

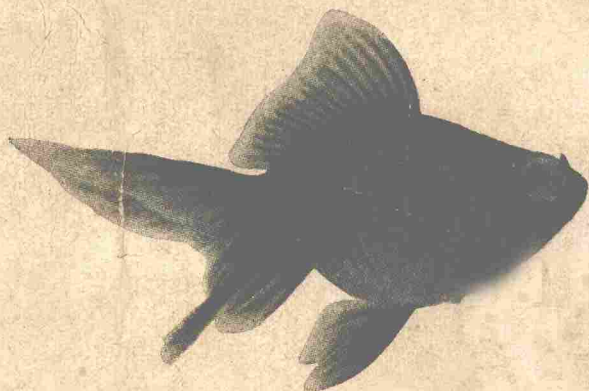
自然科學小叢書

魚 類 學

上 冊

陳兼善 費鴻年著

王雲五 周昌壽 主編



商務印書館發行

自然科學小叢書

魚 類 學

上 冊

陳兼善 費鴻年著

王雲五 周昌壽 主編

商務印書館發

目次

緒論	一
第一章 魚類的外形	七
第一節 全身的形状	七
第二節 各部的形状	一三
第三節 鱗片	一九
第二章 魚類的骨骼	二三
第三章 消化器官及其生理	二九
第一節 消化系統的構造	三九

第三節 末梢神經的生理……………一〇一

第七章 感覺器官及其生理……………一〇三

第一節 側線及其感覺……………一〇三

第二節 聽覺器及其生理……………一〇五

第三節 味覺器及其生理……………一〇八

第四節 嗅覺器及其生理……………一一〇

第五節 視覺器官及其生理……………一一三

第八章 魚類的生殖……………一一七

第一節 魚類的雌雄……………一一七

第二節 魚類的生殖器官……………一二〇

第三節 魚卵及產卵……………一二三

第九章 魚類的發育與生長……………一二三

第一節 棲息的發育.....一三三

第二節 孵化的生理.....一四〇

第三節 魚類的生長.....一四三

第十章 魚類的色彩及斑紋.....一四七

第一節 色彩及其變化.....一四七

第二節 魚的斑紋.....一五七

第十一章 魚類的習性.....一六二

第一節 魚的運動.....一六三

第二節 集羣與迴游.....一六八

第三節 棲息與發聲.....一七四

第十二章 重要魚類概說.....一七九

第一節 板鰓類.....一七九

第二節 全頭類	二〇二
第三節 硬鱗類	二〇三
第四節 硬骨類	二〇六
(附)圓口類	三二七
第十三章 魚類學與人生	三二九

魚類學

緒論

太古時代，人類的食料，仰給於天然的產物；或獵狩鳥獸，或捕撈魚介，大都營一種原始的漁獵生活。到了人口增加，天然產物不足供他們的需求的時候，纔引起了畜養和種植的思想，進而營農耕、畜牧、養殖諸農業生活。但水中魚介，不若陸地產物的易於減少，所以有史以來，漁撈的方法，雖已大有進步，而漁業始終占居住於沿海及沿湖人民生活中的最主要部分。因為他們日常接觸魚類的機會較多，遂獲得許多關於魚類的智識；這種智識，漸積漸多，再經科學家加以觀察與實驗，便組成了一種有系統的科學，就是魚類學 (Ichthyology)。

魚類學為動物學中的一分科，以研究關於魚類的一切事項為目的。從前的魚類學，大多偏於

記載各種魚類的名稱與形態；但自近代生物學的各科學發達以來，用魚類為研究材料，得到許多關於生命現象上的智識，以是魚類的生理及習性，逐漸明瞭。這種魚類的生理與習性，現在便成為魚類學的主要研究項目的一部分。

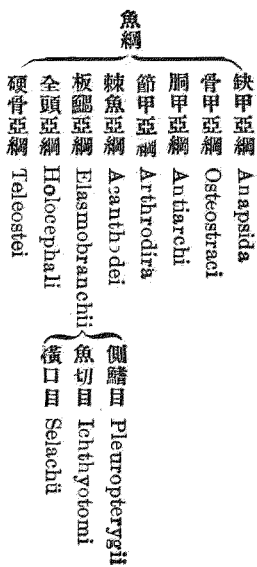
但動物學上所謂魚類，與一般所謂魚類，範圍自有廣狹。一般附以魚字的動物，未必即為動物學上所謂魚類。例如鯨魚，是附有魚字的，但在動物學上則屬於哺乳類。又如所謂柔魚，在動物學上是屬於軟體動物。鯢魚在動物學上是屬於兩棲類；章魚在動物學上屬於十足類，這多是俗稱為魚，而在動物學上則不歸入魚類的著例。這種的例，在英文中亦頗不少，例如蟹形蝦 (Crayfish) 海星 (Starfish) 水母 (Jellyfish)，均含有魚字，而實在則非魚類。所以動物學上所謂魚類，是指脊椎動物中的魚綱為主體的。

在動物學上，脊索動物中分為數亞門，脊椎動物為脊索動物中的一亞門。尚有頭索動物 (Cephalochordata) 一亞綱，內含所謂文昌魚 (Amphioxus) 一類。脊椎動物分為兩綱，即圓口類 (Clostoma) 及魚類 (Pisces)。嚴格的而言，魚類即專指魚綱，但亦有在便利上把圓口類，或更把

頭索動物統稱為魚類的。所以雖在動物學上，而魚類二字，亦有廣義與狹義之分。

考魚類在生物進化上的歷程，知其起源於古生代 (Palaeozoic era) 的初期，連綿至現在，還不失其支配全世界的水界的勢力。其間有若干種類，業已絕滅，有若干種族，已至衰落的末路，但現在普通所見的魚，即所謂硬骨類，則分布於全世界，範圍甚廣，種類亦多，在形態上及生態上，均已發達至極點，實已達於進化的全盛時代。

關於魚類的系統分類，尚有許多未解決之點，故現在亦頗難確定，但依比較的自然系統分類而論，當如下表：



就現在生存的魚類而言，以板鰓、全頭、硬骨三亞綱占多數，這三亞綱的分類系統，各學者各自提出分類方法，至今尚未完全一致。現在大多根據英國根扇 (Günther) 及美國喬爾登 (Jordan) 二氏的分類系統居多數。本書第十二章的記述各種魚類的形態與習性時，亦大體上根據這兩學者的主張，而稍加修改的。關於分類系統的討論，不但涉於專門，且於事實上無補於我們探究魚類的一般智識，故本書對於分類系統上的討論，少費篇幅，略而不詳，讀者儘可於獲得魚類一般智識後，再作進一步的研究的。

查中國海岸線延長二千三百餘海里；淡水的大湖江川，蔓延全國，故水界的面積廣闊，魚類的產量豐富。在純粹學術上而言，魚類的研究，有不可勝數的問題在產業上而論，魚類的調查，可以助漁撈養殖諸業。自前世紀理查特遜 (Richardson)、勃李乾 (Bleeker)、拉雪比第 (Lacépède) 等對於中國魚類有較詳盡的研究以後，至近代而歐西研究中國魚類的學者更多，十年以來，中國學者，亦漸着手於我國魚類的調查，先後已出書不少，但欲搜集全中國的魚類，和其種類，及其分佈情形，尚非旦夕所能竣事。且從來魚類學者，多偏於分類，而未注意於生理及習性，今後能就分類形

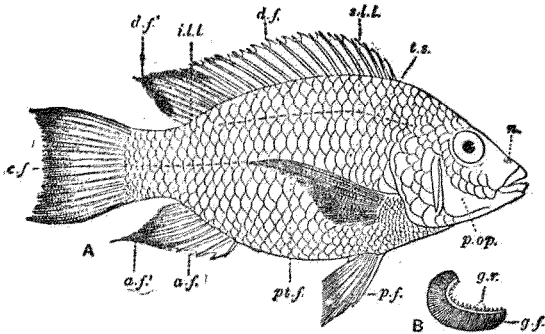
態生理同時進行，則所獲結果，必可在產業上亦生相當效果。所以近代的魚類學，漸由分類學而移於生理學，漸由純理的研究，而傾向於實用的研究，這是魚類學最近的新傾向，爲初學者所不可不知的。本書爲魚類學概論性質，故首述魚類的形態生理，再及於記載較爲實用的若干魚類的類例，並示魚類學所研究的結果，與產業上發生如何的影響。

第一章 魚類的外形

第一節 全身的形状

魚類的部分 魚的身體，大概可分為頭部、軀幹部及尾部三部。頭部的界限，往往不甚清楚，在板鰓類以最前的鰓孔為頭部與軀幹部的分界，硬骨魚類則以鰓蓋骨的后緣為頭部的界限，但鰓蓋骨有時具向後突出的長棘，往往使分類學家測量頭長時發生混亂。頭部的最前端，特稱為吻 (Snout)，或稱眼前部。軀幹部與尾部的界

第一章 魚類的外形



七

魚的外形模式圖
 A. 側面 B. 第一鰓弧。
 a.f. 臀鰭的棘;
 a.f. 臀鰭的軟條;
 c.f. 尾鰭;
 d.f. 背鰭的棘;
 d.f. 背鰭的軟條;
 g.f. 鰓片;
 g.r. 鰓耙;
 i.l.l. 下側線;
 n. 鼻孔;
 p.f. 腹鰭;
 p.o.p. 前鰓蓋骨;
 p.t.f. 胸鰭;
 s.l.l. 上側線;
 t.s. 鱗片斜行。

線，常以肛門爲界限，但有肛門特別移於身體較前方的，此時則以體軀背腹輪廓線的最初縮細處爲境界。頭部的附屬器官爲眼、鼻孔、鰓蓋等，軀幹部的附屬物爲鰭，普通有胸鰭一對，腹鰭一對，脊鰭、臀鰭、尾鰭各一。接續於尾鰭的尾部，較爲細長，特稱爲尾柄 (Peduncle)。

魚體的測量 審定魚體，常有測量各部大小的必要。可測定的部分甚多，就一般而論，則檢查下列諸端，便可互相比較：

1. 體長 (Length of body) 測法自吻端以至尾柄與尾鰭相接點爲度。又有將尾鰭的兩葉的外緣，放至水平，然後測自此端至吻端的，叫做全長 (Total length)。北歐洋海研究會議，即用此法爲標準。

2. 體高 (Height of body) 測身體腹部以至背部的最高部。

3. 吻長 (Length of snout) 測自吻端以至眼窩的前緣的距離。

4. 眼徑 (Diameter of orbit) 測眼窩的橫徑。

其他更以吻端爲基礎，而測各鰭的位置及長與高；以及上顎骨頭蓋骨的長短等，在詳細考察

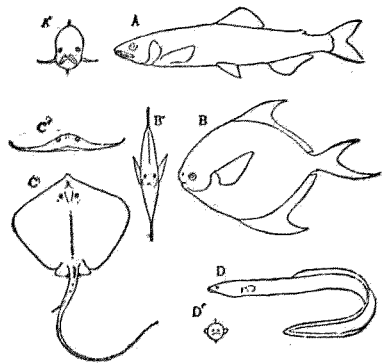
原书缺页

原书缺页

的魚型 (Compressiform)。這種形狀的魚，大多棲息於動搖較少的水中，例如一定深淺範圍以內的內灣及溪水中，且運動不甚敏捷，頭部無甚變化者居多，但亦有變為小頭形及大頭的。海水魚類中的鯧魚，可為此類的代表。

如基本型的第二體軸縮短，第三體軸反而特別發達的時候，便變成左右廣闊的縱扁形的魚型 (Depressiform)。這種形狀的魚，大多為大頭型，普通棲息於水底而適於靜止生活的魚類居多，故運動大多遲鈍。海水魚類中的鱈魚為其代表。

還有身體沿主軸的方向而特別延長，第二第三體軸則均縮小的，便成所謂鰻魚型 (Anguilliform) 即近於圓筒形的魚型。這種體形，恐由於便於潛伏水底砂泥而來，實際上具此種體形的

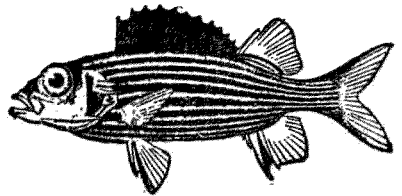
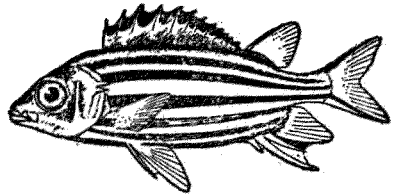
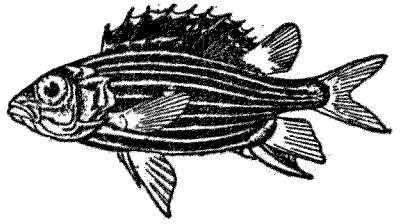


魚類的四種主要體形
 AA' 基本型(鮭)
 BB' 側扁型(鯧)
 CC' 縱扁型(鱈)
 DD' 鰻魚型(鰻)

魚類，確有潛穿礫石及泥土的習性，故運動不甚敏捷，且以小頭形居多。腹鰭及胸鰭消失，在種種方面觀之，都表現近於退化的傾向，鰻魚爲其代表。

魚類向以上四種的魚型進化，在大小各類魚類中均能見之，同時魚形與魚的習性有密切的關係，亦可於上述諸點得其概念。至於特別的魚類，例如全身多棘的刺河豚（*Dicodon*）以及表面有甲的箱河豚（*Ostracion*）等，大多運動不甚活潑，且棲於近海及水面居多，這是爲防備外敵的侵害所起的必然現象，亦即動物體構造與生理，有巧妙調和作用的一端。

個體變異與雌雄區別 同一種的魚，雖其大體形狀，均屬相同，但詳細檢查起來，便見其各個體亦有彼此的區別，這種變化，叫做個體變異。個體變異中，最主要的爲身體的長短，鰭的形狀，鱗片的數目，身體的色彩等爲最顯著。這種的個體變異，有時在分類學上誤爲別種的例，亦時常有之。例如金鱗魚科（*Holocentridae*）中的一種 *Holocentrus diadema* 與 *H. microstomus* 及 *H. xantherithrus*，從來視爲三種不同種的魚類，其實詳細考查起來，知道是同一種類的個體變異。且雌雄個體的身體大小色彩，也常有差異，尤以在生殖期爲最顯著，在分類上亦當特別注意之。



金鱗魚類似的三種

上圖 *Holoцентрус diadema*

中國 *H. microstomus*

下圖 *H. kantheriformis*

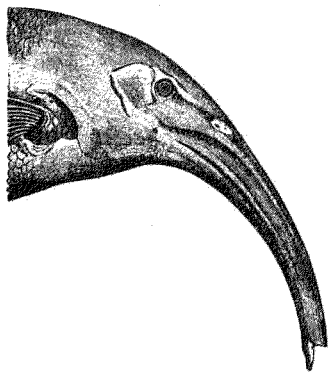
第二節 各部的形狀

頭部的形態 魚類的頭部形態，變化最多。鮪魚頭部扁平而延長，普通的全頭類（*Holocephali*）及硬骨魚類則短而高，或成尖銳的圓椎形。鯊魚的頭部大都尖長，其中有特別延長成丁字

狀並生兩眼於丁字形頭部的兩側端的，丁字鯊 (*Cestracion*) 即其一例。除大小及形狀變化之外，更有頭部被覆無鱗片的極薄皮膚，使頭骨可以顯然露於體外的，例如鱸鰱類 (*Crossopterygii*)，或皮膚特別加厚，使頭骨完全包圍於內部的，例如鯧魚等即其一例。石獅魚類 (*Scorpaeniidae*) 的頭骨往往有多數的棘，突出於皮膚之外，因而頭的形狀，呈峯稜特多的形狀。

口的形狀 口的形狀及位置，亦依魚的種類而異，現存的板鰓魚類的口，均為半月形，而位於頭部的腹面，但在古生代的板鰓魚化石，則

如側鰭鯊 (*Cladoseleache*)，口在頭的吻端。肺魚類口亦在腹面，但近於吻的前端。鱈魚類口仍未脫腹面的位置，至硬骨魚而下顎向上，移口於吻端。普通上顎與下顎相合，但有上下顎特別延長而成條狀（例如鱗骨魚 *Iepidosteus*），因而口裂特別增大的。



鱗嘴魚 (*Gnathone-
mus*) 的頭部側面圖

多數的硬骨魚，更有祇一顎特別延長的，例如劍魚 (*Xiphias*) 爲上顎延長，而鱈魚 (*Hemirhamphus*) 爲下顎延長。口的變化有時與支持上下顎的骨骼同起變化，使吻部伸長成管狀，而口則僅位於長吻的尖端。這種情形，在煙管魚 (*Fistularia*) 及海馬魚、楊子魚 (*Syngnathus*) 爲最顯著，非洲更產一種鷹嘴魚 (*Gnathomenus*)，其吻向下彎曲，而口則位於彎曲吻的頂端。

多數硬骨魚的口，可以伸縮，伸縮的方法，全靠上顎（前顎骨）與頭骨的關接的運動，這種的情形，在無齒的魚，最爲明顯。

頭部每附生單一或分枝的觸鬚 (*Barbels*)，其位置因魚的種類而異，鱈魚類的觸鬚在頤部兩側，鱒在口的前方吻的腹面。鯰魚科在上下兩顎或鼻孔之中間，其數爲四條或六條，最近更發見普通鯰魚的觸鬚，在幼時爲六條，至成長而萎縮成四條，其原因尙未明瞭。

眼和鼻的形狀 魚眼甚大，大都位於頭的兩側，惟眼鏡魚 (*Uroscopus*) 及松江鱸魚 (*Trachydermus*) 則兩眼甚接近，生於頭的背面。跳鱒塗魚 (*Periophthalmus*) 的眼，更突出於眼窩的外面，稍向上方。鯉魚科的金魚，爲鯽的變種，中有兩眼突出而完全朝天的。比目魚於幼時眼在兩

側，至成長而移於一側，爲動物學上著名的例。此外生長於洞穴或深海的魚，眼均退化而隱於皮膚之下，或竟有鱗片被覆的。

魚的嗅覺器在板鰓魚類及胎魚類，爲呈窩狀的小胞，位於吻的腹面，而適在口的前端。在肺魚每一嗅胞有兩個開孔，一爲外鼻孔，開於吻的腹面，另一爲內鼻孔，開於上脣，而通口腔。此種形態幾成魚類的標準形性，惟硬骨魚嗅胞，雖各有二孔，但或同在外表面，或在頭的前部的兩側並不與口相通。

鰓裂 板鰓魚類在頭的後面，其他魚類在頭後的下面，各有鰓裂(Branchial cleft)。板鰓魚類的鰓裂，由表面可以見到縱行的數個小裂，排列於軀幹部的前部兩側。在硬骨魚類，則鰓裂開口於共通的鰓腔，鰓腔的外壁，由可以活動的鰓蓋被覆之，鰓蓋的後面，與外界相通。這種鰓蓋由數塊的硬骨及骨片所成。鰓蓋孔的大小，依魚的種類而異，有鰓蓋孔非常擴大的，有鰓蓋孔縮小成一小孔的。例如海馬魚即爲後者的例。水由口入口腔，經鰓裂而出鰓腔，再由鰓蓋孔而排出體外，在水經過鰓面的時候，即營呼吸作用。

鰭 (Fin) 有奇偶的區別。胸鰭 (Pectoral fin) 腹鰭 (Ventral fin) 皆偶生，附着於體側，等於高等動物的四肢。脊鰭 (Dorsal fin) 臀鰭 (Anal fin) 尾鰭 (Caudal fin) 皆奇生，位於體的正中。考其發生，奇鰭先於偶鰭。試觀高等種類，必有奇鰭圍胚體的全緣，及漸次發達，尾鰭首先獨立，後成脊臀兩鰭，而偶鰭則由體側的一片長大鰭分裂變化而成。胸鰭常在鰓蓋的直後，其位置近於背部的，叫做高；近於腹底的，叫做低。腹鰭在軀幹的腹部，概接近於腹底，其位置遠離胸鰭的，叫做腹位 (Abdominal) (例如竹刀魚)；近其直下的，叫做胸位 (Thoracic) (例如鯖魚)；又如在其前方咽下的，叫做喉位 (Jugular) (例如鰻魚)。脊鰭有分離為二個以上的，其鰭條長的，叫做脊鰭高，又其形小而離生於尾上的，叫做副鰭 (Finlet) (例如鯉類)，大多棲息於遠洋。又或鰭條退化，僅有脂肪的，叫做脂鰭 (Adipose) 是為鮭類的特徵。臀鰭在肛門的後方，亦有分離而成副鰭的。尾鰭在尾端，凡稚兒的尾端得依脊椎而整然區分為上下兩葉的，叫做雙尾 (Diphy-cercal) 但準是以生長的甚少，通常所稱的正尾 (Homo-cercal) 其外觀雖整齊兩分，然察其尾椎的末部，實屈向背方，惟因血管棘及其附着鰭條，較為發達，於是上下葉的外形均相等。不正

尾 (Hetero-cercal) 爲因尾鰭的葉過於延長 (例如鯊類) 的結果。鰭條 (Fin ray) 在鰭的內部, 爲硬骨或軟骨所成, 用以支持鰭形, 又使之起伏。其單一而剛勁的, 叫做棘 (Spinous ray), 多在脊腹臀諸鰭的前方。又或有關節而易屈撓, 先端分裂的, 叫做軟條 (Soft ray), 常在鰭的後部, 而與棘共存。凡鰭成自棘的, 叫做棘鰭, 熱帶所產的魚類多有之。大部分成自軟條的, 叫做軟條鰭, 寒帶所產的魚類概如是。鰭條的數目, 殆依種類而有一定, 故在魚類分類時, 又當計其鰭條的數目。大凡脊鰭臀鰭的鰭條, 略等於脊椎的數目, 足以表示屬與種的性質。記述的方法, 可用符號, 即用羅馬數字以誌棘, 用阿拉伯數字以誌軟條。棘與軟條連續的時候, 乃連記二種數字, 分離的時, 乃插入「,」於其間, 今將鯉的鰭, 記其鰭式於左以爲例。

D. III—IV, 17—22; P. I 15—16; V. II 8—9; A. III 5—6.

Dorsal Pectoral Ventral Anal

可知脊鰭 D 成自四棘, 十七軟條至二十二軟條, 且分離的。胸鰭 P 有一棘十五六軟條; 腹鰭 V 有二棘八九軟條; 臀鰭 A 有三棘五六軟條。又若有特別小鰭 (例如副鰭或脂鰭), 則以阿拉伯數字書

其數於脊鰭之次位。魚類有缺一二鰭的，如旗魚缺腹鰭；河豚缺臀鰭；有各因自己的習性，而大變其形狀的，如文鰩魚、鱒魚、鰩魚的胸鰭，印魚的脊鰭即其適例。

第三節 鱗片

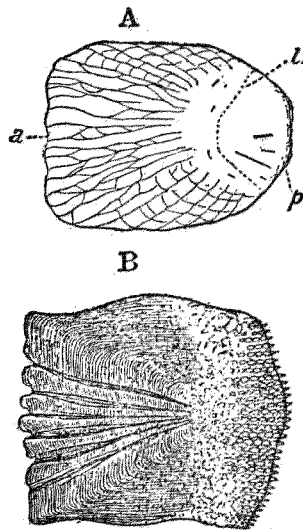
鱗的種類 魚的皮膚分表皮與真皮兩層，與其他脊椎動物相同。表皮甚薄，由數層的細胞而成，且無高等陸生動物所見的角度層，僅有薄的外皮（Cuticula）以被覆表面。表面中有黏液腺，常分泌黏液以滑澤身體的表面。表皮與真皮的中間，或在真皮中，有多數的鱗片。鱗大別為楯鱗（Placoid scale），硬鱗（Ganoid scale）及骨鱗（Bony scale）。楯鱗為板鰓魚類所有，算鱗中最原始的形狀。該鱗為真皮所生的骨質底板，與表皮所生的珞瑯質性棘狀部二部合成。其發生的經過，與齒的發生狀態完全相同，故又稱皮齒（Dermal teeth）。楯鱗的構造及大小等，依種類而異。

硬鱗為硬鱗魚類所常見的鱗，普通呈斜方形板狀，骨鱗為普通硬骨魚類所見的，外形略圓，為

硬骨性薄板。由真皮細胞骨化而生，沒於真皮中。骨鱗常排列整齊，每一鱗的前後有兩個的鱗，互相重疊成覆瓦狀。骨鱗又依其形狀而分圓鱗 (Cycloid scale) 及櫛鱗 (Ctenoid scale) 等。兩者大體相似，惟後者鱗

的外表，生許多的小棘，後緣稍呈鋸齒狀。兩種的鱗，均在表面有同心圓線紋，內面有放射線。同心線又稱年輪 (Annual ring)，可用來推測魚的年齡。骨鱗有微細至不易辨別的，例如鰻鱗屬之刺河豚的鱗有棘狀的突起，或互相融合而成堅固的箱狀，箱河豚屬之。又有完全無鱗的魚。

有放射線。二鱗既由真皮分泌而次第長大，故其增長的速度，並不整齊，外界各種條件均能影響其生長，夏季溫度高生長速，各同心圓與同心圓的距離稍寬，反之在冬季溫度低生長緩時，則距離狹，因之每年有輪紋較稀與較密的境界部，就叫做年輪。關於年輪形成的原因，有種種學說，湯姆遜



圓鱗與櫛鱗
A. 圓鱗
B. 櫛鱗
a. 前緣
l. 露出部
p. 後緣

(J. S. Thomson) 休段 (G. Scheider) 及

來亞 (Lea) 氏等的研究結果，謂年輪由於魚

類因食物的季節變化而起。苟脫勒 (Outler)

研究比目魚等的結果，知水溫的變化為最大

因子。最近錫蘭大學的白齊亞 (Bhatia, 1932)

在英國用鱒 (Salmo trutta) 為材料，再研

究年輪形成的原因，他用同一孵化場同時孵

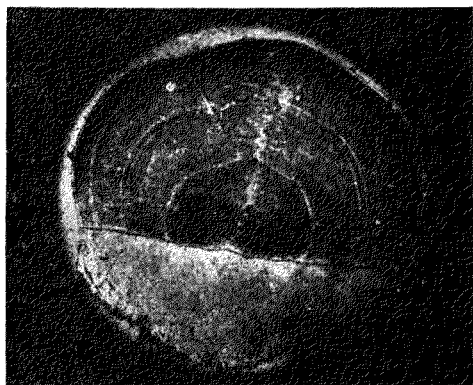
化的魚（體長各為一二〇公厘）分為幾組，第

一組放於實驗室內對照水槽中飼育，每日給

食一次，第二組放於攝氏十七度高溫水槽中飼育，又分為（a）一日給食一次（b）一日給食二次；

（c）二日給食一次。第三組放於四度的低溫水槽中飼養，亦同樣再分為 a, b, c 三區，所得結果，發

見不論溫度的高低，如給食平均，則不生周期的輪。又在高溫及低溫中飼育，祇要給食充分，則鱗的



鱒魚 (Clupea)

孵化後四年冬

季的鱗片上所表

示的年輪

四周廣闊；給食不充分時，則鱗的四周狹小。可見餌的多少，與水溫無關係，亦能造成不同的同心圓線，所以白齊亞的實驗，是否認荷脫勒的學說的。

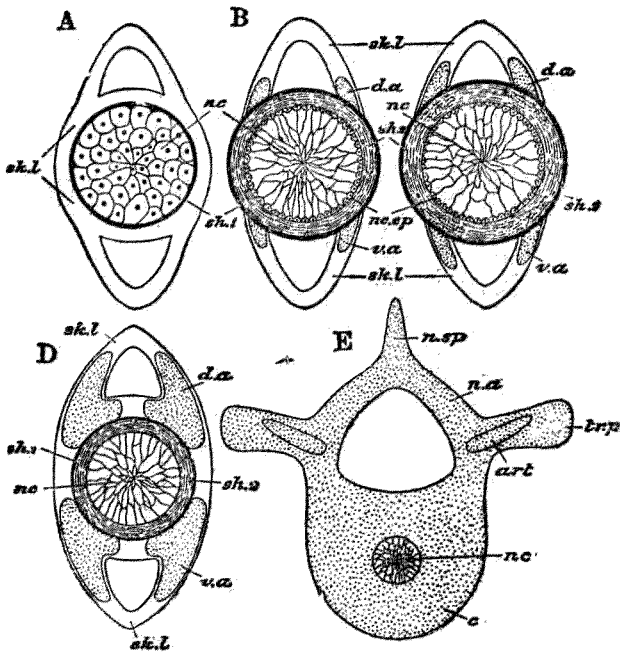
但在天然環境中，魚類所食浮游生物等，既有季節的消長，所以照白氏的實驗而言，自然界中的食料，每年既依季節而有多少，則季輪的產生，在理論上亦屬當然。一方面生物生長，受溫度的影響，爲一般公認的事實，所以完全謂年輪的產生與溫度無關係，想亦未必爲然。

就大體而論，鱗的生長，在冬季爲遲，夏季爲速，所以稱爲年輪，亦無不可。惟生活的條件，亦有與季節無關係，而能產生響爲的年輪，所以依年輪而決定魚的年齡時，應加慎重的考慮。且鱗生於真皮內，魚有在卵中發生數月後或年後而產生的，所以由年輪以決定年齡時，應注意及此。

第二章 魚類的骨骼

各種魚類，均有內骨骼(Internal skeleton)，內骨骼的名稱，用以與前述的皮膚生初、沈澱於表皮及真皮中的骨質或角狀物質相區別。普通所謂骨骼，即指內骨骼而言。魚的內骨骼與其他脊椎動物的骨骼相似，亦由(1)軸骨骼(Axial skeleton)及肢骨骼(Appendicular skeleton)兩部而成。前者包含脊梁、肋骨、頭蓋骨、內臟骨等，後者包含肢骨以及支持肢骨的支帶。魚的分類，以骨骼為主要的標識，故研究魚類學，首當細究骨骼。

脊梁 魚類的脊梁，與其他脊椎動物相同，亦由脊索變化而成。脊索(Notochord)為縱行於消化管背側正中的棒狀細胞塊。構成脊索的細胞，為富於空胞，宛如植物的髓細胞，在發生學上而論，由原腸腔的內壁，即所謂內胚層(Endoderm)的背側正中線部分分離而成。一般脊索的周圍，包一具強彈力的鞘，叫做脊索鞘(Chordal sheath)，該鞘為脊索細胞變質造成。魚類在發育期中，



