

因應氣候變遷的 海岸造林新思維

撰文 | 林宗儀（臺灣師範大學地理學系教授）

海岸地區，尤其是沙岸的環境，冬季期間風勢強勁飛砂漫天，影響海岸居民生活甚鉅。過去林務局在海岸地區的第一要務就是種樹防風、防飛砂，這樣長期、大規模的人工造林。不論是要稱它為海岸保安林或飛砂防止林，在過去臺灣海岸的環境防護上確實功不可沒。但在近二十幾年來，根據筆者自己在西部海岸做調查研究時所遇到的場景，可以發現許多原本離海岸濱線還有一段距離的防風林帶，在近十幾年間有了非常大的變化。海岸濱線後退、海灘侵蝕、海水入侵，海岸林的高大林木紛紛倒臥在浪潮中，終至整片海岸林消失。在這同時，也看到相關單位每年仍然編列預算，嘗試要在消失的保安林地上圍籬植樹，希望能把保安林再造回來，但更多的是一次又一次的失敗，有些案例甚至才剛種好樹苗沒幾個月，就不幸碰到颱風事件，暴潮加上波浪的襲擊，導致前功盡棄，連個造林的痕跡都找不到。

海岸環境多變動，植樹造林不比在陸地山區，除了要深入了解個別造林地區的海岸環境作用特性之外，還要思考在未來氣候變遷的情境下如何因應。這篇文章的主要目的，是要從氣候變遷下海岸面臨的災害威脅，來檢討現今保安林所面臨的處境，及思考未來海岸造林及經營管理的一個可持續策略。

海岸環境的變動特性

海岸地區位處海洋和陸地的交界帶，同時也受到大氣和生物活動的影響，因此這個地方的環境作用營力非常複雜，例如海水的潮汐、波浪、海流，大氣的風和各種棲息在海岸帶的生物，包括人類的活動，都會造成這個敏感環境變動。這種變動，其實也存在著各種不同的時間和空間的尺度，從分秒、小時到日、月或季節、年、幾十年、百年、千年、萬年以上，空間上也可從一小段海岸、



海岸侵蝕、土砂流失，大片林木倒臥浪濤中。

擴大到整個縣市、國家、區域甚至全世界。雖然在任何特定時間和空間的尺度下，這樣的海岸環境系統內部可以視之為平衡，但因為各種外在營力作用的組合其實是不斷變動，因此也使海岸的變動變成它的一種環境特性。學術上為了方便探討海岸環境變遷的因素，常分成長期（百、千、萬年以上）和短期（年內、幾年間、幾十年間）兩大類，造成海岸變遷的長期因素，包括了大地構造運動跟海水面的變化等，而短期因素則包括河川輸砂、波浪、潮汐、海流、風和各種人為干擾等，例如：河川上游興築水庫，阻斷海灘沈積物來源；河川整治，廣築河堤，減少河川沈積物的供應；非法大量採集河川砂石，減少海岸沈積物供給；修築海堤，阻斷海崖侵蝕帶來的砂源及突出海岸之大型結構物，如突堤、防波堤、導流堤等，阻撓沿岸輸砂，造成所謂突堤效應，導致在優勢沿岸流的上游側淤積，下游側侵蝕。

氣候變遷下海岸災害的威脅

在全球暖化的氣候變遷情境下，衝擊海岸地區最明顯的變化，是全球海平面上升及極端事件（颱風、風暴）的侵襲更加頻繁。其所導致的結果就是海岸濱線的後退，海岸侵蝕加劇，海水入侵、土壤鹽化及因為颱風波浪、暴潮溢淹所帶來的海岸災害。若再加上因為外部人為開發所帶來的極大壓力和對自然平衡的干擾，則災害的破壞和威脅，更令人憂心。

臺灣西部沙岸大約從1950年代開始，就在局部地區出現海岸侵蝕的現象。而自1980年代以來，海岸空間的開發利用更是蔚為風潮，眾多大型工業區、港口的開發案規劃，從北到南一個接一個。但在作者過去利用1980前後—2010前後，大約三十年時距的航空照片及衛星影像等進行全島海岸濱線的

