

文件編號：13-023

碳足跡產品類別規則 (CFP-PCR)

基礎建設-隧道

Infrastructure-Tunnel

第 1.0 版



行政院環境保護署核准日期：2014.05.30

目 錄

一、一般資訊	4
二、範疇	5
2.1 產品系統邊界	5
2.1.1 產品組成	5
2.1.2 產品機能與特性敘述	5
2.1.3 產品功能單位或宣告單位	5
2.2 產品生命週期範圍	6
2.2.1 原料取得階段	6
2.2.2 施工建造階段	7
2.2.3 營運管理階段	7
2.2.4 拆除(解)階段	7
三、名詞定義	8
四、生命週期各階段之數據蒐集	9
4.1 原料取得階段	9
4.1.1 數據蒐集項目	9
4.1.2 一級活動數據蒐集項目	9
4.1.3 一級活動數據蒐集規則	10
4.1.4 二級數據內容與來源	11
4.1.5 情境內容	11
4.1.6 回收材料與再利用產品之評估	11
4.2 施工建造階段	11
4.2.1 數據蒐集項目	11
4.2.2 一級活動數據蒐集項目	12
4.2.3 一級活動數據蒐集方法與要求	12
4.2.4 二級數據內容與來源	13
4.2.5 情境內容	13
4.3 營運管理階段	14
4.3.1 數據蒐集項目	14
4.3.2 一級活動數據蒐集項目	14
4.3.3 一級活動數據蒐集方法與要求	14
4.3.4 二級數據內容與來源	15
4.3.5 情境內容	16
五、資訊揭露方式	18
5.1 標籤形式、位置與大小	18

5.2 額外資訊內容	18
六、參考文獻	19
七、利害關係人磋商意見及回應	20
八、專家會議意見及回應	24

一、一般資訊

本項文件係供使用於建造基礎建設-隧道的 PCR，產品適用範圍為隧道建築工程，依據中華民國行業標準分類編號為 4210 道路工程業及 4220 公用事業設施工程業。如果在隧道基礎建設之適用範圍之中，存在著已經核可的 PCRs，應使用該 PCR 作為其產品碳足跡之計算指引。本項 PCR 之要求事項預期使用於依據「產品與服務碳足跡計算指引」標準來進行驗證之 CFP。本文件之有效期，自行政院環境保護署核准制訂後起算 3 年止。

本計畫主持人為交通部公路總局夏明勝副局長(TEL: 02-23113456 分機 8989；FAX：02-23111644；E-mail：shiah@thb.gov.tw；地址：10041 臺北市中正區忠孝西路 1 段 70 號)。

本項文件係由交通部公路總局擬定。有關本項 PCR 之其他資訊，請洽：中興工程顧問股份有限公司林彥宇工程師(TEL：02-27698388 分機 20955；FAX：02-27634555；E-mail：yenyul@mail.sinotech.com.tw；地址：台北市松山區南京東路五段 171 號)；台北科技大學環境工程與管理研究所 胡憲倫教授(TEL：02-27712171 分機 4151；FAX：02-27764702；E-mail：allenhu@mail.ntut.edu.tw；地址：台北市大安區忠孝東路三段一號)。

二、範疇

2.1 產品系統邊界

2.1.1 產品組成

各類型之隧道基礎建設，與其中之其他必要附屬設施，例如：主隧道、導坑、聯絡隧道、聯絡道、通風隧道等。

2.1.2 產品機能與特性敘述

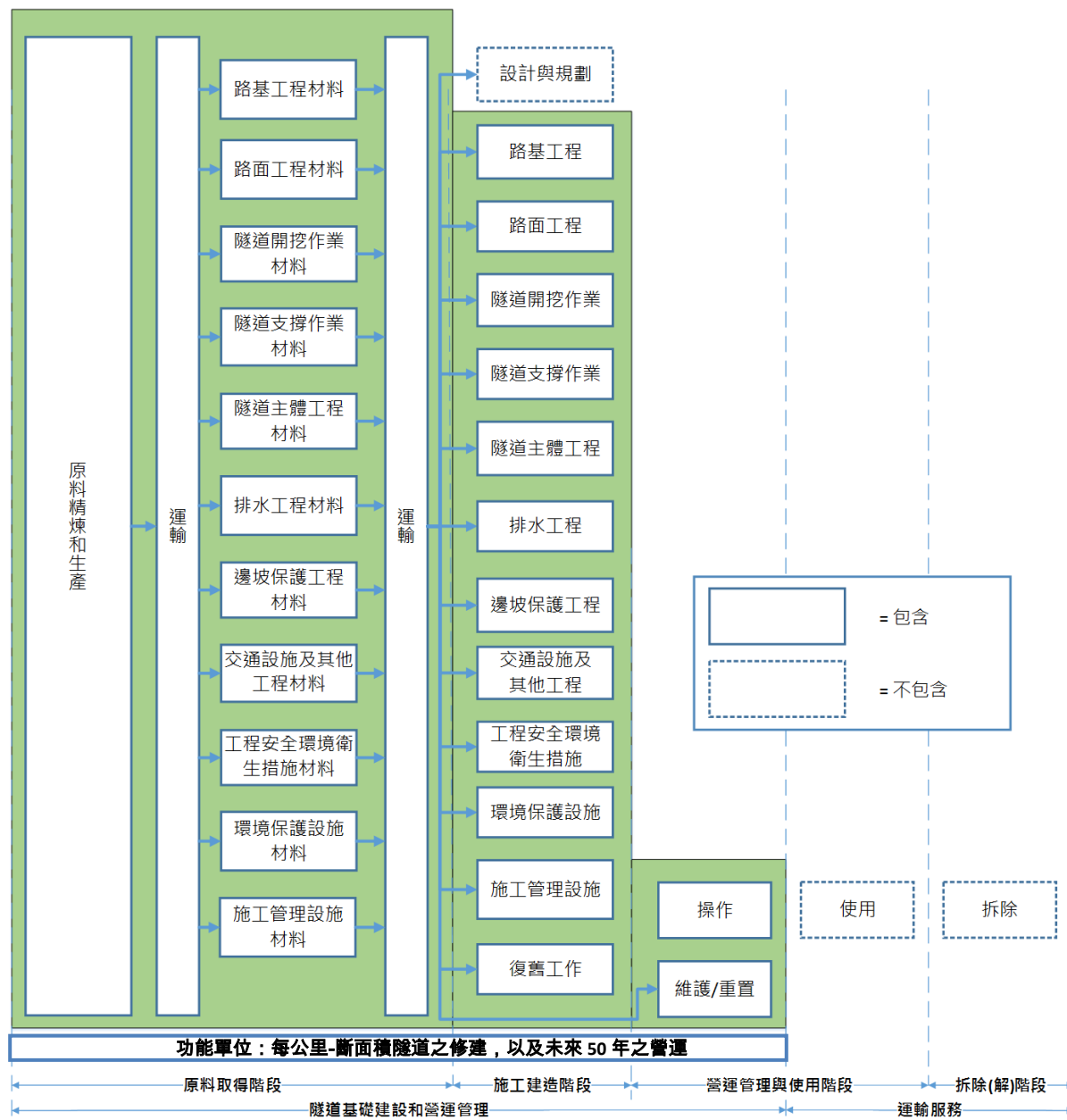
隧道基礎建設主要係指供各類型路面運具及行人通行之構造物。功能為提供車輛通行、穿越山岳、平地、海底或河底之通路。

