

教師手冊

海岸



作者：港口國小/陳銘賢教師、港口國小/谷穆德阿督普教師、港口國小/郭亭吟教師
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
計畫時程：101年12月至102年09月

壹、導論

全球氣候變遷下，全球各地不同的地理環境、區域也面臨了各式各樣和程度不一的環境問題，其中因為氣候暖化造成的海平面上升、極端劇烈氣候等現象深深地對於海島或臨海國家形成了莫大的危機，而台灣地理上就是一個典型的海島國家，除了人為開發問題之外，我們同時也要面對因氣候暖化而導致的各種海岸問題。

台灣海岸線長達 1139 公里，除了豐富的生態與鬼斧神工的天然美景外，更蘊藏了許多因為漁業而形成的人文特色，由此可知台灣這個島國與海洋的關係是多麼的密切。然而，正因為此等密切的關係，以致於海洋的變化常與我們國家發展安全和人民生活安居樂業有著直接的關聯性。

近年來台灣許多海岸線呈現逐年後退的情形，嚴重者達每年後退十幾公尺，累積後退達 100 公尺，許多沿海居民的農田、家園甚至已沒入海裡。學者專家更預測，若全球海平面持續上升，沿海國土將持續流失，未來台灣海拔 100 公尺以下的土地恐都將無法居住。面對這樣嚴峻的現況，我們應如何因應？有目前可行減緩海岸線後退的方式嗎？而若無法阻止海岸線後退的現況，我們又該如何調適？這是本教學活動希望引導學生思辨的課題。

「海洋與陸地的交界」是本次教學活動名稱，本次教學活動首先透過圖片與影片，讓學生了解近年來台灣海岸面臨嚴重後退的現況，讓學生能主動發覺議題的急迫性。接著介紹有哪些人為及氣候變遷的因素，會加速海岸線後退的情形。最後，透過討論與思辨引導，提出可能減緩海岸線後退的方式，及如何因應調適海岸線後退的情形，鼓勵學生透過討論，嘗試發表具創意的調適方法。期望透過本教學活動，學生除了認知當前的海岸與居住安全的議題，更能主動思考面對環境變故的調適方法，學習在日常生活中落實愛護環境的具體作為，並建立未來適應惡劣環境的先備能力與知識。

貳、導讀

一、台灣海岸後退現況

根據學者專家的研究及調查，台灣許多海岸線近年來呈現逐年後退的情況，包括桃園、新竹、苗栗、雲林、嘉義、七股、台南、旗津、東部等，全台有十多處海岸線，每年以平均超過兩公尺的速度退縮，沙灘逐漸消失，海岸岩壁崩落至海中。甚至有的海岸，如七股、台南黃金海岸、梓官等地，每年以十幾公尺的速度退後，嚴重的地區海岸已經累積後退了 100 公尺（如表 1），許多沿海居民的農田、家園都已遭受海水的侵蝕淹沒，沿海公路也因為海岸線退縮的原因多次改道（公共電視台，2011）。

表 1：南部海岸後退情形。

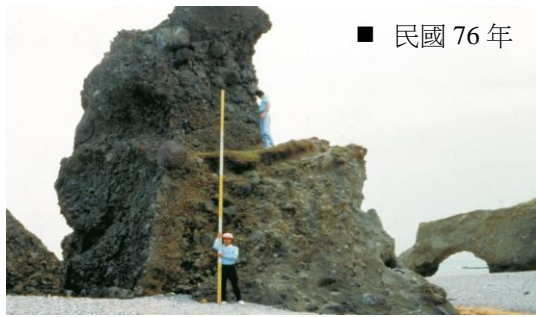
位置	海岸後退情形
嘉義好美里	最嚴重處已退縮 100 公尺。
七股沙洲	每年退縮超過 15 公尺。
黃金海岸	最嚴重處 6 年退縮 100 公尺。
梓官赤崁	100 公尺沙灘已消失。
旗津海岸	10 年退縮 50 公尺，最嚴重處達 200 公尺。

東部海岸情形也不佳，台北市立大學許民陽教授研究團隊（2005）比較航空照片、地形圖與現地考察，研究花東海岸的後退情形。資料顯示花東地區多處海岸近年來已後退 25 公尺以上，瀧乃橋至福德橋地區甚至後退達 80-100 公尺（如表 2），對比歷年來的地景圖片（圖 1）亦可觀察出海岸嚴重後退的情形。

表 2：東海岸後退的顯著的地點、後退量與後退型態。

編號	位置	長度(km)	後退狀況及近四十年來估計值	後退形態
1	海岸山脈北端-大坑-11號橋	7	最低位海階殘留小片，形成高6m以下小崖，海岸至少後退30-40公尺。	(三)
2	14-15號橋	1.4	後退形成陡崖，上方路基常坍塌。	(一)
3	磯崎	0.8	沙灘內緣低位海階後退，碉堡陷入沙灘中，30餘年來至少後退30-40公尺。	(三)
4	新社沖積扇	1.2	南北側僅少數低位階地殘留，末端成陡崖，30多年來至少50公尺。	(一)
5	新社國小-29號橋	5.5	低位海階僅存殘片，海岸向內凹入。	(二)
6	長濱沖積扇	2.3	至少50公尺，形成陡崖。	(一)
7	南石寧橋-膽曼橋	1.2	海岸向內凹入，四十年來至少70-80公尺。	(二)
8	宜灣	0.4	海岸向內凹入，日據時期至今至少50公尺。	(二)
9	成功漁港至瀧乃橋	4	海岸向內凹入，三十年來至少40公尺。	(一)
10	瀧乃橋至福德橋	2.4	海岸向內凹入，三十年來至少80-100公尺。	(二)
11	半屏、養水橋間海灣	0.5	海岸向內凹入，四十年來至少25公尺。	(二)
12	金樽漁港-陸連島	0.7	海岸向內凹入，形成高20m陡崖。	(一)
13	大石橋-七里橋	2.5	低位海階受蝕消失，僅殘留高位海階，形成陡崖。	(一)
14	都蘭沖積扇南緣	1.2	海崖向內凹入形成海灣，形成高20公尺陡崖。	(一)

註：後退型態代號（一）為陡崖塌陷崩壞型，代號（二）為基盤上覆堆積物刮蝕型，代號（三）為直接刮蝕型。



■ 民國 76 年



■ 民國 78 年



■ 民國 84 年



■ 民國 84 年



■ 民國 93 年



■ 民國 93 年

長濱國中下方海岸

新社沖積扇北緣海岸

圖 1：歷年地景比對圖。

二、海岸線後退的原因

造成台灣海岸線逐年後退的因素有很多，人為、氣候、地質、地形因素都可能影響海岸線退縮的情形，地質、地形的因素較無法改變，因此以下就人為及氣候變遷兩類因素來做探討。

(一) 人為因素

1. **風景區開發破壞自然海岸：**台灣四面環海，海岸線風光綺麗，沿岸規劃成了許多自然風景區，供人民遊憩。然而，在開發風景區的過程中，興建停車場、觀景台、海水浴場、烤肉露營區、渡假飯店等人工遊憩設施，常會破壞原有的海岸林地。而海岸防風林具有防風定沙的作用，可減緩海岸的侵蝕，因此海岸風景區的開發，若沒有經過審慎的環境評估，將會造成自然海岸景觀永久的破壞，甚至加速海岸侵蝕。
2. **養殖場過度開發：**養殖場的開發本來對大量消耗海洋資源有一定減緩的能力，但過度的開發卻也造成海岸相當的破壞。養殖場的水泥建物破壞原有的海岸景觀，改變了原本海濱的生態系，而超抽地下水，也將造成地層下陷、海水倒灌的危險，加速海岸侵蝕。

3. **工程開發的破壞**：濱海發電廠、工業區、垃圾掩埋場或焚化廠的開發，海岸的公路拓寬工程，除了會破壞原有的地形景觀外，亦會破壞原有海岸植被與防風林，加速海岸侵蝕。港口的開發，海堤的修築，與海岸工程的興建，亦可能引發臨近海岸的侵蝕與堆積作用，如突堤效應。另外核能電廠排放溫水所造成可能的海洋生態影響，也是不得不思考與關切的部份。
4. **河川盜採砂石與興建攔砂壩**：河川在出海口堆積的泥沙是海岸灘沙的主要來源，人們在河川上游興建攔砂壩、水庫等工程，或在河川盜採砂石，會造成河沙注入量不夠，漂沙不足，影響灘沙來源，造成海岸線後退（許民陽，2005）。
5. **海洋汙染**：海岸觀光設施、工業區、工廠產生的廢土與廢水，若沒有經過妥善處理，任意棄置或排放，將會汙染海域，影響海岸生態，如珊瑚礁的生長，間接加速海岸的侵蝕。

