

大池(北大水産): 体生長と鱗の生長のズレのグラフについて、鱗の生長は鱗条数で表わすよりも、鱗径との関係で表わした方が理解できると思うが、そうした場合、ふ化後150日頃からの体長と鱗の成長とのズレの具合はどの様になるか?

久保: 鱗の半径並びに休止帯の間の成長量について見ても輪条数と殆んど同様の関係が認められる。

宇田(東海大学海洋学部): 厄期(critical period)は降海後の波打際あたりの生活期で極大まで死亡率の高くなる時か? 数量的な変動期はそのころか?

久保: その通りで、体長、鱗の形状からみて池中飼育で厄期と考える時期に天然の幼魚は岸沿いに生活しているであろう。

特に外圍と内的特性の釣合がうまく取れない場合たとえ成長そのものが良いようでも危険な状態が現われ易い。

佐藤(東北大): 河川生活期間の短いシロサケ稚魚および幼、成魚の生理学的研究は外国では少ないので、日本において研究を進める必要があると考えられるが、発表者の意見はいかが?

久保: これ迄はシロサケの漁業的価値が余り高くないため外国の研究が割合少ないが、今後共々々の盲点を埋めるよう努力したい。

## 11 内分泌学的にみたサケマス類の溯河回遊

山崎文雄(北海道大学水産学部)

サケマス類は溯河と同時に食を絶ち、溯河と産卵によつて体内に貯蔵されたエネルギーを極度に消費する。従つて生体は短期間に急激に老化し、生体内の組織、器官に著しい退縮変化が起る。溯河に伴うこれらの変化と内分泌とは密接不可分の関係にあると考える事が出来よう。しかし ROBERTSON 一派の副腎皮質ホルモンと溯河との関係に関する研究を除くと多くの関心がよせられているにも拘らず得られている内分泌学的知見は極めて断片的に過ぎない。最近魚類の滲透圧と PROLACTIN の関係が重視され、一方魚類の CORTISOL 定量法<sup>1)</sup>が開発されて溯河現象に新しい知見が加えられようとしている。ここではこれ迄の断片的知見をもとにサケマス類の溯河と内分泌について概観する。

### 1 淡水適応

サケマス類の溯河の問題で先ず直面するのは淡水適応現象である。最近魚類の淡水適応と前腺性下垂体の酸好性細胞(ETA細胞)から分泌される PROLACTIN との関係について興味深い研究が多数報告されているが、これらについては BALL(1969)<sup>2)</sup> 及び小川(1970)<sup>3)</sup> が総説としてまとめている。FUNDULUS では海水から淡水へ移すと前腺性下垂体部位が著しく肥厚するが、この肥厚現象は生体が淡水に適応する為 ETA 細胞から PROLACTIN が多量

に分泌される為と理解されている。<sup>4) 5)</sup> 又下垂体を除去すると淡水に適応出来ず死亡する魚種が多いが、これに PROLACTIN を処理すると淡水の生存期間が延長される。<sup>6)</sup> キンギョでも下垂体を除去すると約3ヶ月間は淡水中で正常に生存出来るが、それ以上になると食欲が減じて体がやせ、時々発作的に遊泳し、体表に出血斑が現れてついには死亡する、又血清の滲透圧は  $282 \pm 8 \text{ M OSM/L}$  から  $248 \pm 8 \text{ M OSM/L}$  に低下する。しかしあらかじめ羊の PRO-LACTIN 又はサケの下垂体粗抽出物を処理すると滲透圧の低下がおさえられ滲透圧は  $270 \sim 288 \text{ M OSM/L}$  に維持される。<sup>7)</sup> 従つてサケの下垂体中にも淡水適応に必要な PROLACTIN 様ホルモンが存在すると云えよう。PROLACTIN には血清中の  $\text{Na}^+$  イオンの保持作用があり<sup>8)</sup> 海水から淡水に移行する際生体内から無機イオンが流出するのをおさえ生体内の滲透圧を一定に保持していると考えられる。溯河に伴う ETA 細胞の微細構造上の変化については<sup>9)</sup> 長浜(私信)がシロサケで観察しているが層板状に幾重にも巻いた特異的な ER が河口部から発達しており溯河と PROLACTIN との関係形態的な面から示唆している。ベニザケも同様の構造を有する ER が河口部で観察されている。<sup>9)</sup> 淡水適応に甲状腺が関与している可能性もあるが<sup>10)</sup> ベニザケの甲状腺は溯河に伴い形態的に萎縮する事から判断するとこのホルモンとサケマスの淡水適応とが直接関係あるとは考えられない。

