

第二章 脆弱度與影響評估

2.1 脆弱度評估

一、全球的氣候變遷情形

氣候變遷是個非常複雜的議題，其中，最明顯也是最有力的證據，就是全球暖化(Global Warming)的現象。大氣圈中的氣體會吸收太陽的短波輻射與地球散發或反射出來的長波輻射，進而影響地球能量的平衡，其中，溫室氣體(例如二氧化碳(CO₂)、氧化亞氮(N₂O)、甲烷(CH₄)、氟氯碳化合物(CFCs)等)對長波輻射則有顯著的影響。自十八世紀後期開始的工業革命以來，大量溫室氣體被排放進入大氣中，增加大氣圈中溫室氣體的濃度，進而加強溫室效應，造成更多的輻射能量被保留在地球系統中，趨使溫度上升，由於大氣圈中溫室氣體的濃度是為平均的濃度，並且是全球尺度之問題，所以稱之為全球暖化。

從歷史資料分析可見，地球溫度與溫室氣體之相關性，圖 2.1 顯示過去 65 萬年前以來，南極冰芯中氘的變化(δD ，約相當於局部的氣溫)與二氧化碳、氧化亞氮以及甲烷等溫室氣體濃度間之關係，從圖中可看出，當溫度高時，各溫室氣體的濃度亦升高，當溫度低時，溫室氣體的濃度則降低，呈現一定程度的正相關性。圖 2.2 則顯示自 1750 年以來，溫室氣體如二氧化碳、氧化亞氮以及甲烷濃度急速上升，表示人類工業革命以來，大量的產生了溫室氣體；圖 2.3 進一步根據觀測的全球平均氣溫資料進行分析，並分成近 150 年、近 100 年、近 50 年與近 25 年探討全球平均氣溫上升的趨勢，從圖中可以看的出來，愈靠近現今的情況，全球平均氣溫上升的趨勢愈明顯且愈劇烈。

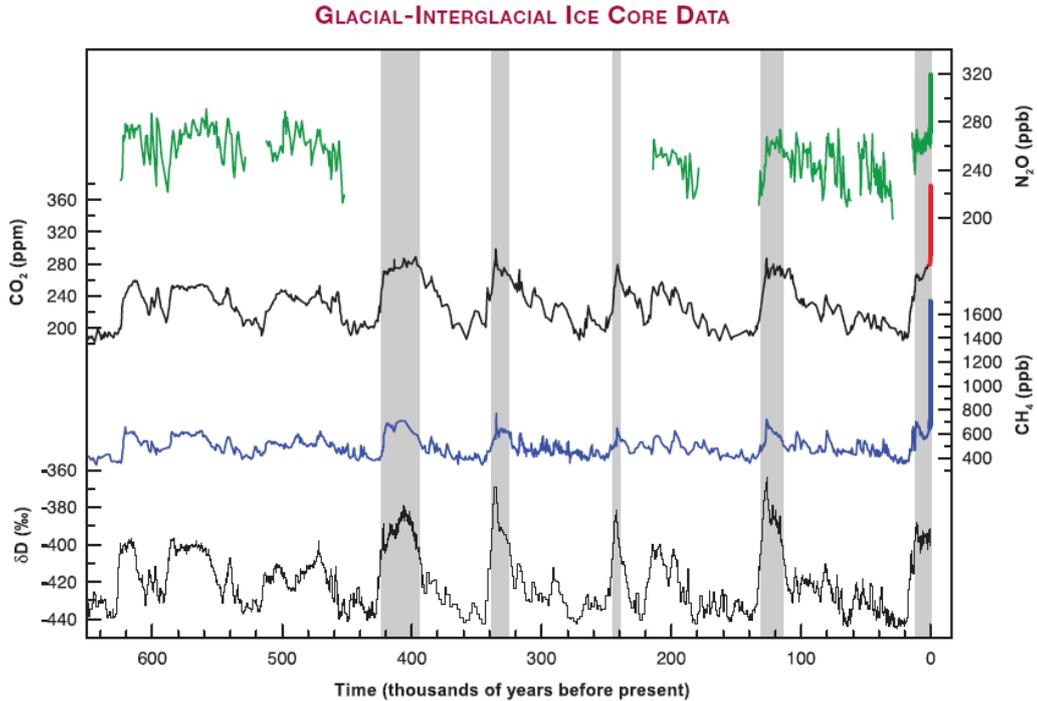


圖 2.1 南極冰芯中氘與溫室氣體關係示意圖

[南極冰芯中氘的變化(δD，約相當於局部的氣溫)與大氣溫室氣體濃度(二氧化碳(CO₂)、氧化亞氮(N₂O)、甲烷(CH₄))於 65 萬年以來的關係示意圖，陰影處表現今與以前的間冰期暖期，左右兩縱軸分別表示氘的變化與溫室氣體的濃度，橫軸為時間。(資源來源：IPCC 2007)]

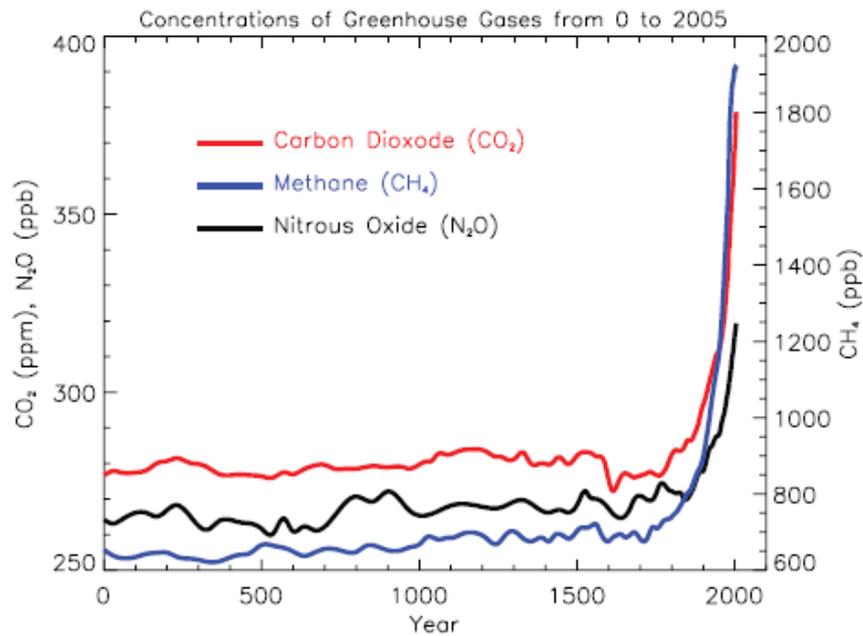


圖 2.2 全球溫室氣體濃度示意圖

[過去 2000 年來溫室氣體的濃度示意圖，其中自 1750 年後，溫室氣體濃度急劇上升，左右兩縱軸分別為溫室氣體的濃度，橫軸為時間。(資源來源：IPCC 2007)]

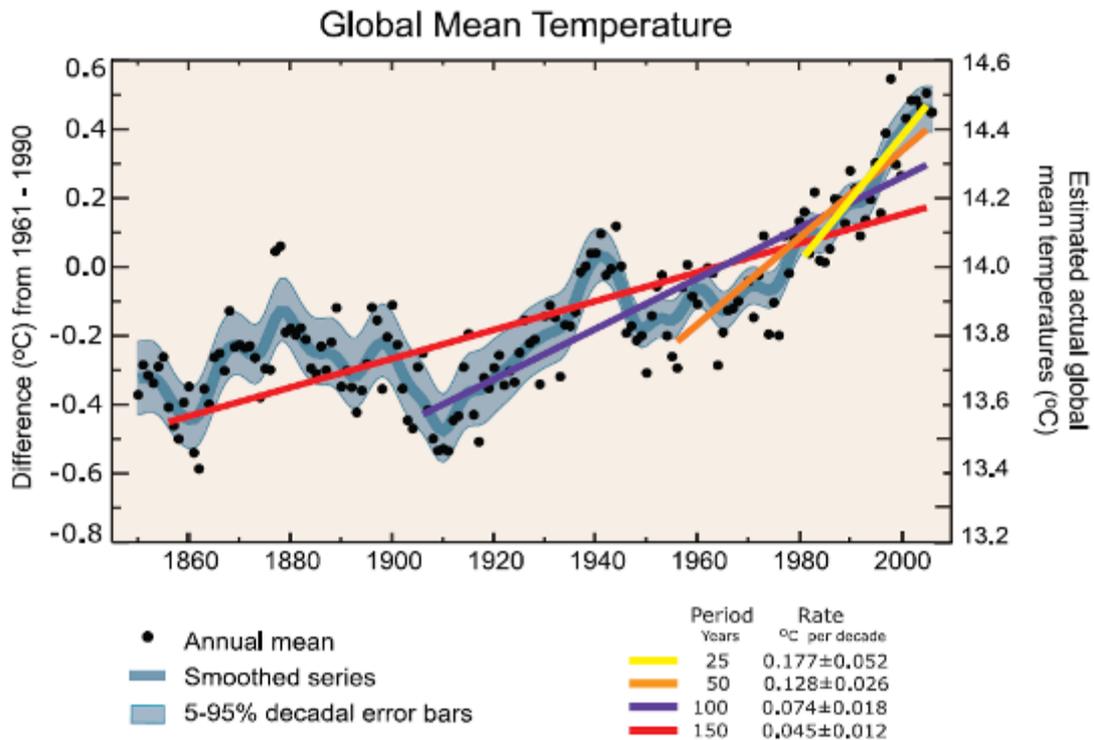


圖 2.3 全球年平均的觀測氣溫(黑點)示意圖

[左邊縱軸為各年溫度相對於1961-1990平均的差異，右邊縱軸為估計的實際溫度，橫軸為時間，其中，不同顏色線分別代表過去25年(1981-2005)、50年(1956-2005)、100年(1906-2005)以及150年(1856-2005)的溫度上升趨勢，離現今時間愈短，上升趨勢愈劇烈。(資料來源：IPCC 2007)]

聯合國政府間氣候變遷委員會(IPCC)於最近出版的第四次評估報告中(IPCC, AR4, 2007)指出，過去百年全球氣候變遷的特性可整理如下(經建會，2008)：

1. 全球暖化的趨勢不是線性趨勢

由過去100年(1906~2005年)的線性驅勢估計，全球平均表面溫度上升 $0.74^{\circ}\text{C} \pm 0.18^{\circ}\text{C}$ 。過去50年的暖化速度是過去100年的兩倍(Brohan 等人(2006)，Smith and Reynolds (2005)，Hansen 等人(2001)，Lugina 等人(2005))。不同資料的分析結果，皆顯示相同的變遷趨勢如圖 2.3 所示。暖化趨勢不是線性的，從儀器記錄最早的五十年(1850~1899年)到最近5年(2001~2005年)暖化了 $0.76^{\circ}\text{C} \pm 0.19^{\circ}\text{C}$ 。

變遷趨勢有逐漸加速的現象：過去 150 年為 $0.045 \pm 0.012^{\circ}\text{C}/\text{十年}$ ，過去 100 年 $0.074 \pm 0.018^{\circ}\text{C}/\text{十年}$ ，過去 50 年 $0.128 \pm 0.026^{\circ}\text{C}/\text{十年}$ ，過去 25 年 $0.177 \pm 0.052^{\circ}\text{C}/\text{十年}$ 。

2.1998 年與 2005 年是紀錄中最溫暖的兩年

全球表面溫度在儀器記錄裡，最溫暖年是 1998 年和 2005 年。1850 年以後，2002 到 2004 年分別是第 3、第 4 和第 5 名的溫暖年。最近 12 年(1995~2006 年)中有 11 年，是在前 12 個最溫暖年記錄之中，唯一例外的是 1996 年。1998 表面溫度上升主要由於 1997~1998 發生聖嬰現象；但是 2005 年則未受到類似異常現象的影響。

3.陸地暖化速度大於海洋

暖化發生在陸地和海洋，也發生在海平面溫度(SST)和夜間海洋上的氣溫。1979 年以後，地球整體而言，陸地表面氣溫上升大約是海洋的兩倍(超過 $0.27^{\circ}\text{C}/\text{十年}$ 比 $0.13^{\circ}\text{C}/\text{十年}$)，最顯著的暖化發生於冬季(12-2 月)與春季(3-5 月)的北半球。

4.極端溫度改變與氣候暖化一致(Alexander 等人，2006)

在 70~75%有觀測資料的陸地，霜日在中緯度地區大規模減少、熱極端事件增加和冷極端事件減少(圖 2.4, 空間分佈圖)。最明顯的是在 1951 到 2003 年期間，冷夜變得罕見；極端暖夜則變得更加頻繁。日溫差在 1950 到 2004 年間以 $0.07/10$ 年速率變小，但在 1979 到 2004 年卻只有極少的改變，這是因為在後段時期的最高和最低溫度以相似的速率上升(圖 2.4, 曲線圖)。近代異常極端事件的例子，是 2003 年西、中歐洲夏天破紀錄的熱浪。那年夏天(6~8 月)是 1780 年有記錄以來最熱的一年，比先前最熱的 1807 年高出 1.4°C ，可能是 1,500 年以來最熱的一年。

5.每個大洋所有緯度的海面溫度都有暖化現象(Rayner 等人，2006)

南北半球的大西洋暖化程度不同。太平洋的暖化則受赤道的聖嬰現象和太平洋年代際變化干擾。印度洋顯現比較穩定的暖化。這些特徵導致海洋表面不同的局地暖化速率。

6. 北極平均溫度以全球平均溫度的兩倍速率增加 (Brohan 等人, 2006)

北極溫度有明顯年代變化。在 1920 年代晚期到 1950 年代初期，曾發生過與現在類似但些微持久的溫暖時期，但是空間分佈不同。衛星觀測資料顯示，夏季北極海冰覆蓋面積自 1979 年以來至 2007 年以每十年 10%(約 72000 平方公里)的速率減少，如圖 2.5 所示(Stroeve 等人, 2007；National Snow and Ice Data Center 網站)。

7. 全球降水型態的改變

降水在北緯 30 度以北的陸地，從 1900 到 2005 年普遍增加；但是熱帶地區從 1970 年之後卻是下降趨勢。北緯 10 度到 30 度地區，在 1900 到 1950 年代降水顯著地增加，但是在 1970 年以後減少。下降趨勢存在於北緯 10 度到南緯 10 度熱帶地區，1976 和 1977 年以後特別明顯。熱帶雨量變化主宰全球平均值的變化。北美洲和南美洲的東部、北歐、和亞洲北部跟中部，顯著地變濕，但在薩赫耳(Sahel)、地中海、南非和南亞的部分地區變乾。降水型態的改變，比溫度改變更具空間和季節性的變動，但顯著降水變化發生的地方，和氣流的變化是一致的。

8. 強烈降水事件增加 (Alexander 等人(2006)，Groisman 等人(2005))

許多陸地地區(即使是某些總雨量減少的地區)豪雨事件(95 百分位)數的增加是可能的。這與氣候暖化與大氣中水氣量顯著增加是一致的。有些報告指出罕見降水事件(每 50 年發生一次)增加，但只有少數區域有充足資料可做出可靠的估計。

