
二十一世紀天災

丁仁東

私立崑山科技大學 通識教育中心

壹、前言

進入二十一世紀，似乎天然災害發生的頻率增加，其威力也增強，造成的災害常常聳人聽聞，令人驚愕不已，有人稱之為“二十一世紀天災”，以標明其災害之獨特性，這些天災中較顯著者如下：

1. 2001 年印度地震，30,000 人死亡；
2. 2003 年法國熱浪，14,802 人死亡；
3. 2003 年伊朗地震，28,000 人死亡；
4. 2004 年南亞地震及海嘯，212,000 人死亡；
5. 2005 年 8 月卡崔娜颶風襲擊美國紐奧良市，1,836 人死亡；
6. 2005 年 10 月克什米爾地震，87,350 人死亡；
7. 2006 年印尼爪哇地震，6,200 人死亡；
8. 2008 年 1 月中國大陸華中、華南暴風雪，有一億多人受害；
9. 2008 年 5 月熱帶氣旋襲擊緬甸，超過十萬人死亡；
10. 2008 年 5 月，四川汶川地震，約七萬人死亡；
11. 2009 年 8 月莫拉克颶風襲擊台灣，甲仙鄉小林村被土石流掩沒；
12. 2010 年 1 月海地地震，超過二十萬人死亡；

13. 2010 年 8 月巴基斯坦洪水，造成一千三百多萬難民。
14. 2011 年 1 月澳洲昆士蘭水災，約二十萬人受災。
15. 2011 年 3 月日本東北海域地震及海嘯，約一萬二千多人死亡，一萬五千餘人失蹤。

此外各地發生的大型雷雨、暴風雪、龍捲風、洪水、土石流、乾旱、野火、沙塵暴等災害，更是不計其數，受害的群眾動輒以千萬人計，其為害的程度常是數十年或數百年來僅見，使人不堪其擾。因著天然災害的加劇，很多人與親人生離死別，身心嚴重受創；很多人被迫遷移家園，流離失所，造成社會負擔。

到底這些天災形成的真相如何？二十一世紀的天災是否有增多和增強趨勢？這些災害的造成是自然界隨機因素產生還是有人為過失在內？人類是否面臨生存的重大危機？我們如何減輕這些天災所帶來的損害？這是本文所要討論的主題。

貳、天然災害加劇趨勢

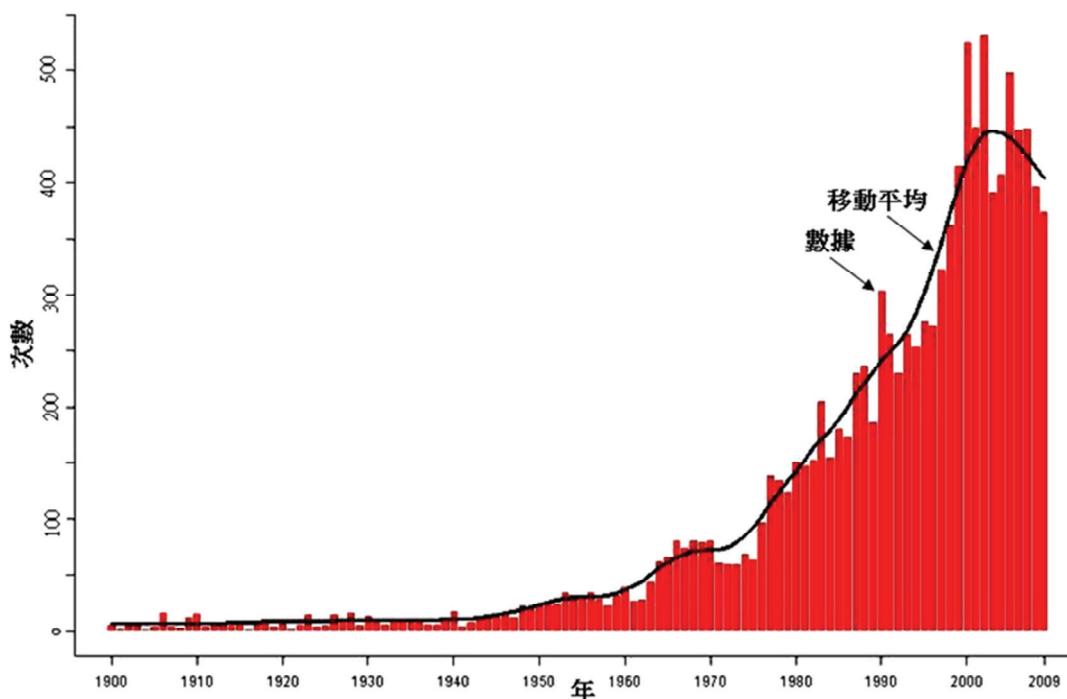
到底近年來天然災害是否加劇？查考文獻與天災資料庫都顯示此增劇趨勢。圖一是比利時魯汶大學 (University of

Louvain) 的天災研究中心 (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, CRED) 資料庫所提供全球 1900-2009 年天然災害趨勢，其中天然災害範圍包括乾旱、瘟疫、地震、火山、極端溫度、洪水、塊體運動、風暴及野火等，並且發生的事件造成相當傷亡及財物損失者。從圖中我們可見全球自然災害逐年增加，特別從 1960 年起更為顯著 (Oliver-Smith, 2006)，1960 年起每年以約 5% 趨勢增加 (Stromberg, 2007)，也就是約每 14 年天然災害次數加倍，實在非常驚人。表一是從上述資料庫所列舉東亞地區，包括中國大陸、日本、南北韓、台灣、港澳、蒙古等國家，在 1950

