水温下降期の“健康”ウナギにみられた えら腎炎様病徴について*

岡 英夫・牛山宗弘・山下一臣
(昭和 51 年 8 月 18 日受理)

On Branchionephritis-like Conditions of Apparently Healthy Eels in Temperature-descending Seasons

Hideo P. OKA, Munehiro USHIYAMA and Kazutami YAMASHITA

*Hamanako Branch, Shizuoka Pref. Fish. Exp. Stn.,
Maisaka, Shizuoka-ken, Japan*

(Received August 18, 1976)

Histological and haematological studies were made on apparently healthy eels (*Anguilla japonica*) collected from eel-culture ponds in Shizuoka prefecture through late August to mid-December, 1973. No epizooty was reported in those ponds during the period of study and all fish studied had no visible external abnormalities.

Hematocrit values and plasma Cl^- concentrations were within the normal ranges in all fish throughout the seasons and no histological alterations were observed among the fish collected in August and September. Histological changes similar to those observed in fish with “branchionephritis”, however, occurred in the fish of October and progressed to advanced stages with seasons.

Epithelial hyperplasia started in the gill filaments, not in the lamellae, and formed a tong-like growth of epithelial tissue between the lamellae, and finally developed into crubbing of gill filaments. Histological changes in the kidney were rather slight.

Those changes were thought to be the reactions to the coldness and/or fasting of the hibernating eels in the pond.

えら腎炎は冬期、養殖ウナギに大量斃死をもたらす疾病で、1969 年から 1970 年にかけての冬期、大井川下流域兩岸（焼津市、大井川町および吉田町など）の養鰻池群で最初に出現した。

当初、罹患魚には外部から肉眼的に認められる異常はまったく存在せず、そのことがむしろ本病の特徴ですらあった（江草，1970）。最近，えら腎炎の重症罹患魚には軀幹の硬直，腹面の正中線に沿ったへこみなどが認められ，毛細血管の充血による腹面皮膚の軽度の発赤もあるとする主張もあるが，これらがえら腎炎特異の病徴であるとするための証拠はない（EGUSA, 1976）。これらのうちで前二者は，越冬状態に永く置かれた養殖ウナギにはしばしば認められるものと言えよう。

このように，えら腎炎罹患魚は外部の肉眼的特徴が明

確でないのに対し，組織学的には顕著な特徴をもつとされた。すなわち，鰓の上皮組織の増生による鰓薄板の肥厚，癒着ひいては鰓弁の棍棒化，ならびに腎臓での細尿管上皮細胞の混濁腫脹および硝子滴変性の出現，糸球体の腫大もしくは萎縮である（江草，1970）。しかし，後に鰓と腎臓の病徴とみなされたこれらの現象が越冬，絶食期の養殖ウナギにも自然に出現する可能性があるのではないかと疑いも持たれるようになった（江草ら，1971）。

この点に着目して 1973 年晩夏から冬にかけて静岡県下各地域の養鰻池のウナギを調査したところ，越冬期に入る頃の健康と思われる養殖ウナギにもえら腎炎の病徴に類似した現象が認められたのでここに報告する。

本文に入るに先だち，懇篤な御校閲を賜った東京大学農学部江草周三教授に対し，衷心より深謝の意を表す

* 静岡県水産試験場浜名湖分場業績第 59 号

表 1. 供試魚の概要

群	採捕地域	採捕月日	採捕時水温 (°C)	平均体長 (cm)	平均体重 (g)	検体数 血液/組織
1	浜名湖	1973年 8月31日	30.5	47.9	158	5/5
2	中 遠	9月19日	23.3	54.1	253	7/7
3	焼 津	10月 4日	18.3	46.9	134	10/5
4	焼 津	12月 6日	6.7	49.9	143	10/5
5	中 遠	12月14日	5.6	50.2	224	7/4

る。

また、供試魚の採捕と検査の一部を担当して下さった日本配合飼料株式会社中央研究所焼津分場熊井恒夫氏、ならびに富士製粉株式会社研究所寺田昌司氏に感謝する。

組織標本の鏡検などについては淡水区水産研究所横手元義博士に負うところが大きい。記して謝意を表する次第である。

材料と方法

材料のニホンウナギ *Anguilla japonica* (以後、単にウナギと略記する) は 1973 年 8 月から 12 月にかけて前後 5 回、静岡県下の養鰻池から採捕した(表 1)。これら 5 魚群のうち第 2 群と第 5 群、また第 3 群と第 4 群は各同一池から採ったものである。これらの池は各採捕時とそれ以前の同年内には疾病の流行または特に問題となる斃死は認められなかったもので、また全魚群とも外見的には何らの異常も認められない魚でのみ構成されていた。

