

五、有關日本綠化最近之課題

(一)厚層基材噴灑工法

對於斜度大硬土質或無土壤的岩盤斜坡，構架厚層的有機壤土做為植物成長基質的綠化工法已開發使用，而且效果甚佳。這些有機壤土為長效性、隔熱性、富含肥分，可促進綠化有效保護坡面。

(二)斜面樹林化工法

坡面植生以木本植物造成林帶，佐以草本植物覆蓋斜坡，而達到景觀與環境維護得以兼顧的工法。為了使木本植物順利成長，因此初期要抑制草本植物之成長，須使用長肥效的肥料來調整。

(三)綠帶

都市山麓綠帶整備事業是在都市中與山麓相接的市街，為防止土石災害及改善都市景觀而構架綠帶，這種工法於1996年即已開始。

六、有關綠化的問題

基於生物多樣性之觀點有下列三個問題：

(一)由於外來種之增殖使本土種消失之問題。

(二)外來種與本土種雜交產生新物種問題。

(三)由於外來種之導入，影響到本土物種遺傳基因問題。

七、種子掩埋植生坡面綠化工法

基於生物多樣性之保全，禁止外來種子與植物引入，而使用本土物種，並更進一步使與週邊環境生物相調和，期能儘速回復地面植被，這種思考已成為重要之課題。



陡坡階段噴植綠化



階段綠化以石材及當地種植栽



風景區之綠美化



風景區美化
以複層林顏色對比設計



搭配雕塑，楓樹更美了



道路邊坡美化的層次感



平和公園全國有數百個



遊樂區的美化精緻化



行道樹整齊劃一的銀杏，樹坑 $2 \times 1\text{m}$
5m間距，為東京最美的行道樹木



支撐材質堅固並兼備活動機制，
可隨樹大小調整



支撐綁法連結細心確實值得效法



另一支撐方法與材料成本水準高



美麗的銀杏行道樹



靜岡縣海邊的防風網



格框的綠化近自然型

八、實地考察日本生態環境考量之個案

(一)神奈川縣早川之砂防

生態設計與工法措施

- 1、流路工長719公尺，海拔高自94公尺至128公尺，高差34公尺，平均河床坡度1/20。流路工包括13座固床工及河床坡度1/100不封底之護岸組成。
- 2、與福間町公園臨接之上游609公尺範圍，設計為「水與綠之區域」及親水性護岸。包括上方510公尺之螢火蟲復育區。
- 3、護岸之基本構造為漿砌混凝土塊，漿砌石塊，乾

砌塊石及螢火蟲預鑄混凝土護岸等。其中下游之親水護岸使用漿砌石，中上游之螢火蟲復育區使用乾砌石及螢火蟲復育用預鑄混凝土塊。

- 4、固床工之落差採用階段式，並配合由階段式護岸接連之，使河溪全區域內可步行。
- 5、乾砌石之構造，在塊石內側混凝土間填入土壤以利植物生長。
- 6、為使流速小於 $0.2\sim 0.3\text{m/sec}$ ，使用彎延曲折木樁柵及落差工之設計，造成河床坡度緩於 $1/400$ 。
- 7、河床內放置其他河域採集之螢火蟲食餌，以利螢火蟲繁殖。
- 8、植栽計劃時，依規劃地點周邊環境之地質、地形、陽光的狀況(光度)、濕度(乾地、濕地、水位下等等)等考量，選取適合的植栽植物。並盡量使植物種類多樣化。而水位以下部份和水岸邊緣之坡度、水量、流速等差異之適應性亦需考量。
- 9、生態工法施工現況