2.1.3 產品功能單位或宣告單位

本產品的功能單位定義為每公里-斷面積之隧道之修建(包含隧道設備與其他必要附屬設施)，以及未來 50 年之營運。須依據相關主管機關頒佈之規範，對於隧道基礎建設所屬公路之分類等級加以註明。

2.2 產品生命週期範圍

隧道基礎建設之生命週期流程涵蓋了原料取得階段、施工建造階段、營運管理階段、使用階段、拆除(解)階段如下圖一所示：



本隧道基礎建設之生命週期範圍涵蓋原料取得階段、施工建設階段、營運管理階段、使用階段、拆除(解)階段等五階段，各階段之實施步驟如下說明：

2.2.1 原料取得階段

原料取得階段包括取得隧道基礎建設材料的過程：

包含所有隧道基礎建設施工過程中所需的原物料之開採、加工與其運輸過程。產品與程序的範例為：混凝土/鋼筋/水泥/骨材/橡膠生產。

2.2.2 施工建造階段

施工建造階段包括下列過程：

1. 隧道建置等過程。

包含各型隧道可能之建造及施工程序、用於建築隧道本身或是相關的物料製作上所使用到之程序，包含：路基工程、路面工程、隧道開挖作業、隧道支撐作業、隧道主體工程、排水工程、邊坡保護工程等子單元。

2. 隧道附屬設施建置等過程：

包含所有隧道安全所需，在安裝設備產品時需要的程序，但不屬於前述隧道建置過程中者，包含：交通設施及其他工程、工程安全環境衛生設施、環境保護設施、建築施工管理設施等。

2.2.3 營運管理階段

營運管理階段為維持隧道主體使之能讓各類型路面運具正常使用之程序，包含了操作、維護/重置階段。隧道之營運管理階段為 50 年。

1. 操作階段包含所有營運隧道基礎設施所需的功能、程序。例如：照明、清潔等作業。
2. 維護/重置階段包含所有維護、修繕隧道基礎設施所需以及替換隧道部分基礎設施或目標，所涉及的功能與程序。例如：排水溝渠疏浚、路面整平、機電設備的更換等作業、路面刨除/重鋪等作業。

使用階段為使用者利用隧道提供之功能性，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，隧道基礎設施之使用階段不納入 PCR 之範疇。

2.2.4 拆除(解)階段

隧道基礎建設為一個可以供長時間使用的產品，配合適當的維護/重置作業，隧道基礎設施可持續提供服務，因此拆除階段不納入本 PCR 範疇。

三、名詞定義

與本產品相關主要名詞定義如下所述。

1. 路基工程: 透過土石方作業, 修築滿足路面結構層和車輛行駛等性能設計要求的路基結構物。
2. 路面工程: 路面是用築路材料鋪在路基頂面, 供車輛直接在其表面行駛的一層或多層的隧道結構層。
3. 隧道開挖作業: 含鑽孔、開炸、運碴或巨臂式掘削機開挖、運碴等作業。
4. 隧道支撐作業: 含先期支撐構件、鋼肋架設、鋼線網鋪裝、噴凝土、岩栓鑽設等作業。
5. 隧道主體工程: 含噴凝土、襯砌安裝等作業。
6. 排水工程: 管涵進水口、管涵、箱涵及端牆翼牆、U型溝、矩型溝、預鑄蓋板、格柵蓋、箱涵清掃孔、集水井、管涵人孔及其蓋板等設施及其施工。
7. 邊坡保護工程: 包含邊坡穩定監測系統與邊坡保護工程等設施及其施工。
8. 交通設施及其他工程: 為了防止交通事故, 保證交通順適, 全面發揮隧道的功能, 必須設置交通安全設施, 根據交通流的需要及地形、地物的情況, 必要時應設置包含柵欄、標記、隔音牆、標誌、標線、反射鏡、情報板、照明系統以及監控裝置等, 其中監控裝置意指任何方式監控交通所需之資訊裝置產品。
9. 工程安全環境衛生設施: 施工圍籬、告示牌、安全防護網及交通維持所需設備, 與其施工、安裝程序。
10. 環境保護設施: 承包商於施工期間應辦理避免環境污染之工作, 包含工區出入口便道、洗車設施、工區臨近隧道清理、灌排水管路維持、工區粉塵逸散防制等設施及其施工。且在計算時需要包含建設、運轉所使用之能資源。
11. 施工管理設施: 施工管理設施包含了工務所、倉庫及其他臨時性設施、通訊設施。且在計算時需要包含建設、運轉所使用之能資源。

