

## 溪流魚人工産卵河川の水温

岸 大弼, 松山幸盛<sup>1</sup>, 佐々木 茂<sup>2</sup>, 徳田幸憲<sup>3</sup>

Water temperature in two artificial spawning channels of stream-dwelling salmonid in Gifu, central Japan

DAISUKE KISHI, YUKIMORI MATSUYAMA, SHIGERU SASAKI AND YUKINORI TOKUDA

溪流魚人工産卵河川は、旧河道または水路の転用、あるいは陸域の掘削により流路を造成した後、水深、流速、河床材料といった条件を調整してイワナ *Salvelinus leucomaenis* などの産卵適地を整備したものである(中村ほか, 2009)。国内の溪流には、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(柳井ほか, 1996; 石山ほか, 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のひとつとして人工産卵河川の造成が実施されている。国内ではこれまでに岐阜県、長野県、山梨県で計 5 事例があり、そのうち 3 事例が岐阜県内で実施されたものである(中村ほか, 2009; 沢本, 2009; 山梨県水産技術センター, 2013; 岸・徳原, 2017; 岸ほか, 2017, 2019)。

人工産卵河川では、単に導水するだけでは産卵適地が形成されないため、産卵場の整備作業が毎年必要である(岸・徳原, 2017; 岸ほか, 2019)。人工産卵河川における産卵場の整備は、自然河川における人工産卵場の整備方法(中村, 1999b)と同様、底面の掘削、堆積土砂の除去、礫止め石の配置を実施した後、そのすぐ上流側の下層に大礫および上層に砂利を敷設するという手順で行われている(中村・飯田, 2009)。こうした産卵場の整備作業は、溪流魚の産卵期の前に実施することとされている(中村ほか, 2007)。本州における産卵期の水温については、イワナが 6°C、7-10.5°C、10.7°C(丸山, 1981; 中村, 1999a; 岸・徳原, 2017)、ヤマメ *Oncorhynchus masou masou* やアマゴ *O. m. ishikawae* が 9-11°C、9-13°C といった情報がある(白石ほか, 1957; 丸山, 1981)。産卵場の整備作業は、人工産卵河川がそれらの水温となる前に実施することが望ましい。しかし、県内の人工産卵河川では、水温に関する知見が十分に蓄積されておらず、整備作業の実施日は経験則によって判断されてきたのが実情である。また、人工産卵河川は稚魚の生息場所としての機能も期待されるが、稚魚の生息が可能な水温かどうかはまだ確認されていない。本研究では郡上市白鳥町石徹白および高山市奥飛騨温泉郷の人工産卵河川において水温を調査し、産卵場の整備作業の適期ならびに稚魚の生息の適否について検討した。

