

ホウライマスを雌親とする異質三倍体魚の塩分適応能および成長に及ぼす水温の影響

服部 克也*¹・舞田 正志*²

The adaptability for salinity and the influence of water temperature on growth in allotriploids induced by using female houraimasu (non-spotted rainbow trout)

HATTORI Katsuya*¹ and MAITA Masashi*²**Abstract**

The adaptability for salinity was estimated by measuring plasma osmotic pressure and Na⁺ of houraimasu, amago salmon, Japanese charr, all female triploid houraimasu, triploid nijiyama and triploid nijiiwa in FW as well as after direct transferred into 70% SW. Results of plasma osmotic pressure and Na⁺ in FW showed approximately same values among the sample groups. But results in 70% SW indicated that triploid nijiyama and triploid nijiiwa had higher adaptability for salinity, because variations of their values was slightly smaller than their parent fishes. The influence of water temperature on growth was examined by measuring the growth rate of houraimasu, triploid nijiyama and triploid nijiiwa in various water temperature. The optimum water temperature for growth was almost the same among the sample groups, but in high water temperature (over 20°C) triploid nijiiwa showed lower adaptability than other fishes.

キーワード；ホウライマス，異質三倍体魚，塩分適応能，水温適応

近年，独特の無斑形質を持つホウライマス（無斑ニジマス）*Oncorhynchus mykiss* を利用して無斑異質三倍体魚を作出し，これを地域特産品種とすることが試みられている。三倍体魚には，雌が不妊となるため，成熟による成長遅滞やサビの出現，食品としての品質の劣化を避けられるという利点が挙げられる。しかし，愛知県内の山間マス類養殖池では冬期の低水温により，成長遅滞がおこるため，比較的水温の高い海水での飼育（海水汲み上げ式陸上水槽）が行われている。このような飼育条件の制約から，ホウライマス異質三倍体魚，ホウライマス全雌三倍体魚の持つ利点を生かすためにも，同様の海水飼育が求められている。本研究では，上記の要請に応えるためホウライマス異質三倍体魚およびホウライマス全雌三倍体魚について，塩分適応能を検討した。また，マス類養殖を行う上で，飼育魚に影響が大きく，飼育管理上重要とされる水温に関する知見を得るため，ホウライ

マス異質三倍体魚の成長に及ぼす水温の影響についても検討した。

なお，三倍体魚は，養殖魚としての利点および天然集団に対する影響を小さくするために，不妊である雌のみで飼育することが望まれており，塩分適応能に関しては雌魚について試験を実施した。

材料および方法**塩分適応能**

供試魚として鳳来養魚場（現三河一宮指導所）飼育のホウライマス通常二倍体魚（DH），アマゴ通常二倍体魚 *O. rhodurus*（DA），イワナ通常二倍体魚 *Salvelinus leucomaenis*（DJ），ホウライマス全雌三倍体魚（THH），ニジヤマ3N（ホウライマス雌・アマゴ雄異質三倍体魚（THA））およびニジイワ3N（ホウライマス雌・イワナ

- * 1 愛知県水産試験場漁業生産研究所
〒470-34 愛知県知多郡南知多町大字豊浜字豊浦2-1
(Marine Resources Research Center, Aichi Fisheries Research Institute, Toyohama, Minamichita, Aichi 470-34, Japan)
- * 2 東京水産大学資源育成学科
〒108 東京都港区港南4-5-7
(Tokyo University of Fisheries, Department of Aquatic Biosciences, Konan, Tokyo 108, Japan)

雄異質三倍体魚 (THJ) の1⁺年雌魚を用いた (Table 1)。本試験に供試した DA および THA の体重は他魚種に比べて低かったが、これらは魚種による成長差であった。

試験には、200 ℓ コンテナ水槽を網仕切により3分割した水槽を用い、1 kw ヒーター2機および0.85 kw のウォータークーラーを用いて飼育水の水温と同じ15℃に安定させた。また、水槽上部には循環濾過装置を設置し、飛び出し防止と遮光のために水槽に蓋をしてエアレーションを行った。

試験は、三倍体魚グループ (THH, THA, THJ) と

Table 1. Number of fish and body weight (mean±standard deviation) of samples used for measuring plasma solution

