教師手冊

**水資源**



|  |  |
| --- | --- |
| **作者：** | **大進國小/廖仁藝校長、港口國小/干仁賢校長** |
| **文字編輯：** | **葉奕辰、李采茵、葉宜佳** |
| **美術編輯：** | **陳立瑜** |
| **審定：** | **東華大學/梁明煌副教授、東華大學/張成華助理教授、慈濟大學/張永州講師** |
| **計畫名稱：** | **國民小學氣候變遷補充教材及教師手冊開發暨編撰計畫** |
| **計畫主持人：** | **東華大學/楊懿如副教授** |
| **計畫執行單位：** | **國立東華大學自然資源與環境學系** |
| **計畫補助單位：** | **教育部資訊及科技教育司環境及防災教育科** |
|  |  |

**壹、導論**

聯合國大會決議2013年為聯合國「國際水資源合作年」，2013年3月22日的世界水資源日，也將致力於水資源的互助合作。聯合國水組織已呼籲教科文組織，領導2013年的聯合國「國際水資源合作年」，特別是因為該組織融合自然、社會科學、教育、文化和通信多種學科的獨特方法，基於水具有的普遍性本質，聯合國「國際水資源合作年」自然而然的會包含並觸及到這些面向。

「水」很快地將會成為我們生活中最有價值的商品之一。人口爆炸的壓力，加上氣候變遷的威脅，讓地球上的淡水供應面臨了前所未有的危機。在西元2025年之前，將會有兩億人口嚴重缺水，而就算身處於水源充足的地方，窮人也不見得能獲得安全的用水。各國之間為了搶奪水源所引發的衝突，也很可能成為日後國際戰爭的導火線。

 身處於既缺水又淹水的台灣，我們每個人都必須面對這個迫切危機！無所不在的「水」，竟會成為二十一世紀最重要的資源；從天而降的「水」，有可能是未來最有價值的商品；面臨人口急速膨脹和氣候猛烈變遷的壓力，水資源的管理及維護已是刻不容緩的議題。

為增進學生水資源保育觀念，透過教材設計，全面提升水資源教育功能，重新以知水、用水、惜水為知識設計理念，傳遞珍惜永續水資源理念。讓學生進一步體驗水源保育觀念，體認一滴水資源的寶貴。

除了妥善規劃與管理水資源，希冀藉由教育的力量向下紮根，廣邀全國對於教學有興趣、具有豐富想像力的朋友們，集思廣益，激起共識，共同參與水資源保育相關題材的教學，以多元化的優質教學方式，創造一個好玩又有趣的學習環境，將愛護水資源與節約用水等觀念，深植學生的心中。

## 貳、導讀

根據研究，全球平均表面溫度在過去100（1906~2005年）年，約上升0.74℃±0.18℃，過去50年的暖化速度是過去100年的兩倍，且極端溫度出現頻繁。IPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change，聯合國跨政府氣候變遷委員會）2007年提出史無前例的確定結論：「過去半世紀的暖化極可能是人為溫室效應造成。」預測全球溫度都將明顯上升，且陸地比海洋明顯，高緯度比低緯度明顯。

台灣平地測站紀錄顯示，1900~2009年間，氣溫上升速率約為1.1-1.6℃/百年。相較於全球的0.74℃/百年，實屬偏高。近30年（即1979-2009年）的暖化速度，則更是快速（約0.23-0.40℃/10年）。

台灣雖有豐沛雨量，每年約2510公厘，是全球平均降雨量的2.6倍；但是每人每年平均可得的水資源約4500立方公尺，卻只有全球平均的六分之一，被列為 缺水國家。台灣河川均短且陡，降雨迅速排入海中，擷取利用頗為不易；台灣降雨季節旱澇分明、降雨區域不平均造成水資源儲存不易，而且調配困難。此外，極端氣候如颱風和洪災、乾旱所造成的災害頻繁，往往對水資源供給面造成極大的衝擊和挑戰。自1960年以來，平均年雨量並未出現顯著的變化，總降雨時間卻顯著下降，豪大雨頻率則呈現增加趨勢，但部分區域反而可能會有缺水的危機。以中央山脈為分水嶺，山脈以東的北區和東區，多雨趨勢可能性較高；而山脈以西，則不確定性高；沿山脈水源區的降雨減少，特別是在中部地區，對於人口密集的西部平原的水資源供應，影響極大。

面對氣候變遷衝擊，極端氣候頻率增加，降雨強度和雨量也在增加中，雖然水庫水資源得以補注，但是大量泥沙沖刷注入水庫，不僅影響其蓄水量，對水庫壽命而言也是一大威脅。泥沙造成原水濁度飆升，供水系統無法正常操作，導致不缺水卻是停水的窘境。例如2004年艾莉颱風對石門水庫所造成的衝擊，影響桃園地區的供水系統，進而斷水18日；2009年莫拉克颱風的破紀錄大雨，造成南化水庫和牡丹水庫的原水濁度飆升，對台南和高屏地區的衝擊即是例二。

此外，台灣用水量逐年增加是不爭的事實，平均年用水量約為180億立方公尺，水資源利用率約為28％，已達中度用水壓力，其中地下水約60億立方公尺，地面水為120億立方公尺。

極端氣象事件如颱風和洪災、乾旱所造成的災害頻繁，對水資源供給與災害防治均造成極大的衝擊和挑戰。事實上，1980年之後，每年颱風與豪雨致災個案次數就呈現明顯上升趨勢。同時，從1984年之後，乾旱發生頻率較過去更為密集，尤其2002年之後更加頻繁，例如民國91年、93年、95年及98年皆發生嚴重乾旱事件。更有甚者，2009年7月底，南部曾文水庫水位因長期乾旱，已達操作下限，幾乎將進行限水供應。幾日後莫拉克颱風卻帶來破紀錄降雨，造成50年來最嚴重災情，水庫反需緊急洩洪，造成水質污濁使下游供水吃緊；爾後水庫淤沙量大，配合長期不下雨，又出現乾旱窘境。未來若頻繁發生如此極端的氣象事件，將加重台灣整體脆弱度。水資源日趨惡化，應正視台灣水資源匱乏問題，共同響應水資源保育。藉此教導大家正確地管理水資源，愛護我們共同的家園。

## 參、教學目標

**一、教學目標**

**1. 了解因為氣候變遷影響，可能導致既有水資源問題加劇之情形。**

**2. 注意到我們的水資源正在減少中。**

**3. 瞭解哪些是浪費水的行為。**

**4. 願意採取行動減少水足跡。**

**5. 知道如何運用水資源調適策略。**

## 參、學科連結及能力指標

**二、學科及氣候素養能力指標暨政策綱領連結**

水資源調適補充教材之主要教學對象是國民小學五至六年級，其相關學科連結及能

力指標如下表：

**表1**：**學科連結及能力指標彙整。**

|  |
| --- |
| 學習領域 能力指標 |
| 自然與生活 1-3-5-4願意與同儕相互溝通，共享活動的樂趣。科技領域 1-3-5-5傾聽別人的報告，並做適當的回應。 2-3-4-4知道生活環境中的大氣、大地與水，及它們彼此間的交互作用。 4-3-3-1 瞭解社區常見的交通設施、休閒設施等科技。 5-3-1-2 知道經由細心、切實的探討，獲得的資料才可信。 |
| 社會領域 1-2-3-6覺察人們對地方與環境的認識與感受具有差異性，並能表達對家鄉的關懷。 1-3-3-6瞭解人們對地方與環境的認識與感受有所不同的原因。 1-3-10舉例說明地方或區域環境變遷所引發的環境破壞，並提出可能的解決方法。 |
| 綜合活動 4-1-1-2 能提出適切的方法，以預防活動中危險的情況發生。 4-3-1-1透過各種觀察與體驗活動，探索周遭環境的潛藏危機。 4-3-1-2探討各項可能資源，並尋求可用的資源來化解周遭環境的潛藏危機。 4-3-1-3透過問題與討論，擬定可用的策略解決周遭環境的危機。 4-3-2-3透過觀察與互動的過程，產生對大自然尊重與珍惜，並探索人文景觀的價值與意義。 |
| 環境教育 1-2-1覺知環境與個人身心健康的關係。 2-2-1 瞭解生活周遭的環境問題及其對個人、學校與社區的影響。 2-2-2 認識生活周遭的環境問題形成的原因，並探究可能的改善方法。 3-2-1 思考生物與非生物在環境中存在的價值。 3-2-2 培養對自然環境的熱愛與對戶外活動的興趣，建立個人對自然環境的責任感。 4-2-3 能表達自己對生活環境的意見，並傾聽他人對環境的想法。 4-2-4 能辨識與執行符合環境保護概念之綠色消費行為。 5-2-1 具有跟隨家人或師長參與關懷弱勢族群等永續發展相關議題之活動經驗。 5-2-2 具有參與調查生活周遭環境問題的經驗。 |
| 健康與體育 5-2-3評估危險情境的可能處理方法及其結果。 5-3-3規劃並演練緊急情境的處理與救護的策略和行動。 |
| 資訊 5-3-1 能瞭解網路的虛擬特性。 |

