



交通部公路總局

# 公路工程碳管理制度及實務研討會 成果報告書

中華民國 103 年 5 月 9 日

# 目錄

|  |           |
|--|-----------|
| <b>第壹章 前言</b> .....                    | <b>1</b>  |
| 1.1 會議辦理緣起 .....                       | 1         |
| 1.2 研討議題 .....                         | 2         |
| 1.3 辦理時間及地點 .....                      | 2         |
| 1.4 辦理單位 .....                         | 2         |
| 1.5 會議議程 .....                         | 4         |
| <b>第貳章 論壇演講摘要與討論彙整</b> .....           | <b>5</b>  |
| 2.1 專題一：產品碳足跡推動現況及工程碳足跡盤查準則與計算參考 ..... | 5         |
| 2.2 專題二：公路總局推動道路工程碳管理經驗分享 .....        | 14        |
| 2.3 綜合討論 .....                         | 23        |
| <b>第參章 會議結論與後續建議</b> .....             | <b>31</b> |
| 3.1 結論 .....                           | 31        |
| 3.2 後續建議 .....                         | 37        |
| <b>第肆章 照片集錦</b> .....                  | <b>40</b> |

## 表目錄

|                      |   |
|----------------------|---|
| 表 1.5-1 研討會議程表 ..... | 4 |
|----------------------|---|

## 圖目錄

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 圖 2.1-1 蕭處長慧娟演講實況 ..... | 7  |
| 圖 2.1-2 徐肇晞技正演講實況 ..... | 10 |
| 圖 2.1-3 胡憲倫教授演講實況 ..... | 12 |
| 圖 2.1-4 林文華協理演講實況 ..... | 13 |
| 圖 2.2-1 卜君平教授演講實況 ..... | 15 |
| 圖 2.2-2 黃琬淇博士演講實況 ..... | 17 |
| 圖 2.2-3 林彥宇博士演講實況 ..... | 19 |
| 圖 2.2-4 蔣啟恆經理演講實況 ..... | 20 |
| 圖 2.2-5 陳峙霖經理演講實況 ..... | 22 |
| 圖 2.4-1 綜合討論實況 .....    | 29 |

# 第壹章 前言

## 1.1 會議辦理緣起

交通部公路總局基於國際工程碳管理趨勢及我國國家及公共工程節能減碳政策走向，自民國 100 年起即以研提道路工程碳管理構想，訂定道路工程碳管理事務推動進程；再以實務操作之可行性為考量、增訂工程契約內容後，啟動一系列工程碳排放估算與盤查計畫，期能透過回饋循環的方式，逐步完備我國道路工程碳管理方法與工具。

目前公路總局共計有 3 個計畫工程已先後導入碳足跡盤查作業，規劃透過不同工程特性(工程類型、地理位置、施作模式等)的碳排放量盤查計算與分析，釐清、控制繼而回饋予道路工程或相近工程，作為尋求更有效的減量策略及低碳規劃設計新思維之基礎，繼而帶動國家公共工程建設低碳化。

除公路總局推動道路工程計畫之碳管理作業外，行政院公共工程委員會於 101 年底召開「公共工程計畫落實節能減碳考量及二氧化碳排放量估算模式座談會」，而後自 102 年 3 月起，邀集 6 類(道路、防洪、水資源、下水道、建築及水土保持)工程主管機關研商、推動不同類型工程碳排放估算與盤查試辦案例，目前報試辦者約有 20 例。此外，行政院環境保護署也已開始由產品類別規則審議及產品碳足跡係數兩面向，參與工程碳管理議題之發展。

為能密切配合我國國家溫室氣體管制及公共工程推動節能減碳政策，同時促進公路總局轄管計畫工程碳管理間及對外的溝通與交流，特規劃於 103 年度 5 月 9 日籌辦本「公路工程碳管理制度及實務研討會」。由政策方向、國內外規範，乃至於現階段實作成果，邀集一系列專題發表，作為各界了解與推展工程碳管理實務之參考。

本研討會的辦理除可促成國內產、官、學界對於工程碳管理議題的重視與發想，強化公共暨道路工程投入節能減碳作業的價值外，更可望促進各工程相關單位、由主管機關、監造單位乃至於承包商、協力廠商等，就工區執行碳足跡盤查實務進行意見交流，確保碳管理計畫執行成效，以穩健地朝向完備我國道路工程碳管理架構、輔助達成國家節能減碳目標之願景邁進。

## 1.2 研討議題

本研討會規劃以國家公共工程節能減碳相關政策推動進程為始；再由我國工程產品類別規則研訂單位及工程碳足跡查證單位，說明現階段推動工程碳足跡盤查所需依循之參考文件內容與規範或指引要求；最後由本局各碳管理計畫執行單位個別發表現階段計畫執行成果。為此，規劃將分為兩個主軸議題(詳會議議程表)，分別為：

### (一) 產品碳足跡推動現況及工程碳足跡盤查準則與計算參考

1. 我國產品碳足跡規範及推動進程
2. 我國公共工程碳足跡估算與調查推動策略
3. 我國道路工程相關產品類別規則
4. 公共工程碳足跡盤查準則與查證重點

### (二) 公路總局推動道路碳管理經驗分享

1. 橋梁不同垮度及工法 e 化系統建置(含碳排放量推估)
2. 台 9 蘇花改計畫工程碳足跡盤查與輔導實務經驗分享
3. 台 61 八棟寮九塊厝計畫工程碳足跡盤查與輔導實務經驗分享
4. 台 9 南迴計畫工程設計階段碳排放量推估及減碳策略
5. 台 9 南迴計畫工程材料碳足跡數據建立

## 1.3 辦理時間及地點

本研討會已於 103 年 5 月 9 日 8:30~17:10 假交通部國際會議中心國際會議廳(台北市中正區杭州南路一段 24 號)辦理。

## 1.4 辦理單位

### (一) 指導單位

1. 交通部

2. 行政院公共工程委員會

3. 行政院環境保護署

(二) 主辦單位：交通部公路總局

(三) 協辦單位

1. 交通部臺灣區國道新建工程局

2. 交通部鐵道改建工程局

3. 桃園縣政府

4. 中興工程顧問股份有限公司

5. 台灣世曦工程顧問股份有限公司

## 1.5 會議議程

表 1.5-1 研討會議程表

| 時間          | 議題                              | 發表單位/講者                         |
|-------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 08:30~09:00 | 報到                              |                                 |
| 09:00~09:10 | 致歡迎詞                            | 交通部公路總局<br>趙代理局長興華              |
| 09:10~09:25 | 貴賓致詞                            | 行政院工程會、交通部                      |
| 09:25~09:30 | 貴賓合影留念                          |                                 |
| <b>專題一</b>  | <b>產品碳足跡推動現況及工程碳足跡盤查準則與計算參考</b> |                                 |
| 09:30~09:35 | 專題一 主持人與講者介紹                    | 夏副局長明勝                          |
| 09:35~10:05 | 我國產品碳足跡標示制度推動現況                 | 行政院環保署 管制考核及糾紛處理處 蕭處長慧娟         |
| 10:05~10:35 | 我國公共工程碳排放估算與調查推動策略與現況           | 行政院公共工程委員會技術處<br>徐技正肇晞          |
| 10:35~10:55 | 休息                              |                                 |
| 10:55~11:25 | 我國道路工程碳足跡產品類別規則介紹               | 臺北科技大學環境工程與管理研究所 胡教授憲倫          |
| 11:25~11:55 | 工程碳足跡盤查準則與查證重點                  | 英國標準協會太平洋有限公司<br>台灣分公司驗證部 林協理文華 |
| 11:55~13:15 | 午餐                              |                                 |
| <b>專題二</b>  | <b>公路總局推動道路工程碳管理經驗分享</b>        |                                 |
| 13:15~13:20 | 專題二 主持人與講者介紹                    | 吳總工程司進興                         |
| 13:20~13:50 | 橋梁不同跨度及工法之e化系統建置(含碳排放量推估)       | 逢甲大學土木工程系<br>卜教授君平              |
| 13:50~14:20 | 台9蘇花改計畫工程碳足跡盤查與輔導實務經驗分享         | 中興工程顧問股份有限公司                    |
| 14:20~14:50 | 台61八棟寮九塊厝計畫工程碳足跡盤查與輔導實務經驗分享     |                                 |
| 14:50~15:10 | 休息                              |                                 |
| 15:10~15:40 | 台9南迴計畫工程設計階段碳排放量推估及減碳策略         | 台灣世曦工程顧問股份有限公司                  |
| 15:40~16:10 | 台9南迴計畫工程材料碳足跡數據建立               | 台灣世曦工程顧問股份有限公司財團法人成大研究發展基金會     |
| 16:10~16:50 | 綜合討論                            |                                 |
| 16:50~      | 賦歸                              |                                 |