採捕した魚は短かくて数時間、長くてもひと晩、採捕時の水温(表 1)にはば準ずる水温の流水中に蓄養した後にウレタンで麻酔し、外見上の特徴を観察し、動脈球より採血後、内臓諸器官、皮膚、筋肉、甲状腺、眼球そして鰓(左側第 2 鰓弧)をブアン液あるいはグルタルピクリン酸液(鰓と脾臓)で固定し、定法により 5 μ 厚のパラフィン切片とした後、ヘマトキシリン・エオジン染色あるいは PAS・ヘマトキシリン染色を適宜施し、鏡検に供した。採取した血液については、ヘマトクリット値(以後、Ht 値と略記する)と血漿塩素イオン量(以後、Cl⁻ 量と略記する)の測定を行なった。

Ht 値は 11,000 rpm, 5 分間遠沈により、また Cl⁻ 量は SCHARLES-SCHARLES の硝酸第二水銀滴定法・山田の変法(柴田・佐々木, 1966)により求めた。

結果と考察

1. 血液の Ht 値と Cl⁻ 量

供試魚血液の Ht 値と Cl⁻ 量の測定結果を表 2 に示

表 2. 供試魚血液の Ht 値および血漿 Cl⁻ 量

群	平均 Ht 値±標準偏差 (%)	平均 Cl ⁻ 量±標準偏差 (meq/l)
1	25.6±4.0	130± 2
2	26.4±6.1	144±13
3	33.3±6.6	121±14
4	36.2±7.7	116±10
5	32.9±6.2	141±21

す。

今回の供試魚は、前述のように、すべて外見的には何らの異常も認められない健康と思われる養殖ウナギであったが、同一池から採った第 2 群と第 5 群および第 3 群と第 4 群とを各比較すると秋から冬に向っていくぶん Ht 値は上昇し、Cl⁻ 量は減少する傾向がうかがわれる。

養殖ウナギの血液性状のうち、Ht 値と Cl⁻ 量とに関する測定値を既往文献からまとめたものが表 3 である。

これらのうち Ht 値では、KAWAMOTO (1929) の値は 9 月 10 日から 12 月 11 日にかけての値を採った。SANO (1957) の値は夏の健康魚を 2 日間絶食させた際の平均値であり、保科 (1962) の値は健康魚における高い値と鰓赤病末期罹患魚における低い値を示している。大上ら (1969) は健康ウナギの Ht 値は夏に低く冬に高い傾向を示すと述べているが、表 3 に示したのは彼らの得た 10 月の最低値と 12 月の最高値である。西尾ら (1971) も休餌期の養殖ウナギの Ht 値を測定しているが、表 3 にはそのうち 11 月から 12 月にかけての値をグラフから読みとって載せた。

Cl⁻ 量についての報告は少なく、表に示したものはすべてえら腎炎が問題となって以後に報告されたものである。すなわち、西尾ら (1971) は上記 Ht 値とともに Cl⁻ 量をも測定しているが、表 3 には 11 月から 12 月にかけての値を Ht 値の場合と同様にグラフから読みとった値を示した。江草ら (1971) は西尾ら (1971) と同じ測定値に基づき鰓にえら腎炎病徴の認められない魚から病徴軽度(鰓薄板癒着がみられ出した段階)のものまで量の通年範囲を決定し、摂餌期の 5 月から 11 月につ

表 3. 既往文献における正常ウナギの Ht 値および Cl⁻ 量

著 者(発表年)	Ht 値 (%)	Cl ⁻ 量 (meq/l)	要 摘*
KAWAMOTO (1929)	26.7—28.8		9 月—12 月
SANO (1957)	{ 30.4 (24.0—45.2)		夏期健康魚平均値 (範 囲)
保 科 (1962)	33.7—18.0		健康魚→鱧赤病末期罹患魚
大上ら (1969)	26.0—37.0		健康魚(10 月—12 月)
西尾ら (1971)	22 —33	90—120	健康魚(11 月—12 月)
江草ら (1971)		107—110	{ 鰓におけるえら腎炎病徴: 無—鰓薄板癒着初期
大 上 (1974)		123.8±5.9—125.7±4.3	健康魚(10 月—12 月)

