

## 日本造紙業界對改善地球環境與地域環境的做法— 以特種東海製紙集團進行的幾種做法為例—

蘇裕昌\*

### Endeavors of Japanese Paper Industry on Improving the of Global & Regional Environments —Taking the Example of Tokai Group—

Yu-Chang Su\*

#### Summary

Subjected to pressure of strong demand, the Japanese paper industry is shouldering the responsibility and obligation of constructing a “recycling society.” Particularly the emphasis lies with regard to the paring down on activities utilizing fossil fuels that are predicted to run into shortages in the future such as transfer among fuels; or investing in the prevention of global warming such as reducing carbon dioxide emissions. In this article, a Japanese specialty paper company, the Tokai Group has implemented an environmental constitution to promulgate the company’s basic credos and fundamental directives in this regard.

#### 一、緒言

目前日本國內由於廢棄物處理法的立法的變更(註

1)，以及戴奧辛特別處理法的變更施行(註 2)之故，全國各地小型廢棄物焚化爐的維持基準、及焚化爐爐構造基準變的更趨嚴格，既存的焚化爐無法持續維持運轉的事例也漸增。該公司在靜岡縣分別取得產業廢棄物處理業，島田市取得一般廢棄物處理業

的許可證，也以熱回收利用方式處理所產生之製紙污泥(Paper sludge)、因而設置廢棄物燃燒鍋爐(10号燃燒鍋爐)，同時收集周邊地域所產生之木屑建立了生物材料熱能回收(Thermo-recycle)系統(如圖 1)。所使用的燃燒鍋爐導入能通過嚴格的大氣污染物質或戴奧辛類等排放基準的最新技術及設備。

註 1：廢棄物の処理及び清掃に関する法律（以下「廃棄物処理法」）は，法律の一部改正が平成 2 年 5 月 1 9 日に公布され，平成 2 3 年 4 月 1 日に施行されます。(Kagoshima Prefecture, 2011,)

註 2：ダイオキシン類対策特別措置法の概要：平成 1 1 年 7 月 1 6 日公布，平成 1 2 年 1 月 1 5 日施行。(Kagoshima Prefecture, 2011)