Sample*	Fresh water		70% Sea water	
	Number	B. W. (g)	Number	B. W. (g)
THH	9	487±95	9	433±86
THA	10	229±34	10	222±36
THJ	10	426±67	10	344±38
DH	7	526±84	4	415±71
DA	5	200±30	5	242±9
DJ	7	388±62	5	376±72

(*) THH: all female triploid houraimasu

THA: allotriploid between female houraimasu and male amago salmon

THJ: allotriploid between female houraimasu and male Japanese charr

DH: diploid houraimasu

DA: diploid amago salmon

DJ: diploid Japanese charr

二倍体魚グループ (DH, DA, DJ) に分け、各魚種5尾ずつの計15尾を1グループとして、グループ毎に試験を行った。供試魚は、水槽の区画毎に各魚種の尾数の比率が2:2:1となるように収容した。

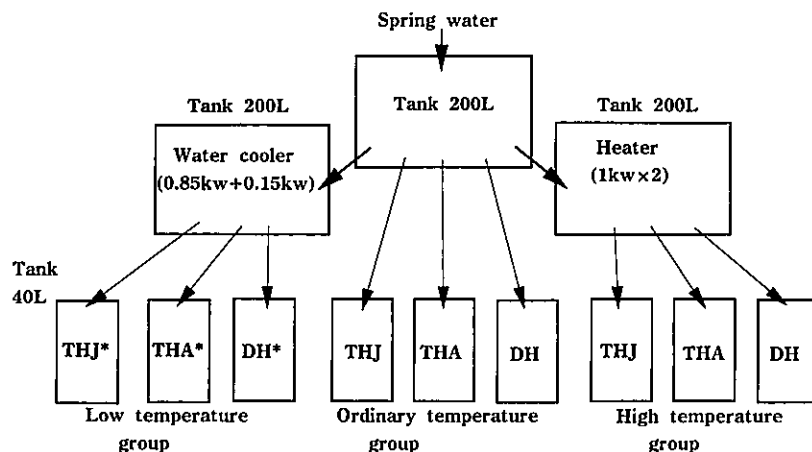
試験水槽への収容前日に飼育池から供試魚を選別、200 ℓ の流水飼育水槽に混養収容し、これを試験直前に試験水槽の各区画に分配して収容した。

試験区は、人工海水 (ハイマリン, ハイペット社) を用いて調製した70%海水 (23~24%) の海水区と淡水の対照区を設けた。試験水槽に収容してから24時間後に、尾部血管よりヘパリン・リチウム塩を塗布したシリンジを用いて採血した。採血後直ちに3,000 rpm, 10分間の遠心分離により血漿を分離した。得られた血漿は、成分測定を行うまで-20℃で凍結保存した。なお、ホウライマス全雌三倍体魚については採血時に赤血球長径により倍数性を判定した。また、二倍体魚グループのうち外観から性別判定ができなかった個体には、採血後の生殖腺観察から雌雄を判別し、雌のみについて測定を行った。

血漿浸透圧は、氷点降下法 (VOGEL社・OM-180型) で、Na⁺ はイオン選択性電極法 (島津クリニカルイオンメーター・CIM-101型) を用いて測定した。測定値の統計処理は、Mann-Whitney 検定によった。

成長に及ぼす水温の影響

供試魚として鳳来養魚場 (現三河一宮指導所) 飼育の THA, THJ および対照として DH の0⁺年魚 (雄雌混合) を用いた。試験水槽の設置については Fig. 1 に示した。通常飼育水 (湧水) での通常水温区、通常飼育水を



(*) THJ: allotriploid between female houraimasu and male Japanese charr

THA: allotriploid between female houraimasu and male amago salmon

DH: diploid houraimasu

Fig. 1. Water flow in each temperature group in experiments of the influence of water temperature on growth in THJ, THA and DH

