

下りウナギの卵とホルモンによる成熟促進について

落合 明・榎田 晋・太田 久夫

(1972年7月28日受領)

On the Eggs of Japanese Eel and Induction of Maturation by Hormone Injection

Akira Ochiai, Susumu Umeda, and Hisao Ōta

The maturation of female Japanese eel (*Anguilla japonica* in sea-run stage) and the artificial acceleration of their maturity were studied, using 19 specimens obtained at the mouth of River Shimanto, Kōchi Pref., from September through October, 1971. Majority of oocytes of the eel, about 0.3 mm in diameter, were at the oil drop stage characterized by numerous oil drops distributed throughout the cytoplasm and fine yolk globules occurring in the peripheral area of the cytoplasm. Some oocytes, larger than 0.4 mm in diameter, however, had numerous yolk globules in the outer half of the cytoplasm, and were at the primary yolk stage. The largest oocyte examined here reached to 0.59 mm in diameter. Specimens treated with dipropionic acid estradiol (follicular hormone) and "synahorin" from November 22, 1971 to the end of March, 1972 had eggs at much advanced stage. One specimen had some apparently mature eggs which were larger than 0.95 mm in diameter, and at the tertiary yolk stage.

(Fisheries Institution, Kōchi University, Tosa-shi, Kōchi-ken, Japan)

ホルモンの連続投与により日本産ウナギ (*Anguilla japonica* Temminck and Schlegel) の成熟を促進させ人工受精によって仔魚を得ようとする試みが日比谷ら (1966) によってなされて以来、種苗用のシラスウナギ不足の折から 2~3 の水産試験場でもこの種の実験が行なわれて、かなりの効果をあげるようになった。雄はシナホリンなどの単独投与でも割合簡単に成熟するが、雌では長期にわたってなん種類かのホルモンを併用投与してもなお完熟卵を得るのが困難である。このようなホルモンの連続投与は一面において魚体の生理を著しく害し、飼育環境が不良なためカスレをおこしたり、ホカビの寄生 (石田・石井, 1970)、肝臓の異状肥大、腹水様物質による腹部膨満、貧血症状 (千葉内湾水試, 1972) などで実験途中に死亡するものが多い。また、たとえ透明卵を得ても、完全な機能をもち、受精によって正常に発生するかどうかの疑問の点が少なくない。

著者らは、種苗生産的な見地から下りウナギの成熟状態やホルモン投与による卵巣卵肥大の実態を研究する機会を得、下りウナギの卵巣が油球期から卵黄球期に達していること、デプロピオン酸エストラジオールと生殖腺

刺激ホルモン (帝国臓器 KK 製品シナホリン) の併用投与が成熟促進や魚体の健康維持上有利であることなどを知ったので、これらの結果をとりまとめてここに報告する。

材料と方法

供試魚の雌ウナギは下りウナギとして高知県の四万十川河口部で 1971 年 9~10 月に漬木によって捕獲されたもので、全長範囲は 66.4~79.3 cm, 体重範囲は 580~780 g, すべて婚姻色を呈し、とくに胸鰭は真黒色で中には特有な欠刻を生じていたものもあった。捕獲後河口で蓄養したのち 11 月 11 日に高知県土佐市へ移送し、高知大学水産実験所で 12 月 17 日まで水温 15.2~19°C の海水で飼育した。本実験は 12 月 17 日から 1972 年 3 月末日までの間、地下浸透海水を開放式にして飼育水とする高知市の桂浜水族館で行った。

成熟促進のためホルモン投与区は予め 11 月 22 日から 12 月 11 日にかけて約 10 日間隔に 3 回生殖腺刺激ホルモン (シナホリン) を 1 尾あたり 50 RU 単位注射した。桂浜水族館へ移したのちは 4 尾づつ 120 cm ×

