

交通部公路總局蘇花公路改善工程處

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫
施工期間工程碳管理委託服務工作

102 年度年末進度報告書
(修正報告)

中興工程顧問股份有限公司

中華民國 103 年 4 月

目 錄

目錄	I
圖目錄	IV
表目錄	VII
第一章 計畫背景分析	1-1
1.1 計畫緣起	1-1
1.2 計畫目標及預期成果	1-2
1.3 計畫範圍與工作項目	1-4
1.3.1 計畫範圍	1-4
1.3.2 計畫工作項目	1-6
1.4 計畫執行流程及方法	1-7
1.5 計畫進度規劃及現階段執行成果	1-10
1.5.1 計畫進度規劃	1-10
1.5.2 現階段執行成果	1-12
第二章 工程碳足跡評估與我國道路工程碳管理發展	2-1
2.1 碳足跡盤查及查證規範	2-1
2.1.1 碳足跡盤查規範與程序	2-2
2.1.2 碳足跡盤查準則：產品類別規則	2-7
2.1.3 工程相關產品類別規則之發展	2-11
2.2 先進國家道路工程碳管理制度	2-21
2.2.1 先進國家碳管理及減碳管理架構	2-21
2.2.2 先進國家碳排放計算工具	2-33
2.3 國內道路工程相關碳管理政策規範與案例	2-36
2.3.1 國內相關政策說明與趨勢研析	2-36
2.3.2 我國道路工程碳足跡產品類別規則之發展	2-43
第三章 蘇花改計畫工程碳足跡盤查執行進度	3-1
3.1 工程碳足跡盤查執行進度	3-3

3.1.1	現場訪查與輔導工作辦理說明	3-4
3.1.2	本(102)年度座談會辦理說明	3-5
3.2	工程碳足跡盤查資料庫系統設計與建置	3-8
3.2.1	碳足跡盤查表單說明	3-8
3.2.2	碳管理資料流程分析結果	3-12
3.2.3	碳足跡盤查資料庫管理系統功能設計與建置	3-13
3.2.4	碳足跡盤查活動資料蒐集介面說明	3-14
3.2.5	碳足跡盤查活動資料鎖定及分析介面說明	3-25
3.2.6	年報系統建置說明	3-27
3.3	碳足跡係數蒐集與選用原則	3-29
3.3.1	係數選用原則	3-29
3.3.2	係數資料庫系統設計與建置	3-30
3.3.3	係數蒐集與分析方法說明	3-33
3.3.4	係數計算結果	3-35
3.4	工程碳足跡盤查執行成果說明	3-39
3.4.1	東澳東岳段新建工程(A3 標).....	3-39
3.4.2	中仁隧道新建工程(C1 標).....	3-61
3.4.3	東澳隧道新建工程(A2 標).....	3-80
3.4.4	蘇澳永樂段新建工程(A1 標).....	3-101
3.5	工程管理碳足跡計算	3-115
3.5.1	蘇澳東澳段(A 段).....	3-117
3.5.2	和中清水段(C 段).....	3-118
第四章	蘇花改計畫工程碳足跡盤查結果分析	4-1
4.1	工程碳足跡盤查結果分析研究	4-1
4.1.1	東澳東岳段新建工程(A3 標).....	4-1
4.1.2	中仁隧道新建工程(C1 標).....	4-4
4.1.3	東澳隧道新建工程(A2 標).....	4-7
4.1.4	蘇澳永樂段新建工程(A1 標).....	4-9

4.2 工程特性與工程碳足跡關聯分析.....	4-12
4.2.1 東澳東岳段新建工程(A3 標).....	4-12
4.2.2 中仁隧道新建工程(C1 標).....	4-17
4.2.3 東澳隧道新建工程(A2 標).....	4-18
4.2.4 蘇澳永樂段新建工程(A1 標).....	4-19
4.2.5 單位基樁工程排碳分析.....	4-23
4.3 工程碳足跡環境影響因子探討.....	4-24
4.4 南澳和平段(B 段)土建標工程碳足跡推估資料需求分析.....	4-26
第五章 蘇花改計畫工程節能減碳措施.....	5-1
5.1 工程減碳措施回顧.....	5-1
5.1.1 施工機具.....	5-2
5.1.2 工程材料.....	5-11
5.2 蘇花改工程減碳措施及預期減碳效益.....	5-16
5.2.1 鐵路運輸替代公路運輸土方之減碳效益.....	5-16
5.2.2 飛灰爐石替代水泥之減碳效益.....	5-19
5.3 減碳措施之實際減碳成效檢討.....	5-23
第六章 後續執行規劃.....	6-1
6.1 下期工作重點.....	6-2
6.2 後續工作執行建議.....	6-4
6.3 後續協助事項.....	6-5
參考文獻.....	參-1
附錄 I 蘇花改工程碳足跡盤查表單	
附錄 II A3、C1、A2 及 A1 標現場訪查與輔導工作辦理資料	
附錄 III 102 年度座談辦理資料與實錄	
附錄 IV 歷次審查意見回覆	

圖目錄

圖 1.2-1	本計畫整體目標與執行構想.....	1-2
圖 1.3.1-1	本計畫各工作重點執行範圍示意圖.....	1-5
圖 1.4-1	本計畫執行流程圖.....	1-9
圖 1.5.1-1	本計畫預定進度圖.....	1-11
圖 2.1-1	國際碳管理趨勢.....	2-1
圖 2.1.1-1	碳足跡相關標準發展進程示意圖.....	2-6
圖 2.1.3-1	營造產品類別規則基本模組邊界界定示意圖.....	2-12
圖 2.1.3-2	瑞典運輸工程相關產品類別規則及基本模組發展構想.....	2-14
圖 2.1.3-3	瑞典交通部草擬道路工程產品類別規則進程.....	2-15
圖 2.1.3-4	國際 EPD 系統公告之道路工程產品類別規則封面目錄.....	2-16
圖 2.1.3-5	道路工程產品系統流程圖.....	2-18
圖 2.1.3-6	橋梁工程產品系統流程圖.....	2-20
圖 2.2.1-1	不同範疇之溫室氣體排放項目示意圖.....	2-23
圖 2.2.1-2	營造業可能涵蓋之事業體.....	2-23
圖 2.2.1-3	工程計畫碳排放評估項目示意圖.....	2-25
圖 2.2.1-4	美國 I-93 州際公路橋梁上構替換工程示意圖.....	2-25
圖 2.2.1-5	美國 I-93 州際公路橋梁上構替換工程碳排放計算結果.....	2-26
圖 2.2.1-6	英國公路局碳管理相關計畫發展進程.....	2-27
圖 2.2.1-7	英國公路局碳管理架構.....	2-27
圖 2.2.1-8	英國重大工程計畫碳管理之排碳評估與管理內容項目.....	2-28
圖 2.2.1-9	英國重大工程計畫碳管理及減量步驟示意圖.....	2-29
圖 2.2.1-10	開發計畫減碳類型分析示意圖.....	2-31
圖 2.2.1-11	開發計畫減碳行動之潛力及優先次序建議圖.....	2-32
圖 2.2.2-1	英國公路局碳排放量計算器.....	2-33
圖 2.2.2-2	英國環境署工程計畫碳足跡計算器.....	2-34
圖 2.2.2-3	英國環境署工程計畫碳足跡計算案例.....	2-35

圖 2.3-1	我國道路工程碳管理相關政策發展示意圖.....	2-36
圖 2.3.1-1	公路總局道路工程碳管理架構.....	2-39
圖 2.3.1-2	公共工程碳排放量估算試辦案例推動流程.....	2-42
圖 2.3.2-1	產品類別規則文件訂定流程.....	2-44
圖 3-1	工程碳足跡盤查範圍示意圖.....	3-1
圖 3.1-1	蘇花改計畫碳管理工作內容.....	3-3
圖 3.1.2-1	102 年度座談會辦理情形.....	3-7
圖 3.2.1-1	碳足跡盤查日誌填報、檢核與矯正回覆流程.....	3-10
圖 3.2.2-1	蘇花改計畫碳管理資料流示意圖.....	3-12
圖 3.2.3-1	蘇花改計畫碳足跡盤查資料庫管理系統運作機制.....	3-14
圖 3.2.4-1	蘇花改碳排盤查活動數據蒐集資料庫系統登入頁面.....	3-16
圖 3.2.4-2	蘇花改碳排盤查活動數據蒐集資料庫系統功能說明.....	3-16
圖 3.2.4-3	蘇花改碳排盤查登錄清冊資料填查頁面.....	3-17
圖 3.2.4-4	蘇花改碳排盤查系統：「日誌一般」填報頁面.....	3-18
圖 3.2.4-5	蘇花改碳排盤查系統：「日誌運輸」填報頁面.....	3-19
圖 3.2.4-6	蘇花改碳排盤查系統日報檔下載之 Excel 檔.....	3-20
圖 3.2.4-7	蘇花改碳排盤查系統：「碳盤月報」頁面.....	3-21
圖 3.2.4-8	蘇花改碳排盤查系統月報檔下載之 Excel 檔.....	3-22
圖 3.2.4-9	蘇花改碳排盤查系統：「監造檢核」頁面.....	3-23
圖 3.2.4-10	蘇花改碳排盤查系統監造日、月檢核下載檔案格式.....	3-24
圖 3.2.5-1	蘇花改碳排盤查系統：核定資料頁面.....	3-26
圖 3.2.5-2	蘇花改碳排盤查系統：日誌綜理頁面及下載檔案格式.....	3-26
圖 3.2.5-3	蘇花改碳排盤查系統：耗能統計頁面.....	3-27
圖 3.2.6-1	蘇花改碳排盤查年報填報系統架構.....	3-28
圖 3.2.6-2	蘇花改計畫碳盤查年報系統畫面.....	3-29
圖 3.2.6-3	碳盤查年報系統匯入日誌填報資料畫面.....	3-29
圖 3.3.2-1	碳足跡盤查係數率定與詮釋資料填寫程序.....	3-31
圖 3.3.2-2	碳足跡盤查係數詮釋資料主/副表填寫頁面.....	3-32

圖 3.3.2-3	碳足跡盤查係數詮釋資料查詢頁面.....	3-33
圖 3.4.1-1	東澳東岳段新建工程(A3 標)工程範圍示意圖	3-39
圖 3.4.2-1	中仁隧道新建工程(C1 標)工程範圍示意圖	3-62
圖 3.4.2-2	中仁隧道新建工程(C1 標)工程範圍變更案路線方案示意圖	3-62
圖 3.4.3-1	東澳隧道新建工程(A2 標)工程範圍示意圖	3-80
圖 3.4.4-1	蘇澳永樂段新建工程(A1 標)工程範圍示意圖	3-102
圖 4.1.1-1	A3 標開工迄今各類型排碳佔工區碳足跡比例分析	4-2
圖 4.1.1-2	A3 標開工迄今不同工程材料佔材料排放總量比例分析.....	4-3
圖 4.1.1-3	A3 標開工迄今材料及機具運輸佔運輸排放總量比例分析.....	4-4
圖 4.1.2-1	C1 標開工迄今各類型排碳佔工區碳足跡比例分析	4-5
圖 4.1.2-2	C1 標開工迄今不同工程材料佔工料排放總量比例分析.....	4-6
圖 4.1.2-3	C1 標開工迄今材料及機具運輸佔運輸排放總量比例分析.....	4-7
圖 4.1.3-1	A2 標開工迄今各類型排碳佔工區碳足跡比例分析	4-8
圖 4.1.3-2	A2 標開工迄今不同工程材料佔材料排放總量比例分析.....	4-8
圖 4.1.3-3	A2 標開工迄今材料及機具運輸佔運輸排放總量比例分析.....	4-9
圖 4.1.4-1	A1 標開工迄今各類型排碳佔工區碳足跡比例分析	4-10
圖 4.1.4-2	A1 標開工迄今不同工程材料佔材料排放總量比例分析.....	4-11
圖 4.1.4-3	A1 標開工迄今材料及機具運輸佔運輸排放總量比例分析.....	4-11
圖 4.2.1-1	A3 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析.....	4-14
圖 4.2.1-2	A3 標基礎層體積與排碳量關係圖	4-16
圖 4.2.2-1	C1 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析	4-18
圖 4.2.4-1	A1 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析.....	4-21
圖 4.2.4-2	A1、A3 標基樁工程實際 vs.設計排碳量差異分析	4-23
圖 4.3-1	A2 標及 C1 標隧道開挖作業工程材料排碳量比較.....	4-25
圖 5.1-1	承包商活動對溫室氣體排放影響的潛力.....	5-1
圖 5.2.1-1	鐵路與公路運輸排碳比較.....	5-18
圖 6-1	本計畫重點課題.....	6-1

表目錄

表 1.3.1-1	本計畫工作項目與範圍彙整表.....	1-6
表 1.5.1-1	蘇花改計畫各標工程預定期程.....	1-10
表 2.1.1-1	PAS 2050 準則摘要說明.....	2-3
表 2.1.2-1	國內外碳足跡規範於邊界界定應參考 PCR 之論述.....	2-8
表 2.1.3-1	營造 PCR 改版前後核心模組評估內容比較表.....	2-13
表 2.2.1-1	英國營造碳減量預算分析表.....	2-32
表 2.3.1-1	公共工程碳排放量估算試辦作業-試辦工程一覽表.....	2-41
表 3-1	本計畫碳足跡盤查輔導範圍.....	3-2
表 3-2	本計畫執行盤查輔導之工程期程.....	3-3
表 3.1.2-1	102 年度座談會議程.....	3-6
表 3.2.1-1	日誌及月報表單填報、提交、檢核與矯正回覆時程.....	3-11
表 3.3.3-1	柴油-移動源半本土化係數建立.....	3-34
表 3.3.4-1	工區碳排放係數彙整.....	3-36
表 3.4.1-1	東澳東岳段新建工程(A3 標)工程構築型式配置表.....	3-40
表 3.4.1-2	A3 標登錄清冊登錄狀況彙整表.....	3-41
表 3.4.1-3	A3 標本年度機/運具使用紀錄.....	3-42
表 3.4.1-4	A3 標本年度協力廠商機/運用油量統計.....	3-47
表 3.4.1-5	A3 標本年度工程材料使用量統計結果.....	3-48
表 3.4.1-6	A3 標本年度工程材料使用活動強度數據.....	3-50
表 3.4.1-7	桁型支保單位轉換表.....	3-53
表 3.4.1-8	鋼筋續接器單位轉換表.....	3-54
表 3.4.1-9	盤式支承單位轉換表.....	3-54
表 3.4.1-10	鋼管單位轉換表.....	3-55
表 3.4.1-11	A3 標本年度運輸所用運具類型及載運物品彙整.....	3-56
表 3.4.1-12	A3 標本年度碳足跡量化結果.....	3-56
表 3.4.1-13	A3 標本年度機/運具使用碳足跡計算.....	3-57
表 3.4.1-14	A3 標本年度工程材料使用碳足跡計算.....	3-58

表 3.4.2-1	中仁隧道新建工程(C1 標)工程構築型式配置表	3-63
表 3.4.2-2	C1 標登錄清冊登錄狀況彙整表	3-64
表 3.4.2-3	C1 標本年度機/運具使用紀錄	3-65
表 3.4.2-4	C1 標本年度工程材料使用量統計結果	3-67
表 3.4.2-5	C1 標本年度工程材料使用活動強度數據	3-69
表 3.4.2-6	C1 標本年度運輸所用運具類型及載運物品彙整	3-73
表 3.4.2-7	C1 標本年度碳足跡量化結果	3-73
表 3.4.2-8	C1 標本年度機/運具使用碳足跡計算	3-74
表 3.4.2-9	C1 標本年度工程材料使用碳足跡計算	3-77
表 3.4.3-1	東澳隧道新建工程(A2 標)工程構築型式配置表	3-81
表 3.4.3-2	A2 標登錄清冊登錄狀況彙整表	3-81
表 3.4.3-3	A2 標本年度承包商供油之機/運具使用紀錄	3-83
表 3.4.3-4	A2 標本年度協力廠商機/運具使用紀錄	3-86
表 3.4.3-5	A2 標本年度工程材料使用量統計結果	3-88
表 3.4.3-6	A2 標本年度工程材料使用活動強度數據	3-91
表 3.4.3-7	A2 標運輸所用運具類型及載運物品彙整	3-95
表 3.4.3-8	A2 標本年度碳足跡量化結果	3-96
表 3.4.3-9	A2 標機運具碳足跡計算	3-97
表 3.4.3-10	A2 標本年度工程材料使用碳足跡計算	3-98
表 3.4.4-1	蘇澳永樂段新建工程(A1 標)工程構築型式配置表	3-102
表 3.4.4-2	A1 標登錄清冊登錄狀況彙整表	3-103
表 3.4.4-3	A1 標本年度機/運具使用紀錄	3-104
表 3.4.4-4	A1 標協力廠商金吉富機/運具 8 月份用油量分析	3-107
表 3.4.4-5	A1 標協力廠商金吉富本年度機/運具用油量統計	3-107
表 3.4.4-6	A1 標本年度協力廠商機/運具用油量統計	3-108
表 3.4.4-7	A1 標本年度工程材料使用量統計結果	3-109
表 3.4.4-8	A1 標本年度工程材料使用活動強度數據	3-110
表 3.4.4-9	A1 標本年度碳足跡量化結果	3-113

表 3.4.4-10	A1 標本年度機/運具使用碳足跡計算.....	3-113
表 3.4.4-11	A1 標本年度工程材料使用碳足跡計算.....	3-114
表 3.5-1	管理單位 102 年度年報填報情形.....	3-116
表 3.5.1-1	蘇澳東澳段年報活動數據統計結果.....	3-119
表 3.5.1-2	蘇澳東澳段工程管理碳足跡計算.....	3-121
表 3.5.2-1	和中清水段年報活動數據統計結果.....	3-124
表 3.5.2-2	和中清水段工程管理碳足跡計算.....	3-126
表 4.2.1-1	A3 標各工程項目機/運具操作及工程材料使用碳足跡計算結果	4-13
表 4.2.1-2	A3 標基礎層規格與碳排放量計算結果.....	4-15
表 4.2.1-3	A3 標基樁鋼筋及混凝土設計與實際用量碳排放分析.....	4-16
表 4.2.2-1	C1 標各工程項目機/運具操作及工程材料使用碳足跡計算結果.....	4-17
表 4.2.3-1	A2 標各工程項目工程材料使用碳足跡計算結果.....	4-19
表 4.2.4-1	A1 標各工程項目機/運具操作及工程材料使用碳足跡計算結果	4-20
表 4.2.4-2	A1 標基樁工程規格與碳排放量計算結果.....	4-21
表 4.2.4-3	A1 標基樁工程材料碳排放量占比計算結果.....	4-22
表 4.2.4-4	A1 標基樁鋼筋及混凝土設計與實際用量碳排放分析.....	4-22
表 4.2.5-1	A1 標與 A3 標單支基樁排碳量分析.....	4-24
表 4.4-1	B 段工區碳排放活動資料(施工廠商填報、監造單位確認).....	4-27
表 4.4-2	B 段工程管理碳排放活動資料(施工廠商、監造單位皆需填報).....	4-28
表 5.1.1-1	道路工程常見機具設備型式與對應之碳排放量.....	5-3
表 5.1.1-2	不同型式機具對應不同燃料的碳排放量比較.....	5-7
表 5.1.1-3	生物燃料與傳統燃料之單位排碳量比較.....	5-9
表 5.1.2-1	施工材料碳排放量.....	5-11
表 5.1.2-2	再生材料碳排放量降低潛力比較表.....	5-13
表 5.1.2-3	HMA 和 WMA 鋪設路面碳排放量比較.....	5-15
表 5.2.1-1	東澳隧道土方運輸距離.....	5-17
表 5.2.1-2	鐵路與公路運輸係數蒐集結果.....	5-17
表 5.2.2-1	各標混凝土使用量及其組成水泥與水泥替代材料重量.....	5-19

表 5.2.2-2	A3 標以飛灰、爐石粉替代水泥之排碳與減碳量分析	5-21
表 5.2.2-3	C1 標以飛灰、爐石粉替代水泥之排碳與減碳量分析	5-22
表 5.2.2-4	A2 標以飛灰、爐石粉替代水泥之排碳與減碳量分析	5-22
表 5.2.2-5	A1 標以飛灰、爐石粉替代水泥之排碳與減碳量分析	5-22
表 6.1-1	103 年度上半年工作項目與查核點	6-2

第一章 計畫背景分析

1.1 計畫緣起

因應全球溫室效應與氣候變遷問題的持續升溫，國際碳管理重點已由過去各組織營運範圍內的組織型碳盤查，轉而成為強調生命週期考量的碳足跡盤查；節能減碳也因此成為各部門皆必須重視與落實的原則。近年來，工程碳排放量化評估與管制作為，也已開始成為英國、瑞典、美國等先進國家環保及工程主管機關共同關注的議題。

我國對於工程排碳與減碳的重視亦可由政策發展進程看出：行政院民國 97 年核定之「永續公共工程-節能減碳政策白皮書」，為我國最早將公共工程生命週期節能減碳構想付諸於文字的政策文件；而後於民國 98 年核定「振興經濟擴大公共建設投資計畫落實節能減碳執行方案」中，又更進一步以綠色內涵經費必須佔公共工程預算一定比例為具體要求；民國 99 年又將「推動節能減碳公共工程」列為國家節能減碳總計畫中的十大標竿方案之一。接續公共工程節能減碳政策，交通部於民國 99 年公告「交通部節能減碳規劃設計參考原則」；並由其所屬研究機構運輸研究所於民國 100 年執行交通運輸工程碳排放量推估模式建立之研究，率先建立公路工程碳排放量評估之程序與方法。

基於前述國際潮流與國內公共工程節能減碳的政策目標，以及交通部於交通運輸工程碳排放評估原則和方法的先期探討，公路總局遂進一步以碳管理循環為考量，推動以取得國際碳足跡規範查證聲明維前提的工程碳盤查，確實瞭解國內道路工程生命週期碳排放情形，進而回饋於更多的工程設計與評估，有效發展本土化減碳策略、達成減碳目標。

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫(以下簡稱蘇花改計畫)為交通部回應東部民意「安全回家的路」之訴求，從「社會正義」之觀點切入，並兼顧「環境保護」之理念推動的工程計畫。為此，公路總局及蘇公路改善工程處以蘇花改計畫為標的，配合 A、C 段工程施作期程，於 101 年 6 月正式啟動國內第一個道路工程碳管理及施工期間碳足跡盤查工作。

藉由工程碳管理及施工期間碳足跡盤查工作之執行經驗與分年度階段性成果，將可望依據本土營建業承攬工程之特性，形成一套我國道路工程碳足跡盤查作業程序與方法；並由蘇花改計畫碳足跡量化與分析結果，研擬減碳策略、確認減碳成效，作為未來國內外道路工程於施工建造階段進行碳足跡盤查、提出環境宣告之示範。此外，透過碳足跡盤查數據資料的綜整分析，還可累積本土化碳排放係數、完成道路工程特性與碳足跡之關聯性分析，產出適當的道路工程碳足跡評估參數，作為相關工程規劃設計階段碳排放量推估之參考。

1.2 計畫目標及預期成果

本計畫為國內第一個推動道路工程碳足跡管理、盤查及取得查證聲明之案例，計畫整體目標與執行構想及如圖 1.2-1，另分項依執行程序說明於後。



圖 1.2-1 本計畫整體目標與執行構想

- 一、本計畫將蒐集國內外工程生命週期碳排放評估案例及減碳策略等文獻資料，並參考國內外碳足跡規範及國內工程管理實施狀況，研擬我國道路工程碳管理架構及碳足跡盤查執行情序與方法。
- 二、本計畫將在蘇花改工程處督導下，與蘇花改計畫承包商、監造單位及第三方查驗機構組成碳足跡盤查推動小組，執行工區與各級管理單位(非工區)之碳足跡盤查輔導，蒐集各類碳排放活動數據與佐證資料，並透過盤查或率定確認可用於本工程碳足跡計算之碳排放係數，完成年度碳足跡排放清冊與減碳策略研提；並最終於工程完工後，通過查驗機構查證、取得碳足跡查證聲明書。
- 三、本計畫執行過程將分析不同承商分工方式、工程類型或環境影響因子對於工程碳足跡之影響，進而對於承商碳管理能力評價指標項目、不同工程或特定環境條件下的碳足跡參數，除作為推估蘇花改計畫整體碳足跡之依據外，亦為未來其他相關工程計畫於規劃設計階段進行工程排碳與減碳方案效益評估，以及遴選具有碳管理能力之承包商的參考。
- 四、本計畫執行過程之進度報告與最終的總結報告內容，都將具體說明蘇花改計畫工程碳管理工作執行進度與成效。為此，相關成果將可透過網頁或座談會等途徑，適時、適度讓民眾了解蘇花改計畫於節能減碳考量下的努力與成果，提升蘇花改計畫環境友善形象與民眾溝通程度。

根據上述目標與執行構想說明，本計畫預期成果包括：

- 一、完成道路工程碳足跡盤查執行計畫書，建立道路工程施工期間碳足跡盤查作業程序。
- 二、完成蘇花改計畫蘇澳東澳段(A段)及和中大清水段各標土建及機電照明工程，及南澳和平段(B段)機電照明工程，與全線交控工程等之施工期間碳足跡盤查輔導作業。
- 三、取得蘇花改計畫蘇澳東澳段(A段)及和中大清水段(C段)範圍內各土建分標路段(蘇澳東澳段、東澳隧道段、東澳東岳段、中仁隧道段及

仁水隧道段等共 5 區段)之道路工程(含土建、機電及交控)碳足跡查證聲明書(以 ISO 14067 為原則；若標案已竣工並完成碳足跡盤查總結報告及查證程序，但 ISO 14067 尚未公告，則以取得 PAS 2050 查證聲明取代之)。

四、建置本土道路工程施工階段碳足跡計算參數資料庫。

五、依據實際盤查結果，推估蘇花改計畫南澳和平段(B 段)各標土建工程碳足跡，並調查蘇花改計畫總體碳匯變化量，瞭解蘇花改計畫整體工程之碳排放量。

六、建議蘇花改計畫施工期間進行減碳作為，展現整體工程減碳成效。

藉由工程碳足跡查證聲明的取得，即相當於本計畫執行碳足基盤查的程序是一套通過國際規範符合度與國內可執行性兩項條件、適用於我國營造環境的本土化工程碳管理程序與方法。除可再作簡化、發展成為公路總局推動工程碳管理的制度外，執行過程中累積與分析的相關成果，可再應用於其他工程計畫於規劃設計階段，提升我國道路工程排碳量與減碳效益評估的準確性，以及評選減碳設計方案效益與可行性。

透過本計畫執行過程中與監造單位、承包商及協力廠商或供應商等人員的長期溝通與協調，相信能夠一定程度帶給甚而養成施工管理人員節能減碳的風氣，更可望因積極蒐集或協助盤查工程材料、機具製造業的排放資料，對於相關產業鏈產生關聯影響與效應，藉以帶動我國公共工程碳管理意識，輔助達成我國溫室氣體減量之短、中、長程目標。

1.3 計畫範圍與工作項目

1.3.1 計畫範圍

蘇花改計畫包括蘇澳至東澳段(以下簡稱「A 段」、南澳至和平段(以下簡稱「B 段」)及和中至大清水段(以下簡稱「C 段」)三個路段，除土建工程外，尚包括機電照明及交控工程。本計畫空間範圍即以蘇花改計畫工區範圍為主，相關管理單位之辦公範圍為輔，依據不同工作重點再

作大小不同之範圍區分。

茲彙整本計畫執行各工作重點之空間範圍如圖 1.3.1-1 及表 1.3.1-1 所示，並依不同工作重點內容之執行範圍分述於後。



圖 1.3.1-1 本計畫各工作重點執行範圍示意圖

- 一、文獻資料蒐集與盤查制度之建立：文獻蒐集以綜整國內外近期資料為範圍，碳足跡盤查制度則以全計畫為範圍考量，著手規劃與建立。
- 二、實際工程碳足跡盤查輔導、檢查與查證：此部份範圍包括蘇花改計畫蘇澳至東澳(A 段)及和中至大清水(C 段)路段內之各標土建及機電照明工程、南澳至和平(B 段)路段內之機電照明工程，以及全線(含 A 段、B 段、C 段及既有台 9 線配合新增工作)之交控工程。
- 三、碳匯變化量調查：此部分範圍包括蘇花改計畫(A、B、C 段)改善路段用地範圍內之碳匯變化量。
- 四、工程碳排放量推估：此部分範圍為 B 段的各標土建工程。

表 1.3.1-1 本計畫工作項目與範圍彙整表

區段	工程碳足跡盤查輔導作業			檢查及查證聲明	碳匯變化	工程排碳量推估
	土建標	機電標	交控標			
蘇澳至東澳段 (A 段)	A1 (蘇澳永樂段新建工程)	A4 (本項需分配至 A1、A2、A3)	全線 (含 A 段、B 段、C 段，及既有台 9 線配合新增工作；本項需分配至各 A、C 段各	每月/年檢查 1 張查證聲明	調查 評估	-
	A2 (東澳隧道新建工程)			每月/年檢查 1 張查證聲明	調查 評估	-
	A3 (東澳東岳段新建工程)			每月/年檢查 1 張查證聲明	調查 評估	-
南澳至和平段 (B 段)	-	B5	土建標及 B 段)	B5 每月檢查	評估	各土建標依據 A1、A2、A3、C1、C2 標實際盤查結果推估
	-					
	-					
	-					
和中至大清水段 (C 段)	C1 (中仁隧道新建工程)	C3 (本項需分配至 C1、C2)	土建標及 B 段)	每月/年檢查 1 張查證聲明	調查 評估	-
	C2 (仁水隧道新建工程)			每月/年檢查 1 張查證聲明	調查 評估	-

1.3.2 計畫工作項目

依據招標文件之委託服務工作說明書內容，本計畫工作執程序可分四階段，各階段重點工作項目如下：

一、分析及規劃準備階段

1. 撰寫工程碳足跡盤查執行計畫書；
2. 盤查執行計畫書應經查證機構簽認。

二、輔導及盤查階段

1. 召開啟始會議；
2. 召開教育訓練課程；
3. 工程使用之產品碳排放活動數據資料調查或收集；
4. 進行現場訪查與輔導工作；
5. 盤查結果之分期查驗(檢查)；

6. 撰寫進度報告書；
7. 資料庫建置及分析、維護；
8. 彙整各標案年度碳足跡盤查清冊及完成預審程序；
9. 召開年度座談會；
10. 出席相關會議並提供技術諮詢。

三、查證及發證階段

1. 撰寫各標案工程碳足跡盤查總結報告及完成查證程序；
2. 辦理授證儀式。

四、成果彙整階段

1. B段各土建標工程碳排放量推估；
2. 完成碳排放量評估及減碳成效成果報告。

1.4 計畫執行流程及方法

依據前述之計畫緣起、目標及工作項目，規劃本計畫執行流程如圖 1.4-1；工作方法與執行構想說明如後。

一、盤查執行計畫書擬訂

本計畫將參考國內外相關工程評估案例與執行內容，依據國際碳管理趨勢與碳足跡計算規範，建立我國道路工程碳足跡盤查執行計畫書。內容包括：本計畫執行碳足跡盤查輔導之標的、盤查邊界與內容項目，物料清單建立與施工建造活動數據紀錄方法、盤查表單等，作為輔導工程監造與承包商有效執行蘇花改計畫工程碳足跡盤查之依據。

二、盤查輔導與資料處理

此階段為本計畫主要執行工作，碳足跡之量化將以排放係數法，即「 $\text{排碳量} = \text{活動數據} \times \text{排放係數}$ 」進行。根據前述盤查計畫書所載之邊界與範疇等內容，本計畫將在蘇花改工程處的指導下，配合工程施工時程，透過承包商進行各式碳排放活動數據蒐集、監造單位及輔導單位負責資料查核彙整、查驗機構逐月監督確認的方式，累積可用於碳足跡查證及減碳策略研析之各碳排放源活動量數據；過程中本計畫(包括輔導單位與

查驗機構)將定期及視需求不定期進行現場輔導與工區訪查。

配合活動數據蒐集的進度與狀況，將依據碳排放源項目，蒐集、率定符合本計畫碳足跡查證所需之排放係數，並進行資料建置及歸檔；每年彙整完成年度碳足跡盤查清冊並由查驗機構預審，確保歷年調查結果。此外，本計畫將持續於盤查輔導工作執行過程中，彙整國內外工程生命週期評估案例，關注相關標準及規範訂定狀況，並適當安排國際參訪，確保本工作執行內容與成果能夠與國際接軌。

本計畫將於各區段工程竣工後，彙總各工程分年度分項之碳足跡量化成果，產出各區段工程碳足跡盤查清冊及盤查總結報告書。

三、查證準備與發證作業

本作業係由輔導單位彙整各區段工程碳足跡盤查清冊及盤查總結報告書，提報予第三方查驗機構依規範要求執行查證及發證程序。

四、成果總結

本計畫於各標碳足跡盤查與查證完成後，將綜整碳足跡盤查資料累積、彙總、分析與查證之經驗，就碳足跡量化數據與相關影響因子分析結果，對於未進行碳足跡盤查之 B 段土建標工程進行評估，進而提出蘇花改計畫全線碳足跡及碳匯變化量盤查及推估結果，併同本計畫執行過程中落實減碳策略之成效，彙整為蘇花改計畫工程碳管理成果總結報告書，完整呈現本計畫執行成果。

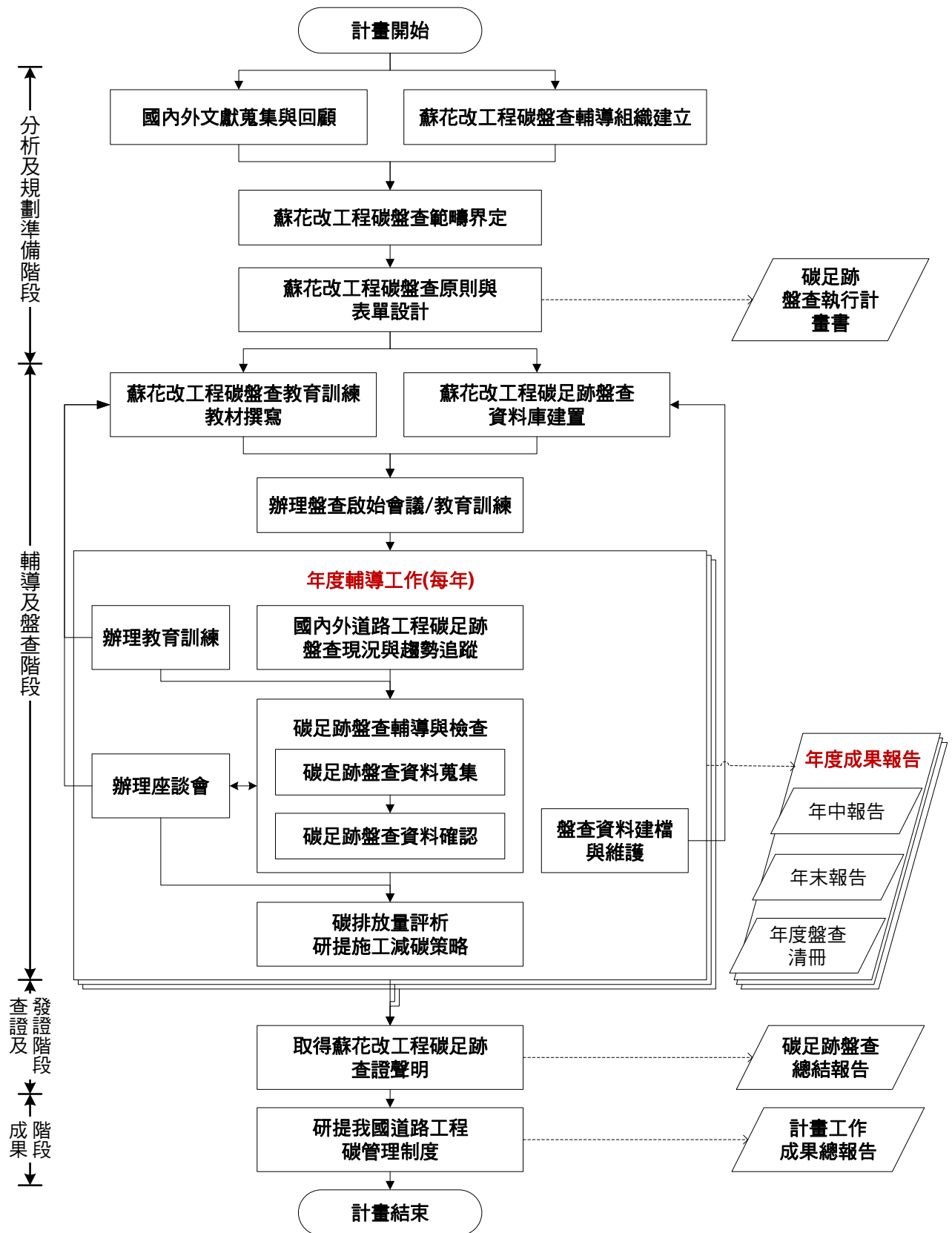


圖 1.4-1 本計畫執行流程圖

1.5 計畫進度規劃及現階段執行成果

1.5.1 計畫進度規劃

本計畫自民國 101 年 6 月 1 日開始執行，至驗收完成日止。工作項目中除「工程碳足跡盤查執行計畫書」應於契約生效後 2 個月內提出之期限規定較明確外，其餘工作則是配合蘇花改計畫各標工程期限及機關書面通知後開始辦理。初步就目前已開工之各標工程(A1、A2、A3 及 C1)開工時間，配合本計畫委託服務工作說明書原定之各標工程預定期程，整理現階段蘇花改計畫各標工程預定期程如表 1.5.1-1。

表 1.5.1-1 蘇花改計畫各標工程預定期程

路段	標別(名稱)	預定期程(開工~完工)
蘇澳至東澳段 (A 段)	A1 (蘇澳永樂段新建工程)	42 個月(102.04~105.10)*
	A2 (東澳隧道新建工程)	43 個月(101.12~105.08)*
	A3 (東澳東岳段新建工程)	42 個月(101.09~105.03)*
	A4 (蘇澳東澳段機電相關工程)	24 個月(104.01~105.12)
南澳至和平段 (B 段)	B1 (南澳武塔段新建工程)	預定至 106 年 12 月完工
	B2 (觀音隧道新建工程)	
	B3 (谷風隧道新建工程)	
	B4 (和平路段橋梁新建工程)	
	B5 (南澳至和平段機電相關工程)	42 個月(103.06~106.12)
和中至大清水段 (C 段)	C1 (中仁隧道新建工程)	49 個月(101.11~105.12)*
	C2 (仁水隧道新建工程)	58 個月(102.01~106.10)
	C3 (和中大清水段機電相關工程)	33 個月(104.04~106.12)
全線(含 A、B、C 段及既有台 9 線配合新增工作)	蘇花改計畫交通控制工程	36 個月(104.01~106.12)

備註：「*」為已開工各標，已依據目前預定完工日期調整。

另就上述各標工程期程配合修正本計畫執行期間之預定進度如圖 1.5.1-1，並概略說明主要進度查核點如後；各工作實際執行進度仍將依據工程確實發包、開工和施工狀況進行調整。

工作項目	年 季 月	101年			102年				103年				104年				105年				106年				107年																																																						
		Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4																																																			
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																	
1.分析及規劃準備階段																																																																															
(1)盤查執行計畫		※初稿			正式盤查執行計畫書				102年度				103年度				104年度																																																														
2.輔導及盤查階段																																																																															
(1)國內外文獻持續蒐集		[Progress bar across all quarters]																																																																													
(2)盤查輔導作業	A1標*	啟始會議及教育訓練			4/8開始作業				※				※				※				※																																																										
	A2標*	11/30開始作業			※				※				※				※				105年度																																																										
	A3標*	7/13開始作業			※				※				※				※				盤查清冊(7標)																																																										
	A4標	101年度			盤查清冊(3標)				※				※				※				106年度				盤查清冊(4標)																																																						
	B5標	10/8暫停作業			11/15開始作業				※				※				※				※				※																																																						
	C1標*	6/15開始作業			11/15開始作業				※				※				※				※				※																																																						
	C2標	[Progress bar across all quarters]																																																																													
	C3標	[Progress bar across all quarters]																																																																													
	交控標	[Progress bar across all quarters]																																																																													
(3)年度座談會																																																																															
(4)年度教育訓練(視需要)																																																																															
(5)資料庫建置與維護																																																																															
(6)進度報告		年中			※				※				※				※				※				※																																																						
		年末			※				※				※				※				※				※																																																						
3.查證及發證階段																																																																															
(1)碳足跡盤查總結報告		[Progress bar across all quarters]																																																																													
(2)查證/發證/授證		[Progress bar across all quarters]																																																																													
4.工作成果報告																																																																															
工作進度估計百分比		3%			5%			7%			9%			12%			14%			17%			20%			24%			28%			33%			38%			45%			51%			57%			63%			69%			75%			80%			84%			87%			91%			94%			95%			98%			100%		
預定查核點	第1季				1.提送年末進度報告書 2.提送各標碳足跡盤查清冊				1.提送年末進度報告書 2.提送各標碳足跡盤查清冊				1.提送年末進度報告書 2.提送各標碳足跡盤查清冊				1.提送年末進度報告書 2.提送各標碳足跡盤查清冊				1.提送年末進度報告書 2.提送各標碳足跡盤查清冊				1.提送年末進度報告書 2.提送各標碳足跡盤查清冊				1.提送年末進度報告書 2.提送各標碳足跡盤查清冊																																																		
	第3季	1.提出盤查執行計畫書 2.提送年中進度報告書			提送年中進度報告書				提送年中進度報告書				提送年中進度報告書				提送年中進度報告書				提送年中進度報告書				提送年中進度報告書				提送年中進度報告書				提送成果報告書																																														

備註：※為報告預定提交時間；*為已通知開始作業標別，結束時間仍需依據工程施作狀況調整；

-----為規劃進度，實際執行進度仍需依據各標發包及執行狀況調整；■為會議預定辦理時程，實際執行時間仍需待業主核定後確認。

圖 1.5.1-1 本計畫預定進度圖

- 一、於民國 101 年 7 月 31 日提出工程碳足跡盤查執行計畫書。
- 二、自民國 101 年起，每年 7 月底前提出該年度年中進度報告書；自民國 102 年起，於每年 1 月底前提出前一年度年末進度報告書。
- 三、自民國 102 年起，於每年 3 月底前提出前一年度各標案年度碳足跡盤查清冊及預審結果報告。
- 四、於各區段整體標案竣工後 3 個月內，以書面提出可供查證之各區段碳足跡盤查總結報告書初稿，並進行後續查證程序。
- 五、於查證單位製作完成第一個區段及最後一個區段查證聲明書後，1 個月內辦理公開授證儀式。
- 六、於完成各標工程碳足跡盤查總結報告書及取得全部區段查證聲明書後 3 個月內，以書面提送本工作成果報告書初稿。

1.5.2 現階段執行成果

依據計畫進度規劃及目前各標工程發包情形，本計畫現階段執行成果說明如後：

一、文獻資料持續蒐集分析

本計畫執行期間已持續蒐集與工程碳管理及碳足跡計算有關之標準、規範及案例，作為計畫執行之參考；本期追蹤重點包括：瑞典交通部會同挪威交通管理單位擬訂之交通設施產品類別規則，經公開討論、持續修訂後，已於 2013 年 10 月同時公告陸運基礎工程產品類別規則基本模組、鐵路產品類別規則及公路產品類別規則 1.0 版，而後又有義大利機構進一步提出橋梁產品類別規則，並於 2013 年 12 月公告。

為能確保本計畫執行成果取得國際規範查證聲明的參考文件符合本土特性，本團隊也著手因應國際道路 PCR 和碳足跡計算規範，依據環保署碳足跡產品類別規則(CFP-PCR)制定流程、以公路總局為發起者，申請研定本土道路工程碳足跡產品規則。

上述資料蒐集與彙整成果，詳本報告第二章。

二、現場訪查與輔導工作

本計畫本期並未有新的標案決標與開工，故主要係針對 A3、C1、A2 及 A1 標 4 個土建標持續進行盤查輔導工作。期間除每月赴工區與承包商、協力廠商及供應商人員辦理現場訪查與輔導，確認活動數據蒐集內容與工區現況的符合度，並依據各標作業模式討論相關數據填報頻率及佐證單據檢附方式，確保不同承包商之盤查執行結果皆能滿足碳足跡查證所需。上述現場輔導作業之辦理情形說明，詳本報告 3.1.1 節。

另依據工作契約項目，本計畫工作團隊已於 102 年 11 月 12 日二度邀集環保署、工程會、公路總局等機關代表，及環工、土木專業之學者專家，和蘇花公路改善工程處、查驗機構、監造單位、承包商等單位人員，召開年度座談會。此次會議係為確保本計畫執行結果得以符合 102 年 5 月公告之最新國際碳足跡技術規範(ISO/TS 14067)內容要求、順利取得國際碳足跡查證聲明，故配合國內外道路工程碳足跡產品類別規則(CF-PCR)與產品類別規則(PCR)研訂進程，將正式盤查執行計畫書中、原訂於第五年甫辦理之座談會主題：「道路工程碳足跡(CF-PCR)之研議」，提前於今年度以「盤查實務與道路工程碳足跡產品類別規則之發展」為題辦理座談會。

本次會議已透過共同回顧目前國際上相關案例及第一個道路工程產品碳足跡之內容，檢視本計畫工程碳足跡盤查邊界與範疇，並確認現階段活動數據蒐集內容的適宜性，作為訂定我國產品類別規則之參考；上述座談會之辦理內容與情形說明，詳本報告 3.1.2 節。

三、盤查輔導作業

蘇花改計畫中仁隧道新建工程(C1 標)、東澳東岳段新建工程(A3 標)及東澳隧道新建工程(A2 標)皆已於 101 年底前決標並開始進行盤查輔導工作；另蘇澳永樂段新建工程(A1 標)則也於 102 年 3 月 20 日決標，並於 4 月 8 日開始該標工程碳足跡輔導及盤查工作。在本期(102 年 7 月至 12 月)執行期間，總計有 4 個土建標同時執行工程碳足跡盤查輔導作業。

為提升碳足跡盤查程序與活動數據蒐集之效率，本計畫目前已完成

碳足跡盤查資料庫管理系統及排放係數資料庫系統之規劃與建置，並持續依據承包商填報意見回饋，調整資料處理程序及操作介面，另已於本期新增完成年報填寫系統；最新版本之系統內容與操作說明，詳本報告第三章 3.2 節。另本計畫於 102 年度所完成之碳排放係數蒐集與率定、各標工區與管理單位活動數據蒐集彙整，及對應之碳足跡計算結果，詳本報告第三章 3.3 節至 3.5 節。

四、工程碳足跡特性分析與管制策略研擬

結合本計畫至本期結束前所完成之各標工程碳足跡盤查資料與計算結果，本團隊就各標現階段進行中或已完成之工程類別，進行排放源特性與主要排放源類別、特定工項之設計與實際排放量差異，以及工程或環境特性與碳排放之關聯等議題的初步研析；結果顯示，基樁工程之混凝土用量實際值都較設計值為大，而地質好壞會影響隧道工程選擇之支保類型，因而對於排放量造成影響；此部分內容詳本報告第四章 4.1 至 4.3 節。

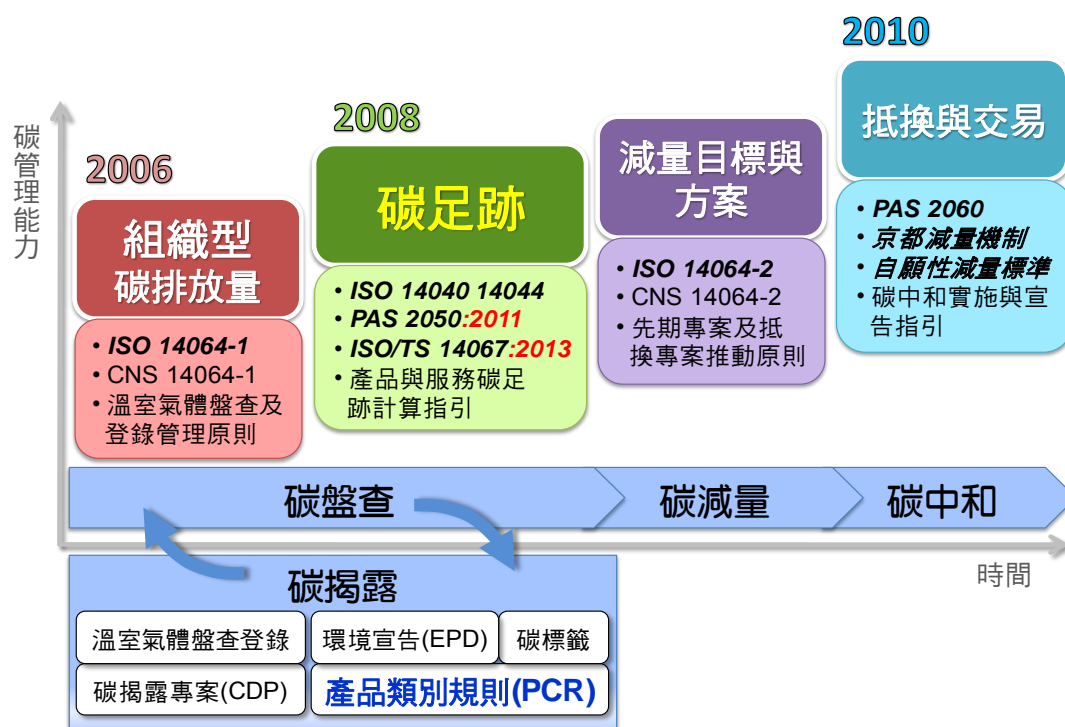
五、工程節能減碳措施

由於本計畫執行工程碳足跡盤查資料蒐集尚未臻至純熟，考量現階段要求承包商及協力廠商執行減碳策略之可行性，故本計畫尚持續以文獻蒐集與評析方式進行工程節能減碳措施的探討，預期在工程碳排放盤查資料更詳實充份，且主要減碳源已明確釐清的情況下，再以年度減碳措施之推動方法與預期成效提出論述。此部份文獻回顧內容與後續執行規劃詳本報告書第五章；後續本計畫再提出進度報告時，也將邀及施工廠商人員到場，了解盤查內容與排放量計算結果的對應關係，以及各標不同類型的工程因應不同重大排放源可參採的減碳措施與成本效益，藉以加強工區的自主管理，達到施工期間持續減碳之目的。

第二章 工程碳足跡評估與我國道路工程碳管理發展

2.1 碳足跡盤查及查證規範

自 1992 年聯合國氣候變化綱要公約(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)通過後，溫室氣體減量與能源管理策略與方法即成為各國產官學研界持續探討與研發的重點。回顧國際間至今的碳管理進程，可整理如圖 2.1-1 所示；整體發展係由圖左之組織型碳盤查管制開始，再逐漸將盤查的範圍擴展至上游供應鏈及下游使用與廢棄物處置，以掌握完整生命週期之產品與服務碳足跡為重。在完成組織型碳盤查或碳足跡計算、完成碳排放量化後，則應透過碳揭露方式公開組織或產品與服務之碳排放資訊，作為社會溝通、訂定減量目標與減量承諾的基礎。



註：斜體字為國際規範或制度。

圖 2.1-1 國際碳管理趨勢

而後為達成減量目標，進一步應執行減碳專案或碳削減措施，再透過國際規範或自願性減碳的碳抵換(Carbon Offsets)與交易機制，抵減無法透過減

量降低的碳排放量，達到特定邊界內整體零淨排放(即排碳量不再增加)或稱碳中和的境界。

本計畫係以碳足跡觀點推動道路工程碳盤查與管理，故以下首先說明國內外碳足跡規範發展狀況與內容重點，再說明碳足跡盤查規範中提及之參考文件：產品類別規則(Product Category Rule, PCR)的存在意義，以及目前工程相關產品類別規則發展進度，作為本計畫執行工程碳足跡盤查、取得碳足跡查證聲明的依據。

2.1.1 碳足跡盤查規範與程序

一、碳足跡盤查規範

碳足跡(Carbon Footprint)之所以成為當前排碳量評量與削減的重要評估項目，主要是為了以污染者付費的觀念、釐清排碳量歸屬問題。英國(Wiedmann and Minx, 2007)對於溫室氣體排放來源的一項調查顯示，1992年至2004年間，其全國溫室氣體排放量雖下降5%，但若加入消費所導致的間接溫室氣體排放量，則其排放量反而增加18%。另有中國研究指出：中國的總溫室氣體排放量雖已成為世界第一，但其中有高達23%的溫室氣體排放係由製造滿足先進國家生活所需產品所產生。為此，才開始有以結合生命週期與碳排放量評估、釐清產品或活動全生命週期的溫室氣體排放量的方式，即所謂碳足跡的考量檢視污染者與排放源，透過系統性關連供應鏈碳排放量的方式，掌握實際排放狀況、有效促成節能減碳。

碳足跡的定義與評估方法，最早付諸於文字、形成規範，是在英國標準協會(BSI)、碳信託(Carbon Trust)和英國環境、食品與農村事務部(Department for Environment, Food and Rural Affairs, Defra)聯合發佈的PAS 2050：2008 商品和服務生命週期溫室氣體排放評估規範(Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services)中。PAS 2050的定位屬於公開可取得規範(Publicly Available Specification)，為英國國家標準或國際標準制訂前的暫行性標

準，通常 3 年後會再審查以確認下一個三年是否該重新修訂為國家標準或撤銷，屆時若未成為正式的英國國家標準(BS)將不再具指引效力。然而在碳足跡議題的持續發燒，而國際標準仍然無法推出的狀況下，英國標準協會遂於 2011 年 10 月份，參考碳足跡國際標準草案(ISO 14067 DIS 版)，推出 PAS 2050 : 2011，作為國際標準通過前，與未來的國際標準不至於差異過大的碳足跡評估參考標準。

PAS 2050 的內容重點與準則規範彙整如表 2.1.1-1，其特色在於以標準化的方法，作為產品和服務之生命週期溫室氣體排放量的評估依據，並在產品和服務生命週期溫室氣體排放基礎上，輔助評估替代產品之配置、採購和生產方法、原材料和供應商的選擇，提升評估結果的可信度及可比較性。目前國際間推動產品碳足跡查證與規範之制定，主要即參考 PAS 2050 而訂，該指引亦為國際標準化組織制定產品碳足跡標準(ISO 14067)之重要參考。

表 2.1.1-1 PAS 2050 準則摘要說明

內容重點	準則內容
適用對象	適用於所有產品與服務
計算對象	IPCC 所列之溫室氣體，包括：CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs, SF ₆ , HFES, CFCs, HCECs, PFPE, 含溴的鹵化烷類(海龍)、碳氫化合物及其他
計算範疇	Cradle to Grave(搖籃至墳墓)及 Cradle to Gate(搖籃至大門)
引用標準	ISO 14040、ISO 14044 (生命週期評估原則與框架) ISO 14064 (溫室氣體排放與減量) 其他補充要求文件(如：ISO 14025 環境宣告之產品類別標準)
計算方式	特定活動碳足跡 = 活動強度(體積、耗能量、燃料用量、距離、時間等) × 排放係數(每單位活動之二氧化碳當量排放量)
數據要求	遵照 ISO 14044，包含：時間、地理特性、技術規範、正確性、精確度、完整性、一致性、再現性、資料來源
分配方法	1.區分各製程細項；2.擴充系統範圍； 3.按比例分配(經濟價值、產品貢獻量等)
溝通方法	1.獨立第三者查證；2.經其他人查證；3.自行查證

除了英國訂定 PAS 2050 標準外，其他以碳足跡為考量建立生命週期碳排放量評估方法與準則的國家還包括：日本於 2009 年公布依據產品碳足跡評估與標示之一般原則所訂之技術規範(TS Q0010)；我國環保署於 2010 年公告產品與服務碳足跡計算指引，加強國內產業界推動產品與服務碳足跡盤查，並於 2011 年公告產品與服務碳足跡查證技術指引，作為查驗機構或業者自身進行內部查證作業之參考，以提升國內碳足跡評估結果之品質。

世界資源協會(WRI)與世界企業永續發展協會(WBCSD)在 1998 年共同發起溫室氣體盤查議定書倡議行動(GHG Protocol Initiative)，並在 2001 年公布企業溫室氣體會計與報告標準，成為企業開始推動組織型碳盤查的重要基礎。伴隨碳足跡觀念的發展，該組織另於 2011 年 10 月，同時推出產品生命週期會計與報告標準(The Product Accounting & Reporting Standard)及企業供應鏈(範疇三)會計與報告標準(Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard)，將以產品和企業為主體的其他間接排放源納入企業組織溫室氣體盤查議定書標準(GHG Protocol standards)的補充條款，擴大全球企業組織進行碳排放量評估時的考量範圍。

至於國際標準組織研擬多時的碳足跡標準：ISO 14067 產品碳足跡量化與溝通要求與指引(Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification and communication)，雖早在 2012 年 6 月即註冊為國際標準草案(DIS 版)，但在交付委員會投票時，因為條文近似 ISO 14040 和 14044，內容要求不夠明確作為量化或溝通的查證規範，故未能通過表決、進入核准階段(FDIS 版)。國際標準組織有感於碳足跡議題的重要性，故先於 2013 年 5 月 21 日改以技術規範(Technical Specification，縮寫為 TS)的型式，公告 ISO/TS 14067 產品碳足跡量化與溝通標準原則、要求與指引(Specifies principles, requirements and guidelines for the quantification and communication of the carbon footprint of a product (CFP))，成為目前國際最新的碳足跡評估準則。惟按規定，任何技術規範在 6 年

內必須受檢討、複審，確定是否持續有效、修訂為正式標準，亦或作廢。

以目前的文件內容看來，PAS 2050:2011 和 ISO/TS 14067 在本質與評估架構上並無太大差異(林文華，2013)，但 ISO/TS 14067 在部份細節納入較多 ISO 14040 及 ISO 14044 生命週期評估的內容，且對邊界設定與排除、排放源納入與否(切斷原則)、以及排碳源如何分配的原則等等問題，都要求應進行敏感度分析，留存完整清楚的評估過程。這些要求當應用在工程碳足跡量化計算時，將大幅提升作業的複雜度。此外，ISO/TS 14067 對於作為溝通的報告格式與內容有較詳盡的要求，其中對於外部溝通報告即明確要求要有參考的產品碳足跡產品類別規則(Carbon footprint of Product - Product Category Rule, CFP-PCR)；為此，CFP-PCR 之發展情況將是參照 ISO/TS 14067 推動工程碳管理時，必須持續追蹤的重點。

配合國際制度的發展，我國環保署也在民國 99 年參考 PAS 2050 : 2008 訂定產品與服務碳足跡計算指引，並陸續提出配套的碳足跡推廣與應用相關政策，包括建立臺灣產品碳足跡資訊網、公告碳足跡產品類別規則訂定指引，審核通過多項產品碳足跡產品類別規則(CF-PCR)，並於 2011 年訂定產品與服務碳足跡計算指引與查證技術指引，核發碳標籤(目前已經有 47 家廠商 132 件產品)；但主要是以消費性產品為主。除了持續鼓勵產品製造商自發地進行碳足跡盤查驗證外，為因應碳足跡議題日漸受到重視，環保署自 102 年起規劃以三年為期，透過國內各產業統計資料提出 600 餘項碳足跡係數，作為供應鏈較下游廠商彙算其產品碳足跡之依據。

綜整上述說明，目前國內外公告與碳足跡相關之標準與其發展期程如圖 2.1.1-1；其中，各國(含我國)所提出之碳足跡評估標準或指引皆有提及將參採國際標準(ISO 14067)進行修正或終止，唯目前國際標準組織所公告的僅是技術規範，未來會轉為國際標準或廢止尚有待後續 3 年一度的審查確認；故未來各國規範的轉變，尚有待追蹤了解。本計畫也將持續追蹤國際間碳足跡標準與指引的發展進程，掌握國際標準修正版條

文內容與制定進度，為取得較具公信力之國際碳足跡查證聲明作準備。

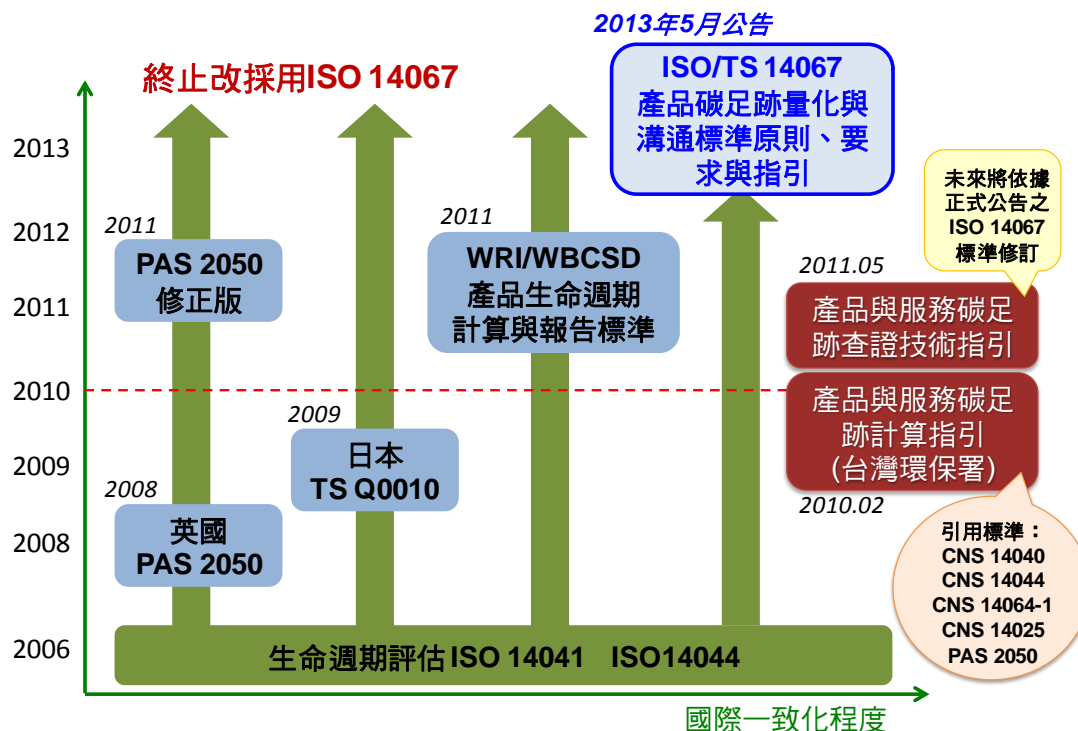


圖 2.1.1-1 碳足跡相關標準發展進程示意圖

二、碳足跡評估程序

在無論 PAS 或 ISO 碳足跡規範都還在持續發展的情形下，本團隊擬採各規範聯集的方式，以同時符合 PAS 及 ISO 兩種國際規範的要求為原則，執行碳足跡盤查工作。茲綜整國內外碳足跡評估指引的內容，分析碳足跡評估的流程如下：

1. 界定產品碳足跡量化的目標；
2. 選擇並載明該產品系統的功能單元，使得碳足跡評估結果能夠以每功能單元之二氧化碳排放當量報告之；
3. 釐清產品系統相關供應商，制定供應商參與計畫；
4. 繪製產品生命週期流程；
5. 確認產品系統邊界；
6. 收集產品生命週期所有階段的材料用量、活動和排放因子等量

化數據資料。基於計算內容的完整性考量，除使用階段之排放外，碳足跡計算應包含至少 95% 的功能單位預期的生命週期溫室氣體排放量；而一般與產品供應鏈本身無直接關聯之過程，則可排除於系統邊界之外，包含：人力、行政管理與維護、行銷與銷售等。

7. 計算產品碳足跡，並分析碳足跡評估結果的準確性。

2.1.2 碳足跡盤查準則：產品類別規則

如表 2.1.1-1 所列，PAS 2050 引用標準包括一項：ISO 14025；這個標準不僅在英國碳足跡標準中被提及，在各國碳足跡相關標準中皆有相關引述。ISO 14025 第三類環境宣告(Environmental Labels and Declarations - Type III environmental declarations - Principles and Procedures)係指由供應商提供、經獨立性確認之量化的環境生命週期產品資訊。此類宣告的目的在於提供消費者一產品完整(生命週期中)的環境衝擊或影響資訊，幫助消費者能夠自行選擇最環保之產品。依據 ISO 14025 之規定，廠商要申請進行第三類環境宣告(Environmental Product Declaration, EPD)時，必須依據該項產品的產品類別規則(Product Category Rules, PCR)進行數據之蒐集與宣告。因此，第三類環境宣告的過程可分為兩部分，首先為 PCR 的驗證，再者才是 EPD 的確認及宣告。

ISO 14025 的設計精神在於：經過認定且相同的評估方法所產生出來的生命週期數據，才具有一定的比較性及正確性。故訂定並驗證 PCR 的功能在於：規範一個或多個產品類別發展 EPD、進行生命週期環境衝擊評估的過程與內容所應遵循的一組特定規則、要求與指引。如此，則可確保基於相同的產品類別規則、分別提出其環境宣告的不同產品，其所提報告才具備「可比較性」，也才能滿足產品環境宣告作為消費者進行產品選擇之參考資訊的目的。

同理，碳足跡是一項服務或一個產品的全生命週期碳排放量評估結果，惟有此結果具備可比較性，才能作為消費者選擇產品或製造商對於

產品進行減碳設計的依據。因此，國內外碳足跡規範之所以一致強調須引用 ISO 14025 標準，是為強調同類產品或服務應依據一致的規則；即以 PCR 進行產品系統邊界界定、量化產品碳足跡具一致原則，以確保碳足跡資訊揭露能如同 EPD 一般，具有應用的價值與意義。綜整前小節所回顧之國內外碳足跡評估規範或指引中，在系統邊界界定時應參考產品類別規則的論述如於表 2.1.2-1。

表 2.1.2-1 國內外碳足跡規範於邊界界定應參考 PCR 之論述

碳足跡規範	PAS 2050	TS Q0010	環保署產品與服務碳足跡計算指引	ISO/TS 14067
系統邊界之論述內容	<ul style="list-style-type: none"> ■ 第一優先：依據 ISO 14025 發展之產品類別規則； ■ 第二優先：選定之系統邊界應明確告知； ■ 2011 年版 4.3 補充要求強調：碳足跡不僅應依循產品類別規則，還應廣納既存相關規範為參考準則。 	依據產品類別規則界定	<ul style="list-style-type: none"> ■ 凡存在與考慮中產品相關且依據 CNS 14025 所發展的產品類別規則，而該產品類別規則系統邊界與本條款建立之系統邊界互不衝突，該產品類別規則所詳述之系統狀況應構成此產品的系統邊界； ■ 若無產品類別規則，該產品的系統邊界根據 5.4.2 節系統邊界的基本程序應清楚定義。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 外部溝通報告必須要有可供參考的碳足跡產品類別規則 (CFP-PCR)

國際間開發共同的產品類別規則是國際組織 GEDnet 努力的目標，我國環境與發展基金會為該組織(GEDnet)之創始會員，提供第三類環境宣告之查證服務，並進行國際宣告。為整合各國現有 EPD 系統，瑞典發起國際產品環境宣告系統：International EPD® System，目的在促進各國的第三類環境宣告達成一致化，以利全球產品能一致且正確地依循經過驗證的 PCR 進行產品生命週期評估、提出具有國際代表性的 EPD。

瑞典 International EPD® System 近年來推動以聯合國中央產品分類標準(united nations central product classification, UN CPC)作為產品類別規則制定之依據。UN CPC 係由聯合國統計署所制定，目的是對任何經濟體生產成果的貨物和服務進行分類，分類的根據主要是產品的物理性質

和固有性質及原產業的原則，並盡量在各個類別內部實現同質性；目前公告的最新版本分類標準係為 2008 年 12 月 31 日修訂增補後公告的 2.0 版。

CPC 系統的編碼辦法是分層法和純粹的十進制，主要是以部門(顯示於第一位數)、類(以第一位和第二位數表示)、組(以前三位數表示)、級(以前四位數表示)和次級(等同於所有五位數合在一起)共 5 階層對產品進行系統性分類。為利於有效連結與整合各類別標準，瑞典 International EPD® System 建議作法為：先就產品的大類(編號為 2 碼)較廣泛地思考其特性、建立 PCR 基本模組(PCR basic module)；而後再依據產品的重要性，比對基本模組的內容說明，制定該類別分組、分級或分次級後的單項 PCR。

International EPD® System 已於 2013 年 6 月重新修訂該系統之通用指引(General Programme Instructions)，其中的第三章為建立 PCR 的專章說明，PCR 文件應包含有 13 項內容：

1. CPC 編碼(CPC code)：應明確描述所對應之一個或以上的類別；
2. 不包括於其中的相關產品(Products not covered by the PCR, when relevant)；
3. 產品類別定義與描述，如功能、技術表現和使用方式(Product category definition and description)；
4. 目的和範疇，如功能單元與宣告單元、系統邊界、資料及資料品質描述、切斷原則及計量單位等(Goal and scope)；
5. 宣告於產品內容中的原料與組成(Materials and substances to be declared in a product content declaration)；
6. 清冊分析結果，如資料蒐集與計算程序或原料流的分配等(Inventory analysis results)；
7. 生命週期資料預定參數，如清冊資料類別及衝擊類別指標等(Pre-determined parameters for reporting LCA data)
8. 衝擊類別選擇與計算規則(Impact category selection and calculation rules)

9. 描述包含於下游程序中的資訊型式，如產品使用及廢止階段 (Description of the type of information to be included for the downstream processes)
10. 提供額外環境資訊的原則 (Rules for provision of additional environmental information)
11. 產品環境宣告內容與格式指引 (Instructions of the content and format of the EPD)
12. 生命週期階段不包含於產品環境宣告中的相關資訊 (Information if life cycle stages are not considered and omitted in the EPD)；及
13. 文件效期和更新時程規劃 (Validity of the document and renewal schedule)。

國際碳足跡技術規範 ISO/TS 14067 亦以專節(6.2 碳足跡產品類別規則(CFP-PCR)的使用)說明採行產品類別規則的重點原則；除了同該標準前版交付表決的草稿(ISO 14067(DIS))一樣，將應採用相關已存在之產品類別規則或碳足跡產品類別規則、應由一個以上的相關產品類別規則或碳足跡產品類別規則中合理選擇試用版本、應依據所採用的產品類別規則或碳足跡產品類別規則進行碳足跡量化外，亦針對碳足跡產品類別規則所必須包含的內容，提出應包括但不限於以下各項(minimum requirement)：

1. 介紹建構產品碳足跡溝通的內容；
2. 如果前項未包括全生命週期階段時，應說明涵蓋或未涵蓋哪些階段，並說明其理由；
3. 產品類別的定義與描述(例如：功能、技術性能及使用)；
4. 目的與範疇的定義，包括：功能單位、系統邊界、數據描述、涵蓋投入產出之規則、數據品質要求等；
5. 生命週期清冊，包含：資料蒐集、量化程序及流量與釋放的分配；
6. 有效期限。

由 International EPD® System 的 PCR 文件內容說明及 ISO/TS 14067

的 CEP-PCR 內容要求相比較，可發現其實大致上相符，惟 PCR 是用來發展環境宣告的，故多了幾項(PCR 文件 13 項內容中的 7、8、10)是針對產品可能造成的不同環境衝擊類別作說明，而 CFP-PCR 因為已限縮於如何針對該類產品的碳足跡進行評估，故減少了對於其他環境衝擊或資訊的描述需求。

我國環保署為使同一種類型、功能之商品或服務在計算碳足跡時能有一致的基準，除了在產品與服務碳足跡計算指引中提到應參考既存產品類別規則進行碳足跡量化程序外，也已於民國 99 年 7 月公告碳足跡產品類別規則訂定指引，作為製造商或提供該類服務業者所組成之同業公(協、商)會，透過標準化與程序化之流程，完成該類產品於國內碳足跡評估的標準；目前環保署在進行產品碳足跡標籤審查時，該產品是否已有對應之產品類別規則或碳足跡產品類別規則亦為重點考量之一。

目前我國雖陸續有碳足跡產品類別規則文件(CF-PCR)經環保署審議通過，但主要仍是以食品、家電等民生消費產品為主，主要工程材料如鋼筋、水泥、混凝土等皆尚未有對應標準，惟去(101)年 5 月陸續有混凝土磚類、陶瓷面磚類的碳足跡產品類別規則通過並公告；對此，環保署已公開於工程會召集之會議中，表達歡迎各類公共工程提出申請碳足跡產品類別規則之意。

2.1.3 工程相關產品類別規則之發展

考量國內外碳足跡規範對於參考國際間共通產品類別規則的要求，特別是 ISO/TS 14067 技術規範的一般原則(6.2.1)中，已明訂產品碳足跡的量化應依據產品類別規則的要求執行，並以專節(6.2.2)詳述碳足跡產品類別規則(CFP-PCR)應包含的項目內涵，故計畫自開始執行至今仍持續追蹤工程設施及材料之相關產品類別規則發展情形；茲彙整說明國際上相關產品類別規則制定之最新狀況於後。

由瑞典 International EPD® System 的產品類別規則研議進程可看出國際間以工程為產品、探討生命週期環境衝擊暨碳排放的趨勢：2010 年

11 月國際產品環境宣告系統公告初次營造(CPC53: Constructions)及營造服務(CPC54: Construction Services)產品類別規則基本模組，並於 2013 年 10 月進版更新；伴隨前述產品類別規則模組的檢討更新，近期在營造類別之下，又陸續推出的主要是交通運輸基礎建設相關產品類別規則，包括：道路及橋梁與高架道路等。

由最上層的產品類別規則基本模組看起，International EPD® System 所公告的營造(CPC Division 53: Constructions)產品類別規則基本模組主要將評估內容劃分為上游模組、核心模組及下游模組三個區塊，如圖 2.1.3-1 所示。上游模組應列入評估的程序包括原料開採、回收料再生及原料運輸等；下游模組則應包含設施供應予使用者的運輸程序、生命週期間的操作、維護及部分重建程序，以及生命週期末端的處置程序等。而其中最重要的核心模組邊界，則是先簡要以設施之建造、組合程序，建造組合過程中產出的廢棄物的處置，以及區內或區外運輸等表示。

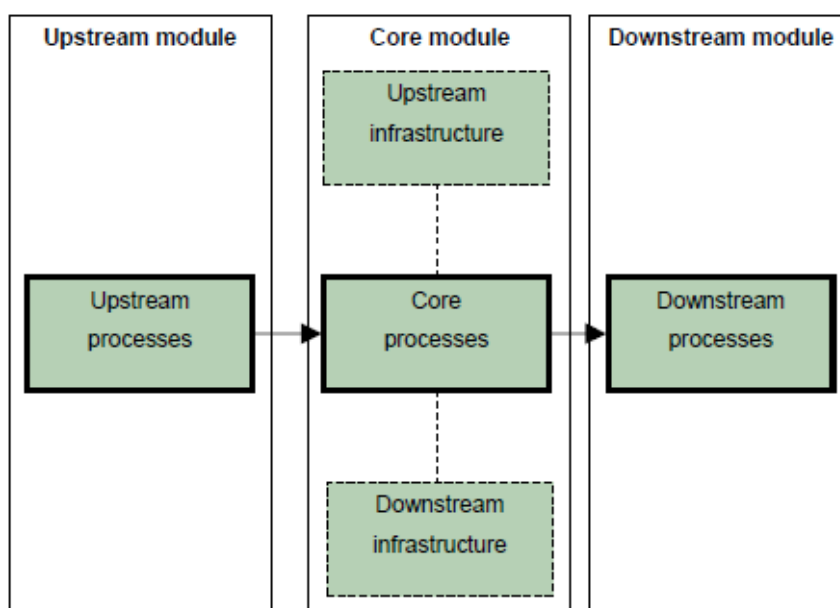


圖 2.1.3-1 營造產品類別規則基本模組邊界界定示意圖

至於核心模組應納入之評估內容考量原則由前版已正面表列的方式撰述共 8 條應計入改為以負面表列惟 4 條不須計入，如下表 2.1.3-1。

表 2.1.3-1 營造 PCR 改版前後核心模組評估內容比較表

版本	2010 (v 1.0)	2013 (v 2.0)
核心 模組 評估 內容 說明	<ol style="list-style-type: none"> 1. 各部份組成之製造過程排碳(含原料生產)皆應計入； 2. 委外製造的組成是否計入可在細項 PCR 再作進一步界定； 3. 至少佔所宣告之產品的 99%之材料組成應被計入； 4. 最終以掩埋處置之廢棄物，應分為一般及有害兩種、並以重量宣告； 5. 產品製造過程中所使用機具若生命週期超過 3 年，以及建築物等其他資本財(capital goods)應不計入； 6. 維護頻率高於每 3 年一次的相關活動應計入； 7. 公務往返之人員運輸可計入，但人員上下班交通過程則不須計入； 8. 相關研究發展活動可計入，但亦可在細項 PCR 進一步界定。 	<p>至少產品總重量百分比 99%以上(含包裝) 須計入；但不包括：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 機具製造、建築物及其他資本財(capital goods)； 2. 公務往返之人員運輸； 3. 人員上下班交通過程； 4. 研究發展活動。 <p>至於其他關於系統邊界考量之資訊，如廢棄物等則篩考通用指引(General Programme Instructions)辦理。</p>

承續國際間對於建立營造構造物及活動相關產品類別規則的探討，瑞典交通部自 2010 年 2 月起，即致力於運輸工程相關之產品類別規則之研擬；其最近期提出之產品類別規則發展構想如圖 2.1.3-2 所示。其中，圖中以深色色塊呈現的三份文件，包括：運輸工程產品類別規則基本模組(PCR Basic Module for Transport Infrastructure)、道路工程產品類別規則(PCR for Road Infrastructure)及軌道工程產品類別規則(PCR for Railway Infrastructure)，已於 2012 年 11 月在系統上公告，開放利害相關者提供意見，最後於 2013 年 10 月正式公告。

為配合 International EPD® System 系統所倡導、產品類別規則需對應聯合國 CPC 分類標準的原則，道路工程產品類別規則歷經最初、於 2010 年甫登錄於網站上時，以 CPC 編碼之相同名稱作為文件名稱，如圖 2.1.3-3(a)所示；至 2012 初稿研擬時將名稱改為現在的道路工程(Road Infrastructure)，如圖 2.1.3-3(b)；再在最後更名並將其對應之 CPC 編號訂為 53211，如圖 2.1.4 所示。

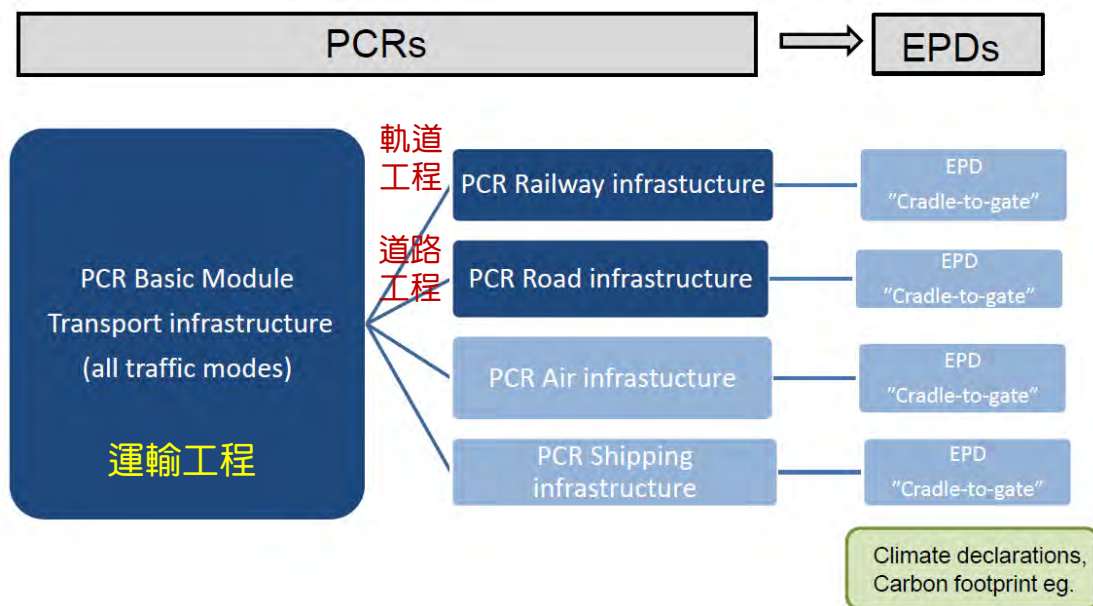


圖 2.1.3-2 瑞典運輸工程相關產品類別規則及基本模組發展構想

由圖 2.1.3-3(a)、(b)比較 2010 年登錄版與 2011 年底公告版(道路工程產品類別規則初稿)之基本資料可知，此份產品類別規則在過去三年的主要轉變包括：(1)負責單位持續擴充，由原本僅瑞典交通部主稿分次加入挪威鐵路局、公路局及學研單位、工程顧問公司等；以及(2)產品類別規則名稱的改變。

其中在名稱的改變上，經比對公告版及公開閱覽版本的內容差異，可發現最後的名稱改變並未對應到內容的配合修正。即 53211 這個編碼在聯合國 CPC 分類系統中是指不含高架部份的公路，但公告版文件內所繪製的邊界與內容項目圖示其實還存在有橋梁、隧道等子系統。此部份矛盾經詢問瑞典交通部辦理人員，初步得到的回應是他們也知道其中還有問題存在，但因為 PCR 其實有其效期(此份文件為 3 年)，故在未來仍有修正彈性的考量下，還是先行公告此版本，作為廣泛參照後推動後續檢討的依據。

研析道路工程產品類別規則 1.0 版之內容，共包含 12 章，茲條列如下：

HIGHWAYS (EXCEPT ELEVATED HIGHWAYS)

INITIATED
2010-02-19

Timeline: Start open consultation (2011-06-01), Deadline open consultation (2011-07-04), PCR review and approval (2011-07-25), Publication (2011-08-01). Preliminary dates are in italics.

PCR INFORMATION

DETAILED INFORMATION

- Name: Highways (except elevated highways)
- CPC Code: 53211
- CPC name: Highways (except elevated highways), streets and roads
- GPI version: GPI 1.0
- Based on: [Constructions](#)
- Prepared by: Tyréns AB
- PCR moderator(s): [Ulif Wiklund](#) Tyréns AB

COMMENTS ON THIS PCR

Be the first discussing this PCR

[Start a discussion](#)

(頁面擷取時間：2011/7/10)

(a) 瑞典交通部初登錄之道路工程產品類別規則資訊頁面

ROAD INFRASTRUCTURE

INITIATED
2011-09-28

Timeline: Start open consultation (2012-11-05), Deadline open consultation (2012-12-31), PCR review and approval (2013-07-30), Publication (2013-08-30). Preliminary dates are in italics.

PCR INFORMATION

This PCR is under development. All dates are preliminary.

Questions may be sent directly to the PCR moderator or posted on the forum.

DETAILED INFORMATION

- Name: Road infrastructure
- CPC Code: 53211
- CPC name: Highways (except elevated highways), streets and roads
- GPI version: General Programme Instructions 1.0 (2008-02-29)
- Based on: [Constructions](#), [Transport infrastructure](#)
- Contributor(s): The Norwegian National Rail Administration, The Norwegian Public Roads Administration, Asplan Viak, MISA, Swedish University of Agricultural Sciences, Tyréns, WSP, VTI (The Swedish National Road and Transport Research Institute)
- Prepared by: The Swedish Transport Administration
- PCR moderator(s): [Linus Karlsson](#) The Swedish Transport Administration

PCR DOCUMENTS

[PCR Draft CPC 53211 Road infrastructure](#)
Login required

COMMENTS ON THIS PCR

2013-04-30 When is the expected publishing date?

