

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

104 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 104 年 9 月

目 錄

目錄	I
圖目錄	IV
表目錄	VII
第一章 計畫背景分析	1-1
1.1 計畫緣起	1-1
1.2 計畫目標及預期成果	1-2
1.3 計畫範圍與工作項目	1-5
1.3.1 計畫範圍	1-5
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 碳足跡盤查規範準則與程序回顧歷程與重點	2-1
2.1.1 碳足跡盤查規範準則與程序回顧重點	2-2
2.1.2 國內外工程碳足跡相關規範或參考文件更新說明	2-11
2.2 國際工程碳管理制度相關發展	2-13
2.2.1 國際工程碳管理策略與計算案例回顧歷程與重點	2-13
2.2.2 本期國際工程碳管理相關更新說明	2-18
2.3 國內道路工程相關碳管理政策規範與案例	2-25
2.3.1 國內相關政策規範發展回顧歷程與重點	2-25
2.3.2 本期國內工程碳管理相關更新說明	2-29
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 現場訪查與輔導及教育訓練辦理	3-4

3.1.2 供應商訪談與資料蒐集進展	3-8
3.1.3 南澳和平段碳排放活動資料調查作業辦理說明	3-9
3.1.4 104 年度座談會辦理規劃	3-14
3.2 工程碳足跡盤查資料庫系統設計與建置	3-16
3.2.1 碳足跡盤查表單說明	3-16
3.2.2 碳管理資料流程分析結果	3-20
3.2.3 碳足跡盤查資料庫管理系統功能設計與建置	3-22
3.2.4 碳足跡盤查活動資料蒐集介面說明	3-24
3.2.5 碳足跡盤查活動資料鎖定及分析介面說明	3-33
3.2.6 隧道工程工項填報功能開發建置說明	3-36
3.3 碳足跡係數蒐集與選用原則	3-40
3.3.1 係數選用原則	3-40
3.3.2 係數資料庫系統設計與建置	3-41
3.3.3 係數蒐集與分析方法說明	3-42
3.3.4 係數計算結果	3-44
3.4 工程碳足跡盤查執行成果說明	3-48
3.4.1 東澳東岳段新建工程(A3 標).....	3-48
3.4.2 東澳隧道新建工程(A2 標).....	3-65
3.4.3 蘇澳永樂段新建工程(A1 標).....	3-92
3.4.4 仁水隧道新建工程(C2 標).....	3-111
3.4.5 中仁隧道接續工程(C1A).....	3-137
3.4.6 蘇澳東澳段機電工程(A4 標).....	3-149
3.4.7 交通控制系統工程(E1 標).....	3-152
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 東澳隧道新建工程(A2 標).....	4-4
4.1.3 蘇澳永樂段新建工程(A1 標).....	4-6

4.1.4 仁水隧道新建工程(C2 標).....	4-8
4.1.5 中仁隧道接續工程(C1A 標).....	4-10
4.2 工程特性與工程碳足跡關聯分析(含環境影響因子探討).....	4-13
4.2.1 各標工程特性分析.....	4-13
4.2.2 橋梁標工程特性分析.....	4-19
4.2.3 隧道標工程特性分析.....	4-23
4.3 主要工程材料碳排放係數影響分析.....	4-35
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 本計畫工程減碳措施回顧歷程與重點.....	5-2
5.1.2 本期工程減碳措施回顧更新說明.....	5-7
5.2 蘇花改工程減碳措施及預期減碳效益.....	5-9
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.....	6-6
參考文獻.....	參-1
附錄 I 歷次審查意見回覆	
附錄 II 本期各標現場訪查與輔導工作辦理實錄	
附錄 III 本期啟始會議辦理實錄	
● 蘇澳東澳段機電工程(A4 標)及交通控制系統工程(E1 標)	
● 中仁隧道接續工程(C1A 標)	
附錄 IV 本期教育訓練辦理實錄	
● 蘇澳東澳段機電工程(A4 標)及交通控制系統工程(E1 標)	
● 中仁隧道接續工程(C1A 標)	
附錄 V 104 年度座談會「機電及交控工程之碳足跡計算範疇」辦理規劃書	

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.....	1-8
圖 1.5.1-1	本計畫預定執行進度圖.....	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.....	2-3
圖 2.1.2-1	溫室氣體減量及管理法管理層級對應目標、策略與報告.....	2-12
圖 2.2.2-1	Tverlandsbrua 跨河川橋工程計畫示意圖.....	2-20
圖 2.2.2-2	Tverlandsbrua 跨河川橋工程計畫生命週期評估範疇.....	2-21
圖 2.2.2-3	Tverlandsbrua 計畫分階段單位橋面積碳排放評估結果.....	2-23
圖 2.2.2-3	Tverlandsbrua 計畫組成構件之生命週期分階段占比分析結果.....	2-23
圖 2.3.1-1	我國道路工程碳管理相關政策發展示意圖.....	2-25
圖 3-1	工程碳足跡盤查範圍示意圖.....	3-1
圖 3.1.1-1	A4 及 E1 標啟始會議辦理實況及簽署宣言.....	3-6
圖 3.1.1-2	C1A 標啟始會議辦理實況及簽署宣言.....	3-6
圖 3.1.1-3	蘇澳東澳段機電工程(A4 標)及交通控制系統工程(E1 標) 教育訓練辦理情形.....	3-7
圖 3.1.1-4	中仁隧道接續工程(C1A 標)教育訓練辦理情形.....	3-8
圖 3.2.1-1	碳足跡盤查日誌填報、檢核與矯正回覆流程.....	3-19
圖 3.2.2-1	蘇花改計畫碳管理資料流示意圖.....	3-21
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.....	3-22
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.....	3-25
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.....	3-25
圖 3.2.4-3	蘇花改碳排盤查登錄清冊資料填查頁面.....	3-26
圖 3.2.4-4	蘇花改碳排盤查系統：「日誌一般」填報頁面.....	3-28
圖 3.2.4-5	蘇花改碳排盤查系統：「日誌運輸」填報頁面.....	3-28

圖 3.2.4-6	蘇花改碳排盤查系統日報檔下載之 Excel 檔	3-29
圖 3.2.4-7	蘇花改碳排盤查系統：「碳盤月報」頁面.....	3-29
圖 3.2.4-8	蘇花改碳排盤查系統月報檔下載之 Excel 檔	3-30
圖 3.2.4-9	蘇花改碳排盤查系統：「監造檢核」頁面.....	3-31
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	3-32
圖 3.2.5-1	蘇花改碳排盤查系統：核定資料頁面.....	3-34
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.....	3-34
圖 3.2.5-3	蘇花改碳排盤查系統：耗能統計頁面-以 A2 標為例	3-35
圖 3.2.6-1	登錄清冊-施工項目頁面隧道工程之識別方式	3-37
圖 3.2.6-2	登錄清冊-施工項目隧道工程輪進輸入結果	3-37
圖 3.2.6-3	日誌一般-隧道工程作業項目加入頁面	3-38
圖 3.2.6-3	日誌一般-隧道工程作業項目加入頁面	3-39
圖 3.2.6-4	日誌一般-材料及機具使用填報頁面	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	3-49
圖 3.4.2-1	東澳隧道新建工程(A2 標)工程範圍示意圖	3-66
圖 3.4.2-2	東澳隧道新建工程(A2 標)施工進度	3-66
圖 3.4.3-1	蘇澳永樂段新建工程(A1 標)工程範圍示意圖	3-93
圖 3.4.4-1	仁水隧道新建工程(C2 標)工程範圍示意圖	3-111
圖 3.4.5-1	中仁隧道接續工程(C1A 標)工程範圍示意圖	3-137
圖 3.4.5-2	中仁隧道接續工程(C1A 標)工程範圍變更案路線方案示意圖	3-138
圖 3.4.6-1	蘇澳東澳段機電工程(A4 標)工程範圍示意圖	3-150
圖 3.4.7-1	交通控制系統工程(E1 標)工程範圍示意圖	3-153
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	4-3
圖 4.1.2-1	A2 標開工迄今各類型排碳占工區碳足跡比例分析	4-4
圖 4.1.2-2	A2 標開工迄今不同工程材料占材料排放總量比例分析	4-5
圖 4.1.2-3	A2 標開工迄今材料及機具運輸占運輸排放總量比例分析	4-6

圖 4.1.3-1	A1 標開工迄今各類型排碳占工區碳足跡比例分析.....	4-7
圖 4.1.3-2	A1 標開工迄今不同工程材料占材料排放總量比例分析.....	4-7
圖 4.1.3-3	A1 標開工迄今材料及機具運輸占運輸排放總量比例分析.....	4-8
圖 4.1.4-1	C2 標開工迄今各類型排碳占工區碳足跡比例分析.....	4-9
圖 4.1.4-2	C2 標開工迄今不同工程材料占材料排放總量比例分析.....	4-9
圖 4.1.4-3	C2 標開工迄今材料及機具運輸占運輸排放總量比例分析.....	4-10
圖 4.1.5-1	C1A 標開工迄今各類型排碳占工區碳足跡比例分析.....	4-11
圖 4.1.5-2	C1A 標開工迄今不同工程材料占工程材料排放總量比例分析.....	4-11
圖 4.1.5-3	C1A 標開工迄今材料及機具運輸占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	A2 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析.....	4-16
圖 4.2.1-3	A1 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析.....	4-17
圖 4.2.1-4	C2 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析.....	4-19
圖 4.2.2-1	A1 標井基單位體積排碳量.....	4-22
圖 4.2.3-1	補強作業材料單位排碳量分析.....	4-27
圖 4.2.3-2	補強作業機具(含用電)單位排碳量分析.....	4-28
圖 4.2.3-3	補強作業材料與機具(含用電)單位排碳量綜合分析.....	4-29
圖 4.2.3-4	鑽炸開挖作業材料單位排碳量分析.....	4-30
圖 4.2.3-5	開挖作業機具單位排碳量分析.....	4-31
圖 4.2.3-6	開挖作業材料與機具單位排碳量綜合分析.....	4-31
圖 4.2.3-7	支撐作業材料單位排碳量分析.....	4-32
圖 4.2.3-8	支撐作業機具單位排碳量分析.....	4-33
圖 4.2.3-9	支撐作業材料與機具(含用電)單位排碳量綜合分析.....	4-33
圖 4.2.3-10	A2 標上半開挖單位排碳量綜合分析.....	4-34
圖 5.1-1	承包商活動對溫室氣體排放影響的潛力.....	5-1
圖 5.1.1-1	英國基礎設施碳排放減量潛勢圖.....	5-7
圖 5.2-1	運輸距離縮短及鐵路替代之減碳效益占比分析.....	5-12
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	蘇花改計畫各盤查標的工程預定期程及實際開工情形.....	1-10
表 2.1.1-1	營造 PCR 改版前後核心模組評估內容比較表.....	2-9
表 2.2.1-1	各類型道路工程碳管理相關文獻內涵差異分析.....	2-14
表 2.2.1-2	道路工程碳管理相關文獻分類研析彙整表.....	2-14
表 2.2.2-1	挪威橋梁生命週期評估文獻與本計畫橋梁工程盤查要項分析.....	2-24
表 2.3.1-1	國內相關政策規範重點研析彙整表.....	2-26
表 2.3.1-2	國內相關研究重點研析彙整表.....	2-27
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 3.1.1-1	本計畫盤查輔導會議辦理紀錄.....	3-5
表 3.1.3-1	B 段碳足跡推估 102 年度調查資料提供狀況分析表.....	3-9
表 3.1.3-2	B 段 102 年度工程管理碳足跡推估調查資料分析結果.....	3-10
表 3.1.3-3	B3 標橋梁工程分工項材料碳排放量估算結果.....	3-11
表 3.1.3-4	B3 標隧道工程各工作面上半開挖材料碳排放量估算結果.....	3-11
表 3.1.3-5	B3 標隧道工程上半開挖各岩體材料碳排放量估算結果.....	3-12
表 3.1.3-6	B 段碳足跡推估 103 年度調查資料提供狀況分析表.....	3-13
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.....	3-20
表 3.2.6-1	輪進資料匯入檔案格式.....	3-37
表 3.3.3-1	柴油-移動源半本土化係數建立.....	3-43
表 3.3.4-1	工區碳排放係數彙整.....	3-45
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.....	3-50
表 3.4.1-2	A3 標登錄清冊登錄狀況彙整表.....	3-51
表 3.4.1-3	A3 標本期機/運具使用紀錄.....	3-51
表 3.4.1-4	A3 標本期協力廠商機/運具用油量統計.....	3-54
表 3.4.1-5	A3 標本期工程材料使用量統計結果.....	3-55
表 3.4.1-6	A3 標本期工程材料使用活動強度數據.....	3-57

表 3.4.1-7	A3 標本期運輸所用運具類型及載運物品彙整.....	3-60
表 3.4.1-8	A3 標本期碳足跡量化結果.....	3-61
表 3.4.1-9	A3 標本期機/運具使用碳足跡計算.....	3-62
表 3.4.1-10	A3 標本期工程材料使用碳足跡計算.....	3-62
表 3.4.2-1	東澳隧道新建工程(A2 標)工程構築型式配置表.....	3-67
表 3.4.2-2	A2 標登錄清冊登錄狀況彙整表.....	3-68
表 3.4.2-3	A2 標本期機/運具使用紀錄.....	3-69
表 3.4.2-4	A2 標本期工程材料使用量統計結果.....	3-72
表 3.4.2-6	A2 標本期工程材料使用活動強度數據.....	3-75
表 3.4.2-7	A2 標本期運輸所用運具類型及載運物品彙整.....	3-81
表 3.4.2-8	A2 標本期碳足跡量化結果.....	3-82
表 3.4.2-9	A2 標本期機/運具碳足跡計算.....	3-83
表 3.4.2-10	A2 標本期工程材料使用碳足跡計算.....	3-87
表 3.4.3-1	蘇澳永樂段新建工程(A1 標)工程構築型式配置表.....	3-94
表 3.4.3-2	A1 標登錄清冊登錄狀況彙整表.....	3-94
表 3.4.3-3	A1 標本期機/運具使用紀錄.....	3-95
表 3.4.3-4	A1 標本期協力廠商機/運具用油量統計.....	3-99
表 3.4.3-5	A1 標本期工程材料使用量統計結果.....	3-100
表 3.4.3-6	A1 標本期工程材料使用活動強度數據.....	3-102
表 3.4.3-7	A1 標本期碳足跡量化結果.....	3-106
表 3.4.3-8	A1 標本期機/運具使用碳足跡計算.....	3-106
表 3.4.3-9	A1 標本期工程材料使用碳足跡計算.....	3-108
表 3.4.4-1	仁水隧道新建工程(C2 標)工程構築型式配置表.....	3-112
表 3.4.4-2	C2 標登錄清冊登錄狀況彙整表.....	3-113
表 3.4.4-3	C2 標本期機/運具使用紀錄.....	3-113
表 3.4.4-4	C2 標本期工程材料使用量統計結果.....	3-118
表 3.4.4-5	C2 標本期工程材料使用活動強度數據.....	3-123
表 3.4.4-6	C2 標本期運輸所用運具類型及載運物品彙整.....	3-129

表 3.4.4-7	C2 標本期碳足跡量化結果	3-130
表 3.4.4-8	C2 標本期機/運具使用碳足跡計算	3-130
表 3.4.4-9	C2 標本期工程材料使用碳足跡計算	3-131
表 3.4.5-1	C1A 標登錄清冊登錄狀況彙整表	3-139
表 3.4.5-2	C1A 標本期機/運具使用紀錄	3-140
表 3.4.5-3	C1A 標本期工程材料使用量統計結果	3-141
表 3.4.5-4	C1A 標本期工程材料使用活動強度數據	3-143
表 3.4.5-5	C1A 標本期運輸所用運具類型及載運物品彙整	3-144
表 3.4.5-6	C1A 標本期碳足跡量化結果	3-145
表 3.4.5-7	C1A 標本期機/運具使用碳足跡計算	3-146
表 3.4.5-8	C1A 標本期工程材料使用碳足跡計算	3-148
表 3.4.6-1	蘇澳東澳段機電工程(A4 標)登錄清冊彙整表	3-151
表 3.4.6-2	蘇澳東澳段機電工程(A4 標)活動數據彙整表	3-151
表 3.4.6-3	機電交控設備規格表單設計	3-152
表 3.4.7-1	交通控制系統工程(E1 標)登錄清冊彙整表	3-154
表 3.4.7-2	交通控制系統工程(E1 標)活動數據彙整表	3-154
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	A2 標各工程項目機/運具操作及工程材料使用碳足跡計算	4-15
表 4.2.1-3	A1 標各工程項目機/運具操作及工程材料使用碳足跡計算	4-17
表 4.2.1-4	C2 標各工程項目機/運具操作及工程材料使用碳足跡計算	4-18
表 4.2.2-1	橋梁標各工項施工情形	4-20
表 4.2.2-2	A1 標井基排碳量整理	4-22
表 4.2.3-1	A2 標主隧道工程上半開挖作業排碳量分析資料區間	4-24
表 4.2.3-2	A2 標上半開挖階段使用材料統計	4-25
表 4.3-1	混/噴凝土係數比較	4-35
表 4.3-2	置換係數對混/噴凝土排碳影響	4-36
表 5.1.1-1	美國 EPA 及 AASHTO 工程減碳措施彙總表	5-2
表 5.1.1-2	世界銀行 RIADEO 工具內含之工程減碳方案	5-3

表 5.1.1-3	世界銀行道路建造與更新之減碳策略成效分析.....	5-4
表 5.2-1	東澳隧道不同運輸方案土方運輸距離.....	5-10
表 5.2-2	傾卸車參數統計結果.....	5-11
表 5.2-3	減碳效益計算用鐵路與公路運輸係數表.....	5-11
表 5.2-4	東澳隧道南、北口鐵路替代運輸單位排放量.....	5-12
表 5.2-5	暫置場工程材料及機具能耗排放量.....	5-13
表 5.2-6	暫置場工程材料及機具能耗單位排放量.....	5-13
表 5.2-7	鐵路替代運輸加入暫置區機料排放之單位排放量.....	5-14
表 5.2-8	維持減碳效益之最小公路縮短及鐵路替代距離分析.....	5-15
表 6.1-1	104 年度下半年工作項目與查核點.....	6-2
表 6.2-1	本計畫研議重點檢核表.....	6-7

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，節能減碳已成為各部門皆必須重視與落實的原則。目前國際碳管理重點除各組織營運範圍內的組織型碳盤查外，也逐漸重視具有完整生命週期考量的碳足跡量化；而因應碳足跡議題的工程碳排放量化評估與管制作為，近年來也開始成為英國、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：行政院於民國 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占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與效益分析之研究」，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為前提的工程碳盤查，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，以有效發展本土化減碳策略並達成減碳目標。

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，公路總局及蘇花公路改善工程處(以下簡稱蘇改處)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如圖 1.2-1，另分項依執程序說明於後。



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程序與方法。
- 二、本計畫將在蘇改處督導下，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、本計畫執行過程將探討各標承包商分工方式、各種工程類型或不同環境影響因子對於工程碳足跡之影響，進而發展承包商碳管理能力評價指標或不同工程特性及特定環境條件下的工程碳足跡參數；除可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，及於工程招標階段調整評選程序、使具備碳管理能力之承包商具有優先承攬優勢的參考。
- 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。

針對前述預期成果第三項預定取得之碳足跡查證聲明所參照的規範，截至目前為止，國際標準組織僅公告 ISO/TS 14067 技術規範，而非本計畫契約要求之正式之 ISO 國際標準，且基於技術規範每三年即需檢討一次、若無法修正通過成為國際標準則可能會被廢止的狀況，本計畫在工作內容的規劃與執行上，已採取就 PAS 2050 及 ISO/TS 14067 兩套標準內的要求項目取聯集的方式，力求盤查資料彙整與分析結果能夠同時符合兩種規範的查證要求。

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跡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的效益與可行性。

此外，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，相信能夠一定程度地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製造業及機具的排放資料，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」)及和中之至大清水段(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。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，說明如後。



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考量範圍，進行規劃與建立。
- 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)及和中之至大清水(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 段的各土建工程標。

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. 辦理教育訓練課程；
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。

