

## 飛騨地方の溪流におけるイワナおよびヤマメ・アマゴの産卵地点の 標高・河床勾配・水面幅

岸 大弼, 辻 寛人, 藤井亮吏, 大原健一\*1, 徳原哲也\*2

Altitude, gradient and wetted width of spawning sites of Japanese charr *Salvelinus leucomaenis*, masu salmon *Oncorhynchus masou masou* and red-spotted masu salmon *O. m. ishikawae* in streams of the Hida region, Gifu, central Japan

DAISUKE KISHI, HIROHITO TSUJI, RYOUJI FUJII, KENICHI OHARA AND TETSUYA TOKUHARA

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している。これらの水域では、漁業法に基づく増殖義務が漁業協同組合に課せられており、イワナ *Salvelinus leucomaenis* やヤマメ *Oncorhynchus masou masou*・アマゴ *O. m. ishikawae* を漁業権対象魚種としている漁業協同組合では、これまで増殖義務の履行方法として稚魚放流や発眼卵放流が多用されてきた(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水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部(2013)によれば、それら3者の稚魚期から漁獲可能サイズ(全長 15 cm)到達時期にかけての生残率は、野生個体の方が稚魚放流個体や発眼卵放流個体よりも高いことが示唆されている。こうした背景から、近年、野生個体が水産資源としてあらためて重要視されており、産卵量の増大を目的とした禁漁区の設定(中村ほか, 2001; 重倉ほか, 2014)や人工産卵場の造成(中村, 1999b)が注目されるようになった。

産卵量を効率的に増大させるためには、禁漁区の設定や人工産卵場の造成は、産卵に適した溪流を選定して実施することが望ましい。流域内から禁漁区や人工産卵場の候補となる溪流を抽出する際、産卵地点の標高・河床勾配・河川規模は不可欠な情報といえる。これまで全国各地の溪流において、イワナおよびサクラマス群の産卵に関する研究が比較的多数実施されてきた(白石ほか, 1957; 木村, 1972, 1977; 丸山, 1981; Kondou et al., 2001; 若林ほか, 2002; 佐藤・渡辺, 2004; Yamada and Nakamura, 2009; 今井ほか, 2010; 竹内, 2010; 桑田・徳原, 2011; 内藤, 2015)。しかし、それらは産卵行動・産卵床の微環境・卵の生残状況の調査が主体であり、流域スケールでの産卵地点の分布状況は、杉若ほか(1994, 1999)や中村(1999a)といった少数の事例でしか調査されていない。そこで本研究では、禁漁区や人工産卵場の候補となる溪流の抽出に資する情報の蓄積を目的として、飛騨地方の溪流におけるイワナおよびヤマメ・アマゴの産卵地点の標高・河床勾配・河川規模を調査した(第1図)。

キーワード：溪流魚、産卵床、成熟親魚、水系、流程分布

---

\*1 現所属：岐阜県農政部農村振興課

\*2 現所属：岐阜県農政部農政課水産振興室



第1図 イワナおよびヤマメ・アマゴの産卵地点を調査した飛騨地方とその周辺地域の水系図  
(本流および主要な支流のみ表示)

## 材料と方法

本研究では、飛騨地方（高山市・飛騨市・下呂市・白川村）の溪流において、イワナの産卵地点およびヤマメ・アマゴの産卵地点を調査した（第1図）。また、周辺地域（郡上市・中津川市・東白川村・白川町）の一部の溪流も調査対象とした。調査は、宮川（神通川）水系・木曾川水系飛騨川を中心に、庄川水系・九頭竜川水系・長良川水系を含む計5水系において実施した。これらの水系には、ニッコウイワナ *S. l. pluvius* またはヤマトイワナ *S. l. japonicus* が分布するが（Kawanabe, 1989）、本研究では両亜種を区別せずにイワナという1種として扱った。サクラマス群については、ヤマメまたはアマゴが分布するが、両亜種を区別せずにヤマメ・アマゴという1種として扱った。なお、これらの水系では、降湖型または降海型のサクラマス・サツキマスも出現するが、本研究ではそれらは対象としなかった。