[Start a discussion](#)

(頁面擷取時間：2013/7/11)

(b) 瑞典交通部最新道路工程產品類別規則資訊頁面

圖 2.1.3-3 瑞典交通部草擬道路工程產品類別規則進度

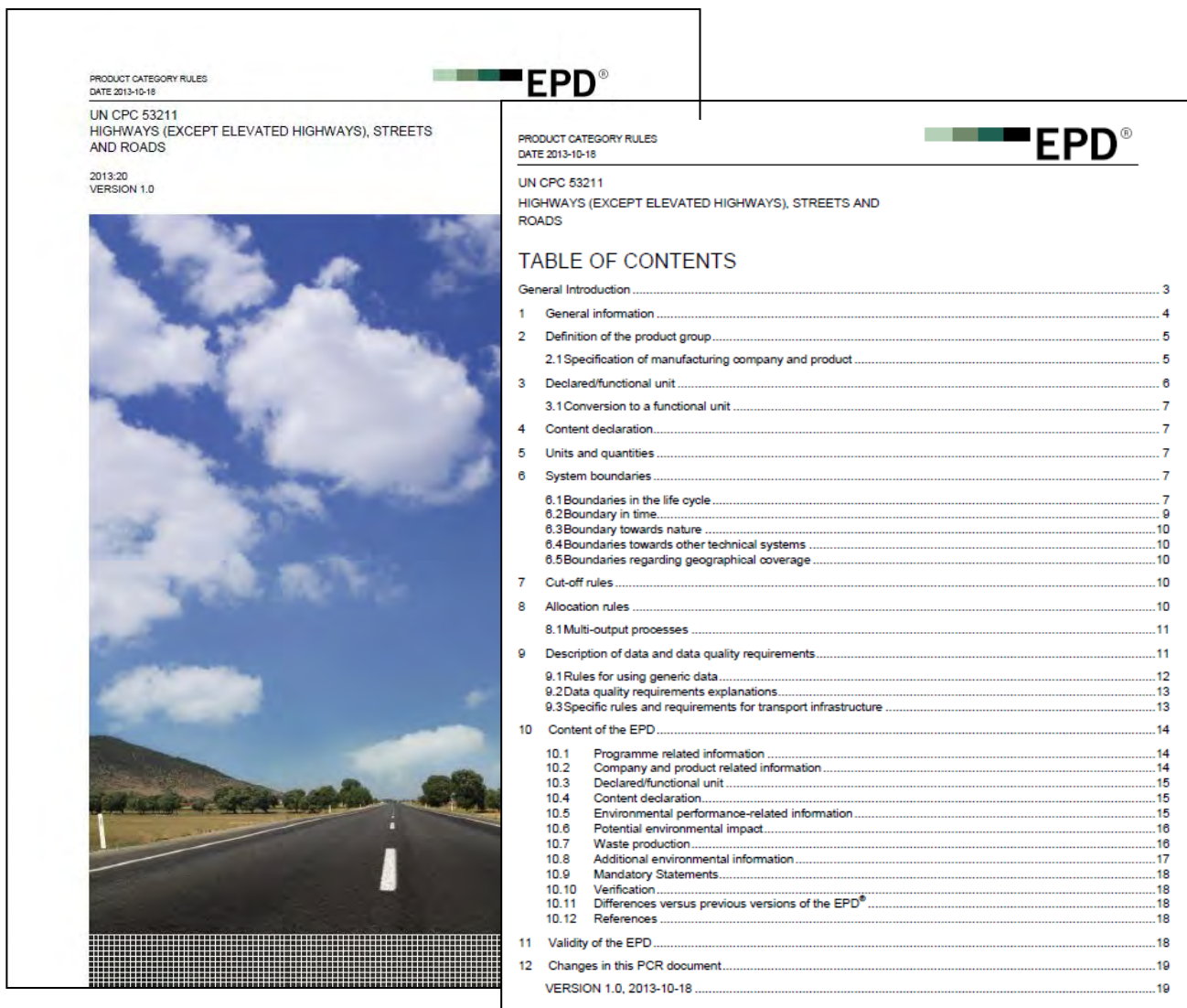


圖 2.1.3-4 國際 EPD 系統公告之道路工程產品類別規則封面目錄

- | | |
|--|---------|
| 1. General Information | 概論 |
| 2. Definition of the product group | 產品系統定義 |
| 3. Declared/functional unit | 宣告/功能單元 |
| 4. Content declaration | 內容宣告 |
| 5. Units and quantities | 單位和數值 |
| 6. System boundaries | 系統邊界 |
| 7. Cut-off rules | 切斷原則 |
| 8. Allocation rules | 分配原則 |
| 9. Description of data and data quality requirements | |

	資料與資料品質要求描述
10. Content of the EPD	環境宣告內容
11. Validity of the EPD	環境宣告的效期
12. Changes in this PCR document	產品類別規則文件改版說明

其中，與蘇花改計畫工程碳足跡盤查最相關的文述為第六章系統邊界至第九章資料描述與資料品質要求的部份。茲簡要節錄重點並分項說明於後。

1. 生命週期邊界

道路工程製程地圖如圖 2.1.3-5 所示，包括道路工程之建造、操作和維護的所有程序，但排除規劃階段及道路工程運輸服務(車輛排放及工程拆除廢棄階段)部分。如圖，核心模組(RI core module)中又包含有若干個子系統，目前共列出有 6 大項：道路鋪面、道路基礎、道路設備、道路儀控設備、隧道及橋梁。這些子系統中又各包含有眾多應列入評估的子項；以橋梁為例，橋梁子系統應包括所有建造任何型式的橋梁(混凝土、鋼構、木材或鋁結構)過程所需之所有產品和建造過程。例如：混凝土/鋼梁、橋面單元、橋面防水材料與試劑(如瀝青砂膠、預製的瀝青片、樹脂/聚氨酯)，澆注成型、預力鋼腱、擋土牆等。

其中關於子系統邊界有一項非常重要的論述：如果部分運輸基礎設施有對應公告之產品類別規則，則子系統產品類別規則中所定義的系統邊界，應在評估該子系統時被採用；若子系統產品類別規則與此道路工程產品類別規則間存有衝突，則應採用品子系統產品類別規則所訂之系統邊界。由此可看出產品類別規則的採用邏輯，當子系統有其專屬產品類別規則時，應較上位類別之產品類別規則更優先被採用。

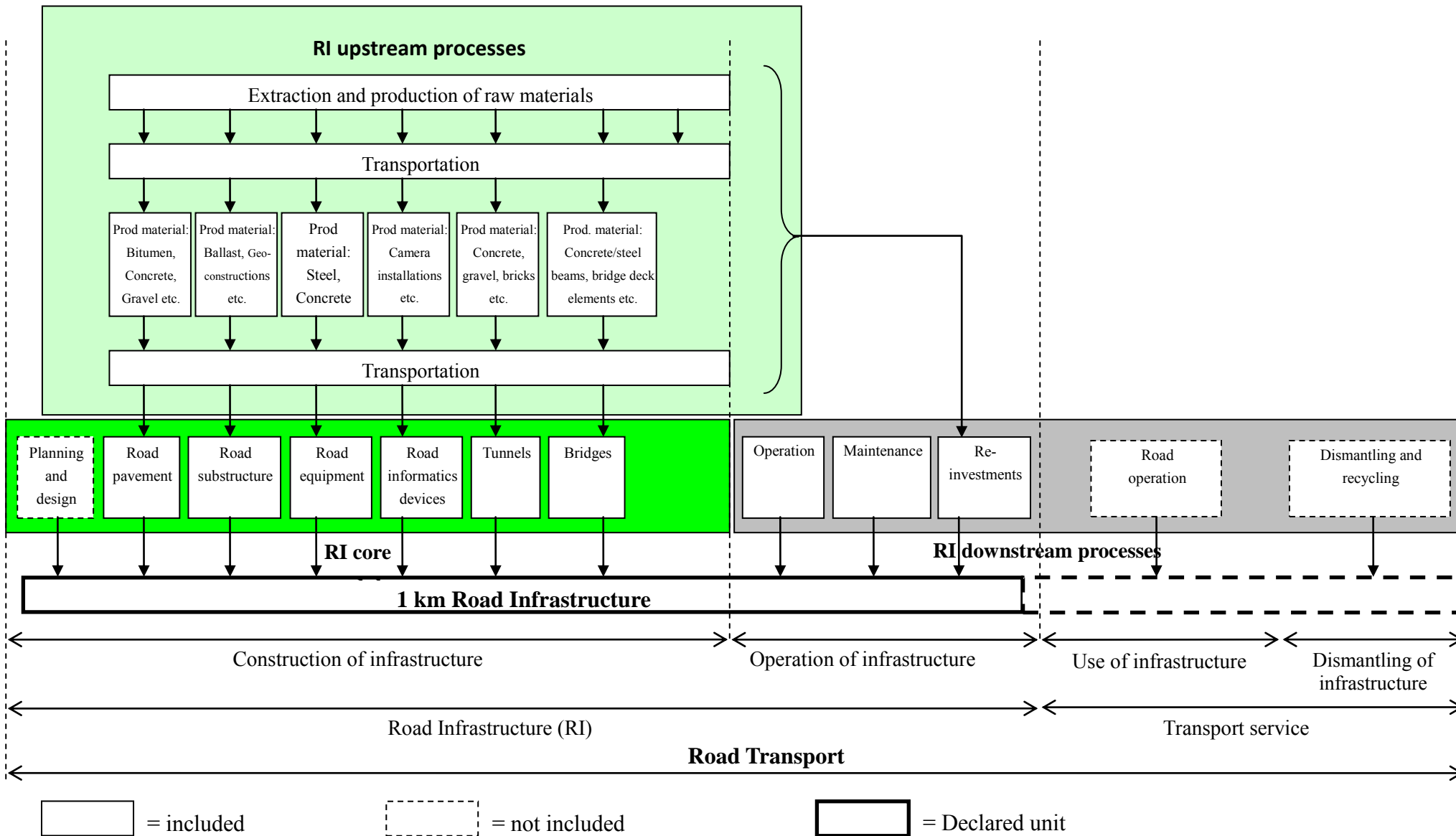


圖 2.1.3-5 道路工程產品系統流程圖

1. 時間邊界

生命週期盤查(LCI)之資料記錄應至少 1 年一次；另所有的假設(生命週期期程(life times)、重建的時間間隔、服務時間間隔等)皆必須在揭露環境產品宣告(EPD)時定義及總整。

2. 切斷原則

切斷情境需滿足涵蓋此產品系統至少 99%能源、質量及整體關聯流的定性資訊。能確認此切斷原則的唯一方法，是結合在相近產品系統具有實務經驗的專家判斷，和可能瞭解未調查的輸入和輸出對於最終 LCA 和 LCIA 結果可能造成影響之敏感性分析。

3. 分配原則

選擇分配方法應以對產品系統越有效越佳為通則，但對於產品的製造流程中和下游流程中的分配可能有所不同。

另關於數據描述和數據品質要求部份，則是針對盤查進行過程中所必須蒐集的資料詳列要求，包括：特定數據(specific data)及通用數據(generic data)使用原則；主要是依數據使用於上下游模組或核心模組而有不同要求。茲說明一般性地數據蒐集與使用原則如下：

1. 對於核心流程(core processes)必須使用特定數據；若上下游流程(upstream/downstream processes)之特定數據不足，則可使用通用數據(Generic data)；
2. 任何數據最好能是代表特定年度的平均值；
3. 若有邊界相近的相關 EPD 或 PCR 存在時，則相近 EPD 所載之資料可視為特定數據；而相近 PCR 則可用來產出特定數據。
4. 其他系統邊界相近之生命週期分析計算結果，如依據 PAS 2050、溫室氣體報告書、ILCD 操作手冊及歐盟環境足跡指引所產出的資料，可視為參考文獻。
5. 材料的運輸型式和距離未知時，須述明假設的距離，並以適當之貨/卡車運輸參數計算之。

接續於瑞典交通部之後，義大利生命週期評估顧問公司(R.T.I. NIER Ingegneria SpA, LCA-lab srl, ANAS S.p.A.)於同(2013)年 8 月進一步提出 CPC 編號 53221 的橋梁工程 PCR (Bridges and elevated highways)，並於 12 月 20 日完成所有程序、於 EPD 系統公告；此 PCR 制訂效率之高主要是因為其內容架構皆與瑞典交通部提出的道路工程 PCR 相仿，且評估邊界與所含內容項目說明更為簡化，如圖 2.1.3-6 所示；核心模組主要分為四項，包括：基礎、結構與次要結構、路面及設備。其中，橋梁基礎包含腳板、磚和基樁的施工及鋼筋加工等；橋梁路面則包含應用瀝青、柏油鋪面等路面(可參考 CPC 53211 道路工程 PCR)；橋梁設備則包含包括維持橋梁與高價道路操作安全所需的裝置，例如：保護裝置(護欄、隔音屏障、野生動物圍欄等)、休息站、排水系統、交通號誌等。

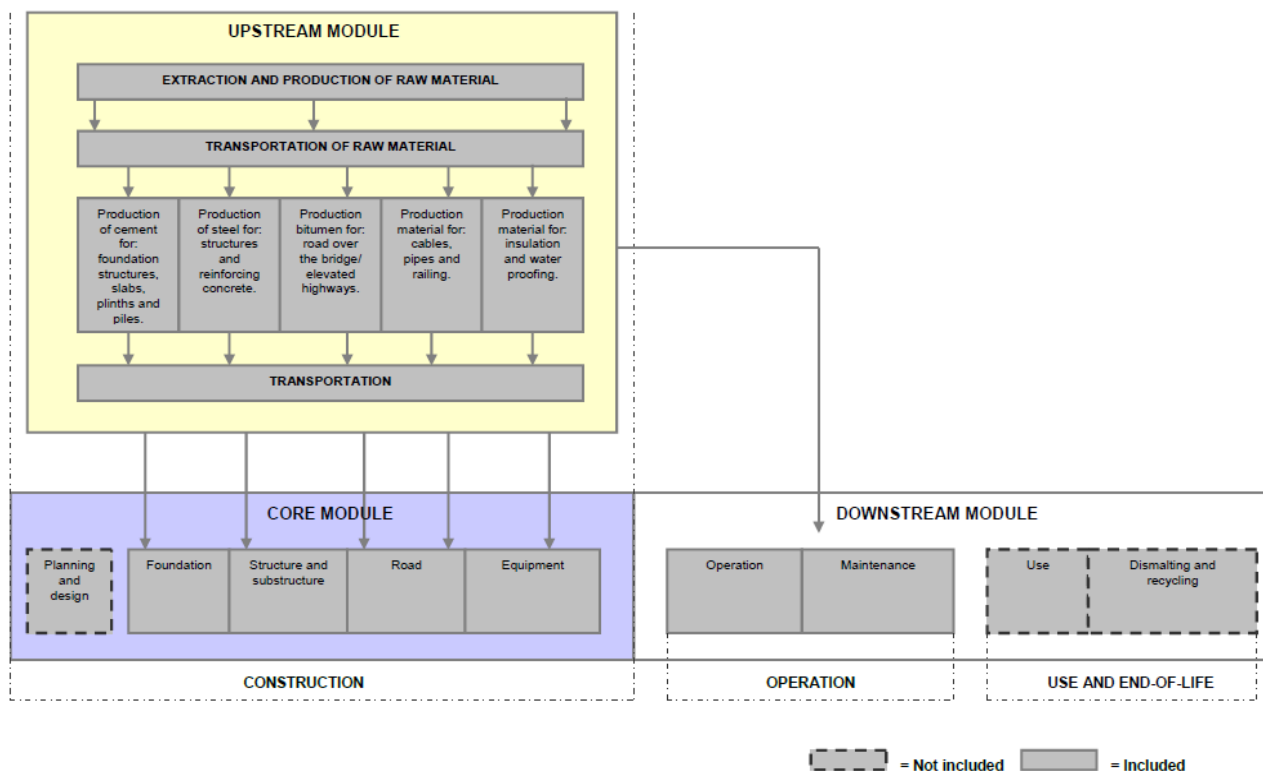


圖 2.1.3-6 橋梁工程產品系統流程圖

為能確保本計畫執行蘇花改計畫工程碳足跡盤查工作之程序、方法與成果能夠與國際接軌並滿足碳足跡規範要求，本計畫除持續追蹤與分

析國際間道路工程相關 PCR 之研訂進展與結果，強化國際共識外，同時間也基於本計畫回顧相關文獻之結果及現階段執行經驗，於本期開始，與西濱南八棟寮至九塊厝碳管理計畫團隊攜手合作，循我國環保署碳足跡產品類別規則(CF-PCR)登錄及審議程序，開始推動我國道路工程碳足跡產品類別規則之擬訂，期能更有效地符合規範需求、取得最具公信力之碳足跡查證聲明。

2.2 先進國家道路工程碳管理制度

2.2.1 先進國家碳管理及減碳管理架構

一、歐洲營造業碳管理議定書(2012)

世界資源研究院(WRI)與世界企業永續發展協會(WBCSD)在 1998 年共同發起溫室氣體盤查議定書倡議行動(GHG Protocol Initiative)，期能藉由訂定標準化的溫室氣體評估方法，供國際間各大企業及政府組織發展因應氣候變遷所需之政策與作為。截至目前為止，溫室氣體盤查議定書倡議行動陸續制定了溫室氣體盤查議定書標準(GHG Protocol standards)，使企業組織進行碳排放量評估時的考量範圍越趨完整；包括：

1. 企業會計與報告標準(Corporate Accounting and Reporting Standards, 2005)；
2. 減量專案會計議定書與指引(Project Accounting Protocol and Guidelines, 2006)；
3. 產品生命週期會計與報告標準(The Product Accounting & Reporting Standard, 2011)；及
4. 企業供應鏈(範疇三)會計與報告標準(Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard, 2011)。

為能確保營造業能夠遵循一致的方法進行碳排放計算，並且將關鍵排放源納入於評估與報告之範疇中，歐洲營造商研究與發展網絡(European Network of Construction Companies for Research and

Development, ENCORD)遂於 2010 年開始，參考企業溫室氣體會計與報告標準，研議營造業碳管理議定書(Construction CO₂e Measurement Protocol)，以下即重點說明營造業碳管理議定書 1.0 版(2012)內容。

1. 溫室氣體會計準則與範疇

溫室氣體盤查議定書所指之溫室氣體即為京都議定書中之六類溫室氣體氣體：二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫。在溫室氣體盤查議定書之架構下，溫室氣體排放的計算與報告均須合乎以下準則：

- (1) 相關性(Relevance): 確保溫室氣體盤查適切地反映企業之溫室氣體排放，以供資訊使用者決策時參考。
- (2) 完整性(Completeness)：記錄並報告在所設定之盤查邊界中的所有溫室氣體排放源與活動強度，並說明特定之排除狀況。
- (3) 一致性(Consistence)：使用一致的方法學，使得在不同時間進行的碳排放可以有意義地被比較。
- (4) 透明度(Transparency)：在可供稽核的基礎上，以實際並一致的方法處理相關議題；揭露所有假設並註明引用計算方法，以及使用數據之出處。
- (5) 正確性(Accuracy)：確保溫室氣體的量化不會系統性地被低估或高估，並將不確定性降至最低；以充分的精確度確保揭露資訊的誠信，並合理保障資訊使用者的決策。

溫室氣體的排放又可再區分為直接排放與間接排放；直接排放係指來自公司所擁有或控制之排放源的溫室氣體排放，亦可稱為範疇一(Scope 1)排放；間接排放指係為公司作業活動造成，但排放源由其他公司擁有或控制，可分為範疇二(Scope 2)與範疇三(Scope 3)排放。各種排放範疇之示意圖如圖 2.2.1-1 所示。範疇一、二、三的分類目的在於避免不同企業間重複計算相同範疇之排放量，以明確釐清企業對於碳排放之責任。

2. 營造業主要營運範圍

不同之營造業領域、事業體與工程種類，皆可能影響溫室氣體排放，但其影響程度會有不同，將其分類將有利於更有效率地找出排碳熱點，並提出相應之減碳措施。為此，營造業碳管理議定書 1.0 版(2012)將營造業領域分為公共工程、住宅建築、商辦建築等；依事業體區分則包括：工料產製與運輸、施工、使用與管理及整建，如圖 2.2.1-2 所示。另以工程種類區分，則可分類為：道路、軌道、商辦、住宅、展售中心、醫院、娛樂設施、工廠、學校等。

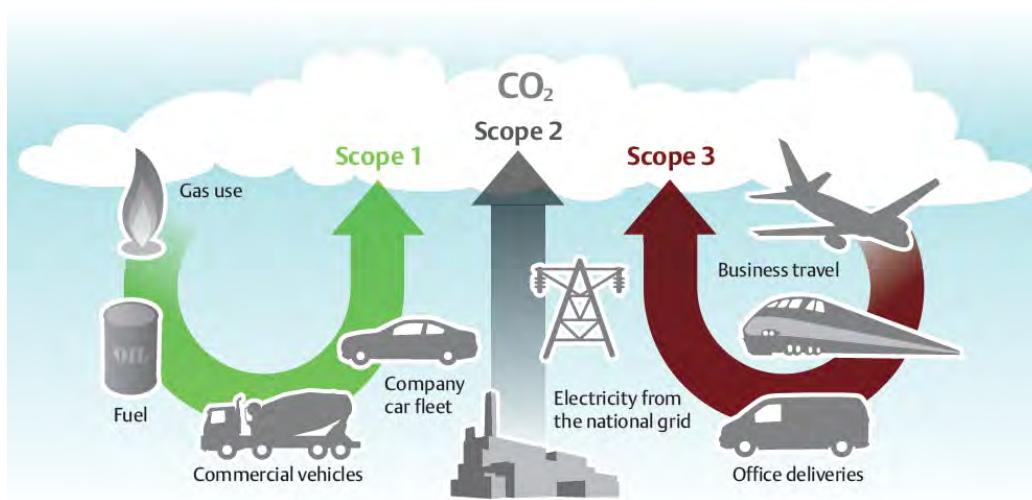


圖 2.2.1-1 不同範疇之溫室氣體排放項目示意圖

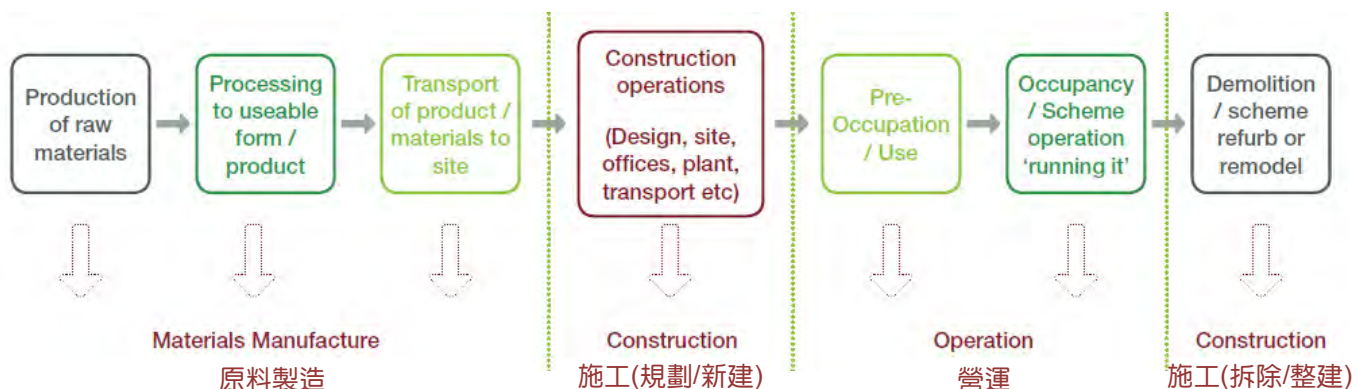


圖 2.2.1-2 營造業可能涵蓋之事業體

3. 營造業主要排放源

依據企業溫室氣體會計準則，營造業主要排放源可依範疇別概列如

下：

- (1) 範疇一：工區/辦公室燃料燃燒、機具操作與設備逸散、公務車燃油燃燒；
- (2) 範疇二：工區/辦公室使用汽/電間接排放；
- (3) 範疇三：下包商於工區內活動所造成之排放、廢棄物、工程材料隱含碳(embodied carbon)；營造業中常用之高排碳材料包括鋼/鐵製品、其他金屬製品、水泥、瀝青產品、玻璃等。

上述碳排放源並未將使用階段納入計算，但由於使用階段為相當具有溫室氣體減量潛力之階段，且該階段之排放量實為規劃設計結果之具體展現，故營造業碳管理議定書提及：若營造商碳排放於設計階段已被納入，則應將其基於工程經驗所提出之減碳策略納入設計考量。

整體而言，營造業碳管理議定書為可輔助營造商評估與報告自身碳排放量之文件，評估範圍係以廠商營運控制權為考量，包括：行政、支援部門之運轉及其執行中之所有工程案件。評估與報告結果將可供營造商了解自身之碳排放量以及影響程度，以及更進一步、可究其營運模式中各環節排放源再作審視，尋求營造作業或流程改良及碳排放減量雙贏的機會。

二、美國工程計畫碳排放協議(2012)

美國馬里蘭大學土木及環工系教授(Cui, et al.)提出以計畫層級(project level)為評估範圍之工程計畫碳排放協議(Carbon Emission Protocol for Construction Project Accounting)，評估範圍包含：工址準備、材料製造、施工、營運、廢棄物管理及環境影響減量。邊界內之詳細評估項目如圖 2.2.1-3 所示。

依據協議之內容，圖中的營運一項僅適用於建築工程(Building Construction)，於公共工程(Infrastructure)則可排除；而工址準備與環境影響減量意指該工程對於工區範圍中、林木與土壤之碳匯改變等影響。其他排碳源則概分為：燃油燃燒、工料製程以及電力使用。該協議另以美國馬里蘭州 I-93 州際公路之橋梁上構替換工程為例，說明如何應用此協

議進行工程計畫層級碳排放計算之案例。該工程使用之主要工程材料為預鑄節塊，工程內容包括原橋梁上構拆除、預鑄節塊安裝、鋪面施工等；其工區範圍及施工示意圖如圖 2.2.1-4。

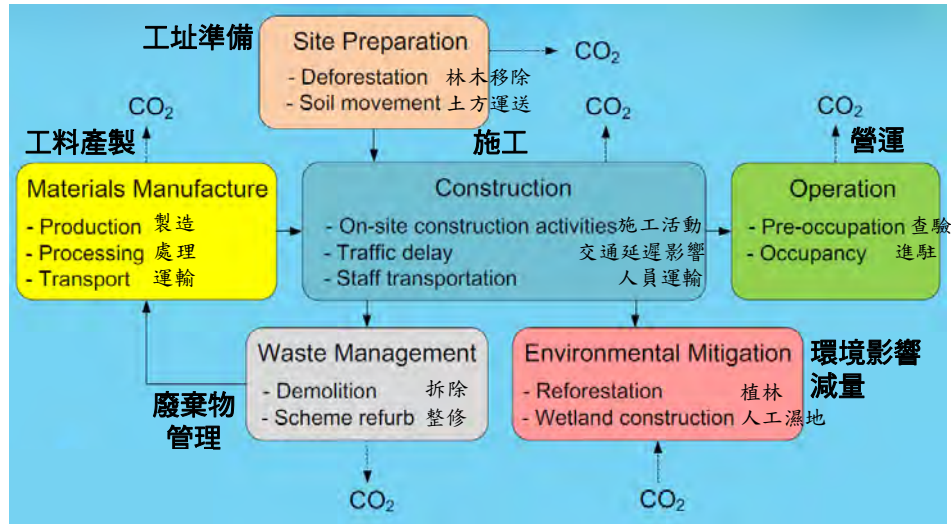


圖 2.2.1-3 工程計畫碳排放評估項目示意圖



圖 2.2.1-4 美國 I-93 州際公路橋梁上構替換工程示意圖

由於該案例工程內容係由移除原有橋梁上構開始，故在工址準備及環境影響兩個評估項目並無對應之碳增減量；此外，該案例還將廢棄物管理、交通延遲及人員運輸排除，但其並未明確說明排除之原因；又該工程之機具與工料運輸距離皆假設為 25 英哩，時速則假設為 40 英哩/小時。案例評估結果如圖 2.1.1-5 所示，工料製程占總工程排放量之比例高達 83%，機具操作約佔 14.6%，而工區用電及運輸之總和則僅占 2.1%。

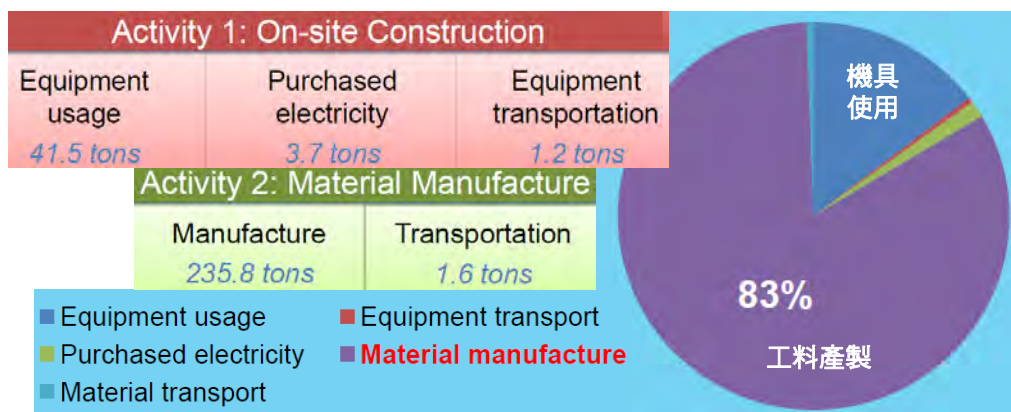


圖 2.2.1-5 美國 I-93 州際公路橋梁上構替換工程碳排放計算結果

三、英國重大工程碳管理計畫(2009)

英國政府早於 2003 年公布之能源白皮書(Energy White Paper)中，即承諾其國內長期減量目標為 2050 年之溫室氣體排放量要比 1990 年排放基準量再減少 60%；並於 2008 年通過之氣候變遷法案(The Climate Change Act 2008)中，納入此長程減碳目標，並再加嚴標準至減量 80%，且要求每 5 年制訂碳預算與訂定明確減排目標，實施相關減排措施，成為國際上第一個通過立法制定減碳目標之國家。

基於英國政府所定之減量承諾，英國道路工程主管機關：公路局(UK Highways Agency)於 2004 年即開始對道路工程建造及維護活動的碳排放計算進行邊界與計算方法的探討(Fry, et al., 2004)，逐年開發碳會計架構及碳排放計算之工具與指引；而後隨國際溫室氣體盤查標準(ISO 14064)及碳足跡評估指引 (PAS 2050:2008)的公告，於 2009 年底集合產官學界及工程顧問機構，共同發表重大工程碳管理計畫，並於報告中提出一套以工程生命週期為考量的碳管理架構(Carbon Management Framework for Major Infrastructure Projects)，整體發展進程如圖 2.2.1-6 所示。

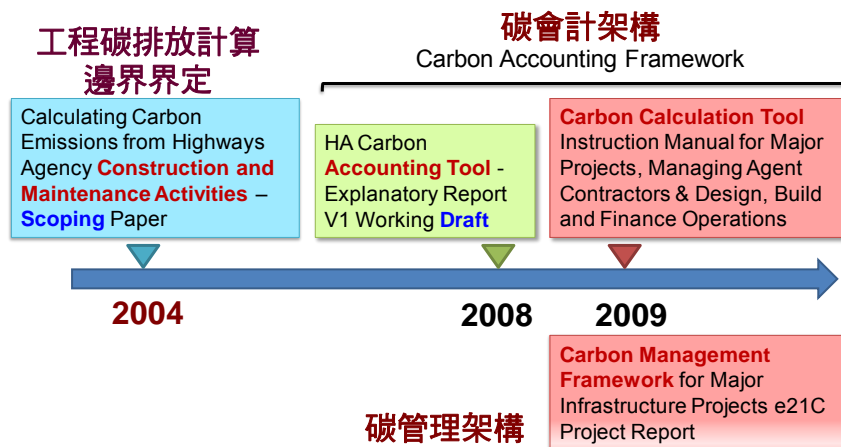


圖 2.2.1-6 英國公路局碳管理相關計畫發展進程

2009 年底發表的重大工程碳管理計畫 (Carbon Management Framework for Major Infrastructure Projects) 報告，係集合產官學界之鐵路、公路及工程機關所共同發表，內容以重大交通工程全生命週期的碳排放為評估對象及工程生命週期為考量，發展一套碳管理架構，目的與功能為引導重大工程活動透過管理的方式影響並達成碳排放減量；如圖 2.2.1-7。

應考量工程計畫全生命週期

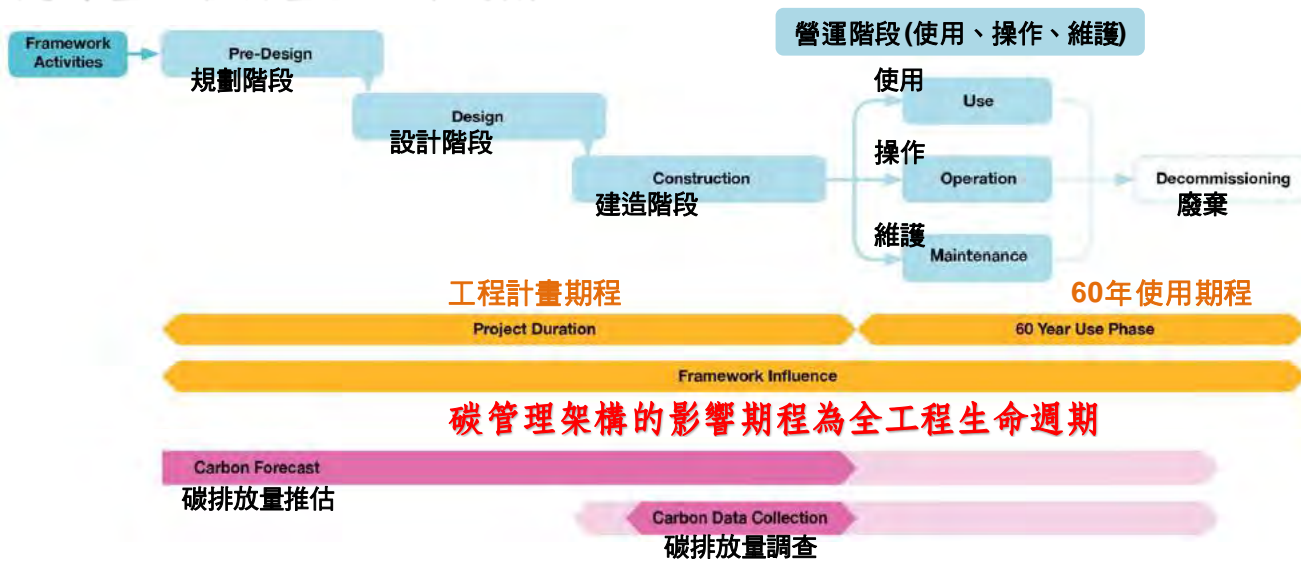


圖 2.2.1-7 英國公路局碳管理架構

該報告係以工程全生命週期的碳排放為評估對象，提出：碳管理架構範疇與適用對象、重大工程碳排放量計算邊界說明、碳排放量的量化與評估方法及碳管理與減量策略發展程序等，以作為重大工程生命週期溫室氣體排放評估管理之依據準則。其排碳評估及管理內容項目如圖 2.2.1-8 虛線框格內所示。

為利於落實上圖碳管理架構，英國公路局強調應就工程既有的專案管理系統建立碳管理系統，以更有效地透過工程管理達成碳排放管制與減量。此報告最後提出，碳管理的精神在於持續減量，如同環境管理系統(ISO 14000)所強調的持續改善觀念，建議以循環的方式推動，稱為碳管理與減量 8 步驟，如圖 2.2.1-9 所示，包括：界定動機與目的、設定目標與邊界、尋求減碳經費和標的、界定減碳機會、設定量測、監測和撰寫報告的權責機關、執行碳管理策略、監測專案進程、撰寫專案績效報告。

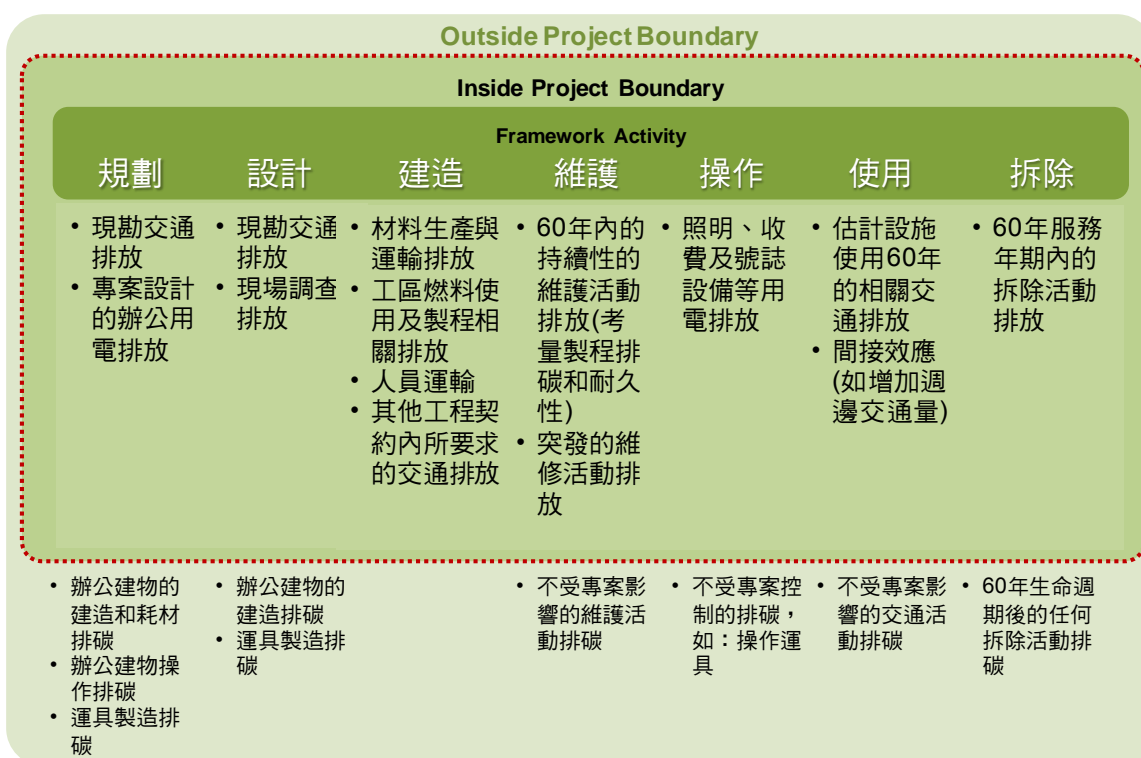


圖 2.2.1-8 英國重大工程計畫碳管理之排碳評估與管理內容項目

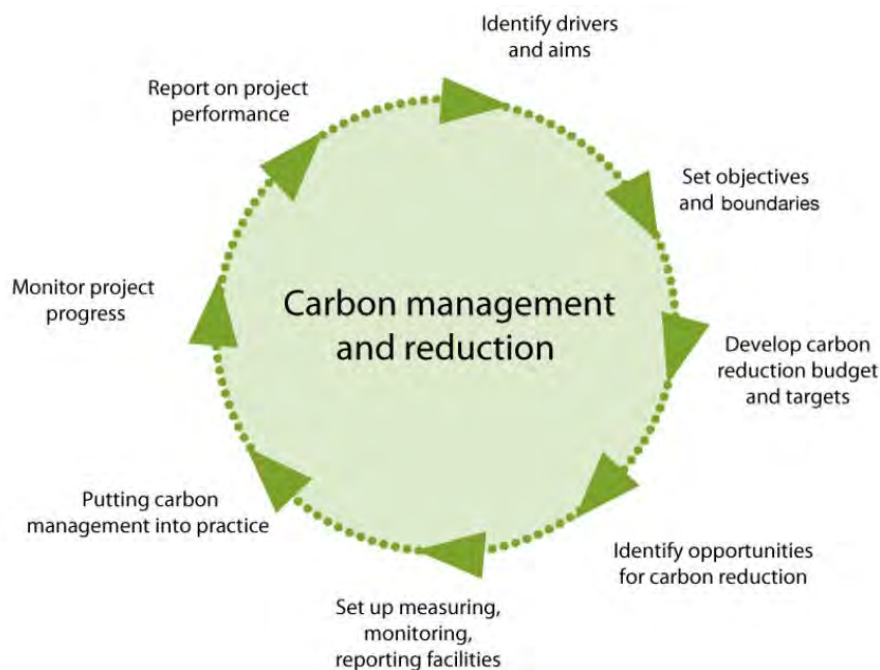


圖 2.2.1-9 英國重大工程計畫碳管理及減量步驟示意圖

四、美國溫室氣體減量策略(2010)

美國州道路及運輸官員協會(American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO)於 2010 年針對交通運輸工程建造、維護及操作活動提出溫室氣體減量策略，內容建議由五個面向著手，包括：用於道路設施的電力排放管制、行駛於路上(on-road)的車輛排放管制、非行駛於路上(off-road)的機具排放管制、材料使用排放管制及交通管理。並於附件中附上相關排碳係數，如：燈具單位流明排碳量、各式車輛單位里程排碳量、各式施工機具單位工時排碳量、各式材料單位用量排碳量，以及各式燃料單位用量的排碳量等。

其中，非行駛於路上的機具排放即指建造階段及營運階段修繕工程的施工機具，工程材料亦包含建造階段及修繕維護所需的用料。此兩部份的減碳策略核心為減少機具活動及材料用量、提高燃料使用的效率、選取替代燃料或材料，及材料處理方式改善(如：熱拌合瀝青)等。

五、法國開發署開發計畫碳足跡工具(2011)

法國開發署(Agence Française de Développement, AFD)是經法國政府授權的國有金融機構，其設置目的在於向發展中國家提供官方發展援助

貸款。基於法國氣候變遷因應承諾，法國開發署近年來持續致力於促進低碳開發計畫，如 2012 年 5 月提供中國啟動生物固碳造林和沼氣建設項目：雲南將利用法國開發署提供的 3,500 萬歐元營造 5.9 萬公頃生物固碳林、建設 2.4 萬戶沼氣池。

為確保融資標的與其輔助低碳發展的策略相符，法國開發署自 2007 年即開始探討碳足跡計算工具，至 2011 年再提出簡化版的開發計畫碳足跡計算工具及指引，內容包括開發計畫碳足跡量化方法、工具操作手冊及 27 種不同類型開發計畫的碳足跡估算關鍵因子，包括：假設條件、計算項目、估算資料引用來源及估算方法的限制條件。

不同於其他計算指引多以原則性的方式，提出量化方法及活動資料蒐集、係數選用等細節，法國開發署此版指引更強調實務應用價值，及於不同國家及不同開發類型開發案的適用性。其中，開發計畫的碳足跡計算包括工程生命週期的建造及操作營運兩階段，計算建造階段碳排放之時間範圍即為工程期程，操作營運階段則建議為：水壩為 50 年、交通基礎設施為 30 年、其他計畫為 10 年，但也保留視計畫需求調整的原則。

由於此計算指引主要是評析開發計畫的減量效益而非僅排放量，故特別在減量的定義上有明確的界定：開發計畫實施後的全生命週期減碳量較排碳量大者即視為減量計畫，意即開發後的排放量可能較未開發前為大，但其單位碳排放的產值較於未施行開發計畫前其實也有提升，則仍可被視為減量計畫；惟法國開發署將會給予不同的計畫標籤。

如圖 2.1.1-10 所示，趨勢線 1(實線)代表的是開發計畫未實施前對應產值的排放趨勢，趨勢線 2(虛線)則為開發計畫實施後的排放趨勢。以零方案之排放量為切分點，將符合趨勢線 2 的情境、較零方案排放量高但碳排放密集度降低的計畫，稱為清潔技術計畫(Clean-technology projects)；而執行後能使排放量較零方案少，即相同產值的情境下能夠降低排放量的計畫，稱為氣候計畫(climate project)。

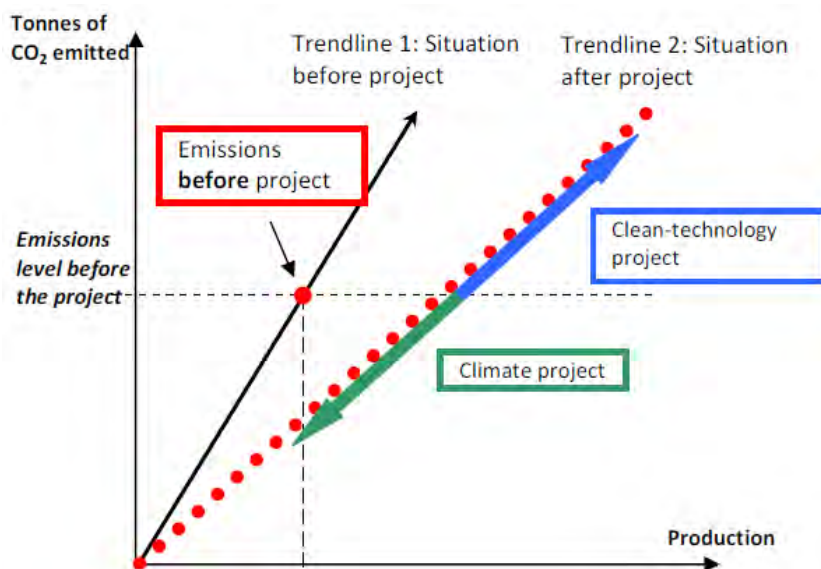


圖 2.2.1-10 開發計畫減碳類型分析示意圖

六、英國工程碳足跡減量行動計畫(2010)

碳信託公司(Carbon Trust)為 2001 年由英國政府設置的獨立公司，主要任務為發展低碳經濟、減少二氧化碳排放量和發展商業低碳技術。有建於碳足跡規範的興起及工程碳足跡議題陸續在各國皆引起討論，碳信託公司遂與營造策略論壇(Strategic Forum for Construction)於 2010 年提出營造過程碳足跡減量行動計畫報告(Carbon: Reducing the footprint of the construction process – an Action Plan to Reduce Carbon Emissions)，作為英國政府與產業共同訂定永續營造策略與標的之依據。該報告係以 2008 年排放水準的 15% 為自願性減量目標，估計需減碳約 75 萬噸。

此行動計畫所考量之減碳重點對象有 4 項，分別為：現場營造與設施、工程材料及廢棄物清除相關運輸、商務交通及管理單位辦公室。由 4 個主要標的延伸之行動方案基線排放狀況與減量目標及對應之成本節省額度如表 2.1.1-1。綜合減量潛力及可行性評估結果，如圖 2.1.1-11 所示，該報告提出建議最具減碳潛力且應優先執行的行動方案為 F 方案，即運輸的減碳，獲優選的行動內容包括：促進可提升工作效能的教育訓練(F1)，及對於低碳思維的認知及節省燃料的操作習慣(F2)。

表 2.2.1-1 英國營造碳減量預算分析表

項目	行動方案說明	年減碳百分比(與2008年相較)	2012年減碳量(tonCO ₂ e)	年節油成本(百萬歐元)
A	現場設備能源使用效率提升	3.9%	200,000	45.0
B	營造過程能源使用效率提升	1.7%	84,000	19.0
C	及早連接電網	0.9%	45,000	7.0
D	現場能源管理	0.5%	28,000	7.0
E	現場測量、監測與訂定標的	-	-	-
F	減少運輸能耗-貨運	2.4%	120,000	23.0
	減少運輸能耗-廢棄物清除	0.8%	38,000	9.0
	利用再生能源-貨運與廢棄物清運	0.5%	25,000	0
G	設置集裝中心	0.3%	13,000	2.5
H	分享替代能源使用知識與技術	-	-	-
I	減少廢棄物運輸	0.5%	25,000	5.9
J	利用再生能源-人員交通	0.2%	8,000	0
	駕駛訓練-人員交通	0.9%	44,000	23.0
	鼓勵共乘減少載具能耗	1.3%	68,000	35.0
	限制搭乘國內航線	0.5%	26,000	0
K	辦公室能源管理	0.6%	28,000	4.0
總計		15.0%	750,000	180.0

CO ₂ reduction potential	Suggested priorities				
	1	2	3	4	5
Very high	F1, F2	A1, A2, A3, A5, F3	F4	A4, A6	
High	B1, D2	B5, C1, C4, C5, D4, D3	B2, B3, C3, D1, D5, J2, J4	B4, C2, J3	
Medium	K3, I1, I3	J1	I2, K1	K2	
Low	G1		J5, G3, G4, G5		
n/a (research & planning)		E1, E2, E7, H1	E3, E4, G2, H2, H3	E5	E6

圖 2.2.1-11 開發計畫減碳行動之潛力及優先次序建議圖

2.2.2 先進國家碳排放計算工具

一、英國公路局碳會計架構：碳計算器(2009)

參考本報告2.2.1節對於英國公路總局推動碳管理相關計畫的進程，該單位在提出碳排放管制的理念後，已於2008年提出較為完整的道路工程碳計算方法及初版試算工具，並於2009年完成具備碳足跡考量的道路工程碳排放計算器(Highway Agency Carbon Calculation for DBFOs)。其中因應排碳量計算所需蒐集的資料包括四類，分別為：能源電力使用、工程材料、運輸及廢棄物處置。

另依英國公路局的行政管理結構，又分為主要計畫(Major Projects)、代理機構承包商(Managing Agent Contractors, MACs)及承包商(Design, Build and Finance Operations, DBFO)三類試算表，詳如圖2.2.2-1，顯見英國公路局鼓勵各管理階層全面推動碳排放量評估的企圖心。

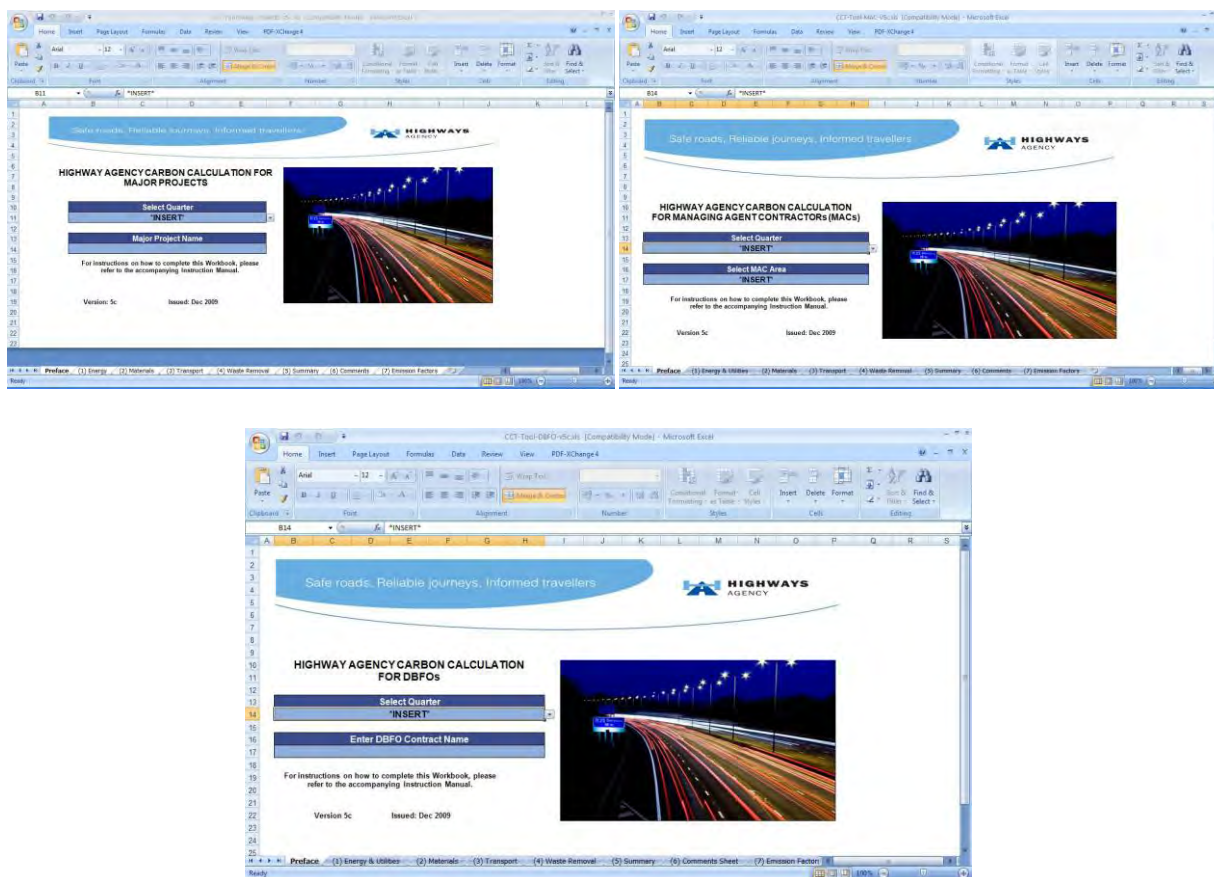


圖 2.2.2-1 英國公路局碳排放量計算器

由圖下方試算表標籤列可看出，該工程碳排放計算工具共包含 7 個工作表，(1)到(4)可分別輸入能源及電力使用量、工程材料用量、運輸及廢棄物量與清運距離，(5)為前述各項填入值計算後的統計分析，(6)為使用者對於使用該計算器進行碳排放量運算的補充說明，使用者需就填報資料內容是否詳實的是非和問答題提出回應，共有 8 題；最後(7)即含(1)~(4)表中填入數量，及計算出碳排放量所引用的參數項目、排放係數值、單位與出處。

二、英國環境署工程計畫碳足跡計算器(2010)

英國環境署(Environmental Agency)統計其管理範圍內於 2007~2008 年之工程建造成本發現，建造相關經費約 2 億歐元，相當於全國建造與工程部門經費的 3%，致使該單位開始關心工程活動排放量評估議題，並發展且逐年陸續更新工程活動排碳量計算模式與參數，作為其國內工程活動碳排放量之評估工具。

至 2012 年、歷經 12 次改版後，目前在網站上公告、為各式工程碳排放量計算時所應用之碳足跡計算器為 3.4 版；其整體評估架構如圖 2.2.2-2 所示。

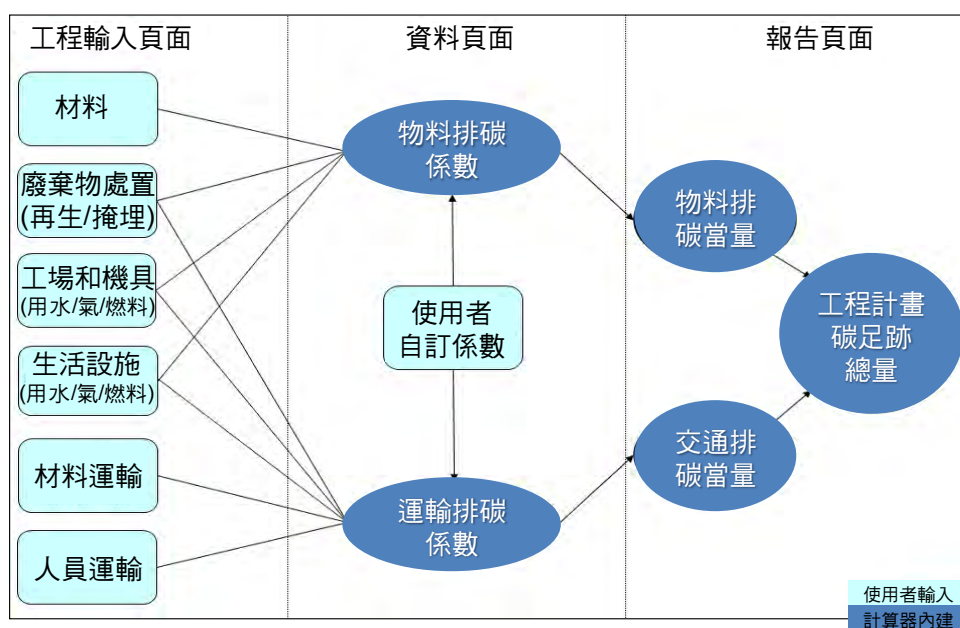


圖 2.2.2-2 英國環境署工程計畫碳足跡計算器

不同於過去稱之為碳排計算器，由圖最右方欄可看出，利用該計算器所求出的將會是工程計畫的總碳足跡；需要蒐集、輸入的資料(圖最左方欄)包括有 6 類：工程材料量、廢棄物量、工廠和機具操作量、工區內油水電氣等資源用量、工程材料運輸(運送至工區)及人員排放。

在提供工程計畫碳足跡計算器下載的頁面下，另附有數個以該計算器進行工程碳足跡及減碳策略施行後的減碳量之案例。以其中一個建造成本約 38 萬歐元的橋梁改建計畫碳足跡與減碳量計算案例(如圖 2.2.2-3)進行回顧，該計畫在尋求減碳策略前的碳足跡評估結果為 125 tonCO₂e，實施減碳策略後碳足跡評估結果為 63 tonCO₂e，減碳成效為 62 tonCO₂e，減碳百分比達 49.6%。



圖 2.2.2-3 英國環境署工程計畫碳足跡計算案例

達到該減碳成效之減碳策略包括：將原本設計以大跨度水泥厚塊建造的橋面改為以鋼架和相對較小的預鑄水泥厚塊鋪設。新方法可以較小型的吊車進行施工，減少操作吊車用於懸吊和固定所需的時間，進而減少油耗量。該項減碳策略之實施前後之碳足跡經計算分別為 48 及 8 tonCO₂e。

此外，原橋面拆除後的廢料經現場破碎後再利用，減少廢棄物外運和級配料輸入的碳排放量；該方法估計可減少約 2 tonCO₂e 的碳排放量。另該改建計畫在橋面胸牆的設計上，由原本設計量的 1.5 m 縮減為 1 m，藉以同時達到美觀和鋼材減量的效果，減碳量估計為 2 tonCO₂e。最後，

在兩側橋台護堤的部分，該計畫係以既有經沖刷的基樁再利用於右岸，透過減少物料用量和運輸量達成減碳約 18 tonCO₂e。

2.3 國內道路工程相關碳管理政策規範與案例

因應未來可預見的溫室氣體管制與減量潮流，我國政府自民國 97 年起即開始一系列將節能減碳概念納入政策規範的作為，如圖 2.3-1 所示，強調政策規劃應符合碳中和(Carbon Neutral)原則，建構碳足跡、碳揭露等制度。以下即分小節就我國目前與道路工程較具相關性的參考準則、交通部運輸研究所 100 年度發展碳排放量評估模式的研究成果、公路總局初步發展及應用於蘇花改計畫之碳管理循環架構、工程會公共工程碳估算與管理試辦案例作業進度，及我國道路工程碳足跡產品類別規則研議之現況進行簡要說明，作為本計畫發展蘇花改計畫碳管理架構之依據。

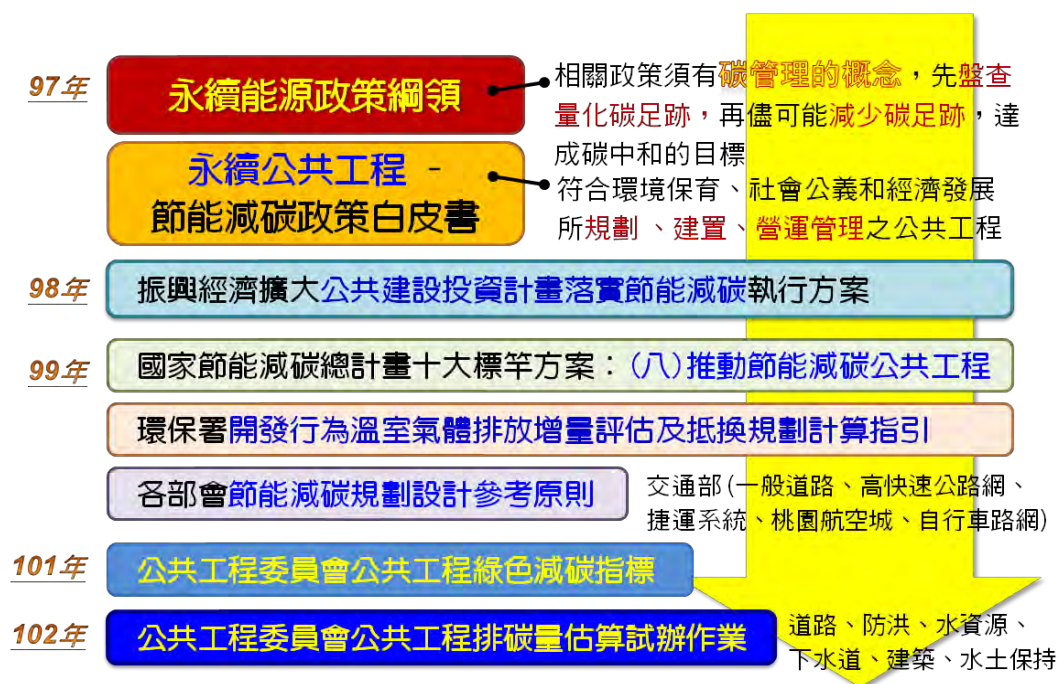


圖 2.3-1 我國道路工程碳管理相關政策發展示意圖

2.3.1 國內相關政策說明與趨勢研析

一、永續公共工程-節能減碳政策

行政院於民國 97 年核定通過「永續公共工程-節能減碳政策白皮書」，旨在推動符合環境保育、社會公義和經濟發展所規劃、建置、營運與管理的公共工程。公共工程由提出開始，均需歷經可行性評估、規劃設計、發包、施工及維護管理等各階段的工作，並經由良好的經營來達成其預期的經濟目標。因此在公共工程的永續性考量下，應以工程全生命週期探討節能減碳策略，確保公共工程整體的減碳效益。

為具體推動公共工程節能減碳，並協助國內綠色產業發展、增進國內綠色能源產業競爭力，行政院於民國 98 年進一步指示，在「振興經濟擴大公共建設投資計畫中，各項公共建設應有適當比例之經費採用綠色工法或綠色能源相關產品」。目前振興經濟擴大公共建設投資計畫中，不論是重大工程、危險校舍的重建，或是都市更新，皆須遵行「綠色能源原則應不低於預算 6%」、「用於再生能源及節能減碳綠建築之預算原則不低於 10%」的原則。

二、交通部節能減碳規劃設計參考原則

因應國家整體節能減碳的目標與行動，交通部於民國 99 年 5 月提出節能減碳規劃設計參考原則，內容主要分為五大交通型式：一般道路、高快速公路網、捷運系統、航空城以及自行車路網。

一般道路的節能減碳重點策略包括：(1)應配合永續公共工程強調之重點，融入綠色環境、綠色工法與綠色材料概念於規劃設計和土建工程中；(2)考量綠色能源的比例，營運階段建議多採用再生能源及節約能源產品或設備。在節能減碳成效評量部分，參考原則中建議，分別以綠色環境、綠色工法和綠色材料三面向提出評估細項進行評估。

三、環保署開發行為溫室氣體排放增量評估及抵換規劃計算指引

為因應環評審查程序對開發行為之溫室氣體排放量評估、減量及抵換規劃之要求，並確保開發單位在規劃階段已確實考量各項可行節能及減量措施，提出對應之盤查、查證與登錄作業並針對增量部份提出抵換規劃，環保署於民國 99 年 11 月公告「開發行為溫室氣體排放增量評估

及抵換規劃計算指引」，提供開發單位進行溫室氣體排放管理及環保署審查開發案件溫室氣體提報內容之依據。

該指引內容包括溫室氣體排放量化評估、最佳可行技術、減量措施分析與量化、抵換規劃等程序說明，並將相關排放源鑑別格式、產業可行減量措施及開發行為增量評估及抵換規劃格式列為附件，提供開發單位進行排碳源鑑別與排碳量計算之記錄參照。

四、交通部運研所交通運輸工程碳排放量評估模式建立與效益分析之研究

為打造具節能減碳效果之交通運輸工程，交通部運研所於民國 100 年委託該案，發展可用於交通運輸工程之可行性評估、規劃設計等階段的排碳及節能減碳效益評估方法，作為相關工程在節能減碳議題之決策參考。該計畫成果除了提出一套適用於工程碳排放量評估的方法外，另藉由廣泛蒐集國內外碳排放係數及配合蘇花改計畫基本設計進度，初步完成我國道路工程碳排放量評估首例。

由於是採用設計資料進行排碳量計算，故評估內容並非如方法論所設計、包含各類碳排放活動內容，而僅含機具操作使用柴油、電力及主要工程材料用量排碳三部份，並未包含材料、機具、人員和廢棄物運輸以及碳匯變化量。排碳量推估結果顯示，施工機具能耗的排碳量約佔 6 ~ 16%，工程材料使用碳排放量約佔 64 ~ 70%；其中，無論工程內容是以隧道或橋梁工程為主，混凝土之於總土建標工程活動碳排放量之佔比皆維持在 23 ~ 29%，但以橋梁工程為主的標案鋼筋排碳量佔比即明顯高於隧道工程許多。

由於該案例為我國首度以工程設計資料進行整體碳排放量計算，欲對於相關評估結果提出正確論證，還需透過增加試評案例或進行實務調查的方式，才能逐步降低用以計算碳排放量之活動量或排碳係數之不確定性。為此，運研所於 101 年度持續進行交通運輸工程節能減碳規劃設計手冊研究與編定計畫，內容包含國內外相關研究與案例的持續追蹤以及國內更多道路工程設計案例的試算，作為後續我國道路工程規劃設計階段導入碳排放量計算之時機與執行流程的參考依據。

五、公路總局道路工程碳管理構想

基於國外碳管理制度與案例的發展，公路總局自 100 年度起即開始致力於思考如何將排碳量管制和節能減碳的概念應用於道路工程計畫中。隨著交通部運研所的計畫發展脈絡，公路總局遂於民國 101 年初發展出工程碳管理架構與機制，如圖 2.3.1-1 所示，係以工程生命週期為考量，戴明管理循環(PDCA)為參考的滾動式、持續漸進式的碳管理循環。

碳管理循環程序係由最上方的範疇與邊界定開始，必須先進行碳管理邊界的劃定，例如是以一個工程整體或僅以某部分(如土建工程)為邊界，作為碳排放量化與管制的範圍。而後依據工程生命週期，首先於規劃、基本設計階段進行碳排放量的推估，作為了解可能的碳排放量、主要的碳排放源，以及提出減量方案的基礎。在對於碳排放總量及主要排放源有所了解後，則應以低碳為考量，進行方案設計與評估，進而在道路功能目的可達成、工程施作可行的情況下，優先採行減碳策略作為施工計畫。



圖 2.3.1-1 公路總局道路工程碳管理架構

公路總局期能以蘇花改計畫為我國道路工程推動碳管理之首例，成為公共工程碳管理之典範，故配合蘇花改計畫規劃設計進度，於本計畫

執行前，即已責成蘇花改工程處及 A、C 段設計單位，共同完成碳管理架構的第一階段：排碳量評估和減碳效益分析與方案選擇；並基於這些成果，繼續向下推動施工階段與營運階段的碳足跡盤查、報告與排碳量管制工作。

本計畫執行中之工程碳足跡盤查工作，即為銜接此前期設計單位之碳排放推估結果所啟動，除於工程竣工後取得查證聲明、作為我國道路工程碳管理的成效外，更重要的意義與價值在於將盤查過程中的調查取得的數據資料整理成我國本土的道路工程碳排放量計算參數，並就工程排碳量推估與盤查結果進行差異性分析，最後回饋於碳排放量評估方法中，提升我國道路工程於規劃設計階段進行碳排放評估結果的正確性，並加強道路工程碳管理的有效性。

六、公共工程委員會公共工程排碳量估算試辦作業

為推動永續公共工程及配合國家節能減碳政策，公共工程委員會已於 101 年委託之公共工程綠色減碳指標計畫，初步完成公共工程碳排放估算模式初步研究及試算案例，而後依該研究之結論與建議，於去(101)年 12 月 13 日召開「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」，邀請本計畫及環保署進行蘇花改計畫工程碳排放量及減碳效益評估結果及我國碳足跡推動進程之簡報；並於會中達成：洽請交通部、內政部、經濟部及農委會提出試辦案例之結論。

基於前項會議的結論，公共工程委員會進一步又於今(102)年 3 月 6 日召開「公共工程排碳量估算試辦作業研商會議」，請各主管或經常辦理之 6 工程類別(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)分別提出試辦工程案例，進行碳排放估算及碳盤查作業。依據工程會在 5、6 月份所辦理之公共工程碳排放量估算試辦作業工作會議討論內容，目前交通部、內政部、經濟部、教育部、農委會等部會已提出試辦工程共計 20 件，如表 2.3.1-1；本計畫亦列於其中。

不同於其他工程計畫皆還在規劃設計階段故被提出作為執行碳估算與盤查試辦案例，本計畫係以經驗分享為考量所提報，為其中唯一已成

案且執行中之施工期間工程碳管理專案。

表 2.3.1-1 公共工程碳排放量估算試辦作業-試辦工程一覽表

部會	主辦機關	工程名稱	工程類別
交通部	公路總局蘇花改工程處	台9線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理委託服務工作	道路工程
	高公局	國道1號鼎金系統交流道改善工程增設鼎力路南下出口匝道	
	國工局	國道4號臺中環線豐原潭子段計畫	
經濟部	水利署	102年度石門水庫上游段羅浮橋下淤積物挖裝作業及附屬設施工程-含水庫庫區周邊清淤	水資源工程
	水利署	湖山水庫工程計畫-湖山水庫下游梅林溪護岸修復工程	
	水利署	湖山水庫工程計畫-湖南壩左岸遷建道路水土保持工程	
	水利署	新北市三芝區後厝海岸環境營造工程	防洪工程
	水利署	新北市淡水區油車口海岸環境營造工程	
	水利署	鶯歌溪余厝橋上游右岸環境營造工程	
農委會	水保局	牛欄山上游野溪整治工程	水土保持工程
	水保局	龍蛟溪野溪整治六期工程	
	水保局	萬得野溪整治工程	
內政部	內政部入出國及移民署	內政部入出國及移民署臺中辦公廳舍新建工程	建築工程
	內政部營建署	新竹市茄苳接西濱連絡道路新闢工程	道路工程
	新北市政府水利局	新北市樹林地區污水下水道系統第一期工程第七標(支(分)管及用戶接管)	下水道工程
	營建署下水道工程處中區分處	苗栗地區污水下水道系統南苗主次幹管工程(一)	
	營建署下水道工程處南區分處	臺南市永康區污水下水道系統(PB分區)管線工程第二標	
教育部	國立政治大學	藏書空間暨學生宿舍興建工程	建築工程
	國立臺灣藝術大學	多功能活動中心新建工程	
	國立臺北科技大學	精勤樓新建工程	

目前其他試辦計畫的執程序如圖 2.3.1-2 所示，各試辦單位將須循蘇花改 A、C 段模式：於設計階段先提出碳排放量評估報告，並於其中提出工程碳盤查範圍的建議；在成本效益、空間時間範圍可行性等考量下，於工程開工後，推動盤查工作。

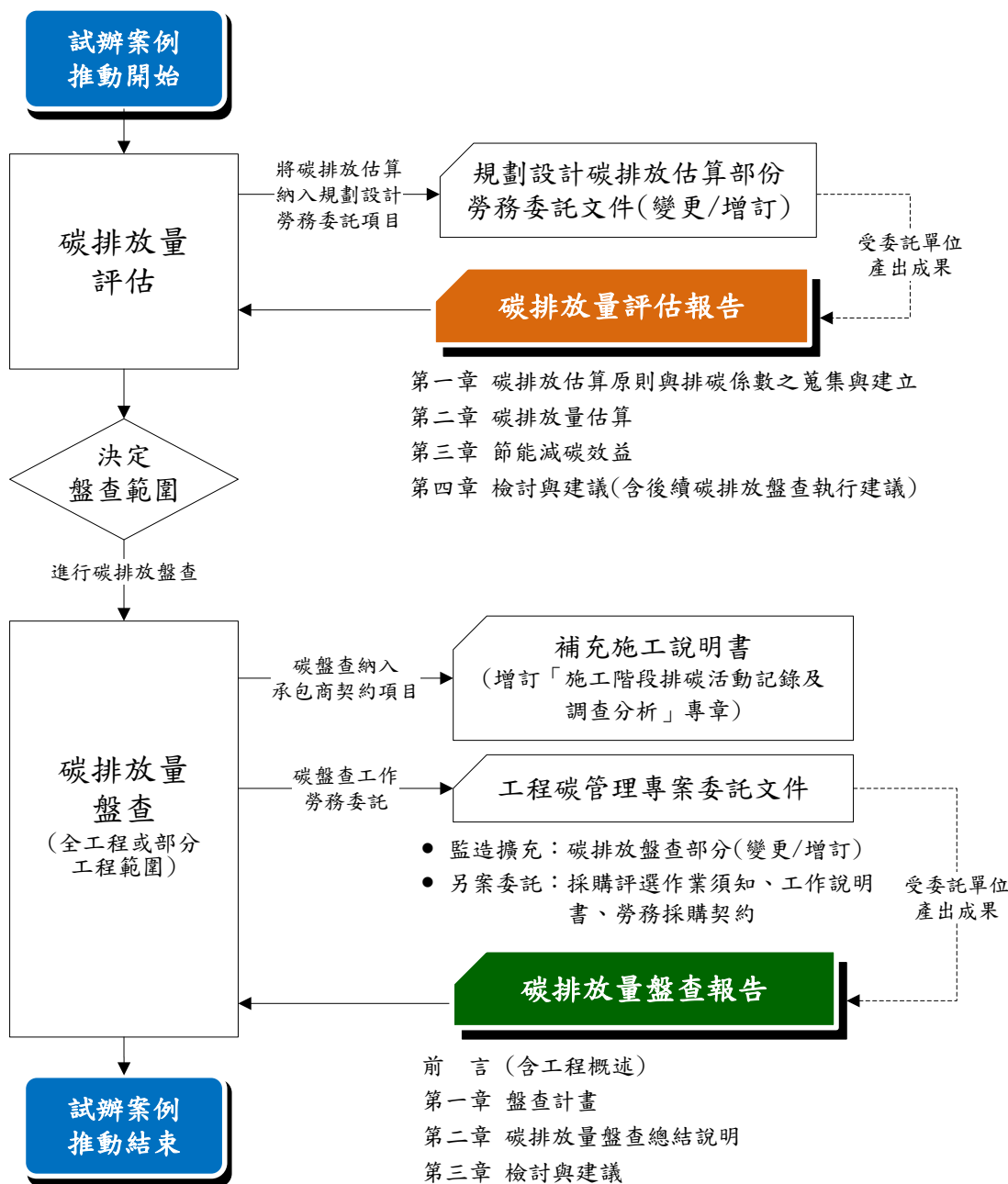


圖 2.3.1-2 公共工程碳排放量估算試辦案例推動流程

2.3.2 我國道路工程碳足跡產品類別規則之發展

由本章 2.1.3 節回顧國際交通運輸工程相關產品類別規則之發展歷程可看出，由國際道路工程 PCR 由初稿提出至公開討論再到正式公告的過程中，曾多次展延作業時間，且公告版本的內容仍留有待釐清之處，顯見研訂公共工程產品類別規則實具有相當的複雜度；也因此，相關的實務盤查與計算經驗，將是對於公共工程相關 PCR 得檢討修正具有代表性參考意義的證據。

在國際 PCR、CFP-PCR 等參考文件發展的速度、其內容於我國的適用性及 ISO/TS 14067 條文之要求等多方考量下，本計畫自 2013 年 7 月與西濱南八棟寮九塊厝碳管理計畫合作，結合兩計畫不同特性之道路工程內涵，共同輔導我國道路工程主管機關公路總局，循我國環保署碳足跡產品類別規則制定程序，啟動本土道路、隧道及橋梁基礎設施碳足跡產品類別規則(CF-PCR)開發程序。

我國環保署為使同一種類型、功能之商品或服務在計算碳足跡時能有一致的基準，除了在產品與服務碳足跡計算指引中提到應參考既有 PCR 進行碳足跡量化程序外，亦訂有碳足跡產品類別規則文件(CF-PCR)制訂流程，協助製造商或提供該類服務業者所組成之同業公(協、商)會，透過標準化與程序化之訂定程序，完成該類產品於國內的碳足跡評估標準，作為產品碳足跡評估時系統邊界範疇界定和數據計算之依據，使得同類別產品碳足跡排放量計算時能有相同的基準。

目前已通過環保署審議或認可的碳足跡產品類別規則文件(CF-PCR)共計 47 項，惟我國產品碳足跡的查證與碳標籤的核發於現階段是以食品和家用之民生產品為主，尚未有公共工程相關類別的碳足跡產品類別規則公布。為此，本團隊已報請 公路總局同意，將依循我國 CF-PCR 的審議程序，建立本土的道路、橋梁、隧道工程碳足跡 CF-PCR，而訂定完成之道路、橋梁及隧道工程 CF-PCR 將公告於環保署之台灣產品碳足跡資訊網，可供未來國內同類型之公共工程於執行碳足跡計算及碳盤查工作時參考使用，以達到公共工程節能減碳、永續發展的目標。

依據環保署之規定，CFP-PCR 審查文件之準備流程如圖 2.3.2-1，茲分項說明各流程之作業要點如下：

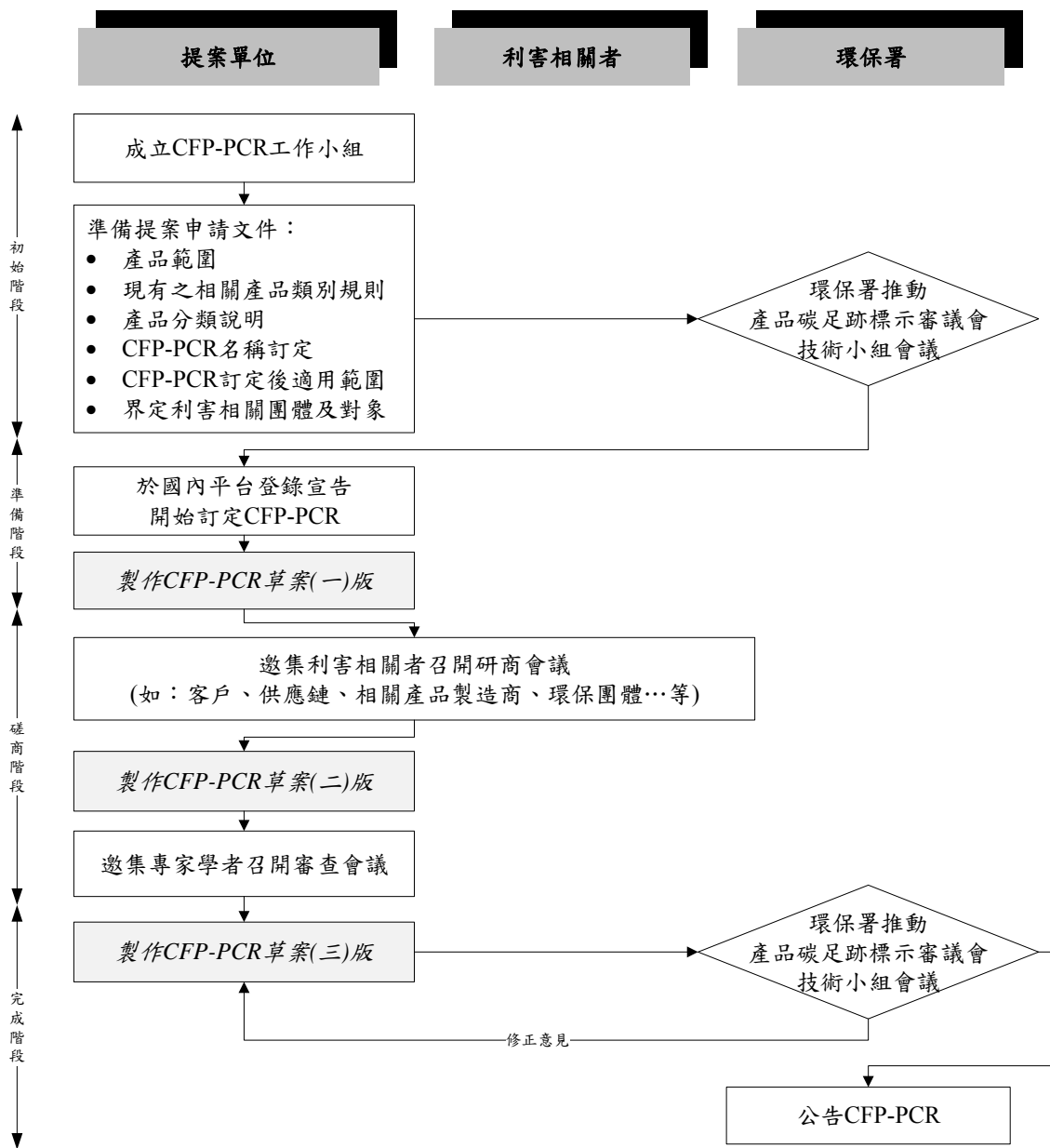


圖 2.3.2-1 產品類別規則文件訂定流程

1. 初始階段：依照產品特性並援引相關規範，指派產品類別規則文件訂定計畫主持人，考量既有文件，成立工作小組，並界定利害相關團體及對象。

2. 準備階段：於國內登錄平台宣告將訂定之產品類別規則文件，擬定產品類別規則文件草案，將草案提供給相同產品事業與供應鏈廠商。
3. 磋商階段：應將產品類別規則文件草案公告於國內平台，邀集利害相關團體及對象召開研商會議，並參酌各方評論修改草案。
4. 完成階段：召開產品類別規則文件內部審查會議，邀請至少一位具生命週期評估與溫室氣體查驗相關技術資歷或經驗之專家學者，與其他專家學者組成三人(含)以上小組進行審查，並由工作小組列席報告；經內部審查修正後，完成產品類別規則文件擬定。

本團隊提出之道路、橋梁、隧道 CF-PCR 之登錄申請，目前已於今(102)年 7 月份通過環保署技術小組審議會之審查，並於 CF-PCR 草案製作完成後，於 10 月 18 日辦理利害相關者座談會、11 月 25 日辦理專家諮詢會，相當於已完成初始及準備階段，持續進行磋商階段。茲條列經兩次會議討論後，所提出之 CF-PCR 草案(三)版重點內容摘要如下：

1. 文件編號：13-024 基礎建設-道路(Infrastructure-Road)

此 CF-PCR 規範之產品組成為各種類型之道路建設，並包含其他必要附屬設施。產品功能為提供各類型載具行駛，特性為台灣地區各種類型之道路工程，包含瀝青混凝土、鋼筋混凝土等各種類型可供各類型路面運具通行之構造物，及為了滿足此功能所需之交控、照明與其他必要附屬設施。道路的功能單位定義為**每公里-寬度(或依研究目的，由執行單位選定長寬範圍)道路之修建(包含道路設備與其他必要附屬設施)**，以及未來 50 年之營運。

2. 文件編號：13-025 基礎建設-橋梁(Infrastructure-Bridge)

此 CF-PCR 規範之產品組成為各種類型之橋梁建設，包含木橋、鋼筋混凝土橋、鋼橋或預力混凝土橋等各種材料類型之橋梁，並包含橋梁設備與其他必要附屬設施。其功能為滿足各類型路面運具跨越地形、河流或山谷兩側等需求，特性為提供前述功能的構造物及所需之交控、照明與其他必要附屬設施。橋梁的功能單位為**註明**

長度與寬度(或依研究目的,由執行單位選定範圍)之一橋梁結構單元之修建(包含橋梁設備與其他必要附屬設施),以及未來 50 年之營運。

3. 文件編號: 13-026 基礎建設-隧道(Infrastructure-Tunnel)

此 CF-PCR 所規範之產品為各類型之隧道基礎建設及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。其功能為提供車輛通行、穿越山岳、平地、海底或河底之通路;特性則為提供前述功能的構造物及所需之交控、照明與其他必要附屬設施。此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。

本團隊目前正在循內部程序檢閱草案(三)版,確認修正後內容能夠與利害相關者會議及專家諮詢會議之各方寶貴建議相符,再送環保署交付環保署召開審議會議、盡速完成公告,為本計畫碳足跡盤查工作和取證程序提供明確而有力的依據,並由此樹立公共工程建立 PCR 的範例。

第三章 蘇花改計畫工程碳足跡盤查執行進度

依據招標文件中、委託服務工作說明書之內容，本計畫執行實際工程碳足跡盤查輔導及檢查之範圍包括：A 段及 C 段各標土建及機電照明工程、B 段之機電照明工程，及全線(含 A 段、B 段、C 段及既有台 9 線配合新增工作)之交控工程；詳細範圍說明如表 1.3.1-1。

為符合國際碳足跡評估指引 PAS 2050 及國際標準技術規範 ISO/TS 14067 查證之資料完整性要求，本計畫執行盤查輔導的範圍包括：工區(工程主體之排碳活動及所造成之碳匯變化)，以及非工區施工管理(各單位設置之辦公及無法區隔之住宿場所)兩大部分，如圖 3-1 及表 3-1 所示。

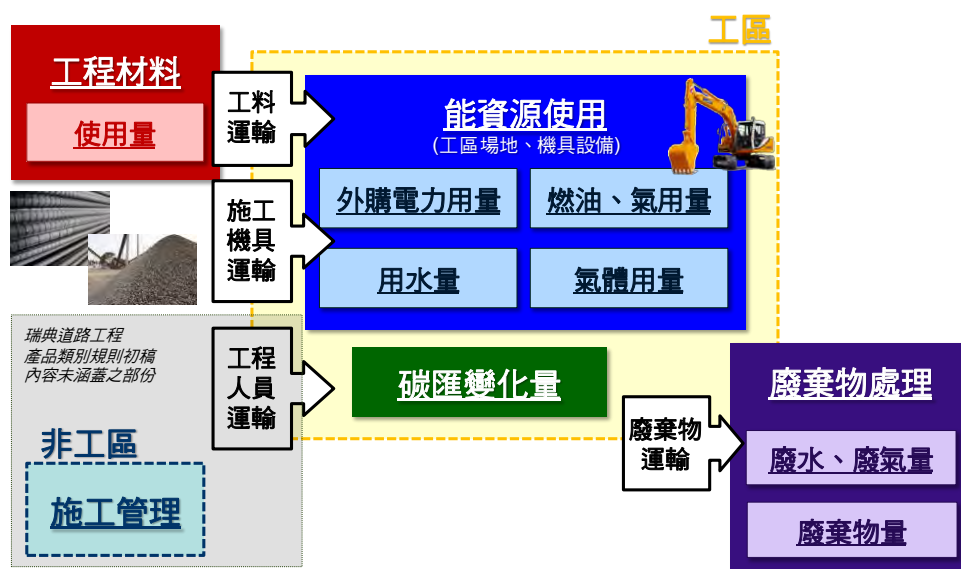


圖 3-1 工程碳足跡盤查範圍示意圖

工區施工範圍即為道路設施之建造範圍，參考碳足跡規範之原則性描述及目前瑞典交通部所提出之道路工程產品類別規則內容，舉凡：道路鋪面、基礎、設備、儀控裝置、隧道、橋梁等主體及附屬設施建造過程中，所使用的能資源(油、氣、水、電)、工程材料生產及使用碳排放量、所產生的廢棄物處置碳排放量，以及所造成的碳匯增減量及相關運輸行為的能源耗用排碳，皆為工區碳足跡盤查之必要項目。

表 3-1 本計畫碳足跡盤查輔導範圍

盤查輔導範圍		涵蓋範圍
工區 (工程主體：含預鑄場、 預拌混凝土廠及碳匯調查)	土建	A1、A2、A3、C1、C2
	機電	A4、B5、C3
	交控	全線
非工區(施工管理)		蘇花改工程處、各段監造辦公室、 宿舍及各標承包商辦公室與無法區 隔之宿舍

惟工程人員上下班交通能耗部份，本為 International EPD® System 系統中營建 PCR 基本模組所排除之項目，考量部分國外案例(如：英國環境署工程活動碳足跡計算器)仍有將其納入，故本計畫本年度對此仍有持續調查並計算排放量，但此部份排放量將排除在查證聲明範圍外。而碳匯變化調查及量化結果是否及如何納入於查證聲明中，則將視資料蒐集內容與國內外相關規範發展情形，再作進一步確認。

