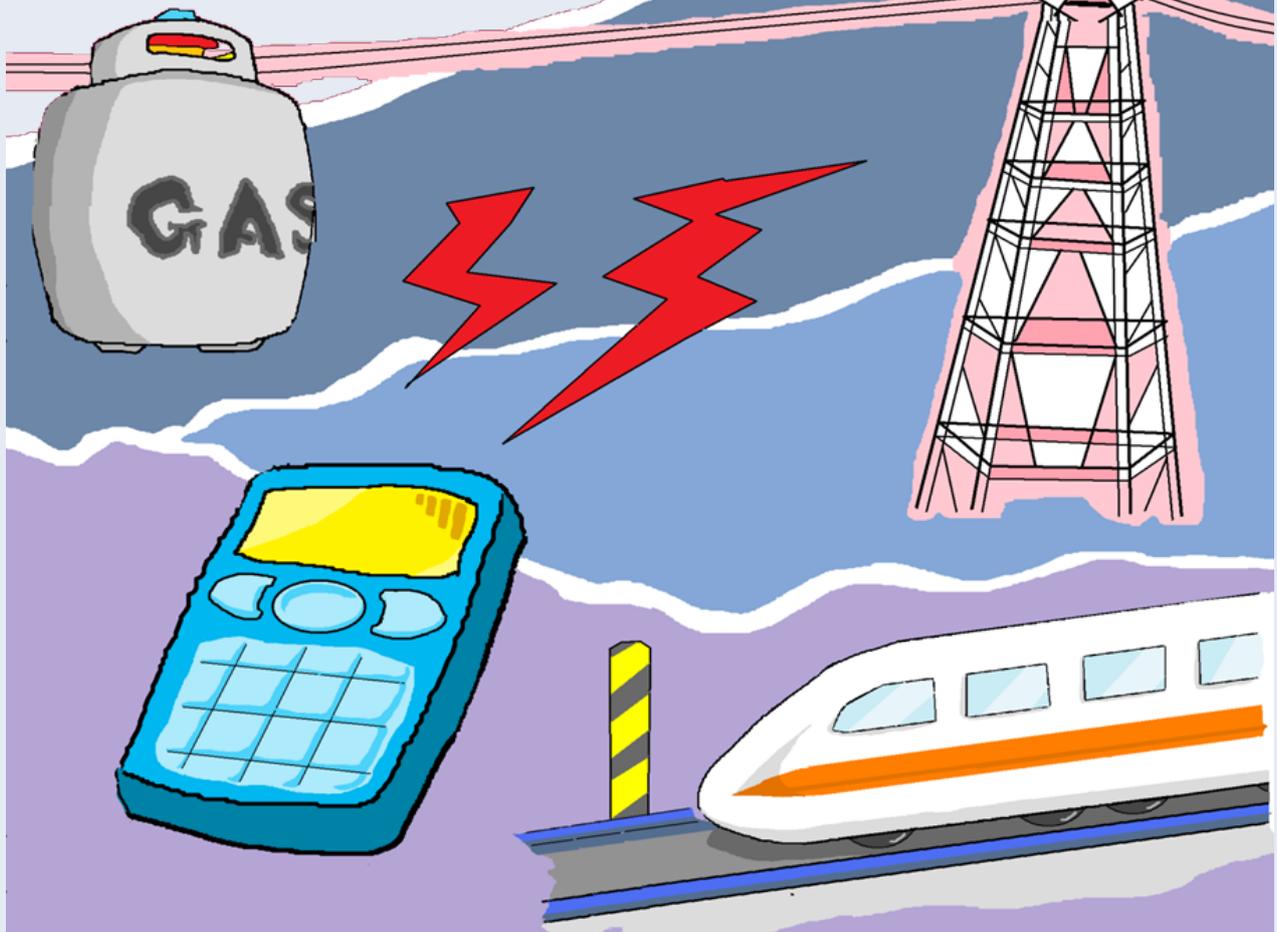


維生基礎 設施



- 作者：鑄強國小/曾啟銘主任、溪口國小/黃啓瑞主任、觀音國小/吳昌葦校長
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/陳紫娥教授、東華大學/林祥偉副教授、
國家防災中心/李欣輯副研究員
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
計畫時程：101年12月至102年09月

壹、導論

氣候變遷導致極端氣候、海平面上升、冰層融解和生態破壞等現象。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，已對於人類社會之發展帶來挑戰。

氣候變遷或極端氣候事件加劇已是不爭的事實，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，已成為全球各國政府亟欲解決的重大課題。氣候變遷調適是人類與社會組織因應氣候變遷所造成的衝擊而啟動的反應與作為，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措施。因應氣候變遷的衝擊，我國政府將各部門的衝擊與挑戰，分為(1)災害、(2)維生基礎設施、(3)水資源、(4)能源與產業經濟、(5)海岸、(6)農業生產與生物多樣性、(7)健康、(8)土地使用等八大領域，作為後續提出氣候變遷調適策略之基礎。

維生基礎設施，是人民生活、經濟發展、政府運作與國家永續生存的重要關鍵。維生基礎設施概分為能源供給系統(如煉油廠、發電廠、加油站等)、供水及水利系統(水庫、淨水廠、河堤、排水溝等)、交通系統(鐵公路、橋梁、港口、機場等)、通訊系統(基地台、網路等)等四大類。有鑑於這些維生基礎設施與我們生活息息相關，這些重要設施不僅是學習者認識氣候變遷議題的最佳教學素材，也可引導學習者能在氣候變遷衝擊下，可採取之適當因應作為。本補充教材係以上述各種維生基礎設施分別以地震、水災、旱災、霧、沙塵暴、冰雪等災害實施認識、因應、調適等教學(雖地震災害非屬氣候變遷所導致之災害，但因地震對於維生基礎設施之影響及調適，並無其他補充教材論及，特置於此單元提供教學者更廣泛的教學參考)。期望本單元〈讓我活下來-認識維生基礎設施〉補充教材的呈現有助於氣候變遷教育參與者，對我國因應全球氣候變遷之調適與作為有進一步的認識與了解，並培養學習者面臨全球暖化衝擊應具備之調適與行動能力。

