

日本研年報 (4): 189-193, 1958.

Ann. Rept. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. (4): 189-196, 1958.

## マイワシの成長に伴う脳髄形態の変化について

小 川 良 徳

### On the Transformation of Brain Following the Growth of Japanese Sardine

BY

YOSHINORI OGAWA

#### Abstract

The external form of the brain of sardine (*Sardinops melanosticta* T. et S.) which transforms progressively with its growth was studied ecologically as follows.

1. The club-type brain found in larval stage is replaced later by mallet-type.
2. The order in relative size of various parts of brain varies with the growth until the total length attains 60 mm. when it grows up to the adult form.
3. Olfactory bulbs keep contact closely with olfactory lobes and some expansion is seen at the dorsal side of olfactory lobes with the growth.
4. Epiphysis is tiny at each stage of growth. Saccus dorsalis can be seen from outside as a small gland.
5. The ratio of the size of Infundibulum to that of Inferior lobe decreases with their growth, although the latter expands, and it remains still rather tiny as a whole.
6. Saccus vasculosus changes its form from small wedge-shape to raindrop one but remains very small in size.
7. Optic lobes are the largest among all parts of the brain through the growth, and they expand more remarkably according to the growth.
8. Cerebellum makes the most outstanding change with the growth, and the development of Corpus cerebelli is very fast.
9. The brain form of sardine in larval stage up to the juvenility resembles that of bottom fish, while it transforms into a typical nekton shape by the rapid development of Optic lobes and Corpus cerebelli.
10. An intimate relationship can be seen between ecological adaptation and transformation of brain. It may be given as a conclusion that the former goes in advance of the latter.

## I. ま え が き

硬骨魚類の脳髓形態にはその種の生態がよく反映していることはすでに内橋 (1953) によつて立証されている。これらの脳髓は全部脳髓 *Hyposphacrium* のみから構成されていることはもち論であるが、草間 (1955) によれば動物の系統樹と関係なく、むしろ動物の生活様式に応じた構造上の差異が顕著であるとされている。

一般的に魚類は成長に伴つてその棲息環境を変え、それに伴つて行動様式も変化することはよく知られているところである。こうした成長に伴う行動様式の変化と脳髓による形態変化との関連性について、クロダイ *Mylio macrocephalus* (内橋・山口, 1955), ホッケ *Pleurogrammus azonus* (佐野, 1956), ドロメ *Chasmichthys gulosus* (内橋・小川, 1957) などについての報告が見られる。それはいずれも稚仔から成魚への成長に伴つて脳髓形態は著しい変化を遂げる。この変化は行動様式の変化と密接な関連がある。すなわち、各成長の段階における行動は脳髓の形態に反映されていることを明かにしている。

マイワシ *Sardinops melanosticta* (TEMMINCK et SCHLEGEL) 成魚の脳髓形態についてはすでに内橋 (1953) によつて記載されている。本種の成長に伴う脳髓形態の変化については未だ明らかでないので筆者は仔魚期から成長期\*に至るまでの脳髓外部形態の変化について観察し、また行動様式の変化と脳髓形態との関連についても若干の知見を得たのでここに報告する。

この報告をするに当り、終始御指導を賜わり、かつ本稿の御校閲を賜つた日本海区水産研究所長内橋黎博士並びに資源部長加藤源治技官、貴重な標本を心よく分与賜わり、かつマイワシの生態について種々御教示を賜つた伊東祐方技官、標本採集に多大の御援助を与えられた西村三郎、渡辺和春両技官、さらに兵庫県水産試験場吉岡三三技師の各位に衷心より謝意を表したい。

## II. 材料及び方法

調査標本は 1953 年から 1958 年までの間に、主として石川県能登近海及び兵庫県但馬近海で稚魚網、地曳網、抄網、流刺網、巾着網等によつて漁獲されたものである。

調査した魚体は極めて鮮度の良好なものを 10% の中性 formal 液で固定、水洗後脳髓を摘出した。観察に当つては *Haematoxylin* 液\*\* で脳髓の表面を染色して顕微鏡及び肉眼で観察した。また一部は外部構造の理解を助けるための *gross section* による標本、成魚についてはツェロイジン包埋 40 $\mu$  連続切片、*Pal-karmin* 染色による組織標本を使用した。