四、生命週期各階段之數據蒐集

數據蒐集期間係以生命週期階段敘述之範疇為基準。若計算時非使用上述全期數據，須詳述其原因，且須確認其正確性；相關數據進行分配時可依進料量、重量、工時等物理性質作為分配基礎，若引用其他參數得說明採用之依據。對於不具實質性貢獻排放源之加總，不得超過產品預期生命週期內溫室氣體總排放量 5%。隧道基礎建設碳足跡在生命週期階段之數據蒐集項目與規則如下所述。

生命週期分析所使用之產品數據資料，蒐集時應該以盤查標的之完整工期為蒐集單位。

4.1 原料取得階段

4.1.1 數據蒐集項目

原料取得階段，需蒐集的項目包括：

1. 與路基工程相關材料的製造與運輸相關流程。
2. 與路面工程相關材料的製造與運輸相關流程。
3. 與隧道開挖作業相關材料的製造與運輸相關流程。
4. 與隧道支撐作業相關材料的製造與運輸相關流程。
5. 與隧道主體工程相關材料的製造與運輸相關流程。
6. 與排水工程相關材料的製造與運輸相關流程。
7. 與邊坡保護工程相關材料的製造與運輸相關流程。
8. 與交通設施與其他工程相關材料的製造與運輸相關流程。
9. 與工程安全環境衛生設施相關材料的製造與運輸相關流程。
10. 與環境保護設施相關材料的製造與運輸相關流程。
11. 與施工管理設施相關材料的製造與運輸相關流程。
12. 上述 1~11 流程所產生之廢棄物與廢污水清理相關流程。
13. 上述 1~11 流程所需之燃料與電力之消耗與供應相關流程。
14. 上述 1~11 流程的第一階段供應商為國外企業而經由貿易商進行交易時，該貿易商關作業流程得不列入評估。

4.1.2 一級活動數據蒐集項目

1. 原料取得階段不強制要求蒐集一級活動數據，但應優先採用一級活動數據。
2. 實施產品類別規則組織本身，若對產品溫室氣體排放量未達到以下情境，則原料取得階段必須納入一級活動數據蒐集要求，若施工建造階段所擁有、營運或控制之工程的溫室氣體排放量未達到上游原料階段之溫室氣體總排放量10%或10%以上的貢獻率，則原料取得階段就必須納入一級活動數據蒐集，直到施工建造階段及上游

供應商蒐集的溫室氣體排放量大於或等於原料取得階段溫室氣體總排放量之貢獻率10%以上。

3. 運輸相關的溫室氣體收集，應收集原料從原料供應商送至施工現場之運輸過程相關的生命週期溫室氣體排放量。

4.1.3 一級活動數據蒐集規則

1. 數據蒐集方法

一級活動數據可以由下列三種方法取得：

- (1) 依據各流程所需設備或設施所投入之能源。
(例如：設備設施作業時間(小時) x 電力消耗/(小時) = 電力投入量)
- (2) 將各供應商在特定時間中之資源消耗分配到各產品。
(例如：年度燃料投入總量分配到製造的標的產品上)
- (3) 其他相關溫室氣體盤查(ISO 14064-1)常見數據蒐集方法。
(例如：質量平衡法)

以上三種數據蒐集方法在產品類別規則之原料取得階段中均可接受。若採用方法(1)，則在同一地點生產但非本產品類別規則目標之產品，亦應採用相同分配原則，如此所有產品測量結果總值不致與整個地點所產生的數值差距過大。若採用測量方法(2)，則分配方法應優先採用物理關係。若辦公室中央空調與照明之間接燃料與電力消耗無法排除在測量以外時得包含於測量範圍內。

2. 運輸資訊收集方式

關於運輸部分之計算範圍，從供應商開始到最終交付給製造商之處，且包括供應鏈中的各個分配點(例如：儲藏室或倉庫)所構成之運送要素，皆須納入計算。關於運輸資訊及車輛負荷等資訊，需根據實際運輸模式，由供應商處開始算起。

3. 數據蒐集期間

數據蒐集期間應為施工期間全期，未採用最近的數據時，則應說明其原因，另應保證並非取自最近數據的精確性。

4. 自發電力之處理方式

若一地點自行發電用於原料之生產時，則發電之燃料量投入值應蒐集作為一級活動數據，且製造與燃燒相關溫室氣體排放應加以評估。

5. 從多個供應商取得原料之處理方式

對於供應鏈中與建造程序活動有關的數據之收集，若是組織對於這些供應鏈擁有直接管理與控制權，應於供應商之所在地蒐集。

若供應商不只一家，則應向所有供應商蒐集一級活動數據。若供應商數量龐大，

其中主要供應商之提供原物料量超過總提供原物料量的50%以上時，則主要供應商之一級活動數據之平均值，可作為所有其他供應商之二級數據。

4.1.4 二級數據內容與來源

1. 本原料取得階段未要求蒐集一級活動數據之相關流程所產生之溫室氣體排放皆可使用二級數據。
2. 原料取得階段之二級數據，可由生命週期評估軟體資料庫或具有公信文獻中取得；內容包括：
 - (1) 隧道基礎工程材料之生命週期溫室氣體排放量。
 - (2) 燃料提供與電力使用相關的生命週期溫室氣體排放量。
 - (3) 廢棄物處理相關的生命週期溫室氣體排放量。
 - (4) 運輸貨物消耗燃料的生命週期溫室氣體排放量。

4.1.5 情境內容

原料運輸階段供應商出貨之運輸，得考量有關運輸距離、運輸方式、裝載率及載重噸公里、運費、平均耗油量/油價(費)等方式來訂定運輸情境。

4.1.6 回收材料與再利用產品之評估

若使用回收原料或再利用原料作為投入時，與其製造與運輸相關溫室氣體排放量應包含於回收流程(蒐集、前處理、再生等)與再利用流程(蒐集、清洗等)相關溫室氣體排放。

前述回收材料與再利用產品之相關流程，將依照下列優先順序進行評估：

1. 由回收材料與再利用產品之供應商提供的盤查資料。
2. 政府/方案已公布相關流程之溫室氣體排放係數時，依其規定計算及評估。
3. 政府/方案未公布相關流程之溫室氣體排放係數時，將使用國際或政府/方案認可的LCA 軟體資料庫計算及評估。
4. 政府/方案未公布相關流程之溫室氣體排放係數時，且無國際或政府/方案認可的LCA 軟體資料庫時，可會同相關專家進行評估，並取得一可為相關產業別所接受的數值。

