

大學叢書

比較生物化學引論

恩·博德運著

中
文

人民出版社出版

大學圖書館

比較生物化學引論

恩石

江苏工业学院图书馆
藏书章

一九五一年版

導 言

Professor Sir Fredrick Gowland Hopkins 作

這本書底出版，使我個人非常高興；以替這本書寫一個簡短的導言，與它發生親切關係，在我更認為是一種光榮。

學生物化學的人，在入手之初，先知道比較研究方面，所得來的事實，有着重要性與啓發性，我認為極應該。爲甚麼這一方面，尤其是在教學的時候，相比地沒有多人注意？歷史已給我們說明了。生物化學之成爲一種獨立科學，本是由生理學發出的。生理學，雖則歷來都是生物科學中最重實驗的一支；可是一向都只在爲醫學服務，研究了脊椎動物，尤其是哺乳類，便已經就穀忙，沒有再在其他方面活動的閑暇。三四十年的“分家”趨勢，又把生理學者們底思考，和動植物學者們分了家；動物學和植物學底本質，使那兩方面的學者，把精力注向動物與植物各種類，作最廣泛的分類探究。近來的動物學與植物學，雖然一天天在向實驗的研究方面發展過來，但向來都是完全記載性的科學，總不大注意到每個生命本身單獨活動的歷程。

所謂“生理學通論”這一門科學，當然是近來進展得很快的一支注重實驗研究的學問。要在生理學通論與生物化學兩門科學底活動

中間，劃出一個界限來，比舊日的生理學與生物化學間的分別，困難得多。這兩門科學裏面，有許多重疊的地方，是必需有的；這一點，由本書底各章看來，很容易明白。但是兩者之間，究竟也還似乎有一個真正的差別在：生理學，像普通所瞭解的，是以肉眼所能見到的各器官底功能活動為研究主題；而生物化學，則更專重於與這些活動有關的分子間事象。我敢相信，生物化學方面有內容的思想，特別應該以對於一切生命活動表現的最廣泛的總結為根基。生物化學底最後課題之一，是由化學的觀點，來分別哪些東西，是生命活動一切表現根本上必需的，與次級的，特殊的不同。要作那麼一個結論，所蒐集的事實例證，便必需盡量從各方各面，滙集得來。

不過，生物化學，對於生長，演化，遺傳各方面，也應該有它必當付出的貢獻。生物化學，正在努力闡明形態上功能上分化時底化學分化的基本；也希望能以自己底語言，表出遺傳底物質基礎。

我以爲凡着手研究一門科學的人，在沈浸在細節底瞭解以前，應該有人幫助他廣泛地瞭解這門科學底終極目標，以及它可能有的成就。後來他所能走的道路，自然會很多；有了這個準備，他才可以決定自己應當堅守的某幾條道路。

在這一點上，我這位同事所作的這本書，貢獻很大。比較生物化學底文獻很散漫；少數不連貫的事象，散在一大羣雜誌中間；Baldwin 博士，在選擇材料作說明時，技巧與判別力，是值得讚美的。他把這門科學底目的，說明得很清楚；各部門底分別討論，分配也盡善盡美。他以很短的篇幅，把近來許多主要的進展，作了很恰當的介紹，使讀者明白這些進展底重要性。除了這些之外，他更把自己對於這科學的興趣，露布了出來；這興趣之強，簡直就有大傳染性。

我向大學在學學生推薦這本書，我也向其餘對於這科學有很大的興趣，但無足夠的時間的人，推薦這本書。

原 序

作這本小書，有兩重目的。第一，是爲參加劍橋“大學自然科學甲組榮譽學位考試”中第一部，生物化學分科中比較生物化學這門科學的學生，準備一本合用的基本教科書；第二，是替對於這門科學有興趣的人，作一個入門的介紹。爲前一種目的，本書中應用的許多基本的生物化學觀念 E. G. Holmes 底“生活組織底物質代謝” (The Metabolism of Living Tissues)，介紹得很詳細，所以不多重複。