脊索及脊椎骨發育的經過

- A. 最早時期(脊索細胞外有生骨層)。
 B. 脊索細胞漸空虛;有第二次鞘發生。並生四軛骨。
 C. 軛骨漸向脊索內部伸展。
 D. 脊索鞘次第萎縮; E. 變成硬骨。
 art. 關節突起; c. 椎體; d.a. 背部軛骨弧;
 n.a. 神經弧; nc. 脊索; nc.ep. 脊索表皮;
 n.sp. 神經突起; sh.1. 脊索第一次鞘; sh.2.
 脊索第二次鞘; sk.l. 生骨層; tr.p. 橫突起;
 v.a. 腹部軛骨弧。

就有此種的脊索，但不若頭索動物 (Cephalochordata) 中的文昌魚 (Amphioxus) 的脊索，直達身體的前端。魚的發育期漸進，則脊索變為脊梁。開始變化的順序，先為脊索鞘的表面，起一種環節狀的圓輪，把一條的脊索，表面分為許多的環節。脊索鞘周圍的結締組織，特起變化，造成所謂生骨層 (Skeletogeneous layer) 的一層細胞層。該層的細胞一部分，伸入脊索鞘中，以是此鞘次第變成軟骨，並深入脊索的中央，將內部的脊索亦換成軟骨（但圓口類僅以鞘為止），就變成將來稱為椎體 (Centrum) 的部分。生骨層不獨包圍於脊索，且沿神經管的兩側，向背方伸長至完全包圍神經管為止，以是此突出於神經管背面的軟骨部分，就造成所謂神經弧 (Neural arch)；又在腹側，則沿血管向腹方伸長。在魚的軀幹部，向腹伸側長的軟骨，變成左右的血管隆起 (Haemal ridge)，在尾部則左右相合而突出於腹面的正中，變成血管弧 (Haemal arch)。這種軟骨的造成之初，即表現環節的排列，所以造成連鎖狀排列的骨節，每一骨節，叫做脊椎骨 (Vertebra)，全體相連，成脊梁。因有這樣的構造，所以魚體可以上下左右屈曲。

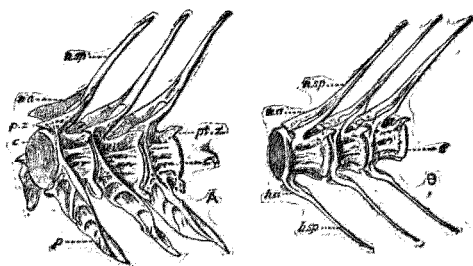
軟骨性脊梁的周圍及其內部，出現硬骨沉澱時，軟骨的全部，又換成硬骨性脊梁。由軟骨變成

硬骨，就叫做骨化 (Ossification)。在全頭類及軟骨性硬鱗類，不但尙未有硬骨，且尙存多量的脊索，未造成完全的軟骨性椎體。板鰓類的軟骨性骨骼，非常發達，脊椎骨亦已完全，脊索祇留存於各椎體相夾的中間間隙。到了硬骨魚類，則軟骨完全骨化爲硬骨性。但此種魚類的脊椎骨，每一椎體的前後相連續表面爲凹形，每前椎體與後椎體之間的空隙，保留原始的脊索。

板鰓類的脊梁，爲前後連成環節的脊椎骨。脊椎骨的構造，在軀幹部與尾部稍有不同，軀幹部的脊椎骨由椎體，神經弧及橫突起 (Transverse process) 三部而成。尾部的脊椎骨，則無橫突起而代以血管弧。椎體的前後兩面凹陷，所以稱雙凹形 (Amphicoelous)。兩個脊椎骨接合時，其間有球狀的空腔，此腔即充滿原來的脊索。又觀脊椎骨前後相連接的形態，其背側神經弧的突起部中間，又各嵌一小軟骨片，此軟骨片，叫做間插片或間神經板 (Internatural plates)。又在神經突起，間神經板的背側，更有神經板 (Neural plate) 或稱棘上板的小軟骨片。

硬骨魚類的脊椎骨，大部分已骨化爲硬骨性，前已述及之。每一脊椎骨的構造，分爲椎體和突起部。突起部在椎體的背腹。背突起爲神經弧的突起，叫做神經棘 (Neural spine)。腹突起在尾

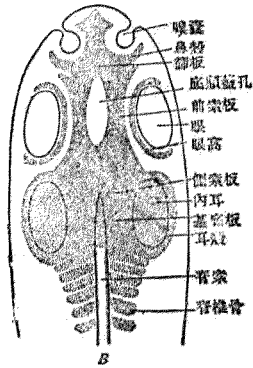
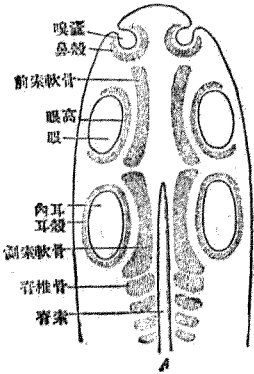
部爲血管弧的突起，叫做血管棘 (Haemal spino)；在軀幹部則成橫突起，其先端與肋骨相關節。但以上數種突起之外，往往在神經弧的前緣或椎體的基部，有一對小突起，叫做前橫突起 (Pro-zygapophyses)；又在脊椎的神經弧的後緣，或椎體的相接部分，亦有一對的小突起，叫做後橫突起 (Post-zygapophyses)。在脊椎骨與脊椎骨相關節時，這前後各一對的橫突起，亦互相連接。又在血管弧，有時亦有同樣的橫突起。硬骨魚的椎體面前後均凹，此部含原來的脊索。又椎體中央有微孔，前後的脊索，即由此孔相連。脊梁的末端多少變化而成尾上骨 (Uro-style)，其下方則有與此相對的扁平骨，爲血管棘變化而成。這兩個的骨，就是尾鰭鰭幅的支持骨。尾上骨在鮭鱒比鯉更發達。硬骨魚中有若干的魚類，由椎體及神經弧或肋骨，更放出一對微細的筋肉間骨 (Intermus-



鯉的脊椎骨側面圖。A. 尾部以前的脊椎骨；B. 尾部的脊椎骨。c. 椎體；h.a. 血管弧；h.sp. 血管棘；n.a. 神經弧；n.sp. 神經棘；p. 副橫突起 (Parapophysis)；p.e. 前橫突起；pt.e. 後橫突起。

ocular bone)。例如鯨(鱈)魚類,就有這種的骨。

頭骨 頭骨最初為生於脊索的前方的少數軟骨片所起。在脊椎骨尚未形成之先,脊索的周圍,在腦部的腹側,生兩對的軟骨板,就是頭骨的基礎。其一對為側索軟骨板 (Parachordal Cartilagineous plates),位於脊索前端的左右兩側。另一對為前索軟骨板 (Prechordal cartilagineous),在側索軟骨板的前方,及左右兩眼胞之間。這兩對軟骨板之外,在鼻窩的周圍,眼胞的周圍,以及耳胞的周圍,亦生同樣的軟骨。這種軟骨板都是各由結締組織變質獨



體骨性頭蓋的發生

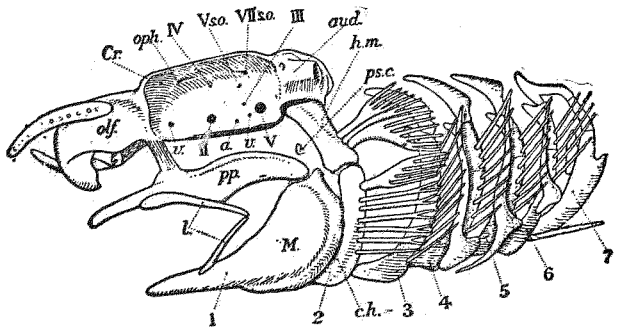
經過

A. 早期 (諸軟骨片當分離)

B. 後期 (眼窩的外面已相連合)

立發生的後來次第增大，相連而成一軟骨板，包圍腦的腹部的左右，更伸展至腦的背面，使腦的背面被覆一薄膜。因而腦部便變成爲箱形軟骨所包圍。這軟骨箱，就稱爲軟骨性頭蓋 (Chondrocranium) 或稱原始頭蓋 (Primodaeal skull)。

像板鰓類的魚類，頭蓋尙屬此種軟骨性頭蓋，今舉其部分而言，(1)後部，即由側索軟骨所生的部分，稱爲後頭部 (Occipital region)，其後側有腦與脊髓相通的大孔 (Foramen magnum)。(2)後頭部的前方左右兩側，有耳胞軟骨所成的部分，稱爲耳殼部 (Auditory re-

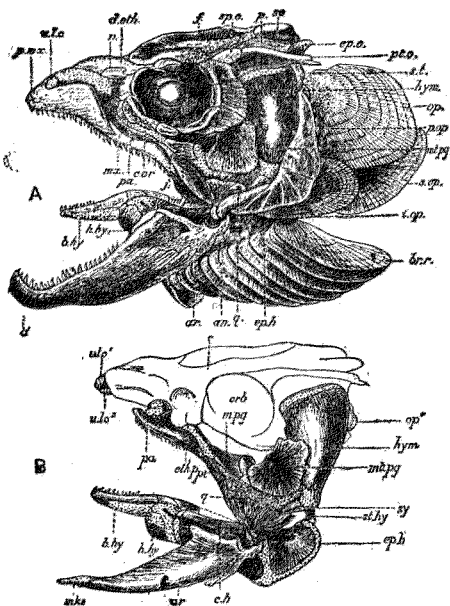


鯊魚的頭蓋骨及內臟骨

a. 動脈管孔； au. 耳殼部； ch. 角舌軟骨； Cr. 軟骨性頭蓋； h.m. 舌顎軟骨； l. 唇軟骨； M. 梅蓋爾氏軟骨； olf. 鼻殼； oph. 視神經孔； pp. 口蓋方軟骨； ps.c. 前噴水孔軟骨； Vs. o. VII s.o. 三叉神經及顏面神經。 I...V. 神經孔； 1...7. 內臟弧號數。

gion)(3)耳殼部的前方左右兩側，有稱爲眼窩 (Orbit) 的凹窪，這左右兩眼窩的中間部，稱爲眼間窩部 (Interorbital region)。(4)更在該部前方，有由鼻窩軟骨所成的鼻殼部 (Olfactory region)。(5)左右鼻窩的中間，有稱爲中篩板 (Mesethmoid slates) 的部分。(6)再在其前方，有稱爲吻狀突起部 (Rostrum) 的突出部。其他在腦箱背面，由膜所被覆的部分，稱爲鰓門 (Fontanella) 軟骨性頭蓋的大孔之外，更於各所有大小種種的開孔，爲由腦派出腦神經的通路。

板鰓類以外的魚類頭蓋，這種軟骨性頭蓋，僅於發生期中見之，到了發育期後，變爲硬骨性頭蓋 (Osteocranium)。硬骨性頭蓋是以軟骨性頭蓋爲基礎，更加多數硬骨片所造成。生硬骨片的方法有兩種，一爲軟骨性頭蓋的各部，起骨化作用，而在該部將軟骨換爲硬骨片；這樣造成的硬骨，普通叫做第一次骨 (Primary bones)。還有第一次骨所未能完全變換的部分，則由被覆於軟骨性頭蓋的結締組織，直接造硬骨以補其缺，這樣的硬骨，叫做第二次骨 (Secondary bones)，或稱膜骨 (Membrane bone)。將硬骨魚放於熱湯中沸之，而頭骨中最易於脫落的骨片，大都爲第二次骨。



鮭的頭骨(A)及內臟骨(B)側面圖

(有點的為軟骨。) *an.* 隅骨; *ar.* 關節骨; *b.hy.* 基舌軟骨; *br.r.* 鰓條; *c.* 頭蓋; *c.h.* 角舌軟骨; *c.or.* 圍眼窩骨; *d.* 齒骨; *d.eth.* 皮層中篩骨; *ep.h.* 上鰓軟骨; *ep.o.* 上耳骨; *ethm.p.* 篩口蓋突起; *f.* 額骨; *h.hy.* 下鰓軟骨; *hym.* 舌顎軟骨; *i.op.* 中鰓蓋骨; *j.* 額骨; *mks.* 梅蓋爾軟骨; *mpg.* 中翼狀骨; *mt.pg.* 後翼狀骨; *mx.* 上顎骨; *n.* 鼻骨; *op.* 主鰓蓋骨; *op'* 舌顎軟骨與鰓蓋骨的關節臼; *orb.* 眼窩; *p.* 顛頂骨; *pa.* 口蓋骨; *p.mx.* 前上顎骨; *p.op.* 後鰓蓋骨; *pt.* 翼狀骨; *pt.o.* 鱗狀骨; *q.* 方骨; *so.* 上後頭骨; *s.op.* 下鰓蓋骨; *sp.o.* 楔狀骨; *s.t.* 上鰓顛骨; *st.hy.* 頸舌軟骨; *sy.* 接續骨(Symplectic); *u.l.c.*, *u.l.c¹* 上唇軟骨; *ul.c²* 第二上唇軟骨。

頭蓋骨片之多，在脊椎動物中，以硬骨魚為第一，其形狀變化莫測，在決定魚的種類時，亦頗有詳細研究的必要。(1) 先由頭蓋的背側所能見的骨片，由前而後列舉之，則有前篩骨 (Pre-ethmoid)，在頭蓋的前端，又稱吻狀骨) 中篩骨 (Mesethmoid)，在前篩骨的後方，額骨的前方，其下

側爲鼻腔)，額骨 (Frontal) 爲被覆腦背的大部分的左右一對大骨，同時形成眼窩的上壁)，前額骨 (Pre-frontal) 突出於中篩骨左右的兩側，形成鼻腔的腹壁及眼窩的前壁的一部分)，上眼窩骨 (Supra-orbital) 形成眼窩的上緣)，圍眼窩骨 (Circum orbital) 爲圍於眼窩周圍的數骨片的總稱，易與頭蓋骨相分離)，顛頂骨 (Parietal) 額骨後方的一對的骨，後額骨 (Post-frontal) 形成眼窩後緣的一部分的圍眼窩骨之一)，鱗狀骨 (Pterotic) 在顛頂骨左右兩側)，上後頭骨 (Supraoccipital) 在顛頂骨的後方，背側後端，其中央部側扁而突出於後方)，上耳骨 (Epiotic) 在上後頭骨的左右兩側，與鱗狀骨及上耳骨合成耳殼的上蓋)，上顛顛骨 (Supratemporal) 又稱外肩胛骨，爲上耳骨左右鱗狀骨後方的兩個小扁平骨，與頭蓋不相密着)。(一) 造成頭蓋的後壁諸骨，爲側後頭骨 (Exoccipital) 在上後頭骨的腹側，中央有通過脊髓的大孔，其左右有通過迷走神經，舌咽神經的橢圓形大孔。(二) 頭蓋的腹側，有鋤骨 (Vomer) 在腹側正中最前方尖端，分叉爲Y字形)，楔狀骨 (Sphenoid) 形成頭蓋底的大部分，由鋤骨後部正中的副楔狀骨 Parasphenoid) 及其左右的眼窩楔狀骨 Orbito-sphenoid) 翼楔狀骨 Allisphenoid 各一對而成) 前

耳骨 *Prootic*，在翼狀楔骨後方的兩側，形成耳殼的內側壁，基後頭骨 (*Basiooccipital*)，在頭蓋腹側的後端，中央有一凹窪，表面覆有角質，宛如與下咽頭齒相嵌合；又基後頭骨的一部，突出於後方。

內臟骨 在發生之初，生於鰓裂間咽頭壁間的軟骨性弧狀骨，總稱為內臟骨 (*Visceral bones*)。這種弧狀軟骨，均左右成對，腹端或有相連的，或有不相連的。內臟骨又稱內臟弧 (*Visceral arches*)。其數目因魚的種類而異，普通為四對乃至九對，第一對弧為顎弧 (*Mandibular arch*)，第二對弧為舌弧 (*Hyoid arch*)，第三對以後為鰓弧 (*Branchial arch*)。

板鰓類的內臟骨，終生為軟骨性。顎弧的上半，稱為口蓋方軟骨 (*Palatoquadrate cartilage*)，即為鯊魚類的上顎，其下半稱梅蓋爾氏軟骨 (*Meckel's cartilage*)，即其下顎。這兩顎軟骨上有齒列。舌弧亦由分成上下兩半對的軟骨，與一個附加的軟骨而成。上半稱舌顎軟骨 (*Hyo-mandibular cartilage*)，與軟骨性的頭蓋的耳殼部相連接；其下半稱角舌軟骨 (*Basi-hyal cartilage*)，懸着於梅蓋爾氏軟骨的下面。另有與左右角舌軟骨末端相連的一軟骨，稱基舌軟骨 (*Basi-*

hyal cartilage)。舌弧後方有五對的弧，稱第一，第二至第五鰓弧。每鰓弧，由咽頭鰓軟骨（常略稱爲咽頭骨）(Pharyngo-branchial cartilage)，上鰓軟骨 (Epi-branchial cartilage) 角鰓軟骨 (Cerato-branchial cartilage) 及下鰓軟骨 (Hypo-branchial cartilage) 四對的軟骨而成。但第四第五鰓弧的咽頭鰓軟骨往往有癒合爲一骨的，第一及第五鰓弧，則缺下鰓軟骨。又各鰓弧的上鰓軟骨，角鰓軟骨，除第五鰓弧以外，都有支持鰓腔的鰓條 (Branchial ray) 爲一種棒狀軟骨，第三，第四，第五鰓弧的腹端，爲連合鰓條起見，更有一個稱爲基鰓軟骨 (Basal-branchial cartilage) 的軟骨。此外鰓孔的緣，排列有稱爲外鰓軟骨 (Extra-branchial cartilage) 的細彎曲棒狀骨。口的左右兩側，更有小口唇軟骨 (Labial cartilage) 兩對。

硬骨魚類的內臟骨，上下兩顎的兩軟骨次第萎縮，口蓋方軟骨爲形成第二次骨的前顎骨 (Premaxillary) 及上顎骨 (Maxillary) 起見，次第移於後背方，其後端骨化爲方骨 (Guardate)，前部又換置口蓋骨 (Palatine)，左右翼狀骨前的小骨) 及翼狀骨 (Pterygoid) 在口腔上蓋左右壁的三個扁平骨所合成)。又梅蓋爾氏軟骨，亦以其前部換爲齒骨 (Dentine)，後部變

隅骨 (Angular)，最後部分變爲關節骨 (Articular)，此三骨合成下顎骨 (Mandible)。舌弧亦變硬骨。左右舌骨的後緣突出三個細長的扁平鰓條骨 (Branchiostegal)，爲支持鰓條膜之用。鰓弧五對，各由咽頭鰓弧及下鰓骨兩部而成，但第五鰓弧則祇各有一個的骨。第一至第四鰓弧的外側緣，有支持鰓片的毛狀軟骨，內側緣則有稱爲鰓耙 (Gill Raker) 的小軟骨突起，排列成櫛齒狀。鰓耙爲濾過口中流入鰓腔的水之用。又在鰓蓋部各有四個扁平的第二次骨，總稱爲鰓蓋骨 (Operculum)，卽前鰓骨 (Preoperculum)，主鰓蓋骨 (Operculum)，間鰓蓋骨 (Interoperculum) 及下鰓蓋骨 (Sub-operculum)。鰓蓋骨爲保護鰓腔之用。

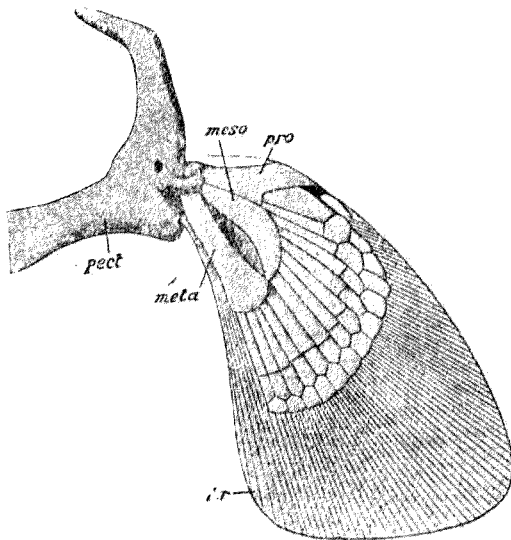
肢骨骼 魚無四肢，但成對的鰭，卽爲進化成四肢的起源，而成對鰭又爲不成對鰭的延長所成，故當先論不成對鰭內的骨骼。

不成對鰭的內部，有由真皮所成的鰭輻 (Permal fin rays) 的軟骨性或硬骨性柱狀骨，內側有與鰭輻相關節的，稱爲擔鰭軟骨 (Pterygiophores)。在硬骨魚類，則此軟骨變爲硬骨。

對鰭與無對鰭相同。在板鰓類，角質鰭輻的內側，有軟骨質擔鰭軟骨。內方更有鰭基軟骨 (Ba-

sal cartilage) 與肢帶相關節。第五鰓弧的後面，有半月形的軟骨，即為肩帶 (Shoulder girdle) 三鰭某軟骨與肩帶的中央部相關接，在關節部的背側的部分，稱為肩胛骨 (Scapula) 部，其腹側部，稱為烏啄骨 (Coracoid) 部。左肩帶的烏啄骨與右肩帶的烏啄骨，在魚的腹側中央相連。肩帶為與胸鰭相連的支帶。

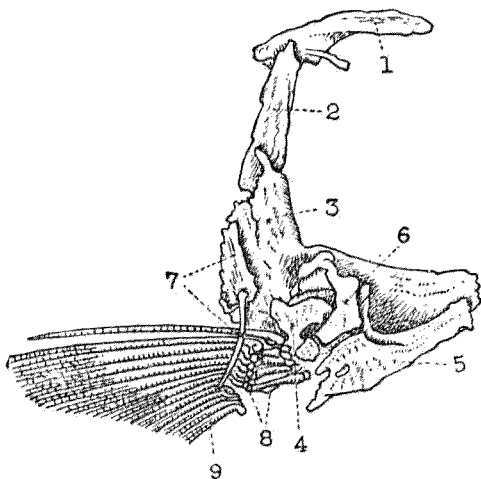
腰帶為與腹鰭相連的支帶，位於排泄腔的前方，為一字形的軟骨。其兩端與左右腹鰭的鰭基骨相關接。



鯊魚的肩帶(右)鰭胸側與

dr. 鰭輻。meso. 中鰭軟骨。meta. 後鰭軟骨。pro. 前鰭軟骨，合稱鰭基骨。pect. 肩帶。

硬骨魚的肩帶特別發達，在魚體的左右兩側，形成弓狀，背端尖銳，腹端分叉，由背端至腹端外側的肩帶主要部分，即呈新月形的骨片，叫做鎖骨 (Clavicle)，在腹端內側的分叉部分，叫做烏啄骨 (Coracoid)，但這兩骨並非彼此分離，實互相連續的。左肩帶烏啄骨的先端，與右肩帶烏啄骨的先端相接。硬骨魚的烏啄骨，分上下兩部，前側的烏啄骨，稱上烏啄骨或前烏啄骨 (Pro-coracoid) 部，其後側的部分，稱下烏啄骨或烏啄骨本部 (Coracoid pro-per)。更有在兩烏啄骨的背側，有一較小的骨，叫做中烏啄骨 (Mesocoracoid)。中烏啄骨的有無，以及上下烏啄骨的形狀等，為決定魚的分類上一重要的標識。鎖骨與頭蓋骨的後部後顛顛骨相連的部



鱈類的胸帶(由內面觀察右半的形態)

1. 顛顛後骨；2. 上鎖骨；3. 鎖骨；4. 上烏啄骨；
5. 下烏啄骨；6. 中烏啄骨；7. 後鎖骨；8. 射出
- 骨；9. 鰭條。

分，叫做上鎖骨(Supracleivle)，其連合方法，亦爲分類學家所重視。又在鎖骨與烏喙骨之間，挾有一小骨，叫做肩胛骨(Scapula)。鎖骨的內側，更有一骨，叫做後鎖骨(Post-clavicle)。

硬骨魚的腰帶較胸帶退化，爲左右各呈三稜形的劍狀骨。此部恐係與擔鰭骨癒合而成。其先端向前，其基部及前方的一處，與他側的對稱部相連接。腰帶與脊梁，無直接的連絡。

此外則鯉魚科的魚類第一脊椎骨的橫突起，有特別伸長的棘狀突起，第二脊椎的橫突起延長而向腹側彎曲，其中有稱爲魏爾氏器官(Weber's organ)的若干小骨片，爲該科的一種特徵。

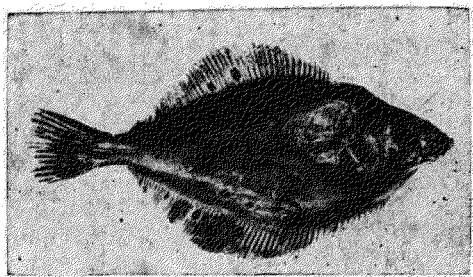
第三章 魚類的消化器官及其生理

第一節 消化系統的構造

齒的形態 總覽各種魚類的口器，知道除了屬於硬骨魚中的總鰓類的海馬魚等及硬鱗魚中的銀鮫 (Chimaera) 之外，所有的魚類，都具齒牙或近於齒牙的器官。圓口類中的七鰓鰻，在口腔的內面，舌的先端，有具黃色圓錐形構造的齒牙。這是以表皮細胞組織為中心，其周圍由角質發達而成，所以非常幼稚，尚未入石灰性齒的程度。至於一般硬骨魚的齒牙構造，則如蛙、鯢的齒，為以管狀象牙質 (Vascular dentine)，鱒的齒以骨狀象牙質 (Osteodentine) 為主體而成。其他更有由這兩種物質併合而成的；也有具管珞瑯質 (Vascular enamel) 的；有具玻璃狀真象牙質 (Onthodentine)，以及皺襞象牙質 (Plicodentine) 等的。但魚類的齒決無鈣質的，且一般的造

齒細胞 (Odontblast) 均排列於象牙質面，齒髓富於血管，由結締組織而成。

魚齒的形狀，可分為四類：一為磚狀的，例如鱈魚類 (Raja) 屬之；二為粒狀的，例如鯛類 (Parrus) 屬之；三為三角形的，例如鯊類屬之；四為板狀銳緣齒，例如固顎類、裸齒類、肺魚類的齒屬之。這四種的形狀，在魚齒中，較為普通，此外還有呈棘狀或絨毛狀 (Villiform) 的。齒常成羣排列；一羣的齒，大都為同形同大，或僅同形。如貓鯊等，則其顎緣所突出的齒，有屬於異形齒的，口蓋、舌、咽頭等的齒，以集成絨毛狀的圓錐形齒或磚狀齒居多數。一齒羣中有同形同大的，亦有同形而有大小的，普通在前方的較大，愈至後方而愈小，如排成數列時，則常以自最外側至第二列為最大。齒常隨年齡而次第增大為通例。齒數在一生涯中為同數者較少。多生齒類 (Polyphodont)，則其齒數與年齡



硬皮魚類中的一種

沙皮魚

(Balistes) 的齒

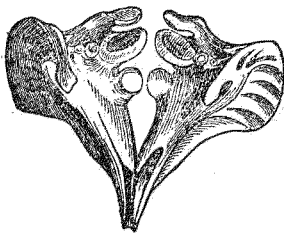
(照實物縮小四

分之一) 堅硬能

咀嚼珊瑚

及性別有密切的關係，年齡增加時，則其數亦增。還有在產卵期中其齒數增加的，鯊魚即其一例。齒的排列，均為左右對稱，但亦有例外，如比目魚，即其代表魚類齒數最少者為二個，多者能達數千個。齒的更換 (Dentition)，依魚的種類而不同，最多者一生能換數百次。齒的更換的方式，可分三類，例如鯊鸚鵡鯛 (Callionotus) 等在脫落齒的內側生新齒，一一更換的。鯉、鱒、鱒等，則有在同列中各齒的間隙間，萌生新齒的；還有在脫落前，在其下面已有新生齒存在，所以上層脫落，即由下層昇上的。

齒的配列 顎上的齒，大都排成弧狀，數為一系列至數列。又有羣集成帶狀的。附着於鋤骨，口蓋骨，舌骨等的齒，以排成帶狀為最普通。前顎骨，上顎骨及下顎骨的齒，稱顎齒，口蓋骨的齒稱口蓋齒。其餘倣此。硬骨魚類，往往在顎齒之外，更有咽頭齒 (Pharyngeal teeth) 或鰓齒 (Gill-teeth)，生於翼狀骨或鰓弧的內緣，其發達程度常與顎齒成反比



鯉的咽頭齒
(在下顎骨)

例。鯉魚的咽頭齒，爲一般所熟知的，生於底後頭骨的下面左右咬合。凡有咽頭齒時，顎齒祇供捕食用，而咽頭齒或鰓齒則司咀嚼。

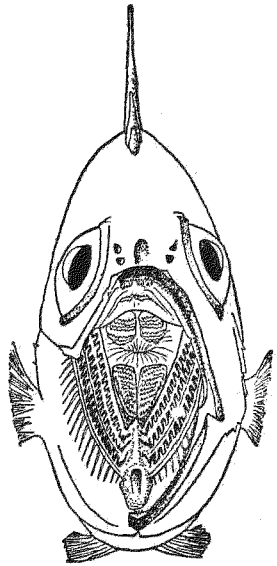
齒的附着狀態，亦有多種，或爲纖維性附着 (Fibrous attachment) 或爲咬合關節 (Hinged attachment)，更有由彈力肌肉，於開口時齒能直立，閉口時齒向內傾斜，便於捕食的。故視齒的附着狀態，亦可推察魚的食性。板鰓類的齒，往往成爲扁平的三角形，且上下顎的先端突起，適於捕食，而後部的齒，則呈臼齒形而適於粉碎食物。鰻類等的齒，雌雄有差別，雄者突起，雌者扁平呈板狀。

舌 魚類的舌，最不發達，幾乎沒有能伸至口腔以外的舌。僅在板鰓類、總鰓類及肺魚類，可略見近於舌的部分。即口腔內黏膜的部分，較其他部分，稍凸出於前方而已。肺魚的舌，有筋肉，算最發達。所以魚類的舌，恐未必能具似高等動物的機能。

