



Title	人為催熟ウナギに見出だされた2例の間性生殖腺について
Author(s)	高橋, 裕哉; TAKAHASHI, Hiroya
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 30(4), 252-258
Issue Date	1979-11
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/23693">https://hdl.handle.net/2115/23693</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	30(4)_P252-258.pdf



人為催熟ウナギに見出だされた2例の間性生殖腺について

高橋 裕 哉\*

Two New Cases of Hermaphroditic Gonads Found in Artificially  
Matured Japanese Eels, *Anguilla japonica*

Hiroya TAKAHASHI\*

Abstract

In addition to a case of a hermaphroditic gonad of the eel described previously (Takahashi and Sugimoto, 1978), two new specimens with different types of hermaphroditic gonads were found among 14 silver male and 72 silver female Japanese eels, *Anguilla japonica*, which were collected in October 1976 in Aomori Prefecture, Japan, and subsequently treated with gonadotropic substances in order to induce gonadal maturation.

The gonads of hermaphroditic specimen No. 1, which had been regarded as a male (body length, 49.8 cm) and had been injected repeatedly with human chorionic gonadotropin, were large in size and milky white in colour just like the testes of fully matured male eels. The gonads on both sides were, however, clearly devoid of a lobulated architecture characteristic of eel testes; the broadly flattened gonads formed a complicated frill along the whole length of their ventral edges. Moreover, the gonads had a structure of vertical parallel ridges, which were reminiscent of vestigial ovigerous lamellae, on the lateral sides facing the peritoneal wall. Histological observations revealed that the gonads were composed of normally organized seminal lobules filled with mature spermatozoa. However, many previtellogenic oocytes of 350-450  $\mu\text{m}$  in diameter were found scattered at varying densities, mainly on the lateral periphery of testicular tissue. There were well-developed sperm ducts running along the proximal edge of the gonads adjoining the peritoneal wall.

Hermaphroditic specimen No. 2, which had been regarded as a female (body length, 68.8 cm), was treated with salmon pituitary powder. Its gonads were maturing ovaries in gross external morphology, except that the structure of ovigerous lamellae appeared to be obscured. The ventral edges of these gonads were, however, fringed with rather thick tissue cords of milky white colour. These tissue cords extended continuously along the whole length of the gonads. In addition, numerous minute flecks of whitish colour were dispersed in the semi-transparent, yellowish tissue which constituted the major portion of the gonad. Histologically, the yellowish tissue consisted of numerous oocytes, most of which were degenerating possibly because of overstimulation caused by hormonal treatment. The white tissue cords, as well as the white flecks, were masses of seminal lobules packed with mature spermatozoa. Small masses of seminal lobules formed also inside the ovarian tissue and joined each other to be confluent

\* 北海道大学水産学部淡水増殖学講座  
(Laboratory of Fresh-Water Fish-Culture, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

eventually with the sperm ducts which were well-organized at the proximal end of the gonad and which contained a large quantity of spermatozoa.

These characteristic features of the hermaphroditic gonads may offer some interesting problems for consideration in the study of the sexual development of the Japanese eel.

硬骨魚類の生殖腺の性は、一般的にいて、他の脊椎動物のそれにくらべて不安定であるとされる。その根拠の一つとして、本来雌雄異体性とみなされる魚種のあるものに、間性型の生殖腺をもつ個体がいろいろな頻度で出現することがある、という事実が挙げられる<sup>1)</sup>。これは異常性雌雄同体性 (abnormal hermaphroditism) とか偶発的雌雄同体性 (accidental hermaphroditism) とよばれる現象である。この場合にみられる生殖腺の間性型は同一魚種内でも、いわゆる精巣卵の出現程度のものから構造的に完全な卵巣と精巣の共存に至るまで、きわめて多様であるのを特徴とする。