## 第貳章 論壇演講摘要與討論彙整

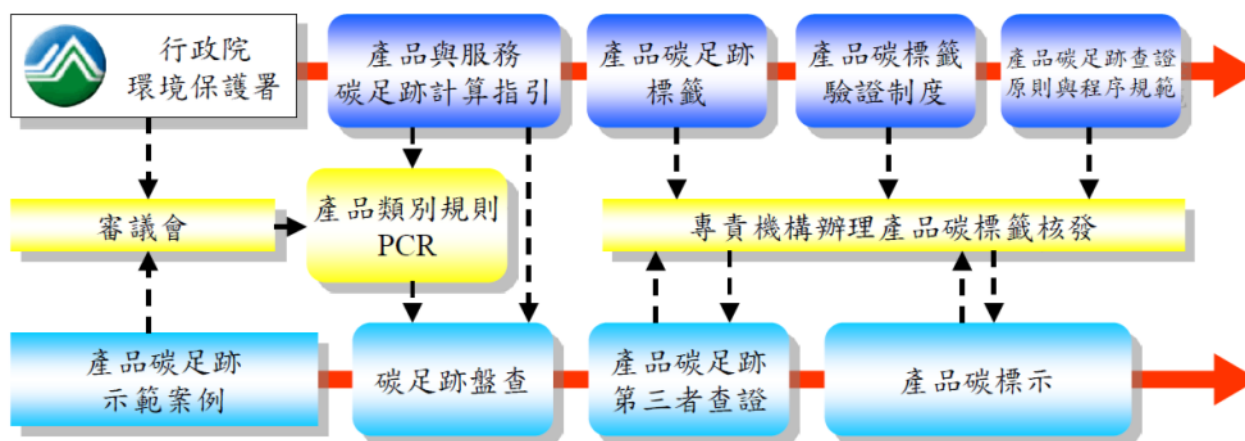
### 2.1 專題一：產品碳足跡推動現況及工程碳足跡盤查準則與計算參考

#### 一、我國產品碳足跡標示制度推動現況

報告人：行政院環保署管制考核及糾紛處理處處長 蕭慧娟

#### 論壇演講摘要

1. 碳足跡意指一事件或產品整個生命週期過程直接與間接產生的溫室氣體排放量，包括生產端、銷售端及消費端。對企業而言，可促使檢討產品製程及供應鏈，找出減量熱點，減少碳排放；對消費者來說，以碳標籤方式傳達產品碳足跡訊息，供選購參考，鼓勵改變消費行為與生活型態，推廣綠色意識。
2. 台灣是世界第 11 個推動產品碳足跡標示制度的國家，國際上多個先進國家，包括英、法、德、瑞士、美、加、澳、日、韓、泰等，都持續推動產品碳足跡制度。環保署設定之產品碳標籤制度如下所示，由環保署訂定產品與服務碳足跡計算指引(PCR)、產品碳標籤驗證制度及產品碳足跡查證原則與程序規範等，自願參與廠商則依規定辦理碳足跡盤查，並經第三者查證後提報審核，審查確認後即核發產品碳標籤。



3. 推動迄今已公告 60 件碳足跡產品類別規則文件，合計 232 件產品取得碳標籤證書，累計產值超過新台幣 80 億；廠商針對產品提出未來具體溫室氣體減量承諾，已承諾達成減碳成效約 1.1 萬噸 CO<sub>2</sub>e。



4. 環保署積極建置全球第一個隸屬於國家層級的碳足跡計算服務平台，提供一次盤查、多方應用的雲端輸出服務，有助於供應鏈多方協作、即時整合服務，加速盤查作業，並降低對國際軟體依賴，提供異地備援之保障與穩定性。
5. 建構碳足跡計算服務平台後，將建置本土碳足跡排放係數資料庫；清查產品碳足跡盤查最常使用的原物料係數約 600 項，將分年逐步建置。102 年共審查通過 60 項係數，已公告於產品碳足跡計算服務平台。
6. 環保署推動產品碳足跡標籤的工作，除支援各部會推動碳足跡、協助台商推動碳足跡之外，並加強與國際合作交流(辦理國際論壇、參加國際研討會、出席世界貿易組織貿易與環境委員會議介紹台灣碳標籤制度給會員國、考察先進國家環境標籤制度推動情形)。未來將進一步推動碳足跡減量標籤制度，落實產品實際減碳成效，若與環保集點制度結合，將可再增加廠商申請誘因。

#### 討論彙整

1. 目前除產品碳足跡標籤之外，環保署也推動相關環保標章，其立意皆是對環境友善，並不相悖，是否考慮兩者之整合？

#### 蕭處長回應

從國際間的做法來看，目前其他國家大也都依照不同的推動目標，設定各類環保標章；而法國已經開始推動整合性的環境標章，如果有具體執行成果的話，其他國家也可能會跟進。

環保署所訂定的環保標章與產品碳足跡標籤，其實質審核項目內容仍有頗大差距，因此目前仍依其設定的目標各自宣導推動，未來會參考其他先進國家的做法，再來考量必要之調整。

2. 目前的產品碳足跡標籤，係以二級產業為主，未來是否會進一步擴大推動層面，含括一、三級產業？

#### 蕭處長回應

現階段的產品碳足跡標籤，原本就完整含括原料供應、產品製造、消費使用、廢棄回收等各階段，基本上也包含了一、三級產業的碳足跡概念。有關產品碳足跡標籤的推廣，環保署仍將視其推動的可行性，持續擴大制定並加強宣導。

### 3. 針對產品碳足跡標籤的推行，環保署是否有實質獎勵措施？

#### 蕭處長回應

推動產品碳足跡標籤的執行，對企業而言原本就有掌握能資源耗用概況、減少資源浪費節省生產成本的好處，目前環保署是採鼓勵企業自願推動，並以公開頒獎的儀式提升企業形象，達到加分的效果；未來會考慮納入政府綠色採購的優先選擇，提高企業的參與意願。



圖 2.1-1 蕭處長慧娟演講實況

## 二、我國公共工程碳排放估算與調查推動策略與現況

報告人：行政院公共工程委員會技正 徐肇晞

### 論壇演講摘要

1. 台灣從 921 地震以來，持續經歷象神、桃芝、納莉颱風，谷關至德基段至今還無法重新開放給用路人使用，人類由與大自然對抗轉變開始思考是否有更好的方式來與大自然相處，生態工程的概念由此萌芽。生態工程的概念包括尊重自然，瞭解生物、植物與環境真正的需要在哪；順應自然，在瞭解生態環境後，處理工法應有順勢而為的概念，順應自然環境的走向進行疏導，這也是目前主要業務之一；學習自然，目前許多工法是由大自然中學習的，以最自然的方式施作，減少對環境的影響。
2. 隨著民眾對於公共工程的要求越來越高，公共工程委員會開始思考永續公共工程的概念，永續公共工程的意涵是指符合環境保育、社會公義與經濟效率所規劃、建置、營運與管理全生命週期之公共工程。2008 年 11 月所提出的永續公共工程節能減碳白皮書內提到，如何以制度面與技術面，藉由宣導及鼓勵機制，建立推動機制、指標標章、審議制度再造、建構綠色採購環境，讓大眾能夠接受認同。
3. 現行公共工程計畫審議程序促使承包商的減碳手段包括：先期規劃構想階段的政府公共工程計畫與經費審議作業要點；重要個案計畫的行政院所屬各機關中長程個案計畫編審要點；工程基本設計的政府公共工程計畫與經費審議作業要點等。透過既有的上述審議程序，要求工程主辦機關確實思考落實永續及節能減碳。
4. 工程減碳最具減碳潛勢的階段在於規劃設計是目前大家有的共識，現階段公共工程委員會已於 2012 年 1 月提出先期規劃節能減碳檢核表；至於設計階段要如何減量，由於工程主體的興建都是排碳，所以在探討如何減量之前，要先有完整的制度與標準來確立排碳量的正確性，有了數據基礎再來談如何減量。

