

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

103 年度年中進度報告書
(修正報告)

中興工程顧問股份有限公司

中華民國 103 年 10 月

目 錄

目錄.....	I
圖目錄.....	V
表目錄.....	IX
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
2.1.4 工程相關產品第三類環境宣告(EPD).....	2-21
2.2 先進國家道路工程碳管理制度.....	2-30
2.2.1 先進國家碳管理及減碳管理架構.....	2-30
2.2.2 先進國家碳排放計算工具.....	2-41
2.3 國內道路工程相關碳管理政策規範與案例.....	2-45
2.3.1 國內相關政策說明與趨勢研析.....	2-45
2.3.2 我國道路工程碳足跡產品類別規則之發展.....	2-51
2.3.3 我國產品碳足跡排放係數資料庫建置工作.....	2-56

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、說明會及啟始會議辦理說明	3-4
3.1.2 本年度座談會：公路工程碳管理制度及實務研討會辦理說明	3-7
3.1.3 供應商訪談與資料蒐集初步結果	3-11
3.2 工程碳足跡盤查資料庫系統設計與建置	3-13
3.2.1 碳足跡盤查表單說明	3-13
3.2.2 碳管理資料流程分析結果	3-17
3.2.3 碳足跡盤查資料庫管理系統功能設計與建置	3-19
3.2.4 碳足跡盤查活動資料蒐集介面說明	3-20
3.2.5 碳足跡盤查活動資料鎖定及分析介面說明	3-31
3.2.6 年報系統建置說明	3-34
3.3 碳足跡係數蒐集與選用原則	3-36
3.3.1 係數選用原則	3-36
3.3.2 係數資料庫系統設計與建置	3-37
3.3.3 係數蒐集與分析方法說明	3-39
3.3.4 係數計算結果	3-42
3.4 工程碳足跡盤查執行成果說明	3-46
3.4.1 東澳東岳段新建工程(A3 標).....	3-46
3.4.2 中仁隧道新建工程(C1 標).....	3-66
3.4.3 東澳隧道新建工程(A2 標).....	3-84
3.4.4 蘇澳永樂段新建工程(A1 標).....	3-110
3.5 南澳和平段(B 段)工程碳足跡調查與推估階段性成果	3-127
3.5.1 工程管理碳排放活動量蒐集及碳足跡試算	3-127
3.5.2 谷風隧道新建工程(B3 標)活動量調查與碳足跡試算	3-132
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).....	4-10
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).....	4-21
4.2.3 東澳隧道新建工程(A2 標).....	4-23
4.2.4 蘇澳永樂段新建工程(A1 標).....	4-25
4.2.5 機/運具單位油耗分析.....	4-27
4.3 工程碳足跡環境影響因子探討.....	4-33
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.....	5-20
5.3 減碳措施之實際減碳成效檢討.....	5-28
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-1 A3、C1、A2 及 A1 標現場輔導工作辦理實錄	
附錄 II-2 B 段土建標工程碳足跡推估資料調查說明會議辦理情形	

附錄 II-3 C2 標啟始會議辦理實錄

附錄 III 103 年度座談會(公路工程碳管理制度及實務研討會)辦理成果報告

附錄 IV 歷次審查意見回覆及處理情形

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 2.1.4-1	道路工程產品類別規則對應環境宣告文件查詢頁面.....	2-22
圖 2.1.4-2	N-340 道路位置與構造物實景.....	2-23
圖 2.1.4-3	N-340 道路 EPD 系統邊界.....	2-24
圖 2.1.4-4	N-340 道路不同生命階段之於全球暖化衝擊的影響占比.....	2-25
圖 2.1.4-5	N-340 道路不同模組之於全球暖化衝擊的影響占比.....	2-26
圖 2.1.4-6	N-340 道路不同建造活動之於碳排放的影響占比.....	2-26
圖 2.1.4-7	Arroyo Valchano 鐵路橋梁位置、結構與構造物實景.....	2-27
圖 2.1.4-8	Arroyo Valchano 鐵路橋梁 EPD 系統邊界.....	2-28
圖 2.1.4-9	Arroyo Valchano 鐵路橋梁不同建造活動之於碳排放的影響占比...2-30	
圖 2.2.1-1	不同範疇之溫室氣體排放項目示意圖.....	2-32
圖 2.2.1-2	營造業可能涵蓋之事業體.....	2-33
圖 2.2.1-3	工程計畫碳排放評估項目示意圖.....	2-34
圖 2.2.1-4	美國 I-93 州際公路橋梁上構替換工程示意圖.....	2-34
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.....	2-35

圖 2.2.1-6	英國公路局碳管理相關計畫發展進程.....	2-36
圖 2.2.1-7	英國公路局碳管理架構.....	2-37
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.....	2-37
圖 2.2.1-9	英國重大工程計畫碳管理及減量步驟示意圖.....	2-38
圖 2.2.1-10	開發計畫減碳類型分析示意圖.....	2-40
圖 2.2.2-1	英國公路局碳排放量計算器.....	2-42
圖 2.2.2-2	英國環境署工程計畫碳足跡計算器.....	2-43
圖 2.2.2-3	英國環境署工程計畫碳足跡計算案例.....	2-44
圖 2.3-1	我國道路工程碳管理相關政策發展示意圖.....	2-45
圖 2.3.1-1	公路總局道路工程碳管理架構.....	2-48
圖 2.3.1-2	公共工程碳排放量估算試辦案例推動流程.....	2-51
圖 2.3.2-1	產品類別規則文件訂定流程.....	2-53
圖 2.3.2-2	台灣產品碳足跡資訊網公告 3 項工程類 CF-PCR.....	2-55
圖 2.3.3-1	環保署本土碳足跡排放係數資料庫建置內容規劃.....	2-57
圖 3-1	工程碳足跡盤查範圍示意圖.....	3-1
圖 3.1.1-1	B 段土建標工程碳足跡推估資料調查說明會辦理情形.....	3-6
圖 3.1.1-2	仁水隧道新建工程(C2 標)碳足跡盤查啟始會議實況.....	3-7
圖 3.1.1-2	公路工程碳管理制度及實務研討會辦理情形.....	3-9
圖 3.1.3-1	宜興混凝土南澳廠單位混凝土體積油耗率(L/m ³).....	3-12
圖 3.2.1-1	碳足跡盤查日誌填報、檢核與矯正回覆流程.....	3-16
圖 3.2.2-1	蘇花改計畫碳管理資料流示意圖.....	3-18
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.....	3-19
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.....	3-21
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.....	3-22
圖 3.2.4-3	蘇花改碳排盤查登錄清冊資料填查頁面.....	3-22
圖 3.2.4-4	蘇花改碳排盤查系統：「日誌一般」填報頁面.....	3-24
圖 3.2.4-5	蘇花改碳排盤查系統：「日誌運輸」填報頁面.....	3-25
圖 3.2.4-6	蘇花改碳排盤查系統日報檔下載之 Excel 檔.....	3-26

圖 3.2.4-7	蘇花改碳排盤查系統：「碳盤月報」頁面.....	3-27
圖 3.2.4-8	蘇花改碳排盤查系統月報檔下載之 Excel 檔.....	3-28
圖 3.2.4-9	蘇花改碳排盤查系統：「監造檢核」頁面.....	3-29
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.....	3-30
圖 3.2.5-1	蘇花改碳排盤查系統：核定資料頁面.....	3-32
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.....	3-32
圖 3.2.5-3	蘇花改碳排盤查系統：耗能統計頁面.....	3-33
圖 3.2.6-1	蘇花改碳排盤查年報填報系統架構.....	3-34
圖 3.2.6-2	蘇花改計畫碳盤查年報系統畫面.....	3-35
圖 3.2.6-3	碳盤查年報系統匯入日誌填報資料畫面.....	3-35
圖 3.3.2-1	碳足跡盤查係數率定與詮釋資料填寫程序.....	3-38
圖 3.3.2-2	碳足跡盤查係數詮釋資料主/副表填寫頁面.....	3-38
圖 3.3.2-3	碳足跡盤查係數詮釋資料查詢頁面.....	3-39
圖 3.4.1-1	東澳東岳段新建工程(A3 標)工程範圍示意圖.....	3-46
圖 3.4.1-2	東澳東岳段新建工程(A3 標)施工情形.....	3-48
圖 3.4.2-1	中仁隧道新建工程(C1 標)工程範圍示意圖.....	3-66
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.....	3-67
圖 3.4.2-3	中仁隧道新建工程(C1 標)施工情形.....	3-67
圖 3.4.3-1	東澳隧道新建工程(A2 標)工程範圍示意圖.....	3-85
圖 3.4.3-2	東澳隧道新建工程(A2 標) 施工進度.....	3-85
圖 3.4.4-1	蘇澳永樂段新建工程(A1 標)工程範圍示意圖.....	3-111
圖 3.5.1-1	本計畫 102 年度工程管理碳足跡占比分析圖.....	3-131
圖 3.5.1-2	B 段各土建標 102 年度工程管理碳足跡占比分析圖.....	3-131
圖 3.5.2-1	B3 標谷風隧道工程範圍變更案路線方案示意圖.....	3-135
圖 4.1.1-1	A3 標開工迄今各類型排碳占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占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占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	4-12
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 標迄今工程進度及不同工程項目之碳排放占比變化分析	4-16
圖 4.2.1-3	A3 標迄今工程進度與累計排放量關聯分析	4-17
圖 4.2.1-4	A3 標迄今工程進度及工項排碳量逐季變化分析	4-17
圖 4.2.2-1	C1 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析	4-22
圖 4.2.4-1	A2 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析	4-24
圖 4.2.4-1	A1 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析	4-26
圖 5.1-1	承包商活動對溫室氣體排放影響的潛力	5-1
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 2.1.4-1	N-340 道路每公里全球暖化衝擊計算結果.....	2-25
表 2.1.4-2	Arroyo Valchano 鐵路橋梁每公尺建造所需材料彙整表.....	2-29
表 2.1.4-3	Arroyo Valchano 鐵路橋梁不同模組之每公尺碳排放計算結果.....	2-29
表 2.2.1-1	英國營造碳減量預算分析表.....	2-41
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.....	2-50
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	公路工程碳管理制度及實務研討會議程.....	3-8
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.....	3-17
表 3.3.3-1	柴油-移動源半本土化係數建立.....	3-40
表 3.3.4-1	工區碳排放係數彙整.....	3-42
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.....	3-47
表 3.4.1-2	A3 標登錄清冊登錄狀況彙整表.....	3-49
表 3.4.1-3	A3 標本期機/運具使用紀錄.....	3-50
表 3.4.1-4	A3 標本期協力廠商機/運用油量統計.....	3-53
表 3.4.1-5	A3 標本期工程材料使用量統計結果.....	3-53
表 3.4.1-6	A3 標本期工程材料使用活動強度數據.....	3-55
表 3.4.1-7	A3 標鋼筋續接器單位轉換表.....	3-58
表 3.4.1-8	A3 標盤式支承單位轉換表.....	3-58
表 3.4.1-9	A3 標端錨及續接器單位轉換表.....	3-59
表 3.4.1-10	A3 標本期運輸所用運具類型及載運物品彙整.....	3-60
表 3.4.1-11	A3 標本期碳足跡量化結果.....	3-61

表 3.4.1-12	A3 標本期機/運具使用碳足跡計算	3-61
表 3.4.1-13	A3 標本期工程材料使用碳足跡計算	3-62
表 3.4.2-1	C1 標登錄清冊登錄狀況彙整表	3-68
表 3.4.2-2	C1 標本期機運具使用紀錄	3-69
表 3.4.2-3	C1 標本期工程材料使用量統計結果	3-72
表 3.4.2-4	C1 標本期工程材料使用活動強度數據	3-74
表 3.4.2-5	C1 標本期運輸所用運具類型及載運物品彙整	3-77
表 3.4.2-6	C1 標本期碳足跡量化結果	3-78
表 3.4.2-7	C1 標本期機/運具使用碳足跡計算	3-79
表 3.4.2-8	C1 標本期工程材料使用碳足跡計算	3-81
表 3.4.3-1	東澳隧道新建工程(A2 標)工程構築型式配置表	3-86
表 3.4.3-2	A2 標登錄清冊登錄狀況彙整表	3-87
表 3.4.3-3	A2 標本期承包商供油之機/運具使用紀錄	3-88
表 3.4.3-4	A2 標本期協力廠商機/運具使用紀錄	3-91
表 3.4.3-5	A2 標本期工程材料使用量統計結果	3-93
表 3.4.3-6	A2 標本期工程材料使用活動強度數據	3-96
表 3.4.3-7	A2 標桁型支保單位轉換表	3-99
表 3.4.3-8	A2 標本期運輸所用運具類型及載運物品彙整	3-101
表 3.4.3-9	A2 標本期碳足跡量化結果	3-101
表 3.4.3-10	A2 標本期機運具碳足跡計算	3-102
表 3.4.3-11	A2 標本期工程材料使用碳足跡計算	3-107
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	3-112
表 3.4.4-2	A1 標登錄清冊登錄狀況彙整表	3-112
表 3.4.4-3	A1 標本期機/運具使用紀錄	3-113
表 3.4.4-4	A1 標本期協力廠商機/運具用油量統計	3-118
表 3.4.4-5	A1 標本期工程材料使用量統計結果	3-119
表 3.4.4-6	A1 標本期工程材料使用活動強度數據	3-120
表 3.4.4-7	A1 標本期度碳足跡量化結果	3-123

表 3.4.4-8	A1 標本期機/運具使用碳足跡計算.....	3-124
表 3.4.4-9	A1 標本期工程材料使用碳足跡計算.....	3-125
表 3.5.1-1	B 段工程管理碳排放活動調查表.....	3-128
表 3.5.1-2	B 段各土建標 102 年度工程管理碳排放活動調查結果彙總表.....	3-128
表 3.5.1-3	B 段各土建標 102 年度工程管理碳足跡計算結果彙總表.....	3-129
表 3.5.1-4	本計畫 102 年度工程管理碳足跡盤查計算結果.....	3-129
表 3.5.2-1	B3 標墩柱施工情形彙整.....	3-132
表 3.5.2-2	B3 標樁式基礎橋墩工程材料資料彙整.....	3-133
表 3.5.2-3	B3 標直接基礎橋墩工程材料資料彙整.....	3-133
表 3.5.2-4	B3 標橋梁工程部分工項材料碳排放量計算結果.....	3-134
表 3.5.2-5	B3 標谷風隧道工程上半開挖工程材料資料彙整.....	3-135
表 3.5.2-6	B3 標谷風隧道工程上半開挖材料碳排放量計算結果.....	3-136
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.....	4-13
表 4.2.1-2	A3 標幸福高架橋工區墩柱碳排放量計算結果.....	4-19
表 4.2.1-3	A3 標東澳北溪河川橋工區墩柱碳排放量計算結果.....	4-19
表 4.2.1-4	A3 標墩柱排碳量分析.....	4-21
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.....	4-22
表 4.2.3-1	A2 標各工程項目機/運具操作及工程材料使用碳足跡計算.....	4-23
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.....	4-25
表 4.2.4-2	P33 及 P34 基礎工法差異分析.....	4-27
表 4.2.5-1	挖土機 PC200 單位能耗分析.....	4-29
表 4.2.5-2	挖土機 PC300 單位能耗分析.....	4-30
表 4.2.5-3	傾卸車單位能耗分析.....	4-31
表 4.2.5-4	混凝土預拌車單位能耗分析.....	4-32
表 4.3-1	A2、C1 標上半開挖作業主要工程材料用量(迄 103 年 6 月).....	4-34
表 4.3-2	A2、C1 標隧道上半開挖作業單位排碳量分析.....	4-35
表 4.3-3	A2、C1 標隧道開挖作業之岩體比例分析.....	4-36
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 5.2.1-3	鐵路與公路單位土方運輸排放量計算.....	5-18
表 5.2.1-4	暫置場工程材料及機具能耗排碳.....	5-19
表 5.2.1-5	暫置場工程材料及機具能耗單位排碳.....	5-19
表 5.2.1-6	鐵路與公路單位土方運輸排放量計算(加入暫置區排放).....	5-20
表 5.2.2-1	A 段及 C 段共 4 標預拌廠混/噴凝土配比表.....	5-21
表 5.2.2-2	各標混凝土使用量及其組成水泥與水泥替代材料重量.....	5-22
表 5.2.2-3	A3 標以飛灰、爐石粉替代水泥之排碳與減碳量分析.....	5-24
表 5.2.2-4	C1 標以飛灰、爐石粉替代水泥之排碳與減碳量分析.....	5-24
表 5.2.2-5	A2 標以飛灰、爐石粉替代水泥之排碳與減碳量分析.....	5-25
表 5.2.2-6	A1 標以飛灰、爐石粉替代水泥之排碳與減碳量分析.....	5-25
表 6.1-1	103 年度下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程序與方法。
- 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(包括輔導及查證

單位)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。

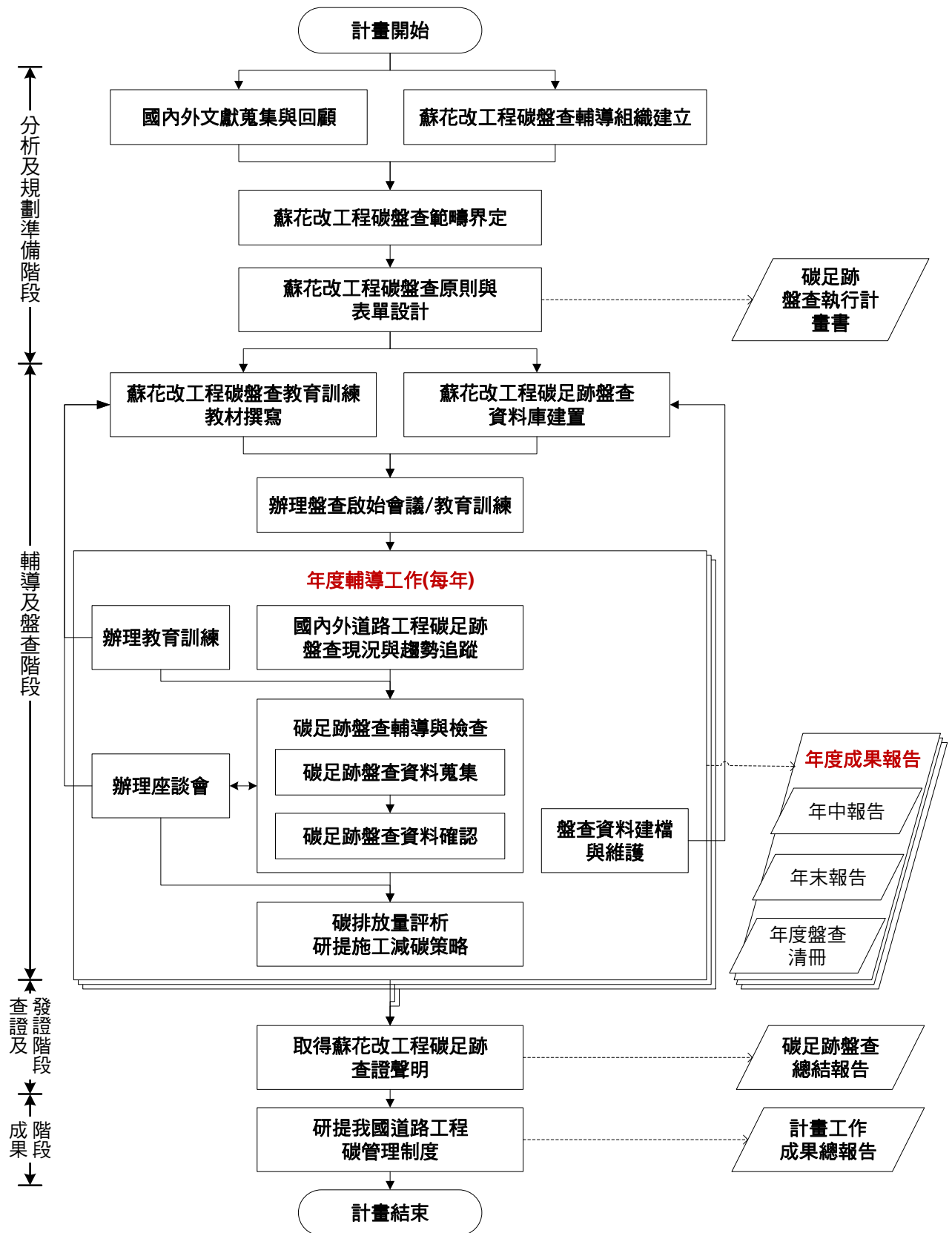


圖 1.4-1 本計畫執行流程圖

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

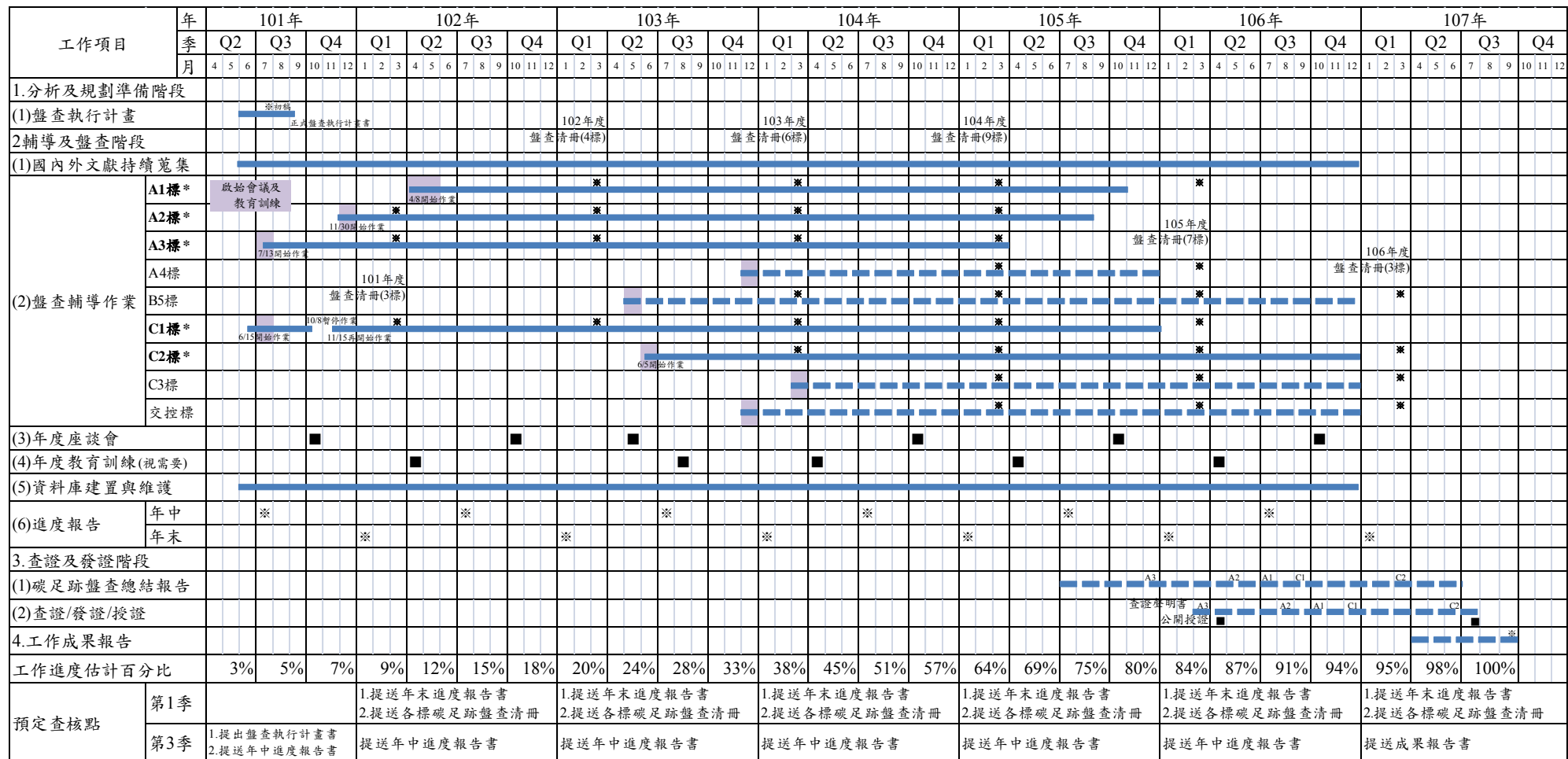
本計畫自民國 101 年 6 月 1 日開始執行，至驗收完成日止。工作項目中除「工程碳足跡盤查執行計畫書」應於契約生效後 2 個月內提出之期限規定較明確外，其餘工作則是配合蘇花改計畫各標工程期限及機關書面通知後開始辦理。初步就目前已開工之各標工程(A1、A2、A3 及 C1)開工時間，配合本計畫委託服務工作說明書原定之各標工程預定期程，整理現階段蘇花改計畫各標工程預定期程如表 1.5.1-1。

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(103.06*~106.12)
	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，已依據目前開工日期調整。

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。



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，且目前已經有相應之環境產品宣告(EPD)。

另本團隊為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，依據環保署碳足跡產品類別規則(CF-PCR)制定流程、以公路總局為發起者，申請研定之本土道路相關工程碳足跡產品規則，已於今(103)年 5 月通過審查公告，成為我國以基礎設施為產品、推出碳足跡產品類別規則的首三例(道路、橋梁、隧道)。

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

本計畫本期有一個新的標案(C2 標:仁水隧道新建工程)決標並開工，惟開工日期(6 月 17 日)接近本期期末，於 6 月 24 日辦理啟始會議後迄本報告書編撰前，C2 標仍在內業準備階段、尚未有工程管理或工區活動可供盤查，故本期報告書仍僅針對 A3、C1、A2 及 A1 標 4 個土建標持續進行之盤查輔導工作成果，進行彙整說明。本期輔導團隊仍維持每月辦理現場訪查與輔導會議，即赴工區與承包商、協力廠商及供應商人員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。上述啟始會議及各月現場輔導作業辦理情形說明，詳本報告 3.1.1 節。

另配合公路總局集結各道路工程盤查輔導團隊辦理大型成果交流研討會，促進公路總局轄管計畫工程碳管理工作團隊間及對外的溝通與交流，以展現碳管理成效並同時提升同質性計畫執行效率的規劃，本計畫工作團隊自今(103)年 2 月起即偕同其他盤查輔導團隊人員，以擴大辦理年度座談會的方式籌辦「交通部公路總局公路工程碳管理制度及實務研討會」。

此會議係由政策方向、國內外規範，乃至於現階段實作成果，邀集一系列專題發表，在輔以充份的綜合討論。除可加強國內產、官、學界對於工程碳管理議題的重視與發想，展現公共暨道路工程投入節能減碳作業的價值外，更可望促進各工程相關單位、由主管機關、監造單位乃至於承包商、協力廠商等，就工區執行碳足跡盤查實務進行意見交流，確保碳管理計畫執行成效。此會議已於 103 年 5 月 9 日圓滿落幕，本計畫團隊業已於 6 月初協助完成此研討會成果報告及部務會議簡報；會議辦理情形說明詳本報告 3.1.2 節。

除上述計畫工作事項外，本計畫循碳足跡規範與前述碳足跡產品類別規則之要求，自前期起即積極尋求供應商協助盤查，除自 102 年 7 月

起即已逐月取得之宜興混凝土廠營運資料外，本期另安排赴東和鋼鐵桃園廠拜訪、洽談鋼筋碳足跡計算或盤查輔導執行作業，後續也將再尋求赴羅東鋼鐵廠拜訪並協商鋼筋碳足跡計算或盤查輔導的機會；此部分執行現況與初步成果詳本報告 3.1.3 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；蘇澳永樂段新建工程(A1 標)已於 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；另仁水隧道新建工程(C2 標)則是於 103 年 5 月 30 日決標，並於 6 月 5 日開始該標工程碳足跡輔導及盤查工作。總計在本期(103 年 1 月至 6 月)執行期間，共有 5 個土建標同時執行工程碳足跡盤查輔導作業；惟 C2 標係在本期最後才開工，且開工後仍未有明確的工程管理或工區活動，故本期中報告書未有 C2 標盤查量化結果。

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。另本計畫因應本期碳足跡計算所完成之排放係數蒐集與率定、各標工區與管理單位活動數據彙整，及對應之碳足跡計算結果，詳本報告第三章 3.3 節至 3.4 節。

依據前期成果報告及審查會議結論，本計畫已於 103 年 4 月 23 日赴南澳工務段向 B 段監造工程處及 4 標承包商進行土建標工程碳足跡推估資料調查說明，並於會後與承包商達成決議：於 5 月上旬提供各標工程管理碳排放活動量資料，於 5 月底提供已完成工項之材料使用量資料。截至本報告編撰截止前，B 段承包商皆以提供工程管理活動資料，但工程材料用量部分僅 B3 標谷風隧道新建工程提供有橋梁及隧道工程的工程設計資料與材料實際量；本計畫已先根據目前施工廠商所提供的調查

資料進行彙整計算及分析，結果詳本報告第三章 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；主要是延續前期成果，於橋梁工程部分：就各標已完成之井式基礎、樁式基礎、墩柱等工項，配合機具油耗分配量，加入機具排放探討；於隧道部分：試計算探討不同地質類型(岩體)計算單位長度隧道開挖排碳差異。另加入本計畫對於目前各標較通用的工程基具油耗率所進行的彙整分析，此部分內容詳本報告第四章 4.1 至 4.3 節。

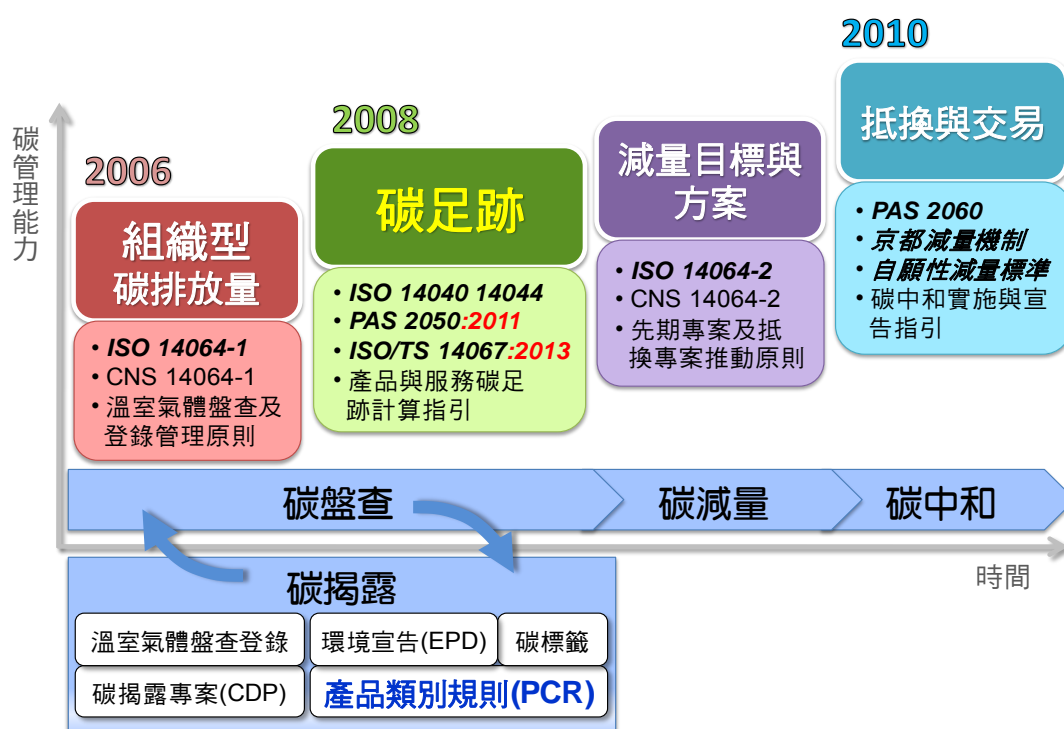
五、工程節能減碳措施

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。

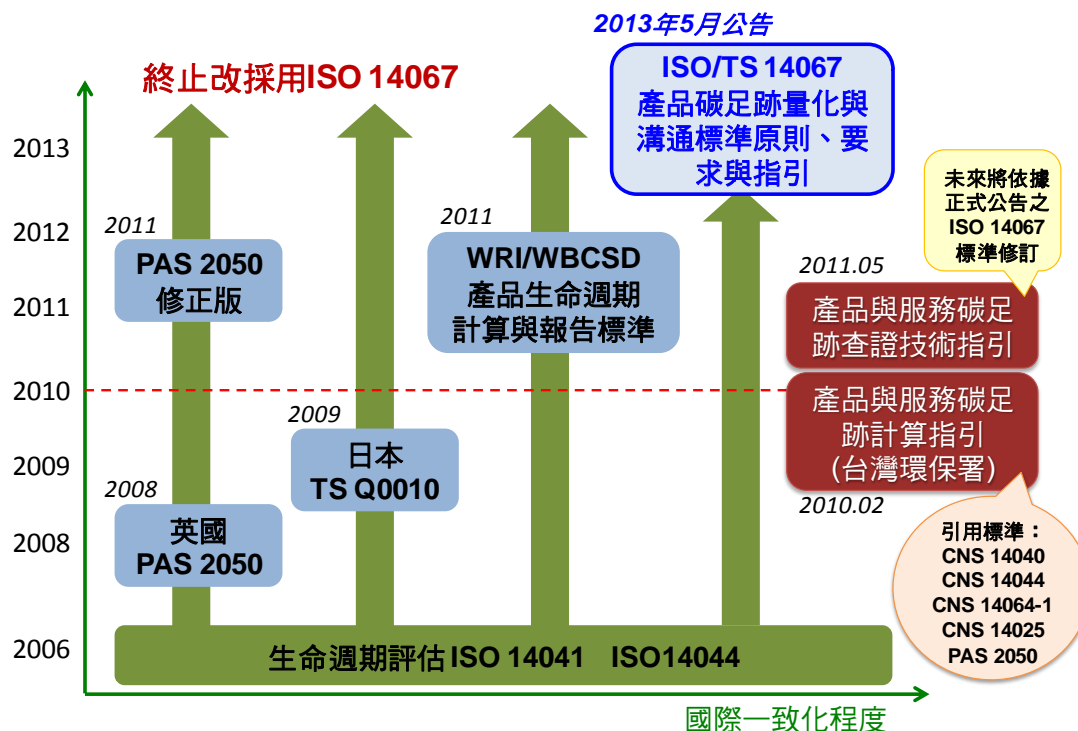


圖 2.1.1-1 碳足跡相關標準發展進程示意圖

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 CFP-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。

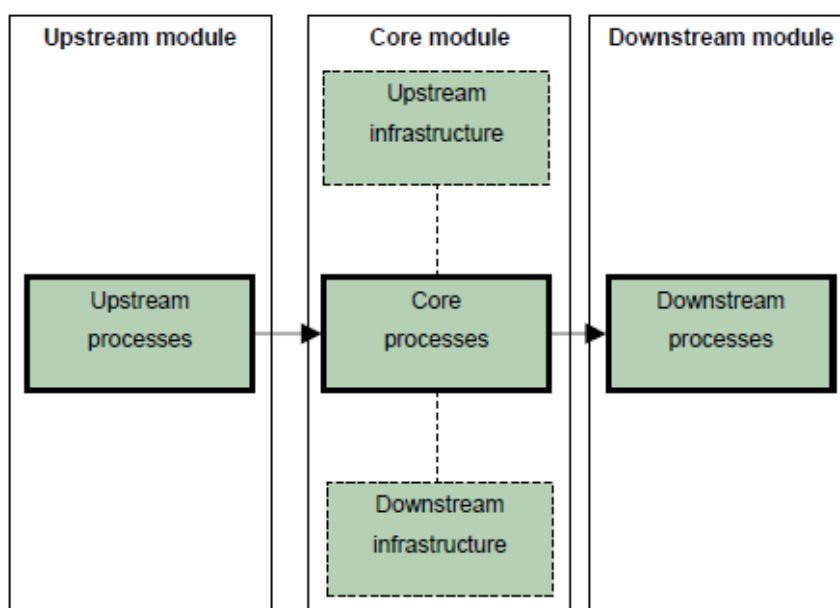


圖 2.1.3-1 營造產品類別規則基本模組邊界界定示意圖

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。

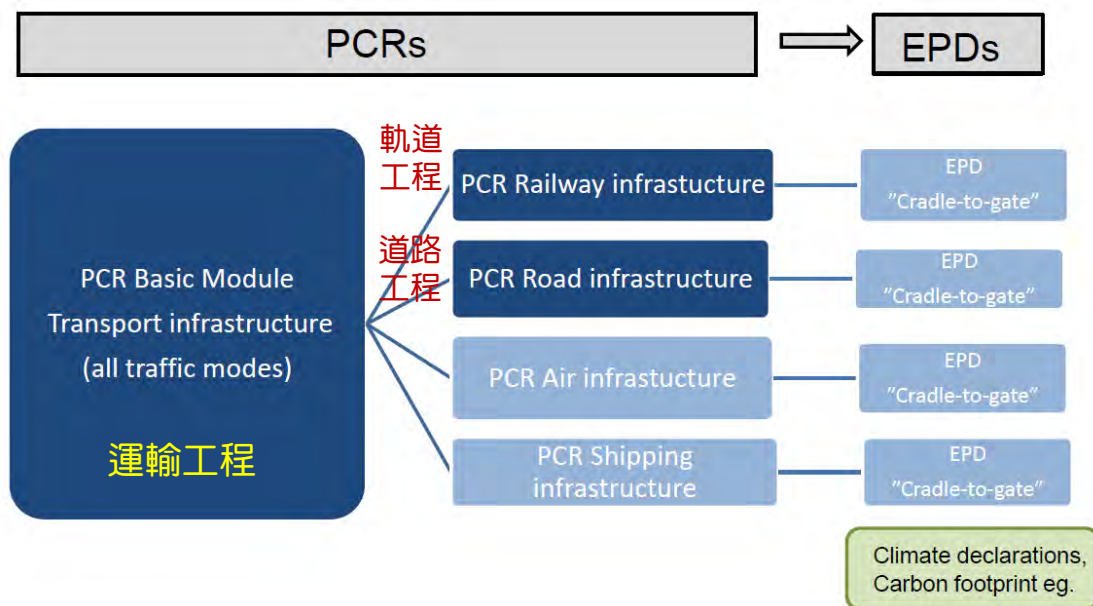


圖 2.1.3-2 瑞典運輸工程相關產品類別規則及基本模組發展構想

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；此 PCR 公告迄今已在 2013 年 11 月及 2014 年 2 月作了微幅增修，進版至目前的最新版：1.02 版，。

研析道路工程產品類別規則 1.02 版之內容，共包含 12 章，茲條列如下：

HIGHWAYS (EXCEPT ELEVATED HIGHWAYS)

INITIATED
2010-02-19

Start open consultation: 2011-06-01
Deadline open consultation: 2011-07-04
PCR review and approval: 2011-07-25
Publication: 2011-08-01

PCR INFORMATION

COMMENTS ON THIS PCR

Be the first discussing this PCR
[Start a discussion](#)

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): [Ulf Wiklund](#) Tyréns AB

(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

Start open consultation: 2012-11-05
Deadline open consultation: 2012-12-31
PCR review and approval: 2013-07-30
Publication: 2013-08-30

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.

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](#)

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

(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

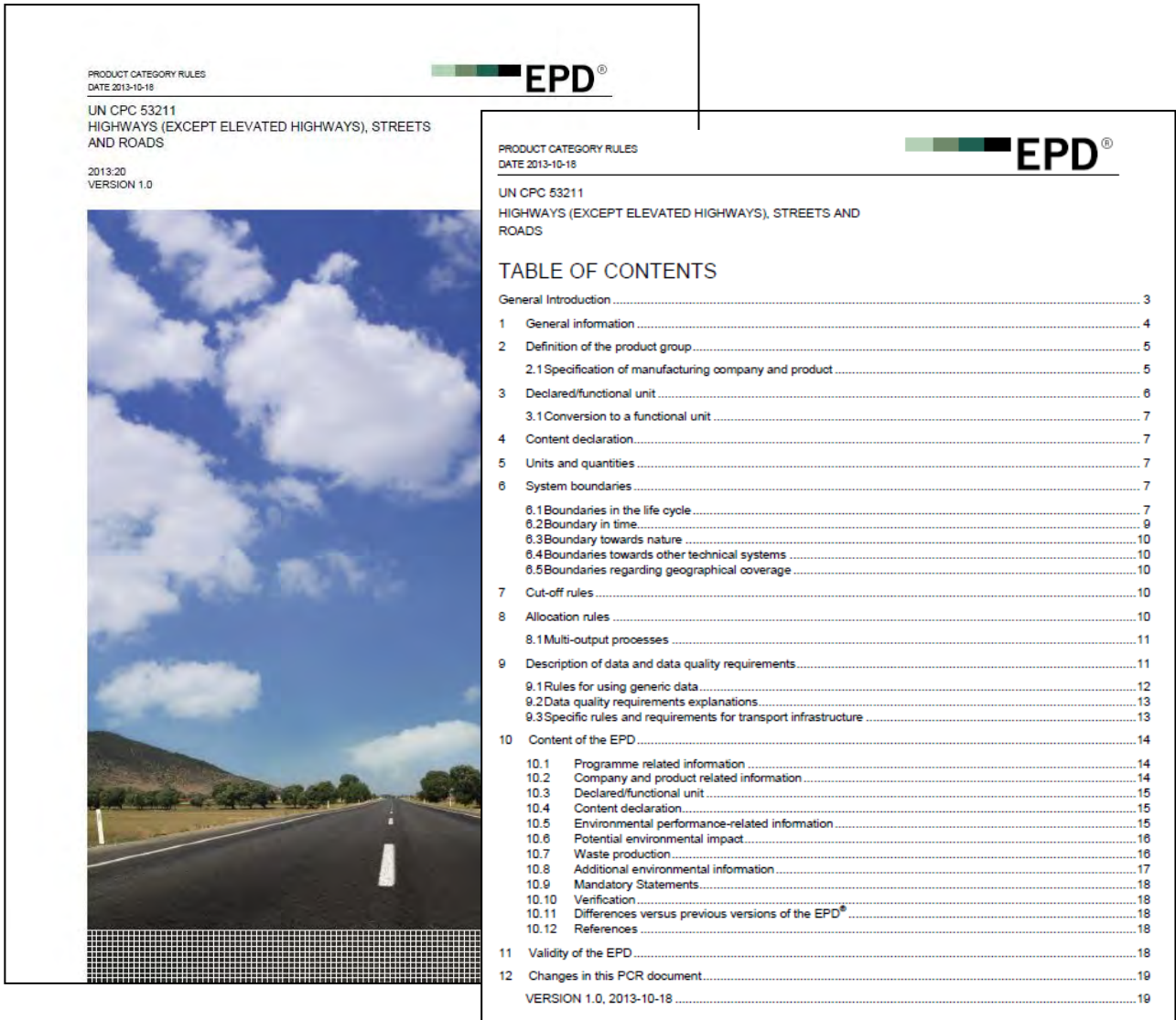


圖 2.1.3-4 國際 EPD 系統公告之道路工程產品類別規則封面目錄

- | | |
|--|---------|
| 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。

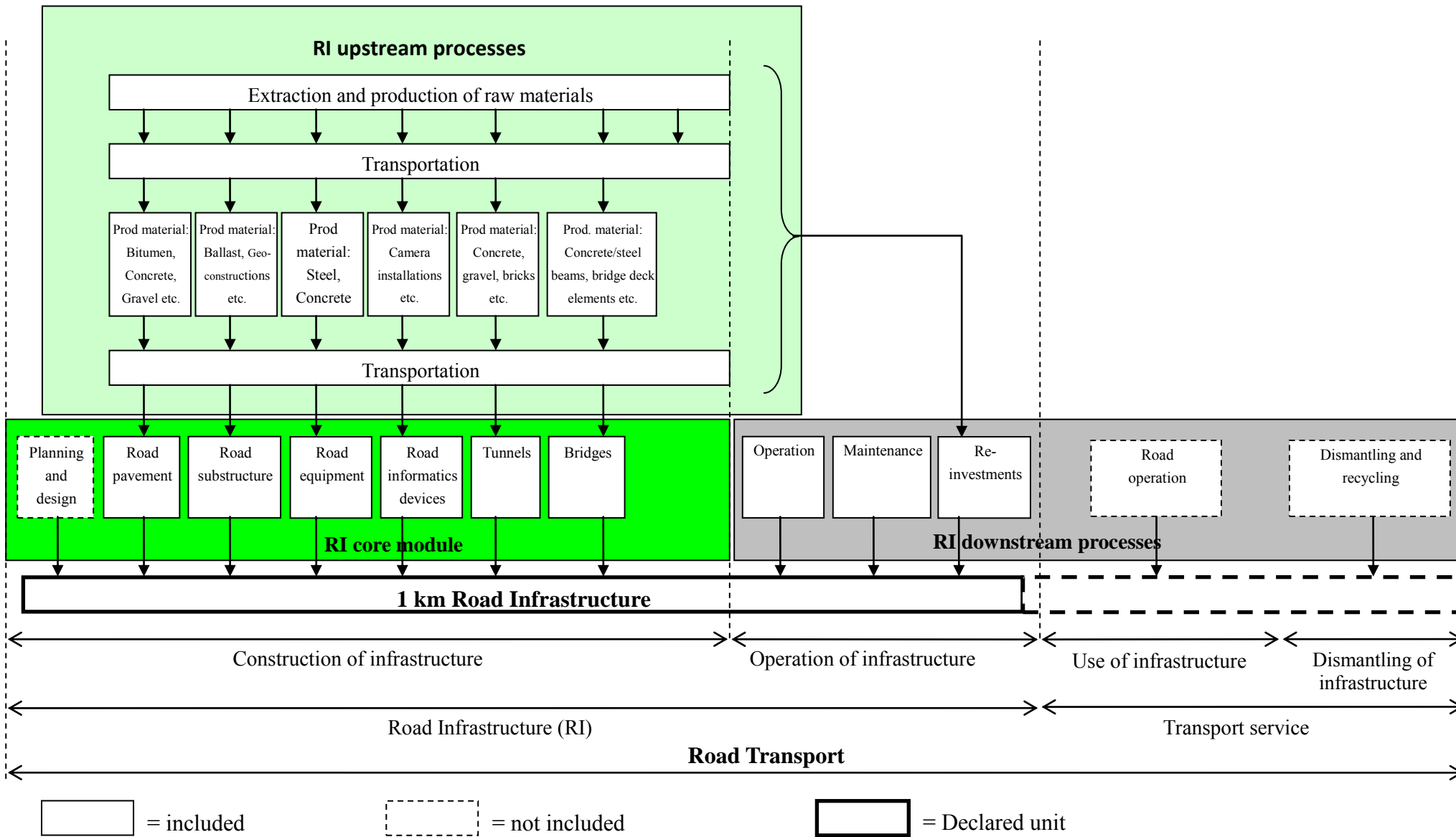


圖 2.1.3-5 道路工程產品系統流程圖

■ 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。

■ 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。

■ 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。

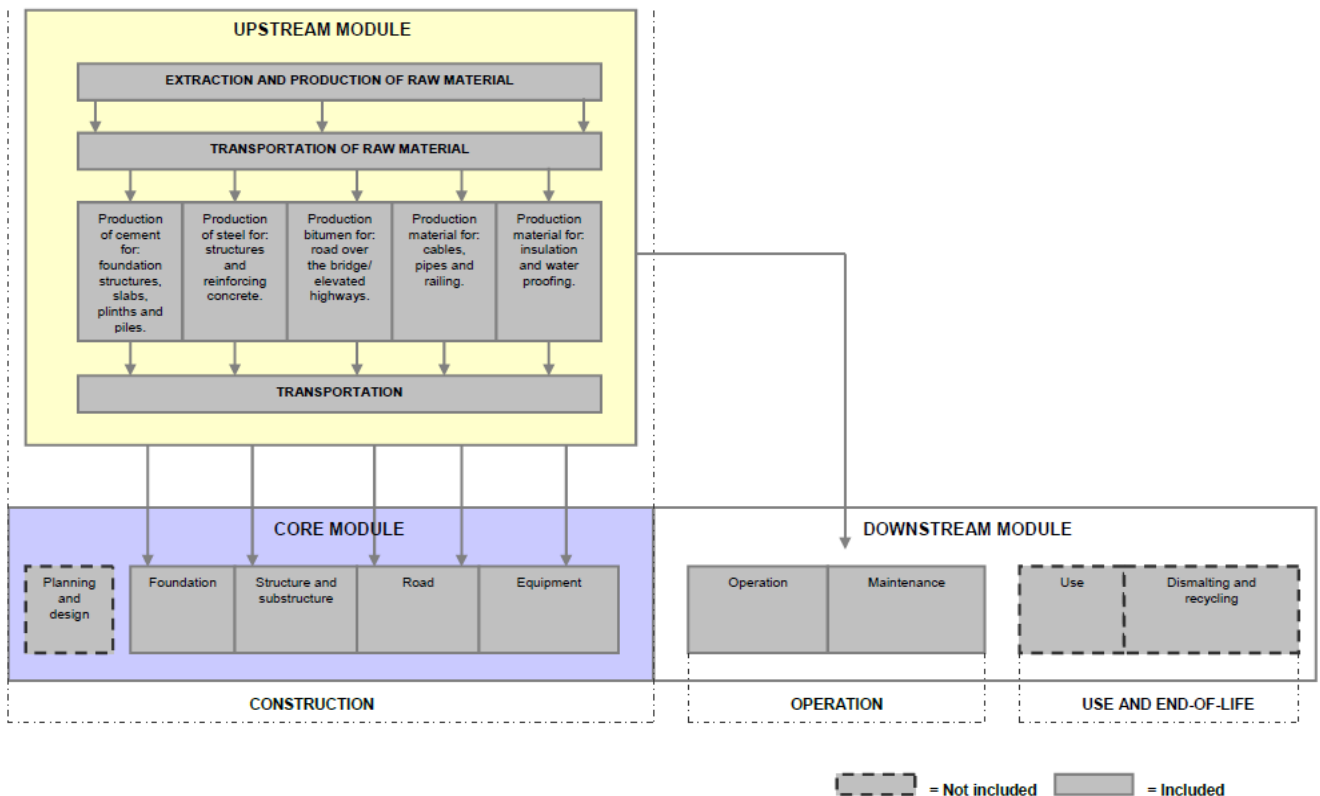


圖 2.1.3-6 橋梁工程產品系統流程圖

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，自前期(102 年 7 月)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定，並已如預定進度於本期期間(103 年 5 月)獲環保署推動產品碳足跡標示審議會技術小組審查通過，公告於台灣產品碳足跡資訊網，成為本計畫最終滿足規範要求、取得最具公信力之碳足跡查證聲明的依據。

2.1.4 工程相關產品第三類環境宣告(EPD)

目前瑞典 International EPD® System 中除公告有前小節所述之營造相關產品類別規則基本模組和道路、橋梁產品類別規則外，該類別也都已公告有環境宣告文件各一份，為西班牙營造集團(ACCIONA Infrastructure)先後於 2013 年 7 月底及 12 月中所產出；道路工程部分查詢頁面如圖 2.1.4-1 所示。茲分項就其內容重點摘錄於本節，作為後續本計畫盤查結果參考比較之依據。

一、N-340 道路環境宣告

此道路產品宣告公告時間為 2013 年 12 月 19 日，恰好較同年 10 月甫公告之 CPC 53211 道路工程 PCR 稍晚，故內容已採行該 PCR，並獲得 3 年的效期。

(一)工程內容

如圖 2.1.4-2，此宣告內容主要是以 N-340 之支線 E-40 段為主體、為連接既有道路而增建的部分。工程內容主要為兩條道路(4 個車道)、連結兩個圓環，總長度分別為 943 及 625 公尺。詳細工程內容如下：

- N-340 延伸之 1：約 225 公尺，起點位於 1 號圓環，終點與現有的 N-340 連接。

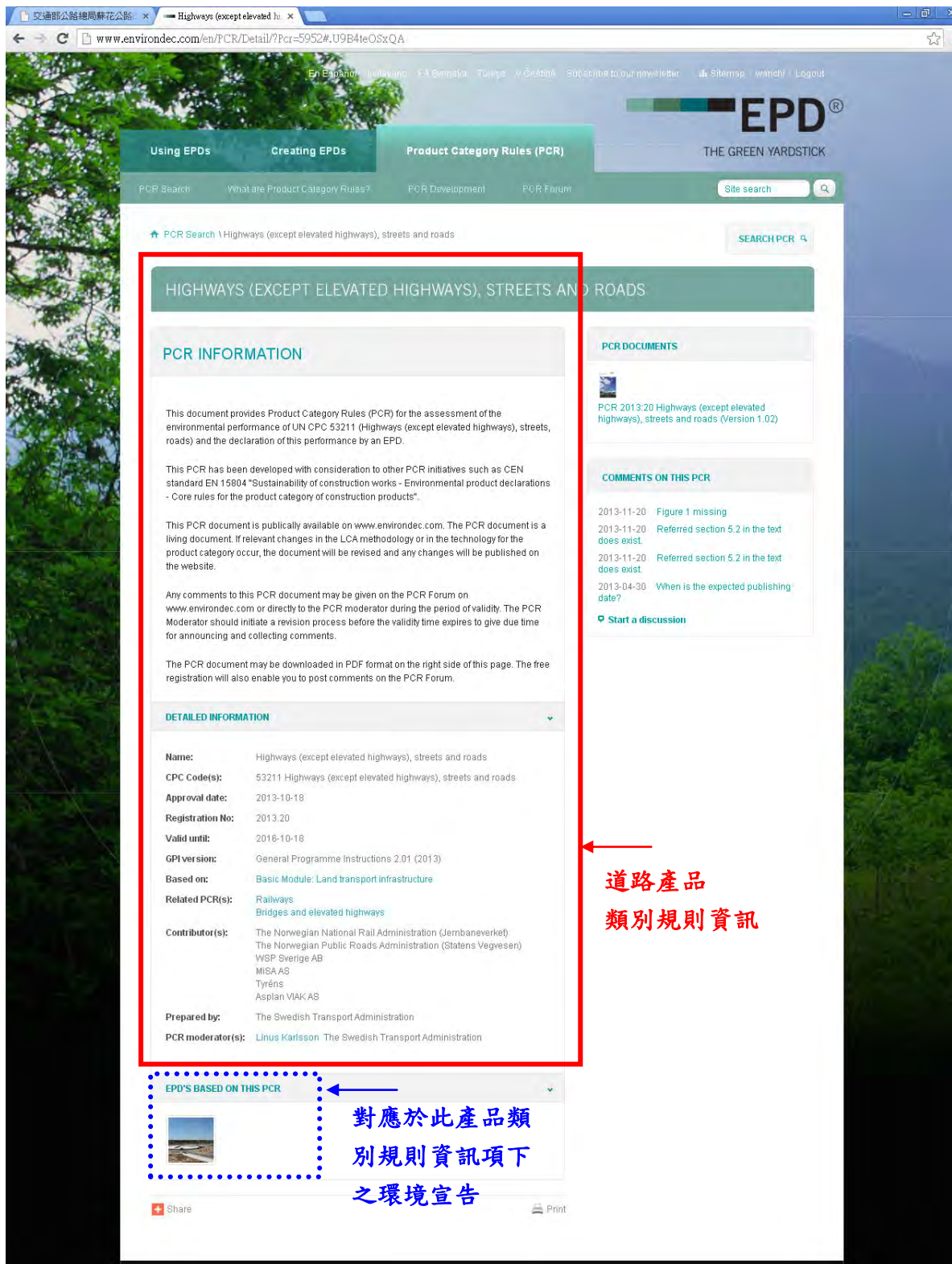


圖 2.1.4-1 道路工程產品類別規則對應環境宣告文件查詢頁面



圖 2.1.4-2 N-340 道路位置與構造物實景

- N-340 延伸之 2：位於 1、2 號圓環間約 537 米，與現有道路平行。
- N-340 延伸之 3：起點位於 N-340，終點位於 2 號圓環；長約 181 公尺。
- 聯絡道：與 N-340 平行、位於 1、2 號圓環之間，長 625 公尺。
- 環狀道路：與圓環邊緣契合、外內徑分別為 40 公尺和 31 公尺的道路，並依據其斜率設置排水系統。

(二)功能單位及系統邊界

此環境宣告之功能單位定為每公里-年，並假設道路壽命為 20 年、道路面層必需維修的時限為 10 年。參照 PCR 建議分配環境衝擊的方式：以年均日交通量(Annual average daily traffic, AADT)轉換，此環境

宣告另估計貨運及客運之 AADT：分別為 1,116 與 20,356，作為評估結果分配予客貨運計算之依據。

此環境宣告之系統邊界定義方式，與前小節所述營造產品類別規則基本模組及道路產品類別規則相同(如圖 2.1.3-1 及圖 2.1.3-5)，包含上游模組、核心模組及下游模組；其系統邊界如圖 2.1.4-3。另外因土地利用變更造成之碳匯變化、道路排水系統亦納入環境衝擊計算。

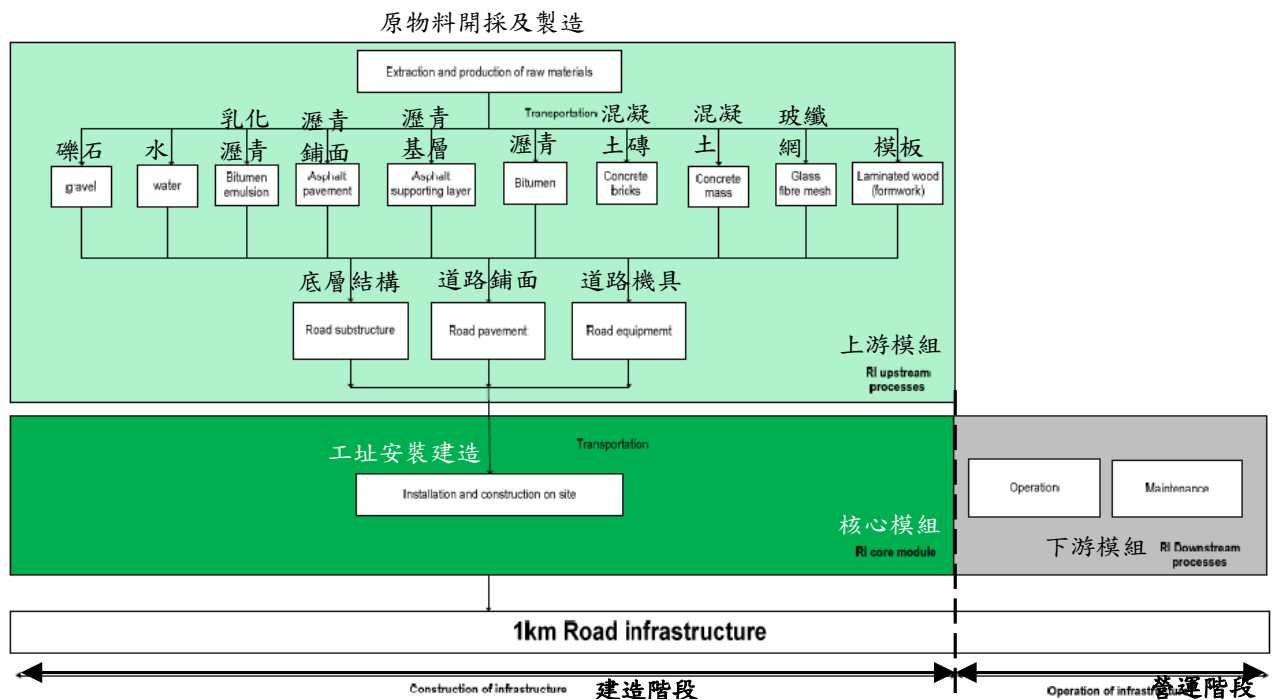


圖 2.1.4-3 N-340 道路 EPD 系統邊界

另外以生命週期階段區分，則上游模組與核心模組係劃分為建造階段(construction of infrastructure)，下游模組包括操作及維護兩部分則劃分為於營運階段。

(三)環境影響分析

基於前述工程內容及評估邊界的設定，acciona 公司使用 GaBi 6 之 PE 資料庫進行此道路工程之生命週期評估，並分別計算不同生命週期之環境影響，其全球暖化衝擊評估結果如表 2.1.4-1 所示。由表可知此道路工程之總排碳量約為 104 tonCO₂e/km；其中建造階段約為

55 tonCO₂e/km，營運階段之操作、維護排放則分別約為 31 及 18 tonCO₂e/km。

表 2.1.4-1 N-340 道路每公里全球暖化衝擊計算結果

環境衝擊指標	單位	建造	營運	維修	小計
全球暖化	kgCO ₂ e	5.47E+04	3.08E+04	1.84E+04	1.04E+05
全球暖化， 生物碳源貢獻量	kgCO ₂ e	1.95E+03	1.30E+03	5.69E+02	3.82E+03

意即 N-340 道路建造階段之全球暖化衝擊最大，約佔生命週期總排放的 50%，如圖 2.1.4-4 所示。若以上游、核心及下游模組分析其全球暖化衝擊之影響，則如圖 2.1.4-5 所示，以上、下游模組之影響較為顯著，約占 90%。

若再將建造階段之活動進一步區分為底層結構(Road substructure)材料製造、道路鋪面(Road pavement)材料製造，及施工機具(Road equipment)操作，則全球暖化衝擊可分析如圖 2.1.4-6。其中，以道路鋪面(瀝青混凝土)產製所造成之環境衝擊最大，其影響約占 70%。

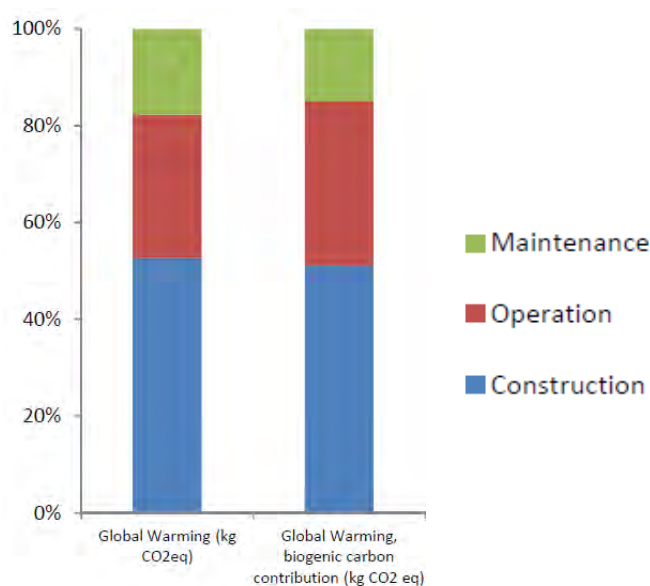


圖 2.1.4-4 N-340 道路不同生命階段之於全球暖化衝擊的影響占比

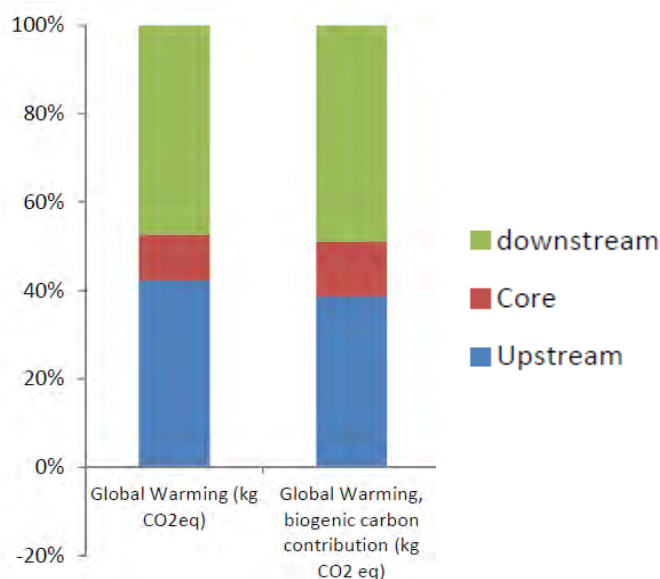


圖 2.1.4-5 N-340 道路不同模組之於全球暖化衝擊的影響占比

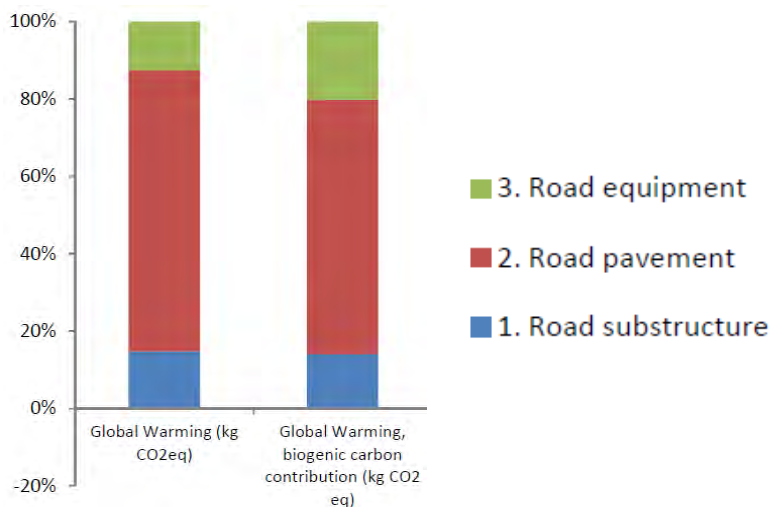


圖 2.1.4-6 N-340 道路不同建造活動之於碳排放的影響占比

二、Arroyo Valchano 鐵路橋梁

此橋梁產品宣告時間為 2013 年 7 月 30 日，較前小節所提之橋梁產品類別規則制定、公告時間為早。由於當時橋梁產品類別規則尚在發展中，故此產品環境宣告被認定為預認證宣告(pre-certification)，即產品類別規則仍在發展中，但其環境影響評估係依照 ISO 生命週期評估相關規

