

科學圖書大庫

魚類生態學

譯者 韓麗明

徐氏基金會出版

4

科學圖書大庫

魚類生態學

譯者 韓麗明

徐氏基金會出版

作者序

本書乃對魚類生態學作一簡要之描述。此一版本雖根據本人於1944年出版的“魚類生物學”而寫，却仍然是根本的改寫了該書。本書增添了有關魚類在人類生活中所佔的角色及合理漁業的生物基礎等幾個章節，並實質的改寫了其餘所有章節。

本書的結構不同於其他書籍：在簡短的介紹現代魚類生態學的基本理論觀念後，導引出一些有關魚類與其有機（organic）及無機（inorganic）環境間關係的結論。本書的第二部份討論魚類生活史中的各基本環節。在選擇例子方面則儘量採用有經濟價值的魚種。本書主要討論魚類生態學中對建立合理魚業重要的部分。由於E. K. Suvorov的“基本魚類學”（1948）及本人的“專門魚類學”（1950，1954）已詳論各魚種的生態，因此，本人認為可以在本書中刪除專門魚類學的部份。

本書的撰寫荷蒙莫斯科大學魚類學系及蘇維埃科學學校塞佛索夫（Severtsov）動物形態學院魚類研究室的同仁們的大力協助。藝術家N. N. Kondakov也為本書繪製了一些原圖。P. G. Borisov教授擔任校稿工作，並給予一些有價值，有洞察力的評註。

當然，我確認本書有助於建立合理漁業的生物基礎，並在相當限度內有助於造就魚類學專家。

然而，本書無疑仍有許多缺點。讀者如有任何批評，本人將無任的感激。

尼可羅斯基（G. V. NIKOLSKY）

莫斯科大學生物土壤學院魚類學系

目 錄

作者序

緒 論

第一部份 魚類與其生物

及非生物環境間的相互關係

魚類對非生物環境因子的適

應..... 2

水的密度及壓力..... 2

水的鹽度..... 9

水的溫度..... 11

水的鹽類含量..... 16

溶液中的氣體..... 21

光、聲音、放射能的他種震

動及形式..... 30

聲音及其他震動..... 39

電流、電磁震動..... 41

X射線與放射作用..... 42

水的流動與魚的運動方式... 46

魚的生物性相關..... 56

魚的種內關係..... 57

魚的種間相關..... 64

魚與其他生物的種間關係... 71

魚與其他動物..... 74

第二部份 魚類生活史中的基

本關連

魚的繁殖及發育..... 102

魚的大小、生長及年齡..... 132

魚類的族羣動力學..... 161

魚類的迴游..... 167

產卵迴游..... 175

攝食迴游..... 181

度冬迴遊..... 185

魚類的度冬行為及冬眠..... 187

魚類的攝食與攝食關係..... 190

第三部份 魚類對人類生活的 重要性及合理漁業的生物 基礎

第一部分

魚類與其生物及非生物環境間的相互關係

地球表面積約爲五億一千萬平方公里，其中海洋就佔了三億六千一百萬平方公里或 71 %。此外，有二百五十萬平方公里爲內海，佔地表的 0.5 %。現知的最深海爲 11,000 公尺。根據許多學者的報告，深度在 3000 公尺以上的海洋，其表面積約佔全部海洋面積的 51 % 到 58 %。此即爲魚類分布的空間。

水的分布從兩極到赤道，從 6000 公尺的高度到 10,000 公尺的深度，因此魚類生存條件有很大的差異。魚類終其一生必須靠水生活，故而魚類的分布同樣也可從高地的湖泊到深海，從兩極到熱帶區。當然，爲了生存於差異如此大的情況，它們必須獲得不同的適應能力，以生存在流速每秒二公尺以上的山間水流，或生存於壓力高達 1000 大氣壓力的 10,000 公尺深的海洋，或生存於水的表層。對溫度的適應同樣也有很大的幅度。魚類可生於接近鹽水冰點的溫度（ -2°C ， -3°C ）及 $+50^{\circ}\text{C}$ 。魚類容忍鹽度改變的幅度也是相當驚人的。

魚類生活環境的生物性條件之差異也很大——它們被不同的掠食者攻擊，從植物、腔腸動物及軟體動物到鳥類及哺乳類。魚類可捕食植物、無脊椎動物及魚類，因此差異也相當大。魚類與其生物環境的關係還有許多類型。

對生存環境的生物及非生物條件之適應與形態生理的改變有關。由於生存條件的不同，而決定了魚類本身的差異。

上述足以說明何以魚類爲脊椎動物中種最多的一類（超過 20,000 種）。雖然魚類的構造及生活方式有很大的差異，它們應該有一些共同的特點，這些特點來自它們的共同起源及對水中生活的適應。這些特點中最重要的是，用以呼吸溶氧的鰓；以鰭爲肢體，如此利於游行於水中；尾用以減低在水中移動所引起的回流，並可以做爲轉向時的舵；皮膚，富於腺體分泌黏質物以減少在水中移動的阻力。少數種類的後三項特點有些微的不確切，但上述諸項爲魚類整體的特徵。

