

TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo

University of Marine Science and Technology

(東京海洋大学)

倍数体育種技術を用いたホウライマス(無斑ニジマス)の商品性向上に関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2008-03-31 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 服部, 克也 メールアドレス: 所属:
URL	https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/728

倍数体育種技術を用いたホウライマス
(無斑ニジマス)の商品性向上に関する研究



服 部 克 也

2 0 0 3

博士論文内容の要旨

報告番号	論博第	号	氏名	服部克也
------	-----	---	----	------

(要旨)

論文題目：「倍数体育種技術を用いたホウライマス（無斑ニジマス）の商品性向上に関する研究」

無斑のニジマスである「ホウライマス」は斑点や斑紋が全くなく、有斑のニジマスに比べて明るい色調の体色から鮮魚として見栄えが良いとの評価があり、さらに魚体が美しいとして釣魚としても人気が高い。それ故に、1965年に愛知県水産試験場鳳来養魚場で発見されて以来、同ニジマスは主に愛知県内で養殖生産されているが、寿司や刺身といった近年の消費者ニーズに応えられるような食材開発に向けたホウライマスの改良は未だ行われていない。

そこで、本研究では無斑ニジマスの無斑特性を活かした新しい素材の開発を目的として、アマゴおよびイワナと「ホウライマス」との異質三倍体の作出について検討し、その生物学的ならびに食品学的な特性について明らかにした。

生物学的特性

本研究で供試したホウライマスと野生型ニジマスは、愛知県水産試験場鳳来養魚場で継代飼育されたものであるが、肥満度及び成長率の野生型ニジマスとの比較には滋賀県醒井養鱒場で継代飼育されたものの発眼卵を鳳来養魚場に移入したものを対照として用いた。主な飼育試験等は、鳳来養魚場で行った。

無斑遺伝子ヘテロ型 (*HN*型) のホウライマスを用いた第2極体放出阻止による雌性発生二倍体の作出によって、ホウライマスの無斑形質の遺伝様式は、第一減数分裂で組み替えがない完全優性であることを確認した。また、無斑遺伝子ホモ型 (*HH*型) とヘテロ型 (*HN*型) ホウライマス雌と、アマゴ雄またはイワナ雄の組合せによる異質三倍体の作出によって、異質三倍体では無斑遺伝子は2対保持した場合にのみ無斑になることを明らかにした。この結果、ホウライマスの特徴である無斑形質を持つ交雑種 (ニジアマ3*N*及びニジイワ3*N*) の効率的な作出には、無斑遺伝子ホモ型 (*HH*型) ホウライマスを用いる必要があることが分かった。次に、ホウライマスの肥満度と成長率とについて野性型ニジマスと比較したところ、成長率については野性型ニジマスとの間に差は認められなかったが、肥満度はホウライマス

が有意に高い値を示し、ホウライマスの特徴の一つとして位置づけられた。また、無斑異質三倍体を一般養魚場で養殖するためには、作出した無斑異質三倍体の妊性（不妊性）を確認することが要求されていることから、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nの生殖腺の発達を両異質三倍体魚について調べた。その結果、雌については生殖腺の発達は認められなかったが、雄については生殖腺の発達が認められ、さらに一部の個体では精子形成も確認されたことから、無斑異質三倍体生産を一般養魚場で行うためには、全雌化する必要があることが明らかになった。全雌化には、遺伝的雌を機能的雄とした性転換雄が必要である。アマゴ性転換雄はすでにその作出方法が確立しているが、イワナ性転換雄の作出方法は確立されていないため、イワナ生殖腺の性分化時期を推定し、これを基にしてイワナの性転換処理の手法を検討した。その結果、ふ化後から浮上時期までの雄化ホルモンの浸漬処理と、浮上後から60日間の雄化ホルモンの経口投与によってイワナ性転換雄を作出できることを明らかにした。この方法で作出したイワナ性転換雄を用いてニジイワ3Nも全雌化することができた。

食品学的特性

ホウライマスの食味改善については、まず親魚種のホウライマス、アマゴおよびイワナ筋肉のエキス成分を分析して、その食味について検討した。イワナは、旨味成分とされるイノシン酸やグルタミン酸の含有量が、ホウライマスおよびアマゴよりも若干高い傾向があった。甘味を感じるアラニンにおいて、アマゴがイワナおよびホウライマスよりも少し数値が高く、生臭さ臭の原因物質であるトリメチルアミンオキサイドがホウライマスよりもアマゴやイワナで少なかった。しかし、これらの違いに有意差はなかった。無斑異質三倍体の食味については、筋肉のエキス成分の分析と官能検査によって検討した。筋肉のエキス成分では、アラニンの含有量が、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nがホウライマス3Nよりも有意に高く、イノシン酸についてもニジアマ3Nおよびニジイワ3Nがホウライマス3Nよりも高い傾向があった。一方、訓練されたパネラーによる官能検査では、ニジアマ3Nをホウライマス3Nと、またはニジイワ3Nをホウライマス3Nと比較した場合には、ニジアマ3N、ニジイワ3Nともに旨味、甘味、コク、好感度がホウライマス3Nよりも上位とする評価が得られた。

以上、本研究では、ホウライマスの商品性の一つである無斑形質を活かしながら、ホウライマスよりも食味が優れた素材の開発を目指し、アマゴおよびイワナと「ホウライマス」との異質三倍体を作成して、その生物学的ならびに食品学的な特性を明らかにした。本研究結果に基づいて生産される無斑異質三倍体は、「絹姫サーモン」として商標登録され、愛知県の新しい地域特産品として市場でも評価されている。

目 次

要旨	1
緒言	4
第1章 育種素材としてのホウライマス	9
第1節 無斑形質の遺伝様式	10
第1 雌性発生二倍体および同質三倍体	12
第2 異質三倍体：ホウライマス雌×アマゴ雄	18
第3 異質三倍体：ホウライマス雌×イワナ雄	24
小括	33
第2節 経済形質について	35
第1 肥満度および成長率	37
小括	41
第2章 無斑異質三倍体の実用化	44
第1節 異質三倍体の養殖特性について	45
第1 異質三倍体の妊性	48
第2 異質三倍体の全雌化	57
小括	65
第2節 食味の特長について	67
第1 ホウライマス，アマゴ，イワナ筋肉のエキス成分組成	69
第2 異質三倍体筋肉のエキス成分組成と食味の評価	75
小括	90
総括	95

付録 本研究の背景となる事項について	97
1. 水産における交雑育種と倍数体育種	97
2. 食味とその評価	98
3. 食味改善に用いたアマゴとイワナについて (生物的特徴, 経済的価値など)	100
謝辞	106

緒 言

我が国の食生活は、1960年代以降急速に変化し、近年では「食」に対して栄養的な側面に加え、味の良さや健康の維持をも求める傾向が強まっている。¹⁻³⁾新潟県の「魚沼産コシヒカリ」、秋田県の「あきたこまち」、宮城県の「ひとめぼれ」など銘柄米や、秋田県の「比内鶏」、愛知県の「名古屋コーチン」、鹿児島県の「黒豚」、三重県の「松坂牛」、岐阜県の「飛騨牛」などが食味に優れた品種として消費者から選択的に賞味されている他、成人病予防のために、米、魚、大豆、肉類、牛乳、野菜、果物などがバランス良く組合わされた「日本型食生活」が見直され、²⁾魚介類でも、魚油に含まれているエイコサペンタエン酸（EPA）やドコサヘキサエン酸（DHA）、カニ・エビ類の甲殻に含まれるキチン、サケ頭部のコンドロイチン硫酸、カキ肉に含まれるタウリンなどの健康性機能成分に注目が集まっている。EPAやDHAには動脈硬化や脳卒中などの血管障害に予防効果、キチン、キトサンには免疫機能を増強する効果、コンドロイチン硫酸、キチン、キトサンには肥満予防効果があるとされている。⁴⁾また、生活スタイルの多様化に伴い、家族団欒で食事を摂る食生活のスタイルから、孤食、個食と称される一人で食事を摂るスタイルに変化して、余り手を掛けないで食べたいとする簡便化の志向が強まっている。^{2, 3)}こうした消費者の志向から、調理済み食品やファーストフード店などでの外食の普及が進んでいる。外食で利用が多い店舗は寿司店とされており、寿司、刺身という食品に対しては根強い人気がある。これは、寿司や刺身が簡単に食することのできる簡便性を有していること、様々な魚介類の味覚を堪能できること、健康性機能成分を魚介類が持っていることなど、消費者の志向に合致している食品であるためと考えられる。そして、個々の魚の旨味を生かすことで、なお一層の普及拡大が期待できる食品と考えられている。⁵⁾

ニジマス, *Oncorhynchus mykiss*, ヤマメ, *O. masou masou*, アマゴ, *O. masou ishikawae*, イワナ, *Salvelinus leucomaenis*などのマス類は、従来、塩焼きや甘露煮などにして食されることが殆どであった。また、消費者

の食品に対する意識変化に対応して寿司や刺身などの食材生産が行われたが、養成中、成熟に伴う生産性の低下が起こっていた。近年、倍数体育種技術が普及し、ニジマス、サクラマス、アマゴなどでは、不妊となる三倍体が寿司や刺身に向く食材として生産されるようになってきている。

1965年に愛知県水産試験場鳳来養魚場において発見された無斑のニジマス、*O. mykiss*は、「ホウライマス」と呼称され、愛知県マス類養殖の主要な品種としてニジマスとともに生産が行われてきた。⁶⁾ニジマスは1877年に日本に移入されて以来、全国各地で養殖生産されているのに対し、ニジマスの変異種であるホウライマスは愛知県が発祥地であるとともに主生産地であることから、愛知県の地域特産種として認知され、小規模生産地と言える愛知県においては生産地の知名度を高める重要な商品になっている。また、ホウライマスはニジマスに比べて体色が明るく、鮮魚として見栄えが良いとする評価があり、魚体が美しいことから釣魚としても人気が高い。こうした無斑という独自の商品性を有するホウライマスのさらなる消費拡大のため、倍数体育種技術により寿司や刺身に向く食材にするとともに、美味しいものを食べたいとする志向に対応して、ホウライマスをより優れた食味にすることが強く求められた。

畜産分野においては、古くから2品種、または2系統を交雑して F_1 を作出した場合に、 F_1 が両親の持っている形質と異なる、あるいはそれ以上の形質を発現する雑種強勢が利用されてきた。⁷⁻¹¹⁾水産分野では、養殖魚の食味を改善する手法として、飼育環境を変える、¹²⁻¹⁴⁾または、飼料に添加剤を加える^{15, 16)}、飼料の組成、成分を変える¹⁷⁾など飼育管理面、飼料面からの試みが多数行われているが、畜産分野で行われている交雑育種により食味の改善を行っている事例としては、ブリ雌×ヒラマサ雄¹⁸⁾が知られているのみである。この交雑種の身はブリよりも硬く、ヒラマサほど硬過ぎず歯ごたえがよい、身持ちがよい、身の色がヒラマサのように淡いピンクで透明感があり、ブリとはかなり異なった肉質であるとされている。しかしながら、水産分野でこのような交雑による食味改善事例の報告は他になく、そのような試みも著者の知る限りない。

このような背景から著者は、ホウライマスの持つ無斑という特徴を活かしながら、寿司や刺身などの食材として優れた食味を持つ素材の開発を、畜産分野で行われている交雑育種と魚類で近年試みられている倍数体育種の手法¹⁹⁻²²⁾を含めて検討した。なお、ホウライマスの食味を改善するための交雑対象種には、在来のマス類で、淡泊でクセのない食味であると高く評価されているアマゴ^{23, 24)}と、骨酒などにしてその風味の良さと愛好家の多いイワナ^{25, 26)}を用いた。

本論文では、得られた成果を第1章「育種素材としてのホウライマス」として「無斑形質の遺伝様式」と「経済形質の特徴」に分けてとりまとめ、次に第2章「無斑異質三倍体の実用化」として、養殖特性と食味特性の観点から論述した。また、本論文の背景となる事項について付録として巻末に添付した。

引用文献

- 1) 時子山ひろみ・荏開津典生 (2002) : フードシステムの経済学. 医歯薬出版, 東京, pp.40-46.
- 2) 高橋正郎 (2001) : 食生活の変化とフードシステム. 農林統計協会, 東京, pp.26-47.
- 3) 講座 人間と環境 (2000) : 食の倫理を問うーからだと環境の調和. 第6巻, 昭和堂, 京都, pp.17-25.
- 4) 山澤正勝・関 伸夫・奥田拓道・竹内昌昭・福家眞也 (2001) : 水産食品の健康性機能. 恒星社厚生閣, 東京, pp.1-76.
- 5) 魚の消費を考える会 (1997) : 現在サカナ事情ー水産大国日本の光と影. 新日本出版, 東京, pp.58-61.
- 6) 石井吉夫・小山舜二・今泉克英 (1980) : ホウライマス (無斑ニジマス) の養殖について. 水産増殖, 28, 128-133.
- 7) 水間 豊・猪 貴義・岡田育穂 (1986) : 家畜育種学. 朝倉書店, 東京, pp.139-140.
- 8) 水間 豊・猪 貴義・岡田育穂 (1986) : 家畜育種学. 朝倉書店, 東京, p.143.
- 9) 山本喜彦 (1996) : イノシシの生態と肉資源としての利用. 畜産の研究, 50, 1088-1096.
- 10) 水間 豊・猪 貴義・岡田育穂 (1986) : 家畜育種学. 朝倉書店, 東京, p.27.
- 11) 動物遺伝育種学事典編集委員会 (2001) : 動物遺伝育種学事典. 朝倉書店, 東京, pp.606-607.
- 12) 槌本六良 (2000) : まだまだできる養殖魚の肉質改善「運動飼育による肉質改善」. 養殖, 10月号, 44-46.
- 13) 中平平介 (2000) : まだまだできる養殖魚の肉質改善「アユ」. 養殖, 11月号, 49-52.
- 14) 久原俊之 (2000) : まだまだできる養殖魚の肉質改善「ヒラメ」. 養殖,

- 11月号, 62-64.
- 15) 塩満捷夫 (2000) : まだまだできる養殖魚の肉質改善「栄養強化による肉質改善」. 養殖, 10月号, 48-51.
 - 16) 能登谷正浩 (1999) : アオサの利用と環境修復. 成山堂, 東京, pp.101-106.
 - 17) 中平平介 (2000) : まだまだできる養殖魚の肉質改善「アユ」. 養殖, 11月号, 49-52.
 - 18) 村田 修 (2000) : まだまだできる養殖魚の肉質改善「育種・バイオテクからみた肉質改善」. 養殖, 10月号, 52-56.
 - 19) 小野里 担 (1983) : 魚類の人為倍数化とその利用. 水産育種, 8, 17-29.
 - 20) 岡田鳳二 (1985) : ニジマスの人為的性統御に関する研究. 北海道立水産孵化場研究報告, 40, 1-49.
 - 21) 小林 徹 (1992) : 長期混合飼育下での人為三倍体ニジマスの成長, 生残および生殖周期. 水産増殖, 40, 57-70.
 - 22) 小出展久・太田博巳・岡田鳳二 (1991) : サクラマス偽雄の作出と維持の現状. 養殖, 6月号, 124-127.
 - 23) 佐藤魚水 (1964) : 釣魚の習性 (淡水魚編). 西東社, 東京, pp.74-94.
 - 24) 阿部宗明・本間昭郎 (1997) : 現代おさかな事典・漁場から食卓まで. エヌ・ティー・エス, 東京, pp.667-668.
 - 25) 中川栄太郎 (1992) : 飛騨の溪流釣り. BookShop MYTOWN, 愛知, pp.184-188.
 - 26) 阿部宗明・本間昭郎 (1997) : 現代おさかな事典・漁場から食卓まで. エヌ・ティー・エス, 東京, pp.676-678.

第1章 育種素材としてのホウライマス

第1節 無斑形質の遺伝様式

第1節 無斑形質の遺伝様式

ホウライマスの商品性は無斑にあることから、この形質を活かしつつ、ホウライマスにアマゴやイワナの持つ食味、風味などを導入する方法として交雑育種を考えた。しかしながら、ニジマスとアマゴの間、ニジマスとイワナの間においては交雑によって生存性のある雑種二倍体を得ることはできないとされているため、¹⁾雑種二倍体では致死性の交雑組合せにおいても、高い生存性が得られる異質三倍体²⁻⁶⁾を利用した。ニジマスとアマゴの間ではニジマス雌とアマゴ雄の組合せ（以下、ニジアマ3N）で、ニジマスとイワナの間ではニジマス雌とイワナ雄との組合せ（以下、ニジイワ3N）で生存性の高い異質三倍体^{7, 8)}が得られ、アマゴ雌とニジマス雄、イワナ雌とニジマス雄の間での異質三倍体の生存性はない⁹⁾とされている。ホウライマスはニジマスの変異種であることから、無斑の異質三倍体を作成できる組合せは、ホウライマス雌とアマゴ雄およびホウライマス雌とイワナ雄と判断し、この組合せを用いた。

ホウライマスの特徴とされる無斑形質は、単純メンデル遺伝するとされている。¹⁰⁾すなわち、ホウライマスの無斑遺伝子 (H) は、ニジマスの有斑遺伝子 (N) に対して優性に働き、無斑遺伝子ホモ型 (HH) および無斑遺伝子ヘテロ型 (HN) で無斑のホウライマスになる。外観からは、無斑遺伝子ホモ型 (HH) および無斑遺伝子ヘテロ型 (HN) を識別することはできない。無斑遺伝子型の異なるホウライマスは、その配偶子の無斑遺伝子型も異なることが推定され、作出される倍数体の斑紋形成に影響を与えたと考えられた。

そこで、無斑形質の遺伝様式を推定するため第1において、ホウライマスの雌性発生二倍体、同質三倍体における無斑遺伝子の発現を調べ、第2、第3で、ホウライマス雌とアマゴ雄、ホウライマス雌とイワナ雄間の異質三倍体における無斑遺伝子の発現を調べた。

注：本項の引用文献は本章の巻末に示した。

第1 ホウライマスの雌性発生二倍体，同質三倍体における斑紋遺伝子の発現

服部克也

(水産育種, 16, 51-55, 1991)

ホウライマスの雌性発生二倍体、同質三倍体における斑紋遺伝子の発現に関する研究

服部 克也

(愛知県水産試験場内水面分場鳳来養魚場)

Studies on the Appearance of Non-Spot Gene in
Gynogenetic Diploid and Autotriploid of Rainbow Trout.

Katsuya HATTORI

Hourai Aquacultural Station, Aichi Prefectural Fisheries Experimental Station.

無斑のニジマス (*Oncorhynchus mykiss*) として知られるホウライマスについては、石井ら¹⁾がその遺伝様式と養殖特性を明らかにした。これによると、ホウライマスの無斑遺伝子 (*H*) はニジマスの有斑遺伝子 (*N*) に対して完全優性であり、斑紋遺伝子型が *HH* および *HN* で無斑のホウライマス、*NN* で有斑のニジマスとなることが示されている。

近年、多くのサケ科魚類において染色体操作が試みられているが、ホウライマスについては、雌性発生二倍体および同質三倍体における斑紋遺伝子の発現に関して十分に調べられてはいない。そこで本試験では、無斑遺伝子について遺伝子・動

原体間の組換えの有無の検討を試み、また、ホウライマス同質三倍体における斑紋遺伝子型と斑紋の形成の関係について推定を行った。

材料および方法

無斑遺伝子と動原体間の組換えについての推定
無斑遺伝子が動原体との間で組換えを行っていると仮定すると、斑紋遺伝子型がヘテロ (*HN*) のホウライマス雌親魚について、第2極体放出阻止型の雌性発生を誘導することによって、その推定を行うことができる。^{2) 3)} 推定の方法について Table 1 に示したが、第2減数分裂分離率が y で

Table 1 Assumption that genetic pattern of non-spot gene (genotype:hetero) for gynogenetic diploidy induction in *O.mykiss*.

Genotype of female	Genotype of egg	Genotype of gynogenetic diploid	Rate of appearance
<i>HN</i>	<i>HH</i>	<i>HH</i> (Non-spotted)	$(1-y)/2$
	(recom.type) <i>HN</i>	<i>HN</i> (Non-spotted)	y
	<i>NN</i>	<i>NN</i> (Spotted)	$(1-y)/2$

Appearance frequency on marking expression (Non-spotted : Spotted = $1+y : 1-y$)

(*) *H*: Non-spot gene, *N*: Spot gene, recom.type: recombination type,
 y : Second division segregation frequency.

あると仮定すると、組換え型である斑紋遺伝子型がヘテロ (HN) の個体は、得られた雌性発生魚の $y \times 100\%$ 存在することとなり、そして、優性ホモ型 (HH) と劣性ホモ型 (NN) の個体が各々 $(1-y)/2$ の比率を占めることになる。これにより、雌性発生魚での無斑個体と有斑個体の出現比率は、 $1+y:1-y$ になるものと考えられた。

この推定に基づき、1989年11月、1990年3月に愛知県水産試験場内水面分場鳳来養魚場にて飼育されているホウライマス2年魚を用いて雌性発生を誘導した。なお、当該においては、ホウライマスを斑紋遺伝子型別に分離飼育を行っていなかったため、供試した雌親魚の斑紋遺伝子型は後代検定により確認した。1989年11月では、後代検定によりA、B、C、Dの雌親魚4尾がヘテロ個体であった。雌性発生の誘導方法としては、アマゴ (*Oncorhynchus rhodurus*) UV照射精子にて媒精した卵について、吸水10分後に加温処理 (26°C、20分間) を施した。アマゴUV照射精子は、アマゴの精子を人工精漿⁴⁾にて1/100に希釈したものを直径90mmのシャーレに3ml分注し、これに6000erg/mm²の紫外線を照射することにより作成した。なお、同腹卵の2/3を雌性発生区、1/3を対照区 (後代検定区) とし、対照区にはニジマス雄の精子を用いて媒精した。供試したアマゴ雄の平均体重は455g、ニジマス雄の平均体重は756gであった。

1990年3月では、後代検定によりE、F、Gの雌親魚3尾がヘテロ個体であった。雌性発生の誘導方法及び実験区の設定は、前者のものと同様であったが、UV照射精子にはイワナ (*Salvelinus pluvius*) の精子を用いた。イワナUV照射精子の作成は、アマゴUV照射精子のものに準じた。なお、供試魚は長日処理により成熟期を通常より3ヶ月遅延させたものであり、イワナ雄の平均体重は620g、ニジマス雄の平均体重は880gであった。

フ化用水は湧水で、期間中の水温は9.6°C～

13.0°Cであった。また、検卵は積算水温で250°C前後、フ化率の算出は600°C前後で行った。雌親魚A、B、C、Dについては、雌性発生区および対照区各々の稚魚をフ化率の算出後から混合飼育し、1990年4月に10%ホルマリンにて固定した。雌親魚E、F、Gについては、フ化率の算出後、実験区毎に稚魚を固定した。これらの標本について、無斑個体と有斑個体を識別、計数した。

三倍体における斑紋遺伝子型と斑紋形成に関する推定

1989年3月、1989年11月、1990年3月に鳳来養魚場で飼育されているホウライマスおよびニジマス2年魚を用いて同質三倍体を作成した。倍数化の方法として、吸水10分後に加温処理 (26°C 20分間) を施した。なお、供試した雌親魚 (H、I、J、K、L、O) の卵は一腹毎に、ホウライマス雌にはニジマス雄、ニジマス雌にはホウライマス雄の組合せで交配し、1/3量を対照区 (無処理)、2/3量を加温処理区に分配した。また、雌親魚 (M、N) については、卵を混合して供試した。雄親魚の平均体重は870gであった。

フ化用水、水温、検卵、フ化率の算出については、無斑遺伝子と動原体間の組換えについての推定のものと同様であった。H、I、J、K、L、M+Nのフ化仔魚については、フ化率の算出時に対照区のうち30尾、加温処理区のうち60尾を抽出し、斑紋の観察を行った後、尾柄部切断により血液塗沫標本を作成した。残りの個体は、10%ホルマリンで固定した後、全個体の斑紋を観察した。Oについては、フ化仔魚を4ヶ月間餌付け飼育し、生残個体全てについて斑紋の観察を行った後、尾柄部切断により血液塗沫標本を作成した。得られた血液塗沫標本より、1尾につき30個の赤血球長径を計測し、赤血球長径平均値を求めた。なお、親魚の斑紋遺伝子型は、対照区での有斑個体と無斑個体の出現率より推定した。

結果と考察

無斑遺伝子と動原体間の組換えについての推定

供試した雌親魚の体長、体重、発眼率、フ化率をTable 2に示した。なお、発眼率およびフ化率については「養鱒の研究」⁵⁾の様式に従った。

雌親魚別の対照区、雌性発生区での有斑個体と無斑個体の出現個体数、および無斑個体の出現率について、対照区と雌性発生区との間で離散分布による検定を行い、その結果をTable 3に示した。

対照区での無斑個体出現率と雌性発生区での

のでは、検定の結果、何れの場合においても5%水準で有意な差は認められなかった。これにより、無斑遺伝子と動原体間で組換えが生じた場合に考えられる、雌性発生区での無斑個体出現率の上昇は、統計上現れなかったと考えられた。したがって、無斑遺伝子については動原体との間で組換えが生じていないものと推定され、斑紋遺伝子型がHNの雌親魚が産する第2極体放出前の卵での斑紋遺伝子型は、HHのものとNNのものが1:1に存在しているものと思われた。

Table 2 Body length, body weight, eyed egg rate, and hatching rate in every female (hetero type) removed eggs.

Female	B.L.(cm)	B.W.(g)	Eyed egg rate(%)		Hatching rate(%)	
			Cont.	Gyno.	Cont.	Gyno.
A	35.5	860	87.9	59.0	99.2	93.7
B	37.0	940	86.4	56.4	97.1	88.7
C	37.5	1040	98.5	53.6	99.0	85.8
D	36.0	1020	96.1	71.0	97.7	96.4
E	37.0	940	99.3	70.0	99.4	92.4
F	39.0	1000	96.7	62.8	98.3	54.3
G	35.0	740	76.3	43.5	99.7	97.1

(*) Cont.: Control, Gyno.: Gynogenesis.

Table 3 Appearance of marks in control and gynogenesis, and u-value about non-spotted appearance rate between control and gynogenesis.

Female	Control		Gynogenesis		u-value
	Spotted	Non-Spotted	Spotted	Non-Spotted	
(A+B+C+D)	(1171	1185)	(1485	1448)	0.70
E	491	471	597	600	0.54
F	294	278	210	212	0.57
G	181	184	220	218	0.25

u(0.05)=1.96 (*) Mixing cultured from Jan. 1990 to Apr.1990

三倍体における斑紋遺伝子型と斑紋形成に関する推定

供試した雌親魚の斑紋遺伝子型、体長、体重、および対照区と加温処理区での発眼率とフ化率についてはTable 4に示した。

また、雌親魚別の対照区、加温処理区での有斑個体と無斑個体の出現個体数、および赤血球長径

測定個体のうち三倍体と認められたものの出現個体数をTable 5に示した。なお、赤血球長径平均値は、対照区では12.0 μ ~14.5 μ であり、加温処理区のうち三倍体区の平均は16.3 μ ~18.9 μ であった。このため加温処理区での赤血球長径平均値が15.0 μ 以下の個体については二倍体とし、16.0 μ 以上のものを三倍体として判断した。

Table 4 Genotype of non-spot gene, body length, body weight, eyed egg rate, and hatching rate in every female removed eggs.

Female	Genotype	B.L.(cm)	B.W.(g)	Eyed egg rate(%)		Hatching rate(%)	
				Cont.	H.S.	Cont.	H.S.
H	HN	34.6	740	64.9	61.1	85.8	88.3
I	HN	37.0	900	67.8	71.2	99.8	97.3
J	HN	32.5	620	19.4	15.2	98.8	90.4
K	HN	34.5	750	98.4	89.6	100	98.7
L	HN	35.0	860	46.1	44.9	97.8	99.5
M*	NN	39.0	1000				
N*	NN	37.5	900	(89.6)	(73.7)	(98.4)	(90.6)
O	NN	43.0	-	21.1	12.8	76.8	57.4

(*) Eggs were mixed after egg removal

(**) Cont.:Control, H.S.:Heat Shock treatment.

Table 5 Appearance of marks in control and heat shock treatment, and triploidy appearance rate (triploid/tested) in every female.

Female	Control		Heat shock		Triploid/tested
	Spotted	Non-spotted	Spotted	Non-spotted	
H	178	215	302	348	60/60
I	333	307	507	484	60/60
J	45	34	60	82	58/60
K	400	438	536	607	60/60
L	191	171	285	278	59/60
(M+N)*	-	(677)	-	(964)	55/60
O	36	24	21	25	46/46

(*) Eggs were mixed from egg removal

雌親魚H、I、J、K、Lについては、後代検定によって斑紋遺伝子型がヘテロ(HN)であることを確認しており、これらより産出される卵の斑紋遺伝子型は、HH、NNであると考えられた。したがって、ニジマス雄の精子の有斑遺伝子Nにより得られる三倍体の斑紋遺伝子型は、HHN、NNNと推定された。なお、加温処理区で、雌親魚H、I、Kは、三倍体化率は100%であり、有斑個体がNNN、無斑個体がHHNの遺伝子型で存在しており、雌親魚J、Lでは、一部二倍体が混在しているため、有斑個体がNNNおよびNN、無斑個体がHHN、HNの遺伝子型であると思われた。

雌親魚(M+N)はニジマスであり、卵の斑紋遺伝子型はNNである。対照区では無斑個体しか出現しなかったため、雄親魚の斑紋遺伝子型はHHと考えられ、精子の斑紋遺伝子型はHである

ことから、加温処理区で得られた三倍体の斑紋遺伝子型はHNNと推定された。したがって、加温処理区で一部二倍体が混在しているため、無斑個体はHNNおよびHNの遺伝子型であると思われた。

雌親魚Oはニジマスであり、対照区での有斑個体と無斑個体の出現から、雄親魚の斑紋遺伝子型はHNであると考えられ、加温処理区で得られた三倍体の斑紋遺伝子型はHNNおよびNNNと推定された。加温処理区で三倍体化率が100%であり、有斑個体はNNN、無斑個体はHNNの遺伝子型であると思われた。

ホウライマスと同様ニジマスの優性突然変異体であるアルビノニジマスについては、アルビノニジマス雄とニジマス雌との間で三倍体を作出すると、眼は赤いが虹彩と眼底のみは黒くなり、二倍

体と容易に識別されるとされている⁶⁾。しかし、ホウライマス三倍体では、遺伝子型が HHH 、 HHN 、および HNN で無斑個体、 NNN で有斑個体となると考えられ、二倍体との識別は外見からで

は不可能と思われた。なお、ホウライマス、ニシマスにおける三倍体での斑紋遺伝子型と斑紋形質の関係を、Table 6に示した。

Table 6 Genetic pattern of non-spot gene for triploidy induction in *O.mykiss*.

