

# 公共工程碳排放量試辦計畫

## 龍蛟溪野溪整治六期工程 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

# 龍蛟溪野溪整治六期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、細部設計階段排碳量估算原則 .....	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 .....	1-8
1.2 排碳係數蒐集與使用說明 .....	1-9
(1)機具能耗參數資料 .....	1-9
(2)物料參數資料 .....	1-9
(3)林木固碳參數 .....	1-10
(4)燃料參數資料 .....	1-10
(5)物料人員運輸參數 .....	1-10
第二章 碳排放量估算 .....	1-12
2.1 工程概述與構造特性說明 .....	1-12
2.2 工程數量說明 .....	1-12
2.3 估算結果 .....	1-13
第三章 節能減碳效益 .....	1-18
3.1 本工程採取之節能減碳措施 .....	1-18
第四章 檢討與建議 .....	1-20
4.1 碳排放估算作業檢討與建議 .....	1-20
4.2 本工程碳排放盤查執行建議 .....	1-20

(1)盤查範疇與原則 .....	1-20
(2)執行規劃(含流程及相關表單).....	1-20
貳、碳排放量盤查報告 .....	2-1
前言 .....	2-1
第一章 盤查計畫.....	2-2
1.1 實施範疇與原則 .....	2-2
1.2 盤查限制與假設.....	2-2
(1)假設一：人力與資源限制 .....	2-2
(2)假設二：次級碳排放數據之使用 .....	2-3
1.3 盤查作業規劃(含流程及相關表單).....	2-3
第二章 碳排放量盤查總結說明 .....	2-5
2.1 盤查工程數量說明.....	2-5
2.2 盤查結果.....	2-6
2.3 盤查與估算結果比較分析.....	2-10
第三章 檢討與建議 .....	2-11
3.1 碳排放盤查作業檢討(含經費).....	2-11
3.2 碳排放盤查與估算作業改進建議.....	2-11

## 圖目錄

圖 1-1 工程各治理單元排碳量分析 .....	1-17
圖 1-2 工程碳排放盤查流程 .....	1-21
圖 2-1 工程碳足跡盤查邊界 .....	2-4
圖 2-2 碳排放量估算及盤查結果 .....	2-10

## 表目錄

表 1-1 工程碳排放係數選用等級.....	1-7
表 1-2 目前蒐集之碳排放係數來源與分級.....	1-7
表 1-3 目前蒐集之碳排放係數.....	1-7
表 1-12 碳排放估算項目與數量.....	1-12
表 1-13 工程碳排放量估算結果.....	1-13
表 1-14 工區設備調查表.....	1-21
表 1-15 運輸調查表.....	1-22
表 1-16 材料調查表.....	1-22
表 2-1 各工項數量說明.....	2-5
表 2-2 工程碳排放量計算結果.....	2-6

# 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南投分局委辦之龍蛟溪野溪整治六期工程，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、細部設計階段排碳量估算原則

### (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(CO<sub>2</sub>-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(CO<sub>2</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、氧化亞氮(N<sub>2</sub>O)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(CO<sub>2</sub>e)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

除蒐集案例文獻之相關參數數據並加以分門別類以外，因相同的物料在不同國家或相同國家不同研究中，也有不同的數值，引用數據進行碳足跡或碳排放推估使用時，將造成不同程度的差異。為此，本計畫參考溫室氣體盤查相關規範與文獻中的建議，將碳排放參數劃分其等級，以本土化數據優先、文章可信度與出版時間性三者為本計畫選用參數原則，作為篩選參數資料庫之依據，以應用於公共工程碳足跡估算的基準。茲分別就參數選用三項原則說明如下：

##### 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

為使碳排放量推估結果更接近於現實狀況，除選用國內參數、以較具公信力的來源為優先外，本計畫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。初步選用之材料碳排放係數如表 1-3 所示。

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。

表 1-3 目前蒐集之碳排放係數(1/2)

主要材料	排放係數	來源	等級
鋼筋(不分類)	0.92/kg	張又升(2001)	B
鋼鐵類(鋼胚)	1.9/kg	環保署(2011)	A
鋼鐵類(高爐)	2.13/kg	張又升(2001)	B
鋼鐵類線材(高爐)	2.23/kg		
爐石粉	68.05/T		
卜特蘭水泥	0.41/kg		
骨材(砂礫)	3.11/m <sup>3</sup>		
水泥熟料	0.821/kg	環保署(2011)	A
預拌混凝土，175kgf/cm <sup>2</sup>	128.69/m <sup>3</sup>	張又升(2001)	B

表 1-3 目前蒐集之碳排放係數(2/2)

