カタクチイワシの成長に伴う脳髄形態の変化

小 川 良 徳

(1967 年 4 月 17 日受理)

Morphological Transition of the Brain Components of Anchovy with Their Body-growth

Yoshinori OGAWA*

The morphological changes of the brain of anchovy were elucidated in connection with its growth and then discussed in relation to the changes of behaviour.

The results obtained are summarized as follows:

1) The three stages may be recognized from the view of morphological changes in each part of the brain.

(a) The 1st stage: "Shirasu" stage, less than 30 mm in total length, when lobus opticus is exclusively large (and the other parts of the brain are not developed).

(b) The 2nd stage: The stages from 40~60 mm in total length when lobus opticus, each part of cerebellum, and saccus vasculosus are of adult type and when schooling behaviour and sight feeding behaviour are developed.

(c) The 3rd stage: The stage over 70 mm in total length when every part of the brain obtains adult type.

2) Judging from the above mentioned results, there seems to be a close relation between the changes of behaviour of anchovy and morphological ones of its brain, especially distinct in lobus opticus, corpus cerebelli, valvula cerebelli, and saccus vasculosus.

カタクチイワシ *Engraulis japonica* (HOULTUYN) の脳髄形態に関する従来の研究は、内橋¹⁾ が成魚の脳形について、また島村²⁾ が Valvula cerebelli の形態について記載しているにすぎない。

筆者は本種の稚魚期から成魚期に至る、成長に伴う脳髄の発達過程における形態的变化について観察し、脳形変化と行動変化との関連について若干の考察を試みたので、ここに報告する。

本文に先立つて、御指導と御校閲の労を賜った北海道大学水産学部教授小林新二郎博士、法政大学教授拓植秀臣博士、瀬戸内海栽培漁業協会常務理事内橋潔博士に心からお礼を申しあげる。

材 料 と 方 法

使用標本は 1953~'66 年の間、主に 石川県七尾湾、福井県敦賀湾、兵庫県香住付近、神奈川県荒崎付近で抄網、地曳網、巾着網、定置網などによって漁獲されたものである。標本は生魚を 10 % の中性ホルマリン液で固定した。

観察に供した魚体の大きさは全長 15 mm (以下すべて全長で示す) から 120 mm までの範囲であり、供試個体数は同一発育段階個体について、採集年、産地を異にするごとに 50 尾以上について解剖観察した。脳髄形態に関する観察方法は先に報告したマイワシ³⁾ の場合と同様である。

脳髄各部の名称と略号は Table 1 に示す通りである。

Table 1. Abbreviation for all figures

aqu. syl.	Aquaeductus Sylvii	lob. opt.	Lobus opticus
bul. olfa.	Bulbus olfactorius	lob. post. cer.	Lobus posterior cerebelli
cer.	Cerebellum	lob. vag.	Lobus vagi
chia. opt.	Chiasma opticum	n. III	Nervus oculomotorius
corp. cer.	Corpus cerebelli	n. opt.	Nervus opticus
cri. cer.	Crista cerebelli	n. olfa.	Nervus olfactorius
em. gr.	Eminentia granularis	pall.	Pallium
ep.	Epiphysis	com. p. o.	Postoptische Commissurenplatte
fov. n. oculo.	Fovea nervi oculomotorii	prae.	Praethalamus
fis. endor.	Fissura endorhinalis	sac. v.	Saccus vasculosus
hypo.	Hypophysis	sul. ypsi.	Sulcus ypsiliformis
inf.	Infundibulum	tect.	Tectum
lat. ein.	Lateralen Einschnürung	tor. long.	Torus longitudinalis
lob. ant. cer.	Lobus anterior cerebelli	tor. sem.	Torus semicircularis
lob. fac.	Lobus facialis	val. cer.	Valvula cerebelli
lob. inf.	Lobus inferior	vent. qua.	Ventriculus quartus
lob. olfa.	Lobus olfactorius

Fig. 1. Dorsal aspects of the brain in Anchovy.