這本書中，有許多形態學和生理學的材料在內，我承認的，也不打算告罪。生理學與生物化學兩方面，在思想上，該有密切聯繫，生理學者們，絕不會否認。形態學與生物化學之間的分裂，似乎較深；但是近來關於“範形作用” (morphogenesis) 方面的化學研究，便已說明這個分裂完全是勉強的。比較生物化學，在許多科學裏面都託有根，事實上不能不從很廣泛的觀點入手。它底論材，幾乎散在全生物科學各門的文獻中，所以我便加上一個附錄，介紹了一些有用的專書與總結。這些專書與總評中，各有很詳細的文獻目錄，可以進一步追尋；所附的書目，只能當做開那個大寶藏的鑰匙用。

像現在這麼一本小書，要想把這門科學底全部，加以陳述，儘管再簡單些，也還是不可能。所能希望的，只是某幾個特別题目的討論。

有許多高等脊椎動物或單細胞動物，因為它們在醫療上或經濟上的重要性，過去曾是許多專刊和研究底對象，現在也還是這樣。但我們却沒有作澈底的敘述。生物化學者底課題，既是我們所謂“生命”這現象的表現中，一切物理化學性變化的探究；則他們便不能把注意力全縮小到某幾種生物，而應當對全生物界作廣泛的留意。因此，像一個海星或一條蚯蚓之類的動物，本身暫時雖無醫療上或經濟上的重要性；在學理上，它們底生命活動，却和任何生物，有同等地值得注重的地方。除非這些動物，所受到的注意，比現在流行的情形，盡量地再提高，則正在搖籃中的生物化學，將來會發育成一個不稱的怪物的。生物化學，正在危險中，可能有生長而分化不健全，發育到具有成體底大小，却僅有最原始的支撐組織與聯絡器官的情況。唯有保持各部分平衡的發展，才能使生物化學底“人文上的意義”，完全呈現；偏重於醫療或經濟價值的研究，最多也只能說是“淺視的”政策。

幸而這些被遺忘了的動物，竟也還有其他值得注意的理由。生物底生存，與它們底環境，從物理化學方面的立場看來，有互為因果的關係在，雖則最近才有人瞭解；但這瞭解總算已經開始有了。由物理化學的方面，去瞭解進化的問題，正特別是比較生物化學底任務；在全人類底思想各方面，發生影響的，廣泛的程度，可能沒有能和“進化論”這觀念相比的。解釋儘管紛歧，紀載儘管殘缺，但是這一個最動人的故事，已經在全人類底文獻中栽偏了根。

我很欣幸，能在這裏表示我對於 F. G. Hopkins 教授爵士的感謝。他替這本小書寫導言，他便替生物化學底另一新枝底降生，作了保證。李約瑟 (Joseph Needham) 博士，他底熱心與毅力，喚起了我對於許多比較問題的興趣，他底商討，又是無從估價的。Munro Fox 教授，他替我校正初稿；我底妻，伊在把這書準備付印中，幫助了許多。對這幾位，我得道謝。最後，對於劍橋大學出版部，和 Casell 書公司，允許我重印本書底第六第九兩圖，我也得申明謝意。

第三版序

第三版底準備中，我曾得到許多朋友與同事們底許多指示，批評與商討，獲益不少；這裏，對他們作一個總結的熱烈感謝。

全書各處，都經過校正，讓它們合於最新的認識。在第六章中，新加了“二氧化碳底轉運”一節；此外，更新加第八章一整章，把關於營養，消化與物質代謝的廣泛情形，作點總結介紹。我希望這些改變，可以使這本小書，更多一點實用價值。

一九四八年一月，劍橋。

分類簡表說明

單用日常語言中的“蟲”，“螺”，“蝦子”等名詞，在敘述上無從供給正確的觀念，所以我們在書中必需用一些動物分類上的類名。沒有學過動物分類學的人，也許會感覺困難；所以我們便附上一個動物分類簡表。當然這個表決不詳盡；在正確底程度上，也許不能得到各方面的同意。不過，我們底目的，只在簡明，讓讀者們可以知道某些動物，系統上的位置，大致怎樣。