脳形の比較研究に当つて個体変異という点については十分留意し、できるだけ多数の個体について (同一発育段階の個体について採集年、産地を異にして) 観察するよう努めたが、成長に伴う脳形の変化を追跡するのに問題となるような個体変異の現象は殆んど見出すことができなかつた。しかし、一部には通常見られる脳形とは明かに異つた特徴を持つ *type* (成長に伴う変化とは別に) の脳形を持つた個体又は群が存在するように考えられるが、このことについてはいずれ別途報告する予定であるからこゝ以上ふれない。もちろん本報では異つた *type* の脳は除外して記述する。

## III. 所 見

### 1. 脳髓外形の全形

(a) 脳長軸に対して *Telencephalon* の頂上と *Corpus cerebelli* の頂上を結ぶ直線、すなわち *T-C line*\*\*\* は全長約 10mm (以下魚体の大きさはすべて全長で示す) の段階では僅かに後方に傾斜している。42~13mm の段階ではほぼ水平となりさらに 35mm 以上になると前方に傾斜し、その後成長に伴つて

\* 伊東 (1957) によればマイワシは体長 145~175mm の 1 才魚の中の ♀ 66% は生物学的最小型に達しているというから全長 200mm 前後に達したものを成魚とみなしても誤りはなからう。

\*\* *Wigert Haematoxylin* 液を使用すると脳の表面が青紫色を呈し、各部の凸凹が鮮明になり観察に便利である。

\*\*\* *T-C line* の名称は内橋・山口 (1955) が提唱し、その後内橋・島村・佐野 (1957) が使用しているので本報でもこれに倣つて使用した。

傾斜の度合いは強化する。このことは孵化直後の *Corpus cerebelli* が極めて小さく、35~40mm の段階に到り *Corpus cerebelli* が顕著に発達し、上方に隆起することに起因している。

30mm 内外までは *Lobus opticus* の頂上は T-C line より高く、35~40mm で T-C line とほぼ同じ高さし達し、50~70mm ではやや低目になる。しかし、80mm に達すると *Lobus opticus* の頂上は再び T-C line とほぼ同じ高さになる。さらに成長した成魚の段階では T-C line より幾分低目となる。

要するに各脳部が上方に向つて突出する程度が、成長の段階によつて変化することを示すものであるが、第二段階より第四段階に進むにつれて前方傾斜が強化されていることは *Lobus olfactorius* が上方に向つて発達する程度より、*Corpus cerebelli* が上方に向つて発達する程度が強いことを示している。

(b) 脳髓の全形は 10~20mm では背面観はほぼ菱形に近似し、その側面観は極めて縦扁した扁形状

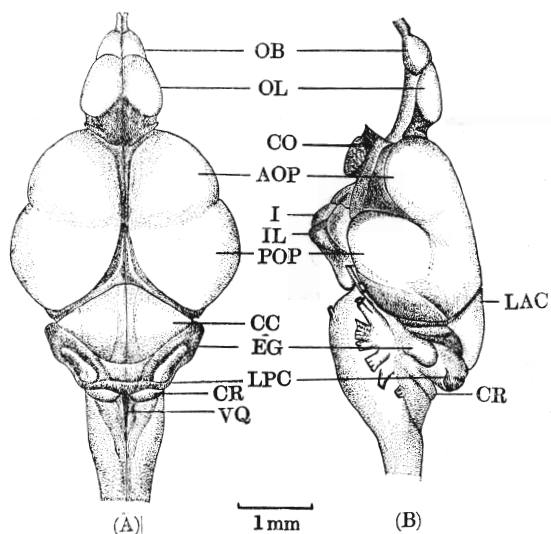


Fig. 2. Dorsal (A) and lateral (B) aspects of the brain in the young sardine, 50mm in total length.

OB, Olfactory bulb. OL, Olfactory lobe, CO, Chiasma opticum. AOP, Lobus anterior opticum. POP, Lobus posterior opticum. I, Infundibulum, IL, Inferior lobe. CC, Corpus cerebelli. LAC, Lobus anterior cerebelli. LPC, Lobus posterior cerebelli. CR, Crista cerebelli. VQ, Ventricle quartus.