ウォータークーラー(0.85+0.15 kw)で冷却した低水温区および通常飼育水をヒーター(1 kw×2)で加温した高水温区を設定した。飼育水槽には40 ℓコンテナ水槽を用い、各水槽への注水量は1 ℓ/min。(換水率3回転/時)とした。各水槽の平均魚体重に統計的有意差が生じないように各水槽とも30尾ずつを収容した。試験は、収容時平均魚体重16 gサイズ(Exp. 1)と22 gサイズ(Exp. 2)の2回実施した。給餌量(Table 2)は、ライトリッツ給餌率表の20℃の給餌率を目安とし、飽食量を1日2回に分けて与えた。給餌期間はExp. 1では22日間、Exp. 2では21日間とし、最後の給餌をしてから3日後に魚体測定(体重および体長)を行った。水温は、毎日午前9時、午後1時および午後5時の3回測定した。

結 果

塩分適応能

浸透圧は、淡水条件下の平均値はいずれの魚種も294~300 mOsmで有意差はなく、70%海水への移行によ

Table 2. The amount of the feed per day in each experiments of the influence of water temperature on growth

Experiment	Amount of feed per day (days after beginning of experiment)		
Exp. 1	20g (1~7th)	30g (8~12th)	40g (13~22th)
Exp. 2	40g (1~7th)	50g (8th)	60g (9~21th)

り、その平均値は333~408 mOsmと上昇した(Fig. 2)。DHおよびDAは、70%海水への移行による血漿浸透圧の上昇が他の魚種に比べて大きく、DH、DAと比べるとDJの海水移行による浸透圧上昇は少なかった。また、THH、THAと比べてTHJの浸透圧上昇が少ない傾向が見られた。70%海水移行後の浸透圧を魚種間で比較すると、DAとDJおよびTHJの間に有意差($P < 0.01$)が認められた。血漿 Na^+ も血漿浸透圧と類似の傾向が認められた(Fig. 3)。すなわち、淡水条件下での平均値は151~155 mEq/ℓと有意差はなく、70%海水移行後の平均値は163~193 mEq/ℓと上昇した。海水移行後の各魚種に有意差は認められなかったが、二倍体魚に比べて三倍体魚の方がやや低い傾向が見られた。

成長に及ぼす水温の影響

Exp. 1およびExp. 2における各試験区の平均水温(水温変動幅)および収容時魚体重をTable 3に示した。水温は気温に伴い変動した。収容時の各試験区の平均魚体重に有意差なく、また、試験期間中のへい死はなかった。最終測定の結果から各試験区の成長率を求め、これをFig. 4に示した。成長率は平均水温が10~20℃ではTHJ、THA、DHの順に高く、またTHJおよびTHAは平均水温20℃付近の成長率が最も高い値を示した。平均水温20℃以上では、成長率はTHA、DH、THJ順に変化し、THJの成長率の減少が最も大きかった。

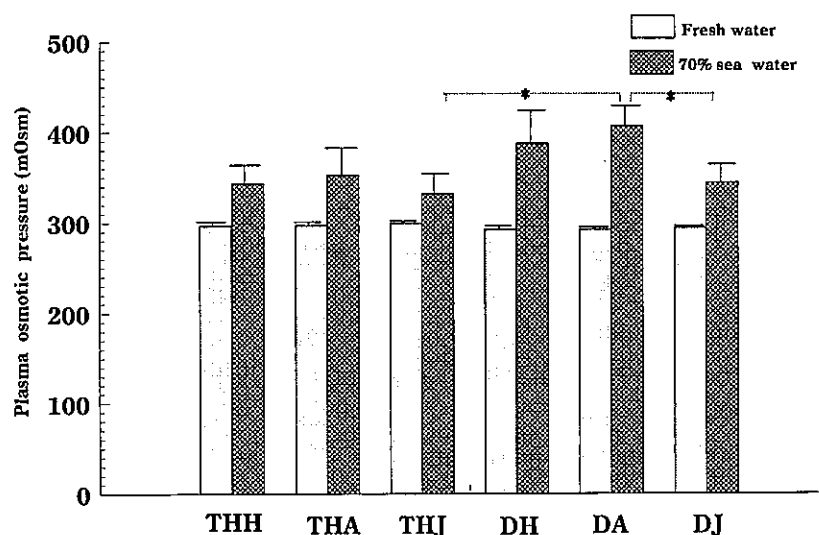


Fig. 2. Variation in plasma osmotic pressure in THH (triploid houraimasu), THA (allotriploid between female houraimasu and male amago salmon), THJ (allotriploid between female houraimasu and male Japanese charr), DH (diploid houraimasu), DA (diploid amago salmon) and DJ (diploid Japanese charr) transferred from fresh water to 70% sea water. Bars indicate standard deviation