Genotype of female	Genotype of egg	Genotype of sperm	Genotype of triploid.
HH (Homo-type)	HH	H	HHH (Non-spotted)
		N	HHN (Non-spotted)
HN (Hetero-type)	HH	H	HHH (Non-spotted)
		N	HHN (Non-spotted)
	NN	H	HNN (Non-spotted)
		N	NNN (Spotted)
NN (Homo-type)	NN	H	HNN (Non-spotted)
		N	NNN (Spotted)

(*) H : Non-spot gene N : Spot gene

謝 辞

本報を稿するにあたり、校閲を賜りました東京水産大学尾城隆助教授に心より御礼申し上げます。また、データの収集、整理等の作業を手伝って下さった、臨時職員金田みち子さんに感謝の意を表する。

文 献

- 1) 石井吉夫・小山舜二・今泉克英 (1980) 水産増殖、**28** : 128-133.
- 2) 谷口順彦 (1990) 水産増養殖と染色体操作 (水産学シリーズ75)、pp. 104-117、恒星社厚生閣、東京.
- 3) 関 伸吾・谷口順彦 (1989) 水産育種、**14** : 43-48.
- 4) 石川県 (1988) 第13回全国養鱒技術協議会、159.
- 5) 全国湖沼河川養殖研究会養鱒部会編 (1976) 養鱒の研究、pp. 99、緑書房、東京.
- 6) 尾城 隆 (1990) 水産のバイオテクとハイテク (東京水産大学第15回公開講座・隆島史夫編)、pp. 28-68、成山堂、東京.

第2 ホウライマス雌とアマゴ雄間における無斑異質三倍体の作出
Production of spotless allotriploids from female non-spotted
rainbow trout (houraimasu), *Oncorhynchus mykiss*, and male amago
salmon, *O. rhodurus*

Katsuya Hattori and Yukio Seko

(Journal of Applied Aquaculture, 8, 11-15, 1998)

Production of Spotless Allotriploids from Female Non-Spotted Rainbow Trout (Houraimasu), *Oncorhynchus mykiss*, and Male Amago Salmon, *O. rhodurus*

Katsuya Hattori
Yukio Seko

ABSTRACT. A new phenotype, spotless allotriploids, was introduced into the aquaculture industry. Spotless allotriploids were produced from female non-spotted rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, and male amago salmon, landlocked type of *O. rhodurus*. These allotriploids combine the favorable characteristics of the good flavor of amago salmon, faster growth (compared to that of amago salmon), and absence of spots, preferred by the market. The relationship between the non-spot character (gene) and the external appearance of the allotriploids was traced by analyzing the erythrocyte major axis, the allozymes, and the progeny test in each maternal genotype. Results indicate that spotless allotriploids can be produced by using female dominant homozygotic (*hh*) non-spotted rainbow trout. When females are heterozygotic (*hn*) non-spotted rainbow trout, the offspring produced are both spotted and spotless allotriploids in approximately equal proportions. *Article copies available for a fee from The Haworth Document Delivery Service: 1-800-342-9678. E-mail address: getinfo@haworthpressinc.com]*

INTRODUCTION

For aquaculture products, consumers desire a good flavor, and producers want fast-growing fish. Furthermore, consumers want new

Katsuya Hattori, Mikawa-ichinomiya Station, Freshwater Resources Research Center, Aichi Fisheries Research Institute, Toyotsu, Hoi, Aichi 441-12, Japan.

Yukio Seko, Aichi Fisheries Research Institute, Miya, Gamagouri, Aichi 443, Japan.

Katsuya Hattori is presently with the Aichi Fish-Farming Center, Nakayama, Atsumi, Aichi 441-36, Japan.

products, such as golden trout (albino rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*). Amago salmon, a landlocked type of *O. rhodurus*, is well known for its good flavor, and rainbow trout, *O. mykiss*, is one of the easiest salmonids to culture as well as one of the easiest to grow. Non-spotted rainbow trout—"houraimasu"—which have no spots and no parr marks was discovered in Japan in 1965, and its phenotypic characteristics were found to be Mendelian dominant (Ishii et al. 1980). Some researchers have attempted to produce diploid hybrids between amago salmon and rainbow trout; however, nobody succeeded (Suzuki and Fukuda 1971; Deng et al. 1992).

In this study, spotless allotriploids were produced in order to provide a new aquacultured product and to determine the inheritance of the non-spot gene in the allotriploids.

MATERIALS AND METHODS

Non-spotted rainbow trout eggs and amago salmon sperm were obtained from the Hourai Fish-Culture Station, Aichi Fisheries Research Institute, Aichi Prefecture, Japan. Ten minutes after fertilization was induced in water at $12 \pm 0.5^\circ\text{C}$, the fertilized eggs were heat-shocked at 26°C for 20 minutes to induce allotriploidy and then held at $9.0 \sim 14.0^\circ\text{C}$ throughout the remaining procedures.

Induction was carried out on seven female non-spotted rainbow trout (mean weight, 810 ± 78 g) and one female wild type rainbow trout (weight, 800 g) to investigate the relationship between the non-spot gene and external appearance. Sperm from seven male amago salmon (mean weight, 336 ± 129 g) were used for each fertilization, whereby one male was crossed with two females, and the other males were separately crossed with each female. For the progeny test of the female genotype, part of the eggs were fertilized by spotted rainbow trout sperm, and the genotype was assessed by the ratio of spotted : non-spotted progeny. Hatch rate and survival up to the eyed stage were recorded for each replicate sample, and fish with the same genotypes were pooled and cultured. Seven months after this induction, all individuals of each genotype were examined for external appearance, and after 19 months, 60 individuals, both spotted and spotless, were sampled to measure the erythrocyte major axis to confirm triploidization (Benfey et al. 1984) and to analyze allozymes to confirm hybridization. For controls, 59 non-spotted rainbow trout diploids and 60

amago salmon diploids were also analyzed. The mean of the erythrocyte major axis of examined individuals was calculated by measuring 30 erythrocytes from the blood smear samples. The sampled individuals were then stored at -20°C until electrophoretic analysis to evaluate the hybridization. Phosphoglucosmutase (PGM, E.C.2.7.5.1.), an indicator of maternal and paternal genes, was examined from heart tissue by the starch gel electrophoretic method (Taniguchi et al. 1978), using citric acid-aminopropylmorpholine, pH 7.0 for the buffer and an 11.5% gel.

RESULTS AND DISCUSSION

Spotless allotriploids were produced by crossing female non-spotted rainbow trout and male amago salmon (Figure 1) and showed better growth than amago salmon (Table 1). The erythrocyte major axis of the allotriploid was greater than that of non-spotted rainbow trout diploids and of amago salmon diploids (Table 1).

FIGURE 1. A. Spotless type of the allotriploid (male) crossed with female non-spotted rainbow trout and male amago salmon shows no spots or parr marks. B. Spotted type of the allotriploid (male) crossed with female wild type rainbow trout and amago salmon shows black spots and parr marks clearly.

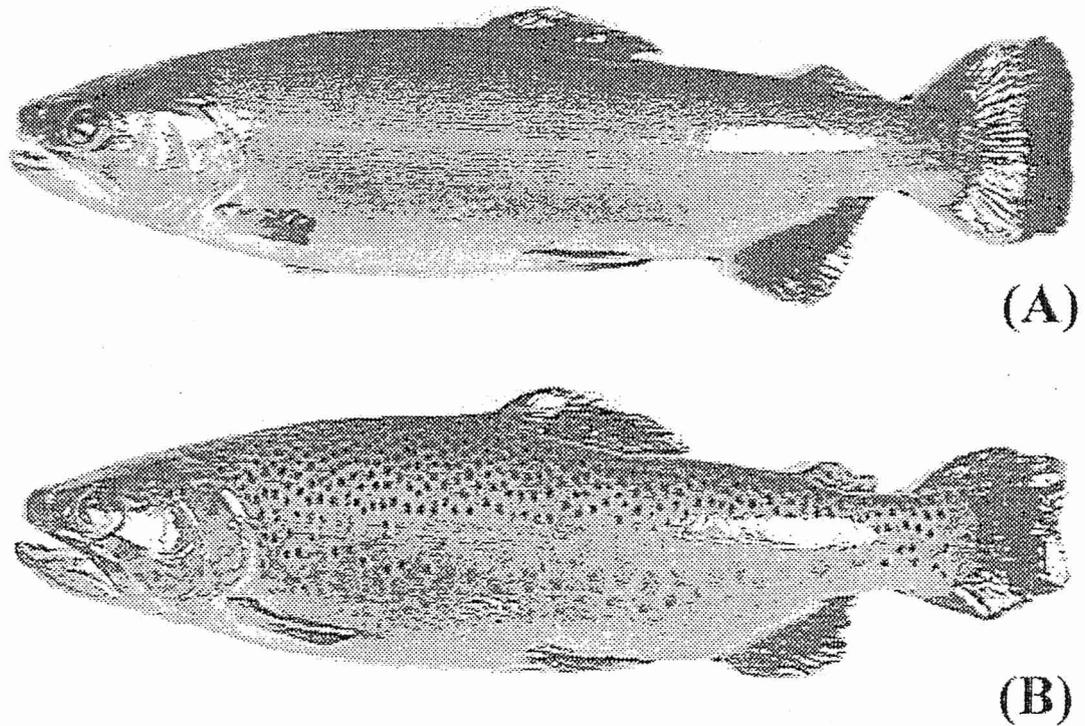


TABLE 1. Mean (\pm SD) erythrocyte major axis, body length, and body weight in spotless allotriploids produced by crossing female non-spotted rainbow trout with male amago salmon, non-spotted rainbow trout diploids, and amago salmon diploids used in the electrophoretic analysis.

	Mean erythrocyte major axis (μ)	Body length (cm)	Body weight (g)
Spotless allotriploid	18.2-20.4	26.9 \pm 1.7	285.6 \pm 67.1
Non-spotted rainbow trout diploid	14.0-16.2	28.5 \pm 1.1	353.2 \pm 48.9
Amago salmon diploid	14.5-16.7	23.0 \pm 1.3	169.1 \pm 35.9

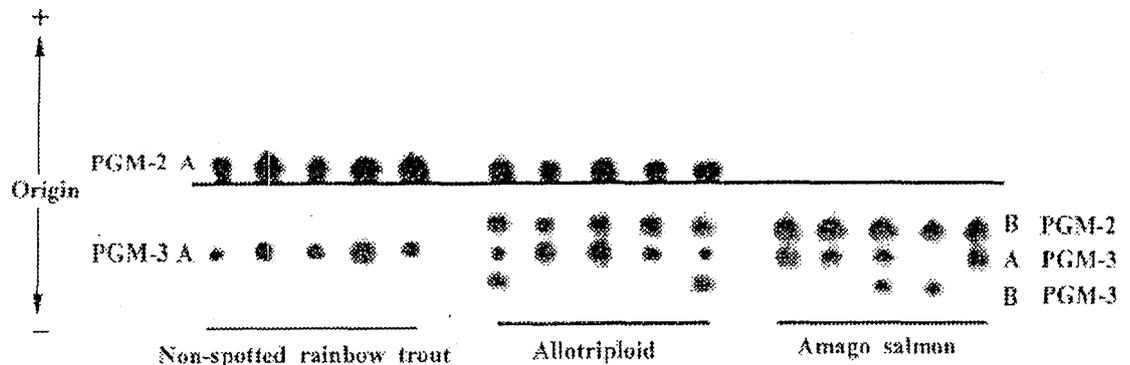
In the phosphoglucosmutase assay (Figure 2), non-spotted rainbow trout diploids and amago salmon diploids expressed PGM-2(A) and PGM-2(B), respectively. And all of the allotriploids, both spotted and spotless, expressed both the maternal and paternal genes, PGM-2(A) and PGM-2(B). This result indicated that the genomes of both non-spotted rainbow trout and amago salmon were induced.

The external appearance of the allotriploids showed that those induced from the dominant homozygotic (*hh*) females were all spotless (spotless type, 1,762 vs. spot type, 0). The allotriploids induced from heterozygotic (*hn*) females showed the types of both non-spot and wild (spot) in approximately equal proportion (spotless type, 877 vs. spot type, 916), and the allotriploids induced from recessive homozygotic (*nn*) females were all spot (spotless type, 0 vs. spot type, 249).

The non-spot gene of non-spotted rainbow trout is dominant over the spot gene of amago salmon. As the non-spot gene is Mendelian dominant, both dominant homozygotic (*hh*) and heterozygotic (*hn*) genotypes exist in phenotypic non-spotted rainbow trout. Therefore, female non-spotted rainbow trout with the *hh*-genotype produce only dominant homozygotic (*hh*) eggs, and fish with the *hn*-genotype produce both dominant homozygotic (*hh*) and recessive homozygotic (*nn*) ones (Hattori 1991). Consequently, to produce the spotless allotriploids effectively, dominant homozygotic (*hh*) female non-spotted rainbow trout should be used.

The spotless allotriploids have value in the market as a new product, and the characteristic of better growth compared to that of amago salmon is valued in the aquaculture industry. Chemical analysis of the taste of the allotriploids will be presented in a future study.

FIGURE 2. Electrophoretic patterns of phosphoglucosmutase (PGM, E.C.2.7.5.1.) in non-spotted rainbow trout diploids, amago salmon diploids, and allotriploids containing spotted and spotless. Non-spotted rainbow trout diploids expressed PGM-2(A), amago salmon diploids expressed as PGM-2(B), and all of the allotriploids expressed both the maternal gene PGM-2(A) and the paternal gene PGM-2(B).



ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Nobuaki Okamoto for his valuable comments.

REFERENCES

- Benfey, T. J., A. M. Sutterlin, and R. J. Thompson. 1984. Use of erythrocyte measurements to identify triploid salmonids. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41: 980-984.
- Deng Y., T. Oshiro, S. Higaki, and F. Takashima. 1992. Survival, growth and morphometric characteristics in diploid and triploid hybrids of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Suisanzoshoku* 40: 121-129 (in Japanese).
- Hattori, K. 1991. Studies on the appearance of non-spot gene in gynogenetic diploid and autotriploid of rainbow trout. *Fish Genetics and Breeding Sciences* 16: 51-55 (in Japanese).
- Ishii, Y., S. Koyama, and K. Imaizumi. 1980. On the culture of spotless rainbow trout. *Suisanzoshoku* 28:128-133 (in Japanese).
- Suzuki R., and Y. Fukuda. 1971. Survival potential of F1 hybrids among salmonid fishes. *Bulletin of Freshwater Fisheries Research Laboratory* 21: 69-83.
- Taniguchi, N., Y. Okada, and Y. Miyazaki. 1978. Study on the identification of subpopulations of a sciaenid fish, *Nibea mitsukurii*. *Reports of the Fisheries Laboratory Kochi University* 3:19-30 (in Japanese).

第3 ホウライマスとイワナ間での異質三倍体におけるアロザイムおよび無斑
遺伝子の発現に関する研究

服部克也

(水産育種, 16, 43-50, 1991)

ホウライマスとイワナ間での異質三倍体における アロザイムおよび無斑遺伝子の発現に関する研究

服部 克也

(愛知県水産試験場内水面分場鳳来養魚場)

Studies on Expression of Allozyme and Non-Spot gene in Allotriploid
between Non-Spotted Rainbow Trout and Japanese Char.

Katsuya HATTORI

Hourai Aquacultural Station, Aichi Prefectural
Fisheries Experimental Station.

ホウライマスとは、体表の黒斑およびパーマークを持たないニジマス (*Oncorhynchus mykiss*) の突然変異体であり、昭和40年に愛知県水産試験場内水面分場鳳来養魚場において偶然雄1尾が発見され、固定されたものである。

ホウライマスの無斑遺伝子 (H) は、ニジマスの有斑遺伝子 (N) に対して優性で、単純なメンデル遺伝をすることが石井ら¹⁾によって確かめられている。しかし、種間、属間での交配を行うことによる、無斑遺伝子の他種、他属の有斑遺伝子に対する働きについては、充分確かめられてはいない。例えば、ニジマスとイワナ (*Salvelinus pluvius*) の間では、交雑魚の生存性が低く雑種強勢も認められないことから²⁾、ホウライマスについての交雑試験が試みられなかったものと思われる。

近年、染色体操作を用いて異質三倍体が作出され、生存性回復効果があることが示されており³⁾、ニジマスとイワナにおいてもニジマス (雌) とイワナ (雄) の組合せで異質三倍体の生存性の回復が確認されている⁴⁾。こうしたことから、ホウラ

イマス (雌) とイワナ (雄) の組合せで異質三倍体を作成し、アロザイムおよび無斑遺伝子の発現について推定を試みたので、ここに報告する。

材料および方法

異質三倍体の作出は、1988年11月および1989年11月に実施した。供試親魚には、愛知県水産試験場内水面分場鳳来養魚場で飼育されているホウライマス、ニジマス、イワナの2年魚を用いた。

三倍体化は第2極体放出阻止に依り、受精・吸水10分後に加温処理 (26℃、20分間) を施した。処理後は、ふ化水槽に收容し、検卵は積算水温で約250℃、ふ化率の算出は約500℃で行った。なお、ふ化用水は湧水で、期間中の水温は9.0℃~14.0℃であった。

1988年11月には、1区、2区の2回作出を実施した。1区ではホウライマス雌3尾 (平均体重BW=820g) の卵を混合したものに、イワナ雄 (BW=350g) の精子を用いて媒精後、加温処理を行った。対照区には、同腹卵にホウライマス雄 (BW=810g) の精子を用いて媒精した。2区ではホウ

ライマス雌 2 尾 (平均体重 BW=650 g) の卵を混合したものに、イワナ雄 (BW=450 g) の精子を用いて媒精後、加温処理を行った。また、対照区には、同腹卵にホウライマス雄 (BW=620 g) の精子を用いて媒精した。

1 区および 2 区で得られた異質三倍体は、餌付け時より混合飼育した。餌付け後 10 カ月齢にて、三倍体化とイワナのゲノムが導入されているのかについて確認するため、無斑個体と有斑個体を合わせて 30 尾について、赤血球長径の計測、アロザイムの検出、および体長・体重・頭長・および体高の計測を行った。また、対照として同時期に作

出したニジマス (ホウライマス)、イワナ各々 30 尾について同様の計測、検出を実施した。

赤血球長径値は、尾柄部より採血した抹消血をスライドに滴下して塗抹標本を作成し、1 尾につき 30 個の赤血球長径値を計測した。そして、個体毎に、赤血球長径平均値を求めた。

アロザイムの検出は、水平式デンブング電気泳動法に依った。ゲル濃度は、12.5% とし、クエン酸-N-(3-アミノプロピル) モルホリン (pH 7.0) 緩衝液⁵⁾ を用い、定電流 (4 mA/cm²) とした。検出した酵素、および検出用組織については Table 1 に示したが、検出用試料としては、

Table 1 Enzymes and tissue sources used in electrophoretic analysis.

Enzyme	tissue
6-Phosphogluconate dehydrogenase (6-PGD)	Muscle
Isocitrate dehydrogenase (IDH)	Liver, Muscle
Aspartate aminotransferase (AAT)	Muscle
Lactate dehydrogenase (LDH)	Liver
Malic enzyme (ME)	Muscle

組織の解凍ドリップを用いた。なお、これらの酵素は、予備試験の段階で、種による泳動像の差異が確認できると思われたものである。また、供試魚は分析まで -20°C 下で保存した。

1989 年 11 月には、雌親魚に用いるホウライマスの斑紋遺伝子型を作出された異質三倍体の斑紋形成の関係を推定するため、雌親魚について個体別の作出を行った。雌親魚の斑紋遺伝子型は、ホウライマスの場合には、対照区としてニジマス雄との交配を行うことで後代検定により推定した。

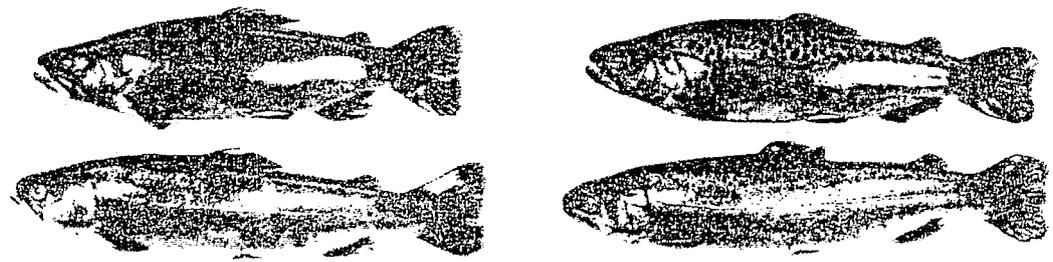
雌親魚として用いたホウライマス 7 尾・ニジマス 1 尾の平均体重は 809 g、雄親魚として用いたニジマスの平均体重は 743 g、イワナの平均体重は 591 g であった。ふ化後得られた異質三倍体の稚魚は、雌親魚の斑紋遺伝子型別に混合飼育し、餌付け後 7 カ月で斑紋形成の観察を行った。

結 果

異質三倍体区で認められた無斑個体と有斑個体については、その写真を Fig. 1 に示した。有斑個体には明瞭な虎毛模様様が背部に認められたが、無斑個体は、黒点および斑紋の形成が全く認められなかった。

雌親魚別の斑紋遺伝子型、対照区と異質三倍体区での発眼率、ふ化率、および異質三倍体区で得られた仔魚数を Table 2 に示したが、異質三倍体区での発眼率およびふ化率は、対照区のものより低い傾向が認められた。

また、アロザイムの検出を行った異質三倍体、ニジマス、およびイワナの平均体長、平均体重、赤血球長径平均値、および有斑個体数と無斑個体数を Table 3 に示した。赤血球長径平均値は、ニ



Non-spotted type
 (Top :B.L.=19.6cm, B.W.=130.3g)
 (Bottom:B.L.=22.1cm, B.W.=160.2g)

Spotted type
 (Top :B.L.=20.2cm, B.W.=127.3g)
 (Bottom:B.L.=22.5cm, B.W.=156.0g)

Fig.1. Non-spotted and spotted types of allotriploids between female *O. mykiss* and male *S. pluvius*.

Table 2 Genotype, eyed egg rate, hatching rate, and larva number of allotriploid in every females removed eggs.

Female		1	2	A	B	C	D	E	F	G	H
Genotype		***	***	HH	HH	HN	HN	HN	HN	HN	NN
Eyed egg rate (%)	Cont.	99.3	52.8	99.5	69.7	60.4	78.5	91.2	75.0	54.0	93.0
	Allo.	71.9	59.8	94.4	90.6	31.2	56.7	71.9	47.0	49.4	73.0
Hatching rate (%)	Cont.	99.4	98.3	99.5	100	99.6	99.8	97.7	99.5	34.8	92.0
	Allo.	96.9	85.6	96.8	98.0	90.5	66.1	83.7	96.9	86.6	35.7
Larva number of allotriploid		500	262	986	537	191	295	421	219	309	158

(***) : No progeny test.

Table 3 Body length, body weight, average of erythrocyte major axis, and marking expression of sample used in electrophoretic analysis.

	Body length* (cm)	Body weight* (g)	Erythrocyte major axis** (μ)	Spotted / Nonspotted
Allotriploid	17.1 \pm 1.1	80.5 \pm 13.4	18.9~20.8	6 / 24
<i>O. mykiss</i>	17.7 \pm 1.4	99.3 \pm 20.3	13.5~14.9	15 / 15
<i>S. pluvius</i>	14.7 \pm 1.4	50.4 \pm 15.0	16.5~17.8	30 / 0

(*)Average \pm Standard deviation. (**)Min.value ~ Max.value of samples.

ジマスおよびイワナの二倍体のものより、異質三倍体のものは大きい値であることから、三倍体化されているものと推定された。⁶⁾また、体型を比較するために、体高の体長に対する割合と頭長の

体長に対する割合との関係をFig. 2に示した。異質三倍体は、ニジマスとイワナの中間の体型しているものと推定された。

アロザイムの検出により認められた泳動像と

推定された遺伝子座および遺伝子をFigs. 3～8 に示した。なお、遺伝子座および遺伝子の推定に

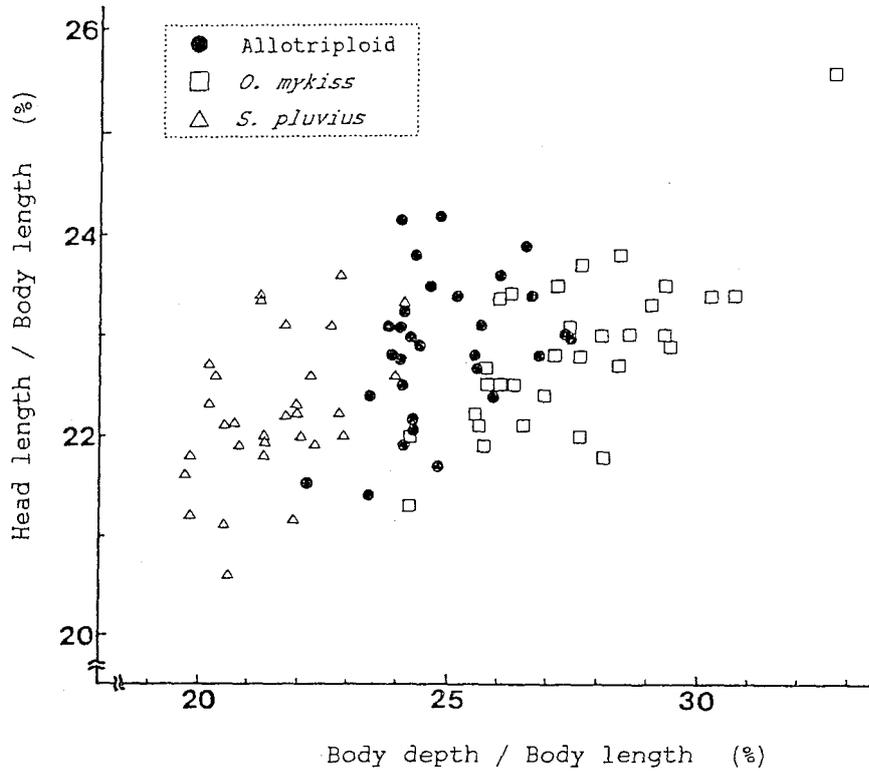


Fig.2. Relationship between the ratio of body depth to body length and the ratio of head length to body length of *O. mykiss*, *S. pluvius*, and allotriploids estimated by electrophoretic analysis.

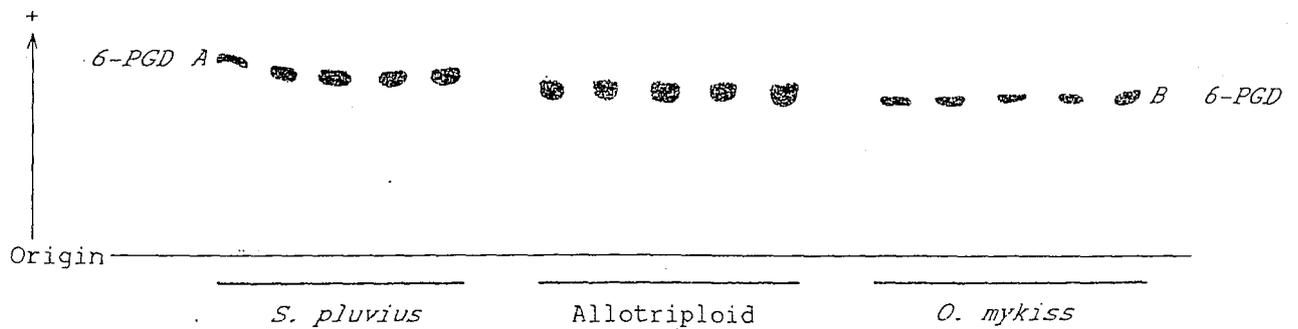


Fig.3. Electrophoretic patterns and presumption of loci and genes in 6-PGD.

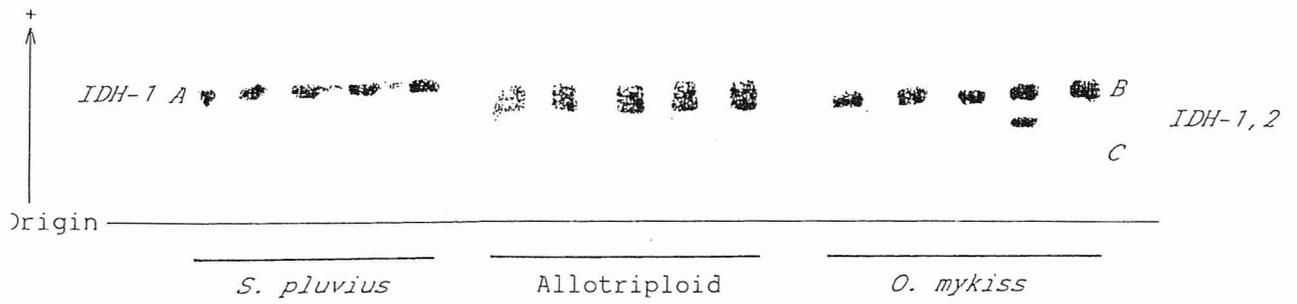


Fig.4. Electrophoretic patterns and presumption of loci and genes in IDH (liver tissues).

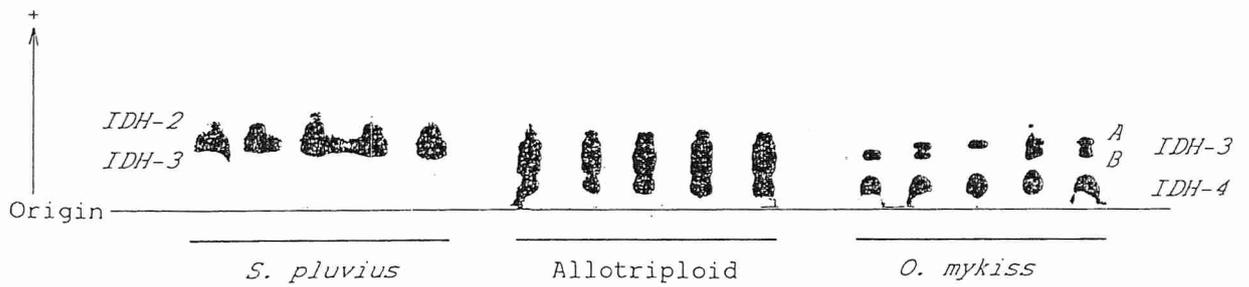


Fig.5. Electrophoretic patterns and presumption of loci and genes in IDH (muscle tissues).

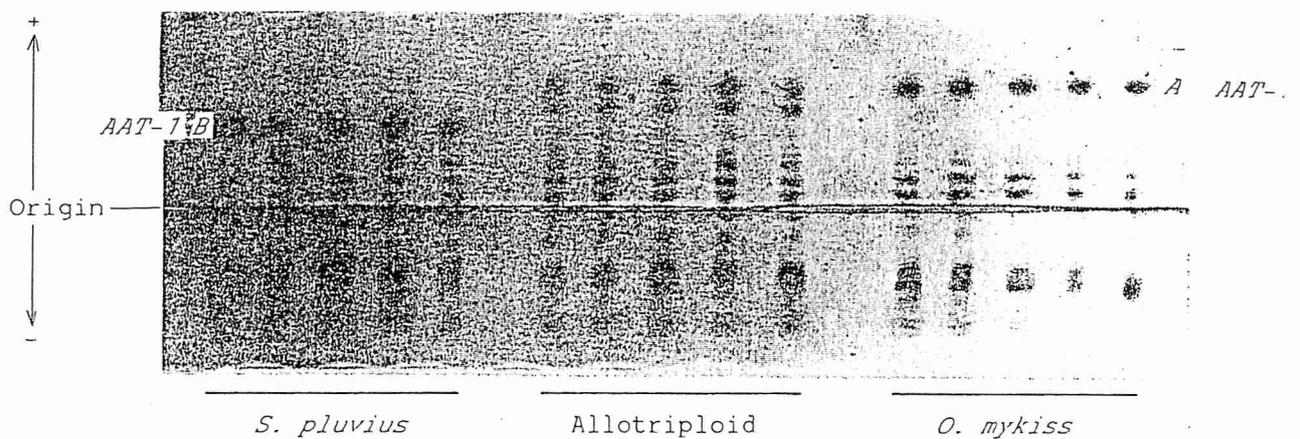


Fig.6. Electrophoretic patterns and presumption of loci and genes in ATT.