前面提及魚類與其生物及非生物環境因子的關係是不互相獨立的；它們

2. 魚類生態學

互相關連，一個關係系統的任何改變無可避免的會導致其他系統的改變。因此，雖然我們各別分析魚類與各環境因子的關係，但必須切記，這種各別分析是主觀的，因為魚類與環境因子的關係是相互關連的。必須強調的是，在有效限度內魚對其任何特定環境因子的反應決定於魚本身的狀況：營養狀況，脂肪含量、生殖腺成熟的程度等等。一條魚在不同的生物狀況下，對同一刺激有不同的反應。例如，秋季溫度的降低使鹹海（Aral sea）內營養良好的鯛魚停止攝食而開始冬季迴游（winter migration），然而同種的，但營養不良的個體仍留於攝食區內，並繼續捕食。營養好的鯉魚在度冬時期較營養不良的鯉魚不易罹患疾病。

在研究魚與其生物或非生物環境因子的關係時必須考慮所有上述諸因素。

魚類對非生物環境因子的適應 (Adaptations of Fishes to Abiotic Environmental Factors)

物理因子在魚的生活中佔有很重要的地位。魚在水中游動的情形大部分決定於水的密度。水的光學性質及其中的浮懸粒子影響攝食（因它們以視覺器官來決定方向）及防止掠食者的侵襲。

在某一限度內，水的溫度決定魚的代謝過程。溫度的改變通常為決定排卵、迴游等行為之開始的自然刺激。水的其他物理及化學性質如鹽度、氧的飽和度、黏度也都非常重要。

水的密度及壓力 (Density and Pressure of the Water)

水的密度主要決定於鹽含量及溫度。密度隨溶鹽的增加而增加，另一方面，密度隨溫度（在 4°C 以上）的增加而降低。

生物體通常比水重。水的比重為 $1.02 - 1.06$ 。根據 Andriashev 1944 年的資料，黑海魚種的比重在 1.01 與 1.09 之間。因此，為了生存於水中，魚必須具有一些特殊的適應，我們將明白它亦有差異。

魚的泳鰾（swim-bladder）為用以調節其比重以適應某一深度的主要器官。只有少數種類不具泳鰾，包括鯊魚及似鯖類（scombroids）。這些魚僅能以鰭的活動來調節其所在的深度。有泳鰾的魚如真鰵（horse-mackerel *Trachurus*）、隆頭魚科的齒唇屬（*Crenilabrus*）、櫛唇屬（*Ctenolabrus*）及南方鱈魚（*Odontogadus merlangus euxinus* Nordm.）等，其比重在 1.012 到 1.021 之間，比沒有泳鰾的魚〔狗公（*Scorpaena porcus* L.），*Uranoscopus scaber* L.，鰕虎 *Neogobius melanostomus* (Pall.) 及 *N. fluviatilis* (Pall.)〕的比重（ 1.06 到 1.09 ）略高。

魚的比重與其活動性間的關係是很有趣的。在沒有泳鰾的種類中最活躍的爲比重最低的種如鰻魚 *Mullus barbatus* (L.)，其平均比重爲 1.061，而底棲種類如瞻星魚 (*Uranoscopus*) 具有最高的比重 (平均 1.085)。有泳鰾的種類中也有同樣的規則。當然，魚的比重不僅取決於其所含物或有無泳鰾，同時也決定於其脂肪的含量及骨架的發展 (防衛構造的有無) 等等。

比重隨魚的成長及季節性的營養、脂肪含量的改變而改變。如鯡類 (*herring*, *Clupea harengus pallasi* Val.)，其比重在十一月爲 1.045，在二月則爲 1.053 (Tester, 1944)。

在大多數較古老魚群 (硬骨魚中的鯡目 *clupeiform*、鯉目 *cypriniform* 及肺魚、硬骨的、軟骨的硬鱗魚 *ganoids*)，泳鰾以氣道 (*ductus pneumaticus*) 與消化道相連。其他魚類如 *percomorphs*、鱸形目 (*Gadiforms*) 及其他硬骨魚的成體沒有這樣的連接。

某些鯡科 (*Clupeoids*) 及鰵科 (*anchovies*) 的魚如 *Clupea harengus* L.、*Sprattus sprattus* (L.)、*Engraulis encrasicolus* (L.)，其泳鰾有兩個開口 (*apertures*)。除了氣道，泳鰾的後端還有一個外開口直接開口於肛門的後方 (Svetovidov 1950)。當魚要在短時間內下沉或由深部浮至表層時，此開口使魚能夠從泳鰾中趕出多餘的氣體。當魚下沉時，由於隨深度增加而壓力加大的影響，使額外的氣體進入泳鰾。當魚浮升時，壓力的突然降低使泳鰾內的氣體佔有最大體積，因此魚被迫排出氣體。當一群鯡魚要浮升至海面時，我們可由水面的氣泡來斷定其位置。亞得里亞海 (*Adriatic sea*) 的阿爾幹海岸的捕沙丁魚燈籠漁業，阿爾幹漁夫可成功的由其排出之氣泡預測此魚開始浮升的時間。漁夫們說：「氣泡既現，沙丁魚將隨之而現。」 (摘自 G.D. Poliakov)