水資源調適補充教材，其相關政策綱領連結如下表（詳細內容請見附錄一）：

**表2**：**政策綱領連結彙整。**

|  |
| --- |
| 政策綱領  |
| 衝擊與挑戰 1.水文的衝擊 3.供水系統的衝擊 |
| 調適策略 1.水資源永續經營與利用為最高指導原則，並重視水環境保護工作。 4.以聯合國推動之水足跡（water footprint）概念促進永續水資源經營與利用。 |

水資源調適補充教材，其相關氣候素養能力指標如下表（詳細內容請見附錄二）：

**表3**：**氣候素養能力指標彙整。**

|  |  |
| --- | --- |
| 氣候素養能力指標 |  |
| 2.氣候是地球系統組成部分間複雜相互作用的結果 | B.海洋覆蓋70％的地球表面，因此海洋控制了地球主要的能量與水的循環，當然也主控了氣候。海洋能吸收大量的太陽能量，熱量和水汽會透過由海水密度所主導的洋流與大氣環流產生全球範圍的分布變化。因地殼移動或因極冰融化大量湧入的淡水所造成的海洋環流變化會導致地域性和全球性的氣候產生急遽變化。 |
| 6.人類活動無時不刻影響著氣候系統 | E.科學家和經濟學家預測，全球氣候變遷將有正面和負面的影響。下個世紀如果升溫超過2〜3°C（3.6〜5.4°F），氣候變遷帶來的負面影響將遠遠超過其所產生的正面效益。 |
| 7.氣候變遷會影響地球系統與人類生活。 | A.冰原和冰川的溶化加上海水變暖產生熱膨脹的效應是導致海平面上升的主因。海平面上升的結果使得海水開始侵入到沿海的低窪地區並污染淡水資源，也開始淹沒沿海設施和島嶼。海平面上升也增加了伴隨颶風而產生的風暴潮對房屋及建築物產生危害的風險。B.氣候在全球水資源的分布上扮演一個非常重要的角色。降雨型態和溫度條件的改變會改變水資源的可用性與分布，進而減少了很多民生用水與農業用水的來源。全球暖化導致由冬季積雪、高山冰川所提供的人類用水都在下降。 C.因氣候變遷所導致的極端氣候事件預計將會增加。許多地區可預見每年的熱浪事件將大量增加而嚴寒事件將大量的減少。預期中降雨事件發生的頻率將變少，但是降水的強度將變強許多。而預期中平均年降水量變少的結果將會導致乾旱發生的頻率增加且嚴重。 |

## 肆、教學活動

**一、活動名稱**：氣候變遷下正視水資源問題與調適

**二、課程規劃**：教學時間為4節課，共160分鐘

**三、教學建議**

（一）本課程內容主要以補充教材形式進行設計，建議教學實施時間可以在環保教育宣導週、期末考後、彈性課程時間進行本課程內容之教學，或者，將本課程融入在自然、社會、綜合及健體等學習領域進行教學。

（二）本課程採取調適教育取向，所謂的調適即調整使適應，因此調適教育就是藉由教育的方式與過程，使得學習者能調整既有的認知、情意與技能，來適應其所面臨之生活環境中的種種問題。

（三）教師可視學校環境條件及新聞事件，調整本課程之內容，以提昇學童的學習成效。

**四、教學內容設計**

| **教學活動流程與說明** | **教學****時間** | **教學策略** | **領域連結與****能力指標** |
| --- | --- | --- | --- |
| 第一節【教學準備】電腦、單槍投影機、台灣水資源影像* **引起活動**
* **台灣降雨量為全球平均的2.6倍，人均分配水資源卻只有全球平均的1/6。**
* **發展活動**

**活動一：瞭解台灣水資源現況*** **台灣降雨量豐沛，地理及季節分布卻不平均的地區，加上山岳高峻、地勢起伏大，降雨後的逕流量很快地便流入海裡，無法充分利用。**台灣雖有約2510公厘的豐沛雨量，為全球平均降雨量的2.6倍，但每人每年平均可取得的水資源約4500立方公尺，卻只有全球平均的六分之一。
* **台灣總降雨量沒有太多變化，但總降雨時間卻顯著下降**，豪大雨頻仍，反呈現增加趨勢。不利於旱季時期水資源調配。
* **台灣人民用水習慣浪費**，每日超出全球平均標準27公升。
	+ 舉例來說，台灣水資源貌似豐沛、實則有匱乏之虞。然而長久以來，台灣水價始終無法真實反映水資源的重要性，讓人不珍惜水資源。
	+ 高達76.6%的民眾認為自己省水，但每人每月平均水足跡仍為全球平均的兩倍。
* **綜合活動**
* 了解前一單元認識水足跡後，同學們均願意採取行動減少水足跡，其次，要瞭解哪些是浪費水的行為，並知道如何衡量改善效果。

 **問題提問：** ● 你有經歷過因為突然下大雨或是長期不下雨而限水的經驗嗎？ ● 你自認生活上用水節省嗎？可以舉例說明嗎？可以估算你一天要使用多少水嗎？ ● 你覺得要採取哪些行動來達成節約用水的目的？* **教師總結**
 | 共40分鐘10分鐘20分鐘10分鐘 | 講述法討論法歸納教師講述師生討論教師講述師生討論 | 自1-3-5-4自1-3-5-5自2-3-4-4自5-3-1-2綜4-3-2-3 資5-3-1環2-2-2環3-2-1 |
| 第二節【教學準備】電腦、單槍投影機、水資源相關影像* **引起活動**
* **你是否注意到，我們的水資源正在減少中？**根據中央氣象局資料顯示，雖然長期來看每年總降雨量平均變化並不大，但我們實際可用水資源卻日益減少，原因為何？

**◆ 發展活動** **活動二：台灣缺水問題*** **降雨集中**

 台灣平均年降雨量約為2510公釐，為全世界平均值2.6倍，但78%降雨量集中於每年5月至10月的雨季。儘管雨量充沛，但因降雨時間過於集中，導致雨水資源難以留存運用。* **河床陡峭、河道短**

台灣的河川河床陡峭且河道短促，高達46.2%降雨直接流入海中，無法有效利用，加以33.3%降雨量為蒸發損失，剩下可利用的水資產僅占降雨量20.5%。* **人口密度高**

台灣由於人口密度高，每人每年可用水量大約只有1000公噸，為世界平均值的1/5，以目前世界可用水量標準而言，屬缺水地區。* **氣候變遷**

隨著全球氣候變遷影響，台灣降雨型態可能漸漸改變。時間變化上，降雨天數可能減少，但降雨強度將增強；空間變上，雨量可能集中於北部，且降雨集中水庫下游或海上；這些變化造成雨水資源無法被有效分配運用。**◆ 綜合活動*** 了解這一單元後，同學們均願意採取行動減少水足跡，其次，要瞭解哪些是浪費水的行為，並知道如何衡量改善效果。