キーワード: 石徹白川人工産卵河川、蒲田川人工産卵河川、ヤマメ・アマゴ、イワナ、産卵期

### 材料と方法

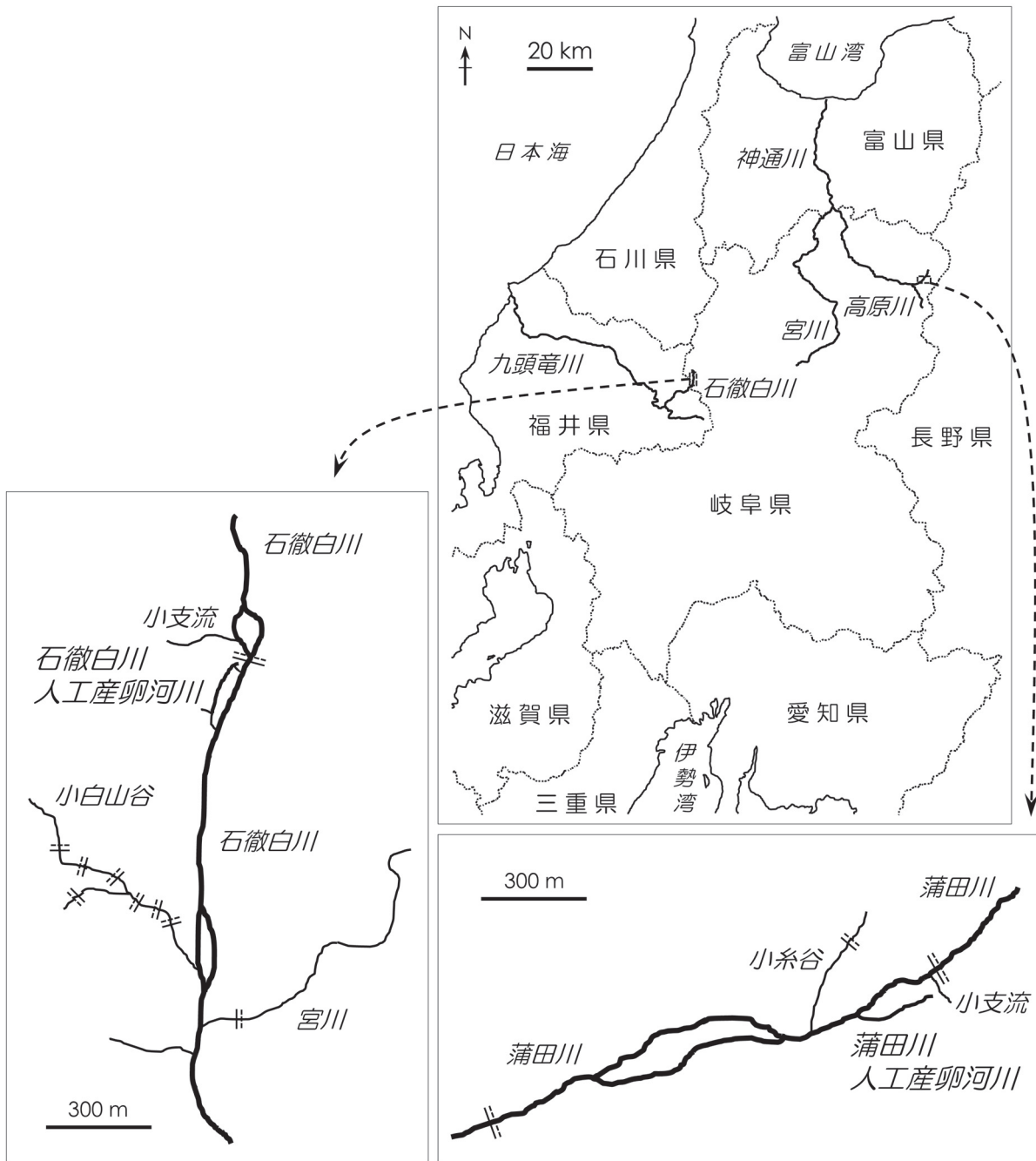
郡上市白鳥町石徹白の人工産卵河川では 2019 年 10 月から 2022 年 9 月にかけて、高山市奥飛騨温泉郷の人工産卵河

川では 2019 年 11 月から 2022 年 10 月にかけて水温を調査した(第 1 図)。以降、本報では、前者を石徹白川人工産卵河川、後者を蒲田川人工産卵河川と表記する。なお、岐阜県内には下呂市馬瀬川上の馬瀬川人工産卵河川の事例もあるが

1 郡上市

2 石徹白漁業協同組合

3 高原川漁業協同組合



第1図 石徹白川人工産卵河川（郡上市白鳥町石徹白）および蒲田川人工産卵河川（高山市奥飛騨温泉郷）の位置

（岸・徳原，2017，岸ほか，2019）、現在、そこでは産卵場の整備作業が実施されていないため、今回は調査の対象としなかった。

石徹白川人工産卵河川は、2009年に九頭竜川水系石徹白川右岸側の陸域を掘削して造成されたもので、区間長は146 m、平均水面幅は1.2 mである（岸ほか，2019）。この人工産卵河川では、2017年まではイワナの産卵のみが確認されていたが、2018年以降はヤマメ・アマゴも産卵するようになって