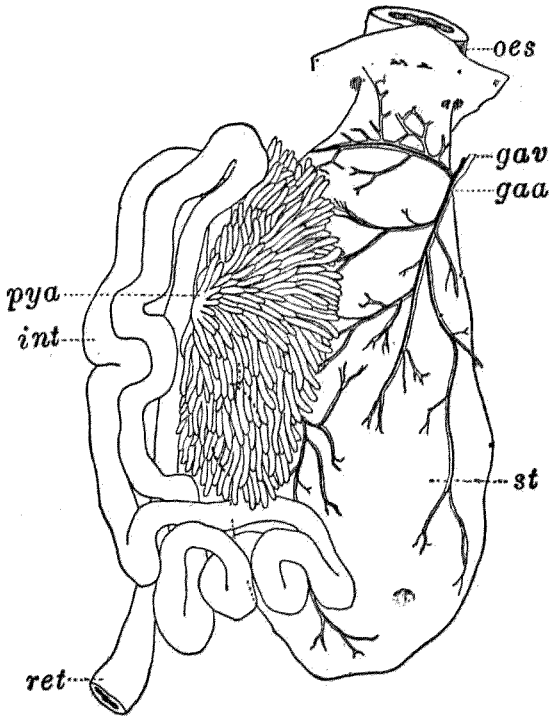
咽頭 口腔的內面爲咽頭，其左右有鰓。附着鰓瓣的鰓弧的前緣，有結節狀或細纖維狀等種種形狀的鰓耙。司食物的濾過作用，使食物不通過入鰓瓣，而導至食道。凡捕食其他魚類，或軟體動物

的魚類，鰓耙非常堅固，但以浮游生物為食料的魚類，則鰓耙細長，例如石獅魚 (*Sepastodes*) 的鰓耙與鱈的鰓耙比較之，即可知鰓耙之形狀並非一律。

食道 咽頭的下面為食道。食道更連於胃腸最後則至直腸。但這種消化器官部分境界，不甚明瞭者居多，祇從消化管的直徑，表皮形態差異等，可以辨別之。又由括約筋的特別瓣，以及附着的胰臟、肝臟等的導管等附着點位置，亦可作區分的標準。食道大都為直線形，其幅較廣。硬骨魚的一種 *Lutodeira* 食道長而迴轉，固顎類的河豚等，則食道更附有囊狀的突出部。此部稱為空氣囊 (Air-sac)，有時延長於頭至尾鰭，亦有用兩孔與食道相連絡的。河豚的腹部膨脹，即為此部吸空氣的結果。空氣囊的效用，或謂在於防禦外敵，但至今尚未完全明瞭。



石獅魚的鰓耙
(切去鰓蓋)



鯉的消化管

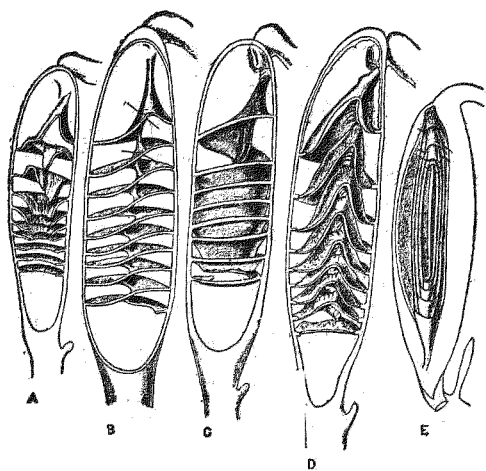
- oes. 食道
- ga. v. 胃靜脈
- ga. a. 胃動脈
- py. a. 幽門垂
- int. 腸
- st. 胃
- ret. 直腸

胃 魚類的胃，與食道的境界，有不甚明瞭的，例如鯉魚，稱為無胃類，即為此故，但亦有明瞭的。鰻的胃在食道後部，膨大成囊狀，其先端與鰓的氣道相通。玉筋魚類 (Ammodytes) 及歐洲產

的北帶魚 (*Trachypterus*) 等, 有時胃的直徑增大, 亦可與其他消化管部分相區別。鱘胃的筋肉, 特別發達, 形成砂囊 (*Gizzard*) 隆頭魚類 (*Labridae*) 則呈簡單的直線狀管, 愈至後方而愈細。

腸 腸與胃相接部分, 有稱爲幽門瓣

(*Pyloric valve*) 的環狀筋纖維, 更有胰臟及肝臟的導管, 亦開口於腸的始部。板鰐類及肺魚類, 有特別膨脹部。直腸的末部, 則爲總排泄腔, 其開口處常在尾部與軀幹境界的腹面正中線。肛門的位置, 依魚類而變化甚多, 電鰻開於咽喉部的腹面, 卽其一例。腸的內面, 在鯊魚的若干種類有螺旋瓣。瓣的形式, 又依種類而異。例如虎鯊 *Squalium caninula* 的瓣, 共迴轉十二回, 正如高



板鰐類的螺旋瓣。A. 雙髻鯊。B. C. D. 爲鱈類, E 爲

塔中的螺旋狀梯相似。腸的外形甚短，但因有這種的構造，故食物通過腸中的路程延長。魴的一種 *Sphyrna malleus* 的腸，亦有同樣的螺旋瓣，但與普通的螺旋狀梯不同，即瓣以幽門及直腸的附近為軸，而作縱渦卷，故稱渦形瓣。又全頭類及肺魚類亦有螺旋瓣，但不及板鰓類的發達。螺旋瓣的目的，在生理上無非為增加腸的吸收的面積。但從螺旋瓣的種種形狀觀之，知螺旋瓣之構造，螺旋瓣的吸收面積，以及食物通過瓣時的抵抗等，有相互的關係。派克 (T. J. Parker) 氏實測虎紋鯊 (Raja) 屬的四種形狀不同的瓣，知 A 為一三六·六六平方公分，B 為一四三·八二平方公分，C 為二五四·三平方公分，D 為二七六·七平方公分。D 的面積比 A 多二。但從構造及進行的遲延上，知二者的效果為相似。此外從有瓣的魚類，大都為肉食性魚類。論亦知瓣的目的，為增加消化力。就全體魚類論，消化管的長短，與魚的食性有密切的關係，草食性魚類消化管長，肉食性魚類消化管短，例如鯽魚為草食性，而消化管全長達體長的七倍以上，即其一例。

第二節 消化腺

一般魚類所具的消化腺，有下列數種：(1)胃腺；(2)肝臟；(3)胰臟；(4)幽門垂及(5)直腸腺等。但魚類完全無唾腺，口腔中更有黏液腺。這種黏液腺在消化管的其他部分，亦能發見之。

胃腺 圓口魚及肺魚類無特別的胃腺，所以消化液，大概由胃腺內部的表皮細胞分泌之。其他魚類，幾乎都有胃腺。胃腺的形狀為盲囊，在黏液層的下面，開口於胃內黏液膜的表面。高等脊椎動物所發見的胃及胰臟分泌物，為胃液素 (Pepsin) 及胰蛋白酶素 (Trypsin) 等的酵素，在魚類及圓口類，分泌的部分，不甚分明。在板鰓類的某種魚類，則咽頭、胃、腸諸部分分泌胃液素，鰻及鯉則在胃腸中亦能見有這種分泌物。但胰蛋白酶素，視乎為胃、腸、幽門垂及胰臟的黏液腺所分泌。又在高等脊椎動物，有李盤空 (Tieberkuhn) 氏腺，在魚類中則無。

肝臟 魚類的肝臟的大小色澤周圍的凹凸等，因種類而異。其位置，前端與體腔的前緣，心囊及腹膜相接，由此延長及於後方。鯊魚中有若干種類，後方直達總排泄腔。然大都肝臟的形狀，依魚的體形而異。例如鰻體細長，肝臟亦然，縱體廣闊，肝臟亦扁，且多分為左右兩葉。七鰓鰻及鮭科的種類中，有不分歧的種類。鯖魚則分歧為三葉。

膽囊 膽囊在圓口類，全頭類，總鰓類，肺魚類以及一般板鰓魚類及硬骨魚類的幼魚成魚時代等，均能見之。惟板鰓類中像鯊等則無膽囊，但這種的例極少。板鰓類的膽囊埋沒於肝臟中，多數硬骨魚類則與肝獨立分離，惟膽管仍與肝臟的導管相通，或與胰的管相合，而開口於腸管。

胰臟 如七鰓鰻等的圓口類的胰臟，為原始的形態，至板鰓類硬骨魚類而發達。板鰓類的胰臟，為一個或分為兩部分，故易與肝臟相區別。硬骨魚雖有此腺，但分散而埋於肝臟中者居多，鯉魚的數種，其肝臟內有散在的胰臟，所以稱為肝胰臟 (Hepatopancreas)。肺魚類中的 *Protapterus*，胰臟亦特別發達而埋於胃腸壁內。

幽門垂 (*Pyloric caeca*) 在幽門部由腸管分出的盲囊，叫做幽門垂，其開口開於胰管及輸膽管的開口附近。圓口類及肺魚類全無盲管，惟硬骨魚類的大部分有之。其數目與配列等，依種類而大異。惟鯨科的魚類等亦無此器官，實為一種例外。玉筋魚 (*Ammodytes*) 的幽門垂祇一個，比目魚則祇有三個至五個，其他硬骨魚類則其數甚多。鱈類 (*Gadus merlangus*) 多達一二〇個，鯖 (*Scomber scomber*) 亦達一九一個以上。又雖屬分類學上的類緣相近動物，往往幽門垂的數

目相差極甚。例如法國產鱒僅有七個，而日本產者，則達一〇〇個以上。普通以食植物的魚較多。鮪魚的幽門垂，包圍於結組織中，形成一大塊，而鮭及鱒則作線狀的排列。關於幽門垂的機能，雖視作有營消化腺的機能，但尙未完全明瞭，所知道的，則爲幽門垂中有分泌澱粉及蛋白質消化酵素一點。有幽門垂的魚，無螺旋瓣，而有螺旋瓣的板鰓類，無幽門垂，此點亦值得注目。惟硬鱗類的鱒魚 (Acipenser)，則具有這兩種器官，屬於例外。

直腸腺 (Rectal gland, Appendix digiformis) 具有含黏液腺的腸壁，機能不甚明瞭，大多在於螺旋瓣的終末部，而開口於腸的終部的背面，爲板鰓類所常見的器官。肺魚類有稱爲盲管 (Caecum cloacae) 的腺，開口於總排泄腔的部分，與直腸腺的關係亦未全明。

第三節 消化管的生理

魚的消化管，與其他脊椎動物相同，也是爲輸送營養物於後方起見，有蠕動 (Peristaltic) 的作用，更爲使消化液能充分混和，並促進營養分的吸收起見，而行分節運動 (Segmentierung) 關

於腸管運動狀態的研究，學者中有巴種方法以研究的。對於魚腸方面，普斯尼查 (Busniza) 及 孟蓋司 (Menkes) 兩氏，將空氣送於鱒的腸中，觀察其在腸內移動的狀態，以決定腸的特有運動法。以上的兩種腸的運動方法，依分布於腸面的迷走神經及交感神經而行之，但如將神經切斷，腸管仍行一種的運動。這是因腸壁中有一種稱爲奧爾白哈 (Auerbach) 的神經叢 (Plexus myentericus) 之故。關於哺乳動物的兔腸方面，曾有精密的研究，在魚類方面，亞爾伐 乃志 (W. C. Alvarez) 用鯊 (Musclaus canis) 爲材料，以研究此種作用。他的實驗，先在左右兩眼後緣線的中央，用刀由軟骨片面切下，把腦切斷爲前後兩半，以停止大腦的刺激影響，然後將魚的背面反臥於手術臺上，隨時用海水沖頭部，以防呼吸的困難，然後切開腹部以觀察腸的狀態，依這樣手術方法，呼吸可以繼續。腹部切開後，爲防該部的乾燥起見，用海水或依梅尼司 (Mines) 氏方式，加百分之二的尿素於生理食鹽水，時時沖於腹部，將左側的肝臟的一片，推出外方，以露出消化管，乃開始調查其運動。消化管的各部分，用絹絲連結，再用數個的懸垂槓杆，將各部的運動，同時描寫於迴轉描寫器 (Kymograph) 上，則得結果如下：

胃的運動 鯊的胃與人類的胃，其運動方法，幾乎相同。即噴門部附近，有規則的深蠕動波，次第波及於後方，其速度每分鐘爲二、三回。此種運動，在肉眼亦能觀察之。此外則用槓杆擴大之，更爲明顯。這種蠕動以外的緊張變化，及極微的收縮，可以迅速表現之，爲觀察運動進行的狀態起見，用四條的絹絲，各結於腸的一部分，而描寫之，則見腸的收縮，都由噴門部開始，而次第向後方進行，有時噴門部的外側起收縮，而向後方進行之前，先傳於內側。又有時在該部起迴轉運動，而不再向後方進行的。收縮較甚的波，傳於胃的後方時，或在其進行方向的前方一或二公分的部分，突然發現另一收縮，兩者能保持一定的間隔而進行。

幽門部的收縮 普通幽門部及胃盲囊部 (Gastric caecum) 附近的大灣曲的側面，所起收縮，徐徐向後方移動，在移動之前，常先見有弛緩的進行。這是該部弛緩的結果，以後血管擴張爲紅色時所起。有時此部的弛緩，因縱行筋肉的收縮，該部的直徑亦稍見擴大。又有時幽門部全體起一種環狀的收縮而前進。在有圓錐狀環狀瓣的腸，往往突然腸部變硬，亦爲筋肉收縮所起的結果。又如用針的尖端，刺激腸部，則該部筋肉起收縮，刺激少時或動物不甚感覺時，起小白色的環，刺激

大時，則生白色的波，而次第移行於後方。

嘔吐 魚類有無嘔吐以及有無嘔吐中樞存在的問題，尙缺少詳細的研究，惟亞爾佛來志 (Alvarez) 氏處理鯊的消化管時，偶然發見魚的嘔吐現象。即在開腹手術時，將手盛於胃面時，稍加牽引，便見鯊起嘔氣，並將半消化的物質嘔出。此種嘔吐，知其爲咽喉部肌肉收縮的結果。嘔吐之後，更見胃的中心部起總收縮，而向前後兩方向進行，同時幽門部亦起大波，漸次向胃的中部擴大，並在每次牽引食道時起嘔吐。但鯊魚在起這樣的嘔吐時，其胃內食物，並不變成完全空虛。最近據末廣氏的研究，知鯖、鯛等，用鹽酸亞保嗎啡 (Apomorphine) 注射於筋肉內，或加於水槽，亦能使其起顯著的嘔吐。原來鹽酸亞保馬非，爲一種刺激高等動物嘔吐中樞的藥品，所以從這個實驗結果，亦可證明魚類有嘔吐中樞。

腸的運動 依鯊魚爲例，鯊魚的腸中，有螺旋狀瓣，前已述及之，螺旋瓣由總排泄腔視之，爲依時針的方向迴轉，而總排泄腔附近的波狀收縮，亦次第迴轉向前方進行。其速度每一分鐘迴轉二回至二回半。腸能隨時硬化延長，至於胃的延長雖較少，但亦稍延長，這是爲他動物所少見的現象。

腸的運動中，最有興趣的事實，爲有時突然起與時計方向相反對的迴轉收縮運動。這是腸內膜中的平滑肌肉收縮的結果。原來腸內膜僅上端附着，若切斷之，用懸垂槓杆描記其運動，每一分鐘起二·六回的伸縮運動。這是鯊及鰩魚的腸內最敏感的部分，故稍牽引之，卽起喘息。

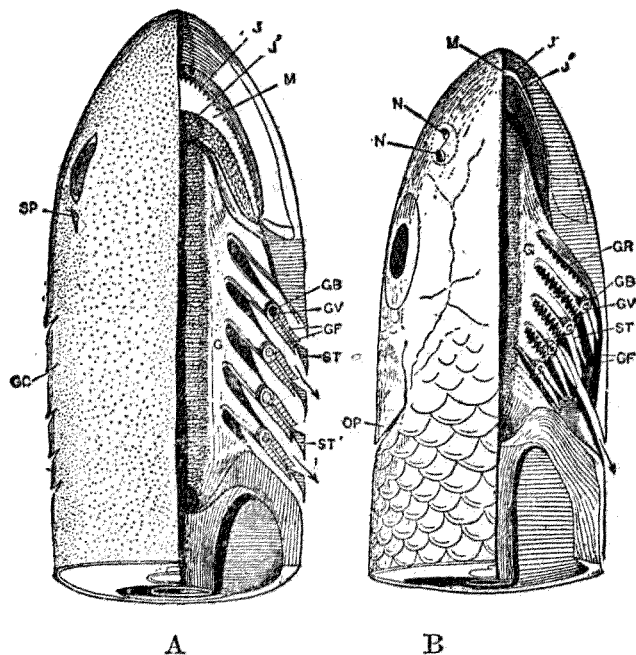
第四章 呼吸器官及其生理

第一節 呼吸器官的構造

呼吸器官的種類 魚類的呼吸器官，以咽喉部分的鰓爲最主要部分，此外如鰓，皮膚，鰭，口腔壁，腸管等，亦與營呼吸作用有關係。陸上動物的肺臟與魚類的鰓，在形態學上屬於相同(Homologous) 器官，其機能亦頗有相似之點。鰓爲水中生活的魚類，攝取溶解於水中的氧氣的器官，這種作用，與肺的攝取空中氧氣相同。且肺的攝取氧氣，必須肺胞中含有適當的水分，以圓滑空氣的吸收作用。鰓在水中，亦是同樣的含有水分。足見陸上動物和棲於水中的魚，呼吸氧氣，都有水分存在的必要。

鰓的發生 查鰓的發生順序，以鰓裂(Branchial cleft)的發生爲先導。最初胎體咽頭的兩

側，生數對向左右突出的囊。對着囊的體壁，亦生凹陷，兩相融接，變成鰓裂。以是咽喉與外界相通。每一鰓裂具外鰓孔(External branchial aperture) 與內鰓孔(Internal branchial aperture) 皮膚的鰓裂孔爲外鰓孔，咽喉的鰓裂孔爲



板鰓類與硬骨類頭部的比較圖(右側切開)

A. 板鰓類。B. 硬骨類。G. 咽喉；GB. 鰓弧；GC. 鰓裂；GF. 鰓片；GR. 鰓耙；G.V. 鰓血管；J, J'. 上下顎；M. 口；N, N'. 前後鼻孔；OP. 鰓蓋；SP. 噴水孔；ST. 鰓間隔壁。

內鰓孔內外兩鰓裂間的通道爲鰓裂道，鰓裂與鰓裂間的體壁，變成鞣固的隔壁，內有血管及軟骨性的支持物，所謂鰓弧(Branchial arches)，就貫穿於隔壁中的一種內臟軟骨。

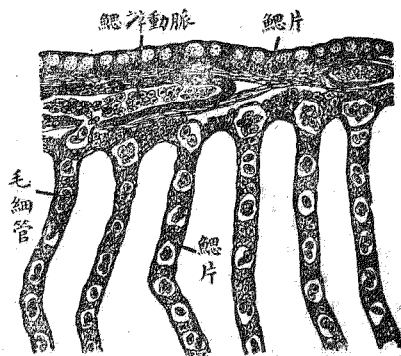
後來隔壁前後兩面的黏膜，變成許多平行的軟褶積狀物，突出於鰓裂腔中，叫做鰓片(Branchial filaments)。鰓片成列，總稱爲鰓(Gill)。

鰓的形態 板鰓魚類有五對的鰓裂，第一鰓裂在於顎骨與舌骨弧之間，變爲噴水孔(Spiracle)而無鰓。第二對在舌弧與鰓弧之間，第三對以下，皆存於鰓弧之間。各裂孔的隔壁與鰓弧相連合，板鰓類的隔壁甚長，其外端露出於外表面，隔壁的前後兩面，並列許多鰓片。這樣的鰓片，排在隔壁前後兩面，每一列的鰓，叫做半鰓(Hemibranchs)。硬骨性魚類，第一鰓裂的前方，生一種特別的皮膚褶積，延長成鰓蓋，以掩覆外鰓孔的外側，所以鰓間隔壁次第退化，祇存包圍於鰓弧的一部分。所以隔壁前後的兩側鰓片，附着於鰓弧之上。兩列間祇有極短的隔壁。這樣的兩列鰓片合成一鰓的，叫做全鰓(Holobranchs)。鰓片的排列方法，宛如櫛齒。每一鰓片，又生多數所謂小片(Gill-leaflet)的小突起，如附圖所示，卽爲一鰓片的一部分擴大之狀。鰓小片中均有毛細管。由心室而

來的靜脈血，經動脈幹而入平行於鰓弧的導入鰓動脈，再分爲鰓片動脈，由鰓片而入鰓小片，變成毛細管，此部隔一薄表皮與水相接觸。血液的氣體交換，即在該部行之。所以這一部分，是化學變化最盛行的部分。

鰓的表面積 由上述鰓的構造觀之，足見鰓分爲鰓片、鰓片更有鰓小片的小突起，使鰓與接觸水的面積擴大，這種情形，又與肺的分爲無數小氣胞的情形相同。普通硬骨魚類共有鰓四對，每鰓由二列鰓片而成。其鰓的全體面積，依魚的種類而異，又依魚的大小而不同，就大體而論，則魚體小的，其鰓的面積反大。今舉主要數魚類的鰓的表面積如下：

魚	名	體重	鰓面積	體重一公分的鰓面積比率
Hippo campus	海馬類一種	(公分)	(方公分)	
		五·五	五·七六	
				一·〇五



鰓片表面的鰓小片

Helastes	雀鯛類一種	一一·二	三六·〇〇	二·九五
Labrus	隆頭類一種	六〇·八·〇	六〇·八·〇〇	一·〇六
Scyllium	鰲類一種	八六·〇	一八五·〇〇	一·八六
Carassius	鯉類一種	一六·〇	一六·九六	一·七〇

除鰓以外，在若干硬骨魚及板鰓魚中，有在近於普通舌顎骨的，其他部分，分離而成鰓狀，或用肌肉及結組織被覆，而通以血液，形成紅色分泌腺狀（在 *Lepidosteus sturgeon* 等見之），其形似鰓，且在形態學上兩者亦同，但檢查血液的結果，則知其與呼吸無關係。故稱爲偽鰓（Pseudo-branchia）。

口腔瓣及鰓蓋瓣 魚類由口及鰓蓋的運動，使水出入口腔，以達呼吸的目的。爲增進此種目的的效率起見，多數硬骨魚類，均具呼吸瓣。第一爲口腔瓣（Buccal valve）以一對爲主，附着於上下顎的內緣，防吞入口內的水，逆行流出口外。觀察鯉魚的呼吸，能顯然見之。第二爲鰓蓋瓣（Operculum valve），在喉頭的後方，附加於鰓蓋的後緣，又稱鰓條膜（Branchiostel membrane），有

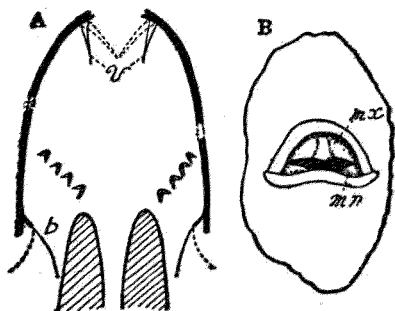
防水流入口中的作用。口腔瓣與鰓蓋瓣及鰓蓋作一定順序的運動，以是水亦繼續作一定方向的流動，呼吸作用，遂能圓滑進行。

第二節 呼吸的生理

呼吸運動 魚類的呼吸運動，爲口及鰓蓋的運動，據白禰立奧尼(Baglioni, 1907)氏所詳細觀察的結果，就鯉魚而言，其順序如下：

1. 口與鰓裂幾在同時張開，然實際上則口先張開，較鰓裂的張開稍早。

2. 口及鰓蓋張開至最大的時間，口較速而鰓裂稍遲。然鰓蓋擴張至極度時，則附於鰓蓋緣的鰓蓋瓣，亦隨之而開。口及鰓裂張至極度時，即移於閉



魚的呼吸瓣及口腔瓣

A. 上半爲垂直圖，下半爲水平圖

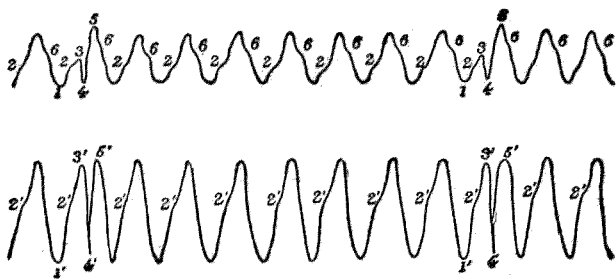
v. 口腔瓣； b. 鰓蓋瓣。 B. mx. 上顎瓣。

mn. 下顎瓣。

口運動。

3. 口及鰓裂起初閉一半，後來其餘一半亦閉，然口則並不像鰓裂的完全閉緊。鰓裂的關閉，以鰓蓋先閉，然後鰓蓋瓣亦隨之而閉。

這種口與鰓蓋的運動狀態，用回轉描寫機 (Kymograph) 描寫起來，則成如附圖的形狀。此圖為描寫鯽魚的口與鰓蓋運動所得的結果。這兩曲線中，一為口的運動曲線，一為鰓蓋的運動曲線，二者的山谷頗相一致。曲線中的山，即為閉口的極限，谷則為開口的極限，換言之，即在谷底為開口而移於閉口運動的瞬間。但在這種圓滑的上下運動中，發見有如圖中所示的 4 及 4' 的突然運動，亦頗規則，在鰓及鯽魚常見之，鯰魚則無此種



鯽魚口及鰓蓋運動 (上曲線為口，下曲線為鰓蓋運動) 4 為洗滌運動

的現象，這種現象，從來叫做洗滌反射 (Clearing reflex)，最近知道並非反射作用，是一種單純的洗滌運動 (Clearing movement)。洗滌運動為達於閉口極度的途中，忽然鰓蓋完全開張而達於開口的極度狀態，然後起深的閉口運動，故曲線上表現出高的凸線出來。後來又回復成平常的運動。洗滌運動作用的目的，在於突然將口腔內的水，排出體外，使溜於口腔及附着於鰓面的泥土，可以洗去。

特種呼吸法 魚類除普通用鰓呼吸之外，更有用腸呼吸的，泥鰍即其著例。泥鰍的消化管，不若其他魚類的彎曲，由口腔至肛門為一直線，稍帶淡紅色的厚部，為胃；一壁薄而呈銀白色，且有許多血管分布於管上的部分為腸，形狀卻與其他動物的肺相彷彿。此魚在含氧氣較少的水中，腸能充分吸收氧氣。橋來脫 (Jolyet) 及來穉奈特 (Regnard) 測定此魚的腸呼吸量結果，知氧氣的三分之一，為由腸所攝取，然腸的排出二氧化碳的分量則極少。愛爾孟 (Erman) 別忽夫 (Rischot) 包滿 (Baumert) 諸氏，測定肛門所排出的氣體的结果，僅含一至二%的二氧化碳。腸的內側表面的毛細管所排出的二氧化碳，因氣體交換作用不充分，故在表面造成碳酸層而停滯。因而

更阻塞二氧化碳的出路，致其排出量減少，但二氧化碳易溶解於水，故能由鰓及皮膚送出水。可見泥鰍祇賴腸呼吸仍不能生存，必須與鰓及皮膚互相協助，以完全其呼吸作用。至於腸呼吸的用途，大概在補助鰓作用的不足。

愛爾孟 (Ernan, 1908) 將煮沸過的水中，放入泥鰍，再在水的表面，加一層的油，則見泥鰍在這種無氧氣的水中，可由腸呼吸而維持生活至一星期以上。又如於油層的下面，放一網，使魚不能浮至水面，則不久便起苦悶的狀態，急行鰓呼吸，不到一小時而死。又放於含溼氣的空氣中，則鰓呼吸雖不完全中止，但氣體的交換甚少，因二氧化碳積蓄的結果，不及二三日而死。

由此可知鰓為呼吸作用的中樞，無鰓則不能排泄二氧化碳。至於皮膚雖亦有排出二氧化碳的機能，但其分量甚少，不及鰓所排出的五分之一。腸呼吸祇能攝取氧氣，但單靠腸呼吸，不能排出二氧化碳。

肺魚的肺，即為鰓的變形，在乾燥期中，有用鰓呼吸空氣的事實，但用鰓來呼吸，並不限於肺魚，據海爾 (F. G. Hall) 的研究，普通魚類，在外界氧氣缺乏的時候，鰓內氧氣亦可用來呼吸。但其分

量甚稀，不過因體內組織中氧氣分量減少之後，鰾中的氧氣，爲保持身體內部氣體的平衡起見，遂被其他組織吸收而已。鱒塗魚類由海水中爬出沙泥面上，能躍跳徘徊至數小時，但其尾鰭則時時伸入水中，由尾鰭的表面，營相當的呼吸作用。如鯰魚等無鱗片而皮膚柔軟的魚類，亦能行皮膚呼吸。據克洛希 (Krogh) 的研究，在攝氏七——八度的低溫中，鯰的呼吸所需的氧氣，五分之三能由皮膚攝取。

合鰓類 (Symbbranchii) 的若干魚類，舌骨與第一鰓弧之間，身呈囊狀的部分，此部更延長至肩帶 (Shoulder girdle) 的邊緣，並有鰓血管及靜脈血分布到此。又印度產的攀木魚 (Anabas Scandens) 及褶鰓魚 (Labyrinthine fish)，在鰓腔內有構造複雜的褶鰓 (Labyrinth) 並富於血管，能營空中呼吸，所以能在空中長時間生活。

魚的呼吸量 魚類的呼吸量，受種種條件的影響而起變化，例如溫度，運動，身體的大小，季節，生殖期及水質等，即爲影響呼吸量的最主要條件，所以要測量平常狀態的呼吸量，頗爲困難。依從來學者所得的結果，每一公升的氧氣，含四八卡羅里的能 (Energy)，所以依呼吸量，而算出每單

位體重所需的卡羅里，知魚類在一小時每一公斤的體重，需要〇·二至〇·五卡羅里，即為魚的基礎代謝率 (Basal metabolismrate)。茲將各主要魚的呼吸量列表於下。

