

愛護我們的森林

～談森林與地球環境變遷

林試所研究員/金恆鏞

地球環境隨著地質年代無時無地的變遷著，地球上的生物改變了地球的大氣環境，加速生物的演化。地球生物源自海洋環境，在3億2,500百萬年以前，陸地生物才逐漸出現，那時多為葉苔類與苔蘚類植物。再經過5,000萬年，木賊類與古裸子植物等喬木出現了，其後真正的裸子植物與果球植物才相繼出現。果球植物高達30餘公尺，可能為松杉的直接祖先，不過在二疊紀就已絕滅了。目前仍然可見的銀杏與蘇鐵類約在2億6,000萬年出現。現代的顯花植物開花被子植物是在1億2,300百萬年前才有的。

顯花植物演化的早期，地球的環境歷經巨大的變遷。那個時候的顯花植物分布在南半球大陸洲岡瓦納大陸洲。在中生代或晚古生代，此大陸洲分裂成現今的阿拉伯半島、南非洲、澳洲與印度半島，因此，這些地區的生物中有相似的植物群。例如澳洲、紐西蘭及智利等國的寒冷山地皆有假山毛櫸便是例證。

過去2000～3000萬年代，地球的氣候也有數次的大變遷，歷經數次冰河期的洗禮。溫帶林因冰河期來臨而往赤道方向退縮；當冰河期消融，溫帶林則往北方擴張。因為冰河期的地球氣溫較低，雨量較少，熱帶林的



高山湖泊：小鬼湖(楊秋霖／攝)

面積與分布範圍也會縮小。因此，人類未出現前的全球森林，曾經有無數次的大變遷。然而遠古時期人類對森林之影響是否大於地球氣候變遷，早已無法可考。不過，林木的年輪變化確實可以反應氣候環境的變遷。例如利用美國亞歷那桑州的狐尾松年輪，可以重建九千年來的地球氣候變遷圖。

從地質年代的角度看來，地球的自然環境對森林分布的影響是緩慢與漸近的，也是非人類的智慧與行為所能左右的。然而，世界人口近60年來，從1930年的20億人口增到1993年的53億，1993年已突破55億，因此大大地提高對能源（石油、天然氣、煤、水力電能、生質、核能）的需求；由1980年的28

7千兆（ 10^{15} ）BTU 到1990年的345千兆BTU。這些能源的消耗，降低了整個地球的環境（空氣、水域、土地）的品質，因而全球有酸沈降（酸雨）、地球暖化、同溫層的臭氧層破洞的現象出現。就在相同的10年間（1980～1990年），全球森林破壞得更厲害，以熱帶林為例：1980～1990年間的破壞面積也約有169萬平方公里（約111倍台灣的現今所有森林面積），使得熱帶地區的森林生態系的功能（平衡大氣的二氧化碳與氧，平衡水文循環，穩定地表土壤沖蝕，提供生物的棲息地，維持生物多樣性）無法正常運作。近數十年來，人類大量使用石化燃料及人工合成化學物的結果，污染了地球的環境。溫帶森林首先遭到酸雨的破壞，同時熱帶林的大面積破壞，除了助長地球環境污染及引起環境變遷危機之外，更重要的是野生物瀕臨絕滅的命運，減少生物多樣性，使得歷經千萬年演化到目前的許多生態系面臨瓦解的命運。

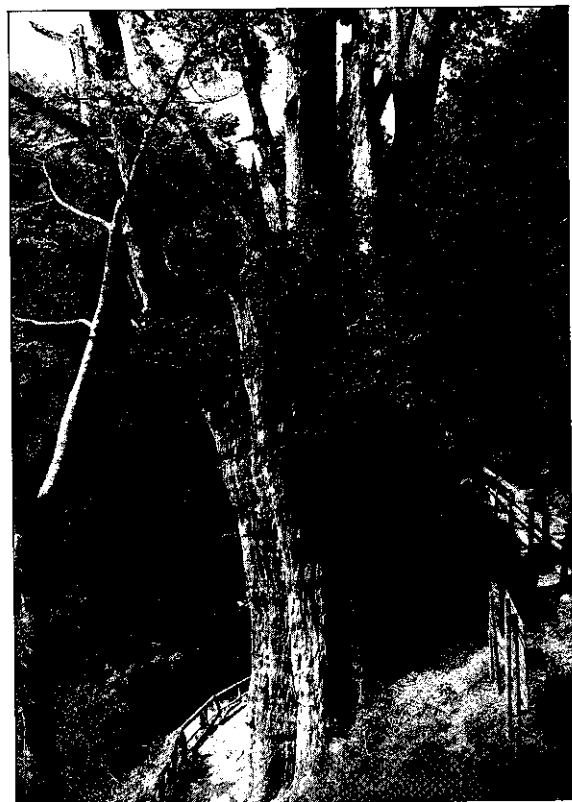
森林破壞之後，促成地球環境的變遷，重要關係者有：增加大氣中二氧化碳的濃度，引起地球暖化的危機，然後可能反撲破壞地球的森林；破壞野生物棲息地，加速物種絕滅，降低生物多樣性，以及貧化地球生物資源。

