streams for both masu salmon *Oncorhynchus masou masou* and red-spotted masu salmon *O. m. ishikawae*. No differences in egg number or eyed egg rate for both subspecies were found between the artificial and natural spawning sites. Artificial spawning sites may enhance reproduction of masu salmon and red-spotted masu salmon in degraded streams.

キーワード：溪流魚, 増殖, 親魚放流, 産卵床  
2017年8月25日受付 2019年1月10日受理

日本の河川や湖沼には、第五種共同漁業権の対象水域が多数存在する。第五種共同漁業権は漁業法に基づいて都道府県知事が免許するもので、免許を受けた漁業協同組合には漁業権対象魚種の増殖が義務付けられている。溪流では、ヤマメ *Oncorhynchus masou masou* およびアマゴ *O. m. ishikawae*, イワナ *Salvelinus leucomaenis* が主要な漁業権対象魚種となっている（中村・飯田2009）。これら溪流魚の増殖義務の履行方法として、長年にわたって稚魚放流や発眼卵放流が漁業協同組合により実施されてきた（中村・飯田2009）。しかし、全国の溪流における稚魚放流個体、発眼卵放流個体、野生（自然繁殖）個体の調査事例を収集して解析した研究では、野生個体は放流個体よりも生残率が高いことが示唆されている（水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部2013）。こうした背景から、近年、野生個体が水産資源として重要視されている。

国内の溪流の多くは、防災や利水を目的とする河川工

作物が多数設置されており、それに伴う河床材料組成の改変によって溪流魚の産卵適地は減少していると考えられる（柳井ら1996, 石原ら2009）。そうした背景から、野生個体の自然繁殖を促進する技術として人工産卵場の造成が注目されている。これまで人工産卵場の実地調査は、特に栃木県の利根川水系で進められてきた（中村1999, 土居ら2000）。中村（1999）は、人工産卵場と自然産卵場に形成されたイワナの卵室を発掘して卵数とその発眼率を調査し、人工産卵場と自然産卵場の卵数に有意差がないこと、発眼率は人工産卵場の方が高いことを確認しており、人工産卵場の造成が自然繁殖に寄与することを実証している。また、土居ら（2000）は、それとは別の事例でイワナだけでなくヤマメの産卵行動も確認しており、人工産卵場の造成がヤマメにも適用可能な技術であることを示唆している。これらの結果をもとに、ヤマメおよびアマゴ、イワナを対象とした人工産卵場の造成技術の普及が2010年頃から本格化している（中村・

\*<sup>1</sup> 岐阜県水産研究所下呂支所

〒509-2592 岐阜県下呂市萩原町羽根2605-1

Gero Branch, Gifu Prefectural Research Institute for Fisheries and Aquatic Environments, 2605-1 Hane, Hagiwara, Gero, Gifu 509-2592, Japan  
tokuhara-tetsuya@pref.gifu.lg.jp

