

公共工程碳排放量試辦計畫

萬得野溪整治工程 碳排放量估算及盤查成果報告

行政院農業委員會水土保持局

中華民國 103 年 3 月

萬得野溪整治工程碳排放量評估及盤查報告

目錄

壹、碳排放量評估報告	1-1
前 言.....	1-1
第一章 碳排放估算原則與排碳係數之蒐集與建立	1-2
1.1 規劃、初步設計、細部設計階段碳排放量估算原則	1-2
(1)估算邊界與原則	1-2
(2)估算限制與假設	1-3
(3)估算流程	1-4
(4)碳排放係數選用原則	1-5
(5)PCCES 活動量分析與排除項目說明	1-7
1.2 國內外碳排係數資料蒐集與比較.....	1-8
(1)能源碳排係數	1-8
(2)主要物料碳排係數	1-9
1.3 碳排放係數使用說明.....	1-14
第二章 碳排放估算	1-17
2.1 工程概述與構造特性說明.....	1-17
2.2 工程數量說明.....	1-17
2.3 估算結果.....	1-18
第三章 節能減碳效益	1-21
3.1 本工程採取之節能減碳措施.....	1-21
(1)設計理念	1-21
(2)設計方法	1-21
3.2 減碳量效益計算.....	1-22
(1)工程施工階段減碳效益	1-22

(2)工程營運階段減碳效益	1-22
第四章 檢討與建議	1-23
4.1 碳排放量估算作業檢討與建議.....	1-23
(1)估算作業檢討	1-23
(2)建議	1-23
4.2 本工程碳排放量盤查執行建議.....	1-23
(1)盤查範疇與原則	1-23
(2)執行規劃	1-24
(3)經費需求	1-26
貳、碳排放量盤查報告	2-1
前言.....	2-1
第一章 盤查計畫.....	2-3
1.1 實施範疇與原則.....	2-3
1.2 盤查限制與假設.....	2-3
(1) 假設一：人力與資源限制	2-3
(2) 假設二：次級碳排放數據之使用	2-4
1.3 盤查作業規劃.....	2-4
第二章 碳排放量盤查總結說明	2-7
2.1 盤查工程數量說明.....	2-7
2.2 盤查結果.....	2-7
2.3 盤查與估算結果比較分析.....	2-7
第三章 檢討與建議	2-10
3.1 碳排放盤查作業檢討.....	2-10
3.2 碳排放盤查與估算作業改進建議.....	2-10

圖目錄

圖 1-1 萬得野溪工程位置圖	1-17
圖 1-2 萬得野溪工程平面配置圖	1-18
圖 1-3 工程治理單元排碳量分析	1-20
圖 1-4 工程盤查執行流程	1-25
圖 2-1 工程碳盤查流程	2-5

表目錄

表 1-1 工程碳排放係數選用等級.....	1-6
表 1-2 目前蒐集之碳排放係數來源與分級.....	1-7
表 1-3 電力柴油碳排係數.....	1-8
表 1-4 混凝土、粗細骨材及鋪面材料係數表.....	1-9
表 1-5 鋼鐵材料係數表.....	1-10
表 1-6 塑橡膠材料係數表.....	1-12
表 1-7 其他金屬材料係數表.....	1-13
表 1-8 其他非金屬材料係數表.....	1-13
表 1-9 本試辦案例選用之碳排放係數.....	1-16
表 1-10 碳排放量估算表-機具使用.....	1-19
表 1-11 碳排放量估算表-工料使用.....	1-19
表 1-12 碳排放量估算結果分類比較.....	1-20
表 1-13 機具耗油量記錄表.....	1-25
表 1-14 人員運輸耗油量記錄表.....	1-25
表 2-1 機具耗油量記錄表.....	2-5
表 2-2 人員運輸耗油量記錄表.....	2-5
表 2-3 機具耗油量統計表.....	2-6
表 2-4 人員運輸耗油量統計表.....	2-6
表 2-5 碳排放量計算表-機具使用與運輸.....	2-8
表 2-6 碳排放量計算表-工料使用.....	2-8

壹、碳排放量評估報告

前言

因應全球對於溫室氣體排放減量議題的關注，及我國推動公共工程落實節能減碳的政策方向，如何有效且合理評估工程溫室氣體排放量、將節能減碳成本效益彙整成為有用資訊，雖公共工程節能減碳已受到關注，但仍多聚焦於建築類工程之建造及營運的節能減碳效益(如綠建築標章)，然而非建築之工程如道路工程、水利工程、水保工程亦會在建造及營運階段導致耗能及排碳，公共工程之碳排放減量亦是為當前須關注的重要課題。

有鑒於此，行政院公共工程委員會（以下簡稱工程會）於民國 101 年 12 月 13 日召開之「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」，而後於民國 102 年 3 月 6 日召開「公共工程碳排量估算試辦作業研商會議」請就各主管機關或經常辦理之工程類別提出試辦工程，進行碳排放估算及碳盤查作業。本案例為行政院農業委員會水土保持局臺南分局委辦之萬得野溪整治工程，藉由本工程碳排放估算與盤查試辦工作之執行，以提供水土保持工程碳排放計算與工程減量相關經驗與資訊。

第一章 碳排放估算原則與排碳係數之蒐集與建立

1.1 規劃、初步設計、細部設計階段碳排放量估算原則

(1) 估算邊界與原則

水土保持工程設施之碳排放量估算，係以工區即工程設施運作的區域為範圍，考量包括工區範圍內或就近為因應此工區所需的工務所、預拌廠和材料供應商等，含括設施建造過程中的製程能源供應與使用及營運場所的排碳，且必須考量設施建造之工程材料製造過程排碳及各式物資運輸與儲存排碳。另外，依據水保工程特性，土方多為現地再利用或回填使用，再者，人員民生垃圾及材料剩料之流向與處理方式難以追蹤與計算，廢棄物運輸及處理暫不納入本次試辦計算中。

依據現階段所蒐集得工程設計資料內容項目可概分為機具、工料、人員及雜項等四大類，其中施工預算書中主要為機具使用及工程材料，而人員及雜項部分本次試辦案例將予以排除不計。以下分別就本案例說明計算原則；

a. 機具設備能耗之碳排放量

分析工程預算書內容及各設計項目發現，施工機具與設備的數量計算以工作時數估計。故針對工程計算書中的機具設備，首先須參考施工機具設備每小時之油耗量，確認單位時間能耗係數，再以建議我國環保署產品碳足跡網站公告的燃料係數進行轉換，作為該機具設備操作時間之碳排放係數，進而推估計算該機具於工程施工過程中的碳排放量。部分現階段未有能耗係數的機具設備，則由設計人員以專業判斷，選擇相近功能、功率之機具能耗係數替代之。

b. 工程材料生產之碳排放量

工程用原物料的碳排放量計算方法為：工程材料或設備用量乘以其製造過程排碳係數，求得此工程所用各項物料的碳排放量。經案例資料彙整分析後發現，工程設計所提出屬於物料的資源項目，大多數並非原物料，在我國推動產品碳排放量年資上尚淺的情況下，絕大部分並無可直接對應之產品碳排放係數。

為此，由工程數量計算專業人員就各品項中可求出原物料含量之項目如：高鍍鋅箱型網籠、鋼筋、混凝土等，依 CNS 所列之單位長度或重量中原料含量，乘以現有的原料排碳係數進行轉換，求得各品項之單位長度或重量排碳量，再依設計結果所提之工程數量進行碳排放量計算。