具有通鰾 (*open bladder*) 及大部分具有鎖鰾 (*closed bladder*) 的魚類，其泳鰾並不在孵出後立刻充有氣體。孵出的胚胎常處於被動狀態，它附著於植物的莖或是附於水底，此時它沒有泳鰾。許多種類的魚，其成體沒有連接於泳鰾與腸道的管道，而幼體却有，經由此管道泳鰾得以充滿氣體。這個觀察可由下面的實驗得到證實。鱸 (*perch*) 的幼體在一個特殊的容器中孵出，此容器的上層與底層以幼體不能穿過的細網隔離。自然狀況下鱸魚的鰾在孵出後第二天到第三天就充有氣體。而實驗魚在孵出後 5 - 8 天才將隔離網去除，然而，此時連接於鰾與腸道間的管道已經斷裂，因此鰾仍然沒有氣體。是故，鎖鰾類與通鰾類最初充氣方式是相同的。pike-perch 在身長約 7.5 mm 時，泳鰾內才有氣體。假使此時泳鰾還沒有氣體，也就是此幼胚

4 魚類生態學

已具有鎖鰾時，縱然有機會吞入氣體充入腸道，也不能進入泳鰾，而由肛孔排出（Kryzhanovsky, Dissler, Smirnova, 1953）。

因為某些原因，血管不能分泌氣體至空的泳鰾，必須在泳鰾中有少許氣體後方可。調節泳鰾內氣體的含量及組成的方式隨種類而異。具有連接泳鰾與腸道的管道的魚，氣體主要經由氣道進出。具有鎖鰾的魚，在從外界得到氣體後，鰾內更進一步的氣體含量及組成的變化，是由血液的分泌或吸收來調節。這些魚的鰾內壁有紅體（red body），其中滿佈微血管。鰻魚泳鰾的兩個紅體含有 88,000 條靜脈微血管及 116,000 條動脈微血管，全長分別為 352 公尺及 464 公尺。然而其總體積不過為 64 立方公厘，也就是不超過中等大小的一滴水。紅體因種類而異，可從一個小斑點到含有圓柱腺上皮的強力氣體分泌腺。有時，有氣道的魚也具有紅體，但它不如鎖鰾魚的發達。

泳鰾內氣體的組成不但因種類而異，即使同種中也有個體差異。鯉類（tench）通常有 8% 的氧，鱸魚含 19—25%，梭子魚約含 19%，roach 約 5—6%。因為血液系統主要供應氧及二氧化碳，泳鰾因此主要含有這兩種氣體；氮氣佔極小的百分比。另一方面，當氣體被循環系統帶走後，泳鰾內的氮氣百分比驟增。海水魚的鰾內氧氣所佔比例往往比淡水魚高。顯然由於海水魚中大部分為鎖鰾式。次級深水魚的泳鰾氧含量尤其高。

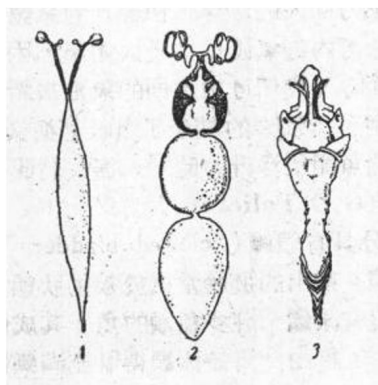


圖 2. 魚類的泳鰾與聽覺器官的相關圖（Kyle 及 Ehrenbaum, 1926；Wunder, 1937 及 Svetovidov, 1937）。1，大洋性鯧魚 *Clupea harengus* L.（鯧目）；2，鯉魚的一種 *Cyprinus carpio* L.（鯉目）；3 *Physiculus japonicus* Hilg.（鱸形目）

泳鰾內的氣體壓力以某種方法傳至聽覺迷路（auditory labyrinth）（圖 2）。鯧類（clupeoids）、鱸形類（gadoids）及其他某些魚，泳鰾的前部有一對突出，伸至聽囊（auditory capsules）開口的伸張膜（鱸形類），或伸入聽囊（鯧類）。鯉類的壓力是從泳鰾經由魏勃氏器（Weberian apparatus）及一連串連於泳鰾的聽小骨傳至迷路（Labyrinth）。

泳鰾不但用以改變魚的比重，而且可以探測外界的壓力。許多魚類，如大部分泥鰍科 (Cobitidae) 的魚，過著底棲生活，泳鰾已大為退化，而做為感覺壓力變化的器官。魚能夠感知微弱的壓力變化；它們的行為因壓力而改變，如打雷前。日本水族館的某些魚類是專門為此而飼養，因為，可由它們行為的改變預測危急的氣候變化。

除了某些鯡類，具有泳鰾的魚不能很快的從表面下沉至深部，反之亦然。大部分能快速垂直移動的種類（金鎗魚 tunnies，鯖魚 mackerel 及鯊魚 sharks），其泳鰾不是完全缺少就是已退化，它們以肌肉的活動來維持在水中的位置。

