

植物演替在生態工法之應用

臺灣大學農藝學系

助理教授 王裕文

前言

所謂的”生態工法”在台灣已經推行了近十年，各種研討會與論述文集汗牛充棟，涵蓋主題可以略分為工法與生態等兩大部分：工法部分主要以工程材料的組裝與應用為主；而生態部分則以生物種類的羅列為主，其中所包含的生物以動物與植物等兩大類為主，動物類以鳥類及昆蟲，而植物則以高等植物為主。

筆者藉由培地茅此一特殊的多用途水土保持植物的機緣接觸了生態工法的領域，透過本身在植物領域的知識與工程界的朋友交流，發現用”生態工法”這個名詞來形容這個包羅萬象的新領域雖不恰當但也還具有描述性。工程方面非筆者的專長，因此本文僅對於生態部份就筆者的領域提出一些淺見。

筆者就所接觸到的生態工法的案例，以及就公共工程委員會與水土保持局等相關單位的相關圖說範例觀察發現，在現有的書面資料中對於生態的部份是以栽植特定數量的樹木或草坪等植物或是調查工程範圍內各類動物(鳥類、魚類或昆蟲為主)的種類與數量為規範，著重的項目放在工程施工與驗收階段是否符合所謂的”生態”，而生態的定義幾乎就是以是否採用原生種為標準，對於工程完工後的問題幾乎少有著墨。一般常見採用生態工法的工程，在驗收完工後，典型的景觀就是雜草叢生，非常突兀地與周邊的生態系不相容，另外一個現象是原生種苗木的存活率偏低，既然是所謂的原生種，為什麼存活率又偏低呢？對這個現象，筆者以下就所謂的”原生種”切入討論，重點放在演替的概念。

原生種(native species)

原生種的定義有許多種，一般而言是指在某一個環境能夠穩定持續存在的物種。生物透過生殖的機制繁衍後代，在繁衍的過程中由於個體的遺傳特性差異，對各種不同的環境條件產生不同的適應程度，透過優生劣敗的選拔等自然演化機制，逐漸有一些特別適應某個特定環境的個體在這個特定環境下存活下來，如果這個環境穩定不變，這個物種的這些個體就能在這個環境穩定的存在。環境內有許多的因子，包括溫度，水分，溼度，日照，土壤以及動物、植物與微生物等，這些眾多的因子在某個特定的時間與空間下，所形成的組合就可以定義為”生態系”。在一個生態系統中，除了物質等實體存在可見的單元外，還包含物理性的能量轉化與化學性的元素轉化的各種循環性反應。如果系統內的能量與元素的關係穩定不變，這個生態系就可以維持一個平衡狀態。平衡狀態的持續性與穩定度可以由系統的緩衝能力決定，緩衝能力愈大，系統的穩定性與持續性就愈大。當一個生態系統內的某個元素循環或是能量循環發生增減的變化，系統內的其他組成份就會隨之發生變動，變動後的系統是否能回復到變動前的狀態要視系統的緩衝力而定，如果能回復的話，回復的速度以及在回復的過程中，所要經過的途徑都會受

到系統內各個成分複雜的交互作用的影響，殊不易預測。如果無法回復的話，各個成分就會重新調整重新組合成為新的生態系統，由一個系統變化成為另一個系統，就是所謂的演替(succession)。在演替的過程中，巨觀可見的各成分(如無生物類如土石以及生物類如動植物等)發生質與量的變化，與能量與元素間的變動有著複雜而不易預測的關係。

生態工法的處理

比照一個崩塌災害的場地來說明前述的演替現象

假設某地有大石頭十顆，黑色與白色各五顆，樹木十株，大樹與小樹各五株，表土土層有 10 公分。在某次的山崩災害中崩落了三顆白色的石頭，四株大樹以及 5 公分的表土，這個生態系統的物質部份少了石頭、表土及大樹，所以恢復這個系統所需要的就是放回去石頭、表土及大樹。這個想法基本上就是現行筆者所觀察到的生態工法的作法，所以放回去之後，就應該回復原來的外觀，但是現在各個工程實施的結果經驗顯示，並沒有回復原來的狀態。問題在哪裡?我們逐一來看石頭、表土及大樹各個成分。