至 2009 年間的重大天然災害，它們也明顯呈現增多趨勢，在 2000 年代天災的發生次數幾乎有 1960 年代次數的近 6 倍之多。

表 1、1950 至 2009 年間東亞地區的重大天然災害件數 (資料來源：魯汶大學天災研究中心)

發生期間	重大天然災害件數
1950 - 1959	59
1960 - 1969	79
1970 - 1979	101
1980 - 1989	214
1990 - 1999	305
2000 - 2009	453



圖一、全球 1900-2009 年天然災害趨勢圖 (取自魯汶大學天災研究中心)

許多學者也指出此天然災害增多趨勢，例如 Stromberg(2007)，Rasmussen(2004)，Mileti(1999)，Myers(1997) 等文中均指出此現象。Stromberg(2007)認為天災增多可歸納幾個原因：(1)極端氣候的增加，如聯合國政府間氣候變遷委員會(IPCC) 的評估報告所指出 (2)人口的增加，更密集的人口暴露於高風險區 (3) 匯報系統更完整，更多天災數據被蒐集。Rasmussen(2004) 認為上述(1)與(2)兩項是近年來天然災害增多的根本原因。Mileti(1999) 與 Oliver-Smith(2006)則提出另一個更重要因素，他們認為天然災害增多，是因為許多建築屋的結構脆弱，許多地區環境本身的不安全，使它們經不起天災的考驗。根據以上學者論述，本文提出下述個人觀點。

參、近年來天然災害加劇原因

一、生態環境的改變

追究近年來天災加劇的原因，首先，可歸因於地球生態環境的改變，今天人類正面臨一個由科技文明帶來的災難，就是生態環境的改變。科技文明開始於十八世紀初人類發現使用能源以增進生產，史稱工業革命，初期為“煤炭與蒸汽”時代，主要使用煤能源，接著是“石油與內燃機”時代，主要使用石油與天然氣(馮作民，1975;林立樹、蔡英文、陳炯章等，2002)。科技文明改變了人類的生產方式及生活型態，縮短了人與人的距離，也使文明進展的步調加速，然而不幸的是，它逐漸改變

了我們所倚賴生存的自然生態環境。

大自然本來處於一個奇妙的平衡，地球上無論陽光、雨水、空氣、土壤、生物等都巧妙的存在與平衡，使生物能夠生存無虞，例如大氣中的氧氣是地球上生物生存所需，它來自植物及浮游生物的光合作用。水是生物生存憑藉，但過多或過少的水都會傷害生物，而大氣中水分多寡取決於大氣與海洋間微妙的平衡。二氧化碳來自長期火山噴發氣體的累積，也由有機物質及化石燃料的燃燒、植物的分解並生物體的呼吸所產生。二氧化碳雖然只佔大氣成份的 0.033%，其存在影響地表的溫度變化甚大，但一個世紀來人類燃燒化石燃料排放大量二氧化碳至大氣，已漸漸改變大氣中二氧化碳的濃度。在平流層上部的臭氧層(O₃)將紫外線及宇宙射線吸收，使得地球的生物圈不至暴露於這些高能射線而致癌。

隨著科技文明的發展，這個奇妙的生態環境逐漸變質，許多高科技產品的廢棄物被排放於大自然中，它們都具有相當毒性(Singh 等，2007)，而且不容易分解。這些廢棄物積存於空氣、水泊和土壤甚至生物體內，逐漸破壞自然界生態的巧妙平衡，使自然環境漸漸不適合生物生存。每年成千上萬新的化學產品上市，這些產品常常未經充分時間檢驗它們對生物的安全性，特別對生態環境的影響，因此常常形成污染，破壞了地球的生態環境(丁仁東，2007)。例如 DDT 殺蟲劑曾一度盛行，後來發現它能儲存於生物體的脂肪組織內，在食物鏈

中較高環節，會累積到極高的濃度，甚至影響鳥類鈣的新陳代謝，1962年卡森女士(Rachel Carson)曾出版“寂靜的春天”，描繪一個被 DDT 毀壞的生態環境，引起社會廣泛迴響，美國政府最後終於在 1972 年下令禁止 DDT 的使用。此外各種化學產品對環境污染，例如戴奧辛、多氯聯苯、汞、鎘、鉛、砷、鉻等環境污染事件，更時有所聞。

除了對水文圈、生物圈及土壤的汙染外，人類對大氣的汙染最為嚴重，每年工業生產燃燒千萬噸的硫、氮、氯，並釋放一些致酸物質進入大氣，這些物質與大氣中的水汽產生化學反應，形成硫酸、硝酸或鹽酸，造成具強腐蝕性的酸雨。空調與冰箱中作為冷媒用的氟氯碳化物，常因漏氣被釋放於大氣中，使大氣中的臭氧層受到破壞，造成臭氧層破洞，使人類生存大受威脅，雖然 1987 年蒙特婁協定中許多國家已限制它的使用，全球氟氯碳化物使用量都大幅降低，但因氟氯碳化物不易分解，因此它們在大氣中的濃度直到 1990 年代末期才開始降低(Shindell 等人，1998)。此外大量燃燒石油與天然氣，排出的二氧化碳，使大氣溫度上升，造成全球暖化的嚴重後果，關於全球暖化對氣候的影響，以下再細述。此外暖化使各地森林野火頻頻發生，加上近年來森林大量被砍伐，聯合國糧農組織世界森林狀況報告(Food and Agriculture Organization of the United Nations 2007)指出，全球森林正以每年約 730 萬公頃的速率消失，嚴重危害地球的生態。