（二）氣候變遷因素

1. **暴雨暴潮**：全球暖化造成了極端氣候加劇，降雨量增加，引發了猛烈的暴風雨與潮水侵蝕，許多沿海居民每逢大雨，家園就有海水倒灌的危險，飽受淹水之苦。
2. **波浪侵蝕加劇**：極端氣候引發的暴雨暴潮現象，加速了波浪對海岸的侵蝕與沖刷，巨大的波浪越堤侵蝕海岸，造成了海岸地形的崩壞與海岸線的後退。
3. **颱風猛烈**：每年夏秋兩季，猛烈的颱風挾帶著強風豪雨，在岸邊掀起滔天巨浪，往往造成海岸急劇的侵蝕與崩壞。在全球暖化的影響下，海水溫度增加，颱風的生成更頻繁，強度也更大了，每次侵襲海岸，都會造成海岸嚴重的破壞。
4. **珊瑚礁減少**：全球暖化造成了海水溫度增高，珊瑚礁的生長受到了影響。而珊瑚礁是海岸的天然屏障，可以減緩波浪直接侵襲海岸。若珊瑚礁減少，減緩波浪侵蝕的功用就降低了，因此會加速海岸的後退。
5. **海平面上升**：全球暖化造成了冰山融化，海平面上升，許多臨海國家都面臨了國土流失的問題。學者專家更提出警告，若全球暖化的問題不改善，全球許多沿海城市未來可能都會沒入海裡，包括台灣的台北盆地與高雄市，而台灣海拔 100 公尺以下的土地恐都將無法居住，台灣將面臨嚴重的居住安全問題。

三、面對氣候變遷造成海岸線後退的減緩與調適

在人為因素與自然因素交雜之下而造成的環境衝擊，勢必成為未來生存的問題因子，除了在生態上的影響之外，未來生存在海岸濱海地帶的居民，在氣候變遷的影響下，也將面臨著生計與生活空間被壓縮的難題。我們除了思考如何減緩環境影響與改變的速度，我們也應該預先設想在未來該如何調適因應環境變遷帶來的問題，並學會如何適應，且重新創造生存的可能性。

（一）減緩方式

面對海岸線後退的現況，茲提供幾種可能減緩海岸線後退的方法作為參考：

1. 興建離岸堤

早期政府防止海岸侵蝕，多以在岸邊興建堤防、護岸或投擲消波塊等單一線型設施為主，此舉雖能阻擋海浪，防止海水入侵，但波浪的侵蝕使得堤腳沖刷激烈，反而加速了海灘的流失，且造成海岸景觀的破壞（經濟部水利署，2012）。現今政府嘗試以興建離岸堤或離岸潛堤等多種工法維護海岸，在離海岸一段距離的地方興建海堤，或以潛堤的形式，把露出海面的堤岸做成人工島的樣子，減緩景觀的衝擊。離岸堤或離岸潛堤可減緩海浪沖刷海岸的力道，使得泥沙堆積於離岸堤與原始海岸之間，有碎波、淤沙養灘的功能。如高雄林園鄉興建了離岸堤之後，部分海岸不僅沒有後退，還因為淤沙的作用，現今沙灘已和離岸堤連成一片（洪臣宏，2010）；花蓮的南濱海岸也因為興建離岸潛堤，近年海岸線已不再後退，潛堤和消波塊間還吸引了魚類群聚及珊瑚礁的生長，功效卓著（游太郎，2009）。

2. 養灘

養灘是指以人工的方式在海岸邊填土造灘，目前部分縣市便嘗試使用人工養灘的方式來保護海岸線。以高雄旗津為例，海岸侵蝕現象非常嚴重，為了保護海岸線，政府規劃於海岸邊興建人工灣澳及離岸潛堤，再投擲消波塊，並將外海的抽沙回填海岸沿線沙灘，成功增加了海岸沙灘的面積（何沛霖，2012）。政府同樣規劃以興建人工岬灣及輸沙養灘的方式，進行高雄西子灣的海岸保育工程，亦收到了功效（高雄市政府工務局，2008）。

3. 維護海岸林相

防風林有防風定沙的作用，如木麻黃具防風的作用，馬鞍藤的根長數公尺，可固沙，林投則可以固沙並防止海水侵蝕，因此維護海岸原始林相，有助於減緩海岸後退的情況（鍾寶珠，2009）。而由於海風強勁，防風林生長、復育不易，防風林等海岸原始棲地應加以妥善保護，並計畫性的復育。

4. 人工攔沙

澎湖隘門村有一位李天育村長，感念小時後美麗的貝殼沙灘，因為人為的破壞而滿佈著垃圾，每天天未亮就在沙灘撿拾垃圾。有天他望著被強勁東北季風吹走的海沙，突發奇想，使用竹竿和破落的漁網，在沙灘架起了攔沙網，把被海風吹走的沙子硬攔了下來。十多年過後，漁網攔沙不僅收到了奇效，成功保護了隘門的海岸沙灘，更成為了當地的特色景觀（鄭朝陽，2007）。

5. 復育珊瑚

珊瑚礁是由造礁珊瑚(石珊瑚)的珊瑚蟲骨骼鈣化而形成，因地殼隆起而露出海面。造礁珊瑚生長需要堅硬的底質、潔淨的海水、23°C-28°C的海水水溫、充足的陽光以及33‰～36‰的海水鹽度。這些條件齊全了，珊瑚才能生長。海水溫度增加及人為的破壞，都會造成珊瑚礁的死亡。而珊瑚礁生成在海岸邊，能替海岸抵擋海浪的侵蝕，可說是天然的防波堤，甚至在土地都流失後，珊瑚礁還能留在原地，形成新的土地，東沙環礁便是一個最好的例子。因此，若能維持好的海洋環境，復育珊瑚，將有助於減緩海岸的侵蝕。

(二) 調適方式

在全球氣候變遷的影響下，海平面若持續上升，海岸線後退及國土流失的情況將無法避免。以下參考台灣各地及各國家的作法，提出面對海岸線後退的情形可能的調適方式：

1. 興建高腳屋

許多沿海居民的家園逢雨必淹，他們使用磚塊及堆高機將房子加高，這樣豪雨來臨時，就不怕淹水了。另一種高腳屋則規劃拉高居住空間，一樓用柱子支撐，採開放方式，不興建牆壁，平時用作活動及停車用，暴雨來臨時則作為淹水的緩衝地帶，二樓以上才住人。

2. 興建上升屋

台灣有一處土地公廟，廟方為避免廟宇淹水，將廟宇設計成可以上下移動的建築。平時土地公廟座落於陸地，可供人參拜，大雨來時，土地公廟可以隨著支柱上升到安全的高度，這樣廟宇就不會淹水了。這種構想或許可以改造成未來的房屋也說不一定(楊佩琪、張仲華，2012)。

3. 興建漂浮屋

低地之國荷蘭同樣面臨了海平面上升，海岸嚴重侵蝕的問題，他們未雨綢繆，經過多年的研究，已規劃興建出可漂浮在水面上的房屋。漂浮屋上方就像正常的房屋，用中空的混凝土建成，房屋下方用纜繩或木樁固定，隨水漂浮移動，魚群還可從下方游過。但若漂浮屋蓋在海裡，為了避免房屋隨海流漂移，就要將支撐基座深入海底，利用油壓閘隨海平面高度控制升降。未來，他們還將興建漂浮社區，讓整個社區包括房屋、道路、球場、停車場都能漂浮在水面上，還地於河，與海共存，這是值得我們借鏡的調適方式(大愛新聞台，2010)。

4. 建立海岸緩衝帶

以德國為例，德國位於北海的海岸地帶，常飽受西風帶所造成的洪水問題。德國政府與民眾經過幾百年來的經驗，瞭解與大自然的相處，終究要和平相處。因此德國的海堤工程多僅止於以淤泥、表土填高的工程，海岸地帶整體都是綠地。因為他們瞭解到沒有一個工程是永遠安全的，不需要以人為的工程與大自然相抗衡，反而必須與大自然有

一緩衝區。經過生態工法的處理，這些海岸地帶變成了非常好的水鳥及候鳥棲息地，在生態上有非常好的復育功能（林俊全，2012）。借鑑德國的經驗，我們也可在海岸地帶設立緩衝區，保留、復育水鳥棲息地、河口溼地等海岸土地，還地於海，學習與大自然和平共處，而非與海爭地。

5. 撤離

若海平面持續上升，海岸線後退的情形非常嚴重無法避免，以上的調適方法均無效，那麼就應及早規劃合適的土地搬遷，如南太平洋的小島國家吐瓦魯便可能成為第一個受海平面上升所迫而全國移民的國家。

參、教學目標

一、教學目標

1. 瞭解台灣海岸遭到侵蝕與國土流失的現況。
2. 透過「海洋與陸地的交界」活動，讓學生瞭解氣候變遷與海岸後退的關聯性。
3. 協助學生思考面對海岸問題，應如何減緩及調適。

二、學科及氣候素養能力指標暨政策綱領連結

海岸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 3：學科連結及能力指標彙整。

學習領域	能力指標
自然與生活	1-3-4-1 能由一些不同來源的資料，整理出一個整體性的看法。
科技領域	1-3-4-3 由資料顯示的相關，推測其背後可能的因果關係。 2-3-6-2 認識房屋的結構與材料。 4-3-2-4 認識國內、外的科技發明與創新。 5-3-1-1 能依據自己所理解的知識，做最佳抉擇。 6-3-2-3 面對問題時，能做多方思考，提出解決方法。
海洋教育	2-3-5 瞭解臺灣的國土(領土)及海岸線。 2-3-6 瞭解臺灣四面環海的特色。 4-3-5 瞭解臺灣各種海岸地形景觀形成及改變的原因。 4-3-1 能辨別海流和海浪的不同。 5-3-8 蒐集海洋環境議題之相關新聞事件(如海洋污染、海岸線後退、海洋生態的破壞)，瞭解海洋遭受的危機與人類生存的關係。
環境教育	3-3-1 瞭解人與環境互動互依關係，建立積極的環境態度與環境倫理。 3-3-3 能養成主動思考國內與國際環保議題並積極參與的態度。 3-3-4 能關懷未來世代的生存與發展。 4-3-4 能運用科學方法研究解決環境問題的可行策略。 4-3-5 能運用科學工具去鑑別、分析、瞭解周遭的環境狀況與變遷。