魚名	體重(公分)	水溫(攝氏)	每一公斤體重一小時所需卡羅里	魚名	體重(公分)	水溫(攝氏)	每一公斤體重一小時所需卡羅里
鯉	一二二	一九·八	一·五〇	鯉	一三五	二四—二五	〇·八八
鯉	五〇四	一八·六	〇·四二	鯉	一〇·四	二〇·〇	〇·七六
鯉	七八七	二〇·四	〇·四五	鯛	七五·〇	一九·〇	〇·八二
鮭	二一八	一五·〇	一·〇六	泥鰕	五二·〇	一九—二二	〇·二四
鰻	一七二四—二五		〇·六六	七鰓鰻	〇·二四	二〇	〇·二一

至於每種魚類的氧氣消耗量與二氧化碳排出量的比率，即所謂呼吸係數 (Respiratory coefficient，略寫 R. Q.) 亦依種類而異，茲再將各學者研究結果，列舉數例於下：

魚名	體重(公分)	體表面積(方公分)	水溫(攝氏零度)	〇 ₂ 消耗量(每體重一公斤二十四小時內)	〇 ₂ 排出量(每體重一公斤二十四小時內)	呼吸率 R.Q.	每一公斤二十四小時所需卡羅里	每一方公尺二十四小時所需卡羅里
鯉	一二·〇	四七·一七	一三一—一四	—	四·二九七	—	二四·四一	六二·一一

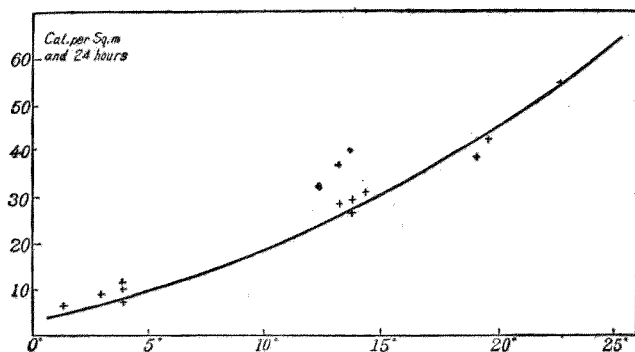
金魚	三六·五九九·〇三	一二·〇	一·〇九九	〇·七八四八	〇·七一	五·〇二	一八·五〇
鵝鰻	六九四·四七〇五·八	一三·七	〇·九六二	〇·九四〇八	〇·九七	四·七九	四七·一六
鰻	一三〇·〇二三一·〇	一六·五	一·〇六五	〇·八三一	〇·七八	五·〇六	二八·四七
鱒	二〇·〇	七〇·六	一四·七	五·二五六	四·六七四	〇·九一	二五·七八
鱧	一四·〇	五二·二八	一五·一	一·八七九	一·七四八	〇·九三	九·二六
							二四·八〇

呼吸量與溫度的關係 林特司推特脫 (Lindsteidt) 用鎮志 (Znuz) 氏的測量魚類呼

吸的裝置，研究種種魚類的呼吸量，知呼吸量隨溫度的變化，而起一定的變化。愛其及克洛希 (Eggs and Krogh, 1914) 又謂不獨魚類爲然，其他多數冷血動物，均有同樣的關係。二氏更用一種麻醉藥品烏來勝 (Urethan $C_2H_6CONH_2$) 來麻醉魚類，使其不起運動，然後陸續變更水的溫度，測定其呼吸量的變化，得一曲線，如附圖所示。烏來勝爲易溶於水的物質，但有不害呼吸器官及循環器官的長處，故在呼吸研究上，應用頗爲便利。加尼志 (Kanitz, 1907) 等更調查呼吸的溫度係數的關係，知每溫度增加十度，其呼吸量增加二·〇至三倍。原來一般生物的生理現象，如生長、呼

吸，心臟鼓動等，均受溫度的支配，且平均每增十度，而增加若干倍。這就是美國克洛且 (Crozier) 氏所謂溫度特徵學說 (Temperature characteristic theory) 的根本，其係數用 C 的符號表示之，照以上諸氏研究魚類的結果，知此說在魚的呼吸量上亦能通用。

呼吸量與表面積 主張動物的呼吸量與身體的表面積有一定的關係的，為魯勃南 (Rubner, 1893) 及培德 (Puter, 1911) 等；反對此說的有培乃笛克脫 (Benedict, 1915) 等。然現在一般學界，大體上認培德氏等所主張為合理。據培德氏所說，生物體內的



鯉的呼吸與溫度的關係
 橫軸為溫度，
 縱軸為每二十四小時內
 每方公尺所需卡羅里。

物質代謝作用，起於構成身體的諸細胞內，但內層的細胞，與在外層的細胞，並不相等，所以如以 a 為最初物質的濃度， x 為 t 時間後物質的濃度， K 為恆數， O 為構成生物體的多數層的面積，則得下列的公式：
$$\ln \frac{a}{a-x} = K \cdot O \cdot t$$
 換言之，即物質變化的程度，與表面成一定的比例關係。假定有兩個同種的動物，其身體表面積，各用體長的平方來表示之，則其物質代謝的情形，亦依同一的法則，而物質的變化，與體長的自乘成比例。今以體長為 x^1 ，表面積當為 x^2 ，物質的變化量，即新陳代謝量為 y ，則兩個體間 $\frac{x_2^2}{x_1^2} = \frac{y_2^2}{y_1^2}$ 的公式，可以成立。 y_1 即表面積 x_1^2 時的物質代謝量 y_2 為表面積 x_2^2 時的物質代謝量。魚類亦適用這種的理論，可舉一例如下：

雀鯛的一種 *Helicostes chromis* 的體表面積與氧氣吸入量的關係

體長	體表面積 mm ²	氧吸入量 (每小時用公絲計)	x_2^2 / x_1^2	y_2 / y_1
一八	三二六	〇・一一	—	—
三九	一五三	〇・六〇	四・六八	五・〇〇
七四	五四七六	二・六〇	三・六〇	四・三三

由此表可知表面積的比例，與氧氣吸入量的增加比例相一致；換言之，即呼吸隨體表面積的增加而旺盛。又體重與氧氣吸入量的比例，亦有同樣的關係。體重大概與體長的立方成比例，即體長與體重的立方根成比例。

水中氧氣量與呼吸的關係 水中氧氣，被魚類及其他水棲動物所攝取，同時又放出二氧化碳。一方面如藻類等植物，又攝取水中的二氧化碳，利用日光能，而營同化作用，排出氧氣。所以在水中氧氣與二氧化碳的關係，與在陸上的情形，完全一致。故在藻類等植物性浮游生物較多的沿岸，及水的上層，含氧氣的分量亦較多。海水中的氧氣溶解量，依時期而起相當的變化，一般在沿岸約至二〇〇尋爲止，大多水中所含氧氣量，達飽和的程度，大洋的中央，在五〇尋以內，亦近飽和的狀態，至於海水的深層，雖有動物存在，但因光線不足，植物不能發育，所以氧氣較少。由此可知水中氧氣的含有量，依水的各層而異，但魚類既以氧氣爲維持生命所不可缺少，又各魚類對於缺乏氧氣的抵抗力，有一定的限制，所以魚類的分布狀態，亦自有一定的限界。據海爾（Hall）研究水中氧氣含有量與魚類呼吸的關係，發見海產魚類中較活潑的鯛魚類的一種，及游泳較緩的河豚魚類，

以及鮫鱓類，用流水式的呼吸測量法，調查各種呼吸量，發見動作活潑的魚類，氧氣消耗量較多，緩慢的魚，氧氣消耗量較少。又對於氧氣缺乏的抵抗力，及受氧氣張力變化而起的呼吸量的變化，亦各不同，即在鯛魚及河豚，依水中含氧氣量的減少，即張力的減少，而呼吸率並不甚減少，鮫鱓則依張力的變化，而起變化。

第三節 鰾的形態與生理

鰾的形態 多數魚類，在體腔的背面，消化管與腎臟之間，有延長的膜狀囊，內藏氣體，叫做鰾。又稱空氣囊 (Air-bladder)。從發生學上看起來，是食道的一部膨大而成。鰾與消化管之間，有短的氣道 (Ductus pneumaticus)，但亦有此管退化，而完全獨立存在的。鰾的壁為膜狀，但亦有為筋纖維性的，肺魚即其一例。圓口類及板鰓類無鰾，硬骨魚類有鰾者多。因氣道的有無，而分有管鰾魚類 (Physostomi) 及無管鰾魚類 (Physoclisti)。前者為鮭，鯉，鱒，鰻，河豚等屬之。氣道通常甚短而通於食道的背面，鯉則成 S 字形而開於食道的腹面。鰾的氣管，開口於胃的末端，又由鰾的後

端。另生一小管，而開於生殖孔的左側。鰾無真的氣道，但鰾有一極細的管，開口於右鰓腔。

鰾的形狀，以圓錐形最多，更有卵形，心臟形等。此外鰓的若干種類，鰾爲馬蹄形。鯉的鰾切斷爲前後兩部，箱河豚亦切爲兩，一大一小。鰾的各部有生盲囊的，例如鱒鰾延長至頭部，而呈渦卷狀。鯰科的一種 *Rita rugigera* 的鰾，爲分向各方向的長管狀囊，鰾內更有具扁壺子爲數房的，例如魴鰾 (*Tripla*) 的若干種類，鰾由縱壁分爲左右兩區，鯰科的多數種類用類而異的扁壁，分割爲三室。更有變成海綿狀或網目狀的。

鰾的赤斑 鰾的表面有血管，其分布狀態，以種類而異，例如鯉的毛細管，擴散於鰾的內面呈扇狀，美國的川狼魚 (*Esox*) 的毛細管，分布於一定部分；更有擴散於全體的魚類。就一般而論，有管鰾魚類的毛細管，多數集中於鰾的內面一所或數所，而呈突起的形狀，叫做赤斑 (*Red spots*)，此部爲血液出入的動脈靜脈集中之處。鰻的赤斑甚多，其中最大的，在於鰾分出氣管的基部。在無管鰾魚類，毛細管形成一種分泌腺的形態，所以叫做赤腺 (*Red gland*)。鱒爲有完全赤腺的種類，腺突出於魚鰾的背部或腹部，大點鯛 (*Zeus faber*) 的赤腺分成五個。現在所知的魚類

中，僅無管鰾魚類中有赤腺。

鰾內的氣體 關於鰾內所含的氣體，曾有種種的研究。尼特漢姆 (Needham) 氏謂鰾內的氣體，由血液所分泌，但起洛 (Thilo) 氏又反對此說。這兩學者的研究方法，未達最精確的程度，所以他們的議論，亦無十分價值。後來顏格爾 (A. Jaeger) 在一九〇三至〇七年間，發表了許多論文，深海魚類的血液中氧氣的壓力，約為空氣的五分之一，鰾內的壓力則在四〇氣壓以上，魚類把血液中的氣體，押入這樣大的氣壓的鰾中，完全靠上述的鰾的赤腺的作用。即赤腺的腺細胞一部分，能使流至腺細胞的血液，起一種血球分解作用 (Haemolysis)，把血球中與血色素相結合的氧氣游離，變成鰾內的氣體。且魚類棲息於水層愈深，鰾內所含氧氣的成分愈多，赤腺及赤斑亦愈發達，這就是赤腺及赤斑確有游離氧氣作用的明證。格林 (W. Green) 氏分析一種稱為相嘗魚 (Ponichhys) 的鰾中所含的氣體的種類及成分，得下列的結果：

魚的號數	供分析的氣體量	氧量百分率	二氧化碳百分率	氮百分率
第一號	三·三二立方公分	五一·五	〇·三	四八·〇

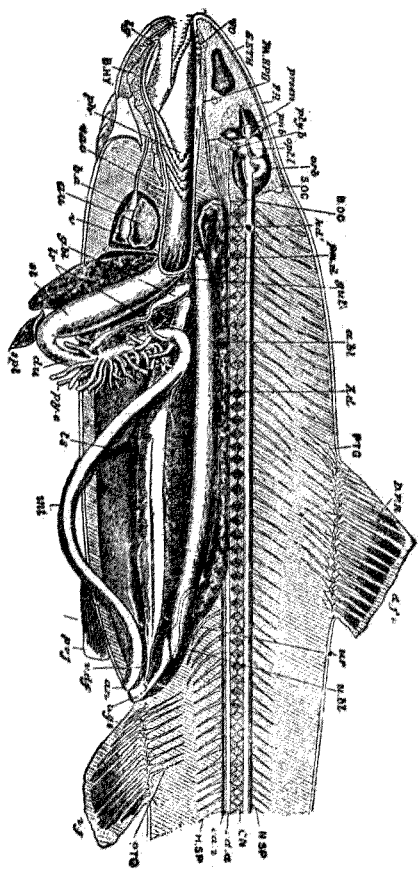
第 二 號	二·四二立方公分	八二·六	一·五	一五·九
第 三 號	三·三三立方公分	七一·七	二·四	二五·八
第 四 號	〇·九三立方公分	八〇·二	一·二	一八·六

從此表看起來，就可知道魚鰾中所含氣體的成分比率與空氣不同。又把魚體用針抽去其鰾中氣體之後，知在二十四小時以內，可以重新充滿，最速時，在四小時以內亦能充滿。

第五章 循環器官及其生理

第一節 魚類的循環器官

血管及心臟 魚類的血管系統與其他高等動物相同，亦由心臟與血管兩部而成。血管分爲動脈、毛細管及靜脈，爲一種完全閉鎖狀態的血管系統。由身體各部歸還的靜脈，經荷維安氏管 (Ductus currier) 及肝門脈系 (Hepatic portal system)，先與靜脈竇 (Sinus venosus) 相合，再入心室而移於心房，並送於前方的動脈幹 (Truncus arteriosus)，由心房移至動脈幹的部分，常稍膨脹，而稱爲心臟球 (Conus arteriosus)，亦有無心臟球而心房直接與動脈幹球 (Bulbus arteriosus) 相接續的。這兩球之中，常以祇具一球爲原則。兼具兩球者，爲一種例外，較爲少見。魚類心臟的位置，在體腔的前部，鰓部的後面，該部有圍心腔，而心臟即包於圍心腔之內。魚的心臟，

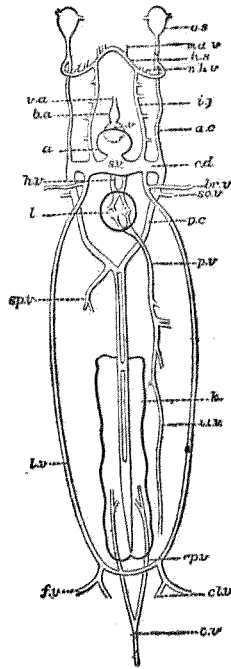


硬骨魚中內臟解剖(鮭) a, bl, 切開的鰓; an. 肛門; b.a. 動脈球; B.H.Y. 基舌骨;
 B.O.E. 基後頭骨; d.a. 尾動脈; cd.v. 尾靜脈; CN. 椎體; Or.b. 小腦; d.f.l. 第一背鰭;
 D.F.R. 軟棘; du. 腸的"部"; F.R. 額骨; g.bl. 膽囊; gul. 食道; H.S.P. 血管瓣; int. 腸;
 kd. 腎臟; kd' 頭部腎臟 (Head Kidney); lg. 舌; lr. 肝; N.SP. 神經線; opt.l. 視葉;
 P.A.S.P.H. 副楔狀骨; ph. 咽喉; pn.b. 膈上體; pn.d. 氣道; presn. 前腦; pty'b. 膈下體;
 PTG. 鰭基骨; pv.f. 腎鰭; Dg.c. 齒門盲囊; S.ETH. 上篩骨; soc. 上後頭骨; spl. 脾臟;
 st. 胃; ts. 鰓弓; n.bl. 膀胱; u.g.s. 排泄孔; ur. 尿管; v. 心室; v.a.o. 腹動脈; v.d.f. 輸精管;
 v.f. 腹鰭 VO. 鰭骨。

由一心室一心房而成，與其他動物的心臟相同，爲一種不隨意筋的橫紋筋所造成。

動脈系統 由動脈幹分出左右數對的導入鰓血管(Afferent branchial vessels)，每對與鰓弧相平行。由這種血管分枝爲鰓毛細管(Branchial capillaries)，深入鰓瓣，血液的氣體交換作用，就在該部行之。其結果靜脈血變爲動脈血。該毛細管又沿鰓弧而上行，成導出鰓血管(Efferent branchial vessels)，再與大動脈(Aorta)相合。大動脈沿背側體壁中的脊梁下面，向前後縱行。其所分出的諸動脈中的主要者，爲向前入頸部的頸動脈(Carotid aorta)，入胸鰭的鎖骨下動脈(Subclavian aorta)，入消化系內臟的腹動脈(Celiac aorta)及懸腸膜動脈(Mesenteric aorta)，入腎臟的腎動脈(Renal aorta)，入生殖巢的卵巢動脈(Ovarian aorta)及精巢動脈(Spermatic aorta)，以及入腹鰭的腸骨動脈(Iliac aorta)等。大動脈向後伸至尾部的，爲尾動脈(Caudae aorta)。這種種的動脈，與存在於全身諸組織(除軟骨及上表組織)中所謂全身毛細管脈系(Systematic capillary system)相接續，毛細管附近的組織，起氧化作用，毛細管一方面將氧氣送入組織，一方面吸取組織新陳代謝所產的老廢物二氧化碳等，以是行氣體交換的結

果，毛細管中的動脈血變為靜脈血，又循諸靜脈而回至心臟，這種狀態，完全與陸上高等動物一致。



鯨魚的靜脈系統 a. 心房 (心耳); a.c. 前主靜脈; b.a. 動脈球; br.v. 鰓靜脈; c.d. 荷維安瓦^特; c.v. 尾靜脈; cl.v. 肛門靜脈; f.v. 大腿靜脈; h.s. 舌弧竇; h.v. 肝靜脈; i.i.v. 內腸靜脈; i.j. 內類靜脈; K. 腎臟; l. 肝; l.v. 側靜脈; md.v. 下顎靜脈; n.h.v. 營養舌弧靜脈; o.s. 眼竇; p.c. 後主靜脈; p.v. 肝門脈; rp.v. 腎門脈; sp.v. 精集靜脈; s.v. 靜脈竇; v. 心室; v.a. 腹動脈。

靜脈系統 魚類的靜脈中，舉其主要者而言，在頸部的左右，有頸靜脈 (Jagalar vein)。此靜脈在左右兩方，與由後方而來的軀幹的主靜脈 (Cardinal vein) 相合，成左右荷維安氏管。向腹側下行，而與心臟直後的靜脈竇相合。由尾部送還的靜脈血，經尾靜脈 (Caudal vein) 沿尾動脈的下面，各通過尾椎的血管孔而前行，達體腔而分為左右兩叉這兩枝的靜脈，或直接與主靜脈相連接，或成腎門脈 (Renal portal vein) 而入腎臟，在腎臟中作成脈網，再合成主靜脈。由胃腸所發的各靜脈，集於肝門脈 (Hepatic portal vein) 而進入肝臟，亦分解為脈網，該網又集合而

成肝靜脈(Hepatic vein)，通達於靜脈竇，更有縱行於體壁中兩側的側靜脈(Lateral vein)與由腹鰭而來的腸骨靜脈(Iliac vein)，及由胸鰭而來的鎖骨下靜脈(Subclavian vein)相合，其前端再送入荷維安氏管。

第二節 循環的生理

心臟的生理 血管系中最主要的部分爲心臟。心臟繼續搏動，血液纔能循環全身，無時停息。然這種的活動，究屬起於如何的機能，則不獨在魚類爲尙未解決的疑問。卽在其他動物，亦爲未解決的難題。關於這個問題，學者中所提出的意見，可分爲肌肉說(Myogene theory)及神經說(Neurogene theory)兩說。前者的學說，爲李麥克(Remak)及別特(Bidder)二氏所主張，卽切斷達心臟的神經，心臟的搏動並無變化，故可證明搏動的起源，在於肌肉而非神經。後者爲加爾生(Calson)等所主張，謂心臟各點，無一不受神經節索的支配，故切斷支配心臟的這種節索，心臟筋的收縮，立卽中止。魚類的心臟搏動，究受以上兩說中的何說所支配，至今尙難斷言，其他動物

亦然。就人類的心臟而言，一分鐘搏動七〇至七五次，如因突然驚嚇等，能使心臟的搏動停止或心跳增加。這種現象，完全為心臟本受交感神經與副交感神經兩種相對抗的作用支配，故能保持一定的調節，忽受外界特種的刺激，而使其一方的神經興奮，則心搏的調子擾亂，遂生這種的結果。魚類的心臟，受特種刺激時，亦能發見這種的情形。辛勃生 (Simpson) 及奧格登 (Ogden) 兩氏 (1932) 研究尿素對於鯊魚心臟所起的作用，知把心臟浸於麥乃司 (Mines) 氏溶液中，(以二〇〇瓦分子溶解於一公升的水中) 則照常搏動，如去此液中的尿素，而換同一滲透壓的蔗糖，則心臟的搏動，立即停止，由此可知尿素在鯊魚的心臟鼓動上，屬於必要。又心臟的搏動數因魚的種類而異，下表為幾種魚類的心臟搏動數的比較。

魚	名	心臟搏動數	研究者
鯊	(<i>Scyllium canicula</i>)	六五	Botazzi
電鰻	(<i>Torpedo</i> sp.)	一六——五〇	Schönlein & Willem
鱈	(<i>Raja</i> sp.)	一六——五〇	Schönlein & Willem

鯉 (Carassius sp.)	三六—四〇	Thesen
鰱 (Gadus morhua)	三〇—四〇	Thesen
鰻 (Anguilla sp.)	三九—六八	Koelt
鰻 (冬眠期)	一—二	Haempell

魚類的血壓 心臟搏動的結果，將心臟中的血液繼續輸送於全身，同時心臟的運動給血液一定的壓力而成爲血壓。血壓的測定在人類有普通血壓計，卷於上膊即可測定，但在魚類，則不能利用這種器械來測定血壓，所以普通均用玻璃製的毛細管直接插入血管，將血流的壓力傳於水銀壓力計，由水銀壓力計中的水銀伸降，以斷定魚的血液壓力。依這種的方法所研究的結果，知血壓不獨依魚體的部分而異，且與魚的興奮與否有關係。下表即爲數種魚類的動脈管內的血壓平均値（血壓用水銀柱高低 m.m. 來表示）。

魚名	血壓(水銀柱 m. m.)	研究者	魚名	血壓(水銀柱 m. m.)	研究者
鯊 (Raja)	110	Hyde	鱒 (Esox)	35—40	Volkmann

鯊 (Torpedo)	三〇——三七	Schönlein	鮭 (Salmo)	四七——一二〇	Greene
電鰩 (Scyllium)	一六——一八	Schönlein	鰻 (Anguilla)	六五——七〇	Legerot

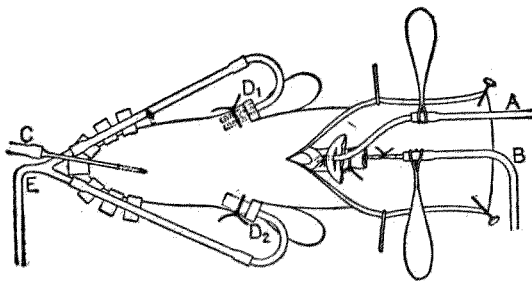
血液的冰點降下 溶液比純粹的溶媒，蒸氣壓稍低，所以沸點較高，這種現象叫做沸點上昇 (Siedepunkterhöhung)，及冰點下降 (Gefrierpunktniedrigung)。普通一馬爾的溶液（即水一公升中溶解一公分分子的溶質）的溶液的冰點，約下降攝氏負一·八五度，為物理學上普通的事實。從這種理論，測定沸點上昇及冰點下降，可以推定溶質的分量，並可推測滲透壓，所以在生物學上，這種方法亦應用甚廣。尤以血液的冰點下降度，在動物生理學的種種方面，均有重大意義，如魚類等生活於水中的生物，其體內的滲透壓，較淡水為高，較海水為低，所以魚體如何調節內外壓力，實為魚的生活上重大的關鍵。且淡水在一定季節而沖入海中，一方面海水亦有時沖入淡水，所以魚類對於這種外界溶液濃度的變化，起如何適應作用，亦屬應加研究的問題。

按血液中，本有血球，血清及纖維素等，血球僅浮游於血清中，故與滲透壓無甚關係。纖維素亦以分子量甚大，對於滲透壓的影響甚小。實際上與滲透壓最有關係的，莫如血清中所含的鹽類的

分量。人類的血液，除去血球所剩的血漿中，約含 0.8% 的鹽類，這就是代表人類滲透壓的大部分的，其冰點降下度，在負 0.56 度乃至負 0.52 度範圍以內。按上述一馬爾的溶液的冰點降下度爲負 1.85 度，即與零度時 2.24 氣壓相當，從這種關係計算起來，人血的滲透壓，當與八氣壓相當，這種滲透壓，用食鹽的水溶液來代替時，當 0.9% 的食鹽水溶液，所以 0.9% 的食鹽水溶液，可作血液的代用，一般叫做生理食鹽水。人類因對於滲透壓有完全調節的機能，所以雖攝取水分或鹽類較多的食物，其體內滲透壓力，能永遠保持其原來的狀態。下等動物如海產無脊椎動物中的腔腸動物，棘皮動物以及軟體動物等，則依外界海水所含鹽分的多少，而體內的滲透壓，亦起變化。魚類中如鯊魚比較易變其滲透壓，硬鱗魚以上，則常保一定，但不若哺乳類的正確。硬骨魚類的血液冰點降下度，雖常保一定，若在滲透壓不同的海水中較久，亦能次第變化而起適應，適應程度，又依魚的種類而異，例如鱈的體內滲透壓較爲安定，而比目魚的滲透壓，易隨外界海水中的滲透壓而起變化，魚的血液的滲透壓，如在短期間內隨外界海水的滲透壓的變化，而起變化時，體內的細胞組織，非全部起變化不可；這種的變化，易於妨礙魚類的生命，所以血液的滲

透壓易起變化的種類，不得不避去比重起變化的海水，因而不能分布於遠方。反之血液滲透壓，不易隨外界滲透壓的變化而起變化的，則可分布較廣，所以鱈的分布，較比目魚的分布區域廣闊，即爲此故。可見從血液的冰點降下程度以推論魚的分布，也是爲將來研究魚類分布上，一種新的研究方向。

以上所述的，爲關於魚類與海水的關係，至於淡水產魚類則其情形又不相同。普通淡水的冰點降下度，爲負 $0\cdot0$ 至負 $0\cdot0$ 四度，淡水魚類的血液冰點降下度，如鰻爲負 $0\cdot5$ 八至負 $0\cdot6$ 九度，鯉魚爲負 $0\cdot5$ 一度，鮭爲負 $0\cdot2$ 六度。這種的魚類亦有滲透調節作用，故能常保一定的壓力，爲水產學上極可注目的問題，當於後章水分的調節一項中，再爲詳述。關於魚體滲透的變化，最近開斯 (Køys) 想出一種方法，以種



開斯氏研究滲透壓的裝置

A. B. 灌入心臟的玻璃管；C. 注射針；E. 流出管；
D₁D₂ 鰓裂縛緊時之狀。

種濃度的溶液灌流於心臟及鰓，對於研究這個問題上，得不少的便利。如附圖為表示雙重灌流的一法。用玻璃細管A通內液於心臟，再由鰓動脈，通B玻璃細管。外液由粗注射針C送入口腔，通過鰓孔而入F管。把通過的液體分析，即可調查通過鰓膜的物質的新陳代謝的狀態。惟實驗時，須將口用數個的缺閉緊，鰓孔用橡皮被覆，再插入玻璃管。消化管在肝臟的附近縛緊。這種方法，在研究滲透壓問題上，頗可應用。

血液與空氣的關係 一般魚類與高等動物有同樣的赤血素 (Haemoglobin)。赤血素為蛋白質與鐵的化合物，能攝取氧氣，運搬於身體各部。魚生於水中，水中含氧氣的量甚少。其溶解於水的氧氣，與溫度氣壓等有關係，普通每一公升的水，最多祇能溶解至 0.6 至 0.9 立方公分，即達飽和狀態。人的血液，在空氣中每一 100 立方公分，可攝取氧氣 20 立方公分，鰻的血液 100 立方公分，僅能攝取一四立方公分的氧氣。人的身體，血液占體重約三分之一，而魚則占體重二〇分之一至三〇分之一。有了這樣分量的血液，人及魚便能維持生命，但如用生理食鹽水來替代的時候，則需要三·四倍的分量。

淡水海水或生理食鹽水放於空中，如空氣所含氧氣的分量，逐漸增加時，水中攝氧氣的量，亦隨之而增加，換言之，即淡水海水及生理食鹽水的氧氣溶解度，與外界氧氣的張力（Oxygen tension）成正比例。但血液則與此種液體不同。如氧氣的張力，由零起次第增加，把血液與各種不同氧氣張力的空氣相接觸，使其充分混合之後，再測定血液中所攝取氧氣的分量，用一圖表示之，如以橫軸爲氧氣張力，縱軸爲氧氣含有量，將測定結果繪成曲線，則呈S字狀的曲線。即空氣中的氧氣量由零而稍增加時，血液的攝取氧氣量亦稍增加；空中的氧氣量更增加，則攝取量增加更速；空中的氧氣量再行增加，則攝取量增加漸減。這種曲線，叫做血液的氧氣離解曲線（Dissociation curve of blood），爲包爾（Bohr），白克洛夫脫（Barcroft）及海爾（Hill）諸氏所發見的。在魚類方面，最初研究這個問題的，爲丹麥的著名生理學家克洛希（Krogh）氏，據克氏的研究結果，在無二氧化碳，而溫度在攝氏一五度之下，血液如能攝取氧氣至5%時，這種時候的外界氧氣張力（即空氣含氧氣的多少），稱爲「放鬆狀態的張力」（Tension of unloading），用 t_u 的符號來表示之。 t_u 所表示的數值，可以比較血液攝取氧氣的能力。其結果鰻、鯉等淡水魚的 t_u

爲水銀柱二至三公厘，鱈爲八一公厘，比目魚及鱒爲一一公厘，由此可知淡水魚的血液氧氣攝取能力，比海水魚大。這是因爲淡水魚比海水魚易於遇到氧氣缺乏的環境之故。一方面血液攝取氧的能力與血球的大小亦有關係。這種血液的氧氣攝取的能力，與活魚運輸有重要的關係，所以在水產學上，亦值得詳細研究的。