對比分析，也明確指出多處的所謂侵蝕熱點，造成侵蝕的主要原因不一而足，混合著自然和多種人為的因素。唯一共同的特點是

位在這些侵蝕熱點的海岸保安林地常因海岸侵蝕、土砂的流失而導致大片林木倒臥浪濤中。

除此之外，許多保安林也面臨嚴重的飛砂侵入及鹽沫災害，導致林木被砂埋而枯萎。

傳統的海岸防護

臺灣社會過去在面臨這種因為海岸侵蝕所帶來的各種海岸災害時，傳統的防護思維，主要是以硬體的工程構造物來抵擋，例如建置海堤、突堤、離岸堤等設施，以拋置大量消波塊的方式來防潮抗浪。而沿海居民也習慣了這樣的硬性防護工法，但往往忽略了工程結構物所帶來的負面影響，甚至輕忽了因為氣候變遷所帶來更巨大的大自然破壞力。

這些工程結構物的設置，原本是要抵擋海岸侵蝕，防止進一步的砂土流失。但許多實際的觀察也發現，這些大致平行海岸的海堤，可能因為加強了波浪的反射能量，而加速堤前海灘侵蝕消失。而突堤、離岸堤等的攔砂堆積作用，則容易引發優勢沿岸流下游側的侵蝕，導致生態及景觀遭到破壞，親水休閒也受到阻礙等負面效應。再加上許多傳統硬性結構物本身往往在遇到颱風、暴潮事件時，也很容易遭到破壞，功能不足以保護沿岸地區居民免於災害。而且在結構物被破壞之後的維修費用及居民受災後的補償費用，也終非政府財政經濟所能負擔。



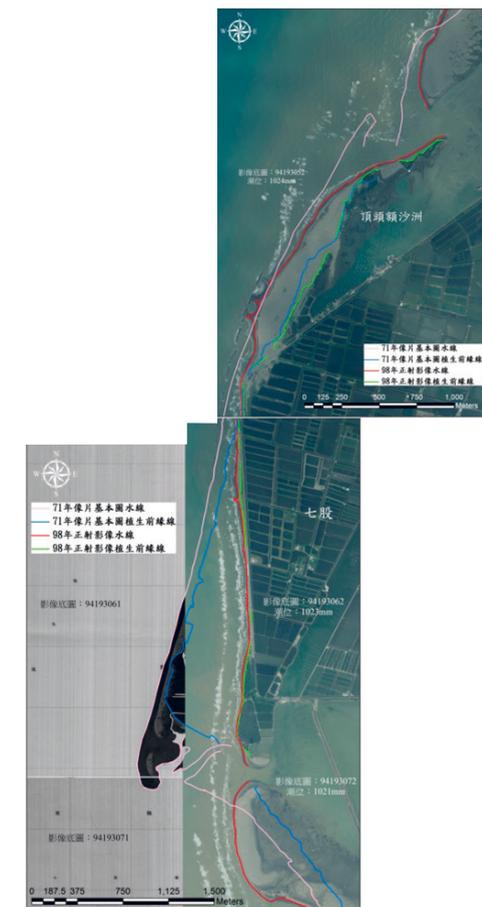
- ① 飛砂侵入保安林，導致林木被砂埋而枯死。
- ② 傳統海岸防護硬性工程結構物—海堤及拋石、消波塊等。
- ③ 新竹漁港防波堤的突堤效應，造成沿岸輸砂下游側的侵蝕，雖增建海堤、短突堤群以對，但只造成更快速的濱線後退、沙灘消失。

硬性防護工法 對海岸保安林的影響

事實上，許多海岸保安林的倒塌、消失，就與這些工程結構物負面效應息息相關。下以臺南七股頂頭額汕，在國聖燈塔以南大面積海岸保安林的消失為例說明。

頂頭額汕原本是離岸的沙洲島，後來因為魚塢的開墾和連結道路的建設，也使得離島沙洲成為海岸最前緣的一片廣大沙灘，在墾殖魚塢及道路的最前方築有土堤保護。而大約在1996—1998年間，北側下來的沿岸輸砂，因受到將軍漁港防波堤工程影響，開始出現砂源供輸失衡，導致這段海岸開始有局部侵蝕問題，也促使民代施壓第六河川局，規劃離岸堤工程。而11座離岸堤在1999—2001設置後，最北側的離岸堤後方，也如規劃的目標，開始堤後聚砂。但在這同時，在最南側離岸堤的下游側（南側）開始出現海灘消失、濱線後退、土堤破堤及防風林倒塌死亡等一連串的負面效應。