- A. Larval stage 15 mm in total length
 B. " 25 mm "
 C. Young stage 50 mm "
 D. Adult stage 120 mm "

結 果

脂肪様物質 カタクチイワシの形態は、きわめて薄い Ossa cranii に覆われ、Fossa cranii の中に充滿している。背面から Ossa cranii を透して脳髓の背面が見え、脳髓を取りまく脂肪様物質はいずれの成長段階でもきわめて少ない。

脳髓の全形 脳髓全形の背面観は、いずれの成長段階でもほぼ菱形に近似している (Fig. 1)。側面観では 20 mm までは縦偏した扇形状を呈し、30 mm 以後は扁圧された平行四辺形状を示すが、成長に伴って扁圧の度合は減少する (Fig. 2)。全体としては稚魚期は棍棒状であるが、成長が進むにつれて槌子状を呈す。

Fig. 2. Lateral aspects of the brain in Anchovy.

A. Larval stage 25 mm in total length

B. Young stage 50 mm "

C. Adult stage 120 mm "

各脳部の見かけ上の大きさの順位は Table 2 に示す通りで、Lobus opticus は著大で常に第 1 位にある。Corpus cerebelli の発達によつて 25~60 mm の段階で順位の変化がみられるが、70 mm 以上での順位は変化はみられない。

Table 2. The order of the various parts of brain in apparent size

Total length (mm)	Telencephalon	Infundibulum + Lobus inferior	Lobus opticus	Corpus cerebelli	Medulla oblongata
15	3	5	1	4	2
20	4	5	1	4	2
25	4	5	1	3	2
30	5	3~4	1	3~4	2
40	5	4	1	3	2
50	5	4	1	3	2
60	5	4	1	2~3	2~3
70	5	4	1	2	3
100	5	4	1	2	3

Telencephalon Bulbus olfactorius はいずれの成長段階でも Lobus olfactorius よりも小さく、Lobus olfactorius の前方下側に密接している。15 mm では背面観は半円形、側面観では三角形を示す。20 mm 以上の段階では球根状の楕円体となる。

Nervus olfactorius は細く、稚魚期には短かく、成長に伴って長くなる。その断面は 40 mm 以前ではほぼ円形であるが、それ以後は楕円形を示す。

Lobus olfactorius は 40 mm の段階までは、その側面観は長楕円体であり、背面観も楕円形に近似しているが、後端部に軽微なくびれがみられる。Fissura endorhinalis はこの 40 mm の段階で浅く認められる。Lobus olfactorius は 50 mm の段階に達すると、背面観および側面観ともに楕円形状を示すが、極めて小さく、成魚段階に達しても小さい。Tuberculum taeniae および Sulcus ypsiliformis は判然としな

い。

Diencephalon Epiphysis は先端が膨化しており、10~40 mm の段階では楕円形を示し、50 mm に達するとさらに大きく、背面観では丸味を帯びた三角形を呈する。

Nervus opticus は 25 mm の段階までは極めて細く、40 mm を越える段階から急激に丈夫になる。Infundibulum の直前で左右の神経は交叉する。15~18 mm の段階では 2 束交互交叉であるが、25 mm の段階から 3~4 束の交互交叉となる。Nervus opticus は極めて短い。Nervus opticus の断面は 40 mm の段階までは扁平であるが、成長に伴って楕円形となる。

Infundibulum は 15~40 mm の段階では扁平な舌状で、Lobus inferior に比較して大きい。その後端部は叉状を呈している。50 mm を越える段階から後部が狭小となり、Sulcus recessus hypophysis の周辺部がいく分膨出する。100 mm を越えると Infundibulum は Lobus inferior よりも小さくなる (Fig. 3)。

“Postoptische Commissurenplatte” は外見上認められない。

Lobus inferior は 15 mm の段階では扁平に近いが、この段階で、すでに Fovea nervus oculomotorius が深く認められ、これによつて両下葉とも前部と後部に表面上区分される。前部は扁平で三角形、後部は卵円形状を示す。 (Fig. 3-A)。

25 mm の段階に達すると後部は前部よりも肥大し、ほぼ半円形状となる。40 mm を越えると Fovea nervus oculomotorius の直後の部分が肥大隆起し、100 mm を越えるとさらにこの傾向は強化される。

Saccus vasculosus は常に Infundibulum の後端叉状部に位置している。

Fig. 3. Outline of infundibulum, lobus inferior and saccus vasculosus.