## 2 体色素の消長

未熟なサケマス類の筋肉色は魚種によつて多少異なるが一般的には紅色を呈している。この色素は  $475 \sim 480 \text{ m}\mu$  に最大吸収を持つアスタキサンチン系色素で、この筋肉内の色素は溯河に伴い消失し、逆に血清内色素が増加する。この色素は更に雄では体表に雌では卵巣と体表に移行して体色を変化させる。<sup>12,13)</sup> 溯河途上のベニザケの生殖腺を除去すると産卵期を過ぎても体色の変化は全く起らない。<sup>14,15)</sup> これに CORTISOL 又は ESTRADIOL を個体当り  $2.5 \text{ mg}$  週2回、4週又は7週間投与しても体色には全く変化が現れないが<sup>14)</sup> METHYL TESTOSTERON 又は 11-KETO TESTOSTERON を同様に処理すると婚姻色が現われ体色が紅色に変化する<sup>14)</sup>。同時に筋肉は灰白色化して産卵時と同様の変化を示す。ベニザケでは河口から産卵場に近づくにつれ精巣内の雄性ホルモンが増加する事が知られており<sup>16)</sup>、このホルモンは 11-KETO TESTOSTERON と同定されている<sup>17)</sup>。従つて雄の体色変化は精巣の発達に伴い分泌される 11-KETO TESTOSTERON により誘起されると結論出来る。雌魚でも血清中に微量ではあるが 11-KETO TESTOSTERON の存在する事が報告されており<sup>17)</sup>、雌魚の体色変化も雄魚と同様に雄性ホルモンの作用によるものと思われる。

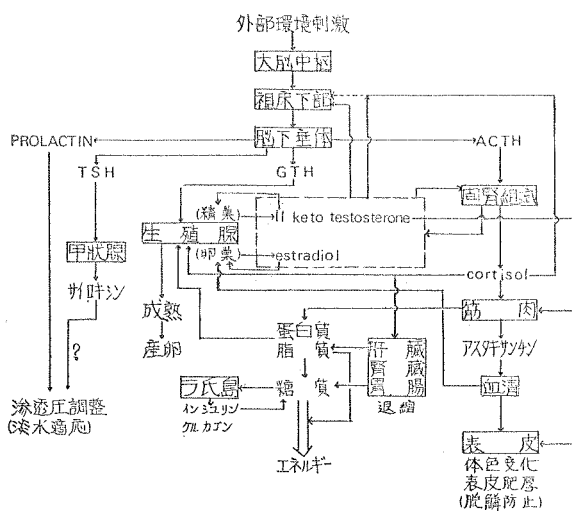
## 3 生殖腺の成熟

溯河回遊の目的は成熟産卵にある。成熟は下垂体の生殖腺刺激ホルモン (GTH) の支配下であり、河口部から産卵場にかけて下垂体の生殖腺刺激ホルモン産生細胞は数、大きさ共に増加し

産卵時にその変化は頂点に達する。生殖腺はこれに伴つて成熟し、この間精巣からは11-KETO TESTOSTERON、卵巣からはESTRADIOL<sup>18)</sup>が主に分泌される。これらのホルモンは精巣又は卵巣に直接作用して成熟を促し排精や排卵を誘起するものと考えられる<sup>19)</sup>。一方、これら性ステロイドは第二性徴を誘発し、雄では積極的な攻撃行動や性行動がこのホルモンに支配されており<sup>20)</sup>、溯河回遊時の内分泌相関上極めて重要なホルモンである。

#### 4 間腎組織の変化

魚類の間腎組織は哺乳類の副腎皮質に相当し、サケマスの溯河回遊時には河口部より肥厚しはじめ、溯河途上には著しい活性像を示す<sup>21 22)</sup>。この変化は雌雄共産卵時迄続き、産卵後には組織内に出血像がみられ、崩壊中の細胞も見られる。HANE AND ROBERTSON (1959)<sup>23)</sup>によると湖上に伴い血清内の17-HYDROXY CORTICOSTEROID 濃度は上昇し、雄では産卵後若干減少するが雌では産卵後も高濃度に維持されていたと報告している。溯河に伴う17-HYDROXY CORTICOSTEROID の分泌上昇については大西洋産サケについても報告されている<sup>24)</sup>。しかしFAGERLUND (1967)<sup>25)</sup>がベニザケを用いて溯河時の血清中