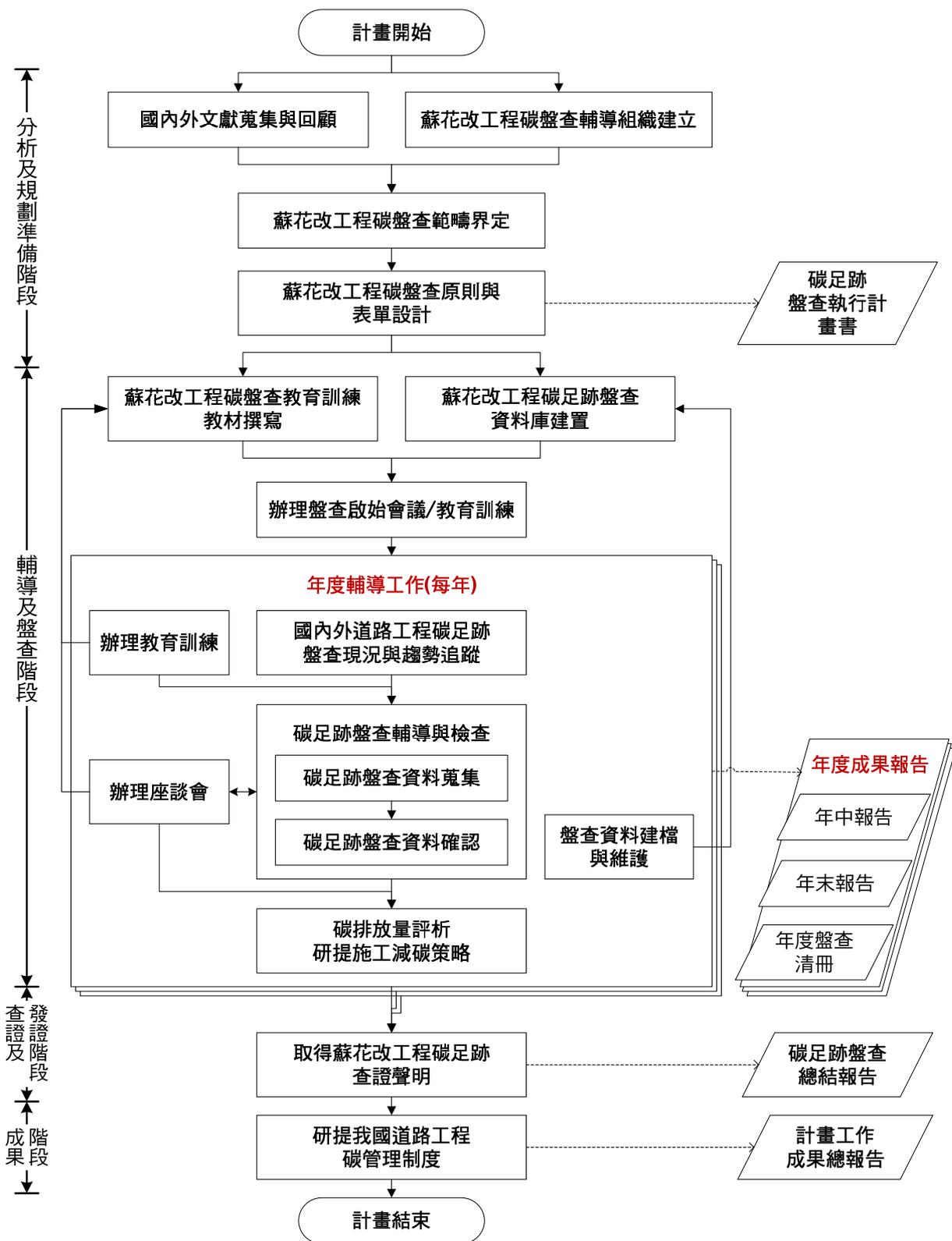


圖 1.4-1 本計畫執行流程圖

二、盤查輔導與資料處理

此階段為本計畫主要之執行工作，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，本計畫將在蘇改處的指導下，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。

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、C1 及 C2 標)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實際開工與預定完工時間如表 1.5.1-1。

表 1.5.1-1 蘇花改計畫各盤查標的工程預定期程及實際開工情形

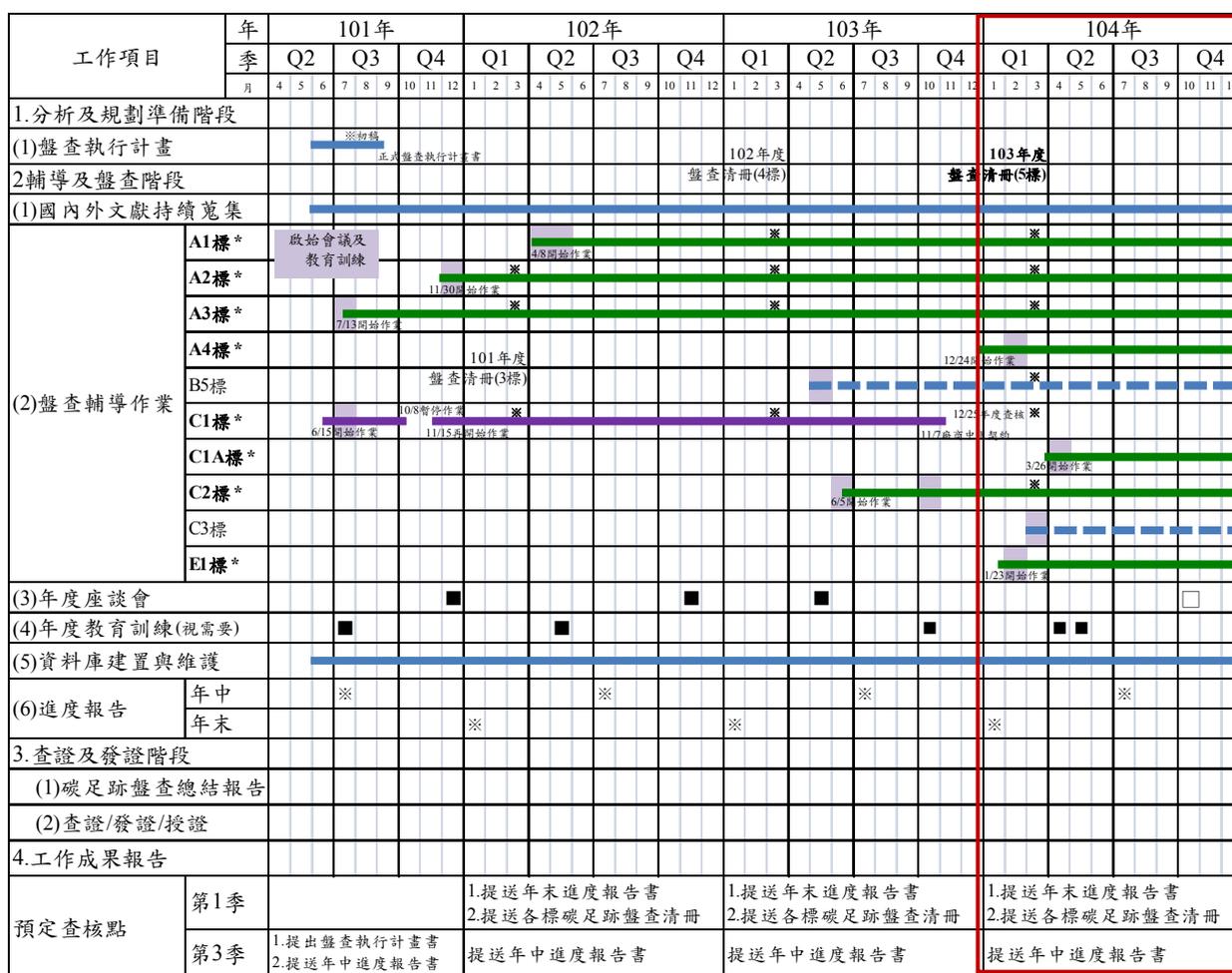
路段	標別(名稱)	預定期程*	實際開工時間	目前預計完工時間
蘇澳至東澳段(A段)	A1(蘇澳永樂段新建工程)	102.01~105.05	102.04	105.10
	A2(東澳隧道新建工程)	101.07~105.01	101.12	105.08
	A3(東澳東岳段新建工程)	101.06~104.07	101.09	105.03
	A4(蘇澳東澳段機電相關工程)	104.01~105.12	104.01	106.01
南澳至和平段(B段)	B5(南澳至和平段機電相關工程)	103.06~106.12	尚未開工	
和中至大清水段(C段)	C1(中仁隧道新建工程)	101.05~105.04	101.11	已於 103.11 解除契約
	C1A(中仁隧道接續工程)	-	104.04	108.05
	C2(仁水隧道新建工程)	102.01~106.10	103.06	108.07
	C3(和中大清水段機電相關工程)	104.04~106.12	尚未開工	
全線(含 A、B、C 段及既有台 9 線配合新增工作)	E1(蘇花改計畫交通控制工程)	104.01~106.12	104.02	109.06

備註：*為本計畫委託服務工作說明書表 5.4 預定期程。

其中，C1 標已於 103 年 11 月中止契約，接續工程係以 C1A 標為名，進行原 C1 標工程範圍內未完成的施工作業。

表 1.5.1-1 最右方兩欄係就目前已開工標別之實際開工日期與承包商目前之預定完工日期作整理，配合實際開工時間，本計畫現正有 7 個標(5 個土建標、1 個機電標及交控標)的盤查輔導作業進行中；而預定完工日期未來還會依據實際施工情形再作調整。

依上述各標之最新工程期程配合修正本計畫執行期間之工作內容，本計畫開始迄 104 年底之進度如圖 1.5.1-1；另條列說明各主要成果繳交與應完成程序之查核點於後。



備註：標別註記有 * 為已通知開始作業標別(C1 標已終止)；
 進度報告標記 ※ 為契約規定之報告提交時間；
 ---表示為規劃期程，實際執行進度仍需依據各標發包及執行狀況調整；
 ■為會議辦理時間，□為會議預定辦理時間(實際執行時間仍需待業主核定後確認)。

圖 1.5.1-1 本計畫預定執行進度圖

- 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。

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 104 年上半年度執行工作重點與預期成果說明如下。

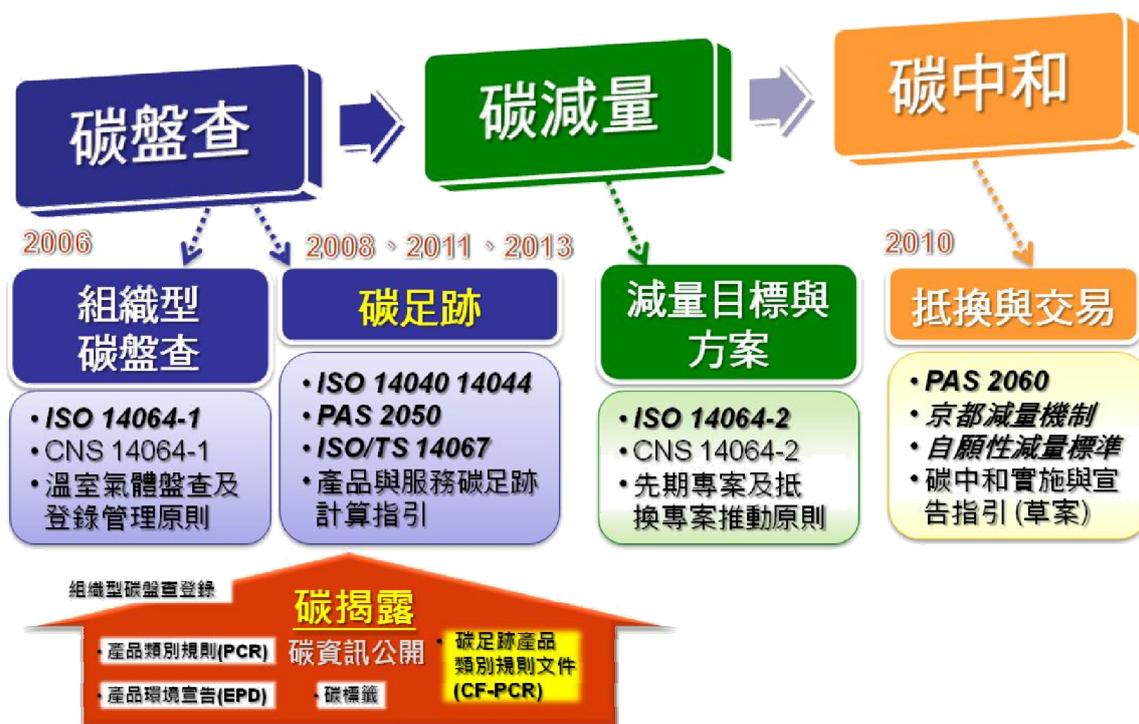
- 一、文獻資料蒐集分析：持續更新國內外道路工程碳管理制度發展及碳足跡量化案例之近期文獻回顧結果。
- 二、持續進行 A1、A2、A3、C1A、C2 及 A4 與 E1 標盤查輔導作業：
 1. 完成 103 年資料彙整與年度預審，提送 103 年度清冊；
 2. 完成 103 年度年末進度報告審查及修正報告提送；
 3. 大宗材料(混凝土、水泥)供應商資料蒐集與分析；
 4. 配合 A4、E1 標承包商工務所進駐時間，辦理啟始會議；
 5. 配合 C1A 標開工時間，辦理啟始會議；
 6. 進行 B 段土建標排放活動量調查；
 7. 逐月完成 104 年度盤查資料矯正檢核；
 8. 彙整 104 年上半年度盤查資料，提送 104 年度年中進度報告。
- 三、辦理教育訓練：依據工務所進駐及工程展開時間，辦理蘇澳東澳段機電工程(A4 標)、交通控制系統工程(E1 標)及中仁隧道接續工程(C1A 標)碳足跡盤查教育訓練。
- 四、資料庫建置與維護：新增 A4、E1 及 C1A 標盤查資料登錄與填報平台，持續依據盤查需求更新及擴充資料庫功能。

本報告即基於上述工作重點，首先彙整國內外道路工程碳管理制度發展及碳足跡量化案例之近期文獻回顧結果於第二章；就 104 年上半年度辦理盤查輔導作業過程中，各式會議辦理、系統擴充情形和階段性係數率定與盤查資料量化成果，於第三章分節說明；再於第四章以本計畫盤查之土建標分橋梁及隧道工程探討工項排放特性分析方法與結果，並試以混凝土係數為例，進行敏感度分析；最後，彙整國內外道路工程相關節能減碳措施，並就鐵公路土方運輸節能減碳效益計算所需之本土鐵公路運輸係數，於第五章作進一步探討。

第二章 工程碳足跡評估與我國道路工程碳管理發展

2.1 碳足跡盤查規範準則與程序回顧歷程與重點

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。



註：粗斜體字為國際規範或制度。

圖 2.1-1 國際碳管理趨勢

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。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(即碳排放量不再增加)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，故以下即分小節就碳足跡盤查規範、準則與程序及案例等，先簡要綜整本計畫自開始至今所回顧之各項發展進程與內容重點，再就各部分之近期變化或新增文獻蒐集與回顧結果作更新說明。

2.1.1 碳足跡盤查規範準則與程序回顧重點

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(Wang and Watson, 2007)：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。

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；由圖可知，碳足跡的定義與評估方法，最早付諸於文字、形成規範，是源於英國標準協會(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)。

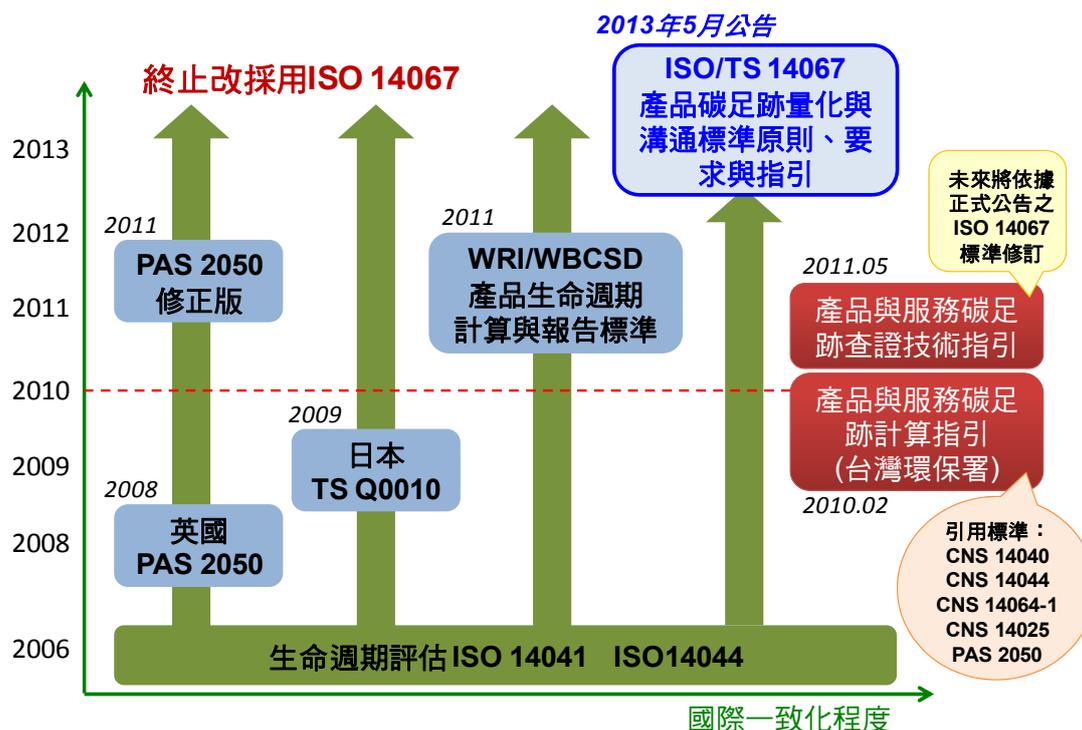


圖 2.1.1-1 碳足跡相關標準發展進程示意圖

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 3 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。在碳足跡議題持續發燒而國際標準尚未推出的情況下，英國標準協會又於 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。PAS 2050 的特色在於以標準化方法，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；為國際間推動產品碳足跡查證與規範制定之主要參考。

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。另世界資源協會(WRI)與世界企業永續發展協會(WBCSD)於 2011 年 10 月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。

國際標準組織自 2012 年 6 月即註冊 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)，但在成為國際標準草案(DIS 版)後卻被以內容作為量化或溝通的查證規範尚不夠明確為由，一直未能通過進入核准階段(FDIS 版)。為此，國際標準組織於 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 (Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification and communication)，成為目前國際上最新的碳足跡評估準則。惟按規定，技術規範在 6 年內(3 年一度)必須受檢討、複審，確定是否持續有效、修訂為正式標準或作廢終止；故前述各國(含我國)既有之碳足跡評估標準或指引近期是否會參採 ISO/TS 14067 而有所轉變，仍有待持續追蹤了解。

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。

二、碳足跡評估程序

茲綜整國內外碳足跡評估指引內容界定碳足跡評估流程如下：

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、行政管理與維護及行銷等。
7. 計算產品碳足跡，並分析碳足跡評估結果的準確性。

三、碳足跡配套制度：產品類別規則之發展

ISO 14025 第三類環境宣告 (Environmental Labels and Declarations - Type III environmental declarations - Principles and Procedures) 標準在各國碳足跡相關標準中皆被引述，其目的在於提供消費者一個產品完整(生命週期中)的環境衝擊或影響資訊，幫助消費者能夠參考選擇較環保之產品。第三類環境宣告的過程又分為兩部

分，首先為 PCR 的驗證，再者才是 EPD 的確認及宣告；即廠商欲依循 ISO 14025 申請進行第三類環境宣告 (Environmental Product Declaration, EPD) 查證時，必須先發展並依循該項產品之產品類別規則 (Product Category Rules, PCR) 進行數據蒐集與環境衝擊量化計算，再以 EPD 文件格式完成報告、進行查證和宣告。前者 (PCR) 之用意在於確保提出 EPD 之同類型但不同的產品，係基於一致的規則所提報，故具備「可比較性」，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。

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自家產品設定目標、進行減碳設計的依據。因此，國內外碳足跡規範之所以引用 ISO 14025 標準，係為要求同類產品或服務應依據一致的規則完成碳足跡量化評估，確保碳足跡資訊揭露能同 EPD 一樣具有預設的應用價值。目前在國內外被要求用於碳足跡量化參考的 PCR 有兩種，分別為產品類別規則 (EPD-PCR 或簡化寫作 PCR) 與碳足跡產品類別規則 (Carbon Footprint Product Category Rule, CF-PCR)。

在國際化考量下，瑞典率先發起一個非營利性質的第三類環境宣告網路國際組織 GEDnet，並設有 PCR 資料庫 (PCR library) 平台，網址為 <http://gednet.org/>，期能藉此集合各國現有 EPD 系統，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 促進各國的第三類環境宣告，並減少不必要之貿易障礙。GEDnet 目前共計有 12 個會員組織，我國環境與發展基金會為創始會員之一。

在與 GEDnet 相關聯的 EPD 系統中，又以瑞典發起國際產品環境宣告系統：International EPD® System 內容最為公開、豐富，且不斷更新就 PCR 制訂方法提出系統化的概念與構想，由其 2013 年 6

月修訂通用指引(General Programme Instructions)：「要求 PCR 應參照聯合國統計署所發展之聯合國中央產品分類標準(united nations central product classification, UN CPC)制定，建議先就產品的大類(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」即可看出。

International EPD® System 通用指引 (General Programme Instructions version)2.01 版(2013 年 9 月)的第三章為建立 PCR 的專章說明；其中，3.3 節羅列有 PCR 文件應包含的 13 項內容。另國際碳足跡技術規範 ISO/TS 14067 亦有以專節(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所列之各項要求。

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，故多了幾項(13 項內容中的第 7、8、10 項)是針對產品可能造成的不同環境衝擊類別作說明，而 ISO/TS 14067 所要求之 CFP-PCR 內容因為已限縮於針對該類產品的碳足跡進行評估的方法，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及 CF-PCR 的審議程序，作為製造商或提供該類服務之業者或其所組成之同業公(協、商)會針對其產品提出 CF-PCR 時應參照之標準作業程序。

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，並不定期將 CF-PCR 提案申請文件納入推動產品碳足跡標示審議會技術小組會議審查。