貳、導讀

一、What-維生基礎設施是甚麼？

維生基礎設施，又稱為關鍵基礎設施（Critical Infrastructure, CI），是人民生活、經濟發展、政府運作與國家永續生存的重要關鍵。台灣的維生基礎設施如下圖：

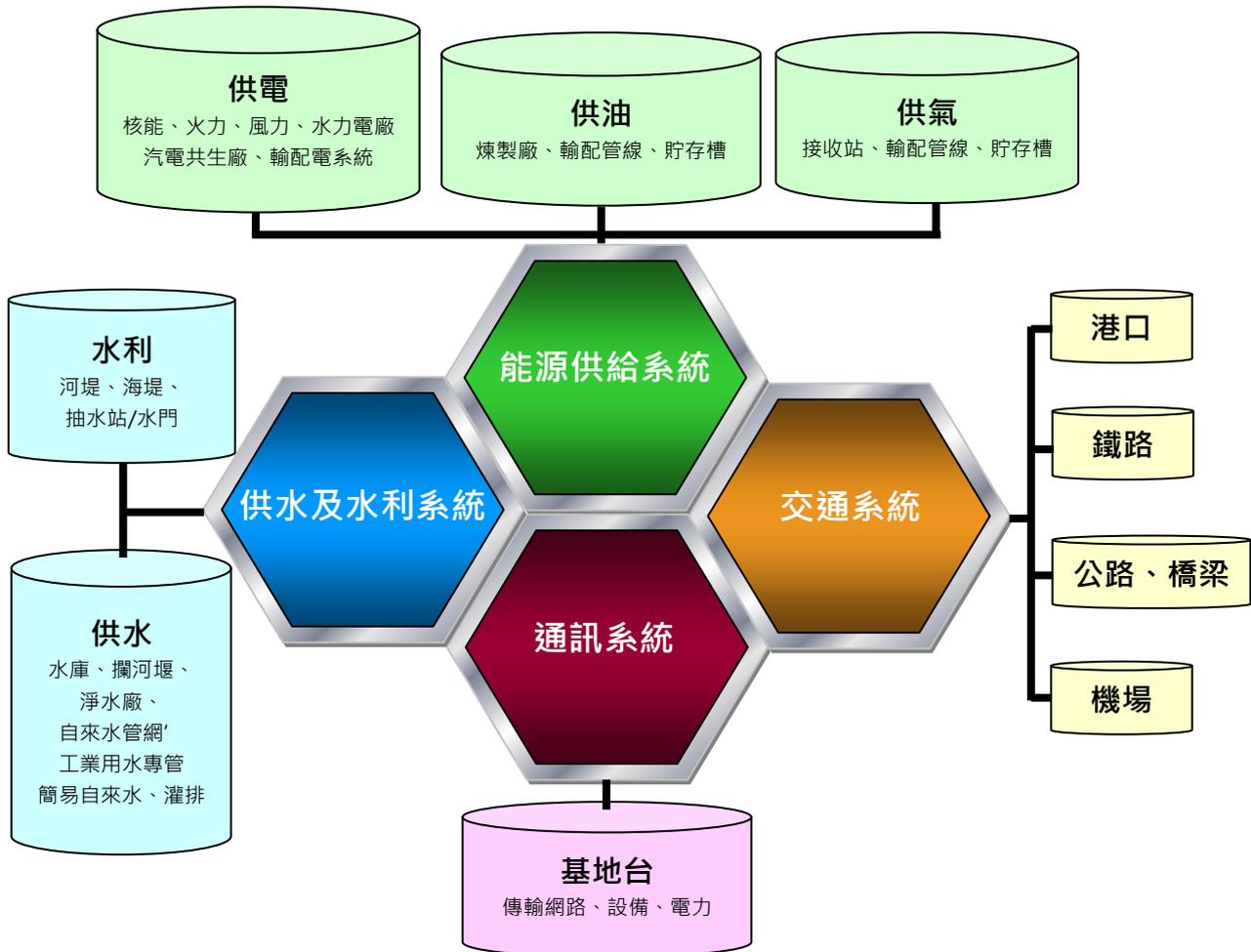


圖 1：台灣的維生基礎設施領域範圍

二、Why-維生基礎設施為什麼很重要?為何要了解?

如何確保國家關鍵基礎設施，並做好各項事先預防與風險管理，已經成為全球各國政府施政的當前重要任務。有鑑於國家關鍵基礎設施或重要資源一旦遭受天然災害或人為的破壞，可能造成政府及企業運作中斷，形成骨牌及擴大效應，嚴重衝擊經濟發展與民心士氣，甚至嚴重影響政府運作。

三、Which-維生基礎設施有哪些？

我國行政院經濟建設委員會考量台灣國情與實務上相關維生設施間之重要性與關聯性，將「維生基礎設施」類別概分為能源供給系統、供水及水利系統、交通系統、通訊系統等四大類（表1）。