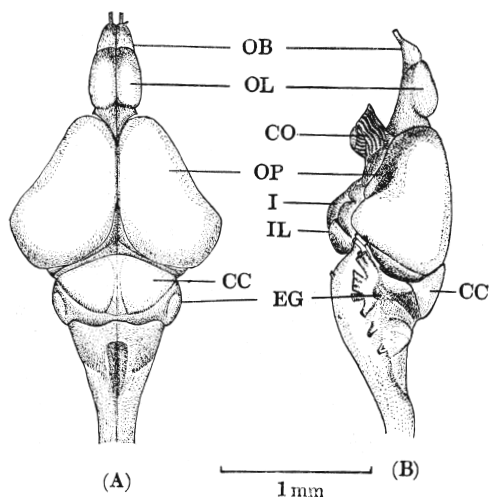


Fig. 1. Dorsal (A) and lateral (B) aspects of the brain in the larval sardine, 24mm in total length.

OB, Olfactory bulb. OL, Olfactory lobe. CO, Chiasma opticum. OP, Optic lobe. I, Infundibulum. IL, Inferior lobe. CC, Corpus cerebelli. EG, Eminentia granularis.

を呈している。30~40mm の段階でも背面観は菱形状に近く、全体としては棍棒状を呈する。その後成長するも背面観は、いずれの段階においてもほぼ菱形を呈している。しかし、側面観では縦扁の度合いは漸次減少し、槌子状を呈す。

(c) 各脳部の大きさの順位は常に *Lobus opticus* が著大で第1位にある。12mm の段階では *Lobus opticus*, *Medulla oblongata*, *Telencephalon*, *Infundibulum* + *Lobus inferior*, *Corpus cerebelli* の順であるが、35mm に達すると *Lobus opticus*, *Medulla oblongata*, *Corpus cerebelli*, *Infundibulum* + *Lobus inferior*, *Telencephalon* の順となり、60mm では *Lobus opticus* に次いで *Corpus cerebelli* が次ぎ *Infundibulum* + *Lobus inferior* 及び *Telencephalon* は極めて微小となる。これは 20~50mm の間において *Lobus opticus* と *Corpus cerebelli* と顕著に発達するので、この時期において順位に変化が

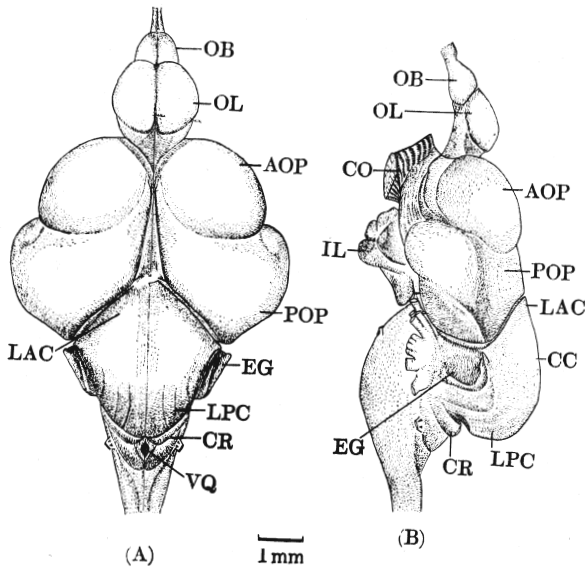


Fig. 3. Dorsal (A) and lateral (B) aspects of the brain in the immature sardine, 125mm in total length.

OB, Olfactory bulb. OL, Olfactory lobe. AOP, Lobus anterior opticum. POP, Lobus posterior opticum. CO, Chiasma opticum. IL, Inferior lobe. LAC, Lobus anterior cerebelli. CC, Corpus cerebelli. LPC, Lobus posterior cerebelli. EG, Eminentia granularis. CR, Crista cerebelli. VQ, Ventriculus quartus.

成長に伴って背面部が膨化隆起し、40mmの段階に達すると後部に軽微なくれができて大きな前部と小さな後部ができ、前部は楕円形状であるが後部は後方に向つて緩く傾斜している。50mmに達すると前部は肥大し、Fissura endorhinalisがかすかに認められる。150mm.に達すると Lobus olfactorius の背面観は角のとれた四辺形に近似し、側面観では角のとれた三角形となる。このようにしてようやく大きな上部と小さな下部が区別できるようになる。この時期に到つてかすかに Succus ypsiliformus が認められ Fissura endorhinalis は確然とす

みられるのである。しかし、60mm以後は順位に変化は見られない。

## 2. Telencephalon

(a) Bulbus olfactorius はいずれの発育段階においても Lobus olfactorius よりも小さく、Lobus olfactorius の前方下側に密接している。その背面観は長楕円半裁形であり、側面観はほぼ楕円形に近似している。成長に伴って背面と側面がわずかに肥大し Nervous olfactorius の横扁化とあいまつて 120mm 前後から球根状を呈す。しかし、この部分は成長に伴う変化は極めて僅小である。