分類簡表

原生動物門 (Protozoa)	單細胞動物, 例如變形蟲 (Amoeba)。
海綿動物門 (Porifera)	各種海綿。
腔腸動物門 (Coelenterata)	水母, 珊瑚, 海葵。
扁形動物門 (Platyhelminthes)	扁蟲類, 許多的寄生蟲。
環節動物門 (Annelida)	多毛類 (Polychaeta) 例如沙蠶。
(環蟲類)	寡毛類 (Oligochaeta) 例如蚯蚓。
	蛭類 (Hirudinea) 例如馬蟻。
	星蟲類 (Gephyrea)
節足動物門 (Arthropoda)	甲殼類 (Crustacea) 蝦, 蟹等。
	昆蟲類 (Insecta)
	蜘蛛類 (Arachnida) 蜘蛛, 疥癬蟲等。
軟體動物門 (Mollusca)	瓣鰓類 (Lamellibranchiata) 蚌, 蛤等。
	腹足類 (Gastropoda) 蝸牛, 螺, 蛞蝓等。
	頭足類 (Cephalopoda) 烏賊, 章魚等。
棘皮動物門 (Echinodermata)	海星類 (Asteroidea) 海星。
	沙蠆類 (Holothuroidea) 海參。
	海膽類 (Echinoidea) 海膽。
脊索動物門 (Chordata)	
原索類 (Protochordata)	海鞘類 (Tunicata) 海鞘。
	頸索類 (Enteropneusta) 玉鈎蟲。
	頭索類 (Cephalochorda) 文昌魚。
脊椎動物 (Vertebrata)	圓口類 (Cyclostoma) 八目鰻。
	魚類 (Pisces)
	軟骨魚 (Elasmobranchii) 沙魚, 鱈。
	硬骨魚 (Teleostei) 普通有骨的魚。
	兩棲類 (Amphibia) 蛙, 蟾蜍。
	爬蟲類 (Reptilia) 蛇, 蜥蜴, 龜等。
	鳥類 (Aves)
	哺乳類 (Mammalia)

目 錄

導 言

原 序

第三版序

分類簡表說明

第一章	I. 引 論	1
	II. 移住到淡水中	4
	III. 血液底離子成分	7
第二章	I. 滲透壓底調節	13
	II. 滲透壓自主與進化	21
第三章	I. 移住到陸地上	27
	II. 水分底保留	30
第四章	I. 氮化物底排洩	34
	II. “複演”	40
	III. 氮化物代謝	41
	IV. 嘔吟園化合物底代謝	45
第五章	I. 含氮鹽基底分布情形	49
	II. 磷酸元底分布	52

第六章	I. 呼 吸	58
	II. 呼吸色素	66
	III. 呼吸催化劑	70
	IV. 二氧化碳底轉運	74
第七章	I. 動物底着色情形	80
	II. 吡咯圈色素	81
	III. 吡啶圈色素	83
	IV. 多烯色素	85
	V. 動物底發光	88
第八章	I. 營 養	90
	II. 消 化	101
	III. 物質代謝與環境	108
參考書目		113
譯後小記		119