海岸調適補充教材，其相關政策綱領連結如下表（詳細內容請見附錄一）：

表 4：政策綱領連結彙整。

政策綱領	
衝擊與挑戰	1.海平面上升
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。 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。

海岸調適補充教材，其相關氣候素養能力指標如下表（詳細內容請見附錄二）：

表 5：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。

肆、教學活動

一、活動名稱：陸地與海洋的交界

二、課程規劃：教學規劃二節課，共 80 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海洋教育宣導週、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的種種問題。
- (三) 建議授課教師以台灣實際案列為議題，讓學生思考海岸線後退與氣候變遷致使海岸線後退加劇的觀念及知道已無法改善海岸線後退的問題時，我們該如何因應的調適方式。

四、教學內容設計

教學活動與流程說明	教學時間	教學策略	領域連結與能力指標
<p style="text-align: center;">第一節</p> <p>【教學準備】</p> <p>筆記型電腦、單槍投影機</p> <p>一、瞭解台灣海岸遭到侵蝕與國土流失的現況</p> <p>◇ 介紹台灣海岸後退現況：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 利用簡報檔呈現圖片，由教師解說圖片，讓學生了解台灣各地近幾年來海岸後退與國土流失的現況。 ● 請學生思考，是甚麼原因讓海岸後退與國土流失的狀況愈來愈嚴重？ <p>◇ 原因探究：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 請學生發表海岸後退的可能原因。 ● 由教師總結海岸後退的原因，包含氣候因素與人為因素。 <p>◇ 氣候變遷如何造成海岸後退：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 由教師解說氣候變遷所造成的現象如颱風加劇、暴雨暴潮等。 ● 透過簡報檔，一一說明氣候變遷所造成的現象對海岸的傷害，如何讓海岸後退的速度加快。 	<p>共 40 分鐘</p> <p>8 分鐘</p> <p>4 分鐘</p> <p>5 分鐘</p> <p>3 分鐘</p> <p>5 分鐘</p> <p>15 分鐘</p>	<p>教師講述 學生發表</p> <p>學生發表 教師講述</p>	<p>自 1-3-4-1 自 1-3-4-3 海 2-3-5 海 2-3-6 環 3-3-3 環 4-3-5</p> <p>自 1-3-4-3 海 4-3-5 環 4-3-5</p> <p>自 1-3-4-1 自 1-3-4-3 海 4-3-5 環 4-3-5</p>

教學活動與流程說明	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 style="text-align: center;">二、面對氣候變遷造成海岸線後退的減緩與調適</p> <p>◇ 如何減緩海岸後退的問題：</p> <p>實施步驟：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 請學生針對氣候變遷所造成傷害海岸的現象，逐一思考減緩的方式。 ● 請學生發表減緩的方式。 ● 由教師總結學生所發表的方式，再針對氣候變遷所造成傷害海岸的現象一一討論，並補充說明各種減緩的方式及理論，最後舉出進行減緩且已有成效的實例。 <p>◇ 海岸後退的調適方法：</p> <p>實施步驟：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 請學生思考若海岸後退情形太嚴重或海平面上升，減緩方式已經無效時，我們該如何調適？ ● 請學生發表調適的方式。 ● 由教師總結學生所發表的方式，並補充說明各種調適的方式及理論，最後舉出已進行調適的實例。 	<p style="text-align: center;">共 40 分鐘</p> <p style="text-align: center;">5 分鐘</p> <p style="text-align: center;">4 分鐘</p> <p style="text-align: center;">21 分鐘</p> <p style="text-align: center;">2 分鐘</p> <p style="text-align: center;">2 分鐘</p> <p style="text-align: center;">6 分鐘</p>	<p style="text-align: center;">教師講述</p> <p style="text-align: center;">學生發表</p> <p style="text-align: center;">教師講述</p> <p style="text-align: center;">學生發表</p> <p style="text-align: center;">教師講述</p>	<p style="text-align: center;">自 4-3-2-4 自 5-3-1-1 自 6-3-2-3</p> <p style="text-align: center;">海 4-3-1 海 5-3-8 環 3-3-1 環 3-3-4 環 4-3-4</p> <p style="text-align: center;">自 2-3-6-2 自 4-3-2-4 自 5-3-1-1 自 6-3-2-3</p> <p style="text-align: center;">海 5-3-8 環 3-3-1 環 3-3-4 環 4-3-4</p>

氣候變遷 - 海岸

1. 由於氣候變遷，現今台灣的海岸線面臨了什麼問題？

答：1.海岸線後退:由於氣候變遷及海水侵蝕，造成台灣多處海岸線後退，嚴重的已多達200公尺。

2.海岸地形改變:波浪的侵蝕及暴雨暴潮造成國土流失，人為的不當開發更加速海岸地形的改變，港口的興建造成突堤效應，海岸地形的改變使國土流失情形更為加劇。

3.海岸生態系改變:海岸地形的改變、人工建築都會對原有的海岸生態系造成衝擊，生態系的改變造成原有物種面臨生存危機。

2. 有哪些因素會造成海岸線嚴重後退？造成海岸線後退的原因主要是人為因素及氣候因素。

答：1.人為因素：風景區開發破壞自然海岸、養殖場過度開發、工程開發的破壞、河川盜採砂石與興建攔砂壩、海洋汙染。

2.氣候因素：暴雨暴潮、波浪侵蝕加劇、颱風猛烈、珊瑚礁減少、海平面上升。

3. 你覺得你可以怎麼做來減緩海岸線後退的情況？

答：減緩海岸後退的方式有很多，有些是需要政府來執行，有些卻是我們能做的。像澎湖李天育村長的養灘就是以一己的力量來減緩海岸後退的方式。我們則能從愛護環境做起，減少污染能讓更多的珊瑚生存，形成保護海岸的珊瑚礁。我們也可以做保護海岸的義工，維護海岸的清潔，並影響自身周遭的親人、朋友，宣導保護海岸的方式。

4. 如果未來你必須居住在漂浮屋中，你覺得會有哪些優缺點？

答：居住在漂浮屋的優點是可以減少土地的利用，舒緩擁擠的住宅區，也不用再因為暴雨暴潮而受到淹水之苦。缺點則是造價昂貴，出入多需水上交通工具，對不習慣水上生活的人，會有心理或生理上的不適應。

一、海岸線退縮的現況

根據經濟部地調所委託台師大地理系助理教授林宗儀進行「台灣海岸變遷監測分析」研究，首度細膩描繪出台灣海岸線消失的恐怖現況。最嚴重的地點在新竹金城區至香山區海岸，年侵蝕率達十五·四五公尺，約三十年來退縮近五百公尺。土生土長的港南里里長韋宗洲形容，以往從海埔新生地走到海邊，要十幾、二十分鐘，如今海浪就在腳邊拍打，昔日海灘已整個被吞沒。新竹金城區至香山區海岸因為近年河川採砂嚴重破壞漂沙平衡，加上新竹漁港將防波堤延伸以致減少南岸漂沙供給，使得金城區往陸地侵蝕速率全台最高。

● 三十年退縮近五百公尺

桃園大潭發電廠南側海岸、新竹漁港南側，以及苗栗龍鳳港南側，也都有海岸後退的問題，其中大潭區南側侵蝕速率達每年六·二七公尺。

● 突堤效應 堤防北側淤積南側侵蝕

林宗儀分析，海岸變遷地形的共通特色是「北側有向海測垂直延伸的堤防產生突堤效應，堤防北側產生淤積，有沙灘的形成，但在堤防的南側則相對造成侵蝕。」

海岸線受到漁港突堤效應影響，有淤有侵，將時間軸拉長為三十年分析，西部海岸線逐步退縮，東部因為地形為岩岸地形，海岸線退縮雖沒有西部明顯，但只要看到台十一線沿線保護路基的消波塊綿延不斷，就可以看出海岸退縮帶來的威脅。

● 密度高 台灣被漁港跟消波塊包圍

農委會統計，台灣現有漁港二百二十五處，一百三十九處位於本島，以台灣本島海岸線一千三百四十九公里計算，平均每九·七公里就有一處漁港。作家劉克襄形容，台灣島幾乎被漁港跟消波塊包圍，密度之高，堪稱世界紀錄。

海岸線退縮是多重原因造成，包括氣候變遷海平面上升、水庫攔砂及抽砂、沿海抽取地下水造成地層下陷、防風林被砍伐導致沙源吹向內陸流失等。

綠色陣線協會常務理事林長茂說，包括河流被盜採砂石，防風林被大量砍伐，沙源大量流失，都是土地規劃政策不當的後果。他舉例，大潭海域早年生態系非常完整，是鯊魚、鮫及魷的繁殖地，興建電廠發生突堤效應之後，被堤防阻擋的砂石覆蓋藻礁，導致食物來源藻礁大量死亡，現在已經難以見到鯊魚、鮫及魷的身影。

● 多重原因造成 氣候異常也是主因

「近年來氣候異常、極端化，是造成台灣海岸線倒退主因之一。」海洋大學河海工程系主任簡連貴以新北市福隆海岸為例解釋，福隆的自然堆積以雙溪出海口和東北季風帶來的泥沙堆積為主，但近幾年由於颱風等極端氣候過多，再加上雙溪沖刷下來的泥沙漸減，核四廠重件碼頭、鄰近的防波堤等因素，海岸有往後退的趨勢。