血液與二氧化碳的關係 二氧化碳在血液中，不單爲物理的溶解，同時更化學的變成重碳酸鹽的形式而存在。二氧化碳對於血液的氧氣離解曲線，有重大的影響，即血液中如二氧化碳增加時，則 pH 增大，即攝取氧氣的能力減小。血液在體內循環時，既由各部分攝取二氧化碳，因此循環於體內的血液，攝取氧氣的能力減小，而血液中所含的氧氣，便易於被通過的組織細胞所吸取，這卻適合於血液輸送氧氣於身體各部的目的。

血液的二氧化碳離解曲線，與氧氣離解曲線的型式相似。所以有了氧氣，而血液中的二氧化碳易於游離，正如血液有了二氧化碳而氧氣容易游離的情形一樣。送入總部的靜脈血，爲含二氧化碳較多的血液，一接空氣而吸收氧氣，赤血素變爲氧化赤血素的數目逐漸增加，血液中的二氧

化碳遂易於由血液游離，這種機構，在魚類與其他動物相同。

又據多數學者研究的結果，知水中的二氧化碳增加的時候，血液的氫離子濃度（PH）值起變化，但貯藏亞爾加里量，則不起變化。所以血液的氫離子濃度的變化，與呼吸有重大關係。

淋巴 魚類在血管系統之外，更有淋巴系統，與其他高等動物相同。淋巴系統的末端，為毛細管淋巴管，分布於體內結組織中。此種淋巴毛細管相集而成淋巴管。分布在血管系與體組織的中間，使二者的機能，可以充分進行。淋巴液為無赤血球而祇含白血球的血漿狀液體，血漿中的白血球，與淋巴的白血球，在魚類方面，有如何關係。尙未完全明瞭。但淋巴管與靜脈相連絡，形成淋巴心臟。鰻的淋巴心臟，存在於尾部，中間有瓣，靠此部分的搏動，而淋巴液遂能輸送於靜脈。鯰類有兩個淋巴心臟，但無高等動物所謂淋巴腺這種器官。又淋巴在硬骨魚的稚魚時代，與造骨作用頗有關係，板鰓類等，恐亦有此種的作用。

魚的血球與血液量 魚類的血球大別為紅黃色的赤血球與無色透明的白血球兩類。魚的赤血球有細胞核，所以叫做有核赤血球，多數魚類的赤血球呈橢圓形，圓口類（即七鰓鰻）等呈

圓盤形。其大小及數量，依魚的種類而異，今將主要數種的魚類的赤血球大小及數量。示例於下：

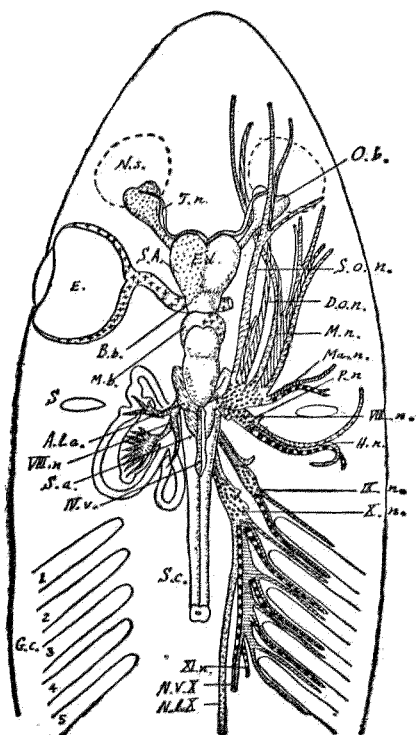
魚名	赤血球大小(以千分之一公厘)	每立方公分中的數目
雷鰩 <i>Torpedo marmorata</i>	117 × 110	140,000
鰩的一種 <i>Torpedo sp.</i>	35 × 14	230,000
七鰩鰐 <i>Petromyzon sp.</i>	15 × 15	130,000
鰻魚 <i>Anguilla sp.</i>	15 × 8	1,100,000
牛舌鮭 <i>Solea sp.</i>	15 × 9	1,000,000
鯉魚 <i>Cyprinus carpio</i>	—	1,400,000

白血球的種類甚多，依其形狀及核的大小數目以及染色狀態等而分別為數類。至於魚體所含血液的總量，測定甚為困難，最原始的方法，為用生理食鹽水以洗出魚體全部血液的方法，但祇能得一相近的值，更有用一氧化碳，以推算血赤素量的。茲將魏氏 (Welcker) 用水洗法所得的結果，用與其他動物相比較，列表於下。

蛙	蠟	圓	硬	動	物	名	使用動物數	對於體重的血液百分率	
								範	圍
類	類	類	魚					四·七——六·三	五·五——六·八
四	三	一	二						四·九
									一·五

第六章 神經系統及其生理

關於神經系統的研究，蛙的神經，爲研究末梢神經的優良材料，所以在這一方面的研究，有長足的進步，而尤以關於機能方面的研究爲然。關於中樞神經的生理，因不易處理，



鯊魚的腦及神經模式圖

O.b...嗅球；N.s...嗅囊；E.d...端腦；E...眼；B.b...間腦；M.b...中腦；S...噴水孔；Ala...聽覺側神經；S.a...皮膚覺中樞；G.c...鰓裂；S.c...脊髓；H.n...舌頭神經；P.n...口蓋神經；M.N...上顎神經；Ma...下顎神經。

故進步稍遲，魚類方面，亦有同樣的事實，即末端神經的研究，較中樞神經的研究更為進步。

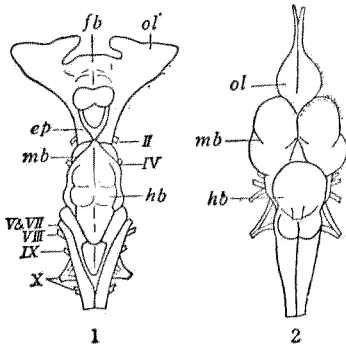
第一節 神經系統的構造

神經中樞 魚類之中，圓口類等的神經系統，非常幼稚，至板鰓魚類及硬骨魚類，始漸發達。板鰓魚類的腦，為脊椎動物的腦的基本型，故述魚類的腦，當就板鰓魚類的腦述之。

魚類的腦的發生，與其他脊椎動物相同，為胚胎的外胚層所造的神經管 (Neural tube) 次第變形所成。在發育初期，神經管縱行於胎體的背面正中線，管壁起局部肥厚及凹凸曲折等，而於前部生前腦，中腦及後腦。再一變而成端腦 (Telencephalon)，間腦 (Diencephalon)，中腦 (Mesencephalon)，後腦 (Metencephalon) 及終腦 (Myelencephalon)。這五部分，後來各自生長，程度互異，遂有一部分隆起，一部分凹窪，其管壁亦有特別肥厚的，有特別彎曲的。端腦的中央，有一淺縱行溝，略分左右兩部，但尚未發達，至可以稱為兩大腦半球，端腦的前方，有極大的嗅葉 (Olfactory lobe)。間腦較小，其背壁甚薄，並將一部分突出而成小形的腦上體 (Epiphysis)。間腦的左

右兩側腦壁特別發達，稱爲視神經床 (Optic thalami)。又間腦的腹側部，有漏斗狀部，其一部分向下突出而成稱爲下葉 (Inferior lobe) 的兩球，上有許多血管，叫做脈囊 (Vascular sac)。又漏斗部的先端，附着一稱爲腦下垂體 (Hypophysis) 的小囊狀體。漏斗狀部之前，更有伸出視神經的部分。如鯊魚類的視神經基部，尙未左右交叉。

中腦爲呈大卵圓形的視葉 (Optical lobe)，中央的溝不甚深，故在板鰐魚類尙不若多數硬骨魚的顯然分爲左右兩葉。中腦的腹壁與高等脊椎動物的大腦腳 (Crura cerebri) 相當。後腦部造成較大的小腦 (Cerebellum)，前後稍延長，其前部被視葉所掩，後部被延髓所覆。終腦卽爲延髓 (Medulla oblongata)，背壁呈膜狀，內含所謂第四腦室。此部通常又稱爲菱狀溝 (Fossa rhomboidalis)。延髓的後方與脊髓相



鯊魚1與練魚2的腦的比較

- fb. 前腦;
- mb. 中腦;
- hb. 後腦;
- ol. 嗅葉;
- II-X 腦神經

通。脊髓通過脊梁的神經孔，而伸至魚體の後部。硬骨魚類的腦的形態，依魚的形態及習性上，雖有種種的形式，但其構造，則與板鰓魚類的構造原則相似，祇各部分化程度，較板鰓魚類更爲進步而已。今以鯪魚的腦與板鰓類的腦相比較，以示硬骨魚腦的構造的一般。

末梢神經 末梢神經爲聯絡神經中樞與感覺器官的末梢終端器官 (Peripheral end organ) 的關鍵。普通又分爲腦神經，脊髓神經兩大部分。一般魚類的腦神經，共爲十對。第一腦神經爲嗅神經，(Olfactory nerve) 即發於嗅葉的尖端，而達於嗅覺器官的表皮。第二腦神經爲視神經 (Optic nerve)，起於腦底的漏斗的前面，通達於眼球中的網膜。第三腦神經，爲動眼神經 (Oculomotor n.)，起於大腦腳，達屬於眼球中的毛狀體及虹彩的筋肉，所以完全是一種運動性神經。第四腦神經，爲滑車神經 (Trochlear n.)，起源於中腦及延髓的中間背面，達動眼筋之一。第五腦神經爲三叉神經 (Trigeminal n.)，由延髓的外側而出，先分歧爲二，一枝變成眼神經枝 (Ophthalmic branch) 通達於顏面及眼窩中，爲一種感覺性神經；一枝更分爲二：其一稱上顎神經 (Maxillary branch)，分布於上顎及其附近的部分，亦爲感覺性神經；另一枝稱下顎神經枝

(Mandibular branch) 爲感覺與運動相混，通達於下顎諸齒，更有一少枝，則成味覺神經，達舌的上皮。此外硬骨魚類的若干種類，有第五神經的一部分，通達於脊鰭的第六神經，爲外旋神經 (Abducent n.)，發於延髓而達動眼筋的一部分，爲一種運動神經。第七腦神經，爲顏面神經 (Facial n.)，起於延髓，先入顏面神經節，再分爲兩大枝，一達口蓋，爲口蓋神經 (Palatine n.)，一達顎舌弧，爲顎舌弧神經 (Hyomandibular n.)。第八腦神經爲聽神經 (Auditory n.)，起初第七神經的後面，送入內耳。其一部分與側神經有關係，稱爲聽側神經 (Acustico-lateral n.)。第九對稱爲舌咽神經 (Glossopharyngeal n.)，也是混合性神經，分布於第二鰓裂的附近。第十腦神經爲迷走神經 (Vagus n.)，由數根而起，即人迷走神經節，成爲一幹，再分布於第三鰓裂以後諸鰓裂。此外更分出數枝支配心臟 (內臟神經 Visceral n.) 及體側神經 (Lateral n.)。

腦的中樞 依腦的所掌機能，可確定腦的中樞分爲嗅中樞，視中樞，聽中樞及皮膚中樞等。一般動物的探測距離的感覺器官，都在身體的前方，魚類亦不出此範圍。鯊魚類的這種器官，特別發達，嗅覺中樞與視覺中樞，幾乎占鯊魚腦的半部，所以鯊魚以視覺及嗅覺最爲發達。小腦與身體的

平衡，頗有關係，所以小腦為魚類的平衡中樞及聽覺中樞。延髓在機能上，可分為兩部分，下面的部分，叫做髓腦，與脊髓相連，與內臟的反射作用有關係，所以可稱為內臟中樞。同時肌肉的反射中樞，亦存在於這一部分。延髓背側的第四腦室的左右兩側，可區分為四部分：(1)體感覺（即聽覺側線及皮膚中樞）(2)內臟感覺（味覺中樞及一般內臟感覺中樞）(3)內臟運動(4)體運動，共四中樞。魚類延髓下的第九第十腦神經的部分，為與呼吸、營養、血液循環等內臟機能，最有關係的部分，與人類的腦相同。延髓的上側部，即第五、第七腦神經的部分，稱為顏面中樞，這是司顏面的感覺及運動反射的部分。皮膚中樞，在延髓背側。聽中樞則在皮膚中樞的上面。以上為魚類的各種感覺及運動中樞的大體分佈狀況。惟魚在水中生活，主持身體平衡的小腦，與魚的生活習性，常有一定的關係。凡運動活潑的魚類，小腦特別發達。運動不甚活潑的魚類，則腦較不發達。魚的大腦半球，不甚發達，所以高等脊椎動物的大腦皮質，在魚類甚為幼稚，亦是值得注目的。

第二節 神經中樞的生理

腦的重量 據研究鯽魚的腦的重量結果，知鯽魚的腦重，依季節而有變化，且可用下列公式表示之：即（腦重量）= $\log L \times \sqrt{W \cdot C}$ 。此式中的腦重量用公絲（Milligram）表示之，L 為體長（公分），W 為體重（公分），C 為恆數。鯽的 C（恆數）為一七·一，但依營養狀態，生理狀態以及季節等，而稍有變化。又雌魚與雄魚亦有差異。且 C 的數值，在四月至八月間，次第減少，九月至一月間，次第增加，以後又依同一的順序而變化。這種變化，大概由於生殖時期及冬眠期等的影響而起。雌雄腦的重量不同，在多數魚類中亦能見之，例如鯉魚，亦雄魚的腦的重量，較雌魚為重。

腦與呼吸運動的關係 關於魚類的神經中樞問題中，尤以呼吸中樞的研究，為最進步。實驗的方法，將魚的頭骨背部，用手術鉗輕輕剝離之，使嗅葉，終腦，視葉，小腦，及延髓不受損傷而露出。這樣的手術，純熟時約二三分鐘可以完竣。且可不使出血，而魚亦無甚痛苦，仍起整然的呼吸運動。如用鯉魚行這樣的手術後，固定於適當的魚體固定器，靜放於約二公升的水槽中，另用懸垂的槓桿，將呼吸運動，描寫於描寫器上。為防水侵入頭骨的開孔，將魚的頭蓋及脊鱗的一小部分，露出於水面上，並為防腦部的乾燥起見，加一種適當的灌流液體，其配合藥品及分量如下：

食鹽	七·五公分	氯化鈣	〇·二公分	果糖	三·〇公分
氯化鉀	〇·二公分	氯化鎂	〇·一公分	蒸溜水	一〇〇〇立方公分
磷酸鈉	〇·〇五公分	亞磷酸鈉	一·〇公分		

這種溶液，先放於空中，使其充分吸收氧氣後，隨時滴加於腦部。應用這樣的方法，然後加重壓及針刺或截斷腦部，以觀察其變化。

1. 重壓 行手術後的鯉魚，用直徑〇·一公分的玻璃管中，加上配的灌注液約高三〇公分，將此液接近於腦的表面，則因水壓的關係，呼吸的振幅，稍見短縮，但經過十數秒鐘後，即回復元狀。又用〇·〇七至〇·五公分的子彈，輕輕放於小腦的表面，祇見吸行運動中，所謂洗滌運動的振幅，稍見增大，洗滌回數減少，但除促進洗滌機能以外，其他不起變化，如放下時，稍有不慎，則起反射的迴避運動，呼吸運動的振幅及周期，突然增加。

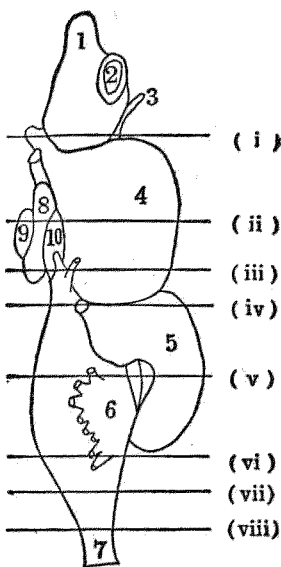
2. 針刺及剔出 用縫針任意穿刺終腦視葉及小腦諸部，在呼吸運動上並不起任何變化，又用挾輕輕將腦的各部，順次挫碎之，或用銳利的手術剪剔出，則見呼吸運動中，祇有除去視葉時，洗

滌運動的振幅增大，而呼吸稍變緩慢，但剔出小腦及端腦時，則不生直接的影響。

截斷 用手術剪，將露出的腦，依附圖所示，在八處橫斷之，以觀察呼吸運動的變化。(一)在端腦視葉間切斷時，呼吸運動的振幅稍增，周期短縮，洗滌運動的振幅及次數增加。(二)切斷視葉的中央部，呼吸及洗滌兩運動振幅均縮少，每一呼吸的時間短縮，而洗滌次數增加。

(三)切斷視葉後三分之一的部分，則所得結果與(二)相同，但切斷後回復至平常

呼吸的時間延長。(四)切斷視葉與小腦中間則呼吸運動完全消失，祇洗滌及吸息運動，於延長的期間中發現之。(五)切斷小腦的中央，呼吸及洗滌運動停止，並起悶苦呼吸而斃。(六)切斷小腦後部，呼吸及洗滌運動停止，不久而斃。(七)切斷延髓後端部，呼吸振幅大縮，呼吸時間延長，並起呼



鯉腦切斷的位置

1. 嗅葉, 2. 終腦,
3. 上生體, 4. 視葉,
5. 小腦, 6. 延髓,
7. 脊髓, 8. 漏斗,
9. 下生體, 10. 下葉,
i 至 viii 示切斷的
位置。

吸麻痺性，洗滌振幅及次數增加。(viii) 切斷延髓及脊髓中間，切斷後即起反射的呼吸振幅的增加，惟週期短縮，約數分鐘而復原狀。洗滌運動不生變化。

4. 溫度的影響 在頭部露出的腦部，用溫熱水浸之，約三〇至七〇秒，而呼吸振幅增大，每呼吸的時間縮短。洗滌振幅增大，洗滌回數亦增。然最使其興奮的，為攝氏四十度左右，至四十五度以上，漸起麻痺作用，洗滌作用亦縮小而回數減少。至五〇度以上，起不規則的呼吸。九〇度以上而死。如用冷水代溫水，注加四〇至六〇秒，漸見呼吸振幅縮小，週期增加，洗滌運動亦縮小振幅，而增加次數。低至三度，起痙攣運動，呼吸陷於不整齊狀態，低至二度起麻痺性不整齊呼吸，雖改換常溫水，仍不能恢復而致命。如用零度以下的水，即起強烈的痙攣運動，不久即死。

5. 電氣的刺激 用二伏特 (Volt) 的蓄電池，聯於一對的不分極性電導子 (Unpolarize electrode) 的兩極，將電導子接觸於腦，通電流時，無論刺激於任何部分，均起呼吸振幅及週期的增加，洗滌回數及間隔亦隨之而增。但去電流，呼吸運動復元。這種影響，在接觸於延髓時，最為顯著，視葉及小腦次之。

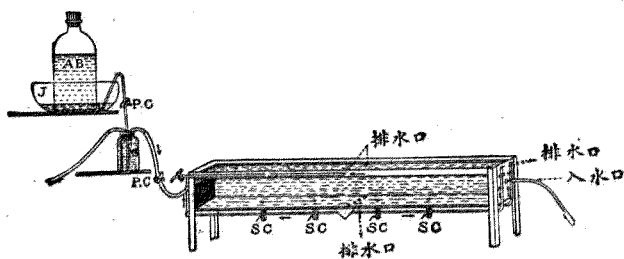
第三節 末梢神經的生理

關於魚類末梢神經的生理，從前頗少實驗的研究，最近忽疇能 (Hosland) 發表了幾篇關於鯰的末梢神經的研究（一九三三年），所以特將其研究結果摘錄要點。忽氏所用材料為美國的一種鯰魚 (Ameiurus nebulosum)，先把延髓切斷，將其近頭部的側神經，取出一公分，用線結之，又在其附近切開神經，將此部不接觸於水，而其餘魚體浸水中。為防乾燥起見，則用林疇 (Ringer) 氏液，時時溼潤神經。這種的神經，接觸於氯化銀電導子，再與電波振動器 (Oscillograph) 相連絡，描寫神經的衝動，同時更用擴聲器使其發音，一方面又影於布上以觀察其衝動的狀態。

忽氏研究的結果，知側神經有一種自動的衝動，隨時表現出來於描寫的片上。從前拜甘及好生 (Van Hansen) 氏等對於側線的末梢神經，亦做過相當的研究，據他們的研究結果，知鯰魚的側線，能感覺潛於水中每秒發三四回振動的低音，以及水滴的落下振動及水流等。但這種的側線感應，能在皮膚或耳受刺激時抑制之。後來克洛謙 (Crozier) 實驗一種寶石石斑魚 (Epine-

phelus)的結果，也是切斷視覺神經時，側線的感覺，更加敏感。即消滅此魚的視覺以後，反而插入棒及網於水槽中時，魚速跳避。足見平時視神經等作用旺盛時，能使由側線而至中樞神經的衝動抑制。

又側線能否感覺溫度，成爲一種議論的中心，據拜甘氏的研究，謂側線不受溫度變化的刺激，忽疇能氏則謂從魚的行動上證明側線能感水溫的變化。魏爾氏(W. Wells)用一種裝置以研究水質與魚的行動的關係，知道魚類均選擇一定溫度的水溫處而靜止。忽疇能等更證明水流亦能刺激側線。所以側線爲魚類調節游泳速度上的重要器官。



實驗水質與魚的行動
關係的裝置

A. B. 各種的水，

P. C. 水流速度調節器，

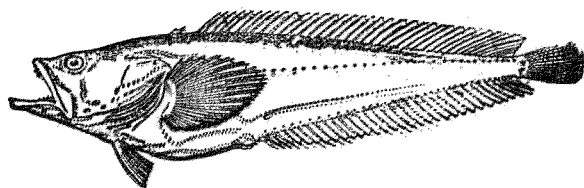
S. C. 排水管，

第七章 感覺器官及其生理

魚類的感覺器官，普通爲眼，鼻，耳，舌，皮膚，側線，鬚等。有神經纖維，通達於這種感覺器官，將所感覺的興奮，傳達於腦皮質中的中樞。關於神經纖維及腦皮質的生理，在上章業已講過，所以本章祇述魚類的諸感覺器及其生理作用而已。

第一節 側線及其感覺

側線的構造 一般的魚類，在身體左右兩側的主軸正中線，各有一條的線，是側線管的外孔，排列成直線狀的結果，叫做側線 (Lateral line)。普通魚類每側爲一條，鱒科魚類完全缺此線，而

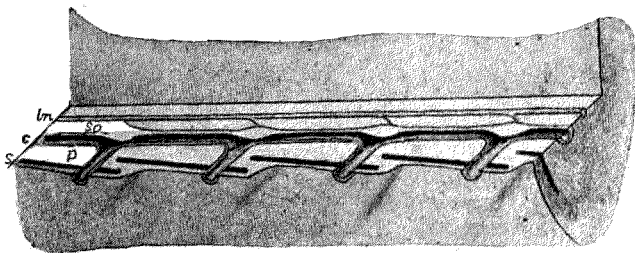


相嘗魚的一種 *Parichthys porosissimus* (C. & V.) 的側線

相嘗魚類 (Pohlididae) 則有具數條的側線的。更有若干魚類在體側以外，頭部及眼的周圍，亦有類似側線的構造。

側線管貫通每一鱗片，而有外開的孔。管的外通孔，又與反對方向的鱗片下的側線管相通。此管中有一種休側感覺球，與側神經相聯絡，而成爲第十腦神經的迷走神經的一枝。在頭部的側線，又通達於顏面，三叉，及舌咽三神經。

側線的作用 側線在發生學上，由皮膚凹陷發達而成，所以與內耳的性質相等。從其現在所知的機能而言，實介於觸覺器及聽覺器的中間。且由側線而來的神經，與由內耳而來的神經，均在未達腦以前，已與聽覺神經中樞相合，即爲此說的一種證明。所以論側線的作用，當於下節中論聽覺時再爲詳說。



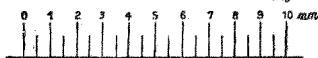
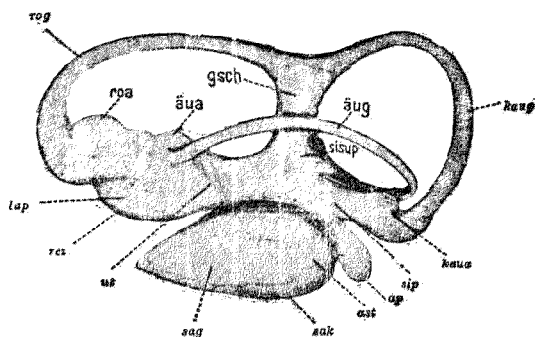
魚類側線模式圖

c...側線本管。ln...側線神經。p...外通孔。s...肌肉內的鱗
so...側神經感覺器

第二節 聽覺器及其生理

關於魚類的聽覺，古來學者議論紛紛，莫衷一是，有主張魚類具聽覺的，亦有主張魚類無聽覺的，這完全因為魚的聽覺不易研究之故。

內耳的構造 在討論有無聽覺以前，當先考察魚耳的構造。魚耳構造簡單，不若高等動物有集音的外耳，及擴大音波的中耳，所備者，僅一內耳而已，但從魚的水中生活而論，亦許祇有內耳，已滿足魚的需要，又以水中生活，體位常起動搖，



鰻鱺魚的左側內耳的側面圖

rog. 前半規管

roB. 同上的錘

aug. 側半規管

aua. 同上的錘

kau₂. 後半規管

kaua. 同上的錘

zisup. 內淋巴道

ut. 通囊

salk. 小囊

ear. ast. 聽耳

ap. 窗

爲保身體的平衡起見，而內耳特別發達，亦屬意中事。

魚的內耳的原基，爲胞狀，分上下兩室，上室叫做通囊 (Utriculus)，具三個半規管，互成直角配置，惟七鰓鰻的半規管，祇二個，盲鰻祇一個，可稱例外。每一半規管的基部，均膨大成稱爲壺 (Ampulla) 的部分。下室稱爲小囊 (Sacculus)，其內側的上方，伸出一盲管，叫做內淋巴管 (Endolymph)。板鰓類的內淋巴管，開口於皮膚表面，爲一特別的例。小囊後方，更有一膨出的部分，稱爲壺 (Lagena)。高等脊椎動物，稱爲壺的一部分，發達爲螺旋管，魚類祇有一小突起或竟缺乏之。魚類的



鯪魚的耳石上所表現的年輪

內耳中，有由碳酸鈣所成的結晶塊三個，稱爲聽石 (Oolitha) 或稱耳石。其中兩個較小，一個特大，占小囊中的大部分。耳石形狀，依魚的種類而異，面上有同心輪，與鱗相似，也稱爲年輪。耳石的年輪，

比魚鱗的年齡，更爲正確。

通達於耳的神經，爲第八腦神經的聽神經，此神經的末端，爲半規管的各瓣的聽峰，以及通囊及小囊上的稱爲聽斑的二種感覺細胞。內耳內部充滿淋巴液，魚類移動及受音波的影響而稍振動時，聽斑及聽峰，即受淋巴液的振動，而傳達於聽神經，再傳於腦的中樞。

內耳的作用 對於魚類的耳，從來研究的學者頗爲不少，但在實驗時，易於混入種種複雜的條件，故欲得正確結果，殊爲困難。克來特爾 (Kreidl 1895) 用棒伸入水中攪拌，或在水邊空中振動時，見金魚不起任何的感應，祇用斯托洛起寧 (Strychnine) 作用後，使其呈敏感狀態後，方能起反應。但這種反應，恐屬於皮膚的感覺作用，而非耳的作用。後來苟南 (Koerner, 1905) 亦報告同樣的事實。但皮蓋勞 (Bigelow, 1904) 的實驗結果，則適與以前的結果相反，即金魚在普通狀態下，能感覺聲音，但切斷聽神經後，則失感覺。孟寧 (Manning, 1924) 更用電氣的振動，放於水中或水邊，發見魚的皮膚側線及內耳，均能感音的振動，皮膚能感覺每秒最高達三四〇次的振動，側線亦大體能感同樣程度的振動，通囊能感六八八次，小囊能感一三七八——二七五二次的振動。又鮫

魚亦能感二七五二次的振動。拜甘 (Parter, 1918) 研究側線的結果，亦證明側線能感水的振動，但不能感光，熱水中的鹽分，食物，水中的氣體等。如切斷側神經，則完全失去感覺。以是拜甘作一結論，謂側線爲感覺振動數較少的刺激，皮膚爲感覺固體及水流的水壓等的刺激，而內耳則感覺振動數多的刺激。前章所述，好疇能氏的研究側線結果，側線對於水流及水溫非常敏感。拜甘則謂側線無溫度的感覺，兩種的結論，好像相反，其實這是完全因所用魚的種類不同，故所得的結果有異，可見側線，依魚的種類及時期，而敏感度互有差異的。

最近弗立志希 (Frish, 1933) 教授，又研究內耳與鰾的關係，知鯰經訓練之後，可以辨別音調。且音波先作用於鰾，再傳於魏盤爾氏骨片，再傳於內耳。惟魚的聽覺範圍，祇能聽振動數在每秒二八〇〇至二次以內，人的聽覺範圍，能聽每秒二〇〇〇〇至一五次的振動。足見魚能感覺人類所不能聽的低振動，但不能聽人所能聽的高振動。

第三節 味覺器及其生理

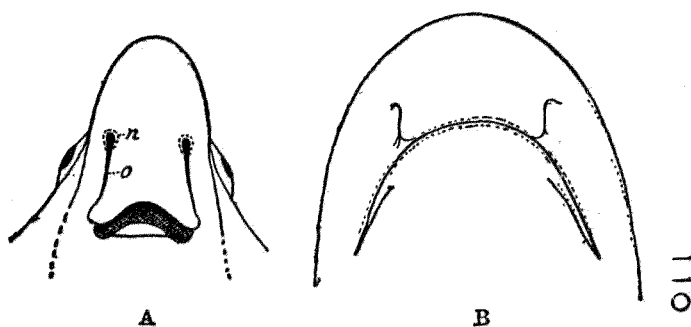
魚類有無味覺，亦常爲學者所議論，從構造上而言，與人類的舌相當的器官，在魚類的口腔中亦有之，然有無味覺，則成爲問題。且物質在水中易被水所溶解，因爲嗅覺與味覺的區別，不甚明瞭，遂使這個問題，益加複雜，然依解剖學上的構造而言，則味覺中樞在延髓，嗅覺中樞在腦的前方嗅葉，其間自有顯然的區別的。

