# 池産0年魚サクラマスの体長と塩分耐性


| | |
|---|---|
| 誌名 | 東北区水産研究所研究報告 = Bulletin of Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory |
| ISSN | 0049402X |
| 著者名 | 伴,真俊<br>菅野,肇<br>泉,孝行<br>山内,晧平 |
| 発行元 | 東北区水産研究所 |
| 巻/号 | 50号 |
| 掲載ページ | p. 117-123 |
| 発行年月 | 1988年3月 |



農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

*Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*（東北水研研報）No. 50, 117-123, 1988

# 池産0年魚サクラマスの体長と塩分耐性

伴　真俊・菅野　肇・泉　孝行・山内　晧平

# Body Size and Seawater Tolerance in the Hatchery-Reared Underyearling Masu Salmon (*Oncorhynchus masou*)

Masatoshi BAN, Hajime KANNO, Takayuki IZUMI and Kohei YAMAUCHI

**Abstract** Occurrence of hatchery-reared underyearling masu salmon (*Oncorhynchus masou*) smolts start in late May, and peaked in early July, follwed by desmoltification. In early August, two groups of smolts, S-smolt (10.0-12.5 cm in fork length) and L-smolt (13.5-15.0 cm in fork length) were transferred to seawater (33‰) and maintained for 5 days. L-smolt group showed higher survival rate compared to S-smolt group. However, there was no significant difference in the changes in serum sodium concentrations in both groups during the entire period. When smolts of both groups were acclimated in 1/2 seawater (15‰) for 5 days and then transferred to seawater, survival rate increased. These results show that smolts with larger body size may have higher seawater tolerance than small ones, and that acclimation to 1/2 seawater for 5 days may improve the seawater tolerance in underyearling smolts.

**Keywords** masu salmon, seawater tolerance

天然河川におけるサクラマス（*Oncorhynchus masou*）の多くは1年魚の春に銀化を起こし生理的には海水適応能を獲得した後，降海行動を起こして海に下る．このような天然魚とは異なり，北海道立水産孵化場森支場で池中継代再生産されているサクラマスの一部は，0年で銀化を起こし降海行動を起こす(笠原・伴 1986)．しかしながら，これらの銀化魚は1年魚のそれよりも海水適応能が劣っている（伴ほか 1978a, b)．この原因は不明であるが，銀化の生起に体長の閾値があること（HOAR 1976, 宇藤 1977, BRANNON *et al.* 1982, 黒川ほか 1985, KRISTINGSSON *et al.* 1985, PIGGINS and MILLS 1985）や，成長ホルモンが海水適応能を増大させること（KOMOURDJIAN *et al.* 1976, CLARKE *et al.* 1977, MIWA and INUI 1985）から，銀化時の体長（HOAR 1976）や銀化を起こすまでの成長速度（WAGNER *et al.* 1969）が海水適応能を含めた銀化現象に関与している可能性は大きい．そこで，本実験では0年魚で銀化するサクラマスの体長と海水適応能の関係を調べる基礎資料を得る目的で，体長の異なる2群の魚の海水中での生残率と血中ナトリウム量の変化を調べた．

稿を進めるに先立ち，本研究に終始御指導と御助言を頂いた，北海道大学水産学部，高橋裕哉教授に深謝の意を表する．また，本論文の御校閲を賜った，東北海区水産研究所八戸支所の武藤清一郎支所長，ならびに第二研究室の山口閲常室長に厚く御礼申し上げる．採集に際して多大の便宜を与えられた．北海道立水産孵化場森支場の外崎久支場長，小島博係長始め職員各位に心から謝意を表する．