この偶発的雌雄同体現象は機能的な雌雄同体性とは異なり、ごく特殊な例<sup>2)</sup>を除き硬骨魚の生殖との実質的なかわりは殆どないといってよいが、これを単に一種の奇形とみなして看過することは、Reinboth<sup>3)</sup>の指摘する通りやや単純にすぎるようである。むしろこの現象が硬骨魚類では他の脊椎動物群の何れにおけるよりもはるかに著しいという事実から、それを硬骨魚の生殖腺の形態形成と性分化上の特殊性と多様性<sup>4)</sup>を反映するものとしてとらえることが妥当のように思える。

日本産ウナギ *Anguilla japonica* の雌雄性については未だ不明な点が多いが、少なくとも成体の生殖腺には雌雄異体性が明瞭である。しかしごくまれに精巣卵の出現が観察されてもいる<sup>5)</sup>。著者はかつて人為催熟実験に用いた下りウナギに、精巣組織の混在する卵巣をもつ個体を見だし、その間性生殖腺の形態的特徴と催熟処置に伴う発達について報告した<sup>6)</sup>。その後同年度の実験群の他の2尾もまた間性型の生殖腺をもつことがたしかめられたので、それらの形態学的観察の結果を追加記録したい。

なお、この観察の対象とされた個体を含むウナギの人為催熟実験は、北大水産学部淡水増殖学講座所属の杉本良郎氏をはじめとする大学院学生諸氏、ならびに学部学生諸君の多大な援助のもとになされたものであることを附記して、深甚なる感謝の意を表する。

## 材料と方法

1976年10月中旬より下旬にかけて、青森県六ヶ所村で採捕されたウナギ *Anguilla japonica* の下り雌72尾および下り雄14尾を北大水産学部に輸送し、実験水槽内で海水に馴致させたのち、人為催熟処置およびその基礎資料を得るための諸実験に用いた。

間性生殖腺をもつ個体1は、その体長体形からはじめ雄として区分され、1976年11月上旬から週1回、ヒト胎盤性ゴナドトロピン (HCG; ゴナドトロピン, 帝国臓器) 250 IU の背筋内注射をうけ、1977年2月10日に屠殺剖検されたもので、屠殺時には体長 49.8 cm, 体重 175 g であった。また個体2は雌として扱われ、1976年11月上旬より同じく週1回、生理的食塩水に懸濁したサケ脳下垂体アセトン乾燥粉末 12 mg (2 mg/100 g 体重, 初期体重 630 g) の背筋内投与を受け、その13回反復の間に性成熟の徴候をみせたが遂に排卵せずにおわったため1977年2月24日に屠殺されたもので、屠殺時の体長は 68.8 cm, 体重は 580 g であった。

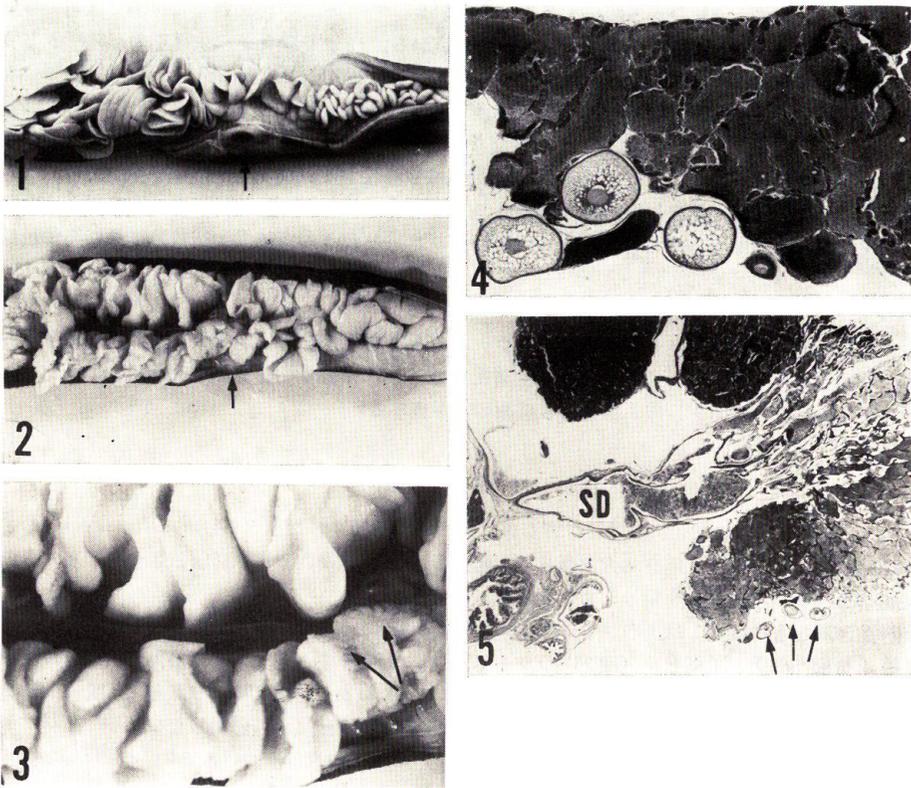
これらの2尾は剖検時の肉眼観察で間性型の生殖腺をもつことが知られたので、直ちに 10% ホルマリン液に浸漬保存したのち、詳細の観察に供した。また個体1の生殖腺の一部は剖検時に摘出してブアン氏液に固定し、ホルマン固定標本より切り出した生殖腺の一部とともに、常法により 8~10  $\mu$  のパラフィン切片とし、ヘマトキシリン・エオシン染色を施して組織学的に検査した。

