

第四章 生物多樣性及其保護



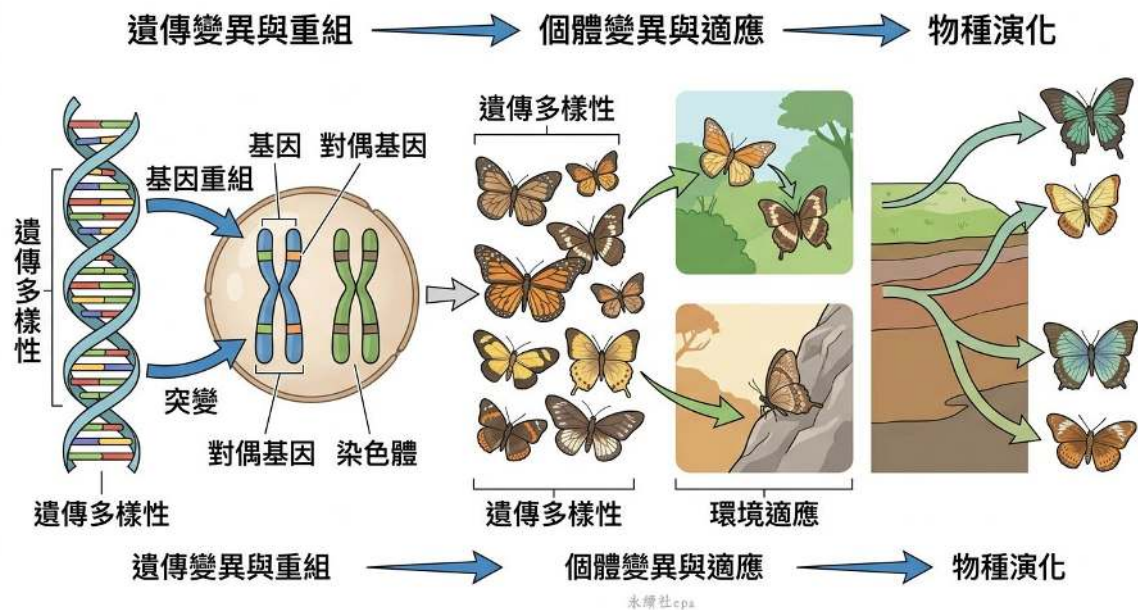
生物多樣性是指地球上所有生命形式、其遺傳變異以及其所組成的生態複合體的總和，它是地球生命支持系統的核心，也是環境科學研究的重要基石。從第三章對生態系統的深入探討，我們理解到生態系是由生物群落與其物理環境互動形成的動態複合體，而生物多樣性正是維繫這些生態系統結構穩定與功能運作的關鍵。生物多樣性的喪失不僅意味著物種的滅絕，更代表著生態系統服務的退化，這些服務包括淨化空氣與水、調節氣候、形成土壤、授粉作物以及提供食物、藥物和原材料等，對人類社會的永續發展具有不可替代的價值。因此，從生態系統的討論過渡到生物多樣性的專門探討，是理解人類生存環境基礎與面臨危機的邏輯延伸。

生物多樣性可以從三個層次來理解：遺傳多樣性、物種多樣性和生態系多樣性。遺傳多樣性指的是同一物種內個體之間或種群之間的基因變異總和，這種變異是物種適應環境變化、抵抗疾病以及進行人工育種改良的基礎。例如，同一種農作物不同品系對乾旱或病蟲害的抵抗能力差異，即源於其遺傳多樣性。物種多樣性則是指在特定區域或全球範圍內，物種的豐富程度及其相對多寡的分布狀況，它是最直觀、最常被用來衡量生物多樣性的指標。生態系多樣性則是指地球上各種生態系統的類型、結構、功能及其生態過程的多樣性，例如森林、草原、濕地、珊瑚礁等，每一類生態系統都為獨特的生物群落提供了棲息地。這三個層次相互關聯、相互影響，共同構成了地球生命的複雜網絡。

生物多樣性的分布並非均勻，全球有若干區域擁有異常豐富的物種數量和高比例的特有種，這些區域被定義為生物多樣性熱點地區。要成為熱點地區，該區域必

須包含至少 1500 種特有維管束植物，並且已失去超過 70% 的原始植被。這些熱點地區雖然僅占地球陸地面積的一小部分，卻容納了全球極高比例的特有動植物物種，例如喜馬拉雅山區、中南半島、地中海盆地等。然而，這些熱點地區也正面臨著棲地破壞、氣候變遷、外來種入侵等最嚴峻的威脅，使其成為保育工作的優先區域。理解生物多樣性的空間分布格局，對於制定有效的全球與區域保育策略至關重要，這涉及在有限的資源下，如何最大化地保護物種及其賴以生存的生態過程。

面對生物多樣性急速喪失的全球性危機，保育行動主要分為兩大策略：就地保育與遷地保育。就地保育是指在物種原有的自然棲息地中進行保護，透過建立國家公園、自然保護區、野生動物庇護所等保護區網絡，維持生態系統的完整性與自然演化過程。這是生物多樣性保育的基石，因為它能保護物種連同其生態關係與環境一併保存。遷地保育則是將物種的個體、配子或組織，遷移至其自然棲地之外進行保護，例如動物園、植物園、種子銀行、基因庫等。遷地保育對於極度瀕危、野外棲地已遭嚴重破壞的物種而言，是防止其立即滅絕的重要安全網，並可作為未來復育計畫的種源。理想的保育策略需要兩者相輔相成，形成一個動態的保護體系，以應對當前複雜的環境挑戰。



4.1 定義：遺傳多樣性、物種多樣性、生態系多樣性

生物多樣性，作為地球生命複雜性的總稱，不僅僅是物種數量的簡單加總，而是涵蓋了從基因到生態系的多層次生命變異。這個概念的核心在於理解生命形式的豐富度、差異性以及彼此間的相互連結。在環境科學的脈絡下，生物多樣性被視為生態系韌性與功能的基石，它確保了自然系統在面對環境變動時能夠維持穩定，並持續提供人類社會賴以生存的各種生態系服務。從提供食物、藥物、潔淨水源，到調節氣候、控制病蟲害、形成土壤以及提供文化與精神上的滋養，生物多樣性的價

值滲透於人類生活的每一個面向。因此，探討生物多樣性及其保育，不僅是生物學的範疇，更是環境科學中整合生態、社會、經濟與倫理觀點的關鍵議題。

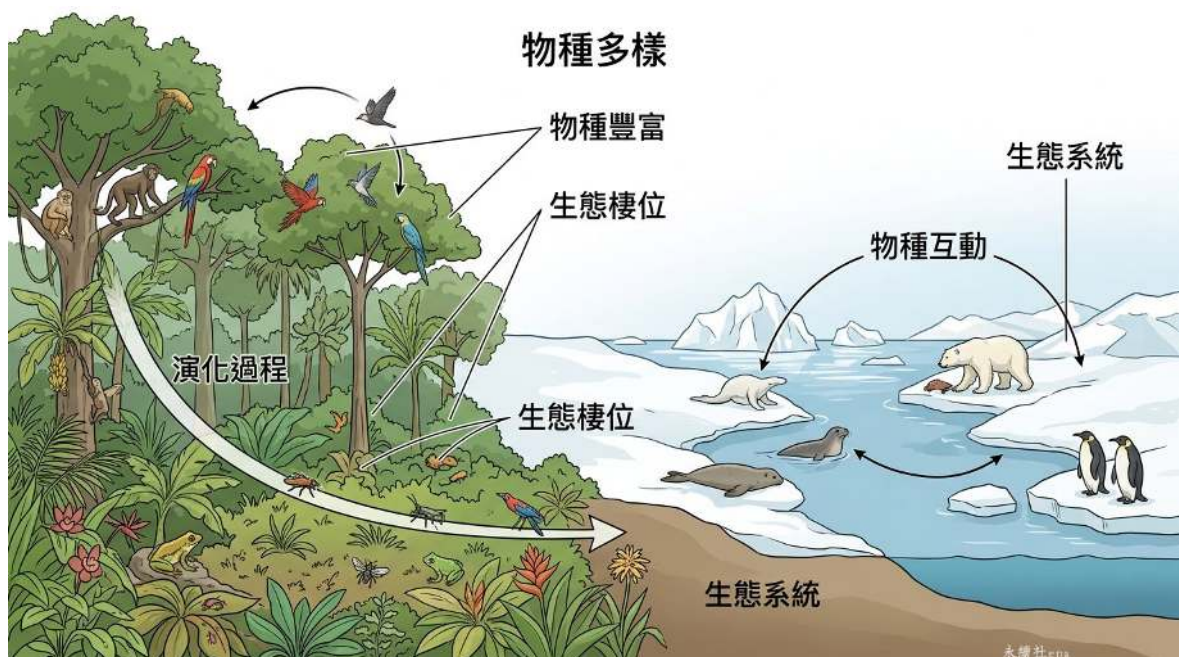
為了系統性地理解生物多樣性的全貌，科學家普遍將其劃分為三個相互關聯但層次分明的範疇：遺傳多樣性、物種多樣性與生態系多樣性。這三個層次共同構成了生命之網的完整圖像，其中任一層次的喪失都可能引發連鎖反應，影響其他層次的穩定性與功能。遺傳多樣性關注的是物種內部的變異，它是物種適應環境變遷與長期演化的原料；物種多樣性則著眼於一個區域或全球範圍內，不同物種的豐富度與均勻度，是生物多樣性最直觀的表現；而生態系多樣性則擴大到景觀尺度，指地球上各種不同類型的生態系統，如森林、草原、濕地、珊瑚礁等，其組成、結構與過程的變異性。這三個層次由微觀至宏觀，層層相扣，共同支撐著生物圈的運作。

遺傳多樣性指的是同一物種內，不同個體之間在基因組成上的差異。這種差異存在於物種的種群之中，表現為個體在形態、生理、行為以及對環境適應能力上的變異。遺傳多樣性是物種演化的基礎，透過基因的突變、重組與流動，物種得以產生新的性狀。當環境發生變化時，例如氣候變遷或新病害的出現，具有較高遺傳多樣性的種群更可能擁有某些個體，其基因型恰好能適應新的條件，從而使整個物種免於滅絕。在農業與林業上，作物品種或林木的遺傳多樣性至關重要，它是育種專家改良作物抗病性、產量與營養價值的基因庫。然而，現代農業過度依賴少數高產品種，導致許多傳統地方品種消失，這實質上是一種遺傳侵蝕，使全球糧食系統面對病蟲害或氣候異常時更為脆弱。