第1図 サケマス類の溯河時における内分泌相関模式図

の血清中CORTISOL濃度を詳細に測定した結果によると間腎組織が肥厚しているにも拘らず安静時の濃度と大差ないが溯上中に傷害を受けたり、バクテリアの感染を受けるとCORTISOL濃度は急激に上昇し、産卵後魚体が疲弊すると濃度が急昇することを見ている。

#### 5 その他の組織変化

表皮は河口部で平均120μが産卵上では1370μに肥厚する<sup>11)</sup>。METHYL-TESTOSTERONを処理すると同様の变化を誘発出来ることから、表皮の変化と性ステロイドの分泌とは不可分の関係にあると考えられる。その他溯河に伴つて胃、腸は萎縮して胃壁の筋組織は平均1510μから354μに減少する。肝臓内の蓄積脂肪は溯河に伴つて減少し、崩壊中の肝組織も多数観察される。腎臓では尿細管が退化し、ボーマン氏嚢外葉は肥厚する。脳腺の萎縮が見ら

れ、脾臓内のラ氏島は数を増すと同時に著しく肥大する<sup>11)</sup>。甲状腺は退化し、筋肉組織は著しい退縮変化を起す。これらの変化は表皮の変化を除くと人間のCUSHING氏症候群として知られている副腎皮質機能亢進による病変と極めて類似している<sup>11,26)</sup>。又未熟ニジマスにCORTISOLを処理すると同様の組織変化が起る<sup>27)</sup>ことから溯河時の組織変化は生殖腺肥大及び各種のストレスによつて間腎細胞からCORTISOLが異状に分泌される為起る変化でこの病的変化は産卵後の死亡原因とも考えられている。<sup>21,23,27,28)</sup>

## 6 生化学変化

シロサケの筋肉脂肪は雌雄で若干の差はあるが河口部から漸次減少し、放精後の雄で83%以上の減少する個体がみられ、筋肉蛋白も溯上開始時に対して完熟魚で12.9%、斃死魚で21.1%減少するという<sup>29)</sup>。肝臓では蛋白の減少はみられないが、脂質は雄で約80%も減少する<sup>30)</sup>。CORTISOLは蛋白や脂質を分解して糖に変える作用があり、この結果血糖値は産卵場では河口部に比較して約2倍に増加する<sup>1)</sup>。この為ラ氏島の機能亢進を招き、特に $\beta$ 細胞が著しく増加するものと考えられる。 $\beta$ 細胞からはインシュリンが分泌されるが、このホルモンは血糖に作用してこれを分解し溯河に必要なエネルギーを供給すると考えられる。血清蛋白の電気泳動像は雌雄で異なるが、この雌雄による差と性ステロイドとの関係は今のところ不明である。溯河に伴つて体内の水分量が著しく増加するが<sup>30,31)</sup>、これはCORTISOLの異常分泌によつて腎機能傷害を受け、この為水分排出が阻害される為と考えられよう。

### 性ステロイドとコルチコイドの相関

人間のCUSHING氏症候群の場合副腎皮質はACTH(副腎皮質刺激ホルモン)の処理を受けると極めて敏感に反応し血清内のCORTISOL値が上昇する。しかし溯河時のベニザケは上流に行くに従つてACTHに対する反応性が弱り特に雄魚ではACTHを処理しても血清内CORTISOL値はあまり上昇しない。又雌雄でACTHに対する反応性が異なる点<sup>32)</sup>、溯河時の血清内CORTISOL実測値が意外に低い点<sup>25)</sup>等を併せ考えると溯河時の諸変化が単純なCUSHING氏症候群と断定する事は出来ない。FAGERLUND & DONALDSON(1968)<sup>14)</sup>及びDONALDSON & FAGERLUND(1969)<sup>15)</sup>はこの矛盾を解く極めて興味深い研究を報告している。彼らはベニザケの生殖腺を除去し、その後METHYLTTESTOSTERON及びESTRADIOLを処理し、 $C^{14}$ でラベルしたCORTISOLを静脈注射し、その後の血清内 $C^{14}$ CORTISOLを測定すると性ステロイドを処理した場合CORTISOLの排出量が極めて高くなる事を観察した。この研究は次の推察を可能にしている。即ち溯河時の性ステロイドは間腎組織から多量に分泌されるCORTISOLを速やかに血液中から排出して血清中濃度を低下させ、この結果ACTHに対するFEED BACKを切断してACTHの分泌を持続させる事、及びACTHを投与しても血清内CORTISOL量がそれ程増加しない原因となり得る事を示唆している。