範執行，且經過獨立第三方查證單位完成認證。惟其有效期限通常與 PCR 發展時程同步，故此鐵路橋梁環境宣告之效期僅為一年。

(一)工程內容

此環境宣告的主體為位於西班牙西北部的高速鐵路橋梁(Arroyo Valchano railway bridge)，此橋梁跨越 Valchano 溪，由 6 墩柱、共 7 垮組成，總長度為 295 公尺，寬度為 14 公尺，可供列車雙向通行。上構型式為預力雙箱型梁，梁深介於 2.2~3 公尺之間；下構為中空矩形墩柱，高度介於 9.46~20.33 公尺；其地理位置、設計與構造物實況如圖 2.1.4-7 所示。

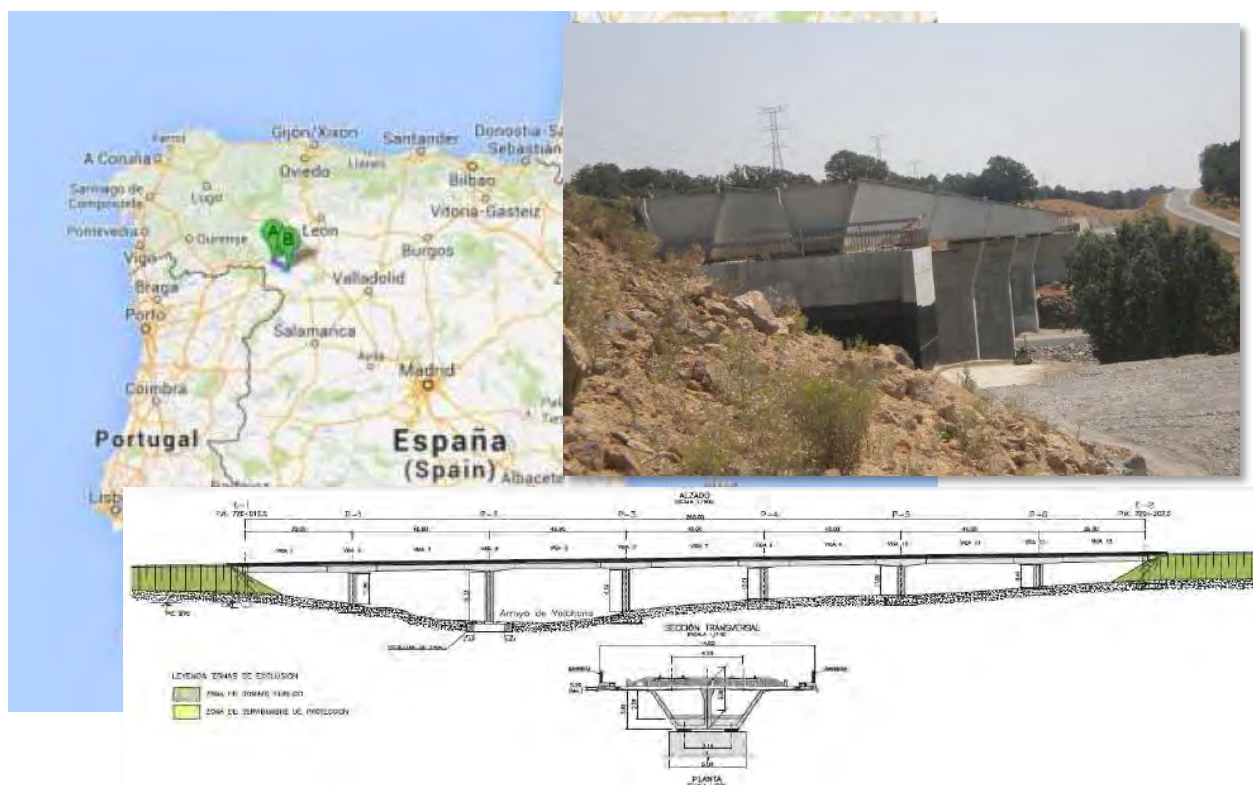


圖 2.1.4-7 Arroyo Valchano 鐵路橋梁位置、結構與構造物實景

(二)功能單位及系統邊界

由於此橋梁的長度不及 1 公里，故特別將功能單位定為每公尺-每年，假設橋樑生命週期為 60 年；此環境宣告雖指出此橋梁僅供客運使用，但並未同前項道路環境宣告敘明運量。另與前項道路環境宣

告不同的是，此鐵路橋梁環境宣告之系統邊界僅包含上游模組及核心模組，未將下游模組列入，如圖 2.1.4-8 所示；上游模組即原物料之開採與製造、核心模組則包含工程材料之運輸，及現場安裝建造過程所包含之機運具操作。

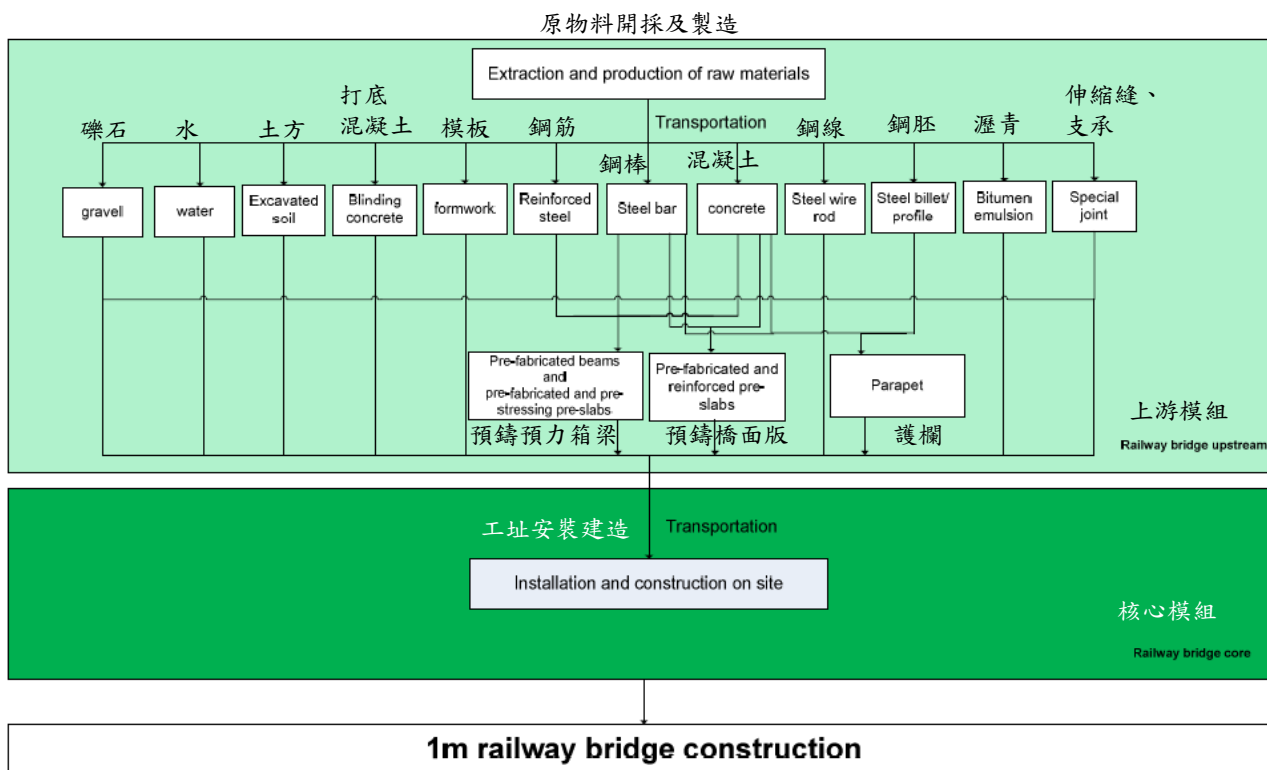


圖 2.1.4-8 Arroyo Valchano 鐵路橋梁 EPD 系統邊界

之所以將橋梁之下游模組(即操作、維護與除役(end-of-life)等各階段)所造成的環境衝擊排除於邊界外，主要是因為鐵路橋梁需要操作、維護的多屬於通訊、號誌系統等非橋梁結構物，故以影響不顯著為由於此環境宣告中忽略，但因土地利用變更造成之碳匯變化則仍納入環境衝擊計算。但必須注意的是，在此環境宣告之後、於 2013 年 12 月完成制定程序而公告之軌道工程產品類別規則(CPC 53221 Bridges and elevated highways)中，其邊界界定的要求(如圖 2.1.3-6)係有將下游模組納入評估的。

(三)設定條件及環境衝擊

同樣地，acciona 公司使用 GaBi 6 之 PE 資料庫進行此橋梁工程的生命週期評估，其建造每公尺鐵路橋梁所需材料之設定條件如表 2.1.4-2 所示，環境衝擊影響計算結果如表 2.1.4-3，全球暖化衝擊約為 9.47 tonCO₂e/m。進一步就建造排放量以上游及核心模組分析，則可看出橋梁建造階段上游模組之全球暖化衝擊明顯較核心模組多，占比超過 96%。

表 2.1.4-2 Arroyo Valchano 鐵路橋梁每公尺建造所需材料彙整表

工程材料	占比	備註
混凝土 (concrete HA-30/B/20/IIa+Qa)	39.59%	強度約為 350 kgf/cm ² 混凝土 使用重量約 43.549 公噸
土方	32.41%	
級配	25.36%	
鋼材(包括鋼筋、型鋼、鋼線及其他鋼材)	2.07%	使用重量約 2.277 公噸
打底混凝土 (blinding concrete HL-150/B/20)	0.54%	強度約為 175 kgf/cm ² 混凝土 使用重量約 0.594 公噸
其他(包括瀝青、伸縮縫材料等)	0.02%	
總計(公噸)	110	

表 2.1.4-3 Arroyo Valchano 鐵路橋梁不同模組之每公尺碳排放計算結果

環境衝擊指標	單位	上游模組	核心模組
全球暖化	kgCO ₂ e	9,13E+03	3,39E+02
全球暖化， 生物碳源貢獻量	kgCO ₂ e	3,74E+02	1,69E+02

此環境宣告進一步就橋梁建造階段排放細分為：聯外道路、基礎、墩柱/橋台、箱梁、預鑄版、混凝土版、填縫、伸縮縫/支承、護欄共 9 項構件分析其環境衝擊，其全球暖化衝擊分析結果如圖 2.1.4-9。其中，以建造基礎、墩柱/橋台兩項之環境衝擊最大，占總排放近 70%。

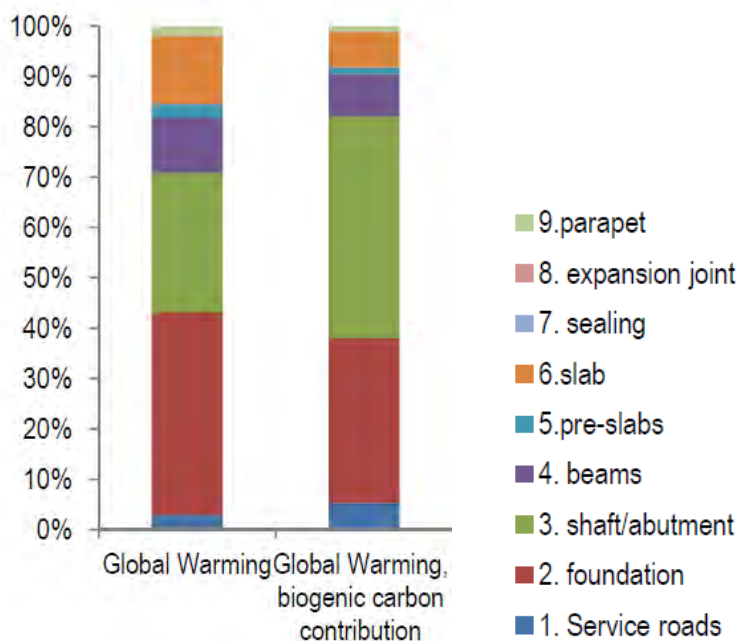


圖 2.1.4-9 Arroyo Valchano 鐵路橋梁不同建造活動之於碳排放的影響占比

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。

(一)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。

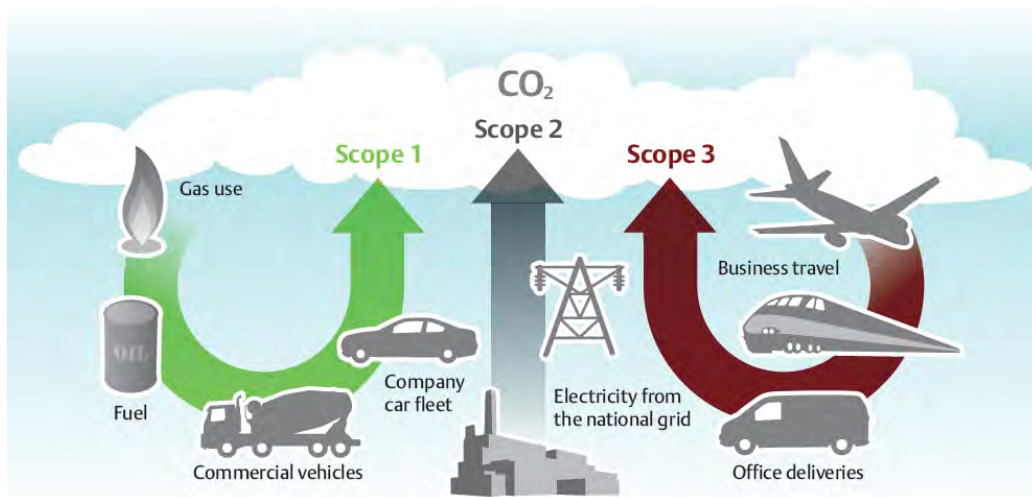


圖 2.2.1-1 不同範疇之溫室氣體排放項目示意圖

(二)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。

(三)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：

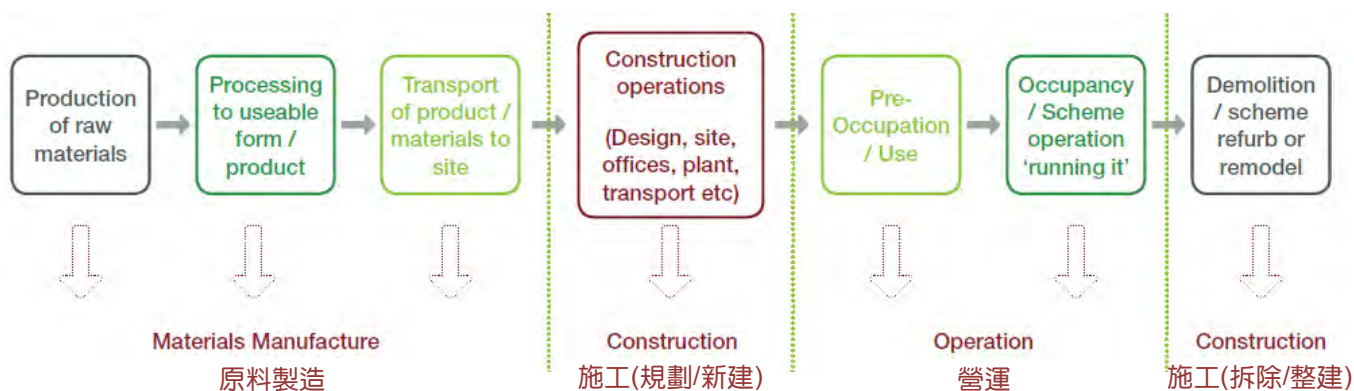


圖 2.2.1-2 營造業可能涵蓋之事業體

- (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。

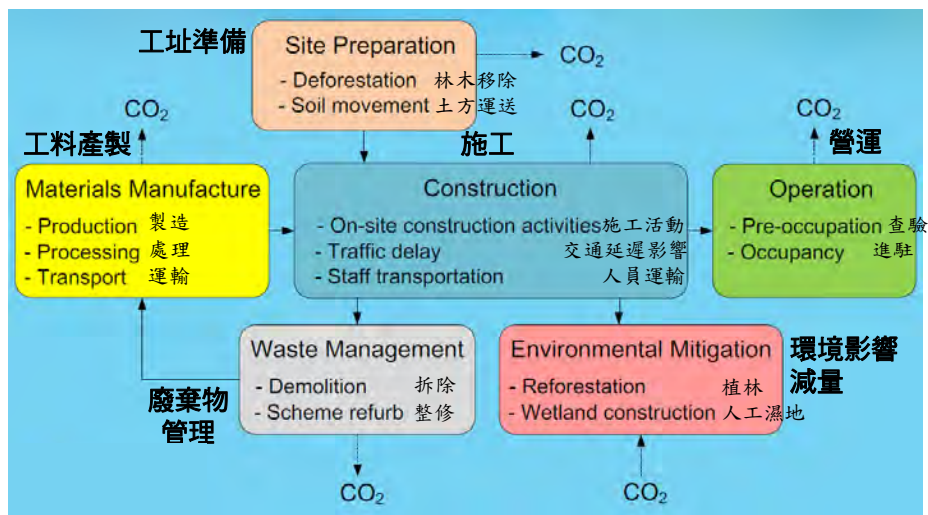


圖 2.2.1-3 工程計畫碳排放評估項目示意圖

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 2.2.1-4 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%。

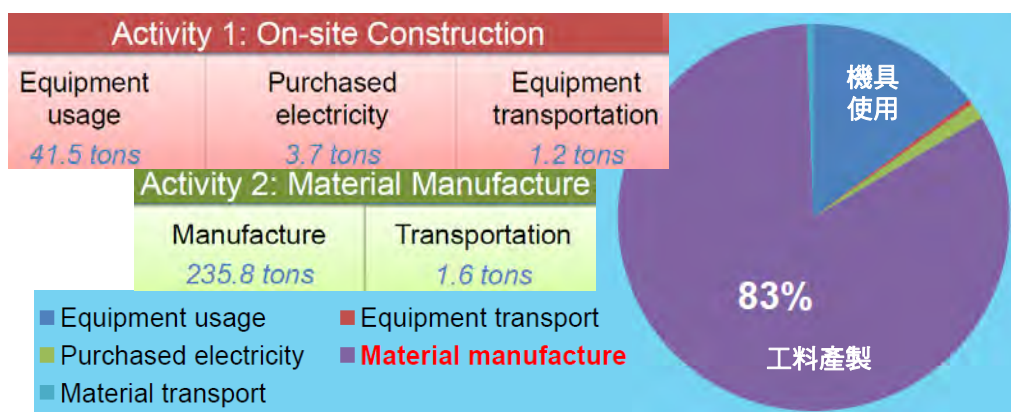


圖 2.2.1-5 美國 I-93 州際公路橋梁上構替換工程碳排放計算結果

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。

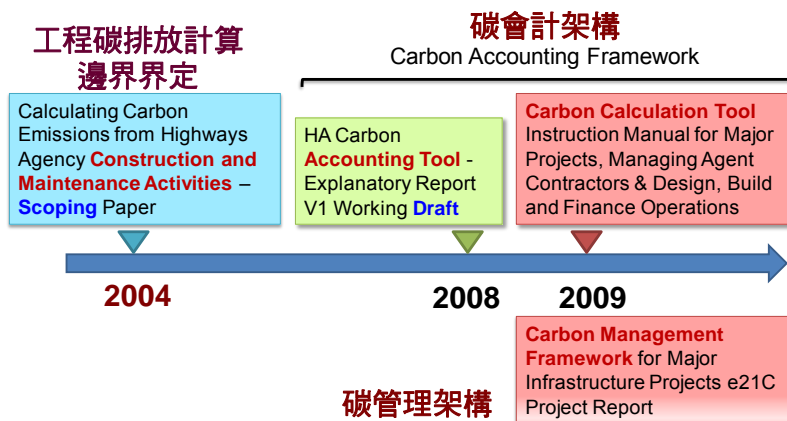


圖 2.2.1-6 英國公路局碳管理相關計畫發展進程

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。

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。

應考量工程計畫全生命週期

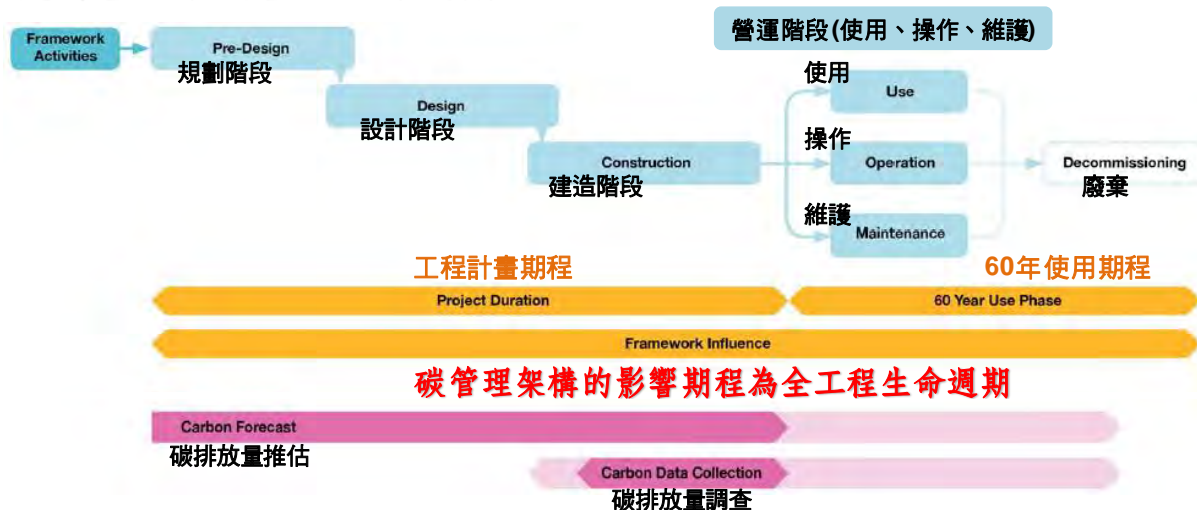


圖 2.2.1-7 英國公路局碳管理架構

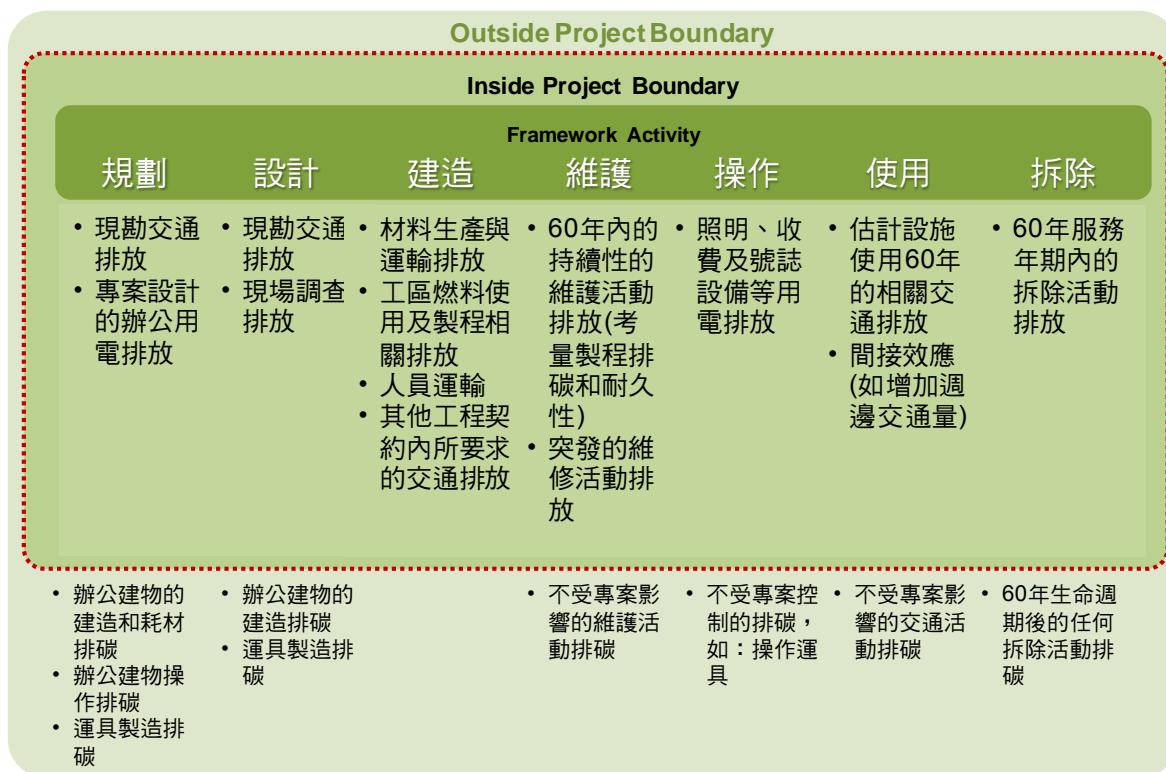


圖 2.2.1-8 英國重大工程計畫碳管理之排碳評估與管理內容項目

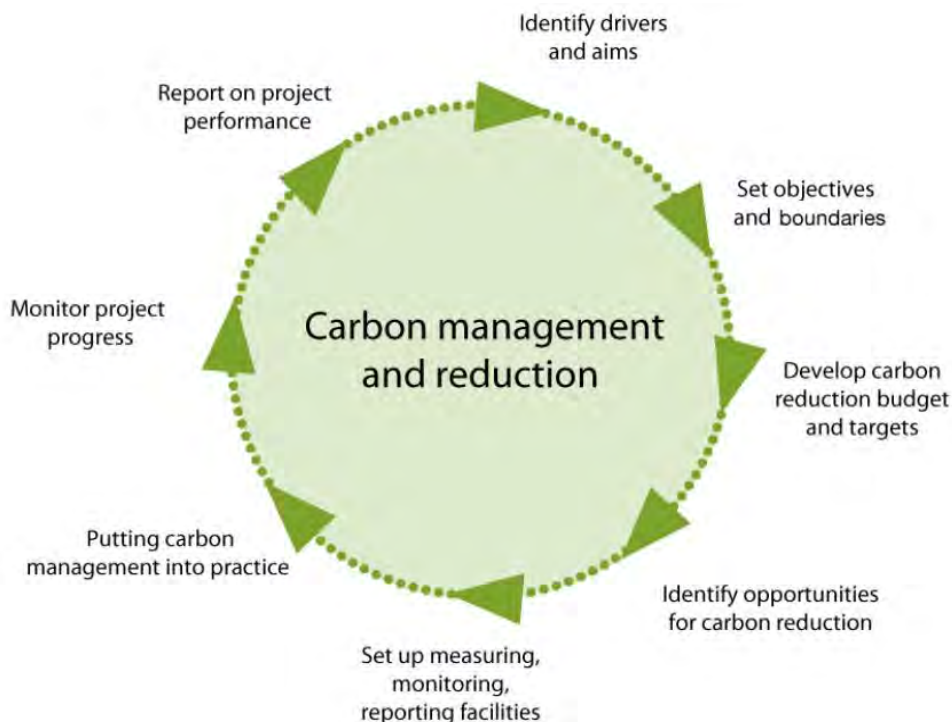


圖 2.2.1-9 英國重大工程計畫碳管理及減量步驟示意圖

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、較零方案排放量大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)。

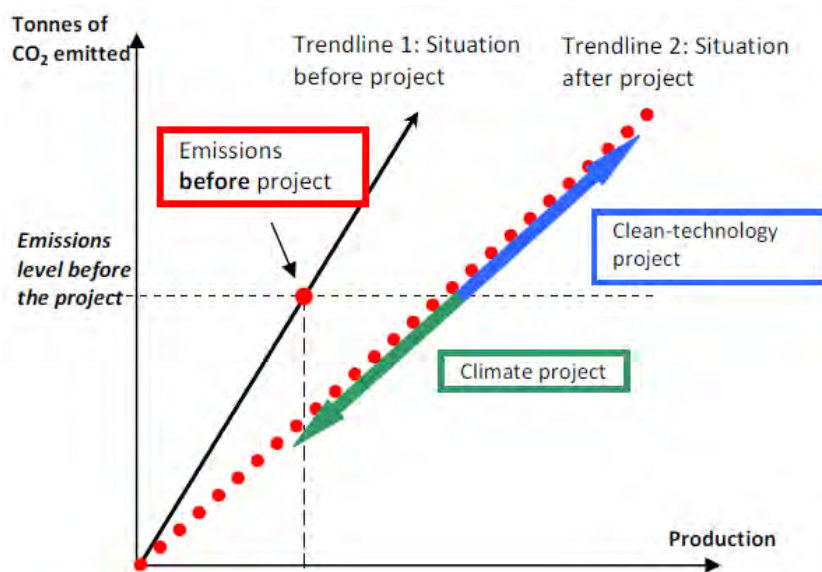


圖 2.2.1-10 開發計畫減碳類型分析示意圖

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。

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

綜合減量潛力及可行性評估結果，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)。

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。

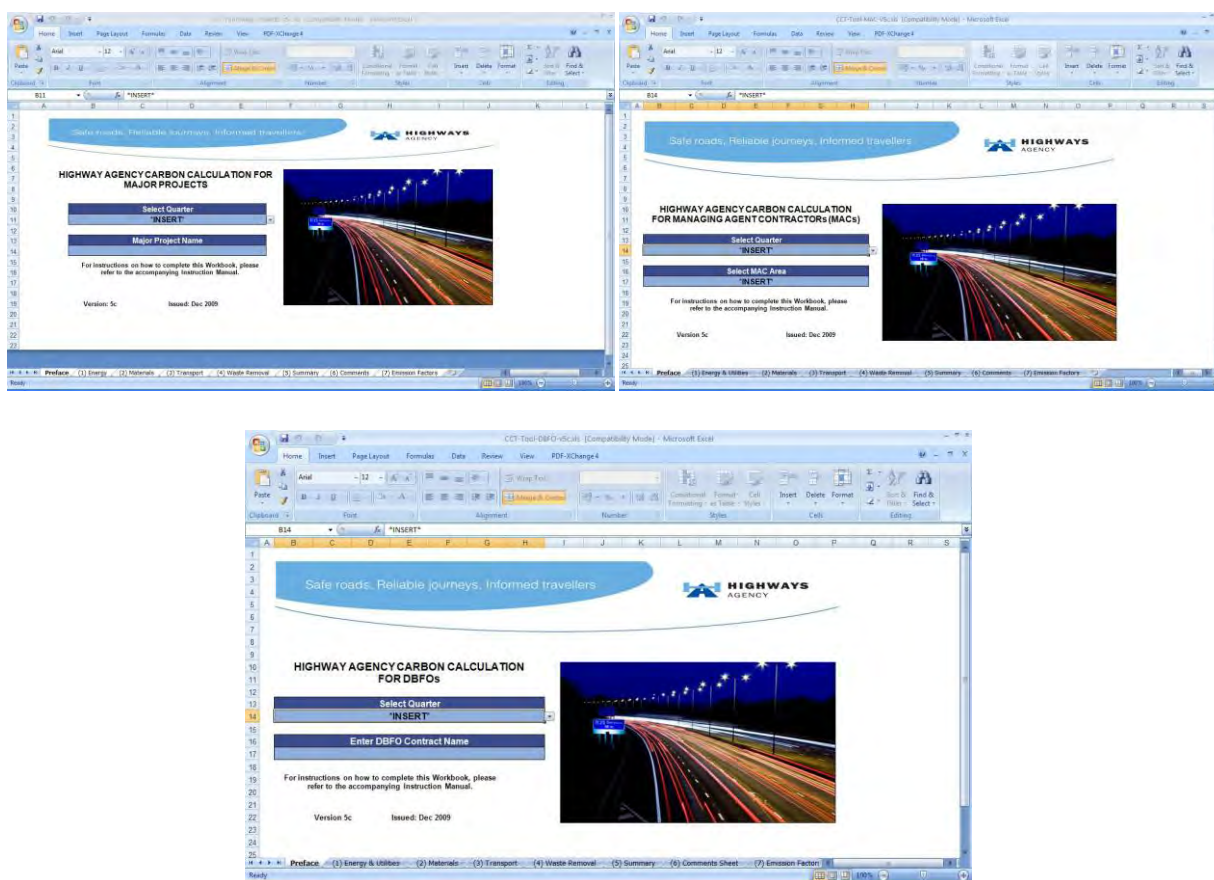


圖 2.2.2-1 英國公路局碳排放量計算器

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。

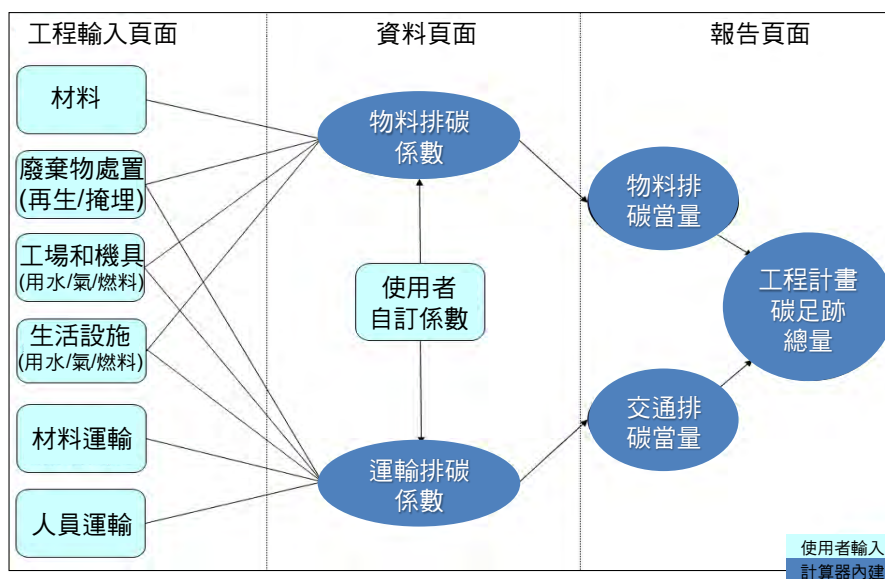


圖 2.2.2-2 英國環境署工程計畫碳足跡計算器

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。

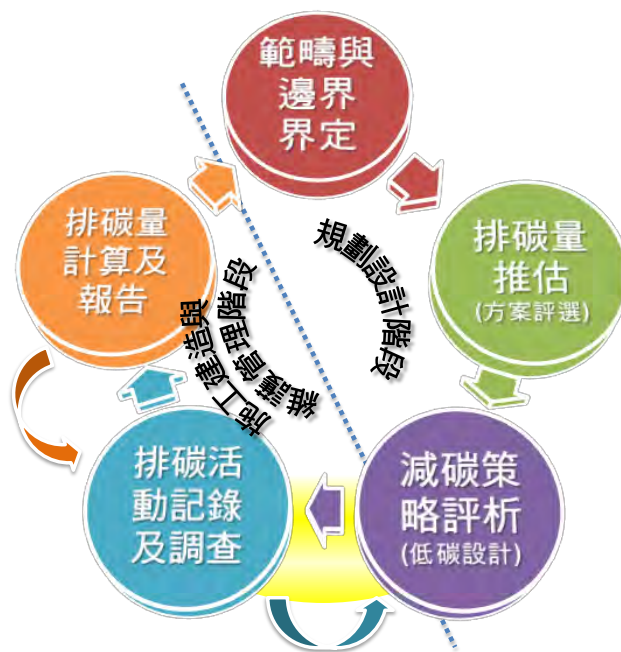


圖 2.3.1-1 公路總局道路工程碳管理架構

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。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。

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	

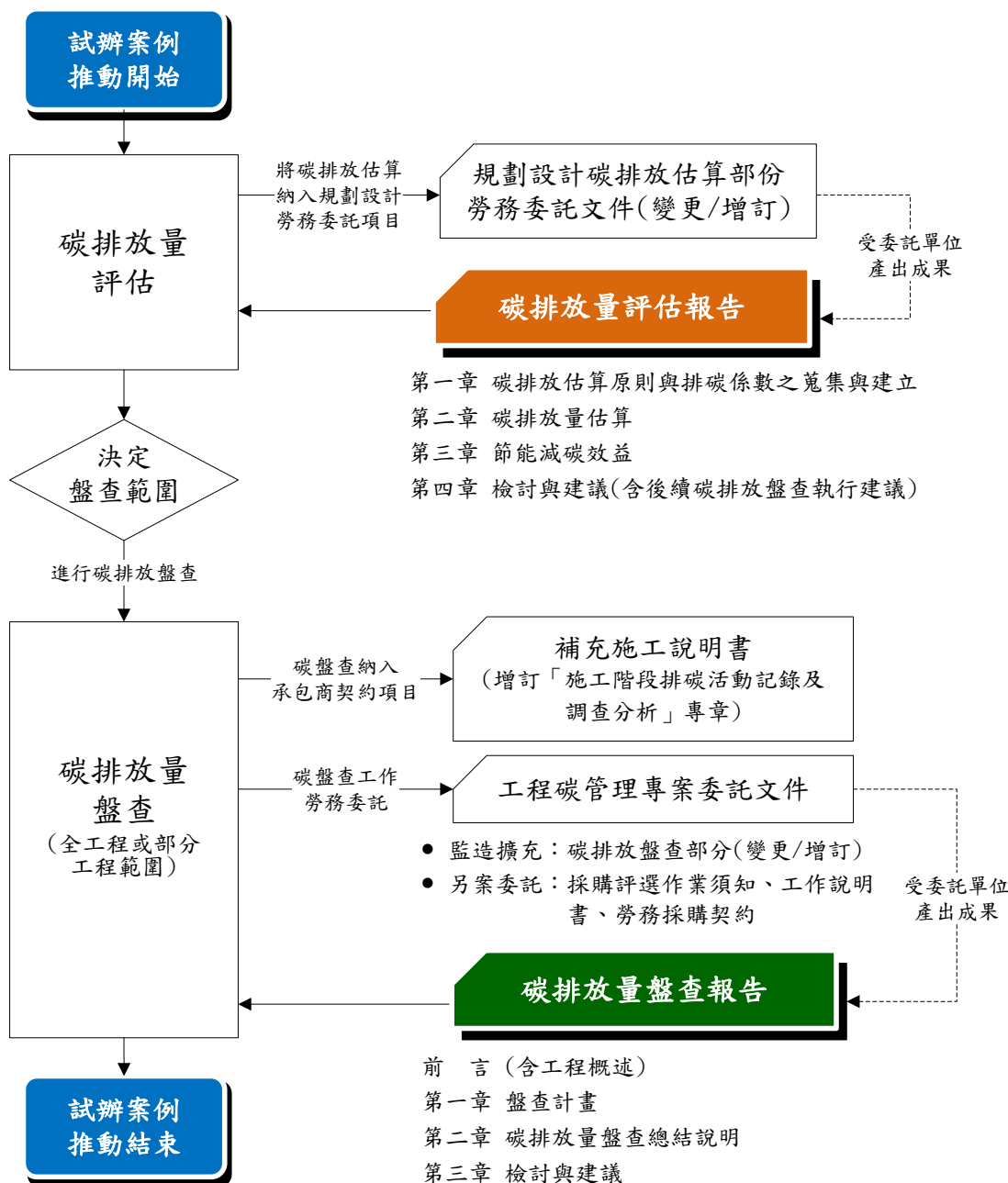


圖 2.3.1-2 公共工程碳排放量估算試辦案例推動流程

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，CF-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：

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。

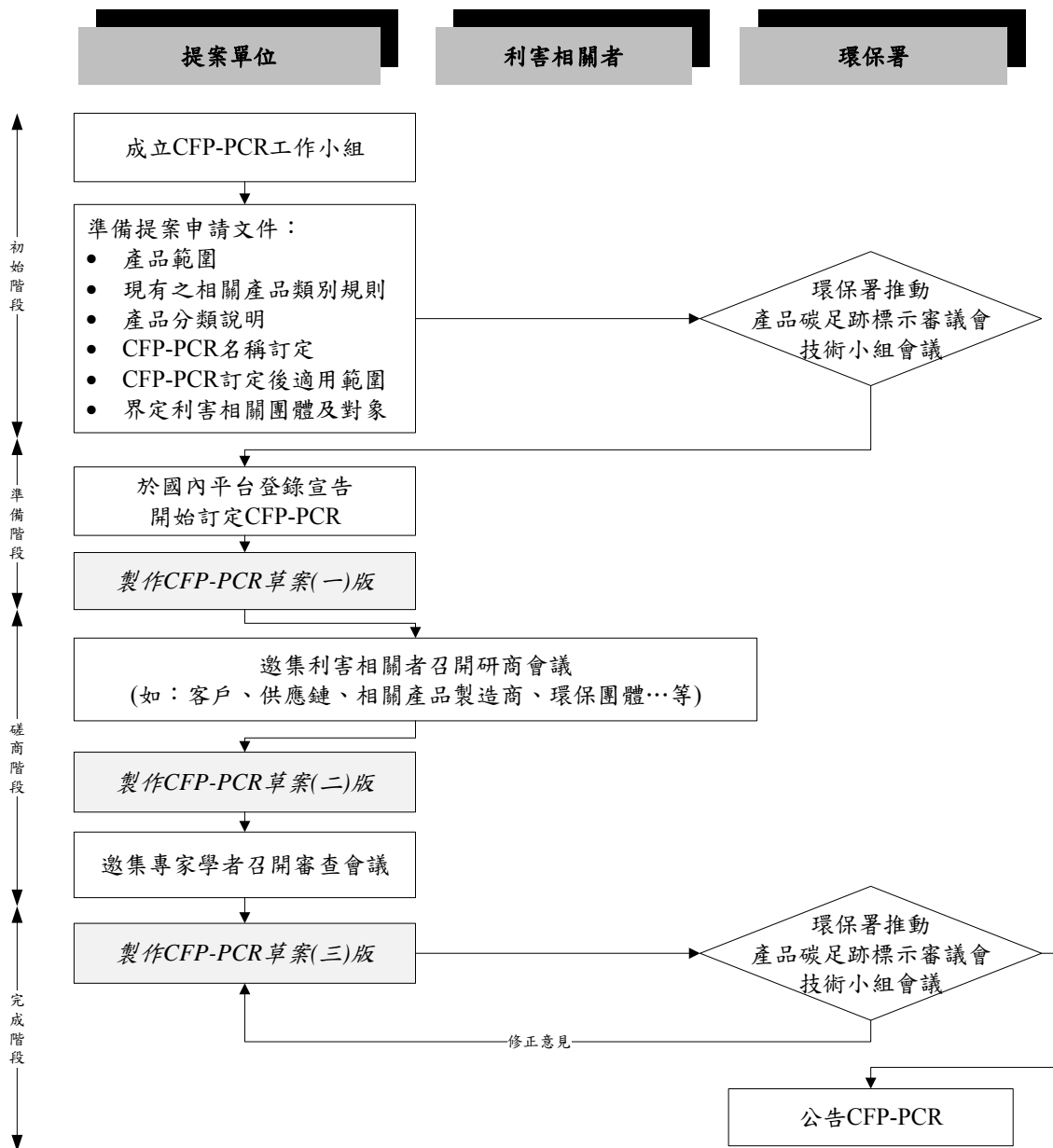


圖 2.3.2-1 產品類別規則文件訂定流程

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。

本團隊所提出之道路、橋梁、隧道 CF-PCR，係於去(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，於同年的 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；而後於今(103)年 3 月甫提出 CF-PCR 草案(三)版送環保署審議會議審查。經 5 月 8 日環保署 103 年度第 1 次推動產品碳足跡標示審議會技術小組會議審查，並依據審查意建完成修正檢核後，已於 5 月 30 日正式公告；此批產品類別規則目前已可由環保署台灣產品碳足跡資訊網查詢下載，查詢頁面如圖 2.3.2-2 所示。另分項條列國內首批工程類產品類別規則之重點內容於后。

1. 文件編號：13-024 基礎建設-道路(Infrastructure-Road)第 1.0 版

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；須依據相關主管機關頒佈之規範，對於道路等級加以註明。

2. 文件編號：13-025 基礎建設-橋梁(Infrastructure-Bridge)第 1.0 版

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**每公里-寬度之橋梁**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；須依據相關主管機關頒佈之規範，對於基礎建設-橋梁所屬公路之分類等級加以註明。

碳標籤制度說明

產品碳足跡計算

碳足跡查驗

碳標籤申請

碳標籤產品

碳標籤推廣活動

相關法規

Q&A

環保 e 言堂

電子報

相關網站

國內已制訂PCR

本署以「碳足跡產品類別規則訂定指引」為基準，進行審議產品類別規則文件作業，並公告通過本署審議或認可者，其碳足跡產品類別規則文件(CF-PCR)以供業界參考。如下表所列：

文件名稱	制定者	版本	核准日期	有效期限	適用產品範圍	資料下載
膠凍	豐喜食品股份有限公司及上品王食品股份有限公司	2.0	2014/06/27	2017/06/26	所有甜點類凝膠食品，中華民國商品標準分類號列(CCC Code)歸類於「2007.10均質調製品」部份適用，「2007.91,90其他柑橘類之水果經熬煮所得之果醬、果凍、橘皮果凍、果泥及果糊」部份適用及「2106,90,99,90-3其他未列名食物調製」部份適用。	膠凍 v2.0
基礎建設-橋梁	交通部公路總局	1.0	2014/05/30	2017/05/29	橋梁建築工程，依據中華民國行業標準分類編號為4210道路工程業及4220公用事業設施工程業	基礎建設-橋梁 v1.0
基礎建設-道路	交通部公路總局	1.0	2014/05/30	2017/05/29	各種平面道路興建之相關工程，依據中華民國行業標準分類編號為4210道路工程業及4220公用事業設施工程業	基礎建設-道路 v1.0
基礎建設-隧道	交通部公路總局	1.0	2014/05/30	2017/05/29	隧道建築工程，依據中華民國行業標準分類編號為4210道路工程業及4220公用事業設施工程業	基礎建設-隧道 v1.0
油含類/油炸類	味臣企業股份	1.0	2014/04/08	2017/07/03	和臣合田油煎片者	適合

瀏覽總次數：1502869 次

指導單位：行政院環境保護署 (02)2311-7722 轉2927、2925

執行單位：社團法人台灣環境管理協會 (02)2912-2910 轉128、113

建議使用 IE6 版本以上螢幕解析度1024 * 768 觀看



圖 2.3.2-2 台灣產品碳足跡資訊網公告 3 項工程類 CF-PCR

3. 文件編號：13-026 基礎建設-隧道(Infrastructure-Tunnel)第 1.0 版

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每公里-斷面積之隧道之修建(包含隧道設備與其他必要附屬設施)，以及未來 50 年之營運；須依據相關主管機關頒佈之規範，對於基礎建設-隧道所屬公路之分類等級加以註明。

2.3.3 我國產品碳足跡排放係數資料庫建置工作

為因應國內碳排放量化與減碳規劃之需求，環保署現正積極推動碳足跡及碳標籤制度，期望藉由產品碳排放資訊的普遍揭露，促進民眾及企業正視產品碳足跡並推動減碳作為。為使企業與相關單位在進行碳足跡量化時，能有可信賴的係數，及使下游企業有可採用的上游供應商參數，以確保碳足跡計算結果的代表性，並增加碳足跡計算的便利性及時效性，環保署自去(102)年起即著手推動本土碳足跡排放係數資料庫建置工作，預估以分年度的方式，至 105 年完成共 28 個類別、約 600 項產品碳足跡係數，其規劃發展的係數類別與子項如圖 2.3.3-1 所示。

圖 2.3.3-1 中與工程碳足跡盤查結果計算較相關者包括：能資源、運輸服務、建材、金屬、化學品或氣體等；迄本報告編撰截止前，環保署已將逾百筆碳足跡排放係數公告於產品碳足跡計算服務平台中，項目詳網址：http://cfc.epa.gov.tw/CIT_Beta/CIT_UI/Bmodule/Inventory/Metadata.aspx。各類係數目前皆以相同的詮釋資料呈現，包括：名稱、碳足跡數值(kgCO₂e)、單位、技術範疇(系統邊界)、技術描述、開始日期、結束日期及區域名稱。

未來本計畫將持續關注環保署公告之碳足跡係數內容，作為本計畫彙整盤查結果後、執行碳足跡計算時，可採用之碳排放係數來源之一，確保碳足跡量化數據品質。



資料來源：蕭慧娟，民國 103 年。

圖 2.3.3-1 環保署本土碳足跡排放係數資料庫建置內容規劃

第三章 蘇花改計畫工程碳足跡盤查執行進度

依據本計畫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可概分為兩大部分，包括：工區(工程主體相關排碳活動及碳匯變化)，以及非工區施工管理單位(各單位因應工程管理而設置之辦公及無法區隔的住宿場所)，如圖 3-1 及表 3-1 所示。

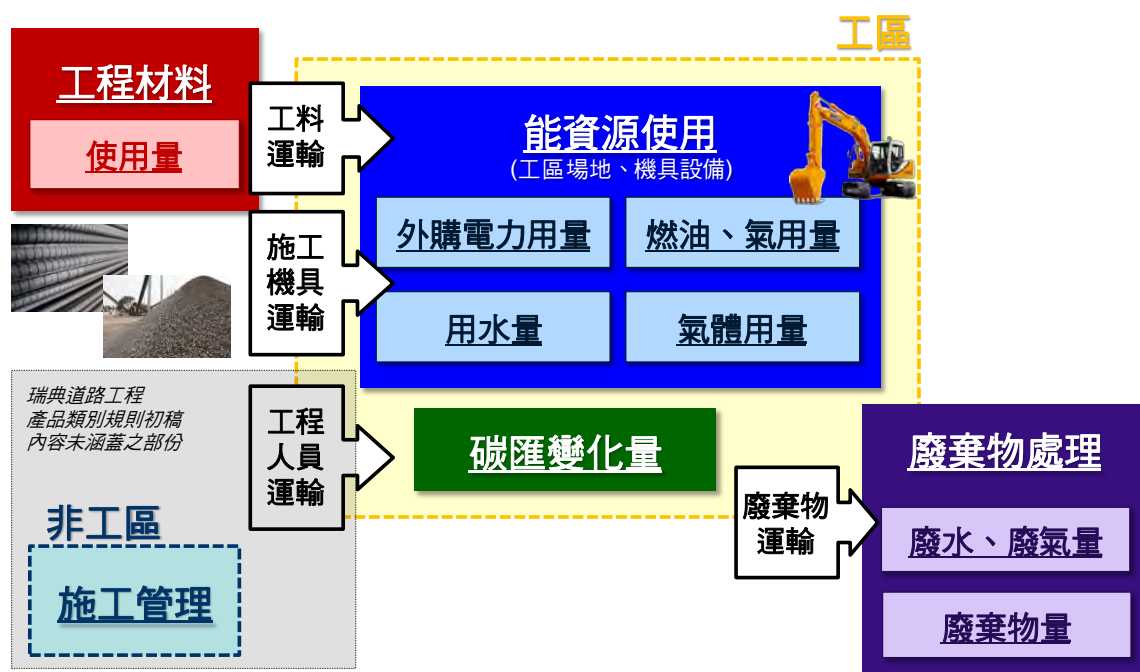


圖 3-1 工程碳足跡盤查範圍示意圖

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，故本計畫本期對此仍要求承包商持續配合調查，並進行排放量量化；但此部分排放量預期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獨立表述及如何納入於查證聲明中，則將持續視資料蒐集內容與國內外相關規範發展情形，待第二階段查證時作進一步確認。

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)	103.05.30	58 個月(103.06*~106.12)	103.06.05
	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，並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。本計畫本期主要工作項目包括：於 103 年 1 月底前提送 102 年度年末進度報告書初稿，3 月底提送 103 年度盤查暨排放清冊，並於 4 月中旬完成 102 年度年末進度報告修正稿。配合公路總局集合轄下各工程處碳管理計畫碳管理工作團隊、辦理一場次大型研討會的構想，本計畫特調整本年度研討會辦理議題與時間，於本期協助籌辦「公路工程碳管理制度及實務研討會」，並完成成果報告及辦理成果簡報。

此外，本期仍定期以每月至少一次的方式，就已開工的土建標進行盤查輔導矯正及現場訪查；又適逢 C2 標仁水隧道新建工程恰於本期結束前月(5 月 30 日)決標、於 6 月 17 日開工，本計畫遂配合各級單位代表之時間，於 6 月 24 日假和中工務段辦理仁水隧道新建工程碳足跡盤查工作啟始會議；教育訓練則依據工程處建議，待承包商人員及主要協力廠商、供應商到位後，再

行籌辦。

另因應前期進度報告審查結論：請計畫執行團隊整理 B 區工程碳足跡調查表試填結果及調查資料回收狀況，本團隊已於 4 月份發文請求工程處要求 B 段監造及承包商出席本計畫辦理之碳足跡推估調查資料說明會，並於會後陸續取得 B 段各土建標之部分調查資料，並完成初步試算，詳本章第 3.5 節。又本計畫自前期即開始循途徑與各標工程之大宗材料供應商進行面訪，期能透過洽談至少取得產品碳足跡計算相關資料，又或能接受本團隊之輔導、執行產品碳足跡盤查查證更佳。惟目前接洽的結果，僅有宜興混凝土廠南澳廠已開始持續提供營運相關資料，水泥供應商亞泥、信大有回文提供 102 年度生產及排碳活動統計資料，鋼筋供應商：東和鋼鐵桃園則是接受本團隊成員進廠參觀與初步研商，但相關資料仍待後續追蹤。

以下即先就本計畫自 103 年 1 月份起，陸續辦理之各標現場輔導、B 段說明會及 C2 標啟始會議、擴大辦理為研討會之年度座談會辦理情形，以及供應商訪談狀況，進行分小節說明。

3.1.1 現場訪查與輔導、說明會及啟始會議辦理說明

一、現場訪查與輔導會議辦理情形

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。

本計畫盤查輔導對象自前期已擴增為 A3、C1、A2 及 A1 共 4 個土建標，基於工程進度、工區位置、資料填寫量及熟悉度考量，本團隊自 102 年 6 月起，即視盤查執行狀況、依工區所在位置，將 A 段現場輔導分為蘇澳及東澳兩處或合併於蘇澳辦理；A2、A3 標承包商之碳管理專員則不定期赴會議辦理地陪同本計畫輔導人員進行工區現場巡查。總計本計畫本期(103 年 1 至 6 月)共計於 A 段辦理 9 場次現場輔導、於 C1 標辦理 6 場次現場輔導，辦理時間如下：

- A 段現場輔導現場輔導辦理日期：1/23、2/27、5/22
- A 段現場輔導-蘇澳部分現場輔導辦理日期：3/31、4/25、6/24
- A 段現場輔導-東澳部分現場輔導辦理日期：3/25、4/24、6/25
- C1 標現場輔導辦理日期：1/15、2/27、3/27、4/23、5/29、6/17

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期現場輔導會議辦理實況，詳本報告書附錄 II-1。

二、B 段土建標工程碳足跡推估資料調查說明會議辦理情形

為提升本計畫工作中：B 段工程碳足跡推估部分成果之有效性與代表性，本計畫特於 4 月份發文請求工程處協助邀集 B 段監造單位及各標承包商人員，進行工程碳足跡推估資料調查說明，並於 4 月 23 日上午 9 點假南澳工務段會議室，完成工程碳足跡推估資料調查說明會議之辦理，會議實況如圖 3.1.1-1 所示；說明會講義及出席情形詳附錄 II-2。

本次說明會除確認各標連絡窗口外，並訂有調查資料回收時間：102 年度工程管理活動資料於 5 月上旬提供、目前已完成工項之大宗材料使用量於 5 月底提供。資料回收狀況與工程管理及橋梁、隧道碳足跡試推估結果，詳本章第 3.5 節。



圖 3.1.1-1 B 段土建標工程碳足跡推估資料調查說明會辦理情形

三、仁水隧道新建工程(C2 標)啟始會議辦理情形

配合盤查範圍內之工程招標、決標與開工期程，本期於 5 月 30 日有仁水隧道新建工程(C2 標)決標，故本計畫配合各級單位高層之時間，於 6 月 24 日假和中工務段會議室辦理 1 場次碳足跡盤查啟始會議。此次會議同樣集結了工程處、施工廠商(即承包商)、監造單位、輔導單位及第三方查驗機構代表，共同宣示啟動仁水隧道新建工程施工期間工程碳管理作業，會議中各單位代表皆表示對於碳足跡盤查工作的認同，並在宣讀宣言後進行簽署儀式，宣示未來將共同致力於取得工程碳足跡查證聲明的決心。

當日單位高層代表偕碳管理合作宣言團拍如圖 3.1.1-2；另整理會議議程、與會來賓簽到單、工程碳足跡盤查合作宣言簽署實錄，詳本報告書附錄 II-3。



圖 3.1.1-2 仁水隧道新建工程(C2 標)碳足跡盤查啟始會議實況

3.1.2 本(103)年度座談會：公路工程碳管理制度及實務研討會辦理說明

交通部公路總局基於國際工程碳管理趨勢及我國國家及公共工程節能減碳政策走向，自民國 101 年起即以研提道路工程碳管理構想，訂定道路工程碳管理事務推動進程；再以實務操作之可行性為考量、增訂工程契約內容後，啟動一系列工程碳排放估算與盤查計畫，期能透過回饋循環的方式，逐步完備我國道路工程碳管理方法與工具。

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

此次研討會議程如表 3.1.2-1 所示，係由政策方向、國內外規範，乃至於現階段實作成果，邀集一系列專題發表，作為各界了解與推展工程碳管理實務之參考。

表 3.1.2-1 公路工程碳管理制度及實務研討會議程

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

本次研討會實況如圖 3.1.2-1 所示，由過程中各講次專題的發表及最後的綜合研討，已可初步看出我國公路工程碳管理實務的推動效益，不但在執行過程中與國際規範和參考文件緊密接軌、更成功藉由工程碳管理議題，串連起國內跨部會(工程會、環保署)及工程研究與營造從業人員的對話與合作機制，除有助於提升公路工程碳管理計畫執行效率與效益外，以公路工程碳管理推動營造產業供應鏈節能減碳、輔助國家整體節能減碳的發展路線亦逐漸顯現。



➤ 夏副局長明勝致詞



➤ 主協辦單位、貴賓及講者合影



➤ 蕭處長慧娟演講實況



➤ 徐肇晞技正演講實況



➤ 胡憲倫教授演講實況



➤ 林文華協理演講實況

圖 3.1.2-1 公路工程碳管理制度及實務研討會辦理情形



➤ 卜君平教授演講實況



➤ 黃琬淇博士演講實況



➤ 林彥宇博士演講實況



➤ 蔣啟恆經理演講實況



➤ 陳峙霖經理演講實況



➤ 綜合討論實況

圖 3.1.2-1 公路工程碳管理制度及實務研討會辦理情形(續)

由於議程安排兼具工程碳管理理論與實務，除各講者及計畫執行人員之間的資訊交流外，此次會議成功地聚集了交通部及其他工程主管機關、大學院校學者專家及工程顧問公司先進等超過 160 人參與。由各講次詢答及最後的綜合座談的狀況可看出，與會人士多對於未來可預期的計畫成果及資訊共享寄予厚望，後續在碳足跡評估方法論與碳足跡盤查實務經驗的相輔相成下，本計畫將成為國內外工程碳管理的重要案例。

3.1.3 供應商訪談與資料蒐集初步結果

本計畫自去年度起即開始尋求供應商協助提供材料生產碳排放相關數據，期能透過資料蒐集、訪談乃至於盤查查證，及早確認本計畫主要工程材料碳足跡，盡可能在符合查證要求外，提升碳足跡量化過程中一級數據的占比，強化本計畫執行成果的有效性。基於前述構想，本計畫目前已嘗試取得連繫的大宗材料供應商包括有：宜興混凝土-南澳廠、亞洲水泥-花蓮廠、信大水泥-南聖湖廠，及東和鋼鐵-桃園廠。以下即分項簡要說明各供應商聯絡進程及現階段資料取得狀況與分析結果。

一、宜興混凝土-南澳廠

宜興混凝土為本計畫盤查標的中，A3及A2標的主要混凝土供應商，出貨廠別包括南澳及冬山兩廠；惟南澳廠係為蘇花改計畫而設之專用廠，由此廠出貨之混凝土數量相對而言較大且具有代表性，冬山廠另外還負責供貨予其他建築開發案，故在與供應商協商配合提供營運相關調查資料時，即先鎖定以南澳廠為主。

本計畫透過監造單位碳管理專員的協助，先是於去(102)年2月邀請到宜興混凝土襄理參與現場輔導討論，說明碳足跡盤查工作內容與工程材料碳足跡係數取得需求，再請宜興開始逐月提供出貨資料，包括：預拌車用油量、載運方數、行駛里程統計結果等；而後再於102年7月安排赴廠區巡查、了解生產程序後，請宜興額外再提供相關生產資料，包括：原物料用量、產量、用油量、用電量、氣體用量及廢棄物量。

現階段可分析得到的數據包括單為混凝土運輸油耗，如圖3.1.3-1所示；以逾1年之混凝土車載運油耗量與方數計算，平均油耗約為 3.09 L/m^3 。另由逐月的油耗資料分布可發現：二至七月的油耗率皆略低於平均值，八至一月的油耗率則略高，此部分將待後續資料持續累積後再作探討。至於全廠原物料(水泥、飛灰、爐石、水、粗粒料、細粒料及藥劑等)用量、用電量、氣體用量及廢棄物量等，將待後續配合各型(強度)產品的產量進行分配與排放量計算，作為產出各型混凝土碳足跡係數之依據。

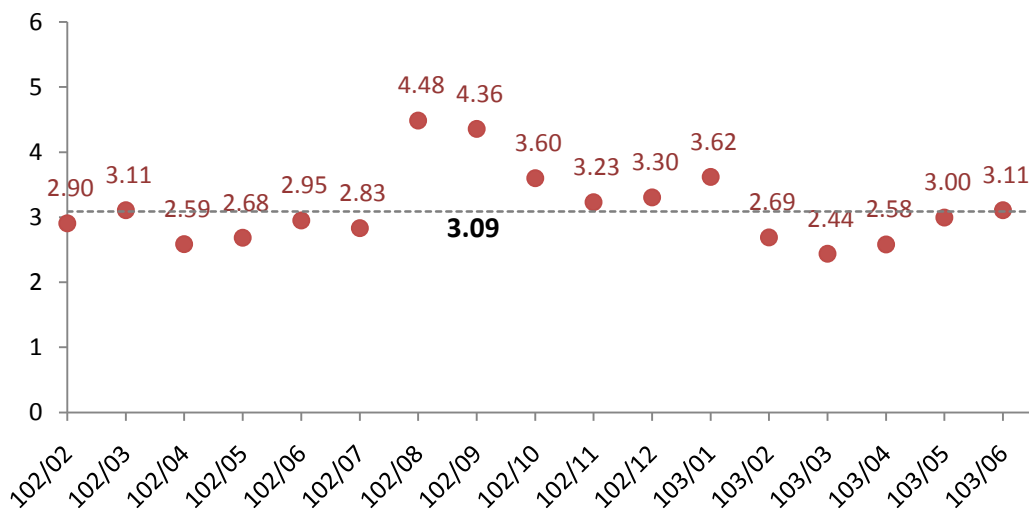


圖 3.1.3-1 宜興混凝土南澳廠單位混凝土體積油耗率(L/m³)