5. 目前計算方式通常使用排放係數法，係以排放源之活動數據乘上排放係數，為國內最常用的方法之一，係數選用原則係自廠發展係數最佳；工程碳排放量計算範疇包括直接排放、外購電力、主要工料項目、運輸排碳與碳匯變化量。
6. 公共工程委員會利用 PCCES 所產出的資源統計表，結合 Microsoft Excel，就人機料之數量，估算二氧化碳排碳量，其中工項部分，需具備「有功率」以及「有對應係數」之機具與材料才能進行計算；此外，W 雜項部分及 L 人力部分，尚未納入工程碳排放量簡易估算工具估算範疇內。另目前工程碳排放量簡易估算工具所採用係數係蒐集各類參考文獻與研究報告所得，並非全為公告之參數。
7. 16 件計算案例中可計算之碳排放量項目之價金佔總價金平均約 37.4%，機具類普遍可獲得較高之計算比例(75~90%)；材料類受係數資料限制估算比例不一(40~80%)；待拆解項目則普遍偏低(10%以下)。就水土保持工程試辦案例結果，目前估算與實際盤查還是有一定程度的落差，主要原因是現場機具使用情況常有變化，變更設計也是影響排碳量的原因之一。
8. 在氣候變遷的事實及節能減碳的國際趨勢下，如何落實永續公共工程理念，以兼顧環境保育、經濟發展及社會公義，實為所有工程建設必需考慮的。政策白皮書、綠色內涵、永續指標系統及排碳量計算模式，皆為規劃設計時落實永續理念的工具之一，協助規劃單位從不同面向或角度，思考具體的實踐方法。
9. 公共工程計畫應配合審議制度落實檢核機制，提出節能減碳構想及具體作法；並於設計階段導入碳排放量估算方法，選擇低碳的配置、工法及材料；施工階段執行碳排放量調查作業，掌握排放源並落實節能減碳規劃。
10. 永續公共工程的理念及相關政策，必須持續透過講習、研討、觀摩等方式，讓工程執行機關、營建產業的工程人員，都能認同並主動的融入工作當中。



圖 2.1-2 徐肇晞技正演講實況

### 三、我國道路工程碳足跡產品類別規則介紹

報告人：臺北科技大學環境工程與管理研究所教授 胡憲倫

#### 論壇演講摘要

1. 產品類別規則文件(Product Category Rule, PCR)概念緣自生命週期評估之第三類環保標章產品環境宣告(Environmental Product Declaration; EPD)，主要目的為在同樣產品類別內尋求共通之計算標準，使得產品碳足跡數據(CFP)具備可比較性。
2. 不同於食品業、製造業碳足跡，工程包含不同工法、地質條件等各類施工情形，即便針對相同之一座橋梁或一段道路之工程進行盤查所得出的工程碳足跡，為避免失真，亦不適宜直接進行比較。
3. PCR 草案之制定多參考國際上之相關規範制定經驗，彙整研訂出我國 PCR 草案。近期亦參考國際上之 PCR 發展指導綱領(Guidance for PCR Development)制訂，與我國 PCR 草案制定流程相比較，以期與國際接軌。

4. 我國道路工程相關 CF-PCR 草案分為基礎建設-隧道、基礎建設-道路及基礎建設-橋梁 3 份草案，由交通部公路總局作為提案單位，並由中興工程及台北科技大學作為執行單位，研擬草案提送環保署審查，已於 103 年 5 月 8 日獲修正通過。
5. PCR 草案研訂過程中參考多方意見修訂，針對多個供應商取得原料之議題，參考實務經驗將主要供應商之提供原物料量應佔總提供原物料量的比例訂為 50% 以上，主要供應商之一級活動數據平均值，可作為所有其他供應商之二級數據。
6. PCR 草案營運管理階段之情境內容排除使用階段，主要考量使用階段為使用者利用道路提供之功能性，透過載具進行各種類型運輸的過程。為避免與載具之使用階段重複計算，道路基礎設施之使用階段不納入 PCR 之範疇。
7. 3 份基礎建設 CF-PCR 依據環保署產品類別規則訂定指引架構訂定。以基礎建設-道路 CF-PCR 為例，其產品組成各種類型之道路建設，並包含其他必要附屬設施。功能單位定義為每公里-寬度之修建(包含道路設備與其他必要附屬設施)，以及未來 50 年之營運。生命周期各階段之數據蒐集，原料取得階段包含施工過程中所需的原物料之開採、加工與其運輸過程；施工階段包含道路建置及道路附屬設施建置過程，並排除規劃與設計階段；營運管理階段包含了操作、維護/重置階段，使用及拆除階段並未包含在內。
8. 國內第一批推動之三份基礎建設 CF-PCR，在公路總局的支持，及工程顧問公司與學術、研究單位的通力合作下，已經制定完成；相信對於國內推動公共工程的節能減碳，應有相當助益。
9. 本批 CF-PCR 雖是經由利害關係者及專家一起商討訂定完成，然其內容包括邊界範疇及若干計算情境，仍有考慮不周之處。期待此 3 份 PCR 在工程界實際使用後，找出問題並在未來修正時提出，使其能更臻完善。



圖 2.1-3 胡憲倫教授演講實況

#### 四、我國公共工程碳排放估算與調查推動策略與現況

報告人：英國標準協會(BSI)驗證部協理 林文華

##### 論壇演講摘要

1. 工程碳足跡盤查準則包含 PAS2050:2011、EPA 產品與服務碳足跡計算準則、ISO/TS 14067:2013、香港 Labeling scheme 等。其中 ISO/TS 14067:2013 產品碳足跡量化與溝通要求與指引技術規範由國際標準組織於 2013 年 5 月正式公告。
2. 組織型溫室氣體盤查與產品碳足跡之差異在於產品碳足跡之盤查範疇應涵蓋全生命週期各階段，包含所有上游原物料開採、製造、運輸，及下游使用與最終處置階段，並須包含蒙特婁管制項目之溫室氣體，且應包括化石源及生質源所產生之溫室氣體。在自發電力輸出部分應分配至輸出的單位，不應算在組織評估的產品碳足跡中。

3. ISO/TS 14067:2013 產品碳足跡量化與溝通要求與指引技術規範在研究報告一開始即清楚說明其目的及範疇，並依循著所界定的目的與範疇，定義後續評估程序，包括產品系統、系統邊界、功能單位、數據及數據品質要求、數據的時間邊界、使用階段及最終處置階段、分配原則...等，皆應與範疇定義一致。
4. ISO/TS 14067:2013 產品碳足跡量化與溝通要求與指引技術規範與 PAS2050:2011 之差異在於 ISO/TS 14067:2013 要求盤查產品有關之供應商與盤查產品範疇均應實地盤查營運過程之數據，亦即符合一級數據之要求；另需進行量化結果有關之參數之不確定性評估；亦須進行相關敏感度分析；其外部溝通報告及績效追蹤報告亦規定至少應揭露的內容及相關要求。
5. 查證時，針對產品碳足跡盤查報告書內容收集數據的時間長度、地理區域、變異性、完整性、代表性及資訊蒐集流程、一級及二級數據查核、訪談、引證/追溯/重新計算/確認、現場 scope 一致性的確認等項目進行查核確證。



圖 2.1-4 林文華協理演講實況



## 2.2 專題二：公路總局推動道路工程碳管理經驗分享

### 一、橋梁不同跨度及工法之 e 化系統建置(含碳排放量推估)

報告人：逢甲大學土木工程系教授 卜君平

#### 論壇演講摘要

營建相關產業所產生碳排放量約佔台灣總排放量之 28~30%，如何有效減少營建產業之碳排量實為相當重要之課題。根據文獻研究，規劃階段具有最大的減碳機會，故本工作之目的為根據規劃者或設計者提供之橋梁相關數據發展規劃設計階段之橋梁碳排推估，並建置雲端系統供利用，以便規劃設計者選用最適之方案。

本計畫將橋梁全生命週期細分成五類：材料生產、材料運輸、施工階段、日常使用及維護以及拆除及廢棄物處理。材料生產部分，又區分成上構及下構，分別就其最大宗材料(混凝土、鋼筋、鋼腱、瀝青混凝土等)進行既有橋梁之材料數量迴歸分析，以取得欲興建橋梁需使用之材料數量概數；材料運輸部分，使用各材料平均運距(根據交通部統計處 100 年汽貨車貨運調查報告)乘上平均燃油效率 4 km/公升再乘上柴油單位排碳量，可得各材料平均運輸所產生之碳排放係數，以此計算最大宗材料運輸所致之碳排量；施工階段部分，又區分為施工機具及用電以及臨時設施及施工自動化，施工機具以約占新建工程全生命週期總碳排量之 4% 為計算依據，而臨時用電與施工機具排碳量則約略相當，臨時設施部分只計算其運輸碳排量，而施工自動化則計算支撐架、工作車、吊車等之生產、運輸碳排量，但另予以攤提至各單元內；日常使用及維護部分，又區分為夜間照明及車輛行駛以及維護，夜間照明及車輛行駛以每年 5.8 kg/m<sup>2</sup> 概算，維護則以瀝青混凝土使用量來計算碳排量；拆除及廢棄物處理部分，拆除階段碳排量約為 4.32kg/m<sup>2</sup>，廢棄物處理階段則約為 2.83kg/T。