表1：台灣的維生基礎設施類別及負責機關

維生基礎設施		機關
一、能源供給系統	設施範例	經濟部
1. 供油系統： 主要指「輸油」與「儲油」相關基礎設施。	煉製廠、輸配管線、貯存槽等	
2. 供電系統： 主要指「輸電」與「儲電」相關基礎設施。	核能、火力、風力、水力電廠、汽電共生廠、輸配電系統等	
3. 供氣（瓦斯）系統： 主要指「輸氣（瓦斯）」與「儲氣（瓦斯）」相關基礎設施。	接收站、輸配管線、貯存槽等	
二、供水及水利系統： 主要指「輸水」、「儲水」、「河海水工」及「農田水利」相關基礎設施。	水庫、攔河堰、淨水廠、自來水管網、工業用水專管、簡易自來水、灌排、河堤、海堤及抽水站/水門等	經濟部 農委會
三、交通系統： 主要指陸運、海運、空運等相關基礎設施。	公路、鐵路、港口、機場、橋梁、路堤與邊坡等有關型式交通系統與工程設施	交通部 內政部
四、通訊系統： 主要指「無線通訊」及「有線通訊」等相關基礎設施。	基地台（市話）之傳輸網路、設備、電力等	NCC 交通部

參、教學目標

一、教學目標

1. 能知道什麼是維生基礎設施。
2. 能了解維生基礎設施的種類。
3. 能認識維生基礎設施的功能。
4. 能指出住家周邊的維生基礎設施。
5. 能指出社區的維生基礎設施。
6. 能說出氣候變遷對維生基礎設施的影響。
7. 能應用社區之維生基礎設施。

二、學科及氣候素養能力指標暨政策綱領連結

維生基礎設施補充教材之主要教學對象是國民小學五至六年級，其相關之學科連結及能力指標，如下表：

表 2：學科連結及能力指標彙整。

學習領域	能力指標
自然與生活 科技領域	4.科技的發展-科技與社會 4-3-3-1 瞭解社區常見的交通設施、休閒設施等科技。
綜合活動	保護自我與環境-危機辨識與處理 4-3-1 探討周遭環境或人為的潛藏危機，運用各項資源或策略化解危險。 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。
社會領域	1.人與空間 1-3-8 瞭解交通運輸的類型及其與生活環境的關係。 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。 9.全球關聯 9-3-4 列舉當前全球共同面對與關心的課題(如環境保護、生物保育、勞工保護、飢餓、犯罪、疫病、基本人權、經貿與科技研究等)。
健康與體育	5.安全生活 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。

維生基礎設施補充教材，其相關政策綱領連結如下表（詳細內容請見附錄一）：

表 3：政策綱領連結彙整。

政策綱領	
衝擊與挑戰	3.交通系統的衝擊 4.通訊系統的衝擊
調適策略	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，以提升其於氣候變遷作用下之調適能力。

維生基礎設施補充教材，其相關氣候素養能力指標如下表（詳細內容請見附錄二）：

表 4：氣候素養能力指標彙整。

氣候素養能力指標	
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。 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。
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。

肆、教學活動

一、活動名稱：讓我活下來-認識維生基礎設施

二、課程規劃：教學規劃三節課，共120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防災教育宣導週、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，所謂調適即調整及適應，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的種種問題。
- (三) 教師可視學校地理環境條件及新聞事件，調整本課程之內容，以提升學童的學習成效。
- (四) 建議授課教師以台灣實際案例為議題，讓學生思考環境的改變與破壞可能帶來的危險與不便，並珍惜生態環境與資源。瞭解落實氣候變遷極端氣候調適的迫切性，及知道災害發生時個人應具有維生基礎設施的應變知識。

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
<p>◆ 發展活動</p> <p>二、維生基礎設施有哪些？</p> <p>◇ 說明台灣各類型維生基礎設施影像，向學生解說其種類、功能與重要性。</p> <p>台灣的維生基礎設施有：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 能源供給系統-煉油廠、發電廠、加油站等。 ● 供水及水利系統-水庫、淨水廠、河堤、排水溝等。 ● 交通系統-鐵公路、橋梁、港口、機場等。 ● 通訊系統-基地台、網路等。 <p>◇ 應用案例，說明台灣面臨全球氣候變遷，各類型維生基礎設施可能受到的衝擊與對我們生活的影響。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 2009年莫拉克風災案例、2001年納莉颱風重創北台灣案例。 <p>★ 教師可結合或撥放電影片段「明天過後」、「正負2度C」，讓氣候變遷與調適因應概念與電影做結合。</p>	20 分鐘	教師講述 師生討論	綜 4-3-1 綜 4-3-1-3 社 9-3-4 健 5-2-3

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
<p>◆ 綜合活動</p> <p>三、社區的維生基礎設施</p> <p>◇ 教師使用 google map，請學生回答問題與分享經驗。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 居住社區的維生基礎設施有哪些？ ● 這些維生基礎設施的功能是什麼？ ● 面臨災害，我們如何應用與維護這些維生基礎設施？ <p>◇ 簡述面對氣候變遷，我國政府在維生基礎設施領域中的各種因應作為，總結與呼應本單元學習概念。</p> <p>★ 教師講述時，儘量採用師生問答互動方式進行，避免教學流於演講式的解說，應喚起學生既有的舊經驗；並指導學生發表的音量與說話邏輯。</p>	10 分鐘	<p>教師講述</p> <p>師生討論</p>	<p>自 4-3-3-1</p> <p>綜 4-3-1 綜 4-3-1-2</p> <p>社 1-3-10</p> <p>健 5-3-3</p>

