

(2) 溪流魚調査

1 担 当：福本 一彦（生産技術室）

2 実施期間：平成23～25年度（平成24年度予算額：3,298千円）

3 目 的：

鳥取県の溪流漁場においては、漁業権の増殖義務によって県外由来の稚魚および成魚放流が行われてきた結果、各河川固有の遺伝子を持った在来個体群が減少した可能性がある。また、県内漁協における溪流魚の遊漁証の販売枚数は減少傾向にあり、遊漁者ニーズに応じた漁場管理の必要性が高まっている。

近年、溪流魚の資源管理手法の一つとして、生物多様性を維持しつつ、溪流魚の増殖を図り、漁場を管理する「ゾーニング管理」という考え方が提案され、国内各地で実施されつつある。そこで、鳥取県では、2011年からゾーニング管理や生態系に配慮した増殖方法の普及を目的として、溪流魚の在来個体群の生息域推定調査、および放流に頼らない増殖方法である人工産卵場の造成試験を開始した。

4 事業展開フロー

- ・在来個体群生息域推定調査 → 在来個体群保全ゾーン設定、輪採制、ゾーニング管理導入の提言（H23～25年度）
- ・人工産卵場造成試験 → 産卵状況などの効果検証 → 生態系に配慮した自然繁殖による増殖手法の普及（H23～25年度）

5 取組の成果

【小課題－1】：イワナの在来個体群生息域推定調査

(1) 目的

鳥取県内の溪流漁場においてゾーニング管理¹⁾を推進するため、県内漁協管内におけるイワナ、ヤマメの在来個体群の生息域を推定する。

(2) 方法

① 溪流魚の在来個体群の生息域の推定

ア イワナ

調査対象水域は、鳥取県東部に位置する千代川、中部に位置する天神川、西部に位置する日野川の各水系とした（図1）。各水系を管轄する漁協および遊漁者、養魚場に対し、イワナの放流履歴について聞き取りを行い、聞き取り結果と堰堤等の河川構造物との関係から在来個体群が生息している可能性のある水域と、既放流水域を推定した。各水域のイワナ個体群を6～30個体ずつ採集し、脂鱗を切り取り、エタノールで固定した。固定サンプルからDNAを抽出し、ミトコンドリアDNAのシトクロームb遺伝子の後半部557bpの塩基配列を解析し、Yamamoto *et al.* (2004)³⁾、Kubota *et al.* (2007)⁴⁾、Kikko *et al.* (2008)⁵⁾、山本ら (2008)⁶⁾、Sato *et al.* (2010)⁷⁾に準じてハプロタイプ（遺伝子型）を決定した。本調査で新たに認められたハプロタイプには、新たな番号を付けた。得られたハプロタイプについて、前述の研究結果と照合し、各水域のイワナ個体群が在来か非在来か検討した。

なお、本研究は（独）水産総合研究センター増養殖研究所との共同研究として行った。



図1 調査水域

イ ヤマメ

千代川，天神川，日野川の各水系を対象に，各漁協，養殖場および遊漁者に対し，ヤマメの生息場所や放流履歴について聞き取りを行った．聞き取り結果に基づき，表3に示した水域において電気ショックを用いてヤマメ等の生息状況を調査した．ヤマメ，アマゴの種判別は，目視による朱点の有無により行い⁸⁾，僅かでも朱点が認められた場合はアマゴとした．

② 人工産卵場造成試験

調査場所は，千代川水系佐治川支流山王谷川小支流シマン谷（佐治川ダムとの合流点から上流377mまでの区間，平均流幅1.8m，標高約400～450m）および天神川水系小鹿川支流丹戸沢（堰堤で分断された流程135mの区間，平均流幅2.2m，標高約490～510m）の2水域とした（図1，図2）．人工産卵場を造成するにあたり，産卵可能な親魚がいるか否かを把握するため，2012年10月に電気ショックを用いてイワナの生息状況を調査した．なお，シマン谷にはイワナ，カジカ，タカハヤ，ナガレホトケドジョウ，丹戸沢にはイワナ，タカハヤが生息している．