現場解說學員聚精會神聆聽



參訪第二天第10號颱風破壞情形



整流工



水質清澈，水土保持作的好



步道淘刷，但一周可修復



河川一景

(二) 靜岡縣木和田川自然生態野溪整治

兜堰堤生態工法

1、自然環境概況

「木和田川砂防環境整備事業」提供許多來訪人員休憩及安樂之場所，有關砂防事業係以木和田川周邊「砂防學習區域」之整備為目的之事業。關於木和田川，由明治直到大正初建設，具有歷史價值的是八座砌石之兜堰堤，有其保存及利用價值。新的砂防設施，係對其周邊整備，提高土砂災害防止機能。自然環境之保全、育成進行整備。而且，本事業對於當地岡部市併行進展，實施「常春藤之小道公園整備事業」。

事業名	木和田川砂防環境整備事業
事業箇所	(二)瀨戶川水系岡部川支川木和田川
施工位置	靜岡縣志太郡岡部町木和田附近
全體金額	4億 2,800萬元
施工年度	平成7年度~平成11年度

事業者	靜岡縣
事業名	常春籐小道公園整備事業
事業箇所	(二)瀨戶川水系岡部川支川木和田川
施工位置	靜岡縣志太郡岡部町木和田附近
工種	園路工・廣場工・植栽工等
工種	流路工、園路工・廣場工等
全體金額	4億1,780萬元
施工年度	平成2年度~平成8年度
事業者	岡部町

2、整治概要

木和田川自平成7年至平成11年實施「木和田川砂防環境整備事業」，此項整備事業係受到「砂防學習區示範事業」之認定。

3、整備方針：

對於有歷史價值之8座砌石「兜堰堤」予以保全及利用，提高治水機能，並從5個方針進行整備。木和田川野溪治護岸採用不同斜率坡面、階梯式自然立砌塊石，使其形成自然不規則邊坡並產生多孔隙護岸坡面，以利動、植物趨近野溪，並且在轉灣處採加寬方式，以符合水流自然沖刷原理，以利防洪、治洪的功能。就落差較大縱斷處設置階梯式緩坡堆砌塊石「兜堰堤」消能，不致造成野溪縱向坡面重大落差而影響野溪生態。

4、生態工法措施與方法

本工程設計時著重於考量河溪之水量存在於河川中，故以全面河床下挖30公分左右，並在河川彎曲段施以階段固床工，使上下游區域分布形成小水池。以石頭、木材及多孔質材，創造出植物及生態系生物繁殖生長的自然環境。其主要工程措施如下：

(1)護岸構造

塊石堆積與鋪設，部分地點配合使用椰子纖維建立植生護岸。

(2)土坡護岸構造

以年最大流量(水位)之上方0.5m鋪草植生，並以2m/s為臨界流速之設計，其餘以卵石及打木樁加以保護。

(3)跌水工

A、全斷面配合魚道設計之斜面工。

B、斜面工下方終點為控制流速而設置落差工之水墊。

C、斜面以河床土砂回填，由因水量之多寡而自然形成不同淺灘。

D、上下游設置淺灘，做為生態系水池或沈澱池。

(4)護床工

以卵石及木樁固定河床，並河床下挖80公分，設置水墊以防止沖刷。

(5)淺灘工

河床上以卵石及木樁固定，增加積水的自然效果及上下游淺灘泥池或水池之形成。

(6)木樁工

卵石與木樁緊密塞滿間隙，護床工與護岸間形成生物生存空間。

(7)多樣化的水邊空間

於較寬廣的河床處施作蜿蜒的水池，為防止水流沖刷水池邊以拋石堆置，創造魚類休息處所。

(8)植栽工

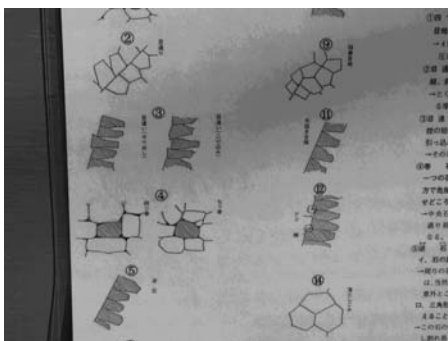
水邊以椰子纖維加入土壤材料為介質並栽植好水性植物，在水流速高時較為安全；岸邊以落葉樹木為主，做為生物多樣化及生物棲息場所。