許多底棲魚類如多數的鰕虎（鰕虎科 Gobiidae），鰾（鰾科 Blenniidae），泥鰍（泥鰍科 Cobitidae）及某些其他魚，其泳鰾亦已退化。底棲魚的泳鰾退化，當然與其需要較大的比重有關。一些血緣相近魚種，其泳鰾的發展有不同的程度。鰕虎科的海體魚具有泳鰾；其他如 *Gobius niger* Nordm，鰾僅存於其海體性的幼胎；幼胚為底棲性的魚如 *Neogobius melanostomus* (Pall.)，泳鰾在幼胚及成體都相當退化。

深水魚由於生活的深度，其泳鰾通常失去與腸道的聯絡，是為防止氣體在高壓下被擠出泳鰾。這甚至也是 *Opistoproctus* 及水珍魚 (Argentina) 等鯡類的特性，其中某些生活於海體的種類却具有氣道。其他深水魚的泳鰾則完全退化，例如某些屬於 *Stomiatoidei* 科的魚。

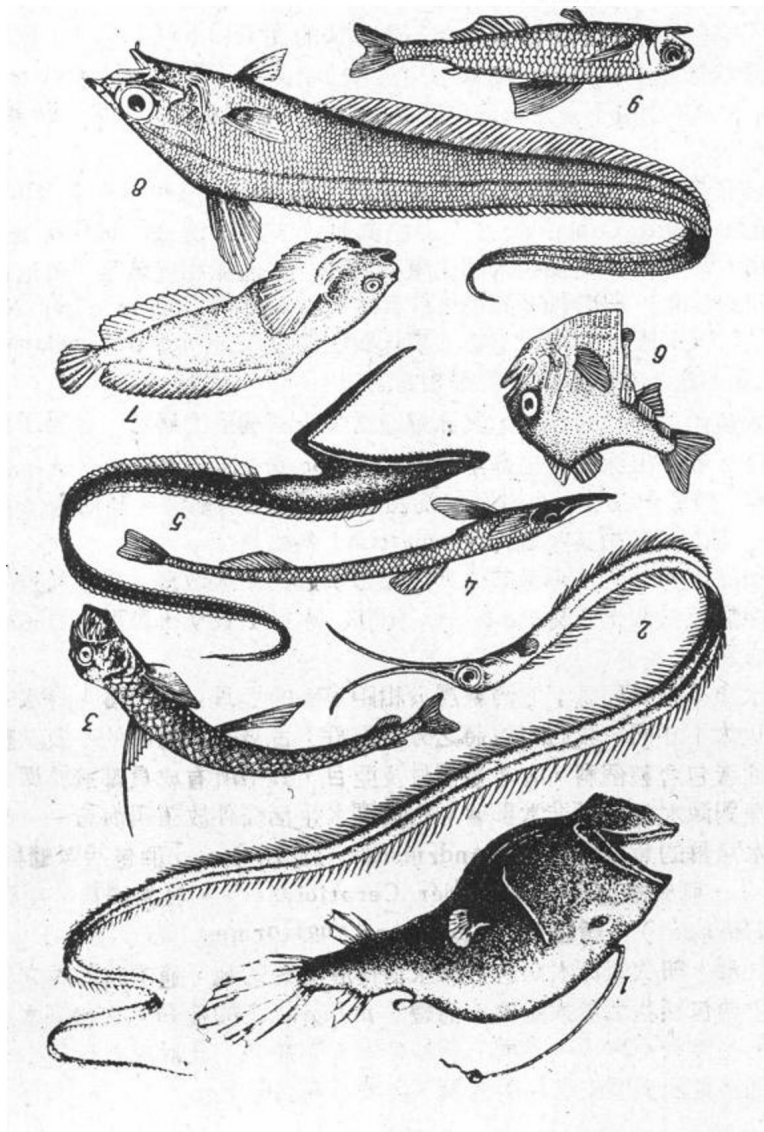
魚對深度的適應，導致其他非由壓力引起的重大改變。這些特殊的適應與深水中缺乏自然光（見 33 頁），食性（見 191 頁），繁殖（見 64 頁）等條件有關。

深水魚不全是同源；它們隸屬於相距很遠的亞目。它們轉入深水式生活的時間也大不相同。我們可以將之分為兩群：古老的（或真的）及次級深水魚類。前者包含整個科，有時整個目及亞目，其中所有成員都適於深水生活。這些魚對深水的適應非常顯著。由於深水生活條件放諸四海皆一，故屬於古老深水魚群的魚分布很廣（Andriashev 1953）。此群包括鮫鰐科 (angler)，刺鮫鰐亞目 (Suborder Ceratioideae)，發光鰐科，項肩目 (Scopeliformes)，緩體目 (Saccopharyngiformes) 等 (圖 3)。

第二群，即次級深水魚包括深水習性歷史短的種。通常此群內之種類所屬的科主要包括生活於大陸棚或海體 (pelagial) 的種類。次級深水魚對深水生活的適應較不專一，然而它們的分布範圍較小；此群沒有共通性。次級深水魚通常是屬於歷史較短的魚群，主要為鱸目 (Perciformes)。我們也