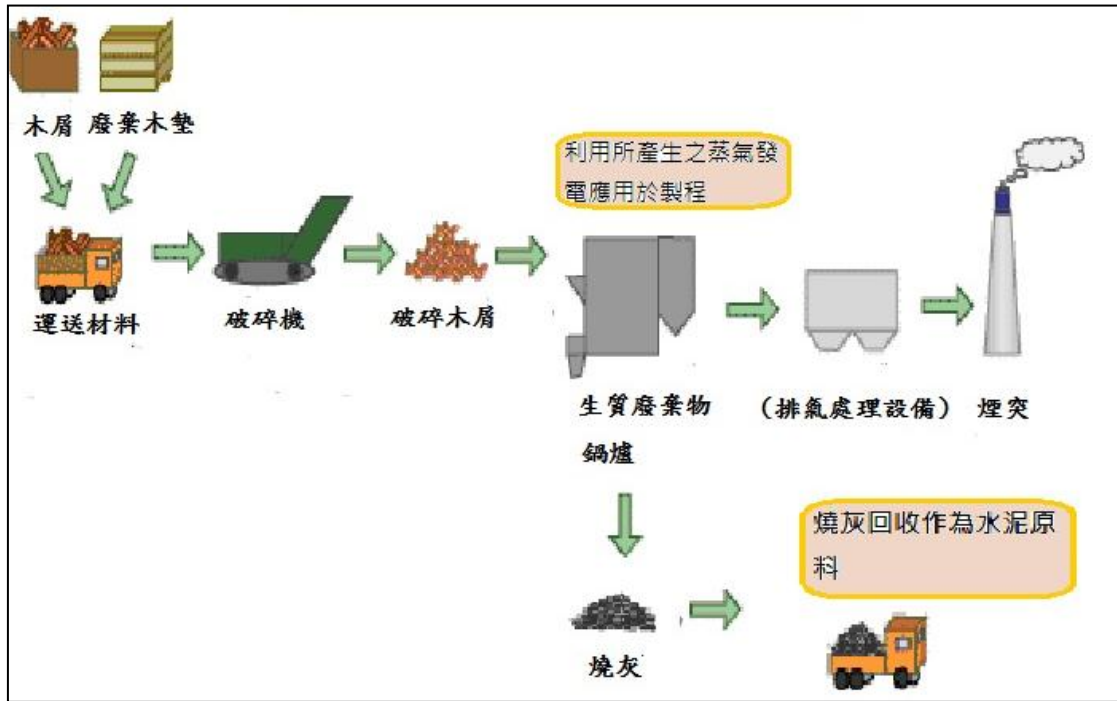


圖 1 木屑收集及熱能回收 (Thermo recycle) 處理工程流程圖 (特種東海製紙株式會社, 2011)

## 二、日本造紙產業界對環境保護的目標與做法

日本的產業界本身瞭解也被強力要求，對構築「循環型社會」應有的有責任及義務。特別是針對削減予想將來會有不足的化石燃料使用量的活動如：燃料轉換等、或防止地球溫暖化如削減二氧化碳排出量等，是重點處理項目。

日本特種東海製紙集團在 2010 年 4 月 1 日制定環保憲章，宣揚其公司營運的基本理念及基本分針 (特種東海製紙株式會社, 2011)。

### 1. 基本理念

日本特種東海製紙集團以「對地球和善的企業活動」為基礎，努力在事業活動與環境的兩立下，同時進行環境的保護與企業的發展。

### 2. 基本分針

- (1) 努力推行資源的保護與資源的有效活用。
- (2) 進行事業活動以降低環境負荷、及進行考量環境的製品的提案與提供。
- (3) 致力與地域社會共生、積極的協助環境保全活動。
- (4) 藉由環境教育或啓發、提高集團成員環境意識、持續性的推動環境改善活動。

該公司在 2002 年 2 月起 10 號開始稼動生質材料燃燒鍋爐，建立地域所排出木屑等生質材料的適當處理流程處理控制，以降低石燃料使用量、達到實現燃料轉換的目的。為了將來更進一步進行燃料轉換的程度，在 2006 年 2 月起更開始使用以木質類廢棄燃料活用之 11 號燃燒鍋爐 (生質材料 (Biomass) 燃燒鍋爐)。

日本造紙業界對改善地球環境與地域環境的做法—  
以特種東海製紙集團進行的幾種做法為例

以達到日本製紙連合會所提出之下列二項「環境保護相關自主行動計畫」的目標做為該公司進行對環境保護的目標。

- (1)到 2010 年度每單位製品所消耗的化石能源的原單位，比 1990 年度降低 13% 。
- (2).2010 年度每單位製品所消耗的二氧化碳素排

出量原單位比 1990 年度降低 10% 。

另外，也為了達到目標(1)所做的改善，更進一步推進省能化運動，在 2006 年度以「天然瓦斯」為燃料，進行以天然瓦斯發電之汽電共生系統。



a. 生物材料燃燒鍋爐



b. 廢木料收集



c. 廢木料粉碎

圖 2 生質材料能源轉換的各項工作



a. 對住民進行說明會



b. 向行政主管部門說明  
(事前協議)



c. 進行環境影響調查評估

圖 3 為了取得住民諒解與協助的各項活動

### 三、為地域的環境改善之努力

為了設置燃燒鍋爐等對環境有影響之大型設備，必須有地域住民各位的了解與協助。該公司在決定建設計畫的階段向地域住民說明計畫的概要，得到居民的諒解。當然所使用燃燒鍋爐的設置也必須得到各種行政管理部門的許可，因此該公司自燃燒鍋爐建設計畫改使就先對行政當局進行事前說明，同時自主性的實施環境影響調查評估，適切的實施環境保全對策，以使此燃燒鍋爐設備對地域環境產生的影響減低到最小程度。