産卵地点の調査は、2006年から2015年にかけて実施した。本研究では、秋季に産卵個体や産卵床が確認された地点あるいは春季に浮上稚魚が確認された地点を産卵地点として扱った。また、滝や堰堤が下流側に存在する区間で、その区間内での再生産が確実と判断されるものについても、滝や堰堤の上流側を産卵地点とみなして調査対象に追加した。ただし、以上の地点のうち、親魚放流（徳原ほか, 2010）に由来する産卵個体や産卵床が混在する可能性がある地点、発眼卵放流（中村・飯田, 2009）や親魚放流に由来する浮上稚魚が混在する可能性がある地点、周辺に養殖場が存在する地点は除外した。

本研究では、確認されたすべての産卵地点において標高と河床勾配を測定した。産卵地点の標高は、国土交通省国土地理院の電子国土ウェブ地理院地図（<http://maps.gsi.go.jp/>、2015年12月11-17・21・22・24日閲覧）を使用して測定した。河床勾配は、公益財団法人岐阜県建設研究センターの県域統合型GISぎふ（<http://www.gis.pref.gifu.jp/search/area.php>、2015年12月11-17・21・22・24日閲覧）を使用して産卵地点付近の標高差25 mあるいは50 mに相当する流路長を測定し、その標高差を流路長で除して算出した。一部の産卵地点については、河川規模の指標として水面幅を測定した。水面幅は、現地調査時に産卵地点付近の任意の4箇所以上において巻尺で測定し、その平均値を算出した。また、イワナの産卵地点およびヤマメ・アマゴの産卵地点の標高・河床勾配・水面幅をMann-WhitneyのU検定により比較した。

## 結果

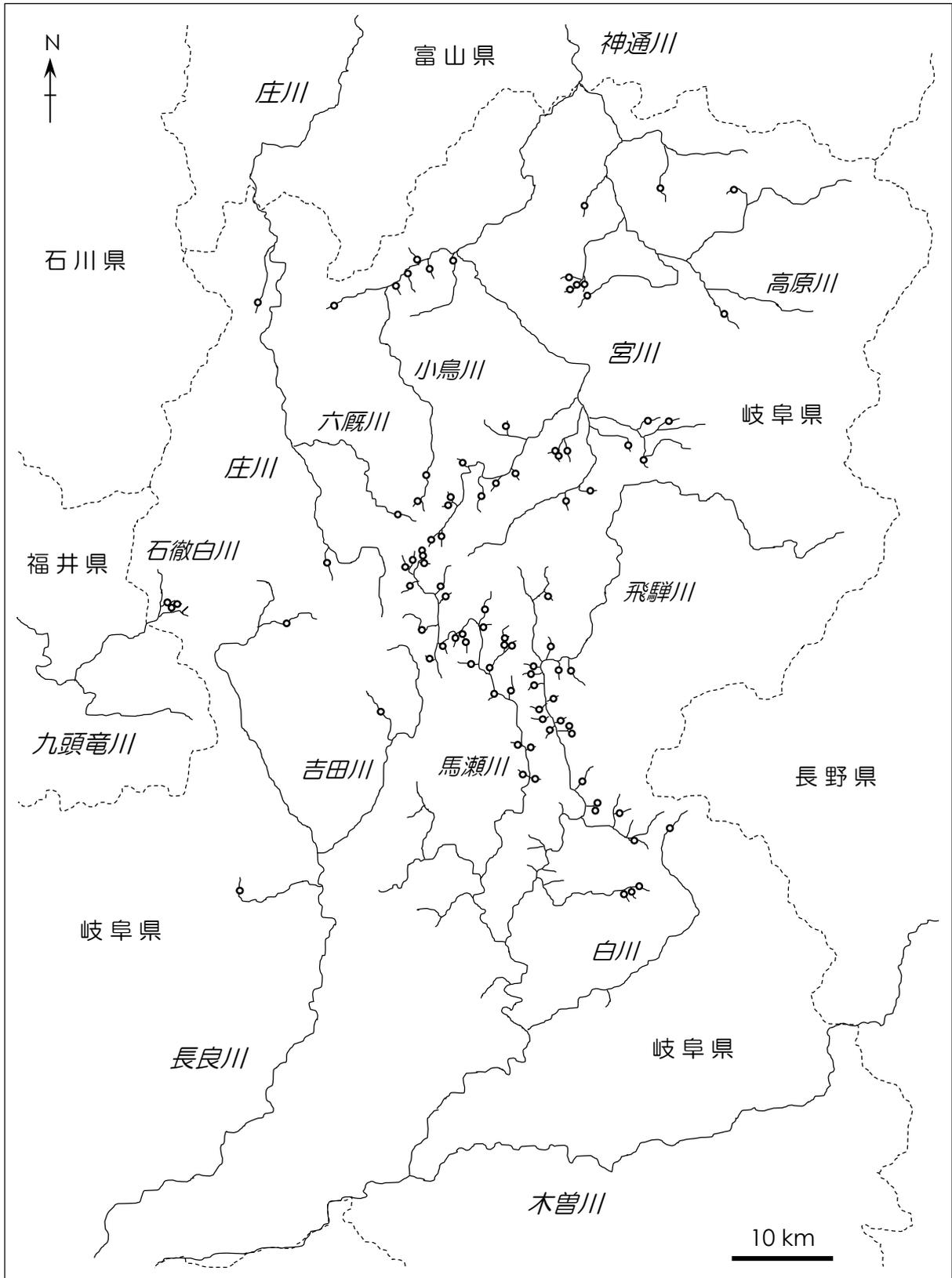
イワナの産卵地点は、宮川水系33地点・庄川水系3地点・九頭竜川水系3地点・木曾川水系48地点・長良川水系3地点の計90地点で確認された（第2図）。標高は90地点すべてで測定し、範囲は360-1480 m、中央値は735.0 m、平均値±標準偏差は750.4±214.1 mだった（第4図）。河床勾配も90地点すべてで測定し、範囲は1.21-27.65%、中央値は8.86%、平均値±標準偏差は9.79±5.97%だった。水面幅は、宮川水系13地点・九頭竜川水系2地点・木曾川水系28地点の計43地点で測定し、範囲は0.84-4.95 m、中央値は2.01 m、平均値±標準偏差は2.25±1.06 mだった。

