

The World of Science Encyclopedia

牛頓

現代科技大百科

· 生命科學(I)——生物大觀



Newton

牛頓現代科技大百科 9
生命科學 (I)——生物大觀

出版者 / 牛頓出版股份有限公司

負責人：高源清

原著作名稱 / The Diversity of Life

原出版社 / Equinox (Oxford) Ltd.

譯者 / 張麗瓊

發行所 / 牛頓出版股份有限公司

地址 / 臺北市和平東路二段107巷25-1號一樓

電話：7061976 • 7061977 • 7059942 • 7062470

郵撥 / 1179402-3 牛頓出版股份有限公司

製版 / 詮盛印刷股份有限公司

印刷 / 偉勳彩色印刷股份有限公司

單冊定價 / 新臺幣 750元

初版 / 1989年3月15日

出版登記證 / 局版臺業字第3139號

法律顧問 / 林樹旺律師

● 版權所有 • 翻印必究 ●

本書如有缺頁、破損、裝訂錯誤，請寄回本社更換。

Printed in Taiwan, R.O.C. 1989

總編輯 / 劉君祖

科學主編 / 陳育仁

科學編輯 / 高孟忱 • 劉曼君 • 賴彩瑾 • 曾月卿

李傳楷

美術主編 / 洪家輝

美術編輯 / 陳素芬 • 石佩琪

封面企劃 / 陳融賢

The World of Science Encyclopedia

The Diversity of Life

Editors

Linda Gamlin

Dr Gail Vines

Senior Editor

Lawrence Clarke

Art Editor

John Ridgeway

Designers

Ayala Kingsley

Niki Overy

Picture Editor

Alison Renney

Advisors

Dr John Barrett

Department of Genetics,
University of Cambridge

Professor Noel Carr,
Department of Biological Sciences,
University of Warwick

Dr Bernard Dixon,
Former Editor of New Scientist
Professor Sir Hans Kornberg FRS,
Professor of Biochemistry,
University of Cambridge