第一章

I. 引 論

現在，大家都相信，地球上的生物，最初是在海裏發端的。對這個假定，所提出的論證實實在太多太繁雜，我們不能在這裏作詳細的介紹；不過，由下面幾章裏所能舉出的，關於現存生物的許多事實現象看來，的確只有相信“生物發源於海”這個假定，才能解釋。由最初出現的，極簡單原始的生物，演化了許多逐漸複雜的生物出來，有的在演化底中途絕滅了，有的停留在海裏，有的移住到淡水裏面，有的簡直就登陸生活。這種生活環境上的變化，使生物底形狀與構造，發生了無數更改。像這類適應性的，構造上、行為上等等變化，經過研究觀察紀錄出來的，已經很多；我們這本小書，只豫備就與環境變化有關的生物化學性的更改，提起注意。在入題正式討論以前，我們先要說明一下，大家不要以為生物化學性或任何方面的更改，過去或現在，是有目的地安排着執行的。我們不要以為任何生物，在“奮鬥”着去適應新的環境；儘管這生物在“奮鬥”着延續自己底生命。一種動物，能否在新環境中適應生存，全看它是否有某幾種確定的變更能力。例如由海水進到淡水中去生活，除了其他一般的條件外，最重要的，它必需能殼在

體內保持着一定的內環境，不受外界環質底影響，然後才有繼續生存底可能。這所謂保持一定的內環境，便是要有一些機構存在，能使血液裏的鹽分，比外界環質（淡水），高出到一定的程度。不具備這些機構，或不能創設這些機構的動物，便永遠不能在淡水中去生活；任憑它如何有目的地安排執行，缺乏得到這個必需條件的變更能力時，結果始終是白費。

移住到淡水裏面，是極不容易的一番掙扎。海洋中住着的一個生物，由海水進到淡水，先必需有種種的調整與變更，慢慢通過了隔在海水與淡水之間的一段河口地帶，才有可能。同樣，移居到乾燥的陸地表面上，也需要經過極多又極深遠的變化。可是，今日的地面上，却很少有荒涼到找不出任何生物的地方。現在的生物，也仍舊在繼續作移住的努力：例如有一種小的螺類，學名叫 *Hydrobia Jenkinsi*（簡經司氏水螺）的，在十九世紀初年，還只在淡海水地帶（河口附近）生活着，現在却已經發展到了真正的淡水裏來，而且移住的範圍，似乎還在擴大之中。

爲了方便，我們可以按照它們慣常居住的地方底性質，把動物分作三大羣：住在海水裏的，淡水裏的，陸地上的，這就是海生動物，淡水動物和陸生動物。但是，三個區域之間，却有一些顯明的居間地帶：像海水與陸地之間的海灘地帶，海水與淡水河流之間的河口地帶。再，還該加上陸地與淡水之間的沼澤地帶。進化學說方面，有一個基本的說法，認爲動物界的變遷，都是緩慢的，逐步推進的，可能是由一長串遺傳上的突變，累積而成，驟然一步跨到的很少。在動物底移住中，兩種環境之間的地帶，所發生的阻隔作用，可能很大很重要。像上面所說的水螺，也許就是在河口地帶中，居住了很長久的一段時間，然後把移入淡水居住的許多必備條件中，最後待完成的那一種，忽然得到了，才以飛躍式的進展，一下表現出來。

關於移住的研究，最好還是從比較這三種大環境底各種條件入手。海水底體積，那麼巨大，條件變化，自必遲緩得很。水底比熱很高，

大量的熱，不過使水的溫度，發生微小的變化；水底稠滯度又很高，除了特別淺的地方，也不容易有劇烈的器械性動盪。在陸地上，則一晝夜中，溫度底變遷，可以有很顯著的效應；同時，大氣稠滯度又那麼低，很小的氣候變化，也可能招致極劇烈的動盪。所以水之為生長環境，在安穩程度上說，是很理想的。不過空氣也具備着一些有利的條件：空氣所能供給的氧，分量比水所能供給的，大得太多；而空氣稠滯度底低小，又是迅速運動可能性高底根據。就穩定性與恆定性說，水比陸地好得多。淡水與海水相比時，除了體積較小以外，安穩與恆定是差不多的。不過，由理化性質上看，淡水與海水却有一個重大的差別：海水中溶存着的鹽分，約有淡水底一百倍之多；這鹽分多少的一個條件，却可能是由海水移入淡水中來時最重大的一件阻隔。