いる（岸，未発表）。なお、九頭竜川水系は、本来はサクラマス・ヤマメの分布域である（鈴野，2000）。しかし、それらはダム建設によって1920年代に減少していたとされ、その対策として1929年、1930年、1941年に長良川水系からアマゴが導入された経緯があり（鈴野，2000）、現在はヤマメとアマゴが混生している。人工産卵河川の水源は、石徹白川本流の表流水、北方約200 m付近にある小支流の表流水、隣接する堰堤の間隙から流出する水である。水量の割合は、堰堤の間隙から

流出する水の割合は小さく、石徹白川本流の表流水および小支流の表流水が主体である。人工産卵河川は、146 m 流下した後、前述の水源とは別の小支流と合流している。この小支流は西方の山際の湧水を起源とするもので、湧出地点から人工産卵河川との合流点までの区間長は 34 m、平均水面幅は 1.0 m である。この小支流と人工産卵河川との合流点から石徹白川本流への流入地点までの区間長は 60 m、平均水面幅は 1.4 m である。人工産卵河川の上流端から石徹白川本流への流入地点までの距離は計 206 m である。水温は、自記式水温計 (HOBO MX ティドビット、Onset 社) を人工産卵河川の上流端から 20 m 付近に設置して 1 時間おきに測定した。

蒲田川人工産卵河川は、2005 年に神通川水系高原川支流の蒲田川左岸側の小支流の跡を転用して造成されたものである (中村ほか, 2009)。造成当初の区間長は 270 m、平均水面幅は 1 m であったが、近年の区間長は 272 m、平均水面幅は 1.6 m である (岸ほか, 2019)。この人工産卵河川では、当初はイワナの産卵のみが確認されていたが (中村ほか, 2007, 2009)、2016 年以降はヤマメも産卵するようになっている (徳田, 未発表)。水源は、蒲田川本流の堰堤の水平ボーリング穴からの流出水および隣接する小支流の表流水である。そのほか、人工産卵河川の上流端から 70 m 付近の流路内に少規模な湧水が存在する。水量の割合は、流路内の湧水は小さく、堰堤の水平ボーリング穴から流出する水および小支流の表流水が主体である。水温は、自記式水温計 (ティドビット V2、Onset 社) を人工産卵河川の上流端から 200 m 付近に設置して 1 時間おきに測定した。