非工區之施工管理部分係指因應蘇花改計畫所設置的管理單位，包括：蘇花改工程處、工務段及監造工程處、承包商工務所；在目前國際道路工程 PCR 和營造 PCR 基本模組中，此部分排放是否計入皆未特別強調，故本計畫團隊參與的相關 CF-PCR 草稿中也未特別就此部份提出定見。為避免後續討論調整後再追溯資料會有困難，故本計畫目前係以年度的方式，請求各級管理單位作相關資料的蒐集並填寫年報，盡可能維持盤查資料的完整性，作為後續分析施工管理排碳量與整體工程碳足跡之關聯性的依據。

本計畫也將持續追蹤國內外對於工程碳足跡盤查範圍之研商結果，比對本計畫碳足跡盤查及量化結果，進行排碳貢獻度分析，進而檢討盤查範圍並提出調整建議，作為後續完成蘇花改計畫盤查清冊彙整、通過查證程序並取得聲明之依據。綜整目前蘇花改計畫各標工程已定及暫定之工程期程如表 3-2，本計畫即依據工程實際決標、開工時間執行碳足跡盤查輔導工作，分小節說明於後。

表 3-2 本計畫執行盤查輔導之工程期程

路段	標別(名稱)	決標時間	期程(開工~完工)	開始作業通知時間
蘇澳 東澳段 (A 段)	A1 (蘇澳永樂段新建工程)	102.03.20	42 個月(102.04~105.10*)	102.04.08
	A2 (東澳隧道新建工程)	101.11.29	43 個月(101.12~105.08*)	101.11.30
	A3 (東澳東岳段新建工程)	101.06.28	42 個月(101.09~105.03*)	101.07.13
	A4 (蘇澳東澳段機電相關工程)	-	24 個月(104.01~105.12)	-
南澳 和平段 (B 段)	B5(南澳至和平段機電相關工程)	-	42 個月(103.06~106.12)	-
和中 大清水段 (C 段)	C1 (中仁隧道新建工程)	101.06.07	49 個月(101.11~105.12*)	101.06.15 開始 101.10.08 暫停 101.11.15 再開始
	C2 (仁水隧道新建工程)	-	58 個月(102.01~106.10)	-
	C3 (和中大清水段機電相關工程)	-	33 個月(104.04~106.12)	-
全線	蘇花改計畫交通控制工程	-	36 個月(104.01~106.12)	-

備註：「*」係為已開工各標依據目前預定完工日期調整。

3.1 工程碳足跡盤查執行進度

依據本計畫目的與主要工作項目，工程碳足跡盤查輔導之階段性工作如圖 3.1-1 所示。

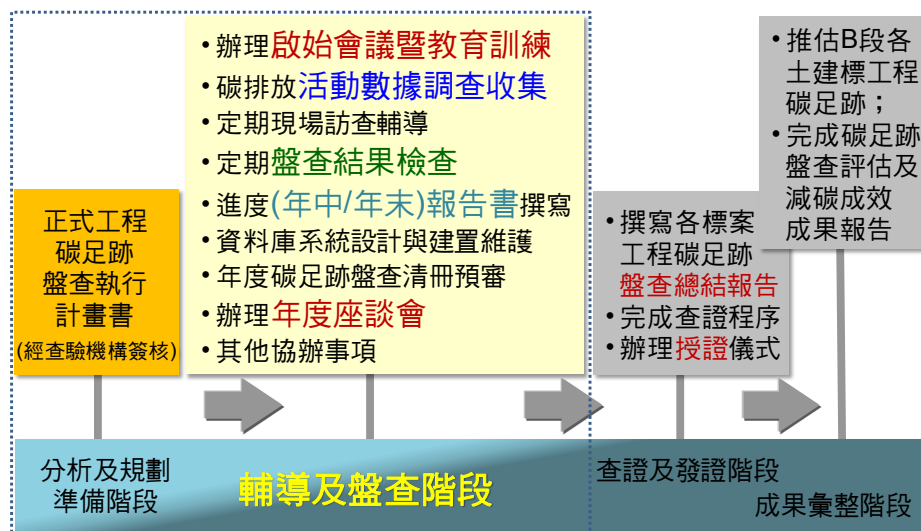


圖 3.1-1 蘇花改計畫碳管理工作內容

本計畫本年度主要工作項目包括：於 102 年 7 月底前提送 102 年度年中進度報告書初稿，並於 9 月完成提送 102 年中進度報告修正稿；期間每月就 4 個已開工的土建標進行盤查輔導矯正及現場訪查；另因應供應商盤查規劃，發文請求工程處要求水泥廠配合提供有關資料進行分析；又依據推動制定我國本土道路工程 CF-PCR 之時程，於 11 月完成 102 年度座談會辦理工作。

以下即就本計畫自 102 年 7 月份起，陸續辦理之本年度各標現場輔導情形說明及座談會辦理結果，進行分小節說明。

3.1.1 現場訪查與輔導工作辦理說明

為確保各標承包商及監造單位相關人員在工程進行中所填查之碳排放活動數據與所蒐集之佐證資料，能夠符合工程活動的實際施作情況並滿足碳足跡查證需求，本計畫自各標工程開工後，即安排盤查輔導團隊每月至少一次前往各標工程現場，進行文件填查輔導、討論及工區狀況巡查。

在各標工程開工之初，現場輔導的討論主要是以登錄清冊撰寫及日誌填報方式說明與討論為主，並對佐證資料提出型式、未來表單更新情形等作說明，加強承包商碳管理專員填查相關資料的能力。透過面對面地討論、系統操作流程的現場示範，以及透過工區巡訪、直接就各式碳排放活動項目與計量狀況及所遭遇的問題研議解決方法，著實對於提升各標碳足跡盤查資料的正確性與完整性大有幫助，並輔助本計畫順利通過查驗單位的每月文件審查。

本計畫本年度除去年度即已開工之 A3、C1 及 A2 標外，自 102 年 4 月份起再加入 A1 標；考量工程進度、工區位置、資料填寫量及熟悉度，本團隊 102 年 6 月起，即依工區所在位置將 A 段現場輔導分為蘇澳及東澳兩處辦理；A2 標碳管理專員則不定期至東澳陪同本計畫輔導人員進行南口工區現場巡查。為此，本計畫本(102 年度下)期共計辦理 18 場次現場輔導，辦理時間如下：

- A 段現場輔導-蘇澳部份(A1 標、A2 標)現場輔導辦理日期：7/25、8/30、9/23、10/21、11/21、12/23
- A 段現場輔導-東澳部份(A3 標)現場輔導辦理日期：7/24、8/28、9/25、10/22、11/19、12/26
- C1 標現場輔導辦理日期：7/23、8/27、9/16、10/17、11/27、12/13

上述各場次現場輔導會議主要參與人員包括：本團隊人員、該段監造單位碳管理專員及各標承包商與其協力廠商等碳盤查參與人員；另工程處及工務段各標工程司亦不定期參與會議、了解並給予指導，以實質參與的方式，有效確保了各標承包商碳足跡盤查作業辦理的配合度與流暢度。本計畫已依時序整理本年度現場輔導會議辦理實況，詳如附錄 II。

3.1.2 本(102)年度座談會辦理說明

為確保本計畫執行工程碳足跡盤查結果得以順利取得國際碳足跡查證聲明，本團隊擬配合國內外道路工程碳足跡產品類別規則(CF-PCR)與產品類別規則(PCR)研訂進程，將正式盤查執行計畫書中、原訂於第五年甫辦理之座談會主題：「道路工程碳足跡(CF-PCR)之研議」，依循今年 5 月適公告之國際碳足跡技術規範(ISO/TS 14067)內容要求，提前於今年以「盤查實務與道路工程碳足跡產品類別規則之發展」為題，辦理本計畫第二次年度座談會。

透過此座談會集結相關產官學界專家及蘇花公路改善工程處、查驗機構、監造單位、承包商等蘇花改計畫工程碳管理合作團隊人員，共同回顧本計畫開始執行碳足跡盤查至今之近一年期成果，並透過今年中甫公告之 ISO/TS 14067 碳足跡技術規範，與國際道路工程產品類別規則草案的分析，研商我國道路工程碳足跡產品類別規則應包含或排除之內容，作為蘇花改計畫工程碳管理合作團隊執行我國道路工程碳足跡盤查的一致準則，以及我國道路工程碳足跡產品類別規則發展之基礎；進而確保本計畫執行內容能夠與國內外相關規範或參考文件無縫接軌，有效達成取得國際碳足跡查證聲明之目標。

考量此次會議的辦理目的與主題特性，本計畫再次邀請國內生命週期評估專家，同時也是協助本團隊起草我國道路、隧道、橋梁 CF-PCR，向環保署提出申請的：臺北科技大學環境工程與管理研究所胡教授憲倫擔任會議主持人，另邀請主管機關公路總局、環保署、工程會及學者專家代表擔任與談人，偕同蘇花改計畫各級機關人員共同檢視本計畫執行內容，與 CF-PCR 的研提構想。

綜整此次會議議程及會議進行實況如下表 3.1.2-1 及圖 3.1.2-1。另整理本次座談與談人詢答摘要、參與人員簽到單及發言紀錄單等，詳本報告附錄 III。

表 3.1.2-1 102 年度座談會議程

時間	內容	報告單位
09:50 ~ 10:00	簽到	
10:00 ~ 10:10	與會來賓介紹	胡教授憲倫
10:10 ~ 10:30	台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳足跡盤查執行狀況說明	中興工程顧問股份有限公司
10:30 ~ 11:00	國際碳足跡盤查規範與參考文件內容說明 我國碳足跡產品類別規則擬訂程序與內容說明 我國道路工程碳足跡產品類別規則內容探討	中興工程顧問股份有限公司
11:00 ~ 11:40	與談人評論	與談人
11:40 ~ 12:00	綜合研討	所有人員
12:00 ~	午餐	



➤ 主持人引言



➤ 本計畫執行狀況說明



➤ 與談人評論-總局夏副局長明勝



➤ 與談人評論-BSI 林協理文華



➤ 與談人評論-中大林教授志棟



➤ 與談人評論-環保署李科長奇樺



➤ 與談人評論-工程會徐技正肇晞



➤ 與談人評論-中興公司李副理成淵

圖 3.1.2-1 102 年度座談會辦理情形

3.2 工程碳足跡盤查資料庫系統設計與建置

依據本計畫目的及前述已開工之各標盤查執行狀況，以下即就本計畫執行至今的最新版工程碳足跡盤查表單、活動數據及係數資料處理流程、資料庫系統設計與建置成果，以及目前各單位執行碳管理作業之系統操作介面與規劃於下期完成建置之年報填查系統等，進行分小節說明。

3.2.1 碳足跡盤查表單說明

依據本計畫工程碳足跡盤查執行計畫書所規劃，工程碳盤查表單共分為四部分，包括：登錄清冊、日誌、月報與年報。以下即分項就各類表單之設置目的與填報內容作分項說明。

一、登錄清冊

設置登錄清冊的目的為釐清施工過程中，不同工程項目的主要碳排放源，包括：工區使用的機具/設備、能源、材料及各式運輸行為等。為此，本計畫已基於本年度工程活動資料蒐集經驗，修正登錄清冊內容為：施工項目、廠商登錄、機具耗能、用電登錄、用水登錄、工程材料、植生登錄、運具設備及人員交通共 9 項。

登錄清冊的填報方式係由施工廠商於開工前先行造冊，並隨開工後施工所需，持續新增、更新清冊內容，作為填寫盤查日誌資料之基礎。本計畫於登錄清冊表單格式設計完成後，一併撰述了登錄清冊的填寫說明，作為施工廠商填寫與監造單位協助確認時的參考，目前最新表單內容詳如附錄 I 中附表 I-3 至附表 I-11。

二、日誌

日誌的設計目的在於記錄各工程排碳活動的日排放強度，並與工程活動內容聯結，以利分析不同工程項目之碳排放差異。考量相關佐證資料的要求程度不同，本計畫依據碳排放活動範圍(工區內、外)之差異，將日誌設計為兩部份：一是針對工區內各式工程活動內容及碳排放源活動量進行紀錄，內容包含：當日施作的工程項目、機具使用、用電、用水、工程材料使用、廢棄物、碳匯變化以及人

員出勤紀錄 8 大項；表單名稱為「DR-1 道路工程施工碳足跡盤查日誌」。

另一部份用以記錄工區外，因內送或外運工程所需之機具、工程材料及廢棄物而產生的運輸事件，資料項目包括：日期、運具類別、能源類別、運進/出、運送項目、運輸量、運距、起迄點、運具規格、運具油耗等；表單名稱為「DR-2 道路工程施工碳足跡盤查日誌(運輸)」。

依據承包商可配合執行之狀況與監造單位之協助檢核，本計畫目前的日誌填報方式係由承包商每日於線上填報，並將佐證資料一併上傳至系統中留存；而後再於當日各項資料皆填報完成後，由系統下載輸出 Excel 報表，經填報人員、工區主管簽核後，提報監造單位檢核，上傳簽核版表單於系統留存。前述日誌表單(DR-1 與 DR-2)詳如附錄 I 之附表 I-1 與附表 I-2。

三、月報

月報設計的目的在於總結單月活動數據與補充記錄周期以月為單位之活動資訊，故表單設計上相對單純，填報項目皆與日誌一致(詳如附錄 I 中附表 I-12)。施工廠商在核對當月日誌內容無誤後，即可於線上自動產生輸出，月報待簽核後與佐證資料一併上傳至系統留存。

四、年報

年報的設計目的是為了記錄計算工區外、蘇花改計畫各管理單位的辦公房舍碳排放活動情況，依據本計畫盤查範圍，須執行年報填報之工程管理單位包括：工程處、工務段、監造工程處，及各標工程承包商辦公室與宿舍等。基於碳足跡盤查規範(PAS 2050:2011)對於資本財和耗材的說明，由於房舍本身並非工程設施的一部份，故房舍的建造碳排放量不列入計算，僅需由各級管理單位因應蘇花改計畫的年度營運管理碳排放活動項目與強度作紀錄，並於每年 1 月前彙整提交。

根據去(101)年度盤查經驗，可歸納出工程管理單位碳足跡盤查年報之應紀錄項目，包括：用油、用水、用電、廢棄物、冷凍空調設備逸散等直接排放、間接排放與其它間接排放活動總量，且必須留存相關單據供備查。上述最新版年報表單格式及逸散設備填寫附表，詳如附錄 I 之附表 I-13 與附表 I-14。

對應前述承包商日誌與月報資料蒐集程序，本計畫另設計有資料檢核表單，作為監造單位負責就承包商提出之資料作初步檢核之依據；包括日檢核表及月檢核表兩部份。目前監造單位之資料檢核亦為線上作業，日檢核表及月檢核表內容詳附錄 I 附表 I-15 及附表 I-16。

以碳足跡盤查日誌之填報、檢核與矯正回覆程序為例，執行流程如圖 3.2.1-1 所示；係由承商完成資料填報後，經第一層監造單位檢核，再轉送輔導單位彙整分析，期間另不定期由工程處或工務段進行抽查。

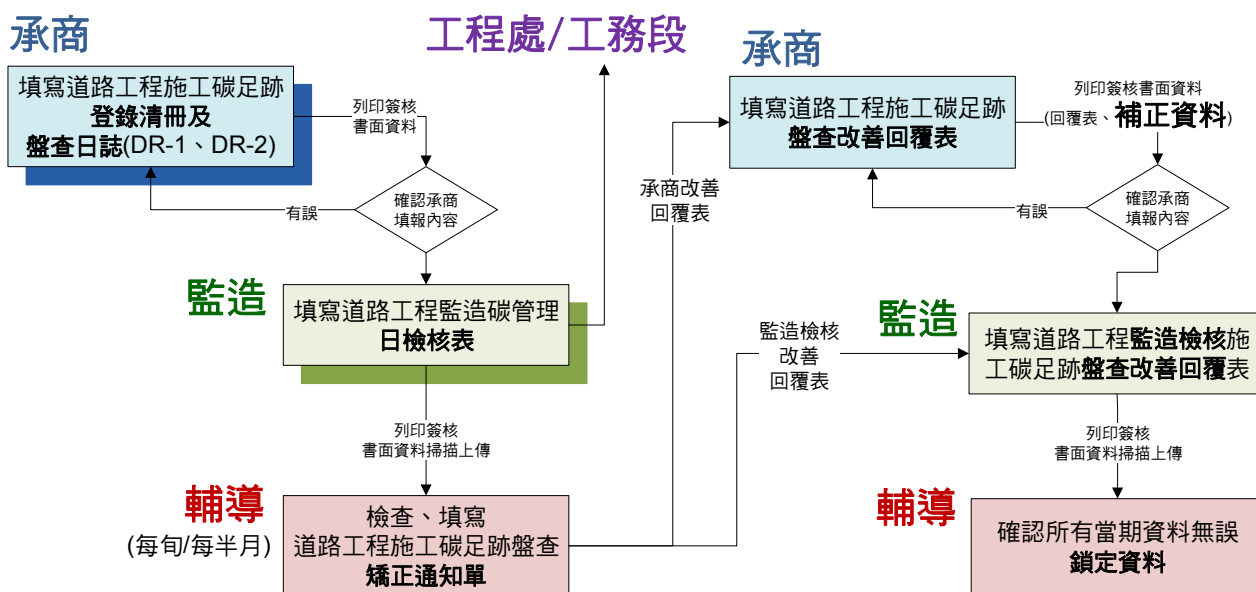


圖 3.2.1-1 碳足跡盤查日誌填報、檢核與矯正回覆流程

必須強調的是，本計畫工作團隊所執行之資料矯正與監造單位進行的單日檢核並不相同，係針對承包商提出資料與監造單位檢核結果作定期(每半月)綜整後，就各式碳排放活動項目與數量之疑義、錯誤及佐證資

料之缺漏狀況，提出澄清、改正、補齊等項目說明，以確保及時掌握資料的完整性，滿足碳足跡查證需求。為此，本計畫設計有輔導矯正通知單、承商改善回覆表及監造檢核改善回覆表的三聯單，作為盤查資料矯正之用；三聯單內容詳附錄 I 附表 I-17 至附表 I-19。

另整理本計畫目前偕同監造單位，與 A3、C1、A2 及 A1 各標承包商共同協商遵循的每月資料填查日程表如表 3.2.1-1。其中，月報填查與矯正的流程與圖 3.2.1-1 之日誌填報、檢核與矯正回覆相同，僅資料確認的時間點與頻率不同。

表 3.2.1-1 日誌及月報表單填報、提交、檢核與矯正回覆時程

表單日期	承商	監造	輔導
1~15 日 日誌提送	每日提報 當期佐證資料 於 16 日提出	每 2~3 日 (15 日的請於 18 日前 提送)	20 日前 發出矯正通知
1~15 日 日誌矯正	23 日前 完成矯正	25 日前 完成矯正檢核	28 日 完成矯正檢查 日誌資料鎖定備查
16~31 日 日誌提送	每日提報 當期佐證資料 於 1 日提出	每 2~3 日 (30/31 日的請於 3 日前 提送)	5 日前 發出矯正通知
16~31 日 日誌矯正及 月報提送	7 日前 完成矯正並 提送月報	9 日前 完成矯正檢核 並提送月報檢核	10 日 完成矯正檢查 日誌資料鎖定備查 發出月報矯正通知
月報矯正	12 日前 完成月報矯正	13 日前 完成月報矯正檢核	15 日前 完成月報矯正檢查 月報資料鎖定備查

惟表 3.2.1-1 所訂之盤查資料填報日程，在本年度已遇到執行上的困難，部分承包商因人力因素已延遲逾 1 個月以上，此部份延宕狀況經監造單位敦促無效後，已再由本計畫團隊發文請求工程處協助督導，目前正在要求承包商及時改善。考量本計畫需長期且切實地執行才能達成碳盤

查實證之目的，本計畫將在時間的掌控上進行檢討，透過訂定更細項的填寫頻率協調與追蹤，確保盤查執行結果的正確性與有效性。

3.2.2 碳管理資料流程分析結果

由於本計畫執行碳足跡盤查過程中，須處理來自不同承包商、監造單位提供之各式資料與單據；另外還需要對應這些排碳活動項目進行碳排放係數之蒐集，才能夠進行碳足跡計算、建立盤查清冊。為此，本計畫在盤查執行計畫中即已說明：會透過開發資料庫及資訊系統的方式，簡化資料處理流程中所需耗費的時間與人力，並減少資料錯誤與降低不確定性，以利有效蒐集、彙整、儲存資料並完成資料運算與分析。本計畫目前既定之碳足跡盤查資料流如圖 3.2.2-1 所示。資料流由圖左而右包括三階段，分別為：活動資料蒐集、資料處理與資訊生產及碳足跡資訊。

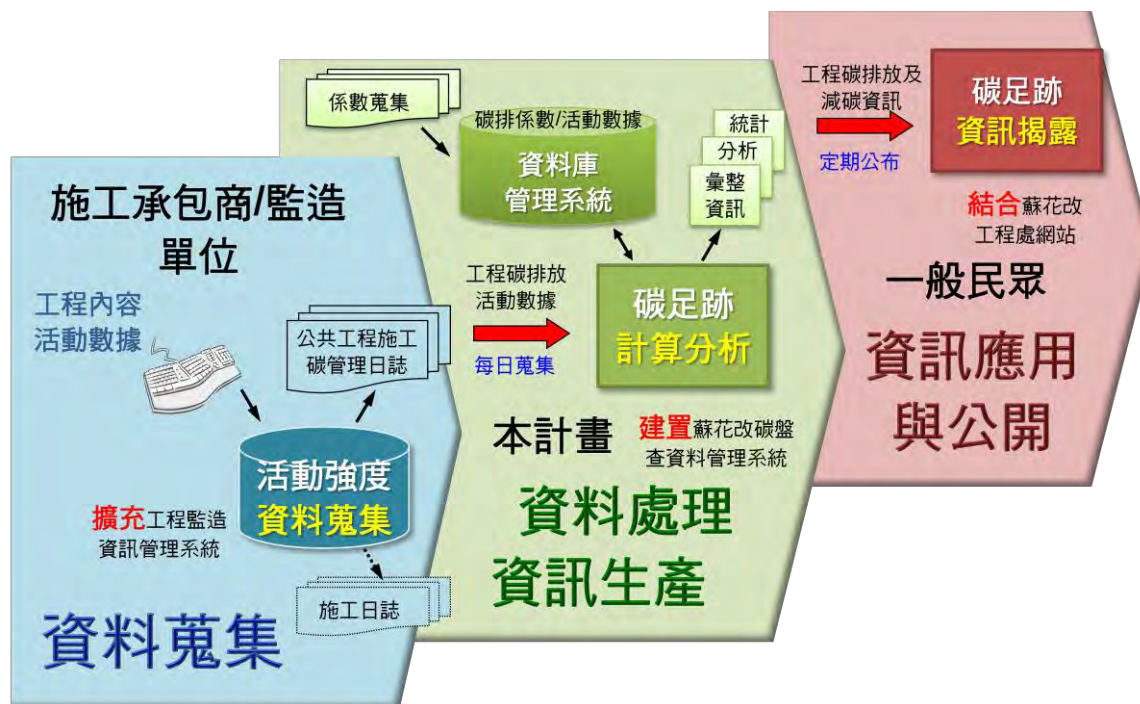


圖 3.2.2-1 蘇花改計畫碳管理資料流示意圖

其中，活動資料蒐集部份係由承包商和監造單位負責，針對每日執

行之工程項目與排碳活動數據與佐證資料進行填報與初步檢核；而後提交予輔導單位進行總整、分析與再次檢核，經矯正回覆程序確認所有資料無誤後，再由本計畫將相關活動數據與經率定確認的係數作關連，以排放係數法完成碳足跡計算，至此完成資料處理與資訊生產部份。最後，在累積各工程或較長時間的碳足跡計算結果後，則可進一步完成統計分析，整理成為可供民眾了解的碳排放與減量資訊，為相關資料與資訊增添溝通或回饋於其他工程設計的價值。

如圖 3.2.2-1 所框之碳足跡盤查資料庫系統範圍，目前本計畫已依據輔助盤查資料蒐集、碳排放係數蒐集與率定兩項不同的功能需求，分別完成碳盤查資料庫管理系統及工程碳足跡評估與計算係數資料管理系統。其中碳盤查資料庫管理系統為開放予各級碳管理單位人員、依據不同權限進行碳足跡盤查資料填報、檢核、統計分析及鎖定的資訊系統，內容包含前述不同功能表單之操作介面；而係數資料管理系統則尚屬本計畫碳管理工作執行人員專用，輔助工程碳足跡量化所需之係數資料的蒐集彙整與查詢應用。以下即進一步分小節說明碳足跡盤查資料庫管理系統及係數資料管理系統之發展現況。

3.2.3 碳足跡盤查資料庫管理系統功能設計與建置

本計畫規劃完成之蘇花改計畫碳足跡盤查資料庫系統架構如圖 3.2.3-1 所示。由圖左開始，首先是資料生產與處理功能，包括活動數據與排放係數的蒐集兩類。其中，活動數據係由承包商和監造單位協助提供與確認，排放係數則為本計畫負責依據活動項目進行搜集，並就係數所代表的邊界、出處及使用限制等資料，以標準的格式進行率定。此兩類資料將分別透過各自的資料上傳介面，適切地彙整進入排放活動及排放係數兩類資料庫中。

配合資料儲存、維護與管理需求，本計畫係分別建置碳排放活動資料庫及碳排放係數資料庫，分別儲存排放活動數據和係數原始資料。兩系統皆有其配套的資料庫管理介面，透過不同權限使用者的區分，確保

資料的維護過程不致於因為人為疏失而導致原始資料遺失或受到損害；另資料庫管理維護介面同時也是各式原始資料查詢與供應的操作介面。

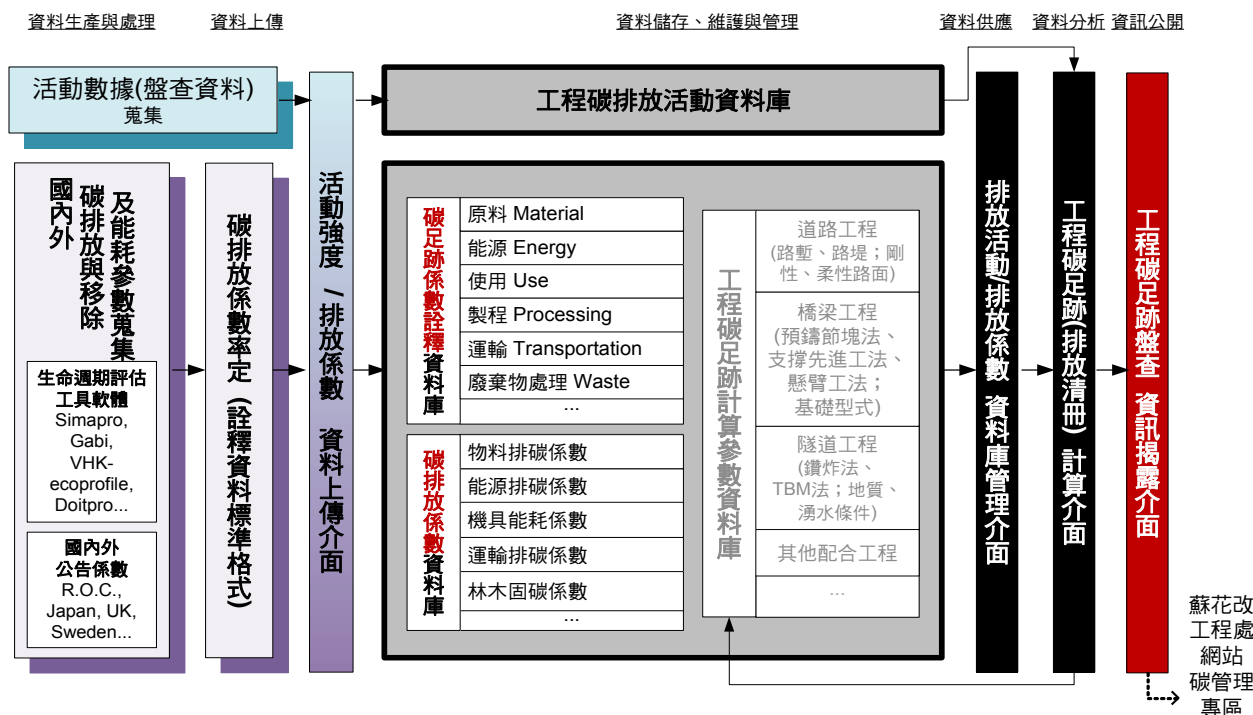


圖 3.2.3-1 蘇花改計畫碳足跡盤查資料庫管理系統運作機制

現階段整個資料庫系統已開發完成至前述活動數據及係數蒐集介面與資料庫，操作介面則另說明於後續各小節。本計畫規劃未來能透過系統化的方式，在資料庫已累積相當的資料量的同時，陸續開發工程碳足跡計算與分析界面，期將目前先以人工執行、確認運算邏輯的碳足跡排放清冊彙整工作，成為自動化的碳足跡運算與統計介面，以利能更有效且正確地產出盤查暨排放清冊，提升蘇花改計畫工程碳足跡計算與查證效益。

3.2.4 碳足跡盤查活動資料蒐集介面說明

目前已開放為承包商、監造單位碳管理專責人員使用的資料填報及檢查的介面包括：碳盤查登錄清冊、碳盤查日誌、碳盤查月報以及監造

日/月檢核表。為使蘇花改工程監造與碳管理相關資料的內容與控管機制能有一致性，本計畫所設計之資訊系統，目前已建構於蘇花公路改善工程 A、C 段監造資訊管理系統中，登入頁面及網址如圖 3.2.4-1(a)，供使用者填入帳號密碼進行驗證；進入後即依不同使用者權限、可看到具有不同功能鍵的操作頁面，使用者可由左側欄位點選碳排盤查選項，如圖 3.2.4-1(b)；進入碳排盤查活動數據資料蒐集系統畫面則如圖 3.2.4-1(c)。



蘇澳東澳段(A 段)

<http://suhua-a.secpm.sinotech.com.tw/>



和中之大清水段(C 段)

<http://suhua-c.secpm.sinotech.com.tw/>

(a) 監造資訊管理系統登入頁面



蘇澳東澳段(A 段)-盤查輔導人員畫面



和中之大清水段(C 段)- 承包商人員畫面

(b) 登入後之系統首頁



蘇澳東澳段(A 段)



和中之大清水段(C 段)

(c) 碳排盤查活動數據蒐集資料庫系統頁面

圖 3.2.4-1 蘇花改碳排盤查活動數據蒐集資料庫系統登入頁面

其中，又依承包商、監造、輔導單位等三種不同使用者角色，有不同的功能設計，如圖 3.2.4-2 所示，包括如 3.2.1 節所述，輔導承包商填報盤查資料的：日誌一般、日誌運輸、登錄清冊、上傳檔案及碳盤月報 5 項功能；提供監造人員填報資料檢核結果的監造檢核功能，以及輔助輔導單位管理資料的輔導查核功能。



圖 3.2.4-2 蘇花改碳排盤查活動數據蒐集資料庫系統功能說明

以下即簡要介紹本計畫目前已完成之盤查資料蒐集、檢核與分析介面。

一、登錄清冊

依據本計畫設計之登錄清冊表單，目前系統所提供的登錄清冊資料填查頁面共有 9 頁，如圖 3.2.4-3 所示。由圖 3.2.4-2 框線處可看出，目前登錄清冊內容共包含 9 項，分別為：

1. 施工項目登錄；
2. 供應商/協力廠登錄；

3. 機具/耗能設備登錄；
4. 用電計量設備登錄；
5. 用水計量設備登錄；
6. 工程材料登錄；
7. 植生登錄；
8. 運具設備登錄；及
9. 人員交通方式登錄。

登錄日期	更新日期	工區	作業識別碼	作業名稱	開始日期	完成日期	施工結束	備註
20120918	20130520	全工區	A0100	蘇花改A3標開工	20120917	20120917	☑	電子檔 地圖位置
20120918	20130522	全工區	BA0100	動員及準備(包含危評)	20120917	20121130	☑	電子檔 地圖位置
20120912	20130606	全工區	BA0105	清除廢除 拆除及圍籬工程	20121012	20130630	☐	電子檔 地圖位置 附件-整體測圖.pdf
20120919	20130603	全工區	BA0110	施工便道及便橋	20121029	20130630	☐	電子檔 地圖位置
20121220	20130401	幸福高架橋	DAA0150	PS1井基	20121219	20130325	☑	電子檔 地圖位置
20121228	20130711	幸福高架橋	DAA0170	PS3井基	20121227	20130711	☐	電子檔 地圖位置
20130104	20130530	東澳北溪河川橋	DBB0130	PS1井基	20130104	20130531	☑	電子檔 地圖位置
20130109	20130604	東澳北溪河川橋	DBB0120	PN1井基	20130108	20130603	☑	電子檔 地圖位置
20120920	20130225	東澳北溪河川橋	DBA0100	基樁載重試驗(P6 試驗載重2,181T)	20130113	20130222	☑	電子檔 地圖位置
20121220	20130425	幸福高架橋	DAA0140	PN2井基	20130115	20130424	☑	電子檔 地圖位置
20120920	20130522	東澳北溪河川橋	DBA0120	PS2基樁(16支)	20130116	20130220	☑	電子檔 地圖位置
20130127	20130522	東澳北溪河川橋	DBA0180	P6基樁(16支)	20130124	20130208	☑	電子檔 地圖位置
20130130	20130630	幸福高架橋	DAA0160	PN3井基	20130130	20130627	☑	電子檔 地圖位置
20130218	20130522	東澳北溪河川橋	DBA0220	P13基樁(25支)	20130217	20130317	☑	電子檔 地圖位置
20120920	20130522	東澳北溪河川橋	DBA0110	PN2基樁(16支)	20130221	20130318	☑	電子檔 地圖位置
20130224	20130417	東澳北溪河川橋	DBB0190	PS10井基	20130221	20130420	☐	電子檔 地圖位置

圖 3.2.4-3 蘇花改碳排盤查登錄清冊資料填查頁面

登錄清冊的最佳填寫時機為承包商明確掌握將進入工區之材料、機運具或廠商後但工作真正開始前；以協力廠商為例，應在簽約、確定其負責之工作內容時即填入登錄清冊中，並將採購相關資料(規格、數量等)一併列為佐證資料，作為可明確釐清該標工程碳

排放源的清單。

為確保能登錄資料至少能在特定施工項目施作、廠商或人員開始進駐作業，及機具、電力、水、工程材料等被操作、使用或運入之際，能夠確實被登錄，故部份登錄資料係為碳盤查日誌中部份項目之下拉式選單內容來源，使得承商在日誌填報某項活動量資料、但無對應的選項可選擇時，即必須補進入登錄清冊表單填寫相關項目內容，藉以提升資料蒐集的完整性。

二、日誌

日誌部份又分為日誌一般和日誌運輸兩種功能頁面。進入日誌一般選項後，即可看到用於記錄工程活動內容及各碳排放源活動量的9個分頁，包含：作業項目、機具使用、用電、用水、工程材料使用、廢棄物、碳匯改變、人員出勤紀錄及累計工期；如圖 3.2.4-4 所示。



圖 3.2.4-4 蘇花改碳排盤查系統：「日誌一般」填報頁面

另點選日誌運輸選項後即可進入用於記錄機具、工程材料及廢棄物等內送或外運的運輸事件表單，填寫資料項目包括：日期、運具類別、能源類別、運進/出、運送項目、運輸量、運距、起迄點、運具規格、運具油耗等；如圖 3.2.4-5。

蘇花公路改善工程監造資訊管理系統
蘇澳東澳段

【碳盤查】 wanchi5926@managing.com.tw

首頁 日誌一般 日誌運輸 登錄清冊 上載檔案 碳盤月報 監造檢核 輔導查核

標別: A3 台9線蘇花公路東澳東岳段新建工程 日期: 2013/07/17

2013年7月						
週日	週一	週二	週三	週四	週五	週六
30 1 項	1 1 項	2 1 項	3 1 項	4 4 項	5 5 項	6
7 1 項	8 2 項	9	10 2 項	11 4 項	12 3 項	13
14	15 3 項	16 2 項	17 1 項	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10

新增一筆 複製日期 資料至本日

運送/出	運送日期	運具類別	廠牌型號	規格 (噸/cc)	能源類別	運送項目編號	運送項目名稱	運輸總量	運輸單位	單向運距 (km)	運輸起點	運輸終點	距離資料品質	附件	備註	
編輯	20130717	運進	全拖車		柴油	MA-樂志 03	安全護欄	1	式	268	彰化秀水鄉	東澳	估計值	<input type="checkbox"/> 進貨單/送驗報告; <input type="checkbox"/> 油單	材料細項詳銷貨單	<input type="button" value="刪除"/> <input type="button" value="電子檔"/>
編輯	20130717	運進	混凝土攪拌車		柴油	MA-宜興 05	混凝土 350	25	m3	15	南澳	東澳	估計值	<input type="checkbox"/> 進貨單/送驗報告; <input type="checkbox"/> 油單		<input type="button" value="刪除"/> <input type="button" value="電子檔"/>
編輯	20130717	運進	混凝土攪拌車		柴油	MA-宜興 10	噴凝土	4	m3	15	南澳	東澳	估計值	<input type="checkbox"/> 進貨單/送驗報告; <input type="checkbox"/> 油單		<input type="button" value="刪除"/> <input type="button" value="電子檔"/>

圖 3.2.4-5 蘇花改碳排盤查系統：「日誌運輸」填報頁面

承包商完成日誌填報、提供適當的佐證資料作為填報數據的檢核參考，並進行必要的登錄清冊資料新增或修改後，即可於返回日誌一般頁面、點選日報表下載按鈕(如圖 3.2.4-4 虛線圈選處)，進行下載及列印簽核程序。下載後的 Excel 檔案如圖 3.2.4-6 所示，與附錄 I 所整理的各式表單相同；承包商可在下載後略作格式整理，並以此列印進行書面簽核。

三、月報

點選碳盤月報之畫面如圖 3.2.4-7，即為由系統自動加總整理如 3.2.1 所述之月報填報項目，目的為幫助承包商將已填入之數據資料作統計整理，提升承包商每月進行自我檢查的效率。

DR-1道路工程施工碳足跡盤查日誌									
表報編號：A3-20130707-1					填報日期：2013年7月7日 (星期日)				
工程名稱		台9線蘇花公路東澳東岳段新建工程			承攬廠商名稱		新亞建設開發股份有限公司		
契約工期	1265	天	累計工期	294	天	開工日期	2012/09/17		
剩餘工期	971	天	工期展延天數	0	天	預定完工日期	2016/03/04		
工程進行情況(填入作業識別碼及作業名稱)：									
CA0130 北口洞口平台、邊坡保護									
DAC0170 PS3墩柱(15.4m)									
DBC0150 PS3基礎									
DBD0120 PN1墩柱(10.0m)									
DBD0210 PS5墩柱(14.7m)									
DBD0220 PN6墩柱(18.8m)									
DW1010 排水工程									
1-1機具使用(包含公務車及交通車) <input checked="" type="checkbox"/> 有									
機運具編號	機運具名稱	施工項目	施作時數(hr)*	行駛里程(km)	總耗能	耗能單位	油料來源	耗能量附件	
ME-田大01	吊車(35T)	DBD0120 PN1墩柱(10.0m)	8.5			L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)	
ME-田大02	吊卡車(15T)	DBD0220 PN6墩柱(18.8m)	8.5			L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)	
ME-田大03	吊卡車(23T)	DBD0120 PN1墩柱(10.0m)	8.5			L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)	
ME-田大04	發電機(大型)	DBC0150 PS3基礎	8.5			L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)	
ME-田大05	發電機(大型)	DBD0210 PS5墩柱(14.7m)	8.5			L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)	
ME-田大06	泵浦車()	DBC0150 PS3基礎	5			L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)	
ME-田大07	發電機(中型)	DBD0210 PS5墩柱(14.7m)	8.5			L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)	
ME-田大08	發電機(小型)	DAC0170 PS3墩柱(15.4m)	8.5			L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)	
ME-田大14	吊車(25T)()	DBD0210 PS5墩柱(14.7m)	8.5			L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)	
ME-益群豐01	挖土機(19.8	DW1010 排水工程	7			L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)	
ME-益群豐04	打樁機(PC300)	DW1010 排水工程	7			L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)	
ME-配特01	挖土機(PC40)	CA0130 北口洞口平台、邊坡保護	7			L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)	
ME-配特05	挖土機(PC228)	CA0130 北口洞口平台、邊坡保護	1			L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)	
1-2機具運輸 <input type="checkbox"/> 無									
2用電 <input type="checkbox"/> 無									
用電編號	抄表時間	度數	耗電量(度)		用電度數附件				
						<input type="checkbox"/> 相片			
3用水 <input type="checkbox"/> 無									
用水編號	抄表時間	度數	用水量(度)		用水度數附件				
4-1工料使用 <input checked="" type="checkbox"/> 有									
工料編號	工料名稱	施工項目	使用數量	工料數量單位	施工範圍		工料數量附件		
MA-宜興04	混凝土280(280	DBC0150 PS3基礎	73	m3	PS3 PC		<input type="checkbox"/> 進料單		
4-2工料運輸(包含土方、油料及植物) <input checked="" type="checkbox"/> 有									
5-1廢棄物 <input type="checkbox"/> 無									
廢棄物編號	廢棄物名稱	廢棄量	廢棄量單位	性質	處置方式		廢棄量附件		
5-2廢棄物運輸 <input type="checkbox"/> 無									
6碳匯改變** <input type="checkbox"/> 無									
植物編號	植物名稱	施工項目	植生/移除量	植生/移除量單	施工範圍		改變型態	植生情形附件	
7人員出勤紀錄									
工別編號	工別	人數	出勤人數附件						
A3-01	新亞建設	10	<input type="checkbox"/> 出勤紀錄						

DR-2道路工程施工碳足跡盤查日誌(運輸)																
表報編號：A3-20130707-2					填報日期：2013年7月7日 (星期日)											
工程名稱		台9線蘇花公路東澳東岳段新建工程			承攬廠商名稱		新亞建設開發股份有限公司									
契約工期	1265	天	累計工期	294	天	開工日期	2012/09/17									
剩餘工期	971	天	工期展延天數	0	天	預定完工日期	2016/03/04									
運輸流水號	運輸日期	運進/出	運具類別	廠牌型號	規格(噸(cc)	能源類別	運送項目編號	運送項目名稱	運輸總量	運輸量單位	單向運距(km)	運輸起點	運輸終點	距離資料品質	附件	備註
001	20130707	運進	混凝土攪拌車			柴油	MA-宜興04	混凝土280	73	m3	15	南澳	東澳	估計值	<input type="checkbox"/> 進貨單/送驗報告; <input type="checkbox"/> 油單	

※ 附件欄位應於列印表單後進行附件確認並勾選，以表示已確實檢查表單附件是否完備。

填表人： _____ 工地主任： _____

圖 3.2.4-6 蘇花改碳排盤查系統日報檔下載之 Excel 檔

蘇花公路改善工程監造資訊管理系統
蘇澳東澳段 [碳盤查] wanchi5926@gmail.com/sin0314.com.tw

首頁 日誌一般 日誌運輸 登錄清冊 上傳檔案 碳盤月報 監造檢核 輔導查核

標別: A3 台9線蘇花公路東澳東岳段新建工程 月報報表輸出

2013 年 6 月

季別 月份
 第1季 1 2 3
 第2季 4 5 6
 第3季 7 8 9
 第4季 10 11 12

月報附件影像上傳

- 選擇檔案 未選擇檔案
- 選擇檔案 未選擇檔案
- 選擇檔案 未選擇檔案
- 選擇檔案 未選擇檔案
- 選擇檔案 未選擇檔案
- 選擇檔案 未選擇檔案
- 選擇檔案 未選擇檔案
- 選擇檔案 未選擇檔案
- 選擇檔案 未選擇檔案
- 選擇檔案 未選擇檔案

上傳

102.06新亞電費單.pdf 刪除 檢視
 配特-加油明細.pdf 刪除 檢視
 田大-加油明細.pdf 刪除 檢視
 順潭-加油單-1.pdf 刪除 檢視
 102.06新亞-加油明細.pdf 刪除 檢視
 102.06.30新亞電表.pdf 刪除 檢視
 益群豐-加油明細.pdf 刪除 檢視

◆工程進行情況(輸入作業識別碼及作業名稱)

作業識別碼	作業名稱	填寫次數	最早日期	最晚日期	明細資料
BA0105	清除掘除 拆除及圍籬工程	19	2013/06/10	2013/06/30	明細資料
BA0110	施工便道及便橋	10	2013/06/01	2013/06/25	明細資料
CA0100	南口洞口平台、邊坡保護	4	2013/06/05	2013/06/14	明細資料
CA0130	北口洞口平台、邊坡保護	14	2013/06/07	2013/06/28	明細資料
DAA0120	PN1井基	3	2013/06/01	2013/06/03	明細資料
DAA0180	PN3井基	4	2013/06/23	2013/06/26	明細資料
DAC0140	PN2墩柱(8.6m)	12	2013/06/02	2013/06/30	明細資料
DAC0150	PS2墩柱(8.9m)	5	2013/06/05	2013/06/19	明細資料
DAC0160	PN3墩柱(15.2m)	2	2013/06/27	2013/06/28	明細資料
DBB0120	PN1井基	3	2013/06/01	2013/06/03	明細資料
DBC0150	PS3基礎	9	2013/06/20	2013/06/30	明細資料
DBC0170	PS4基礎	5	2013/06/19	2013/06/30	明細資料
DBC0180	P5基礎	24	2013/06/04	2013/06/30	明細資料
DBD0100	AN1牆身	20	2013/06/01	2013/06/28	明細資料
DBD0120	PN1墩柱(10.0m)	7	2013/06/04	2013/06/30	明細資料
DBD0130	PS1墩柱(9.6m)	11	2013/06/02	2013/06/25	明細資料
DBD0150	PS2墩柱(13.8m)	2	2013/06/04	2013/06/19	明細資料
DBD0230	PS6墩柱(18.8m)	22	2013/06/07	2013/06/30	明細資料
DBD0360	PN13墩柱(17.4m)	2	2013/06/05	2013/06/06	明細資料

◆1-1機具使用(包含公務車及交通車)

機具員編號	機具員名稱	累計施工時數 (hr)	累計行駛里程 (km)	總耗能	耗能單位	填寫次數	最早日期	最晚日期	明細資料
JP-125	小客車		1,563	164.38	L	1	2013/06/30	2013/06/30	明細資料
JP-139	客貨兩用車		2,119	109.7	L	1	2013/06/30	2013/06/30	明細資料
MC-552	機車		260	7.67	L	1	2013/06/30	2013/06/30	明細資料
MC-553	機車		299	8.31	L	1	2013/06/30	2013/06/30	明細資料
MC-554	機車		317	11	L	1	2013/06/30	2013/06/30	明細資料
MC-555	機車		849	20.4	L	1	2013/06/30	2013/06/30	明細資料
MC-556	機車		526	14.9	L	1	2013/06/30	2013/06/30	明細資料
MC-557	機車		14	9.24	L	1	2013/06/30	2013/06/30	明細資料
MC-558	機車		870	22.38	L	1	2013/06/30	2013/06/30	明細資料

圖 3.2.4-7 蘇花改碳排盤查系統：「碳盤月報」頁面

經承包商確認當月之資料無缺漏後，即可點選頁面上方月報報表輸出按鈕(虛線圈選處)，進行月報下載及列印簽核程序。下載後的 Excel 檔案如圖 3.2.4-8 所示，與附錄 I 所整理的月報表單相同；承包商可在下載後以此列印進行書面簽核。

四、日/月檢核表

監造檢核功能畫面如圖 3.2.4-9，內容又分為日檢核表及月檢核表兩個子頁，作為監造單位碳管理人員就承包商所提出之資料，進行初步檢核之依據。監造人員在線上完成檢核表點選確認後，即可利用頁面上方按鈕下載檢核表 Word 檔案，檔案畫面如圖 3.2.4-10。

交通部公路總局蘇花公路改善工程處

ME-順運03	打樁機	26	0	L	639.1
ME-順運04	發電機	25	0	L	0
ME-順運09	框式附加吊桿車	38	0	L	0
MO-田大01	傾卸車	80.5	0	L	0
MO-田大02	傾卸車	72	0	L	0
MO-田大03	傾卸車	25.5	0	L	0
PT-252	客貨兩用車	0	0	L	63.6
PT-254	小貨車	0	493	L	93.75
PT-258	客貨兩用車	0	2256	L	216.11
PT-259	客貨兩用車	0	889	L	173.89
WT-16	其他	0	755	L	160.8
田大-共用油箱		0	577	L	812.1
1-2機具運輸		0	0	L	1836.36

道路工程施工碳足跡盤查月報

表報編號：A3-201306

填報日期：2013年7月19日

工程名稱	台9線蘇花公路東澳東岳段新建工程	
承攬廠商名稱	新亞建設開發股份有限公司	
填報期間	102年06月01日(星期六)-102年06月30日(星期日)	
工程進行情況(填入作業類別碼及作業名稱):		
BA0105	清除掘除、拆除及圍籬工程	
BA0110	施工便道及便橋	
CA0100	南口洞口平台、邊坡保護	
CA0130	北口洞口平台、邊坡保護	
DAA0120	PN1井基	
DAA0160	PN3井基	
DAC0140	PN2墩柱(8.6m)	
DAC0150	PS2墩柱(8.9m)	
DAC0160	PN3墩柱(15.2m)	
DBB0120	PN1井基	
DBC0150	PS3基礎	
DBC0170	PS4基礎	
DBC0180	PS5基礎	
DBD0100	AN1牆身	
DBD0120	PN1墩柱(10.0m)	
DBD0130	PS1墩柱(9.6m)	
DBD0150	PS2墩柱(13.8m)	
DBD0230	PS6墩柱(18.8m)	
DBD0360	PN13墩柱(17.4m)	
1-1機具使用(包含公務車及交通車)		
機運具編號	機/運具名稱	本月累計施作時數(h)
JP-125	小客車	0
JP-139	客貨兩用車	0
MC-552	機車	0
MC-553	機車	0
MC-554	機車	0
MC-555	機車	0
MC-556	機車	0
MC-557	機車	0
MC-558	機車	0
MC-559	機車	0
MC-560	機車	0
ME-弘大鑫06	吊車	15
ME-弘大鑫09	發電機	19
ME-弘大鑫10	空壓機	4
ME-弘大鑫11	吊卡車	23
ME-弘大鑫13	噴漿機	4
ME-弘大鑫20	泵浦車	9
ME-田大01	吊車	263
ME-田大02	吊卡車	137
ME-田大03	吊卡車	246.5
ME-田大04	發電機(大型)	259
ME-田大05	發電機(大型)	66.5
ME-田大06	泵浦車	81.5
ME-田大07	發電機(中型)	139
ME-田大08	發電機(小型)	240
ME-田大09	發電機(小型)	116.5
ME-田大10	發電機(小型)	8.5
ME-田大11	挖土機	17
ME-田大12	挖土機	106
ME-田大13	挖土機	25.5
ME-田大14	吊車(25T)	17
ME-田大16	高空作業車	39
ME-益群豐01	挖土機	209
ME-配特01	挖土機	9
ME-配特02	挖土機	0
ME-配特03	發電機	70
ME-配特04	空壓機	66
ME-配特05	挖土機	72
ME-順運03	打樁機	26
ME-順運04	發電機	25
ME-順運09	框式附加吊桿車	38
MO-田大01	傾卸車	80.5
MO-田大02	傾卸車	72
MO-田大03	傾卸車	25.5
PT-252	客貨兩用車	0
PT-254	小貨車	0
PT-258	客貨兩用車	0
PT-259	客貨兩用車	0
PT-260	客貨兩用車	0

2用電	■有				
用電編號	本月總耗電量(度)				
ES-01	182.5				
3用水	□無				
4-1工料使用	■有				
工料編號	工料名稱	工料數量單位	本月總使用數量		
MA-田大03	墩柱鐵模	組	8		
MA-田大05	鐵絲	箱	26		
MA-田大06	鐵線	kg	100		
MA-田大08	鋼管施工架	組	294		
MA-田大10	鋼筋續接器	個	156		
MA-宜興01	混凝土175	m3	24		
MA-宜興02	混凝土210	m3	375		
MA-宜興04	混凝土280	m3	1091.5		
MA-宜興05	混凝土350	m3	463		
MA-宜興10	噴霧土	m3	208		
MA-宜聯(冬山)順	竹節鋼筋	kg	157671.2		
MA-益群豐03	點焊網	m2	2816		
MA-益群豐04	成型填縫板	片	535		
MA-配特01	點焊網	M2	1500		
MA-配特02	清水模板	片	90		
MA-順運01	覆工版	片	206		
MA-順運02	H型鋼	支	46		
MA-順運05	樓梯	件	3		
MA-順達01	氧氣瓶	瓶	11		
MA-順達02	乙炔瓶	瓶	1		
4-2工料運輸(包含土方、油料及植物)	■有				
工料編號	工料名稱	運輸次數	運輸量單位	本月運輸總量	本月最大單向運距(km)
MA-田大10	鋼筋續接器	1	個	410	123
MA-宜興01	混凝土175	1	m3	24	15
MA-宜興02	混凝土210	10	m3	375	15
MA-宜興04	混凝土280	7	m3	1091.5	15
MA-宜興05	混凝土350	8	m3	463	15
MA-宜興10	噴霧土	13	m3	208	15
MA-宜聯(冬山)順	竹節鋼筋	1	kg	148360	23.4
MA-宜聯(冬山)順	竹節鋼筋	2	kg	312550	419
MA-宜聯(冬山)順	竹節鋼筋	1	kg	66880	337
MA-宜聯(冬山)順	竹節鋼筋	1	kg	66880	123
MA-益群豐01	氧氣瓶	2	瓶	4	23.4
MA-益群豐02	乙炔瓶	2	瓶	4	23.4
MA-益群豐05	止水帶	1	M	1220	94.5
MA-配特01	點焊網	1	M2	1500	142
MA-配特02	清水模板	1	片	90	50
MA-配特03	水泥砂漿	1	包	400	172
MA-順運01	覆工版	3	片	79	163
MA-順運02	H型鋼	1	支	17	163
MA-順運03	H型鋼	1	支	44	163
MA-順運04	角鋼	1	支	7	163
MA-順運06	氧氣瓶	1	瓶	20	113
MA-順運07	乙炔瓶	1	瓶	40	113
MA-順運07	乙炔瓶	1	瓶	20	113
MA-達和10	油漆	1	桶	100	111
MA-達和11	去漬油	1	桶	2	111
MA-樂志01	預力鋼腱	1	kg	145035	3506
MA-樂志01	預力鋼腱	1	kg	145035	127
MA-順達01	氧氣瓶	1	瓶	12	23.4
MA-順達02	乙炔瓶	1	瓶	4	23.4
5-1廢棄物	□無				
5-2廢棄物運輸	□無				
6碳匯改變	□無				
7人員出勤紀錄					
編號	協力廠商別/工別	本月總人次			
A3-01	新亞建設	623			
A3-02	弘大鑫	40			
A3-03	益群豐	58			
A3-04	順運	58			
A3-07	豐達	90			
A3-08	田大	738			
A3-10	配特	201			
填表人：	工地主任：				

圖 3.2.4-8 蘇花改碳排盤查系統月報檔下載之 Excel 檔

蘇花公路 改善工程監造資訊管理系統
蘇澳東澳段

【碳盤查】 wanchi5526@mail.srps.com.tw

回至碳盤首頁 日檢核表 月檢核表

標別: A3 台9線蘇花公路東澳東岳段新建工程 日期: 2013/07/07 日檢核表檔下載

五月							2013年六月							七月						
週日	週一	週二	週三	週四	週五	週六	週日	週一	週二	週三	週四	週五	週六	週日	週一	週二	週三	週四	週五	週六
26	27	28	29	30	31	1	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填
2	3	4	5	6	7	8	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填
9	10	11	12	13	14	15	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填
16	17	18	19	20	21	22	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填
23	24	25	26	27	28	29	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填
30	1	2	3	4	5	6	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填	已填

契約資料

契約工期 1265 天
開工日期 2012/09/17
預定完工日期 2016/03/04
契約變更次數 0 次
工期展延天數 0 天

承商填報工期

契約工期 1265 天
累計工期 294 天
剩餘工期 971 天
工期展延天數 0 天

日檢核表-簽核後影像檔上傳

檔案 選擇檔案 未選擇檔案
上傳
102.07.07日檢核表.tif 刪除 檢視

承商日誌-簽核後影像檔上傳

檔案 選擇檔案 未選擇檔案
上傳
102.07.07碳盤查日誌.tif 刪除 檢視

工程進行情況查核: 重要施工項目及數量是否相符 是 有誤 有缺

1-1 機具使用(包含公務車及交通車) 有 無

查核項目內容	查核結果	補充說明
所用機具是否符合工程內容所需?	<input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有 <input type="radio"/> 缺	
所用機具是否皆已登錄	<input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有 <input type="radio"/> 缺	
所用機具操作時數是否合理	<input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有 <input type="radio"/> 缺	
所用機具能耗量是否合理	<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有 <input type="radio"/> 缺	
油料來源與佐證資料是否相符	<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有 <input type="radio"/> 缺	

1-2 機具運輸 有 無

2 用電(含橋梁、道路、隧道各工區) 有 無

3 用水(含橋梁、道路、隧道各工區) 有 無

4-1 工料使用(包含土方、油料及植物) 有 無

查核項目內容	查核結果	補充說明
所用工料是否符合工程內容所需?	<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有 <input type="radio"/> 缺	
所用工料是否皆已登錄	<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有 <input type="radio"/> 缺	
所用工料數量與施工範圍比對是否合理	<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有 <input type="radio"/> 缺	
工料進場數量與佐證資料是否相符	<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有 <input type="radio"/> 缺	

4-2 工料運輸 有 無

查核項目內容	查核結果	補充說明
到場之工料是否符合工程內容所需?	<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有 <input type="radio"/> 缺	
載運之工料量是否合理	<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有 <input type="radio"/> 缺	
運具型號規格資料是否合理完備	<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有 <input type="radio"/> 缺	
運輸距離是否合理	<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有 <input type="radio"/> 缺	
運具能耗量是否合理	<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有 <input type="radio"/> 缺	
能耗量與佐證資料是否相符	<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有 <input type="radio"/> 缺	

圖 3.2.4-9 蘇花改碳排盤查系統：「監造檢核」頁面

上述即為目前本計畫自碳盤查工作開始執行至今，為利承商填報及監造檢核所持續修正、改善之盤查資料庫系統操作介面內容。目前歷次的修正，都是為了使承包商及監造單位碳管理人員能夠更有效填報各式碳排放活動數據，並集中儲存各式佐證資料，以確保資料能夠最有效地走完流程並完整保存，提升盤查結果的可信度。

版次: v1.1		第 1 頁 共 2 頁		版次: v1.1		第 2 頁 共 2 頁																	
道路工程監造碳管理日檢核表				道路工程監造碳管理日檢核表																			
系統編號: A3-20130707		報核日期: 102年07月07日(星期五)		系統編號: A3-20130707		報核日期: 102年07月07日(星期五)																	
工程名稱	台9線蘇花公路改善計畫建設工程	承攬廠商名稱	新亞建設開發股份有限公司	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">7 人員出勤紀錄</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/>有 <input type="checkbox"/>無</td> </tr> <tr> <td>量控項目內容</td> <td>量控標準</td> <td colspan="2">補充說明</td> </tr> <tr> <td>出勤人員簽印交通方式是否皆已登錄</td> <td><input checked="" type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>有缺 <input type="checkbox"/>有缺</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>出勤人員簽印後機號是否皆符合</td> <td><input checked="" type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>有缺 <input type="checkbox"/>有缺</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>				7 人員出勤紀錄		<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無		量控項目內容	量控標準	補充說明		出勤人員簽印交通方式是否皆已登錄	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺			出勤人員簽印後機號是否皆符合	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺		
7 人員出勤紀錄		<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無																					
量控項目內容	量控標準	補充說明																					
出勤人員簽印交通方式是否皆已登錄	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																						
出勤人員簽印後機號是否皆符合	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																						
契約工期	1265天	契約工期	294天	契約工期	971天	二期底結式數	0天																
開工日期	2012/09/17	報完工日期	2014/03/04																				
工程進行情況彙報: 重要施工項目及數量是否相符				<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																			
1-1 農具使用(包含公務車及交通車)				<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無																			
量控項目內容		量控標準		補充說明																			
所用農具是否符合工程內容需求?		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																					
所用農具是否皆已登錄		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																					
所用農具操作時數是否合理		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																					
所用農具維修是否合理		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																					
所用農具廢油是否皆回收		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																					
1-2 農具運輸				<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無																			
2 用電(含檢測、道路、隧道各工區)				<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無																			
3 用水(含檢測、道路、隧道各工區)				<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無																			
4-1 工料使用(包含土方、油料及復物)				<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無																			
量控項目內容		量控標準		補充說明																			
所用工料是否符合工程內容需求?		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																					
所用工料是否皆已登錄		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																					
所用工料數量與施工範圍比例是否合理		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																					
所用工料數量與機具機號是否皆相符		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																					
4-2 工料運輸				<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無																			
量控項目內容		量控標準		補充說明																			
到場之工料是否符合工程內容需求?		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																					
到場之工料是否皆合理		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																					
運具型號機號是否皆合理		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																					
運輸距離是否合理		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																					
運具維修是否合理		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																					
運輸量與機具機號是否皆相符		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																					
5-1 廢棄物				<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無																			
5-2 廢棄物運輸				<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無																			
6 碳匯改變				<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無																			

版次: v1.1		第 1 頁 共 2 頁		版次: v1.1		第 2 頁 共 2 頁													
道路工程監造碳管理月檢核表				道路工程監造碳管理月檢核表															
系統編號: A3-201306		報核日期: 102年07月15日(星期一)		系統編號: A3-201306		報核日期: 102年07月15日(星期一)													
工程名稱	台9線蘇花公路改善計畫建設工程	承攬廠商名稱	新亞建設開發股份有限公司	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">運具型號機號是否皆合理</td> <td colspan="2"><input checked="" type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>有缺 <input type="checkbox"/>有缺</td> </tr> <tr> <td colspan="2">運輸距離是否合理</td> <td colspan="2"><input type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>有缺 <input type="checkbox"/>有缺</td> </tr> <tr> <td colspan="2">運具維修是否合理</td> <td colspan="2"><input type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>有缺 <input type="checkbox"/>有缺</td> </tr> </table>				運具型號機號是否皆合理		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺		運輸距離是否合理		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺		運具維修是否合理		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺	
運具型號機號是否皆合理		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
運輸距離是否合理		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
運具維修是否合理		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
報核期間	102年06月01日(星期五)-102年06月30日(星期五)	契約工期	294天																
工程進行情況彙報: 重要施工項目及數量是否相符				<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺															
1-1 農具使用(包含公務車及交通車)				<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無															
量控項目內容		量控標準		補充說明															
所用農具是否符合工程內容需求?		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
所用農具是否皆已登錄		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
所用農具操作時數是否合理		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
所用農具維修是否合理		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
1-2 農具運輸				<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無															
量控項目內容		量控標準		補充說明															
到場之農具是否符合工程內容需求?		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
運具型號機號是否皆合理		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
到場之農具數量與運輸量是否相符		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
運輸距離是否合理		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
運具維修是否合理		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
運輸量與機具機號是否皆相符		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
2 用電(含檢測、道路、隧道各工區)				<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無															
量控項目內容		量控標準		補充說明															
用電狀況是否符合工程內容需求?		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
電表是否皆已登錄		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
耗電量是否合理		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
3 用水(含檢測、道路、隧道各工區)				<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無															
4-1 工料使用(包含土方、油料及復物)				<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無															
量控項目內容		量控標準		補充說明															
所用工料是否符合工程內容需求?		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
所用工料是否皆已登錄		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
所用工料數量與施工範圍比例是否合理		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
4-2 工料運輸				<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無															
量控項目內容		量控標準		補充說明															
到場之工料是否符合工程內容需求?		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	
到場之工料是否皆合理		<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有缺 <input type="checkbox"/> 有缺																	

圖 3.2.4-10 蘇花改碳排盤查系統監造日、月檢核下載檔案格式

3.2.5 碳足跡盤查活動資料鎖定及分析介面說明

除前述目前已開放為承包商、監造單位碳管理專責人員使用的系統介面外，目前本計畫也已設計幾項活動數據管理與交叉分析功能，以確保進入系統中、經查核完成之資料能夠妥善保存，並及早或及時發現盤查資料之缺漏或問題點，進而維持碳盤查資料蒐集結果的正確性；茲分項說明目前已開發完成之資料鎖定、日誌綜理和測試中之耗能統計分析功能頁面。

一、資料鎖定及日誌綜理功能頁面

目前提供資料鎖定及日誌綜理功能之頁面如圖 3.2.5-1 所示；其中，核定資料部份係在盤查矯正程序完成後，為確保系統內的數據資料與簽核版本一致而作的鎖定功能，一旦核定則承商即無法更動前述日誌與月報資料，同時也關閉日、月報表下載功能。另日誌綜理部份則是提供下載特定時段的日誌一般或日誌運輸 Excel 檔，以 6 月下半月茲料檢核所需為例，則可輸出資料區間、分別得到所有日誌及日誌運輸之 excel 表單共兩份，如圖 3.2.5-2 所示；作為本計畫連續核對歷史資料的輔助工具。

二、耗能統計分析頁面

耗能統計分析頁面之目的是為了能夠持續彙整各機具能耗量與操作時間的填報情形，透過每期油耗率之計算結果比對，了解各式機具的能耗量資料是否有缺漏或誤填，並可於計畫執行完成後提出累算而得的機具能耗參數。以分析挖土機之能耗為例，可藉由輸入查詢條件得到分析結果，頁面如圖 3.2.5-3 所示。

由圖可以看出許多挖土機未能於介面中自動帶出算出能耗率，其一是因為部份挖土機操作時數尚短，尚未有油耗資料；其二則是因為部份協力廠商的機具油料來源為無法提出分油紀錄的共用桶槽，故這些協力廠商所用之挖土機，亦無法由系統中自動計算出其能耗率，此即為共用油箱對於工程碳足跡盤查結果的查證雖不會造成影響，但本計畫仍致力於與協力廠商協商、改善加油紀錄方式之

原因。

蘇花公路改善工程監造資訊管理系統
蘇澳東澳段

【碳盤查】 wanchi5326@msc.singnet.com.tw

回至碳盤首頁 核定資料 日誌綜理 耗能統計 工料庫存 差異分析 異常管理 活動紀錄

標別: A1 台9線蘇花公路蘇澳永樂段新建工程

五月	2013年6月						七月
週日	週一	週二	週三	週四	週五	週六	
26 已核 取消	27 已核 取消	28 已核 取消	29 已核 取消	30 已核 取消	31 已核 取消	1 已核 取消	
2 已核 取消	3 已核 取消	4 已核 取消	5 已核 取消	6 已核 取消	7 已核 取消	8 已核 取消	
9 已核 取消	10 未核 核定	11 已核 取消	12 已核 取消	13 已核 取消	14 已核 取消	15 已核 取消	
16 未核 核定	17 未核 核定	18 未核 核定	19 未核 核定	20 未核 核定	21 未核 核定	22 未核 核定	
23 未核 核定	24 未核 核定	25 未核 核定	26 未核 核定	27 未核 核定	28 未核 核定	29 未核 核定	
30 未核 核定	1 未核 核定	2 未核 核定	3 未核 核定	4 未核 核定	5 未核 核定	6 未核 核定	

圖 3.2.5-1 蘇花改碳排盤查系統：核定資料頁面

蘇花公路改善工程監造資訊管理系統
蘇澳東澳段

【碳盤查】

回至碳盤首頁 核定資料 日誌綜理 耗能統計 工料庫存 差異分析

標別: A2 台9線蘇花公路東澳隧道新建工程

日期從: 2013/06/16 至: 2013/06/30

DR1資料下載 DR2資料下載

DR-2道路工程施工碳足跡盤查日誌(運輸)

2-1-20130616-2

報表日期: 2013年6月14日 (星期日)

日期	項目	數量	單位	備註
2013/06/16	DR1資料下載	1	檔案	
2013/06/17	DR2資料下載	1	檔案	

圖 3.2.5-2 蘇花改碳排盤查系統：日誌綜理頁面及下載檔案格式



圖 3.2.5-3 蘇花改碳排盤查系統：耗能統計頁面

本計畫也將利用機具能耗分析頁面功能，再進一步整合登錄資料，分析不同規格、功率及機齡之同型機具的能耗差異。

3.2.6 年報系統建置說明

比對本章 3.2.1 節及 3.2.4 節內容可知，本計畫為工程碳足跡盤查設計之各式表單中，登錄清冊、日誌及日檢核表、月報及月檢核表皆已對應建置有線上填報與輸出頁面，作為承包商與監造碳管理人員完成碳足跡盤查紀錄之依據；惟年報部份因為是 102 年度第 1 季甫填報，故當初即先以書面或電子表單的方式，要求各級管理單位進行資料填寫，並以書面的方式提送相關佐證資料。

本計畫今年度已基於 101 年度年報資料蒐集與彙整經驗，更新年報

資料報表及逸散設備格式，如附錄 I 表 I-13 及附表 I-14，並依據盤查資料項目與年報填報人員之意見回饋方式，規劃建置之年報填查系統架構如圖 3.2.6-1。



圖 3.2.6-1 蘇花改碳排盤查年報填報系統架構

此系統已於本年度上線供各級單位線上填報年報，系統畫面與填報狀況如圖 3.2.6-2 所示。其中，在承包商資料填報的部份，目前已與碳足跡盤查系統相關連，透過登錄清冊中的資料辨別與篩選，將承包商已在碳盤查日誌中登錄的資料抓取並統計於年報系統中，如公務車登錄資料及油耗料紀錄、電錶水錶登錄資料及用電、用水量等，詳圖 3.2.6-3，即可節省資料重覆填寫的時間，並減少單據從新加總的錯誤機率。



(a)蘇澳東澳段(A段)年報系統

(b)和 中大清水段(C段)年報系統

上線填寫單位：蘇改處、蘇澳段、東澳段、蘇澳東澳監造工程處、榮工(A1)、福清(A2)、新亞(A3)

上線填寫單位：南澳段、和平段、和 中段、和 中清水段監造工程處、介興(C1)

圖 3.2.6-2 蘇花改計畫碳盤查年報系統畫面



(a)公務車用油資料統計與匯入畫面

(b)用電/用水資料統計與匯入畫面

圖 3.2.6-3 碳盤查年報系統匯入日誌填報資料畫面

3.3 碳足跡係數蒐集與選用原則

3.3.1 係數選用原則

基於碳足跡盤查結果的代表性，在同樣符合碳足跡計算規範與查證要求的情況下，本計畫蒐集係數的來源主要有三種，包含：由資料庫或相關文獻篩選與率定之係數、國內公告碳排放係數及資料庫係數組合之

半本土化係數、供應商提供產品碳足跡或進行盤查取得之本土化係數三種。以下即分別說明不同來源之係數選用原則。

一、資料庫及文獻係數

由資料庫篩選適用係數時，需充份了解該係數所代表的特性與內涵，本計畫的考量條件包括：是否符合規範要求、盤查範疇、技術、地理特性及時間性，除規範要求為必須符合的條件外，因資料庫系統以歐美國家為主，在地理特性方面，則需優先採用區域性的平均值，其餘條件必須經由綜合考量後，再作出最佳化選擇。若為論文、期刊文獻或國家公告之碳足跡係數值，如同資料庫係數篩選原則，符合規範為必要條件外，亦需綜合考量盤查範疇、技術、地理特性及時間性，惟此則必須優先採用國內本土係數。

二、半本土化係數

由於我國環保署公布之溫室氣體排放係數管理表 6.0 版及「台灣產品碳足跡資訊網」公開之碳足跡計算係數資料庫，如：電力、燃料、油品等排放係數值，並非考量完整生命週期之碳排放量，僅包含使用階段的直接排放，若直接採用將無法通過國際碳足跡評估準則的查證。因此，本計畫將另從資料庫中蒐集同品項之原料開採、製造等階段的係數，再加上我國環保署公布之排放係數，組合出具備生命週期概念之半本土化排放係數；其中資料庫係數之選用原則如前項所述。

三、本土化係數

選用本土化係數之首要條件為符合碳足跡計算標準與評估範疇之排放係數，將優先採用經過碳足跡查證之本土化係數，另將視供應商意願及必要性，進行盤查及建立本土化係數值。

3.3.2 係數資料庫系統設計與建置

為有效且正確進行碳足跡計算工作，本計畫另設計與開發完成碳排放係數資料庫系統及蒐集介面，除作為本團隊人員蒐集與建置工程碳排放

放係數資料之介面外，亦為未來查驗機構進行蘇花改計畫碳足跡查證時的重要參考基礎。如本章圖 3.2.3-1 所規劃，本計畫目前已係同時建立有碳足跡盤查係數資料庫及碳排放係數資料庫兩部份。

碳排放係數資料庫的資料內容，主要是本團隊廣泛蒐集目前已公開的國內外碳排放係數資料的結果，其資料來源或所代表的邊界可能還需要進一步找到其原始文獻才能確認；而碳足跡盤查係數資料庫內容主要來源為由生命週期評估軟體(Simapro、Gabi 等)中，經由本計畫人員完成率定程序、填寫詮釋資料後的係數資料。簡而言之，此兩係數資料庫間的差異在於是否有經過率定程序、建立詳細的詮釋資料及初始資料。

以下即分別就碳排放係數資料庫及碳足跡盤查係數資料庫建置成果作分項說明。

一、碳排放係數資料庫

根據一般工程特性，本計畫依據前期計畫所歸納出的碳排放係數類別，包括：原物料、能資源、機運具能耗、碳匯及運輸 5 大類，各別彙整來自不同資料來源的係數蒐集結果；並建立參考文獻資料表作為各類表單內係數來源的參照依據。

二、碳足跡盤查係數資料庫

為使本計畫在評選適用係數時，能夠作出正確的比對，本團隊首先考量係數資料彙整的一致性，設計碳排放係數詮釋資料表，再設計由生命週期評估軟體之碳排放係數資料庫中擷取排碳係數之係數率定程序，如圖 3.3.2-1。

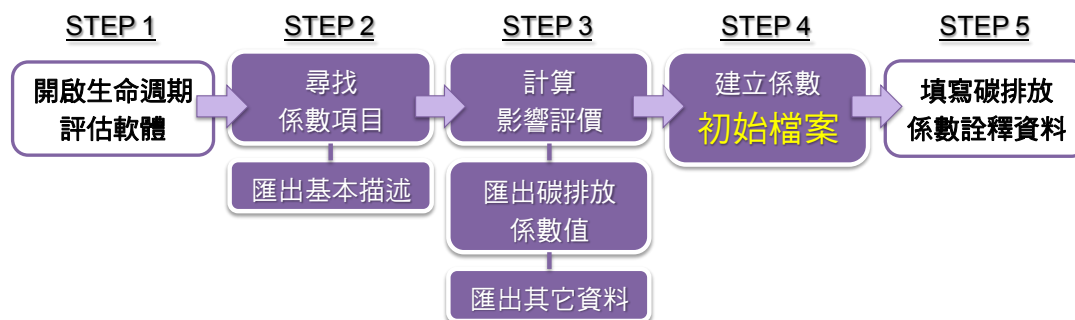


圖 3.3.2-1 碳足跡盤查係數率定與詮釋資料填寫程序

最後即可據以完成具備一致性、可參考性之排放係數詮釋資料庫系統，本計畫初步完成之係數資料填寫頁面如圖 3.3.2-2，在主表頁面填入適當資料後，則會出現相近的係數資料列表，作為填入係數更新資料的參考。此時若是要建置一筆新的係數，則可以頁面最下方「新建碳足跡盤查係數」按鈕進行副表內容填寫。

待資料建置完成後，則可由查詢頁面(如圖 3.3.2-3)依據：關鍵字、年份或類別三種條件，由資料庫篩選出適當係數。若欲對特定係數進行資料維護，則可由係數列表的最右欄點選進入資料編修頁面。

The image shows a web-based data entry interface for carbon footprint coefficients. The main page (left) has a search bar with fields for '中文名稱' (Chinese Name), '英文名稱' (English Name), '生產年份' (Production Year), and '係數類別' (Coefficient Category). A '查詢係數' (Search Coefficient) button is highlighted. A '新建查詢係數' (New Search Coefficient) button is circled in blue, with an arrow pointing to the sub-table. The sub-table (right) is titled '類別資料' (Category Data) and shows details for '水泥' (Cement) in 2012. It includes fields for '計量方式' (Measurement Method), '計量單位' (Measurement Unit), '排放量' (Emission), and various lifecycle stages like '原料開採' (Raw material extraction), '原料生產' (Raw material production), '產品製造' (Product manufacturing), '產品運輸' (Product transportation), '產品使用' (Product use), and '產品廢棄運輸' (Product disposal/transportation). The sub-table also shows '更新年份' (Update Year), '時間區' (Time Zone), '代表地區' (Representative Region), '技術說明' (Technical Description), '資料來源類別' (Data Source Category), '資料來源' (Data Source), '資料庫' (Database), and '資料等級' (Data Level).