物種多樣性是指在特定地理區域或全球範圍內，物種的豐富程度及其相對數量分布。它通常從兩個面向來衡量：一是物種豐富度，即一個區域內物種的總數；二是物種均勻度，指各物種個體數分布的均等程度。一個擁有許多物種且各物種數量相當的群落，其物種多樣性高於一個物種數雖多但由單一物種主導的群落。熱帶雨林和珊瑚礁被認為是地球上物種多樣性最高的生態系統。物種多樣性不僅具有內在的生態價值，每一個物種在生態系中都扮演著獨特的角色，可能是關鍵的授粉者、分解者，或是食物網中不可或缺的一環。物種的喪失，尤其是關鍵物種的滅絕，可能導致生態系功能失調，例如害蟲爆發、授粉服務下降或營養循環中斷，進而影響人類福祉。

生態系多樣性是指地球上各種生態系統的類型、數量、分布及其內在的過程與結構的變異性。生態系統是由生物群落與其非生物環境相互作用而形成的一個功能單位。不同的氣候、地形、土壤和水文條件，造就了森林、草原、沙漠、凍原、淡水濕地、河口與海洋等多樣化的生態系統。每一類生態系統都有其獨特的物種組成、物理結構（如森林的垂直分層）和生態過程（如能量流動和物質循環的速度與路徑）。生態系多樣性的重要性在於，不同的生態系統提供不同的、且常常是互補的生態系服務。例如，森林擅長碳吸存與水土保持，濕地則精於水質淨化與洪水調節。保護生態系多樣性，意味著維護這套完整且多功能的「自然基礎設施」，以支持人類社會的永續發展。

這三個層次的生物多樣性並非獨立存在，而是緊密交織、相互影響。高層次的生態系多樣性，為物種的生存與演化提供了多樣化的棲地，從而支持了高度的物種多樣性。而豐富的物種多樣性，又意味著更多的基因庫存在於生物圈中，奠定了遺傳多樣性的基礎。反之，遺傳多樣性的喪失會削弱物種的適應能力，可能導致物種局部滅絕，進而降低物種多樣性；單一物種的消失可能破壞生態系的結構與功能，長遠來看可能導致生態系統類型的簡化或轉變。因此，生物多樣性保育必須採取一種整合性的策略，同時在基因、物種與生態系三個層面上採取行動，從設立種原庫保存珍稀基因，到劃設保護區網絡維護關鍵棲地與生態過程，都需要通盤考量。理解這三個層次的定義與相互關係，是進入後續探討生物多樣性的價值、分布、威脅與保育策略的基礎。

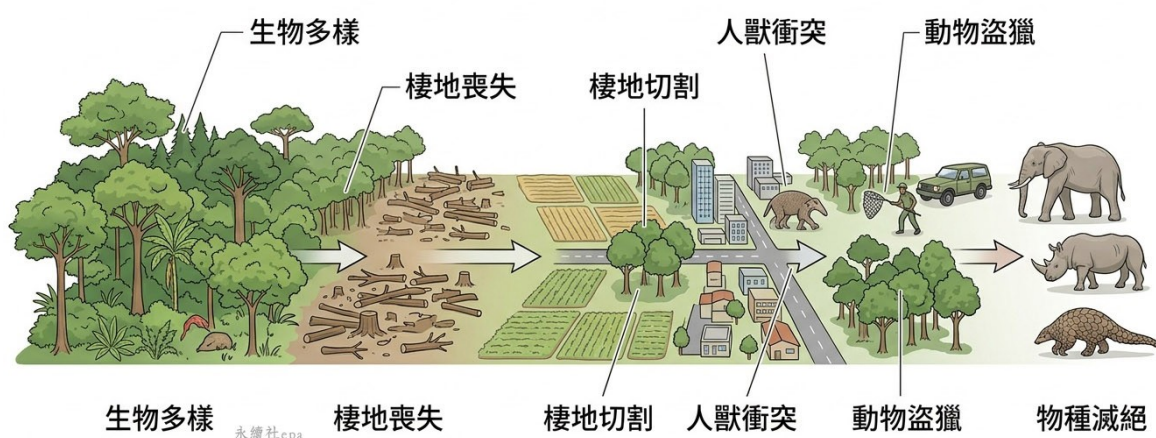


4.1.1 遺傳多樣性

遺傳多樣性是生物多樣性最基本且核心的層次，它指的是同一物種內不同個體之間，或同一物種不同族群之間，在遺傳物質上的變異總和。這種變異儲存於所有生物體的基因、染色體乃至整個基因組之中，是物種適應環境變化、維持族群健康並持續演化的根本基礎。從微觀角度看，遺傳多樣性體現在基因的對偶基因 (allele) 多樣性上，例如控制人類血型的基因有不同的對偶基因，從而產生了 A 型、B 型、O 型等不同血型。在更廣泛的層面上，它也包括染色體結構的差異以及整個基因組序列的變異。這些遺傳上的差異，透過有性生殖過程中的基因重組與突變，不斷地產生與累積，為物種提供了應對疾病、寄生蟲、氣候變遷及其他環境壓力時所需的潛在適應能力。一個物種的遺傳多樣性越豐富，其族群在面對環境衝擊時，擁有能夠存活並繁衍後代的個體的機會就越大，從而降低了整個物種滅絕的風險。

遺傳多樣性的重要性不僅體現在物種的長期生存，也直接關乎人類的福祉與經濟活動。在農業領域，農作物的遺傳多樣性是育種工作的寶庫，育種學家透過篩選和結合不同的遺傳性狀，培育出具有高產量、抗病蟲害、耐旱或營養價值更佳的新品種。例如，上世紀中葉小麥和水稻的「綠色革命」，其成功很大程度上依賴於從野生近緣種或地方品種中發現並引入了關鍵的遺傳基因。同樣地，畜牧業也依賴於家畜品種內豐富的遺傳變異來改良性狀。在醫藥領域，許多藥物的研發源於對自然界生物遺傳資源的探索，例如從特定植物或微生物中提取的化合物。此外，遺傳多樣性對於維持生態系統的功能與穩定性至關重要，因為它影響著物種內個體對資源的利用方式、對干擾的抵抗能力以及恢復力，進而影響整個生態系的生產力與服務功能。

然而，全球的遺傳多樣性正面臨著嚴峻的威脅。現代農業過度依賴少數高產的商業化品種，導致大量傳統地方品種和野生近緣種被遺棄乃至消失，這種遺傳均質化的現象被稱為「遺傳侵蝕」。大規模單一作物種植不僅使農業系統更容易受到病蟲害爆發的毀滅性打擊，也喪失了未來適應氣候變遷所需的遺傳資源。棲息地的破碎化與破壞，則將野生動植物族群分割成孤立的小群體，限制了基因交流，導致近親繁殖和遺傳漂變，使得有害隱性基因表達的機率增加，族群整體的遺傳變異減少，適應潛力下降。過度捕撈、盜獵等直接開發行為，也會選擇性地移除具有特定遺傳特徵的個體，無形中改變了族群的遺傳結構。這些因素共同作用，使得無數物種的遺傳基礎正在不斷窄化，對全球糧食安全、生態韌性及生物技術的未來發展構成潛在危機。因此，保育遺傳多樣性不僅是保護單一基因或品種，更是為人類與地球生態系統的永續未來保存不可或缺的進化資本。



4.1.2 物種多樣性

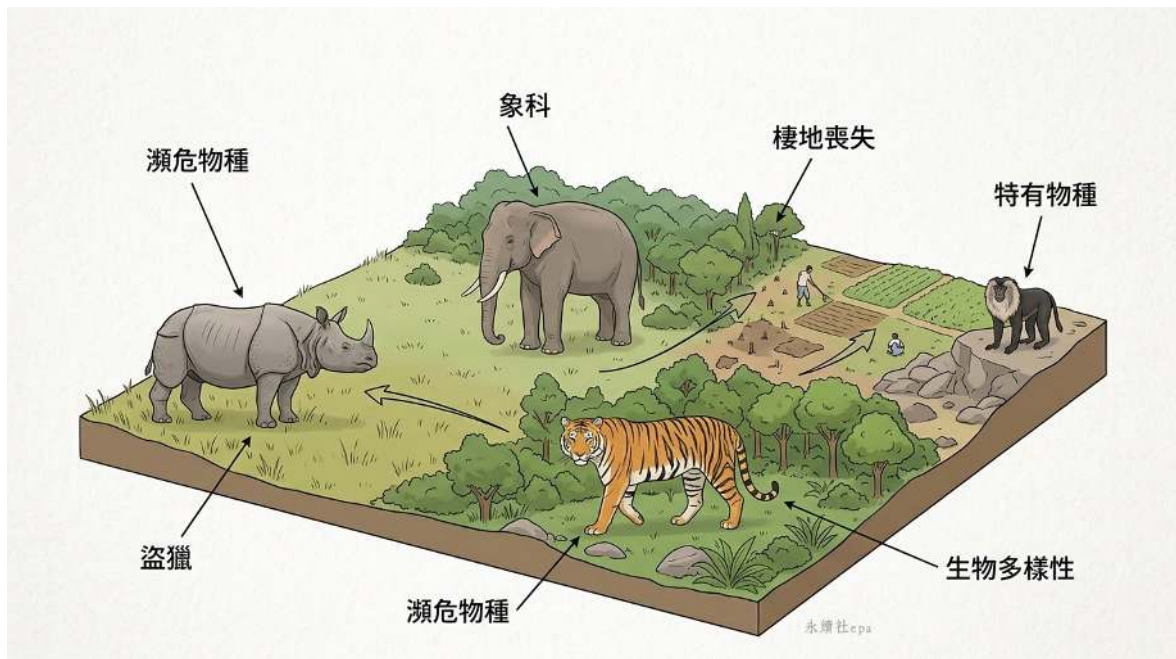
物種多樣性是生物多樣性中最為直觀且易於理解的層次，它指的是在特定區域或全球範圍內，不同物種的豐富程度與分佈狀況。此概念不僅關注物種的數量，即物種豐富度，也涵蓋了各物種個體數量的相對多寡，即物種均勻度。一個健康的生態系統通常具備較高的物種多樣性，這意味著系統內存在多種不同的生命形式，彼此在功能上相互依賴與制衡。物種多樣性的測量可以從局部尺度，如一片森林或一

座湖泊，擴展到區域乃至全球尺度，從而幫助科學家評估生態系統的穩定性、恢復力以及面臨環境變遷時的脆弱性。物種的多樣性直接影響生態系的生產力與營養循環效率，多樣性高的系統往往能更有效地利用資源，並對疾病爆發、氣候異常等干擾具有較強的緩衝能力。