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
<p style="text-align: center;">第二節</p> <p>【教學準備】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師蒐集災害造成交通中斷或通訊中斷相關報導、影片資料供教學使用。 ● 電腦、單槍投影機、維生基礎設施影像、防災卡。 <p>◆ 引導活動</p> <p>◇ 極端氣候對維生基礎設施的衝擊與危害 最近幾年都有全球氣候災害的新聞層出不窮，像是為去年和前年分別都有：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 歐洲聖誕大風雪，癱瘓陸空交通（2011-12-20） 歐洲今年冬季異常冷冽，不僅氣溫降至零下結冰程度，大雪肆虐也造成各國陸空交通癱瘓。從英、德、法上至丹麥及北歐各國上周末全籠罩在風雪中，導致大批航班停飛或延誤，車輛停駛，運輸癱瘓。 ● 大水災，澳洲布里斯班成鬼城（2012-01-13） 澳洲東北部昆士蘭省連續豪雨導致水患淹3萬餘屋，首府布里斯班十二日遭數十年來最嚴重的大水圍困，超過三萬棟房屋受到威脅。此外澳洲心臟地帶新南威爾斯省也岌岌可危，有四千五百人被大水圍困。 <p>◇ 有沒有同學知道這兩起國內外全球氣候災害對當地居民的生活造成了甚麼影響？那為什麼現在幾乎每年都有這種全球性的氣候災害呢？今天我們就要來探討全球氣候災害造成交通及通訊設施的損壞。</p>	<p>共 40 分鐘</p> <p>10 分鐘</p>	<p>講述法</p>	<p>綜 4-3-1 綜 4-3-1-3</p>

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
<p style="text-align: center;">第三節</p> <p>◇ 當極端氣候災害可能對通訊設施造成的衝擊應有的作為與調適 通訊的種類：分述有線傳輸及無線傳輸</p> <p>◇ 可能造成通訊設施損壞之災害類型 透過有線及無線通訊傳輸方式，讓學生討論在各種災害來臨時，哪一個關鍵設施容易遭受破壞，或因斷電而造成通訊中斷。</p> <p>◇ 災害時的通訊 當通訊中斷時的對外聯繫方式（讓學生自行發表：狼煙、旗語、醫院頂樓床單拼 SOS 等方式）。</p> <p>◇ 防災卡製作及注意事項（防災卡製作與 1991 留言系統的認識）</p>	<p>共 40 分鐘</p> <p>10 分鐘</p> <p>10 分鐘</p> <p>10 分鐘</p> <p>10 分鐘</p>	<p>講述法</p> <p>討論法</p> <p>討論法</p> <p>實做</p>	<p>健 5-3-3</p> <p>綜 4-3-1 綜 4-3-1-3</p> <p>社 9-3-4</p> <p>健 5-2-3</p>

附表一：各種運輸的優點及限制

種類	運輸器具	優點	缺點及限制
陸運	汽車	機動性高	運量小
	火車	運量大	崎嶇山區不易前往
水運	海上船運	運量大、單位成本低	速度最慢、海象不佳時無法行駛
	江河船運	運量大、單位成本低	冬季易結冰
空運	飛機	速度最快	單位運費最貴、受天候影響大
	直昇機	機動性高起降區域需求小	受天候影響大

附表二：運輸中斷的原因

災害種類	交通種類	交通中斷的原因
地震	航運	引發海嘯港口受損、船隻流失或撞毀
	陸運	路基坍塌鐵路公路無法行駛
	空運	跑道受損影響飛機起降
水災	航運	河港受損、海港漂流物淤積
	陸運	路基沖毀或淤泥堆積，鐵路公路可能停駛
	空運	跑道積水或淤泥堆積，飛機無法起降
旱災	陸運	伴隨酷熱造成車禍頻傳，或造成火災影響交通
霧、冰雪 沙塵暴	航運	視線不佳航運可能停駛
	陸運	視線不佳或積雪陸運可能中斷
	空運	空中視線不佳飛機直昇機均無法飛行 積雪造成機場無法起降

◆維生基礎設施是什麼？

說一說

1. 你說居住的社區維生基礎設施有哪些？

交通系統方面，如公路、橋梁、港口、機場等。

能源供給系統方面，如加油站、變電所、發電廠等。

供水及水利系統方面，如淨水廠、水庫、抽水站、河堤、海堤等。

通訊系統方面，如基地台、電信機房等。

2. 這些維生基礎設施的功能是什麼？

交通系統，提供人員與物資之運輸功能。

能源供給系統，提供日常生活所需之電力、燃油與天然氣。

供水及水利系統，提供日常生活之用水及完善之水利設施。

通訊系統，提供日常生活中通訊聯繫之功能。

◆維生基礎設施有哪些？

想一想

台灣面臨全球氣候變遷，各種維生基礎設施可能受到哪些衝擊？

對我們生活的又有甚麼影響？

以台灣地區為例，極端氣候的暴雨可能造成交通系統之公路、鐵路、橋梁、機場、港口中斷與癱瘓，進而影響該地區之人員與物資的運輸。颱風造成電塔、電線杆、變電所等電力設施損壞。

◆極端氣候對維生基礎設施的衝擊與危害

說一說

1. 有沒有同學知道這兩起全球氣候災害對當地居民的生活造成了甚麼影響？

無法外出進行物品補給、外界資源也不易進來，包含乾淨飲水、日常生活用具及食物不易進入災區，如災區甚大，可能造成斷糧。傷患也無法順利送出，醫療人員或資源不易進入，民眾生命安全堪憂。

2. 為什麼現在幾乎每年都有這種全球性的氣候災害呢？

氣候變遷所引起，可能是大氣二氧化碳增加，導致溫室效應，南北極融冰、地表生態改變……

想一想

1. 你家附近有哪一些交通設施？對外的類型有哪一些？

(請依學生居家附近交通方式自由發揮)

