養殖ニホンウナギの鰓の強度鬱血の病理組織学的観察

江草周三^{*1}・田中 真^{*2}・大上皓久^{*3}・岡 英夫^{*4}

(1988 年 12 月 20 日受付)

Histopathological Observations on an Intense Congestion of the Gills in Cultured Japanese Eel, *Anguilla japonica*

Syuzo EGUSA^{*1}, Makoto TANAKA^{*2}, Hirohisa OGAMI^{*3}
and Hideo OKA^{*4}

^{*1} Fish Disease Center, Tokyo Suisan Bldg. 6F, 4-18 Toyomi, Chuo-ku, Tokyo, 104 Japan

^{*2} Hamana Branch, Shizuoka Prefectural Fisheries Experimental Station,
Bentenjima, Hamana-gun, 431-02 Japan

^{*3} Fuji Trout Farm, Shizuoka Prefecture, Fujinomiya, Shizuoka Pref., 418-02 Japan

^{*4} Shizuoka Prefectural Fish Farming Center, Kuchino, Numazu City, 410-01 Japan

(Received December 20, 1988)

A new disease of *Anguilla japonica* which is characterized by an intense congestion of the gill filaments was histopathologically studied. In all the diseased eels studied the central venous sinuses and all other venous vessels of the gill filaments were observed to be filled with blood and markedly inflated. In part of the gill filaments it was observed that the blood once filled the central venous sinuses and other venous vessels had partly or almost entirely flowed out, leaving a marked dilatation of them. Destructive lesions were not observed in any part of the gill vasculature. No evidence of obstruction was observed in any part of the arterio-arterior vasculature. Arteriovenous anastomoses were observed to maintain the normal structure. The intense congestion of the arterio-venous vasculature in diseased eels is of essentially unknown etiology, but some physiological disturbance in cardiovascular functions may be involved in the causation.

大部分の、ときには殆ど全ての鰻弁の中心静脈洞の著明な血液充満と拡張によって特徴づけられるウナギの疾病が、1985 年頃から静岡県下の養鰻場で見られ始め、以来、年を追ってその発生例が増加し、問題となっている。この疾病を最初に報告した岡・田中(1986)は鰻の異常を“鰻弁の著しい充血”あるいは“鰻弁血管の著しい拡張と充血”と表現した。ついで大上・田中(1987)はこれに鰻弁充血症という呼称を与えたが、その特徴は鰻弁動脈の充血ではなく、中央腔(中央静脈洞)への血液の溢入によるものとした。

これらの報告の中で、鰻の組織学的観察についても触れられているが記載は十分ではなく、また、修正すべき

点が少ないので、著者らは過去に作製されていた病魚の鰻の組織切片と、新たに作製したそれらについて改めて観察を行なった。本報はその結果を記述するとともに、それに基づいて鰻にみられる異常の発現機序について若干の考察を加えたものである。

材料と方法

1983~88 年に静岡県下の 14 の養鰻場から採集した病魚 43 尾(体長 9.1~48.1 cm)を材料とした。なお、鰻弁中心静脈洞の血液充満と拡張は鰻の直接検鏡で容易に確認できるが、材料魚は全てそのようにして鰻の独特の異常が確認されたものである。

材料魚のうち小形の魚(<16 cm)は全魚体をブアン固定液で固定し、頭部を切り取った。大形魚では一部の鰻弓(通常、第 1 鰻弓)を切り取ってブアン固定液で固定した。これら固定した材料から常法によってパラフィン

*1 (社)日本水産資源保護協会

*2 静岡県水産試験場浜名湖分場

*3 静岡県富士養鰻場

*4 静岡県栽培漁業センター

Abbreviations used on plates:

af.BA., afferent branchial artery; af.FA, afferent filament artery; BV, branchial vein; C, cartilage; CVS, central venous sinus; ef.BA, efferent branchial artery; ef.FA, efferent filament artery; H, hemorrhage; M, adductor muscle; S, septum

Fig. 1. Longitudinal section of gill filaments from a diseased eel. Showing an intense congestion of the central venous sinuses (CVS). The blood once filled CVS has partly flowed out, leaving dilatation of CVS. Bar=500 μ m

Fig. 2. Cross section of a gill filament from a normal eel (a) and a diseased eel (b). In the diseased eel CVS is filled with blood and markedly dilated. Besides blood fills processes (long arrow) of CVS around the cartilage (C) and their connection (short arrow) behind the afferent filament artery (af.FA). Bar=200 μ m