4.2 施工建造階段

4.2.1 數據蒐集項目

需蒐集以建造工程主體為主之工區施工項目，包括：

1. 與路基工程相關溫室氣體排放量。
2. 與路面工程相關溫室氣體排放量。
3. 與隧道開挖作業相關溫室氣體排放量。

4. 與隧道支撐作業工程相關溫室氣體排放量。
5. 與隧道主體工程相關溫室氣體排放量。
6. 與排水工程相關溫室氣體排放量。
7. 與邊坡保護工程相關溫室氣體排放量。
8. 與交通設施與其他工程相關溫室氣體排放量。
9. 與工程安全環境衛生設施相關溫室氣體排放量。
10. 與環境保護設施相關溫室氣體排放量。
11. 與安裝隧道資訊裝置相關溫室氣體排放量。
12. 與施工管理設施之建設與運作相關溫室氣體排放量。
13. 與工程結束後之復舊工作相關溫室氣體排放量。
14. 以上1~13流程之廢棄物處理相關溫室氣體排放量。
15. 以上1~13流程之廢水處理相關溫室氣體排放量。
16. 以上1~13流程之能資源使用相關溫室氣體排放量。

4.2.2 一級活動數據蒐集項目

有關本階段相關投入與產出之收集項目，應採用一級數據：

1. 與路基工程相關溫室氣體排放量。
2. 與路面工程相關溫室氣體排放量。
3. 與隧道開挖作業相關溫室氣體排放量。
4. 與隧道支撐作業工程相關溫室氣體排放量。
5. 與隧道主體工程相關溫室氣體排放量。
6. 與排水工程相關溫室氣體排放量。
7. 與邊坡保護工程相關溫室氣體排放量。
8. 與交通設施與其他工程相關溫室氣體排放量。
9. 與工程安全環境衛生設施相關溫室氣體排放量。
10. 與環境保護設施相關溫室氣體排放量。
11. 與安裝隧道資訊裝置相關溫室氣體排放量。
12. 與施工管理設施之建設與運作相關溫室氣體排放量。
13. 與工程結束後之復舊工作相關溫室氣體排放量。
14. 以上1~13流程之廢棄物處理相關溫室氣體排放量。
15. 以上1~13流程之廢水處理相關溫室氣體排放量。
16. 以上1~13流程之能資源使用相關溫室氣體排放量。

4.2.3 一級活動數據蒐集方法與要求

1. 數據蒐集方法

一級活動數據蒐集方法與4.1.2相同；關於建設隧道基礎設施部分，應蒐集施工過程中投入之材料與施工器具運作之相關資料，包括各建造過程中投入原料、

能資源耗用(水電，瓦斯等)、水的種類與量，以及廢棄物的種類、數量與處理方法和基礎建設材料運送至施工現場的運送過程之一級資料。

應於施工現場直接蒐集資料，掌握施工過程中必需的機器、設備在運轉單位(單位運轉時間、一批等)內的輸入出項目的投入量或排出量，以計算之。

2. 數據蒐集期間

數據蒐集期間應為施工期間全期。若未採用最近的數據時，則應說明其原因，另應保證並非取得自最近之數據的精確性。

3. 自發電力之處理方式

若一地點自行發電用於原料之生產時，則發電之燃料量投入值應蒐集作為一級活動數據，且製造與燃燒相關溫室氣體排放量應加以評估。

4.2.4 二級數據內容與來源

1. 本施工建造階段未要求蒐集一級活動數據之相關流程所產生之GHG排放皆可使用二級數據。
2. 製造階段之二級數據，可由生命週期評估軟體資料庫或具有公信文獻中取得；內容包括：
 - (1) 供應用水生命週期溫室氣體排放量。
 - (2) 燃料耗用與供應相關生命週期溫室氣體排放量。
 - (3) 電力耗用與供應相關生命週期溫室氣體排放量。
 - (4) 廢棄物處理生命週期溫室氣體排放量(廢棄物處理若為回收，則不納入計算)。
3. 基礎建設建造時，其所產生之溫室氣體可以下列不同方法計算，若沒有其他通用數據適用，可以使用此方法產生至多 10%的數據貢獻：
 - (1) 根據已完成的作業類型相關數據，例如：鑽孔、道渣、開鑿以及已處理的物料量。然後可以替施工設備、機具之規格、使用時數以及能源消耗進行合格的假設，可利用此方法讓環境負荷的計算得以完成。
 - (2) 根據燃料、電力與其他資源的消耗等用於建築工程中的相關數據。然後可進行機具組裝的合格假設，可利用此方法讓環境負荷的計算得以完成。
 - (3) 根據機具組裝(機具類型與數量)以及建築工程已持續的時間相關數據。然後可進行製作機械所費時數與能源消耗的合格假設，可利用此方法讓環境負荷的計算得以完成。
4. 如上所述，且所有制定的假設應調整與記錄歸檔。

4.2.5 情境內容

有關製造工廠間之運輸、中間運輸，以及廢棄物運輸所產生之溫室氣體排放量，

得考量有關運輸距離、運輸方式、裝載率及載重噸公里、運費、平均耗油量/油價(費)等方式來訂定運輸情境。

4.3 營運管理階段

4.3.1 數據蒐集項目

本營運管理階段為維持隧道主體，使之能提供車輛通行穿越山岳、平地或海底之通路正常使用之程序，包含了操作、維護/重置階段。應針對假設情境估算下列數據：

1. 操作階段之功能、程序相關之溫室氣體排放量。
2. 維護/重置隧道基礎設施所投入之工程材料製造與運輸相關溫室氣體排放量。
3. 維護/重置隧道基礎設施之程序相關溫室氣體排放量。
4. 以上1~3流程之廢棄物處理相關溫室氣體排放量。
5. 以上1~3流程之廢水處理相關溫室氣體排放量。
6. 以上1~3流程之能資源使用相關溫室氣體排放量。