観察結果

個体1はHCGの反復注射をうけたものであるが、哺乳類の脳下垂体性ゴナドトロピンとHCGとの混合製剤であるシナホリンと同様に<sup>7)</sup>、HCG単独もまたウナギ雄の成熟誘起に著効をみせた。個体1はこの処理の過程で搾出による明らかな排精をみせるに至り、また剖検によっても生殖腺基部に、精液を充滿させて膨張した乳白色の輸精管が明確であった。

成熟したウナギ雄の精巢は、肝臓前部から肛門部位を経てさらに腹腔の後端までのびる左右1対の乳白色を呈する器官で、左右のそれぞれには、輸精管に近い基部で相互に連なり周辺末端部を腹腔内に拮げた形のやや扁平な半円形ないし扇形の多数の小葉が、精巢の全長にわたって複雑に重なり合っ  
て並ぶという特徴的な形態をとる(図1)。小葉の大きさは一定しないことが多いが、一般に精巢の前中部で大きく、肛門域より後方の部位で小となる傾向がある。それぞれの小葉の表面はほぼ平滑である。

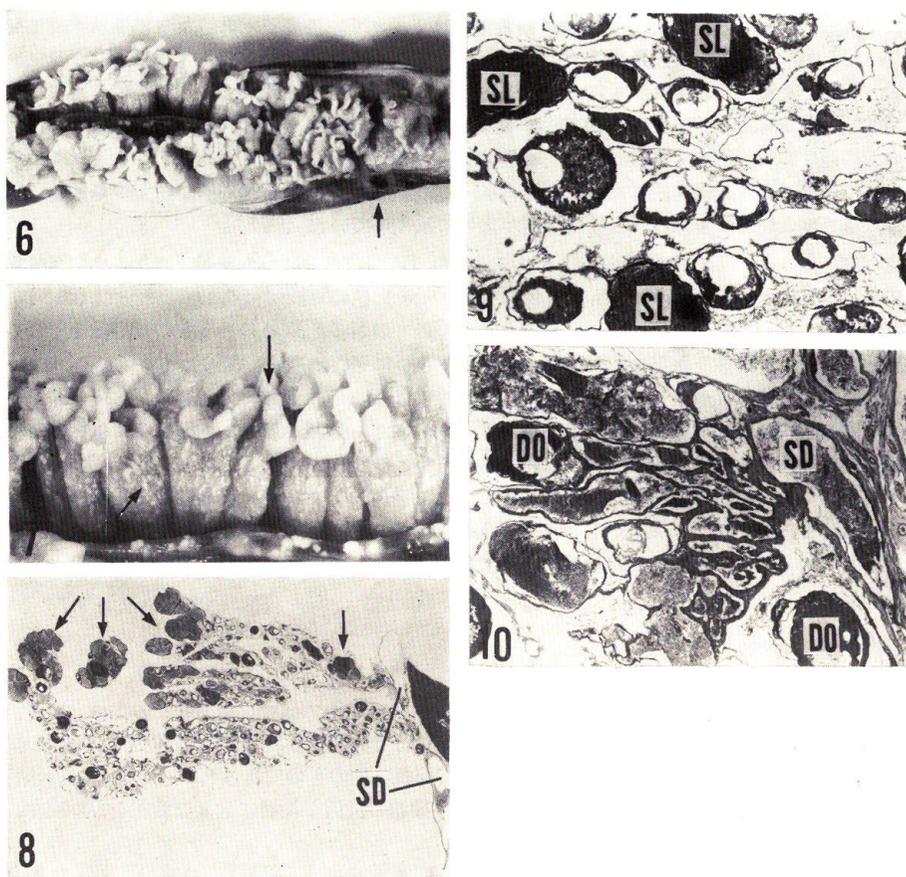
個体1の生殖腺は成熟精巢と同様に乳白色を呈していたが、外観上明確な小葉構造をみせず、不規