Contributors

Dr Michael Benton

Dr Euann Dunn

Dr Peter Forey

Linda Gamlin

Dr Peter Moore

Dr Howard Platt

Dr Andrew Pomiankowski

Dr Brian Tomsett

Dr Bryan Turner

Dr Gail Vines

Dr Martin Wells

Specialist Advisers

Jane Burton

Robert Burton

Dr Terry Catchpool

Sarah Fox

Dr Ian Jackson

Dr Christine Janis

Priscilla Sharland

Kim Taylor

Dr Alwyne Wheeler

Dr Peter Williamson

Artists

Trevor Boyer

Robert and Rhoda Burns

Kai Choi

Nicholas Hall

Alan Hollingbery

Richard Lewington

Vanessa Luff

Kevin Maddison

Tony Maynard

Coral Mula

Colin Salmon

Mick Saunders

Milne & Stebbing Illustration

Indexer

Linda Gamlin

Media conversion and typesetting

Peter MacDonald

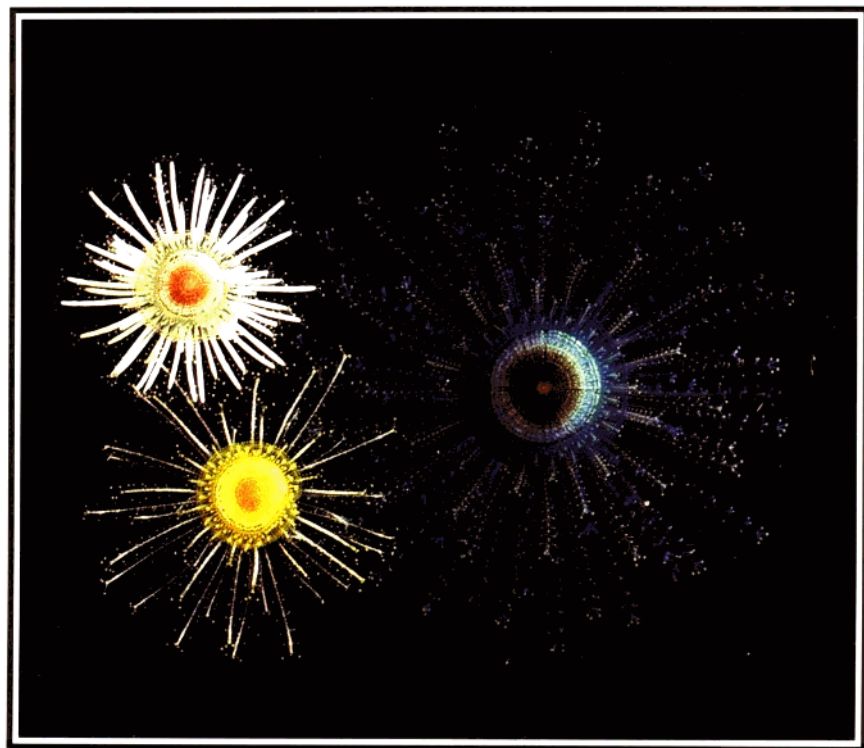
Ron Barrow

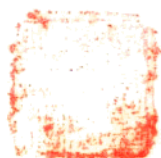
The World of Science Encyclopedia

牛頓

現代科技大百科

生命科學(I)——生物大觀





The World of Science Encyclopedia

牛
頓

現代科技大百科

生命科學(I)——生物大觀



Rw7971/01

牛頓出版公司

1197002



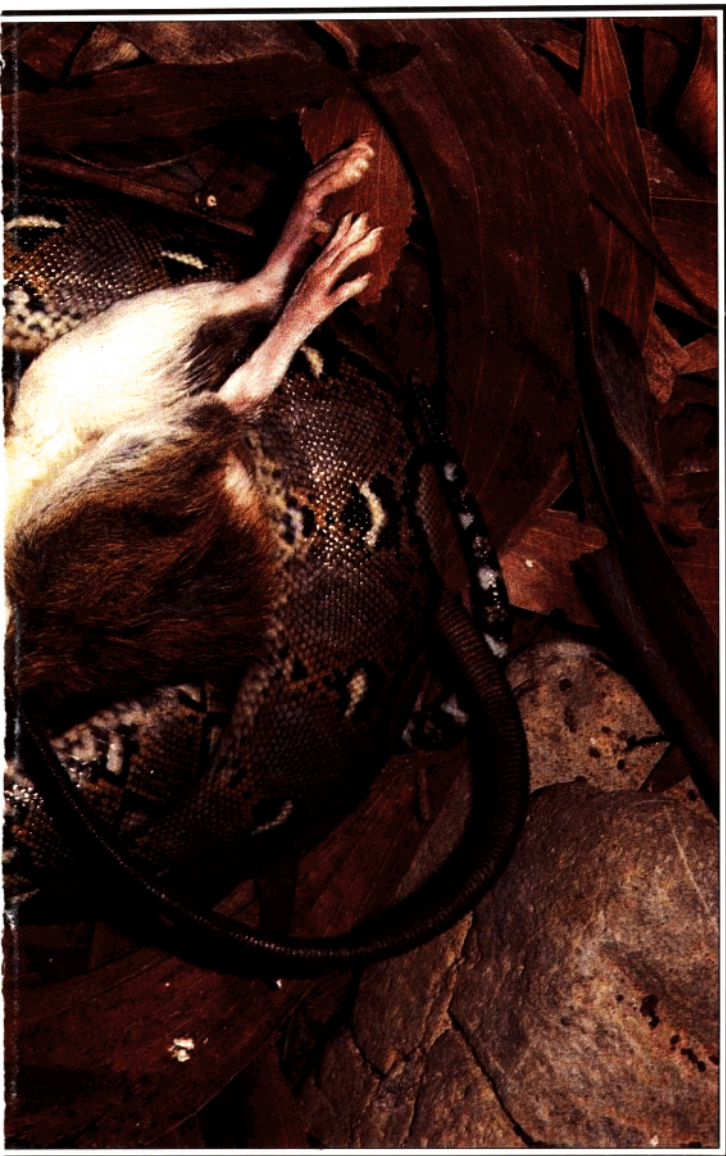
21197002

此为试读, 需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com



圖片說明(1~8頁)

- 1 刺絲胞動物
- 2~3 優露脊鯨
- 4~5 曲成網狀的大蟒蛇
- 7 蘭花上的蜂
- 8 水母



目 錄

引 言	6
現代生物學的基礎	
1 演化	9
2 遺傳學	21
3 分類	31
生命的不同型式	
4 細菌、病毒、原生動物	35
5 真菌	39
6 隱花植物	45
7 顯花植物	59
8 低等無脊椎動物	67
9 節肢動物	79
10 棘皮動物	87
11 低等脊索動物	91
12 魚類	95
13 兩生類	99
14 爬蟲類	103
15 鳥類	111
16 哺乳類	117
語 彙	130
索 引	132

引言

生命的奧秘我們永遠無法窮究，因為地球上有太多的生物種類，而這些生物的生活方式又都有著複雜或細微的差異。即使如此，目前我們對於生物的分門、種類、生命的演化過程或甚至於各種生物之所以演變為現今狀況的原因等仍均有相當程度的了解。

了解的第一步必須從對事物現象的描述開始，也就是說，我們至少應該能說出地球上的生物種類、描述牠們的型態以及各式生物的棲息地和生活方式。人類試圖將地球上的動物、植物有系統地加以分類，開始於十七世紀。直到今天，生物學家已為大約一百萬種的生物確立了名稱。一百萬看起來似乎是個龐大的數目，但根據近代學者的估計，目前我們所知的種類可能只是冰山頂端的一小部分而已，地球上據推算可能有多達一千萬或甚至四千萬種以上的生物。專家認為許多未知的物種依舊棲息於熱帶雨林中，而詳細的情形，世人至今仍所知不多。因此乍看之下，過去三百年來我們所做的努力似乎僅為多樣的生物描繪出最粗略的輪廓而已。

然而，我們也無需因此而覺得沮喪氣餒。自十八世紀以來，由於偉大的瑞典生物分類學家——林奈，所提出的偉大理論，我們得知絕大部分的地球生物原來僅是少數幾種基本物種的變種而已。據保守估計，這些基本物種（或稱「藍圖」）的生物數目不及一百，雖然深海或熱帶林隨時可能出現人類所想像不到的其他生物，但就前述不及一百萬的物種而言，我們確信，對牠們之中的大多數已有所了解。另外，現今存在的數百萬種未知生物之大多數也可能僅是來自幾個龐大的族羣如昆蟲或線形動物。簡言之，我們雖未全然了解所有不同的生命，但我們或許已知悉生命的主要形式，而生命的各種形式及其分類方法便是本書前半部的論述要點。

為何地球上許多不同種類的生物？為什麼每種生物均有各自不同的型態和生活方式？而各類生物又如何履行各自必須面對的生命任務如覓食、成長、發育以及生殖？顯然，解釋要比單純的描述困難太多了！

在十八世紀之前，神造世間萬物的想法幾乎被大多數的人全然接受。然而到了十八世紀，數位博物學家率先提出一種全新的觀點，這項新觀點即是今日所謂的演化論（evolution）。演化論指出，生物並不是世代代永遠

都維持原樣，而是會隨著世代的更迭而發生改變。循此，部分十八世紀的生物學家進而推論，近代的動物與植物是由較原始的祖先發展而來，而這些較原始的祖先也必然是由更原始的生物型態演化而成，依此向前追溯到遠古的某時，地球上應該曾出現一種構造十分簡單的微小祖先。

但是在十八世紀的當時，無人能提出令大眾信服的理由以解釋上述的演化何以會發生，而演化論本身也面臨了宗教上的強烈反對。直到十九世紀中葉，達爾文提出看似合理的演化機制——自然淘汰（natural selection）說，並收集眾多證據以證明演化的形成之後，演化論才漸為廣大的羣眾所接受。

達爾文後來讓大多數的生物學家信服演化確實發生，並讓他們相信物競天擇原是演化的主力。然而，達爾文的理論卻有一個重大的缺口，當然他自己也深深地察覺到了，那就是：根據達爾文的理論，後代子孫和他們的雙親之間差異不大，進化的過程才可望得以穩定進行。但是，後代子孫和他們雙親的不同卻又明顯的存在，因為後代子孫若與祖先們永遠相同，則各世代之間便無任何改變。究竟後代為何會與親代相同，又為何會異於他們的親代呢？

遺傳的基本理論並非源於達爾文，而是由和他同時代的孟德爾所創。孟德爾率先指出，動物和植物所具備的各種特徵是由「密碼因子」（後來稱為基因）傳至後代。在代代相傳的過程中，基因可能會發生改變，這種改變我們現在稱為突變（mutation）或重組（recombination，■24頁）。到了二十世紀，生物學家以達爾文的演化論為基本骨幹，配合孟德爾的遺傳理論，予以重整擴充，創造出新達爾文主義（neo-Darwinism）。新達爾文主義事實上並沒有為生物之所以演變成目前這種型態的推動力和機制提出圓滿的解釋，並且仍不時引起爭議；但不可否認的，近代生物學最初即是以這個理論做為出發點的。

在過去的半世紀，當以孟德爾觀點為基礎的分子理論逐漸擡頭之後，和遺傳相關的研究也有了進一步的發展。一九四〇年代之後，生物學家已知基因的構成物質為去氧核糖核酸，即DNA（deoxyribonucleic acid）。