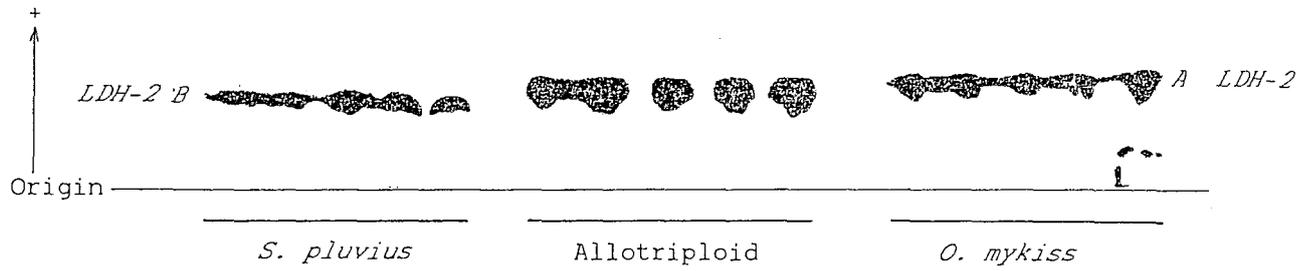


Fig.7. Electrophoretic patterns and presumption of loci and genes in LDH.

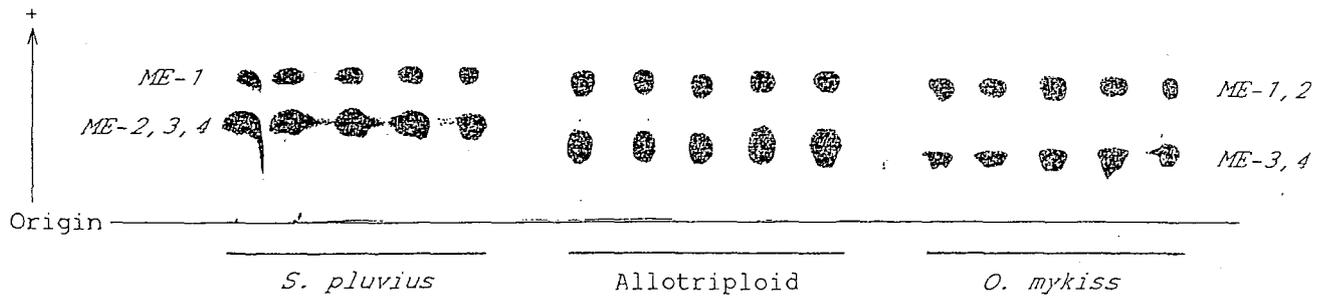


Fig.8. Electrophoretic patterns and presumption of loci in ME.

については、藤尾ら¹⁾が示したものを参考とした。

6-PGDでは、ニジマスで6-PGD遺伝子座にB遺伝子、イワナで6-pgd遺伝子座にA遺伝子が認められ、異質三倍体では泳動像の量的比⁸⁾から遺伝子型がABBであると思われた (Fig. 3)。

IDH (肝臓) では、ニジマスでIDH-1,2遺伝子座にB遺伝子およびC遺伝子、イワナでIDH-1遺伝子座にA遺伝子の存在が認められ、異質三倍体の遺伝子型はABBであると思われた (Fig. 4)。

IDH (筋肉) では、ニジマスでIDH-3、IDH-4遺伝子座が認められ、IDH-3遺伝子座においてA遺伝子およびB遺伝子の存在が認められた。イワナでは、IDH-2、IDH-3遺伝子座の存在が認められた。異質三倍体では、IDH-2、IDH-3、およびIDH-4遺伝子座の存在が認められ、また、IDH-3遺伝子座とIDH-4遺伝子座の間で、ハイブリッドポリマーが形成されているものと推定された (Fig. 5)。

ATTでは、ニジマスでAAT-1遺伝子座にA遺伝子、イワナでAAT-1遺伝子座にB遺伝子の存在が認められ、異質三倍体の遺伝子型はAABであると思われた (Fig. 6)。

LDHでは、ニジマスでLDH-2遺伝子座にA遺伝子、イワナでLDH-2遺伝子座にB遺伝子の存在が認められ、異質三倍体の遺伝子型はAABであると思われた (Fig. 7)。

MEでは、ニジマスでME-1,2遺伝子座、ME-3,4遺伝子座、イワナでME-1遺伝子座、ME-2,3,4遺伝子座が認められ、異質三倍体ではこれらの遺伝子座の存在が考えられる泳動像を示していた (Fig. 8)。

アロザイムの検出を試みた個体での6-PGD、IDH、AAT、LDHにおける遺伝子型の推定結果をTable 4に示したが、これらのことから異質三倍体ではニジマスとイワナの遺伝子が発現していることが確かめられた。

Table 4 Presumed genotypes of samples used in electrophoretic analysis.

Locus	<i>O. mykiss</i>	<i>S. pluvius</i>	Allotriploid
6-PGD,	BB=30	AA=30	ABB=30
IDH-1(IDH-1,2)	BB=23, BC=7	AA=30	ABB=30
IDH-3	AA=4, AB=11, BB=15	*****	AA=5, AB=14, BB=11
AAT-1	AA=30	BB=30	AAB=30
LDH-2	AA=30	BB=30	AAB=30

斑紋形成の観察では、HH型雌親魚からの異質三倍体生残魚1097尾は全て無斑であった。HN型のもの生残魚990のうち521尾が有斑、469尾が無斑であった。NN型のもの生残魚102尾は全て有斑であった。

考 察

ホウライマス (雌) とイワナ (雄) との間で得られた異質三倍体に認められた無斑個体は、赤血球長径値とアロザイムによるイワナ遺伝子導入の確認により、ホウライマスの雌性発生魚というも

のではなく、ホウライマスの無斑遺伝子がイワナ有斑遺伝子 (I) に対して優性に働いた結果得られたものと思われた。

ホウライマスの無斑遺伝子については、有斑遺伝子との間で組換えが行われていないものと推定され⁹⁾、ヘテロ型ホウライマス雌親魚から得られる卵の斑紋遺伝子型は、HHとNNであると考えられる。そして、ヘテロ型の雌親魚から得られた異質三倍体では、無斑個体と有斑個体が1対1に観察されており、異質三倍体の斑紋遺伝子型はHHIで無斑個体、NNI型で有斑個体になるもの

と推定された。なお、異質三倍体作出における斑紋遺伝子型と斑紋形成の関係をTable 5に示した。

こうしたことから、ニジマス（雌）とイワナ（雄）との間での異質三倍体に認められる奇異な

Table 5 Genetic pattern of non-spot gene for allotriploidy induction between female *O.mykiss* and male *S.pluvius*.

Genotype of female	Genotype of egg	Genotype of sperm	Genotype of allotriploid
<i>HH</i> (Homo-type)	<i>HH</i>	<i>I</i>	<i>HHI</i> (Non-spotted)
<i>HN</i> (Hetero-type)	<i>HH</i>	<i>I</i>	<i>HHI</i> (Non-spotted)
	<i>NN</i>	<i>I</i>	<i>NNI</i> (Spotted)
<i>NN</i> (Homo-type)	<i>NN</i>	<i>I</i>	<i>NNI</i> (Spotted)

(*) *H*: Non-spot gene in *O.mykiss*. *N*: Spot gene in *O.mykiss*. *I*: Spot gene in *S.pluvius*.

斑紋形成を、ホウライマス（雌）を用いることにより無斑とすることが可能であり、外観の改善が行えると考えられた。

また、ニジマス（雌）とギンザケ *Oncorhynchus kisutch*（雄）との異質三倍体では、ギンザケの持つ伝染性造血器壊死症ウイルス（IHNV）に対する抗病性形質が導入されたことが示されており¹⁰⁾、ホウライマス（雌）とイワナ（雄）との異質三倍体においてもイワナの持つ抗病形質¹¹⁾が導入さ

れている可能性が考えられるが、今後検討が必要である。

謝 辞

本報を稿するにあたり、校閲および有益な助言を賜りました高知大学谷口順彦教授に心より御礼申し上げる。また、データの収集、整理等の作業を手伝って下さった、臨時職員金田みち子さんに感謝の意を表する。

文 献

- 1) 石井吉夫・小山舜二・今泉克英 (1980) 水産増殖、**28**:128-133.
- 2) Suzuki, R. and Y. Fukuda (1971) Bull. Freshwater Fish. Res. Lab., **21**:117-138.
- 3) 荒井克俊 (1989) 水産増養殖と染色体操作 (水産学シリーズ75), pp. 82-94, 恒星社厚生閣, 東京.
- 4) 愛知県水産試験場 (1989) 昭和63年度業務報告, 54-55.
- 5) 谷口順彦・岡田容典・宮崎嘉弘 (1987) 高知大水実研報, **3**:19-30.
- 6) 小林徹 (1988) マス類の人為倍数体利用による育種に関する研究, 昭和62年度地域バイオテクノロジー研究開発促進事業報告書, 12-25.
- 7) 藤尾芳久他 (1989) アイソザイムによる魚介類の集団解析, 昭和61~63年海洋生物集団の識別等による先導的評価手法の開発事業報告書, 101-112.
- 8) Taniguchi, N., S. Seki, Y. Inada and K. Murakami (1985) Nippon Suisan Gakkaishi, **51**:503.
- 9) 服部克也 (1991) 水産育種 (印刷中).
- 10) Parsons, J., R. Busch, G. Thorgaard and P. Scheerer (1986) Aquaculture, **57**:337-343.
- 11) Suzuki, R. (1977) Proc. 5th Japan-Soviet joint Symp. Aquaculture, Sept. 1976, Tokyo and Sapporo, 175-188.

小 括

第1において、ハウライマス卵の無斑遺伝子型を、卵の遺伝子のみで発生する第2極体放出阻止による雌性発生二倍体¹¹⁾の斑紋形成によって推定した。配偶子（卵）は、減数分裂の複糸期の段階で相同染色体間の乗換えが起こることから、第2極体の放出阻止により得られた第2極体放出阻止型雌性発生二倍体では、相同染色体間の乗換えの結果、遺伝子と動原体間の乗換え型が生じるとされている。¹²⁾ 無斑遺伝子ヘテロ（*HN*）型ハウライマス雌親の配偶子では、乗換え（第2減数分裂分離率 y , frequency of second division segregation）が起こると仮定した場合、得られる雌性発生二倍体（卵）の無斑遺伝子型とその出現比率は、*HH*型が $(1-y)/2$ 、*HN*型が y 、*NN*型が $(1-y)/2$ となるため、無斑個体（ハウライマス）は $(1+y)/2$ 、有斑個体（野性型ニジマス）は $(1-y)/2$ になる。その結果、雌性発生二倍体においては有斑個体よりも無斑個体の割合が大きくなる。また、乗換えが起こらないと仮定した場合、得られる雌性発生二倍体（卵）の無斑遺伝子型とその出現比率は、*HH*型が $1/2$ 、*NN*型が $1/2$ となり、無斑個体と有斑個体の出現は同比率になる。無斑遺伝子ヘテロ（*HN*）型ハウライマス雌から作出された雌性発生二倍体では、無斑個体と有斑個体の比率が同比率となったことから、無斑遺伝子は動原体との間での乗換えは起こさず、無斑遺伝子ホモ（*HH*）型ハウライマス雌親からの場合はすべて*HH*型となり、無斑遺伝子ヘテロ（*HN*）型の場合は*HH*型と*NN*型が同比率になることが明らかとなった。また、ハウライマス同質三倍体に関しては、無斑遺伝子型が、*HHH*型、*HHN*型および*HNN*型で無斑個体となり、*NNN*型で有斑個体になることも明らかになった。

次に、無斑の異質三倍体の効率的な作出のために、ハウライマスの無斑遺伝子と交雑対象種のアマゴおよびイワナの有斑遺伝子の発現様式を推定し、無斑遺伝子型と斑紋形成の関係を確かめた。第2および第3において、ハウライマス、アマゴおよびイワナを用いて異質三倍体（ニジアマ $3N$ およびニジイワ $3N$ ）を作出し、これらについて斑紋の発現様式を調べた。その結果、無斑遺伝子ホモ（*HH*）型ハウライマス雌から得られたニジアマ $3N$ およびニジイワ $3N$ はいずれも無斑個体であり、無斑遺伝子ヘテロ（*HN*）型ハウライマス雌から

得られたニジアマ3Nおよびニジイワ3Nは無斑個体と有斑個体が同比率であった。この結果から、アマゴ、イワナの持つ有斑遺伝子をそれぞれ*A*、*I*とすると、無斑遺伝子ホモ(*HH*)型ホウライマス雌の場合、ニジアマ3Nの無斑遺伝子型は*HHA*型、ニジイワ3Nの無斑遺伝子型は*HHI*型で全て無斑になり、一方、無斑遺伝子ヘテロ(*HN*)型ホウライマス雌の場合では、*HH*型の卵と*NN*型の卵が同比率となるため、作出された異質三倍体の無斑遺伝子型は、ニジアマ3N (*HHA*型) およびニジイワ3N (*HHI*型) で無斑個体となり、ニジアマ3N (*NNA*型) およびニジイワ3N (*NNI*型) で有斑個体になることが分かった。すなわち、無斑遺伝子ホモ型ホウライマスを用いた場合には、全て無斑の異質三倍体となるが、無斑遺伝子ヘテロ型ホウライマスを用いた場合には、無斑と有斑の異質三倍体が同比率出現することとなり、効率的な無斑異質三倍体の作出のためには無斑遺伝子ホモ型ホウライマスの雌が必要と考えられた。

以上のことから、ホウライマス雌とアマゴ雄、およびホウライマス雌とイワナ雄の交配組合せにおいて、ホウライマスの特徴を受け継いだ無斑の異質三倍体を得ることができること、および用いるホウライマス雌の無斑遺伝子型によって無斑異質三倍体の出現比率は異なることが明らかになった。また、無斑異質三倍体を効率的に作出するためには、無斑遺伝子ホモ型ホウライマスが必要であるとの結論を得た。

注：本項の引用文献は本章の巻末に示した。

第2節 経済形質について

第2節 経済形質について

ホウライマスは、愛知県水産試験場で継代飼育されているが、養殖魚として必要とされる経済形質、養殖特性などに関して、その評価検討は十分になされていない。そこで本研究では、愛知県水産試験場で継代飼育されているホウライマスの諸形質、特に経済形質について、愛知県水産試験場で現在飼育中のホウライマス（無斑遺伝子ホモ型およびヘテロ型の混合群、以下愛知ホウライマス）と、滋賀県醒井養鱒場飼育継代野性型ニジマス（以下醒井ニジマス）を混合飼育し、肥満度と成長率を比較検討した。

第1 愛知県水産試験場飼育継代ホウライマス（無斑ニジマス）の肥満度および成長率

服部克也・水野正之・落合真哉・植村宗彦

(愛知県水産試験場研究報告, 9, 39-41, 2002)

愛知県水産試験場飼育継代ホウライマス（無斑ニジマス） の肥満度および成長率

服部克也・水野正之・落合真哉・植村宗彦

Fatness and growth rate of the broodstock of non-spotted rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* at Aichi Fisheries Research Institute

HATTORI Katsuya^{*1}, MIZUNO Masayuki^{*2},
OCHIAI Masaya^{*1}, and UEMURA Munehiko^{*1}

Abstract: Non-spotted rainbow trout (denoted by *non-spotted*) has been cultured at Aichi prefecture as a local specialty. We investigated fatness and growth rate of the *non-spotted* in order to evaluate its economical traits. The fish measured was of being reared at Aichi Fisheries Research Institute. The results showed that fatness of the *non-spotted* was significantly higher than that of the wild type of rainbow trout and the growth rate was the same as that of the wild type.

キーワード；ホウライマス（無斑ニジマス）、野性型ニジマス、混養、個体識別、肥満度、成長率

ニジマス、*Oncorhynchus mykiss*の1999年における日本国内生産量は約1万2千トンであり、1991年の1万5千トン水準から毎年減少傾向にある。¹⁾一方、近年、寿司ネタや刺身に使われる大型魚の需要が増える傾向にあり、ノルウェー、チリなどで養殖された大西洋サケ、*Salmo salar*、ニジマス等の輸入が増加している。²⁾日本国内におけるニジマスなどマス類の養殖はこうした輸入サケ・マス類にシェアを奪われ、国内消費の拡大が困難な状況となっており、³⁾消費者にアピールできる商品性、市場競争力を有したマス類の生産が必要となっている。ホウライマスは無斑であることから、愛知県を中心に特産品としての需要があり、愛知県水産試験場で継代群が飼育されているだけでなく、愛知県内のマス類養魚場での養殖生産がなされている。しかしながら、ホウライマスの経済形質、量的形質については、1976年の交配試験に関する報告³⁾がなされて以来、十分に調べられることはなかった。加えて、1976年以降、愛知県水

産試験場では、ホウライマスとドナルドソン系ニジマスとの交配などが行われてきたことから、現在飼育しているホウライマスの経済形質、量的形質を明らかにすることが求められている。このため、本報告では現在愛知県水産試験場で飼育されているホウライマスの肥満度と成長率について調べたので報告する。

材料および方法

ホウライマスの肥満度、成長率を比較する対照として滋賀県醒井養鱒場飼育野性型ニジマス（以下、野性型ニジマス）を用いた。ホウライマスおよび野性型ニジマスの配偶子は1992年秋にそれぞれ、愛知県水産試験場および滋賀県醒井養鱒場より得た。実験に用いた親魚の平均体重、平均体長、年齢および供試尾数はTable 1に示した。交配により得られたホウライマスおよび野性型ニジマスの卵、仔魚は愛知県水産試験場において飼育管理した。ふ化後11ヵ月において、ホウライマスおよび野性

*1 愛知県水産試験場漁業生産研究所

(Marine Resources Research Center, Aichi Fisheries Research Institute, Toyohama, Minamichita, Aichi 470-3412, Japan)

*2 愛知県水産試験場内水面漁業研究所弥富指導所 (Yatomi Station, Freshwater Resources Research Center, Aichi 198-0017, Japan)

Table 1 Mean body weights, mean body lengths, age and number of the parents used in the experiment

	Wild-type ♀	Wild-type ♂	Non-spotted ♀	Non-spotted ♂
Body weight (g)	1,975 ± 241	1,369 ± 104	798 ± 67	748 ± 48
Body length (cm)	49.0 ± 2.6	45.1 ± 1.6	35.4 ± 0.7	35.4 ± 0.7
Age (year-old)	3 or 4	3 or 4	2	2
Number	11	10	12	12

Wild-type: wild-type rainbow trout reared at Samegai Trout Farm.

Non-spotted: non-spotted rainbow trout reared at Aich Fisheries Research Institute.

Values are shown as mean ± standard deviation.

型ニジマス個体についてそれぞれ体重上位個体60尾を選別し、電子標識タグ (HS-5105, Destron/IDI, Inc., USA) により標識した。なお、ホウライマスについては全て無斑の個体を選別したが、親魚の無斑遺伝子型を検定しなかったため、選別された個体には無斑遺伝子ホモ型とヘテロ型が含まれていると考えられた。標識後、屋外円形コンクリート水槽 (3m) で混養して飼育し、1日1回飽食量を給餌した。各個体の体重と体長は、約2ヵ月間隔で電子標識タグにより個体識別を行って測定した。それぞれの個体における肥満度は (体重 × 1,000) / (体長)³ により求めた。また、それぞれの個体における成長率は、11ヵ月齢時の体重でそれぞれ計測時の体重を除いて求めた。平均値の検定はMann-Whitney法を用いた。

結果および考察

ホウライマスの平均肥満度は、試験期間 (11ヵ月齢～20ヵ月齢) においては17.8～19.8、野性型ニジマスは16.1～18.0であった (Table 2)。ホウライマスの各月齢における平均肥満度は、野性型ニジマスのそれに比べて有意 ($P < 0.01$) に高かった。なお、ニジマスで報告されている肥満度は、16.4～17.8 (体重45g～130gサイズ)⁴、16.9～18.5 (体重200g～800gサイズ)⁵ および16～17.8 (体重100g～800gサイズ)⁶ であり、本報告とは同一飼育条件ではないが、これらと比較してもホウライマスの肥満度は高い傾向にあった。

ホウライマスおよび野性型ニジマスの各測定時における平均体重、平均体長および各期間の平均成長率をTable 3に示した。混養飼育を開始した11ヵ月齢のホウライマスと野性型ニジマスの体重および体長は、ホウライマスがわずかに上回っており、その関係は20ヵ月齢まで変わらなかったが、この間の成長率にはホウライマスと野性型ニジマスの間に有意な差は認められなかった。

1970年当初、愛知県水産試験場から各県の内水面水産試験場、地元の養鱒業者などへホウライマスの種苗配布がなされたが、成長不良、奇形の出現率等からその養殖特性に関する評価は低かった。これらの劣勢な形質については、石井ら⁷ はホウライマスの母集団が小さかったことから、近親交配の程度が高まり、近交弱勢の影響を受けたものと推定した。また、野性型ニジマスとの交配により無斑遺伝子をヘテロ型とした場合には、ホウライマスの成長率などの経済形質は野性型ニジマスと同程度であることを示し、野性型ニジマスとの交配による無斑遺伝子ヘテロ型での養殖生産を推奨した。それ以降、愛知県水産試験場ではホウライマスの母集団について、無斑遺伝子ホモ型個体のみの小規模な集団とならぬように配慮するとともに、ホウライマスの遺伝的改良を目的として、1979年には養殖研究所日光支所産ドナルドソン系ニジマス⁸ との交配が行われた。そして、1999年に、現在愛知県水産試験場で飼育されているホウライマス継代飼育群にドナルドソン系ニジマスに特異的に見られる核型と同じタイプが確認⁹ され、現在の継代飼育群にその形質が受け継がれている可能性が示された。ホウライマスについてはそれ以外にも、1974年に岩手県産スチールヘッド型ニジマス⁹、1976年に長野県産ニジマス¹⁰ との交配を行ったという報告がある。しかしながら、これら交配後のホウライマスの形質に関する情報はほとんどない。現在飼育中の愛知県水産試験場飼育ホウライマス同士の掛け合わせで得られた個体 (無斑遺伝子ホモ型およびヘテロ型の混合群) を調べた結果は、成長率では野性型ニジマスと違いはなく、肥満度では野性型ニジマスに比べて高い傾向を示した。刺身などの料理に向く筋肉部位の肉厚、ボリュームのある個体が求められている中で、筋肉の肉厚に関係があるとされる肥満度が高い傾向にあるホウライマスは、刺身などへの利用性が高いと期待される。

Table 2 Mean fatnesses at different ages of each broodstock

Age (month-old)	Fatness*	
	Wild-type	Non-spotted
11	16.1 ± 1.2 (60)	17.8 ± 0.9 (60)
13	17.2 ± 1.1 (60)	19.0 ± 1.1 (60)
15	18.0 ± 1.2 (58)	19.8 ± 1.2 (55)
17	17.2 ± 1.2 (56)	18.8 ± 1.2 (53)
20	17.1 ± 1.2 (53)	18.1 ± 1.2 (47)

* Fatness was calculated by (body weight × 1,000) / (body length)³, using the data from each fish identified with ID tags.

() : Sample number.

Wild-type and Non-spotted: See Table 1.

Values are shown as mean ± standard deviation.

Fatness between wild-type and non-spotted was significantly different at all the different ages ($P < 0.01$).

Table 3 Mean body weights, mean body lengths and mean growth rates of the two broodstocks from the age of 11 to 20 month-old at approximately two-month intervals

Age (month-old)	Wild-type			Non-spotted		
	Body length (cm)	Body Weight (g)	Growth rate*	Body length (cm)	Body Weight (g)	Growth rate*
11	22.8 ± 1.0	191 ± 28		23.4 ± 0.8	228 ± 23	
13	28.7 ± 1.5	407 ± 59	2.15 ± 0.32 (60)	29.8 ± 1.3	506 ± 70	2.22 ± 0.24 (60)
15	32.9 ± 3.1	651 ± 160	3.48 ± 1.00 (58)	34.9 ± 1.8	849 ± 133	3.72 ± 0.53 (55)
17	36.3 ± 3.5	835 ± 210	4.48 ± 1.32 (56)	38.1 ± 2.2	1,044 ± 171	4.60 ± 0.72 (53)
20	40.4 ± 3.4	1,147 ± 275	6.13 ± 1.82 (53)	41.0 ± 2.5	1,264 ± 235	5.53 ± 1.00 (47)

* Growth rate was calculated by (body weight in selected month-old) / (body weight in 11 month-old), using the data from each fish identified with ID tags.

() : Sample number.

Wild-type and Non-spotted: See Table 1.

Values are shown as mean ± standard deviation.

要 約

ホウライマス（無斑ニジマス）は地域特産品種として利用が図られてきた。本報告では、愛知県水産試験場で現在飼育中のホウライマス（無斑遺伝子ホモ型およびヘテロ型の混合群）と醒井養鱒場産野性型ニジマスとを混養飼育し、肥満度と成長率について両者を比較して評価した。その結果、ホウライマスの成長率は野性型ニジマスのそれと同等であり、肥満度では野性型ニジマスに比べて有意に高かった。

謝 辞

本報告を稿するにあたり多大なるご指導を賜った東京水産大学 岡本信明教授に深謝の意を表します。また、交配試験を行うにあたり多くのご配慮を頂いた滋賀県醒井養鱒場 小林 徹氏始め職員各位に感謝の意を表します。なお本報告は水産庁が実施した「新品種作出基礎技術開発試験（Ⅱ-2-2）」の一部として行った。

文 献

1) 農林水産省統計情報部 (2001) 平成11年度漁業・養殖業生産統計年報。農林統計協会, 東京, 206-207.

- 2) 養殖 (2001) 百花繚乱の輸入サケマスと安値相場。緑書房, 東京, 2001年3月号, 62-63.
- 3) 石井吉夫・小山舜二・今泉克英 (1980) ホウライマス（無斑ニジマス）の養殖について。水産増殖, 28 (3), 128-133.
- 4) 熊川真二・横山隆雄・山崎正幸 (1999) ニジマスにおける隔日給餌の効果-Ⅲ。平成10年度長野県水産試験場事業報告, 32.
- 5) 新潟県内水面水産試験場 (1986) 大型ニジマス育成試験（染色体3n魚の比較養成について）。昭和60年度新潟県内水面水産試験場事業報告, 19.
- 6) 栃木県水産試験場 (1985) ドナルドソン系ニジマスと黒磯産ニジマスの成長, 肥満度, 孕卵数について。第9回全国養鱒技術協議会要録, 113-114.
- 7) 井野川仲男・小山舜二 (1981) 無斑大型魚の作出について。昭和55年度愛知県水産試験場業務報告, 144-145.
- 8) Hattori, K. and Ueda T. (1999) Karyotypes of non-spotted rainbow trout, houraimasu. Fish Genetics and Breeding Science, 28, 137-140.
- 9) 小山舜二・宇野将義・亀田 進 (1975) 品種改良・育成試験。昭和48・49年度愛知県水産試験場業務報告, 455-457.

小 括

愛知ホウライマスの平均肥満度は、試験期間（11ヵ月齢から20ヵ月齢）においては、17.8～19.8、醒井ニジマスは16.8～18.0であった。愛知ホウライマスの各月齢における平均肥満度は、醒井ニジマスのそれに比べて有意（ $P<0.01$ ）に高かった。なお、ニジマスで報告されている肥満度は、16.4～17.8（体重45g～130gサイズ）、¹³⁾16.9～18.5（体重200g～800gサイズ）、¹⁴⁾および16.0～17.8（体重100g～800gサイズ）¹⁵⁾であり、本研究とは同一条件ではないが、これらと比較しても愛知ホウライマスの肥満度は高い傾向にあった。また、混合飼育を開始した11ヵ月齢の愛知ホウライマスと醒井ニジマスの体重および体長は、愛知ホウライマスがわずかに上回っており、その関係は20ヵ月齢まで変わらなかったが、この間の成長率には愛知ホウライマスと醒井ニジマスの間に有意な差は認められなかった。愛知ホウライマスの成長は醒井ニジマスのそれと同等であると考えられた。

これらのことから、愛知ホウライマスの持つ経済形質は、醒井ニジマスのそれと比べて劣っていることはないと考えられ、異質三倍体を作成する育種素材として、野性型ニジマスと同様に用いることができると判断した。

注：本項の引用文献は本章の巻末に示した。

本章巻末に示すとした引用文献

- 1) Suzuki, R. (1977) : Cross-breeding experiments on the salmonid fish in Japan. Proc. 5th-Japan-Soviet Joint Symp. Aquacul., 176-188.
- 2) Arai, K. (1986) : Effect of allotriploidization on development of the hybrids between female chum salmon and male brook trout. Nippon Suisan Gakkaishi, 52, 823-829.
- 3) Yamano, K., Y. Yamaha, and F. Yamazaki (1988) : Increased viability of allotriploid pink salmon × Japanese char hybrids. Nippon Suisan Gakkaishi, 54, 1477-1481.
- 4) Scheerer, P. D., and G. H. Thorgaard (1987) : Performance and developmental stability of triploid tiger trout (brown trout ♀ × brook trout ♂). Trans. Amer. Fish. Soc., 116, 92-97.
- 5) Scheerer, P. D., and G. H. Thorgaard (1983) : Increased survival in salmon hybrids by induced triploidy. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 40, 2040-2044.
- 6) Seeb, J. E., G. H. Thorgaard, and F. M. Utter (1988) : Survival and allozyme expression triploid hybrids between chum, chinook, and coho salmon. Aquaculture, 72, 31-48.
- 7) 臼田 博 (1988) : 染色体操作による有用魚種の品質改善研究－Ⅱ (温度処理によるニジマスの同質及びアマゴ雄魚との異質三倍体の作出と飼育). 岐阜県水産試験場研究報告, 33, 21-27.
- 8) 鄧 亜光・尾城 隆・檜垣俊司・隆島史夫 (1992) : ニジマス同質および異質倍数体の養殖特性について. 水産増殖, 40, 121-129.
- 9) 服部克也・本田是人・峯島史明 (1989) : ニジマス・アマゴ・イワナ間での異質三倍体の作出について. 平成63年度愛知県水産試験場研究報告, 54-55.
- 10) 石井吉夫・小山舜二・今泉克英 (1980) : ホウライマス (無斑ニジマス) の養殖について. 水産増殖, 28, 128-133.
- 11) Chourrout, D. (1984) : Pressure-induced retention of second polar

body and first cleavage in rainbow trout: Production of all-triploids, all-tetraploids, and heterozygous and homozygous diploid gynogenetics. *Aquaculture*, 36, 111-126.

- 12) 谷口順彦 (1986) : 魚類の雌性発生2倍体におけるG-C組換率と固定指数について. *水産育種*, 11, 49-58.
- 13) 熊川真二・横山隆雄・山崎正幸 (1999) : ニジマスにおける隔日給餌の効果Ⅲ. 平成10年度長野県水産試験場事業報告, 32.
- 14) 新潟県内水面水産試験場 (1986) : 大型ニジマス育成試験 (染色体3n魚の比較養成について). 昭和60年度新潟県内水面水産試験場事業報告, 19.
- 15) 栃木県水産試験場 (1985) : ドナルドソン系ニジマスと黒磯産ニジマスの成長, 肥満度, 孕卵数について. 第9回全国養鱒技術協議会要録, 113-114.