Figs. 1-3. Ventral views of maturing testes of a male eel (Fig. 1) and of the hermaphroditic gonads of specimen No. 1 (Figs. 2 and 3). Arrows in Figs. 1 and 2 locate the level of the anus; those in Fig. 3 point out the structure reminiscent of vestigial ovigerous lamellae. Anterior end of body to the left. Figs. 1 and 2,  $\times 0.38$ ; Fig. 3,  $\times 1.1$ . Figs. 4 and 5. Cross sections of hermaphroditic gonads of specimen No. 1. Arrows in Fig. 5 indicate the presence of oocytes. SD, sperm duct. Fig. 4, fixed with Bouin,  $\times 26$ ; Fig. 5, fixed with formalin,  $\times 5.4$ .

則な幅の、肥厚した帯状の器官がその腹縁に沿ってフリル状の複雑な皺曲をみせる形態をとっていた(図2)。またその表面は精巢の小葉表面のような平滑さをみせず、微粒を密集させたように粗であった、さらに、体壁に面する側壁には、生殖腺基部に垂直に並行する細い皺条の存在が認められた(図3)。この皺条の配置は成熟卵巢の卵巢薄板(ovigerous lamella)のそれと類似していた。このように個体1の生殖腺の外観は、その色を除けば成熟卵巢を思わせるもので、その卵巢様形態は肛門域より前方に至るほど顕著であるのに対し、同域より後方の部位では著しく肥大した精巢小葉に近い形態をみせていた。

組織学的にみると、個体1の生殖腺は無数の精囊より成る明らかな精巢組織をその主体とするもの



Figs. 6 and 7. Ventral aspects of hermaphroditic gonads of specimen No. 2. Arrow in Fig. 6 locates the level of the anus; those in Fig. 7 reveal cord-like and fleck-like masses of testicular tissue. Anterior end of body to the left. Fig. 6,  $\times 0.28$ ; Fig. 7,  $\times 0.86$ .

Figs. 8-10. Cross sections of hermaphroditic gonads of specimen No. 2. Arrows in Fig. 8 point out clusters of seminal lobules. Fig. 9 illustrates degenerating oocytes in ovarian tissue. Fig. 10 shows anastomosing seminal lobules and sperm ducts at the proximal end of the gonad. *DO*, degenerating oocyte; *SD*, sperm duct; *SL*, seminal lobule. Fixed with formalin. Fig. 8,  $\times 3.5$ ; Fig. 9,  $\times 30$ ; Fig. 10,  $\times 22$ .