將以上各碳排量加總後即可得計畫興建橋梁預估之總碳排量。並以 T.Y.LIN 設計之東西向快速道路台南關廟線台南仁德段進行驗證，並將誤差較大部分進行檢討，以期改善本系統讓各使用者更能準確掌握橋梁碳排放評估數據。

最後也針對雲端分析系統介面進行介紹，整體介面設計相當平易近人，讓使用者容易上手。這是國內外唯一以最簡便的方式，又可相當準確計算預力橋梁全生命週期碳足跡的系統，將有助於從節能減碳的觀點做各項方案比較與選擇，未來將藉由更多的碳盤查資料，持續修正碳排量的計算。



圖 2.2-1 卜君平教授演講實況

## 二、台 9 蘇花改計畫工程碳足跡盤查與輔導實務經驗分享

報告人：中興工程顧問股份有限公司環工一部 黃琬淇博士

### 論壇演講摘要

蘇花改計畫工程碳管理工作為國內公共工程執行碳足跡盤查工作的首例，啟動的時間點恰在運研所完成專案研究、設計單位完成減碳方案評估之後，具有承先啟後：實現公路總局之工程碳管理架構、帶動公共工程產業鏈投入思維之重要性。

蘇花改工程碳足跡盤查係自 101 年 7 月 24 日、由公路總局吳局長盟分於蘇花

改見證第一標宣示碳足跡盤查合作宣言起正式展開，目前正持續以國際碳足跡規範(PAS 2050; ISO/TS 14067)為依據持續進行，蒐集的資料包括：施工期間的排放源基本資料(以登錄清冊填蒐集)及活動強度資料(以盤查日誌蒐集)兩大類；登錄清冊與盤查日誌的資料類別係互相對應，內容包括：施工項目、協力與供應廠商、機運具與設備、電錶、水錶、工程材料、植生移除、廢棄物，及人員出勤及運輸。現階段可獲致之碳足跡盤查與分析結果包括：

1. 工區碳足跡貢獻程度占比由大而小分別為材料、機具、運輸、人員，在次序不變的情形下，工程材料排放佔比隨工程進度而持續提高。
2. 伴隨主要工程項目的開展，混凝土與鋼筋排碳占比持續提高，就橋梁為主與隧道為主的各 2 標盤查結果相比較，鋼筋排碳占比於橋梁標材料排碳量明顯較大。
3. 目前可發現不同工程有其排碳特性，初步可由 2 標同一類型工程彙整出單位量體之排碳參數(基樁與基礎層)，有助後續回饋予工程規劃設計階段作為排碳推估之參考。
4. 隨著各標機具、運具等工區設備的操作時數、里程數與油耗量的持續累積，目前也有試算出幾項主要工程機、運具的油耗率，但仍有待數據量累積更多、不同工區間的計算結果能夠進行比較確認後，再提出具有可信度與參考價值的結果。

整體而言，蘇花改計畫執行工程碳足跡盤查工作執行至今，舉凡工程處、工務段、監造單位、承包商及協力廠商或供應商人員，皆已具備碳足跡盤查資料蒐集的知識與技能，惟在工程品質與進度兼顧的前提下，要能夠落實前所未有的碳足跡盤查紀錄、符合查證要求，所必須投注於有效解決問題的心力與時間絕非尋常產品碳足跡盤查可比擬。因此，希望各界能夠在監督工程碳管理議題的發展與關注階段性成果的同時，也能夠給予願意拋磚引玉投入的供應商、承包商一些鼓勵，加速促成帶動營造產業供應鏈共同落實節能減碳的願景。



圖 2.2-2 黃琬淇博士演講實況

### 三、台 61 八棟寮九塊厝計畫工程碳足跡盤查與輔導實務經驗分享

報告人：中興工程顧問股份有限公司環工一部 林彥宇博士

#### 論壇演講摘要

1. 因應公路總局推動工程碳管理構想，西部濱海公路南區臨時工程處辦理「西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程委託工程碳管理暨碳足跡盤查輔導及查證」計畫，期望由本計畫之執行蒐集台灣西部公路工程碳足跡、高架道路與橋梁工程特性資料，再加上蘇花改計畫所得之台灣東部工程碳足跡資訊，俾使我國道路工程碳管理制度及碳排放參數資料更為完備。
2. 台 61 八棟寮九塊厝計畫執行至今，透過施工前協調會、工區現場輔導與協力廠商說明會等不同形式，持續與承包商、協力廠商、供應商溝通協調，目前已確立盤查工作中之工區及管理單位盤查邊界、盤查表單內容格式、盤查資料之填報/檢核/輔導/查證流程，並已完成 101 年、102 年度盤放清冊預審。
3. 根據初步排放量計算結果，可分析不同工項(基樁、墩柱、箱型梁、擋土牆等)、

施工機具(吊車、吊卡車、挖土機、打樁機、運土卡車等)、工程材料(鋼筋、混凝土、預力鋼腱、PVC 管等)、機具/材料運輸之排放量貢獻比例。由初步分析結果可知工程材料為最主要溫室氣體排放源，而其中又以混凝土與鋼筋為主要排放源。

4. 透過盤查資料持續累積，本計畫逐步建立工程相關之本土化參數，如施工機具操作油耗(挖土機、打樁機、吊車/吊卡車、泵送車等)、車輛運輸油耗(混凝土、鋼筋)、複合式工程材料排碳係數(剪力鋼箱、盤式支承、預力材料等)。
5. 本計畫中 WH77-A 標(鹽埕交流道新建工程)於民國 101 年 1 月就已動工，而本計畫於 101 年 11 月開始盤查輔導作業，承包商於同年 12 月 1 日始展開盤查作業，故本計畫與承包商另執行 101 年 1 月至 11 月之盤查資料回溯，透過確認工程內容/進度與數量、施工廠商、工程材料供應商、佐證資料律定原則確認等作業，建立回溯期間盤查資料。
6. 本計畫以盤查結果分別評估工程材料(混凝土中採用水泥替代材料)、施工機具(基樁鋼筋場使用燃油發電機或台電臨時電)之可能減碳效益，以做為未來其他工程於材料設計選用、施工作業規劃之參考。

#### 四、台 9 南迴計畫工程設計階段碳排放量推估及減碳策略

報告人：台灣世曦工程顧問股份有限公司第二結構部經理 蔣啟恆

##### 論壇演講摘要

本計畫起點於既有台 9 線新樁號 443k+000(及本工程起點里程 0k+000)岔出，改道路線沿安朔溪堤岸左側，採路堤方式通過達仁社區與安朔社區邊緣，並以橋樑型式跨越安朔溪主流後沿安朔溪支流五福谷溪左岸向西南而行，約自里程 6k+300 至里程 10k+917 間，以隧道方式穿越安朔溪與楓港溪分水嶺，於既有台 9 線樁號 459k+300 附近銜接回原線，全長約 11 公里，新闢道路採雙向四車道配置。本工程 0k+000~6k+300 為 C1 標，主要為路工及橋樑工程；6k+300~11k+006 為 C2 標，主要為隧道、橋梁及養灘工程。



圖 2.2-3 林彥宇博士演講實況

各工程於規畫階段，由於工程數量資訊缺乏，僅能由構造長度、面積或體積推估其大宗數量後再進行碳排量分析；至初設階段，已有初步之工程數量，碳排量可部分依構造單位部分依初步材料數量推估；至細設階段，已具備完整之工項數量、單價分析表，故工程材料已可精確計算；至施工階段，實際工程材料使用、運輸、施工機具使用時間均可紀錄，排碳量已可以各材料實際使用狀況進行統計，並可另進行大宗材料一級數據盤查，及施工機具施工時間、用電、用水實際數量統計等。本工程碳排推估即以單價分析表下層分別計算後加總至詳細表，其中僅針對工程材料部分進行計算，其餘人力、機具部分均至施工階段後以碳盤查方式進行。

針對本計畫設計階段碳排量推估，根據文獻研究，工程材料約佔施工階段之碳排量 84%，營運階段約佔施工階段 14%，故上述推估出工程材料部分後，即可計算出本工程全生命週期之總碳排量。