2. 如果僅有單一運輸方式甚至連外路線遭到極端氣候災害時，造成無法離開且外面的物資也無法進入的情形，你怎麼辦？

老師可分食衣住行等方面一一請學生試著說明：

食：附近可獲得的食物，如野菜、鄰近家禽…；飲水則需瞭解水源位置，是否有發電機可以抽地下水、可否接雨水……

衣：較無立即危險性，如有需求可以商借方式為之。

住：如住宅受損可至災害安置中心、搭設簡易住所、尋求鄰近親友商借臨時住所…。

行：詢問在地耆老，開闢緊急聯外道路。

◆面對極端氣候災害可能對交通造成的衝擊應有的作為與調適

*災害來臨前應有的準備

1. 颱風將要來臨如何得知？又需準備什麼物品，房舍安全部分應有什麼注意事項？交通設施又需做哪些先前準備？

(1) 電視氣象報導、網路訊息(中央氣象局網站)…

(2) 食物、飲水、緊急照明、藥品…；防颱準備：門窗加強、懸掛物固定、水溝清理…

(3) 交通工具用油準備、車輛放置於高地並避免停放於可能會有墜落物之處…)

2. 大霧、沙塵暴將來臨又如何得知？在交通方面又需做什麼因應？

(1) 電視氣象報導、網路訊息(中央氣象局網站)…

(2) 大霧比較不會對靜止的交通工具造成危害，擔心沙塵暴夾帶有害物質可牢固地蓋上帆布，或行駛至室內，但以上災害來臨前就應先將交通工具停妥並避免於災害來臨時行駛)。

*災害來臨時應有的對策

1. 颱風來臨時在交通工具方面，應注意什麼事項？

少出門以避免發生危險、確定車輛是否停放於相對安全的位置。

2. 大霧、沙塵暴來臨時在交通工具方面，應注意什麼事項？

少出門、如果於大霧、沙塵暴中行車應開霧燈、減速慢行。

*** 災害後應有的作為**

1. 地震後當失去交通工具或道路中斷，甚至居住的地方變成孤島時，應如何面對？

聯繫外界交通工具進入支援，如道路全中斷又短時間無法有支援進入時則需洽詢救難隊，或在地曾另闢道路經驗者

2. 當颱風過後交通設施可能遭受損壞，有哪些應注意事項？

引導學生陸、海、空交通設施，包含車站、碼頭、機場及相關道路等，如需於災害後使用交通工具，需先洽詢相關管理單位，詢問相關路況或是否可通行，原則上避免於災害後進入原先已經致災的區域。

◆ 當極端氣候災害可能對通訊設施造成的衝擊應有的作為與調適

小朋友透過上述的無線通訊方式介紹請想一想，這樣的設備裝置在災害來臨時，可能在哪一個部分會遭受損壞而造成通訊中斷呢？

常發生於基地台、機房毀損或因斷電導致通訊中斷。

一、Where-維生基礎設施在哪裡？

(一) 能源供給系統

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。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。供油設施具備定期安全檢查與營運維護機制，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。

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暴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等雙重效應。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。

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。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。隨著世界氣候變遷的因素，將導致颱風、暴雨、溫度上升等氣候事件發生、外在環境更為嚴重惡劣。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。

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。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，而供水系統影響均以供水穩定度為主。

(二) 交通系統

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。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。

(三) 通訊系統

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。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。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試，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。

二、How much-氣候變遷對維生基礎設施可能造成的衝擊有甚麼？

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) 能源供給及供水系統部分

1. 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。
2. 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。
3. 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。
4. 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。
5. 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

1. 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。
2. 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。
3. 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。
4. 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、橋面板易遭洪水、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。
5. 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、案例簡介 (資料來源:行政院研考會、維基百科)

(一) 莫拉克颱風八八水災小林村滅村之災情

莫拉克颱風於 98 年 8 月 7 日 23 時 50 分由臺灣花蓮縣登陸，8 月 8 日 14 時由桃園縣出海。8 月 6 日至 8 月 9 日，因中颱莫拉克侵襲臺灣伴隨而來的大量雨勢，打破臺灣氣象史諸多降雨紀錄，造成臺灣中南部及東南部嚴重水患，亦為八七水災（民國 48 年）以來最嚴重的水患。八八水災造成南台灣受災慘重，其中又以高雄縣甲仙鄉（小林村）、那瑪夏鄉、六龜鄉（新開部落）、屏東縣林邊鄉、佳冬鄉、台東縣卑南鄉（知本溫泉區）、太麻里鄉等地受災最嚴重。

屏東為八八水災受創最嚴重的地區之一，由於林邊溪堤防潰堤，導致林邊、佳冬兩鄉遭大水淹沒，佳冬鄉為重災區之一，淹水最深達兩層樓高。崁頂、東港、新園、南州、新埤亦有多處地區淹水、高樹鄉荖濃溪側舊寮堤防被大水沖毀一百多公尺，造成舊寮、新豐等村嚴重積水。山區部份，霧台鄉則因對外道路台 24 線伊拉橋被沖斷，全鄉交通中斷。在交通動線方面，以台鐵屏東線受災最嚴重，修復時間達六個月。另外，林邊車站的鐵軌被淤泥覆蓋，月台之間的地下道亦遭水淹沒。