* 本文参照

けては多く、休餌期である 12 月から 4 月にかけては少ないとしており、表 3 に示した値はそのうち、9 月から 12 月にかけてのものである。

表 2 に示した今回の測定値を表 3 の各値に比べると、それらがいずれも健康魚の示す値の範囲を越えないことがわかる。

2. 組織標本検査

鰓および腎臓以外の器官組織には問題となる変化はほとんど認められなかったが、鰓と腎臓の組織にはえら腎炎の病徴に似た変化が認められた。

8 月末に採捕された第 1 群の供試魚のいずれにも、鰓の呼吸上皮の増生は鰓弁上のどこにも認められなかった。また、鰓薄板内の毛細血管の管壁も明瞭で、出血や遊走細胞の浸潤なども認められなかった。第 2 群は 9 月半ばに採られたが、すべての供試魚の鰓は第 1 群の魚と同様に正常の状態にあった。

しかし、それから約半月遅れて採捕された第 3 群ではすべての魚で鰓薄板基部付近の鰓弁自体の上皮組織の増生が認められた (図 1)。増生した上皮組織の中には核が大型化し、仁が集中している細胞がしばしば出現し、その一部には有糸分裂を行なっているものも認められた (図 2)。

さらに 2 か月後の 12 月初旬に採られた第 4 群の供試魚の鰓では鰓弁上の上皮の増生肥厚はいっそう顕著であったが、その細胞増生の様子はきわめて特徴的であった。すなわち、隣りあう二つの鰓薄板の間に鰓弁上から上皮組織が恐らくは舌状に盛り上ったように増生するのである。この増生組織は鰓薄板の基部から鰓薄板に癒合し、その癒合は次第に先端におよぶ。増生上皮組織内には有糸分裂を行なっている細胞増殖像が多数認められた。また、この増生部の先端にはしばしば粘液細胞が占位し、開口していた (図 3)。

の Cl⁻ 量の範囲を示した。大上 (1974) は健康魚の Cl⁻

なお、鰓薄板それ自体、特にその先端部に始まる上皮細胞増生はほとんど認められなかった。

12 月中旬に採られた第 5 群供試魚の鰓の変化は第 4 群のそれよりもさらに進行していた。すなわち、鰓弁はその基部から先端部までのほぼ全域にわたり、増生した上皮組織に覆われて棍棒化していた (図 4)。このような状態は本群供試魚のすべてに認められた。この棍棒化した鰓弁の縁辺部の上皮組織は数層のやや扁平な細胞で構成され、周囲を増生した上皮細胞層に囲まれた鰓薄板が折れ曲り、折り重なっている状態のものも見られた (図 5)。この棍棒化した鰓弁の中の、増生した上皮細胞層には江草 (1970) が認めているように、多数のリンパ球が斑状に浸出していた。また、このリンパ球群はその近くの毛細血管の中にも存在が認められた。

以上述べたように、鰓の肥厚は 10 月初旬に採られた魚ではじめて認められ、12 月初旬、さらには中旬、と時間の経過につれて重症化している。この上皮細胞の増生はすでに述べたように、その大部分が鰓薄板基部の鰓弁上に始まっており、先端部に始まる例はほとんど認められない。この事実は EGUSA (1976) が述べている例を除き、それ以前のえら腎炎罹患魚の鰓でも同様であった (江草, 1970, 江草ら, 1971)。

一方、腎臓について見ると、8 月末に採捕された第 1 群では全供試魚とも異常というべきものは認められなかった。すなわち、細尿管上皮細胞の核は例外なく大型化し、仁は明瞭になっており、機能亢進の状態を示している。細胞質の部分もやや膨化しており、軽度の混濁腫脹と考えられる状態のものも多数認められはしたが、これを病変とは判定できない。糸球体はすべての魚で腫脹気味であり、そのためにしばしばボーマン嚢腔腔野は狭くなっていた。これとても細尿管の場合と同様に病変というべきほどのものではなかった。間質にも特筆すべきものは認められなかった。