此外，組合型材料設備多數亦無可直接對應之排碳係數可供引用計算，故同樣借重工程數量計算專業人員的判斷，在無法逐一針對以各組合型產品製程進行盤查的情況下，以其相近之原物料量為排碳係數轉換依據，逐一換算各式組合型材料設備之排碳係數，進而乘上工程數量求得該品項於本工程之碳排放量。例如：一般公共工程使用之鋼筋多為熱軋竹節鋼筋，採用鋼筋(不分類)之碳排放係數計算之。

c. 人員之碳排放量

根據碳排放評估相關規範，人員排放量不需計入。而人員往返工區之交通運輸排放，不確定性高且難以調查，在本試辦案例中暫不納入計算，建議未來若對於工區施工人力交通往返狀況有所了解時再予估算。

(2) 估算限制與假設

a. 假設一：估算資料來源設定

由於工程設計與施工之項目繁多，本工程將依據預算資源統

計表、單價分析表、設計與施工圖說等內容進行估算，惟部分資訊不足以支持碳排放推估計算所需，其中運輸所需之能耗資料最為缺乏，而計算之用水、氣體量亦無法於數量書中得知，計算之項目內容包含工料使用、現場機具能資源使用、運輸(工料、機具、廢棄物)、碳匯變化及廢棄物處理等項目，在權衡實際所能取得之資訊與碳排放之關聯下，本工程將簡化為機具及材料 2 項。

b. 假設二：碳排放係數推估

由於目前全球產品碳排放量盤查尚在起步，我國目前已取得碳標籤的產品亦偏重於生活用品而無工程材料，預計工程材料排碳參數資料與設計資料中的工程材料項目將有相當程度的差距。針對此部分就無可對應係數之項目進行組成、材質或成份的假設，進而參考現有參數、就其配比轉換成各工項排碳係數，計算工程材料使用之碳排放量。

(3)估算流程

將採用排放係數法進行碳排放量估算，即「活動強度」乘以「排放係數」，並乘以「全球暖化潛勢(GWP 值)」以計算得二氧化碳當量(CO₂-e)。「活動強度」(Activity Intensity)是指一段時間內之生產量(或能源消耗量或服務量)大小，主要配合排放係數之單位項目代入推估。而「排放係數」(emission factors)係指將每單位原(物)料、燃料使用量、產品產量或其他操作量所排放造成之溫室氣體排放量。「全球暖化潛勢(GWP 值)」為依據 IPCC 評估報告將二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亞氮(N₂O)等不同溫室氣體的影響程度轉換成相同當量的二氧化碳當量(CO₂e)之轉換係數。

針對工程設計資料之材料用量及機具操作時數耗能而產生的二氧化碳進行評估。在進行計算時，就所需資訊與參數進行分析

與確認，計算流程大致分成四大部分，第一部分，確立計算內容，將針對工程預算書、數量計算書、工程圖說與建置需求等內容進行確認，以分析工程活動強度之資訊；第二部分，選用合適之排放係數，將針對活動強度與內容，分析其可使用之碳排放係數內容與替代方法；第三部分，活動內容計算與加總，針對工程二大計算項目計算碳排放量，最後將計算之結果進行彙整，以進行工程碳排主要因子與主要工項之探討與分析。

(4)碳排放係數選用原則

由於目前我國已根據環保署產品與服務碳足跡計算指引進行產品碳足跡宣告的品項不多，且皆為食品或家電用品而非本試辦計畫所須之工程營建材料。為能滿足後續排放量評估的需求，本單位將盡可能蒐集目前國內外工程材料、機具與運輸之相關數據，作為建立參數資料庫及後續模式內使用之參數資料表的參考來源。以下即簡要說明未來各類參數選用原則：

a. 本土化

根據環保署最新公告之溫室氣體查驗指引(2010)所載，在量化碳排放量時，應採實務可行下最高準確等級之量化方法，以準確的估算排放量。又其所規定之量化參數、排放係數之優先選擇順序為：自廠發展係數>同業使用係數>設備提供之係數>區域公告係數>國家公告係數>國際公告係數。本研究案例與文獻蒐集得之排放係數無法取得相關的自廠係數，就係數本土化而言，將以國內係數優於亞洲地區係數，其次為其他區域國家之排放係數為依據。

b. 可信度

除了以國內係數為優先選用對象為基礎外，則必須對於係數的可信度進行篩選。依據環保署溫室氣體查驗指引(2010)，雖然

自廠發展係數、同業使用係數等優於國家公告係數，但未來在溫室氣體減量法通過施行，這些係數均須取得環保署或相關政府主管機關同意，方能使用。就本模式所扮演的角色為對尚未進行的工程施工階段排碳量推估而言，並無法取得相關的自廠係數；而在國內組織碳盤查及碳足跡盤查尚在發展階段的情況下，亦難以要求供應商提供相關係數。為此，就本計畫文獻回顧及係數蒐集彙整結果分析，本計畫將就內容的可信度，以國家政府機關公告優於專案報告、專案報告又優於研究論文之順序，選擇本研究碳排放量推估模式引用之參數。

c. 時間性

考量係數公告或產出的時間，以較接近現況者，如：電力排放係數採我國能源局最新公告之民國 101 年數據，作為優先選用係數。

根據碳排放係數選用原則，本單位初步將係數來源依據區域、可信度與時間等進行等級分別，初步分成四大級別，如表 1-1 所示。而根據目前已收集可參考之碳排放係數資料庫進行級別判定，如表 1-2 所示，將作為本工作選擇碳排放係數之參考。

表 1-1 工程碳排放係數選用等級

級別	條件說明
A	國家政府機關公告數據
B	國內專案或研究報告級論文數據
C	國際公告數據
D	他國研究數據

表 1-2 目前蒐集之碳排放係數來源與分級

等級	國家	來源	項目
A	台灣	環保署	國家溫室氣體登錄平台
A	台灣	環保署	環保署產品碳足跡計算公用係數
A	台灣	環保署	鋼鐵業溫室氣體公告排放強度(Elr)
A	台灣	環保署	水泥業溫室氣體公告排放強度(Elr)
A	台灣	能源局	能源產業溫室氣體減量資訊網
B	台灣	環保署	國家通訊及溫室氣體排放清冊建置應用
B	台灣	張又升	建築物生命週期二氧化碳減量評估
D	英國	ICE	材料碳排放係數資料庫
D	英國	碳信託	英國碳信託
D	英國	UK Environmental Agency	Carbon calculator for construction activities
D	瑞典	瑞典工務部門	Project Report of Swedish National Road Administration

註：將持續蒐集可用資料係數，以供後續單位估算使用。

(5)PCCES 活動量分析與排除項目說明

工程排碳量之盤查與認證，係針對施工過程中實際使用之耗能機具設備的能耗量及含碳材料的使用量進行調查，而後對應適當的排碳係數，以排碳係數法進行碳排放量計算，計算公式為：

$$\text{碳排放量} = \sum [\text{碳排活動量(如油耗、用電量、材料量)} \times \text{碳排放係數}]$$

本報告亦以碳排係數法為碳排放量評估方法，以細部設計階段所提出的詳細工程數量為活動量進行碳排放量估算。根據現階段工程設計的程序碳排活動數量資料的取得，必須先經過完整的單價分析，乃至於工程預算書編製完成後，才能透過資源統計彙整取得。

本工程可依設計資料彙整出各類人員之總工作時數，但在未有相關調查資料的情況下，仍無法轉換為工程人員往返工區之運

輸油耗量。由於各工程的人力往返距離難以假設，故暫不將人員之碳排放量納入計算。

1.2 國內外碳排係數資料蒐集與比較

為滿足本報告以排放係數法進行工程碳排放量推估所需，本報告首先就工程細設結果為參考，分析出主要工程材料項目及耗能機具項目，進而就此蒐集其對應參數與能源排放係數等，分類彙整出可供計算時應用之各單位活動項目的碳排係數，作為計算本工程碳排放量的基準。