\*<sup>2</sup> 秋田県水産振興センター

\*<sup>3</sup> 岐阜県水産研究所

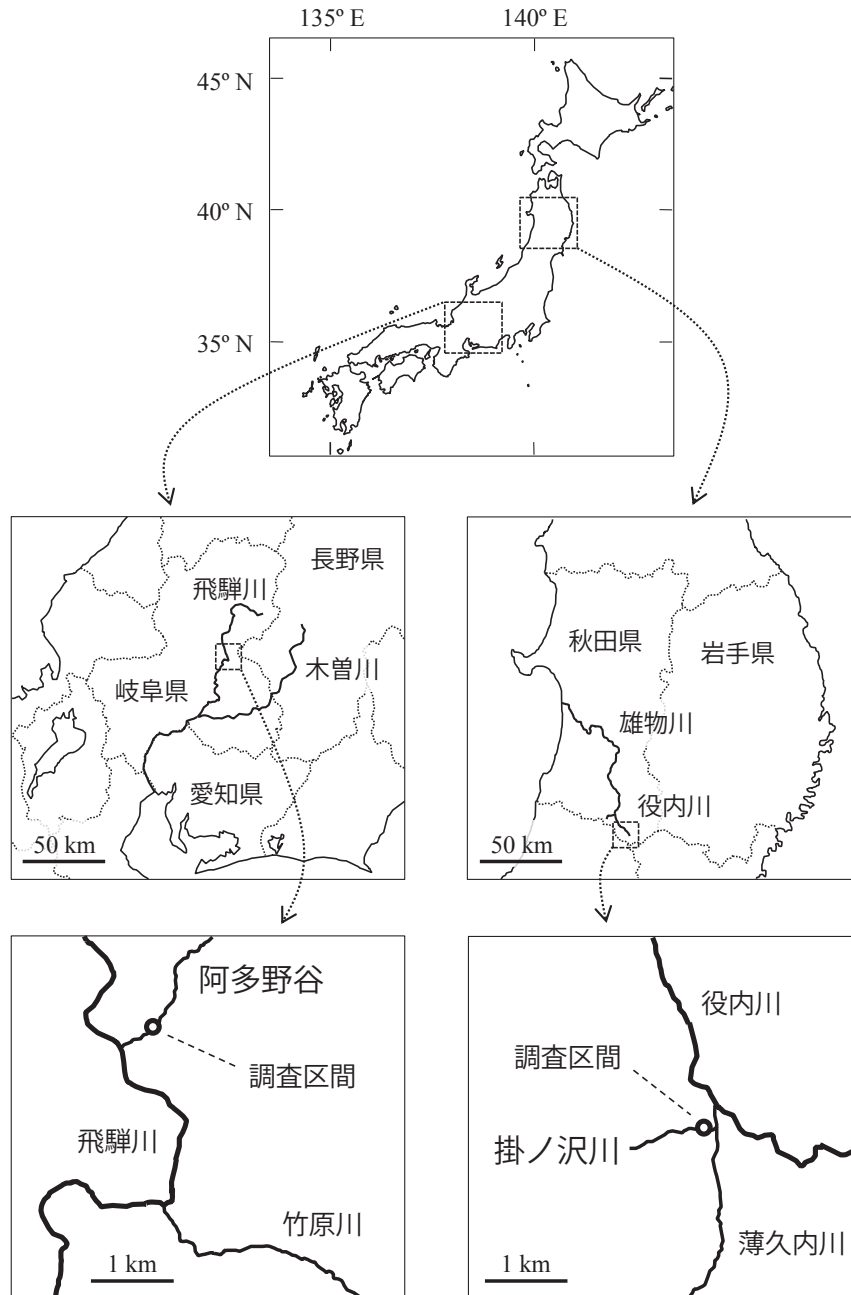


図1. 人工産卵場を造成した木曾川水系阿多野谷および雄物川水系掛ノ沢川の位置

飯田2009)。しかし、土居ら（2000）の事例では、イワナとヤマメの卵室を区別せずに調査しているため、ヤマメの卵数と発眼率が正確に評価されておらず、裏付けとなる知見が不足したまま人工産卵場の造成技術の普及が先行しているのが実情である。そこで、本研究では、知見が不足しているヤマメおよびこれまで調査されていなかったアマゴを対象に実地調査を行い、人工産卵場と自然産卵場との間で卵数と発眼率を比較した。

## 材料と方法

本研究では、2009年にアマゴ、2012年にヤマメを対象として調査を実施した。アマゴの調査は、岐阜県下呂

市森地内の木曾川水系飛騨川支流の阿多野谷において実施した（図1）。調査区間の平均水面幅は4.07 m、河床勾配は7.69%、標高は400 m、区間長は36 mであり、2009年10月12日に人工産卵場を1箇所造成した。人工産卵場の造成は、調査区間の上流端付近において中村・飯田（2009）の方法により実施した。まず、河床を鋤簾で耕耘し、礫間に堆積している細粒土砂を流下させた後、礫止め石（粒径>256 mm）を配置した。次に、礫止め石のすぐ上流側の下層に大礫（粒径約100~200 mm、層の厚さ5~10 cm）および上層に砂利（粒径約10~30 mm、層の厚さ5~10 cm）を敷設した（写真1）。礫止めを使用する資材として中村・飯田（2009）が挙げている石（粒径>256 mm）または丸太のうち、阿多野谷では石のみ