6 魚類生態學

圖 3. 深水魚。1, *Cryptosaurus Couesii* (Gill.) 刺鯢亞目; 2, *Nemichthys avocetta* Jord. et Gild 鰻目 (Anguilliformes); 3, *Chauliodus sloani* Bloch et Schn. 鮐目; 4, *Ipnots murrayi* Giinth 項肩目; 5, *Gastrostomus bairdii* G. Ryder 鰻目; 6, *Argyrolepecus olfersii* (Cuv.) 項肩目; 7, *liparis mucosus* (Ayres) 鱸目 (Perciformes); 8, *Coelorhynchus carminatus* (Good) (Macruriformes); 9, *Ceratoscopelus maderensis* (Lowe) 項肩目。



可以在杜父魚科 (Cottidae)，毒蛾科 (Liparidae)，Zoarcidae 科，科 (Blennidae) 中發現次級深水魚。

成魚以泳鰾降低比重，而魚卵及魚幼胚則以其他方式達成 (圖 4)。在水體內發育的深海魚卵以增加一或二個脂球 (主要為側泳目 flatfish)，或稀釋卵黃 (烏魚 *Mullus*) 或以水充入卵黃圍腔 (perivitelline space) [草魚 *Ctenopharyngodon idella* (Val.)]，或脹大卵膜 [Gobiobotia *pappenheimi* (Kroy.)] 以達到降低比重的目的。

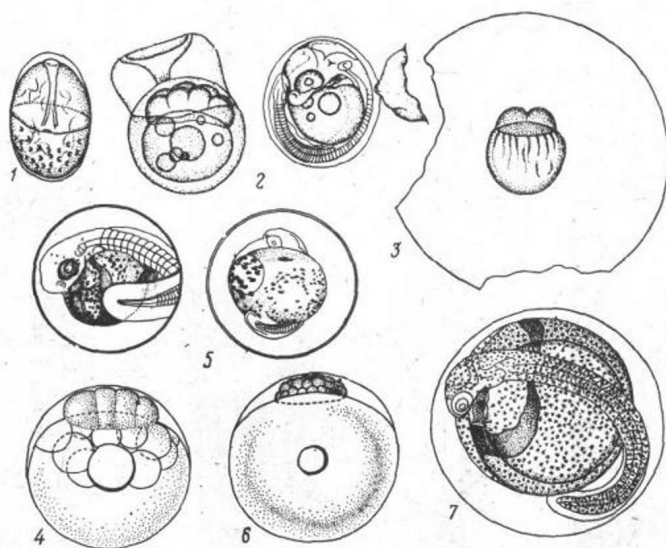


圖 4. 海體性卵 (非比例圖)。1, *Engraulis encrasicolus* L.; 2, *Hypomesus olidus* (Pall.) (鮭目); 3, 紅鰱鰱魚 [*Erythroculter erythropterus* (Bas.)] (鰻目); 4, 秋姑魚 *Mullus barbatus ponticus* Essipov; 5, 中國鱖 (*Siniperca chuatsi* Bas.) (鱖目); 6 比目魚 *Bothus (Rhombus) macoticus* (Pall.) (側泳目); 7, 鰻科的 *Ophichthus argus warpachowskii* Berg. (鰻目)

海體魚卵的含水比例遠高於底棲魚。烏魚 (mullet) 的海體性卵 (pelagic egg) 含水 94.7%，*Atherina hepsetus* L. 的底棲性卵含 72.7%，*Neogobius melanostomus* (L.) 却只含 62.5%。

生活在海體的魚幼胚也有特殊的適應。我們知道，任何物體的表面積與其體積或重量之比值愈大，下沉的阻力也就愈大，即更易保持於某一位置。許多海體性動物 (包括魚幼胚) 長有刺及突出物，以增加體表面積利於保持其在水中之位置，這是一種適應的方式 (圖 5)。因此，底棲魚的海體性幼胚如鮫鱈科的鮫鱈魚 *Lophius piscatorius* L. 其腹鰭與背鰭上有很長的突出物，以利其游行於水中，粗鰭魚 (*Trachipterus*) 的鰭也有類似的變化。翻車魚 (*Mola mola* L.) 的幼胚上長有許多刺，使人誤以為是浮游植物雙