ヤマメ・アマゴの産卵地点は、宮川水系12地点・庄川水系3地点・九頭竜川水系2地点・木曾川水系39地点・長良川水系3地点の計59地点で確認された（第3図）。標高は59地点すべてで測定し、範囲は205-1120 m、中央値は700.0 m、平均値±標準偏差は683.7±247.6 mだった（第4図）。河床勾配も59地点すべてで測定し、範囲は1.57-13.43%、中央値は6.22%、平均値±標準偏差は6.52±3.46%だった。水面幅は、宮川水系2地点・九頭竜川水系2地点・木曾川水系22地点の計26地点で測定し、範囲は1.38-7.65 m、中央値は3.25 m、平均値±標準偏差は3.48±1.37 mだった。

イワナの産卵地点とヤマメ・アマゴの産卵地点の標高を比較した結果、両種の間には有意差は認められなかった（ $U=2298$ ,  $P=0.165$ ）。河床勾配については、イワナの産卵地点の方がヤマメ・アマゴよりも大きかった（ $U=1840$ ,  $P=0.002$ ）。水面幅については、イワナの産卵地点の方がヤマメ・アマゴよりも小さかった（ $U=254$ ,  $P<0.001$ ）。

## 考察

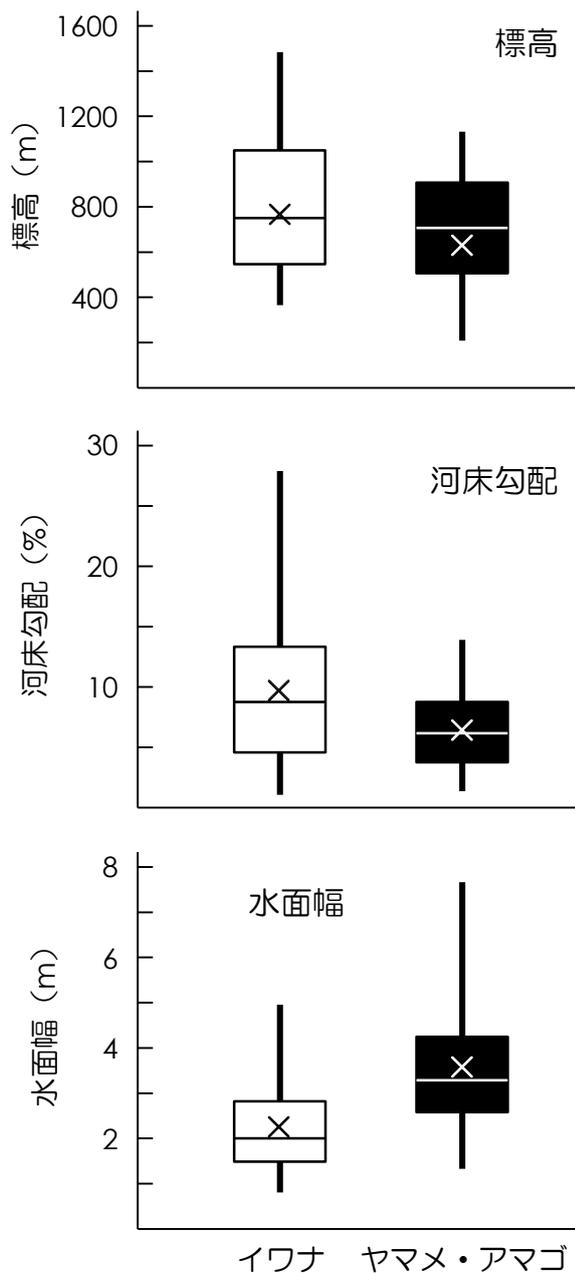
産卵地点の標高は、イワナが360-1480 m、ヤマメ・アマゴが205-1120 mだった（第4図）。飛騨地方の各水系における生息地点の標高の下限は、文献の情報からイワナが350-500 mおよびヤマメ・アマゴが200-400 mと考えられる（秋道, 1979; 岸・徳原, 2012）。飛騨地方の溪流はほぼすべてが200 m以上の地点に位置しているため、イワナについては概ね下限が特定されたと考えられる。一方、ヤマメ・アマゴについては、各水系における下限を特定するには、下流側の美濃地方あるいは富山・福井県内における産卵地点の情報も収集した上で判断する必要がある。一方、上限については、隣接する長野県木曾川水系の事例ではイワナが1600-1700 mおよびアマゴが1330-1380 mの地点での生息



