



生命科學與心靈環保

釋惠敏

法鼓文理學院校長、臺北藝術大學榮譽教授

專長於「瑜伽行派、禪定學、梵文、人文與科學通識」等

我們將從「大歷史」(Big History；宇宙與生命的歷史)與「小思考」(Thinking Small；從原子、分子到細胞之各種生命運作的共通方式)等不同視角來探討「生命科學」與「心靈環保」相關之理念與議題。例如：心淨、行淨則眾生淨，眾生淨則佛土淨；萬物同源、眾生平等、珍惜生命；體認「無常」、「無我」之生命與環境的關係；賞識生命（真）、尊重生命（善）、美化生命（美）；乃至生命 16 種共通模式與平等性。

一、 宇宙與生命的歷史：「大歷史」(Big History)

「大歷史」(Big History)是近年出現之歷史學觀點，以跨學科方法為基礎，結合自然科學、社會科學和人文學科之多學科之研究成果，檢視從宇宙起點「大爆炸」(Big Bang)到現代世界之約 137 或 138 億年之長時間框架背景下，探討了生命、人類存在於宇宙、地球之實證性因果關係。它有被講授於大學、中學，也有相關書籍教材，也有相關互動式教學網站，例如：<https://www.bighistoryproject.com/portal>；「大歷史」(Big History)的倡議者澳大利亞 Macquarie 大學之歷史學家大衛克利斯汀(David Christian)在 TED 論壇也有發表「18 分鐘內回顧我們的世界歷史」(The history of our world in 18 minutes)講演。此外，「歷史電視頻道」(History Channel)也有發行的「兩小時內回顧世界歷史」(History of the World in Two Hours)紀錄片與 DVD 可供參考。我個人認為這種「大歷史」的學習有助於我們從「寬廣深遠」的尺度來了解「生命科學與心靈環保」的議題。

因為，心靈環保的佛教意義是「心淨、行淨、眾生淨、國土淨」，我們也可以參考佛教「慈悲喜捨」四無量（沒有界限、博雅）的擴展面向，成為「生命、社區、社會、環境」或「心

識、生命、社會、環境」乃至地球、宇宙之波形圓周式「寬廣深遠」尺度擴展。此外，我們也可以探討身心基本元素「六界（六大）」與宇宙「大歷史」的關係。

（一）「心靈環保」：心淨、行淨則眾生淨，眾生淨則佛土淨

法鼓山的核心價值「心靈環保」的佛教經典根據，是出自於《維摩經》之「心淨國土淨」的說法。此說是佛對寶積菩薩所問「菩薩淨土之行」的回答。根據《維摩經》之「行淨」（見解、行為淨化）有十八種（《什譯》有十七種），即十八「淨土之行」，如下表所示，基本上是以「○○（例如：(1)直心）是菩薩淨土，菩薩成佛時，○○（例如：(1)不諂）眾生來生其國」（《什譯》。《奘譯》以「○○土是為菩薩嚴淨佛土。菩薩證得大菩提時，○○有情來生其國」）的句型與內容來說明菩薩「化緣相」（因行）與「果報相」（得果）的次第展轉關係（菩提心→意樂→加行→上意樂→止息諸障（六度）→發起（四無量心、四攝、巧方便、三十七菩提分）→迴向→寂靜（十善業道）→……）。

此外，我們從《大智度論》「深心清淨故能教化眾生。何以故？是煩惱薄故，不起高心、我心、瞋心故，眾生愛樂，信受其語。教化眾生故得淨佛世界。如《毘摩羅詰》（即《維摩詰經》）佛國品中說：眾生淨故世界清淨」的說明，也可看出：由於菩薩深心清淨故，眾生愛樂信受其語。菩薩容易教化眾生故眾生清淨（社會淨化）。以眾生清淨故，因此淨佛世界（環境淨化）。亦就是深心清淨→教化眾生（眾生淨化）→淨佛世界（世界淨化）的關係。依此，或許可以將《維摩詰經》中（1）