就宜興南澳廠混凝土碳足跡係數初步推估結果，與經查證單位認可而採用之 Gabi 資料庫中各型混凝土係數比較，變異幅度約在 77% 至 145% 間，平均約為 96%，顯示以 Gabi 係數計算尚符合保守性原則，且與實際值相近。同樣地，此部分全廠排放源活動量及各類型產品之能資源分配的完整性與合理性，仍有待宜興混凝土持續配合提供相關資料持續累積後，再作追蹤探討。

二、亞洲水泥-花蓮廠、信大水泥-南聖湖廠

為提升台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫工程碳足跡盤查結果之代表性，本計畫已於去(102)年 9 月行文請求工程處協助函請各土建標之混凝土、水泥及鋼筋之主要供應商提供相關資料，藉以尋求進行主要工程材料產品碳足跡調查及評估的機會。在此之後即於 10 月分別獲得亞洲水泥-花蓮廠及信大水泥-南聖湖廠的回覆，取得亞泥花蓮廠 101 年度及信大南聖湖廠 100 年度之產品、原物料及製程排放相關資料；惟雖然有聯繫但未取得進場訪談的機會。

直至今(103)年 4 月，本計畫首次與兩廠碳排放盤查相關人員會面，並進廠了解其製程內容。在資料時效性與正確性考量下，此次會面並未再索取進一步的資料，而是配合環保署依空污法第二十一條第一項所公

告「公私場所應申報溫室氣體排放量之固定污染源」的要求，在此兩廠皆被列於第一批固定污染源、需在 8 月底前完成前一年度全廠盤查、查證的情況下，決定待兩廠今年完成 102 年度盤查查證後，再請求提供盤查資料及非屬組織型盤查範疇內之能資源、廢棄物量和產量與原物料用量，進行 102 年度單位水泥碳足跡試算。

三、東和鋼鐵-桃園廠

本計畫於本期末(6月)甫與東和鋼鐵桃園廠取得聯繫，並安排於 6 月 30 日赴該廠進行參訪與磋商。初步了解該廠對於碳排放盤查已有完整的資料與經驗，也因為同前項兩水泥廠一般，此廠亦為環保署列管的第一批應申報溫室氣體排放量之固定污染源，故本計畫將同樣待 8 月底前、該廠完成盤查查證時，再索取盤查資料非屬組織型盤查範疇內之能資源、廢棄物量和產量與原物料用量，進行 102 年度單位鋼筋碳足跡試算。

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，本計畫已基於前期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。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。

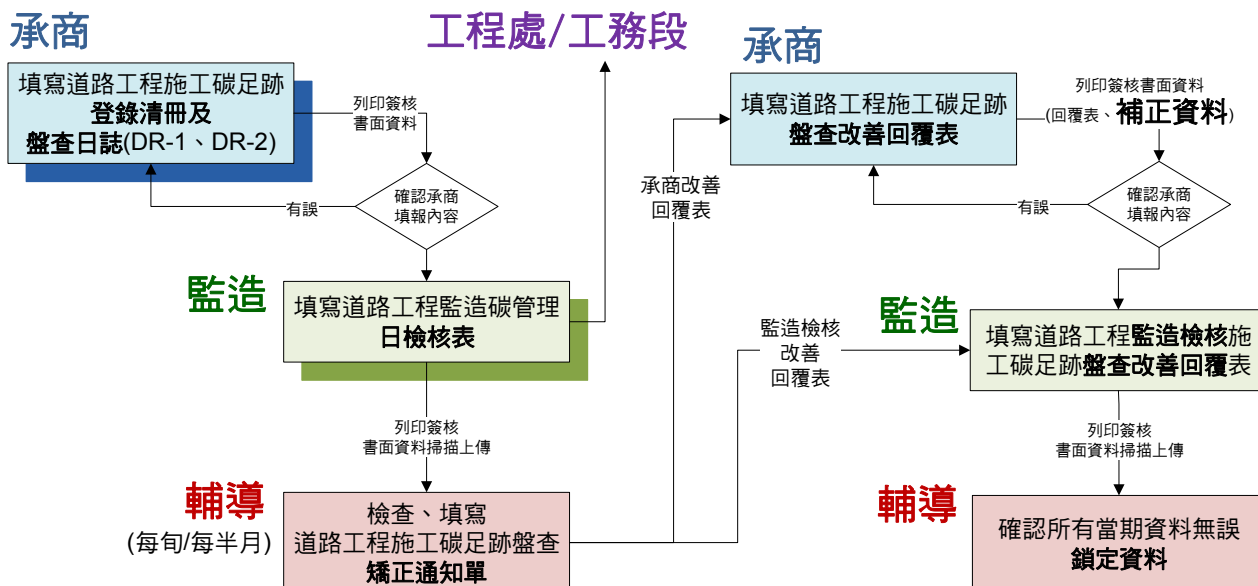


圖 3.2.1-1 碳足跡盤查日誌填報、檢核與矯正回覆流程

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。

惟表 3.2.1-1 所訂之盤查資料填報日程，在前期即已開始遇到執行上的困難，部分承包商因人力因素曾延遲逾 1 個月以上，此部份延宕狀況經監造單位敦促無效後，遂由本計畫團隊發文請求工程處協助督導，所幸承包商還是能及時改善。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，本計畫目前以根據不同工程特性之標別在各式資料索取的時間掌控上進行檢討並有彈性地調整，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。

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

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。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。

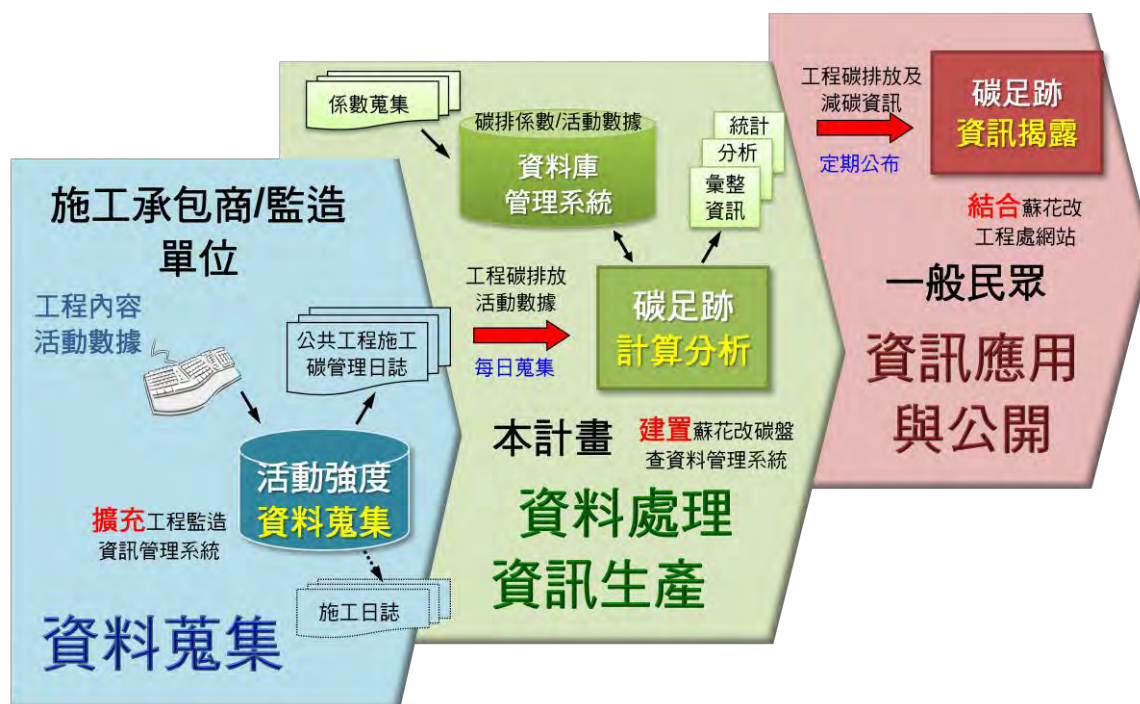


圖 3.2.2-1 蘇花改計畫碳管理資料流示意圖

如圖 3.2.2-1 之資料庫系統需求，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，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。

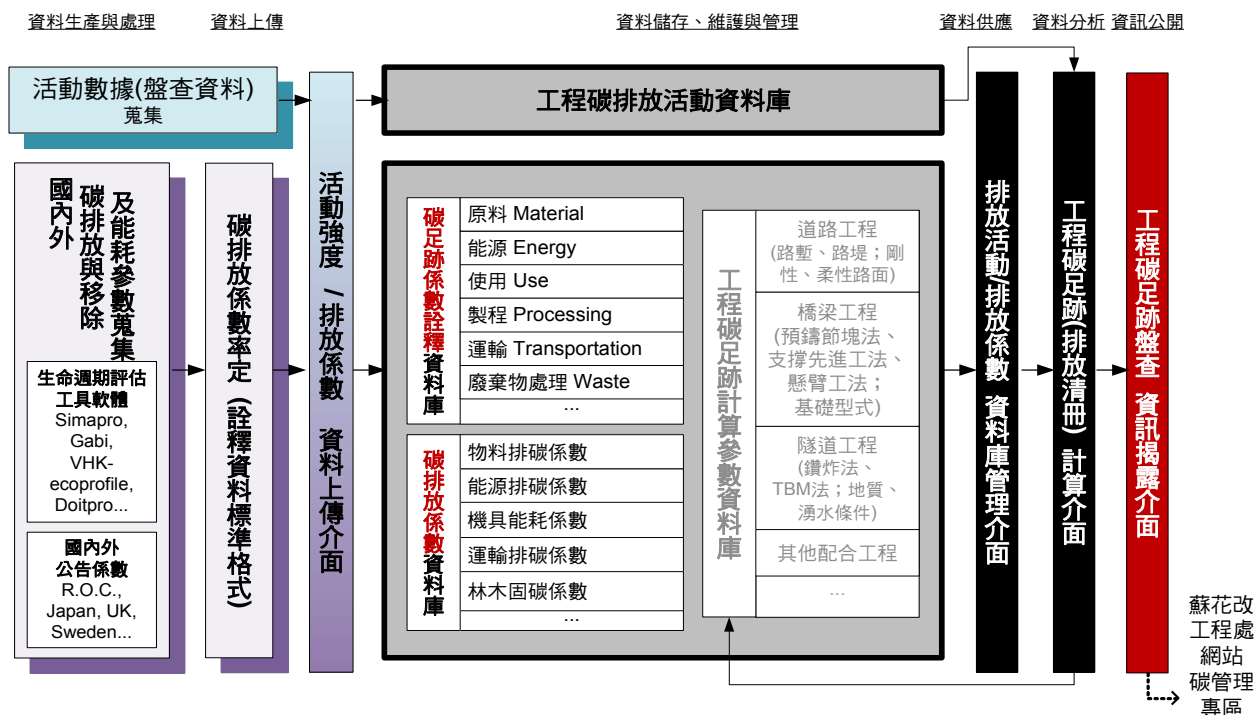


圖 3.2.3-1 蘇花改計畫碳足跡盤查資料庫管理系統運作機制

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。

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介面，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)。

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。

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。



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

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：



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



圖 3.2.4-3 蘇花改碳排盤查登錄清冊資料填查頁面

1. 施工項目登錄；
2. 供應商/協力廠商登錄；
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。

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。

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@men.kingnet.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

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 4 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

運輸日期	運輸進/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	運輸單位	單向運輸距離(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	□進貨單/送驗報告; □油單	材料細項詳銷貨單	刪除 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	□進貨單/送驗報告; □油單		刪除 電子檔
編輯	20130717	運進	混凝土攪拌車		柴油	MA-宜興 10	噴霧機	4	m3	15	南澳	東澳	估計值	□進貨單/送驗報告; □油單		刪除 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

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。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。

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/sin024.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

月報附件影像檔上傳

- 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	
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	
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

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	95.6	L	63.3
				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
				WT-16 其他	0	755	L	160.8
				田大-共用油箱	0	577	L	812.1
				L2機具運輸	0	0	L	1836.36
表報編號：A3-201306				蘇花公路改善計畫工程碳管理委託服務工作				
道路工程施工碳足跡盤查月報				填報日期：2013年7月11日				
工程名稱				2用電 <input checked="" type="checkbox"/> 有				
承攬廠商名稱				用電編號				
填報期間				本月總耗電量(度)				
工程進行情況(填入作業類別碼及作業名稱)：				ES-01 182.5				
BA0105 清除掘除、拆除及圍籬工程				3用水 <input type="checkbox"/> 無				
BA0110 施工便道及便橋				4-1工料使用 <input checked="" type="checkbox"/> 有				
CA0100 南口洞口平台、邊坡保護				工料名稱				
CA0130 北口洞口平台、邊坡保護				工料數量單位				
DAA0120 PN1井基				本月總使用數量				
DAA0160 PN3井基				MA-田大03 墩柱鐵模				
DAC0140 PN2墩柱(8.6m)				組 8				
DAC0150 PS2墩柱(8.9m)				MA-田大05 鐵絲				
DAC0160 PN3墩柱(15.2m)				箱 26				
DBB0120 PN1井基				MA-田大06 鐵線				
DBC0150 PS3基礎				kg 100				
DBC0170 PS4基礎				MA-田大08 鋼管施工架				
DBC0180 PS5基礎				組 294				
DBD0100 AN1牆身				MA-田大10 鋼筋續接器				
DBD0120 PN1墩柱(10.0m)				個 156				
DBD0130 PS1墩柱(9.6m)				MA-宜興01 混凝土175				
DBD0150 PS2墩柱(13.8m)				m3 24				
DBD0230 PS6墩柱(18.8m)				MA-宜興02 混凝土210				
DBD0360 PN13墩柱(17.4m)				m3 375				
L1機具使用(包含公務車及交通車)				MA-宜興04 混凝土280				
機具編號				m3 1091.5				
機具名稱				MA-宜興05 混凝土350				
本月累計施作時數(h)				m3 463				
JP-125 小客車				MA-宜興10 噴霧土				
JP-139 客貨兩用車				m3 208				
MC-552 機車				MA-宜聯(冬山) 竹節鋼筋				
MC-553 機車				kg 157671.2				
MC-554 機車				MA-益群豐03 點焊網				
MC-555 機車				m2 2816				
MC-556 機車				MA-益群豐04 成型填縫板				
MC-557 機車				片 535				
MC-558 機車				MA-配特01 點焊網				
MC-559 機車				M2 1500				
MC-560 機車				MA-配特02 清水模板				
ME-弘大鑫06 吊車				片 90				
ME-弘大鑫09 發電機				MA-順運01 覆工版				
ME-弘大鑫10 空壓機				片 206				
ME-弘大鑫11 吊卡車				MA-順運02 H型鋼				
ME-弘大鑫13 噴漿機				支 46				
ME-弘大鑫20 泵浦車				件 3				
ME-田大01 吊車				MA-順達01 氣氣瓶				
ME-田大02 吊卡車				瓶 11				
ME-田大03 吊卡車				MA-順達02 乙炔瓶				
ME-田大04 發電機(大型)				瓶 1				
ME-田大05 發電機(大型)				4-2工料運輸(包含土方、油料及植物) <input checked="" type="checkbox"/> 有				
ME-田大06 發電機(小型)				工料編號				
ME-田大07 發電機(中型)				工料名稱				
ME-田大08 發電機(小型)				運輸次數				
ME-田大09 發電機(小型)				運輸量單位				
ME-田大10 發電機(小型)				本月運輸總量				
ME-田大11 挖土機				本月最大單向運距(km)				
ME-田大12 挖土機				MA-田大10 鋼筋續接器				
ME-田大13 挖土機				1 個				
ME-田大14 吊車(25T)				MA-宜興01 混凝土175				
ME-田大16 高空作業車				1 1 m3				
ME-益群豐01 挖土機				10 3 m3				
ME-配特01 挖土機				7 7 m3				
ME-配特02 挖土機				8 8 m3				
ME-配特03 發電機				13 13 m3				
ME-配特04 空壓機				1 1 kg				
ME-配特05 挖土機				1 1 kg				
ME-順運03 打樁機				2 2 kg				
ME-順運04 發電機				1 1 kg				
ME-順運09 框式附加吊桿車				2 2 kg				
MO-田大01 傾卸車				1 1 kg				
MO-田大02 傾卸車				1 1 kg				
MO-田大03 傾卸車				1 1 kg				
PT-252 客貨兩用車				1 1 M				
PT-254 小貨車				1 1 M2				
PT-258 客貨兩用車				1 1 M				
PT-259 客貨兩用車				1 1 M				
PT-260 客貨兩用車				1 1 M				
				MA-配特01 點焊網				
				MA-配特02 清水模板				
				MA-配特03 水泥砂漿				
				MA-順運01 覆工版				
				MA-順運02 H型鋼				
				MA-順運03 H型鋼				
				MA-順運04 角鋼				
				MA-順運06 氣氣瓶				
				MA-順運07 乙炔瓶				
				MA-順運07 乙炔瓶				
				MA-達和10 油漆				
				MA-達和11 去漬油				
				MA-樂志01 預力鋼腱				
				MA-樂志01 預力鋼腱				
				MA-順達01 氣氣瓶				
				MA-順達02 乙炔瓶				
				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：				

圖 3.2.4-8 蘇花改碳排盤查系統月報檔下載之 Excel 檔

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。

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@mail.sroads.ctb.gov.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

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"/> 有缺	
所用機具是否皆已登錄	<input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有缺	
所用機具操作時數是否合理	<input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有缺	
所用機具能耗量是否合理	<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有缺	
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 checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有缺	
所用工料是否皆已登錄	<input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有缺	
所用工料數量與施工範圍比對是否合理	<input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有缺	
工料進場數量與佐證資料是否相符	<input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 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 checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有缺	
載運之工料量是否合理	<input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有缺	
運具型號規格資料是否合理完備	<input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有缺	
運輸距離是否合理	<input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有缺	
運具能耗量是否合理	<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有缺	
能耗量與佐證資料是否相符	<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 誤 <input type="radio"/> 有缺	

圖 3.2.4-9 蘇花改碳排盤查系統：「監造檢核」頁面

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。

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線蘇花公路東澳段改善及新建工程	承攬廠商名稱	新亞建設開發股份有限公司	7 人員出勤紀錄 ■有 □無			
契約工期	1265天	契約工期	294天	量控項內容		量控結果	補充說明
開工日期	2012/09/17	報完工日期	2014/03/04	出勤人員資料交通方式是否皆已登錄	■是 □有缺 □有缺		
工程進行情況彙報: 重要施工項目及數量是否相符 ■是 □有缺 □有缺				出勤人員資料機具是否皆符合		■是 □有缺 □有缺	
1-1 機具使用(包含公務車及交通車) ■有 □無				8 其他			
量控項內容		量控結果	補充說明	本月量控機具: ■五項 □有缺, 共____項 □缺, 共____項			
所用機具是否符合工程內容需求?		■是 □有缺 □有缺		由大為環保資訊提供: □今日提供系統編號: _____ 之借出資料 □今日提供系統編號: _____ 之借出資料			
所用機具是否皆已登錄		■是 □有缺 □有缺		報表人			
所用機具操作時數是否合理		■是 □有缺 □有缺		主辦工 工程師		工程師 經理	
所用機具燃料量是否合理		□是 □有缺 □有缺					
機具來源是否皆符合管理程序		□是 □有缺 □有缺					
1-2 機具運輸 □有 ■無							
2 用電(含機房、道路、隧道各工區) □有 ■無							
3 用水(含機房、道路、隧道各工區) □有 ■無							
4-1 工料使用(包含土方、油料及廢物) ■有 □無							
量控項內容		量控結果	補充說明				
所用工料是否符合工程內容需求?		■是 □有缺 □有缺					
所用工料是否皆已登錄		■是 □有缺 □有缺					
所用工料數量與施工範圍比例是否合理		■是 □有缺 □有缺					
工料來源是否皆符合管理程序		■是 □有缺 □有缺					
4-2 工料運輸 ■有 □無							
量控項內容		量控結果	補充說明				
到場之工料是否符合工程內容需求?		■是 □有缺 □有缺					
到場之工料是否皆已登錄		■是 □有缺 □有缺					
運具型式與機具是否皆合理		■是 □有缺 □有缺					
運輸距離是否合理		■是 □有缺 □有缺					
運具燃料量是否合理		□是 □有缺 □有缺					
運輸量與機具是否皆符合管理程序		□是 □有缺 □有缺					
5-1 廢棄物 □有 ■無							
5-2 廢棄物運輸 □有 ■無							
6 碳匯改變 □有 ■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線蘇花公路東澳段改善及新建工程	承攬廠商名稱	新亞建設開發股份有限公司	道具體機具燃料量是否皆合理			
報核期間	102年06月01日(星期五)~102年06月30日(星期五)			■是 □有缺 □有缺			
工程進行情況彙報: 重要施工項目及數量是否相符 ■是 □有缺 □有缺				運輸距離是否合理		□是 □有缺 □有缺	
1-1 機具使用(包含公務車及交通車) ■有 □無				運具燃料量是否合理			
量控項內容		量控結果	補充說明	5-1 廢棄物 □有 ■無			
所用機具是否符合工程內容需求?		■是 □有缺 □有缺		5-2 廢棄物運輸 □有 ■無			
所用機具是否皆已登錄		■是 □有缺 □有缺		6 碳匯改變 □有 ■無			
所用機具操作時數是否合理		■是 □有缺 □有缺		7 人員出勤紀錄 ■有 □無			
所用機具燃料量是否合理		□是 □有缺 □有缺		量控項內容		量控結果	補充說明
1-2 機具運輸 ■有 □無				出勤人員資料交通方式是否皆已登錄			
量控項內容		量控結果	補充說明	■是 □有缺 □有缺			
到場之機具是否符合工程內容需求?		■是 □有缺 □有缺		8 其他			
運具型式與機具是否皆合理		■是 □有缺 □有缺		本月量控機具: ■五項 □有缺, 共____項 □缺, 共____項			
到場之機具數量與運輸量是否相符		■是 □有缺 □有缺					
運輸距離是否合理		■是 □有缺 □有缺					
運具燃料量是否合理		□是 □有缺 □有缺					
2 用電(含機房、道路、隧道各工區) ■有 □無				報表人			
量控項內容		量控結果	補充說明	主辦工 工程師		工程師 經理	
用電狀況是否符合工程內容需求?		■是 □有缺 □有缺					
電表是否皆已登錄		■是 □有缺 □有缺					
耗電量是否合理		■是 □有缺 □有缺					
3 用水(含機房、道路、隧道各工區) □有 ■無							
4-1 工料使用(包含土方、油料及廢物) ■有 □無							
量控項內容		量控結果	補充說明				
所用工料是否符合工程內容需求?		■是 □有缺 □有缺					
所用工料是否皆已登錄		■是 □有缺 □有缺					
所用工料數量與施工範圍比例是否合理		■是 □有缺 □有缺					
4-2 工料運輸 ■有 □無							
量控項內容		量控結果	補充說明				
到場之工料是否符合工程內容需求?		■是 □有缺 □有缺					
到場之工料是否皆已登錄		■是 □有缺 □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

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。

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 102 年 6 月下半月資料檢核所需為例，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。

圖 3.2.5-1 蘇花改碳排盤查系統：核定資料頁面

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

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。

本計畫本期已利用此機運具能耗分析頁面功能，會同登錄資料進行整合分析，比較不同規格、功率及機齡之同型機具，及跨標別相同規格機具的能耗差異，相關結果詳本報告書第四章 4.2.5 節。

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 季才開始填報，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。

本計畫已於 102 年底基於 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，詳附錄 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 102 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，並減少單據重新加總的錯誤機率。



(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

目前年報填寫系統已常駐於功能列中，讓各級管理單位年報填報人員能夠不定期隨資料蒐集狀況進行數據填寫及佐證資料上傳，有效提升年末結算當年度管理活動排放統計之效率。

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。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。

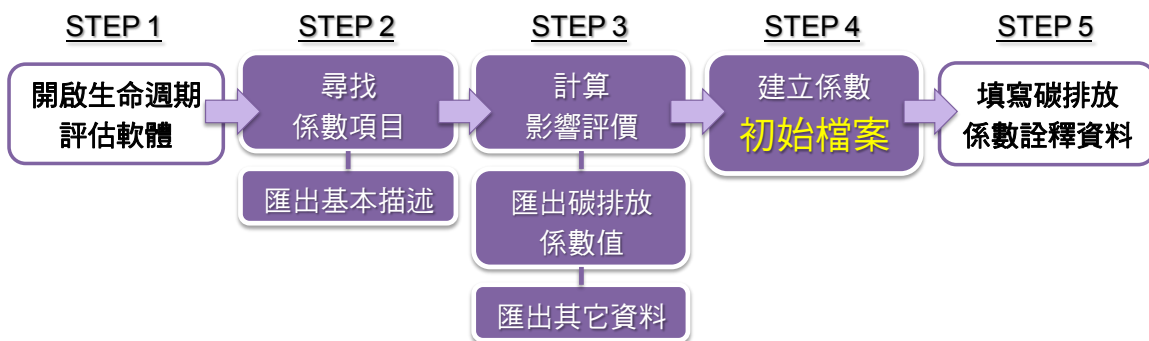


圖 3.3.2-1 碳足跡盤查係數率定與詮釋資料填寫程序

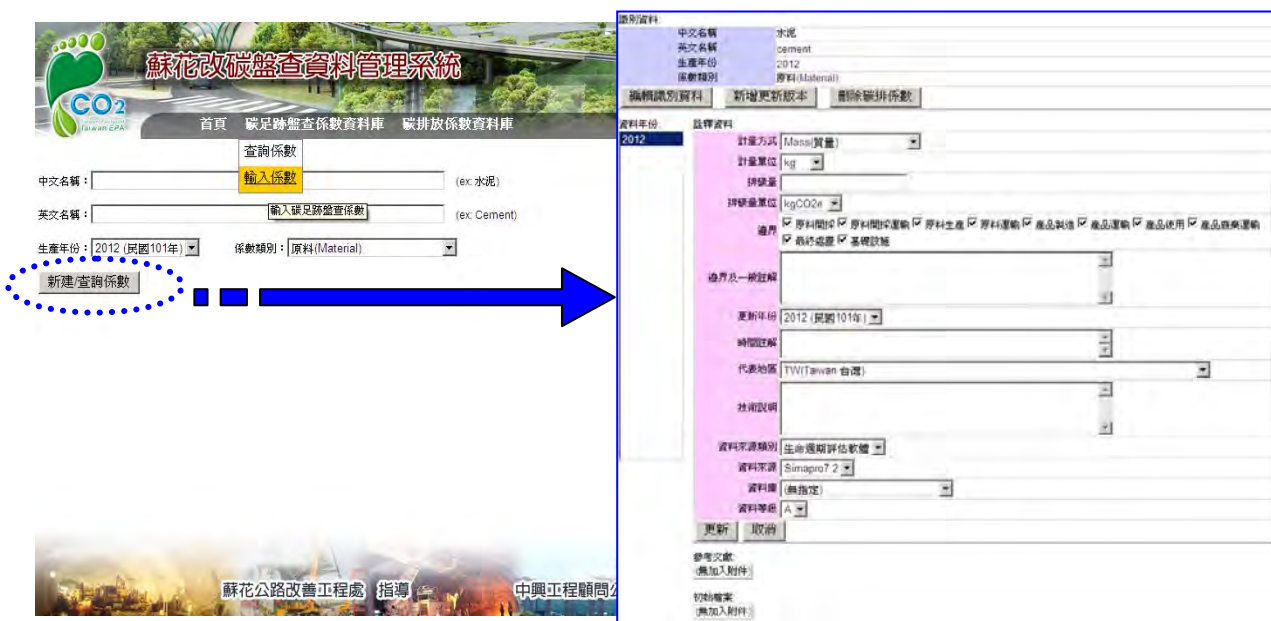


圖 3.3.2-2 碳足跡盤查係數詮釋資料主/副表填寫頁面



圖 3.3.2-3 碳足跡盤查係數詮釋資料查詢頁面

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。

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。

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
柴油生命週期		3.340	PE、Ecoinvent、國內公告係數
生質柴油生命週期		3.256	
柴油(BP2)生命週期		3.339	柴油、生質柴油生命週期係數

註：以柴油平均密度 0.83 kg/L 換算而得。

同上述方式，即可建立柴油-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。

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 102 年，使用單位電力碳排放係數為每度電(kWh)排放 0.522 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 103 年 4 月甫於碳足跡計算服務平台揭露的係數 (http://cfc.epa.gov.tw/CIT_Beta/CIT_UI/Fmodule/News.aspx) 「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。

環保署另已於今(103)年 6 月 30 日公告「電力碳足跡(101 年)-財團法人工業技術研究院」係數，為：0.69kgCO₂e/kWh；對於此類會隨年度而改變的係數，後續本團隊將再參考其他產品碳足跡計算方式，並尋求查證單位的建議與認可後，採行一致的係數選取原則進行碳足跡計算。

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。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	
	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	140 II kgf/cm ²	0.0736	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
		175 II kgf/cm ²			
	混凝土	210 II kgf/cm ²	0.0905	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
		水中 210 II kgf/cm ²			
		245 II kgf/cm ²			
	噴凝土	210 II kgf/cm ²			
	混凝土	280 II kgf/cm ²	0.0962	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	混凝土	350kgf/cm ²	0.1130	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	鋼纖維噴凝土	255SFS(混凝土)	0.0962	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
		255SFS(鋼纖維)	0.6134	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
水泥	一型水泥	0.7840	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	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		1.2440	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	鈎型錨釘				
	預力端錨 固定端錨 固定續接器 可動續接器		2.3216	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	預力鋼腱		2.1599	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	鋼筋續接器	16 ϕ SD280W	2.3216	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	防撞鋼板		2.7070	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	點焊網		0.6134	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	鐵絲				
	鐵線				
	菱形網				
	鋼筋混凝土管	D1000m 、 D1500mm	0.1456	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	臨時集水井	150*150*165*1 5cm			
	氧氣		0.1220	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	乙炔		5.6750	kgCO ₂ e/kg	Ecoinvent、 化學平衡式
	氮氣		0.0729	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	油漆	溶劑型	2.5500	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	去漬油		0.4997	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	速凝劑	硫酸鋁鹽	0.4930	kgCO ₂ e/kg	Ecoinvent
超重 CF 機油		1.0367	kg CO ₂ e/kg	Gabi-PE	

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	超優 CG4 機油		1.0367	kg CO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	黃油條 No.2					
	液壓油					
	H 型支保	鋼板	2.1264	kg CO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	桁型支保	鋼筋	1.2440	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
		鋼板	2.1264	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	自鉗式岩栓	鋼管	2.4623	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
		鋼板	2.1264	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	岩栓	鋼筋	1.2440	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
		鋼板	2.1264	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	蘭花黑網	聚乙烯(PE)	1.5687	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	全/半阻隔圍籬	鋼板	2.1264	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
		鋼筋	1.2440	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	植生基材		0.2300	kgCO ₂ e/kg	文獻	
	瀝青		0.0624	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	柏油					
	密級配					
	磚		0.1959	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	立柱護蓋	聚氯乙烯(PVC)		1.5914	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE
	中空板					
	風管					
	鍍鋅亞管		2.4623	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						
盤式支承	鋼板	2.1264				kgCO ₂ e/kg
	橡膠	3.4517	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE		

表 3.3.4-1 工區碳排放係數彙整(續三)

類別	項目	規格	排放係數	單位	係數來源	
材料	成型填縫板		2.8467	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	橡膠防震板	橡膠	3.4517	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	膠管	50mm*30mm*4M	3.2100	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	PE 黑管	t5.5mm 3"x100M	2.0000	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	HDPE 透水管	2"x 4M 全透				
	PAC		1.6440	kgCO ₂ e/kg	文獻	
	高分子		3.4000	kgCO ₂ e/kg	文獻	
	硫酸		0.1285	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
	水玻璃		1.0941	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	皂土		0.5215	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
	炸藥		0.1660	kgCO ₂ e/kg	文獻	
	聚胺脂樹脂		22.2782	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE	
無收縮摻料 套管灌漿劑		1.2087	kgCO ₂ e/kg	Gabi-PE		
運輸	全拖車、大貨車	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	
	小貨車	3t、3.49t	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

以下即依據開工時間先後(A3、C1、A2 及 A1 標)，就 103 年 1 月 1 日至 103 年 6 月 30 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 103 年 1-6 月登錄清冊累積項目，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。

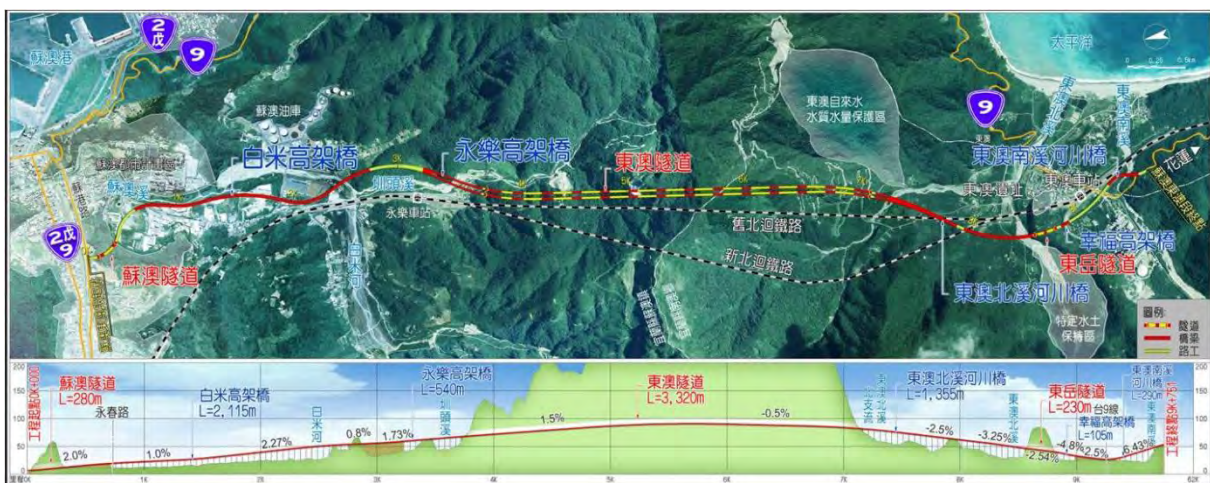


圖 3.4.1-1 東澳東岳段新建工程(A3 標)工程範圍示意圖

本標係於 101 年 6 月 28 日決標，並於同年 9 月 17 日開工；截至 103 年 6 月底止，累積工期為 657 天，實際進度 53.7%。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		-

由於 A3 標於本期之完成進度已達 50%以上，本計畫特依據承包商新亞公司所提供之資料，新增主要施工項目及進度彙整結果，如圖 3.4.1-2 所示。圖中上色區塊即為已完成之工項或進行中之工項，未上色部份則是目前仍未開始或至 6 月底尚無填報紀錄之工項。

由圖可知，目前除部分橋台基礎未開始進行或未完成外，東澳北溪河川橋及幸福高架橋工區之墩柱工程皆已完成，並正接續進行上構工程中；而幸福高架橋工區另有進行橋台牆身與路工工程同步進行中。東岳隧道工區已於 5 月完成中間牆施作工程，目前正進行北口南下線與北上線開挖工作。

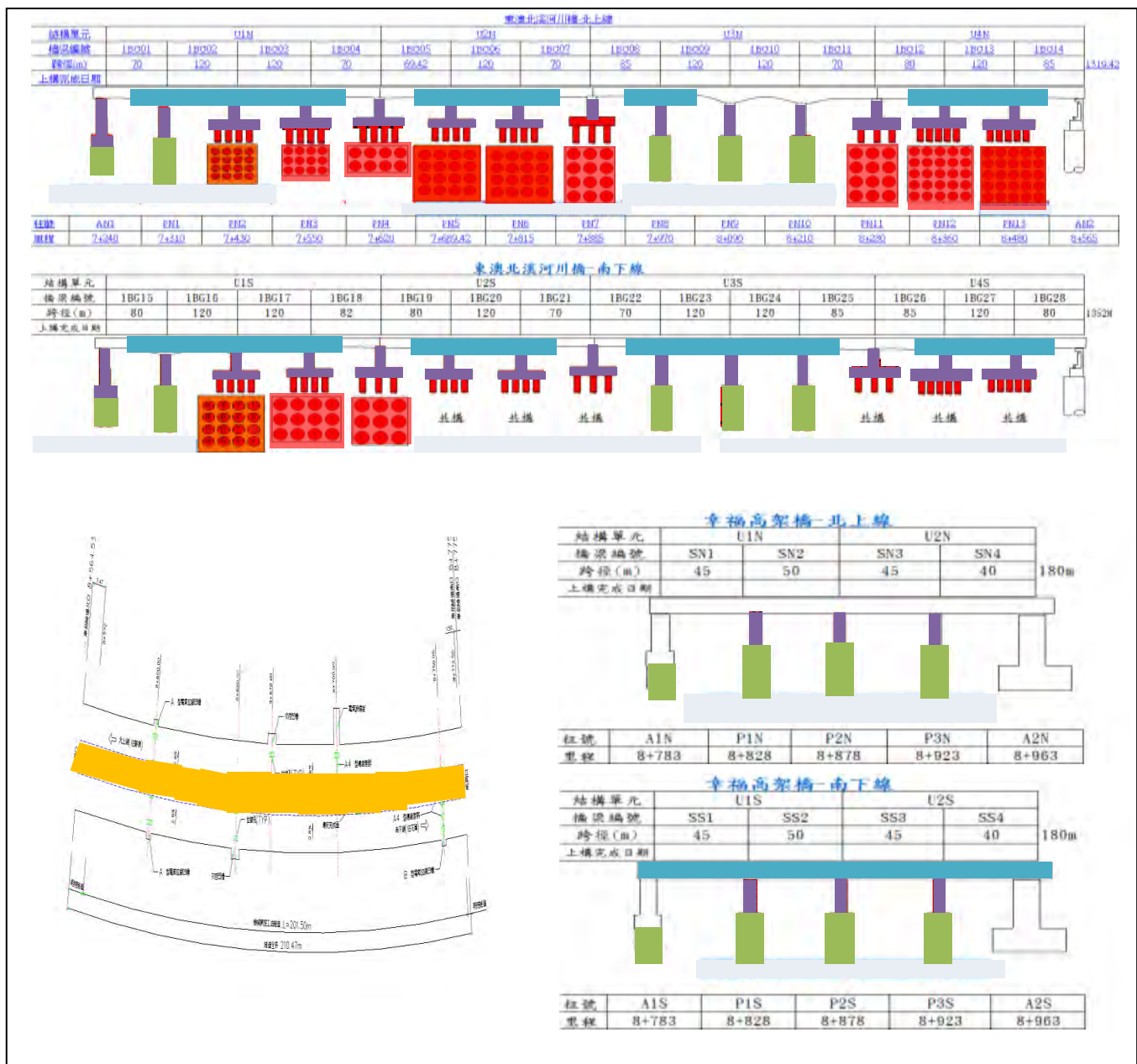


圖 3.4.1-2 東澳東岳段新建工程(A3標)施工情形

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，另已於 102 年年中已另於登錄清冊中新增工程施工項目及協力廠商/供應商登錄表單 2 項，作為承包商執行碳足跡盤查資料填報之參照。

截至 103 年 6 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，施工機具和工程材料皆隨工程進度而持續增加，因目前開始進行上構工程，故最大幅增加的項目為工程項目部分。

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	本期新增筆數
CP	工程施工項目登錄表	124	27
CC	廠商登錄	14	0
ME	施工機具/耗能設備登錄表	111	6
ES	用電登錄表	2	0
WS	用水登錄表	1	0
MA	工程材料登錄表	147	7
PL	植生登錄表	4	0
MO	運具設備登錄表	35	5
HR	工區人員交通方式登錄表	348	2

(一)機/運具使用

截至 103 年 6 月 30 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、東岳隧道中央導坑開挖及北口開挖工作等；過程中共計使用機具 111 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；本期期間(103 年 1~6 月)協力廠商使用之臨時用電量為 88,640 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 標本期機/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	243.0	1,061.13	柴油	
ME-弘大鑫 05	挖土機	192.0			
ME-弘大鑫 07	吊車	52.0			
ME-弘大鑫 08	吊卡車	18.0			
ME-弘大鑫 09	發電機	263.0			
ME-弘大鑫 10	空壓機	57.0			
ME-弘大鑫 12	吊卡車	18.0			
ME-弘大鑫 20	泵浦車	8.0			
ME-弘大鑫 21	鑽機	6.0			
ME-弘大鑫 13	噴漿機	57.0			-
ME-田大 01	吊車	1,020.0	2,898.39	柴油	
ME-田大 02	吊卡車	1,272.0	1,272.76	柴油	
ME-田大 03	吊卡車	1,348.0	3,645.67	柴油	
ME-田大 06	泵浦車	384.0	4,004.04	柴油	
ME-田大 12	挖土機	288.0	5,932.07	柴油	
ME-田大 04	發電機(大型)	1,324.0	7,123.51	柴油	
ME-田大 07	發電機(中型)	408.0		柴油	
ME-田大 13	挖土機	8.0		柴油	
ME-田大 14	吊車(25T)	264.0		柴油	
ME-田大 15	泵浦車	4.0		柴油	
ME-田大 16	高空作業車	362.0		柴油	
ME-益群豐 01	挖土機	336.0		3,347.43	柴油
ME-配特 04	空壓機	168.5	1,630.00	柴油	
ME-配特 05	挖土機	32.5	200.00	柴油	
ME-配特 06	挖土機	471.5	4,151.73	柴油	
ME-配特 07	挖土機	144.0	686.00	柴油	
ME-配特 08	空壓機	154.5	1,403.00	柴油	
ME-配特 11	高空作業車	256.0	1,825.60	柴油	
ME-配特 12	鑽堡機	343.5	60.03	柴油	
ME-配特 13	機臂噴漿機	351.5	63.00	柴油	

表 3.4.1-3 A3 標本期機/運具使用紀錄(續)

機/運具編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	用油量(L)	耗能別	備註
ME-配特 16	噴漿機	72.0	347.09	柴油	
ME-配特 17	高空作業車	71.0	376.00	柴油	
ME-配特 18	泵浦車	193.0	1,003.80	柴油	*
ME-配特 19	挖土機	22.0	340.72	柴油	
ME-配特 20	挖土機	171.0	2,626.00	柴油	
MO-配特 03	傾卸車	(里程 km)1,055.0	2,605.18	柴油	
ME-樂志 01	吊卡車	564.0	2,880.54	柴油	
ME-樂志 02	吊車	1,152.0	5,978.76	柴油	
ME-樂志 13	吊卡車	1,076.0	3,451.71	柴油	
ME-樂志 14	吊卡車	1,112.0	3,312.41	柴油	
ME-樂志 16	吊卡車	1,364.0	7,827.28	柴油	
ME-樂志 03	挖土機	488.0	15,091.40	柴油	
ME-樂志 04	發電機	676.0		柴油	
ME-樂志 05	發電機	112.0		柴油	
ME-樂志 06	發電機	696.0		柴油	
ME-樂志 07	發電機	576.0		柴油	
ME-樂志 08	發電機	676.0		柴油	
ME-樂志 09	發電機(照明燈)	304.0		柴油	
ME-樂志 10	發電機(照明燈)	32.0		柴油	
ME-樂志 11	空壓機	96.0		柴油	
ME-樂志 12	高空作業車	788.0		柴油	
ME-樂志 15	泵浦車	784.0		柴油	*
ME-樂志 17	高空作業車	644.0		柴油	
ME-樂志 18	堆高機	688.0		柴油	
ME-樂志 19	吊卡車	888.0	柴油		

附註：操作時數小於 50 小時且未有油單者，暫未列入本期盤查活動量計算。

*：部份泵浦車為外租車量，本計畫依 A1 標泵浦車單位方數油耗推估能耗。

A3 標本其之主要工程項目為：上構工程、橋台工程及其他，由於本標係以不同類型工作委由不同協力廠商分項負責的方式施作，

故使用機具之數量相對較多。由表 3.4.1-3 機具編號即可看出 A3 標 103 年 1~6 月協力廠商包括有：弘大鑫、田大、益群豐、配特、樂志等；茲分項說明各協力廠商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，至今累計共使用 21 台機具，其中有 2 台是透過發電機燃油送電進行操作，但至本期截止其所負責的工程已接近完成階段；
2. 益群豐：主要負責施工便道工程，於 102 年下半年度開始執行排水箱涵施做工作，本期僅使用 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，迄今共使用 18 台機具及 3 台運具，將於完成墩柱工程後，接續進行幸福高架橋工區路工工程；
4. 配特：主要負責東岳隧道工程，累計共使用 13 台機具與 1 台運具，目前已完成中間牆混凝土澆置、進行北口雙線開挖中；
5. 樂志：主要負責東澳北溪橋工區及幸福高架橋兩工區之上構工程，迄今累計共使用 21 台機具。

考量部分機具於本期操作時數尚低或未有加油紀錄，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，本報告本期亦延續前期作法，將操作時數在 50 小時以下，且未有加油紀錄之機具活動量不列入於本期活動強度統計，將待協力廠商完工，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。

基於上述原則，本期採用推估的機具油耗分別為：ME-配特 18 的耗油量 1,003.80 L、ME-樂志 15 的耗油量 4,454.08 L。另根據表 3.4.1-3 之各項機/運具油耗量彙整結果，可將 A3 標本期機/運具總活動強度進一步依協力廠商別再分析表列，如表 3.4.1-4，作為 A3 標本期機/運具碳足跡分工項計算時之參考依據。

表 3.4.1-4 A3 標本期協力廠商機/運用油量統計

協力廠商名稱	用油量(L)
弘大鑫	1,061.13
田大	24,876.44
益群豐	3,347.43
配特	17,318.15
樂志	38,542.10
合計	85,145.25

(二)工程材料使用

A3 標本期所使用材料項目共計有 48 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，中間牆模板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 標本期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	34,358.00	kg	一次性使用
MA-弘大鑫 02-1	桁型支保	G150	18.00	組	一次性使用
(多項合併)	點焊網		12,680.58	m ²	一次性使用
MA-配特 08	水泥	第二型	1,800.00	包	一次性使用
MA-宜興 01	混凝土	175 II kgf/cm ²	114.50	m ³	一次性使用
MA-宜興 02	混凝土	210 II kgf/cm ²	36.00	m ³	一次性使用
MA-宜興 03	混凝土	245 II kgf/cm ²	3,694.00	m ³	一次性使用
MA-宜興 04	混凝土	280 II kgf/cm ²	4,336.50	m ³	一次性使用
MA-宜興 05	混凝土	350kgf/cm ²	2,507.00	m ³	一次性使用
MA-宜興 06	混凝土	420 II kgf/cm ²	11,270.50	m ³	一次性使用
MA-宜興 10	噴凝土	噴凝土	1,392.50	m ³	一次性使用

表 3.4.1-5 A3 標本期工程材料使用量統計結果(續)

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)	竹節鋼筋		2,860,627.10	kg	一次性使用
MA-益群豐 05	止水帶	A3(200mm*9mm)	181.00	m	一次性使用
MA-益群豐 14	透水材料		155,920.00	kg	一次性使用
MA-配特 07	管幕鋼管	L=12m	258.00	支	一次性使用
MA-配特 18	瞬結劑	SN 急結管	300.00	支	一次性使用
MA-配特 09	先撐鋼管		3,772.00	支	一次性使用
MA-配特 10	岩栓	25mm L=4.1	2,309.00	組	一次性使用
MA-配特 11	桁型支保	中央導坑用	150.00	組	一次性使用
MA-配特 11-1	桁型支保	中央導坑用	50.00	組	一次性使用
(多項合併)	鋼筋續接器		11,214.00	個	一次性使用
MA-樂志 01	預力鋼腱		615,545.15	kg	一次性使用
(多項合併)	盤式支承		40.00	個	一次性使用
MA-樂志 05	預力套管		3,385.00	支	一次性使用
MA-樂志 06	預力端錨		170.00	組	一次性使用
MA-樂志 07	固定端錨		54.00	組	一次性使用
MA-樂志 08	固定續接器		18.00	組	一次性使用
MA-樂志 09	可動續接器		14.00	組	一次性使用
MA-樂志 16	套管灌漿劑		1,500.00	kg	一次性使用
MA-樂志 17	橡膠防震板		16.00	塊	一次性使用
MA-配特 17	中間牆模板		1	組	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 標本期需計算生命週期排碳量的工程材料(含同材料不同規格)包括 47 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 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 標本期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	34,358.00	kg	(速凝)20,614.80
					kg	(水)13,743.20
MA-弘大鑫 02-1	桁型支保	G150	組	18.00	kg	(鋼板)360.00
					kg	(鋼筋)6,063.48
(多項合併)	點焊網		m ²	12,680.58	kg	42,999.30
MA-配特 08	卜特蘭水泥	第二型	包	1,800.00	kg	90,000.00
MA-宜興 01	混凝土	175 II kgf/cm ²	m ³	114.50	kg	270,792.50
MA-宜興 02	混凝土	210 II kgf/cm ²	m ³	36.00	kg	84,096.00
MA-宜興 03	混凝土	245 II kgf/cm ²	m ³	3,694.00	kg	8,802,802.00
MA-宜興 04	混凝土	280 II kgf/cm ²	m ³	4,336.50	kg	10,351,225.50
MA-宜興 05	混凝土	350kgf/cm ²	m ³	2,507.00	kg	5,916,520.00
MA-宜興 06	混凝土	420 II kgf/cm ²	m ³	11,270.50	kg	27,150,634.50
MA-宜興 10	噴凝土	噴凝土	m ³	1,392.50	kg	3,268,197.50
(多項合併)	竹節鋼筋		kg	2,860,627.10	kg	2,860,627.10
MA-益群豐 05	止水帶	A3	m	181.00	kg	523.50
MA-益群豐 14	透水材料		kg	155,920.00	kg	155,920.00
MA-配特 07	管幕鋼管	L=12m	支	258.00	kg	12,404.64
MA-配特 18	瞬結劑	SN 急結管	支	300.00	kg	11.58
					kg	18.00
					kg	18.30
					kg	21.60
MA-配特 09	先撐鋼管		支	3,772.00	kg	48,545.64
MA-配特 10	岩栓	25mm L=4.1	組	2,309.00	kg	38,260.13
					kg	9,120.55
MA-配特 11	桁型支保	中央導坑用	組	150.00	kg	60,862.50
					kg	3,555.00
MA-配特 11-1	桁型支保	中央導坑用	組	50.00	kg	20,287.50
					kg	1,185.00
MA-田大 10-8	鋼筋續接器	D43	個	24.00	kg	14.35
MA-田大 10-7	鋼筋續接器	D36	個	912.00	kg	545.38

表 3.4.1-6 A3 標本期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-田大 10-6	鋼筋續接器	D32	個	136.00	kg	65.28
MA-田大 10-5	鋼筋續接器	D29	個	2,922.00	kg	1,066.53
MA-田大 10-2	鋼筋續接器	D19	個	1,536.00	kg	737.28
MA-田大 10-1	鋼筋續接器	D13	個	5,684.00	kg	693.45
MA-樂志 01	預力鋼腱		kg	615,545.15	kg	615,545.15
MA-樂志 02-01	盤式支承	CC-GU300-225 -50	個	4.00	kg	(鋼板)1,813.60
					kg	(橡膠)17.20
MA-樂志 02-02	盤式支承	CC-GU300-225 -100	個	4.00	kg	(鋼板)1,933.60
					kg	(橡膠)17.20
MA-樂志 02-03	盤式支承	CC-GU350-175 -50	個	2.00	kg	(鋼板)921.00
					kg	(橡膠)10.60
MA-樂志 02-04	盤式支承	CC-GU350-300 -50	個	2.00	kg	(鋼板)1,240.20
					kg	(橡膠)11.20
MA-樂志 02-05	盤式支承	CC-GU400-175 -50(1)	個	4.00	kg	(鋼板)1,959.60
					kg	(橡膠)26.40
MA-樂志 02-06	盤式支承	CC-GU400-175 -50(2)	個	2.00	kg	(鋼板)1,071.00
					kg	(橡膠)13.20
MA-樂志 02-07	盤式支承	CC-GU400-225 -50(1)	個	2.00	kg	(鋼板)975.40
					kg	(橡膠)13.20
MA-樂志 02-08	盤式支承	CC-GU400-225 -50(2)	個	2.00	kg	(鋼板)1,151.80
					kg	(橡膠)13.20
MA-樂志 02-10	盤式支承	CC-GU450-150 -50	個	2.00	kg	(鋼板)1,020.40
					kg	(橡膠)15.00
MA-樂志 02-11	盤式支承	CC-GU450-225 -50	個	2.00	kg	(鋼板)1,164.20
					kg	(橡膠)15.00
MA-樂志 02-12	盤式支承	CC-GU600-275 -60	個	8.00	kg	(鋼板)9,180.00
					kg	(橡膠)92.80
MA-樂志 02-13	盤式支承	CC-GU1100-45 0-100	個	4.00	kg	(鋼板)8,598.80
					kg	(橡膠)114.80

表 3.4.1-6 A3 標本期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-樂志 02-14	盤式支承	CC-GU2300-90 0-200	個	2.00	kg	(鋼板)8,264.20
					kg	(橡膠)177.20
MA-樂志 05	預力套管		支	3,385.00	kg	30,837.35
MA-樂志 06	預力端錨		組	170.00	kg	5,950.00
MA-樂志 07	固定端錨		組	54.00	kg	2,106.00
MA-樂志 08	固定續接器		組	18.00	kg	1,584.00
MA-樂志 09	可動續接器		組	14.00	kg	994.00
MA-樂志 16	套管灌漿劑		kg	1,500.00	kg	1,500.00
MA-樂志 17	橡膠防震板		塊	16.00	kg	179.20

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、350II SCC、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。
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。
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 3.4.1-7。

表 3.4.1-7 A3 標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 10-5	鋼筋續接器#8(D25)	0.27	kg/個
MA-田大 10-6	鋼筋續接器#9(D29)	0.37	kg/個
MA-田大 10-7	鋼筋續接器#10(D32)	0.48	kg/個
MA-田大 10-8	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，本期所使用盤式支承鋼材與橡膠重如表 3.4.1-8。

表 3.4.1-8 A3 標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 02-01	盤式支承	453.40	kg/個(鋼筋)
		4.30	kg/個(橡膠)
MA-樂志 02-02	盤式支承	483.40	kg/個(鋼筋)
		4.30	kg/個(橡膠)
MA-樂志 02-03	盤式支承	460.50	kg/個(鋼筋)
		5.30	kg/個(橡膠)
MA-樂志 02-04	盤式支承	620.10	kg/個(鋼筋)
		5.60	kg/個(橡膠)
MA-樂志 02-05	盤式支承	489.90	kg/個(鋼筋)
		6.60	kg/個(橡膠)
MA-樂志 02-06	盤式支承	535.50	kg/個(鋼筋)
		6.60	kg/個(橡膠)
MA-樂志 02-07	盤式支承	487.70	kg/個(鋼筋)
		6.60	kg/個(橡膠)
MA-樂志 02-08	盤式支承	575.90	kg/個(鋼筋)
		6.60	kg/個(橡膠)

表 3.4.1-8 A3 標盤式支承單位轉換表(續)

工程材料編號	材料名稱/型號	轉換係數	單位
MA-樂志 02-10	盤式支承	510.20	kg/個(鋼筋)
		7.50	kg/個(橡膠)
MA-樂志 02-11	盤式支承	582.10	kg/個(鋼筋)
		7.50	kg/個(橡膠)
MA-樂志 02-12	盤式支承	1147.50	kg/個(鋼筋)
		11.60	kg/個(橡膠)
MA-樂志 02-13	盤式支承	2149.70	kg/個(鋼筋)
		28.70	kg/個(橡膠)
MA-樂志 02-14	盤式支承	4132.10	kg/個(鋼筋)
		88.60	kg/個(橡膠)

6. 端錨及續接器部份同樣係依據廠商所提供資料作為轉換依據，各品項之單位重量資料如表 3.4.1-9 所示。

表 3.4.1-9 A3 標端錨及續接器單位轉換表

工程材料編號	材料名稱/型號	轉換係數	單位
MA-樂志 06	預力端錨	35.00	kg/個
MA-樂志 07	固定端錨	39.00	kg/個
MA-樂志 08	固定續接器	88.00	kg/個
MA-樂志 09	可動續接器	71.00	kg/個

(三)廢棄物：A3 標本期已有鋼筋下腳料外運處置，處理方式為回收再利用；本計畫本期僅先計算運送至回收商之運輸排碳。

(四)碳匯改變：A3 標本期未填報植生移除紀錄。

(五)人員出勤

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，本期工區總出勤人員數為 18,352 人，此人數即為本期用以計算 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 標本期運輸所用之運具類型包括：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 3.4.1-10 所示。

表 3.4.1-10 A3 標本期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

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。

四、本期碳足跡計算結果

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 6 類碳足跡的量化計算，包括：機/運具使用、工程材料使用、廢棄物處理、碳匯改變、人員出勤及機料運輸。

經計算，A3 標本期總排放量約為 11,724.25 tonCO₂e；其中，以工程材料使用的排放量最大，佔總排放量的 96.5%；其它機具使用、運輸與人員出勤部份占比皆小於 5%，分別為 3.0%、0.4%與 0.1%。茲綜整各類碳足跡計算結果如表 3.4.1-11，另逐項說明各類別碳排放

量計算過程與結果於後。

表 3.4.1-11 A3 標本期碳足跡量化結果

類別	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
機具使用	346.09	3.0%
工程材料使用	11,316.98	96.5%
人員出勤(逸散、廢棄物)	9.64	0.1%
運輸	51.53	0.4%
合計	11,724.25	100%

(一)機/運具使用碳排放

A3 標本期機/運具盤查紀錄項目如表 3.4.1-3 所列、活動強度(耗油量)分協力廠商之統計結果則如表 3.4.1-4。對應各活動強度及本章 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，以移動源(BP2)、固定源柴油碳排放係數分別為 3.339、3.304kgCO₂e/L 計算，量化結果如表 3.4.1-12 所示；碳排放量總計約為 346.09 tonCO₂e。

表 3.4.1-12 A3 標本期機/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	1,061.13	3.54	1.02%
田大	24,876.44	83.05	24.00%
益群豐	3,347.43	11.18	3.23%
配特	17,318.15	57.77	16.69%
樂志	38,542.10	128.68	37.18%
場電	-	61.87	17.88%
排放量合計		346.09	100.00%

本期機/運具能耗排碳量最大的協力廠商為樂志公司，佔本期機/

運具排碳的 37.18%。主因除了樂志公司目前執行上構工程為主要工項之外，本計畫亦於本期推估了樂志公司自加入施工迄今外租泵浦車的油耗進行排放計算也是其本期排放量較高的原因之一。此泵浦車油耗，係由 A1 標泵浦車租賃商上峰公司的泵浦車盤查累積資料所得參數：單位油耗 3.68 m³/L，以泵送方數進行推估。

本期機/運具第二大排碳源為東岳隧道施工協力廠商配特公司，包含其場電排放；總計配特公司本期排碳量為 119.64 tonCO₂e，其中機/運具油耗排碳佔 57.77 tonCO₂e，場電則是 61.87 tonCO₂e，兩部分共佔本期機/運具排碳量 34.57%。另負責基礎及墩柱工程的田大公司，本期排碳量占比為 24%；益群豐公司雖持續進行路工工程施作，但因使用機具數量較少，故排碳量僅占 3.23%；而弘大鑫本期因僅剩少數井基工程施作中，故機具使用量較低，占比僅剩 1.02%。

(二)工程材料使用碳排放

依據 3.3.4 節係數蒐集及本小節前段之本期 A3 標工程材料使用量統計與活動強度換算結果(表 3.4.1-6)，A3 標本期各項材料使用碳排放量計算結果如表 3.4.1-13，合計約 11,316.98 tonCO₂e。

表 3.4.1-13 A3 標本期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	碳排放量 (tonCO ₂ e)
(多項合併)	速凝劑	Teamshot AF80	kg	(速凝劑)20,614.80	6.10
			kg	(水)13,743.20	0.01
MA-弘大鑫 02-1	桁型支保	G150	kg	(鋼板)360.00	0.77
			kg	(鋼筋)6,063.48	7.52
(多項合併)	點焊網		kg	42,999.30	26.36
MA-配特 08	水泥	第二型	kg	90,000.00	56.79
MA-宜興 01	混凝土	175 II kgf/cm ²	kg	270,792.50	19.93
MA-宜興 02	混凝土	210 II kgf/cm ²	kg	84,096.00	7.61
MA-宜興 03	混凝土	245 II kgf/cm ²	kg	8,802,802.00	770.25
MA-宜興 04	混凝土	280 II kgf/cm ²	kg	10,351,225.50	958.52

表 3.4.1-13 A3 標本期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	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-宜興 05	混凝土	350kgf/cm ²	kg	5,916,520.00	668.57
MA-宜興 06	混凝土	420 II kgf/cm ²	kg	27,150,634.50	3,068.02
MA-宜興 10	噴凝土	噴凝土	kg	3,268,197.50	295.77
(多項合併)	竹節鋼筋		kg	2,860,627.10	3,547.18
MA-益群豐 05	止水帶	A3	kg	523.50	0.83
MA-益群豐 14	透水材料		kg	155,920.00	0.31
MA-配特 07	管幕鋼管	L=12m	kg	12,404.64	30.52
MA-配特 18	瞬結劑	SN 急結管	kg	11.58	<0.01
			kg	18.00	<0.01
			kg	18.30	0.09
			kg	21.60	0.02
MA-配特 09	先撐鋼管		kg	48,545.64	119.42
MA-配特 10	岩栓	25mm L=4.1	kg	38,260.13	47.44
			kg	9,120.55	19.43
MA-配特 11	桁型支保	中央導坑用	kg	60,862.50	75.47
			kg	3,555.00	7.57
MA-配特 11-1	桁型支保	中央導坑用	kg	20,287.50	49.91
			kg	1,185.00	4.09
MA-田大 10-8	鋼筋續接器	D43	kg	14.35	0.03
MA-田大 10-7	鋼筋續接器	D36	kg	545.38	1.27
MA-田大 10-6	鋼筋續接器	D32	kg	65.28	0.15
MA-田大 10-5	鋼筋續接器	D29	kg	1,066.53	2.47
MA-田大 10-2	鋼筋續接器	D19	kg	737.28	1.71
MA-田大 10-1	鋼筋續接器	D13	kg	693.45	1.61
MA-樂志 01	預力鋼腱		kg	615,545.15	1,329.58
MA-樂志 02-01	盤式支承	CC-GU300-2 25-50	kg	(鋼板)1,813.60	4.21
			kg	(橡膠)17.20	0.06
MA-樂志 02-02	盤式支承	CC-GU300-2 25-100	kg	(鋼板)1,933.60	4.49
			kg	(橡膠)17.20	0.06