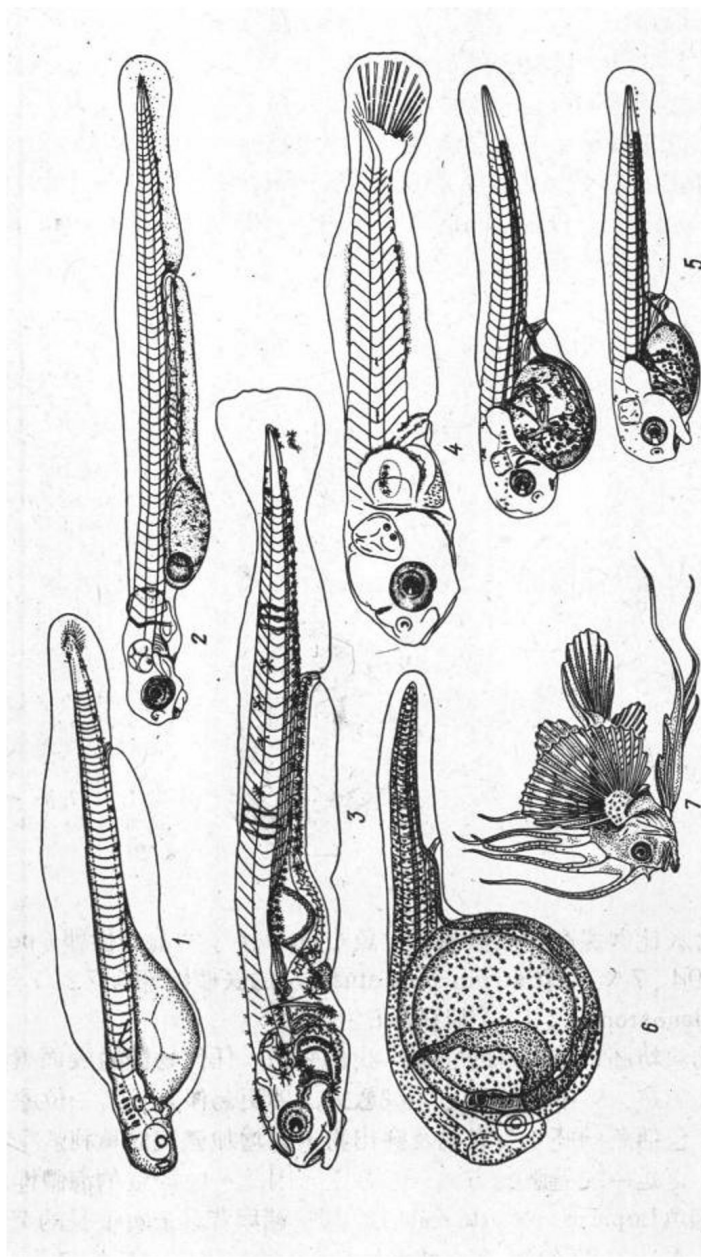


圖 5. 海體性的初胚及魚幼胚 (爲了說明起見, 圖中比例並不合實際)。1, 鰱 (anchovy, *Eugraulis encrasicolus* L.) (鯷目 *Clupeiformes*) ; 2, 香魚 (*Hypomesus olidus* (Pall)) (鯷目 *Clupeiformes*) ; 3, 紅鱒鮭 (*Erythroculter erythropterus* (Bas)) (鯉目 *Cypriniformes*) ; 4, 秋姑魚 (*redmullet*, *Mullus barbatus* L.) (鱸目 *perciformes*) ; 5, 中國鱸 (*Siniperca chuatsi* Bas) (鱸目 *perciformes*) ; 6, *Ophicephalus argus warpa chowskii* Berg (鱸目 *ophicephalidae*) ; 7, 鰱魚 (*angler-fish*, *Lophius piscatorius* L.) (鰱科 *Lophiidae*)

鞭蟲 (Ceratum) 的放大。

某些海體魚的幼胚其身體特別扁平，用以增加表面積，例如河鰻幼胚的身體遠較成體闊且扁平。

某些魚幼胚如烏魚，甚至在胚胎孵出後，發達的油脂球仍然保有水壓器 (hydrostatic organ) 的功用。

其他海體魚的幼胚的水壓器，是由背鰭的一個綳摺來充任，因其可被液體充脹為一個腔體。如 *Diplodus* (Sargus), *Annularis* (L.) 等即是。

水的鹽度 (Salinity the Water)

魚體內部或多或少的恒定性，是魚得以生活於不同鹽度的水中的最重要因素。這種恒定性來自各種滲透壓調節器的發展，它調節魚的體液的滲透壓。滲透壓調節器發展愈完善，生物體內部液體的組成及壓力與外界環境的差異就愈大。

圓口類 (cyclostomes) 及除盲鰻類 (myxinoidea) 外的魚類，恰與大多數海洋無脊椎動物相反，其體液與外界的滲透壓有差異。圓口類與魚類可依體內滲透壓的特質分為四群：

1. 盲鰻類 (Myxinoidea) —— 體液與周圍環境為等張 (isotonic)。
2. 軟骨魚 (Cartilaginous fishes) —— 內部壓力高於外界，主要由於尿鹽 (uric salts)。
3. 海洋硬骨魚 (Marine bony fishes) —— 滲透壓低於外界者。
4. 淡水硬骨魚類 (Freshwater bony fishes) —— 體液的滲透壓高於外界者，由於體內的礦物質含量之故。

魚類體液的組成物質也有差異。

鮫除了氯化鈉佔體液全重的 1.42% 到 1.77%，尿素亦扮演了極重要的角色，構成血液的 2 到 2.6%，在鰩 (skates) 則為 1.42 到 2%。淡水鮫與淡水鰩的體液中，尿素亦佔有很大比例，是以其滲透壓較淡水硬骨魚小。

海洋硬骨魚的體液中鹽類含量較軟骨魚者為低，但它們的內在滲透壓較外界低，因此，仍然可以獲得足夠的鹽類。有機物，如鮫之尿素，在硬骨魚所佔份量很小。海洋硬骨魚的有機物只提供 7—8% 的滲透壓。

淡水魚血液中的有機物含量大約與海洋魚相同，但礦物質含量却相當低。

就體腔液的鹽類含量而言，圓口類是一個異質性 (heterogeneous) 的群體。鰻魚 (*Myxine glutinosa* L.) 的體腔液尿素含量近於軟骨魚者。然而 *Polystotrema stouti* (Lock.) 的滲透壓主要是由鹽類提供。