70 cm×80 cm の水槽に収容して、1 組は 1 尾あたり 50 RU 単位のシナホリンと 0.25 mg のデエチルステルベストロール (DES) を、他の組には同量のシナホリンに 0.25 mg のデプロピオン酸エストラジオール (DPE) を 12 月 21 日から 3 月 22 日まで計 11 回原則として 10 日間隔をおいて体の中央部の背側筋肉へ注射した。また、これらホルモンの効果を比較するため対照区として下りウナギ 4 尾を同様の水槽に収容した。この期間の水温は地下浸透水のため冬期でも安定して 17.1~20.9°C であり、比重は 18.47~24.85、1 分あたりの換水量は 6 l 前後であった。また、実験中はまったく餌を与えなかった。餌育水槽は木板および黒色のビニールでおおって、可能なかぎり光線の投入を防いだ。

ホルモン注射にあっては魚体の健康状態を調べたうえ体重を測定し、実験途中に死亡したものもふくめて実験終了時 (3 月 25 日) には肝臓の重量を測定した。成熟状態を知るため卵巣重量や卵径組成などを測定するとともに、ヘマトキシリン・エオジン二重染色による生殖腺の組織学的検査を行った。卵径は母体より任意に 30 個をとりだし、固定前に測定した。

なお、対照区とは別に、ホルモン投与以前および投与のごく初期に、実験魚と同時に採捕して飼育した体長範囲 66.5~74.0 cm の下りウナギ 7 尾を 11 月 11 日から 1 月 12 日にわたる間、適宜捕殺して卵巣の成熟状態を調べた。

結 果

調査した下りウナギはすべて特有な卵巣をそなえ、その重量は 20 g 以下、生殖腺指数は 3.3 以下であった (Table 1)。卵径は 0.24 mm から 0.60 mm 弱であり、その平均値は多くの標本で 0.30 mm 台であった。ただ No. 7 の標本ではとくに大きくて 0.46 mm であり、約 97% の卵が 0.4 mm より大きく、その 50% は 0.45~

0.50 mm の間にあり、0.50 mm 以上の卵が 13.3% を占めた。

組織学的構造からみてこれら下りウナギの卵巣卵には核の大きな周辺仁期に属する卵が少数含まれていたが、大部分の卵は油球期に属した。この時期の卵の核は卵の中央部にあつて輪郭が不整形であり、核の周辺部には小型の赤紅色に濃染される多数の仁が散在する。核に接する細胞質は青色に染色され、この部分から細胞質の周辺部にかけて大小さまざまな無数の油球が相接して分布していた。また、細胞質の周辺部にそつて若干の赤色に染つた微細な卵黄球が散在した。0.4 mm 以上の卵をもつた Nos. 3, 5, 7 の標本では、多数の卵黄球が周辺部に不規則状に数例になつて密在したほか、ごく僅かではあるが中心部にかけても点在し第一次卵黄球期の組織像を示した (Fig. 1 A)。

対照区とした 4 尾の下りウナギの 3 月 25 日における生殖腺重量は 25.2 g 以下、生殖腺指数は 5 以下、卵径も 0.4 mm 以下で初冬期のそれらとほとんど差がなく大部分の卵は油球期に属した。

DPE・シナホリン区 4 尾のうち 3 月 17 日に腹部が膨満して死亡した No. 2 を除き、他の 3 尾は実験打ちりまで健康を維持した。卵巣は対照区よりもはるかに肥大してその重量は最もよく発達した No. 3 の個体で 131.2 g、最も未発達な No. 4 でも 54.1 g であった。生殖腺指数は最大の No. 3 で 21.9 であった。卵径分布は No. 4 では対照区より若干大きい程度であったが、Nos. 1 と 3 では大部分の卵が 0.60~0.75 mm であり、これらの卵群から離れて 0.95 mm 以上の卵が 7% あまり No. 3 ではふくまれていた。

No. 4 ではほとんどの卵が第 1 次卵黄球期に属したが、第 2 次卵黄球期に移行中の少数の卵が認められた。No. 1 では一部の卵は第 1 次卵黄球期に属したが、他の卵は卵黄球の発達がさらにすすみ細胞質の中心部にも

Table 1. Gonad weight, gonosomatic index and egg diameter of Japanese eel collected at the mouth of Shimanto River, Kōchi Pref., from September through October, 1971.