物種多樣性的形成與維持是漫長演化過程的結果，受到地理隔離、氣候條件、地質歷史以及物種間相互作用等多重因素影響。例如，熱帶雨林地區由於穩定的氣候、豐富的資源和複雜的棲地結構，孕育了地球上最高水平的物種多樣性。相反，極地或沙漠等極端環境中，物種數量則相對稀少。每一個物種在生態系中都扮演著獨特的角色，即其生態棲位，包括它如何獲取資源、與其他物種互動以及對環境的影響。這種功能上的多樣性確保了生態過程，如授粉、種子傳播、養分分解和害蟲控制等，能夠持續運作。當物種多樣性喪失時，某些關鍵生態功能可能隨之削弱或消失，進而導致整個生態系統服務的退化，影響人類社會的福祉。

然而，當前全球正面臨物種多樣性急遽下降的危機，其主要驅動力來自人類活動。棲地破壞與碎片化是導致物種滅絕的首要原因，大規模的農業擴張、都市化、森林砍伐及基礎建設，直接侵蝕了野生動植物的生存空間。此外，過度開發，如非法野生動物貿易、不可持續的漁業和伐木，使得許多物種的族群數量銳減。外來入侵物種的引入則可能排擠或捕食原生種，擾亂原有的生態平衡。氣候變遷更進一步加劇了這一趨勢，改變了物種的分布範圍與物候，使適應能力較差的物種面臨存續挑戰。這些威脅相互交織，導致物種滅絕速率遠高於自然背景值，這不僅是生物遺傳資訊的永久流失，也預示著生態系統潛在的崩潰風險。

因此，監測與保育物種多樣性已成為全球環境議程的核心。保育策略包括建立保護區以維護關鍵棲地，實施物種復育計畫，以及透過國際公約如《生物多樣性公約》來規範與協調各國行動。同時，理解物種多樣性的空間分布模式，例如識別生物多樣性熱點地區——那些物種特有性高且受威脅嚴重的地區，能幫助將有限的保育資源進行優先配置。



4.1.3 生態系多樣性

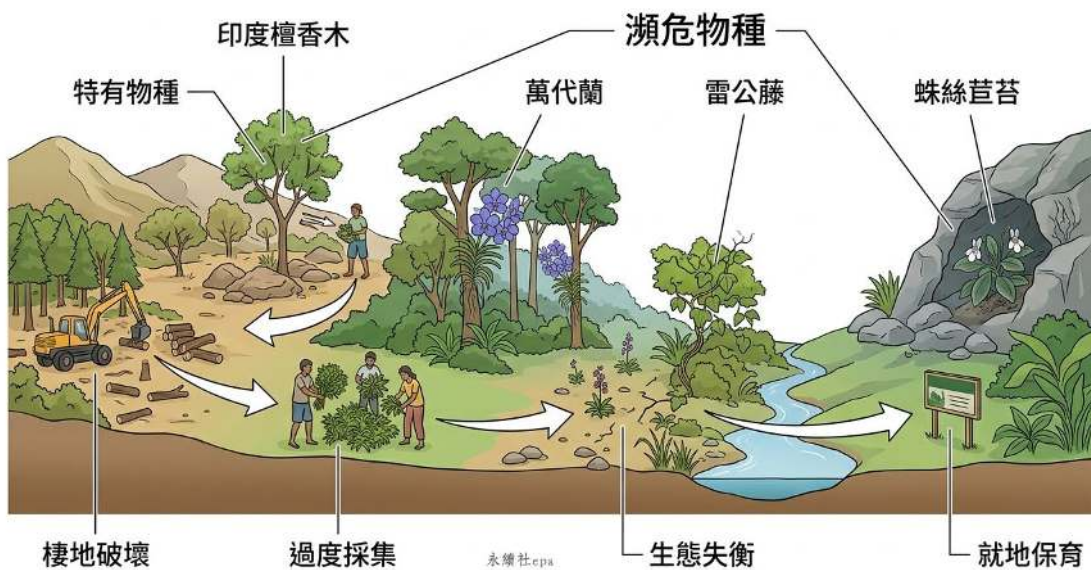
生態系多樣性，亦稱為生態系統多樣性，是指在特定地理區域或全球範圍內，不同類型生態系統的豐富度、分布及其相互之間的差異。它不僅關注生態系統的類型數量，更深入探討這些系統在結構、功能、組成以及所處環境條件上的變異性。生態系統是由生物群落與其非生物環境透過複雜的交互作用所構成的一個功能單位，例如森林、草原、濕地、珊瑚礁、沙漠等。生態系多樣性正是這些不同功能單位在地景上的鑲嵌組合，其多樣性程度直接影響了區域乃至全球的生態穩定性、生產力與恢復力。一個擁有高生態系多樣性的地區，意味著它包含了從高山、森林到河流、湖泊等多種生境，每種生境都支持著獨特的生物群落和生態過程，從而為物種提供了多樣化的生存空間與避難所，並確保了各種生態服務的持續供給。

生態系多樣性的重要性體現在多個層面。首先，它是維持物種多樣性和遺傳多樣性的基礎。不同的生態系統提供了相異的物理條件與資源，使得適應各種環境的物種得以生存和演化。例如，一個同時包含紅樹林、海草床和珊瑚礁的沿海地區，其所能承載的海洋生物種類遠比單一類型的海岸線來得豐富。其次，生態系多樣性直接關聯到生態系統服務的多元性與穩健性。不同的生態系統提供不同的服務：森林著重於碳匯、水土保持與氣候調節；濕地擅長水質淨化、洪水緩衝與地下水補注；農業生態系統則主要提供糧食與纖維。當一個區域擁有多樣化的生態系統時，即使某個系統受到干擾（如病害、火災或污染），其他系統仍能維持部分服務功能，從而增強了整個地景的韌性，降低了全面性生態崩潰的風險。

從功能角度分析，生態系多樣性確保了生物地球化學循環的完整性與效率。地球上的水循環、碳循環、氮循環等並非孤立進行，而是透過不同生態系統之間的介面與交換過程串聯起來。例如，森林生態系統吸收大氣中的二氧化碳，河流生態系統則將陸地養分輸送至海洋，滋養沿海生態系統。多樣化的生態系統如同一個精密網絡中的不同節點，各自執行特定功能，並透過物質與能量的流動相互連結。這種

功能上的互補與連結，使得全球生態系統能夠有效調節氣候、淨化環境與維持生產力。一旦生態系多樣性降低，例如大面積的天然林被轉為單一作物農田，不僅物種會消失，相關的水文調節、土壤保育等關鍵生態過程也會被削弱或中斷，導致環境退化與服務流失。

然而，生態系多樣性正面臨著人類活動導致的嚴重威脅。棲地破壞、破碎化與轉作是主要驅動因素。為了農業擴張、都市發展、基礎建設與資源開採，原始森林被砍伐、濕地被排乾、草原被開墾，導致連續的自然地景被切割成孤立斑塊，許多生態系統類型面積縮減甚至完全消失。這種變化不僅直接減少生態系統的類型與數量，更破壞了生態系統之間的連結廊道，影響物種遷徙與基因交流。此外，外來入侵種的擴散、氣候變遷引起的溫度與降水模式改變，以及污染物的跨介質傳輸，都在改變生態系統的結構與功能，可能導致某些脆弱的生態系統類型（如高山草甸、珊瑚礁）退化或轉型，進一步侵蝕全球的生態系多樣性。因此，保育生態系多樣性需要從地景尺度進行規劃，強調保護各類生態系統的代表性樣區、維護其間的生態連結，並以永續的方式管理人類所依賴的生產性景觀。



4.2 生物多樣性的價值

生物多樣性並非僅是物種名錄上的靜態數字，它代表著地球上生命形式的豐富度、變異性及其相互作用的複雜網絡，為人類社會提供了多面向且不可或缺的價值。理解這些價值的多元性，是制定有效保育策略與推動永續發展的基石。生物多樣性的價值體系可從多個維度進行剖析，其中消費價值、生產價值、社會價值、倫理價值、美感價值與選擇價值構成了其核心內涵。這些價值並非彼此孤立，而是相互交織，共同支撐著生態系統的穩定與人類文明的福祉。從直接取用於自然的資源，到維繫文化認同的精神紐帶，生物多樣性以有形與無形的方式，深刻影響著人

類經濟活動、社會結構、文化實踐以及對未來的展望。全面評估這些價值，有助於我們超越單純的經濟計算，認識到生物多樣性流失所帶來的全面性風險，從而促使社會各界採取更積極的行動。

消費價值，亦稱直接使用價值，指的是生物多樣性資源能夠被人類直接消耗或使用的部分。這是最直觀、最容易被理解的價值形式，涵蓋了人類生存與發展的基本物質需求。例如，人類從自然界直接獲取食物，包括各種穀物、水果、蔬菜、魚類和肉類，這些都源自於馴化或野生的動植物物種。木材、纖維、橡膠、燃料等工業與生活原料，也直接取自森林與其他生態系統。此外，許多藥物的活性成分直接從植物、動物或微生物中提取，傳統醫學體系如阿育吠陀、中醫等，更是高度依賴對豐富生物資源的知識。消費價值體現了生物多樣性作為「資源庫」的角色，其多樣性確保了人類能夠應對不同的環境條件與需求變化，例如在主要糧食作物因病蟲害減產時，野生近緣種可能提供抗病基因，成為重要的遺傳備份。

生產價值，或稱間接使用價值，指的是生物多樣性通過維持生態系統的過程與功能，間接為人類提供的惠益。這些功能雖然不直接以商品形式出現在市場上，卻是經濟活動與社會存續的根本基礎。例如，森林和濕地生態系統具有涵養水源、調節氣候、淨化空氣與水質、控制侵蝕、維持土壤肥力以及為農作物授粉等功能。海洋和淡水生態系統則維繫著漁業資源，並參與全球營養循環。生物多樣性豐富的生態系統通常更具韌性，能更好地抵禦環境干擾（如極端氣候、病蟲害爆發）並維持其服務功能。生產價值猶如自然為人類經濟活動所提供的「基礎設施」與「免費服務」，其經濟價值往往巨大但容易被忽略，直到生態系統退化導致服務中斷時，其重要性才會以災難性的成本形式顯現出來。

社會價值體現了生物多樣性在塑造人類社會結構、文化實踐和社區認同方面的作用。許多社區與特定物種、景觀或生態系統有著深厚的精神、宗教或文化連結。特定的樹種、動物或自然區域可能被視為神聖的，成為儀式、節慶和傳統習俗的核心。原住民和地方社區的傳統知識體系，包括對動植物用途、生態規律的認識，是基於長期與特定生物多樣性環境互動而累積的智慧，這些知識本身即是文化遺產的一部分。生物多樣性也支持著休閒、生態旅遊和教育活動，促進社區凝聚力與身心健康。當生物多樣性喪失時，與之相關的文化實踐和社會結構也可能隨之瓦解，導致文化多樣性的流失，這是一種難以用金錢衡量的深層損失。