直心→(2)發行→(3)深心→(4)意調伏→(5)如說行→(6)迴向→(7)方便的部分，簡化為《大智度論》之「深心清淨」，也就是煩惱輕、不起貢高、我慢、瞋恨心。

或許這也是心靈環保的意義：心淨>眾生淨>社區淨土>國土淨，而「心淨」的修行「因果次第」，若根據《中阿含經》卷 10 與《瑜伽師地論》卷 92 所說，則是：持戒→無悔→歡悅→心喜→身安（輕安）→樂→心定→如實知見→厭→離欲→解脫→知解脫（自謂：我證解脫。復起如是智見：我生已盡，梵行已立，所作已辦，不受後有）。所謂「如實知見」是「心淨」的重點，我們也可以善用上述「大歷史」的觀念，如實觀察宇宙生滅與地球生命「無常、苦、無我」，這或許現代人學習「離欲，趣向寂滅解脫」的方便法門。

（二）「大歷史」(Big History): 萬物同源、眾生平等、珍惜生命

137 億年前之大爆炸所創造之恆存所有能源，成為星體動力與一切生命體的來源。宇宙膨脹經過 38 萬年，溫度下降，讓帶電的電子和質子在宇宙中可以結合成電中性氫原子。大爆炸 3 億年後，氫原子互相猛烈碰撞，融合為新元素「氦」，爆發大量的輻射能量，首批發光的恆星誕生了。恆星是猶如製造元素的工廠，將氫融合成氦，氦融合成鋰，鍛造出 25 種最常見、生命中不可缺少的元素，包括碳、氧、氦及鐵。所以 120 多億年前，星球已經在創造促成鐵器時代來臨的元素。首批恆星形成之後數百萬年，部分星體老化而爆炸了，光亮超過原來星體的百萬倍以上，也就是「超新星」(supernova)，提供融合較重元素必要的額外能量，產生了銅、鋅、硒等我們服用綜合維他命丸中所含的元素，以及金、鈾等其它元素。這些元素在宇

宙、星系、行星的生命之間流轉，我們都是「星塵」。46 億年前，太陽系誕生，太陽外圍的第三顆行星，便是我們的家園——地球，而幾乎所有我們從宇宙大爆炸分到的能源，都是由太陽照射過來的。

若將近 140 億年的宇宙歷史壓縮成 14 年。根據這個比例，地球的存在至今只有 5 年；大型、複雜的生物在 7 個月前才形成；恐龍在 3 週前才滅絕；人類歷史僅佔最後的 3 分鐘；近代社會的工業革命只發生在 6 秒前。

上述「大歷史」學者大衛克利斯汀在 TED 論壇發表「18 分鐘內回顧我們的世界歷史」講演中提到：根據基本物理定律之熱力學第二定律，宇宙的通則，是從較有規則與結構的狀態，演變成缺乏規律與結構的方向。因此問到：「目前人類生命與社會「複雜性」(Complexity)如何能產生？」答案是：「宇宙能創造出複雜性，但帶些困難度，在大歷史中，我們稱這些階段為閾值(thresholds)時段。每一個閾值是愈來愈難，複雜的系統是更脆弱，更易破碎，適宜條件(Goldilocks conditions)是更嚴峻，更困難。」在「大歷史」的尺度，他舉出如下 6 個閾值(thresholds)階段：(1)大爆炸之宇宙誕生；(2)恆星誕生，成為能源與元素工廠；(3)恆星死亡，產生更大能量與更多複雜元素、岩石、行星、月球乃至形成太陽系；(4)地球誕生；(4)生命誕生，生命分子成長從不多不少的能源之適宜條件；(4)人類出現，使用語言、集體式學習(collective learning)。克利斯汀最後提醒：「越複雜的系統，則越脆弱；集體式學習可說是促進人類進步的巨大力量，但是不知人類是否可以妥善駕馭此力量？因為他認為人類也有可能以自己所發明的巨大武器（例如：核武器）破壞地球生態圈(biosphere)。」因此，我們人類更應該善用集體式學習之智慧，珍惜生命與社會「複雜性」得之不易，維