4.3.2 一級活動數據蒐集項目

此階段為隧道基礎建設下游程序，由於涉及情境假設因此數據蒐集較為複雜。此階段無特別要求一級活動數據。

4.3.3 一級活動數據蒐集方法與要求

1. 數據方法與要求:

一級活動數據可以由下列三種方法取得：

- (1) 依據各流程所需設備或設施所投入之能源。
(例如：設備設施作業時間 x 電力消耗 = 電力投入量)
- (2) 將各供應商在特定時間中之資源消耗分配到各產品。
(例如：年度燃料投入總量分配到製造的標的產品上)
- (3) 其他相關溫室氣體盤查(ISO 14064-1)常見數據蒐集方法。
(例如：質量平衡法)

以上三種數據蒐集方法在產品類別規則之原料取得階段中均可接受。若採用方法(1)，則在同一地點生產但非本產品類別規則目標之產品，亦應採用相同分配原則，如此所有產品測量結果總值不致與整個地點所產生的數值差距過大。若採用測量方法(2)，則分配方法應優先採用物理關係。若辦公室中央空調與照明之間接燃料與電力消耗無法排除在測量以外時得包含於測量範圍內。

2. 運輸資訊收集方式

沿著供應鏈至分配點的主要部分與構成要素運送(例如：儲藏室或倉庫)，於最終交

付給製造商可進行之處，係根據實際運輸模式、應由供應商之處，進行距離以及車輛負荷之計算。

3. 數據蒐集期間

營運管理階段間之數據蒐集期間為 50 年。若未採用最近的數據時，則應說明其原因，另應保證並非取得自最近之數據的精確性。

4. 從多個供應商取得原料之處理方式

對於供應鏈中與建造程序活動有關的數據之收集，若是組織這些供應鏈擁有直接管理與控制權，應於所在地蒐集。

應要求與供應主要部分或主要輔助承包商有關的數據，若具有相關性，應向承包商取得該數據作為特定與基礎建設數據使用。

5. 自發電力之處理方式

若一地點自行發電用於營運管理階段之服務提供或是設備操作時，則發電之燃料量投入值應蒐集作為一級活動數據，且製造與燃燒相關溫室氣體排放應加以評估。

4.3.4 二級數據內容與來源

1. 本營運管理階段相關之以下項目，得採用二級數據：

- (1) 操作階段之功能、程序相關之溫室氣體排放量。
- (2) 維護/重置隧道基礎設施所投入之工程材料製造與運輸相關溫室氣體排放量。
- (3) 維護/重置隧道基礎設施之程序相關溫室氣體排放量。
- (4) 以上1~3流程之廢棄物處理相關溫室氣體排放量。
- (5) 以上1~3流程之廢水處理相關溫室氣體排放量。
- (6) 以上1~3流程之能資源使用相關溫室氣體排放量。

2. 營運管理階段之二級數據，可由生命週期評估軟體資料庫或具有公信文獻中取得；內容包括：

- (1) 供應用水生命週期溫室氣體排放量。
- (2) 燃料耗用與供應相關生命週期溫室氣體排放量。
- (3) 電力耗用與供應相關生命週期溫室氣體排放量。
- (4) 廢棄物處理生命週期溫室氣體排放量(廢棄物處理若為回收，則不納入計算)。

3. 基礎建設-隧道的環境負荷可以下列不同方法計算，若沒有其他通用數據適用，可以使用此方法產生至多 10% 的數據貢獻：

- (1) 根據已完成的作業類型相關特定數據，例如：鑽孔、道渣、開鑿以及已處理的物料量。然後可以替施工設備、機具、使用時數以及能源消耗進行合格的

假設，可利用此方法讓環境負荷的計算得以完成。

- (2) 根據燃料、電力與其他資源的消耗等用於建築工程中的相關特定數據。然後可進行機具組裝的合格假設，可利用此方法讓環境負荷的計算得以完成。
- (3) 根據機具組裝(機具類型與數量)以及建築工程已持續的時間相關特定數據。然後可進行製作機械所費時數與能源消耗的合格假設，可利用此方法讓環境負荷的計算得以完成。

4. 如上所述，且所有制定的假設應調整與記錄歸檔。

4.3.5 情境內容

關於營運管理階段之情境假設，可參考現行之營運管理模式，對於本階段之操作、維護/重置程序，依照正常的營運情況，對於未來之營運模式進行情境假設，使環境負荷的計算。

操作階段之模擬情境

所有關於基礎設施-隧道所需的照明系統、交控系統、空調系統、消防系統等隧道附屬設施所使用之能資源皆須納入計算。

在模擬情境中，應將隧道附屬設施之名稱、能資源耗用量、排放係數、排放係數來源、預估CO₂排放當量(kg-CO₂ e/每年)等標示出。

維護 /重置階段之模擬情境

本制定單位透過文獻蒐集以及專家意見之整合，初步完成維護之情境假設，可供未來評估碳足跡時之參考。有鑑於各類型隧道工程之間的特殊性，實際之維護情境模擬應另行訂之。

關於隧道結構本身之預期壽命，在維持良好之維護情形之下多可達數十年以上，其他影響因素則包括了不斷變化的業務需求、結構缺陷、功能過時、設計標準的改變。由於使用年期並非現行隧道設計方法之考量要件，因此隧道並無慣用之設計使用年期，為便於與道路、橋梁比較，使用年限建議亦採用50年進行分析

關於隧道結構本身及附屬設備之預期壽命，可參考：

- (1) Best Practices For Roadway Tunnel Design Construction Maintenance Inspection And Operations, National Cooperative Highway Research Program, April 2011