主要材料	排放係數	來源	等級
預拌混凝土，210kgf/cm <sup>2</sup>	148.95/m <sup>3</sup>	張又升(2001)	B
預拌混凝土，245kgf/cm <sup>2</sup>	159.13/m <sup>3</sup>		
預拌混凝土，280kgf/cm <sup>2</sup>	169.23/m <sup>3</sup>		
預拌混凝土，350kgf/cm <sup>2</sup>	199.82/m <sup>3</sup>		
預拌混凝土，420kgf/cm <sup>2</sup>	230.26/m <sup>3</sup>		
瀝青混凝土	30.62/T		
柴油	2.650/L	能源局(2012)	A
電力	0.536/度	能源局(2012)	A

#### (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：

碳排放量 =  $\Sigma$ [碳排活動量(如油耗、用電量、材料量) × 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 排碳係數蒐集與使用說明

本計畫根據蒐集得之國內外工程碳排放量計算相關文獻，針對其碳足跡與碳排放計算評估過程中，有較為完整之物料參數資料文獻與其所列資料項目進行分類分析，依據排碳量評估方法，本計畫將常用工程項目中之人力運輸、機具操作以及廢棄物運輸部分，以燃料用量估計之，有關能源類電力、燃料之排放係數，引用經濟部能源局公告各年度電力係數與燃料排放係數；而材料部分使用之碳排放係數，採用國內係數排除物料運輸排碳量，僅採其生產排碳量部分為參考係數，作為日後建立工程碳排放係數資料庫之參採，已蒐集機具能源耗用參數以及工程材料排放係數參考表。

### (1)機具能耗參數資料

機具能耗參數蒐集之目的在於輔助評估施工過程中的燃料使用量，藉以評估直接排放量之的燃料使用量。此部分參數蒐集以本土參數為主，資料來源包括：林政興「生態工程節能減碳評估」、台北市政府工務局「工料分析手冊第二篇：施工機具費率分析及工作量計算」、水利署「水利工程工資、工率分析手冊」、農委會水土保持局「水土保持工程預算書編製原則及工料分析手冊」、交通部公路總局「工料分析表」等內容，就施工機具費率表中的單位時間能耗量進行整理分析。後續如有蒐集得更多機具能源效率之參數，亦將持續彙整其參數。

### (2)物料參數資料

根據國外文獻回顧結果可知，工程材料對於各類工程施工階段排碳量貢獻相當大，是不可忽視的一個要項。為此，本研究於國內物料係數資料蒐集是以國內研究單位以及碩博士論文研究結果為主，包括內政部建築研究所「建築裝修材料 CO<sub>2</sub> 排放量現況

調查之研究」、建築研究所「建築廢棄混凝土磚瓦再利用之 CO<sub>2</sub> 減量效益評估之研究」、建築研究所「以生命週期成本分析法評估建築節能設計策略—以公有辦公廳舍為例」、張又升「建築物生命週期二氧化碳減量評估」、楊典樵「柔性路面工程之二氧化碳排放量評估」等研究成果。另外亦彙整包括美國、加拿大、瑞典、英國、日本等研究報告及生命週期評估所引用之物料排碳係數，作為可供評析本土係數值之參考。

### (3) 林木固碳參數

考量工程於整地階段必須清除植被，而後在建造過程中或完成後將進行植生復育，都將使該工程區域範圍內的碳匯量產生變化。所謂碳匯，是指被固定在海洋、土壤、岩石與生物體中的自然界的碳，碳匯量可能因碳儲存或固定碳的能力喪失或增加而改變。為適切推估剷除林地、草地可能造成的碳匯損失以及植生復育可能造成的碳匯增量，蒐集國內外林地、植栽等相關碳固定量研究結果，作為碳匯損失計算之基準。主要資料來源包含林務局所提供之植樹減碳參考數據以及國內相關期刊論文研究資料。

### (4) 燃料參數資料

此部分國內參數蒐集來源主要為環保署產品碳足跡資訊網所公告之「產品碳足跡計算公用係數」，以及參考 IPCC(2006) 國家溫室氣體排放清冊經在地化的我國燃料熱值。

### (5) 物料人員運輸參數

物料人員運輸參數之用途在於無法直接獲得人員及物料運輸之燃料耗用數據時，間接以人次或物料量及運輸距離，進行物料人員運輸之碳排放量。此部分文獻國內尚未有直接可引用之係