第2図 飛騨地方とその周辺地域で確認されたイワナの産卵地点



第3図 飛騨地方とその周辺地域で確認されたヤマメ・アマゴの産卵地点



第 4 図 飛騨地方とその周辺地域で確認されたイワナおよびヤマメ・アマゴの産卵地点の標高・河床勾配・水面幅(箱ひげ図の箱内の横線は中央値、×は平均値、箱部分は 25-75 パーセントイル、棒線は範囲を示す)

が報告されている(丹羽, 1954)。これらは、本研究の調査地よりも高い地点であり、飛騨地方においてもさらに高所に産卵地点が存在している可能性がある。したがって、本研究のイワナおよびヤマメ・アマゴの産卵地点の標高の範囲は暫定的なものであり、参考値として記載することと定める。今後は、1120 m

以上の高所および 200 m 以下の低所における産卵地点の追加調査が必要である。

イワナの産卵地点の河床勾配は、1.21-27.65%だった(第 4 図)。この範囲は、栃木県鬼怒川支流の産卵地点の 3-6%(中村, 1999a)や新潟県破間川支流の産卵地点の 5%(竹内, 2010)を内包するものだった。また、下限はヤマメ・アマゴの産卵地点と同程度だったが、イワナの方がより河床勾配の大きい地点でも産卵していることが確認された。紀伊半島十津川支流では、河床勾配 28%の地点での生息および産卵が確認されている(佐藤・渡辺, 2004)。著者らが把握している文献の範囲では、本研究の最大 27.65%の産卵地点はその事例に次いで特に大きい河床勾配だった。ただし、北海道渡島半島の溪流では少数ながらも 32-37%の地点での生息事例があるため(Fausch et al., 1994)、飛騨地方でも 28%以上の溪流での情報の収集が望まれる。今後、飛騨地方における上限を特定するためには、本研究の調査範囲よりもさらに河床勾配が大きい溪流で追加調査を実施し、産卵地点の有無を確認する必要がある。

