

緩緩現形的天災 乾旱

前言

聯合國在七月下旬發布消息，宣布有「非洲之角」(Horn of Africa) 之稱的非洲東部四國—索馬利亞、衣索比亞、吉布地、厄利垂亞，以及鄰近的南蘇丹和肯亞正面臨六十年來最嚴重的乾旱，饑荒前兆已經出現 (圖1)，受影響人口近一千兩百萬，呼籲國際社會展開救援行動。這些國家都是屬於農業技術落後，人口成長快速，水利和衛生體系設施不足的貧窮國家，一旦乾旱出現，百姓的生命存活立即受到威脅。

罕見的旱災除了侵襲非洲以外，陰影也籠罩美國和歐洲 (圖2)。美國旱災防治中心七月的統計結果顯示，全美有四十八州受到旱災影響，是有完整全國旱災監測紀錄的十二年來影響範圍最大的一次。歐洲在春天也出現三十五年來最嚴重的旱災，導致德國與英國東部的穀物歉收，法國全國有一半地區限水；中國同樣也出現乾旱，受災人口高達三千五百萬人。國際糧食與作物價格隨著乾旱攀升，疲弱的經濟更加疲軟，乾旱對社會和經濟的影響絕對不容小覷。

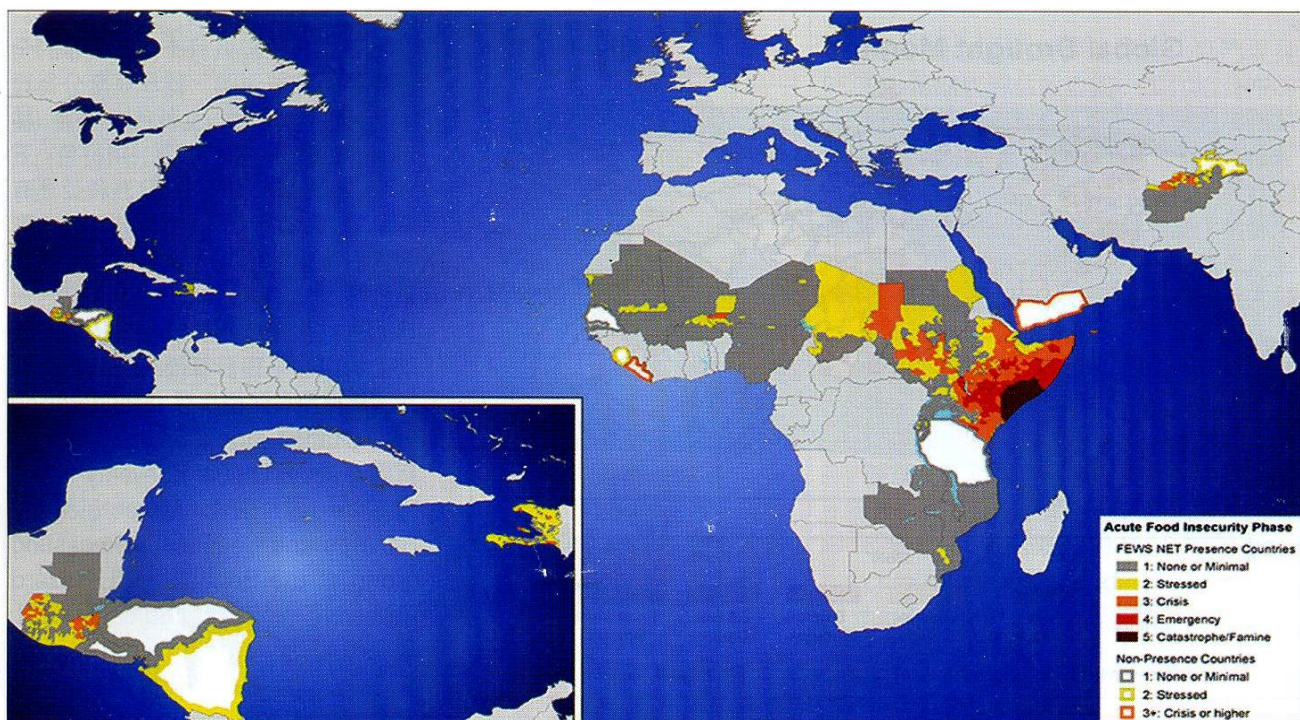
另類災害性天氣

可能造成生命或財產損失之天氣現象稱為災害性天氣，明列在我國氣象法中的有：颱風、大雨、豪雨、雷電、冰雹、濃霧、龍捲風、強風、低溫、焚風、乾旱等，其中以「乾旱」最為獨特。