簡連貴強調，沙灘的維護是屬於動態平衡，歷經颱風或海水沖刷後會減少，但由東北季風和河流帶下的泥沙又會慢慢補充回來，可長期處在平衡狀態。

但近年極端天候異常，加強如颱風等對沙灘的侵蝕力，台灣的河流也常因建造水庫讓泥沙無法在河口堆積，慢慢地讓海岸線後退。

二、台灣變小了海岸線退縮

台灣海岸線正在改變。中央地質調查所公布一項衛星調查，四年來，受上游水庫、攔砂壩，甚至河川盜採等因素影響，宜蘭蘭陽溪南岸、台北淡水河口至桃園觀音、新竹香山金城賞鳥區一帶、苗栗後龍溪口附近至大安溪口北側等四處，海岸線正在倒退中。

中央地質調查所所長林朝宗提出警語，假如趨勢不變，不僅影響未來這四處國土規劃或海岸工程，當地球持續暖化，這四處也將是台灣最早被吞噬入海的國土。

海岸線後退除自然海水沖蝕外，很重要的原因是上游的砂不見了。政府基於民生、工業用水或灌溉，在上游興建水庫，或是蓋攔砂壩，都會造成原本應流到出海口淤積的砂被攔走；甚至河川盜採砂石，也造成砂被搶走了，都造成這些地區海岸線退後明顯。

三、貸款地主也受害

一名退休的周姓銀行人員說，東海岸若干居民，把土地拿到銀行辦理抵押貸款，幾年後無力償還，銀行向法院聲請執行拍賣抵押品，銀行人員帶著法院執行人員查封，卻找不到土地在那裡，問貸款人土地位置，貸款人指著海邊說：「在那邊，土地已被海浪侵蝕掉，已變海啦！」

銀行空有抵押品

這不是笑話，周姓行員說，在他手裡及某銀行的同業，都遇到相同的情形好幾十件，銀行成為空有抵押品的「他項權利證明書」的受害者，貸款地主也空持「土地所有權狀」被害人，這就是東海岸居民最傳奇的真實故事。

到底東海岸失去多少國土？豐濱鄉長劉靜芳說，自六十九年以來近30年，經測量後豐濱鄉共流失三百零七筆土地，總面積廿一點五公頃（約廿甲）。因立德海水倒灌，農田鹽份過高不能種植，南北土地持續流失，希望防護堤工程加速進行。

● 磯崎、長濱、嘉平等海岸 30年來後退50公尺

後退現象不僅造成海崖的逐步後退，原本位居陸地的軍事碉堡、防風林也都到沙灘上。主攻地球科學的許民陽表示，像磯崎海灘的海水浴場已變成人一走出建築物，就踏進海中的危險狀況，而台東成功鎮嘉平地區及都蘭地區的後退現象甚至已經危及公路路基，嚴重影響鄉鎮人口的安全。學者指出，花東海岸全線至少有廿二處嚴重後退，其中台東長濱及新社沖積扇、成功及嘉平的海岸三、四十年來累計退後量皆高達五十公尺，海岸後退已成為花東海岸最大的環境問題。

四、全球暖化造成氣候變遷，情況和後果都比想像嚴重

數百位科學家合作的聯合國「跨政府氣候變遷小組」(IPCC) 報告顯示全球暖化造成氣候變遷，情況和後果都比想像嚴重，包括海平面到 2080 年上升 1.4 公尺，全球 30% 海岸線消失，及物種消失，天災加劇，缺糧缺水。

氣候學界素孚重望的劍橋大學海洋學家華德罕斯也公布實勘結果，指出北極不是原先專家認為的，2040 年夏季無海冰，而是 2020 年。他表示：「地球現在的變化是一場大難，北極的海冰消失是這場巨變的首要指標。」

根據 IPCC 的報告，世界災難拳拳大者如下：

● 亞洲

海平面每年上升 0.1 至 0.3 公分，稍高於全球平均值，約一億人將面臨洪水加劇的風險。氣溫上升，雨水減少，將造成中國大陸稻田消失 5% 至 12%。到 2050 年，孟加拉的稻米產量將減少將近 10%，小麥產量則減少三分之一。

糧產下降而人口上升，受罪者到 2020 年將另外增加五千萬人，2050 年將增加 1 億 3200 萬人，到 2080 年增加 1 億 6600 萬人。

● 拉丁美洲

冰河可能 15 年消失。巴西雨林將減少 30%。到 2080 年，低窪地區的城市如里約熱內盧、布宜諾斯艾利斯將成澤國。

本來多旱的地方更多旱災，多洪水之地更多水患，生態系統在大旱與洪患交替的夾縫中掙扎，七千萬人缺水。土地日益鹽化，農民須放棄玉米、稻、小麥、甘蔗等傳統作物，農場須為牲口另尋飼料。

巴拿馬運河漸無用武之地，因為北極夏季無海冰，將打開一條北極水路。

● 歐洲

在地中海地區，氣候變遷損害發電，升高海平面，觀光業大受打擊，數百萬人缺水。

● 澳洲和紐西蘭

氣候愈來愈極端，熱浪和火災的數目和災情都將升高。洪水、土石流、苦旱、暴風雨將成家常便飯。

● 非洲

溫室氣體和氣候變遷，非洲責任最少，受害程度卻排第一。最嚴重的是，到 2080 年非洲大陸的主要作物小麥可能不見蹤影。

聯合國計畫今年發表三階段氣候變遷報告，第一份報告前不久公布，說明變遷的成因，10 日發表的是第二份，第三份將處理人類該如何因應。

五、海岸防護

屏東海岸西岸屬於侵蝕性海岸，民國 60 年起，部份海岸之侵蝕更顯著增加，在多處嚴重的地區，非靠海堤保護，恐良好土地、家園及居民，已為海水所吞噬。然而，原則上在海岸防護之功效方面，短期內海堤興建，雖可收防浪防潮之效果，但因堤前波浪反射，造成堤前沖刷，往往會因海堤的興建，使原有的海灘因而消失，故依長期海岸保全觀點而言，海岸回歸自然平衡，才真正是今後努力的目標。

● 未來防護構想

屏東縣最大河流為高屏溪，但河口有深達一千公尺溺谷地形，數十年來淤積範圍不但未明顯增加，河口寬度反而變大，局部之海岸侵蝕因而發生。另外重要海堤位於林邊、佳冬、枋寮地區內，近十五年來，因養殖業超抽地下水，造成嚴重之地盤下陷，海岸線後退，海堤前之水深增加，海堤已大部份加高，並在距海堤一百公尺處興建離岸堤。海岸遭受災害原因不外潮位增高，波浪太強，侵蝕與地盤下陷，針對這些因素，海岸防護工作方法不外乎如下：

- (一) 興建海堤，阻擋海浪於海堤之前。
- (二) 興建離岸堤，減弱侵襲之海浪，離岸堤與海堤前淤沙造灘。
- (三) 興建突堤群、攔截岸漂沙以調整海岸與波浪交角，減少沿岸流以降低海岸侵蝕。
- (四) 海灘以自然性工法穩定，減少海灘土沙流失，回填沙、拋石、種耐鹽植物、編籬定沙，均為可行之方法。

屏東海岸由於海底坡降陡峻，受巨浪沖擊，侵蝕嚴重，早期大都興建重力式，階梯式或雍壁式鋼筋混凝土堤，但在海岸退縮及嚴重地層下陷之交錯影響下，經常發生災害；經多年整建後大部份已改為複式斷面，而且海堤前端廣建離岸堤，對於穩定海堤前灘功效顯著。

硬體之堤防無法阻擋波浪，自然海灘形成之緩坡才能吸收波浪，抑制波浪能量，遏阻海灘之破壞與侵蝕。面的防護是將海堤，海灘、離岸堤等海岸保全設施予以全面廣闊加以適當佈置，利用這些複合功能對抵抗海岸侵蝕，增進創造良好的海岸空間有很大的助益。

屏東海岸防護工作未來重點將持續的往防護方面整治，整治模式如下表：

表 6：海岸防護整治模

整治模式	適用海岸特性	適用地點
潛堤＋養灘	可保全自然海灘景觀，與周圍環境取得協調。	東港港口至鎮海公園大鵬灣出口。
養灘＋海堤	漂沙活躍地區之編籬定沙工可創造並持續沙灘景觀。	東港海堤、嘉蓮里海堤。
離岸堤＋海堤	地層下陷嚴重侵蝕趨勢很強地區，由離岸堤衰減波浪，再由海堤防護，淤積之沙灘可供親水遊憩，離岸堤可作漁礁。	南平里至枋寮一帶海堤。
離岸堤＋養灘＋海堤		
離堤＋突堤＋養灘＋海堤		

六、離岸堤下陷

花蓮市南、北濱海岸的消波塊附近形成釣點，主要是拜水利署第 9 河川局興建離岸潛堤，附近海域形成魚場所賜，不但聚魚效果顯著，也成功守護住海岸，遭海浪侵蝕的狀況也獲得改善。

76 年花蓮港東防波堤延長 800 公尺後，介於美崙溪口至自由街排水口的北濱海岸，海灘侵蝕現象逐漸減緩，灘線逐漸延長，但自由街排水口以南的南濱海岸，灘線卻呈現明顯的後退現象。

第 9 河局為了穩住海岸線，79 年開始以漸進方式設置離岸堤穩住海岸線，85 到 92 年間陸續於南濱化仁海岸前 135 公尺處，設置離岸潛堤共 16 座，增加消波功能，防止侵蝕現象繼續發生。