數，故參數蒐集以物料類平均運輸距離採用我國交通部統計「中華民國台灣地區汽車貨運調查報告」中各類資材平均運輸距離做為參考，估算運輸之碳排放。



## 第二章 碳排放量估算

### 2.1 工程概述與構造特性說明

嘉義縣龍蛟溪野溪整治六期工程案例：位於嘉義縣大埔鄉溪流長達 230 公尺，工程建造目的是為保護河岸附近約 300 位居民與 100 棟房舍的生命財產安全，建造長達 87 公尺的護岸、一座防砂壩與 3 座固床工工程，工程預算為新台幣 18,160,000 元。

本工程構造採用砌石護岸保護以砌塊石護岸營造通水斷面，塊石就地取材以達節能減碳，維持自然邊坡營造生態復育，採緩坡化、粗糙化原則設計。

### 2.2 工程數量說明

依據工程設計資料，彙整工程項目名稱、單位與用量如表 1-12

表 1-12 碳排放估算項目與數量(1/2)

工項代碼	工項名稱	單位	工程用量
0151001004	臨時沉砂設施	處	1
0156401B	施工便道整理費	式	1
0222015007	機械搬運費	式	1
0223120004	清除及整平	式	1
02316#B023	挖軟岩，機械	M3	2,536.00
02316#C023	挖硬岩，機械	M3	2,536.00
02316#E023	挖普通土含 30% 以上砂礫，機械	M3	20,287.00
02317#A023	回填土，機械	M3	19,797.00
023220104	傾卸貨車	天	16.686
0238605	現採大石	M3	3,779.20
0238609	切大塊石面	M2	2,604.00
024620060	臨時擋排水費	式	1
02600C1005	開挖面臨時覆蓋材料(帆布、土布袋等相關設施)	式	1
0331020005	混凝土澆置及搗實	M3	6,775.00
0331022005	預拌 140kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	M3	167
0331024005	預拌 210kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	M3	6,503.00

表 1-12 碳排放估算項目與數量(2/2)

工項代碼	工項名稱	單位	工程用量
0331027003	預拌 350kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	M3	105
2007060601	軀體模板(含螺桿)	M2	2,869.00
E000001000002	機具費	日	42.4
E3511X15F02	機具費	時	2.4
E3511XA0002	機具費	日	7.2
M026102430001	產品，鋼筋混凝土管(B 型)，D=300mm，三級管	支	72
M0321042001	產品，竹節鋼筋	T	50.46
M0506020002	產品，鐵線	KG	201.84
M050620102004	產品，鋼板或其他材料	片	4.5
T000000298	臨時沉砂設施維護費	式	1
T600000069	∅ 3"PVC 洩水管(管厚≥5.1mm)	M	161

註：活動強度=工程用量×一單位操作時數或每小時工作量×耗能

### 2.3 估算結果

由工程設計資料與表 1-12 工程數量表之數量，計算得出碳排放量詳表 1-13，各項計算方法、假設條件及算式如下：

表 1-13 工程碳排放量估算結果(1/2)

工項代碼	工項名稱	項目碳排放量 (kgCO <sub>2</sub> e)	機具能源耗用率 (L/hr)
0151001004	臨時沉砂設施	379.904	17.92
0156401B	施工便道整理費	1,519.62	17.92
0222015007	機械搬運費	288.956	13.63
0223120004	清除及整平	1,899.52	17.92
02316#B023	挖軟岩，機械	1,881.71	17.92
02316#C023	挖硬岩，機械	2,508.95	17.92
02316#E023	挖普通土含 30% 以上砂礫，機械	16,901.56	17.92
02317#A023	回填土，機械	16,493.33	17.92
023220104	傾卸貨車	4,821.52	13.63
0238605	現採大石	14,738.88	

表 1-13 工程碳排放量估算結果(2/2)

工項代碼	工項名稱	項目碳排放量 (kgCO <sub>2</sub> e)	機具能源耗用率 (L/hr)
0238609	切大塊石面	14,712.60	
024620060	臨時擋排水費	379.904	17.92
02600C1005	開挖面臨時覆蓋材料(帆布、土包袋等 相關設施)	189.952	17.92
0331020005	混凝土澆置及搗實	109,597.67	27.47
0331022005	預拌 140kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	24,874.65	
0331024005	預拌 210kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	968,621.85	
0331027003	預拌 350kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	20,981.10	
2007060601	軀體模板(含螺桿)	975.46	
E000001000002	機具費	10,966.336	12.2
E3511X15F02	機具費	620.736	12.2
E3511XA0002	機具費	1862.208	12.2
M026102430001	產品，鋼筋混凝土管(B型)， D=300mm，三級管	10,724.40	
M0321042001	產品，竹節鋼筋	107.48	
M0506020002	產品，鐵線	450.103	
M050620102004	產品，鋼板或其他材料	9.855	
T000000298	臨時沉砂設施維護費	379.904	17.92
T600000069	∅ 3"PVC 洩水管(管厚≥5.1mm)	14,220.63	
	總合	1,241,109	

