

基因的分子生物學

Molecular Biology of Genes

譯者 邱世賢 楊友仕
簡聰健 翁英立



大學圖書出版社印行

基因的分子生物學

Molecular Biology of Genes

作者：[美] 穆雷·明倫 著
譯者：[中] 陳建德 譯



大學圖書出版社印行

57

大 專 用 書

基因的分子生物學

Molecular Biology of Genes

原著者 J-D. Watson

譯 者

邱 世 賢
簡 簡 健
楊 聰 仕
翁 友 英
翁 英 立

究必印翻 · 有所權版

中華民國七十五年五月再版

基因的分子生物學

基本定價：伍元

譯者：邱世賢、簡聰健、楊友仕、翁英立

發行人：華 毛 幼 琪

發行部：大學圖書出版社

台北市羅斯福路3段269巷70號

電話：三二一五五三三·四一三三七四

劃撥：〇〇一三六六八一四

門市部：台北市北投區立農街2段296號

（榮民總醫院與陽明醫學院之間）

電話：八二一三三九七二

印刷者：永美美術印刷製版有限公司

台北市莒光路一一一號

新聞局登記證：局版台業字一〇二二號

Q7
9

原 序

假如我能預知編寫這本書，竟會花費我這麼多的時間，我將不可能寫出這本書的第一版，再版時亦是如此。開始時，我把改寫第二版這件工作，視如夏天中的一種消遣，而後來竟足足持續了一年，幾乎等於編寫第一版時所花費的時間。由此，我們可見在這短短的五年中，分子生物學已有了巨大的改變。我誤以為新版只要在第一版中加入新的句子即可，並不須重新編寫，但後來我面對了一個事實，那就是這本書不能永久保持著某種固定的形式，在新版中，必須加入新的事實，也必須刪除如今認為是錯誤的部份。因此，這本新版書隨著時間，逐漸增厚，甚至在定稿時，還改了許多地方。盡最大努力，我希望這本書能像原著一樣，為廣泛的讀者——從大一學生以至生物學家——提供一個分子生物學上最新知識的簡明參考來源。在許多觀點裡，我試著擺脫專項論題，因為我知道大部份剛剛入門的學生並不需要這些。另一方面，我猜想，許多學生在初級學校裡已經學過雙螺旋鏈和核糖體的知識，如果他們再讀一次，他們將有機會知悉這些論題目目前已進展至何處。所以，書中加入了一些明晰的細節，雖然這些細節不一定為讀者喜歡，可是我個人卻頗感興趣，否則我不會將此書延到可能太長的地步。

在第一版裡，我嘗試性地提出一些目下都還不甚肯定的事實，希望我的預感將來能被證明為事實，那麼用此書做教本的先生亦可免于修正太多的錯誤觀念。在某些地方，我知道我太過於簡化，但是，如果所有細節一一都列舉出來的話，恐怕不太適合一般生物科學方面的讀者，他們對無盡的繁複可能不感興趣。

我的許多朋友曾多多少少的看了此書的幾章內容，並給予我許多好的建議，使得某些地方避免過於簡陋。同時 Ann Burgess, John Cairns, Lionel Crawford, David Dressler, Bernara Hirt, Raymond Kaempfer, Jeffrey Miller, Carel Mulder, Keith Roberts, Bob Schlieff, Andrew Travers, Rudolf Werner, 和 John Wolfson 等人也賜予了許多寶貴的意見。

最感謝的是，Nancy Hopkins 小姐很仔細的閱讀了全部的稿件，並且刪除了許多語言上及科學上不甚清楚的詞句。不過有些地方我還是維持我的原意且願對它負責。

在此書的準備階段時，蒙 Radcliffe 大學的學生 Lili Gottfried 和 Helen Trilling，以及我的秘書 Dee Dee Skiff 為我減少了許多負擔。最後最感到幸運的是得到 St. John's College, Cambridge, England 的 Keith Roberts 幫忙，沒有他的潤飾，此書可能須要更久的時間才能問世。

J. D. Watson

譯 者 序

本書係譯自 J. D. Watson 所著「Molecular Biology of the Gene」第二版。1953年，由於 Pauling 的 α -Helix 所帶來的靈感，Watson 與 Crick 根據 Wilkins 和 Franklin 所作 DNA 結晶的 x-ray 繞射圖，和 Chargaff 的 $A = T$ 、 $G = C$ 律，提出 DNA 構造的雙螺旋模型，從此打開了分子生物學的神秘大門，以後有關這門學問的實驗，絕大多數都受到此一假說的影響。因此到了1962年，瑞典學院將諾貝爾醫學獎頒給 Watson、Crick 和 Wilkins。關於 Watson 如何發現 DNA 構造的詳細情形，請閱 Watson 另一著作，由今日世界出版社出版的「雙螺旋鏈」，從這本書中，你將可發覺一個年僅25歲即能提出劃時代論文的年青科學家，他所持的研究精神和科學界競爭的內幕。