圖 3.3.2-2 碳足跡盤查係數詮釋資料主/副表填寫頁面

本計畫將持續依據蘇花改工程盤查結果所列之項目，著手蒐集國內外相關碳排放及碳足跡盤查係數資料，並以一致的型式、建立重要碳足跡盤查係數之詮釋資料、累積於資料庫中，作為後續本計畫碳足跡計算與查證之依據。



圖 3.3.2-3 碳足跡盤查係數詮釋資料查詢頁面

3.3.3 係數蒐集與分析方法說明

基於本計畫目前針對道路工程特性設計完成的碳足跡盤查日誌表單內容(詳附錄 I)，未來工程碳足跡排放源類別將至少包括：燃料、用電、用水、工程材料、土地利用型式與林木種類及廢棄物處置 6 類，再根據 3.4 節所彙整之工程排放活動數據資料，選出適合的排放係數。由工區碳排放活動項目彙整結果顯示，主要排放項目可劃分為機具燃料使用(柴油、汽油)、用電、用水、工程材料及運輸等類別，以下即分別就本計畫蒐集與分析燃料、電力、工程材料及運輸等排放係數之方法作簡要說明。

一、燃料

如前小節所述，我國環保署公布之溫室氣體排放係數管理表與碳足跡計算係數資料庫並非生命週期排放係數。為此，本計畫係以建立半本土化排放係數的方式，求得本計畫用以計算之燃料生命週期排碳係數。

以柴油-移動源為例，目前國內公告係數與生命週期評估軟體中可得之不同生命週期階段的排碳係數，數據如表 3.3.3-1 所示。基於中油公司所供應之車用柴油摻入生質柴油之百分率為 2%，故本計畫所採用之柴油係數即考量柴油及生質柴油之開採提煉、儲存運輸及使用階段的排放係數加總並依比例計算，求取本計畫量化碳足跡所用之半本土化柴油-移動源生命週期係數 3.339kgCO₂e/L。並以相同方式，可建立柴油-固定源係數 3.304 kgCO₂e/L、汽油-移動源係數 3.360kgCO₂e/L 為本計畫機/運具燃料耗用排放量計算所用。

表 3.3.3-1 柴油-移動源半本土化係數建立

燃料名稱	評估邊界	排放係數* (kgCO ₂ e/L)	係數來源
柴油	開採提煉	0.266	Gabi PE 「Diesel mix at refinery」
	儲存運輸	0.424	Ecoinvent 「Diesel, at regional storage /RER S」
	使用	2.650	環保署溫室氣體排放係數管理表 6.0.1 版 (102.11)修
生質柴油 (固定源)	使用	2.566	環保署溫室氣體排放係數管理表 6.0.1 版 (102.11)修
柴油(BP2)生命週期		3.339	PE、Ecoinvent、國內公告係數

註：以柴油平均密度 0.83 kg/L 換算而得。

二、電力

以電力使用碳排放之計算為例，我國能源局最新公告之民國 101 年，使用單位電力碳排放係數為每度電(kWh)排放 0.532 公斤二氧化碳當量，僅涵蓋發電程序的碳排放量，並不符合國際碳足跡評估規範要求。為此，本計畫參考查證單位之建議，初步選用環保署碳足跡計算服務平台 (http://cfc.epa.gov.tw/CIT_Beta/CIT_UI/Fmodule/News.aspx)揭露資訊中的「台灣電力碳足跡(100年)-工研院工業技術研究院」：從發電用燃料採掘起，經提煉、做功、轉為電能，到配電至用戶為止

的生命週期電力排放係數：0.698kgCO₂e/kWh，作為本計畫各類用電碳足跡計算之排放係數。

三、工程材料

由前小節工程碳排放活動項目綜整結果可知，工區所用的各式材料大多係以「產品」形式編列，絕大部份並無可直接對應的產品碳足跡係數可採用。對於此類工程材料，本計畫目前係透過了解該產品的組成、原物料種類及重量百分比等，進而由各組成的碳排放係數著手，利用前一小節所述之篩選原則逐一率定分析，進而組合出現階段最完整的排放係數，並據以計算求得該產品之碳排放係數；惟此種方法對於部份需繁複加工的材料而言會有排放計算缺漏的問題，還需要進一步針對的加工段(如焊接)找尋適當排放係數或進行供應商盤查確認。

四、運輸

由於運輸材料或機具之運輸車輛並非承包商本身所有，本計畫可蒐集之排放活動資料為運輸車輛之規格、運輸距離及所載運之物品種類，在無法取得對應的能耗量(油單)情況下，係由資料庫中分別蒐集不同噸數或規格之貨(卡)車滿載貨物及空車時，每單位噸公里之碳排放係數，作為本計畫運輸部份的排放係數。Gabi-PE 資料庫將貨車運輸係數分為 8 種區間：7.5t~12t、12t~14t、14t~20t、20t~26t、26t~28t、28t~34t、34t~40t、大於 32t 以上。本計畫即依據上述運具規格類別，選擇符合承商填報之運具型式的該區間運輸碳排放係數進行計算；惟 3.49 噸小貨車未符合上述分類區間，故本計畫以最接近規格 7.5t~12t 替代。

3.3.4 係數計算結果

依據前述之排放係數選用原則、蒐集及分析方法，彙整工程施工碳足跡盤查填報資料所對應之碳排放係數，結果如表 3.3.4-1 所示。

表 3.3.4-1 工區碳排放係數彙整

類別	項目	規格	排放係數	單位	係數來源
燃料	柴油(BP2)	移動源	3.3386	kgCO ₂ e/L	Gabi-PE、Ecoinvent、國內公告係數
		固定源	3.3040	kgCO ₂ e/L	
燃料	汽油	移動源	3.3600	kgCO ₂ e/L	Gabi-PE、Ecoinvent、國內公告係數
		固定源	3.2700	kgCO ₂ e/L	
能源	電力		0.6980	kgCO ₂ e/度	工研院論文
材料	混凝土	140kgf/cm ²	0.0736	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	混凝土	175 II kgf/cm ²	0.0736	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	混凝土	210 II kgf/cm ²	0.0905	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	混凝土	245 II kgf/cm ²	0.0905	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	混凝土	280kgf/cm ²	0.0926	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	混凝土	350kgf/cm ²	0.1130	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	混凝土	水中 210 II kgf/cm ²	0.0905	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	噴凝土	210 II kgf/cm ²	0.0905	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	鋼纖維噴凝土	255SFS(混凝土)	0.0926	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
		255SFS(鋼纖維)	0.6130	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	水泥	一型水泥	0.7840	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	水泥	二型水泥	0.6310	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	砂		0.0031	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	竹節鋼筋		1.2400	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	預力端錨 固定端錨		2.3200	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	預力鋼腱		2.1600	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	鋼筋續接器	16 ϕ SD280W	0.1430	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	防撞鋼板		2.1300	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	點焊網		0.6130	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	鐵絲				
	鐵線				
菱形網					
鋼筋混凝土管	D1000m、D1500mm	0.1460	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
氧氣		0.1220	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	

表 3.3.4-1 工區碳排放係數彙整(續一)

類別	項目	規格	排放係數	單位	係數來源
材料	乙炔		5.6750	kgCO ₂ e/kg	Ecoinvent、 化學平衡式
	油漆	溶劑型	2.550	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	去漬油		0.4970	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	速凝劑	硫酸鋁鹽	0.4930	kgCO ₂ e/kg	Ecoinvent
	岩栓		1.2400	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	超重 CF 機油		1.0400	kg CO ₂ e/kg	Gabi-PE
	超優 CG4 機油				
	黃油條 No.2				
	液壓油				
	H 型支保	鋼板	2.1300	kg CO ₂ e/kg	Gabi-PE
	桁型支保	鋼筋	1.2400	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
		鋼板	2.1300	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	自鉗式岩釘	R32*8M	1.2400	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	蘭花黑網	聚乙烯(PE)	1.5800	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	全/半阻隔圍籬	鋼板	2.3200	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
		鋼筋	1.2400	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	植生基材		0.2300	kgCO ₂ e/kg	文獻
	瀝青		0.0644	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	柏油				
	密級配				
	磚		0.1960	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	立柱護蓋	聚氯乙烯(PVC)	1.5800	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	中空板				
	鍍鋅亞管		2.4600	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	管冪鋼管				
	先撐鋼管				
	自鑽式岩栓				
重級鋼管					
預力套管					

表 3.3.4-1 工區碳排放係數彙整(續二)

類別	項目	規格	排放係數	單位	係數來源	
材料	盤式支承	鋼板	2.1300	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
		橡膠	2.5200	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	岩釘	鋼板	2.1300	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
		鋼筋	1.2400	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	臨時集水井	150*150*165*15cm	0.1400	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	成型填縫板		3.3800	kgCO ₂ e/kg	Ecoinvent	
	膠管	50mm*30mm*4M	3.2100	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	PE 黑管	t5.5mm 3"x100M	1.6500	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	HDPE 透水管	2"x 4M 全透	1.9300	kgCO ₂ e/kg	Ecoinvent	
	PAC		1.6440	kgCO ₂ e/kg	文獻	
	高分子		3.4000	kgCO ₂ e/kg	文獻	
	硫酸		0.1290	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	NaOH		0.1280	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	玻璃急結管	輕骨材		0.0050	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
		水		0.0010	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
急結劑 SiO ₂			5.1300	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
玻璃			0.9760	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
運輸	全拖車	35t	0.0471	kgCO ₂ e/tkm	Gabi-PE	
	全拖車	43t	0.0512	kgCO ₂ e/tkm	Gabi-PE	
	大貨車	11t	0.1343	kgCO ₂ e/tkm	Gabi-PE	
	大貨車	17t	0.0729	kgCO ₂ e/tkm	Gabi-PE	
	大貨車	20t	0.0598	kgCO ₂ e/tkm	Gabi-PE	
	大貨材料車	26t	0.0598	kgCO ₂ e/tkm	Gabi-PE	
	大貨車	35t	0.0471	kgCO ₂ e/tkm	Gabi-PE	
	小貨車	3t、3.49t	0.1343	kgCO ₂ e/tkm	Gabi-PE	
	小貨車		0.1343	kgCO ₂ e/tkm	Gabi-PE	
	混凝土預拌車	6m ³	0.0598	kgCO ₂ e/tkm	Gabi-PE	
	火車		0.0225	kgCO ₂ e/tkm	Gabi-PE	
	船運		0.0143	kgCO ₂ e/tkm	Gabi-PE	

3.4 工程碳足跡盤查執行成果說明

以下即以年度為考量，依據開工時間先後(A3、C1、A2 及 A1 標)就 102 年 1 月 1 日至 102 年 12 月 31 日工程碳足跡盤查執行結果進行分小節說明。

3.4.1 東澳東岳段新建工程(A3 標)

本小節首先簡要介紹東澳東岳段新建工程(A3 標)內容，再接續逐項說明 A3 標 102 年度登錄清冊累積項目，及不同工程排放類別包括：機具、工程材料、能資源、廢棄物、人員出勤與運輸部份之活動量數據與碳足跡計算結果。

一、盤查範圍說明

東澳東岳段新建工程(A3 標)工程範圍如圖 3.4.1-1，全長約 2.1 公里，其，中橋梁段約 1.5 公里、隧道段約 0.22 公里、路堤路塹段約 0.33 公里；工程項目包括：東澳北溪河川橋跨越東澳北溪支流及主流，東岳隧道通過幸福水泥廠北側之蛇山，經東岳隧道南路堤，以幸福高架橋跨過幸福水泥廠鐵路，最後沿幸福路堤漸降與台 9 線平面交叉，匯回台 9 線主線。

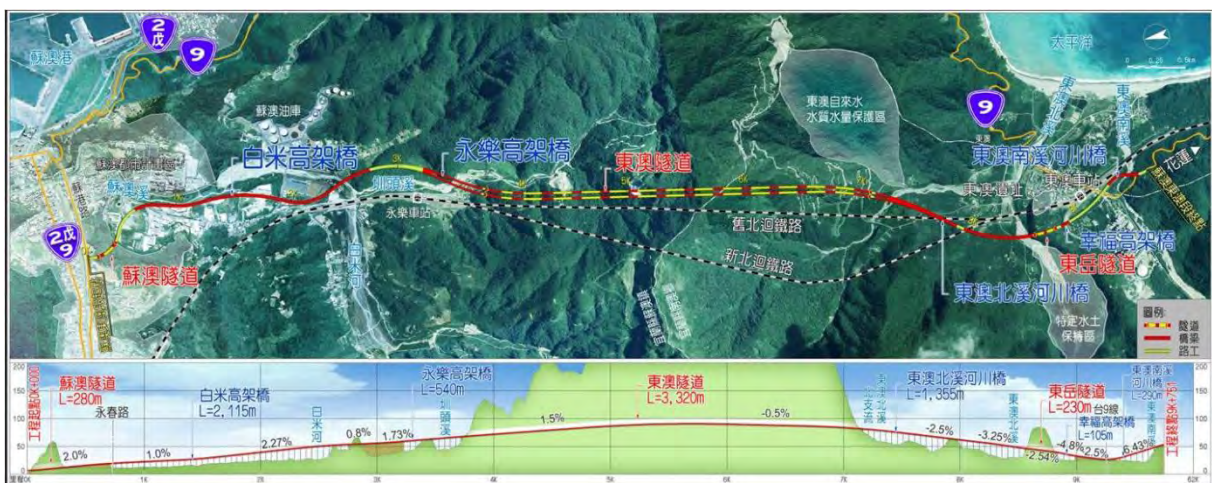


圖 3.4.1-1 東澳東岳段新建工程(A3 標)工程範圍示意圖

本標係於 101 年 6 月 28 日決標，並於同年 9 月 17 日開工；截至 102 年 12 月底止，累積工期為 471 天，實際進度 36.83%；東澳北溪橋工區主要進行工項為墩柱與上構節塊施工，並持續完成剩餘井基(P9 與 P10)；幸福高架橋工區則已完成所有墩柱組立，排水箱涵已接近完工；東岳隧道北口導坑至 12 月底以進洞約 117 輪徑，南口則持續進行邊坡保護工程。

另彙整本標工程構築型式設施配置則如表 3.4.1-1，包含路堤路塹、橋梁及隧道三種工程型式。東澳北溪河川橋採南北向分離設計；基礎型式視場地是否受限而採樁基礎或井式基礎；上構採場鑄懸臂工法施工。東岳隧道為雙孔各單車道隧道，採眼鏡型隧道設計，亦以機械開挖為主。幸福高架橋為南北向共構，基礎型式採展式基礎或井式基礎；上構採場鑄逐跨工法施工。

表 3.4.1-1 東澳東岳段新建工程(A3 標)工程構築型式配置表

標別	構築型式	設施名稱	起迄里程(m)			工程型式
A3 標	橋梁	東澳北溪 河川橋	7+213.000	8+565.000	(SB)	樁基礎或井式基礎，場鑄懸 臂工法
			7+240.000	8+565.000	(NB)	
	隧道	東岳隧道	8+560.000	8+775.000		雙孔各單車道(眼鏡型隧 道)，機械開挖
	路堤路塹	東岳隧道 南路堤	8+775.000	8+783.000		-
	橋梁	幸福高架橋	8+783.000	8+963.000		展式基礎或井式基礎，場鑄 逐跨工法
	路堤路塹	幸福路堤	8+963.000	9+284.105		-

二、碳足跡盤查登錄清冊

根據本計畫盤查範圍與項目要求，目前應登錄於盤查清冊之排放源類別包括：施工機具/耗能設備、用電、用水、工程材料、植生、運具及人員 7 項，另基於不同工程項目的碳足跡分析需求與承商資料管理之便利性，於 102 年年中已另於登錄清冊中加入工程施工項

目及協力廠商/供應商的登錄表單，作為承包商執行碳足跡盤查資料填報之參照。

截至 102 年 12 月底，A3 標施工碳足跡盤查之登錄清冊各項目累計登錄數量如表 3.4.1-2 所示。其中，用水、用電及植生登錄部份皆未有新增資料，工程項目、施工機具和工程材料皆隨工程進度而持續增加，又最大幅增加的項目為人員部分。

三、本年度盤查日誌數據彙整結果

本年度 9 月起因應隧道開挖需要，A3 標協力廠商配特公司已申請工程臨時用電並加裝電表，惟目前尚無工區水錶裝設，故本年度本標同 102 年度無工區之用水活動數據。以下即依：機/運具使用(用油/用電)、工程材料使用、廢棄物、碳匯改變、人員出勤和運輸共 6 類工程排放源，分別說明 A3 標活動度數據彙整與統計結果。

表 3.4.1-2 A3 標登錄清冊登錄狀況彙整表

表單編號	表單名稱	目前總筆數	本年度新增筆數
CP	工程施工項目登錄表	97	40
CC	廠商登錄	24	10
ME	施工機具/耗能設備登錄表	105	33
ES	用電登錄表	1	-
WS	用水登錄表	1	-
MA	工程材料登錄表	140	60
PL	植生登錄表	4	-
MO	運具設備登錄表	30	3
HR	工區人員交通方式登錄表	346	105

(一)機/運具使用

截至 102 年 12 月 31 日止，A3 標已進行的工程項目包括：清除掘除、拆除及圍籬工程、施工便道及便橋、幸福高架橋及東澳北溪河川橋井基與排水箱涵工程、東澳北溪河川橋基樁、基礎層、墩柱

及上構工程、東岳隧道北口中央導坑開挖與南口邊坡保護工程等；過程中共計使用機具 94 台、運具 5 台，類型包括挖土機、發電機、空壓機、吊卡車、吊車、噴漿機、夯壓機、吊桿車、打樁機、輪型起重機、高空作業車、搖管機、鑽堡機、泵浦車、傾卸車及大貨車，此外協力廠商於本年度 9 月開始使用臨時用電，截至年底使用量為 88,800 度。

考量機/運具操作所造成的工程碳足跡，係以其能耗量(用油量)為活動強度，本計畫將機/運具使用紀錄整理如表 3.4.1-3，含機具操作時數、耗油量(L)等資料。

表 3.4.1-3 A3 標本年度機/運具使用紀錄

機/運具編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	用油量(L)	耗能別	備註
ME-弘大鑫 01	挖土機	823.0	66,822.24	柴油	
ME-弘大鑫 02	挖土機	205.0		柴油	
ME-弘大鑫 03	挖土機	380.0		柴油	
ME-弘大鑫 04	挖土機	160.0		柴油	
ME-弘大鑫 05	挖土機	501.0		柴油	
ME-弘大鑫 06	吊車	884.0		柴油	
ME-弘大鑫 07	吊車	164.0		柴油	
ME-弘大鑫 08	吊卡車	299.0		柴油	
ME-弘大鑫 09	發電機	1,229.0		柴油	
ME-弘大鑫 10	空壓機	508.0		柴油	
ME-弘大鑫 11	吊卡車	911.0		柴油	
ME-弘大鑫 14	發電機	433.0		柴油	
ME-弘大鑫 15	發電機	418.0		柴油	
ME-弘大鑫 17	空壓機	88.0		柴油	
ME-弘大鑫 18	發電機	284.0		柴油	
ME-弘大鑫 19	發電機	155.0		柴油	
ME-弘大鑫 20	泵浦車	183.0		柴油	
ME-弘大鑫 21	鑽機	528.0		柴油	
ME-弘大鑫 22	發電機	520.0		柴油	

表 3.4.1-3 A3 標本年度機/運具使用紀錄(續一)

機/運具編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	用油量(L)	耗能別	備註	
ME-弘大鑫 13	噴漿機	499.0	-	電力		
ME-弘大鑫 16	噴漿機	88.0	-	電力		
ME-田大 01	吊車	2,226.0	6,268.41	柴油		
ME-田大 03	吊卡車	2,188.0	6,242.68	柴油		
ME-田大 06	泵浦車	699.0	1,306.17	柴油		
ME-田大 12	挖土機	939.5	18,904.09	柴油		
ME-田大 02	吊卡車	1,342.0	14,765.73	柴油		
ME-田大 04	發電機(大型)	2,277.0		柴油		
ME-田大 05	發電機(大型)	586.5		柴油		
ME-田大 06	泵浦車	699.0		柴油		
ME-田大 07	發電機(中型)	724.0		柴油		
ME-田大 08	發電機(小型)	674.5		柴油		
ME-田大 09	發電機(小型)	193.0		柴油		
ME-田大 10	發電機(小型)	8.5		柴油		
ME-田大 11	挖土機	116.0		柴油		
ME-田大 12	挖土機	939.5		柴油		
ME-田大 13	挖土機	227.5		柴油		
ME-田大 14	吊車(25T)	776.0		柴油		
ME-田大 15	泵浦車	84.0		柴油		
ME-田大 16	高空作業車	232.5		柴油		
MO-田大 01	傾卸車	540.5		柴油		
MO-田大 02	傾卸車	440.0		柴油		
MO-田大 03	傾卸車	67.5		柴油		
ME-益群豐 01	挖土機	1,953.0		25,874.24	柴油	
ME-益群豐 02	挖土機	96.0		864.00	柴油	推估
ME-益群豐 03	夯壓機	40.0		暫不推估	柴油	
ME-益群豐 04	打樁機(PC300)	68.0	1,360.00	柴油	推估	
ME-配特 01	挖土機	232.0	2,856.45	柴油		
ME-配特 02	挖土機	27.5	490.00	柴油		
ME-配特 03	發電機	153.0	1,482.89	柴油		

表 3.4.1-3 A3 標本年度機/運具使用紀錄(續二)

機/運具編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	用油量(L)	耗能別	備註
ME-配特 04	空壓機	564.5	9,439.00	柴油	
ME-配特 05	挖土機	379.5	5,622.59	柴油	
ME-配特 06	挖土機	361.5	5,362.00	柴油	
ME-配特 07	挖土機	564.5	7,910.00	柴油	
ME-配特 08	空壓機	64.5	366.10	柴油	
ME-配特 10	發電機	24.0	304.00	柴油	
ME-配特 11	高空作業車	177.0	2,646.69	柴油	
ME-配特 12	鑽堡機	633.0	-	電力	
ME-配特 13	機臂噴漿機	336.5	-	電力	
ME-配特 14	噴漿機	55.0	-	電力	
MO-配特 02	傾卸車	(里程數 km)2,325.0	2,300.67	柴油	
ME-頤達 01	挖土機	872.0	98,180.82	柴油	
ME-頤達 02	挖土機	920.0		柴油	
ME-頤達 03	吊車	864.0		柴油	
ME-頤達 04	吊車	912.0		柴油	
ME-頤達 05	搖管機	765.0		柴油	
ME-頤達 06	發電機	893.0		柴油	
ME-頤達 07	發電機	871.0		柴油	
ME-頤達 08	發電機	48.0		柴油	
ME-頤達 09	吊車	875.0		柴油	
ME-頤達 10	搖管機	800.0		柴油	
ME-頤達 11	吊車	16.0		柴油	
MO-頤達 01	大貨車	190.0	柴油		
ME-樂志 01	吊卡車	192.0	4,666.23	柴油	
ME-樂志 02	吊車	964.0	4,836.32	柴油	
ME-樂志 03	挖土機	124.0	407.44	柴油	
ME-樂志 13	吊卡車	1,032.0	3,948.39	柴油	
ME-樂志 14	吊卡車	1,048.0	2,311.21	柴油	
ME-樂志 16	吊卡車	656.0	2,116.42	柴油	

表 3.4.1-3 A3 標本年度機/運具使用紀錄(續三)

機/運具編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	用油量(L)	耗能別	備註	
ME-樂志 04	發電機	324.0	9,198.40	柴油		
ME-樂志 05	發電機	372.0		柴油		
ME-樂志 06	發電機	168.0		柴油		
ME-樂志 07	發電機	112.0		柴油		
ME-樂志 08	發電機	528.0		柴油		
ME-樂志 09	發電機(照明燈)	4.0		柴油		
ME-樂志 11	空壓機	26.0		柴油		
ME-樂志 12	高空作業車	586.0		柴油		
ME-樂志 13	吊卡車	1,032.0		柴油		
ME-樂志 14	吊卡車	1,048.0		柴油		
ME-樂志 15	泵浦車	329.0		柴油		
ME-樂志 16	吊卡車	656.0		柴油		
ME-樂志 17	高空作業車	32.0		柴油		
ME-樂志 18	堆高機	60.0		柴油		
ME-樂志 19	吊卡車	216.0		柴油		
ME-達和 02	發電機	176.0		164.60	柴油	
ME-通傑 01	鑽堡機	48.0		暫不推估	柴油	
ME-順運 02	框式附加吊桿車	161.0		1,127.00	柴油	推估
ME-順運 03	打樁機	142.0		1,176.40	柴油	
ME-順運 04	發電機	44.0	暫不推估	柴油		
ME-順運 09	框式附加吊桿車	238.0	92.62	柴油		

註：操作時數小於 50 小時且未有油單者，暫未列入本年度盤查活動量計算。

A3 標為本計畫盤查範圍中，最早動工同時也是目前工程進度最快的一標，102 年度所執行的工程項目相較於其他標要多：目前主要進行墩柱與上構工程，並陸續完成剩餘井基與排水箱涵工程。此外本年度 8 月也已開始東岳隧道相關工程，故 A3 標所使用之機具也較多。由於 A3 標工程施作方式係將不同類型工作委由協力廠商分項負責，因而使用機具數量相對較多：由表 3.4.1-3 機具編號可看出 A3

標協力廠商包括有：弘大鑫、田大、通傑、益群豐、順運、達和、配特、樂志與頤達等；茲分項說明各協力廠商本年度負責之工程內容及機具使用狀況於後。

1. 弘大鑫：主要負責井基工程，本年度共使用 21 台機具，其中有 2 台是透過發電機燃油送電進行操作；
2. 益群豐：主要負責施工便道工程，並於 102 年下半年度開始執行排水箱涵施做工作，本年度使用機具共計 4 台，但主要是集中使用 ME-益群豐 01(挖土機)作業；
3. 田大：主要負責橋梁基礎層與墩柱施作，本年度共使用 18 台機具及 3 台運具；
4. 配特：主要負責東岳隧道工程，本年度使用共計 13 台機具與 1 台運具，主要機具與運具於下半年度因應導開挖與南口邊坡保護工程而進場，並於 9 月開始使用工區用電；
5. 頤達：主要負責全套管基樁工程，已在 5 月底前全數完成；共計使用 11 台機具及 1 台運具。
6. 樂志：主要負責東澳北溪橋工區上構工程，機具於下半年度進場，目前共計 21 台機具。
7. 達和：為圍籬施作廠商，僅使用 2 台發電機與 1 台吊卡車。
8. 通傑：主要負責地質鑽探，所用機具僅鑽堡機 1 台；
9. 順運：主要負責便橋工程，所用之機具較不固定，本年度使用共 5 台機具。

考量部分機具於本年度操作時數尚低、未有加油紀錄，以及特定類型機具之使用情形為操作完當日離場、當日並未在工區內添加燃料兩種狀況，本報告目前係暫未將操作時數在 50 小時以下，且未有加油紀錄之機具活動量納入活動強度統計，待協力廠商完工，機具確定不再使用後，再行推估；而其他使用時間超過 50 小時但無加油紀錄的機具，則是基於與查證人員討論的結果，先參考目前其他相近之工程機具單位操作時間能耗量，以推估的方式進行機/運具耗

油量推估；本年度採用此推估方法的機具分別為 ME-益群豐 02 的耗油量 864L、ME-益群豐 04 的耗油量 1,360L 以及 ME-順運 02 的耗油量 1,127L。

根據表 3.4.1-3 之分機/運具項目油耗量彙整結果，A3 標本年度機/運具總活動強度，可進一步依協力廠商別再加總進行表列，如表 3.4.1-4，作為 A3 標本年度機/運具碳足跡計算之依據。

表 3.4.1-4 A3 標本年度協力廠商機/運用油量統計

協力廠商名稱	用油量(L)
弘大鑫	66,822.24
田大	47,487.08
益群豐	28,098.24
配特	38,780.38
樂志	27,484.41
頤達	98,180.82
達和	164.60
順運	2,396.02
合計	309,413.79

(二)工程材料使用

A3 標 102 年度所使用材料項目共計有 53 項，以竹節鋼筋與各型混凝土為主，茲羅列目前已填報之總用量如表 3.4.1-5。其中，用於構築施工便橋、圍籬等假設性工程的基礎層鐵模、H 型鋼、覆工板、施工圍籬材料、養生池鋼棚材料、角鋼、樓梯、清水模板、施工架、墩柱鐵模與鋼梁材料以及上構工程所使用之工作車等，因屬於各協力廠商之資本財，未來在本工程使用完畢後，可毋須再製即直接拆卸至其他工程繼續使用，故經與查證人員討論後，初步將這些材料歸類為可回收再利用的材料，並依據碳足跡盤查規範，僅將材料運輸的排碳量計入、而毋須如一次性使用之材料，需納入工程

材料自原料開採、製造乃至於廢棄的全生命週期排碳。

表 3.4.1-5 A3 標本年度工程材料使用量統計結果

工程材料編號	工程材料名稱	規格/類別	累計使用數量	單位	備註
(多項合併)	速凝劑	Teamshot AF80	82,600.00	kg	一次性使用
MA-弘大鑫 02-1	桁型支保	G150	14.00	組	一次性使用
MA-弘大鑫 02-2	桁型支保	G150	110.00	組	一次性使用
MA-弘大鑫 02-3	桁型支保	G150	80.00	組	一次性使用
(多項合併)	點焊網	-	55,267.99	m ²	一次性使用
MA-弘大鑫 07	水泥	第一型	320.00	ton	一次性使用
(多項合併)	水泥	第二型	2,300.00	包	一次性使用
MA-宜興 01	混凝土	175 II kgf/cm ²	616.00	m ³	一次性使用
MA-宜興 02	混凝土	210 II kgf/cm ²	2,805.50	m ³	一次性使用
MA-宜興 04	混凝土	280 II kgf/cm ²	27,701.50	m ³	一次性使用
MA-宜興 05	混凝土	350kgf/cm ²	4,704.50	m ³	一次性使用
MA-宜興 06	混凝土	420 II kgf/cm ²	4,329.50	m ³	一次性使用
MA-宜興 07	混凝土	水中 210 II kgf/cm ²	17,622.00	m ³	一次性使用
MA-宜興 10	噴凝土	噴凝土	4,333.00	m ³	一次性使用
MA-宜興 12	水泥砂漿	一型低鹼	30.00	m ³	一次性使用
MA-配特 03	水泥砂漿	二型低鹼	400.00	包	一次性使用
(多項合併)	竹節鋼筋	-	8,221,722.50	kg	一次性使用
MA-田大 05	鐵絲	-	66.00	箱	一次性使用
MA-田大 06	鐵線	-	200.00	kg	一次性使用
(多項合併)	氧氣瓶	6000L	33.00	瓶	一次性使用
(多項合併)	乙炔瓶	400L	15.00	瓶	一次性使用
MA-配特 04	鍍鋅菱形網	2mm*50mm ²	648.00	m ²	一次性使用
MA-配特 05	岩栓	R25 L600	200.00	支	一次性使用
MA-配特 06	岩栓	R25 L400	100.00	支	一次性使用
MA-配特 07	管幕鋼管	L=12m	260.00	支	一次性使用
MA-配特 09	先撐鋼管	25mm L=4.1	2,840.00	支	一次性使用
MA-配特 10	岩栓	-	1,191.00	組	一次性使用
MA-配特 11	桁型支保	中央導坑用	74.00	組	一次性使用
MA-配特 13	自鑽式岩栓	-	29.00	組	一次性使用

表 3.4.1-5 A3 標本年度工程材料使用量統計結果(續一)

工程材料編號	工程材料名稱	規格/類別	累計使用數量	單位	備註
MA-配特 14	植生基材	-	33.00	m ³	一次性使用
MA-配特 15	重級鋼管	-	32.00	支	一次性使用
MA-配特 16	樹脂化學藥劑	-	4,320.00	kg	一次性使用
MA-田大 09	防撞鋼板		28.00	ton	一次性使用
MA-達和 10	油漆	5 加侖	100.00	桶	一次性使用
MA-達和 11	去漬油	50 加侖	2.00	桶	一次性使用
MA-田大 10	鋼筋續接器	D36	7,172.00	個	一次性使用
MA-田大 10	鋼筋續接器	D32	164.00	個	一次性使用
MA-田大 10	鋼筋續接器	D29	1,576.00	個	一次性使用
MA-田大 10	鋼筋續接器	D13	3,278.00	個	一次性使用
MA-樂志 01	預力鋼腱	-	65,993.10	kg	一次性使用
MA-樂志 02-07	盤式支承	GU400-225-50	2.00	個	一次性使用
MA-樂志 02-09	盤式支承	GU400-275-100	4.00	個	一次性使用
MA-樂志 02-14	盤式支承	GU2300-900-20	2.00	個	一次性使用
MA-樂志 05	預力套管	-	2,424.00	支	一次性使用
MA-樂志 06	預力端錨	-	442.00	組	一次性使用
MA-樂志 07	固定端錨	-	16.00	組	一次性使用
MA-樂志 10	預力鋼棒	-	472.00	支	一次性使用
MA-益群豐 04	成型填縫板	-	535.00	片	一次性使用
MA-益群豐 05	止水帶	A3	307.00	m	一次性使用
MA-益群豐 09	油毛氈	-	120.00	m ²	一次性使用
MA-頤達 03	膠管	4M	4,500.00	支	一次性使用
(多項合併)	墩柱鐵模	-	12.00	組	回收再利用
MA-田大 07	基礎層鐵模	-	46.00	組	回收再利用
MA-田大 08	鋼管施工架	-	406.00	支	回收再利用
(多項合併)	清水模板	-	186.00	組	回收再利用
MA-順運 01	覆工版	-	621.00	片	回收再利用
(多項合併)	H 型鋼	-	191.00	支	回收再利用
MA-順運 04	角鋼	-	67.00	個	回收再利用
MA-順運 05	樓梯	-	3.00	個	回收再利用
MA-達和 01	施工圍籬材料	-	403.00	組	回收再利用

表 3.4.1-5 A3 標本年度工程材料使用量統計結果(續二)

工程材料編號	工程材料名稱	規格/類別	累計使用數量	單位	備註
MA-達和 03	養生池鋼棚材料	-	1.00	組	回收再利用
MA-頤達 04	鋼樑材料	-	60.00	組	回收再利用
MA-樂志 04	工作車構件	-	1	式	回收再利用

扣除前述屬於廠商資本財、可回收再利用的材料後，A3 標本年度需計算生命週期排碳量的工程材料包括 53 項；其中，使用材料最大量為竹節鋼筋與混凝土。

為符合碳足跡計算與查證要求，本計畫係循去年度排放清冊彙整期間、經查證單位認可的計算方式，以各項工程材料碳排放量係數所使用的單位作為活動強度計量單位，在活動數據填報單位與計量單位不一致的情況下，以文獻資料或承包商、供應商所提供的實際測量與計算資料進行數據換算。綜整本年度 A3 標需納入排碳計算之工程材料項目及轉換後之活動強度單位與數量，可詳列如表 3.4.1-6。

表 3.4.1-6 A3 標本年度工程材料使用活動強度數據

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	單位	使用數量	轉換後單位	轉換後使用數量
(多項合併)	速凝劑	Teamshot AF80	kg	82,600.00	kg	(速凝劑)49,560.00
					kg	(水)33,040.00
MA-弘大鑫 02-1	桁型支保	G150	組	14.00	kg	(鋼板)280.00
					kg	(鋼筋)4,716.04
MA-弘大鑫 02-2	桁型支保	G150	組	110.00	kg	(鋼板)2,750.00
					kg	(鋼筋)51,284.75
MA-弘大鑫 02-3	桁型支保	G150	組	80.00	kg	(鋼板)2,900.80
					kg	(鋼筋)44,830.40
(多項合併)	點焊網	-	m ²	55,267.99	kg	187,275.58

註：桁型支保係由鋼筋和鋼板材料所組合，故轉換後包含鋼筋及鋼板材料重量。

表 3.4.1-6 A3 標本年度工程材料使用活動強度數據(續一)

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	單位	使用數量	轉換後單位	轉換後使用數量
MA-弘大鑫 07	水泥	第一型	ton	320.00	kg	320,000.00
(多項合併)	水泥	第二型	包	2,300.00	kg	95,000.00
MA-宜興 01	混凝土	175 II kgf/cm ²	m ³	616.00	kg	1,456,840.00
MA-宜興 02	混凝土	210 II kgf/cm ²	m ³	2,805.50	kg	6,553,648.00
MA-宜興 04	混凝土	280 II kgf/cm ²	m ³	27,701.50	kg	66,123,480.50
MA-宜興 05	混凝土	350kgf/cm ²	m ³	4,704.50	kg	11,102,620.00
MA-宜興 06	混凝土	420 II kgf/cm ²	m ³	4,329.50	kg	10,429,765.50
MA-宜興 07	混凝土	水中 210 II kgf/cm ²	m ³	17,622.00	kg	41,217,858.00
MA-宜興 10	噴凝土	噴凝土	m ³	4,333.00	kg	10,169,551.00
MA-宜興 12	水泥砂漿	II 型低鹼	m ³	30.00	kg	70,500.00
MA-配特 03	水泥砂漿	II 型低鹼	包	400.00	kg	24,000.00
(多項合併)	竹節鋼筋		kg	8,221,722.50	kg	8,221,722.50
MA-田大 05	鐵絲		箱	66.00	kg	13,200.00
MA-田大 06	鐵線		kg	200.00	kg	200.00
(多項合併)	氧氣瓶	6000L	瓶	33.00	kg	282.81
(多項合併)	乙炔瓶	400L	瓶	15.00	kg	6.90
MA-配特 04	鍍鋅菱形網	2mm*50mm ²	m ²	648.00	kg	0.67
MA-配特 05	岩栓	R25 L600	支	200.00	kg	3,590.00
MA-配特 06	岩栓	R25 L400	支	100.00	kg	1,325.00
MA-配特 07	管冪鋼管	L=12m	支	260.00	kg	2,757.04
MA-配特 09	先撐鋼管		支	2,840.00	kg	57,595.20
MA-配特 10	岩栓	25mm L=4.1	組	1,191.00	kg	(鋼管)19,734.87
					kg	(鋼板)4,704.45
MA-配特 11	桁型支保	中央導坑用	組	74.00	kg	(鋼筋)30,025.50
					kg	(鋼板)1,753.80
MA-配特 13	自鑽式岩栓		組	29.00	kg	(鋼管)404.55
					kg	(鋼板)114.55
MA-配特 14	植生基材		m ³	33.00	kg	49,500.00

註：桁型支保係由鋼筋和鋼板材料所組合，故轉換後包含鋼筋及鋼板材料重量。

表 3.4.1-6 A3 標本年度工程材料使用活動強度數據(續二)

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	單位	使用數量	轉換後 單位	轉換後使用數量
MA-配特 15	重級鋼管		支	32.00	kg	592.32
MA-配特 16	樹脂化學 藥劑		kg	4,320.00	kg	4,320.00
MA-田大 09	防撞鋼板	-	ton	28.00	kg	28,000.00
MA-達和 10	油漆	5 加侖	桶	100.00	kg	1,500.00
MA-達和 11	去漬油	50 加侖	桶	2.00	kg	300.00
MA-田大 10	鋼筋續接器	D36	個	7,172.00	kg	4,288.86
MA-田大 10	鋼筋續接器	D32	個	164.00	kg	78.72
MA-田大 10	鋼筋續接器	D29	個	1,576.00	kg	575.24
MA-田大 10	鋼筋續接器	D13	個	3,278.00	kg	399.92
MA-樂志 01	預力鋼腱		kg	65,993.10	kg	65,993.10
MA-樂志 02-07	盤式支承	CC-GU400-225 -50(1)	個	2.00	kg	(鋼材)979.80
					kg	(橡膠)13.20
MA-樂志 02-09	盤式支承	CC-GU400-275 -100	個	4.00	kg	(鋼材)2,525.20
					kg	(橡膠)26.40
MA-樂志 02-14	盤式支承	CC-GU2300- 900-200	個	2.00	kg	(鋼材)8,264.20
					kg	(橡膠)177.20
MA-樂志 05	預力套管		支	2,424.00	kg	21,391.80
MA-樂志 06	預力端錨		組	442.00	kg	15,470.00
MA-樂志 07	固定端錨		組	16.00	kg	624.00
MA-樂志 10	預力鋼棒		支	472.00	kg	14,683.92
MA-益群豐 04	成型填縫板		片	535.00	kg	507.86
MA-益群豐 05	止水帶	A3	m	307.00	kg	887.91
MA-益群豐 09	油毛氈	-	m ²	120.00	kg	180.00
MA-頤達 03	膠管	4M	支	4,500.00	kg	12,978.00

註：盤式支承係由鋼板和橡膠材料所組合，故轉換後包含鋼板及橡膠材料重量。

其中，鋼筋之使用量填報單位與係數單位一致，故不須進一步轉換；其他主要工程材料包括混凝土、桁型支保、點焊網、續接器、盤式支承、預力端錨、固定端錨與等之轉換說明，則簡要分項敘述如下。

1. 混凝土依照規強度可分為 175II、210II、280II 與 210II 噴凝土、350IISCC、420II，依據 Gabi-PE 資料庫所使用係數，單位為 kg，惟本標供應商進料單並為羅列運送車輛總重、淨重等重量數據，且 A3 標工地尚未建置地磅站，故本計畫係以混凝土配比表估計各型混/噴凝土單位重，求得此標各型混凝土使用總重量。
2. 桁型支保每組可依據進料單分析包括桁架、繫桿、接合板等主要材料，其中主筋、副筋與繫桿材質近似於鋼筋，接合板材質則較近似鋼板；故桁型支保依規格分類於表 3.4.1-7。

表 3.4.1-7 桁型支保單位轉換表

工程材料編號	材料名稱/型號	轉換係數	單位
MA-弘大鑫 02-1	桁型支保(5M)	20.00	kg/組(鋼板)
		336.86	kg/組(鋼筋)
MA-弘大鑫 02-2	桁型支保(7M)	25.00	kg/組(鋼板)
		466.23	kg/組(鋼筋)
MA-弘大鑫 02-3	桁型支保(9M)	36.26	kg/組(鋼板)
		560.38	kg/組(鋼筋)

3. 點焊網是依據 1 m² 點焊網使用直徑 5mm 長 1,000mm 鋼線共 22 根，鋼線密度使用 7.85ton/m³ 換算，故點焊網每平方公尺重量推輪為 3.39 公斤，A3 標 102 年度共使用 55,267.99m²，轉換後共 187,275.58kg。
4. 鋼筋續接器部份，依據續接器廠商所提供各型號續接器重量資料，號數#5 至#11 之續接器一組重量如表 3.4.1-8。

表 3.4.1-8 鋼筋續接器單位轉換表

工程材料編號	材料名稱/型號	轉換係數	單位
MA-田大 10-1	鋼筋續接器#5(D16)	0.12	kg/個
MA-田大 10-2	鋼筋續接器#6(D19)	0.14	kg/個
MA-田大 10-3	鋼筋續接器#7(D22)	0.23	kg/個
MA-田大 10-4	鋼筋續接器#8(D25)	0.27	kg/個
MA-田大 10-5	鋼筋續接器#9(D29)	0.37	kg/個
MA-田大 10-5	鋼筋續接器#10(D32)	0.48	kg/個
MA-田大 10-7	鋼筋續接器#11(D36)	0.60	kg/個

5. 盤式支承的組成包括橡膠與鋼料兩部份，依據盤式支承廠商所提供資料，本年度所使用盤式支承鋼材與橡膠重如表 3.4.1-9。

表 3.4.1-9 盤式支承單位轉換表

工程材料編號	材料名稱/型號	轉換係數	單位
MA-樂志 02-7	CC-GU400-225-50(1)	487.70	kg/個(鋼筋)
		6.60	kg/個(橡膠)
MA-樂志 02-9	CC-GU400-275-100	631.30	kg/個(鋼筋)
		6.60	kg/個(橡膠)
MA-樂志 02-14	CC-GU2300-900-200	4,132.10	kg/個(鋼筋)
		88.60	kg/個(橡膠)

6. 成型填縫板係依據法規規範，以比重最低 0.015 計算，每 m^3 成型填縫板重 15kg，故換算後可得成型填縫板總用量 507.86kg。
7. PVC 膠管部分係依據協力廠商所提供資料，以膠管每支重量 3.29kg 換算，得總用量為 14,805kg。
8. 東岳隧道工程所使用之各式鋼管，如管冪鋼管、先撐鋼管、自鑽式岩栓、預力套管等，本計畫依據進貨料單所註明之規格以密度使用 7.85ton/ m^3 換算，詳細換算結果表列於表 3.4.1-10。

表 3.4.1-10 鋼管單位轉換表

工程材料編號	材料名稱/型號	轉換係數	單位
MA-配特 05	岩栓 L=6000	17.95	kg/支
MA-配特 06	岩栓 L=4000	13.25	kg/支
MA-配特 09	先撐鋼管	20.28	kg/支
MA-樂志 05	預力套管	9.11	kg/支

(五)人員出勤

工區人員出勤會造成碳排放的活動類型包括：出勤運具排放、化糞池逸散與廢棄物處理排放。A3 標目前列入登錄清冊之人員交通資料共計有 346 筆，其中有 28 人並非住宿；為能符合碳足跡計算之保守性原則且更有效率地計算人員出勤運具排放量，本計畫此次在計算上係假設：新亞公司之非住宿人員本年度出勤 365 天(每日出勤)、協力廠商之非住宿人員則視該公司出工日數計算出勤天數。

另在人員出勤造成的化糞池逸散與廢棄物處置排放部分，依據盤查日誌之人員出勤資料統計結果，扣除屬於承包商新亞公司內業職員後，本年度工區總出勤人員數為 23,459 人，此人數即為本年度用以計算 A3 標工區化糞池逸散與生活廢棄物處理排碳量之活動強度數據。

(六)運輸(含機運具、工程材料、廢棄物)

A3 標本年度共填報 994 筆運輸紀錄，運具類型包括：全拖車、大貨車、小貨車與預拌混凝土車；其他還包括自走式機具的到場與離場，如：框式附加吊桿車、吊卡車、輪型起重機等，茲綜整各類運具之運輸內容如表 3.4.1-11 所示。

本計畫即依據所運載物品重量、車次與距離，計算各筆運輸活動強度；回程部分排放量則以運入活動強度之一半估算，故每筆日誌運輸活動強度為單趟噸公里(tkm)×1.5 計算。部分載運物品有無法計算或推估重量的情況時，則以載運物品重量本計畫以該車輛最大載運能力估算。

表 3.4.1-11 A3 標本年度運輸所用運具類型及載運物品彙整

運具類型	載運物品
全拖車	H 型鋼、挖土機、覆工板、打樁機、發電機、搖管機、鑽堡機、 泵浦車、角鋼、樓梯、鋼樑材料、墩柱鐵模、基礎層鐵模、竹 節鋼筋、鋼筋續接器、預力材料、盤式支承與隧道支撐材料
大貨車	施工圍籬材料、挖土機、空壓機、速凝劑、發電機、
小貨車	氧氣瓶、乙炔瓶
自走機具	框式附加吊桿車、吊卡車、輪型起重機
預拌混凝土車	混凝土 175、混凝土 210Ⅱ、混凝土 210Ⅱ 水中、混凝土 350Ⅱ、 混凝土 280Ⅱ、噴凝土、水泥砂漿

四、本年度碳足跡計算結果

依據前節所蒐集之碳排放係數及前項綜整之 A3 標碳足跡盤查結果，即可對應批次進行包括：機/運具使用、工程材料使用、廢棄物處理、碳匯改變、人員出勤、機/料運輸共 6 類碳足跡量化。

經計算，A3 標本年度總排放量約為 27,075.21 tonCO₂e；其中，以工程材料使用的排放量最大，佔總排放量的 94.0%；其它機具使用、運輸與人員出勤部份占比皆小於 5%，分別為 4.1%、1.8%與 0.3%。茲綜整各類碳足跡計算結果如表 3.4.1-12，另逐項說明各類別碳排放量計算過程與結果於後。

表 3.4.1-12 A3 標本年度碳足跡量化結果

類別	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
機具使用	1,102.26	4.1%
工程材料使用	25,415.71	93.8%
人員出勤(運輸、逸散、廢棄物)	61.87	0.3%
運輸	495.38	1.8%
合計	27,075.21	100%

(一)機/運具使用碳排放

A3 標本年度機/運具盤查紀錄項目如表 3.4.1-2 所列、活動強度(耗油量)則統計如表 3.4.1-3。對應各活動強度及本章 3.3.3.4 節所列之碳係數資料，機/運具使用碳排放量之量化係採用 Gabi、Simapro 與我國資料合成之半本土化數據，以移動、固定源柴油碳排放係數分別為 3.339、3.304kgCO₂e/L 計算。其中，下半年度協力廠商配特為隧道開挖需要，已申請臨時用電，用電排放併入機運具耗能排碳計算與分析，量化結果如表 3.4.1-13 所示；碳排放量總計約為 1,102.26 tonCO₂e。

表 3.4.1-13 A3 標本年度機/運具使用碳足跡計算

協力廠商名稱	油耗量(L)	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
弘大鑫	66,822.24	223.10	20.24%
田大	47,487.08	158.54	14.38%
益群豐	28,098.24	93.81	8.51%
配特	38,780.38	129.45	11.74%
順運	2,396.02	8.00	0.73%
樂志	27,484.41	91.76	8.32%
達合	164.60	0.54	0.05%
頤達	98,180.82	327.79	29.74%
場電		69.26	6.28%
排放量合計		1,102.26	100.00%

其中，機運具排碳量占比最大的是頤達公司，但已從 102 上半年佔總機/運具排碳量的 50.99%降至 29.74%，主要係因基樁工程於上半年度已完工，後續墩柱、上構與隧道等新工程開始進行，機具排碳量增加，因此排碳量占比下降。另一項主要工程：井基工程亦是如此，協力廠商弘大鑫雖然至 12 月底仍有工程進行，惟 5 月至 6 月因為工作面減少的關係，使得其機/運具使用量下降，直到 9 月才陸續開始施作，故排碳量占比降至 20.24%。

益群豐公司 102 年度持續進行便道與便橋施作，但因使用機具數量較少，故排碳量僅佔 8.51%；下半年度進廠協力廠商田大、配特與樂志公司皆是負責主要工程，依續為墩柱、隧道與上構工程，至 102 年度 12 月底，排碳量分別為 158.54 tonCO₂e、129.45 tonCO₂e 與 91.76 tonCO₂e，分別佔 14.38%、11.74%、8.33%；此外，下半年度配特公司申請臨時用電，截止 102 年 12 月底，碳排放量 69.26 tonCO₂e，占本年度機/運具使用碳足跡的 6.28%。

(二)工程材料使用碳排放

依據前節係數蒐集及本小節前段之本標本年度工程材料使用量統計與活動強度換算(表 3.4.1-6)結果，A3 標本年度各項材料使用碳排放量計算結果如表 3.4.1-14，合計約 25,415.71tonCO₂e。

表 3.4.1-14 A3 標本年度工程材料使用碳足跡計算

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	轉換後 單位	轉換後 使用數量	碳排係數 (kgCO ₂ e/kg)	碳排放量 (tonCO ₂ e)
(多項合併)	速凝劑	AF80	kg	49,560.00	0.293	14.68
			kg	33,040.00	0.001	0.02
MA-弘大鑫 02-1	桁型支保	G150	kg	280.00	2.130	0.60
			kg	4,716.04	1.240	5.85
MA-弘大鑫 02-2	桁型支保	G150	kg	2,750.00	2.130	5.86
			kg	51,284.75	1.240	63.59
MA-弘大鑫 02-3	桁型支保	G150	kg	2,900.80	2.130	6.18
			kg	44,830.40	1.240	55.59
(多項合併)	點焊網	-	kg	187,275.58	0.613	114.80
MA-弘大鑫 07	水泥	第一型	kg	320,000.00	0.784	250.88
(多項合併)	水泥	第二型	kg	95,000.00	0.631	59.95
MA-宜興 01	混凝土	175 II	kg	1,456,840.00	0.074	107.22
MA-宜興 02	混凝土	210 II	kg	6,553,648.00	0.091	593.11
MA-宜興 04	混凝土	280 II	kg	66,123,480.50	0.093	6,123.03
MA-宜興 05	混凝土	350	kg	11,102,620.00	0.113	1,254.60
MA-宜興 06	混凝土	420 II	kg	10,429,765.50	0.113	1,178.56
MA-宜興 07	混凝土	水中 210 II	kg	41,217,858.00	0.091	3,730.22

表 3.4.1-14 A3 標本年度工程材料使用碳足跡計算(續一)

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	轉換後 單位	轉換後 使用數量	碳排係數 (kgCO ₂ e/kg)	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-宜興 10	噴凝土	噴凝土	kg	10,169,551.00	0.091	920.34
MA-宜興 12	水泥砂漿	II 型低鹼	kg	70,500.00	0.317	22.35
MA-配特 03	水泥砂漿	II 型低鹼	kg	24,000.00	0.317	7.61
(多項合併)	竹節鋼筋	-	kg	8,221,722.50	1.240	10,194.94
MA-田大 05	鐵絲	-	kg	13,200.00	0.613	8.09
MA-田大 06	鐵線	-	kg	200.00	0.613	0.12
(多項合併)	氧氣瓶	6000L	kg	471.24	0.122	0.06
(多項合併)	乙炔瓶	400L	kg	75.00	5.675	0.43
MA-配特 04	鍍鋅菱形網		kg	671.33	0.613	0.41
MA-配特 05	岩栓	R25 L600	kg	2,640.00	1.240	3.27
MA-配特 06	岩栓	R25 L400	kg	880.00	1.240	1.09
MA-配特 07	管幕鋼管	L=12m	kg	12,500.80	2.460	30.75
MA-配特 09	先撐鋼管		kg	36,550.80	2.460	89.91
MA-配特 10	岩栓	25mm L=4.1	kg	19,734.87	1.240	24.47
			kg	4,704.45	2.130	10.02
MA-配特 11	桁型支保	中央導坑用	kg	30,025.50	1.240	37.23
			kg	1,753.80	2.130	3.74
MA-配特 13	自鑽式岩栓		kg	404.55	1.240	0.50
			kg	114.55	2.130	0.24
MA-配特 14	植生基材		kg	49,500.00	0.230	11.39
MA-配特 15	重級鋼管		kg	592.32	2.460	1.46
MA-配特 16	樹脂 化學藥劑		kg	4,320.00	22.300	96.34
MA-達和 10	油漆	5 加侖	kg	28,000.00	2.130	59.64
MA-達和 11	去漬油	50 加侖	kg	1,500.00	2.550	3.83
MA-田大 09	防撞鋼板	-	kg	300.00	0.497	0.15
MA-田大 10	鋼筋續接器	D36	kg	4,288.86	2.320	9.95
MA-田大 10	鋼筋續接器	D32	kg	78.72	2.320	0.18
MA-田大 10	鋼筋續接器	D29	kg	575.24	2.320	1.33
MA-田大 10	鋼筋續接器	D13	kg	399.92	2.320	0.93

表 3.4.1-14 A3 標本年度工程材料使用碳足跡計算(續二)

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	轉換後 單位	轉換後 使用數量	碳排係數 (kgCO ₂ e/kg)	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-樂志 01	預力鋼腱		kg	65,993.10	2.160	142.55
MA-樂志 02-07	盤式支承	GU400- 225-50(1)	kg	979.80	2.320	2.27
			kg	13.20	3.450	0.05
MA-樂志 02-09	盤式支承	GU400- 275-100	kg	2,525.20	2.320	5.86
			kg	26.40	3.450	0.09
MA-樂志 02-14	盤式支承	GU2300- 900-200	kg	8,264.20	2.320	19.17
			kg	177.20	3.450	0.61
MA-樂志 05	預力套管		kg	22,082.64	2.320	51.23
MA-樂志 06	預力端錨		kg	15,470.00	2.320	35.89
MA-樂志 07	固定端錨		kg	624.00	2.320	1.45
MA-益群豐 04	成型填縫板		kg	507.86	2.847	1.45
MA-益群豐 05	止水帶	A3	kg	887.91	1.590	1.41
MA-益群豐 09	油毛氈		kg	180.00	0.367	0.07
MA-頤達 03	膠管	4M	kg	14,805.00	3.250	48.12

其中，工程材料使用碳足跡貢獻度最大者為混/噴凝土，其次為竹節鋼筋，兩者碳排放量及占 A3 標 102 年度總工程材料排放量近 96.2%。其他鋼材類包括點焊網、桁架支堡、隧道鋼管、盤式支承、鋼筋續接器、預力鋼腱與其他預力材料及防撞鋼板合計約佔總工程材料排放量的 3.1%；其他材料如：鐵絲、鐵線、油漆、填縫板、速凝劑、氧氣乙炔、油漆去漬油等，排放量皆非常小，合計尚不及總材料使用排放量的 0.4%。

(三)人員出勤碳排放

依據前段分析 A3 標人員出勤碳排放源：出勤運具排放、化糞池逸散與廢棄物處理排放之活動強度內容，在出勤運具造排放量部份，以 A3 標承包商與協力廠商非住宿人員出勤天數與通勤方式(自行開車或搭乘火車)計算，先求得汽油、柴油耗用量及搭乘火車之延人公里數，再對應移動員燃料係數及運輸係數，計算出 A3 標本年度總出

勤運具排放量約為 49.54tonCO₂e。

工區人員出勤產生的化糞池逸散與廢棄物處理部份排放量則是以本年度總出勤人日數 23,459 人，以化糞池碳排放係數每人時排放係數為 1.59×10^{-6} kgCO₂e/人時，及一般廢棄物處理排放係數(宜蘭縣)0.504kgCO₂e/kg 計算，分別求得 A3 標本年度工區化糞池溫室氣體逸散量約 7.48tonCO₂e，以及一般廢棄物處理排放量約 4.85tonCO₂e。綜合 3 項人員出勤碳排放源之排放量計算結果，可得 A3 標本年度人員出勤總排放量約為 61.87 tonCO₂e。

(四)運輸(含機運具、工程材料、廢棄物)碳排放

經與查證單位討論確認，運輸排碳量之計算範圍需包含所有工程材料與機具的運輸排放量，故即使是無須列入工程材料使用排碳量計算的廠商資本財或可回收再利用之材料，其運入或運出的排放量都必須被納入於運輸排放量計算項目；另機具運輸則包含自走或拖運的排放量。

如本章 3.3 節係數選用說明及計算結果，本計畫首先將 A3 標碳足跡盤查日誌運輸部份填報內容逐一換算為活動強度(噸公里數，tkm)，再依據各趟次運具規格、分 8 類選用對應的運輸係數進行計算，求得 A3 標本年度運輸碳排放量為 495.38 tonCO₂e。

3.4.2 中仁隧道新建工程(C1 標)

本小節首先簡要介紹中仁隧道新建工程(C1 標)內容，再接續逐項說明 C1 標 102 年度之登錄清冊累積項目及各排放項目包括：機具、工程材料、能資源、廢棄物、人員出勤與運輸各類活動量數據彙整、轉換及碳足跡計算結果。

一、盤查範圍說明

中仁隧道新建工程(C1 標)原設計工程範圍如圖 3.4.2-1；路線由和中路堤起，以長約 1.5 公里之路工段銜接長約 3.8 公里之中仁隧道，於和仁派出所北邊山坡出露後，續以路塹路堤方式銜接台 9 線，路

線全長約 5.4 公里。本標雖早於 101 年 6 月 7 日決標，惟於開工前經歷蘇拉颱風造成原設計路線隧道北口遭受土石流災害，故開工日期因路線變更方案研擬而展延。

依據 C1 標目前辦理環評變更中的資料內容，本標路線修正方案如圖 3.4.2-2，即配合水土保持局和中溪整治工程，將路線向山側內移並增加隧道長度，以隧道型式穿越和中溪溪底。由圖可知，本標變更重點為工程北段，改由台 9 線里程約 160k+750 處為工程起點，以約 1 公里之路工段銜接隧道，隧道長度由約 3.8 公里增長為約 4.7 公里；南段則與原案無異。整體而言，全線將變更為 5.6 公里。

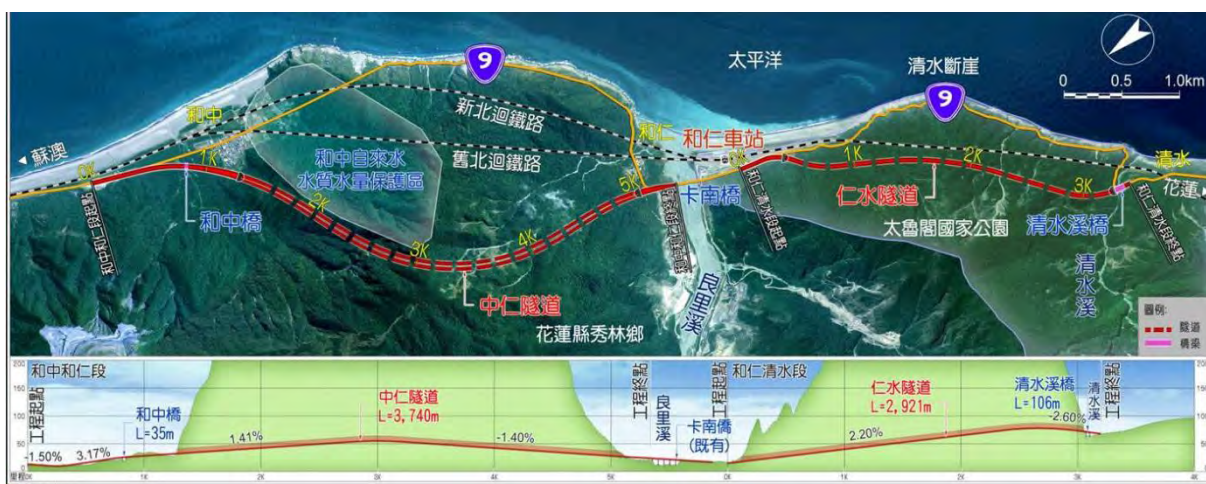


圖 3.4.2-1 中仁隧道新建工程(C1 標)工程範圍示意圖



圖 3.4.2-2 中仁隧道新建工程(C1 標)工程範圍變更案路線方案示意圖

由於變更案對於本標南段並無影響，故 C1 標已於 101 年 11 月 20 日開工，由南口開始施作。整體工程項目將涵蓋：中仁隧道、和中橋及其路堤路塹段，另有中仁隧道南北口管制站兩處建築工程及排水工程。截至 102 年 12 月底止，C1 標累積工期為 407 天，實際進度 4.68%；主要工程進度在於南口隧道北上線開挖輪進 200 輪、隧道南下線開挖輪進 140 輪及排水工程(排水箱涵底版)；隧道北口則已於 12/26 開始整地作業。本標工程構築型式與設施配置如表 3.4.2-1。其中，里程 3+230 以北(北段)之詳細構築型式與施工方法，將在本團隊蒐集到通過環差審查之變更設資料後再予增補。

表 3.4.2-1 中仁隧道新建工程(C1 標)工程構築型式配置表

標別	構築型式	設施名稱	起迄里程(m)			工程型式
C1 標	路堤、橋梁	未定	0+000.000	3+280.000		後續補充
	隧道	中仁隧道 (南段)	3+280.000	5+077.200	(SB)	雙孔各單車道，鑽炸法開挖
			3+280.000	5+048.200	(NB)	
	路堤路塹	中仁隧道 南路堤	5+077.200	5+379.500	(SB)	-
			5+048.200	5+351.500	(NB)	-
	橋梁	既有卡南橋	5+379.500	5+469.235	(SB)	維持原橋體基本結構，僅加強 附屬設施
			5+351.500	5+441.201	(NB)	
			5+469.235	5+544.308		

二、碳足跡盤查登錄清冊

截至 102 年 12 月底，C1 標施工碳足跡盤查之登錄清冊各項目累計登錄數量如表 3.4.2-2 所示。其中，用水及人員部份皆未有新增資料；工程項目、施工機具和工程材料則是隨工程進度而持續增加，又最大幅增加的項目為施工機具。

三、本年度盤查日誌數據彙整結果

本計畫依據工程碳盤查日誌與月報表格內容，蒐集 C1 標從 102 年 1 月 1 日至 102 年 12 月 31 日之活動資料，並透過一致的轉換標

準，進行活動強度數據整理。

表 3.4.2-2 C1 標登錄清冊登錄狀況彙整表

表單編號	表單名稱	目前總筆數	本年度新增筆數
CP	工程施工項目登錄表	19	5
CC	廠商登錄	5	2
ME	施工機具/耗能設備登錄表	40	10
ES	用電登錄表	7	3
WS	用水登錄表	1	-
MA	工程材料登錄表	116	9
PL	植生登錄表	2	2
MO	運具設備登錄表	31	3
HR	工區人員交通方式登錄表	49	-

整體而言，可將 102 年度碳足跡盤查結果分為 6 大類進行統計，包括：機/運具使用、工程材料使用、廢棄物、碳匯改變、人員出勤和運輸記錄。其中南口工區自 9 月起設置變電站作為隧道開挖之機具、照明與通風所用，已有用電活動數據，但仍未接用自來水，故無工區之用水活動數據。以下即進一步分項說明其他各類活動度數據彙整與統計結果。

(一)機/運具使用

截至 102 年 12 月 31 日止，C1 標已進行的工程項目包括：隧道洞口工程、隧道開挖及支撐工程、排水工程、路工工程、B4 標路堤填築、環境保護設施、機具保養及物料整理等，過程中共計使用機具 30 台、運具 16 台，類型包括挖土機、發電機、空壓機、鑽堡機、噴漿機、平路機、裝載機、震動壓路機、鑽機、高空作業車、傾卸車、大貨車、小貨車、吊卡車、混凝土預拌車等。

不同於前小節 A3 標機具區分各協力廠商且多採用共用油箱方式提供加油單據、累計加油量，C1 標工區機/運具所用油料，絕大部

分由自有油罐車在工區內巡迴添加，並且以分油紀錄的方式準確記錄批次購油總量及各式機/運具之加油量，故各單項機/運具之加油量即可直接作為機/運具排碳量計算之活動強度數據。

此外，本年度 9 月起工區亦開始使用電力供應隧道開挖機具、照明及通風之用，本年度使用度數合計 364,380 度。考量機/運具操作所造成的工程碳足跡，係以其能耗量(用油量)為活動強度，本計畫將機/運具使用紀錄整理如表 3.4.2-3。

表 3.4.2-3 C1 標本年度機/運具使用紀錄

機/運具編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	用油量(L)	油耗來源
AC-05	柴油空壓機(AC-05)	595.10	9,935.00	工區內添加
AC-16	柴油空壓機(AC-16)	116.20	3,632.00	工區內添加
AC-21	空壓機	76.00	2,424.00	工區內添加
BH-77	挖溝機(BH-77)	415.30	3,155.00	工區內添加
BH-87	挖溝機(BH-87)	0.00	79.00	工區內添加
BH-88	挖溝機(BH-88)	1,409.90	14,940.00	工區內添加
BH-90	挖土機(BH-90)	558.00	6,296.00	工區內添加
BH-91	挖溝機(BH-91)	1,400.00	15,772.00	工區內添加
BH-92	挖溝機(BH-92)	908.90	18,599.00	工區內添加
BH-93	挖溝機(BH-93)	987.00	18,273.70	工區內添加
ZU-001	挖溝機	0.00	250.00	工區內添加
CSR-02	濕式噴漿機(CSR-02)	34.50	350.00	工區內添加
CSR-04	濕式噴漿機	180.00	228.00	工區內添加
GR-07	柴油發電機(GR-07)	501.50	7,840.00	工區內添加
GR-13	柴油發電機(GR-13)	698.10	1,880.00	工區內添加
GR-14	柴油發電機(GR-14)	124.40	984.00	工區內添加
GR-21	柴油發電機(GR-21)	456.80	7,037.00	工區內添加
JB-01	油壓式鑽堡機(JB-01)	183.80	612.00	工區內添加
JB-06	鑽堡機	186.10	679.00	工區內添加
LR-02	高空作業車(LR-02)	1,741.30	2,869.60	工區內添加
MG-01	平路機(MG-01)	364.30	1,864.00	工區內添加

表 3.4.2-3 C1 標本年度機/運具使用紀錄(續)

機/運編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	耗油量(L)	油耗來源
OSSA-01	噴漿機	1,831.00	599.00	工區內添加
OSSA-02	高空作業車	129.00	478.00	工區內添加
OSSA-03	鑽堡機	54.60	466.00	工區內添加
PL-10	裝載機	1,032.00	11,619.00	工區內添加
PL-11	裝載機(PL-11)	299.00	2,383.00	工區內添加
RR-05	震動壓路機(RR-05)	314.60	2,410.00	工區內添加
千化-01	高空作業車	657.50	1,148.30	工區內添加
昱揚-1 鑽機	鑽機	99.30	1,960.00	工區內添加
昱揚-2 空壓機	空壓機	117.30	2,754.00	工區內添加
運具編號	運具名稱	累計行駛里程(km)	運具編號	運具名稱
MT-23	預拌混凝土車	14,143.23	8,841.00	工區內添加
RENT-01	預拌混凝土車	3,731.20	3,272.00	工區內添加
TR-26	小貨車	10,961.10	1,635.34	自行/工區內 添加
TR-27	小貨車	1,719.70	589.00	工區內添加
TR-28	小貨車	13,822.00	1,395.05	自行添加
TR-38	小貨車	238.00	45.00	工區內添加
WT-03	大貨車	7,517.80	6,338.00	工區內添加

(二)工程材料使用

C1 標本年度使用之材料共計 65 項，以水泥與各型混凝土為大宗。目前隧道工程主要使用工程材料如：混凝土、鋼筋、支保、岩栓、管幕鋼管、灌漿鋼管、水泥及速凝劑等，相關使用量皆已整理完全。其中，用於隧道開挖支撐之支保針對開挖岩層不同可概分為 H 型及桁型兩大類，本年度 C1 標開挖岩層多屬崩積層地質較脆弱，所使用之支保皆為 H 型鋼支保。

茲彙整本年度所填報之各類材料用量如表 3.4.2-4。

表 3.4.2-4 C1 標本年度工程材料使用量統計結果

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	累計使用數量	單位	備註
MA-110	混凝土	140 kg/cm ²	2.00	m ³	一次性使用
MA-00035	混凝土	175 kg/cm ²	108.00	m ³	一次性使用
MA-00005	混凝土	210 kg/cm ²	500.00	m ³	一次性使用
MA-00060	混凝土	245 kg/cm ²	784.50	m ³	一次性使用
MA-00007	混凝土	280 kg/cm ²	3,606.50	m ³	一次性使用
MA-00113	混凝土	350 kg/cm ²	161.00	m ³	一次性使用
MA-00064	噴凝土	210 kg/cm ²	574.50	m ³	一次性使用
MA-00083	鋼纖維噴凝土	255SFS	4,052.00	m ³	一次性使用
MA-00056	竹節鋼筋	-	3.76	ton	一次性使用
多項合併	竹節鋼筋	SD420W	489,240.00	kg	一次性使用
MA-0100	H 型支保	洞口段 H150	10.00	對	一次性使用
MA-0101	H 型支保	管幕段 H150	341.00	對	一次性使用
MA-00112	拉桿	φ 19×1M	4,212.00	支	一次性使用
MA-00079	管幕鋼管	4"	18,688.00	m	一次性使用
MA-103	灌漿鋼管	1 1/2"×4.0m/m	1,680.00	m	一次性使用
MA-00062	自鉗式岩栓	R32*8M	753.00	支	一次性使用
MA-105	自鉗式岩栓	R32×6M	3,162.00	組	一次性使用
MA-105-2	自鉗式岩栓	12m(灌漿用)	470.00	組	一次性使用
MA-104	水泥	I 型低鹼	4,529,980.00	kg	一次性使用
MA-00082	水泥砂漿	1:1 40kg	154.00	包	一次性使用
MA-00065	水泥砂漿	I 型(1:1) ; 40kg/包	150.00	包	一次性使用
MA-00109	速凝劑	啟欣 FS600	117,080.00	kg	一次性使用
MA-00061	速凝劑	Tamshot 80AF	3,600.00	kg	一次性使用
MA-00071	有機土	-	468.00	m ³	一次性使用
MA-00002	菱形網	14#*50*30H	1,020.00	m ²	一次性使用
MA-00039	點焊鋼絲網	3.2m/m*10cm*2M*3M	586.00	片	一次性使用
MA-0098	菱型網	2ψ×50×50	702.00	m ²	一次性使用
MA-102	菱形網	14#*50*30H	540.00	m ²	一次性使用
MA-00048	超重 CF 機油	10W200L/桶	3.00	桶	一次性使用
MA-00049	超優 CG4 機油	15W/40200L/桶	1.00	桶	一次性使用
MA-00050	黃油條 No.2	No.20.4KG*30	5.00	箱	一次性使用

表 3.4.2-4 C1 標本年度工程材料使用量統計結果(續)

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	累計使用數量	單位	備註
MA-00069	液壓油	46AW(200L)	5.00	桶	一次性使用
MA-00067	PE 黑管	t5.5mm3"x100M	10.00	捲	一次性使用
MA-00068	止水帶	WS-A1	360.00	kg	一次性使用
MA-00019	止水帶	WS-A3	1,082.00	kg	一次性使用
MA-00073	中空板	55cm x73cm	20.00	片	一次性使用
MA-00075	HDPE 透水管	2"x4M 全透	70.00	m	一次性使用
MA-0085	填縫版	20*3*6	500.00	片	一次性使用
MA-00006	蘭花黑網	12 尺*50M	58.00	捲	一次性使用
MA-00081	藍白帆布	20*20	10.00	捲	一次性使用
MA-00072	三角楔木	15cm x 10 x 7.5cm	260.00	個	一次性使用
MA-00047	半阻隔式圍籬	1.8m	142.00	面	回收再生
MA-00059	全阻隔式圍籬	2.25m	22.00	面	回收再生
MA-00024	紐澤西護欄	水泥	60.00	只	回收再利用
MA-00025	交通錐	45cm*1M	150.00	只	回收再利用
MA-00026	連桿	1.8M* ϕ 1.5"	16.00	支	回收再利用
MA-00045	鍍鋅鋼管	1 1/2"*6M	30.00	支	回收再利用
MA-00051	抽油器	手搖式	2.00	支	回收再利用
MA-00052	萬向活扣	1 1/2" (38mm)	348.00	個	回收再利用
MA-00053	連接棒	1 1/4" (32mm)	115.00	個	回收再利用
MA-00054	立柱護蓋	ϕ 42mm	134.00	個	回收再利用
MA-00055	鍍鋅亞管	ϕ 42mm 1 1/4"	183.00	支	回收再利用
MA-00063	5T 水塔	-	2.00	個	回收再利用
MA-00076	管塞頭	2"	160.00	只	回收再利用
MA-0096	電箱	-	5.00	件	回收再利用
MA-0097	變壓器	-	1.00	件	回收再利用
MA-0099	鷹架樓梯	-	2.00	組	回收再利用

其中，用於構築圍籬的萬向活扣、連接棒、鍍鋅鋼管、鍍鋅亞管、立柱護蓋；用於交通維持的紐澤西護欄、交通錐、連桿；及 5T 水塔、電箱、變壓器、抽油器、管塞頭、鷹架樓梯等因屬於廠商之

資本財，未來在本工程使用完畢後，可毋須再製即直接拆卸至其他工程繼續使用，故經與查證人員討論後，初步將這些材料歸類為可回收再利用的材料，並依據碳足跡盤查規範，僅將材料運輸的排碳量計入，而毋須如一次性使用之材料計算全生命週期排碳。扣除前述屬於廠商資本財、可回收再利用的材料後，C1 標本年度需計算生命週期排碳量的工程材料尚包括：混凝土、噴凝土、鋼筋、支保、管幕鋼管、灌漿鋼管、岩栓、水泥、速凝劑、有機土、菱形網、點焊網、機油、止水帶、中空板、HDPE 透水管、填縫板、蘭花黑網、藍白帆布、三角楔木及圍籬等。

為符合碳足跡計算與查證要求，本計畫採去年度排放清冊彙整期間、經查證單位認可的計算方式，以各項工程材料碳排放量係數所使用的單位作為活動強度計量單位，在活動數據填報單位與計量單位不一致的情況下，以文獻資料或承包商、供應商所提供的實際測量與計算資料進行數據換算。綜整本年度 C1 標需納入排碳計算之工程材料項目及轉換後之活動強度單位與數量，詳如表 3.4.2-5。

表 3.4.2-5 C1 標本年度工程材料使用活動強度數據

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	單位	使用數量	轉換後單位	轉換後使用數量
MA-110	混凝土	140 kg/cm ²	m ³	2.00	kg	4,770
MA-00035	混凝土	175 kg/cm ²	m ³	108.00	kg	258,360
MA-00005	混凝土	210 kg/cm ²	m ³	500.00	kg	1,196,014
MA-00060	混凝土	245 kg/cm ²	m ³	784.50	kg	1,882,034
MA-00007	混凝土	280 kg/cm ²	m ³	3,606.50	kg	8,603,701
MA-00113	混凝土	350 kg/cm ²	m ³	161.00	kg	391,230
MA-00064	噴凝土	210 kg/cm ²	m ³	574.50	kg	1,390,290
MA-00083	鋼纖維噴凝土	255SFS	m ³	4,052.00	kg	(混凝土)9,578,928
					kg	(鋼纖維)182,340
MA-00056	竹節鋼筋	-	ton	3.76	kg	3,760
多項合併	竹節鋼筋	SD420W	kg	489,240	kg	489,240

表 3.4.2-5 C1 標本年度工程材料使用活動強度數據(續一)

工程材料 編號	材料名稱	規格/類別	單位	使用數量	轉換後 單位	轉換後 使用數量
MA-0100	H型支保	洞口段 H150	對	10.00	kg	8,874
MA-0101	H型支保	管幕段 H150	對	341.00	kg	309,535
MA-00112	拉桿	φ 19×1M	支	4,212.00	kg	9,477
MA-00079	管幕鋼管	4"	m	18,688.00	kg	299,476
MA-103	灌漿鋼管	1 1/2"×4.0m/m	m	1,680.00	kg	5,648
MA-00062	自鉗式岩栓	R32*8M	組	753.00	kg	(鋼管)38,493
						(鋼板)1,657
MA-105	自鉗式岩栓	R32×6M	組	3,162.00	kg	(鋼管)121,231
						(鋼板)6,956
MA-105-2	自鉗式岩栓	12m(灌漿用)	組	470.00	kg	36,040
MA-104	水泥	I型低鹼	kg	4,529,980	kg	4,529,980
MA-00082	水泥砂漿	1:1 40kg	包	154.00	kg	(水泥)3,080
						(砂)3,080
MA-00065	水泥砂漿	I型(1:1); 40kg/ 包	包	150.00	kg	(水泥)3,000
						(砂)3,000
MA-00109	速凝劑	啟欣 FS600	kg	117,080.00	kg	(硫酸鋁鹽)58,540
						(二乙醇胺)7,025
						(水)51,515
MA-00061	速凝劑	Tamshot 80AF	kg	3,600.00	kg	(硫酸鋁鹽)2,160
						(水)1,440
MA-00071	有機土	-	m ³	468.00	kg	702,000
MA-00002	鍍鋅菱形網	14#*50*30H	m ²	1,020.00	kg	1,056
MA-00039	點焊網	3.2m/m*10cm*2M*3 M	片	586.00	kg	4,883
MA-0098	鍍鋅菱型網	2ψ×50×50	m ²	702.00	kg	727
MA-102	鍍鋅菱形網	14#*50*30H	m ²	540.00	kg	559
MA-00048	超重 CF 機油	10W200L/桶	桶	3.00	kg	530
MA-00049	超優 CG4 機油	15W/40200L/桶	桶	1.00	kg	177
MA-00050	黃油條 No.2	No.20.4KG*30	箱	5.00	kg	60
MA-00069	液壓油	46AW(200L)	桶	5.00	kg	877

表 3.4.2-5 C1 標本年度工程材料使用活動強度數據(續二)

工程材料 編號	材料名稱	規格/類別	單位	使用數量	轉換後 單位	轉換後 使用數量
MA-00067	PE 黑管	t5.5mm3"x100M	捲	10.00	kg	1,369
MA-00068	止水帶	WS-A1	kg	360.00	kg	360
MA-00019	止水帶	WS-A3	kg	1,082.00	Kg	1,082
MA-00073	中空板	55cmx73cm	片	20.00	kg	77
MA-00075	HDPE 透水管	2"x4M 全透	m	70.00	kg	58
MA-0085	填縫版	20*3*6	片	500.00	kg	251
MA-00006	蘭花黑網	12 尺*50M	捲	58.00	kg	58
MA-00081	藍白帆布	20*20	捲	10.00	kg	4
MA-00072	三角楔木	15cm x 10 x 7.5cm	個	260.00	kg	115
MA-00047	半阻隔式圍籬	1.8m	面	232.00	kg	(鋼板)12,451
						(鋼筋)1,462
MA-00059	全阻隔式圍籬	2.25m	面	22.00	kg	(鋼板)2,449
						(鋼筋)139

其中，竹節鋼筋、水泥、速凝劑及止水帶之使用量填報單位與係數單位一致，故毋須進一步的單位轉換；其他工程材料之單位轉換原則舉例說明如下：

1. C1 標本年度所用之混/噴凝土依照規強度可分為：混凝土 140、175、210、245、280、350 及噴凝土 210 與鋼纖維噴凝土 255。其中，部分料單提供混凝土淨重，未記載淨重者之用量以方數統計，並配合本標混凝土核定配比進行換算，求得各型混凝土使用總重量作為活動強度。
2. 部份工程材料之換算參數係由 C1 標承包廠商或供應商實際量測所提供，如：半阻隔式圍籬每面約 59.97kg；鍍鋅亞管(φ42mm11/4"(32mm)x6M)每支約 8.99kg；全阻隔式圍籬每面約 117.62kg；及自鉗式岩釘(R32*8M)每支約 53.32kg。
3. 另有部分工程材料係參考文獻資料進行活動強度之換算，包括：

蘭花黑網 (12 尺 *50M) 每捲約 1kg；點焊鋼絲網 (3.2m/m*10cm*2M*3M)每片約 8.33kg；及有機土每斗約 14m³ 且土壤密度(soil bulk density)約為每方 1,500kg。

(三)廢棄物：本年度 C1 標工區因所產生土方廢棄物多以回填方式處理，部分土方供應 B4 標回填，故未有廢棄物處理紀錄、活動強度為零。

(四)碳匯改變：本年度 C1 標工區雖已進行部份林地移除或植被栽種，但因工程仍在持續中、尚無法填報精確的林地移除面積數據，故本年度碳匯改變量部份之活動強度亦暫計為零；本計畫將持續追蹤此部份資料、於碳匯改變區域面積量測值取得後即納入計算。

(五)人員出勤

工區人員出勤會造成碳排放的活動類型包括：出勤運具排放、化糞池逸散與廢棄物處理排放。C1 標目前列入登錄清冊之人員交通資料共計有 49 筆，通勤方式皆為住宿，毋需計算出勤運具排碳量。

另在人員出勤造成的化糞池逸散與廢棄物處置排放部分，依據盤查日誌之人員出勤資料統計結果，扣除屬於承包商介興公司內業職員後，本年度工區總出勤人員數為 3,336 人，此人數即為本年度用以計算 C1 標工區化糞池逸散與生活廢棄物處理排碳量之活動強度數據。

(六)運輸(含機運具、工程材料、廢棄物)

C1 標本年度共填報 672 筆運輸紀錄，運具類型包括：全拖車、半拖車、大貨車、小貨車與混凝土攪拌車。另有一項其他，是指承包商以自有小貨車進行小型工程材料採購運進；此部份由於公務車油耗已列入管理單位碳足跡計算內容，故此種運輸方式不列入工區運輸碳足跡計算項目內。茲綜整各類運具之運輸內容如表 3.4.2-6。

本計畫即依據所運載物品重量、車次與距離，計算各筆運輸活動強度；回程部分排放量則以運入活動強度之一半估算，故每筆日誌運輸活動強度為單趟噸公里(tkm)×1.5 計算。部分載運物品有無法計算或推估重量的情況時，則以載運物品重量本計畫以該車輛最大載運能力估算。

表 3.4.2-6 C1 標本年度運輸所用運具類型及載運物品彙整

運具類型	載運物品
全拖車	有機土
半拖車	機具、止水帶、有機土、竹節鋼筋、水玻璃、皂土、H 型支保
大貨車	機具、點焊網、超級柴油、電箱、變壓器、鍍鋅菱型網、灌漿鋼管、自鉗式岩栓、紐澤西護欄、PE 黑管、CNSII 類不織布、HDPE 透水管、管塞頭、中間接頭、管幕鋼管、PC300 挖斗、藍白帆布、水泥砂漿、通風管、拉桿
小貨車	水泥砂漿、填縫版、鷹架樓梯、鍍鋅菱形網、水泥(密斗)、蘭花黑網、速凝劑、自鉗式岩栓、5T 水塔、腳趾板、液壓油、三角楔木、中空板、超重 CF 機油、黃油條
預拌混凝土車	混凝土、噴凝土、鋼纖維噴凝土
其他	蘭花黑網、水泥砂漿
船	機具

四、本年度碳足跡計算結果

依據前節所蒐集之碳排放係數及本小節前項所綜整之 C1 標碳足跡盤查結果，即可對應批次量化包括：機/運具使用、工程材料使用、廢棄物處理、碳匯改變、人員出勤、機/料運輸共 6 類碳足跡。經計算，C1 標本年度總排放量約為 9,666.32tonCO₂e，可綜整各類碳足跡計算結果如表 3.4.2-7。

表 3.4.2-7 C1 標本年度碳足跡量化結果

類別	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
機具使用	838.31	8.7%
工程材料使用	8,628.38	89.3%
人員出勤(運輸、逸散、廢棄物)	1.80	< 0.1%
運輸	197.83	2.0%
合計	9,666.32	100.00%

其中，以工程材料使用的碳排放量最大，佔總排放量之 89.3%；

機/運具使用次之，佔總排放量之 8.7%；其他運輸與人員出勤排碳占比皆小於 3%，分別為 2.0%與小於 0.1%。以下另逐項說明各類別碳排放量計算過程與結果。

(一)機/運具使用碳排放

C1 標本年度機/運具盤查紀錄項目及活動強度(耗油量)如表 3.4.2-3 與 3.4.2-4 所列，對應各活動強度及本章 3.2.4 節所列之碳排放係數資料，機/運具使用碳排放量之量化係採用 Gabi、Simapro 與我國資料合成之半本土化數據，以移動源、固定源柴油碳排放係數分別為 3.339、3.304kgCO₂e/L，移動源汽油碳排放係數 3.360kgCO₂e/L，電力碳排放係數為 0.698kgCO₂e/度進行計算，求得本年度機具操作碳排放量合計約 471.86tonCO₂e、運具操作碳排放量合計約 112.12tonCO₂e，及工區用電碳排放量為 254.34tonCO₂e，合計約為 868.42tonCO₂e；逐項量化結果如表 3.4.2-8。

表 3.4.2-8 C1 標本年度機/運具使用碳足跡計算

機/運具編號	機/運具名稱	用油量(L)	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
AC-05	柴油空壓機(AC-05)	9,935.00	33.17	7.03%
AC-16	柴油空壓機(AC-16)	3,632.00	12.13	2.57%
AC-21	空壓機	2,424.00	8.09	1.72%
BH-77	挖土機(BH-77)	3,155.00	10.53	2.23%
BH-87	挖溝機(BH-87)	79.00	0.26	0.06%
BH-88	挖土機(BH-88)	14,940.00	49.88	10.57%
BH-90	挖土機(BH-90)	6,296.00	21.02	4.45%
BH-91	挖土機(BH-91)	15,772.00	52.66	11.16%
BH-92	挖溝機(BH-92)	18,599.00	62.10	13.16%
BH-93	挖溝機(BH-93)	18,273.70	61.01	12.93%
ZU-001	挖溝機	250.00	0.83	0.18%
CSR-02	濕式噴漿機(CSR-02)	350.00	1.17	0.25%
CSR-04	濕式噴漿機	228.00	0.76	0.16%
OSSA-01	噴漿機	599.00	2.00	0.42%

表 3.4.2-8 C1 標本年度機/運具使用碳足跡計算(續一)

機/運具編號	機/運具名稱	用油量(L)	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
GR-07	柴油發電機(GR-07)	7,840.00	25.90	5.49%
GR-13	柴油發電機(GR-13)	1,880.00	6.21	1.32%
GR-14	柴油發電機(GR-14)	984.00	3.25	0.69%
GR-21	柴油發電機(GR-21)	7,037.00	23.25	4.93%
JB-01	油壓式鑽堡機(JB-01)	612.00	2.04	0.43%
JB-06	鑽堡機	679.00	2.27	0.48%
OSSA-03	鑽堡機	466.00	1.56	0.33%
LR-02	高空作業車(LR-02)	2,869.60	9.58	2.03%
千化-01	高空作業車	1,148.30	3.83	0.81%
OSSA-02	高空作業車	478.00	1.60	0.34%
PL-10	裝載機	11,619.00	38.79	8.22%
PL-11	裝載機(PL-11)	2,383.00	7.96	1.69%
MG-01	平路機(MG-01)	1,864.00	6.22	1.32%
RR-05	震動壓路機(RR-05)	2,410.00	8.05	1.71%
昱揚-1 鑽機	鑽機	1,960.00	6.54	1.39%
昱揚-2 空壓機	空壓機	2,754.00	9.19	1.95%
機具排碳小計		141,516.60	471.86	-
機/運具編號	機/運具名稱	用油量(L)	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
CP-01	大貨車	2,474.97	8.26	7.37%
WT-03	大貨車	6,338.00	21.16	18.87%
TR-26	小貨車	1,635.34	5.46	4.87%
TR-27	小貨車	589.00	1.97	1.75%
TR-38	小貨車	45.00	0.15	0.13%
TR-28	小貨車	1,395.05	4.69	4.18%
FT-01	大貨車	176.13	0.59	0.52%
MC-08	大貨車	266.59	0.89	0.79%
DT-08	傾卸車	1,081.76	3.61	3.22%
DT-32	傾卸車	3,447.93	11.51	10.27%
DT-33	傾卸車	5,255.69	17.55	15.65%
DT-34	傾卸車	4,319.15	14.42	12.86%
DT-61	傾卸車	4,930.22	16.46	14.68%

表 3.4.2-8 C1 標本年度機/運具使用碳足跡計算(續二)

機/運具編號	機/運具名稱	用油量(L)	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
MT-13	預拌混凝土車	1,100.87	3.68	3.28%
MT-23	預拌混凝土車	146.27	0.49	0.44%
RENT-01	預拌混凝土車	370.59	1.24	1.10%
運具排碳小計		33,572.57	112.12	-
工區用電			254.34	
能源使用排碳小計			254.34	

其中，機具部份以挖土機(BH-77、BH-87、BH-88、BH-90、BH-91、BH-92、BH-93、ZU-001)使用的排碳占比最高，約佔總機具排放量之 55%；其次則為柴油空壓機(AC-05、AC-16、AC-21、昱揚-2 空壓機)，排碳占比約為總機具排放量之 13%。

運具部分則是以傾卸車(DT-08、DT-32、DT-33、DT-34、DT-61)使用排碳占比最高，約佔總運具排放量之 57%；其次則為大貨車(CP-01、WT-03、FT-01、MC-08)，排碳占比約為總運具排放量之 28%；又預拌混凝土車(MT-13、MT-23、RENT-01)排碳占比最小，僅佔總機具排放量的 5%。

(二)工程材料使用碳排放

依據前節係數蒐集及本小節前段之本標本年度工程材料使用量統計與活動強度換算(表 3.4.2-6)結果，C1 標本年度各項工程材料使用碳排放量計算內容如表 3.4.2-9 所示，合計約為 8,628.38tonCO₂e。其中，主要碳排放源為用量最大的水泥、其次為混/噴凝土，兩者碳排放量佔總工程材料排放量近 80.64%；有機土、竹節鋼筋合計約佔總工程材料排放量之 16.63%；其他材料如：自鉗式岩釘、全阻隔式圍籬、半阻隔式圍籬、點焊鋼絲網、鍍鋅亞管、鍍鋅立體菱形網、蘭花黑網等，排放量皆非常小，合計後占比小於總工程材料排放量的 3%。

表 3.4.2-9 C1 標本年度工程材料使用碳足跡計算

工程材料 編號	材料名稱	規格/類別	轉換後 單位	轉換後 使用數量	排放係數 (kgCO ₂ e/kg)	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-110	混凝土	140 kg/cm ²	kg	4,770	0.074	0.35
MA-00035	混凝土	175 kg/cm ²	kg	258,360	0.074	19.02
MA-00005	混凝土	210 kg/cm ²	kg	1,196,014	0.091	108.24
MA-00060	混凝土	245 kg/cm ²	kg	1,882,034	0.091	170.32
MA-00007	混凝土	280 kg/cm ²	kg	8,603,701	0.093	796.70
MA-00113	混凝土	350 kg/cm ²	kg	391,230	0.113	44.21
MA-00064	噴凝土	210 kg/cm ²	kg	1,390,290	0.091	125.82
MA-00083	鋼纖維噴凝土	255SFS	kg	(混凝土)9,578,928	0.093	887.01
				(鋼纖維)182,340	0.613	111.77
MA-00056	竹節鋼筋	-	kg	3,760	1.240	4.66
多項合併	竹節鋼筋	SD420W	kg	489,240	1.240	606.66
MA-0100	H 型支保	洞口段 H150	kg	8,874	2.130	18.90
MA-0101	H 型支保	管幕段 H150	kg	309,535	2.130	659.31
MA-00112	拉桿	φ 19×1M	kg	9,477	1.240	11.75
MA-00079	管幕鋼管	4"	kg	299,476	2.460	736.71
MA-103	灌漿鋼管	11/2"×4.0m/m	kg	5,648	2.460	13.89
MA-00062	自鉗式岩栓	R32*8M	kg	(鋼管)38,493	2.460	94.69
				(鋼板)1,657	2.130	3.53
MA-105	自鉗式岩栓	R32×6M	kg	(鋼管)121,231	2.460	298.23
				(鋼板)6,956	2.130	14.82
MA-105-2	自鉗式岩栓	12m(灌漿用)	kg	36,040	2.460	88.66
MA-104	水泥	I 型低鹼	kg	4,529,980	0.784	3,551.50
MA-00082	水泥砂漿	1:1 40kg	kg	(水泥)3,080	0.784	2.41
				(砂)3,080	0.003	0.01
MA-00065	水泥砂漿	I 型(1:1) ; 40kg/包	kg	(水泥)3,000	0.784	2.35
				(砂)3,000	0.003	0.01
MA-00109	速凝劑	啟欣 FS600	kg	(硫酸鋁鹽)58,540	0.493	28.85
				(二乙醇胺)7,025	2.740	19.25
				(水)51,515	0.001	0.05

表 3.4.2-9 C1 標本年度工程材料使用碳足跡計算(續)