乾旱是指一段時期異常偏乾，也就是和氣候平均狀態相比雨量異常偏少，因此而導致的災害則稱為旱災。有別於其他災害性天氣的突如其來，乾旱發生的過程相當緩慢，在發展期往往難以察覺，等到感受到它的來臨時已儼然成形。其他的災害性天氣都能明確定義出事件的開始和結束，乾旱卻很難有廣泛適用的客觀定義，這主要是因為乾旱的形成往往是許多因素的集合，因素之間也沒有必然的關聯性。

乾旱不止一種

科學上通常把乾旱分為氣象乾旱、農業乾旱、水文乾旱三種。氣象乾旱是指一段時期的雨量或雨日異常偏少，農業乾旱乃是因雨量過少造成土壤異常偏乾或作物生長異常，水文乾



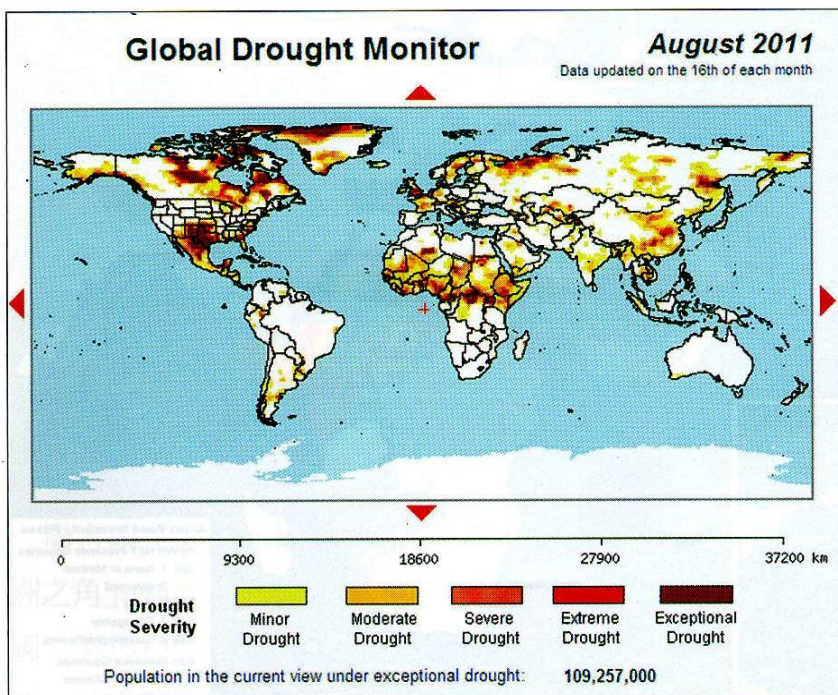
↑圖1. 饑荒預警系統網絡 (Famine Early Warning Systems Network - FEWS NET) 公布之二〇一一年八至九月糧食安全預測圖，饑荒程度在屬於 FEWS NET 的國家分為無或輕微 (灰色)、緊張 (黃色)、危險 (橘色)、緊急 (紅色)、災難 (紫紅色) 五個等級表示；非 FEWS NET 國家的饑荒程度則分為無或輕微 (灰線)、緊張 (黃線)、危險及以上 (紅線) 三個等級表示。位於東非的非洲之角大部分區域都出現了危險以上的預警訊號。(圖片來源：<http://www.fews.net/Pages/default.aspx>)