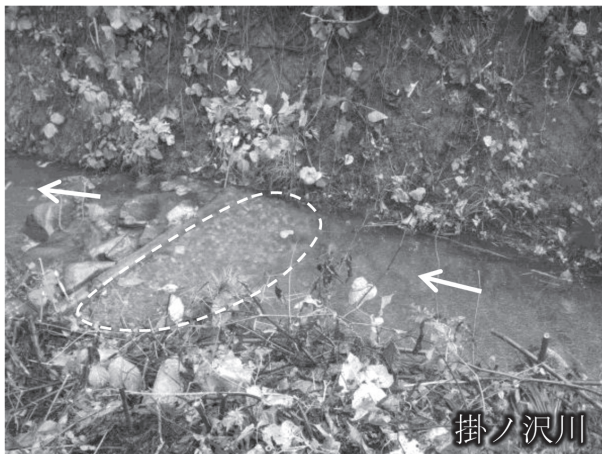
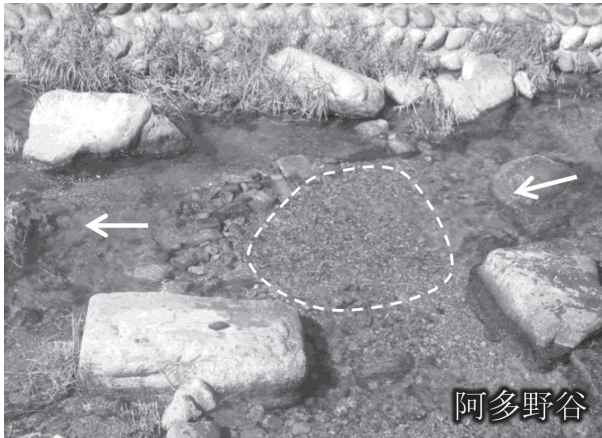


写真1. 造成した人工産卵場  
点線の内部は砂利を敷設した範囲、矢印は流向を示す

を使用した。礫止め石、大礫、砂利は現場およびその周辺の河床にあるものを使用した。造成した人工産卵場の面積は3.04 m<sup>2</sup>であり、調査区間の水表面積に対する割合は2.07%であった。

ヤマメの調査は、秋田県湯沢市秋ノ宮地内の雄物川水系役内川支流薄久内川支流の掛ノ沢川において実施した(図1)。調査区間の平均水面幅は2.08 m、河床勾配は4.23%、標高は255 m、区間長は71 mであり、2012年10月29日に人工産卵場を4箇所造成した。人工産卵場は、調査区間の上流端から10 m、30 m、50 m、60 m付近において中村・飯田(2009)の方法で造成した。礫止めとして石(粒径>256 mm)と丸太(長さ約1.8 m、直径約15 cm)を併用した点以外は、前述の2009年のアマゴの事例と同様の方法で造成した(写真1)。人工産卵場の平均面積および標準偏差は1.23 ± 0.12 m<sup>2</sup>(範囲1.08 ~ 1.36 m<sup>2</sup>)、4箇所計4.91 m<sup>2</sup>であり、調査区間の水表面積に対する割合は3.33%であった。

阿多野谷および掛ノ沢川では、調査区間に野生の成熟親魚も生息しているが、調査年は生息数が少なかったことから、本研究では卵のデータが確実に得られるよう成熟親魚を添加した。阿多野谷では、岐阜県水産研究所下呂支所で継代養殖しているアマゴ(年齢1+)の雌親魚3個体および雄親魚3個体を10月27日に放流した。雌親



写真2. チョウモドキの寄生により黒色の虫食い斑が体表に形成されたアマゴ(上:背面, 下:側面)

魚の平均尾叉長および標準偏差は30.3 ± 3.2 cm(範囲26.8 ~ 33.2 cm)、平均体重および標準偏差は344.1 ± 102.6 g(範囲228.8 ~ 425.2 g)であった。雄親魚の平均尾叉長および標準偏差は360.7 ± 1.6 cm(範囲34.6 ~ 37.8 cm)、平均体重および標準偏差は549.8 ± 96.0 g(範囲453.3 ~ 645.3 g)であった。これらの放流個体は、徳原ら(2010)の親魚放流の事例と同様、体表に寄生したチョウモドキ*Argulus coregoni*による黒色の虫食い斑を標識として代用した(写真2)。