Fig. 3. Longitudinal section of gill filaments from a diseased eel. Showing markedly dilated CVS. Most of the blood once filled the CVS has flowed out. Bar=500 μ m

切片を作製した。切り取った鰓弓の多くでは鰓弓面に平行の、換言すれば鰓弁面に垂直に鰓弁を縦断する切片(以下鰓弁垂直縦断切片)を作製したが、一部の鰓弓では鰓弓面に垂直に鰓弁を横断する切片(鰓弁横断切片)を作製した。また一部の鰓弓では鰓弁面に平行する鰓弓と鰓弁の縦断切片(鰓弁平行縦断切片)を作製した。小形魚では頭部の正中面に平行の切片を作製したが、鰓弁の切断方向は一個体で多様であった。染色は専らヘマトキシリン・エオジン染色による。

結 果

観察した全ての個体の鰓弁で、その中央に多量の血液

が棒状に滞留していることが観察された (Fig. 1)。鰓弁横断切片でみると、正常魚ではごく狭い腔所で赤血球が散見されるに止まる中心静脈洞 (central venous sinus 以下 CVS) (Fig. 2a) に血液が充満し、それは著しく拡張していた (Fig. 2b)。多くの魚で一部の鰓弁の CVS は血液が充満しているものと同様に拡張しているが、血液はその一部 (通常基部側) を満たすに止まっていたり (Fig. 1)、あるいは殆ど虚血状態となっていることが観察された (Fig. 3)。この虚血は、一たん充満した血液の CVS からの流出によるものであることは明らかで、人工産物である疑もあるが、魚体を丸ごと固定した小形魚でも観察されたことから、生体内で起こった可能性が大きいと

Fig. 4. Apparently normal afferent arterio-venous anastomosis (arrow) in a diseased eel. Bar=50 μ m

Fig. 5. Apparently normal efferent arterio-venous anastomosis (arrow) in a diseased eel. Bar=50 μ m

Fig. 6. Cross section of gill filaments attached to the septum (S) from a diseased eel. Blood fills CVS, processes of CVS around the cartilage (C) and their connection behind the afferent filament artery (★). These processes and connections communicate by their lateral fusion and make a communication between the hemibranch of the same row. Bar=100 μ m

Fig. 7. Cross section of gill filaments attached to the septum from a diseased eel. The blood once filled CVS and its communication along the septum has flowed out. Bar=100 μ m

思われた。

拡張した CVS の壁は伸張していると思われるが、その破壊は部分的にも観察された例がなく、また CVS からの出血も観察されなかった。

ウナギにおける CVS への血液流入は小入鰓動脈と CVS 間の、また小出鰓動脈と CVS 間の動静脈吻合経路とされる (DUNEL and LAURENT, 1980; LAURENT, 1984)。これらの吻合が何らかの病変によって開いたままの状態になるとか、破壊するといった異常があれば、血液は上記動脈から CVS に異常に流入することが考えられたので、拡張した CVS の動静脈吻合について詳細に観察し

た。しかし、正常魚のそれと構造上とくに変化は観察されなかった (Figs. 4, 5)。

血液が充満して CVS が著しく拡張した鰓弁では、血液は中肋の側方から小入鰓動脈の側方と背側にも広がっていた (Fig. 2b)。この広がりには明瞭な輪郭をもち、正常魚では組織切片上で観察され難い CVS の分岐が中肋側方に、さらにその連絡部が小入鰓動脈の背側に存在し、それらに CVS から血液が流入し拡張したものと考えられた。これら中肋側方の分岐、小入鰓動脈背側の連絡部は鰓弁軸の方向に縦につながる、断面が三日月形の洞様脈管を構成しているとみられ、それらの洞様脈管にも血

Fig. 8. Longitudinal section of the base of gill filaments from a diseased eel. CVS on the left is filled with blood and CVS on the right lacks blood. CVS communicates in the basal part to that of the vicinal filament. Bar=200 μ m

Fig. 9. Cross section of the gill arch from a diseased eel. Showing the branchial vein (BV), CVS and the connection between the two. A small amount of blood is seen in BV and the connection. Hemorrhage (h) has occurred around the efferent branchial artery (ef.BA) and efferent filament artery (ef.FA). Bar=200 μ m

液が充満し拡張していた (Fig. 6)。CVS が虚血に近い状態の鰓では、それら洞様脈管も内部に血液は少なく、拡張したままとなっていた (Fig. 7)。これらの事実は一たん CVS とそれにつながる脈管を満たした血液が鰓静脈経由で流れ去ったことを示している。