9. 乾旱變的越來越常見，特別是在熱帶和副熱帶地區(Dai 等人，2004)

過去三十年，較強且持續較久的乾旱在許多地區越來越頻繁。Palmer Drought Severity Index(PDSI)顯示，陸地降水減少，以及因為溫度上升造成蒸發量提高，是使越來越多地區出現乾旱的重要因素。乾旱發生的地區似乎主要是因為海面溫度變化，影響大氣環流和降水所造成。此一現象在熱帶特別明顯。在美國西部，積雪量減少和隨後的土壤濕度減少，也是影響因子。澳洲和歐洲的乾旱，推斷應該是與全球暖化產生的高溫和高熱浪有關。

10. 海平面高度節節上昇

海平面於過去數十年間逐漸上昇，而在進行海平面上昇推估過程中，熱膨脹是最重要的因素，貢獻 70 到 75%。冰河、冰帽和格陵蘭冰床，對推估也有正面貢獻。

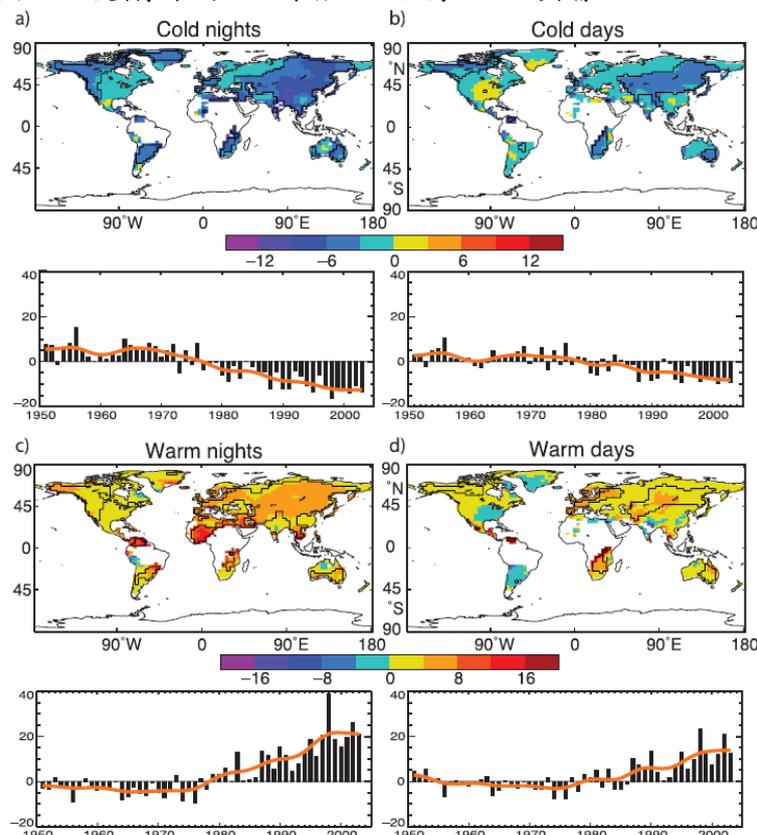


圖 2.4 極端氣溫發生頻率的趨勢圖

[資料長度：1951-2003，單位日/十年，以 1961-1990 為基準。(a) 冷夜與 (b) 冷日 (定義為

十百分位 percentile)；(c)暖夜與(d)暖日(定義為九十百分位 percentile)。曲線為全球年平均值的逐年變化，平滑均線為十年平均曲線。(Alexander et al., 2006)]



圖 2.5 1979-2007 年 9 月北極海冰覆蓋面積的變化。

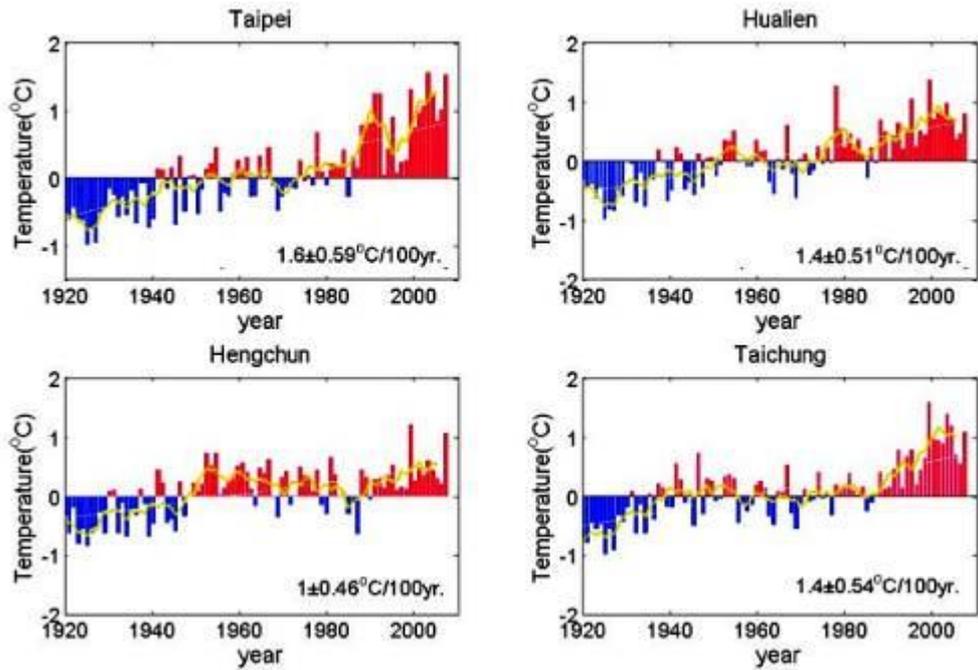
(圖片來源：http://nsidc.org/news/press/2007_seaiceminimum/20071001_pressrelease.html)

二、臺灣的氣候變遷情形

由全球氣候變遷的趨勢來看，氣候變遷對於環境造成影響的因子，可大致歸納於 4 類：(1)氣溫特性改變、(2)降雨特性改變、(3)海平面上升與(4)極端事件(颱風)發生強度增加。爰此，本節即針對於此 4 類因子描述臺灣過去發生氣候變遷的現象與說明。

1. 氣溫特性改變

過去觀測資料指出，臺灣地區正以 $0.8\sim 1.6^{\circ}\text{C}$ 之暖化速度逐漸增溫。相關研究也指出臺灣地區長期暖化現象並非偶發的異常現象，而是全球氣候變遷的一環。自 20 世紀以來，臺灣的平均溫度在百年內大約上升了 1.4°C ，是同期全球平均增溫速率的 2 倍(經建會，2008)。圖 2.6 則顯示臺灣各區域測站之百年年平均溫距平變化。



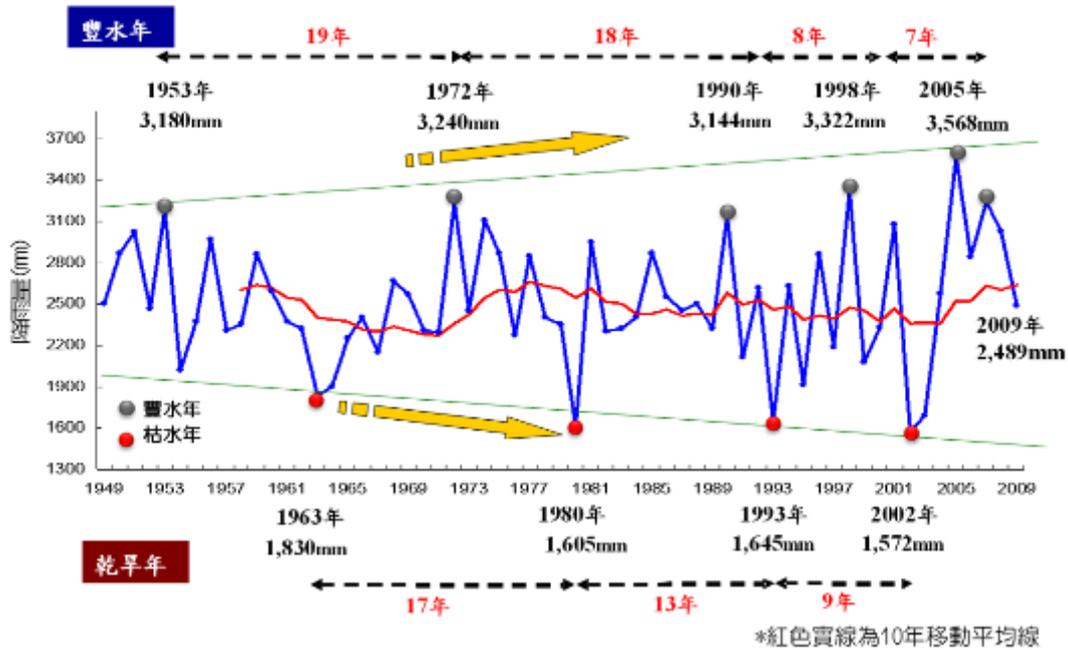
資料來源：經建會(2008)

圖 2.6 臺灣地區各地測站百年年平均溫距平變化示意圖

另外中央氣象局有關臺灣過去百年氣候特性變化的統計資料(2009)亦顯示，這一百年來全台平均氣溫上升了 0.8°C ，(由全台 25 個測站資料所得。如再細分，則在都會區增加 1.4°C ，山地增加 0.6°C ，西部地區 0.9°C ，東部 1.3°C)，略高於全球百年增溫的均值(0.7°C)，目前全台平均氣溫為 18.9°C (百年前是 18.1°C)，鄰近區域的海溫也增加 $0.9\sim 1.1^{\circ}\text{C}$ 。同時在都會區，最低氣溫平均增加 2.1°C ，最高氣溫增加 0.7°C ，夜晚升溫現象比白天高。同時過去 50 年熱浪發生頻率及持續天數明顯增加，且北部溫度變化比其他地區高。

2. 降雨特性的改變

圖 2.7 顯示臺灣雨量近 60 年之統計變化圖，臺灣地區的年際雨量變化非常大，從降雨量最多的 $3,568\text{mm}$ ，至最少的 $1,572\text{mm}$ ，高低相差達約 $2,000\text{mm}$ ，顯現出臺灣降雨量的高度變異性。

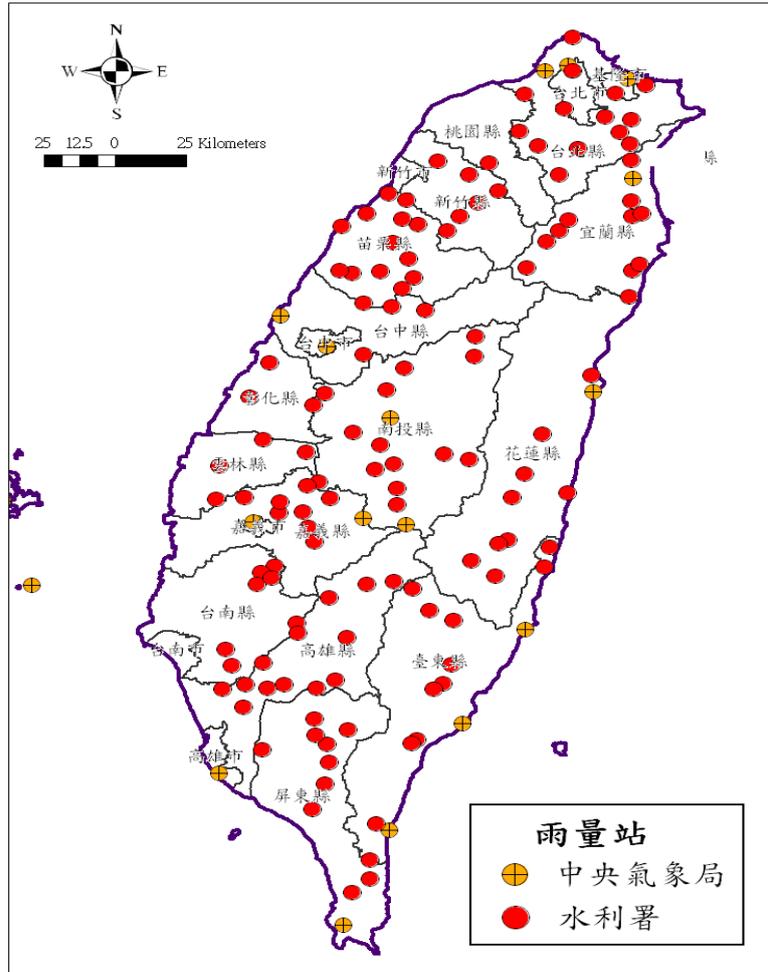


資料來源：淡江大學水資源管理及政策研究中心

圖 2.7 臺灣年際降雨分佈圖

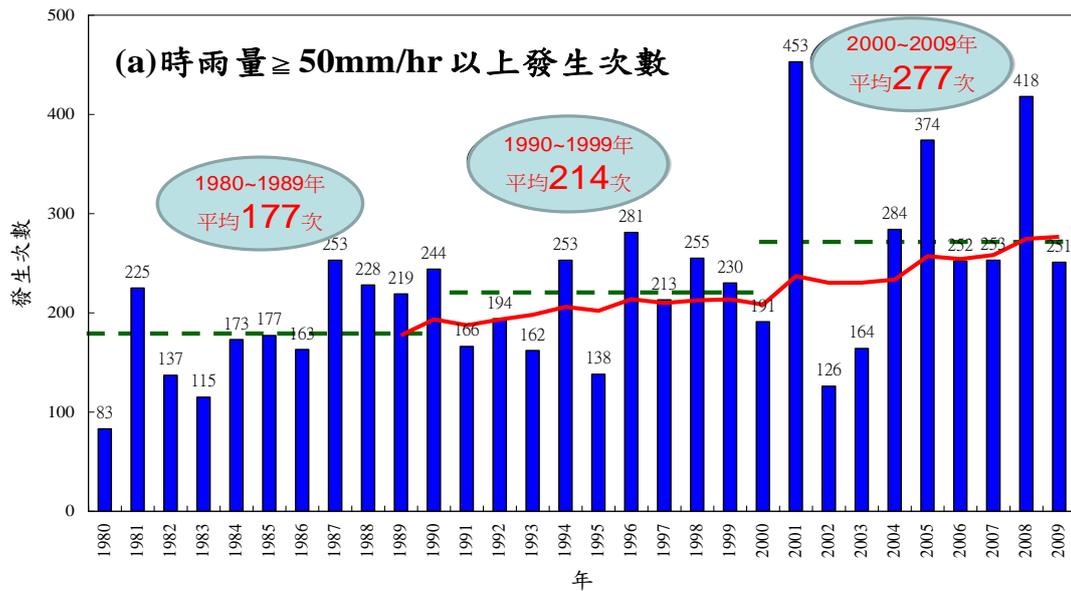
另外分析從 1980 至 2009 年間臺灣的降雨型態，欲探討全台 148 個雨量站(氣象局 19 站，水利署 129 站，如圖 2.8 所示)每年所觀測之時雨量資料，統計大於或等於 50mm 之降雨次數，其中年發生次數之計算方式，採全台共 148 站時雨量記錄超過一定量之次數總合，其結果如圖 2.9 (a) 所示，從圖中可以看出，不論是移動平均線或是十年平均線，發生時雨量大於或等於 50mm 的次數皆呈現上升趨勢，即意指臺灣的降雨有逐漸集中的現象。