味覺的生理 人類所感覺的味覺爲甜，酸，苦，鹹四種。斯托里克 (Strieck) 爲實驗淡水魚能否有同樣的感覺起見，用鯉魚科的一種 *Phoxinus levis* 爲材料，先將魚麻醉，摘出兩眼，去其視覺，然後用玻璃棒的尖端附一肉片。運於口而喂之，經這樣訓練，養成其習慣之後，再用脫脂棉浸於一定濃度的葡萄糖溶液，靜靜放於口中，經三十秒後，而再喂肉片。這樣的喂食法，每日行數次，而不給其他食物，使該魚發生味覺與求食的連帶感覺。如此訓練數星期後，則給葡萄糖後卽有求食的行動。又用同一的方法，以稀鹽酸代葡萄糖，亦使其起同樣的連帶感覺。再用醋酸及金雞納，也行同樣的訓練。惟用醋酸及金雞納時，應先將嗅葉切斷以免有嗅覺的影響。各魚用以上四種中的一種藥品來訓練之後，再各改用其他三種藥品，以試驗其求食的行動，知其不起反應，所以由此種實驗，可

以證明魚亦有味覺。

第四節 嗅覺器及其生理

嗅覺器的構造 一般魚類的嗅覺器，與陸上生活動物的鼻，略有不同。圓口類的鼻在體的正中線，為一小囊，但嗅神經則有左右一對。鯊鱈之類，則有一對嗅窩，普通在吻的腹側，其鼻孔依種類而稍有差別，更由皮膚的褶壁，而各區分為前後兩孔，即所謂入水孔與出水孔，有若干種類出水孔延長至後方，變成一溝，而與口相聯絡。有這樣構造的魚類，在水中游泳時，水因呼吸而吸入口腔內時，有少量的水通過各嗅囊，經出水孔的溝而入口腔，所以呼吸作用與鼻孔有關，這正



鼻孔與口的關係

A. 鯊鱈 (Aetobas)

(tus) 的頭部腹面

n. 鼻孔

o. 鼻溝

B. 鯊 (Scyllium)

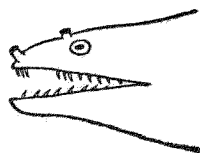
的頭部腹面

與陸上動物的鼻呼吸空氣的情形相似。硬骨魚類中的高等種類，大都鼻孔爲一對，存在於身體的背側前方，故與口腔全無關係，但鼻孔亦分前後，成爲入水孔及出水孔。水流，大都依魚體的運動爲之，但鯰魚類中有依鼻孔內的纖毛以助水流的。美國產鱗魚類的一種 *Fundulus* 則由顎與鰓的特種肌肉，以助水流入鼻孔。硬骨魚的鼻，完全爲嗅覺器，與呼吸無關係。鰻科中有鼻孔突出成管狀的。

嗅覺器的作用 魚類的嗅覺，較視覺聽覺爲發達，其機能可分爲四類：第一爲防禦用，即知害敵的所在；第二爲鑑別水質；第三爲辨別食物；第四爲性的生活。

刺激嗅覺的物質，種類甚多，故嗅的種類，亦甚多，亨寧(Henning, 1916) 將臭的物質，大別爲六類：1. 辛香；2. 花香；3. 果香；4. 松香；5. 焦香；6. 腐臭。但這種的分別，完全依我們人類的感覺而言的，魚類是否亦有這種區別，尙屬疑問。

亞洛遊(Aronson, 1884) 以好食蟻蛹的金魚，另用塗了字油的金魚餵之，則見此魚避而不食。



鰻類中一種的頭部(鼻狀的前後鼻孔。)

但這個實驗，尚不能斷定金魚有嗅別丁字油的能力，因此油同時又能刺激皮膚感覺之故。乃其爾（Nägel）實驗切去成魚的頭部前方的嗅神經，仍能敏感臭的物質。顯爾東（Shelton, 1900）研究鯊的嗅覺，知魚有強嗅覺力，故類於丁字油薄荷及麝香的薄溶液，對於切斷嗅神經的魚，仍有影響，但切斷三叉神經至上下顎的神經，則失感覺。從這個實驗，可以證明魚的鼻面，亦有三叉神經的末梢通達，與高等動物相同。

拜甘氏（一九一〇，一九一一）用五尾的鯰，不加任何的手術，放養於普通的水槽中，另用布包兩包，一包中藏蚯蚓，一包不放食物，觀察一小時，發見有蚯蚓的一包，被魚攫獲十一次，並被推至各處，無蚯蚓的一包，未受魚所攫，另用鯰十尾，其中五尾切斷嗅神經，五尾除去體外味覺器的觸鬚，行手術後，俟其恢復健康，行同樣的試驗，則見去觸鬚的，蚯蚓包仍在一小時以內被攫三四次，而切斷嗅神經的毫無動作。從這個實驗結果，可以證明鯰魚的嗅覺器，能辨別這種的臭。又用綿花栓鯊魚的鼻孔，則其嗅覺亦消失，如栓兩鼻孔中的一個，則魚常向被閉栓鼻孔的一側起迴轉運動。

第五節 視覺器官及其生理

視覺器的構造 魚眼在構造上，根本與一般脊椎動物的眼相同，惟詳細觀察之，則因水棲關係，與空中生活的動物的眼，確有不同之點。

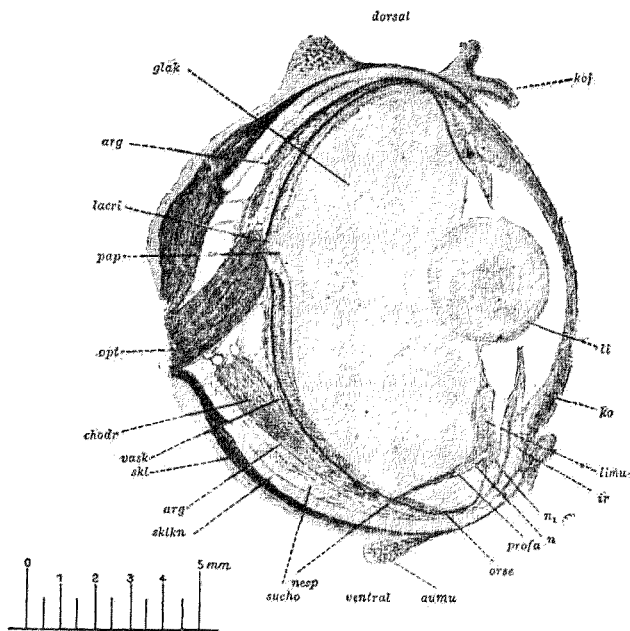
魚的眼球並不呈圓球狀，角膜則彎曲而近於扁平。陸上動物爲防角膜的乾燥起見，眼臉有淚腺存在，魚則祇有少數魚類有角膜，例如鯊魚及比目魚中數種，用以避日中太陽的光線。眼的附近的皮膚，在眼上有擴張成透明膜的，更有擴展至遮避全眼的，爲一種脂質的眼臉，鱷，鯖等有之。與角膜相接，有鞏膜，大多爲軟骨性，亦有化爲硬骨性的。例如鯉，卽爲硬骨化的一例。鞏膜之內爲脈絡膜，含黑褐色的色素，鱸類中的 *Lucioperca* 在脈絡膜上有放礦物性閃光的一薄層稱爲銀膜 (*Argentea*)。有反射光線的作用。脈絡膜上更分布許多血管，司眼的營養作用。硬鱗類及硬骨魚的若干種類，例如鶴鱓的視神經的附近，有毛細管叢分布於脈絡膜下，稱爲脈絡膜腺 (*Chorioidal gland*)，但其機能尙未研究。又有魚類，在脈絡膜的內方，有稱爲閃光間層 (*Lapetum cellul-*

ann)的一層，其中含鳥囊質(Guanin)結晶體的細胞，列成一層，使眼有一種光彩。鯊及硬鱗魚以及若干硬骨魚中見之。大概在缺乏光線的場所，有助視力的效果。角膜之下有虹彩，其中央有圓形或裂狀瞳孔，收縮力量甚小，虹彩呈紅，黑，青，綠等種種美麗的色澤。

魚眼的構造，適於近視，遠視時非起調節不可，正與高等脊椎動物相反。高等脊椎動物，變更水晶體的焦點以司調節，魚則把水晶體移近網膜，使焦點配合於網膜上。爲行司這種的調節起見，脈絡膜上有一部分起特有的鎌狀突起(Falciform process)，向水晶體突出，其尖端有稱哈來爾氏鈴狀體(Campanula Halleri)的平滑筋小體，附着於水晶體的後面的一點，此體收縮時，水晶體即牽近於網膜，因而可以調節視力，故在魚類，此體極爲重要，惟跳彈塗(Perio-phthalnans)等則缺之。脈絡膜內有網膜含視神經甚多，而造成一層複雜的構造，爲感覺光線的中樞。魚類的眼與其他動物所不同的，爲水晶體爲球狀，這是因水與水晶體的密度，相差較少，故光線通過這種的水晶體使其起屈折，非增加其彎曲度不可。

眼的位置與大小 普通的魚，眼在體的兩側，祇比目魚類左右兩眼同成一側。深海魚往往有

眼柄，金魚等則有朝天眼及望遠眼。比目魚及魴鯽等左右兩眼甚接近。這種的位置及大小，當然與魚的生態有重大關係。本來眼有一定的視野，且依光線的種類而定視野的範圍，人類的眼，依左右眼的調節而可以擬視為體，但亦祇限在十公



魚類眼球模式圖

koj...結膜, li...水晶體, ko...角膜, limu...水晶體筋, ir...虹彩, n₁, n₂...水晶體筋神經, profa...簾狀突起, aumu...眼筋, nesp...網膜裂, sucho...上脈絡層, skl...韌骨性鞏膜, arg...銀膜, skl...結組織性鞏膜, chodr...脈絡膜腺, opt...視神經, pop...視神經乳嘴, lacri...篩板, glak...玻璃體。 (Krause氏原圖)

分以內方可明瞭。魚類的眼既在於身體的兩側居多，故祇能用其中的一眼以視外物，欲調節左右兩眼來同時觀察一點較爲困難，故在理論上，魚眼爲近視，欲明瞭觀察物體甚爲困難。

眼的大小，與所棲息的區域頗有關係。原來光線通過水層的時候，其一部分的光線，被通過的水層所吸收，更依水中的分子的反射作用，把光線分散於各處，所以水層愈深，光線到達愈少。魚類爲適應此種的環境起見，所以棲息於深海底的魚類的眼，往往比棲息於淺海的魚眼大。且一方面眼的直徑擴大，一方面則身體的大小縮小。所以生於深海底的大眼魚 (*Macrurus armatus*) 等的眼的直徑，幾達頭長的五分之一。且在五百公尺以下的深海的眼的構造，亦起相當的變化，因在五百公尺的深水，日光中的紅橙等光線，早已被上層吸收，故光線極弱而又祇有青色光線，所以在這種深層，常發見具有柄眼及望遠眼的魚類。更深的水中，則變成終年黑暗，眼已無用，所以往往眼消失，而另有發光的裝置。

第八章 魚類的生殖

第一節 魚類的雌雄

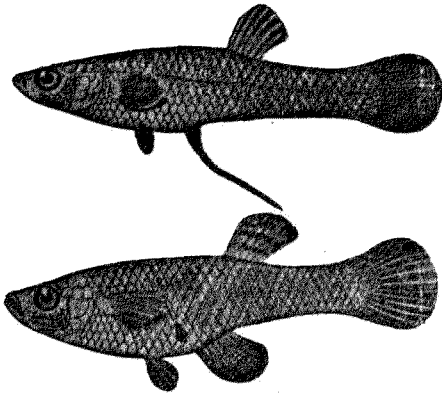
魚類幾乎全體爲雌雄異體。惟圓口類中的盲鰻，則在生殖巢中先生精子，後來又產生卵子，即所謂雄性先熟(Protandry)的現象，屬於例外。魚類與其他動物相似，亦有性的第一特徵，與性的第二特徵的區別。前者爲生殖器官的差異，後者爲身體表面所表現的性的重形性(Sexual dimorphism)，即魚的大小形態，色彩的差異等屬之。他如發音的有無，發光的有無，強弱及香氣的有無等，亦屬性的第二特徵。達爾文(C. Darwin)謂魚類的性的特徵，不甚明瞭者多，但就現在所知，魚的性的第二特徵，舉其要例如下：

先就魚的大小而言，普通雌魚比雄魚體大，而尤以撲鰲(Gamfusia affinis)及比目魚爲

最顯著。雌雄形態有差異者在鱈、鯊、鱒、鮭、真鯛、地鯛、鮎等見之，雌雄的色彩有差異的，在多數隆頭魚類中見之。

又在生殖時期，身體的各部分，肉眼可以發見有真珠狀的突起發現，用顯微鏡視之，見其為表皮細胞肥厚突出的結果。這種細胞角化而成圓錐狀，叫做追星，出現追星的魚類，為海鱸、及鯉科的 *Zacco* 等，均於生殖期中出現之。追星在雌雄二者均有，但以雄魚為多。關於追星的研究，有牛孟 (Neuman, 1909) 毛來 (Maurer, 1915) 等諸氏的著述，就金魚而論，僅在雄魚有之。

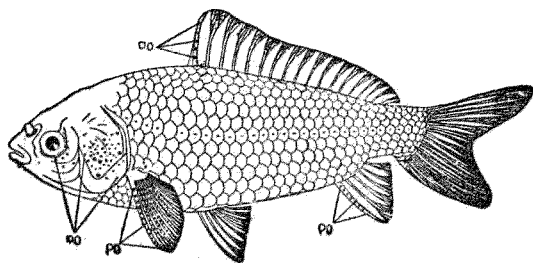
發現的位置為魚體的鰓蓋、胸鰭、臀鰭、及背鰭四處。追星既發現於生殖期，所以行去勢實驗之後，則



撲鱉 (Top minnow, *G. affinis*) 的雌魚與雄魚(上) 雄, (下) 雌。

的發育追星起障礙。由此可知追星亦為生殖器官的內分泌物質的結果，故除去辜丸則不發生追星或發生追星期遲延。發生追星的年齡，在金魚為三至六歲，出現期間為十五至四十日間。在此期間有最為顯明的日期約三日至六日，過此最顯著期後，則又次第衰退或減少，最後則完全消滅。經消失期間約三至十日後，又發生追星，且其數增加，經一定期間而又消滅，如此由三月至九月間，約在同一位置發生追星三次至六次。去勢之魚，發生追星的最顯著期，比普通稍短，如在發生追星前去勢，則至五月末日往往仍未發生追星。可見追星與生殖內分泌有密切的關係，已極明顯。

雌雄比率 圓口類中的盲鰻，為雌雄同體，其他魚類均為雌雄異體，前已述之。但雌雄兩性的比率 (Sex ratio)，



金魚的側面圖

po. 為追星

在生物學上亦屬有興味的問題。關於鯽魚的調查結果，在一七三三尾的鯽魚中，雌者爲一五三五尾，而雄者僅一九八尾，換言之即雄與雌的比率爲一二·九比一〇〇〇。又在此多數的魚中，雌的體長達二五公厘者有四尾，而雄者達一一公厘者僅二尾。又鯉魚之體長體重，雌者亦比雄者爲大。勞來 (Roule) 測定屬於鯉魚科的一種 *Scardinus erythrophelmus* 則謂此魚恐亦有雄性先熟的現象，關於這個問題，尙待以後的證明，茲將主要數種魚類的雌雄比率，列表如下。

魚名	測定總數	對於雌一〇〇的雄數
魚	七三	八七·二
金魚	二五二	八五·九
鱒魚	一六七四	九六·九
鯽魚	三一五	七八·九

第二節 魚類的生殖器官

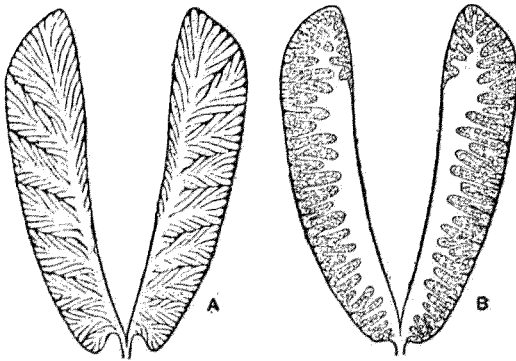
魚類的主要生殖器官，雌爲卵巢，雄爲辜丸，大多成對，但圓口類則祇有一個，而延長於全體腔中。輸送管在板鰓類爲尿管兼行，硬骨類及硬鱗類，則其輸送管與尿管無關係，而另行造成的。即在硬骨魚類，其包生殖腺的體腔壁的一部分，伸長爲管狀，供輸送生殖物之用。又有若干種類，雌雄兩方，或僅雌體，無特別的輸送管，生殖腺成熟後，其生殖細胞破生殖腺壁，而落於體腔中，再由總排泄口的附近，特別的生殖門，而產出體外。

板鰓類的生殖器官 現先就板鰓類的生殖器官略述之。卵巢祇一個，接於體腔的前部背壁，其位置稍偏於正中線的右側。輸卵管在發育上爲繆勒氏(Müller)管變成，其前端在圍心腔的後方，左右相接，而開孔於體腔，與卵巢無直接的連絡，左右兩輸卵管爲極大之管，前後達體腔前後的末部，途中又膨大而成殼腺部(Shell gland)及子宮部(Uterus)，其後端相合而開口於排泄腔。腎臟在脊梁的左右兩側，附着於體腔的背壁，爲暗紅色的腺質體。其表面則用體腔膜掩覆之。辜丸左右一對，其位置與卵巢相同，亦接於體腔的前部背壁。各辜丸前端生出許多迂曲之管，合成迂曲的一輸精管，而通入前部的腎臟內。此部稱爲來第希氏體(Leydig's gland)。輸精管的後部，膨大

爲貯精囊(Seminal vesicle),其後端開口於左右排尿竇。與貯精囊相接,有一盲管,叫做精囊(Sperm sac),可視爲貯精囊的一部分,亦無不可。

硬骨魚類的生殖器官 硬骨魚類無交接器,雌雄在外觀上相似,故在未成熟時,不能區別。生殖器官的構造甚簡單,爲一延長的囊,大多爲一對,存於體的左右兩側。一端狹細各成輸精管或輸卵管左右相合而開口於總排泄腔的附近。

精巢俗稱魚白,成熟時膨脹,由灰白色變爲乳白色,並漏出一種黏液即爲精液。精子爲鞭狀,大小依魚的種類而異,例如鱸類爲○・○二公



鱸魚的辜丸(A)
及卵巢(B)的構造模式圖

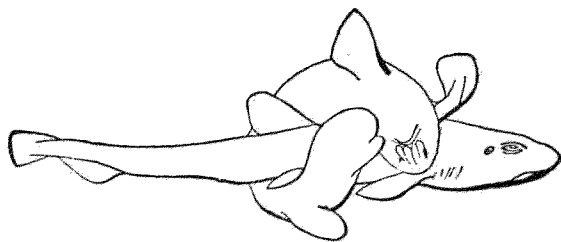
厘比目魚類爲○·○五八公厘。鰈爲○·○七公厘，七鰓鰻爲○·一五五公厘。活動時間亦依魚的種類而異，鱸約二分半，鱒爲七八分鐘，鱈能活動三小時，比目魚可維持至六·七小時。一般溫度高時能活動較久，淡水魚放在鹹水中亦能生活。

卵巢亦隨成熟而次第膨脹，其容積及重量常比精巢大，且有黃、橙紅等種的色澤，內面常有許多的褶皺，內含卵粒。卵粒次第成熟，則破卵巢壁而由輸卵管出體外。然鮭、鱒科及鰻科無輸卵管，先熟的卵，破卵巢而入體腔中，再出體外。各種的魚卵表面多包多少的黏液，即爲便於滑脫，而尤以有輸卵管者爲然。這種黏液，一入水中，有立刻融解的，有膠化而使卵密集成塊的。卵爲球形居多，小因種類而異，淡水魚卵大，鹹水魚卵小。例如鱈爲直徑一·五公厘，鯉爲二公厘，鯛爲一公厘，鯖爲一·二公厘，鱒魚卵最大達五公厘。卵在體外生活時期，不若精子的易於判斷，但就鱒而論，至少可生存三十六小時，鱈可生存四十至四十八小時。如卵子受精，則其生命以可繼續。

第三節 魚卵及產卵

卵生與胎生 魚類大多數爲卵生，雌魚產卵於體外，雄魚射精於卵子的附近，以是精子與卵子相遇而受精，這種的受精方法，普通叫做體外受精，所以無外部生殖器官的必要。然板鰓類的鯊及鱒魚等，則總排泄器官的兩旁，腹鰭的一部分，變形而成把握器（Clasper）就是一種的交接器官，精液由此把握器中的管，而移送於雌的體內，這種的魚類，有交尾的現象，交尾時雌體伸直而靜止，雄體彎繞於雌體的中央部而交接，所以顯然爲一種體內受精。全頭類即銀鯊類，在頭部前額兩眼間的前方，有彎曲的鉤狀突起，而腹鰭變一部分爲把握器，其前面更有小骨板。

硬骨魚中亦有胎生而具交接器的，例如小鱗魚科的多數魚類，雄鱗的鰭條一部分，延長爲一種交接器而插入雌的生殖門中，以送精液。此外如鱘魚及石獅魚科（Scorpaenae）

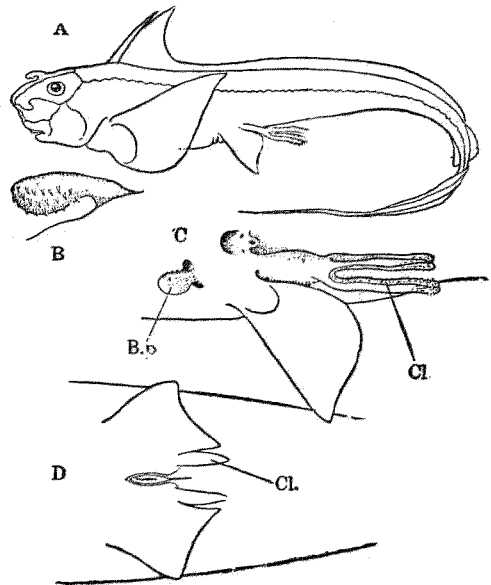


鯊魚交摻時的
形態

midae) 的大部分,亦均爲胎生。所謂胎生魚,其所產生的幼魚的發育程度,以及每次分娩的魚數,依種類而頗有差異。海鱖科 (Embiotocidae) 魚的幼魚,在體內發育至相當程度,始產出體外,故其幼魚數較少。又石獅魚科的

Sebastichthys ablongatus, 在體長二十公厘的魚的卵巢中,有六千的幼魚。

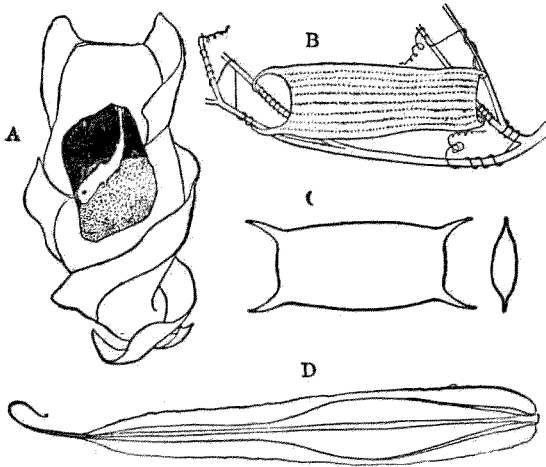
板鰓類的卵子 卵生板鰓類所產的卵甚大,且多由角質總韌的卵殼包圍之。形狀種種不一,



銀鱖
 A. 全形; B. 前額的把握器;
 C. 腹鰭附近;
 D. 青鱖的腹鰭附近; B.p. 小骨板; Cl. 握器

如鯊魚的卵爲長方形，而四隅延長，鯊魚爲長紐狀而適於纏絡於海藻等。至於胎生的則胎兒在母魚的輸卵管中充分成長，始產出體外。此時胎兒的養分不但仰給於卵黃，更由母體直接供給之。卽胎兒發育中的輸卵管的一部分，擴大而成所謂子宮，該部的卵管壁，分出長絲狀物 (Trophone mata)，母體的養分，由此絲狀物而分泌於卵管，再吸收於卵黃上的血管系統，胎兒則由口或眼後的吸水孔，而吸收卵黃的養分。

硬骨魚的卵子 硬骨魚的卵



板鰐類的卵子

A. 鰻魚卵(切開時)

B. 鯊類中的一種

Scyllium 的卵

C. 鱈魚的卵

D. 銀鯊的卵

較小，最大的亦不超過直徑一〇公厘而尤以未滿一公厘至二公厘左右爲最多。依其生態學的特性又分爲下列數類：

1. 沉性卵 (Dermersal egg) 比重較周圍的水稍重，淡水魚及種種淺海魚中見之，又分爲附着性卵 (Adhesive egg) 及不附着卵 (Non-adhesive egg) 兩類。多數淡水硬骨魚因水流關係而大多爲沉性卵而又爲附着卵。惟鮭及鱒雖爲淡水魚，但其卵大而又重，故爲沉性卵而非附着性。鮭鱒在產卵時，必先在河底的砂礫中掘穴產卵，即所以使魚卵不致受河流而沖散。泥鰕的卵，黏着性甚弱，但產卵場所，常爲水流較緩之處，即所以避免這種的危險。附着卵在卵的外膜上，附生種種的附着器官，以便黏着於他物，鮎魚即其一例。又有卵外膜全面，生許多長絲，以便纏絡於他物的飛魚即其適例。此外如鱣塗類的卵的一端，附有絲狀物，鱒魚則多數的卵結成卵塊都爲附着於他物之用。

2. 浮性卵 (Pelagic or floating egg) 比重較水爲輕，而浮於水面或水中，又分爲自由浮性卵與凝集浮性卵的兩種。前者爲各卵粒分散漂浮，後者爲多數的卵粒，在產出體外時，即有膠狀

物質包圍之，故多數卵粒合成一塊而漂浮。浮性卵大都卵形較小，直徑不及一公厘內外，而尤以海產卵居多。淡水魚中的黑魚科(Ophicephalidae)，為淡水魚中具浮性卵的稀例。產凝集浮性卵的魚類甚少，現為一般所熟知的僅鯪科(Lophidae)魚類而已，其膠狀卵塊，闊約二三十公分，長有達數公尺的，此外如帶魚科中亦有生凝集卵的。

卵數與卵產的回數 一腹的卵數，究有多少，與卵的大小及母魚的大小有關係。具大卵的鮭，一腹普通為三千粒左右，但產小形浮性卵的魚類，則每魚能孕數十萬至數百萬粒。鱈類的相當大的母魚，往往能孕卵數千萬粒，亦不為奇。

研究魚類每一卵巢的卵數，一一計數，頗為繁瑣，故普通可以母魚殺死後，取出卵巢，用吸水紙吸去卵巢上附着的血液及體液，然後用天平秤其全重，全重量測得以後，取卵巢的一小部分，用同一方法測之，再數該小部分卵巢中的卵數，然後計算全卵巢的卵數，用這樣方法，可以在短時間內，數多數個體的卵數。惟如一卵巢中卵子的成熟程度不一，而卵有大小時，則用此法，亦稍有誤差。

一產卵期間，同一母魚所產卵的回數，依魚類而不一，或每一產卵數期祇產一次而盡的，亦有

分爲數次而始將卵巢內成熟的卵產完的。分數回產卵的，大都爲產沉性卵，而尤以產附着卵的魚爲然，鯉魚科魚類，卽屬此例。分期產卵的，卵巢內卵的成熟，亦分爲數次。成熟的卵，先集於卵巢的一端，然後順次產出，浮性卵魚類，分數次產卵的甚少，僅黑魚科爲一例外，其他均爲在卵巢內同時成熟，幾乎同一時候產出體外。沉性卵一次產出者較少，僅鮒魚科 (Bleinnidae) 等魚於同時產出體外。

產卵的季節 就硬骨魚類的全體而論，產卵的季節，以早春至初夏爲最多，冬季及夏季產卵的較少，更就魚類的性質而言，溫帶性的魚類以在春季至初夏產卵者爲最多，熱帶性魚類則有在夏季，寒帶性魚類則有在冬季產卵的傾向。這種事實，卽在類緣較近的種類中，亦能發見之。例如鱈魚，屬於寒帶性魚類，故在冬季產卵居多，飛魚及鯛魚爲暖海性魚類，故在夏季產卵居多。又寒帶性的比目魚類，在冬季產卵，暖海性的牛舌鮃，則在初夏至夏季產卵居多，這種現象，均表示每種魚類的原有生產地的水溫關係，足以支配該魚的產卵季節。

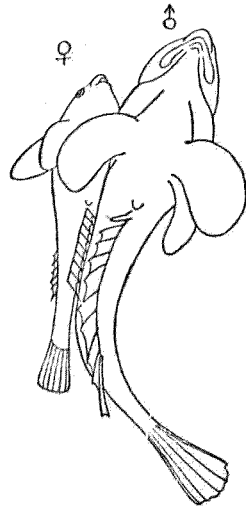
今以主要種類的產卵期表示於下：

魚名	產卵期	魚名	產卵期	魚名	產卵期
鯉魚	五月至七月	康吉鰱	八月至九月	鮭魚	十月至三月
鱒魚	六月至七月	鱒魚	四月至六月	鱈魚	一月至五月
鱒魚	七月至十月	鯨魚	四、五、六、十月	牛舌鮭	四月至八月
鱈魚	六月至七月	棘魚	五月至八月	石獅魚	五月至八月
鱒魚	六月	海馬魚	五月至六月	魴鮒	六月至八月
大鯛	六月	體魚	九月	雁雜蝶	五月至八月

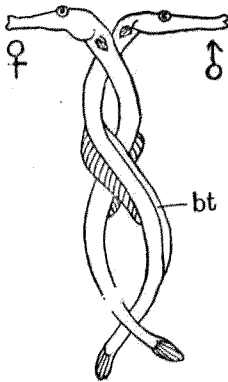
受精的方法 硬骨魚類雖大多數為卵生魚，但其體外受精的方法，仍有種種的形式，有完全雌魚雄魚不生關係的，亦有進步至近於交接的形式，金魚及鯉，鱒，在生殖期，雄魚有追尾雌魚的習性，雌魚產卵後，雄魚即放出精液。鱒則有集中於產卵場的習性，又如鱒類有羣棲性，生殖期雌雄魚的魚羣密集，興奮奔狂，隨即產卵放精，在海中受精。產浮性卵者，大都有這類的習性，所以卵子漂浮於海中，仍能與精子相遇。這種的受精，當然雌雄無特定的關係。而上述的金魚鯉魚，則已較此種方式進步，而有雌雄一定的關係。