表 3.4.1-13 A3 標本期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	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-樂志 02-03	盤式支承	CC-GU350-17 5-50	kg	(鋼板)921.00	2.14
			kg	(橡膠)10.60	0.04
MA-樂志 02-04	盤式支承	CC-GU350-30 0-50	kg	(鋼板)1,240.20	2.88
			kg	(橡膠)11.20	0.04
MA-樂志 02-05	盤式支承	CC-GU400-17 5-50(1)	kg	(鋼板)1,959.60	4.55
			kg	(橡膠)26.40	0.09
MA-樂志 02-06	盤式支承	CC-GU400-17 5-50(2)	kg	(鋼板)1,071.00	2.48
			kg	(橡膠)13.20	0.05
MA-樂志 02-07	盤式支承	CC-GU400-22 5-50(1)	kg	(鋼板)975.40	2.26
			kg	(橡膠)13.20	0.05
MA-樂志 02-08	盤式支承	CC-GU400-22 5-50(2)	kg	(鋼板)1,151.80	2.67
			kg	(橡膠)13.20	0.05
MA-樂志 02-10	盤式支承	CC-GU450-15 0-50	kg	(鋼板)1,020.40	2.37
			kg	(橡膠)15.00	0.05
MA-樂志 02-11	盤式支承	CC-GU450-22 5-50	kg	(鋼板)1,164.20	2.70
			kg	(橡膠)15.00	0.05
MA-樂志 02-12	盤式支承	CC-GU600-27 5-60	kg	(鋼板)9,180.00	21.30
			kg	(橡膠)92.80	0.32
MA-樂志 02-13	盤式支承	CC-GU1100-4 50-100	kg	(鋼板)8,598.80	19.95
			kg	(橡膠)114.80	0.40
MA-樂志 02-14	盤式支承	CC-GU2300-9 00-200	kg	(鋼板)8,264.20	19.17
			kg	(橡膠)177.20	0.61
MA-樂志 05	預力套管		kg	30,837.35	71.54
MA-樂志 06	預力端錨		kg	5,950.00	13.80
MA-樂志 07	固定端錨		kg	2,106.00	4.89
MA-樂志 08	固定續接器		kg	1,584.00	3.67
MA-樂志 09	可動續接器		kg	994.00	2.31
MA-樂志 16	套管灌漿劑		kg	1,500.00	1.81
MA-樂志 17	橡膠防震板		kg	179.20	0.62

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 標本期總工程材料排放量近 83.0%。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 16.9%，其他工程材料佔比總計約佔 0.1%。

(三)人員出勤碳排放

工區人員出勤產生的化糞池逸散與廢棄物處理部分排放是由本期總出勤人日數 18,352 人，以化糞池碳排放係數每人時排放係數為 0.0398 kgCO₂e/人時，及一般廢棄物處理排放係數(宜蘭縣)0.504 kgCO₂e/kg 計算，分別求得 A3 標本期工區化糞池溫室氣體逸散量約 5.85 tonCO₂e，以及一般廢棄物處理排放量約 3.79 tonCO₂e。綜合人員出勤碳排放源之排放量計算結果，可得 A3 標本期人員出勤總排放量約為 9.64 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 標本期運輸碳排放量為 148.94 tonCO₂e，惟本期為修正 102 年度東和竹節鋼筋運輸起迄點所造成之多餘排碳量，故扣除 97.41 tonCO₂e 多餘排碳量後，本期運輸排碳量為 51.53 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 標本期(103 年 1~6 月)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。本標雖是所有盤查標別中最早(101 年 6 月 7 日)決標的，但開工前適逢蘇拉颱風、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設計而展延，至 10 月甫動工。

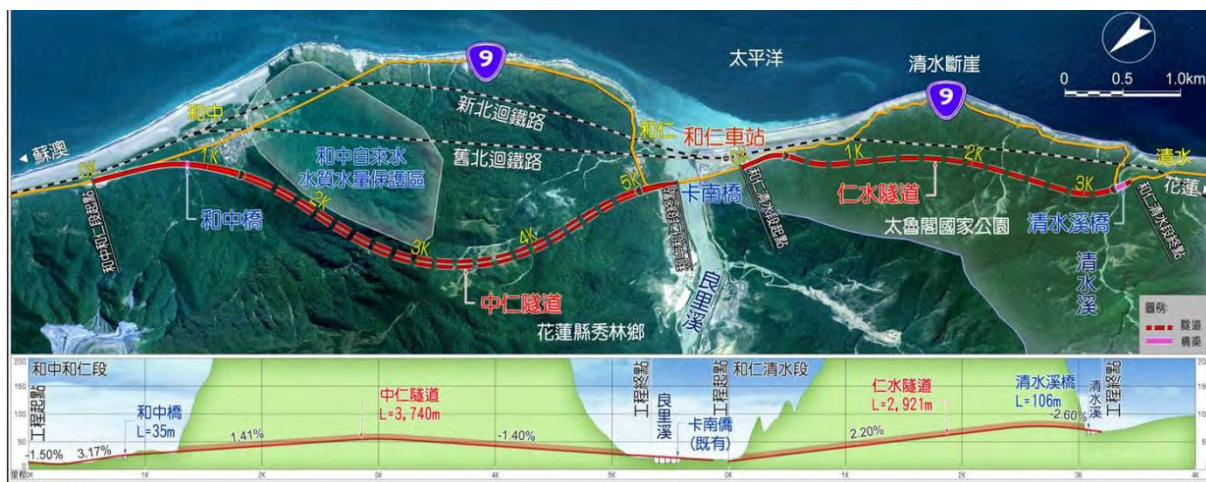


圖 3.4.2-1 中仁隧道新建工程(C1 標)工程範圍示意圖

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。

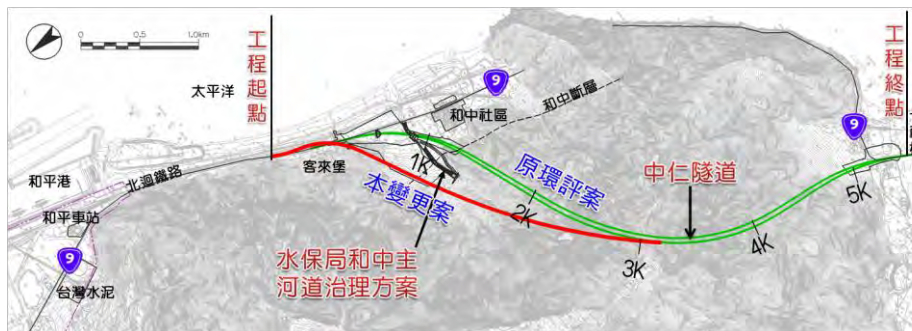


圖 3.4.2-2 中仁隧道新建工程(C1 標)工程範圍變更案路線方案示意圖

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 103 年 06 月底止，C1 標累積工期為 588 天，實際進度 7.62%；本計畫依據介興公司所提供資料，整理目前中仁隧道開挖進度如圖 3.4.2-3 塗色處，目前南口隧道北上線開挖輪進 392 輪、隧道南下線開挖輪進 335 輪；除主隧道外，本期亦進行二工區排水箱涵設置及北口橫坑作業，北口橫坑作業已完成整地及隧道洞口工程，並於 6/30 開挖北口橫坑隧道。

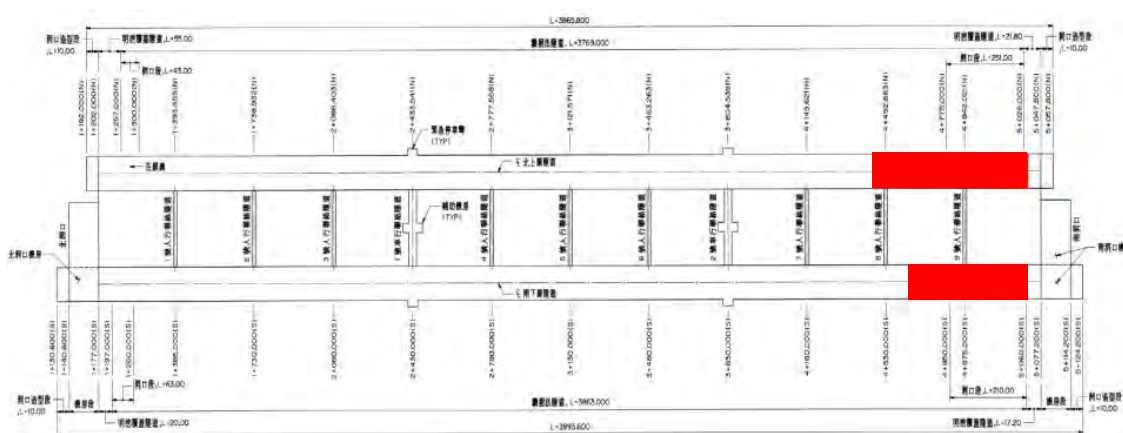


圖 3.4.2-3 中仁隧道新建工程(C1 標)施工情形

二、碳足跡盤查登錄清冊

截至 103 年 6 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 3.4.2-1 所示。其中，廠商、用電、用水、植生及人員部份皆未有新增資料；工程項目、施工機具、運具設備和工程材料則是隨工程進度而持續增加；增加幅度最大者為工程材料。

表 3.4.2-1 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	本期新增筆數
CP	工程施工項目登錄表	24	5
CC	廠商登錄	5	0
ME	施工機具/耗能設備登錄表	53	13
ES	用電登錄表	7	0
WS	用水登錄表	1	0
MA	工程材料登錄表	152	36
PL	植生登錄表	2	0
MO	運具設備登錄表	48	17
HR	工區人員交通方式登錄表	49	0

三、本期盤查日誌數據彙整結果

C1 標本期主要執行工項包括：隧道南口開挖、北口橫坑整地及隧道洞口工程、二工區排水箱涵設置等。以下即分別就：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，說明 C1 標本期活動度數據彙整與統計結果。

(一)機/運具使用

由開工至 103 年 6 月 30 日為止，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，累計使用機具 38 台、運具 33 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、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。

C1 標目前主要進行隧道開挖及支撐工程，由於隧道開挖過程必須配合大量的土方運輸作業，故本期有新進協力廠商漳威、永久順協助土方運輸作業。惟此兩家廠商運具皆為自行加油，且廠商無法配合提供加油紀錄，故本期活動數據係以其運輸土方總量作紀錄，後續也將以此配合執行相同工作之車輛油耗參數，進行排碳量計算。此外，隧道南口工區自 102 年 9 月即開始使用場電供應隧道內用電機具及照明、通風設備所需，本期使用度數合計 1,057,680 度。茲綜整 C1 標本期機/運具使用及能耗量紀錄如表 3.4.2-2。

表 3.4.2-2 C1 標本期機運具使用紀錄

機具編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	用油量(L)	耗能別	備註
AC-05	柴油空壓機(AC-05)	10.0	309.0	柴油	
AC-16	柴油空壓機(AC-16)	97.0	2,679.0	柴油	
AC-21	空壓機	76.0	1,962.0	柴油	
BH-77	挖土機(BH-77)	463.0	3,821.0	柴油	
BH-88	挖土機(BH-88)	760.0	10,310.0	柴油	
BH-90	挖土機(BH-90)	755.0	9,470.7	柴油	
BH-91	挖土機(BH-91)	919.0	11,963.0	柴油	
BH-92	挖溝機(BH-92)	843.0	17,306.0	柴油	
BH-93	挖溝機(BH-93)	747.0	15,091.0	柴油	
BH-94	挖土機(BH-94)	674.0	10,150.0	柴油	
BH-95	挖土機(BH-95)	200.0	2,495.0	柴油	
BH-96	挖溝機(BH-96)	20.0	219.0	柴油	
欣展-01	挖土機(欣展-01)	0.0	212.0	柴油	

表 3.4.2-2 C1 標本期機運具使用紀錄(續一)

機具編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	用油量(L)	耗能別	備註
CSR-02	濕式噴漿機(CSR-02)	10.0	84.0	柴油	
CSR-04	濕式噴漿機	10.0	21.0	柴油	
CSR-06	濕式噴漿機(CSR-06)	80.2	517.0	柴油	
OSSA-01	噴漿機	1,536.0	556.0	柴油	
OSSA-04	噴漿機	60.5	294.0	柴油	
GR-07	柴油發電機(GR-07)	82.9	1,901.0	柴油	
GR-13	柴油發電機(GR-13)	1,092.0	3,231.0	柴油	
GR-21	柴油發電機(GR-21)	0.3	195.0	柴油	
JB-01	油壓式鑽堡機(JB-01)	48.0	291.0	柴油	
JB-02	鑽堡機	-	50.0	柴油	註 1
JB-06	鑽堡機	80.0	911.0	柴油	
OSSA-03	鑽堡機	302.0	1,336.0	柴油	
OSSA-05	鑽堡機	51.0	356.0	柴油	
ZU-002	鑽堡機(聯鉦)	0.5	664.0	柴油	
LR-02	高空作業車(LR-02)	767.0	1,678.0	柴油	
千化-01	高空作業車	704.0	1,329.3	柴油	
千化-02	高空作業車	77.0	195.0	柴油	
OSSA-02	高空作業車	137.0	339.0	柴油	
PL-10	裝載機	973.0	19,658.0	柴油	
PL-11	裝載機(PL-11)	351.0	8,523.0	柴油	
PL-12	裝載機(PL-12)	-	99.0	柴油	註 1
PL-14	裝載機(PL-14)	-	477.0	柴油	註 1
MG-01	平路機(MG-01)	40.7	716.0	柴油	
RR-05	震動壓路機(RR-05)	58.6	330.0	柴油	
ZU-003	空壓機(歐欣)	139.9	5,174.0	柴油	
運具編號	運具名稱	累計行駛里程(km)	用油量(L)	耗能別	備註
CP-01	大貨車	1,960.0	597.0	柴油	
WT-03	大貨車	2,602.0	2,704.0	柴油	
TR-26	小貨車	4,119.0	735.0	柴油	
TR-27	小貨車	287.0	157.0	柴油	
TR-28	小貨車	8,093.0	850.7	汽油	

表 3.4.2-2 C1 標本期機運具使用紀錄(續二)

運具編號	運具名稱	累計行駛里程(km)	用油量(L)	耗能別	備註
TR-30	小貨車	3,691.0	181.0	柴油	
TR-38	小貨車	3,560.0	672.0	柴油	
MC-08	大貨車	4,091.0	2,573.4	柴油	
DT-08	傾卸車	401.0	4,594.0	柴油	註 2
DT-32	傾卸車	-	5,922.0	柴油	註 2
DT-33	傾卸車	1,276.0	5,813.0	柴油	註 2
DT-34	傾卸車	6,067.0	5,878.0	柴油	註 2
DT-61	傾卸車	610.0	2,667.0	柴油	註 2
FT-01	大貨車	2,928.0	2,127.0	柴油	
MC-08	大貨車	2,144.0	1,348.6	柴油	
MT-13	預拌混凝土車	7,781.0	5,284.0	柴油	
MT-23	預拌混凝土車	3,297.0	2,394.0	柴油	
RENT-01	預拌混凝土車	9,304.0	5,871.0	柴油	
RENT-02	預拌混凝土車	6,303.0	4,114.0	柴油	
運具編號	運具名稱	累計運輸土方(m ³)	用油量(L)	耗能別	備註
漳威-01~04	大貨車	6,138.8	待推估	柴油	註 3
永久順-01~10	大貨車	2,090.5	待推估	柴油	註 3

註 1：6 月新進場機具，暫無施作時數紀錄，僅先加油。

註 2：部分運具里程表故障，行駛里程紀錄低於實際值。

註 3：漳威、永久順為本期土方運輸作業之協力廠商，其運具活動造成的排碳量由運輸土方量推估。

(二)工程材料使用

C1 標本期使用之材料共有 56 項，以水泥與各型混凝土為大宗。由於本期隧道開挖岩體狀況較佳，隧道開挖方式已由機械式開挖改為鑽炸開挖，故本期新增有炸藥、導爆索及各式雷管等材料使用量。另配合岩體的變化，本期使用的支保類型亦有新增。相較於去年(102 年)多使用支撐力較強的 H 型支保，本期新增各類輕量化的桁型支保以配合岩體狀況調整使用。此外，本期還有少量洞台支保使用，但截至本報告彙整前承包商尚未統計提報使用量，故未列入本期碳足

跡計算內容，但將持續追蹤、以完整用量列入本期盤查清冊計算內容中。茲彙整本期所填報之各類材料用量如表 3.4.2-3。

表 3.4.2-3 C1 標本期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-00035	混凝土	175 kg/cm ²	162.5	m ³	一次性使用
MA-00005	混凝土	210 kg/cm ²	36.0	m ³	一次性使用
MA-00060	混凝土	245 kg/cm ²	461.0	m ³	一次性使用
MA-00007	混凝土	280 kg/cm ²	1,179.0	m ³	一次性使用
MA-00113	混凝土	350 kg/cm ²	93.0	m ³	一次性使用
MA-00064	噴凝土	210 kg/cm ²	311.0	m ³	一次性使用
MA-00083	鋼纖噴凝土	255SFS	4,178.5	m ³	一次性使用
MA-106	竹節鋼筋	SD420W	58,346.0	kg	一次性使用
MA-00043	鈎型錨釘	D25*8M	123.0	支	一次性使用
MA-0101	H 型支保	管幕段 H150	35.0	對	一次性使用
MA-0101-1	H 型支保	4 類支保 H150	21.0	組	一次性使用
MA-0101-2	H 型支保	5 類支保 H150	22.0	組	一次性使用
MA-0101-3	H 型支保	3 類支保 H100	14.0	組	一次性使用
MA-0101-4	桁型支保	2 類支保 G100	42.0	組	一次性使用
MA-0101-5	桁型支保	3 類支保 G100	39.0	組	一次性使用
MA-0101-5-1	桁型支保	3 類支保 G150	18.0	組	一次性使用
MA-0101-6	桁型支保	4 類支保 G150	41.0	組	一次性使用
MA-0101-7	桁型支保	5 類支保 G150	13.0	組	一次性使用
MA-0101-8	H 型支保	北口橫坑 H150	5.0	組	一次性使用
MA-00112	拉桿	ψ19×1M	624.0	支	一次性使用
MA-00112-1	拉桿(1.2m)	ψ19×1.2M	324.0	支	一次性使用
MA-00112-2	拉桿(1.5m)	ψ19×1.5M	1,200.0	支	一次性使用
MA-00112-2	拉桿(2.0m)	ψ19×2.0M	792.0	支	一次性使用
MA-00079	管幕鋼管	4"	1,190.0	m	一次性使用
MA-103-1	先撐鋼管	1 1/4"×6M	852.0	支	一次性使用
MA-00062	自鑽式岩栓	R32*8M	28.0	支	一次性使用
MA-105	自鑽式岩栓	R32×6M	1,135.0	組	一次性使用

表 3.4.2-3 C1 標本期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-105-2	自鑽式岩栓	12m	160.0	組	一次性使用
MA-00131	SN 急結劑	25 ψ *500L	1,080.0	支	一次性使用
MA-104	散裝水泥	I 型低鹼	680,000.0	kg	一次性使用
(多項合併)	水泥砂漿	I 型、II 型	1,888.0	包	一次性使用
MA-00109	速凝劑	第二種第 9 型	188,160.0	kg	一次性使用
MA-00041	速凝劑	粉狀 25kg/包	120.0	包	一次性使用
MA-00039-1	點焊絲	5m/m*10cm*2*3	292.0	片	一次性使用
MA-00019	止水帶	WS-A3	150.0	kg	一次性使用
(多項合併)	氧氣		47.0	瓶	一次性使用
(多項合併)	乙炔		45.0	瓶	一次性使用
MA-00127	氮氣		1.0		一次性使用
MA-105-3	岩栓	25 ψ ×6.2M	2,595.0	支	一次性使用
MA-105-5	岩栓	25 ψ ×4.2M	456.0	支	一次性使用
MA-107	水玻璃		8,800.0	L	一次性使用
MA-108	皂土		3,000.0	kg	一次性使用
MA-900	乳膠炸藥	35mm*0.25kg/pc	51,875.0	kg	一次性使用
MA-910	導爆索	5g/m	14,844.0	m	一次性使用
MA-921	非電氣雷管 0.2s	LP-0.2s-3.6m	2,587.0	發	一次性使用
MA-922	非電氣雷管 0.4s	LP-0.4s-3.6m	3,694.0	發	一次性使用
MA-923	非電氣雷管 0.6s	LP-0.6s-3.6m	4,368.0	發	一次性使用
MA-924	非電氣雷管 1.0s	LP-1.4s-3.6m	3,083.0	發	一次性使用
MA-925	非電氣雷管 1.4s	LP-1.0s-3.6m	5,157.0	發	一次性使用
MA-926	非電氣雷管 1.8s	LP-1.8s-3.6m	6,044.0	發	一次性使用
MA-927	非電氣雷管 2.4s	LP-2.4s-3.6m	10,770.0	發	一次性使用
MA-928	非電氣雷管 3.0s	LP-3.0s-3.6m	6,213.0	發	一次性使用
MA-929	非電氣雷管 3.6s	LP-3.8s-3.6m	381.0	發	一次性使用
MA-929-1	非電氣雷管 4.2s	LP-4.6s-3.6m	362.0	發	一次性使用
MA-931	遲發電雷管 D-2	DS-3.7m D-2	215.0	發	一次性使用
MA-932	瞬發電雷管	3.7m	555.0	發	一次性使用

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 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，可詳列如表 3.4.1-4。

表 3.4.2-4 C1 標本期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	累計使用 數量	轉換後 單位	轉換後使用數量
MA-00035	混凝土	175kg/cm ²	m ³	162.50	kg	386,912.50
MA-00005	混凝土	210 kg/cm ²	m ³	36.00	kg	85,860.00
MA-00060	混凝土	245 kg/cm ²	m ³	461.00	kg	1,101,329.00
MA-00007	混凝土	280 kg/cm ²	m ³	1,179.00	kg	2,816,631.00
MA-00113	混凝土	350 kg/cm ²	m ³	93.00	kg	225,990.00
MA-00064	噴凝土	210 kg/cm ²	m ³	311.00	kg	752,620.00
MA-00083	鋼纖噴凝土	255SFS	m ³	4,178.50	kg	(混凝土)9,877,974.00
						(鋼纖維)188,032.50
MA-106	竹節鋼筋	SD420W	kg	58,346.00	kg	58,346.00
MA-00043	鈎型錨釘	D25*8M	支	123.00	kg	3,916.32
MA-0101	H 型支保	管幕段 H150	對	35.00	kg	31,772.52
MA-0101-1	H 型支保	4 類支保 H150	組	21.00	kg	13,476.37
MA-0101-2	H 型支保	5 類支保 H150	組	22.00	kg	15,103.35
MA-0101-3	H 型支保	3 類支保 H100	組	14.00	kg	9,519.79
MA-0101-4	桁架支保	2 類支保 G100	組	42.00	kg	(鋼筋)9,271.88
						(鋼板)504.00
MA-0101-5	桁架支保	3 類支保 G100	組	39.00	kg	(鋼筋)8,609.60
						(鋼板)468.00
MA-0101-5-1	桁架支保	3 類支保 G150	組	18.00	kg	(鋼筋)6,925.09
						(鋼板)216.00
MA-0101-6	桁架支保	4 類支保 G150	組	41.00	kg	(鋼筋)15,928.96
						(鋼板)656.00

表 3.4.2-4 C1 標本期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	累計使用 數量	轉換後 單位	轉換後使用數量
MA-0101-7	桁架支保	5 類支保 G150	組	13.00	kg	(鋼筋)4,713.31
						(鋼板)208.00
MA-0101-8	H 型支保	北口橫坑 H150	組	5.00	kg	2,483.34
MA-00112	拉桿	ψ19×1M	支	624.00	kg	1,404.00
MA-00112-1	拉桿(1.2m)	ψ19×1.2M	支	324.00	kg	874.80
MA-00112-2	拉桿(1.5m)	ψ19×1.5M	支	1,200.00	kg	4,050.00
MA-00112-2	拉桿(2.0m)	ψ19×2.0M	支	792.00	kg	3,564.00
MA-00079	管幕鋼管	4"	m	1,190.00	kg	19,069.80
MA-103-1	先撐鋼管	1 1/4"×6M	支	852.00	kg	24,654.49
MA-00062	自鑽式岩栓	R32*8M	組	28.00	kg	(鋼管)1,431.36
						(鋼板)61.60
MA-105	自鑽式岩栓	R32×6M	組	1,135.00	kg	(鋼管)43,515.90
						(鋼板)2,497.00
MA-105-2	自鑽式岩栓	12m	組	160.00	kg	12,268.80
MA-00131	玻璃急結管	25ψ*500L	支	1,080.00	kg	(輕骨材) 75.60
						(水) 64.80
						(二氧化矽) 64.80
						(玻璃) 136.08
MA-104	散裝水泥	I 型低鹼	kg	680,000.00	kg	680,000.00
MA-00082、 MA-00082-1	水泥砂漿	I 型、II 型	包	1,888.00	kg	(水泥) 37,760.00
						(砂) 37,760.00
MA-00109	速凝劑	第二種第 9 型	kg	188,160.00	kg	(硫酸鋁鹽) 94,080.00
						(二乙醇胺)11,289.60
						(水) 82,790.40
MA-00041	速凝劑	粉狀 25kg/包	包	120.00	kg	3,000.00
MA-00039-1	點焊絲	5m/m*10cm*2*3	片	292.00	kg	5,940.96
MA-00019	止水帶	WS-A3	kg	150.00	kg	150.00
MA-00125、 MA-00128	氧氣		瓶	47.00	kg	671.16
MA-00126、 MA-00129	乙炔		瓶	45.00	kg	225.00
MA-00127	氮氣		瓶	1.00	kg	12.50

表 3.4.2-4 C1 標本期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	累計使用 數量	轉換後 單位	轉換後使用數量
MA-105-3	岩栓	25 ψ ×6.2M	支	2,595.00	kg	(鋼筋) 64,682.97
						(鋼板) 5,267.85
MA-105-5	岩栓	25 ψ ×4.2M	支	456.00	kg	(鋼筋) 7,736.50
						(鋼板) 925.68
MA-107	水玻璃		L	8,800.00	kg	12,320.00
MA-108	皂土		kg	3,000.00	kg	3,000.00
MA-900	乳膠炸藥	35mm*0.25kg/pc	kg	51,875.00	kg	51,875.00

其中，竹節鋼筋、水泥、止水帶、皂土及乳膠炸藥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 標本期所用之混/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：自鉗式岩釘(R32*8M)每支約 53.32kg，可細分為鋼板 2.2kg 及鋼管 51.12kg；岩栓(25 ψ ×6.2M)每支約 26.96kg，可細分為鋼板 2.03kg，鋼筋 24.93kg。
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：水玻璃依廠商提供比重每升約為 1.4kg；點焊鋼絲網(3.2m/m*10cm*2M*3M)每片約 20.35kg。

除上述材料轉換外，本期使用之雷管及導爆索，由於成分屬廠商機密資料，尚未取得有代表性之成分證明，故本期僅先紀錄其使用量，暫未納入本期排碳量計算，待後續取得成份資料後再進行計算。

(三)廢棄物：C1 標工區產生的廢棄物以土方為主，但迄今隧道土方皆是

以工區內平衡(回填二工區或北口橫坑)處理為主，部分土方供應 B4 標回填；故未登錄有廢棄物處理量。

(四)碳匯改變：C1 標本期因新闢北口橫坑工區，陸續有林地移除或移植的作業，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，故本期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分資料、於碳匯改變區域面積量測值取得後納入計算。

(五)人員出勤

工區人員出勤會造成碳排放的活動類型包括：人員出勤造成的化糞池逸散與廢棄物處置排放。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，本期工區總出勤人員數為 3,229 人，此人數即為本期用以計算 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 標本期運具類型包括：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 3.4.2-5。

表 3.4.2-5 C1 標本期運輸所用運具類型及載運物品彙整

運具類型	載運物品
半拖車	H 型支保、桁型支保
大貨車	機具、通風管、水泥砂漿、點焊網、水泥、先撐鋼管、管幕鋼管、玻璃急結管、岩栓
小貨車	氧氣、乙炔、氮氣、乳膠炸藥、導爆索、雷管、交通錐
預拌混凝土車	混凝土、噴凝土、鋼纖維噴凝土
其他	膠管
船	機具

四、本期碳足跡計算結果

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 標本期總排放量約為 4,264tonCO₂e，可綜整各類碳足跡計算結果如表 3.4.2-6。

表 3.4.2-6 C1 標本期碳足跡量化結果

類別	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
機具使用	1,294.06	30.4%
工程材料使用	2,852.68	66.9%
人員出勤(運輸、逸散、廢棄物)	1.75	<0.1%
運輸	115.20	2.7%
合計	4,263.69	100.0%

其中以工程材料使用的碳排放量最大，約占總排放量之 67%；機/運具使用次之，約占總排放量的 30%；其他運輸與人員出勤排碳占比皆小於 5%，分別約為 3%與小於 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 標本期機運具盤查紀錄項目及活動強度(耗油量)以整理如表 3.4.2-2，對應各活動強度及本章 3.3.4 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 與我國公告之資料合成的半本土化係數，以移動源柴油(BP2)、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，及電力碳排放係數 0.698kgCO₂e/度進行計算，求得本期機具操作碳排放量合計約為 450tonCO₂e、運具操作碳排放量合計約 106tonCO₂e，及工區用電碳排放量為 739tonCO₂e，合計約為 1,294tonCO₂e；逐項量化結果如表 3.4.2-7 所示。

表 3.4.2-7 C1 標本期機/運具使用碳足跡計算

機具編號	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)	309.00	1.03	0.08%
AC-16	柴油空壓機(AC-16)	2,679.00	8.94	0.69%
AC-21	空壓機	1,962.00	6.55	0.51%
BH-77	挖土機(BH-77)	3,821.00	12.76	0.99%
BH-88	挖土機(BH-88)	10,310.00	34.42	2.66%
BH-90	挖土機(BH-90)	9,470.70	31.62	2.44%
BH-91	挖土機(BH-91)	11,963.00	39.94	3.09%
BH-92	挖溝機(BH-92)	17,306.00	57.78	4.46%
BH-93	挖溝機(BH-93)	15,091.00	50.38	3.89%
BH-94	挖土機(BH-94)	10,150.00	33.89	2.62%
BH-95	挖土機(BH-95)	2,495.00	8.33	0.64%
BH-96	挖溝機(BH-96)	219.00	0.73	0.06%
欣展-01	挖土機(欣展-01)	212.00	0.71	0.05%
CSR-02	濕式噴漿機(CSR-02)	84.00	0.28	0.02%
CSR-04	濕式噴漿機	21.00	0.07	0.01%
CSR-06	濕式噴漿機(CSR-06)	517.00	1.73	0.13%
OSSA-01	噴漿機	556.00	1.86	0.14%
OSSA-04	噴漿機	294.00	0.98	0.08%
GR-07	柴油發電機(GR-07)	1,901.00	6.28	0.49%
GR-13	柴油發電機(GR-13)	3,231.00	10.68	0.82%
GR-21	柴油發電機(GR-21)	195.00	0.64	0.05%
JB-01	油壓式鑽堡機(JB-01)	291.00	0.97	0.08%
JB-02	鑽堡機	50.00	0.17	0.01%
JB-06	鑽堡機	911.00	3.04	0.24%
OSSA-03	鑽堡機	1,336.00	4.46	0.34%
OSSA-05	鑽堡機	356.00	1.19	0.09%
ZU-002	鑽堡機(聯鈺)	664.00	2.22	0.17%
LR-02	高空作業車(LR-02)	1,678.00	5.60	0.43%
千化-01	高空作業車	1,329.30	4.44	0.34%
千化-02	高空作業車	195.00	0.14	0.01%

表 3.4.2-7 C1 標本期機/運具使用碳足跡計算(續)

機具編號	機/運具名稱	用油量(L)	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
OSSA-02	高空作業車	339.00	1.13	0.09%
PL-10	裝載機	19,658.00	65.63	5.07%
PL-11	裝載機(PL-11)	8,523.00	28.46	2.20%
PL-12	裝載機(PL-12)	99.00	0.33	0.03%
PL-14	裝載機(PL-14)	477.00	1.59	0.12%
MG-01	平路機(MG-01)	716.00	2.39	0.18%
RR-05	震動壓路機(RR-05)	330.00	1.10	0.09%
ZU-003	空壓機(歐欣)	5,174.00	17.09	1.32%
機具排碳量小計			449.55	34.74%
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	597.00	1.99	0.15%
WT-03	大貨車	2,704.00	9.03	0.70%
TR-26	小貨車	735.00	2.45	0.19%
TR-27	小貨車	157.00	0.52	0.04%
TR-28	小貨車	850.74	2.86	0.22%
TR-30	小貨車	181.00	0.60	0.05%
TR-38	小貨車	672.00	2.24	0.17%
MC-08	大貨車	2,573.36	8.59	0.66%
DT-08	傾卸車	4,594.00	15.34	1.19%
DT-32~61	傾卸車	5,922.00	59.91	4.63%
漳威-01~04	大貨車	-	0.88	0.07%
永久順-01~10	大貨車	-	1.83	0.14%
運具排碳量小計			106.25	8.21%
用電編號	供電用途	度數(kWh)	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
ES-05	工區用電	1,057,680.00	738.26	57.05%
工區用電排碳量小計			738.26	57.05%

本期 C1 標機運具使用碳排放中，係以工區用電排碳占比最高，約占機運具排放的 57%，超過整體機/運具使用排碳的一半，推測與本期隧道開挖較長後，隧道通風、照明及機具多採電力驅動，使電量

增加有關。其次為機具排碳約占 35%，運具排碳占比最小，僅約 8%。進一步分析各類機具排碳比例，本期使用機具以挖土機使用的排碳占比最高，約占整體排放量之 22%；其次則為鏟裝機，排碳占比約為整體排放量之 7%。推測是因為本標主要作業為隧道開挖及支撐，雖本期已改以鑽炸開挖為主，但鑽炸後仍需以挖土機、鏟裝機進行修挖、出渣等作業，故兩者的排碳占，符合工程施作實況。

運具部分則是以大貨車使用排碳占比最高，約佔整體排放量之 1.52%；其次則為小貨車，排碳占約 1%。在此所指的運具排放不計入由工區至工區以外地點的油耗量，如運土往 B4 標的傾卸車、至混凝土廠載料之預拌車等，雖為承包商自車但此類作業內容應歸納於運輸排放，故不列入於此項計算。

(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 C1 標本期工程材料使用量統計與活動強度換算(表 3.4.2-5)結果，可彙整計算各項工程材料使用排放如表 3.4.2-8 所示，合計約為 2,853tonCO₂e。其中，主要碳排放源為混/噴凝土，約占材料排碳量之 53%；其次為水泥，約占 20%。值得注意的是隨著隧道開挖漸深，隧道使用之主要材料如支保、岩栓等之排碳量占比持續提升，本期兩者占比皆超過 5%，分別為 8%及 9%。

表 3.4.2-8 C1 標本期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	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-00035	混凝土	175kg/cm ²	kg	386,912.50	28.48
MA-00005	混凝土	210Kg/cm ²	kg	85,860.00	7.77
MA-00060	混凝土	245Kg/cm ²	kg	1,101,329.00	99.67
MA-00007	混凝土	280Kg/cm ²	kg	2,816,631.00	260.82
MA-00113	混凝土	350Kg/cm ²	kg	225,990.00	25.54
MA-00064	噴凝土	210Kg/cm ²	kg	752,620.00	68.11

表 3.4.2-8 C1 標本期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	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-00083	鋼纖噴凝土	255SFS	kg	(混凝土)9,877,974.00	914.70
				(鋼纖維)188,032.50	115.26
MA-106	竹節鋼筋	SD420W	kg	58,346.00	72.58
MA-00043	鈎型錨釘	D25*8M	kg	3,916.32	4.87
MA-0101	H型支保	管幕段 H150	kg	31,772.52	67.56
MA-0101-1	H型支保	4類支保 H150	kg	13,476.37	28.66
MA-0101-2	H型支保	5類支保 H150	kg	15,103.35	32.12
MA-0101-3	H型支保	3類支保 H100	kg	9,519.79	20.24
MA-0101-4	桁架支保	2類支保 G100	kg	(鋼筋)9,271.88	11.53
				(鋼板)504.00	1.07
MA-0101-5	桁架支保	3類支保 G100	kg	(鋼筋)8,609.60	10.71
				(鋼板)468.00	1.00
MA-0101-5-1	桁架支保	3類支保 G150	kg	(鋼筋)6,925.09	8.61
				(鋼板)216.00	0.46
MA-0101-6	桁架支保	4類支保 G150	kg	(鋼筋)15,928.96	19.82
				(鋼板)656.00	1.39
MA-0101-7	桁架支保	5類支保 G150	kg	(鋼筋)4,713.31	5.86
				(鋼板)208.00	0.44
MA-0101-8	H型支保	北口橫坑 H150	kg	2,483.34	5.28
MA-00112	拉桿	ψ19×1M	kg	1,404.00	1.75
MA-00112-1	拉桿(1.2m)	ψ19×1.2M	kg	874.80	1.09
MA-00112-2	拉桿(1.5m)	ψ19×1.5M	kg	4,050.00	5.04
MA-00112-2	拉桿(2.0m)	ψ19×2.0M	kg	3,564.00	4.43
MA-00079	管幕鋼管	4"	kg	19,069.80	46.91
MA-103-1	先撐鋼管	1 1/4"×6M	kg	24,654.49	60.65
MA-00062	自鑽式岩栓	R32*8M	kg	(鋼管)1,431.36	3.52
				(鋼板)61.60	0.13
MA-105	自鑽式岩栓	R32×6M	kg	(鋼管)43,515.90	107.05
				(鋼板)2,497.00	5.31
MA-105-2	自鑽式岩栓	12m	kg	12,268.80	30.18

表 3.4.2-8 C1 標本期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	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-00131	SN 急結劑	25ψ*500L	kg	(輕骨材) 75.60	0.00
				(水) 64.80	0.00
				(二氧化矽) 64.80	0.33
				(玻璃) 136.08	0.13
MA-104	散裝水泥	I 型低鹼	kg	680,000.00	533.12
MA-00082、 MA-00082-1	水泥砂漿	I 型、II 型	kg	(水泥) 37,760.00	29.60
				(砂) 37,760.00	0.12
MA-00109	速凝劑	第二種第 9 型	kg	(硫酸鋁鹽) 94,080.00	46.37
				(二乙醇胺) 11,289.60	30.93
				(水) 82,790.40	0.08
MA-00041	速凝劑	粉狀 25kg/包	kg	3,000.00	1.48
MA-00039-1	點焊絲	5m/m*10cm*2*3	kg	5,940.96	3.64
MA-00019	止水帶	WS-A3	kg	150.00	0.24
(多項合併)	氧氣		kg	671.16	0.08
(多項合併)	乙炔		kg	225.00	1.28
MA-00127	氮氣		kg	12.50	0.00
MA-105-3	岩栓	25ψ×6.2M	kg	(鋼筋) 64,682.97	80.21
				(鋼板) 5,267.85	11.22
MA-105-5	岩栓	25ψ×4.2M	kg	(鋼筋) 7,736.50	9.59
				(鋼板) 925.68	1.97
MA-107	水玻璃		kg	12,320.00	13.48
MA-108	皂土		kg	3,000.00	1.56
MA-900	乳膠炸藥	35mm*0.25kg/pc	kg	51,875.00	8.61

(三)人員出勤碳排放

本期工區人員出勤產生的化糞池逸散與廢棄物處理排放係由本期總出勤人日數 3,229 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(花蓮縣)0.440kgCO₂e/kg 計算，則可求得 C1 標本期工區化糞池溫室氣體逸散量約 1.03tonCO₂e，以及一般廢棄物處理排放量約 0.72tonCO₂e。

綜合上述 2 項人員出勤碳排放源之排放量計算結果，可得 C1 標本期人員出勤總排放量約為 1.75tonCO₂e。

(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放計算的廠商資本財，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；而機具運輸部分還應計入自走式或拖運機具至工區的排放量。

廢棄物運輸部分，本期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耗量納入盤查範圍，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 標本期運輸碳排放量約為 115tonCO₂e。

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 標本期(103 年 1~6 月)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、人員出勤與運輸之活動量數據統計分析與碳足跡計算結果。

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 103 年 6 月底止，累積工期為 563 天，實際進度 13.55%；本計畫依據福清公司提供資料，整理目前主要工作項目隧道上半段面開挖進度如圖 3.4.3-2。



圖 3.4.3-1 東澳隧道新建工程(A2 標)工程範圍示意圖

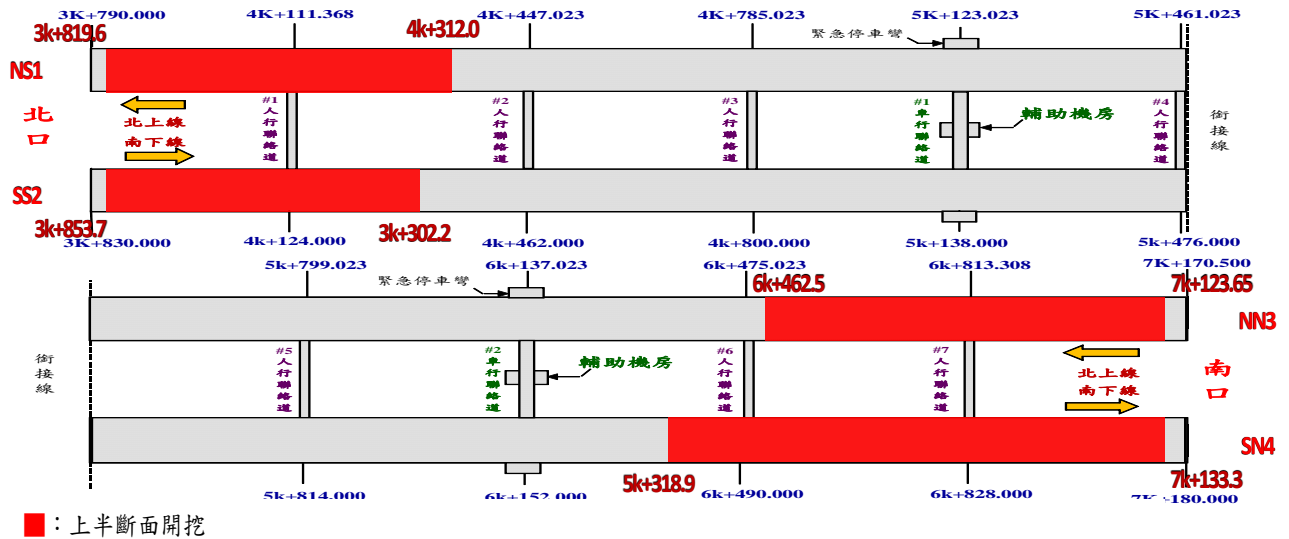


圖 3.4.3-2 東澳隧道新建工程(A2 標) 施工進度

目前隧道仍持續進行上半斷面開挖，部分路段已開始進行台階開挖；土方運輸作業部分，本期持續外運至新馬車站，由宜蘭縣政府接收；另外，北口井基、橋台亦在持續施作中。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 103 年 6 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。其中，最大幅度增量為工區人員交通，推測應與本期新增多個協力廠商有關；其次則為工程材料及施工機運具，兩者亦隨工程進度增加；用電、用水則皆未有新增項目。

三、本期盤查日誌數據彙整結果

A2 標本期主要執行工項包括：隧道南北口開挖、土方外運、北口井基及橋台施作等。以下即依序就：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，說明 A2 標活動度數據彙整與統計結果。

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	本期新增筆數
CP	工程施工項目登錄表	48	11
CC	廠商登錄表	108	13
ME	施工機具/耗能設備登錄表	205	34
ES	用電登錄表	13	0
WS	用水登錄表	5	0
MA	工程材料登錄表	154	57
PL	植生登錄表	7	0
MO	運具設備登錄表	61	8
HR	工區人員交通方式登錄表	420	89

(一)機/運具使用

截至 103 年 6 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、井基及橋台等；過程中共計使用機具 205 台、運具 61 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。

由於 A2 標工程施作模式又與前述 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，故即使是福清公司的自有機具，亦可能有部分用油是自行外出採購、部分是於工區共用油箱加油；這使得福清自有機具的個別油耗量會因為共用油箱之油量無法合理分配而難以完全釐清。此問題經本團隊與福清公司協商後，福清公司雖已配合於油箱裝設流量計並要求工區內添加油量應各別作紀錄，但本期仍有部分加油量無法分配，但共用油箱之於總用油量之占比已較前期大幅下降。

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)，故本報告暫將操作時間在 50 小時以下且未有加油紀錄之機具排除於本期之統計資料之外，使用時間超過 50 小時但無加油紀錄的機具，則依據查驗機構所建議、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，則暫以文獻資料推估。

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。

表 3.4.3-3 A2 標本期承包商供油之機/運具使用紀錄

機具編號	機具名稱	累計施作時數(hr)	用油量(L)	耗能別	備註
北口空壓機-共用油箱			1,827.00	柴油	
北口柴油-共用油箱			954.59	柴油	
南口 PC200-共用油箱			174.00	柴油	
南口空壓機-共用油箱			4,172.00	柴油	
南口柴油-共用油箱			2,281.00	柴油	
南口噴漿機共用油箱			50.00	柴油	
AA202	挖土機	34.50	6,213.00	柴油	
AA204	挖土機	575.50	6,730.05	柴油	
AA209	挖土機	939.00	10,699.03	柴油	
AA210	挖土機	109.00	9,888.11	柴油	
AA211	挖土機	151.00	14,587.10	柴油	
AA212	挖土機	678.00	16,215.00	柴油	
AA213	挖土機	401.50	8,640.00	柴油	
AA214	挖土機	578.00	10,907.00	柴油	
AA215	挖土機	355.50	15,976.00	柴油	
AA216	挖土機	274.50	7,961.00	柴油	
AA302	挖土機	805.00	16,531.00	柴油	
AA303	挖土機	353.50	9,685.61	柴油	
AA305	挖土機	811.50	16,369.00	柴油	
AA306	挖土機	333.00	10,219.01	柴油	

表 3.4.3-3 A2 標本期承包商供油之機/運具使用紀錄(續一)

機具編號	機具名稱	累計施作時數(hr)	用油量(L)	耗能別	備註
AA307	挖土機	429.50	12,314.06	柴油	
AA308	挖土機	397.50	9,201.00	柴油	
AA309	挖土機	118.50	5,580.00	柴油	
AB002	鏟裝機	-	789.00	柴油	註 1
AB004	鏟裝機	229.00	3,568.00	柴油	
AB008	鏟裝機	-	542.00	柴油	註 1
AB009	鏟裝機	691.50	13,066.00	柴油	
AB011	鏟裝機	809.00	20,597.00	柴油	
AB013	鏟裝機	-	246.00	柴油	註 1
AA214	挖土機	578.00	10,907.00	柴油	
AA215	挖土機	355.50	15,976.00	柴油	
AA216	挖土機	274.50	7,961.00	柴油	
AA302	挖土機	805.00	16,531.00	柴油	
AA303	挖土機	353.50	9,685.61	柴油	
AA305	挖土機	811.50	16,369.00	柴油	
AA306	挖土機	333.00	10,219.01	柴油	
AA307	挖土機	429.50	12,314.06	柴油	
AA308	挖土機	397.50	9,201.00	柴油	
AA309	挖土機	118.50	5,580.00	柴油	
AB002	鏟裝機	-	789.00	柴油	註 1
AB004	鏟裝機	229.00	3,568.00	柴油	
AB008	鏟裝機	-	542.00	柴油	註 1
AB009	鏟裝機	691.50	13,066.00	柴油	
AB011	鏟裝機	809.00	20,597.00	柴油	
AB013	鏟裝機	-	246.00	柴油	註 1
AB014	鏟裝機	463.00	7,562.00	柴油	
AB016	鏟裝機	402.00	7,011.00	柴油	
AB017	鏟裝機	504.50	8,708.00	柴油	
AB018	鏟裝機	536.00	10,219.22	柴油	
AB019	鏟裝機	1,191.00	13,158.00	柴油	

表 3.4.3-3 A2 標本期承包商供油之機/運具使用紀錄(續二)

機具編號	機具名稱	累計施作時數(hr)	用油量(L)	耗能別	備註
AC002	堆高機	488.50	1,144.52	柴油	註 2
AC003	堆高機	302.00	707.56	柴油	註 2
AC004	堆高機	422.50	989.89	柴油	註 2
AC005	堆高機	1,035.50	2,350.09	柴油	
AC006	堆高機	969.00	2,291.01	柴油	
AG304	發電機		256.00	柴油	註 1
AG305	發電機		1,404.00	柴油	註 1
AG306	發電機		273.00	柴油	註 1
AJ003	鑽堡	25.00	41.00	柴油	
AJ008	鑽堡	883.50	974.01	柴油	
AJ009	鑽堡	108.00	66.00	柴油	
AJ011	鑽堡	1,531.50	1,229.01	柴油	
AJ012	鑽堡	1,542.50	1,074.00	柴油	
AJ013	鑽堡	1,428.00	1,349.00	柴油	
AK007	灌漿機	147.00	-	電力	
AL007	噴漿機	56.50	297.00	柴油	
AL008	噴漿機	5.50	743.00	柴油	
AL011	自動噴凝土機	296.00	1,042.02	柴油	
AL012	自動噴凝土機	284.50	627.00	柴油	
AL013	自動噴凝土機	508.00	1,764.00	柴油	
AL014	自動噴凝土機	24.50	199.00	柴油	
CG003	高空作業車	87.00	734.00	柴油	
CG004	高空作業車	27.00	833.00	柴油	
CG005	高空作業車	320.50	962.00	柴油	
CG006	高空作業車	230.00	551.00	柴油	
ME-育明 01	泵浦車	76.50	523.00	柴油	註 3
ME-奇昱 01	挖土機	78.00	483.00	柴油	註 3
ME-昆成 02	空壓機	53.50	3,189.00	柴油	註 3
ME-金吉 04	挖土機	142.50	995.00	柴油	註 3
ME-金吉 05	挖土機	44.00	1,460.00	柴油	註 3

表 3.4.3-3 A2 標本期承包商供油之機/運具使用紀錄(續三)

機具編號	機具名稱	累計施作時數(hr)	用油量(L)	耗能別	備註
ME-長鴻 2	挖土機	170.00	1,328.00	柴油	註 3
ME-長鴻 4	挖土機	533.00	7,457.00	柴油	註 3
ME-建拓 06	高空作業車	18.50	154.00	柴油	註 3
ME-新懋 01	推土機	117.50	2,676.00	柴油	註 3
ME-配特 01	挖土機	20.50	739.00	柴油	註 3
ME-配特 02	挖土機		254.01	柴油	註 3
運具編號	運具名稱	累計行駛里程(km)	用油量(L)	耗能別	備註
CA003	大貨車		1,083.00	柴油	註 1
CA004	大貨車		2,009.00	柴油	註 1
CB002	吊卡車	2.00	-	柴油	
CE001	小貨車		171.00	柴油	註 1
MO-20	小貨車	9,780.00	1,033.62	汽油	
MO-23	小貨車		676.00	柴油	註 1
MO-24	小貨車		754.00	柴油	註 1
MO-25	小客車		1,206.00	柴油	註 1
MO-26	小貨車		821.00	柴油	註 1
MO-27	小貨車		1,018.00	柴油	註 1
MO-28	其他		758.00	柴油	註 1

註：1.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)；

2.廠商自有機具但未提供加油量記錄，此處油量由本標堆高機平均油耗推估。

3.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 標本期協力廠商機/運具使用紀錄

機/運具編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	用油量(L)	耗能別	備註
ME-鈺達 01	噴漿機	4.00	23.28	柴油	註 2
ME-鈺達 02	灌漿機	652.50		電力	
ME-鈺達 03	灌漿機	14.50		電力	
ME-安迪 01	吊卡車	4.50		柴油	註 3
ME-利全 02	吊卡車	4.00		柴油	註 3

表 3.4.3-4 A2 標本期協力廠商機/運具使用紀錄(續)

機/運具編號	機/運具名稱	累計施作時數(hr)	用油量(L)	耗能別	備註
ME-北勝 01	挖土機	82.00	3,090.47	柴油	註 1
ME-北勝 02	空壓機	23.00		柴油	
ME-北勝 03	發電機	101.00		柴油	
ME-北勝 04	噴漿機	23.00		柴油	
ME-北勝 05	吊卡車	4.00		柴油	
ME-北勝 06	挖土機	82.00		柴油	
ME-北勝 07	吊車	155.00		柴油	
ME-弘大鑫 05	泵浦車	6.00		柴油	
ME-有荃 01	挖土機	804.00	9,270.12	柴油	註 2
ME-有荃 02	半托車	607.00	15,405.66	柴油	註 2
ME-有荃 03	半托車	607.00	15,405.66	柴油	註 2
ME-利全 03	自走式吊車	15.00	44.40	柴油	註 2
ME-利全 04	自走式吊車	80.00	236.80	柴油	註 2
ME-國裕 01	打樁機	31.00	1,163.12	柴油	註 2
ME-國裕 02	吊車(自走式)	8.00	23.68	柴油	註 2
ME-智為 04	挖土機	93.00	465.00	柴油	註 2
ME-昶逸 04	發電機	4.00		柴油	註 3
ME-國裕 04	發電機	16.00		柴油	註 3
ME-綦茂 02	挖土機	24.00		柴油	註 3

註：1.機運具使用共用油箱；

2.機運具未提供加油量，此處加油量由本標同型機運具或費率表能耗推估；

3.機運具累積操作時數低於 50 小時，本期暫不推估加油量。

另 A2 標自 102 年 8 月起即開始使用場電供應隧道開挖機具、照明及通風所用，本期使用度數合計 1,239,519 度。

(二)工程材料使用

A2 標本期所使用之工程材料項目共計有 72 項，茲羅列目前已填報之總用量如表 3.4.3-5。其中，拱門氣球、H 型鋼、覆工板等，因屬於承包商的資本財，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，在計算排碳量時僅需計入此類材料運輸的排碳、而毋須如一次性使用之材料，計算材料自原料開採、製造乃至於廢棄的全生命週期排碳。

表 3.4.3-5 A2 標本期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
MA-元山 02	銲接鋼線網	10cm*10cm*3.2	1,440.00	m ²	一次性使用
MA-北勝 01	速凝劑	sigunit-K54 AF	1.70	ton	一次性使用
MA-北勝 03	點焊網	5.0/100 3m*1.8m	80.00	片	一次性使用
MA-台普 01	速凝劑	TamShot 80AF	172.09	ton	一次性使用
MA-弘浚 01	桁型支堡	井基 6M G150	50.00	組	一次性使用
MA-永瑞 06	PVC 灌漿管		5,728.00	m	一次性使用
MA-志成 01	氧氣		72.00	瓶	一次性使用
MA-志成 02	乙炔		71.00	瓶	一次性使用
MA-志成 03	氮氣		40.00	瓶	一次性使用
MA-享正 01	混凝土	280kgf/cm ² (W)	528.00	m ³	一次性使用
MA-宜興 01	混凝土	245Kg/cm ²	22.00	m ³	一次性使用
MA-宜興 02	混凝土	210Kg/cm ²	195.00	m ³	一次性使用
MA-宜興 03	混凝土	280Kg/cm ²	2,047.50	m ³	一次性使用
MA-宜興 04	混凝土	175Kg/cm ²	165.70	m ³	一次性使用
MA-宜興 05	噴凝土	210Kg/cm ²	503.00	m ³	一次性使用
MA-宜興 07	鋼纖維噴凝土	255kgf/cm ²	8,181.50	m ³	一次性使用
MA-宜興 08	自充填混凝土	350kgf/cm ²	51.00	m ³	一次性使用
MA-宜聯 01	鋼筋	SD420W	43.09	ton	一次性使用
MA-宜聯 03	鋼筋	井基用 SD420W	131.75	ton	一次性使用
MA-宜聯 05	鋼筋	支保繫桿用 SD420W	45.61	ton	一次性使用
MA-東和 01	鋼筋	SD420W	47.89	ton	一次性使用
MA-東麗陽 01	PAC		15,340.00	kg	一次性使用
MA-東麗陽 02	高分子		75.00	kg	一次性使用
MA-東麗陽 03	硫酸	0.5	4,060.00	kg	一次性使用

表 3.4.3-5 A2 標本期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-松江 01	玻璃急結管	φ 25*L500mm	6.00	支	一次性使用
MA-非電 00	非電氣雷管	0ms	982.00	發	一次性使用
MA-非電 01	非電氣雷管	25ms	3,763.00	發	一次性使用
MA-非電 02	非電氣雷管	50ms	3,739.00	發	一次性使用
MA-非電 03	非電氣雷管	75ms	3,999.00	發	一次性使用
MA-非電 04	非電氣雷管	110ms	4,313.00	發	一次性使用
MA-非電 05	非電氣雷管	150ms	4,649.00	發	一次性使用
MA-非電 06	非電氣雷管	200ms	4,993.00	發	一次性使用
MA-非電 07	非電氣雷管	250ms	4,911.00	發	一次性使用
MA-非電 08	非電氣雷管	310ms	4,887.00	發	一次性使用
MA-非電 09	非電氣雷管	380ms	2,491.00	發	一次性使用
MA-非電 10	非電氣雷管	460ms	1,039.00	發	一次性使用
MA-信大 01	卜特蘭水泥	II 型低鹼	5,164.00	包	一次性使用
MA-威建 01	水泥砂漿	II 型低鹼	10,443.00	包	一次性使用
MA-威建 02	管幕鋼管		1,544.00	支	一次性使用
MA-威建 04	岩栓	φ 25 6m	6,482.00	支	一次性使用
MA-威建 05	岩栓	φ 25 4m	1,499.00	支	一次性使用
MA-威建 06	自鑽式岩栓	R32 L (6M)	37.00	支	一次性使用
MA-威建 07	先撐鋼管	φ 42mm L=6m	113.50	支	一次性使用
MA-威建 08	桁型支堡	洞口段上半 G150	45.00	組	一次性使用
MA-威建 08-1	桁型支堡	洞口段洞台 G150	2.00	組	一次性使用
MA-威建 09	桁型支堡	V 類上半 G150	274.00	組	一次性使用
MA-威建 09-1	桁型支堡	V 類洞台 G150	66.00	組	一次性使用
MA-威建 10	桁型支堡	IV 類上半 G150	187.00	組	一次性使用
MA-威建 10-0	桁型支堡	IV 類上半 G125	7.00	組	一次性使用
MA-威建 10-1	桁型支堡	IV 類洞台 G150	31.00	組	一次性使用
MA-威建 11	桁型支堡	III 類上半 G100	189.00	組	一次性使用
MA-威建 13	玻璃急結管	ANCM-GC-GTD25L50C	2,496.00	支	一次性使用
MA-威建 15	先撐鋼管	φ 42mm L=3M	12,887.00	支	一次性使用
MA-威建 16	桁型支堡	II 類上半 G100	324.00	組	一次性使用

表 3.4.3-5 A2 標本期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-威建 16-1	桁型支堡	II 類洞台 G100	27.00	組	一次性使用
MA-威建 18	聚胺脂樹脂	PT106	17,027.70	kg	一次性使用
MA-威建 26-1	灌漿鋼管	L=6M	66.00	支	一次性使用
MA-炸藥 01	乳膠炸藥	300g	25,000.20	kg	一次性使用
MA-炸藥 02	乳膠炸藥	250g	5,870.00	kg	一次性使用
MA-炸藥 03	乳膠炸藥	230g	20,680.00	kg	一次性使用
MA-國裕 02	氧氣	-	10.00	瓶	一次性使用
MA-國裕 03	乙炔	-	10.00	瓶	一次性使用
MA-盛揚 01	鋼筋續接器	#11	130.00	個	一次性使用
MA-堯堂 01	無收縮摻料	YL MV POWDER	570.00	kg	一次性使用
MA-新峰 01	防撞鋼板		7,522.00	kg	一次性使用
MA-新寧 01	風管		1,570.00	m	一次性使用
MA-導爆索 01	導爆索	10g/m	23,600.00	m	一次性使用
MA-瞬電 01	瞬發電雷管	0s	192.00	發	一次性使用
MA-瞬電 02	瞬發電雷管	5s	775.00	發	一次性使用
MA-大鷹 01	拱門氣球		1.00	式	回收再利用
MA-國裕 01	H 型鋼	200*200	67.00	支	回收再利用
MA-國裕 04	覆工板	1m*2m*20cm	174.00	片	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 標本期需計算生命週期排碳量的工程材料(包含同材料不同規格)共計 69 項；為符合碳足跡計算與查證要求，本計畫本期亦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 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 標本期工程材料使用活動強度數據

工程材料編號	工程材料名稱	規格/類別	單位	累計使用數量	轉換後單位	轉換後使用數量
MA-元山 02	銲接鋼線網	10cm*10cm*3.2	m ²	1,440.00	kg	2,000.07
MA-北勝 01	速凝劑	sigunit-K54 AF	ton	1.70	kg	(硫酸鋁鹽) 1,020.00
					kg	(水) 680.00
MA-北勝 03	點焊網	5.0/100 3m*1.8m	片	80.00	kg	1,464.89
MA-台普 01	速凝劑	TamShot 80AF	ton	172.09	kg	(硫酸鋁鹽) 103,254.00
					kg	(水) 68,836.00
MA-弘浚 01	桁型支堡	井基 6M G150	組	50.00	kg	(鋼板) 51.79
					kg	(鋼筋) 19,434.35
MA-永瑞 06	PVC 灌漿管		m	5,728.00	kg	687.36
MA-志成 01	氧氣		瓶	72.00	kg	1,028.16
MA-志成 02	乙炔		瓶	71.00	kg	355.00
MA-志成 03	氮氣		瓶	40.00	kg	500.00
MA-享正 01	混凝土	280kgf/cm2(W)	m ³	528.00	kg	1,225,488.00
MA-宜興 01	混凝土	245Kg/cm2	m ³	22.00	kg	52,426.00
MA-宜興 02	混凝土	210Kg/cm2	m ³	195.00	kg	455,520.00
MA-宜興 03	混凝土	280Kg/cm2	m ³	2,047.50	kg	4,887,382.50
MA-宜興 04	混凝土	175Kg/cm2	m ³	165.70	kg	391,880.50
MA-宜興 05	噴凝土	210Kg/cm2	m ³	503.00	kg	1,180,541.00
MA-宜興 07	鋼纖維噴凝土	255kgf/cm2	m ³	8,181.50	kg	(混凝土) 18,514,734.50
					kg	(鋼纖)368,167.50
MA-宜興 08	自充填混凝土	350kgf/cm2	m ³	51.00	kg	120,360.00
MA-宜聯 01	竹節鋼筋	SD420W	ton	43.09	kg	43,085.00
MA-宜聯 03	竹節鋼筋	井基 SD420W	ton	131.75	kg	131,750.00
MA-宜聯 05	竹節鋼筋	繫桿 SD420W	ton	45.61	kg	45,610.00
MA-東和 01	竹節鋼筋	SD420W	ton	47.89	kg	47,890.00
MA-東麗陽 01	PAC		kg	15,340.00	kg	15,340.00
MA-東麗陽 02	高分子		kg	75.00	kg	75.00

表 3.4.3-6 A2 標本期工程材料使用活動強度數據(續一)

工程材料編號	工程材料名稱	規格/類別	單位	累計使用數量	轉換後單位	轉換後使用數量
MA-東麗陽03	硫酸	0.5	kg	4,060.00	kg	4,060.00
MA-信大 01	卜特蘭水泥	II 型低鹼	包	5,164.00	kg	258,200.00
MA-威建 01	水泥砂漿	II 型低鹼	包	10,443.00	kg	(水泥)156,645.00
					kg	(砂)156,645.00
MA-威建 02	管幕鋼管		支	1,544.00	kg	74,228.00
MA-威建 04	岩栓	ϕ 25 6m	支	6,482.00	kg	(鋼筋)159,949.83
					kg	(鋼板)14,778.96
MA-威建 05	岩栓	ϕ 25 4m	支	1,499.00	kg	(鋼筋)25,057.28
					kg	(鋼板)3,417.72
MA-威建 06	自鑽式岩栓	R32 L (6M)	支	37.00	kg	(鋼管)754.80
					kg	(鋼板)127.65
MA-威建 07	先撐鋼管	ϕ 42mm L=6m	支	113.50	kg	3,284.37
MA-威建 08	桁型支堡	洞口段上半 G150	組	45.00	kg	(鋼筋)17,410.02
					kg	(鋼板)1,098.75
MA-威建 08-1	桁型支堡	洞口段洞台 G150	組	2.00	kg	(鋼筋)250.12
					kg	(鋼板)24.42
MA-威建 09	桁型支堡	V 類上半 G150	組	274.00	kg	(鋼筋)101,356.59
					kg	(鋼板)6,690.16
MA-威建 09-1	桁型支堡	V 類洞台 G150	組	66.00	kg	(鋼筋)8,113.54
					kg	(鋼板)805.75
MA-威建 10	桁型支堡	IV 類上半 G150	組	187.00	kg	(鋼筋)68,436.05
					kg	(鋼板)2,992.00
MA-威建 10-0	桁型支堡	IV 類上半 G125	組	7.00	kg	(鋼筋)2,011.71
					kg	(鋼板)170.92
MA-威建 10-1	桁型支堡	IV 類洞台 G150	組	31.00	kg	(鋼筋)3,799.17
					kg	(鋼板)378.46
MA-威建 11	桁型支堡	III 類上半 G100	組	189.00	kg	(鋼筋)39,382.25
					kg	(鋼板)1,669.11