(1)0222015007 機械搬運費：傾卸貨車

- 活動強度=工程用量×8(hr/式)×耗能(13.63 L/hr)
- 碳排放=活動強度×柴油排放係數  
=(1×8×13.63)×2.650(kgCO<sub>2</sub>e/L)=288.956(kgCO<sub>2</sub>e)

(2)0223120004 清除及整平：挖土機 0.7m<sup>3</sup>

- 活動強度=工程用量×40(hr/式)×耗能(17.92 L/hr)
- 碳排放=活動強度×柴油排放係數  
=(1×40×17.92)×2.650(kgCO<sub>2</sub>e/L)= 1,899.52(kgCO<sub>2</sub>e)

(3) 02316#B023 挖軟岩，機械：1 小時約 64m<sup>3</sup>，挖土機 0.7m<sup>3</sup>

➤ 活動強度=工程用量×1hr/64m<sup>3</sup>×耗能(17.92 L/hr)

➤ 碳排放=活動強度×柴油排放係數

$$=[2,536 \times (1/64) \times 17.92] \times 2.650(\text{kgCO}_2\text{e/L}) = 1,881.712(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(4)02316#C023 挖硬岩，機械：1 小時約 48m<sup>3</sup>，挖土機 0.7m<sup>3</sup>

➤ 活動強度=工程用量×1hr/48m<sup>3</sup>×耗能(17.92 L/hr)

➤ 碳排放=活動強度×柴油排放係數=

$$[2,536 \times (1/48) \times 17.92] \times 2.650(\text{kgCO}_2\text{e/L}) = 2,508.949(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(5)02316#E023 挖普通土含 30% 以上砂礫，機械：1 小時約 57m<sup>3</sup>，挖土機 0.7m<sup>3</sup>

➤ 活動強度=工程用量×1hr/57m<sup>3</sup>×耗能(17.92 L/hr)

➤ 碳排放=活動強度×柴油排放係數

$$=[20,287 \times (1/57) \times 17.92] \times 2.650(\text{kgCO}_2\text{e/L})$$

$$=16,901.562(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(6)02317#A023 回填土，機械：1 小時約 57m<sup>3</sup>，挖土機 0.7m<sup>3</sup>

➤ 活動強度=工程用量×1hr/57m<sup>3</sup>×耗能(17.92 L/hr)

➤ 碳排放=活動強度×柴油排放係數

$$=[19,797 \times (1/57) \times 17.92] \times 2.650(\text{kgCO}_2\text{e/L})$$

$$=6,493.332(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(7)023220104 傾卸貨車：傾卸貨車

➤ 活動強度=工程用量×8 小時/天×耗能(13.63 L/hr)

➤ 碳排放=活動強度×柴油排放係數=(16.686×8×13.63) ×2.650=

$$4,821.52(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(8)0238605 現採大石

➤ 碳排放=活動強度×工料排放係數

$$=3,779.2 \times 3.900 = 14,738.88(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(9)0238609 切大塊石面

- 碳排放=活動強度×柴油排放係數  
= 2,604×5.650= 14,712.60(kgCO<sub>2</sub>e)

(10)0331020005 混凝土澆置及搗實視工區環境而定，直接泵送，6m<sup>3</sup>用 80min

- 活動係數=工程用量×(1/6m<sup>3</sup>) ×(80/60)小時×耗能(27.47 L/hr)
- 碳排放=活動係數×柴油排放係數  
= [6,775×(1/6) ×(80/60) ×27.47] ×2.650(kgCO<sub>2</sub>e/L)  
= 109,597.669(kgCO<sub>2</sub>e)

(11)E000001000002 機具費：砌石-堆土機砌石(履帶式,60~69kw)

- 活動強度=工程用量×8 小時/日×耗能(12.2 L/hr)
- 碳排放=活動強度×柴油排放係數  
= (42.400×8×12.2) ×2.650(kgCO<sub>2</sub>e/L)= 464,972.646(kgCO<sub>2</sub>e)

(12)E3511X15F02 機具費：拋石-堆土機砌石(履帶式,60~69kw)

- 活動強度=工程用量×8 小時/日×耗能(12.2 L/hr)
- 碳排放=活動強度×柴油排放係數  
(2.400×8×12.2) ×2.650(kgCO<sub>2</sub>e/L)= 26,319.206(kgCO<sub>2</sub>e)

(13)E3511XA0002 機具費：拋石-堆土機砌石(履帶式,60~69kw)