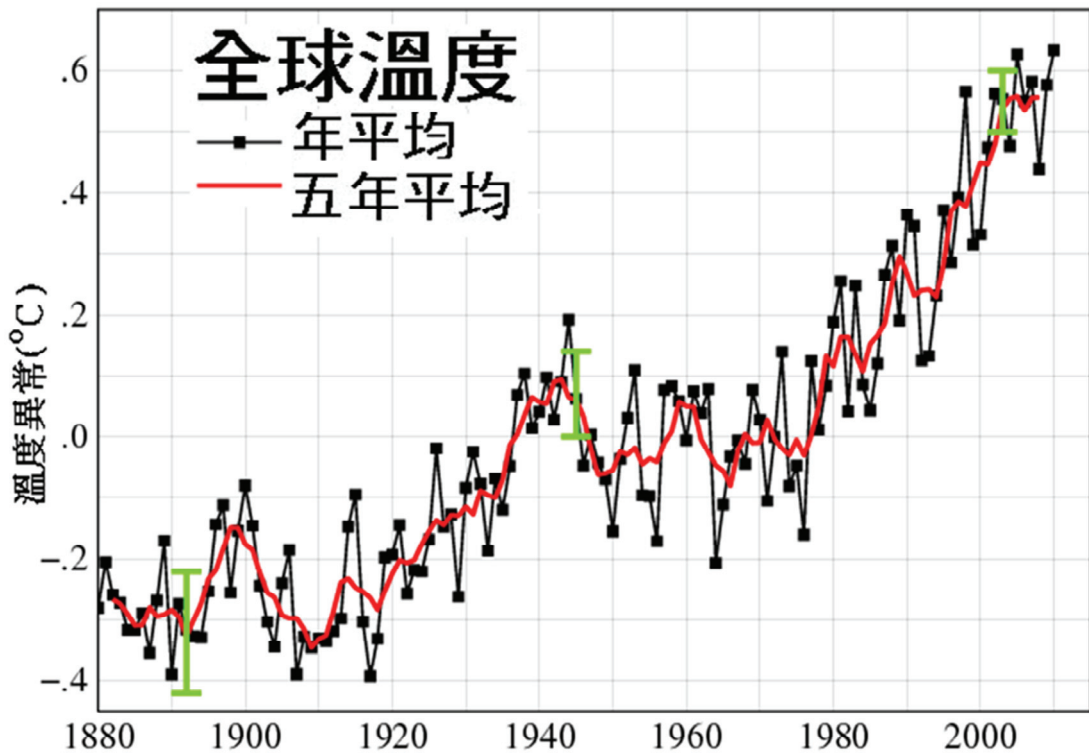
以上所述因地球生態環境改變所產生的問題，其實在前一世紀即已發生，但當時因這些問題尚未威脅人類整體生存，所以並未被密切關切，直到二十世紀末這些問題的嚴重性才逐漸浮現。這些生態環境的改變都是不可逆的，一旦受到破壞很難復原，因此雖然今天許多政府與學者都意識到環保的重要，大聲疾呼群眾自我約束並制定法規，但都無法遏止地球生態環境惡化的趨勢，近年來自然災害的增加和增強，更說明了地球生態環境惡化的急迫性。

二、全球暖化與極端氣候增加

(一) 全球暖化

近年來天災的加劇可歸因全球的暖化，所謂全球暖化是指接近地表處的大氣和海洋的平均溫度在一個多世紀以來明顯增加的現象，圖二中溫度記錄顯示過去一個多世紀以來，全球表面平均溫度持續上升，尤其過去三十年來更加劇至每十年增加約攝氏 0.2 度(Hansen 等人，2006)，並且此增溫的趨勢仍在繼續中(IPCC，2007)。