倫理價值源於一種信念，即所有物種，無論其對人類是否有益，都具有內在的生存權利和價值。這種觀點認為，人類並非自然的主宰，而是生命共同體的一部分，有道德責任尊重並保護其他生命形式。倫理價值強調代際公平，要求我們將一個豐富多樣的生物世界傳承給子孫後代，而非剝奪他們享受和受益於生物多樣性的機會。它也涉及動物福利的考量，反對不必要的殘忍對待野生與馴養動物。從深層生態學的角度看，整個生態系統的完整、穩定與美麗本身就具有最高價值。倫理價值為保育行動提供了超越功利計算的道德基礎，促使社會思考發展模式與自然共存的根本原則。

美感價值源於生物多樣性帶給人類的審美體驗、靈感啟發與精神愉悅。自然景觀的壯麗、野生動物的優雅、花卉的繽紛色彩、鳥類的婉轉鳴唱，這些都豐富了人類的精神世界，激發了藝術、文學、音樂和哲學的創作。許多人從觀賞自然、徒步旅行、觀鳥等活動中獲得心靈的寧靜與滿足。生物多樣性之美是國家公園、自然保護區和生態旅遊業得以存在的核心吸引力。這種非物質的價值雖難以量化，卻是提升生活品質、促進心理健康的重要因素，也是人類文化創造力的重要源泉。

選擇價值，或稱潛在價值，指的是為未來保留生物多樣性選項的價值。我們目前對物種和基因的認識仍然有限，許多物種的潛在用途尚未被發現。隨著科學技術的進步和人類未來需求的變化，今天看似無用的物種，明天可能成為新藥、新材料或應對新挑戰（如新疾病、氣候變化適應）的關鍵資源。選擇價值就像一份為未來投保的保單，確保我們在面對未知風險時，擁有一個豐富的「自然解決方案」基因庫可供選擇。滅絕是不可逆的，一個物種一旦消失，它所攜帶的獨特遺傳資訊及其所有潛在價值也將永遠喪失。因此，保護生物多樣性就是保護未來世代解決問題的可能性與選擇的自由。

4.2.1 消費價值

生物多樣性的消費價值，亦稱直接使用價值，指的是人類直接從生物資源中獲取產品，並將其用於消費、維持生計或進行市場交易所產生的價值。這類價值最為直觀，因為它直接轉化為人類日常所需的食物、藥物、建材、燃料、纖維以及其他生活物資。從最基本的層面來看，全球數十億人口的糧食安全高度依賴於一小部分被馴化的動植物物種，例如水稻、小麥、玉米、家禽和牲畜。然而，野生生物多樣性作為這些馴化物種的基因庫，提供了育種改良所需的遺傳物質，以對抗病蟲害或適應氣候變遷，從而確保了農業系統的韌性與長期生產力。此外，許多社區，特別是原住民和農村人口，依然直接依賴森林、草原和濕地中的野生動植物來獲取食物、藥材和收入，這種直接採集構成了他們生計與文化認同的核心部分。

在醫藥領域，生物多樣性的消費價值尤為顯著。傳統醫學體系，如阿育吠陀、中醫等，其藥典絕大部分來源於對動植物及微生物的利用。現代醫藥的發展也深深植根於自然產物，許多重要的藥物，如從柳樹皮衍生的阿斯匹靈、從黃花蒿提取的青蒿素、從太平洋紫杉醇發現的抗癌藥物，其最初的化學結構或靈感都源自特定的生物物種。這意味著每一種尚未被研究的物種，都可能蘊藏著治療人類疾病的潛在化合物，其經濟與健康價值難以估量。因此，生態系統中物種的滅絕，不僅是生物遺傳信息的永久喪失，更可能意味著未來某種關鍵藥物或治療方法的永遠消失，直接影響人類的健康福祉。

除了食物與藥物，生物多樣性還提供了廣泛的工業原料與消費品。木材與竹材是建築和造紙業的基礎；天然橡膠、樹脂、染料和油脂來自多種植物；動物皮毛、絲綢、羊毛則是紡織業的重要原料。這些資源支撐著龐大的全球產業鏈，創造了就業與經濟產值。在能源方面，雖然化石燃料佔據主導，但在許多發展中地區，薪

柴、木炭和牲畜糞便仍是不可或缺的傳統家用能源，直接依賴於當地生態系統的生產力。這種直接消費關係，使得生物資源的管理與永續利用成為區域經濟穩定與社會發展的關鍵。

然而，消費價值的實現方式直接影響到生物多樣性的存續。過度開發、不可持續的採伐、捕撈和狩獵，是導致物種減少和棲地破壞的主要原因之一。當一種資源因其高市場價值而被過度利用時，例如犀牛角、象牙或某些高價木材，便會引發盜獵與非法貿易，使物種瀕臨滅絕。這凸顯了管理消費價值的重要性：必須在滿足當代人類需求與維護資源長期再生能力之間取得平衡。永續收穫實踐、認證計畫（如森林管理委員會FSC認證）、以及對替代品的研究推廣，都是為了確保生物多樣性的消費價值能夠世代延續，而非一次性耗竭。因此，認識並量化消費價值，不僅是經濟評估，更是制定永續資源管理政策、引導負責任消費行為的基礎。

4.2.2 生產價值

生物多樣性的生產價值，亦稱間接使用價值，主要體現在生態系統為人類社會提供的各類服務與功能，這些服務雖不直接轉化為市場商品，卻是維持經濟生產活動與人類生存的基礎。此類價值源於生態系統的完整運作，例如森林調節氣候、涵養水源、防止土壤侵蝕；濕地淨化水質、調節洪水；昆蟲與鳥類傳播花粉、控制害蟲；微生物分解有機物、維持土壤肥力等。這些生態過程若需以人為工程替代，將耗費巨額成本，甚至無法完全複製。因此，生物多樣性的生產價值是支撐農業、林業、漁業乃至整體經濟的隱形支柱，其喪失將直接威脅到生產系統的穩定性與韌性，導致自然資本的耗損與經濟風險的增加。

從經濟學角度審視，生產價值可視為一種保險機制與投資。多樣化的物種與基因庫提供了應對環境變遷的緩衝能力，例如作物野生近緣種可能蘊藏抗病、抗旱或高產的基因特質，是未來育種改良的關鍵資源庫。海洋與森林生態系統的健全，確保了漁業資源與林產的永續收穫。當單一物種因疾病或氣候衝擊而衰退時，生態系統內其他物種可能填補其生態區位，維持服務功能不中斷。這種由多樣性帶來的系統穩定性，降低了生產活動所面臨的自然風險，保障了長期的經濟安全。忽視此價值，過度簡化生態系統（如大規模單一作物種植），雖可能短期提升效率，卻會增加系統脆弱性，最終可能引發災難性的產量崩潰或生態服務失能。

具體而言，生產價值滲透於多個關鍵產業。在農業領域，健康的土壤生物多樣性（如蚯蚓、菌根真菌）促進養分循環與土壤結構，減少對化學肥料的依賴；傳粉昆蟲的服務直接影響全球三分之一作物產量。在醫藥產業，許多藥物源自野生動植物，豐富的物種多樣性意味著更多潛在的新藥來源。在氣候調適方面，紅樹林與珊瑚礁保護海岸線，減緩風暴潮對沿海社區與基礎設施的破壞，其防護價值難以估量。此外，生態系統透過水循環調節、空氣淨化等過程，為工業生產與城市生活提供了不可或缺的環境條件。這些服務雖未計入傳統國內生產毛額，但其經濟貢獻實質且龐大，是衡量一國真實財富與發展永續性的核心指標。

認識並量化生物多樣性的生產價值，是制定合理保育與資源管理政策的基礎。這要求我們超越僅以市場價格衡量自然資源的狹隘視角，發展並採用生態經濟學的評估工具，如生態系統服務價值評估、自然資本核算等。透過將這些隱形價值顯性化，決策者與社會大眾方能更清晰地理解保育生物多樣性並非單純的道德訴求或成本支出，而是一項對未來經濟生產力、社會安定與人類福祉的關鍵投資。維護生物多樣性，即是維護自然資本的完整性，確保生態系統能持續提供維繫文明發展所必需的各種生產性服務。



4.2.3 社會價值

生物多樣性的社會價值，體現在其維繫人類社會結構、文化傳承與社區凝聚力的深遠影響上。這種價值並非直接以貨幣或物質形式呈現，而是透過社會制度、傳統知識、文化實踐以及社區認同感來具體化。自古以來，人類社群便與其周遭的生態環境緊密相連，發展出適應當地生物資源的生活方式、節慶儀式、藝術表現與社會規範。例如，許多原住民族群與地方社區的傳統知識體系，深刻鑲嵌著對當地動植物物種的認識與利用方式，這些知識不僅是生存技能，更是社群身分認同與文化連續性的核心。生物多樣性提供了社會互動與合作的物質基礎，如共同管理資源、分享收穫或舉行與特定物種相關的祭典，這些活動強化了社會紐帶，促進了集體智慧的傳承。因此，生物多樣性的喪失，不僅是物種的滅絕，往往也意味著與該物種相關的獨特文化實踐、語言詞彙與社會儀式的消亡，對人類文化的多樣性造成不可逆的損害。

進一步而言，生物多樣性對於社會穩定與公平具有關鍵作用。許多社區，特別是發展中國家的農村與原住民社區，其生計高度依賴當地生態系統提供的多樣化資源，包括食物、藥材、建材與燃料。這種直接依賴性賦予生物資源極高的社會價值，因為它們關乎社區的生計安全、營養健康與經濟韌性。當生態系統因生物多樣性下降而退化，這些社區往往首當其衝，面臨資源匱乏、生計困難乃至被迫遷徙的

風險，從而加劇社會不平等與衝突。此外，生物多樣性豐富的環境，如森林、濕地與海岸帶，常被賦予精神上的意義，被視為聖林、神山或水源保護地，這些社會文化建構的保護機制，在歷史上有效地保育了許多生態棲地。這種將自然賦予神聖性或社會規範約束的價值觀，體現了社會價值在資源管理中的調節功能。在現代社會，生物多樣性也透過提供休閒、生態旅遊與教育場域，促進社會福祉與環境意識，成為連結都市居民與自然的橋樑，具有凝聚社會共識、提升生活品質的無形效益。