人工産卵場は，中村（2008）⁹⁾を参考に10月下旬にシマン谷に9カ所，丹戸沢に2カ所造成した（図2，図3）．産卵場造成後，12月上旬まで2～7日おきに，産卵行動および産卵床を観察し，自然の産卵場を発見した場合は，ビニルテープを巻いた石を置いた．その後，積算水温が約250～300℃に達したと推定された2012年12月下旬から2013年1月上旬に産卵場を掘り起こし，卵室ごとに発眼卵および死卵数を計数し，発眼率を求め，両産卵場で比較した．¹⁰⁾

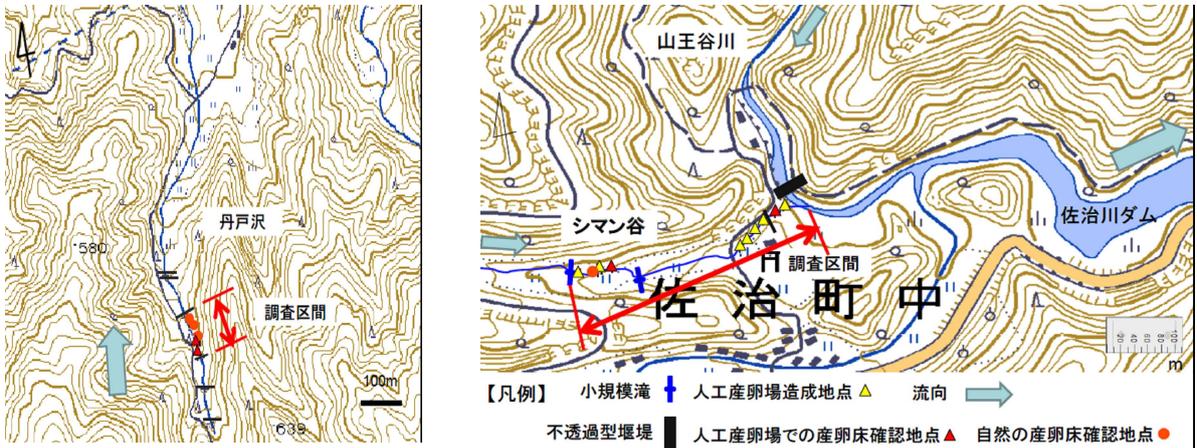


図2 人工産卵場造成試験調査区域



図3 丹戸沢堰堤下に造成した人工産卵場

(3) 結果および考察

① 溪流魚の在来個体群の生息域推定

ア イワナ

千代川水系

千代川水系で採集された14のイワナ個体群から，Hap-1，Hap-7，Hap-10，Hap-14，Hap-16，Hap-17，Hap-36，Hap-38，Hap-57，Hap-76，Hap-77の11種類のハプロタイプが認められた（表1）．このうち，Hap-14は，14個体群中13個体群で認められ，聞き取り法により在来と推定された8個体群のうち個体群Bを除いた7個体群で単型的に認められた．このことから，Hap-14が千代川水系固有のハプロタイプ

であると考えられた。

一方、聞き取り法により交雑と推定された6個体群のうち個体群Hを除いた5個体群で4~6つのハプロタイプが認められた。既放流域のイワナ個体群からは、放流履歴がない水域に比べて多くのハプロタイプが検出されており、過去の放流の結果、複数のハプロタイプが混在している可能性がある。

なお、今回新たにHap-57, Hap-76, Hap-77が検出された。Hap-76は放流履歴がない地点から検出されたことから、個体群B固有のハプロタイプである可能性も考えられるが、今後さらに検討が必要である。