以下分別就能源碳排係數、主要物料碳排係數及機具碳排係數進行整理，並以表 1-3 至表 1-9 分別表示本報告引用之各項參數資料內容。

(1) 能源碳排係數

根據資料整理結果，工程活動中耗用的能源主要為柴油使用排放。根據我國環保署碳足跡查證指引所要求之盤查規範，在此引用能源局公告之我國 101 年電力排放係數及碳足跡參考係數資料表公告之柴油碳排係數，為本報告計算油耗及電力使用碳排量之一致參考。

表 1-3 電力柴油碳排係數

電力/燃料名稱	單位	單位碳排係數 (kgCO ₂ e)	資料來源	國別
電力	度(kWh)	0.536	【1】	臺灣
柴油(固定源)	公升(L)	2.615	【2】	臺灣
柴油(移動源)	公升(L)	2.650	【2】	臺灣

(2)主要物料碳排係數

根據資料整理結果，工程活動中耗用的主要物料包括：混凝土、粗細骨材及鋪面材料；鋼鐵類材料；塑橡膠材料；其他金屬材料，以及其他非金屬材料各類。由於各項係數。以下即根據本報告撰述過程之本土資料蒐集結果分類整理成為各類別材料選用對應參數之依據。

表 1-4 混凝土、粗細骨材及鋪面材料係數表(1/2)

名稱	單位	單位碳排係數 (kgCO ₂ e)	資料來源	國別
塊石($\phi=25\text{cm}$)	立方(m ³)	3.90	【3】	臺灣
小石粒(2分石)	公斤(kg)	0.002	【3】	臺灣
小石粒(1分石)	公斤(kg)	0.002	【3】	臺灣
清石子	立方(m ³)	3.11	【3】	臺灣
填縫小石子	立方(m ³)	3.90	【3】	臺灣
卜特蘭水泥	公斤(kg)	0.58	【3】	臺灣
預拌混凝土 175kgf/cm ² (第 II 型)	立方(m ³)	128.69	【3】	臺灣
預拌混凝土 210kgf/cm ² (第 II 型)	立方(m ³)	148.95	【3】	臺灣
預拌混凝土 245kgf/cm ² (第 II 型)	立方(m ³)	159.13	【3】	臺灣
預拌混凝土 280kgf/cm ² (第 II 型)	立方(m ³)	169.23	【3】	臺灣
預拌混凝土 350kgf/cm ² (第 II 型)	立方(m ³)	199.82	【3】	臺灣
預拌混凝土 420kgf/cm ² (第 II 型)	立方(m ³)	230.26	【3】	臺灣
預拌混凝土 175kgf/cm ² (第 I 型)	立方(m ³)	128.69	【3】	臺灣
預拌混凝土 210kgf/cm ² (第 I 型)	立方(m ³)	148.95	【3】	臺灣
預拌混凝土 245kgf/cm ² (第 I 型)	立方(m ³)	159.13	【3】	臺灣
預拌混凝土 280kgf/cm ² (第 I 型)	立方(m ³)	169.23	【3】	臺灣
預拌混凝土 350kgf/cm ² (第 I 型)	立方(m ³)	199.82	【3】	臺灣
預拌混凝土 420kgf/cm ² (第 I 型)	立方(m ³)	230.26	【3】	臺灣

表 1-4 混凝土、粗細骨材及鋪面材料係數表(2/2)

名稱	單位	單位碳排係數 (kgCO ₂ e)	資料來源	國別
瀝青混凝土	噸(T)	31.06	【3】	臺灣
Asphalt	公斤(kg)	0.06	【4】	英國
Asphalt,4%(bitumen) bindercontaent(mass)	公斤(kg)	0.07	【4】	英國
Asphalt,5%(bitumen)bindercontaent	公斤(kg)	0.07	【4】	英國
Asphalt,6%(bitumen)bindercontaent	公斤(kg)	0.08	【4】	英國
Asphalt,7%(bitumen)bindercontaent	公斤(kg)	0.08	【4】	英國
Asphalt,8%(bitumen)bindercontaent	公斤(kg)	0.09	【4】	英國
Bitumen	公斤(kg)	0.43~0.55	【4】	英國

表 1-5 鋼鐵材料係數表(1/3)

名稱	單位	單位碳排係數 (kgCO ₂ e)	資料來源	國別
A. 鋼胚				
鋼胚(高爐)	公斤(kg)	2.13	【3】	臺灣
鋼胚(電弧爐)	公斤(kg)	0.36	【3】	臺灣
鋼胚(一貫煉鋼)	公斤(kg)	2.05	【5】	臺灣
碳鋼鋼胚(電弧爐)	公斤(kg)	0.43	【5】	臺灣
不銹鋼鋼胚(電弧爐)	公斤(kg)	0.48	【5】	臺灣
B. 鋼筋				
鋼筋(不分類) ^{*3}	公斤(kg)	0.92	【3】	臺灣
鋼筋(高爐)	公斤(kg)	2.30	【3】	臺灣
鋼筋(電弧爐) ^{*2}	公斤(kg)	0.57	【3】	臺灣
C. 鋼板				
冷軋鋼板(電弧爐)	公斤(kg)	0.51	【3】	臺灣
烤漆鋼板(電弧爐)	公斤(kg)	0.49	【3】	臺灣
鋼板(高爐)	公斤(kg)	2.19	【3】	臺灣

表 1-5 鋼鐵材料係數表(2/3)

名稱	單位	單位碳排係數 (kgCO ₂ e)	資料來源	國別
C. 鋼板				
鍍鋅鋼板(電弧爐)	公斤(kg)	0.50	【3】	臺灣
不銹鋼熱軋鋼捲/板(軋鋼)	公斤(kg)	0.14	【5】	臺灣
鍍鋅鋼板(電弧爐)	公斤(kg)	0.50	【3】	臺灣
D. 型鋼				
型鋼	公斤(kg)	0.94	【3】	臺灣
型鋼(不分類) ^{*3}	公斤(kg)	0.94	【3】	臺灣
型鋼(高爐)	公斤(kg)	2.32	【3】	臺灣
型鋼(電弧爐)	公斤(kg)	0.57	【3】	臺灣
E. H 型鋼				
H 型鋼(軋鋼)	公斤(kg)	0.17	【5】	臺灣
H 型鋼	公斤(kg)	2.30		自行計算
F. 鋼捲				
冷軋鋼捲(不分類) ^{*3}	公斤(kg)	0.86	【3】	臺灣
冷軋鋼捲(高爐)	公斤(kg)	2.25	【3】	臺灣
熱軋鋼捲(不分類) ^{*3}	公斤(kg)	0.84	【3】	臺灣
熱軋鋼捲(高爐)	公斤(kg)	2.23	【3】	臺灣
熱軋鋼捲(電弧爐)	公斤(kg)	0.46	【3】	臺灣
不銹鋼捲(不分類) ^{*3}	公斤(kg)	1.41	【3】	臺灣
不銹鋼捲(電弧爐)	公斤(kg)	0.98	【3】	臺灣
不銹鋼熱軋鋼捲/板(軋鋼)	公斤(kg)	0.14	【5】	臺灣
G. 鋼管				
冷軋鋼管(不分類) ^{*3}	公斤(kg)	0.90	【3】	臺灣
鋼管(電弧爐)	公斤(kg)	0.50	【3】	臺灣
不銹鋼管(不分類) ^{*3}	公斤(kg)	1.45	【3】	臺灣
鍍鋅鋼管(不分類) ^{*3}	公斤(kg)	0.93	【3】	臺灣
鋼管加工	公斤(kg)	0.04	【3】	臺灣

表 1-5 鋼鐵材料係數表(3/3)

名稱	單位	單位碳排係數 (kgCO ₂ e)	資料來源	國別
H. 其他鋼材				
棒鋼(高爐)	公斤(kg)	2.21	【3】	臺灣
線材(高爐)	公斤(kg)	2.23	【3】	臺灣
鋼鐵	公斤(kg)	2.13	【6】	臺灣