到了一九五〇年代，克里克和華生找出了DNA的構造，並說明DNA的複製功能。此外，他們二人也找出DNA製造各式蛋白質的方法，這些蛋白質有些成為酵素以控制其他物質的構成並決定這些物質的功能，而生物細胞便是由這些物質構成。一九六〇年代時，克里克和他的同僚並發表了DNA的密碼(code)如何轉譯成蛋白質的論文。因此，原本帶著神秘色彩的遺傳程序終能由化學觀點獲得解釋。

生命的詮釋

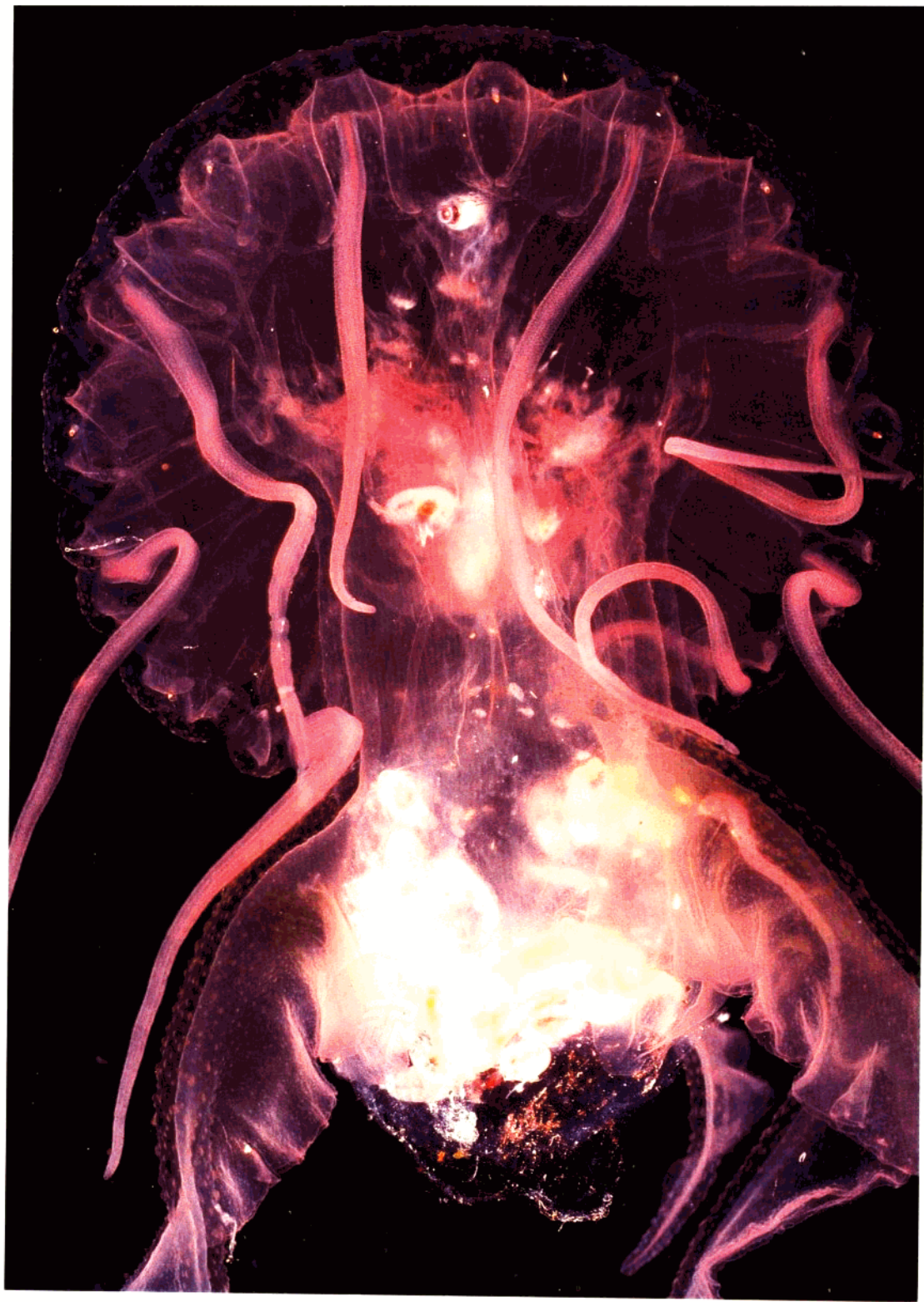
分子遺傳在二十世紀所做的各項突破，是生物學獲得邁步向前的重要促因。動植物的生命活動，從巨觀上來說，我們所觀察到的是覓食、生長、呼吸、求偶、生殖及死亡等。

但從微觀上而言，生物化學專家所看到的則是任何生物均是由許多種有機分子組成，組成的主要成分包括各式蛋白質、脂肪、醣類及核酸。愈來愈多的生物學家希望從化學變化的基礎，去尋求他們所觀察相關生命過程產生的原因。

然而，人類雖然獲致了上述及其他各種成就，但這並不意謂著生物學家對任何或大多數的生命現象都已經有了答案。大體而言，生物學依舊處於萌芽階段，而這也正是生物學科令人振奮之處。各類研究領域的進步情況快慢不一，分子遺傳學呈一路領先的態勢，但發生學(embryology)或行為學(ethology)等卻處於落後的局面。在這些學科中，部分研究者由下而上針對分子的機制進行研究，而其他學者則由上而下的以眾生物為研究重心。無疑地，他們的研究成果終有一天將會獲得整合，就如正統遺傳學和分子遺傳學相互整合一般，但整合的方式、時間及所在卻是現在誰也無法斷言的。

縱然有上述諸般難題，今日的生物學仍堅信生命的運作終能由化學層面來詳加詮釋。就某個角度看來，生物學有其本身的價值，畢竟能夠獲知人類及其他生物的運作方式確實足以令人投身忘己。另外，這門學問還蘊含著實質上的意義，也就是說，當我們了解得愈深入，對我們的影響也就愈大，而這不僅有助於人類，更能為數百萬生活於地球的他種奇妙生物帶來裨益。





自然淘汰的基本理論……適應、遺傳變異、共同演化……
性淘汰的形式……種的形成……大幅演化與微演化……
分子演化……透視報導……演化的概念……觀察演化
……育種……選擇並非演化的唯一動力……何謂種？
……充滿希望的怪物……人類/猿的演化

近年來，達爾文的演化論屢招批評。著名報紙的大標題宣稱「達爾文錯了」或「達爾文學說已亡」，但是，這些說法卻都有著基本上的誤解。演化(evolution)的存在目前已確定無疑，達爾文(Charles Darwin, 1809~1882)確立了所有近代物種均源自一種或數種簡單祖型(ancestral form)的理論，而上百篇的研究報告也已充分證實他的結論。生物學家近年所爭論的焦點是集中在達爾文的兩項主張，一、「自然淘汰」(natural selection)為變化的主要肇因。二、同樣型態的淘汰動力操縱了全部的演化過程。