A. Total length 15 mm	B. Total length 25 mm
C. " 50 mm	D. " 120 mm

Infundibulum の後端は成長に伴って前方に移る。したがって、Saccus vasculosus は両下葉の後端より前方に位置するようになる。Saccus vasculosus の形状は 15~20 mm の段階では小楔形を示すが、成長に伴って雨滴形となるが、いずれの成長段階でもきわめて小さい。

Mesencephalon Lobus opticus はいずれの成長段階においても各脳部中常に最も大きい。15 mm の段階での背面観は前部に狭く、後部は左右に展開して広く、側面観では卵円形である。20~40 mm では両葉とも卵円形を示す。50 mm を越えると、両葉の側面後部が顕著に膨化する (Fig. 1, 2)。

Lobus opticus の側面部には、初期の段階から浅い凹部が認められ、成長に伴って明瞭となるが、これはマイワシに認められた“Lateralen Einschnurung”にあたるものとみられる。

Tectum opticum を除くと、正中線部分の直下に Torus longitudinalis が前方から後方に向っている。この Torus longitudinalis は 50 mm の段階までは細長く、その先端は Valvula cerebelli の背面中央部に達し、その断面は三角形を示す。成長に伴って、巾広くなり、その後端は左右に開いている (Fig. 4)。また Torus semicircularis はいずれの成長段階でも小さい (Fig. 4)。

Cerebellum Corpus cerebelli は 15~20 mm ではきわめて未発達で、Lobus anterior cerebelli がわずかに前方へ突出するが、Lobus posterior cerebelli はほとんど認められない。Corpus cerebelli の背面観はほぼ五角形状を示している。

25 mm の段階では Corpus cerebelli の両側が突出する。30 mm に達すると Corpus cerebelli は上方向に肥大隆起し、Lobus posterior cerebelli がわずかに認められる。またこの段階では Eminentia granularis の直後に小隆起部がみられる。

さらに 40 mm に達すると Corpus cerebelli の頂部と脚部の境に軽微なくびれが認められ、Lobus pos-

Fig. 4. Outline of torus longitudinalis, torus semicircularis, and valvula cerebelli.

- A. Total length 30 mm (Dorsal view)
 B. " (Transverse section cutting through the middle segment of the torus longitudinalis)
 C. Total length 80 mm (Dorsal view)
 D. " (Transverse section cutting through the middle segment of the torus longitudinalis)

terior cerebelli の両側に小楕円形の隆起部が見られるが、55 mm に達すると、この隆起部は前述の Eminentia granularis 後方の隆起部と連合して、Lobus posterior cerebelli の側面から Corpus cerebelli の脚部にかけて明らかな隆起帯を形成する (Fig. 1)。

Eminentia granularis は 25 mm の段階までは小さいが、Corpus cerebelli の発達とともに肥大し、50~90 mm の段階では側面観は刀字形を示し、100 mm を越えると瘤状の顕著な突起部を形成する (Fig. 2)。

Valvula cerebelli は 15 mm では小三角形の小突起であり、20 mm ではほぼ半円形となる。25 mm では背面観は矩形に近似し、40~50 mm に達するとほぼ四辺形状となつて、中脳腔の大部分占める。

30 mm 以後の段階では Valvula cerebelli の先端から側面にかけて、その外かくをふちどるように fissura が認められるが、これは内部の molecular layer と granular layer の境が表面に反映しているものである。

80 mm の段階に達すると Valvula cerebelli の後部は左右に膨出展開して軍扇状をなし、90 mm 以上では中脳腔にほぼ充滿する。

Medulla oblongata Crista cerebelli は 15~20 mm では Corpus cerebelli に続く単純な小隆起部にすぎないが、40 mm に達すると肥大して後端部は丸味を帯びて、左右両葉は相接して Aguaeductus Sylvii 上を渡る。Lobus vagi は Crista cerebelli の後方にやや膨化して認められる。

考 察

以上脳髓各部の形態変化を観察したが、各脳部が成魚形に達する成長段階についてまとめると Table 3 に示す通りであり、これから成長段階を第 1 期 (30 mm まで)、第 2 期 (40~60 mm)、第 3 期 (70 mm 以上) に区分することができる。

脳髓の形態からみた第 1 期の特徴は、Lobus opticus は大きい、Corpus cerebelli, Valvula cerebelli,

Fig. 5. Dorsal view of Valvula cerebelli.