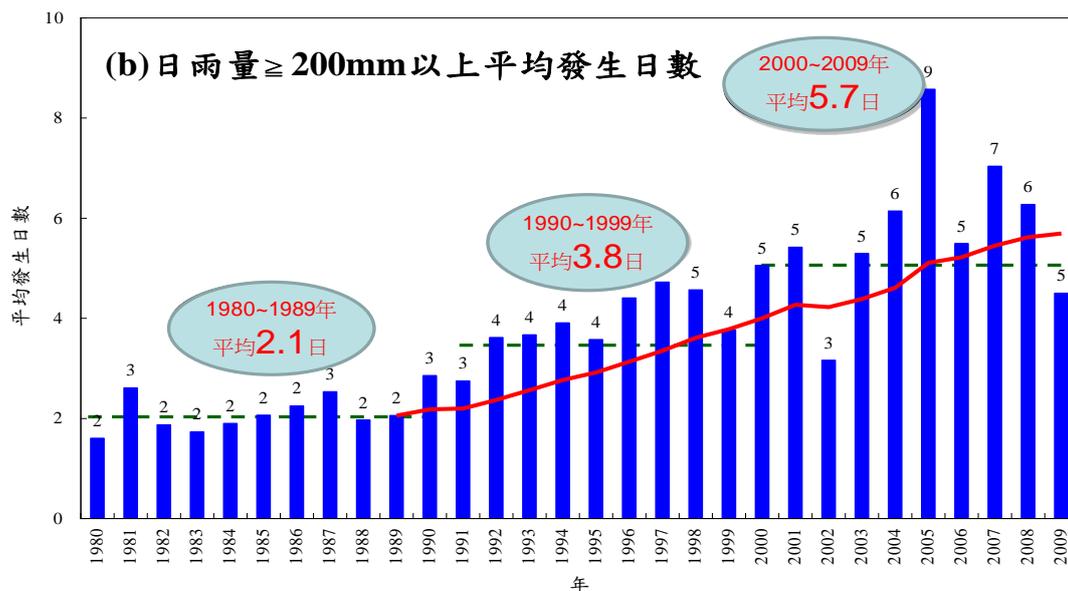
除了分析時雨量外，亦針對全台 148 個雨量站每年所觀測之日雨量資料，統計大於或等於 200mm 之降雨日數/有效站數，其計算方式為先計算各年全台日雨量超過 200mm 之測站總數 (n)，並計算各測站日雨量超過 200mm 之日數總合(d)，再求其平均發生日數即(d/n)，分析結果如圖 2.9 (b) 所示，從圖中可以看出，不論是移動平均線或是十年平均線，發生日雨量大於或等於 200mm 的平均發生日數皆呈現上升趨勢，更能夠說明臺灣的降雨型態於時間尺度上有逐漸集中的現象。



資料來源：淡江大學水資源管理及政策研究中心

圖 2.8 雨量站分佈圖





資料來源：淡江大學水資源管理及政策研究中心

圖 2.9 降雨型態趨勢分析圖

[(a) 顯示時雨量 ≥ 50mm 次數分析； (b) 顯示日雨量 ≥ 200mm 平均發生日數。其中紅色實線為 10 年移動平均線，綠色虛線為 10 年平均線。]

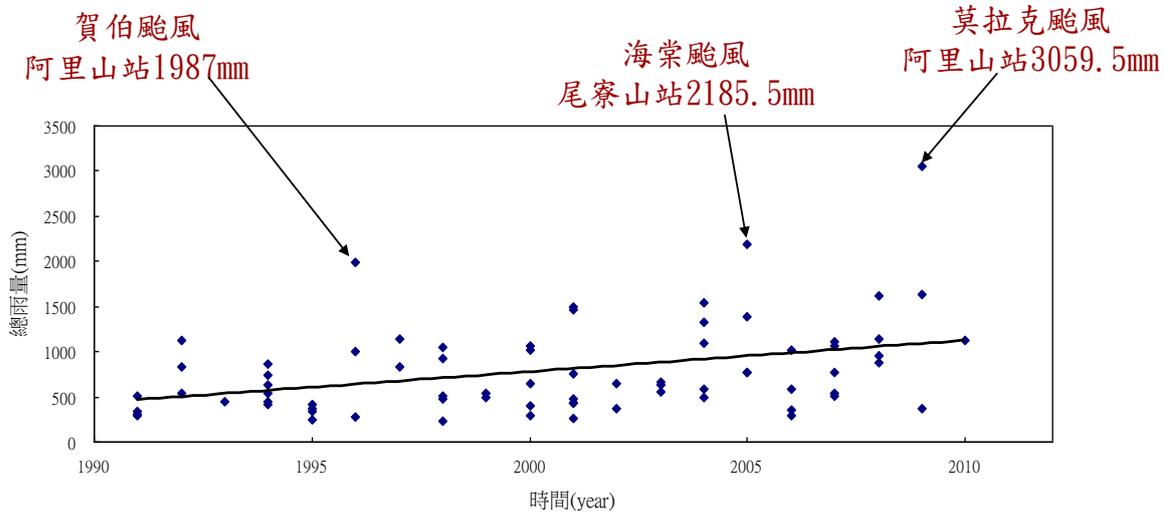
3. 海平面上升

經建會(2008)所提出的報告中指出，根據兩岸三地分布在臺灣周圍海域的海洋潮位觀測站自 1961 年到 2003 年觀測資料，發現臺灣海域海平面每年平均上升速率達 2.51mm，為全球海平面平均上升速率 1.8mm 的 1.4 倍。過去 10 年，高雄沿海以每年 6.79mm 的速率上升，不但是全球平均上升速率的 2.2 倍，更突顯臺灣西南地區地層下陷速率每年高達 7.89mm 此一嚴重問題。

4. 極端事件(颱風)發生強度增加

根據 2009 年中央研究院環境變遷研究中心「溫室效應影響下的全球極端降雨變化」研究報告指出，近 45 年來全球增溫約 0.7K，全臺灣前 10% 強降雨已增加約 100%，而前 20% 小雨則相對減少約 50%，這意味著颱風帶來的強降雨在過去 45 年間已增加一倍。

依據國家災害防救科技中心全球天然災害發生次數統計資料，由臺灣受颱風侵襲次數統計資料，臺灣由 1897 至 2007 年間，歷經 101 年，總計侵襲臺灣次數約 403 次，平均 1 年 3.63 次，但 2000 年至 2007 年，年內僅 2002 年未超過 4 次，且 2001 與 2010 年則高達 17 次颱風，顯示臺灣地區除颱風侵襲次數遽增外，也出現降雨日數減少及降雨集中之趨勢，造成受災範圍與程度日益嚴重，如 2000 年 10 月象神颱風、2001 年 8 月桃芝颱風及 9 月納莉颱風、2004 年 7 月敏督利豪雨、2005 年 7 月海棠颱風、2007 年 9 月韋帕及 10 月柯羅莎、2008 年卡玫基颱風、2009 年 8 月莫拉克颱風至今(2010)年 9 月凡那比颱風等，皆造成相當程度的災害及損失；而統計 1991 年迄今(2010 年)共 20 年歷史侵台颱風事件資料，總降雨量超過 1000mm 之事件高達 22 場，平均一年至少發生 1 場，圖 2.10 則顯示各颱風事件與總降雨量之示意圖，說明極端事件(颱風)的發生機率不但升高，還帶來愈益增加的降雨量。



資源來源：經濟部水利署

圖 2.10 1990-2010 各颱風事件造成之最大總雨量示意圖

三、氣候變遷對臺灣近十年造成之衝擊

有鑑於氣候變遷的發生會直接影響 4 項氣候水文因子(1)氣溫特性改變、(2)降雨特性改變、(3)海平面上升、(4)極端事件(颱風)發生強度增加，而此 4 項因子的改變則會對各重點主軸造成不同程度的衝擊與影響，甚至同時對兩個以上的主軸發生複合型的衝擊，以下即定性敘述說明從 2000 年至 2009 年，氣候變遷對我國環境及設施可能已造成之衝擊及相對應之主軸。

1. 降雨強度增加提高淹水、坡地土砂與複合型災害風險上升

暴雨強度增強與次數增加，其增強後之降雨強度若是降在河川中下游地區，將可能高於既有排水系統與防洪系統規劃抵禦之強度，進而引發淹水災害，如圖 2.11 所示臺灣近 10 年所發生之水災災情地區示意圖。

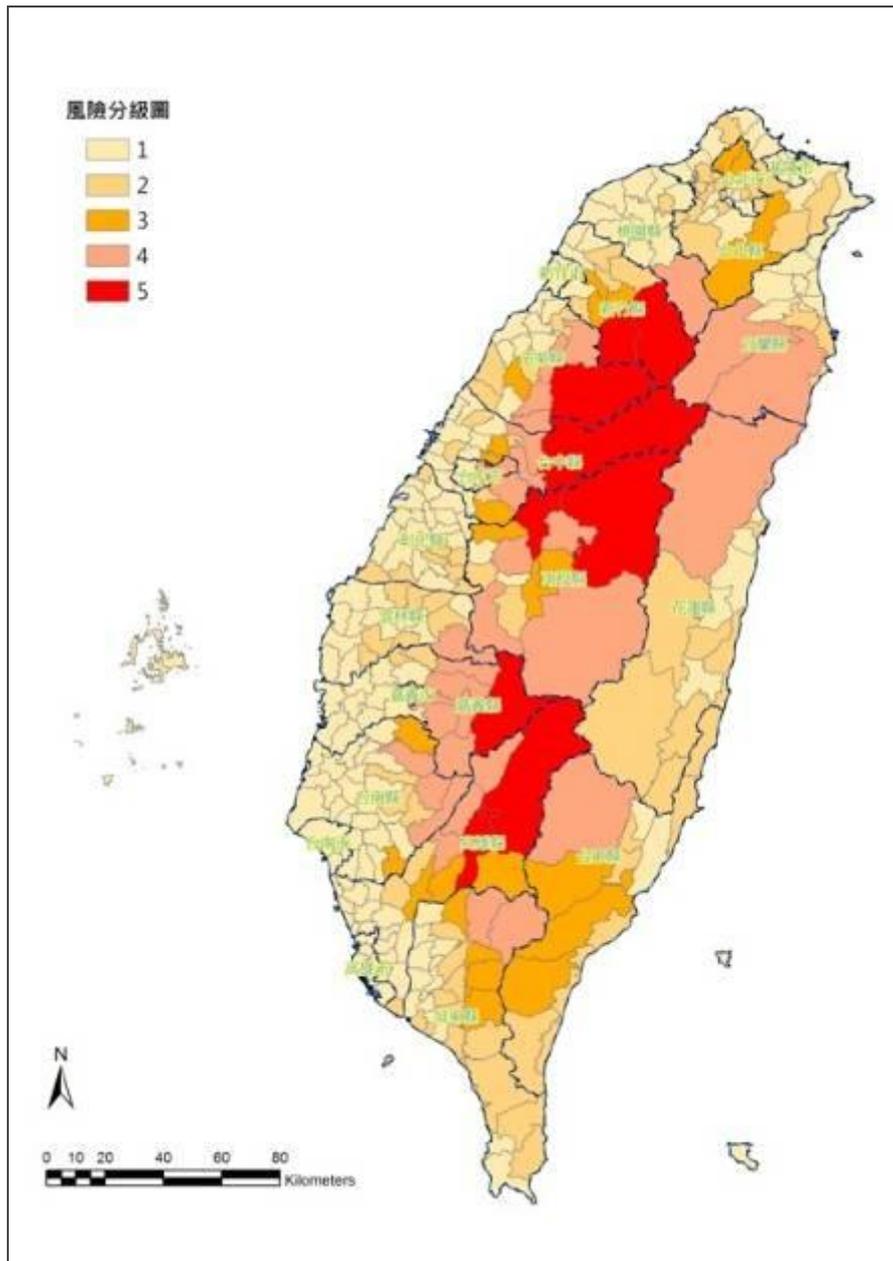
而暴雨若是降在河川上游集水區，將可能造成坡地土砂災害風險上升，國家災害防救科技中心根據歷史災害記錄及各鄉鎮土石流潛勢溪流警戒雨量值(莫拉克颱風之前警戒值)等因子，建立臺灣地區山坡地脆弱度分級圖(以鄉鎮為單元)進行之坡地災害脆弱區位分析與風險評估，其中坡地災害脆弱度包含歷史災害頻率與土石流警戒值，社會經濟脆弱度考量人口密度、高等教育人口、死亡率及所得等因素。綜合以上脆弱度指標之坡地災害風險地圖，如圖 2.12 所示，結果顯示臺灣現階段坡地災害風險相對高的地方為：新竹、苗栗、臺中、南投山區以及嘉義、高雄山區。

另外降雨強度增加亦可能造成複合型災害風險升高，由洪水、土砂與浮木等結合產生的複合型災害則會造成水庫淤砂量上升，有效蓄水容量降低，並影響水庫正常之運轉，如圖 2.13 顯示臺灣重要水庫的淤砂情形，其中臺灣南部地區的水庫淤砂情形嚴重，缺水風險較高。



資源來源：水利署水利建設因應全球氣候變遷白皮書(2010)

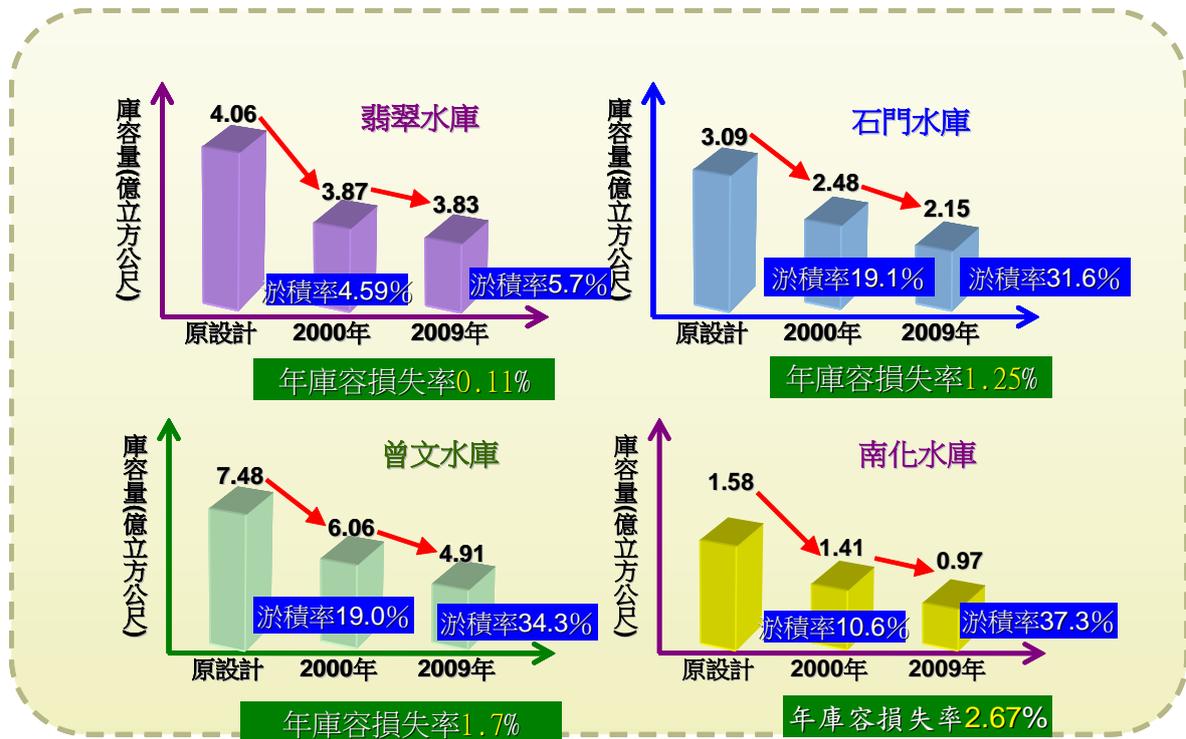
圖 2.11 2000-2010 臺灣地區主要水災災情示意圖



資料來源: 國家災害防救科技中心產製

圖 2.12 坡地災害風險地圖

[考量降雨分布、坡地災害警戒值、坡地歷史災害頻率，社會經濟脆弱度與人口暴露量等指標，深色代表風險相對較高]