で、その基部には発達した輸精管を有していた(図5)。精囊には、その内壁に沿って精子形成途上の生殖細胞包囊が散在してみられるほか、大量の成熟精子がその内腔を膨満させており、全体の組織構成は成熟精巢のそれと全く変らなかつた(図4)。しかしこの精巢組織の表層部には、径 350~450  $\mu\text{m}$  の無卵黄期の卵母細胞がさまざまな密度で分布していた。これらの卵母細胞の多くはおおむね健全とみられる形態を有しており、その分布は不均一であったが、精巢組織内に埋没してみられる場合はまれであつて、特に体壁に面する側に集中的に出現する傾向がうかがわれた(図4)。

個体2は雌としての催熟処置を施されたもので、処理開始時の体重は 630 g であつたが、サケ脳下垂体粉末の5回投与後から体重増加の進行をみせ10回投与後には 770 g に達して卵巢の完熟を推測させたが、以後の継続処理によつても排卵せずかえて体重の減少をみせ、処理開始後約15週目の屠殺時には 580 g となつていた。この個体は屠殺開腹後ホルマリン液浸標本としたため生殖腺重量を計測しなかつたが、生殖腺は帯黄色半透明で著しく肥大発達し腹腔を充たしていた(図6)。この生殖腺は左右ともその腹縁にそつてフリル状の著しい皺曲をみせる、前部で約 3.5 cm と幅広く後部に向つて次第にその幅を狭める肥厚した帯状で、一見して成熟途上の卵巢とみられる形態をもつていたが、卵巢薄板構造はやや不明瞭であつた。さらに左右の生殖腺の腹縁は、やや円味をおびるように肥厚した乳白色の組織によつて連続的におおわれており、また両側腹面から背基部にかけての帯黄色の組織内にも大きさおよび形が多様な乳白色の小斑が無数に散在していた(図7)。

組織学的にみると、この生殖腺の主体をなす帯黄色半透明の部分は卵巢組織であり、また腹縁部を索状におおうとともに卵巢組織内にも斑点状に散在する乳白色の組織は精巢組織であつた(図8)。卵巢組織を構成する卵母細胞は径 500  $\mu\text{m}$  をこえる大型のものが多く、そのあるものは卵黄を貯留したほぼ正常とみられる形態を保持していたが大多数は明らかに退行の過程にあつた(図9)。ホルマリン固定のため組織像の保存が不良であつて必ずしも明確ではないが、通常の卵退行に伴つてみられるような卵濾胞細胞層の肥厚発達は、本例では観察されなかつた。精巢組織は、内壁にごく少数の生殖細胞包囊と内腔に大量の成熟精子をもつ、組織学的に正常とみられる精囊より成つていた(図9)。これらは上述の如く生殖腺腹縁に連続的な組織塊としてよく発達していたが、卵巢組織の内部にも小塊をなして侵入しており、相互に吻合して、生殖腺が体腔背壁に接する基部を縦走してみられる管系に連なつていた(図8および10)。この管系内には大量の精子が存在しており、形態的に輸精管とみなしうるものであつた。

## 考 察

本報告に述べた2例の間性生殖腺は一方は精巢組織を、また他方は卵巢組織をその主体とする点で型を異にするが、双方ともよく発達した輸精管をもつことで共通する。前報<sup>6)</sup>に述べたウナギの間性生殖腺は、本報告の個体2のそれと組織構成からみて同様な型のものであつたが、これには輸精管の存在は認められなかつた。このことはウナギの間性生殖腺の成因の検討に大きな意義をもつ現象のように思える。

ウナギ類の成体の卵巢は卵巢腔—輸卵管系を欠くが精巢は形態的に明確な輸精管系をもつ。生殖輸管系の形態形成にみられるこのような性差は、生殖腺の初期性分化の方向の判定指標として重要である。欧州産ウナギ *Anguilla anguilla* では体長 15~20 cm の生殖腺の性分化期に幼時雌雄同体現象をみせる個体があるため、本来精巢分化の特徴であるべき輸精管原基の存在も、生殖腺の将来の性の判定の決め手とはなり得ないという<sup>8)</sup>。太田<sup>9)</sup>によると、日本産ウナギ *Anguilla japonica* は完全な雌雄異体性の性分化をみせ、卵巢分化は体長 15~20 cm の間に起り、精巢分化はこれよりややおそく膜状の生殖腺の基部に輸精管原基が形成され始めることで形態的に確認できるという。即ち日本産ウナギでは、輸精管の形成は生殖細胞の発達開始よりもかなり以前にみられる精巢分化に特異的