另外根據各標特性，於設計階段亦選用較環保之施工方式或材料，例如：混凝土內利用爐石粉、飛灰替代水泥用量、提高隧道內襯砌混凝土強度、加勁擋土

牆取代重力式擋土牆、剩餘土方用於養灘而不外運土資場、全能工班及自動化工法之選用等，皆實質減少本工程之碳排量，真正落實減碳的作為。



圖 2.2-4 蔣啟恆經理演講實況

## 五、台 9 南迴計畫工程材料碳足跡數據建立

報告人：財團法人成大研究發展基金會經理 陳峙霖

### 論壇演講摘要

1. 本工程主要為路工、橋樑及隧道工程。各工程形式主要使用之材料、機具不盡相同，為了瞭解整個工程的總碳排量，則需要分別建立其碳排放係數。係數的品質最優者為本工程原物料供應商直接盤查資料，其次為國內業者盤查資料，最末者為生命週期評估軟體所使用之係數，然而大部分碳排推估所使用係數皆來自最末者，其因為軟體資料庫範圍廣，容易取得，而廠商第一手盤查資料不易取得且數量稀少，故逐步建立國內本土化之碳排係數實為發展工程碳排放推估之首要工作。本演講主要即在說明盤查輔導之步驟及規劃，

亦可供材料供應商欲取得碳標籤者參考。

2. 實際執行工程碳足跡盤查計算時，首要釐清工程所需之各項活動數據的品項，包括工程所需之工程材料、燃料、電力、用水、廢棄物及各項交通運輸，可依照工程內分項細部施工之不同，進行活動數據來源之篩選，確認各項活動數據的品項後，則可接續確認各活動數據之碳排放係數，完成工程碳足跡之計算
3. 目前碳排放係數的來源包括國外研究資訊、內政部建研所公告、環保署公告係數、國內業者盤查資料、生命週期評估軟體以及本工程原物料供應商自行盤查資料，相關係數同時將經過詮釋文件規格化整合、判斷最適當排放係數等步驟之後，方納入碳足跡排放使用，本團隊亦將尋求工程原物料相關公會之協助，協調主要供應商配合及接受產品碳足跡實地盤查，期能逐步建立本土化工程碳足跡係數庫。
4. 於供應商現場盤查時，主要工作流程及規劃，皆將依循產品碳足跡輔導模式，自選定產品開始，繪製產品生命週期流程圖，確認排放源，建立活動數據蒐集流程，並討論各項能資源分配方案，最後利用生命週期評估軟體，完整各項二階供應商以上之碳排放資訊，進行標的產品碳排放計算，後提交盤查報告書作為碳排放計算之相關說明文件。
5. 供應商盤查時，首重建立與供應商之溝通管道，亦可透過此次現場盤查之機會，提供碳管理相關資訊給工程材料供應商，除增加本標工程碳足跡之數據品質之外，亦可擴散盤查計畫之實質效益，達成工程供應鏈綠化之目標。





圖 2.2-5 陳峙霖經理演講實況

## 2.3 綜合討論

主持人：

交通部公路總局 夏副局長明勝  
交通部公路總局 吳總工程司進興

座談人員：

行政院環保署 管制考核及糾紛處理處 蕭處長 慧娟  
行政院公共工程委員會技術處 徐技正 肇晞  
英國標準協會太平洋有限公司台灣分公司驗證部 林協理 文華  
逢甲大學土木工程系 卜教授 君平  
中興工程顧問股份有限公司 黃博士 琬淇  
中興工程顧問股份有限公司 林博士 彥宇  
台灣世曦工程顧問股份有限公司 蔣經理 啟恆  
財團法人成大研究發展基金會 陳經理 峙霖

### 討論彙整

1. 講者之生命週期名詞定義不太一致，生命週期應包含開採階段，而非始於原物料階段，甚至有施工階段把製造放進去，工料不是營造而是製造階段，且工料會使人誤會含有工人，應正名為材料較合適，建議公路總局可將各名詞統一，以便日後管理。

#### 林文華協理回應

目前各計畫生命週期皆包含原物料開採、製造(工程上為營建過程)及營運過程，今天幾個演講也提到未來將有一致的產品類別規則為共同的依據，惟使用階段是排除的。針對用路人使用階段我想再作補充：昨日產品類別規則的審查會議中，楊致行委員亦提及 PAS 2050 條文中針對一產品的使用階段會引起另一產品使用階段的碳排量增加或減少，則規定另一產品不需納入使用範疇。例如筆記型電腦的使用包含了投影機，若僅針對筆記型電腦之生命週期進行評估，則投影機

之排碳量不需納入。

目前在使用階段的部分，無論是瑞典或義大利、道路或橋樑的 PCR 均將其排除。主要原因是使用階段用路人的排放即車輛的排放，一般會將在車輛的生命週期排放中加以評估；而在 ISO 14044 及 ISO/TS 14067 以生命週期為主軸之標準中，又提及生命週期是以整個地球的生命週期為考量、有不重複計算的原則，亦即兩產品之生命週期評估範疇不重複，否則可能造成整體評估的誤解，故使用階段在此不納入。瑞典及義大利之道路及橋樑產品類別規則亦將使用階段排除，並建議此部分另以交通運輸服務為標的成立專案建立規則和進行評估。

#### 夏副局長回應

因為我們現在算是走在最前端，有些東西還無法全方面考量到，未來針對一些專有名詞或是比較容易誤解的名詞，我們也會統合各計畫再作更明確的定義，方便其他專案研究引用。

2. 數個簡報中或 PAS 提及排碳量在 5% 以下可忽略，是以排碳量還是金額為基準？詳細價目表內，請問大概可以分析出幾成之碳排放？水是否有含在碳排放之內？另外，水足跡其實也是一個重要的環境績效指標，尤其營造施工，地下水的使用量也是相當可觀的，且可能極難去追蹤。

#### 成大研發中心 陳經理回應

碳足跡規範及產品類別規則文件中所提的 5% 以下的截斷原則，係以排放量為基準。當產品供應商同時生產多種產品但共用其工廠內能資源，在盤查某一產品時，其能資源之分配應以物理性質分配，盡量不以其經濟價值來分配。

#### 中興顧問 黃博士回應

關於碳排放分析的項目比例，其實應分為估算及盤查兩部分說明。盤查是針對工區內所有工程相關材料、能資源用量皆全數納入；估算部分則是盡可能依據詳細價目表中的分項(包含人、機、料三部分)，拆解至最底層的單價分析表，有可能是工程項目下再拆解兩、三層，由底層的材料用量和機具時數數量，在向上

組合成工項排放量，完成排放量估算。水的碳排放在盤查作業中屬於必須納入能源使用排放計算的項目之一，但僅以自來水用量紀錄為主，地下水使用的排放係源於抽水幫浦的能耗，此部分已列入工區機具設備能耗紀錄，地下水用量則未要求量測及紀錄。

3. 是否可以建立公共工程碳排放之 baseline，藉由 baseline 之案例，可以分別包商之優劣，日後其餘工程也許不需再進行碳盤查即可推估出其工程碳排放。

**世曦顧問 蔣經理回應**

公路總局目前推動的 4 個盤查計畫皆以獲悉本土化數據為主要目標，且蘇花改、西濱、南迴分別位於台灣不同位置，未來可望以此彙整出為台灣本土公路工程碳排放的 baseline。但目前南迴尚剛起步，要能夠還需時間來進行。

4. 橋梁 e 化系統內，是否有考量工期與橋梁下跨越物之差異分析？

**逢甲大學 卜教授回應**

工期及橋下跨越物並沒有完全置入 e 化系統內考量，但是工期可能由於自動化施工所影響，而自動化施工之機具運輸有納入考量；另外橋下跨越河川或是其他地形亦會影響其土壤之性質，此部分也有納入考量。另外針對其他形式的橋樑，我們有比較過旗山脊背橋，其碳排量大約為相同跨度、寬度、柱高之逐跨架設工法橋梁之 1.5~2 倍，但是因為案例有限，所以僅針對此個案來比較。

5. 橋梁 PCR 簡報內是以材質區分，若功能單位以長度、寬度來說明是否足夠？

**中興顧問 林博士回應**

訂定橋梁功能單位時，目前設定為每公里-寬度，於碳足跡宣告報告內，會要求針對橋梁跨度及平均柱高作補充之說明，若要把跨度及平均柱高置入功能單位內，則無法產生明確、簡潔、一致性之功能單位設定，故決議將此部分置於補充說明內。

6. PCCES 計算器之原理是以資源總表來推估還是在工項計算時就已納入推估？

公共工程委員會 徐技正回應

中興、世曦所提出之估算報告相當全面，過程中已針對如何由資源統計表、單價分析表進行排放量估算作了通盤的分析，但這些都是公路工程的部分，若以整個營建產業使用 PCCES 系統的狀況為考量，所能辨識之工項目前僅約經費比例之 10%。欲提高比例之方式有二：一為由原物料組成之工項，其下層分析更為詳實；二為產出更多可直接與集合型工項相對應的碳排放參數。此兩部分皆需要外部環境(設計習慣及盤查資料累積)的改善，才可能使 PCCES 系統成為直接支援碳排放量推估的工具。就整體現況而言，PCCES 計算器是簡單、好用之分析軟體，但絕不會如同這幾個公路工程案例能夠作出如此完整的估算，最多也只能佔整體經費 5 成。