至今分子生物學仍在飛躍進步中，經常還有新的理論被提出來。近十年來的諾貝爾醫學獎絕大多數是頒給在分子生物學的研究上有卓越貢獻的學者，其重要性自是不用贅言，舉其要者：如免疫學、遺傳學、生物化學……等，無不深受分子生物學的影響，這是我們翻譯這本書的最大原因。而且此書的句子非常白話，內容深入淺出，說理明晰，對於初學者實是不可多得的佳作。

譯者四人等，以三個月時間譯出這本書，觀前瞻後，深覺在這日新月異的時代思潮裡，有待學習和探討的地方尚多，本著活到老學到老的心情，如有訛譯之處，尚祈諸位老師和學長不吝指正，是盼。

譯者識於台大醫學院

目 錄

| | |
|--|----|
| 第一章 孟德爾觀念的世界 | |
| (The Mendelian View of the World)..... | 1 |
| 細胞學說 | |
| (The Cell Theory)..... | 2 |
| 有絲分裂維持親代的染色體數目 | |
| (Mitosis Maintains the Parental Chromosome Number)..... | 2 |
| 減數分裂減少了親代的染色體數目 | |
| (Meiosis Reduces the Parental Chromosome Number)..... | 6 |
| 細胞學說普遍適用於生物界 | |
| (Cell Theory is Universally Applicable)..... | 8 |
| 孟德爾定律 | |
| (Mendelian Laws)..... | 9 |
| 獨立分離律 | |
| (Principle of Independent Segregation)..... | 10 |
| 不呈現顯性或隱性的基因 | |
| (Some Genes Are Neither Dominant nor Recessive)..... | 12 |
| 獨立分配律 | |
| (Principle of Independent Assortment)..... | 13 |
| 遺傳的染色體學說 | |
| (Chromosomal Theory of Heredity)..... | 13 |
| 染色體的決定性別 | |
| (Chromosomal Determination of Sex)..... | 15 |
| 果蠅的重要性 | |
| (The Importance of Drosophila)..... | 15 |
| 基因之連鎖和互換 | |
| (Gene Linkage and Crossing Over)..... | 16 |

| | |
|---|----|
| 控制紅眼的基因 | |
| (Many Genes Control the Red Eye)..... | 21 |
| 由突變作用所產生基因的變異性 | |
| (Origin of Genetic Variability through Mutations)..... | 22 |
| 早期對基因的構造及作用之探測工作 | |
| (Early Speculation about What Genes Are and How They Act) | 23 |
| 尋求基因—蛋白質間之關係的初步嘗試 | |
| (Preliminary Attempts to Find a Gene-Protein Relationship) | 23 |
| 摘要 | 24 |
| 第二章 細胞遵循化學律 | |
| (Cells Obey the Laws of Chemistry)..... | 26 |
| 中間代謝作用的觀念 | |
| (The Concept of Intermediary Metabolism)..... | 31 |
| 氧化—還原反應的能量形成 | |
| (Energy Generation by Oxidation Reduction Reactions)..... | 31 |
| 氧不直接參與大部分生物學上的氧化作用 | |
| (Most Biological Oxidations Occur Without Direct Participa- tion of Oxygen)..... | 32 |
| 葡萄糖分子的分解作用 | |
| (The Breakdown of Glucose)..... | 37 |
| 磷的參與及 A T P 之形成 | |
| (Involvement of Phosphorus and the Generation of ATP)..... | 40 |
| 大部分—特殊的細胞反應須要—特殊的酶 | |
| (Most Specific Cellular Reactions Require a Specific Enzyme)..... | 42 |
| 丙酮酸的重要性及克瑞博斯循環 | |
| (The Key Role of Pyruvate: Its Utilization via the Krebs Cycle)..... | 44 |
| 呼吸酶催化還原態輔酶分子的氧化作用 | |
| (Oxidation of Reduced Coenzymes by Respiratory Enzymes).. | 45 |
| 在氧存在下 A T P 的合成 | |