(b) Lobus olfactorius は 20mm においては背面観は平坦で、ほぼ楕円形であるが、側面から見ると大きな Prae-thalamus の上に扁平な長楕円体が見られる。

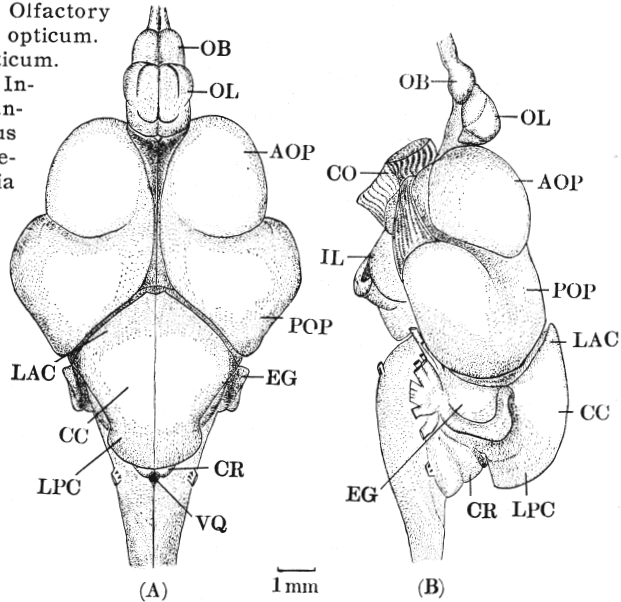


Fig. 4. Dorsal (A) and lateral (B) aspects of the brain in the adult sardine, 190mm in total length.

OB, Olfactory bulb. OL, Olfactory lobe. AOP, Lobus anterior opticum. POP, Lobus posterior opticum. CO, Chiasma opticum. IL, Inferior lobe. LAC, Lobus anterior cerebelli. LPC, Lobus posterior cerebelli. CC, Corpus cerebelli. EG, Eminentia granularis. CR, Crista cerebelli. VQ, Ventriculus quartus.

る。またはじめて *Tuberculum taeniae* は軽微に認められるようになる。

### 3. Diencephalon

(a) *Epiphysis* はいずれの段階でも極めて短小である。

(b) *Saccus dorsalis* は極めて小さく、50mm 前後の段階までは *Lobus olfactorius* の後端背面部に明らかな三葉からなる器管として認められるが成長と共に判然としなくなる。

(c) *Nervous opticus* は 20mm 前後までは断面は長楕円形で細く、貧弱であるが、30mm を超える段階から逐次強大となり、55mm に達すると極めて太く丈夫となり、その断面はほぼ円形であり、9束の線維束からなっている。*Chiasma opticum* も *Nervous opticus* の発達に伴って強大となる。*Chiasma opticum* は *Infundibulum* の直前にあり、通常左上全交叉を示す。

(d) *Infundibulum* は 20mm の段階では両下葉と比較して幅広く、中央部の周辺が孤状に膨出している。そして *Lobus inferior* より下方に向つて突出している。55mm を超える頃より両下葉の間に挟まれた陥入部に位置し、長い逆三角形に近い形状となる。ただ *Hypophysis* の位置する部分が孤状に下方へ突出している。125mm を超える段階に到ると *Infundibulum* は両下葉と比較して極めて小位となる。

(e) *Lobus inferior* は 20mm の段階では殆んど扁平に近く、わずかに後部が卵円形を呈しているにすぎない。成長に伴って両下葉の後方部、すなわち、第三神経溝の後部が、前部に比較して膨肥大する。そして、この直後の部分が下方に突出する。また第三神経溝は仔魚時代から明らかに認められるが、成長に伴って一段と深く。*Lobus inferior* は 125mm 前後の段階でほぼ成魚型となる。

