

**專題報導**

揭露碳足跡帶動低碳思維風潮 —以盟鑫工業為例

▶ 專案3部 劉佩格

一、前言

為了減緩氣候變遷的腳步，各先進國家無不倡言節能減碳，政府對於產業、運輸以及住商等部門，各項節能減碳相關創新技術及推動策略相繼發展，國內工程公會亦配合國家政策，擴大對公共工程的思考角度，將生態工程以生態為基礎、安全為導向的工程方法，逐漸轉變為永續工程，擴展到兼顧「環境保育」、「經濟發展」與「社會公義」的永續理念，並以「節能減碳」作為核心推動的重點。

公共工程委員會頒布「永續公共工程-節能減碳政策白皮書」是台灣的公共工程因應整體環境趨勢的第一步。在整體環境永續發展前提下，傳統公共工程的舊思維-人定勝天觀念，也逐步調整，改以綠色內涵與生命週期評估(Life Cycle Assessment, LCA)分析建構符合節能減碳的目標，並提供因應未來災害及環境趨勢的基礎與方向。

生命週期評估屬於系統分析方法之一，其為「對產品系統自原物料的取得到最終處

置的生命週期中，投入和產出及潛在環境衝擊之彙整與評估。」(ISO 14040, 2006)在這所謂「產品系統」，不僅包括實體產品，亦包括服務系統。而需考量之環境衝擊通常包括資源使用、環境負荷與生態影響衝擊程度等。產品碳足跡盤查即為利用生命週期評估盤查手法執行，惟衝擊評估僅針對全球暖化之溫室氣體作量化分析。

就各式工程的生命週期，其簡易流程如圖1所示，從設計、開採工程原料、製成材料或產品、運輸、工地施工、營運使用、維護保養、翻新拆除等，都會使用到能資源，進而產生溫室氣體排放造成環境負荷。近年來已有許多專家學者就營建工程如何節能減碳從事相關研究及探討，對於工程生命週期各階段都是息息相關，工程始於設計，良好設計可降低營運維護的能源耗用，但設計又需配合材料及工法運用，所以完成一件工程需要多面向的整體性思考和整合，要落實永續工程及節能減碳更需要每一個相互扣連環節的合作。



圖1 工程生命週期

二、因地制宜的工法與材料

在全球氣候變遷影響下，就台灣地理氣候條件勢必與極端氣候共處，面對未來氣候變遷情境與衝擊的高度不確定性，除了國家政策推行節能減碳的「減緩」策略，還必須藉由「調適」的做法及對策來降低氣候變遷對生活的衝擊。國內調適策略研訂之主要規劃方向，依脆弱性、衝擊評估與調適之相關性，受影響範疇包含水資源、生態、海岸、運輸等各項問題，這些問題很多部分都需藉由工程的設計來適應目前氣候變遷的趨勢。以往當台灣面臨各式各樣氣候災害，工程多以便捷快速的方式做為處理，淹水地區就加高堤防，道路坍方毀損就搭便道或以砂石填土儘速搶通，短期搶修恢復雖達到基本需求，但卻造成工程浪費，台灣更需要的是長期能與生態環境共存的工程。

歷經半個多世紀迅速發展，地工織物(Geotextile)已普遍廣泛應用於土木水利工程，地工織物是屬於高分子合成材料，統稱為地工合成材料，是一種具有滲透性之織物，結合了建設、土壤、岩石或其他與大地工程相關之材料，而形成整體結構物的一部分，應用在土方平衡、挖填方處理、邊坡穩定、水土保持、環境工程、大地工程、水庫防漏處理等各種工法上，在國外已行之有年，國內外皆有相當多的成功案例。

隨著國內經濟發展與各項公共工程之持續推動，綠色工程思維已逐漸浮現，並以

綠色內涵與生命週期分析，逐步建構符合生態、防災與減碳等永續考量之工程設計與施作。由於國內公共工程中最成熟及普及應用的仍屬鋼筋混凝土施工之營建材料，也是建材中溫室氣體盤查及製造過程能資源消耗相關研究資料最多的，而地工合成材料與其他工程新材料之溫室氣體排放或碳足跡資訊屈指可數，因此，建立地工合成材料碳足跡排放量有其必要性，主要著眼於提供不同應用工法節能減碳效益評估之參考依據，並以促進公共工程永續發展為終極目標。