四、碳足跡配套制度：工程類產品類別規則之發展

茲就本計畫前期報告已回顧之瑞典 International EPD® System 工程類別之相關產品類別規則，依其發展年月條列說明如下：

1. 2010 年 11 月公告營造(CPC 53: Constructions)、營造服務(CPC 54: Construction Services)兩類產品類別規則基本模組(v1.0)；
2. 2012 年 1 月公告營造產品和服務(CPC division not available: Construction Products and CPC 54: Construction Services) 產品類別規則基本模組(v1.0)；
3. 2012 年 11 月開放運輸工程(Transport Infrastructure)產品類別規則基本模組、道路工程(Road Infrastructure)產品類別規則，及軌道工程(Railway Infrastructure)產品類別規則公開討論；
4. 2012 年 8 月開放橋梁與高架道路工程(Bridges and Elevated Highways)產品類別規則公開討論；
5. 2013 年 2 月、3 月公告更新營造產品和服務(Construction Products and CPC 54: Construction Services)產品類別規則基本模組(v1.1、1.2)；
6. 2013 年 10 月公告更新營造(CPC 53: Constructions)產品類別規則基本模組(v2.0)；
7. 2013 年 10 月公告陸運工程(CPC 53: Land Transport Infrastructure) 產品類別規則基本模組 (v1.0)、道路工程 (CPC 53211: Highways(except Elevated Highways), Streets and Roads)產品類別規則(v1.0)，及軌道工程(CPC 53212: Railways)產品類別規則 (v1.0)；
8. 2013 年 11 月公告更新道路工程(CPC 53211: Highways(except

- Elevated Highways), Streets and Roads)產品類別規則(v1.01)；
9. 2013 年 12 月公告橋梁與高架道路(CPC 53221: Bridges and Elevated Highways)產品類別規則(v1.0)；
 10. 2014 年 2 月公告建築物(CPC 531: Buildings)產品類別規則(v1.0)；
 11. 2014 年 2 月公告更新道路工程(CPC 53211: Highways(except Elevated Highways), Streets and Roads)產品類別規則(v1.02)；
 12. 2015 年 3 月公告更新營造產品和服務(Construction Products and Construction Services)產品類別規則基本模組(v2.0)。

依循編碼原則可知與蘇花改計畫最直接相關者為：CPC 53 營造、陸運工程 PCR 基本模組，及 CPC 53211 道路工程 PCR 和 CPC 53221 橋梁與高架道路 PCR。其中，營造 PCR 兩次改版內容在核心模組評估範疇部分有明顯轉變，係將應納入之評估內容考量原則由正面表列的方式(共 8 條)改為以負面表列方式(4 條不須計入)陳述；如表 2.1.1-1。

表 2.1.1-1 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. 至少占所宣告之產品的 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，如廢棄物等則參考通用指引(General Programme Instructions)辦理。</p>

綜觀目前在 International EPD® System 公開的道路與橋梁 PCR，其文件說明內容與形式大致相同，惟評估邊界與所含內容項目說明(6.1 節)在橋梁版本較為簡化，在核心模組中僅羅列 4 大組成，且營運階段未將重置列為需評估之組成項目之一。

但在其他技術系統界定部分(6.4 節)的排除項目則是較道路 PCR 詳細，主要是較道路 PCR 所列應排除的聯運活動、裝載活動及工程機具製造與人員活動三大排除項目外，多列出應排除：(1)交通號誌、照明點、控制點、公車站或相機等監控設備的製造；及(2)原料和其他輔助劑的包裝。

我國在民國 99 年 7 月公告碳足跡產品類別規則訂定指引，並在 103 年 9 月修正公告碳足跡產品類別規則訂定、引用及修訂指引，顯示碳足跡產品類別規則的制定案例已有增長，但前期主要是以食品、家電等民生消費產品為主，至民國 101 年 5 月才陸續有混凝土磚類、陶瓷面磚類等工程相關產品的碳足跡產品類別規則通過並公告。

基於公路總局積極推動道路工程碳足跡盤查的具體作為下，本計畫自 102 年 7 月開始與西濱南八棟寮至九塊厝碳管理計畫團隊合作，參考國際道路相關 PCR 制定考量與進展，循我國環保署碳足跡產品類別規則(CF-PCR)登錄及審議程序，推動我國道路工程碳足跡產品類別規則之擬定，並於 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，以基礎建設-道路、基礎建設-橋梁及基礎建設-隧道(第 1.0 版)三份文件公告於台灣產品碳足跡資訊網，成為我國工程類 CF-PCR 制定首例，同時也是我國道路工程計畫碳足跡盤查結果滿足規範要求、取得查證聲明的依據。

繼此之後，接續有冠奕建設股份有限公司主辦、低碳建築聯盟及成大研究發展基金會協同，向環保署提出建築物 CF-PCR 草案；同樣經專家諮詢會與利害相關者會議討論修正後，已於 104 年 6 月公告 1.0 版。

2.1.2 國內外工程碳足跡相關規範或參考文件更新說明

本節即針對近期我國溫室氣體管制的重要法源上：溫室氣體減量及管理法之發展歷程與內容重點進行回顧，並就其與本計畫執行之關聯作簡要評析。

立法院已於 104 年 6 月 15 日三讀通過溫室氣體減量及管理法，7 月 1 日正式由總統公布施行，為我國溫室氣體減量工程及對抗全球暖化導致的氣候變遷的重要里程碑。環保署早在 2006 年即提出溫室氣體減量法草案，但在減量目標及期程、排放額度及交易制度等諸多爭議的情況下，遲遲未能在立法院通過。此版法案的名稱與原草案略為不同，亦是經過許多討論，最後才在減量為目標、管理為手段，兩者並重才能有效因應氣候變遷、確保國家永續發展的考量下，協調出以溫室氣體減量及管理法為名，代表我國正式進入溫室氣體減量的新階段。

溫管法共分六章三十四條，包括：總則、政府機關權責、減量對策、教育宣導與獎勵、罰則及附則。第一章總則在名詞定義後的第四條及明訂我國長期減量目標為：民國一百三十九(2050)年的溫室氣體排放量降為民國九十四年(2005)年排放量的 50% 以下，參考環保署 103 年 12 月出版的 2014 年中華民國國家溫室氣體清冊報告內容，則相當於要從目前(2012)的年排放量約 2.7 億噸，在 35 年之後降至 1.385 億噸；接近我國 1990 年的溫室氣體排放量。

為能逐步達成這項目標，溫室氣體減量與管理法提及溫室氣體管制與減量的權責層級與對應目標、策略與報告，如圖 2.1.2-1；由圖可看出，未來我國溫室氣體管制權責機關主要分為中央主管機關(環保署)、中央目的事業主管機關(能源、製造、運輸、住商、農業等部門)及地方政府與目的事業主管機關。在國家溫室氣體長期減量目標下，環保署將議定溫室氣體減量方案，由各部門及地方政府對應推動管制行動方案與執行方案，至於排放源的管理，則是由環保署制訂受管制對象、管理辦法、管制標準及排放交易制度等，由目的事業主管機關負責督導排放源依規範進行排放量盤查、查證、登錄、減量及抵換作業。

除了由上而下的管理目標與策略制定外，法規中亦提到各層級應有定期的報告，以利目標與策略的檢討修正，這些由下而上的資料提報內容包括：排放源必須每年進行排放量盤查登錄，各部門則須每年產出執行排放管制成果報告及排放量調查、統計及調適成果，環保署則將每年彙整各部門階段管制目標執行狀況、定期產出國家溫室氣體排放清冊，每3年編撰溫室氣體國家報告。

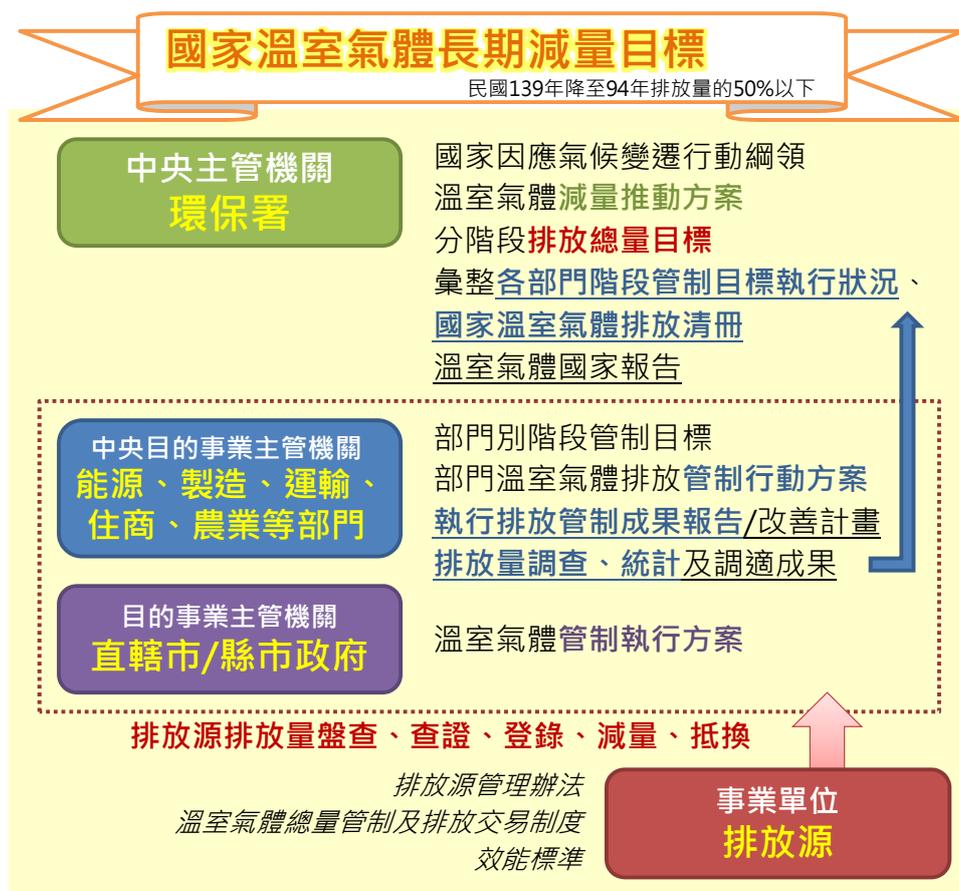


圖 2.1.2-1 溫室氣體減量及管理法管理層級對應目標、策略與報告

溫室氣體減量與管理法另一大重點是第五章的罰則，除針對違反相關條文訂有罰鍰金額外，並訂定明訂每公噸超額量處碳市場價格3倍之罰鍰，以每公噸新臺幣一千五百元為上限。此外，登載不實情節重大者主管機關能要求違法廠商停止操作、停工、停業，並限制或停止碳交易。

由於溫室氣體減量與管理法所管制的排放行為主要是既設的大型排

放源，並不包括臨時性工程作業，故所訂之管制與交易制度並不會直接對於本計畫執行中之工程碳足跡盤查、查證工作造成影響。不過，溫室氣體減量與管理法第五條政府因應氣候變遷之相關法律與政策之規劃原則的第四項，明確寫道推動國家基礎建設之低碳綠色成長方案；又第二十四條說明政府機關對減緩全球氣候變遷之認知與減少溫室氣體排放之宣導工作的推展事項第七項，述及建置低碳產品標籤制度及推廣低碳產品。此兩者即可視為本計畫乃工程單位因應溫室氣體減量與管理法推動公共工程碳足跡查證與減碳作為，積極參與國家整體節能減碳工作、輔助達成國家長期減量目標的依據。

由於許多大宗工程材料供應商如：鋼鐵廠、水泥廠都將是受溫室氣體減量與管理法首批列管的產業，後續本計畫也將持續追蹤溫室氣體減量及管理法的相關施行細則與後續政策、部門級減量策略等之發展進度，作為協調蘇花改各標大宗材料供應商稍微再進一步、配合執行產品碳足跡量化的依據。

2.2 國際工程碳管理制度相關發展

2.2.1 國際工程碳管理策略與計算案例回顧歷程與重點

基於本計畫執行迄今已回顧之先進國家道路工程碳管理相關作為，本期進一步就各文獻以評估原則建立、方法工具建置與個案評估結果三種類型作區分；此三類型文獻之功能差異如表 2.2.1-1 所示。

整體而言，評估原則的建立、方法工具的建置與個案評估的結果，三者應為一系列相對應的結果；就發展趨勢進行分析，多數是由個案評估開始，基於個案評估的程序與結果彙整出評估方法與工具，再與國內外規範建立對應的評估條件與通則。

以下即就本計畫開始迄今之文獻蒐集回顧結果進行分類並由最近期開始表列，並摘錄其實質成果說明於其中；詳表 2.2.1-2。其中，在個案評估結果部分，由於各研究或調查計畫評估邊界、項目與方法不進相同

且未必有完整說明，故在本章的彙整僅節錄本計畫後續執行碳足跡計算結果彙整分析之參考，不建議就不同研究結果作數據比較。另部分針對不同類型工程的比較，如：公路工程優於橋梁工程、橋梁工程又優於隧道工程，僅代表以碳排放單一面向為考量的評估結果，若依不同案例特性、結合其他衝擊面向如生態環境衝擊作整合評估，則未必某類工程型式為必然的優選方案。

表 2.2.1-1 各類型道路工程碳管理相關文獻內涵差異分析

文獻類別	內涵說明
評估原則建立	針對工程碳排放評估邊界設定、評估項目、資料品質要求或減量設計考量等，提供原則性的建議；可供不同型式工程作為一致的規劃設計或評估通則。
方法工具建置	針對工程碳排放或減量評估邊界提出特定的條件與項目，並據以蒐集評估項目對應之排放係數，設計可用於評估該條件下計算排碳與減碳量的模式；可供不同型式工程作為一致的評估方法與工具。
個案評估結果	針對特定工程設定碳排放或減量評估邊界與項目，並據以進行該工程專案之碳排放與減量計算；由於不同個案之評估範圍、項目與所引用之係數皆不盡相同，故排碳及減量推估結果僅能作為參考，若要用於進一步分析時，需力求評估條件之清楚說明，以避免錯誤的引用或無意義的比較。

表 2.2.1-2 道路工程碳管理相關文獻分類研析彙整表

文獻類別	文獻	內容重點
評估原則建立	英國重大工程碳管理計畫(2009)	<ul style="list-style-type: none"> ● 以工程生命週期為考量的碳管理架構：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。 ● 碳管理的精神在於持續減量，建議以循環的方式推動，稱為碳管理與減量 8 步驟：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。
	英國工程碳足跡減量行動計	<ul style="list-style-type: none"> ● 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

文獻類別	文獻	內容重點
評估 原則 建立	畫(2010)	<p>Plan to Reduce Carbon Emissions)為英國政府與產業共同訂定永續營造策略與標的之依據。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 減碳重點對象有 4 項：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。
	歐洲營造商研究與發展網絡(ENCORD)(2010)	<ul style="list-style-type: none"> ● 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) 1.0 版(2012)，僅計算京都議定書中之 6 類溫室氣體排放。 ● 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 ● 不同之營造業領域、事業體與工程種類，影響溫室氣體排放程度會有不同，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。
	美國工程計畫碳排放協議(2012)	<ul style="list-style-type: none"> ● 由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：工址準備、材料製造、施工、營運、廢棄物管理及環境影響減量。 ● 營運一項僅適用於建築工程(Building Construction)，於公共工程(Infrastructure)則可排除
	香港建造業議會(CIC)碳標籤計畫(2014)	<ul style="list-style-type: none"> ● 針對營造產品(Construction Products)營造業所需產品而訂，將產品碳足跡的量化和報告之生命週期邊界訂為「從搖籃到工區(cradle to site)」，涵蓋了從原材料採集至將產品運送到香港的溫室氣體排放和移除 ● 相關產品申請註冊 CIC 碳標籤必須經由 3 個步驟：碳審計(auditing)、查證(verification)和認證(certification) ● 產品通過認證將被給予相應等級的碳標籤此標籤之有效期為 1 年，分別為級別 A 至級別 E。在香港本土產品之碳排放係數不足的情況下，CIC 提出先採用國際間較廣泛使用之生命週期資料庫所載的碳排放係數作為比較基準；A 級即該碳足跡相對最小。 ● 初期以 5 類大宗材料著手，包含水泥、鋼筋鋼構、鋁材、玻璃(僅包含構造物內部使用之玻璃)和磁磚。截至 2014 年 10 月底，申請之供應商包含 2 家水泥廠、1 家鋼材供應商及 1 家預拌混凝土廠，但其培訓課程已有中國、日本及台灣(中龍鋼鐵)廠商參加。

文獻類別	文獻	內容重點
方法 工具 建置	英國公路局碳會計架構：碳計算器(2009)	<ul style="list-style-type: none"> ● 延續道路工程建造及維護活動碳排放計算邊界與方法的探討(Fry, et al., 2004)，開發碳會計架構及碳排放計算之工具與指引(HA Carbon Accounting Tool (2008)、Carbon Calculation Tool (2009)) ● 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) 3 類試算表 ● 分為 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)為使用者補充說明；最後(7)即含活動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。
方法 工具 建置	英國環境署工程計畫碳足跡計算器(2010)	<ul style="list-style-type: none"> ● 至 2012 年、歷經 12 次改版，目前公告為各式工程碳排放量計算時所應用之碳足跡計算器(3.4 版) ● 工程計畫總碳足跡計算項目共 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。
	法國開發署(AFD)開發計畫碳足跡工具(2011)	<ul style="list-style-type: none"> ● 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交通基礎設施為 30 年，但也保留視計畫需求調整的原則。 ● 強調評析開發計畫的減量效益而非僅排放量，將減量計畫分兩種：比較開發計畫未實施前特定產值的排放量，若開發情境較零方案排放量高但碳排放密集度降低，則為清潔技術計畫(Clean-technology projects)；若開發情境在相同產值的情境下較零方案排放量低，則為氣候計畫(Climate project)。
	西班牙道路工程計畫溫室氣體排放評估管理資訊系統 CO ₂ NSTRUCT(2013)	<ul style="list-style-type: none"> ● 以生命週期概念為基礎，但同其他文獻一般並未將道路拆除階段納入，原因是西班牙的道路多數都會被保留或重建而不會被廢棄。另道路工程的營管階段考量重置活動或道路的操作如路燈、道路清理等，但不包括交通；其解釋的方式是：車輛交通屬於道路運輸(road transport)生命週期評估的一個階段，但並不屬於基礎設施(infrastructure)的生命週期中。 ● 包含有 80 項材料、105 項工程機具、42 項能源、8

文獻類別	文獻	內容重點
		<p>種電網及 80 類環境系統(植生)、10 種廢棄物和 21 種運具等使用於西班牙道路計畫的歷史資料。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以 4 個西班牙道路計畫為例，進行碳排放量化與結果分析；建造階段工項碳排放分析結果顯示土方工程的排放占比最大，約占各計畫 60~85%的排放量，在此狀況下，4 工程案例評估結果皆以機具能耗為建造階段最顯著的排放源，約占總排放量的 61.5~84.9%；材料次之，約占 9.5~32.9%。 ● 評估結果一致以單位路長排放量(tCO₂e/km)表示；文末提出標準化評估範圍的必要性。
個案評估結果	英國環境署工程計畫碳足跡計算器(2010)：橋梁改建計畫碳足跡與減碳量計算案例	<ul style="list-style-type: none"> ● 成本約 38 萬歐元 ● 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%。
	英國環境署工程計畫碳足跡計算器(2010)：橋梁改建計畫碳足跡與減碳量計算案例	<ul style="list-style-type: none"> ● 減碳策略： <ol style="list-style-type: none"> 1. 大跨度水泥厚塊橋面改為鋼架和較小的預鑄水泥厚塊，減少操作吊車用於懸吊和固定所需的時間及油 2. 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可減少約 2 tonCO₂e 碳排放； 3. 橋面胸牆的設計由原本設計量的 1.5 m 縮減為 1 m 減碳量估計為 2 tonCO₂e； 4. 兩側橋台護堤以既有經沖刷的基樁再利用於右岸，透過減少材料使用和運輸減碳約 18 tonCO₂e。
	美國工程計畫碳排放協議(2012)：馬里蘭州 I-93 州際公路之橋梁上構替換工程	<ul style="list-style-type: none"> ● 工程係由移除原有橋梁上構開始，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； ● 在工址準備及環境影響兩個評估項目無碳增減量；排除廢棄物管理、交通延遲及人員運輸，但未說明原因。 ● 工程機具與材料運距採假設條件：25 英哩，另假設時速為 40 英哩/小時。 ● 評估結果：材料生產占總工程排放量 83%為最大，機具能耗占約 14.6%，工區用電及運輸合計僅占約 2.1%。

文獻類別	文獻	內容重點
	N-340 道路環境宣告(2013)	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。 ● 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、道路面層必須維修的時限為 10 年。 ● 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。 ● 此道路工程之總碳足跡約為 104 tonCO₂e/km；其中建造階段約為 55 tonCO₂e/km，約占生命週期總排放的 50%；營運階段之操作、維護排放則分別約為 31 及 18 tonCO₂e/km。 ● 再將建造階段進一步區分為底層結構(Road substructure)材料、道路鋪面(Road pavement)材料及施工機具(Road equipment)操作，以道路鋪面(瀝青混凝土)材料產製之環境衝擊最大，其影響約占 70%。
	Arroyo Valchano 鐵路橋梁環境宣告(2013)	<ul style="list-style-type: none"> ● 主體為位於西班牙西北部的高速鐵路橋梁，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 m 之間；下構為中空矩形墩柱，高度介於 9.46~20.33 m。 ● 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，假設橋梁生命週期為 60 年。 ● 此橋梁工程之總碳足跡約為 9.47 tonCO₂e/m。 ● 再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，以建造基礎、墩柱/橋台兩項之環境衝擊最大，占總排放近 70%。

2.2.2 本期國際工程碳管理相關更新說明

在挪威科技大學土木與運輸工程所論文：挪威橋梁生命週期評估 (Dequidt, 2012) 中，首先回顧有 1998~2011 年間共 14 篇橋梁生命週期評估相關文獻，蒐集到 45 座橋的生命週期評估結果，並加以分析，初步結果如下：