從更宏觀的社會發展角度審視，生物多樣性是人類適應環境變遷、維持社會韌性的重要基礎。面對氣候變遷、新型疫病等全球性挑戰，遺傳多樣性與物種多樣性為農業、醫藥與科技創新提供了不可或缺的基因庫與啟發來源。社會的長期存續與發展，有賴於從豐富的生物資源中尋找解決方案，例如抗病作物品系、新藥先導化合物或仿生學設計靈感。這種為未來社會預留選項的價值，雖難以量化，卻至關重要。同時，生物多樣性的保育與永續利用，已逐漸成為國際社會的共同倫理與法律責任，相關的公約與規範（如《生物多樣性公約》）體現了全球社會對維護地球生命支持系統的集體承諾。一個社會如何對待其生物多樣性，反映了其文明程度、公平正義觀念以及對後代的責任感。因此，承認並維護生物多樣性的社會價值，不僅是文化保存與社區發展的需要，更是確保社會在動態變化的世界中能夠永續、公平且具韌性地發展的根本前提。這要求政策制定與資源管理必須納入在地社區的知識與參與，尊重文化多樣性，並在發展過程中維護生態系統的完整性與服務功能。

4.2.4 倫理價值

生物多樣性的倫理價值，植根於一種超越人類直接經濟或物質利益的深層信念，即所有物種，無論其對人類的效用為何，都擁有內在的生存權利與價值。這種價值觀挑戰了以人類為中心的自然觀，主張人類並非地球的唯一主宰，而是與其他生命形式共享這個星球的生命共同體成員。倫理價值的核心在於承認生物多樣性本身具有道德地位，其存在不應僅取決於是否對人類社會有益。從這個角度出發，保護生物多樣性是一種道德義務，是我們對其他生命形式、對地球生態系統完整性，以及對後代子孫所肩負的責任。這種責任感促使我們反思自身的行為模式，評估發展活動是否在道德上可被接受，特別是在可能導致物種滅絕或棲地永久破壞的情況下。

進一步探討倫理價值的內涵，它與許多文化、宗教和哲學傳統中的生態智慧相互呼應。例如，許多原住民族群的世界觀強調人與自然和諧共處，視山川、河流、動植物為具有靈性的存在，人類的生存依賴於對自然的尊重與感恩。在東方哲學中，「天人合一」的思想也蘊含著深刻的生態倫理。從現代環境倫理學的發展來看，諸如「土地倫理」主張將道德關懷的範圍從人際關係擴展到土地、水、植物和動物所構成的整個生態社群；而「深層生態學」則更進一步，倡導一種以生態為中心的價值觀，認為生物圈中的所有生物都具有平等的內在價值。這些思想都為生物

多樣性的倫理價值提供了堅實的理論基礎，強調我們有義務維護生命之網的複雜性與穩定性。

在實踐層面上，倫理價值是推動保育政策與個人行動的重要動力。當社會普遍認同其他物種擁有生存權利時，便會更積極地支持設立保護區、立法禁止瀕危物種貿易、以及恢復退化生態系統等措施。它促使我們在進行經濟開發決策時，不僅進行成本效益分析，更進行道德考量，評估發展所帶來的物種滅絕風險是否在倫理上可以被容忍。此外，倫理價值也與代際公平緊密相連。我們這一代人消耗資源、改變環境的行為，不應剝奪未來世代享受豐富生物多樣性的權利。因此，保護生物多樣性不僅是對當代其他生命的尊重，也是對未來人類的倫理承諾。這種跨越時間的道德責任，要求我們以永續的方式管理自然資源，確保生態遺產得以傳承。

總而言之，生物多樣性的倫理價值構成了保育工作的道德基石。它提醒我們，人類的繁榮不應建立在其他物種滅絕的基礎之上。在面對生物多樣性急速喪失的全球危機時，強化社會對倫理價值的認知與認同至關重要。這需要透過教育、文化倡議和公眾對話，將生態倫理內化為社會的核心價值之一。當我們從內心深處認同保護自然是一種道德命令時，所制定的政策將更為堅定，所採取的行動將更為自覺，從而為維繫地球生命的豐富與奇蹟，奠定不可或缺的倫理基礎。

4.2.5 審美價值

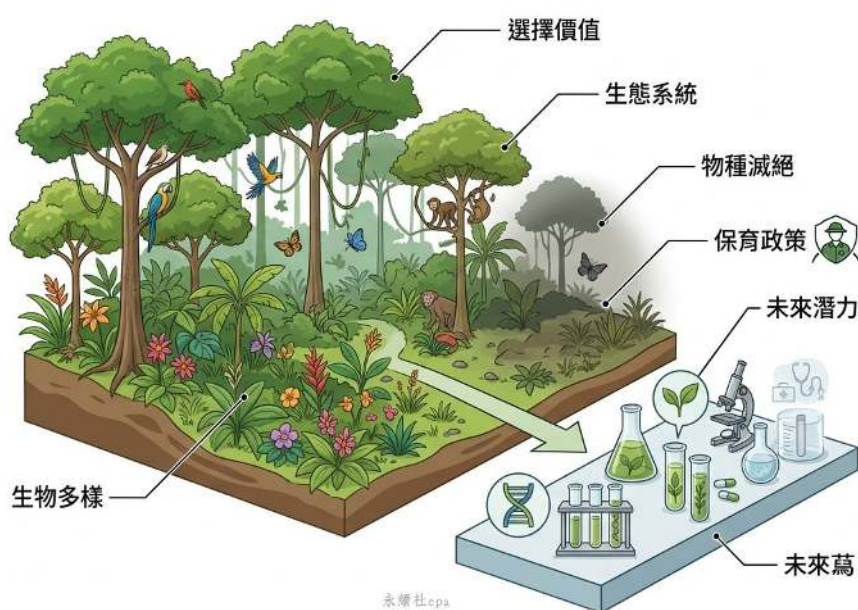
生物多樣性的審美價值，指的是生態系統、物種及其自然棲地所帶給人類的美感體驗、精神愉悅與心靈啟發。這種價值超越了物質與實用層面，觸及人類情感與文化認同的核心。自然景觀的壯麗、野生生物的優雅姿態、森林的幽靜、珊瑚礁的色彩斑斕，乃至一朵野花的細緻結構，都能激發人們的驚嘆、寧靜與靈感。這種與生俱來對自然之美的欣賞，是人類普世經驗的一部分，深深影響著藝術、文學、音樂、哲學與宗教的發展。從古典山水畫到現代自然攝影，從詩詞歌賦到生態旅遊，生物多樣性持續為人類文化提供不可或缺的創作泉源與精神慰藉。

審美價值不僅體現在宏觀景觀，也蘊含於微觀世界與生態過程之中。季節更迭所呈現的色彩變化、物種間精巧的共生關係、演化所塑造的獨特形態，這些都構成自然之美複雜多維的面向。這種美學體驗具有重要的心理與社會功能，能減輕壓力、提升創造力、促進心理健康，並培養對環境的關懷與歸屬感。許多研究指出，接觸自然環境有助於改善情緒、增強認知功能，這說明了審美價值與人類福祉之間存在著實質連結。因此，保護生物多樣性不僅是保存物質資源，也是維護一個能持續滋養人類精神與文化生活的美學寶庫。

在現代社會，生物多樣性的審美價值更衍生出重要的經濟與教育意義。生態旅遊與自然休閒產業的蓬勃發展，直接奠基於景觀與野生生物的美學吸引力，為許多地區帶來可觀收益並促進保育工作。國家公園、自然保護區與風景區的設立，很大程度上是為了保護這些具有高度審美價值的自然資產，供公眾欣賞與世代傳承。此

外，自然之美是環境教育最有力的媒介之一，能夠直觀地喚起公眾特別是年輕一代對生態的興趣與保護意識。當人們被自然之美所感動時，更可能轉化為支持保育行動的內在動力。

然而，審美價值也面臨因生物多樣性喪失而遭受侵蝕的威脅。物種滅絕、棲地破碎化、景觀單一化，不僅導致生態功能退化，也使得世界在美學上趨於貧乏。單調的農田取代多樣的森林，受污染的水域失去清澈與生機，這些變化剝奪了人類體驗自然之美的機會。維護生物多樣性的審美價值，意味著我們必須保護完整的生態系與自然過程，而不僅僅是孤立的名勝景點或旗艦物種。這需要將美學考量納入保育規劃與土地管理中，確保發展活動不致永久損毀景觀之美與生態完整性，讓未來世代仍能享有與自然建立深刻美學連結的權利。



4.2.6 選擇價值

選擇價值，又稱選項價值，是生物多樣性所具備的一種潛在且至關重要的價值形式，它代表著我們為未來世代保留選擇機會的承諾。這種價值並非基於當前已知的直接用途或消費，而是源於對未來不確定性的認知。我們無法預測哪些物種、基因或生態系統過程將在未來成為解決人類生存挑戰的關鍵，例如開發新藥物、培育抗病作物、或發展適應氣候變遷的生態工程。因此，選擇價值體現了一種預防原則和風險管理的思維，強調在物種滅絕或生態系統崩潰之前進行保育，實質上是為人類社會購買了一份未來的「保險」。這種價值評估超越了當下的市場經濟框架，將時間維度和未知可能性納入考量，承認我們現有的科學知識存在局限，許多物種的潛在效用尚未被發現或理解。

在實踐層面上，選擇價值直接影響保育政策的優先順序與資源分配。當我們決定保護一片熱帶雨林、一個珊瑚礁或一個濕地生態系統時，不僅是保護其現有的觀光收益或漁獲資源，更是保護其中數以萬計尚未被研究物種的未來可能性。歷史上已有許多例證，原先被認為無關緊要的物種，後來成為醫學或農業革命的基石。例

如，某些植物化合物成為抗癌藥物的來源，特定微生物的酶在工業生物技術中扮演關鍵角色。這些發現往往具有偶然性，若相關物種在其潛在價值被認識前就已滅絕，損失將無法彌補。因此，選擇價值的核心論點在於：滅絕是不可逆的，一旦喪失生物多樣性，就等同永久關閉了未來可能賴以生存的選項大門，這對人類長遠的適應力與創新能力構成根本性威脅。

從經濟學與倫理學的交叉視角審視，選擇價值也涉及代際公平的深刻議題。當代人類作為地球資源的暫時管理者，是否有權剝奪未來世代探索和利用生物多樣性的權利？選擇價值的概念對此給出了否定的答案。它要求我們在進行開發決策時，必須將未來人類的福祉與選擇權納入成本效益分析，儘管這在量化上極具挑戰。這促使保育行動從一種被動的補救措施，轉變為一種主動的、前瞻性的投資。維護選擇價值意味著我們必須採取一種更為審慎的發展路徑，在經濟活動與生態保全之間尋求平衡，確保生態系統的完整性與物種的存續，從而為子孫後代保留一個充滿生物潛力與應變彈性的世界。這種價值觀最終將引導社會走向更永續的發展模式，其中生物多樣性不被視為可隨意置換的資本，而是支撐人類文明長遠未來的、無可替代的基礎。