## 7 ま と め

これ迄述べて来た溯河に伴う諸変化と内分泌相関を模式的に示すと第1図の如くなる。この図から考えられる事は、サケマスの溯河回遊を引き起す原因の1つとして下垂体のホルモンが極めて重要である事、この内ACTHは溯上開始と共に分泌が始る2次的ホルモンと考えられ、溯河回遊の引金的意味を有するホルモンとしてGTHとPROLACTIN及びGTHによつて分泌促進される性ステロイドが重要な意義を有すると想像される。従つて今後、溯河の問題を解明する際内内分泌相関についても充分考慮する必要がある。

## 参 考 文 献

- 1) DONALDSON, E. M., FAGERLUND, U. H. M. AND SCHMIDT, P. J. : J. Fish. Res. Bd. Canada, 25 (1), 71-79 (1968).
- 2) BALL, J. N. : Gen. Comp. Endocrinol., 2, 10-25 (1969).
- 3) 小川瑞穂 : 動雑, 79, 1-7 (1970).
- 4) BALL, J. N. AND PICKFORD, G. E. : Anat. Rec., 148, 358 (1964).
- 5) EMMART, E. W., PICKFORD, G. E. AND WILHELMI, A. E. : Gen. Comp. Endocrinol., 7, 571-583 (1966).
- 6) SCHREIBMAN, M. P. AND KALLMAN, K. D. : Gen. Comp. Endocrinol., 6, 144-155 (1966).
- 7) DONALDSON, E. M., YAMAZAKI, F. AND CLARKE, W. C. : J. Fish. Res. Bd. Canada, 25 (7), 1497-1500 (1968).
- 8) ENSOR, D. M. AND BALL, J. N. : Gen. Comp. Endocrinol. 11, 104-110 (1968).
- 9) COOK, H. AND VAN OVERBEEKE, A. P. : Can. J. Zool., 47, 937-941 (1969).
- 10) PARRY, G. : Biol. Rev., 41, 392-444 (1966).
- 11) ROBERTSON, O. H. AND WEXLER, B. C. : Endocrinology, 66, 222-239 (1960).
- 12) 西野一彦、斉藤要 : 北海道さけ、ますふ化場報告 23, 9-14 (1969).
- 13) 西野一彦、斉藤要、北原直 : 北海道さけますふ化場報告 23, 15-22.
- 14) FAGERLUND, U. H. M. AND DONALDSON, E. M. : Gen. Comp. Endocrinol., 12, 438-448 (1969).
- 15) DONALDSON, E. M. AND FAGERLUND, U. H. M. : J. Fish. Res. Bd. Canada, 24 (7), 1789-1799 (1969).
- 16) IDLER, D. R. AND TSUYUKI, H. : J. Fish. Res. Bd. Canada, 16 (4) 559-

- 560(1959).
- 17) SCHMIDT, P. J. AND IDLER, D. R. : *Gen. Comp. Endocrinol.*, 2, 204-214(1962).
- 18) BOTTICELLI, C. R. AND HISAW, F. L. : *Am. Zoologist* 4, 297(1964).
- 19) 山崎文雄: *日水誌*, 35, 695-709(1969).
- 20) PICKFORD, G. E. AND ATZ, J. W. : *New York Zool. Soc. New York* 6139(1957).
- 21) ROBERTSON, O. H. AND WEXLER, B. C. : *Endocrinology*, 65, 225-238(1959).
- 22) 小栗幹郎: *日水誌*, 26, 981-984(1960).
- 23) HANE, S. AND ROBERTSON, O. H. : *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 45, 886-893(1959).
- 24) FONTAINE, M. AND HATEY, J. : *Comp. rend. Acad. d. SC.* 239, 319(1954).
- 25) FAGERLUND, U. H. M. : *Gen. Comp. Endocrinol.*, 8, 197-207(1967).
- 26) ROBERTSON, O. H., KRUPP, M. A., THOMAS, S. F., FAVOUR, C. B., HANE, S. AND WEXLER, B. C. : *Gen. Comp. Endocrinol.*, 1, 473-484(1961).
- 27) ROBERTSON, O. H., HANE, S., WEXLER, B. C. AND RINFRET, A. P. : *Gen. Comp. Endocrinol.*, 3, 422-436(1963).
- 28) ROBERTSON, O. H., KRUPP, M. A., FAVOUR, C. B., HANE, S. AND THOMAS, S. F. : *Endocrinology*, 68, 733-746(1961).
- 29) さけ・ます増殖事業に関する調査報告(昭和40年度)北海道さけ・ますふ化場
- 30) 五十嵐久尙、座間宏一、*日水誌* 18(11), 618-622(1953).
- 31) IDLER, D. R. AND BITNER, I. J. : *FISH. Res. Bd. CANADA*, 17(1)113-122.
- 32) HANE, S., ROBERTSON, O. H., WEXLER, B. C. AND KRUPP, M. A. : *Endocrinology*, 78, 791-800(1966).