- 活動強度=工程用量×8 小時/日×耗能(12.2 L/hr)
- 碳排放=活動強度×柴油排放係數  
= (7.200×8×12.2) ×2.650= 7,821.274(kgCO<sub>2</sub>e)

依據工程數量計算表中的土方工程、防砂工程、漿砌石護岸工程及固床工等四項治理單元，分別表示排碳量，計算結果如圖 1-1。最主要的排放項目為防砂工程中的預拌混凝土使用。

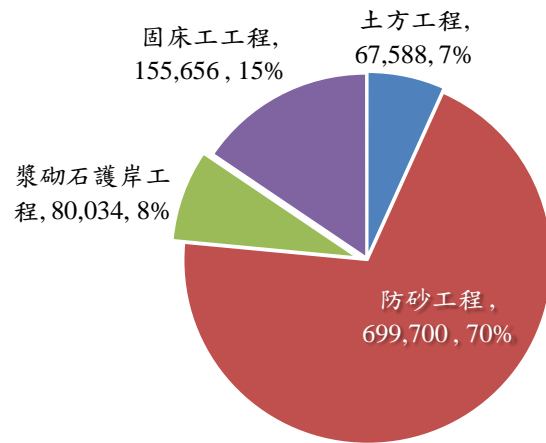


圖 1-1 工程各治理單元排碳量分析

## 第三章 節能減碳效益

### 3.1 本工程採取之節能減碳措施

水土保持工程之設計採用符合環保、節能減碳概念之綠色工法、綠色材料、綠色環境之原則，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。

本工程係採用現地大塊石作為護岸砌石，取代部分鋼筋混凝土以減少機具搬運與工料製造，達到節能減碳效果。



## 第四章 檢討與建議

### 4.1 碳排放估算作業檢討與建議

推動工程節能減碳第一階段應優先建立碳排放量評估模式與碳排放基線資訊，因此主要工作為發展工程碳排放量計算工具，以將各類工程碳排放資訊量化或指標化；而第二階段之重點工作為研擬工程碳排放減量方法，利用各類材料、工法等技術盡可能使排放量減量，以達成溫室氣體減量之目的；第三階段則藉由各類抵換等方式逐步達成碳中和之目標。

### 4.2 本工程碳排放盤查執行建議

#### (1) 盤查範疇與原則

水利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，包含工區內直接排碳量、間接排放量、材料排碳量、運輸排碳量與碳匯變化量等，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。

#### (2) 執行規劃(含流程及相關表單)

針對實際案例所使用之材料、機具而產生的二氧化碳進行評估。在進行案例試算時，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，將針對案

例之工程預算書、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，針對計算直接排放、間接排放與其他排放之原則與工程五大計算項目計算碳排放源；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。本案例計算流程，如圖 1-2 所示。碳排放調查表如表 1-14、表 1-15、表 1-16 所示。

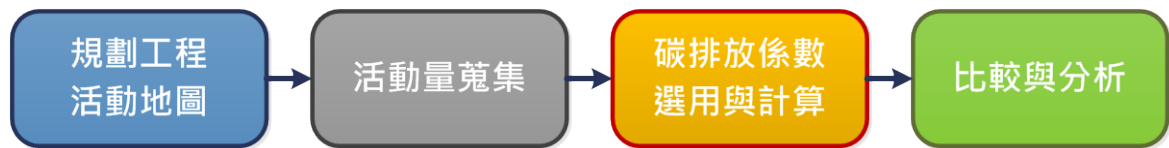


圖 1-2 工程碳排放盤查流程

表 1-14 工區設備調查表

項次	使用設備 名稱/型 號	排放源 (燃料)	排放源類別				範疇別			活動 數據	單位	工作 項目	說明 /附件
			固定 燃燒	移動 燃燒	逸 散	製 程	1	2	3				

表 1-15 運輸調查表

項次	運輸項目	使用運具名稱/型號	排放源(燃料)	活動量調查		運輸量調查				說明附件
				活動數據	單位	運輸量	單位	運輸距離	運輸耗時	

表 1-16 材料調查表

項次	工作項目	使用材料	活動數據	單位	說明/附件

## 貳、碳排放量盤查報告

### 前言

本案例為行政院農業委員會水土保持局南投分局委辦之龍蛟溪野溪整治六期工程，本工程位於嘉義縣大埔鄉，溪流長達 230 公尺，工程建造目的是為保護河岸附近約 300 位居民與 100 棟房舍的生命財產安全，建造長達 87 公尺的護岸、一座防砂壩與 3 座固床工工程，工程預算為新台幣 18,160,000 元。