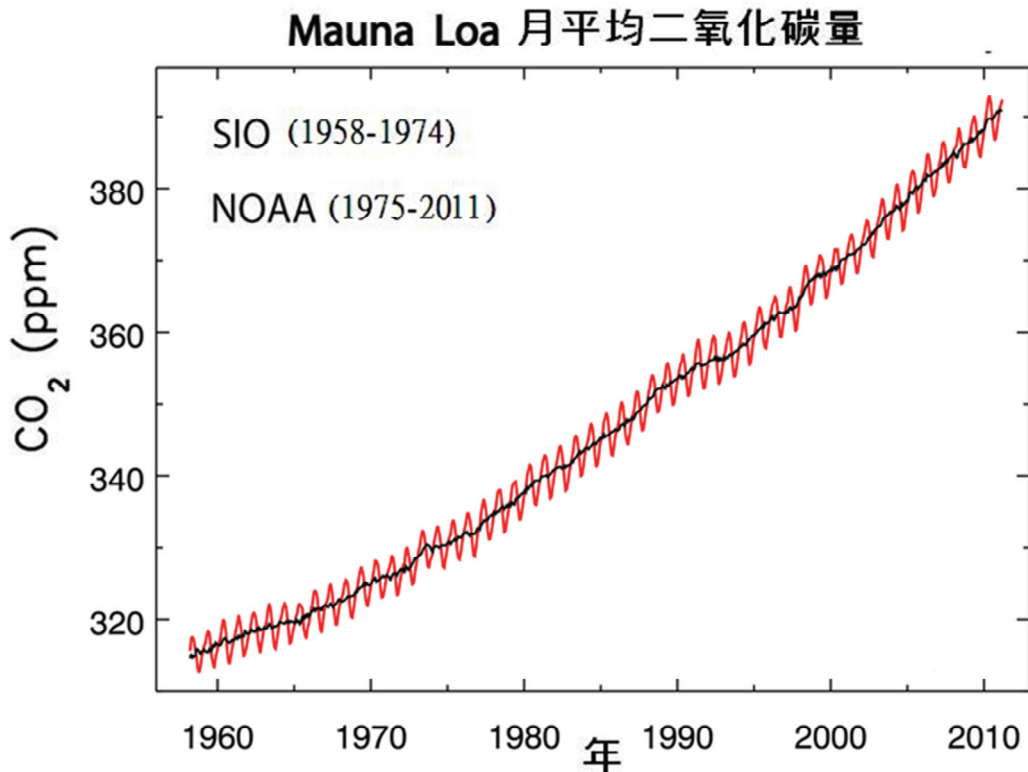
大多數科學家相信，全球暖化的原因主要是人為因素造成的。自從一百多年前內燃機被發明與製造，人類開始燃燒化石燃料並排放了大量的溫室氣體至大氣層中，加上大量林木的清理和耕作等都增強了溫室效應。溫室氣體主要指的是二氧化碳(CO₂)，



圖二、過去一百多年多來氣溫記錄 (取自 Hansen 等人，2006，0°C 基準線為 1951-1980 年期間)

美國斯克利浦斯海洋研究所(Scripps Institute Of Oceanography)的芮維爾教授(Revelle & Suess 1957)首先質疑人為製造的二氧化碳可能造成大氣的增溫，斯克利浦斯海洋學研究所的 Keeling，在夏威夷的莫納羅亞火山上設立了觀測站，記錄 1958 年至 1974 年近地表大氣層每日二氧化碳濃度 (Keeling 等人，1976)，美國國家海洋暨大氣管理局(NOAA)從 1974 年起繼續在莫納羅亞觀測站記錄每日二氧化碳濃度(Thoning 等人，1989)，直至

今日。這些紀錄證明大氣中二氧化碳大幅增加的事實，從 1958 年的濃度百萬分之二百八十增至 2010 年的百萬分之三百九十一，每年增加約百萬分之二(圖三)，根據芮維爾教授的研究，二氧化碳的增加反映了約百分之六十三的溫室效應。除了二氧化碳對暖化的影響，近年來許多研究顯示，甲烷 (CH₄)、二氧化氮(NO₂) 與氟氯碳化物(CFCS)等氣體大量排放於大氣，它們產生的溫室效應幾乎近等同於二氧化碳(Grewe 等人，2001)。



圖三、五十年來近地表大氣層二氧化碳濃度，直線為季平均值，資料來源：
美國國家海洋暨大氣管理局(NOAA)與斯克利浦斯海洋學研究所
(Scripps Institute Of Oceanography, SIO)

聯合國政府間氣候變遷委員會 (IPCC) 曾分別在 1991, 1995, 2001, 2007 動員了超過 130 個國家，2000 位以上的科學家的合作，提出四次的評估報告 (IPCC Assessment Report)，評估全球暖化可能對全球的影響。IPCC 也對未來全球氣溫提出預測 (IPCC, 2007)，預測全球的表面氣溫至 21 世紀末了，相對於 1980-1990 年代可能增加 1.1 °C 至 6.4 °C，其上升多寡根據溫室氣體釋放大氣的速率而定，最佳的估計為上升 1.8 至

4.0 °C。並且暖化的速率各地並不平均，一般說來陸地暖化速率較海洋快，高緯度地區暖化速率較低緯度地區快，台灣地區的暖化速率，也較全球平均值高出許多。

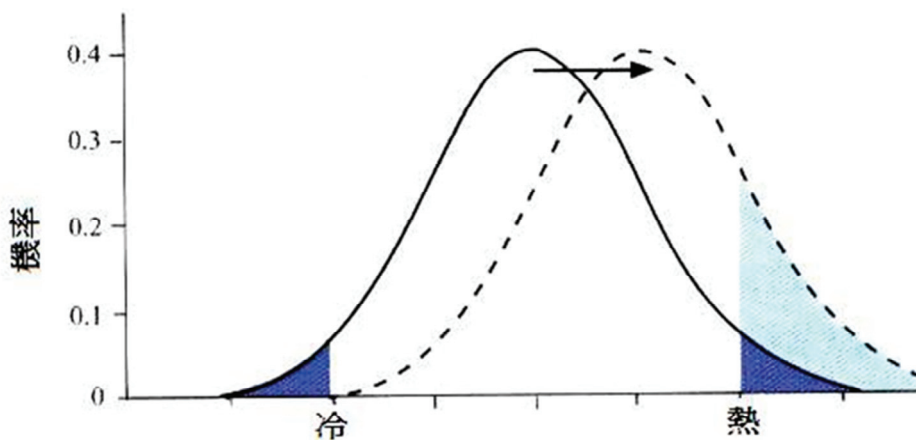
(二) 極端氣候增加

如此快速的暖化速率對全球氣候的影響極大，特別是極端氣候 (Climate Extremes) 的增加，所謂極端氣候是指極熱或極冷的天氣所造成的惡劣天候，一般說來它們所造成災害約佔天然災害的七成左右。受到全