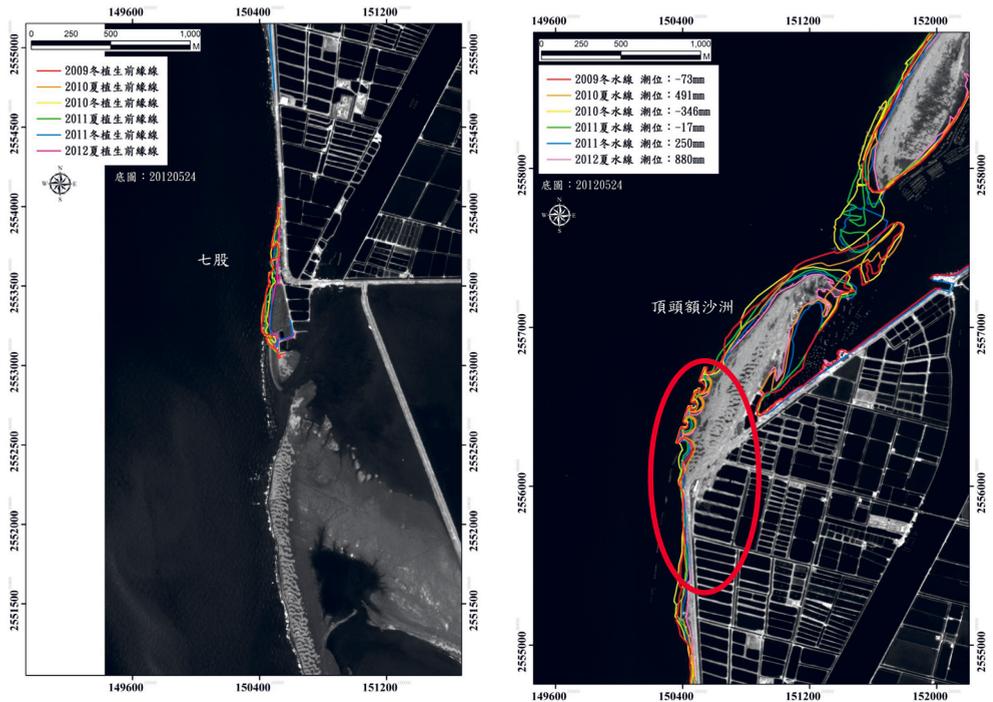
盤點一下在2001—2011年間此地區的變化，包括了：最北側4座離岸堤持續發揮堤後聚砂功能，但更南側的其他離岸堤，堤後仍然無砂；再則，原本寬廣的保安林帶也逐漸縮小，北端較窄林帶背後的高低土堤，也因此常發生波浪破堤淹水的情況；第三個變



頂頭額汕（◀ 1982 vs. ▶ 2009）

化是，防護工程單位在離岸堤群的南側侵蝕段，加設短突堤群，新建加高的水泥海堤，並在海堤堤腳大量拋置消波塊來阻擋更進一步的海岸侵蝕。但海岸侵蝕問題似乎只有持續向南側來蔓延。

2012年夏天的一場颱風事件，在這段保安林木已經消失的海岸，也造成一段水泥海堤的破堤，但這次破堤後，只是促成了更全面的海堤修築，完全把最南段殘存的一小片保安林隔絕在堤外，到了2018年，這僅剩



◀ 頂頭額汕2009—2012年間的海岸濱線變化，在2001年離岸堤工程完工後，南側海岸保安林開始逐步消失，2012年僅剩堤防外側一小區塊。

▶ 紅框區，飛砂侵入問題嚴重，保安林木被砂埋而枯死。

的防風林和沙灘也被侵蝕殆盡，總計在大約17年間因為海岸侵蝕而消失的海岸保安林面積，粗估至少有50—70公頃。

但其實這一連串防護工程設施，對於海岸保安林的負面影響，並不止這一端。前面提到的11座離岸堤工程的最北側幾座，因為沿岸流帶來的輸砂，在離岸堤後淤積成舌狀海灘。但也因為快速的堆砂速率，使得沙灘上的植被生長拓殖不易，導致堤後沙灘多裸露無覆蓋。故每當冬季東北季風盛行期間，就會造成大量飛砂侵入後側防風林造成前緣的林木枯死，或飛越海堤，掩埋堤後道路、防汛備用消波塊，侵入魚塢等，造成嚴重飛砂問題。