9 月中旬に採られた第 2 群では、すべての供試魚の腎臓は第 1 群のものとほぼ同じ状態にあった。

10 月上旬に採捕された第 3 群では、細尿管上皮細胞の膨化はさらに進行しており、ほぼすべての細胞において混濁腫脹が認められた。その核も内容がやや不明瞭になった (図 6)。糸球体は第 1 群および第 2 群のものと同様に腫脹気味のものがしばしば見られたが、崩壊の域に達したのもわずかではあるが認められた。ボーマン嚢上皮細胞の崩壊もわずかではあるが見られた。間質部を含めて、腎臓内への出血あるいは遊走細胞の浸潤はほとんど認められなかった。

第 4 群は 12 月初旬に採捕されたものであるが、その細尿管の状態は第 3 群のそれとほぼ同様の状態であったが、上皮細胞内に空胞の存在するものも認められた。糸球体も以前の群と同様にやや腫脹気味であり、ボーマン嚢の上皮細胞も膨化しているものがしばしば認められた。

第 5 群の供試魚は 12 月中旬に採られたものであるが、これらの腎臓には今までに述べたものと異なる状態のものも認められた。すなわち、細尿管上皮細胞には一般に図 6 に示すような混濁腫脹が認められたが、腎臓によっては硝子滴変性を示すものもあった (図 7)。糸球体も、本群以前の各群の大部分のものと異なり、膨化しているものも存在しはしたが、むしろ一般には萎縮あるいは崩壊しているものが多く、そのためにボーマン嚢腔野は大きく広がって見えた (図 8)。嚢壁の上皮細胞に硝子滴変性や崩壊が認められる場合も少なくなかった。

以上のように、腎臓においては細尿管上皮細胞の混濁腫脹は 10 月初旬に採られた第 3 群からやや顕著になるため、これを第 2 群までに見られていたものと区別し、それよりも一段進行した状態として考えた。しかし、全体としては腎臓では硝子滴変性が 12 月中旬に採られた第 5 群においてやっと出現するという程度であった。こ

れらの状態は各えら腎炎病徴に類似しているとは言え、1969 年冬期、最初に発見されたえら腎炎の罹患魚で認められた病徴 (江草, 1970) に比べるとかなり軽度のものと言える。例えば今回見られた中で最も進行した細尿管上皮細胞の硝子滴変性 (図 7) も江草 (1970) が硝子滴変性初期としているものと同じ状態にあり、これは同時に、江草ら (1971) による三段階の区分のうちの中位のものにすぎない。

以上の結果を江草ら (1971) に準じて下記の基準を設けて整理すると表 4 のようになる。

鰓の変化の段階

- I. 正常。鰓弁あるいは鰓薄板のいずれにも肥厚などは認められない。
- II. 過半の鰓弁の上皮に細胞の軽度の増生があるものの、鰓薄板の癒着はほとんど認められない (図 1)。
- III. 鰓弁上に上皮の恐らくは舌状と思われる増生部が出現し、その基部から鰓薄板との癒着が進行している (図 3)。
- IV. 鰓薄板相互の完全な癒着が大部分の鰓弁上に認められ、棍棒化した鰓弁が多数認められる (図 4)。

腎臓の変化の段階

細尿管およびボーマン嚢と糸球体について、それらの変化を各区分した。

細尿管

- I. 正常。軽度の混濁腫脹もしばしば認められる。
- II. ほぼすべての上皮細胞に顕著な混濁腫脹が認められる。その核は大型化し、内容が不明瞭な場合が多い (図 6)。
- III. 上皮細胞に硝子滴変性が認められる (図 7)。

ボーマン嚢と糸球体

- I. 正常。
- II. 糸球体の萎縮、崩壊あるいはボーマン嚢上皮細胞

表 4. 群別供試魚の鰓と腎臓の状態の区分*

群 (採捕月日)	検体数	腎 臓								
		鰓				細 尿 管			糸 球 体	
		I	II	III	IV	I	II	III	I	II
1 (8.31)	5	5	0	0	0	5	0	0	5	0
2 (9.19)	7	7	0	0	0	7	0	0	7	0
3 (10. 4)	5	0	5	0	0	3	2	0	4	1
4 (12. 6)	5	0	0	5	0	1	4	0	5	0
5 (12.14)	4	0	0	0	4	0	2	2	0	4