資源來源：水利署(2010b)

圖 2.13 臺灣主要水庫淤積概況

2.海平面上升易導致沿海低窪地區排水困難

由於氣候變遷可能引致海平面常態性的上升，使得河川河口水位隨之抬升且感潮段增長，導致沿海低窪地區之排水系統因內外水頭差縮小，增加區域排水藉由重力排除之難度，並可能因內水不易排除而導致淹水災害發生，如圖 2.11 所示。

另外海平面上升也將造成國土因被淹沒而流失，根據氣候變遷國家通訊報告(2002)指出，當海平面上升 0.5 公尺時，臺灣將損失 105 平方公里的土地，有 1,237.6 平方公里的土地處於風險之中；如果海平面上升 1 公尺，將損失 272 平方公里的土地，1,246.2 平方公里的土地處於風險中。海平面的持續上升將衝擊沿海維生基礎設施等，而如果海平面上升，主要的淹沒區將為臺南縣、臺南市、嘉義縣及高雄縣等沿海鄉鎮，主要風險區則為臺南縣、雲林縣和嘉義縣等地。

國家災害防救科技中心根據聯合國環境規劃署 (UN/UNEP)(2005) 所提出的海岸脆弱度指標 (Coastal Vulnerability Index, CVI)，考量海岸地區的人口密度(PDI)、天然災害發生機率 (NDI)、森林覆蓋率 (FI)、地理暴露量 (Geographic Exposure)(GEI)、人類發展指標(HDI)，共計算 118 個國家的海岸脆弱度(CVI)，臺灣海岸脆弱度指數(CVI)為 0.517，分級屬於高等，全球排名第 16 名，是嚴重脆弱區域；若依據 UNEP 的方法分別計算臺灣本島沿海鄉鎮之脆弱度，並將之分級，如圖 2.12 所示，海岸脆弱地區主要分布在雲林、嘉義、臺南、高雄等縣市的海岸。



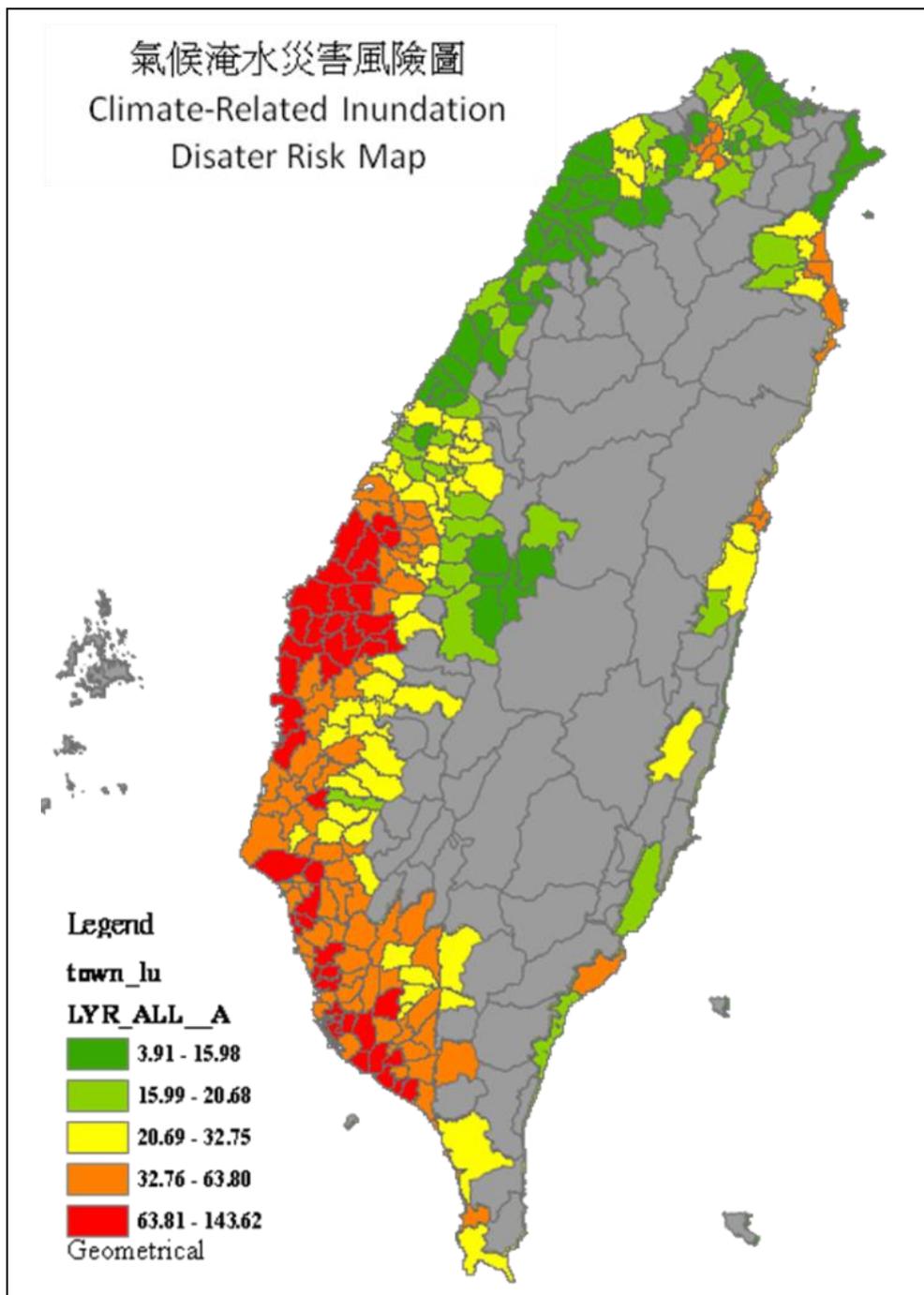
資料來源: 國家災害防救科技中心產製

圖 2.12 臺灣地區海岸脆弱度分級

3. 暴潮發生機率增加導致淹水機會與時間增加

由於氣候變遷可能因氣溫上升而加劇極端事件(例如颱風事件)之強度，增加暴潮之高度與發生機率，由於暴潮一般是由颱風事件所引起，故常伴隨著暴雨事件的發生，致使河川洪流宣洩不易以及洪水位上升，其洪水位可能高於既有排水系統

與防洪系統規劃抵禦之洪水水位高度，進而引發淹水災害，如圖 2.13 所示。



資料來源：國家災害防救科技中心繪製，數值愈高代表風險愈大

圖 2.13 氣候淹水災害風險圖

4. 極端事件發生機率上升導致設施設計防護基準下降

氣候變遷將導致未來極端事件發生機率上升且更新了相關的統計資料量，造成原本防護設施的安全防護基準下降，例如當初設計時參考過去三十年資料，所訂定之安全防護基準為 100 年重現期距，可能因未來極端事件發生機率增加，更新相關統計資料後，降低為 30 年重現期距。

四、脆弱度評估

無論其原因與機制為何，氣候變遷或極端氣候事件加劇已是不爭的事實，面對可預期會發生的氣候變遷現象而沒有任何預防與調適的行動與做為是無知，然而，在無法確切掌握氣候變遷的因果機制與動態及程度的情況下貿然行動與做為亦是無知，因此，如何因應氣候變遷以降低其對人民生命財產安全與國家永續發展的衝擊已成為聯合國與全球各國政府亟欲解決的重大課題。

基本上，氣候變遷調適是人類組織因應氣候變遷所產生的現象或造成的結果的威脅所啟動的一種本能行為與作為，是為了確保人類仍能在新的氣候條件下持續不斷的生存與發展的必要行為與作為。因此，氣候變遷調適行動是要透過各種具體且有效的策略與措施的規劃、執行及落實，將人類本身及其所賴以生存與發展的各種人造系統與自然系統的氣候脆弱度（vulnerability）降到最低，以確保人類的持續生存與發展不會受到氣候變遷的衝擊而中斷。

所謂的「脆弱度」乃是指系統的氣候變遷衝擊的暴露度、敏感度及適應力三者的綜合值，因此，要降低或改善氣候脆弱度，主要是針對暴露度、敏感度及適應力個別找出造成其值太高或太低的原因做為調適課題（adaptation issue），再進一步找出結果產出的作用機制或關鍵因素，據以擬定具體可行且有效

的調適措施（adaptation measure）。當然，調適措施最後還必須根據影響程度進行篩選與排序。

氣候變遷的主要現象包括溫度上升、降水型態改變、海平面上升以及極端氣候現象發生的強度與頻率升高，其可能造成氣候的改變包括乾旱、熱浪、暴雨、暴潮、海水位上升等，間接對環境產生之衝擊包含旱災、淹水災害、土石流災害、海岸侵蝕、土地使用覆蓋改變、生態變遷、物種滅絕、生物多樣性下降、糧食安全、空氣惡化、水質改變等情形。

由於氣候影響、脆弱度、暴露度、敏感度及適應力的評估方法與工具，截至目前為止，還沒有一套可適用於各種組織、領域及系統的定量分析或評估方法與工具。因此，在調適行動啟動初期主要都是以定性的方式，就組織、領域或系統的特性發展一套評估方法以因應脆弱度與影響評估需求。有關維生基礎設施領域之脆弱度初步評估，依暴露度、敏感度與適應力三種考量因素訂定調適行動啟動初期之定性評估標準，其評估標準分述如下：

（一）暴露度評估標準

1. 高暴露度：設施系統整體均受氣候變遷直接影響。
2. 中暴露度：設施系統部分受到氣候變遷直接影響。
3. 低暴露度：設施系統不受氣候變遷直接影響。

（二）敏感度評估標準

1. 高敏感度：設施損壞將導致劇烈災害、大量人員傷亡、重要單位無法運作、重大經濟損失或民生衝擊。
2. 中敏感度：設施損壞將導致人員傷亡、重要單位僅可維持最低限度運作、中度經濟損失或民生衝擊。
3. 低敏感度：設施損壞將導致財物損失、各單位可持續運作、低度經濟損失或民生衝擊。

（三）適應力評估標準

1. 高適應力：設施已具預警機制且可進行功能改善，能及時且有效地抵禦、承受及容納衝擊或快速復原。
2. 中適應力：設施可建立預警機制且可進行功能改善，但需一段時間反應，或部分地抵禦、承受及容納衝擊，或需一段時間方可復原。
3. 低適應力：設施無法有效進行功能改善，無法及時且有效地抵禦、承受及容納衝擊，或需甚長時間方可快速復原。

有關本領域各項設施系統脆弱度評估結果，綜述如下：

(一) 能源供給系統

1. 供油系統

表 2.1 為有關供油系統之脆弱度評估結果。簡要說明如下：

(1) 在暴露度評估方面

各項供油設施如煉製廠多建設於海岸地區，輸配管線及貯存槽等，大都建設於平原及海岸地區，其中位於海岸地區的供油設施，易受暴雨結合大潮之雙重效應，將加重及延長淹水時間，故部分設施受淹水災害時屬中至高暴露度評等。

(2) 在敏感度評估方面

煉製廠、輸配管線、貯存槽等供油設施均屬於重要維生系統，其中煉油設備受損時間過長，可能直接對產業、民生造成影響外，並間接造成交通、災害防救、醫療等系統停擺，造成二次傷害，故屬低至中敏感度評等。至於其他設施，受影響規模較小，且在公路運輸調度下，影響規模不致對經濟、民生造成衝擊。

(3) 在適應力評估方面

供油設施雖已具備定期安全檢查與營運維護機制，且部分設備損壞對整廠產能供應影響不明顯，適應力

較高。但隨世界氣候變遷因素，將導致外在環境更為嚴重惡劣，部分設施遭遇淹水、坡地災害或土石流等氣候災害，嚴重時將導致設施無法快速復原，故屬低適應力評等。

表 2.1 供油系統脆弱度評估表

設施	地形/區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
煉製廠	海岸	<ul style="list-style-type: none"> ■ 淹水： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級。 ✓ 颱風夾帶 800mm/day 以上雨量條件下，廠內可能淹水之情形。 ✓ 若上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性，亦應納入評估。 ✓ 暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。 	中至高	<ul style="list-style-type: none"> ■ 煉油設備受損時間過久，可能會直接對產業、民生造成影響外，間接造成交通、災害防救、醫療等系統停擺時，會造成二次災害。 ■ 對公路運輸為主要之衝擊，可透過不同煉油廠間之調度、儲油槽設置，以及國外直接進口以降低經濟、民生之衝擊。 	低至中	<ul style="list-style-type: none"> ■ 煉油設備一旦損壞，復原時間相當長，可透過儲油槽設置及國外直接進口，保持供應不間斷下，進行修復。 	低至中
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 高溫：全國各地目前高溫達 40℃ 之重現期皆在 100 年以上，但中部以北地區在世紀末時之重現期可能下降至 50-100 年。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可能受影響之規模不會對經濟、民生造成衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 空壓機等溫度敏感性設備之效率下降較明顯，但其對整廠之產能之影響不明顯。 	高
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 坡地災害或土石流：海岸地區發生之機率不高。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可能受影響之規模不會對經濟、民生造成重大衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一旦發生時，復原時間相當長。 	低
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 強風：本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾發生。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可能受影響之規模不會對經濟、民生造成衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可能受損之設備，其復原所需時間短，且可在不影響供應下修復。 ■ 颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。 	高