離岸潛堤近幾年來發揮保護功能，南北濱海岸線已不再繼續後退，灘線也漸趨穩定，潛堤和消波塊間還形成魚場，吸引大批魚類和珊瑚礁生長，在海灘穩定後，第 9 河局開始進行海岸生態復育及環境景觀改善，目前已完成南濱海岸 180 公尺，今年將持續往北濱海岸延伸。

七、保護旗津海岸線 離岸潛堤工程動土

高雄知名觀光景點旗津近年來因長期受海浪侵蝕，造成海岸線被沖刷、沙源大量流失，由近 10 年資料顯示流失沙灘縱深約 50 公尺，嚴重處更達 100~150 公尺，為避免海岸線侵蝕持續擴大，高雄市政府將動支 7 億元經費，以離岸潛堤工程來保護旗津海岸線。

新工處指出，完工後的旗津海岸潛堤，其出水斷面於陸側部分將只會看到天然大型塊石堆砌的人工島，而海側消波塊則潛沒在水面下，可減少景觀衝擊，除降低當地波浪的流速，保護旗津海岸線避免持續遭受侵蝕外，並可穩定海水浴場場域水流，保留沙灘不易被海浪帶出；藉由結合鄰近海水浴場、風車公園等設施及蔚藍海域美景，可提供市民安全的親水及觀賞夕陽的優閒環境，以展現高雄的海洋特色。

八、波浪發電 電力無限

從上世紀 70 年代石油危機開始，各國開始將注意力轉移到利用本地資源和尋找適宜廉價的能源上。海洋是其中一個令人心動的選擇，地球上 75% 的面積是海洋，人類向大海索取資源已成為必然的趨勢，而利用海洋波浪能發電這一新技術的出現，為深入開發海洋資源、開闢了新途徑。

● 每秒鐘 20 萬瓩能量

繼潮汐發電之後，波浪能發電是發展最快的海洋能源利用形式。波濤起伏的大海，一刻也不停息地在運動。在 1 平方公里的海面上，波浪運動每秒鐘就有 20 萬瓩的能量，是最易於直接利用、取之不竭的可再生清潔能源。

國家實驗研究院科技政策中心副研究員洪長春表示，波浪能發電系統可設置於海岸線或離岸的近海區域，各有優缺點。設置於海岸線的發電系統較容易安裝及維修，不需要深水繫泊與非常長的海底輸配電纜，缺點是波浪能易遭地形破壞，符合條件的波浪能獲取場址較少，通常會利用各種聚波技術來補償因為海岸地形所造成的波浪能損失，此系統的長期發電穩定性及成本效益監測等問題仍待克服。

● 英國海蛇 成功商業發電

最具有產業領導地位的英國海洋電力傳輸公司，研製出名叫「海蛇號」的波浪發電裝置，由 4 個鏈結的鋼製浮桶構成，外型類似一列載客火車，隨波浪上下振動的浮桶，又像是在海上翻騰的海蛇，鏈結處置有發電機組，當波浪穿越牽動連結點，帶動油壓幫浦，進而驅動發電機，裝置容量為 750 瓩。該公司 2007 年 10 月在葡萄牙北部的大西洋離岸 5 公里處，利用此項裝置建造了世界第一座商用波浪能發電站，可由電網供電，可滿足 1.5 萬個家庭用電需求。英國則於 2000 年 11 月在蘇格蘭建成的 500 瓩岸式波浪能裝置，目前已上網發電，可以為當地 400 戶居民供電。

目前研究波浪能轉換計畫的代表性國家有英國、挪威、葡萄牙、日本、中國大陸及印度，不過大部分仍然是在測試階段。

● 取之不盡 卻最不穩定

波浪能具有能量密度高、分布面廣等優點，是一種取之不竭的可再生清潔能源。尤其是在能源消耗較大的冬季，可以利用的波浪能能量也最大。小功率的波浪能發電，已在導航浮標、燈塔等獲得推廣應用。但波浪能也是可再生能源中最不穩定的能源，波浪無法定期生產，且具有能量強但速度慢、周期變化的特點。其主要缺點包括成本高、效率低、可靠性不高與穩定性不佳等。

● 台灣潛能較低 澎湖最適宜

台灣為一海島型國家，2006 年工研院根據中央氣象局所蒐集的波浪模式資料，推估台灣四周海域波浪潛能，以澎湖西側海域、巴士海峽、台灣東北部及東部外海之波浪能較高，具備開發價值，若考量離岸之水深問題，澎湖西北海域是較佳的選擇，台灣東北海岸及東部地區，則因土地利用及地形之故，較不適宜開發。

● 利用波浪高低落差 發展海洋能發電

台灣四面環海，在太陽及月亮引力作用下，潮汐、波浪、洋流甚至是利用海水表面和底部，溫差高達 20 度的特性，這些都統稱為海洋能發電，客籍發明家劉興欽，30 多年前想到了利用波浪高低落差發電，而日前更有業者申請到國外波力發電專利，授權給太平洋上的小島國家使用，但是由於海洋能發電，能源轉換率不高，而且設備接觸海水容易鏽蝕，因此國際間實際投入的案例相對稀少。

● 波浪發電

波浪能屬於海洋能的其中一種，主要是利用波浪上下振動的特性，藉由穩定運動機制將海浪動能轉換成電能。世界能源協會（WEC）預估，未來波浪能將可每年供應超過 2,000 TWh（兆瓦）的電量。

波浪能獨立穩定系統主要分為 3 個部分，首先，將波浪能轉換為不穩定的液壓能，液壓能直接驅動電機就可產生穩定的電能；隨後能量監控系統計算波浪能進入裝置系統後，用戶使用多少能量並發出指令；最後則是將多餘的電能儲存用來製造淡水及冰。

專家們表示，波浪能有多項優點，包括波浪能較風力發電以及太陽能更具優勢，因為幾乎不受天候因素所影響；此外海浪資源不會中斷，是取之不盡的資源，可持續 24 小時不間斷發電。

除此之外，波浪能還可有附加經濟利益。如防止波浪能量，由於波浪發電設備多建設於離岸相當距離，而利用波浪的能量發電進而減弱波浪能量，等同於防波堤的功能，可省去防波堤的建設成本。同時可利於觀光，在波浪發電機組後方的海域因而轉為平靜，可利用於海上休閒活動，也可提供漁民養殖。再者也有軍事價值，因為設置了波浪發電機組後，也可形成如防護牆般，預防登陸搶灘、走私等，兼具軍事、國防、海防等效果。

● 台灣海域波浪發電潛力無窮

善用自然資源為減廢盡心力，台灣為一海島地形。海岸線長約 1,448 公里，每年約有半年以上的東北季風吹襲，波瀾浪濤終年不斷。台電公司對波浪發電的注意是從民國 75 年開始，除著手收集整理台灣四周海域波浪資料外，並委託美國 E.O.TECH 顧問公司進行波浪發電可行性研究。台灣西部海岸波浪能源密度為 3kW/m、西北海岸及東南海岸 7kW/m、東北海岸波浪能源密度為 13Kw/m。相較英國西岸大西洋東海岸波浪能之密度 20~40kW/m 偏低些，但台灣波浪所含能量是與其波高的平方成正比，因此有發展潛力。全世界波浪蘊藏量約 2,386 億瓩，台灣地區波浪蘊藏量約 1,000 萬瓩，假設可開採 1% 約 10 萬瓩，以波浪發電壽命為 15 年初估，可為本島帶來 1 兆以上的經濟利益。

● 未來之源，潛力無窮

海洋能產業目前乃在草創階段，但從北海到太平洋都可見到這類發電機進行測試的蹤影，包括：美國新澤西州、夏威夷、蘇格蘭、英格蘭、挪威及西澳等地沿岸。之所以備受矚目主要是工程師及科學家持續進行研究發展，且波浪能具有以下幾個優點：

（一）在最耗能的冬季，可以利用的波浪能量最大，不像風能或太陽能易受天候因素影響。

(二) 海浪資源除季節性及漲退潮因素外均不會中斷，是取之不盡的能源，可 24 小時連續發電，且較不受國情及戰爭影響。

另外，可多方使用以提升經濟利益，例如：

(一) 防波

將波浪發電設備建置在約 5~10 公尺深的海域，離沿岸有相當距離，因為利用波浪的能量發電，消耗了波浪能量，所以波浪發電機組的設置，類似形成防波堤，可減少建構與保養防波堤的成本。

(二) 觀光

因設置了波浪發電機組，後方海域將成為平靜的海域，可以進行海洋休閒活動，如：潛水、香蕉船、水上滑板、拖曳傘、游泳等，另外可以提供漁民養殖，為當地帶來財富。

(三) 軍事方面

由於波浪發電機設置在離沿岸一段距離，如此可防止登陸搶灘、走私等，具有軍事、國防與海防 3 種正面效果。

(四) 預防地盤下陷

因為在波浪發電設備之後，幾乎是平靜無波的海面，可以在此海域進行養殖，避免因為在陸上養殖、抽取地下水，而造成地盤下陷。

對此英國海洋電力傳遞公司業務開發部主任卡爾卡斯表示：長期而言，這可能是最有競爭力的能源。既然目前已取得很大的發展，在相關高技術後援支持下，海洋能應用日趨成熟，為新世紀充分利用海洋能展示美好的前景，一旦技術開發成熟並商業化後，成本必然會下降。

