

英國田野學習協會課程分享：海岸防禦的評估與效益分析

文／圖 ■ 朱宏達 ■ 林務局屏東林區管理處雙流自然教育中心環境教育教師

林余儒 ■ 林務局屏東林區管理處雙流自然教育中心環境教育教師

梁輝弘 ■ 林務局南投林區管理處奧萬大自然教育中心環境教育教師

一、前言

波洛克（Porlock）位於英國西南，屬於英格蘭索美賽特郡（Somerset），北臨布里斯托灣，距離奈特坎北宮田野中心西北方約 19 公里處。市區人口數約 1,440 人，傳統產業以漁業為主，自 Minehead 鐵路開通後，產業逐漸轉為觀光業為主，熱門觀光景點包括 Minehead 及波洛克海灣（Porlock weir），而觀光客人數通常也大於在地人的數量，另外也有人口老化的問題存在，2010 年統計有超過 40% 的人口數為可領取退休金的年齡。所在位置多海岸地形，最大潮差達 18 公尺，為全世界第二大，僅次於加拿大，在 3 月及 9 月為潮汐最大時期，然而 1990 年代開始由於氣候變遷導致海平面上升，甚至造成海水倒灌。

因應海水倒灌對於海岸環境的衝擊，在海岸有幾種不同的處理方式，如下：

- （1）不做處理，以鹽沼的方式保留現地環境。
- （2）以木製防坡堤破壞海灘上砂石的流動，使其留在原地，以保持海岸不被沖刷或延展海灘的長度。

- （3）可承受大浪沖擊的垂直海堤。
- （4）帶有彎度的海堤，可反射並削弱海浪能量。
- （5）拋石防坡堤，經由不規則的表面增加摩擦削弱海浪能量。
- （6）利用漂離的砂或近海沉沙來作海灘養護，因為砂的緩衝特性，減少對海岸線的沖刷。
- （7）使用各式板面或漂礫或石籠網作成的駁岸，減少海浪的衝擊。

由於各種因應措施不同的功能，有其優勢及弱勢之處，加上花費的經費歧異很大，FSC 在此作長期的觀察，並製作對於波洛克灣海岸防禦的兩極評價表，希望能讓大家思考選擇怎樣的方式來經營海岸。



▲圖1、波洛克海灣上的木製防坡堤



▲圖2、波洛克海灣上的木製防坡堤



▲圖3、海岸地形及鹽沼交界處

二、實地課程操作

(一) 海岸防禦評估

本段課程主要在於使用表 1 之評估表，去評估海岸的天然或人工設施對於海水防禦的作用效果，教師會實際將學生帶到海岸現場，對這些海水防禦設施觀察之後進行評估作業。

在波洛克海灣，實習課程當天我們頂著寒風一共觀察了 3 種海岸防禦類型，如圖 4、5，分別是鹽沼、木樁丁壩以及海堤，中心教師帶領我們走過長長的海岸線，依序觀察這幾

種海岸防禦類型，並解說歷史及特色，每種海岸防禦類型都可以使用這個表格去評估，共有 9 大項因子需要評估，每種海岸防禦類型在每個因子裡都必須給予分數，視評估者給予正面或是負面評價，以及正面或是負面評價的程度如何，給予 9 個分數，最後相加得到總分，即是該海岸防禦類型對於海水防禦性的評估分數。當天我們所有的學員幾乎都對於較天然的鹽沼給予較高的分數，而對於水泥做的海堤給予較低的評價，除了較為天然及美觀外，鹽沼其維護費用及對於生態上的維持程度較高，顯示天然環境的維護是有必要的。