大多數魚種適於一特定滲透壓的溶液，當它們被轉移到不同滲透壓之水時，很快就死亡了。因此，演化出可以聚集足量尿素以維持體腔液的高張性之機構的軟骨魚類，在被移置於淡水時，很快的減少其滲透壓並死亡。適於淡水生活的軟骨魚能夠增加尿素的排出量以保持高滲透壓體液，因此，它們排出大量水分。腎臟再吸收尿素；故硬骨魚主要以鰓排除尿素（高達70%），然而軟骨魚的鰓對尿素的通透性極低，是以尿素也聚集於體液中（Korzhuev, 1938）。

軟骨魚的尿素排出量（每天每公斤體重）

海 洋	
<i>Scyllium stellaris</i> (L.)	5.3 立方公分
<i>Scyllium canicula</i> (L.)	2—4.0 立方公分
<i>Acanthias acanthias</i> (L.)	4.7—12.2 立方公分
淡 水	
<i>Pristis microdon</i> Latham	250.0 立方公分

適應生存於一特定鹽度之水中，乃海洋硬骨魚的特色，且一旦被移至淡水很快就死亡。

魚類內部液體滲透壓的改變，對顯著的鹽度變化而言是非常小的。因此，當水的冰點從1.09度改變至1.89度時，鱈魚（cod）的血液冰點由0.73度變為0.76度（即外界介質改變74%時，血液改變4%）。由於海洋硬骨魚的內在環境對外界環境而言是低張性，因此，魚體內必被保留水分。海洋硬骨魚當然必須從其周圍的高張介質中獲得水。這種必要性更由於硬骨魚的尿低張或等張於海水而益增。海洋硬骨魚的腸道不斷有水充滿。所有海洋魚類都“喝”水，由對*Myoxocephalus*的實驗，知魚每日每公斤體重吞食50到200毫升的水。一旦水停止出入腸道，魚即衰弱，並在第三或第四天死亡。鹽類以下列兩方式從血液中移出：經由腎臟（主要是兩價離子）或經由鰓（主要為單價離子）。有些鹽類經腸道排出。如上所述，淡水魚的內部液體高張於外界環境中的介質。突然的移至海水也會使魚死亡。然而，慢慢使其習慣海水，則魚仍可以生存；實驗結束時其內外介質為等張。與海洋魚相反，淡水硬骨魚滲透壓調節機能不是保留水分，而是排出滲透。

進來的多餘的水分。因此，淡水硬骨魚如同軟骨魚，尿的排出量較海洋魚類多。

迴游魚類從河川旅游至海中產卵，或反是，其間滲透壓的改變極小。從海水回到淡水時，水停止由腸道進入，這完全是其粘膜衰殘的結果（見有關迴游的章節）。

當八目鰻（*Lampetra fluviatilis*）從海水遷移到淡水時，由於大量的水由皮膚進入體內，排尿量因此而驟增，每日高達體重的 45 %（Brown, 1957）。

水的溫度(Temperature of the Water)

水溫對魚的生活極為重要。

如同其他變溫動物（Poililotherms，即體溫不恒定而隨環境溫度改變而改變的動物），魚類比恒溫動物（homoi thermal animals）較倚賴周遭的溫度。兩者在這方面最基本的差異，在於生熱過程中量的不同。冷血動物生熱過程遠慢於體溫恒定的溫血動物。因此，105 克重的鯉魚每天每公斤體重產熱 10.2 仟卡，然而 74 克重的椋鳥（Starling）產熱 270 仟卡。

大多數魚的體溫與外界溫度相差約 $0.5 - 1^{\circ}\text{C}$ ，只有青花魚科（tunnies）超過 10°C 。

與周遭水溫改變關係最密切的是代謝率的改變。許多情況下，溫度的改變為一個信號，這種自然刺激決定某些過程的開始——產卵，迴游等行為。

魚類發育的速率與溫度的改變有顯著關係。在某一限度內，發育速率與溫度的改變有直接關係。生活於加利福尼亞州之小溫泉的 *Cyprinodon macularius* Baird et Gir.（Cyprinodontidae 科）可以容忍 $+52^{\circ}\text{C}$ （最高溫度）。另一極端，*Carassius carassius* (L.)，甚至 *Dallia pectoralis* Bean 亦能生存於冷凍中，只要它們的體液沒有凍結。*Boreogadus saida* (Lep.) 活躍於 -2°C 。

除了對某一溫度的適應（高或低），魚類能容忍的溫度變化幅度極為重要。溫度變化幅度因種而異。有些種可以容忍幾十度的變動（如十字鰾及 tench），其他的不會超過 $5 - 7^{\circ}\text{C}$ 。熱帶及亞熱帶魚通常比北方及高緯度的魚為狹溫（stenothermal）。海洋魚亦比淡水魚為狹溫。