更進步的，則在受精時，雌雄兩體相接。鼠銜科 (Callionymidae) 的魚，即屬此類。產卵時，雌雄兩體之相並行，密接游泳，各以臂鰭的內側向下傾斜，作成一筒，一面游泳，一面產卵射精於筒內，通過此筒的卵子與精子，可促進其受精的機會。普通在五六月，天晴水靜，海藻較多的淺海中行之。

更進步的，則為總鰓類，雌雄魚各彎曲成 S 字形，雌雄兩生殖門相接近，雌魚產卵於雄魚的育兒囊中，然後雄魚再射精於囊內而受精育兒。這種的情形，實與真真的交接相去不遠。



鼠銜科的一種
Callionymus
的產卵時的形
態 (注意臂鰭
向內傾斜)

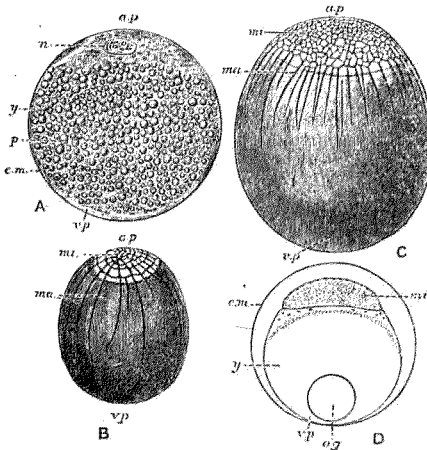


楊枝魚的產卵
時的形態

第九章 魚類的發育與生長

第一節 魚類的發育

魚類的卵子，或有一卵孔(Micropyle)或無卵孔。精子與卵相接時，精子的頭部，即穿入卵孔或卵膜，而與卵的核相融合，就是魚卵的受精。受精的卵，起細胞分裂，將卵的原形質，分成許多細胞，集於卵的上端（在發生學上叫做動物性極），



魚卵的各種分割的形式

A. 普通的卵 B. 亞米亞(Amia) C. 骨鱗魚(Lepidosteus) D. 多數硬骨魚卵 a.p.動物性極；em.卵膜；ma.大分割球；mi.小分割球；n.卵核；o.g.油球；p.厚形質；v.p.植物性極；y.卵黃。

形成所謂胚盤(Blastoderm)，經複雜的變化，始變成成魚。其間所經過的發育變化，可以分爲三期，由受精至孵化爲止，叫做孵化期(Hatching stage)，爲發育的第一期。第二期爲由孵化變至成魚的時期，叫做稚魚期(Larval stage)，第三期爲由稚魚期至生殖器官成熟的時期，叫做成熟期(Adult stage)。

孵化期的形態 孵化期的最初時期，胚盤爲半球形，向上面稍隆起，其色素較淺，與卵黃部有區別。後來胚盤的正中生一凹溝，縱斷爲左右各半，其次又分爲四，再分爲八，愈分愈細，而胚盤亦次第向四圍擴張。這就是受精卵的分裂的時代。後來見盤面稍向後方延長，中間起一條的溝，叫做原線(Primitive streak)。原線的左右，漸次隆起，而尤以前端比其他部分更爲膨脹。全形變成棍棒狀，其前端膨大的部分，卽爲後來變成頭的部分。不久見頭部的左右，生特別的區劃，變而爲眼。眼的後方，有一凹窪，變成耳，又在原線隆起的中央，有一條縱行的細線，卽爲脊索(Chordata)，左右生許多關節，卽變爲肉片。隆起部的最後端，隨發育而次第延長，變成尾部。此時腹部生心臟，可見其有整然的搏動。頭部亦變形而生一口部。色素次第發現於胎體的全面，魚體亦逐漸有顫動。卵膜隨發生

而漸次薄弱，直至不能支持胎體爲止。卵膜破裂，胎體即出卵膜之外，這就叫做孵化。

卵子由受精至孵化爲止，營呼吸作用，吸收氧氣，體內起種種的化學變化，故雖屬浮性卵，而比重亦次第增加，卵有逐漸沉至水中的傾向，鯛及比目魚，即爲此例。

由受精至孵化的日期，早則二日，遲則五十日，完全依魚的種類以及空氣溫度等而定。就魚的種類而言，其孵化日數，約如下表：

魚名	孵化日期	魚名	孵化日期
比目魚	二日	鯪	一週間
鯛	二日餘	鱈	二週間
鯉	一週間	鮭	三週間

就大體而論，含養分多的卵子，比含養分少的卵子，其孵化日數較多；大的卵子，比小的卵子，孵化日數亦多。一方面鹹水魚與淡水魚相比較，則前者比後者孵化日數較多。因孵化期有遲早，故孵化時的形態，亦各有差異。浮性卵既孵化較

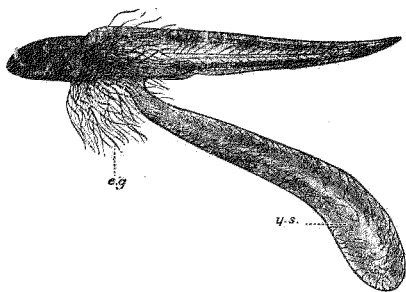
早，故孵化時往往未具口與肛門，眼球有時尚未發現色素。僅以腹部（輕卵黃球）向上而浮漂，尚無運動能力。沈性卵則在孵化時，大多已有口與肛門，且具游泳力。

稚魚期的形態 稚魚的外貌與成魚不同，體稍透明，各部有色素，鰭尚未充分發達，體內無硬骨。其腹部含有蓄養分的囊，稱為臍囊或卵黃囊（Yolk-sac）。後來臍囊中的卵黃，漸被魚營養應用而縮小，最後則完全消失。由孵化至臍囊消失的期間，亦依種種情形而異，例如比目魚為五日，鱈為十五日，鯉為十五日乃至二十日，鮭為三十日乃至五十日。養分吸完之後，開口而鰭亦次第發達，體內各器官亦發育完備，能自游游泳覓食，體漸長大。因生活的方法與體形，在臍囊消失前後，略有差異，故又可分稚魚期為四個時期：

1. 仔魚期 (Larval stage) 由孵化至卵黃吸收完結的時期。
2. 後期仔魚期 (Post larval stage) 仔魚期至發現一定數的棘及輻條的鰭為止。
3. 幼魚期 (Young stage) 由後期仔魚期至發現一定斑紋色彩等，與成魚相似的時期。
4. 未成熟期 (Immature stage) 完全與成魚相似，僅生殖器官尚未成熟的時代。

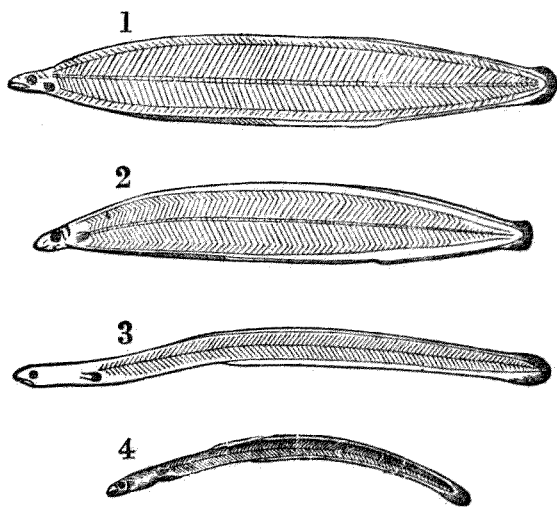
以上各期中所謂仔魚後期爲魚類飼養上而尤以養鹹水魚時，爲最困難的時期，多數魚類發育，至此期而夭折。所以致此的原因，據近年研究的結果，知比目魚及鱘魚等的仔魚，在臍囊尙未完全消失的時期，已能攝取小的甲殼類爲食料，故稚魚的死亡，大多因在此期不給適當養分而餓死居多。

稚魚期的體形變化甚少，惟比目魚等則爲例外。至於鰻則尤爲稚魚期變化最激烈的一例。古來對於鰻的卵的性質及產卵方法，均未明瞭，故視爲胎生。後來一八九六年意大利的動物學家格拉需 (Grassi) 及加倫獨魯西奧 (Calandruccio) 兩氏證明冬季在近於河口的海中，有許多羣游的葉狀魚，叫做 *Leptocephalus brevirostris*，就是鰻的稚魚，經變化而延長爲圓筒狀的鰻的成魚。



卵黃膜發達的
魚的一例

稚魚期中的未成熟魚，體形完全與成熟魚相同，惟生殖器官，尚未成熟。此期的魚體，已長成至一定的大小，如漁撈者，專捕此種的稚魚，必有斷其後代而有種類絕滅之虞，所以各國水產行政上，對於各種魚類的幼魚，而將近成熟的體長，加以詳細的研究查調，制定法規，禁止捕獲未成熟的魚，加以保護。各種魚類將達成熟期前的體長，叫做生物學的最小形 (Biological minimum size)。



鱓的變態

上面各魚爲幼

魚下面爲成魚

移於一側的成魚，也是再演性的變態。至於後發性的變態，則上述的鰻以及蝴蝶魚 (*Chaetodon-tidae*) 爲著例。此科的魚的稚魚期，常有棘及突起，至成魚而消失。翻車魚則爲兩種變態合併的結果，最初的稚魚，爲普通魚形，至後期仔魚期而變成具多數突起的魚，至成魚期又變一形態。

第二節 孵化的生理

孵化與水溫的關係 上面已經講過，胎體破卵殼而出，叫做孵化，自受精至孵化爲止的卵內發育的情形，常受水溫的影響，而起變化。水溫與孵化的關係，在水產養殖的實際問題上，頗有重要的意義，所以關於這一方面的研究，已有不少的發表。就多數學者研究所得的結果，總括起來，鮎魚 (*Plecoglossus altivelis*) 以水溫攝氏 10 至 19 度爲孵化的最適溫度，而尤以 15 度成績爲最佳。鮎魚 (*Hypomesus olistus*) 在攝氏七度至十五度範圍內發生經過良好。再由孵化日數與水溫的關係，算出一個公式如下即

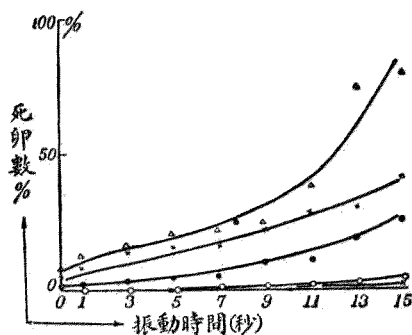
$T_{a^{\theta}} = K$ 此式中的 T 爲由受精至孵化的日數 θ 爲水溫 a 與 K 爲恆數，依魚的種類而定。

在鮎魚 $a = 0.095$ ，在鱈魚 $a = 0.143$ 。又用定溫器研究黑鯛卵的孵化與溫度及海水比重的關係，知最適於孵化的水溫，爲攝氏二二至二六度。在二九·五度時祇得三〇%卵孵化，在一五·六度祇得五%孵化。至於海水比重與孵化率的關係，則以比重一·〇二五至一·〇三〇爲最適當。此外如鹹魚 (*Leuciscus*) 的孵化最適溫度爲攝氏一一·五至一七·二度，而尤以一三·〇度的孵化率爲最高。

振動與孵化的關係 魚卵受精後，受機械的振動時，對於孵化率有無影響，爲行人工孵化上的一個重要問題。依通常的經驗，魚卵的輸送，以魚卵發育至胎體已發生眼胞以後，較爲安全。將鱒魚卵受精之後，放於箱中，使其受種種機械的振動，經一定時間，而數其死卵的數目，發見卵在受精後，即刻使其受機械的振動，以及受精後經過一〇至一五日而再使其受機械的振動，死卵數最多，約達全數的五〇%。接受精後一〇至一五日，爲魚胎逐漸發現眼胞的時期。俟眼胞完全發生，至受精後二五日以後，則胎體已現胸鰭，而振動亦不再發生影響。從這個實驗，證明從來的經驗上，所謂胎體生眼以後，運輸安全的意見，確係事實。又振動繼續時間的長短與死卵數的關係，可用曲線表

示如圖。

孵化與水量的關係 用直徑八·五公分，高二〇·八公分，容量九五〇立方公分的玻璃瓶中間，盛一銅絲網，網上盛鱒魚受精卵二〇〇粒，水温常保持一·二至九·八度，另用氧氣飽和度約在七三%左右的水，由瓶的上面通入瓶中，再由瓶的下面流出。通入瓶中的水量，加以種種的調節，檢查通過瓶中水量的多少，與孵化率的關係，知在上述的容積的玻璃瓶中，注入水的最適量為每分鐘平均二四〇立方公分左右，其孵化率為九四%，如注入的水量較此減少時，孵化率亦見減少。又孵化日期，在水量少時需時多，水量多時需時少。水量與孵化率，既有如此的密切關係，所以在人工孵卵的工作上，應對於水量的調節上，加以充分的考慮。



振動時間與死卵數的關係

△ 受精後十六日

× 受精後五日

● 受精後當時

○ 受精後三十一日

● 受精後四十二日

第三節 魚類的生長

年齡與體長 從動物學上所得到的結果，知道屬於同一種類的動物，其年齡與大小，常有一定的關連。關於魚類方面，丹麥的培德生 (Peterson, 1890)，最初研究這個問題，他從丹麥外海採集各種的魚，然後逐一測量之，以計算所穫每種魚類中各種大小魚的數目，就該地最多的一種胎生曹雪魚 (*Noarces viviparus*) 的研究結果而言，知在該地所穫該魚，最短為二英寸，最長為十三英寸，但從數量上而論，則以三英寸至四英寸，以及六英寸至八英寸，十英寸至十二英寸三類為最多。三英寸至四英寸的魚，即為當年孵化的魚，六英寸至八英寸的魚，為去年所孵化的魚，十英寸至十二英寸的魚，為前年所孵化的魚，但無十二英寸以上的魚，所以可以斷定十至十二英寸，為該魚成熟的尺寸，亦即可斷定該魚的成熟期，需要二年半至三年。德國海英蓋 (Heincke) 後來又研究歐洲各海所產的鯷魚的大小與生長情形，發見各地所產同一種類的鯷魚的大小不同，所以推定各地所產者，雖屬同一種類，實為相異的變種。

自從一八九九年好夫包遠 (Hoffbauer) 最初發見鯉魚的鱗片有年輪之後，應用鱗片以推定魚的年齡的方法，漸次應用於生長的研究，及種種實際問題，以是達麥斯 (Damas, 1909) 調查一年中捕獲的鱈魚，究以幾歲的魚為最多，得到結果為一九〇七年那威在六月中所捕的鱈，以四歲占最大多數，五歲六歲次之，三歲七歲最少。這種所謂漁獲物的「年齡成分」(“Age-composition”) 的分析研究，已由理論的研究，成為漁業上實際的問題，並由逐年所獲魚的最多數的年齡，回溯到推算孵化當年的海洋狀況，可以發見海洋狀況與某種魚的關係，明白了海洋狀況與魚的豐凶關係，將來便可由海洋狀況豫告一年中的漁況的豐凶，在漁業上實屬最關緊要的問題。

水溫與生長 水溫對於魚的生長，亦有密切的關係。盤爾 (Bell) 研究挪威所產的小鱈魚 (Sprat)，知其魚體內所含的脂肪量，依季節而有變化，在夏季增加，冬季減少。這種體內脂肪量的增減，適與每年該地海水溫度的升降相一致，可見水溫高時，體內脂肪增加，溫度可以影響於魚的生長。麥克開 (McCay, 1930) 用實驗方法，試驗鱈魚的生長與水溫的關係，發見水溫在秋季逐漸降低時，生長率亦次第減小，但生長率的降低，與水溫的關係，又受營養的影響，如營養狀態

則生長可不受水温低降的影響，巴起亞 (Bhatia) 研究鱒的鱗片生長與温度的關係亦發見營養較水温的影響，更爲重要。

哈生衛 (Hathaway, 1927) 用海鱒 (*Micropterus salmoides*) 爲材料，研究水温與魚類所消費的食料量的關係，知魚類在水温攝氏二十度時，比在攝氏十度時消耗食料三倍，但光線對於食料消耗量卻無影響。足見水温的降低，足以減少魚的新陳代謝量，所以食料消耗量亦減少。

營養與生長的關係 據麥克開等多數學者的研究結果，知鱒的生長，較其他高等動物，例如豚鼠 (*Guinea pig*)，去勢雞，牝雞雛，等的生長爲遲。鱒的生長遲緩的事實，在研究變更食物的種類，所起生長上的變化等，卻有種種的便利。從所食的食物與生長的關係而論，發見新鮮的生獸肉，含有促進鱒的生長的物質，這種物質，似維他命 A. B. C. D 及 E，但非維他命。

又動物絕食一定期間後，起普通代謝率 (Normal metabolic rate) 的變更，故在回復期及其以後，體重特別增加，這是在營養學上所公認的事實。在魚類方面，則鯉魚亦有此種的現象，鯉停給食料一個月，體重約減少一七%，其成分上水分並無變化，蛋白質及脂肪消耗甚多，到了這樣狀

態，重行給食，體重大為增加。增加的初期，為水分的增加，其後則為蛋白質及脂肪的增加。故絕食一次反比繼續給食，生長優良，約三月以後，即能凌駕普通生長度以上。現在經多數學者試驗的結果，知在養魚上絕食十日，可以促進生長，這是在養魚上，可以實際應用的。

第十章 魚的色彩及斑紋

第一節 色彩及其變化

魚的豔色與昆蟲及鳥類不同，漁獲後漸次褪色，同時放入於防腐藥品中，則不易知真真的色澤與斑紋。故魚的體色研究，非就活的魚類觀察不可。其中不乏豔美的色澤，而尤以熱帶產者，比寒帶產者爲更美。

澳洲產的 *Plectropoma richardsoni* 體的表面大部分爲有輝光的紅色 (Carmines)，其下面有稍帶黃色的部分，側面更有青玉色 (Sapphire) 的小斑，美麗異常。此外熱帶產的美麗魚色，不勝枚舉。

色素細胞 魚的色澤，爲皮膚的真皮中存在的色素細胞 (Chromatophore) 與光彩細胞

(Iridocyte) 所成。色素細胞爲分歧狀的結締組織細胞，中含各種色素。其色彩，即依所含的色素而定，普通含有赤、橙、黃及其他脂肪色素族 (Lipochrome) 的色素。黑色則由黑色素 (Melanin) 而來。此外更有由數種色素相混而成的，例如綠色細胞，爲黃與黑適當相混而生，褐色爲黃與黑兩色素，依其他的比例混合而成的色彩。此外魚的肌肉中含有少量的血色素，透露皮膚之外，成爲紅色斑點的原因。

光彩細胞 光彩細胞含有鳥糞素 (Guanine)，其構造與由海鳥糞中所得的鳥糞素相似，或即魚類利用其排泄物而形成體色的。鳥糞素在細胞的中央，呈顆粒狀，圓球狀，星狀，平板狀等。這種細胞放出一種的閃光，而呈銀光色。又有發虹彩的魚類中，亦有此細胞。魚眼的虹彩 (Iris)，亦因此物而發銀色光彩。

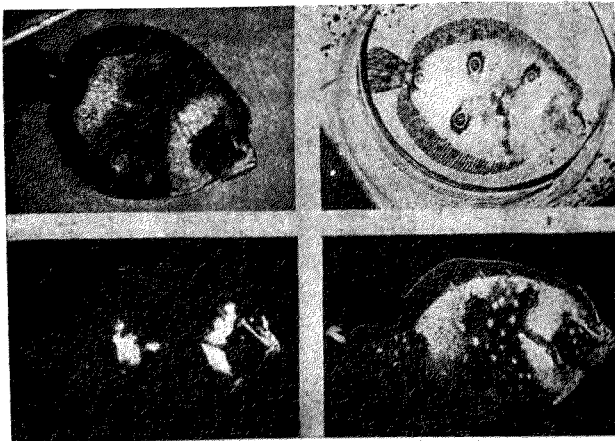
色素細胞與光彩細胞的關係 兩種細胞，在皮膚中造成重疊的層。色素細胞在鱗的表面，光彩細胞在鱗的下面，但亦有二者相混的。其比例依魚的種類而異。同一的魚，又依部分而異。在背部以色素細胞較多，光彩細胞較少。色素細胞較少的部分，則光彩細胞反多。魚的腹面及側面，都呈銀

色，這就是皮膚中真皮外層的光彩細胞較多，而色素細胞較少的結果。由此可知色素細胞的數量及其存在的狀態，以及與光彩細胞的虹彩關係，能使魚類的體色，起多種多樣的變化。鱈的背面爲暗藍灰色，體側發美麗的銀光，腹面爲白色而無光，這是因爲背部的黑色及暗黃色的色素細胞較多，而腹面缺此兩種細胞之故。然體側的鱗的外側，亦有光彩細胞，加以鱗的下層，更有閃光的光彩細胞，以是而表現銀色鱗的色素細胞的分布，與鱈不同，都埋沒於皮膚的深層，此魚的背部，有黑色與綠色的波狀斑紋，在體側更有極光輝的有虹彩閃光，且依觀察者的觀察角度，而變成銀色或黃色，金色等。這種背部的黑斑，爲黑色素細胞集合，而黃色細胞較少的部分，綠色條紋爲黑、黃色素等的細胞集合所生。體側與背側有斑條，爲色素細胞的外側，更加光彩細胞的結果。腹面無色素細胞，且無虹彩及銀色。

魚的變色 多數魚類的體色，可以變更，且極迅速，大概由於視覺及其他神經的作用，使色素細胞起收縮或擴張的結果。亞伽雪 (Agassiz, 1892) 把一種棘魚 (Gastrosleus) 放於底呈白色或底呈黑色的兩種水槽中，發見放於白色水槽中的，體色減褪，放於黑色的水槽中的，不見體色

的減褪。如將放於白色水槽的魚，經三日至十日，放回黑色水槽，仍能回復原來的體色。如放於白色水槽中五六週後，始放回黑色水槽時，其體色的回復稍慢。從這種事實，可以知道外界的狀態，可以變更魚的體色。體色的變化，除色素細胞的伸縮以外，更有由於新生色素細胞的，此時則變化稍緩慢。比目魚類(Pleuronectes flussus)的一側，缺色素細胞，但人工用光線照射之，則亦能變成與他側同樣的色澤，這種的色澤的變更，就是由於新生色素細胞的結果。

孫滿(F. Summer)氏用一種比目



比目魚的隨外界而起體色變化的例

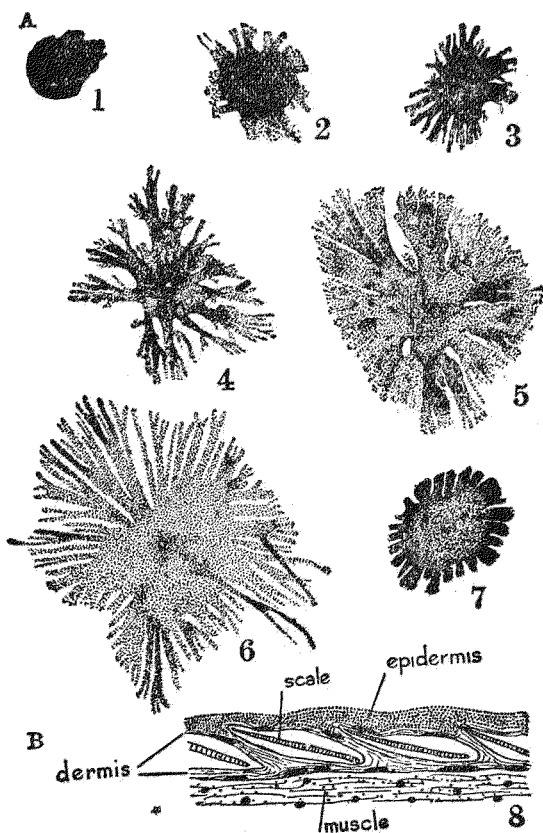
注意比目魚的色澤與環境的色彩。

魚 (*Rhomboidichthys pcdas*) 爲材料，詳細研究體色的變化，知此魚的體色依周圍的色彩的變化，隨之而起適應現象，此種變化，視乎由魚眼的感覺主司的。附圖即爲表示孫滿氏實驗結果的一部分，圖中的照相爲單色，故所表示的變化尙未充分，實際上則放於黑色的水槽中變黑色，放於白色的水槽中變白色，而放於褐色的水槽中變褐色。且這種變化，在魚移入新環境後數秒鐘內，即能發生，如用手術，使魚眼變盲，則色素細胞起收縮，不能再起體色的變化的適應。從亞伽雪及孫滿二氏研究結果觀之，魚類的眼能認識周圍的色彩，而使自體的色彩轉變爲與周圍同一的色彩，但據多數學者的意見，則魚類的眼有色盲，不能辨別色彩，兩種的意見完全相反，究屬何說爲是，尙待學者以後的探究。

魚類變更體色以適合外界環境的色彩，在避免外敵以及採捕食物上有種種便利，自屬當然。體色的變化除與適應有關係之外，又與魚的年齡性別疾病及興奮等有關係。例如鮭魚的幼魚有斑點，石鯛的幼魚有美麗的縱紋即其一例，中國南部產有一種的鷄籠鯧 (*Drepane punctata*)，其幼時有顯明的斑點紋，至長成則變成條紋。性別及發情時，亦起體色的變化。例如長槍海鯰

(*Achelognathus lanceolatum*) 雌有長的產卵管，孟春時，雄的鼻端生白色斑點，體色甚美，呈濃厚的紅色或變為黃色，黑色，雌則無此種的變化。因此種色彩的變化，起於生殖時期，所以又稱為婚姻色。鬪魚等在與他魚有敵對行為時，起一種興奮，而變更體色，為玩養此魚者所常見的事實。此外除前述的比目魚外，其他的魚類，亦常能依外界的色彩而起變化。鯉及鯽魚飼養於玻璃器具中體色漸淡，所以欲保存金魚美麗的色彩，不宜飼養於玻璃水槽中。此外更有完全無色彩的魚類，尤以在幼期為最多。因無色素細胞而透明，故亦能逃避外敵。稱為白魚等的魚，大都如此。鰻的幼魚稱為 *Leptocephalus*，亦為此例之一。

色素細胞的生理 關於魚類體色的生理學的研究，除前述諸學者之外，尚有康諾來 (Conolly, 1925, 1927) 海垣 (Hewer, 1926) 及高岡 (1926) 諸氏的研究，亦頗為重要。高岡氏研究隆頭魚科的一種 *Thalassoma Cupids*，知該魚有黑，紅，綠，青白，或黃色乃至黃綠色等等的色彩，在身體上有一定順序的排列。依體軸的平行方向，可分色彩為數層 (1) 最上層，為黑色，綠色及帶紅色，交互有濃淡；(2) 上層，為綠及紅色，交互併行的；(3) 中層，為黑色層，與最上層略似。此層的上下



- A. 色素細胞的收縮狀態
1. Contracted (收縮)
 2. Slightly stellate (稍呈星狀)
 3. Stellate (星狀)
 4. Slightly expanded (稍擴張)
 5. Expanded (擴張)
 6. Fully expanded (強度擴張)
 7. Annulo-stellate (環星狀)
- B. 魚的皮膚橫斷模式圖

略帶綠色；(4)下層，為青色層，占身體表面的下半；(5)最下層，為白色。將此種鱗片剝下，放於顯微鏡中觀察之，則見其色素細胞共有五種，即黑色細胞(Melanophore)、紅色細胞(Erythrophore)、

黃色細胞(Xanthophore),青色細胞(Cyanophore),及無色細胞(Guanophore)五種。又觀察此種色素細胞的位置,則知黑色細胞在最上層,紅色與黃色細胞在中層,青色細胞居最下層。無色細胞,即光彩細胞,在黑色細胞與青色細胞之間,並散在於紅黃兩色細胞的周圍。這種細胞依魚個體的生理狀態,而伸縮程度不同。在健康的魚體,黑色細胞最擴張,赤色細胞稍擴張。海滿氏曾把色素細胞擴張的狀態,分類爲七個階級:(1)收縮,(2)稍呈星狀,(3)星狀,(4)稍擴張,(5)擴張,(6)強擴張,(7)環星狀收縮。將鱗片放於載玻片上,加生理食鹽水而觀察之,可知其上述的外表面的色彩,完全依同色的色素細胞的數目而定。即在紅色部爲紅色細胞,占絕對多數,綠色部則以青色及黃色細胞占大多數。細胞的大小,除青色細胞及光彩細胞之外,均呈種種的伸縮狀態。外觀上呈顯著的青色者,爲紅黃色細胞在極度收縮的狀態,故青色特別顯著。又魚在不安狀態及死後,均起顯著的色彩變化。

藥品對於魚體色彩的影響 用刺激神經或使神經痲痺的藥品,可使色素細胞起種種的變化。例如嗎啡,酒精及抱水克魯拉爾,對於神經中樞起作用,痲痺延髓中支配色素細胞運動的神經,

所以注射這種藥品於體內，便見色素擴張。又如用適當分量的斯托來起寧 (Strychnine) 注射於魚體，則色素起收縮。嗎啡注射多次，可使色素收縮以外更起褪色，這種現象，大概因為嗎啡不獨能使細胞收縮，且有破壞色素細胞的作用。又如副腎素即亞特里那林 (Adrenalin) 及可加因 (Cocaine) 對於交感神經，亦起中毒作用，使交感神經的末稍起興奮，故色素細胞亦起收縮。皮洛加賓 (pilocarpine) 能作用於副交感神經，使色素細胞起收縮。反之亞托洛賓 (Atropin) 則使色素起擴張。又交感神經與副交感神經，對於魚的體色不起相消的作用 (Antagonism)，由上述的實驗結果亦能證明。尼可丁 (Nicotine) 注射多量時，最初起褪色，後來起色素的擴張。這是尼可丁對於交感神經節細胞起作用，使其起痲痺狀態的結果。從這種實驗，可以證明凡對於血管系統起擴張的藥品，同時對於色素細胞亦起擴張，對於血管能起收縮的藥品，同時對於色素細胞亦起收縮，二者有一種平行的現象，由此可知一般動物的褪色作用，並非貧血成血管收縮的續發的現象，實為受同一的中樞所支配，起同一的興奮或痲痺的結果。