ヤマメ・アマゴの産卵地点の河床勾配は、1.57-13.43%だった(第 4 図)。この範囲は、栃木県鬼怒川支流のヤマメの産卵地点の 3-6%(中村, 1999a)を内包するものだった。山梨県富士川支流では 18.87%(Tsuboi et al., 2010)、大分県大野川支流では 21.1%(木本ほか, 2013)の地点でアマゴの生息が確認されているが、本研究における 14%以上の計 21 地点ではヤマメ・アマゴの産卵地点は確認されていないため、飛騨地方の溪流では 13%付近が上限と考えられた。一方、下限については、北海道では 1%未満の地点でのサクラマス産卵事例(今井ほか, 2010)もあるが、急傾斜地が多い飛騨地方では河床勾配の小さい地点がもともと少ないため、本地方における産卵地点の下限は概ね特定されたと考えられる。

産卵地点の水面幅は、イワナが 0.84-4.95 m、ヤマメ・アマゴが 1.38-7.65 m であり、両種とも河川規模の小さい地点すなわち本流最上流や支流で産卵していることが示唆された(第 4 図)。これらの結果は、他地域のイワナおよびサクラマス群の産卵地点の事例と類似していた(白石ほか, 1957; 木村, 1977; 丸山, 1981; 中村, 1999a; 若林ほか, 2002; 佐藤・渡辺, 2004; 内藤, 2015)。しかし、新潟県破間川支流のイワナでは 5-13 m(竹内, 2010)、栃木県鬼怒川支流のイワナでは 3-10 m および鬼怒川本流のヤマメでは 5-20 m(中村, 1999a)、宮崎県米良川支流のヤマメでは 1-15 m(木村, 1972)、熊本県川辺川支流のヤマメでは 1.5-10.0 m(Kondou et al., 2001)、北海道千歳川のサクラマスでは 30 m(今井ほか, 2010)、本県長良川支流のサツキマスでは 10 m(桑田・徳原, 2011)の溪流での産卵事例があり、今回の結果より河川規模の大きい地点

も産卵に利用される可能性は否定できない。ただし、それらの事例は、ダムや堰堤によって産卵親魚の遡上が制限されている区間で観察されたものである。遡上経路が保持されている北海道厚田川水系のサクラマス事例では、産卵床の密度は本流最上流や支流で高いことが明らかにされている(杉若ほか, 1994)。また、杉若ほか(1999)の結果からは、産卵床 45 箇所(水面幅 2-13 m)のうち 40 箇所が 7 m 以下の地点に存在することが判読できる。本研究のヤマメ・アマゴは、それより河川規模がやや小さい(1.38-7.65 m)ものの、本流最上流や支流を選好するという点で概ね一致している。このほかに厚田川水系のサクラマスの事例では、産卵個体の体サイズ・産卵床の規模・産卵地点の河川規模の 3 者間における正の比例関係が示唆されている(杉若ほか, 1999)。サクラマスよりも体サイズの小さいヤマメ・アマゴが河川規模のより小さい地点で産卵することは、杉若ほか(1999)の説明と矛盾しない。ダムや堰堤の建設によって多くの水系で遡上経路が分断されている現在では、産卵地点の本来の流程分布を把握することは困難である。そのため、厚田川水系の事例は、サクラマス群の流域スケールでの産卵地点の立地条件を検討する上で貴重な知見と考えられる。イワナが産卵地点として支流を選好することについては諸研究の見解は概ね一致しているが、サクラマス群でも支流の重要性についてあらためて注目する必要がある。