Specimen number	Date examined	Total length (cm)	Gonad weight (g)	Gonosomatic index	Egg diameter (mm)
1	Jan. 12, '72	66.5	13.8	3.2	0.25-0.36 (0.30)
2	Dec. 20, '72	67.0	11.8	2.7	0.24-0.39 (0.34)
3	Dec. 4, '71	67.0	13.4	2.7	0.27-0.59 (0.35)
4	Jan. 20, '72	67.5	5.5	1.0	—
5	Nov. 11, '71	69.0	10.0	2.2	—
6	Dec. 2, '71	74.0	16.5	2.9	0.28-0.35 (0.31)
7	Dec. 21, '71	74.0	17.9	3.3	0.37-0.59 (0.46)

Table 2. Gonad weight, gonosomatic index, and egg diameter of Japanese eel with or without hormone injection.

Treatment	Specimen number	Total length (cm)	Gonad weight (g)	Gonosomatic index	Egg diameter (mm)
Dipropionic acid estradiol and gonadotropin**	1	74.2	107.9	18.6	0.59-0.78 (0.66)
	2	77.6	—	—	—
	3	75.2	131.2	21.9	0.60-0.98 (0.68)
	4	72.4	54.1	9.8	0.33-0.65 (0.48)
Diethylstilbestrol and gonadotropin**	5	ca. 70*	—	—	—
	6	75.1	85.0	13.1	0.49-0.59 (0.55)
	7	78.0	68.6	8.6	—
	8	75.4	55.0	9.1	—
Control	9	66.4	10.6	2.4	—
	10	79.3	25.2	3.5	0.30-0.36 (0.33)
	11	66.4	21.5	4.6	0.28-0.35 (0.32)
	12	69.0	14.0	2.9	0.24-0.32 (0.29)

* The tail of this specimen is slightly damaged in experiment.

** Manufactured by Teikoku Zoki Co., Ltd. with the commercial name "Synahorin".

かなりの卵黄球が散在し、かつ少数のものがやや大型になり第2次卵黄球期に属した。No. 3では第2次卵黄球期の卵のほか、核が円味を帯びて球形を呈し仁の数が減少し、細胞質の大部分が卵黄球で占められ、若干の油球が主として核の周辺部に散在するなど第3次卵黄球期の特徴をもった卵が混在した (Fig. 1 B)。

DES・シナホリン区では、No. 5は3月5日、No. 6は3月17日、No. 7は2月16日、No. 8は2月23日にいずれも腹部が膨満して死亡した。死亡時における生殖腺重量は55~85gで対照区のそれの3倍前後あり、生殖腺指数も10前後であった。卵は最も成熟したNo. 6で0.55mm前後であり、第1次または第2次卵黄球期に属した。

考 察

日本産下りウナギの卵巣卵の大きさについて蒲原(1933)、松井・牧野(1934)、松井(1936)、本間(1958)などは平均0.2~0.3mm台であるとした。松井(1936)によれば天竜川で昭和7年10月5日に採捕されたウナギ卵巣卵の直径は平均0.33mmで、そのうち2%にあたるものが0.378~0.394mmであり、これが最大記録であるという。四万十川産の下りウナギ12個体(対照区も含む)中10個体の卵巣卵もほぼ同じような卵径分布であったが、No. 7はこれらより一段と大きな卵をもち、最大卵径は0.59mmにも達した。この魚体はそれほど大型ではなく体重540gで輪紋数は他の魚体と同様5個であったが、眼が大きくて径9mmになりほぼ同