*Significant difference ($P < 0.01$) by Mann-whitney test

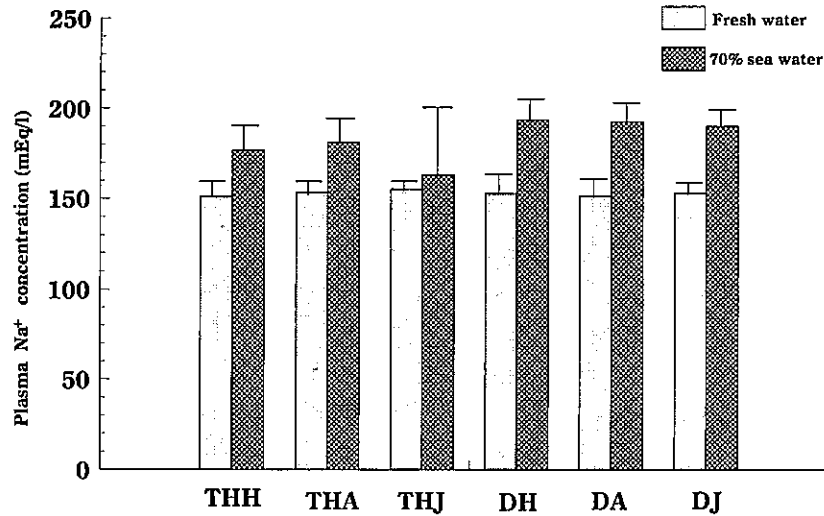


Fig. 3. Variation in plasma Na⁺ concentration in each samples transferred from fresh water to 70% sea water. Bars indicate standard deviation

Table 3. Means water temperature (minimum-maximum value) of each experimental groups and body weight (mean±standard deviation) as well as body length (mean±standard deviation) of samples at the beginning of each experiments of the influence of water temperature on growth

Exp.	M. W. T (°C)	THJ*		THA*		DH*	
		B. W. (g)	B. L. (cm)	B. W. (g)	B. L. (cm)	B. W. (g)	B. L. (cm)
1	11.3 (10.0-13.0)	15.6±1.9	10.4±0.4	15.7±2.2	10.4±0.5	16.9±2.1	10.3±0.5
2	13.3 (11.0-15.7)	22.5±2.7	11.9±0.5	21.8±2.7	11.7±0.5	22.0±3.0	11.6±0.6
1	15.1 (14.0-16.4)	15.9±2.3	10.5±0.5	15.8±1.8	10.4±0.5	16.2±2.2	10.3±0.5
2	16.7 (15.2-18.6)	21.7±2.7	11.8±0.5	21.8±2.7	11.8±0.7	21.7±2.6	11.4±0.4
1	19.7 (18.6-21.0)	16.1±1.9	10.5±0.5	16.3±2.0	10.6±0.5	16.0±2.0	10.2±0.4
2	22.3 (21.2-22.8)	22.2±2.5	11.9±0.4	21.9±2.9	11.8±0.5	21.8±2.8	11.6±0.5

(*) THJ : allotriploid female houraimasu and male Japanese charr
 THA : allotriploid female houraimasu and male amago salmon
 DH : diploid houraimasu

考 察

サケ科魚類の塩分適応能については多くの研究があり、降海生態とこれに伴うスモルト化との関係、¹⁻⁴⁾ 魚体重(サイズ)の影響、⁵⁾ 成長ホルモンの影響、⁶⁾ 魚種による差異⁷⁾ が明らかにされている。三倍体魚に関するものでは、サクラマス全雌三倍体魚は、海水収容時のNa⁺濃度が通常二倍体魚スモルトと同レベルであったことが報告されている。⁸⁾ これらの研究では、海水移行後の血漿浸透圧やNa⁺, Cl⁻等の値が、淡水中での値と近い値を示すほど海水適応能が高いとされている。本試験においては、各々の魚種による降海時期、海水養殖開始時期およびスモルトの状態を特に考慮しなかったが、海水飼育が可能なDH, DAの血漿浸透圧およびNa⁺の変化に比べて、THH, THA, THJの何れの魚種も、その変化が小