 **問題提問：** ● 面對這樣的情況，我們可以發現到還有哪些影響跟變化？ ● 我們有甚麼方法改善現況？ ● 蓋水庫或抽地下水是個解決的好方法嗎？* **教師總結**
 | 共40分鐘10分鐘20分鐘10分鐘 | 講述法討論法歸納教師講述師生討論教師講述師生討論 | 綜4-1-1-2社1-2-3-6綜4-3-1-3綜4-3-2-3社1-3-3-6健5-2-3自4-3-3-1綜4-3-1-3綜4-3-1-2社1-3-10健5-3-3 |
| 第三節【教學準備】電腦、單槍投影機、水資源設施影像**◆ 引起活動** * 台灣目前所遭遇之水資源問題外，受未來氣候變遷影響，可能導致既有問題加劇之情形，例如降雨型態與水文特性之變化，將可能提高河川豐枯之差異，進而增加河川污染以及複合型災害風險，氣候變遷到底會對水資源之產生何種衝擊呢？
* **發展活動**

**活動三：氣候變遷對水資源之衝擊**解說目前氣候變遷所來的各項層面衝擊：* **水文衝擊**

過去研究結果顯示，未來台灣降雨量、逕流量及蒸發散量受氣候變遷影響而有增加的趨勢，而逕流量與蒸發散量增加的幅度大於降雨量增加幅度，因此地下水入滲量呈漸減的趨勢。* **河川流量衝擊**

氣候變遷的影響，將造成未來河川豐枯差異更加明顯。結果顯示，豐水期（夏季）流量多為增加趨勢，枯水期（冬季與春季）流量多為減少趨勢。* **供水系統**

氣候變遷下將使得豐枯差異更明顯，使得供水承載力降低，加上未來需水量增加，將使未來缺水風險提高。* **複合型災害風險提高**

氣候變遷下，水工結構物遭受大洪水侵襲之風險提高。未來颱風等極端氣候頻率有可能增加，洪水、土砂與浮木等結合產生的複合型災害風險將相對提高，進而提高缺水風險。* **農業灌溉型態衝擊**

未來氣候變遷影響下導致氣溫及雨量的改變，因而影響灌溉需水量。* **河川污染問題**

氣候變遷影響下，臺灣地區河川流量都有極端化的趨勢。枯水期時，污染物質排入河川中，但河川僅具備較低的流量，無法稀釋、淨化污染物質，導致污染濃度增加，河川自淨能力也因而降低，涵容能力亦隨之下降；豐水期時，河川雖然擁有較大的涵容污染能力，然而由於暴雨引發了流域內泥沙沖刷、土石崩坍等現象，且增大的流量也加強了河床沖蝕，反而使河流中懸浮微粒濃度及河川濁度增加，進而影響河川中的生態，也使得供水系統惡化。* **綜合活動**
* 了解前一單元認識水足跡後，同學們均願意採取行動減少水足跡，其次，要瞭解哪些是浪費水的行為，並知道如何衡量改善效果。

  **問題提問：** ● 全球氣候變遷對於台灣的水資源影響有哪些？ ● 對自然、人文、生活與產業有多大的影響？ ● 其他還有甚麼可能的影響？* **教師總結**
 | 共40分鐘10分鐘20分鐘’10分鐘 | 講述法討論法歸納教師講述師生討論教師講述師生討論 | 綜4-1-1-2社1-2-3-6綜4-3-1-3社1-3-3-6健5-2-3自4-3-3-1綜4-3-1-1綜4-3-1-2社1-3-10健5-3-3 |
| 第四節【教學準備】電腦、單槍投影機、水資源相關影像與簡報* **引起活動**
* 了解了目前水資源因為氣候變遷影響，而產生了許多的改變，我們要如何進行利用與調適呢？
* **發展活動**

**活動四：氣候變遷下如何進行** **水資源利用與調適**教師帶出氣候變遷下的水資源調適策略，如下：* **水資源永續經營與利用為最高指導原則，並重視水環境保護工作。**

 ● 開發與建設行為，進行成本效益分析與環境影響評估時，應考量氣候變遷，以避免造成水環境之衝擊。 ● 河川流域應進行整體治理規劃與管理，並以各流域之特有條件為基礎，將水環境污染控制、淡水水資源永續利用、生物多樣性維護與生態環境保護列入範圍。* **由供給面檢討水資源管理政策以促進水資源利用效能。**

 ● 活化現有蓄水容量，適時更新改善與維護水資源相關設施，並降低現有供水設施之漏水、輸水損失。 ● 落實水庫集水區土地使用管理，妥善運用水資源作業基金，推動水庫集水區保育工作。區內合法使用之農牧用地，應優先輔導造林，並減少肥料及農藥等污染物隨降雨進入水庫。 ● 強化且妥善利用跨區域地表、地下水資源之聯合運用，並獎勵雨水、再生水等替代水資源之開發、推動與應用。 ● 強化異常缺水時之緊急應變措施。 ● 落實水權管理。* **建立區域供水總量資訊，並由需求面檢討水資源總量管理政策以促進水資源使用效益。**

 ● 導正自來水合理費率，調整整體用水型態，建立合理公平且彈性的用水轉移機制，獎勵節水措施，並檢討現有建築法規，加強規範公有建築及公共設施之節水裝置之推動。 ● 鼓勵低耗水產業之發展，並考慮由其他不缺水國家輸入高耗水產品。 ● 調整農業耕作制度，並在考量維持環境永續性與農地生產力下，推廣精密灌溉與提升灌溉管理技術，以提高雨水利用率與減少灌溉用水需求。* **以聯合國推動之水足跡（water footprint）概念促進永續水資源經營與利用。**

 ● 推動標示產品之耗水量，提供參考以減少高耗水產品之消費。 ● 推動產業建立節水製程，在單位產能下有效降低耗水量。 ● 推動水資源回收再利用及節約用水獎勵機制。 ● 透過物質流與水平衡之概念與系統性分析方法計算水資源帳，並檢視不同政府部門流域各類監測資料之合理性，充分掌握氣象、水量與水質等關鍵環境資訊，合理分析水足跡與水資源善用。* **綜合活動**
* 引導學生在日常生活中，落實節水省水的觀念以及面臨氣候變遷大環境改變時，進行調適的作為。

 **問題提問：** ● 我們要如何節水？ ● 你可以做到的有哪些方法？ ● 你還能想出哪些方法？ ● 我們可以建議政府如何形成水資源的政策？* **教師總結**
 | 共40分鐘10分鐘20分鐘10分鐘 | 講述法討論法歸納教師講述師生討論教師講述師生討論 | 環 1-2-1環2-2-1環4-2-3環4-2-4環5-2-1環5-2-2環4-2-3 社1-3-10環3-2-2 |

**學習單**

**檢視我的水足跡**

# 想想看，一週當中你的食、衣 、住、行用了哪些東西，吃了些甚麼? 選擇對照表中有的品項，將它記錄在下表中， 從這裡我們就可以來計算你的水足跡囉!

# 1. 食 - 想想看你一周內你吃哪些東西？（請選擇對照表的品項填入表格中）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 食 | 項目 | 用水量 |
|  |  |
|  |  |
| 總計 |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_公升 |

**2.** **衣** **-** 你平常穿什麼呢？（請選擇對照表的品項填入表格中）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 衣 | 項目 | 用水量 |
|  |  |
|  |  |
| 總計 |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_公升 |

**3.** **住** **-** 家裡哪些地方你會用到水呢?ex：洗碗、澆花、沖馬桶、洗澡（請選擇對照表的品項填入表格中）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 住 | 項目 | 用水量 |
|  |  |
|  |  |
| 總計 |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_公升 |

**4. 行 -** 平常有沒有幫爸爸或媽媽洗車子呢?（請選擇對照表的品項填入表格中）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 行 | 項目 | 用水量 |
|  |  |
|  |  |
| 總計 |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_公升 |