### 四、屋頂綠化

眾所週知，屋頂綠化可將失去的自然回復。形成都市中綠的環境，在建立清新、休閒快適的街景中扮演重要的角色。另外，也可緩和緩和熱島效應 (Heat island) 現象、大氣的淨化、雨水滲透等，在都市生活面中擔當多樣的角色。因此，目前保護綠地、保育植物，儘量與如何回復『綠意』是目前眾所樂意追求的目標。

#### 1. 溫室氣體對地球溫暖化與對熱島效應 (Urban heat island (UHI)、heat island) 的影響。

地球溫暖化的原因主要為人們的生產活動所排出之溫室效果氣體 (二氧化碳、甲烷等) 為其主因，因而導致地球表面的大氣層、海洋的平均溫度有長期性的上昇現象，導致對異常氣象、或冰河的融解、生態系、自然環境等各種影響。由於都市中柏油、混凝土等人口被覆的增加、空調、自動車等的排熱、綠地的減少等，都市內的氣溫較郊外有島狀高溫現象。

都市熱島效應 (註 3) 是指都市內氣溫較其周邊郊外部有異常高溫的現象。高溫自然環境受到高溫的影響直接影響住民的生活或健

康，近年形成問題。若不擬定對策解決，則人口集中處一定會有熱島現象發生，都市的規模愈大熱島現象的影響有愈大的傾向。以都市的規模來看，東京可以說是世界可數的熱島之一。都市部的熱島效應發生的原因例如下。

- (1). 柏油道路白天受太陽的熱照射，路面甚至到地表深層均呈高溫，夜間將所蓄積熱放出。
- (2). 樹木中的水分大量排放到空氣中，若綠地面積變小則植物或地表的水分蒸發量減少、蒸發散熱降低。
- (3). 由於都市人口的集中，各種能源的使用量增加排熱量也隨之增加。
- (4). 高層建物等的壁面的多重反射，致使都市的構造物容易變熱。

由於地球溫暖化與都市熱島效應現象的進行，使都市住民的生活產生不快適，並導致居民各種病態的發生，其有效的對策為增設都市綠化所形成之綠蔭帶，由其所產生的斷熱效果、或蒸散作用，而達到緩和溫熱的都市環境，為現代都市人所期待。但是，都市中綠的空間有限，將蓄熱體之建築物，直接披覆綠色的壁面綠化及屋頂綠化的活動極受注目。其中以各種屋頂綠化，具有多方面的效果，除了建立的緩和溫熱環境、環境調節以外，尚有景觀形成、形成新的生態系，甚至能產生悠閒環境、及可供休憩的空間等多樣的附加效果。屋頂綠化最受期待的效果，為屋頂披覆植物、植栽莖、葉、根系等等遮斷太陽熱輻射、防止熱傳導到屋頂地坪下的房間，達到的斷熱效果。另外，植物的蒸散作用、與植栽基部水分蒸發也可達到對屋頂的熱環境的緩和效果。

註 3：都市熱島效應的主要影響舉例如下。

1. 氣溫較均溫上昇。寒波的危險性減少、與熱波的危險性增加。

日本造紙業界對改善地球環境與地域環境的做法—  
以特種東海製紙集團進行的幾種做法為例

2. 氣溫上昇導致冷房或空調設備的使用電力增加、發生各種弊害。
3. 氣溫上昇導致光化學氧化物(photo-chemical oxidant)的增加。
4. 氣溫上昇導致大氣循環的變化。集中豪雨等的局部變化。
5. 氣溫上昇導致對生物的影響。
6. 氣溫上昇導致對水資源的需求的增加、蒸發量增加而影響水資源等。
7. 氣溫上昇對人體的影響導致對中暑的危險性增大、不適感的增大等。
8. 以上的諸影響造成對社會的影響、健康被害、經濟損失、電力需求要增加、能源負擔的增加。