## 材料と方法

本実験に用いたサクラマス（*Oncorhynchus masou*）は北海道立水産孵化場森支場で1982年の秋に孵化し飼育された0年魚のparr（河川残留型）とsmolt（降海型)である．まず，0年魚の銀化生起時期を調べるため，1983年4月から11月までの8ヶ月間，各調査時期に飼育池から無作為に抽出した魚の銀化率（smolt/抽出魚）を調べた．本実験におけるsmoltの判定は，体色の銀白化・背鰭および尾鰭末端部の黒色化等の特徴によったが，これは久保（1980）が呼称した中期スモルト以降のものにあたる．

海水適応能を調べるための海水移行実験に際し，1983年8月4日に魚（約800尾）を北海道大学水産学部に運搬し，水槽に移した．これらを無作為（604尾）に取り出し，その体長組成をヒストグラムに表した

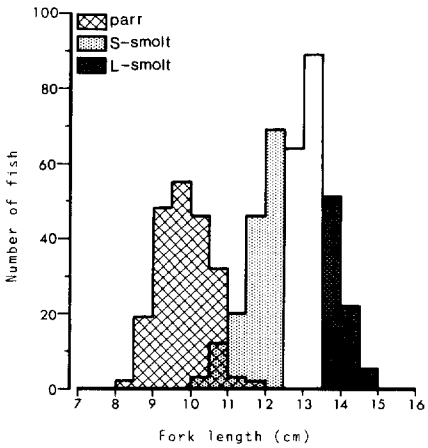


**Fig. 1** Fork length distribution of the underyearling masu salmon in Mori branch, Hokkaido Fish Hatchery.

(Fig. 1). これらのヒストグラムおよび上述の smolt 判定方法を基にして実験群は以下の 3 群, 1) parr (体表に明瞭なパーマークを有する) 群, 2) S-smolt (長叉長 10.0-12.5 cm) 群, 3) L-smolt (尾叉長 13.5-15.0 cm) 群に分けた. 海水移行実験に用いた海水は全海水 (33‰) および 1/2 海水 (15‰) で, これらを実験水槽 (30.0×89.5×45.0 cm) に満たし十分なエアレーションを施すと共に, 実験期間中の水温は 11°C に維持した. 海水適応能試験は魚を直接全海水に投入する方法と, まず 1/2 海水中で 120 時間馴化した後, 全海水に投入する方法を採用した. 各々の実験において, 海水投入前および投入後 12・24・48・72・120 時間の魚の生残率 (各サンプリング時の生残個体数／海水移行個体数) を調べた. 各時間における血中ナトリウム量を測定するために, 魚 (各 7 尾) をアミノ安息香酸エチルで麻酔し, 尾柄部を切断してプレインのヘマトクリット毛細管で採血した. 血液は, 3000G で 15 分間遠心分離した後, 血清部を −40°C で凍結保存した. ナトリウム量の測定に際し, 血清を溶解後, 純水で 1001 倍に希釈し, 原子吸光光度計 (日立 518 型) で測定した. 血中ナトリウム量の S-smolt および L-smolt 間の有意検定には, ダンカンのマルチプルレンジテストおよび T 検定を用いた.

## 結　　果

成長と銀化率の変化; parr は, 平均尾叉長が 4 月中旬の 6.7 cm から 7 月上旬の 10.9 cm まで順調な成長 (以下成長とは尾叉長の伸びを指す) を示したが, その後 9 月上旬までは殆んど成長をしなかった (Fig. 2). 9 月中旬になると再び成長を開始し, 10 月上旬には 13.0 cm に達した. smolt 個体の出現は, 5 月中旬に初めて観察された. その時の尾叉長は, 11.3 cm で同時期の parr より約 1.3 cm ほど大型だった. smolt 化した個体は, 7 月上旬まで殆んど尾叉長の伸びを示さなかったが, 中旬以降は再び急激な成長を開始し 11 月上旬には 17.3 cm まで達した.

銀化率は 5 月中旬で 1%, 7 月上旬には 56% とピークを迎えたが, その後体色の銀白色が薄くなる個体が多くなり, 外見的には parr に戻るものが観察され始め, 11 月上旬の 3% にまで徐々に減少した (Fig. 2).