**表4：食、衣、住、行 水足跡表。**

## 伍、延伸閱讀

**一、台灣所面臨水資源衝擊概述**

**(一) 台灣水文與水資源特性**

台灣屬亞熱帶季風區，年平均雨量達2,510公釐，惟標高1,000公尺以上之山坡地即佔台灣本島總面積31.5%，標高100公尺以下平地僅佔37.2%，致使河川源短流急，降雨迅速排入海中；此外台灣地區降雨在時間與空間之分佈差異極大，5月至10月夏秋兩季豐水期有颱風及雷雨帶來豐沛雨量，河川總逕流量497億立方公尺，達平均年總逕流量（645億立方公尺）之77%，11月至翌年4月冬春兩季枯水期則較為乾燥，總逕流量僅有148億立方公尺，占平均年總逕流量之23%，此種降雨不均勻之現象愈往南部愈發嚴重，南部地區豐水期之降雨量更達其全年平均降雨量之90%，凡此種種原因，皆導致水資源之擷取利用頗為不易。

**(二) 水資源現況及問題**

為解決台灣坡陡流急以及降雨在時空分布不均勻所導致之水資源利用難題，近三、四十年來，水資源建設在台灣地區各種不同階段之經濟發展過程中，不斷突破困難以提供穩定供水，其中水庫之興建更為穩定水資源供需之重大策略之一。截至民國98年底，台灣已興建大小水庫約40座，水庫總容量約22.43億立方公尺，有效容量約為20.51億立方公尺，然而近年來水資源環境更趨複雜，除自然、地理環境限制外，極端氣候頻率增加、全球氣候變遷威脅與人為影響亦增，使得水資源經營更趨困難，在既有水庫蓄水容量有限，新水庫開發困難之條件下，使得台灣雖有豐沛之降雨量，水資源實際利用量卻尚不足以應付日漸成長龐大之需水量。綜合台灣地區水資源經營所面臨之問題包含：

**1. 人口與經濟成長提高供水壓力：**台灣地區人口成長快速，總人口數依內政部統計由民國50年之1,121萬增加至民國98年之2,312萬。由於台灣社會已邁入工業化，預估未來人口成長率不致再大幅攀高，惟因生活品質提昇所衍生用水需求增加之壓力仍會繼續存在，在水利蓄水設施興建不足的情況下，枯水期之水源調配將益形困難。

**2. 供水系統抗旱能力不足：**台灣地區河川坡陡流急，水資源不易蓄存利用，且降雨豐枯差異明顯，故水資源的運用多須經由蓄水設施調節供應。目前台灣重要水庫如石門、曾文、烏山頭、白河等之供水不僅供應生活及工業用水，尚需提供大量灌溉用水，若豐水期之蓄水有所不足，在龐大的農業、工業與民生需水壓力之下，則極易發生缺水之現象。然而近年來環保意識抬頭，以致水利設施興建較過去遭遇較大阻力，未來在供水系統抗旱能力不足的情況下恐無法提供穩定的供水。

**3. 水質污染降低水資源利用量：**依民國98年統計資料，河川水質屬輕度污染占8.1%，中度污染占18.9%，嚴重污染占5.9%，致部分之河川水資源無法有效利用。未來若能有效改善水質，則可提升河川水源的利用率。另加強水庫集水區之永續經營管理，作好水土保持及減少優養化，以保持水庫提供質優量足之水資源亦是重要課題。

**4. 極端氣候與複合型災害：**近年來氣候異常，颱風等極端氣候頻率增加，降雨強度和雨量也相對提高，洪水、土砂與浮木等結合產生的複合型災害則嚴重衝擊水資源系統。由於過往森林砍伐及山坡地濫墾情形嚴重，集水區水源涵蓄能力降低，致使上游集水區遇暴雨時，土質鬆軟易發生崩塌，暴雨洪水挾帶崩塌之土石以及浮木進入水庫，大幅減少水庫之有效庫容，除了就長期而言對水庫之使用年限造成極大影響外，短期而言挾帶土石之洪水亦造成原水濁度飆升，供水系統因而無法正常操作，導致空有大量降雨卻無法供水的窘境。

**5. 地下水開發與管理問題：**台灣西南沿海平原，如彰化、雲林、嘉南及屏東等地區，由於並無適當之壩址可供建設水庫以攔蓄雨季多餘水量，且位處於供水圳路末端，地面水源多受污染，故地下水成為上述地區最主要且最方便之水源。然1980年代起沿海養殖業興起，地下水因而大量被抽取利用，遂造成地下水之嚴重超抽，衍生國土資源損害及其他社會問題。高屏地區在2009年莫拉克颱風重創水資源系統之後，供水問題已是捉襟見肘，而地下水資源便成了穩定高屏地區供水的重要來源。如何安全的開發並有效管理地下水，乃台灣水資源所面臨相當重要的課題。



## 陸、參考資料

**期刊書籍**

1. 行政院研究發展考核委員會。2011。全球氣候變遷因應政策之研究。

2. 呂理德。2009。臺灣環境變遷解密：改變未來的12堂課。余紀忠文教基金會。

3. 柳中明。2010。臺灣環境變遷解密：改變未來的12堂課。山岳出版社。

4. 徐享崑、虞國興、鄭昌奇、童慶斌。1996。台灣水資源對氣候變遷之因應與適應策略。氣候衝擊評估與因應策略建議研討會，台灣大學，頁49-65。

5. 經濟部水資源局。1997。水資源政策白皮書。

6. 經濟部水利署。2010。氣候變遷水文環境風險評估研究（1/2）。

**網路資訊**

楊錦釧、童慶斌、王文祿、張胤隆。氣候變遷下缺水風險與調適策略http://www.ctci.org.tw/public/Attachment/0102115151621.pdf

**圖表來源**

# 圖1-圖3：國家氣候變遷調適政策綱領。行政院經濟建設委員會。

# 表4：經濟部水利署台北水源特定區管理局兒童網http://child.wratb.gov.tw/waterkids/index.html

## 附錄一、國家氣候變遷調適政策綱領摘錄

一、序言

氣候變遷對於我們生活的影響是全面性的，無論是自然生態、經濟、社會、政治、文化各方面，衝擊深入且無可逃避。氣候變遷的治理必須考慮其獨特性，氣候是全球與跨代的公共財（public goods），也是全球當代人及後代人共同擁有的財貨（commons）。衝擊超越國家與地理界限，全面性「人類安全」議題，具高度不確定性。氣候變遷已經來到，越晚調適，付出的成本越高。

二、氣候變遷

由於大氣中的溫室氣體（greenhouse gases，包括水蒸氣（H2O）、臭氧（O3）、二氧化碳（CO2）、氧化亞氮（N2O）、甲烷（CH4）、氫氟氯碳化物類（CFCs，HFCs，HCFCs）、全氟碳化物（PFCs）及六氟化硫（SF6）等）濃度升高，造成地球氣溫提高，進而引發各種氣候變遷，造成全球環境與社會經濟系統的衝擊。

在二十世紀期間，地球大氣中二氧化碳濃度已經升高30%，造成地球表面的溫度升高0.7℃。

就全球尺度而言，人類大量使用化石能源是造成氣候變遷最重要的因素；就區域及地方尺度而言，都市化與土地使用變遷也是相當重要的因素。氣候變遷造成全球水文循環改變，降雨與蒸發散的強度升高，且下雪的機會變少；在氣溫方面，地球升溫造成熱浪發生機會升高，部分地區將變得更乾旱；熱帶氣旋發生的機會升高，加上全球海平面上升，可能造成嚴重的災害。

三、減緩與調適



**圖1：氣候變遷減緩與調適作為示意圖。**

自溫室效應被發現且由科學家提出警訊至今，聯合國及各國政府與非政府組織即著手研擬各種不同類型之減緩策略，包括：節約能源、提高能源效率、開發新興與再生能源、發展溫室氣體減量技術等；然而全球暖化和氣候變遷的趨勢，已非靠人類減少溫室氣體排放所能避免。如何透過社會與經濟發展模式的調整，使人類能夠適應氣候變遷所造成的影響，在極端天氣事件與暖化效應下，持續謀求生存、生活與發展，是與減緩同等重要的工作。減緩與調適為當前各國政府因應氣候變遷威脅的兩大重要策略。

（一）減緩

「減緩」（mitigation）係指以人為干預的方式，減少溫室氣體的排放量或增加溫室氣體的儲存量，以減緩氣候變遷問題的發生速度或規模。

1992年在巴西里約召開的地球高峰會，促使全球154個國家代表共同簽署「聯合國氣候變化綱要公約（UNFCCC）」；1997年在日本京都，各國簽署具有法律約束力的「京都議定書（Kyoto Protocol）」，明確訂定各國溫室氣體減量責任與時程。各國各自表述減碳承諾，協助開發中國家減緩與調適減緩。