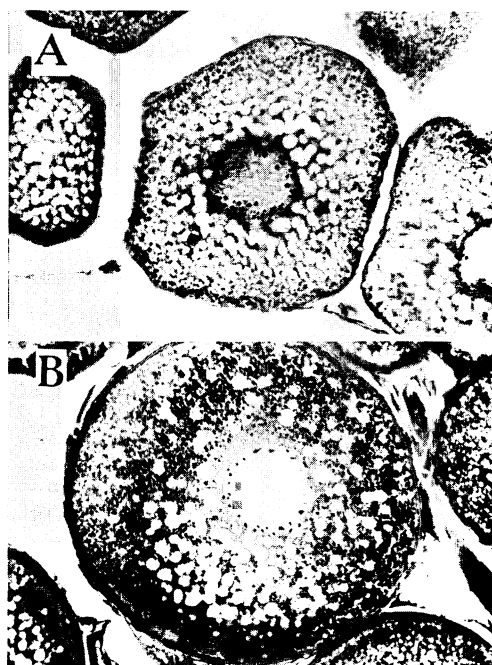


Fig. 1. Cross-section of oocyte of eels. A. Primary yolk stage, from a Japanese eel, 69 cm in total length. $\times 200$. B. Tertiary yolk stage, from a mature eel with hormone injection, 75.2 cm in total length. $\times 150$.

体長の個体の眼径より 1 mm も大きかった。その卵巣は最大幅 2.1 cm, 肛門より後方へ 12.6 cm も延長し、左葉は長さ 26 cm, 右葉は 19.8 cm であった。

ちなみに松井 (1936) の報告した標本では卵巣幅が 2~2.2 cm であり、一方平均卵径が 0.34 mm であった下りウナギ No. 2 の卵巣は、最大幅 1.5 cm, 肛門より後方へ延長した部分の長さが 11.9 cm であった。No. 7 の下りウナギの出現は日本産下りウナギとしては異例に属するが、外国では 0.5 ミリ台の卵を持った下りウナギが知られているし、今後、多数の下りウナギについて調査すればこのような状態にある魚体がかなり発見されるものと思われる。

下りウナギ期の卵巣卵の組織学的所見に関して、Honma (1956) は 4 月に採捕した全長 68.8 cm の魚体の卵巣は重量 13 g で 0.3 mm 級の卵は卵黄胞期に、ごく少数の 0.2 mm 以下の卵は周辺仁期に属するとした。佐藤ら (1962) も下りウナギの卵の大部分は卵黄胞期に属するとしている。著者らが行なった養成ウナギの卵巣卵の観察では、周辺仁期の終わりごろから若干の油球が細胞質の中層に環状になって出現しだし、以後急速に細胞質全域に広がる。そこで山本ら (1965) がエジマス卵において卵黄胞期と卵黄球期との間に設けた油球期をウナギの場合にも適用するのが有効であると思われる。佐藤らの組織像の写真は小さくて、微細な点は不明りょうではあるが、油球が細胞質の全域に分布していることから油球期に達していることは明らかである。松井 (1952) が示した最もよく発達した天竜川産下りウナギの卵の組織像は、卵黄球が細胞質の全域にわたって散在し、油球の数が減少している点で著者らが調べた下りウナギよりもさらに進んでおり、明らかに卵黄球期に属する。このような事実から日本産下りウナギの卵巣卵はふつう油球期、また油球期から卵黄球期への移行中のものが多く、最も進んだものでは卵黄球期に達している。

日本産ウナギ雌の成熟促進法としては日比谷 (1966) によってはじめられたシナホリンと DES, ビタミン E などの併用投与が各地で採用されている。石田・石井 (1970) は 16 回の注射で 0.80~1.0 mm の成熟卵を得た。また、静岡県水産試験場 (1972) は小型親魚 (400~600 g) にゴナドトロピン・テストステロンとエストラジオールを混合したボセルモン・シナホリンで処理した 10 個体中 3 個体から透明卵を得、大型親魚 (体重 700~1600 g) でも 80~100 日間生存した 3 尾が卵径 1 mm をこした卵をもち、生殖腺指数が 35~47 になったと報告している。さらに、千葉県内湾水産試験場 (1972) もシナホリン・DES・ヘキサステロールりん酸ナトリウム