自然淘汰

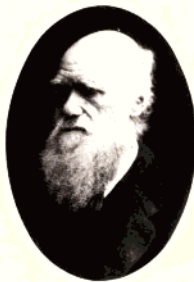
自然淘汰的理論基礎只是三種簡單觀念的結合。首先，生物均會改變，也就是同種的二個個體鮮少完全相似。第二，各類變異均會影響生物的生存及繁殖能力。子孫愈多者通常是壽命較長的生物(雖然對某些種而言，獲得伴侶的能力也是因素之一)，而壽命較長者又通常是覓食的高手，牠們能在惡劣的環境中生存，能迴避或遏阻獵食者的攻擊。反之，屈服或死亡者通常是應付上述挑戰時，能力較差的生物。換句話說，適應力愈強的生物，其繁衍子孫的能力也愈強。如果把前述要件和第三種觀念——遺傳——相結合，便是所謂的自然淘汰。條件愈齊全者會繁衍愈多的後代，而若這些增強生存能力的特質可以傳承下去，那麼，這些特質將成為該生物未來世世代代的共同特徵。

當然，現在已沒有人懷疑自然淘汰的發生或其可能性。因為，從研究人員在實驗室所做的無數次模擬，或是在野外所進行的生物活動觀察中，都可得到有力的佐證(►11頁)。但目前所存在的最大問題是：自然淘汰是否就是所有演化性變化的主要趨力。這項質疑主要是針對新達爾文主義(neo-Darwinism)傳統說法而來，新達爾文主義為達爾文學說和孟德爾遺傳學的綜合產物，在本世紀的大半期間，該主義控制了演化理論的思考方向。由於研究的內容是過去的事物，發生過的事物當然無法重演。因此，和演化相關的各種觀念很難被驗證。演化的過程是相當緩慢的，即令演化活動依舊持續進行，觀察或測量的進行仍是困難重重。這也就是說，在目前進行演化研究時，學理上的論證仍相當重要，然因這些學理皆不易驗證，因此極易輕率地落入一個不會受到懷疑的正統學說窠臼中。近年來，選擇性觀念的抬頭顯示研究者在對充實及改善新達爾文主義理論架構所作的努力與企盼，雖然其中的許多嘗試最後均告失敗，但仍有其不可抹殺的價值。

達爾文與華萊士

即令在達爾文的時代，演化論也並非一個創新的觀念。然而，每當這個觀念被提出，提議者總是會遭到咒罵、譏笑或忽視。達爾文深諳此點，因此當他確信演化的存在時卻密而不宣。早在達爾文於英國皇家軍艦小獵犬號(Beagle)上擔任船醫和博物學家時，演化的重要觀念便在其心中萌發。但是，待他回到英格蘭後約二十年，才出版「物種原始」(The Origin of Species)一書。在這段期間，達爾文蒐集了相當多的證據以支持自己的理論。同時，他也從事嚴謹的觀察和實驗，並博覽各科學家的著作而且不斷地與他們討論疑點。

證據的累積終於可以告一個段落，但達爾文卻遲遲不肯將他的概念出版。最後，華萊士(Alfred Russel Wallace, 1823~1913)於一八五八年寫給達爾文的一封信終於激發他付諸行動。當時華萊士居住在馬來羣島，在一次瘧疾的發作中，他悟出自然淘汰的觀念。由於自然淘汰為演化提供了一個看似合理的推力，所以也是達爾文理論的基石。當時，華萊士並不知道達爾文的理論，也不知道達爾文也為同樣的觀念所困。所以當華萊士寄了一份草稿給達爾文並徵詢其意見時，他並未料到此舉對一個二十年來皓首窮經致力於證實同一理論的人造成了多大的衝擊。但由於這兩位科學家的紳士風度，他們同意為他們的理念共同出版短篇報告，稍後，華萊士自動謙讓，由達爾文急速地為計畫中的「大書」準備一篇摘要。該篇「摘要」即是「物種原始」，全篇長達四百頁以上。這本著作的成就在於它為演化提出了證據，而這卻是以前其他相關論述所未能達成的目標。由於達爾文曾蒐集大量的證據，並細心準備了各種應答對策來回應可能出現的批評，演化論因此獲得了確立。

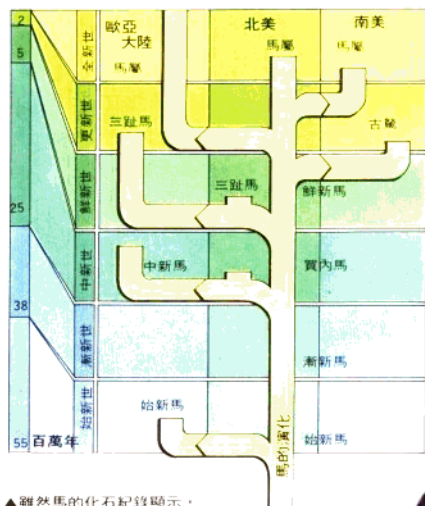


▲達爾文又稱為「現代生物學之父」。即使沒有「物種原始」的創見，他依舊會因藤壘、蘭、植物運動及其他各種不同的精湛研究而成為名垂千古的偉大科學家。



▲英國博物學家華萊士的大半生是在馬來羣島度過，他自國外寄送外地的蝴蝶給英格蘭的收藏專家，藉此為自己的研究籌募資金。他曾從事動物的分布研究，並奠定生物地理學的基礎。

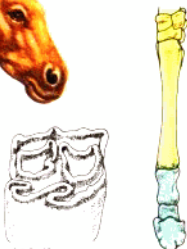
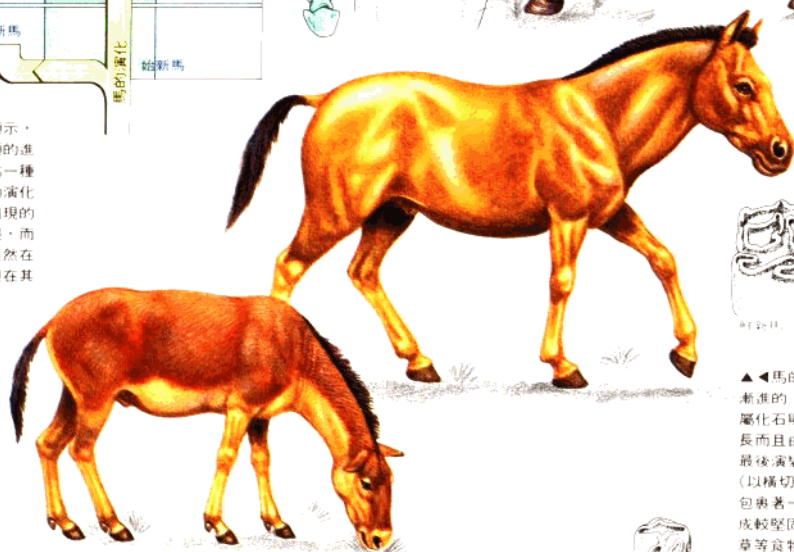
自然淘汰