旱則是因雨量過少出現地表逕流和河川流量異常偏少的現象。天不下雨是乾旱的起因，因此用雨量或雨日定義乾旱是一種普遍的做法。由於不同地方的氣候特性不同，定義的標準須因地制宜，這也是為何相較於其他災害性天氣乾旱在定義上比較困難。

臺灣氣候變化主要受東亞季風環流和鋒面與颱風等天氣系統的影響，加上地形的影響使得不同地區的雨季長短和雨量多寡有明顯差別。北部和東部若有連續二十天不下雨，就算是氣候上少見的異常現象；但是南部要連續五十天不下雨才算異常偏乾。這是因為冬季

東北季風帶來的水氣受到高山阻擋，南部不易降雨，每年十一月到隔年二月是南部的季節性乾期；北部與東部則因沒有山脈阻擋作用的影響，季節性乾期不如南部與西部那明顯。另外，在熱帶雨林區可能幾天不降雨就是異常，但是副熱帶沙漠區要幾年不降雨才是異常。因此不同地區必須要根據當地的氣候特性與社會經濟的需求，定出的乾旱標準才會有用。

一般而言，氣象乾旱通常發生在農業乾旱之前，水文乾旱出現的時候旱象可能已經不輕。但是我國因水庫的有效蓄水量不大，降雨稍微不如預期便有可能缺水。以石門水庫為



←圖2. 二〇一一年八月十六日公布的全球乾旱即時監測圖，乾旱程度分為輕微（金黃色）、中度（土黃色）、嚴重（橘色）、極端（紅色）、罕見（栗紅色）五級，可見北美、非洲、歐洲和亞洲有多處的乾旱達到罕見的最高等級，影響人口超過一億人。本圖的乾旱等級是依據從二〇一〇年十一月到二〇一一年七月的全球觀測資料相較於三十年以上的氣候基礎計算而得，判斷標準乃是根據標準降雨指標 (Standardized Precipitation Index, SPI) 和帕瑪乾旱指標 (Palmer Drought Severity Index, PDSI)。(圖片來源：Meteorological Hazards and Seasonal Forecasting group at the Benfield UCL Hazard Research Centre <http://drought.mssl.ucl.ac.uk>)

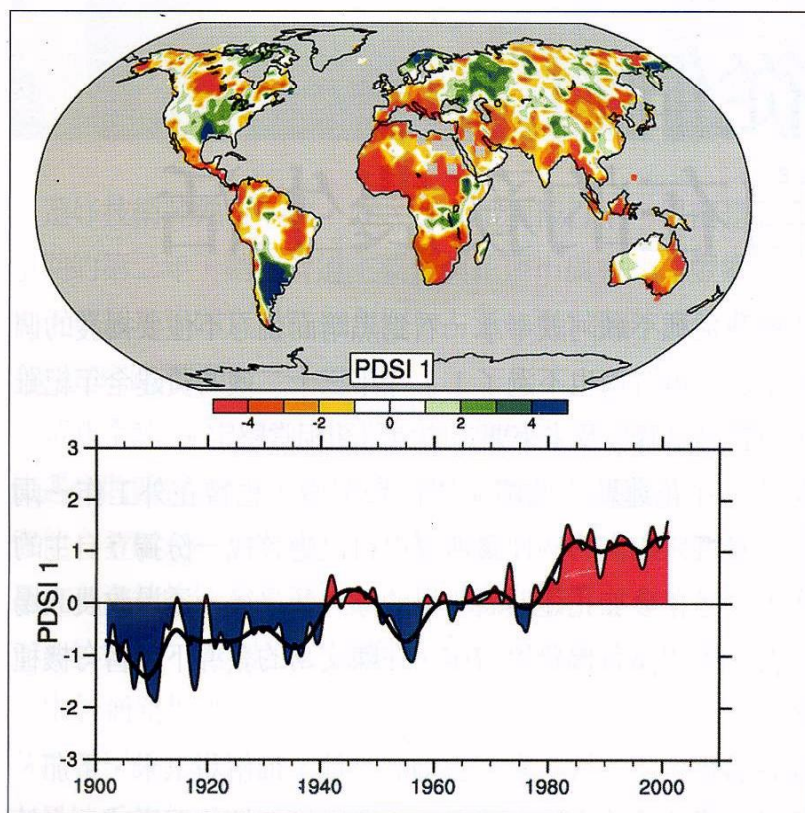
例，不但不能像其他國家的水庫蓄滿一次可用好幾年，而是一年之內要蓄滿四次才夠用。若以水庫儲水量作為水文乾旱指標，臺灣的乾旱發生次序很可能是水文乾旱在先，氣象與農業乾旱的出現在後。