石頭

石頭在山崩的過程中，脫離了原來的系統，石頭在生態系統中的效用可能有吸收與輻射熱能以及影響空氣的流動等等效用，如果就只就熱能的效用，白色與黑色石頭日曬下吸熱的程度與晚上散熱的程度就有不同，擺放的位置又會影響到日照的程度，因此對系統的熱能循環就有差異，所以如果只是簡單的擺了石頭回去，所用的石頭的顏色與擺放的位置就會有差異，在所謂的生態工法設計，筆者從未見到有人討論這個部份，原因何在?筆者推測是因為工程設計者根本無從知道原來有幾顆石頭，擺放的位置在哪裡更是不可能知道的，所以根本無法恢復這個部分。

表土

表土的問題在許多植生綠化的資料中有涉及，但是一般只是說要客土，要客沃土，但什麼是沃土?(一般以土壤質地與有機質含量為判定標準)，要客進去的沃土的數量要多少?質地為何?鋪設的厚度與分布的地點?這又是一個工程設計者無從回答的問題。

大樹

依據原生種的要求，應該要種原來的樹種，而要回復原來的系統就應該要種一樣大的樹，但是原來的那一棵樹的樹型是工程設計者知道的嗎?因為樹型會影響日光照射的程度，影響到空氣流通的程度，這兩項特徵就至少會影響到生態系的溫度與溼度，所以生態系的水分與能量循環所無從設計了。

上述的討論都只是一般人可以觀察到的一些現象的討論，對於其他微觀的元素乃至能量循環等其複雜度更遠勝於此。但是就從這少數幾個例子，筆者要說明的就是現行的生態工法設計所注重的項目，其實是聊勝於無的一些作法而已。

崩塌地的自然演替

在我們週遭有許多崩塌地自然演替的例子，一般可見的崩塌地，典型就是樹木植物等植被脫落，表土流失與地表裸露，典型的演替過程就是先長出雜草，雜草茂密之後，落葉堆積，然後小樹苗長出來，小樹苗長大，別的種類的小樹苗又長出來，新長出來的小樹苗長大把之前長出來的樹木競爭掉，這個過程進行的節奏與速度在各個地點都不相同，至於最終是否會回到”原來”的狀態又是一個未知數，因為最大的問題是當這個崩塌地回復到”原來”的狀態時，原來的”原來”狀態是否還在？

“生態工法”新思維

如果生態工法設計者知道施工後的生態系會如何，應該是可以建造一個生態系的，但生態系不是一個固定不變的系統，生態系會發生變化，會演替，至少隨著季節的演替是確定會發生的。如果設計者能夠了解特定工地的生態系統演替的方向與目標，或許可以利用能掌握的一些元素，在適當的時間點與空間點，調整這些元素的質與量，或許就能加速這個生態系統朝向設定的目標演替。似乎是一個不可能應用在工程的方法，至少就很難設計驗收的標準與驗收的時間！

植物演替在生態工法的應用

不論是因為自然災害造成的崩塌或是人為施工過程的改變生態系統，都可以用”破壞地”一詞來代表之。在破壞地中，由前述的討論中，可以發現要設計”適當”的生態系統是幾乎不可能的，但是生態系統中要包含的綠美化幾乎是現在各個工程不可少的項目，為了應對這個燃眉之急，筆者的建議是，要考慮生態系統演替的原理來規劃及調控演替的過程。

生態系統演替的原理是由簡單到複雜，對於破壞地而言，就植物物種的演替而言，是由先驅入侵生態系物種，進行到過渡型生態系物種，最後到達穩定型生態系物種，就土壤的演替而言是由大顆粒變化為小顆粒的土壤，土壤有機質含量由少變多。因此設計規劃時可以用土壤與植物物種這兩個工程上可以操作與驗收的項目進行，配合工程經費的額度，調整土壤質地與有機質含量，選定土壤的條件後，配合土壤的條件選定先驅型或是過渡型甚至是穩定型生態系統的植物物種。