鰓弁平行縦断切片でみると血液は CVS の基部を満たし、さらに中肋の湾曲した基部上を側方に広がり、隣接鰓弁の CVS から血液の広がりや連絡していた (Fig. 8)。CVS 基部は隣接鰓弁のそれと連絡しており、その連絡部に血液が充満し拡張したものとみられる。

鰓弁平行縦断切片をみると、CVS と鰓静脈を結ぶ洞様脈管内と鰓静脈内に血液の存在が観察された (Fig. 9)。しかし、それらに血液が充満しているという状態はみられなかった。なお、正常魚では鰓静脈は十分の太さをもったものであるが、内部に赤血球が少量みられるに止まる。Fig. 9 にみられるように、多くの魚で鰓静脈周辺や、入鰓・出鰓動脈周辺の疎結合組織に出血が起こっていた。この出血は個体によってはかなり広範囲にみられた。

観察した魚の大部分の鰓では鰓薄板の内部構造に殆ど異常はなく、上皮基底膜、壁柱細胞の形態にも異常は少

なく、血液流路内には多くの赤血球がみられた (Fig. 10)。しかし一部の鰓では血液流路の多くで赤血球がみられず、それは単なる空洞となっていることが観察された (Fig. 11)。また、多くの個体で被蓋細胞の肥大による上皮の肥厚がみられ、さらに一部の個体では上皮細胞間空隙が拡大し、ときにはかなり大きな空洞となり、一見したところ水腫様となったものもあった。しかし、これらの変化は全ての個体に共通するものではなく、本病に特異的なものではないと考えられた。

観察した 43 尾中の 4 尾の鰓薄板の多くで、血液流路内に染色性の低い広い細胞質をもつ上皮細胞様の細胞が多数出現し、血液流路が殆ど閉塞された状態が観察された。そこでは壁柱細胞は圧迫され、少数の赤血球が血液流路内のところどころに存在するに止まっていた。これは明らかに一種の病態とみられるものであるが、ごく一部の魚にみられたに止まることから本病に本質的に関わるものとは考えられない。これについては改めて報告する予定である。

入鰓・出鰓動脈、また小入鰓・小出鰓動脈内の血液の存在の仕方にはかなりの個体差があり、病魚に共通する

Fig. 10. Longitudinal section of a gill filament from a diseased eel. CVS is filled with blood. Gill lamellae appear almost normal. Red blood cells are found in almost all blood channels. Bar=50 μ m

Fig. 11. Longitudinal section of a gill filament from a diseased eel. Lamellae appear normal in structure but most of the blood channels contain no red blood cells. Bar=50 μ m

状態、例えばそのどれかが必ず充血し、どれかが必ず虚血しているといったようなことは観察されなかった。また出鰓動脈につながる小出鰓動脈基部には括約筋があるが、それが収縮し、小出鰓動脈が充血しているといった状態も認められなかった。

考 察

観察した全ての個体の鰓弁の大部分で CVS の著しい血液の充満とそれによる拡張とが観察された。一部の鰓弁では拡張した CVS から拡張を残こして血液の一部、あるいは殆ど全てが流れ去っていることが観察された。このことは CVS の壁構造が薄く繊弱であり、それを囲む組織も殆ど上皮細胞からなることから、内圧を受けると容易に広がる一方、内圧が去っても復元しないことを物語っている。

ところで冒頭に述べたように、著者らの一部は先きに CVS の血液充満状態を充血と称した。しかし CVS は静脈系であるから厳格にはその血液量増加は鬱血であり、本稿では以下鬱血という。

鬱血は CVS だけでなく、中肋側方から小入鰓動脈背側の分岐と連絡部、それらが縦につながった洞様脈管、隣接鰓弁の CVS 基部連絡部にも及んでいた。既に述べたように、鰓における動脈系から静脈系への血流は小入鰓動脈と CVS 間、小出鰓動脈と CVS 間の吻合経路である。そこで、CVS の強度の鬱血は吻合経路で血液が大量に、かつ高い圧で流入し、流入した血液が鰓静脈・下

鰓静脈を経て心臓に還流しなかった結果であると思われる。還流しなかったのは流入量が多くて正常な還流では対応できなかったためかもしれない。また、何らかの還流障害があったのかもしれない。ただ、その還流障害は、拡張した CVS とそれから鰓静脈に通ずる静脈系から血液が流れ去った状態がしばしば観察されたことから、解除されうるものであるように思われる。