因地球的物理與化學環境變遷，引起森林健康的問題中，包括近程的酸沈降對森林生態系的效應及遠程的地球暖化。

森林破壞與地球自然環境的變遷

1. 地球暖化

過去100年來，地球平均氣溫雖然起伏頗大，不過平均趨勢是增加了 0.5°C 。地球氣溫升降的主要是受到太陽能輻量及地球外圍的溫室氣體濃度所左右。溫室氣體為主要



達觀山的紅檜巨木(楊秋霖／攝)

有二氧化碳、甲烷、氟氯碳物，平流層的臭氧、一氧化二氮、水氣等。大氣中這些物質的濃度決定地球生物圈內的氣溫；濃度增加則氣溫上升，反之則下降。其中二氧化碳的濃度最受科學家關心。根據科學家的推算，地球過去160,000年的氣溫高低與大氣二氧化碳的濃度有顯著的關係。另一項大氣化學研究指出，大氣中的溫室氣體（除水氣外）濃度，近百年來有顯著增加的趨勢，尤其是二氧化碳的濃度更明顯。大氣中的二氧化碳是由海洋的吸收及綠色植物的固定而減少，同時也因生物呼吸作用，生物體的氧化、腐解及燃燒而補充。然而近百年來人類大量使用石化燃料（石油、煤、天然瓦斯）使大氣中的二氧化碳濃度增加。另外，全球植物（尤其熱帶雨林）的破壞，亦會增加大氣中二氧化碳濃度。根據估計，地球暖化中有44%



玉里野生動物保護區(楊秋霖／攝)

→ 是燃燒石化物、13%是森林破壞，25%是使用氟氯碳化物、12%是甲烷、6%是氮氧化物的結果；因為燃燒石化物及森林破壞，每年釋放到大氣的二氧化碳，以1990年而言，因森林破壞而增加大氣中二氧化碳的量達三分之一。

2. 生物多樣性

破壞森林除了影響大氣物理現象，使地球暖化外，威脅著地球上的生物生存、繁殖與演化，對地球的生物資源造成潛在的逆壓，所以「森林破壞」、「地球暖化」、「生物多樣性」之間有相互因果的複雜關係。大面積破壞森林是由30年代開始的，南美洲、非洲及東南亞的熱帶雨破壞的速率急速上升。破壞的主要原因是焚墾農業，伐木作業，放牧業及若干大型開發工程（水力發電、築路）。目前已有一半的原始熱帶已經消失了，每年的破壞速度是1100萬公頃。破壞森林的結果，當然也破壞了與森林相處的各種野生物（脊椎、無脊椎及微生物），並且中斷生態系的能量傳送及水文與營養循環，加速土壤流失，對人類生存的影響也就非常之大。

全球已知並命名的物種約有140萬種，但是若包括熱帶林中有待命名的，這個數字可能高達3000萬種生物。因此，熱帶林是地球生物資源寶庫，破壞熱帶林就等於會絕滅許多生物種。生物學家認為，熱帶林破壞的結果，到本世界末全球有一成到二成的生物即將絕滅，亦即生物多樣性越來越減少。生物多樣性的重要性早有許多論著問世，例如最近的《生命的多樣性》一書說明生態系的平衡與永續，要靠生態系內物種多樣性及基因多樣性來維持。

環境變遷對森林的影響

1. 酸沈降

在地球變遷中，大氣化學組成分的變遷，在1852年便受到科學家的注意了。人類使用石化燃料的過程中，把硫與氮氧化物排放到大氣內，溶入大氣中的水氣及飄浮在大氣層內，造成污染大地及破壞森林的酸沈降。

酸沈降進入森林生態系的時候，會淋溶枝葉上的營養，改變枝葉上微生物族群的平衡，破壞葉面的保護角質層。進入土壤後會

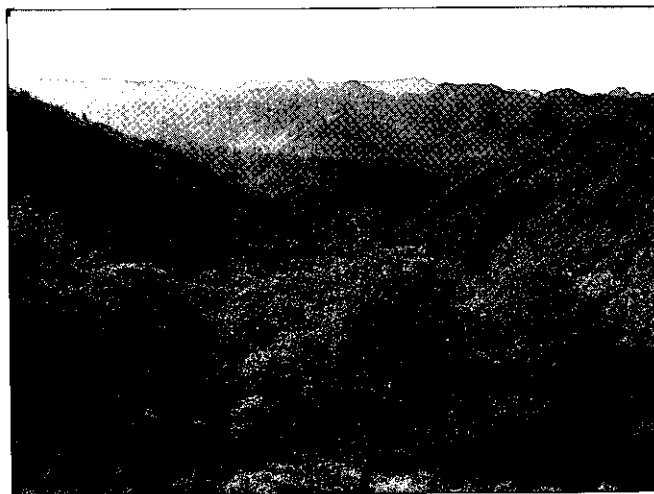
淋溶鹽基性營養鹽，擾亂植物根群及土壤生物生態系，最後更可能污染河川、湖泊而降低湖泊生產力。德國的黑森林及美國與加拿大交界的東部的針葉林生產力下降，科學家認為受酸沈降的影響是主要的原因。當森林在酸沈降的逆壓下，若逢氣候極端的環境時則更易受到病虫害的侵襲。