我們知道，某一細胞或某一組織，生存的決定條件之一，是它外圍液體底化學構成。例如一個切離出來的，兔底心臟，用 Ringer 式溶液流浸着時，可以繼續搏動若干小時；但流浸液底成分，稍有變更，便可使這心臟底搏動，立刻停止。組成這心臟的各個細胞，儘可還繼續生活多少時候，不過它們正常的體功活動，却已停頓。在動物體內，流浸着各個細胞組織的體液，——在心臟是血液——組成狀況，是有着極精密的調節的。鹽分全量，各種離子底相互比例，氫離子濃度，乃至於溫度情形，在動物底生活期中，都在一個極小的範圍之內恆定着。近代生理學底工作，最大部分，即在研究動物憑仗甚麼道理，來維持這一類恆定狀況。最簡單最原始的生物，當初自然不會有着存在於今日哺乳類體中的，複雜的調節機構；不過它們所能忍受的環境變化，却可能比組成複雜的今日的高等生物，要寬泛得多。儘管這樣，它們繼續生存所需要的環境情形，當初也僅能在海水中具備，別無他處。只要動物還居留在海水中，它們便用不着有甚麼特殊複雜的調節系統；它們依靠外界情形底恆定，足敷維持體內血液組織液等底恆定情形。可是，當它們移住到新環境中，便得有新的方法，維持內環境底繼續恆定，它們底正常生活與正常體功活動，才可繼續進行。由那個變

化，我們才可以推究“人”這一個自動緩衝化學變化的自動節溫器，是如何逐步推進得來。這是一個龐大的工作；因為，正像 Osborne 所說的，“我們必需根據現在解釋過去”；我們必需由近代生物底性質，來推究過去滅亡已久，即我們自己祖先所自來的許多生物，可能具有的特性。

現在的“一般人”，對於他自己體溫底恆定，腎臟調節機能底高效率等等，已經習慣無奇，安之若素，他絕不會想到海裏的鱒白魚們，生活在一個每 100 c.c. 中只溶有 0.5 c.c. 的養氣（空氣中每 100 容積有 21 容積），而滲透壓却有自己血液底三倍大小，因此時時刻刻都有被醃乾的危險的，那麼一個環境中，艱難底情況，達到了甚麼程度。假使這些魚們，沒有發生出它們那些簡單而有效的調節機能來，人類便根本不會出現。合理的思想，言語與紀載，自然也無從發生；而我們這一本小書，尤其不會有寫出底可能。

II. 移住到淡水中

淡水中生活着的動物，種類比海水中的少得多多。這是一件很值得玩味的事情。例如棘皮動物這一整個的“門”，就沒有一種淡水生活的代表；頭足類也全是海產。像這一類的事實，說明海產生物中，只有很少一部分，在移入淡水居住這一個大嘗試中，獲得了成功。大家會想出許多理由來解釋。其中最簡單的一個理由，是淡水底溫度，變化範圍，比海水大得多，這一個條件，便把許多對於溫度有敏感的動物，限制着無法移入淡水。這因素當然只是全部事象中很小的一部分。第二個，比較上更重要的，則是許多海產動物，由卵孵出的“幼體”，普通和成體大不相像，而且一般都是不會游水的東西。江河底流動，可能把這樣的幼兒，掃數清洗得不知去向。再，這些幼體，在海水裏，是浮在水面上，靠吞食海面浮游着的小形綠色植物（矽藻）為生的。在淡水中，因為浮力不殼，這些幼體便會沈入水底，結果或是餓死，或是在別