海水中での生残; 0 年魚の海水中における生存の可能性を調べるために, 全海水移行後における時間別の魚の生残率を調べた (Fig. 3). 直接全海水に投入された parr は 24 時間以内に全個体が死亡した. S-smolt は 72 時間以内に約 7 割の個体が死亡したが, その後 120 時間後ではあまり個体数の減少はみられなかった. L-smolt は少しずつ死亡する個体が現れるものの, 移行 120 時間後でも約 65% の個体が生存していた. 一方, 事前に 1/2 海水中で 120 時間馴化した群では, 図に示していないが, parr および smolt 共に馴化期間における死亡はみられなかった. この群を全海水移行すると, parr では 12 時間後までの生残率が直接移行群に比べて高い値を示したものの, 24 時間後までには多くの個体が死亡したため生残率は約 10% と低下し, 48 時間後には全個体が死亡した. S-smolt では常時死亡個体が出現するものの, 移行 120 時間後においても 62% の高い生残率を得ることができた. L-smolt における生残率は更に高く, 実験終了時においても 78% であった.

血中ナトリウム量の変化; 淡水中での parr の血中ナトリウム量は, 155 mEq/$l$ であった (Fig. 4). これらを直接全海水に移行すると 12 時間後にはすでに 260 mEq/$l$ に達していた. しかし, 24 時間後までには全ての個体が死亡したため, それ以降の測定はできなかった. 一方, S-smolt および L-smolt の淡水中における血中ナトリウム量は各々 148 mEq/$l$ および 142 mEq/$l$ であったが, 直接海水移行 24 時間後には各々 239 mEq/$l$ および 238 mEq/$l$ に達した. その後両者の値は漸減し, 120 時間後には各々 188 mEq/$l$ および 202 mEq/$l$ になった. T 検定の結果 S-smolt および L-smolt 間の血中ナトリウム濃度変化に有意差は認め

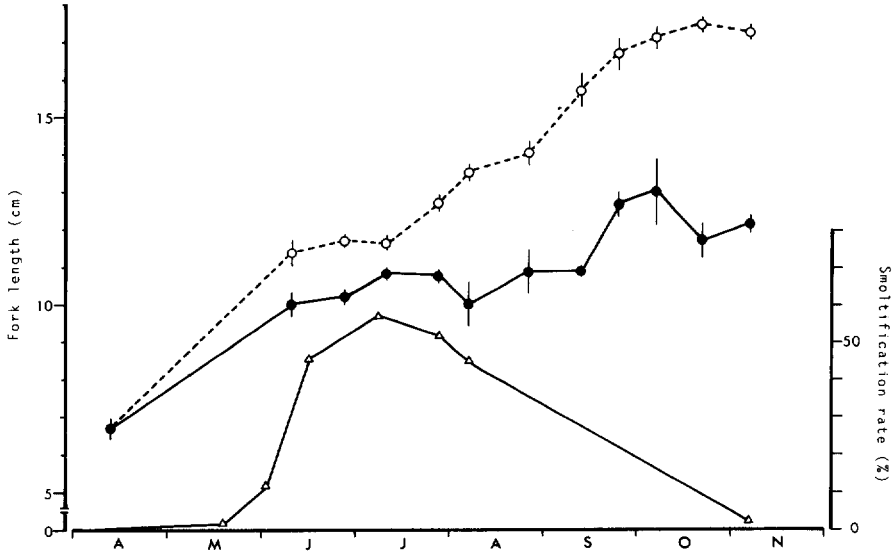


**Fig. 2** Changes in fork length (open circles show smolt group and solid circles show parr group) and occurrence of smolts (triangles) in the underyearling masu salmon in Mori branch, Hokkaido Fish Hatchery. The vertical bars represent mean±standard errors.