1. 以橋的種類區分約有 22 座混凝土橋、13 座鋼橋(含非複合混凝土(steel-concrete non-composite)鋼橋)、5 座複合混凝土(steel-concrete composite)鋼橋、4 座木橋與 1 座磚砌橋。
2. 採其中一文獻之定義：單位平方米有效橋表面積(近似橋面板表面積)為比較各文獻評估結果的功能單位。
3. 由資料可及性與正確性分析生命週期評估範疇，這些文獻並非全部都有以完整生命週期為考量，但材料製造、運輸，施工與維護階段是全數納入評估的。其中有 6 篇文獻將終止(end-of-life)階段的處置列入計算，2 篇文獻將施工階段的交通影響部分列入評估(但交通流量並不列入計算)。
4. 在生命週期年限部分，有 8 篇文獻採用 100 年為服務年限，4 篇文獻採 120 年；其餘文獻則是在沒有以整座橋為評估對象的情況下(例如橋台更新工程)，採用較短的設計服務年限。
5. 而衝擊評估項目部分，有 8 篇文獻以溫室氣體排放為考量，選擇以全球暖化潛勢衝擊評估項目；能源使用雖然並非 ISO LCA 標準要求的衝擊評估項目，但因為屬於能夠提供橋梁計畫環境績效的代表性資訊，故在 6 篇文獻中有被詳細計算。
6. 以橋的結構組成進行環境衝擊貢獻分析，由 2 篇以完整橋梁進行評估的文獻結果可知，下構(substructure)較上構(superstructure)的環境衝擊為大。
7. 各類型橋梁評估案例結果綜整如下：
 - (1) 混凝土橋(20 例)：133~3,390 kgCO₂e/m²；平均值為 1,590kgCO₂e/m²。其中，以高性能混凝土(High Performance Concrete, HPC)材料建造的混凝土橋最為低碳；而傳統加勁混凝土橋面配合鋼伸縮材料排碳量最高。
 - (2) 鋼橋(7 例)：321~4,300 kgCO₂e/m²；平均值為 2,180 kgCO₂e/m²。
 - (3) 混凝土鋼複合橋(steel-concrete composite)(5 例)：752~3720 kgCO₂e/m²；平均值為 2,490 kgCO₂e/m²。

(4) 木橋(4 例)：-71.~550 kgCO₂e/m²。

在由文獻回顧獲致上述分析結果後，該研究進一步以 Tverlandsbrua Project 跨河川橋工程為例，進行生命週期評估。該工程計畫全橋段總長 670m，共分為 7 跨、分兩種工法施作；計畫簡圖如圖 2.2.2-1。

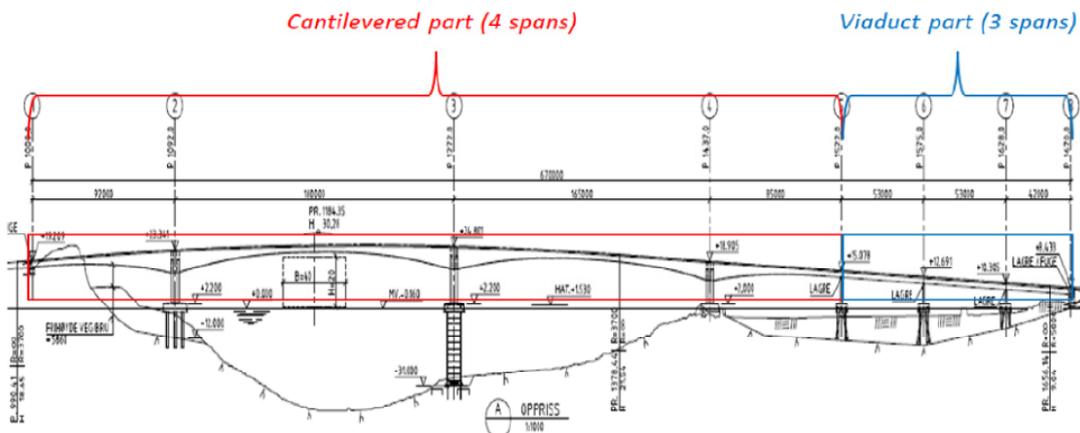
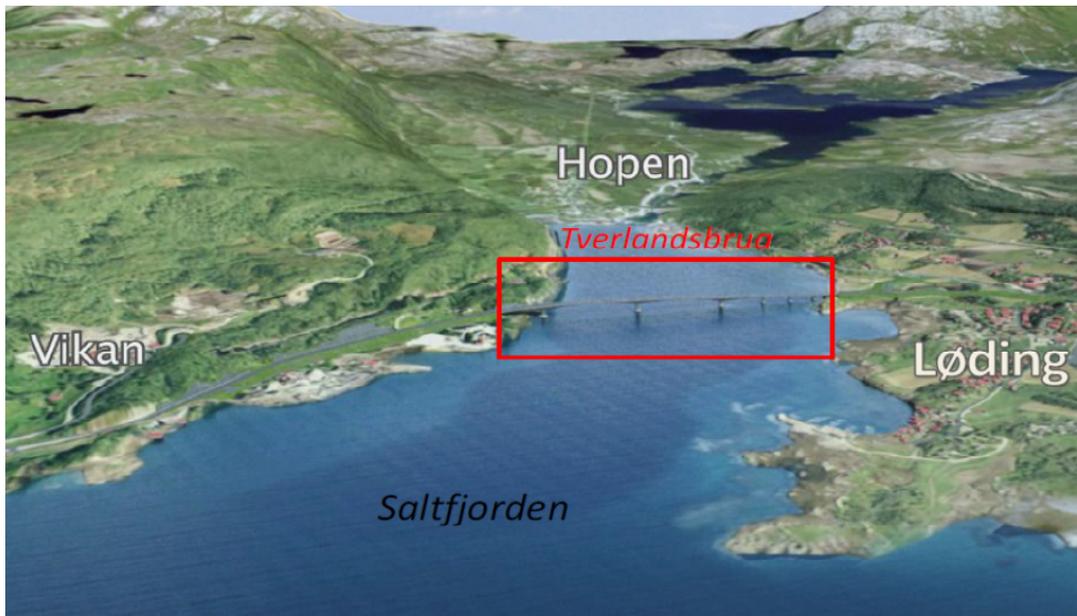


圖 2.2.2-1 Tverlandsbrua 跨河川橋工程計畫示意圖

工程內容簡要說明如下：區段編號 1~5 跨為平衡懸臂工法(balanced cantilevered traveling formwork system)共 522m、4 跨；混凝土箱梁高度具有變化，從 2.6 至 9m；區段編號 5~8 跨：場撐工法(viaduct cast in a formwork supported by a simple scaffolding)共 148m、3 跨；混凝土箱梁有

固定高度 2.6m 和底弦寬度 14m。另橋面寬為 23.42~23.5m，規劃為雙向雙線道，每線 9.5m；人行/腳踏車道寬 4m，並另有 0.5m 設置護欄。

考量工程計畫之生命週期，此案例研究之評估邊界設定如圖 2.2.2-2，共包含 5 個階段，分項說明於圖後。

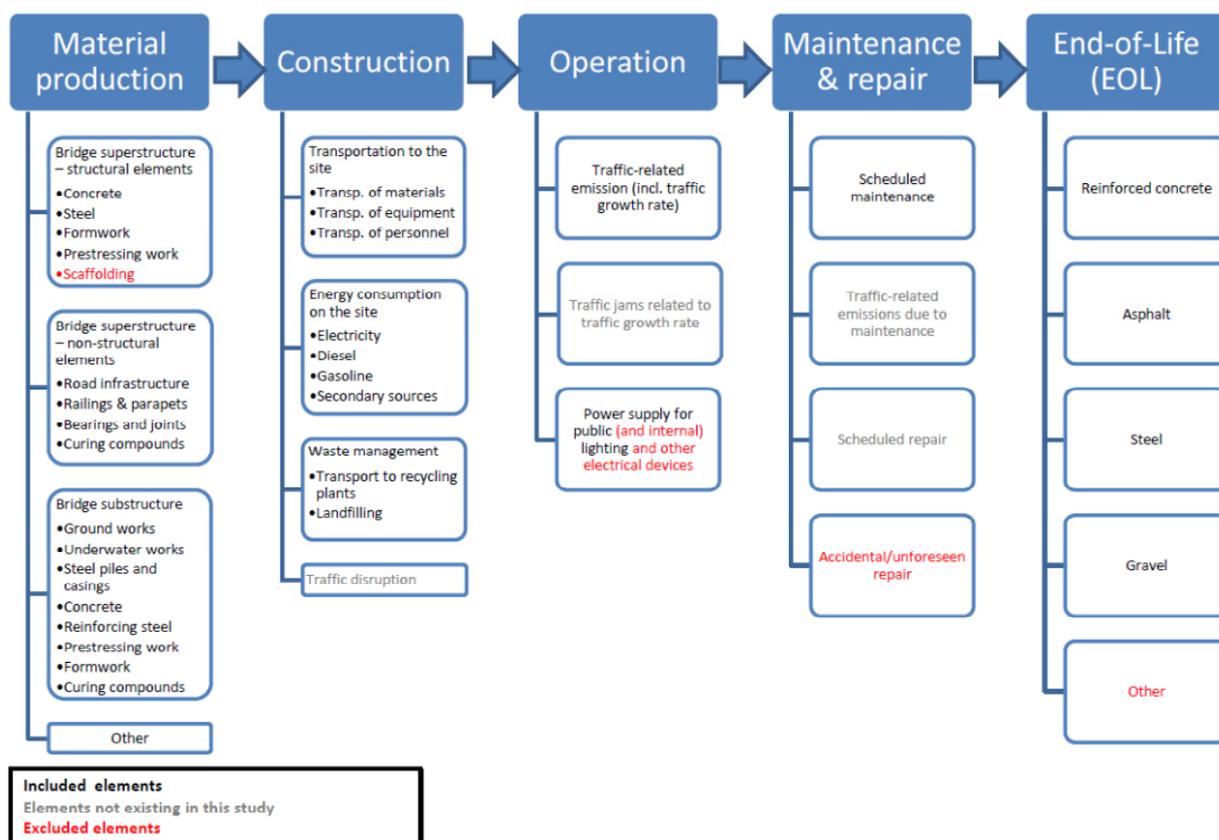


圖 2.2.2-2 Tverlandsbrua 跨河川橋工程計畫生命週期評估範疇

- (1) 材料生產階段(Material production phase)考量的工程材料項目包括：混凝土、鋼筋、模板、預力設備、瀝青防水、護欄、支承、彎焊、鋼管樁等地面與水下工作所需；設備的生產不列入計算。
- (2) 施工階段(Construction phase)考量原材料、設備和人員至橋樑施工現場的運輸，以及工區內機具設備操作的能耗、短期船舶支援及廢物管理所造的排放。因為是跨河橋的建造，故本計畫不計算交通阻礙造成的環境衝擊。
- (3) 操作階段(Operation phase)：操作階段包括為交通和供應公共照明所

需的電力排放。

- (4) 修復與維護階段(Repair and maintenance phase)：考量 100 年年限內 5 年一次的目視檢修及 3 年一次的鋪面翻新；但此橋梁計畫係以 100 年為服務年限所設計、生命週期內未規劃任何重要的重建工作。
- (5) 終止階段(End-of-life, EOL)：考慮橋梁拆解及預力作業使用的鋼筋混凝土、瀝青、鋼及使用於橋台和沉箱回填的欄杆、護欄、砂石；這些組成即占整個橋體重量近 98.6%，故其他材料的最終處置不列入計算。

計算結果顯示，此案例一百年之生命週期總排放量約為 104,717 tCO₂e，對應橋面板面積約 15,711.5 m²，則以功能單位表示相當於 6,665 kgCO₂e/m²；其中，操作階段排放占比為 79.6%，主要是由於以 100 年為營運年期所致。在不計營運期間排放的情況下，則單位排放量減為 1,358 kgCO₂e/m²，此結果與該研究文獻回顧中的混凝土橋單位排放量平均值 1,590 kgCO₂e/m² 相近。

依生命週期階段分析 Tverlandsbrua 跨河川橋工程排放量分布情形，如圖 2.2.2-3 所示；由上半部可發現，若考慮交通排放，則操作階段的排放量最大，但在不考慮交通量的情況下，則材料生產排放最為顯著。

另以各組成構件進行生命週期各階段排占比分析，如圖 2.2.2-4 所示，可發現在生產和建造階段都被納入計算時，生產階段的排放占比通常會遠大於建造過程，如圖左一混凝土、左三項模板與左四預力材料等，但需要較大運輸量與能耗量的地面和水下工作(右四)除外。左二的鋼筋和右三的樁與沉箱則是生產排放約 50% 上下；而左六的瀝青與防水鋪面的維護階段則清楚地大於其他生命週期，此結果與假設每三年更新一次鋪面、每次更新 40%，相當於建造階段前的生產 2 層的鋪面材料，在維護階段需要約 13 倍的生產排放的邏輯相符。

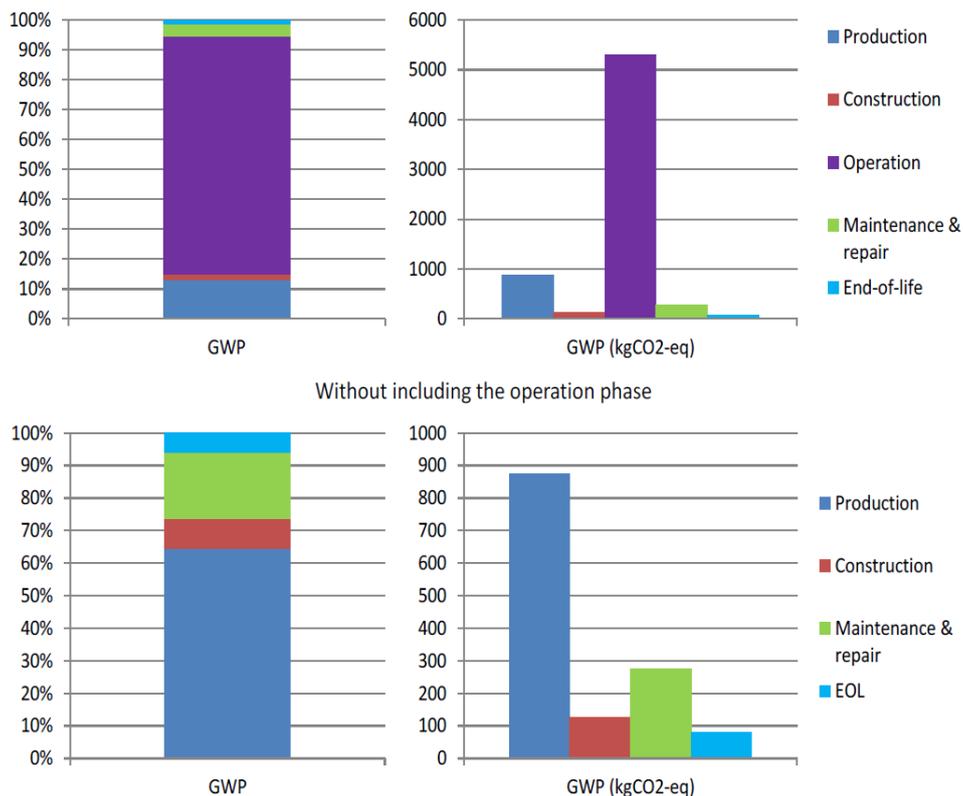


圖 2.2.2-3 Tverlandsbrua 計畫分階段單位橋面積碳排放評估結果

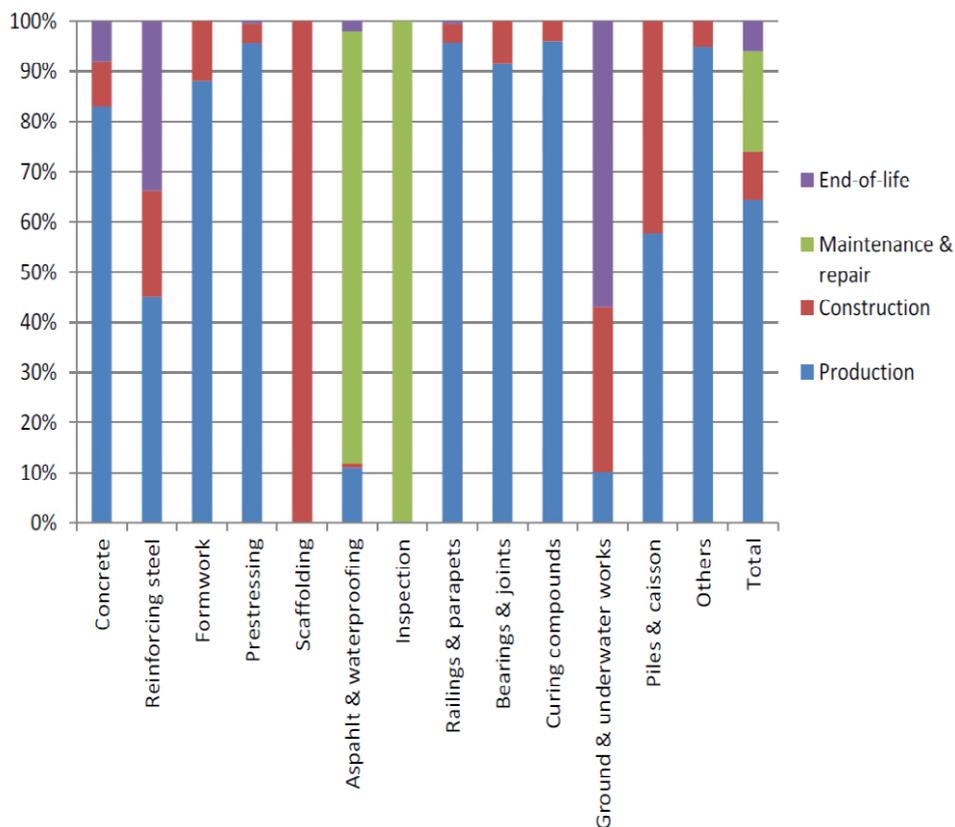


圖 2.2.2-3 Tverlandsbrua 計畫組成構件之生命週期分階段占比分析結果

此研究最後在排放熱點分析之後，進一步選擇幾項排放熱點：鋼筋供應商選擇和圍籬鋼材減量兩項進行不確定性分析，及以混凝土生產排放和瀝青混凝土鋪面重置頻率為因子進行敏感度分析。

不確定性分析部分的結果顯示，鋼筋選擇德國或挪威供應商對於整體碳排放結果影響不大，由德國進口鋼筋雖然運輸排放大，但以整體排放量而言為優選方案；而圍籬鋼材減量 40% 約可使單位排放量減少 7%。敏感度分析部份則顯示越高強度的混凝土會因水泥用量較高而排放較高，而瀝青混凝土鋪面若更新週期越長排放量越小，顯示耐磨損與環境友善的瀝青鋪面產品具有減碳效益。

就此文獻與本計畫目前執行盤查中的橋梁工程特性、邊界與評估項目，可完成初步比較分析如表 2.2.2-1；後續將再進一步分析碳排放量計算結果彙整分析方式，及可進行不確定性分析之項目進等，作為本計畫執行橋梁工程碳排放特性分析之參考。

表 2.2.2-1 挪威橋梁生命週期評估文獻與本計畫橋梁工程盤查要項分析

內涵說明 分析項目		挪威文獻評估內容	本計畫現階段盤查內容
工程特性		670m 長、23.5m 寬 跨河橋	A1 標：白米高架橋、白米景觀橋(脊背橋)、永樂高架橋；A3 標：東澳北溪河川橋、幸福高架橋，僅幸福高架橋非跨河橋，共計 4.4km
		工法：懸臂、場撐	工法：支撐先進、場撐、懸臂
邊界與 內容	材料產 製階段	主要材料；機具、設備生產及鷹架不列入	所有材料；機具、設備生產及輔助設備(上下設備、鷹架)不列入
	施工 階段	機具與材料運輸、能資源使用、廢棄物運輸與處置；未列入交通干擾	除文獻評估內容外，另計入工區人員出勤逸散，及工區管理(工務所)材料與能資源使用、逸散及廢棄物處置排放
	營運 階段	交通增量(但不計塞車)、營運(照明)用電、定期維護及拆解作業之材料、能源使用與回收；未列入因維護造成的交通排放增量、定期與不定期修繕	目前尚未計算，但依據我國 CF-PCR 將列入操作、維護修繕之材料產製運輸、能資源使用及廢棄物運輸處置等排放；不列入交通及廢棄階段排放

2.3 國內道路工程相關碳管理政策規範與案例

2.3.1 國內相關政策規範發展回顧歷程與重點

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 2.3.1-1 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。



圖 2.3.1-1 我國道路工程碳管理相關政策發展示意圖

茲以表 2.3.1-1 就本計畫開始至今所回顧之國內與道路工程較具相關性的政策或參考準則進行表列綜整，作為本計畫發展蘇花改計畫碳管理架構之依據。

表 2.3.1-1 國內相關政策規範重點研析彙整表

國內相關政策規範	內容重點
行政院永續公共工程-節能減碳政策白皮書 (民國 97 年)	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。 ● 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。
行政院振興經濟擴大公共建設投資計畫 (民國 98 年)	<ul style="list-style-type: none"> ● 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 ● 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%
交通部節能減碳規劃設計參考原則 (民國 99 年)	<ul style="list-style-type: none"> ● (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。 ● 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
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 (民國 99 年)	<ul style="list-style-type: none"> ● 為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。 ● 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，確保開發單位在規劃階段已考量可行的節能減量措施、提出對應之盤查、查證與登錄作業，並對增量部份提出抵換規劃。 ● 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。