設施	地形/區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
輸、配管線及運輸系統	海岸、平原	<ul style="list-style-type: none"> ■ 淹水： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級。 ✓ 颱風夾帶 800mm/day 以上雨量條件下，廠內可能淹水之情形。 ✓ 若上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性，亦應納入評估。 ✓ 海岸地區若暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。 	中	<ul style="list-style-type: none"> ■ 輸、配管線受損，除直接對產業、民生造成供應中斷之影響外，間接造成交通、災害防救、醫療等系統停擺時，會造成二次災害。但在公路運輸調度下，可能受影響之規模不會對經濟、民生造成衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 儲油槽之儲油，以及運輸系統之調度，可提高系統適應力。 	高
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 高溫： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 全國各地目前高溫達 40℃ 之重現期皆在 100 年以上，但中部以北地區在世紀末時之重現期可能下降至 50-100 年。 ✓ 管線對 40℃ 以下之溫度不敏感，發生異常之機率不高。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 在公路運輸調度下，可能受影響之規模不會對經濟、民生造成衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 貯存槽之儲油，以及運輸系統之調度，可提高系統適應力。 	高
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 坡地災害或土石流： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 海岸地區發生之機率不高。 ✓ 陸上管線過河段受暴雨激流沖刷或水流改道集中侵蝕覆土，導致裸露。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 在公路運輸調度下，可能受影響之規模不會對經濟、民生造成衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一旦發生時，復原時間相當長。 	低

設施	地形/區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
		<ul style="list-style-type: none"> 強風：本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾發生。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 在公路運輸調度下，可能受影響之規模不會對經濟、民生造成衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 可能受損之設備，其復原所需時間短，且可在不影響供應下修復。 颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。 	高
貯存槽	海岸、平原	<ul style="list-style-type: none"> 淹水： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級。 ✓ 颱風夾帶 800mm/day 以上雨量條件下，廠內可能淹水之情形。 ✓ 若上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性，亦應納入評估。 ✓ 海岸地區若暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。 	中	<ul style="list-style-type: none"> 可能受影響之規模不會對經濟、民生造成衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 可能受損之設備，其復原所需時間短，且可在不影響供應下修復。 	高
		<ul style="list-style-type: none"> 高溫：全國各地目前高溫達 40°C 之重現期皆在 100 年以上，但中部以北地區在世紀末時之重現期可能下降至 50-100 年。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 可能受影響之規模不會對經濟、民生造成衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 液氮系統一旦異常，影響較大，需緊急搶修。其他設備異常時，可在正常運作下修復。 	中至高

設施	地形/區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 坡地災害或土石流： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 海岸地區發生之機率不高，惟亦不排除因地震造成之土壤液化災害。 ✓ 部分供油中心油槽建置於山地或地質敏感地區，可能因暴雨造成地基流失，並導致油槽之傾斜。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可能受影響之規模不會對經濟、民生造成重大衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一旦發生時，復原時間相當長。 	低
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 強風：本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾發生。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可能受影響之規模不會對經濟、民生造成衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可能受損之設備，其復原所需時間短，且可在不影響供應下修復。 ■ 颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。 	高

2. 供電系統

表 2.2 為有關供電系統之脆弱度評估成果。簡要說明如下：

(1) 在暴露度評估方面

各項電力設施包含核能、火力發電廠、風力發電、水力發電、汽電共生、輸及配電系統等。其中，核能、火力發電、風力發電設施主要位於海岸地區；水力發電廠所在區位主要位於山區；汽電共生廠主要位於山區平原及海岸地區；輸及配電系統主要位於山區及平原。由於颱風為全國性之氣候衝擊，因此電力系統皆長期曝露於外在惡劣環境中，位於山區之電力設施可能曝露於颱風結合土石流之水土複合災害之中，位於海岸之電力設施，則可能遭遇颱風暴潮、海平面上升

或海水倒灌之雙重效應，故屬中至高暴露度評等。

(2) 在敏感度評估方面

發、輸、配等電力設施均屬於重要維生系統，各項設施遇淹水或強風等災害，嚴重時將導致重大經濟損失或民生衝擊，故屬中至高或中敏感度評等，而汽電共生廠及風力發電機組因可能損壞之發電規模，不致造成經濟、民生衝擊，故屬低敏感度評等。

(3) 在適應力評估方面

電力設施雖已具備定期安全檢查與營運維護機制，但隨著世界氣候變遷的因素，外在環境更為嚴重惡劣，包含颱風、暴雨、高溫、坡地災害或土石流等，嚴重時將導致電力設施發電效率下降或復原時間較長，故部分設施屬低或中適應力評等。

3. 供氣（瓦斯）系統

表 2.3 為有關供氣（瓦斯）系統之脆弱度評估成果。簡要說明如下：

(1) 在暴露度評估方面

各項供氣（瓦斯）設施包含接收站、輸配管線、貯存槽等，大都建設於平原及海岸，位於海岸地區之天然氣接收站、輸配管線及貯存槽易暴露於淹水、暴潮造成海水倒灌之雙重效應，在嚴重地層下陷區，受到海平面上升影響明顯，故部分設施屬中至高暴露度評等。

(2) 在敏感度評估方面

接收站、輸配管線、貯存槽等供氣（瓦斯）設施均屬於重要維生系統，各項設施遭遇淹水、坡地災害或土石流等災害，嚴重時將導致重大經濟損失或民生衝擊，且亦將造成人員輸送及物資補給困難，故部分

設施屬高敏感度評等，遇高溫及強風災害，因對經濟、民生產生影較小，爰屬低敏感度評等，惟輸配管線因高溫產生之損害影響較鉅，屬高敏感度評等。

(3) 在適應力評估方面

供氣（瓦斯）設施雖已具備定期安全檢查與營運維護機制，但隨著世界氣候變遷的因素，將導致外在環境更為嚴重惡劣，包含颱風、暴雨、溫度上升等氣候事件發生，嚴重時將導致設施無法及時且有效地抵禦、承受及容納衝擊或快速復原，故部分設施屬低至中適應力評等。而高溫對氣化設備及產能無明顯負面影響，地上管線亦有因應熱漲冷縮因應機制，故屬高適應力評等；強風對碼頭接收設備影響較大，惟貯存槽具 10 天存量，即便受損，然復原所需時間短，故屬中至高適應力評等。

表 2.2 供電系統脆弱度評估表

設施	地形/ 區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
核能發電廠	海岸	<ul style="list-style-type: none"> ■ 淹水： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級。 ✓ 颱風夾帶 800mm/day 以上雨量條件下，廠內可能淹水之情形。 ✓ 若上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性，亦應納入評估。 ✓ 暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。 	中至高	<ul style="list-style-type: none"> ■ 大型電廠一旦損壞，修復時若在夏季用電高峰時期，可能造成重大衝擊，但可透過區域電力調度，維持重要單位或地區之運作以降低衝擊 ■ 除直接對產業、民生造成影響外，間接造成交通、災害防救、醫療等系統停擺時，會造成二次災害。 ■ 若僅造成發電損失，則同大型火力發電廠；若造成輻安事件，則可能對經濟、民生造成重大衝擊。 	中至高	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一旦受損，復原時間較長。 ■ 易有多項設備同時淹水，造成搶修人員調度不易而延長修復時間。 ■ 若造成輻安事件，則復原時間非常長，甚至無法復原。 	低
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 高溫：全國各地目前高溫達 40°C 之重現期皆在 100 年以上，但中部以北地區在世紀末時之重現期可能下降至 50-100 年。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 在可南電北送條件下，衝擊不大；一旦無法南電北送且在用電尖峰時期時，北部經濟、民生潛在衝擊提高。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 燃氣發電效率下降可達 10%，核能、燃煤火力等其他類型則受高溫之影響不明顯。 ■ 一旦發生無法南電北送事件時，將提高北部影響程度。 	中至高
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 坡地災害或土石流：海岸地區發生之機率不高。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可能發生之損壞規模，不足以造成重大經濟、民生衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一旦發生時，復原時間相當長。 	低
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 強風：本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾發生。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 僅會對發電廠內非關鍵設施造成部份損毀，故不會造成經濟、民生衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可能受損之設備，其復原所需時間短，或在不影響供電下修復。 ■ 颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。 	高

設施	地形/區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
火力發電廠	海岸	<ul style="list-style-type: none"> ■ 淹水： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級。 ✓ 颱風夾帶 800mm/day 以上雨量條件下，廠內可能淹水之情形。 ✓ 若上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性，亦應納入評估。 ✓ 暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。 	中至高	<ul style="list-style-type: none"> ■ 大型電廠一旦損壞，修復時若在夏季用電高峰時期，可能造成重大衝擊，但可透過區域電力調度，維持重要單位或地區之運作以降低衝擊 ■ 除直接對產業、民生造成影響外，間接造成交通、災害防救、醫療等系統停擺時，會造成二次災害。 	中至高	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一旦受損，復原時間較長。 ■ 易有多項設備同時淹水，造成搶修人員調度不易而延長修復時間。 	低至中
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 高溫：全國各地目前高溫達 40°C 之重現期皆在 100 年以上，但中部以北地區在世紀末時之重現期可能下降至 50-100 年。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 在可南電北送條件下，衝擊不大；一旦無法南電北送且在用電尖峰時期時，北部經濟、民生潛在衝擊提高。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 燃氣發電效率下降可達 10%，核能、燃煤火力等其他類型則受高溫之影響不明顯。 ■ 一旦發生無法南電北送事件時，將提高北部影響程度。 	中至高
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 坡地災害或土石流：海岸地區發生之機率不高。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可能發生之損壞規模，不足以造成重大經濟、民生衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一旦發生時，復原時間相當長。 	低
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 強風：本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾發生。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 僅會對發電廠內非關鍵設施造成部份損毀，故不會造成經濟、民生衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可能受損之設備，其復原所需時間短，或在不影響供電下修復。 ■ 颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。 	高

設施	地形/區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
風力發電機組	海岸	<ul style="list-style-type: none"> 淹水：主要設備位置較高，發生淹水之機率較低。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 可能損壞之發電規模，不會造成經濟、民生衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 可能淹水受損之設備，其復原所需時間短。 發電量佔比尚低，對整體發電量影響不大。 	高
		<ul style="list-style-type: none"> 高溫：全國各地目前高溫達 40°C 之重現期皆在 100 年以上，但中部以北地區在世紀末時之重現期可能下降至 50-100 年。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 可能損壞之發電規模，不會造成經濟、民生衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 受高溫之影響不明顯。 	高
		<ul style="list-style-type: none"> 坡地災害或土石流：海岸地區發生之機率不高。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 可能損壞之發電規模，不會造成經濟、民生衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 一旦發生時，復原時間相當長。 	低
		<ul style="list-style-type: none"> 強風：會造成設備損壞之閾值為 70m/s，而本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾發生。必須停機之閾值為 25m/s，而本島發生 25m/s 強風之機率相當高，特別是颱風期間。 	中	<ul style="list-style-type: none"> 可能損壞之發電規模，不會造成經濟、民生衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 一旦發生 70m/s 以上強風造成的損壞時，復原時間相當長。颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。 發生 25m/s 以上強風而必須停機時，損失之發電量佔比不高。 	中
水力發電廠	山區	<ul style="list-style-type: none"> 乾旱：由於降雨集中化之效應，乾旱發生之機率高。 	高	<ul style="list-style-type: none"> 可能損壞之發電規模，造成之經濟、民生衝擊較低。 水力發電廠為主要之全黑啟動機組，一旦大規模跳電發生在此時期，將可能大幅增加民生、經濟之衝擊。 	低至中	<ul style="list-style-type: none"> 發電能力明顯下降，而泥沙淤積及優先供應民生、農業用水之政策下，會加重其效應。 水力發電廠為主要之全黑啟動機組，一旦大規模跳電發生在此時期，將延長電力系統復電所需時間。 	低

設施	地形/區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
		<ul style="list-style-type: none"> 暴雨：山區發生暴雨之機率相當高。 	中至高	<ul style="list-style-type: none"> 可能損壞之發電規模，造成之經濟、民生衝擊較低。 水力發電廠為主要之全黑啟動機組，一旦大規模跳電發生在此時期，將可能大幅增加民生、經濟之衝擊。 	低至中	<ul style="list-style-type: none"> 泥沙沉澱後，即可發電。 水質夾帶泥沙，在排沙設計不佳之水庫，以及上游水土保持若被破壞，將延長復原所需時間。 	中
		<ul style="list-style-type: none"> 坡地災害或土石流：部份水庫位於高及中土石流潛勢區。 	中	<ul style="list-style-type: none"> 可能損壞之發電規模，造成之經濟、民生衝擊較低。 水力發電廠為主要之全黑啟動機組，一旦大規模跳電發生在此時期，將可能大幅增加民生、經濟之衝擊。 	低至中	<ul style="list-style-type: none"> 一旦發生時，復原時間相當長。 	低
汽電共生廠	平原、海岸	<ul style="list-style-type: none"> 淹水： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級。 ✓ 颱風夾帶 800mm/day 以上雨量條件下，廠內可能淹水之情形。 ✓ 若上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性，亦應納入評估。 ✓ 海岸地區若暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。 	中至高	<ul style="list-style-type: none"> 製造業附屬之汽電共生廠，主要影響該公司之製造工廠供電及蒸汽。其中之供電部份，可由市電供應。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 製造業附屬之汽電共生廠，可在市電供應而不影響工廠運作下，修復設施。 獨立之汽電共生系統，其發電機組及主要附屬設備受損時，其特性類似燃煤火力發電廠，一旦受損，復原時間較長。 	中至高
		<ul style="list-style-type: none"> 高溫：全國各地目前高溫達 40°C 之重現期皆在 100 年以上，但中部以北地區在世紀末時之重現期可能下降至 50-100 年。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 可能影響之發電規模，不會造成經濟、民生衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 受高溫之影響不明顯。 	高

設施	地形/區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
		<ul style="list-style-type: none"> 坡地災害或土石流：平原、海岸地區發生之機率不高。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 可能損壞之發電規模，不會造成經濟、民生衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 一旦發生時，復原時間相當長。 	低
		<ul style="list-style-type: none"> 強風：本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾發生。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 可能損壞之發電規模，不會造成經濟、民生衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 可能受損之設備，其復原所需時間短，或在不影響供電下修復。 颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。 	高
輸電系統	山區及平原	<ul style="list-style-type: none"> 淹水： <ul style="list-style-type: none"> 在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級。 若上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性，亦應納入評估。 主要受影響者為地勢低窪地區之變電所，而輸電鐵塔線路位於高處，故對淹水不敏感。至於地下電纜由於橡膠保護，故對淹水亦不敏感。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 根據調查，在多回路設計下，可能淹水變電所之供電規模不會造成經濟、民生衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 易淹水地區變電所一旦淹水，若水中夾帶淤泥，清除時間較長。 環狀回路或多回路設計，可在不影響供電下搶修。 	中至高
		<ul style="list-style-type: none"> 高溫： <ul style="list-style-type: none"> 主要受影響者為全國各地目前高溫達 40℃ 之重現期皆在 100 年以上，但中部以北地區在世紀末時之重現期可能下降至 50-100 年。 熱島效應地區及供電瓶頸點，會加重高溫跳機之可能性。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 可能受影響變電所之供電規模，不會造成經濟、民生衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> 輸電系統之變電所中，可能受損之設備修復時間中至高，但由於具相互調度支援之特性，可在不影響供電下搶修。 	中至高