表1 千代川水系のイワナ個体群から検出されたmtDNAシトクロームb領域における出現ハプロタイプ、出現頻度および在来・非在来の推定結果

| 個体群 | 聞き取り法による推定 | N | 出現ハプロタイプ, 出現頻度 | | | | | | | | | | | 在来・非在来の推定 |
|-------------|------------|----|----------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| | | | Hap-1 | Hap-7 | Hap-10 | Hap-14 | Hap-16 | Hap-17 | Hap-36 | Hap-38 | Hap-57 | Hap-76 | Hap-77 | |
| A1 | 在来 | 19 | - | - | - | 1.000 | - | - | - | - | - | - | - | 在来 |
| A2 | 在来 | 20 | - | - | - | 1.000 | - | - | - | - | - | - | - | 在来 |
| B | 在来 | 30 | - | - | - | 0.933 | - | - | - | - | - | 0.067 | - | 不明 |
| C | 在来 | 30 | - | - | - | 1.000 | - | - | - | - | - | - | - | 在来 |
| D | 在来 | 30 | - | - | - | 1.000 | - | - | - | - | - | - | - | 在来 |
| E | 在来 | 21 | - | - | - | 1.000 | - | - | - | - | - | - | - | 在来 |
| F | 在来 | 22 | - | - | - | 1.000 | - | - | - | - | - | - | - | 在来 |
| G | 在来 | 29 | - | - | - | 1.000 | - | - | - | - | - | - | - | 在来 |
| H | 交雑 | 30 | - | - | - | 1.000 | - | - | - | - | - | - | - | 在来? |
| I | 交雑 | 30 | 0.133 | 0.067 | - | 0.733 | - | - | - | 0.067 | - | - | - | 非在来 |
| 安蔵川 | 交雑 | 24 | 0.042 | - | 0.042 | 0.667 | - | - | - | - | 0.250 | - | - | 非在来 |
| 清徳川 | 交雑 | 30 | - | 0.033 | - | 0.567 | 0.367 | 0.033 | - | - | - | - | - | 非在来 |
| 山王谷川 本谷 | 交雑 | 29 | 0.621 | 0.103 | - | 0.034 | - | 0.034 | - | - | - | - | 0.207 | 非在来 |
| 山王谷川 池合谷 | 交雑 | 32 | 0.344 | 0.250 | - | - | 0.094 | 0.188 | 0.094 | - | - | - | 0.031 | 非在来 |

天神川水系

天神川水系で採集された11のイワナ個体群から、Hap-1, Hap-9, Hap-14, Hap-16, Hap-17, Hap-20, Hap-36, Hap-38, Hap-45の9種類のハプロタイプが認められた(表2)。

聞き取り法により在来と推定された8個体群のうち、個体群AではHap-1, 個体群B, D, E, GではHap-20, 個体群F1ではHap-60がそれぞれ単型的に認められた。このことから、Hap-1, Hap-20, Hap-60が天神川水系固有のハプロタイプである可能性が示唆された。

Yamamoto *et al.* (2004)³⁾によると、Hap-20は島根県斐伊川のゴギから検出されているハプロタイプである。また、Hap1は、鳥取県天神川水系、富山県常願寺川および兵庫県円山川のニッコウイワナ、および北海道音別川などのアメマスから検出されており、北海道から中国地方まで広域的に分布しているハプロタイプである。Hap-60は、今回天神川水系から新たに検出されたハプロタイプである。

一方、聞き取り法により交雑と推定された個体群F2ではHap-36, 個体群HではHap-14がそれぞれ単型的に認められた。また、丹戸沢ではHap-17, Hap-38の2つのハプロタイプ、泉谷川ではHap-9, Hap-16, Hap-17およびHap-45の4つのハプロタイプが認められた。

Hap-36が単型的に出現したF2個体群の採集地点周辺では、過去にイワナの稚魚の放流履歴があることから、Hap-36は放流個体由来である可能性が考えられた。ただし、Sato *et al.* (2010)⁷⁾によると、Hap-36は奈良県から報告されたハプロタイプであるが、本ハプロタイプが観察された地点は非在来の種苗が放流されていることから、在来集団由来である可能性は低いと推察しており、今回天神川水系のF2個体群から検出されたHap-36が必ずしも放流個体由来であるとは判断できなかった。

今後、F2個体群の採集地点周辺に放流された種苗の来歴を調べ、放流魚の系統個体を対象にmtDNA分析を行うことで、在来・非在来の推定がより高精度に行えると考えられた。