| | |
|---|----|
| (Synthesis of ATP in the Presence of Oxygen (Oxidative Phosphorylation))..... | 45 |
| 光合作用時 A T P 的形成 | |
| (Generation of ATP During Photosynthesis)..... | 48 |
| 維他命及生長因子 | |
| (Vitamins and Growth Factors)..... | 49 |
| 大型分子的不穩定性 | |
| (The Lability of Large Molecules)..... | 50 |
| 色析法的應用 | |
| (Implications of Chromatography)..... | 51 |
| 蛋白質晶體學 25 年來的獨自發展 | |
| (The 25-years Loneliness of the Protein Crystallographers)..... | 52 |
| 亞伯利的重大發現：核酸能攜帶遺傳特性 | |
| (Avery's Bombshell: Nucleic Acids Can Carry Genetic Specificity)..... | 53 |
| 雙重螺旋鏈 | |
| (The Double Helix)..... | 54 |
| 分子生物學的目標 | |
| (The Goal of Molecular Biology)..... | 55 |
| 摘要 | 55 |

第三章 化學家眼中的細菌

| | |
|---|----|
| (A Chemist's Look At The Bacterial Cell)..... | 57 |
| 細菌能在簡單且特定的條件下生長 | |
| (Bacteria Grow under Simple, Well-Defined Conditions)..... | 57 |
| 大腸菌是在分子級上被了解最透徹的生物 | |
| (E. Coli is the Best Understood Organism at the Molecular level)..... | 59 |
| 小細胞的構造亦很複雜 | |
| (Even Small Cells Are Complex)..... | 63 |
| 大型分子由小分子線形連結而成 | |

| | |
|---|----|
| (Macromolecules Constructed by Linear Linkage of Small Molecules) | 68 |
| 規則及不規則聚合體的區別 | |
| (Distinction between Regular and Irregular Polymers) | 73 |
| 代謝過程 | |
| (Metabolic Pathways) | 74 |
| 降解過程和生物合成過程之相異處 | |
| (Degradation Pathways Distinct from Biosynthetic pathways) | 78 |
| 定量DNA的意義 | |
| (The Significance of a Finite Amount of DNA) | 79 |
| 在大腸菌內 $\frac{1}{5}$ ~ $\frac{1}{3}$ 的化學反應已被發現 | |
| (One-Fifth to One-Third of the Chemical Reactions in E. Coli Are Known) | 79 |
| 摘要 | 80 |
| | |
| 第四章 弱化學相互作用之重要性 | |
| (The Importance of Weak Chemical Interaction) | 81 |
| 化學鍵的定義以及特性 | |
| (Definition and Some Characteristics of Chemical Bonds) | 81 |
| 化學鍵可用量子力學來說明 | |
| (Chemical Bonds Are Explainable in Quantum Mechanical Terms) | 82 |
| 化學鍵的形成牽涉到能量形式的改變 | |
| (Chemical-Bond Formation Involves a Change in the Form of Energy) | 84 |
| 鍵形成和鍵斷裂之間的平衡作用 | |
| (Equilibrium between Bond Making and Breaking) | 84 |
| 自由能的觀念 | |
| (The Concept of Free Energy) | 85 |
| K _{eq} 可以 ΔG 表示之 | |

| | |
|---|----|
| (Keg is Exponentially Related to G)..... | 85 |
| 共價鍵為強鍵 | |
| (Covalent Bonds Are Very Strong)..... | 86 |
| 弱鍵的能量介於1到7 Kcal/mole 之間 | |
| (Weak Bonds Have Energy between 1 and 7 Kcal/mole)..... | 86 |
| 在生理溫度下弱鍵經常的被形成或斷裂 | |
| (Weak Bonds Constantly Made and Broken at Physiological Temperatures)..... | 87 |
| 弱鍵的形成(斷裂)不含有酶的作用 | |
| (Enzymes Not Involved in Making (Breaking) of Weak Bonds)..... | 87 |
| 極性分子和非極性分子的區別 | |
| (Distinction between Polar and Nonpolar Molecules)..... | 87 |
| 凡得瓦爾引力 | |
| (Van der Waals Forces)..... | 88 |
| 氫鍵 | |
| (Hydrogen Bonds)..... | 91 |
| 有些離子鍵在實質上為氫鍵 | |
| (Some Ionic Bonds Are, in Effect, Hydrogen Bonds)..... | 93 |
| 弱的相互作用須要分子表面能彼此互補 | |
| (Weak Interactions Demand Complementary Molecular Surfaces)..... | 94 |
| 水分子之形成氫鍵 | |
| (H ₂ O Molecules Form Hydrogen Bonds)..... | 94 |
| 水溶液裏分子間之弱鍵 | |
| (Weak Bonds between Molecules in Aqueous Solutions)..... | 95 |
| 能形成氫鍵的有機分子大都為水溶性 | |
| (Organic Molecules that Tends to Form Hydrogen Bonds Are Water Soluble)..... | 96 |
| 分子形狀的獨特性：選擇性附著的觀念 | |
| (The Uniqueness of Molecular Shapes; The Concept of | |