莫拉克颱風為高雄市山區帶來超過 2,500 毫米的驚人雨量，一年份的雨量集中在三天內落下，使高雄平地淹水（鳳山市、大寮鄉、林園鄉、岡山鎮、茄萣鄉、湖內鄉、梓官鄉、橋頭鄉、旗山鎮、美濃鎮等部份地區），山地更引發土石流，山區鄉鎮六龜鄉、甲仙鄉、那瑪夏鄉與桃源鄉因洪水與土石流沖斷聯外多處道路，許多部落與知名風景區（不老溫泉、茂林國家風景區、寶來溫泉與六龜風景區等）受創嚴重，居民受困其中，為八八水災重災區之一，尤以甲仙鄉小林村小林部落、那瑪夏鄉民族村及六龜新開等部落幾近滅村，但小林村的隔壁村在風災前撤離全村生還。8 月 13 日，行政院中央災害應變中心首度證實，小林村有 169 戶、398 人已遭到土石活埋。至 8 月底，各部落交通仍完全中斷。在交通方面，莫拉克帶來的豐沛雨量，亦使得高雄縣溪流水位上漲，多座橋梁陸續封橋；台 21 線、台 20 線、台 27 線省道中斷。其中，以連接高雄縣林園鄉與屏東縣新園鄉的雙園大橋，遭高屏溪大量沖刷導致橋墩斷裂，最為嚴重。除此，茂林國家風景區主要橋樑大津大橋亦遭沖垮。荖濃溪「攔河堰」工程單位，則計有 14 人失蹤。

台東縣受災區集中在縣南部。受災區域涵蓋知本、太麻里鄉、金峰鄉、達仁鄉、大武鄉等，這幾個地方都有多處民宅遭沖毀，對外道路及通訊皆被水勢影響中斷。在知名知本溫泉區方面，主要聯外道路流失 200 公尺，金帥溫泉大飯店在 8 月 9 日上午 11:38 因地基被洪水掏空而於 10 秒內傾倒橫躺在知本溪；之後原先 8 層的「金帥溫泉大飯店」被沖走 3 層，附近十多家商店亦遭洪水吞噬。除此，臺東另外一處紅葉溫泉也遭鹿野溪暴漲溪水淹沒。除了溫泉景點外，台東受災最慘重的就屬南迴交通重鎮太麻里鄉。台鐵南迴線南太麻里橋等二座橋樑被沖斷，太麻里路段路基流失約 750 公尺。而鄉屬泰和村則被暴漲的太麻里溪水沖毀大半。

除了屏東、台東、台南縣等重災區外，台灣其他地區也因八八水災傳出災情。南縣鄰近的臺南市（省轄市時代）災情，並不若南縣嚴重，其災害多為區域淹水。由於遷移住戶及時，且抽水站及相關排水系統發揮作用，無重大災害亦無人傷亡。另外，同樣位於台灣南部的嘉義縣，因為八掌溪與朴子溪多處堤防潰決，朴子市各地多處積水。而沿海低窪地區，如東石、布袋、義竹也造成多處地方嚴重積水，使得聯外道路一度中斷。除此，嘉義地區最嚴重的災區就屬阿里山鄉、梅山鄉的太和村、瑞峰村和瑞里村，以及竹崎鄉奮起湖等地區。這些地區對外橋樑、道路中斷，當地居民房屋也多處毀壞。其中，阿里山高山鐵路受創極為嚴重，預計至少要修復一年以上。中崙村亦發生住家遭土石流沖失。

至於中部部分，臺中市區多處積水，但未有重大災情。彰化亦在彰化市與沿海大城、二林部分地區造成嚴重積水，幸未釀成重大災情。在北台灣部分，位於桃園縣的石門水庫連續3天累積雨量從原本乾涸的水庫到達接近245公尺滿水位，為了考慮水庫結構安全，水庫從8月8日凌晨2時實施調節性排洪。除此，北基宜均未傳出重大災情。

（二）納莉颱風重創北臺造成臺北大淹水災情

納莉颱風於90年9月16日21時40分左右自臺灣東北角登陸，橫掃臺灣北部地區後進入臺灣西部，颱風移動速度極為緩慢，滯留臺灣時間長達49小時，最大單日降雨量達746mm，超過400年洪水頻率之日降雨量625mm，亦遠超過200年洪水頻率之日降雨量547mm，更遠超過臺灣脆弱山坡地可能發生坍塌之臨界雨量300mm/日。使得臺北縣轄區山區道路及河川護岸受創嚴重，更造成臺北市地下捷運系統部分路線因淹水而暫停營運達3個月之久，損失慘重。

納莉颱風於接近臺灣時，其最大強度屬中度颱風，近中心最大風速達每秒40公尺，相當於13級風，颱風之陸上警報發佈時間為90年9月15日2時，解除時間為90年9月19日17時。此次颱風共造成全臺94人死亡、10人失蹤、265人受傷，其中因為坡地災害致災者，計25人死亡、2人失蹤、1人受傷。納莉颱風所造成的死亡及失蹤總人數創下近30年來，僅次於66年7月「薇拉」及90年「桃芝」颱風侵襲的第三高紀錄。根據統計資料，死亡人數以臺北市26人最多、其次是臺北縣21人、基隆市10人、苗栗縣9人、嘉義縣6人、桃園縣3人、新竹縣3人、新竹市、彰化縣、臺中縣、臺南縣各1人，死亡原因大多是土石流掩埋和溺斃。颱風帶來的暴雨，使北部山區降雨量創下14年來新高，多處累積的雨量超過了300毫米，北部平地雨量更是創下1930年來歷史最高紀錄。臺北市南港站及內湖站測得之最大當日降雨量分別為746.5mm及717mm，依水文分析推估納莉颱風所帶來之降雨量已超過400年頻率。

北臺灣地區基隆、宜蘭及臺北縣市一片汪洋，10多處地方爆發土石流，溪水暴漲、河水倒灌、道路崩塌，造成嚴重人員傷亡。據統計，下雨三小時後，三分之二的北部就已成水鄉澤國，繁榮極盛的北投、士林、內湖、南港都遭滅頂，九成以上的地下停車場都已被淹。到17日上午，經過一夜狂風驟雨，忠孝路被人們形容為「忠孝大河」，最深地方超過200毫米。在90年9月16日當天，「鞍部」及「竹子湖」氣象站測得之日降雨量超過300mm，分別為517.5mm及685.0mm；9月17日當天，「臺北」及「竹子湖」氣象站測得之日降雨量亦超過300mm，分別為425.2mm及339.5mm。因此，連續兩天