な現象とみなしてよい。このことからすると、本報告に述べた2例の間性生殖腺は、ともに精巣としての初期分化を遂げたものとも考えられる。

しかし本報告の個体1の生殖腺は、組織学的には精巣卵の出現を伴う精巣とみられるものではあるが、その外部的な形態特徴はむしろ卵巣型といってよいものであり、特に正常構成の精巣組織の表面に卵巣薄板状の形態が痕跡的とはいえ認められることは、この生殖腺がかって卵巣としての構造をそなえていたことを示唆するように思われる。また個体2の間性生殖腺は前報<sup>6)</sup>に記載した間性型式と本質的に似ていたが、精巣組織の発達が後者におけるよりもはるかに広汎であって、本来卵巣型の生殖腺の精巣化がより著しい場合の1例であるようにとれる。個体1では、その体長からみて、成長のかなり早い時点で精巣組織の広範囲にわたる形成が起り、また個体2では精巣組織の出現が比較のおそい時期に、また限局的に起ったのであろうか。とするならば、これらの個体の輸精管は初期性分化期に形成されたものではなく、卵巣型に分化した生殖腺の精巣化の過程で新たに分化形成されたものと考えねばならない。前報<sup>6)</sup>の例は精巣化の度合いが低く、輸精管の形成を導くには至らなかったものと解釈することも可能である。

しかしこれらの例はすべて人為的に催熟処置をうけ、卵巣組織および精巣組織の発達を強制されたのちの所見であって、処理前の生殖腺の組織構成がどのようであったかが不明である限り確定的な結論を下すことはできない。たとえば個体2の生殖腺に顕著であった卵巣卵の退化は、精巣化の進行と関連する現象としてとらえるよりもむしろ、この個体が卵巣完熟後の排卵適期とみられる処理開始後9ないし10週目<sup>10)</sup>からさらに5週以上を経過していたので、卵巣卵の排卵不能に伴う過熟変性のあらわれと考えるのが妥当かもしれない。その可能性は、10週目以降この個体に、排卵不能の成熟雌ウナギがみせると同様な体重の著減がみられたことから推察される。前述の輸精管の発達もこの催熟処理による影響が大であったであろうし、その処理開始前の状態が知られるならば、その形成にかかわる疑問を解く手がかりが得られるかもしれない。

日本産ウナギは欧州産ウナギのような幼時雌雄同体性をみせることもなく<sup>6)9)</sup>、まれに精巣卵の出現がみられているのみであって<sup>5)</sup>、雌雄異体性の強い魚種と考えられる。もっとも養殖ウナギはもちろん天然の下りウナギでも雌雄の生殖腺はきわめて未熟な状態にあるので、かりに異性の組織が生殖腺内に混在しているとしてもそれが視認されることはほとんどないといってよかろう。本報告に述べたウナギでは催熟処理によって両性の組織がともにその発達を刺激された結果、間性状態が著しく強調され外部的にも明瞭となったもので、他に報告をみない特殊な事例とみてよい。ただ前報<sup>9)</sup>に示した例では生検観察によって、間性的組織構成が処理開始時の未熟生殖腺に既に存在しており、それが催熟処置につれて次第に発達をみせたことを確かめているので、催熟処置そのものが生殖腺の間性化の第一義的な原因たりうる可能性はきわめて小である。