台灣行政院於97年第3095次院會通過之「永續能源政策綱領」宣告溫室氣體減量目標：「全國二氧化碳排放減量，於2020年回到2005 年排放量，於2025年回到2000年排放量」。行政院於98年特設節能減碳推動會，藉由政策全面引導低碳經濟發展，形塑節能減碳社會，使臺灣逐漸朝「低碳社會、經濟與家園」之方向發展，以期達成減碳目標。

（二）調適

「調適」（adaptation）係指為了因應實際或預期的氣候衝擊或其影響，而在自然或人類系統所做的調整，以減輕危害或發展有利的機會。

調適的目的在於降低人類與自然系統處於氣候變遷影響與效應下的脆弱度（vulnerability），使得人類與自然系統在極端天氣事件與暖化效應下的負面衝擊最小，且配合氣候變化的獲益能夠最大。聯合國開發計畫署（UNDP）提出一套調適政策架構（Adaptation Policy Framework, APF），作為指引國家設計與執行各項降低脆弱度方案之依據，使國家在面臨氣候變遷的情況下，能夠降低潛在的負面衝擊，並同時增強正面獲益。

四、國家調適工作架構

行政院自2009年積極強化「國家永續發展委員會」（簡稱永續會）的功能，下設節能減碳及氣候變遷組，作為氣候變遷減緩與調適政策推動之平台，並分由行政院環境保護署與行政院經濟建設委員會（簡稱經建會）整合推動相關工作。

於2010年1月29日成立「規劃推動氣候變遷調適政策綱領及行動計畫」專案小組，研擬我國氣候變遷調適政策綱領與行動計畫，未來專案小組將持續監督及協調推動我國調適政策。

經參考世界各國調適作為，並考量臺灣環境的特殊性與歷史經驗，經建會於專案小組下設8個調適領域工作分組，分別指派彙整機關如下：災害－國科會；維生基礎設施－交通部；水資源－經濟部；土地使用－內政部；海岸－內政部；能源供給及產業－經濟部；農業生產及生物多樣性－農委會；健康－衛生署，以規劃與推動調適相關整合工作。

**行政院**

**國家永續發展委員會**

顧問

團隊

「**規劃推動氣候變遷調適政策小綱領及行動計畫**」專案小組

專家學者

NGO

產業界

**災害**

（**國科會**、經濟部、農委會、國防部、交通部、內政部）

**維生基礎設施**

（**交通部**、經濟部、農委會、內政部）

**水資源**

（**經濟部**、環保署）

**土地使用**

（**內政部**、農委會）

**海岸**

（**內政部**、經濟部、交通部）

**能源供給及產業**

（**經濟部**、交通部、環保署）

**農業生產與生物多樣性**

（**農委會**、內政部）

**健康**

（**衛生署**、環保署）

**圖2：國家調適工作架構。**

五、臺灣氣候變遷未來情境

行政院國家科學委員會於2011年11月發表「臺灣氣候變遷科學報告2011」，報告指出臺灣氣候變遷趨勢如下：

（一）臺灣氣候變遷

1. 溫度

臺灣平地年平均溫度在1911年至2009年期間上升了1.4℃，增溫速率相當於每10年上升0.14℃，較全球平均值高（每10年上升0.07℃）。

臺灣近30年（1980~2009）氣溫的增加明顯加快，每10年的上升幅度為0.29℃，幾乎是臺灣百年趨勢值的兩倍，此趨勢與IPCC第四次評估報告結論一致，而臺灣東岸測站的增溫趨勢明顯高於西岸。在季節特性方面，百年變化以秋季溫度的暖化幅度最大，但近30年的變化以冬季的增溫幅度大於其他三季。高溫日數百年變化呈現增加的趨勢，以臺北增加幅度最大，約為每10年增加1.4天，近50年與30年的極端高溫日數分別增加為每10年2天與4天。極端低溫發生頻率顯著下降，1985年之後，寒潮事件明顯偏少，這樣的情況在1985年以前不曾出現過。

2. 降雨

過去100年以來，臺灣年平均雨量並沒有明顯的變化趨勢，但若以數十年為週期來看待，則可觀測到乾季與濕季的降雨變化。值得注意的是，臺灣降雨日數呈現減少的趨勢。統計資料顯示大豪雨日數（日雨量大於200mm）在近50年和近30年皆有明顯增多的趨勢，且近10年極端強降雨颱風數目倍增。與灌溉和水資源保育有關的小雨日數則大幅度減少。

3. 海平面上升

1993年至2003年間臺灣附近平均海平面上升速率為每年5.7mm，上升速率為過去50年的2倍，此數值大於同時期全球平均值上升速率（每年3.1mm）。臺灣周遭海域海平面上升的可能原因，除全球暖化後的平均海平面上升外，部分原因屬於區域性的現象，包括近幾十年東太平洋海平面持續下降、西太平洋海平面持續上升、聖嬰現象等氣候現象的影響，以及鄰近海域（如南海）海平面的改變。

（二）未來臺灣氣候變遷推估

以科學家認為未來世界最可能的發展情境（A1B）（市場導向全球化發展、同時運用再生能源與化石燃料）為例，運用IPCC10多個全球氣候模式所模擬出的未來氣候變遷結果，進行台灣地區的空間降尺度分析。21世紀末臺灣地區的氣溫上升幅度，相對於20世紀末，將介於2.0℃至3.0℃之間，略小於全球平均值的上升幅度。在區域與季節方面，北臺灣較南臺灣的增溫幅度略高，春季較其他季節略低。

在雨量推估方面，臺灣北、中、南、東四個主要分區的未來冬季平均雨量多半都是減少的，約有一半的模式推估減少幅度介於-3%至-22%之間。未來夏季平均雨量變化，除了北臺灣以外，超過3/4的模式推估降水增加，約有一半的模式認為未來夏季平均雨量變化介於+2%至+26%之間。原本多雨期間的雨量增加，而少雨季節雨量減少的未來推估情境，是臺灣未來水資源調配之一大挑戰。在暖化的氣候情境下，全球颱風個數偏少的機率偏高，但颱風增強的機率與極端降雨的強度可能增加。

六、衝擊與挑戰

（一）總體衝擊與挑戰

氣溫上升與降雨型態改變，影響水資源供應的穩定性、生態環境變遷、物種滅絕、生物多樣性下降、稀有物種或局部分布物種受到衝擊，威脅糧食安全，引發病媒散佈、疫病發生機率升高，衝擊產業經濟與能源供給。極端天氣事件發生的強度與頻度升高，颱風、暴雨引發洪患與山坡地的地質災害，發生旱災低窪地淹水，土地資源超限使用，減少透水與蓄水面積，損害增加。破壞維生基礎建設，復原困難。海平面上升導致海岸土地淹沒、海岸侵蝕及海岸線後退，造成國土流失。海平面上升使沿海地區受海水入侵或暴潮的威脅升高，沿海地區居民與產業發展往地勢高處遷徙。沿海與低窪地區之土地使用型態必須調整，尤其是重要港口、工業區、聚落等。

氣溫上升、海水入侵、災害威脅、水資源短缺等衝擊，都將成為臺灣城鄉發展與運作的重要限制。

總體而言，臺灣未來應依據各調適領域的衝擊與挑戰，擬定因應調適策略，以降低常態性災害釀成巨災的可能性。最重要的做法，就是設法減少常態性災害的影響，並積極處理災害造成的損害，避免因災害時間延長，而釀成更具破壞性的複合性巨災。此外，亦應設法保全適度的能量，才能因應未知的挑戰。

（二）各調適領域衝擊與挑戰

以臺灣的地理特性與社會條件而言，面對氣溫上升與降雨型態大幅度改變，可能造成各調適領域的衝擊，包括：颱風、暴雨影響較為顯著的洪災與坡地災害；遭受各種災害破壞的維生基礎設施；水資源的調度越趨困難；土地的環境脆弱與敏感度相對提高；海平面上升造成國土流失；能源供給與產業管理風險增加；糧食安全受到威脅以及生物多樣性的流失；傳染性疾病流行風險升高等，均不可忽視其嚴重性。