表 1-6 塑橡膠材料係數表

名稱	單位	單位碳排係數 (kgCO ₂ e)	資料來源	國別
橡膠	公斤(kg)	2.85	【4】	英國
PVC 原料	公斤(kg)	0.56	【3】	臺灣
PVC 塑膠管、PVC 板	公斤(kg)	0.75	【3】	臺灣
PVC 管	公斤(kg)	42.67	【7】	臺灣
PVC 管耐熱線	公斤(kg)	15.10	【7】	臺灣
PVC 管接頭、凡而	公斤(kg)	1.42	【3】	臺灣
SGP 管	公斤(kg)	113.61	【7】	臺灣
尼龍線	公斤(kg)	47.89	【7】	臺灣
塑膠布	公斤(kg)	0.88	【3】	臺灣
塑鋼原料	公斤(kg)	0.56	【3】	臺灣
電線電纜	公斤(kg)	2.01	【8】	臺灣
聚苯乙烯(PS)	公斤(kg)	1.19	【3】	臺灣

表 1-7 其他金屬材料係數表

名稱	單位	單位碳排係數 (kgCO ₂ e)	資料來源	國別
銅	公斤(kg)	3.01	【9】	英國
鍍鋅	公斤(kg)	2.88	【4】	英國
鋁板,鋁條	公斤(kg)	9.16	【4】	英國

表 1-8 其他非金屬材料係數表

名稱	單位	單位碳排係數 (kgCO ₂ e)	資料來源	國別
紅磚(20*9.5*5cm)	塊	0.41	【3】	臺灣
磁磚	平方(m ²)	7.90	【3】	臺灣
玻璃	公斤(kg)	0.91	【4】	英國
環氧樹脂	公斤(kg)	3.21	【10】	
ABS 樹脂	公斤(kg)	3.98	【11】	日本
AS 樹脂	公斤(kg)	3.57	【11】	日本
油漆	公斤(kg)	3.76	【4】	英國
水泥漆	公斤(kg)	2.54	【4】	英國
速凝劑	公斤(kg)	2.52	【11】	日本
乳膠炸藥	公斤(kg)	8.39	【11】	日本
水玻璃: 偏矽酸鈉(Na ₂ SiO ₃)	公斤(kg)	0.98	【11】	日本
氧氣	Nm ³	0.19	【11】	日本
乙炔	公斤(kg)	28.00	【11】	日本

係數來源說明：

【1】能源局 99 年公告值

http://www.moeaboe.gov.tw/promote/greenhouse/PrGHMain.aspx?PageId=pr_gh_list

【2】環保署產品碳足跡計算公用係數

<http://cfp.epa.gov.tw/carbon/ezCFM/Function/PlatformInfo/FLFootProduct/ModulusDatabase.aspx>

【3】張又升，(2002)。建築物生命週期二氧化碳減量評估，國立成功大學建築研究所，博士論文。

【4】Hammond, G. and Jones, C., (2011). Inventory of Carbon and Energy (ICE) version 2.0,

Bath University,UK. <http://www.bath.ac.uk/mech-eng/>

- 【5】環保署公告鋼鐵業溫室氣體公告排放強度(EI_r)，民國 100 年 1 月 1 日後既存排放源數據。
- 【6】財團法人工業技術研究院，(2010)，國家通訊及溫室氣體排放清冊建置應用，環保署溫室氣體減量管理辦公室專案報告。EPA-98-FA11-03-A060
http://epq.epa.gov.tw/project/projectcp.aspx?proj_id=WIQKZMAJSH
- 【7】林建隆，(2003)。住宅設備生命週期二氧化碳排放量解析，國立成功大學建築研究所，碩士論文。
- 【8】歐文生，(2000)，建築物室內裝修環境負荷評估之研究-以耗能量與二氧化碳排放量解析，國立成功大學建築研究所，碩士論文。
- 【9】UK Environmental Agency, Carbon calculator for construction activities.
<http://www.environment-agency.gov.uk/business/sectors/37543.aspx>
- 【10】供應鏈碳足跡網站 <http://www.sourcemap.org/parts/>
- 【11】日本產品碳足跡公告係數 <http://www.cfp-japan.jp/english/>

1.3 碳排放係數使用說明

- (1) 工程使用之人工部分，因工人不管是否參與本工程之施工，其排碳活動仍然存在，工程施工與否不影響國內人口之排碳總量；惟人工為了至工區工作的往返交通油耗量將造成排碳，但有文獻資料顯示，人員運輸排碳量實遠小於工程過動中各類機具能耗量以及材料使用之排碳量。故本計畫之工程排碳量推估先不將人工之排碳量納入計算範圍。
- (2) 工程使用之施工機具設備部分，依所調查施工機具設備每小時之耗油量乘以每公升燃料油之碳排放係數，以計算施工機具設備每小時之排碳量。用電設備部分亦依所調查施工設備每小時之耗電量乘以每度電力之碳排放係數，以計算施工設備每小時之排碳量。由於施工機具設備每小時之耗油量或耗電量係依機具設備商所提工之理論數據計算，施工時因工地之各種地形、天候、環境條件等因素之變化再於工地進行實際之盤查以為印證與修正。
- (3) 工程使用之材料及設備部分，依所調查材料及設備之單位碳排

量係數進行計算；其中 PVC 管、鍍鋅鋼管、電線電纜等先依 CNS 所列單位長度重量乘以所調查之單位重排碳係數，而得每單位長度之排碳量後再依工程數量進行彙算。組合型材料設備尚無碳排量係數可供參考引用者，則依相類似材料設備之排碳量係數進行計算；預鑄水泥製品以概估混凝土量與配筋量分別乘以其碳排量係數計算加總而得。另木材部分因成長過成中已有固碳效果存在，其碳排係數為負值，本案所使用之木材暫不計列碳排量，以免造成解示上之困擾。

- (4) 工程使用之臨時設施及設備部分，可重複使用之臨時設施及設備如鋼模、鋼支撐架、鋼板樁、鋼軌樁、水平支撐、施工護欄、上下爬梯、安全欄杆等，因完工後即可運出工地，故前述依可重複使用之臨時設施及設備不計排碳量；惟為施作該臨時設施及設備所需之運輸與打設機具仍依第二項規定辦理。木模板因有固碳效果存在，本案所使用之木模板亦暫不計列排碳量。

根據本章 1.1 節碳排放係數選用原則，本單位初步選用之碳排放係數如表 1-9 所示。

表 1-9 本試辦案例選用之碳排放係數

主要材料	機具能源耗用率	碳排放係數
開挖機(0.40~0.49m ³)	12.22 L/hr(柴油-固定源)	
挖土機(0.55m ³)	12.46 L/hr(柴油-固定源)	
傾卸卡車(12T)	15.95 L/hr(柴油-移動源)	
傾卸貨車(15T)	13.63 L/hr(柴油-移動源)	
柴油(固定源)		2.615 kgCO ₂ e/L
柴油(移動源)		2.650 kgCO ₂ e/L
砂礫骨材		3.11 kgCO ₂ e/m ³
聚酯絲		0.92 kgCO ₂ e/kg
塑膠布		0.88 kgCO ₂ e/kg
線材(高爐)		2.23 kgCO ₂ e/kg
鋼筋(不分類)		0.92 kgCO ₂ e/kg
預拌混凝土，210kgf/cm ²		148.95 kgCO ₂ e/m ³
鍍鋅鋼板(電弧爐)		0.50 kgCO ₂ e/kg
PVC 塑膠管		0.75 kgCO ₂ e/kg
型鋼(不分類)		0.94 kgCO ₂ e/kg

第二章 碳排放估算

2.1 工程概述與構造特性說明

本工程位於屏東縣滿州鄉港口溪支流，主要工程項目護岸約 191 公尺、固床工 11 座、集水井 1 座、排水溝約 34 公尺、2x1x0.5m 箱型石籠約 60 籠、封牆 6 處、水墊 3 處，工程位置如圖 1-3。平面配置如圖 1-4。