▲雖然馬的化石紀錄顯示，在型態上確有某種明顯的進展，但這卻不足以視為一種穩定的進展。由上圖的演化樹得知，同一時間出現的其他馬種最後均告滅絕，而圖上右邊的部分馬種雖然在某個大陸十分活躍，但在其他地區卻漸趨絕跡。



賈內馬



始新馬

漸進方式

達爾文在英國皇家軍艦小獵犬號上時，閱讀一本在當時曾引發論戰的新書——萊爾(Charles Lyell, 1797~1875)所著的「地質學原理」(Principles of Geology)。萊爾反對災變論，並把地質史解釋成一個穩定未間斷的過程，這種觀點在目前看來大致正確。他指出，如果有足夠的時間讓作用力達到效力，那麼，正在發揮作用的各種力量便足以說明地球上的所有特徵。這種齊一說顯然對達爾文造成了影響，達爾文並將之應用在自己的學說中。達爾文指出，塑造族羣的一系列明顯過程也同樣能在一定的時間把該族羣轉變成新種，最後並形成一個完整的新目、綱或門。達爾文的齊一說是他學說中的一個重點，目前卻遭受部分科學家的質疑。這些質疑者認為，某一物種中的微演化或小型的適應性改變不同於大演化，因為後者足以左右新種或較大族羣的出現與否(◆19頁)。



漸新馬



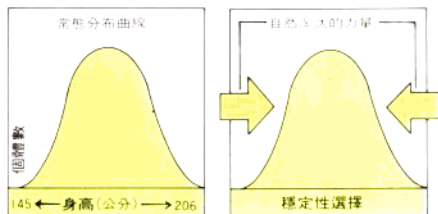
始新馬



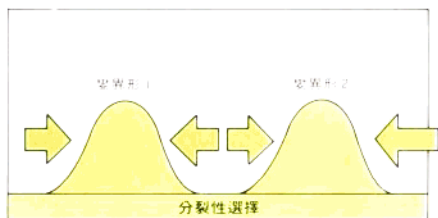
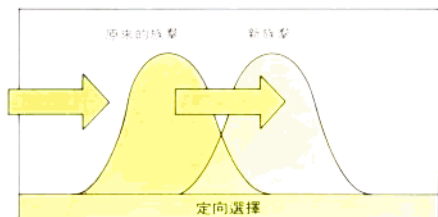
橘黃 尺骨 (前臂) 藍黃 腕骨 (手) 黃 掌骨 (手) 藍 趾骨 (蹄)

▲馬的進化方式是緩慢而漸進的。從始新馬開始，馬屬化石顯示其四肢是緩慢增長而且由五趾減少為三趾，最後演變成一趾。至於牙齒(以橫切面圖示)不但增大且包裹著一層珐瑯質，因而形成較堅固的表層以便咀嚼牧草等食物(◆123頁)。同時由於齒肌擴大，齒部因之變長，而齒肌的結合空間也因之擴展。

►部分生物學家認為穩定性選擇(stabilizing selection)使數鵝蠟(Nautilus)等生物保持不變。其他生物學家則相信，一種生物的生長方式將限制其發生變化的可能性。因此，生物外殼的生長方式理所當然的會限制該生物的外型。進化性限制(developmental constraints)的觀念目前來說粉紛，並和重點平衡理論(punctuated equilibrium theory, ◆19頁)互有關聯。即使上述的限制確實存在，依舊無法解釋何以某些生物完全沒有改變，畢竟這些限制僅能在某些方面限制變異的發生，而非真正具有全面的影響力。



◀族羣內的異質可用頻率分布(frequency distribution)來表示。比如以人類族羣的身高為例，較高或較矮者占少數，而非高或非矮者所占的比例更多，大多數人都屬於中等身材。因此人類身高的分布事實上呈形成鐘形的曲線圖，這是自然界典型的頻率分布。演化本身可視為頻率分布上的改變。穩定性淘汰會把極端者剔除，並使某性狀維持於趨向中間形質的品質。這或能解釋何以棲息於極穩定生活環境且少有競爭對手的鸛鵒，竟能歷經數百萬年而未曾發生改變。在定向淘汰(directional selection)，就馬匹的牙齒增長及腿部變長的情形而言，分布會朝一定方向改變，馬匹的牙齒及腿部變長的情形，就是個明顯的例子。分裂性淘汰(disruptive selection)所形成的曲線具有一個以上的尖峰，並且會有兩種或更多的獨特型態並存。這種情形可能出現在一個多樣性的棲所，而該棲所或許適合不同的型態共存，這些不同型態的生物則各自適應該環境中的不同區域。



自然淘汰的運作

當環境中出現突然且激烈的改變時，也是觀察自然淘汰運作的最佳時機。一九七七年，達佛涅(Daphne)的加拉巴哥羣島(Galapagos island)突然發生一場嚴重的乾旱使種子的供應驟減，尤其是小型的種子。島上以種子為主食的陸生雀鳥——加拉巴哥雀(Geospiza fortis)因而面臨嚴苛的淘汰命運。

大多數的鳥類相繼死亡，但鳥喙較大者卻因能啄食大而硬的種子，而得以存活。由於較大的鳥類具有較大的喙，鳥類的體型大小也隨之發生實質上的改變。經過淘汰之後，加拉巴哥雀可說是暫時演化成為具備大鳥喙的大型鳥。

在十九世紀期間，英格蘭曾因工廠煙囪的污染而造成另一個自然淘汰。空氣污染染黑了樹幹並使生長在樹皮上的地衣全部死亡。而原本白天棲息在這些樹上，而且外形類似地衣的白樺尺蠖(peppered moth)也因此失去保護而累遭鳥類的侵犯。於是，重工業區裏的白樺尺蠖族羣便發生了體色上的突變，最後形成一致的黑色色調。對許多物種而言，類似的突變(稱為黑化病(melanism)，因褐黑色素黑化所致)相當常見，但並非自然淘汰所著重。目前，許多工業區中均陸續發現多種黑化(melanic)的蛾、蜘蛛或瓢蟲，但隨著污染程度的控制，黑化型態的發生率已開始下降。