さかったことからTHH, THAおよびTHJの塩分適応能は高く、親魚種同様に海水飼育は可能と思われた。なお、THJについては他魚種よりも海水条件下の血漿浸透圧の値が小さい傾向が認められることから、特に塩分適応能が優れている可能性も考えられた。

成長に及ぼす水温の影響については、20℃以下では何れの水温でもTHJおよびTHAの成長はDHよりも優れており、20℃以上ではTHAの成長はDHよりも優れていたが、THJはDHに比べて劣っていた。すなわち、体重10~30g前後の雄雌混合集団では、水温20℃以上における成長率の低下は、THJがDHに比べて大きく、THAがDHに比べて小さかった。イワナのふ化用水の適温は、アマゴに比べて2~3℃低い⁹⁾とされており、また、イワナの摂餌限界水温は18~20℃¹⁰⁾とされ、20℃以上の水温でも飼育が可能とされるアマゴ¹¹⁾に比べ、イワナは高温での活性が低い可能性が考えられる。このた

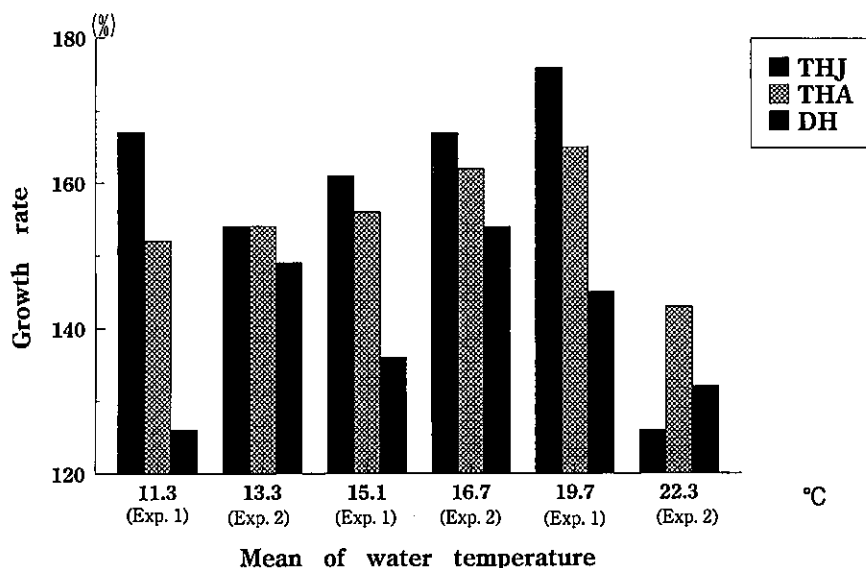


Fig. 4. Variation in growth rate of THJ (allotriploid between female houraimasu and male Japanese charr), THA (allotriploid between female houraimasu and male amago salmon) and DH (diploid houraimasu)

め、雑種である THJ にはイワナの水温適応に関する形質が発現していると推定され、高水温での活性は THA および DH よりも低いと考えられた。THA については交雑により DH よりも高水温での活性が向上した可能性が考えられた。また、水温 10~20°C の範囲では THJ および THA の成長は、DH よりも優れていたことから、雑種化により、成長率を向上させることができるものと考えられた。なお、ニジマス *O. mykiss* については、最高水温が 20~24°C の範囲内では摂餌量は水温上昇に伴って低くなるとされていることから、¹¹⁾ THJ, THA および DH の摂餌限界水温はニジマスのそれと同様であると考えられた。

以上のことから、通常の飼育条件における THA, THJ の塩分適応能および成長に及ぼす水温の影響については、親魚種のホウライマス、アマゴおよびイワナの適応能に比べて大差はなく、従来の二倍体魚と同様の飼育が充分可能であると考えられた。なお、最適な飼育条件を設定するためには今後より細かな水温条件、給餌条件、塩分条件等の項目について試験を行う必要があると思われる。また、水温適応能については、試験実施時においてアマゴ性転換雄およびイワナ性転換雄の作出に至らなかったため、全雌集団を用いることができなかった。このため、実際の養殖現場で利用されることになる全雌集団について、同様の試験を行う必要があると思われる。