2.2 工程數量說明

依據設計圖工程項目之設計內容，本工程包含護岸工程、固床工工程、集水井工程、排水溝工程、箱型石籠工程、封牆工程、水墊工程、安衛環保及交通維持等工程內容，其主要之工作項目及數量，經由單價分析表彙整為挖土機、卡車等機具，碎石級配、土包袋、高鍍鋅網籠、塊石、鋼筋、混凝土、塑膠布、PVC 管等項目數量。

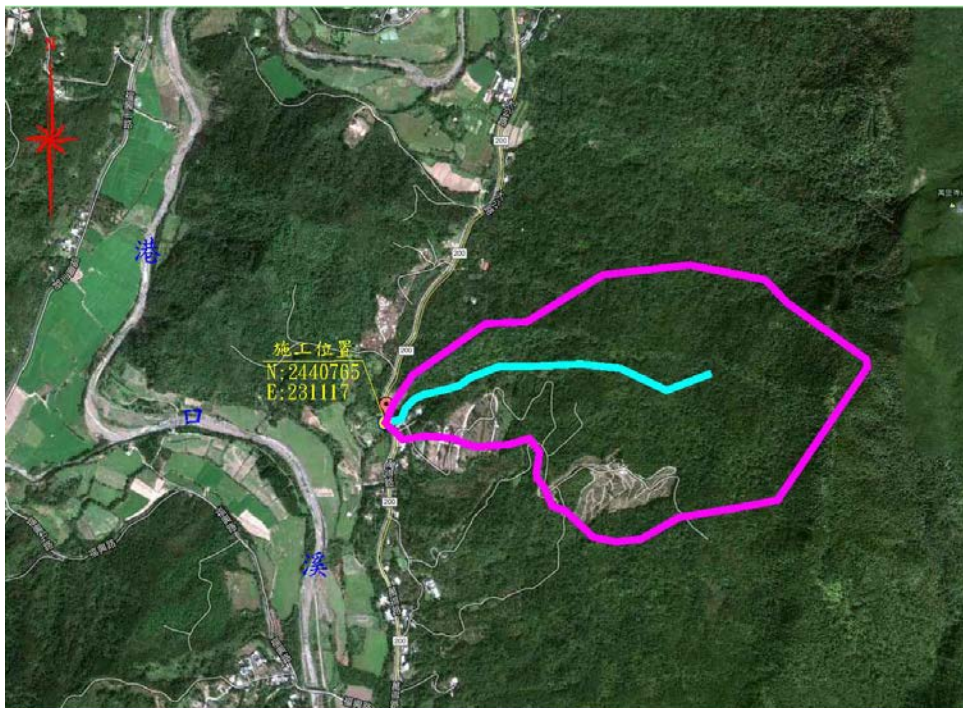


圖 1-1 萬得野溪工程位置圖

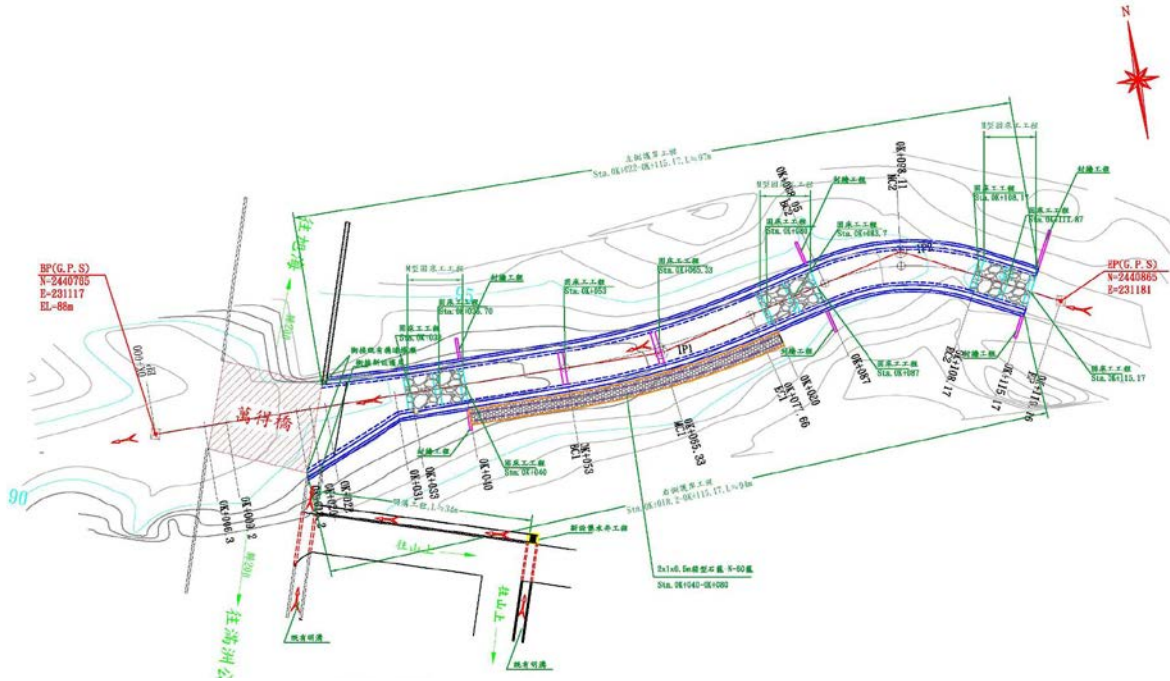


圖 1-2 萬得野溪工程平面配置圖

2.3 估算結果

依據設計內容工程項目，分別將護岸、固床工、集水井、排水溝、箱型石籠、封牆、水墊等工項之主要工作項目及數量，經彙整轉換為挖土機、卡車等機具，碎石級配、土包袋、高鍍鋅網籠、塊石、鋼筋、混凝土、塑膠布、PVC 管等材料數量，碳排放量之計算則根據工程預算書之數量欄，依據不同的轉換條件，再乘以其單位碳排放係數而得，工程碳排放量估算之機具使用部分如表 1-10、工料使用部分如表 1-11。另將碳排放量估算結果進行分類比較如表 1-12。

整體工程碳排放量估算結果為 121,931.87 kgCO₂e，其中工程材料生產排碳量最大，約占 98.7%，最主要排碳源為預拌混凝土。

表 1-10 碳排放量估算表-機具使用

工項名稱	單位	工程 用量	機具能源耗 用率	碳排放係數		碳排放量 (kgCO ₂ e)	備註
開挖機 (0.40~0.49m ³)	時	24	12.22L/hr	2.615	kgCO ₂ e/L	766.93	1 天=8 時
D7 挖土機	時	10	12.46L/hr	2.615	kgCO ₂ e/L	325.83	1 天=8 時
小卡車 (2km 以內)	時	8	15.95L/hr	2.650	kgCO ₂ e/L	338.14	1 天=8 時
平板車*	趟	2	13.63L/hr	2.650	kgCO ₂ e/L	144.48	1 趟=2 時
合計						1575.38	