工程材料 編號	材料名稱	規格/類別	轉換後 單位	轉換後 使用數量	排放係數 (kgCO ₂ e/kg)	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-00061	速凝劑	Tamshot 80AF	kg	(硫酸鋁鹽)2,160	0.493	1.06
				(水)1,440	0.001	0.00
MA-00071	有機土	-	kg	702,000	0.230	161.46
MA-00002	鍍鋅菱形網	14#*50*30H	kg	1,056	0.613	0.65
MA-00039	點焊網	3.2m/m*10cm*2 M*3M	kg	4,883	0.613	2.99
MA-0098	鍍鋅菱型網	2ψ×50×50	kg	727	0.613	0.45
MA-102	鍍鋅菱形網	14#*50*30H	kg	559	0.613	0.34
MA-00048	超重 CF 機油	10W200L/桶	kg	530	1.040	0.55
MA-00049	超優 CG4 機油	15W/40200L/ 桶	kg	177	1.040	0.18
MA-00050	黃油條 No.2	No.20.4KG*30	kg	60	1.040	0.06
MA-00069	液壓油	46AW(200L)	kg	877	1.040	0.91
MA-00067	PE 黑管	t5.5mm3"x100 M	kg	1,369	2.000	2.74
MA-00068	止水帶	WS-A1	kg	360	1.590	0.57
MA-00019	止水帶	WS-A3	kg	1,082	1.590	1.72
MA-00073	中空板	55cmx73cm	kg	77	4.290	0.33
MA-00075	HDPE 透水管	2"x4M 全透	kg	58	2.000	0.12
MA-0085	填縫版	20*3*6	kg	251	2.847	0.71
MA-00006	蘭花黑網	12 尺*50M	kg	58	1.570	0.09
MA-00081	藍白帆布	20*20	kg	4	1.570	0.01
MA-00072	三角楔木	15cm x 10 x 7.5cm	kg	115	0.000	-
MA-00047	半阻隔式圍籬	1.8m	kg	(鋼板)12,451	2.130	26.52
			kg	(鋼筋)1,462	1.240	1.81
MA-00059	全阻隔式圍籬	2.25m	kg	(鋼板)2,449	2.130	5.22
			kg	(鋼筋)139	1.240	0.17
					合計	8,628.38

(三)人員出勤碳排放

依據前段分析 C1 標人員出勤碳排放源：出勤運具排放、化糞池逸散與廢棄物處理排放之活動強度內容，在出勤運具造排放量部份，由於 C1 標承包商與協力廠商人員通勤方式皆為住宿，C1 標本年度總出勤運具排放量為零。

工區人員出勤產生的化糞池逸散與廢棄物處理部份排放量則是以本年度總出勤人日數 3,336 人，以化糞池碳排放係數每人時排放係數為 $0.0398\text{kgCO}_2\text{e}/\text{人時}$ ，及一般廢棄物處理排放係數(花蓮縣) $0.440\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$ 計算，則可求得 C1 標本年度工區化糞池溫室氣體逸散量約 $1.06\text{tonCO}_2\text{e}$ ，以及一般廢棄物處理排放量約 $0.74\text{tonCO}_2\text{e}$ 。

綜合上述 3 項人員出勤碳排放源之排放量計算結果，可得 C1 標本年度人員出勤總排放量約為 $1.80\text{tonCO}_2\text{e}$ 。

(四)運輸(含機運具、工程材料、廢棄物)碳排放

經與查證單位討論確認，運輸排碳量之計算範圍需包含所有工程材料與機具的運輸排放量，故即使是無須列入工程材料使用排碳量計算的廠商資本財或可回收再利用之工程材料，其運入或運出的排放量都必須被納入於運輸排放量計算項目；另機具運輸則包含自走或拖運的排放量。

廢棄物運輸部份，本年度隧道開挖土方除回填二工區路提外，自 9 月開始部分土方外運提供 B4 標使用，該項作業使用之機運具油量納入盤查範圍，由承包商以特定工程項目填報運具操作紀錄。惟本項作業排放量係歸屬於 B4 標的工程碳足跡，其排放量不計入本標年度運輸碳排放量中。

如本報告 3.3 節係數選用說明及計算結果，本計畫首先將 C1 標碳足跡盤查日誌運輸部份填報內容逐一換算為活動強度(噸公里數，tkm)，再依據各趟次運具規格、分 8 類選用對應的運輸係數進行計算，並計入自有運具運輸耗油量之排放，求得 C1 標本年度運輸碳排放量約為 $197.83\text{tonCO}_2\text{e}$ 。

3.4.3 東澳隧道新建工程(A2 標)

本小節首先簡要介紹東澳隧道段新建工程(A2 標)內容，再循前兩標盤查結果彙整與計算模式，說明 A2 標 102 年度之登錄清冊內容及排放項目，包括：機具、工程材料、能資源、廢棄物、人員出勤與運輸 6 類排放活動數據彙整、轉換及碳足跡計算結果。

一、盤查範圍說明

東澳隧道新建工程(A2 標)工程範圍如圖 3.4.3-1，全長約 3.5 公里，其中隧道段約 3.4 公里、路堤路塹段約 0.1 公里；工程項目包括東澳隧道北路堤、東澳隧道、東澳隧道南路堤及附屬工程。本標係於 101 年 11 月 29 日決標，並於同年 12 月 15 日開工；截至 102 年 11 月底止，累積工期為 351 天，實際進度 4.54%；主要工程進度在於南北口隧道開挖、土方外運、展示館建置工程及北口井基施作。



圖 3.4.3-1 東澳隧道新建工程(A2 標)工程範圍示意圖

另彙整本標工程構築型式設施配置則如表 3.4.3-1，包含路堤路塹與隧道兩種工程型式。東澳隧道為雙孔各單向行車隧道，隧道設計為近似馬蹄型之斷面，分為有仰拱段及無仰拱段。

表 3.4.3-1 東澳隧道新建工程(A2 標)工程構築型式配置表

標別	構築型式	設施名稱	起迄里程(m)			工程型式
A2 標	路堤路塹	東澳隧道北路堤	3+824.000	3+830.000	(SB)	-
			3+785.000	3+790.000	(NB)	
	隧道	東澳隧道	3+830.000	7+180.000	(SB)	雙孔各單車道
			3+790.000	7+170.500	(NB)	
	路堤路塹	東澳隧道南路堤	7+180.000	7+213.000	(SB)	
			7+170.500	7+240.000	(NB)	

二、碳足跡盤查登錄清冊

根據本計畫盤查範圍與項目要求，目前應登錄於盤查清冊之排放源類別包括：施工機具/耗能設備、用電、用水、工程材料、植生、運具及人員 7 項，另基於不同工程項目的碳足跡分析需求與承商資料管理之便利性，於登錄清冊中加入工程施工項目及協力廠商/供應商的登錄表單，作為承包商執行碳足跡盤查資料填報之參照。截至 102 年 12 月底，A2 標施工碳足跡盤查之登錄清冊各項目累計登錄數量如表 3.4.3-2 所示。

表 3.4.3-2 A2 標登錄清冊登錄狀況彙整表

A2 標施工碳足跡盤查登錄清冊			
表單編號	表單名稱	目前總筆數	本年度新增筆數
CP	工程施工項目登錄表	37	19
CC	廠商登錄表	95	49
ME	施工機具/耗能設備登錄表	171	108
ES	用電登錄表	13	6
WS	用水登錄表	5	2
MA	工程材料登錄表	97	52
PL	植生登錄表	7	-
MO	運具設備登錄表	53	34
HR	工區人員交通方式登錄表	331	180

由於本年度隧道接連開挖，且新增土方外運、井基施作等新工項，故多數登錄項目皆有大幅新增；又最大幅新增的項目為人員部分。

三、本年度盤查日誌數據彙整結果

本計畫依據工程碳盤查日誌與月報表格內容蒐集 A2 標本年度活動資料，並透過一致的轉換標準，進行活動強度數據整理，包括：機/運具使用、工程材料使用、廢棄物、碳匯改變、人員出勤、運輸記錄 6 類。其中 A2 標工區已開始使用場電、較前期增加工區用電活動數據，但工區仍未使用自來水。以下即進一步分項說明其他各類活動度數據彙整與統計結果。

(一)機/運具使用

截至 102 年 11 月 30 日止，A2 標已進行的工程項目包括：隧道洞口邊坡施工、隧道開挖、土方外運、拆除及圍籬工程、施工便道及便橋等；過程中共計使用機具 114 台、運具 21 台，類型包括挖土機、發電機、空壓機、噴漿機、鑽機、高空作業車、吊卡車、吊車、半拖車、泵浦車及傾卸車等。

考量機/運具操作所造成的工程碳足跡，係以其能耗量(用油量)為活動強度，本計畫遂整理機、運具使用紀錄。由於 A2 標工程施作模式與前述 A3、C1 兩標不同，承包商福清公司於工區自設有共用油箱，且此共用油箱之使用上並無明確管控，故其自有機具可能採自行外出購油或工區加油方式取得油料，使得福清自有機具之個別油料統計量會因共用油箱之油量無法分配而無法計算。

另考量有其他協力廠商之部分機具操作時數較低，且原機具於進場時已備有油量，機具內之存油量難以計量，且機具常有當日離場情形(無油料添加)，故本報告暫排除機具操作時間在 50 小時以下且未有加油紀錄之機具，其餘使用時間超過 50 小時但無加油紀錄的機具，則利用查驗機構所建議、參考其他標相近規格之工程機具單位操作時間能耗量，進行該項機具用油量推估；如無相似規格機運

具，則以文獻資料推估。

根據以上原則，可綜整 A2 標承包商供油之有機、運具活動強度數據統計與計算結果如表 3.4.3-3；另就協力廠商所有或租賃機、運具之活動強度(多採推估值)彙整如表 3.4.3-4。此外，本年度 8 月起工區亦開始使用電力供應隧道開挖機具、照明及通風之用，本年度使用度數合計 402,297 度。

表 3.4.3-3 A2 標本年度承包商供油之機/運具使用紀錄

機/運具編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	耗油量(L)	能源類別	備註
北口移動源-共用油箱			35,974.07	柴油	
北口固定源-共用油箱			6,932.00	柴油	
南口移動源-共用油箱			24,484.50	柴油	
發電機汽油-共用油箱			868.06	汽油	
福清-共用油箱			1,544.21	柴油	
AA204	挖土機		1,004.04	柴油	自行/工區添加
AA210	挖土機	209.00	9,821.09	柴油	自行/工區添加
AA211	挖土機	117.00	10,588.77	柴油	自行/工區添加
AA212	挖土機	257.50	6,486.70	柴油	自行/工區添加
AA214	挖土機	476.50	4,947.00	柴油	自行/工區添加
AA216	挖土機	736.00	10,512.30	柴油	自行/工區添加
AA302	挖土機	325.50	5,499.00	柴油	自行/工區添加
AA303	挖土機	920.50	20,838.08	柴油	自行/工區添加
AA305	挖土機	460.50	11,039.00	柴油	自行/工區添加
AA306	挖土機	692.50	14,822.81	柴油	自行/工區添加
AB002	鏟裝機	12.00	336.00	柴油	自行/工區添加
AB007	油壓裝渣機	2.00	-	電力	
AB009	鏟裝機	411.00	4,086.00	柴油	自行/工區添加
AB011	鏟裝機	38.00	2,060.00	柴油	自行/工區添加
AB014	鏟裝機	320.00	6,202.00	柴油	自行/工區添加
AB016	鏟裝機	215.00	1,360.00	柴油	自行/工區添加

表 3.4.3-3 A2 標本年度承包商供油之機/運具使用紀錄(續一)

機/運具編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	耗油量(L)	能源類別	備註
AB017	鏟裝機	303.00	4,778.12	柴油	自行/工區添加
AB018	鏟裝機	287.50	6,104.02	柴油	自行/工區添加
AB019	鏟裝機	810.00	8,042.01	柴油	自行/工區添加
AC002	堆高機	362.00	1,906.00	柴油	自行/工區添加
AC003	堆高機	321.00	1,607.00	柴油	自行/工區添加
AC004	堆高機	65.50	75.00	柴油	自行/工區添加
AC005	堆高機	369.00	844.00	柴油	自行/工區添加
AC006	堆高機	294.50	765.01	柴油	自行/工區添加
AG110	發電機	52.00		汽油	工區添加
AG208	發電機	48.00		汽油	工區添加
AG305	發電機	11.50	1,585.00	柴油	自行/工區添加
AG306	發電機		340.00	柴油	自行/工區添加
AJ008	鑽堡	728.50	696.59	柴油	自行/工區添加
AJ011	鑽堡	961.50	704.00	柴油	自行/工區添加
AJ012	鑽堡	727.50	814.00	柴油	自行/工區添加
AJ013	鑽堡	475.50	769.00	柴油	自行/工區添加
AK006	灌漿機	80.00		柴油	工區添加
AK007	灌漿機	223.00		柴油	工區添加
AL008	噴漿機	60.50	331.57	柴油	自行/工區添加
AL011	自動噴凝土機	290.00	184.00	柴油	自行/工區添加
AL012	自動噴凝土機	124.50	201.24	柴油	自行/工區添加
AL013	自動噴凝土機	291.50	506.00	柴油	自行/工區添加
AL014	自動噴凝土機	39.50	235.00	柴油	自行/工區添加
AN018	送風機		-	電力	自行/工區添加
CB002	其他	38.50		柴油	工區添加
CG005	高空作業車	148.00	321.00	柴油	自行/工區添加
EA002	高壓灌漿機	28.50		柴油	工區添加
ME-奇昱 01	挖土機	377.00	3,612.00	柴油	自行/工區添加
ME-金吉 03	挖土機	35.00		柴油	工區添加
ME-金吉 04	挖土機	334.00	3,858.00	柴油	自行/工區添加
ME-金吉 05	挖土機	211.00	2,048.00	柴油	自行/工區添加
ME-長鴻 1	挖土機	120.50	2,757.01	柴油	自行/工區添加

表 3.4.3-3 A2 標本年度承包商供油之機/運具使用紀錄(續二)

機/運具編號	機/運具名稱	累計行駛里程(km)	耗油量(L)	能源類別	備註
ME-長鴻 2	挖土機	739.50	6,043.05	柴油	自行/工區添加
ME-長鴻 3	挖土機	95.00	320.00	柴油	自行/工區添加
ME-長鴻 4	挖土機	381.50	4,575.00	柴油	自行/工區添加
ME-建拓 01	18米高空作業車	103.00		柴油	工區添加
ME-建拓 03	4米履帶車	26.00		柴油	工區添加
ME-建拓 04	4米履帶車	26.00		柴油	工區添加
ME-建拓 05	高空作業車	119.50		柴油	工區添加
ME-建拓 06	高空作業車	383.00	819.00	柴油	自行/工區添加
ME-財德 01	堆高機	699.50		柴油	工區添加
ME-財德 02	堆高機	144.50		柴油	工區添加
ME-福清 06	壓路機	25.00		柴油	工區添加
ME-福清 08	發電機(昆成)	25.00		柴油	工區添加
ME-福清 09	高壓沖洗機	16.00		柴油	工區添加
ME-鴻盛 01	高空作業車	97.00	305.02	柴油	自行/工區添加
機/運具編號	機/運具名稱	累計行駛里程(km)	耗油量(L)	能源類別	備註
北口工區用車-共用油箱			40.00	柴油	
南口工區用車-共用油箱			69.00	柴油	
5C-9099	小貨車		17.00	柴油	自行/工區添加
8751-TT	小貨車	221.00	88.01	汽油	自行/工區添加
CA003	大貨車	1,449.00	976.61	柴油	自行/工區添加
CA004	大貨車	522.00	720.00	柴油	自行/工區添加
MO-23	小貨車		262.00	柴油	自行/工區添加
MO-24	小貨車		250.00	柴油	自行/工區添加
MO-25	小客車		620.02	柴油	自行/工區添加
MO-26	小貨車		294.00	柴油	自行/工區添加
MO-智豪 01	傾卸車	(時數) 127.00	138.82	柴油	自行/工區添加
MO-智豪 02	傾卸車	(時數) 61.00	211.18	柴油	自行/工區添加

註：1.操作時數小於 50 小時且尚未有油單者，暫未列入本年度盤查活動量計算；

2.時數、里程空白為承包商無法提供數據(如計數器損壞或操作人員未配合填報)；

3.MO-智豪 01、02 為協力廠商運具，但因操作期間由承包商供油，故歸於本表。

表 3.4.3-4 A2 標本年度協力廠商機/運具使用紀錄

機/運具編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	耗油量(L)	能源類別	備註
ME-長鴻 01	挖土機	328.00	17,084.80	柴油	自行添加
ME-長鴻 02	挖土機	525.50			
ME-長鴻 04	挖土機	273.00			
ME-長鴻 05	挖土機	326.50			
ME-長鴻 06	挖土機	107.00			
ME-北勝 01	挖土機	206.00			
ME-北勝 02	空壓機	106.00			
ME-北勝 03	發電機	285.00			
ME-北勝 04	噴漿機	106.00			
ME-北勝 05	吊卡車	21.00			
ME-北勝 06	挖土機	171.00			
ME-北勝 07	吊車	43.00			
ME-永瑞 01	鑽機	98.00	959.22	柴油	自行添加
ME-永瑞 02	發電機	88.00			
ME-永瑞 03	灌漿機	80.00			
ME-永瑞 04	空壓機	63.00			
ME-永瑞 05	鑽機	254.00			
ME-永瑞 06	空壓機	247.00			
ME-永瑞 07	灌漿機	54.00			
ME-昶逸 01	空壓機	156.00	3,268.26	柴油	自行添加
ME-昶逸 02	發電機	126.00			
ME-昶逸 03	發電機	138.00			
ME-昶逸 04	發電機	18.00			
ME-景躍 01	吊車	12.00	38.76	柴油	推估
ME-景躍 05	吊卡車	26.00	82.42	柴油	推估
ME-景躍 03	發電機	85.50	59.78	汽油	自行添加
ME-景躍 04	發電機	15.00			
ME-景躍 06	發電機	68.00			
ME-弘大鑫 01	噴漿機	65.00	378.30	柴油	推估
ME-弘大鑫 02	空壓機	65.00	1,307.15	柴油	推估

表 3.4.3-4 A2 標本年度協力廠商機/運具使用紀錄(續)

機/運具編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	耗油量(L)	能源類別	備註
ME-弘大鑫 03	發電機	65.00	679.25	柴油	推估
ME-弘大鑫 04	挖土機	6.00	30.00	柴油	推估
ME-國裕 01	打樁機	21.00	787.92	柴油	推估
ME-國裕 02	吊車(自走式)	40.00	129.20	柴油	推估
ME-國裕 03	吊卡車	36.00	116.28	柴油	推估
ME-有荃 01	挖土機	1,121.00	12,925.13	柴油	推估
ME-有荃 02	半托車	437.50	11,103.75	柴油	推估
ME-有荃 03	半托車	437.50	11,103.75	柴油	推估
ME-開磐 01	刨除機	4.00	500.00	柴油	推估
ME-開磐 02	掃路機	4.00	33.20	柴油	推估
ME-開磐 03	鋪料機	11.00	123.20	柴油	推估
ME-開磐 04	滾壓機	11.00	86.89	柴油	推估
ME-開磐 05	滾壓機	11.00	86.89	柴油	推估
ME-開磐 06	鏟裝機	11.00	119.90	柴油	推估
ME-利全 03	自走式吊車	190.00	613.70	柴油	推估
ME-奇聯 01	吊車	1.50	11.54	柴油	推估
ME-育明 01	泵浦車	254.50	269.77	柴油	推估
ME-咸臨 01	挖土機	46.00	530.38	柴油	推估
ME-咸臨 02	挖土機	17.00	196.01	柴油	推估
ME-茂田 01	挖土機	41.00	205.00	柴油	推估
ME-茂田 02	壓路機	4.00	31.60	柴油	推估
ME-益德 01	壓路機	8.00	63.19	柴油	推估
ME-智為 01	破碎機	4.00	20.00	柴油	推估
ME-智為 02	挖土機	164.00	820.00	柴油	推估
ME-智為 04	挖土機	118.00	590.00	柴油	推估
ME-登豪 01	挖土機	86.00	991.58	柴油	推估
ME-進田 01	吊卡車	50.00	158.50	柴油	推估
ME-運財 01	振動壓路機	8.00	63.19	柴油	推估
ME-鉦達 01	噴漿機	155.50	905.01	柴油	推估
ME-鉦達 02	灌漿機	241.00	-	電力	推估
ME-震達 01	泵浦車	50.00	53.00	柴油	推估

(二)工程材料使用

A2 標本年度所進行工程包括：隧道洞口邊坡施工、隧道開挖、土方外運、拆除及圍籬工程、施工便道及便橋等等，使用工程材料項目共計有 62 項，以各型混凝土為主，茲羅列目前已填報之總用量如表 3.4.3-5。其中，巨額工程告示牌、全阻隔式圍籬、半阻式圍籬、安全欄杆、模板、鷹架、H 型鋼、覆工板、洗車台組件、展示館裝修材料及風管等，因屬於資本財，未來在本工程使用完畢後，可毋須再製即直接拆卸至其他工程繼續使用，故經與查證人員討論後，初步將這些材料歸類為可回收再利用的材料，並依據碳足跡盤查規範，僅將材料運輸的排碳量計入、而毋須如一次性使用之材料，需納入材料自原料開採、製造乃至於廢棄的全生命週期排碳。

表 3.4.3-5 A2 標本年度工程材料使用量統計結果

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	單位	累計使用數量	備註
MA-元山 01	點焊網	100*100*5mm	m ²	27,713.40	一次性使用
MA-元山 02	點焊網	10cm*10cm*3.2	m ²	3,472.20	一次性使用
MA-北勝 01	速凝劑	TamShot80AF	ton	6.66	一次性使用
MA-北勝 03	點焊網	5.0/1003m*1.8m	片	200.00	一次性使用
MA-台普 01	速凝劑	TamShot80AF	ton	113.96	一次性使用
MA-弘浚 02	桁型支保	井基 7M	組	24.00	一次性使用
MA-永瑞 01	預力鋼腱地錨	30T	ton	6.45	一次性使用
MA-永瑞 03	預力鋼腱地錨	45T	ton	0.73	一次性使用
MA-永瑞 02	鍍鋅承板		片	133.00	一次性使用
MA-永瑞 04	HDPE 護管		m	1,018.00	一次性使用
MA-永瑞 05	HDPE 浪管		m	828.00	一次性使用
MA-志成 01	氧氣		瓶	16.00	一次性使用
MA-志成 02	乙炔		瓶	13.00	一次性使用
MA-宜興 01	混凝土	245 kg/cm ²	m ³	1,446.50	一次性使用
MA-宜興 02	混凝土	210 kg/cm ²	m ³	1,548.00	一次性使用
MA-宜興 03	混凝土	280 kg/cm ²	m ³	2,151.50	一次性使用

表 3.4.3-5 A2 標本年度工程材料使用量統計結果(續一)

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	單位	累計使用數量	備註
MA-宜興 04	混凝土	175 kg/cm ²	m ³	406.80	一次性使用
MA-宜興 05	噴凝土	210 kg/cm ²	m ³	1,727.40	一次性使用
MA-宜興 07	鋼纖維噴凝土	255 kg/cm ²	m ³	4,438.00	一次性使用
MA-宜聯 01	竹節鋼筋	SD420W	ton	129.79	一次性使用
MA-宜聯 02	竹節鋼筋	SD280W	ton	29.34	一次性使用
MA-東麗陽 01	PAC		kg	4,450.00	一次性使用
MA-東麗陽 02	高分子		kg	75.00	一次性使用
MA-東麗陽 03	硫酸	50%	桶	90.00	一次性使用
MA-東麗陽 04	NaOH	98%	kg	175.00	一次性使用
MA-欣峯 01	點焊網	2mm50*501.8*15	m ²	1,726.00	一次性使用
MA-信大 01	水泥		包	4,929.00	一次性使用
MA-威建 01	水泥砂漿		包	9,457.00	一次性使用
MA-威建 02	管幕鋼管		支	2,100.00	一次性使用
MA-威建 04	岩栓	6m	支	7,085.00	一次性使用
MA-威建 07	先撐鋼管	φ 42mmL=6m	支	5,508.50	一次性使用
MA-威建 08	桁型支保	洞口段上半	組	195.00	一次性使用
MA-威建 09	桁型支保	V 類上半	組	149.00	一次性使用
MA-威建 10	桁型支保	IV 類上半	組	214.00	一次性使用
MA-威建 11	桁型支保	III 類上半	組	98.00	一次性使用
MA-威建 13	玻璃急結管		支	864.00	一次性使用
MA-員山 01	磚		塊	5,000.00	一次性使用
MA-展示館 07	瀝青		包	30.00	一次性使用
MA-展示館 08	瀝青		包	100.00	一次性使用
MA-峰吉 01	砂		m ³	11.50	一次性使用
MA-偉盟 01	鋼筋混凝土管	D1500mm	支	12.00	一次性使用
MA-偉盟 02	鋼筋混凝土管	D1000mm	支	29.00	一次性使用
MA-國裕 02	氧氣		瓶	11.00	一次性使用
MA-國裕 03	乙炔		瓶	11.00	一次性使用
MA-開磐 01	瀝青		ton	436.52	一次性使用
MA-群壘 03	鐵線		箱	4.00	一次性使用

表 3.4.3-5 A2 標本年度工程材料使用量統計結果(續二)

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	單位	累計使用數量	備註
MA-僑宏 01	磚		塊	3,800.00	一次性使用
MA-潤泰 01	水泥		包	1,337.00	一次性使用
MA-聯合 01	臨時集水井	150*150*165*15	座	2.00	一次性使用
MA-三統 01	安全欄杆		組	210.00	回收再利用
MA-三統 02	H 型鋼	200*200	組	20.00	回收再利用
MA-三統 03	洗車台組件		式	3.00	回收再利用
MA-三統 04	量水堰		個	6.00	回收再利用
MA-正昌 01	清水模板		片	313.00	回收再利用
MA-吉峰 01	模板		片	120.00	回收再利用
MA-吉翁 01	鷹架		組	50.00	回收再利用
MA-展示館 01	裝修材料		式	1.00	回收再利用
MA-展示館 02	裝修材料		式	1.00	回收再利用
MA-展示館 03	鋼構		ton	32.30	回收再利用
MA-展示館 04	消防設備		式	1.00	回收再利用
MA-展示館 05	隔間材料		式	1.00	回收再利用
MA-展示館 06	面板+門窗		式	1.00	回收再利用
MA-國裕 01	H 型鋼		支	71.00	回收再利用
MA-國裕 04	覆工板	1m*2m*20cm	片	204.00	回收再利用
MA-景躍 07	巨額工程告示牌		ton	2.80	回收再利用
MA-景躍 08	全阻隔式圍籬		組	119.00	回收再利用
MA-景躍 09	半阻隔式圍籬		組	8	回收再利用
MA-新寧 01	風管		m	180.00	回收再利用
MA-群峯 01	帆布	20*20	件	244.00	回收再利用
MA-群峯 02	帆布	30*30	件	53.00	回收再利用
MA-群峯 04	鍍鋅角鐵		支	20.00	回收再利用
MA-聯合 03	U 型溝	40*40*200	組	25.00	回收再利用

扣除前述屬於廠商資本財、可回收再利用的材料後，A2 標本年度需計算生命週期排碳量的工程材料尚包括：點焊網、混凝土、噴凝土、桁型支保、玻璃急結管、岩栓、管幕鋼管、先撐鋼管、速凝劑、

水泥、預力鋼腱地錨、鍍鋅承板、HDPE 管、竹節鋼筋、氧氣、乙炔、鋼筋混凝土管、磚、瀝青等，使用材料最大量為各類混凝土。

為符合碳足跡計算與查證要求，本計畫係循去年度排放清冊彙整期間、經查證單位認可的計算方式，以各項工程材料碳排放量係數所使用的單位作為活動強度計量單位，在活動數據填報單位與計量單位不一致的情況下，以文獻資料或承包商、供應商所提供的實際測量與計算資料進行數據換算。綜整本年度 A2 標需納入排碳計算之工程材料項目及轉換後之活動強度單位與數量，可詳列如表 3.4.3-6。

表 3.4.3-6 A2 標本年度工程材料使用活動強度數據

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	單位	使用數量	轉換後單位	轉換後使用數量
MA-元山 01	點焊網	100*100*5mm	m ²	27,713.40	kg	93,974.94
MA-元山 02	點焊網	10cm*10cm*3.2	m ²	3,472.20	kg	4,822.66
MA-北勝 01	速凝劑	TamShot80AF	ton	6.66	kg	(硫酸鋁鹽)3,996.00
						(水)2,664.00
MA-北勝 03	點焊網	5.0/1003m*1.8m	片	200.00	kg	3,662.23
MA-台普 01	速凝劑	TamShot80AF	ton	113.96	kg	(硫酸鋁鹽)68,374.80
						(水)45,583.20
MA-弘浚 02	桁型支保	井基 7M	組	24.00	kg	(鋼筋)600.00
						(鋼板)11,189.52
MA-永瑞 01	預力鋼腱地錨	30T	ton	6.45	kg	(鋼絞線)6,449.00
MA-永瑞 03	預力鋼腱地錨	45T	ton	0.73	kg	(鋼絞線)730.00
MA-永瑞 02	鍍鋅承板		片	133.00	kg	(鋼板)3,521.60
						(鋼管)814.98
MA-永瑞 04	HDPE 護管		m	1,018.00	kg	827.10
MA-永瑞 05	HDPE 浪管		m	828.00	kg	948.28
MA-志成 01	氧氣		瓶	16.00	kg	228.48
MA-志成 02	乙炔		瓶	13.00	kg	65.00
MA-宜興 01	混凝土	245 kg/cm ²	m ³	1,446.50	kg	3,447,009.50
MA-宜興 02	混凝土	210 kg/cm ²	m ³	1,548.00	kg	3,662,568.00

表 3.4.3-6 A2 標本年度工程材料使用活動強度數據(續一)

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	單位	使用數量	轉換後單位	轉換後使用數量
MA-宜興 03	混凝土	280 kg/cm ²	m ³	2,151.50	kg	5,135,630.50
MA-宜興 04	混凝土	175 kg/cm ²	m ³	406.80	kg	962,082.00
MA-宜興 05	噴凝土	210 kg/cm ²	m ³	1,727.40	kg	4,054,207.80
MA-宜興 07	鋼纖維噴凝土	255 kg/cm ²	m ³	4,438.00	kg	(混凝土)10,043,194.00
					kg	(鋼纖維)199,710.00
MA-宜聯 01	竹節鋼筋	SD420W	ton	129.79	kg	129,790.00
MA-宜聯 02	竹節鋼筋	SD280W	ton	29.34	kg	29,340.00
MA-東麗陽 01	PAC		kg	4,450.00	kg	4,450.00
MA-東麗陽 02	高分子		kg	75.00	kg	75.00
MA-東麗陽 03	硫酸	50%	桶	90.00	kg	3,780.00
MA-東麗陽 04	NaOH	98%	kg	175.00	kg	175.00
MA-欣峯 01	點焊網	2mm50*501.8*15	m ²	1,726.00	kg	1,787.76
MA-信大 01	水泥		包	4,929.00	kg	246,450.00
MA-威建 01	水泥砂漿		包	9,457.00	kg	(水泥)141,855.00
						(砂) 141,855.00
MA-威建 02	管幕鋼管		支	2,100.00	kg	100,957.78
MA-威建 04	岩栓	6m	支	7,085.00	kg	(鋼筋)176,600.71
						(鋼板)14,382.55
MA-威建 07	先撐鋼管	φ 42mmL=6m	支	5,508.50	kg	49,516.55
MA-威建 08	桁型支保	洞口段上半	組	195.00	kg	(鋼筋)75,443.43
						(鋼板)3,120.00
MA-威建 09	桁型支保	V 類上半	組	149.00	kg	(鋼筋)55,117.27
						(鋼板)2,384.00
MA-威建 10	桁型支保	IV 類上半	組	214.00	kg	(鋼筋)78,317.19
						(鋼板)3,424.00
MA-威建 11	桁型支保	III 類上半	組	98.00	kg	(鋼筋)20,420.42
						(鋼板)1,176.00
MA-員山 01	磚		塊	5,000.00	kg	9,566.50
MA-展示館 07	瀝青		包	30.00	kg	1,200.00
MA-展示館 08	瀝青		包	100.00	kg	4,000.00

表 3.4.3-6 A2 標本年度工程材料使用活動強度數據(續二)

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	單位	使用數量	轉換後單位	轉換後使用數量
MA-威建 13	玻璃急結管		支	864.00	kg	(輕骨材)60.48
						(水)51.84
						(急結劑 SiO ₂)51.84
						(玻璃)108.86
MA-峰吉 01	砂		m ³	11.50	kg	19,550.00
MA-偉盟 01	鋼筋混凝土管	D1500mm	支	12.00	kg	53,304.00
MA-偉盟 02	鋼筋混凝土管	D1000mm	支	29.00	kg	63,539.00
MA-國裕 02	氧氣		瓶	11.00	kg	94.27
MA-國裕 03	乙炔		瓶	11.00	kg	5.06
MA-開磐 01	瀝青		ton	436.52	kg	436,520.00
MA-群崙 03	鐵線		箱	4.00	kg	80.00
MA-僑宏 01	磚		塊	3,800.00	kg	7,270.54
MA-潤泰 01	水泥		包	1,337.00	kg	66,850.00
MA-聯合 01	臨時集水井	150*150*165*15	座	2.00	kg	7,840.80

其中，竹節鋼筋、預力鋼腱地錨、速凝劑等之使用量填報單位與係數單位一致，故毋須進一步的單位轉換；另舉例說明其他工程材料之單位轉換原則如下：

1. 混凝土依照規強度可分為 175、210、245、280 與噴凝土 210 及鋼纖維噴凝土 255，依據 Gabi-PE 資料庫所使用係數，單位為 kg，惟福清公司協力廠商進料單無說明運送車輛總重、淨重等重量數據，且 A2 標工地尚未建置地磅站，故混凝土用量係以方數統計，並配合本標混凝土核定配比進行換算，求得各型混凝土使用總重量作為活動強度。
2. 部分工程材料參考文獻資料進行活動強度之換算，焊接鋼線網 MA-元山 01 係依據 1m² 點焊網使用直徑 5mm 長 1,000mm 鋼線共 22 根與 42 根，鋼線密度以 7.85ton/m³ 換算，則可得焊接鋼線

網用量相當於鋼線用量 3.39kg/m^2 。

3. 氧氣與乙炔使用量係以氧氣瓶單瓶 6,000L、乙炔瓶單瓶 400L，並利用氣體密度將體積換算為重量。
4. 鋼筋混凝土管重量計算方式係依據廠商提供規格，參考 B 型鋼筋混凝土管設計重量，內徑 1,500mm 與 1,000mm 鋼筋混凝土管重量分別為 4,442kg 與 2,191kg。
5. 臨時集水井主要材料鋼筋混凝土，依據協力廠商所提供之長寬規格換算單位重量，一座以 3,920.4kg 計算。

(三)廢棄物：本年度截至 11 月 30 日止，A2 標工區已填報委由其他廠商回收再利用營建廢棄物共 105,464 公噸；除少部分運往三星大峽谷回填之外，大部分土方交由宜蘭縣政府使用，依據碳足跡盤查規範，此部分僅需計入營建廢棄物之運輸排碳量，毋須列入後端處置部分排碳。

(四)碳匯改變：本年度 A2 標工區雖已進行部份林地移除或植被栽種，但因工程仍在持續中、尚無法填報精確的林地移除面積數據，故本年度碳匯改變量部份之活動強度亦暫計為零；本計畫將持續追蹤此部份資料、於碳匯改變區域面積量測值取得後即納入計算。

(五)人員出勤

工區人員出勤會造成碳排放的活動類型包括：出勤運具排放、化糞池逸散與廢棄物處理排放。本標目前列入登錄清冊之人員交通資料共計有 244 人，其中有 20 人為非住宿人員，為能符合碳足跡計算之保守性原則且更有效率地計算人員出勤運具排放量，本計畫此次在計算上係假設福清公司之非住宿人員本年度出勤 365 天(全年每日出勤)，協力廠商之非住宿人員則視該公司出工日數計算出勤天數。

另在人員出勤造成的化糞池逸散與廢棄物處置排放部分，依據盤查日誌之人員出勤資料統計結果，扣除屬於承包商福清公司內業職員後，本年度工區總出勤人員數為 12,143 人，此人數即為本年度

用以計算 A2 標工區化糞池逸散與生活廢棄物處理排碳量之活動強度數據。

(六)運輸(含機運具、工程材料、廢棄物))

A2 標本年度共填報 973 筆運輸紀錄，運具類型包括：全拖車、半拖車、大貨車、小貨車與預拌混凝土車，茲綜整各類運具之運輸內容如表 3.4.3-7 所示。

本計畫即依據所運載物品重量、車次與距離，計算各筆運輸活動強度；回程部分排放量則以運入活動強度之一半估算，故每筆日誌運輸活動強度為單趟噸公里(tkm) \times 1.5 計算。部分載運物品有無法計算或推估重量的情況時，則以載運物品重量本計畫以該車輛最大載運能力估算。

表 3.4.3-7 A2 標運輸所用運具類型及載運物品彙整

運具類型	載運物品
全拖車	竹節鋼筋、H 型鋼、覆工板、鋼筋混凝土管、臨時集水井、預力鋼腱地錨、機具
半拖車	H 型鋼、覆工板、速凝劑、機具
大貨車	通風機、高空作業車、氧氣、乙炔、風管、鷹架、清水模板、營建廢棄物、桁型支保、紅磚、展示館裝修材料、洗車台組件、岩栓、管幕鋼管、先撐鋼管、桁型支保、水泥、水泥砂漿、機具
小貨車	破碎機、噴漿機、速凝劑、安全欄杆、鐵扇門、止水帶、菱形網、氧氣、乙炔、PVC 管、帆布、瀝青、HDPE 管、鍍鋅承板
預拌混凝土車	混凝土、噴凝土、鋼纖維噴凝土
船	預力鋼腱地錨、機具
火車	土方

四、本年度碳足跡計算結果

依據本章 3.3 節所蒐集之碳排放係數及前項綜整之 A2 標碳排放活動量，即可對應批次進行包括：機/運具使用、工程材料使用、廢

棄物處理、碳匯改變、人員出勤、機/料運輸共 6 類碳足跡量化計算。結果顯示，A2 標本年度總排放量約為 5,841.73tonCO₂e；其中，以工程材料使用的排放量最大，佔總排放量的 72.4%；機運具使用約佔 22.8%，運輸部份約佔 4.6%，人員逸散部份最小，約佔 0.2%。茲綜整各類碳足跡計算結果如表 3.4.3-8，另逐項說明各類別碳排放量計算過程與結果於後。

表 3.4.3-8 A2 標本年度碳足跡量化結果

類別	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
機具使用(含工區用電)	1,329.90	22.8%
工程材料使用	4,231.35	72.4%
人員出勤(運輸、逸散、廢棄物)	14.56	0.2%
運輸	265.92	4.6%
合計	5,841.73	100%

(一)機/運具使用碳排放

A2 標本年度機/運具盤查紀錄項目如表 3.4.3-3、表 3.4.3-4 所列、活動強度(耗油量)則統計如表 3.4.3-5。對應各活動強度及本章 3.2.3 節所列之碳排放係數資料，機/運具使用碳排放量之量化係採用半本土化係數，以移動源、固定源柴油碳排放係數 3.339、3.304kgCO₂e/L；移動源汽油碳排放係數 3.3600kgCO₂e/L；電力碳排放係數為 0.698kgCO₂e/度進行計算進行計算。

其中，工區用電排碳量因主要為隧道開挖機具、照明及通風之用，故一併並入機運具排碳量中，可得排放量量化結果如表 3.4.3-9；碳排放量合計約為 1,329.90 tonCO₂e。機運具最大宗排碳源於柴油使用，約佔 75%；A 工區用電排碳占比約 21%，與同為隧道標之 C1 標相似，但較 A3 標要大，推測主要原因為隧道鑽設包括管幕鋼管、先撐鋼管與岩栓等材料之機具如鑽堡機、噴漿機等所使用之能源皆為工區用電

之緣故。

表 3.4.3-9 A2 標機運具碳足跡計算

能源類別	使用量	排放係數 (kgCO ₂ e/unit)	排碳量 (tonCO ₂ e)	排碳占比 (%)
移動源柴油(L)	299,603.52	3.3386	1,000.27	75.21%
固定源柴油(L)	13,771.66	3.3040	45.50	3.42%
移動源汽油(L)	88.01	3.3600	0.30	0.02%
固定源汽油(L)	927.84	3.2700	3.03	0.23%
工區用電(kWh)	402,297.00	0.6980	280.80	21.11%

土方運輸所用之機運具能耗排放部份，本年度隧道開挖土方除回填於三星大峽谷的少量外，其他土方皆供給宜蘭縣政府作為資源再使用，故該項作業進行所用之機運具油耗量雖皆有納入盤查範圍，由承包商定期填報活動紀錄，但基於碳足跡責任歸屬的原則，宜蘭縣政府收受的土資、其運輸過程之機運具碳排放量，即應歸屬於宜蘭縣政府的工程或產品(土方)碳足跡。

惟目前 A2 標機運具之用油多取自共用油箱，故以目前的資料尚無法準確分配土方外運作業的機運具使用排放予宜蘭縣政府之碳排放量，故今年度係先將土方運輸相關排碳活動全數計入年度碳足跡計算，後續待土方運輸告一段落且累積足夠的機運具油耗資料後，再行分配。

(二)工程材料使用碳排放

依據前節係數蒐集及本小節前段之本標本年度工程材料使用量統計與活動強度換算結果(詳表 3.4.3-7)，A2 標本年度各項材料使用碳排放量計算內容與結果如表 3.4.3-10 所示；排放量合計約為 3,585.24tonCO₂e。經分析，工程材料碳足跡之最主要來源係為混凝土及噴凝土，兩者排碳量占比即達工程材料使用總排放的 60%。

表 3.4.3-10 A2 標本年度工程材料使用碳足跡計算

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	轉換後 單位	使用量	排放係數 (kgCO ₂ e/kg)	材料排碳量 (tonCO ₂ e)
MA-元山 01	點焊網	100*100*5mm	kg	93,974.94	0.613	57.61
MA-元山 02	點焊網	10cm*10cm*3.2	kg	4,822.66	0.613	2.96
MA-北勝 01	速凝劑	TamShot80AF	kg	(硫酸鋁鹽)3,996.00	0.493	1.97
				(水)2,664.00	0.001	0.00
MA-元山 01	點焊網	100*100*5mm	kg	93,974.94	0.613	57.61
MA-元山 02	點焊網	10cm*10cm*3.2	kg	4,822.66	0.613	2.96
MA-北勝 01	速凝劑	TamShot80AF	kg	(硫酸鋁鹽)3,996.00	0.493	1.97
				(水)2,664.00	0.001	0.00
MA-北勝 03	點焊網	5.0/1003m*1.8m	kg	3,662.23	0.613	2.24
MA-台普 01	速凝劑	TamShot80AF	kg	(硫酸鋁鹽)68,374.80	0.493	33.70
				(水)45,583.20	0.001	0.05
MA-弘浚 02	桁型支保	井基(7M)	kg	(鋼筋)600.00	2.130	1.28
				(鋼板)11,189.52	1.240	13.88
MA-永瑞 01	預力鋼腱地錨	30T	kg	(鋼絞線)6,449.00	2.160	13.93
MA-永瑞 03	預力鋼腱地錨	45T	kg	(鋼絞線)730.00	2.160	1.58
MA-永瑞 02	鍍鋅承板		kg	(鋼板)3,521.60	2.130	7.50
				(鋼管)814.98	2.460	2.00
MA-永瑞 04	HDPE 護管		kg	827.10	2.000	1.65
MA-永瑞 05	HDPE 浪管		kg	948.28	2.000	1.90
MA-志成 01	氧氣		kg	228.48	0.122	0.03
MA-志成 02	乙炔		kg	65.00	5.675	0.37
MA-宜興 01	混凝土	245Kg/cm ²	kg	3,447,009.50	0.091	311.95
MA-宜興 02	混凝土	210Kg/cm ²	kg	3,662,568.00	0.091	331.46
MA-宜興 03	混凝土	280Kg/cm ²	kg	5,135,630.50	0.093	475.56
MA-宜興 04	混凝土	175Kg/cm ²	kg	962,082.00	0.074	70.81
MA-宜興 05	噴凝土	210Kg/cm ²	kg	4,054,207.80	0.091	366.91
MA-宜興 07	鋼纖維噴凝土	255kgf/cm ²	kg	(混凝土)10,043,194.00	0.093	930.00
				(鋼纖維)199,710.00	0.613	122.42
MA-宜聯 01	竹節鋼筋	SD420W	kg	129,790.00	1.240	160.94
MA-宜聯 02	竹節鋼筋	SD280W	kg	29,340.00	1.240	36.38

表 3.4.3-10 A2 標本年度工程材料使用碳足跡計算(續一)

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	轉換後 單位	使用量	排放係數 (kgCO ₂ e/kg)	材料排碳量 (tonCO ₂ e)
MA-東麗陽 01	PAC		kg	4,450.00	1.644	7.32
MA-東麗陽 02	高分子		kg	75.00	3.400	0.26
MA-東麗陽 03	硫酸	50%	kg	3,780.00	0.129	0.49
MA-東麗陽 04	NaOH	98%	kg	175.00	0.128	0.02
MA-欣峯 01	點焊網	2mm50*501.8*15	kg	1,787.76	0.613	1.10
MA-信大 01	水泥		kg	246,450.00	0.631	155.51
MA-威建 01	水泥砂漿		kg	(水泥)141,855.00	0.631	89.51
				(砂) 141,855.00	0.003	0.44
MA-威建 02	管幕鋼管		kg	100,957.78	2.460	248.36
MA-威建 04	岩栓	6m	kg	(鋼筋)176,600.71	1.240	218.98
				(鋼板)14,382.55	2.130	30.63
MA-威建 07	先撐鋼管	φ 42mmL=6m	kg	49,516.55	2.460	121.81
MA-威建 08	桁型支保	洞口段上半	kg	(鋼筋)75,443.43	1.240	93.55
				(鋼板)3,120.00	2.130	6.65
MA-威建 09	桁型支保	V 類上半	kg	(鋼筋)55,117.27	1.240	68.35
				(鋼板)2,384.00	2.130	5.08
MA-威建 10	桁型支保	IV 類上半	kg	(鋼筋)78,317.19	1.240	97.11
				(鋼板)3,424.00	2.130	7.29
MA-威建 11	桁型支保	III 類上半	kg	(鋼筋)20,420.42	1.240	25.32
				(鋼板)1,176.00	2.130	2.50
MA-威建 13	玻璃急結管		kg	(輕骨材)60.48	0.005	0.00
				(水)51.84	0.001	0.00
				(急結劑 SiO ₂)51.84	5.130	0.27
				(玻璃)108.86	0.976	0.11
MA-員山 01	磚		kg	9,566.50	0.196	1.88
MA-展示館 07	瀝青		kg	1,200.00	0.062	0.07
MA-展示館 08	瀝青		kg	4,000.00	0.062	0.25
MA-峰吉 01	砂		kg	19,550.00	0.003	0.06
MA-偉盟 01	鋼筋混凝土管	D1500mm	kg	53,304.00	0.146	7.78
MA-偉盟 02	鋼筋混凝土管	D1000mm	kg	63,539.00	0.146	9.28
MA-國裕 02	氧氣		kg	94.27	0.122	0.01

表 3.4.3-10 A2 標本年度工程材料使用碳足跡計算(續二)

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	轉換後 單位	使用量	排放係數 (kgCO ₂ e/kg)	材料排碳量 (tonCO ₂ e)
MA-國裕 03	乙炔		kg	5.06	5.675	0.03
MA-開磐 01	瀝青		kg	436,520.00	0.062	27.24
MA-群崙 03	鐵線		kg	80.00	0.613	0.05
MA-僑宏 01	磚		kg	7,270.54	0.196	1.43
MA-潤泰 01	水泥		kg	66,850.00	0.784	52.41
MA-聯合 01	臨時集水井	150*150*165*15	kg	7,840.80	0.146	1.14
MA-峰吉 01	砂		kg	9,566.50	0.122	0.01
合計						4,231.35

(三)人員出勤碳排放

依據前段分析 A2 標人員出勤碳排放源：出勤運具排放、化糞池逸散與廢棄物處理排放之活動強度內容，在出勤運具造成排放量部份，以 A2 標承包商與協力廠商非住宿人員出勤天數與通勤方式(自行開車或搭乘火車)計算，先求得汽油、柴油耗用量及搭乘火車之延人公里數，再對應移動源燃料係數及運輸係數，計算出 A2 標本年度總出勤運具排放量約為 8.30tonCO₂e。

工區人員出勤產生的化糞池逸散與廢棄物處理部份排放量則是以本年度總出勤人日數 12,143 人，以化糞池碳排放係數每人時排放係數為 0.0398kgCO₂e/人時，及一般廢棄物處理排放係數(宜蘭縣)0.390kgCO₂e/kg 計算，分別求得 A2 標本年度工區化糞池溫室氣體逸散量約 3.87tonCO₂e；以及一般廢棄物處理排放量約 2.39tonCO₂e。綜合 3 項人員出勤碳排放源之排放量計算結果，可得 A2 標本年度人員出勤總排放量約為 14.56tonCO₂e。

(四)運輸(含機運具、工程材料、廢棄物)碳排放

經與查證單位討論確認，運輸排碳量之計算範圍需包含所有工程材料與機具的運輸排放量，故即使是無須列入工程材料使用排碳量計算的廠商資本財或可回收再利用之材料，其運入或運出的排放

量都必須被納入於運輸排放量計算項目；另機具運輸則包含自走或拖運的排放量。

廢棄物運輸部份，本年度隧道開挖土方除回填三星大峽谷外，部分土方亦提供宜蘭縣政府使用，該項作業使用之機運具油耗量納入盤查範圍，由承包商定期填報運具操作紀錄。其中，提供宜蘭縣政府使用部分之碳排放量應歸屬於宜蘭縣政府的工程碳足跡，惟土方運輸作業尚在進行中，現階段無法準確分配碳排放量歸屬，故本年度先將土方運輸排碳量全數計入，待後續土方運輸作業完成後再統一進行分配。

如本章 3.3 節係數選用及計算結果，本計畫首先將 A2 標碳足跡盤查日誌運輸部份填報內容逐一換算為活動強度(噸公里數，tkm)，再依據各趟次運具規格、對應選用適當的運輸係數進行計算，求得 A2 標本年度運輸碳排放量為 265.92tonCO₂e。

3.4.4 蘇澳永樂段新建工程(A1 標)

本小節首先簡要介紹蘇澳永樂段新建工程(A1 標)內容，再接續逐項說明 A1 標本年度(102)之登錄清冊累積項目、各項目包括機具、工程材料、能資源、廢棄物、人員出勤與運輸部份活動量數據與碳足跡計算結果。

一、盤查範圍說明

蘇澳永樂段新建工程(A1 標)工程範圍如圖 3.4.4-1，全長約 3.8 公里，其中橋梁段約 3.1 公里、隧道段約 0.3 公里、路堤路塹段約 0.5 公里。於民國 102 年 3 月 20 日決標，並於同年 4 月 16 日開工。截

至 102 年 12 月底止，A1 標累積工期為 260 天，實際進度 12.58%，工程項目包括蘇澳隧道北路堤、蘇澳隧道、蘇澳隧道南路堤、白米高架橋、永樂路塹、永樂高架橋及附屬工程等，另含地磅管制站建築等相關工程，A1 標至 102 年度 12 月底已完成所有樁式基礎基樁工程，部份已開始基礎鋼筋綁紮與混凝土澆置工程，此外於 11 月開

始，白米高架橋工區進行工項為 PN6 與 PN7 井式基礎邊坡保護與降挖工程。

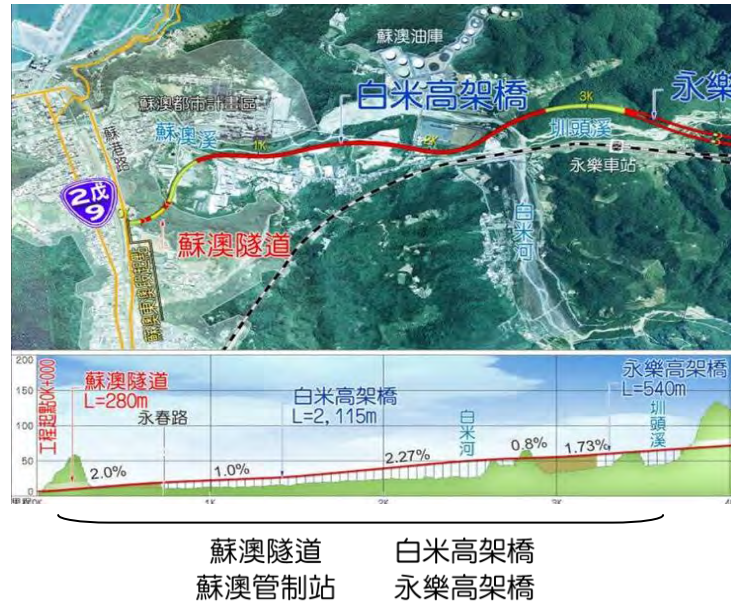


圖 3.4.4-1 蘇澳永樂段新建工程(A1 標)工程範圍示意圖

另彙整本標工程構築型式設施配置則如表 3.4.4-1，包含路堤路塹、橋梁及隧道三種工程型式，其中白米高架橋採合併線，上部結構多採預力混凝土箱型梁；而永樂高架橋施工以懸臂工法施做；蘇澳隧道為雙孔各單車道隧道，採眼鏡型隧道設計，以機械開挖為主。

表 3.4.4-1 蘇澳永樂段新建工程(A1 標)工程構築型式配置表

標別	構築型式	設施名稱	起迄里程(m)			工程型式	
A1 標	路堤路塹	蘇澳隧道北路堤	0+000.000	0+052.000			
	隧道	蘇澳隧道	0+052.000	0+306.000		雙孔各單車道(眼鏡型隧道)，機械開挖	
	路堤路塹	蘇澳隧道南路堤	0+306.000	0+640.000			
	橋梁	白米高架橋	0+640.000	2+800.000		預力混凝土箱型梁	
	路堤路塹	永樂路塹		2+800.000	2+870.000	(SB)	
				2+800.000	2+880.000	(NB)	
橋梁	永樂高架橋		2+870.000	3+824.000	(SB)	懸臂工法	
			2+880.000	3+787.000	(NB)		

二、碳足跡盤查登錄清冊

根據本計畫盤查範圍與項目要求，目前應登錄於盤查清冊之排放源類別包括：施工機具/耗能設備、用電、用水、工程材料、植生、運具及人員共 7 項，另基於不同工程項目的碳足跡分析需求與承商資料管理之便利性，目前已另於登錄清冊中加入工程施工項目及協力廠商/供應商的登錄表單，作為承包商執行碳足跡盤查資料填報之參照。

截至 102 年 12 月底，A1 標施工碳足跡盤查之登錄清冊各項目累計登錄數量如表 3.4.1-2 所示。其中，本期新增筆數係指 102 年度 6 月至 12 月底所增加項目。

表 3.4.4-2 A1 標登錄清冊登錄狀況彙整表

表單編號	表單名稱	總筆數	本期新增筆數
CP	工程施工項目登錄表	78	65
CC	廠商登錄	22	12
ME	施工機具/耗能設備登錄表	75	65
ES	用電登錄表	5	2
WS	用水登錄表	3	2
MA	工程材料登錄表	43	38
PL	植生登錄表	0	0
MO	運具設備登錄表	21	17
HR	工區人員交通方式登錄表	246	202

三、本期活動數據收集結果

蘇澳永樂段新建工程(A1 標)之碳足跡盤查日誌係自 102 年 4 月 16 日開工日開始填寫，至 102 年 12 月 31 日為止，總填寫天數為 260 天；其中運輸日誌填寫共 286 筆。本計畫彙 A1 標目前所填報之所有資料，並透過一致的轉換標準，將活動強度數據分為 6 大部分進行整理統計，包括：機具使用、工程材料使用、廢棄物、碳匯改變、

工區用水、工區用電、人員出勤、運輸記錄。以下即進一步分項說明其他各類活動強度數據彙整與統計結果。

(一)機具使用

截至 102 年 12 月 31 日止，A1 標所進行工程項目包括清除掘除、地質鑽探、施工便道、圍籬施作、井基工程、基樁工程與基礎層工程，所使用機具包括挖土機、鑽機、發電機、空壓機、吊卡車、抽水機、搖管機與泵浦車等機具，如表 3.4.4-3 所示，A1 標與 A3 標類似，係以分包協力廠商方式進行工程，故加油方式以各協力廠商使用自家之共用油箱方式為機具加油。

考量部分機具於本期操作時數尚低、未有加油紀錄，以及特定類型機具之使用情形為操作完當日離場、當日並未在工區內添加燃料兩種狀況，本報告目前係暫未將操作時數在 50 小時以下，且未有加油紀錄之機具活動量納入活動強度統計。

表 3.4.4-3 A1 標本年度機/運具使用紀錄

機/運具編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	耗油量(L)	能源類別	備註
ME-上鋒 01	泵浦車(32M)	66.0	1,993.47	柴油	
ME-上鋒 02	泵浦車(27M)	66.0			
ME-上鋒 03	泵浦車(21M)	21.0			
ME-北勝 01	挖土機	383.0	16451.79	柴油	
ME-北勝 02	挖土機	94.0			
ME-北勝 03	空壓機	238.0			
ME-北勝 04	發電機	359.0			
ME-北勝 05	噴漿機	108.0			
ME-北勝 06	吊卡車	18.0			
ME-北勝 07	挖土機	275.0			
ME-北勝 08	發電機	72.0			
ME-順運 01	發電機	140.0	300.48	汽油	
ME-順運 02	打樁機	130.5	1,115.23	柴油	
ME-順運 03	吊卡車	129.5			

表 3.4.4-3 A1 標本年度機/運具使用紀錄(續一)

機/運具編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	耗油量(L)	能源類別	備註
ME-海天	吊車	112.0	258.85	柴油	推估
ME-通傑 001	鑽機	271.0	1,217.39	柴油	
ME-通傑 002	抽水機	271.0			
ME-通傑 003	鑽堡	67.0			
ME-旭盛 01	吊車	969.0	65,624.00	柴油	
ME-旭盛 02	吊車	786.0			
ME-旭盛 03	發電機	967.0			
ME-旭盛 04	發電機	816.0			
ME-旭盛 05	挖土機	851.0			
ME-旭盛 06	搖管機	945.0			
ME-旭盛 07	搖管機	507.0			
ME-旭盛 08	挖土機	522.0			
ME-旭盛 09	發電機	494.0			
ME-旭盛 10	吊車	482.0			
ME-榮工 001	挖土機	156.0	760.00	柴油	
ME-榮工 002	吊卡車	536.0	2,717.23	柴油	
ME-榮工 003	挖土機	124.0	545.36	柴油	
ME-榮工 006	發電機 250KV	909.0	41,269.73	柴油	
ME-榮工 007	發電機 150KVA	470.0			
ME-榮工 008	發電機 150KVA	54.0			
ME-榮工 009	發電機 100KVA	44.0			
ME-榮工 010	發電機 100KVA	44.0			
MO-榮工(水車)	水車	336.0			
ME-得友 01	挖土機	97.0	3,322.51	柴油	
ME-得友 02	挖土機	85.0			
ME-得友 03	挖土機	72.0			
ME-得友 04	挖土機	8.0			
ME-得友 06	挖土機	24.0			
ME-得友 08	挖土機	8.0			
MO-得友 01	傾卸車	57.0			

表 3.4.4-3 A1 標本年度機/運具使用紀錄(續二)

機/運具編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	耗油量(L)	能源類別	備註
ME-誼霖 01	45T 吊車	452.0	1044.68	柴油	
ME-誼霖 02	吊卡車	24.0	304.4	柴油	
ME-環達 001	發電機	332.5	576.58	柴油	
ME-頤達 01	吊車	1,181.0	90,793.59	柴油	
ME-頤達 02	吊車	1,006.0			
ME-頤達 03	發電機	1,150.0			
ME-頤達 04	發電機	997.0			
ME-頤達 05	搖管機	1,068.0			
ME-頤達 06	搖管機	986.0			
ME-頤達 07	挖土機	1,029.0			
ME-頤達 08	挖土機	974.0			
ME-頤達 09	發電機	987.0			
ME-頤達 10	吊車	999.0			

註*：操作時數小於 50 小時且尚未有油單者，暫未列入本年度盤查活動量計算。

其中，金吉富公司為當地工程公司，主要負責清除清除掘除作業工項，因為機具並非專屬於 A1 工地，常有攜帶油料進廠操作，施作完畢即離場情況，且操作人員對於加油單據的保留較不確實。為此，本計畫在量化金吉富機具操作碳足跡前，先就其檢據較完整的 8 月份總購油量，與利用其他標別及文獻資料所載之機具油耗率(L/hr)對應其操作時數所推估用油量作比較，詳表 3.4.4-4。

由表可知，金吉富公司所提供加油單據總用油量偏低，可能無法代表工區施作能耗，故本計畫於 102 年度另以其他標同型機具之單位操作時數用油量經驗值及文獻資料，推估金吉富公司機具於本年度之用油量，詳如表 3.4.4-5，並以此作為碳足跡計算的活動強度。此部分也已請 A1 標碳盤查專員於 103 年度在金吉富油單收集上多加注意，未來再就後續所提供油單可否回饋 102 年度金吉富機具耗能作觀察。

表 3.4.4-4 A1 標協力廠商金吉富機/運具 8 月份用油量分析

機/運具編號	機/運具名稱	操作時數 (A) (hr)	檢據 油耗量 (L)	單位油耗* (B) (L/hr)	推估油耗量 ($\Sigma A \times B$) (L)
ME-金吉富 01	挖土機(PC300)	16	1,265.73	19	2,328.00
ME-金吉富 04	挖土機(PC200)	128		7	
ME-金吉富 05	挖土機(PC200)	80		7	
ME-金吉富 06	挖土機(PC40)	8		5	
MO-金吉富 01	傾卸車	88		6	

*PC300 採 A3、C1 標實測經驗值；其餘則參採中華工程機具車輛使用費率表(1992)。

表 3.4.4-5 A1 標協力廠商金吉富本年度機/運具用油量統計

機/運具編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	用油量(L)	能源類別	備註
ME-金吉富 02	挖土機	679.0	5,757.23	柴油	推估
ME-金吉富 04	挖土機	696.0	4,872.00	柴油	推估
ME-金吉富 05	挖土機	308.0	2,156.00	柴油	推估
ME-金吉富 06	挖土機	141.0	705.00	柴油	推估
MO-金吉富 01	傾卸車	499.0	2,994.00	柴油	推估
MO-金吉富 02	傾卸車	102.0	612.00	柴油	推估

另由於 A1 工程進行方式係將不同類型工作委由協力廠商分項負責，因而使用機具數量較多。由表 3.4.4-3 機具編號可看出，A1 標協力廠商包括有：上鋒、北勝、旭盛、金吉富、海天、通傑、得友、順運、誼霖、頤達與榮工公司自有機具等；茲依表列順序簡要說明各協力廠商本期負責之工程內容及機具使用狀況。

1. 上峰：主要負責基礎層混凝土澆置，本年度使用 3 台泵浦車。
2. 北勝：主要負責井基工程，本年度主要使用 8 台機具；
3. 旭盛：主要負責全套管基樁工程，已在 12 月底前全數完成；共計使用 10 台機具。
4. 金吉富：主要負責清除清除掘除作業工項，本年度主要使用 4

- 台機具與 2 台運具，屬於零時性工程，出工時間不定；
5. 通傑：主要負責工程初期地質鑽探，所用機具僅 4 台；
 6. 海天：主要負責全套管基樁載重試驗，僅短期施工即離場
 7. 順運：主要負責便橋工程，所用之機具較不固定，本年度使用共 3 台機具；
 8. 誼霖：主要負責基礎層鋼筋綁紮，機具為 1 台吊車與吊卡車。
 9. 得有：主要負責基礎開挖，機具主要為 6 台挖土機與 1 台運具。
 10. 環達：主要進行圍籬施作工程，僅使用發電機一台。
 11. 頤達：主要負責全套管基樁工程，已在 12 月底前全數完成；共計使用 10 台機具。
 12. 榮工：主要負責非協包商施作工項，使用 8 台機具與 1 台水車。

根據表 3.4.4-3 之分機/運具項目油耗彙整結果，A1 標本期機/運具總活動強度，可進一步依協力廠商別再加總進行表列如表 3.4.4-6，即 A1 標本期機/運具碳足跡計算之依據。

表 3.4.4-6 A1 標本年度協力廠商機/運具用油量統計

協力廠商名稱	用油量(L)
上鋒	1,993.47
北勝	16,451.79
旭盛	65,624.00
金吉富	17,096.23
通傑	1,217.39
海天	258.85
順運	(汽油)300.48
	(柴油)1,115.23
得有	3,322.51
誼霖	1,349.08
環達	576.58
頤達	90,793.59
榮工	45,292.32

(二)工程材料使用

本年度 A1 標工程進行所用之工程材料包括：速凝劑、桁型支保、混凝土、竹節鋼筋、鋼材續接器與膠管等，詳細使用數量詳表 3.4.4-7。

表 3.4.4-7 A1 標本年度工程材料使用量統計結果

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	累計使用數量	單位	備註
MA-北勝 01	速凝劑	AF80	4,990	kg	一次性使用
MA-弘大鑫 02-1	桁型支保	G150	6.00	組	一次性使用
MA-弘大鑫 02-2	桁型支保	G150	72.00	組	一次性使用
(多項編號)	點焊網	-	4,553.60	m ²	一次性使用
(多項編號)	混凝土	175 II	147.50	m ³	一次性使用
(多項編號)	混凝土	210 II	690.00	m ³	一次性使用
(多項編號)	混凝土	280 II	8,078.00	m ³	一次性使用
(多項編號)	混凝土	水中 210 II	32,940.00	m ³	一次性使用
MA-宜興 03	噴凝土	噴凝土	363.00	m ³	一次性使用
MA-榮工 03	竹節鋼筋	-	5,686,690.00	kg	一次性使用
MA-榮工 06-01	H 型鋼	-	4,631.40	kg	一次性使用
MA-盛揚 01	鋼筋續接器	#14	271.00	個	一次性使用
MA-頤達 03	膠管	4M	9,030.00	支	一次性使用
MA-榮工 001&002	告示牌	-	5.00	面	回收再利用
MA-海天	試驗鋼梁	-	4.00	支	回收再利用
MA-順運 01&02	覆工板&H 型鋼	-	1.00	式	回收再利用
MA-榮工 005	洗車台材料	-	1.00	式	回收再利用
MA-榮工 006~009	欄杆材料	-	1.00	式	回收再利用
MA-榮工 011 MA-榮工 012	基礎層/柱模板	-	28.3	噸	回收再利用
MA-環達 001 MA-環達 002	全/半阻式圍籬	-	1,339	組	回收再利用

其中，工程中所使用巨額工程告示牌、覆工板、H 型鋼與洗車臺材料，因屬於各協力廠商之資本財，未來在本工程使用完畢後，可毋須再製即直接拆卸至其他工程繼續使用，故經與查證人員討論後，初

步將這些材料歸類為可回收再利用的材料，並依據碳足跡盤查規範，僅將材料運輸的排碳量計入、毋須計算其全生命週期排碳。

扣除廠商資本財、可回收再利用的材料後，A1 標本期需計算生命週期排碳量的工程材料包括 13 項；其中，使用材料最大量為竹節鋼筋與混凝土。為符合碳足跡計算與查證要求，本計畫係循去年度排放清冊彙整期間、經查證單位認可的計算方式，以各項工程材料碳排放量係數所使用的單位作為活動強度計量單位，在活動數據填報單位與計量單位不一致的情況下，以文獻資料或承包商、供應商所提供的實際測量與計算資料進行數據換算。

綜整本期 A1 標需納入排碳計算之工程材料項目及轉換後之活動強度單位與數量，可詳列如表 3.4.4-8。

表 3.4.4-8 A1 標本年度工程材料使用活動強度數據

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	單位	使用數量	轉換後單位	轉換後使用數量
MA-北勝 01	速凝劑	AF80	kg	4,990.00	kg	4,356.00
					kg	2,904.00
MA-弘大鑫 02-1	桁型支保	G150	組	6.00	kg	150.00
					kg	2,797.35
MA-弘大鑫 02-2	桁型支保	G150	組	72.00	kg	2,610.72
					kg	40,347.36
(多項編號)	點焊網	-	m ²	4,553.60	kg	15,429.87
(多項編號)	混凝土	175 II	m ³	147.50	kg	346,625.00
(多項編號)	混凝土	210 II	m ³	690.00	kg	1,621,500.00
(多項編號)	混凝土	280 II	m ³	8,078.00	kg	18,983,300.00
(多項編號)	混凝土	水中 210 II	m ³	32,940.00	kg	77,409,000.00
MA-宜興 03	噴凝土	噴凝土	m ³	363.00	kg	853,050.00
MA-榮工 03	竹節鋼筋		kg	5,686,690.00	kg	5,686,690.00
MA-榮工 06-01	H 型鋼		kg	4,631.40	kg	4,631.40
MA-盛揚 01	鋼筋續接器	#14	個	271.00	kg	162.06
MA-頤達 03	膠管	4M	支	9,030.00	kg	26,042.52

其中，竹節鋼筋與 H 型鋼之使用量填報單位與係數單位一致，故毋須進一步的單位轉換；其他工程材料包括混凝土、桁型支保、點焊網、續接器與其他材料。以下即就主要工程材料之轉換方式舉例說明：

1. A1 標 102 年所用之混凝土製品依規格可分為：175II、210II、280II，及 210II 噴凝土，為配合 Gabi-PE 資料庫之排放係數單位 ($\text{kgCO}_2\text{e/kg}$)，在本標供應商進料單並無詳細的運送車輛總重、淨重等重量數據，且 A1 標工區尚未有地磅站的情況下，本計畫係以此標混凝土配比表估算各型混/噴凝土單位重，求得此標各型混凝土使用總重量。
2. 桁型支保每組可依據進料單分析包括桁架、繫桿、接合板等主要材料，其中主筋、副筋與繫桿材質近似於鋼筋，接合板材質則較近似鋼板。本計畫依據供應商所提供資料與施工圖，計算 A1 標桁型支保鋼筋使用量共 1026.61kg；鋼板使用量為 61.26kg。
3. 點焊網是依據 1 m^2 點焊網使用直徑 5mm 長 1,000mm 鋼線共 22 根，鋼線密度使用 $7.85\text{ton}/\text{m}^3$ 換算，可得點焊網每平方公尺重量為 3.39 公斤；又 A1 標 102 年度共使用 $4,553.60 \text{ m}^2$ ，故轉換後用量約為 15,429.87 kg。
4. PVC 膠管部分係依據協力廠商所提供資料，以膠管每支重量 3.29kg 換算，得總用量為 14,805kg。

(三)廢棄物：截至 12 月 31 日止蘇澳永樂段(A1 標)尚未有廢棄物處理記錄，故本年度廢棄物處理排碳量為零。

(四)碳匯改變：截至 12 月 31 日止蘇澳永樂段(A1 標)亦尚未有植生移除紀錄，故本年度碳匯改變量為零。

(五)人員出勤

工區人員出勤會造成碳排放的活動類型包括：出勤運具排放、化糞池逸散與廢棄物處理排放。A1 標目前列入登錄清冊之人員交通資料共計有 44 筆，其中有 15 人並非住宿；為能符合碳足跡計算之

保守性原則且更有效率地計算人員出勤運具排放量，本計畫此次在計算上係假設：非住宿人員本期出勤 253 天(至開工後每日出勤)、協力廠商之非住宿人員則視該公司出工日數計算出勤天數。

另在人員出勤造成的化糞池逸散與廢棄物處置排放部分，依據盤查日誌之人員出勤資料統計結果，扣除屬於承包商榮工工程內業職員後，本期工區總出勤人員數為 5,145 人，此人數即為本期用以計算 A1 標工區化糞池逸散與生活廢棄物處理排碳量之活動強度數據。

(六)運輸(含機運具、工程材料、廢棄物)

A1 標截至 12 月底止共填報 286 筆運輸紀錄，運具類型包括：全拖車、吊卡車、小貨車與預拌混凝土車，本計畫即依據所運載物品重量、車次與距離，計算各筆運輸活動強度；回程部分排放量則以運入活動強度之一半估算，故每筆日誌運輸活動強度為單趟噸公里(tkm) \times 1.5 計算。部分載運物品有無法計算或推估重量的情況時，則以載運物品重量本計畫以該車輛最大載運能力估算。

四、本年度碳足跡盤查結果

本計畫依據工程碳盤查日誌所記錄活動強度數據與所蒐集用電、用水、工程材料碳排放係數，分別計算機具使用、工程材料使用、廢棄物處理、碳匯改變、人員出勤、機/料運輸等 6 項碳排放量。依據前節所蒐集之碳排放係數及前項綜整之 A1 標碳足跡盤查結果。

總計蘇澳永樂段新建工程(A1 標)自開工至 12 月底止，工區碳足跡約為 16,960.81tonCO₂e；主要排放源為材料使用，占比近 94%；其他依續為機/運具使用(4.5%)、運輸(0.8%)，及幾近於零(0.3%)的人員出勤及逸散。各類別排放量彙整於表 3.4.4-9，各項碳排放量計算內容詳於後續各小節說明。

(一)機具使用碳排放

A1 標本期機/運具盤查紀錄項目如表 3.4.4-2 所列、活動強度(耗油量)則統計如表 3.4.4-3。對應各活動強度及本章 3.3 節所列之碳排放

係數資料，機/運具使用碳排放量之量化係採用 Gabi、Simapro 與我國資料合成之半本土化數據，以移動源、固定源柴油碳排放係數分別為 3.339、3.304kgCO₂e/L 計算。其中，本年度已將工區用電用水排放量納入機運具耗能排碳中，排放量量化結果如表 3.4.4-10。

表 3.4.4-9 A1 標本年度碳足跡量化結果

類別	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
機具使用	828.77	4.9%
工程材料使用	16,192.36	94.4%
人員出勤(運輸、逸散、廢棄物)	55.68	0.3%
運輸	151.64	0.8%
合計	16,960.81	100.0%

表 3.4.4-10 A1 標本年度機/運具使用碳足跡計算

廠商名稱	耗油量(L)	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
上鋒	1,993.47	6.66	0.80%
北勝	16,451.79	54.93	6.63%
旭盛	65,624.00	219.09	26.44%
金吉富	17,096.23	57.08	6.89%
通傑	1,217.39	4.06	0.49%
海天	258.85	2.24	0.27%
順運	(汽油)300.48	3.72	0.57%
	(柴油)1,115.23	0.98	
得友	3,322.51	11.09	1.34%
誼霖	1,349.08	4.50	0.54%
璟達	576.58	1.91	0.23%
頤達	90,793.59	303.13	36.58%
榮工	45,292.32	151.21	18.25%
場電與用水	-	8.15	0.98%
合計		828.77	100.00%

其中，機運具排碳量占比最大的是頤達公司與旭盛公司，為本期總機/運具排碳量的 63.01%，原因係基樁工程是為本期最主要的工程項目，惟基樁工程已於年底前全數完工，未來兩公司機具排碳量占比將與 A3 標相似，隨著工程進行而下降。

另一項主要排放源為榮工自有機具，佔機/運具耗能 18.25%，主要係因 102 年第四季蘇澳地區常有連綿數日的降雨，造成多處已開挖之樁基礎層積水，榮工公司連續使用發電機抽水原故。

(二)工程材料使用碳排放

A1 標本年度材料使用碳排放計算內容如表 3.4.4-11 所示，合計約為 16,192.36 tonCO₂e。

表 3.4.4-11 A1 標本年度工程材料使用碳足跡計算

工程材料編號	材料名稱	規格/類別	轉換後單位	轉換後使用數量	碳排係數 (kgCO ₂ e/kg)	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-北勝 01	速凝劑	AF80	kg	(速凝劑)4,356.00	0.493	2.15
			kg	(水)2,904.00	0.001	<0.01
MA-弘大鑫 02-1	桁型支保	G150	kg	150.00	2.130	0.32
			kg	2,797.35	1.240	3.47
MA-弘大鑫 02-2	桁型支保	G150	kg	2,610.72	2.130	5.56
			kg	40,347.36	1.240	50.03
(多項編號)	點焊網	-	kg	15,429.87	1.240	19.13
(多項編號)	混凝土	175 II	kg	346,625.00	0.073	25.16
(多項編號)	混凝土	210 II	kg	1,621,500.00	0.088	141.88
(多項編號)	混凝土	280 II	kg	18,983,300.00	0.092	1,744.57
(多項編號)	混凝土	水中 210 II	kg	77,409,000.00	0.088	6,773.29
MA-宜興 03	噴凝土	噴凝土	kg	853,050.00	0.088	74.64
MA-榮工 03	竹節鋼筋	-	kg	5,686,690.00	1.240	7,051.50
MA-榮工 06-01	H 型鋼	-	kg	4,631.40	2.130	9.86
MA-盛揚 01	鋼筋續接器	#14	kg	162.06	1.240	0.20
(多項編號)	膠管	4M	kg	26,042.52	1.580	41.15

(三)人員出勤碳排放

依據前段分析 A1 標人員出勤碳排放源包括：出勤運具排放、化糞池逸散與廢棄物處理排放之活動強度內容，在出勤運具造成排放量部份，以 A1 標承包商與協力廠商非住宿人員出勤天數與通勤方式(自行開車或搭乘火車)計算，先求得汽油、柴油耗用量及搭乘火車之延人公里數，再對應移動員燃料係數及運輸係數，計算出 A1 標本期總出勤運具排放量約為 52.98tonCO₂e。

工區人員出勤產生的化糞池逸散與廢棄物處理部份排放量則是以本期總出勤人日數 5,145 人，以化糞池碳排放係數每人時排放係數為 0.0398kgCO₂e/人時，及一般廢棄物處理排放係數(宜蘭縣)0.504kgCO₂e/kg 計算，分別求得 A1 標本期工區化糞池溫室氣體逸散量約 0.02tonCO₂e；而處理廢棄物產生量則為 2.70tonCO₂e。

綜合 3 項人員出勤碳排放源之排放量計算結果，可得 A1 標本期人員出勤總排放量約為 55.68tonCO₂e。

(四)運輸(含機運具、工程材料、廢棄物)碳排放

由本章 3.3 節係數選用說明與係數計算結果，本計畫首先將 A1 標碳足跡盤查日誌運輸部份填報內容逐一換算為活動強度(噸公里數，tkm)，再依據各趟次運具規格、分 8 類選用對應的運輸係數進行計算，求得 A1 標本期運輸碳排放量約為 151.64tonCO₂e。

3.5 工程管理碳足跡計算

本報告依據各施工廠商管理單位駐所、監造工務所及蘇花改工程處與工程段的提供的年報資料，彙整之各級管理單位辦公房舍活動強度數據，配合前節 3.3.4 所蒐集之工程管理碳排放係數，則可完成工程管理碳足跡量化。以下首先說明各管理單位資料蒐集情況與活動強度，隨後分項說明各工程段之工程管理碳足跡計算結果。

本年度(102)管理單位年報資料蒐集情形列於表 3.5-1，管理單位活動強度與碳排放量另於以下分節報告。

表 3.5-1 管理單位 102 年度年報填報情形

管理單位 資料類別	工程處		蘇澳段		蘇澳東澳段									
					東澳段		監造		A1 標(榮工)		A2 標(福清)		A3 標(新亞)	
瓦斯單	✓	✓					✓	✓			✓	✓		
油單	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
空調資料	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
冷凍資料	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
消防														
電表	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
水表	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓		
人員出勤	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

管理單位 資料類別	和中清水段					
	和中段		監造		C1 標(介興)	
瓦斯單			✓	✓	✓	▲
油單	✓	✓	✓	✓	✓	✓
空調資料	✓	✓	✓	✓	✓	✓
冷凍資料	✓	✓	✓	✓	✓	✓
消防	✓	✓	✓	✓	✓	✓
電表	✓	✓	✓	✓	✓	✓
水表	✓	✓	✓	✓	✓	✓
人員出勤	✓	✓	✓	✓	✓	✓

各單位左欄代表是否有數據資料

各單位右欄代表是否有佐證單據

■：未使用熱水器、瓦斯爐、滅火器或自來水

▲：已填報 102 年瓦斯使用量，惟佐證單據待補正

3.5.1 蘇澳東澳段(A 段)

此段的相關管理單位包括：蘇花改工程處、A1 標承包商辦公室、A2 標承包商辦公室、A3 標承包商辦公室、監造工程處及工務段辦公室。年報填報之時間範圍為 102 年 1 月 1 日或單位設置開始起，至 102 年 12 月底止。茲彙整各單位之範疇一至範疇三之各類活動強度數據如表 3.5.1-1，另擇要說明計算過程與結果於後。

一、直接排放

- (一)固定式燃燒：依據設施別，可分為緊急發電機以及熱水器、瓦斯爐(分天然氣及液化石油氣)等。由 A 段資料蒐集彙整結果，此段僅有熱水器、瓦斯爐(液化石油氣)等活動強度。
- (二)移動式燃燒：依據設施別分為使用汽、柴油之公務車能耗量，柴油車部份僅承包商使用，油量為 6,234.7L；汽油車則是各管理單位都有使用，總計油量為 60,338.11L。
- (三)逸散：依據設施別可分為二氧化碳/乾粉滅火器、環保滅火器、空調、冰箱、化糞池等，此部份目前已由各管理單位視各自設備設置情形，填報逸散設備調查表、提供不同冷媒之填充量，其中經與查驗機構討論後，滅火器排放量目前僅計算已使用數量。另化糞池部份也完成總人天的調查結果。

二、能源間接排放

能源間接排放對於辦公室而言即外購電力之總量，如 A 段年報填報狀況概述之內容所說明，各管理單位的電費計入期間不盡相同；惟由數據綜整結果發現，用電量最大者是承包商辦公室宿舍用電；經訪查，推測原因為承包商人員較常開啟空調設備所致。

三、其他間接排放

廢棄物部分 A3 標與監造工程處之人天數相近；用水部分因 A3、監造工程處及工務段皆為租用幸福水泥房舍作為辦公室，故同樣都以山泉水為水源、無自來水使用量；目前有 A1 標工務所、監造蘇澳工程處與蘇澳工程處具有需列入碳足跡計算之接管用水量。

本計畫依據前述活動量強度與係數，計算分別 A 段工程承商、監造與工務段管理碳足跡計算結果如表 3.5.1-2，其中蘇澳與東澳工務段已於表中合併計算。截至 102 年 12 月底 A 段工程管理碳排放推估共計為 594.60 ton CO₂e；其中，範疇一直接排放部份共計為有 274.15tonCO₂e，佔總排放量 47%。範疇二外購電力之間接排放共計為 312.55tonCO₂e，佔總排放量 52%，範疇三其他間接排放量共計為 7.89 tonCO₂e。

3.5.2 和中清水段(C 段)

此段相關管理單位包括：C1 標承商辦公室、監造工程處、和中工務段辦公室及和平工務段辦公室。年報填報之時間範圍為 102 年 1 月 1 日或單位設置開始起，至 102 年 12 月底止。茲彙整各單位之範疇一至範疇三的各類活動強度數據如表 3.5.2-1，另擇要說明計算過程與結果於後。

一、直接排放

(一)固定式燃燒：依據設施別，可分為緊急發電機以及熱水器、瓦斯爐(分天然氣及液化石油氣)等。同於 A 段資料彙整結果，C 段亦未使用緊急發電機，僅有熱水器、瓦斯爐(液化石油氣)等活動強度。

(二)移動式燃燒：依據設施別分為使用汽、柴油之公務車能耗量，C1 管理單位公務車皆使用汽油，合計用油量為 28,331.66L；其中以承包商用油量最大，占 C 段管理單位總用油量之 68%，推測應為承包商公務車數量較多所致。

(三)逸散：依據設施別可分為二氧化碳/乾粉滅火器、環保滅火器、空調、冰箱、化糞池等，此部份目前已由各管理單位視各自設備設置情形，填報逸散設備調查表，並提供不同冷媒之填充量，其中經與查驗機構討論後，滅火器排放量目前僅計算已使用數量。另化糞池部份也完成總人天的調查結果。

表 3.5.1-1 蘇澳東澳段年報活動數據統計結果

範疇一、直接排放											
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	活動強度								單位
			工程處	A1	A2	A3	監造	東澳工務段	蘇澳工務段	總和	
固定式燃燒	熱水器、瓦斯爐	液化石油氣	460.00	-	864.50	-	500.00	-	-	1,824.50	公斤
移動式燃燒	公務車	柴油	-	4,095.16	568.33	1,571.25	-	-	-	6,234.74	公升
	公務車	汽油	14,991.43	4,493.18	12,081.93	13,093.85	10,923.06	2,908.46	1,846.20	60,338.10	公升
逸散	飲水機	R134a	<0.01	<0.01	-	<0.01	-	<0.01	<0.01	<0.01	公斤
	空調	R22a	-	0.32	0.02	0.65	0.37	0.38	0.28	2.03	公斤
		R-410a	0.18	0.10	1.06	-	1.55	0.19	0.40	3.29	公斤
	冰箱	R-134a	<0.01	-	<0.01	-	-	-	-	<0.01	公斤
		R-410a	-	<0.01	-	<0.01	<0.01	-	<0.01	<0.01	公斤
		R-600a	-	-	-	-	-	<0.01	<0.01	<0.01	公斤
化糞池	排泄物	51,871.00	123,480.00	162,672.00	183,480.00	138,648.00	59,480.00	1,690.00	669,450.00	人-時	
範疇二、間接排放											
排放源類別	設施或活動別	排放源別	工程處	A1	A2	A3	監造	東澳工務段	蘇澳工務段	總和	單位
能源間接排放	電表	外購電力	107,225.00	58,674.00	102,808.50	79,392.00	54,726.00	28,132.00	18,757.00	342,489.50	度

表 3.5.1-1 蘇澳東澳段年報活動數據統計結果(續)

範疇三、其他間接排放											
排放源類別	設施或活動別	排放源別	工程處	A1	A2	A3	監造	東澳工務段	蘇澳工務段	總和	單位
其他	廢棄物	廢棄物 委外處理	2,080.79	2,006.55	2,643.42	2,981.55	3,075.93	1,176.63	1,690.00	13,574.08	公斤
	水表	水	2,348.00	140.00	849.40	-	247.00	-	306.00	1,542.40	度