三、地工合成材料碳足跡計算

盟鑫工業為亞洲規模最大之地工合成材料公司，公司主要服務項目為綠色地工合成材料之研究生產及綠色工程相關之整合應用服務，除了成立TAF認證試驗室外，盟鑫工業為目前全球產品認證體系最完整廠商之一。本次盟鑫工業進行產品碳足跡盤查計算之標的產品為位於台中港加工出口區廠區所生產之地工織袋(Geotextile tube)，如圖2所示。「地工織袋」亦稱為「地工砂腸袋」，係指利用主原料聚丙烯(Polypropylene)在廠內抽絲所產出之扁絲與圓絲，透過整經、撚紗、織造等製程後成為地工織布半成品，再依客製化尺寸將織布半成品加工至成品。

英國及荷蘭早在1950年代，將疏浚河川淤泥填充在大型布袋內做為河流之兩岸堤防。地工砂腸袋可說是傳統常見砂袋之放大延伸應用，利用具抗紫外線之聚丙烯編織而



圖2 地工織袋(Geotextile tube)

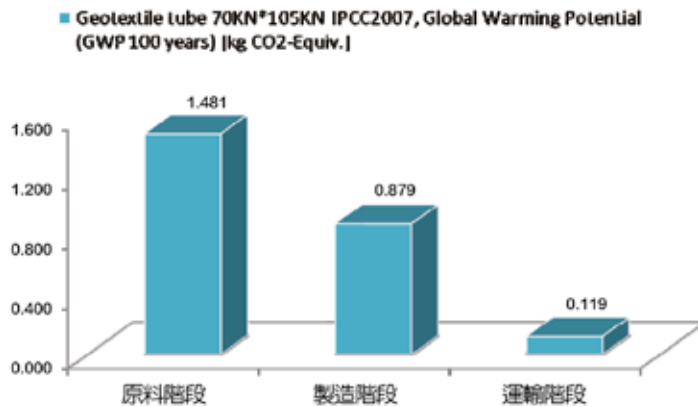


圖3 地工織袋各階段溫室氣體排放量

成，經縫合成管狀織布袋，再抽取現地土砂填灌。由於織布之孔隙可將水份排除而保留砂土於袋體內，故可廣泛應用於水利方面之大型結構物。「地工織袋」成品具有抗海水腐蝕性、耐酸鹼性、良好的耐化性及抗紫外線等特性，荷蘭地工合成物河海工程專家 Pilarczyk 就曾廣泛應用沙腸袋，作為海埔新生地之圍堰堤防、離岸堤、養灘堤、防波堤及生態保育人工沙丘等之核心材料。

地工織袋碳足跡盤查係依據 PAS 2050：2008 產品與服務生命週期階段之溫室氣體評估規範相關內容執行，數據蒐集期間為 2010 年 7 月 1 日至 2011 年 6 月 30 日，標的產品地工織布為大地或工程工法應用之材料，提供營建廠商進行不同工程之應用，故本產品地工織袋宣告之功能單位並不包括使用階段與最終廢棄階段。

經分析計算單位圓周乘上單位長度，每平方公尺(m^2)地工織袋之碳足跡為 $2.479 \text{ kgCO}_2\text{e}$ ，如圖 3 所示。地工織袋於原料、製程與運輸三階段生命週期中，以產品原料階段所造成之溫室氣體排放量最大，約占總排放量之 59.75%，其次為製程階段溫室氣體排放量，約占總排放量之 35.44%，至於運輸階段溫室氣體排放量占比則為 4.81%。

透過本會的碳足跡盤查輔導，盟鑫工業目前已建立產品碳足跡自我盤查能力，並進一步將盤查作業系統化，使產品盤查效率與範疇得以同步增加，未來將可提供客戶不同系列產品之碳足跡資訊，作為材料選擇的依據，日後更可藉此建立工程服務之排碳基線，據以擬定節能方針同時推動溫室氣體減量。

四、結語

工程建設在國家環境、社會及經濟發展上扮演重要角色，各國於工程營建的發展上，節能減碳與氣候變遷調適儼然成為最重要的課題，傳統高度加工的工程材料製造生產與高耗能的施作工法，將因排放大量溫室氣體而無法符合公眾對環境永續的看法與要求。

在工程形式種類眾多下，一個地工合成材料製造廠商揭露產品碳足跡訊息，不僅僅是建立工程碳排放量資訊的基本元件，更可帶動不同領域的低碳思維，借助更多的專業領域共同參與，在規劃設計階段即納入低碳考量，並貫穿整個工程建設的執行與營運。未來藉由創新研發更多低碳工程材料、技術及工法，提升工程功能、經濟效益、節能減碳與適應氣候衝擊等特性，並針對更多工程項目進行研究分析，使工程節能減碳之效益分析更為完備，再擴大推廣於公共工程應用領域，不僅有助於減緩全球暖化趨勢，調適國內受氣候變遷衝擊之災害問題，亦是促進我國營建產業技術不斷升級之良性循環。

感謝盟鑫公司參與 100 年度推動中小企業節能減碳輔導計畫。