* 鰓および腎臓の状態区分の説明は本文参照

の崩壊などが認められる (図 8)。

今回の供試魚群ではえら腎炎病徴類似の変化は鰓に比べて腎臓ではより軽微であり、出現時期も遅かった (表 4)。えら腎炎の場合にも、従来は、腎臓の病徴は鰓のそれに比べてやや遅れて現われる傾向にあった (江草, 1970, 西尾ら, 1971) し、最初の報告 (江草, 1970) のものは別として、それ以後のものはいずれも軽微であった (西尾ら, 1971; 江草ら, 1971)。最近においてもこれと同じ傾向、すなわち鰓の病徴は進展しているにもかかわらず、腎臓のそれがきわめて軽微であるというような、えら腎炎罹患魚群が観察されている (EGUSA, 1976)。

このように、えら腎炎においては腎臓の病徴の出現段階が不定であるためもあるが、現在行なわれている簡易診断は Cl^- 量の少ないことおよび鰓に病徴が存在することによっている。堀内ら (1975) は鰓薄板の癒合の強度と血漿 Cl^- 濃度との間には明らかな相関があると述べている。しかし、鰓の病徴が重篤な場合を除き (江草ら, 1971)、一般には Cl^- 量の低下と鰓の病徴進行との間の関係は定かではない (EGUSA, 1976)。

今回の供試魚群は先述のように外観的にも血液性状の上からも異常の認められないものであったが、表 5 に示すように Cl^- 量と鰓の状態との間にはやはり特筆すべき関係は認められていない。すなわち、今回の健康魚群には秋から冬に向うにつれて鰓と腎臓にえら腎炎病徴に類似した状態が認められ、それらは進展したもの、 Cl^- 量にはほとんど変化—低下—はなかった。

この結果、越冬期のウナギには従来えら腎炎として知られている鰓と腎臓に病徴が認められ、血清あるいは血漿の Cl^- 量が低下し、魚に大量死を起こさせる異常と、今回観察されたように Cl^- 量は低下せず死をも起こさせないが、鰓と腎臓にはえら腎炎の病徴に類似した状態が認められるものとが存在することになる。

しかし、あえて推論すれば、後者の状態は越冬期の養殖ウナギでは普通に起きるもので、寒冷あるいは絶食、

さらにはそれら両者、に対する一種の反応であるかも知れない。そして、その状態が永く続けば Cl^- 量の低下が起こるのかも知れない。

江草 (1970) はすでに、発病のない池から外観的には異常の認められない、腎臓の病変は軽度であったにもかかわらず鰓は完全に棍棒化している魚を見いだしている。そして従来より吉田地域に起きていた病理形態的にはえら腎炎と同様である“ボーズレ”の原因として、冬期に魚が冬眠できずに活動を続けることによる消耗、血行不全ならびに鰓への寒冷刺激などを挙げている。また、それに続いて江草ら (1971) も 1970 年冬期のえら腎炎調査の結果、鰓の変化は 2 か月を越える長期の絶食と低温という条件によって自然にもたらされる状態とも受け取れるとしている。そしてさらに、この鰓の変化は絶食による内因と寒冷刺激による外因とによって起こる可能性が大きく、特に前者の影響がより大きいように思われるとしている。

江草 (1970) はまた、えら腎炎は死亡現象とも考えうると述べたが、上述のような見地からすればこの見解は至当のものであると考える。

今回の調査は供試魚の尾数などに問題もあるうが、その結果は先に述べたように、これらの見解をほぼ裏づけていると考える。

要 約

晩夏から冬にかけて静岡県下各地域の養鰻池から採捕した外観的には異常の認められないニホンウナギ *Anguilla japonica* を検査した結果、以下のことが分った。

- 1) 外観的には異常のない健康と見られるウナギでも、秋から冬に向かって鰓と腎臓にえら腎炎病徴に類似した状態が見られるようになった。
- 2) 腎臓に見られた変化は最も進行したものでも既報のえら腎炎罹患魚に出現した病徴に比べて軽微であり、また、鰓のそれよりやや遅れて出現した。
- 3) 鰓の肥厚は鰓弁上の上皮細胞が舌状に増生することにより起こることが確認された。
- 4) これらのウナギでは血漿塩素イオン量の平均値は終始 116 meq/l を下らなかった。
- 5) これらの鰓および腎臓に起こった変化は越冬期の養殖ウナギに普通に起こる寒冷あるいは絶食、またはその両者とも、に対する反応であるとも推測される。