本研究では、イワナおよびヤマメ・アマゴが産卵地点として河川規模の小さい溪流を選好することが確認された。イワナおよびサクラマス群が本流より支流を選好する要因はまだ十分には解明されていない。ただし、サクラマスでは増水によって卵が流失する可能性が指摘されており、支流が本流よりも水況が比較的安定していることがその一因として示唆されている(杉若, 1994)。増水によって産卵床が損壊する可能性は、北アメリカのニジマス *O. mykiss* の事例でも示唆されており(Kondorf et al., 1991)、産卵後からふ化・浮上時期までの間の増水は、サケ科魚類の資源量の制限要因のひとつになると考えられる。また、同一の水系であっても複数の支流の増水が同一のタイミングで本流に流入するとは限らないため、本流は増水の期間が長期化しやすいと予想される。こうした増水の強度および期間を考慮すると、支流の方が本流よりも産卵床の損壊の危険性が低いと解釈できる。前述のように河川規模の大きい地点でのイワナおよびサクラマス群の産卵の実例は存在するが、水系による相違や産卵後からふ化・浮上時期までの間の増水の影響の有無は、現段階では十分に検証されていない。そうした地点における産卵が有効な再生産となっているのかどうか、今後の研究による解明が望まれる。

サケ科魚類の産卵床の卵やふ化仔魚の生残率は、堆積土砂の増加によって低下することがよく知られており(Chapman,

1988;Kondou et al., 2001)、サクラマスの事例では粒径 2 mm 以下の重量割合が 20%を超過すると卵の生残率が急低下することが観察されている(Yamada and Nakamura, 2009)。河床材料は、一般に河川規模が大きくなると粒径が小さくなる傾向がある(Church, 2002)。産卵床内の卵やふ化仔魚の生残率を考慮すると、本流よりも土砂が少ないであろう支流が選好されるのかもしれない。また、イワナおよびヤマメ・アマゴの生残率は、河川規模が小さい溪流で高くなる傾向が示唆されている(水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部, 2013)。特にイワナの稚魚の場合は、成魚との餌資源や生息微環境の重複を回避する上で支流を選好するとされている(久保田ほか, 2001)。支流が産卵地点として選好される背景には、ふ化・浮上後の稚魚の生息に適していることも一因と考えられる。このほか、水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部(2013)は、河床勾配が小さい溪流で生残率が高くなる傾向も示唆している。その一方で、河川規模が同様であっても、河床勾配の小さい溪流は大きい溪流より微細砂が多いことが例示されていることから(Kozel et al., 1989)、河床勾配の小さい溪流は産卵に不利な場合があると予想される。イワナおよびサクラマス群の産卵地点の河川規模あるいは河床勾配は、以上の要因が複合して作用することで上限および下限が規定されていると考えられる。

本研究では、イワナおよびヤマメ・アマゴの産卵地点の標高・河床勾配・水面幅について、一定の知見が得られた。これらの産卵地点の情報は、禁漁区や人工産卵場の候補となる溪流を抽出する作業に寄与するものと期待される。このうち標高については、上限および下限に関する情報が不足しているものの、参考値としての用途はあると考えられる。今後、上限および下限の特定には、産卵に利用された地点だけでなく、産卵に利用されなかった地点の情報も合わせて集計することが望まれる。産卵地点の立地条件について理解を深めるためにも、様々な標高・河床勾配・水面幅の溪流にあらためて調査地点を設定し、それらと産卵の有無との対応関係を検討することが必要である。

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、宮川・宮川下流・高原川・庄川・石徹白・益田川・馬瀬川上流・馬瀬川下流・飛騨川・和良・郡上の各漁業協同組合の方々に協力していただいた。ここに記して感謝する。

なお、本研究の一部は、水産庁「溪流資源増大技術開発事業(平成 20-24 年度)」および「地域の状況を踏まえた効果的な増殖手法開発事業(平成 22-24 年度)」により実

施した。

## 要 約

1. 本研究では、飛騨地方の溪流におけるイワナおよびヤマメ・アマゴの産卵地点の標高・河床勾配・水面幅を調査した。
2. イワナの産卵地点の範囲は、標高 360-1480 m、河床勾配 1.21-27.65%、水面幅 0.84-4.95 m だった。ヤマメ・アマゴの産卵地点の範囲は、標高 205-1120 m、河床勾配 1.57-13.43%、水面幅 1.38-7.65 m だった。
3. 飛騨地方の溪流では、両種とも産卵地点として本流最上流や支流を選好することが示唆された。特にイワナは、ヤマメ・アマゴよりも河床勾配が大きい地点および水面幅が小さい地点を選好することが確認された。