第2章 無斑異質三倍体の実用化

第1節 異質三倍体の養殖特性について

第1節 無斑異質三倍体の養殖特性について

ニジマス、アマゴなどのマス類を、寿司や刺身に向く食材に適する魚体サイズとして生産する場合には、成熟による生産性の低下が起らないようにするため、品質が周年安定している不妊魚にすることが求められる。ニジマス三倍体においては、雌は不妊¹⁾となり、成熟による品質の劣化や成長遅滞がないとされている。^{2, 3)} 一方、ニジマス三倍体の雄は成熟するため、排出される配偶子により自然界の生態系を攪乱する可能性が危惧されるとともに、品質が劣化する²⁾ことで寿司や刺身用食材の生産にとっては非効率になる。このため、ニジマス三倍体の養殖においては、不妊となる雌のみの生産（全雌三倍体生産）⁴⁾が求められている。こうしたことから、新たに作出された無斑異質三倍体についても、妊性を把握するとともに、不妊魚を生産する技術の確立が必要とされた。第1では、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nの妊性を、生殖腺の観察およびGSIの測定により調べて不妊大型魚生産の可能性を検討した。この結果を踏まえ、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nの全雌生産の検討を行った。サケ科魚類では、性の決定機構は性染色体XX型雌、性染色体XY型雄であり、⁵⁻⁷⁾全雌生産を行うためには、遺伝的雌（性染色体XX型）の生殖腺が雄に性分化され、機能的な雄となった「性転換雄（性染色体XX型）」が必要⁴⁾とされることから、初代の性転換雄作出には、確実に遺伝的雌が判別できる雌性発生二倍体を用いた。性転換雄を作出する処理には、雄化ホルモン（17 α -Methyltestosterone, 以下MT）の経口投与、⁴⁾ MTの浸漬処理^{8, 9)}が行われている。ニジアマ3Nを全雌化するアマゴ性転換雄は、ふ化後から浮上時期まで2~7日間隔で2時間のMT溶液(10~100 μ g MT/liter water)への浸漬処理と、浮上後から60日間MT含有の飼料（1mg MT/kg Diet）を与える方法¹⁰⁾により作出し、得られたアマゴ性転換雄の精子を用いてニジアマ3Nを作出して全雌化の確認を行った。ニジイワ3Nを全雌化するイワナ性転換雄については、著者の知る限りにおいて作出の報告がなかったことから、第2においてその作出条件を検討した。なお、性転換雄の作出においては、生殖腺の性分化が開始される前に性転換の処理を行う必要¹¹⁾があることから、ふ化の時点から経時的

に生殖腺を観察してイワナ生殖腺の性分化時期を推定した。その結果を踏まえ、イワナの性転換処理の手法を検討した。また、得られたイワナ性転換雄を用いてニジイワ3Nを作出して全雌化の確認を行った。

注：本項の引用文献は本章の巻末に示した。

第1 ホウライマスを雌親とする異質三倍体の成熟

服部克也・岩田靖宏・水野正之・峯島史明

(愛知県水産試験場研究報告, 2, 33-40, 1995)

ホウライマスを雌親とする異質三倍体の成熟

服部克也・岩田靖宏・水野正之・峯島史明

Sexual Maturation of Allotriploids Induced by Using Female Houraimasu

HATTORI Katsuya*¹, IWATA Yasuhiro*², MIZUNO Masayuki*¹, and MINESHIMA Fumiaki*¹

Non-spotted allotriploids were induced by crossing female non-spotted rainbow trout named "houraimasu" with male Japanese char or male amago salmon. The gonado-somatic index (GSI: gonad weight \times 100/body weight), and histological observation of gonads were examined to clear up their sexual maturity. In males of allotriploids derived by crossing female houraimasu and male Japanese char (abbreviated as triploid nijiiwa), the average value of their GSI ranged from 1.025 to 1.626, and most of the samples had the pink-colored testis, some had the whole white-colored testis or the partially white-colored testis. A cross section of testis of 24 month-old fish showed spermatozoa partially. In females of triploid nijiiwa, the average value of their GSI ranged from 0.021 to 0.079. A cross section of ovary of 24 month-old fish showed undeveloped germ cells. In males of allotriploids derived by crossing female houraimasu and male amago salmon (abbreviated as triploid nijijama), the average value of their GSI ranged from 0.850 to 2.716, and their testis had many points similar to that of triploid nijiiwa. In females of triploid nijijama, the average value of their GSI ranged from 0.019 to 0.035, and their ovary had many points similar to that of triploid nijiiwa. It is obviously that males gonads of triploid nijiiwa and triploid nijijama developed to maturity as autotriploids of rainbow trout and amago salmon, but farther confirmation is needed to clarify their fertility.

All triploid nijiiwa and triploid nijijama should be produced as female to enhance the marketable values, and further they should be produced as only the seeds for pond-culture industry to conserve the wild genetic stock of Japanese char and amago salmon considering their crossing possibility with the wild stock.

キーワード；ホウライマス，異質三倍体，ニジイワ 3N，ニジアマ 3N，成熟，全雌化

近年マス類の養殖において、消費者の嗜好の多様化に伴い、刺し身等に用いる大型魚の需要が高まっている。このために倍数体育種の一つの手法として、大型魚生産に適している三倍体の作出が試みられている。^{1-5,11)} 一般に、三倍体は不妊であることが多いが、ニジマス *Oncorhynchus mykiss*,^{1,2)} アマゴ *Oncorhynchus rhodurus*^{3,4)} 等の同質三倍体の雄では、生殖腺の発達が認められ、一部の個体に精子の形成が確認されている。また、アユ *Plecoglossus altivelis* の同質三倍体の雄と二倍体の雌との交配により孵化仔魚が得られたことが報告されており、⁵⁾ 排出される精子の受精能力についても可能性が指摘されている。

こうした同質三倍体の雄に認められる成熟は、成熟に伴う肉質の劣化、成長遅滞という養殖魚としての負の側面と、自然環境に存在した場合には、在来系統との交雑を起す可能性が考えられ、在来種の特性に影響をもたらすことが危惧されている。⁶⁾

一方、我々は、新品種の作出を目的として無斑のニジマスであるホウライマス *Oncorhynchus mykiss* を用いて、ホウライマス雌 \times イワナ雄 *Salvelinus leucomaeni* 型異質三倍体 (以下ニジイワ 3N)、ホウライマス雌 \times アマゴ雄型異質三倍体 (以下ニジアマ 3N) 等について無斑個体の作出を試み、それに成功したが、これら異質三倍体の成熟については調べていない。そこで、ニジイ

* 1 愛知県水産試験場 内水面漁業研究所 三河一宮指導所
(Mikawa Ichinomiya Station, Freshwater Resources Research Center, Aichi Fisheries Research Institute, Ichinomiya, Hoi, Aichi 441-12, Japan.)

* 2 愛知県水産試験場 漁業生産研究所
(Marine Resources Research Center, Aichi Fisheries Research Institute, Minamichita, Chita, Aichi 470-34, Japan)

Table 1. Sampling date, body length, body weight, and gonado-somatic index of male triploid nijjiwa.

Age*	Date	No. of samples	BL±SD (cm)	BW±SD (g)	GSI±SD
1	Nov. 6 '92	20	19.7±1.2	122±20	2.83±1.13
	Nov. 20 '92	20	20.4±1.1	138±24	2.30±0.83
	Dec. 17 '92	21	22.3±1.3	188±35	1.30±0.82
	Dec. 31 '92	44	22.5±1.5	181±33	1.41±0.73
	Feb. 12 '93	29	24.5±0.9	232±28	0.89±0.41
(Total)	(134)	(22.2±2.1)	(178±47)	(1.63±1.02)	
2	Nov. 6 '92	20	30.7±1.6	506±71	1.60±0.60
	Nov. 12 '92	14	31.5±1.5	549±73	1.56±0.54
	Nov. 13 '92	16	29.0±2.3	483±97	1.29±0.37
	Dec. 3 '92	10	31.3±1.8	551±104	1.03±0.51
	Dec. 25 '92	40	31.7±2.3	535±83	0.67±0.25
	Jan. 7 '93	40	32.4±2.1	590±92	0.47±0.08
	Feb. 10 '93	40	32.2±2.6	535±103	0.49±0.17
(Total)	(174)	(31.5±2.2)	(537±98)	(0.87±0.56)	
3	Nov. 5 '92	10	43.5±1.6	1670±212	1.68±0.31
	Nov. 12 '92	10	43.4±2.2	1568±252	1.44±0.37
	Nov. 27 '92	5	44.8±1.3	1738±252	1.24±0.33
	Dec. 2 '92	5	41.9±1.3	1406±163	0.74±0.10
	Feb. 5 '93	20	45.3±1.5	1723±143	0.51±0.12
(Total)	(50)	(44.2±2.0)	(1651±222)	(1.03±0.55)	

(*) Age 1: 11~14 month-old. Age 2: 23~26 month-old. Age 3: 35~38 month-old.

ワ3N およびニジアマ3Nの成熟に関する調査を行ったので報告する。

材料および方法

供試魚はニジイワ3N およびニジアマ3Nの1年魚、2年魚、および3年魚を用いたが、これらは以下のとおりに作出した。

ニジイワ3Nについては、ホウライマス雌2年魚から採卵した卵を、イワナ雄2年魚の精液と常法により媒精・吸水し、吸水10分後に26℃の温水に20分間浸漬する温度処理を施した。処理後は通常の卵管理を行った。

ニジアマ3Nについては、ホウライマス雌2年魚から採卵した卵を、アマゴ雄2年魚の精液と常法により媒精・吸水し、ニジイワ3Nと同様の温度処理および卵管理を行った。また、孵化後はニジイワ3N、ニジアマ3N共に通常の餌付け飼育を行った。なお、供試魚の1年魚は1991年11月、2年魚は1990年11月、3年魚は1989年11月に作出した。

愛知県水産試験場 鳳来養魚場(現三河一宮指導所)での通常の産卵期は、ニジマス(ホウライマス)が11月中旬から1月中旬、イワナは11月中旬から12月中旬、アマゴは10月下旬から11月下旬であり、これら親魚として用いた魚種の産卵期から、供試魚の成熟に関する調

査は11月から2月を中心に行った。なお、供試魚の一部については産卵期以外にも調査を実施した。

成熟に関する調査として、開腹により生殖腺の目視観察、生殖腺重量の測定、雄については搾出による精液排出の確認、および一部個体について生殖腺の組織標本の作成を行った。GSIは、生殖腺重量を体重で除これを100倍して求めた。組織標本については、Bc液で固定後、Hematoxylin-Eosin染色を行い、顕微鏡下にて観察した。

結 果

ニジイワ3N雄

生殖腺の観察を行った供試魚の観察日、観察個体平均体長、平均体重、およびGSI平均値をTable 1示した。

また、観察された生殖腺を開腹した個体と共にFig. 1-2に示した。1年魚、2年魚、および3年魚のほとどの個体で肌色の色調を呈した精巣が認められた。この精巣は二倍体の精巣と比べて柔軟性が乏しく、折り曲ると切断され、切断面より精液が滲出することは認められなかったが、搾出した場合には透明の精漿を排出する個体も存在した(Fig. 1)。この他の個体では、一部または全体に白い精巣(以下白色精巣)が観察され、これらの精巣では少量ではあったが精液および精漿が認

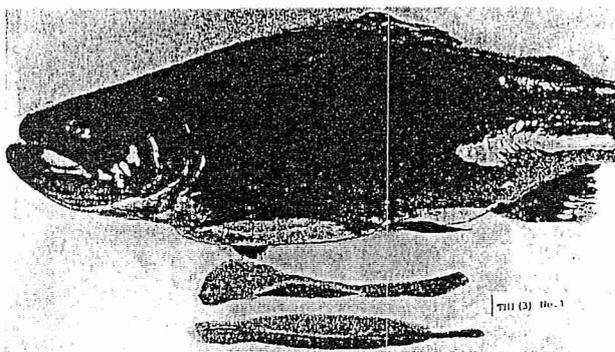


Fig. 1. 36 month-old male triploid nijiiwa (top) and its pink-colored testis (bottom).



Fig. 2. 24 month-old male triploid nijiiwa (top) and its white-colored testis (bottom).

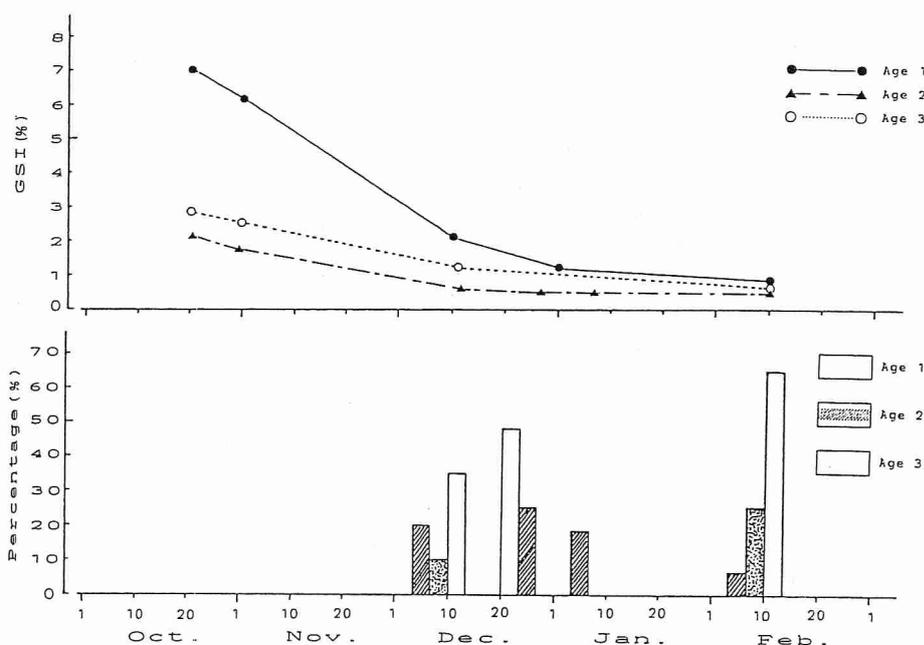


Fig. 3. Fluctuation of average of GSI in males triploid nijiiwa (top) and the percentage of the white-colored testis (bottom). (Age 1: 11~14 month-old. Age 2: 23~26 month-old. Age 3: 35~38 month-old.)

られた (Fig. 2)。

また、観察期間での GSI 平均値の変化と白色精巢個体の出現率を Fig. 3 に示した。GSI 平均値は 1~3 年魚において、観察期間内で前半から後半にかけて漸減する傾向が認められ、白色精巢個体の出現率は観察期間を通して 5~40% 程度であった。なお、白色精巢個体のうち搾出により実際に精液が排出されたのは、白色精巢個体全体の約 18% であり、搾出された精液は二倍体の精液に比べて非常に薄い白色であった。

観察した個体のうち 3 年魚で、精漿の充満した透明な精巢を持つ個体が 1 尾確認された。

組織標本の作成を 1 年魚および 2 年魚の精巢について行い、2 年魚での結果を Fig. 4 に示した。一部の精巢

胞嚢で鞭毛を有する精子の形成が認められたが、ほとんどの部分で精子形成が未発達であり、また、空胞化している部分も認められた。

ニジイワ 3N 雌

生殖腺の観察を行った供試魚の観察日、観察個体数、平均体長、平均体重、および GSI 平均値を Table 2 に示した。2~3 年魚では、産卵期においても GSI 平均値の上昇は全く認められなかった。2 年魚について組織標本の作成を行い、その結果を Fig. 5 に示した。卵巢胞嚢に卵原細胞、卵母細胞が含まれていることが確認されたが、これ以上に発達した卵細胞は認められなかった。また、空胞化している部分も認められた。

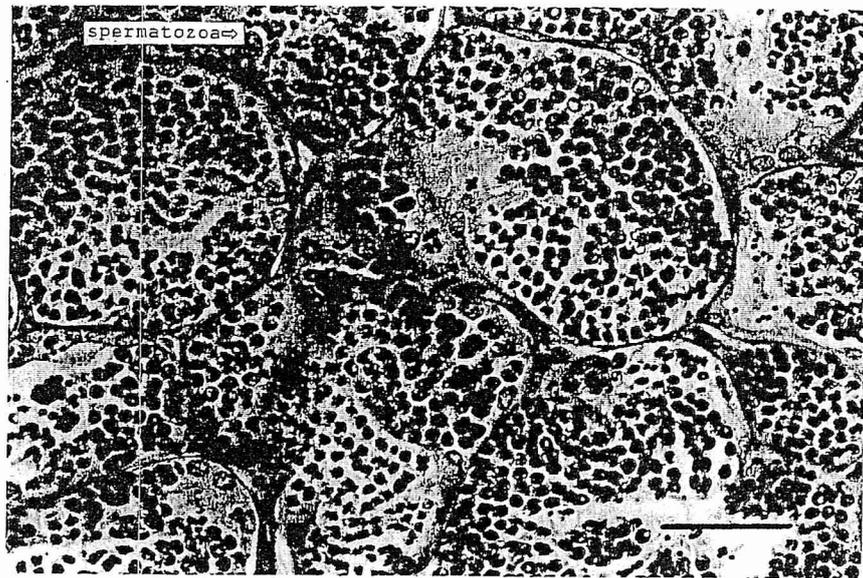


Fig. 4. Section of testis of 24 month-old triploid nijjiwa showing spermatozoa in part. Bar represents $50\mu\text{m}$.

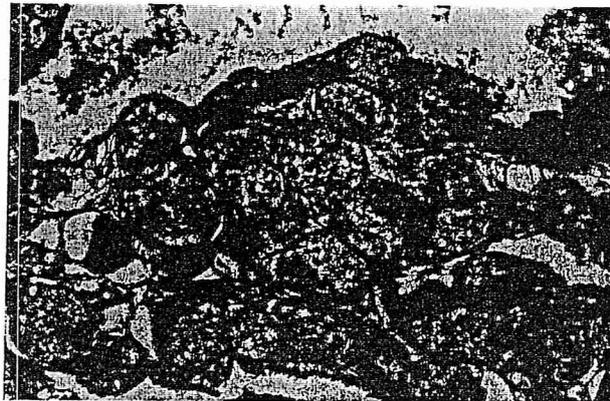


Fig. 5. Section of ovary of 24 month-old triploid nijjiwa showing a lot of oogonium and oocyte. Bar represents $50\mu\text{m}$.

Table 2. Sampling date, body length, body weight, and gonado-somatic index of female triploid nijjiwa.

Age*	Date	No. of samples	BL±SD (cm)	BW±SD (g)	GSI±SD
2	Sep. 4 '92	5	33.9± 1.3	517± 50	0.041± 0.012
	Nov.18 '92	5	34.0± 1.7	650± 97	0.055± 0.011
3	Sep.18 '91	5	30.2± 1.5	430± 57	0.079± 0.010
	Nov.18 '91	5	31.5± 0.8	464± 44	0.057± 0.022
	Feb. 4 '92	5	35.5± 1.7	696± 65	0.040± 0.028
	May.12 '92	5	30.1± 1.7	554± 65	0.047± 0.028
	Nov. 6 '92	1	46.4	1560	0.021
	Nov.27 '92	10	49.5± 3.5	2266± 350	0.027± 0.009
	Dec. 2 '92	4	49.6± 1.9	2273± 176	0.033± 0.005
	Dec. 3 '92	1	51.4	2680	0.024
	Jan.11 '93	1	52.4	2880	0.022
	Apr.26 '93	7	51.3± 2.0	2486± 299	0.038± 0.010
Apr.30 '93	17	52.1± 2.4	2485± 316	0.026± 0.009	

(*) Age 2: 21~ 23 month-old. Age 3: 21~ 40 month-old.

Table 3. Sampling date, body length, body weight, and gonado-somatic index of male triploid nijama.

Age*	Date	No. of samples	BL±SD (cm)	BW±SD (g)	GSI±SD
1	Oct. 21 '92	10	14.9±0.9	56±11	6.96±1.35
	Oct. 30 '92	28	17.3±1.6	82±22	6.24±1.34
	Dec. 11 '92	26	19.9±1.6	120±27	2.04±1.14
	Dec. 31 '92	42	19.1±1.7	103±29	1.20±0.66
	Feb. 12 '93	31	20.6±1.3	127±23	0.78±0.29
	(Total)	(137)	(18.9±2.2)	(104±32)	(2.72±2.53)
2	Oct. 20 '92	10	29.0±1.6	384±58	2.11±0.70
	Oct. 28 '92	33	28.6±2.0	387±68	1.83±0.64
	Dec. 3 '92	25	28.9±1.8	404±71	0.57±0.18
	Dec. 25 '92	44	29.8±1.9	423±66	0.51±0.13
	Jan. 7 '93	40	29.9±1.9	431±87	0.48±0.60
	Feb. 10 '93	20	29.7±1.7	397±57	0.43±0.10
	(Total)	(172)	(29.4±1.9)	(410±74)	(0.85±0.77)
3	Oct. 20 '92	10	37.8±1.9	865±180	2.94±0.47
	Oct. 29 '92	10	39.2±2.5	995±126	2.51±0.53
	Dec. 2 '92	10	39.6±2.5	959±142	1.19±0.37
	Feb. 9 '93	10	39.7±3.1	932±181	0.51±0.11
	Feb. 10 '93	10	41.4±2.4	1034±178	0.43±0.07
	(Total)	(50)	(39.5±2.8)	(957±176)	(1.52±1.10)

(*) Age 1: 11~14 month-old. Age 2: 23~26 month-old. Age 3: 35~38 month-old.

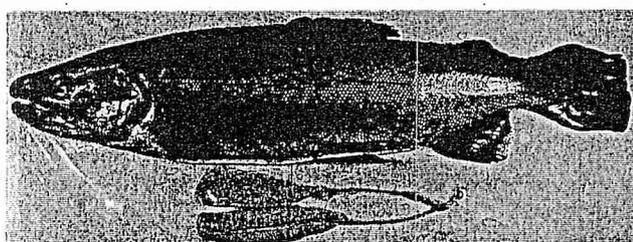


Fig. 6. 36 month-old male triploid nijama (top) and its pink-colored testis (bottom).

ニジアマ 3N 雄

生殖腺の観察を行った供試魚の観察日、観察個体数、平均体長、平均体重、および GSI 平均値を Table 3 に示した。

また、観察された生殖腺を開腹した個体と共に Figs. 6-7 に示した。1 年魚、2 年魚、および 3 年魚のほとんどの個体でニジワ 3N 同様に肌色の色調を呈した精巣が認められた。この精巣の性状は、ニジワ 3N で認められた肌色の精巣と同じであった (Fig. 6)。この他の個体でニジワ 3N にも見られた白色精巣が観察され、これらの精巣では少量ではあったが、精液および精漿が認められた (Fig. 7)。

観察期間での GSI 平均値の変化と白色精巣個体の出現率を Fig. 8 に示した。GSI 平均値は 1~3 年魚において、観察期間内で前半から後半にかけて低下する傾向が認められたが、白色精巣個体の出現率は観察期間を通し



Fig. 7. 24 month-old male triploid nijama (top) and its white-colored testis (bottom).

て 5~65% 程度であり、観察期間の後半に出現率が高くなることが認められた。なお、白色精巣個体のうち搾出により実際に精液が排出されたのは、白色精巣個体全体の約 18% であり、搾出された精液は二倍体に比べて非常に薄い白色であった。

観察した個体のうち 2 年魚で、精漿の充満した透明な精巣を持つ個体が 1 尾確認された。

組織標本の作成を 1 年魚および 2 年魚の精巣について行ったが、2 年魚での結果を Fig. 9 に示した。ニジワ 3N 同様に一部の精巣胞嚢で鞭毛を有する精子の形成が認められたが、ほとんどの部分で精子形成が未発達であり、また、空胞化している部分も認められた。

ニジアマ 3N 雌

生殖腺の観察を行った供試魚の観察日、観察個体数、平均体長、平均体重、および GSI 平均値を Table 4 に

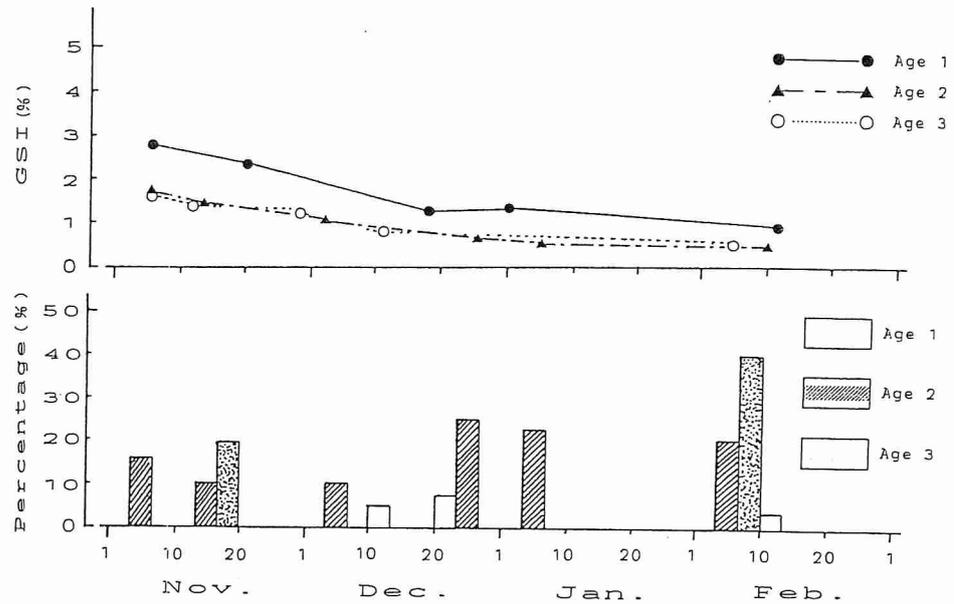


Fig. 8 Fluctuation of average values of GSI in males triploid nijama (up) and the percentage of the white-colored testis (bottom). (Age 1 : 11~14 month-old. Age 2 : 23~26 month-old. Age 3 : 35~38 month-old.)



Fig. 9. Section of testis of 24 month-old triploid nijama showing spermatozoa in part. Bar represents 50 μ m.

示した。2~3年魚では、産卵期においてもGSI平均値の上昇は全く認められなかった。2年魚について組織標本の作成を行い、その結果をFig. 10に示した。ニジイワ3N同様に卵巣胞嚢に卵原細胞、卵母細胞が含まれていることが確認されたが、これ以上に発達した卵細胞は認められなかった。また、空胞化している部分も認められた。

考 察

本報でのニジイワ3Nおよびニジアマ3Nで観察された精巣はアマゴ同質三倍体⁴⁾の場合と同様な精巣の色を呈していることが認められ、また組織標本の結果でも、発達退行現象とされる精巣内の生殖細胞の状態が観

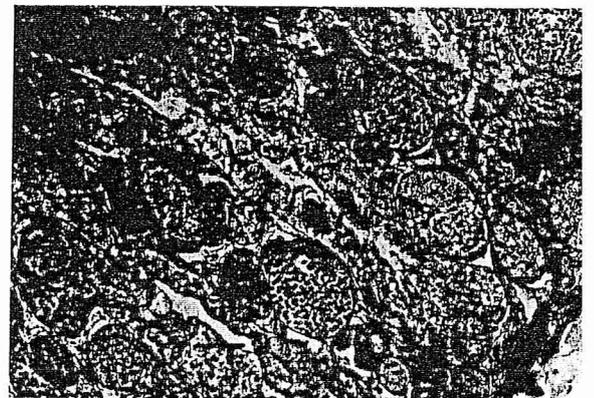


Fig. 10. Section of ovary of 24 month-old triploid nijama showing a lot of oogonium and oocyte. Bar represents 50 μ m.

察された。これらの肌色精巣では部分的に精子形成がめられたことから、ニジマス同質三倍体²⁾同様に押された透明な精液には精子が存在していると思われる。なお、一部で認められた白色精巣は、精巣内の生殖細胞の発達が部分的または全体的に進んだ個体と考えられ、観察個体のうちニジイワ3Nでは1年魚で約4%、2年魚で約19%、3年魚で約22%、ニジアマでは1年魚で約36%、2年魚で約15%、3年魚で約12%を占めていた。すなわちニジイワ3N、ニジアマ3Nでは肉で確認される精液を排出する可能性がある個体が全体約4分の1から3分の1は存在していると考えられる。なお、ニジアマ3Nでは精液が搾出された個体は確認できなかったと報告されているが、⁷⁾これは観察された体数が少なかったためと思われる。ニジマス同質三倍

Table 4. Sampling date, body length, body weight, and gonado-somatic index of female triploid nijijama.

Age*	Date	No. of samples	BL±SD (cm)	BW±SD (g)	GSI±SD
2	Sep. 14 '92	5	29.3±0.5	337±22	0.025±0.007
	Nov. 18 '92	6	30.6±1.3	426±68	0.037±0.013
3	Sep. 18 '91	7	27.2±2.2	305±85	0.035±0.007
	Nov. 18 '91	6	29.7±0.7	385±39	0.030±0.008
	Feb. 4 '92	6	32.5±0.8	466±24	0.027±0.010
	May. 12 '92	5	35.1±1.7	554±65	0.047±0.028
	Dec. 3 '92	1	42.6	1390	0.022
	Jan. 13 '93	10	41.3±2.8	1209±249	0.019±0.008
	Apr. 26 '93	1	42.6	1180	0.008

(*) Age 2: 21~23 month-old. Age 3: 21~40 month-old.

雄において、ステロイドホルモン (Testosterone, 11-Ketotestosterone) の最高値は GSI の最高値を示した時期よりも 1 か月程遅れることが報告されており、²⁾ ニジアマ 3N に認められた産卵期の後半に白色精巣個体の出現率が高い傾向は、ステロイドホルモンの影響が考えられた。しかし、ニジイワ 3N では産卵期間を通して白色精巣の出現率は変化しない傾向が認められることから、ステロイドホルモン等の内分泌の影響以外の可能性が存在していると思われた。

本報においてニジイワ 3N 1 尾、ニジアマ 3N 1 尾で透明な精巣を持っていたことが確認されたが、テラピア同質三倍体の精巣では透明な精巣を持つことが報告されており、⁹⁾ 生殖腺の発達段階でテラピア同質三倍体の場合と同様な状態が生じたと考えられた。

なお、本報ではニジイワ 3N およびニジアマ 3N の雄から得られた精液の受精能力について調査を行わなかったが、イワナ、アマゴ等の在来マス類、ニジマスとの交雑を行い、その受精能力を調べる必要があると思われた。

ニジイワ 3N およびニジアマ 3N の雌の生殖腺組織は、ニジマス同質三倍体、⁹⁾ およびアマゴ同質三倍体⁴⁾ の生殖腺組織に見られたと同じく卵細胞が未発達な状態にあり、また 3 年魚においても生殖腺の発達が認められなかったことから、不妊であると判断された。なお、ニジアマ 3N の 2 年魚雌については、産卵期の GSI は 0.02~0.05 との報告があり、⁷⁾ 本報での数値と同様であることが確認された。

神田は、ニジイワ 3N およびニジアマ 3N の雌雄の体成分を比較したところ、雄については産卵期においてニジマス二倍体の雄と同様な成分変化が見られ、生殖腺の発達に伴う肉質の低下が起こる¹⁰⁾ ことを示した。また、雌については、産卵期での体成分の変化はなかった¹⁰⁾ ということから、ニジマス同質三倍体¹¹⁾ 同様に商品価値は安定しているとされた。

このため、三倍体魚養殖の効率化、および自然環境における在来種の特長への配慮から、ニジアマ 3N においては全雌化の必要性が指摘されているが、⁷⁾ ニジイワ 3N についても同様に雄親魚に性転換雄を用いて全雌化を行うことが望ましいと考えられた。また、これらの身質三倍体は池中養殖の種苗として利用されるべきと思われた。

謝 辞

本報を稿するにあたり、校閲および有益な助言を賜りました高知大学 谷口順彦教授に心より御礼申し上げます。また、生殖腺組織の観察について東京水産大学 井井清助教授にご指導を賜りました。ここに感謝の意を表します。

文 献

- 岡田鳳二 (1987) ニジマスの人為的性統御と不妊化. 水産育種, 12, 1-16.
- 滋賀県醒井養鱒場 (1987) マス類の人為倍數体利用による育種に関する研究. 昭和 62 年度地域バイオテクノロジー研究開発促進事業報告書, 12-25.
- 白田 博 (1986) 染色体操作による有用魚種の品質改善研究 - I. 岐阜県水産試験場研究報告, 31, 15-19.
- 滋賀県醒井養鱒場 (1988) マス類の人為倍數体利用による育種に関する研究. 昭和 63 年度地域バイオテクノロジー研究開発促進事業報告書, 8-14.
- 岐阜県水産試験場 (1990) 染色体の倍數化技術の応用によるアユ・アマゴの品種改善研究. 平成 2 年度地域バイオテクノロジー研究開発促進事業報告書, 2-6.
- 小野里坦 (1985) サケ・マス類の染色体操作について. 第 9 回全国養鱒技術協議会要録, 宮城県, 67-78.
- 白田 博 (1988) 染色体操作による有用魚種の品質改善研究 - II. 岐阜県水産試験場研究報告, 33, 21-27.
- 佐藤 将・富田政勝・岩橋正雄・中村 将 (1990) テラピア三倍体の生殖特性. 新潟県内水面水産試験場調査研究報告, 16, 73-81.