持的難度，尊重生命，愛惜地球，保護環境，這些也是提倡「心靈環保」的目標。

（三）「心靈環保」的禪修方法：「界差別」與「大歷史」

人類中心主義（Anthropocentrism）是環境倫理學和環境哲學的主要概念，被認為是人類為何與自然環境發生衝突的根本原因。所謂人類中心、人類至上是屬於人類的「高慢」。由於佛教之「界差別」的禪修觀察方法是可以對治「慢行」（過分執著自我之自高自慢的心理特質）的人，所以，我們或許可以借此作為「心靈環保」的禪修方法之一。例如：《中阿含經·分別六界經》之類的經典，敘述佛陀夜宿在一個陶工家裡的時候，發現同宿的弗迦邏娑利(Pukkusāti)有智慧而誠懇，因而對他說：「比丘！我為汝說法，初善·中善·竟亦善，有義有文，具足清淨，顯現梵行，調分別六界，汝當諦聽，善思念之· · · · ·」。比丘！當學最上，當學至寂，分別六界。如是，比丘！人有六界聚，此說何因？謂地界·水界·火界·風界·空界·識界。比丘！人有六界聚者，因此故說· · · · ·」。

此時，所謂的「界」，是指「地、水、火、風、空、識」等六界。前四界「地、水、火、風」也稱為「四大種」(mahābhūta)，是指構成物質（色法）的四大要素，也是物質通遍的特性，其各別的特徵與作用如下：「地」即物質的堅性，作用是任持；「水」即物質的濕性，作用為攝聚；「火」即物質的煖性，作用為熟變；「風」為物質的動性，作用為增長。「空」是身體的各種空間，例如：外在之眼耳鼻口咽喉，乃至內在之腸胃排泄管道等。「識」是眼、耳、鼻、舌、身、意識等各種認識作用。如此觀察「四大」或「六界」的佛法（「界差別」的觀察

方法），在平時禪定的修行中也常用。

對此「地、水、火、風、空、識」等六界辨別（界差別），我們也可以從「大歷史」來檢視從宇宙起點「大爆炸」(Big Bang)到現代世界之約 138 億年之長時間框架背景下，探討了生命、人類存在於宇宙、地球之實證性因果關係，比較容易消除「人類中心主義」的分別心，體會「萬物同源」、「眾生平等」。

這類觀察可以提醒我們觀察自己的身體是由六種元素（地、水、火、風、空，再加上心識）組成，同時此六種元素也都有分解的特性，每天我們的身體約有 7% 的分子汰換，體內所有的分子大約在兩週內會全部更新過。藉由此種觀察破除我執。了知我們的身心是藉由「六大」隨時不斷在分解、組合（新陳代謝，汰舊換新）而維持生命現象。當「新陳代謝」停止，也就是命終之時，經腐生生物（異養生物）的分解作用而返回無機世界。因此，我們可體悟生命無常、無我，生命於相似相續、相依相存演化過程與生態系統中，猶如生命大海洪流中的水泡、浪花。依此體悟，可以消除「人類中心」、「人類至上」等人類的「高慢」，有助於環境倫理學的建立。

二、「無常」、「無我」之生命與環境的關係

對於「無常」、「無我」之生命與環境的關係，我們也可以如實觀察地球生命「大歷史」，來體悟：生命無常（非常恆不變），於相似相續、變異演化過程中，猶如生命長流中的水泡；生命無我（非獨立自存），於相依相存的生態系統中，猶如生命大海中的浪花。今分述如下：

（一）生命的起源、演化與「無常」之生命與環境的關係

地球上各類各樣、形形色色的生物，從體積最龐大的鯨魚到肉眼看不見的細菌，都會經過生長、發育、繁殖、衰老、疾病和死亡的歷程。這就是生命的事實。回顧地球形成初期，約 46 億年前，地球是一個沒有生命的世界。地上沒有草木野獸，空中沒有飛鳥昆蟲，水中沒有魚貝蝦蟹，地球表面一片死寂荒涼。但是，在浩瀚無際的宇宙中，地球處於太陽系的「生命圈」的距離，有適於生命產生和生存的溫度及大氣、水和其他化學元素。