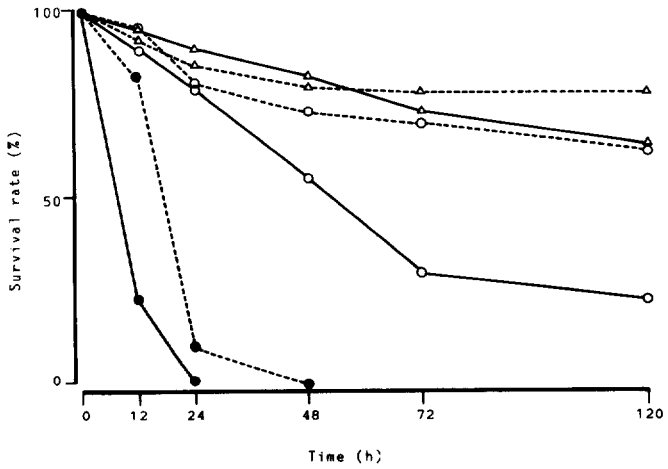


**Fig. 3** Changes in survival rate in the underyearling masu salmon transfered to seawater (33‰) for 4 days. Solidline shows direct transfer from fresh water to seawater (33‰) and brokenline shows transfer to seawater (33‰) after acclimation with 1/2 seawater (15‰). Solid circles show parr group, open circles show S-smolt group and triangles show L-smolt group.

られなかった．海水移行120時間後まで生残した個体を再び淡水に戻すとS-smoltの血中ナトリウム量は，移行24時間後で海水移行前の値に戻ったが，48時間後には更に126 mEq/$l$まで下がった．L-smoltでは，12時間以内に値を155 mEq/$l$と海水移行前の値に戻し，その後は一定であった．

1/2海水による120時間の馴化期間を設けた群では，馴化中に血中ナトリウム量がparr, S-smoltおよびL-smoltの淡水中の値（各々155 mEq/$l$, 148 mEq/$l$および142 mEq/$l$）から何れの群でも漸増し，馴化後には約180 mEq/$l$に達した(Fig. 5)．全海水に移された後，parr群の血中ナトリウム量は急増し24時間後には270 mEq/$l$に達した．一方，S-smolt群の血中ナトリウム量は，parr群同様移行24時間後まで増加す

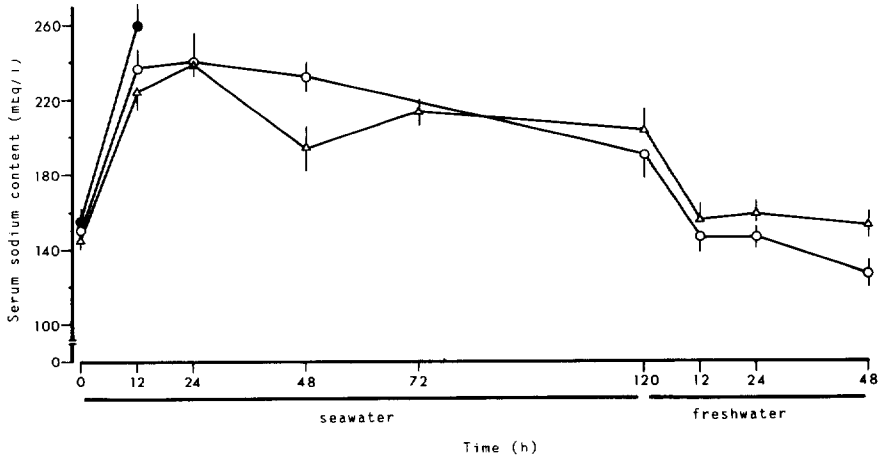


**Fig. 4** Changes in serum sodium contents in the underyearling masu salmon transfered to seawater (33‰) and returned to fresh water. Solid circles show parr group, open circles show S-smolt group and triangles show L-smolt group. The vertical bars represent mean±standard errors.