之「日降雨量」皆超過「臨界雨量」。臺北捷運的淹水是此次颱風最為嚴重的災情，大水由板南線灌入淡水線與新店線，臺北車站地下三、四樓全都淹水，捷運行控中心也自地下四樓向上淹至地下三樓，造成重運量系統行車控制中心之控制設備淹水，檢修半年後才完全恢復正常。大水從板南線分別往北邊的淡水線與往南的新店線灌入，往北淹到雙連站，臺北捷運公司所在地的地下三、四樓也泡水，往南最遠淹到古亭站，其間的中山站、臺大醫院站、中正紀念堂站，全部淹水。

陸、參考資料

期刊書籍

1. 交通部運輸研究所 (2012)。國家氣候變遷調適行動方案 (2012-2017) -維生基礎設施領域 (草案)。
2. 國家災害防救科技中心 (2012) 關鍵基礎設施災害脆弱度評估與風險管理：災害衝擊評估方法 I。

網路資訊

行政院研究發展考核委員會編印 (2011)。我國因應重大天然災害風險之公共設施安全係數研究 RDEC----RES----100----026 (政策建議書)
<http://www.rdec.gov.tw/public/PlanAttach/201204101411274138642.pdf>

圖表來源

圖 1：曾啓銘 製。

表 1：行政院經濟建設委員。

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°C。

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

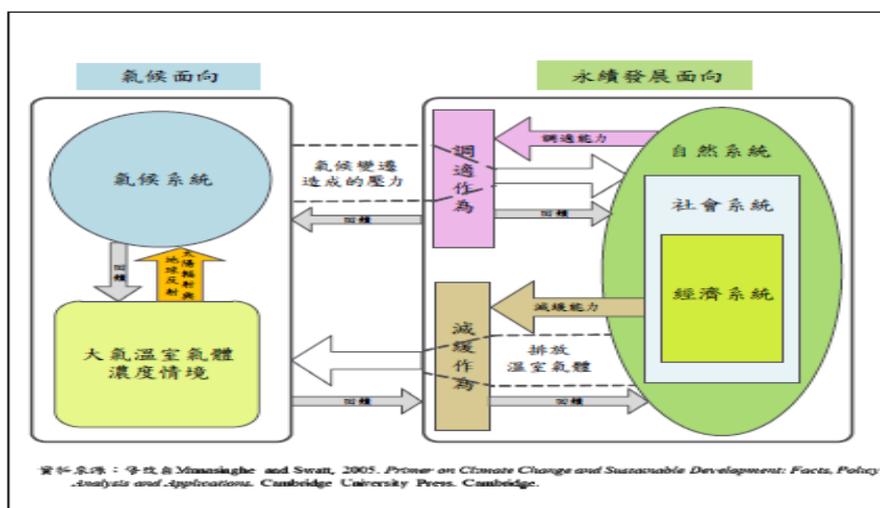


圖 1：氣候變遷減緩與調適作為示意圖。

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的依據，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。