前報<sup>9)</sup>と本報告との併せて3例の間性個体はすべて、同一地域で同一時期に採捕された下りウナギに含まれていたものである。同地域からはこれまでほぼ5年間にわたり、各年60尾をこえるウナギを採集して催熟実験に用い、ほとんどすべての個体について生殖腺の解剖学的および組織学的観察を行なってきたが、まれに精巣卵の存在が観察されることはあったにせよ、明瞭な間性現象は上記の3例にみられたにすぎない。このことは日本産ウナギの強い雌雄異体性を反映するものであろうが、上記3例の間性個体が同一の年に集中して出現したことに興味をいだかせもする。欧州産ウナギの性分化の方向が環境の影響によって変更されうる可能性はしばしば言及されており<sup>8)11)</sup>、また日本産ウナギについても、養殖ウナギと天然ウナギとの性比の比較などから同様の見解が述べられてもいる<sup>12)</sup>。しかしこのような見解をうらづける実験的な証拠はもちろん、生殖腺の発達過程の詳細な解析結果も日本産ウナギでは得られていない。

## 要 約

1976年秋、青森県で採捕した下りウナギに、催熟処理終了後の検査で間性生殖腺をもつものが計3尾見出された。既報の1尾を除く2尾のうち、個体1の生殖腺は組織学的にみて多数の卵母細胞をその表層部にもつ精巣組織より成っており、発達した輸精管を有していたが、外部形態には卵巣的な特徴が顕著にあらわれていた。個体2の生殖腺は外観的には成熟卵巣の形態を呈し、無数の退行中の卵母細胞を含む卵巣組織を主体としていたが、その腹縁をおおって索状の精巣組織塊が生殖腺の全長にわたってのびていたほか、卵巣組織内にも精巣組織の小塊が散在しており、さらに生殖腺基部によく発達した輸精管が存在していた。既報の1例を含むこれら3例の間性生殖腺の形態的特徴の比較から、これらが本来卵巣型の生殖腺に由来した可能性を考え、その成因について若干の検討を試みた。

## 文 献

- 1) Atz, J.W. (1964). Intersexuality in fishes. p. 145-232. In Armstrong, C.N. and Marshall, A.J. (eds.), *Intersexuality in Vertebrates Including Man*. 479p. Academic Press, London and New York.
- 2) Kossmann, H. (1971). Hermaphroditismus und Autogamie beim Karpfen. *Naturwissenschaften* 58, 328-329.
- 3) Reinboth, R. (1972). Hormonal control of the teleost ovary. *Am. Zool.* 12, 307-324.
- 4) 高橋裕哉 (1978). 性分化と性転換—魚類・両生類. p. 23-58. 日本比較内分泌学会編, ホルモンと生殖 I. 298 p. 学会出版センター, 東京.
- 5) 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—I. 性分化および生殖腺の成熟過程. *日本誌* 28, 579-582.
- 6) Takahashi, H. and Sugimoto, Y. (1978). A spontaneous hermaphrodite of the Japanese eel, *Anguilla japonica*, and its artificial maturation. *Jap. Jour. Ichthyol.* 24, 239-245.
- 7) 山本喜一郎・広井 修・平野 忠・森岡孝朗 (1972). シナホリン投与による養殖ウナギの精巣催熟について. *日本誌* 38, 1083-1090.
- 8) D'Ancona, U. (1960). The life-cycle of the Atlantic eel. *Symp. Zool. Soc. London* 1, 61-75.
- 9) 太田博己 (1978). ニホンウナギ (*Anguilla japonica*) およびヨーロッパウナギ (*A. anguilla*) の生殖腺の性分化と発達, 特に性ホルモン投与の影響. 水産学修士論文, 昭和53年, 北海道大学.
- 10) 杉本良郎・武内良雄・山内皓平・高橋裕哉 (1976). サケ脳下垂体投与によるウナギ (*Anguilla japonica*) 雌の成熟誘導と成熟卵の油球の状態について. 北大水産彙報 27, 107-120.
- 11) Kuhlmann, H. (1975). Der Einfluss von Temperatur, Futter, Grösse und Herkunft auf die sexuelle Differenzierung von Grasaalen (*Anguilla anguilla*). *Hergoländer Wiss. Meeresunters.* 27, 139-155.
- 12) 松井 魁 (1972). 鰻学 [生物学的研究篇], 283 p. 恒星社厚生閣, 東京.