文 献

江草周三 (1970): 今冬 (1969-1970) 養殖ウナギに

表 5. 血漿 Cl^- 量と鰓の状態との関係

血漿 Cl^- 量の範囲 (meq/l)	鰓の状態区分*			
	I	II	III	IV
≥ 130	10	0	0	3
130—100	2	5	4	1
100—70	0	0	1	0
70—30	0	0	0	0
合計(尾数)	12	5	5	4

* 本文参照

- 流行した“えら腎炎”について、併せて腹水病との比較、本誌、5 (1), 51-66.
- 江草周三・広瀬一美・若林久嗣 (1971): ウナギのえら腎炎に関する調査報告—II. 鰓の病変の出現と血漿中イオン濃度、本誌、6 (1), 57-61.
- EGUSA, S. (1976): Some bacterial diseases of freshwater fishes in Japan, in Recent advances in fish pathology, Proceedings of an international seminar on fish diseases, *Fish Pathology*, 10 (2), 102-114.
- 堀内三津幸・佐藤 勉 (1975): 養殖ウナギのえら腎炎の一発症例—血液性状の変化と鰓・腎病変について一、本誌、10 (1), 1-9.
- 保科利一 (1962): ウナギの鰓赤病に関する研究、東水大特研報、6 (1), 1-104, 20 図版.
- KAWAMOTO, N. (1929): Physiological studies on the eel. 1. The seasonal variation of the blood contents, *Sci. Rep., Tôhoku Imp. Univ., 4th Ser., Biol.*, IV. No. 4, 635-641.
- 西尾和民・日置勝山・竹野 登・白石嘉男・高野 洋・白石眞生・川村悦春・利田舜史 (1971): ウナギのえら腎炎に関する調査報告—I. 魚体および養殖池の調査と血漿中のイオン濃度、本誌、6 (1), 47-56.
- 大上皓久・幡谷雅之・村松高明 (1969): 養殖ウナギの血液性状に関する研究—I. 健康状態と二・三の血液性状との関係について、静岡水試研報、(3), 57-67.
- 大上皓久 (1974): 養殖ウナギの血液性状に関する研究—II. 究血漿中の塩素イオンについて、同誌、(7), 69-71.
- SANO, T. (1957): Haematological studies of the culture fishes in Japan I. On the blood of eel, *Jour. Tokyo Univ. Fish.*, 43 (1), 75-79.
- 柴田 進・佐々木匡秀 (1966): 日常臨床生化学超微量定量法、金芳堂、東京、125-129.

図版の説明

- 図 1. 鰓薄板基部鰓弁上に認められた上皮組織の軽度の増生。第3群以降の供試魚において見られた。PAS・ヘマトキシリン (PAS-H) 染色。
- 図 2. 鰓薄板基部鰓弁上の上皮組織の増生部に認められた細胞の有糸分裂像 (矢印)。PAS-H 染色。
- 図 3. 隣り合う二つの鰓薄板の間に鰓弁上から上皮組織が舌状に増生している。これが鰓薄板に癒合して行く。第4群の供試魚に多く見られた。増生部の先端に粘液細胞が位置することもしばしばある。PAS-H 染色。
- 図 4. 棍棒化した鰓弁。基部から先端部にかけて上皮組織が増生する。第5群にみられた。PAS-H 染色。
- 図 5. 棍棒化した鰓弁。縁辺部の上皮細胞は数層にわたり扁平化している。鰓薄板は増生した上皮細胞に囲まれて折れ曲り、折り重なっている。上皮細胞層の中頃には多数のリンパ球が浸出している。PAS-H 染色。
- 図 6. 細尿管上皮細胞の顕著な混濁腫脹。核も大型化しているが、その内容は不明瞭となっている。第3群以降に出現している。PAS-H 染色。
- 図 7. 細尿管上皮細胞に認められた硝子滴変性。これらの細胞では核は縁辺部に位置する。第5群ではじめて出現した。PAS-H 染色。
- 図 8. 糸球体の崩壊像。ボーマン嚢腔野が大きく広がって見える。PAS-H 染色。