

14.1 氣候變遷相關的自然災害

一般而言，自然災害指的是地震、山崩、海嘯、海水倒灌、颱風、乾旱、洪水等自然界變化對人類社會的衝擊。它們造成人類生活的不便、財產的損失、生命的喪失、自然資源的流失。這些現象的發生大多十分突然(除了乾旱)，持續時間也大多十分短暫。它們的威力及影響是人可以立即察覺的。

地球的大氣、海洋、地質不斷的在變動，不斷的改變地球生物生存的環境，也因此不斷地影響生物的演化。這些氣候變遷則是由大陸漂移、隕石撞擊、火山爆發、日地關係等已知及未知的因素造成的。譬如，板塊運動形成東非裂谷，人類的祖先為了適應新出現的草原，演變成直立猿人。他們認為氣候變遷使得人類的祖先在短短三百萬年演變成今日的人類。又如，越來越多的證據顯示，六千多萬年前，由於隕石撞擊地球，大大改變了地球的氣候，包括恐龍在內的 75% 物種因而滅絕。其中一個理論認為，直徑可能只有 10 公里的隕石進入大氣時，產生大量的熱及一氧化氮，後者不但破壞平流層的臭氧，更溶於水形成酸雨。隕石撞擊地表，造成森林大火，產生許多微粒飄浮在大氣中，造成全球冷卻。初期的熱浪、臭氧含量減少、酸雨及後來的全球冷卻，都不利生物的生存。另一個理論甚至指出由於海溫急速升高，可能產生許多超級颱風。

14.2.6 自然災害的影響

自然災害的發生除了天氣、氣候，還有地震、火山爆發等因素。在 1966-1990 之間，因強風及洪水而死亡的人數高達約 64 萬人，地震與火山爆發則造成約 60 萬人死亡；受災人數則以洪水影響最大，約 7.5 億人(圖 14-6)。每一個國家受到災害影響的程度不一樣。一般而言，較落後國家受到的影響較大。譬如，1991 年 5 月印度洋上的一個熱帶氣旋(相當於西太平洋的颱風)在孟加拉登陸，造成將近 14 萬人死亡，一百萬受災戶，財務損失相當於美金 30 億(大約是孟加拉年產值的 10%)。這是因為孟加拉地勢低，有一半的國土低於海拔 5 公尺，大量人口居住在低窪地區，而熱帶氣旋造成的暴潮曾有入侵達 200 公里的紀錄。孟加拉經濟落後，生活條件差，公共設施及防災設施付之闕如，也是損失慘重的主要原因之一。即使富裕如美國，1992 年安德魯颶風侵襲佛羅里達州也造成 8 萬 5 千受災戶，30 萬人流離失所，損失高達 250 億美元。全球暖化會導致海面上升，位在三角洲及低窪地區更容易受到洪水的侵襲。天氣相關災害的發生頻率從 1980 到 1990 年代似乎有增加的趨勢，全球經濟損失也因此逐年增加，在 1996 年已高達 600 億美元(圖 14-7a)。1990 年代的經濟損失總和已經高達 2000 億美金，是 1980 年代總金額的 4 倍。連帶受到影響的是保險業，據估計，保險業因天氣相關災害的理賠金額在 1980 年代共約 160 億美元，但單單是 1990 年代前半期理賠金額已高達 480 億美元(圖 14-7b)。

這項數據實際上仍低估了真正的損失。例如，1996 年的理賠金額為 90 億美元，看似遠少於 1992 年的 220 億。這是因為 1996 年的氣象災害，多發生在無錢加保的發展中國家，而 1992 年的理賠對象主要是受損於安德魯颶風的美國受災戶。保險業者認為天氣相關災害的增加與全球暖化有關，因此已開始投入大量資金鼓勵全球變遷研究，甚至要求各國政府採取行動，降低全球暖化的趨勢。

14.3 人對大自然的影響

第4章定義氣候為大氣、海洋、陸地三大系統交互作用的結果，是地球科學面向的定義。證諸過去數百年的經驗，由於科技的發達，人類雖然仍無法控制大自然，但是對自然界的影響已可比擬自然界對人類的影響，速率更遠超過自然界的運作速率。要了解並掌握氣候變遷，人文面向的思維必須被考慮。因此，氣候系統應是大氣、海洋、陸地及人類四大系統交互作用的結果。在此，我們不但必須探索氣候變遷可能帶來的災害，同時也必須了解人類的種種行為對大自然的衝擊，才能防患於未來。

人對大自然的影響，當然不是始自工業革命。自從有人類以來，為了求生存以及求更好的生存環境，人類不斷向大自然爭取生存空間，成為環境變遷的動因(agent)之一。人類居住越久、人口越多的地方，受到的影響也越大。當人口稀少、科技不發達，人類對大自然的影響是區域性而且緩慢的。隨著人口快速增加、科技不斷突飛猛進，人類的影響不斷加速而且擴張成全球性的。人口稀少時，為求生存，人類焚燒森林擴張耕地，影響不大。人口增長，類似的活動範圍擴大，假以時日演化成森林縮小、土壤流失、水污染、空氣污染、降低生物的多樣性、沙漠化，甚至全球氣候變遷。下文將分門別類討論人類影響大自然的途徑。