表 3.5.1-2 蘇澳東澳段工程管理碳足跡計算

範疇一、直接排放											
設施或活動別	原燃物料 (單位)	排放 係數	工程處		承包商		監造		工務段		排碳量總和 (tonCO ₂ e)
			活動 強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	活動 強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	活動 強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	活動 強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	
熱水器、 瓦斯爐	液化石油氣 (L)	2.14	460.00	983.5	864.5	1,848.3	500.00	1,069.02	-	-	3.90
公務車	柴油(L)	3.40	-	-	6,234.7	21,169.0	-	-	-	-	21.17
公務車	汽油(L)	3.56	14,991.43	53,379.8	29,669.00	105,641.9	10,923.06	38,893.61	4,754.66	16,929.86	214.85
飲水機	R134a(kg)	1,443.00	<0.01	3.0	<0.01	1.7	-	-	<0.01	5.34	0.01
空調	R22a(kg)	2,203.00	-	-	1.00	2,199.5	0.37	804.10	0.66	1,461.03	4.46
	R410a(kg)	2,101.00	0.18	381.3	1.15	2,420.4	1.55	3,256.55	0.59	1,236.23	7.29
冰箱	R134a(kg)	1,443.00	<0.01	0.7	<0.01	2.7	<0.01	0.87	-	-	<0.01
	R410a(kg)	2,101.00	-	-	<0.01	2.7	-	-	<0.01	0.63	<0.01
	R600a(kg)	3.00	-	-	-	-	-	-	<0.01	0.01	<0.01
化糞池	排泄物(人日)	0.04	51,871	2,066.7	469,632	18,711.9	138,648	5,524.26	1,444	57.53	26.36
小計(ton CO ₂ e)											274.15

表 3.5.1-2 蘇澳東澳段工程管理碳足跡計算(續)

範疇二、間接排放												
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	排放係數	工程處		承包商		監造		工務段		排碳量總和 (tonCO ₂ e)
				活動強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	活動強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	活動強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	活動強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	
能源間接排放	電表號	外購電力 (度)	0.695	107,225	74,521.38	240,875	167,407.78	54,726	38,034.57	46,889	32,587.86	312.55
小計(tonCO ₂ e)											312.55	
範疇三、其他間接排放												
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	排放係數	工程處		承包商		監造		工務段		排碳量總和 (tonCO ₂ e)
				活動強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	活動強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	活動強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	活動強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	
其他	廢棄物	廢棄物委外處理 (公斤)	0.504	2,080.79	1,048.87	7,631.52	3,846.29	3,075.93	1,550.30	2,866.63	1,444.78	7.89
其他	水表號	水	0.001	2348.00	1.413	989.40	0.596	247.00	0.149	306.000	0.184	<0.01
小計(tonCO ₂ e)											7.89	
總計(tonCO ₂ e)											594.60	

二、能源間接排放

能源間接排放對於辦公室而言即外購電力之總量，比對 C 段管理單位 102 年度之用電量，用電量最大者是承包商辦公室用電，約占 C 段管理單位總用電量之 40%；推測應為承包商現有兩處辦公地點，用電量累加之緣故。

三、其他間接排放

廢棄物部分由於承包商內外業人員區分困難，此處將承包商出勤人天全數歸入管理單位計算，使承包商出勤人天數明顯較高，其次為監造工程處，工務段出勤人天最少；用水部分彙整資料趨勢則與出勤人天數相同，承包商略高監造工程處，以工務段用水量最少。

C 段工程管理碳足跡計算結果如表 3.5-2 所示，截至 102 年 12 月底 C 段工程管理碳排放推估共計為 226.61ton CO₂e；其中，範疇一直接排放部份共計為有 130.88tonCO₂e，佔總排放量 58%。範疇二外購電力之間接排放共計為 91.48tonCO₂e，範疇三其他間接排放量共計為 4.26tonCO₂e。

表 3.5.2-1 和中清水段年報活動數據統計結果

範疇一、直接排放							
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	活動強度				單位
			C1	監造	和中工務段	總和	
固定式燃燒	熱水器、瓦斯爐	液化石油氣	1,050.00	180.00	-	1,230.00	公斤
移動式燃燒	公務車	柴油	-	-	-	-	公升
	公務車	汽油	19,399.09	5,556.95	3,375.62	28,331.66	公升
逸散	飲水機	R134a	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	公斤
	空調	R22a	0.11	4.08	1.36	5.56	公斤
		R-410a	0.02	-	-	0.02	公斤
	冰箱	R-134a	<0.01	<0.01	-	<0.01	公斤
		R-410a	-	-	-	-	公斤
		R-600a	-	<0.01	<0.01	<0.01	公斤
	化糞池	排泄物	306,216.00	101,568.00	36,544.00	444,328.00	公斤
範疇二、間接排放							
排放源類別	設施或活動別	排放源種類	C1	監造	工務段	總和	單位
能源間接排放	電表	外購電力	60,739	41,440	29,440	131,619	度

表 3.5.2-1 和中清水段年報活動數據統計結果(續)

範疇三、其他間接排放							
排放源類別	設施或活動別	排放源種類	C1	監造	工務段	總和	單位
其他	廢棄物	廢棄物委外處理	5,613.96	1,862.08	973.28	8,449.32	公斤
	水表	水	1,296	1,084	40	2,420.00	度

表 3.5.2-2 和中清水段工程管理碳足跡計算

範疇一、直接排放									
設施或活動別	原燃物料 (單位)	排放 係數	C1 承商		監造		工務段		排碳量 總和 (tonCO ₂ e)
			活動強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	活動 強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	活動 強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	
熱水器、 瓦斯爐	液化石油氣 (L)	2.14	1,050.00	2,244.95	180.00	384.85	-	-	2.63
公務車	柴油(L)	3.34	-	-	-	-	-	-	-
公務車	汽油(L)	3.36	19,399.10	69,074.09	5,556.95	19,786.57	3,375.62	12,019.53	100.88
飲水機	R134a(kg)	1,443.00	<0.01	1.01	<0.01	1.73	<0.01	1.30	<0.01
空調	R22a(kg)	2,203.00	0.10	241.23	4.08	8,994.85	1.36	3,003.79	12.24
	R410a(kg)	2,101.00	<0.01	48.53	-	-	-	-	0.05
冰箱	R134a(kg)	1,443.00	<0.01	0.58	<0.01	1.01	-	-	<0.01
	R410a(kg)	2,101.00	-	-	-	-	-	-	-
	R600a(kg)	3.00	-	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
化糞池	排泄物(人日)	0.001	306,216.0	12,200.79	101,568.00	4,046.85	36,544.00	1,456.05	17.70
小計(ton CO ₂ e)									130.88

表 3.5.2-2 和中清水段工程管理碳足跡計算(續)

範疇二、間接排放										
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	排放係數	C1 承商		監造		工務段		排碳量總和 (tonCO ₂ e)
				活動強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	活動強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	活動強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	
能源間接排放	電表號	外購電力 (度)	0.695	60,739.00	42,213.61	41,440.00	28,800.80	29,440.00	20,460.80	91.48
小計(tonCO ₂ e)										91.48
範疇三、其他間接排放										
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	排放係數	C1 承商		監造		工務段		排碳量總和 (tonCO ₂ e)
				活動強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	活動強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	活動強度	排碳量 (kgCO ₂ e)	
其他	廢棄物	廢棄物委外處理(人日)	0.504	5,613.96	2,829.44	1,862.08	938.49	973.28	490.53	4.26
其他	水表號	水	0.001	648.00	0.39	1,083.90	0.65	40.100	0.02	<0.01
小計(tonCO ₂ e)										4.26
總計(tonCO ₂ e)										226.61

第四章 蘇花改計畫工程碳足跡盤查結果分析

本計畫之執行目的除取得碳足跡查證聲明外，亦期能使盤查結果具備加值效益，故執行過程中將持續由實際盤查結果鑑別主要工程排放源，並透過環境因子對碳足跡之實際影響以及工程特性與碳排放量之關聯分析，提出工程碳足跡的推估參數。目前本計畫盤查範圍內，已有 4 個土建標開始執行工程碳足跡盤查，依開工順序分別為：東澳東岳段新建工程(A3 標)、中仁隧道新建工程(C1 標)、東澳隧道之工程(A2 標)及蘇澳永樂段新建工程(A1 標)，各式活動數據、對應係數以及碳足跡計算結果已說明於前章 3.3 至 3.5 節。

本章以下即就 A3、C1、A2 及 A1 標自開工至 102 年 12 月底為止之碳足跡計算結果，進行工程足跡盤查結果分析、提出主要碳排放源鑑別結果。至於環境影響因子與工程特性探討部份，因需要較多元的工程碳足跡盤查資料與環境資料才能對應分析，故本次報告仍以分析構想表述，將待資料持續累積、各標間具有同質性工程的碳足跡計算結果後，再作進一步的分析與探討。

4.1 工程碳足跡盤查結果分析研究

以下即分小節就 4 標碳足跡盤查與計算結果，提出工程自開始至 102 年 12 月底為止之碳排放源鑑別說明與分析。其中，人員出勤部份在前章已有說明可細分為：出勤運具排放、化糞池逸散與廢棄物處理排放 3 項，其中的出勤運具排放部分，係本計畫考量國外案例文獻評估內容、擬於盤查過程中一併釐清之部分，未來將不會納入蘇花改碳足跡查證的總量中，故以下排碳活動類別分析時，人員部份僅包含工區人員出勤所產生的化糞池逸散與廢棄物處理排放，出勤運具排放不列入分析。

4.1.1 東澳東岳段新建工程(A3 標)

A3 標自開工(101 年 9 月)至 102 年 12 月底，工區碳足跡(不含工程管理單位碳足跡)計算結果約為 27,289.37 tonCO₂e，各類型排碳活動占比

分析如圖 4.1.1-1；由圖可知，目前對於 A3 標工區碳足跡貢獻最大者為工程材料的使用，截至 102 年 12 月底，A3 標工程材料排碳量由上半年度 14,132.31 tonCO₂e 增加至 25,587.34 tonCO₂e，占比也由 93%再增加至 94%。其他類型的排放活動：機運具使用、運輸與人員逸散與廢棄物放之於 A3 標工區碳足跡的占比都低於 5%：機運具使用排放約占 4.2%、運輸排放約占 2.1%；人員排放則未達 0.1%。

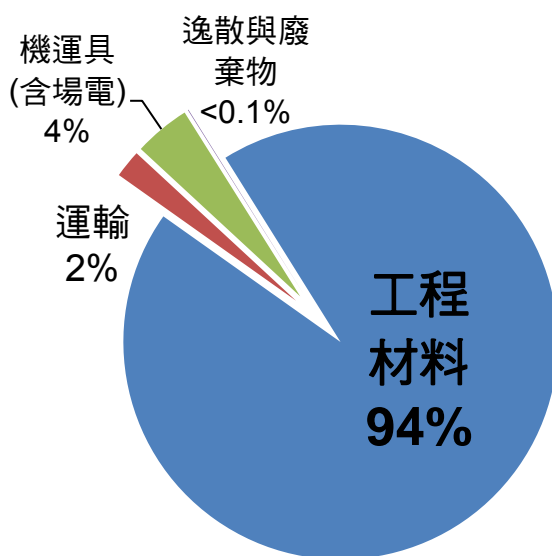


圖 4.1.1-1 A3 標開工迄今各類型排碳佔工區碳足跡比例分析

工程材料排碳於 A3 標工區碳足跡占比最高之原因，主要在於累計至今的工程材料使用量大，且排放係數相較於其他類型排碳源都高。延續 102 年度上半年度進度，隨著下半年度隧道工程與上構工程開始進行，工程材料不論是使用量與排碳量，皆持續增加。

A3 標工程材料碳排放主要源自於混凝土與竹節鋼筋使用，這兩類工程材料單位排碳量雖然不是最高，但因為橋樑工程必須使用大量這兩類工程材料，所以在工程材料排碳量中佔相當大的比例。協力廠商機具雖因使用數量與時間增加而排碳量有一定程度的提升，但和工程材料使用所產生的排碳量比較相去甚遠。

合計工程材料與機具使用排放量即占總工區碳足跡之 98%；由 102 年上半年度至 102 年度的排碳量占比變化觀察，雖然工程材料與機具使用的排碳量占比互有消長，但整體而言，機具與工程材料使用之碳排放量總合占比變化量不大；逸散與廢棄物目前排碳量占比已小於 0.1%，未來預計將持續降低。

另分析工程材料使用中的各類工程材料碳排放量如圖 4.1.1-2，以活動數據比較，目前工程所用之工程材料數量以混凝土和竹節鋼筋最高，由圖中可看出此兩項排放量亦遠高於其它工程材料。以混凝土與竹節鋼筋兩項排放量加總約 24,442.81 tonCO₂e 計算，佔工程材料排碳總量的 96.2%；與上半年度相比，混凝土與竹節鋼筋兩項排放量占比由 97%略為下降，推測原因為協力廠商配特開始東岳隧道北口導坑開挖，增加許多隧道材料(自鑽式岩栓、岩桿與管幕鋼管等)使用所致。

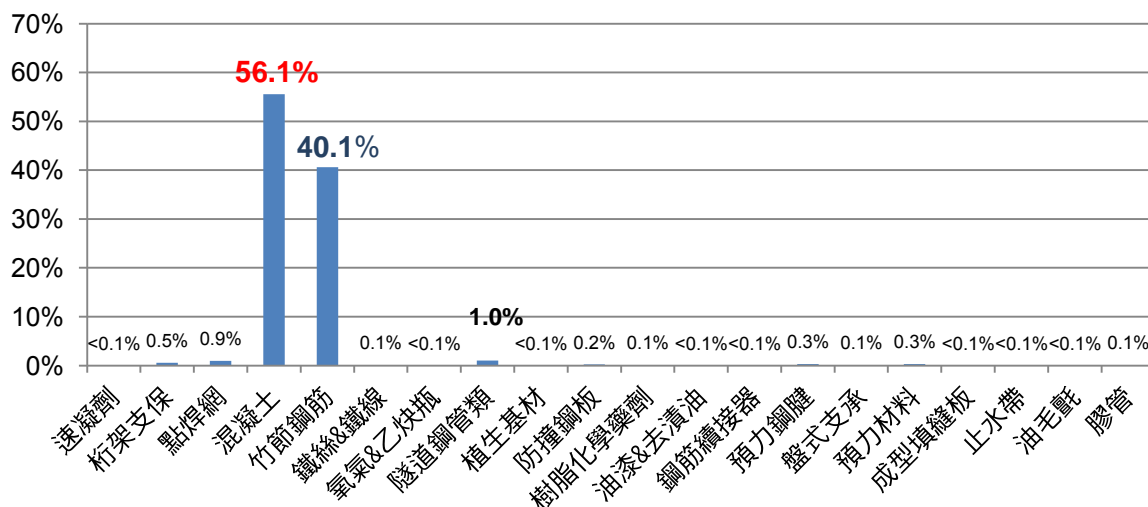


圖 4.1.1-2 A3 標開工迄今不同工程材料佔材料排放總量比例分析

另同去年度盤查結果分析、以運輸碳足跡計算結果，分析機具、工程材料、竹節鋼筋及混凝土運輸之排碳量占比，結果如圖 4.1.1-3 所示。由圖可知，A3 標大約有近 97%的運輸排碳量都是為運輸工程材料所產生；其中，主要工程材料：混凝土與竹節鋼筋各占 40%和 34%；機具運輸則

佔約 3%。

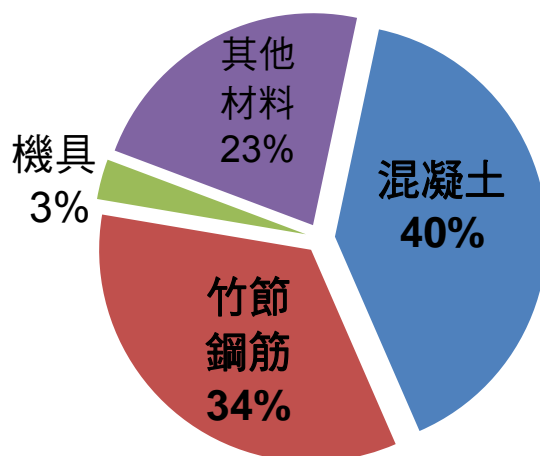


圖 4.1.1-3 A3 標開工迄今材料及機具運輸佔運輸排放總量比例分析

與 102 年上半年度相比，竹節鋼筋運輸占比由 24% 提升至 34%，主要原因為下半年度基樁與基礎層工程需要，新運入約 5,400 公噸竹節鋼筋，使得運輸碳排放量由 80.13 tonCO₂e 增加至 167.60 tonCO₂e；另機具部份運輸排碳量占比下降主要因為大部份機具已於上半年度運入，下半年度機具運入記錄較少，相較工程材料的運輸而言排碳量增加較少，故占比由 11% 降至 3%。

4.1.2 中仁隧道新建工程(C1 標)

C1 標自開工(101 年 11 月)至本期結束(102 年 12 月底)期間，工區碳足跡(不含工程管理單位碳足跡)計算結果約為 9,747.32 tonCO₂e，各類型排碳活動占比分析如圖 4.1.2-1。

由圖可看出，對於 C1 標工區碳足跡貢獻度最大者與 A3 標相同，為工程材料使用排放，約為總工區碳足跡的 89%；造成工程材料排碳占比最大的原因為主要工程材料的使用量大或碳排放係數較高；以水泥為例，雖然排碳係數為每公斤排放 0.784kgCO₂e，但本期 C1 標水泥用量高達 4,530 公噸，相當於約 3,552tonCO₂e 的碳排放。

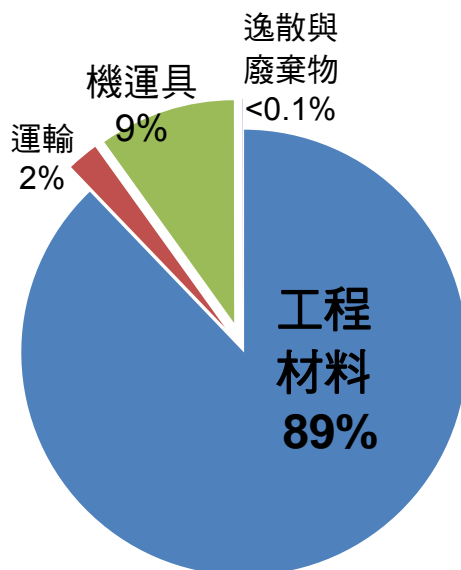


圖 4.1.2-1 C1 標開工迄今各類型排碳佔工區碳足跡比例分析

單以工程材料排碳占比部份與去(101)年度計算結果相較，101 年度因尚處於動工前準備階段、工程材料排碳量僅約 60tonCO₂e，故僅佔當期工區碳足跡約 74%。然而自 102 年度 1 月份即已開始隧道洞口及排水工程等主要工程，故截至 102 年中(6 月底止)之統計資料可發現工程材料排碳已明顯增加，占比提升至累計工區總碳足跡的 84%。而後於 7、8 月由於接續開挖南口北上與南下線，故截至 102 年底為止，總計 C1 標開工迄今累計工程材料排碳量約為 8,628tonCO₂e，顯見主要工程進行所耗用之材料量極大；預估後續工程材料占比還可能再升高。

其他類型的碳排放活動：機運具使用、運輸與人員逸散與廢棄物在 C1 標的工區碳足跡占比分別約為 8.7%、2.1%及 0.02%；與上半年分項排放占比分析結果相較，機具排放占比下降最多，由 14.4%下降為 8.7%。實際比較機運具使用排碳量可發現，至 102 年底之累計排放量(851.35tonCO₂e)相較於 102 年 6 月底之累計量(287.30tonCO₂e)亦有倍數成長，惟仍不及工程材料排碳量快速增長，使機運具排碳量占比下降。運輸排碳則約略上升，由 101 年度的 1.5%變為 2.1%；分析其原因，除隧道使用混凝土、開挖土方持續運輸外，本期自海外進口機具的運輸排碳量亦有相當影響；另人員出勤部份則由 0.07%下降至 0.02%；此部分預估

將伴隨著主要工程項目的施作再持續下降。

另分析工程材料使用中的各類工程材料碳排放量如圖 4.1.2-2，以活動數據相較，自開工至 102 年 12 月底止，C1 標使用的主要工程材料為混凝土與水泥，兩者的排放量遠高於其它工程材料。以混凝土與水泥加總計算，其總排碳量約為 5,827tonCO₂e，即佔工程材料排碳總量之 68%。其中又以水泥使用為大宗，推測應與 C1 標本期隧道開挖岩層屬崩積層，開挖作業打設管幕鋼管並大量使用水泥漿液強化支撐，使水泥之用量與排放貢獻量大。其他工程材料除了排水工程使用之竹節鋼筋及隧道工程使用之 H 型支保、管幕與灌漿鋼管及岩栓用量相對略大，分別佔工程材料排碳總量的 7.2%、8.1%、8.8%及 5.9%外，其餘工程材料的排放量占比皆小於 2%。

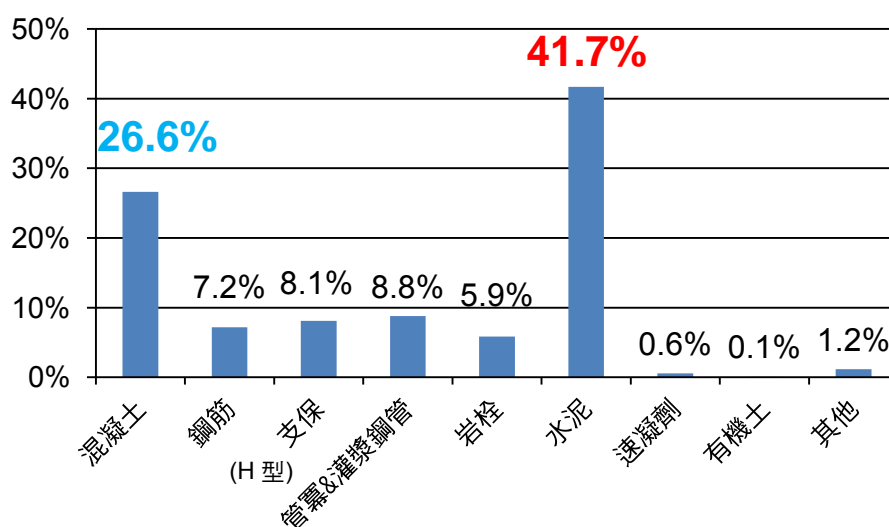


圖 4.1.2-2 C1 標開工迄今不同工程材料佔工料排放總量比例分析

另同去年度盤查結果分析、以運輸碳足跡計算結果，分析機具、工程材料、竹節鋼筋及混凝土運輸之排碳量占比，結果如圖 4.1.2-3 所示。由圖可知，C1 標約有近 87%的運輸排碳量為運輸材料所產生；其中，主要工程材料混凝土與水泥的運輸各佔 44%及 11%；機具運輸佔約 13%。

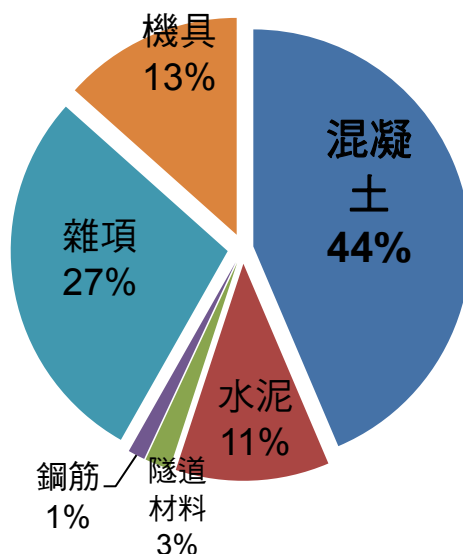


圖 4.1.2-3 C1 標開工迄今材料及機具運輸佔運輸排放總量比例分析

4.1.3 東澳隧道新建工程(A2 標)

A2 標係於 101 年 12 月底開工，去年度僅有人員出勤而未有尚未其他工區碳足跡計算結果；截至本期結束(102 年 12 月底)期間，已完成隧道洞口邊坡施工，並開始進行隧道開挖、土方外運、拆除及圍籬工程、施工便道及便橋；整體而言，A2 標工區開工迄今之工區碳足跡計算結果約為 5,833 tonCO₂e，進一步依機具使用、工程材料使用及運輸進行排放類型與排放量占比分析，可得結果如圖 4.1.3-1。

A2 標工區碳足跡貢獻量最大之排放源與 A3、C1 標亦同，為工程材料使用排放，累計至今之工程材料排碳量約為 4,231tonCO₂e，占比為總工區碳足跡的 73%。其次為機運具使用及運輸，佔總排碳量之 23%及 4%；廢棄物與逸散占比最小，約為 0.1%，排碳量為 6.32tonCO₂e。

與 102 年上半年相較，工程材料排碳占比由 85%下降為 73%，機運具排碳量占比則由 12%上升至 23%，此趨勢與其他標的工程材料占比持續增加明顯不同，有可能是此標共用油箱狀況複雜，以致於機運具油耗量合理性追蹤不易、而有浮報情形，將進行進一步分析探討。運輸排碳量占比由 3%提升至 4.6%，推測應為本期執行土方外運作業，使運輸排

碳量上升；人員逸散與廢棄物排碳占比則由 0.2% 下降至 0.1%。

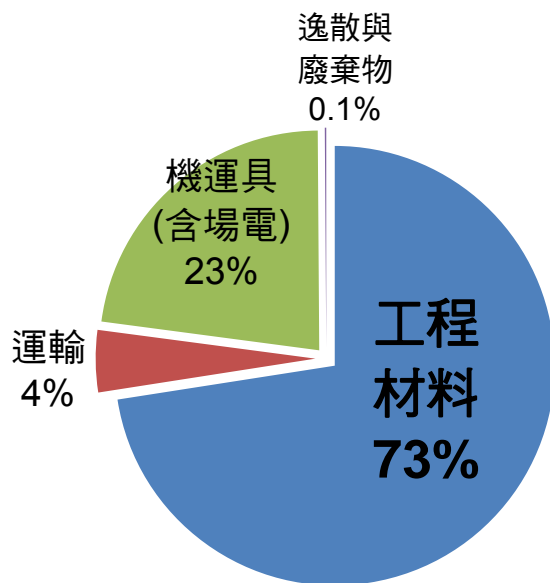


圖 4.1.3-1 A2 標開工迄今各類型排碳佔工區碳足跡比例分析

由排碳量占比最高之工程材料使用作進一步分析，A2 標所用之不同工程材料排碳量佔工程材料排碳量之比例可分析如圖 4.1.3-2 所示。比較活動數據可知，A2 截至本期結束為止，主要使用之工程材料為混凝土，約佔工程材料排碳總量 62%，其次則為隧道工程之主要工程材料管幕及先撐鋼管、桁型支保、水泥等，各約佔 8.8%、7.6%及 7%。

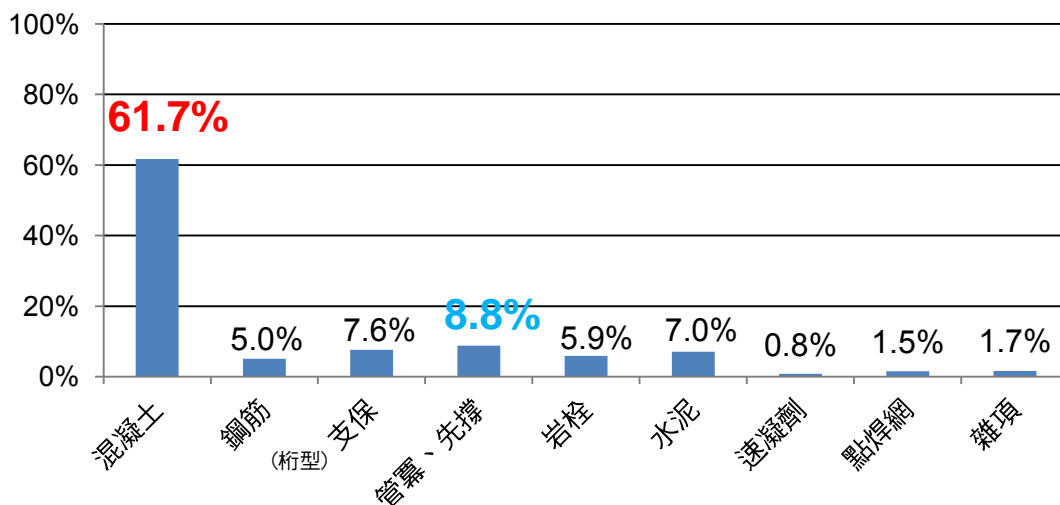


圖 4.1.3-2 A2 標開工迄今不同工程材料佔材料排放總量比例分析

另同其他兩標分析運輸碳足跡計算結果，A2 標目前的機具、工程材料、竹節鋼筋及混凝土運輸排碳總量及分項占比如圖 4.1.3-3 所示。由圖可知，A2 標運輸排碳量最高者為土方運輸，佔比達 37%；機具運輸次之佔約 35%。土方運輸排放量在 C1 標運輸排放中未見乃因為 C1 標隧道出碴一部分為自身工區內路堤填築、一部分為供給 B4 標使用，故運輸部份分別內化為工區內機運具排放與排除於 C1 標排放之外。

而機具運輸占比較其他兩標明顯，推測其原因可能為 A2 標有兩個工區(南北口)隧道雙向接續開挖，至使隧道作業機具需求量較其他標別為大，有持續運進機具的狀況，故機具運輸排碳量占比偏高；此部份在後續機具使用狀況穩定後，預計占比將隨工程進度而降低。

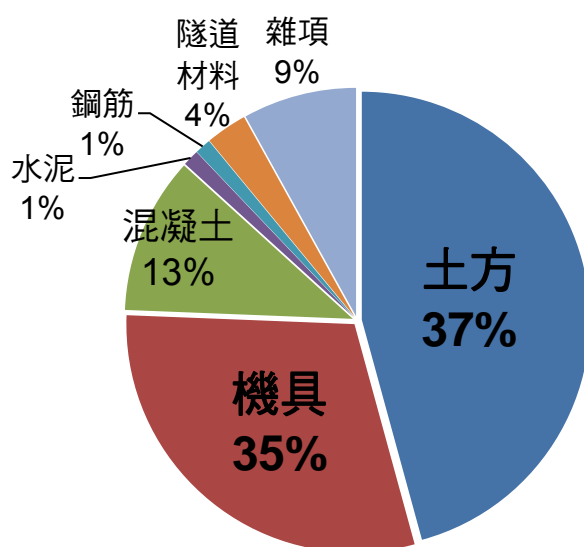


圖 4.1.3-3 A2 標開工迄今材料及機具運輸佔運輸排放總量比例分析

4.1.4 蘇澳永樂段新建工程(A1 標)

A1 標自開工至 102 年 12 月底之工區碳足跡計算結果約為 17,175.47 tonCO₂e，各類型排碳活動占比分析如圖 4.1.4-1；由圖可知，目前對於 A1 標工區碳足跡貢獻最大者為工程材料的使用，約佔總工區碳足跡之 94%。其他類型的碳排放活動：機運具使用、運輸與人員逸散與廢棄物

占比都低於 5%；機運具使用排放約占 4.9%、運輸排放約占 0.8%；人員出勤排放則未達 0.1%；合計工程材料與機具使用排放量即佔總工區碳足跡之 99.2%。

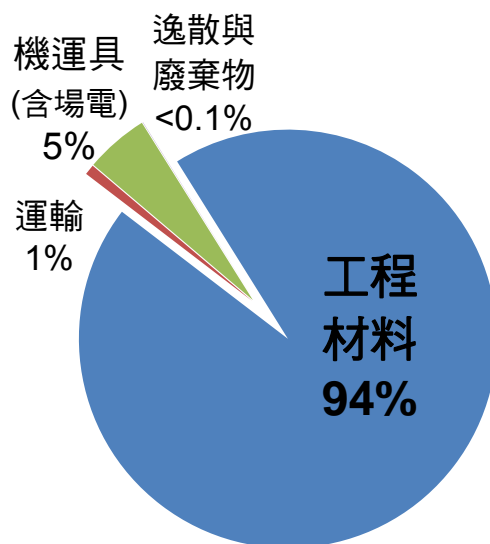


圖 4.1.4-1 A1 標開工迄今各類型排碳佔工區碳足跡比例分析

本年度統計結果與 102 年上半年度不同之處為：上半年度僅 4 月中旬至 6 月 2.5 個月工期，所進行工程也並非主要工項；隨著下半年度基樁、基礎層施做開始進行，致使工程材料不論是使用量與排碳量，皆大幅度增加。截至 102 年 12 月底，A1 標工程材料排碳量由上半年度 1.65 tonCO₂e 增加至 16,192.36 tonCO₂e，雖然機具排碳量有一定程度的提升，但和工程材料使用所產生的排碳量比較相去甚遠，因此下半年度 A1 標工程材料排碳量占比上升至 94%。此變化趨勢與 A3 標相似，工程材料碳排放主要源自於混凝土與鋼料使用。

另分析工程材料使用中的各類工程材料碳排放量如圖 4.1.4-2，以活動數據比較，目前工程所用之工程材料數量以混凝土和竹節鋼筋最高，故由圖中可看出此兩項排放量亦遠高於其它工程材料。以混凝土與竹節鋼筋兩項排放量加總計算即占工程材料排碳總量的 99.2%，主因為目前所進行之基樁、井基與基礎層施做主要使用工程材料為竹節鋼筋與混凝土。

土所致。

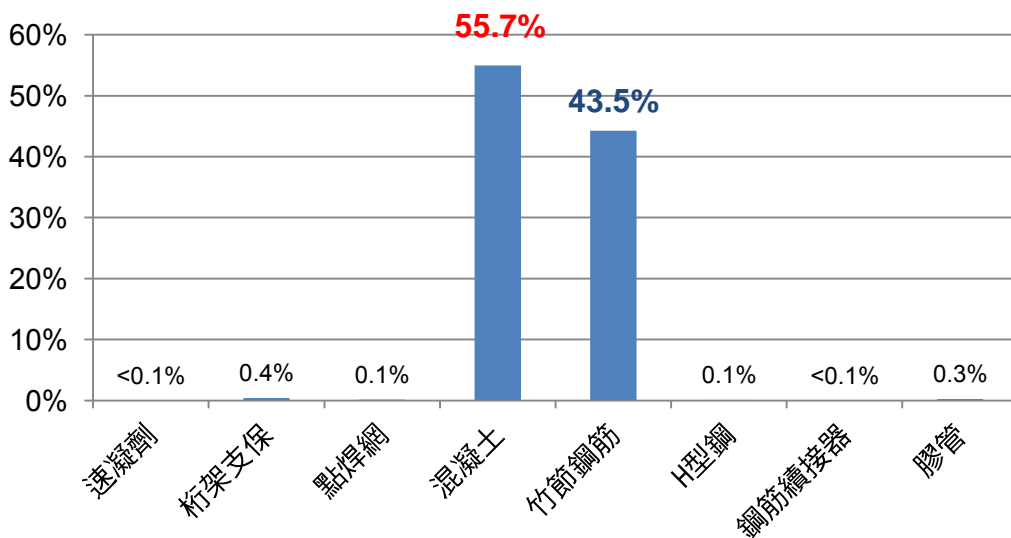


圖 4.1.4-2 A1 標開工迄今不同工程材料佔材料排放總量比例分析

另同其他標別、以運輸碳足跡計算結果，分析機具、工程材料、竹節鋼筋及混凝土運輸之排碳量占比，結果如圖 4.1.4-3 所示。由圖可知，A1 標大約有近 87% 的運輸排碳量都是為運輸工程材料所產生；其中，混凝土佔 72%；機具運輸則佔約 13%。

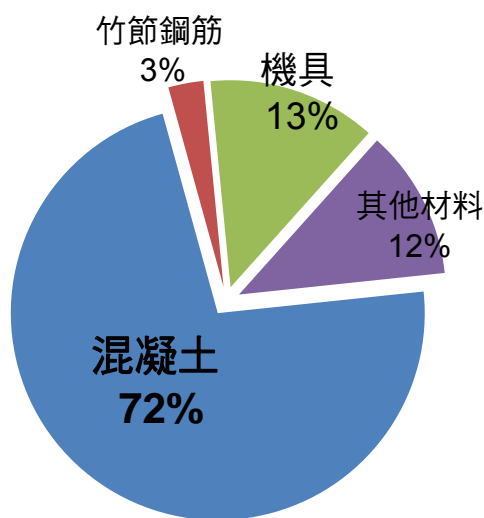


圖 4.1.4-3 A1 標開工迄今材料及機具運輸佔運輸排放總量比例分析

與 A3 標不同，A1 標竹節鋼筋運輸僅佔 3%，主要因為 A1 標竹節鋼筋供應商為羅東鋼鐵，運輸距離僅 8.5km，故雖然運入量僅次於混凝土，但延噸公里遠小於混凝土或其他長途運輸之工程材料，致使排放量亦小。另機具運輸排碳量占比達 13% 之主要原因分析為工程開始初期大量運入機具所致；其他工程材料運輸排碳占比約 12%，主要為 H 型鋼與覆工板等便橋施作所需工程材料，因為運量不少且運輸距離長，故加總亦有相當的排放量。

4.2 工程特性與工程碳足跡關聯分析

針對目前可得之各標盤查輔導與碳足跡計算執行成果，以下即由各標自工程開始至今、已進行或完成之主要工項碳足跡量化結果，就機、運具及工程材料使用排放部分進行工程特性排放分析與探討。

4.2.1 東澳東岳段新建工程(A3 標)

A3 標開工至今已施作之工程項目內容可概略區分為：圍籬及便橋工程、井基工程、基樁工程、基礎層、墩柱、上構工程、隧道工程、排水工程及其他雜項，就各工程之機/運具使用能耗量及工程材料使用量進行排碳量計算之結果，可整理如表 4.2.1-1；其中，以目前進行基礎層及墩柱工程機具與工程材料使用排碳量占比最大，佔所有工項機具與工程材料使用排碳量的 38%(10,032.41 tonCO₂e)，其次為已完成的基樁工程，基樁排碳量共佔 24%(6,437.72 tonCO₂e)，102 年下半年度甫開始動工的上構工程與即將完工的井基工程分別佔比 9%與 19%；其餘工項包括隧道工程、排水工程、清除掘除、圍籬及便道便橋工程與其他工程佔比皆在 4%以下。

由井基、基樁、基礎層與墩柱工程及上構工程的排放量計算內容可知，主要排放量來源為工程材料使用，機具使用的排碳量比例較小；此 4 類工程的主要工程材料排放為來自於大量的混凝土與竹節鋼筋用量。

表 4.2.1-1 A3 標各工程項目機/運具操作及工程材料使用碳足跡計算結果

單位：tonCO₂e

工程項目	機/運具操作 排碳量	工程材料使用 排碳量	小計	百分比
圍籬及便道便橋工程	83.81	642.52	726.33	2.72%
基樁工程	327.79	6,109.93	6,437.72	24.10%
井基工程	230.65	4,928.06	5,158.71	19.31%
基礎層/墩柱工程	158.54	9,873.86	10,032.41	37.55%
上構工程	91.76	2,304.72	2,396.48	8.97%
隧道工程	198.71	838.15	1,036.86	3.88%
排水工程	37.63	773.21	810.83	3.03%
其它	-	116.89	116.89	0.44%
合計	1,128.89	25,587.34	26,716.24	

進一步與 102 年上半年度之工程特性碳足跡分析結果相比，已完成的基樁工程與即將完成的井基工程占比下降最多，係因下半年度主要工項為基礎層/墩柱工程及上構工程，且兩工項大量使用混凝土與鋼材(單一基礎層混凝土及竹節鋼筋排碳量即達 367 tonCO₂e 與 539 tonCO₂e，佔總機具與工程材料排碳量的 4.2%)。由此趨勢研判，未來隨著工程項目的持續進行，基礎層/墩柱工程與上構工程排碳量占比將繼續上升，基樁、井基、排水、圍籬及便道便橋工程與其他工程占比將逐漸下降。隧道工程部份由於目前仍僅有導坑的單向開挖作業，且 A3 標隧道工程之量體本來就不大，故目前機具使用排碳仍有 20%左右占比，後續其排碳量及占比變化情形，尚須視 103 年度後續隧道所使用工程材料類別與用量變化再作觀察。

進一步分析工程材料與機具操作使用於不同工程項目之排碳占比情形如圖 4.2.1-1 所示；井基工程、基礎層/墩柱工程以及下半年度開始的上構工程排碳量組成皆是工程材料使用為主。

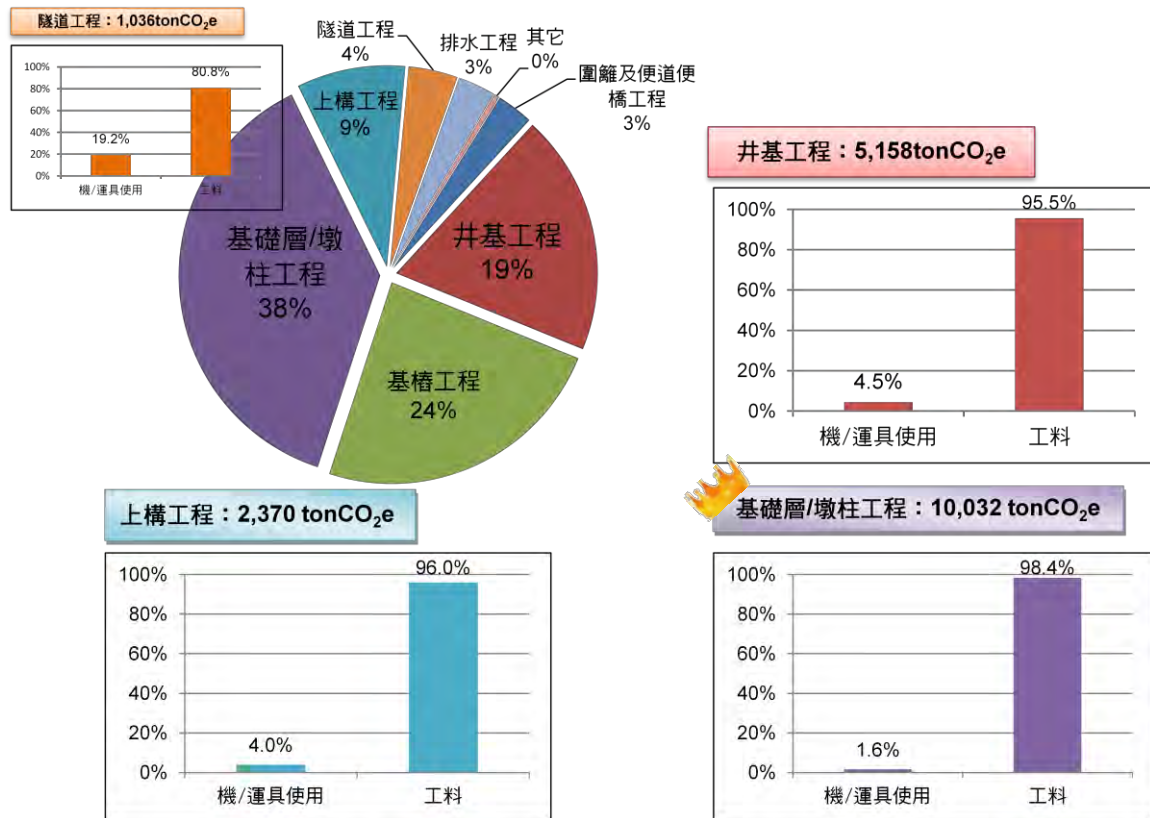


圖 4.2.1-1 A3 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析

由於 A3 標已於 102 年度完成東澳北溪河川橋工區所有 14 座樁式基礎工程，故本計畫擬此進行基礎排碳量彙整分析。惟基礎工程協力廠商同時執行 A3 標基礎層工程、樁式基礎及井式基礎墩柱工程，使用機具加油方式為共用油箱方式加油，且同一機具可能於同日執行不同基礎層及墩柱施作作業，無法利用體積進行分配，故暫未考量機具能耗排碳量，而僅以工程材料排放量計算結果作比較分析。

基礎層施做主要使用之工程材料包括：280 II 混凝土、竹節鋼筋等，茲彙整 A3 標東澳北溪河川橋工區、各基礎之規格與分項排碳量計算結果如表 4.2.1-2 所示。東澳北溪河川橋之樁式基礎依設計條件之不同，基礎體積約為 134.42~1,728m³；經計算，各基礎之工程材料排碳量約為 37.88~915.25 tonCO₂e，單位體積之排放量則約為 0.28~0.53 tonCO₂e/m³。

表 4.2.1-2 A3 標基礎層規格與碳排放量計算結果

工項代碼	基礎編號	基礎層體積(A) (m ³)	基礎層碳排放量(B) (tonCO ₂ e)	基礎層碳排放量 (B)/(A) (tonCO ₂ e/ m ³)	基礎層混凝土碳排放量 (tonCO ₂ e)	基礎層鋼筋碳排放量 (tonCO ₂ e)
DBC0110	AS1	134.42	38.06	0.28	31.10	6.96
DBC0100	AN1	140.24	37.88	0.27	37.88	7.21
DBC0130	PS2	1083.00	441.95	0.41	230.87	211.09
DBC0120	PN2	1083.00	437.63	0.40	226.55	211.09
DBC0150	PS3	798.00	322.63	0.40	200.43	122.20
DBC0140	PN3	924.00	351.95	0.38	203.52	148.43
DBC0170	PS4	588.00	210.11	0.36	141.82	68.29
DBC0160	PN4	660.00	263.64	0.40	170.97	92.67
DBC0180	P5	1168.50	515.68	0.44	270.69	244.99
DBC0190	P6	1083.00	433.27	0.40	241.69	191.58
DBC0200	P7	861.00	324.88	0.38	202.25	122.63
DBC0210	P11	861.00	319.20	0.37	192.26	126.94
DBC0220	P12	1728.00	869.25	0.50	392.79	462.14
DBC0230	P13	1728.00	915.25	0.53	376.01	539.24

基礎層之工程材料使用排碳量的主要排放源為混凝土與竹節鋼筋，其中，鋼筋因無法在每次使用時皆執行秤重的作業，故前述分析之各基礎層鋼筋用量係以設計量計算，未來待鋼筋實際用量確認後，將會再依設計量進行檢討與分配；但各基礎層混凝土用量則可用實際澆置量進行彙整計算，並與設計量進行排放量比較如表 4.2.1-3。由表可看出，混凝土使用的設計量與實際量相當接近，單位體積之排放量皆在 0.22 tonCO₂e/ m³ 上下，且僅大約 0.01 tonCO₂e/ m³ 左右的差距。

另由表 4.2.1-3 及圖 4.2.1-2 可知，混凝土對於基礎層單位排放量的影響不大，主要影響原因為竹節鋼筋的設計用量，即使是相同體積之基礎層，竹節鋼筋設計量仍有可能不同，如 P12 與 P13 基礎層體積皆為 1,728m³，但竹節鋼筋使用量之差距達 62 噸，這也是 P12 與 P13 兩座同體積基礎層排碳量差異的主要原因。

表 4.2.1-3 A3 標基樁鋼筋及混凝土設計與實際用量碳排放分析

工項代碼	基礎編號	基礎層體積(A) (m ³)	鋼筋設計量 (kg)	混凝土設計量(B) (m ³)	混凝土實際量(C) (m ³)	混凝土單位排碳(設計) (B)/(A) (tonCO ₂ e/m ³)	混凝土單位排碳(實際) (C)/(A) (tonCO ₂ e/m ³)
DBC0110	AS1	134	5,615	140.04	144.00	0.22	0.23
DBC0100	AN1	140	5,818	140.04	142.00	0.22	0.22
DBC0130	PS2	1,083	170,230	1,077.97	1,069.00	0.21	0.21
DBC0120	PN2	1,083	170,230	1,077.97	1,049.00	0.21	0.21
DBC0150	PS3	798	98,548	794.23	850.00	0.21	0.23
DBC0140	PN3	924	119,700	930.23	910.00	0.22	0.21
DBC0170	PS4	588	55,073	585.17	576.00	0.21	0.21
DBC0160	PN4	660	74,735	657.49	687.00	0.22	0.22
DBC0180	P5	1,168	197,569	1,163.47	1,211.50	0.22	0.22
DBC0190	P6	1,083	154,500	1,077.97	1,082.00	0.21	0.22
DBC0200	P7	861	98,897	857.23	847.00	0.22	0.21
DBC0210	P11	861	102,374	857.23	861.00	0.22	0.22
DBC0220	P12	1,728	372,693	1,720.15	1,689.00	0.21	0.21
DBC0230	P13	1,728	434,872	1,729.15	1,700.00	0.22	0.21

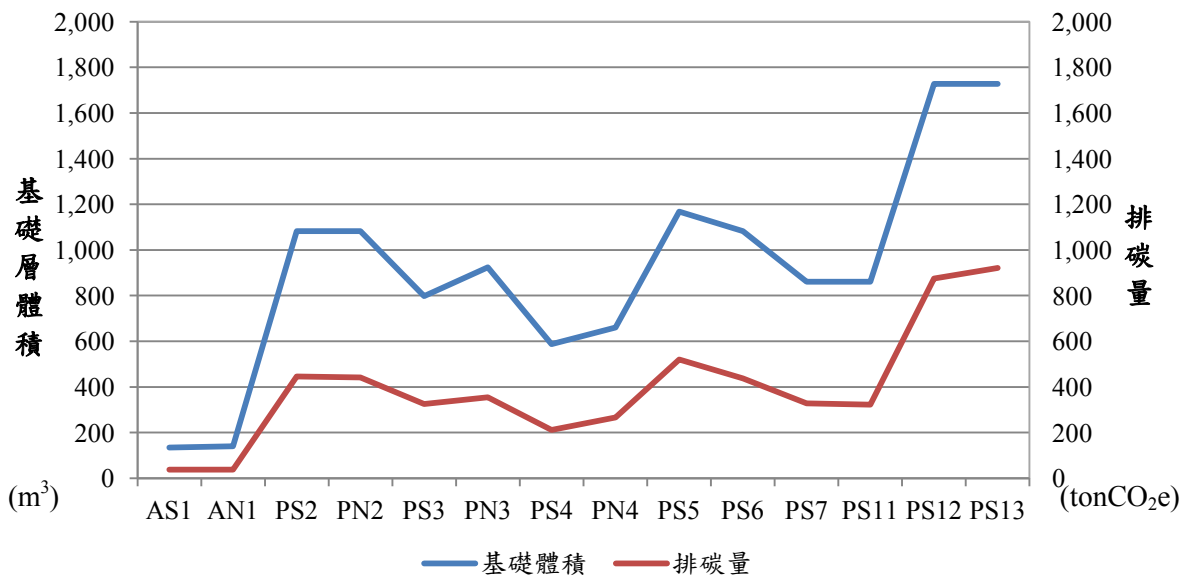


圖 4.2.1-2 A3 標基礎層體積與排碳量關係圖

4.2.2 中仁隧道新建工程(C1 標)

C1 標開工至今已施作之工程項目內容可概略區分為 7 類，包括：隧道洞口工程、排水工程、路工工程、交通維持、機具保養及物料整理、假設設施及其他雜項；究各工程之機/運具使用能耗量及工程材料使用量進行排碳量計算之結果，可整理如表 4.2.2-1。其中，排碳量佔機/運具操作及工程材料使用排碳總量最大的是隧道工程，排碳量約為 7,683tonCO₂e，占比為 83%。其次為排水工程，排碳量約為 1,133tonCO₂e，佔機/運具操作及工程材料使用排碳總量的 12%。

表 4.2.2-1 C1 標各工程項目機/運具操作及工程材料使用碳足跡計算結果

單位：tonCO₂e

工程項目	機具使用排碳量	工料使用排碳量	小計	占比
隧道工程	400.43	7,282.88	7,683.31	82.79%
路工工程	105.84	0.00	105.84	1.14%
排水工程	7.59	1,125.68	1,133.27	12.21%
其他	80.85	276.89	357.73	3.85%
合計	594.71	8,685.44	9,280.16	100.00%

總計前述兩項工程之機/運具操作及工程材料使用排放即佔累計迄今之 C1 標機/運具操作及工程材料使用排碳總量的 95%；與 A3 標的基樁、井基等工程相同，C1 標隧道工程與排水工程排碳量較高之原因，係因為工程材料的大量使用，主要工程材料包括：竹節鋼筋、混凝土及水泥。由表可看出，路工工程的總排放量雖不大，但排放量全數皆來自於機具使用，主要原因是該項工程內容目前僅只於挖土機、傾卸車、壓路機及平路機等機具操作所致。

另整理 C1 標開工迄今各工程項目及主要工項之不同碳排放源排碳占比情形如圖 4.2.2-1。同 A3 標主要工程項目碳排放源占比分析結果，工程材料佔總機/運具操作及工程材料使用碳足跡的比例皆高於 90%。

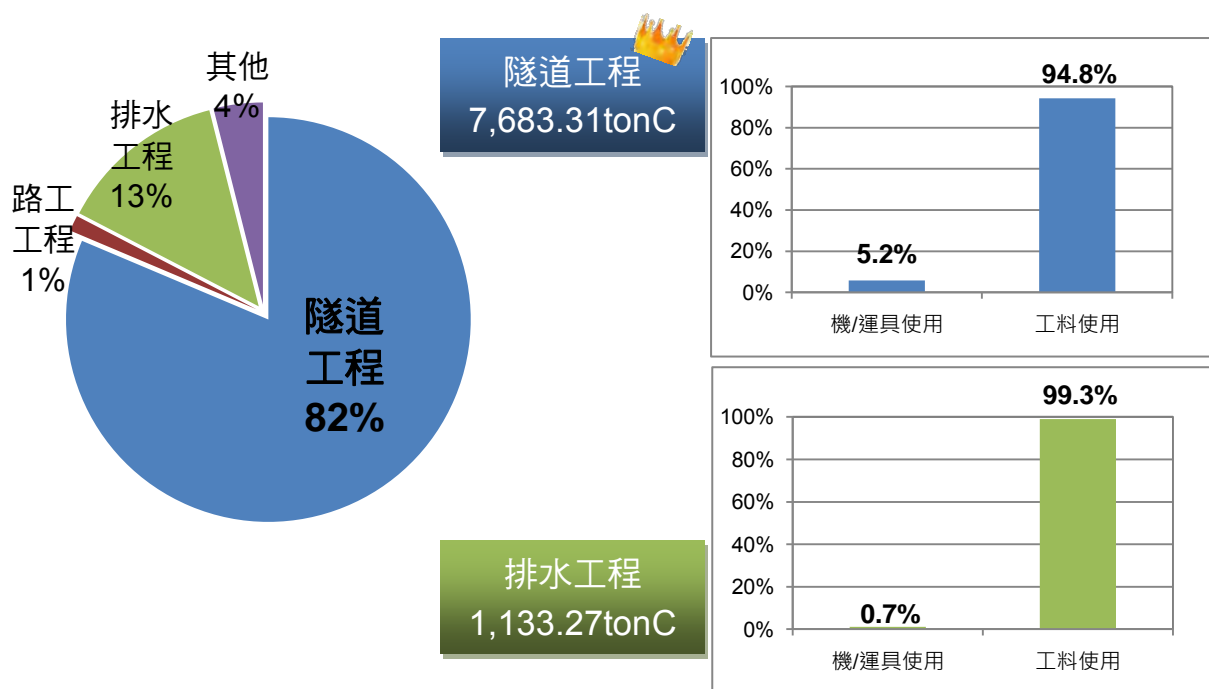


圖 4.2.2-1 C1 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析

4.2.3 東澳隧道新建工程(A2 標)

A2 標開工至年底已施作之工程項目內容可概略區分為：隧道南口開挖、隧道北口開挖、隧道洞口工程、土方暫置場施作、施工便道及便橋、水保設施、其他雜項等，就各工程之工程材料使用量進行排碳量計算之結果，可整理如表 4.2.3-1；其中，以隧道南口開挖作業占比最大，佔所有工程材料使用排碳量的 30%，其次為開挖時間較晚之隧道北口開挖作業，排碳量約占 24%；隧道洞口、邊坡施工及土方暫置場施作各約占全體工程材料排碳量之 12%及 10%，其餘各工項占比則皆低於 10%。

A2 標南北口隧道開挖及隧道洞口邊坡施工之工程材料排碳量合計，約佔整體排碳量之 66%，主要原因是大量使用噴凝土及桁型支保、岩栓、管幕鋼管、先撐鋼管等隧道作業工程材料所致。另外，本年度土方暫置場施作排碳量占比亦屬明顯較高，應為暫置場設置初期、地坪使用大量混凝土所致，預估未來土方暫置場工程材料排碳量占比將隨工程進度下降。

表 4.2.3-1 A2 標各工程項目工程材料使用碳足跡計算結果

單位：tonCO₂e

工程項目	工程材料使用排碳量	占比
隧道南口開挖作業	1,262.83	29.85%
隧道北口開挖作業	1,041.83	24.63%
隧道洞口邊坡施工	488.00	11.54%
土方暫置場施作	420.27	9.93%
施工便道及便橋	332.73	7.87%
水保設施	292.28	6.91%
雜項工程	392.54	9.28%
合計	4,231.35	100.00%

由於 A2 標機運具加油方式多採共用油箱，使用油量無法確實對應到各機運具操作情況及施作工項，故機運具排碳量部分尚無法進行不同工項的分析。此部分已與承包商協調，由承包商協助於共用油箱加裝流量計並據以記錄，改善資料無法分析的狀況。惟本期蒐集之加油量數據仍以共用油箱為主，故暫不進行分析；後續將持續追蹤承包商改善情形並彙整資料進行分析。

4.2.4 蘇澳永樂段新建工程(A1 標)

A1 標開工至年底已施作之工程項目內容可概略區分為：圍籬及便橋工程、井基工程、基樁工程、基礎、其他雜項，就各工程之機/運具使用能耗量及工程材料使用量進行排碳量計算之結果，可整理如表 4.2.4-1。如表所示，A1 標排放量以基樁工程排碳占比最大，約為總機具與工程材料使用排碳量的 82%(13,992.40 tonCO₂e)；其次為進行中的基礎層施做工程，共占 15%(2,446.89 tonCO₂e)；其餘工項包括清除掘除、圍籬及便道便橋工程、井基工程與其他工程之占比皆在 1%左右。

表 4.2.4-1 A1 標各工程項目機/運具操作及工程材料使用碳足跡計算結果

單位：tonCO₂e

工程項目	機具使用排碳量	工程材料使用排碳量	小計	占比
圍籬及便道便橋工程	63.69	160.27	223.96	1.32%
井基工程	54.93	136.70	191.62	1.13%
基樁工程	524.47	13,467.93	13,992.40	82.21%
基礎層施做	22.25	2,424.64	2,446.89	14.38%
其它	163.43	2.82	166.26	0.98%
合計	829.49	16,192.36	16,780.31	100.00%

A1 標 102 年下半年度主要進行之工項為基樁工程，機具與工程材料的投入量均遠大於其它工程，故排碳量占比較大；而 12 月開始的基礎層亦有 15% 左右的機具與工程材料使用排碳量總合占比，主要是因為所投入的竹節鋼筋與混凝土用量大，因此雖然還在初始階段，仍有一定比例的排碳量；預估未來將隨著工程的持續進行，排碳量占比將逐漸上升。

進一步分析工程材料與機具操作使用於不同工程項目之排碳占比情形如圖 4.2.4-1 所示。基樁與基礎層工程的主要排放量來源為工程材料使用，機具使用的排碳量比例較小，且此二類工程的主要工程材料排放為來自於大量的混凝土與竹節鋼筋用量；井基工程的機具排碳量比例較基樁與基礎工程高，主要因為 PN6 與 PN7 井基工程目前尚在邊坡保護與降挖階段，主要使用工程材料為桁型支保、點焊網及噴凝土，故混凝土與竹節鋼筋尚未大量使用；未來隨著井基工程完成降挖後、因應各昇層作業所需，工程材料排碳量比例將會再有提升。

另就蘇澳永樂段新建工程(A1 標)本年度已完成之白米高架橋及永樂高架橋工區所有 36 座基樁工程，進行排碳量彙整分析。由於基樁工程協力廠商使用機具加油方式為共用油箱方式加油，且同一機具可能於同日執行不同基樁施作，故本計畫依基樁體積分配機具使用能耗排碳。

A1 標基樁工程中主要使用之工程材料包括：水中 210 混凝土、竹節鋼筋與 PVC 管等，茲彙整 A1 標兩工區、各基樁規格與分項排碳量計算於表 4.2.4-2。如表所示，3 種規格的基樁總碳排放量在 2,684.19~4,662.24

tonCO₂e 間，如以單支基樁比較碳排量，20m 基樁排碳量為 26.76 tonCO₂e，而 25m 與 30m 基樁排碳量則分別為 32.29 tonCO₂e 與 38.06 tonCO₂e；由此可發現基樁深度越長、排碳量越高。進一步以每單位長度排碳量進行分析，則是以 20m 的基樁單位長度排碳量最高，約為 1.35 tonCO₂e；而 30m 的基樁單位長度排碳量最低 1.28 tonCO₂e。

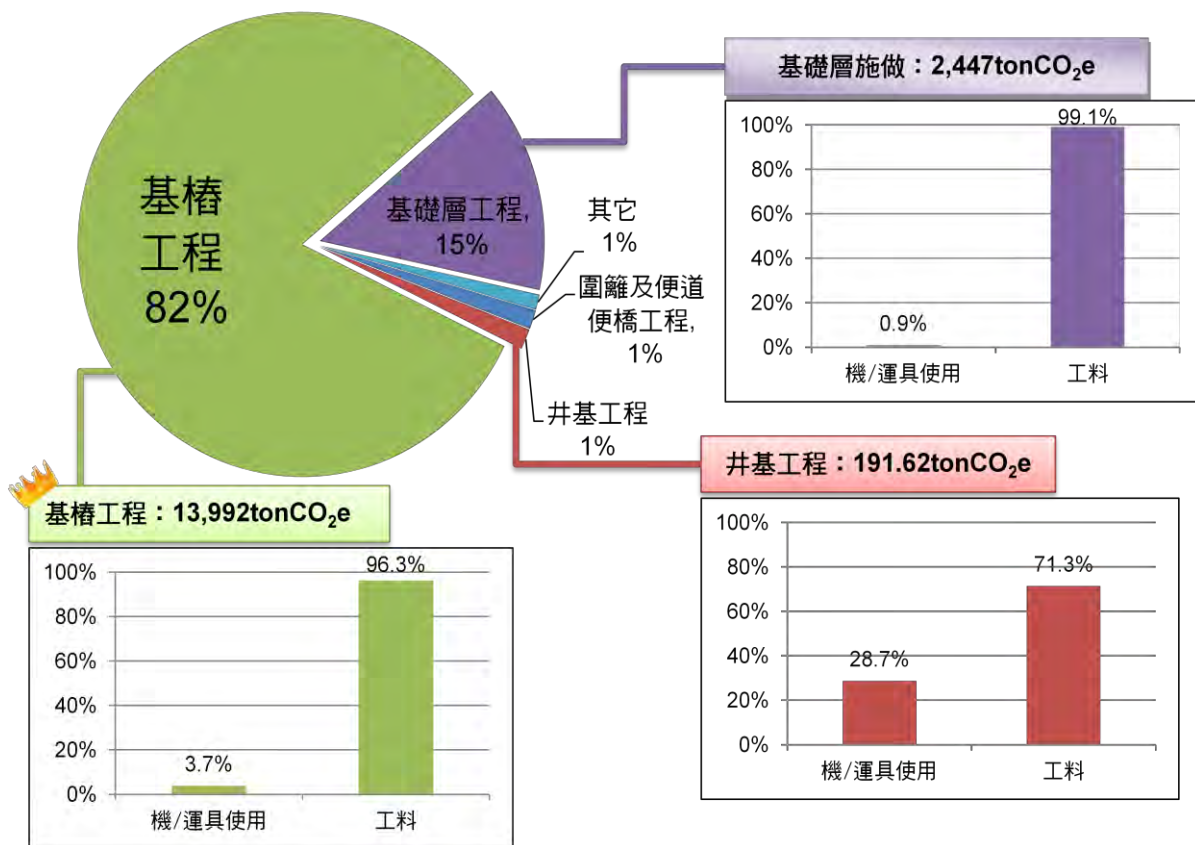


圖 4.2.4-1 A1 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析

表 4.2.4-2 A1 標基樁工程規格與碳排放量計算結果

基樁型式 (A)	基樁數量 (B) (支)	基樁總排碳量 (C) (tonCO ₂ e)	單位基樁排碳量 (D)=(C)/(B) (tonCO ₂ e/支)	單位長度排碳量 (E)=(D)/(A) (tonCO ₂ e/m)
20M	173	4,662.24	26.95	1.35
25M	136	4,424.04	32.53	1.30
30M	70	2,684.19	38.35	1.28

另彙整竹節鋼筋、混凝土與 PVC 膠管排碳量占比於表 4.2.4-3，由表可知，三種規格基樁工程材料排放量占比差異不大，竹節鋼筋與混凝土排放量加總約占 99.24%左右，PVC 膠管則是占 0.76%左右，混凝土排碳量占比由 20m 至 30m 分別為 57.62~59.82%。

表 4.2.4-3 A1 標基樁工程材料碳排放量占比計算結果

基樁型式	混凝土排放量比例	竹節鋼筋排放量比例	PVC 膠管排放量比例
20M	57.62%	41.65%	0.73%
25M	59.13%	40.11%	0.76%
30M	59.82%	39.41%	0.78%

基樁工程材料使用排碳量的主要排放源係為混凝土與竹節鋼筋，惟鋼筋因無法在每次使用時皆秤重，故目前各基樁鋼筋用量係以承包商於線上所填寫之設計量計算，未來將會再以總鋼筋用量進行檢討與分配。但各基樁混凝土用量則已可用實際澆置量進行彙整計算，並與設計量進行排放量比較如表 4.2.4-4。

表 4.2.4-4 A1 標基樁鋼筋及混凝土設計與實際用量碳排放分析

基樁長度	主要工程材料	使用量	排碳量(kgCO ₂ e)	備註
L=20m	鋼筋(kg)	8,660	10,738.40	
	混凝土-設計(m ³)	62.83	12,858.94	
	混凝土-實際(m ³)	72.58	14,854.40	173 支平均值
L=25m	鋼筋(kg)	10,050.00	12,462.00	
	混凝土-設計(m ³)	78.54	16,074.19	
	混凝土-實際(m ³)	89.75	18,368.46	136 支平均值
L=30m	鋼筋(kg)	11,630.00	14,421.20	
	混凝土-設計(m ³)	94.25	19,289.03	
	混凝土-實際(m ³)	106.96	21,890.70	70 支平均值

結果顯示，A1 標的基樁工程中，不同長度之基樁、其混凝土實際澆置量平均值皆略高於設計量，致使排碳量亦微幅提升，每支基樁在混凝土排碳量部份，約有 2 tonCO₂e 的差距，長度 30m 型式之基樁差距較大，約有 2.6 tonCO₂e 的差距。

就前述 A1 標計算結果與前期 A3 標計算結果相比較，如圖 4.2.4-2 所示，發現 A1 標基樁工程排放量之實際值高於設計值的幅度要大。經分析發現，A3 標 L=20m 至 L=30m 基樁混凝土設計量依序是 65.97m³、81.68 m³、97.39 m³，都較 A1 標 62.83m³、78.54 m³、94.25 m³ 為高，故 A3 標基樁混凝土設計量排碳與實際量排碳差距較 A1 標為小；惟造成設計量差異的考量原則，本計畫將再與設計人員進行研討。

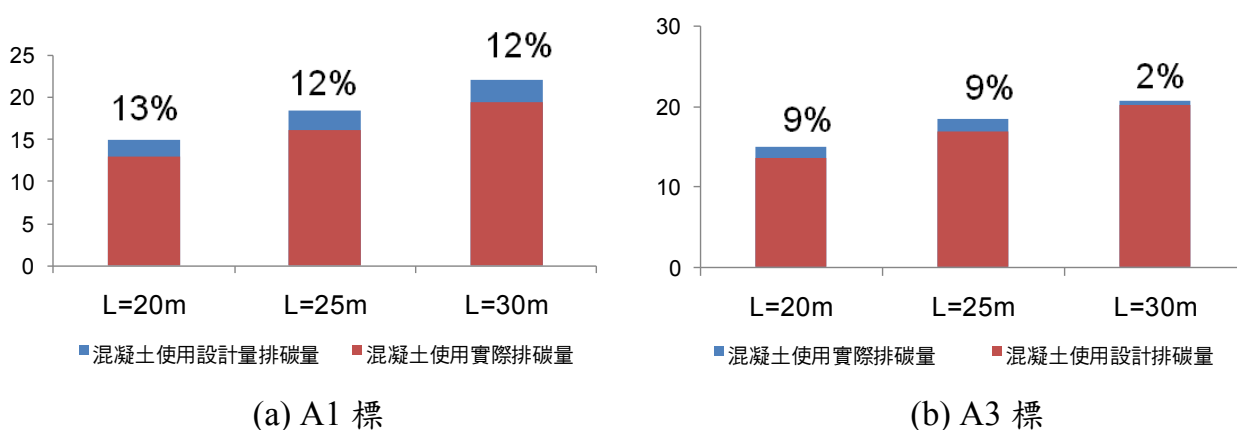


圖 4.2.4-2 A1、A3 標基樁工程實際 vs.設計排碳量差異分析

4.2.5 單位基樁工程排碳分析

有鑑於 A3 標已於 102 年 5 月底已完成所有基樁工程施作，且規格與 A1 標相近，故本小節另就兩標基樁工程的單位排碳量進行綜整，結果如 4.2.5-1 所示。

由表可知，A3 標的長度 20m、25m 及 30m 基樁單位(每支)排碳量與 A1 標相近，但皆略大於 A1 標。進一步比較可發現，長度 20m 與 25m 之每支基樁的竹節鋼筋用量(設計量)兩標差距不大，混凝土用量 A3 平均亦與 A1 標相近，略低於 A1 標，惟 A3 標在機具能耗方面大於 A1 標，

使 A3 標長度 20m、25m 基樁排碳量合皆較 A1 標為大；A3 標長度 30m 之基樁則是平均混凝土用量略大於 A1 標，故排碳量較 A1 標來的大。後續本計畫將持續就各標相近工程之排放量循前述模式進行彙整分析，期能產出特定工程、工項之排碳參數。

表 4.2.5-1 A1 標與 A3 標單支基樁排碳量分析

基樁 長度	主要工程材料 (用量單位)	單位基樁 材料使用量 (用量單位/支)	單位基樁 分項排碳量 (kgCO ₂ e/支)	單位基樁 排碳量 (tonCO ₂ e/支)
L=20m	A1 鋼筋(kg)	8,660.00	10,738.40	26.76
	A1 混凝土-實際(m ³)	72.58	14,854.40	
	A1 機具能耗(L)	-	1,165.67	
	A3 鋼筋(kg)	8,591.00	10,652.84	26.79
	A3 混凝土-實際(m ³)	72.13	14,762.31	
	A3 機具能耗(L)	-	1,375.82	
L=25m	A1 鋼筋(kg)	10,050.00	12,462.00	32.29
	A1 混凝土-實際(m ³)	89.75	18,368.46	
	A1 機具能耗(L)	-	1,457.09	
	A3 鋼筋(kg)	10,050.00	12,462.00	32.41
	A3 混凝土-實際(m ³)	89.06	18,227.24	
	A3 機具能耗(L)	-	1,719.78	
L=30m	A1 鋼筋(kg)	11,630.00	14,421.20	38.06
	A1 機具能耗(L)	-	1,748.50	
	A1 混凝土-實際(m ³)	106.96	21,890.70	
	A3 鋼筋(kg)	11,437.00	14,181.88	38.31
	A3 混凝土-實際(m ³)	107.80	22,062.62	
	A3 機具能耗(L)	-	2,063.74	

4.3 工程碳足跡環境影響因子探討

由前期計畫之評估結果顯示，隧道工程中地質條件對於碳足跡將有影響；橋梁工程部分，橋梁所在區位(陸域或水域)、長度、兩端地理狀況，亦可能影

響規劃設計(例如橋台之規格)。故本計畫初步考量之環境影響因子將包括：地質、湧水、區位等。

由前章和本章前面兩小節文述可知，目前各標工程僅完成少部分工項，即使是進度最快的 A3 標也僅剛開始上構工程，尚無法完整分析碳足跡與環境影響因子的關聯性。本年度初步以隧道標(A2 標及 C1 標)隧道開挖每輪進開挖作業使用之工程材料碳排放量進行比較，如圖 4.3 所示，C1 標隧道主要工程材料皆高於 A2 標，其中，每輪進所使用之支保(C1 本年度全數使用 H 型支保、A2 標全數使用桁型支保)、管幕與先撐鋼管，及水泥碳排放量 C1 標皆為 A2 標 3 倍以上。

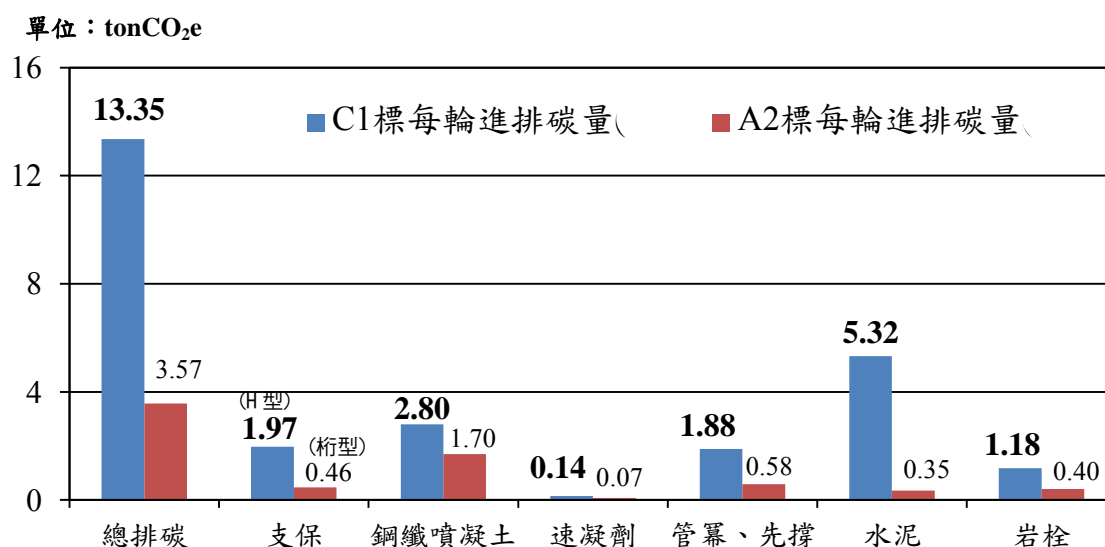


圖 4.3-1 A2 標及 C1 標隧道開挖作業工程材料排碳量比較

分析碳排放量差異可能之原因為 C1 標本期隧道開挖地層屬崩積層，地質較為脆弱，為確保施工安全性 C1 標使用支撐性較佳之工程材料，如使用厚重的 H 型支保取代輕型的桁型支保；採用管幕鋼管支撐並進行水泥灌漿強化支撐等，使工程材料排碳量上升。整體而言，C1 標每輪進之工程材料總排碳量約為 A2 標之 3.7 倍。

本計畫將待後續更多主要工程項目施作、並持續累積對應之碳足跡盤查資料後，再於後續報告中提出更多的分析探討。

4.4 南澳和平段(B段)土建標工程碳足跡推估資料需求分析

蘇花改計畫南澳和平段(B段)各土建標因早於工程碳管理工作前展開，故在各式數據及佐證資料可及性及查證要求符合度的考量下，並未列入於碳足跡盤查範圍內，而是另列為工程碳排放量推估作業之範圍，詳如本報告書 1.3 節所述。

為使未來在成果報告中進行 B 段土建標工程碳足跡推估時，所採用的活動數據與結果表述皆能夠更貼近實際工程狀況，本計畫上期即就啟動工程碳足跡盤查工作實務至今、約 3 季之資料蒐集整理及一次的年度碳足跡彙算經驗，提出的 B 段各土建標工程碳足跡推估方案，並就監造單位及承包商對應各推估方案所應提送之資料，作為後續主管單位進行方案、要求監造及承包商配合提出各項數據資料的參考。

依據 102 年度年中進度報告書審查結論，本計畫將採用方案二(比例推估法)進行 B 段土建標工程碳足跡推估資料蒐集；此方案需由監造及承包商依據施工日誌或估驗紀錄、提出工程材料項目與用量的統計結果，作為推估工程材料排放量之依據，而後再以此工程材料排放量結合本計畫執行碳足跡盤查計算後的工程材料排碳占總工程碳足跡的比例，推算出 B 段各土建標之工程碳排放量；若在進行工程材料項目與用量時能夠依工程特性分別提供，則可分別依不同工程特性之工程材料排碳暫比，推估出 B 段不同工程的碳放差異。

本計畫目前已依據比例推估法所需蒐集資料，為工區與管理單位填報所需設計施工廠商與監造填報表單，表單內容與格式呈現於表 4.4-1 與表 4.4-2，分別為工區排放活動資料表單與管理單位排放活動資料表單。考量資料的完整性與有效性，填報人員與監造於填報工區部分使用工程材料、能資源使用表單時，需要注意工程材料使用量及組成、工程材料及能資源活動量佐證等部份填寫原則如下：

1. 本調查表僅需針對已完成工項提供主要工程材料之使用總量；未完工之工項則待完成時再行填報、回傳。

2. 若使用數量之單位非重量時(如：體積、包或組等)，則必須提供該單位轉換為重量之說明(如：密度、kg/包、kg/組等)。
3. 為確保填報數量與工程實況之符合度，請依據填報工項提供分項施工計畫及可呈現累計使用量結果之施工日誌或估驗紀錄；並於有配合提送佐證資料時勾選或塗寫檢核方塊。

表 4.4-1 B 段工區碳排放活動資料(施工廠商填報、監造單位確認)

1-1 不同特性之工料使用狀況(請就不同工項分別填寫)				
標別				
工程項目名稱	完工工項 1、完工工項 2			
工程項目規模				
工程規模單位				
主要工程材料名稱	主要工程材料 使用數量	使用量 單位 ¹	單位轉換 重量說明	佐證資料 類型與說明 ²
工項 1 主要工料 A		m ³	1m ³ =2,350kg	<input checked="" type="checkbox"/> 分項施工計畫 <input checked="" type="checkbox"/> 施工日誌/估驗紀錄
工項 1 主要工料 B		包	1 包=50kg	
工項 1 主要工料 C		組	1 組=10 支； 每支 5kg	<input type="checkbox"/> 分項施工計畫 <input type="checkbox"/> 施工日誌/估驗紀錄
工項 2 主要工料 A				
工項 2 主要工料 B				
...				
1-2 工區整體能資源使用狀況				
主要能資源名稱	使用數量	使用量單位 ¹	佐證資料類型與說明 ²	
電力				
柴油				
汽油				
...				