註*：平板車為機械搬運工項中的細項，故屬於機具運輸部分。

表 1-11 碳排放量估算表-工料使用

工項名稱	單位	工程 用量	碳排放係數		碳排放量 (kgCO ₂ e)	備註
碎石級配	M3	2.12	3.11	kgCO ₂ e/M3	6.59	
土壤土包袋(含裝土安置)	包	200	0.92	kgCO ₂ e/kg	9.20	1 包=0.05kg
防水布(可重複使用)	M2	200	0.88	kgCO ₂ e/kg	9.86	1m ² =0.056kg
不織布(含運費)	M2	84.8	0.92	kgCO ₂ e/kg	8.04	1m ² =0.103kg
高鍍鋅鋼線網籠	M2	450	2.23	kgCO ₂ e/kg	11,540.25	1m ² =11.5kg
產品，卵、塊石(約 ϕ 15~25cm)	M3	48	3.11	kgCO ₂ e/m3	149.28	
平面式塑膠警示帶	捲	3	0.88	kgCO ₂ e/kg	8.45	1 組=3.2kg
產品，鋼筋	T	7.4	0.92	kgCO ₂ e/kg	6,808.00	
產品，預拌混凝土 210kgf/cm ²	M3	656	148.95	kgCO ₂ e/m3	97,711.20	
水平拉力線及綁紮線	KG	60	2.23	kgCO ₂ e/kg	133.80	
1x1m 熱浸鍍鋅格柵板	組	1	0.50	kgCO ₂ e/kg	74.50	1 組=149kg
PVC 洩水管 (ϕ3"),t≥5.1mm	M	149	0.75	kgCO ₂ e/kg	231.32	約 2.07kg/m
鋼軌樁	M	78	0.94	kgCO ₂ e/kg	3,666.00	約 50kg/m
合計					120,356.49	

表 1-12 碳排放量估算結果分類比較

排碳項目	排碳量(kgCO ₂ e)	比例
現場/機具燃料使用排碳量	1431	1.17%
工程材料生產排碳量	120356	98.71%
施工機具運輸排碳量	144	0.12%
總量	121,932	100.00%

另依據工程數量計算表內容，分析各治理單元之碳排放量比例，如圖 1-3。結果顯示護岸工程排碳比例最高，主要原因係護岸工程規模為高 3.2 公尺、長 191 公尺，且為混凝土結構所致。

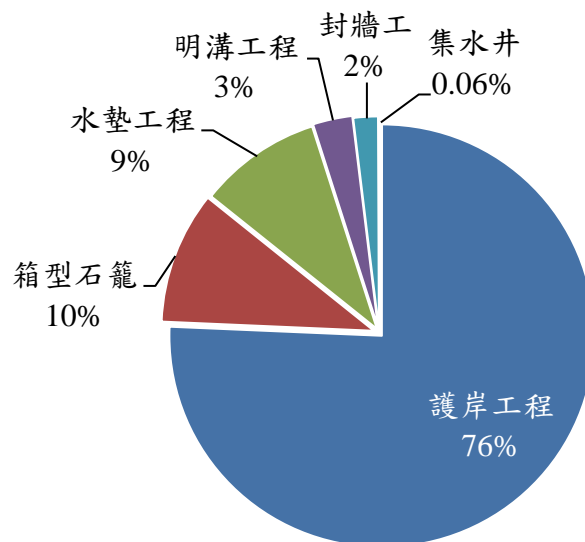


圖 1-3 工程治理單元排碳量分析

第三章 節能減碳效益

3.1 本工程採取之節能減碳措施

本工程設計採用符合環保、節能減碳概念之綠色工法、綠色材料、綠色環境之設計，並應融入節能減碳觀念及永續經營之理念。

(1)設計理念

本計畫將於規劃設計階段運用綠色工法及綠色材料，減少環境衝擊；並於施工中採取各種策略，期使對環境干擾降至最低：

- a. 減少材料使用((Material Relief)：減少結構量體，減少向大自然取用資源。
- b. 減少負荷(Load Relief)：採用安全性高的水泥，減少工程生命週期工程維護量二氧化碳之產出。
- c. 減少廢棄物(Waste Relief)：解構營建廢棄物，用於次要結構混凝土中，使廢棄物減量。
- d. 生態補償：透過迴避、減輕、補償，減少對自然生態干擾。

(2)設計方法

本計畫可透過工程構造特性與工程數量，於設計階段融入設計理念以達成節能減碳之目標，其設計方法如下：

- a. 混凝土採用安全性高的水泥，減少工程生命週期工程維護量二氧化碳之產出。
- b. 整地過程充份考量土方調運利用，使整地開挖、構造物開挖等之營建土石方能充份再利用；利用於堤岸填築、構造物回填。
- c. 使用可回收之鋼鐵材，充份利用廢棄物，減少天然礦砂之使用。
- e. 使用拉力強度 $f_y:2800\text{kg/cm}^2$ 之鋼筋，減少鋼筋使用量。

f. 邊坡、空地以稻草蓆覆蓋，以增加造氧減碳。

3.2 減碳量效益計算

(1) 工程施工階段減碳效益

依前節所彙整之比較結果，針對各減碳措施加入碳排放係數後，彙算出一結果包含減碳措施、減碳項目、碳排放係數、原始方案使用數量與碳排放量、替代方案使用數量與碳排放量，而後統計出此工程之減碳量與百分比，作為擬定減碳措施之依據。

(2) 工程營運階段減碳效益

除上述就資源用量及替代或節省量計算之總碳排放量及減碳量外，另可針對營運階段之減碳效益進行試算。如採用混凝土材料施作之構造物，減少人員、機具、材料維護量所需，與其他塊石材料施作構造物等維護量進行比較，計算營運階段來自於混凝土節省工程維護量所能獲得之減碳效益。

第四章 檢討與建議

4.1 碳排放量估算作業檢討與建議

(1) 估算作業檢討

- a. 本工程位處於屏東南端偏遠地區，機具、材料、人員運輸距離均超出一般推估距離，致碳排放量無法準確估算。
- b. 本工程設計資料仍無法轉換為工程人員往返工區之運輸油耗量。由於各工程的人力往返距離難以假設，故暫不將人員運輸之碳排量納入估算。
- c. 估算量無法將天然因素如雨季期、地質狀況等納入考量，施工期距預估困難，使得機具耗油量估算量偏低。
- d. 在估算碳排放量時，參考的碳排放係數仍然不足，尤其在植生資材上如稻草蓆、不織布、土包袋等未有參考碳排放係數值。

(2) 建議

- a. 建請儘速樹立起本國一套較完整的碳排放係數參考表，以能建立起較完善的碳排放量估算值。
- b. 由於臺灣位屬於亞熱帶氣候，雨季長，乾季短，建請建立因雨季施工困難，造成施工期距延長，機具耗油量、人員運輸油耗量加大的配套措施估算量。
- c. 目前碳排放量的估算仍屬施工階段，但在永續經營的考量下，工程維護階段亦是相當重要，建請應將工程維護所造成碳排量列入整個工程碳排量估算的考量因子。

4.2 本工程碳排放量盤查執行建議

(1) 盤查範疇與原則

水土保持工程設施之碳盤查之範疇，亦將針對工區即工程設施運作的區域為範圍進行調查。本盤查計畫將依照設施全生命週期之活動進行碳排放項目調查，包含工區內機具排碳量、材料排碳量、人員車輛排碳量等，並根據碳排放推估之成果，針對重點排放項目進行蒐集與調查，作為後續分析之依據。而為確保碳排放盤查資料之內容，本單位將參考產品碳盤查之原則，針對活動相關性、完整性、一致性、準確性及透明度內容進行活動量蒐集。以下針對各原則初步說明如下：

- a. 相關性：將考量設施建造、使用過程之利害關係者影響，並調查與蒐集干擾工程施作與營運等相關活動量。
- b. 完整性：考量計算範疇內應須涵蓋之所有相關營運單位、製程、活動與設施之排放源，如材料、機具、能源、運輸等活動。
- c. 一致性：本單位所提出專案，將考量其類型後採行一致之量化方法，此包含活動數據的統計與排放係數的引用來源等。
- d. 準確性：將考量盤查過程之活動量蒐集方式(含活動數據與排放係數)，以最能反應實際排放狀況為前提，在有限人力與時間內盡可能蒐集真實數據。
- e. 透明度：盤查過程中，本單位將嘗試取得所有相關之佐證資訊，包含相關假設、計算方法、文件變更及活動數與排放係數等資訊的來源，以作為後續單位或工程使用之參考。