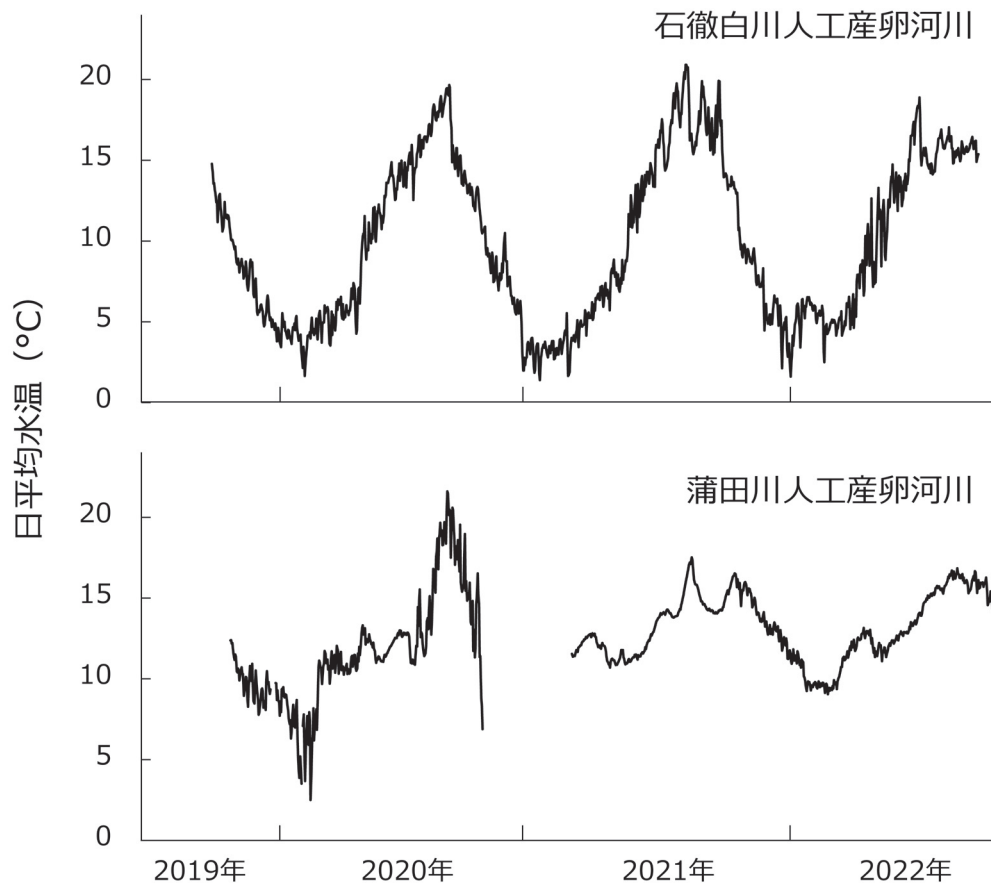
上記の水温計の回収後、それぞれの人工産卵河川における日平均水温を算定し、夏季の最高水温および冬季の最低水温を確認した。また、秋季の水温からイワナおよびヤマメ・アマゴの産卵期を推定した。ヤマメ・アマゴの産卵期の水温は 8-11°C あるいは 9-13°C (白石ほか, 1957; 丸山, 1981)、養殖場における卵管理の適温は 8-11°C とされている (立川ほか, 1969)。また、受精からふ化期にかけて卵を 80% 以上生残させるために必要な水温は 13.8°C 以下と考えられている (岸・藤井, 2022)。イワナの産卵期の水温は 6°C、7-10.5°C、10.7°C とされているほか (丸山, 1981; 中村, 1999a; 岸・徳原, 2017)、産卵期最終日の水温は平均 6°C という事例がある (中村, 1999b)。また、受精からふ化期にかけて卵を 80% 以上生残させるために必要な水温は 11.06°C 以下と考えられている (岸, 2023)。本研究では、それらの情報をもとにヤマメ・アマゴ卵の適温を 8-13.8°C、イワナ卵の適温を 6-11.06°C と定義し、人工産卵河川の日平均水温にそれらの適温を照合して両種の産卵期を推定した。この推定は、欠測期間のある年を除いて石徹白川人工産卵河川の 2019-2021 年および蒲田川人工産

卵河川の 2019 年と 2021 年を対象とした。産卵期は、秋季に水温 8-13.8°C および 6-11.06°C の日が連続していた時期のうち最も長いものと定義した。