7. 碳盤查若遇到有廢棄物再利用時，其碳排放該如何計算？另外請問成大研究發展基金會陳經理於盤查時遇到最大的問題是甚麼？

成大研發中心 陳經理回應

原物料使用再生材，則此再生材即為一種原料，不須再計算其原先產品之碳排放。盤查過程最大的問題大致為兩種，技術上的問題由於碳足跡相關標準(PAS 2050 及 ISO/TS 14067)及盤查技術係自 2008 年發展到現在，已經有比較制式化的作法，所以比較容易解決；另一種問題是與廠方之溝通，過程中必須了解該產品生產過程，這可能跟包括生產單位、研發單位，亦或所有單位與其他公司或部門有關，使得盤查點發散蒐集數據不易，此時就非常需要廠方提供一個單一窗口協助配合盤查。此時只要材料供應商高層代表表明其配合盤查之意願，則可解決約八成之困難，其餘就需靠自己與廠方協調了。

夏副局長回應

建議可在合約內作一些規範，則後續溝通可更收成效。

8. 這些盤查案例非常重要且寶貴，因為國際上可參考案例皆來自美國、歐洲、日本，與東南亞之區域性差異較大，故其實較缺乏與台灣類似的案例。但是未來數年主要開發區域在東南亞，以台灣的案例來分析可得較準確之結果。故想請問這些資料於日後是否會公開供一般民眾使用？

**夏副局長回應**

本計畫主要目的之一是發展本土化的碳排係數，若資料建立後，卻不供相關單位或學界使用，則其價值便大大降低。故未來本計畫所有的資料，應該都會是公開的訊息，未來會陸續舉辦類似的研討會，於完工後也會製作完整性的報告資料供學者、工程單位或任何有興趣之民眾使用。

9. 環保署通過了多項的 PCR，其中道路工程的這 3 項算是最特殊的，道路及建築為公共工程所涵蓋的 19 類項目中最大宗，因此只要解決這兩項，公共工程就解決了大半，今天的研討會主題：道路工程即是其中一項。但研討會中似乎未提及道路工程 PCR 的相關數據，因工程 PCR 與一般產品 PCR 不同，需要定義功能單位，這部分可能還需要進一步整合。

**環保署 蕭處長回應**

目前環保署蒐集公告 128 項的是來自約 20 個產業別的碳排放係數，供使用者乘上活動強度、計算碳足跡；國內目前通過且公告的 CF-PCR 僅有 60 項，正在積極跟相關公會、協會、廠商討論擴充數量。前述 60 項都是單一產品的部分，工程 CF-PCR 的確是比較特別的，要待公路總局幾個盤查計畫執行完成後才会有對應的數據可參考。這部分建議公路總局可就道路、橋梁、隧道工程 CF-PCR 的功能單位表述方式再作思考確認，未來如果使用上有問題，也可再修正。

10. 請問工廠碳盤查結果如何應用於工程碳足跡盤查使用。目前盤查中的幾個工程都在較偏遠地區，與都會區環境差異大，如何應用至都會區內使用也是重要的課題。

**成大研發中心 陳經理回應**

環保署的網站持續公告有產品碳標籤，可由此查詢工程材料碳足跡數據，只是在引用時必須注意其生命週期：若置於工程來用，要將後面使用和廢棄部分刪除。工程中所使用的建材，若有其他廠商協助進行產品碳足跡盤查取得的第一手數據，則在徵求該供應商之同意後，即可加以引用；但若該工程不是向同一廠商購買，則此數據會成為同業參考資料而非一級數據。

11. ISO 每 7~8 年會有新版本，但國內節能減碳白皮書、永續公共工程指標自 97 年完成後歷經了 6、7 年卻未出版更新版本，這個原因為何？

**公共工程委員會 徐技正回應**

公共工程節能減碳政策白皮書是在主委大力支持下，才能慢慢集結完成，當初完成白皮書之後的進階目標是建立一套永續公共工程指標系統，不過因為考量範圍較大、指標項目眾多，故未大力推動。而後在綠色內涵推動過程中，有些人覺得百分之十幾的經費有助於促進經濟發展，但也有意見表示可能會因為此要求而造成不必要的浪費。近年又因工程會資源與人力逐年刪減，故近期先聚焦於節能減碳議題上，期能在公共工程碳管理上有所精進。



圖 2.4-1 綜合討論實況





## 第參章 會議結論與後續建議

### 3.1 結論

本研討會係公路總局為因應節能減碳之國際潮流與國內政策走向，繼民國 100 年於開始推動公路工程計畫碳管理實務之初，舉辦國內首場公共工程碳管理國際論壇後，再次以公路工程碳管理為主題，就國內外相關規範與參考文件之最新發展，以及蘇花改、南迴及西濱公路計畫執行碳排放估算與盤查實務的階段性成果，以一整天共 9 個講次的方式，促成由制度而實務的成果分享，除能確保各工程計畫碳管理工作參與人員，無論是承包商、監造單位、輔導單位及主管機關，皆能掌握盤查規範要點、有效執行或推展盤查作業，更藉此促成產、管、學各界於工程碳管理實務上的意見交換與經驗交流，確立工程碳管理計畫之執行方向與成果價值。

以下簡要總結各場次重點結論：

#### 一、我國產品碳足跡標示制度推動現況：

行政院環境保護署管制考核及糾紛處理處 蕭慧娟處長

自民國 97 年國際碳足跡指引推出後，環保署即持續深耕我國產品碳足跡制度，並於 99 年為碳標籤註冊標章，成為全球第 11 個推動碳足跡標示制度的國家，至今已公告有 60 件產品類別規則、有逾 200 建產品取得碳標籤證書，且相關資訊皆整合揭露於台灣產品碳足跡資訊網。為因應各界碳足跡計算需求，環保署更已著手建置碳足跡計算服務平台，先是以跨部會碳足跡係數產出成果進行資料整合與供應，後續再進一步根據各界需求、建立計算功能模組，作為支援供應商與消費者進行產業鏈相互支援、共同減碳的基礎。

目前環保署進行中、未來會與公路總局推動之工程碳足跡盤查查證有緊密關聯的成果，應為碳足跡排放係數資料庫的建置工作。在環保署擬公告的 600 項碳足跡係數中，不乏部分工程材料項目，且環保署正持續與其他國家進行交流。未來我國碳足跡盤查與碳足跡計算時，除自廠盤查結果可回饋整

合於環保署係數資料庫中外，在選用係數時應將我國本土係數資料庫納入考量，促成我國營造產業供應鏈共同投入國家產品碳足跡管理制度，同時擴大盤查工程碳足跡與推動產品碳足跡制度的收效。

## 二、我國公共工程碳排放估算與調查推動策略與現況：

行政院公共工程委員會技術處 徐肇晞技正

公共工程委員會基於公共工程與永續發展和節能減碳的連結，自 97 年起即提出一系列政策與行動方案，包括：生態工程、永續公共工程、綠色內涵及最近期的碳排放估算與盤查；這些理念的發展其實是一貫地以公共工程的生命週期為考量，尋求環境、社會、經濟、安全等多面向兼顧的工程計畫。除了制度的持續發展外，工程會自 101 年底即開始投入落實節能減碳考量的具體作為，在洽請交通部、內政部、經濟部及農委會參與座談會後，即於 102 年 3 月起召開「公共工程排碳量估算試辦作業研商會議」，責成經常辦理或主管 6 類工程(道路工程、防洪工程、水資源工程、下水道工程、建築工程及水土保持工程)之機關提出碳排放估算及碳盤查作業試辦案例；迄今共已辦理 3 次工作會議，並預期將有 20 個試辦案例陸續進行。

除要求各單位推動試辦案例、並透過工作會議定期進行經驗分享與成果交流外，工程會也陸續有委辦案例並產出可供工程計畫規劃階段參考的節能減碳檢核表，及輔助設計階段進行碳排估算的排放量計算模式與簡易估算工具。此部分與公路工程碳管理計畫成果應相輔相成，加速各類型公共工程共同發揮節能減碳潛能，以務實的做法完備工程碳排放管理、達成碳中和目標。

## 三、我國道路工程碳足跡產品類別規則介紹：

台北科技大學環境工程與管理研究所 胡憲倫教授

產品類別規則的制訂是為了讓產品的環境影響或溫室氣體排放的量化

能夠有一致的考量，使得產品的環境績效或碳足跡具備可比較性，可作為外部溝通的資訊。由國際間產品類別規則的發展趨勢可看出，工程類型產品類別規則逐漸受到重視、引起討論；包括瑞典、義大利及香港等公家單位或民營機構皆陸續提出相關產品類別規則或指引。當然，產品類別規則是必要參考而非需要絕對服從的規範，還是可以就其適用性針對不相符的部分作說明並完成環境績效或碳足跡宣告。