(f) *Saccus vasculosus* は常に両下葉の接合点後端に位置している。20mmの段階では *Infundibulum*

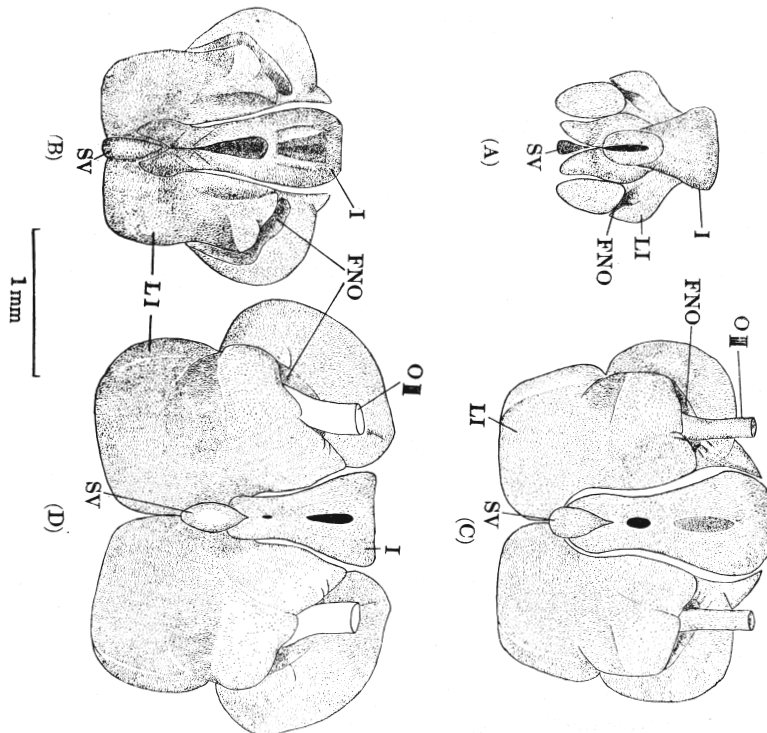


Fig. 5. Outline of infundibulum, lobus inferior and saccus vasculosus.

(A) Total length 20 mm (B) Total length 40 mm

(C) " 80 " (D) " 100 "

I, Infundibulum. LI, Lobus inferior. FNO, Fovea nervus oculomotorius. O III, Nervus oculomotorius. SV, Saccus vasculosus.

は両下葉間に挟まれて存在し、両者の後端は同一線上にある。Saccus vasculosus の形状は薄い、小さな三角形形状を呈している。しかしながら体成長に伴って Lobus inferior が発達すると Infundibulum は前方に移るので、その後端は両下葉の後端より前方に位置する。そして 150mm においては両下葉のほぼ中央に位置するようになるが、この間に Saccus vasculosus の形状は極めて小さな雨滴型となる。

#### 4. Mesencephalon

(a) Lobus opticus はいずれの成長段階においても各脳部のうちで最も大きい。10mm の段階ではその背面視はほぼ梯形に近い、つまり前方は狭く、後方において側方に膨出展開しているのである。側面視では三角形に近似した形状である。すなわち、背面はわずかに凹味を帯び、前方が小さく、後方が幅広く重厚である。25mm に達すると Lobus opticus の後部は左右に膨出するが、Lissner のいう “Lateralen Einschnürung” はまだ認められない。30mm に達して軽度認められるようになる。こうした側面狭窄部の後方終点として浅い凹陥部が認められる。35mm に達すると “Lateralen Einschnürung” が発達し、これによって Lobus opticus は前後両葉、すなわち Lobus anterior opticus と Lobus posterior opticus に区分される。後葉は大きく、前葉は小さい。さらに 60mm に達するとこの前後両葉の区分は極めて明瞭となる。また 30mm を超える頃から Lobus opticus の背面正中線の後端部、Lobus anterior cerebelli の直前に長三角形の浅い陥入部がみられる。この陥入部は成長に伴っていく分大きくなる。

(b) Lobus opticus の成長に伴う変化のうち 35mm から 45mm の段階にのみ認められる特殊な形態がある。それは Lobus opticus の側面後方部の下端に小瘤状の突起が出現する。またこの段階では Lobus opticus の背面後方部と側面の境に、背面後端から前下方に向う一条の隆起帯が顕著み見られる。これに類似した形態をウルメイワシ *Etrumeus micropus* (T. et S.) の成魚で内橋 (1953) が記載しているが、メイワシの稚魚にみられるそれとは明かに異つていようように考えられるが、今後十分な比較研究が必要であろう。