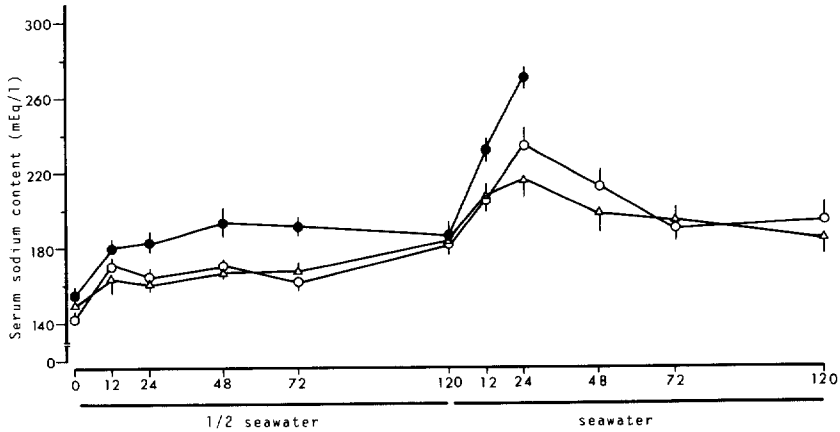


**Fig. 5** Changes in serum sodium contents in the underyearling masu salmon during acclimation to 1/2 seawater (15‰) and after transfer to seawater (33‰). Solid circles show parr group, open circles show S-smolt and triangles show L-smolt. The vertical bars represent mean±standard errors.

るものの，219 mEq/$l$ と低値であった．その後血中ナトリウム量は漸減し，72 時間後には 190 mEq/$l$ となり，120 時間後まで値の変化はみられなかった．また，L-smolt 群の血中ナトリウム量も S-smolt 群のそれとほぼ同様の変化を示した．両群のナトリウム量変化には検定の結果，有意な差は認められなかったが，L-smolt 群では S-smolt 群のそれより海水移行 24 時間後から 48 時間後ではやや低い傾向がみられた．

## 考　　察

サケ科魚類では銀化時に成長の速い（WAGNER *et al.* 1969, HOAR 1976），あるいはサイズの大きい smolt（HOAR 1976）がより高い海水抵抗性を持っていることが知られている．同様のことは，人為的に作出したギンザケ 0 年魚 smolt でも報告されいる（BRANNON *et al.* 1982）．本実験で観察した 0 年魚 smolt でも体長の大きい L-smolt 群は S-smolt 群に比べて海水中での生残率が高く，前者の方がより高い海水抵抗性を持っていることを示唆した．

近年，サケ科魚類の海水中での生残と成長ホルモン（GH）の関係について，多くの報告が成されている．NAGAHAMA *et al.* (1976) と NISHIOKA *et al.* (1982) は，海水移行後のギンザケの脳下垂体を組織学的に観察し，成長ホルモン産生細胞の数と大きさが海水への移行に伴い増すことを示した．さらに，魚を海水に移行すると，24時間以内に血中GH量がピークに達することがギンザケ（SWEETING *et al.* 1985）やシロサケ（HASEGAWA *et al.* 1987）で報告されている．これらのことは，サケ科魚類ではGHが海水中での生残に関与している可能性を強く示唆している．事実，大西洋サケにブタのGHを投与して海水移行すると，その生残率が増す（KOMOURDJIAN *et al.* 1976）．しかし，本研究ではS-smoltとL-smoltでのGHに関係する観察，実験を行っておらず，L-smoltの高い生残率をGHとの関連で直接には説明できない．この点を解明するためには，今後，両者の成長ホルモン産生細胞の活性度を組織学的に調べたり，海水移行後の血中GH量を測定して検討してゆく必要がある．