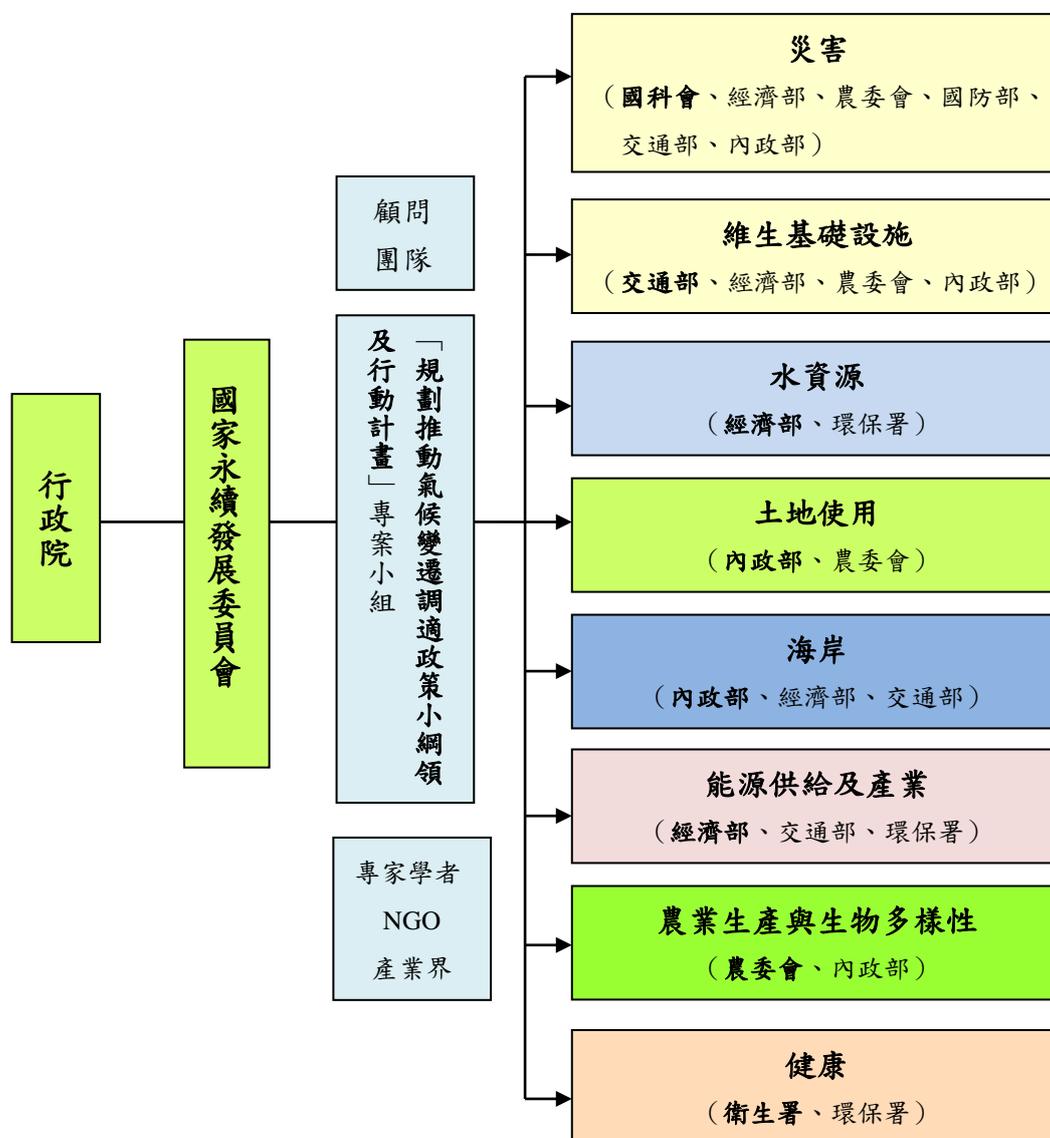


圖 2：國家調適工作架構。

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°C ，增溫速率相當於每 10 年上升 0.14°C ，較全球平均值高（每 10 年上升 0.07°C ）。

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°C ，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°C 至 3.0°C 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。

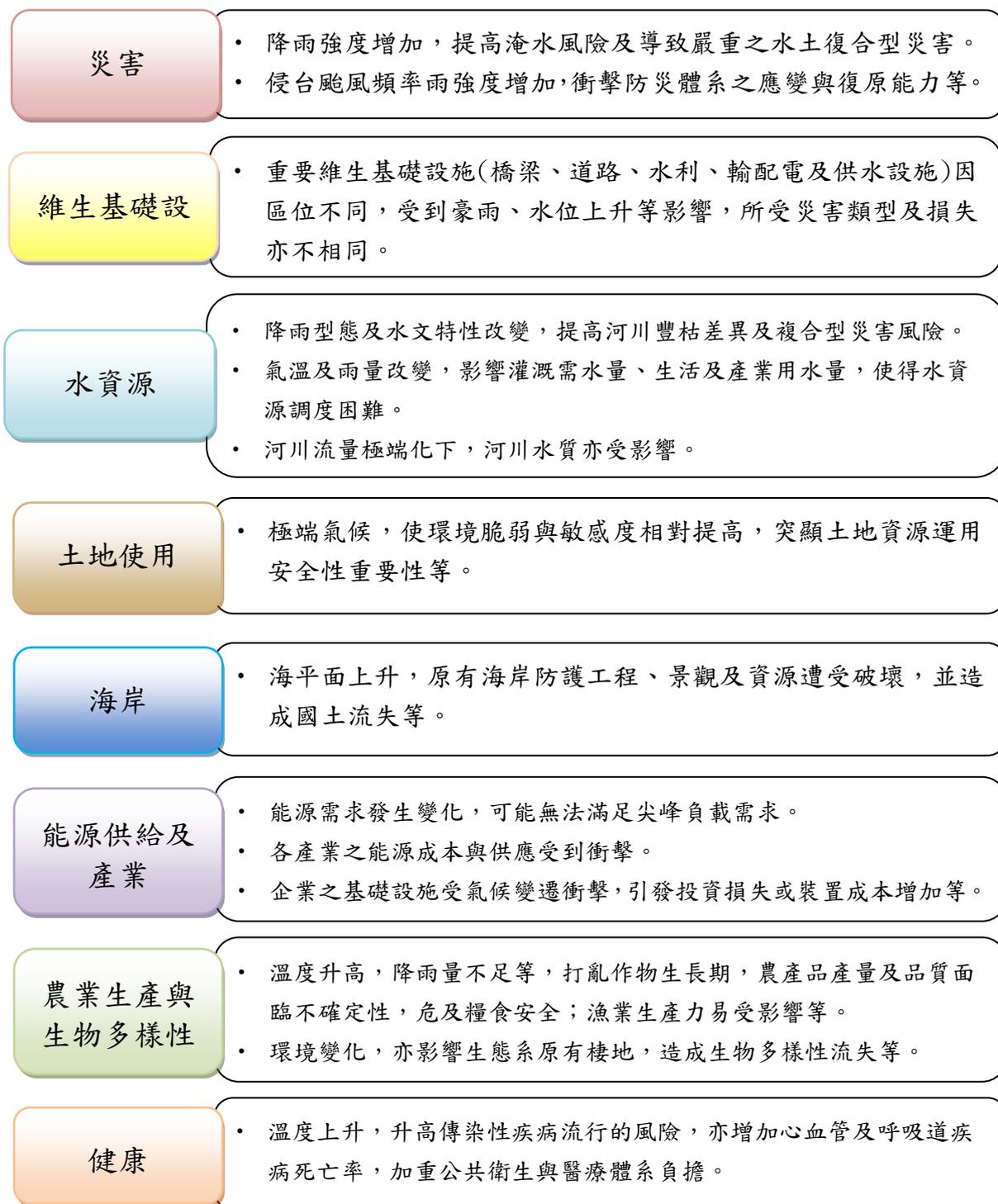


圖 3：各調適領域衝擊與挑戰。

◆ 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。

1

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项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、蜃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。