40 億年前左右的地球，在原始大氣層中，出現了甲烷、二氧化碳、氨、氣以及水蒸氣、硫化氫和氰化氫等簡單物質。由於當時缺少氧氣，天空沒有形成臭氧層，太陽短波紫外線直射地面。在電離輻射、閃電、火山、高溫和局部高壓等因素長期作用下，使上述無機物以及地球內部衝出的金屬化合與分解，日積月累，就形成了各種各樣的有機化合物。

這些有機化合物在原始海洋裡，繼續不斷地發生著化學反應，逐漸由簡單的有機物（氨基酸、核苷酸等），聚合成有機大分子（蛋白質和核酸）等。RNA（核糖核酸）也能製造蛋白質，形成 RNA 與蛋白質相輔相成的系統；之後，DNA（去氧核糖核酸）出現，確立了「以 DNA 的鹽基序列為生命設計圖，透過 RNA 的仲介，合成負責生命活動的蛋白質」的系統。約在 38 億年前，這種系統產生「膜」將自己的系統包住，內外分化，便形成了相對獨立於環境的體系，此就是最初的細胞，也是最初的生命。

從生命的起源，植物、動物的產生，到人類出現和發展的歷史是一個逐漸分化、不斷變化、互相競爭和合作的漫長歲月，

大概可以劃分如下幾個代表時期：(1)細菌和藍藻時代（38 億～18 億年前），(2)藻類和無脊椎動物時代（18 億～5 億年前），(3)裸蕨植物和魚類時代（4.4 億～3.5 億年前），(4)蕨類植物和兩棲動物時代（3.5 億～2.25 億年前），(5)裸子植物和爬行動物時代（2.25 億～7 千萬年前），(6)被子植物和哺乳動物時代（7 千萬～3 百萬年前），(7)人類時代（3 百萬年前）。

所以，一切的生命並非常恆不變，諸行無常，每一物種的生命於相似相續、變異演化過程中，猶如生命大海洪流中的水泡。

（二）生命的生態系統、新陳代謝與「無我」之生命與環境的關係

在太陽系內，生命活動見於地球的生物圈（向上約離地表 20 公里的大氣層，向下深入地表十幾公里地底處）。在生物圈內有的生命體含有葉綠素，以日光為能源，吸收空氣中的 CO₂ 及土壤中的養分，進行光合作用，稱為自養生物。大部分植物、藍藻和部分細菌屬於此種生命體。

此外，有一些生物不含葉綠素、不能進行光合作用，必須依靠攝取自養生物或其他生物為食而生存，稱為異養生物。真菌、動物（包括人類），以及大部分細菌屬於此種生命體。

生物圈中的無機物質，經由自養生物的光合作用，融入生物體。之後，有些通過自養生物本身的代謝活動而回歸無機世界；有些為異養生物所攝取，由於代謝活動以及呼吸、排洩等作用也回到無機世界。例如：牛羊排洩的糞便被細菌分解，進入土壤中，成為蚯蚓等的食物，或促進青草的生長，青草又被牛羊所吃，形成物質的循環。此外，大部分植物和動物屍體最

後都經腐生生物（異養生物）的分解作用而返回無機世界。

如此，形成生物圈內的物質循環。在每一個循環中，植物和動物交換生產能量和基礎建材所需的化學物質。但此種物質循環運動之能量都是單方向流動，不可逆轉。生命可說是上述生物圈中「生態系統」(ecosystem)中種種能量不可逆之物質循環過程的環節，每一代活著的生物都靠著前代生物所釋出的化學物質維生。生命反覆利用它所使用的東西。