表 3.4.3-6 A2 標本期工程材料使用活動強度數據(續二)

工程材料編號	工程材料名稱	規格/類別	單位	累計使用數量	轉換後單位	轉換後使用數量
MA-威建 13、 MA-松江 01	玻璃急結管	ANCM-GC-GTD 25L50C	支	2,502.00	kg	(輕骨材)175.14
					kg	(水)150.12
					kg	(急結劑 SiO ₂)150.12
					kg	(玻璃)315.25
MA-威建 15	先撐鋼管	φ 42mm L=3M	支	12,887.00	kg	186,456.79
MA-威建 16	桁型支堡	II 類上半 G100	組	324.00	kg	(鋼筋)67,301.36
					kg	(鋼板)2,861.33
MA-威建 16-1	桁型支堡	II 類洞台 G100	組	27.00	kg	(鋼筋)1,890.33
					kg	(鋼板)158.96
MA-威建 18	聚胺脂樹脂	PT106	kg	17,027.70	kg	17,027.70
MA-威建 26-1	灌漿鋼管	L=6M	支	66.00	kg	2,031.32
MA-炸藥 01	乳膠炸藥	300g	kg	25,000.20	kg	25,000.20
MA-炸藥 02	乳膠炸藥	250g	kg	5,870.00	kg	5,870.00
MA-炸藥 03	乳膠炸藥	230g	kg	20,680.00	kg	20,680.00
MA-國裕 02	氧氣		瓶	10.00	kg	142.80
MA-國裕 03	乙炔		瓶	10.00	kg	50.00
MA-盛揚 01	鋼筋續接器	#11	個	130.00	kg	131.30
MA-堯堂 01	無收縮摻料	MV POWDER	kg	570.00	kg	570.00
MA-新峰 01	防撞鋼板		kg	7,522.00	kg	7,522.00
MA-新寧 01	風管		m	1,570.00	kg	191.85

其中，收縮摻料、防撞鋼板等之使用量填報單位因與係數單位一致，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、350 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. 部分工程材料係參考文獻資料進行活動強度之換算，如焊接鋼線網 MA-元山 02 係依據 1m^2 點焊網使用直徑 3.2mm 長 1,000mm 鋼線共 22 根與 42 根，鋼線密度以 $7.85\text{ton}/\text{m}^3$ 換算，即單位面積焊接鋼線網之鋼線重量為 $1.39\text{kg}/\text{m}^2$ 。
3. 氧氣與乙炔使用量係以氧氣瓶單瓶 10m^3 、利用氣體密度將體積換算為每瓶重量約 14.28kg；而乙炔瓶則是單瓶 400L，依據單據標示每瓶為 5kg 計算。
4. 桁型支保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 3.4.3-7。

除上述材料轉換外，本期使用之雷管及導爆索，由於成分屬廠商機密資料、目前尚未取得有代表性之成分證明，故本期僅先整理其使用量，暫未納入排碳計算；將待後續取得成份資料後再行計算。

表 3.4.3-7 A2 標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-威建 08	桁型支堡 (洞口段上半)	24.42	kg/組(鋼板)
		386.89	kg/組(鋼筋)
MA-威建 09	桁型支堡 (V 類上半)	24.42	kg/組(鋼板)
		369.91	kg/組(鋼筋)
MA-威建 10	桁型支堡 (IV 類上半)	24.42	kg/組(鋼板)
		365.97	kg/組(鋼筋)
MA-威建 11	桁型支堡 (III 類上半)	8.83	kg/組(鋼板)
		208.37	kg/組(鋼筋)
MA-威建 16	桁型支堡 (II 類上半)	8.83	kg/組(鋼板)
		207.72	kg/組(鋼筋)

(三)廢棄物：本期 A2 標隧道開挖土方共計 192,920m³，皆交由宜蘭縣政府使用，依據碳足跡盤查規範，此部分運輸排碳量應歸屬於宜蘭縣政府土方使用，不計入本標排碳。

(四)碳匯改變：本期 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，故本期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

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，本期工區總出勤人員數為 10,758 人，此人數即為本期用以計算 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 標本期使用運具類型包括：全拖車、大貨車、吊車、小貨車、預拌混凝土車、火車，茲綜整各類運具之運輸內容如表 3.4.3-8 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。

四、本期碳足跡計算結果

依據前節所蒐集之碳排放係數及前項綜整之 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。

表 3.4.3-8 A2 標本期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	機具、防撞鋼板
半拖車	H型鋼、覆工板、速凝劑、機具
大貨車	鋼筋續接器、支保、慣將鋼管、樹脂、水玻璃、先撐鋼管、岩栓、管幕鋼管、ABS管、回漿管、水泥砂漿、水泥、PAC、高分子、硫酸、鋼筋、廢水處理設備、鋼線網
吊車	H型鋼、覆工板、氧氣、乙炔
小貨車	炸藥、導爆索、雷管、填縫板、玻璃急結管、植草用客土、氧氣、乙炔、氮氣、速凝劑、氣球拱門
預拌混凝土車	混凝土、噴凝土、鋼纖維噴凝土
船	機具
火車、傾卸車	土方

結果顯示，A2 標本期總排放量約為 7,475tonCO₂e；其中，以工程材料使用的排放量最大，佔總排放量的 69%；機運具使用約佔 28%，運輸部份約佔 3%，人員出勤部份最小，約佔 0.1%。茲綜整各類碳足跡計算結果如表 3.4.3-9，另逐項說明各類別碳排放量計算過程與結果於後。

表 3.4.3-9 A2 標本期碳足跡量化結果

類別	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
機具使用(含工區用電)	2,118.65	28.3%
工程材料使用	5,135.45	68.7%
人員出勤(逸散、廢棄物)	5.45	0.1%
運輸	215.55	2.9%
合計	7,475.19	100%

(一)機/運具使用碳排放

A2 標本期機/運具盤查紀錄項目如表 3.4.3-3、3.4.3-4 所列，活動強度(耗油量)統計結果如表 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，工區用電因供應隧道開挖機具、照明及通風之用，故在此列入機運具排碳計算，可得排放量量化結果如表 3.4.3-10；碳排放量合計約為 2,118 tonCO₂e。

表 3.4.3-10 A2 標本期機運具碳足跡計算

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
AA202	挖土機	6,213.00	20.74	0.98%
AA204	挖土機	6,730.05	22.47	1.06%
AA209	挖土機	10,699.03	35.72	1.69%
AA210	挖土機	9,888.11	33.01	1.56%
AA211	挖土機	14,587.10	48.70	2.30%
AA212	挖土機	16,215.00	54.14	2.56%
AA213	挖土機	8,640.00	28.85	1.36%
AA214	挖土機	10,907.00	36.41	1.72%
AA215	挖土機	15,976.00	53.34	2.52%
AA216	挖土機	7,961.00	26.58	1.25%
AA302	挖土機	16,531.00	55.19	2.61%
AA303	挖土機	9,685.61	32.34	1.53%
AA305	挖土機	16,369.00	54.65	2.58%
AA306	挖土機	10,219.01	34.12	1.61%
AA307	挖土機	12,314.06	41.11	1.94%
AA308	挖土機	9,201.00	30.72	1.45%
AA309	挖土機	5,580.00	18.63	0.88%

表 3.4.3-10 A2 標本期機運具碳足跡計算(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
AB002	鏟裝機	789.00	2.63	0.12%
AB004	鏟裝機	3,568.00	11.91	0.56%
AB008	鏟裝機	542.00	1.81	0.09%
AB009	鏟裝機	13,066.00	43.62	2.06%
AB011	鏟裝機	20,597.00	68.77	3.25%
AB013	鏟裝機	246.00	0.82	0.04%
AB014	鏟裝機	7,562.00	25.25	1.19%
AB016	鏟裝機	7,011.00	23.41	1.10%
AB017	鏟裝機	8,708.00	29.07	1.37%
AB018	鏟裝機	10,219.22	34.12	1.61%
AB019	鏟裝機	13,158.00	43.93	2.07%
AC002	堆高機	1,144.52	3.82	0.18%
AC003	堆高機	707.56	2.36	0.11%
AC004	堆高機	989.89	3.30	0.16%
AC005	堆高機	2,350.09	7.85	0.37%
AC006	堆高機	2,291.01	7.65	0.36%
AG304	發電機	256.00	0.85	0.04%
AG305	發電機	1,404.00	4.64	0.22%
AG306	發電機	273.00	0.90	0.04%
AJ003	鑽堡	41.00	0.14	0.01%
AJ008	鑽堡	974.01	3.25	0.15%
AJ009	鑽堡	66.00	0.22	0.01%
AJ011	鑽堡	1,229.01	4.10	0.19%
AJ012	鑽堡	1,074.00	3.59	0.17%
AJ013	鑽堡	1,349.00	4.50	0.21%
AK007	灌漿機	-		0.00%
AL007	噴漿機	297.00	0.99	0.05%
AL008	噴漿機	743.00	2.48	0.12%
AL011	自動噴凝土機	1,042.02	3.48	0.16%
AL012	自動噴凝土機	627.00	2.09	0.10%

表 3.4.3-10 A2 標本期機運具碳足跡計算(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
AL013	自動噴凝土機	1,764.00	5.89	0.28%
AL014	自動噴凝土機	199.00	0.66	0.03%
CG003	高空作業車	734.00	2.45	0.12%
CG004	高空作業車	833.00	2.78	0.13%
CG005	高空作業車	962.00	3.21	0.15%
CG006	高空作業車	551.00	1.84	0.09%
CA003	大貨車	1,083.00	3.62	0.17%
CA004	大貨車	2,009.00	6.71	0.32%
CB002	吊卡車	-	0.00	0.00%
CE001	小貨車	171.00	0.57	0.03%
MO-20	小貨車	1,033.62	3.47	0.16%
MO-23	小貨車	676.00	2.26	0.11%
MO-24	小貨車	754.00	2.52	0.12%
MO-25	小客車	1,206.00	4.03	0.19%
MO-26	小貨車	821.00	2.74	0.13%
MO-27	小貨車	1,018.00	3.40	0.16%
MO-28	其他	758.00	2.53	0.12%
ME-育明 01	泵浦車	523.00	1.75	0.08%
ME-奇昱 01	挖土機	483.00	1.61	0.08%
ME-昆成 02	空壓機	3,189.00	10.54	0.50%
ME-金吉 04	挖土機	995.00	3.32	0.16%
ME-金吉 05	挖土機	1,460.00	4.87	0.23%
ME-長鴻 2	挖土機	1,328.00	4.43	0.21%
ME-長鴻 4	挖土機	7,457.00	24.90	1.18%
ME-建拓 06	高空作業車	154.00	0.51	0.02%
ME-新懋 01	推土機	2,676.00	8.93	0.42%
ME-配特 01	挖土機	739.00	2.47	0.12%
ME-配特 02	挖土機	254.01	0.85	0.04%
北口空壓機-共用油箱		1,827.00	6.10	0.29%
北口柴油-共用油箱		954.59	3.19	0.15%

表 3.4.3-10 A2 標本期機運具碳足跡計算(續三)

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
南口 PC200-共用油箱		174.00	0.58	0.03%
南口空壓機-共用油箱		4,172.00	13.93	0.66%
南口柴油-共用油箱		2,281.00	7.62	0.36%
南口噴漿機共用油箱		50.00	0.17	0.01%
福清供油機運具排碳量小計			1,112.71	52.52%
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
ME-北勝 01	挖土機	3,090.47	10.32	0.49%
ME-北勝 02	空壓機			
ME-北勝 03	發電機			
ME-北勝 04	噴漿機			
ME-北勝 05	吊卡車			
ME-北勝 06	挖土機			
ME-北勝 07	吊車			
ME-弘大鑫 05	泵浦車			
ME-有荃 01	挖土機	9,270.12	30.95	1.46%
ME-有荃 02	半托車	15,405.66	51.43	2.43%
ME-有荃 03	半托車	15,405.66	51.43	2.43%
ME-利全 03	自走式吊車	44.40	0.15	0.01%
ME-利全 04	自走式吊車	236.80	0.79	0.04%
ME-國裕 01	打樁機	1,163.12	3.88	0.18%
ME-國裕 02	吊車(自走式)	23.68	0.08	0.00%
ME-智為 04	挖土機	465.00	1.55	0.07%
ME-鉦達 01	噴漿機	23.28	0.08	0.00%
協力廠商供油機運具排碳量小計			150.67	7.11%
用電編號	供電用途	度數(kwH)	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
ES-09	北口工區用電	632,500.00	436.43	20.60%
ES-10	南口工區用電	588,700.00	406.20	19.17%
ES-11	舊東澳隧道用電	18,319.00	12.64	0.60%
工區用電排碳量小計			855.27	40.37%

機運具排碳占比最大為福清供油機運具，約占整體機運具排碳量之 53%；其次則為工區用電，占比約為 40%，與 C1 標類似。本期工區用電排碳量皆有大幅提升，恰符合隧道標之工程特性：隧道內照明、通風及機運具持續耗電有關；協力廠商供油之機運具則僅占約 7%。進一步分析福清供油之機運具排碳，占比最高之機具為挖土機，約占整體機運具排碳之 32%，其次為鏟裝機，約占 14%。兩者皆為隧道開挖大量使用之機具，故排碳量較高，此結果與 C1 標相似，亦可歸納為隧道標之工程機運具排放特性；共用油箱排放占比則約為 1.5%，相較於去年已有明顯下降。

而協力廠商供油之機運具係以新馬車站土方運輸作業使用之半拖車最高，約占 5%；其次為挖土機，約占 2%；另負責北口井基作業之協力廠商北勝之機運具油耗則僅占約 0.5%。土方運輸所用之機運具能耗排放部份，由於本期隧道開挖出渣之土方皆由宜蘭縣政府接收作為資源再使用，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方、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，毋須列入 A2 標工程碳足跡。

惟目前 A2 標土方外運作業仍持續進行中，應歸屬於宜蘭縣政府之機運具使用排放量尚無法準確分配，故本期仍先將土方運輸相關排碳活動全數計入碳足跡計算，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，將再行分配並由 A2 標碳足跡中扣除。

(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期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 標本期各項材料使用碳排放量計算內容與結果如表 3.4.3-11 所示；排放量合計約為 5,135tonCO₂e。

其中，工程材料使用碳足跡貢獻度最大者為混/噴凝土，約占 53%；其次為先撐及管幕鋼管，約占 13%；支保、聚胺脂樹脂及竹節鋼筋，

則分別約占 8%、7%及 6%。其中，聚胺脂樹脂主要用在管幕灌漿使用；另外，隧道開挖使用之岩栓、水泥也各約占 5%。

表 3.4.3-11 A2 標本期工程材料使用碳足跡計算

工程材料編號	工程材料名稱	規格/類別	轉換後單位	轉換後使用數量	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-元山 02	銲接鋼線網	10cm*10cm*3.2	kg	2,000.07	1.23
MA-北勝 01	速凝劑	sigunit-K54 AF	kg	(硫酸鋁鹽)1,020.00	0.50
			kg	(水) 680.00	0.00
MA-北勝 03	點焊網	5.0/100 3m*1.8m	kg	1,464.89	0.90
MA-台普 01	速凝劑	TamShot 80AF	kg	(硫酸鋁鹽)103,254.00	50.89
			kg	(水)68,836.00	0.07
MA-弘浚 01	桁型支堡	井基 6M G150	kg	(鋼板)51.79	0.03
			kg	(鋼筋)19,434.35	1.43
MA-永瑞 06	PVC 灌漿管		kg	687.36	2.23
MA-志成 01	氧氣		kg	1,028.16	0.13
MA-志成 02	乙炔		kg	355.00	2.01
MA-志成 03	氮氣		kg	500.00	0.04
MA-享正 01	混凝土	280kgf/cm ² (W)	kg	1,225,488.00	113.48
MA-宜興 01	混凝土	245Kg/cm ²	kg	52,426.00	4.74
MA-宜興 02	混凝土	210Kg/cm ²	kg	455,520.00	41.22
MA-宜興 03	混凝土	280Kg/cm ²	kg	4,887,382.50	452.57
MA-宜興 04	混凝土	175Kg/cm ²	kg	391,880.50	28.84
MA-宜興 05	噴凝土	210Kg/cm ²	kg	1,180,541.00	106.84
MA-宜興 07	鋼纖維噴凝土	255kgf/cm ²	kg	(混凝土)18,514,734.50	1,714.46
			kg	(鋼纖)368,167.50	225.69
MA-宜興 08	自充填混凝土	350kgf/cm ²	kg	120,360.00	13.60
MA-宜聯 01	鋼筋	SD420W	kg	43,085.00	53.43
MA-宜聯 03	鋼筋	井基使用 SD420W	kg	131,750.00	163.37
MA-宜聯 05	鋼筋	支保繫桿使用 SD420W	kg	45,610.00	56.56
MA-東和 01	鋼筋	SD420W	kg	47,890.00	59.38

表 3.4.3-11 A2 標本期工程材料使用碳足跡計算(續一)

工程材料編號	工程材料名稱	規格/類別	轉換後單位	轉換後使用數量	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-東麗陽 01	PAC		kg	15,340.00	25.22
MA-東麗陽 02	高分子		kg	75.00	0.26
MA-東麗陽 03	硫酸	0.5	kg	4,060.00	0.52
MA-信大 01	卜特蘭水泥	II 型低鹼	kg	258,200.00	162.92
MA-威建 01	水泥砂漿	II 型低鹼	kg	(水泥)156,645.00	98.84
			kg	(砂)156,645.00	0.49
MA-威建 02	管幕鋼管		kg	74,228.00	182.60
MA-威建 04	岩栓	φ 25 6m	kg	(鋼筋)159,949.83	198.34
			kg	(鋼板)14,778.96	31.48
MA-威建 05	岩栓	φ 25 4m	kg	(鋼筋)25,057.28	31.07
			kg	(鋼板)3,417.72	7.28
MA-威建 06	自鑽式岩栓	R32 L (6M)	kg	(鋼管)754.80	1.86
			kg	(鋼板) 127.65	0.27
MA-威建 07	先撐鋼管	φ 42mm L=6m	kg	3,284.37	8.08
MA-威建 08	桁型支堡	洞口段上半 G150	kg	(鋼筋)17,410.02	21.59
			kg	(鋼板)1,098.75	2.34
MA-威建 08-1	桁型支堡	洞口段洞台 G150	kg	(鋼筋)250.12	0.31
			kg	(鋼板)24.42	0.05
MA-威建 09	桁型支堡	V 類上半 G150	kg	(鋼筋)101,356.59	125.68
			kg	(鋼板)6,690.16	14.25
MA-威建 09-1	桁型支堡	V 類洞台 G150	kg	(鋼筋)8,113.54	10.06
			kg	(鋼板)805.75	1.72
MA-威建 10	桁型支堡	IV 類上半 G150	kg	(鋼筋)68,436.05	84.86
			kg	(鋼板)2,992.00	6.37
MA-威建 10-0	桁型支堡	IV 類上半 G125	kg	(鋼筋)2,011.71	2.49
			kg	(鋼板)170.92	0.36
MA-威建 10-1	桁型支堡	IV 類洞台 G150	kg	(鋼筋)3,799.17	4.71
			kg	(鋼板)378.46	0.81
MA-威建 11	桁型支堡	III 類上半 G100	kg	(鋼筋)39,382.25	48.83
			kg	(鋼板)1,669.11	3.56

表 3.4.3-11 A2 標本期工程材料使用碳足跡計算(續二)

工程材料編號	工程材料名稱	規格/類別	轉換後單位	轉換後使用數量	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-威建 13、 MA-松江 01	玻璃急結管	ANCM-GC-GTD 25L50C	kg	(輕骨材)175.14	0.00
			kg	(水)150.12	0.00
			kg	(急結劑 SiO ₂)150.12	0.77
			kg	(玻璃)315.25	0.31
MA-威建 15	先撐鋼管	φ 42mm L=3M	kg	186,456.79	458.68
MA-威建 16	桁型支堡	II 類上半 G100	kg	(鋼筋)67,301.36	83.45
			kg	(鋼板)2,861.33	6.09
MA-威建 16-1	桁型支堡	II 類洞台 G100	kg	(鋼筋)1,890.33	4.65
			kg	(鋼板)158.96	0.10
MA-威建 18	聚胺脂樹脂	PT106	kg	17,027.70	379.35
MA-威建 26-1	灌漿鋼管	L=6M	kg	2,031.32	5.00
MA-炸藥 01	乳膠炸藥	300g	kg	25,000.20	4.15
MA-炸藥 02	乳膠炸藥	250g	kg	5,870.00	0.97
MA-炸藥 03	乳膠炸藥	230g	kg	20,680.00	3.43
MA-國裕 02	氧氣	-	kg	142.80	0.02
MA-國裕 03	乙炔	-	kg	50.00	0.28
MA-盛揚 01	鋼筋續接器	#11	kg	131.30	0.30
MA-堯堂 01	無收縮摻料	YL MV POWDER	kg	570.00	0.69
MA-新峰 01	防撞鋼板		kg	7,522.00	16.02
MA-新寧 01	風管		kg	191.85	0.30

(三)人員出勤碳排放

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以本期工區總出勤人日數 10,758 人，以化糞池碳排放係數每人時排放係數為 0.0398 kgCO₂e/人時，及一般廢棄物處理排放係數(宜蘭縣)0.504 kgCO₂e/kg 計算，分別求得 A2 標本期工區化糞池溫室氣體逸散量約 3.43tonCO₂e；以及一般廢棄物處理排放量約 2.11tonCO₂e。

綜合 2 項人員出勤碳排放源之排放量計算結果，可得 A2 標本期

人員出勤總排放量約為 5.54tonCO₂e。

(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，A2 標土方外運作業仍持續進行中，尚無法準確分配機運具使用應歸屬於宜蘭縣政府之碳排放量，故本期仍先將土方運輸相關排碳活動全數計入碳足跡計算，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。

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 標本期運輸碳排放量約為 216tonCO₂e。

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 標本期(103 年 1~6 月)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。本標於民國 102 年 3 月 20 日決標，並於同年 4 月 16 日開工。截至 103 年 6 月底止，A1 標累積工期為 441 天，實際進度 21.31%，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。

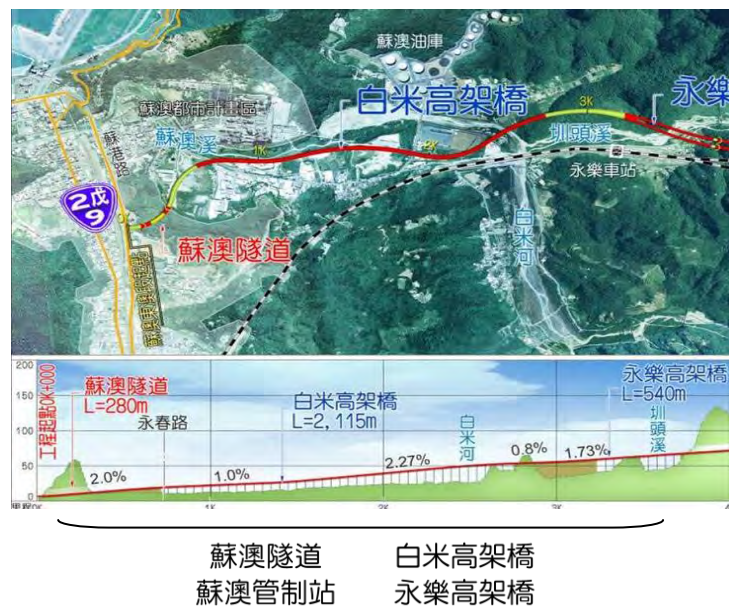


圖 3.4.4-1 蘇澳永樂段新建工程(A1 標)工程範圍示意圖

A1 標至 103 年度 6 月底止，主要執行工項包括：墩柱工程、直接基礎、橋式基礎、井式基礎及排水工程等工項，目前已完成部分墩柱，並開始進行柱頭板鋼筋組立及混凝土澆置作業；除此之外，本標於 103 年 3 月及 6 月，分別有 P2 基礎拆除及 P10 帽樑修整工作，兩項工程經與查證單位討論後確認，其碳排放量需納入工程排放計算中，但本計畫將以獨立計算、分項說明方式揭露此類型(非此工程執行的必要作業排碳)排放量於工項分析章節中。

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。

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共有 8 類，包括：工程施工項目、施工機具/耗能設備、用電、用水、工程材料、植生、運具及人員；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，自前期起即另新增協力廠商/供應商登錄表單登錄清冊中，作為承包商執行碳足跡盤查資料填報之參照。

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)	

截至 103 年 6 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 103 年度 1 月至 6 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	172	94
CC	廠商登錄	30	8
ME	施工機具/耗能設備登錄表	140	65
ES	用電登錄表	8	3
WS	用水登錄表	3	0
MA	工程材料登錄表	72	29
PL	植生登錄表	0	0
MO	運具設備登錄表	26	5
HR	工區人員交通方式登錄表	292	46

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103年6月30日為止，總填寫天數為441天。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、人員出勤及運輸。以下即進一步分項說明各類活動強度數據彙整與統計結果。

(一)機具使用

103年1月至6月底A1標所進行工程項目包括井基工程(包括P33與P34地質改良)、直接基礎工程、基礎層工程、墩柱工程與排水工程，所使用機具包括：挖土機、鑽機、發電機、空壓機、吊卡車、抽水機與泵浦車等機具，如表3.4.4-3所示。由於A1標施作方式與A3標類似，是以分包協力廠商方式進行工程，故油耗量僅能以各協力廠商自家共用油箱的方式彙整。

表 3.4.4-3 A1 標本期機/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)	502.0	9,002.49	柴油	
ME-上鋒 02	泵浦車(27M)	134.0			
ME-立昌 01	挖土機 PC400	312.0	13,548.95	柴油	註 2 部份 推估
ME-立昌 02	挖土機	288.0			
ME-立昌 03	吊卡車	88.0			
ME-旭盛 01(排)	吊卡車	280.0	7,472.00	柴油	
ME-旭盛 02(排)	發電機	152.0			
ME-旭盛 03(排)	挖土機	368.0			
ME-盈昶 01	發電機 10KVA	200.0	7,538.99	柴油	
ME-盈昶 02	空壓機 SVP-203	200.0			
ME-盈昶 03	高空作業車	200.0			
ME-宏睿 01	25T 吊車	456.0	2,015.52	柴油	推估

表 3.4.4-3 A1 標本期機/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-北勝 01	挖土機	448.0	53,935.57	柴油	註 1
ME-北勝 02	挖土機	376.0			
ME-北勝 03	空壓機	174.0			
ME-北勝 04	發電機	536.0			
ME-北勝 05	噴漿機	114.0			
ME-北勝 06	吊卡車	392.0			
ME-北勝 07	挖土機	128.0			
ME-北勝 08	發電機	360.0			
ME-北勝 09	挖土機	723.0			
ME-北勝 10	空壓機	409.0			
ME-北勝 11	發電機	783.0			
ME-北勝 12	噴漿機	309.0			
ME-北勝 13	挖土機	144.0			
ME-北勝 14	灌漿機	192.0			
ME-建樟 01	移動式起重機	224.0	960.12	柴油	
ME-建樟 02	發電機 60KV	104.0			
ME-建樟 05	高空作業車	96.0			
ME-榮工 002	吊卡車	1,288.0	5,344.92	柴油	
ME-榮工 005	發電機	592.0	2,010.12	汽油	
ME-榮工 006	發電機 250KV	132.0	10,992.50	柴油	
ME-榮工 007	防音型發電機 150KVA	24.0			
MO-榮工(水車)	水車	1,220.0			
ME-蘇建興 01	挖土機 PC228	120.0	13,059.51	柴油	
ME-蘇建興 02	噴漿機(濕式)	36.0			
ME-蘇建興 03	壓路機 XS120	8.0			
ME-蘇建興 04	挖土機 PC200	160.0			
MO-梅江 01	傾卸車	127.0	774.84	柴油	推估
MO-梅江 02	傾卸車	100.0			
MO-梅江 03	傾卸車	44.0			

表 3.4.4-3 A1 標本期機/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-得友 01	挖土機	624.0	20,277.09	柴油	
ME-得友 02	挖土機	288.0			
ME-得友 03	挖土機	8.0			
ME-得友 04	挖土機	24.0			
ME-得友 05	挖土機	88.0			
ME-得友 06	挖土機	216.0			
ME-得友 07	挖土機	32.0			
ME-得友 08	挖土機	152.0			
ME-得友 09	挖土機	192.0			
ME-得友 10	挖土機	216.0			
ME-得友 11	挖土機	208.0			
ME-得友 12	挖土機	168.0			
ME-得友 14	挖土機	152.0			
ME-得友 15	挖土機	24.0			
ME-得友 16	吊卡車	48.0			
ME-得友 17	挖土機	96.0			
ME-得友 18	挖土機	48.0			
ME-得友 19	挖土機	16.0			
ME-誼霖 01	45T 吊車	592.0			
ME-誼霖 02	吊卡車	508.0			
ME-展碩 01	挖土機	384.5	12,146.43	柴油	
ME-展碩 02	挖土機	427.0			
ME-展碩 03	挖土機	40.0			
ME-展碩 04	挖土機	150.0			
ME-展碩 05	挖土機	100.0			
ME-展碩 06	挖土機	49.0			
ME-展碩 07	挖土機	70.0			
ME-展碩 08	挖土機	61.0			
ME-展碩 09	挖土機	199.5			

註 1：能耗為 103 年度上半年度機具油耗扣除 102 年度北勝多餘用油。

註 2：部份臨時或所提供之油單無代表性機具，本計畫以推估方式計算能耗量。

必須特別說明的是，由於本期追查出協力廠商北勝於 102 年度統計用油量時，誤將 A2 標用油亦歸入 A1 標用油量而有重複計算的狀況，故在計算機運具碳排放時，雖本期柴油耗用總量為 57,026.04 公升，但需將上期誤計入之 3,090.47 公升於本期扣除，故修正後之本期用以計算機運具排放之北勝柴油耗用量減為 53,935.57 公升。

另考量主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，本期仍延續前期作法，暫將操作時數在 50 小時以下，且未有加油紀錄之機具活動量排除於活動強度統計項目外。其中，榮工協力廠商宏睿及梅江機具為吊車與傾卸車，並且是以租用方式進行工程，並非長駐於工地，故可能同時於其他工地出工，無法以油單代表其真正的活動量。針對此類作業模式的機具，本計畫係以同工區或同工程形式機具之相似規格機具所提出的機具單位油耗推估。

另協力廠商立昌及得友負責工程項目為鋼板樁打設及土方處理工項，這兩個工程項目並非每個月都需執行，故立昌及得友上半年度並非 6 個月份皆有執行作業，部份月份僅有零星出工記錄且可能有調往其他工地支援之情形，故本計畫將能耗統計分為兩個部分處理：工程執行天數較多故常駐於工區之月份，即以廠商所提供之油單計算油耗量；而零星出工月份則是以油耗率推估的方式計算。

由於 A1 工程進行方式同 A3 標，係將不同類型工作委由協力廠商分項負責，故使用機具數量也同樣較多。由表 3.4.4-3 機具編號即可看出，目前使用中的機具包括各協力廠商：上鋒、北勝、旭盛(排)、得友、誼霖、立昌、蘇建興、展碩、梅江、宏睿、建幃、盈昶所有之機具及榮工公司之自有機具。

以下簡要說明 A1 標本期各協力廠商負責之工程內容及機具使用狀況。

1. 上峰：主要負責基礎層及墩註混凝土澆置，目前累計使用 3 台泵

浦車。

2. 北勝：主要負責井基工程，102 年度使用 8 台機具，隨工程持續進行且執行 P33 與 P34 地質改良工程，累計至 103 年 6 月止使用機具以增加至 14 台，包括：挖土機、空壓機、發電機、噴漿機及灌漿機等。
3. 旭盛(排)：原為永樂高架橋工區基樁工程協力廠商，現正執行 P2 墩柱排水箱涵施作，本期累計使用吊卡車、發電機及挖土機共 3 台機具。
4. 得有：主要負責基礎開挖作業，本期另協助執行 P2 基礎拆除工項，使用機具主要為 17 台挖土機與 1 台運具。
5. 誼霖：主要負責基礎層鋼筋綁紮，使用機運具為吊車與吊卡車各 1 台。
6. 立昌：主要負責執行基礎鋼板樁打設作業，目前累計使用兩台挖土機及 1 台吊卡車。
7. 蘇建興：主要負責蘇澳隧道工程，惟至本期截止僅執完成南口邊坡保護及部分排水工程，使用機具為挖土機、噴漿機、壓路機等 4 台機具。
8. 展碩：主要負責執行工項清除與掘除兩項作業，累計迄今共使用 9 台挖土機。
9. 梅江：主要負責執行場內土石方平衡所需之運輸工作，目前共使用 3 台傾卸車。
10. 宏睿：主要負責執行基礎模板組立作業，所使用機運具僅吊卡車 1 台。
11. 建幃：係於 103 年 6 月新進場的協力廠商，主要執行工項為懸臂工法上構工程，目前僅使用移動式起重機、發電機、高空作業車及泵浦車共 4 台機運具。
12. 榮工：主要負責非協力廠商執行的工項，共使用 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，可進一步依廠商別再進行加總，並彙整表列如表 3.4.4-4 所示，作為 A1 標本期機運具碳足跡計算之依據。

表 3.4.4-4 A1 標本期協力廠商機/運具用油量統計

協力廠商名稱	用油量(L)
上鋒	9,002.49
北勝	53,935.57
旭盛	7,472.00
立昌	13,548.95
盈昶	7,538.99
宏睿	2,015.00
建幃	960.12
得友	20,277.09
誼霖	3,004.76
蘇建興	13,059.51
梅江	774.84
展碩	12,146.43
榮工	(柴油)16,337.42
	(汽油)2,010.12

(二)工程材料使用

本期 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、鋼材續接器與止水帶等，詳細使用數量詳表 3.4.4-5。其中，工程中所使用鋼套管與洗車臺材料，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。

表 3.4.4-5 A1 標本期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	使用數量	單位	備註
MA-北勝 01	速凝劑	AF80	30,380.00	kg	一次性使用
MA-北勝 02-0	桁架支保	G150	49.00	組	一次性使用
MA-北勝 02-1	桁架支保	G150	51.00	組	一次性使用
MA-北勝 02-2	桁架支保	G150	23.00	組	一次性使用
MA-北勝 04	卜特蘭水泥	第二型	11,760.00	m ³	一次性使用
(多項合併)	點焊網	3*1.8	15,396.00	kg	一次性使用
MA-北勝 06	水玻璃		69,560.00	kg	一次性使用
MA-旭盛(排)01	止水帶 WS-A1	WS-A1	1,260.00	m	一次性使用
MA-旭盛(排)02	止水帶 WS-A3	WS-A3	520.00	m	一次性使用
MA-盛揚 001-1-10	續接器	兩件 D43	632.00	個	一次性使用
MA-盛揚 001-2-10	續接器	四件 D43	540.00	個	一次性使用
MA-盛揚 001-2-7	續接器	四件 D36	2,006.00	個	一次性使用
MA-久屋 04	混凝土	175 II kgf/cm ²	329.50	m ³	一次性使用
MA-享正 02	混凝土	175 II kgf/cm ²	731.00	m ³	一次性使用
MA-宜興 01	混凝土	210 II kgf/cm ²	12.00	m ³	一次性使用
MA-久屋 03	混凝土	210 II kgf/cm ²	768.00	m ³	一次性使用
MA-享正 03	混凝土	210 II kgf/cm ²	364.00	m ³	一次性使用
MA-久屋 01	混凝土	280 II kgf/cm ²	12,573.00	m ³	一次性使用
MA-享正 01	混凝土	280 II kgf/cm ²	12,180.00	m ³	一次性使用
MA-久屋 06	混凝土	350 II kgf/cm ²	2,123.50	m ³	一次性使用
MA-久屋 05	混凝土	420 II kgf/cm ²	243.00	m ³	一次性使用
MA-享正 05	混凝土	350 II kgf/cm ²	565.50	m ³	一次性使用
MA-久屋 02	混凝土	水中 210 II kgf/cm ²	603.00	m ³	一次性使用
MA-享正 04	混凝土	水中 280 II kgf/cm ²	2,907.00	m ³	一次性使用
MA-宜興 03	噴凝土	噴凝土	1,530.00	m ³	一次性使用
MA-享正 06	噴凝土	噴凝土	17.00	m ³	一次性使用
MA-榮工 03	竹節鋼筋	-	5,551,670.00	kg	一次性使用
MA-榮工 06	防撞鋼板	-	39,660.00	kg	一次性使用
MA-旭盛 01	鋼套管	-	1.00	組	回收再利用

表 3.4.4-5 A1 標本期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	使用數量	單位	備註
MA-頤達 01	鋼套管	-	1.00	組	回收再利用
MA-榮工 005	洗車台材料	-	1.00	式	回收再利用

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 26 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 3.4.4-6。

表 3.4.4-6 A1 標本期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	30,380.00	kg(速凝劑)	18,228.00
					kg(水)	12,152.00
MA-北勝 02-0	桁架支保	G150	組	49.00	kg(鋼板)	980.00
					kg(鋼筋)	19,985.37
MA-北勝 02-1	桁架支保	G150	組	51.00	kg(鋼板)	1,020.00
					kg(鋼筋)	23,012.63
MA-北勝 02-2	桁架支保	G150	組	23.00	kg(鋼板)	552.00
					kg(鋼筋)	11,961.43
MA-北勝 04	卜特蘭水泥	第二型	包	11,760.00	kg	588,000.00
(多項合併)	點焊網	3*1.8	m ²	15,396.00	kg	52,169.35
MA-北勝 06	水玻璃	-	kg	69,560.00	kg	69,560.00

表 3.4.4-6 A1 標本期工程材料使用活動強度數據(續)

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-旭盛(排)01	止水帶	WS-A1	m	1,260.00	kg	1,172.20
MA-旭盛(排)02	止水帶	WS-A3	m	520.00	kg	1,503.98
MA-盛揚 001-1-10	續接器	兩件 D43	個	632.00	kg	982.13
MA-盛揚 001-2-10	續接器	四件 D43	個	540.00	kg	1,510.38
MA-盛揚 001-2-7	續接器	四件 D36	個	2,006.00	kg	3,209.60
MA-久屋 04	混凝土	175 II kgf/cm ²	m ³	329.50	kg	777,290.50
MA-享正 02	混凝土	175 II kgf/cm ²	m ³	731.00	kg	1,714,926.00
MA-宜興 01	混凝土	210 II kgf/cm ²	m ³	12.00	kg	28,392.00
MA-久屋 03	混凝土	210 II kgf/cm ²	m ³	768.00	kg	1,826,304.00
MA-享正 03	混凝土	210 II kgf/cm ²	m ³	364.00	kg	855,400.00
MA-久屋 01	混凝土	280 II kgf/cm ²	m ³	12,573.00	kg	30,238,065.00
MA-享正 01	混凝土	280 II kgf/cm ²	m ³	12,180.00	kg	28,696,080.00
MA-久屋 06	混凝土	350 II kgf/cm ²	m ³	2,123.50	kg	5,090,029.50
MA-久屋 05	混凝土	420 II kgf/cm ²	m ³	243.00	kg	582,471.00
MA-享正 05	混凝土	350 II kgf/cm ²	m ³	565.50	kg	1,319,311.50
MA-久屋 02	混凝土	水中 210 II kgf/cm ²	m ³	603.00	kg	1,398,357.00
MA-享正 04	混凝土	水中 280 II kgf/cm ²	m ³	2,907.00	kg	6,848,892.00
MA-宜興 03	噴凝土	噴凝土	m ³	1,530.00	kg	3,590,910.00
MA-享正 06	噴凝土	噴凝土	m ³	17.00	kg	39,899.00
MA-榮工 03	竹節鋼筋	-	kg	5,551,670.00	kg	5,551,670.00
MA-榮工 06	防撞鋼板	-	kg	39,660.00	kg	39,660.00

其中，水玻璃、竹節鋼筋與 H 型鋼之使用量填報單位與係數單位一致，故毋須進一步作單位轉換；其他工程材料包括混凝土、桁型支保、點焊網、續接器與其他材料等則依據其規格特性作合理換算。以下即以幾個主要工程材料為例，進行轉換說明：

1. A1 標混凝土製品依規格可分為：175II、210II、280II、350SCC、420II 及 210II 噴凝土，為配合 Gabi-PE 資料庫之排放係數單位

(kgCO₂e/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及鋼板使用量。
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，可得每平方公尺點焊網轉換參數為 3.39 公斤鋼線。
4. A1 標續接器供應商為盛揚鋼筋，單位續接器重量為榮工工程依不同規格量測而得。
5. 排水箱涵所需之 PVC 止水帶單位長度重量可依據料單所提供之產品型號 WS-A1 與 WS-A3 計算其單位面積，再依 CNS 止水帶密度計算單位長度重量(kg/m)。

(三)廢棄物：A1 標本期有 P2 基礎拆除所產生之鋼筋下腳料運出處置，處理方式為回收再利用，故本計畫僅先計算運送至回收商之運輸排碳。

(四)碳匯改變：A1 標目前亦尚未填報植生移除、移植或復育的紀錄，故本期碳匯改變量為零；蘇澳隧道邊坡的植生移除量將待計畫測量、收方後再作填報。

(五)人員出勤：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 14,154 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 6 月底止共填報 527 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)×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、本期碳足跡盤查結果

本計畫依據工程碳盤查日誌所記錄活動強度數據，對應 3.3.4 節所蒐集之碳排放係數，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 類碳排放量，並綜整為 A1 標本期工程碳足跡計算結果。

總計本期 A1 標之工區碳足跡約為 16,052.88 tonCO₂e；主要排放源為材料使用，占比約 95.5%；其他依排放占比大小序，分別為：機/運具使用排放(3.6%)、運輸排放(0.9%)，及幾近於零(0.05%)的人員出勤排放；各類別排放量彙整於表 3.4.4-7，另就前述各項碳排放計算內容分項詳述於後。

表 3.4.4-7 A1 標本期度碳足跡量化結果

類別	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
機具使用	581.42	3.6%
工程材料使用	15,326.55	95.5%
人員(逸散、廢棄物)	7.44	<0.1%
運輸	137.48	0.9%
合計	16,052.88	100.0%

(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，本期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 3.4.4-8。

表 3.4.4-8 A1 標本期機/運具使用碳足跡計算

廠商名稱	汽柴油耗油量(L)	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比(%)
上鋒	9,002.49	30.06	5.17%
北勝(井基)	53,935.57	180.07	30.97%
旭盛(排水)	7,472.00	24.95	4.29%
立昌(基礎)	13,548.95	45.24	7.78%
盈昶(墩柱)	7,538.99	25.17	4.33%
宏睿(墩柱)	2,015.52	6.73	1.16%
建幃(上構)	960.12	3.21	0.55%
得友(基礎)	20,277.09	67.70	11.64%
誼霖(墩柱)	3,004.76	10.03	1.73%
蘇建興(隧道)	13,059.51	43.60	7.50%
梅江(基礎)	774.84	2.59	0.44%
展碩(清除)	12,146.43	40.55	6.97%
榮工	18,347.54	61.12	10.51%
場電及水	-	40.42	6.95%
排放量合計		581.42	100.00%

呼應 A1 標本期主要執行工項：井基工程、基礎及墩柱工程，負責此 3 工項的協力廠商(北勝、立昌、宏睿、得友、誼霖及梅江)及混凝土澆置的機具能耗排碳量即本期機運具排碳量的 63%；而從協力廠商的排碳量占比加以分析，北勝公司因為本期負責施作白米高架橋及永樂高架橋兩工區共 10 座井式基礎，而井基降挖時需要包括挖土機噴漿機等機具的長時間工作，加上 P33 及 P34 於本期還進行井基地質改良工作，故排碳量約 180 tonCO₂e，為機運具排放貢獻最高的協力廠商。

排碳量占比第二高的協力廠商為得友公司，約佔機具能耗排碳的

12%，主要是係因該廠商負責的工項為樁基礎及直接基礎的開挖，且3月份另執行PN2基礎層拆除作業，故本期的排放占比亦較高。此外，榮工工程機具能耗排碳也有10%左右的占比，主要是因為榮工每日皆有吊卡車及水車執行路面灑水工作，且上半年度遇降雨較多、榮工公司須持續以抽水機進行基礎層或井基的排水作業，故也有相當的排碳量。

(二)工程材料使用碳排放

A1 標本期材料使用碳排放計算內容如表 3.4.4-9 所示，合計約為 15,326.55 tonCO₂e。

表 3.4.4-9 A1 標本期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	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-北勝 01	速凝劑	AF80	kg(速凝)	18,228.00	8.98
			kg(水)	12,152.00	0.01
MA-北勝 02-0	桁架支保	G150	kg(鋼板)	980.00	2.09
			kg(鋼筋)	19,985.37	24.78
MA-北勝 02-1	桁架支保	G150	kg(鋼板)	1,020.00	2.17
			kg(鋼筋)	23,012.63	28.54
MA-北勝 02-2	桁架支保	G150	kg(鋼板)	552.00	1.18
			kg(鋼筋)	11,961.43	14.83
MA-北勝 04	卜特蘭水泥	第二型	kg	588,000.00	371.03
(多項合併)	點焊網	3*1.8	kg	52,169.35	31.98
MA-北勝 06	水玻璃		kg	69,560.00	76.11
MA-旭盛(排)01	止水帶	WS-A1	kg	1,172.20	1.86
MA-旭盛(排)02	止水帶	WS-A3	kg	1,503.98	2.39
MA-盛揚 001-1-10	續接器	兩件 D43	kg	982.13	2.21
MA-盛揚 001-2-10	續接器	四件 D43	kg	1,510.38	3.39
MA-盛揚 001-2-7	續接器	四件 D36	kg	3,209.60	7.21

表 3.4.4-9 A1 標本期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	碳排放量 (tonCO ₂ e)
(多項合併)	混凝土	175 II	kg	2,506,406.50	184.47
(多項合併)	混凝土	210 II	kg	2,710,096.00	245.26
(多項合併)	混凝土	280 II	kg	58,934,145.00	5,457.30
(多項合併)	混凝土	350 II	kg	6,409,341.00	724.25
MA-久屋 05	混凝土	420 II	kg	582,471.00	65.82
MA-久屋 02	混凝土	水中 210 II	kg	1,398,357.00	126.55
MA-享正 04	混凝土	水中 280 II	kg	6,747,147.00	624.79
(多項合併)	噴凝土	噴凝土	kg	3,590,910.00	327.92
MA-榮工 03	竹節鋼筋		kg	5,30,809.00	6,884.07
MA-榮工 06	防撞鋼板		kg	39,660.00	107.36

(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化糞池逸散與廢棄物處理排放之活動強度內容，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 14,154 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 4.51tonCO₂e；而處理廢棄物產生量則為 2.92tonCO₂e。

綜合 2 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 7.44tonCO₂e。

(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 137.48tonCO₂e。

3.5 南澳和平段(B 段)工程碳足跡調查與推估階段性成果

為相對提升本計畫工作之一：南澳和平段(以下簡稱 B 段)工程碳足跡推估的準確度，本計畫遂依據前期報告書審查結論，於今(103)年 2 月提出碳足跡調查表予 B 段監造和承包商，請求提供工程管理及工區排碳活動量統計資料；惟工程碳足跡的概念新穎、監造及承商皆反應在沒有說明的情況下，無法提出相關資料供參。為此，本計畫遂規劃一場次調查資料說明會，並於 4 月份發文請求工程處協助發函 B 段監造及承包商參與。而後於 5 月上旬先取得 4 標承包商 102 年度工程管理排放活動資料，再於 5 月底取得 B3 標谷風隧道新建工程現階段已完成工項(橋梁、隧道)之工程材料使用統計資料。

以下即就本計畫目前已取得之工程管理碳排放活動，及已完成工項之工程材料使用量資料進行彙整、完成碳足跡計算之結果，進行分小節說明於後。

3.5.1 工程管理碳排放活動量蒐集及碳足跡試算

在 B 段各標未納入本計畫盤查範圍，使用既有盤查表單進行碳足跡排放調查過於繁複的情況下，本團隊另設計 B 段工程管理碳排放活動調查表如表 3.5.1-1，作為 B 段各標彙集年度統計資料之依據。

由調查表項目可知，相較於執行盤查的各標及監造、工務段和工程處，B 段各標被請求協助填寫的項目略有減少，僅須就用油、用電、用水及人員住宿、出勤人數提報年度統計資料，而毋須對於相較而言較繁複但相對排放量不大的之空調設備冷媒及瓦斯用量等進行統計回覆。

茲就 B 段各標於今年 5 月上旬回覆之資料進行彙整如表 3.5.1-2，其中，B2、B4 標有附佐證資料作為參考。並以本計畫 102 年度盤查清冊工程管理部分相同之排放係數，計算各項所對應之碳足跡，如表 3.5.1-3。由計算結果可看出，B2、B3 標用電量明顯較其他兩標為大，原因可能為工程規模較大、連帶工務所連同宿舍的用電量較大，但亦有可能是此兩標隧道標將工區通風照明用電量也計入所致。

表 3.5.1-1 B 段工程管理碳排放活動調查表

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	

表 3.5.1-2 B 段各土建標 102 年度工程管理碳排放活動調查結果彙總表

標別	基本資料			排放活動名稱											
	承包商 名稱	房舍 面積	面積 單位	用電		用水 (僅自來水)		用油 (汽油)		用油 (柴油)		總人員 出勤		總人員 住宿	
B1 標	泛亞 工程	12,443	m ²	127,840	度	5,031	度	9,432	L	124,010	L	15,275	人天	15,886	人天
B2 標*	工信 工程	12,860	m ²	212,920	度	15,194	度	22,800	L	3,500	L	53	人	41	人
B3 標		518	m ²	150,320	度	-	度	30,734	L	14,457	L	46	人	40	人
B4 標*	璉嶸 營造	2,033	m ²	47,364	度	1,078	度	9,398	L	-	L	4,601	人天	976	人天

附註：*有附佐證資料供參。

另在車輛用油排放部分，以 B3 標汽油排放最大，B1 標柴油排放最大，且就移動式排放源排放總量比較，各標差異顯著，最小的 B4 標與最大的 B1 標差距近 14 倍。在 B 段各標調查結果不具明顯一致性的情況下，本計畫另整理 102 年度盤查範圍內各管理單位碳足跡計算及分析結果，如表 3.5.1-4 及圖 3.5.1-1 所示。

表 3.5.1-3 B 段各土建標 102 年度工程管理碳足跡計算結果彙總表

排放源類別	固定式排放源			移動式排放源		逸散性排放源	碳足跡合計 (tonCO ₂ e)
	電力	水	廢棄物	汽油	柴油	化糞池	
標別\範疇別	2	3	3	1	1	1	
B1 標	88.85	0.00	3.12	31.70	414.02	0.01	537.71
	16.5%	0.0%	0.6%	5.9%	77.0%	0.0%	
B2 標	147.98	0.01	4.62	76.62	11.69	0.01	240.92
	61.4%	0.0%	1.9%	31.8%	4.9%	0.0%	
B3 標	104.47		4.23	103.28	48.27	0.01	260.25
	40.1%	0.0%	1.6%	39.7%	18.5%	0.0%	
B4 標	32.92	0.00	0.90	31.58		0.00	65.41
	50.3%	0.0%	1.4%	48.3%		0.0%	

表 3.5.1-4 本計畫 102 年度工程管理碳足跡盤查計算結果

排放源別	固定式排放源				移動式排放源		逸散性排放源		碳足跡合計 (tonCO ₂ e)
	液化 石油氣	電力	水	廢棄物	汽油	柴油	化糞池	溶劑、噴霧 劑與冷媒	
範疇別 單位別	1	2	3	3	1	1	1	1	
蘇改處	0.98	74.52	0.00	1.05	53.38	-	2.07	0.40	132.40
	0.7%	56.3%	0.0%	0.8%	40.3%	-	1.6%	0.3%	
東澳 工務段	-	19.55	-	0.59	10.36	-	2.37	1.24	34.11
	-	57.3%	-	1.7%	30.4%	-	6.9%	3.6%	
和中 工務段	-	20.46	0.00	0.49	12.02	-	1.46	3.01	37.43
	-	54.7%	0.0%	1.3%	32.1%	-	3.9%	8.0%	

表 3.5.1-4 本計畫 102 年度工程管理碳足跡盤查計算結果(續)

排放源別	固定式排放源				移動式排放源		逸散性排放源		碳足跡 合計 (tonCO ₂ e)
	液化 石油氣	電力	水	廢棄物	汽油	柴油	化糞池	溶劑、噴霧 劑與冷媒	
範疇別 單位別	1	2	3	3	1	1	1	1	
蘇澳東澳 監造	1.07	38.03	0.00	1.55	38.89	-	5.52	4.06	89.13
	1.2%	42.7%	0.0%	1.7%	43.6%	-	6.2%	4.6%	
和中清水 監造	0.38	28.80	0.00	0.94	19.79	-	4.05	9.00	62.96
	0.6%	45.7%	0.0%	1.5%	31.4%	-	6.4%	14.3%	
A1 標	-	40.78	0.08	1.01	16.00	13.67	4.92	0.91	77.38
	-	52.7%	0.1%	1.3%	20.7%	17.7%	6.4%	1.2%	
A2 標	1.85	71.45	0.00	1.33	2.02	40.34	6.48	2.27	125.75
	1.5%	56.8%	0.0%	1.1%	1.6%	32.1%	5.2%	1.8%	
A3 標	-	55.18		1.50	46.62	5.25	7.31	1.44	117.30
	-	47.0%	0.0%	1.3%	39.7%	4.5%	6.2%	1.2%	
C1 標	2.24	42.21	0.00	2.83	69.07	-	12.20	0.29	128.85
	1.7%	32.8%	0.0%	2.2%	53.6%	-	9.5%	0.2%	

由表 3.5.1-4 可看出，除 A1 標為 102 年 4 月開工，故工程管理排放量略低外，其他三個承包商碳排放量相近，約為 120 tonCO₂e 上下。與表 3.5.1-3 相較之下，B1~B3 標排放量計算結果為此均值的 2~5 倍；B4 標則僅均值的一半，初步推測應是 B1、B3 標將部分工區用車的油耗量，及 B2 標可能將部分工區用電量計入工程管理活動量所致。

另以排放類型占比進行分析，綜觀本計畫盤查範圍內各單位 102 年度工程管理排放源分析，可看出主要排放源為電力，除 C1 標用電占比較低、僅約年度排放的 33% 外，其餘大約都是在 50% 上下。另一個主要排放源則為油量，除 C1 標用油排放大於用電排放、占年度排放約 54% 外，其餘各單位之用油(汽、柴油合計)排放約占總排放的 30~44%。

同樣將 B 段調查結果以排放源占比分析結果作圖，如圖 3.5.1-2 所示，與盤查之各標的相對照可發現，B2、B4 標的排碳占比變化與多數盤查結

果一致；B3標排碳占比分布雖於多數盤查結果不同，但仍與C1標相近，
 用油排碳占比(58%)較用電排碳占比(40%)為高。

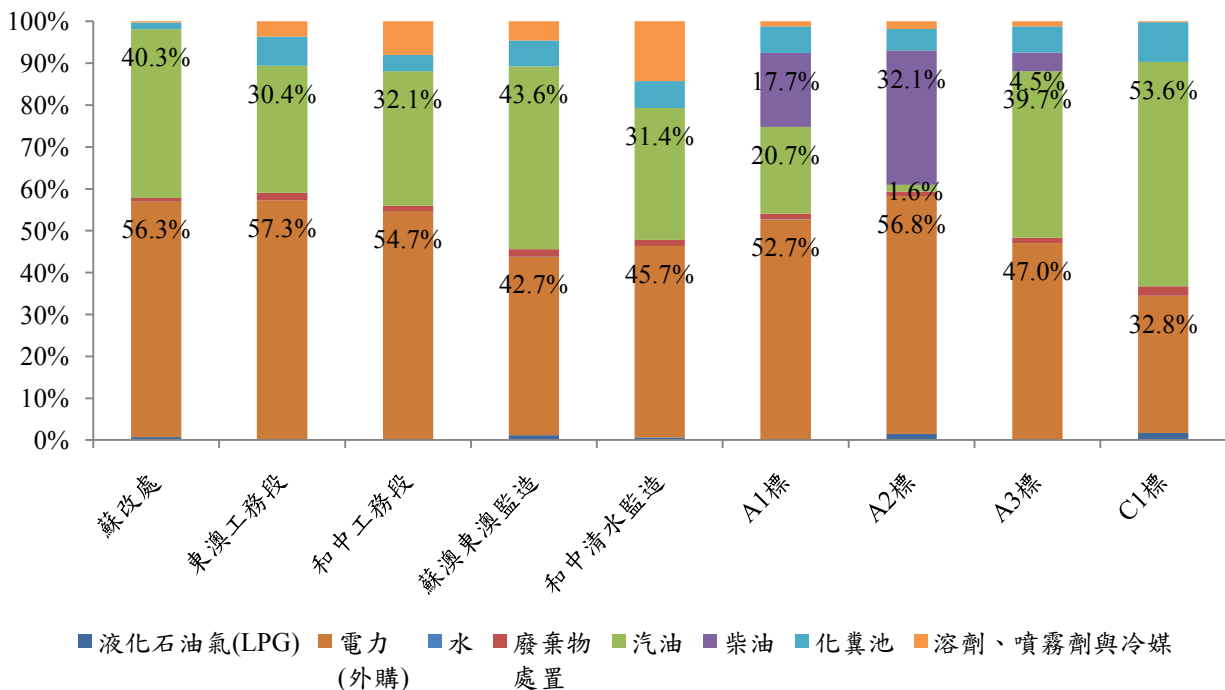


圖 3.5.1-1 本計畫 102 年度工程管理碳足跡占比分析圖

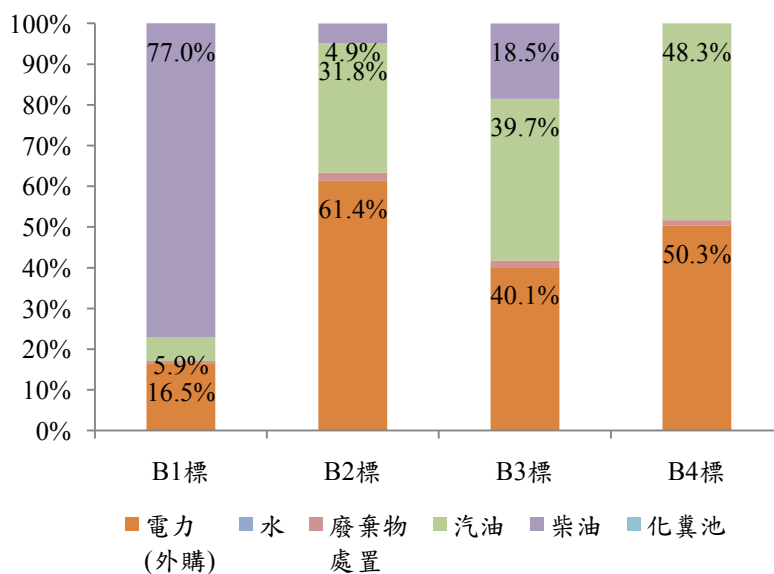


圖 3.5.1-2 B 段各土建標 102 年度工程管理碳足跡占比分析圖

惟 B1 標用油排碳占比明顯過高，活動量的正確性有待後續以此次計算結果再與承包商作進一步訪談確認。

3.5.2 谷風隧道新建工程(B3 標)活動量調查與碳足跡試算

谷風隧道新建工程內容包含：谷風隧道、漢本高架橋及鼓音鋼橋三部分；本節即依據承包商工信工程初步提供之資料，就目前已完成之工程項目分橋梁段及隧道段兩部分進行活動量調查結果彙整與碳足跡推估。其中，橋梁部分依工信工程所提供資料，鼓音鋼橋工區目前尚無已完工基礎或墩柱，故本次報告中暫未就鼓音鋼橋之工程排碳進行推估，僅先就漢本高架橋工區已完成工項與對應資料進行統計與分析說明，而後另說明谷風隧道活動量調查及碳足跡推估結果。

一、漢本高架橋活動量調查及碳足跡推估

漢本高架橋工區基礎型式分為兩種，其一為漢本橋台所採用的樁式基礎，其二則是漢本高架橋本身所使用的直接基礎；本計畫整理 B3 標 102 年已完成混凝土澆置作業工項於表 3.5.2-1。

表 3.5.2-1 B3 標墩柱施工情形彙整

編號	基樁	基礎	牆身背翼牆	墩柱含帽梁
A1S	102/6/28	102/07/18	102/09/16	
A1N	102/6/28	102/07/10	102/08/20	
P1N		102/07/03		102/11/19
P6N		102/12/27		
P7N		102/08/27		102/12/30
P7S		102/12/02		
P8N		102/09/24		
A2S	102/06/18	102/10/06		
A2N	102/06/18	102/08/04		

由表可知，目前已完成樁基礎工程的有：A1S、A1N、A2S 及 A2N，其中 A1S、A1N 已完成牆身工項；另有 P1N、P6N、P7N、P7S 及 P8N 已完成直接基礎工程，其中 P1N、P7N 已完成墩柱工程；其餘則是未完成或未開工。依據 102 年度 A3 及 A1 標基樁、基礎層、直接基礎與墩柱工項排碳分析結果可知，前述橋梁基礎及墩柱工程主要排放源為工程材料，即各型混凝土及竹節鋼筋，故本計畫首先彙整表 3.5.2-1 中基樁工程已完工的 A1S、A1N、A2S 及 A2N(A1S 及 A1N 還包括已完成的牆身)其混凝土實際用量與竹節鋼筋設計量於表 3.5.2-2，及直接基礎工程已完工的 P1N、P6N、P7N、P7S 及 P8N(P1N、P7N 還包括已完成的墩柱)於表 3.5.2-3。

表 3.5.2-2 B3 標樁式基礎橋墩工程材料資料彙整

編號	基樁混凝土(水中 210)方數(m ³)	基礎混凝土 (280)方數(m ³)	牆身混凝土 (280)方數(m ³)	基礎竹節鋼筋 設計量(kg)	牆身竹節鋼筋 設計量(kg)
A1S	162.00	121.00	161.00	23,830.00	17,673.00
A1N	156.00	117.00	160.00	23,830.00	18,548.00
A2S	192.00	87.00	(未完成)	26,840.00	(未計算)
A2N	190.00	117.00	(未完成)	26,840.00	(未計算)

表 3.5.2-3 B3 標直接基礎橋墩工程材料資料彙整

編號	基礎混凝土(280) 方數(m ³)	墩柱混凝土(350) 方數(m ³)	基礎竹節鋼筋 設計量(kg)	墩柱帽樑 竹節鋼筋設計量(kg)
P1N	214.00	152.00	13,000.60	24,727.00
P6N	299.00	(未完成)	20,385.60	(未計算)
P7N	297.00	154.50	20,385.60	33,498.70
P7S	297.00	(未完成)	20,385.60	(未計算)
P8N	297.00	(未完成)	20,385.60	(未計算)

由表 3.5.2-2 與 3.5.2-3 整理之各工項工程材料使用量，配合 3.3.4 節係數蒐集與計算結果，則可分項計算其工程材料碳足跡，如表

3.5.2-4。由表可知，B3 標樁基礎的工程材料碳排放量約在 89~100 tonCO₂e 間，牆身的工程材料碳排放量則約為 58 tonCO₂e 與 59 tonCO₂e。直接基礎之工程材料排碳量約在 65~92 tonCO₂e 間，墩柱部份則約為 71 tonCO₂e 與 83 tonCO₂e。