圖 3 為世界各地的平均溫度,圖 4 顯示為日本關東地方 9 月的平均氣溫的變動。東京的氣溫在 1930 年左右時較橫濱低,但在 1980 年代以後,由於地球溫暖化的進因而有顯著急遽上昇現象。

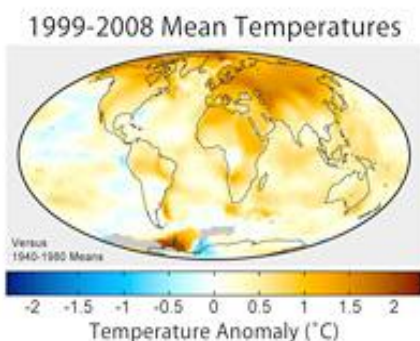


圖 3 .世界各地的平均溫度 (1999-2008) (MOS WORLD, Inc., 2011a)

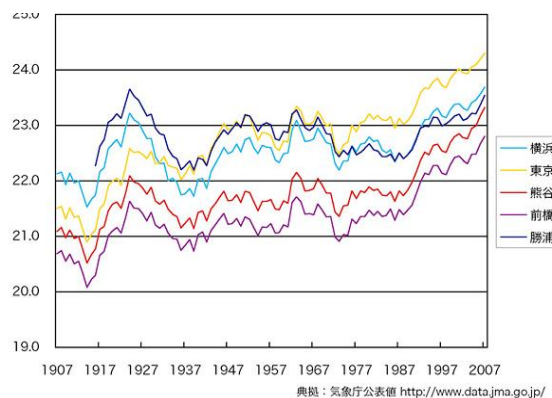
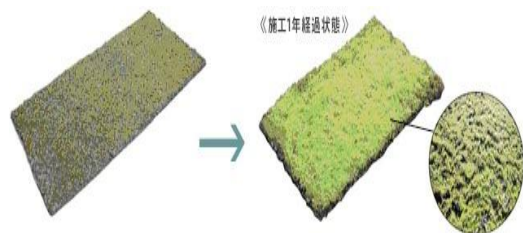


圖 4 .日本關東地區 9 月的平均氣溫的變動情形 (1997~2007) (MOS WORLD, Inc., 2011a)

2. 屋頂(屋根)綠化對節能、削減二氧化碳的排放、地球溫暖化的抑制

特種東海製紙公司,在工場廠房 2 棟的屋頂進行以 New・Moss Inty・grow 的綠化,其進行目的除了為了經濟性的目的,即(1).進行隔絕是內外的溫度達到斷熱以節省冷暖房的電力使用量以外,並(2).配合日本的省能法、(3).工場立地法之綠地面積確保對策等,可以屋頂綠化替代 20% 的規定綠地面積。(MOS WORLD, Inc., 2011c)等,配合政府所推行政策的,同時為了(4).盡到企業對環境的社會責任。

三島工場為了增加綠地及提高斷熱效果,以達到節省空調所消費之能源成本為目的,在工場建屋 2 棟的屋頂進行綠化工程。綠化工程由該公司的團隊之一東海森林公司(Tokai Forest) 進行施工,所使用植物砂苔 (*Rhacomitrium canescens* Bridel) 屬於紫萼蘚科 (Grimmiaceae,)、適合日本的氣候、對乾燥、害蟲等的抵抗力很強,也不需灑水、或噴灑葉劑散幾乎不需維護 (Maintenance free)、大幅降低從屋外流入屋內的熱氣、從屋內流入屋外的冷氣,達到降低冷暖房費用,達到降低成本之優點。



a. 具保水性的纖維板與苔蘚類植物配合加工成 (Moss mat) (Mos World, Inc., 2011d)



b. 屋頂的苔蘚類綠化(施工後)



c. 施工 1 年後



d. 施工 2 年後

圖 5 苔蘚屋頂綠化例示意圖(Mos World, Inc., 2011e)