塩、魚の脳下垂体など組合わせて注射し、1 mm 以上の卵を持った数個体を得ている。

これらの実験を通じて実験途中で死亡するものが非常に多い。本実験では DES・シナホリン区の実験魚は、注射 10 回目以後つまり実験開始 50 日以後しだいに死亡し、成熟促進の効果も著しくはなかった。ところが DPE・シナホリン区は前述のように促進の効果が大きい上に生残り状態もよく、血液性状をはじめ生理状態も良好であった。その一つの指標として肝臓が赤褐色で相対的に小さく、その重量は 16.4~25.4 g であり、DES・シナホリン区のそれの 26.1~63.4 g より著しく軽かった (Fig. 2)。対照区とした下りウナギでは肝臓は一層小さくて 3.7~12.7 g であり、本間 (1958) が新潟沖で採捕した体長 80 cm 前後の下りウナギでも 13.9~24.2 g であった。キンギョ (石井・山本, 1971) やアユ (広瀬ら, 1971) をはじめとしてかなりの魚では、成熟にともない雌の肝臓が水腫状となって重量が増大し、肝細胞の核の肥大、粗面小胞体の発達などの変化が起き、肝細胞が卵黄形成に関与していることが知られている。そして、エストロジェンの投与により未熟状態にある雄の肝臓でも、このような変化がひき起こされることから、肝臓における一連の変化は性ホルモンの支配によるものとみなされている。

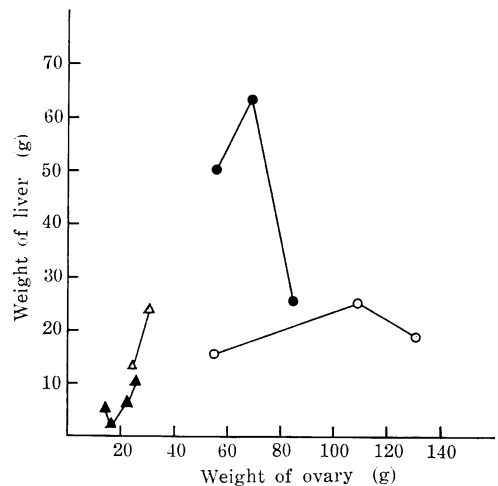


Fig. 2. Relation between liver and ovarian weights of Japanese mature eels. Solid circles, treated with diethylstilbestrol and gonadotropin (synahorin); open circles, treated with dipropionic acid estradiol and gonadotropin (synahorin); solid triangular, Japanese eel examined here; open triangular, Japanese eel examined by Honma (1958).

本実験の場合にも Fig. 2 に示すよう成熟がすすんで卵巣重量がまずと肝臓重量も増大するが、DES・シナホリン区ではその状態が異常である。このような現象は千葉県内湾水産試験場 (1972) ほかでも確認されていて、ふつう 10 回以上の投与で肝臓は体重の数%から 8%ほどになるといふ。この点、DPE・シナホリン区は全体として肝臓肥大がそれほど著しくなく、これが生残り状態をよくした一つの要因であると思われ、もし 4 月以降も実験をつづけておれば卵巣卵はさらに成熟した可能性もある。なお、体重に対する肝臓重量比が DPE・シナホリン区で 3.0~4.4% DES・シナホリン区で 4.1~8.2% にあたり、千葉県内湾水産試験場 (1972) で卵径が 1 mm 以上に達した 6 個体で 1.9~3.3% であることを考え合わせると、完熟卵を得るためには肝臓重量比を 4% 以下に保つ必要がありそうである。なお、肝臓組織のくわしい比較を現在行ないつつあり、これは他日に発表の予定である。