▲白樺尺蠖的原始以及黑化型態

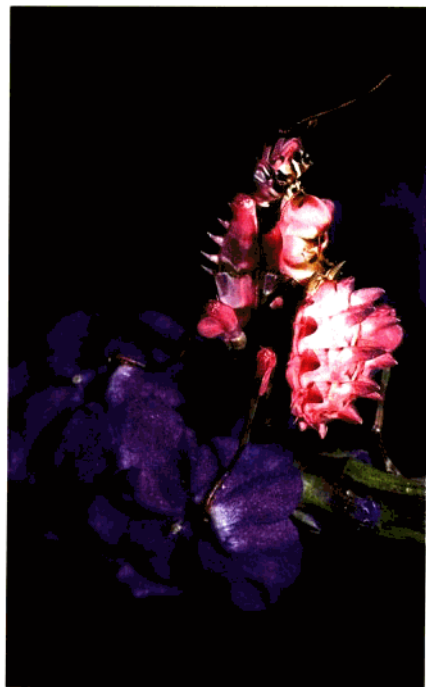
育種：加快選擇的速度

達爾文為了證明他的自然淘汰觀點，曾把自然淘汰和動植物育種所作的人為淘汰(artificial selection)相互比較。人為淘汰最極端的結果可見於犬(dogs)的各種類型，這些不同類型的狗，事實上均源於相同的基因系統——狼。在幾千年之間，人為淘汰形成了各種全然迥異的後代，例如吉娃娃和大丹狗，或者靈提和聖伯納犬。反之，生物對自然淘汰的反應很少如此快速，畢竟自然淘汰不似人為淘汰般無情。受自然淘汰青睞者的生存機率僅有些微的增加，而未受青睞的個體也只是慢慢地被剔除。自然淘汰每年可能有所改變，但很少對種的部分區域造成全面持續性的影響。

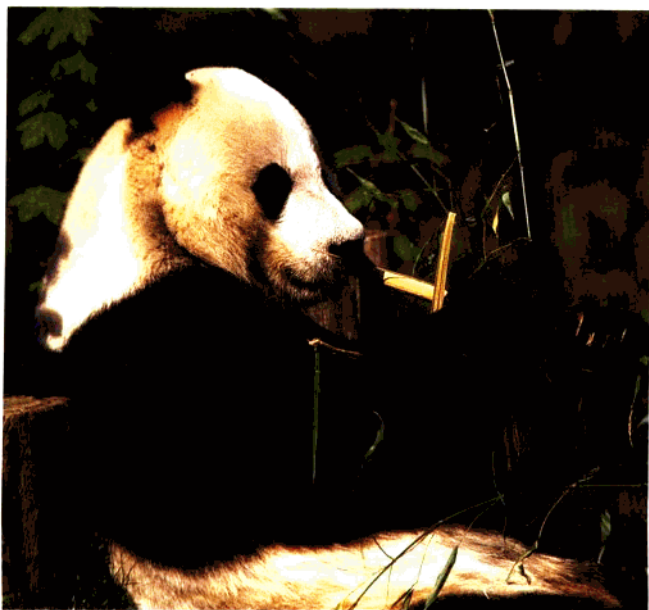
適應

自然淘汰造成的演化產生了一項極顯著的結果——適應(adaptation)，生物藉適應得以和牠們生存的外在世界共存。許多生物看似和牠們周遭環境配合得天衣無縫，因此極易令人誤以為牠們是經過專門「設計」以擔任某個特定角色。然而我們應該切記，自然淘汰原是一種盲目的動力(blind force)，其中並不包含設計的成分。遺傳變異(►24頁)是隨機或沒有方向的造成各種改變，隨後，這些改變又經由自然淘汰的程序而保留或消滅。這種偶然的程序會逐漸形成各種類型的適應(adaptation)，由於源自於盲目的過程，這些適應因之並不完美。通常，其中不完美的缺點並不明顯，幾千年來的淘汰已經讓缺陷降至最低的程度。當然其中也不乏例外，某些種如大貓熊(giant panda)便具有明顯的弱點。大貓熊為草食動物，其祖先則為肉食動物。貓熊的消化系統不易消化貓熊酷食的竹筴，為了生存，貓熊必須消耗大量的食物。許多跡象顯示，貓熊吃竹筴的習性是在演化的末期才養成。貓熊的祖先所擁有的是圓形的腳掌和極短的腳趾，這些均不適於摘採或握持竹筴。貓熊有六根趾頭(digit)，第六趾是由一片小腕骨構成。這根趾頭與人類的拇指相似，是演化形成的產物，貓熊掌多了一根趾頭便增添許多牠後來所需要的能力。演化本身必須將就利用現成材料，當然也就不可能重新取材創造理想的設計。

適應不僅和物理性環境相關，同時也和其他生物有關聯。在捕食者與被捕食者(predators and prey)的一場征戰(arms race)中，被捕食者的每一種防禦改良均配合著捕食者攻擊技巧的翻新(►「生命的奧秘」114頁)，這種牽涉二類或更多物種的對等適應又稱為「共同演化」(coevolution)。



▲花螳螂(flower mantids)為適應力提供了一個最佳的例子。花螳螂可以偽裝(mimicking)成蜜蜂所要採蜜的花朵，並且可以保持完全靜止的狀態，待昆蟲飛臨時便迅速將之捕捉。



▲貓熊(panda)本屬於肉食動物，是貓、犬和熊等動物的近緣種。前掌有六趾，第六趾是由腕骨伸展而成，以竹類為食是後來為適應環境所做的調整。

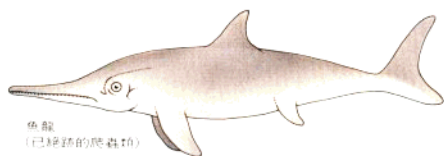
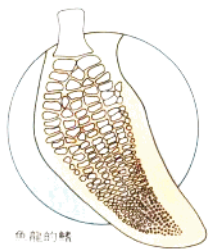
無稽之談

某些適應相當明顯，因此並無爭論的餘地。然而有些時候，人們對適應所作的描述卻只是無稽之談而已。少數生物學家曾妄下荒謬的臆測，其中有人甚至把紅鶴(flamings)的粉紅色調解釋成落日映照下的保護色，這種研究方法目前慘遭批評，而改以更科學的方法來研究適應。

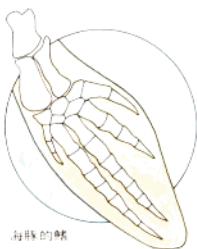
在把某種現象描述為適應之前，必須先進行詳細的觀察和實驗，才能辨明當時選擇壓力的本質。例如，鵝(gulls)在雛鳥孵化後不久便把蛋殼移往巢外。專家曾在實驗中把蛋殼放回巢中，發現掠食者因而被引向鳥巢，由此顯示鵝鳥移動蛋殼的行為是一種自衛性的適應。