在計算預防性定期維護之碳排放量時，由於不同隧道構件材質上的不同，因此所需之定期維護項目也有不同，需在維護情境中明訂。

在維護情境假設中應將維護\養護必須之活動(例：定期巡檢)、構件名稱、維護工法(安裝過程)及耗用能資源、維護用料/用量、維護頻率、排放係數、排放係數來源、

預估 CO₂ 排放當量(kg-CO₂e/每年)等標示出，如表一所示。

表一 預防性定期維護項目

構件/活動名稱	維護工法 (安裝過程)	維護用料	維護用料量	維護頻率	排放係數	係數來源	預估 CO ₂ 排放量 (kg-CO ₂ e/每年)
合計							

表一可供計算 CO₂ 排放當量之使用，需要注意的是除了維護階段所需要之用料與能耗量皆須納入計算範疇之內，隧道附屬設施維修時所更換之元件本身，由於其種類以及數量之龐大，為避免增加盤查計算上之困難，可予以排除，但必須加以說明。

另外關於隧道各項元件之使用壽命，可參考行政院主計處的標準財務分類中，隧道周邊設備的使用年限：

<http://www.dgbas.gov.tw/lp.asp?ctNode=259&CtUnit=155&BaseDSD=7>

五、資訊揭露方式

5.1 標籤形式、位置與大小

1. 碳標籤格式與大小應符合「推動產品碳足跡標示作業要點」，並視當時實際情況進行修正。
2. 碳標籤圖示，除心型內應依實標示產品碳足跡數據及計量單位外，不得變形或加註字樣，但得依等比例放大或縮小，且其寬度不得小於0.5 cm、高度不得小於0.6 cm。
3. 碳標籤應公開在資訊看板或相關網頁，並標示於工程結算驗收證明書「工程概述」一節中。
4. 在產品碳足跡標籤下方加註相關資訊，標示碳標籤字號、功能單位，及行政院環境保護署網站等字樣，如下圖範例：



碳標字第〇〇〇〇號

每公里-斷面積表示

<http://www.epa.gov.tw>

碳標籤範例

5.2 額外資訊內容

額外資訊說明應符合「推動產品碳足跡標示作業要點」並經由PCR委員會認可之內容作為額外資訊(例如在標示減量時可標示減量前之溫室氣體排放及減量承諾等)。

此外，請先行評估未來在原料與製造階段之減量目標，並於申請產品碳足跡標籤時載明於申請書中。

由於基礎建設會因施工方法而有所差異，建議申請單位應在產品碳足跡報告書中揭露施工工法、施工技術及材料等資訊。

六、參考文獻

1. 行政院環境保護署, 推動產品碳足跡標示作業要點, 2010年公告。
2. 行政院環境保護署, 碳足跡產品類別規則訂定指引, 2010年公告。
3. 行政院環境保護署, 產品與服務碳足跡計算指引, 2010年公告。
4. 交通部, 公路工程施工規範, 2013年公告。
5. The International EPD[®] System (Sweden), PCR Draft Road Infrastructure, 2012.
6. The International EPD[®] System, PCR Basic Module: Construction products and construction services version 1.2, 2012.

七、利害關係人磋商意見及回應

單位	磋商意見	答覆情形
公路總局 世曦工程	在PCR名稱的部分 隧道基礎設施 Tunnel Infrastructure，建議進行修正，將基礎設施 Infrastructure 的位階提高，隧道Tunnel應位於其之下。	決議將產品類別規則首頁PCR名稱的部分進行修正，修正如下： 將隧道基礎建設Tunnel Infrastructure修正為，基礎設施-隧道 Infrastructur-Tunnel。
世曦工程 亞新工程	在一、一般資訊 建議將隧道與隧道從道路的附屬元素中獨立出來。	決議將一、一般資訊中剔除和基礎建設-道路之關聯性，修正如下： 本項文件係供使用於建造隧道基礎建設的PCR，產品適用於隧道建築工程。如果在隧道基礎建設之適用範圍之中，存在著已經核可的PCRs，應使用該PCR作為其產品碳足跡之計算指引。
中興工程	在2.1.3產品功能單位 功能單位應增加“或視研究目的選定範圍…”之敘述。	決議將2.1.3產品功能單位進行修正，修正如下： 本產品的功能單位定義為註明長度與斷面積(或依研究目的，由執行單位選定範圍)之一座隧道之修建(包含隧道設備與其他必要附屬設施)，以及未來50年之營運。須依據交通部頒佈之「公路路線設計規範」，對於隧道基礎建設所屬公路之分類等級加以註明。
中興工程	在2.2產品生命週期範圍 營運管理階段改為”操作”、”維護/重置”。 建議將“復原工程”改為“復舊工程”，較符合工程慣用語。	決議將2.2產品生命週期範圍、2.2.2.3營運管理階段、4.1.1&4.2.1數據蒐集項目進行修正，修正如下： 將營運管理階段之維護、重建階段合併為維護/重置階段，以及將“復原工程”改為“復舊工程”。
世曦工程	在2.2產品生命週期範圍 工程單位敘述與 2.1.3 產品功能單位或宣告單位 內容不一致。	2.2 產品生命週期範圍中關於功能單位之敘述，因圖中難以呈現大量文字，故有所省略，可參考 2.1.3 產品功能單位或宣告單位內之完整述說。