#### 5. Cerebellum

(a) Cerebellum は成長に伴う各脳部の変化のうちで最も顕著な、かつ複雑な形態的变化を遂げる部分である。

Corpus cerebelli は 10mm の段階にあつては極めて小さく、背面視では三角形に近い形状を呈している。また Lobus posterior cerebelli はわずかに認められる程度である。20mm に達すると Corpus cerebelli の背面視は菱形に近似する。そして Lobus posterior cerebelli は Lobus anterior cerebelli よりやや低目に後方に傾斜している。またその両端に肥大した隆起部がみられる。35mm に達すると Corpus cerebelli も肥大し、Lobus posterior cerebelli の両端にある隆起部が肥大し、その背面視は Lobus posterior cerebelli を挟み、V 状に位置する。この成長段階においても Lobus posterior cerebelli の背面は Lobus anterior cerebelli の背面より幾分低目である。55mm の段階に達すると Lobus anterior cerebelli と Lobus posterior cerebelli の間にみられた段丘は殆んどなくなり、Lobus posterior cerebelli が後方に発達肥大する。また Lobus posterior cerebelli の両端にみられた隆起部は大きな耳状隆起帯となる。

80mm に達すると Corpus cerebelli は発達肥大するが、Lobus posterior cerebelli の膨化肥大は著しい。また大きな耳状隆起帯は Corpus cerebelli の背面後部には後端部から前方に向う軽微な葉痕が左右に各々 2 条認められる。

(b) Eminentia granularis は 25mm から 45mm までは Corpus cerebelli の左右に突出した脚部におおむね膨化しているにすぎず、極めて小さいが、その後次第に肥大し、80~100mm の段階で明瞭な瘤状突起となり、Corpus cerebelli の脚部に大きく位置する。

(c) Valvula cerebelli は 20mm まではその背面視は半楕円形の小さな突起で中脳腔に偏在する。30mm に達すると、その背面視は角の取れた四辺形状となる。70mm に達するとその背面視では左右の幅より前後の幅が大きく、後方部がわずかに左右に肥大する。しかし、大きさは中脳腔の約 1/4 を占めるにすぎない。170mm に達するとその背面視は軍扇状でかなり大きく、中脳腔の約 1/3 を占める大きさに達する。

6. Medulla oblongata

Medulla oblongata の背面には *Crista cerebelli* がみられるのであるが、10mm の段階では外見上判然としないが、20mm の段階で初めて *Lobus posterior cerebelli* の後部に単純な膨出部として認められる 40~60mm の段階で明瞭な膨出部として発達する。70mm に達して *Crista cerebelli* の膨出部は上下二層が見られる。上部は大きく下部は小さい。また *Crista cerebelli* の左右両葉の相接して橋梁状をしている。*Lobus vagi*, *Lobus facialis* は外見上判然としない。

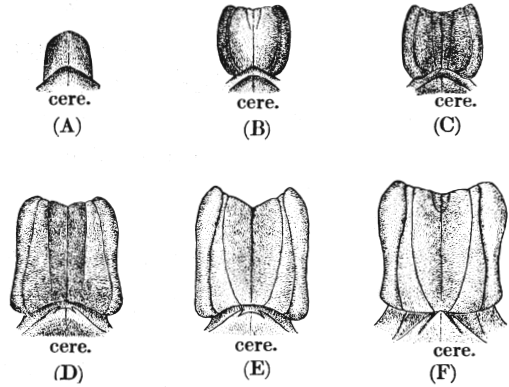


Fig. 6. Dorsal view of "Valvular cerebelli". cere., lobus anterior cerebelli.

IV. 考 察

マイワシは一般に春期沿岸で産卵し、卵は比較的短時間の内に孵化し、10mm 内外の後期仔魚期までは游泳力は極めて弱くプランク

トン生活を営み、シラス期に入つて沿岸近くに群集游泳するようになる。36mm 内外に成長して初めて魚体の外形がほぼ完成して稚魚期に入り、沿岸浅所で群棲、索餌行動をなし、62mm 内外に達すると外洋に出て行くといわれている。

シラス期以前の成長段階のものは殆んどプランクトン生活で游泳力に乏しい。この時代の脳形の特徴についてみると各脳部の大きさの比率からみると *Lobus opticus* は最大であるが、*Nervus opticus* は細く、*Corpus cerebelli* は極めて倭小である。*Medulla oblongata* 及び *Telencephalon* は見かけ上の大きさは各脳部中で上位にある。これらのことからみると底魚型の脳形に近いし、その時代の行動は極めて緩慢で、脳の形態とよく吻合する。