基於公路總局推動工程碳足跡盤查的需求及國際產品類別規則的適用性考量，公路總局與中興公司及北科大研究團隊自 102 年 7 月正式向環保署註冊、著手進行道路、橋梁及隧道工程碳足跡產品類別規則的訂定作業，並在近 9 個月依環保署程序完成利害相關者會議及專家會議辦理後，於 103 年 5 月於審議會技術小組會議通過，完成「基礎建設-道路」、「基礎建設-橋梁」及「基礎建設-隧道」共 3 份公共工程碳足跡產品類別規則。後續公路總局執行各工程計畫碳管理的經驗與意見回饋，將是這些碳足跡產品類別規則檢討、修正的依據。

#### **四、 工程碳足跡盤查準則與查證重點：**

##### **英國標準協會太平洋有限公司驗證部 林文華協理**

碳足跡議題在國際間持續發展中，除了英國暫行標準 PAS 2050 於 2008 年出版、2011 年改版外，ISO 終於在 2013 年年中推出 ISO/TS 14067；惟此規範不如預期為國際標準，僅為技術規範(TS, Technical Specification)，3 年後尚有變動(如廢止)的可能，還需要持續追蹤。相較於 PAS 2050，ISO/TS 14067 針對產品本身連同上游供應商盤查的百分比並無設限，但額外要求需進行不確定性分析及敏感度分析，這對於完成盤查與排放清冊結果報告又是一個全新的挑戰。

由於公路總局推動中的工程碳足跡盤查工作，有部分可能會在 3 年內即完工並面臨發證的需求，後續究竟應以各計畫取證的一致性為優先考量，以

利整體呈現所有道路工程碳管理計畫執行成果，提供後續或其他工程計畫執行盤查作業之參考，亦或以標準的普及性與有效性等為優先考量，讓不同的碳管理計畫取得不同的查證聲明，讓執行成果更有多樣性及說服力，還有待進一步的討論與確認。

## **五、 橋梁不同跨度及工法之 e 化系統建置(含碳排放量推估)：**

### **逢甲大學土木工程系 卜君平教授**

以工程生命週期觀之，最可能減少工程計畫碳排放的階段係為可行性評估及規劃設計階段；一旦進入工程施工、維護管理乃至於廢棄拆除階段，則可減少的排碳量已非常有限。為此，除透過工程碳足跡盤查、確認工程排碳實況及特性外，發展能夠輔助工程規劃設計有效進行碳排放量化的方法與工具，仍是工程碳管理應持續關注和探討的重點之一。不同於運研所及工程會的碳排放量評估模式是以設計資料建立運算機制，此專案所開發的線上評估工具，雖僅適用於橋梁工程的碳排放估算，但對於設計條件(地質、抗震條件等)有較深入的探討，有助於設計資料未完整時的排碳量估算；惟計算範圍仍較盤查簡化。未來待各橋梁工程碳足跡盤查及計算有進一步的統計與彙整結果時，將可再調整、擴充參數項目及預設值等，落實碳管理循環構想。

## **六、 台 9 蘇花改計畫工程碳足跡盤查與輔導實務經驗分享：**

### **中興工程顧問股份有限公司環工一部 黃琬淇博士**

蘇花改工程自納入盤查標的第一個土建標開工以來，至今已約一年半的時間，期間陸續遭遇到許多執行面的問題，但目前也都透過多方的協調與溝通而慢慢克服。目前工程碳足跡盤查制度部分已大致成形，主要是透過工程排放活動項目登錄及日誌(一般、運輸)完成盤查資料的蒐集，並集合監造的共同投入與資訊工具有效進行資料檢核與矯正；另輔導人員每月偕監造及承包商碳管理專員赴現場巡訪，亦有及時追蹤缺漏資料的功效。就現階段共 4

個土建標的盤查結果彙整可發現，工程材料之於工程整體的碳足跡排放占比比估算結果要來的高，預期將皆會在 90% 以上。

由 2 個以隧道為主的標與 2 個以橋梁為主的標盤查結果相較，亦可發現橋梁與隧道的碳排放特性的確有差異，以目前累計進度較高(12%、36%)的橋梁標和累計進度較小(4~5%)的隧道標綜合比較，橋梁標的材料排碳佔比較大、機具排碳佔比較小；而工程材料中混、噴凝土的排放量約為總工程碳足跡的一半。有鑒於工程材料占總工程排放量的比例相當大，欲滿足碳足跡產品類別規則規範、取得查證聲明，勢必需執行上游供應商盤查。為此，後續除持續對已開工或新開工的標別執行盤查作業外，主要工程材料之游供應商協調與產品碳足跡取得將為本計畫執行重點。

## 七、 台 61 線八棟寮九塊厝工程碳足跡盤查與輔導實務經驗分享：

中興工程顧問股份有限公司環工一部 林彥宇博士

八棟寮九塊厝工程為公路總局於臺灣西部第一個執行的公路碳管理之標的，且在開始委託碳管理工作前，即已有一土建標開工近一年，致使除隨工程進度執行盤查作業外，還必須同時追溯已開工期間的相關資料，大幅增加計畫執行的困難度。除此之外，此計畫係與蘇花改計畫不同、屬自辦監造計畫，故更加強以資訊化的方式進行多方資料彙整與溝通，以及時檢核並確認相關資料與工程現況是否相符。

相較於蘇花改計畫，此計畫盤查標的皆為相近型式與規模的橋梁工程，故過程中更能就材料使用量、機具油耗量、工項排放量等進行比較；目前此計畫已初步獲致基樁、基礎、箱型梁之單位排放量。目前此計畫 A、B、C 三個土建標皆已開工，未來執行重點除持續執行工程碳足跡盤查、與協力廠商或機具租賃廠商連繫擴大油耗量調查外，目前也已投入聯繫混凝土及鋼筋供應商提供產品碳足跡計算所需資料，期能獲致更多本土主要工程材料之碳足跡係數，滿足查證需求。

## 八、 台 9 南迴計畫工程設計階段碳排放量推估及減碳策略：

台灣世曦工程顧問股份有限公司第二結構部 蔣啟恆經理

南迴計畫安朔草埔段位於臺灣東南端，共包含 2 個土建標、分別為橋梁、隧道各一，及 1 個機電交控標；碳管理計畫之現階段成果主要為以土建標的設計資料完成的工程碳足跡估算作業。與蘇花改計畫即工程會建議之估算方法相同，先以 PCCES 工程預算書進行由工項向下拆解、釐清單位工項之材料使用量及機具操作時數，再以此對應碳排放係數，向上逐層組合成工項排放量及工程整體排放量。結果顯示，橋梁標和隧道標的工程材料與施工機具排放占比相近，皆為約為 84:16。在減碳效益試評的部分，可量化部分包括 4 個策略，包括：以爐石粉、飛灰替代水泥；以加勁擋土牆取代重力式擋土牆；提高隧道襯砌混凝土強度；及剩餘土方再利用。整體而言，兩標可量化之減碳策略效益估算結果約可減少 8.5~14% 的工程排放量；後續有待實際盤查數據驗證前述估算結果。

## 九、 台 9 南迴計畫工程材料碳足跡數據建立：

財團法人成大研究發展基金會產業永續發展中心 陳峙霖經理

南迴計畫金崙大鳥段共包含 4 個標，分別為橋梁、隧道、機電交控及建築標各一；由於目前尚在與承包商協調盤查作業細節，同安朔草埔段尚未有盤查結果，故本次會議以主要工程材料之蒐集規劃提出報告。此次報告係著重於如何對原物料供應商進行產品碳足跡盤查的程序和表單作說明，有助於其他計畫聯繫其上游供應商、尋求計算產品碳足跡所需數據或進廠協助盤查，進而取得工碳足跡盤查所需之一級數據。

藉由本研討會各講次專題的發表及最後的綜合研討，已可初步看出我國公路工程碳管理實務的推動效益，不但在執行過程中與國際規範和參考文件緊密接軌、更成功藉由工程碳管理議題，串連起國內跨部會(工程會、環保署)及工程研究與

營造從業人員的對話與合作機制，除有助於提升公路工程碳管理計畫執行效率與效益外，以公路工程碳管理推動營造產業供應鏈節能減碳、輔助國家整體節能減碳的發展路線亦逐漸顯現。未來在碳足跡評估方法論與碳足跡盤查實務經驗的輔相成下，將成為國內外推動工程碳管理的重要參考。