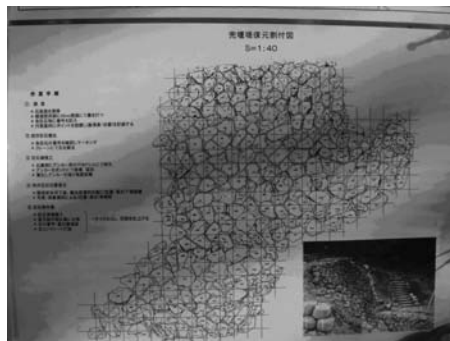
照原貌修復的兜堰堤



生態工法以在地材料修復的河床工



設計圖1



設計圖2



兜



藝術的文化的兜堰堤

5、生態工法規劃理念

防止災害再次發生為該區砂防工程之主要考量。另外依岩石公園造景計劃書之規劃理念，設定之工作方針包含以下項目：

- (1) 巨石和不同大小的石材，絕對不可切割或破壞，應保留原石塊之面貌使用。
- (2) 樹木不應砍伐，應原地保留。
- (3) 混凝土表面，應以原石覆蓋，以看不見混凝土構造為原則。
- (4) 石材不應取自他處，應就現地取材使用。
- (5) 營造工程應由庭園造景師主導，且石匠不應使用鑿子或鐵鎚，破壞自然原石之美。

為維持工程品質及依上述規範進行，但因受現地土石材料運送困難之限制，依賴人力的配合，所以花費較多經費及時間。對於石頭之選擇、配置等由庭園造景師之技術

負責。巨大岩石所表現之生命力與庭園美化造型是本庭園防砂特性之所在，對於工程之相關工作人員之熱心深深感動。

(三) 神奈川縣大涌澤之砂防

1、自然環境概況著名的日本箱根溫泉從昔日奈良時代的發現至今已有1200年歷史，因箱根火山長期的噴發活動，形成特異的火山地形、自然景觀及豐富的溫泉資源。須澤鄰近的大涌澤為同處箱根火山邊斷層破碎帶，發源於冠之岳之早川流域上游區，集水面積1.2平方公里，流長2.4公里，屬急峻坡陡之V字型溪谷，為第三紀層風化變質帶之安山岩地質。大涌澤因受溫泉作用之噴氣活動，所噴出之硫磺素，使得地下水含有強酸性。大涌澤周邊的含水層的基盤岩黏土層岩石鹽化，當在短時間內下著雨量大的豪雨時，黏土層因含水量太大，而形成流動發生地滑，地滑現象持續發生；大涌澤為日本溫泉地滑之代表區域。大涌澤位於富士箱根伊豆國立公園內（1936年指定），目前年觀光客達2,00萬人，並於1959年設置覽車觀光、1972年成立大涌口自然科學博物館。

明治43年（西元1910年）7月13日，大涌澤發生嚴重地滑情形，40萬立方公尺之土石往早川流出，造成下游溫

泉區之土石流災害，30餘戶房屋流失、6名民眾死亡。自此發生地滑以來，又於昭和10年（1935）、20年、23年、25年及28年（1953）間，前後又發生六次規模性的地滑災害。大涌澤因位於溫泉區，要完全防止土石流的災害是非常困難的，昭和8年開始著手防砂及地滑工事，地滑防止工法自早期（1938年）興建三座防砂壩開始，此後陸續辦理山腹工、整流工及排氣、排水工程等設施。