文 献

1) Fujioka, Y. and Fushiki, S. (1989) Seasonal change in

- hypoosmoregulatory ability of biwa salmon *Oncorhynchus rodurus* and amago salmon *O. rhodurus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 55 (11), 1885-1892.
- 2) Conte, F. P. (1969) Salt serection (in Fish Physiology Vol. 1). Academic press, New York, 39-291.
 - 3) Payan, P. and Girard, J. P. (1984) Branchial ion movement in teleosts: The roles of respiratory and chloride cell (in Fish Physiology Vol. 10 B). Academic Press, New York, 39-63.
 - 4) Renzis, G. and Bornancin, M. (1984) Ion transport and gill ATPases (in Fish Physiology Vol. 10 B). Academic Press, New York, 65-104.
 - 5) Houston, H. (1961) Influence of size upon the adaptation of steelhead trout (*Salmo gairdneri*) and chum salmon (*Oncorhynchus keta*) to sea water. J. Fish. Res. Bd., 18 (3), 401-415.
 - 6) Nonnote, G. and Boeuf, G. (1995) Extracellular ionic and acid-base adjustments of atlantic salmon presmolt and smolts in fresh water and after transfer to sea water: the effects of ovine growth hormone on the acquisition of euryhalinity. Journal of Fish Biology, 46, 563-577.
 - 7) 宇野将義 (1989) 数種のサケ科幼魚における秋期海水適応能と春期淡水適応能. Nippon Suisan Gakkaishi, 55 (2), 191-196.
 - 8) 宮崎統五 (1991) 不稔 3 倍体サクラマス, *Oncorhynchus masou* のスモルト化率および血清ナトリウムイオン濃度. 水産増殖, 39(4), 381-385.
 - 9) 斎藤薫・熊崎隆夫・立川互 (1975) イワナの増殖に関する研究—IV. 岐阜県水産試験場研究報告, 21, 67-70.
 - 10) 森茂壽 (1975) イワナの増殖に関する研究—II. 岐阜県水産試験場研究報告, 21, 51-60.
 - 11) 全国湖沼河川養殖研究会養鱒部会編 (1976) 養鱒の研究, 緑書房, 東京, 115-122.
 - 12) 全国湖沼河川養殖研究会養鱒部会編 (1976) 養鱒の研究, 緑書房, 東京, 46-47.

要 約

ホウライマスを雌親とする異質三倍体魚の塩分
適応能および成長に及ぼす水温の影響

服 部 克 也¹・舞 田 正 志²

ホウライマスを雌親とする異質三倍体魚（ニジアマ
3N およびニジイワ 3N）の養殖特性を把握するため、塩
分適応能および成長に及ぼす水温の影響を親魚種と比較
した。塩分適応能では、ホウライマス、アマゴおよびイ
ワナの各通常二倍体魚、ホウライマス全雌三倍体魚、ニ

ジアマ 3N およびニジイワ 3N の 1⁺ 年雌魚を供試魚と
して用い、血漿浸透圧および Na⁺ を測定した。血漿浸透
圧および Na⁺ は淡水条件において各魚種に大差はな
かったが、海水条件下での変化が異質三倍体魚で小さく、
塩分適応能が高い傾向が示唆された。成長に及ぼす水温
の影響では、ホウライマス通常二倍体魚、ニジアマ 3N お
よびニジイワ 3N の雄雌混合 0⁺ 年魚を供試魚として、異
なる水温で飼育して成長率を比較した。20℃以上の水温
ではニジイワ 3N の成長率の低下は著しく、親魚種であ
るイワナが高水温での活性が低いという形質を受け継い
でいると考えられた。また、ニジアマ 3N では 20℃以上
の水温において、ホウライマス通常二倍体魚に比べて成
長率の低下は小さく、交雑により高水温での活性がホウ
ライマス通常二倍体魚より増した可能性が考えられた。