14.3.1 人口、富裕程度

世界人口快速成長，從1750年不到10億，到1950年的25.5億。而且，從1950年到1987年，短短30年不到的時間，人口加倍到50億。換句話說，這30年之間增加的人口相當於過去數千年的人口成長量。1995年全世界人口已高達57.3億(表14.6)，所幸人口年增長率自1970年以來已有下降的趨勢。專家估計，2050年的全世界人口應該還在100億以下。過去幾十年人口迅速增加，是因為公共衛生的改善以及醫療科技的進步，降低了死亡率，也造成了發展中國家出生率快速的成長。

人口增加，資源的需求自然高漲，人類對大自然的破壞程度(如，森林砍伐、生態系統的破壞、水循環的破壞等)也相對地提高。但是人口數不一定與人對大自然的衝擊呈正比。工業化及生活形態的影響更大。高度工業化的結果，人類愈來愈富裕，生活形態早就脫離「但求生存」的階段，物質享受提高對環境的壓力也水漲船高。比如，世界上較富裕的國家佔了約四分之一的人口，卻用了80%的能源。已開發國家每人每年用掉32桶原油，開發中國家每人每年只用了3.5桶。開發中國家的能源消耗量雖然快速增加，但是仍遠少於已開發國家。二氧化碳排放量方面，七大工業國佔了40%，雖然他們的人口只佔了全世界人口的11%。

富裕程度對環境的壓力的另一個例子發生在中國。依據Worldwatch Institute的資料，1995年全球存糧，如果以可供消耗的天數來算，只有48天，是1961年以來的最低點。換句話說，如果停止糧食生產，全球糧食48天就用完了。這其中一個原因是，因為中國在1994到1995兩年之間，由穀物輸出國(9百萬噸)變成輸入國(1千6百萬噸)。另一個原因是，天候不佳造成美國及俄羅斯農作歉收。中國人民生活逐漸富裕，生活型態改變，肉類的消耗量迅速增加。比如，中國人在1990年時消耗1公斤牛肉，在1995年時消耗3.6公斤；其他肉類的消耗量也迅速增加。類似情形普遍發生在亞洲地區。雖然與歐美國家相比，中國的肉類消耗量還是很小，但是人口眾多，飼養牲畜及家畜所需的穀物量自然高漲。當糧食需求量增加，環境所承受的壓力也增大。

14.3.2 農業、森林砍伐

科學家發現，人類的活動早在西元前 7000 年左右，就開始改變地中海周圍的自然棲息地。譬如，該地的人類在 6000 年前就已開始飼養羊，而不再只是吃食野生動物。西元前 500~400 年之間，人類伐木充當燃料及建材，森林面積開始縮小。由於人類多年來不斷的砍伐森林，擴大耕地面積，我們已無法探知地中海周圍原始森林的原貌及林相。類似的事情發生在全世界各地。在英國，由於過去 3、4 千年對棲地的破壞，90% 森林及大部份荒野因此消失。北美洲也一樣，沼澤因人為放水而乾涸，河流因築壩被堵住，大草原變成耕地。巴西原始森林的砍伐早在 17 世紀就已開始，直至今日。

過去三百年間，人類更加快速的改變地表，使之適合人類的需求，耕地面積因此成長了 450%。森林原來佔地球陸地面積的 40%，人類向森林爭地的結果，自從砍下第一刀以來，森林面積已銳減至目前的 27%。森林面積縮減大多發生於 1950 年以後。除了耕作用途，較富裕國家的人口逐漸移居郊區，也導致林地面積縮小。發展中國家移居郊區的人口的成長更是快速。在 1995 年，郊區人口已佔了全世界人口的 45.2%。

在歐美地區，森林面積的快速縮小大多發生於 18 及 19 世紀。整體而言，歐洲及北美目前的森林面積比一百年前還要大。最近幾十年的森林砍伐則大多發生於熱帶雨林。這些發展中國家砍伐雨林，有的為了木材輸出，有的為了改種經濟作物或經營牧場，有的為了採礦、石油。Worldwatch Institute 資料，顯示 1980-1990 年之間，平均而言，森林面積每年減少 9.95 百萬公頃（約一個南韓大小）。

森林具有保護土壤免受風的侵蝕及雨水的沖刷。根據研究，農業用地的土壤流失程度，是森林的 100 倍。森林同時也是水循環的重要來源之一。深植於土壤之中的根將深層土壤的水份抽至其莖葉，再散發至大氣中。科學家研究發現森林砍伐之後，蒸散量可以減少一半，而逕流可能增加一倍。亦即，土地涵養水份的功能折損了一半。