世曦工程	<p>在2.2.2.2施工建造階段應修正內文，如： 隧道設備應更正為附屬設施，工程安全環境衛生措施、環境保護措施、應將措施更正為設施。</p>	<p>決議將2.2.2.2施工建造階段、名詞定義、4.2.1數據蒐集項目進行修正，修正如下：</p> <p>2. 隧道附屬設施建置等過程： 包含所有隧道安全所需，在安裝設備產品時需要的程序，但不屬於前述隧道建置過程中者，包含：交通設施及其他工程、工程安全環境衛生設施、環境保護設施、建築施工管理設施等。</p> <p>將工程安全環境衛生措施、環境保護措施、更正為工程安全環境衛生設施與環境保護設施。</p>
世曦工程	<p>在2.2.2.2施工建造階段建議刪除3.安裝、建置隧道資訊裝置等過程，因為此一項目可併入2.隧道附屬設施建置等過程中“交通設施及其他工程”之中，故不需要特意列舉出來。</p>	<p>決議將2.2.2.2施工建造階段中3.安裝、建置隧道資訊裝置加以刪除，並且修改三、名詞定義中7.交通設施及其他工程，修正如下：</p> <p>7.交通設施及其他工程：為了防止交通事故，保證交通順適，全面發揮隧道的功能，必須設置交通安全設施，根據交通流的需要及地形、地物的情況，隧道上必要時應設置，包含柵欄、標記、隔音牆、標誌、標線、反射鏡、情報版、照明系統以及監控裝置等，其中監控裝置意指任何方式監控交通所需之資訊裝置產品。</p>
公路總局 中興工程 世曦工程	<p>在四、生命週期各階段之數據蒐集 生命週期分析所使用之產品數據資料，收集時應該以完整一年為蒐集單位；不滿一年者，則以完整工程期間為蒐集單位。</p>	<p>決議將四、生命週期各階段之數據蒐集進行修正，修正如下：</p> <p>生命週期分析所使用之產品數據資料，收集時應該以完整一年為收集單位；不滿一年者，則以完整工程期間為蒐集單位。</p> <p>原訂定之規則較不具包容性，無法涵蓋至較短期間之工程，故加以修正。</p>
中興工程	<p>在4.1.3一級活動數據蒐集規則 若供應商不只一家，則應向所有供應商蒐集一級活動數據。若供應商數量</p>	<p>決議將4.1.3一級活動數據蒐集規則進行修正，修正如下：</p> <p>將採納磋商意見，將原訂定之95%修正為50%。</p> <p>若供應商不只一家，則應向所有供應</p>

世曦工程	<p>龐大，則主要供應商之一級活動數據之平均值，可作為所有其他供應商之二級數據，但前提是主要供應商之生產總量超過總生產量的95%以上。(由於上游資源繁多，參考LED、包裝茶飲料、麥克筆之PCR，建議可改為50%即可)</p> <p>在4.1.3一級活動數據蒐集規則</p> <p>「...若供應商數量龐大，則主要供應商之一級活動數據之平均值，可作為所有其他供應商之二級數據，但前提是主要供應商之生產總量超過總生產量的50%以上。」建議修改為「...若供應商數量龐大，如主要供應商之生產總量超過總生產量的50%以上時，則主要供應商之一級活動數據之平均值，可作為所有其他供應商之二級數據。」</p>	<p>商蒐集一級活動數據。若供應商數量龐大，則主要供應商之一級活動數據之平均值，可作為所有其他供應商之二級數據，但前提是主要供應商之生產總量超過總生產量的50%以上。</p> <p>決議將4.1.3一級活動數據蒐集規則進行修正，修正如下:</p> <p>若供應商不只一家，則應向所有供應商蒐集一級活動數據。若供應商數量龐大，其中主要供應商之生產總量超過總生產量的50%以上時，則主要供應商之一級活動數據之平均值，可作為所有其他供應商之二級數據。</p>
中興工程	<p>在4.2.3一級活動數據蒐集規則</p> <p>數據蒐集期間應為施工期間全期至營運管理階段結束。</p> <p>建議刪除“至營運管理階段結束”此段文字。</p> <p>4.2.2.3整段應可刪除</p>	<p>4.2.3一級活動數據蒐集規則之內文與磋商意見並無差異，故無進行修正。</p> <p>決議將4.2.3一級活動數據蒐集規則方式進行修正，修正如下:</p> <p>刪除從多個施工地點之處理方式章節。</p>
中興工程	<p>在4.3營運管理階段</p> <p>目前內容應由“配銷運送階段”修改，因此有些內容不甚合適。</p> <p>敘明為本階段係針對</p>	<p>決議將4.3營運管理階段進行修正，修正如下:</p> <p>4.3.1數據收集項目內容，敘述部分修正:</p> <p>本營運管理階段為維持隧道主體</p>

	<p>“設定/假設情境”進行資料蒐集，可參考“包裝茶飲料”PCR內容之使用階段修正。</p>	<p>使之能讓各類型路面運具正常使用之程序，包含了操作、維護/重置階段。應蒐集的下列數據：</p> <p>4.3.2 一級活動數據蒐集項目，由於並無特別要求蒐集一級數據，故小節內文修正為：此階段為隧道基礎建設下游程序，由於涉及情境假設及數據蒐集較為複雜。此階段無特別要求一級活動數據。</p> <p>4.3.4 二級數據蒐集項目，增加二級數據收集項目之敘述：</p> <p>本營運管理階段相關之以下項目，得採用二級數據：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 操作階段之功能、程序相關之溫室氣體排放量。 2. 維護/重置隧道基礎設施所投入之工程材料製造與運輸相關溫室氣體排放量。 3. 維護/重置隧道基礎設施之程序相關溫室氣體排放量。 4. 以上1~3流程之廢棄物處理相關溫室氣體排放量。 5. 以上1~3流程之廢水處理相關溫室氣體排放量。 6. 以上1~3流程之能資源使用相關溫室氣體排放量。
世曦工程	<p>在4.3營運管理階段採用全期(50年)蒐集數據，是否確實可行？</p>	<p>此營運管理階段之數據蒐集期間(50年)之訂定，係因國內並無相關法規明定工程建築物之壽命，因此由本單位內部會議討論之結果暫定之，關於此一假定之合宜性，將會在專家會議上再度提出討論。</p>

八、專家會議意見及回應

單位	審查意見	答覆情形
財團法人成大研究發展基金會 陳峙霖經理	內文多有”橋梁基礎建設”之寫法，但此名稱已於草案一版後修正為”基礎建設-橋梁”，建議應修改為與名稱一致。	決議將本文件中「隧道基礎建設」更改為「基礎建設-橋梁」。
財團法人成大研究發展基金會 陳峙霖經理	內文多有使用GHG排放量及溫室氣體排放量交互使用，建議擇一使用即可。	決議將本文件進行修正，修正如下： 將本文件中「GHG」、「溫室氣體」統一，皆以「溫室氣體」表示。
公路總局 鄭秋斌科長 北科大 陳立憲教授 工研院 黃英傑經理	在2.1.3產品功能單位或宣告單位 為了增加其適用性及泛用性，建議將交通部頒佈之「公路路線設計規範」，更改為相關主管機關。	決議將2.1.3產品功能單位或宣告單位進行修正，修正如下： 本產品的功能單位定義為註明長度與斷面積(或依研究目的，由執行單位選定範圍)之一座隧道之修建(包含隧道設備與其他必要附屬設施)，以及未來50年之營運。須依據相關主管機關頒佈之規範，對於隧道基礎建設所屬公路之分類等級加以註明。
北科大 陳立憲教授	在2.2產品生命週期範圍 建議以工程之先後順序排列，改成“規劃與設計”而非“設計與規劃”。	決議將2.2產品生命週期範圍進行修正，修正如下： 依據工程之先後順序排列，將“設計與規劃”改成“規劃與設計”。
工研院 黃英傑經理	在2.2 產品生命週期範圍 為避免混淆，建議將生命	決議將2.2 產品生命週期範圍進行修正，修正如下：