另針對相關單位承續前述政策方向，進一步所發展之相關研究或案例推動作業內容與成果，進行重點彙整如下表 2.3.1-2。

表 2.3.1-2 國內相關研究重點研析彙整表

國內相關研究	內容重點
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 (民國 100 年)	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。 ● 以蘇花改 4 標設計資料完成我國道路工程碳排放量評估首例；結果顯示施工機具能耗的排碳量約占 6~16%，工程材料使用碳排放量約占 64~70%；無論是隧道或橋梁工程混凝土之於總土建標工程碳排放之占比皆維持在 23~29%，但橋梁工程的鋼筋排碳量占比明顯高於隧道工程。 ● 建議若要對評估結果提出正確論證，應增加試評案例數量或推動實務調查。
交通部運研所交通運輸工程節能減碳規劃設計手冊研究與編訂 (民國 101 年)	<ul style="list-style-type: none"> ● 延續運研所 100 年研究計畫，透過更多案例評估對於公路工程提出簡易型與詳細型兩種碳排放評估模式(皆未納入營運期間之交通排碳量)。 ● 詳細型模式：在工程細設資料完備的情況下用來評估單一工程設計興建與維護所造成的排碳量；簡易型模式：僅分橋梁、隧道及路工三個類型以單位碳排放搭配工程規模參數進行評估，可用於不同選線方案的碳排評估。 ● 此研究根據此前述兩種模式編擬「交通運輸工程節能減碳手冊」，協助公路工程規劃設計人員評估其規劃設計工程之排碳量。
公路總局道路工程碳管理構想 (民國 101 年)	<ul style="list-style-type: none"> ● 延續運研所 100 年研究計畫，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； ● 以工程生命週期為考量，戴明管理循環(PDCA)為參考，發展出工程碳管理架構與機制，為滾動式、持續漸進式的碳管理循環。 ● 由範疇與邊界定開始，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，再以低碳為考量，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。 ● 蘇花改工程處及 A、C 段設計單位率先實現此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；第二階段即為本計畫執行中之工程碳足跡盤查工作。
公路總局西濱南工處橋梁不同跨度及	<ul style="list-style-type: none"> ● 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；各碳排量加

國內相關研究	內容重點
<p>工法之 e 化系統建置 (含碳排放量推估) (民國 101 年)</p>	<p>總後即可得計畫興建橋梁預估之總碳排量。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 材料生產部分區分成上構及下構，分別就大宗材料(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，取得欲興建橋梁需使用之材料數量概數； ● 材料運輸部分根據交通部統計處 100 年汽貨車貨運調查報告使用各材料平均運距乘上平均燃油效率 4 km/公升再乘上柴油單位排碳量，得各材料平均運輸所產生之碳排放係數，以此計算大宗材料運輸碳排量； ● 施工階段部分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。 ● 使用及維護部分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 4.32 kg/m²，廢棄物處理階段則約為 2.83 kg/T。 ● 是國內外唯一以最簡便的方式準確計算預力橋梁全生命週期碳足跡的系統，有助於從節能減碳的觀點做各項方案比較與選擇。
<p>公路總局其他工程 碳足跡盤查委託服 務工作 (民國 101 年~)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 西濱南工處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服務工作(101 年) ● 西濱南工處台 9 線南迴公路拓寬改善後續計畫安朔草埔段委託工程碳管理暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作(102 年) ● 第三區養護工程處台 9 線南迴公路拓寬改善後續計畫(金崙大鳥段)委託工程碳管理暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作(102 年)
<p>公共工程委員會公 共工程排碳量估算 試辦作業 (民國 101 年~)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 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； ● 101 年 12 月召開「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」，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。 ● 102 年 3 月召開「公共工程排碳量估算試辦作業研商會議」各主管或經常辦理之 6 項工程類別(道路工程、防洪工程、水資

國內相關研究	內容重點
	<p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 102年5月召開「公共工程碳排放量估算試辦作業第1次工作會議」、102年6月召開「公共工程碳排放量估算試辦作業第2次工作會議」，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，本計畫為公路總局提出列管於其中之一，本計畫配合提出執行內容說明簡報。 ● 103年3月召開「公共工程碳排放量估算試辦作業第3次工作會議」，工程會說明公共工程簡易碳排放推估工具(ver1.1)研發結果，除本計畫配合提出盤查經驗分享簡報外，另有水利署及農委會水保局提出試辦案例估算成果說明。 ● 103年12月召開「公共工程碳排放量估算試辦作業第4次工作會議」，由國工局、營建署及水保局進行試辦案例辦理之階段性成果說明。
<p>環保署本土碳足跡排放係數資料庫建置工作 (民國102年~)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 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；與工程碳足跡盤查之計算較相關者包括：能資源、運輸服務、建材、金屬、化學品或氣體等。 ● 碳足跡排放係數陸續公告於產品碳足跡計算服務平台(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。

2.3.2 本期國內工程碳管理相關更新說明

承前，我國公共工程碳管理在公路總局與工程會的引導之下，目前已進入不同工程領域別競相發展的狀態，惟各工程主管機關在可執行性的考量下，又有工程碳排放估算、調查甚或盤查工作等不同程度的推展。目前已知公路總局西濱南工處西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程，配合A標之竣工日期，預計在104年即會有第一標開始進行全工期盤查結果的查證工作。

本計畫目前已掌握之該標工程碳管理執行內容及查證要求符合狀況如下：

1. 該標工程內容主要為橋梁新建工程，並包括部分既有道路路口改善工程及路堤(交流道)工程；範圍內無相對應之機電與交控標，故依契約規定，已在該標工程承包商提報竣工(104年5月)後3個月內，於104年8月提出總結報告書初稿，並安排後續查證時間表；
2. 依據總結報告初稿內容，該工程標盤查結果已符合 CF-PCR 之一級數據要求，上游供應商盤查係以鋼筋廠為主。目前總結報告初稿中呈現之一級數據比例約為 19%；後續經查證程序後，有可能再略有調整。
3. 在 ISO 碳足跡標準仍為技術規範(ISO/TS 14067)的情況下，該標工程目前係以同時符合 PAS 2050 及 ISO/TS 14067 要求的方式編撰碳足跡盤查報告書，若直至預定授證時間(暫定為 105 年 1 月)前，ISO 標準仍未公告，則將以 PAS 2050 為取證規範、籌辦後續授證事宜。

本計畫後續將持續關注與瞭解該標查證過程(含上游供應商)的各項要求與注意事項，作為後續 A3 標盤查結果滿足規範要求，進而規劃工程碳足跡查證程序、辦理發證儀式之參考。

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。

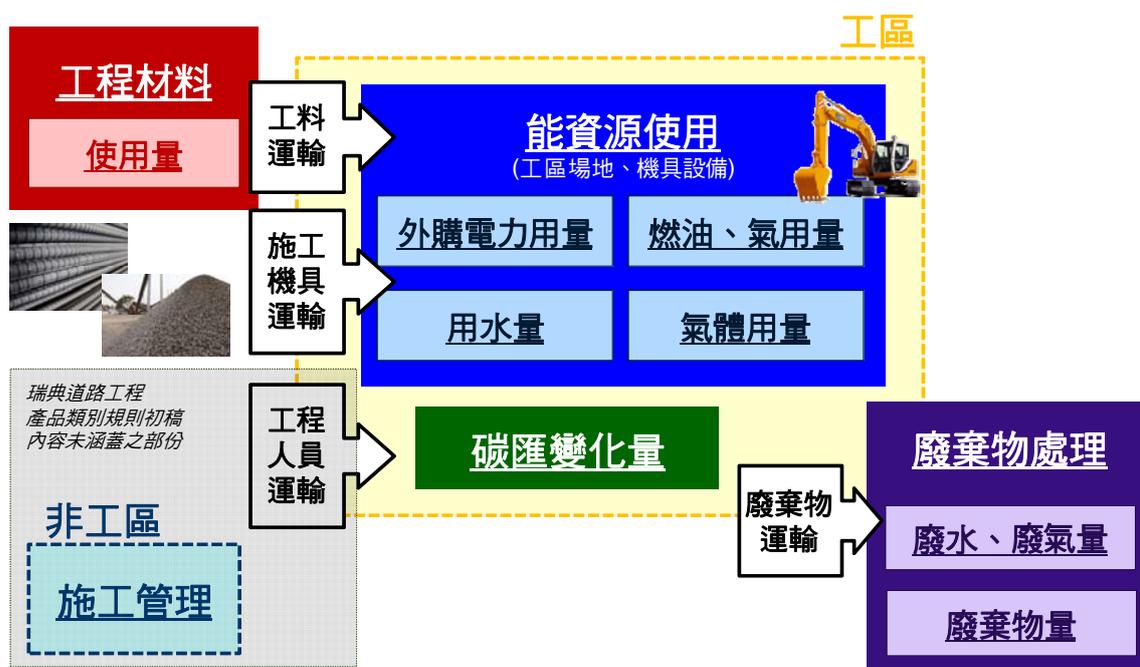


圖 3-1 工程碳足跡盤查範圍示意圖

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(C1A)、C2
	機電	A4、B5、C3
	交控	全線(E1)
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分提出定見。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目前已開工各標之暫定工程期程如表 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	開始作業 通知時間	目前預定 竣工時間
蘇澳 東澳段 (A 段)	A1(蘇澳永樂段新建工程)	102.03.20	102.04.08	105.10
	A2(東澳隧道新建工程)	101.11.29	101.11.30	105.08
	A3(東澳東岳段新建工程)	101.06.28	101.07.13	105.03
	A4(蘇澳東澳段機電相關工程)	103.12.19	103.12.24	106.01
南澳 和平段 (B 段)	B5(南澳至和平段機電相關工程)	尚未決標		
和中 大清水 段 (C 段)	C1(中仁隧道新建工程)	101.06.07	101.06.15 開始 101.10.08 暫停 101.11.15 再開始	103.11.07 解除契約
	C1A(中仁隧道接續工程)	104.03.19	104.03.26	108.05
	C2(仁水隧道新建工程)	103.05.30	103.06.05	108.07
	C3(和中大清水段機電相關工程)	尚未決標		
全線	E1(蘇花改計畫交通控制工程)	104.01.14	104.01.23	109.06

3.1 工程碳足跡盤查執行進度

本計畫本期主要工作項目包括：於 104 年 1 月底前提送 103 年度年末進度報告書初稿，2 月份辦理 A4 及 E1 標啟始會議，3 月份前完成 103 年度盤查結果年度預審程序，並提送盤查暨排放清冊及預審結果報告，4 月份辦理 C1A 標啟始會議、A4 及 E1 標教育訓練，並提送年末進度報告書修正稿，5 月底辦理 C1A 標教育訓練，最後再因應 B 段年度資料蒐集需求，於 6 月初辦理 B 段 103 年度碳排放推估資料調查說明會。

除前述重要事項辦理期程外，本計畫仍定期以每月至少一次的方式，就已開工的土建及機電、交控標進行盤查輔導矯正及現場訪查。

3.1.1 現場訪查與輔導及教育訓練辦理

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報與查核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正確彙集與填報碳排放活動資料的能力。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已擴增為 A3、A2、A1 及 C2、C1A 共 5 個土建標及機電標 A4 與交控標 E1 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 段現場輔導以集合 3 標碳管理專責人員的方式，輪流於蘇澳或東澳監造工程處辦理；C2 與 C1A 標則併同於和清段監造工程處辦理。茲就本計畫自開始迄 104 年 6 月份，陸續辦理之各標現場輔導、C2 標教育訓練以及供應商訪談時間進行列表，如表 3.1.1-1。

總計本計畫迄今 104 年 6 月共辦理 88 場次現場輔導會議，104 年上半年度共辦理 22 場次。各場次現場輔導會議主要參與人員包括：本計畫盤查輔導人員、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，有效確保各

標承包商碳足跡盤查作業辦理的配合度與流暢度。

表 3.1.1-1 本計畫盤查輔導會議辦理紀錄

日期 標別	101 年				102 年					
	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
A1								25	23	24
A2				21	24	21	27	25	23	19
A3	18	25	22	21	24	21	27	25	23	19
C1	18		29	13	21	22	26	26	21	20
總場次	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3

日期 標別	102 年						103 年					
	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
A1	25	30	23	21	21	23	23	27	31	25	22	24
A2	25	28	23	21	21	23	23	27	31	24	22	27
A3	24	28	25	22	19	26	23	27	25	24	22	27
C1	23	27	16	17	27	13	15	27	27	23	29	17
總場次	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	2	3

日期 標別	103 年						104 年					
	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
A1	17	26	24	31	21	24	22	25	20	23	20	23
A2	17	26	24	31	21	24	22	25	20	23	20	23
A3	17	26	24	31	21	24	22	24	20	27	22	23
C1	18	20	16			25						
C2		14	16	8	13	30	20	12	23	22	21	15
C1A										22	21	15
A4									25	23	20	17
E1									25	24	18	23
總場次	2	3	3	2	2	3	2	3	3	5	5	4

本計畫已依時序整理 104 年上半年度現場輔導會議辦理實況，
詳本報告書附錄 II。

二、啟始會議辦理情形

本計畫於 104 年上半年度配合機電及交控標進住工務所時間，及 C1A 標決標與開工時間，分別於 2 月份及 4 月份在蘇澳段會議室辦理蘇澳東澳段機電工程(A4 標)及交通控制系統工程(E1 標)碳足跡盤查啟始會議，及在和中段會議室辦理中仁隧道接續工程(C1A 標)碳足跡盤查啟始會議。兩日會議進行實況與完成簽署之碳足跡盤查合作宣言如圖 3.1.1-1、圖 3.1.1-2。啟始會議及簽到單詳附錄 III。



圖 3.1.1-1 A4 及 E1 標啟始會議辦理實況及簽署宣言



圖 3.1.1-2 C1A 標啟始會議辦理實況及簽署宣言

三、教育訓練辦理情形

接續於前項辦理 A4 及 E1 標與 C1A 標啟始會議，宣示承包商將配合進行工程碳足跡盤查後，本計畫進一步於 4 月份及 5 月份假蘇澳段會議室及和中段會議室，辦理蘇澳東澳段機電工程(A4 標)及交通控制系統工程(E1 標)碳足跡盤查與中仁隧道接續工程(C1A 標)碳足跡盤查教育訓練。此次參訓對象除承包商人員外，還包括協力廠商、混凝土供應商、監造單位等人員共襄盛舉。兩日課程進行實況如圖 3.1.1-3、圖 3.1.1-4，課程內容包括：碳足跡背景與查證程序說明、本計畫工作說明、碳足跡盤查表單內容介紹與系統線上填報操作方法說明四部分。

前述啟始會議之辦理實錄及教育訓練之議程、參訓人員簽到單等，另整理於附錄IV。



圖 3.1.1-3 蘇澳東澳段機電工程(A4 標)及交通控制系統工程(E1 標)教育訓練辦理情形



圖 3.1.1-4 中仁隧道接續工程(C1A 標)教育訓練辦理情形

3.1.2 供應商訪談與資料蒐集進展

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，本計畫今年度除在 1 月份即安排團隊人員赴 A1 標混凝土供應商享正、久屋了解生產流程並進行資料需求說明外，另於 C2 標混凝土大量供應及 C1A 標開始動工前，即持續尋求其共同的混凝土供應商友誠參與教育訓練，而後安排於 4 月份赴現場訪查說明資料需求後，目前共計有 3 個混凝土廠於 104 年第二季開始配合提供資料。

此部分後續將同目前持續蒐集的宜興南澳廠資料，就各混凝土供應商之預拌車油耗率(運出每方混凝土之油耗量)、生產各型混凝土之不同材料用量及用電、用水與氣體用量等作總整分析，進而計算出本土不同廠商混凝土生產排放係數，藉以提升本計畫工程碳足跡一級數據占比。

3.1.3 南澳和平段碳排放活動資料調查作業辦理說明

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，本計畫已於 103 年 4 月 23 日辦理一場次 B 段推估資料調查說明會，並於 103 年 5 月及 6 月陸續取得 B 段各土建標 102 年度工程管理活動及 B3 標橋梁及隧道工程材料使用量資料。茲先簡要彙整前次 B 段各標資料提供情形與分析結果。B 段各土建標 102 年度碳足跡推估調查資料包含工程管理活動量及工程材料使用量兩部分，提供情形如下表 3.1.3-1 所示。

表 3.1.3-1 B 段碳足跡推估 102 年度調查資料提供狀況分析表

資料別 標別	工程 管理 活動 量	分工項工程材料使用量									
		橋梁工程					隧道工程(各工作面分岩體)				
		樁式 基礎	直接 基礎	牆身	墩柱	上 構	上半	台階	仰拱	襯 砌	
B1 標	✓	未提供					未提供				
B2 標	✓	未提供					未提供				
B3 標	✓	A1S A1N A2S A2N	P1N P6N P7N P7S P8N	A1S A1N	P1N P7N	未 提 供	NN1(洞口段) NN5(5 類) NS3(3~5 類) NS7(3~5 類) SN6(5 類) SS4(3~5 類) SS8(4、5 類)	NN9 (4 類) NS3 E/W (3~5 類) NS7 E/W (3~5 類) SN10 W (4 類) SS8 E/W (4、5 類)	NN9、 NS7、 SN10、 SS8(4 類) 通風橫坑	未 提 供	
B4 標	✓	未提供					未提供				

其中，工程管理活動量調查項目包括電、水、油(汽/柴油)用量及人員出勤/住宿人數；橋梁工程分工項需提供的材料項目主要為混凝土實際用量(m^3)與鋼筋設計用量(ton)；隧道工程需提供的材料項目則為分工作面、各輪進(不同岩體)所用之支保長度(m)、鋼纖噴凝土實際用量(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)及袋裝水泥(kg)等數量。

根據表 3.1.3-1 所列之 B 段各土建標提供之 102 年度工程管理活動資料，可計算並分析年度工程管理排放量如下表 3.1.3-2：

表 3.1.3-2 B 段 102 年度工程管理碳足跡推估調查資料分析結果

項目 標別	電	水 (自來水)	汽油	柴油	化糞池 逸散	廢棄物 處置	排放量 (tonCO ₂ e)	單位面積排放量 (kgCO ₂ e/yr-m ²)
B1 標	16.5%	<0.1%	5.9%	77.0%	<0.1%	0.6%	537.71	0.043
B2 標	61.4%	<0.1%	31.8%	4.9%	<0.1%	1.9%	240.92	0.019
B3 標	40.1%	<0.1%	39.7%	18.5%	<0.1%	1.6%	260.25	0.503
B4 標	50.3%	<0.1%	48.3%	0.0%	<0.1%	1.4%	65.41	0.032

分析結果與 A、C 段土建標承包商 102 年度工程管理排放量約為 120 tonCO₂e 上下相較，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；再由活動類別占比分析，則初步推測應是 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。

進一步以年度工程管理單位面積排放量與 A、C 段土建標盤查結果約 0.14 tonCO₂e/yr-m² 相較，則 B1、B2、B4 標之計算結果遠小於前盤查數據，而 B3 標則約為 A、C 段平均值的 3.5 倍；主要原因是 B1、B2、B4 標所提供之工務所樓地板面積明顯大於 A、C 段承包商，而 B3 標則是面積較接近但排放量大。

在工程排放計算結果部分，僅有 B3 標提供符合估算所需的分工項主要工程材料數量，據此初步就橋梁工程部分完成的工項排放量分析結果如下表 3.1.3-3；還需進一步取得各工項規模(如基樁直徑、深度，直接基礎與墩柱體積等)資料才能與盤查結果做進一步比較。隧道工程部分初步以上半開挖進行各工作面與不同岩體之單位排放量分析如表 3.1.3-4，可見自洞口段、5 類岩體乃至 3~5 類之工作面單位開挖長度排碳量逐漸減小，顯示岩體類別與材料排放量有直接關係。

表 3.1.3-3 B3 標橋梁工程分工項材料碳排放量估算結果

編號	樁式基礎碳排放量(tonCO ₂ e)	牆身碳排放量(tonCO ₂ e)
A1S	91.46	58.37
A1N	89.28	59.24
A2S	93.91	
A2N	100.26	

編號	直接基礎碳排放量(tonCO ₂ e)	墩柱碳排放量(tonCO ₂ e)
P1N	64.54	71.09
P6N	92.94	
P7N	92.49	82.67
P7S	92.49	
P8N	92.49	

表 3.1.3-4 B3 標隧道工程各工作面上半開挖材料碳排放量估算結果

工作面	岩體	開挖長度 (m)	單位開挖長度排碳量 (tonCO ₂ e/m)
NN1	洞口	54.40	26.96
NN5	5 類	141.00	5.32
SN6	5 類	35.05	4.97
SS8	4、5 類	945.30	2.37
NS3	3~5 類	879.60	1.71
NS7	3~5 類	764.30	2.40
SS4	3~5 類	390.60	2.70

另以不同岩體類別進行單位開挖長度排碳量計算，結果如表五，顯示不同工作面之同類岩體的單位開挖長度排放量頗相近，除洞口段因補強作業使用材料較多、單位排放量較高外，5 類岩體單位開挖長度 3.52~5.19tonCO₂e/m；4 類岩體約為 1.63~2.24 tonCO₂e/m；3 類岩體約為 1.13~1.64 tonCO₂e/m。總整 102 年度 B3 標隧道工程資料，初步獲致各類岩體上半開挖的單位開挖長度排放量最大、最小值，約在平均值的±25%