如果一種魚能夠容忍的溫度幅度很大，那麼它的每一發育階段的變化就小得多。

生物狀況不同，對溫度變動的反應亦不同。因此，鮭卵可在 0° 到 $+12^{\circ}$

12 魚類生態學

C之間發育，然而成體可輕易的容忍負溫度到 $+18^{\circ}\text{C}$ 或 $+20^{\circ}\text{C}$ （可能更高）之間。

鯉魚可以成功的度過溫度在負溫到 $+20^{\circ}\text{C}$ 的冬季，但它只有在 $+8^{\circ}\text{C}$ 到 10°C 可以攝食成長，而且通常只有在不低於 15°C 的溫度才能繁殖。

通常魚類可分為狹溫的（*Stenothermal*），即適應於窄幅度的溫度變動，及廣溫的（*eurythermal*），即能夠生活於較廣的溫度範圍。

魚的最適溫度亦是一個種的特色。高緯度魚類演化而得的代謝方式，使它們得以成功的在很低的溫度中攝食。但寒水魚的活動性及攝食速率在高溫下降低。相對的，低緯度魚類的強度代謝只發生於高溫下。

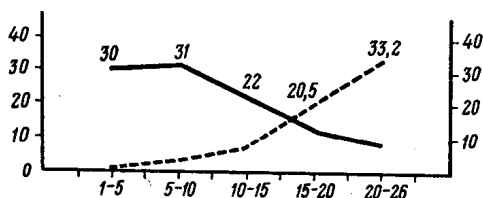


圖 6. 裏海鯉魚在各種溫度下的每日食物消耗量（虛線）及食物的消化速率（實線）（摘自 Bokova, 1940）。

在適溫範圍內，一魚種的消化速率隨溫度增高而益增。因此，如圖 6 所示，裏海鯉在 $5-20^{\circ}\text{C}$ 時的消化速率較其在 $1-5^{\circ}\text{C}$ 時的高三倍。食物的消耗量也隨消化速率的增加而增。

食物的消化亦隨溫度而增，roach 在 16°C 下消化乾物的 73.9%， 22°C 下為 81.8%。有趣的是，roach 在適溫範圍對結合氮的消化鮮有變動（Karzinkin, 1952），而比 roach 更肉食性的鯉（carp），對總食物及結合氮的消化皆隨溫度上昇而增加。

魚類的氣體代謝，當然因溫度而異。

魚類生活的最低氧濃度亦因溫度而不同。因此，鯉魚在 1°C 時最低氧濃度為 0.8 毫克/升，然而 30°C 時為 1.3 毫克/升（圖 7）。當然，魚在不同溫度下的需氧量與魚本身的狀況亦有關係。

影響代謝速率的溫度，亦影響許多物質的毒性作用力。 1°C 時鯉的二氧化碳致死濃度為 120

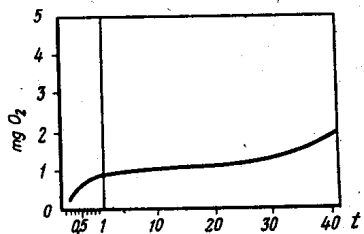


圖 7. 鯉的溫度與致死氧濃度關係圖

毫克／升，然而 30°C 時降至 55—60 毫克／升（圖 8）。

當溫度顯著下降時，魚可能進入一個近乎蟄伏的狀態，並在一段時間內保持過冷狀態，甚至已凍結成冰，如十字鯉及 *Dallia pectoralis* Bean。實驗

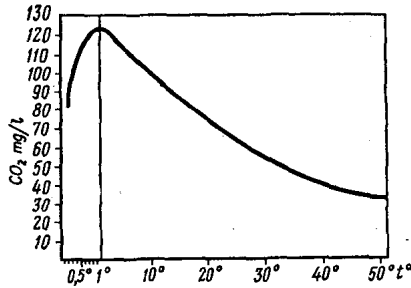


圖 8. 鯉的溫度與致死二氧化碳濃度關係圖（採自 Ivlev, 1938）。

顯示，在魚體結冰時，其內部液體仍未凍結，其溫度約為 0.2° 或 0.3°C 。當魚體已在水中凍結，再降低溫度，會導致魚體溫度的漸降，體腔液的凍結及死亡。若魚在水外凍結，凍結往往伴隨預先的過冷，體溫甚至降低 -4.8°C ，然後體腔液開始凍結，且由於放出凍結潛熱，溫度一度升高。假若內部器官及鰓凍結，則死亡是無可避免。

魚對某一溫度（通常很窄的溫度範圍）的適應性與其本身對溫度差的精密反應有關。

引起魚類反應的最小溫度差

<i>Pholis gunnelus</i> (L.)	0.03°
<i>Zoarces viviparus</i> (L.)	0.03°
<i>Myoxocephalus scorpius</i> (L.)	0.03°
<i>Gadus morhua</i> (L.)	0.05°
<i>Pollachius virens</i> (L.)	0.06°
<i>Odontogadus merlangus</i> (L.)	0.03°
<i>Pleuronectes flesus</i> (L.)	0.05°
<i>Pleuronectes platessa</i> (L.)	0.06°
<i>Spinachia spinachia</i> (L.)	0.05°
<i>Neophis lumbriciformes</i> Penn.	0.07°

由於魚對某一特定溫度的適應，其分布自然與水的溫度有關。季節性的與突發性的溫度改變都足以改變它的分布。我們可由溫度分布與每一種魚發