	週期流程圖之中不包含的子項目之背景顏色加以去除。	將生命週期流程圖之中不包含的子項目之背景顏色加以去除。
<p>工研院 黃文輝經理</p> <p>環境管理協會 吳伋經理</p>	<p>在2.2.3營運管理及2.2.4使用階段</p> <p>營運管理與用使用階段，在時間的概念上是重疊的，因此此二階段不應分開敘述，以免造成困惑的情況發生。</p>	<p>由於營運管理階段與使用階段在時間的概念上是重疊的，這意味這兩階段並不需要分開表示，但依然需要將兩階段的意義分開說明。故決議將2.2.3營運管理及2.2.4使用階段進行修正，修正如下：</p> <p>將2.2.3營運管理及2.2.4使用階段合併為2.2.3營運管理及使用階段：</p> <p>營運管理階段為維持隧道主體使之能讓各類型路面運具正常使用之程序，包含了操作、維護/重置階段。隧道之營運管理階段為50年。</p> <p>1. 操作階段包含所有營運隧道基礎設施所需的功能、程序。例如：照明、清潔等作業。</p> <p>2. 維護/重置階段包含所有維護、修繕隧道基礎設施所需以及替換隧道部分基礎設施或目標，所涉及的功能與程序。例如：排水溝渠疏浚、路面整平、機電設備的更換等作業、路面刨除/重鋪等作業。</p> <p>使用階段為使用者利用隧道提供之功能性，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，隧道基礎設施之使用階段不納入PCR之範疇。</p>
工研院	在四、生命週期各階段之	決議將四、生命週期各階段之數據蒐集

黃英傑經理	<p>數據蒐集</p> <p>生命週期之資料蒐集期間，應以該「產品」被製造完成為最小蒐集單位，故以隧道而言，應不限一年，而以完整工期之資料為蒐集單位。</p>	<p>進行修正，修正如下：</p> <p>生命週期分析所使用之產品數據資料，蒐集時應該以盤查標的之完整工期為蒐集單位。</p>
<p>財團法人成大研究發展基金會</p> <p>陳峙霖經理</p> <p>工研院</p> <p>黃英傑經理</p>	<p>在4.1.2一級活動數據蒐集項目中</p> <p>第2項 實施產品類別規則組織本身，若對產品溫室氣體排放量未達到以下情境，則原料取得階段必須納入一級活動數據蒐集要求：「若組織(製造階段)所擁有、營運或控制之製程的溫室氣體排放量未達到上游原料階段之溫室氣體總排放量10%或10%以上的貢獻率，則原料取得階段就必須納入一級活動數據蒐集，直到組織(製造階段)及上游供應商蒐集的溫室氣體排放量大於或等於原料取得階段溫室氣體總排放量之貢獻率10%以上。」</p> <p>請說明此”組織(製造階段)”屬於本產品類別規則中的哪個階段。建議應修改為與2.2.1中生命週期</p>	<p>決議將4.1.2一級活動數據蒐集項目進行修正，此處所用到的“組織”一詞確實不適當，故決議將其刪除。修正如下：</p> <p>2. 實施產品類別規則組織本身，若對產品溫室氣體排放量未達到以下情境，則原料取得階段必須納入一級活動數據蒐集要求，若施工建造階段所擁有、營運或控制之工程的溫室氣體排放量未達到上游原料階段之溫室氣體總排放量10%或10%以上的貢獻率，則原料取得階段就必須納入一級活動數據蒐集，直到施工建造階段及上游供應商蒐集的溫室氣體排放量大於或等於原料取得階段溫室氣體總排放量之貢獻率10%以上。</p>

	階段分類相同。	
工研院 黃英傑經理	<p>在4.3營運管理階段</p> <p>雖定義為50年，但未有細部的情境設定，如此將造成無法計算之困境，宜考量訂定之。</p>	<p>決議將4.3.5情境內容進行修正，修正如下：</p> <p>重新撰寫4.3.5情境內容，並且增加“表一 預防性定期維護項目”，以供計算CO₂排放當量之用。</p>
環境管理協會 吳俊經理	<p>在5.1標籤形式、位置與大小</p> <p>宜增加碳標籤之公開管道</p>	<p>決議將5.1標籤形式、位置與大小進行修正，修正如下：</p> <p>3. 碳標籤應公開在橋梁資訊看版或相關網頁。</p>
北科大 陳立憲教授 工研院 黃文輝經理	<p>在5.2額外資訊內容</p> <p>額外資訊之說明內容中提及：例如情境設定為非冷藏之相關資訊。</p> <p>此一訊息確實與工程類型並無關聯，建議移除。</p> <p>基於鼓勵建造單位使用更為環保之施工工法、施工技術、材料，建議要求申請單位加註此一資訊。</p>	<p>決議將5.2額外資訊內容進行修正，修正如下：</p> <p>額外資訊說明應符合「推動產品碳足跡標示作業要點」並經由PCR委員會認可之內容作為額外資訊(例如在標示減量時可標示減量前之溫室氣體排放及減量承諾等)。</p> <p>此外，請先行評估未來在原料與製造階段之減量目標，並於申請產品碳足跡標籤時載明於申請書中。</p> <p>由於基礎建設會因施工方法而有所差異，建議申請單位應在產品碳足跡報告書中揭露施工工法、施工技術及材料等資訊。</p>