色素細胞的運動 將魚體的鱗片剝下，放於微顯鏡下觀察色素細胞的運動，知細胞的運動，

與無機鹽類有一定的關係，斯貝司 (Spaeth, 1913) 將鱗片浸於十分之一的定規溶液的氯化鉍 (BaCl_2) 中後，再移於十分之一定規溶液的食鹽水中，則見色素細胞起運動。斯密司 (Smith, 1930) 發見鱗片放於十分之一定規食鹽水溶液中，而其氫離子濃度 (PH) 爲八·六至六·一時，色素細胞開始起搏動。山木氏用鱗魚爲實驗材料，將鱗片放於鈉的鹽類中，俟其黑色色素細胞起搏動後，再加鈣鹽時，則搏動減少，所以鈣鹽對於色素細胞的搏動，有抑止的作用。但如加鈉鹽至一定程度，又可增加其搏動，所以鈉鹽與鈣鹽的比例，在一定範圍以內，對於色素細胞的運動，並無影響。

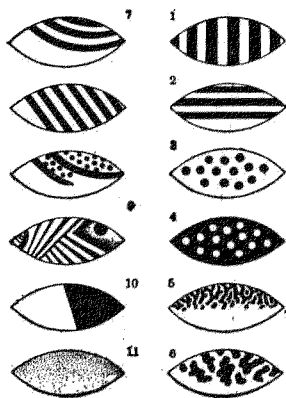
色彩與生殖 關於婚姻色前已略述，茲再加若干的事實。原來魚類在生殖期中，體色起變化，爲一般所熟知的現象，而海產魚類比淡水魚類，尤爲顯著。這種色彩的變化，以雄魚爲多。例如鮭的雄魚，在生殖期增加紅色及黑色。鮭類的雄魚，在生殖期亦較呈紅色。沙鱒塗 (Chloea) 的雄魚，增加黃紅色的程度。棘魚的一種 *Pungitius sinensis* 的體色亦在生殖期起變化。如在生殖期以前，生殖期初期，中期以及婚姻色的最高發達的時期，行手術切去生殖器官，則此種婚姻色起相當的

變化。在生殖期以前，行手術摘去生殖器的一部分時，則有半數的魚不再起婚姻色完全摘去生殖器官的，則完全不再生婚姻色。又在其他時期行手術的，亦得相似的結果，所以婚姻色是生殖腺的內分泌的結果，可以無疑。

第二節 魚的斑紋

斑紋的分類 魚類的斑紋，種類甚多，然行適當的分類時，在研究其各種斑紋的形或過程上頗為便利。魚類的斑紋，大體上可分為九種型式：

1. 縱條紋 即與身體的主軸約作直角的條紋，就魚體普通姿勢言為垂直。
2. 橫條紋 與身體的主軸平行的條紋，就普通魚體的姿勢而言為水平。



魚類的斑紋種類

1. 縱條紋
2. 橫條紋
3. 4. 點斑
5. 雲紋
6. 雲紋
7. 弧狀條紋
8. 斜條紋
9. 七巧紋
10. 分染
11. 素色

3. 點斑 又分兩種：一種爲黑點斑，即在淡色的素色上，有濃色的斑點，一爲白點斑，即在濃色的素地上，有淡色的斑點。

4. 蝕斑雲形斑 斑紋宛如蟲蝕的形狀，細而複雜，或粗而切成雲形的。鯖的背面的斑紋，即屬此類。

5. 弧狀條紋 由身體的背部前端起，向腹部的後方作弧狀的彎曲條紋，大多與身體的主軸方向斜交者居多。

6. 斜條 與身體的主軸方向作斜的直線條紋，大都由背部的前方起向後部下方彎曲者居多。

7. 分染 身體的一部分或大部分與其他部分的色彩不同的。

8. 七巧紋 種種的斑紋同時配合起來的斑紋。

9. 素色 完全無斑紋而身體的背面色彩稍濃，腹面稍淡。

斑紋的發生 以上所述種種的斑紋，當然非孵化後即有完備的，大都在發育期中漸次造成，

這種發育與斑紋的變化，在決定魚的發育期及分類上亦頗重要。

1. 縱條（圖中之A） 縱條紋為斑紋發生過程中的最簡單者，大都先在身體的背中線的兩側，起色素細胞的小羣，這種細胞次第增加而向下擴張，便成縱條。寸心鱒塗（*Pterogobius al-poides*）即屬此例

之一。

2. 橫條（圖中

之B） 大都由縱

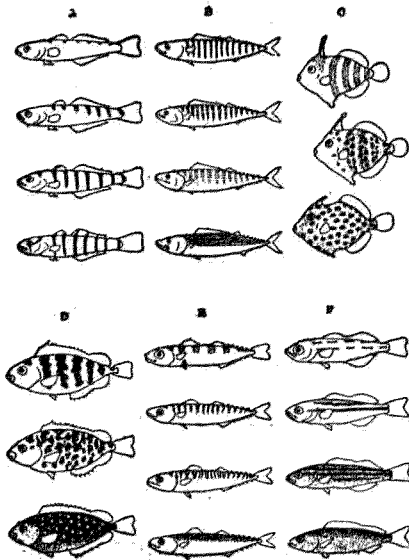
條至發育後期變更

而成。例如條紋鯉

（*Sarde orientalis*）

即為此種變化的

例。此魚的幼魚在體



斑紋的形成經過

A. 縱條紋（寸心鱒塗）

塗）

B. 橫條紋（鯉）

C. 點斑（鹿角魚）

D. 同上（黎猛魚）

E. 蝕紋（鱒魚）

F. 素色（石斑魚）

背起縱紋，後來此紋漸次分斷，至成長而橫連成長條。又有最初發現切斷的橫紋，然後再連成長橫條的，在鱈魚見之。

3. 蝕紋（圖中之E）大都由縱紋變化而來，或為已成的縱紋切斷而成。蝕紋，或橫紋前後連續而成蝕紋，例如鯖魚即屬此例。又有在發生點紋的經過中發現的。

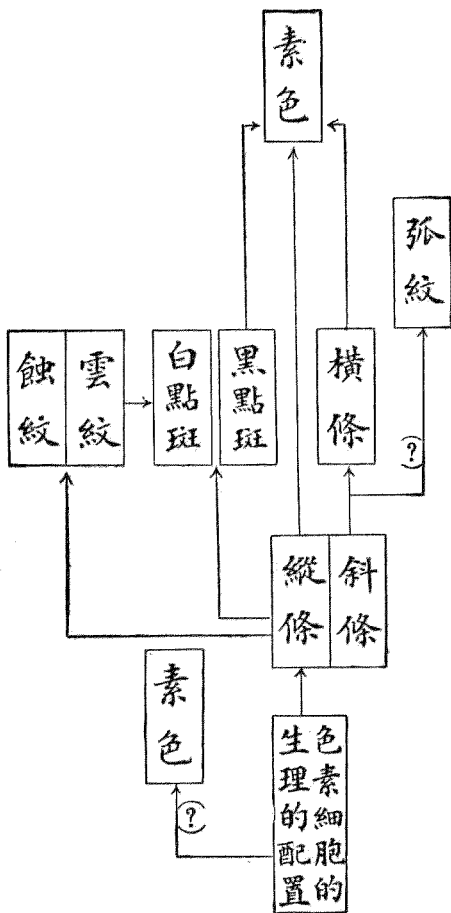
4. 點斑為縱條分散或切斷而成，在切斷的條紋中間，有一種淡色部分，這種部分亦能縮成點狀。這淡色的部分，即為白色烏糞素的沉澱。鹿角魚（*Monacanthus cirrifer*）（圖中之C）及黎魷（*Tenthis fuscescens*）（圖中D）即屬此例。

5. 弧狀條的發生經過最為複雜，關於此種的研究，尙未完全，大概為橫紋變化而來，弧紋鱒魚（*Therapon servus*）等即屬此例。

6. 斜條的魚類甚多，其形成經過，亦未完全明瞭，亦許為橫紋的一種變種，故其經過與橫條相同。

7. 分染及七巧紋，以珊瑚礁魚類為最多，或由橫條變化而來，或由斑紋變化而成。

8. 素色的體色，以由斑紋退化而成的居多，例如飛魚等在幼魚期中有條紋，至成長始行消失。鯛魚類在幼魚期中，亦多有橫條，至成長而消失。鯉魚類比較的為原始魚類，故其幼魚亦無斑紋，但鮭魚類雖亦屬原始魚類，而幼時卻發現橫條。



從以上的各種的斑紋而論，可知魚的斑紋，有一定的進化順序，其關係大體如上表（見第一六一頁）。

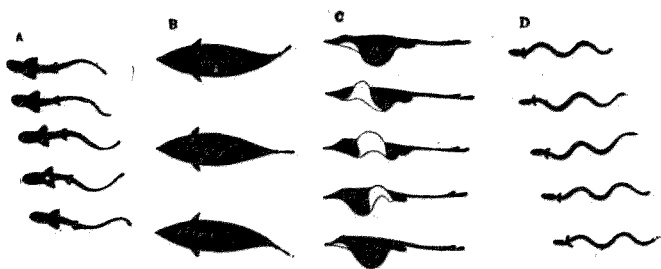
第十一章 魚類的習性

第一節 魚的運動

游泳及其形式 魚的游泳，依魚的體型而可分為若干類，例如鯊、鰩、鮭及鱒等的稚魚期，把身體左右彎曲，斜押水於後方，體乃前進。鮪、鯖、鱒等，身體肥滿，不能把身體左右彎曲，僅依尾鰭附近的筋肉，起強度的運動，而身體前進。又如鯿類的胸鰭，向上下作波狀運動，鰻及鱧全體作波狀運動，體乃前進，以上四種魚類游泳的方法，據亞培爾(Abel)的分類，第一種叫做基本型游泳，第二種叫做魚雷式游泳，第三種叫做航艇式游泳，第四種叫做蛇行式游泳。一切魚類的游泳，必歸入這四類中的一種，而尤以第一第二兩種游泳方式為最多，第三第四等種方式較少。用第一第二型式游泳的魚類，體形大都為紡錘狀，前方較後方稍粗，這種體形，就所謂流線型，為前進時抵抗最少的形態，所

以具這種形狀的魚，運動大都敏捷而迅速。就身體的橫斷面觀之，大概背面較腹面稍廣闊，所以魚的重心偏於頭的一方向，而又偏於背側，又有橫斷面不照此式樣的魚類，但其鰾都偏於主軸的下側，所以魚的重心，還是偏於背側這種重心偏於背側的理由，為前進時，可以利用重力。凡運動迅速的動物，大都亦有同樣的事實，魚的重心偏於背側，所以魚有脊鰭，以調節身體的平衡，魚死後，失其調節能力，身體橫臥或仰臥，就是重心在背側的原因。

在保持身體的安定及前進方向上，脊鰭及臀鰭，實有重大的效用。一般帆船在船的底部正中，有一極大的龍骨，龍骨可隨我們的目的，而伸長或短縮，以保



魚的游泳的形式
 A. 基本式游泳
 B. 魚雷式游泳
 C. 航艇式游泳
 D. 蛇行式游泳

持船的安定。脊鰭的用途，正與此龍骨相似，惟不及龍骨的效用正確而已。

魚類前進時，在第一型及第二型，尾部及尾鰭，有重大任務。排列於脊椎骨左右的縱走筋肉，交互運動，尾鰭便用力將水斜押向後，利用分力而前進，故尾鰭在魚體最爲有用。其他各鰭在游泳時，均密貼魚身，以減少水的抵抗，獨尾鰭不能縮至貼着體壁。在第二型，則尾鰭常繼續使用。第三第四型的魚類，則尾鰭不甚發達，因有其他部分來代替其作用之故。

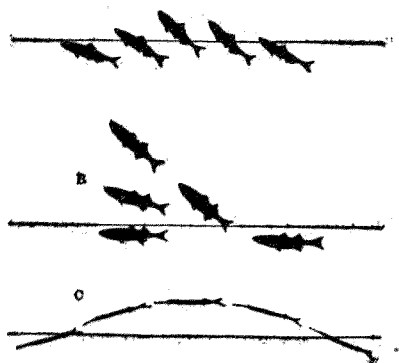
胸鰭與腹鰭爲成對的鰭，在前進運動上，僅於緩慢的前進及轉換方向時用之。故其主要作用，實在保持身體的平衡。成對鰭中，尤以胸鰭，在前進時亦有開展的，能保持前進的方向，有一種側龍骨的作用，同時更有保持魚類不倒轉之用。鰭的腹鰭極小，當然因身體的橫斷面扁平，已無此保持平衡器官之必要。除去胸鰭，魚體即不安定，除去一側的胸鰭或腹鰭，則有時體在水中迴轉，又去其兩側四鰭，則似死魚而腹面向上。

跳躍與飛行 魚類在水面上可以跳躍，爲一種普通的現象，惟這種習性的發達程度，依種類而異，所謂魚的飛行，實爲程度發達的跳躍而已。文鰩魚科 (Exocoelidae)，鱈魚科 (Hemiramphii-

竹刀魚科 (Sombresocidae)、鰾魚科 (Balonidae) 等的所謂合內鰾類 (Synentognothi) 鰾科 (Mugillidae) 及魮科 (Sphyraenidae) 等的鰾魮類 (Percosores) 等，均常見跳躍的行動。此外如多數大洋性的魚類，游泳於水的表層的，亦常起跳躍作用。

魚類的跳躍，可分為三類，(一)原始的跳躍，例如鯉魚科等的小淡水魚，跳躍時身體並

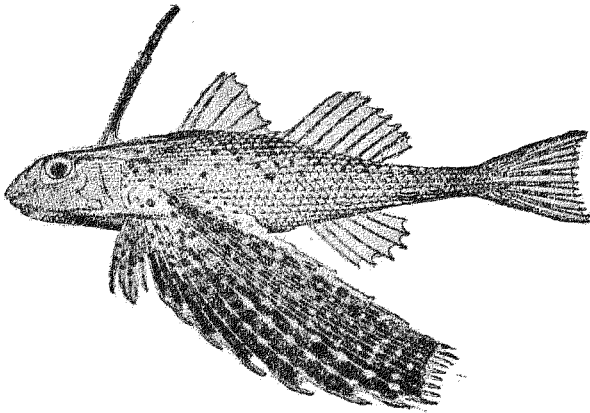
不完全離開水面。(二)斜向上方的空中躍出；但一直線的達於最高所時，即行落下，鯉，鰾等常見之落下的姿勢，或頭向上的，或身體橫斜的，更有頭向下曲的，有種種的變化。(三)跳躍的路在空中畫一半弧，再以頭部跳入水中的，為鱖及鯉等所見的跳躍形式，亦即跳躍中舉動最敏捷的。關於跳躍的原因，或由於避免危險，或由於趨捕食物，或由於周圍的水發生變化，而不適於生活時所起。這種



魚的跳躍的三種形式

的跳躍，完全爲外圍所誘起的跳躍。更如鯉魚的在夕暮跳躍，飛魚在月夜跳躍，可視爲一種遊戲本能所起，生殖時期，多數魚類成羣游泳時，起一種的興奮，最易見跳躍的發生。

文鯨科的飛魚，爲一般所謂能飛的魚的著例，但實際上亦僅爲跳躍的一種最進步的形式而已。飛魚在跳躍時，將胸鰭展開，以便滑走，飛魚的胸鰭，爲魚類中的最長者。其動作順序最初利用尾鰭的力量，將水斜押於後方，更利用其分力，而跳出水面，一入水面，又行第二次的跳躍，繼續跳躍數次，故能飛至遠方。飛魚以外更有蟬魴鯰科(Dac-tylopteridae)的魚，古來亦謂能飛行。西部



蟬魴鯰的一種

Daicocus petersenii (Nystrom)

熱帶的非洲諸河中，產一種水魚叫做 *Pantodon buchholzi*，南美洲產小溪水魚 *Gudropoleucus*，爲淡水魚中能飛翔的著例。

至於爬行在鱧塗魚類及魴鯪魚類中亦常見之，鱧塗魚往往能出沒於水面的泥坦，魴鯪則以在水底爬行居多。

第二節 集羣與迴游

集羣的種類 魚類中有許多種類，常以同一種類的無數個體，行集羣的生活，這種的集羣，大小不一，有數尾至數十尾左右的小羣，更有數千數萬的大羣。更有平時行獨立生活，至一定季節，始集成羣的，可依其生活上，而分爲下列若干類：

1. 常時成羣 凡草食性及食浮游生物的魚類，往往在常時行集羣生活。一方面便於得食，一方面則以性質溫和關係，而彼此可以互助，以防強敵，正和鳥類及哺乳類的集羣原因相同。採食浮游生物，而集大羣的，爲鱒類及黃鱒魚等，鯖亦爲此種成羣的一例。尤以弱小的鱒魚類，此種習性最

爲發達其行動非常一致，故全羣宛如在同一命令之下行動，尤以轉方向時非常迅速，爲漁業家所常目擊的事實。中國沿海有時黃鰹類羣集，其密度達竹桿不能插入魚羣中的程度，則其集羣的密度，亦可見一般。如何能行這樣個體行動的統制，實一有興味的問題。有了鱗羣發現之時，每見因吞食此魚而羣集的鯖魚、鰹魚，所以發見鱗羣的時候，常能遇見其他追逐的魚羣。

草食性魚類中，有以淺海的藻類爲食的，亦多少集合成羣，例如細鱗鯛科 (Girellidae) 等見之。這種的魚羣，正和草食動物的集羣一樣，爲防外敵，而易於避免，故在食海藻時，如有一尾感危險而他往時，其他魚羣亦均隨之而去。

2. 生殖集羣 蕃殖期的魚類，集合成羣，亦爲常見的現象，使配偶者的受精率增高，爲最大原因。產卵時的成羣，雖無特定的配偶關係，但如鮭、鱒之類，在蕃殖期成大羣逆河而上，至產卵時，每一雌魚追隨一二雄魚，分至各地點產卵，受精爲常。

3. 幼期成羣 在成魚時代，無成羣習性的魚類，有在幼魚時代成大羣的習性的。幼期成羣可分爲兩類，同在一處產卵的魚，往往同時孵化，孵出的幼魚，自然羣集於一所，至一定時期爲止，這是

在沈性卵的魚類所常見的現象。還有一種的幼期成羣，則以一庇護物爲中心，而羣集於庇護物之下，例如大水母流藻或流水等，常爲稚魚羣集的庇護物，尤以鱈魚及鱈魚的稚魚，發現此種現象爲最多。且每種水母之下，往往有一定種類的稚魚。

4. 各期成羣 冬季活動力減退的時候，魚類亦常有集於一處的習性，正和其他冬眠的動物所見的情形相似。鱈類及鱈類，在冬季靜穩的海中，常成大羣，卽爲此種的例。

5. 移動成羣 鯉及鱒有長距離迴游亦爲成羣的一大原因，與哺乳類鳥類的成大羣而移動的現象相似。

魚類的迴游 魚類在一定時期，有向一定方向移動的現象，其移動的距離長短不一，且其原因亦大多尙未明瞭。便利上可分爲下列數類：

1. 生殖迴游 在生殖期因求適當的生殖場而起的迴游，可稱爲生殖迴游。迴游的方向，多少與陸地有關係。卽漸向近於陸地的方向迴游的，叫做近陸迴游(Anadromous migration)，有漸遠離陸地的方向迴游的，可稱遠陸迴游(Caladromous migration)。依從來的習慣，則近陸迴游

叫做溯河迴游，而遠陸迴游，叫做降河迴游。這是祇適用於魚類向河中迴游者而言。現在把這種觀念擴充起來，降河迴游便成爲遠陸迴游的一部分而已。

大部分的魚，在蕃殖期求產卵場於近陸的淺海，而起近陸迴游。例如每年的大部分在大洋中生活的竹刀魚 (*Cololabis*)，至秋季產卵期，而移向陸地，故在該期漁獲最豐。鰾 (*Clupea*) 亦是在早春產卵期而游近陸岸。鯛則至春季游入靜穩的淺海而產卵，所以一般所謂漁期，大多即爲魚類向沿岸移動的時期。沿岸漁業至春秋兩季而頓呈緊張，即爲此故。

在近陸迴游中最著名的例，爲溯河迴游，即平常棲息於海洋的魚類，至此一定時期，而溯河產卵。屬於這類迴游的最著名的例，爲鮭鱒類。一至產卵期，數千尾成大羣而入河內，冒一切困難而至大河上流數百哩的產卵場。在美國有時經過巨大的瀑布，亦賭命而上。又如鱒魚爲中國春季在河口最易捕獲的魚，也是一種溯河而上的魚類。

離陸地而向深水產卵的，所謂遠陸迴游的例較少，最著名的恐爲唯一的鰻魚 (*Anguilla*)。按鰻魚的生殖問題，白格拉雷氏證明 *Leptocephalus* 爲鰻的幼魚以後，其產卵及迴游情形，全未

明瞭，至一九〇五年以後，休密脫 (Schmidt) 赴大西洋，地中海航海，更於一九一三年以後，赴大西洋西南區域的熱帶附近採集葉形幼鰻，直至一九二二年始採得一公分以下的最小形幼鰻，同時更發見此種的小鰻，在於西印度來外特島 (Leeward Island) 與盤姆達島 (Bermuda Island) 的中間，深海四〇〇〇公尺以上的海底，以是知歐洲的歐洲淡水鰻的產卵場，及美洲的鰻的產卵場，在相近的地點，歐洲鰻經三年而始迴至淡水。美洲鰻則經一年而迴溯至淡水。至於中國的鰻的產卵場，尙未明瞭，惟在春季有細稚魚溯河而上，尤以江蘇省的江陰爲最著名必經之地。至淡水後約六七年成熟，以是再迴至深海產卵。

2. 幼期迴游 依上所述，多數魚類其產卵地點與成長後所常棲地點不同，所以孵化後的幼魚，爲迴至原產地起見，又起一種的迴游，這種的迴游，就叫做初期迴游。

3. 覓食迴游 多數大洋性魚類，爲追捕食物而成羣迴游上已述及之，惟魚類的食物，以浮游生物爲最多，此種生物，受海洋狀態的支配，並非平均分布於海洋，有浮游生物豐富之區，亦有缺乏之區。魚類爲求此種食餌起見，由集羣而變成迴游，亦屬當然之事。索餌迴游中，最可注目的一種現

象，爲深海魚的晝夜垂直迴游 (Vertical migration) 例如裸鰯科 (Microphidae) 魚及其他能發光深海魚中常能見之。晝間棲於日光所不能達的深所，夕間又次第浮至上層，夜間幾乎完全浮於表層。黎明又降至深所。每日反覆行同一的動作，一方面固由於日光變化的影響，同時因光線的變化而惹起魚的食物的浮游生物的上下移動，魚爲追逐此種食餌起見，遂起這樣的迴游。

4. 季節迴游 魚類依其種類，而有一定的生活溫度的限界，在超過一定範圍以上或以下時；就有阻礙生活機能的危險。適溫的範圍，依魚的種類而有廣狹，一般大洋性魚的適溫性狹，定着性魚的適溫性廣。故大洋性的魚的行動自由，爲求適溫起見能起移動，同時抵抗溫度變化的能力亦較弱。定着性魚的行動範圍有限，故對於溫度變化的抵抗力較強。例如鱈棲息於攝氏二乃至十二度或十三度的水溫中，鰻在水溫降至十度以下，生活機能變弱，五度以下而死。然定着性的魚，例如石獅魚則在二度乃至二十六度範圍中，可以健全生活。

魚類的適溫範圍既有一定，則水溫因季節的變化而追求適溫的場所，亦屬當然之事。適溫的範圍較狹的種類，迴游比較更爲顯著，鯉、鯖、鰻及鱈等多數迴游魚，由春至夏向北方迴游，秋至冬向

南方迴游。多數定着性的魚類，一般則由春至夏移動至淺所，由秋至冬移動至深所。淡水魚中，亦有起季節迴游的種類。

除了以上所述的幾種迴游之外，還有若干魚類，生殖迴游以及幼期迴游併合起來，在大洋中每年作循環式的迴游，例如中國的東海中的黃魚及鯛魚的迴游，就是這類的適例。黃魚與鯛魚爲中國經濟上最重要的魚，每年產額各在二千萬元以上。據漁業家的經驗，黃魚的迴游情形，似乎在中國南部及中國北部各自成一系統。經過一地的期間約在兩個月左右，所以黃魚的盛漁期，隨地方而不同。長江口一帶以三月至六月爲盛漁期，其餘各地則又彼此不同。

第三節 棲息與發聲

魚類棲息的場所，依魚的種類而有一定的範圍。這種棲息的範圍，在生態及形態上有極複雜的關係，但大體上可分別爲自由游泳型(Nekton)與底棲型(Benthos)的兩大類：自由游泳型中又分爲流水型淺水型，止水型，大洋型四種，底棲型中又可分爲定座型，爬行型，埋沒型及潛掘型四

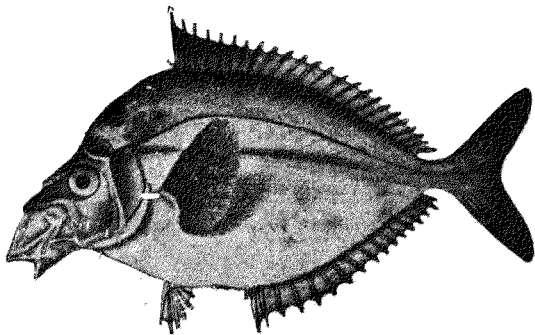
類。

自由游泳 (1) 流水型 棲息於河川的流水區域的魚類，可稱爲流水型，常適應於向一定方向流動的水流中生活，故體形與運動均屬基本型式。(2) 淺海型 淺海區域爲物理化學諸條件最複雜的區域，例如一方面受潮汐波浪等的影響，或起激浪，或變平靜，一方面受晝夜的變化，起光線及溫度的變化。但同時有岩礁及海藻等的庇護物，故在這種區域棲息的魚類，一方面似流水型而習性上則近於止水型，例如隆頭魚等可歸入此類。(3) 止水型 爲棲息於平常不甚激動的水中的魚類屬之，例如珊瑚礁的附近以及淡水區域的水流較少的池沼，此種魚類最多。普通所見的海水魚，多屬於止水型與淺海型中間者爲最多。鯛科卽其適例。止水型的身體大多爲高側扁型，鰐魚及珊瑚礁魚屬之。此外如帶魚亦屬於此類。(4) 大海型 爲運動活潑游泳力最強的魚類。運動以魚雷式居多。身體橫斷面大都爲圓形，尾柄特細，而富於筋肉，側面常有水平隆起 (Lateral line)，尾鰭爲半月形而堅固，如板鯨鮪，旗魚等爲此類的適例。鰷爲未發達至此的中間型。(5) 定型座型 自由游泳的魚類，漸習成棲息於較深的水層時，則爲靜止時安定起見，身體的腹面漸變扁

平，胸鰭亦特別發達以便支持身體。石獅魚科(Scorpenidae)，魴鮆科鯨科等即爲此例。魴鮆科魚的胸鰭下鰭條發達成觸覺器。更進步的變成鰮科(Platycephalidae)及鰈鱗科(Lophiidae)，而體軀縱扁。板鰓類的鰮，爲此類形態的發展至極端者。(6)爬行型 定座型的魚類，失了游泳的能力時，便變成專爬行於水底的習性，胸鰭或胸腹兩鰭變成肢狀，而司爬行之用，但此種的適應範圍較狹，故種類亦少。燈籠魚科(Antennariidae)爲此類的代表。跳彈塗類(Periophtalmidae)以及跳鰯魚的一種 Sclarias，亦爲胸鰭變成爬行肢的。前者爬行於砂泥質的淺坦，後者出沒於岩礁上。(7)埋沒型 埋沒於沙泥中生活的魚類，種類甚多，習性各異，有由純粹的流水型變化而來的，例如鯉鰻等通常爲止水型，但至逃避時，及冬眠時，則有埋沒性。又由從淺海型變化而來的，例如阿麻魚(Gerresnoyha)及玉筋魚科的魚類，均本有游泳的能力，但在休息時及逃避時，則有潛伏於底質的習性。比目魚類的所謂異形類(Heterosomata)的魚，也是埋沒性魚的一種。此外更有狗母魚(Synodontidae)，蝟科(Platycephalidae)，鼠銜科(Callionymidae)，眼鏡魚科(Uranoscopidae)等的魚類爲具定型的習性而更獲得埋沒的習性的。(8)潛掘性 鰻魚等的一般

所謂無足類 (Apoles) 均有掘底質中的孔而潛行的習性。泥鰕 (Cobitidae) 最初亦有此種習性。

發音 關於魚類有發特殊的音的，曾有多數的報告，關於這種發音的習性，有為偶然的，有為生理的，更有為生態學的，但在事實上卻難於分別。關於發音的生理，可分為三類：第一為摩擦音，即以骨骼的一部以及棘、齒等身體的堅硬部分互相摩擦而發音的。例如翻嘴魚 (*Leiognathus argenteus*) 的顎骨一部分能互相摩擦而發音，六鬚鯨 (*Pelteobagrus nudiceps*) 能用胸鰭棘來摩擦而發音，更如河豚科中的多數魚類則以上下齒摩擦而發音。這種的音有為有意義的，亦有無意義的。第二種呼吸音即在呼吸時，空氣通過狹處而漏出一



魚 嘴 翻

種的聲音，在多數淡水魚類中見之。泥鰍的腸管在漏空氣時發一種的音，這種的音，是否有生態的意義，尙未明瞭。

第三種爲鯿及其附屬的筋肉發音的，屬於這種的發音者，以黃魚科即石首魚科的魚爲著名。此類的魚發音甚響，有似吹口笛的，有似發咆哮的音的，往往魚在水面下十八公尺時，人在水面上二公尺的位置尙能聽聞。故漁夫能於船底聽此魚的音而捕魚。其餘在我國所產魚中發較大的音的，爲鰱魚(Therapon)類，此魚在中國沿海均有，而南方沿岸，漁夫用來作釣魚的魚餌用，發音時用手指觸胸鰭的基部，往往能成相當的振動。關於發音的意義，雖普通不外爲認識音及警戒音的兩種，如黃魚均棲息於泥砂底的濁水，故在產卵期盛行啼叫，大概爲認識音的一例。