## 文 献

- 秋道智彌. 1979. 明治初期・飛騨地方における生産魚類の分布論的研究. 国立民族学博物館研究報告, 4: 285-339.
- 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.
- Church, M. 2002. Geomorphic thresholds in riverine landscapes. Freshwater Biol., 47: 541-557.
- Fausch, K. D., S. Nakano and K. Ishigaki. 1994. Distribution of two congeneric charrs in streams of Hokkaido Island, Japan: considering multiple factors across scales. Oecologia, 100: 1-12.
- 今井 智・大本 謙・高橋昌也・宮本幸太・小野郁夫・大熊一正. 2010. 北海道千歳川に遡上するサクラマス産卵親魚の由来と移動様式. 日本水産学会誌, 76: 652-657.
- Kawanabe, H. 1989. Japanese char(r)r)s and masu-salmon problems: a review. Physiol. Ecol. Jpn. Spec. Vol., 1: 13-24.
- 木本圭輔・景平真明・畔地和久・福田祐一・長澤和也. 2013. 九州の一溪流におけるアマゴ浮上稚魚の流程分布. 魚類学雑誌, 60: 15-26.
- 木村清朗. 1972. ヤマメの産卵習性について. 魚類学雑誌, 19: 111-119.
- 木村清朗. 1977. ゴギの産卵習性と仔稚魚. 九州大学農学部学芸雑誌, 32: 125-140.
- 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.
- Kondolf, G. M., G. F. Cada, M. J. Sale and T. Felando. 1991. Distribution and stability of potential salmonid spawning gravels in steep boulder-bed streams of the eastern Sierra Nevada. Trans. Am. Fish. Soc., 120: 177-186.
- 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.
- Kozel, S. J., W. A. Hubert and M. G. Parsons. 1989. Habitat features and trout abundance relative to gradient in some Wyoming streams. Northwest Sci., 63: 175-182.
- 久保田仁志・中村智幸・丸山 隆・渡邊精一. 2001. 小支流におけるイワナ, ヤマメ当歳魚の生息数, 移動分散および成長. 日本水産学会誌, 67: 703-709.
- 桑田知宣・徳原哲也. 2011. 長良川の支流におけるサツキマスの産卵床の特性. 水産増殖, 59: 483-487.
- 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.
- 内藤順一. 2015. 広島県北広島町および庄原市におけるゴギ *Salvelinus leucomaenis imbricus* の繁殖行動. 高原の自然史, 16: 35-61.
- 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 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. 136 pp.
- 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.
- 丹羽 彌. 1954. 木曾谷の魚 河川魚相生態学・上流篇. 木曾教育會, 長野県西筑摩郡福島町. 302pp.
- 長内 稔・大塚三津男. 1967. サクラマスの生態に関する研究 I. 遡河サクラマスの形態と産卵生態について. 北海道立水産孵化場研究報告, 22: 17-32.
- 佐藤拓哉・渡辺勝敏. 2004. 世界最南限のイワナ個体群“キリクチ”の産卵場所特性, および釣獲圧が個体群に与える影響. 魚類学雑誌, 51: 51-59.
- 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.

- 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.
- 杉若圭一. 1994. 発眼卵の効果的埋没放流に関する研究 (総説). 魚と水, 31: 105-112.
- 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.
- 杉若圭一・竹内勝巳・鈴木研一・永田光博・宮本真人・川村洋司. 1999. 厚田川におけるサクラマス産卵床の分布と構造. 北海道立水産孵化場研究報告, 53: 11-28.
- 水産総合研究センター内水面研究部. 2013. マス類の効果的な増殖手法の開発. 水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部 (編), pp.62-86. 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. 水産庁, 東京.
- 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. 水産増殖, 58: 381-385.
- 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.
- Tsuboi, J., S. Endou and K. Morita. 2010. Habitat fragmentation by damming threatens coexistence of stream-dwelling charr and salmon in the Fuji River, Japan. Hydrobiologia, 650: 223-232.
- 若林 輝・中村智幸・久保田仁志・丸山 隆. 2002. 中禅寺湖流入河川におけるサケ科魚類 3 種の産卵生態. 魚類学雑誌, 49: 133-141.
- 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.