本工程構造採用砌石護岸保護以砌塊石護岸營造通水斷面，塊石就地取材以達節能減碳，維持自然邊坡營造生態復育，採緩坡化、粗糙化原則設計。

藉由本工程碳排放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 盤查計畫

## 1.1 實施範疇與原則

水利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，包含工區內直接排碳量、間接排放量、材料排碳量、運輸排碳量與碳匯變化量等，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：

- (1)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。
- (2)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。
- (3)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。
- (4)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。
- (5)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。

## 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，本單位將協調工程主辦單位、承辦單位、設計與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。再者，目前部分工程已完成設計與施工內容，時程上亦無法針對合約內容進行調整，活動量內容蒐集之正確性與完整性，暫規劃以宣導或教育訓練等方式輔導廠商協助。

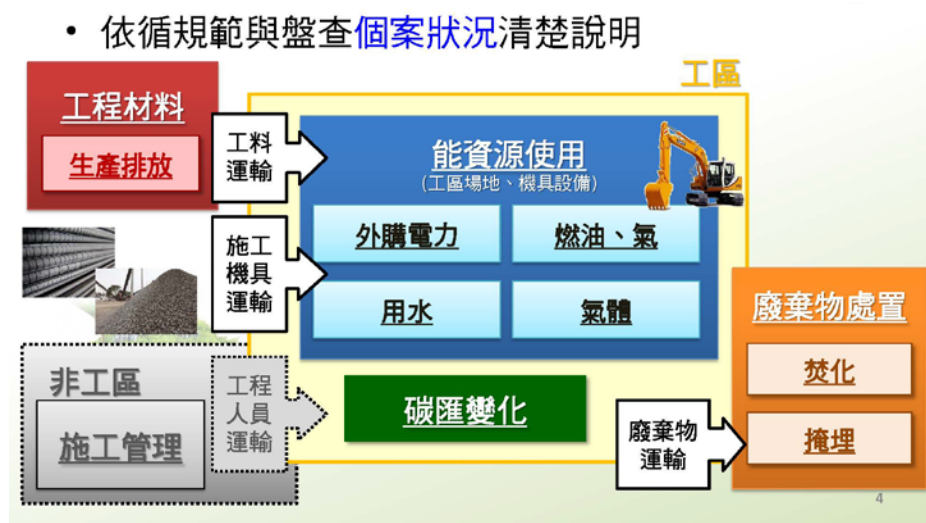
## (2) 假設二：次級碳排放數據之使用

本年度碳盤查作業，將利用初步規劃之活動量蒐集表(如表 1-14~表 1-16 所示)針對現場直接排放與間接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、Gabi 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(含流程及相關表單)

針對實際案例活動之盤查與調查，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，蒐集內容包含直接排碳量、間接排放量、材料排碳量、運輸排碳量與碳匯變化量等，盤查項目及邊界詳圖 2-1；第三部分，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，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。



## 第二章 碳排放量盤查總結說明

### 2.1 盤查工程數量說明

以下依據第壹部分、第四章規劃之工程碳排放盤查流程，實際調查工程數量及配合施工日誌數量，分別進行各工項之活動數量調查與彙整，如表 2-1。

表 2-1 各工項數量說明(1/2)

目前施工工程項目	單位	累積完成數量	碳排放係數	機具能源耗用率
土方工程				
挖普通土含 30% 以上砂礫，機械	M3	19,050	2.65	17.920
挖硬岩，機械	M3	2,516	2.65	17.920
挖軟岩，機械	M3	2,426	2.65	17.920
回填土，機械	M3	18,409	2.65	17.920
剩餘土石方近運利用回填	M3	以挖土機與卡車時數估計		
防砂工程				
預拌 140kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	M3	55	148.95	
預拌 210kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	M3	4,019	148.95	
預拌 350kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	M3	105	199.82	
混凝土澆注費(含運費)	M3	4,179	2.65	27.470
軀體模板(含螺桿)	M2	2,062	0.34	
砌塊石面(切面處理)	M2	5,625	5.65	17.920
鋼筋及加工組立，含損耗	T	28.71	2.13	
漿砌石護岸工程				
預拌 140kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	M3	32.00	148.95	
預拌 210kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	M3	368.00	148.95	
混凝土澆注費(含運費)	M3	400.00	2.65	27.470
砌塊石面(切面處理)	M2	595.00	5.65	17.920
鋼筋及加工組立，含損耗	T	10.70	2.13	
∅ 3"PVC 洩水管(管厚 ≥ 5.1mm)	M	120.00	42.67	



表 2-1 各工項數量說明(2/2)