表 3.5.2-4 B3 標橋梁工程部分工項材料碳排放量計算結果

編號	樁式基礎 碳排放量 (tonCO ₂ e)	牆身 碳排放量 (tonCO ₂ e)	編號	基礎 碳排放量 (tonCO ₂ e)	墩柱 碳排放量 (tonCO ₂ e)
A1S	91.46	58.37	P1N	64.54	71.09
A1N	89.28	59.24	P6N	92.94	
A2S	93.91		P7N	92.49	82.67
A2N	100.26		P7S	92.49	
			P8N	92.49	

因目前尚未取得A1S(N)及A2S(N)基樁及樁式基礎層細部資料，故本期僅針對已蒐集得到之工程材料量進行排碳量試算，暫未就此標與 A 段樁式基礎排碳量進行單位排放量比較分析；另 B3 標直接基礎及墩柱排碳量部分，本計畫將待 A1 標所有直接基礎及墩柱完成後，一併進行分析比較。

二、谷風隧道活動量調查及碳足跡推估

谷風隧道開挖作業如圖 3.5.2-1 所示，共分為 8 個工作面，並採三階段：上半、台階、仰拱開挖。依 B3 標提供之 102 年工程材料使用資料，除工作面 SN2 尚未開挖外，其餘工作面皆已開始作業，並累積相關工程材料使用量數據。本計畫整理 B3 標 102 年已完成之上半開挖作業使用工程材料數量於表 3.5.2-5。

依據目前表 3.5.2-5 之統計量，配合 3.3.4 節之係數計算結果，則可初步完成谷風隧道工程材料排放量推估，如表 3.5.2-6 所示。

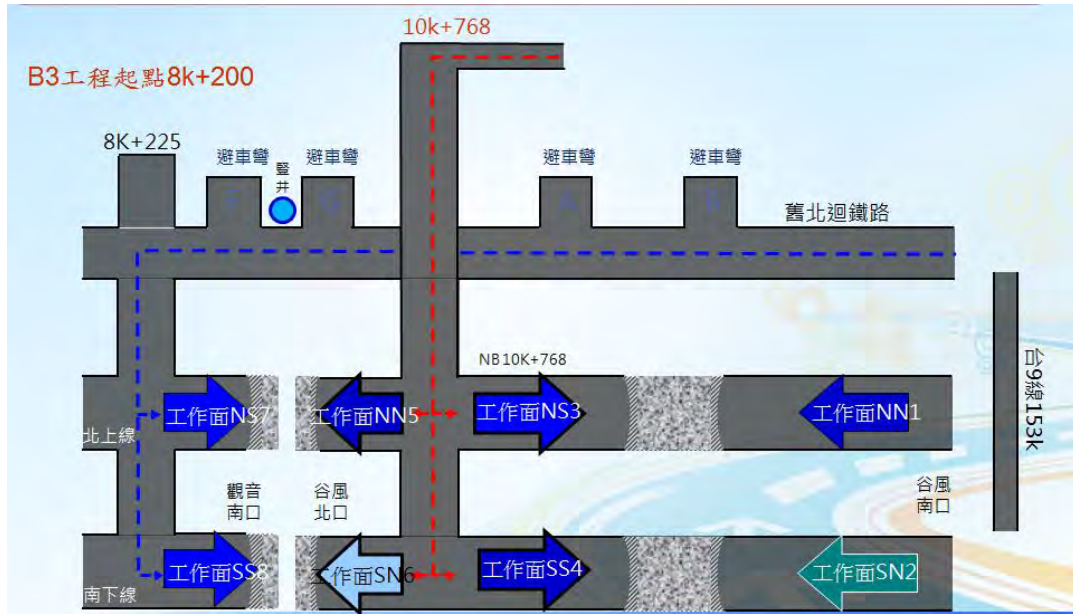


圖 3.5.2-1 B3 標谷風隧道工程範圍變更案路線方案示意圖

表 3.5.2-5 B3 標谷風隧道工程上半開挖工程材料資料彙整

工作面	岩體	支保類型	支保長度(m)	鋼纖噴凝土 255(m ³)	岩栓類型	岩栓(m)	自鑽式 岩栓(支)	先撐鋼管 (m)	管幕鋼管 (m)	袋裝水泥(kg)
NN1	洞口	H150	995.5	453.5	非預力	2,072.0	564.0	0.0	2,728.2	1,477,517.8
NS3	3類	G100	487.2	178.0	非預力	816.0	0.0	0.0	0.0	2,807.0
	4類	G100	8,938.9	3,813.0	非預力	18,104.0	0.0	2,139.0	0.0	62,277.8
	5類	H125	817.6	290.0	預力	2,910.0	0.0	348.0	0.0	10,010.4
SS4	3類	G100	81.2	30.0	非預力	136.0	0.0	0.0	0.0	467.8
	4類	G100	2,820.6	1,211.0	非預力	5,712.0	0.0	3,066.0	0.0	19,649.3
	5類	H125	1,997.4	952.0	預力	9,142.0	0.0	3,314.0	0.0	31,448.5
	G125	694.8								
NN5	5類	H125	1,850.9	1,091.5	預力	10,408.0	0.0	7,731.0	0.0	35,803.5
		G125	1,028.0							
SN6	5類	H125	778.2	260.0	預力	2,550.0	0.0	1,347.0	0.0	8,772.0
NS7	3類	G100	385.7	201.0	非預力	644.0	0.0	141.0	0.0	2,215.4
	4類	G100	6,242.7	3,109.0	非預力	13,060.0	0.0	6,603.0	0.0	44,926.4
	5類	G125	2,162.0	1,078.5	預力	7,270.0	0.0	5,703.0	0.0	19,897.0
SS8	4類	G100	10,100.4	4,910.5	非預力	20,772.0	0.0	12,537.0	0.0	71,455.7
	5類	G125	902.6	501.5	預力	3,186.0	0.0	2,894.0	0.0	10,959.8

表 3.5.2-6 B3 標谷風隧道工程上半開挖材料碳排放量計算結果

工作面	岩體	碳排放量 (tonCO ₂ e)	排碳量合計 (tonCO ₂ e)	開挖長度 (m)	單位開挖 長度排碳量 (tonCO ₂ e/m)
NN1	洞口	1,466.37	1,466.37	54.40	26.96
NS3	3 類	57.46	1,502.15	879.60	1.71
	4 類	1,293.36			
	5 類	151.33			
SS4	3 類	9.66	1,053.21	390.60	2.70
	4 類	495.14			
	5 類	548.41			
NN5	5 類	750.11	750.11	141.00	5.32
SN6	5 類	174.26	174.26	35.05	4.97
NS7	3 類	65.30	1,833.75	764.30	2.40
	4 類	1,198.70			
	5 類	569.74			
SS8	4 類	1,972.78	2,244.57	945.30	2.37
	5 類	271.79			

總計谷風隧道各工作面迄今上半開挖工程之材料排放量約為 9,024tonCO₂e，各工作面因開挖進度、材料使用種類與數量差異而會有不同排碳量。本次計算結果中，排放量最大的是工作面 SS8，約為 2,245tonCO₂e，相對應之開挖長度也最長；排放量最小的則是工作面 SN6，約為 174tonCO₂e，相對應之開挖長度也最小。

若排除岩體類別進行單位開挖長度排放量分析，則可看出洞口段之單位開挖長度排放量相較於其他工作面明顯大許多，高達 26.96 tonCO₂e/m，其他包含各類岩體的工作面單位開挖長度排放量約為 1.71~5.32 tonCO₂e/m；其中係以僅含 5 類岩體的工作面 NN5、SN6 單位長度排放量最大，其他則較為平均在 2 tonCO₂e/m 上下。此將可作為本計畫彙整分析 A2、C1、C2 標隧道開挖碳排放量之比較依據，並藉由比較結果使 B3 標排放推估結果更具代表性。

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 5 個土建標開始執行工程碳足跡盤查輔導，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)、蘇澳永樂段新建工程(A1 標)及仁水隧道新建工程(C2 標)，其中 C2 標因為開工初期尚無工程活動數據，其他各標之活動數據統計、對應係數以及碳足跡計算結果，已說明於前章 3.3 至 3.4 節。

本章以下即就 A3、C1、A2 及 A1 標自開工至 103 年 6 月底為止之碳足跡計算結果，進行工程足跡盤查結果分析，並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，本次係以隧道標分岩體之單位開挖長度碳排放量分析作探討，後續也將依據各標持續累積之資料、加入跨標別同質性工程的碳足跡計算結果的分析與討論。

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 103 年 6 月底為止之碳排放源鑑別說明與分析。

4.1.1 東澳東岳段新建工程(A3 標)

A3 標自開工(101 年 9 月)至 103 年 6 月底，工區碳足跡(不含工程管理單位碳足跡)計算結果約為 39,023.37 tonCO₂e，103 年上半年度約增加 11,724 tonCO₂e，各類別排碳量占比於圖 4.1.1-1。如圖所示，目前此標的主要排放源仍然為工程材料使用排放，占總排放量約 95%，與前期相較占比變化不大；排碳量占比第二的仍維持為機/運具使用(含場電)，至 103 年 6 月底止約占總排放量之 4%，較 102 年度統計結果(占累計排放量的 4.1%)略為下降(3.8%)。

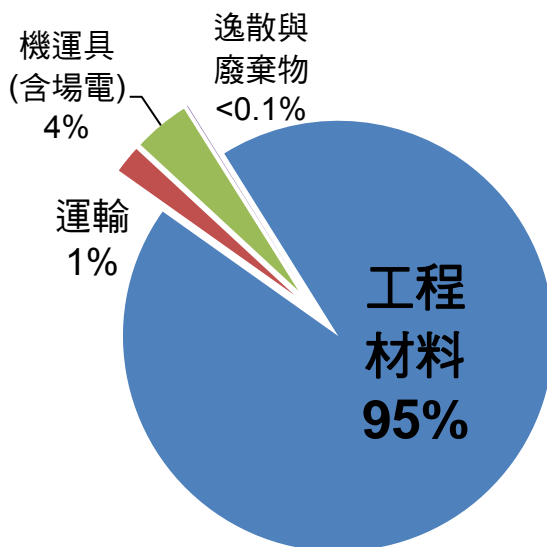


圖 4.1.1-1 A3 標開工迄今各類型排碳占工區碳足跡比例分析

運輸排碳占比相較於 102 年度又略為下降，已由 2.1% 降至 1.6%，主要是因為上半年度為修正前期部分東和鋼筋之供貨地點(由高雄修正為桃園)，故約有 97.41 tonCO₂e 的排碳量於本期扣除，整體運輸排放量也因此減少。而人員出勤逸散及廢棄物處理排放部分占比仍維持低於 0.1%，約占累計工程碳排放之 0.06%。

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 103 年上半年度隨著上構工程與東岳隧道工程的持續進行，加上幸福高架橋路工工程的展開，工程材料使用量持續增加，致使工程材料累計用量大，在排放係數相較於其他類型排碳源都高的情況下，排放量也持續增加。此標之協力廠商機具排放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仍相去甚遠。

合計工程材料與機具使用排放量即占總工區碳足跡之 98.4%；由開工至今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排放占比總和變化不大。

另分析開工迄今工程材料使用中的各類工程材料碳排放量如圖 4.1.1-2，由圖可看出，混凝土和竹節鋼筋的排放量遠高於其他工程材料，兩項排放量加總約為 33,970.26 tonCO₂e。此兩項材料之排碳係數雖然不

是最高，但卻是目前所用之工程材料中數量最大者，也因此 A3 標工程材料排碳中占相當大的比例，兩者相加約占累計工程材料排放量的 92%。此比例與 102 年度分析結果(占材料排放的 96.2%)相較，略有下降。

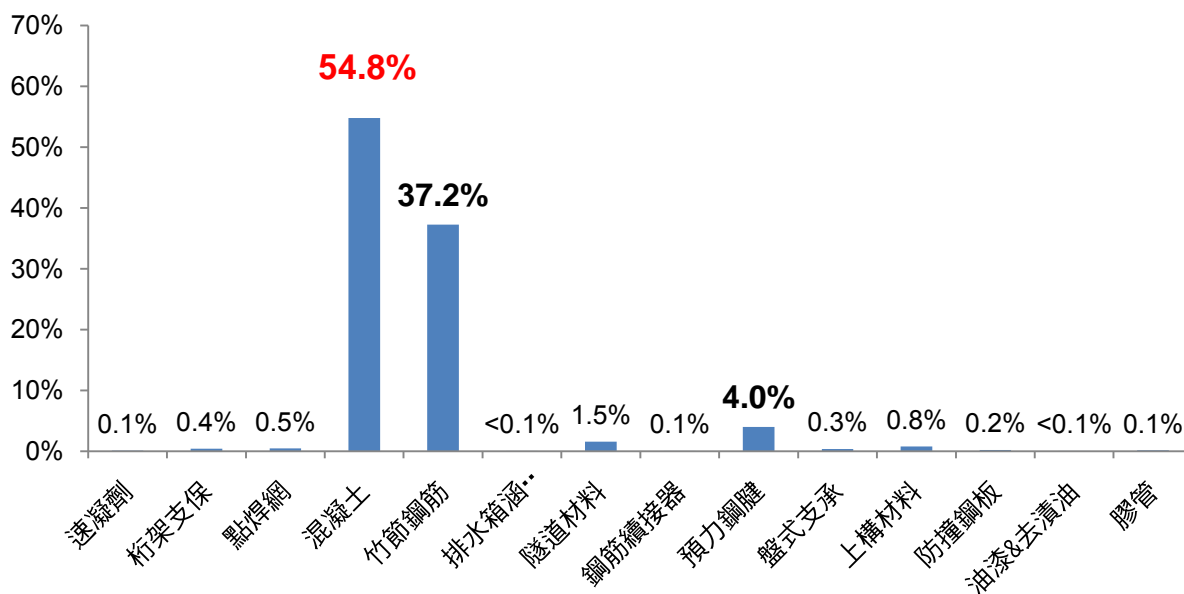


圖 4.1.1-2 A3 標開工迄今不同工程材料占材料排放總量比例分析

推測是因為此兩項材料的排放占比會隨著隧道工程的進行、隧道使用之材料數量增加而下降；除此之外，本期才開始使用、用於上構工程的預力鋼腱使用量持續增加，對於材料排放量的增加及各項材料排放占比亦有一定程度的影響。截至本期結算(103 年 6 月)為止，預力鋼腱排放已占工程材料排放量的 4%；其他材料排碳量占比約是在 0.1%至 0.8%之間。

另同前期報告、究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占比，結果如圖 4.1.1-3 所示；因本期修正部分東和鋼筋之運輸起點，故竹節鋼筋運輸於總運輸排放之占由前期報告所載之 34%降至 15%。又其他的運輸排放源占比分別為：混凝土運輸占 48%、其他材料運輸占 31%；占比最小者為機具運輸，僅約 6%。

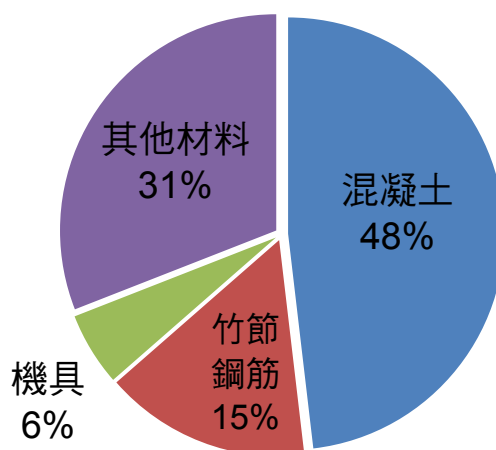


圖 4.1.1-3 A3 標開工迄今材料及機具運輸占運輸排放總量比例分析

進一步就東和鋼筋起點修正後之開工累計至 102 年度的 A3 標運輸排放量再重新進行占比分析，則混凝土運輸約占 42%、竹節鋼筋運輸約占 13%；機具運輸占 6%，而其他材料運輸占 38%。由此與圖 4.1.1-3 A3 標開工至 103 年 6 月之運輸排放占比分析結果相較，則可發現混凝土及竹節鋼筋因墩柱及上構工程之需要而持續運入，故對於運輸排放之貢獻其實是又有提升的；其中，混凝土由 42% 上升為 48%、竹節鋼筋由 13% 上升為 15%。

4.1.2 中仁隧道新建工程(C1 標)

C1 標自開工(101 年 11 月)至本期結算日(103 年 6 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 14,011 tonCO_{2e}，103 年上半年度增量約為 4,264 tonCO_{2e}，各類型排碳活動占比分析如圖 4.1.2-1。

由圖可知，C1 標工區碳足跡貢獻度最大者與 A3 標相同，為工程材料使用排碳量，約為總工區碳足跡的 82%，與至 102 年度的工程材料排碳量占比 89% 相比，呈下降趨勢；排碳量占比第二的來源為機/運具使用(含場電)，則由至 102 年度機/運具排碳量占比 9% 上升至 15%；運輸及逸

散與廢棄物排碳量占比則呈現穩定，與至 102 年度占比相似，各約為 2% 及小於 0.1%。

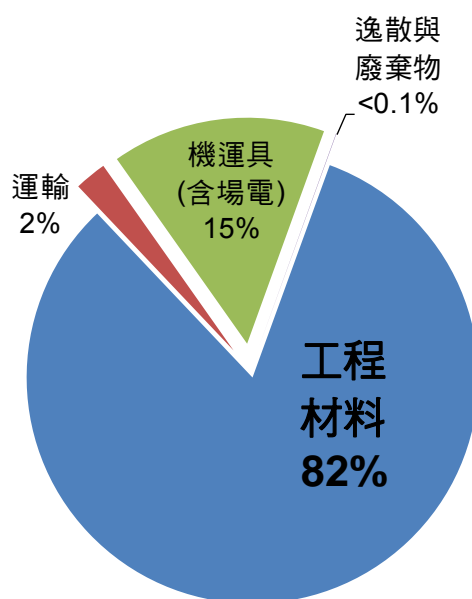


圖 4.1.2-1 C1 標開工迄今各類型排碳佔工區碳足跡比例分析

C1 標排碳量占比情形與前小節 A3 標相似，以工程材料排碳最為顯著，主要原因亦為工程材料使用量、排放係數皆高於其他排放源所致，但變化趨勢上與 A3 標不同，與迄 102 年底之排碳占比相較，工程材料占比有下降的趨勢。

C1 標主要作業項目為隧道開挖作業，自南口隧道自 102 年 7、8 月開挖以來，隧道使用工程材料量持續增加，累積至 102 年工程材料排碳量約為 8,689 tonCO₂e，103 年度上半工程材料排碳量亦增加約 2,853 tonCO₂e，高出機運具排碳增加量 1,294 tonCO₂e 許多。雖然如此，但由兩者的增幅作比較可發現，相較於迄 102 年之累積排碳量，工程材料排放增加幅度約為 32%，機/運具排放增幅則有 152%(迄 102 年機運具排碳量約為 851 tonCO₂e)；此機/運具排碳的增幅即為 C1 標此兩類排放占比互有消長的原因。

另由機/運具排碳量分析可發現，場電貢獻的排碳量為機/運具排碳占比上升的主因：迄 102 年底場電排碳量約為 254 tonCO₂e，僅占累積機/

運具排碳量的 30%；但累積至 103 年 6 月，場電排碳即已達 993 tonCO₂e，占累積機/運具排碳量的 46%。初步推測可能的原因是隧道開挖長度持續增，隧道通風、照明及相關機具使用之用电量亦會隨之增加所致。

進一步由各項工程材料分析 C1 標工程材料排放量，如圖 4.1.2-2 所示。自開工至 103 年 6 月底止，C1 標使用量最大的工程材料為混凝土與水泥，故兩者的排放量亦遠高於其他材料；以混凝土與水泥排放量加總計算約為 7,903onCO₂e，占 C1 標工程材料排碳總量之 70%。其中又以水泥之累計使用量與排放量較大，推測應與 C1 標 102 年度隧道開挖岩層屬崩積層，開挖過程需伴隨管幕鋼管打設、並大量使用水泥漿液強化支撐，使得水泥之用量與排放貢獻量大。

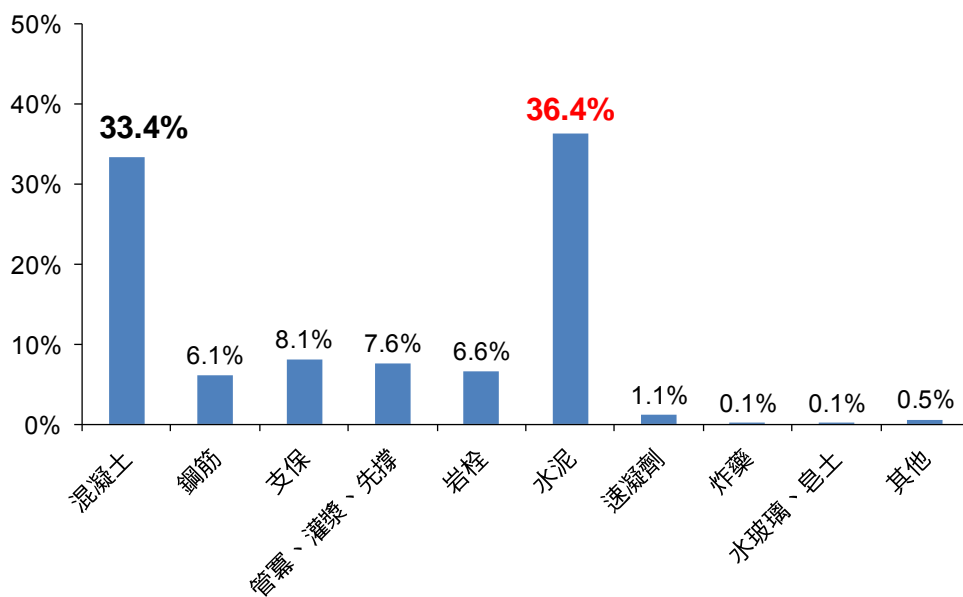


圖 4.1.2-2 C1 標開工迄今不同工程材料佔工料排放總量比例分析

此外，隧道支撐作業使用之主要工程材料：支保、管幕及灌漿和先撐鋼管、岩栓之使用量亦隨隧道開挖進度持續增加中，盤放占比依序約為 8.1%、7.6%及 6.6%。其他工程材料部分，除了排水工程使用之竹節鋼筋用量相對較大、約占 6.1%外，其餘工程材料的排放量占比皆小於 2%。

另針對運輸碳足跡計算結果，分別就機具、工程材料、竹節鋼筋及混凝土之運輸進行排碳占比分析，結果如圖 4.1.2-3 所示。由圖可知，C1 標近 85% 的運輸排碳量皆源於工程材料運輸；其中，使用量最大的混凝土與水泥運輸排碳各占 C1 標運輸排放之 48% 與 8%；機具運輸占約 15%。

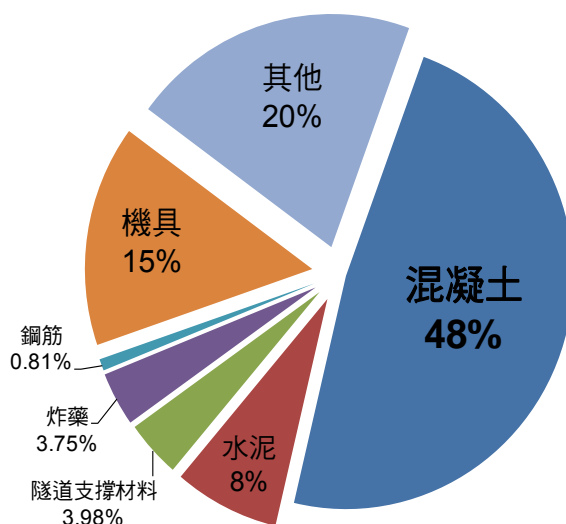


圖 4.1.2-3 C1 標開工迄今材料及機具運輸佔運輸排放總量比例分析

4.1.3 東澳隧道新建工程(A2 標)

A2 標自開工(101 年 12 月)至 103 年 6 月底，工區碳足跡計算結果約為 13,306 tonCO₂e，103 年上半年度約增加 7,475 tonCO₂e，各類別排碳量占比如圖 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，約占總排碳量之 70%，較迄 102 年底的占比 72%微降；其次即為機/運具使用排放，約占總排碳量之 26%，較迄 102 年底的占比 23%為高。運輸排放占比仍維持在 4%上下，由 4.6%微幅下降至 3.6%；人員出勤之逸散廢棄物排放占比最小，維持為 0.1%。

與前小節 C1 標相同，A2 標工程材料與機運具排放占比亦呈現消長的現象。分析機運具排放量，亦可發現場電排放有相當程度的貢獻。累積至 103 年 6 月底止，場電排放量約為 1,136 tonCO₂e，占總排碳量之 8.5%，

占機運具排碳量之 33%。由 C1、A2 標結果或可推測場電排放量較大為隧道標之工程特性，未來將持續觀察場電占比是否隨隧道工進持續增加。

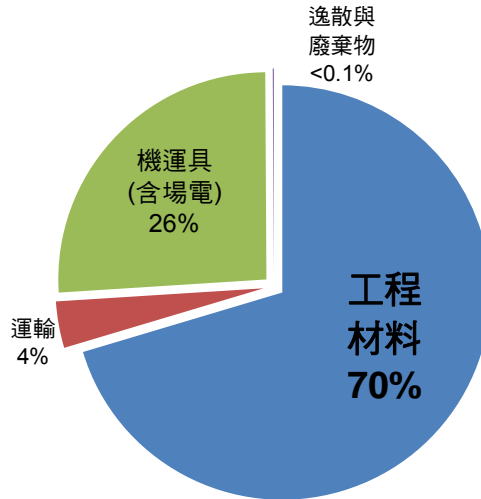


圖 4.1.3-1 A2 標開工迄今各類型排碳占工區碳足跡比例分析

由排碳量占比最高之工程材料使用排放作進一步分析，A2 標之不同工程材料排碳占材料排放總量之比例如圖 4.1.3-2 所示。

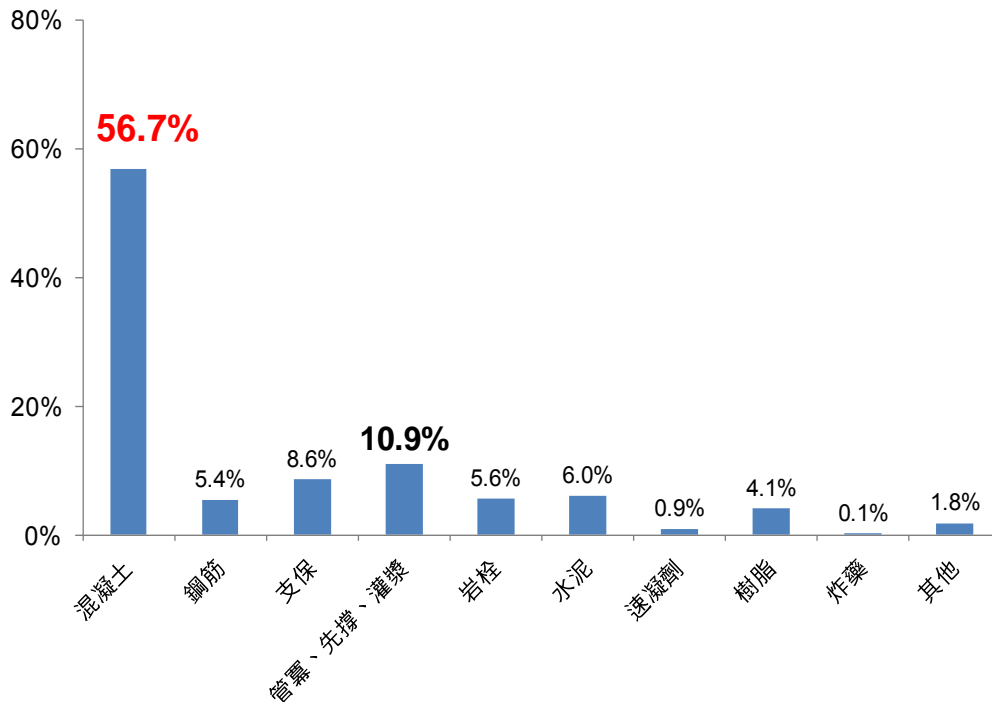


圖 4.1.3-2 A2 標開工迄今不同工程材料占材料排放總量比例分析

A2 標截至 103 年 6 月底為止，主要使用之工程材料為混凝土，約占工程材料排碳總量的 56.7%；其次為隧道工程之主要工程材料管幕、先撐及灌漿鋼管，以及支保、水泥及岩栓等，依序約占累計材料排放的 10.9%、8.6%、6%及 5.6%。合計混凝土與前述隧道工程之主要工程材料之排放總量為 8,215 tonCO₂e，占工程材料排碳總量的 88%。另外，尚有用於井基、橋台及擋土牆工程之鋼筋及管幕灌漿作業所需之樹脂排放量相對較高，約占工程材料排碳總量之 5.4%及 4.1%。

另就 A2 標運輸碳足跡計算結果進行分析，其機具、工程材料及土方運輸排碳分項占比如圖 4.1.3-3。由圖可知，A2 標運輸排碳的主要排放源為土方運輸，占比高達 57%；機具運輸其次，約占 17%；其他標運輸排碳占比最大的混凝土在此則僅占 12%。土方運輸排放在 C1 標運輸排放中未見主要是因為 C1 標隧道出渣大部分用於區內土方平衡之路堤填築、另一部分為因供給 B4 標使用毋須計入所致。未來因 A2 標大部分土方係供給宜蘭縣政府再利用，在可將該部分土方運輸排碳合理排除於本計畫碳足跡之外的原則下，A2 標運輸排放量將大幅降低，圖 4.1.3-3 所示之運輸排放占比也將會有明顯的改變。

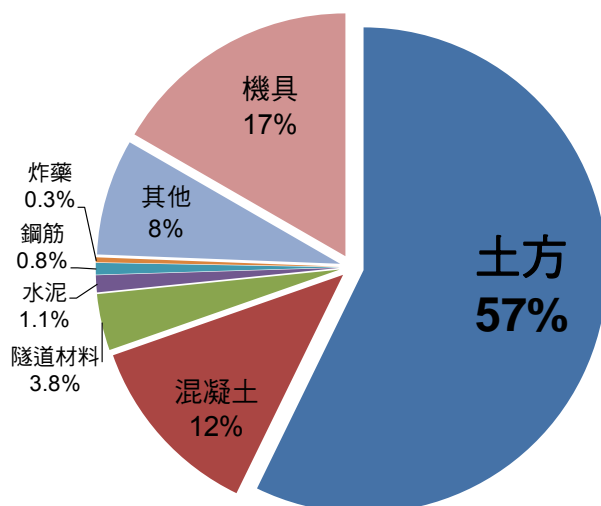


圖 4.1.3-3 A2 標開工迄今材料及機具運輸占運輸排放總量比例分析

機具運輸部分占比為 17%，與迄 102 年機具運具運輸占總運輸排放之 30% 相較，有明顯地下降；推測原因可能為本期 A2 標南北口兩個工區用於執行隧道開挖作業的機運具皆已穩定，運進機具狀況減少所致。又此部分的占比預期將隨工程進度而持續降低。

4.1.4 蘇澳永樂段新建工程(A1 標)

A1 標自開工至 103 年 6 月底之工區碳足跡計算結果約為 33,228.35 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亦與其他標別相同，為工程材料的使用，約占總工區碳足跡的 94%。其他類型的碳排放活動：機運具使用、運輸及人員出勤之逸散與廢棄物排放占比都小於 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占總工區碳足跡之 99.1%。

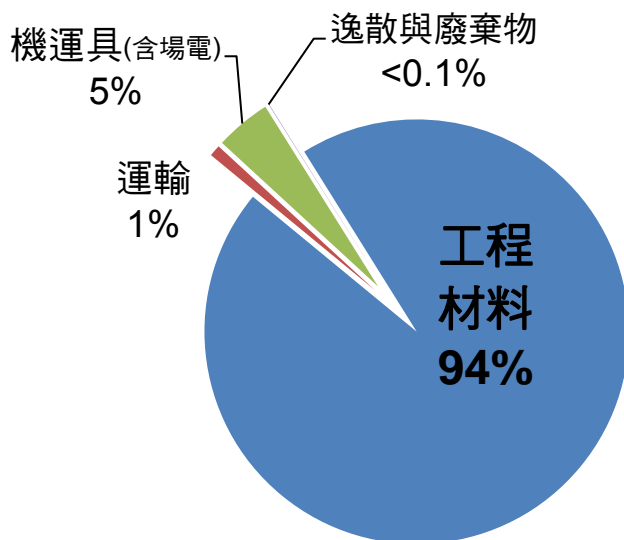


圖 4.1.4-1 A1 標開工迄今各類型排碳占工區碳足跡比例分析

綜合各標歷年累計資料進行分析可發現，橋梁標在基礎、墩柱等主要工程項目開始後，工程材料排放占比即會達總排放量的 90% 以上，以 A1 標來說，工程材料排放量累計至於 102 年底，約占當時總排放量的

94%；今年度上半年施工至今，其工程材料排放占比又更為上升，達到至 95%。此趨勢與 A3 標的占比變化情形相仿，預計隨著工程持續進行，A1 標各類別排放源之排放量占比將逐漸趨於穩定。

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，目前工程所用之工程材料數量最高者：為混凝土和竹節鋼筋，其累計排放量亦遠高於其他工程材料，兩項排放量加總計算即占此標工程材料排放總量的 97.4%。此占比相較於 102 年度占比(99.2%)有略為下降，推測主要原因為 P33 與 P34 井基工程因地質改良工程所需，額外投入大量水泥及水玻璃。由圖 4.1.4-2 可見，雖然水泥與水玻璃僅於本期使用，但也占工程材料排放達 1.4%。其他工程材料如：速凝劑、H 型鋼、止水帶與鋼筋續接器等，經分析後發現排碳量相對較小，占比約在 0.1% 以下；此外的其餘工程材料排碳占比則落在 0.1% 至 0.3% 之間。

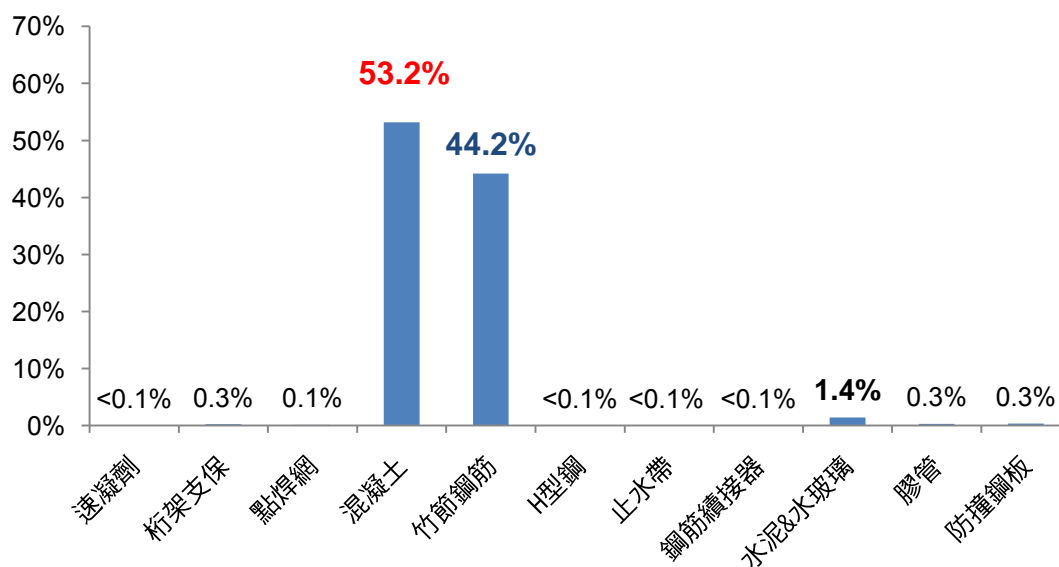


圖 4.1.4-2 A1 標開工迄今不同工程材料占材料排放總量比例分析

另同前些小結其他標別一般以運輸碳足跡計算結果，可分析機具、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 82% 的運輸排碳量都是因工程材料運輸所產生，排放占比分別為：混凝土運輸占 68%、竹節鋼筋運輸占 4%、其他材料運

輸占 10%；及機具運輸排放占約 10%。

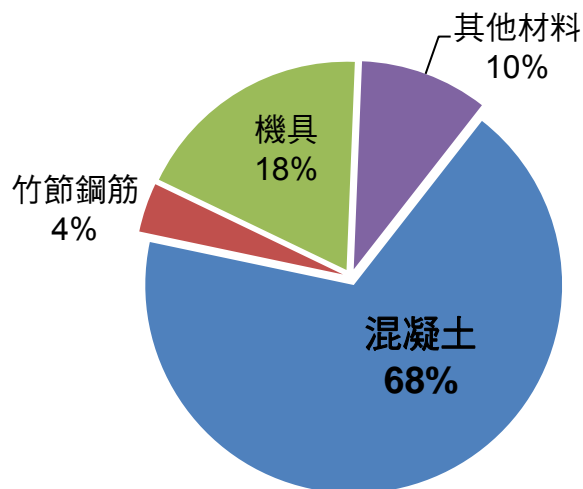


圖 4.1.4-3 A1 標開工迄今材料及機具運輸占運輸排放總量比例分析

與 102 年度資料比較可以發現，混凝土運輸排碳量仍是運輸排碳的主要來源，但占比由 75% 下降至 68%，主要是 103 年上半年度除了工像項結束之機具運出外，亦有其他新增工項所需之機具運入所致，因此機具運輸排碳量占比也從原先的 12% 上升至 18%。由此可預知，後續隨著工程的持續拓展、混凝土或其他材料與機具也將會再運入，故排碳量比例仍有變化。

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

及路工工程及其他雜項，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 及圖 4.2.1-1；其中各工程項目排碳，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，占有工項機具與工程材料使用排碳量的 30% (11,592.97 tonCO₂e)，其次為進行中的上構工程，上構工程排碳量共占 26% (9,890.01 tonCO₂e)，已完工井基及基樁工程仍有約 14%與 17%的占比，而目前進行中東岳隧道工程占約 8%；其餘工項包括排水工程、清除掘除、圍籬及便道便橋工程與其他工程占比皆在 4%以下。

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

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	1.89%
井基工程	234.20	5,262.55	5,496.75	14.32%
基樁工程	327.79	6,109.93	6,437.72	16.77%
基礎層/墩柱工程	241.60	11,351.37	11,592.97	30.20%
上構工程	220.44	9,667.76	9,890.01	25.76%
隧道工程	318.36	2,600.32	2,918.68	7.60%
排水及路工工程	48.80	1,145.87	1,194.67	3.11%
其他工項	-	131.94	131.94	0.34%
合計	1,474.98	36,914.07	38,389.06	

由井基、基樁、基礎層與墩柱工程及上構工程的排放量計算結果可知，各工項之主要排放源為工程材料使用，機具使用的排碳量比例較小；同 A3 標工程整體之排放源分析結果(4.1.1 節)，材料使用排放的主要來源為混凝土與竹節鋼筋。其中，基礎層及墩柱工程之工程材料排碳占比最高，達 98%；而機具能耗排碳僅占 2%。

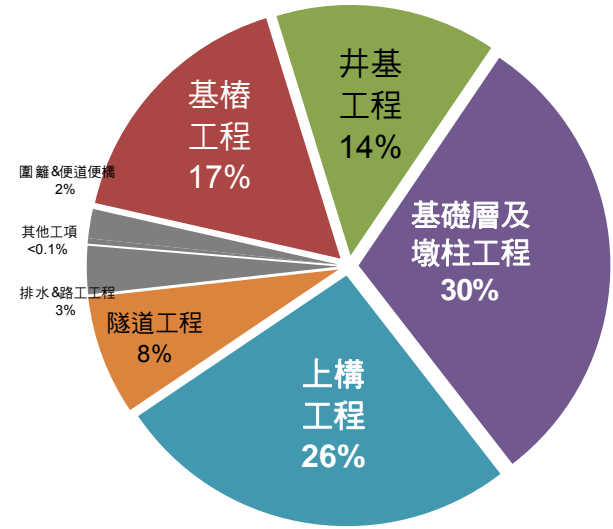
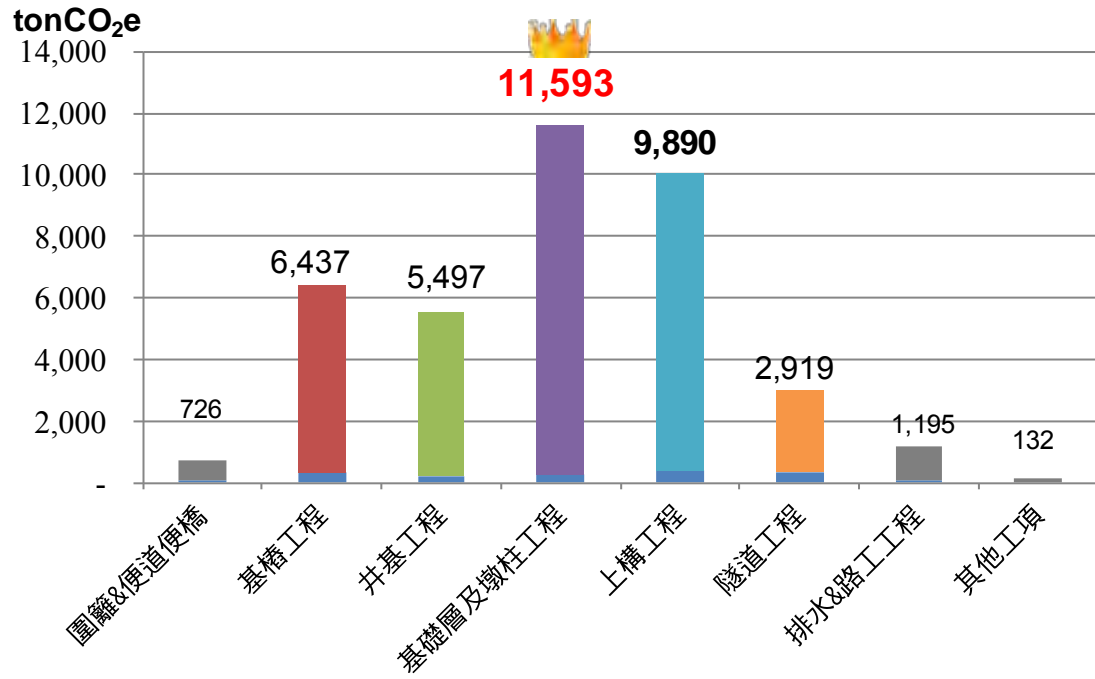


圖 4.2.1-1 A3 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析

相較而言，本期甫開始隧道北口開挖的東岳隧道工程，其工程材料占比較前述橋梁工程工項明顯為低，占隧道工程總排碳量的 89%；主要是因為不論是中央導坑開挖或目前北口開挖，工程材料如：支保、噴凝土、岩栓、鋼管類等，相較於其他橋梁工項之材料使用量為低，故工程材料排碳占比也較小。但隧道工程必須使用的噴凝土及中間牆所使用的竹節鋼筋與混凝土 245 II 也有一定的使用量，故工程材料排放仍是最主要排放源、高於機具能耗排碳。

有鑒於 A3 標是目前 A 段實際進度已超過 50% 的標別，本計畫特依循前次審查會議的委員意見，就排放量、排放比例、工項排碳占比及工程進度繪製關聯圖作較為完整的結果呈現，A3 標進度及排碳量關係圖詳圖 4.2.1-2。由圖可發現，在橋梁工程主要工程項目開始執行後，工程材料排碳就成為最主要的排放源，由 102 年 1 月資料的 92%，緩緩增加至 94% 後穩定。機具占比部份，則是由 102 年 1 月資料的 5.5%，逐漸下降至 4%，運輸及人員逸散排碳則是由 3% 降至 2%，工程材料、機/運具、運輸及人員逸散比例在 102 年 6 月後即趨於穩定。

而實際工程進度與排碳量之關聯探討部分，由圖可知，A3 標碳排放量與實際進度大致成正比：由 101 年 12 月底進度僅約 2%、工區排碳量 263.71 tonCO₂e，增加至 103 年 6 月底的 54% 與 39,023.37 tonCO₂e，已線性回歸試分析累計進度百分比與累計排放量之關聯如圖 4.2.1-3 可知，兩者間有明確的線性關係，並可此用來推估 A3 標工程完工時的總排放量約為 75,000 tonCO₂e；較本標開工前之碳排放量推估結果為高。

惟目前工程進度僅 50% 左右，未來本計畫將隨著其他新增工項的加入，持續觀察並探討排放量與工程進度之間關聯的變動與最佳的表述方法。

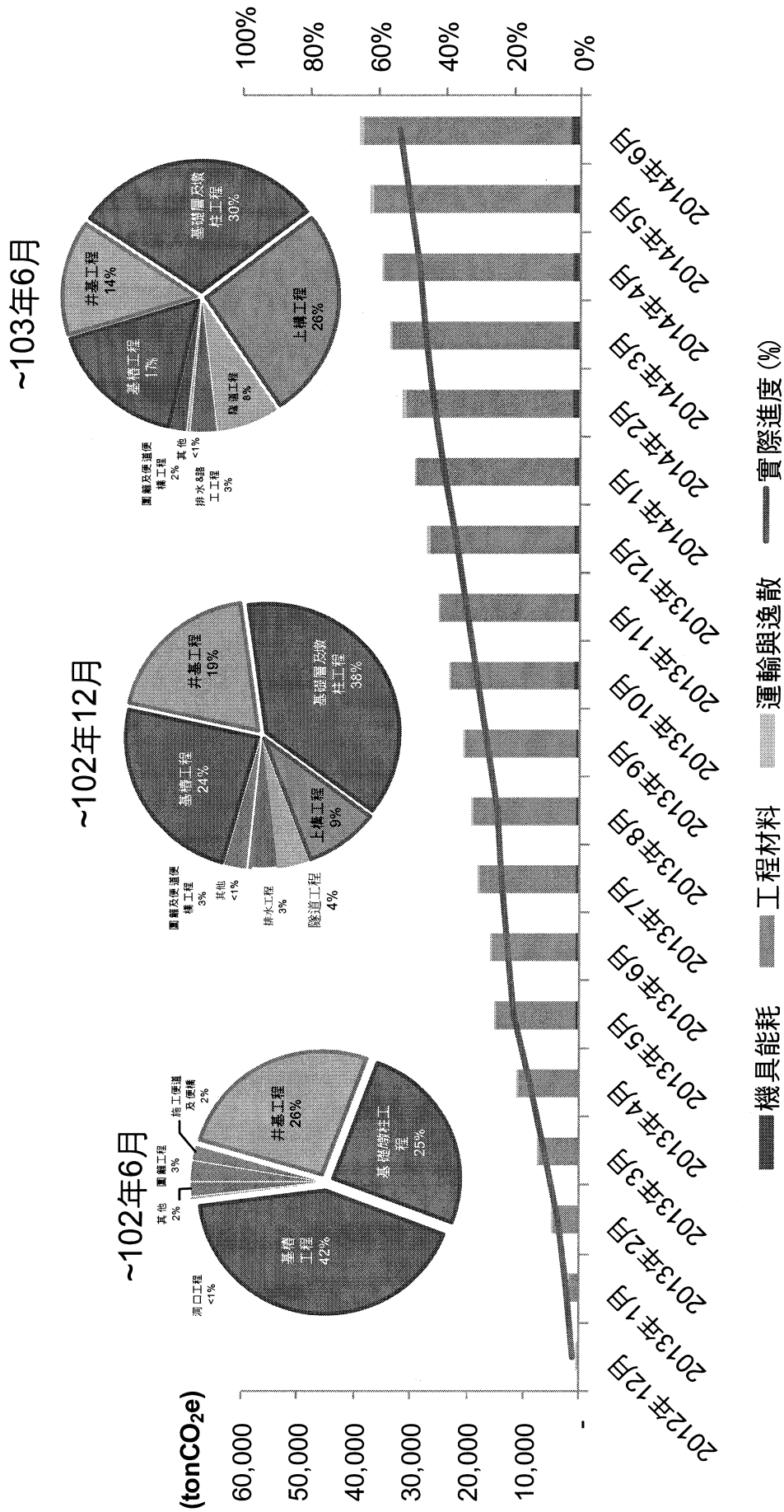


圖 4.2.1-2 A3 標迄今工程進度及不同工程項目之碳排放占比變化分析

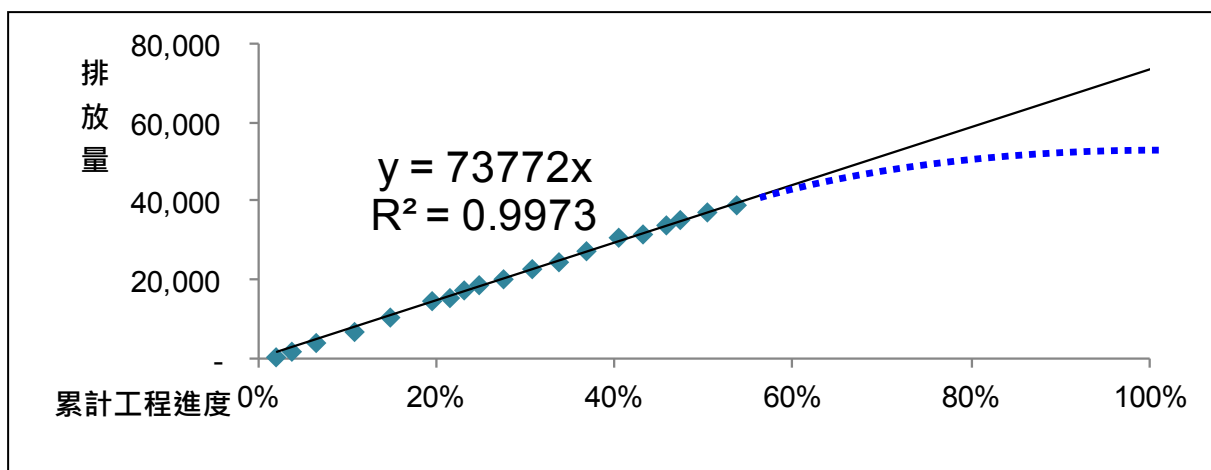


圖 4.2.1-3 A3 標迄今工程進度與累計排放量關聯分析

在工項排放量變化方面，由圖 4.2.1-4 可看出，自開工至 102 年 6 月期間，主要工程排碳係以井基、基樁及基礎層與墩柱三個工程項目為主；工程進行至 102 年底，隨著工程進度增加(新工程項目包括隧道及上構工程開始、基礎層與墩柱工程持續進行)，與基樁工程的結束，可以看出基礎層與墩柱工程排放量增加、井基及基樁工程排放量持平，隧道及上構工程則開始有小部分排碳量貢獻。

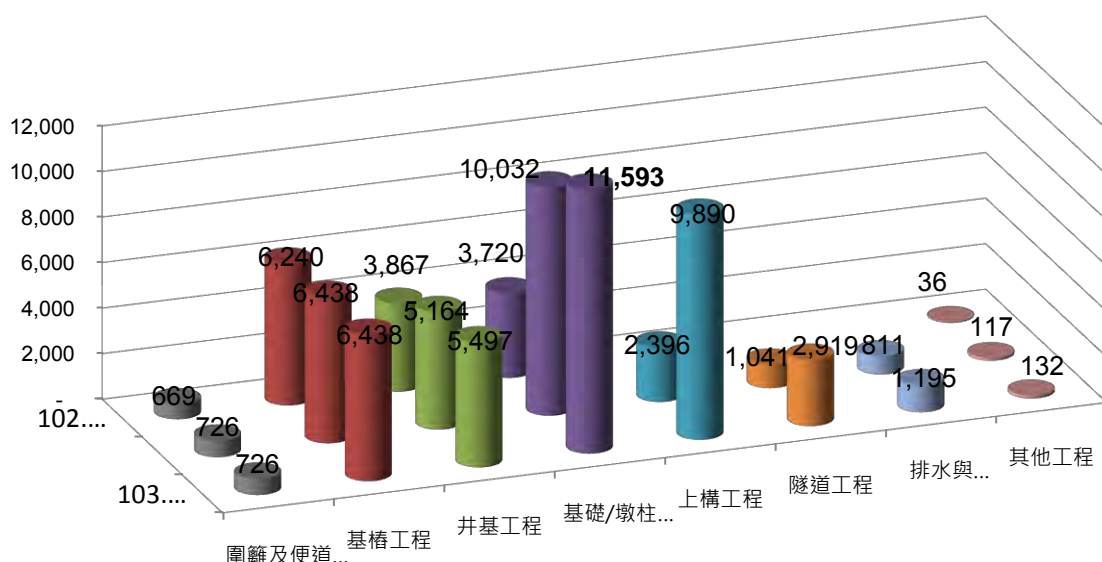


圖 4.2.1-4 A3 標迄今工程進度及工項排碳量逐季變化分析

進一步追蹤其變化、至本期(103年6月底)結算為止，隨著井基工程與基礎層與墩柱的接續完工，井基、基樁工程及基礎層與墩柱排放量幾乎沒有變化，尚在進行中的隧道及上構工程排放量則有提升。未來隨著工程的持續進行，本計畫也將在後續進度報告中持續整理分析並探討。

A3標已於103年度6月底前完成幸福高架橋與東澳北溪河川橋兩工區所有32支墩柱工程，故本計畫擬此進行墩柱排碳量彙整分析，惟墩柱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，故本期先忽略各墩柱之機具能耗排碳量，僅以工程材料排放量進行計算並針對結果作比較探討；機具能耗排碳部分則待後續機具油耗量統整、分配，對於下構工程整體作分析時再一併討論。

在此標共32支墩柱中，其中PN1及PS1兩墩係以混凝土假柱替代施工架，此混凝土與竹節鋼筋用料並非工程主體且非常態性使用，故前述假柱混凝土與竹節鋼筋排碳量雖有計入墩柱工項之排碳量中，但在此處進行單位墩柱工程排碳量分析時係將之排除的。墩柱工程主要使用之工程材料包括：防撞鋼板、續接器、混凝土350II、竹節鋼筋與盤式支承，其中防撞鋼板、混凝土350II及盤式支承依實際使用量計算，竹節鋼筋及續接器則是以設計量計算，基於上述數量並配合3.3.4節之排放係數計算結果，即可求出A3標兩工區共32支墩柱之工程材料排碳量，如表4.2.1-2及表4.2.1-3。

其中，防撞鋼板因主要為阻擋河川石塊撞擊所使用，僅於東澳北溪河川橋PN2、PS2及PN13、PS13共4支墩柱使用，單組防撞鋼板重量即7噸，排碳量約14.88 tonCO₂e。盤式支承則是於伸縮縫所在墩柱帽梁裝設，其組成包含鋼材與橡膠，隨規格大小而有不同排放量；統整A3標所用之每組盤式支承之碳排放範圍約在4.41~19.80 tonCO₂e之間。

表 4.2.1-2 A3 標幸福高架橋工區墩柱碳排放量計算結果

編號	工程材料排碳量(tonCO ₂ e)						主結構* 單位排碳 (tonCO ₂ e/m ³)
	續接器	混凝土 350II	竹節 鋼筋	成型 填縫板	盤式 支承	合計	
PN1 墩柱	0.35	35.31	63.63	0.08	0.00	99.38	1.11
PS1 墩柱	0.35	38.91	64.52	0.08	0.00	103.86	1.15
PN2 墩柱	0.00	19.05	29.08	0.08	10.18	58.40	1.10
PS2 墩柱	0.00	19.45	29.79	0.08	10.18	59.51	1.13
PN3 墩柱	0.17	31.44	56.26	0.08	0.00	87.96	1.18
PS3 墩柱	0.17	30.65	56.32	0.08	0.00	87.22	1.15

備註：*主結構係指「續接器 + 混凝土 350II + 竹節鋼筋」

表 4.2.1-3 A3 標東澳北溪河川橋工區墩柱碳排放量計算結果

編號	工程材料排碳量(tonCO ₂ e)						主結構* 單位排碳 (tonCO ₂ e/m ³)
	續接器	混凝土 350II	竹節 鋼筋	盤式 支承	防撞 鋼板	合計	
PN1 墩柱	0.00	37.17	56.17	19.80	0.00	113.14	0.97
PS1 墩柱	0.00	38.24	52.81	19.80	0.00	110.85	0.99
PN2 墩柱	0.37	60.76	121.97	0.00	14.88	197.99	0.84
PS2 墩柱	0.37	56.63	117.44	0.00	14.88	189.33	0.83
PN3 墩柱	0.42	55.56	82.04	0.00	0.00	138.02	0.96
PS3 墩柱	0.42	53.30	89.04	0.00	0.00	142.75	0.96
PN4 墩柱	0.17	75.55	86.56	4.45	0.00	166.72	0.93
PS4 墩柱	0.17	66.89	84.73	5.95	0.00	157.74	0.93
PN5 墩柱	0.22	51.30	86.49	0.00	0.00	138.00	0.98
PS5 墩柱	0.22	50.63	85.79	0.00	0.00	136.64	0.97
PN6 墩柱	0.22	65.69	100.47	0.00	0.00	166.38	0.92
PS6 墩柱	0.22	65.69	101.42	0.00	0.00	167.32	0.93
PN7 墩柱	0.34	103.66	121.99	4.81	0.00	230.80	0.92
PS7 墩柱	0.34	102.86	121.36	4.41	0.00	228.98	0.92
PN8 墩柱	0.63	82.48	159.06	0.00	0.00	242.16	1.04
PS8 墩柱	0.63	85.14	159.06	0.00	0.00	244.83	1.04
PN9 墩柱	0.63	66.75	133.71	0.00	0.00	201.10	1.06

表 4.2.1-3 A3 標東澳北溪河川橋工區墩柱碳排放量計算結果(續)

編號	工程材料排碳量(tonCO ₂ e)						主結構* 單位排碳 (tonCO ₂ e/m ³)
	續接器	混凝土 350II	竹節 鋼筋	盤式 支承	防撞 鋼板	合計	
PS9 墩柱	0.63	60.76	118.48	0.00	0.00	179.87	1.04
PN10 墩柱	0.43	64.89	105.28	0.00	0.00	170.60	0.92
PS10 墩柱	0.43	45.83	100.72	0.00	0.00	146.99	0.84
PN11 墩柱	0.34	90.34	111.69	4.50	0.00	206.87	0.91
PS11 墩柱	0.34	91.00	111.69	5.47	0.00	208.51	0.91
PN12 墩柱	0.60	65.82	127.46	0.00	0.00	193.89	1.10
PS12 墩柱	0.60	64.49	127.98	0.00	0.00	193.07	1.10
PN13 墩柱	0.70	71.82	141.37	0.00	14.88	228.78	0.81
PS13 墩柱	0.70	71.15	142.30	0.00	14.88	229.04	0.81

備註：*主結構係指「續接器 + 混凝土 350II + 竹節鋼筋」

因盤式支承及防撞鋼板係為設計上需要而裝設於特定墩柱，對於墩柱排碳量有一定的影響，若僅考慮混凝土、竹節鋼筋、成型填縫板及續接器等主結構材料排碳量，幸福高架橋工區墩柱直徑皆為 2.5 m，混凝土及竹節鋼筋使用比例相近，墩柱每方排碳在約 1.10 ~ 1.18 tonCO₂e/m³ 間(如表 4.2.1-4 所示)；東澳北溪河川橋墩依是否位於行水區，墩柱直徑分為 4.4 m 及 3.5 m，於行水區墩柱主結構單位排碳量約是 0.81 ~ 0.84 tonCO₂e/m³；其他墩柱主結構單位排碳量約是 0.91 ~ 1.10 tonCO₂e/m³，由此可見，墩柱單位排碳量變異主要來自於不同設計規格，竹節鋼筋與混凝土之比例不同所致。該墩柱是否設置盤式支承或防撞鋼板，對於墩柱主結構單位排碳量無影響，主結構單位排碳量可供其他相似墩柱條件進行排碳量推估參考，而若墩柱將設置盤式支承或防撞鋼板，其排放量建議以外加方式進行計算。

表 4.2.1-4 A3 標墩柱排碳量分析

工區	墩柱類別	主結構 單位排碳量 (tonCO ₂ e/m ³)	盤式支承 排碳量 (tonCO ₂ e/個)	防撞鋼板 排碳量 (tonCO ₂ e/片)
幸福高架橋 工區	一般墩柱	1.11~1.18	-	-
	含盤式支承墩柱	1.10~1.13	10.18	-
東澳北溪河川橋 工區	一般墩柱	0.92~1.10	-	-
	含盤式支承墩柱	0.91~0.99	4.45~19.80	-
	含防撞鋼板墩柱	0.81~0.84	-	14.88

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 8 類，包括：南口隧道洞口工程、南口隧道開挖工程、排水工程、路工工程、北口橫坑作業、土方運輸作業、用電設備、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，其結果可整理如表 4.2.2-1。

其中，排碳量占機/運具操作及工程材料使用排碳總量最大的是隧道開挖工程，排碳量約為 7,356 tonCO₂e，占比約為 54%；其次為隧道洞口開挖工程，排碳量約為 2,922 tonCO₂e，占機/運具操作及工程材料使用排碳總量的 21%；再者則為用電設備，排碳量約為 993 tonCO₂e，占比約為 7%。前述三項加上土方運輸作業可整合視為南口隧道工程排放，總計占機/運具操作及工程材料使用排碳總量的 83%，與前期截至 102 年底之工項分析結果、隧道工程占比相同。

另 C1 標排水工程排碳貢獻已較前期占比統計結果略減，由 12%降至本期的 10%，主要原因為排水工程也已接近尾聲，相關工程材料與基具的使用都大幅減少所致。

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

單位：tonCO₂e

工程項目	機/運具使用排碳量	工程材料使用排碳量	小計	占比
南口隧道開挖工程	554.07	6,802.37	7,356.44	53.74%
南口隧道洞口工程	174.85	2,746.91	2,921.75	21.34%
排水工程	8.48	1,423.96	1,432.44	10.46%
路工工程	126.90	115.21	242.10	1.77%
北口橫坑作業	52.21	33.81	86.01	0.63%
土方運輸作業	141.50	-	141.50	1.03%
用電設備	992.60	-	992.60	7.25%
其他	97.13	419.04	516.16	3.77%
合計	2,147.73	11,541.29	13,689.02	100.00%