設施	地形/區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 坡地災害或土石流：部份變電所及輸電鐵塔位於坡地災害潛勢較高地區，或位於高及中土石流潛勢區。 	中	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一旦損壞，將造成重大經濟、民生衝擊。 	高	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一旦發生時，復原時間相當長。 	低
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 強風： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾發生。 ✓ 位於森林區之設備，由於強風吹斷樹枝僅需約 23m/s，而本島發生 23m/s 強風之機率相當高，特別是颱風期間。 	中至高	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可能損壞之規模，不會造成重大經濟、民生衝擊。 ■ 部份具樞紐位置(南電北送或大型發電廠之接收端)之變電所一旦損壞，其影響程度提高。 	中	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3 組獨立(6 回路)超高壓輸電線路設計，可增加其可靠性，亦即可降低系統脆弱度。 ■ 颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。 	高
配電系統	山區及平原	<ul style="list-style-type: none"> ■ 淹水： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級。 ✓ 若上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性，亦應納入評估。 ✓ 主要受影響者為地勢低窪地區之變電所，而配電鐵塔線路位於高處，故對淹水不敏感。至於地下電纜由於橡膠保護，在確實執行定期保養與檢修工作要求下，對淹水亦不敏感。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 都市地區變電所對民生之衝擊較大。 	中	<ul style="list-style-type: none"> ■ 易淹水地區變電所一旦淹水，若水中夾帶淤泥，清除時間較長。 	中

設施	地形/ 區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 高溫： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 主要受影響者為全國各地目前高溫達40℃之重現期皆在100年以上，但中部以北地區在世紀末時之重現期可能下降至50-100年。 ✓ 熱島效應地區及供電瓶頸點，會加重高溫跳機之可能性。 	低至中	<ul style="list-style-type: none"> ■ 都市地區變電所對民生之衝擊較大。 	中	<ul style="list-style-type: none"> ■ 配電系統在用電需求大幅增加下，部分供電瓶頸點，一旦設備異常，修復時間長。 	中
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 坡地災害或土石流：位於都市之變電所及配電鐵塔發生機率較低；但部份變電所及配電鐵塔位於坡地災害潛勢較高地區，或位於高及中土石流潛勢區，其發生機率較高。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 非都市地區變電所對民生之衝擊較低。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一旦發生時，復原時間相當長。 	低至中
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 強風： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 本島發生70m/s強風之重現期皆在100年以上，氣象局紀錄顯示僅20世紀初之颱風曾發生。 ✓ 位於森林區之設備，由於強風吹斷樹枝僅需約23m/s，而本島發生23m/s強風之機率相當高，特別是颱風期間。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 山區架空線路一旦損壞，對民生之衝擊較低。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 配電線路一旦異常，將影響局部地區居民。 ■ 颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。 	中至高

表 2.3 供氣（瓦斯）系統脆弱度評估表

設施	地形/ 區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
接收站	海岸	<ul style="list-style-type: none"> ■ 淹水： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級。 ✓ 颱風夾帶 800mm/day 以上雨量條件下，廠內可能淹水之情形。 ✓ 若上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性，亦應納入評估。 ✓ 若暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。 	中至高	<ul style="list-style-type: none"> ■ 接收站設備受損時間過久，可能直接對燃氣電廠、工業用戶、民生造成天然氣供應中斷之影響外，亦可能導致限電、產業生產中斷損失之情形。故其一旦損壞，將造成經濟、民生之重大衝擊。 	高	<ul style="list-style-type: none"> ■ 設備一旦受損，修復時間相當長。 	低至中
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 高溫：全國各地目前高溫達 40°C 之重現期皆在 100 年以上，但中部以北地區在世紀末時之重現期可能下降至 50-100 年。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 高溫可能導致設備損壞或降低供應能力之設備規模，不會對經濟、民生造成衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 高溫對液化天然氣氣化設備及產能無明顯負面影響。 	高
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 坡地災害或土石流：海岸地區發生之機率不高。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一旦損壞，將造成經濟、民生之重大衝擊。 	高	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一旦發生時，復原時間相當長。 	低

設施	地形/區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 強風吹毀：本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾發生。 ■ 碼頭港外風速達 12m/s、港內達 15m/s 時，將停止運作。 	低至中	<ul style="list-style-type: none"> ■ 強風可能導致設備損壞或降低供應能力之設備規模，不會對經濟、民生造成衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 主要受到強風影響之設施，為碼頭之相關接收設備。在風力達警戒值(港外 12m/s，港內 15m/s)時停止運作以降低損壞可能，故主要效應為停止運作。在 10 天存量之貯存槽設計下，可維持正常供氣。故可能受損之設備，其復原所需時間短，且可在不影響供應下修復。 ■ 颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。 	中至高
輸、配管線	海上、海岸、平原	<ul style="list-style-type: none"> ■ 淹水： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級。 ✓ 颱風夾帶 800mm/day 以上雨量條件下，廠內可能淹水之情形。 ✓ 若上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性，亦應納入評估。 ✓ 海岸地區若暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。 	中	<ul style="list-style-type: none"> ■ 輸、配氣管線受損，可能直接對燃氣電廠、工業用戶、民生造成天然氣供應中斷之影響。 	高	<ul style="list-style-type: none"> ■ 海底管線須動員國外船隻修復時間較長；陸上管線可於淹水退去後短時間內緊急搶修修復。 ■ 儲氣槽之儲氣，可提高系統適應力。 	低至中

設施	地形/區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 高溫： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 全國各地目前高溫達 40℃ 之重現期皆在 100 年以上，但中部以北地區在世紀末時之重現期可能下降至 50-100 年。 ✓ 管線對 40℃ 以下之溫度不敏感，發生異常之機率不高。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 輸、配氣管線受損，可能直接對燃氣電廠、工業用戶、民生造成天然氣供應中斷之影響。 	高	<ul style="list-style-type: none"> ■ 輸、配氣管線埋設於地下或鋪設於海床，受高溫影響輕微，地上管線設計有因應熱脹冷縮機制。 	高
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 坡地災害或土石流： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 海底管線受海床地質變化、洋流潮汐冲刷致裸露懸空。 ✓ 陸上管線過河段受暴雨激流冲刷或水流改道集中侵蝕覆土，導致裸露。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 輸、配氣管線受損，可能直接對燃氣電廠、工業用戶、民生造成天然氣供應中斷之影響。 	高	<ul style="list-style-type: none"> ■ 海底管線須研擬可行方案及動員船隻設備，修復時間相當長；陸上管線於水位降低後以降管修復或以 HDD 工法埋設新管替代。 	低
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 強風：輸氣海管位於海底，輸氣陸管位於地下，因強風而損毀之機率不高。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 強風僅可能影響陸上管線過河段，不易毀損。即使輕微損壞，也可快速修復而不會造成經濟及民生之衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 強風僅可能影響陸上管線過河段，不易毀損。故不受影響。 	高
貯存槽	海岸、平原	<ul style="list-style-type: none"> ■ 淹水： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級。 ✓ 颱風夾帶 800mm/day 以上雨量條件下，廠內可能淹水之情形。 ✓ 若上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性，亦應納入評估。 ✓ 海岸地區若暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。 	中	<ul style="list-style-type: none"> ■ 貯存槽一旦損壞，將破壞天然氣接收之緩衝時間，造成供氣異常，可能直接對燃氣電廠、工業用戶、民生造成天然氣供應中斷之影響。 	高	<ul style="list-style-type: none"> ■ 液氮系統一旦異常，影響較大，需緊急搶修。其他設備異常時，可在正常運作下修復。 	中

設施	地形/區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高溫：全國各地目前高溫達 40°C 之重現期皆在 100 年以上，但中部以北地區在世紀末時之重現期可能下降至 50-100 年。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 高溫可能導致設備損壞或降低供應能力之設備規模，不會對經濟、民生造成衝擊。 ■ 液氮系統一旦異常，影響較大，需緊急搶修，否則將可能影響系統，造成連鎖效應。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 液氮系統一旦異常，影響較大，需緊急搶修。其他設備異常時，可在正常運作下修復。 	中
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 坡地災害或土石流：海岸地區發生之機率不高。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一旦損壞，將造成經濟、民生之重大衝擊。 	高	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一旦發生時，復原時間相當長。 	低
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ 強風：本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾發生。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可能因強風損壞之設備非關鍵元件，不會對經濟、民生造成衝擊。 	低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可能受損之設備，其復原所需時間短，且可在不影響供應下修復。 ■ 颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。 	高

(二) 供水及水利系統

表 2.4 及表 2.5 為有關供水與水利系統之脆弱度評估成果。

簡要說明如下：

1. 在暴露度評估方面

各項水利設施除可進行地下化與水處理設施外，多屬防洪與禦潮設施，其設施功能即在預防災害發生，故均屬高暴露度評等。

2. 在敏感度評估方面

水庫設施、防洪與禦潮設施因其設施均具備防災性質，若設施損壞均會導致嚴重之災害發生，故其均屬高敏感度評等，而供水系統影響均以供水穩定度為主，故其評等以低敏感度為主。

3. 在適應力評估方面

水利設施多已具備定期安全檢查與營運維護機制，除山區簡易自來水系統為低適應力評等外，其餘各項設施多屬高適應力評等。

表 2.4 供水系統脆弱度評估表

設施	地形/ 區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
水庫	山區	1.極端暴雨發生頻率增加，且因暴雨強度增加將增強洪水量與洪水夾帶土砂、漂流木數量增加，將對水庫設施安全產生威脅。 2.溫度上升可能影響混凝土變形量，進而影響壩體安定性。	高	1.土砂淤積降低水庫功能，甚或淤埋取水口，影響取水功能，嚴重影響供水系統能量。 2.極端暴雨導致洪水量上升，或溫度上升超出混凝土壩體設計考量，均提高潰壩可能性，其淹水災害破壞性高。	高	1.水庫設計已採 PMF 標準並定期進行大壩安全檢查，已具預警機制。 2.國內已逐步進行水庫更新改善，解決水庫土砂與漂流木問題。 3.水庫均有訂定運轉規則，可適度減緩颱風期間對設施之安全威脅。	高
攔河堰	山區	極端暴雨發生頻率增加，且因暴雨強度增加將增強洪水量與洪水夾帶土砂量。	高	土砂淤積降低蓄水調節能力，影響其供水系統能量。	低	攔河堰主要功能為抬高水位供取水使用，可視供水狀況進行土砂清淤恢復功能。	高
淨水廠	平原	1.極端暴雨發生頻率增加，且因暴雨強度增加將增強洪水夾帶土砂量，致濁度上升。 2.溫度上升將提高夏季用水量。	中	既有淨水廠無法處理濁度過高之原水，若暴雨延時較長，將可能引發停止供水之問題。	低	濁度過高時，淨水廠將停止處理原水，對於設施並無安全威脅。 中高濁度時，淨水廠仍會進行原水處理，短期將影響設施處理能力。	高

表 2.4 供水系統脆弱度評估表 (續)

設施	地形/ 區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
自來水管網	平原	1.自來水管網多已地下化，極端暴雨並無直接影響。 2.溫度上升將提高夏季用水量。	低	因用戶端需水量上升，可能導致供水無法順利輸送至管線末端。	低	主要自來水供水系統已進行聯合運用，僅管線末端較易受影響。	高
工業用水專管	平原	極端暴雨發生頻率增加，因暴雨強度增加將增強河道洪水沖刷能力。	高	河床沖刷過深或水管橋墩沖毀，將導致輸水管線斷裂，影響正常供水。	低	水管橋均按該河川治理標準進行設計，具抵禦設計洪水之沖刷能力。	中
簡易自來水	山區、平原	極端暴雨發生頻率、暴雨強度與強風增加，對簡易設施威脅度倍增。	高	山區原住民簡易自來水系統均屬獨立系統，遭損壞後將致該系統供水區域停止供水。	低	山區原住民簡易自來水系統設施較為簡易，抵抗強風豪雨之能力薄弱。	低
灌排	平原	極端暴雨發生頻率增加，且因暴雨強度增加將增強洪水量。	高	灌排系統之排洪標準較低，易因溢堤而增加潰堤風險，或因雜物堵塞而無法輸水。	中	灌排主幹圳之排洪能力較佳，支幹圳之排洪能力較差。	高

表 2.5 水利系統脆弱度評估表

設施	地形/ 區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
河堤	中央管河川	極端暴雨發生頻率增加，且因暴雨強度增加將增強洪水量與洪流衝擊與淘刷能力。	高	洪流衝擊與淘刷能力增強，可能導致堤防潰決，進而發生淹水災害。	高	1.定期進行水利建造物檢查及安全評估，已具預警機制。 2.河堤均按該河川治理標準進行設計，應可抵禦治理標準以下洪水。	高
抽水站/ 水門	平原/ 都市	極端暴雨發生頻率增加，且因暴雨強度增加將增強洪水量。	高	暴雨增強後之洪水位若高過設施機電設備，致機電設備無法運作，將致使設施喪失功能，加劇淹水災害程度與淹水範圍擴大。	高	定期進行水利建造物檢查及安全評估，已具預警機制。	高
海堤	海岸	極端颱風增強，增加波浪衝擊能力。	高	波浪衝擊能力增強，可能導致堤防潰決，引發海水倒灌之淹水災害。	高	定期進行水利建造物檢查及安全評估，已具預警機制。	高

(三) 交通系統

表 2.6 為有關交通系統之脆弱度評估成果。簡要說明如下：

1. 在暴露度評估方面

各項交通設施包含港口、機場、鐵路、公路、橋梁等，大都建設於平原、山區及海邊，因此交通運輸系統長期曝露於外在惡劣環境中，故各項設施均屬高暴露度評等。

2. 在敏感度評估方面

港口、機場、鐵路、公路、橋梁等交通設施均屬於重要維生運輸系統，若各項設施損壞時均會導致嚴重之災害發生，且將造成人員輸送及物資補給困難，故各項設施其均屬高敏

感度評等。

3. 在適應力評估方面

交通設施雖已具備定期安全檢查與營運維護機制，但隨著世界氣候變遷的因素，將導致外在環境更為嚴重惡劣，包含颱風、暴雨、地震等天災發生，其設施在適應力評等應屬中等。

表 2.6 交通系統脆弱度評估表

設施	地形/區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
港口	海口、近岸	1.地球暖化造成水位上升。 2.變異度極端化造成颱風波浪增大。	高	海平面上升及波浪增大，將會影響港灣構造物結構安全及增加港灣淤積，進而影響港埠營運作業。	高	目前已定期監測潮位變化趨勢，並進行碼頭高程全面體檢，以維持港埠正常營運。	中
鐵路	山區、平原	極端暴雨發生頻率增加，因暴雨強度增加將增強河道、邊坡、基堤沖刷能力，並增加淹水的風險。	高	河床沖刷過深造成橋墩沖毀，暴雨造成邊坡坍塌、基堤流失及淹水，將導致軌道運輸中斷。	高	鐵路各項設施均依相關規範設計施工，並已定期維護管理，已具預警機制。	中
公路及橋梁	山區、平原	極端暴雨發生頻率增加，因暴雨強度增加將增強河道、邊坡、路堤沖刷能力，並增加淹水的風險。	高	河床沖刷過深造成橋墩沖毀，暴雨造成邊坡坍塌、路堤流失及淹水，將導致公路運輸中斷。	高	公路及橋梁各項設施均依相關規範設計施工，並已定期維護管理，已具預警機制。	中
機場	平原	極端暴雨發生頻率增加，因暴雨強度增加，將加深機場場站及跑道等設施受損的風險，並增加場站設施淹水的風險。	高	暴雨造成場站及跑道淹水，將導致空運運輸中斷。	高	機場各項設施均依相關規範設計施工，並已定期維護管理，已具預警機制。	中