2. 森林之反應

地球環境變遷對森林生態系的效應，仍然不十分明瞭。目前僅能在定性上說明地球環境暖化後，森林生態系可能會的改變。全球暖化應會改變某些局部性或區域性的平均氣溫、冷熱期的分布、大氣物理（如降雨、蒸發率、海平面、土壤水）及大氣化學（降雨、溪水、海水等水化學）。

要推測地球暖化對生態系的效應，因為缺乏研究資料，所以難以斷定，但是可利用林木有其生存條件及範圍做為推判及預測的依據。例如生活在溫帶（以氣溫為依據）的若干樹種無法（至少在短時間內）適應熱帶環境。根據研究指出，過去180年來美國東部的落葉闊林，逐漸取代原有的紅雲杉。此外，利用過去大氣氣溫變遷與沈積物中植物孢粉與小型哺乳類的化石資料可以獲悉動植物分布度對氣候變遷的靈敏度。利用這些資料，科學家可以推測如果氣溫暖化，下個世紀生物種之空間分布範圍亦會隨之改度。

有關樹種因過去地質時代冰川積融造成的氣溫暖化對森林分布、遷移的效應綜合評論。一般認為，當地球氣溫上升，樹種向兩極及高海拔遷移，例如在全新世（約在10,000年前）中期，北美東部的氣溫比現在高出2℃，鐵杉及白松的分布海拔高比現在分的海拔高出350公尺。有的模式，表明目前有



森林孕育豐富的生物資源(楊秋霖／攝)

兩種生物在地理區的平面分布及相疊棲息範圍，若氣溫變遷後，因為兩生物種對新環境的適應速度不同，可能造成的分布範圍。生物種的棲息地被分隔可能會分裂成數個島嶼型棲息分布。

氣溫暖化對森林分布範圍與地理位置的影響，事實上是絕滅率與拓殖率平衡的結果。換言之，生物種本身對環境變遷後的生存與繁殖的適應性。此與種的分散（如距離）、繁殖及演化有關。例如第三紀的楓香，鵝掌楸，木蘭，鐵杉，側柏，扁柏等，是環極圈分布，但是到了更新世（約在250～300萬年以前）冰河期，生長在歐洲的這些品種都絕滅了，而在北美洲的仍能存活，是因為歐洲山脈（如庇利牛斯山，阿爾卑斯山）多為東西走向，阻隔植物種的南移到較溫暖地區。因此，樹種遷移擴散能力相當重要。

綜觀生物種能否及時遷移乃視棲息地被改變的速度與幅度而異。天然分布範圍窄，族群小，適應能力低者，則絕滅機會大，則棲息地破壞是影響生物種絕滅的一大原因。

結論

漫長的地球地質年代裡，森林在生物演化過程中逐漸發生而目前成為重要的生物主體，然而近百年來人類使用石化燃料（石油、煤、天然瓦斯）、及破壞森林（變成都市、農地、放牧地、道路、水庫…）的結果，引起地球暖化、酸沈降增加、加速物種絕滅。森林破壞改變了地球的大氣化學與物理，而大氣化學與物理之改變後又影響陸地之森林健康。這兩者之關鍵問題是大氣中二氧化碳及硫、氮氧化物濃度的不平衡。

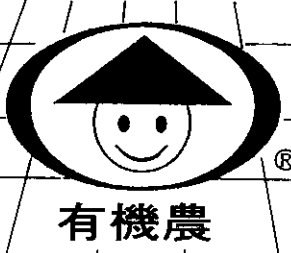
為穩定大氣中二氧化碳之濃度，減緩地球暖化之加劇，除了限制使用石化燃料及嚴格規定廢氣排放標準外，能夠加速恢復森林及減緩森林破壞是一個重要的手段。森林之生物量比同面積的農作物高出10-100倍，



台灣獼猴(楊秋霖/攝)

故可固定大量的有機碳（0.8~14噸/公頃/年）（Marland, 1989）森林植物的固碳量因樹種、樹齡密度、生育地條件及經營手段而異，因此林業技術是利用森林植物來固定大氣中的碳，因而改善部份地球環境的成功之鑰。

大地鉅



有機農

花卉用

大地2號液肥

大地1號液肥

草坪用

大地7號液肥

果農用

大地8號液肥

菜農用

大地18號液肥

蘭花用

大地3號液肥

LC 酵素

抑病保養劑

活性魚精

微生物醱酵魚精

LC 氨基酸

微生物活性氨基酸

催甜劑

解毒劑

光合催甜劑

保健劑

放線保健劑

特聘旅美生物權威李遠豐博士回台主持，
 全台第一家首創高科技活性液體複合肥料製造廠。

永豐企業集團

大地鉅實業股份有限公司

嘉鉅實業股份有限公司北台中分公司
 台中市工業區10路9號
 電話: 04-3593508 傳真: 04-3593447

微生物發醇劑

堆肥

沸石

鳥糞石

泥炭土

核准文號：台製模字第14806號 N7P2K5