## 結果および考察

石徹白川人工産卵河川における夏季の最高水温は、2020 年は 9 月 2 日の 19.7°C、2021 年は 8 月 12 日の 17.5°C、2022 年 7 月 2 日の 18.9°C であった (第 2 図)。冬季の最低水温は、2020 年は 2 月 10 日の 1.6°C、2021 年は 1 月 9 日の 1.4°C、2022 年は 1 月 1 日の 2.5°C であった。蒲田川人工産卵河川では、水温計が故障したために 2019 年 12 月下旬ならびに 2020 年 10 月下旬から 2021 年 2 月中旬にかけてが欠測となった。夏季の最高水温は、2020 年は 8 月 30 日の 21.6°C、2021 年は 8 月 4 日の 20.9°C、2022 年 8 月 24 日の 16.8°C であった。冬季の最低水温は、2020 年は 2 月 18 日の 2.5°C、2021 年は欠測、2022 年は 2 月 21 日の 9.0°C であった。蒲田川人工産卵河川の周辺は標高 900 m 以上の寒冷地かつ多雪地であるが、事前に実施した予備調査により、蒲田川本流の水温は温泉の影響で冬季でも 10°C 前後と高いこと、堰堤の水平ボーリング穴からの流出水はそれに類似した水温であることが確認されている。その一方で、小支流の水温はそれより低いことが観察されている。調査期間中、蒲田川人工産卵河川では 2020 年 7 月の豪雨によって堰堤の水平ボーリング穴および小支流の取水施設が損壊し、それらから取水できない状態となった。その後、10 月に復旧するまでの間は、上流部は干出し、70 m 付近から下流側は小規模な湧水でかろうじて流路が形成されている状態であった。また、2021 年 8 月の豪雨でも小支流の取水施設が損壊し、小支流から取水できない状態となった。その後、10 月に復旧するまでの間は、主に水平ボーリング穴の水で流路が維持されていた。しかし、2021 年は前年と異なり、取水施設の復旧後も小支流からの取水量が不安定な状態が続いていた。以上のように、蒲田川人工産卵河川では 2021 年の秋季から冬季にかけて水平ボーリング穴の流出水が十分に冷却されなかったため、蒲田川本流に類似する高水温が続いたものと考えられる。

夏季の最高水温については、年変動があるものの、石徹白川人工産卵河川では約 17-20°C、蒲田川人工産卵河川では約 17-22°C であった。アママス *S. leucomaenis* およびサクラマス *O. m. masou* を対象とした水槽実験では、それぞれ 24°C および 26°C 以上になると採餌量が減少することが確認されているほか (Takami et al., 1997; Takami and Sato, 1998)、サクラマスでは 24°C 以上になると成長が停滞することも確認されている (佐藤ほか, 2001)。夏季の水温は石徹白川人工産卵河



第2図 石徹白川人工産卵河川および蒲田川人工産卵河川における日平均水温

川が20°C以下、蒲田川人工産卵河川が22°C以下であり、いずれの人工産卵河川もイワナおよびヤマメ・アマゴの適温であることが確認された。

冬季の最低水温については、石徹白川人工産卵河川は約1-3°Cであった。これは主な水源である石徹白川本流や北方約200m付近にある小支流の水温に準ずるものと推測され、自然河川に類似した水温であると考えられる。蒲田川人工産卵河川の最低水温は、2020年2月は2.5°Cであったのに対して2022年2月は9.0°Cと差異が大きかった。これは、2020年と2022年で水源の状況が異なるためと考えられる。2020年2月は2.5°Cと低い値であった。この時は、小支流から安定的に取水できていたため、堰堤の水平ボーリング穴からの流出水が冷却されていたものと考えられる。一方、2022年2月は水平ボーリング穴の流出水が十分に冷却されなかったため、2020年2月より高くなったものと考えられる。

石徹白川人工産卵河川でヤマメ・アマゴ卵の適温である8-13.8°Cおよびイワナ卵の適温である6-11.06°Cが記録された日は第1表の通りであった。ヤマメ・アマゴの産卵期は、2019年は10月3日から11月14日にかけて、2020年は9月26

日から11月3日にかけて、2021年は10月9日から11月11日にかけてと推定された。イワナの産卵期は、2019年は10月26日から12月3日にかけて、2020年は10月17日から12月3日にかけて、2021年は10月18日から11月23日にかけてと推定された。これらの結果から、産卵期は年によって若干前後するものの、産卵場の整備作業は9月下旬までに実施しておくのが適切と考えられる。

蒲田川人工産卵河川でヤマメ・アマゴ卵の適温である8-13.8°Cおよびイワナ卵の適温である6-11.06°Cが記録された日は第1表の通りであった。ヤマメ・アマゴの産卵期は、2019年は11月1日から12月5日にかけて、2021年は11月23日から12月31日にかけてと推定された。イワナの産卵期は、2019年は11月5日から12月23日にかけてが産卵期であると推定された。これらの結果から、産卵期は年によって若干前後するものの、産卵場の整備作業は10月下旬までに実施しておくのが適切と考えられた。なお、小支流からの取水量が不足していた2021年の秋季はイワナ卵の適温が記録された日はなく、翌年1月まで11.06°C以上の日が連続していた。イワナの産卵期は地域によって変動するが、概ね10-11月であり