(四) 通訊系統

表 2.7 為有關通訊系統之脆弱度評估成果。簡要說明如下：

1. 在暴露評估方面

為降低風災、水災對於基地台(市話)之傳輸網路、基地台(市話)之設備、基地台(市話)之電力造成損害，其選址應考慮災害風險，儘量避開土石流、易淹水低窪區、山坡地，建置於高樓層或較高地點可減少上述災害威脅，會造成通信設施使用年限縮短。故這些通信設施均屬高暴露度評等。

2. 在敏感度評估方面

基地台(市話)之傳輸網路、基地台(市話)之設備、基地台(市話)之電力等設施須有多重備用路由、電力備援，若受損輕微，尚可搶修，不影響通信，除非災情嚴重，造成多重備用路由均損害，通信會中斷，此機率並不大，故屬於低敏感評等。

3. 在適應力評估方面

電信公司為求通信品質穩定，平時對於通信設施均採取定期安全檢查及測測，當電信網路之設備故障或纜線中斷時，其網管中心暨各維運單位會依發生故障之設備及與該設備相鄰介接之設備所產生告警型態，判斷為何種型態設備故障或是傳輸中斷，並立即派員搶修，故屬於高適應力評等。

表 2.7 通訊系統脆弱度評估表

設施	地形/ 區位	暴露度		敏感度		適應力	
		說明	程度	說明	程度	說明	程度
基地台 (市話) 之傳輸網路	都市/ 平原、山區	<ol style="list-style-type: none"> 極端暴雨發生頻率增加，沖刷山坡地產生土石流、塌方將撕裂傳輸網路。 低窪區易淹水，若纜線已經劣化，易使纜線內部浸水及損毀，造成通信中斷危機。 	高	無線傳輸路由因氣候變遷，暴雨發生頻率增高，暴雨造成電磁波衰，傳送受干擾，影響通信品質，有線傳輸路由則應避免土石流沖刷斷裂。	中	<ol style="list-style-type: none"> 固網傳輸光纖化並形成迴路，多重路由保護機制。 地形困難地區，利用微波傳輸，且設備具多重保護機制。 關鍵站點除固網傳輸外，增加展頻微波做為備援。 整備衛星傳輸移動式基地台，以供救災機動調度。 整備可攜式衛星天線，視需要以空運搭載至阻絕區域裝設。 	高
基地台 (市話) 之設備	都市/ 平原、山區	<ol style="list-style-type: none"> 極端暴雨發生頻率增加，沖刷山坡地產生土石流、塌方將造成基地台基座土壤沖刷或基地台傾斜不穩。 基地台設置低窪區，易遭暴雨淹水，會造成設備因浸水致毀損及通信中斷危機。 	高	一般基地台分為室內型、室外型，其設備均置於室內或外面有搭棚保護，有一定防水能力，除非受強大破壞力影響，尚可抵抗強風豪雨。	低	<ol style="list-style-type: none"> 站台選址考慮災害風險，儘量避開土石流、易淹水潛勢區。 設備儘量設置於室內，降低災害風險。 預備足量備援元件、器材，以供緊急調度。 	高
基地台 (市話) 之電力	都市/ 平原、山區	極端暴雨發生頻率增加，發電機油槽易進水，發電機易增加損壞機率。	高	偏遠地區之基地台電力系統置於室外，增加受強風豪雨之侵襲，損壞機率高。	中	<ol style="list-style-type: none"> 針對高災害潛勢區居關鍵位置之自有機房，在環境條件允許下，設置柴油發電機及油槽，增加蓄電池備援時間。 整備各型大容量、小容量機動型發電機，供基地台緊急運用。 	高

2.2 影響評估

1.1 節所列各項維生基礎設施並非單一點狀或小區域的分佈，通常為網狀或樹枝狀結構，分佈廣散，須大量維護，而資源的來源及生產地點又較為集中，因此氣候變遷下對維生基礎設施的衝擊可用供給與需求之角度來加以探討。另一方面，從維生基礎設施之安全性來看，由於氣候變遷所帶來之風與雨量負荷增加，使得維生基礎設施之承載能力必須有所提升，才可達維持其正常營運之目標。因此，對於既有結構就必須診斷其現有之承載力並作適當之補強以滿足荷載增加之需求性，而對於新建結構則必須修訂其規範以達氣候變遷所增加之荷載之需求。

綜上所述，各項維生基礎設施在氣候變遷的影響下都會受到相當程度的衝擊，氣候變遷下對維生基礎設施的衝擊可分為：

- 一、資源面：使用資源的短缺，資源利用性之變異性加大（尤其指水資源），此外在環保及天然地質地理條件的限制下，臺灣地區維生基礎設施可資使用選址的區域面積不足。
- 二、生產面：氣象因子產生的負荷增加（風、雨量），天然災害風險增加，影響生產及操作。
- 三、輸送面：氣象因子產生的負荷增加，天然災害風險增加，影響輸送系統的功能。
- 四、使用面：氣候變異下，使用量的增加或減少。

維生基礎設施對於氣候變遷所可能遭受的衝擊影響，除其自身結構本身之抗災能力外，也受到其所在之地理位置影響，並且可能因為豪雨、水位上升、強風及劇烈溫差變化而受損。依所在位置及結構型態之不同，各項維生基礎設施所面臨的災害類型及受損模式彼此有別，茲簡要說明如下：

一、能源供給系統部分

- （一）洪水對結構物最大之衝擊就是對其基礎之破壞，因此通過河

川之管線系統需要考量其抗沖刷能力。

- (二) 豪大雨伴隨地下水位升高容易造成邊坡滑動導致崩塌的風險，以及擋土結構也會因土壤強度浸水減弱降低其結構之穩定性，容易造成埋設於地層下的各式管線暴露於較高的風險中。
- (三) 電力設施較常見於外掛於地表的電塔上，可能會因強風吹襲斷裂或大雨沖刷基礎而倒塌。
- (四) 暴雨造成水土沖刷，引起自來水原水濁度過高，導致自來水廠無法處理，致使飲用水短缺而對社會民生造成嚴重衝擊。
- (五) 長期缺乏降雨會導致乾旱的現象，而長時間的乾旱一方面會使水庫/攔河堰/人工湖等之蒸發量增大，河川補助量減少，使得地下水之入滲量減少而使地下水位下降，另一方面也可能會導致因為民生及工業使用而抽取更多的地下水以為因應，而進一步造成地層下陷加劇的後果。地層下陷不僅會使地下管線會因為不均勻沈陷而發生拉扯斷裂的問題，同時也會使得地勢更下陷而更增加排水的困難度，並且鄰海地區的地下水經抽取後，可能會有海水倒灌、河川中之海水回水及地下水滲流使水中含鹽份增加等後續影響。類似的衝擊也會發生於海平面上升的相關結果。

二、交通系統部分

- (一) 一般交通道路系統多為線形分佈，而臺灣山地區域之公路建設許多是沿河谷而開鑿構築，歷年來在暴雨的作用下，一方面因為緊鄰陡峭山壁因此容易受到邊坡滑動崩塌的威脅，另一方面也常會有因為河谷的沖蝕加劇而危及道路的路基，以致於造成鐵、公路系統的中斷。此類衝擊的危害程度隨著地質條件的脆弱而逐漸加劇，而且受災過的地點又變得更脆弱，除非改道避行。
- (二) 除了邊坡滑動與路基掏刷之外，氣候變遷造成之降雨強度增

強，也伴隨著發生此類大雨的頻率增加，對於基礎設施一方面可能必須承受的外部作用力較以往更為強烈，一方面一旦受損後在還未來得及復原之前又有再次遭受侵襲損害可能，對於交通系統機能的恢復所需時間變得更為長久。以往的案例曾發生既有的路廊腹地因洪患受損而流失，而新產生的崩塌沖積地層尚未能有效固結穩定，因此發展快速診斷與維修的技術有其必要性。

- (三) 經常性的強烈降雨影響視線及造成路面濕滑積水，更大的暴雨將造成淹水，影響交通系統的正常運作，而夏季的高溫酷熱也容易使駕駛人注意力減弱而造成交通意外。
- (四) 橋梁多半為跨河構造物，在洪水來襲時必須承受嚴峻的挑戰。若河川之上游易發生洪水、土石流等災害，則對下游之河川跨越橋而言，其橋墩、橋面版易遭洪水、土石流沖毀或淹埋。同時位於山區邊坡易致災處之橋梁，也容易因邊坡災害（如落石、邊坡滑動、土石流等）而阻斷，甚至壓毀橋梁。即使橋梁本身的結構並沒有明顯的老舊現象或損傷情事，但是嚴重的土石淤積問題一方面影響到河道的排洪功能，另一方面也增加橋梁通行上的危險性。由於全球暖化氣候變遷之故，近來降雨量屢屢創新紀錄，導致河流寬度瞬時擴大甚多，甚至超出橋梁原有設計長度，許多橋梁破壞便從橋台基礎的掏空流失開始擴大。因此，工程師在進行橋梁設計時應該不能僅沿用歷史洪水量資料，因為最大洪峰之迴歸週期已經需要重新加以檢討。
- (五) 暴雨除了會帶來大量的地表逕流水以外，因為臺灣本身地形陡峭，水流坡度陡急，山區的土石鬆動後易隨降雨沖洩而下，帶來大量的土石堆積物，同時也會造成水流中土砂含量增加。水流中之土砂含量增加會使得水流中的單位密度加大，意謂此時之水流衝擊力較平時之清水流為大，亦即在河道中之各

項基礎設施及堤岸護坡將承受更大的衝擊力道；水流單位密度的加大也表示沈降於水面下的結構體受到的浮力也加大，可能超過原設計之抗浮能力，使得部分結構物（如橋面版）因而浮起而隨水流漂移流失。

三、河海水工設施部分

氣候變遷對河海水工設施的衝擊可謂最為直接，主要影響之一為河道改道的次數變得頻繁，而改道的幅度也變得更大。莫拉克風災後，臺灣山河型態有極劇烈之變化，例如臺東縣南太麻里溪河道寬度自原先之 80 公尺暴增為 800 公尺，水利署在災後第一時間預估土石崩塌量約有六千萬立方公尺，這個數字是往年河川砂石輸浚量的三倍，原本看到就以為是天文數字，沒想到災後重建再評估，才發現全台土石崩塌量要以億立方公尺之等級來計算，估計增加有五億立方公尺的砂石量。水利署指出，包括濁水溪、八掌溪、曾文溪、高屏溪、林邊溪、及臺東沿海河系，這六大流域集水區災後崩塌面積，從上游集水區、從空拍、從衛星照片再傳出來的資料，經過分析以後，擴大有 5 萬多公頃，如果以平均崩塌深度 1 公尺估算，土石量高達五億立方公尺，大地山河變色的狀況，遠超過當初的預期。由於降雨強度增高的影響，集水區土石沖刷嚴重，集流時間產生變化，也使得蓄水設施之濁度升高、庫容量減少，以及河道淤積與河堤破壞，河川沖刷頻率增加，取水工遭土石掩埋或洪水破壞，取水難度增加。再者，旱澇機率增加後，會進一步使得水庫的操作風險增高，影響其使用壽命。

四、其它災害衝擊

臺灣四面環海，又位於亞熱帶地區，氣候原本便是潮濕悶熱的特性，而環境變遷造成空氣日益嚴重，經年累月的侵蝕使老舊橋梁材料劣化，如混凝土中性化，微裂縫經酸雨滲透，造成鋼筋腐蝕，使橋梁之承載能力降低，也使得橋梁的使用壽命

縮短。海平面上升、海水入滲地下水等現象會使得水中之鹽份增高，也進一步提高結構物腐蝕之潛勢。

進一步依維生基礎設施之系統差異研判，則可能的影響分別有：

一、能源供給系統

由於所有部門，包括：能源供給部門本身、工業部門、運輸部門、農業部門、服務業部門、住宅部門等，都強烈依賴能源供給。100年國內能源消費量中，若按消費部門分，能源及工業部門占46.55%，運輸占11.58%，農業占0.87%，服務業占11.37%，住宅占11.4%。100年電力消費中，能源及工業部門占60.60%，運輸占0.50%，農業占1.12%，服務業占19.41%，住宅占18.37%。另一方面，甚至攸關國家安全的國家指揮體系、軍事部門、緊急救援與醫療體系等，莫不強烈依賴能源供給。因此，當能源供給受衝擊而損害或破壞時，對經濟、社會、環境、政治及整體所造成的影響程度以及長期效應，皆會相當巨大而深遠。初步歸納國內能源供給受氣候變遷的影響，可從幾個層面分析，包括：

(一) 直接影響：

1. 個別能源供給設施與所在區位安全性的影響：

氣候變遷在長期方面對能源供給設施安全性的影響，主要在於更高的溫度下（特別是沿岸鹽蝕更為嚴重地區），建築材料、煉油及發電設施材料、能源供給相關公用設施材料等的耐候性可能受到更嚴苛的挑戰。在極端氣候方面，對臺灣能源供給設施安全性的影響更大，包括：持續更長時間的熱浪、變異性更大且頻繁的高低溫變化、降雨量更集中造成豪大雨之雨量及次數頻頻破紀錄，前述這些極端氣候皆會對

能源供給設施及其所屬建築，造成更嚴重的危害。至於風速方面，根據氣象局之資料顯示，侵襲臺灣的颱風，其最大平均及瞬間陣風並未增加，但由於侵台颱風數量倍增，因此對於相關設施的安全性影響仍相當明顯，其中之一就是風力發電的發電機組。

2. 整體能源供需平衡受到的影響：

整體能源供需平衡受到的影響，包括：氣候變遷對能源供給設施發電效率的影響，以及對能源需求的影響。氣候變遷對能源供給設施發電效率的影響，主要在於環境溫度及水溫上升部分。其中，環境溫度上升會對發電廠有明顯的影響，而氣渦輪機受到的影響又較蒸汽鍋爐更為明顯。根據估計，2003年歐洲熱浪侵襲期間，英國發電廠中的氣渦輪機組效率即下降達10%。根據英國UKCIP計畫的評估，若將英國的500MW相關發電設備移至中東，其效率會下降而使得發電量僅剩450MW。而海水溫度上升，也會使得冷卻水效率下降，這對於發電效率亦會造成影響。

氣候變遷對能源需求的影響部分，根據臺灣在不同季節的暖化趨勢來看，由於高溫持續時間更長，夏季空調系統用電會明顯上升而造成用電吃緊；然而冬天時，由於低溫明顯暖化，因此保暖目的之用電量及烹調食物用瓦斯的耗用量可望減少。若從每日不同時段來看，中午用電尖峰期間，由於高溫持續時間變長，會造成供電更大的壓力。晚間則由於溫度上升明顯，夏天的冷氣耗電可能明顯增加，冬天則保暖需求則可能降低。