また、聞き取りにより、個体群Hが生息する沢では、かつて千代川水系からイワナを移植放流した、

II. H24成果 3 内水面資源生態調査

との回答が得られた。千代川水系固有のハプロタイプと推定されたHap-14が単型的に出現した個体群Hについては、移植放流の影響を受けた可能性も考えられた。

表2 天神川水系のイワナ個体群から検出されたmtDNAシトクロームb領域における出現ハプロタイプ、出現頻度および在来・非在来の推定結果

| 個体群 | 聞取法による推定 | N | 出現ハプロタイプ、出現頻度 | | | | | | | | | | 在来・非在来の推定 | |
|-----|------------|----|---------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|------|
| | | | Hap-1 | Hap-9 | Hap-14 | Hap-16 | Hap-17 | Hap-20 | Hap-36 | Hap-38 | Hap-45 | Hap-60 | | |
| A | 在来 | 18 | 1.000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 在来 |
| B | 在来 | 29 | - | - | - | - | - | - | 1.000 | - | - | - | - | 在来 |
| C | 在来 | 30 | 0.700 | - | - | - | - | - | 0.300 | - | - | - | - | 在来 |
| D | 在来 | 30 | - | - | - | - | - | - | 1.000 | - | - | - | - | 在来 |
| E | 在来 | 6 | - | - | - | - | - | - | 1.000 | - | - | - | - | 在来 |
| F1 | 在来 | 14 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.000 | 在来 | |
| F2 | 交雑 | 13 | - | - | - | - | - | - | - | 1.000 | - | - | - | 非在来? |
| G | 在来 | 25 | - | - | - | - | - | - | 1.000 | - | - | - | - | 在来 |
| H | 交雑 (移植) | 15 | - | - | 1.000 | - | - | - | - | - | - | - | - | 非在来 |
| 丹戸沢 | 交雑 | 29 | - | - | - | - | 0.517 | - | - | - | 0.483 | - | - | 非在来 |
| 泉谷川 | 交雑 | 30 | - | 0.600 | - | 0.200 | 0.167 | - | - | - | - | 0.033 | - | 非在来 |

なお、日野川水系については、現在調査中のため、結果は次年度記載する予定である。

イ ヤマメ

ヤマメが採捕された水域は、千代川水系1水域中0水域、天神川水系7水域中1水域、日野川水系では18水域中5水域であった(表3)。このうち、アマゴが採捕されず、ヤマメのみが採捕されたのは日野川水系の2水域であったが、本流からの遡上が困難で在来ヤマメ生息域の可能性が考えられたのは1水域のみであった。なお、この水域でのヤマメ採捕数は1個体だけであった。

今回の調査の結果、ヤマメ単独の生息域はごく一部に限られることが明らかになった。また、漁協がアマゴやヤマメの放流を行っていない地点において採捕された個体でも、側線上に僅かながら朱点が見られる個体が出現したことから(図4)、これまでにアマゴとの交雑が生じていた可能性が考えられた。^{11) 12) 13) 14)}

また、アマゴは鳥取県内3水系の広範囲で認められ、産卵行動や大小様々なサイズの個体が認められたことから、既に定着し、再生産しているものと考えられた。

利重(1982)¹⁵⁾、利重・吉村(1983)¹⁶⁾は、1964年～1971年に鳥取県内7河川でヤマメ、アマゴの生息状況を調査し、日野川水系では鳥取県日野町および日南町、天神川水系では三朝町など岡山県境付近の水域で、朱点が明瞭かつ黒小斑が多い個体を既に採集している。

各漁協への聞き取りの結果、1970年代以降、千代川、天神川、日野川の各水系では、漁協によるアマゴの放流が一時的に行われた、との回答があった。

また、松原(1982)¹⁷⁾は、アマゴ域に隣接するヤマメ域の一部である山陰地方の諸河川において、毎年大量のアマゴがヤマメにかわり放流されていることを指摘し、ヤマメがアマゴにおきかわりつつある河川として鳥取県千代川、天神川、日野川を挙げている。