為了維持生命活動，生物進行化學反應。生命是以「新陳代謝」(metabolism)之物質和能量的轉換的形式呈現。它包括兩個相反而又相互依存的過程。其中，生命體從外界攝取物質，製造出其活動所需的複雜物質，稱為「同化作用」(assimilation)；例如：植物利用太陽光能，以二氧化碳和水製造出葡萄糖和氧的反應。反之，將複雜物質分解成生物體活動所能利用的形式，提供生命活動的需要，一部分廢物排出體外，則稱為「異化作用」(catabolism)；例如：植物、動物利用氧，將葡萄糖分解成水和二氧化碳，伴隨釋出生命活動所需能量的反應。這兩個方面互相依存、相互轉換，就是生命生存和發展的基本條件。

換言之，新陳代謝和環境條件產生密切的關係。同化作用的物質取自環境，異化作用的分解產物歸於環境，生物不能脫離環境而存在，一切作用於新陳代謝的各種外界條件，都對生命活動產生影響。由於新陳代謝，生物與整個自然界形成相互作用、相互制約的系統。

為了讓體內的系統維持在高度組織化的狀態，需要不斷的建構及拆解它的組成。生命是藉由汰舊換新來維持，每天我們的體內約有 7% 的分子被汰換掉，這表示體內所有的分子大約在兩週內會全部更新過。此外，個別的細胞也會更新，也就是

死掉的細胞會由新的細胞取代。這種汰換（更新）也提供生物頗多應變能力。環境的改變往往使生物需要切換到另一種蛋白質系統，新蛋白質可以利用被拆解的舊蛋白質來製造。生物體內就是經由不斷的建構與瓦解，擺動於井然有序與紛亂失序之間，來維持高訊息與高能量的狀態。一切生命活動都是代謝的過程，一切生命物質都是代謝的產物。因此，新陳代謝是「生命」的特徵，當「新陳代謝」停止，生命就隨之停止。

但是，生命並非可以非獨立自存，「諸法無我」，個別的生命於相依相存的生態系統中，猶如生命大海中的浪花。

三、賞識生命的共通性：生命運作的方式

除了上述「大歷史」的尺度來探討生命科學與心靈環保之議題外，我們還可以從「小分子」的尺度來探討。對此，我推薦分子生物學家馬龍·霍格蘭(Mahlon Hoagland)與插畫家伯特·竇德生(Bert Dodson) 1995年合著 *The Way Life Works* (生命運作的方式) 之中譯本(2002年)《觀念生物學》¹，以及他們與茱德·浩可(Judith Hauck, 馬龍·霍格蘭的女兒, 生命科學的資深教師與教材開發者)合著的 *Exploring the Way Life Works* 一書²以及教學資源網站 (<http://waylifeworks.jbpub.com/>)。

¹ 《觀念生物學 1, 2》：霍格蘭(Mahlon Hoagland)、竇德生(Bert Dodson)合著。李千毅譯(2002)。臺北：天下文化。

² Mahlon Hoagland, Bert Dodson, & Judith Hauck (2001) *Exploring the Way Life Works*, Canada: Jones and Bertlett Publishers. 中譯本：《新觀念生物學》。林金盾審訂。葉蓉樺、黃俊霖編譯(2004年)。臺北：藝軒圖書出版社。

（一）賞識生命（真）、尊重生命（善）、美化生命（美）

「我們兩個人，一個是生物學家，一個是畫家，相遇在 1988 年。才初次見面，我們就發現彼此都對生命的共通現象充滿了驚喜與著迷？

所有活生生的東西，從微小的細菌到複雜的人類，竟然都利用相同的物質與相似的方式運作著，真是奧妙極了！

於是我們開始思索有沒有什麼辦法，
可以讓我們把對生命的讚嘆分享給大家。
很快的，我們發現可以透過把科學與藝術搓揉成水乳交融的境界，
來達到我們的目的。」

by Mahlon Hoagland & Bert Dodson

以上引自霍格蘭與竇德生合著的書 *The Way Life Works*（中譯本《觀念生物學》）之作者手記，它說明了：當「生命科學」與「藝術」相遇時，所可能激盪出的火花。

生物學家等科學家們「觀察」自然界時，「發現」且「紀錄」種種現象與問題(what, how, why……)，於是提出各種「假說」，嘗試解答問題，接著必須設計實驗來「驗證」那個「假說」合乎實驗結果，並且歸納這些現象的通則。科學方法所得到的結論繼續接受新的驗證的挑戰，逐漸讓我們更接近真實與真理。