## 五、以苔蘚類植物進行屋頂的綠化

### 1. New · MossInty · grow 的介紹

New · MossInty · grow 是以超輕量施工性極佳的薄層苔蘚類植物綠化製品。採用網板 (Mesh panel) 在工廠屋頂進行簡單，但是可架設強固(如圖 5)。苔蘚類植物能自空氣中攝取所需水分、或營養，因此僅僅依賴天然的條件 (日光·雨水) 就可生長與生育。因此不需設

置一般植物使用的灑水設備。如以以往的綠化植物進行屋頂綠化，灑水作業所需的設備與水將是需消耗大量的設備與水資源，假如東京都全體的屋頂綠化植物需要灑水則可能新設水庫來供應才足夠。由此觀點，不需灑水的苔蘚類植物是推展屋頂綠化上最理想的綠化植物。表 1 及圖 6 為以苔蘚類植物、綠化植物或草皮進行屋頂綠化的優缺點比較。

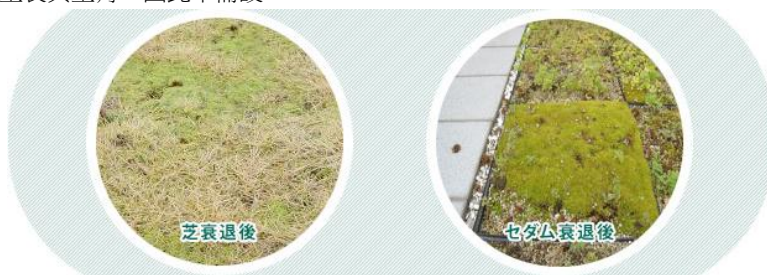


圖 6 苔蘚類植物綠化及一般景天屬綠化植物、草皮做為屋頂綠化材料的比較(Mos world, Inc., 2011)

日本造紙業界對改善地球環境與地域環境的做法—  
以特種東海製紙集團進行的幾種做法為例

表 1. 苔蘚類植物綠化及一般景天屬綠化植物、草皮做為屋頂綠化材料的比較

	苔蘚類植物	景天 (Sedum) 屬綠化植物	草皮
重量	2.5kg/m <sup>2</sup> (濕潤時 13kg/m <sup>2</sup> )	40 kg/m <sup>2</sup> ~60kg/m <sup>2</sup>	30 kg/m <sup>2</sup> ~ 60kg/m <sup>2</sup>
給水	不需要 (壁面需要)	需要 (手動或灑水裝置) 必須隨季節變化變更設定	需要 (手動或灑水裝置) 必須隨季節變化變更設定
除草	不需要	春·夏·秋(每年多次) 雜草種子掉落前去除	春·夏·秋(每年多次) 雜草種子掉落前去除
施肥	不需要	春·秋(年2次)	年1次
土壤	不需要	需要 土壤流出可能導致排水溝阻	需要 土壤流出可能導致排水溝阻塞
病蟲害防除	不需要	夏·秋	夏·秋
蒸散效果	有	無(註 4)	有

註 4：景天科 (Crassulaceae) 景天屬 (Sedum) 植物低矮，葉片肥厚多汁，生長較快，容易地插繁殖，具有很強的適應氣候能力，因此，被廣泛應用於粗放型的屋頂綠化作業。但此類場綠植物一般進行特殊的光合成作用稱之景天酸代謝路徑 (Crassulacean acid metabolism pathway；又稱之 CAM 型代謝)，植物夜間氣孔打開吸入二氧化碳、晝間將氣孔關閉的光合反應方式。因此雖然是進行綠化但是晝間氣孔關閉使蒸散停止，無法達到以蒸散作用進行冷卻的效果，無法貢獻對熱島效應的抑制 (Nirwa, 2008)。