目前施工工程項目	單位	累積完成數量	碳排放係數	機具能源耗用率
固床工工程				
預拌 140kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	M3	19.000	148.95	
預拌 210kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	M3	889.000	148.95	
混凝土澆注費(含運費)	M3	908.000	2.65	27.470
軀體模板(含螺桿)	M2	325.000	0.34	
砌塊石面(切面處理)	M2	483.000	5.65	
鋼筋及加工組立，含損耗	T	2.840	2.13	
下游面拋現場塊石	M2	600.000	3.90	
臨時擋排水費	式	0.800	2.65	17.920
機械搬運費	式	0.800	2.65	13.630

## 2.2 盤查結果

依據表 2-1 之工程數量，計算各類工程項目及治理單元碳排放量，結果如表 2-2。另各項計算方法、假設條件及算式如下：

表 2-2 工程碳排放量計算結果(1/2)

目前施工工程項目	單位	排放量 KgCO <sub>2</sub> e
土方工程		
挖普通土含 30% 以上砂礫，機械	M3	15,870.99
挖硬岩，機械	M3	2,489.16
挖軟岩，機械	M3	1,800.09
回填土，機械	M3	15,336.96
剩餘土石方近運利用回填	M3	32,091.18
防砂工程		
預拌 140kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	M3	8,192.25
預拌 210kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	M3	598,630.05
預拌 350kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	M3	20,981.10
混凝土澆注費(含運費)	M3	67,602.75
軀體模板(含螺桿)	M2	701.08

表 2-2 工程碳排放量計算結果(2/2)

目前施工工程項目	單位	排放量 KgCO <sub>2</sub> e
砌塊石面(切面處理)	M2	3,531.25
鋼筋及加工組立，含損耗	T	61.15
漿砌石護岸工程		
預拌 140kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	M3	4,766.40
預拌 210kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	M3	54,813.60
混凝土澆注費(含運費)	M3	6,470.71
砌塊石面(切面處理)	M2	3,361.75
鋼筋及加工組立，含損耗	T	22.79
∅ 3"PVC 洩水管(管厚≥5.1mm)	M	10,599.23
固床工工程		
預拌 140kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	M3	2,830.05
預拌 210kg/cm <sup>2</sup> 混凝土	M3	132,416.55
混凝土澆注費(含運費)	M3	14,688.51
軀體模板(含螺桿)	M2	110.5
砌塊石面(切面處理)	M2	2,728.95
鋼筋及加工組立，含損耗	T	6.05
下游面拋現場塊石	M2	2,340.00
臨時擋排水費	式	303.92
機械搬運費	式	231.16
	總計	1,039,168.4

● 土方工程

挖土機之碳排放量

=

(1)挖普通土含 30%以上砂礫，機械：

$$\text{碳排放量} = 17.920 \times 2.65 \times 19,050.000 \times (1/57) = 15,870.99(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(2)挖硬岩，機械：

$$\text{碳排放量} = 17.920 \times 2.65 \times 2,516.000 \times (1/48) = 2,489.16(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(3)挖軟岩，機械：

$$\text{碳排放量} = 17.920 \times 2.65 \times 2,426.000 \times (1/64) = 1,800.09(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(4) 回填土，機械：

$$\text{碳排量} = 17.920 \times 2.65 \times 18,409.000 \times (1/57) = 15,336.96(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(5) 剩餘土石方近運利用回填

$$\text{挖土機} : 12.2 \times 2.65 \times 38.5(\text{天}) \times 8(\text{時}) \times 5(\text{台}) = 13,598(\text{kgCO}_2\text{e})$$

$$\text{卡車} : 13.6 \times 2.65 \times 38.5(\text{天}) \times 8(\text{時}) \times 5(\text{台}) = 18,493.184(\text{kgCO}_2\text{e})$$

$$\text{碳排量} = 13,598 + 18,493.184 = 32,091.184(\text{kgCO}_2\text{e})$$

● 防砂工程

(1) 預拌 140kg/cm<sup>2</sup> 混凝土：

$$\text{碳排量} = 148.95 \times 55.000 = 8,192.25(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(2) 預拌 210kg/cm<sup>2</sup> 混凝土：

$$\text{碳排量} = 148.95 \times 4,019.000 = 598,630.05(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(3) 預拌 350kg/cm<sup>2</sup> 混凝土：

$$\text{碳排量} = 199.82 \times 105.000 = 20,981.10(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(4) 混凝土澆注費(含運費)：

$$\text{碳排量} = 27.470 \times 2.65 \times 4,179.000 = 67,602.75(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(5) 軀體模板(含螺桿)：

$$\text{碳排量} = 0.34 \times 2,062.000 = 701.08(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(6) 砌塊石面(切面處理)：

$$\text{碳排量} = 17.920 \times 5.65 \times 625.000 = 3,531.25(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(7) 鋼筋及加工組立，含損耗：