氣候變遷的影響

乾旱是一段時期的累積狀態，受制於大範圍氣象條件，屬於氣候上的極端事件。對於乾旱的形成原因，目前科學上的瞭解還不完整，但有相當多的證據顯示與熱帶海溫變化有關，「聖嬰現象」是其中一個重要影響因素。今年非洲之角的乾旱有部分受到二〇一〇年秋季出現的拉尼娜的影響，關於拉尼娜可參考本刊第〈327〉期氣象講堂的介紹。

氣候暖化也會增加乾旱發生的機會（圖3）。愈溫暖的空氣可含有愈多的水氣，根據克勞克拉方程 (Clausius-Clapeyron equation) 推算，氣溫每上升 1°C 大氣持水量可增加約 7%。有越多的水氣儲存在空氣裡，一旦對流運動發生便有更多的水可以變成雨，這也是為什麼科學家認為降雨強度會隨著氣候暖化而增強。另一方面，氣溫升高可加強土壤水分的蒸發散作用，土壤加速變乾，增加了乾旱的發生機會。因此，暖化的氣候除了增加乾旱風險以外也增加了洪水的風險，但是乾旱與豪雨會在不同時間與不同地點出現；雨水不足的地方未來可能要承受更大的乾旱壓力，而雨水豐沛的地方可能要面對更劇烈降雨造成的災害。

臺灣平均年雨量有 2500 公釐，約為世界各國平均值的 2.6 倍，屬於雨水豐沛的國家。但



←圖3. IPCC (政府間氣候變化專門委員會) 第四次評估報告第一工作組公布的一九九〇至二〇〇二年月平均帕瑪乾旱指標 (PDSI) 主要空間分布形勢 (上圖)。PDSI 是一種常用的乾旱指標，從負的非常乾旱到正的非常潮濕。上下兩圖合起來看可以大略看出一九九〇年以來全球乾旱形勢的變化，當下圖中顯示的值为正 (負) 時，紅色和橙色區域表示相對平均值少雨 (多雨)，藍色和綠色區域表示比平均值雨水偏多 (偏少)。一九八〇年以後非洲的乾旱普遍增多，南美東部以及歐亞大陸的東部與北部則是雨水增多。下圖中平滑的黑色曲線表示十年的變化。(圖片來源：http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-3-2.html)

因地狹人稠，每人每年所分配到的雨量僅及世界平均值的七分之一，加上河川短急，三分之二的雨水降下之後直接逕流入海，使得我國在世界缺水國中排名第十八。在同時具有水不夠和水太多特質的狀況下，氣候暖化使臺灣的乾旱與洪水風險更為高升。

結語

面對更嚴苛的未來，唯有藉由更完善的現代觀測設備與資

料、更精確的天氣與氣候預報資訊和更明智的資訊使用方法才能減輕災害的損失。乾旱的發生過程相當緩慢，監測和預

報資料可以幫助我們提早做好準備，只有徹底瞭解乾旱形成原因和影響層面才能做好風險管理。最重要的是要結合氣象、農業、水利三方面力量，方能將災害減到最低。