| | |
|--|-----|
| Selective Stickiness) | 96 |
| 最有利的 ΔG 值為 2 ~ 5 kcal/mole (The Advantage of G 's between 2-5 kcal/mole) | 99 |
| 酶以弱鍵附著在受醜質上 (Weak Bonds Attach Enzymes to Substrates) | 99 |
| 大部分分子的形狀由弱鍵來決定 (Most Molecular Shapes Determined by Weak Bonds) | 99 |
| 聚合分子 通常為螺旋狀 (Polymeric Molecules Are Sometimes Helical) | 100 |
| 蛋白質的構造通常不規則 (Protein Structures Are Usually Irregular) | 102 |
| DNA 分子能形成規則的螺旋鏈 (DNA Can Form a Regular Helix) | 103 |
| DNA 分子在生理溫度下非常穩定 (DNA Molecules Are Stable at Physiological Temperatures) | 103 |
| 幾乎所有大型及大部分中型的蛋白質分子均由較小的多肽鏈 鏈聚集而成 (Most Medium Size and Almost All Large Protein Molecules Are Aggregates of Smaller polypeptide Chains) | 105 |
| 亞單位是合乎經濟的 (Subunits Are Economical) | 106 |
| 自我組合的原理 (The Principle of Self Assembly) | 107 |
| 摘要 | 108 |

第五章 配偶反應及官能基轉移

| | |
|---|-----|
| (Coupled Reactions and Group Transfers) | 110 |
| 食物分子在熱力性質上不太穩定 (Food Molecules Are Thermodynamically Unstable) | 110 |
| 化學反應的方向與速率之相異點 | |

| | |
|---|-----|
| (Distinction between Direction and Rate of a Reaction) | 111 |
| 酶可降低活化能 | |
| (Enzymes Lower Activation Energies) | 112 |
| 代謝過程的特徵之一是自由能的減少 | |
| (A Metabolic Pathway Is Characterized by a Decrease in Free Energy) | 113 |
| 高能量鍵水解時產生極大負值的 ΔG | |
| (High-Energy Bonds Hydrolyze with Large Negative G's) | 113 |
| 高能量鍵對生物合成反應是必須的 | |
| (High-Energy Bonds Necessary for Biosynthetic Reaction) | 115 |
| 肽鍵能夠自發性的水解 | |
| (Peptide Bonds Hydrolyze Spontaneously) | 116 |
| 負 ΔG 和正 ΔG 值的伴同反應 | |
| (Coupling of Negative with Positive G) | 116 |
| 經由官能基轉移的活化作用 | |
| (Activation through Group Transfer) | 117 |
| 在官能基轉移反應中A T P的改變 | |
| (ATP Versatility in Group Transfer) | 118 |
| 胺基酸分子經由AMP的附著而活化 | |
| (Activation of Amino Acids by Attachment of AMP) | 119 |
| 在 $\textcircled{P} \sim \textcircled{P}$ 存在下核酸前身分子之活化 | |
| (Nucleic Acid Precursors Activated by Presence of $\textcircled{P} \sim \textcircled{P}$) | 120 |
| 在核酸合成時 $\textcircled{P} \sim \textcircled{P}$ 所釋放的值 | |
| (Value of $\textcircled{P} \sim \textcircled{P}$ Release in Nucleic Acid Synthesis) | 121 |
| $\textcircled{P} \sim \textcircled{P}$ 的斷裂為大部分的合成反應之特性 | |
| ($\textcircled{P} \sim \textcircled{P}$ Splits Characterize Most Biosynthetic Reactions) | 122 |
| 摘要 | 122 |