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。

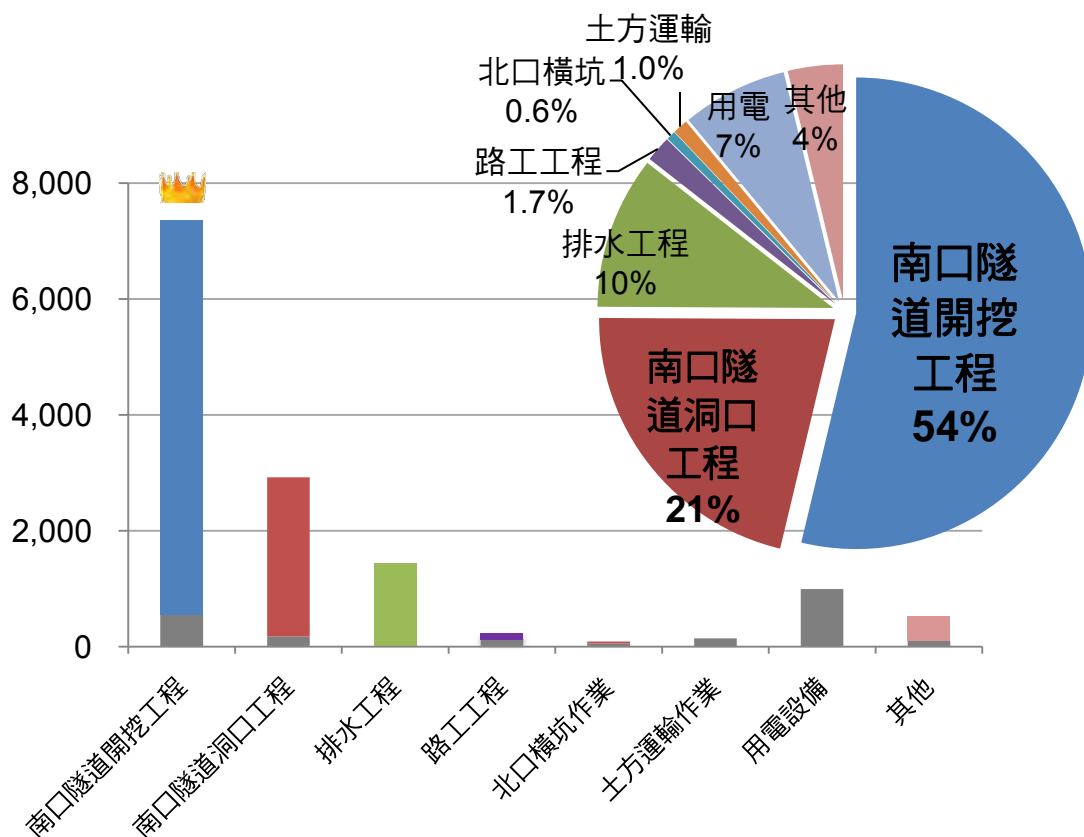


圖 4.2.2-1 C1 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析

另以開挖長度：北上線 546m、南下線 459.6m 對於南口隧道開挖工程試進行正規化探討，則可概略估算 C1 標南口單位開挖長度(每公尺)之機/運具操作及工程材料使用碳排放量約為 7.32 tonCO₂e/m；但此單位排放量尚未納入隧道開挖之用電量，以及部分本期尚未計入的少量隧道工程材料(導爆索、雷管等)排放。

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、北口井基及橋台工程、其他雜項等工項，本計畫依據承包商所提供之機具分油記錄、工程材料使用記錄，就工程材料及機具能耗兩方面依前述工程項目進行分析，整理如表 4.2.3-1。

表 4.2.3-1 A2 標各工程項目機/運具操作及工程材料使用碳足跡計算

單位：tonCO₂e

工程項目	機/運具使用排碳量	工程材料使用排碳量	小計	占比
隧道北口開挖作業	509.63	3,826.28	4,335.90	33.90%
隧道南口開挖作業	637.24	2,555.43	3,192.68	24.96%
隧道洞口作業	48.47	508.71	557.18	4.36%
橋台、井基作業	39.13	987.63	1,026.76	8.03%
土方暫置	628.46	446.07	1,074.53	8.40%
其他	159.47	1,043.04	1,202.51	9.40%
用電設備	1,136.07	-	1,136.07	8.88%
共用油箱	264.69	-	264.69	2.07%
合計	3,423.17	9,367.15	12,790.32	100.00%

由於 A2 標開工初期有部分機具用油無可供依循、合理分配至各工項的方式，故在此以將共用油箱獨立為一項、視為開工初期排碳項目之一。另由表可看出，A2 標開工迄今的主要碳排放工項為隧道北口與南口

開挖作業，分別占總機/運具操作及工程材料使用排放的 34%與 25%，加入隧道洞口作業及用電設備則合計約占 72%。其他如清除掘除、施工便道便橋施作、展示館工程、樹木移植、污水處理及其他雜項工作，總計也占約 9%的排碳量。另持續進行中的土方暫置場作業及橋台井基工程等則各占約 8%的排碳量。

另整理 A2 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 4.2.3-1。

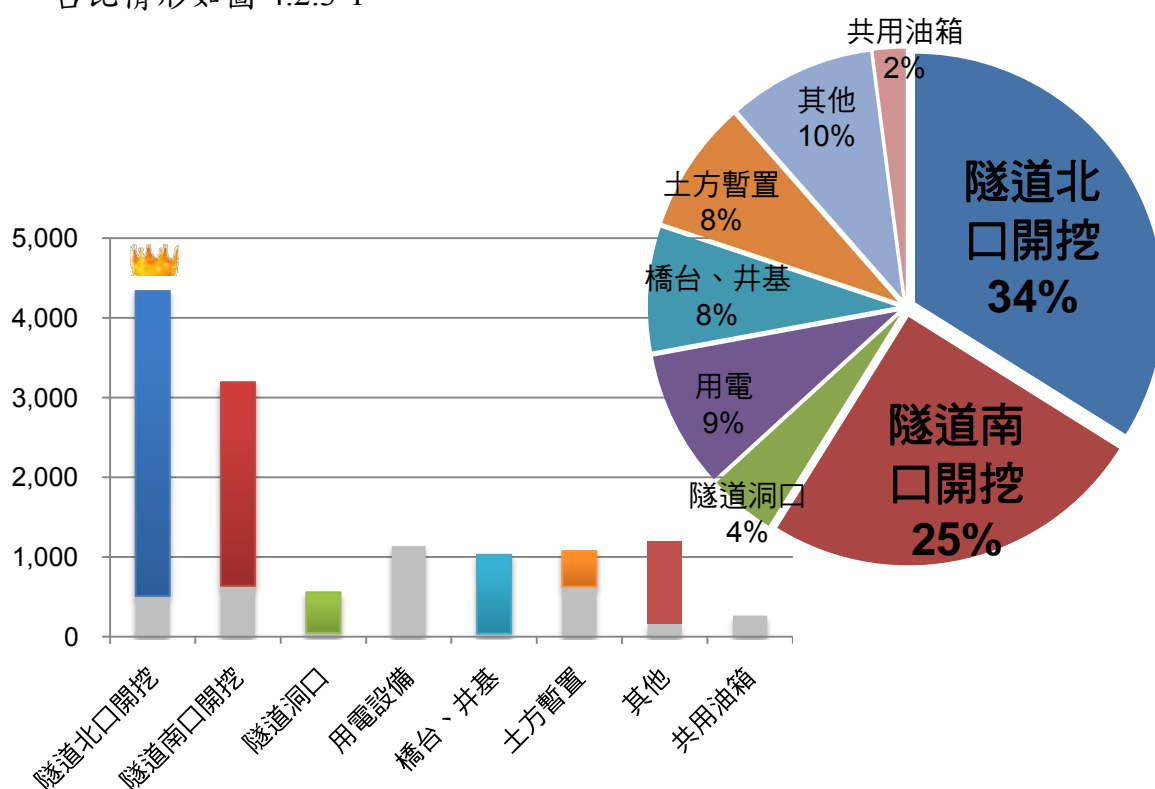


圖 4.2.3-1 A2 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析

同樣以開挖長度：北口北上線 492.4 m、南下線 448.5 m 及南口北上線 663.6 m、南下線 809.9 m 對於南北口隧道開挖工程試進行正規化探討，則可概略估算 A2 標北口單位開挖長度(每公尺)之機/運具操作及工程材料使用碳排放量約為 5.19 tonCO₂e/m；南口則約為 2.56 tonCO₂e/m。由結果看來，A2 標南北口單位隧道上半開挖工程之排放差距甚大，但都小於 C1 標的正規化試算結果。後續本計畫將應再就隧道標、隧道開挖工程之岩體類別對應作業內容及機具、材料使用差異再作分析探討。

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包括：圍籬及便橋工程、井基工程、基樁工程、基礎、墩柱及其他雜項工程，103 年上半年度主要執行工項為基礎工程。針對 A1 標各工程之機/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。

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

單位：tonCO₂e

工程項目	機具使用排碳量	材料使用排碳量	小計	占比
墩柱工程	44.55	2,605.60	2,650.15	8.05%
井基工程	242.06	3,179.36	3,421.42	10.39%
排水、隧道工程	68.55	505.72	574.26	1.74%
基礎工程	158.15	11,119.30	11,277.45	34.25%
基樁工程	524.47	13,623.01	14,147.47	42.96%
其他工項	372.41	485.93	858.34	2.61%
合計	1,410.18	31,518.91	32,929.10	100.00%

如表 4.2.4-1 所示，目前 A1 標排放量仍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 43%；其次為進行中的基礎層施做工程，占 34%；井基及墩柱工程占比則分別為 10%及 8%；其餘工項包括排水、隧道工程與其他如清除掘除、圍籬及便道便橋工程之占比皆在 1%左右。

A1 標 102 年度主要進行之工項為基樁工程，故機具與工程材料的投入量均遠大於其他工程，排碳量占比亦較大，但全數已於 102 年完工；故由 103 年上半年度工項統計與分析結果可發現，基樁工程雖然仍是排碳占比最高的工項，但已由 102 年底的 82%下降至 43%；又 102 年 12 月開始的基礎層工項為本期主要工程項目之一，故排碳占比已由去年底的 15%上升至 34%。隨著其他工項的加入，預計 A1 標的工項分析結果也會同 A3 標一般：已完成工項占比將持續下降、新加入工項占比將持

續提升。

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可以由圖 4.2.4-1 發現 A1 標與 A3 標情形相似，大部份工項中工程材料都占工程材料與機/運具能耗排碳量比例的 90% 以上，這也是橋樑標排碳量組成的特性之一，大量的混凝土及鋼材使用，進而造成高排碳量及高工程材料排碳量。

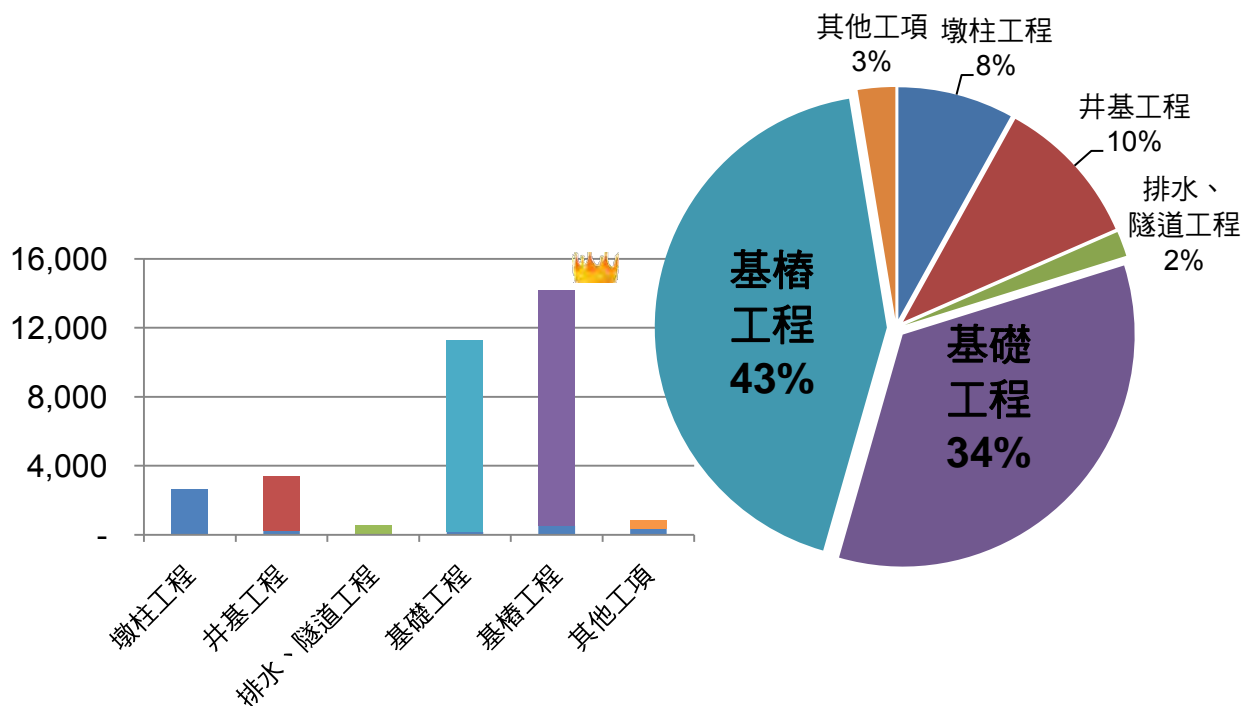


圖 4.2.4-1 A1 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析

另 A1 標 3 月及 4 月間 P33 及 P34 井式基礎在挖降過程中因地質條件影響變更設計為樁式基礎，其中基樁工程已於 8 月份完成，基礎層尚未施工。由於採用之工法不同，本計畫以此進行不同工法之排碳量差異比較如表 4.2.4-2。

由表 4.2.4-1 分析結果顯示，若在不需進行地質改良之條件下，在相同地點，以採用井式基礎之排碳量較樁式基礎略低；但若基地之地質條件不佳，而需進行地質改良，則視所需進行地質改良之程度影響兩工法之排碳量，以本基地而言，雖然進行地質改良，仍無法維持原規劃採井式基礎施工，且執行地質改良之材料排碳量相當顯著。故在工法選擇上

需要考慮現地之地質情形，選擇適合工法，必免施工過程中，因額外工程而產生多餘的排碳量。

除地質條件外，兩工法所需施作時間亦略有差異。井式基礎以挖降 1 輪進 1 天及 1 昇層 4 天的條件估算，施作時間約 58 天；樁式基礎在不考慮等待基樁強度到達設計量所需天數的情況下，以 1 天 1 支基樁及 20 天基礎層鋼筋組立及混凝土澆置時間估計，施作時間約 26 天。成本部份，依承包商提供資料，兩種型式基礎在正常情況下，成本約為 490 萬左右，差異不大，但仍可能因設計條件或地質條件而有變化。

表 4.2.4-2 P33 及 P34 基礎工法差異分析

(排碳量單位：tonCO₂e)

項目	P33		P34	
	井式基礎	樁式基礎	井式基礎	樁式基礎
規格	直徑 6 m/深度 25 m	基樁 6 支/25 m	直徑 6 m/深度 25 m	基樁 6 支/30 m
機具排碳量	14.13 ^{*1}	386.75 ^{*2*3}	14.13 ^{*1}	421.67 ^{*2*3}
材料排碳量	315.61		315.61	
地質改良	223.57	-	223.57	-
總排碳量	(未含地質改良)329.74	386.75	(未含地質改良)329.74	421.67
	(含地質改良) 553.31		(含地質改良) 553.31	
施作時間	約 58 天	約 26 天	約 58 天	約 26 天
成本	約 490 萬	約 490 萬	約 490 萬	約 490 萬

*1：井基機具排碳以 0.02 tonCO₂e/m³ 估算(參考 A3 標之盤查統計資料)

*2：基樁機具及材料排碳以 32.53 tonCO₂e/支(25 m)及 38.35 tonCO₂e/支(30 m)估算(參考 A1 標之盤查統計資料)

*3：基礎層機具及材料排碳以 0.43 tonCO₂e/m³ 估算(參考 A3 標之盤查統計資料)

4.2.5 機/運具單位油耗分析

本計畫除針對工程排放活動量進行資料蒐集與碳足跡計算分析外，另積極就已收集之數據資料進行加值處理。首先在機具能耗部份，現階段已可由本計畫自開工至 103 年 6 月底期間，C1 標及 A2 標分油記錄、A3 標及 A1 標部分協力廠商配合提供的各別機具加油紀錄，進行不同類型規格之主要工程機具的能耗率分析。目前可供計算之機具包括：泵浦

車、不同型號之挖土機、吊卡車、吊車、傾卸車及混凝土預拌車等，以下即分段說明本計畫現階段完成之機具能耗率分析結果。

一、泵浦車

A 段及 C1 標在混凝土泵浦車在使用模式上不同，前者(A 段)是有部分是採用外租的方式執行混凝土壓送作業，如 A3 標的協力廠商配特公司與樂志公司，兩間公司都是有澆置需求時，才臨時租用泵浦車使用；亦有部分是協力廠商自有泵浦車，但是以共用油箱方式加油；以上兩種模式皆無法有效計算泵浦車單位油耗。後者(C1 標)所用之所使用的泵浦車為自有機具，亦有分油記錄，但其操作量填報方式是以里程數記錄，而無總壓送方數或使用時數；也因此無法計算單位油耗。

現階段符合本計畫油耗率計算條件的泵浦車僅有 A1 標協力廠商上鋒公司，雖然同樣是以租賃方式執行混凝土壓送作業，但經調查其 3 台泵浦車專供 A1 標使用，故可完整收集到總泵送方數及油耗量資料。依照上鋒公司所提供、自其進場至 6 月底的資料：總油耗量 9,214.74 L，總泵送方數 33,868.5 m³，則泵送車單位油耗約為 3.68 m³/L。

二、挖土機

目前盤查範圍中的各土建標都有一定挖土機用量，但 A1 標及 A3 標因為主要是以委託協力廠商施作的方式施工，有共用油箱難以對機具各別分油的問題，故可供計算之機具較少。而 C1 標及 A2 標因為大部分是以自有機具進行工程施作，故可供計算的機具數量較多。依據數據的充份與否，本計畫目前暫就兩類挖土機：PC200、PC300 進行油耗率探討。統整目前盤查所得之各標 PC200 油耗量與操作時間，可綜整共 15 台機具進行分析，各機具相關數據依操作時間排序整理如表 4.2.5-1。

目前除 A1 標尚無資料可供分析 PC200 挖土機油耗率外，其他 3 標皆有數台機具能耗率及操作時間可供分析；包括：A2 標 7 台、A3

標 3 台、C1 標 5 台。經計算，A2 標、A3 標及 C1 標分標別之 PC200 挖土機平均單位時間能耗量(L/hr)分別為 22.63、12.94 及 12.67 L/hr。可以發現：A2 標統計結果油耗率明顯偏高，而 A3 標與 C1 標的平均結果則相近。進一步與製造商小松(KOMATSU)公司之機具能耗資料中、PC200, LC-7 型、中等耗能狀況能耗率：8.9~13.4 L/hr(平均 11.15 L/hr)作比對，尚屬相去不遠。

表 4.2.5-1 挖土機 PC200 單位能耗分析

機具標別/編號	油耗率(L/hr)	總能耗量(L)	總時數(hr)
A3 標 ME-益群豐 01	11.20	29,221.67	2,609.00
C1 標 BH-91	11.92	25,364.00	2,127.00
C1 標 BH-88	11.75	23,265.00	1,980.30
C1 標 BH-90	12.02	15,931.70	1,325.00
C1 標 BH-94	15.30	12,349.00	807.00
A2 標 AA209	10.53	8,391.03	797.00
A3 標 ME-配特 07	12.13	8,596.00	708.50
A2 標 AA212	24.85	16,772.70	675.00
A2 標 AA214	20.19	10,741.00	532.00
A2 標 AA216	25.96	11,748.03	452.50
A2 標 AA204	14.07	6,235.09	443.00
A2 標 AA213	18.16	6,691.00	368.50
A2 標 AA215	44.68	12,264.00	274.50
C1 標 BH-95	12.37	2,671.00	216.00
A3 標 ME-配特 19	15.49	340.72	22.00
PC200, LC-7 ¹ 中等輸出	8.9~13.4		
PC200, LC-7 ¹ 高輸出	13.4~22.3		
開挖機，0.70~0.79m ³	14.10		
挖土機，0.7m ³	17.92		
Hydraulic Excavator KOMATSU PC200-1,0.8m ³ 4	9.00		

註 1：小松(KOMATSU)公司機具能耗資料。

註 2：施工規範及工料分析，第貳篇 施工機具費率分析及工作量計算。

註 3：交通部公路總局施工機具費率表。

註 4：中華工程機具使用費率表

另突破標別的界限、以總使用時數在 1,000 小時以上的 PC200 為群組進行能耗率平均值的計算，結果為 11.72 L/hr，又與製造商型錄所載之參考油耗率更為接近。綜合以上討論內容，現有資料可能需再細分為兩群組作探討：其一是能耗率範圍在 11~15 L/hr 之間的機具，這些機具可能就是執行如同廠商型錄中所述之一般中等耗能(65%~80%輸出)工作，故分析出來的單位能耗與廠商測試資料相近；其二則是能耗率落在 20~26 L/hr 之間(A2 標的 PC200)，與廠商型錄中所述之高耗能(80%~高輸出)狀況最大能耗率 22.3 L/hr 相近。

另一規格之挖土機 PC300，目前有 A2 標 7 台、A3 標 1 台及 C1 標 2 台的資料可供分析，油耗率、能耗量及操作時數數據可整理於如表 4.2.5-2。

表 4.2.5-2 挖土機 PC300 單位能耗分析

機具標別/編號	油耗率(L/hr)	總能耗量(L)	總時數(hr)
A2 標 AA302	19.21	22,030.00	1,147.00
A2 標 AA303	23.96	30,523.69	1,274.00
A2 標 AA305	21.47	27,408.00	1,276.50
A2 標 AA306	24.42	25,041.82	1,025.50
A2 標 AA307	27.40	12,314.06	449.50
A2 標 AA308	20.56	9,201.00	447.50
A2 標 AA309	39.30	5,580.00	142.00
A3 標 ME-田大 12	20.23	24836.16	1227.5
C1 標 BH-92	20.24	38135	1884
C1 標 BH-93	19.28	34880.7	1809
PC300, LC-7, PC350, LC-7 ¹ 中等輸出	15.4~23.1		
PC300, LC-7, PC350, LC-7 ¹ 高輸出	23.1~338.5		

註 1：小松(KOMATSU)公司機具能耗資料。

同樣以分標別平均的方式可得 A2 標 PC 300 平均能耗率為 25.19

L/hr，A3 標為 20.23 L/hr，C1 標為 19.76 L/hr。以各標平均值與廠商型錄所載之機具能耗資料座比較，各標機具能耗分別與其中等輸出與高輸出單位能耗率相近。其中，A3 及 C1 標與中等輸出能耗率 15.4~23.1 L/hr(平均值為 19.25 L/hr)相近；而 A2 標平均結果則介於中等輸出及與高輸出能耗率 23.1 L/h~38.5 L/hr(平均值為 30.8 L/hr)的中間。

目前各標曾使用或使用中的挖土機型式還包括：PC45、PC125、PC228、PC400 等，惟這些機具的相關資料量尚不足以進行前述油耗率分析，後續本計畫將持續針對常用工程機具作資料蒐集與分析，以利有效回饋相關參數與使用條件等資訊於工程規劃設計碳排放估算。

三、傾卸車

相近規格(20~21T)之傾卸車目前共計有 A3 標 1 台、C1 標 5 台可供近型油耗率彙整分析；其中，A3 的傾卸車同時記有出工時數及行駛里程，相關能耗及操作數據整理如表 4.2.5-3 所示。

表 4.2.5-3 傾卸車單位能耗分析

機具標別/編號	油耗率		總能耗量 (L)	總里程數 (km)	總時數 (hr)
	(L/km)	(L/hr)			
A3 標 MO-配特 03	2.47	3.26	2,605.18	1,055.00	800.00
C1 標 DT-08	1.16	-	1,813.00	1,558.00	-
C1 標 DT-32	1.36	-	5,445.00	4,003.00	-
C1 標 DT-33	1.14	-	13,170.00	11,525.00	-
C1 標 DT-34	1.24	-	16,860.00	13,603.00	-
C1 標 DT-61	1.15	-	5,296.00	4,596.00	-

由表可知，A3 標傾卸車之單位里程能耗率與 C1 標相差近兩倍，A3 標傾卸車之單位里程油耗率為 2.47 L/km，C1 標的傾卸車則平均地落在 1.14~1.36 L/km 間。初步推測此差異可能同樣源於工作方式的不同：A3 標傾卸車土方運輸為場內平衡，故運輸距離短、來回次

數多，以致於怠速或慢速運轉的時間較長，造成單位距離油耗量大；而 C1 標土方運輸包括二工區、北口橫坑及 B4 標路堤，運輸距離都較長，故單位里程之油耗率可能因此較低。

此部分本計畫亦將持續追蹤，期能在提供油耗率供排放量推估所用外，還能分析出傾卸車油耗推估參數之選用條件(如土方運輸距離等)。

四、混凝土預拌車

本期各標別之混凝土運輸作業多由預拌混凝土廠提供運輸車輛，其中宜興預拌廠(南澳廠)自 102 年 6 月開始提供其預拌車行駛里程、載運方數及用油量等資料；而 C1 標則有 4 台自有預拌混凝土車(20~21T)，自開工起即定期提供行駛里程及運輸方數紀錄。相關資料可供進行油耗率彙整分析，混凝土預拌車相關能耗數據整理如表 4.2.5-4 所示。

表 4.2.5-4 混凝土預拌車單位能耗分析

機具標別/編號	油耗率		總能耗量 (L)	總里程數 (km)	總運輸方數 (m ³)
	(km/L)	(L/方)			
宜興預拌廠(南澳廠)	0.68	3.12	-	-	-
C1 標 MT-13	1.49	4.59	16,474.01	24,485.60	3,586.50
C1 標 MT-23	1.60	4.62	10,198.00	16,351.23	2,208.00
C1 標 RENT-01	1.44	4.32	9,843.00	14,167.20	2,277.50
C1 標 RENT-02	-	3.69	5,572.00	-	1,509.00

由表可知，宜興預拌廠(南澳廠)之混凝土預拌車之里程油耗約 0.68 km/L，運輸方數之油耗約 3.12 L/方。C1 標各混凝土預拌車之里程油耗相似，約介於 0.44~1.60 km/L 之間；若以運輸方數計算則各混凝土預拌車油耗約介於 4.32~4.62 L/方之間，僅 RENT-02 運輸方數油耗率較低為 3.69 L/方，推測應與 RENT-02 使用區間與 C1 標新增北口橫坑工區時間相近，其運輸距離較前期單純運往南口工區短有關，使 RENT-02 方數油耗較使用區間較長之 MT-13、MT-23 及

RENT-01 為低。

未來本計畫將持續洽請各混凝土廠提供該廠之預拌混凝土車油耗資料，以作為預拌混凝土車能耗比對之依據。

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。但在隧道標(A2 標及 C1 標)施作的過程，已開始有遭遇不同地質條件而調整工程條件的狀況，如：因地質條件不同選擇是否打管幕鋼管、選用不同支保與岩栓、或調整支保間的輪距等。基於上述變化情形，本計畫特於本期報告中整理 A2 標、C1 標自隧道開挖迄 103 年 6 月底之上半開挖作業工程材料使用情形，項目包含：鋼纖噴凝土、水泥、水泥砂漿、管幕鋼管、岩栓、自鑽式岩栓、玻璃急結管、先撐鋼管、各類支保、支保繫桿、聚胺脂樹脂、灌漿鋼管、風管、速凝劑及各類混凝土等，作為工程碳足跡中，工程材料排放部分與環境影響之關聯初探的依據。以下首先就兩隧道標之各項工程材料使用量分類整理，如表 4.3-1 所示。

與 3.5.2 節 B3 標隧道工程部分所提供之隧道上半開挖工程主要工程材料使用量資料表相比，本節統計之 A2、C1 標的工程材料使用項目較多，部分附屬的材料用量係以推估方式取得；如：速凝劑用量係以鋼纖噴凝土用量(每方噴凝土添加 20kg 速凝劑)推估，支保繫桿用量則是以支保使用組數推估等。

表 4.3-1 A2、C1 標上半開挖作業主要工程材料用量(迄 103 年 6 月)

標別	工作面	岩體	支保類型	支保(組)	鋼纖噴凝土 255(m ³)	岩栓類型	岩栓(支)	自鑽式岩栓(支)	先撐鋼管(支)	管幕鋼管(支)	袋裝水泥(kg)
A2 標	北口 北上線	洞口段	洞口	42	3,370.5	非預力	5,425	37	750.0	1,903	11,056.0
		6類	5類	220							
		5類	4類	121							
	北口 南下線	洞口段	洞口	15	2,628.5	非預力	5,112	0	8,306.0	261	4,899.0
		6類	5類	94							
		5類	4類	213							
		4類	3類	33							
	南口 北上線	洞口段	洞口	1	2,921.0	非預力	1,184	0	1,660.0	700	5,700.0
		6類	5類	6							
		5類	4類	29							
		4類	3類	109							
		3類	2類	163							
	南口 南下線	洞口段	洞口	1	3,407.0	非預力	1,648	0	1,145.5	704	6,265.0
		6類	5類	0							
		5類	4類	18							
4類		3類	145								
3類		2類	161								
C1 標	南口 南下線 北上線	洞口段	洞口	376	7,847.0	非預力	1,971	4,325	852.0	5,826	61,788.0
		6類	5類	35							
		5類	4類	62							
		4類	3類	71							
		3類	2類	42							
		2類									

基於上述工程材料使用量統計結果，並加入截至 103 年 6 月底止之 A2 及 C1 標隧道上半開挖之機運具油耗量，則可進行兩標隧道上半開挖工程之材料暨機運具排碳量計算，並以隧道開挖長度進行正規化，分析各工作面上半開挖每公尺之單位排碳量，如表 4.3-2 所示。

表 4.3-2 A2、C1 標隧道上半開挖作業單位排碳量分析

標別	工作面	材料排碳量 (tonCO ₂ e)	機具排碳量 (tonCO ₂ e)	開挖長度 (m)	上半開挖作業單位排碳量 (tonCO ₂ e/m)		
					材料	機/運具	合計
A2	北口北上	2,352.43	515.49	492.40	4.78	1.05	5.82
	北口南下	1,347.80	486.50	449.50	3.00	1.08	4.08
	南口北上	1,147.44	519.95	663.60	1.73	0.78	2.51
	南口南下	1,329.99	652.31	813.40	1.64	0.80	2.44
C1	南口北上 南口南下	6,802.37	1,546.67	979.00	6.95	1.58	8.53

由表可知，各工作面之單位排放量約介於 2.44~8.53 tonCO₂e 之間，單位排碳量最高之 C1 標南口隧道，約為 A2 標南口南下線單位排放量之 3.5 倍。進一步將單位上半開挖排碳量分工程材料及機運具排放兩部分，則可發現各工作面之單位開挖長度的機運具排放量差異並不大，約介於 0.78~1.58 tonCO₂e 之間；亦即各工作面單位開挖長度排放量差異的主要原因係源於工程材料排放，而影響材料使用量的關鍵原因之一即為地質條件。

延續本節擬研析之：隧道工程地質條件對於碳足跡的影響，本報告依承包商提供之岩層資料，將開挖作業開始迄 103 年 6 月底止之不同類別岩層占比與對應之單位開挖長度隧道工程材料排放量綜整如表 4.3-3。進一步以表中 A2 標的北口和南口分兩類探討：A2 標北口雙線開挖作業經過的岩層以 6 類與 5 類為主，其中北上線以 6 類為多，南下線以 5 類為多，可知南下線地質條件略佳，推測也因此其單位開挖長度之材料排放 3 tonCO₂e/m 較北上線 4.78 tonCO₂e/m 為低。

表 4.3-3 A2、C1 標隧道開挖作業之岩體比例分析

標別/工作面 岩體類別	A2 標				C1 標
	北口北上	北口南下	南口北上	南口南下	南口南下+北上
洞口段	14%	3%	6%	7%	38%
6 類	55%	23%	3%	5%	4%
5 類	31%	63%	6%	7%	9%
4 類	0%	11%	17%	25%	12%
3 類	0%	0%	68%	56%	35%
2 類	0%	0%	0%	0%	1%
單位開挖長度 材料排碳量 (tonCO ₂ e/m)	4.78	3.00	1.73	1.64	6.95

另由 A2 標南口之岩體類別與單位開挖長度排碳量進行分析，南口雙線開挖作業經過的岩層係以 4 類與 3 類為主，兩線又同以 3 類岩體為多，故單位開挖長度排碳量相近，分別為北上線又北上線 1.73 tonCO₂e /m、南下線 1.64 tonCO₂e。以 A2 標北、南口兩群組作比較，更可明顯發現：開挖岩層以 6 類、5 類為主的北口，其單位開挖長度排放量較開挖岩層以 3 類、4 類為主的南口要高出一倍。

另外，由單位排放量最高的 C1 標南口開挖工程所經歷的岩層分析結果可發限，其占比最高的是洞口段；由於洞口段岩層較為脆弱，為確保隧道開挖作業安全性，必須使用支撐性較佳之工程材料(H 型支保、管幕鋼管、灌漿)、相對也是排放係數較大的材料，故可能因此而使其單位排放量較高；但也可以預見的是，隨著未來非洞口段岩層占比的增加，此單位開挖長度排碳量也會隨之降低。

依前述結果可初步推測，隧道開挖岩層與材料單位排放量具有相當的關聯性，惟目前 A2 及 C1 標盤查資料的填報方式，尚無法有效細分出不同岩層的材料使用量。為能更深入分析隧道工程地質條件對碳足跡的影響，本計畫規劃參考 B3 標所提供之隧道開挖工程材料用量彙整表，提出隧道工程不同岩體類別

的材料使用量統計表格式，再以此與 A2 標、C1 標承包商研商以此調整日誌填報方式，以期能有效累積分析不同岩層類別之不同工程材料使用量，進而對於地質條件之於隧道開挖排碳的影響作有更詳盡的分析，有效回饋於 B 段或其他工程隧道標排碳量推估作業。

此外，有鑒於 B3 標目前初步提供的主要工程材料使用量分析表已可滿足推估所需，本計畫建議後續能夠繼續以此型式、請 B 段隧道標定期提供隧道開挖之工程材料統計資料，作為後續推估 B 段標工程碳排放及綜合 A、C 段隧道標盤查結果進行比較之依據。

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 e/hr)
Aerial Lifts	柴油	7.39
Air Compressors	Gas 4-Stroke	7.77
Bore/Drill Rigs	Gas 4-Stroke	3.26
Cement and Mortar Mixers	Gas 4-Stroke	5.21
Concrete/Industrial Saws	Gas 2-Stroke	2.55
Cranes	柴油	46
Crawler Tractors	柴油	270.3
Crushing/Proc. Equipment	Gas 4-Stroke	9.35
Dumpers/Tenders	Gas 4-Stroke	4.67
Excavators	柴油	57.74
Forklifts	LPG	13.53
Generator Sets	Gas 4-Stroke	8.3
Graders	柴油	65.85
Off-Highway Tractors	柴油	270.3
Off-Highway Trucks	柴油	270.78
Other Construction Equipment	柴油	101.9
Other General Industrial Equipment	Gas 4-Stroke	4.74
Other Material Handling Equipment	柴油	16.73
Pavers	柴油	38.1
Paving Equipment	Gas 4-Stroke	6.55
Plate Compactors	Gas 4-Stroke	3.67
Pressure Washers	Gas 4-Stroke	7.5
Pumps	Gas 4-Stroke	6.21
Rollers	柴油	30.7
Rough Terrain Forklifts	柴油	32
Rubber Tired Dozers	柴油	78.15
Rubber Tired Loaders	柴油	78.15
Scrapers	柴油	124.12
Signal Boards	柴油	5.13
Skid Steer Loaders	柴油	7.24
Surfacing Equipment	Gas 4-Stroke	5.43
Sweepers/Scrubbers	柴油	22.2
Tractors/Loaders/Backhoes	柴油	13.42

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 e/hr)
Trenchers	柴油	25.12
Water Trucks	柴油	270.78
Welders	柴油	6.19

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目前才剛開始進入市場，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柴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，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/時數及所需人工，並比較不同進度安排策略所造成之排碳量差異；分析結果如表 5.1.1-4 所示。

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	-

結果顯示，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。

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。

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。

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。

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。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。

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

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	燃煤飛灰(Coal Fly Ash)	583
		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)	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 /公噸)
熱拌瀝青混合料(Hot Mix Asphalt, HMA)	91.81
溫拌瀝青混合料(Warm Mix Asphalt, WMA)	86.25

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 運輸方案 運距		隧道北口 (永樂站-新馬站)		隧道南口 (東澳站-新馬站)	
		公里	公里	公里	公里
鐵路+公路運輸		6.5	公里	14.2	公里
運具型式	21 噸傾卸車	0.4	公里	2.3	公里
	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 0.18~0.53 kgCO₂e。若在南口採行鐵路運輸方案，則每方排碳量約為 0.44~1.26 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 0.51~1.24 kgCO₂e；而南口之全公路運輸排碳則約為每方 1.32~3.21 kgCO₂e，詳細計算結果如表 5.2.1-3。

表 5.2.1-3 鐵路與公路單位土方運輸排放量計算

隧道北口 (永樂站-新馬站)	運輸每噸土石排放量(kgCO ₂ e)		
	A	B	C
鐵路+公路運輸	0.53	0.18	0.23
21 噸大貨車	0.06	0.02	0.03
柴油火車	0.47	0.15	0.20
公路運輸	1.24	0.51	0.56

隧道南口 (東澳站-新馬站)	運輸每噸土石排放量(kgCO ₂ e)		
	A	B	C
鐵路+公路運輸	1.26	0.44	0.54
21 噸大貨車	0.34	0.14	0.15
柴油火車	0.92	0.30	0.39
公路運輸	3.21	1.32	1.45

目前暫以 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。

前述運輸排碳量為僅為運具移動運輸排放的比較，尚未將暫置場所使用工程材料及土石上、下火車的機具操作能耗排放納入計算。為能平衡表述鐵路替代公路運輸的整體排放差異，本期進一步將土方上下車的機具能耗排放也加入計算分析。A2 標開工適用於 3 處土方暫置場之機具及工程材料排碳量計算結果如表 5.2.1-4 所彙整。

表 5.2.1-4 暫置場工程材料及機具能耗排碳

單位：tonCO₂e

	工程材料排碳量	機具能耗排碳量
永樂土方暫置區	112.89	171.06
東澳土方暫置區	54.56	183.49
新馬車站	278.62	273.90

由表 5.2.1-4 之計算結果，進一步以各土方暫置場之總運出土方量(參考鐵路運輸車次重量)為基數，進行工程材料排碳量分配；機具能耗排碳量則以南北兩洞口之預估總出渣量(北口 234,900 ton、南口 294,250 ton)作分配，由此可概估兩條鐵路運輸路線之土方暫置單位重量排碳量如表 5.2.1-5 所示，約為 1.36 及 1.53 kgCO₂e/ton。

表 5.2.1-5 暫置場工程材料及機具能耗單位排碳

鐵路 運輸路線	土方暫置 排放	工程材料 排碳量 (tonCO ₂ e)	機具能耗 排碳量 (tonCO ₂ e)	材料單位 排碳量 (kgCO ₂ e/ton)	機具單位 排碳量 (kgCO ₂ e/ton)	單位排碳量 小計 (kgCO ₂ e/ton)
隧道北口 (永樂站-新馬站)		252.20	292.66	0.28	1.25	1.53
隧道南口 (東澳站-新馬站)		193.87	335.81	0.22	1.14	1.36

綜整表 5.2.1-3 及 5.2.1-5 之土方暫置單位排放量分析結果進行比較可知，若於北口採鐵路運輸替代方案，則土方暫置加上以三種運輸係數計算之運輸排放，可得每方排碳量 1.71 至 2.06 kgCO₂e。若在南口採行鐵路運輸方案，則每方排碳量約為 1.80 至 2.62 kgCO₂e；詳細計算結果如表 5.2.1-6。相對於採公路運輸，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，在加入土方暫置區之工程材料與機具排碳量後，則北口鐵路運輸排放量將大於南口；南口鐵路運輸排放量則仍舊低於公路運輸。

表 5.2.1-6 鐵路與公路單位土方運輸排放量計算(加入暫置區排放)

隧道北口 (永樂站-新馬站)	運輸每噸土石排放量(kgCO ₂ e)		
	A	B	C
鐵路+公路運輸	2.06	1.71	1.76
21 噸大貨車	0.06	0.02	0.03
柴油火車	0.47	0.15	0.20
土方暫置區(機+料)	1.53	1.53	1.53
公路運輸	1.24	0.51	0.56

隧道南口 (東澳站-新馬站)	運輸每噸土石排放量(kgCO ₂ e)		
	A	B	C
鐵路+公路運輸	2.62	1.80	1.90
21 噸大貨車	0.34	0.14	0.15
柴油火車	0.92	0.30	0.39
土方暫置區(機+料)	1.36	1.36	1.36
公路運輸	3.21	1.32	1.45

由此可知，A2 標土石方以鐵路運輸的減碳效益一部分源於鐵路運輸減少的距離、另一部分來自於鐵路取代路運的碳排放減量；但因應鐵路運輸所需而建置的暫置場材料排放及與裝卸土方的機具排放，則可能抵消了這些減碳量。比較兩鐵路運輸路線及兩單位土石方排放量計算結果可知，在採取鐵路運輸替代公路運輸為減碳策略時，應以運輸距離為考量條件；若運輸距離較長，則可削減之土方暫置區之工程材料與機具的排碳貢獻程度，強化減碳效益。

5.2.2 飛灰爐石替代水泥之減碳效益

本計畫現階段所盤查之 A 段及 C 段 4 個土建標，目前所使用之預拌混凝土共源於 5 家廠商，以下首先於表 5.2.2-1 說明各型混凝土配比，並據以就各標所填報之各型混凝土用量，分析其水泥、飛灰、爐石用量如表 5.2.2-2 所示。

表 5.2.2-1 各標預拌廠混/噴凝土配比表

單位：kg/m³

廠商	混凝土型式	水泥	爐石粉	飛灰
宜興	175 II	155	98	28
	210 II	179	114	32
	245 II	193	122	35
	280 II	220	140	40
	350-SCC	262	166	47
	420II	350	150	0
	水中 210 II	220	140	40
	噴凝土	400	0	0
	鋼纖噴凝土	440	0	0
龍贏	175 II	144	91	25
	210 II	167	105	29
	245 II	189	119	32
	280 II	219	138	38
	350II	247	157	45
亞東	噴凝土	380	0	0
	鋼纖噴凝土	399	0	0
久屋	175 II	161	131	0
	210 II	177	144	0
	280 II	220	180	0
	350-SCC	262	213	0
	420II	275	225	0
	水中 210 II	207	168	0
享正	175 II	145	91	25
	210 II	168	106	29
	350-SCC	262	166	47
	280 II	220	140	40

表 5.2.2-2 各標混/噴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	755.00	117,025	73,990	21,140
	210 II	3,307.00	591,953	376,998	105,824
	245II	3,694.00	812,680	517,160	147,760
	280 II	32,044.55	7,049,801	4,486,237	1,281,782
	350-SCC	7,211.50	1,889,413	1,197,109	338,941
	420II	15,600.00	6,957,600	608,400	624,000
	水中 210 II	17,622.00	3,876,840	2,467,080	704,880
	噴凝土	5,852.50	2,341,000	-	-
C1 標	175 II	300.50	43,272	27,346	7,513
	210 II	544.00	90,848	57,120	15,776
	245 II	1,245.50	235,400	148,215	39,856
	280 II	4,789.50	1,048,901	660,951	182,001
	350II	254.00	62,738	39,878	11,430
	噴凝土	986.50	374,870	-	-
	鋼纖噴凝土	8,230.50	3,283,970	-	-
A2 標	175 II	572.50	88,738	56,105	16,030
	210 II	1,743.00	311,997	198,702	55,776
	245 II	1,468.50	283,421	179,157	51,398
	280 II	4,199.00	923,780	587,860	167,960
	350-SCC	51.00	13,362	8,466	2,397
	水中 280 II	528.00	184,800	79,200	-
	噴凝土	2,230.40	892,160	-	-
A1 標 (宜興)	175 II	9.50	1,473	931	266
	210 II	229.00	40,991	26,106	7,328
	280 II	2,966.00	652,520	415,240	118,640
	水中 210 II	32,322.00	7,110,840	4,525,080	1,292,880
	噴凝土	1,910.00	764,000	-	-

表 5.2.2-2 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)
A1 標 (久屋)	175 II	476.50	76,717	62,422	-
	210 II	1,178.50	208,595	169,704	-
	280 II	16,611.00	3,654,420	2,989,980	-
	350-SCC	2123.50	556,357	452,306	-
	420II	243.00	66,825	54,675	-
	水中 210 II	1,221.00	252,747	205,128	-
A1 標 (享正)	175 II	735.00	106,575	66,885	18,375
	210 II	426.50	71,652	45,209	12,369
	350-SCC	565.50	148,161	93,873	26,579
	280 II	13,254.00	2,915,880	1,855,560	530,160

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。

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 kgCO₂e/kg，及英國的乾、濕燃煤飛灰碳足跡：0.004 kgCO₂e/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 5.2.2-2 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 5.2.2-3 至表 5.2.2-6 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 15~41%。A1 與 A3 標減碳分比在 37%~41%，與 102 年度相比，減碳量比例略微下降 1%，主要是因為 420II 混凝土使用量增加；而 C1 標與 A2 標減碳百分比約為 15%~18%，與 102 年統計結果相比下降 4%，主要是因為兩標目前主要進行隧道開挖作業，噴凝土及鋼纖噴凝土用量持續增加所致。

表 5.2.2-3 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 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
175II	133.87	77.79	56.08	42%
210II	678.18	393.62	284.56	42%
280II	932.37	540.39	391.98	42%
350-SCC	8,088.04	4,687.73	3,400.31	42%
420II	5,167.89	4,424.50	743.39	14%
水中 210	4,447.79	2,577.89	1,869.91	42%
噴凝土	1,477.17	1,477.17	-	0%
合計	22,840.69	14,578.07	8,262.63	37%

表 5.2.2-4 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	49.30	28.76	20.54	42%
210 II	103.32	60.37	42.95	42%
245 II	267.21	156.43	110.78	41%
280 II	1,193.76	697.09	496.67	42%
350II	71.96	41.72	30.25	42%
噴凝土	236.54	236.54	-	0%
鋼纖噴凝土	2,072.18	2,072.18	-	0%
合計	3,994.28	3,293.09	701.19	18%

表 5.2.2-5 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	101.51	58.99	42.52	42%
210 II	357.45	207.47	149.98	42%
245 II	324.32	188.40	135.92	42%
280 II	1,059.83	614.26	445.56	42%
350-SCC	15.29	8.88	6.40	42%
水中 280 II	166.58	120.74	45.84	28%
噴凝土	562.95	562.95	-	0%
鋼纖噴凝土	3,503.68	3,503.68	-	0%
合計	6,091.60	5,265.37	826.24	15%

表 5.2.2-6 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	1.68	0.98	0.71	42%
	210 II	46.96	27.26	19.70	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	482.08	482.08	-	0%
久屋	175 II	87.80	51.67	36.13	41%
	210 II	238.71	140.48	98.22	41%
	280 II	4,192.62	2,462.02	1,730.60	41%
	350-SCC	636.47	374.67	261.79	41%
	420II	76.67	45.02	31.65	41%
	水中 210 II	288.92	170.19	118.73	41%
享正	175 II	121.05	70.81	50.23	41%
	210 II	81.54	47.62	33.92	42%
	350-SCC	169.49	98.50	71.00	42%
	280 II	3,345.31	1,938.90	1,406.41	42%
合計		18,675.99	11,072.41	7,603.58	41%

另就目前已取得運輸距離相關資料之宜興南澳廠供應 A3 標之混凝土，進行替代材料運輸排碳量影響分析。宜興南澳廠運送水泥、飛灰及爐石粉之運具皆為 21 噸槽車，本計畫初步採用 GaBi-PE 資料庫中 21-26 噸運具運輸係數 0.0598 kgCO₂e/tkm；而運輸距離部份，爐石粉、飛灰及水泥供應商分別為晉瑜、義芳運輸公司(林口)及信大公司，各別運輸至宜興混凝土預拌廠南澳廠之距離依序為 34.3 km、103 km 及 30.4 km。以上排碳係數及距離資料整理如表 5.5.2-7 及表 5.5.2-8。

表 5.5.2-7 混凝土材料及運具排碳係數

類別	項目	排放係數	單位	係數來源
材料	水泥	631.0	kgCO ₂ e/ton	GaBi-PE
	爐石粉	52.2	kgCO ₂ e/ton	中聯爐石
	飛灰	4.0	kgCO ₂ e/ton	
運輸係數	槽車	0.0598	kgCO ₂ e/tkm	GaBi-PE

表 5.5.2-8 混凝土主要材料運輸距離

類別	項目	個案運輸距離	單位	來源
材料	水泥	30.4	km	信大水泥
	爐石粉	34.3	km	晉瑜爐石
	飛灰	103.0	km	義芳運輸(林口)

依據表 5.5.2-1 及 5.5.2-8 之材料及運輸係數及各項材料運輸距離，計算各類型混凝土僅使用水泥或以飛灰/爐石粉替代水泥之條件下，包含材料及運輸之單位排碳量影響如表 5.2.2-9。由分析結果顯示，僅考慮替代材料製造之排碳量的情況下，除了 420II 混凝土因水泥替代材料使用量較少的關係，減碳比例約為 14%以外，其他型號混凝土減碳比例約為 42%(表 5.2.2-3)；在加入替代材料運輸部份之排碳量變化影響後，減碳比例仍為 14%與 42%(表 5.2.2-9)。

表 5.5.2-9 A3 標混凝土含替代材料運輸影響之單位排碳量分析

單位：tonCO₂e/m³

項目	175 II		210 II		245 II		280 II		350-SCC		420II		水中 210 II	
	水泥	替代	水泥	替代	水泥	替代	水泥	替代	水泥	替代	水泥	替代	水泥	替代
水泥	0.1770	0.0978	0.2050	0.1129	0.2210	0.1218	0.2520	0.1388	0.3000	0.1653	0.3310	0.2814	0.3160	0.1388
爐石粉	-	0.0051	-	0.0060	-	0.0064	-	0.0073	-	0.0087	-	0.0021	-	0.0073
飛灰	-	0.0001	-	0.0001	-	0.0001	-	0.0002	-	0.0002	-	0.0002	-	0.0002
材料小計	0.1770	0.1030	0.2050	0.1190	0.2210	0.1283	0.2520	0.1463	0.3000	0.1742	0.3310	0.2837	0.3160	0.1463
水泥	0.0005	0.0003	0.0006	0.0003	0.0006	0.0004	0.0007	0.0004	0.0009	0.0005	0.0010	0.0008	0.0007	0.0004
爐石粉	-	0.0006	-	0.0007	-	0.0008	-	0.0009	-	0.0010	-	0.0002	-	0.0009
飛灰	-	0.0001	-	0.0001	-	0.0001	-	0.0001	-	0.0001	-	0.0001	-	0.0001
運輸小計	0.0005	0.0009	0.0006	0.0011	0.0006	0.0012	0.0007	0.0013	0.0009	0.0016	0.0010	0.0011	0.0007	0.0013
總計	0.1775	0.1040	0.2056	0.1201	0.2216	0.1295	0.2527	0.1476	0.3009	0.1758	0.3320	0.2848	0.2527	0.1476
減碳量	0.0735		0.0855		0.0922		0.1051		0.1251		0.0471		0.1051	
減碳比率	42%		42%		42%		42%		42%		14%		42%	

備註：總計＝材料小計＋運輸小計；減碳量＝水泥總計－替代總計；減碳比率＝減碳量÷水泥總計。

雖然在本案例中，爐石粉及飛灰之運輸距離大於水泥，但因運輸單位排碳量遠小於以飛灰及爐石粉替代水泥之單位排碳量，故運輸距離增加之影響並不顯著。

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)、蘇澳永樂段新建工程(A1 標)及仁水隧道新建工程(C2 標)之開始作業通知要求，開始執行此 5 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、座談會等；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接續本期度執行成果以及未來的工程規劃期程，就 103 年下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 年下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 年度下半年工作項目與查核點

工作項目	工作細項及重點	103 年						104 年
		7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月
盤查制度與執行規劃	盤查表單與系統維護、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. A4 標(暫定)							
	2. 交控標(暫定)							
辦理教育訓練	1. C2 標							
	2. A4 標(暫定)							
	3. 交控標(暫定)							
盤查輔導作業	1. A1 標							
	2. A2 標							
	3. A3 標							
	4. C1 標							
	5. C2 標							
	6. A4 標(暫定)							
	7. 交控標(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							
工作成果提送	1. 103 年度年中報告(103.07)							
	2. 103 年度年末報告(104.01)							

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、對應瑞典交通設施產品類別規則模組及道路、橋梁工程產品類別規則完成的环境宣告文件、工程會推動公共工程碳排放估算與盤查狀況及環保署碳足跡推動規範與係數資料庫之發展進度等；並持續就本計畫盤查作業所獲致之本土道路工程碳排放特性，蒐集相關工程減碳策略與成效分析方法與結果，作為後續執行期間對承包商提出可行減碳策略的參考。

三、盤查輔導與查證作業執行

目前已開始 A1、A2、A3、C1 及 C2 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持續固定於每月執行前月碳足跡盤查資料的月檢查工作，確保碳足跡盤查進度與資料品質。考量 103 年下半年度應不會再有新的標案啟動盤查作業，下期盤查輔導重點應為持續循目前的盤查輔導模式，特別是輔導 C2 標盤查執行人員進入狀況、掌握工程進度並詳實填報相關資料，持續此 5 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 102 年底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，正持續透

過運算邏輯確認、與資訊人員研商開發進程。本計畫也將參照工程處、工務段及監造單位和承包商相關人員的建議與意見，檢討與改善相關資料填查或維護界面，持續提升碳足跡盤查資料資料庫系統的應用效益。

五、工作成果提送

本計畫下期預定提送之成果為在 104 年 1 月底前提送 103 年度年末進度報告書。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

綜整本計畫本期執行碳足跡盤查輔導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，則已視不同承包商作業與人員分工情形，有彈性地以批次或逐月的頻率彙整填報，以提升資料蒐集效益。但在資料保全的考量下，具有時效性的資料仍應配合矯正通知，於限制時間內完成改善、修正與補遺，經輔導單位確認後鎖定資料，以確保本計畫長時間執行碳盤查工作之資料品質，滿足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，故本期已於 C2 標施工前協調會及現場輔導時皆加強說明，讓承包商更早且明確地了解碳足跡盤查過程中需要供應商及協力廠商配合之事項，藉以引導承包商能夠在委託工作或採購時即相對應根據碳盤查需求選擇或要求協力廠商及供應商，或要求承包商以對應之要求確保協力廠商及供應商的配合度與能力，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。基於盤查輔導至今的經驗，初步後續除了會同承商辦理的現場輔導外，本計畫相關成果審查亦能請承包商、工務段及監造單位到場了解盤查執行成果，進而對於相關資料作較全面的檢核與探討，以促進輔導單位對於承包商填報資料的掌控程度，確保碳管理工作的有效執行。

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；另期能盡早確

認 C2 標教育訓練時間，以利講師安排及 C2 標盤查執行作業的及時性。

本計畫於本期陳請工程處協助出面召開 B 段碳足跡推估資料調查說明會後，雖已於取得 B 段各標工程管理與 B3 標橋梁、隧道已完成工項之工程材料使用統計資料，並完成排放量計算、分析與說明列於本報告第三章 3.5 節中，但計算結果與盤查結果偏差的原因，還需要進一步對於計算結果進行疑義澄清。本計畫將再針對待澄清事項進行整理，並先以各別連繫方式確認相關資料的正確性與完整性，若遇有無法取得回應之狀況，再提請工程處協助，以利 B 段碳足跡推估工作的順利進行。

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] International EPD® System (2013). EPD of UN CPC 53212 Railway bridge on the Madrid-Galicia North-Northwest high-speed line, “Arroyo Valchano” railway bridge. Acciona Infraestructuras SA. <http://www.environdec.com/en/Detail/?Epd=9342>
- [10] International EPD® System (2013). EPD of UN CPC 53211 N-340 Road, “N-340 Road” . Acciona Infraestructuras SA. <http://www.environdec.com/en/Detail/?Epd=9697>
- [11] WRI/WBCSD (2011). Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard. <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Product%20Life%20Cycle%20Accounting%20and%20Reporting%20Standard.pdf>
- [12] 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%20Sta>

ndard.pdf

- [13] 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
- [14] ISO/TS 14067 (2013). Greenhouse gases - Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification and communication.
- [15] International EPD® System, (2013). General Programme Instructions (Version 2.01). <http://www.environdec.com/it/The-International-EPD-System/General-Programme-Instructions/#.Uuc2WNIVHGg>
- [16] United Nations Statistics Division, (2012). CPC Ver.2(Central Product Classification, Ver.2). <http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regcst.asp?Cl=25>
- [17] 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
- [18] International EPD® System (2013) PCR Basic Module for UN CPC 53 Land Transport Infrastructure. <http://www.environdec.com/en/PCR/Detail/?Pcr=8800#.UsJnkdIW1QA>
- [19] 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>
- [20] International EPD® System (2013) PCR for CPC 53221: Bridges and Elevated Highways. Online document, <http://www.environdec.com/en/PCR/Detail/?Pcr=9377#.UsJoXNIW1QA>
- [21] 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>
- [22] 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>
- [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] 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
- [25] 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.
- [26] 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
- [27] 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>
- [28] 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
- [29] 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
- [30] 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
- [31] 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
- [32] UK Highways Agency, (2009). Carbon Management Framework for Major Infrastructure Projects e21C Project Report. <http://www.forumforthefuture.org/files/EC21-Carbon-Framework-FINAL.pdf>
- [33] 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
- [34] US DOE, National Renewable Energy Laboratory (NREL), (2009). U.S. Life-Cycle Inventory Database.
- [35] US Environmental Protection Agency (EPA), (2010). EPA Climate Leaders Simplified GHG Emissions Calculator (SGEC), U.S. Environmental Protection Agency.
- [36] US Federal Highway Administration (FHWA), (2011). Sustainable Highways Self-Evaluation Tool. <https://www.sustainablehighways.org/>
- [37] 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)
- [38] 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>
- [39] 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>
- [40] International EPD® System, (2011). PCR for Highways, streets and roads. <http://www.environdec.com/en/Product-Category-Rules/Detail/?Pcr=5952>
- [41] UK Environment Agency, (2011). Carbon calculator for construction activities (v3_1_2). <http://www.environment-agency.gov.uk/business/sectors/136252.aspx>
- [42] 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>
- [43] 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>

- [44] 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
- [45] Caltrans (California Department of Transportation), (1983). Energy and Transportation Systems. California Department of Transportation, Division of Engineering Services, Office of Transportation Laboratory. Sacramento, California.
- [46] 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>
- [47] 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>
- [48] 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>
- [49] 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>
- [50] 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
- [51] 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>
- [52] 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)。

- [53] 行政院交通部，(2010)，節能減碳規劃設計參考原則。
- [54] 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。
- [55] 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
- [56] 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.
- [57] 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.
- [58] 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>
- [59] PE INTERNATIONAL, GaBi Database Documentation, http://gabi-dataset-documentation.gabi-software.com/xml_data/processes/38304ac2-fdcb-4a0b-863e-8f18a98bd19f_05.00.000.xml
- [60] 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。
- [61] 經濟部能源局，(2011)。99 年度電力排放係數。
- [62] US EPA, (2009). Potential for Reducing Greenhouse Gas Emissions in the Construction Sector.
- [63] 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、植物名稱與植被狀況之欄位。

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-3 道路工程施工碳足跡盤查登錄清冊- CP-工程施工項目登錄表

標別：

版次：v1.0

CP-工程施工項目登錄表								
流水號	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	備註
001	2013013	2013063	幸福高	DAA0160	PN3井基	20130130	20130627	

填表人：_____ 工地主任：_____

附表 I-4 碳足跡盤查登錄清冊-CC-廠商登錄表

標別：

版次：v1.1

CC-廠商登錄表												
流水號	登錄日期	更新日期	廠商類別	廠商名稱	廠商地點/地址	交通/運輸方式	運輸起點	運輸終點	單向運距(km)	距離資料品質	附件	備註

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

附 I - 6

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-9 道路工程施工碳足跡盤查登錄清冊- PL-植生登錄表

標別：

版次：v1.1

PL-植生登錄表								
流水號	登錄日期	更新日期	植物編號	植物名稱	類別	原生地	科別	樹齡(年)

填表人：_____ 工地主任：_____

附表 I-10 道路工程施工碳足跡盤查登錄清冊- MO-運具設備登錄表

標別：

版次：v1.2

MO-運具設備登錄表(含工區使用所有公務車、交通車)															
流水號	登錄日期	更新日期	運具編號	運具類別	廠牌型號	規格(噸/人座/cc數)	能源類別	能耗	能耗單位	數據品質	車齡	用途	車牌	運具油耗附件*	備註

*：運具油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)，並檢附其所需附件之影本。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-11 道路工程施工碳足跡盤查登錄清冊- HR-工區人員交通方式登錄表

標別：

版次：v1.1

HR-工區人員交通方式登錄表															
流水號	登錄日期	更新日期	人員姓名	協力廠商別	運具類別	單向行駛里程(km)	廠牌型號	規格(噸/人座/cc數)	能源類別	能耗量	能耗單位	能耗數據品質	車齡	車牌	能耗附件*

*：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)，並檢附其所需附件之影本。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-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) <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	
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 <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	
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 <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	
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 <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	
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 <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	

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 -1 A3、C1、A2 及 A1 標現場輔導工作辦理實錄

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段現場輔導辦理實錄

為確保本段各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。

本團隊本月份係將蘇澳及東澳兩部份現場輔導合併於蘇澳辦理；以下即摘要說明 103 年度 1 月份 A 段現場輔導會議辦理內容如下：

一、辦理時間：民國 103 年 1 月 23 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. 碳管理年報內容討論；
4. 其他討論事項；
5. 蘇澳部分工地參訪。

四、照片集錦



➤ 碳足跡盤查填報內容討論



➤ A1 標工區：北勝機具 ME-北勝 07 45t 吊車



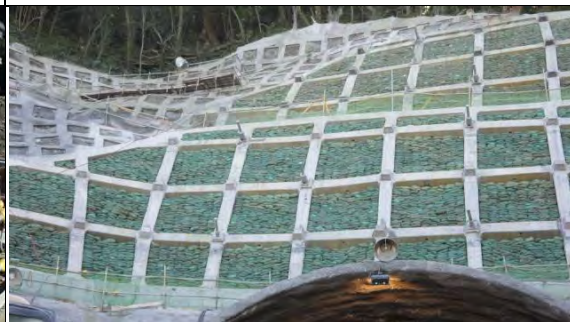
➤ A1 標工區：PN6 井基及北勝機具 ME-北勝 01(挖土機 PC300)



➤ A1 標工區：工料 MA-景躍 11 水保告示牌



➤ A1 標工區：P4 基礎鋼筋綁紮工程



➤ A2 標工區(北口)：邊坡混凝土格梁及草種植生包



➤ A2 標工區(北口)：邊坡自由型格梁樑施噴使用工料-有機土



➤ A2 標工區(北口)：隧道灌漿作業使用工料，MA-威建 01 水泥砂漿

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 103 年度 1 月份現場輔導會議辦理內容如下：

一、辦理時間：民國 103 年 1 月 15 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. 碳管理日誌、月報填報狀況討論；
2. 線上系統更新；
3. 其他討論事項；
4. 工地參訪。

四、照片集錦



➤ 碳管理日誌、月報填報狀況討論



➤ C1 標南口：隧道北上線鑽炸準備，洞口隔音簾幕架設



➤ C1 標南口：隧道北上線鑽炸準備，
開挖面鑽炸藥孔



➤ C1 標南口：隧道北上線支保組堆
置區



➤ C1 標北口：機運具操作油



➤ C1 標北口：橫坑工區清除掘除



➤ C1 標南口：辦公房舍組合屋工料堆
置區



➤ C1 標南口：預拌廠基礎混凝土澆
置，使用工料 MA00113 混凝土 350

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。

本團隊本月份因配合 BSI 查證小組執行年度現場稽查，故提前於 2/26 與 2/27 上午進行工區巡訪，並於 27 日下午於蘇澳監造工程處辦理蘇澳東澳段 3 標現場輔導會議。以下即摘要說明 103 年度 2 月份 A 段現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 103 年 2 月 27 日(星期四) 15:00 ~ 16:00

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. 工區巡訪；
2. 碳盤查登錄清冊討論；
3. 碳管理日誌內容討論；
4. 線上系統更新說明；
5. 其他討論事項。

四、**照片集錦**



➤ A3 標工區：幸福高架橋工區 PS2 上構與 MA-樂志 04 工作車構件



➤ A3 標工區：東澳北溪河川橋工區 PN4&PS4 墩柱



➤ A3 標工區：ME-樂志 14 吊卡車



➤ A3 標工區：PN7&PS7 墩柱樣架



➤ A3 標工區：東岳隧道北口導坑與開挖機具(配特 01 挖土機)



➤ A3 標工區：東澳北溪河川橋工區 PN13 柱頭板與 PS13 墩柱施作



➤ A2 標工區：東澳隧道南口工程現況(修挖、出碴作業)