範圍內。

表 3.1.3-5 B3 標隧道工程上半開挖各岩體材料碳排放量估算結果

岩體	工作面	開挖長度 合計(m)	單位開挖長度排碳量 (tonCO ₂ e/m)
洞口	NN1	54.4	26.96
5 類	NN5、NS3、NS7、 SN6、SS4、SS8	354.5	4.39 (3.52~5.19)
4 類	NS3、NS7 SS4、SS8	1,961.9	1.99 (1.63~2.24)
3 類	NS3、NS7 SS4	94.3	1.31 (1.13~1.64)

本計畫遂依據去年度執行經驗，於今(104)年 5 月再次提出碳足跡調查表，並在工程處的協助下，考量 B4 標已竣工及各標前一年度資料整理人員異動情形，再次辦理資料調查說明會。此次會議係於 6 月 4 日假南澳工務段會議室辦理，由李副處長親自主持，故 B 段監造及承包商皆有派員參與，並陸續 6 月底至 7 月中提供 103 年度已完成之主要工項工程材料用量及工程管理年度碳排放活動量，資彙整資料提供狀況如表 3.1.3-6。

本計畫將循前一年度模式，針對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，並於年末報告中提出量化與分析說明。

表 3.1.3-6 B 段碳足跡推估 103 年度調查資料提供狀況分析表

資料 別 標別	工程 管理 活動 量	分工項工程材料使用量								
		橋梁工程					隧道工程(各工作面分岩體)			
		樁式 基礎	直接 基礎	牆 身	墩 柱	上構	上半	台階	仰拱/底樑	襯 砌
B1 標	✓	武塔橋 A1N、A1S 南澳南溪 橋 A2N、A2S 南澳北溪 橋 A1					南下線 (洞口段、 3~5 類) 北上線 (洞口段、 3~5 類)	南下線 (洞口段、 3~5 類) 北上線 (洞口段、 3~5 類)		
B2 標	✓						NN3(3~6 類) NN5(3~6 類) NN7(3~5 類) NN8(4~6 類) NS1(3~6 類) NS3(4 類) NS5(4~6 類) NS8(3~6 類) SN4(4~6 類) SN6(4~6 類) SS2(3~6 類)	NN3(4 類) NN5(3~5 類) NN7(3~5 類) NS1(3~6 類) NS3(4 類) NS5(4~6 類) SN4(5~6 類) SN6(4 類) SS2(3~6 類)	NN5(3 類) NN7(3~5 類) NS1(3~5 類) NS5(4~6 類) SN6(4 類) SS2(3~6 類)	
B3 標	僅用電	漢本橋 A1N、A1S A2N、A2S	漢本橋 P1N、P1S P2N、P2S P3N、P3S P4N、P4S P5N、P5S P6N、P6S P7N、P7S P8N	漢本 橋 A1N A1S A2N A2S	(同 直 接 基 礎)		NN1(洞 口 段、3、4 類) NN5(6 類) NS3(4~5 類) NS7(3、4 類) SN2(洞 口 段、 4 類) SS4(3~5 類) SS8(4~6 類)	NN1(3、4 類) NS3 E/W (3、4 類) NS7 E/W (4~5 類) SS4 E/W (3~5 類) SS8 E/W (4 類)	NS3(4 類) SS8(4 類)	NS3 SS8
B4 標	無	<u>TAPY A</u> 33、28m 27、26m 25、15m <u>TAPY B</u> 27、21m <u>TAPY C</u> 26、12m 17m <u>TAPY D</u> 41m			P1 ~ P20	A1~P3 P3~P7 P7~P10 P10~P13 P13~P17 P17~A2				

3.1.4 104 年度座談會辦理規劃

為確保本計畫執行工程碳足跡盤查結果得以順利取得國際碳足跡查證聲明，接續 101 年度「道路工程碳足跡盤查邊界與範疇界定」及 102 年度「盤查實務與道路工程碳足跡產品類別規則之發展」兩場座談會研討結果，及本計畫執行土建標工程碳足跡盤查近 3 年之經驗，本計畫今年度規劃在工程完整性考量下、有效整合機電及交控工程與土建工程盤查結果的需求，以「機電及交控工程碳足跡盤查邊界與範疇界定」為題，辦理本計畫 104 年度座談會。藉以在蘇花改計畫機電與交控標甫開始執行碳足跡盤查之際，釐清機電與交控工程碳足跡盤查查證之考量與原則，以利後續能切實掌握機電及交控工程盤查要項，最終與土建標工程碳足跡排放清冊相結合，依循原規劃以土建標地理範圍內的總土建、機電與交控工程碳足跡通過查證，以完整標段為標的取得碳足跡查證聲明。

茲初擬本次會議規劃內容如下：

- 一、會議時間：民國 104 年 10 月(暫定)○○日(星期○) 上午 10:00
- 二、會議地點：中興工程顧問股份有限公司 15 樓簡報室(暫定)
- 三、會議辦理目的

透過此座談會集結相關產官學界專家及蘇花公路改善工程處、查驗機構、監造單位、承包商等蘇花改計畫工程碳管理合作團隊人員，在摘要回顧本計畫開始執行碳足跡盤查至今近三年成果之餘，參考國內外已公告之道路工程相關產品類別規則與碳足跡產品類別規則，研商我國道路工程中，機電及交控工程碳足跡盤查應包含之要項或可排除之內容，作為蘇花改計畫工程碳管理合作團隊執行各區段道路工程碳足跡盤查與彙整計算之一致準則，確保本計畫執行內容能夠與國內外相關規範或參考文件無縫接軌，有效達成取得碳足跡查證聲明之目標。

- 四、主持人(待洽詢)：臺北科技大學環境工程與管理研究所 胡教授憲倫
- 五、與談人(待洽詢)

1. 交通部公路總局 夏副局長明勝
2. 台灣大學土木工程系 朱教授致遠

3. 中央大學土木工程系 林教授志棟
4. 逢甲大學土木工程系 卜教授君平
5. 成功大學土木工程系 楊教授士賢
6. 行政院公共工程委員會技術處 徐技正肇晞
7. 行政院環境保護署管考處 李科長奇樺
8. 香港商英國標準協會太平洋有限公司台灣分公司驗證部
鄭副協理仲凱
9. 中興工程顧問股份有限公司系統及電氣工程部 機電工程專家
10. 中興工程顧問股份有限公司園區路航部 交控工程專家

六、會議議程(暫定)

時間	內容	報告單位
09:30 ~ 09:50	簽到	
09:50 ~ 10:00	與會來賓介紹	主持人
10:00 ~ 10:20	台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳足跡盤查執行現況	
10:20 ~ 11:00	1. 國際碳足跡盤查規範與參考文件發展現況 2. 我國基礎設施-道路、橋梁、隧道碳足跡產品類別規則內容重點說明 3. 道路、橋梁、隧道附屬機電與交控工程碳足跡盤查原則分析探討	中興工程顧問股份有限公司
11:00 ~ 11:40	與談人評論	與談人
11:40 ~ 12:00	綜合研討	所有人員
12:00 ~	午餐	

本計畫將待工程處認可會議辦理規劃原則後，開始進行座談會主持人及與談專家學者的邀請，再進一步彙整專家學者之受邀意願及可出席時間、地點之調查結果，發文提送正式規劃文件予工程處核定，籌辦本期座談會，辦理規劃需詳附錄 V。

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於本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。

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，並與工程活動內容連結，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，將日誌設計為兩部分：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，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」。

另一部分用以記錄工區外，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，內容包括：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。

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。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 PAS 2050 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分，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。

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類，由監造單位於線上填報。

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；係由承包商完成資料填報後，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。

為此，本計畫設計有輔導矯正通知單、承包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。

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；此類延宕狀況經監造單位催繳無效時，本計畫即採發文請求工程處協助督導的方式要求改善，所幸截至目前為止，承包商也都還盡量配合及時完成資料蒐集與填報。

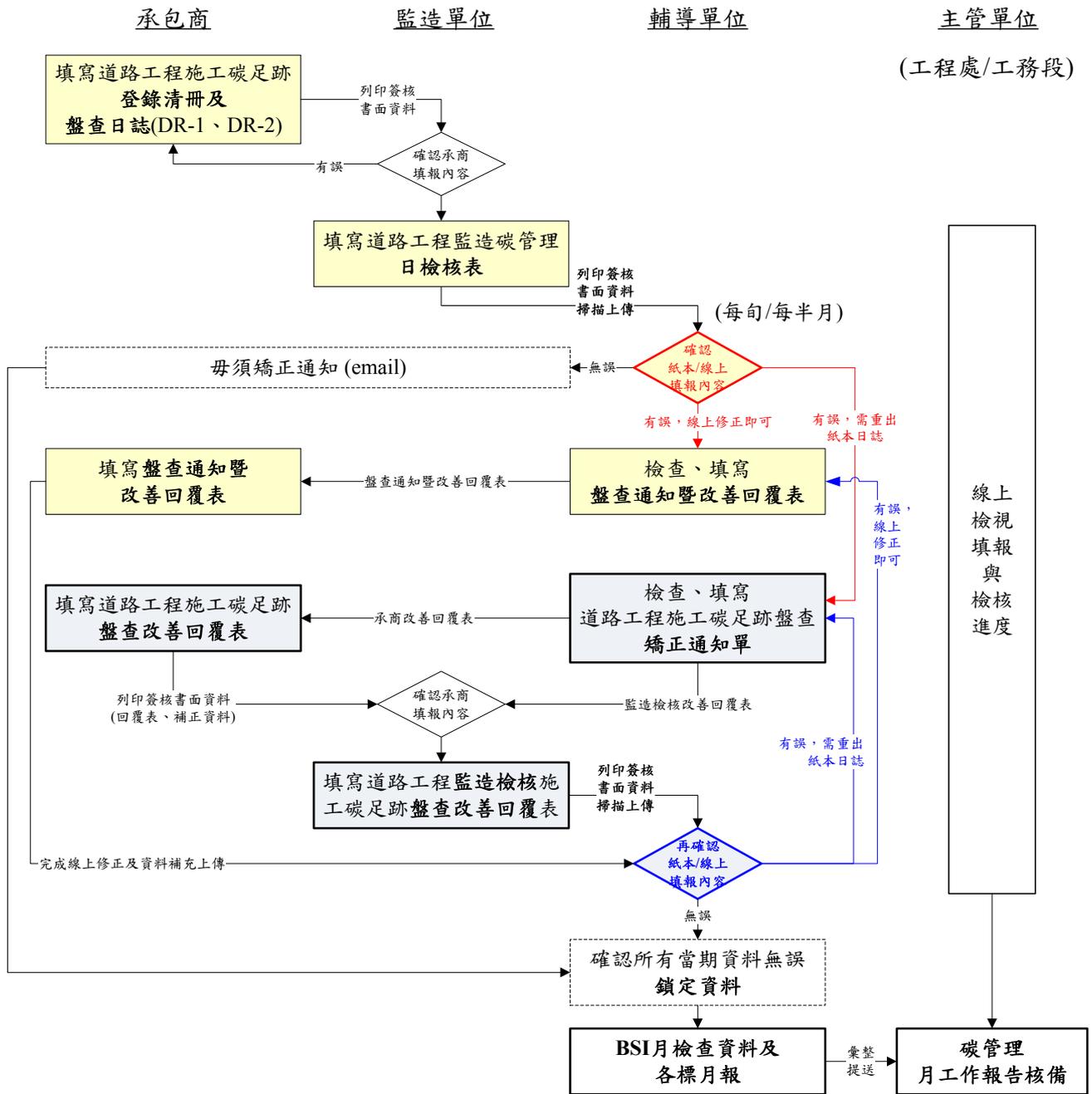


圖 3.2.1-1 碳足跡盤查日誌填報、檢核與矯正回覆流程

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

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，本計畫目前已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。

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應用與公開。其中，活動資料蒐集部分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分。

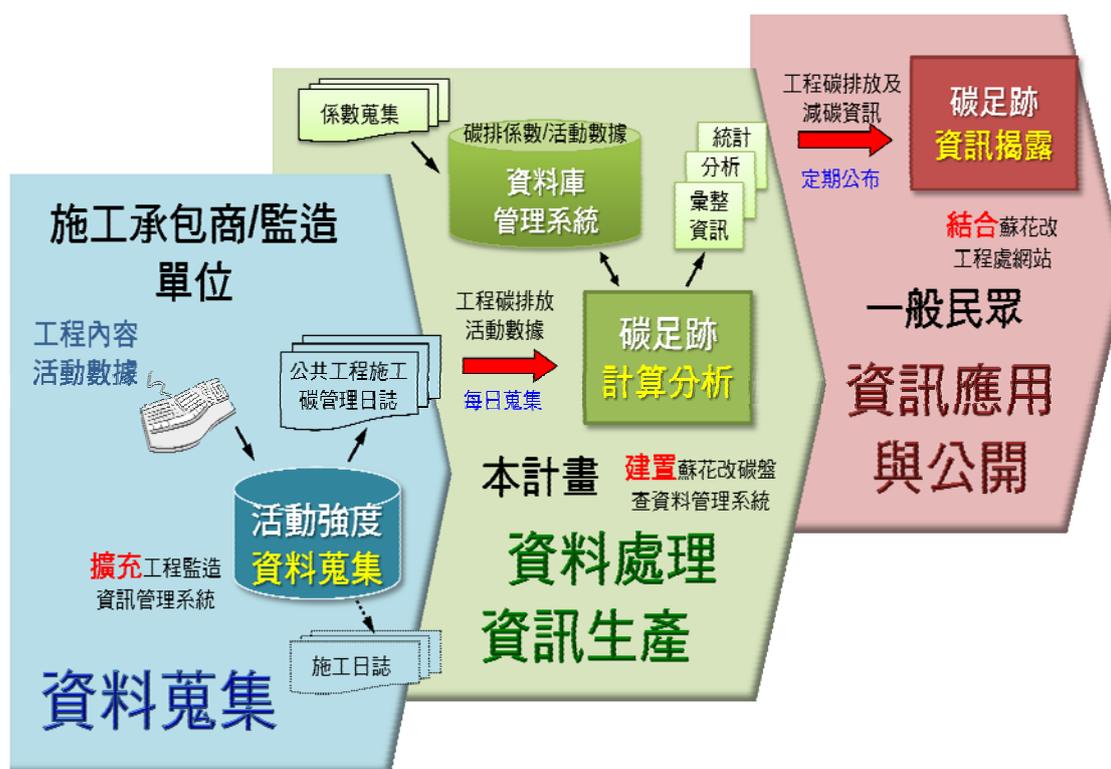


圖 3.2.2-1 蘇花改計畫碳管理資料流示意圖

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。惟現階段各項工程排放數據資料仍隨工程進度持續累積中，相關數據資料的可靠度還有待輔導團隊的持續查核與查證單位的持續審查；為此，目前係以每月提供碳

輔導盤查定性資料的方式，於蘇花改工程處網站公開每月輔導盤查之重點內容說明，作為促進公眾了解碳管理計畫及未來掌握盤查資訊的基礎。

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。

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。

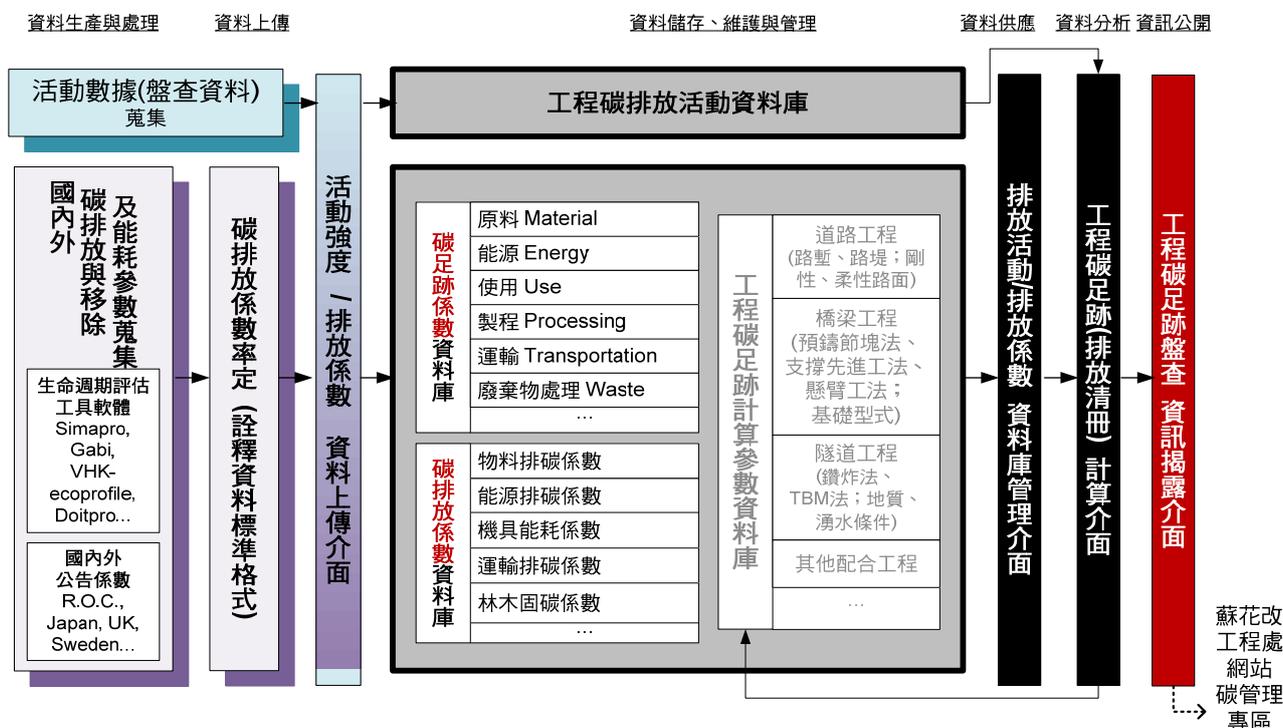


圖 3.2.3-1 蘇花改計畫碳足跡盤查資料庫管理系統運作機制

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。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。累積相當的資料量後，本計畫規劃建立工程碳足跡計算界面，將各類碳排放係數與活動數據依據碳足跡排放清冊的型式，執行碳足跡運算與統計。以利能輸出可供查證單位檢閱之清冊，提升本計畫碳足跡計算與查證效率。

另圖中係數資料庫包含三個部分，左方是因為係數資料蒐集來源的差異，分為碳足跡係數資料庫及碳排放係數資料庫兩項。其中，碳足跡係數資料主要是選擇自生命週期評估軟體內的碳排放係數及其他被查證單位認可，已具備完整生命週期考量、可為本計畫進行碳足跡計算引用的係數資料；碳排放係數資料庫則主要是國內外相關計畫或文獻資料中提出的工程碳足跡計算相關係數，其內容說明大部分並未明確交代是否包含完整生命週期，故先以分類彙整的方式存於此資料庫，作為生命週期係數資料庫無本計畫工程碳足跡計算所需之相對應係數時的參考。

另右方的工程碳足跡計算參數資料庫，主要是指工程碳足跡經計算後回饋的各單位工程量體排放量(如：單位面積深度基樁碳排放量)，以灰色字體表示係因為本計畫執行至今，因尚未累積足夠的碳足跡計算與分析結果，無法確切分析此資料庫內的資料格式，故暫未建立此資料庫。此資料庫將在本計畫有足夠碳足跡計算經驗後，確認參數項目與詮釋資料格式後，再回饋建置。

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，本計畫規劃未來能透過系統化的方式，在資料庫已累積相當的資料量的同時，陸續開發工程碳足跡計算與分析界面，期將目前先以人工執行、確認運算邏輯的碳足跡排放清冊彙整工作，成為自動化的碳

足跡運算與統計介面，以利能更有效且正確地產出盤查暨排放清冊，提升蘇花改計畫工程碳足跡計算與查證效益。

3.2.4 碳足跡盤查活動資料蒐集介面說明

目前已開放為承包商、監造單位碳管理專責人員使用的資料填報及檢查的介面包括：碳盤查登錄清冊、碳盤查日誌、碳盤查月報以及監造日/月檢核表。為使蘇花改工程監造與碳管理相關資料的內容與控管機制能有一致性，本計畫所設計之資訊系統，目前已建構於蘇花改工程 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)，供使用者輸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，包括由承包商使用的：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；由監造人員使用的監造檢核功能；及供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



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

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 3.2.4-3 框線處可看出，目前登錄清冊內容共包含 9 項，分別為：

登錄日期	更新日期	工區	作業識別碼	作業名稱	開始日期	完成日期	施工結束	備註
編輯	20120918	20130520	全工區	A0100	蘇花改A3標開工	20120917	20120917	☑ 電子檔 地圖位置
編輯	20120918	20130522	全工區	BA0100	動員及準備(包含危評)	20120917	20121130	☑ 電子檔 地圖位置
編輯	20120912	20130606	全工區	BA0105	清除廢除 拆除及圍籬工程	20121012	20130630	☐ 電子檔 地圖位置
編輯	20120919	20130603	全工區	BA0110	施工便道及便橋	20121029	20130630	☐ 電子檔 地圖位置
編輯	20121220	20130401	幸福高架橋	DAA0150	PS2井基	20121219	20130325	☑ 電子檔 地圖位置
編輯	20121228	20130711	幸福高架橋	DAA0170	PS3井基	20121227	20130711	☐ 電子檔 地圖位置
編輯	20130104	20130530	東澳北溪河川橋	DBB0130	PS1井基	20130104	20130531	☑ 電子檔 地圖位置
編輯	20130109	20130604	東澳北溪河川橋	DBB0120	PN1井基	20130108	20130603	☑ 電子檔 地圖位置
編輯	20120920	20130225	東澳北溪河川橋	DBA0100	基樁載重試驗(P6 試驗載重2,181T)	20130113	20130222	☑ 電子檔 地圖位置
編輯	20121220	20130425	幸福高架橋	DAA0140	PN2井基	20130115	20130424	☑ 電子檔 地圖位置