- 9) 中村 将・長浜嘉孝・岩橋正雄・小島将男 (1987) ニジマス三倍体雌の生殖腺と血中ステロイドホルモン. 東京大学海洋研究所 大槌臨海研究センター報告. 12, 167-171.
- 10) 神田文雄 (1992) 先端技術による養殖魚の品質特性とその評価に関する研究. 東京水産大学大学院修士学位論文.
- 11) 小林 徹 (1992) 長期混合飼育下での人為三倍体ニジマスの成長, 生残および生殖周期. 水産増殖, 40 (1), 57-70.

要 約

ニジイワ 3N およびニジアマ 3N の雄, 雌の成熟について, 産卵期に生殖腺の測定および観察を行った。ニジイワ 3N およびニジアマ 3N の雄では, GSI 平均値は

0.850~2.716 であり, ほとんどの個体で肌色の精巣が認められた。また, 精巣の一部または全体が白色の精巣を持つ個体も存在し, 薄い精液ではあるが排出する個体を確認した。精巣では, 部分的ではあるが精子形成が認められた。ニジイワ 3N およびニジアマ 3N の雌の GSI 平均値は 0.019~0.079 であり, 卵巣の発達は全く認められなかった。これらから, 自然界における在来系統との交雑を避けるため, および養殖魚としての商品価値の観点からニジイワ 3N, ニジアマ 3N については全雌化を行う必要があり, 池中養殖種苗として利用されるべきと思われた。

第2 全雌ニジイワ3N生産のためのイワナ性転換雄の作出

服部克也・中村総之・落合真哉

(愛知県水産試験場研究報告, 4, 65-71, 1997)

全雌ニジイワ3N生産のためのイワナ性転換雄の作出

服部克也・中村総之・落合真哉

Induction of sex-reversed male Japanese char for all-female allotriploid production

HATTORI Katsuya*¹・NAKAMURA Fusayuki*² and OCHIAI Masaya*²

Abstract

Histological sections of the gonads of 36-50 days after hatching Japanese char, *Salvelinus leucomaenis*, showed the presence of cysts characterizing morphological ovary differentiation. Thus, similarly to other salmonids, the sex differentiation in Japanese char seems to occur at the swim-up stage (around 36-50 days after hatching). Sex-reversed male experiments were conducted through the application of 17 α -methyltestosterone (MT) into the water from the hatching to the swim-up stage and by oral administration during the subsequent 60 days. The highest percentage (15%) of sex-reversed male was obtained by dosages of 0.5 μ g MT/l of water/2 hours/2 days during the immersion treatment and 0.5 mg MT/kg diet for the oral administration treatment. The ganado-somatic indexes of the allotriploids induced by using female houraimasu, *Oncorhynchus mykiss*, and sex-reversed male Japanese char presented low values (inferior to 0.045) during the spawning season, thus indicating that those allotriploids were female. Therefore, this study suggested that is possible to culture all-female allotriploid using sex-reversed male Japanese char.

キーワード；イワナ，生殖腺性分化時期，雄性ホルモン処理，性転換雄，全雌ニジイワ3N

はじめに

ホウライマス(無斑ニジマス), *Oncorhynchus mykiss* はパーマークおよび黒点が全く出現しないことから，野生型のニジマス, *O. mykiss* とは外観から明瞭に識別することができる。このホウライマスの無斑形質を利用して無斑異質三倍体魚¹⁻³⁾を作出し，これらを地域特産品種とすることが試みられている。このうち，ニジマス3N(ホウライマス雌とアマゴ, *O. rhodurus* 雄との異質三倍体魚)およびニジイワ3N(ホウライマス雌とイワナ, *Salvelinus leucomaenis* 雄との異質三倍体魚)では，雌は不妊⁴⁾となり，成熟による成長遅滞やサビの出現もなく，食品としての品質劣化が避けられるという利点が挙げられる。しかし，雄は二次性徴を示し，生殖腺も発達する⁴⁾ため食品としての価値が低下する。また，雄は配偶子の形成が行われるため，自然環境下における在

来種の特性への影響が懸念される。このため，これら異質三倍体魚については，養殖魚として利用する場合には不妊化する全雌化が求められている。ニジマス3Nについては，既にアマゴ性転換雄⁵⁾を用いた全雌化が可能となっているが，ニジイワ3Nについては，イワナ性転換雄の作出技術が確立されていないため全雌化に至っておらず，早急に性転換雄の作出技術が確立することが望まれている。このため本試験では，イワナの生殖腺の性分化時期の推定，性転換雄の作出および性転換雄を用いた全雌ニジイワ3Nの作出について検討を行った。なお，性転換雄の作出方法としては，ニジマス⁶⁾では雄性ホルモン(17 α -Methyltestosterone, 以下MT)の経口投与，マスノスケ, *O. tshawytscha*,⁷⁾ギンザケ, *O. kisutch*⁸⁾では浸漬処理，アマゴ⁵⁾では浸漬処理と経口投与の組合せが用いられている。本試験では，イワナの性分化時期およびMTによる適正処理方法が不明であるため，MT処理の期間が長く，生殖腺がMTの影響を受

* 1 愛知県水産試験場 漁業生産研究所

(Marine Resources Research Center, Aichi Fisheries Research Institute, Minamichita, Aichi 470-34, Japan)

* 2 愛知県水産試験場 内水面漁業研究所 三河一宮指導所

(Mikawa-Ichinomiya Station, Fresh-water Resources Research Center, Aichi Fisheries Research Institute, Hoi Aichi 441-19, Japan)

け易いと推定される浸漬処理と経口投与の組合せを用いた。

材料および方法

生殖腺の性分化時期の推定

供試魚として鳳来養魚場（現、三河一宮指導所）で飼育されているイワナを用いた。通常交配した1腹から得られたイワナふ化仔魚を、ふ化後2日目から50日目まで7日間隔で数尾をBouin液で固定した。固定時にはふ化仔魚の卵黄を針先で潰して吸水紙により吸い出した。これらサンプルを組織標本として、Hematoxylin-Eosin染色を行い、顕微鏡下で生殖腺を観察した。ふ化、飼育には湧水を用いたが、その水温は $11 \pm 1.5^\circ\text{C}$ であった。供試魚への給餌は行わなかった。

性転換雄作出条件の検討

性転換雄の作出試験にはイワナ雌性発生二倍体魚を用いたが、これらは鳳来養魚場で飼育されているイワナ雌およびニジマス雄の1+年魚から作出した。雌性発生にニジマス雄を用いたのは、ニジマス雄とイワナ雌との組み合わせでは、雑種二倍体魚⁹⁾ および異質三倍体魚¹⁰⁾の生存性が極めて低いことから、精子の遺伝的不活性化が不十分であった場合においても、雌性発生二倍体のみが生存し、雌性発生の確認が可能であることによる。遺伝子不活性化精子は、ニジマス精液を人工精漿(pH 8)¹¹⁾で100倍に希釈し、これに6,000erg/mm²の紫外線を照

射して作成した。このニジマス遺伝子不活性化精子と常法により採卵されたイワナ卵を0.85%食塩水中で1~2分間媒精し、その後飼育水（水温 $11.5 \sim 12.5^\circ\text{C}$ ）にて卵を吸水させた。吸水10分後に卵を 26°C の温水に20分間浸漬する温度処理を行い、第2成熟分裂を阻止して雌性発生を誘起した。温度処理後、卵は通常のふ化管理（ふ化用水の水温 $11 \pm 1.5^\circ\text{C}$ ）を行ったが、発眼卵の選別は積算水温で約 $300 \sim 350^\circ\text{C} \cdot \text{日}$ に行い、選別された発眼卵はMTの処理試験区別に金ザルに収容し、暗所、流水下で浮上まで管理した。

MTの処理試験区は15区設定したが、各区の浸漬処理でのMT溶液濃度、処理間隔、処理期間、経口投与でのMT飼料添加濃度および投与期間はTable 1に示した。12区~15区については、MT経口投与濃度の雄化への影響を比較するため、浸漬処理終了後に4区~11区の試験魚の一部を混合し、試験区とした。なお、1区~3区では計5回（作出日の前後間隔は10日）の雌性発生により得られた卵（収容発眼卵数400粒/区）をプールして用いたが、雌性発生にはイワナ雌親魚53尾（平均体重 $700 \pm 100\text{g}$ ）およびニジマス雄親魚5尾（ $767 \pm 133\text{g}$ ）を使用した。また、4区~15区では計5回（作出日の前後間隔は14日）の雌性発生により得られた卵（収容発眼卵数700粒/区）をプールして用いたが、雌性発生にはイワナ雌親魚73尾（ $679 \pm 69\text{g}$ ）およびニジマス雄親魚5尾（ $850 \pm 115\text{g}$ ）を使用した。

MTの浸漬処理は、ふ化が収容卵の約60%程度観察された時点から、ふ化仔魚の約80%以上が浮上し、餌付で

Table 1. The dosage of 17 α -methyltestosterone (MT), intervals and durations in the immersion treatment, and the dose of MT and durations in the oral administration treatment for the sex-reversed Japanese char induction

Experiment No.	Dosage of MT in the immersion treatment ($\mu\text{g}/\ell$ water)	Interval of the immersion treatment (days, for 2 hours)	Duration of the immersion treatment (days after hatching)	Dose of MT in the diet (mg/kg diet)	Duration of the oral administration (days after hatching)
1	100	7	0-35	1	27-86
2	10	5	0-35	1	27-86
3	10	2	0-38	1	27-86
4	1	2	0-32	0.5	31-90
5	1	4	0-32	0.5	31-90
6	0.5	2	0-32	0.5	31-90
7	0.5	4	0-32	0.5	31-90
8	0.1	2	0-32	0.5	31-90
9	0.1	4	0-30	0.5	31-90
10	1	7	2-30	0.5	31-90
11	10	10	0-30	0.5	31-90
12		No. 4 + No. 5		0.1	31-90
13		No. 6 + No. 7		0.1	31-90
14		No. 8 + No. 9		0.1	31-90
15		No. 10 + No. 11		0.1	31-90

きる時点まで行った。浸漬処理に用いたMT溶液は、エタノールに溶解したMTを5ℓの飼育水に添加して調整し、この溶液中に、金ザルに収容したふ化仔魚を通気しながら暗所下で2時間浸漬した。浸漬処理終了後は金ザルに収容したまま、流水下でMT添加飼料による経口投与を60日間行った。MT添加飼料の投与量は見かけの飽食量とした。MT添加飼料は、エタノールに溶解したMTをマス用配合飼料と十分に混和し、その後エタノールを風乾により完全に蒸発させて作成した。MTの経口投与処理後、試験魚は小型コンテナ水槽に収容し、通常の飼育管理を行った。試験魚については、ふ化後12カ月齢と24カ月齢において生殖腺の外見観察を行い、雄雌の判定を行った。なお、1区～3区については、ふ化後12カ月齢に各区10尾の生殖腺組織標本の観察を行った。また、対照としてふ化後12カ月齢のイワナ通常二倍体の雄3尾について、生殖腺の組織標本の観察を行った。

全雌ニジイワ3Nの作出

12カ月齢の産卵期に、MT処理試験区の4区、5区および6区において二次性徴を呈した試験魚9尾(96±15g)の精巣を摘出し、これを人工精漿(pH9)¹¹⁾中で細切して精液を調整した。精子の運動性を確認後、この精液とホウライマス20尾(1086±115g)から常法により採卵された卵を0.85%食塩水中で1～2分間媒精し、その後、ポンプアップされた伏流水(水温18℃)を熱交換装置により12℃に冷却したふ化用水で吸水した。吸水10分後に卵を26℃の温水に20分間浸漬する温度処理を行い、第2成熟分裂を阻止して異質三倍体化した。卵は処理後、立体式ふ化槽に収容して卵管理およびふ化管理を行った。ふ化仔魚が浮上した時点で、水温18℃の飼育水を用いて餌付け、飼育管理を行った。なお、作出されたニジイワ3Nのうち30尾について浮上時に血液塗沫標本を作成し、赤血球長径により倍数化の確認¹⁾を行った。また、ニジイワ3Nの全雌化の確認を行うため、三河一宮指導所飼育ニジマスの産卵時期の12カ月齢、13カ月齢および14カ月齢に、30～50尾について生殖腺指数(GSI)の測定を行った。

結 果

生殖腺の性分化時期の推定

ふ化後8日目からふ化後50日目までに観察された生殖腺組織をFigs.1～6に示した。なお、ふ化後2日目のサンプルでは生殖細胞は観察できなかった。ふ化後8日目からふ化後36日目までのサンプルでは雄雌が確認できな

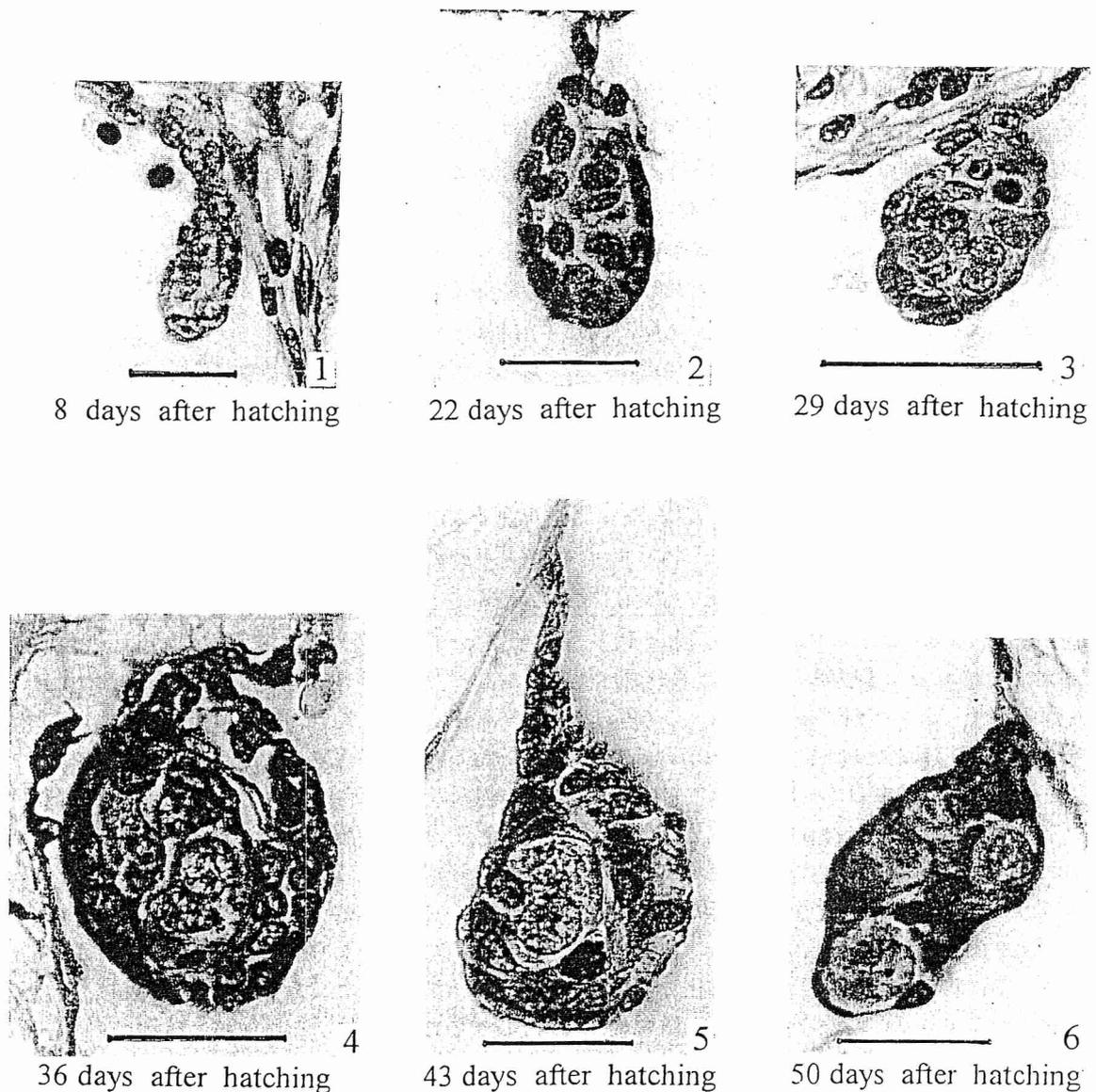
い生殖細胞が観察された(Figs.1～3)。ふ化後36日目のサンプルの一つ(Fig.4)に生殖細胞のシスト形成が観察され、ふ化後43日目(Fig.5)では多くのサンプルに生殖細胞のシスト形成が認められた。Fig.6(ふ化後5日目)のサンプルの生殖腺では、卵形成のための減数分裂前期の生殖細胞が認められたことから、初期の卵巢の形態を示していると見なされた。なお、供試魚はふ化後35日目ごろには浮上を開始し、餌付けできる状態にあった。

性転換雄作出条件の検討

供試魚には雄親として用いたニジマスの遺伝的影響に認められず、すべてイワナ雌性発生二倍体魚と考えられた。12カ月齢にすべての試験魚について外見観察を行い、その一部を生殖腺の観察に用いた。その後、1区～3区では生残魚のすべてについて、4区～12区では雄の二次性徴を呈していると思われた個体について継続して飼育した。なお、13区～15区では、12カ月齢に二次性徴を示した個体が少なかったことから、すべての試験魚について生殖腺の観察を行った。7区、10区、11区および12区では12カ月齢の観察後に腹鰭切除による標識を行い混養したが、擦れによる腹鰭の消失により24カ月齢の観察時には試験区の識別が不能となったので、24カ月齢の結果から除外した。なお、各区においてMT浸漬処理の段階で卵膜に傷が付いて死卵となる個体、ふ化後卵黄吸収時期に腹水が溜まりへい死に至る個体が多く認められた。MT浸漬処理後までに各区約40～60%の個体がへい死したが、その後のへい死はほとんど認められなかった。ふ化後腹水によりへい死する個体は、通常交配のイワナでも認められた。生殖腺の観察に供した個体は、各試験区ともに奇形魚、成長遅滞魚などを選別棄却した生残魚であった。

各処理試験区の生殖腺の組織標本(1区～3区のみ12カ月に実施)および肉眼(1区～3区は24カ月齢、4区～12区は12カ月齢および24カ月齢に実施)による観察結果をTable2に示した。MT経口投与濃度が1mg/kg dietの1区～3区では、24カ月齢の観察で2区に1尾の成熟雄が見られたのみで、多くの個体の生殖腺は糸状を呈していた。組織観察ではこれらの生殖腺はセルトリ細胞様の組織が認められたが、生殖細胞を欠いた中空の構造であることから不妊化していることが確認された(Figs.7, 8)。イワナ通常雄の12カ月齢の生殖腺(Fig.9)では精子の形成が確認された。

MT経口投与濃度が0.5mg/kg dietの4区～11区については、MT浸漬処理濃度0.5～1μg/ℓの場合では、処



Figs.1-6 Cross sections through developing gonads in Japanese char.

Figs.1-3 show sexually indifferent gonads, Figs.4-5 show sexually indifferent forming definite some cysts. Fig. 6 shows a primary ovary. Rearing water temperature was $11 \pm 1.5^\circ\text{C}$. Bars represent 20 μm in Fig.1, 30 μm in Fig.2 and 50 μm in Figs.3-6.

理間隔が4日に1回に比べて2日に1回の処理試験区が雄の出現率が高い傾向にあり, MT浸漬処理濃度が0.1 $\mu\text{g}/\text{l}$ の場合では, 処理間隔に関係なく雄出現率は低い傾向にあった。また, 1区~3区で見られた糸状の生殖腺を持つ不妊個体が, 4区~11区では観察個体の15.9~46.2%出現しており, 11区が最も高い傾向にあった。

MT経口投与濃度が0.1mg/kg dietの12区~15区では, 12カ月齢での雄出現率は, 12~14区で同一MT浸漬

処理条件の試験区の12カ月齢の平均と比べて低い傾向にあり, 15区については, 若干高い傾向にあった。12区~15区では, 不妊個体が観察個体の3.8~12.0%出現したが, 4区~11区の結果に比べて低い傾向が認められた。

全雌ニジイワ3Nの作出

浮上時のニジイワ3Nの平均赤血球長径はすべての個体で19~20 μm であり, 判定基準とされるニジマス二倍

Table 2. Effects of 17 α -methyltestosterone treatments for the masculinization in Japanese char

Experiment No.	Masculinization rate	Sex distribution at month-old			Sex distribution at 24 month-old				Total
		Male	Female	Sterile	Male	Hemaphroditism	Female	Sterile	
1	0 %	—	—	10	0	0	10	33	53
2	2.0%	—	—	10	1	0	8	32	51
3	0 %	—	—	10	0	0	8	47	65
4	10.2%	7	11	36	7	3	100	3	167
5	4.5%	2	61	36	6	0	71	2	178
6	15.1%	11	45	54	11	6	57	2	186
7	(0.7%)	1	113	37	※	※	※	※	(151)
8	(1.9%)	3	118	37	—	—	—	—	158
9	(0 %)	0	116	22	—	—	—	—	138
10	(0 %)	0	106	24	※	※	※	※	(134)
11	(1.3%)	2	82	72	※	※	※	※	(156)
12	(3.0%)	4	113	16	※	※	※	※	(133)
13	(3.2%)	6	165	14	—	—	—	—	185
14	(1.3%)	2	151	6	—	—	—	—	159
15	(3.1%)	5	141	17	—	—	—	—	163

(), Data at 12 month-old

※, Data at 24 month-old(16 males/91 individuals mixed with No.10, No.11 and No.12)

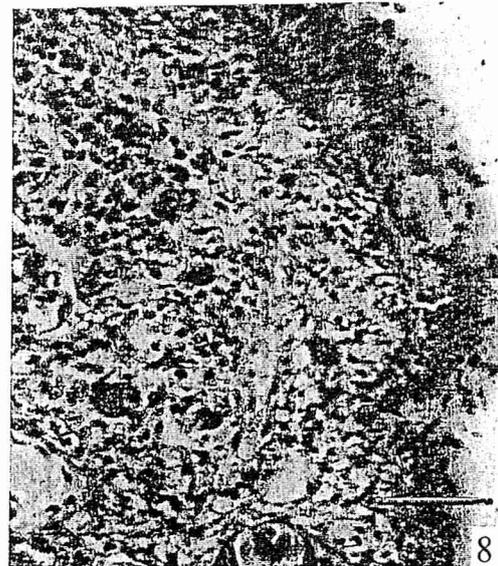
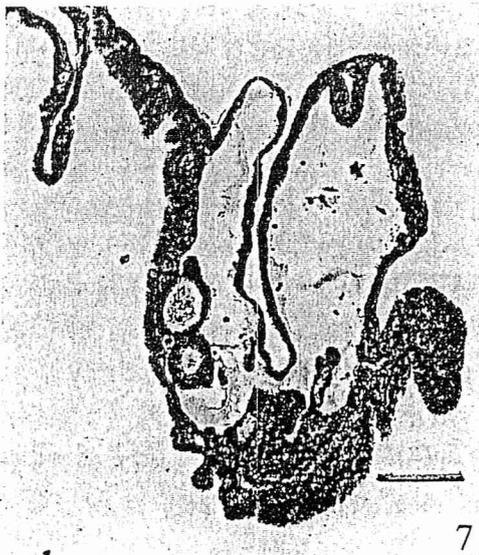
Figs.7 and 8 Cross section of sex unknown gonad by 17 α -methyltestosterone treatment (experiment No.2) in 12 month-old Japanese char.

Fig.7 show a vacuity in the gonad (bar represent 200 μ m) , and Fig.8 shows germ cells like Sertoli's cell with no spermatogonium (bar represent 50 μ m) .



Fig.9 Cross section of normal testis with spermatozoa in 12 month-old Japanese char male (bar represent 100 μ m).

Table 3. Age (month-old), number, mean body weight, and mean gonado-somatic index (GSI, gonad weight \times 100/body weight) of allotriploids from female houraimasu and sex-reversed male Japanese char

Age (month-old)	Number	Mean body weight (g)	Mean GSI (%)
12	30	224 \pm 60*	0.017 \pm 0.006
13	30	188 \pm 34	0.017 \pm 0.005
14	30	189 \pm 36	0.021 \pm 0.009

*, mean \pm standard deviation

体の13.5~14.9 μ m,¹¹⁾ イワナ二倍体の16.5~17.8 μ m¹¹⁾と比較して倍数化されたと判断した。12~14カ月齢時のニジイワ3Nの尾数, 平均体重および平均GSIをTable 3に示した。いずれの個体においても雄の二次性徴は認められず, 生殖腺は糸状で平均GSIは0.017~0.021と著しく小さかった。同月齢のニジマス二倍体, イワナ二倍体の精巣や卵巣と比べても外観的に明らかに異なっていた。

考 察

イワナと同種のアメマス, *S. leucomaenis* では, 水温が1~6 $^{\circ}$ Cの場合にふ化後131日ごろまでには生殖腺の性分化が始まり, 卵巣と精巣が形態的に確認できるとされている。¹²⁾ サクラマス, *O. masou* の生殖腺の性分

化は, 水温8 $^{\circ}$ Cでふ化後4~5週で行われるとされ,¹³⁾ ニジマスでは水温11.2 $^{\circ}$ Cで受精後60日前後に卵巣への形態変化が起こるとされている。¹⁴⁾ これらの種の卵巣分化の形態的特徴は, 生殖細胞のシスト形成とそれに続く卵形成のための減数分裂前期へと移行する生殖細胞の出現とされている。本試験におけるイワナ生殖腺組織の観察結果では, 生殖細胞のシスト形成が始まるのがふ化後36日目ごろからであり, 減数分裂前期の生殖細胞が出現したのがふ化後50日目ごろであった。したがって, イワナ生殖腺の卵巣の分化は, 水温11 \pm 1.5 $^{\circ}$ C前後ではふ化後36~50日目ごろに始まると思われた。

性転換雄の作出については, ニジマスでは浮上後のMT経口投与が行われ, サクラマス, アマゴではふ化後から浮上までのMT浸漬処理と浮上後のMT経口投与の組合せが用いられている。本試験のイワナでは, 雄が作出されたMT経口投与濃度0.5mg/kg dietの試験区であっても, MT浸漬処理濃度が0.1 μ g/lと低い試験区は雄化率が低下する傾向があり, ニジマスで行われているMT経口投与だけでは, イワナ性転換雄は作出できない可能性が考えられた。また, MT浸漬処理が同じ4区~7区と12区, 13区の雄出現率結果を比較すると, MT経口投与濃度が0.5mg/kg dietから0.1mg/kg dietと低下した場合には雄出現率が低下する傾向が見られたことから, MT浸漬処理だけではイワナ性転換雄は作出できない可能性が考えられた。これらのことから, イワナ性転換雄の作出には, 適正濃度によるMT浸漬処理およびMT経口投与の組合せが必要と思われた。適正MT浸漬処理濃度としてはサクラマス¹⁵⁾ (ヤマメ¹⁶⁾), アマゴ⁵⁾ で用いられている10~100 μ g/lでは, 処理間隔に関係なく, 本試験のイワナで生殖腺の不妊化が高い頻度で起こる傾向が認められたことから, MT処理濃度としては高すぎると考えられた。これらの処理濃度よりも低い0.5~1 μ g/lで雄化率が高い傾向が見られ, かつその処理頻度が高いと雄化率は向上したことから, 0.5~1 μ g/lの浸漬処理濃度で, その処理頻度を多くすることが有効と思われた。また, 同様にMT経口投与濃度が0.5mg/kg dietの試験区が0.1mg/kg dietの試験区と比べ不妊化の比率が高い傾向を示していることは, 0.5mg/kg dietの濃度でも個体によっては不妊化される濃度となることが考えられ, MTの餌料含有濃度ばかりでなくMTの総摂取量についても検討する必要が考えられた。また, ニジマス,⁶⁾ サクラマス,¹⁵⁾ アマゴ⁵⁾ での雄化率は80~100%の水準であるのに対し, 本試験のイワナの雄化率は15%程度にとどまっており, 今後MTの投与量, 投与方法, 投与期間等の処理法の更なる検討が必要であ

る。中村ら¹³⁾は、MT処理は生殖腺の性が形態的に未分化な時期に始められ、性分化が明らかとなる時期まで継続して成される必要があり、かつ可能な限り短期間で行うことが望ましいとしている。本試験の性転換雄の作出方法は煩雑であることから、今後はヤマメ、¹⁶⁾ マスノスケ、⁷⁾ ギンザケ⁸⁾ 等で試みられている浸漬1~2回処理のように、適切な時期に行う簡易処理についても検討する必要がある。なお、本試験においては、数回の雌性発生により得られた発眼卵をプールして処理したため、ふ化時期のばらつきから適正処理の時期をはずした個体があった可能性も考えられた。

ニジイワ3N雄は12カ月齢の産卵時期には雄の二次性徴が現れ、平均GSIが0.89~2.83⁴⁾であるのに対し、本試験において作出されたニジイワ3NのGSIの値は著しく低く、生殖腺も糸状であったことから、いずれの個体も雌であり、イワナ性転換雄の精子により全雌のニジイワ3Nが得られたことが確認された。また、イワナについても他のサケ科魚類^{6,17,18)}と同様に、性の決定機構は性染色体XX雌、XY雄と考えられた。

要 約

イワナ生殖腺の分化過程の観察で生殖細胞のシスト形成がふ化後36日~50日目に、初期卵巣の形態的特徴とされる減数分裂前期の細胞の出現がふ化後50日目に見られたことから、イワナの性分化開始時期はサクラマス、ニジマス等のサケ科魚類と同様に浮上時期前後と推定された。イワナ雌性発生二倍体魚を用いてのMT処理による性転換雄作出結果から、イワナ性転換雄作出にはふ化後から浮上までのMT浸漬処理と浮上後から60日間のMT経口投与が必要であり、浸漬処理濃度が0.5 μ g/l、その処理間隔が2日に1回の2時間、MT経口投与濃度が0.5mg/kg dietのMT処理を行った区が高い雄化率(15%)を示した。作出されたイワナ性転換雄から得られたニジイワ3Nはすべて雌と判断され、イワナ性転換雄を用いることで全雌ニジイワ3Nの生産は可能とされた。

謝 辞

本稿を稿するにあたり校閲および有益な助言を賜りました帝京大学医学部生物学教室中村 将助教授に心より御礼申し上げます。また、英文を校閲して下さった東京水産大学水族生理学研究室の大学院生Maria Raquel Moura Coimbraさんに感謝の意を表します。

文 献

- 1) 服部克也 (1991) ホウライマスとイワナ間での異質三倍体におけるアロザイムおよび無斑遺伝子の発現に関する研究。水産育種, 16, 43-50.
- 2) 服部克也 (1995) ホウライマス雌とギンザケ雄間での無斑異質三倍体の作出。愛知水試研報, 2, 41-45.
- 3) Hattori, K., Shirai, T., Kanda, F., Hirano, T., Suzuki, K. and Seko, Y. (1997) Spot-less allotriploids from female houraimasu (non-spotted rainbow trout) and male amago salmon are marketable. (投稿中)
- 4) 服部克也・岩田靖宏・水野正之・峯島史明 (1995) ホウライマスを雌親とする異質三倍体魚の成熟。愛知水試研報, 2, 33-40.
- 5) 白田 博 (1989) アマゴの全雌生産とその特性。水産育種, 14, 11-22.
- 6) Okada, H., Matumoto, H. and Yamazaki, F. (1979) Functional masculinization of genetic females in rainbow trout. *Bull. of the Jap. Soc. of Sci. Fish.*, 45 (4), 413-419.
- 7) Baker, I. J., Solar, I. and Donaldson, E. M. (1988) Masculinization of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) by immersion treatments using 17 α -Methyltestosterone around the time of hatching. *Aquacult.*, 72, 359-367.
- 8) Piferrer, F. and Donaldson, E.M. (1989) Gonadal differentiation in coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, after a single treatment with androgen or estrogen at different stages during ontogenesis. *Aquacult.*, 77, 251-262.
- 9) Suzuki, R. and Fukuda, Y. (1971) Survival potential of F1 hybrids among salmonid fishes. *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.*, 21, 69-83.
- 10) 服部克也・本田是人・峯島史明 (1988) ニジマス・アマゴ・イワナ間での異質三倍体魚の作出について。愛知水試業務報告, pp. 54-55.
- 11) 山梨県魚苗センター (1987) 昭和62年度バイオテクノロジー連絡試験計画案。第12回全国養鱒技術協議会要録, 岩手県, pp. 143-147.
- 12) Nakamura, M. (1982) Gonadal sex differentiation in Whitespotted Char, *Salvelinus leucomaenis*. *Jap. Ichthyol.*, 28 (4), 431-436.
- 13) 中村 将・高橋裕哉・広井 修 (1974) サクラマス (*Oncorhynchus masou*) の生殖腺の性分化過程。北海道さけ・ますふ化場研究報告, 28, 1-8.
- 14) Takashima, F., Patino, R. and Nomura, M. (1980) Histological Studies on the sex differentiation in rainbow trout. *Bull. of Jap. Soc. of Sci. Fish.*, 46 (11), 1317-1322.
- 15) 小出展久・太田博巳・岡田鳳二 (1991) サクラマス偽雄の作出と維持の現状。養殖6月号, 緑書房, 東京, pp. 124-127.
- 16) 小池利通 (1990) ヤマメ性転換試験-II。新潟県内水面水産試験場調査研究報告, 16, 89-92.
- 17) Hunter, G. A., Donaldson, F. W. and Edgell, P. R. (1982) Production of all-female and sterile coho salmon, and experimental evidence for male heterogamety. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 111, 367-372.
- 18) Johnstone, R. and Youngson, A. F. (1984) The progeny of sex-inverted female Atlantic salmon (*Salmo Salar* L.). *Aquacult.*, 37, 179-182.