草皮或景天屬植物在衰退後自其中一部分、自然發生苔蘚植物，而且苔蘚類在冬天也不會枯萎。由此可見苔蘚類植物較景天屬綠化植物、草皮做等具有較強的性質。

2. New · MossInty · grow 所使用的苔 (苔蘚類植物) 的種類

世界上苔蘚類植物的種類有 2 萬 5 千種，在日本國內也有 2,500 種，在地球環境仍是極為苛酷太古時代起，自海邊到陸地上最初的生物苔蘚類為其中之一員。苔 (苔蘚類植物) 是再距今日 4 億年前持續在陸地生長生育的植物。其中以陽性的砂苔 (Rhacomitrium canescens Bridel.) 喜好日光照造射

良好的場所生長，即使乾燥也不會枯萎。這是因為經歷過從 4 億年前在過酷的環境持續生長過來的苔類植物之所以具備強韌生命力的原因。

苔蘚類植物在岩石或地表長時間放置則生長，不知不覺間在地表或岩石上擴散成長增殖。自其中篩選出屬於為陽性的「砂苔」與半陰性的「大灰苔(Hypnum plumaeforme Wils.)(如圖 7) 將其商品化。砂苔能在火山噴火所造成之火山灰地、溶岩流域等具無機地質且乾燥的基質上生長做為先驅植物之耐乾燥的強勢苔蘚類植物。大灰苔則適合生育在腐食土壤或砂地等，適合半日照場所及較厚地表的群落生長。



陽性的「砂苔」(*Rhacomitrium canescens* Bridel.)      半陰性的「灰苔」(*Hypnum plumaeforme* Wils.)

圖 7 陽性的「砂苔」與半陰性的「大灰苔」(Mos Yamagata, 2011,)

### 3. New · MossInty · grow 的特色

#### (1). 對熱島效應的抑制效果

所使用的苔蘚類植物--砂苔可以保持本身重量約 20 倍的水分。大氣乾燥時自行調整植物體內水分的蒸散以維持生命。同時具保水性與進行蒸散效果對抑制熱島化效應的抑制上有效。

#### (2). 超薄型、輕量

苔蘚類植物能自空氣中攝取所需水分、或養分，因此不需土壤。苔蘚類植物與其他植物不同，是不具有發達根系的植物。苔蘚類植物所具有的根不能吸收水分或養分，稱之為假根，僅具有將植物體固定在土壤或樹皮等的的能力。因此由苔蘚類植物的特殊特性，可以達到將其培養成超薄型、且量輕的毯狀 (Mat)體。

#### (3). 不需灑水設備

苔蘚類植物能自空氣中攝取所需水分、或養分，因此僅僅依賴天然的條件（日光・雨水）就可生長與生育。因此不需設置一般植物使用的灑水設備。苔蘚能耐乾燥只靠降雨的水分即可充分生育與及生長。如以以往的綠化植物進行屋頂綠化，灑水作業所需的設備與水將是需消耗大量的設備與水資源，假如東京都全體的屋頂綠化植物需要灑水則可能新設水庫來供應才足夠。由此觀點，不需灑水的

苔蘚類植物是推展屋頂綠化上最理想的綠化植物。

#### (4). 不需預先處理

苔蘚類植物不具有發達的根系，因此生長生育時不會傷及混凝土或其他材質的屋頂。因此不需如以往的屋頂綠化的常識在綠化前必須先經鋪設耐根層等預先處理。

#### (5). 不需維護(Maintainance free)、灑水、施肥、割草

苔 (苔蘚類植物) 不具有根系、自空氣中攝取水分及養分，生育也緩慢因此在屋頂上設置後不需維護。以以往的屋頂綠化方法實施後的維護費用高，以苔 (苔蘚類植物) 的屋頂綠化可降低其維護成本。可以達到抑制高溫，也可抑制屋頂雜草的生長，不需除草。

#### (6). 施工簡單、成本低廉

在凹凸不平的廠房屋頂的施工，使用專用網架 (mesh panel) 在屋頂上固定。另外，在屋頂等平面的施工方法有如上法以外，上可以接着劑黏著的方法。苔蘚類植物的屋頂綠化較以往者不需使用土壤因此施工極為簡便。