同樣的，藝術家們「觀察」自然界時，「發現」種種能夠產生美感的事物，除了「欣賞」之外，也透過繪畫、符號、雕塑、聲音、影像等各種「紀錄」方式，「轉化」（模仿或創作）成大眾可溝通的媒介，以「表現」創作者的思想及情感，並引發接觸者的共鳴。隨著不同的時空文明的發展，不斷的激發新的藝術美學。

或許，追求「真」的生命科學家與追求「美」的藝術家有不同的價值觀，但是對於大自然與生命奧祕的興趣是相同的。是否有方法可以透過把科學與藝術搓揉成水乳交融的境界，達到把對生命的讚嘆分享之目的？

在這科學家與藝術家的互動過程中，希望顯示：只要你對大自然了解愈深，你就愈能賞識它的美，進而豐富自己的生活。接著，一連串科學與藝術交融的美妙事情發生了：

先是生物學家當老師，畫家當學生，一個解說，一個質問。

兩人一下子探索，一下子辯證。

有一天，畫家突發奇想，畫出一幅跨頁的插畫，讓生物學家眼睛一亮，把生物學家自以為很懂的東西推向新視野。

於是畫家搖身一變，成為老師，生物學家變成學生。

在這樣的互動與激盪中，我們對彼此的信心與默契日益滋長。

經過細究、詳查、篩檢、整理，把我們闡釋生命如何運作的想法，拼組成一幅完整的全景。

最後，這位生物學家希望：大眾能因此對科學的發現與成就，以及人類對深入了解自然所具有的潛力，感到敬畏與驕傲；這位畫家則看見一種可能性，也就是當我們體認到人類與生物世界所存在的一致性之後，將能「指引」每一個人的行為，朝向生命世界共同的大未來邁進。

所以，我們若能將科學與藝術融合，透過把生命科學（真）與藝術（美）之對話，來體會、讚嘆、分享生命的美妙，進而體悟在生命大海與長流中生存的意義與價值（善）。這或許也是提倡「心靈環保」的目標以及此講座的教學理念，分述如下：

1. 認知目標：了解、賞識生命

超越一隻昆蟲、一棵樹、一朵花等各別生物局限與差異，以宏觀的視野，了解生命共通的模式與規則，建立萬物平等一如的生命觀。追溯 40 億年生命長流之相似相續、變異演化過程，猶如生命長流中的水泡，體悟生命無常（非常恆不變）的宇宙觀，賞識地球上各類各樣、形形色色的生物，從體積最龐大的鯨魚到肉眼看不見的細菌。

2. 情意目標：尊重、關懷生命

體會在生態系統中各種形式的生命間之相互依存性，猶如生命大海中的浪花，塑造生命無我（非獨立自存）觀，培養尊重生命的信念，以孕育對生命的奧妙與美麗的讚嘆情懷，開展對所有生命價值的珍惜與關懷，養成慈悲心腸。

3. 技能目標：豐富、美化生命

能主動接觸、賞析各種生命，豐富生活；藉由各種形式的藝術媒材，表達對生命的奧妙與美麗的思想與情感，分享與生命共生共存的訊息，美化生命世界，以及學習坦然面對生命無常生滅的解脫能力。

（二）「小思考」(Thinking Small)：ATP（能量），DNA（訊息），Protein（結構）

相對於上述「大歷史」的尺度來探討生命科學與心靈環保之議題 The Way Life Works（中譯本《觀念生物學》）所談的主題大多發生在細胞內分子的層級，因此作者提出「小思考」(Thinking Small)的觀點，從「分子」的尺度來探討生命議題。