要 約

1971 年 9~10 月に高知県の四万十川河口で捕獲された全長 70 cm 前後の下りウナギについて、卵巣卵の成熟状態を調べるとともに同年 11 月 22 日から 1972 年 3 月末までシナホリン・DES および DPE などを注射して成熟促進の状態を研究し、次の事項を明らかにした。

1. 下りウナギの卵巣卵の多くは直径 0.3 mm 台で油球期に属するが、なかには卵黄球期に入った 0.4~0.5 mm 台の卵もかなりあり、最大の卵径は 0.59 mm であった。
2. DPE・シナホリン区では、4 尾のうち 3 尾までが実験打切りの 3 月末日まで生存し、成熟促進の効果が著しかった。とくに、2 個体では多くの卵の卵径が 0.6 mm から 0.8 mm になり、そのうち 1 個体では 0.95 mm 以上、第三次卵黄球期に達した卵が 7% あまりもあった。
3. DES・シナホリン区では 4 個体とも実験途中ですべて死亡したが、生殖腺重量は対照区のその 3 倍前後となり、第 2 次卵黄球期に達した卵もあった。
4. 成熟が進むと肝臓が肥大してくるが、とくに DES・シナホリン区で著しく、体重に対する割合が 4.1~8.2% に達した。ところが DPE・シナホリン区で

は 3.0~4.4% であり、完熟まで魚体を生かすにはこの値を 4% またはそれ以下におさえる必要があると思われる。

謝 辞

この研究をすすめるにあたり水族館の水槽の一部を貸与された高知市桂浜水族館の永国寿一・高谷将夫、下りウナギの採捕や管理に協力いただいた高知県中村市山崎武、高知大学水産実験所溝淵勇・奥田哲男の各位に厚くお礼を申しあげる。

引用文献

- 千葉県内湾水産試験場, 1972. ウナギ種苗生産研究中間報告書, 27 pp (とう写印刷).
- 日比谷京, 1966. ウナギの完熟採卵に成功. 養殖, 3 (7): 12-15, pls. 1-6.
- 広瀬慶二・会田勝善・横手元義・日比谷京, 1971. 成熟に伴うアユ肝臓の電子顕微鏡的变化. 昭和 46 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 9.
- Honma, Y. 1956. Another catadromous eel from the Sea of Japan. Jour. Fac. Sci. Niigata Univ. Ser. 11. 2 (3): 95-99, figs. 1-2.
- 本間義治, 1958. 中部日本海の降りウナギ. 科学, 28 (4): 204-205.
- 石田修・石井俊雄, 1970. ウナギの成熟促進試験. 水産養殖, 17 (5/6): 263-271, figs. 1-2, pls. 1.
- 石井清士・山本喜一郎, 1971. エストロジェン投与によるキンギョ肝臓組織の微細構造の変化. 昭和 46 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 8.
- 蒲原稔治, 1933. 鰻の熟卵. 動物学雑誌, 45 (531): 30.
- 松井魁, 1936. 本邦産鰻 (*Anguilla japonica* T. and S.) の卵巣卵の大きさに就いて. 科学, 6 (4): 136~138.
- 松井魁, 1952. 日本産鰻の形態・生態並びに養成に関する研究. 水産講習所報告, 2 (2): 1-245, pls. 1-3.
- 松井佳一・牧野佐二郎, 1934. 下り鰻の卵巣卵の 1 例に就いて. 科学, 4 (10): 412.
- 佐藤英雄・中村中六・日比谷京, 1962. ウナギの生殖腺の成熟に関する研究—1. 日本水産学会誌, 28 (6): 579~584, figs. 1, pls. 1-2.
- 静岡県水産試験場, 1972. ウナギ種苗の安定的供給に関する試験研究中間報告書, 11 pp.
- 山本喜一郎・太田 勲・高野和則・石川徹二, 1965. ニジマス成熟に関する研究—1. 日本水産学会誌, 31 (2): 123-132, figs. 1-3, pls. 1-2 (高知県土佐市宇佐 高知大学水産実験所)