註 1：請盡可能以重量單位表示；註 2：請盡可能說明或提供。

表 4.4-2 B 段工程管理碳排放活動資料(施工廠商、監造單位皆需填報)

標別			
單位名稱			
辦公房舍面積			
面積單位			
排放活動名稱	活動數量	數量 單位	佐證資料 類型與說明*
用電		度	
用水(僅自來水)		度	
用油(汽油)		L	
用柴(柴油)		L	
總人員出勤		人天	
總人員住宿		人天	

註*：請盡可能說明或提供。

第五章 蘇花改計畫工程節能減碳措施

5.1 工程減碳措施回顧

道路工程的材料和線形及站點等的選擇，通常是由主管機關與工程設計單位在規劃設計階段即決定，而非承包商所能控制；然而在施工期間，承包商具有原物料、燃料和水、電等能資源使用的控制權，則應可透過有效掌握並控管能資源與物料使用效率，達成溫室氣體排放量控制與減量。

工程承包商可控制溫室氣體排放的潛力所在如圖 5.1-1；其中可發揮較大影響的為機具設備相關的部分，如：燃料選擇、機具選擇及維護與怠速狀況、電力使用，另材料是否再利用亦為承商可有效掌控的部分。而在材料選擇、人員交通和植被移除則屬可控制但影響力較小的部分。

Most Influence		
Fuel selection	Equipment idling	Electricity use
Equipment maintenance	Equipment selection	Materials recycling
Some Influence Possible		
Materials selection	Employee commuting	
Materials shipment	Vegetation removal	
Little Influence		
Site selection	Structure design and performance	

資料來源：Potential for Reducing Greenhouse Gas Emissions in the Construction Sector.
(US EPA ,2009)

圖 5.1-1 承包商活動對溫室氣體排放影響的潛力

由此可知，承包商於施工階段可施行的減碳措施，應由施工機具及工程材料兩方面著手：在機具方面，用於道路工程的機具設備類型非常廣泛，從手持設備到重型推土機、從內部的液體或氣體燃料的燃燒，或者是從場外發電的電網提供設備電力等，都是可發展減量措施的考量點；工程材料方面，由於工程活動的供應鏈和廢棄物管理的整個生命週期排放量都納入碳排放量的計算範疇，故必須考量的包括所有建築材料生產、使用和處置的溫室氣體

排放。

為建立適用於蘇花改計畫之工程減碳措施，本計畫首先彙整美國環保署(US EPA)、美國州道路及運輸官員協會(American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO)及國外研究中所提及之針對工程減碳措施，作為從中比對蘇花改工程特性與主要碳排放源，提出適用於蘇花改工程各標之減碳策略的依據。以下即分別以施工機具、工程材料兩面向，分小節綜整文獻所提的減碳措施。

5.1.1 施工機具

一、減少設備活動的數量或選用適合的機具

(一) 減少機械設備使用

在某些情況下，可以選用替代性做法減少施工過程中所需的機械設備操作。以景觀綠化為例，替代機械割草的方案包括自然管理方案：選擇低維護植物以減少除草的需求，或生物管理方案：引入生物捕食不需要的植物等。

(二) 選擇合適的機具

文獻建議應確定合適的尺寸設備的工作內容，例如使用過大噸數的卡車，因為增加不必要的重量，將使用多餘的馬力，導致額外的、非必要的燃料耗用；若使用過小噸數的引擎，則可能因為過度使用，導致引擎消耗而有多餘的油耗。因此，使用適當規格的機具，並參考平均油耗提出適當的燃料蓄存與消耗量，是為減少相關溫室氣體排放量的作法之一。

茲彙整文獻中提出的常見機具單位操作時間(每 100 小時)碳排放量如表 5.1.1-1，不同案例可就自場機具能耗進行統計，並參照平均油耗量了解可控制或調整的部分，進而擬訂可減少設備活動量之策略，節省燃料也達到減碳效果，還有助於長期的成本節省。

表 5.1.1-1 道路工程常見機具設備型式與對應之碳排放量

機具型式	燃料使用	碳排放量(kgCO ₂ /100hr)
Aerial Lifts	柴油	739
Air Compressors	Gas 4-Stroke	777
Bore/Drill Rigs	Gas 4-Stroke	326
Cement and Mortar Mixers	Gas 4-Stroke	521
Concrete/Industrial Saws	Gas 2-Stroke	255
Cranes	柴油	4,600
Crawler Tractors	柴油	27,030
Crushing/Proc. Equipment	Gas 4-Stroke	935
Dumpers/Tenders	Gas 4-Stroke	467
Excavators	柴油	5,774
Forklifts	LPG	1,353
Generator Sets	Gas 4-Stroke	830
Graders	柴油	6,585
Off-Highway Tractors	柴油	27,030
Off-Highway Trucks	柴油	27,078
Other Construction Equipment	柴油	10,190
Other General Industrial Equipment	Gas 4-Stroke	474
Other Material Handling Equipment	柴油	1,673
Pavers	柴油	3,810
Paving Equipment	Gas 4-Stroke	655
Plate Compactors	Gas 4-Stroke	367
Pressure Washers	Gas 4-Stroke	750
Pumps	Gas 4-Stroke	621
Rollers	柴油	3,070
Rough Terrain Forklifts	柴油	3,200
Rubber Tired Dozers	柴油	7,815
Rubber Tired Loaders	柴油	7,815
Scrapers	柴油	12,412
Signal Boards	柴油	513
Skid Steer Loaders	柴油	724
Surfacing Equipment	Gas 4-Stroke	543
Sweepers/Scrubbers	柴油	2,220
Tractors/Loaders/Backhoes	柴油	1,342

表 5.1.1-1 道路工程常見機具設備型式與對應之碳排放量(續)

機具型式	燃料使用	碳排放量(kgCO ₂ /100hr)
Trenchers	柴油	2,512
Water Trucks	柴油	27,078
Welders	柴油	619

資料來源：美國國家公路與運輸官員協會(AASHTO)，2010。

註：Average load factors (LF) and horsepower derived from EPA's NONROAD model. 操作時間包含怠速和不活動的時期；排放速率係以各類型機具最常見之引擎型式為參考基準。

二、提高機具設備燃料之燃燒效率或改變設備類型、更有效地操作設備

由於燃料費用佔總工程經費比例相對較低，導致燃料的節省在工程管理上長期以來多被忽視。然而，燃油使用為工程施作的主要溫室氣體排放源之一，故提高機具的燃油效率或藉由操作人員培訓、更有效地使用機具設備，以及改善、維修與零件更新等方式，亦為可減少溫室氣體及空氣污染物排放，同時節省燃料成本、延長機具使用年限的可行作法。

(一)減少空轉

不必要的空轉一般發生於卡車等待時間或是裝卸載時，仍提供冷暖氣以維持駕駛的舒適性的狀況下，為此應可透過操作班次、減少怠速與設備空轉時間，以有效降低非必需的能源消耗與碳排放量。

此點在我國近期亦有同質規範頒布與執行中：行政院環境保護署於 101 年 2 月 16 日公告「機動車輛停車怠速熄火管理辦法」，依該管理辦法規定，機動車輛於公私立停車場、道路(不包含高速公路、快速公路及快速道路)及其他供機動車輛停放、接駁、轉運之場所，停車怠速等候逾 3 分鐘者，應關閉引擎熄火。但目前對於施工場所所用之車輛，因屬於作業中之符合道路交通安全規則規定之特種車，故並不適用。

然而仍有相當多的研究顯示，車輛空轉造成額外的摩擦，會加速發動機的磨損。為了減少空轉和相關的溫室氣體排放量，承包商應可透過檢討燃料單據的彙整、比對其他專案或部門的燃料消耗情形，或經由與操作人員面談及工地實際訪查評估，掌握機具設備空轉發生的

時機和情況，進而設法減少機具空轉怠速發生的頻率或狀況；對於涉及駕駛舒適度的部分，則可透過教育訓練或提供車輛輔助電源，擬訂必要的、可確保駕駛舒適性的配套方案。

(二)機器的定期保養

機器的定期保養是為提高燃油使用效率的可行方案之一；定期更換機油和機油濾清器，保持發動機零件適當的潤滑，將可減少發動機的磨損、提高燃油效率進而節省燃料。目前已有公路測試結果提出，改進機油過濾器可提升 2~3%的燃油效率。另過度換油同樣會對於油耗量造成影響，同樣有公路測試結果發現，過度換油會造成約 18%的動力損耗，如此的動力損失將轉化成燃料浪費的經濟性損失。

適當的維護保養可節省燃油，惟不同的機具設備類型與規格，以及操作條件等，將有不同的節省幅度。在此所稱的維護內容包括：機具設備與系統的檢查，潛在的故障檢測和及時的修正等。以下以兩個例子進一步說明可減少溫室氣體排放的維護活動。

1. 堆高機(Forklift)的維護：美國研究顯示，全美約 50%的堆高機因未能妥善保養，以致每台堆高機每年浪費超過 400 加侖的燃料；以排碳量估計，則導致每年每台多排放約 2.3 公噸二氧化碳當量。
2. 卡車輪胎充氣和車輪定位：未適當充氣或定位不良的車輪會影響卡車燃油效率達 3~4%，同時，充氣不足的輪胎會造成滾動阻力增加，致使更多的燃料被耗用。以傳統柴油卡車正常載重情況而言，3~4%的燃油效率提升，將可以減少 0.3~0.4 公噸二氧化碳當量的排放量。

(三)人員訓練

透過操作人員的訓練，使其在操作機具或使用設備時，能夠有正確的操作行為、減少燃油消耗。有文獻顯示，操作員的訓練可減少燃料消耗達 5%或更多，以下列舉透過人員的訓練、可在施工過程具體提升燃油效率。

1. 堆土作業：利用槽溝推土法(slot dozing)可較傳統方法提高機具作業效率達 20%。
2. 挖土機(excavator)操作：透過調整液壓控制桿在最大容量，每年即可節省約 225 加侖的燃料；另可減少機具挖掘的角度，將挖掘機吊臂旋轉 30 度到 90 度再傾倒負載，則可減少 3%的燃料使用。
3. 開挖作業：利用兩階段分段開挖斜坡，比起一段式開挖，可減少約 8%的燃料使用。

(四)設備更新

新型的機具製造技術一般可減少設備的重量，甚至搭配新式的混合動力技術，成為更省油的新設備；因此以新型機具取代老舊機具，可能有助於減少能耗量、並促成溫室氣體的減量。有製造商報告顯示，配戴新型發動機的施工機具可改善燃油效率約 5%。

此外，一般機具多半配備皮帶驅動的風扇，氣流方向依賴於發動機轉速而非冷卻需求，若改為安裝具有可變速度的液壓風扇，配合發動機有冷卻需要時啟動，則可降低燃料消耗和相關的排放量。但設備的全面更換設備所需費用相對昂貴，故僅用於汰換設備時考量。不同於前幾項策略對應的多是提升現有設備的使用效率，將併同成本的節省，但此項設備更新措施將可能大幅增加成本，降低廠商採行意願。

三、使用替代發動機技術和燃料

目前工區大多數機具設備多半是使用柴油或汽油的發動機，另有其他類型機具設備也使用燃燒丙烷、液化石油氣(LPG) 或壓縮天然氣(compressed natural gas, CNG)的發動機；汽柴油之外的這些就是所謂的替代燃料。使用替代燃料的設備主要優點是普遍能夠減少空氣污染物排放量，然而，大多數 LPG 和 CNG 燃燒設備相較他們的柴油替代品，可能造成更多的二氧化碳排放；具體排放量比較如表 5.1-2 所示。

由美國國家公路與運輸官員協會(AASHTO)提出的資料顯示，以電力或油電混合的設備，較柴油機具減碳效益。由於設備發動機類型的選擇既取決於作業的類型，由於柴油是用於非道路設備的最高能量密度燃

料，一般最廣泛、最強大功能的設備都是以柴油作為燃料。

表 5.1.1-2 不同型式機具對應不同燃料的碳排放量比較

機具型式	碳排放量(gCO ₂ /馬力-小時)						
	柴油	二行程	四行程	LPG	CNG	電力	油電混合
Aerial Lifts	694			963	733		
Air Compressors	581	1,094	1,148	675	632	468	
Bore/Drill Rigs	555		1,143	777			417
Cement and Mortar Mixers	586		1,184			468	
Concrete/Industrial Saws	592	800	1,135	638		468	
Cranes	538		963	760			403
Crawler Tractors	535						401
Crushing/Proc. Equipment	565	1,094	1,161	757			424
Dumpers/Tenders	691		1,186				
Excavators	549						412
Forklifts	581		699	636	614		
Generator Sets	582	1,094	1,166	776	686		
Generator Sets	582	1,094	1,166	776	686		
Graders	537						403
Off-Highway Tractors	535						401
Other Construction Equip.	541		848	766	678		406
Other General Industrial Equip.	563	1094	1185	648	620		
Other Material Handling Equip.	654		1027	757			490
Pavers	564		1,121	664			423
Paving Equipment	576	1,094	1,171	759			
Plate Compactors	588	1,094	1,193				
Pressure Washers	579		1,181	761		468	
Pumps	582	1,094	1,172	705	643	468	
Rollers	574		1,118	645			
Rough Terrain Forklifts	577		760	680			
Rubber Tired Dozers	547						

表 5.1.1-2 不同型式機具對應不同燃料的碳排放量比較(續)

機具型式	碳排放量(gCO ₂ /馬力-小時)						
	柴油	二行程	四行程	LPG	CNG	電力	油電混合
Rubber Tired Loaders	547		720	656			411
Scrapers	535						401
Signal Boards	587	1,094	1,178			468	
Skid Steer Loaders	694		1,014	713			
Surfacing Equipment	587		1,164	668			
Sweepers/Scrubbers	565	1,094	1,020	643	620		
Tractors/Loaders/Backhoes	673		1,138	645			
Trenchers	588		1,145	665			
Water Trucks	535						401
Welders	694		1,130	677		468	

資料來源：美國國家公路與運輸官員協會(AASHTO)，2010。

註：Average load factors (LF) and horsepower derived from EPA's NONROAD model. 操作時間包含怠速和不活動的時期。

前表所列之電氣設備的排放因子係以 1 千瓦小時等同於 1.34 馬力假設，柴油-電力混合(Diesel Hybrid)引擎的燃油效率提高 25%。由於引擎類型並非可經常改變的，故僅以機具設備的規格和功耗為考量，尋找替代的發動機類型或機具設備在大多數情況下是不恰當的。柴油-電力混合機具或設備才剛開始進入市場，目前有報告顯示，大型機具設備如推土機、拖拉機，若改用柴油混合動力機型，約可提升 25% 的燃油效率，甚至有一些製造商預測可提高燃油效率達 35%。對於較小的設備如鋸、水泵和焊接設備，電力則是一個可行的替代能源，此替代方案的效益乃是基於國家的平均發電組合，以美國而言，單位設備出力(每馬力小時)使用電網電力所排放的二氧化碳，較少於使用液態或氣態燃料。

生物燃料的使用為另外一種較容易採行的替代方案，此方案將可在不改變發動機類型的情況下減少二氧化碳排放量。目前已有報告指出，低級別乙醇與汽油的混合物可以用在許多的汽油發動機，如低級別生物柴油混合物與傳統柴油可用於柴油發動機、更高級別的生物燃料混合物，

特別是 E85 和 B100，可能只能用於已改進的發動機。但實務上是否真的可應用，還有待對各式發動機進行各別的適合性測試。一般來說，以生命週期為考量比較傳統燃料與生物燃料的單位使用量排放量，主要取決於燃料的來源。茲整理文獻所列生物燃料減少二氧化碳排放量在之不同燃料碳排放量比較如表 5.1-3。

表 5.1.1-3 生物燃料與傳統燃料之單位排碳量比較

燃料種類		碳排放量(kgCO ₂ e/100 Gasoline Gallons Equivalent)
汽油及 生質酒精	汽油	881
	E10(玉米)	863
	E10(纖維素)	828
	E85(玉米)	608
	E85(纖維素)	220
柴油及 生質柴油	柴油	893
	生質柴油 B5	860
	生質柴油 B20	759
	生質柴油 B100	188

資料來源：美國國家公路與運輸官員協會(AASHTO)，2010。

註：油井到車輪的燃料類型的碳排放量來自 GREET version 1.8 使用所有預設的假設條件。高級混合的生物燃料，特別是 E85，通常需要特殊的發動機類型。

與更新設備的減碳措施相同，替代燃料和發動機技術在施工機具、設備無法兼顧節省成本：混合動力引擎較傳統引擎的成本通常是不可忽視的，而在替代燃料方面，因為其原料來源、生產技術皆尚未如傳統汽油的提煉技術一般穩定，故除其價格較高外，還可能會有較大幅度的波動，致使施工廠商採行此項減碳措施時有較高的風險，而影響到推動此措施的意願。

四、工程進度控制與施工策略改善

美國密西根理工大學教授 Mukherjee 等人曾探討以要徑法(critical path method, CPM)與線性法(linear scheduling method, LSM)兩種不同方法安排施工進度，以及包商之施工策略對於碳排放量的差異。

要徑法常用於非連續性之工程，如住宅、廠房建築等，係以鑑別施工中之關鍵活動(critical activities)，並考量可利用之資源、各個關鍵活動間之相互關係，計算出要徑與所需工期；線性法則常用於連續性工程，如管道、公路及軌道等，係以時間為橫軸、距離(長度)為縱軸，利用圖像化的方式，呈現施工活動、完成進度與時間之對應關係。由於要徑法與線性法是以不同之邏輯考量資源、時間、空間及物流等限制求得施工時程與進度安排，故所產生的施工活動路徑會不同，造成工期內施工機具之安排與使用時數亦有差異，因此所造成工程碳排放量有所不同。

另此研究將工程承包商因應工程中斷或延遲的策略被分為兩類，一為控制策略(control strategy)，另一為追趕策略(CatchUp strategy)。控制策略係以最少之資源處理工程中斷或延遲，例如工期延宕時不特意趕工、臨時缺工但不另補充人力；追趕策略則為積極地解決施工遇到的問題，如機具故障立即排除。

該研究最後以一段密西根運輸部之剛性鋪面重建工程(約 16 公里之雙向單車道公路)為案例，蒐集施工項目、工程材料數量以及各工項所需日數，綜合考量包商遭遇可能發生之偶發事件-包括惡劣天候、機具故障、工程材料退料-時之策略，分別以原實際施工計畫、要徑法及線性法安排施工進度、所需施工機具種類/時數、所需人工，並比較不同進度安排策略所造成之排碳量差異。其分析結果如表 5.1.1-4 所示，當包商採取控制策略時，使用要徑法可減少約 12%之機具排碳；若包商採用追趕策略，則要徑法與線性法皆可減少約 5%之機具排碳。

表 5.1.1-4 不同時程安排及包商策略之排碳量

策略別	施工進度排程方法	碳排放量(kg CO ₂ e)	減量幅度
控制策略	CPM	103,603.40	12%
	LSM	119,772.89	-14%
	實際	118,252.41	-
追趕策略	CPM	102,872.20	5%
	LSM	101,587.29	6%
	實際	107,914.46	-

5.1.2 工程材料

道路工程所產生的二氧化碳排放量，除了來自施工過程中使用的機具設備，還包括所使用的材料及運輸材料導致二氧化碳排放量。工程材料的主要減量措施，包括：採用回收/再利用的材料、縮短運輸距離、減少材料浪費或選擇替代材料等。茲重點整理美國國家公路與運輸官員協會(AASHTO)所提出，分項說明由工程材料面可採行之減碳措施於後。

一、減少所使用的材料量

以整個道路的生命週期為考量，則道路建造和養護所減少的材料耗用量，將具體減少道路碳排放量。因應這樣的原則，目前已有材料或道路設施(如鋪面)的延壽技術正廣為討論中，目標為透過最初建造或養護施工時，及時使用持久耐用的材料，確保道路設施的耐用期限能夠延長，減少路面翻新或重建的材料耗用。例如美國華盛頓州交通部(WSDOT)推廣使用接縫鋼筋(dowel bar)，以延長混凝土面板(jointed concrete panel, JCP)鋪面的壽命。另整理文獻中提出的單位工程材料碳排放量資料如表 5.1.2-1 所示。

二、使用再生材料

一般而言，再生的材料相較於原始材料的生產製程，能夠以較少的能源用量生產。因此，搭配營建廢棄物回收再利用的政策推動，在工程建造過程中回收廢棄材料、並部分或完全取代未加工的材料，包括骨料、水泥和瀝青等，將可顯著地減少工程材料耗用所造成的排碳量。

表 5.1.2-1 施工材料碳排放量

材料名稱	碳排放量(kg CO ₂ /100 公噸)
混凝土板(Concrete Panels)	15,484
瀝青(Asphalt)	9,181
水泥穩定碎石(Cement Treated Aggregate)	9,407
地基(Base Aggregate)	1,204

資料來源：美國國家公路與運輸官員協會(AASHTO)，2010。

註：使用 GreenDOT tool 所有預設的假設條件。

除了能夠以較少的能源生產，再生材料還可能因為所需的運輸距離較短，因而減少運輸距離、降低材料運送到工區的能源耗用量；透過回收的程序，這些原本被視為廢棄物的再生材料、必需被運送到廢棄物處理或處置場所的運輸排碳量，也間接的消除了。另外在某些情況下，再生材料可能就來自於工區本身，如退役鋪面翻修時，可利用現地再生設備直接重新鋪設，此點在本報告書 2.2.3 第二項所回顧的日本案例已展現其減碳效果。

茲整理文獻中所提用於道路鋪面的常見再生或替代材料說明如下：

1. 廢棄混凝土再生材料(RCM)：退役的混凝土板或其他結構可以被壓碎和重複使用作為骨料，部分能源消耗在壓碎混凝土的階段。
2. 瀝青路面(RAP)：退役的瀝青路面也可以被壓碎和重複使用作為骨料。此外，可以取代部分在 RAP 內既有的瀝青，就未加工的瀝青而言，當瀝青表面使用 PAP 的時候，部分能源消耗在粉碎舊瀝青的階段。
3. 鑄造用砂：廢砂過去用於製造金屬鑄件，其可以被使用作為細骨料。
4. 高爐礦渣：來自高爐的鋼鐵生產的廢料，可以被用來作為骨料替代品。
5. 底灰(coal bottom ash)：來自煤的燃燒的廢料，可以被用來作為骨料替代品。
6. 碎玻璃：粉碎的廢棄玻璃可以被用來作為骨料的替代品；但玻璃破碎亦會消耗能源。
7. 再生輪胎、膠粉：廢舊輪胎及其他橡膠製品可以部分地被用來作為骨料和在瀝青路面的瀝青；但橡膠切絲和使輪胎成為粒狀的過程亦會消耗能源。
8. 飛灰(coal fly ash)：來自煤的燃燒的廢料，可以部分地被用來作為在生產混凝土中的水泥。因為它是一種廢棄產品，所以從生產到被使用於混凝土添加物的過程中，不會有額外的排放量。
9. 細粒化高爐爐渣(GGBFS)：高爐爐渣已經磨成粉，可以部分地被用來作為生產混凝土中的水泥；但會在爐渣粉碎的過程中造成能源消

耗。

10. 地表石灰石：雖然不是一種再生材料，但石灰石粉也可以部分地被用來作為混凝土中的水泥；相較於水泥，石灰石粉是較少的能源密集的生產。

除上述所列舉之品項外，亦可思考其他廢棄物被用在工程施工過程中，作為骨料或水泥替代品的可能性，特別是這些物品若是不需要額外處理即可為施工所需，將可大幅降低溫室氣體的排放量。除了減少溫室氣體排放量外，因為許多回收材料的價格較原始材料為低，故以再生材料替代原始工程材料還可望降低成本。

以再生或廢棄物再利用替代原生料的措施，可造就的實質效益案例如下：美國密西根州交通部在一項 300 萬美元的計畫經由再生骨材的使用，省下約 115,000 美元，約為總工程款的 3.8%；另美國亞利桑那州交通部在一項公路建設計畫中，藉由納入廢棄橡膠省下近 1,800 萬美元。惟文獻中並未對於所減少的排放量提出數據資料，但節省成本將是促使承包商或管理機關推動此策略的重要誘因。

茲彙整文獻中所提出、道路工程建設使用不同再生材料的排放量降低潛力分析結果，如表 5.1.2-2 所示。

表 5.1.2-2 再生材料碳排放量降低潛力比較表

替代材料類別	替代型式	替代材料名稱	減碳量 (kgCO ₂ /ton)
混凝土板 (Concrete Panels)	全替代	廢棄混凝土再生材料(RCM) (Recycled Concrete Material)	7
		鑄造用砂(Foundry Sand)	12
		高爐礦渣(Blast Furnace Slag)	12
		燃煤底灰(Coal Bottom Ash)	12
		碎玻璃(Glass Cullet)	2
	替代水泥	燃煤飛灰(Coal Fly Ash)	583
		細粒化高爐爐渣(GGBFS) (Ground Granulated Blast Furnace Slag)	554

表 5.1.2-2 再生材料碳排放量降低潛力比較表(續一)

替代材料類別	替代型式	替代材料名稱	減碳量 (kgCO ₂ /ton)
混凝土板 (Concrete Panels)	替代水泥	其他廢棄物(沒有處理需要) Other Waste Products (no processing required)	583
		石灰石粉(Ground Limestone)	540
瀝青 (Asphalt)	全替代	再生瀝青路面 (Recycled Asphalt Pavement, RAP)	73
		廢棄混凝土再生材料 (Recycled Concrete Material, RCM)	7
		鑄造用砂(Foundry Sand)	12
		高爐礦渣(Blast Furnace Slag)	12
		燃煤底灰(Coal Bottom Ash)	12
		碎玻璃(Glass Cullet)	2
	再生輪胎/橡膠粉 (Recycled Tires/Crumb Rubber)	-131	
瀝青替代	再生輪胎/橡膠粉 (Recycled Tires/Crumb Rubber)	1,093	
水泥穩定碎石 (Cement Treated Aggregate)	全替代	再生瀝青路面 (Recycled Asphalt Pavement, RAP)	11
		廢棄混凝土再生材料(RCM) (Recycled Concrete Material)	7
		鑄造用砂(Foundry Sand)	12
		高爐礦渣(Blast Furnace Slag)	12
		燃煤底灰(Coal Bottom Ash)	12
		碎玻璃(Glass Cullet)	2
水泥穩定碎石 (Cement Treated Aggregate)	水泥替代	燃煤飛灰(Coal Fly Ash)	584
		細粒化高爐爐渣(GGBFS) (Ground Granulated Blast Furnace Slag)	554
		其他廢棄物(沒有處理需要) Other Waste Products (no processing required)	584
		石灰石粉(Ground Limestone)	540

表 5.1.2-2 再生材料碳排放量降低潛力比較表(續二)

替代材料類別	替代型式	替代材料名稱	減碳量(kgCO ₂ /ton)
地基 (Base Aggregate)	全 替代	再生瀝青路面 (Recycled Asphalt Pavement, RAP)	11
		廢棄混凝土再生材料(RCM) (Recycled Concrete Material)	7
		鑄造用砂(Foundry Sand)	12
		高爐礦渣(Blast Furnace Slag)	12
		燃煤底灰(Coal Bottom Ash)	12
		碎玻璃(Glass Cullet)	2

資料來源：美國國家公路與運輸官員協會(AASHTO)，2010。

三、替代性調和方法

溫拌瀝青混合料(Warm mix asphalt, WMA)是一種替代的瀝青材料調製方法，相較於熱拌瀝青混合料(hot mix asphalt, HMA)，溫拌瀝青混合料能夠減少拌合過程的能源使用量。WMA 是在許多歐洲國家已被公認的技術，可減少瀝青的粘度，從而允許在較低的溫度下的產出瀝青；目前 WMA 技術已在美國日漸普遍。相較於 HMA，WMA 可減少的能源使用約為 30%。

另有一種新興技術稱為冷拌瀝青混合料(Cold mix asphalt, CMA)，又可進一步額外節約瀝青生產的能耗，但目前 CMA 技術主要被用於路面修護，而非為新鋪設路面所用。茲彙整文獻所提之單位用量 HMA 和 WMA 所鋪設的路面之碳排放量比較，如表 5.1.2-3 所示。

表 5.1.2-3 HMA 和 WMA 鋪設路面碳排放量比較

材料類別	碳排放量(kgCO ₂ /100 公噸)
熱拌瀝青混合料(Hot Mix Asphalt, HMA)	9,181
溫拌瀝青混合料(Warm Mix Asphalt, WMA)	8,625

資料來源：美國國家公路與運輸官員協會(AASHTO)，2010。

針對材料部分，文獻建議可制定的減碳措施包括：

1. 訂定工程材料規格(及材料物理性質):研訂可使用於哪些類型工程的再生材料、材料配比等規格規範。對於新興材料的類型，則必須針對在不同的環境(如氣候)條件及不同的工程項目，其物理性質需求的差異作進一步的研究確認。
2. 掌握材料成本：再生材料於道路工程上的應用程度，會受到其財務面的可行性，亦即回收和替代材料的成本所影響。在許多情況下，廢棄物再利用的材料和其他再生材料，相對於原始材料有更便宜的價格，在這樣的情況下才有促使承包商採用再生材料為減碳措施的誘因。

5.2 蘇花改工程減碳措施及預期減碳效益

目前蘇花改計畫已開始接受盤查輔導的土建標，依其開工順序分別為 A3、C1、A2 及 A1 標，相關活動數據與碳排放量計算結果本報告書 3.4 節。截至 102 年度為止，A3、C1、A2、A1 標皆開始有主要工作項目開始或完成部分階段性工程。有鑒於各標工程目前僅完成少部分工項，主要工程項目的活動量及數據紀錄尚有限，故本計畫今年度即先以前節之文獻回顧說明工程減碳策略之發展方向，再分別以火車運輸及混凝土中的水泥替代材料為減碳措施，量化說明各標工程可能與實質的減碳效益。

5.2.1 鐵路運輸替代公路運輸土方之減碳效益

為避免蘇花公路山區路段改善計畫的施工對於台 9 線蘇花公路的交通造成影響，蘇花改計畫試圖降低既有公路運渣車輛，以滿足外界對於運渣車輛的疑慮及減量之期待。有鑒於鐵路運輸具有移轉公路重貨車之可行性，在場站位置及主管機關可配合度的情況下，是為替代施工運輸的優選方案。為此，蘇花改 A2 標東澳隧道所開挖產出之渣料，即積極規劃改採臺鐵鐵路運輸至後續處理場，除可減少公路運輸輛次外，還同時能夠降低運輸排碳。

本計畫以目前 A2 標所提供之東澳隧道預估出渣量，分別就鐵路運輸與公路運輸兩種情境進行比較：東澳隧道總預估出渣量為 1,055,000 方，假設南北口出渣量各占 50%(527,500 m³)；東澳隧道北口與南口鐵路與公路運輸情境列於表 5.2.1-1。其中，北口如採鐵路運輸替代，則運輸總距離約為 6.5km，分別為鐵路 6.1km 及公路 0.4km；如單以公路運輸則運距約 8.5km。南口部分如採鐵路運輸替代則運輸總距離為 14.2km，包含鐵路 11.9km 與公路 2.3km；若直接以公路運輸則需行駛 22km。由此可知，鐵路運輸之替代光是在行駛里程部份即已有減量效果。

表 5.2.1-1 東澳隧道土方運輸距離

運輸起訖點		隧道北口 (永樂站-新馬站)		隧道南口 (東澳站-新馬站)	
運輸方案	運距				
鐵路+公路運輸		6.5	公里	14.2	公里
運具	21 噸傾卸車	0.4	公里	2.3	公里
型式	柴油火車	6.1	公里	11.9	公里
公路運輸 (21 噸傾卸車)		8.5	公里	22	公里

運輸係數部份，由於此部份尚未有公告係數可供直接參照，故本計畫係以蒐集國內外運輸碳排放係數方式進行多重試算；目前蒐集有包括國內調查、Gabi 係數資料庫及中鋼公司調查係數，如表 5.2.1-2 所列；並以目前蒐集到的運輸係數進行土方運輸替代之減碳效益計算與分析。

表 5.2.1-2 鐵路與公路運輸係數蒐集結果

單位：kgCO₂e/tkm

運輸類型	國內調查(A)	Gabi(B)	中鋼公司(C)
21 噸大貨車	0.1459	0.0598	0.0660
柴油火車	0.0775	0.0251	0.0330

依照上述係數進行分析，若於北口採鐵路運輸替代方案，分別以三種運

輸係數計算後可得排碳量約為每方 0.18 至 0.53 kgCO₂e。若在南口採行鐵路運輸方案，則每方排碳量約為 0.44 至 1.26 kgCO₂e。相對於採公路運輸，則北口之單位土方運輸排碳量約為每方 0.51 至 1.24 kgCO₂e；而南口之全公路運輸排碳則約為每方 1.32 至 3.21 kgCO₂e。綜合比較採用三種係數之計算結果，其減碳效益如圖 5.2.1-1 所示。

由圖可看出，鐵路運輸由北口運至新馬站每噸土方減碳百分比約在 57% 至 65%；南口則是 61% 至 67%，故南北口土方如果全部經由鐵路方式運輸，將可減少原運輸排碳約 60%。以目前預估之出渣量：南北口各 527,500 m³ 概估，則東澳隧道渣料以火車替代運輸之總減碳量約為 1,085~2,386 tonCO₂e。

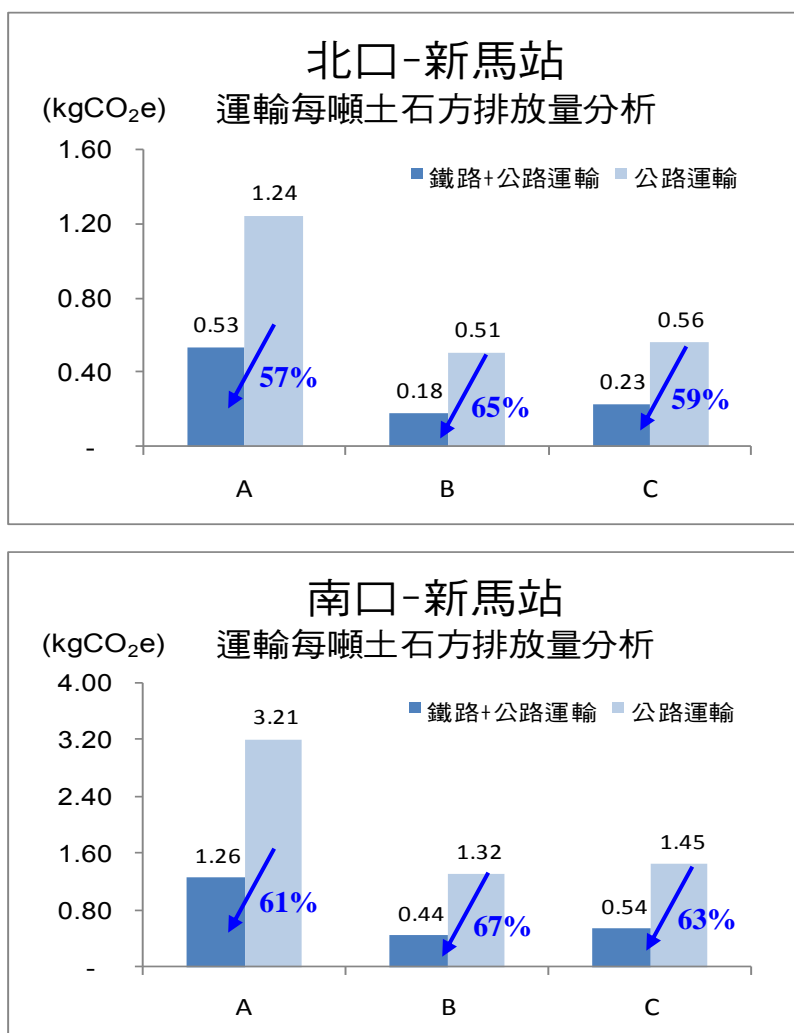


圖 5.2.1-1 鐵路與公路運輸排碳比較

前述暫以 3 種排放係數進行綜合分析，主要是因為國內尚未有官方公告的係數資料，故透過多重印證的方式分析結果的正確性；未來將持續追蹤火車運輸係數發展狀況或自行蒐集國內數據進行彙算，再作更新比對。

另前述減碳效益為僅就土石在公路及鐵路載運途中的排放差異進行探討的結果，並未將整個公路和鐵路運輸過程中，土石方上下車的機具操作排碳量一併納入計算；嚴格來說，鐵路運輸因為需要暫置，且土石又需上下火車，故相關機具操作排碳勢必較直接以傾卸車運輸為高，故以完整運輸排碳量差異進行探討時，鐵路運輸的減碳效益預期會再減小一些。

目前 A2 標土方外運作業過程中土石上、下火車的機具操作能耗排放，皆有納入盤查與排碳量計算；但其中有部分排放其實應歸屬於宜蘭縣政府，故尚需待土方外運告一段落後再作分配、排除於 A2 標碳足跡之外；本計畫後續在土石暫置及上下車排碳完成進一步定量分析後，再對完整的土石替代運輸，以及供給宜蘭縣政府作為土資的減碳效益提出分析說明。

5.2.2 飛灰爐石替代水泥之減碳效益

本期各標之各型混凝土使用情況，對應其水泥、飛灰、爐石用量如表 5.2.2-1 所示。

表 5.2.2-1 各標混凝土使用量及其組成水泥與水泥替代材料重量

標別	混凝土型式	使用量(m ³)	水泥(kg)	爐石粉(kg)	飛灰(kg)
A3 標	175 II	640.50	99,278	62,769	17,934
	210 II	3271.00	585,509	372,894	104,672
	280 II	27708.05	6,095,771	3,879,127	1,108,322
	350-SCC	4704.50	1,232,579	780,947	221,112
	420II	4329.50	1,515,325	649,425	-

表 5.2.2-1 各標混凝土使用量及其組成水泥與水泥替代材料重量(續)

標別	混凝土型式	使用量(m ³)	水泥(kg)	爐石粉(kg)	飛灰(kg)
A3 標	水中 210 II	17622.00	3,876,840	2,467,080	704,880
	噴凝土	4460.00	1,784,000	-	-
C1 標	175 II	138.00	19,872	12,558	3,450
	210 II	508.00	84,836	53,340	14,732
	245 II	784.50	148,271	93,356	25,104
	280 II	3610.50	790,700	498,249	137,199
	350II	161.00	39,767	25,277	7,245
	噴凝土	675.50	256,690	-	-
	鋼纖維噴凝土	4052.00	1,616,748	-	-
A2 標	175 II	406.80	63,054	39,866	11,390
	210 II	1548.00	277,092	176,472	49,536
	245 II	1446.50	279,175	176,473	50,628
	280 II	2151.50	473,330	301,210	86,060
	噴凝土	1727.40	690,960	-	-
	鋼纖維噴凝土	4438.00	1,952,720	-	-
A1 標 (宜興)	175 II	3.50	543	343	98
	210 II	217.00	38,843	24,738	6,944
	280 II	2966.00	652,520	415,240	118,640
	水中 210 II	32322.00	7,110,840	4,525,080	1,292,880
	噴凝土	363.00	145,200	-	-
A1 標 (久屋)	175 II	147.00	23,667	19,257	-
	210 II	410.50	72,659	59,112	-
	280 II	4038.00	888,360	726,840	-
	水中 210 II	618.00	127,926	103,824	-
A1 標 (享正)	175 II	4.00	580	364	100
	210 II	62.50	10,500	6,625	1,813
	280 II	1074.00	236,280	150,360	42,960

以 A3 標混凝土供應商所提供的單據為例，除噴凝土未使用水泥替代材料外，其餘各型混凝土皆是以爐石 35%、飛灰 10% 的水泥重量替代

率作為現場使用的材料。本期 C1 標少量使用之混凝土 140，由於組成尚不明確，本次暫不納入估算範圍。

經與查驗單位共同討論與檢視目前國內外可供參考選用之係數資料，本計畫初步以中聯爐石經查證公告的高爐石粉碳足跡： $0.0522\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ ，及英國的乾、濕燃煤飛灰碳足跡： $0.004\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ ，進行本計畫各標案以飛灰、爐石粉替代水泥之減碳量初估。為此，可就表 5.2.2-1 所列之各標自開工至 102 年 12 月底之混凝土用量組成、對應水泥及前述替代材料之排放係數，求得各標因至今使用水泥替代材料所產生的減碳量，如表 5.2.2-2 至表 5.2.2-5 所示。

相較於完全不採用替代材料的原排放量，在噴凝土未採用水泥替代材料的情況下，減碳量約為原排放量 20~42%。A1 與 A3 標減碳分比在 38%~42%，和上半年度相比有些許上升，主要是因為目前主要工程使用噴凝土量較少的緣故；而 C1 標與 A2 標減碳百分比在 20%~22%，主要是因為兩標目前主要進行隧道開挖作業，噴凝土用量較多所致。

表 5.2.2-2 A3 標以飛灰、爐石粉替代水泥之排碳與減碳量分析

混凝土型式	原排碳量 (tonCO_2e)	飛灰、爐石粉替代水泥 排碳量(tonCO_2e)	減碳量 (tonCO_2e)	減碳百分比
175II	113.57	65.99	47.58	42%
210II	670.80	389.34	281.46	42%
280II	6,993.51	4,053.36	2,940.16	42%
350-SCC	1,410.06	819.41	590.65	42%
420II	1,365.96	990.07	375.89	28%
水中 210	4,447.79	2,577.89	1,869.91	42%
噴凝土	1,125.70	1,125.70	-	0%
合計	16,127.39	10,021.76	6,105.63	38%

表 5.2.2-3 C1 標以飛灰、爐石粉替代水泥之排碳與減碳量分析

混凝土型式	原排碳量 (kgCO ₂ e)	飛灰、爐石粉替代水泥 排碳量(tonCO ₂ e)	減碳量 (tonCO ₂ e)	減碳百分比
175 II	22.64	13.21	9.43	42%
210 II	96.48	56.37	40.11	42%
245 II	168.31	98.53	69.77	41%
280 II	899.90	525.49	374.41	42%
350II	45.61	26.44	19.17	42%
噴凝土	161.97	161.97	-	0%
鋼纖噴凝土	1,020.17	1,020.17	-	0%
合計	2,415.08	1,902.19	512.90	22%

表 5.2.2-4 A2 標以飛灰、爐石粉替代水泥之排碳與減碳量分析

混凝土型式	原排碳量 (tonCO ₂ e)	飛灰、爐石粉替代水泥 排碳量(tonCO ₂ e)	減碳量 (tonCO ₂ e)	減碳百分比
175 II	72.13	41.91	30.22	42%
210 II	317.46	184.26	133.20	42%
245 II	319.46	185.57	133.89	42%
280 II	543.04	314.74	228.30	42%
噴凝土	436.00	436.00	-	0%
鋼纖噴凝土	1,232.17	1,232.17	-	0%
合計	2,920.25	2,394.64	525.60	20%

表 5.2.2-5 A1 標以飛灰、爐石粉替代水泥之排碳與減碳量分析

廠別	混凝土型式	原排碳量 (tonCO ₂ e)	飛灰、爐石粉替代水泥 排碳量(tonCO ₂ e)	減碳量 (tonCO ₂ e)	減碳百分比
宜興	175 II	0.62	0.36	0.26	42%
	210 II	44.50	25.83	18.67	42%
	280 II	748.62	433.89	314.73	42%
	水中 210 II	8,158.07	4,728.32	3,429.75	42%
	噴凝土	91.62	91.62	-	0%

表 5.2.2-5 A1 標以飛灰、爐石粉替代水泥之排碳與減碳量分析(續)

廠別	混凝土型式	原排碳量 (tonCO ₂ e)	飛灰、爐石粉替代水泥 排碳量(tonCO ₂ e)	減碳量 (tonCO ₂ e)	減碳百分比
久屋	175 II	27.09	15.94	11.15	41%
	210 II	83.15	48.93	34.21	41%
	280 II	1,019.19	598.50	420.69	41%
	水中 210 II	146.23	86.14	60.09	41%
享正	175 II	0.66	0.39	0.27	41%
	210 II	11.95	6.98	4.97	42%
	280 II	271.08	157.11	113.96	42%
合計		10,602.78	6,194.01	4,408.77	42%

5.3 減碳措施之實際減碳成效檢討

本計畫執行工程碳足跡盤查至今，尚在確保碳盤查資料能夠穩定產出的階段，故除前述減碳方案之探討外，尚未能針對蘇花改計畫特性提出具體交付承包商推行之減碳措施，也因而尚無對應之減碳措施之實施成效檢討。此項作業預計將在本計畫研提減碳相關措施、獲主管機關同意並交付承包商試行後，再配合後續對應之盤查輔導數據進行減碳成效之追蹤、分析與檢討。

第六章 後續執行規劃

本計畫執行共分為 5 個重點課題(如圖 6-1 所示)，包括前期的制度建立(課題 1)，中期的盤查輔導執行、資料庫建置及查證聲明取得(課題 2~4)，及盤查輔導執行過程中及完成後所產出之資料加值應用(課題 5)。截至本期為止，本計畫已完成道路工程碳盤查制度建立之建議(課題 1，成果詳另冊之正式工程碳足跡盤查執行計畫書)；並依據中仁隧道新建工程(C1 標)、東澳東岳段新建工程(A3 標)、東澳隧道新建工程(A2 標)及蘇澳永樂段新建工程(A1 標)之開始作業通知要求，開始執行此 4 標之盤查輔導準備工作(課題 2)，包括辦理啟始會議、教育訓練等；並於工程實際開工、承包商開始填報盤查資料後，每月進行現場輔導至今，開始於充實資料庫系統中的資料量(課題 3)，並以取得聲明為目標(課題 4)、開始探討與擬訂蘇花改計畫工程碳足跡減量策略(課題 5)，期能在最終本計畫執行完成後，由蘇花改計畫碳管理經驗形成一套適用於我國的道路暨公共工程碳管理模式。

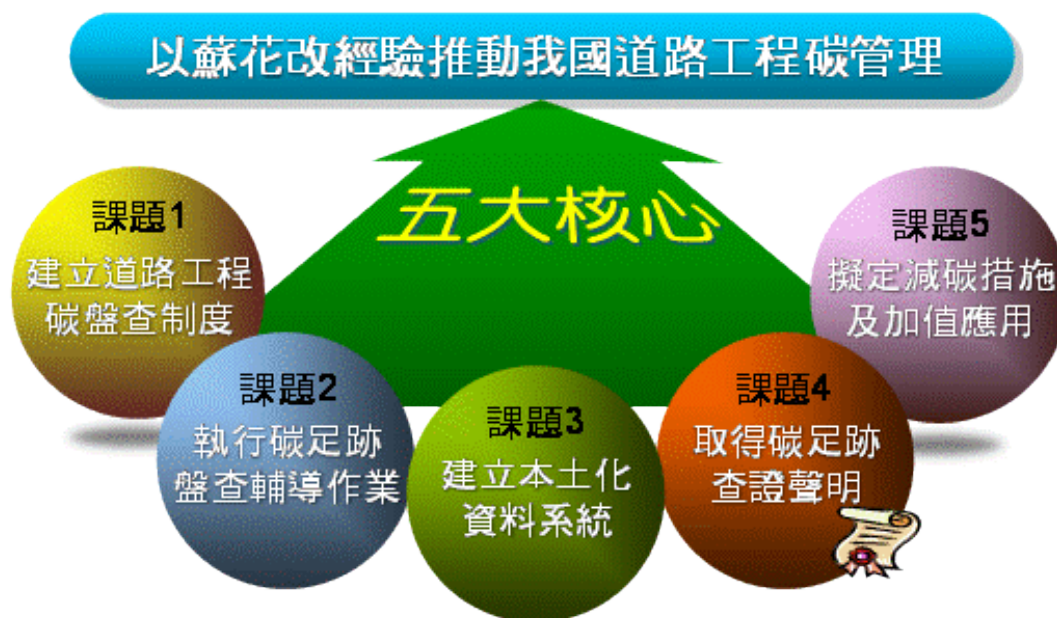


圖 6-1 本計畫重點課題

以下即分節說明本計畫承接 102 年下半年度之執行成果以及未來的工程規劃期程，就 103 年上半年度之工作重點及後續需協助事項說明於後。

6.1 下期工作重點

依據本報告第一章計畫預定進度，103 年上半年度預期執行之工作項目與進度管控時間點，如表 6.1-1 所示；另就各項目內容概述於後。

表 6.1-1 103 年度上半年工作項目與查核點

工作項目	工作細項及重點	103 年							
		1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	
盤查制度與執行規劃	盤查表單維護與更新								
文獻蒐集與回顧	1. 制度與案例蒐集回顧								
	2. 碳足跡規範與道路工程相關產品類別規則追蹤								
	3. 我國道路工程碳足跡產品類別規則研訂與提送審查								
辦理 啓始會議	1. C2 標(暫定)								
	2. B5 標(暫定)								
辦理 教育訓練	1. C2 標(暫定)								
	2. B5 標(暫定)								
盤查輔導 作業	1. A1 標								
	2. A2 標								
	3. A3 標								
	4. C1 標								
	5. C2 標(暫定)								
	6. B5 標(暫定)								
資料庫系統 維護與擴充	1. 碳排放活動資料庫系統功能擴充								
	2. 係數資料庫系統功能擴充								
	3. 碳足跡計算介面設計與建置								
	4. 碳足跡計算與分析邏輯建立								
辦理座談會	辦理碳管理計畫聯合研討會								
工作成果 提送	1. 年末報告(103.01)								
	2. 盤查清冊及預審結果報告								
	3. 年中報告(103.07)								

一、盤查制度與執行流程規劃

本計畫將持續依據各標工程碳足跡盤查輔導經驗，就盤查資料填報、檢核、矯正程序與時間點，以及各式表單內容進行檢討與修正，提升各式數據及佐證資料的提供、檢核與彙整分析的效率，確保工程碳足跡盤查資料品質。

二、工程碳足跡盤查相關文獻蒐集與回顧

本計畫將持續追蹤國內外與工程碳足跡盤查或查證相關之參考文件及規範的應用狀況，包括：國際碳足跡技術規範(ISO/TS 14067)的查證案例、瑞典交通設施產品類別規則模組及道路工程產品類別規則、工程會推動公共工程碳排放估算與盤查狀況及環保署碳排放係數公告資料等；並進一步蒐集分析國內外工程減碳策略與成效分析方法與結果，作為本計畫研定我國道路、隧道、橋梁工程碳足跡產品類別規則，提出可行減碳策略予承商施行，進而量化蘇花改計畫工程減碳成效的參考。

三、盤查輔導與查證作業執行

目前已開始 A1、A2、A3 及 C1 標的碳足跡盤查輔導工作，盤查進度與相關成果業已詳述於本報告書第三章；本計畫專案查證小組亦固定每月執行前月碳足跡盤查資料的月檢查工作，並於 103 年 2 月中旬執行 102 年度盤查文件審查，及 2 月下旬派查證人員赴 4 工區進行現場訪查，後續於 3 月份完成 102 年度盤查結果預審，以確保碳足跡盤查進度與資料品質。考量 103 年上半年度工程進度，本計畫盤查輔導重點將為持續循目前的盤查輔導模式，進行此 4 個土建標碳足跡盤查資料檢核、矯正與現場輔導。並依據計畫執行最新進度，配合公路總局與工程處要求，規劃辦理相關成果簡報。

四、資料庫維護與功能擴充

目前本計畫已建置完成碳足跡盤查活動數據資料庫系統及排放係數資料庫系統，並於本期如預期地完成年報填查系統建置。其他如資料矯正三聯單的核發及其他進階的資料比對與計算功能，將持

續透過運算邏輯確認、再行開發。本計畫也將持續參採工程處、工務段及監造單位和承包商相關人員的建議與意見，進行資料填查或維護界面的檢討與改善，提升碳足跡盤查資料資料庫系統的應用價值。

五、工作成果提送

本計畫近期預定提送之成果為在 103 年 7 月底前提送 103 年度年中進度報告書。此外，本計畫將在每月 5 日前提提交本計畫工作報告，以利工程處掌握碳足跡盤查執行狀況。

6.2 後續工作執行建議

結合本計畫 102 年度執行碳足跡盤查及查驗機構逐月檢核的經驗，初步提出工程碳足跡盤查輔導與查證工作之執行建議如下：

一、排碳活動量確認相關資料提供

為利於碳足跡盤查日誌的檢核，除設計單位之資源統計表、工程數量計算書外，還需要承包商不定期提供定案版的施工計畫書、細項施工計畫書及估驗資料等具備工程活動項目、數量之參考資料，以利輔導及查證單位確認及抽驗碳盤查日誌及月報資料內容的合理性及完整性。

二、盤查資料如期填報、檢核與矯正

考量資料項目眾多且佐證單據蒐集耗時，碳盤查日誌中除與工程緊密相關的機具操作、進料等部分須每日分工項填報外，工程材料使用量及公務車運作及其相關佐證單據，則可視人員分工情形採批次或逐月彙整填報，以提升資料蒐集效益。但在資料保全的考量下，相關資料仍應配合矯正通知，於限制時間完成改善、修正與補遺，經輔導單位確認後鎖定資料，以確保碳盤查資料內容的正確性及持續累積，符合年度審查及最終查證要求。

三、盤查及佐證資料的提供

承包商依據公司規模及經營管理方式之不同，對於可提供的各

式資料品質也有差異。例如具有較多自有機具與技術工的承包商，即能夠配合碳足跡盤查所需、對於機具油耗控管進行改良作業(例如：加裝計數器、加強宣導)，進而較精確掌握機具操作與油耗量；反觀委由協力廠商施作特定工項的承包商，在協力廠商僅願意或僅能對於所有機具提出一個油耗量的情況下，則無助於對於機具油耗率提出一個平均數值、回饋予設計階段的工程碳排放估算。

有鑑於本計畫執行至今，已確認供應商是否能提出產品碳足跡對於工程盤查結果會有決定性的影響，故建議後續其他標應於施工前協調會即加強說明，讓承包商更早且明確地了解碳足跡盤查應配合事項，誘導承包商能夠根據碳盤查需求選擇或要求協力廠商及供應商，或要求承包商對應碳足跡盤查擬訂實施計畫書(比照分項施工計畫書)、供應商同意輔導與查證單位進廠進行工程材料的碳足跡盤查，據以提升本計畫碳足跡盤查素質並結果的有效性。

四、工務段及監造單位的協助與監督

與輔導單位相比，工務段和監造單位都是更直接管理工程品質與進度的單位，也因此，更能對於工程活動項目與數據的合理性提出認可或質疑。建議除了會同承商辦理的現場輔導外，亦能定期與工務段及監造單位進行資料檢核與疑義探討會議，加強監造及工務段人員對於碳足跡盤查結果查核的重點概念，補強輔導單位對於承包商填報資料的掌控程度，確保相關人員辦理碳管理工作的配合度。

6.3 後續協助事項

基於本計畫迄今執行工程碳足跡盤查之經驗，為確保各層及管理單位、監造單位以及承包商能夠適時提報滿足碳足跡盤查要求的各項數據及佐證資料，未來在本計畫執行過程中，將再不定期提請工程處協助進度監督等事宜，以利 A、C 段碳足跡盤查及 B 段碳足跡推估工作的持續推動。

參考文獻

- [1] Wiedmann, T. and Minx, J. (2007). A Definition of Carbon Footprint, ISA-UK Research Report.
- [2] PAS 2050:2011 (2011). Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. <http://www.bsigroup.com/upload/Standards%20&%20Publications/Energy/PAS2050.pdf>
- [3] TS Q0010 (2009) 。 General principles for the assessment and labeling of Carbon Footprint of Products. <http://www.cfp-japan.jp/english/specifications/pdf/CFP%20TS%20Q%200010%20En.pdf>
- [4] ISO/CNS 14040 (2006) 。 環境管理-生命週期評估-原則與架構。
- [5] ISO/CNS 14044 (2006) 。 環境管理-生命週期評估-要求事項與指導綱要。
- [6] ISO/CNS 14025 (2006) 。 環境標誌與宣告-第 3 類環境宣告原則與程序。
- [7] 行政院環保署，(2010) 。 產品與服務碳足跡計算指引。 <http://cfp.epa.gov.tw/downloadFiles/%E7%A2%B3%E8%B6%B3%E8%B7%A1%E8%A8%88%E7%AE%97%E6%8C%87%E5%BC%95.pdf>
- [8] 行政院環保署，(2011) 。 產品與服務碳足跡查證技術指引。 [http://ghgregistry.epa.gov.tw/upload/Tools/%E7%94%A2%E5%93%81%E8%88%87%E6%9C%8D%E5%8B%99%E7%A2%B3%E8%B6%B3%E8%B7%A1%E6%9F%A5%E8%AD%89%E6%8A%80%E8%A1%93%E6%8C%87%E5%BC%95\(100.05\).pdf](http://ghgregistry.epa.gov.tw/upload/Tools/%E7%94%A2%E5%93%81%E8%88%87%E6%9C%8D%E5%8B%99%E7%A2%B3%E8%B6%B3%E8%B7%A1%E6%9F%A5%E8%AD%89%E6%8A%80%E8%A1%93%E6%8C%87%E5%BC%95(100.05).pdf)
- [9] WRI/WBCSD (2011). Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard. <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Product%20Life%20Cycle%20Accounting%20and%20Reporting%20Standard.pdf>
- [10] WRI/WBCSD (2011). Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/Corporate%20Value%20Chain%20%28Scope%203%29%20Accounting%20and%20Reporting%20Standard.pdf>
- [11] ISO/DIS 14067 (2012). Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification and communication. http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=59521
- [12] ISO/TS 14067 (2013). Greenhouse gases - Carbon footprint of products – Requirements

and guidelines for quantification and communication.

- [13] International EPD® System, (2013). General Programme Instructions (Version 2.01). <http://www.environdec.com/it/The-International-EPD-System/General-Programme-Instructions/#.Uuc2WNIVHGg>
- [14] United Nations Statistics Division, (2012). CPC Ver.2(Central Product Classification, Ver.2). <http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regcst.asp?Cl=25>
- [15] International EPD® System (2013). PCR Basic Module for UN CPC 53 Constructions, Version 2.0. <http://www.environdec.com/en/PCR/Detail/?Pcr=7070&id=158&eps language=en#.UsJmtdIW1QA>
- [16] International EPD® System (2013) PCR Basic Module for UN CPC 53 Land Transport Infrastructure. <http://www.environdec.com/en/PCR/Detail/?Pcr=8800#.UsJnkdIW1QA>
- [17] International EPD® System (2013) PCR for CPC 53211: Highways (except elevated highways), Streets and Roads. <http://www.environdec.com/en/PCR/Detail/?Pcr=5952#.UsJn9dIW1QA>
- [18] International EPD® System (2013) PCR for CPC 53221: Bridges and Elevated Highways. Online document, <http://www.environdec.com/en/PCR/Detail/?Pcr=9377#.UsJoXNIW1QA>
- [19] 行政院環保署，(2010)。產品類別規則(PCR)訂定指引。 <http://cfp.epa.gov.tw/carbon/ezCFM/Function/PlatformInfo/News/OpenWindow/OpenWinPublishItem.aspx?SerialNo=37>
- [20] 行政院環保署，臺灣產品碳足跡資訊網。 <http://cfp.epa.gov.tw/carbon/ezCFM/Function/PlatformInfo/FLPCR/FLPCRDoneList.aspx>
- [21] Fry, C., Ellis, S., McColl-Grubb, V., Griffiths, P., (2004). Calculating Carbon Emissions from Highways Agency Construction and Maintenance Activities – Scoping Paper. TRL Limited, Unpublished Project Report PR/SE/954/04.
- [22] UK (2003). Energy White Paper: Our energy future -creating a low carbon economy. http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/legislation/white_papers/white_paper_03/white_paper_03.aspx
- [23] Fry, C., Ellis, S., McColl-Grubb, V., Griffiths, P., (2004). Calculating Carbon Emissions from Highways Agency Construction and Maintenance Activities – Scoping Paper. TRL Limited, Unpublished Project Report PR/SE/954/04.

- [24] Arup, (2008). Sustainability of Geotechnical & Structural Assets - Review of Embodied Energy in Construction of Geotechnical Highway Structures. Project report of UK Highway Agency. http://www.highways.gov.uk/knowledge_compendium/assets/documents/Portfolio/Sustainability%20of%20sturctural%20and%20geotechnical%20assets%20-%20embodies%20energy%20-%201131.pdf
- [25] Arup, (2010). Strategic Forum for Construction & Carbon Trust, Construction carbon 15% target by 2012, Scoping paper. <http://www.strategicforum.org.uk/pdf/0005%20Baseline%20carbon%20assessment%20Rev%20A%20for%20public%20release.pdf>
- [26] UK Highways Agency, (2008). Carbon Accounting Framework: HA Carbon Accounting Tool - Explanatory Report V1 Working Draft. http://www.highways.gov.uk/business/documents/CCP-Explanatory_Report_ISSUE.pdf
- [27] UK Highways Agency, (2009). Carbon Accounting Framework: Carbon Calculation Tool Instruction Manual for Major Projects, Version 5c. http://www.highways.gov.uk/business/documents/CCT-Instruction_Manual-MP-v5c.pdf
- [28] UK Highways Agency, (2009). Carbon Accounting Framework: Carbon Calculation Tool Instruction Manual for Managing Agent Contractors (MACs), Version 5c. http://www.highways.gov.uk/business/documents/CCT-Instruction_Manual-MAC-v5c.pdf
- [29] UK Highways Agency, (2009). Carbon Accounting Framework: Carbon Calculation Tool Instruction Manual for Design, Build and Finance Operations (DBFO), Version 5c. http://www.highways.gov.uk/business/documents/CCT-Instruction_Manual-DBFO-v5c.pdf
- [30] UK Highways Agency, (2009). Carbon Management Framework for Major Infrastructure Projects e21C Project Report. <http://www.forumforthefuture.org/files/EC21-Carbon-Framework-FINAL.pdf>
- [31] Mukherjee, A. and Cass, D., (2011). “Organizational Challenges of Implementing Greenhouse Gas Emission Control Tools.” Engineering Project Organizations Conference Estes Park, Colorado. http://www.epossociety.org/EPOC2011/papers/mukherjee_cass.pdf
- [32] US DOE, National Renewable Energy Laboratory (NREL), (2009). U.S. Life-Cycle Inventory Database.

- [33] US Environmental Protection Agency (EPA), (2010). EPA Climate Leaders Simplified GHG Emissions Calculator (SGEC), U.S. Environmental Protection Agency.
- [34] US Federal Highway Administration (FHWA), (2011). Sustainable Highways Self-Evaluation Tool. <https://www.sustainablehighways.org/>
- [35] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), (2010). Greenhouse gas mitigation measures for transportation construction, maintenance, and operations activities. [http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/docs/NCHRP25-25\(58\)_FR.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/docs/NCHRP25-25(58)_FR.pdf)
- [36] Trusty, W. (National Research Council Canada), (2006). The Environmental Side of Sustainability: Using Life Cycle Assessment to Assess True Performance. <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc48691/nrcc48691.pdf>
- [37] IVL Swedish Environmental Research Institute, (2010). Life cycle assessment of railways and rail transport-Application in environmental product declarations (EPDs) for the Bothnia Line. <http://www.ivl.se/download/18.7df4c4e812d2da6a416800072122/B1943.pdf>
- [38] International EPD® System, (2011). PCR for Highways, streets and roads. <http://www.environdec.com/en/Product-Category-Rules/Detail/?Pcr=5952>
- [39] UK Environment Agency, (2011). Carbon calculator for construction activities (v3_1_2). <http://www.environment-agency.gov.uk/business/sectors/136252.aspx>
- [40] Agence Française de Développement, (AFD), (2012). The AFD Carbon Footprint Tool for projects User's Guide and Methodology. <http://www.afd.fr/webdav/shared/PORTAILS/SECTEURS/CLIMAT/pdf/Carbon%20footprint%20user%20guide%20-%2007.05.2011.pdf>
- [41] Carbon Trust, (2010). Carbon: Reducing the footprint of the construction process – an Action Plan to Reduce Carbon Emissions. <http://www.strategicforum.org.uk/pdf/06CarbonReducingFootprint.pdf>
- [42] McGourty, K., Beimborn, E., Dunlap, K., (2009). Columbia River Crossing Greenhouse Gas Emission Analysis Expert Review Panel Report. http://www.columbiarivercrossing.org/FileLibrary/TechnicalReports/GHG_PanelReport_010809.pdf
- [43] Caltrans (California Department of Transportation), (1983). Energy and Transportation

- Systems. California Department of Transportation, Division of Engineering Services, Office of Transportation Laboratory. Sacramento, California.
- [44] Kawakami, A., Nitta, H., Kanou, T. and Kubo, K., (2009). Study on CO2 Emissions of Pavement Recycling Methods, REAAA 13th Conference. <http://www.pwri.go.jp/eng/activity/pdf/reports/kawakami090923.pdf>
- [45] Tung, H., Cédric, D., Anne, V., Agnès, J., Gilles, L., (2005). A global tool for environmental assessment of roads – Application to transport for road building. <http://www.ectri.org/YRS05/Papiers/Session-3bis/ventura.pdf>
- [46] Stripple, H. (IVL Swedish Environmental Research Institute), (2001). Life Cycle Assessment of Road: A Pilot Study for Inventory Analysis. Project Report of Swedish National Road Administration. <http://www.ivl.se/download/18.2f3a7b311a7c806443800055078/B1210E.pdf>
- [47] VicRoads (State Government of Victoria, Australia), (2008). Victoria's first carbon neutral road construction project. <http://www.ipwea.com/Microsoft%20Word%20-%20Carbon%20footprint%20of%20road%20construction%20-%200060308.pdf>
- [48] VicRoads (State Government of Victoria, Australia), (2009). Calculating the Carbon Footprint of Road Construction. 2009 National Local Government Asset Mgt & Public Works Engineering Conference, Apr. 28. http://www.ipwea.org.au/AM/Template.cfm?Section=2009_National_Local_Government_Asset_Management_and_Public_Works_Conference&Template=/CM/HTMLDisplay.cfm&ContentID=8854
- [49] Asian Development Bank (ADB), (2010). Methodology for estimating carbon footprint of road projects, case study: India. ISBN: 978-92-9092-028-1. <http://www.adb.org/publications/methodology-estimating-carbon-footprint-road-projects-case-study-india>
- [50] 行政院公共工程委員會，(2008)，永續公共工程-節能減碳政策白皮書(核定本)。
- [51] 行政院交通部，(2010)，節能減碳規劃設計參考原則。
- [52] 行政院環保署，(2010)，開發行為溫室氣體排放增量評估及抵換規劃計算指引。
- [53] 交通部運輸研究所，(2012)，「交通運輸工程碳排放量評估模式建立與效益分析之研究」，研究計畫報告。ISBN: 978-986-03-2635-2

- [54] Medgar, L. M., Michael A. N., and Martha G. V. (2010). Life Cycle Inventory of Portland Cement Manufacture, Portland cement association, SN2095b.02, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, USA.
- [55] Daniel, K., Hans-Jörg A., Tina K. and Martin, L. (2007). Life Cycle Inventories of Building Products, Final report ecoinvent Data v2.0 No. 7. EMPA Dübendorf, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, Online-Version under: www.ecoinvent.org.
- [56] 行政院環保署，(2011)。水泥業溫室氣體公告排放強度。
<http://ivy5.epa.gov.tw/epalaw/search/LordiDispFull.aspx?ltype=19&lname=4110>
- [57] PE INTERNATIONAL, GaBi Database Documentation, http://gabi-dataset-documentation.gabi-software.com/xml_data/processes/38304ac2-fdcb-4a0b-863e-8f18a98bd19f_05.00.000.xml
- [58] 朱志弘、丁浣屏、盧怡靜、劉謹銓，(2012)。計算台灣電力相關排放係數之方法，工業技術研究院綠能與環境研究所。
- [59] 經濟部能源局，(2011)。99 年度電力排放係數。
- [60] US EPA, (2009). Potential for Reducing Greenhouse Gas Emissions in the Construction Sector.
- [61] American Association of State Highway and Transportation Officials, (AASHTO), (2010). Greenhouse Gas Mitigation Measures for Transportation Construction, Maintenance, and Operations Activities.

附錄 I 蘇花改工程碳足跡盤查表單

附錄 I 道路工程施工碳足跡盤查表單

表單目錄

附表 I-1	DR-1 道路工程施工碳足跡盤查日誌(一般)	附 I-1
附表 I-2	DR-2 道路工程施工碳足跡盤查日誌(運輸)	附 I-2
附表 I-3	碳足跡盤查登錄清冊-CP-工程施工項目登錄表	附 I-3
附表 I-4	碳足跡盤查登錄清冊-CC-廠商登錄表	附 I-4
附表 I-5	碳足跡盤查登錄清冊-ME-施工機具/耗能設備登錄表	附 I-5
附表 I-6	碳足跡盤查登錄清冊-ES-用電登錄表	附 I-6
附表 I-7	碳足跡盤查登錄清冊-WS-用水登錄表	附 I-7
附表 I-8	碳足跡盤查登錄清冊-MA-工程材料登錄	附 I-8
附表 I-9	碳足跡盤查登錄清冊-PL-植生登錄表	附 I-9
附表 I-10	碳足跡盤查登錄清冊-MO-運具設備登錄表	附 I-10
附表 I-11	碳足跡盤查登錄清冊-HR-工區人員交通方式登錄表	附 I-11
附表 I-12	道路工程施工碳足跡盤查月報	附 I-12
附表 I-13	道路工程施工管理碳足跡盤查年報	附 I-15
附表 I-14	年報逸散設備填報附表	附 I-16
附表 I-15	道路工程監造碳管理日檢核表	附 I-17
附表 I-16	道路工程監造碳管理月檢核表	附 I-20
附表 I-17	道路工程施工碳足跡盤查矯正通知單	附 I-23
附表 I-18	道路工程施工碳足跡盤查改善回覆表	附 I-25
附表 I-19	道路工程監造檢核施工碳足跡盤查改善回覆表	附 I-27

附表 I-1 DR-1 道路工程施工碳足跡盤查日誌(一般)

填報日期： 2013年6月30日 (星期日)

工程名稱				承攬廠商名稱				
契約工期	1265	天	累計工期	287	天	開工日期	2012/09/17	
剩餘工期	978	天	工期展延天數	0	天	預定完工日期	2016/03/04	
工程進行情況(填入作業識別碼及作業名稱)：								
BA0105 清除掘除-拆除及圍籬工程								
DAC0140 PN2墩柱(8.6m)								
DBC0150 PS3基礎								
DBC0170 PS4基礎								
DBC0180 PS5基礎								
DBD0120 PN1墩柱(10.0m)								
DBD0230 PS6墩柱(18.8m)								
1-1 機具使用(包含公務車及交通車) <input checked="" type="checkbox"/>有								
機運具編號	機運具名稱	施工項目	施作時數(hr)*	行駛里程(km)	總耗能	耗能單位	油料來源	耗能量附件
JP-125	小客車(車牌:4321-VE;5人座/1495cc)	(其他)		1563	164.38	L	自行添加	<input type="checkbox"/> 油單
JP-139	客貨兩用車(車牌:4182-J9;5人座/2261cc)	(其他)		2119	109.7	L	自行添加	<input type="checkbox"/> 油單
MC-552	機車(車牌:073-KSX;124cc)	(其他)		260	7.67	L	自行添加	<input type="checkbox"/> 油單
MC-553	機車(車牌:075-KSX;124cc)	(其他)		299	8.31	L	自行添加	<input type="checkbox"/> 油單
ME-田大01	吊車(35T)	DAC0140 PN2墩柱(8.6m)	11		938.67	L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)
ME-田大03	吊卡車(23T)	DBD0120 PN1墩柱(10.0m)	8.5		657.34	L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)
ME-田大05	發電機(大型)()	DBD0230 PS6墩柱(18.8m)	8.5			L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)
ME-田大12	挖土機(PC-300)	(其他)	0		3200.08	L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 油單
ME-田大16	高空作業車()	DBD0230 PS6墩柱(18.8m)	8.5			L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)
ME-益群豐01	挖土機(19.8噸)	BA0105 清除掘除-拆除及圍籬工程	7		2448.62	L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)
ME-配特01	挖土機(PC40)	(其他)	0		35	L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)
ME-配特02	挖土機(PC15)	(其他)	0		95	L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)
ME-配特03	發電機()	DBC0150 PS3基礎	5		130	L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)
ME-配特04	空壓機()	DBC0150 PS3基礎	5		450	L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)
ME-配特05	挖土機(PC228)	DBC0150 PS3基礎	5		121.12	L	工區內添加	<input type="checkbox"/> 機具使用紀錄(附表4)
ME-順運03	打樁機(HD-1880)	(其他)			639.1	L	自行添加	<input type="checkbox"/> 油單
PT-252	客貨兩用車(車牌:4008-J9;5人座/2378cc)	(其他)		1950	256.3	L	自行添加	<input type="checkbox"/> 油單
PT-254	小貨車(車牌:8371-L5;3人座/4009cc)	(其他)		493	93.75	L	自行添加	<input type="checkbox"/> 油單
田大-共用油箱	()	(其他)			1836.36	L	自行添加	<input type="checkbox"/> 油單
1-2 機運具運輸 <input type="checkbox"/>無								
2 用電 <input checked="" type="checkbox"/>有								
用電編號	抄表時間	度數	耗電量(度)	用電度數附件				
ES-01	0800	1166.5	182.5	<input type="checkbox"/> 相片				
3 用水 <input type="checkbox"/>無								
用水編號	抄表時間	度數	用水量(度)	用水度數附件				
4-1 工料使用 <input checked="" type="checkbox"/>有								
工料編號	工料名稱	施工項目	使用數量	工料數量單位	施工範圍	工料數量附件		
MA-宜興10	噴凝土(噴凝土)	DBC0150 PS3基礎	12	m3	PS3護坡	<input type="checkbox"/> 進料單		
4-2 工料運輸(包含土方、油料及植物) <input checked="" type="checkbox"/>有								
5-1 廢棄物 <input type="checkbox"/>無								
廢棄物編號	廢棄物名稱	廢棄量	廢棄量單位	性質	處置方式	廢棄量附件		
5-2 廢棄物運輸 <input type="checkbox"/>無								
6 碳匯改變** <input type="checkbox"/>無								
植物編號	植物名稱	施工項目	植生/移除量	植生/移除量單	施工範圍	改變型態	植生情形附件	
7 人員出勤紀錄								
工別編號	工別	人數	出勤人數附					
A3-01		16	<input type="checkbox"/> 出勤紀錄					
A3-03		2	<input type="checkbox"/> 出勤紀錄					
A3-07		3	<input type="checkbox"/> 出勤紀錄					
A3-08		25	<input type="checkbox"/> 出勤紀錄					
A3-10		4	<input type="checkbox"/> 出勤紀錄					

*：施作時數僅以小時計之機具需依照機具使用紀錄(附表4)填寫；若以里程計算之機具及運具應填寫行駛里程。

**：碳匯改變型態如為移除，則無需填寫編號、植物名稱與植生狀況之欄位。

所有附件欄位應於列表單後進行附件確認並勾選，以確實檢查表單附件是否完備。

填表 _____

工地主任： _____

附表 I-2 DR-2 道路工程施工碳足跡盤查日誌(運輸)

版次：v1.3

填報日期： 2013年6月30日 (星期日)

工程名稱						承攬廠商名稱												
契約工期		1265				天	累計工期				287				天	開工日期		2012/09/17
剩餘工期		978				天	工期展延天數				0				天	預定完工日期		2016/03/04
運輸流水號	運輸日期	運進/出	運具類別	廠牌型號	規格(噸/cc)	能源類別	運送項目編號	運送項目名稱	運輸總量	運輸量單位	單向運距(km)	運輸起點	運輸終點	距離資料品質	附件	備註		
001	20130630	運進	混凝土攪拌車			柴油	MA-宜興10	噴凝土	12	m3	15	南澳	東澳	估計值	<input type="checkbox"/> 進貨單/送驗報告； <input type="checkbox"/> 油單			

※ 附件欄位應於列印表單後進行附件確認並勾選，以表示已確實檢查表單附件是否完備。

填表人： _____ 工地主任： _____

附表 I-5 道路工程施工碳足跡盤查登錄清冊- ME-施工機具/耗能設備登錄表

標別：

版次：v1.2

ME-施工機具/耗能設備登錄表																
流水號	登錄日期	更新日期	機具編號	機具名稱	廠牌型號	規格	功率	功率單位	能源類別	能耗	單位	數據品質	機齡	計數器	機具能耗附件*	備註

*：機具能耗附件欄之能耗數據品質佐證資料，請填寫機具油耗計算報告(附表1)、運具油耗計算報告(附表2)或文獻來源(附表3)，並檢附其所需所有附件欄位應於列印表單後進行附件確認並勾選，以確實檢查表單附件是否完備。

填表人：_____ 工地主任：_____

附表 I-6 道路工程施工碳足跡盤查登錄清冊- ES-用電登錄表

標別：

版次：v1.1

ES-用電登錄表							
流水號	登錄日期	更新日期	用電編號	電表表號	供電用途	供電區域	供電區域附件

所有附件欄位應於列印表單後進行附件確認並勾選，以確實檢查表單附件是否完備。

填表人： _____

工地主任： _____

附表 I-7 道路工程施工碳足跡盤查登錄清冊- WS-用水登錄表

標別：

版次：v1.1

WS-用水登錄表							
流水號	登錄日期	更新日期	用水編號	水源	水表表號*	供水用途	供水區域

*：水表表號欄僅水源為自來水才需填寫。

填表人：_____ 工地主任：_____

附表 I-8 道路工程施工碳足跡盤查登錄清冊-MA-工程材料登錄表

標別：

版次：v1.5

MA-工程材料登錄表																		
流水號	登錄日期	更新日期	工料編號	工料名稱	規格/類別	供應商名稱	運輸方式	產地類別	製造地(城市)/製造商	出口點	進口點	是否回收	再生材料名稱	再生材料比例	主要用途	是否為化學品	工料組成附件	備註

填表人：_____ 工地主任：_____

附表 I-12 道路工程施工碳足跡盤查月報(1/3)

工程名稱	台9線蘇花公路○○段新建工程				
承攬廠商名稱					
填報期間	102年06月01日(星期六)~102年06月30日(星期日)				
工程進行情況(填入作業識別碼及作業名稱):					
BA0105	清除掘除、拆除及圍籬工程				
BA0110	施工便道及便橋				
CA0100	南口洞口平台、邊坡保護				
CA0130	北口洞口平台、邊坡保護				
DAA0120	PN1井基				
DAA0160	PN3井基				
DAC0140	PN2墩柱(8.6m)				
DAC0150	PS2墩柱(8.9m)				
DAC0160	PN3墩柱(15.2m)				
DBB0120	PN1井基				
DBC0150	PS3基礎				
DBC0170	PS4基礎				
DBC0180	P5基礎				
DBD0100	AN1牆身				
DBD0120	PN1墩柱(10.0m)				
DBD0130	PS1墩柱(9.6m)				
DBD0150	PS2墩柱(13.8m)				
DBD0230	PS6墩柱(18.8m)				
DBD0360	PN13墩柱(17.4m)				
1-1 機具使用(包含公務車及交通車) ■有					
機/運具編號	機/運具名稱	本月累計施作時數(hr)	本月累計行駛里程(km)	能耗單位	本月總能耗量
JP-125	小客車	0	1563	L	164.38
JP-139	客貨兩用車	0	2119	L	109.7
MC-552	機車	0	260	L	7.67
ME-田大01	吊車	263	0	L	938.67
ME-田大02	吊卡車	137	0	L	0
ME-田大03	吊卡車	246.5	0	L	657.34
ME-田大04	發電機(大型)	259	0	L	0
ME-田大06	泵浦車	81.5	0	L	0
ME-田大12	挖土機	106	0	L	3200.08
ME-田大14	吊車(25T)	17	0	L	0
ME-田大16	高空作業車	39	0	L	0
ME-益群豐01	挖土機	209	0	L	2448.62
ME-配特01	挖土機	9	0	L	35
ME-配特02	挖土機	0	0	L	95
ME-配特03	發電機	70	0	L	130
ME-配特04	空壓機	66	0	L	450
ME-配特05	挖土機	72	0	L	121.12
ME-順運03	打樁機	26	0	L	639.1
ME-順運09	框式附加吊桿車	38	0	L	0
MO-田大01	傾卸車	80.5	0	L	0
MO-田大02	傾卸車	72	0	L	0
PT-252	客貨兩用車	0	1950	L	256.3
PT-254	小貨車	0	493	L	93.75
PT-258	客貨兩用車	0	2256	L	216.11
PT-259	客貨兩用車	0	889	L	173.89
PT-260	客貨兩用車	0	755	L	160.8
WT-16	其他	0	577	L	812.1
田大-共用油箱		0	0	L	1836.36

附表 I-12 道路工程施工碳足跡盤查月報(2/3)

1-2機具運輸		<input type="checkbox"/> 無			
2用電		<input checked="" type="checkbox"/> 有			
用電編號	本月總耗電量(度)				
ES-01	182.5				
3用水		<input type="checkbox"/> 無			
4-1工料使用		<input checked="" type="checkbox"/> 有			
工料編號	工料名稱	工料數量單位	本月總使用數量		
MA-田大03	墩柱鐵模	組	8		
MA-田大05	鐵絲	箱	26		
MA-田大06	鐵線	kg	100		
MA-田大08	鋼管施工架	組	294		
MA-田大10	鋼筋續接器	個	156		
MA-宜興01	混凝土175	m3	24		
MA-宜興02	混凝土210	m3	375		
MA-宜興04	混凝土280	m3	1091.5		
MA-宜興05	混凝土350	m3	463		
MA-宜興10	噴凝土	m3	208		
MA-宜聯(冬山廠)	竹節鋼筋	kg	157671.2		
MA-益群豐03	點焊網	m2	2816		
MA-益群豐04	成型填縫板	片	535		
MA-配特01	點焊網	M2	1500		
MA-配特02	清水模板	片	90		
MA-順運01	覆工版	片	206		
MA-順運02	H型鋼	支	46		
MA-順運05	樓梯	件	3		
MA-頤達01	氧氣瓶	瓶	11		
MA-頤達02	乙炔瓶	瓶	1		
4-2工料運輸(包含土方、油料及植物)		<input checked="" type="checkbox"/> 有			
工料編號	工料名稱	運輸次數	運輸量單位	本月運輸總量	本月最大單向運距(km)
MA-田大10	鋼筋續接器	1	個	410	123
MA-宜興01	混凝土175	1	m3	24	15
MA-宜興02	混凝土210	10	m3	375	15
MA-宜興04	混凝土280	7	m3	1091.5	15
MA-宜興05	混凝土350	8	m3	463	15
MA-宜興10	噴凝土	13	m3	208	15
MA-宜聯(冬山廠)	竹節鋼筋	1	kg	148360	23.4
MA-宜聯(冬山廠)	竹節鋼筋	2	kg	312550	419
MA-宜聯(冬山廠)	竹節鋼筋	1	kg	66880	337
MA-宜聯(冬山廠)	竹節鋼筋	1	kg	66880	123
MA-益群豐01	氧氣瓶	2	瓶	4	23.4
MA-益群豐02	乙炔瓶	2	瓶	4	23.4
MA-益群豐05	止水帶	1	M	1220	94.5
MA-配特01	點焊網	1	M2	1500	142
MA-配特02	清水模板	1	片	90	50
MA-配特03	水泥砂漿	1	包	400	172
MA-順運01	覆工版	3	片	79	163
MA-順運02	H型鋼	1	支	17	163
MA-順運03	H型鋼	1	支	44	163
MA-順運04	角鋼	1	支	7	163

附表 I-12 道路工程施工碳足跡盤查月報(3/3)

4-2 工料運輸(續)(包含土方、油料及植物)		■有			
MA-順運06	氧氣瓶	1	瓶	20	113
MA-順運07	乙炔瓶	1	瓶	40	113
MA-順運07	乙炔瓶	1	瓶	20	113
MA-達和10	油漆	1	桶	100	111
MA-達和11	去漬油	1	桶	2	111
MA-樂志01	預力鋼腱	1	kg	145035	3506
MA-樂志01	預力鋼腱	1	kg	145035	127
MA-頤達01	氧氣瓶	1	瓶	12	23.4
MA-頤達02	乙炔瓶	1	瓶	4	23.4
5-1 廢棄物		<input type="checkbox"/> 無			
5-2 廢棄物運輸		<input type="checkbox"/> 無			
6 碳匯改變		<input type="checkbox"/> 無			
7 人員出勤紀錄					
編號	協力廠商別/工別	本月總人次			
A3-01	新亞建設	623			
A3-02	弘大鑫	40			
A3-03	益群豐	58			
A3-04	順運	58			
A3-07	豐達	90			
A3-08	田大	738			
A3-10	配特	201			

填表人： _____ 工地主任： _____

附表 I-13 道路工程施工管理碳足跡盤查年報

表報編號：

填表日期：2013/1/7

盤查邊界設定					
邊界範疇	範例1：本項盤查之邊界範疇為蘇花改計畫00標之承商辦公室。				
	範例2：本項盤查之邊界範疇包含蘇花改計畫00標之承商辦公室及宿舍(因其共用同一電表，且用電分配部份不易切割，故合併進行盤查作業)。				
基本資料					
盤查期間	開工日~2012.12.31				
盤查標的	○○○○○公司XXXX工程處/施工處				
單位主管(工地主任)					
樓地板面積	(平方公尺)				
地址					
填表人					
聯絡電話	(03)868-XXXX				
傳真					
電子郵件信箱					
範疇一、直接排放					
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	活動強度	單位	附件
固定式燃燒	緊急發電機	柴油		公升	油單
	熱水鍋爐	柴油		公升	油單
		天然氣		度	繳費單
	熱水器、瓦斯爐	天然氣		度	繳費單
		液化石油氣		公斤	發票(收據)
	乙炔熔接裝置	乙炔		公斤	發票(收據)
移動式燃燒	公務車	柴油		公升	油單
	公務車	汽油		公升	油單
逸散	二氧化碳/乾粉滅火器	二氧化碳		公斤	補充量單據
	環保滅火器	HFC-227ea		公斤	補充量單據
		HFC-236fa		公斤	
	空調、冰箱、飲水機	R134a		公斤	補充量單據
		R22		公斤	
		R407C		公斤	
		R410a		公斤	
高/中壓電盤	SF6		公斤	補充量單據	
化糞池	排泄物		人-天	出勤紀錄	
範疇二、間接排放					
排放源類別	設施或活動別	排放源種類	活動強度	單位	附件
能源間接排放	電表號07890401112	外購電力		度	電費單
範疇三、其他間接排放					
排放源類別	設施或活動別	排放源種類	活動強度	單位	附件
其他	廢棄物	委外處理廢棄物		人-天	出勤紀錄
其他	水表號1121565641	水		度	水費單

填表人：_____

單位主管：_____

附表 I-14 年報逸散設備填報附表

盤查範圍：蘇花改工程C1標之承包商辦公室

空調設備

設備編號	設施或活動別	型號	數量	冷氣能力	冷氣能力單位	冷媒種類	冷媒填充總量(kg)	年補充量(kg)
A-1	冷氣機	TW-502DCU	2	1.648	冷凍噸(RT)	R-22	1.15	0

冷凍、冷藏、冰水機等設備

設備編號	設施或活動別	型號	數量	冷媒種類	冷媒填充總量(kg)	年補充量(kg)
B-1	冰箱	SU-123	1	R-134a	0.2	0
B-2	飲水機	偉志 GE-R0117C	2	R-134a	0.2	0

消防設備

設備編號	設施或活動別	類別/型號	數量	填充物種類	年補充量或使用量(kg)
C-1	滅火器	二氧化碳滅火器	2	二氧化碳	
C-2	滅火器	乾粉滅火器	2	NaHCO ₃	

附表 I-15 道路工程監造碳管理日檢核表

表報編號：A1-2013MMDD

填報日期：102 年 月 日(星期)

工程名稱	台 9 線蘇花公路蘇澳永樂段新建工程			承攬廠商名稱			
契約工期	0 天	累計工期	天	剩餘工期	天	工期展延天數	0 天
開工日期	1900/01/01			預定完工日期	1900/01/01		
工程進行情況查核：重要施工項目及數量是否相符					<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺		
1-1 機具使用(包含公務車及交通車)					<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無		
查核項目內容		查核結果		補充說明			
所用機具是否符合工程內容所需？		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					
所用機具是否皆已登錄		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					
所用機具操作時數是否合理		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					
所用機具能耗量是否合理		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					
油料來源與佐證資料是否相符		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					
1-2 機具運輸					<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無		
查核項目內容		查核結果		補充說明			
到場之機具是否符合工程內容所需？		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					
運具型號規格資料是否合理完備		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					
載運之機具重量與運輸量是否相符		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					
運輸距離是否合理		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					
運具能耗量是否合理		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					
能耗量與佐證資料是否相符		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					
2 用電(含橋梁、道路、隧道各工區)					<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無		
查核項目內容		查核結果		補充說明			
用電狀況是否符合工程內容所需？		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					
電表是否皆已登錄		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					
耗電量是否合理		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					
登錄度數與佐證資料是否相符		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					
3 用水(含橋梁、道路、隧道各工區)					<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無		
查核項目內容		查核結果		補充說明			
用水狀況是否符合工程內容所需？		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					
水表是否皆已登錄		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					
用水量是否合理		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					
登錄度數與佐證資料是否相符		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺					

附表 I-15 道路工程監造碳管理日檢核表

表報編號：A1-2013MMDD

填報日期：102 年 月 日(星期)

4-1 工料使用(包含土方、油料及植物) □有 □無		
查核項目內容	查核結果	補充說明
所用工料是否符合工程內容所需?	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
所用工料是否皆已登錄	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
所用工料數量與施工範圍比對是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
工料進場數量與佐證資料是否相符	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
4-2 工料運輸 □有 □無		
查核項目內容	查核結果	補充說明
到場之工料是否符合工程內容所需?	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
載運之工料量是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運具型號規格資料是否合理完備	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運輸距離是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運具能耗量是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
能耗量與佐證資料是否相符	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
5-1 廢棄物 □有 □無		
查核項目內容	查核結果	補充說明
廢棄物是否符合工程內容所產出?	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
廢棄物數量是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
廢棄物性質及處置方式與佐證資料是否相符	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
5-2 廢棄物運輸 □有 □無		
查核項目內容	查核結果	補充說明
出場之廢棄物是否為工程內容所產生?	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
載運之廢棄物量是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運具型號規格資料是否合理完備	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運輸距離是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運具能耗量是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
能耗量與佐證資料是否相符	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
6 碳匯改變 □有 □無		
查核項目內容	查核結果	補充說明
植物名稱是否皆已登錄	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
碳匯改變型態與範圍是否正確	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	

附表 I-15 道路工程監造碳管理日檢核表

表報編號：A1-2013MMDD

填報日期：102 年 月 日(星期)

碳匯改變量是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
碳匯改變佐證資料是否可佐證	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
7 人員出勤紀錄		<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
查核項目內容	查核結果	補充說明
出勤人員資料交通方式是否皆已登錄	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
出勤人員資料與佐證資料是否符合	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
8 其他		
本日查核結論： <input type="checkbox"/> 正確 <input type="checkbox"/> 有誤，共_____項 <input type="checkbox"/> 缺，共_____項		
缺失處理情形追蹤： <input type="checkbox"/> 今日提供表報編號：_____之修正資料 <input type="checkbox"/> 今日提供表報編號：_____之缺漏資料		
填表人		主辦工程師
		工程處經理

附表 I-16 道路工程監造管理月檢核表

表報編號：A1-201306

填報日期： 年 月 日(星期)

工程名稱	台 9 線蘇花公路蘇澳永樂段新建工程	
承攬廠商名稱		
填報期間	年 月 日(星期)~ 年 月 日(星期)	
工程進行情況查核：重要施工項目及數量是否相符		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺
1-1 機具使用(包含公務車及交通車)		<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
查核項目內容	查核結果	補充說明
所用機具是否符合工程內容所需？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
所用機具是否皆已登錄	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
所用機具操作時數是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
所用機具能耗量是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
1-2 機具運輸		<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
查核項目內容	查核結果	補充說明
到場之機具是否符合工程內容所需？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運具型號規格資料是否合理完備	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
載運之機具重量與運輸量是否相符	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運輸距離是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運具能耗量是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
2 用電 (含橋梁、道路、隧道各工區)		<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
查核項目內容	查核結果	補充說明
用電狀況是否符合工程內容所需？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
電表是否皆已登錄	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
耗電量是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
3 用水(含橋梁、道路、隧道各工區)		<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
查核項目內容	查核結果	補充說明
用水狀況是否符合工程內容所需？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
水表是否皆已登錄	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
用水量是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
4-1 工料使用(包含土方、油料及植物)		<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
查核項目內容	查核結果	補充說明
所用工料是否符合工程內容所需？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	

附表 I-16 道路工程監造碳管理月檢核表

表報編號：A1-201306

填報日期： 年 月 日(星期)

所用工料是否皆已登錄	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
所用工料數量與施工範圍比對是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
4-2 工料運輸		<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
查核項目內容	查核結果	補充說明
到場之工料是否符合工程內容所需？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
載運之工料量是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運具型號規格資料是否合理完備	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運輸距離是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運具能耗量是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
5-1 廢棄物		<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
查核項目內容	查核結果	補充說明
廢棄物是否符合工程內容所產出？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
廢棄物數量是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
5-2 廢棄物運輸		<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
查核項目內容	查核結果	補充說明
出場之廢棄物是否為工程內容所產生？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
載運之廢棄物量是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運具型號規格資料是否合理完備	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運輸距離是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運具能耗量是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
6 碳匯改變		<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
查核項目內容	查核結果	補充說明
植物名稱是否皆已登錄	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
碳匯改變型態與範圍是否正確	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
碳匯改變量是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
7 人員出勤紀錄		<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
查核項目內容	查核結果	補充說明
出勤人員資料交通方式是否皆已登錄	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
8 其他		

附表 I-16 道路工程監造碳管理月檢核表

表報編號：A1-201306

填報日期： 年 月 日(星期)

本月查核結論： <input type="checkbox"/> 正確 <input type="checkbox"/> 有誤，共_____項 <input type="checkbox"/> 缺，共_____項					
填表人		主辦 工程師		工程處 經理	

附表 I-17 道路工程施工碳足跡盤查矯正通知單

表報編號：○○-2012MM-C01

填報日期： 年 月 日

工程名稱			
承攬廠商名稱			
資料查核內容	<input type="checkbox"/> 日誌 <input type="checkbox"/> 月報		
資料查核期間	102.01.01~102.01.15 或 101.01		
資料檢核結果說明			
1-1 機/運具使用(包含公務車及交通車) <input checked="" type="checkbox"/>無			
澄清	1.		
改正			
缺漏			
提醒			
其他			
1-2 機具運輸 <input checked="" type="checkbox"/>無			
	1.		
2 電力使用(含橋梁、道路、隧道各工區) <input checked="" type="checkbox"/>無			
3 用水(含橋梁、道路、隧道各工區) <input checked="" type="checkbox"/>無			
	1.		
4-1 工料使用(包含土方、油料及植物) <input checked="" type="checkbox"/>無			
	1.		
4-2 工料運輸 <input checked="" type="checkbox"/>無			
	1.		
5-1 廢棄物 <input checked="" type="checkbox"/>無			
	1.		
5-2 廢棄物運輸 <input checked="" type="checkbox"/>無			
	1.		
6 碳匯改變 <input checked="" type="checkbox"/>無			
	1.		
7 人員出勤紀錄 <input checked="" type="checkbox"/>無			
	1.		