こうした知見と今回の調査結果を踏まえると、かつて放流されたアマゴがヤマメと交雑し、ヤマメ単独の生息域が減少してきた可能性が考えられる。

表3 ヤマメ生息域調査結果

| 調査河川 | 支流 | 小支流 | 確認した種 | | 備考 |
|------|--------|---------|-------|-----|--------------|
| | | | ヤマメ | アマゴ | |
| 千代川 | 北股川 | | — | ● | アマゴ放流履歴あり |
| 天神川 | 三徳川 | 黒川谷川 | — | ● | |
| 天神川 | 小鹿川 | 中津入口沢 | — | ● | |
| 天神川 | 小鹿川 | 竹田谷川小支流 | — | ● | |
| 天神川 | 余川谷川 | | — | ● | |
| 天神川 | 岩倉川 | | — | — | |
| 天神川 | 広瀬川 | | — | ● | アマゴ産卵行動確認 |
| 天神川 | 矢送川 | | ● | ● | |
| 日野川 | | | — | ● | |
| 日野川 | 若松川 | | — | ● | |
| 日野川 | 板井谷川 | 砂防堰堤上流 | — | — | |
| | | 砂防堰堤下流 | ● | — | 本流から遡上可能 |
| 日野川 | 佐木谷川 | | — | — | |
| 日野川 | 印賀川 | 奥栗谷川 | — | ● | |
| 日野川 | 秋原川 | | ● | ● | ヤマメ放流履歴あり |
| 日野川 | 菅沢川 | 大木屋沢 | — | ● | |
| 日野川 | 菅沢川 | | — | — | |
| 日野川 | 福長沢 | | — | ● | |
| 日野川 | 近江川支流 | | — | — | |
| 日野川 | 板井原川 | | — | ● | |
| 日野川 | 板井原川支流 | | — | — | |
| 日野川 | 俣野川 | 日の詰川 | ● | ● | 下流でヤマメ放流履歴あり |
| 日野川 | A川 | | ● | — | |
| 日野川 | 美用谷川 | | — | ● | |
| 日野川 | 船谷川 | | — | ● | |
| 日野川 | 久那谷川 | | ● | ● | ヤマメ放流履歴あり |



図4 アマゴとヤマメの交雑個体と考えられる個体
(左：天神川水系矢送川，右：日野川水系久那谷川)

今回の調査により、イワナについては、千代川、天神川両水系において在来個体群の生息域が推定された。これらの水域については、輪番禁漁や永年禁漁の導入、漁獲制限の強化などを検討するよう漁協へ提案していく必要がある。

一方、ヤマメについては在来個体群の生息域探索および保全策の検討が急務である。今回ヤマメが採捕された水域は、竹林が荒れて光が入りにくい、流量が少ない、泥の堆積が多いなど、ヤマメの生息環境として厳しい状況にあると考えられた。今後は遺伝子解析も併用し、保全に向けたデータを収集する必要がある。

② 人工産卵場造成試験

天神川水系小鹿川支流

調査区間における全長15cm以上のイワナの採捕数は27個体、生息密度は0.08個体/m²であった。

堰堤直下に造成した人工産卵場では、イワナの産卵行動が造成3日後から観察された(図5)。

卵発掘調査の結果、人工産卵場における卵室数は、堰堤直下が11個、堰堤下流が1個であった。1卵室あたりの産着卵数は、堰堤直下が10~159粒(平均値±標準偏差: 72.4±50.3粒)、堰堤下流が113粒で、発眼率は、堰堤直下が60.0~96.6%(80.8±14.0%)、堰堤下流が62.8%であった。

一方、自然の産卵場では産卵床が4床確認された。産卵床形成場所の水深は9~18cm、表層流速は4~18cm/secであり、いずれも石や堰堤下などの物陰で底質は砂礫であった。1卵室あたりの産着卵数は15~91粒(41.7±42.8粒)、発眼率は6.7~49.5%(27.5±21.4%)であった。

1卵室あたりの産着卵数と発眼率について、人工産卵場と自然の産卵場の間で比較したところ、産着卵数は両産卵場の間で有意差はなかったが(マン・ホイットニーのU検定: $p=0.243$)、発眼率は人工産卵場の方が有意に高かった($p=0.01$)。



図5 丹戸沢人工産卵場でのイワナの産卵行動



図6人工産卵場で発掘されたイワナ発眼卵

千代川水系佐治川支流山王谷川小支流

調査区間における全長15cm以上のイワナの採捕数は11個体、生息密度は0.02個体/m²であった。

イワナの産卵床は、人工産卵場では造成した9カ所のうち2カ所で、自然の産卵場では1ヶ所でそれぞれ確認された。自然の産卵床は水深19cm、表層流速6~9cm/secの岩陰に形成されていた。

人工産卵場における卵室数は、堰堤直下で1個、堰堤上流側で3個確認され、1卵室あたりの産着卵は、堰堤直下が62粒、上流側が75~176粒(112.0±55.7粒)で、発眼率は、堰堤直下が69.4%、上流側が77.8~89.3%(85.1±6.3%)であった。

一方、自然の産卵床1床あたりの産着卵数は11粒、発眼率は63.6%であった。

本試験の結果、発眼率は人工産卵場の方が自然の産卵場に比べて高く、従来の研究結果を裏付けるものであった。¹⁰⁾ただし、真砂土や砂が多い丹戸沢では、卵発掘時に、造成時に敷き詰めた砂利やこぶし大の石の隙間が多く、砂で埋まりつつある状況が観察された(図6)。堰堤上流から流出した砂が流速の弱い人工産卵場内に次第に堆積したと思われる。卵室内の砂が堆積していた地点の産着卵は死卵が多く、酸欠で死亡したものと考えられた。