4.3 全球、國家與地方層面的生物多樣性

生物多樣性的分布與其重要性，依觀察尺度不同而呈現出多樣化的面貌，從全球宏觀的格局到國家層級的資源盤點，乃至地方社區的直接依存關係，共同構成了理解生物多樣性保育的立體框架。在全球層面上，生物多樣性並非均勻分布，而是高度集中於特定地理區域，這些區域通常被稱為生物多樣性熱點或巨大多樣性國家。全球尺度的分析揭示了物種豐富度與生態系類型隨緯度變化的梯度，一般而言，熱帶地區擁有遠高於溫帶及極區的物種數量，這與穩定的氣候、充足的太陽能輸入以及長期的地質歷史有關。此外，全球生物多樣性正面臨著由人類活動驅動的第六次大滅絕危機，物種滅絕速率遠超過自然背景值，這不僅是單一物種的消失，更意味著生態網絡中關鍵節點的喪失，可能引發連鎖反應，削弱全球生態系的韌性與服務功能。國際公約如《生物多樣性公約》的制定，正是為了應對此全球性挑戰，旨在促進跨國合作，確保生物資源的永續利用與惠益共享。

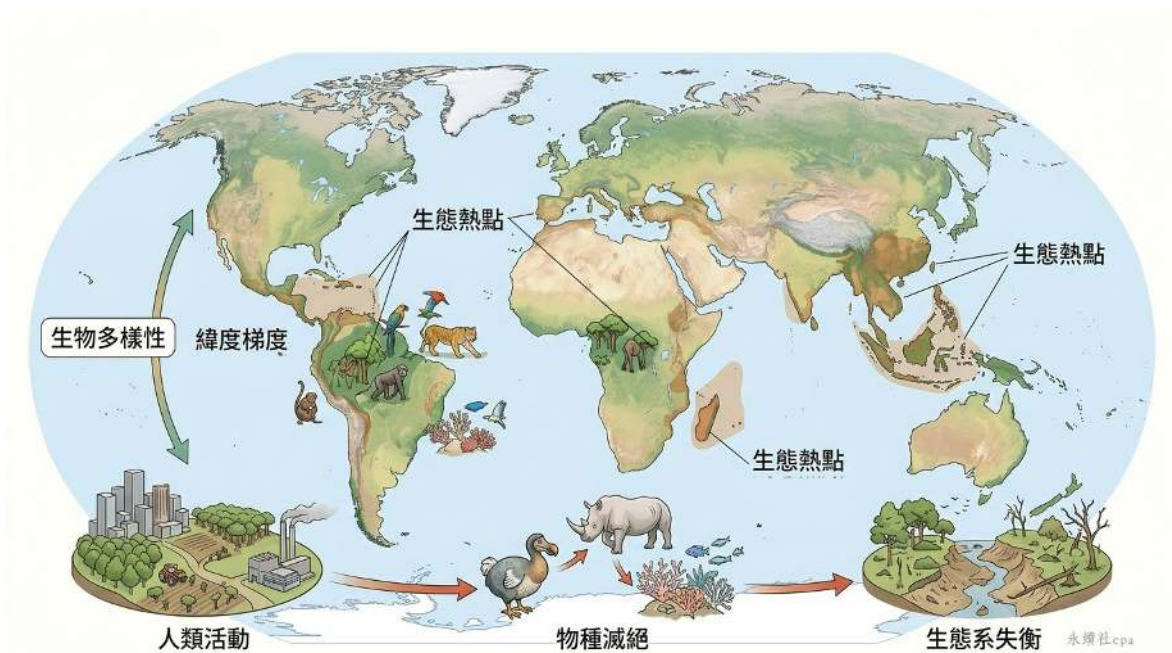
在國家層面，生物多樣性成為一國自然資本的核心組成部分，直接關乎其糧食安全、水資源供應、醫藥研發潛力與經濟發展基礎。每個國家因其獨特的地理位置、地形地貌與氣候條件，孕育出特有的生物群落與生態系統。國家有責任對其境內的生物多樣性進行調查、編目與監測，並制定相應的法律框架與保護策略，例如劃設保護區網絡、實施物種保育計畫以及管理外來入侵種。國家層面的生物多樣性評估，往往能凸顯出該國在全球生物多樣性格局中的獨特地位與貢獻，例如某些國家可能擁有極高比例的特有種，使其成為全球保育的關鍵所在。同時，國家政策與經濟發展模式，如農業擴張、基礎建設與能源開發，也對境內生物多樣性產生最直

接的衝擊，因此需要在發展與保育之間取得平衡，將生物多樣性主流化納入各部門政策之中。

地方層面，特別是社區層級，是生物多樣性與人類生活產生最緊密連結的尺度。地方性的生物多樣性，包括當地常見的動植物種、傳統作物品系、家畜品種以及微生物資源，構成了社區生計、文化認同與傳統知識的基礎。原住民與地方社區在長期的互動中，發展出豐富的生態知識與資源管理智慧，這些知識對於維持當地生態系的健康與適應環境變遷至關重要。地方層面的生物多樣性變化，例如某種關鍵資源物種的減少、授粉者的消失或土壤微生物群落的改變，會立即影響到社區的糧食生產、水源品質與健康狀況。因此，社區參與式的保育管理，如社區森林、保護區共管機制或農業生物多樣性就地保育，被認為是有效且具社會正義的保育途徑。這強調了保育行動必須尊重並整合地方知識與需求，方能長久持續。

這三個層面並非彼此孤立，而是相互影響、層層嵌套。全球生物多樣性趨勢是由無數地方性變化的總和所驅動；反之，全球性的氣候變遷與市場力量也深刻影響著地方生態系統。國家政策則扮演了承上啟下的關鍵角色，既要履行國際承諾，回應全球關切，又需制定符合國情的法規，並授權與支持地方社區的保育行動。例如，一個全球關注的瀕危物種，其最後的棲地可能僅存於某個國家的特定地方社區周遭，其存續便依賴於國際保育資金、國家法律保護與社區巡守監測的共同作用。理解這種多尺度互動關係，有助於設計更周全的保育策略，避免顧此失彼。

當前生物多樣性喪失的驅動因素，同樣在這三個層面上運作。在全球層面，氣候變遷與國際貿易導致的外來種擴散是主要壓力。在國家層面，土地用途變更、資源過度開採與污染是普遍原因。在地方層面，則可能具體表現為森林砍伐、濕地填埋、過度放牧或傳統永續實踐的式微。因此，有效的保育必須是多層級、多部門的協同努力，包括全球性的減碳協議與貿易規範調整、國家級的國土空間規劃與綠色財政政策，以及地方層級的生態系統恢復與生計替代方案。透過這種整合性的視角，我們才能更全面地評估生物多樣性的價值與威脅，並在從全球到地方的每一個層級上，推動從認知、政策到行動的轉變，為維繫地球的生命之網盡責。



4.4 生物多樣性熱點地區

生物多樣性熱點地區的概念，是保護生物學中一個至關重要的策略性工具，旨在全球層面優先劃定並集中有限的保育資源於最迫切需要的地區。此概念由國際環保組織「保護國際」所推廣，其核心定義標準包含兩項嚴格的條件：首先，該區域必須擁有至少一千五百種特有維管束植物，亦即這些植物物種的自然分布範圍僅限於該地區，全球其他地方並不存在，這凸顯了其獨一無二的演化遺產；其次，該區域必須已喪失其原始植被覆蓋的百分之七十以上，顯示其生態系統正遭受嚴重破壞，處於高度瀕危狀態。這兩個條件的結合，巧妙地識別出那些既具有極高生物獨特性，同時又面臨迫在眉睫地喪失威脅的地理區域，促使國際社會與各國政府採取緊急行動。

全球目前被認定的生物多樣性熱點地區數量有限，每一個都是地球上生命多樣性無可替代的寶庫。這些熱點地區的總面積僅占地球陸地面積的約百分之2.4，然而卻承載了超過半數的全球維管束植物物種以及將近半數的陸棲脊椎動物物種。這種高度集中的生物多樣性，使得這些區域成為全球保育工作的重中之重。著名的熱點地區包括南美洲的熱帶安地斯山脈、中美洲的馬達加斯加島嶼與印度洋群島、東南亞的印度-緬甸區、非洲的好望角植物區，以及地中海盆地等。每一個熱點都呈現出獨特的地質歷史、氣候條件與演化路徑，孕育出大量適應當地環境的特有物種，形成了複雜而脆弱的生態網絡。

生物多樣性熱點地區的劃定，不僅具有科學上的意義，更在保育政策與實務上產生深遠影響。它提供了一個清晰的地理框架，引導國際援助資金、非政府組織項目以及國家級保護區網絡的設立優先順序。例如，全球環境基金等國際機構經常將

熱點地區作為資助的重點。然而，此概念也引發一些討論與挑戰。批評者指出，過度聚焦於熱點可能導致對其他重要但不符合嚴格熱點標準的生態系統（如廣大的草原、溫帶森林或淡水生態系）的忽視，這些地區可能擁有獨特的生態功能或同樣面臨威脅。此外，熱點的概念主要基於維管束植物和脊椎動物，對於無脊椎動物、微生物等物種多樣性的涵蓋可能不足。因此，現代保育策略強調應將熱點方法與更廣泛的生態系服務保護、景觀層級的規劃相結合。

4.5 生物多樣性面臨的威脅：棲地喪失、野生動物盜獵、人獸衝突

生物多樣性所面臨的威脅是多面向且相互關聯的，其中棲地喪失、野生動物盜獵以及人獸衝突是當前最為顯著且急迫的挑戰。這些威脅並非獨立存在，而是彼此交織，形成一個複雜的壓力網絡，持續侵蝕著全球生態系的穩定性與物種的生存基礎。棲地喪失被廣泛認為是導致物種滅絕的首要原因，其影響範圍與深度遠超過其他單一因素。當自然棲地被轉變為農業用地、都市發展區、基礎建設或受到資源開採的破壞時，原本依賴該環境生存的物種便面臨存續危機。這種轉變不僅直接剝奪了生物的生存空間，更導致棲地破碎化，將完整的生態區域切割成孤立的小區塊。破碎化的棲地如同生態孤島，限制了物種的遷徙、基因交流與覓食範圍，使得族群規模縮小，遺傳多樣性降低，對環境變動的抵抗力也隨之減弱。此外，棲地喪失往往伴隨著環境品質的劣化，例如水污染、土壤侵蝕與微氣候改變，這些次生效應進一步壓縮了適應力較差物種的生存機會。