第六章 鑄模表面的概念

| | |
|--|-----|
| (The Concept of Template Surfaces) | 124 |
| 小分子的合成 | |
| (Synthesis of Small Molecules) | 124 |
| 大型“小分子”的合成 | |
| (Synthesis of a Large "Small Molecule") | 127 |
| 合成大而規則的聚合體合子 | |
| (Synthesis of a Regular, Very Large Polymeric Molecule) .. | 128 |
| 蛋白質分子的更深一層觀察 | |
| (A Deeper Look into Protein Structure) | 129 |
| 蛋白質的初級結構 | |
| (The Primary Structures of Proteins) | 132 |
| 蛋白質的初級結構可能是片狀或螺旋狀 | |
| (Secondary Structures of Proteins May Be Sheets or Helices) | 136 |
| 蛋白質的三級結構是很不規則的 | |
| (Tertiary Structures of Proteins Are Exceedingly Irregular). | 136 |
| 雙硫鍵的自然形成 | |
| (S-S Bonds Form Spontaneously between Correct Partners) | 137 |
| 酶不能決定蛋白質的胺基酸序列 | |
| (Enzymes Cannot Be Used to Order Amino Acids in Proteins) | 138 |
| 鑄模交互作用是利用相當弱的鍵結 | |
| (Template Interactions Are Based on Relatively Weak Bonds) | 139 |
| 自體吸引與異體吸引 | |
| (Attraction of Opposites versus Self-Attraction) | 139 |
| 蛋白質鑄模存在與否的一個化學的爭論 | |
| (A Chemical Argument against the Existence of Protein Templates) | 141 |

| | |
|--|-----|
| 摘要 | |
| (Summary) | 141 |
| 第七章 染色體上基因的排列 | |
| (The Arrangement of Genes on Chromosomes) | 143 |
| 關於染色體構造的分子外觀還有許多尚未研究 | |
| (Much Remains to Be Learned about the Molecular Aspects of Chromosome Structure) | 143 |
| 基因互換 | |
| (The Genetic Cross) | 144 |
| 染色體作圖 | |
| (Chromosome Mapping) | 145 |
| 微生物研究的重要性 | |
| (Importance of Work with Microorganisms) | 150 |
| 致突變因質的價值 | |
| (The Value of Mutagens) | 151 |
| 細菌的突變 | |
| (Bacterial Mutations: The Use of Growth Factors) | 151 |
| 病毒亦含有染色體 | |
| (Viruses Also Contain Chromosomes) | 154 |
| 病毒的體型不會逐漸增大 | |
| (Viruses Do Not Grow by Gradual Increase in Size) | 155 |
| 就基因級而言，病毒是一種寄生蟲 | |
| (Viruses are Parasites at the Genetic Level) | 156 |
| 噬菌體通常易於研究 | |
| (Bacterial Viruses (Phages) Are Often Easy to Study) | 156 |
| 噬菌體會形成斑點 | |
| (Phages Form Plaques) | 157 |
| 病毒染色體有時會插入寄主細胞的染色體 | |
| (Virus Chromosomes Are Sometimes Inserted into the Chromosomes of Their Host Cells) | 158 |
| 利用交配來製作細菌染色體的輿圖 | |

| | |
|--|-----|
| (Bacterial-Chromosome Mapping by Mating) | 161 |
| 細菌染色體是閉鎖的 | |
| (Bacterial Chromosomes Are Circular) | 167 |
| 噬菌體偶而會帶有細菌的基因 | |
| (Phages Occasionally Carry Bacterial Genes) | 169 |
| 純粹染色體斷片的轉移 | |
| (Transfer of Purified Chromosome Fragments) | 170 |
| 噬菌體也會發生突變 | |
| (Phages Also Mutate) | 171 |
| 噬菌體互換 | |
| (Phage Crosses) | 173 |
| 病毒互換涉及多重配對 | |
| (Viral Crosses Involve Multiple Pairings) | 174 |
| 摘要 | |
| (Summary) | 177 |
| 第八章 基因的構造與功能 | |
| (Gene Structure And Function) | 179 |
| 基因內重組與基因輿圖的製作 | |
| (Recombination within Genes Allows Construction of a Gene Map) | 179 |
| 互補實驗；測定兩個突變是否在同一基因上 | |
| (The Complementation Test Determines if Two Mutations Are in the Same Gene) | 183 |
| 蛋白質作用的遺傳控制 | |
| (Genetic Control of Protein Function) | 185 |
| ——基因——多肽鏈 | |
| (One Gene—One Polypeptide Chain) | 187 |
| 隱性基因通常並不形成能作用的產物 | |
| (Recessive Genes Frequently Do Not Produce Functional Products) | 187 |
| 作用相關的基因，其位置通常是彼此鄰近的 | |