次にシラス期から魚体外形が完全成魚型になるまでの段階の脳形の特徴についてみると *Lobus opticus* は漸次著大となり、"Lateralen Einschnürung" が見られるようになる。これに従つて *Nervus opticus* も太くなる。*Corpus cerebelli* の膨化肥大して、よく発達することはこの段階において視覚の発達と行動力の発達を物語っている。この成長段階の *Eminentia granularis* の発達程度は比較的低いので、シラス期における成群性は感覚的には未完成なものであり、この時代における群形成は視覚と海流などの物理的な要因が大きく作用しているものと考ええる。

シラス期をすぎ沿岸浅所游泳の稚魚期に入ると *Lobus opticus* は増々著大になり、"Lateralen Einschnürung" は顕著となる。この *Lobus opticus* に次いで *Corpus cerebelli* が大きく、*Crista cerebelli* も肥大し、*Valvula cerebelli* も発達して来る。この時代には活発な游泳行動がなし得る体制にある。そして 60mm を超える頃から外洋の生活に移るのであるが、この時代には各脳部の全体的な割合は成魚のそれとほぼ同様であるが、各脳部外形は完全な成魚型には達していない。

まず最初に完成するのは *Lobus opticus* でほぼ 60mm 前後である。次いで *Cerebellum* が 80mm 前後で成魚型に達する。また *Medulla oblongata* も 80mm 内外で成魚型に達す。*Diencephalon* は 125mm 内外 *Telencephalon* が 150mm 内外の順である。つまりマイワシの行動に重要な役割をはたす部位の順となつていように見られる。

この脳形の変化と生態の変化は密接な関係にあり、総括的にみると内橋・小川 (1957) がドロマの成長に伴う脳形変化の研究で明かにしたごとく、マイワシにおいても、常に生態的变化が先行し、脳髓の形態的变化が後続することは明かである。

(A)	Total length	20mm
(B)	"	30 "
(C)	"	40 "
(D)	"	70 "
(E)	"	100 "
(F)	"	140 "

## V. 要 約

マイワシの成長に伴う脳形変化について観察し、脳形変化と生態変化との関連性について考察した。

1. 脳形の全形は成長に伴い棍棒状から槌子状へ移行する。
2. 各脳部の大きさの順位は成長に伴って変化するが、60mm 段階で成魚の示す順位となる。
3. *Bulbus olfactorius* は *Lobus olfactorius* に接着し、*Lobus olfactorius* の背面は成長に伴って幾分膨出肥大する。
4. *Epiphysis* はいずれの段階でも極めて短小であり、*Saccus dorsalis* は小さく外見できる。
5. *Infundibulum* は成長に伴って *Lobus inferior* の発達に比してその大きさの比は減ずる。
6. *Saccus vasculosus* は常に小形であり、その形状は初期には小楔型であり、成長すると雨滴型となる。
7. *Lobus opticus* は常に各脳部中最大であり、成長に伴ってますます著大となる。
8. *Cerebellum* は成長に伴う変化が顕著な部分で、*Corpus cerebelli* の発達は極めて急速である。
9. シラス期の初期までの脳形は底魚型を示している。
10. シラス期以後は *Lobus opticus*, *Corpus cerebelli* 等の急速な発達によつて游泳性魚類の特徴的脳形を示すようになる。
11. 生態的变化と脳形変化には密接な関連がみられる。それは生態的变化が先行し、形態的变化が後続する。

## 文 献

- 伊東 祐方 (1957). イワシ類の生活史. 昭和29年鱈資源協同研究経過報告 (日本海区水産研究所): 53-91.
- 佐野 纈 (1956). ホツケ (*Pleurogrammus azonus* JORDAN et METZ) の発育に伴う脳形形態の変化について (第1報). 北水研研究報告 (13): 30-38.
- 内橋 潔 (1953). 脳髓の形態より見た日本産硬骨魚類の生態学的研究. 日本研研究報告 (2): 1-66.
- UCHIHASHI, K. & Y. OGAWA (1957). A transformation of brain following the growth of *Chasmichthys gulosus* (GUICHENOT). *Ann. Rep. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.* (3): 85-95.
- 内橋潔・山口正男 (1955). クロダイ *Mylio macrocephalus* (B'SILEWSKY) の成長に伴う脳髓の外部形態変化について. 日本研研究年報 (2): 75-80.
- 草間敏夫 (1955). 脳と心の進化. 現代生理学 (6), 精神の生理学, 河出書房 (東京).