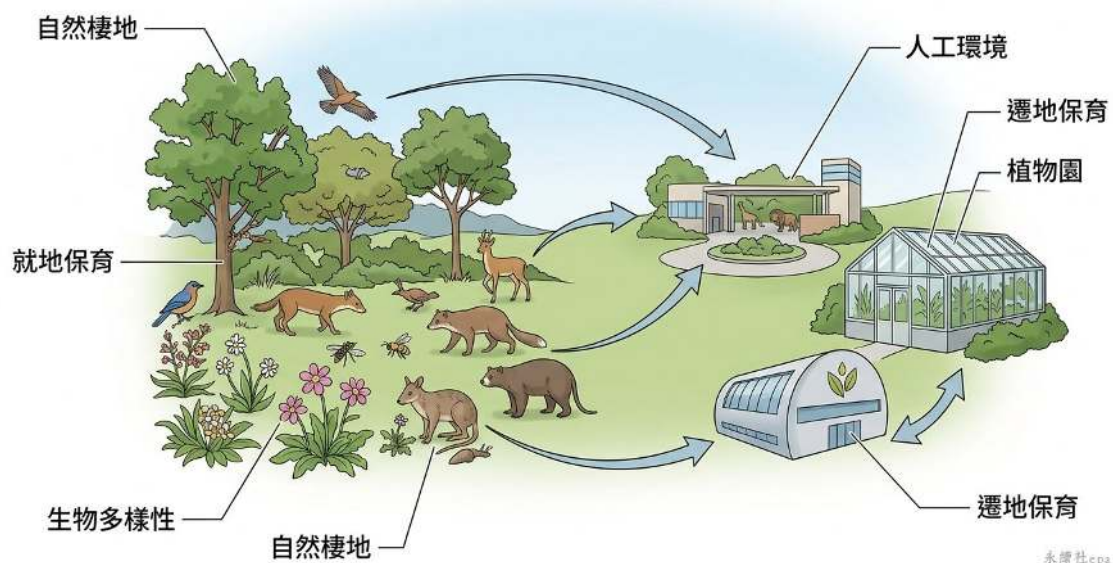
野生動物盜獵與非法野生生物貿易則是直接針對特定物種的毀滅性威脅，其動機主要源於經濟利益。盜獵活動猖獗的對象通常是具有高市場價值的物種，例如象牙、犀牛角、虎骨、穿山甲鱗片以及各種珍稀寵物與觀賞植物。這種需求驅動的掠奪行為，往往在短時間內就能使一個物種的族群數量銳減，甚至走向區域性滅絕。盜獵不僅影響目標物種本身，更會擾亂整個生態系的平衡。例如，頂級掠食者數量的減少可能導致其獵物族群過度膨脹，進而對植被造成過度消耗，引發連鎖的生態崩潰。非法貿易網絡的全球化與隱蔽性，使得執法面臨巨大挑戰，而貧困、治理不善與腐敗問題更在許多地區加劇了盜獵的嚴重性。此外，傳統醫藥市場對某些野生動物部位的需求，以及將野生動物作為身份象徵的消費文化，持續為非法貿易提供市場，使得保育工作必須同時從減少供給與抑制需求雙管齊下。

人獸衝突的加劇，是人類活動範圍不斷擴張至野生動物棲地的直接後果，同時也是棲地喪失與破碎化所引發的關鍵問題。當森林邊緣被開墾為農田或聚落，或當水源地被人類設施所佔據時，野生動物為了覓食與生存，不可避免地會進入人類活動領域。這導致了農作物遭破壞、牲畜被捕食、財產損失，甚至人類傷亡等事件。常見的衝突案例包括亞洲象破壞莊稼、大型貓科動物襲擊家畜、熊類侵入營地或村落等。這類衝突往往引發社區居民對野生動物的敵意，可能導致報復性殺戮，進一步威脅物種生存。從根本上看，人獸衝突反映了資源競爭與空間重疊的深層矛盾。

解決之道不能僅依賴於事後的補償機制或移除「問題個體」，而需要前瞻性的土地利用規劃，例如建立生態廊道連接破碎棲地、在衝突熱點設置有效的物理防護措施，以及推動社區為基礎的保育計畫，讓當地居民能從保育中獲得實質利益，從而轉化為保護野生動物的夥伴。

這三大威脅之間存在著緊密的因果循環。棲地喪失迫使野生動物進入人類領域，加劇了人獸衝突；衝突導致的負面觀感可能削弱民眾對保育的支持，間接容忍或甚至助長棲地進一步開發；而棲地的退化與縮小，使得剩餘的野生動物族群更為集中且脆弱，反而可能讓盜獵者更容易鎖定目標。特別是在生物多樣性熱點地區，這些壓力往往以加乘的方式作用，因為這些區域通常兼具高度的特有性與面臨極大的人為開發壓力。例如，在熱帶雨林地區，為了棕櫚油、大豆或牧場進行的森林砍伐，直接造成棲地喪失，迫使紅毛猩猩等物種瀕臨絕境，同時盜獵幼獸作為寵物貿易的現象也隨之而生。在草原生態系，農業擴張與道路建設切割了遷徙動物的路徑，如非洲的象群，不僅引發人象衝突，也讓盜獵集團有機可乘。

面對這些複雜且相互連結的威脅，有效的生物多樣性保育策略必須是整合性的。這包括強化保護區網絡的完整性與連通性，透過科學的土地利用規劃來預留野生動物的生存空間與移動走廊。同時，必須加強執法力度與國際合作，以打擊跨國野生生物犯罪，並透過教育與宣導減少對非法野生生物產品的市場需求。在緩解人獸衝突方面，則需要發展並推廣創新且符合地方脈絡的緩解工具，例如早期預警系統、保險計畫與替代生計方案，將當地社區納入保育決策過程，尋求人類發展與野生生物共存的和解方案。唯有正視這些威脅的系統性本質，並採取跨部門、跨尺度的協調行動，才能扭轉生物多樣性快速流失的趨勢，為子孫後代保全地球上豐富的生命寶藏。



4.6 生物多樣性保育：就地保育與遷地保育

面對生物多樣性急遽喪失的全球性危機，保育行動已成為環境科學與資源管理的核心議題。生物多樣性保育並非單一策略所能達成，而是需要一套涵蓋不同空間尺度與管理哲學的綜合性方法。其中，就地保育與遷地保育構成了保育策略的兩大支柱，兩者相輔相成，旨在因應不同的威脅情境與保育目標。就地保育強調在物種原有的自然棲息地中進行保護，透過維護完整的生態系功能來確保物種的長期存續；而遷地保育則是在自然棲地之外，例如動物園、植物園、種原庫或水族館等人工或半人工環境中，對物種個體、配子或組織進行保育。這兩種策略的選擇與應用，取決於物種的受脅狀況、生態特性、可用資源以及棲地當前面臨的壓力。有效的生物多樣性保育計畫必須審慎評估，靈活結合這兩種途徑，形成一個從基因到生態系層級的安全網，以減緩物種滅絕的速度，並為未來的生態復育保留希望。

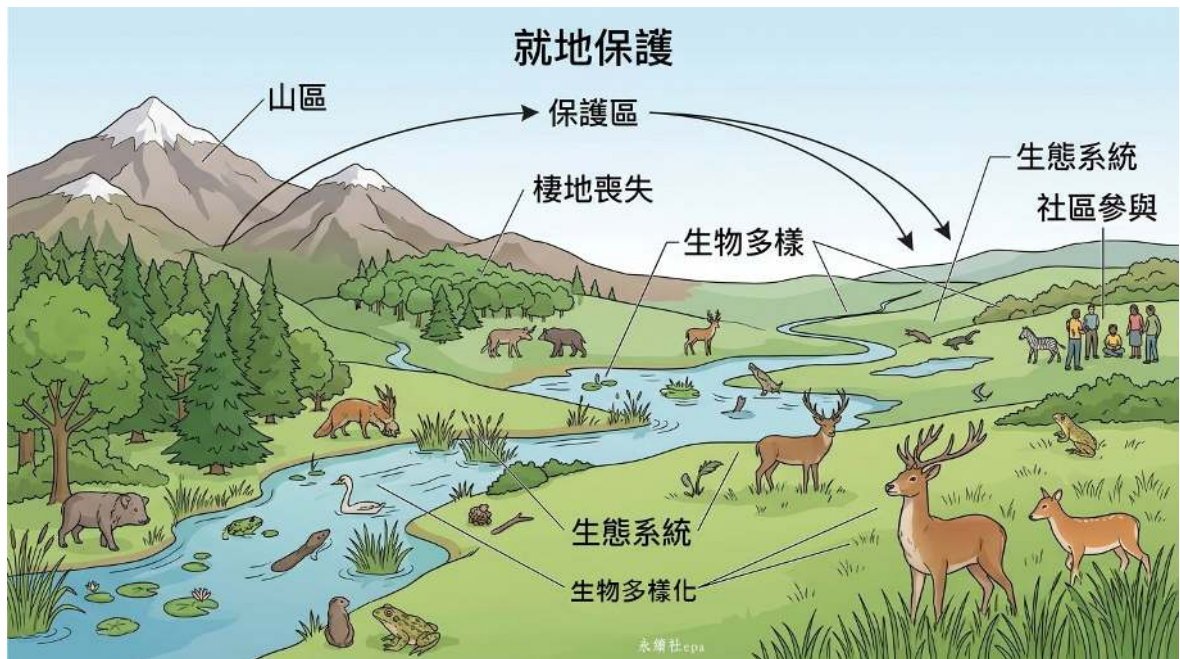
就地保育是生物多樣性保育的基石，其核心理念在於保護物種與其自然棲息地之間的複雜互動關係，這些關係是歷經長期演化而形成的。這種方法認為，唯有在原生環境中，物種才能完整展現其行為、遺傳多樣性以及與其他物種的共生或競爭關係，從而維持其演化潛力。就地保育的實踐主要透過建立各種類型的保護區來實現，例如國家公園、野生動物保護區、生物圈保護區以及社區保育區等。這些保護區依據其設定的保育目標與允許的人為活動強度，有不同的管理規範。成功的就地保育不僅僅是劃定地理界線，更需要積極的管理措施，包括反盜獵巡邏、棲地恢復、控制入侵物種、監測族群動態，以及處理保護區與周邊社區的衝突。此外，現代的就地保育觀念也日益重視「景觀層級」的保育，即透過生態廊道的建立，將孤立的保護區連接起來，促進物種的基因交流與遷徙，以因應氣候變遷導致的棲地變遷壓力。