#### (7). 資材超輕量

苔蘚類植物的生育不需土壤。較以往的屋頂綠化方法比較，其所使用資材極為輕量。

#### (8). 省能源對策、及斷熱效果



日本造紙業界對改善地球環境與地域環境的做法—  
以特種東海製紙集團進行的幾種做法為例

在屋頂上設置苔蘚類植物毯 (Moss mat) 斷熱材，以降低夏天的溫度上昇，在冬天具有保溫效果，可以減少自屋外流入屋內熱氣到僅剩 1/10~1/11 如圖 8。此結果降低多數的冷暖氣費用(Tokiwa Corporation , 2008; Mos World, Inc., 2011)。

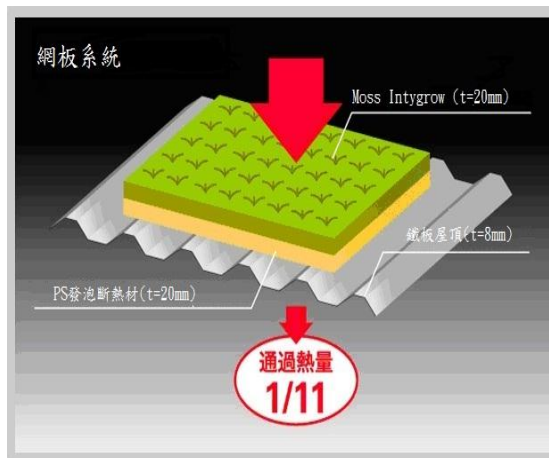
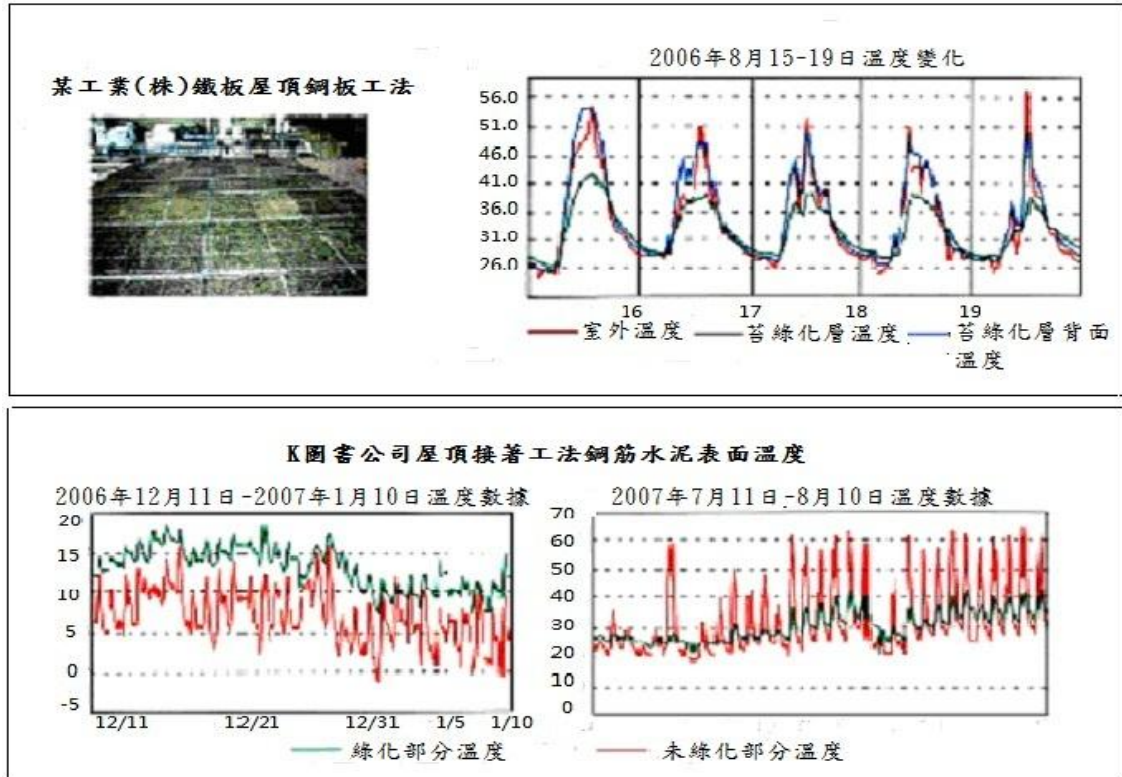