(二) 間接影響：

氣候變遷除了直接對能源供給與消費造成影響外，與能源供給設施正常運轉息息相關的間接影響，特別是短期極端天氣的影響時，亦會間接造成能源供給無法正常運轉的問題。以下列出主

要的間接影響：

1. 交通中斷。
2. 水資源異常，包括：乾旱造成的缺水，以及暴雨造成的水質不佳。
3. 資通訊系統異常。

有關氣候變遷對我國能源供給可能的直接與間接影響，請參閱表 2.8 所示。

表 2.8 氣候變遷對我國能源供給可能的直接與間接影響

氣候變遷	直接衝擊	間接衝擊	交叉效應	對能源供給的影響
溫度上升	平均氣溫上升	—	—	發電效率下降
		燃料與電力需求改變	—	保暖需求 (HDD) 下降、冷卻需求 (CDD) 上升 ¹
	各時段 (白天) 氣溫上升	—	—	發電效率明顯下降
		電力需求增加		尖峰供電壓力增加
	熱浪	—	—	發電效率明顯下降
		電力需求增加		尖峰供電壓力增加
	水汽蒸發量上升	水庫蓄水、河水、地下水水量減少	乾旱	水力發電量減少
海水溫度上升	—	—	核能、火力發電廠(海水冷卻)冷卻效率下降或排水水溫受限	
降雨量改變	乾旱	—	—	水力發電量減少、火力發電廠排水水溫受限或(河水)冷卻能力受限
		森林火災	—	輸配電線路受損
	瞬時降雨量增加 (非颱風)	淹水 (洪、澇災害)	—	發電機組受損、煤倉/油槽受損 水質惡化-無法供應冷卻水 (非海岸地區)交通中斷-工作人員無法上班、發電用燃料無法供應
極端氣候 (較強且頻繁的颱風)	暴雨 (淹水—洪、澇災害)	—	暴潮	發電機組受損、煤倉/油槽受損
		交通中斷	暴潮	工作人員無法上班、發電用燃料無法供應
		水質惡化	—	冷卻用水無法供應(非海岸地區)
		資通訊系統異常	—	發、輸、配電系統無法操作
		淹水地區工廠及住戶受損	—	用電需求下降

表 2.8 氣候變遷對我國能源供給可能的直接與間接影響(續)

氣候變遷	直接衝擊	間接衝擊	交叉效應	對能源供給的影響
		海岸侵蝕	—	發電廠危害、煤倉/油槽受損 交通中斷-工作人員無法上班、發電用燃料無法供應
		山區土石流	—	輸配電線路受損、 交通中斷-工作人員無法上班、 發電用燃料無法供應
	強風	—	—	風力發電機組受損、 輸配電線路受損、 發電機組降載
	雷擊	—	—	輸配電線路受損
海平面上升		—	暴潮	低海拔發電廠危害
其他— 雲遮減少	日照增加	—	—	太陽發電/熱量增加
		照明電力需求減少	—	供電壓力下降
	水汽蒸發量上升	水庫蓄水、河水、地下水水量減少	乾旱	水力發電量減少
其他— 風場改變	趨勢不明	趨勢不明	趨勢不明	趨勢不明

備註：1. HDD/CDD：Heating Degree Days/Cooling Degree Days。

二、供水及水利系統

(三) 水庫與攔河堰

對於水庫與攔河堰等蓄水設施而言，其主要影響分別為極端降雨發生時之洪流對設施所產生之衝擊，以及溫度上升導致混凝土壩體變形量與機制超出原始設計考量，而使設施損壞或潰決引發嚴重之淹水災害，以及極端降雨過後洪流夾帶之土砂淤積，影響設施日後之供水功能。

(四) 淨水廠設施

對於淨水廠設施而言，其主要影響在於原水濁度上升，而導致暴雨期間因濁度過高無法處理而停水，或因濁度偏高勉強處理而導致後續一段時間之原水處理能力下降。

(五) 自來水管網系統與工業用水專管

自來水管網系統與工業用水專管於暴雨事件中受威脅之設施為跨河管線，可能因洪流衝擊或河床沖刷導致損壞，而影響供水。另自來水管網系統亦可能因溫度上升導致用水量上升，而使得管線末端供水不穩定或無法供水。

(六) 簡易自來水系統

簡易自來水系統由於非屬永久性設施，易受颱風與洪水沖毀，加上簡易自來水系統多為獨立系統，損毀後亦無備援系統給進行供水作業，將使該地區有較長時間無自來水系統供水。

(七) 灌排系統

灌排系統因排洪標準較低，在極端降雨下易發生溢堤而增加潰堤風險，導致淹水範圍擴大，或因淹水漫流致使雜物堵塞灌渠，導致設施無法輸水。

(八) 水利系統

氣候變遷對水利設施系統影響導因於降雨與強風增強，使得洪水量增大、洪水位上升、洪流夾帶之土砂與漂流木增加、洪流淘刷與衝擊力增強、波浪衝擊力增加等現象。其主要影響為河堤、海堤、抽水站與水門等水利設施所受之衝擊與淘刷增強，使其損壞之機會上升或設施遭淹沒而失效，進而引發淹水災害或加劇淹水災害程度。

三、交通系統

(一) 港口

隨著地球暖化造成水位上升，與變異度極端化造成颱風波浪增大，將會影響港灣構造物結構安全及增加港灣淤積，進而影響港埠營運作業，導致海運運輸中斷。

(二) 鐵路

氣候變遷對鐵路設施系統影響導因於降雨與強風增強，

平原低窪地區容易造成淹水，而山區易受到邊坡滑動崩塌的威脅，在另一方面河谷的沖蝕也會加劇而危及鐵軌的路基，以致於造成鐵路系統的中斷。

(三) 公路及橋梁

一般公路系統多為線形分佈，而臺灣山地區域之公路建設許多是沿河谷而開鑿構築，歷年來在暴雨的作用下，一方面因為緊鄰陡峭山壁因此容易受到邊坡滑動崩塌的威脅，另一方面也常會有因為河谷的沖蝕加劇而危及道路的路基，以致於造成公路系統的中斷。

另橋梁多半為跨河構造物，若河川之上游易發生洪水、土石流等災害，則對下游之河川跨越橋而言，其橋墩、橋面版易遭洪水、土石流沖毀或淹埋。

(四) 機場

機場位置大都設置於平原週遭，隨著氣候變遷的改變，未來極端暴雨及氣候將經常性發生，在暴雨的侵襲下，若是區域排水無法負荷暴雨的雨量，將造成機場跑道淹水，影響班機起降，另在暴雨的侵襲下，也將會破壞機場的設施如場站、跑道等。

四、通訊系統

氣候變遷影響對於環境影響間接亦會影響通訊系統正常運作，分為下列影響：

(一) 對環境影響

氣候平均或變異的微小變化可能使極端氣候發生頻率產生相當大的變化，例如普遍增溫將導致高溫情形發生頻率升高，但使低溫情形發生頻率降低，通訊設備主要為電子元件、模組所組成，對於高溫、低溫有一定限度範圍，若超過範圍，將使其電路無法正常運作。

(二) 對通信影響

大雨對於電磁波產生雨衰、干擾之現象，影響通信品質，且易造成淹水，損壞低樓層機房之通信設備，最令人擔心的事為暴雨發生的頻率可能提高，致使產生淹水、土石流等現象，土石流沖刷電桿、管線及基地台基座土壤，造成傳輸纜線斷裂及基地台倒塌，間接影響通訊系統正常運作或產生通信中斷事故。高溫氣候則造成通信設備使用年限縮短，增加電信業者之營運成本提高。

2.3 課題分析

一、能源供給系統

(一) 在氣候變遷趨勢改變及變異性增大(極端氣候事件)之衝擊下,既有設施標準及系統運作模式可能不足以因應現在及未來更為嚴峻情景:

1.能源供給設施(發電廠、輸配電線路、油氣煉製、輸送管線)方面:相關設施之興建、操作、維修,以及緊急應變設備、公用設施、所在區位公共建築與設施,皆面臨更嚴苛的考驗。

2.能源供給系統運作方面:工業部門的能源密集產業對於能源供需平衡問題亦是不可忽略的重要課題。其中之石化產業及鋼鐵業,屬於能源密集及資本密集型工業,而且與其他產業相關連程度既深且廣,但卻需要消耗大量煤炭、石油、電力等資源。因此,如何有效且合理的預測石化及鋼鐵產業的能源需求,將為政府在未來能源管理政策制定上之重要課題。其他產業方面,電腦通信及視聽電子產品業,不論是由其產值所顯示之重要性,還是對於電力之依賴之問題,對我國經濟發展是不可忽略之課題。至於服務業部門及住宅部門,則由於夏季尖峰用電(特別是熱浪期間)造成的供需不平衡問題,也是必須及早因應的問題。若再加上都市地區熱島效應的加乘效果,則其考驗更加嚴苛。就區域來說,尤其是夏季尖峰時期,區域電力供需平衡目標,亦為電力系統運作之重要課題。

(二)基礎資訊不完整:由於各種氣候對全球自然與社經環境的直、間接及交互影響,能源供給與產業脆弱度與可能受到的影響資訊尚不完整。現有氣候變遷衝擊程度研究資料的不確定性仍然相當大,因此,一方面必須不斷的研究氣候變遷對能源

供給的衝擊，以充分掌握相關資訊。另一方面，則必須在基礎資訊不完整的條件下，提出並執行最佳之應對策略，然後不斷的檢討成效並依前述最新之研究結果，提出修正方案。

(三) 調適能力尚待建立：氣候變遷調適為較新之議題，氣候衝擊評估、脆弱度評估、調適能力評估等皆缺乏足夠之評估與規劃之輔助工具。因此，應參考國際資訊逐步建立相關之輔助工具。然後納入或連結各主管機關之氣候相關風險潛勢資料庫，以及建立能源供給與傳輸設施資訊、設施及所在區位脆弱度等基礎資料庫。然後建立早期預警系統，以協助決策者或能源產業儘早因應。最後藉由輔助工具、基礎資料庫、早期預警系統來逐步建立調適能力。

(四) 氣候變遷可能帶來新的商機：除了前述可能的損害外，氣候變遷亦可能對能源產業或能源服務產業產生新的商機，包括因應氣候變遷所研發或應用之新產品，以及衍生之新服務需求。因此，有必要加以研究分析，以促進經濟發展，提升國家競爭力。

二、供水及水利系統課題

(一) 水庫與攔河堰：水庫與攔河堰等蓄水設施已定期進行水庫安全檢查與評估，已具備反應蓄水設施安全狀況之機制，將以確保適應力為其調適課題。

(二) 淨水廠設施：對於淨水廠設施而言，其調適課題將以確保設施適應力為主，期望可穩定颶洪期間之供水能力。

(三) 自來水管網系統與工業用水專管：自來水管網系統其調適課題將以增加系統適應力為主，以確保自來水管網系統可穩定供水至管線末端，並確保跨河管線於颶洪期間不致遭洪水沖毀。

(四) 簡易自來水系統：由於簡易自來水系統多為獨立系統且非永久設施，將以降低敏感度為主要課題。

- (五) 灌排系統：灌排系統則是以提升適應力為主要課題，研擬其調適策略。
- (六) 水利系統：河堤、海堤、水門與抽水站等水利設施系統於維生基礎設施領域中之調適課題為確保設施可抵禦洪水與波浪衝擊，且其設施之機電設備於颱風期間可正常運轉，是以提升適應力為主要課題。

三、交通系統課題

- (一) 港口：隨著地球暖化造成水位上升，與變異度極端化造成颱風波浪增大，將會影響港灣構造物結構安全及增加港灣淤積，進而影響港埠營運作業，因此定期監測潮位變化趨勢，並進行碼頭高程全面體檢，以研擬適當對策，並確保適應力為重要課題。
- (二) 鐵路：鐵路系統位置包含平原及山區，但在暴雨的作用下，平原低窪地區容易造成淹水，而山區易受到邊坡滑動崩塌的威脅，在另一方面也常會有因為河谷的沖蝕加劇而危及鐵軌的路基，以致於造成鐵路系統的中斷，因此研擬適當對策，並確保適應力為重要課題。
- (三) 公路及橋梁：一般公路系統多為線形分佈，而臺灣山地區域之公路建設許多是沿河谷而開鑿構築，歷年來在暴雨的作用下，一方面因為緊鄰陡峭山壁因此容易受到邊坡滑動崩塌的威脅，另一方面也常會有因為河谷的沖蝕加劇而危及道路的路基，以致於造成公路系統的中斷。另橋梁多半為跨河構造物，若河川之上游易發生洪水、土石流等災害，則對下游之河川跨越橋而言，其橋墩、橋面版易遭洪水、土石流沖毀或淹埋，因此研擬適當對策，並確保適應力為重要課題。
- (四) 機場：隨著氣候變遷的改變，未來極端暴雨及氣候將經常性發生，在暴雨的侵襲下，若是區域排水無法負荷暴雨的雨量，將造成機場跑道淹水，影響班機起降，另在暴雨的侵襲下，

也將會破會機場的設施如場站、跑道等。

四、通訊系統課題

大雨對電磁波傳送之干擾，影響通信品質及應對措施：

- (一) 採用高增益天線及可調增益塔頂上行功率放大器。
- (二) 新基站型態採 Main-Remote 光纖介質減少衰減，並利用多載波功率放大器補償被動元件衰減，藉由上行及下行增益提升，以補強 900MHz~2.7GHz 發射頻率之抗雨衰能力。
- (三) 評估 PLC 電力線傳輸技術、FEMTO 等設備，用以提高室內訊號穩定度，由於其獨力固定線路傳輸，可不受戶外基站因雨衰或災害之影響。
- (四) 建置區域性衛星傳輸基站(如那瑪夏衛星共構站)，增置小型機動性衛星傳輸設備及特種救災基地台車輛，可赴災區通信支援。

高溫氣候造成通信設備使用年限縮短：

- (一) 電信業者採購之通信設備皆要求可於攝氏 50 度以上環境下正常工作，室內機房皆裝設空調設備，以保持環境溫度在正常值。
- (二) 電信業者對於所有設備及機房溫度皆有監控機制，一但出現異常狀況當即刻處理。
- (三) 電信業者須常備相關備援電信電路模組，以防若因高溫氣候造成通信設備損毀，自動切換至備援電信電路模組，以繼續通訊系統正常運作，不產生通信中斷現象。

大雨造成淹水，損壞低樓層機房之通信設備：

- (一) 電信業者所選定之接取點或集線室均要求避免選於大樓之最低層環境裝置，以防範地區淹水。
- (二) 室內機房對連續壁之防水工法皆要求裝設止水配置，以期設備正常工作，一旦設備出現異常狀況可即刻處理。

- (三) 增設抽水馬達(固定式、移動式)，以備進水時即刻抽水。
- (四) 地下電纜管線、洞道纜線引進口及台電高壓電纜引進口等，均須確實封閉，做好防水措施，洞道與地下室相通之門為防水門。
- (五) 地下室通氣孔及開窗升高或封閉。