遷地保育則扮演著物種存續的「保險」角色，特別適用於當物種在野外的存活受到立即且嚴重的威脅，而其自然棲地無法在短期內得到有效保護或恢復時。遷地

保育的主要場域包括動物園、水族館、植物園、種原庫、組織培養庫以及精子或胚胎銀行等。這些設施透過圈養繁殖、栽培或低溫保存技術，維持物種的活體族群或遺傳物質。對於許多極度瀕危的物種而言，遷地保育計畫可能是避免其完全滅絕的唯一手段。例如，某些鳥類或哺乳類物種的野外個體已寥寥無幾，透過精心規劃的圈養繁殖計畫，可以逐步重建其族群數量，為未來的野放復育奠定基礎。植物方面，植物園除了展示與教育功能外，更是許多稀有植物物種的避難所，而種子銀行則能長期保存數以萬計的植物遺傳資源。然而，遷地保育也面臨諸多挑戰，包括圈養族群可能出現的遺傳多樣性流失、適應性行為改變、疾病問題，以及高昂的長期維持成本。

就地保育與遷地保育並非互斥的選項，而是應當相互整合，形成連續性的保育光譜。一個理想的整合性保育策略，通常以就地保育為最終目標，而遷地保育則作為支持性的過渡或輔助手段。例如，從野外殘存族群中取得個體進行遷地保育與繁殖，待其族群數量恢復且原生棲地的威脅因素被移除或減輕後，再執行野放計畫，將個體重新引入歷史分布區。這種「遷地保育支持就地保育」的模式，已在加州神鷲、阿拉伯大羚羊及中國麋鹿等物種的復育上取得顯著成效。反之，就地保育的成果也能支援遷地保育，健康的野外族群可作為圈養族群遺傳補充的來源，防止近親繁殖。此外，遷地保育機構在公眾教育、科學研究以及培養保育專業人才方面貢獻卓著，能提升社會對就地保育工作的支持與理解。因此，現代的保育生物學強調建立連結野外與圈養族群的綜合性物種存活計畫，由國際專家共同制定涵蓋就地保護、遷地繁殖、研究、教育及野放等階段的詳細藍圖。

在實踐層面上，無論是就地或遷地保育，其成功都高度依賴於科學研究、持續監測、充足的資金以及社區的參與和支持。就地保育需要深入的生態學研究以了解物種的棲地需求與威脅因素，並需要有效的執法與社區共管機制來減少人為干擾。遷地保育則需要繁殖生物學、遺傳學、獸醫學及營養學的專業知識，以維持圈養族群的健康與遺傳活力。同時，兩者都必須考慮到氣候變遷這一新興的宏大威脅，它可能使原有的保護區不再適合目標物種生存，也迫使遷地保育機構思考如何協助物種適應未來環境。最終，生物多樣性保育的終極目標是維持地球生命支持系統的健康與穩定，確保生態系服務的持續供給，並維護人類的文化與精神價值。透過明智地結合就地與遷地保育策略，人類社會方能擔負起作為地球管家之責任，為當代及後世子孫保留這份無比珍貴的自然遺產。



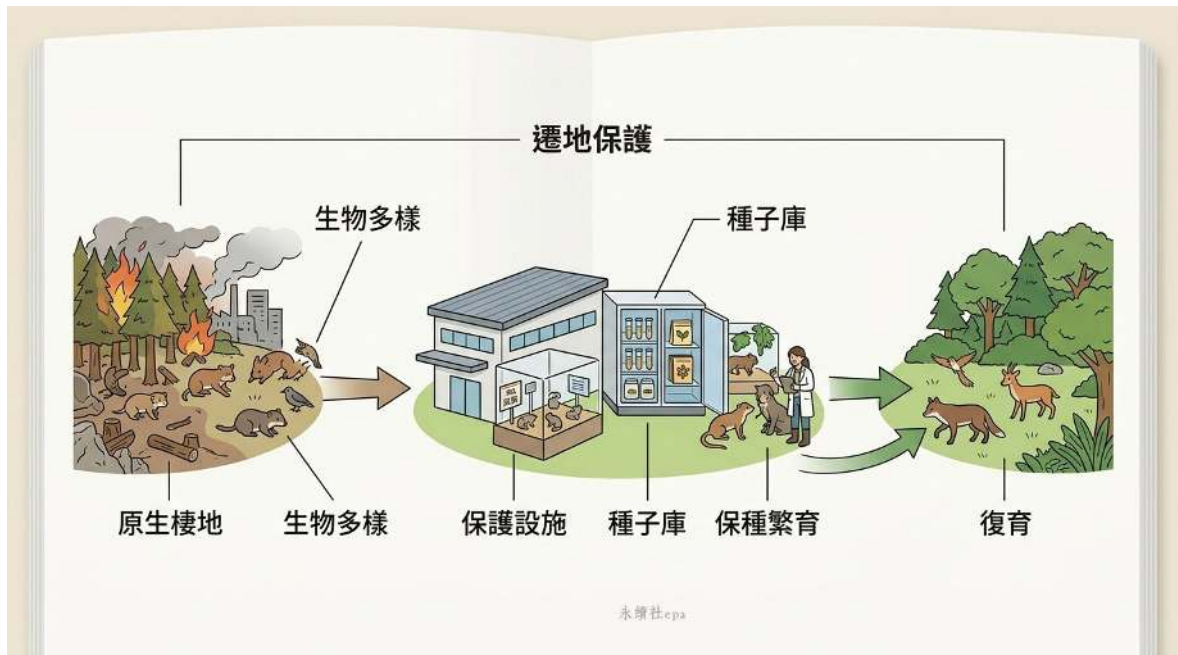
4.6.1 就地保護

就地保護是指在物種原有的自然棲息地內，透過建立保護區網絡與實施管理措施，來維持其族群與生態過程的完整性。這種保育策略的核心哲學在於維護生態系統的原真性與自然動態，讓物種在其長期演化適應的環境中持續生存與繁衍。保護區的劃設是就地保護最關鍵的實質手段，其形式多元，包括國家公園、野生動物保護區、生物圈保護區、社區保護區以及保護走廊等。每一種保護區類型依據其設立目標與管理強度，對人類活動的容許程度有所不同，例如國家公園通常嚴格限制居住與資源採集，而社區保護區則更強調在地社區的參與和永續利用。這些保護區域共同構成了一個地理上的安全網，旨在遏止棲地喪失與破碎化這類導致生物多樣性衰退的主因。

有效的就地保護不僅是劃定地理界線，更涉及一套複雜且持續的生態系統管理與監測工作。這包括對保護區內關鍵物種的族群數量進行長期追蹤、控制入侵外來種、防範盜獵與非法採集活動，以及管理棲地以維持其所需的狀態，例如透過計畫性的火燒或疏伐來模擬自然擾動。此外，在人類活動與保護區重疊的區域，如何調和保育目標與當地社區的生計需求，成為管理上的重大挑戰。成功的案例往往引入參與式管理，讓原住民與地方社區成為保育的夥伴，承認並整合其傳統生態知識，發展如生態旅遊或非木材林產品永續採集等替代生計，以減少對生物資源的破壞性利用，從而達成生態完整性與社會經濟發展的平衡。

就地保護的優勢在於它能保全整個生態系連同其內在的物種互動、遺傳多樣性以及生態演替過程，這是遷地保護難以完全複製的。它確保了物種能在自然選擇的壓力下繼續演化，維持其對環境變化的適應潛力。然而，就地保護也面臨諸多限制，其成效深受保護區面積是否足夠、設計是否恰當（如是否包含完整的生態梯度）、管理資源是否充足，以及外圍景觀的變化所影響。在氣候變遷的背景下，固定的保護區界線可能無法因應物種分布範圍的遷移，因此未來的保育規劃需更強調

生態網絡的建構，透過保護走廊連接孤立的棲地斑塊，增強生態系的韌性。總體而言，就地保護是生物多樣性保育的基石，它代表了從保護單一明星物種，轉向維護支撐所有生命的複雜生態系功能這一更宏觀且根本的保育典範。



4.6.2 遷地保護

遷地保護是生物多樣性保育策略中，將物種或其繁殖體從其原生棲地或自然分布範圍內，遷移至人工控制或半人工控制的環境中進行養護、繁殖與復育的方法。此策略主要應用於當物種在原棲地面臨立即且嚴重的滅絕威脅，而就地保護措施已不足以確保其存活時。遷地保護的核心目標在於建立可自我維持的保險族群，作為物種存續的保障，並在適當時機將個體重新引入其原有的或經過復育的棲地中，以恢復野外族群。這是一種補救性與預防性並重的措施，尤其對於棲地已遭嚴重破壞，或野外個體數量過低以致無法自然繁殖的物種而言，往往是避免其完全滅絕的最後一道防線。

遷地保護的具體形式多樣，其中最常見的包括動物園、水族館、植物園、種子庫、花粉庫、組織培養庫以及專門的繁殖中心等。現代動物園與水族館的角色已從早期的展示為主，轉變為重要的物種保育、科學研究與公眾教育基地，透過國際合作進行物種存續計畫，管理具遺傳多樣性的圈養族群。植物園則負責蒐集、栽培瀕危植物，並進行繁殖技術研究。種子庫，如著名的斯瓦爾巴全球種子庫，以長期低溫儲存方式保存植物種子的遺傳物質，被視為對抗生物多樣性喪失的「諾亞方舟」。這些設施共同構成了全球遷地保護的網絡，透過個體交換與基因管理，力求維持圈養族群的遺傳變異性，避免近親繁殖導致的遺傳衰退。

然而，遷地保護並非萬靈丹，其本身存在諸多限制與挑戰。首先，龐大的經濟成本是長期維持人工族群必須面對的現實，包括設施建造、日常照養、醫療及專業人力等。其次，圈養環境可能導致物種行為改變、遺傳適應性喪失，例如喪失野外覓食或避敵能力，這將嚴重影響未來再引入野外的成功率。此外，遷地保護所能涵

蓋的物種數量有限，通常僅能聚焦於具魅力或具代表性的物種，難以全面照顧所有瀕危生物，尤其是無脊椎動物與微生物。最後，遷地保護若被誤解為可取代棲地保護，反而可能削弱社會對保護自然棲地的重視與努力，形成道德風險。

因此，成功的生物多樣性保育必須以就地保護為根本，遷地保護為輔助。兩者應相輔相成，形成一個連續性的保育光譜。遷地保護的終極目標是支援就地保護，其成功與否的關鍵指標，在於能否建立健康、具遺傳多樣性的族群，並最終促成物種在自然棲地中的永續存續。這涉及嚴謹的科學規劃，包括個體的遺譜管理、野化訓練、釋放地點的評估與監測，以及釋放後族群的長期追蹤。同時，必須與原棲地的棲地復育、威脅減除（如盜獵防治、社區參與）等工作同步進行。唯有將遷地保護視為整體生態系復原計畫中的一環，並與在地社區合作，解決導致物種瀕危的根本原因，才能真正達成保育生物多樣性、維持生態系健全與功能的最終目的。