ベニサケ（CLARKE *et al.* 1977）やアマゴ（MIWA and INUI 1985）において，魚にほ乳類のGHを投与した後海水移行すると，血中ナトリウム量は淡水中での値近くまで低くなることが知られている．また一般に海水中では，高い海水適応能を持つ魚の血中ナトリウム量は低い（CLARKE and BLACKBURN 1977）．これらのことは，成長に伴うGH量の増加が血中ナトリウム量の低下をもたらし，海水適応能を獲得していくことを示している．しかし，本実験ではL-smolt群の海水移行後の生残率がS-smolt群より高いにも関わらず，なぜ血中ナトリウム量に差がみられなかったのか不明である．この点は今後更に解明すべき問題である．

IWATA and KOMATSU (1984) は，シロサケの降海行動を詳細に観察し，降海した魚は一時汽水域に滞留し，ここで海水適応能を発達させることを示した．本実験の海水移行を行った8月は0年魚smoltの銀化生起のピークを過ぎ，海水適応能が減衰する時期（IZUMI *et al.* 未発表）であったが，一度1/2海水に馴化した後，海水に移行させると，その生残率は直接海水に移行させた時よりもparr, smolt群共に増加した．降海行動を起こした多くのサケ科魚類は汽水域に達すると海水域と淡水域の間をしばらく往復するという（SWEETING *et al.* 1985）．本実験でも海水中の魚を淡水に戻すと，その血中ナトリウム量は12時間後に淡水レベルまで低下したので，この時期のサクラマスは海水―汽水―淡水域を移動しても，血中の浸透圧を調節できるものと思われる．従って，IWATA and KOMATSU (1984) がシロサケで指摘したように，サクラマスの場合も汽水域に滞留することにより，海水適応能を増大させている可能性が考えられる．

## 要　約

北海道立水産孵化場で，継代飼育されているサクラマス0年魚を，parr群（明瞭なパーマークを有する群），S-smolt群（体色が銀白化し，尾叉長が10.0-12.5 cmの群）およびL-smolt群（体色が銀白化し，尾叉長が13.5-15.0 cmの群）に分けて，海水適応能に与える成長差（尾叉長差）の影響を検討した．

1. smoltはparrより大型であり，体色の銀白化に際し，急激な尾叉長の伸びを示した．

2. 全海水（33‰）に直接移行した場合，120時間後の生残率は，parr-0%，S-smolt-23%，L-smolt-63%であった．

3. 1/2海水（15‰）中では，parr, S-smolt, L-smolt共に，全個体が120時間生残できた．

4. 1/2海水で120時間馴化させてから全海水に移した場合，生残率は各群で高まった．特にS-smoltで顕著であった．

5. 0年魚smolt群内の体長差は，海水移行後の魚の血中ナトリウム濃度の変化に影響していなかった．

6. サクラマスsmolt群も他のサケ科魚類同様，海水適応能を高めるために汽水域に留まる可能性が示唆された．

## 文　献

伴　真俊・笠原　昇・山内晧平（1987）池産サクラマス1年魚の銀化に伴う生理的変化．水産孵化場研報 **42**,（印刷中）

伴　真俊・笠原　昇・山内晧平（1987）池産サクラマス0年魚の銀化に伴う生理的変化．水産孵化場研報 **42**,（印刷中）

BRANNON, E., FELDMAN, C. and DONALDSON, L. (1982) University of washington zero-age coho salmon production. *Aquaculture* **28**(1), 195-200

CLARKE, W.C. and BLACKBURN, J. (1977) A seawater challenge test to measure smolting in juvenile salmon. *Fish. Mar. Serv. Tech. Rep.*

(705), 1-11

CLARKE, W.C., FARMER, S.W. and HARTWELL, K. M. (1977) Effect of teleost pituitary growth hormone on growth of Tilapia mossambica and on growth and seawater adaptation of Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *General and comparative endocrinology* **33**, 174-178