2、生態工法措施與方法

大涌澤因位於溫泉區，要完全防止土石流的災害是非常困難的，昭和8年開始著手防砂及地滑工事，地滑防止工法自早期（1938年）興建三座防砂壩開始，此後陸續辦理山腹工、整流工及排氣、排水工程等設施。昭和50年間大涌澤區崩壞斜面繼續擴大，為達成有效的防止繼續崩塌的目地，山腹工採階段狀的積石施工，小段處以植物復原的綠化工施作。自平成8年3月至目前為止，共施設有防砂壩16座、固床工8座、整流工467公尺、排氣孔工程97處、排水孔工程42處、排水路998公尺山腹工4,524公尺、谷止工19座。

由於本區屬強酸性之火山區，不時噴出熱水，對於相當之防砂設施必須十分慎重。往後對策以地下水排除及山腹工耐震補強工事為主，下游針對土石流進行建設。又本

區域為富士箱根伊豆國立公園之特別地區，故所興建之防砂工程皆以自然石材為主，並加以綠化以自然景觀配合之維護。



俗稱地獄谷，終年蒸發著硫磺氣，草木難以良好生長



人工噴植當地之草種並以擋土牆保護上方的保護對象



截水溝引水道排放地表水 減除地滑之誘因



工程仍持續進行並不燥進



仍有滑動的跡象，整治仍需努力

(四) 須澤・早雲山崩塌地土石流

1、自然環境概況

日本神奈川縣內箱根山屬小田原市土木事務所所管轄，箱根山是世界稀有的三重式火山，其斜面因屬富士火山帶，火山活動造成多險峻陡坡及多急流河川之地形。早雲山（須澤）及涌澤為處箱根火山邊，同屬富士山火山帶。位早川流域上游區，發源於冠之岳，均為一急峻坡陡之V字型溪谷。地質為風化變質帶之安山岩。大涌澤因受溫泉作用之噴氣活動，地滑現象持續發生。須澤則多因梅雨季大量降雨而造成土石流災害。

須澤於昭和28年7月上旬因豪雨而雨量大增，26日位於山頂源頭部分發生大規模地滑崩塌，崩塌規模達80萬米立方公尺，土石流向須澤流下，直達早雲山別院的下流強羅公園附近，造成留宿的旅客13名死亡，15名受傷的重大傷亡事故。

2、生態工法措施與方法

防砂單位因此便開始著手規劃一連串的防砂設施的準備與實施，先後分四期工程治理。

第二期工程於昭和28至59年間，建防砂壩25座、導流堤8座及整流工513公尺，由坡角至下游出水口重要區段優先治理。

第三期工程於昭和61年至平成5年間實施，全長900公尺，除了增建防砂壩6座、導流堤工2座、並將第一、二期建之8座導流堤中之4座增加高度。另於平成7年就早雲山源頭擬定崩塌地整治新計劃，將邊坡挖成階段坡面，並於坡面底部採用密集地錨500處，穩定及配合打樁型框工4130米平方公尺、噴槌2914米平方公尺，來穩定全區源頭崩塌地。

早雲山火山地帶源頭的火山活動頻繁，仍不時有新崩塌的情形發生，第四期工程於平成6年，整治400公尺，新建整流工3座以加強下游防砂功能。並將從昭和初期構築而老朽化之防砂壩進行耐震補強工程，並將其中的4座增加高度，及加強導流堤的建設。

有關早雲山地滑土石流災區治理計劃全區圖整治工程

過程可提供參考方向如下：

(1)當發生災害後首要治理為上游防砂工程，穩定河床，防止崩塌之土石流再大量下移。

(2)陸續完成中、下游防砂工程，及護岸整流工、低水導流工等河床治理工法以防止中、下游邊坡沖蝕。

(3)加強下游防砂、導流工整治，並同時處理源頭崩塌地面穩定工法及綠美化工程。

由此可知，災區復建須重視上、中游之防砂工事，以防土石流造成二次災害，並同時整治下游及源頭崩塌地邊面穩定及綠美化工程，以達到防災效果並恢復自然生態山林。



砂防指定公告



須澤的上游



鋼製梳子壩



自然演替の植被