圖 8 屋頂以苔蘚綠化之應用實例 (Tokiwa Corporation, 2008) (Mos world, Inc., 2011b)

(9). 對削減二氧化碳排放、吸收二氧化碳、與碳素的固定的影響

苔蘚類植物的需花費長年月生長、生育，雖然生長緩慢但也如其他植物一樣對吸收二氧化碳，將碳素固定在體內，對地球上的二氧化碳的排放具有削減的效果。在一般植物體內固定之碳素，由於落葉、枯枝等在土壤中分解、或在都市內被焚化，而將二氧化碳還原到大氣中，其結果二氧化碳的吸收量與排放量的收支大略為 1:1。但是可以在無機質上生育的苔蘚類植物其腐分解的速率極為緩慢，所固定之碳素則隨時間堆積。由此觀點，長期間苔蘚類植物所固定之碳素較其他植物為高。

(10). 對建築物的保護效果

紫外線或赤外線導致混凝土、防水層、塗裝材的劣化是屋內溫度變化的原因。為了防止此等劣化，被覆植物的手段有效，設置苔蘚類植物可以遮蔽紫外線、同時可抑制由於溫度變化所導致建築物的伸縮等，達到降低劣化的效果，此為提高建築物耐久性重要的條件之一。

(11). 生態系的復原效果

苔蘚類植物是綠化植物的一種，但是苔蘚類植物與一般的環境綠化，以「綠色」為對象的綠化不同，不是絕對的提供「綠色」。由於初期提供的生育層，在現場的環境區域引起生態系的形成，在生長的各階段之遷移層，對初期的生態系具有復原・復舊・改善等的效果。

## 六、參考文獻

1. Kagoshima Prefecture 2011 廃棄物処理法の改正について。 <http://www.pref.kagoshima.jp/kurashi-kankyo/recycle/sanpai/haisohoukaisei.html>
2. Nirwa, 2008 景天酸代謝作用與多肉植物栽植之間的關係。 <http://astrowp.pixnet.net/blog/ost/17038297>
3. Hiroshina Prefecture 2007 ダイオキシン類対策特別措置法の概要。 <http://www.pref.hiroshima.lg.jp/eeco/g/g3/gaiyo/gaiyou01.htm>
4. 特種東海製紙株式會社, 2011 環境ビジネスの展開。 <http://www.tt-paper.co.jp/environment/envir03.html>
5. Mos World, Inc., 2011a 屋上緑化の目的。 <http://www.mossworld.co.jp/ryokuka/index.html>
6. Mos World, Inc., 2011b 屋上緑化の環境調整効果。 <http://www.mossworld.co.jp/ryokuka/02.html>
7. Mos World, Inc., 2011c 行政の緑化への対応。 <http://www.mossworld.co.jp/ryokuka/03.html>
8. Mos World, Inc., 2011d モスインテーター・グロウ。 <http://www.mossworld.co.jp/product/>
9. Mos World, Inc., 2011e 生育状況。 <http://www.mossworld.co.jp/product/03.html>
10. Tokiwa Corporation, 2008 ニューモスインテーターグロウ（屋上緑化）。 <http://www.tokiwa-group.co.jp/products/190102>

---

\*蘇裕昌 國立中興大學森林學系教授

\*Dr. Yu-Chang Su, Professor, Dept. of Forestry,  
National Chung-Hsing University