第 1 表 石徹白川人工産卵河川と蒲田川人工産卵河川において日平均水温が 8-13.8°C (ヤマメ・アマゴ卵の適温) および 6-11.06°C (イワナ卵の適温) を記録した日

調査地	年	8-13.8°C を記録した日	6-11.06°C を記録した日
石徹白川	2019	10/3-11/14、11/18・19、11/26-29	10/16・17、10/26-12/3、12/10、12/18-20
人工産卵河川	2020	4/30-6/8、6/16-20・24・28・29、7/3・13、 9/20-22、9/26-11/3、11/7・8、11/16-23	3/9・26、3/28-4/1、4/4・9、4/15-21、4/25-5/4、 5/6-10、5/11-16、5/20・21・29、10/17-12/3、 12/8・12
	2021	4/20-25、4/27、5/6、5/8-6/2、6/4-6、 6/8-9、6/13、6/19-21、10/2-7、 10/9-11/11、11/22	3/24・27、3/29-4/8、4/10-17、4/19-5/14、 5/17・20・27、10/18-11/23、11/26、12/7-12、 12/16
	2022	4/9-12、4/16-26、4/28・30、5/2-22、5/24、 5/26-29、5/31-6/2、6/4、6/6-11、6/13・15	1/10・16・17、1/23-30、2/3、3/21・23・24・29・30、 4/2、4/4-24、4/26-5/3、5/9・10、5/14-17
蒲田川	2019	11/1-12/5、12/8-23	11/5-12/23
人工産卵河川	2020	1/1-4、1/8-17、1/24・28・29、2/22・25、 2/28-7/18、7/20、7/23-8/3、8/6-8、 10/2・3、10/6-9、10/15-18	1/1-30、2/7・8、2/12-14・16・17、2/20-29、3/2-8、 3/11・12、3/14-17・20・24・29・30、4/2-15・18、 4/22-24、5/21・31、7/9-11、7/13-15、10/17-19
	2021	2/23-6/26、7/17、11/17-20、11/23-12/31	4/14-19、4/25-29、5/9-13、5/16
	2022	1/1-6/28	1/1・8・12・14、1/17-3/13

\* 調査期間は、石徹白川人工産卵河川が 2019 年 10 月から 2022 年 9 月にかけて、蒲田川人工産卵河川が 2019 年 11 月から 2022 年 10 月にかけて(2019 年 12 月下旬、2020 年 10 月下旬から 2021 年 2 月中旬にかけては欠測)

(丸山, 1981; 中村, 1999b; 竹内, 2010; 岸・徳原, 2017)、短日期に産卵していると考えられる。蒲田川人工産卵河川の 2005 年の事例ではイワナの産卵は 11 月 8 日から 25 日にかけて観察されており(中村ほか, 2009)、産卵期は他の事例と同様といえる。そのため、2021 年の蒲田川人工産卵河川において、イワナが冬至を過ぎて長日期に入った翌年 1 月の 11.06°C 以下に低下する日まで産卵を遅らせていたとは考えにくい。仮に 2021 年の産卵期が 2005 年の事例(中村ほか, 2009)と同様の期間であったとすると、イワナは水温 13.2-15.0°C (平均 14.0°C) のときに産卵していたことになる。岸(2023)が提示している一般化線形モデルにこの平均水温 14.0°C を代入すると 2021 年のイワナの卵の生残率は 10.4% と推定されることから、この年は高水温によってイワナの再生産が阻害されていた可能性がある。人工産卵河川の増殖効果を回復させるためには、低温の水源を確保することが不可欠である。今後は、小支流から安定的に取水できるよう改善策を講じる必要がある。