$$\text{碳排量} = 2.13 \times 28.710 = 61.15(\text{kgCO}_2\text{e})$$

● 漿砌石護岸工程

(1) 預拌 140kg/cm<sup>2</sup> 混凝土：

$$\text{碳排量} = 148.95 \times 32.000 = 4,766.40(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(2) 預拌 210kg/cm<sup>2</sup> 混凝土：

$$\text{碳排量} = 148.95 \times 368.000 = 54,813.60(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(3)混凝土澆注費(含運費)：

$$\text{碳排量} = 27.470 \times 2.65 \times 400.000 = 6,470.71(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(4)砌塊石面(切面處理)：

$$\text{碳排量} = 17.920 \times 5.65 \times 595.000 = 3,361.75(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(5)鋼筋及加工組立，含損耗：

$$\text{碳排量} = 2.13 \times 10.700 = 22.791(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(6)  $\phi$  3"PVC 洩水管(管厚  $\geq 5.1\text{mm}$ )：

$$\text{碳排量} = 42.67 \times 120.000 = 10,599.228(\text{kgCO}_2\text{e})$$

● 固床工工程

(1).預拌  $140\text{kg}/\text{cm}^2$  混凝土：

$$\text{碳排量} = 148.95 \times 19.000 = 2,830.05(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(2).預拌  $210\text{kg}/\text{cm}^2$  混凝土：

$$\text{碳排量} = 148.95 \times 889.000 = 132,416.55(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(3).混凝土澆注費(含運費)：

$$\text{碳排量} = 27.470 \times 2.65 \times 908.000 = 14,688.51(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(4).軀體模板(含螺桿)：

$$\text{碳排量} = 0.34 \times 325.000 = 110.5(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(5).砌塊石面(切面處理)：

$$\text{碳排量} = 5.65 \times 483.000 = 2,728.95(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(6).鋼筋及加工組立，含損耗：

$$\text{碳排量} = 2.13 \times 2.840 = 6.05(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(7).下游面拋現場塊石：

$$\text{碳排量} = 3.9 \times 600.000 = 2,340(\text{kgCO}_2\text{e})$$

● 雜項工程

(1).臨時擋排水費：

碳排量

$$= \text{機具能源耗用率} \times \text{碳排係數} \times \text{工料使用數量} \times \text{一單位操作時數}$$

$$= 17.920 \times 2.65 \times 0.800 \times 8 = 303.92(\text{kgCO}_2\text{e})$$

(2).機械搬運費：

碳排量

$$= \text{機具能源耗用率} \times \text{碳排係數} \times \text{工料使用數量} \times \text{一單位操作時數}$$

$$= 13.630 \times 2.65 \times 0.800 \times 8 = 231.16(\text{kgCO}_2\text{e})$$

### 2.3 盤查與估算結果比較分析

本案例工程之碳排放估算結果：1,241,109 kgCO<sub>2</sub>e、盤查結果：1,002,978 kgCO<sub>2</sub>e，如圖 2-2，排碳量主要來源為工料，且盤查結果較估算之排碳量大。

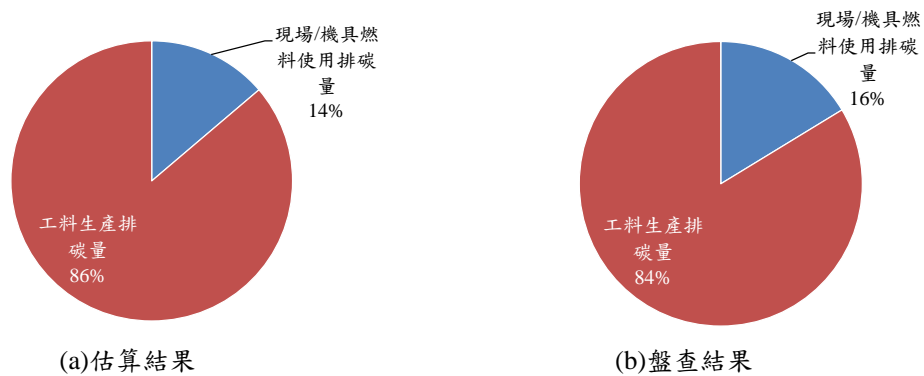


圖 2-2 碳排放量估算及盤查結果

## 第三章 檢討與建議

### 3.1 碳排放盤查作業檢討(含經費)

推估之成果可反應工程材料、機具之特性，有助於進行相對性比較，主要分析碳排放來源與未來減碳方法，也有助於精簡工程實際能耗與材料，亦可節省經費成本。

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)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)建議建立我國一套完整的碳排放係數參考表，以能較完善的計算碳排放量。