CVS への血液の異常流入は動脈系と CVS 間の吻合に何らかの病変が起こり血流に無抵抗となれば起こるであろう。しかしそれを思わせる病変がみられなかったことは結果の項で述べたとおりである。また鰓薄板血液流路の全面的閉塞が起これば、血液の小入鰓動脈側の吻合からの CVS への流入が起こり得ようが、そのような閉塞は認められなかった。また、もしそれが原因とすれば小入鰓動脈の充血と小出鰓動脈の虚血が起こると思われるが、そのような状態は観察されていない。

周知のように、鰓の動動脈系と動静脈系の間で生理学的に血流の切り換えが起こるが、それは主としてアセチルコリン、アドレナリンその他の血管系作用性因子に支配される。それら因子の中でとくにアセチルコリンは動動脈系から動静脈系への切り換えをもたらしものとして知られ、その機作は小出鰓動脈基部の括約筋の収縮を起こすためとされている (SMITH, 1977; DUNEL and LAURENT, 1977, 1980; NILSSON, 1984)。アセチルコリン投与の影響は過去にウナギを含む種々の魚種で実験されているが、それが CVS の鬱血をもたらしたとの報告はない。

しかし、生理的範囲を逸脱したアセチルコリンの作用があれば切り換えに異常をもたらし、CVS 鬱血が起こるかもしれない。

本病の研究とは全く無関係の立場で ENDO and UCHIDA (1986) は樹脂鑄型法を用いてウナギの鰓脈管血を調べているが、それによると麻酔下のウナギでは注入された樹脂は小入鰓動脈から CVS に入ってしまう、鰓薄板血液流路、さらに小出鰓動脈には入ってゆかなかったという。鰓弁の動脈と CVS 間の吻合に調節機能があるか否かの問題は未だ明らかにされてはいないが (NILSSON, 1984; LAURENT, 1984), この報告された事実は、麻酔下では小入鰓動脈と CVS 間の吻合が弛緩し開口したことを意味するものであり極めて興味深いものである。

CVS から心臓への還流障害の問題であるが、それが起こるとしても解除され得るものであるとすれば、それは不可逆的な形態的異常によるものではなく、機能的変調によるものであることを思わせる。

要するに現段階では本病における CVS の強度鬱血の機序は不明といわざるを得ない。しかし血管系機能調節の異常による疑は濃厚であり、血管系作用性因子の影響を含めた実験病理学的研究を進めることがその機序解明に不可欠と考えられる。

最後に、本病名に充血という語を用いることは適当ではなく、鰓弁充血症という病名は改めたい。一方、原因が明らかにされるまでは病名を付けることは避けるべきであるとも考えられる。しかし、今後の研究の便宜を考慮し、鰓うつ血 (症) と呼ぶことを提案したい。なお、鰓薄板に大小の赤血球団塊が形成される疾病があるが、これは動脈系の疾患であり、本病とは全く独立したものである。

文 献

- DUNEL, S. and P. LAURENT (1977): La vasculature banchiale chez l'anguilla: Action de l'acétylcholine et de l'adrénaline sur la répartition d'une résine polymérisable dans les différents compartiments vasculaires. *C.R. Hebd. Seances Acad. Sci.*, **284**, 2011-2014.
- DUNEL, S. and P. LAURENT (1980): Functional organization of the gill vasculature in different classes of fish. p. 37-58 in *Jean Maety Symposium: Epithelial transport in the lower vertebrates* (B. LAHLOU ed.). Cambridge Univ. Press. London and New York.
- ENDO, M. and S. UCHIDA (1986): Study on vascular system in the gills of some teleosts by the resin-replica method. *Japan. Jour. Ichthyol.*, **33**, 168-173.
- LAURENT, P. (1984): Gill internal morphology. p. 73-183 in *Fish Physiology* (W. S. HOAR and D. J. RANDALL, eds.). Vol. 10A. Academic Press Inc. Toronto.
- NILSSON, S. (1984): Innervation and pharmacology of the gills. p. 185-227 in *Fish Physiology* (W. S. HOAR and D. J. RANDALL, eds.). Vol. 10A. Academic Press Inc. Toronto.
- 岡 英夫・田中 真 (1986): 鰓病の感染・発病条件に関する研究. 昭和 60 年度魚病対策技術研究成果報告書. 静岡県水産試験場浜名湖分場通刊 No. 252, 1-21, 図版 I-V.
- 大上皓久・田中 真 (1987): 鰓病の感染・発病条件に関する研究. 同上 No. 257, 1-25, 図版 I.
- SMITH, D. G. (1977): Sites of cholinergic vasoconstriction in trout gills. *Am. Jour. Physiol.*, **233**, R 222-R 229.