預估 2020 年後全球海洋能的利用是目前的數百倍，因此海洋能被稱為「未來之源」。台灣地理位置除了擁有極佳條件發展太陽能及風力外，千萬不要忽略還有波浪能的存在，建議可研發波浪能源與海上風能互補等發電產業，以善用台灣優越的自然條件（資料參考：Ocean Power Delivery Ltd Cooperation Wuth the Power Industry、Hydrokinetic and Wave Energy Technologies Technical）。

九、旗津海岸潛堤工程抽砂養灘 保護海岸線初見成果

對於有海洋首都之稱的高雄市而言，旗津海岸線美景已是高雄不可或缺的地標之一，可惜近年來因長期受海浪侵蝕，造成海岸線被沖刷、砂源大量流失，旗津海岸現況侵蝕現象已經非常嚴重且部分海岸有立即性危險，市府先行編列 7 億元預算，辦理海岸潛堤工程，以改善國土流失問題及維護全民安全。

工務局新工處表示，旗津海岸保護工程北起旗津海水浴場，南至風車公園，長約 3.6 公里，包含南北人工灣澳各一座、七座離岸潛堤以及南離岸潛堤與北離岸堤各一座，另外亦製作各不同重量消波塊共計約 1 萬 1 千塊，作為拋放堤防使用，工程十分艱鉅。為

了加速工程進度，除了完成 500 公尺長南人工灣澳海面下的堤心石拋放，並開始進行消波塊拋放作業，且持續進行外海抽砂回補海岸沿線砂灘作業。

旗津海岸潛堤的工程特色，未來只會看到天然大型塊石堆砌的人工島，而消波塊則潛沒在水面下，可減少景觀衝擊，除降低當地波浪的流速，保護旗津海岸線避免持續遭受侵蝕外，更可穩定海水浴場場域水流，保留沙灘的海砂不會被海浪帶出；藉由結合鄰近海水浴場、風車公園等設施及蔚藍海域美景及 103 年將整建完成的海岸公園，可提供市民安全的親水及觀賞夕陽的悠閒環境，以展現高雄的海洋特色及創造旗津更大的觀光經濟效益。

十、西子灣海岸保育工程

高雄市政府工務局積極推動的西子灣沙灘景觀改造工程，將呈現全新的風貌，水工處表示，這處塑造成彎月型的自然沙灘，風格清新獨特，足可媲美夏威夷威基基的海灘之美，預判將能吸引喜歡徜徉沙灘弄潮，欣賞海洋美景的國內外遊客，「西子夕照」的觀光價值在消失幾十年後，將會重新成為吸引觀光客的焦點。

工務局表示，西子灣的自然岬灣是高雄市的寶貴資產，保護高雄市海岸資源，特以生態工程復育觀念，進行西子灣海岸景觀及復育工作。主要採用消波塊構築人工南、北岬頭，在岬頭內側進行養灘，以加速沙灘之穩定，塑造彎月型自然沙灘風貌，達到塑造沙灘保護海岸之效果。

十一、安平港整治和養灘工程

台南安平港為高雄港的輔助港，交通部高雄港務局加緊辦理安平港的整治和養灘工程，以促進安平港的運輸能量。

高雄港務局說，這項工程完工後，安平港除具備完善的商港功能外，也將擁有國內最大的人工養灘區，不但可發展為戶外教學自然生態區，同時可供台灣港灣工程生態工法的參考。

高雄港務局進一步說，實施人工養灘計畫可減少沙源流失，將在安平商港、漁港防波堤外側，各設置一座長三百五十公尺的馬刺型突堤，並在這兩座突堤外側拋放人工生態潛礁，供群聚水棲生物，養灘區並佈置人工潮間帶區、人工潮池區，以有利水生動、植物生長，因此將成為自然生態區及親水活動遊憩景點。

十二、攔沙養灘打造 澎湖的夏威夷

還沒放暑假，澎湖隘門沙灘上的遊客已經絡繹不絕。艷陽下，高中女生 Amy 把自己埋進沙堆，只剩一張臉。一波波海浪襲來，堆在身上晶瑩的珊瑚沙又回到海中。這一陣來自大海清涼，算是她被「活埋」應得的快樂回報。

水上拖曳船乘風破浪，一個大轉彎，一男一女飛落海面，尖叫聲快速被浪花淹沒，兩人上岸後笑著說：「再來一次。」

● 九年以前 滿布瓶罐垃圾

看著沙灘上輕快的足跡，涼爽的海風裡摻和著忘卻煩憂的歡笑聲，隘門村長李天育滿心歡喜，很驕傲地說：「我的夢實現了！」因為九年前，隘門沙灘還是一處布滿瓶罐、垃圾等廢棄物的荒涼海灘；當李天育決定「護沙」之後，隘門沙灘成功蛻變，成了一則令人尊敬與感動的傳奇。

「把沙灘的美找回來，一直是我的夢想。」從九年前當上隘門村長開始，李天育就一直思考要為隘門沙灘做點什麼。「沙灘就像一個美少女穿破衫，身上還搞得髒髒臭臭的，很可惜。」李天育形容村裡這片海灘，充滿憐惜，因為這些金白色「珊瑚沙」是澎湖的特色，細沙中羅布珊瑚、貝殼風化而成的小顆粒，柔軟中帶點扎實，跟台灣普遍可見的黑色細沙完全不同。

當年村裡一位嫁到美國的郭小姐回來告訴李天育：「咱的沙比夏威夷沙灘美多了。」她還說，夏威夷的沙灘主人每年都要從外地運沙來補充；遊客要離開沙灘，還得把鞋底的沙刷乾淨，倒回沙灘。李天育頭一回知道，外國人是這樣寶貝沙灘的。

● 牛車運沙 當成養豬堆肥

隘門沙灘是上天給隘門人的厚禮。但當年居民缺乏保育觀念，一牛車一牛車地把沙子運回家當養豬用的堆肥沙堆，混合豬雞糞尿和廚餘等有機家庭垃圾，成了田間有機肥，回填的是大量瓶罐、塑膠袋等廢棄物，蔚藍海灣面目全非，成了拒人千里的垃圾山，連隘門人也忘了她。

● 早起淨灘 九年風雨無阻

心疼美景變調，身為村長也責無旁貸。六十幾歲的李天育，天未亮就在沙灘撿拾會割腳的咾咕石和垃圾，九年來風雨無阻；假日到了，就吆喝左鄰右舍幫忙提桶子清走這些垃圾。剛開始，眾人投以狐疑眼光，但當沙灘逐漸恢復清潔，讓人放心赤腳踩踏、跳躍時，李天育知道，隘門沙灘失而復得的日子不遠了。

「美少女洗完身軀、換了新衣裳，接下來該補充營養。」每年秋冬的強勁東北季風，颳走大量的細沙，只剩咾咕石的沙灘坑坑洞洞，到夏天還是見不得人。

● 海風偷沙 埋樁架網攔截

民國八十八年，老村長李天育突發海沙「冬收夏藏」奇想，利用蓋廟剩的鷹架竹竿，結合菜園裡的攔風網來土法煉鋼，在沙灘架起攔沙網，想把海風偷走的沙子給硬攔下來。東北季風冷冽刺骨，吹得老村長挺不直腰桿，眼睛也睜不開。一周下來，沙灘愈堆愈高，老村長禁不住老淚縱橫，「感謝老天，我成功了！」

● 闖出名堂 官方接手護灘

原本冷漠的鄉公所，看到李天育的「土法攔沙」攔出成績，立刻接手補助攔沙工程，更專業的配備，「收起來的沙有一、二百台砂石車的量，」連澎湖風景特定區管理處也開始關心，至今都是澎管處負責攔沙養灘，年年都有淨灘活動在此舉行。

● 老婆念他 厝裡代誌嚟顧

李天育幾乎天天來沙灘報到，老婆念他：家裡亂糟糟都不幫忙整理；他說：「沙灘是隘門村的門面，一定要顧好。我們家只是全村一百多戶之一而已，妳顧就好。」看沙灘的名氣和人氣一天比一天響亮，這過程不知滴下多少汗水，他笑說：「以前的汗是鹹的、苦的；現在是甜的。」

李天育打造了「澎湖的夏威夷」，曾被遺棄的沙灘找回熙攘的人潮。今年他更以村民當股東，合組「隘門社區休閒開發公司」，從鄉公所手上標下沙灘經營權，創下在地居民自組公司經營環境的首例。

十三、蓋高腳屋 拉高空間不納入容積

為了因應全球氣候變遷及颱風豪雨所造成的環境衝擊，2012年12月6日內政部通過「建築技術規則」相關條文，鼓勵沿海低窪地區興建「高腳屋」，以避免洪水危害。

為了提升建築物的防洪能力，內政部日前邀集專家學者、地方政府及相關部會等召開多次會議，獲得共識，並於6日的部務會報通過「建築技術規則」第四條之2修正案，針對高腳屋最低樓層下部空間有關高度3公尺限制及低度使用管制、機電設備設置、免計入容積總樓地板面積項目，及地方政府配合劃設適用範圍等事項加以規範。

十四、「升降土地公廟」士林三腳渡天德宮

台北市士林區天德宮在當地非常有名，因為只要颱風一來，整座土地公廟就像坐升降梯一樣可以升起來，最高可升到離地7公尺，和旁邊的堤防一樣高，這樣就不怕颱風來淹水，可以說是全台灣唯一一座會升降的土地公廟。

天德宮位於士林三腳渡碼頭邊，雖然小卻相當醒目，不是因為特別豪華，而是廟的四個角豎了四根大鐵柱，滾輪一轉、鐵繩一拉，整座廟就好像坐升降梯一樣，最高可以升到離地7公尺，和堤防一樣高。