圖 3.2.4-3 蘇花改碳排盤查登錄清冊資料填查頁面

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，故部分登錄資料係為碳盤查日誌中部分項目之下拉式選單內容來源，使得承包商在日誌填報某項活動量資料、但無對應的選項可選擇時，即必須進入登錄清冊表單補填寫相關項目內容，藉以提升資料蒐集的完整性。

二、日誌

日誌部分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。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；承包商可在下載後略作格式整理，並以此列印進行書面簽核。

三、月報

點選碳盤月報之畫面如圖 3.2.4-7，即為由系統自動加總整理如 3.2.1 節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。

蘇花公路改善工程監造資訊管理系統
蘇澳東澳段

【碳盤查】 wanchi5326@msc.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 日報檔下載

作業項目 機具使用 用電 用水 工料使用 廢棄物 碳匯改變 人員出勤紀錄 累計工期

工程進行情況(填入作業識別碼及作業名稱)

今日作業項目				已建檔作業項目			
工區	作業名稱	備註	編輯	關鍵字	符合施工期間內	過濾	
移除	東澳北溪河川橋 北口洞口平台、邊坡保護		編輯	<-加入	幸福高架橋 南口洞口平台、邊坡保護		
移除	幸福高架橋 PS3墩柱(15.4m)		編輯	<-加入	幸福高架橋 PN3墩柱(15.2m)		
移除	東澳北溪河川橋 PS1墩柱(9.6m)		編輯	<-加入	東澳北溪河川橋 PS3基礎		
移除	東澳北溪河川橋 PN2墩柱(14.4m)		編輯	<-加入	東澳北溪河川橋 PS4基礎		
移除	東澳北溪河川橋 PS5墩柱(14.7m)		編輯	<-加入	東澳北溪河川橋 PS2墩柱(13.8m)		
移除	全工區 排水工程		編輯	<-加入	東澳北溪河川橋 PN5墩柱(14.7m)		
				<-加入	東澳北溪河川橋 PN6墩柱(18.8m)		

六月 2013年7月 八月

週日	週一	週二	週三	週四	週五	週六
30 7項	1 5項	2 7項	3 9項	4 9項	5 6項	6 7項
7 7項	8 6項	9 5項	10 6項	11 7項	12 8項	13 1項
14 7項	15 6項	16 7項	17 6項	18	19	20

複製日期 資料至本日

圖 3.2.4-4 蘇花改碳排盤查系統：「日誌一般」填報頁面

蘇花公路改善工程監造資訊管理系統
蘇澳東澳段

【碳盤查】 wanchi5326@msc.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

新增一筆 複製日期 資料至本日

運輸日期	運輸項目	廠牌型號	規格	能源種類	運輸項目名稱	運輸總量	運輸單位	單向距離	運輸起點	運輸終點	距離資料品質	屬性	備註
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/檢驗報告; □油單	材料總項詳銷貨單 刪除 電子檔
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/檢驗報告; □油單	刪除 電子檔
20130717	運進	混凝土攪拌車		柴油	MA-宜興 10 噴霧土	4	m3	15	南澳	東澳	估計值	□進貨單/檢驗報告; □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

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	工期延遲天數	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

I+I 機具使用(包含公務車及交通車)

機具編號	機具名稱	施工項目	運作時數(hr)*	行駛里程(km)	總耗能	耗能單位	油料來源	耗油量附件
ME-田大01	吊車(35T)	DBD0120 PN1墩柱(10.0m)	8.5			L	工區內添加	機具使用紀錄(附表4)
ME-田大02	吊車(15T)	DBD0220 PN6墩柱(18.8m)	8.5			L	工區內添加	機具使用紀錄(附表4)
ME-田大03	吊車(23T)	DBD0120 PN1墩柱(10.0m)	8.5			L	工區內添加	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	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	機具使用紀錄(附表4)
ME-田大06	發電機(中)	DBC0150 PS3基礎	5			L	工區內添加	機具使用紀錄(附表4)
ME-田大07	發電機(中)	DBD0210 PS5墩柱(14.7m)	8.5			L	工區內添加	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	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	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	機具使用紀錄(附表4)
ME-益群豐04	打掃機(PC300)	DW1010 排水工程	7			L	工區內添加	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	機具使用紀錄(附表4)
ME-配特05	挖土機(PC28)	CA0130 北口洞口平台、邊坡保護	1			L	工區內添加	機具使用紀錄(附表4)

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) 版本：v1.3

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	工期延遲天數	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)	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： _____

A3-08	田大	21	<input type="checkbox"/> 出廠紀錄
A3-10	配特	9	<input type="checkbox"/> 出廠紀錄
A3-11	榮志	4	<input type="checkbox"/> 出廠紀錄

*：運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。
**：確認改變型態如為移除，則無需填寫編號、機具名稱與機具狀況之欄位。
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： _____

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@ms.mst.moe.gov.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 月報報表輸出

2013 年 6 月

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

月報附件影像上傳

1. 選擇檔案	未選擇檔案
2. 選擇檔案	未選擇檔案
3. 選擇檔案	未選擇檔案
4. 選擇檔案	未選擇檔案

作業識別碼	作業名稱	填寫次數	最早日期	最晚日期	明細資料
BA0105	清除掘除 拆除及圍籬工程	19	2013/06/10	2013/06/30	明細資料
BA0110	施工便道及便橋	10	2013/06/01	2013/06/25	明細資料
CA0100	南口洞口平台、邊坡保護	4	2013/06/05	2013/06/14	明細資料
CA0130	北口洞口平台、邊坡保護	14	2013/06/07	2013/06/28	明細資料
DAA0120	PN1井基	3	2013/06/01	2013/06/03	明細資料
DAA0160	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
DB0180	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	2013/06/01	2013/06/28	明細資料

圖 3.2.4-7 蘇花改碳排盤查系統：「碳盤月報」頁面

下載後的 Excel 檔案如圖 3.2.4-8 所示；承包商可在下載後以此列印進行書面簽核。

道路工程施工碳足跡盤查月報		
表報編號：A3-201306		版次：v1.3
	填報日期：	2013年7月19日
工程名稱	台9線蘇花公路東澳東岳段新建工程	
承攬廠商名稱	新亞建設開發股份有限公司	
填報期間	102年06月01日(星期六)-102年06月30日(星期	
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	PS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)	
I-1 機具使用(包含公務車及交通車)		
機具編號	機具名稱	本月累計施作時數(hr)
JP-125	小客車	0
JP-139	客貨兩用車	0
MC-552	機車	0
MC-553	機車	0
MC-554	機車	0
MC-555	機車	0
MC-556	機車	0
MC-557	機車	0
MC-558	機車	0
MC-559	機車	0
MC-560	機車	0
ME-弘大鑫06	吊車	15
ME-弘大鑫09	發電機	19
ME-弘大鑫10	空壓機	4
ME-弘大鑫11	吊卡車	23
ME-弘大鑫13	噴遊機	4
ME-弘大鑫20	泵浦車	9
ME-田大01	吊車	263
ME-田大02	吊卡車	137
ME-田大03	吊卡車	246.5
ME-田大04	發電機(大型)	259
ME-田大05	發電機(大型)	66.5
ME-田大06	泵浦車	81.5
ME-田大07	發電機(中型)	139
ME-田大08	發電機(小型)	240
ME-田大09	發電機(小型)	116.5
ME-田大10	發電機(小型)	8.5
ME-田大11	挖土機	17
ME-田大12	挖土機	106
ME-田大13	挖土機	25.5
ME-田大14	吊車(25T)	17
ME-田大16	高空作業車	39
ME-益群豐01	挖土機	209
ME-配特01	挖土機	9
ME-配特02	挖土機	0
ME-配特03	發電機	70
ME-配特04	空壓機	66
ME-配特05	挖土機	72
ME-順運03	打樁機	26
ME-順運04	發電機	25
ME-順運09	框式附加吊桿車	38
MO-田大01	傾卸車	80.5
MO-田大02	傾卸車	72
MO-田大03	傾卸車	25.5
PT-252	客貨兩用車	0
		1950
		256.3

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】 wanchi5926@mail.smbtech.com.tw

回至碳盤首頁 日檢核表 月檢核表

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

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

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(星期日)

工程名稱	台9線蘇花公路東澳段改善新建工程		承造廠商名稱	新亞建設開發股份有限公司	
契約二期	1265天	累計二期	294天	剩餘二期	971天
開工日期	2012/09/17		預定完工日期	2016/03/04	

工程進行情況彙核: 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="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
所用機具是否皆已登錄	<input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
所用機具維修是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
機具來源與檢閱是否相符	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	

1-2 載具運輸 有 無

2 用電(含檢測、運送、維護各工區) 有 無

3 用水(含檢測、運送、維護各工區) 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="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
所用工料是否皆已登錄	<input checked="" 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例是否合理	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
工料運送數量與檢閱是否相符	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	

4-2 工料運輸 有 無

查核項目內容	查核結果	補充說明
到場之工料是否符合工程內容所需?	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
抵達之工料是否合理	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運具型態與檢閱是否合理	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運輸距離是否合理	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運具維修是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
檢閱數量與檢閱是否相符	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	

5-1 廢棄物 有 無

5-2 廢棄物運輸 有 無

6 碳匯改變 有 無

版次: v1.1 第 2 頁 共 2 頁

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(星期日)

7 人員出勤紀錄 有 無

查核項目內容	查核結果	補充說明
出勤人員資料之送方式是否皆已登錄	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
出勤人員資料之檢閱是否合理	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	

8 其他

本月查核缺點: 五項 有誤, 共____項 缺, 共____項

缺失處理情形追蹤: 今日提供系統編號: _____次簽五資料
今日提供系統編號: _____次檢清單

簽表人	主辦工程師	工程師	工程師
-----	-------	-----	-----

版次: v1.1 第 1 頁 共 2 頁

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)

工程名稱	台9線蘇花公路東澳段改善新建工程		承造廠商名稱	新亞建設開發股份有限公司	
契約二期	1265天		累計二期	294天	
開工日期	2012/09/17		預定完工日期	2016/03/04	

工程進行情況彙核: 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="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
所用機具是否皆已登錄	<input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
所用機具維修是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	

1-2 載具運輸 有 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 checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運具型態與檢閱是否合理	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
抵達之機具數量與運輸量是否相符	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運輸距離是否合理	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運具維修是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運具檢閱是否合理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	

2 用電(含檢測、運送、維護各工區) 有 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 checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
電表是否皆已登錄	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
耗電量是否合理	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	

3 用水(含檢測、運送、維護各工區) 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="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
所用工料是否皆已登錄	<input checked="" 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例是否合理	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	

4-2 工料運輸 有 無

查核項目內容	查核結果	補充說明
到場之工料是否符合工程內容所需?	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
抵達之工料是否合理	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	

版次: v1.1 第 2 頁 共 2 頁

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)

運具型態與檢閱是否合理	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運輸距離是否合理	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	
運具檢閱是否合理	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 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

7 人員出勤紀錄 有 無

查核項目內容	查核結果	補充說明
出勤人員資料之送方式是否皆已登錄	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 有誤 <input type="checkbox"/> 有缺	

8 其他

本月查核缺點: 五項 有誤, 共____項 缺, 共____項

簽表人	主辦工程師	工程師	工程師
-----	-------	-----	-----

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，為利承包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，核定資料部分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，一旦核定則承包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。

另日誌綜理部分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-以 A2 標為例

以 A2 標耗能統計分析畫面為例可以看出，目前隧道工程使用中的主要工程機具已可全數自動帶出算出能耗率，主要是因為本計畫持續與承包商溝通協調、工程處要求後，目前承包商已在各機具加油時進行分油紀錄。

本計畫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，比較不同規格或功率之同型機具，及跨標別相同規格機具的能耗差異，相關結果將於年末進度報告書中彙整說明。

3.2.6 隧道工程工項填報功能開發建置說明

橋梁工程之單元可依上、下構區分，且建造過程必定是由下而上逐步完成，故可由承包商填報的工程項目分不同型式或大小的基礎、墩柱及不同工法之上構單元進行工程排碳分析。反觀隧道工程之工項，全線皆是由隧道外緣由外而內執行上半開挖、補強、支撐、台階開挖、仰拱或地樑、襯砌，故直接以施工項目進行分析無法呈現隧道施工作業之於碳排放量的差異。

伴隨隧道工程盤查資料的逐漸累積，本計畫於 103 年度開始嘗試以隧道的地質條件為因子，進行隧道材料、機具之排放量分析；惟完成隧道岩體碳排放差異分析所需的資料集，在既有的活動項目資料填報模式下，尚無法有效由本計畫資料庫系統彙整產出。在歷經兩次審查會議、分析程序與結果逐步獲致委員認可的情況下，本計畫遂於今(104)年度著手進行隧道工程工項填報功能分析與開發，期能藉由承包商在填報過程中的系統性分項，提升資料彙整效率與準確性。

本計畫先是自 3 月份起於隧道標的現場輔導開始與承包商碳盤查專員溝通，說明本計畫隧道標工項進一步分岩體的構想，並與承包商協調出「上半及台階依工作面、開挖階段區分工項，由中興公司於日誌一般之作業項目中新增岩體選單，供承包商選擇當日主隧道開挖作業之岩體類別；仰拱及襯砌則同上以工作面、開挖階段區分工項，建議仍需區分岩體類別，但保留至各標進行仰拱及襯砌作業時再詳細討論是否修正」的結論後，再進一步就承包商填報上的邏輯與便利性，與系統開發人員研議最佳的資料流程，進而建置專屬於隧道工程工項的新功能。茲循序說明隧道工程工項填報功能如後。

一、新增是否為隧道工項之識別功能

以 A2 標登錄清冊-施工項目頁面為例，如圖 3.2.6-1 所示，在登錄清冊的表單中多了一個可勾選的隧道標工程選項，勾選後則會在選項下對應出現可點選匯入輪進表的按鈕。經比對不同標別之輪進表主要內容後，訂定輪進表欄位格式如表 3.2.6-1，在系統上以

excel 檔案匯入後，則如圖 3.2.6-2 所示。



圖 3.2.6-1 登錄清冊-施工項目頁面隧道工程之識別方式

表 3.2.6-1 輪進資料匯入檔案格式

輪數	日期	開始里程	結束里程	岩體類別	支撐類別	輪距	支保型式
NS-T-186	2014/3/15	4K+111.8	4K+112.8	V	IV	1.0	G150
NS-T-187	2014/3/16	4K+112.8	4K+113.8	VI	V	1.0	G150



圖 3.2.6-2 登錄清冊-施工項目隧道工程輪進輸入結果

二、進行日誌作業項目選擇

同樣以 A2 標頁面為例，進入全新的日誌一般頁面如圖 3.2.6-3 所示，右方羅列所有尚未結束的施工項目供承包商選擇，不同的是，已在登錄清冊勾選為隧道工程的項目，則會出現下拉式選單供選取岩體類別後加入當日施工項目，如圖右中間虛線框選處；若為已匯入輪進資料的隧道工程項目，則除下拉式選單外，還可透過輸入開始輪數與結束輪數，由系統自動判別應加入之岩體類別後，新增為該日作業項目，如圖右下方虛線框選處。

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@mail.sinotech.com.tw

首頁 日誌一般 日誌運輸 登錄清冊 上傳檔案 碳盤月報 碳盤年報 監造檢核 輔導查核

標別: A2 台9線蘇花公路東澳隧道新建工程 日期: 2015/08/01 本日尚未填報 日報檔下載

作業項目 機具使用 用電 用水 材料使用 廢棄物 破運改變 人員出勤紀錄 累計工期

工程進行情況(填入作業識別碼及作業名稱)

今日作業項目

目前尚未有作業項目資料

2015年9月						
週日	週一	週二	週三	週四	週五	週六
30	31	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10

已建檔作業項目

關鍵字 符合施工期間內 過濾

工區	作業名稱
<-加入	南口工區 #2車行聯絡道
<-加入	全工區
<-加入	全工區 管群
<-加入	北口工區 隧道北河口邊坡施工
<-加入	南口工區 隧道南河口邊坡施工
<-加入	北口工區 北口北上(上)
	北口北上(上) 1類
	北口北上(上) 2類
	北口北上(上) 3類
	北口北上(上) 4類
	北口北上(上) 5類
	北口北上(上) 6類
	北口北上(上) 洞口
	北口北上(上) 凹槽
	北口北上(上) 護砌
<-加入	北口工區 排水工程N
<-加入	北口工區 北口機房施工
<-加入	南口工區 電氣廊道S
<-加入	南口工區 排水工程S
<-加入	南口工區 南口機房施工
<-加入	北口工區 北口南下(上)
	北口南下線台階開挖
北口工區	開始輪數: <input type="text"/> 結束輪數: <input type="text"/> <-加入
	參考資料: 輪數: 1~14 岩體類型: 洞口

圖 3.2.6-3 日誌一般-隧道工程作業項目加入頁面

三、進行日誌機具、材料使用填報

以 A2 標加入一項北口北上線-6 類岩體為例，如圖 3.2.3-4 所示，則該施工項目會出現在左方欄，此時對應進入機具使用或材料使用

頁面時，則可以作業名稱選取該工項(含岩體類別)，如圖 3.2.3-5。



圖 3.2.6-3 日誌一般-隧道工程作業項目加入頁面



圖 3.2.6-4 日誌一般-材料及機具使用填報頁面

3.3 碳足跡係數蒐集與選用原則

3.3.1 係數選用原則

基於碳足跡盤查結果的代表性，在同樣符合碳足跡計算規範與查證要求的情況下，本計畫蒐集係數的來源主要有三種，包含：由資料庫或相關文獻篩選與率定之係數、國內公告碳排放係數及資料庫係數組合之半本土化係數、供應商提供產品碳足跡或進行盤查取得之本土化係數三種。以下即分別說明不同來源之係數選用原則。

一、資料庫及文獻係數

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

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 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。

截至 104 年 1 月底，環保署已公告共 152 筆碳足跡排放係數於產品碳足跡計算服務平台，其中僅有 6 筆為符合本計畫盤查至今所需，分別為：熱軋鋼板片、PVC 塑膠、自來水、卜特蘭水泥(乾式)、硫酸(98%)及多元氯化鋁(PolyaluminiumChloride, PAC)。這些公告的

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；惟係數計算過程的佐證文件並未見於平台上，故目前平台上的係數並非查證單位認可或建議優先選用的係數。

本計畫未來將持續於進度報告書中定期回顧環保署公告係數近況，並於年度查證過程中與查證單位確認，以利最終能就本計畫執行過程中，因應供應商盤查產出係數及因應查證要求選用係數的結果，與國內公告數值進行客觀地比較與探討。

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分。

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。以下簡要說明碳排放係數資料庫及碳足跡盤查係數資料庫建置內容。

- 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：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，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，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。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、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計算結果非生命週期排放係數，而碳足跡計算係數資料庫之係數計算過程並未公開佐證文件供查證單位確認，尚無法於本計畫直接使用。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。本計畫考量柴油之開採提煉、儲存運輸及使用階段的排放係數加總，求得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為 3.3403 kgCO₂e/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	0.2663	GaBi PE 「Diesel mix at refinery」*
	儲存運輸	0.4237	Ecoinvent 「Diesel, at regional storage /RER S」*
	使用	2.6503	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		3.3403	PE、Ecoinvent、國內公告係數

*：以柴油平均密度 0.83 kg/L 換算而得。

二、電力

以電力使用碳排放之計算為例，我國能源局最新公告之民國 102 年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，但該係數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。環保署另於 103 年 6 月 30 日於碳足跡計算服務平台公告「電力碳足跡(101 年)-財團法人工業技術研究院」係數 0.69kgCO₂e/kWh，屬正式公告的國家電力生命週期排放數據，故本期本計畫已改採此係數為 103 年度各類用電活動碳足跡計算之排放係數。

三、工程材料

由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，絕大部分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。惟此種方法對於部分需繁複加工的材料而言，尚有計算缺漏的問題待商榷，後續將以搜尋適當程序排放係數(如焊接)加入計算的方式補足。

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，作為本計畫運輸部分的排放係數。本計畫即依據 GaBi-PE 資料庫的 8 種運具規格區間，選擇符合承包商填報之運具型式的係數進行計算。