森林面積的縮小，如前所述，不僅改變當地氣候，也改變了水循環。龐大的熱帶雨林，如亞馬遜河流域，所調節的水循環不止是區域性的。該地區是熱帶三大對流區之一，亞馬遜森林的存在是主要原因。亞馬遜森林若消失，全球水循環勢必受到影響。森林吸收二氧化碳行光合作用，釋放出氧氣，是調節碳循環的重要機制之一。隨著森林的消失，碳循環也必定不平衡。焚燒森林以及森林砍伐之後的殘枝敗葉腐化分解，更是雪上加霜，將更多的二氧化碳排放至大氣之中。

14.3.3 科技發展

科技的發展提昇了人的生活品質、延長人的壽命、增加糧食的生產、促進經濟的發展。然而，它也帶來了許多負面的影響。當人類耗盡腦汁發展各項尖端科技，卻經常沒有足夠的智慧判斷（或者甚至沒想到）它們對環境的可能衝擊。譬如，氟氯碳化物於 1930 年代被製造出來，在 1950 年代以後被大量使用，誰知竟成為破臭氧層的殺手。科技的發展也促成了石化燃料的大量使用，不但產生大量的溫室氣體，也造成局部地區的空气污染，形成酸雨。

溫室氣體排放量的增加可能促成全球暖化，IPCC 科學家雖然無法確定全球暖化對劇烈天氣的影響，但也指出了下列可能的影響：

(1) 高緯度地區的植物種類的急劇變化。譬如，較低緯地區的植物種類北移，但是其北移速率遠超過自然變率。根據一萬多年前的資料顯示，植被的變動每一世紀移動 25-40 公

里，但是如果二氧化碳加倍，植被的遷移可能高達 500-1000 公里。以目前的溫室氣體排放量而言，二氧化碳加倍的情形在 21 世紀就可能發生。

(2) 沙漠地區的情形可能更惡化。如果屬實，地球陸地上許多乾旱地區的沙漠化可能加劇

(3) 全球暖化加強全球水循環，意即水災及早災的發生頻率及嚴重的程度都可能提高。有些氣候模擬預估隨著暖化程度加劇，沙漠地區會逐漸擴大。

(4) 全球的農業及森林的生產力將維持目前的情況，但是分布將有所變動。比如，某些地區生產力提高，某些地區則下降。

(5) 在健康方面，將有廣泛而且不好的影響。譬如，由於熱浪發生頻率升高，死亡及病號將增加。某些傳染性疾病的影響範圍也可能擴大。

(6) 整體而言，越貧窮落後的國家受到的衝擊最大，因為它們的適應能力最差。

14.4 結語

水能載舟也能覆舟；氣候變化能宜人也能害人。「人定勝天」的觀念，是過去人類生存及科技發展的主要動力之一，但是歷史不斷的證實，那是個錯誤的觀念。如何將人類的生存納入大自然的運作與之共存互惠，才是正確的做法。

人類近百年來的快速發展，對環境的破壞已然形成。而大自然宛如一生命體隨遇而安，已然自我調適，改變氣候的運作。我們不確知大自然改變了多少，以及未來將改變多少，但是我們確知人為的氣候變遷是可能發生的。我們應採取何種策略？最直覺的反應是適應及防治。越富裕、科技越發達的社會，適應能力越強。但是放眼世界，這樣的國家畢竟是少數。當許多國家的人民仍處於「但求生存」的生活條件，何來適應能力？

即使是已開發國家，適應能力也並非無窮。或許未來將出現全新的綠色科技可以解決許多問題，就像二十世紀的科技發展，防止了馬薩爾斯預告人口膨脹可能帶來的災禍。唯人類是否有足夠智慧發展出完全無害於大自然的科技，而不致重蹈覆轍，則是更大的挑戰。譬如，目前的科技已能製造使用氫燃料的引擎。氫取之不盡用之不竭，也不會產生二氧化碳、氮氧化物等污染物，似乎是理想的 21 世紀燃料。但是，它產生的水汽也是溫室氣體，更是水循環中的要角。大量使用這種引擎，對氣候也可能造成影響。

在期待新科技的同時，防治是另一必然的方法。影響已造成，徹底解決問題的唯一方法是，人類的生活型態必須做急劇的改變。這當然是不可能的。這不僅對「但求生存」的未開發國家的人民而言是殘酷的要求，即使富裕如美國也不可能辦得到。但是，適度的防治是必須的。

意識到大自然反撲的潛在危險性，環保意識在國際政治競技場也逐漸抬頭。在過去幾年中，世界各國相繼簽署了許多環保公約。這些公約是否能夠履行仍有待觀察。因為任何環境保護公約多多少少會損害到某些國家的利益。如何提出一完善辦法以控制人類對環境的衝擊，同時又能兼顧開發中及未開發國家所需的經濟發展，似乎是世紀末的人類面臨的最大挑戰。