小 括

第1において検討した無斑異質三倍体の妊性については、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nの雄では、成熟期において1年魚、2年魚、3年魚のGSIは1.6~6.2となり、生殖腺は二倍体同様に発達した。また、雄の約6割は肌色の色調を呈した精巣であったが、雄の約1割で白色の精巣が確認され、少量ではあったが精液を排出した。肌色の精巣の組織標本を観察したところ、部分的ではあるが精子形成が認められた。一方、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nの雌では、成熟期においてもGSIは0.02~0.08であり、生殖腺は糸状であった。卵巣の組織標本の観察では、成熟期においても卵黄を蓄積するなど発達した卵母細胞は認められず、雌は不妊であることを確認した。これらのことから、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nにおいても、ニジマス三倍体と同様に全雌生産する必要性が示された。

アマゴ性転換雄から作出されたニジアマ3Nは全て雌魚であることを確認した。¹²⁾イワナ性転換雄の作出報告が見当たらなかったことから、イワナについてはその作出方法を検討した。イワナ二倍体の生殖腺の観察から、性分化時期の目安とされる生殖細胞のシスト形成^{13, 14)}がふ化後36日~50日目に見られたことから、摂餌行動が始まる浮上時期に性分化が起こることが分かり、浮上前のMT浸漬処理と浮上後のMT経口投与を組み合わせた性転換処理について、複数の試験区でMT濃度と処理間隔を比較したところ、ふ化後から浮上時期まで、処理の間隔が2日に1回、MT濃度0.5~1 μ g/liter waterで2時間の浸漬処理を行い、浮上後から60日間、MT濃度0.5mg/kg dietの飼料で経口投与を行うことで高い雄化率を得ることができた。得られたイワナ性転換雄の精子を用いてニジイワ3Nを作出したところ、全て雌であったことが確認され、全雌ニジイワ3Nの生産が可能になった。

なお、ニジアマ3Nの成長に関しては、ニジマス二倍体やニジマス三倍体に比べて劣り、¹⁵⁾一方、ニジイワ3Nの成長率はニジマス二倍体に比べて有意に優れているとされている。¹⁶⁾また、三倍体は大赤血球性の貧血状態^{17, 18)}であるため、ニジマス三倍体は酸欠に弱く、¹⁹⁾従来 of 二倍体と同様な収容密度

の高い条件下で飼育することは困難とされている。第1章，第1節，第2および第3で示したとおり，異質三倍体の赤血球も長大化しており，ニジマス三倍体と同様，無斑の異質三倍体は酸素欠乏に対しては弱いものと推測され，養殖を行う場合には飼育密度や溶存酸素濃度などに留意する必要がある。また，ニジマス雌とギンザケ，*Oncorhynchus kisutch* 雄の異質三倍体，²⁰⁾ニジマス雌とカワマス，*Salvelinus fontinalis* 雄の異質三倍体²¹⁾は，それぞれギンザケ，カワマスの持つIHN（伝染性造血器壊死症，Infectious Hematopoietic Necrosis）に対する耐病性形質を受け継ぎ，ニジマスよりもIHNに対して抵抗性がある。ニジイワ3Nもイワナの性質を受け継ぎ，IHNに対して抵抗性があることが報告されており，²²⁾IHNの発生地域での生産には有利であると考えられた。

水産庁長官通達「三倍体等の水産生物の利用要領」²³⁾により，三倍体等の水産生物を養殖利用する場合には，当該生物の特性評価を受けなければならない。ニジアマ3Nについては，1994年6月に，また，ニジイワ3Nについては1997年7月に，本研究で得られた結果に基づき養殖特性を示して水産庁の特性評価を受け，養殖生産の承認を得た。

注：本項の引用文献は本章の巻末に示した。

第2節 食味の特徴について

第2節 食味の特徴について

アマゴやイワナは、古くから清流を代表する魚として親しまれてきた魚であり、溪流釣りの愛好者にとって憧れの魚であるとともに、その淡泊な味わいから美味しい魚とされ、イワナについては特に骨酒にして独特な風味から珍重されている。²⁴⁻²⁸⁾しかしながら、著者の知る限り、アマゴおよびイワナの食味を客観的に評価した報告がなかったことから、第1において、ハウライマス、アマゴ、イワナ筋肉のエキス成分を分析して食品の見地からの基礎資料とするとともに、異質三倍体の筋肉のエキス成分の比較検討時の参考とした。

本研究の目標とした無斑異質三倍体の食味に関しては、第2において、愛知県水産試験場で飼育されたニジアマ3N雌魚およびニジイワ3N雌魚筋肉のエキス成分を食品の見地から分析するとともに、ハウライマス3N雌魚筋肉のエキス成分と比較検討した。また、愛知県淡水養殖漁業協同組合で養殖生産され市場に出荷されている全雌ニジアマ3Nおよび全雌ニジイワ3Nと、同様に市場に出荷されている全雌ハウライマス同質三倍体（以下、ハウライマス3N）を官能検査によって比較し、客観的な評価を試みた。

注：本項の引用文献は本章の巻末に示した。

第1 淡水飼育における無斑ニジマス，アマゴおよびイワナ筋肉のエキス成分組成

服部克也・白井隆明

(愛知県水産試験場研究報告，10，1-5，2003)

淡水飼育における無斑ニジマス、アマゴおよびイワナ筋肉のエキス成分組成

服部克也¹・白井隆明²

The flesh extractive components of non-spotted rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, red spotted masu trout, *O. masou ishikawae* and Japanese char, *Salvelinus leucomaenis* reared under freshwater

HATTORI Katsuya¹ and SHIRAI Takaaki²

Abstract

We analyzed the extractive components of flesh of non-spotted rainbow trout, red spotted masu trout (amago salmon) and Japanese char reared under freshwater. The compositions of free amino acids and related compounds in the extracts from their muscle were compared. A common feature of the composition was a very high content of dipeptide anserine (about 60% among them) with fairly low levels of histidine, taurine, alanine, and glycine. And this feature was indicated in the other salmonids. There was a common feature in the extractive components of flesh among non-spotted rainbow trout, red spotted masu trout and Japanese char. However, histidine, anserine, taurine, glutamic acid, inosine monophosphate, trimethylamine oxide and creatine showed the slight species-specificities in the composition.

キーワード：無斑ニジマス、イワナ、アマゴ、エキス成分

愛知県では奥三河地方を中心としてマス類の養殖が行われており、その主な対象種は無斑ニジマスを含めたニジマス、*Oncorhynchus mykiss*、アマゴ、*O. masou ishikawae*、イワナ、*Salvelinus leucomaenis* などである。愛知県におけるこれらマス類養殖の生産量¹⁾は、平成 7 年以降 350 トン前後で推移し、平成 13 年の愛知県淡水養殖漁業協同組合取扱量報告 (内部資料) では、ニジマス約 300 トン、アマゴ約 26 トン、イワナ約 11 トンであった。なお、アマゴやイワナは、古くから清流を代表する魚として、親しまれてきた魚²⁾である。近年養殖生産が可能となり、その生産量が伸びてきている。これらは、溪流釣りの愛好者にとって憧れの魚であるとともに、その淡泊な味わいから美味な魚³⁾とされ、イワナについては骨酒³⁾にして独特な風味から珍重されている。⁴⁾これらアマゴやイワナは、従来から養殖生産されてきたニジマスに比べて市

場価値が高い傾向が認められる。これは、新規魚種という新奇性ばかりでなく、清流に住む美味な魚という印象があることも一因と考えられる。しかしながら、アマゴやイワナ筋肉のエキス成分組成や呈味について、ニジマスと比較できる十分なデータが示されてきたとは言い難い。一方、近年、食品に対しては、安全性を始めとして、その食品が持つ性質を明示することが強く求められるようになってきた。こうしたことから、ニジマス、アマゴおよびイワナの持つ食品としての性質を客観的に示すことが必要と考えられ、本試験においては無斑ニジマス、アマゴ、イワナ筋肉のエキス成分を分析し、これを比較した。なお、マス類は成熟により肉色の退色、食肉部の割合の低下など肉質が変化³⁾することが知られているため、本試験では最も肉質が安定していると考えられた産卵期数ヶ月前について本試験に供し、検討した。

¹ 愛知県農林水産部水産課 (Fisheries promotion division, Aichi prefectural government, Sannomaru, Nagoya, Aichi 460-8501, Japan)

² 東京水産大学 食品生産学科 (Department of Food Science and Technology, Tokyo University of Fisheries, Konan 4, Minato, Tokyo 108-0075, Japan)

材料および方法

供試魚 愛知県水産試験場で飼育継代している無斑ニジマス、アマゴおよびイワナを供試魚とした。餌には日本農産工業株式会社製の固形ペレットを与えたが、フィードオイルなどは添加しなかった。供試魚の性別、月齢、尾数、平均体重、平均体長および生殖腺指数 (GSI) を Table 1 に示した。なお、アマゴは2年魚でほとんどの個体が成熟してへい死すること、イワナは飼育池の関係から2年魚以上の個体を飼育していなかったことから18ヶ月齢の個体を用いた。無斑ニジマスについては、アマゴおよびイワナと同月齢のサンプルがなかったことから、29ヶ月齢の個体を用いた。これらは取り上げ後、即殺して鰓、内臓を除去した後、氷冷して東京水産大学に搬入した。その後、個体別に普通肉を採取して、細切し、分析に供するまでマイナス80℃下で保存した。

筋肉成分の分析 筋肉の水分は常圧加熱乾燥法⁶⁾により測定した。筋肉の粗タンパク質はマイクロケルダール法⁷⁾により全窒素を測定

し、6.25 を乗じて求めた。筋肉の脂質はクロロホルム・メタノール混液にて抽出⁸⁾し、常圧加熱乾燥法により測定した。トリグリセリド、ジグリセリド、モノグリセリド、遊離脂肪酸、ステロール類およびリン脂質等の脂質クラスは、クロロホルム・メタノール混液から得た抽出液を用いて薄層クロマトグラフィー (シリカゲルG) により分析した。展開溶媒として石油エーテル、ジエチルエーテルおよび酢酸混合液 (80:20:1) を用いて展開後、30%硫酸を噴霧して120℃で20分間加熱後生じたスポットを Shimadzu spot-scanner CS-9000 により測定した。筋肉の粗灰分は筋肉を電気炉にて550℃に加熱して求めた。

筋肉のエキス成分は、エタノールにより抽出液を調製して分析した。生肉を80%エタノール中でホモジナイズし、これを8,000rpmで遠心分離した。この操作を2度繰り返して抽出液 (上澄) を得た。この抽出液からエタノールを完全に減圧留去させて得られた水溶液をジエチルエーテルにより脱脂し、水層を減圧濃縮した後、蒸留水にて希釈した。⁹⁾この抽出液について、遊離アミノ酸、クレアチンおよびその他エキス成分を分析した。

アミノ酸の測定は JEOL JLC-300 amino acid analyzer を用

Table 1. Sex, age, individual number (N), body length (BL), body weight (BW), gonad static index (GSI) and age of non-spotted rainbow trout, red spotted masu trout (amago salmon) and Japanese char reared under freshwater

	Sex	Age	N	BL (cm)	BW (g)	GSI (%)
Non-spotted rainbow trout	Female	29 month-old	5	38.4 ± 2.4	924 ± 185	10.9 ± 6.9
	Male	29 month-old	5	36.8 ± 1.9	760 ± 105	0.3 ± 0.1
Red spotted masu trout	Female	18 month-old	5	25.1 ± 0.9	221 ± 26	0.6 ± 0.2
	Male	18 month-old	5	25.4 ± 0.9	232 ± 39	0.2 ± 0.0
Japanese char	Female	18 month-old	5	28.8 ± 0.6	358 ± 12	0.6 ± 0.2
	Male	18 month-old	5	29.2 ± 0.5	376 ± 26	0.1 ± 0.1

Table 2. Moisture, crude protein, crude ash and lipid of the flesh of non-spotted rainbow trout, red spotted masu trout (amago salmon) and Japanese char reared under freshwater

	(g/100g)					
	Non-spotted rainbow trout		Red spotted masu trout		Japanese char	
	Sex	Age	Sex	Age	Sex	Age
	Female	Male	Female	Male	Female	Male
	29 month-old	29 month-old	18 month-old	18 month-old	18 month-old	18 month-old
Moisture	76.8 ± 1.2	76.7 ± 0.6	76.2 ± 0.7	74.3 ± 0.7	77.1 ± 0.8	76.1 ± 0.7
Crude protein	21.1 ± 1.3	19.0 ± 1.1	20.9 ± 1.0	21.3 ± 1.3	20.0 ± 0.4	20.5 ± 0.7
Ash	1.3 ± 0.1	1.4 ± 0.1	1.4 ± 0.0	1.4 ± 0.1	1.4 ± 0.1	1.3 ± 0.1
Total lipid	2.0 ± 0.5	2.6 ± 0.5	1.5 ± 0.3	2.0 ± 0.3	1.6 ± 0.3	3.3 ± 0.6
Triglyceride (%)	59.9 ± 19.1	72.4 ± 6.4	75.8 ± 2.2	79.7 ± 2.3	79.3 ± 4.4	80.2 ± 2.0
Free fatty acid (%)	7.9 ± 3.7	5.9 ± 0.9	5.8 ± 1.0	5.5 ± 1.1	3.8 ± 0.5	3.6 ± 0.4
1,2-Diglyceride (%)	4.6 ± 2.1	3.1 ± 0.8	2.4 ± 0.2	2.4 ± 0.2	1.8 ± 0.2	1.7 ± 0.0
Sterol (%)	3.6 ± 0.9	3.6 ± 1.2	3.9 ± 0.5	3.2 ± 0.4	2.4 ± 0.7	2.4 ± 0.5
Monoglyceride+phospholipid (%)	24.0 ± 12.7	14.9 ± 3.9	12.2 ± 0.6	9.3 ± 0.9	12.7 ± 3.1	12.0 ± 1.5
Sterol ester (%)	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.

いた。

クレアチンおよびクレアチニンは比色法¹⁰⁾により測定した。

トリメチルアミンは Conway glass unit を用いて測定した。抽出液をトリクロロチタンにて還元後, Conway glass unit により測定し, 還元前のトリメチルアミン量を差し引いてトリメチルアミンオキシドを求めた。

ナトリウム, カリウムは Hitachi 2A 180-80 原子吸光度計により測定した。

塩素はジフェニールカルバゾン法¹¹⁾により測定した。

リン酸はアレン法¹²⁾により抽出液中のリンを測定し, その値から求めた。

ATP 関連物質は, 抽出液を 254nm の波長で液体クロマトグラフィーを用い, Asahipak GS-320 カラム (0.2M NaH₂PO₄, pH 3.0) により分画して測定した。

Table 3. Free amino acids and related compounds of non-spotted rainbow trout, red spotted masu trout (amago salmon) and Japanese char reared under freshwater

Sex Age	(mg/100g)						
	Non-spotted rainbow trout		Red spotted masu trout		Japanese char		
	Female 29 month-old	Male 29 month-old	Female 18 month-old	Male 18 month-old	Female 18 month-old	Male 18 month-old	
Taurine	20 ± 6	36 ± 15	35 ± 9	36 ± 6	41 ± 8	39 ± 10	
Aspartic acid	1 ± 1	1 ± 0	1 ± 0	2 ± 1	tr.	tr.	
Threonine	8 ± 1	6 ± 1	5 ± 1	5 ± 1	5 ± 1	5 ± 1	
Serine	7 ± 2	7 ± 1	7 ± 1	9 ± 2	8 ± 2	8 ± 4	
Asparagine	0	0	0	0	0	0	
Glutamic acid	12 ± 4	10 ± 2	7 ± 1	16 ± 3	17 ± 4	14 ± 3	
Glutamine	1 ± 1	1 ± 0	tr.	1 ± 1	1 ± 0	1 ± 0	
Glycine	61 ± 8	54 ± 7	41 ± 5	65 ± 10	65 ± 9	61 ± 10	
Alanine	24 ± 7	18 ± 3	23 ± 2	29 ± 3	19 ± 4	19 ± 1	
Citrulline	2 ± 0	2 ± 0	0	0	0	0	
α-Aminobutyric acid	1 ± 0	tr.	1 ± 0	1 ± 0	1 ± 0	tr.	
Valine	6 ± 1	5 ± 1	5 ± 0	6 ± 1	3 ± 0	3 ± 0	
Methionine	2 ± 0	2 ± 0	2 ± 0	2 ± 0	2 ± 0	2 ± 0	
Cystathionine	tr.	tr.	0	0	0	0	
Isoleucine	3 ± 0	2 ± 0	2 ± 0	3 ± 1	2 ± 0	2 ± 0	
Leucine	5 ± 1	4 ± 1	5 ± 0	5 ± 1	3 ± 0	3 ± 0	
Tyrosine	4 ± 0	4 ± 0	4 ± 0	4 ± 1	3 ± 1	3 ± 0	
β-Alanine	7 ± 2	5 ± 1	tr.	3 ± 0	3 ± 0	3 ± 2	
Phenylalanine	4 ± 1	4 ± 0	4 ± 0	3 ± 0	2 ± 0	1 ± 0	
β-Aminobutyric acid	1 ± 1	1 ± 0	0	0	0	0	
γ-Aminobutyric acid	tr.	0	0	0	0	0	
Ethanolamine	tr.	tr.	0	0	0	0	
Hydroxylysine	1 ± 0	1 ± 0	tr.	tr.	tr.	tr.	
Ornithine	1 ± 0	1 ± 0	1 ± 0	1 ± 0	tr.	tr.	
π-Methylhistidine	8 ± 3	6 ± 1	tr.	1 ± 0	1 ± 0	1 ± 1	
Histidine	53 ± 29	56 ± 14	49 ± 6	27 ± 7	52 ± 8	52 ± 10	
Lysine	11 ± 4	14 ± 5	5 ± 0	9 ± 1	7 ± 1	7 ± 1	
τ-Methylhistidine	1 ± 0	1 ± 0	0	0	0	0	
Tryptophan	5 ± 2	5 ± 1	2 ± 0	1 ± 0	tr.	1 ± 0	
Anserine	401 ± 40	402 ± 46	425 ± 38	389 ± 34	329 ± 26	338 ± 28	
Carnosine	tr.	tr.	0	0	0	0	
Arginine	2 ± 1	3 ± 0	2 ± 0	2 ± 0	2 ± 0	2 ± 0	
Proline	2 ± 1	1 ± 0	2 ± 0	3 ± 1	3 ± 1	2 ± 1	

Table 4. Levels of creatine, ATP related compounds, trimethylamine oxide and other extracted components of non-spotted rainbow trout, red spotted masu trout (amago salmon) and Japanese char reared under freshwater

Sex Age	(mg/100g)					
	Non-spotted rainbow trout		Red spotted masu trout		Japanese char	
	Female 29 month-old	Male 29 month-old	Female 18 month-old	Male 18 month-old	Female 18 month-old	Male 18 month-old
Creatine	520 ± 6	483 ± 15	343 ± 15	362 ± 8	419 ± 65	432 ± 39
Creatinine	5 ± 0	5 ± 1	5 ± 1	5 ± 0	5 ± 1	4 ± 0
Trimethylamine oxide	29 ± 3	25 ± 5	5 ± 2	2 ± 1	8 ± 2	7 ± 2
Trimethylamine	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Na ⁺	48 ± 6	91 ± 20	45 ± 14	57 ± 16	82 ± 26	110 ± 23
K ⁺	463 ± 40	434 ± 24	624 ± 66	549 ± 33	498 ± 34	489 ± 21
Cl ⁻	22 ± 5	21 ± 5	22 ± 6	42 ± 11	25 ± 6	23 ± 8
PO ₄ ³⁻⁻	354 ± 27	343 ± 30	344 ± 35	346 ± 39	354 ± 27	328 ± 56
Lactic acid	292 ± 19	304 ± 55	328 ± 76	278 ± 35	288 ± 47	321 ± 23
Adenosine diphosphate	20 ± 4	23 ± 9	22 ± 7	26 ± 7	44 ± 12	30 ± 12
Inosine monophosphate	119 ± 26	123 ± 15	115 ± 18	87 ± 22	149 ± 11	181 ± 19
Inosine	97 ± 9	82 ± 11	89 ± 11	102 ± 20	65 ± 3	45 ± 11
Hypoxanthine	6 ± 1	5 ± 1	7 ± 2	8 ± 2	4 ± 0	3 ± 1
Extractive nitrogen (Recovery %)	341 ± 29 98 ± 5	342 ± 24 97 ± 8	386 ± 69 75 ± 13	345 ± 27 82 ± 7	412 ± 78 77 ± 7	340 ± 28 86 ± 6
Dry matter (Recovery %)	2660 ± 97 96 ± 4	2560 ± 120 98 ± 3	3011 ± 754 88 ± 17	2846 ± 154 86 ± 2	2606 ± 171 93 ± 6	2480 ± 144 99 ± 3

エキス窒素はケルダール法⁷⁾で測定した。エキス窒素回収率は、分析した含窒素成分に含まれる各窒素量の総和を計算し、これをエキス窒素で除して求めた。

エキス乾物量は、抽出液の一部を110°Cで加熱乾燥させて測定した。エキス乾物量回収率は、分析したすべての成分の総和を算出し、これをエキス乾物量で除して求めた。これらの回収率は、抽出液中の含窒素エキス成分とエキス成分について、ほとんどすべてを分析し得たか判定の指標とした。

結果および考察

供試魚の筋肉エキス成分の測定結果について、一般成分および脂質クラスをTable 2に、遊離アミノ酸とその関連物質をTable 3に、ATP関連物質と無機成分をTable 4に示した。

一般成分において、水分、粗タンパク、灰分、脂質などの組成は無斑ニジマス、アマゴ、イワナの魚種間およびそれぞれの雌雄間で顕著な差は認められなかった。しかしながら、脂質のうちトリグリセリドの比率が、無斑ニジマスの60~72%に比べ、アマゴは76~80%、イワナは79~80%と高い傾向が認められた。

遊離アミノ酸および関連物質では、分析したいずれの魚種においてもアンセリンが全体の約60%と最も多く、次いでグリシン、ヒスチジン、タウリン、アラニン、グルタミン酸が多かった。アンセリンでは、イワナが329~338mg/100gと、無斑ニジマスの401~402mg/100g、アマゴの389~425mg/100gに比べて低い傾向が認められた。また、タウリンでは、無斑ニジマスが20~36mg/100gと、アマゴの35~36mg/100g、イワナの39~41mg/100gに比べて少

し低かった。同様に、グルタミン酸でも、無斑ニジマスが10~12mg/100gと、アマゴの7~16mg/100g、イワナの14~17mg/100gに比べて低かった。ヒスチジンでは、アマゴが27~49mg/100gと、無斑ニジマスの53~56mg/100g、イワナの52mg/100gに比べて低かった。

ATP関連物質では、クレアチンにおいて、無斑ニジマスが483~520mg/100g、イワナが419~432mg/100g、アマゴが343~362mg/100gと種によって若干の違いが認められた。イノシン酸では、イワナが149~181mg/100gと、無斑ニジマスの119~123mg/100g、アマゴの87~115mg/100gに比べて多い傾向が認められた。

トリメチルアミノオキシドにおいては、無斑ニジマスが25~29mg/100gと、アマゴの2~5mg/100g、イワナの7~8mg/100gに比べて多い傾向が認められた。その他の成分には大きな違いは認められなかった。

サケ・マス類については、Shirai *et al.*¹³⁾が北部太平洋域で捕獲されたベニザケ *O. nerka*、マスノスケ *O. tshawytscha*、ギンザケ *O. kisutch* およびカラフトマス *O. gorbuscha* 筋肉のエキス成分を測定している。これら4種のサケ科魚類におけるアミノ酸関連物質の主な成分は、アンセリン、ヒスチジン、タウリン、アラニン、グリシンであり、特にアンセリンの割合が非常に大きかったと報告している。¹³⁾その中で、同じサケ科魚類で、筋肉の大部分のエキス成分組成に顕著な差は認められなかったが、ヒスチジンは種による差が認められたとしている。¹³⁾また、魚種の特異的な違いとともに雌雄において筋肉のエキス成分組成に違いがあることが報告され、本試験においても、無斑ニジマスでのタウリン、アマゴでヒスチジン、ア

ンセリンにおいて雌雄の数値に違いが認められた。また、イノシン酸、イノシンにおいては各魚種で雌雄間に数値の違いが認められた。

イノシン酸は、かつお節の旨味成分として知られている¹⁴⁾が、イワナのイノシン酸は、無斑ニジマス、アマゴよりも若干ながら高い傾向が見られた。また、同様に旨味成分であるグルタミン酸¹⁴⁾においても、イワナが、無斑ニジマス、アマゴよりも若干高い傾向が認められたことから、イワナは無斑ニジマスよりも旨味が強い可能性が考えられた。一方、甘味を感じるアラニン¹⁴⁾においては、アマゴがイワナ、無斑ニジマスよりも少し数値が高い。また、トリメチルアミノオキシドは、腐敗のみならず加熱により分解されて生臭さ臭の原因物質であるトリメチルアミンが生じるとされる¹⁴⁾が、アマゴ、イワナが少なく、無斑ニジマスが多かったことから、アマゴにおいても無斑ニジマスよりも甘味と風味がある可能性が考えられた。しかしながら、本試験では、同じ種にあっても雌雄間の差があること、アマゴおよびイワナと無斑ニジマスを同月齢サンプルでの比較ができなかったことなどから、アマゴ、イワナがニジマスよりも美味しいとする明確な結果を示すことができなかった。こうしたことから、今後はさらに多くの供試魚について筋肉エキス成分を測定することに加え、テクスチャーの比較、筋肉および合成エキスによる官能検査などを行い、客観的な評価を行う必要があると思われた。

要 約

淡水飼育条件下の無斑ニジマス、アマゴおよびイワナについて一般成分、脂質、遊離アミノ酸と関連物質、ATP 関連物質を測定した。他のサケ科魚類で報告されているように、無斑ニジマス、アマゴおよびイワナ筋肉におけるアミノ酸関連物質の主な成分は、アンセリン、ヒスチジン、タウリン、アラニン、グリシンであり、アンセリンの割合が全体の約60%と非常に大きかった。無斑ニジマス、アマゴ、イワナ間で筋肉のエキス成分組成に顕著な差は認められなかったが、微量な差であるもののヒスチジン、アンセリン、タウリン、グルタミン酸、イノシン酸およびトリメチルアミノオキシドに種による違いが認められた。

文 献

- 1) 水産業の動き (2002) IV 漁業生産. 愛知県, pp.78.
- 2) 梅村 鐔二 (1993) 愛知の淡水魚類. ブラザー印刷株式会社, 愛知県, pp.78-81.
- 3) 中川栄太郎(1992)飛騨の溪流釣り. BookShop MYTOWN, 愛知県, pp.184-188.
- 4) 芦澤正和・梶浦一郎・平 宏和・竹内昌昭・中井博康監修 (1995) 食品図鑑. 女子栄養大学出版部発行, 東京都, pp.94-104.
- 5) 小林 徹 (1992) 長期混合飼育下での人為三倍体ニジマスの成長, 生残および生殖周期. 水産増殖, 40 巻 1 号, 57-70.
- 6) 京都大学農学部食品工学教室編 (1970) 食品工学実験 書 (上巻), 養賢堂, 東京, pp.534-535.
- 7) AOAC (1965) Official method of analysis of the association of official agricultural chemists, 10th ed. Association of official agricultural chemists, Washington D.C., pp.273 & 744-745.
- 8) Bligh E. G and W. J. Dyer (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification, *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37, 911-917.
- 9) Konosu, S., K. Yamaguchi, S. Fuke and T. Shirai (1983) Amino acids and related compounds in the extracts of different parts of the muscle of chum salmon. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 49, 301-304.
- 10) Shirai, T., S. Fuke, K. Yamaguchi, and S. Konosu (1984) Creatine and creatinine in the raw and heated muscles of salmon. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 50, 1229-1233.
- 11) 川村 亮(1975) 沈殿滴定. 食品学実験法, 朝倉書店, 東京, pp.208-209
- 12) 川村 亮(1975) リンの定量. 食品学実験法, 朝倉書店, 東京, pp.56-58
- 13) Shirai T., S. Fuke, K. Yamaguchi and S. Konosu (1983) Studies on extractive components of salmonids-II. Comparison of amino acids and related compounds in the muscle extracts of four species of salmon. *Comp. Biochem. Physiol.*, Vol.74B(No.4), 685-689.
- 14) 中谷延二編著 (2001) 食品の微量成分. 食品化学, 朝倉書店, 東京, pp.42-81.