▲圖4、觀察鹽沼



▲圖5、進行評估作業

表 1、波洛克海灣對於海水防禦性的兩極評估表

BIPOLAR EVALUATION OF SEA DEFENCES AT PORLOCK BAY							
波洛克海灣對於海水防禦性的兩極評估							
LOCATION: PORLOCK BAY				TYPE OF DEFENCE: SALT MARSH			
地點：波洛克海灣				防禦類型：鹽沼			
	SCORE 分數						
NEGATIVE EVALUATION FACTOR 負面評估因子	-3	-2	-1	1	2	3	POSITIVE EVALUATION FACTOR 正面評估因子
Vulnerable to erosion (unable to 'hold the line')							Effective protection against erosion (able to 'hold the line')
容易崩塌（無法保護海岸線）							有效防護崩塌（可以保護海岸線）
Vulnerable to overtopping (unable to control flooding)							Effective against overtopping (good flood defence)
容易倒灌（無法控制洪水）							有效防止倒灌（好的洪水防治）
Ugly (poor aesthetic value)							Enhances natural environment (high aesthetic value)
不美觀（審美觀價值低）							加強自然環境（審美觀價值高）
Poor access to beach							Good provision made for access to beach
不容易親近海灘							容易親近海灘
High safety risk to general public							No obvious safety risk to general public
對公共安全危害性高							對公共安全危害性低
Short lifespan &/or high maintenance costs							Good life expectancy &/or low maintenance costs
生命期短或維護費高							生命期長或維護費低
High levels of disturbance caused to local people during construction							Low levels of disturbance caused to local people during construction
建構期對於當地居民的干擾高							建構期對於當地居民的干擾低
Disturbs natural coastal processes & habitats							Maintains natural coastal processes & habitats
干擾自然海岸過程或生態							維持自然海岸過程或生態
Total score=							
總得分=							

（二）波洛克海灣淹水風險測繪工作

本段課程主要在於使用以下表 2 之評估表，中心教師事前會發給每個學員評估地點的地圖及評估表，地圖上已有分區，對照地圖裡每一塊已經劃分好的區塊，實際到地圖上的區域進行現場觀察，並給予淹水風險的分數，整體的淹水風險可以使用下列表格進行測量，每塊區域分別計算兩個因子的分數，分別是淹水

可能性（Flood likelihood）及淹水嚴重性（Flood severity），每個因子的分數都有給分的標準，如距離海平面高度或是土地利用狀況等，兩項因子相乘之後，可以得到每個區塊的淹水風險，如果沒有適當的防範措施，分數 6 以上的區域是很容易淹水的。由於當天時間因素，本課程只有中心教師進行簡單的解說，並沒有實際進行實地操作，這是比較可惜的地方。

表 2、淹水風險評估表

Polygon	Likelihood	Severity	Risk
區塊	可能性	嚴重性	風險
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
說明 1： Flood likelihood is greater for areas that are lower lying and nearer to the sea 淹水可能性較大的是那些地勢低窪或靠近海邊的區域			
說明 2： Using the ordnance survey map work out the height above sea level for each polygon and score it using the following scale: 0 - 5m = 3 6 - 10m = 2 11+m = 1 This is the flood likelihood score 使用軍械測量圖算出每個區域海平面高度及分數，使用以下量度： 0-5公尺=3分 6-10公尺=2分 11公尺以上=1分 這是淹水可能性分數			
說明 3： Flood severity is greatest where the land at risk is of higher value 當土地在淹水可能性高的地方其淹水嚴重性是最大的			
說明 4： Look at buildings in each polygon and score the land use using the following scale: Tourist/retail functions = 3 Residential unit = 2 Open space = 1 This is the flood severity score 檢視每塊區域的建築並使用以下尺度計算土地利用： 遊客／零售功能=3分 住家=2分 空地=1分 這是淹水嚴重性得分			
說明 5： Overall risk is calculated as: Flood risk = likelihood X severity An area with a flood risk score of 6 or higher is at significant risk of flooding by the sea if no defence measures in place 總風險計算如下： 淹水風險=可能性X嚴重性 如果沒有適當的防範措施，分數6以上的區域是很容易淹水的			

(三) Minehead 的海岸防禦方案成本效益分析

本段課程主要在於使用以下表 3 及表 4 之評估表，課程前中心教師會先發給每個學員評估地點的地圖及評估表，地圖上已有各個分區位置，同樣對照地圖裡每一塊已經劃分好的區塊，學員需使用評估表計算每個區塊海岸防禦成本效益，成本效益的計算方式為評估區域的防護財產總價值除以海岸防護的十年花費，十年花費依據防護的類型不同而有不同的單位成本，包括每公尺的製作費用以及維護費