此書介紹：「人類的細胞大約比針尖小 10 倍，我們的身體大約是由 5 兆個細胞組成的。每個細胞內含有不計其數的非常微小的原子、分子。尺度大小與速率是相關的。一般而言，愈小的東西移動得愈快。水分子也好，體內其他上千種的分子也好，它們都是以極驚人的速率，在百萬分之一秒的百萬分之一瞬間內，與其他分子擦肩而過，或彼此相撞。生物就是靠著這樣頻繁且激烈的碰撞來維繫生命。當你意識到細胞內的分子是以你能想像的速率的百萬倍來移動時，就比較容易明白細胞內不斷進行著的生化反應的確切速率（每秒約有數千種反應發生）。」可見各種生命化學反應的忙碌與辛勤，值得我們珍惜與善用生命，盡可能讓生命發揮價值。

作者以如下的比喻讓讀者了解原子、分子、細胞、器官和個體之間的相對大小：「想像自己站在一座碼頭上，一隻手握著一顆 BB 彈，它代表一個原子的大小，另一隻手握著一顆彈珠，它象徵一個簡單的分子（小分子：CO₂, O₂, H₂O。10~35 個原子形成簡單分子：核苷酸、胺基酸、醣類）。你的身旁有一隻貓咪，牠代表長鏈分子（300~400 個或更多胺基酸形成蛋白質；百萬個核苷酸形成 DNA）。附近停著一輛貨櫃車，則相當於由長鏈分子組成的分子結構物，例如細胞膜或胞器（核糖體、粒線體……）。停泊在碼頭旁的遊輪可比做細胞的大小，而碼頭所在地的北美大陸則相當於一個完整的生物個體。」

其中，ATP (Adenosine Triphosphate, 腺苷三磷酸)、DNA (Deoxyribonucleic Acid, 脫氧核糖核酸)、Protein (蛋白質) 分別發揮「能量(energy)、訊息(information)、機器結構(machinery)」作用，可說是生命運作的基本分子，此三者也成為本書第 2~4 章的主角。

如同上述「大歷史」所討論宇宙、太陽系之能量與生命的

關係，第 2 章「能量」也提到：在我們生活的每一天，有無數個光子從太陽輻射出來，在太空中穿越了 1 億 5 千萬公里之後，抵達地球。……生命之所以能繁盛，是因為它們有辦法利用光能製造出高能分子(ATP)，進而利用高能分子的能量把簡單的分子結合成各種複雜的長鏈分子。你不妨這樣想想，地球上所有的動植物都是由一大堆「以光能為『強力膠』結合成的分子」所組裝出來的生物。」

此外，也說明：「生物已演化出一種正合所需的分子：ATP（Adenosine Triphosphate，腺苷三磷酸）。每個 ATP 分子有 3 個相連的磷酸，在第一個磷酸與第二個磷酸間，以及第二個磷酸與第三個磷酸間，都蘊藏著高能量，用以製造生命所需的各種鍵結。……ATP 以這種方式到處被「消費」，也難怪它叫作細胞內的「能量貨幣」。……每個細胞內……每 2 到 3 分鐘，這 10 億個 ATP 裡含高能量的磷酸鍵就要汰舊換新一次……你每天循環利用了 1 公斤左右的 ATP！」。

此外，還有維持生命運作的核心主角是兩種長鏈分子：一種專門攜帶訊息的 DNA（脫氧核糖核酸），另一種專門執行任務的 Protein（蛋白質）。簡單的說，生命就是 DNA 和蛋白質這兩種玩家聯手演出的傑作，它們的合作就好比指令與機器結構之間的關係。

但只有上述大「能量、訊息、機器結構」三主角，還不足以讓生命順暢的動起來，細胞還要能夠調節化學反應的速率、盡量排除廢物、提升反應效率，並確保環環相扣的反應過程能和諧運作，以促進全身的健康。這其實就是生物系統中的協調與控制的角色，我們通稱為「回饋(feedback): 傳訊、感覺與反應」，這也是第 5 章的主題。第 6 章「群集(community)」要探討的則是在多細胞生物體內，細胞與細胞之間如何(how)互動的