由於議程安排兼具工程碳管理理論與實務，除各講者及計畫執行人員之間的資訊交流外，此次會議成功地聚集了交通部及其他工程主管機關、大學院校學者專家及工程顧問公司先進等，超過 160 人參與。由各講次詢答及本論壇最後的綜合座談的狀況可看出，與會人士多對於公路總局推動碳管理計畫至今的成果表示肯定，並對於未來可預期的成果及資訊共享寄予厚望，代表本會議已成功地將工程碳管理執行的意義與預期成果作具體表述，達到推廣、應用節能減碳於工程管理的教育意義，且有助於相關成果加值應用於其他類型低碳公共工程的推展。

## 3.2 後續建議

基於本研討會辦理成果，以下可以四面向分述對於後續推動公路工程碳管理相關作為的具體建議：

### 1. 工程節能減碳

- 規劃與初步設計階段的排碳量化：工程生命週期中最能減少工程碳排放的階段係為可行性評估及規劃設計階段；一旦進入工程施工、維護管理乃至於廢棄拆除階段，則可減少的排碳量已非常有限。為此，後續仍應參考運研所及公路總局已執行之碳管理計畫，及工程會提出之碳排放量推估方法與工具，持續挑選合適的公路工程案例計畫，於其規劃設計階段推動工程生命週期碳排放量估算工作。透過碳排放量估算案例的累積，除可分析公路工程規劃設計資料的特性，更可釐清工程規劃設計排碳參數需求，作為盤查結果彙整分析的重點項目，強化盤查結果的可應用性，並提升碳排放量推估的效率。



- 細部設計階段的低碳化設計：持續蒐集國際工程減碳實例，並參考各前期計畫減碳方案研提與減碳成效評估方法及價值工程程序，於細部設計階段挑選適當案例進行方案及減碳成本效益研析，累積符合我國公路設計規範要求或實務可行的減碳經驗及成效量化結果，進而檢討各減碳設計內容項目用於不同工程的適用性及效益，成為可供其他工程計畫參考選用的工程減碳設計方案知識庫。

## 2. 本土化工程排碳特性研析

- 建議定期整合不同類型公路工程碳足跡盤查作業執行結果，持續檢討我國各類型公路工程施工階段的實際碳排放狀況，以及盤查所遭遇的問題和解決方案。除可提升碳足跡盤查作業執行的效率和成果的品質外，還可藉以整合分析、比較進而確認不同環境條件、施工方法之各類型工程、主要工程項目之碳排放量推估參數，以及機具能耗係數等，有效回饋於規劃與初步設計階段之碳排放量推估。
- 建議於公路工程施工階段，選擇適當案例進行公路工程減碳方案及養護工程施作過程的碳足跡盤查，藉以驗證各工程減碳設計方案的實作性與預期效益的達成率，及輔助各碳足跡盤查計畫進行道路養護碳排放推估，並回饋於工程設計階段參考選用的工程減碳設計方案知識庫中，作為其他工程計畫落實低碳規劃設計之參考。

## 3. 本土化係數與碳管理制度建置

- 本土化工程碳足跡係數：目前環保署已有持續建置本土產品碳足跡排放係數的規劃，且相關資訊會審查公告於產品碳足跡計算服務平台中，惟工程材料的碳排放係數數量仍屬有限。建議未來可協調經濟部工業局、環保署管考處等我國產品碳足跡盤查推動單位，協助公路總局各工程碳足跡盤查工作團隊輔導主要供應商進行產品碳足跡盤查，又或至少取得可用以計算產品碳足跡的資料，作為後續公路工程碳足跡查證滿足數據品質要求、取得較高保證等級查證聲明之依據。

- 本土化公路工程碳管理制度：ISO 雖已於 2013 年公告碳足跡盤查規範，但僅是技術規範(TS)而非公路工程推動之初所期待的正式版國際規範。為此，目前各盤查計畫執行過程仍是以同時滿足 PAS 2050 及 ISO/TS 14067 的要求為原則，以確保能夠在正式版規範推出時，有效完成第三者查證、取得碳足跡查證聲明，證明我國公路工程碳足跡盤查的有效性。但在長期推動的成本效益考量下，未來可基於各個取得國際查證聲明之公路工程碳管理計畫執行經驗，轉而內化成為適用於我國公路工程的本土化工程碳管理制度，更有效發揮公路工程節能減碳成效。

#### 4. 碳管理經驗交流與溝通

- 本研討會已成功將公路工程與工程會、能源局、環保署推行中的各種節能減碳政策作連接，後續可持續就工程節能減碳與營造產業節能減碳、再生能源技術、國家溫室氣體及碳足跡管制標準等進行研析，進而確立公路工程碳排放量化、減量、基線、抵換及中和等碳管理工作的定位，實踐由基礎建設的減碳輔助達成國家節能減碳目標的理念。

## 第肆章 照片集錦



與會來賓於報到處排隊簽到



講者簽到

# 公路工程碳管理 制度及實務研討會

## 會議議程表

| 時間                                  | 講題                            | 發表單位/講者                       |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 08:30~09:00                         | 報到                            |                               |
| 09:00~09:10                         | 主辦單位致詞                        | 交通部公路總局                       |
| 09:10~09:25                         | 貴賓致詞                          | 行政院工程會、交通部                    |
| 09:25~09:30                         | 貴賓合影留念                        |                               |
| <b>專題一 產品碳足跡推動現況及工程碳足跡盤查準則與計算參考</b> |                               |                               |
| 09:30~09:35                         | 專題一 主持人與講者介紹                  | 夏副局長明勝                        |
| 09:35~10:05                         | 我國產品碳足跡標示制度推動現況               | 行政院環保署 管制考核及糾紛處理處 蕭慧娟 處長      |
| 10:05~10:35                         | 我國公共工程碳排放估算與調查推動策略與現況         | 行政院公共工程委員會技術處 徐肇暉 技正          |
| 10:35~10:55                         | 茶敘                            |                               |
| 10:55~11:25                         | 我國道路工程相關產品類別規則                | 臺北科技大學環境工程與管理研究所 胡憲倫 教授       |
| 11:25~11:55                         | 工程碳足跡盤查準則與查證重點-以道路工程為例        | 英國標準協會太平洋有限公司 台灣分公司驗證部 林文華 協理 |
| 11:55~13:15                         | 午餐                            |                               |
| <b>專題二 公路總局推動道路工程碳管理經驗分享</b>        |                               |                               |
| 13:15~13:20                         | 專題二 主持人與講者介紹                  | 吳總工程司進興                       |
| 13:20~13:50                         | 橋梁不同跨度及工法 e 化系統建置(含碳排放量推估)    | 逢甲大學土木工程系 卜君平 教授              |
| 13:50~14:20                         | 台 9 蘇花改計畫工程碳足跡盤查與輔導實務經驗分享     | 中興工程顧問股份有限公司                  |
| 14:20~14:50                         | 台 61 八棟寮九塊厝計畫工程碳足跡盤查與輔導實務經驗分享 |                               |
| 14:50~15:10                         | 茶敘                            |                               |
| 15:10~15:40                         | 台 9 南迴計畫工程設計階段碳排放量推估及減碳策略     | 台灣世曦工程顧問股份有限公司                |
| 15:40~16:10                         | 台 9 南迴計畫工程材料碳足跡數據建立           | 台灣世曦工程顧問股份有限公司、財團法人成大研究發展基金會  |
| 16:10~16:50                         | 綜合討論                          |                               |
| 16:50~                              | 賦歸                            |                               |

議程海報



會場主視覺



講台前海報



主持人、貴賓及邀請講者入座



主辦單位代表(夏副局長明勝)致歡迎詞



貴賓(行政院公共工程委員會技術處徐處長景文)致詞



貴賓(交通部吳次長盟分)致詞



主協辦單位代表、貴賓及邀請講者合影



與會來賓座無虛席





專題一主持人夏副局長明勝



專題二主持人吳總工程司進興



綜合討論與會者成大張行道教授提問



綜合討論主席夏副局長明勝回覆



綜合討論講者 BSI 林文華協理回覆



綜合討論講者成大基金會陳峙霖經理回覆



綜合討論講者中興公司黃琬淇博士回覆



綜合討論講者台灣世曦公司蔣啟恆經理回覆



綜合討論與會者中大蔡宗益博士候選人提問



綜合討論講者逢甲大學卜君平教授回覆



綜合討論講者中興公司林彥宇博士回覆



綜合討論講者工程會徐肇晞技正回覆



綜合討論與會者成大福島康裕教授提問



綜合討論與會者中大林志棟教授提問



綜合討論主席夏副局長明勝結論



綜合討論主席夏副局長宣布閉幕