(2)執行規劃

針對實際活動之盤查，為確保資料之完整性，就所需資訊與參數等內容，盤查執行流程大致分成四大部分，第一部分，為確立盤查內容，將針對工程內容規劃其活動或製程地圖，並檢視推估之成果與邊界，確保資料蒐集之順序與重點；第二部分，則依

據活動或製程地圖進行活動量蒐集，蒐集內容包含機具排碳量、材料排碳量、人員車輛排碳量等；第三部分，選用合適之碳排放係數，將針對活動強度與內容，分析其可使用之碳排放係數內容與替代方法，進行碳排放計算；最後，分析計算結果，進而辨識不確定因素與內容，確保盤查成果之一致性，並探討同類型之工程內容與盤查成果，進而分析各工程項目之差異。本工程盤查執行流程，如圖 1-4 所示。機具耗油量記錄表、人員運輸耗油量記錄表形式如表 1-13、表 1-14。

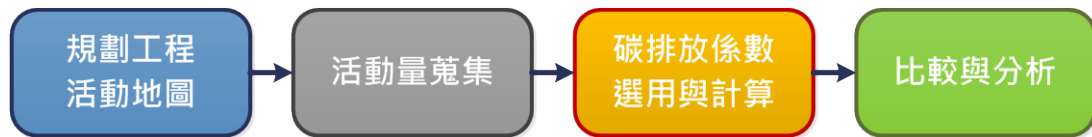


圖 1-4 工程盤查執行流程

表 1-13 機具耗油量記錄表

工程名稱：高柳野溪整治工程 第 1 頁 共 1 頁

工作日期	機具類型	工作開始時間	工作終止時間	工作內容概述	加油類別	加油量	使用者	備註

表 1-14 人員運輸耗油量記錄表

工程名稱：高柳野溪整治工程 第 1 頁 共 1 頁

出車日期	車輛類別	出車起始里程	出車終止里程	出車里程	加油類別	加油量	使用者	備註

(3)經費需求

本工程執行盤查結構物生命週期之活動進行碳排放項目調查，包含工區內機具排碳量、材料排碳量、人員車輛排碳量等，計畫盤查經費來源則由行政院農業委員會水土保持局「102 年度易淹水地區水患治理計畫－治山防洪」的計畫款項。

貳、碳排放量盤查報告

前言

行政院公共工程委員會(以下簡稱工程會)依據行政院函頒之「政府公共工程計畫及經費審議作業要點」辦理公共工程計畫基本設計審議工作，民國 101 年中央政府組織改造後，相關工程計畫審議業務將移撥至行政院國家發展委員會內繼續辦理。工程會原負責之審議範圍為協審先期規劃(可行性研究)、綜合規劃(建設計畫)及主審基本設計；移撥國家發展委員會後，審議範圍變更為主審先期規劃(可行性研究)及綜合規劃(建設計畫)，審議之項目亦由工程技術、經費及工期等工程技術專業項目，擴大為包括國土規劃、都市計畫、土地開發、社會經濟效益評估、財務計畫、營運計畫等。為因應前述變革，工程會希望藉由研訂交通工程、水利工程及建築工程等三類別工程計畫之審議基準，編訂為審議手冊；並蒐集國內外案例資料後，編訂為示範案例，以提升公共工程計畫之審議績效。

其次，國內對於公共工程節能減碳之關注，多聚焦於建築工程，並以公共設施在營運階段省水量或節電量作為節能減碳之效益，惟在其他非屬建築工程之公共建設，如道路工程、水利工程、水保工程、…等，其營運階段耗能相較於建築物相當有限，部分河川整治或邊坡治理設施於完工後甚至不致產生能源消耗。因此，希望能分別就公共工程興建過程或營運階段，蒐集國內外相關資料與研究成果，發展公共工程節能減碳效益計算規則，進而建立合理可行之節能減碳指標架構或初步建議，以利政府推動低碳公共工程政策。

本報告係為行政院農業委員會水土保持局臺南分局委辦之萬得野溪整治工程，從「野溪整治」之觀點切入，並兼顧「環境保護」之理念推動野溪整治工程碳排放量盤查計畫。本工程主要工程項目護岸

約 191 公尺、固床工 11 座、集水井 1 座、明溝約 34 公尺、2×1×0.5m
箱型石籠約 60 籠、封牆 6 處、水墊 3 處。

第一章 盤查計畫

1.1 實施範疇與原則

本盤查將依照工程施工期間之活動進行碳排放項目調查，包含工區內機具排碳量、材料排碳量、人員車輛排碳量等，並根據碳排放估算之結果，針對重點排放項目進行蒐集與調查，作為後續分析之依據。而為確保碳排放盤查資料之內容，將參考產品碳盤查之原則，蒐集活動相關性、完整性、一致性、準確性內容進行活動量。以下針對各原則說明如下：

- (1) 相關性：將設施建造過程進行調查與蒐集干擾工程施作與營運等相關活動量。
- (2) 完整性：計算範疇內涵蓋所有相關營運單位、製程、活動與設施之排放源，如材料、機具、能源、運輸等活動。
- (3) 一致性：本工程採一致之量化方法，此包含活動數據的統計與碳排放係數的引用等。
- (4) 準確性：在有限人力與時間內蒐集所有數據。

1.2 盤查限制與假設

(1) 假設一：人力與資源限制

本年度執行時程較短，在人力與資源限制下，將協調工程主辦單位、承辦單位、施工單位配合現場活動量蒐集。而工程碳盤查之作業，應包含上游材料之調查、運輸、現場組裝、使用與拆解等階段，惟蒐集工程使用之產品碳排放活動數據資料時，為進行正確性的分析評估，必要時應採實地訪查或實際盤查，但考量本年度執行時間、成本與現場人力問題，恐難以負荷所有一級數據之蒐集與訪察。

(2) 假設二：次級碳排放數據之使用

本年度碳盤查作業，將利用設計之活動量蒐集表針對現場機具碳排放、材料碳排放及人員車輛碳排放進行活動量蒐集。至於材料或相關設施組成部份，礙於本年度無多餘預算採購相關產品資料庫及計算分析工具，如環保署官網介紹之 SimaPro 7、VHKEcoReport 5、DoitPro、Gabi4 等，或其他之市售生命週期評估(Life Cycle Assessment, LCA)工具。因此僅能仰賴次級數據之內容進行計算與成果分析，碳排放係數將優先採取上游廠商提供之資訊，若無相關碳足跡資料則採取次級數據進行計算，而計算成果亦僅作相對性比較。

1.3 盤查作業規劃

針對實際活動之盤查與調查，為確保資料之完整性，就所需資訊與參數等內容，盤查與調查流程大致分成四大部分，第一部分，為確立盤查內容，將針對工程內容規劃其活動或製程地圖，並檢視推估之成果與邊界，確保資料蒐集之順序與重點；第二部分，則依據活動或製程地圖進行活動量蒐集，蒐集內容包含機具排碳量、材料排碳量、人員車輛排碳量等；第三部分，選用合適之碳排放係數，將針對活動強度與內容，分析其可使用之碳排放係數內容與替代方法，進行碳排放計算；最後，分析計算結果，進而辨識不確定因素與內容，確保盤查成果之一致性，並探討同類型之工程內容與盤查成果，進而分析各工程項目之差異。本工程盤查流程，如圖 2-1 所示。另外，碳排放活動調查表包括機具耗油量記錄表、人員運輸耗油量記錄表、機具耗油量統計表、人員運輸耗油量統計表如表 2-1、表 2-2、表 2-3、表 2-4 所示。