球暖化的影響，這些極端型氣候，例如乾旱、豪雨、颱風、龍捲風或其他及惡劣天氣，它們發生的頻率和強度都增加。從圖四中可見，當暖化效果顯著時，整個氣溫分佈機率曲線會往增溫方向移動，假設高過某臨界值為熱的極端氣候，低於某臨界值則為冷的極端氣候，暖化的結果導致熱的極端氣候的發生機率升高(Houghton, 1997)，冷的極端氣候的發生機率降低。其中受影響最顯著的便是水文循環(Hydrologic Cycle)，由於海洋溫度增加，水蒸發加快，大量水氣被輸送進入大氣，會導致有些地區短時間內降雨量升高，使暴雨及暴雨造成的水災、岩石崩、泥石流、土石流等天然災害發生的機率提高。有些地區降雨量反而減少，變得更乾旱，導致內陸地區沙漠化加速，沙漠有擴大的危險。因高緯度暖化速率較低緯度快，高緯度極

端氣候增多的影響可能更顯著。

以上因極端氣候增強天然災害的危害程度，近年來常見於各種天然災害事例。例如 2005 年卡崔娜颶風經過墨西哥灣襲擊美國南岸時，幾天內竟從一級輕度颶風升級為四級超級颶風，造成紐奧良市重大破壞。再如近幾年颱風來襲，都帶來驚人雨量，2008 年的辛樂克與薔蜜、2009 年的莫拉克與 2010 年的凡那比與梅姬，均因豪雨和土石流，帶來台灣極大災情。又如 2008 年 8、9 月間辛樂克、薔蜜、海高斯颶風等，每週一個接連一個發生，發生極為頻繁，上述災害之發生可能均肇因於海水過熱。除上述事例外，各地的暴風雪、雷雨、龍捲風、熱浪、野火、沙塵暴、土石流等，更是屢見不鮮，規模都很嚴重，因為極端氣候的增加，今天人類比以往任何時代都更暴露於天然災害的危害。



圖四、受到暖化影響，氣溫分佈機率曲線將往增溫方向移動，熱的極端氣候機率將增加(取自 Houghton, 1997)。

三、人為的因素

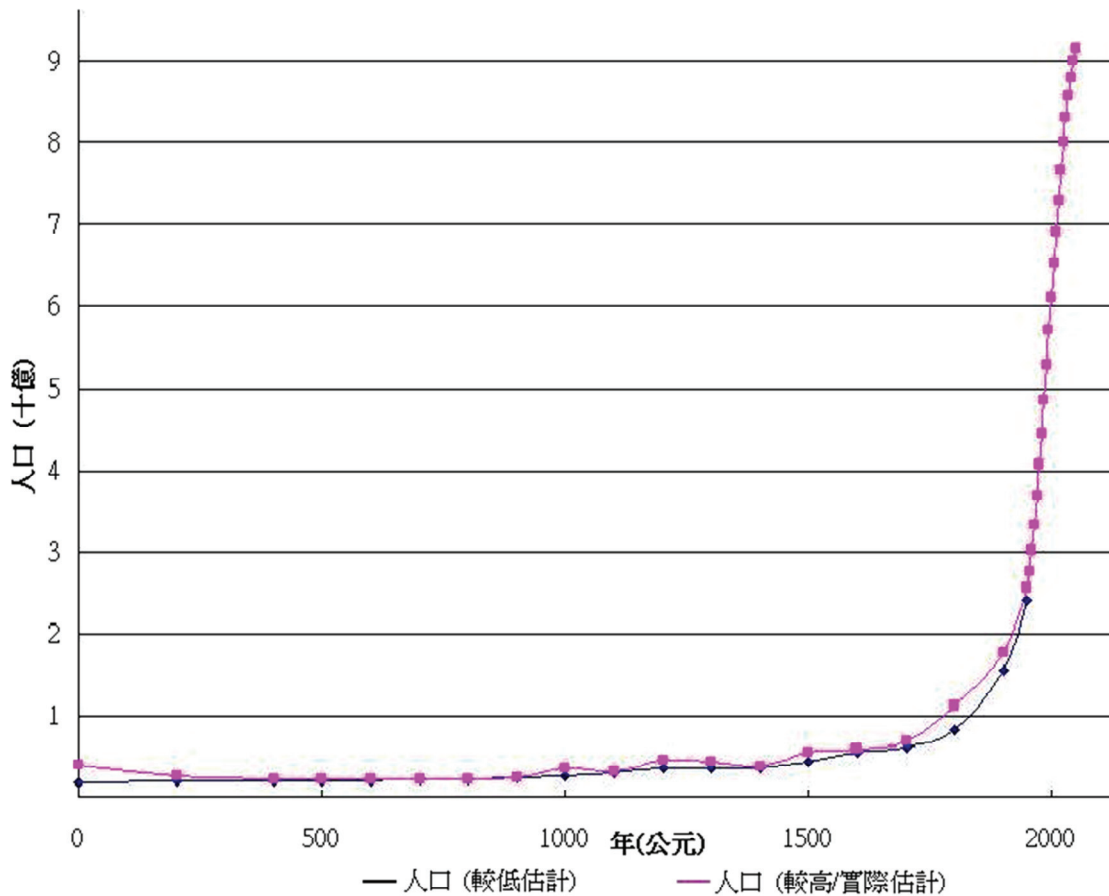
從以上所述天災的加劇都是自然界生態的因素，但觀察近年來每次天災的發生和其傷亡，也有許多人為的因素在內，今略述如下。