另一種新的研究方法又稱為比較法，此法是在適應的特徵和特殊的環境條件或生活方式之間尋求一個統計學上的相互關係，因此必須將同一分類羣中的許多不同的種，同時列入考慮。

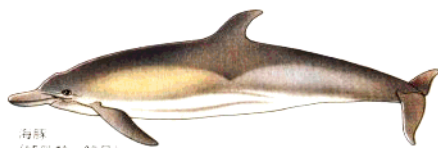
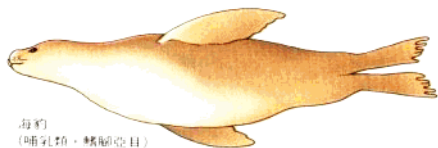
趨同演化

魚龍
(已滅絕的爬蟲類)

魚龍的鰭



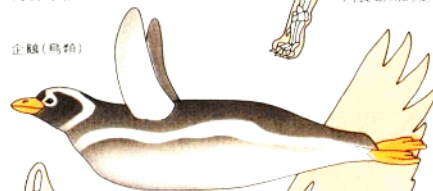
海豚的鰭

海豚
(哺乳類, 鯨目)海豹
(哺乳類, 鳍腳亞目)

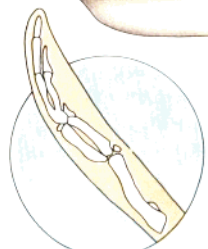
海豹的鰭



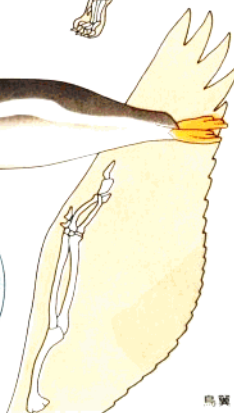
肉食動物的肢



企鵝(鳥類)



企鵝的鰭



鳥翼

性淘汰

在性淘汰(sexual selection)的過程中,和前述類似的種族戰爭也會出現於同種的不同個體之間。達爾文率先提出性淘汰的說法,他相信除了自然淘汰之外,性淘汰是另一個具顯著意義的演化動力。

性淘汰的基本根據是,雌性的生殖(reproduction)成就受限於其所生產的卵子數,而雄性的生殖成就則受限於其能使之受孕的雌性個數。因此,雄性經常為爭取交配而相互競爭,並因同性競爭或異性的挑選而造成選擇或淘汰。就雄性間的競爭來看,雄性生物多半藉打鬥的方式做直接的競爭,或阻斷雌性所需的配偶來源。於是,雄性為此而發展出一些僅為應付戰鬥或脅迫其他同性的性狀,例如紅鹿(red deer)的鹿角或雄性象海豹(elephant seal)的碩大體型。象海豹雖然經常因相互毆鬥而負傷累累,然其收穫卻十分豐盛,占全體百分之四的勝利雄象海豹所達成的交配比例占全部交配次數的百分之八十五。

另一種型式的性淘汰,則是雌性隨意專斷地以性狀來選擇伴侶。這些性狀原本可能是由種的辨別訊號逐漸發展形成,雌性的喜好最初究竟如何形成目前還不清楚。然而,雌性的喜好一旦確立,雄性若能特別誇大雌性所喜愛的特性,對雄性而言,他就可獲得較多的交配機會。但是,整個演變過程可能會逐漸失去控制,雄性為了彼此競爭而變得走火入魔,進而藉精美奢華的附屬肢體作為炫耀之用,而動物園中的孔雀(peacock)或雄天堂鳥(birds of paradise)的美麗羽毛便是這種過程中的產物。由這些鳥類足以說明一點,在自然淘汰中,基因的傳承才是關鍵所在。一隻沒有華麗尾羽的突變孔雀可能較正常的雄孔雀存活得久些,然而牠若沒有機會交配,牠的基因也將隨著牠的死亡而消失。

◀任何環境上的問題都僅有少數的解決方法,因而就形成了所謂的趨同演化(convergent evolution)。圖示的四種海洋動物均是陸生動物的後代,並具備某些共同的適應性,例如流線型的鰭狀前肢等。然而其中的海豹和企鵝(penguins)必須上陸繁殖,體型因之有所限制。牠們有一套共同的方法來應付環境的挑戰,而海豚(dolphin)和魚龍則另有他法。就趨同性而言,顯著的共同點通常也隱含著基本上的差異,這可由前肢的解剖構造得知。企鵝和海豹的鰭是由極不同的構造演變而成,前者源於鳥翼,後者則源於肉食哺乳動物的足部。鳥翼具有較少的趾,這些趾無法伸展成鰭。反之,企鵝的肢骨則繼於平坦和寬闊。

▼雄招潮蟹的大型怪異螯肢是性淘汰(性擇)後的產物。雄蟹藉螯肢向其他同性展示其地盤,並藉螯肢吸引異性以達交配的目的。



▼史達林時代的植物育種家李森科(Trofim Lyenko, 1898~1976)因信奉拉馬克學說，而在俄羅斯帝國聲名大噪。拉馬克的學說因意識型態因素而獲得蘇聯官方的歡迎。該說認為，社會性的品種改良也可和基因改良一樣流傳後代。俄國的植物改良計畫曾多年以拉馬克的錯誤見解作為基礎。

►拉馬克曾聽測演化的過程是由一種慾望或改良需求來帶動。他認為生物的多樣性是由親代的後天養成特性遺傳至子代的結果，這項主張是拉馬克學說中的次要部分，後人通常將這種主張和拉馬克一起作聯想。劇作家蕭伯納(George Bernard Shaw)曾宣稱拉馬克為演化的救星，他認為拉馬克把演化從自然淘汰的無意義事件中解救出來。



拉馬克學說

與達爾文學說共存的另一著名學說，是拉馬克(Jean Baptiste de Lamarck, 1744~1829)在一八〇八年提出的拉馬克進化論。這個學說是以「後天獲得性狀之遺傳」(inheritance of acquired characters)為該學說之基本主張，意指雙親把自身獲得的性狀傳遞至後代，但這僅是拉馬克學說中的一部分。更重要的是，拉馬克相信任何生物均希望改善自身，他將之稱為一種慾望(法文besoin)或需要。這種努力促使生物產生肉體上的改變，而後代又將承襲這些肉體上的變化。該學說認為長頸鹿的脖子便是一項佳例，為了攝食高大樹木上的嫩葉，長頸鹿的脖子演變得愈發細長。而反對拉馬克學說的一項重要異議指出，類似上述的向上性變動會使全球喪失簡單、原始的生物。拉馬克把低等生物的持續生存歸因於自然發生(spontaneous generation)，自然發生是指無生命的物質自然創造出生物的一種力量。自然發生最後被巴斯德(Louis Pasteur, 1822~1895)推翻，他指出，如果那些所謂的生物原料經過適當的殺菌消毒，生物便無法從中形成。