## 要 約

1. 石徹白川人工産卵河川および蒲田川人工産卵河川において水温を調査した。

2. 石徹白川人工産卵河川では、早い年は 9 月下旬にヤマメ・アマゴの産卵が始まると推定された。産卵場の整備作業はそれまでに実施しておくのが適切と考えられた。
3. 蒲田川人工産卵河川では、早い年は 11 月上旬にヤマメの産卵が始まると推定された。産卵場の整備作業はそれまでに実施しておくのが適切と考えられた。
4. 蒲田川人工産卵河川では、高水温によってイワナの再生産が阻害されている可能性が示唆された。今後は、小支流から安定的に取水できるよう改善策を講じる必要がある。

## 文 献

- 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.
- 岸 大弼. 2023. イワナ卵の発眼期およびふ化期の上限水温の推定. 岐阜県水産研究所研究報告, 68: 1-5.
- 岸 大弼・藤井亮吏. 2022. アマゴ卵の発眼期およびふ化期の上限水温の推定. 岐阜県水産研究所研究報告, 67: 7-12.
- 岸 大弼・佐々木 茂・徳田幸憲・徳原哲也. 2019. 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. 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.
- 岸 大弼・上田利章・徳田幸憲・徳原哲也. 2017. 溪流魚人工産卵河川における産卵場整備での砂利の使用量. 岐阜県水産研究所研究報告, 62: 9-13.
- 丸山 隆. 1981. ヤマメ *Salmo (Oncorhynchus) masou masou* (BREVOORT) とイワナ *Salvelinus leucomaenis* (PALLAS) の比較生態学的研究 I. 由良川上谷における産卵床の形状と立地条件. 日本生態学会誌, 31: 269-284.
- 中村智幸. 1999a. 鬼怒川上流におけるイワナ, ヤマメの産卵床の立地条件の比較. 日本水産学会誌, 65: 427-433.
- 中村智幸. 1999b. 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. 農山漁村文化協会, 東京.
- 中村智幸・高橋剛一郎・谷田一三・太田猛彦・徳田幸憲. 2007. 溪流魚の人工産卵河川のつくり方<マニュアル編>. 国土交通省北陸地方整備局神通川砂防事務所, 岐阜県飛騨市.
- 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.
- 佐藤弘和・永田光博・鷹見達也・柳井清治. 2001. 河畔林の被陰がサクラマス成長に及ぼす影響—夏期河川水温を指標とした解析—. 日本林学会誌, 83: 22-29.
- 沢本良宏. 2009. 遠山川に造成した人工産卵河川. 長野県水産試験場水産だより, 29: 3.
- 白石芳一・鈴木喜三郎・玉田五郎. 1957. 三重県馬野川のアマゴに関する水産生物学的研究 第二報 産卵習性に関する研究. 淡水区水産研究所研究資料, 14: 1-17.
- 鈴野藤夫. 2000. 峠を越えた魚 アマゴ・ヤマメの文化誌. 平凡社, 東京.
- 立川 互・本荘鉄夫・田口錠次・熊崎隆夫. 1969. アマゴの飼育について. 岐阜県水産試験場研究報告 昭和 42 年度, 3-47.
- Takami, T., F. Kitano and S. Nakano. 1997. High water temperature influences on foraging responses and thermal deaths of Dolly Varden *Salvelinus malma* and white-spotted charr *S. leucomaenis* in a Laboratory. Fish. Sci., 63: 6-8.
- Takami, T. and H. Sato. 1998. Influence of high water temperature on feeding responses and thermal death of juvenile masu salmon under aquarium settings. Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery, 52: 79-82.
- 竹内康憲. 2010. 信濃川水系破間川の支流におけるニッコウイワナの産卵場所の特性信濃川水系破間川の支流におけるニッコウイワナの産卵場所の特性. 水産増殖, 58: 381-385.
- 山梨県水産技術センター. 2013. 溪流魚の生息場所の造成・復元技術の開発. 水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部 (編), pp.166-199. 渓流域資源増大技術開発事業研究報告書. 水産庁, 東京.
- 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.