今回、人工産卵場を造成したのは、堰堤で分断された小支流や、ダムとの合流点から33mの距離に堰堤がある小支流など、産卵適地が不足していると思われる小支流であった。鳥取県内の渓流域でもこうした水域は多数存在するため、今後の対応策として、人工産卵場を造成して産卵適地を増やし、イワナやヤマメの繁殖成功率を高める方法を普及させていく必要がある。

(4) 残された問題点および課題

- ・ 在来個体群生息域の把握
- ・ 在来個体群の保全や利用を図るためのゾーニングの提案
- ・ 人工産卵場造成の普及

参考文献

- 1) 中村智幸・飯田 遥 (2008) : 溪流漁場のゾーニング管理マニュアル. 水産庁・全国内水面漁業協同組合連合会.
- 2) 中村智幸 (2013) : 溪流魚の増やし方～放流と自然繁殖を上手に使いこなす～. 水産庁.
- 3) Yamamoto S, Morita K, Kitano K, Watanabe K, Koizumi I, Maekawa K, Takamura K (2004) : Phylogeography of white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) inferred from mitochondrial DNA sequences. *Zoological Science* 21: 229-240.
- 4) Kubota H, Doi T, Yamamoto S, Watanabe S (2007) : Genetic identification of native populations of fluvial white-spotted charr *Salvelinus leucomaenis* in the upper Tone River drainage. *Fisheries Science* 73: 270-284.
- 5) Kikko T, Kuwahara M, Iguchi K, Kurumi S, Yamamoto S, Kai Y, Nakayama K. (2008) : Mitochondrial DNA population structure of white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) in the Lake Biwa water system. *Zoological Science* 25: 146-153.
- 6) 山本祥一郎, 中村智幸, 久保田仁志, 土井隆秀, 北野 聡, 長谷川 功 (2008) : ミトコンドリアDNA分析に基づく関東地方産イワナの遺伝的集団構造. *日本水産学会誌* 74: 861-863.
- 7) Sato T, Demise T, Kubota H, Nagoshi M, Watanabe K (2010) : Hybridization, Isolation, and Low Genetic Diversity of Kirikuchi Char, the Southernmost Populations of the Genus *Salvelinus*. *Transactions of the American Fisheries Society* 139: 1758-1774.
- 8) 中坊徹次 (2000) : 「日本産魚類検索 全種の同定 第二版」. 東海大学出版会.
- 9) 中村智幸 (2008) : 溪流魚の人工産卵場のつくり方 (パンフレット). 水産庁・独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所.
- 10) 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.
- 11) 茂木 博・本荘鉄夫・立川 互 (1975) : ヤマメとアマゴの交雑について-I 交雑種F1の形質. *岐阜県水産試験場研究報告* 20: 55-60.
- 12) 熊崎 博・本荘鉄夫・立川 互 (1979) : ヤマメ (*Oncorhynchus masou*) とアマゴ (*O. rhodurus*) の交雑について-II F2および退交雑種の形質. *岐阜県水産試験場研究報告* 24: 25-32.
- 13) 立川 互 (1979) : アマゴとヤマメの交雑種F1, F2ならびに退交雑種の形質について. *淡水魚増刊ヤマメ・アマゴ特集*: 82-84. 財団法人淡水魚保護協会.
- 14) 富山県水産試験場 (2008) : 第6章 サクラマス (ヤマメ) 生息域へのサツキマス (アマゴ) 混入の影響解明. *流域管理体制構築事業報告書*. 水産庁.
- 15) 利重正雄 (1982) : 中国地方における日本海側 (ヤマメ生息域におけるアマゴの生息実態について. *淡水魚増刊ヤマメ・アマゴ特集*: 78-81. 財団法人淡水魚保護協会.
- 16) 利重正雄・吉村高男 (1983) : ヤマメ・アマゴのパーマークについて. *淡水魚* 第9号: 84-89. 財団法人淡水魚保護協会.
- 17) 松原弘至 (1982) : ヤマメ・アマゴの分布の人為的攪乱. *淡水魚増刊ヤマメ・アマゴ特集*: 87-91. 財団法人淡水魚保護協会.