由於廟裡面供奉的神明太多，又在碼頭邊，水利處不准行水區內有建築物，在無法搬家又怕淹水的情況下，機械工程師出身的李先生設計一套大型裝置，颱風來廟就向上升起，避免水淹土地公，等到颱風過後再降下來，成為全台唯一一座可以升降的土地公廟。

期刊書籍

1. 許民陽。2005。臺灣海岸侵蝕後退的現況—淡水河口、蘭陽平原、花東海岸篇。地質，24卷1期，64-75。
2. 塗明寬、張徽正。2005。台灣海岸地質環境-東部海岸篇。地質，24卷2期，32-45。
3. 林俊全。2012。海岸變遷對台灣海岸地帶的影響與因應。地景保育通訊，34卷，2~5。
4. 陳建中、吳南靖、朱志誠。2006。安平港人工養灘之前後地形變化之探討。中華技術，70期，50~57。

網路資訊

1. 鍾寶珠 (2009年10月11日)。花蓮海岸地形監測及侵蝕防治對策。水患治理監督聯盟全國治水會議 <http://waterwatch.ngo.org.tw/node/5652>
2. 林毅璋、劉力仁、吳亮儀、湯佳玲、蔡彰盛、洪美秀、羅正明、謝武雄 (2011年7月25日)。消失的國土 退縮海岸線專題報導—海岸線敗退 台灣島消瘦【自由時報電子報】 <http://www.libertytimes.com.tw/2011/new/jul/25/today-life4.htm> 台灣變瘦了，但瘦得很不健康！
3. 林毅璋、劉力仁、吳亮儀、湯佳玲、蔡彰盛、洪美秀、羅正明、謝武雄 (2011年7月25日)。消失的國土 退縮海岸線專題報導—海岸線敗退 台灣島消瘦【自由時報電子報】 <http://www.libertytimes.com.tw/2011/new/jul/25/today-life4.htm>
4. 高嘉和 (2009年11月22日)。台灣變小了 4處海岸線退縮【自由時報電子報】 <http://www.libertytimes.com.tw/2009/new/nov/22/today-life3.htm>
5. 田德財 (2012年8月30日) 誰是東海岸土地流失的殺手系列報導之二—東海岸土地遭蝕 地主空有權狀【更生日報】 http://www.ksnews.com.tw/newsdetail.php?n_id=0000298263&level2_id=102
6. 楊宜中 (2011年8月6日)。磯崎海岸線 1年後退4.6公尺【自由時報電子報】 <http://www.libertytimes.com.tw/2011/new/aug/6/today-north18-2.htm>
7. 彭淮棟 (2007年4月11日)。全球暖化 2080年30%海岸線消失【聯合晚報】 http://mypaper.pchome.com.tw/god_777_77/post/1284010100
8. 洪臣宏 (2010年2月3日)。離岸堤下陷 河川局：不影響功能【自由時報電子報】 <http://www.libertytimes.com.tw/2010/new/feb/3/today-south6.htm>
9. 游太郎 (2009年4月3日)。離岸潛堤守護海岸線 魚群棲身【自由時報電子報】 <http://www.libertytimes.com.tw/2009/new/apr/3/today-north11-2.htm>
10. 經濟部水利署 (2012年5月17日)。台灣海岸 屏東海岸—海岸防護【經濟部水利署】 <http://www.wra.gov.tw/ct.asp?xItem=12617&ctNode=2426&comefrom=lp>
11. 胡宏志 (2011年9月23日)。保護旗津海岸線 離岸潛堤工程動土【奇摩新聞】 <http://tw.news.yahoo.com/%E4%BF%9D%E8%AD%B7%E6%97%97%E6%B4%A5%E6%B5%B7%E5%B2%B8%E7%B7%9A-%E9%9B%A2%E5%B2%B8%E6%BD%9B%E5%A0%A4%E5%B7%A5%E7%A8%8B%E5%8B%95%E5%9C%9F-101214252.html>

12. 劉玟惠、徐志維 (2013 年 5 月 2 日)。利用波浪高低落差 發展海洋能發電【奇摩新聞】
<http://tw.news.yahoo.com/%E5%88%A9%E7%94%A8%E6%B3%A2%E6%B5%AA%E9%AB%98%E4%BD%8E%E8%90%BD%E5%B7%AE-%E7%99%BC%E5%B1%95%E6%B5%B7%E6%B4%8B%E8%83%BD%E7%99%BC%E9%9B%BB-120411500.html>
13. 李佳翰 (2009 年 4 月 13 日)。360°財經：波浪發電【DIGITIMES 中文網】
http://www.digitimes.com.tw/tw/dt/n/shwnws.asp?CnID=10&cat=30&id=0000129194_TYW0H2AUL2L9MZ36U95LW&ct=2
14. 薛英林 (2007 年 5 月)。台灣海域波浪發電潛力無窮【能源報導】
<http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=200705&Page=34>
15. 何沛霖 (2012 年 6 月 6 日)。旗津海岸潛堤工程抽砂養灘 保護海岸線初見成果【台灣好新聞報】
<http://taiwanhot.net/portal.php?mod=view&aid=9724>
16. 高雄市政府工務局 (2008 年 2 月 25 日)。媲美夏威夷威基基海灘『西子灣海岸保育工程進入養灘作業囉~』【高雄市政府工務局電子報】
http://163.29.241.64/pwb/ebook/epaper111_5.htm
17. 陳朝福 (2003 年 9 月 2 日)。高雄港務局加緊辦理安平港整治和養灘工程【中央社】
<http://www.epochtimes.com/b5/3/9/2/n368915.htm>
18. 鄭朝陽 (2007 年 6 月 4 日)。攔沙養灘 隘門老村長打造 澎湖的夏威夷【聯合報】
http://mag.udn.com/mag/people/storypage.jsp?f_ART_ID=71751
19. 莊惠惠 (2007 年 11 月 29 日)。李天育復育有成 隘門沙灘保住美麗【澎湖日報】
http://www.phsea.com.tw/travel/index.php/%E6%9D%8E%E5%A4%A9%E8%82%B2%E5%BE%A9%E8%82%B2%E6%9C%89%E6%88%90_%E9%9A%98%E9%96%80%E6%B2%99%E7%81%98%E4%BF%9D%E4%BD%8F%E7%BE%8E%E9%BA%9720071129
20. 劉品希 (2012 年 12 月 6 日)。內政部鼓勵蓋高腳屋 拉高空間不納入容積【中央廣播電台】
<http://tw.news.yahoo.com/%E5%85%A7%E6%94%BF%E9%83%A8%E9%BC%93%E5%8B%B5%E8%93%8B%E9%AB%98%E8%85%B3%E5%B1%8B-%E6%8B%89%E9%AB%98%E7%A9%BA%E9%96%93%E4%B8%8D%E7%B4%8D%E5%85%A5%E5%AE%B9%E7%A9%8D-101800962.html>
21. 楊佩琪、張仲華 (2012 年 06 月 21 日)。「升降土地公廟」士林三腳渡天德宮全台唯一【東森新聞雲】
<http://www.ettoday.net/news/20120621/62519.htm>
22. 大愛電視台 (2009 年 9 月 13 日)。與海爭地—海岸侵蝕流失快 六年退縮 44 公尺【大愛新聞】
<http://www.youtube.com/watch?v=uRI2iFA8xgY&list=PLC26F7C67DEF17E55>
23. 大愛電視台 (2009 年 12 月 7 日)。拯救地球—氣候變遷過度開發 台灣變瘦變小【大愛新聞】
http://www.youtube.com/watch?v=f_EOPP349W0
24. 大愛電視台 (2011 年 6 月 7 日)。東海岸施工中—新社侵蝕【大愛新聞】
<http://www.youtube.com/watch?v=3M-TMp8N8Qc>

25. 公共電視台 (2011 年 10 月 14 日)。台灣海岸消失?!七股.台南.旗津海岸倒退嚕! 全台海岸線大警戒?!【南部開講】<http://www.youtube.com/watch?v=jywY9En0p6A>
26. 大愛新聞台 (2009 年 12 月 7 日)。拯救地球—極端氣候釀危機 加重侵蝕海岸線【大愛新聞】<http://www.youtube.com/watch?v=JEA33kX4kWY>
27. 民視新聞台 (2011 年 1 月 22 日)。消失 海岸線【民視異言堂】
<http://www.youtube.com/watch?v=XVTOavS-IGU>
28. 大愛新聞台 (2010 年 6 月 13 日)。漂浮的未來—因應海平面上升打造未來漂浮屋【大愛新聞】<http://www.youtube.com/watch?v=WKNPLA9A6ao>
29. 華視 (2011 年 8 月 31 日)。林邊「雨必淹」! 逾 200 屋被迫「長高」【華視新聞】
http://www.youtube.com/watch?v=fM_xTFdz7Y4
30. 民視綜合台 (2012 年 6 月 23 日)。早就有!泰安高腳屋 彰濱海中屋【民視新聞】
http://www.youtube.com/watch?v=HbYyNf_mVVA
31. 中天新聞台 (2012 年 06 月 21 日)。土地公廟搭電梯躲水災 全台唯一奇觀【中天新聞】
<http://www.youtube.com/watch?v=MXpxiOzSWfY>