用，這些都已有數值可參考只要計算長度即可，同樣的，防護的財產價值依照其類型也有不同，也有數值可參考，只需計算數量。若計算出來的成本效益高，表示該地區使用的防護方案的花費是有效且值得的，成本效益低則表示該防護方案的花費較不值得，可能要找一個較便宜的替代方案。由於時間因素，本課程沒有實際進行實地操作，但是中心教師有進行簡單的操作方式說明，以及在 Minehead 參觀各種海岸防禦方式，並現場觀摩城鎮發展實例。

表 3、十年花費計算表

Defence scheme 防護方案	Length/number at Minehead 在Minehead的長度／數量	Approx. cost per metre/unit(£) 每公尺／單位的花費	Maintenance cost per metre/unit over a 10 year period(£) 十年每公尺／單位的 維護費用	Cost over a 10 year period (£) 十年花費
Curved sea wall 弧形海堤		500	500	
Rock armour 石鎧甲		1000	0	
Rock armour groyne 石鎧甲丁壩		100,000 each	0	
Revetments 駁岸		2,000	1,200	
Beach nourishment 海灘養護		2,300,000	100,000	
Total cost for 10 years defence (£)= 十年防護總花費(英鎊)=				

表 4、防護的財產價值計算表

Type of property 財產型態	Total number at Minehead 在Minehead的數量	Approx. value per unit(£) 每單位的價值(英鎊)	Value of property defended(£) 防護的財產價值(英鎊)
Small house 小房子		300,000	
Large house 大房子		450,000	
Apartment block 公寓樓		2,000,000	
Retail unit 零售單位		400,000	

Type of property 財產型態	Total number at Minehead 在Minehead的數量	Approx. value per unit (£) 每單位的價值(英鎊)	Value of property defended (£) 防護的財產價值(英鎊)
Pub 酒吧		600,000	
Hotel 旅館		700,000	
Arcade 商場		400,000	
Total Value of property defended (£)= 防護的財產總價值(英鎊)=			

$$\text{成本效益} = \frac{\text{防護的財產總價值}}{\text{十年防護總花費}}$$

三、結論

雖然當天因為天候與時間因素，並未完整操作課程每一細項，但由綜觀整體，仍能了解課程操作流程模式與巧思。這套課程以當地海岸線的巨大潮差環境為背景，以氣候變遷為前提，在各單元活動自然地融入科學調查精神，其中最巧妙之處，在於學員參與課程的同時，能夠直接投入討論公共事物議題。

一開始以影片喚起學生對於海水倒灌與淹水等災害的記憶，並敘述目前的管理現況，接著馬上搭車前往兩地現場調查與記錄，實地觀察調查的項目採漸進式的，依序分別從「設施評估」、「災害風險」、最後討論所需花費的「成本」，循序漸進的討論這3個面向。先從個人的主觀觀點出發，發表對於各種防禦工程的看法，此時便可以窺見各種個人的主觀差異，接著佐以客觀的實際數據再次進行討論，讓參與學員能更加整體並客觀看待各類防禦工程，其中值得一提的是課程期間也同時蒐集環境數據，累積長久的資料，不但讓參與課程的高中生實際參與海岸線經營管理方針討論，

藉此過程更加清楚海岸線的過去與現在，所累積的數據也實際貢獻了一己之力，最後再依循過去與現在的經營方式所造成的海岸線現況，更得以窺見在全球氣候變遷的影響下，海岸線在未來的一絲樣貌，在8小時的課程時間中，無形培養學員宏觀的思考方式與眼界。

此操作模式在臺灣亦可延伸使用，除了海岸線經營管理的題材外，亦可延伸至其他經營管理的課程，例如：林地利用、森林經營、集水區治理等，抑可套用在野生動物保育議題等等，此課程相當值得自然教育中心學習。🌱



(圖片／高遠文化)