(一) 全球人口的遽增

因著全球人口的遽增，使人類今天極易遭受自然災害的傷害。從有人類歷史以來，因著生活的艱難和高死亡率，全球人口成長的非常緩慢，到十八世紀初全球尚只有 6 億多人口(圖五)。然而到了近幾個世紀，因著科技文明和醫藥的進步，全球人口迅速增長。特別是二十世紀以來因著廉價石油的使用，全球經濟普遍蓬勃發展，使人口爆炸，從二十世紀初的 16 億，至 2010 年全球人口已接近 69 億，成長了 4.3 倍，聯合國估計到 2050 年世界人口將超過 90 億(圖四)。人口的快速增長，加增了天災的風險，尤其是開發中國家人口密集的城市，他們居住的條件簡陋，特別容易受到天災的傷害，因此每年預期有許多開發中國家人口會受到頻繁天災如暴風雨、洪水或地震等之襲擊。Revelle(1983)曾指出，因著大氣中二氧化碳濃度的增加，使海水熱膨脹及冰川快速融化，在 100 年內海平面可能上升 5-6 公尺。全球有接近 21% 人口生活在距離海岸 30 公里以內(Gommes 等人，1998)，而且此區域人口快速成長，這些高密度的人口居住於天災的高風險區，使他們極易受

到天災的傷害(Myers, 2001)。此外根據國際紅十字會編纂的 2001 全球災難報告(World Disasters Report 2001)指出，全球估計有 2 千 5 百萬人居住於危險的環境，Myers (2001)更預估全球估計有 5 千萬人在 2010 年以前必須遷移現在居住的環境，成為氣候變遷下的環境難民(Environmental refugees)。

以上因人口的密集使天災傷害程度增加，在近年自然災害事例中常見。例如 2005 年 10 月克什米爾地震，約八萬多人死亡；雖然因為地震規模強、深度淺，造成的破壞力強，但也因為克什米爾的貧窮，一般建築物強度不足，加上緊急救難系統脆弱，使災情更加慘重。2008 年 5 月，四川汶川發生地震，約七萬人死亡，也是因為四川人口密集，建築結構脆弱。死亡人數最多的就是中小學生，因其地震發生於上課時段，超過 6,898 間校舍倒塌(許丁友 2008)，勘災報告中指出，許多校舍之耐震能力嚴重不足，學生因此成為地震的主要受害群(鍾立來 2008)。又如 2010 年 1 月海地發生規模 7.0 地震，震央在首都太子港，死亡人數超過 20 萬人，因為海地非常貧窮，人口密度極高，許多人的住處簡陋，很少鋼筋混凝土結構，因此強震幾乎摧毀全城所有建築及道路，災後救援困難重重，甚至救難物質都很難送達災區，使海地災後頓時成了人間地獄，情景不堪入目。



圖五、全球歷史人口估計 (資料來源：美國人口普查局)

(二) 人與自然爭地

全球人口過度膨脹的另一個結果，就是人與自然爭地。人本來應與自然和諧共處，但當人口遽增以致土地不敷使用時，人就開始與自然爭地，因此許多不該被使用的土地，像山坡地的坡腳、河流的沖積平原、海灘或湖濱的保護林區、地勢低窪區域等，都被強行開發使用，破壞了自然的穩定，故難以避免的遭到大自然的反撲。

許多城市都市化增加建築，這些建築的材料如瀝青與水泥等，多半是不透水的，因此都市化的結果是使雨水無法經過土壤滲透至地下，增加了表面逕流與河道流量的負荷，以致遇豪大雨即成災，而許多原本低窪的行水區被佔據蓋造，更增加大水來臨時淹水機率。

人與自然爭地遭受天災傷害之例比比皆是，特別是河堤兩岸與氾濫平原

更常被過度蓋造，增加了洪災與土石流的危險性。委內瑞拉的 Caraballeda 市便是如此，許多建築施建於河堤兩岸與氾濫平原上。1999 年十二月，一場大雨造成了數千個岩屑崩滑入山谷，洪水與土石流兩者交相肆虐，造成 30,000 人死亡(Montgomery& Spencer, 2003)。又如 2008 年 9 月辛樂克颶風帶來豪雨，南投塔羅灣溪暴漲，洪水與土石流重創廬山溫泉。廬山一地約有四十家的溫泉旅館，但多半建築於河道兩旁，強用水泥限縮河道，佔用了河床用地，因此近乎半數溫泉旅館地基被掏空，倒臥或半淹沒在洪水中(2008-09-18 聯合報)。又如 2009 年 8 月八八水災中甲仙鄉小林村滅村事件，也是人與自然爭地結果，小林村位於一順向坡上，土質鬆軟，又接近河岸，本不適宜居住。豪雨加上河水氾濫，以致造成深層崩壞，使大量土石順勢而下，吞噬了整個村莊(2010-08-09 聯合報)。