* 降雨強度增加，提高淹水風險及導致嚴重之水土復合型災害。
* 侵台颱風頻率雨強度增加，衝擊防災體系之應變與復原能力等。

災害

* 降雨型態及水文特性改變，提高河川豐枯差異及複合型災害風險。
* 氣溫及雨量改變，影響灌溉需水量、生活及產業用水量，使得水資源調度困難。
* 河川流量極端化下，河川水質亦受影響。

水資源

* 極端氣候，使環境脆弱與敏感度相對提高，突顯土地資源運用安全性重要性等。

土地使用

* 重要維生基礎設施(橋梁、道路、水利、輸配電及供水設施)因區位不同，受到豪雨、水位上升等影響，所受災害類型及損失亦不相同。
* 力等。

維生基礎設施

* 海平面上升，原有海岸防護工程、景觀及資源遭受破壞，並造成國土流失等。

海岸

* 能源需求發生變化，可能無法滿足尖峰負載需求。
* 各產業之能源成本與供應受到衝擊。
* 企業之基礎設施受氣候變遷衝擊，引發投資損失或裝置成本增加等。

能源供給及產業

* 溫度升高，降雨量不足等，打亂作物生長期，農產品產量及品質面臨不確定性，危及糧食安全；漁業生產力易受影響等。
* 環境變化，亦影響生態系原有棲地，造成生物多樣性流失等。

農業生產與生物多樣性

* 溫度上升，升高傳染性疾病流行的風險，亦增加心血管及呼吸道疾病死亡率，加重公共衛生與醫療體系負擔。

健康

**圖3：各調適領域衝擊與挑戰。**

* **領域一、災害**

1. 洪災

（1）極端降雨強度增加提高淹水風險，並衝擊防災體系的應變與復原能力。

（2）海平面上升易導致沿海低窪地區排水困難。

（3）暴潮發生機率增加導致淹水機會與時間增加、海岸侵蝕作用變大。

 2. 坡地災害

（1）降雨強度增加導致嚴重的水土複合性災害。

（2）侵臺颱風頻率增加提高二次災害風險與復原難度。

（3）大規模崩塌災害將成為坡地防災的重點：

高雄市甲仙鄉小林村在莫拉克颱風衝擊的災害事件中，崩塌總面積達250餘公頃、崩塌掩埋深度最深達84公尺，無論崩塌規模與深度皆是前所未見，崩塌最主要原因為：大量累積降雨造成崩塌量達2,000萬立方公尺。

 3. 旱災

（1）豐枯水期降雨差異變大，提高水資源調度與管理難度。

（2）水庫淤砂量增加，影響水庫正常運轉。

（3）各類產業發展與農業用水增加，導致旱災風險提高。

* **領域二、維生基礎建設**

 1. 能源供給設施的衝擊

個別能源供給設施所在區位的安全性。

 2. 供水及水利系統的衝擊

（1）水庫與攔河堰。

（2）淨水廠設施。

（3）自來水管網系統與套裝自來水系統。

（4）水利系統。

 3. 交通系統的衝擊

（1）港口。

（2）鐵路。

（3）公路及橋樑。

（4）機場。

 4. 通訊系統的衝擊

（1）通信品質降低。

（2）通信設備成本增高。

* **領域三、水資源**

1. 水文衝擊。

2. 河川流量的衝擊。

3. 供水系統的衝擊。

4. 複合型災害風險提高。

5. 農業灌溉型態的衝擊。

6. 河川污染問題。

* **領域四、土地使用**

 1. 土地使用的衝擊

（1）旱澇災害：區域缺水風險、地層下陷。

（2）氣溫上升：高度人口聚集處。

（3）海平面上升：臺灣沿海與低窪地區的土地使用應有所調整。

（4）都市地區：排水系統、污水處理、熱島效應、空氣污染。

 2. 土地使用規劃與管理面臨的挑戰

（1）都市計畫與非都市土地管制：

臺灣8成人口聚集在都市，衝擊環境與生態系統的服務。

（2）風險分攤關係：

碳排放量制定、防災資源分派等，所產生新的權益關係人之間的風險分攤關係。

* **領域五、海岸**

 1. 海平面上升：

海平面上升直接造成海岸侵蝕、海岸線後退、海岸棲地喪失與海岸變遷。

 2. 颱風暴潮：

未來颱風強度強，造成暴潮影響加大，此現象將影響海岸地帶之侵蝕與危害。

 3. 極端降雨事件：

未來豐水期與枯水期之降雨量分布將更為懸殊，使得每年10月至隔年4月間發生的河川揚塵現象影響加劇。

 4. 海水暖化：

溫室效應使全球高達30%的生物受到影響而產生滅種危機。此外，海水暖化與二氧化碳濃度升高，亦會改變海洋碳酸鈣的飽和態，降低珊瑚的鈣化速率，減緩珊瑚礁的成長。

 5. 海岸地區不當使用與人工化：

人工海岸佔臺灣海岸線的50%以上，其中西半部有7縣市海岸線90%以上為人工海岸，且逐年增加中，長遠來看人工設施會大量降低台灣沿岸環境的調適能力。

* **領域六、能源供給及產業**

1. 降雨量變化所導致的旱澇災害之產業損失。

2. 都市熱島效應所導致之空調系統裝置成本、操作成本及節約能源投資增加。

3. 地質災害敏感地區及洪泛區範圍內的電力、油氣供應設施之安全威脅。

4. 整體能源供需平衡的影響。

* **領域七、農業生態及生物多樣性**

 1. 農業生產的衝擊

（1）農業

溫度升高促進雜草長快速、加速病蟲害繁殖；降雨分布不均，使農作物用水不足；海平面上升、地層下陷、土壤鹽化亦使農耕面積逐年下降。

（2）林業

森林植群帶分布改變、各林相內物種遭受生存威脅、人工林健康度下降、森林的碳吸存功能及森林生態功能下降等。

（3）漁業

海水溫度上升會改變海洋漁業資源種類與數量、漁場位移或消失、魚群洄游路線改變及捕撈無獲風險增加。

（4）畜牧

溫度上升可導致畜禽動物個體之熱緊迫現象，影響其生長、生產及生殖。

 2. 生物多樣性的衝擊

（1）生態系

a.森林生態系；b.河川與淡水濕地生態系；c.海岸與鹹水濕地生態系；d.海洋生態系。

（2）物種與基因。

（3）保護區。

（4）外來入侵種與病蟲害。

* **領域八、健康**

 1. 氣溫

（1）溫度的持續上升

氣溫上升會拉長氣候相關蟲媒傳染性疾病（登革熱、恙蟲病、日本腦炎等）發生的時間、拉長夏季傳染性疾病發生時間、擴散發生空間。

（2）熱浪及寒潮

低溫的衝擊相對比高溫的危害大，在極端高溫或低溫，因心血管疾病而死亡的風險相對於因呼吸道疾病死亡的風險為高。

 2. 降雨

由於降雨越趨極端，也就是乾旱與水災的機率提高，因潔淨水不足與增加接觸污水機會，將提高發生相關疾病的風險，如皮膚感染、飲用水相關慢性中毒、A型肝炎、桿菌性痢疾、鉤端螺旋體與類鼻疽等傳染性疾病等。