種情形中毀滅了。不管是那一種原因，總之，有幼體形態的動物，淡水中非常少見。●

正規情形，幼小的淡水動物，總是先躲在卵殼裏，渡過了幼兒期，然後才以和親體相像，“具體而微”的縮本，孵化出來，能和水流取相反的方向游動，才可以存活。這樣，淡水動物底幼兒，既不能自己取得食物，便必需由母親在卵裏面豫先準備殼用的糧食；因此淡水動物底卵，儲藏的養料，必需比海產動物分外豐富。草蝦中，有一種叫 *Palaemonetes varians* (青草蝦) 的，最好說明這一重關係。這種草蝦，有兩個“變種”：其中之一，稱為“小卵青草蝦” (*P. v. microgenitor*) 的，是海產，母蝦每年生 320 個卵，每個卵底直徑，平均是 0.5mm。另一個“大卵青草蝦” (*P. v. macrogenitor*)，生在淡水裏的，每年只生 25 個卵，卵底直徑，却有 1.5mm。像這樣關於卵底大小的實際測定，論材還很少；不過，在大體上說，我們知道，正規狀態中，淡水生物底卵，和近親的海產種類相比時，總是數較少而形較大。像峨螺 (*Buccinum*) 每年產卵一萬二千，而淡水的頭足類，却只有二十到一百個。牡蠣 (*Ostrea*) 每年產卵 1,800,000，而淡水蚌蛤每年只有 18,000 卵。

淡水動物，雖則辦到了在卵中多多儲備分外的養料，好讓幼兒期在孵化以前，安全完成；但是並沒有把所有問題全解決。看頭足類的情形罷：頭足類底幼兒，孵出時，也和淡水生物一樣，已經發育到和親體完全相似，似乎說明頭足類卵中所儲備的養料，已經足殼幼兒發育底需要；然而頭足類却並無淡水種類。據研究，知道烏賊底卵，在開始發育時，所含灰分，只有 0.8mg；而發育完成的卵，却有 3.3mg 的灰分；這就是說，在發育中，卵必需從海水中繼續獲得它所需要的灰分底四分之三。海膽底卵，所需要的鹽分，同樣也要在發育期中，從海水中吸收大部分。淡水裏溶存的鹽分很少，和海水相比，約僅全量底百分之一；而且淡水中所溶的無機鹽，主要的還只是碳酸氫鈣（參

● 但昆蟲類却是一個顯著的例外。

看第一表)。所以，一個在淡水中發育的胚胎，要獲得定量的鹽分時，和海產的種類相比，便必需從加百倍的水中去抽取。一個淡水動物雌體，為伊底兒女們準備發育必需的材料時，除了有機養分以外，還得搜集許多的無機鹽類。我們可以把淡水動物卵底必備條件，總結為：(1)壓縮幼兒期；(2)準備足殼的(甲)養分和(乙)鹽類。

有些動物，沒有把這三件事一齊辦到。因此，Norfolk 河灘的小草蝦 (Leander)，在淡水和海水裏一樣能生活的，便必需每年下海去孵卵；它底卵，在淡水中不能順利發育。又像白鰻 (鰻鰻 Anguilla)，平常是住在淡水裏的，也必需長途游行幾千里，到深海中去產卵。

第一表 天然水中鹽分底組成情形 (數字表示每公升中克數)

	鈉(Na)	鉀(K)	鈣(Ca)	鎂(Mg)	氯(Cl)	硫酸(SO ₄)	碳酸(CO ₃)
海水	10.7	0.39	0.42	1.31	19.3	2.69	0.073
硬淡水	0.021	0.016	0.005	0.014	0.041	0.025	0.119
軟淡水	0.016	—	0.010	0.00053	0.019	0.007	0.012

天然界水中底鹽分情形，還不只這樣簡單：由第二表，我們可以看出，各處水中鹽分底總含量，以及由此而發生的滲透壓，彼此相差很大。這一個因素，我們在下節還要詳細討論。各種鹽類相對量的變化，看第一表也可以知道；而海水成分之特殊，尤其重要。

第二表 各處天然水底鹽含量 (鹽分總濃度)

California 鹽湖	有30%溶解固體物
海水	約3%
淡水	
Utah 地方的 Utah 灣	$1.16 \times 10^{-1}\%$
最硬的河水	約 $3 \times 10^{-2}\%$
Michigan 湖	$1.18 \times 10^{-2}\%$
雨水	約 $3 \times 10^{-3}\%$