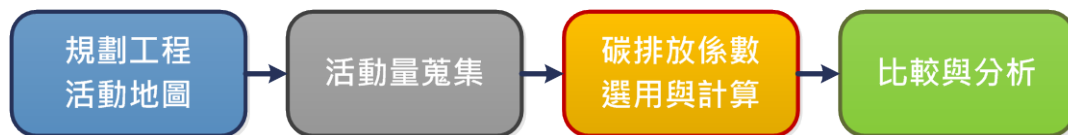


圖 2-1 工程碳盤查流程

表 2-1 機具耗油量記錄表

工程名稱：高得野溪整治工程

第 1 頁 共 1 頁

工作日期	機具類型	工作開始時間	工作終止時間	工作內容概述	加油類別	加油量	使用者	備註

表 2-2 人員運輸耗油量記錄表

工程名稱：高得野溪整治工程

第 1 頁 共 1 頁

出車日期	車輛類別	出車起始里程	出車終止里程	出車里程	加油類別	加油量	使用者	備註

表 2-3 機具耗油量統計表

工 程 名 稱 萬得野溪整治工程

第 1 頁 共 1 頁

機具類別	機具型式	工作時數	耗油類別	耗油量(公升)	碳排放係數	碳排放量(kgCO ₂ e)	備註

表 2-4 人員運輸耗油量統計表

工 程 名 稱 萬得野溪整治工程

第 1 頁 共 1 頁

車輛類別	出車里程	耗油類別	耗油量(公升)	碳排放係數	碳排放量(kgCO ₂ e)	備註

第二章 碳排放量盤查總結說明

2.1 盤查工程數量說明

本工程依據設計圖工程項目之設計內容，分別進行調查護岸工程、固床工工程、集水井工程、明溝工程、箱型石籠工程、封牆工程、水墊工程、安衛環保及交通維持等所需之主要工作項目數量，經彙整後納入工程實際計算書中，碳排放量之計算則根據工程實際計算書之數量欄加乘其單位碳放係數而得。

2.2 盤查結果

本工程盤查將依據設計內容工程項目，分別將護岸、固床工、集水井、明溝、箱型石籠、封牆、水墊、安衛環保及交通維持等所需之主要工作項目數量，經彙整轉換為挖土機、卡車等機具，與碎石級配、土包袋、高鍍鋅網籠、塊石、鋼筋、混凝土、塑膠布、PVC管等材料，及人員往返工區之運輸油耗量等 3 項施工項目進行蒐集及調查，工程碳排放量之計算則根據盤查後的機具油耗量、材料使用量、人員往返工區之車輛運輸油耗量之數量欄加乘其單位碳放係數而得。工程碳排放量實際計算表如表 2-5 及表 2-6。

2.3 盤查與估算結果比較分析

- (1) 本工程位處屏東偏遠南端地區，機具、材料、人員運輸距離均超出一般推估距離，致使碳排放量估算量與實際盤查計算量有顯著性差異。
- (2) 工程估算時不將人員運輸之碳排放量納入且概估機具碳排放量估算值，但在盤查時已確實調查每日機具施工時數及人員往返工區運輸碳排放量，致使盤查計算量較大。
- (3) 由於本工程施工期間常遇降雨，加上工區遇水造成場地泥濘，

無法施工致使工期延長，讓機具耗油量及人員運輸量增加，致計算明顯增加。

表 2-5 碳排放量計算表-機具使用與運輸

工項名稱	單位	工程 用量	機具能源 耗用量		碳排放係數		碳排放量 (kgCO ₂ e)	備註
開挖機(0.40~0.49m ³)	時	504	4,495	L	2.615	kgCO ₂ e/L	11,754.43	1 天=8 時
D7 挖土機	時	184	2,260	L	2.615	kgCO ₂ e/L	5,909.90	1 天=8 時
傾卸卡車(8m ³ =21T)	時	62	620	L	2.650	kgCO ₂ e/L	1,643.00	1 天=8 時
平板車 a	趟	2	13.63	L/hr	2.650	kgCO ₂ e/L	144.48	1 趟=2 時
小貨車(3.5T)b	KM	3,600	398	L	2.650	kgCO ₂ e/L	1,054.70	
貨車(6.0T)b	KM	1,670	334	L	2.650	kgCO ₂ e/L	885.10	
吊車(10.5T)c	KM	1,318	434	L	2.650	kgCO ₂ e/L	1,150.10	

註：a. 平板車為機械搬運工項中的細項，故屬於機具運輸部分；b. 調查人員出勤天數與車行里程換算運輸能耗；c. 調查吊車來回工區內外之車行里程屬於機具運輸部分。

表 2-6 碳排放量計算表-工料使用(1/2)

工項名稱	單位	工程 用量	碳排放係數		碳排放量 (kgCO ₂ e)	備註
碎石級配	M3	2.12	3.11	kgCO ₂ e/m ³	6.59	
土壤土包袋(含裝土安置)	包	200	0.92	kgCO ₂ e/kg	9.20	1 包=0.05kg
防水布(可重複使用)	M2	200	0.88	kgCO ₂ e/kg	9.86	1m ² =0.056kg
不織布(含運費)	M2	84.8	0.92	kgCO ₂ e/kg	8.04	1m ² =0.103kg
稻草蓆	M2	1,100	0.92	kgCO ₂ e/kg	104.24	1m ² =0.3kg
高鍍鋅鋼線網籠	M2	450	2.23	kgCO ₂ e/kg	11,540.25	1m ² =11.5kg
產品，卵、塊石(約 φ 15~25cm)	M3	48	3.11	kgCO ₂ e/m ³	149.28	
平面式塑膠警示帶	捲	3	0.88	kgCO ₂ e/kg	8.45	1 組=3.2kg
產品，鋼筋	T	7.4	0.92	kgCO ₂ e/kg	6,808.00	
產品，預拌混凝土 210kgf/cm ²	M3	656	148.95	kgCO ₂ e/m ³	97,711.20	

表 2-6 碳排放量計算表-工料使用(2/2)

工項名稱	單位	工程 用量	碳排放係數		碳排放量 (kgCO ₂ e)	備註
水平拉力線及綁紮線	KG	60	2.23	kgCO ₂ e/kg	133.80	
1x1m 熱浸鍍鋅格柵板	組	1	0.50	kgCO ₂ e/kg	74.50	1 組=149kg
PVC 洩水管 (ψ3"),t≥5.1mm	M	149	0.75	kgCO ₂ e/kg	231.32	約 2.07kg/m
鋼軌樁	M	78	0.94	kgCO ₂ e/kg	3,666.00	約 50kg/m

第三章 檢討與建議

3.1 碳排放盤查作業檢討

- (1) 施工時須確實記錄每日機具使用的類別，且各機具使用時數，加油量多少，推算各機具單位時數耗油量，增加施工單位的工作量。
- (2) 須簡單易於登記人員往返工區所造成的運輸油耗量及機具耗時耗油量表製作困難，並需再統計各機具耗油量及人員的運輸油耗量，造成工作人員工作量及耗費時間增加。
- (3) 現階段未將碳排放估算及盤查作業經費編列工程預算中，暫以施工單位、監造單位協助方式來執行試辦作業，應將此項工作納入經費的編列。

3.2 碳排放盤查與估算作業改進建議

- (1) 建請儘速樹立起本國一套較完整的碳排放係數參考表，以能建立起較完善的碳排放量估算值。
- (2) 由於臺灣位屬於亞熱帶氣候，雨季長，乾季短，建請快速建立因雨季施工困難，造成施工期距延長，讓機具耗油量、人員運輸油耗量加大的配套措施估算量。
- (3) 目前碳排放量的估算仍屬施工階段，但在永續經營的考量下，工程維護階段亦是相當重要，應考慮將工程維護所造成碳排放量列入整個工程碳排放量。
- (4) 希望儘速建立成完整的機具耗油量及人員的運輸油耗量的碳排放量估算查詢表，致碳排放量估算值更精確，以供規劃設計減碳方案更加準確計算。