➤ A2 標工區：與查證人員巡訪東澳隧道南口污水處理裝置



➤ A1 標工區：新進工料(MA-榮工
012 墩柱鋼模)



➤ A1 標工區：新進工料(MA-榮工
011 基礎鋼模)

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。

本團隊本月份因配合 BSI 查證小組執行年度現場稽查，故提前於 2/26 與進行工區巡訪，而後於 27 日上午辦理本標現場輔導會議，再針對前日未訪查工項進行巡查。茲摘要說明 C1 標 103 年度第 2 次現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 103 年 2 月 27 日(星期四) 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；
5. 工地參訪。

四、**照片集錦**



➤ 碳管理日誌、月報填報狀況討論



➤ 查證人員巡視隧道南口工區



➤ C1 標南口：工區用電變電站



➤ C1 標南口：機具加油作業(油罐車 FT-01)



➤ C1 標南口：隧道北上線洞內桁架支撐堆置區



➤ C1 標南口：隧道北上線炸孔裝藥結線



➤ C1 標南口：辦公房舍組合屋組立



➤ C1 標南口：預拌廠工料堆置區

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。

103 年度 1 至 2 月為因應 102 年度工程及管理單位碳盤查年報與 BSI 年度現場查驗需要，將 A 段三個標段現輔合併舉辦。自 3 月起，本團隊恢復將現場輔導區分為蘇澳、東澳兩部份分別辦理。以下茲摘要說明 103 年度 3 月份蘇澳段現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 103 年 3 月 31 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. 線上系統更新說明
4. 工區巡訪

四、照片集錦



➤ 碳足跡盤查填報內容討論



➤ A1 標工區：3 月份新增工程材料 (防撞鋼板)



➤ A1 標工區：PN1 基礎墩柱鋼筋與鋼筋公頭續接器



➤ A1 標工區：PN7 井式基礎墩柱鋼筋與鋼筋母頭續接器



➤ A1 標工區：PS10 井式基礎現況



➤ A2 標工區：AN2 橋台井式基礎降挖作業



➤ A2 標工區：北口南下線隧道環境改善



➤ A2 標工區：北口南下線機具 AJ012(鑽堡機)

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。

103 年度 1 至 2 月為因應 102 年度工程及管理單位碳盤查年報與 BSI 年度現場查驗需要，將 A 段三個標段現輔合併舉辦。自 3 月起，本團隊恢復將現場輔導區分為蘇澳、東澳兩部份分別辦理。以下茲摘要說明 103 年度 3 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 103 年 3 月 25 日(星期二) 10:40 ~ 15:30

二、**辦理地點**：新亞建設開發股份有限公司 東澳施工處 2 樓會議室

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. 工務段與監造協助事項
4. 工區現場訪查

四、照片集錦



➤ 碳足跡盤查填報內容討論



➤ A3 標工區：排水箱涵現況(前段已埋入)



➤ A3 標工區：東岳隧道南口導坑中間牆



➤ A3 標工區：AN1 井式基礎現況



➤ A3 標工區：PS3 與 PS4 閉合處



➤ A3 標工區：PS(N)12&PS(N)13 墩柱現況(PS12~13 柱頭板工程；PN12~13 墩柱工程)

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 103 年度第 3 次現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 103 年 3 月 27 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. 碳管理日誌、月報填報狀況討論；
2. 監造及承商協助事項；
3. 臨時動議；
4. 工地參訪。

四、照片集錦



➤ 碳管理日誌、月報填報狀況討論



➤ C1 標北口橫坑：施工便道鋪設，使用工料 MA-00060 混凝土 245



➤ C1 標北口橫坑工區：受電站防護圍籬組裝



➤ C1 標北口橫坑工區：工程告示牌設置



➤ C1 標南口二工區：暫置土方作業，使用機具，挖土機 BH-92、傾卸車 DT-33



➤ C1 標南口：隧道北上線工料堆置區，MA-00112 拉桿



➤ C1 標南口：隧道北上線工料堆置區，MA-105-3 SN 岩栓



➤ C1 標南口：隧道北上線工料堆置區，玻璃急結管

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-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 3 月起恢復將現場輔導區分為蘇澳、東澳兩部份分別辦理。以下茲摘要說明 103 年度 4 月份蘇澳段現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 103 年 4 月 25 日(星期五) 上午 8:30 ~ 12:00

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. 工區巡訪。

四、照片集錦





➤ A1 標白米高架橋工區：P37、P38 墩柱鋼模(4 月份填報)



➤ A1 標永樂高架橋工區：PN7 井式基礎墩柱鋼筋與鋼筋母頭續接器



➤ A1 標永樂高架橋工區：PN9 井式基礎澆置作業



➤ A2 標北口工區：擋土牆鋼筋綁扎作業

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-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 3 月起恢復將現場輔導區分為蘇澳、東澳兩部份分別辦理。以下茲摘要說明 103 年度 4 月份東澳段現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 103 年 4 月 24 日(星期四) 上午 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. 碳盤查登錄清冊討論；
2. 碳管理日誌內容討論；
3. 工區現場訪查。

四、照片集錦



➤ 混凝土生產、運輸量釐清討論



➤ A3 標東岳隧道工區：中間牆混凝土澆置作業



➤ A3 標東澳北溪河川橋工區：PS3 與 PS4 節塊閉合處



➤ A3 標東澳北溪河川橋工區：PN2 墩柱盤式支承(已填報使用)



➤ A3 標東澳北溪河川橋工區：協力廠商材料(MA-樂志 06、07 端錨套管)



➤ A3 標幸福高架橋工區：東岳隧道南口中間牆外觀



➤ A3 標幸福高架橋工區：橋台基礎施工進度及鋼模



➤ A3 標幸福高架橋工區：PS1、PS2 場撐



➤ A2 標南口工區：南下線隧道開挖面修挖作業(AA307 挖土機)



➤ A2 標南口工區：南下線隧道內設置機具(AL-011 噴漿機)

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 103 年度第 4 次現場輔導會議辦理內容如下：

- 一、**辦理時間**：民國 103 年 4 月 23 日(星期三) 下午 2:00 ~ 5:30
- 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. 碳盤查登錄清冊討論；
- 2. 碳管理日誌、月報填報狀況討論；
- 3. 3 月會議結論追蹤；
- 4. 監造及承商協助事項；
- 5. 臨時動議；
- 6. 工地參訪。

四、照片集錦



➤ 碳盤查登錄清冊討論



➤ 碳管理日誌、月報填報狀況討論



➤ C1 標北口橫坑工區：新進場機具
(外租挖土機)



➤ C1 標北口橫坑工區：施工便道底
板澆置(MA-00035 混凝土 175)



➤ C1 標北口橫坑工區：臨時沉砂池設
置



➤ C1 標北口橫坑工區：臨時沉砂池
鋼筋混凝土管埋設



➤ C1 標南口：排水箱涵預埋 PVC 管
(待登錄材料)



C1 標南口：排水箱涵頂板施工進度



➤ C1 標南口：隧道北上線工料堆置
區，MA-00082-1 水泥砂漿(II 型)



➤ C1 標南口：隧道北上線修挖作業
新進場挖土機(右)(BH-94)

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。

考量會議進行的有效性與各標進度和工程內容的變化性，本月份現場輔導會議辦理集中於蘇澳辦理。以下茲摘要說明 103 年度 5 月份蘇澳段現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 103 年 5 月 22 日(星期四) 上午 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. 工區巡訪。

四、照片集錦



➤ 碳管理日誌、月報填報狀況討論



➤ A1 標蘇澳隧道工區：排水箱涵



➤ A1 標蘇澳隧道工區：本月份新增回收再利用材料(模板與支撐架)



➤ A1 標白米高架橋工區：P33 井式基礎地質改良現況



➤ A1 標白米高架橋工區：P34 井式基礎地質改良使用機具(鑽堡機)



➤ A2 標北口工區：AN2 橋台基礎混凝土澆置



➤ A2 標北口工區：北上線隧道台階(洞台)開挖



➤ A2 標北口工區：隧道內新進場材料堆置區,MA-威建 20:V 支堡(洞台)

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 103 年度第 5 次現場輔導會議辦理內容如下：

- 一、**辦理時間**：民國 103 年 5 月 29 日(星期四) 上午 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. 碳盤查登錄清冊討論；
- 2. 碳管理日誌、月報填報狀況討論；
- 3. 4 月現場輔導會議結論追蹤；
- 4. 監造及承商協助事項；
- 5. 臨時動議；
- 6. 工地參訪。

四、照片集錦



➤ 碳盤查登錄清冊討論



➤ 碳管理日誌、月報填報狀況討論



➤ C1 標北口橫坑工區：邊坡灌漿錨筋鑽孔



➤ C1 標北口橫坑工區：新進場機具，ZU-003：空壓機(歐欣)



➤ C1 標南口：北上線隧道洞台開挖作業



➤ C1 標南口：隧道北上線新進場材料堆置區(洞台支保)



➤ C1 標南口：南下線隧道新進場機具，ZU-002：鑽堡機(聯鈺)



➤ C1 標南口：排水箱涵第一節塊頂板鋼筋綁札作業

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，本團隊本月現場輔導區分為蘇澳、東澳兩部分各別辦理。以下摘要說明103年度6月份蘇澳部分現場輔導會議辦理內容如下：

一、辦理時間：民國 103年6月24日(星期二) 下午14:00~16:00

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、月報內容討論；
3. 工區巡訪。

四、照片集錦



➤ 碳足跡盤查填報內容討論



➤ A1 標白米高架橋工區：水刀拆除 P10 帽樑混凝土結構



➤ A1 標白米高架橋工區：P11 盤式支撐混凝土支撐墊



➤ A1 標永樂高架橋工區：P12 墩柱帽樑鋼筋綁紮

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-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，本團隊本月現場輔導區分為蘇澳、東澳兩部分各別辦理。以下摘要說明103年度6月份東澳部分現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 103年6月27日(星期五) 上午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. 碳盤查登錄清冊討論；
2. 碳管理日誌內容討論；
3. 工區現場訪查。

四、照片集錦



➤ 碳足跡盤查填報內容討論



➤ A3 標幸福高架橋工區：AS1 橋台模板組立



➤ A3 標東岳隧道工區：北口北上線開挖(ME-配特 16、ME-配特 19)



➤ A3 標東澳北溪河川橋工區：預力材料 MA-樂志 01(預力鋼腱)



➤ A2 標南口工區：隧道通風風管堆置區



➤ A2 標南口工區：增設第二套水處理設備



➤ A2 標南口工區：南下線台階降挖作業



➤ A2 標南口工區：南下線台階降挖作業使用機具，ME-昆成 02 (空壓機)

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 103 年度第 6 次現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 103 年 6 月 17 日(星期二) 上午 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. 碳盤查登錄清冊討論；
2. 碳管理日誌、月報填報狀況討論；
3. 5 月現場輔導會議結論追蹤；
4. 監造及承商協助事項；
5. 臨時動議；
6. 工地參訪。

四、照片集錦



➤ 碳盤查登錄清冊討論



➤ 碳管理日誌、月報填報狀況討論



➤ C1 標南口：北上線隧道開挖面炸孔裝藥結線作業



➤ C1 標南口：新進場桁型支保堆置區



➤ C1 標南口：排水箱涵側牆模版及車牙螺桿



➤ C1 標北口橫坑：洞口假隧道組立作業



➤ C1 標北口橫坑：新進場機具，BH-96 挖土機



➤ C1 標北口橫坑：新進場機具，挖土機(欣達)

附錄 II -2 B 段土建標工程碳足跡推估資料調查說明
會議辦理情形

檔號：
保存年限：

中興工程顧問股份有限公司 函

地址：10570 台北市南京東路5段171號14樓
電話：02-27698388 傳真：02-27634555
承辦人：黃琬淇 分機：20956

受文者：如正、副本行文單位

發文日期：中華民國 103 年 2 月 24 日
發文字號：環一字第 1030006825 號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：普通
附件：如文

主旨：本公司辦理「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」專案，敬請 貴處協助函知南澳和平段監造工程處及各施工廠商配合碳排放活動調查並提供聯絡窗口，無任公感。

說明：

- 一、依據 貴處 102 年 8 月 28 日蘇花工字第 1021001594 號函附會議紀錄捌、結論第 2 項辦理。
- 二、檢附南澳和平段(B段)土建標工程碳足跡推估資料調查說明及南澳和平段(B段)土建標工程碳足跡推估資料調查表(詳如附件一)，建請監造及各施工廠商試填惠覆。

正本：交通部公路總局蘇花公路改善工程處
副本：

裝

訂

線

檔 號：70540

保存年限：5

交通部公路總局蘇花公路改善工程處 函

地址：27050宜蘭縣蘇澳鎮蘇新路101號

承辦人：林日增

電話：03-9592000#208

傳真：03-9594244

電子信箱：cyclonegreen@gmail.com

受文者：中興工程顧問股份有限公司

發文日期：中華民國103年4月9日

發文字號：蘇花工字第1030002388號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：

擬：1. 函件高並陳；

2. 文呈後存。

環一部

黃奕良

主旨：所報「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」，B段土建標工程碳足跡推估資料調查表案，請於近期擇日召開教育訓練，協助廠商填報，請查照。

說明：

- 一、依據本處南澳工務段103年4月3日蘇花南字第1030300750號書函辦理，暨復貴公司103年2月24日環一字第1030006825號函。
- 二、旨揭調查表經B段監造洽各標承商後表示，建議提供適用於B段之參考文件或辦理教育訓練，以免因各標資訊不足而填報失當。爰請貴公司於近期擇日召開教育訓練，協助廠商填報。
- 三、另監造及各標承商聯絡窗口如下：
 - (一)CECI：詹佳泰，電話：03-9982366#122
 - (二)B1標：黃奕良，電話：03-9981040#109
 - (三)B2標：林博文，電話：0939-121766
 - (四)B3標：楊千瑤，電話：03-8682311#131



(五)B4標：何建興，電話：038682190

正本：中興工程顧問股份有限公司

副本：本處南澳工務段、和平工務段、台灣世曦工程顧問股份有限公司蘇花改南澳和平
監造工程處

2014-04-10
交 08:02:52 章

裝



訂

線



檔號：
保存年限：

中興工程顧問股份有限公司 函

地址：10570 台北市南京東路5段171號14樓
電話：02-27698388 傳真：02-27634555
承辦人：黃琬淇 分機：20956

受文者：如正、副本行文單位

發文日期：中華民國 103 年 4 月 15 日
發文字號：環一字第 1030012802 號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：普通
附件：

主旨：本公司辦理「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」專案，敬請 貴處協助函請 B 段監造及各標承商出席「B 段土建標工程碳足跡推估資料調查說明會議」，無任公感。

說明：

- 一、復 貴處 103 年 4 月 9 日蘇花工字第 1030002388 號函，為提升台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫工程 B 段工程碳足跡推估結果之有效性與代表性，本計畫擬召集 B 段監造及各標承商，進行工程碳足跡推估資料調查說明。旨揭會議經與 B 段監造協商後，擬訂於：103 年 4 月 23 日上午 9 時假南澳工務段會議室辦理，請 貴處協助協調南澳工務段提供場地。
- 二、請 貴處協助函請 B 段監造及各土建標承商指派兩名以上人員出席會議，以利研討並確保後續資料填報相關事宜。

正本：交通部公路總局蘇花公路改善工程處
副本：

檔 號：70540

保存年限：5

交通部公路總局蘇花公路改善工程處 函

地址：27050宜蘭縣蘇澳鎮蘇新路101號

承辦人：林日增

電話：03-9592000#208

傳真：03-9594244

電子信箱：cyclonegreen@gmail.com

受文者：中興工程顧問股份有限公司

發文日期：中華民國103年4月18日

發文字號：蘇花工字第1030002728號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：

擬定：1. 準備說明資料赴會研商；
2. 呈閱後存。

環一部
世曦(復)

主旨：茲訂於103年4月23日（星期三）上午9時假南澳工務段會議室辦理「蘇花改B段土建標工程碳足跡推估資料調查說明會議」，請派員參加，請查照。

說明：

- 一、依據中興工程顧問股份有限公司103年4月15日環一字第1030012802號函辦理。
- 二、各與會單位應指派兩名以上業務相關人員，以利研討並確保後續資料填報相關事宜。

正本：台灣世曦工程顧問股份有限公司蘇花改南澳和平監造工程處、泛亞工程建設股份有限公司南澳施工所、工信工程股份有限公司南澳施工所、工信工程股份有限公司漢本施工所、璉嶸營造有限公司和平工務所

副本：本處南澳工務段、和平工務段、中興工程顧問股份有限公司

103-04-18
交15-換:43章



道路工程碳足跡盤查 執行說明

2014/04/23

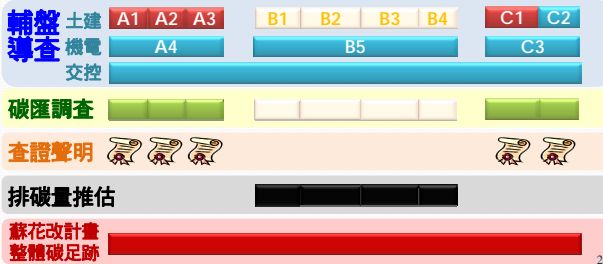
大綱

- 壹、工程碳足跡盤查內容說明
- 貳、工程碳足跡調查資料填寫說明



一、盤查內容

蘇花改工程碳管理空間範圍



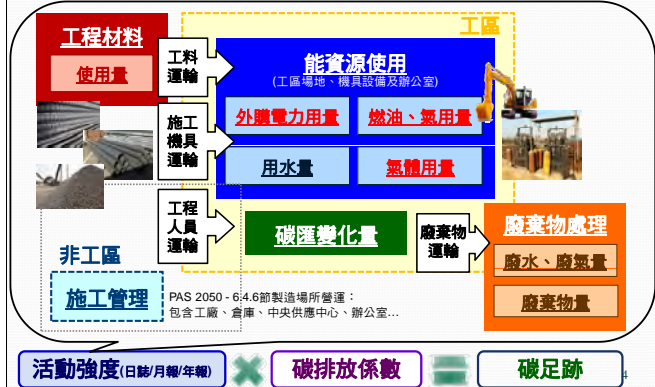
一、盤查內容

蘇花改工程碳管理工作要項



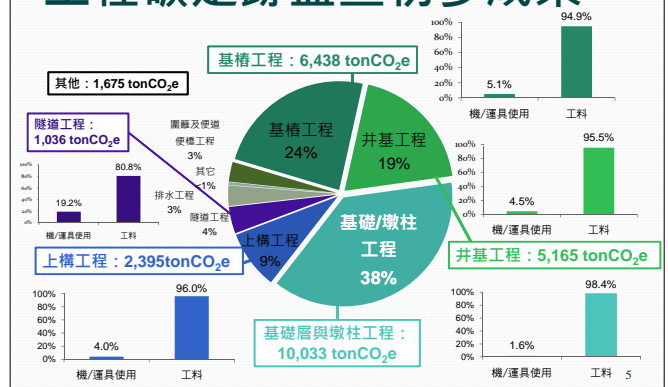
一、盤查內容

工程碳足跡盤查邊界及內容



一、盤查內容

工程碳足跡盤查初步成果



本土工程碳足跡計算參數建立

單位基礎層體積排碳量

0.29~0.54 tonCO₂e/m³

單位基樁長度排碳量

1.28~1.35 tonCO₂e/m

樁基礎工程
施工碳足跡評估

基樁長 (m)	A3標 (tonCO ₂ e/支)	A1標 (tonCO ₂ e/支)	平均 (tonCO ₂ e/m)
20	26.98	26.95	1.35
25	32.65	32.53	1.30
30	38.59	38.35	1.28

工程/環境特性vs.碳足跡關連分析

工程影響因子
(單位面積/挖方/長度排碳量)

B段土建工程排碳量
推估

▶ 道路工程

▶ 橋樑工程

- ▶ 工法：支撐先進工法、場鑄懸臂工法、場撐逐跨工法
- ▶ 基礎型式：淺基礎(展式基礎)及橋台井式基礎、槽基礎

▶ 隧道工程

- ▶ 開挖方式：鑽炸開挖、機械開挖
- ▶ 地質狀況、湧水

▶ 規模

▶ 環境因子

標別	工程特性	排碳量初估
B1標 (南澳武塔段)	橋樑工程兼具道路與隧道	A3推估
B2標 (觀音隧道)	長隧道(7.3公里)	A2推估
B3標 (谷風隧道)	長隧道(5.2公里) 道路(陸堤路暫23.5公尺) 橋梁(645公尺)	A2、C2 推估
B4標 (和平路段橋樑)	連絡道含橋樑(1.6公里) 與道路(0.6公里)	A3推估

工程碳足跡推估調查資料

- 工程量體資料
- 工程材料用量資料
- 佐證資料
 - 施工計畫書/分項施工計畫書
 - 施工日誌/月報、估驗紀錄
- 能資源使用狀況
 - 電力、柴油、汽油

分工項提供

隧道建議開挖以岩體類型分別填報

工程碳足跡推估調查資料

- 特殊工程資訊
 - 隧道工程：土石方運輸路線與數量
 - 橋樑工程
- 工程管理碳排放資料
 - 以年度填報
 - 用電、用水(僅自來水)
 - 用油(汽油、柴油)
 - 人員出勤數(住宿人數或比例)

!! 資料回收時間點

- 工程計畫書網圖及進度
 - 網圖洽工程處
- 已完成工項之工料使用資料(用油量選擇性提供)
 - 橋樑：下構(基礎、墩柱)
 - 隧道：用電量
- 工程管理碳排放資料
 - 確認蒐集102年度：5/7

聯絡人資訊

- CECI：詹佳泰
- B1(泛亞)：黃奕良
- B2(工信)：林博文
- B3(工信)：楊千瑤
- B4(璉嶸)：何建興

簡報完畢

敬請指教

蘇花改碳管理專線：02-37655843



台9線蘇花公路山區路段改善計畫

B段土建標工程碳足跡推估資料調查說明會議 簽到單

會議時間：民國103年4月23日(星期三)上午9時0分

會議地點：南澳工務段會議室

出席(列)席單位及人員：

機關或單位名稱及姓名
蘇花公路改善工程處 林日增
蘇花公路改善工程處南澳工務段 羅大喬
蘇花公路改善工程處和平工務段 黃國哲
台灣世曦工程顧問股份有限公司南澳和平監造工程處 蔡振尚 蔡仁毅
泛亞工程建設股份有限公司 鄭文松 李軒

工信工程股份有限公司

林博文

陳虹香 4/23

廖玲

許文馨 4/23

璉嶸營造股份有限公司

胡明雄 4/23

中興工程顧問股份有限公司

許楓蓓

黃崑頌

周松霖

附錄 II -3 C2 標啟始會議辦理實錄

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間 工程碳管理仁水隧道新建工程(C2 標)啟始會議 辦理實錄

本計畫配合台9線蘇花公路仁水隧道新建工程(C2標)決標及開工時間，於民國103年6月24日辦理啟始會議。會中集結蘇花公路改善工程處、工務段，監造單位(中興工程顧問公司蘇澳東澳段監造工程處)、承包商(大陸工程股份有限公司)、碳足跡盤查輔導單位(中興工程顧問公司)及查驗機構(香港商英國標準協會太平洋有限公司台灣分公司)代表，共同簽署碳足跡盤查合作宣言，宣示仁水隧道新建工程施工期間工程碳管理作業正式啟動。

- 一、會議時間：民國 103年 6月 24日(星期二) 9:30 ~ 10:00
- 二、會議地點：交通部公路總局蘇花公路改善工程處和平工務段會議室
- 三、啟始會議議程

時間	內容	講者
9:00~9:30	報到	
9:30~9:35	主席致詞	黃副處長鳳岡
9:35~09:50	碳管理計畫簡介	中興公司
	輔導單位暨監造單位代表 自我介紹	中興公司代表 (環工一部、段和中清水監造工程處)
	查驗單位代表自我介紹	BSI 代表
	承包商代表自我介紹	大陸工程股份有限公司代表
9:50~9:55	宣讀宣言與簽署	各單位代表
9:55~10:00	團體拍照	各單位代表

四、會議照片集錦



➤ 會議開始。主席致詞：黃副處長鳳岡

➤ 輔導單位碳管理計畫簡介：中興公司環工一部許主任珮蒨



➤ 查驗單位代表自我介紹：BSI 公司簡協理慧伶



➤ 承包商代表自我介紹：大陸工程公司劉副總經理姓



➤ 宣言簽署：主管單位代表(黃副處長鳳岡)



➤ 宣言簽署：輔導單位代表(許主任珮蒨)



➤ 宣言簽署：監造單位代表(楊經理明昭)



➤ 宣言簽署：輔導單位代表(簡協理慧伶)



➤ 宣言簽署：承包商代表(劉副總經理姓)



➤ 合照：各單位代表合影



➤ 合照：與會人員合影

台9線蘇花公路山區路段改善計畫

蘇澳永樂段新建工程碳足跡盤查啟始會議 簽到單

會議時間：民國 103 年 6 月 24 日(星期二) 上午 9 時 30 分

會議地點：蘇花公路改善工程處和中工務段

主 持 人：交通部公路總局蘇花公路改善工程處 黃副處長鳳岡

出(列)席單位及人員：

機 關 或 單 位 名 稱 及 姓 名
蘇花公路改善工程處 黃鳳岡 張林澂 林日增 陳國浩 楊奇勳
蘇花公路改善工程處和中工務段 孫濤 海培 陳折華 吳宗彥
英國標準協會台灣分公司 簡慧伶
中興工程顧問股份有限公司 許佩蓓 費麗貝 黃建宏 周拉雲

機 關 或 單 位 名 稱 及 姓 名

中興工程顧問股份有限公司和中清水段監造工程處

楊明宏

黃文九 陳嘉山

大陸工程股份有限公司

馮 剏 孫 強
駱 松 許 明 莊
林 峻 弘 鄭 鐘 忠



仁水隧道新建工程 碳足跡盤查合作宣言

交通部公路總局蘇花公路改善工程處秉持「推動工程計畫兼顧環境保護」之理念，與台9線蘇花公路仁水隧道新建工程之施工廠商大陸工程股份有限公司、監造及碳足跡盤查輔導單位中興工程顧問股份有限公司，以及查驗機構英國標準協會台灣分公司，共同組成仁水隧道新建工程碳足跡盤查推動小組，願於工程施工期間會同各方資源，致力信守落實碳足跡盤查之承諾，共同為取得工程碳足跡查證聲明、落實工程碳排放控制而努力，進而持續提升減碳成效、豎立工程碳管理標竿。



主管單位

交通部公路總局蘇花公路改善工程處

黃鳳岡

查驗單位
英國標準協會
台灣分公司

輔導單位
中興工程顧問
股份有限公司

監造單位
中興工程顧問
股份有限公司

施工廠商
大陸工程
股份有限公司

簡慧伶

許淑清

楊明呢

劉理

中華民國 103 年 6 月 24 日

附錄Ⅲ 103 年度座談會(公路工程碳管理制度及實務
研討會)辦理成果報告



交通部公路總局

公路工程碳管理制度及實務研討會 成果報告書

中華民國 103 年 5 月 9 日

目錄

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

表目錄

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

圖目錄

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

第壹章 前言

1.1 會議辦理緣起

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

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

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

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

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

1.2 研討議題

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

(一) 產品碳足跡推動現況及工程碳足跡盤查準則與計算參考

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

(二) 公路總局推動道路碳管理經驗分享

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

1.3 辦理時間及地點

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

1.4 辦理單位

(一) 指導單位

1. 交通部

2. 行政院公共工程委員會

3. 行政院環境保護署

(二) 主辦單位：交通部公路總局

(三) 協辦單位

1. 交通部臺灣區國道新建工程局

2. 交通部鐵道改建工程局

3. 桃園縣政府

4. 中興工程顧問股份有限公司

5. 台灣世曦工程顧問股份有限公司

1.5 會議議程

表 1.5-1 研討會議程表

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

第貳章 論壇演講摘要與討論彙整

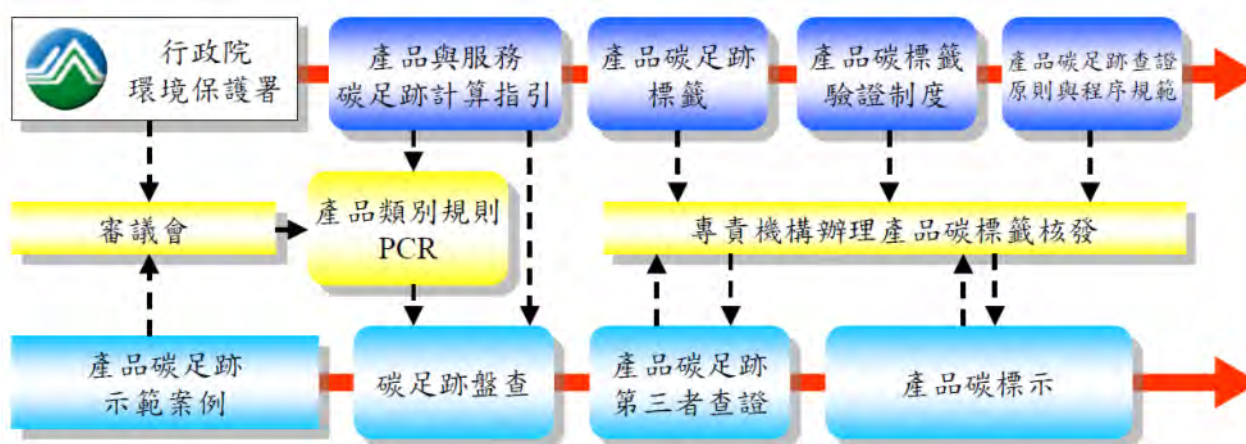
2.1 專題一：產品碳足跡推動現況及工程碳足跡盤查準則與計算參考

一、我國產品碳足跡標示制度推動現況

報告人：行政院環保署管制考核及糾紛處理處處長 蕭慧娟

論壇演講摘要

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



3. 推動迄今已公告 60 件碳足跡產品類別規則文件，合計 232 件產品取得碳標籤證書，累計產值超過新台幣 80 億；廠商針對產品提出未來具體溫室氣體減量承諾，已承諾達成減碳成效約 1.1 萬噸 CO₂e。

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

討論彙整

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

蕭處長回應

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

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

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

蕭處長回應

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

3. 針對產品碳足跡標籤的推行，環保署是否有實質獎勵措施？

蕭處長回應

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



圖 2.1-1 蕭處長慧娟演講實況

二、我國公共工程碳排放估算與調查推動策略與現況

報告人：行政院公共工程委員會技正 徐肇晞

論壇演講摘要

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

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



圖 2.1-2 徐肇晞技正演講實況

三、我國道路工程碳足跡產品類別規則介紹

報告人：臺北科技大學環境工程與管理研究所教授 胡憲倫

論壇演講摘要

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

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



圖 2.1-3 胡憲倫教授演講實況

四、我國公共工程碳排放估算與調查推動策略與現況

報告人：英國標準協會(BSI)驗證部協理 林文華

論壇演講摘要

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

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



圖 2.1-4 林文華協理演講實況

2.2 專題二：公路總局推動道路工程碳管理經驗分享

一、橋梁不同跨度及工法之 e 化系統建置(含碳排放量推估)

報告人：逢甲大學土木工程系教授 卜君平

論壇演講摘要

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

本計畫將橋梁全生命週期細分成五類：材料生產、材料運輸、施工階段、日常使用及維護以及拆除及廢棄物處理。材料生產部分，又區分成上構及下構，分別就其最大宗材料(混凝土、鋼筋、鋼腱、瀝青混凝土等)進行既有橋梁之材料數量迴歸分析，以取得欲興建橋梁需使用之材料數量概數；材料運輸部分，使用各材料平均運距(根據交通部統計處 100 年汽貨車貨運調查報告)乘上平均燃油效率 4 km/公升再乘上柴油單位排碳量，可得各材料平均運輸所產生之碳排放係數，以此計算最大宗材料運輸所致之碳排量；施工階段部分，又區分為施工機具及用電以及臨時設施及施工自動化，施工機具以約占新建工程全生命週期總碳排量之 4% 為計算依據，而臨時用電與施工機具排碳量則約略相當，臨時設施部分只計算其運輸碳排量，而施工自動化則計算支撐架、工作車、吊車等之生產、運輸碳排量，但另予以攤提至各單元內；日常使用及維護部分，又區分為夜間照明及車輛行駛以及維護，夜間照明及車輛行駛以每年 5.8 kg/m² 概算，維護則以瀝青混凝土使用量來計算碳排量；拆除及廢棄物處理部分，拆除階段碳排量約為 4.32kg/m²，廢棄物處理階段則約為 2.83kg/T。

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

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



圖 2.2-1 卜君平教授演講實況

二、台 9 蘇花改計畫工程碳足跡盤查與輔導實務經驗分享

報告人：中興工程顧問股份有限公司環工一部 黃琬淇博士

論壇演講摘要

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

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

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

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

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



圖 2.2-2 黃琬淇博士演講實況

三、台 61 八棟寮九塊厝計畫工程碳足跡盤查與輔導實務經驗分享

報告人：中興工程顧問股份有限公司環工一部 林彥宇博士

論壇演講摘要

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

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

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

四、台 9 南迴計畫工程設計階段碳排放量推估及減碳策略

報告人：台灣世曦工程顧問股份有限公司第二結構部經理 蔣啟恆

論壇演講摘要

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



圖 2.2-3 林彥宇博士演講實況

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

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

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

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



圖 2.2-4 蔣啟恆經理演講實況

五、台 9 南迴計畫工程材料碳足跡數據建立

報告人：財團法人成大研究發展基金會經理 陳峙霖

論壇演講摘要

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

亦可供材料供應商欲取得碳標籤者參考。

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



圖 2.2-5 陳峙霖經理演講實況

2.3 綜合討論

主持人：

交通部公路總局 夏副局長明勝
交通部公路總局 吳總工程司進興

座談人員：

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

討論彙整

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

林文華協理回應

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

之排碳量不需納入。

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

夏副局長回應

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

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

成大研發中心 陳經理回應

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

中興顧問 黃博士回應

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

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

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

世曦顧問 蔣經理回應

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

4. 橋梁 e 化系統內，是否有考量工期與橋梁下跨越物之差異分析？

逢甲大學 卜教授回應

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

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

中興顧問 林博士回應

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

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

公共工程委員會 徐技正回應

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

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

成大研發中心 陳經理回應

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

夏副局長回應

建議可在合約內作一些規範，則後續溝通可更收成效。

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

夏副局長回應

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

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

環保署 蕭處長回應

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

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

成大研發中心 陳經理回應

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

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

公共工程委員會 徐技正回應

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



圖 2.4-1 綜合討論實況

第參章 會議結論與後續建議

3.1 結論

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

以下簡要總結各場次重點結論：

一、我國產品碳足跡標示制度推動現況：

行政院環境保護署管制考核及糾紛處理處 蕭慧娟處長

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

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

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

二、我國公共工程碳排放估算與調查推動策略與現況：

行政院公共工程委員會技術處 徐肇晞技正

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

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

三、我國道路工程碳足跡產品類別規則介紹：

台北科技大學環境工程與管理研究所 胡憲倫教授

產品類別規則的制訂是為了讓產品的環境影響或溫室氣體排放的量化

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

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

四、 工程碳足跡盤查準則與查證重點：

英國標準協會太平洋有限公司驗證部 林文華協理

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

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

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

五、 橋梁不同跨度及工法之 e 化系統建置(含碳排放量推估)：

逢甲大學土木工程系 卜君平教授

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

六、 台 9 蘇花改計畫工程碳足跡盤查與輔導實務經驗分享：

中興工程顧問股份有限公司環工一部 黃琬淇博士

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

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

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

七、 台 61 線八棟寮九塊厝工程碳足跡盤查與輔導實務經驗分享：

中興工程顧問股份有限公司環工一部 林彥宇博士

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

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

八、 台 9 南迴計畫工程設計階段碳排放量推估及減碳策略：

台灣世曦工程顧問股份有限公司第二結構部 蔣啟恆經理

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

九、 台 9 南迴計畫工程材料碳足跡數據建立：

財團法人成大研究發展基金會產業永續發展中心 陳峙霖經理

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

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

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

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

3.2 後續建議

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

1. 工程節能減碳

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

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

2. 本土化工程排碳特性研析

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

3. 本土化係數與碳管理制度建置

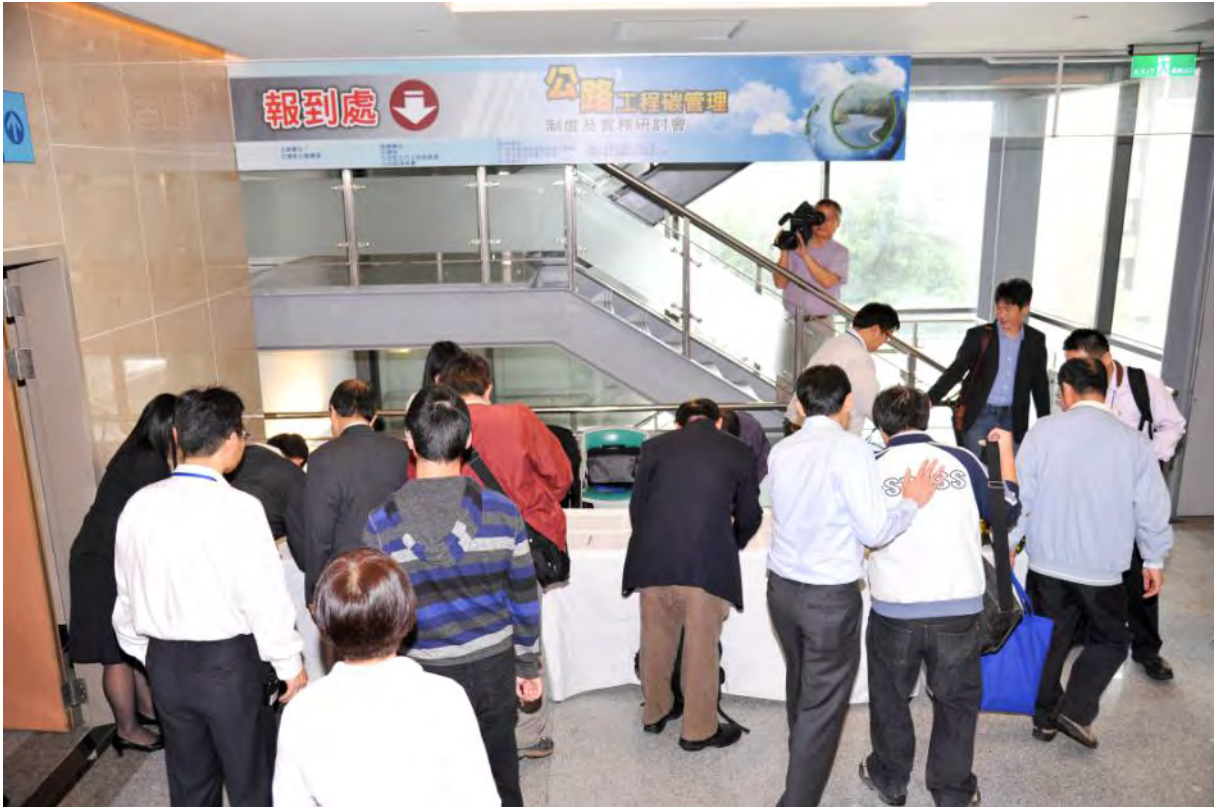
- 本土化工程碳足跡係數：目前環保署已有持續建置本土產品碳足跡排放係數的規劃，且相關資訊會審查公告於產品碳足跡計算服務平台中，惟工程材料的碳排放係數數量仍屬有限。建議未來可協調經濟部工業局、環保署管考處等我國產品碳足跡盤查推動單位，協助公路總局各工程碳足跡盤查工作團隊輔導主要供應商進行產品碳足跡盤查，又或至少取得可用以計算產品碳足跡的資料，作為後續公路工程碳足跡查證滿足數據品質要求、取得較高保證等級查證聲明之依據。

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

4. 碳管理經驗交流與溝通

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

第肆章 照片集錦



與會來賓於報到處排隊簽到



講者簽到

公路工程碳管理 制度及實務研討會

會議議程表

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

議程海報



會場主視覺



講台前海報



主持人、貴賓及邀請講者入座



主辦單位代表(夏副局長明勝)致歡迎詞



貴賓(行政院公共工程委員會技術處徐處長景文)致詞



貴賓(交通部吳次長盟分)致詞



主協辦單位代表、貴賓及邀請講者合影



與會來賓座無虛席



專題一主持人夏副局長明勝



專題二主持人吳總工程司進興



綜合討論與會者成大張行道教授提問



綜合討論主席夏副局長明勝回覆



綜合討論講者 BSI 林文華協理回覆



綜合討論講者成大基金會陳峙霖經理回覆



綜合討論講者中興公司黃琬淇博士回覆



綜合討論講者台灣世曦公司蔣啟恆經理回覆



綜合討論與會者中大蔡宗益博士候選人提問



綜合討論講者逢甲大學卜君平教授回覆



綜合討論講者中興公司林彥宇博士回覆



綜合討論講者工程會徐肇晞技正回覆



綜合討論與會者成大福島康裕教授提問



綜合討論與會者中大林志棟教授提問



綜合討論主席夏副局長明勝結論



綜合討論主席夏副局長宣布閉幕

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 102 年度年末進度報告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，以工程累計進度配合碳足跡累計計算結果，於 103 年年中報告中提出整合呈現方式，詳第 4.2.1 節。
(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呈現方式，以工程累計進度配合碳足跡累計計算結果，於 103 年年中報告中提出整合呈現方式，詳第 4.2.1 節。
(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 102 年度年末進度報告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	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；目前已於

審查意見	處理情形
<p>凝土、水泥、水泥砂漿是否加以解析歸為同類)。</p>	<p>103 年度年中進度報告彙整時，力求各標工程材料之類別名稱的一致性。</p>
<p>(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？又或如鋼纖噴凝土是否有將鋼纖維和混凝土分開計算？</p>	<p>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。</p>
<p>(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？</p>	<p>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。</p>
<p>(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。</p>	<p>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。</p>
<p>(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。</p>	<p>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。</p>
<p>(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</p>	<p>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。</p>

審查意見	處理情形
結果需經查驗核可後再予計價。	
(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。102 年度年末進度報告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 102 年度年末進度報告修正報告第四章 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 102 年度年末進度報告修正報告中所載之 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。承包商之工務所應納入工程碳足跡盤查範圍，但營區本質上可不納入盤查；

審查意見	處理情形
	惟盤查現況顯示：部分營區房舍與工務所地裡邊界無法明確切割，經與查證單位討論確認，考慮保守性原則，在此狀況下則一致納入盤查範圍。
(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 102 年度年末進度報告修正報告第四章 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 102 年度年末進度報告修正報告第四章 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(管窠鋼管、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 102 年度年末進度報告修正報告中，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	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

審查意見	處理情形
性。	車運輸排碳係數，由於國內尚未有官方公告的係數資料，故 102 年度年末進度報告書修正報告仍暫以 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；102 年度年末進度報告書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，已列入

審查意見	處理情形
	本期年中進度報告書之 A2 及 C1 標工程碳足跡計算，詳本報告第三章。
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。	遵照辦理。本計畫已於 103 年 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。本計畫已於 103 年 4 月辦理碳足跡推估調查資料說明會後，蒐集到 B 段 102 年度工程管理碳排放調查及部分工項之工程材料用量資料，並完成初步試算與分析，詳 103 年度年中報告書第 3.5 節。
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。

「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」

103 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 103 年 9 月 19 日 (星期五) 上午 9 時 30 分

會議地點：蘇花改工程處會議室

主持人：吳副處長明恩

記錄：謝絮羽

審查意見	處理情形
一、廖洪鈞教授	
(一) 簡報 P.51，單位墩柱排碳量分析應再釐清 A3 標 PN2、PS2 排碳量原因，並與原設計單位或具土木工程背景之人員溝通研析，較能正確分析出排碳熱點。	感謝委員指正，已與本團隊土木專業人員重新檢討墩柱排碳量分析內容，結果顯示，不論墩柱是否裝設盤式支承或防撞鋼板，墩柱主結構之單位排碳量與設計規格有關；相同設計條件下之墩柱主結構單位排碳量差異不大，盤式支承及防撞鋼板之排碳量建議以外加方式表示。修正結果詳本報告 4.2.1 節。
(二) 簡報 P.52，A3 標 P33 不同工法差異比較僅考慮兩工法間設計條件(工程材料使用及機具)之排碳量差異，但工法變更可能與現地條件有關，應將其他面向一併納入考量(例如：地質改良、施工時間、成本等)。	A3 標 P33 及 P34 係因地質條件而變更設計內容，除兩工法使用材料及機具差異外，變更設計前之地質改良工程排碳量已彙集納入排碳量分析中；地質改良對於工法之排碳量分析將有顯著影響。相關成果於修正報告 4.2.4 節補充說明。
(三) 建議可藉由碳盤查結果分析，比較各承包商間機具能耗，促使承包商檢討並作自主管理，以達減少排碳量與成本降低之雙贏目標。	已就目前各標可分析單位能耗之機具資料彙整於 4.2.5 節，除於報告中呈現外，並將於現場輔導時提出供承包商參考；後續將持續進行資料蒐集分析，定期提供承包商參考。
二、陳立憲教授	
(一) 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，確保執行成果對於土木工程能夠更具應用價值。	感謝委員指教。本計畫現階段工作內容主要在蒐集及核對現場提供資料，以確保後續產出排碳量數據之品質。在盤查結果應用方面，目前已先完成機具能耗分析及不同工項之排碳量比較，以提供承包商施工參考，並可作為未來其他案例推估參考數據。未來將持續進行前述分析，並對於各標別之相同工項進行分析比較，如不同岩層之隧道開挖作業單位排碳量，橋梁基礎、墩柱及上構之單位排碳量等，以提

審查意見	處理情形
	升碳盤查結果應用價值。
(二) 報告書 P.4-16, 工程進度與排碳量關係圖, 柱狀圖分類內容為工料、機具及運輸, 建議改為各工項排放量, 較具參考價值	謝謝委員建議, 工程進度與排碳量關係圖除工料、機具及運輸分類分析外, 亦新增工項排碳量變化分析於修正報告圖 4.2.1-4, 未來將持續進行彙整及分析。
(三) 報告書第五章混凝土替代材料減碳策略一節, 替代材料減碳影響應考慮完整生命週期, 包括替代材料製造及運輸等部份。	謝謝委員指教。原替代材料之減碳量評估已將材料製造之排碳量影響納入, 另於修正報告中補充 A3 標預拌混凝土含替代材料運輸影響之評估, 結果顯示運輸影響並不顯著, 請詳修正報告 5.2.2 節。
(四) 本年度 A2 標及 C1 標已有炸藥使用紀錄, 於報告中僅計算乳膠炸藥排碳量, 請說明炸藥其他材料如導爆索、雷管等為何未納入計算?	本期 A2 標及 C1 標使用之雷管與導爆索, 由於其組成成分屬於廠商機密, 供應商不願提供, 故雖然有雷管與導爆索用量統計結果, 但尚未納入本期碳足跡計算。此部分將透過文獻或其他管道取得代表性的組成份或單位排放係數, 併於 103 年度排放清冊中作計算。
(五) ISO/TS 14067 包含敏感性分析及不確定性分析, 較能提高可靠度, 建議以 ISO/TS 14067 為準則辦理。	環保署已陸續公布部分公用或工程材料碳足跡係數, 未來本計畫將參考 ISO/TS 14067 進行係數敏感性分析, 以瞭解可能的排碳差異。惟後續計畫執行採用 ISO/TS 14067 或 PAS 2050, 仍將由查驗機構提供相關建議, 並依公路總局決議執行。
三、交通部公路總局	
(一) 由分析結果顯示, B 段推估與 A、C 段結果有差異, 未來應請 B 段廠商及監造參與會議並提供相關資料, 藉以提升推估資料之代表性。	B 段排碳量原規劃由 A 段及 C 段盤查結果進行推估, B 段各承包商之契約中亦未要求其提供相關資料。為提升推估結果之代表性, 本計畫已於 B 段辦理說明會, 商請 B 段 4 個土建標之承包商提供部份資料以作為推估依據。未來將視 B 段標承包商資料提供狀況及推估結果, 考量後續執行方法。
四、吳副處長明恩	
(一) 能耗降低有助於承包商降低成本, 機具能耗部分盤查及分析結果應回饋承包商參考。	已就目前各標可分析單位能耗機具之資料彙整於報告 4.2.5 節, 除於報告中呈現外, 亦將於現場輔導時提出供承包商參考; 未來將持續進行資料蒐集分析, 定期提供承包商參考。本計畫並於盤查系統新增機具能耗統計查詢功能, 供承包商查詢該標機具耗能情形。

審查意見	處理情形
<p>(二)報告書 P.1-6，表 1.3.1-1 工程碳足跡盤查輔導作業其中 A4 標及 C3 機電標及交控標需分至土建標之意涵為何？分配實務操作的作法為何？另 B5 標檢查及查證聲明每月檢查與其他機電標每月/年檢查為何不同？</p>	<p>基於盤查標的之完整性考量，本計畫在擬定盤查執行計畫時，即循碳足跡盤查規範、規劃以空間範圍為完整的取證標的。為此，機電及交控設備等歸屬於道路、橋梁或隧道的附屬設施，將依據其設置或服務的區域範圍進行分配，並與該範圍土建標的碳足跡盤查結果相加，成為取得查證聲明的標的；惟分配的實務操作方式，除前述的概念與原則外，具體的實務操作方法將以年度座談會方式再作討論與確認。</p> <p>B5 標因為相對應服務範圍內的土建標並未列入盤查範圍，所以盤查結果未列入原規劃取得之 5 張查證聲明中，但執行盤查作業期間，將完全同其他機電標：由查證單位進行月檢查及年度預審，確保盤查結果的正確性，作為完成蘇花改計畫整體碳足跡計算的可靠數據之一。</p>
<p>(三)報告書 P.3-11，供應商訪談一節，諒係為符合碳足跡規範與碳足跡產品類別規則之要求，需全生命週期排碳之考量；惟除了水泥及鋼筋製程所需碳排放量之外，其他材料製程所需碳排放量是否應納入考量？如何取得？是否仍需借由訪談或由供應商其提供能資源、廢棄物量和產量與原物料用量後計算碳足跡？</p>	<p>供應商盤查主要是為了滿足碳足跡規範與碳足跡產品類別規則中對於生命週期數據蒐集要求；若製造階段所擁有、營運或控制之製程的 GHG 排放量未達到基礎建設階段之 GHG 總排放量 10%或 10%以上的貢獻率，則原料取得階段亦必須納入一級活動數據蒐集，直到貢獻率$\geq 10\%$以上。由前述原則配合現階段盤查結果可發現，若能取得各標使用之水泥或鋼筋的產品碳足跡，則盤查中的各土建標即可達成一級數據要求。在供應商配合盤查不具任何約束性、只能以勸導請託方式執行的情況下，目前係先以最有效能達成數據要求目標的廠商：即水泥及鋼筋供應商(因為是環保署要求申報排放量廠商，已具有相當程度的基本資料)進行協商，其他材料產品碳足跡的盤查將視近期資料取得狀況再作考量；相關資料的取得方式主要還是取決於供應商的配合態度。</p>
<p>(四)報告書 P.3-50~51，A3 標機/運具名稱及編號係單指一部或數部累計？例 ME-樂志 02 吊車、ME-配特 03 傾卸車、ME-樂志 15 浦車等，另壓</p>	<p>P3-50~51 表 3.4.1-3 中所列之 A3 標機/運具名稱及編號，原則上皆指單一部機/運具；惟 ME-樂志 15 及 ME-配特 18 兩部機具並非 A3 標協力廠商樂志和配特的自有機具，而是向合作之</p>

審查意見	處理情形
路機為何未列入？	<p>泵浦車公司外租，故所代表的是數部泵浦車累計施作時數。因此類機具屬於間歇性出工，在租賃公司無法逐次提供用油單據的情況下，用油量係以 A1 標上峰泵浦車盤查結果計算之參數(單位泵送方數油耗量)估算而得。另本標係於 101 及 102 年有少量的壓路機使用紀錄，但本期並未有使用紀錄，故未列於表中。</p>
(五)報告書 P.3-53~63，表 3.4.1-5、3.4.1-6、3.4.1-13 A3 標各表混凝土各類別累計使用數量誤植或漏項，及部分規格/類別欄(例先撐鋼管及岩栓、桁型支保等)、編號欄誤植情形，請全面檢核修正。	<p>謝謝委員指正，表 3.4.1-5 工程材料編號有誤植和部分缺漏，且表 3.4.1-5、3.4.1-6、3.4.1-13 部分規格文字敘述不一致，已於修正報告中改正完成。</p>
(六)報告書 P.3-84，C1 標運至 B4 標之土方為何排碳量歸屬 B4 標工程碳足跡，而未列入 C1 標中計算。(相對於 A3 標 P.3-59 廢棄物(下腳料)外運處置卻計算運送至回收商之運輸排碳似有違背之處?)。P.3-100 A2 標運送土方交宜蘭縣政府亦有相同疑問?(是否包括從隧道開挖之道渣運至東澳及永樂車站路段運輸用油量?)	<p>本計畫 101 年度座談會針對土方外運作業運輸排放計算的結論提及：</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 土方供給本工程其他標：訂分配原則 ➢ 土方供給其他工程再利用(集中於轉運站或堆置場)：算到中繼站；中繼站之後至再利用端不算 ➢ 掩埋→同廢棄物 <p>針對 C1 標土方自洞口出碴至二工區暫置、破碎，而後外運供應 B4 標作為工程材料的狀況，係綜合前述結論，將土方集中至二工區之排放皆納入 C1 標排放計算，但外運至 B4 標的運輸排放，則歸屬於 B4 標而排除於 C1 標工程碳足跡之外。</p> <p>而若運出工區之下腳料非屬廢棄物，而屬回收商之資源(原物料)，則運出工區之運輸(應視為原物料取得程序)歸屬於回收商，而非本計畫，目前係先收集所有資料，未來彙整查證之碳足跡時，將再予以排除。</p> <p>不同於 C1 標土方外運較為單純、直接供 B4 標再利用，A2 標的土方外運作業分為三種路徑共包含 6 點運輸：</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 東澳隧道北口→永樂車站暫置場→新馬車站暫置場(宜蘭縣政府)

審查意見	處理情形
	<p>➢ 東澳隧道南口→東澳車站暫置場→新馬車站暫置場(宜蘭縣政府)</p> <p>➢ 東澳隧道南口→東澳車站暫置場→新馬車站暫置場→三星大峽谷</p> <p>前述作業之運輸排碳量又因最終處置方式的不同而有不同的計算原則：</p> <p>➢ 最終處置為宜蘭縣政府者(資源)：由於新馬車站由宜蘭縣政府承租，管理權歸屬於宜蘭縣政府，故由永樂車站運至新馬車站之運輸歸屬於宜蘭縣政府，而非 A2 標</p> <p>➢ 最終處置為三星大峽谷者(廢棄物)：運輸作業排放全數歸屬 A2 標碳足跡</p> <p>除運輸排碳量歸屬外，A2 標土方外運作業尚包含機具油耗排碳量(東澳/永樂車站之上下車機具，及新馬車站之上下車機具)及暫置場設置材料之排放。</p> <p>目前所有土方外運作業先暫時皆列入 A2 標盤查作業與碳足跡計算結果當中，待未來作業皆完成後，再以總土方外運量就不同處置方式進行分配，及整合查證所需之碳足跡資料。</p>
<p>(七)報告書 P.3-71，註 2 部分運具里程表故障，行駛里程紀錄低於實際值，似影響計算結果，如何解決此一現象？請提出因應對策。</p>	<p>謝謝委員指教，運具排碳量主要是由加油量(輔以加油單據為佐證)計算，行駛里程主要用以確認加油量的合理性檢視，並不會直接影響盤查正確性及碳足跡計算；針對里程計壞損的運具，目前係改由該運具過去執行的作業、用油的頻率和用油量作為檢視依據，以確認該機具用油量之合理性。除更改數據追蹤檢核方式外，目前仍持續勸導承包商盡快修復里程計，並要求明確註記損壞期間於盤查日誌中，作為彙整計算運具油耗參數時，排除無法計算時段之依據。</p>
<p>(八)報告書 P.3-86，第二節第 6 行 106 年誤植。</p>	<p>謝謝委員指正，已於修正報告中改正。</p>
<p>(九)報告書 P.3-87，有關福清公司自設共用油箱加油無法釐清分配油量 1 節，請提供因應對策。</p>	<p>如 P.3-87 第二段文字內容所述，福清公司已於前期即配合於加油桶槽加裝流量計改善，故截至本期(~103.06)為止，共用油箱之排放占比已降至 2%，預期未來隨工程進度推展，該項占</p>

審查意見	處理情形
	比還會持續下降；機運具油耗率分析部分也將排除共用油箱無法分油時段，以可明確比對操作時數或里程數與用量關係的部分完成分析；再於後續考量採用各機具油耗率分析結果，試就共用油箱時期用油量的合理性與分配進行探討。
(十)報告書 P.3-91，註 1.時數、里程空白為承包商無法提供數據(如計時器損壞或操作人員未配合填報)1 節，那用油量如何得出？相關人員未配合填報情形下，為何經相關單位核可送出？	同問題(七)，機運具用油量係以加油單據為佐證作計算，操作時數、行駛里程係作為檢視加油量合理性的輔助資訊，並不會直接影響盤查正確性及碳足跡計算，故在未能填報輔助資訊的情況下，其直接數據還是被採認核可。此部分除持續勸導承包商協助督導協力廠商提供資料之外，亦加強由該機運具過去用油的頻率或其他標相同規格機運具之操作與用油量經驗，作為檢視該機運具用油量合理性之依據。
(十一)報告書 P.3-91，註 2.堆高機之用油量為何以鏟裝機平均油耗推估？	謝謝委員指正，該項文字係為誤植，應為以本標堆高機平均油耗率推估，已於修正報告中更正。
(十二)報告書 P.3-99，4.A2 標本期使用之雷管及導爆索，為何 C1 標未列入該材料項目？	本期 A2 標及 C1 標之雷管與導爆索使用量已紀錄於表 3.4.2-3 及表 3.4.3-5。惟因其組成成分屬於廠商機密，供應商不願提供，故雖然有雷管與導爆索使用量統計結果，但尚未納入本期碳足跡計算；故後續之工程材料活動強度數據(表 3.4.2-4 及表 3.4.3-6)，及工程材料碳足跡計算(表 3.4.2-8 及 3.4.3-11)尚無雷管與導爆索資料。此部分將透過文獻或其他管道取得代表性的組成份或單位排放係數，併於 103 年度排放清冊中作計算。
(十三)報告書 P.3-65、P.3-109 及 P.3-126，人員出勤碳排放之每人化糞池碳排放係數及一般廢棄物處理排放係數，一樣歸屬宜蘭縣境內，為何 A3、A2 標及 A1 標所用係數值不一致？且有差距達約 40 倍情形？	謝謝委員指正，P.3-65 A3 標文述中的化糞池碳排放係數 1.59×10^{-6} 單位誤植，應為 $\text{tonCH}_4/\text{人時}$ ；此係數再以甲烷全球暖化潛勢 25 進行單位轉換，即為 P.3-83、P.3-109 及 P.3-126 其他各標文述中所提及之 $0.0398 \text{ kgCO}_2\text{e}/\text{人時}$ 。此部分已於修正報告中改正 A3 標文字內容，以與其他三標文字表述一致。
(十四)報告書 P.3-124，表 3.4.4-8 部分廠商及數據有重復情形，請修正。	謝謝委員指正，已於修正報告中改正。

審查意見	處理情形
(十五)報告書 P.5-18~P5-19, A2 標永樂及東澳土方暫置區之工程材料排碳量如何計算得知?	永樂及東澳土方暫置區之工程材料排碳量,係由暫置區設置期間承包商填報之盤查日誌及佐證單據進行檢核後彙整計算而得;暫置區使用之工程材料包含:混/噴凝土、鋼線網、速凝劑及鋼筋。
五、張主任工程司林隆	
(一)簡報 P.39 藉由線性回歸推估 A3 標總排碳量,與簡報 P.18 國外文獻建造階段排放量相比差異甚大,應就可能原因進行分析並預擬未來因應對策。	謝謝委員指教。瑞典 Bothnia Line 及西班牙 Arroyo Valchano 皆為鐵路運輸用途,與本計畫橋梁用途不同;兩橋面寬度約 8 m 及 14 m,亦略小於本計畫橋梁之寬度;墩柱高度亦有所差異。後續將再搜集資料,補充型式、設計材料用量等相關資訊,以說明其差異性。本計畫已初步補充西班牙 Arroyo Valchano 橋梁之每公尺材料使用量資料於修正報告表 2.1.4-2,未來將再彙整 A3 標相關資料,以作為比較參考基準。
六、蘇花改工程處工程科	
(一)報告書 P.2-11,「CFP-PCR」誤繕為「CEP-PCR」。	謝謝委員指正,已於修正報告中更正。
(二)報告書 P.4-2,圖 4.1.1-1 應為錯置,請修正。	謝謝委員指正,已於修正報告中更正。
(三)報告書 P.4-10,圖 4.1.4-1 百分比總和超過 100%,請修正。	謝謝委員指正,已於修正報告中更正。
(四)本處新增建築標,包含南澳交控中心、四工緊急應變中心與和仁警消廳舍等,是否有納入盤查之必要?如不納入盤查,是否將影響查證聲明書之取得?	由於建築標與工程標之盤查範圍略有不同,除工程主體外,尚包含裝修材料等,且另有建築之 PCR 需遵守,是否是需納入本計畫盤查範圍尚有討論空間;若不納入,應不影響本計畫各標查證聲明之取得。本計畫是否要將建築標納入盤查範圍,將依據本次會議結論,由貴處工程科另召開會議討論後確認。
七、蘇花改工程處東澳工務段	
(一)目前宜興混凝土預拌廠南澳廠已提供碳盤查相關資料,冬山廠部分資料建議應一併蒐集。	本計畫已向冬山廠索取相關資料,惟冬山廠表示預拌廠非蘇花改專用廠,廠商在資料整理上有所困難,本計畫將持續進行溝通,如可取得冬山廠相關資料,將一併進行分析。
(二)建議可將隧道襯砌納入碳排放分析對象。	截至本期(103 年 6 月)為止,隧道標主要作業內容包括上半開挖、台階開挖、橫坑及聯絡道

審查意見	處理情形
	開挖等，尚未進行隧道襯砌作業，待未來襯砌作業開始執行後，即會收集相關數據，並納入進行碳排放分析。
八、蘇花改工程處和平工務段	
(一)簡報 P.66，基礎層單位排碳量結果與 A3 標差異甚大，因目前 B3 標大型基礎尚未進行，現階段結果仍有討論空間。	相關成果為現階段資料收集結果，未來若 B3 標持續提供後續工程資料，將再進行分析比較。
結論	
一、本計畫建築標是否納入盤查，請本處工程科另召開會議討論。	敬悉。
二、請南澳、和平工務段於轄管標案分項施工項目完成後，通知承商提供碳盤查所需相關資料，並協助計畫團隊取得。	敬悉。未來若 B 段承包商提供後續工程資料，本計畫將持續進行分析。
三、請和平工務段協助計畫團隊取得亞東、龍瀛混凝土廠之碳盤查所需相關資料。	本計畫將與和平工務段保持連繫，提出亞東及龍瀛混凝土廠碳盤查所需資料內容，請和平工務段協助取得相關資料。
四、請承商維修輸送車輛之里程表，並協助計畫團隊解決共用油箱之問題，俾利碳盤查計畫執行。	將持續勸導承包商維修車輛里程表，並於可行範圍內於油箱加裝流量計及提升相關油耗資料，以解決共用油箱問題。
五、請中興工程顧問公司碳管理團隊，依委員及各單位審查意見修正年中報告書，並將審查意見答覆表及報告書修改部分先行 mail 予本處承辦工程司轉各審查委員及單位審閱，俟審閱同意後，再正式報處核定。	遵照辦理。