HASEGAWA, S., HIRANO, T., OGASAWARA, T., IWATA, M., BOLTON, J.P., AKIYAMA, T. and ARAI, S. (1987) Osmoregulatory ability of chum salmon, *Oncorhynchus keta*, reared in fresh water for prolonged period. *Fish Biochem. Physiol.* (in press)

HOAR, W.S. (1976) Smolt transformation: evolution, behavior, and physiology. *J. Fish. Res. Board Can.* **33**, 1233-1252

IWATA, M. and KOMATSU, S. (1984) Importance of estuarine residence for adaptation of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) fry to seawater. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.* **41**(5), 744-749

笠原 昇・伴 真俊 (1986) 池産サクラマス $0^+$ および $1^+$ スモルトの海水適応. 近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究（マリーンランチング計画）昭和60年度委託事業報告書（北海道立水産孵化場), 3-9

KOMOURDJIAN, M.P., SAUNDERS, R.L. and FENWICK, J.C. (1976) Evidence for the role of growth hormone as a part of a 'light-pituitary axis' in growth and smoltification of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Zool.* **54**, 554-551

KRISTINGSSON, J.B, SAUNDERS, R.L. and WIGGS, A. J. (1985) Growth dynamics during the development of bimodal length-frequency distribution in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* **45**(1-4), 321-333

久保達郎 (1980) 北海道のサクラマスの生活史に関する研究. 北海道サケ・マスふ化場研報 **34**, 1-95

黒川忠英・宮本 真・小島 博 (1985) 飼育一年目に特異的なスモルト変態をする池中継代飼育サクラマスにおける $0^+$ スモルトの出現機構および戻りの分化過程. 北海道立水産孵化場報告 **40**, 87-94

MIWA, S. and INUI, Y. (1985) Effects of L-thyroxine and ovine growth hormone on smoltification of Amago salmon (*Oncorhynchus rhodurus*). *General and comparative endocrinorogy* **58**, 436-442

NAGAHAMA, Y., CLARKE, W.C. and HOAR, W.S. (1976) Influence of salinity on ultrastructure of the secretory cells of the adenohypophyseal pars distalis in yearling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Zool* **55**, 183-198

NISHIOKA, R.S., BERN, H.A., LAI, K.V., NAGAHAMA, Y. and GRAW, E.G. (1982) Changes in the endocrine organs of coho salmon during normal and abnormal smoltification - An electron-microscope study. *Aquaculture* **25**(1-2), 21-38

PIGGINS, D.L. and MILLS, C.P.R. (1985) Comparative aspects of the biology of naturally produced and hatchery-reared Atlantic salmon smolts (*Salmo salar*). *Aquaculture* **45**(1-4), 1-20

SWEETING, R.M., WAGNER, G.F. and MCKEOWN, B. A. (1985) Changes in plasma glucose, amino acid nitrogen and growth hormone during smoltification and seawater adaptation in coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Aquaculture* **45** (1-4), 185-197

宇藤 均 (1977) サクラマス *Oncorhynchus masou* (BREVOOT) の降海型と河川残留型の分化機構に関する研究 II. 早熟な河川残留型の体成長と性成熟（その2). 北大水産彙報 **28**, 66-73

WAGNER, H.H., CONTE, F.P. and FESSLAR, J.L. (1969) Development of osmotic and ionic regulation is two races of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Comp. Biochem. Physiol.* **29**, 325-341

東北区水産研究所業績第424号
(1988年1月20日受理)

Address: BAN, Tohoku regional Fisheries Research Laboratory, Hachinohe Branch, 25-259 Shimomekurakubo, Same, Hachinohe, Aomori 031, Japan（東北区水産研究所八戸支所）
KANNO and YAMAUCHI, Faculty of Fisheries, Hokkaido University, 3-1-1 Minato, Hakodate, Hokkaido 041, Japan（北海道大学水産学部）
IZUMI, Hokkaido Fish Hatchery, 3-373 Kashiwagi, Eniwa, Hokkaido 061-14, Japan（北海道立水産孵化場）