掛ノ沢川では、秋ノ宮イワナ生産組合で継代養殖しているヤマメ(年齢1+)の雌親魚10個体および雄親魚14個体を10月29日の人工産卵場の造成直後に放流した。雌親魚の平均尾叉長および標準偏差は24.1 ± 2.9 cm(範囲20.8 ~ 31.3 cm)、平均体重および標準偏差は172.0 ± 48.0 g(範囲99 ~ 263 g)であった。雄親魚の平均尾叉長および標準偏差は23.6 ± 3.1 cm(範囲17.8 ~ 28.8 cm)、平均体重および標準偏差は163.1 ± 56.0 g(範囲61 ~ 269 g)であった。これらの放流個体は、放流前にリボンタグで標識した(佐藤・藤田2013)。

親魚放流後、2週間の期間、アマゴもヤマメも目視観察を毎日1~2回実施した。目視観察は、調査員1名が7~8時から17~18時またはそれら両方の時間帯に産卵行動を阻害しないよう流路から数m離れた位置で調査区間を

徒歩で移動しながら実施した。産卵行動が確認された場合は、その確認日および親魚の標識の有無を記録した。

その後、卵が外部からの衝撃に比較的強くなる発眼期（積算水温250～300°C）に卵を採集した（河西2005, 桑田・徳原2005）。発眼期は産卵行動の確認日からの経過日数およびその期間の平均水温から積算水温を算出することで推定した。アマゴについては2009年11月24日、ヤマメについては2012年11月28日を発掘日とし、親魚の産卵行動が確認された地点を中心に移植ごとと熊手を使用して発掘した。サケ科魚類では、親魚が掘り返しを行った地点では藻類が付着していない砂利が露出するため、藻類による着色の差異により産卵床の位置を把握することが可能である（岸・徳原2017）。しかし、本研究では、砂利への藻類の付着が不十分であり、目視による産卵床の位置の確認および面積の測定が困難だったため、発掘による卵室の探索および卵の採集のみを実施した。卵室が発見された地点は、人工産卵場とそれ以外に区分し、後者を自然産卵場とした。卵は、ホースポンプ（岸ら2009）や手網を使用して採集した。採集後、卵数を確認した。また、半透明の橙色の状態の卵を生存、一部または全体が白濁した状態の卵を死亡とみなして計数を行い、発眼率を算出した。卵数と発眼率は、Mann-Whitney *U*検定により人工産卵場および自然産卵場との間で比較した。なお、調査期間中の水況は比較的安定しており、河床の形状が改変されるような増水は発生しなかった。

## 結 果

人工産卵場および自然産卵場におけるヤマメの産卵行動は、放流翌日の2012年10月30日および3日後の11月1日に観察された。アマゴの産卵行動は、放流当日の

2009年10月20日夕方から23日にかけて観察された。卵室の箇所数は、ヤマメについては11月28日、アマゴについては11月24日の発掘時に卵の有無を確認した上で確定した。その結果、ヤマメの卵室は、人工産卵場で4箇所、自然産卵場で4箇所が発見された。アマゴの卵室は、人工産卵場で3箇所、自然産卵場で3箇所が発見された。観察された産卵行動はいずれも標識を有する雌親魚によるものだったことから、卵室の多くが親魚放流個体由来のものであり、観察を実施した時間帯以外に野生個体が産卵していた可能性も否定できない。

ヤマメの平均卵数と標準偏差および範囲は、人工産卵場で128.3 ± 47.4粒（58～162粒）、自然産卵場で200.8 ± 116.2粒（48～330粒）であった（表1）。アマゴの平均卵数と標準偏差および範囲は、人工産卵場で148.3 ± 101.6粒（41～243粒）、自然産卵場で244.7 ± 62.3粒（186～310粒）であった。ヤマメもアマゴも、人工産卵場と自然産卵場との間に有意差は認められなかった（ヤマメ、*U* = 12, *p* = 0.34；アマゴ、*U* = 7, *p* = 0.40）。