使用與廢棄

「後天獲得性狀之遺傳」的觀點本身並不是不能和自然淘汰相容。如果這種觀點果真正確，演化過程將因而加速。達爾文相信後天養成的特性可以傳承下去，這種過程稱為「使用與廢棄遺傳」(use-and-disuse inheritance)。例如，達爾文認為，許多家畜低垂的耳朵是「因耳朵肌肉廢置不用所致，因為這些動物極少受到驚嚇」。

魏斯曼、克里克和中心法則

一八九〇年，德國生物學家魏斯曼(August Weismann, 1834~1914)指稱，形成卵與精子的生殖細胞是由身體的細胞分離而出，因此後天養成的特性無法傳予後代。其觀察並非全然正確，就以植物而言，種胚和植物本質並不具有清楚的界限。然而他觀點中的精髓還是存留了下來，其中指出基因上的改變純屬偶然，且不會因生物體的改變而受影響。

六十年後，人們終於發現DNA能被轉譯成蛋白質，但逆向的過程卻不會發生，魏斯曼的觀點因此獲得了證明。上述的新發現又導出了克里克(Francis Crick)的中心法則(central dogma)，即遺傳訊息由DNA流出，但絕不會自外流入DNA。DNA和蛋白質之間尚有中介物——傳訊RNA(messenger RNA)存在。這是專家在研究一些反錄病毒(28頁)所製造的類似的活動時，發現RNA有時會轉變成DNA，在進一步探討之後才發現了傳訊RNA的存在。由於這項新的發現，澳洲生物學家斯梯爾(Ted Steele)進一步認為中心法則未必恆常適用。如果體細胞中的某些基因曾發生突變，而又符合所求，體細胞便得以繁殖，而突變基因中的部分傳訊RNA分子或能經由病毒攜至生殖細胞中並轉譯成DNA，隨後則遺傳於後代。然迄今尚無法證明上述的情形。



選擇之外的動力

並非所有的演化性改變均歸因於淘汰，事實上，機會本身也能以不同方式擔任演化性改變的催化角色。生物在進行交配時，大多數的配子都會被捨棄，只有少數的配子得以結合形成新的個體，而這些新個體則代表雙親基因的隨機樣本(random sample)。這種隨機抽樣造成所謂的基因分布浮動性(genetic drift)，亦即基因頻率會隨機改變。突變基因可以很偶然地傳至許多後代並增加頻度，最後甚至會完全替代原始基因。這種情形常出現於小型族羣，大族羣則較為少見，對大族羣而言，淘汰的力量通常超越了基因分布浮動性的效力。

從較大的層面來看，機會的不規則性也很重要，且足以決定演化的路徑。例如，印度犀牛只有一個牛角，然其近緣種的非洲犀牛卻有二個牛角。牛角的數目並未造成特別的適應差異，重要的在於具有一角或二角來抵禦掠食者。這兩種犀牛的演化差異可能是源於發展路徑上的輕微差異，而非淘汰後的差異。

連鎖(linkage, 23頁)是另一種主要的非選擇性力量。一段基因若正巧位於另一段確定獲選的基因旁，前者將因相鄰基因的成功而受惠，並藉由「搭便車」的方式流傳下來。



▲奧地利生物學家卡默勒(Paul Kammerer, 1880~1926)對「後天養成的特性之遺傳」的說法信任不已。他聲稱曾以數種生物就此點進行研究，其中包括產婆蟾(midwife toad)的實驗。然而當他的產婆蟾標本展覽時，人們卻發現其中最顯要的性狀——前肢上帶色肉墊竟然是人工染色偽造而成。究竟該標本是出自卡默勒之手？還是恐怕只有他本人知道了。

利己基因

動物爲了其他動物的利益而甘冒危險或放棄交配的機會，這種利他的現象很難從演化的觀點加以解釋。例如，工蜂(bees)不司生殖，甚至替爲蜂巢而捐軀，當入侵者進犯時，工蜂便以利相償，此舉將使工蜂立即死亡。導致這種促使牠們願意提早死亡的性狀又是如何發展出來的呢？

懷恩·愛德華茲(Wynne Edwards)於一九六二年提出了他對利他主義的看法，他認爲，利他行爲是爲了「羣的益處」或「種的益處」演化而來。利他主義者組成的羣體和自私個體組成的羣體相較之下，前者較後者優秀，因此唯有利他的羣體才得以持久。然而，這個說法卻有一個致命的瑕疵。在利他主義者的羣體中，照樣會產生「利己」的突變個體，這些個體不願爲利他付出代價，卻仍能獲得利益。當「利己」的基因散布於整個羣體時，整個羣體的秩序便將爲之瓦解。

若從基因的觀點來看演化，利他主義(至少在相關個體之間)將可獲得一個較佳的詮釋。利己基因

(selfish gene)只顧慮基因本身的存活，而非攜帶利己基因的個體。因此，如果利己基因能使個體履行利他主義的行爲，便能造福更多其他攜帶相同基因的個體。很顯然地，該個體的後代、兄弟姐妹、父母或甚至表兄妹、堂兄妹等均可可能帶有相同的基因。統計結果顯示，個體與其下一代所共有的基因數通常和其與兄弟姐妹共有的基因數相同。此點足以說明佛羅里達灌叢極鳥(Florida scrub jay)和其他鳥類的特殊習性，牠們寧可幫助父母養育幼小的兄弟姐妹，也不願自行繁殖。事實上，大多數的利他行爲多出現於親近家族之間，因此可視爲親族間的利他行爲。但就目前所知，許多動物對無親戚關係或甚至不同種的其他動物也可能出現利他行爲。例如，狒狒(baboon)可能在爭戰中爲其他動物伸出援手，而稍後牠自己才獲得援助。海豚和鯨魚經常幫助遇難的動物浮於水面以便呼吸。在種與種之間，這種利他行爲也時有所聞，海豚使經常救助溺水的人類。類似的行爲或許源於所謂的回報，也就是說，現在接受幫助的動物會在日後伺機報答。

▼狐獴(suricates)監視著掠食者的動靜。這些獺哥類的成員輪流守護幼子，其餘則四處搜尋食物。部分守護者和幼子有血緣關係，可能是幼子的長兄或長姐，類似的利他行爲(altruism)可以用親族淘汰(kin selection)來加以解釋。但情況並非一定都如此，畢竟有些時候無血緣關係的個體也能加入某一社會羣體中。當守護者和幼子無血緣關係時，似乎只有用回報來解釋這種利他的行爲了。狐獴的行爲和獅子(lions)正好相反，當一頭無血緣關係的雄獅加入一獅羣後，這頭雄獅會殺害獅羣中的幼獅。這種現象也可用同類淘汰來加以解釋，因爲新加入的雄獅和幼獅並無共通的基因，而唯有殺害幼獅才能使母獅儘速地進入繁殖的狀態。