(三) 人為的疏失

細究天災發生的原因及其破壞的程度時會發現，許多天災的發生固然是自然作祟，但也牽連人為疏失因素。以卡崔娜颶風為例，它造成千餘人死亡及極大財物損失，但其實其災害程度原不至這麼嚴重。在卡崔娜颶風發生以前氣象專家已指出紐奧良市北面堤防過於脆弱，在三級以上的颶風風力下可能遭破壞，但總未引起注意，以致災難終於發生。又如 2004

年南亞海嘯造成慘禍，也由於海岸過度開發，許多旅館均建築在海灘，正好在海嘯途徑上，許多紅樹林遭破壞，無法發揮緩衝功能。再以台灣近年來多土石流與洪水為例，除了前述極端氣候增加的自然因素外，山坡地過度開墾，許多山坡地被開發為住宅區、道路等，也有多處被改種植檳榔樹、水蜜桃等淺根植物，未能水土保持，也是禍患之因。2010 年 9 月凡那比颶風挾帶超大豪雨重創高雄市，事後檢討發現應該發揮疏洪功能的滯洪池、疏洪道、抽水機等都嚴重不足，大水無處宣洩，也暴露有關單位建設的疏失(2010-09-30 聯合報)。最後如 2011 年 3 月 11 日日本的地震及海嘯，造成福島核電廠大量放射性物質外洩，更暴露了日本政府的危機處理應變能力之薄弱，未適時向外界說明災情的嚴重性(2011-03-16 中國時報)，也未立即尋求國際間協助，都說明了人為疏失因素，使災情一再擴大。

肆、如何減輕天災損害

以上我們分析了近年來天災增多和增強的原因，並且預期未來天災危害將更頻繁並加劇，然而面對如此頻繁的天然我們應該作什麼呢？上述生態環境的改變及全球暖化與極端氣候增加等因素都是既成事實，我們是否仍能作一些事以減輕這些天災帶來的損害？答案是肯定的，周全適當的準備工作將有助減輕天災的傷亡與損

失，這在研究中已被學者指出(Coburn 等人, 1994; Mileti, 1999; Anbarci 等人, 2005)，以下簡介一些準備工作。

(一) 正確觀念的教育和宣導：

對天然災害相當的認知，能幫助許群眾在災前作適當預備，並在災難中作正確的應變和處置，例如認識地震、海嘯、颱風、洪水、土石流之發生並逃難措施，都有助於減少人員的傷亡和財物損失，這方面不僅需要個人的學習，也需要政府對群眾多方宣導。

(二) 預警系統的建立：

預警系統的建立，可幫助民眾抓住致命的逃難時間。311 的日本強震中，很多日本民眾因地震及海嘯的預警系統發揮作用，得以即時逃難，台灣與日本的板塊構造環境相似，很多日本的作法可作為我們的借鏡。

(三) 改善環境與建築結構：

都市區域須作好疏洪工作，天災的高風險區，如山坡地的坡腳、河流的沖積平原、海灘、地勢低窪區域等，須常注意環境的安全並改善。農委會(2011)公告台灣有 1552 條土石流潛勢危險溪流，分布於 17 個縣市，這些區域環境的安全性須要作評估。此外有些建築結構脆弱，無法應付天災考驗，如前述耐震能力不足房屋，都須作評估及改善。

(四) 建築法令嚴格要求並執行：

建築法令的嚴格要求並執行，有助於保障人民生命及財產安全，例如限制

山坡地的使用，限制河床及泛濫平原的使用，限制建築物的防颱、耐震規格，要求房屋地基墊高以防低窪區域洪水等，都可減少天災帶來的傷亡損失。

(五) 逃難與救災演習：

常發生天災所在區域，須擬定日程作逃難演習，使民眾熟悉如何逃難，同理救災也需要演練。美國夏威夷市常有海嘯發生，因此該市每年都有演習，使群眾知道逃難路線。日本鹿兒島常有火山爆發，因此每年都有演習，使群眾在逃難時不至失序，這些都值得學習。

(六) 大規模的遷徙：

因著自然環境的變遷，有些地方環境已經不適合生存，在災前或災後大規模的遷徙已成現勢所趨，這種大規模的遷徙需要政府政策的配合與執行。過去山地一些村落不太能接受政府遷村建議，小林村滅村事件發生後，現在較能配合政府的遷村政策。

(七) 保險政策的修訂與執行：

近年來全球天災的頻繁，巨災保險法規須適時修訂並執行，才能成功地保障人民財產安全，減輕天災帶來損失，例如產險業反映天災保險費長期偏低，天災保險風險需要重新被評估(2010-04-08 聯合報)。