#### 質 疑 応 答

佐藤(東北大): 脳下垂体について前葉及び後葉の機能上の区別をもつと詳しく説明して欲しい。

山崎: 魚類の前葉、後葉は鳥類のように完全に分離されて居らず従つて前葉後葉を各々単独に摘出することが出来ないため機能上の違いは充分解析されていない。唯、後葉(神経葉)には前葉(腺性下垂体)分泌細胞の分泌促進又は抑制因子が貯えられていると考えられている。

宇田(東海大海洋学部): これまで外部環境刺激(水温、塩分、光等の変化)の量的な変化がこのような興味深いグラフのうちで脳その他各変化についてはどのような研究があるか?

山崎: 魚類一般について考えるなら成熟に対する刺激として光や温度が重要と考えられている。

温度が関与するのは生殖腺の感受性を高めるとか、下垂体の分泌活性を高めるとか考えられているようだが詳細は不明である。外部刺激が生体内部環境の変化を引き起す中枢は視床下部にあると考えられ、この方面の研究は視床下部神経分泌の観点から研究されている。

佐藤(東北大)：生殖ホルモンとその他のホルモンとの作用機構の関連について？

山崎：サケの生殖腺を切除すると、間腎組織は肥厚しないという報告がある。女性ホルモンはCortisolの代謝排出を促進する事から両者は密接不可分な関係にあると考えられる。他のホルモンとの作用上の複雑な相関も当然考えられる。

辻田(北大水産)：外部環境刺激の影響のなかで水温、日照の外に、魚自体がもっている種々の日周活動が制約されるために内分泌の作用が変調を来すことも考えられるが、どう考えるか？

山崎：日周活動が制約されるために内分泌機構に変調を来し、魚が衰弱したり発病したりすることは充分考えられる。これは養魚上考慮する必要がある問題と思われる。

佐藤(東北大)

尾部下垂体及びスタニウス小体などの内分泌と回遊との関連はどのように考えるか？

山崎：尾部下垂体は滲透圧とスタニウス氏小体は成熟と関係がありそうだが今のところ回遊との関係は全く不明である。

## 12 二、三のサケ・マス属における海面養殖とその問題点

小金沢 昭 光(宮城県水産試験場)

東北地方に於ける魚類蓄養殖の対象種として、サケ、マス属の導入化を目的とし、宮城県雄勝湾で実施した経過と問題点について報告する。

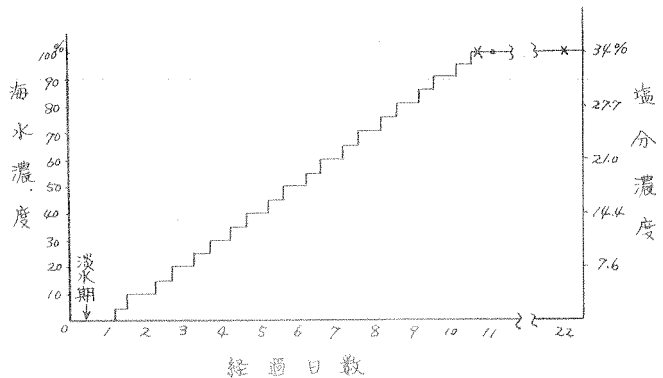
### 1 調査地および方法の概況

調査は宮城県雄勝湾分浜地先で行つた。本地は金華山以北のリアス式海岸性状に位置し、周辺地区に比べ年間を通し、比較的低温水下にある。

この分浜地先にて、海面養殖施設を設置し、以後の試験を行つた。試験はサケ

(*Oncorhynchus*

*keta*)、ニマス(*Sal-*



第1図 ニマスの海水馴致方法(1966, 11. 24~12.15)