**七、調適策略**

**（一）總體調適策略**

1. 避開風險，以及降低風險。

2. 落實國土規劃與管理。

3. 加強防災避災的自然、社會、經濟體系之能力。

4. 推動流域綜合治理。

5. 優先處理氣候變遷的高風險地區。

6. 提升都會地區的調適防護能力。

**（二）各領域的調適策略**

* **領域一、災害**

 1. 總目標

經由災害風險評估與綜合調適政策推動，降低氣候變遷所導致之災害風險，強化整體防災避災之調適能力。

 2. 調適策略

（1）推動氣候變遷災害風險調查與評估及高災害風險區與潛在危險地區的劃設。

（2）加速國土監測資源與災害預警資訊系統之整合及平台的建立，以強化氣候變遷衝擊之因應能力。

（3）檢視、評估現有重大公共工程設施之脆弱度與防護能力，並強化災害防護計畫。

 （4）重大建設與開發計畫應重視氣候變遷衝擊。

 （5）推動流域綜合治理，降低氣候風險。

（6）強化極端天氣事件之衝擊因應能力，推動衝擊與危險地區資訊公開、宣導、預警、防災避災教育與演習。

* **領域二、維生基礎設施**

 1. 總目標

提升維生基礎設施在氣候變遷下之調適能力，以維持其應有之運作功能，並減少對社會之衝擊。

 2. 調適策略

（1）既有法令與相關規範之落實與檢討修訂以強化設施的調適能力。

（2）建立設施安全性風險評估機制及生命損失衝擊分析模式。

（3）擬定落實維生基礎設施分等級之開發與復建原則。

（4）落實維生基礎設施維修養護，以提昇其於氣候變遷作用下之調適能力。

（5）加強各管理機關協調機制與產業、學術界資源之整合，以因應氣候變遷之衝擊。

（6）提升維生基礎設施營運維護管理人力素質及技術。

（7）建置維生基礎設施營運管理資料庫及強化監測作業。

（8）研發基礎設施之氣候變遷調適新技術。

* **領域三、水資源**

 1. 總目標

在水資源永續經營與利用之前提下，確保水資源量供需平衡。

 2. 調適策略

（1）水資源永續經營與利用為最高指導原則，並重視水環境保護工作。

（2）由供給面檢討水資源管理政策以促進水資源利用效能。

（3）建立區域供水總量資訊，並由需求面檢討水資源總量管理政策以促進水資源使用效益。

（4）以聯合國推動之水足跡（water footprint）概念促進永續水資源經營與利用。

* **領域四、土地使用**

 1. 總目標

各層級國土空間規劃均須將調適氣候變遷作為納入相關的法規、計畫與程序。

 2. 調適策略

（1）將環境敏感地觀念落實在國土保育區的劃設與管理。

（2）因應氣候變遷，加速與國土空間相關計畫之立法與修法。

（3）建立以調適為目的之土地使用管理相關配套機制。

（4）定期監測土地使用與地表覆蓋變遷，並更新國土地理資訊系統資料庫。

（5）提升都市地區之土地防洪管理效能與調適能力。

（6）檢討既有空間規劃在調適氣候變遷之缺失與不足。

* **領域五、海岸**

 1. 總目標

保護海岸與海洋自然環境，降低受災潛勢，減輕海岸災害損失。

 2. 調適策略

（1）強化海岸侵蝕地區之國土保安工作，防止國土流失與海水入侵，並減緩水患。

（2）保護及復育可能受氣候變遷衝擊的海岸生物棲地與濕地。

（3）推動地層下陷地區地貌改造及轉型。

（4）因應氣候變遷的可能衝擊，檢討海岸聚落人文環境、海洋文化與生態景觀維護管理之工作體系。

（5）建置海岸與海洋相關監測、調查及評估資料庫，並定期更新維護。

（6）海岸地區從事開發計畫，應納入海平面上升及極端天氣狀況評估，同時檢討建立專屬海岸區域開發的環境影響評估與土地開發許可作業準則之可能性。

* **領域六、能源供給及產業**

 1. 總目標

發展能夠因應氣候變遷的能源供給與產業體系。

 2. 調適策略

（1）建構降低氣候風險及增強調適能力的經營環境。

（2）提供產業因應能源及產業氣候變遷衝擊之支援。

（3）掌握氣候變遷衝擊所帶來的新產品及服務。

（4）加強能源與產業氣候變遷調適之研究發展。

（5）通盤檢討能源、產業之生產設施與運輸設施之區位及材料設備面對氣候變遷衝擊的適宜性。

* **領域七、農業生產及生物多樣性**

 1. 總目標

發展適應氣候風險的農業生產體系與保育生物多樣性。

 2. 農業生產調適策略

（1）依風險程度建構糧食安全體系。

（2）整合科技提升產業抗逆境能力。

（3）建立多目標與永續優質之林業經營調適模式，並推動綠色造林。

（4）建立農業氣象及國內外市場變動之監測評估系統。

 3. 生物多樣性調適策略

（1）強化保護區藍帶與綠帶網絡的連結與管理。

（2）減緩人為擾動造成生物多樣性流失的速度。

（3）強化基因多樣性的保存與合理利用。

（4）強化生物多樣性監測、資料收集、分析與應用，評估生物多樣性脆弱度與風險。

* **領域八、健康**

 1. 總目標

有效改善環境與健康資訊彙整體系，以提升全民健康人年，希望降低每五年氣候變遷相關之失能調整人年（是指一個人因早夭或失能，所造成的生命損失年數）5%。

 2. 調適策略

（1）強化法令施行之效能。

（2）增進環境與健康相關部門之績效與分工。

（3）落實各級單位之防災防疫演練。

（4）強化氣候變遷教育與災後防疫知能。

（5）持續進行健康衝擊與調適評估。

（6）擴大疾病相關評估相關資料庫之匯併。

（7）強化監測系統之建置與維護。

附錄二、氣候素養能力指標

**1. 太陽是地球氣候系統能量的主要來源。**

A. 到達地球的太陽光會使陸地，海洋和大氣變熱。雖然有些太陽光會被地表、雲霧、或冰反射回太空，但大部分的太陽光則會到達地球並被吸收而產生加溫效果。

B. 當地球散發的能量與其吸收的能量相同時，地球的能量是平衡的，且平均溫度是保持穩定的。

C. 地球的自轉軸與繞太陽公轉軌道間的傾斜使得一整年每個緯度的日光時間與陽光接收量是可被預測的。這些變化造成每年季節週期與相對應溫度的變化。

D. 地球自轉與繞著太陽公轉軌道的逐漸變化，改變了地球極區和赤道地區日光接收的強度。在過去至少一百萬年中，這些變化產生了每十萬年就產生冰河時期和較短溫暖時期的週期。

E. 太陽能量輸出的明顯增加或減少，會導致地球變暖或變冷。過去30年的衛星觀測顯示，太陽的能量輸出變化並不大。由於太陽能量的變化太小，因此被認為不是最近地球變暖的主因。

**2. 氣候是地球系統組成部分間複雜相互作用的結果。**

A. 太陽、海洋、大氣、雲、冰、土地和人類生活之間的交互作用會影響地球的氣候。這些因子不同的交互作用也造成地區性氣候的變異。

B. 海洋覆蓋70％的地球表面，因此海洋控制了地球主要的能量與水的循環，當然也主控了氣候。海洋能吸收大量的太陽能量，熱量和水汽會透過由海水密度所主導的洋流與大氣環流產生全球範圍的分布變化。因地殼移動或因極冰融化大量湧入的淡水所造成的海洋環流變化會導致地域性和全球性的氣候產生急遽變化。

C. 地球吸收或放射太陽能量的多寡是由地球大氣層及大氣中的成分來決定。天然大氣中少量的溫室氣體如水蒸汽、二氧化碳和甲烷等，對於熱能吸收與釋放的效能，比起存在天然大氣中較多的氮氣與氧氣，來的有效率許多。因此二氧化碳濃度的輕微增加對氣候系統會產生很大的影響。

D. 大氣中的大量溫室氣體藉由地球生物化學過程不斷地在海洋、土地、生命和大氣層中循環。大氣中大量的碳，會因海洋的沉積物與植物量的增加而減少，因濫伐森林和燃燒化石燃料及其他過程而增加。

E. 空氣中的懸浮粒子，稱為“氣溶膠”，對地球的能量平衡有複雜的影響：氣溶膠可以將進入地球的陽光反射回太空，造成冷卻效應；也能吸收和釋放大氣中的熱能，而產生增溫效應。透過多種的自然和人為的過程，例如火山爆發、海浪、森林火災和人類活動產生的排放，一些小型的固態和液態微粒會被排放到大氣中。