(八) 新科技的應用：

許多新科技的應用，如全球定位系統(GPS)、遙感探測、大地測量等，都

有幫助我們研判天災的發生，以作建築設計、都市規劃、保險政策與風險管理之參考依據。

伍、結論

本文中我們闡述了二十一世紀天災的特徵，說明了二十一世紀天災發生的頻率增加、威力增強的趨勢。我們搜尋一些天災資料庫與文獻，證實此天災加劇趨勢。我們分析了近年來天災增多和增強的原因，包括自然的因素如生態環境的改變、全球暖化與極端氣候增加等；也包括人為的因素如全球人口遽增、人與自然爭地、人為的疏失等。文中也引用一些天災事件為佐證，以加強以上論述。

從天災增劇趨勢，我們預期未來天然災害將更頻繁嚴酷。然而我們不應該絕望，面對未來大自然嚴峻的挑戰，我們須要作周全適當的準備工作，如本文中所建議的，使我們在面臨二十一世紀天災挑戰時，能夠減輕傷亡和損失。

參考文獻

- 丁仁東 (2007)：自然災害－大自然反撲，五南圖書出版公司
- 林立樹、蔡英文、陳炯章 (2001)：近代西方文明史，五南圖書
- 許丁友 (2008)：2008 汶川地震專刊導讀，國家地震工程研究中心
- 馮作民 (1975)：西洋全史（十），產業革命，燕京文化事業
- 農委會水土保持局全球資訊網：
<http://www.swcb.gov.tw/>
- 鍾立來 (2008)：校舍耐震問題與對策探討，國家地震工程研究中心
- Anbarci, N., Escaleras, M. and Register C. A. (2005), Earthquake Fatalities: The Interaction of Nature and Political Economy.” *Journal of Public Economics*, 89, 1907-1933
- Carson, R. 卡森女士 (1962)，李文昭譯：寂靜的春天，晨星出版社(二版) 2008 Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) <http://www.emdat.be/database>
- Coburn, A., Spence, R. and Pomonis, A. (1994), *Vulnerability and Risk Assessment*, 2nd ed. New York: Disaster Management Training Programme and United Nations Development Programme.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2007) 聯合國糧農組織報告；<http://faostat.fao.org>
- Gommes, R., du Guerny, J., Nachtergaele, F., Brinkman, R. (1998), Potential impacts of sea-level rise on populations and agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations
- Grewe, V., Dameris, M., Hein R., Sausen, R. and Steil, B. (2001), Future changes of the atmospheric composition and the impact of climate change, *Tellus* 53B, 103-121
- Hansen, J., Mki. Sato, R. Ruedy, K. Lo, D.W. Lea, and M. Medina-Elizade (2006), Global temperature change, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 103, 14288-14293
- Houghton, J.(1997), *Global warming, the Complete Briefing*, Cambridge University Press, IPCC Assessment Report 聯合國政府間氣候變遷委員會評估報告 (2007) ；
<http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>
- Keeling, C.D., Bacastow, R.B., Bainbridge, A.E., Ekdahl, C.A., Guenther, P.R. and Waterman, L.S. (1976), Atmospheric carbon dioxide variations at Mauna Loa Observatory, Hawaii, *Tellus*, vol. 28, 538-551
- Mileti, D. S. (1999), *Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards*

- in the United States , Washington, DC: Joseph Henry Press.
- Montgomery, C.W. and Spencer, E. W. (2003) , Natural Environment , McGraw Hill Custom Publishing ; 7th ed.
- Myers, N. (1997) , Environmental Refugees , Popul. Environ. 19 , 167-182
- Myers, N. (2001) , Environmental Refugees: a growing phenomenon of the 21st century , Phil. Trans. R. Soc. Lond. B , vol. 356 , 609-613
- Oliver-Smith, A. (2006) , Disasters and Forced Migration in the 21st Century , Social Science Resource Council: Understanding Katrina. 12 September.
- Rasmussen, T. N. (2004) , Macroeconomic Implications of Natural Disasters in the Caribbean , International Monetary Fund Working Paper
- Revelle, R. & Suess, H. (1957) , Carbon dioxide exchange between atmosphere and ocean and the question of an increase of atmospheric CO₂ during the past decades , Tellus 9 , 18-27
- Revelle, R. (1983) , Probable Future Changes in Sea Level Resulting from Increased Atmospheric Carbon Dioxide. , Changing Climate, National Research Council Carbon Dioxide Assessment Committee, Washington, DC , 433-448
- Shindell, D. T., Rind, D. and Lonergan, P. (1998). Increased polar stratospheric ozonelosses and delayed eventual recovery owing to increasing greenhouse-gas concentrations. Nature 392 , 589-592
- Singh, I.B., Chaturvedi, K., Morechhale, R.K., Yegneswaran, A.H. (2007) , Thermal treatment of toxic metals of industrial hazardous wastes with fly ash and clay , Journal of Hazardous Materials 141 , 215 - 222
- Stromberg, D. (2007) , Natural Disasters, Economic Development, and Humanitarian Aid , Journal of Economic Perspectives , V. 21 , N. 3 , 199-222
- Thoning, K.W., Tans, P.P., and Komhyr, W.D. (1989) , Atmospheric carbon dioxide at Mauna Loa Observatory 2. Analysis of the NOAA GMCC data, 1974-1985, J. Geophys. Research, vol. 94, 8549-8565
- U.S. Census Bureau 美國人口普查局
U.S. Census Bureau ;
<http://www.census.gov/> World
Disasters Report (2001) ,
International Federation of Red
Cross and Red Crescent Societies