原理，特別是像受精卵這樣的單一細胞如何變多細胞的個體。

接著我們要問問「為什麼」(why)之類的問題：生物為什麼是這個樣子的呢在漫漫的時間長河中，生命的訊息一代傳一代，輾轉間逐漸的修飾了製造生命的機器——這個讓生物得以與周遭世界接觸的機器，不僅決定了該生物的命運，也決定了它所蘊藏的訊息的命運。第7章的主題「演化(evolution)」整合探討生物之間種種的為什麼。

四、代結語：生命 16 種共通模式與平等性

最後，再回到此書的第一章「模式(patterns)」，討論所有生命運作的共同模式是什麼？因為此書作者希望讀者可以超越一隻昆蟲、一棵樹、一朵花的局限與分佈心，從「生命之平等性」，來思考從最小的生物到人類這樣複雜的生物，大多可以適用之生命 16 種共通的模式如下：

1. 生命是由簡到繁組成的
2. 生命是由基本單位串連而成的
3. 生命需要內外之別
4. 生命使用少許的主題製造出許多變奏曲
5. 生命是依照訊息(information)來組成的
6. 生命藉由訊息(information)的重組來創造新變化
7. 生命的創造會發生失誤
8. 生命發生於水中
9. 生命需要醣類來維持運轉

10. 生命週而復始的運作
11. 生命循環利用它所使用的東西
(life recycles everything it uses)
12. 生命藉由汰舊換新來維持
13. 生命傾向最適合，而非最大狀態
14. 生命是機會主義者
15. 生命在互助的基準下彼此競爭
(Life Competes Within a Cooperative Framework)
16. 生命彼此相關、彼此依存

以上 16 種生命模式中，我個人特別介紹第 11、第 15 個模式，來作為此課程的結語。

第 11 個模式「生命反覆利用它所使用的東西」，讓我們省思：活著的這一代事實上是不斷地在利用過去的祖先所留下來的遺產，例如大家早上開車或坐車來學校是依靠著石油，而這石油就是古代生命的殘骸，所以大家一早的活動就如此地靠著祖先留下來的殘骸所形成的石油。而我們所吃的菜與食物其實也都是有賴生命的循環，有一天我們也會到地底下去幫助下一代。

因此，大家對生命有沒有這樣的感覺，大家走在路上的時候有沒有感受到自己跟地下的關係，我們現在站在台上，終有一天都會下台，不管我們怎麼站，最終都要到地底與天空。所以每一代活著的生命都是靠著先前生命所遺留下來的物質，我們今天能夠活著是靠著數不清的世代生命來支持的。

第 15 個模式「生命在互助的基準下彼此競爭」，這也是很有趣的一個現象。例如：扮演生命之能量運用相關的「葉綠體」

和「粒線體」的祖先是某種細菌。我們都知道植物的「葉綠體」可以行光合作用製造葡萄糖；我們也了解是動物等所有真核生物是依靠「粒線體」來燃燒葡萄糖產生能量以維持生命現象，所以有「細胞的發電站」（the powerhouse of the cell）之稱。

然而，在歷史演化過程當中，其實「葉綠體」和「粒線體」的祖先原本是含有獨立基因組的某種細菌，最初像微小型的掠食者那樣，侵入比較大的細菌當中寄生，雖然剝削它們的細菌寄主，但未造成嚴重傷害乃至死亡。這種「有節制」的掠食行為是演化過程中一再上演的主題，我們也從中看見生物間互相合作的契機。

經過一段時日，寄主發展出對入侵者的容忍度，且彼此開始能夠分享對方的代謝產物，最後兩者儼然成為正式的共生者，也就是彼此的存活都離不開對方，這種漸進式的合作為更高等的生命形式揭開序幕。

此書認為：這種生物共生現象帶給我們的啟示，誠如生物學家湯瑪士所言：在這世界上，並非「好人終究會出頭」，而是「好人活得較長久」。

這個道理或許也可以引申到社會人際的現象，因為假如某個人的存在會帶給眾人好處時，大眾會覺得：「有你真好」，自己與別人比較願意幫助讓某個人活得長久。又假如在我們生日的時候，大家覺得這個世界有我們的出生真好（或許這是「慶生」的真意），這或許是我們評量生命價值的指標之一。