F. 地球系統的相互關聯性是指，當其中一個氣候系統組成要素發生顯著變化時，會影響整個地球系統的平衡。正回饋循環會放大這些影響，並引發氣候系統的突然變化。這些複雜的交互作用可能會導致更大更快速的氣候變遷，而且是目前的氣候模式所無法預測的。

**3. 地球上的生命依賴氣候、被氣候制約、且會影響氣候。**

A. 生物個體生存所需的氣溫、降水、濕度、陽光是在特定範圍內的。當氣候條件超出正常的範圍時，生物必須適應或遷移，否則就會滅亡。

B. 大氣中存在的少量溫室氣體會保持熱能並使地球表面變暖，也使得一個星球得以維持液體水與生命的存在。

C. 氣候條件的變化會影響健康、生態系統功能和所有生物物種的生存。由化石分布的型態顯示，生物的逐漸滅絕或突然消失與氣候變遷是息息相關的。

D. 一系列的自然記錄顯示，在過去10,000年來，地球氣候一直都處於不尋常的穩定期。在此段期間，人類社會不斷的發展，我們所倚賴的農業、經濟和運輸系統與強烈的氣候變遷比較起來，是脆弱且不堪一擊的。

E. 生命的過程是全球碳循環的主要原因，包括微生物、植物、動物和人類都是，生命過程中所改變的大氣化學成分會改變全球的氣候。歷史地質記錄顯示，生命的過程在過去已大大改變了地球大氣。

**4. 氣候會透過自然與人為的過程產生時空的變化。**

A. 氣候是某一地點長期平均溫度、降雨與極端事件的變化趨勢。就空間而言，對氣候的描述可以針對小範圍地點，較大的區域性，或全球尺度。就時間來說，氣候可以用數百年，數十年、數年、季節、數月或特定一年的某一天來描述。

B. 天氣和氣候是不一樣的。天氣指的是小區域、短時間內大氣的變化；而氣候則是較大範圍長時間天氣狀態平均的概念。

C. 氣候變遷在氣候條件的平均狀態或極端事件上具有特徵性及持續性。季節變化和多年週期（例如，聖嬰現象），在不同地區會交錯發生變暖、變涼、變潮濕或變乾燥的現象，這是自然的氣候變異。而這並不是氣候變遷。

D. 科學觀測表示，全球氣候過去曾發生變化，現在也在變化，未來也會發生改變。全球各地所發生的氣候變遷在程度與類型上是不一樣的。

E. 根據世界各地所得到的樹的年輪、其他自然界的記錄，以及科學觀測的證據，現在地球的平均溫度是過去1300年來最暖的。特別是在北極地區，其平均氣溫在過去的50年中顯著升高。

F. 過去主導地球長期的自然氣候變異的原理並無法用來解釋近幾十年來快速的氣候變遷情形。根據所有有用的證據所得到唯一的解釋是，人類活動在氣候變遷這個現象上扮演著越來越重要的角色。未來氣候變遷的速度遠較過去變遷的速度要來得快很多。

G. 相對而言，從大氣中除去二氧化碳的自然過程，比現今將二氧化碳加入到大氣中的過程要緩慢許多。因此，現今大氣中的二氧化碳可能會持續留存幾個世紀之久。其餘的溫室氣體，包括人類所製造的部分，也將留存在大氣中數千年之久。

**5. 透過觀測，理論研究和模擬，可增加對氣候系統的了解。**

A. 地球氣候系統的組成和運作與宇宙中其他的部分所遵循的物理定律是一樣的。因此，透過縝密與系統化的研究，對氣候系統的了解與預測是可信的。

B. 環境的觀測是了解氣候系統的重要基礎。從海洋底部到太陽表面，透過觀測的儀器如氣象觀測站、浮標、衛星和其他平台來收集氣候資料。科學家們利用自然界的記錄，如樹木年輪、冰芯和沉積層來了解過去的氣候。歷史上的觀察，如原住民的知識、個人日記等，也記錄了過去的氣候變遷。

C. 計算氣候系統演變的電腦數值模式（稱之為氣候數值模式）是由觀測數據、實驗和理論所建構而成的，氣候數值模式能夠計算未來氣候系統的變化，也就是能預報未來的氣候。氣候數值模式運算的結果能使我們對於海氣的交互作用以及氣候條件得到更多的了解，同時也可以激發對氣候更多的觀測與實驗。隨著時間的推移，在氣候數值模式與觀測實驗的相互增長、重複的過程中，將使得氣候預測得到更可靠的結果。

D. 在許多重要的知識層面上，氣候與天氣是相當不同的。氣候科學家在預測未來數月、數年或數世紀的氣候變化所碰到的瓶頸與氣象學家在預測未來數天到數星期的天氣所碰到的困難是截然不同的。

E. 科學家們對氣候系統的各項基礎特徵進行了廣泛的研究，他們將持續增加對氣候系統的了解。而目前科學家對氣候變遷的認知是可靠的，並足以協助人類有效地評估在應對氣候變遷時所採取的決策與行動。

**6. 人類活動無時不刻影響著氣候系統。**

A. 相關的氣候科學研究一致表明，20世紀全球平均氣溫明顯上升的原因，非常可能是由於人類的活動，主要是由燃燒化石燃料所產生的溫室氣體濃度增加的結果。

B. 從工業革命開始，大量燃燒化石燃料所排放的溫室氣體，已使得大氣中溫室氣體的濃度迅速的增加。這些被增加的溫室氣體將會在大氣中存留數百年之久才有可能被大氣本身的自然過程消耗掉，因此其所產生的暖化效應預計將持續到下個世紀。

C. 人類的活動改變了土地、海洋和大氣，而這些變化也改變了全球氣候型態。燃燒化石燃料，釋放化學物質到大氣中，減少森林覆蓋率，並經由快速擴大的養殖，開發和工業等活動，將二氧化碳釋放到大氣之中，這些行為都不斷地在改變氣候系統的平衡。

D. 越來越多的證據表示，人類造成的全球暖化改變了許多自然和生物系統，人類活動所造成的一些變化已經降低了自然環境對各個物種的涵容能力，使得生物多樣性和生態的恢復力已經無可挽回的下降。

E. 科學家和經濟學家預測，全球氣候變遷將有正面和負面的影響。下個世紀如果升溫超過2〜3°C（3.6〜5.4°F），氣候變遷帶來的負面影響將遠遠超過其所產生的正面效益。

**7. 氣候變遷會影響地球系統與人類生活。**

A. 冰原和冰川的溶化加上海水變暖產生熱膨脹的效應是導致海平面上升的主因。海平面上升的結果使得海水開始侵入到沿海的低窪地區並污染淡水資源，也開始淹沒沿海設施和島嶼。海平面上升也增加了伴隨颶風而產生的風暴潮對房屋及建築物產生危害的風險。

B. 氣候在全球水資源的分布上扮演一個非常重要的角色。降雨型態和溫度條件的改變會改變水資源的可用性與分布，進而減少了很多民生用水與農業用水的來源。全球暖化導致由冬季積雪、高山冰川所提供的人類用水都在下降。

C. 因氣候變遷所導致的極端氣候事件預計將會增加。許多地區可預見每年的熱浪事件將大量增加而嚴寒事件將大量的減少。預期中降雨事件發生的頻率將變少，但是降水的強度將變強許多。而預期中平均年降水量變少的結果將會導致乾旱發生的頻率增加且嚴重。

D. 海水的化學成分會因為吸收大氣中的二氧化碳而產生變化。大氣中的二氧化碳增加將導致海水變得更酸，進而對殼類的海洋生物和整個食物鏈造成威脅。

E. 氣候變遷將持續影響陸地與海洋的生態系統。動物、植物、細菌和病毒，會遷移到氣候適合生存的新地區。傳染性疾病和特定的物種將會入侵到過去不曾棲息過的地區

F. 氣候變遷將對全球某些特定地區的人類健康和死亡率產生影響。除了因低溫相關的死亡人數預計會降低外，其他的死亡風險則預測會升高。與氣候息息相關的傳染病如瘧疾、登革熱、蜱傳疾病等疾病的發病率和地理範圍將會增加。乾旱減少作物的產量，空氣品質和用水品質的降低，以及沿海和低窪地區所增加的災害都提供不健康的環境，特別是對最脆弱的族群。