A.	Total length	15 mm	E.	Total length	35 mm
B.	"	20 mm	F.	"	50 mm
C.	"	25 mm	G.	"	50 mm
D.	"	30 mm			

Table 3. Body size of anchovy when the every part of its brain reaches adult form.

Various parts of brain T. L. (mm)		Juvenile stage			Young stage			Adult stage			
		15	20	30	40	50	60	70	80	90	110
Telencephalon	Bulbus olfactorius					○		●			
	Lobus olfactorius						○	●			
	Nervus olfactorius					○		●			
	Epiphysis					○		●			
	Nervus opticus				○			●			
Diencephalon	Infundibulum					○				●	
	Lobus inferior						○			●	
	Saccus vasculosus				○		●				
	Hypophysis					○		●			
Mesencephalon	Lobus opticus			○	●						
Cerebellum	Corpus cerebelli				○		●				
	Eminentia granularis					○		●			
	Valvula cerebelli				○					●	
Medulla oblongata	Crista cerebelli				○		●				

○...semiadult form
●...adult form

Crista cerebelli などが未発達である。このことは游泳行動がきわめて緩慢であること、成群は海流の物理的条件によつて形成されることなどのこととよく符合する。

第2期は *Lobus opticus* がまず顕著に発達して成魚型に達し、*Corpus cerebelli*, *Crista cerebelli*, *Eminentia granularis* などが発達し、*Saccus vasculosus* も成魚型に発達する。この段階では視覚性の索餌行動となり、これの裏付けである游泳力、敏捷性の増大がみられ、餌料生物も前期よりも大型となる。また前期の他動的な成群形成から自動的な成群形成がみられるようになる。*Telencephalon* は成長に伴つてほとんど発達しない。このことは嗅覚の未発達を示すものといえる。

第3期には各脳部とも成魚形に達し、*Telencephalon* の矮小化、*Lobus opticus* の著大化、*Corpus cerebelli*, *Crista cerebelli* および *Valvula cerebelli* の十分な発達がみられる。この段階では本種が毛針で釣れること、すなわち、視覚性摂餌行動をし、嗅覚による索餌行動がみられないこととよく符合している。

頭蓋腔内の脳髓を包む脂肪様物質はいずれの成長段階でもきわめて少なく、また *Saccus vasculosus* も極めて矮小であることは、本種が常に表層生活者であることと一致している。

要 約

カタクチイワシの成長に伴う脳髓形態の変化を明らかにし、行動変化との関連について考察を試みた。得られた主な結果を要約すると次の通りである。

1. 脳髓各部の形態変化から次の三段階が区別できる。

(a) 第1期: 30 mm までのシラス期で、*Lobus opticus* のみ大きく、他の脳部は未発達である。

(b) 第2期: 40~60 mm で、*Lobus opticus*, *Cerebellum* 各部、*Saccus vasculosus* などが成魚形となり、成群行動、視覚性索餌行動が発達する。

(c) 第3期: 70 mm 以上で、各脳部とも完全成魚型に達する。

2. 以上の結果からカタクチイワシの行動変化と脳髓形態の変化は密接に関連し、特に *Lobus opticus*, *Corpus cerebelli*, *Valvula cerebelli*, *Saccus vasculosus* によく反映されていることが推察される。

文 献

- 1) 内橋 潔: 日水研報, **1**, 16 (1953).
- 2) 島村初太郎: 日水研報, **12**, 18~19 (1963).
- 3) 小川良徳: 日水研報, **4**, 189~196 (1958).