ヤマメの卵の平均発眼率と標準偏差および範囲は、人工産卵場で92.5 ± 2.5%（86.8～98.1%）、自然産卵場で84.0 ± 8.9%（70.8～90.0%）であった（表1）。アマゴの卵の平均発眼率と標準偏差および範囲は、人工産卵場で96.8 ± 1.0%（95.7～97.6%）、自然産卵場で89.3 ± 8.6%（79.4～95.0%）であった。ヤマメもアマゴも、人工産卵場と自然産卵場との間に有意差は認められなかった（ヤマメ、*U* = 3, *p* = 0.20；アマゴ、*U* = 0, *p* = 0.10）。なお、ふ化期に移行した発眼卵あるいは発眼前の段階の卵は発見されなかったことから、10月20～23日に観察されたアマゴの産卵および10月30日～11月1日に観察されたヤマメの産卵の以前あるいは以後には、産卵は行われていなかったものと考えられる。

表1. 人工産卵場および自然産卵場におけるヤマメおよびアマゴの卵数と発眼率

亜種	産卵場	発眼卵数 (粒)	死卵数 (粒)	卵数 (粒)	発眼率 (%)
ヤマメ	人工	142	7	149	95.3
		159	3	162	98.1
		52	6	58	89.7
		125	19	144	86.8
	平均 ± SD	119.5 ± 47.1	8.8 ± 7.0	128.3 ± 47.4	92.5 ± 2.5
	自然	297	33	330	90.0
34		14	48	70.8	
197		26	223	88.3	
175		27	202	86.6	
平均 ± SD	175.8 ± 108.4	25.0 ± 8.0	200.8 ± 116.2	84.0 ± 8.9	
アマゴ	人工	236	7	243	97.1
		154	7	161	95.7
		40	1	41	97.6
		平均 ± SD	143.3 ± 98.4	5.0 ± 3.5	148.3 ± 101.6
	自然	174	12	186	93.5
		226	12	238	95.0
246		64	310	79.4	
平均 ± SD		215.3 ± 37.2	29.3 ± 30.0	244.7 ± 62.3	89.3 ± 8.6

## データの検証

本研究では、ヤマメおよびアマゴが人工産卵場を利用することが実際に確認された。ヤマメおよびアマゴのいずれについても、人工産卵場と自然産卵場との間に卵数の有意差は認められなかった。自然産卵場の卵数は、ヤマメが48～330粒およびアマゴが186～310粒あったのに対し、人工産卵場ではヤマメが58～162粒およびアマゴが41～243粒と、人工産卵場がやや少ないように見受けられる。今回の解析では、事例数が不十分だったために有意差が検出されなかった可能性も考慮する必要がある。

人工産卵場における卵の発眼率は、ヤマメで86.8～98.1%、アマゴで95.7～97.6%だった。自然産卵場におけるサクラマス*O. m. masou*野生個体では、北海道の厚田川水系で0～91.9%（杉若ら1994）および見市川水系で19.7～91.2%（青山・畑山1994）、秋田県の米代川水系で70.8～98.6%（佐藤ら2016）と報告されている。本研究の人工産卵場における発眼率は、自然産卵場におけるサクラマス野生個体の事例と遜色ないことが確認された。このことから、現在、普及が進められている人工産卵場の造成技術（中村・飯田2009）がイワナだけでなく、ヤマメおよびアマゴにも適用可能であることが示唆された。

現在、溪流魚の増殖義務の履行方法として最も定着しているのは稚魚放流である（中村・飯田2009）。稚魚放流は、完全養殖技術が確立されて種苗が流通するようになった1970年代に普及が開始されて以来、漁業協同組合の多くが継続して実施している（中村ら2012）。その一方で、人工産卵場の造成は、2000年頃に確立された比較的新しい技術であり、普及の途上にあるほか、増殖義務の履行方法として認められているのは一部の県に留まっている。人工産卵場の造成がイワナだけでなく、ヤマメおよびアマゴにも適用可能な技術であることは、中村（1999）、土居ら（2000）および本研究により裏付けられた。今後、これらの結果をもとに、溪流魚の増殖義務の履行方法として人工産卵場の造成が採用されることが望まれる。また、放流個体は、野生個体よりも生残率が低いことから（水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部2013）、今後の漁業協同組合の増殖事業では野生個体の持続的利用を考慮することが望まれる。人工産卵場の造成は、野生個体の自然繁殖を促進する技術として期待されることから、引き続き、漁業協同組合への普及に取り組む必要がある。