本月查核結論：正確 待澄清，共 1 項

有誤，須改正共 3 項 有缺，須補遺共 1 項

(日誌) 惠請承商就錯誤部分進行線上修正，並再次列印修正版日報表、改善回覆表進行簽核後，連同缺漏部分，一併提送紙本予監造單位確認。

(月報) 惠請承商再次列印修正版月報表、連同機/運具油耗計算報告及改善回覆表進行簽核後，一併送監造確認簽核。

附註：

填表		主辦工程師		計畫主管	
----	--	-------	--	------	--

附表 I-18 道路工程施工碳足跡盤查改善回覆表

表報編號：○○-2013MM-R01

填報日期： 年 月 日

工程名稱	
承攬廠商名稱	
矯正通知單編號	○○-2013MM-C01
資料查核內容	<input type="checkbox"/> 日誌 <input type="checkbox"/> 月報
資料查核期間	102.01.01~102.01.15 或 102.01
改善結果檢核清單	
1-1 機/運具使用(包含公務車及交通車)	<input type="checkbox"/> 已完成修正(共 3 項)
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	
1-2 機具運輸	<input checked="" type="checkbox"/> 無須改善
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	
2 電力使用(含橋梁、道路、隧道各工區)	<input type="checkbox"/> 已完成修正(共 2 項)
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	
3 用水(含橋梁、道路、隧道各工區)	<input checked="" type="checkbox"/> 無須改善
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	
4-1 工料使用(包含土方、油料及植物)	<input checked="" type="checkbox"/> 無須改善
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	
4-2 工料運輸	<input checked="" type="checkbox"/> 無須改善
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	
5-1 廢棄物	<input checked="" type="checkbox"/> 無須改善
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	
5-2 廢棄物運輸	<input checked="" type="checkbox"/> 無須改善
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	
6 碳匯改變	<input checked="" type="checkbox"/> 無須改善
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	

7 人員出勤紀錄		<input type="checkbox"/> 已完成修正(共 1 項)	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
改善狀況： <input type="checkbox"/> 完成資料線上修正(共 4 項) 提報附件： <input type="checkbox"/> 提報碳足跡盤查日誌(共 4 份) <input type="checkbox"/> ○○-20130108-1 <input type="checkbox"/> ○○-20130109-2 <input type="checkbox"/> ○○-20130114-1 <input type="checkbox"/> ○○-20130115-1			
補充說明：(自行填寫)			
填表人		工地主任	

附表 I-19 道路工程監造檢核施工碳足跡盤查改善回覆表

表報編號：○○-2012MM-R01

填報日期： 年 月 日

工程名稱					
承攬廠商名稱					
矯正通知單編號	○○-2013MM-C01				
資料查核內容	<input type="checkbox"/> 日誌 <input type="checkbox"/> 月報				
資料查核期間	102.01.01~101.11.15 或 102.01				
改善結果檢核清單					
1-1 機/運具使用(包含公務車及交通車)	<input type="checkbox"/> 已完成修正				
1-2 機具運輸	<input checked="" type="checkbox"/> 無須改善				
2 電力使用(含橋梁、道路、隧道各工區)	<input type="checkbox"/> 已完成修正				
3 用水(含橋梁、道路、隧道各工區)	<input checked="" type="checkbox"/> 無須改善				
4-1 工料使用(包含土方、油料及植物)	<input checked="" type="checkbox"/> 無須改善				
4-2 工料運輸	<input checked="" type="checkbox"/> 無須改善				
5-1 廢棄物	<input checked="" type="checkbox"/> 無須改善				
5-2 廢棄物運輸	<input checked="" type="checkbox"/> 無須改善				
6 碳匯改變	<input checked="" type="checkbox"/> 無須改善				
7 人員出勤紀錄	<input type="checkbox"/> 已完成修正				
改善狀況： <input type="checkbox"/> 已完成資料線上修正(共 4 項)					
提報附件： <input type="checkbox"/> 已提送碳足跡盤查日誌(共 4 份)					
補充說明：(自行填寫)					
監造單位 覆核人		主辦 工程師		工程處 經理	

附錄 II A3、C1、A2 及 A1 標現場訪查與
輔導工作辦理資料

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段-蘇澳部份現場輔導辦理實錄

為確保本標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間碳管理委託服務工作」計畫團隊配合碳盤查執行狀況，每月前往蘇澳東澳段各標工程現場進行現場輔導說明與查核；透過面對面地討論，具體確認碳足跡盤查工作執行狀況、所遭遇的問題，以及後續推動方法與進程。

考量本段 3 個土建標的地理位置及工區巡訪的便利性，本團隊自 6 月份起將蘇澳東澳段現場輔導區分為蘇澳、東澳兩部份分別辦理。茲摘要說明 102 年度 7 月份蘇澳部份(A1、A2 標)現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 102 年 7 月 25 日(星期四) 10:30 ~ 15:30

二、**辦理地點**：中興公司蘇澳監造工程處會議室

三、**討論議題**

1. 協力廠商共用油箱；
2. 日誌內容討論；
3. 線上系統更新；
4. 工務段與監造問題；
5. 臨時動議；
6. 工地參訪。

四、**照片集錦**



➤ 協力廠商共用油箱協助事項討論



➤ 破足跡盤查登錄清冊填報內容討論



➤ A1 標工區：ME-頤達 02 吊車(尚未組裝)



➤ A1 標工區：頤達共用油箱



➤ A1 標工區：頤達 P38 試樁



➤ A2 標工區(工程展示館)



➤ A2 標工區(北口)：邊坡降挖情形



➤ A2 標工區(北口)：混凝土格樑模板組立

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段-東澳部份現場輔導辦理實錄

為確保本標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間碳管理委託服務工作」計畫團隊配合碳盤查執行狀況，每月前往蘇澳東澳段各標工程現場進行現場輔導說明與查核；透過面對面地討論，具體確認碳足跡盤查工作執行狀況、所遭遇的問題，以及後續推動方法與進程。

考量本段 3 個土建標的地理位置及工區巡訪的便利性，本團隊自 6 月份起將蘇澳東澳段現場輔導區分為蘇澳、東澳兩部份分別辦理。茲摘要說明 102 年度 7 月份東澳部份(A3 標)現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 102 年 7 月 24 日(星期三) 10:40 ~ 15:30

二、**辦理地點**：中興公司蘇澳東澳段監造工程處會議室

三、**討論議題**

1. 碳足跡盤查登錄清冊填報內容討論；
2. 日誌內容討論；
3. 線上系統更新；
4. 工務段與監造協助事項；
5. 臨時動議；
6. 工地參訪。

四、**照片集錦**



➤ 碳足跡盤查登錄清冊填報內容討論



➤ A3 標工區：MA-樂志 02 盤式支承



➤ A3 標工區：ME-益群豐 01 挖土機



➤ A3 標工區：MA-益群豐 08 鋼模板



➤ A3 標工區：MA-益群豐 05 止水帶



➤ A3 標工區：幸福高架橋排水箱涵混凝土澆置



➤ A3 標工區：MA-樂志 04 工作車構件



➤ A3 標工區：東岳隧道自由型格梁



➤ A3 標工區：東澳北溪河川橋墩柱柱頭支撐架準備工作



➤ A2 標工區(南口)：工區變電箱設置



➤ A2 標工區(南口)：邊坡地盤改良及混凝土格梁作業



➤ A2 標工區(南口)：邊坡格梁預力鋼腱混凝土底座

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理 中仁隧道新建工程(C1 標)現場輔導辦理實錄

為確保本標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間碳管理委託服務工作」計畫團隊配合碳盤查執行狀況，每月前往 C1 標工程現場進行現場輔導說明與查核。透過面對面地討論，具體確認碳足跡盤查工作執行狀況、所遭遇的問題，以及後續推動方法與進程。

茲摘要說明 C1 標 102 年度第 7 次現場輔導會議辦理內容如下：

一、辦理時間：民國 102 年 7 月 23 日(星期二) 11:00 ~ 15:00

二、辦理地點：中興公司和中清水段監造工程處會議室

三、討論議題

1. 碳管理盤查登錄清冊內容討論；
2. 碳管理日誌、月報填報狀況討論；
3. 線上系統功能更新與調整說明；
4. 臨時動議；
5. 工區巡查。

四、照片集錦



➤ C1 標盤查登錄清冊及碳管理日誌內容討論



➤ C1 標工區：北上線隧道洞口



➤ C1 標工區：北上線隧道洞口安全告示牌



➤ C1 標工區：北上線隧道開挖作業-鋼纖噴凝土作業



➤ C1 標工區：機具運入(高效能噴漿機)



➤ C1 標工區：二工區棄土回填作業

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段-蘇澳部份現場輔導辦理實錄

為確保本標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間碳管理委託服務工作」計畫團隊配合碳盤查執行狀況，每月前往蘇澳東澳段各標工程現場進行現場輔導說明與查核；透過面對面地討論，具體確認碳足跡盤查工作執行狀況、所遭遇的問題，以及後續推動方法與進程。

考量本段 3 個土建標的地理位置及工區巡訪的便利性，本團隊自 6 月份起將蘇澳東澳段現場輔導區分為蘇澳、東澳兩部份分別辦理。茲摘要說明 102 年度 8 月份蘇澳部份(A1、A2 標)現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 102 年 8 月 30 日(星期五) 10:30 ~ 15:30

二、**辦理地點**：中興公司蘇澳東澳段監造工程處-蘇澳會議室

三、**討論議題**

1. 碳盤查登錄清冊討論；
2. 碳管理日誌內容討論；
3. 線上系統更新與調整說明；
4. 工務段與監造協助事項；
5. 臨時動議；
6. 工地參訪(A1 標各工區及 A2 標北口)。

四、**照片集錦**



➤ A1、A2 標現場輔導會議討論



➤ A1 標工區：已完成之圍籬工程 (P38 基樁旁)



➤ A1 標工區：P37 基樁施工(頤達營造)



➤ A1 標工區：P5 基樁施作(旭盛營造)



➤ A2 標工區(北口)：洞口邊坡降挖



➤ A2 標工區(北口)：坡頂混凝土格樑(豎樑)模板組立



➤ A2 標工區(北口)：預力地錨鋼襯板



➤ A2 標工區(北口)：管幕鋼管運入

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段-東澳部份現場輔導辦理實錄

為確保本標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間碳管理委託服務工作」計畫團隊配合碳盤查執行狀況，每月前往蘇澳東澳段各標工程現場進行現場輔導說明與查核；透過面對面地討論，具體確認碳足跡盤查工作執行狀況、所遭遇的問題，以及後續推動方法與進程。

考量本段 3 個土建標的地理位置及工區巡訪的便利性，本團隊自 6 月份起將蘇澳東澳段現場輔導區分為蘇澳、東澳兩部份分別辦理。茲摘要說明 102 年度 8 月份東澳部份(A3 標)現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 102 年 8 月 28 日(星期三) 10:40 ~ 15:30

二、**辦理地點**：中興公司蘇澳東澳段監造工程處-東澳會議室

三、**討論議題**

1. 碳盤查登錄清冊填報內容討論；
2. 碳管理日誌填報狀況討論；
3. 線上系統更新與調整說明；
4. 工務段與監造協助事項；
5. 臨時動議；
6. 工地參訪(A3 標各工區及 A2 標南口、東澳車站土方暫置場)。

四、**照片集錦**



➤ A3 標現場輔導會議討論



➤ A3 標工區：MA-益群豐 04 成型填縫板



➤ A3 標工區：排水箱涵鋼軌樁



➤ A3 標工區：排水箱涵頂板灌漿



➤ A3 標工區：MA-弘大鑫 02 桁架支保、點焊網



➤ A3 標工區：PS6 墩柱與 ME-樂志 02 吊車



➤ A3 標工區：PS1 柱頭板組立



➤ A3 標工區：PS2 柱頭板鋼筋綁紮



➤ A2標：東澳車站土方暫置區



➤ A2標南口南下線：管幕灌漿封塞



➤ A2標南口南下線：管幕鋼管



➤ A2標南口南下線：管幕灌漿水泥漿液拌合設備



➤ A2標南口北上線：洞口假隧道支保組立



➤ A2標南口：臨時變電站高壓配電設備

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

中仁隧道新建工程(C1 標)現場輔導辦理實錄

為確保本標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間碳管理委託服務工作」計畫團隊配合碳盤查執行狀況，每月前往 C1 標工程現場進行現場輔導說明與查核。透過面對面地討論，具體確認碳足跡盤查工作執行狀況、所遭遇的問題，以及後續推動方法與進程。

茲摘要說明 C1 標 102 年度第 8 次現場輔導會議辦理內容如下：

一、辦理時間：民國 102 年 8 月 27 日(星期二) 11:00 ~ 15:30

二、辦理地點：中興公司和中清水段監造工程處會議室

三、討論議題

1. 碳管理盤查登錄清冊內容討論；
2. 碳管理日誌、月報填報狀況討論；
3. 線上系統功能更新與調整說明；
4. 臨時動議；
5. 工區巡查。

四、照片集錦



➤ C1 標南口：隧道洞口混凝土地坪

➤ C1 標南口：廢水處理設備



➤ C1 標南口：速凝劑桶槽(未啟用)



➤ C1 標南口北上線：隧道開挖及支撐工料-管幕鋼管、自鑽式岩栓



➤ C1 標南口北上線：隧道開挖及支撐工程-管幕灌漿作業



➤ C1 標南口北上線：隧道開挖及支撐工程-水泥漿液拌合設備



➤ C1 標南口北上線：通風及照明設備



➤ C1 標南口北上線：作業項目



➤ C1 標南口南下線：隧道開挖及支撐工程-鋼纖噴凝土施噴作業



➤ C1 標南口：排水箱涵底板鋼筋綁紮作業



➤ C1 標南口二工區：路工工程土方回填



➤ C1 標南口二工區：排水箱涵位置

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段-蘇澳部份現場輔導辦理實錄

為確保本標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間碳管理委託服務工作」計畫團隊配合碳盤查執行狀況，每月前往蘇澳東澳段各標工程現場進行現場輔導說明與查核；透過面對面地討論，具體確認碳足跡盤查工作執行狀況、所遭遇的問題，以及後續推動方法與進程。

考量本段 3 個土建標的地理位置及工區巡訪的便利性，本團隊自 6 月份起將蘇澳東澳段現場輔導區分為蘇澳、東澳兩部份分別辦理。茲摘要說明 102 年度 9 月份蘇澳部份(A1、A2 標)現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 102 年 9 月 23 日(星期一) 10:30 ~ 15:30

二、**辦理地點**：中興公司蘇澳東澳段監造工程處-蘇澳會議室

三、**討論議題**

1. 碳盤查登錄清冊討論；
2. 碳管理日誌內容討論；
3. 線上系統功能更新與調整說明；
4. 臨時動議；
5. 工地參訪(A1 標各工區及 A2 標北口)。

四、**照片集錦**



➤ 碳盤查登錄清冊討論



➤ 碳管理日誌內容討論



➤ A1 標工區：土方回填區



➤ A1 標工區：P38 基礎鋼板樁施作



➤ A1 標工區： 施工便橋



➤ A2 標工區(北口)：北上線隧道開挖作業



➤ A2 標工區(北口)： 隧道洞口混凝土排水溝澆置



➤ A2 標工區(北口)： 隧道開挖作業照明機具，ME-福清 10 燈車

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段-東澳部份現場輔導辦理實錄

為確保本標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間碳管理委託服務工作」計畫團隊配合碳盤查執行狀況，每月前往蘇澳東澳段各標工程現場進行現場輔導說明與查核；透過面對面地討論，具體確認碳足跡盤查工作執行狀況、所遭遇的問題，以及後續推動方法與進程。

考量本段 3 個土建標的地理位置及工區巡訪的便利性，本團隊自 6 月份起將蘇澳東澳段現場輔導區分為蘇澳、東澳兩部份分別辦理。茲摘要說明 102 年度 9 月份東澳部份(A3 標)現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 102 年 9 月 25 日(星期三) 10:40 ~ 15:30

二、**辦理地點**：中興公司蘇澳東澳段監造工程處會議室

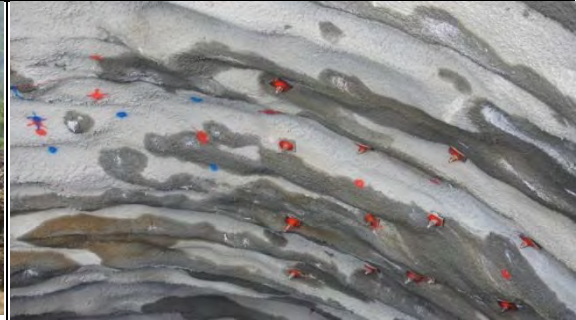
三、**討論議題**

1. 碳足跡盤查登錄清冊填報內容討論；
2. 日誌內容討論；
3. 線上系統更新；
4. 工務段與監造協助事項；
5. 臨時動議；
6. 工地參訪(A3 標各工區及 A2 標南口)。

四、**照片集錦**



➤ A2 標工區：東澳車站棄土暫置場 AB019 鏟裝機



➤ A2 標工區(南口)：隧道開挖支撐工料，MA-威建 06 自鑽式岩栓



➤ A2 標工區(南口)：邊坡預力地錨灌漿材料，MA 堯堂-01 無收縮摻料



➤ A3 標工區：排水箱涵



➤ A3 標工區：東岳隧道南口洞口平台與邊坡保護所使用機具，ME-配特 05



➤ A3 標工區：東岳隧道南口洞口平台與邊坡保護工程



➤ A3 標工區：東澳北溪河川橋工區 PS2 墩柱工作車設置



➤ A3 標工區：東澳北溪河川橋工區 PS2 墩柱使用工料，MA-樂志 05 預力套管



➤ A3 標工區：東澳北溪河川橋工區 PS9 井基地質改良機具 ME-弘大 鑫 21 鑽機



➤ A3 標工區：幸福高架橋工區 PS1 墩柱鋼筋綁紮



➤ A3 標工區：東岳隧道北口使用工料，MA-配特 10 岩栓

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理 中仁隧道新建工程(C1 標)現場輔導辦理實錄

為確保本標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間碳管理委託服務工作」計畫團隊配合碳盤查執行狀況，每月前往 C1 標工程現場進行現場輔導說明與查核。透過面對面地討論，具體確認碳足跡盤查工作執行狀況、所遭遇的問題，以及後續推動方法與進程。

茲摘要說明 C1 標 102 年度第 9 次現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 102 年 9 月 16 日(星期一) 11:00 ~ 15:30

二、**辦理地點**：中興公司和中清水段監造工程處會議室

三、討論議題

1. 碳足跡盤查登錄清冊內容討論
2. 碳管理日誌、月報填報狀況討論
3. 線上系統功能更新與調整說明
4. 臨時動議
5. 工地參訪。

四、照片集錦



➤ 碳足跡盤查登錄清冊內容討論



➤ 碳管理日誌、月報填報狀況討論



➤ C1 標南口：新購入高效能噴漿機，OSSA-01



➤ C1 標南口：新購入多功能高空作業車，OSSA-02



➤ C1 標南口南下線：隧道開挖及支撐工程-隧道開挖作業



➤ C1 標南口北上線：隧道開挖及支撐工程-開挖面噴凝土封面



➤ C1 標南口：排水箱涵牆身模板組立



➤ C1 標南口：排水箱涵牆身模板組立工料堆置區



➤ C1 標南口：排水箱涵頂板支撐系統
工料堆置區



➤ C1 標南口二工區：排水箱涵底板
鋼筋綁紮

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段-蘇澳部份現場輔導辦理實錄

為確保本標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間碳管理委託服務工作」計畫團隊配合碳盤查執行狀況，每月前往蘇澳東澳段各標工程現場進行現場輔導說明與查核；透過面對面地討論，具體確認碳足跡盤查工作執行狀況、所遭遇的問題，以及後續推動方法與進程。

考量本段 3 個土建標的地理位置及工區巡訪的便利性，本團隊自 6 月份起將蘇澳東澳段現場輔導區分為蘇澳、東澳兩部份分別辦理。茲摘要說明 102 年度 10 月份蘇澳部份(A1、A2 標)現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 102 年 10 月 21 日(星期一) 10:30 ~ 15:30

二、**辦理地點**：中興公司蘇澳監造工程處會議室

三、**討論議題**

1. 碳盤查登錄清冊討論；
2. 碳管理日誌內容討論；
3. 線上系統功能更新與調整說明；
4. 工地參訪(A1 標各工區及 A2 標北口)。

四、**照片集錦**



➤ 碳足跡盤查填報內容討論



➤ A1 標工區：PN7 竹削護坡工程與 ME-北勝



➤ A1 標工區：施工便橋與 PN6 井基 施工情形



➤ A1 標工區：工料 MA-北勝 01 點 焊網



➤ A2 標工區(北口)：北口南下線隧道 與北上線降挖工程



➤ A2 標工區(北口)：MA-威建 07 先 撐鋼管

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段-東澳部份現場輔導辦理實錄

為確保本標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間碳管理委託服務工作」計畫團隊配合碳盤查執行狀況，每月前往蘇澳東澳段各標工程現場進行現場輔導說明與查核；透過面對面地討論，具體確認碳足跡盤查工作執行狀況、所遭遇的問題，以及後續推動方法與進程。

考量本段 3 個土建標的地理位置及工區巡訪的便利性，本團隊自 6 月份起將蘇澳東澳段現場輔導區分為蘇澳、東澳兩部份分別辦理。茲摘要說明 102 年度 10 月份東澳部份(A3 標)現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 102 年 10 月 22 日(星期二) 10:40 ~ 15:30

二、**辦理地點**：中興公司蘇澳東澳段監造工程處會議室

三、**討論議題**

1. 碳盤查登錄清冊討論；
2. 碳管理日誌內容討論；
3. 線上系統功能更新與調整說明；
4. 工地參訪(A3 標各工區及 A2 標南口)。

四、**照片集錦**



➤ 碳足跡盤查填報內容討論



➤ A3 標工區：幸福高架橋工區 PS&PS1 墩柱現況



➤ A3 標工區：幸福高架橋工區東岳隧道南口施作情形



➤ A3 標工區：幸福高架橋工區排水箱涵施作情況



➤ A3 標工區：幸福高架橋工區 PS2 墩柱與已裝置盤式支承



➤ A3 標工區：東澳北溪河川橋工區 PS1 墩柱(MA-樂志 05&06 預力套管&預力端錨)



➤ A2 標工區：新購置之油箱流量計



➤ A2 標工區：MA-威建 03 桁架型鋼支堡



➤ A2 標工區：自由型格樑綠美化工程施作(客土植生袋裝填)



➤ A2 標工區：東澳隧道南口南下線

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理 中仁隧道新建工程(C1 標)現場輔導辦理實錄

為確保本標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間碳管理委託服務工作」計畫團隊配合碳盤查執行狀況，每月前往 C1 標工程現場進行現場輔導說明與查核。透過面對面地討論，具體確認碳足跡盤查工作執行狀況、所遭遇的問題，以及後續推動方法與進程。

茲摘要說明 C1 標 102 年度第 10 次現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 102 年 10 月 17 日(星期四) 9:00 ~ 13:30

二、**辦理地點**：中興公司和中清水段監造工程處會議室

三、**討論議題**

1. 碳管理登錄清冊內容討論
2. 碳管理日誌、月報填報狀況討論
3. 臨時動議

四、**照片集錦**



➤ 碳管理登錄清冊內容討論



➤ 碳管理日誌、月報填報狀況討論



➤ C1 標南口：污水處理設備



➤ C1 標南口：污水處理設備使用藥劑-硫酸鋁



➤ C1 標南口北上線：隧道開挖作業使用機具-裝載機 PL-10、傾卸車 DT-32



➤ C1 標南口北上線：隧道開挖作業使用機具-高空作業車 千化-01



➤ C1 標南口：排水箱涵頂版底模支撐系統



➤ C1 標南口：排水箱涵模板支撐工料堆置區



➤ C1 標南口二工區：土方暫置區整理作業，使用機具-挖土機 BH-93



➤ C1 標南口二工區：路堤填築整平作業，使用機具-平路機 MG-01

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段-蘇澳部份現場輔導辦理實錄

為確保本標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間碳管理委託服務工作」計畫團隊配合碳盤查執行狀況，每月前往蘇澳東澳段各標工程現場進行現場輔導說明與查核；透過面對面地討論，具體確認碳足跡盤查工作執行狀況、所遭遇的問題，以及後續推動方法與進程。

考量本段 3 個土建標的地理位置及工區巡訪的便利性，本團隊自 6 月份起將蘇澳東澳段現場輔導區分為蘇澳、東澳兩部份分別辦理。茲摘要說明 102 年度 11 月份蘇澳部份(A1、A2 標)現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 102 年 11 月 21 日(星期四) 10:30 ~ 15:30

二、**辦理地點**：中興公司蘇澳監造工程處會議室

三、**討論議題**

1. 碳盤查登錄清冊討論；
2. 碳管理日誌內容討論；
3. 線上系統功能更新與調整說明；
4. 工地參訪(A1 標各工區及 A2 標北口)。

四、照片集錦



➤ 碳足跡盤查填報內容討論



➤ A1 標工區：P38 基樁工程基礎鋼筋綁紮



➤ A1 標工區：P38 基樁景觀橋輔助施工架組立



➤ A1 標工區：PN7 井基工程護坡竹削施作



➤ A2 標工區(北口)：南下線隧道開挖作業



➤ A2 標工區(北口)：南下線隧道護坡混凝土格樑鋼筋綁紮



➤ A2 標工區(北口)：PA1、PA2 井基協力廠商-北勝進場施作



➤ A2 標工區(北口)：汙水處理設備設置

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段-東澳部份現場輔導辦理實錄

為確保本標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間碳管理委託服務工作」計畫團隊配合碳盤查執行狀況，每月前往蘇澳東澳段各標工程現場進行現場輔導說明與查核；透過面對面地討論，具體確認碳足跡盤查工作執行狀況、所遭遇的問題，以及後續推動方法與進程。

考量本段 3 個土建標的地理位置及工區巡訪的便利性，本團隊自 6 月份起將蘇澳東澳段現場輔導區分為蘇澳、東澳兩部份分別辦理。茲摘要說明 102 年度 11 月份東澳部份(A3 標)現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 102 年 11 月 19 日(星期二) 10:40 ~ 15:30

二、**辦理地點**：中興公司蘇澳東澳段監造工程處會議室

三、**討論議題**

1. 碳盤查登錄清冊討論；
2. 碳管理日誌內容討論；
3. 線上系統功能更新與調整說明；
4. 工地參訪(A3 標各工區)。

四、**照片集錦**



➤ A3 標工區：東澳北溪河川橋工區 PS2 墩柱與懸臂工作車



➤ A3 標工區：東澳北溪河川橋工區懸臂工作車鋼模調整



➤ A3 標工區：工作車套件預力鋼棒預留孔



➤ A3 標工區：MA-樂志 05 預力套管



➤ A3 標工區：東岳隧道工程通風用風機



➤ A3 標工區：幸福高架橋工區 PS2 與 PN2 墩柱(PS2 墩柱已裝設盤式支承、PN2 尚未裝設)

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理 中仁隧道新建工程(C1 標)現場輔導辦理實錄

為確保本標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間碳管理委託服務工作」計畫團隊配合碳盤查執行狀況，每月前往 C1 標工程現場進行現場輔導說明與查核。透過面對面地討論，具體確認碳足跡盤查工作執行狀況、所遭遇的問題，以及後續推動方法與進程。

茲摘要說明 C1 標 102 年度第 11 次現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國102年11月27日(星期三) 9:00 ~ 13:30

二、**辦理地點**：中興公司和中清水段監造工程處會議室

三、**討論議題**

1. 碳管理登錄清冊內容討論
2. 碳管理日誌、月報填報狀況討論
3. 線上系統更新
4. 其他討論事項及臨時動議

四、**照片集錦**



➤ 碳管理登錄清冊內容討論



➤ 碳管理日誌、月報填報狀況討論



➤ C1 標南口：全新鑽堡進場



➤ C1 標南口：隧道用電設備檢視



➤ C1 標南口：北上線隧道人行通道設置，使用 MA-00035 混凝土 175



➤ C1 標南口：北上線隧道開挖作業設備載運使用運具-吊卡車 MC-08



➤ C1 標南口：排水箱涵頂版、側牆混凝土澆置，使用機具 CP-01 混凝土壓送車



➤ C1 標移植區：老樹移植作業結果檢視，樟樹 C1-007

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段-蘇澳部份現場輔導辦理實錄

為確保本標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間碳管理委託服務工作」計畫團隊配合碳盤查執行狀況，每月前往蘇澳東澳段各標工程現場進行現場輔導說明與查核；透過面對面地討論，具體確認碳足跡盤查工作執行狀況、所遭遇的問題，以及後續推動方法與進程。

考量本段 3 個土建標的地理位置及工區巡訪的便利性，本團隊自 6 月份起將蘇澳東澳段現場輔導區分為蘇澳、東澳兩部份分別辦理。茲摘要說明 102 年度 12 月份蘇澳部份(A1、A2 標)現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 102 年 12 月 23 日(星期一) 10:30 ~ 15:30

二、**辦理地點**：中興公司蘇澳東澳段監造工程處(蘇澳) 會議室

三、討論議題

1. 碳盤查登錄清冊討論；
2. 碳管理日誌內容討論；
3. 線上系統功能更新與調整說明；
4. 年報系統填寫說明；
5. 工地參訪(A1 標各工區及 A2 標北口)。

四、照片集錦



➤ 碳足跡盤查填報內容討論



➤ 年報系統填寫說明



➤ A1 標工區：PN7 井基挖掘及北勝
機具 ME-北勝 07



➤ A1 標工區：P38 基礎



➤ A2 標工區(北口)：機具 ME-北勝 01
PC300 挖土機



➤ A2 標工區(北口)：北勝吊車

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段-東澳部份現場輔導辦理實錄

為確保本標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間碳管理委託服務工作」計畫團隊配合碳盤查執行狀況，每月前往蘇澳東澳段各標工程現場進行現場輔導說明與查核；透過面對面地討論，具體確認碳足跡盤查工作執行狀況、所遭遇的問題，以及後續推動方法與進程。

考量本段 3 個土建標的地理位置及工區巡訪的便利性，本團隊自 6 月份起將蘇澳東澳段現場輔導區分為蘇澳、東澳兩部份分別辦理。茲摘要說明 102 年度 12 月份東澳部份(A3 標)現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 102 年 12 月 26 日(星期四) 10:40 ~ 15:30

二、**辦理地點**：中興公司蘇澳東澳段監造工程處(東澳)會議室

三、討論議題

1. 碳管理日誌內容討論；
2. 線上系統功能更新與調整說明；
3. 年報系統填寫說明；
4. 工地參訪(A2 標南口及 A3 標各工區)。

四、照片集錦



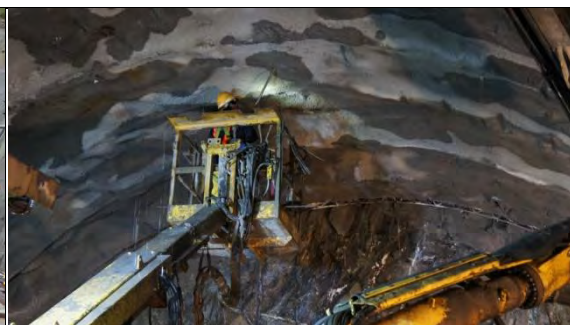
➤ 碳足跡盤查填報內容討論



➤ 年報系統填寫說明



➤ A2 標工區：南口北上線洞口與風機



➤ A2 標工區：預力岩栓施作工程



➤ A2 標工區：預力岩栓所用之水泥



➤ A2 標工區：量水堰- 直角三角堰(回收再使用工料)



➤ A3 標工區：排水箱涵及挖土機 ME-弘大鑫 01



➤ A3 標工區：PN3 柱頭板施作



➤ A3 標工區：PN4 柱頭板腹板混凝土澆置



➤ A3 標工區：東岳隧道南口邊坡保護工程

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理 中仁隧道新建工程(C1 標)現場輔導辦理實錄

為確保本標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間碳管理委託服務工作」計畫團隊配合碳盤查執行狀況，每月前往 C1 標工程現場進行現場輔導說明與查核。透過面對面地討論，具體確認碳足跡盤查工作執行狀況、所遭遇的問題，以及後續推動方法與進程。

茲摘要說明 C1 標 102 年度第 12 次現場輔導會議辦理內容如下：

一、辦理時間：民國 102 年 12 月 13 日(星期五) 9:00 ~ 13:30

二、辦理地點：中興公司和中清水段監造工程處會議室

三、討論議題

1. 碳管理日誌、月報填報狀況討論；
2. 線上系統更新；
3. 其他討論事項(年報系統操作與填寫說明)；
4. 臨時動議；
5. 工地參訪。

四、照片集錦



➤ C1 標南口：北上線隧道作業情形



➤ C1 標南口：南下線隧道灌漿作業，使用運具 RENT-01 預拌混凝土車



➤ C1 標南口：一工區排水箱涵頂版混凝土養護



➤ C1 標南口：二工區明溝側牆模板組立作業



➤ C1 標南口：辦公房舍組合屋底板澆置，使用工料：MA-0005 混凝土 210



➤ C1 標南口：辦公房舍組合屋工料堆置區



➤ C1 標南口：預拌廠基礎鋼筋綁紮



➤ C1 標南口：進出道路破損修復，使用工料：MA-0007 混凝土 280

附錄 III 102 年度座談會辦理資料與實錄

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

102 年度座談會辦理說明

為確保本計畫執行工程碳足跡盤查結果得以順利取得國際碳足跡查證聲明，本團隊擬配合國內外道路工程碳足跡產品類別規則(CF-PCR)與產品類別規則(PCR)研訂進程，將正式盤查執行計畫書中、原訂於第五年甫辦理之座談會主題：「道路工程碳足跡(CF-PCR)之研議」，依循今年 5 月適公告之國際碳足跡技術規範(ISO/TS 14067)內容要求，提前於今年以「盤查實務與道路工程碳足跡產品類別規則之發展」為題，辦理本計畫第二次(102 年度)座談會。茲說明本次會議規劃內容如下：

一、會議時間：民國 102 年 11 月 12 日(星期二) 下午 2:00

二、會議地點：中興工程顧問股份有限公司 15 樓簡報室

三、會議辦理目的

透過此座談會集結相關產官學界專家及蘇花公路改善工程處、查驗機構、監造單位、承包商等蘇花改計畫工程碳管理合作團隊人員，共同回顧本計畫開始執行碳足跡盤查至今之近一年期成果，並透過今年中甫公告之 ISO/TS 14067 碳足跡技術規範，與國際道路工程產品類別規則草案的分析，研商我國道路工程碳足跡產品類別規則應包含或排除之內容，作為蘇花改計畫工程碳管理合作團隊執行我國道路工程碳足跡盤查的一致準則，以及我國道路工程碳足跡產品類別規則發展之基礎；進而確保本計畫執行內容能夠與國內外相關規範或參考文件無縫接軌，有效達成取得國際碳足跡查證聲明之目標。

四、主持人：臺北科技大學環境工程與管理研究所 胡教授憲倫

五、與談人

1. 交通部公路總局 夏副局長明勝
2. 中央大學土木工程系 林教授志棟
3. 中央大學營建工程所 黃教授榮堯
4. 行政院環境保護署管考處 李科長奇樺
5. 行政院公共工程委員會 徐技正肇晞
6. 香港商英國標準協會太平洋有限公司台灣分公司業務二部
林協理文華
7. 中興工程顧問股份有限公司大地工程部 李副理怡德
8. 中興工程顧問股份有限公司園區路航部 李副理成淵

六、會議議程

時間	內容	報告單位
13:50 ~ 14:00	簽到	
14:00 ~ 14:10	與會來賓介紹	胡教授憲倫
14:10 ~ 14:30	台9線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳足跡盤查執行狀況說明	中興工程顧問股份有限公司
14:30 ~ 15:00	國際碳足跡盤查規範與參考文件內容說明 我國碳足跡產品類別規則擬訂程序與內容說明 我國道路工程碳足跡產品類別規則內容探討	中興工程顧問股份有限公司
15:00 ~ 15:40	與談人評論	與談人
15:40 ~ 16:00	綜合研討	所有人員
16:00 ~	賦歸	

102 年度座談會發言建議與回應彙整表

發言人/意見	回應/辦理規劃
胡憲倫教授	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 工程排碳量主要為材料(鋼筋、水泥)使用，環保署規劃建置我國材料排碳量基礎數據，或可作為本計畫使用。 2. 瑞典 PCR 包含使用階段，目前我國研擬之 PCR 草案主要著眼於施工階段，草案提及之 50 年營運階段是指維護部分，並不包含使用階段。 3. 道路工程功能單位除訂為每公里道路外，亦須註明道路之等級以作為比較依據。 	<p>本計畫將持續追蹤環保數建置與公告數據；其他對於國際 PCR 之分析與考量我國情形之建議，已納入 CF-PCR 草案修正。</p>
林文華協理	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 有關 CFP-PCR 有效期間建議可延長，以符合目前國內盤查計畫的需求。 2. 為維護盤查數據品質，上游供應商特定場址盤查仍建議持續推動。 3. EPD 系統已公告之一般道路 PCR 中所規範的功能單位轉換之基準排放量並不包括車輛使用過程排放與最終廢棄排放。 4. 道路工程碳管理的前提是需要有相關的基本數據庫的建立，此數據庫係由一級盤查數據而來。 	<p>環保署 CF-PCR 雖規定效期為 3 年，但檢討後將可延長效期繼續沿用。其他數據要求及邊界界定之建議，已納入 CF-PCR 草案修正。</p>
林志棟教授	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 現階段請承包商提供之盤查資料應無法達到一級數據 10% 門檻。 2. 建議可再詳細說明一級數據及二級數據之定義，以利現場工程人員了解。 3. 盤查邊界包含營運管理階段 50 年可能造成施工階段排碳佔比過低，建議可考慮切割施工階段為獨立生命週期 	<p>為能達成一級數據 10% 的門檻，本計畫目前已將盤查對象已開始向上游主要材料供應商(混凝土、水泥、鋼鐵)尋求進廠盤查的可能性；未來將再加強數據品質說明於後續教育訓練課程中。另參照國內外視工程為產品之邊界劃設方式，本計畫所採盤查邊界將完整考量施工、營運階段，但營運管理階段不包含使用的部份。</p>

發言人/意見	回應/辦理規劃
李奇樺科長	
<p>1. 盤查執行狀況說明：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● P.4 如取得環境宣告之第三者查證，盤查對象不僅有「碳」，須提前因應。 ● P.8 盤查邊界廢棄物處理，建議改為「焚化」、「掩埋」等，另「施工管理」是否列入盤查，可再確認。 ● P.13 盤查資料建議增列燃料、油料、氣體使用。 <p>2. 我國道路工程 CFP-PCR 內容探討：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● P.31 道路工程功能單位是否考量以單位面積或長度加單位面積表示，較符合實際，供參考。 ● P.32 數據蒐集單位建議包含完整施工階段期間。 ● P.35 多個供應商須定義清楚「各原料」主要供應商。 ● P.36 使用階段不在盤查範圍內，不須載明「除使用階段外」。 ● CFP-PCR 效期慣例為 3 年，效期到時再檢視內容申請展期。 ● 第三者查證，如不申請碳標籤，建議依 ISO/TS 14067 作為標準。 <p>3. 目前中鋼已提供 20 筆以上數據，未來會儘早完成鋼筋及混凝土之碳排放係數。</p>	<p>本計畫僅以取得盤查對象僅有碳的碳足跡第三者查證聲明為目標；相關文述表達方式將參考與談人意見酌修，並在後續針對施工管理是否屬盤查範圍再作討論確認。另關於 CF-PCR 研擬之建議，已納入 CF-PCR 草案修正；未來在本計畫於執行碳足跡盤查與計算過程中，將持續追蹤環保署彙整公告之相關係數。</p>
黃榮堯教授(蔡宗益博士代理出席)	
<p>1. 第一部分</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 簡報提及截斷原則的使用，由於現階段盤查作業資料蒐集量仍少，建議應收集各項數據，再評估何者可使用截斷原則。 ● 考量蘇花改工程特殊性，一級數據建議仍以蘇花改工程供應商盤查取得為主。 ● 原料生產總量超過 50% 之主要供應商之一級數據用作其他供應商之二 	<p>由於本計畫為國內執行工程碳足跡盤查之首例，故因應切斷原則時係以保守性為考量，先完整蒐集所有數據進行碳足跡計算，俟最後再評估是否採切斷原則處理。另本計畫目前已將供應商盤查列為工作重點之一，以因應一級數據的占比要求；惟盤查後所得產品碳足跡是否作為其他未能盤查的相同產品的碳足跡，則再視盤查結果探討。</p>

發言人/意見	回應/辦理規劃
<p>級數據問題，建議仍應先進行盤查，評估 50%之主要供應商數據是否可達到 10%一級數據門檻。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 實際進行盤查作業時，如有盤查量與合約量不同之情形、工料庫存量或來源確認等問題，可能造成施工廠商管理困擾，應予考量。 <p>2. 第二部分</p> <ul style="list-style-type: none"> ● PCR 草案規劃草案不納入汽車使用，考量道路交通量應由路網來看，不屬於設施本體，不納入計算應為適宜。 ● 道路工程功能單位即便有道路等級區分，但考量國內道路有路基高填土之問題，路基填築排碳量應暫一定比例僅使用道路長度或等級區分是否合宜。 ● 橋樑上構部分，橋梁高度、工法皆會影響排碳量，是否應納入功能單位考量？ ● 簡報提及之復舊工程名詞，不易瞭解實際工程內容，請詳細說明定義。 ● 路基工程具一定碳排放量，應納入工程排碳計算考量。 ● 隧道 PCR 部分，除隧道開挖支撐及隧道主體工程外，橫井、豎井及隧道開挖土方類別對隧道工程排碳量皆有影響，希望能納入考量。 ● 營運年限的訂定應考量各類工程之管理特性，依各類工程特性訂定。 	<p>目前盤查量係與單據數量進行比對查核，工程合約量僅為合理量判斷之參考依據；將進一步透過訪查確認是否造成施工廠商管理疑義。另關於 CF-PCR 可在就不同工程加強的單位及特性表述方式，已納為 CF-PCR 草案修正之參考。</p>
徐肇晞技正	
<p>1. 有關公共工程碳排放管理工作，本會目前主要聚焦估算興建過程之碳排放量，以利顧問機構或主辦機關於設計階段時，檢討材料或工法的置換以達到節能減碳的效益。進行中的工作包括研究應用 PCCES 預算編列架構計算工程碳排</p>	<p>本計畫將持續追蹤各單位執行工程碳管理相關計畫的進度與方向，在計畫執行之餘分享執行經宴，促進國內溝通與共同成長。目前本計畫正盡可能解決一級數據門檻難以達成的問題，為國內執行</p>

發言人/意見	回應/辦理規劃
<p>放量估算，探討以其作為碳排計算工具之可行性；同時協調各部會辦理試辦工程，檢討實務面進行碳估算及碳盤查之困難或限制。</p> <p>2. 依目前本會初步的研究成果，在材料方面，能直接對應並採用的碳排放係數僅有約1%~2%，其餘則需透過工料分析進一步拆解，或採用類似規格屬性的係數，且所收集到的係數，絕大部分僅屬國內外的研究成果，因此，如需依查證的規定達到一級數據10%的門檻，現階段確有困難。</p> <p>3. 未來除了以取得查證聲明書展現公路總局落實碳管理的成績外，建議分析原估算排碳量與實際盤查排碳量的差異，回饋檢討碳排放估算範疇及採用係數，同時亦可作為執行碳管理所得到的節能減碳效益。</p> <p>4. 目前簡報中所草擬三項 PCR 的邊界包含「重置」項目，建議應進一步釐清其意涵及作業內容，避免與「維護」或「拆除」有所重疊或誤解。並建請依蘇花改碳管理的執行經驗探討現行 PCR 草案落實的可行性。</p>	<p>工程碳足跡盤查解套；目前也開始針對已完工之工項的碳足跡盤查計算結果與設計值估算結果進行分析，作為確立碳管制熱點及節能減碳效益的基礎。</p> <p>另關於 CF-PCR 研擬之建議，已納入 CF-PCR 草案修正。</p>
李民政經理	
<p>1. 第一部分：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● P.16，「混凝土」部分是否包含噴凝土？如有，是否可以分開計列？ ● P.17，運輸部份「其他工料」佔38.3%，所指為何？ ● P.17，工料部分，「散裝水泥」所指為何？是否用於噴凝土？另P.16為何無散裝水泥一項。 ● P.18，各種工程是否可以計算每M3之排碳量？ ● P.20，所謂「散裝水泥」所指為何？ <p>2. 第二部分：</p>	<p>為利於快速介紹本計畫盤查執行現況與結果，簡報中的圖表係為簡化後的摘要表述，故混凝土、噴凝土係合併表述，但排放清冊中為分開計列。散裝水泥係為隧道工程管綫鋼管灌漿所用，並非用於噴凝土，故僅見於 C1 標而未見於 A3 標。本計畫目前的工程分項排碳結果分析尚未完善，後續將待工項完工後再作排放總量與單位工程量體的碳足跡計算與探討。</p> <p>另關於 CF-PCR 研擬之建議，已納入</p>

發言人/意見	回應/辦理規劃
<ul style="list-style-type: none"> ● P.28，隧道主體工程建議改稱「隧道襯砌工程」較易於瞭解，另建議將地質改良部分，如固結灌漿等單4獨列項，或將其併入「隧道支撐作業」項目。 ● P.28，「交通設施及其他工程」一項建議改稱「交通及機電設備」，及機電工程可列本項範圍。 ● P.28，是否應增列「電氣機房」乙項。 ● P.28，所謂「復舊工程」所指為何？ ● P.29，隧道附屬設施建議調整為施工橫坑、導坑、聯絡隧道、電氣機房等。 ● P.31，「隧道設備」字眼重覆，建議刪除。 	<p>入 CF-PCR 草案修正。</p>
夏明勝副局長	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 工程碳排放工料絕對佔多數，惟合約中僅要求主承包商提供排碳資料，未要求上游供應商配合，以至現階段取得資料不易，相關經驗可回饋於下次訂約考量。 2. 工程單位對上游供應商約束效力有限，或可透過工程會、環保署協助，擬訂相關標章提供工程單位作為優先供應考量，鼓勵供應商配合碳盤查作業。 3. 碳盤查作業主要目的為建立本土化代表性資料，目前已有道路、橋樑及隧道之代表性案例，以供後續碳評估使用。 4. 目前進行施工階段盤查，未來蘇花改可能進行維護階段盤查。 5. 考量生命週期，施工僅佔一小部分，未來是長期維護階段，除橋樑可能重建外，道路系統多會持續進行維修使用，50年僅為一方便計算生命周期的點。 6. PCR 功能單位橋樑以面積概念規劃，隧道則是以體積概念。道路現以長度規劃，考量道路特性或可考慮以每車道公 	<p>本計畫已將現階段執行經驗陸續回饋於設計監造與主管機關，作為後續擬訂其他標別招標契約文件之參考。本計畫也將持續追蹤國內各不同工程盤查案例的執行狀況，並思考維護階段估算方法，作為提出後續推動維護階段盤查規劃的依據。</p> <p>另關於 CF-PCR 研擬之建議，已納入 CF-PCR 草案修正。</p>

發言人/意見	回應/辦理規劃
<p>里為單位。</p> <p>7. PCR 訂定過於複雜可能不實用，建議操作方便性亦應納入考量。</p>	
李成淵副理	
<p>1. 蘇花改工程主要以隧道、橋樑為主，主要工料為混凝土、鋼筋為大宗，鋼筋由於鋼胚進口問題可能不易取得一級數據，建議可由混凝土著手達成一級數據10%門檻。</p> <p>2. 設計階段即已考量減碳，混凝土規劃採用爐石及飛灰替代，詳細替代用量應詳細記錄。</p>	<p>本計畫目前已先由混凝土廠繼而水泥廠進行盤查範圍的擴充，為達成一級數據門檻持續努力。混凝土中的爐石及飛灰實際替代量，已透過取得混凝土廠各級強度混凝土配比表，及混凝土料單而有詳細記錄。</p>
蘇改處 張凱翔先生	
<p>1. 我國公共工程建設較具特殊性，於碳管理之碳盤查資料收集甚雜，含上、中、下游影響因素甚廣，例：各工程運輸地點(偏遠山區)，各廠機具製作功率及碳排放多寡所佔之比重不一等困難。如何能利用單一案件，推估或回饋其他公共工程之效益？值得多加說明。</p> <p>2. 簡報一：(P.14~P.17) 工程碳足跡計算 A2 標 vs C1 標，起訖調查期間相符，工料、機具等比重相同，惟碳排放量差異卻達 3 倍以上，為免令人誤導，建請補充各單位工料、機具之各單位工料、機具之每單位 tonCO₂e 之計算基準，以分別比較差異性。</p>	<p>由於本計畫為我國道路工程執行碳足跡盤查的首例，除可就量化結果回饋予相近工程的排碳估算與盤查等碳管理工作外，更重要的回饋價值在於執行過程中，對於制度(契約文件內容)、方法(工區內的承包商與協力廠商及工區外的供應商盤查)等的檢討與建議，才是輔助其他公共工程有效執行碳管理的重點。</p> <p>本次座談會簡報為快速介紹本計畫盤查執行現況與結果，數據及圖表皆為簡化後的摘要表述，各排放項目與係數將詳列於本計畫年度排放清冊中。</p>

台9線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

102年年度座談會

簽到單

會議時間：民國102年11月12日(星期二)下午2時00分

會議地點：中興工程顧問股份有限公司15樓簡報室

主持人：臺北科技大學環境工程與管理研究所 胡教授憲倫

出席(列)席單位及人員：

機關或單位名稱及姓名
臺北科技大學環境工程與管理研究所 胡教授憲倫 胡憲倫
交通部公路總局 夏副局長明勝 夏明勝
中央大學土木工程系 林教授志棟 林志棟
中央大學營建管理研究所 黃教授榮堯 黃榮堯
行政院環境保護署管考處及糾紛處理處 李科長奇樺 李奇樺
行政院公共工程委員會 徐技正肇晞 徐肇晞
香港商英國標準協會太平洋有限公司台灣分公司 林協理文華 林文華

機 關 或 單 位 名 稱 及 姓 名

交通部公路總局蘇花公路改善工程處

林日增

張凱翔

陳浩賢

中興工程顧問股份有限公司大地工程部 李經理民政

李民政

中興工程顧問股份有限公司園區路航部 李副理成淵

李成淵

中興工程顧問股份有限公司台9線蘇花公路蘇澳東澳段監造工程處

方凱新

林國光

中興工程顧問股份有限公司台9線蘇花公路和中清水段監造工程處

陳嘉山

榮工工程股份有限公司

張育萍

福清營造股份有限公司

蕭仲良

新亞建設開發股份有限公司

介興營造股份有限公司

江建宏

中興工程顧問股份有限公司

周武雄

許福階

黃如風

林彥亭

楊伊萍

周長華

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

102 年年度座談會會議資料辦理實錄

為確保本計畫執行工程碳足跡盤查結果得以順利取得國際碳足跡查證聲明，本團隊配合國內外道路工程碳足跡產品類別規則(CF-PCR)與產品類別規則(PCR)研訂進程，將正式盤查執行計畫書中、原訂於第五年甫辦理之座談會主題：「道路工程碳足跡(CF-PCR)之研議」，依循今年 5 月適公告之國際碳足跡技術規範(ISO/TS 14067)內容要求，提前於今年以「**盤查實務與道路工程碳足跡產品類別規則之發展**」為題，辦理本計畫第二次(102 年度)座談會。會議內容概要如下：

一、**辦理時間**：民國102年11月12日(星期二) 14:00 ~ 16:00

二、**辦理地點**：中興工程顧問股份有限公司 15樓簡報室

三、**主持人**：臺北科技大學環境工程與管理研究所 胡教授憲倫

四、**與談人**

1. 交通部公路總局 夏副局長明勝
2. 中央大學土木工程系 林教授志棟
3. 中央大學營建管理研究所 黃教授榮堯
(由蔡宗益博士候選人代理出席)
4. 行政院環境保護署管考處 李科長奇樺
5. 行政院公共工程委員會 徐技正肇晞
6. 香港商英國標準協會太平洋有限公司台灣分公司業務二部
林協理文華
7. 中興工程顧問股份有限公司大地工程部 李經理民政
8. 中興工程顧問股份有限公司園區路航部 李副理成淵

五、會議議程

時間	內容	報告單位
13:50 ~ 14:00	簽到	
14:00 ~ 14:10	與會來賓介紹	胡教授憲倫
14:10 ~ 14:30	台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳足跡盤查執行狀況說明	中興工程顧問股份有限公司
14:30 ~ 15:00	一、國際碳足跡盤查規範與參考文件內容說明 二、我國碳足跡產品類別規則擬訂程序與內容說明 三、我國道路工程碳足跡產品類別規則內容探討	中興工程顧問股份有限公司
15:00 ~ 15:40	與談人評論	與談人
15:40 ~ 16:00	綜合研討	所有人員
16:00 ~	賦歸	

六、會議照片集錦



➤ 主持人致詞



➤ 計畫執行狀況說明



➤ 討論議題簡報



➤ 與談人評論-林協理文華



➤ 與談人評論-林教授志棟



➤ 與談人評論-李科長奇樺



➤ 與談人評論-蔡博士宗益



➤ 與談人評論-徐技正肇晞



➤ 與談人評論-夏副局長明勝



➤ 與談人評論-李副理成淵

附錄IV 歷次審查意見回覆及處理情形

「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理委託服務工作」

101 年度年末進度報告審查意見及處理情形

會議時間：中華民國 102 年 2 月 27 日 (星期三) 上午 10 時 0 分

會議地點：蘇花改工程處會議室

主持人：邵處長厚潔

記錄：葉雅芸

審查意見	處理情形
查證單位	
1. 簡報 61 頁，添加飛灰爐石之係數，將再與輔導單位確認。	遵照辦理。本計畫已與查證單位確認飛灰爐石係數，並修正減碳部分計算資料，詳 101 年度年末修正報告書第 5.2 節。
2. 簡報 55 頁，A、C 段，A 段範疇一部分較高，該部份將再與現場人員討論。	遵照辦理。本計畫已與查證單位確認各管理單位碳足跡盤查活動數據與排放量，並修正碳足跡計算與分析結果，詳 101 年度年末修正報告書第 3.6 節。
3. 簡報 51 頁，針對電力係數，建議採用工研院研究所得台灣生命週期電力係數評估報告之係數。	遵照辦理。本計畫已改採工研院文獻所載之台灣生命週期電力係數，並修正相關碳足跡計算結果，詳 101 年度年末修正報告書第 3.5 及 3.6 節。
4. 機具、油料部份，應由整個油槽的使用量進一步確認各機具使用平均之效率，以作為工程碳足跡的油耗管理，請承商再協助。	遵照辦理。本計畫已向各工程承包商暨協力廠商宣導油號分車紀錄方式，部分承商也已配合於機具及油灌車加裝計數器，協助提供較為準確的油耗及操作時數資料。但仍有部分協力廠商因現有設備限制仍無法提供準確數據，此部分將盡可能尋求參考數據卻認其油耗合理性。
5. 人員出勤條文 6.5 中已將人員上下班排除，僅有在報告書中揭露說明，但不納入蘇花改計畫碳足跡之總排碳量。	謝謝指教。人員出勤部份係本計畫考量國外案例文獻評估內容、擬於盤查過程中一併釐清之部分，不納入蘇花改碳足跡查正總量中。本計畫已據此修正碳足跡盤查結果分析內容，詳 101 年度年末修正報告書第 4.1 節。
6. 查核時，針對總投入與總產出，總產出包括實際真正跑到工地中的材料及廢棄物會去作一個平衡的動作，其用意在於計算所投入的能	遵照辦理。考量目前工程尚於開始階段，未有廢棄物輸出的紀錄，故本計畫已先將累計進料量(總投入量)設為盤查清冊建立時的必要統計項目，已利比對確認使用量的合理性。

審查意見	處理情形
源與材料成為最後產出物時的使用率，如此可評估材料與能源管理是否適宜，是否有浪費。	後續將於今年度再加入累計廢棄量統計，以利於資料累積的同時，輔助分析該工程材料與能源管理是否合宜。
7. 未來查核時煩請工務段提供施工計畫，俾利比對是否有遺漏項目。	遵照辦理。本計畫已將各項施工計畫的提供納入後續執行建議文述中，詳 101 年度年末修正報告書第 6.3 節。
工程處	
1. 簡報 49 頁，C 段用水 2000 多度漏水，意外狀況是否排除？或以備註說明？以釐清實際正常狀況的排碳量。	謝謝指教。本計畫後續進度報告中新增以假設情境的方式，說明排除非正常狀況(如漏水)造成之碳足跡增量後，以及正常狀況的排碳量。
2. 相對應油耗的問題，A2 標以上下班均通勤的油耗納入計算，惟其他標亦非每個同仁均住宿舍，故建議僅計算辦公室到工地的運輸油耗。	謝謝指教。人員出勤部份係本計畫考量國外案例文獻評估內容、擬於盤查過程中一併釐清之部分，除 A2 標因開供初期上無宿舍，故人員以通勤方式出勤居多外，A3 標亦有少部分人員係以通勤方式出勤；即各標的計算標準皆相同。惟此部分排碳並不列入查證，故本計畫已修正碳足跡盤查結果分析內容，詳 101 年度年末修正報告書第 4.1 節。
3. 簡報第 53 頁，C1 標 101 年總工程碳排放量為 82.04tonCO ₂ e，另簡報第 55 頁，C 段 101 年度工程管理碳足跡為 40.09tonCO ₂ e，兩者關係為何？	謝謝指教。C1 標 101 年度總工程碳排放量係指工區活動所造成的總碳足跡計算結果，C 段 101 年度工程管理碳足跡係指 C1 標、和中監造工程處及蘇花改和中段辦公室及宿舍碳足跡計算結果。為避免混淆，總工程碳排放量已修正為工區碳足跡計算結果，詳 101 年度年末修正報告書第 3.6 節；工程管理碳足跡則修正為管理單位碳足跡計算結果，詳 101 年度年末修正報告書第 3.7 節。
4. 以目前 A 段與 C 段之盤查結果是否可推估 B 區之碳排放量？或是否可與當初設計時推估值比對？	謝謝指教。配合工程進度，本計畫 101 年度盤查內容主要為各土建標於開工初期、非主體工程(如：清除掘除、圍籬、便橋工程等)，故碳足跡量化結果尚不足以進行 B 段隧道工程的碳足跡推估及設計階段推估結果的比對。此部份有待盤查作業持續執行，累積更多工程特性與碳足跡之關聯分析結果後，再配合 B 段工程特性進行排放量推估及 A、C 段設計階段推估值評析。

審查意見	處理情形
5. 未來推估 B 段之排碳量時，是否以功能單位推估？或以其他方法推估？	謝謝指教。本計畫將持續對於盤查資料與碳足跡計算結果進行關聯分析，盡可能整合出較工程碳足跡之功能單元更為細緻、更能展現工程差異性的碳排放推估參數，如：單位體積之井式基礎或樁基礎之碳足跡，作為推估 B 段工程碳足跡之依據。
6. 格框護坡工程，播撒草種植生是否可抵扣排碳量？	謝謝指教。依據國際碳足跡評估標準，碳匯(植生)變化量必須納入於碳足跡盤查範圍中；惟目前瑞典交通部提出之道路設施產品類別規則初稿中提及，植生對於碳吸存量的貢獻可量化表述但不得直接抵扣。故本計畫未來對於播灑草種可造成的碳匯增加量，將參考盤查規範與盤查結果進行計算，但與碳足跡分別表述而不直接抵扣。
7. 報告 2-8 頁，基本模組 7.1 系統邊界所列之工程生命週期評估範圍界定原則第 5 項：工程過程使用機具、建物若生命週期超過 3 年則可不計入。本計畫是否適用？	謝謝指教。該營建基本模組內容所述：使用機具、建物生命週期超過 3 年可不計入的原則，係指該機具製造與建物建造過程的排碳量可不計入，與目前本計畫執行盤查、量化碳足跡時，不計入的範圍相符。
8. 報告 3-32 頁，101 年座談會中，專家學者有意見提及道路設施使用年限將涉及盤查邊界，該邊界是否已有初步的想法？	謝謝指教。此部份本計畫規劃待瑞典道路設施產品類別規則正式公告，並配合本計畫第 4 年度營運管理之碳足跡評估範疇座談會之辦理，於會議中綜整國內學者專家之建議後，再作確認與定案。
9. 減碳策略研析中，在養護工程中有排除除草劑，請再確認。	謝謝指教。本計畫於報告書 5.1 節所述，皆為國外文獻所提之減碳策略回顧彙整之結果，而非本計畫建議之減碳策略。考量我國道路養護工程有排除除草劑之規範，本報告已移除除草劑替代機具使用之文述，詳 101 年度年末修正報告書第 5.1.1 節。
10. 簡報檔中 P.53「挖溝機」，請修正為挖土機，報告中亦請一併修正。	謝謝指教。本計畫已將挖溝機一致修正為挖土機。
11. 爐石飛灰取代描述的方式，各工程界都採相同的方式，故描述方式建議採實際用量與設計用量比較。	謝謝指教。本計畫將於後續進度報告中，再加入設計階段研提之爐石飛灰替代量，於減碳策略評析時，與實際替代量一併說明。
12. B 區、A 區施工特性不同，B 區隧道由舊北迴隧道開工作面施作，故	謝謝指教。本計畫將依據 A、C 段盤查內容與結果，比對 B 段工程數量計算書、施工計

審查意見	處理情形
運距較 A 段隧道長，建議就 B 區施工特性再予以評估後續推估之方式。	畫書、分項施工計畫書及施工日誌或監造月報等資料，了解 B 段施工特性及其與 A、C 段施工條件之差異，再據以選擇適當的參數，進行碳足跡推估。
13. 每種機具的油耗若可以真實記錄量測，對於承商機具的利用率及保養可有相對應的成果比較，對我們也有實質幫助。請監造配合承包商想出方法可忠實的記錄油耗資料。	遵照辦理。本計畫將再與監造單位向承包商進行宣導，尋求能夠盡可能確實記錄工區機具操作時數與油耗量的方法。
結論	
1. 請南澳段儘速提供碳管理窗口，並繳交年度報告。	遵照辦理。本計畫已於 102 年 3 月份陸續收到蘇澳、和平及南澳工務段年報暨佐證資料，相關資料待檢核後再進行碳足跡量化計算，結果將整理於後續進度報告中。
2. 本計畫已納入由本國主辦的 2015 國際橋梁會議，請輔導單位預為準備。	遵照辦理。
3. 請各工務段協助提供分項施工計畫，俾利碳盤查比對與推估。	遵照辦理。本計畫已於 3 月份現場輔導會議中提出此需求，將由工程處、工務段與監造單位人員共同協助確認資料索取時機與排程。
4. 未來年度報告後應有站在第三人公正的立場提出之建議，以利本計畫推展。	遵照辦理。本計畫已新增由第三人公正的立場提出之碳足跡盤查工作推展建議，詳 101 年度年末修正報告書第 6.3 節。

「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理委託服務工作」

102 年度年中進度報告審查意見及處理情形

會議時間：中華民國 102 年 8 月 23 日 (星期五) 上午 10 時 0 分

會議地點：蘇花改工程處會議室

主持人：邵處長厚潔

記錄：林日增

審查意見	處理情形
查證單位	
<p>1. 簡報檔 P7 頁提及為取得 ISO/TS 14067 查證聲明作準備一案，目前公路總局共有 4 段公路工程同時執行碳足跡之評估，然 ISO/TS 14067 為技術規範之位階，並非為國際標準 ISO 之位階，故其他團隊對於有關 ISO/TS 14067 之適用性，可能有所疑慮，為求其一致性，建議應達成共識後再決議是否改採用 ISO/TS 14067 作為查驗標準之依據。(決議：應由公路總局統一後本處據以執行)</p>	<p>遵照辦理。本計畫將依公路總局決議據以執行。</p>
<p>2. 有關 PCR 使用階段維護之計算年限的制定，目前尚未有明確之決議，年限之訂定應有所依據，如依據政府財產管理所訂定之年限，或其他相關規定之依據來源。</p>	<p>遵照辦理。本計畫將納入此議題於本年度座談會之研議項目中，提供公路總局研定我國道路、隧道及橋梁工程碳足跡產品類別規則參考，並作為本計畫後續量化工程碳足跡之依據。</p>
工程處	
<p>1. 簡報檔 P37 頁，宜興公司於運量大時會使用到外車，應納入盤查內容。</p>	<p>謝謝指教。由於外車並非固定僅服務於宜興公司之混凝土運輸，故相較於自車的油耗量與里程數可持續累計、按月紀錄，外車的盤查必需是逐車記錄每趟次運輸里程，並記錄逐次加油量以進行各趟次油耗量分配；無論是紀錄的可取得性或正確性都有疑義。在運輸排放僅佔總工區碳足跡小於 5%(混凝土運輸為其中的一部份)，且宜興公司無可要求所有外車提出每趟次里程數與油耗量之依據的情況下，本計畫</p>

審查意見	處理情形
	將先限縮以混凝土廠自車排放盤查為主。
2. 建議可調查拌合車運輸路徑之高程變化及容量等變因，研究分析。	謝謝指教。由於混凝土廠拌合車在調派時並不會以特定車輛行駛特定路線，故較無法由混凝土廠提供之資料進行運輸路徑高成、容量等油耗因子分析。此部分本計畫將試以承包商自有混凝土預拌車進行分析研究。
3. 請將歷(前)次審查意見與結論之應將辦理情形列入審查會簡報內容。	遵照辦理。本計畫已將歷次審查意見已列入102年度年中修正報告書附錄IV。
結論	
1. 請中興計畫團隊將需調查之上游原料資料，製成簡表陳報工程處，由本處函請相關廠商配合填寫。	遵照辦理。本計畫將就擬盤查之上游原料廠商別及調查資料製成簡表，再陳報工程處函請相關廠商配合填寫。
2. B區工程碳足跡推估方案原則採方案二(以不同特性工程之工料排碳為單元)，並請計畫團隊設計所需資料表格後，邀集B區廠商研議細節。	遵照辦理。本計畫將採102年度年中修正報告書第4.4節方案二設計B段碳足跡推估資料調查表，再據以邀集B區廠商研議細節。
3. 年末進度報告請就各標相同工項之盤查結果進行比對分析，並提出實質施工階段減碳措施建議。	遵照辦理。
4. 未來年度進度報告將聘請專家學者參與審查，請計畫團隊提供專家學者資料庫。	遵照辦理。
5. 東澳段將有土方外運，請計畫團隊協助量化比較卡車、火車運輸排碳量。	遵照辦理。
6. 申請CF-PCR產品類別規則所需辦理之利害相關者會議、專家諮詢會議是否與本契約之座談會合併舉行，請中興公司再予研議，必要時再專案提出。	遵照辦理。本計畫已隨8月份工作報告提送本年度座談會辦理規劃書(附件五)，初步建議與申請CF-PCR產品類別規則所需辦理之會議分開辦理，以利事先凝聚並彙整成為蘇花改工程碳足跡盤查經驗與建議，再於其他會議中提出供參。

「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理委託服務工作」

102 年度年末進度報告審查意見及處理情形

會議時間：中華民國 103 年 3 月 20 日（星期四）下午 1 時 30 分

會議地點：蘇花改工程處會議室

主持人：黃副處長鳳岡代

記錄：林日增

審查意見	處理情形
一、英國標準協會台灣分公司（BSI）	
<p>(一) 於現場稽查時發現缺失如后列：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 承包商單據收集及登錄仍有遺漏，建議計畫執行團隊應協同監造單位與承包商研議完整之收集制度。 2. 各承包商就資本財與耗材之認定標準不一致，建議計畫執行團隊應與承包商釐清並統一標準。 3. A3 標預力套管為複合性材料，應進一步進行拆解，釐清各成分之排碳量。 4. 工地所使用之變壓器，其絕緣體若含 SF₆，是否應納入盤查範圍，請考量。 	<p>茲分項說明缺失改善狀況如后：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 已同監造單位與 A1 標承包商達成協議，自 103 年起即按月提供混凝土供應商出貨明細，以避免單據收集及登錄有遺漏的情形再發生；其他主要工程材料如有相同情事亦會再要求承包商協助提供。 2. 已就各標承包商盤查日誌填報迄今之資本財與耗材認定標準再作釐清並統一計算標準、完成修正。 3. 已將 A3 標預力妥善拆解並補充套管接頭納入 102 年度預力套管碳排放量計算。 4. 經確認，工區臨時用電所用之變壓器若使用 SF₆ 氣體作為絕緣材，則必須納入工程碳足跡計算；但目前 4 標工區用電所用之變壓器經詢問後，確定並未使用 SF₆ 而是以絕緣油為絕緣材。
<p>(二) 因基礎建設碳足跡產品類別規則 (CF-PCR) 尚處於磋商階段，建議目前材料應以 100% 盤查為目標，未來 CF-PCR 完成後，再律定排除盤查之項目。</p>	<p>遵照辦理。本計畫目前並未直接排除任何材料於盤查範圍外，將待相關參考文件或規範訂定完成後，再以盤查結果分析排除項目。</p>
<p>(三) 本計畫係以全生命週期計算碳排放量，目前部分加工階段之排碳量尚未計入，應儘速改善。</p>	<p>遵照辦理。本計畫已於年度預審會議邀請生命週期評估軟體(GABI)廠商，會同搜尋國外係數資料庫內建之材料加工階段排放係數，但並無可直接適用之項目。此部份將本計畫將依排放貢獻程度，儘速與供應商確認材料加工作業內容，並據以加工階段排碳量。</p>

審查意見	處理情形
二、廖洪鈞教授	
(一) 減碳之作為應可從設計時力求減少量體，以達較高之減碳效益。	謝謝委員指教。本計畫將在後續基於更多盤查資料與碳足跡計算結果，量化說明工程量體與排碳間的關係，再據以提出減碳作為。
(二) 建議可藉由碳盤查結果分析，檢討承包商施工活動量排放熱點，並促使承包商作自主管理，以達減少排碳量與成本降低之雙贏目標。	謝謝委員指教。本計畫將以本修正報告第四章內容，於後續各標現場輔導時，配合日誌檢核狀況，提出排放熱點說明與排碳控制的建議，藉以形成排碳與成本控制相輔相成的觀念，推動承包商的自主管理。
(三) 建議可參考施工網圖方式呈現總排碳量，以了解工程進度各階段之排碳量。	遵照辦理。本計畫已著手研析施工網圖成現方式，將據以配合碳足跡計算結果，於 103 年年中報告中提出整合呈現方式。
(四) 期盼計畫執行團隊以建立本土化排碳係數為目標，減少引用國際係數之占比。	謝謝委員指教。本計畫團隊目前除已掌握大宗混凝土供應廠的自廠數據外，現正與水泥廠及鋼鐵廠積極洽詢進廠協助盤查取得碳足跡係數之可能性，另能源(汽柴油、電力)碳足跡係數則是已引用我國盤查結果；後續也將持續以取得並採用本土係數進行碳足跡計算為目標。
三、陳立憲教授	
(一) 碳足跡計算結果以百分比計算會隨工程進度不斷改變，建議參考施工網圖呈現進度、成本的方式，構思如何將盤查結果一併呈現。	謝謝委員指教。本計畫已著手研析施工網圖成現方式，將據以配合碳足跡計算結果，於 103 年年中報告中提出整合呈現方式。
(二) 輔導盤查執行過程中，應時時反思碳足跡盤查產出結果的目的，確保執行成果能夠更具應用價值。	謝謝委員指教。本計畫將在確保盤查資料的及時性與正確性的同時，持續思考與檢討盤查資料更有效整合分析與應用的方式，確保盤查結果能夠符合本計畫設定之目的，包括：回饋予其他工程計畫於規劃設計階段進行排碳估算與減量設計、加強工程開發計畫的環保意識及民眾溝通，及帶動營造產業供應鏈低碳化。
(三) 相關用詞宜更明確，如工料、基礎工程等名詞應進一步修正以免誤解。	遵照辦理。本計畫已於修正報告中一致將工料改以工程材料或材料撰述，並刪去基礎工程一詞、改以基樁工程之基礎層表述。
(四) 就工程材料分類進行排放佔比分析時，應力求類別的一致性（思考混凝土、水泥、水泥砂漿是否加以解析歸為同類）。	謝謝委員指教。本計畫目前係循各標填報方式與名稱，直觀地進行排放源評析。後續於 103 年度年中進度報告進行整合分析時，將進一步整理各標工程材料之類別進行名稱與內容比

審查意見	處理情形
	較表，進而在排放源分析時作一致的呈現。
(五) 工程材料中有許多複合性材料是無法直接取得生命週期碳排放係數的，現階段因為查詢不到係數以致於未進行量化的項目比例為何？又如如鋼纖噴凝土是否有將鋼纖維和混凝土分開計算？	謝謝委員指教。本計畫對於複合性材料排放量的計算，係透過使用量與組成成分比例、計算出該材料各成分之重量，再分別乘以各成分之排放係數，求得該材料使用之碳足跡總量；目前並沒有未進行量化的項目。以鋼纖噴凝土為例，本計畫係將鋼纖噴凝土用量依配比表及料單取得混凝土及鋼纖維的重量，再各別以鋼纖維及混凝土排放係數計算排碳量。
(六) 就目前盤查與碳足跡計算結果，一級數據占比如何？對於計畫目標：取得碳足跡查證聲明是否有影響？如何因應？	謝謝委員指教。目前蘇花改所使用係數列為一級數據項目包括汽柴油及電力，故以截至 102 年底之碳足跡計算與分析結果可知，除 A2 標一級數據比例超過 10% 外，其餘標別皆小於 10%。依據 PAS2050 規範，一級數據比例需達 10% 以上才能取得合理保證等級的查證聲明，而 ISO/TS 14067 對此則無明確規範。本計畫規劃以擴大盤查範圍及大宗材料供應商協商兩種方式，力求數據品質的提升，以滿足一級數據比例、達成取得較佳等級查證聲明的目標。
(七) 本計畫以線上資料庫型式蒐集彙整盤查資料，有助於資料保存與分析；建議進一步思考不同標別間用詞及活動量單位不統一的狀況要如何作預防或處理，以利資料庫內容未來更夠有效加值應用。	謝謝委員指教。本計畫建置資料庫系統第一階段即首重於使用者填報資料的便利性，以及支援正確性查核的功能；隨著目前已有 4 標的填報經驗，相關表單與系統功能也已趨於穩定，本計畫已規劃將進一步針對就材料名稱與單位轉換問題規劃新資料表與填寫方法，做為後續跨標進行資料整合與排放特性分析之依據。
(八) 研提減碳策略時，應著重於工程技術、工程材料的差異分析，避免見樹不見林。	謝謝委員指教。本計畫將於後續蒐集及研提減碳策略時，對於工程技術或材料使用之差異加強說明，就小處減碳但整體而言可能並非減碳的策略進行評析。
(九) 目前盤查作業係以正面鼓勵的方式，請求施工廠商配合盤查作業；建議計畫執行團隊未來可依據執行經驗，就改變制度強化廠商配合能力與程度提出建議，如活動量盤查結果需經查驗核可後再予計價。	謝謝委員指教。本計畫將持續累積盤查輔導經驗，透過不同施工及協力廠商於承包和經營模式、資料提供狀況與數據品質的差異分析，再就制度方面提出調整建議。

審查意見	處理情形
(十) 碳匯調查部份可思考應用無人飛行載具(UAV)的可行性。	謝謝委員指教。考量工程內容既定作業項目與資料的可及性與可信度，本計畫將以現場放樣實測所得之區域面積，作為碳匯變化計算所需之土地利用改變數量。
(十一) 各標碳足跡計算結果評析簡報應加入工程特性說明，以利於理解及提出有效的分析建議。	謝謝委員指教。本計畫將於後續碳排放量化結果評析簡報製作時，增加各標工程特性說明，以利委員理解及有效提出分析建議。
(十二) 報告書中部份文字、章節誤植，單位未統一，請計畫執行團隊再作檢查修正。	遵照辦理。本修正報告已就內文與章節標題文字誤植，及單位不一致的狀況完成修正。
四、吳副處長明恩	
(一) A3 標東岳隧道碳排放量雖佔總體的 4%，仍請分析其工料及機/運具使用之排碳量。	遵照辦理。已於修正報告中加入東岳隧道工程材料及機、運具使用之排碳量，詳本修正報告第四章 4.2.1 節。
(二) A1 標永樂高架橋 P2 基礎因品質因素，需打除重作，該部分排碳量建議納入盤查範圍。	遵照辦理。經與查驗單位及承包商確認，P2 基礎拆除之排碳活動量已另立工項並完整記錄於 103 年度盤查日誌中；以利後續提出因打除所造成之碳排放量。
(三) 工料名稱各標應統一（如竹節鋼筋）。	遵照辦理。本修正報告已先就各標主要工程材料名稱不一致的狀況完成修正；後續將採建立工程材料名稱對照表的方式，同時保留各標自行命名的彈性及本計畫報告書文述的一致性。
(四) 速凝劑、鋼筋續接器等工料，於 A1、A3 標碳排放量佔比為 0，請再檢核。	謝謝委員指教。經確認，A1 標與 A3 標速凝劑排碳占比分別為 0.013%及 0.049%，原報告係因小數位數較少所以顯示為 0。本計畫已將此類型數據一致修正為<0.01，以免誤解。
(五) 支保名稱建議應詳細區分為桁型或 H 型鋼支保。	謝謝委員指教。本修正報告已就 C1 標支保類型增加於規格說明及相關文述中。
(六) C1 標土方外運至 B4 標部分，是否有納入盤查？	謝謝委員指教。C1 標土方外運作業有納入本計畫盤查範圍，由承包商以特定工程項目填報運具操作紀錄。惟本項作業排放量係歸屬於 B4 標的工程碳足跡，故未計入於本修正報告中所載之 C1 標年度排放量中。
(七) 承包商之營區是否納入盤查範圍？各標作法應一致。	謝謝委員指教。由於承包商之工務所應納入工程碳足跡盤查範圍，故營區是否納入應視其用途決定。經與查證單位討論確認，若營區房舍僅單純作為宿舍使用，則不需納入盤查；但營

審查意見	處理情形
	區若包含工務所與宿舍、且難以區隔其排放量時，則應一併納入盤查範圍。
(八) 簡報 P.46，A1 標與 A3 標於基樁長度 30m 時，混凝土排碳量實際與設計差異分為 12%與 2%，建議應分析其原因。	遵照辦理。此部份已修正並加強說明於本修正報告第四章 4.2.4 節。
(九) 簡報 P.48，基礎體積與基礎排碳量所呈現之關係，應增加論述解釋該現象。	遵照辦理。此部份已修正並加強說明於本修正報告第四章 4.2.1 節。
五、蘇花改工程處工程科	
(一) A2 標與 C1 標開工時間相近，工程規模相似，且同以隧道工程為主體，惟排碳量於報告書中差異甚大，其計算標準是否一致？	謝謝指教。本計畫係以相同標準計算 A2 標與 C1 標排碳量；分析造成兩標排碳量差異的原因，初步可歸因於 C1 標本年度隧道開挖所在的地層多屬崩積層，地質較 A2 標脆弱，故所用的每組支保類型(H 型支保)已較 A2 標所用的(桁型支保)排放量大，且相同的材料(管冪鋼管、灌漿水泥等)使用量也都較 A2 標多，使得 C1 標本年度排碳量明顯高於 A2 標。本計畫已據此增加環境條件對於工程排放之差異分析於修正報告中，詳第四章 4.3 節。
(二) ISO/TS 14067 目前非為國際標準 ISO 之位階，若 ISO/TS 14067 遭作廢，是否有因應之對策，本計畫是否仍能取得查證聲明書？	本計畫執行所設定之預期成效之一：取得道路工程(含土建、機電及交控)碳足跡查證聲明書，係以 ISO 14067 為原則；但在 ISO 14067 未公告的情況下，則以取得 PAS 2050 查證聲明取代。目前 ISO 所公告的碳足跡標準僅為技術規範，可視同 ISO 標準尚未公告；故未來即使 ISO/TS 14067 作廢，本計畫則將以 PAS 2050 為標準、力求取得較佳等級的查證聲明書，而不致於有無法取得查證聲明的狀況。
(三) A2 標土方外運使用火車運輸之排碳量，應計入土方上、下車之活動量，以免失真。另火車運輸分別用 3 種國內外碳排係數進行分析，是否有官方公告之係數，以符合本土之特性。	謝謝指教。A2 標土方外運作業過程中土石上、下火車的機具操作能耗排放，皆有納入盤查與排碳量計算；惟其中有部分排放其實應歸屬於宜蘭縣政府，將待土方外運告一段落後再作分配、排除於 A2 標碳足跡之外。另關於火車運輸排碳係數，由於國內尚未有官方公告的係數資料，故本報告書暫以 3 種排放係數進行綜合分析，以確保分析結果的正確性；未來將

審查意見	處理情形
	持續追蹤火車運輸係數發展狀況或自行蒐集國內數據進行彙算，再作更新比對。
(四) 目前上游原料廠商提供資料辦理情形如何？該一級資料之佔比是否會影響查證聲明書之取得？	<p>謝謝指教。本計畫目前上游供應商提供資料情形如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A 段東澳部份主要混凝土供應商宜興混凝土預拌廠南澳廠已自 102 年 7 月起提供碳足跡係數所需之相關資料； 2. 主要水泥供應商信大、亞泥已於 102 年 10 月提供 101 年度產品及材料、能資源使用資料，目前正進一步連繫進廠盤查事宜； 3. 已於 103 年 3 月與 A3 標鋼筋供應商東和鋼鐵取得連繫，預計將於 4 月前往拜訪討論鋼筋碳排放量盤查事宜。 <p>依據 PAS 2050 標準，一級數據比例需達成 10% 以上方能取得合理保證等級之碳足跡查證聲明，而 ISO/TS 14067 則無明確規範。故就目前盤查狀況與規範的了解，一級數據比例將不影響查證聲明書之取得，惟本計畫將持續力求數據品質的提升，盡可能滿足 10% 的一級數據比例要求、以取得較佳等級查證聲明為目標。</p>
(五) 簡報各標碳排放量與報告書內容不相符，請再檢核修正。	遵照辦理。本計畫 102 年度年末進度報告書審查簡報中所載之排放量，與報告書內容不盡相符之原因，係由於報告書提送後又歷經查證小組年度稽查、部分排碳活動項目與數量補正及排放係數修正所致；本修正報告已依據查證單位年度預審與簽認之數量完成檢核修正。
六、蘇花改工程處東澳工務段	
(一) 建議隧道工程所使用之炸藥應納入盤查範圍。	謝謝指教。炸藥本屬盤查範圍內的工程材料項目之一，惟 A2 標與 C1 標 102 年度尚未開始使用炸藥，故未有相對應排放量；此部分自 103 年 1 月起開始有運入及使用紀錄，將列入碳足跡計算與工程材料排碳分析內容中。
結論	
一、本計畫之目標亦包括將盤查分析結果分享予承包商，促使承包商加強自主管理，以達施工中減碳之效	遵照辦理。本計畫已於 3 月份現場輔導口頭告知承包商碳盤查專員，後續將邀其參加盤查分析結果報告，以加強承包商於施工中進行自主

審查意見	處理情形
益，故爾後的年度報告及檢討會可適時提供承商或邀其一併參加。	管理，及後續施行減碳措施的可行性與效益。
二、請南澳工務段督促 B 區監造單位及承包商，於 3 月底前回報工程碳足跡推估資料調查表。並請計畫執行團隊於整理 B 區試填結果後，最遲於下次季報中說明試填結果是否符合需求及建議改善事項。	遵照辦理。本計畫將於蒐集彙整 B 區試填結果後，最遲於下次季報中說明試填結果是否符合需求，以及建議改善事項。
三、請中興公司依委員及各單位意見檢討修正報告並製作審查意見答覆表函復本處。	遵照辦理。
四、前述意見中若有執行困難或尚有待統一處理方式者（如盤查項目之細緻度），可視今年 5 月總局辦理整合性研討會時確認方向再據以調整。	遵照辦理。