第2 ホウライマス（無斑ニジマス）から得られた倍数体雌魚筋肉のエキス
成分分析および官能検査による食味評価

服部克也・白井隆明

The Taste Evaluation of Female Polyploids induced from Non-spotted rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* by Chemical Analyses and by Sensory Taste Test of their Flesh

HATTORI Katsuya and SHIRAI Takaaki

Abstract

We evaluated the taste of female non-spotted rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, autotriploids, female nijama type allotriploids (female non-spotted rainbow trout × male red spotted masu trout, *O. masou ishikawae*) and female nijiiwa type allotriploids (female non-spotted rainbow trout × male Japanese char, *Salvelinus leucomaenis*) by chemical analyses and by sensory taste test of their flesh. The extractive components of samples showed almost common feature, though with significantly different ($P < 0.05$) between autotriploid and two kinds of allotriploid in crude protein, alanine, β -alanine, π -methylhistidine, anserine, creatine, creatinine, K^+ , Cl^- , PO_4^{3-} , ADP and inosine. Alanine and IMP, which are related to sweetness and *umami* taste, of nijama type allotriploids and nijiiwa type allotriploids showed higher values than those of non-spotted rainbow trout autotriploids. The taste test solution of nijama type allotriploids and nijiiwa type allotriploids showed stronger sweetness, *umami*, good body and favorable impression compared with those of non-spotted rainbow trout autotriploids.

Key word; polyploid; non-spotted rainbow trout; sensory taste test; extractive components.

ホウライマス（無斑ニジマス）から得られた倍数体雌魚筋肉のエキス成分分析および官能検査による食味評価

服部克也・白井隆明

近年、食生活が豊かになるとともに、消費者においては、食品に対して量よりも質、すなわち栄養、体調調節機能、安全性、食味などの付加価値を強く求めるようになった。¹⁾特にグルメ嗜好の高まりに伴い、食味に優れた食品に対して大きな需要が生まれた。こうした中、食材としての魚は、調理が面倒である、骨や皮があって食べにくいなど魚離れが進んでいるが、下処理され、簡単に利用できる寿司や刺身などの需要はさらに増加するとみられている。²⁾従来本邦では、ニジマス、*Oncorhynchus mykiss*、アマゴ、*O. masou ishikawae*、ヤマメ、*O. masou masou*、イワナ、*Salvelinus leucomaenis*などのマス類は、丸のまま塩焼きや甘露煮にするのが殆どであったが、こうした消費者の食品に対する意識変化に伴い、寿司や刺身などの食材に向く刺身用魚の生産が行われるようになった。しかしながら、マス類は成熟により可食部位の減少、肉色の褪色など肉質が低下するため、成熟による生産性の低下が指摘されてきた。近年、魚類においては、染色体倍数化技術、³⁾全雌生産技術⁴⁾などが開発され、これらの技術により全雌三倍体の作出が可能となった。マス類三倍体の雌魚は不妊となることから、成熟による可食部分の減少、肉色の褪色などの肉質劣化がなく、品質の安定化⁵⁾と刺身用魚の需要にも周年応えることができるかと期待されている。こうしたことから、ニジマス⁶⁾やサクラマス、*O. masou masou*⁷⁾などにおいては全雌三倍体の生産が行われるようになってきている。

愛知県においては1965年に愛知県水産試験場において発見された無斑のニジマスを「ホウライマス」と呼称し、地域特産品種として普及⁸⁾を図ってきた。このホウライマスについても、近年の食に対する消費者の動向に対応してさらなる消費拡大が求められた。そこで、ホウライマスを倍数体育種と交雑育種の手法を用いて、寿司や刺身の食材に向き質的に優れる品種にすることを

検討した。その結果、ホウライマスの最大の特徴である無斑形質を持つ新品種として、ホウライマス雌とアマゴ雄間の異質三倍体⁹⁾(以下、ニジアマ3N)、ホウライマス雌とイワナ雄間の異質三倍体¹⁰⁾(以下、ニジイワ3N)が得られた。これらは、愛知県職員やマス類養殖関係者による試食において、ニジマスに比べて食味が優れているとの評価がなされた。また、市場に出荷された全雌ニジアマ3Nおよび全雌ニジイワ3Nを賞味した消費者からは、ニジマスよりも美味であるという同様の評価が得られているが、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nの食味については十分な検討がなされたとは言い難い。また近年、消費者は摂取する食品に対しては、安全性を始めとして、その食品が持つ情報の明示を強く求めるようになってきている。ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nについても、こうした情報明示のひとつとして、その特徴とされる食味を客観的に評価する必要性が考えられた。このため本報告では、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nの筋肉のエキス成分組成を測定し、これをホウライマス同質三倍体(以下、ホウライマス3N)と比較して、食味に関与すると考えられるエキス成分の差を調べた。さらに、市場に出荷されて消費者が賞味している全雌ニジアマ3Nおよび全雌ニジイワ3Nを、同様に飼育された全雌ホウライマス3Nと官能検査により比較してその食味を検証した。なお、「三倍体魚等の水産生物の利用要領」¹¹⁾における特性評価の確認を受け、養殖生産されているのは雌魚のみであることから、供試魚には全て雌魚を用いた。また、寿司や刺身に適する魚体サイズと考えられる体重が800g以上の個体をサンプルに供した。

材料および方法

エキス成分の測定 愛知県水産試験場で継代しているホウライマス、アマゴ、イワナから採卵、採精し、受精後、温度処理法により倍数化して雌雄混合のホウライマス3N、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nを作出した。これを愛知県水産試験場で養成飼育し、29ヶ月齢の雌魚を供試魚として用いた。供試魚の個体数、平均体重および平均体長をTable 1に示した。餌にはニジマス用飼料を与えたが、フィードオイルは添加しなかった。供試魚は、取り上げ後、即殺し

て鰹、内臓を除去した後、氷冷状態24時間以内で東京水産大学に搬入した。その後、個体別に普通肉を採取して、細切し、分析に供するまでマイナス80℃下で保存した。

筋肉の水分は常圧加熱乾燥法¹²⁾により測定した。筋肉の粗タンパク質はミクロケルダール法¹³⁾により全窒素を測定し、6.25を乗じて求めた。筋肉の脂質はクロロホルム・メタノール混液にて抽出¹⁴⁾し、常圧加熱乾燥法により測定した。トリグリセリド、ジグリセリド、モノグリセリド、遊離脂肪酸、ステロール類およびリン脂質等の脂質クラスは、クロロホルム・メタノール混液から得た抽出液を用いて薄層クロマトグラフィー(シリカゲルG)により分析した。展開溶媒として石油エーテル、ジエチルエーテルおよび酢酸混合液(80:20:1)を用いて展開後、30%硫酸を噴霧して120℃で20分間加熱後生じたスポットをShimadzu spot-scanner CS-9000により測定した。筋肉の粗灰分は筋肉を電気炉にて550℃に加熱して求めた。

筋肉のエキス成分は、エタノールにより抽出液を調製して分析した。生肉を80%エタノール中でホモジナイズし、これを8,000rpmで遠心分離した。この操作を2度繰り返して抽出液(上澄)を得た。この抽出液からエタノールを完全に減圧留去させて得られた水溶液をジエチルエーテルにより脱脂し、水層を減圧濃縮した後、蒸留水にて希釈した。¹⁵⁾この抽出液について、遊離アミノ酸、クレアチンおよびその他エキス成分を分析した。

アミノ酸の測定はJEOL JLC-300 amino acid analyzerを用いた。

クレアチンおよびクレアチニンは比色法¹⁶⁾により測定した。

トリメチルアミンはConway glass unitを用いて測定した。抽出液をトリクロロチタンにて還元後、Conway glass unitにより測定し、還元前のトリメチルアミン量を差し引いてトリメチルアミンオキシドを求めた。

ナトリウム、カリウムはHitachi 2A 180-80原子吸光度計により測定した。塩素はジフェニールカルバゾン法¹⁷⁾により測定した。

リン酸はアレン法¹⁸⁾により抽出液中のリンを測定し、その値から求めた。

ATP関連物質は、抽出液を254nmの波長で液体クロマトグラフィーを用い、Asahipak GS-320 カラム(0.2M NaH₂PO₄, pH 3.0)により分画して測定した。

エキス窒素はケルダール法¹²⁾で測定した。エキス窒素回収率は、分析した含窒素成分に含まれる各窒素量の総和を計算し、これをエキス窒素で除して求めた。

エキス乾物量は、抽出液の一部を110℃で加熱乾固させて測定した。エキス乾物量回収率は、分析したすべての成分の総和を算出し、これをエキス乾物量で除して求めた。これらの回収率は、抽出液中の含窒素エキス成分とエキス成分について、ほとんどすべてを分析し得たか判定の指標とした。

Table 1. Age, number of individuals, body length (BL) and body weight (BW) of three kinds of female autotriploid and allotriploids used for chemical analyses

	Age	Individual	BL (cm)	BW(g)
Non-spotted rainbow trout autotriploid	29 month-old	5	38.9 ± 1.8	892 ± 132
Nijiamas type allotriploid ¹⁾	29 month-old	5	35.5 ± 0.8	696 ± 71
Nijiwa type allotriploid ²⁾	29 month-old	5	37.6 ± 1.7	788 ± 65

1) female non-spotted rainbow trout × male red spotted masu trout

2) female non-spotted rainbow trout × male Japanese char

官能検査 市場に出荷され、消費者が賞味している全雌ホウライマス3N、全雌ニジマス3Nおよび全雌ニジイワ3Nの2⁺年魚を供試魚として用いた。これらは、愛知県淡水養殖漁業協同組合（愛知県設楽郡設楽町大字豊邦字豊詰27）で飼育されているホウライマス雌親魚から得られた卵と、愛知県水産試験場で作出したホウライマス性転換雄、アマゴ性転換雄およびイワナ性転換雄から得られた精子を用いて、温度処理法により倍数化処理を行って生産された。餌には、ニジマス用飼料にフィードオイルを5%量添加して与えた。供試魚の個体数、平均体重および平均体長をTable 2に示した。

供試魚は、取り上げ後即殺し、三枚に卸して筋肉部分のみを氷冷状態24時

間以内で東京水産大学に搬入し、官能検査に供するまでマイナス80℃下で保存した。官能検査には、ホウライマス3N、ニジアマ3Nおよびニジイワ3N各々について解凍した筋肉をミンチ状にして用いた。

食味の官能検査は、旨味、甘味、コクおよび好感度の4項目に関して、旨味、甘味などの味覚が識別できるようにトレーニングを積んだパネラー16人（東京水産大学食品分析学研究室）により行った。評価は、ニジアマ3Nをホウライマス3Nに対して、およびニジイワ3Nをホウライマス3Nに対して比較して、それぞれ上位と感じたものに各項目において1人当たり1ポイントを加えて判定した。

Table 2. Number of individuals, body length (BL) and body weight (BW) of all-female non-spotted rainbow trout autotriploid, all-female nijama type allotriploid* and all-female nijiiwa type allotriploid* used for sensory taste test

	Individual	BL (cm)		BW(g)	
Non-spotted rainbow trout autotriploid	3	43.2	± 2.6	1,454	± 341
Nijama type allotriploid	5	39.7	± 1.4	937	± 111
Nijiiwa type allotriploid	5	38.9	± 1.9	936	± 97

* See Table 1.

結果

エキス成分の測定 筋肉のエキス成分の測定結果については、一般成分および脂質クラスをTable 3に、遊離アミノ酸とその関連物質をTable 4に、ATP関連物質と無機成分をTable 5に示した。平均値については、ホウライマス3Nとニジアマ3Nの間、ホウライマス3Nとニジイワ3Nの間でt-検定法により検定 ($P < 0.05$) した。

一般成分および脂質クラスについては、ホウライマス3Nとニジアマ3Nの間に差は認められなかった。ホウライマス3Nとニジイワ3Nの間では、粗タンパクにおいてニジイワ3Nが19.9g/100gとホウライマス3Nの21.4g/100gよりも値

が低かった。その他において差は認められなかった。

遊離アミノ酸とその関連物質においては、アラニンではニジアマ3Nが22mg/100gおよびニジイワ3Nが23mg/100gで、ホウライマス3Nの16mg/100gよりも値が高かった。アンセリンではニジアマ3Nが416mg/100gとホウライマス3Nの323mg /100gよりも値が高かった。 β -アラニンでは、ニジアマ3Nが4mg /100gとホウライマス3Nの6 mg /100gよりも、 π -メチルヒスチジンでは、ニジアマ3Nが4mg/100gとホウライマス3Nの8mg/100gよりもそれぞれ値が低かった。その他において差は認められなかった。

ATP関連物質と無機成分においては、クレアチンではニジアマ3Nが485mg/100gとホウライマス3Nの449mg/100gよりも値が高かった。クレアチニンではニジアマ3Nが6mg/100gとホウライマス3Nの4mg/100gよりも、 K^+ ではニジアマ3Nが480mg/100gとホウライマス3Nの385mg/100gよりもそれぞれ値が高かった。 Cl^- ではニジアマ3Nが40mg/100gおよびニジイワ3Nが37mg/100gとホウライマス3Nの22mg/100gよりも、 PO_4^{3-} ではニジアマ3Nが

Table 3. Moisture, crude protein, crude ash and lipid of the flesh of female non-spotted rainbow autotriploid, female nijama type allotriploid* and female nijiiwa type allotriploid* used for chemical analyses

	(g/100g)		
	Non-spotted rainbow trout autotriploid	Nijama type allotriploid	Nijiiwa type allotriploid
Moisture	75.2 ± 1.0	75.4 ± 0.7	76.3 ± 0.6
Crude protein	21.4 ± 0.9	20.7 ± 0.7	19.9 ± 0.3**
Ash	1.4 ± 0.1	1.3 ± 0.1	1.3 ± 0.0
Total lipid	3.3 ± 0.7	2.5 ± 0.4	2.6 ± 0.6
Triglyceride(%)	84.8 ± 1.5	85.5 ± 2.7	68.5 ± 9.4
Free fatty acid (%)	3.1 ± 1.4	3.1 ± 0.3	10.0 ± 5.0
1,2-Diglyceride(%)	1.9 ± 0.2	2.1 ± 0.1	2.8 ± 0.4
Sterol(%)	1.9 ± 0.1	1.8 ± 0.2	4.4 ± 1.5
Monoglyceride+phospholipid(%)	8.3 ± 1.4	7.4 ± 2.2	14.3 ± 2.9
Sterol ester(%)	tr.	tr.	tr.

* See Table 1.

** Significantly different ($P < 0.05$) against the non-spotted rainbow trout autotriploid by t-test

Table 4. Free amino acids and related compounds of the flesh of female non-spotted rainbow trout autotriploid, female nijama type allotriploid* and female nijiiwa type allotriploid* used for chemical analyses

	(mg/100g)		
	Non-spotted rainbow trout autotriploid	Nijama type allotriploid	Nijiiwa type allotriploid
Taurine	30 ± 19	23 ± 8	33 ± 10
Aspartic acid	1 ± 0	1 ± 0	1 ± 0
Threonine	6 ± 3	6 ± 1	8 ± 1
Serine	7 ± 2	6 ± 1	6 ± 1
Asparagine	0	0	0
Glutamic acid	8 ± 2	5 ± 1	9 ± 1
Glutamine	1 ± 0	1 ± 0	tr.
Glycine	36 ± 15	25 ± 3	51 ± 10
Alanine	16 ± 3	22 ± 2**	23 ± 2**
Citrulline	2 ± 0	0	0
α -Aminobutyric acid	tr.	tr.	tr.
Valine	4 ± 1	4 ± 1	4 ± 1
Methionine	2 ± 1	1 ± 0	2 ± 0
Cystathionine	tr.	0	0
Isoleucine	2 ± 1	2 ± 0	2 ± 0
Leucine	3 ± 1	3 ± 1	4 ± 0
Tyrosine	3 ± 0	4 ± 1	3 ± 1
β -Alanine	6 ± 1	4 ± 0**	8 ± 1
Phenylalanine	3 ± 1	2 ± 1	2 ± 1
β -Aminobutyric acid	2 ± 2	tr.	tr.
γ -Aminobutyric acid	0	0	tr.
Ethanolamine	tr.	tr.	tr.
Hydroxylysine	tr.	0	0
Ornithine	1 ± 0	1 ± 0	1 ± 0
π -Methylhistidine	8 ± 1	4 ± 1**	9 ± 2
Histidine	66 ± 16	65 ± 23	76 ± 23
Lysine	14 ± 4	10 ± 4	14 ± 4
τ -Methylhistidine	1 ± 0	1 ± 0	tr.
Tryptophan	5 ± 2	1 ± 1	3 ± 2
Anserine	323 ± 27	416 ± 41**	382 ± 37
Carnosine	0	tr.	0
Arginine	3 ± 1	2 ± 1	3 ± 1
Proline	2 ± 1	2 ± 0	3 ± 1

*See Table 1.

** Significantly different ($P < 0.05$) against the non-spotted rainbow trout autotriploid by t-test

368mg/100gおよびニジイワ3Nが340mg/100gとホウライマス3Nの296mg/100gよりも、ADPではニジアマ3Nが31mg/100gおよびニジイワ3Nが32mg/100gとホウライマス3Nの22mg/100gよりもそれぞれ値が高かった。イノシンでは、ニジアマ3Nが53mg/100gとホウライマス3Nの100mg/100gよりも値が低かった。有意差はなかったが、イノシン酸ではホウライマス3Nが110mg/100g、ニジアマ3Nが154mg/100gおよびニジイワ3Nが127mg/100gとなり、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nの値はホウライマス3Nよりも若干高かった。

Table 5. Levels of creatine, ATP related compounds, trimethylamine oxide and other extracted components of the flesh of female non-spotted rainbow trout autotriploid, female nijama type allotriploid* and female nijiiwa type allotriploid* used for chemical analyses

	(mg/100g)		
	Non-spotted rainbow trout autotriploid	Nijama type allotriploid	Nijiiwa type allotriploid
Creatine	449 ± 20	485 ± 12**	474 ± 31
Creatinine	4 ± 1	6 ± 0**	4 ± 1
Trimethylamine oxide	22 ± 4	25 ± 3	23 ± 1
Trimethylamine	tr.	tr.	tr.
Na ⁺	65 ± 26	56 ± 17	94 ± 27
K ⁺	385 ± 49	480 ± 32**	448 ± 13
Cl ⁻	22 ± 4	40 ± 2**	37 ± 6**
PO ₄ ³⁻⁻	296 ± 20	368 ± 24**	340 ± 11**
Lactic acid	292 ± 77	295 ± 29	311 ± 19
Adenosine diphosphate	15 ± 7	31 ± 9**	32 ± 10**
Inosine monophosphate	110 ± 36	154 ± 20	127 ± 26
Inosine	100 ± 28	53 ± 10**	92 ± 10
Hypoxanthine	7 ± 3	3 ± 1	5 ± 1
Extractive nitrogen	332 ± 22	352 ± 39	382 ± 12
(Recovery %)	90 ± 2	94 ± 11	86 ± 3
Dry matter	2,300 ± 239	2,740 ± 66	2,820 ± 189
(Recovery %)	97 ± 2	92 ± 3	90 ± 5

*See Table 1.

** Significantly different ($P < 0.05$) against the non-spotted rainbow trout autotriploid by t-test

官能検査 官能検査の結果をTable 6に示した。ニジアマ3Nをホウライマス3Nと比較した場合、およびニジイワ3Nをホウライマス3Nと比較した場合ともに、旨味、甘味、コク、好感度においてホウライマス3Nよりもニジアマ3N、ニジイワ3Nが上位にあるとする評価が得られた。ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nの獲得ポイント数を比較した場合、旨味については、ニジアマ3Nよりもニジイワ3Nの評価が高く、好感度についてはニジアマ3Nの評価がニジイワ3Nよりも高かった。

Table 6. Results of sensory taste test

I. Nijijama type allotriploid* be compared to non-spotted rainbow trout autotriploid

Head of estimation	Marks
<i>Umami taste</i>	+ 8 points
<i>Sweetness</i>	+ 10 points
<i>Good body</i>	+ 10 points
<i>Favorable impression</i>	+ 12 points

* See Table 1.

II. Nijiwa type allotriploid* be compared to non-spotted rainbow trout autotriploid

Head of estimation	Marks
<i>Umami taste</i>	+ 16 points
<i>Sweetness</i>	+ 10 points
<i>Good body</i>	+ 10 points
<i>Favorable impression</i>	+ 6 points

* See Table 1.

考察

筋肉のエキス成分では、ホウライマス3N、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nのアミノ酸関連物質の主な成分は、アンセリン、ヒスチジン、タウリン、アラニン、グリシンであり、北部太平洋域で捕獲されたベニザケ*O. nerka*、マスノスケ*O. tshawytscha*、ギンザケ*O. kisutch*およびカラフトマス*O. gorbuscha*の測定結果¹⁹⁾とほぼ一致しており、ホウライマス3Nと、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nとはその組成は概ね似ていた。また、一般成分、脂質クラ

ス、ATP関連物質および無機成分においてもホウライマス3N、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nの組成は概ね似ていた。しかしながら、ニジアマ3Nとホウライマス3Nとの間ではアラニン、アンセリン、 β -アラニン、 π -メチルヒスチジン、クレアチン、クレアチニン、 K^+ 、 Cl^- 、 PO_4^{3-} 、ADP、イノシンで有意差 ($P<0.05$) が認められ、ニジイワ3Nとホウライマス3Nとの間では粗タンパク、アラニン、 Cl^- 、 PO_4^{3-} 、ADPで有意差 ($P<0.05$) が認められた。このうち呈味に関するものとして、甘味として感じられるアラニン²⁰⁾が、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nでホウライマス3Nよりも多く、また、旨味成分とされるイノシン酸²⁰⁾についてもニジアマ3Nおよびニジイワ3Nがホウライマス3Nよりも若干多かった。なお、愛知県水産試験場で飼育したアマゴ、イワナ、ホウライマス筋肉のエキス成分分析では、アマゴのアラニンがホウライマスのそれに比べて若干多く、イワナのイノシン酸がホウライマスのそれよりも若干多い²¹⁾とされている。しかし、ホウライマス3N、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nの間に認められたエキス成分の差は、異質三倍体の親魚として使用したアマゴやイワナとホウライマスとの間の筋肉のエキス成分の違いを反映しているとは言えなかった。また、ニジアマ3N、ニジイワ3Nおよびホウライマス3Nの間に認められた差は、カツオのイノシン酸、²²⁾イカ・タコ類のベタイン類、²²⁾貝類のコハク酸²²⁾などのように、そのものの呈味を決定付けるようなものではなかった。本報告では、消費者が実際に賞味している全雌ニジアマ3N、全雌ニジイワ3Nおよび全雌ホウライマス3Nを用いて、官能検査によってこれらの食味を検証した。その結果、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nのいずれもがホウライマス3Nよりも甘味、旨味、コクおよび好感度に優れているとする高い評価が示された。また、マス類養殖関係者や消費者の評価では、ニジアマ3N、ニジイワ3Nのいずれもがニジマスよりも美味しいとされているが、その中でもニジアマ3Nの評価が高く、次いでニジイワ3Nの評価となっている。官能検査の結果でも、ホウライマス3Nに対するニジアマ3Nの好感度は、ホウライマス3Nに対するニジイワ3Nの好感度よりも高ポイントであったことから、マス類養殖関係者や消費者の評価と官能検査の結果は概ね同じと思われた。これらのことから、エキス成分によりニジアマ3Nおよびニジイワ3Nの食

味の特徴を明確に評価することはできなかったが，官能検査においては高い評価が得られ，ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nの食味はホウライマス3Nよりも優れていることが示された。

なお，味については，2種以上の混合物の味が各成分の味の和となる相加作用，和よりも高くなる相乗作用，それ以下となる抑制作用があることが知られており，²⁰⁾筋肉のエキス成分の微量な差が複合的に作用して味に影響を与えている可能性も考えられることから，今後においてさらに詳細な検討が必要と考えられた。

要約

ホウライマス同質三倍体（以下，ホウライマス3N），ホウライマス雌とアマゴ雄間の異質三倍体（以下，ニジアマ3N）およびホウライマス雌とイワナ雄間の異質三倍体（以下，ニジイワ3N）の各々雌魚について，筋肉のエキス成分と官能検査による比較を行って食味を評価した。エキス成分の組成は各魚種で概ね似ていたが，アラニン，アンセリン， β -アラニン， π -メチルヒスチジン，クレアチン，クレアチニン， K^+ ， Cl^- ， PO_4^{3-} ，ADP，イノシン，粗タンパクにおいて魚種による差（ $P<0.05$ ）が認められた。このうち甘味に関与しているアラニンが，ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nでホウライマス3Nよりも多く，旨味成分のイノシン酸がニジアマ3Nおよびニジイワ3Nでホウライマス3Nよりも有意差はなかったが若干多かった。官能検査では，ニジマス3Nに比べてニジアマ3Nおよびニジイワ3Nの甘味，旨味，コクおよび好感度が強いと評価された。

謝辞

本報告で官能検査に用いた供試魚を快く提供していただいた愛知県淡水養殖漁業協同組合 小堀彰彦常務理事に心から感謝の意を表します。

文献

- 1) 講座 人間と環境 (2000) : 食の倫理を問うーからだと環境の調和. 第6巻, 昭和堂, 京都, pp.17-25.
- 2) 魚の消費を考える会 (1997) : 現在サカナ事情ー水産大国日本の光と影. 新日本出版社, 東京, pp.58-61.
- 3) 小野里 担 (1983) : 魚類の人為倍数化とその利用. 水産育種, 8, 17-29.
- 4) 岡田鳳二 (1985) : ニジマスの人為的性統御に関する研究. 北海道立水産孵化場研究報告, 40, 1-49.
- 5) 小林 徹 (1992) : 長期混合飼育下での人為三倍体ニジマスの成長, 生残および生殖周期. 水産増殖, 40, 57-70.
- 6) 岡田鳳二 (1987) : ニジマスの人為的性統御と不妊化. 水産育種, 12, 1-16.
- 7) 小出展久・太田博巳・岡田鳳二 (1991) : サクラマス偽雄の作出と維持の現状. 養殖, 6月号, 124-127.
- 8) 石井吉夫・小山舜二・今泉克英 (1980) : ホウライマス (無斑ニジマス) の養殖について. 水産増殖, 28, 128-133.
- 9) Hattori, K., and Y. Seko (1998) : Production of spotless allotriploids from female non-spotted rainbow trout (houraimasu), *Oncorhynchus mykiss*, and male amago salmon, *O. rhodurus*. Journal of Applied Aquaculture, 8, 11-15.
- 10) 服部克也 (1991) : ホウライマスとイワナ間での異質三倍体におけるアロザイムおよび無斑遺伝子の発現に関する研究. 水産育種, 16, 43-50.
- 11) 水産庁長官通達「三倍体魚等の水産生物の利用要領」 (1992年7月) .
- 12) 京都大学農学部食品工学教室編 (1970) : 食品工学実験書 (上巻), 養賢堂, 東京, pp.534-535.
- 13) AOAC (1965) : Official method of analysis of the association of official agricultural chemists, 10th ed. Association of official agricultural chemists, Washington D. C., pp.273 & pp.744-745.
- 14) Bligh, E. G., and W. J. Dyer (1959) : A rapid method of total

- lipid extraction and purification, *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37, 911-917.
- 15) Konosu, S., K. Yamaguchi, S. Fuke, and T. Shirai (1983) : Amino acids and related compounds in the extracts of different parts of the muscle of chum salmon. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 49, 301-304.
- 16) Shirai, T., S. Fuke, K. Yamaguchi, and S. Konosu (1984) : Creatine and creatinine in the raw and heated muscles of salmon. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 50, 1229-1233.
- 17) 川村 亮 (1975) : 沈殿滴定. *食品学実験法*, 朝倉書店, 東京, pp.208-209.
- 18) 川村 亮 (1975) : リンの定量. *食品学実験法*, 朝倉書店, 東京, pp.56-58.
- 19) Shirai, T., S. Fuke, K. Yamaguchi, and S. Konosu (1983) : Studies on extractive components of salmonids-II. Comparison of amino acids and related compounds in the muscle extracts of four species of salmon. *Comp. Biochem. Physiol.*, 74, 685-689.
- 20) 中谷延二 (2001) : 食品の微量成分. *食品化学*, 朝倉書店, 東京, pp.42-81.
- 21) 服部克也・白井隆明 (2003) : 淡水飼育における無斑ニジマス, アマゴおよびイワナ筋肉のエキス成分組成. *愛知県水産試験場研究報告*, 10, 1-5.
- 22) 坂口守彦 (1988) : 魚介類のエキス成分. *水産学シリーズ* 72, 恒星社厚生閣, 東京, pp.25-89.