## データ利用の注意点

人工産卵場における産卵数について、有意差は認められなかったものの、自然産卵場よりも少ない可能性がある。今後、引き続き実地調査を行い、事例数を増加さ

せ、あらためて評価するとともに、人工産卵場の造成技術の問題点の把握、改善方法の考案をしていくことが望まれる。

発眼率に関しては、人工産卵場が自然産卵場と遜色ないことが確認された。ただし、この結果は、自然産卵場の重要性を否定するものではない。人工産卵場の造成は、産卵適地が減少した河川における溪流魚の増殖方法としては有望である。しかし、野生個体の自然繁殖を促進する技術とはいえ河川環境を人為的に改変する行為であることや造成作業に時間と労力を要することに留意しなければならない。河川におけるヤマメ・アマゴ個体群の長期的な存続のためには自然産卵場の保全を第一に検討するべきであり、人工産卵場の造成は次善の策であることを認識しておく必要がある。

## 謝 辞

岐阜県下呂市の益田川漁業協同組合各位や秋田県湯沢市の雄勝漁業協同組合各位および秋ノ宮イワナ生産組合の菊地 勇氏には、人工産卵場の造成や産卵行動の観察などで協力していただいた。国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所内水面研究センターの中村智幸博士には、人工産卵場の造成方法について助言を仰いだ。ここに記して各位に感謝する。

## 文 献

- 青山智哉・畑山 誠（1994）見市川におけるサクラマス天然産卵床について。魚と水, **31**, 71-73.
- 土居隆秀・糟谷浩一・中村智幸（2000）在来水産資源生態調査研究-イワナ、ヤマメの人工産卵場造成試験-（平成7年度～平成10年度）。栃木水試研報, **43**, 80-88.
- 石山信雄・渡辺恵三・永山滋也・中村太士・剣持浩高・高橋浩揮・丸岡 昇・岩瀬晴夫（2009）河床の岩盤化が河川性魚類の生息環境に及ぼす影響と礫河床の復元に向けた現地実験の評価。応用生態工学, **12**, 57-66.
- 河西一彦（2005）ヤマメ。「水産増養殖システム2 淡水魚」（隆島史夫・村井 衛 編），恒星社厚生閣，東京，pp. 69-75.
- 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・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.
- 桑田知宣・徳原哲也（2005）アマゴ（サツキマス）。「水産増養殖システム2 淡水魚」（隆島史夫・村井 衛 編），恒星社厚生閣，東京，pp. 57-67.
- 中村智幸（1999）人工産卵場におけるイワナの産卵と産卵のふ化。日水誌, **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。社団法人

農山漁村文化協会, 東京, 136p.

中村智幸・岸 大弼・徳原哲也・久保田仁志・亀甲武志・坪井潤一  
(2012) 在来溪流魚 (イワナ類, サクラマス類): 利用, 増殖, 保  
全の現状と課題. 魚雑, **59**, 163 - 167.

佐藤正人・藤田 学 (2013) 生物の多様性に配慮した内水面増養殖  
技術の確立に関する研究 (サクラマスの水系別増殖技術の確立)  
(調査). 平成24年度秋田水振七業報, pp. 270 - 278.

佐藤正人・菊池賢一・坪井潤一 (2016) サクラマス雄の生活史型と  
産卵環境および発眼率の関係. 日水誌, **82**, 581 - 586.

杉若圭一・川村洋司・竹内勝巳・鈴木研一・永田光博・宮本真人 (1994)  
厚田川におけるサクラマス天然産卵量と生残率. 魚と水, **31**,  
75 - 82.

水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部 (2013) マス類の  
効果的な増殖手法の開発. 「地域の状況を踏まえた効果的な増  
殖手法開発事業研究報告書」(水産総合研究センター増養殖研  
究所内水面研究部編), 水産庁, 東京, pp. 62 - 86.

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生残率. 日水誌, **76**, 370 -  
374.

柳井清治・永田光博・積丹川共同調査グループ (1996) 河川改修が  
サクラマス *Oncorhynchus masou* (BREVOORT) の産卵環境に  
及ぼす影響. 砂防学会誌, **49**, 15 - 21.