氣候變遷下的海岸防護策略

基於上述硬性工程結構物的種種缺失，面

對未來氣候變遷的挑戰，我們其實可以有一些新的海岸減災策略，不再用阻擋海水於堤外來思考，而是改採順應自然海岸變遷趨勢的調適策略來因應。海水面上升，海岸濱線的位置會隨著內移，只要不受太多人工結構物（圍牆、築堤）的干擾，目前的海岸自然環境，如沙灘、沙丘、泥灘、草澤等也會跟著內移，並不至於消失。因此只需做好環境管理，管制不當的人為侵入和破壞，自可維護這些海岸環境的生物多樣性，使其環境功能得以持續。

這些海岸防災的新思維大致分成工程的調適和非工程的治理兩大類。工程的調適，除了指防護工法可以從硬性改成軟性的思考，例如改以養灘或沙丘重建與保育，來蓄積海岸防護所需的砂源之外，在心態上也可以從堅守一條水泥防線慢慢調整成可以適度放棄硬體結構物的新增和維修，讓海岸濱線可以

再度自由移動。棄守可以使臺灣西部海岸沖積平原，因為海岸的侵蝕作用，反倒成為新的海岸沙灘及沿岸漂砂的重要砂源。新的海灘會在較內陸側的新位置上形成，所以海灘不會消失。

海岸沙丘是由鬆散砂粒堆積而成，對於環境的變化具高度的調適及緩衝功能，是保護海岸的最佳天然屏障。在風暴期間，不但可以制止波浪的入侵，還可供給砂源給另一道天然防線—海灘，平時則還兼具制止風、鹽沫和砂粒等往內陸入侵的功能。沙丘上的植被覆蓋可以幫助沙丘儲砂，沙丘儲砂量愈多，就愈具防禦力，因此歐洲西方國家應用沙丘來防潮抗浪已有數百年以上的歷史。

而非工程治理的概念，則是主張人類應從未來海岸易致災的區帶撤退，可以透過國土規劃及調查，劃設適當的後退帶或海岸災害緩衝帶，並透過教育與管理的手段，讓民眾認識這個緩衝帶環境之高脆弱度（易致災性），並管制土地開發與使用方式，自然可以減少海岸災害帶給人們的生命、財產損失，而其環境生態與自然地景也可以保存，萬物生靈均共同受益。

氣候變遷下海岸保安造林新思維

是以，未來海岸保安林的經營管理與新造林，若可依循這樣的理念去調整，不再堅持因海岸侵蝕而毀壞的保安林要原地重建，可

以適度的棄守撤退，甚至啟動全面性的海岸林區重劃。海岸造林的主要目地和功能應著重海岸聚落的防風、防飛砂，並引西部海岸大量消失的保安林為殷鑑，千萬不要再誤以為海岸造林，能夠防止海岸的砂土流失。在大自然強大的營力作用下，及早規劃後撤，讓出預估的海岸後退空間，並搭配海岸沙丘重建、復育的分期植生設計，以植物演替的觀念，分年分階段，從先驅型草本蔓藤類植物（第一期），待沙丘發育稍穩定後，在其後方種植永久性草本（第二期）、灌木、矮樹叢及荳科植物等（第三期），最後布置木本科植物（第四期），以三至五年時間，形成複式林相，以提供足夠的遮覆穩定沙丘，並防止風的侵蝕。附帶的效益包括降低沙丘維護費用、增進視覺的適意及改善原生動物（如鳥類）的棲地等。

像這樣因應氣候變遷的海岸造林新模式，整合海岸減災的工程調適（沙丘強化或重建）與非工程治理（劃設緩衝帶，限制人為的開發或投資）概念，對沿海聚落而言，既能幫助隔出一條海岸災害緩衝帶，又能保護居民免於飛砂、鹽害，將會成為因應未來氣候變遷的最佳調適典範，也是未來海岸減災及環境永續的重要一大步。實際的行動可先以海平面上升情境中，海岸災害脆弱度最高的西部海岸地區為優先，漸擴及全島。