小 括

第1において、エキス成分について食品の見地から平均値と標準偏差を求めこれを比較したところ、各魚種のエキス成分の組成は概ね似ていた。イノシン酸はかつお節の旨味成分、グルタミン酸はコンブの旨味成分とされているが、²⁹⁾イワナのイノシン酸は、ホウライマスやアマゴよりも若干多く、グルタミン酸においても、ホウライマスやアマゴよりも若干多かった。また、甘味を感じるアラニン²⁹⁾においては、アマゴがイワナやホウライマスよりも若干多かった。トリメチルアミノオキドは、細菌などにより分解されて生臭さ臭の原因物質であるトリメチルアミンが生じる²⁹⁾とされるが、アマゴやイワナがホウライマスよりも若干少なかった。以上のことから、アマゴ、イワナはホウライマスよりも食味、風味に優れている可能性が考えられた。しかしながら、これらエキス成分の差はわずかであった。

第2における筋肉のエキス成分では、ホウライマス3N、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nのアミノ酸関連物質の主な成分は、アンセリン、ヒスチジン、タウリン、アラニン、グリシンであり、北部太平洋域で捕獲されたベニザケ*O. nerka*、マスノスケ*O. tshawytscha*、ギンザケ*O. kisutch*およびカラフトマス*O. gorbuscha*の測定結果³⁰⁾とほぼ一致し、一般成分、脂質クラス、ATP関連物質、無機成分においてもホウライマス3N、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nの成分組成は概ね似ていた。しかしながら、アラニン、アンセリン、 β -アラニン、 π -メチルヒスチジン、クレアチン、クレアチニン、 K^+ 、 Cl^- 、 PO_4^{3-} 、ADP、イノシン、粗タンパクにおいて魚種間に有意な差 ($P < 0.05$) が認められた。このうち呈味に関するものとして、アラニンは、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nがホウライマス3Nよりも多く ($P < 0.05$)、また、イノシン酸についても、有意差はなかったが、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nがホウライマス3Nよりも若干多かった。なお、第1においてアマゴのアラニンがホウライマスに比べて若干多く、同様にイワナにおいてイノシン酸がホウライマスよりも若干多いことが示されたが、ホウライマス3N、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nの間に認められたエキス成分の差は親魚種筋肉のエキス成分の違いを反映し

ているとは言えなかった。また、ニジアマ3N、ニジイワ3Nおよびホウライマス3Nの間に認められた差は、カツオのイノシン酸、³¹⁾イカ・タコ類のベタイン類、³¹⁾貝類のコハク酸³¹⁾などのように、そのものの呈味を決定付けるようなものではなかった。官能検査においては、ニジアマ3Nをホウライマス3Nと比較した場合、ニジイワ3Nをホウライマス3Nと比較した場合ともに、旨味、甘味、コク、好感度がホウライマス3Nよりもニジアマ3N、ニジイワ3Nが上位にあるとする評価が得られた。以上の結果から、ニジアマ3Nおよびニジイワ3Nの食味はホウライマス3Nよりも優れていると判断した。

なお、味については、2種以上の混合物の味が各成分の味の和となる相加作用、和よりも高くなる相乗作用、それ以下となる抑制作用があることが知られており、²⁹⁾筋肉のエキス成分の微量な差が複合的に作用して味に影響を与えている可能性も考えられ、今後においてさらに詳細な検討が必要と思われた。

注：本項の引用文献は本章の巻末に示した。

本章巻末に示すとした引用文献

- 1) 中村 将・長浜嘉孝・岩崎正雄・小島将男 (1987) : ニジマス三倍体雌の生殖腺と血中ステロイドホルモン. 日本水産学会誌, 53, 1105.
- 2) 小林 徹 (1992) : 長期混合飼育下での人為三倍体ニジマスの成長, 生残および生殖周期. 水産増殖, 40, 57-70.
- 3) 滋賀県醒ヶ井養鱒場 (1989) : マス類の人為倍数体利用による育種に関する研究. 昭和63年度地域バイオテクノロジー研究開発促進事業報告書, 8-14.
- 4) 岡田鳳二 (1985) : ニジマスの人為的性統御に関する研究. 北海道立水産孵化場研究報告, 40, 1-49.
- 5) Okada, H., H. Matumoto, and F. Yamazaki (1979) : Functional masculinization of genetic females in rainbow trout. Bull. of Jap. Soc. of Sci. Fish., 45, 413-419.
- 6) Hunte, G. A., F. W. Donaldson, and P. R. Edgell (1982) : Production of all-female and sterile coho salmon, and experimental evidence for male heterogamety. Trans. Am. Fish. Soc., 111, 367-372.
- 7) Johnstone, R., and A. F. Youngson (1984) : The progeny of sex-inverted female Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture, 37, 179-182.
- 8) Baker, I. J., I. Solar, and E. M. Donaldson (1988) : Musculinization of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) by immersion treatments using 17 α -Methyltestosterone around the time of hatching. Aquaculture, 72, 359-367.
- 9) Piferrer, F., and E. M. Donaldson (1989) : Gonadal differentiation in coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, after a single treatment with androgen or estrogen at different stage during ontogenesis. Aquaculture, 77, 251-262.

- 10) 臼田 博 (1989) : アマゴの全雌生産とその特性. 水産育種, 14, 11-22.
- 11) 中村 將・岩崎正雄 (1982) : ティラピア *Tilapia nilotica* の雄性ホルモン処理による雄化の実用化試験. 日本水産学会誌, 48, 763-769.
- 12) 服部克也・水野正之・峯島史明 (1993) : 全雌ホウライマス異質三倍体作出のためのイワナおよびアマゴ性転換雄の作出. 平成5年度愛知県水産試験場業務報告, 26-27.
- 13) 中村 將・高橋裕哉・広井 修 (1974) : サクラマス (*Oncorhynchus masou*) の生殖腺の性分化過程. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 28, 1-8.
- 14) Takashima, F., R. Patino, and M. Nomura (1980) : Histological studies on the sex differentiation in rainbow trout. Bull. of Jap. Soc. of Sci. Fish., 46, 1317-1322.
- 15) 臼田 博 (1988) : 染色体操作による有用魚種の品質改善研究－II (温度処理によるニジマスの同質及びアマゴ雄魚との異質三倍体の作出と飼育). 岐阜県水産試験場研究報告, 33, 21-27.
- 16) 鄧 亜光・尾城 隆・檜垣俊司・隆島史夫 (1992) : ニジマス同質および異質倍数体の養殖特性について. 水産増殖, 40, 121-129
- 17) 山本 淳・飯田貴次 (1994) : 三倍体ニジマスの血液学的性状. 魚病研究, 29, 239-243.
- 18) 山本 淳・飯田貴次 (1994) : 三倍体ニジマスの酸素消費量と低酸素濃度耐性. 魚病研究, 29, 245-251.
- 19) 滋賀県醒ヶ井養鱒場 (1988) : マス類の人為倍数体利用による育種に関する研究. 昭和62年度地域バイオテクノロジー研究開発促進事業報告書, 12-25.
- 20) Parsons, J. E., R. A. Brush, G. H. Thorgaard, and P. D. Scheere (1986) : Increased resistance of triploid rainbow trout × coho salmon hybrids to infectious hematopoietic necrosis virus. Aquaculture, 57, 337-343.
- 21) 桂 和彦・阿部 幸 (1989) : 異質三倍体作出試験－II. 昭和62年度山形県内水面水産試験場事業報告書, 36-37.

- 22) 落合真哉・中村総之・峯島史明 (1996) : 異質三倍体ニジイワのIHNウイルス人工感染試験2. 平成7年度愛知県水産試験場業務報告, 24.
- 23) 水産庁長官通達「三倍体等の水産生物の利用要領」 (1992年7月) .
- 24) 梅村鋤二 (1993) : 愛知の淡水魚類. ブラザー印刷, 愛知, pp.78-81.
- 25) 阿部宗明・本間昭郎 (1997) : 現代おさかな事典・漁場から食卓まで. エヌ・ティー・エス, 東京, pp.667-668.
- 26) 阿部宗明・本間昭郎 (1997) : 現代おさかな事典・漁場から食卓まで. エヌ・ティー・エス, 東京, pp.676-678.
- 27) 中川栄太郎 (1992) : 飛騨の溪流釣り. BookShop MYTOWN, 愛知, pp.184-188.
- 28) 芦澤正和・梶浦一郎・平 宏和・竹内昌昭・中井博康 (1995) : 食品図鑑. 女子栄養大学出版部, 東京, pp.94-104.
- 29) 中谷延二 (2001) : 食品の微量成分. 食品化学, 朝倉書店, 東京, pp.42-81.
- 30) Shirai, T., S. Fuke, K. Yamaguchi, and S. Konosu (1983) : Studies on extractive components of salmonids-II. Comparison of amino acids and related compounds in the muscle extracts of four species of salmon. *Comp. Biochem. Physiol.*, 74, 685-689.
- 31) 坂口守彦 (1988) : 魚介類のエキス成分. 水産学シリーズ72, 恒星社厚生閣, 東京, pp.25-89.

無斑のニジマスである「ホウライマス」は、斑点や斑紋がなく有斑のニジマスに比べて明るい色調の体色から、鮮魚として見栄えが良いとの評価があり、釣魚としても人気がある。また、その外見的特徴と名称から、容易に鳳来町（愛知県）という産地や由来を連想することができるので、小規模生産地である愛知県マス類養殖の知名度を高める商品として、養殖生産が続けられている。近年、消費者においては、生活スタイルの多様化から食生活のスタイルが変化し、家族団欒の食事から一人の食事（個食、孤食）と、簡便に食事を摂る志向が強まっている。また、健康への志向から、健康機能成分を含む魚介類への関心が強まるとともに、美味しい物を食べたいとする志向から、魚介類の持つ様々な味覚を堪能できる寿司や刺身は、これら消費者の志向に合致した食品として人気が高く、今後も需要の増加が見込まれている。マス類養殖においては、消費拡大のため寿司や刺身への需要に対応した養殖生産が行われているが、寿司や刺身に適する魚体サイズでは成熟による肉質の低下が指摘されている。近年、倍数体育種技術が開発されると、寿司や刺身に向く食材として不妊となる三倍体が生産されるようになった。無斑という形質から独自の商品性を持つホウライマスにおいても、さらなる消費拡大を目的として、倍数体育種技術により寿司や刺身に向く食材にするるとともに、美味しい物を食べたいとする消費者の志向に応え、ホウライマスをさらに優れた食味とした素材に改良することを試みた。

第1章においては、ホウライマスの食味改善を行う方法として交雑および倍数体育種を検討し、ホウライマスの特徴である無斑形質を受け継ぐ交雑種の作出と無斑の交雑種を得る効率的な手法を検討した。その結果、アマゴ雄、イワナ雄と無斑遺伝子ホモ型ホウライマス雌を用いることで、効率的に無斑の交雑種（異質三倍体）が得られることを明らかにした。また、愛知県水産試験場飼育ホウライマスの経済形質に関して、肥満度と成長率を滋賀県醒井養鱒場飼育野性型ニジマスと比較して、愛知県水産試験場飼育ホウライマスの経済形質が滋賀県醒井養鱒場飼育野性型ニジマスと同等であることを示し、異質三倍体の育種素材として、ホウライマスは野性型ニジマスと同様に用い

ることができることを明らかにした。

第2章，第1節においては，無斑異質三倍体を養殖生産する場合に把握しておくことが必要とされる，無斑異質三倍体の妊性について検討を行った。その結果，無斑異質三倍体の雄では生殖腺は発達するが，雌では不妊になることを明らかにした。また，寿司や刺身に向く食材として生産するためには，無斑異質三倍体を全雌化しなければならないことが分かったことから，全雌化のための性転換雄作出技術を検討し，全雌による生産を可能にした。

第2章，第2節では，親魚種のホウライマス，アマゴおよびイワナについて筋肉のエキス成分の分析を行って無斑異質三倍体のエキス成分の基礎資料とした。無斑異質三倍体については筋肉のエキス成分の分析を行って親魚種の影響について検討し，さらに官能検査によって無斑異質三倍体の食味評価を行った。ホウライマス，アマゴおよびイワナのエキス成分の組成は概ね似ていたが，アマゴ，イワナで呈味成分の一部がホウライマスよりも若干多かった。無斑異質三倍体のエキス成分はホウライマス3Nのそれと概ね似ていたが，無斑異質三倍体とホウライマス三倍体の間に有意な差が認められた成分もあった。しかし，この違いは親魚種の筋肉のエキス成分の違いを必ずしも正確に反映しているものではなかったが，甘味として感じられるアラニンは無斑異質三倍体でホウライマス三倍体よりも多かった。官能検査では，無斑異質三倍体の食味がホウライマス三倍体よりも優れていた。以上の結果から，本研究の育種目標としたホウライマスよりも食味に優れる無斑特性を活かした素材が開発できたものと考えられる。

無斑異質三倍体のニジアマ3N，ニジイワ3Nは地域特産品種としての利用が期待され，1992年に愛知県知事により「絹姫サーモン」という名称が与えられた。その後，愛知県淡水養殖漁業協同組合により「絹姫サーモン」の商標が登録され，愛知県水産試験場で作出したアマゴ性転換雄およびイワナ性転換雄と愛知県淡水養殖漁業協同組合のホウライマスを用いて全雌無斑異質三倍体の生産が行われ，「絹姫サーモン」として市場に出荷されている。

付 録：本研究の背景となる事項について

1. 水産における交雑育種と倍数体育種

水産生物における育種研究は，コイ，キンギョ，グッピー・メダカの仲間，一部のサケ科魚類などを対象に行われてきた。^{1, 2)}サケ科魚類での育種としては，ニジマスの成長，抱卵数の向上を目的として，選抜育種により得られた品種にドナルドソン系ニジマス³⁾がある。また，サケ科魚類の異種間交雑では，*Oncorhynchus* 属，*Salmo* 属および*Salvelinus* 属について，ヨーロッパにおいて100年以上前から試みられており，日本においても諸形質の発現，有用品種の作出，雑種強勢の発現などの検討を目的として，加藤，鈴木ら等により多くの交雑組合せで交雑種の作出が試みられてきた。⁴⁻⁶⁾ ニジマス，*O. mykiss*，ヤマメ*O. masou masou*，アマゴ，*O. masou ishikawae*，ビワマス，*O. masou sp.*，シロサケ，*O. keta*，ヒメマス，*O. nerka*，イワナ，*Salvelinus leucomaenis*，カワマス，*S. fontinalis*，およびブラウントラウト，*Salmo trutta*の間で行われた交雑において，得られた交雑種の生存性を表1に示した。これらの交雑の中で生存性が高く，雑種強勢が認められたのは，ヤマメ雌×ビワマス雄，ヤマメ雌×イワナ雄，ビワマス雌×イワナ雄，アマゴ雌×ビワマス雄，カワマス雌×ヤマメ雄，カワマス雌×ヒメマス雄，カワマス雌×イワナ雄，ブラウントラウト雌×ヤマメ雄，ブラウントラウト雌×アマゴ雄およびブラウントラウト雌×カワマス雄であったとされる。

近年，魚類の受精卵に水圧処理，温度刺激などを加えることにより，雌性

表1 ニジマス，*O. mykiss*，ヤマメ*O. masou masou*，アマゴ，*O. masou ishikawae*，ビワマス，*O. masou sp.*，シロサケ，*O. keta*，ヒメマス，*O. nerka*，イワナ，*Salvelinus leucomaenis*，カワマス，*S. fontinalis*，およびブラウントラウト，*Salmo trutta*における交雑で得られた交雑種の生存性

	ニジマス ♂	ヤマメ ♂	アマゴ ♂	ビワマス ♂	シロサケ ♂	ヒメマス ♂	イワナ ♂	カワマス ♂	ブラウントラウト ♂
ニジマス ♀		△	△	△			△		
ヤマメ ♀	×			◎		×	◎	×	×
アマゴ ♀	×				×	△		△	
ビワマス ♀	×						◎		
シロサケ ♀									
ヒメマス ♀		×	×						
イワナ ♀	×			○					
カワマス ♀		◎	○			◎	◎		
ブラウントラウト ♀		◎	◎					◎	

文献 6)交配図より引用

×稚魚期までにほとんど死亡 △稚魚期以降の生存がほとんど不可能

○稚魚期以降も生存するが、親の種類よりも生残率が低い ◎親の種類よりも稚魚期以降の生残率が高い

発生二倍体，三倍体などの倍数体を作成する事が比較的容易にできるようになった。⁷⁾ マス類の三倍体では雌が不妊となることから，寿司，刺身などに向く大型魚の生産に適していると考えられている。ニジマス三倍体に関しては，小林⁸⁾が長期飼育下での肉質を二倍体と比較しており，二倍体の雌雄および三倍体の雄が成熟時に体色の黒化，体側筋の色素の退色，肉厚の減少が起こったが，三倍体の雌ではこれらの現象は起こらず，体色は銀白色，肉質は鮮やかな朱色を保持していたとしている。なお，マス類三倍体では，雌は不妊であるが，雄には妊性があることから，三倍体から出される配偶子により生態系が攪乱される危険性を排除し，かつ効率的な不妊魚生産を行うことが求められる。このため，雌だけの集団，すなわち全雌三倍体の生産が必要とされ，ニジマス，アマゴ，サクラマスなどで全雌化の検討がなされている。⁹⁻¹¹⁾ 遺伝的雌に対して雄性ホルモンを投与して性転換（性転換雄または偽雄）し，その精子と卵を交配，交雑することにより全雌化が可能である。

同種間の三倍体（同質三倍体）ばかりでなく，異種間での雑種三倍体（異質三倍体）の作出についても検討がなされ，雑種二倍体が致死性の組合せにおいても生存性のある異質三倍体が得られたと報告されている。¹²⁻¹⁶⁾ これら異質三倍体のうち，ニジマス雌とギンザケ雄，ニジマス雌とカワマス雄から得られた異質三倍体が，サケ科魚類の養殖，特に稚魚期において壊滅的な被害をもたらすウイルス病の一つであるIHNに対して高い生存性を示した。¹⁷⁾ ¹⁸⁾これは，ギンザケ，カワマスの持つIHNに対する耐病性がニジマスに導入された結果であるとされている。

2. 食味とその評価手法

食品の嗜好に関する要素として，食品の色，味，香り，テクスチャー（舌触り，歯触り，歯ごたえ，喉ごしなどの食感）があり，これら要素のうち，何が重要であるのかは食品によって異なる。¹⁹⁾ 一方，味の感覚は味蕾が刺激を受けて，大脳の味覚中枢が興奮することで捉えられるが，食物を選択する場合に，味覚はその食物が美味しい，まずいを左右する感覚として極めて重要な役割を持つとされている。²⁰⁾

味には，甘味，酸味，塩味，苦味の4基本味に加えて，旨味，辛味，渋味な

どがある。甘味物質としては、糖類（スクロース、 β -D-フルクトースなど）、多価アルコール（アラビトール、キシリトール、ソルビトールなど）、 α -アミノ酸のグリシン、アラニン、セリン、その関連物質のテアニン、ベタインなどがある。²¹⁾酸味物質では、食酢の酢酸、カンキツ類のクエン酸、ブドウの酒石酸、リンゴ酸、乳酸発酵食品の乳酸などがある。²¹⁾塩味物質としては、食塩（塩化ナトリウム）、塩化カリウム、リンゴ酸ナトリウム、マロン酸アンモニウムなどがある。²¹⁾苦味物質としては、ブルシン、ストリキニンなどのアルカロイドのほか、テルペンイリドイド、アミノ酸、ペプチドなどがある。²¹⁾旨味物質としての旨味化合物は、アミノ酸のグループとヌクレオチドグループの二つに分類される。アミノ酸のグループとしては、コンブの旨味であるL-グルタミン酸ナトリウム、ハエトリシメジから得られたL-トリコロミン酸、イボテングタケのL-イボテン酸があり、ヌクレオチドグループとしては、かつお節や肉類の旨味成分であるイノシン酸（5'-IMP）、シイタケのグアニル酸（5'-GMP）がある。²¹⁾美味しさは、旨味よりもさらに広範な味覚であり、食物を口にするとき、快い感覚を引き起こす食品の総合的な嗜好的特性に対する全般的な感覚表現であるとされる。²⁰⁾

味を評価する手法として、近年、分析技術および分析機器の発達によって、詳細な食品の物理的、化学的分析が可能となり、食品の味を客観的に評価するために物理的、科学的測定が行われることが多い。しかしながら、食物のような複合系での味覚強度の定量、比較は難しく、2種以上の混合物の味が各成分の味の和になる相加作用、それらの和よりも高い場合の相乗作用、あるいはそれぞれの成分に対する味覚応答が低下する抑制作用があるとされている。²¹⁾こうしたことから、食品の物理的、化学的測定により得られた数値は客観性に極めて優れているものの、食品の品質、嗜好特性を的確に表現できるとは限らない。一方、人の感覚である味覚、視覚、嗅覚、および触覚などの五感をセンサーとして食品の品質や嗜好的特性を測定して、これらの結果を統計的処理によって数値化しようとする仕事が、官能検査（Sensory test）であり、この検査により食品の特性を総合的かつ客観的に求めることができる²²⁾とされている。

水産物に関しては次のような成分の特徴が指摘されている。²³⁾魚の骨格筋

のタンパク質群は食肉のそれと同じであるが、組成比が異なっており、筋漿タンパク質は約30%で食肉と同じであるが、肉基質タンパク質が2~3%と少なく、その分だけ筋原繊維タンパク質が多く、60~70%を占める。また、筋原繊維の構造やそれを構成するミオシン、アクチン、トロポミオシンなどの構成比は食肉と同じである。したがって、魚肉タンパク質全体のアミノ酸組成も食肉と似ているとされる。魚肉の脂質の存在形態は食肉の場合とほぼ同じで、家畜脂と同様に飽和脂肪酸ではパルミチン酸が多く、不飽和脂肪酸ではオレイン酸が多い。しかし、炭素数が20個以上で不飽和結合を4個かそれ以上を持つ高度不飽和脂肪酸を多く含んでいる。それらの中でも、エイコサペンタエン酸（EPA）、ドコサヘキサエン酸（DHA）は血中のLDL-コレステロール値を下げたり、血栓生成を防止する効果があるため注目されている。また、特殊成分として、魚肉は非タンパク態窒素化合物が食肉よりも多く、粗タンパク質の10~30%を占めるとされている。その主成分は食肉の場合とほぼ同じであるが、トリメチルアミンオキシドを含む点が違っている。

3. 食味改善に用いられたアマゴとイワナについて

【アマゴ】

アマゴは、ビワマスの河川型とする考え方があったが、現在ではヤマメ、ビワマスの亜種の関係にあると考えられている。²⁴⁾ このため、アマゴの学名は*Oncorhynchus rhodurus*ではなく*Oncorhynchus masou ishikawae*が広く一般的に使われている。²⁵⁾アマゴは、サケ科魚類としては分布の南限近くに生息しており、その生息分布域は、神奈川県酒匂川以西の太平洋側に注ぐ河川、瀬戸内海に注ぐ河川、四国、瀬戸内海に注ぐ九州の河川であるとされており、本来はヤマメと棲み分けがなされていた。しかしながら、ヤマメよりも見栄えがするためアマゴの生息域を無視した人工種苗の放流が行われたことから、両者が混生しているところも存在する。²⁴⁾また、両者が混生している河川では自然交雑魚と考えられる個体が認められる。²⁵⁾ アマゴは肉食性であり、水生昆虫、落下昆虫、小魚などを補食する。²⁴⁾

アマゴの形態はヤマメと酷似し、体は側扁し、体側部に小黑点、小判型の斑紋のパーマークが認められるが、ヤマメには無い小朱点が散在している。

24, 25) また、ヤマメと同様に、河川残留型と降海型の2型があり、ヤマメの降海型をサクラマスと呼称するのに対し、アマゴの降海型をサツキマスと呼んでいる。²⁶⁾ しかしながら、降海の生態は異なっており、ヤマメの降海型は、2年目の春に降海し、約1年間海で生活した後、遡河するのに対し、アマゴの降海型は、1年目の冬に降海し、約4月間海で生活した後、遡河する。²⁶⁾ アマゴは、1年目の秋に一部残留型の雄で成熟するものも出るが、多くは2年目の秋に成熟する。産卵、放精後はカラフトマス、*O. gorbuscha*、シロサケなどと同様に死亡するが、まれに生き残って翌年も産卵するものがある。²⁵⁾ 寿命は長くても3~4年とされている。²⁴⁾

アマゴは、溪流釣りの対象魚として古くから親しまれており、近年ではルアーフィッシングやフライフィッシングの対象魚にもなっている。警戒心が強く簡単に釣れない魚であるため溪流釣師の憧れになっている。アマゴの身は淡泊で癖がなく、その食味は高く評価されており、アマゴの名前の由来のひとつとして、「甘い（旨いの意）魚」という意味の呼び方が転じたとするものがある。²⁴⁾ アマゴの池中養殖技術は、1966年に岐阜県水産試験場（現、岐阜県淡水魚研究所）が初めて確立したとされている。²⁴⁾ また、岐阜県では、成熟に伴う可食部肉厚の減少、肉色の褪色を避けるため、不妊となる全雌三倍体アマゴを作出し、「飛騨大アマゴ」と呼称して普及を図っている。アマゴは朱点があることから、ニジマスなどに比べて見栄えがすること、ニジマスよりも生産量が少ない（平成13年の愛知県内の生産量はニジマスの10分の1程度）という希少性があることから、市場においてもニジマスに比べて高値で取引されている。

【イワナ】

イワナは、日本の在来魚の中で最も標高の高いところに棲む。名前の由来に、岩の間に隠れ棲む魚という意味があるとされている。²⁷⁾ 深山溪谷の稀少魚として釣り人からは幻の魚と称され、またその神秘性からイワナを題材とした昔話も作られている。^{27, 28)} イワナは、太平洋側では三重県、日本海側では鳥取県以北の本州、北海道に分布しており、分布状態でエゾイワナ（アヤマス）、ヤマトイワナ、ニッコウイワナ、ゴギに細分されている。しかしな

がら、側線鱗数、幽門垂数、体色や斑紋において地方的変異、個体変異などが多く、分類は極めて困難とされている。^{29, 30)}なお、近年では移植放流によって天然魚のいなかった河川にも生息するようになってきている。²⁹⁾また、上高地（長野県）の梓川では在来イワナと放流された外来種のカワマスとの自然交雑が問題となっている。一般的に、イワナはヤマメ、アマゴなどよりも下層を泳ぎ、棲み分けをしているが、ヤマメ、アマゴなどがいない河川では中層まで泳ぎ出る。²⁷⁾イワナの食性は極めて貪食であり、昆虫類、小魚を始めとしてサンショウウオなども食すると言われている。イワナの産卵期は秋季で、同じ川に生息するヤマメよりも遅く産卵するのが普通とされる。産卵期には普段の生息域よりやや上流域、あるいは枝沢に入って産卵することが多い。また、産卵後、アマゴ、ヤマメ、シロサケなどのように死亡することはなく、多数回の産卵が可能であり、5～6年以上生存する個体もある。²⁷⁾

イワナは、ヤマメ、アマゴなどと同様に塩焼きにして賞味されるのが一般的であるが、骨酒はその香ばしさとコクのある風味で愛好家に親しまれている。^{27, 31)}

イワナの養殖については、1967年頃から始まったとされており、養殖技術そのものはニジマスの飼育技術を基本として考えればよいが、餌付けの難しさに加え、適正水温もニジマスに比べて低いなど、ニジマスに比べて神経を使わねばならないとされる。³⁰⁾こうしたことから、平成13年の愛知県内のイワナ生産量はニジマスの30分の1程度である。イワナには深山幽谷の幻の魚というイメージがあり、³⁰⁾生産量も少なく希少性があることから市場ではニジマスよりも高値で取引されている。

引用文献

- 1) ヴェ・エス・キルピチニコフ (1983) : 魚類育種遺伝学. 恒星社厚生閣, 東京, pp.53-115.
- 2) ヴェ・エス・キルピチニコフ (1983) : 魚類育種遺伝学. 恒星社厚生閣, 東京, pp.313-315.
- 3) Donaldson, L. R., and P. R. Olson(1955):Development of rainbow trout brood stock by selective breeding. Trans. Amer. Fish. Soc., 85, 93-101.
- 4) Day, F.(1882) :On hybrids between salmon and trout. Proc. Zool. Soc., London, 751-753.
- 5) 加藤禎一 (1966) :サケ・マス類の養殖技術に関する研究. 淡水研報, 16, 59-64.
- 6) Suzuki, R.(1977) :Cross-breeding experiments on the salmonid fish in Japan. Proc. 5th-Japan-Soviet Joint Symp. Aquacul., 176-188.
- 7) 小野里 担 (1983) :魚類の人為倍数化とその利用. 水産育種, 8, 17-29.
- 8) 小林 徹 (1992) :長期混合飼育下での人為三倍体ニジマスの成長, 生残および生殖周期. 水産増殖, 40, 57-70.
- 9) 岡田鳳二 (1987) :ニジマスの人為的性統御と不妊化. 水産育種, 12, 1-16.
- 10) 臼田 博 (1989) :アマゴの全雌生産とその特性. 水産育種, 14, 11-22.
- 11) 小出展久・太田博巳・岡田鳳二 (1991) :サクラマス偽雄の作出と維持の現状. 養殖, 6月号, 124-127.
- 12) Arai, K.(1986) :Effect of allotriploidization on development of the hybrids between female chum salmon and male brook trout. Nippon Suisan Gakkaishi, 52, 823-829.
- 13) Yamano, K., Y. Yamaha, and F. Yamazaki(1988):Increased viability of allotriploid pink salmon×Japanese char hybrids. Nippon Suisan Gakkaishi, 54, 1477-1481.
- 14) Scheerer, P. D., and G. H. Thorgaard (1987) :Performance and developmental stability of triploid tiger trout (brown trout ♀ ×

- brook trout ♂) . Trans. Amer. Fish. Soc., 116, 92-97.
- 15) Scheerer, P. D., and G. H. Thorgaard (1983) : Increased survival in salmon hybrids by induced triploidy. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 40, 2040-2044.
- 16) Seeb, J. E., G. H. Thorgaard, and F. M. Utter (1988) : Survival and allozyme expression triploid hybrids between chum, chinook, and coho salmon. Aquaculture, 72, 31-48.
- 17) Parsons, J. E., R. A. Brush, G. H. Thorgaard, and P. D. Scheere (1986) : Increased resistance of triploid rainbow trout × coho salmon hybrids to infectious hematopoietic necrosis virus. Aquaculture, 57, 337-343.
- 18) 桂 和彦・阿部 幸 (1989) : 異質三倍体作出試験－Ⅱ. 昭和62年度山形県内水面水産試験場事業報告書, 36-37.
- 19) 渡辺忠雄・榎本則行 (1997) : 最新食品学－総論・各論－. 講談社, 東京, pp.54-71.
- 20) 新美康隆 (1991) : 食品学総論. 中央法規出版, 東京, pp.235-244.
- 21) 中谷延二 (2001) : 食品化学. 朝倉書店, 東京都, pp.66-73.
- 22) 新美康隆 (1991) : 食品学総論. 中央法規出版, 東京, pp.233-234.
- 23) 中谷延二 (2001) : 食品化学. 朝倉書店, 東京都, pp.113-121.
- 24) 阿部宗明・本間昭郎 (1997) : 現代おさかな事典・漁場から食卓まで. エヌ・ティー・エス, 東京, pp.667-668.
- 25) 井田 齋・奥山文弥 (2000) : サケ・マス魚類のわかる本. 山と溪谷社, 東京, pp.112-115.
- 26) 加藤文男 (1991) : アマゴの形態的特性と生活史. 遺伝, 45, 76-81.
- 27) 阿部宗明・本間昭郎監修 (1997) : 現代おさかな事典・漁場から食卓まで. エヌ・ティー・エス, 東京, pp.676-678.
- 28) 岐阜県小中学校長会 (1968) : 美濃と飛騨のむかし話 (だんご粥とイワナ). 小宮山印刷, 東京, pp.211-217.
- 29) 井田 齋・奥山文弥 (2000) : サケ・マス魚類のわかる本. 山と溪谷社, 東京, pp.136-139.

- 30)本間昭郎 (1992) : 活魚大全. フジ・テクノシステム, 東京, pp.466-471.
- 31)中川栄太郎 (1992) : 飛騨の溪流釣り. BookShop MYTOWN, 愛知, pp.184-188

謝 辞

本研究をとりまとめるにあたり、終始ご懇篤なご指導とご鞭撻をいただき、さらに本稿をご校閲いただいた東京水産大学教授 岡本信明博士に衷心より深謝申し上げます。

本研究を進めるに当たり、東京水産大学助教授 白井隆明博士に多大なるご理解、ご協力をいただきましたことを心より感謝申し上げます。

本研究を進めるに当たり、東北大学大学院教授 谷口順彦博士には多大なるご指導と励ましをいただきました。心より深謝申し上げます。

愛知県淡水養殖漁業協同組合 小堀彰彦常務理事には研究の遂行上常に有益なご助言をいただき、ここに記して心から感謝申し上げます。

愛知県水産試験場 元場長 瀬古幸郎氏，愛知県水産試験場 元内水面分場長 水野宏成氏，愛知県水産試験場 元主任研究員 峯島史明氏，愛知県水産試験場 本田是人氏，愛知県水産試験場 水野正之氏には施設，機器の利用，実験の実施および実験魚の飼育管理については特段のご配慮とご協力をいただきました。ここに記して心から感謝申し上げます。

この研究は、著者が所属した愛知県水産試験場 内水面分場 鳳来養魚場（現：内水面漁業研究所 三河一宮指導所）において実施しました。