圖表來源

圖 1、表 2：許民陽 (2005 年)。臺灣海岸侵蝕後退的現況—淡水河口、蘭陽平原、花東海岸篇。地質，24 卷 1 期，64-75。

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

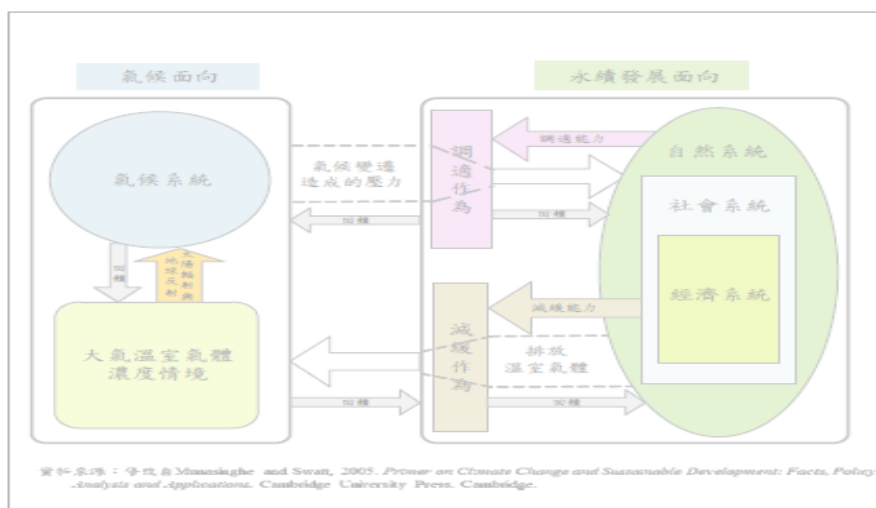


圖 1：氣候變遷減緩與調適作為示意圖。

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。

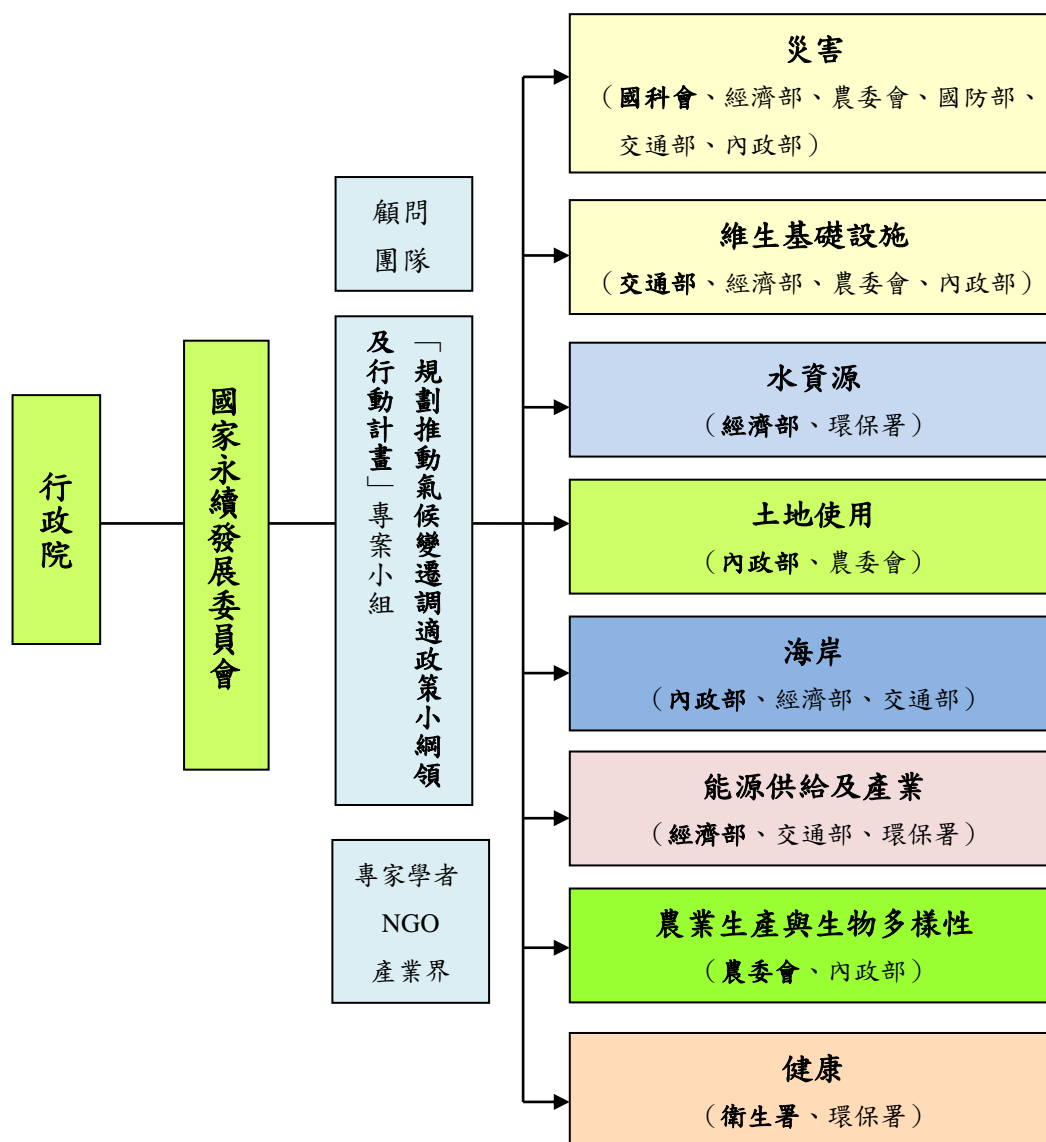


圖 2：國家調適工作架構。

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。

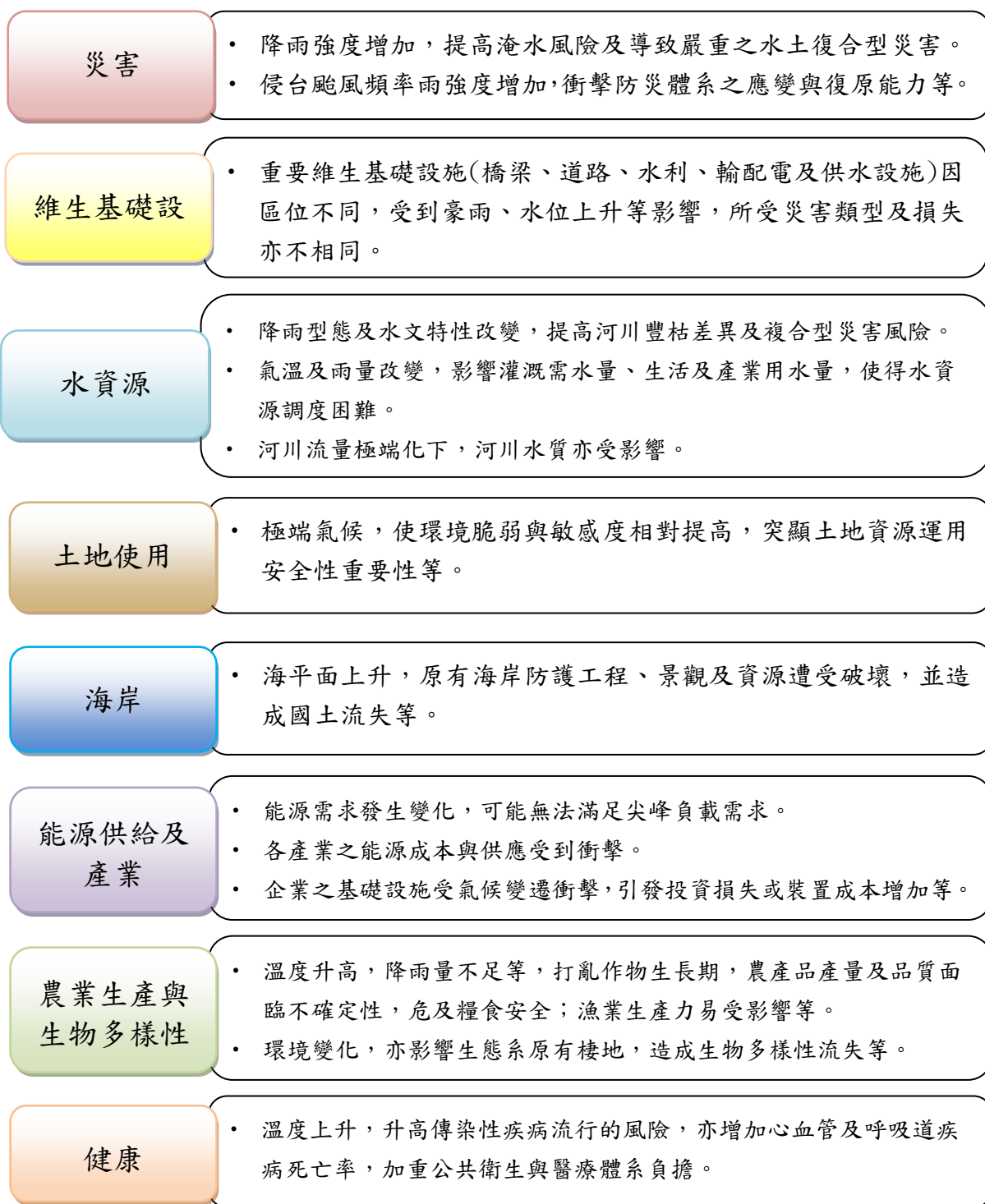


圖 3：各調適領域衝擊與挑戰。

◆ 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、蟬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。