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	使用單位	係數單位 (係數選用項目)	係數	係數來源
燃料	柴油	移動源	L	kgCO ₂ e/L	3.3330	Gabi-PE、 Ecoinvent、 國內公告 係數
		固定源	L	kgCO ₂ e/L	3.2976	
	汽油	移動源	l	kgCO ₂ e/L	3.3906	
		固定源	L	kgCO ₂ e/L	3.3006	
能源	電力(2012年)		度	kgCO ₂ e/度	0.6900	環保署公告
運輸	全拖車、大貨車	35t	tkm	kgCO ₂ e/tkm	0.0471	Gabi-PE
	全拖車	43t	tkm	kgCO ₂ e/tkm	0.0512	Gabi-PE
	大貨車	11t	tkm	kgCO ₂ e/tkm	0.1343	Gabi-PE
	大貨車	17t	tkm	kgCO ₂ e/tkm	0.0729	Gabi-PE
	大貨車	20t	tkm	kgCO ₂ e/tkm	0.0598	Gabi-PE
	大貨材料車	26t	tkm	kgCO ₂ e/tkm	0.0598	Gabi-PE
	小貨車	3t、3.49t	tkm	kgCO ₂ e/tkm	0.1343	Gabi-PE
	混凝土預拌車	6m ³	tkm	kgCO ₂ e/tkm	0.0598	Gabi-PE
	火車		tkm	kgCO ₂ e/tkm	0.0225	Gabi-PE
	船運		tkm	kgCO ₂ e/tkm	0.0143	Gabi-PE
材料	速凝劑		kg	kgCO ₂ e/kg(硫酸鋁鹽)	0.4930	Simapro7.2
				kgCO ₂ e/kg(水)	0.0006	Gabi-PE
	桁型支保		組	kgCO ₂ e/kg(鋼筋)	1.2440	Gabi-PE
				kgCO ₂ e/kg(鑄鐵)	2.2514	Gabi-PE
				kgCO ₂ e/kg(鋼板)	1.9460	Gabi-PE
	馬歇爾管		組	kgCO ₂ e/kg(PVC管)	3.2336	Gabi-PE
				kgCO ₂ e/kg(橡膠)	3.3421	Gabi-PE
				kgCO ₂ e/kg(鐵環)	2.4623	Gabi-PE
	點焊網	5.0/100 3M*1.8M	片	kgCO ₂ e/kg(鋼線)	0.6250	Gabi-PE
	機油		L	kgCO ₂ e/kg(潤滑油)	0.0119	Gabi-PE
	皂土		kg	kgCO ₂ e/kg(皂土)	0.5220	Gabi-PE
	紅磚		塊	kgCO ₂ e/kg(紅磚)	0.1967	Gabi-PE
	全鋼珠型鑽頭	R32/D51T	個	kgCO ₂ e/kg(鑄鐵)	2.4623	Gabi-PE
混凝土 175II	175kgf/cm ²	m ³	kgCO ₂ e/kg(混凝土 175II)	0.0786	Gabi-PE	

類別	項目	規格	使用單位	係數單位 (係數選用項目)	係數	係數來源
	混凝土 210II	210kgf/cm ²	m ³	kgCO ₂ e/kg(混凝土 210II)	0.0939	Gabi-PE
	混凝土 245II	245kgf/cm ²	m ³	kgCO ₂ e/kg(混凝土 245II)	0.0939	Gabi-PE
	混凝土 280II	280kgf/cm ²	m ³	kgCO ₂ e/kg(混凝土 280II)	0.0939	Gabi-PE
	噴凝土	210kgf/cm ²	m ³	kgCO ₂ e/kg(噴凝土)	0.0954	Gabi-PE
	鋼纖維噴凝土	255kgf/cm ²	m ³	kgCO ₂ e/kg	0.1189	Gabi-PE
				kgCO ₂ e/kg(鋼纖維噴凝土)	0.6250	Gabi-PE
	自充填混凝土	350kgf/cm ² SCC	m ³	kgCO ₂ e/kg(混凝土 350SCC)	0.1189	Gabi-PE
	混凝土 420(早強)	420 II kgf/cm ² (早強)	m ³	kgCO ₂ e/kg(混凝土 420 早強)	0.1189	Gabi-PE
	混凝土 420	420 II kgf/cm ²	m ³	kgCO ₂ e/kg(混凝土 420II)	0.1189	Gabi-PE
	鋼筋混凝土涵管		m	kgCO ₂ e/kg(鋼線)	0.6250	Gabi-PE
				kgCO ₂ e/kg(混凝土 280II)	0.0954	Gabi-PE
	竹節鋼筋	SD420W	kg	kgCO ₂ e/kg(鋼筋)	1.2440	Gabi-PE
	防撞鋼板		ton	kgCO ₂ e/kg(鋼板)	1.9460	Gabi-PE
	盤式支承		組	kgCO ₂ e/kg(鍛鋼)	2.3133	Gabi-PE
				kgCO ₂ e/kg(橡膠)	3.3421	Gabi-PE
	橋梁預力套管		m	kgCO ₂ e/kg(鍛鋼)	2.3133	Gabi-PE
	續接器	2 件#6	組	kgCO ₂ e/kg(鍛鋼)	2.3133	Gabi-PE
	預力鋼絞線	1524mm	kg	kgCO ₂ e/kg(鋼索)	2.1598	Gabi-PE
	預力端錨		個	kgCO ₂ e/kg(鍛鋼)	2.3133	Gabi-PE
	固定預力端錨		個	kgCO ₂ e/kg(鍛鋼)	2.3133	Gabi-PE
	固定續接器		個	kgCO ₂ e/kg(鍛鋼)	2.3133	Gabi-PE
	活動續接器		個	kgCO ₂ e/kg(鍛鋼)	2.3133	Gabi-PE
	先撐鋼管		m	kgCO ₂ e/kg(鋼管)	2.4623	Gabi-PE
	預力鋼腱地錨	45t	ton	kgCO ₂ e/kg(鋼索)	2.1598	Gabi-PE
	HDPE 護管		m	kgCO ₂ e/kg(HDPE 管)	1.5955	Gabi-PE

類別	項目	規格	使用單位	係數單位 (係數選用項目)	係數	係數來源
	HDPE 浪管		m	kgCO ₂ e/kg(HDPE 管)	1.5955	Gabi-PE
	PVC 灌漿管		m	kgCO ₂ e/kg(PVC 管)	3.2336	Gabi-PE
	氧氣		瓶	kgCO ₂ e/kg(氧氣)	0.1220	Simapro7.2
	乙炔		瓶	kgCO ₂ e/kg(乙炔)	5.6750	Simapro7.2
	岩栓	SD420W	支	kgCO ₂ e/kg(鋼板)	1.9460	Gabi-PE
kgCO ₂ e/kg(鋼筋)				1.2440	Gabi-PE	
	自鑽式岩栓	R32 L(3M)	支	kgCO ₂ e/kg(鋼管)	2.4623	Gabi-PE
kgCO ₂ e/kg(鋼板)				1.9460	Gabi-PE	
	玻璃急結管	φ 25*L500mm	支	kgCO ₂ e/kg(輕骨材)	0.0052	政府公告
kgCO ₂ e/kg(SiO ₂)				6.2002	Gabi-PE	
kgCO ₂ e/kg(玻璃)				0.9026	Gabi-PE	
kgCO ₂ e/kg(水)				0.0006	Gabi-PE	
	乳膠炸藥	300/200g	kg	kgCO ₂ e/kg(炸藥)	2.5162	Simapro7.2
	導爆索	10g/m	m	kgCO ₂ e/kg(PETN)	7.5000	USEPA-AP4 2 section15.9
kgCO ₂ e/kg(PVC 管)				3.2336	Gabi-PE	
	瞬發電雷管	0s	發	kgCO ₂ e/發(雷管)	0.1010	Simapro7.2
	非電氣雷管	0ms	發	kgCO ₂ e/發(雷管)	0.1010	Simapro7.2
	卜特蘭水泥	II 型低鹼	包	kgCO ₂ e/kg(水泥)	0.8656	Gabi-PE
	管幕鋼管		支	kgCO ₂ e/kg(鋼管)	2.4623	Gabi-PE
	回漿管	12/9mm	m	kgCO ₂ e/kg(PE)	1.5955	Gabi-PE
	水玻璃	#3	kg	kgCO ₂ e/kg(水玻璃)	1.0941	Simapro7.2
	聚胺脂樹脂	PT106	kg	kgCO ₂ e/kg(樹脂)	20.3696	Gabi-PE
	灌漿鋼管	L=6M	支	kgCO ₂ e/kg(鋼管)	2.4623	Gabi-PE
	ABS 管		支	kgCO ₂ e/kg(PVC 管)	3.2336	Gabi-PE
	玻璃纖維管	2.5"/3m	支	kgCO ₂ e/kg(玻璃)	0.9026	Gabi-PE
	PAC	9%	kg	kgCO ₂ e/kg(PAC)	1.6440	文獻資料
	高分子	FA-40	kg	kgCO ₂ e/kg(高分子)	3.4000	文獻資料
	硫酸	50%	kg	kgCO ₂ e/kg	0.1293	Gabi-PE
	水泥砂漿		包	kgCO ₂ e/kg(水泥)	0.8656	Gabi-PE
kgCO ₂ e/kg(砂)				0.0041	Gabi-PE	

類別	項目	規格	使用單位	係數單位 (係數選用項目)	係數	係數來源
	PVC-E 管	52mm*4mm*4M	m	kgCO ₂ e/kg(PVC 管)	3.2336	Gabi-PE
	砂		kg	kgCO ₂ e/kg(砂)	0.0041	Gabi-PE
	填縫劑		公升	kgCO ₂ e/kg(樹脂)	20.3696	Gabi-PE
	排水管	6m	支	kgCO ₂ e/kg(PVC 管)	3.2336	Gabi-PE
	不銹鋼踏步	φ 19	支	kgCO ₂ e/kg(鋼筋)	1.2440	Gabi-PE
	透水材料		kg	kgCO ₂ e/kg(砂)	0.0041	Gabi-PE
	預鑄緣石	A1	塊	kgCO ₂ e/kg(混凝土 210II)	0.0939	Gabi-PE
	防水膜	1.8m	m ²	kgCO ₂ e/kg(PVC 材質)	2.1303	Gabi-PE
	不織布	500g/m ²	m ²	kgCO ₂ e/kg(不織布)	1.5955	Gabi-PE
	PVC 管	100mm*6.6*6m	m	kgCO ₂ e/kg(PVC 管)	3.2336	Gabi-PE
	洩水孔 A 型	A 型	處	kgCO ₂ e/kg(鍛鋼)	2.3133	Gabi-PE
	錨錠板	100*200*16t	片	kgCO ₂ e/kg(鑄鐵)	2.2514	Gabi-PE
kgCO ₂ e/kg(鋼板)				1.9460	Gabi-PE	
	雙層欄杆支座	6"+5"	座	kgCO ₂ e/kg(鍛鋼)	2.3133	Gabi-PE
	箱梁人孔蓋及座		座	kgCO ₂ e/kg(混凝土 280II)	0.0954	Gabi-PE
kgCO ₂ e/kg(鑄鐵)				2.2514	Gabi-PE	

3.4 工程碳足跡盤查執行成果說明

以下即依據現正執行盤查作業中的各土建標開工時間先後及機電與交控標(A3、A2、A1、C2、C1A、A4及E1標)，就104年1月1日至104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104年1至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、人員出勤與運輸部分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。

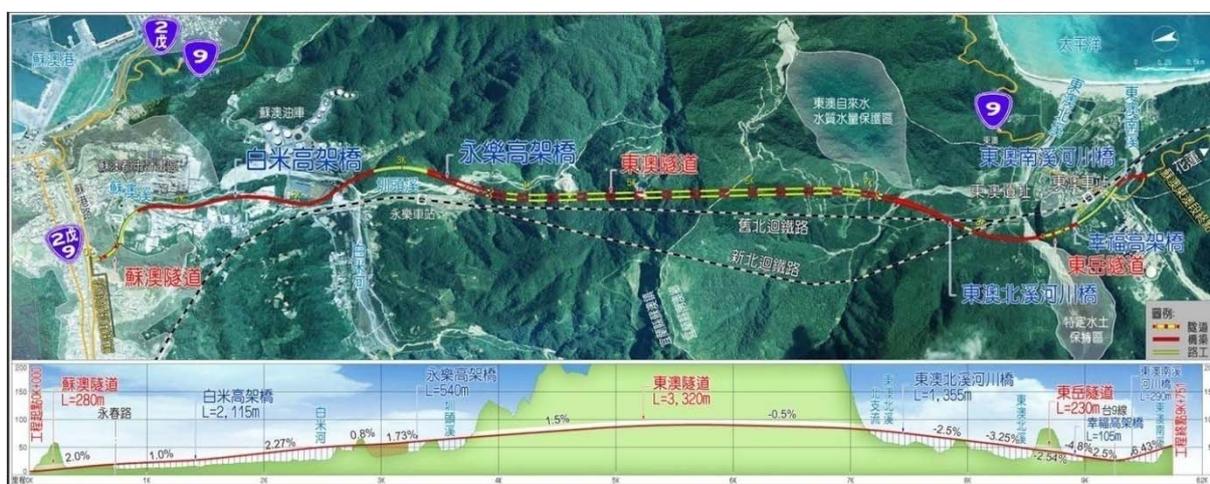


圖 3.4.1-1 東澳東岳段新建工程(A3 標)工程範圍示意圖

本標係於 101 年 6 月 28 日決標，並於同年 9 月 17 日開工；截至 104 年 6 月底止，累積工期為 1,017 天，實際進度 88.87%。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。

A3 標 104 年上半年度上構工程部份僅剩 PN8、PN10、PS13 及 PN13 等仍在進行節塊或邊垮施作，已完成之橋面則已陸續完成或開

始橋面洩水及護欄施作。隧道工程方面，目前南下及北上兩線皆已貫通，上半年度主要進行南下線之襯砌及管線預埋工程；排水工程截至 6 月底止仍持續施作；除此之外，幸福路堤段也已開始進行管線預埋及地磅站工程。

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	7+213.000	8+565.000	(SB)	樁基礎或井式基礎，場鑄懸臂工法
		河川橋	7+240.000	8+565.000	(NB)	
	隧道	東岳隧道	8+560.000	8+775.000		雙孔各單車道(眼鏡型隧道)，機械開挖
	路堤路塹	東岳隧道南路堤	8+775.000	8+783.000		-
	橋梁	幸福高架橋	8+783.000	8+963.000		展式基礎或井式基礎，場鑄逐跨工法
	路堤路塹	幸福路堤	8+963.000	9+284.105		-

二、碳足跡盤查登錄清冊

根據本計畫盤查範圍與項目要求，目前應登錄於盤查清冊之排放源類別包括：施工機具/耗能設備、用電、用水、工程材料、植生、運具及人員 9 項。

截至 104 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，用水及植生登錄部分皆未有新增資料，用電雖有新登錄，但主要為系統計算所需而增加，實際上並無新增電表，施工機具和工程材料皆隨工程進度而持續增加，本期主要係因新增管路工程，許多零星料件運入的關係，故工程材料有相當大量的項目增加。

(一)機/運具使用

A3 標本期因下構工作完工之緣故，機具使用數量下降，共計使用機具 47 台、運具 1，類型包括：挖土機、發電機、空壓機、吊卡

車、吊車、噴漿機、夯壓機、高空作業車、鑽堡機、泵浦車、傾卸車；本期協力廠商使用之臨時用電量為 65,520 度。

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	132	5
CC	廠商登錄	19	5
ME	施工機具/耗能設備登錄表	126	13
ES	用電登錄表	3	1
WS	用水登錄表	1	0
MA	工程材料登錄表	243	71
PL	植生登錄表	4	0
MO	運具設備登錄表	35	0
HR	工區人員交通方式登錄表	348	0

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 (承商編號)	機/運具名稱	施作時數(hr)/ 行駛里程(km)	能資源類別	能資源 使用數量
ME-弘大鑫 23	發電機	256.0	柴油	1,592.50
ME-弘大鑫 24	空壓機	83.0	柴油	495.60
ME-弘大鑫 25	挖土機	188.0	柴油	1,078.90
ME-弘大鑫 26	挖土機	196.0	柴油	1,135.00
ME-弘大鑫 27	挖土機	232.0	柴油	1,354.30
ME-弘大鑫 28	噴漿機	71.0	柴油	417.40
ME-弘大鑫 29	卡車	188.0	柴油	1,050.60
ME-弘大鑫 30	吊卡車	91.0	柴油	621.70
ME-弘大鑫 31	吊車	92.0	柴油	759.24

機/運具編號 (承商編號)	機/運具名稱	施作時數(hr)/ 行駛里程(km)	能資源類別	能資源 使用數量		
ME-名暘 01	發電機	808.0	柴油	915.83		
ME-益群豐 01	挖土機	800.0	柴油	12,101.46		
ME-益群豐 03	夯壓機	167.0	柴油	2,097.19		
ME-樂志 02	吊車	636.00	柴油	2,415.78		
ME-樂志 14	吊卡車	1,216.00	柴油	3,450.37		
ME-樂志 15	泵浦車	384.00	柴油	(推估)1,240.55		
ME-樂志 16	吊卡車	1,184.00	柴油	7,214.11		
ME-樂志 03	挖土機	110.00	柴油	16,498.60		
ME-樂志 04	發電機	1,400.00				
ME-樂志 05	發電機	1,172.00				
ME-樂志 06	發電機	904.00				
ME-樂志 07	發電機	376.00				
ME-樂志 09	發電機(照明燈)	198.00				
ME-樂志 10	發電機(照明燈)	258.00				
ME-樂志 11	空壓機	772.00				
ME-樂志 12	高空作業車	768.00				
ME-樂志 13	吊卡車	216.00			汽油	2,166.85
ME-樂志 17	高空作業車	224.00				
ME-樂志 18	堆高機	636.00				
ME-樂志 19	吊卡車	988.00				
ME-配特 04	空壓機	122.00	柴油	13.66		
ME-配特 06	挖土機	599.50	柴油	6,486.00		
ME-配特 08	空壓機	185.00	柴油	1,703.00		
ME-配特 11	高空作業車	515.00	柴油	2,071.00		
ME-配特 12	鑽堡機	101.00	柴油	525.00		
ME-配特 13	機臂噴漿機	149.00	電力	-		
ME-配特 18	泵浦車	89.50	柴油	93.00		
ME-配特 19	挖土機	300.00	柴油	1,409.97		
ME-配特 20	挖土機	279.00	柴油	4,004.00		
ME-配特 21	挖土機	36.00	柴油	913.66		
ME-配特 22	挖土機	250.00	柴油	1,463.32		
MO-配特 03	傾卸車	(里程)6,119.00	柴油	2,013.56		

機/運具編號 (承商編號)	機/運具名稱	施作時數(hr)/ 行駛里程(km)	能資源類別	能資源 使用數量
ME-華興 01	發電機	184.00	柴油	285.92
ME-華興 02	振動機	16.00	柴油	8.51

A3 標 104 年度上半年度之主要工程項目為：上構工程、橋台工程、隧道工程及其他，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 104 年度 1~6 月協力廠商包括有：弘大鑫、益群豐、配特、樂志、名暘及華興等；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，截至 6 月底前，於 A3 標工程已全數完工；
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，103 年度則是執行路工及排水工程，104 年度則開始路提段排水工程；
3. 配特：主要負責東岳隧道工程，累計共使用 21 台機具與 1 台運具，目前完成隧道雙線開挖，104 年度開始南下線襯砌工程；
4. 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。
5. 名暘：主要負責兩工區之管線預埋工作，截至本期 6 月底止，共使用一台發電機。
6. 華興：主要負責地磅及管制站興建工程，目前共使用兩台機具。

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僅 ME-樂志 15 外租泵浦車自加入施工迄今的油耗量，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，共計 1,240.55L。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/運具用油量統計

廠商名稱	耗油量(L)
井基工程(弘大鑫)	8,505.24
管路工程(名暘)	915.83
地磅及管制站工程(華興)	294.43
排水工程(益群豐)	14,198.65
隧道工程(配特)	20,696.17
上構及橋護欄工程(樂志)	32,986.26

(二)工程材料使用

A3 標本期所使用材料項目共計有 49 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。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碳排放量的工程材料(含同材料不同規格)包括 61 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。

表 3.4.1-5 A3 標本期工程材料使用量統計結果

材料編號 (承商料號)	材料名稱	規格/類別	材料屬性	使用量 單位	使用數量
MA-弘大鑫 01	速凝劑		一次性使用	kg	620.00
MA-弘大鑫 02-1	桁架支保(5M)	G150 D=5	一次性使用	組	20.00
MA-弘大鑫 03	點焊網	5.0/100 3M*1.8M	一次性使用	m ²	604.00
MA-田大 10-2	鋼筋續接器	D19	一次性使用	個	34.00
MA-名暘 01-1	PVC-E 管	52mm ψ *4mm*4M	一次性使用	m	2,400.00
MA-名暘 01-2	PVC-E 管	80mm ψ *5.5mm*6M	一次性使用	m	3,000.00
MA-名暘 11	砂		一次性使用	kg	56,880.00
MA-宜興 01	混凝土 175	175 II kgf/cm ²	一次性使用	m ³	582.50
MA-宜興 02	混凝土 210	210 II kgf/cm ²	一次性使用	m ³	294.50
MA-宜興 03	混凝土 245	245 II kgf/cm ²	一次性使用	m ³	4,669.00
MA-宜興 03-1	混凝土 245(高坍)	245 II kgf/cm ²	一次性使用	m ³	1,227.00
MA-宜興 04	混凝土 280	280 II kgf/cm ²	一次性使用	m ³	2,855.00
MA-宜興 05	混凝土 350	350 II kgf/cm ²	一次性使用	m ³	8.00
MA-宜興 06	混凝土 420(早強)	420 II kgf/cm ² (早強)	一次性使用	m ³	4,197.50
MA-宜興 08	混凝土 420()	420 II kgf/cm ²	一次性使用	m ³	330.50
MA-宜興 10	噴凝土	噴凝土	一次性使用	m ³	677.00
MA-宜聯(冬山廠)	竹節鋼筋		一次性使用	kg	1,245,175.20
MA-東和(高雄廠)	竹節鋼筋		一次性使用	kg	371,719.70
MA-益群豐 05	止水帶	220*9/195*4mm	一次性使用	M	732.00
MA-益群豐 10	填縫劑		一次性使用	公升	529.00
MA-益群豐 11-1	排水管	4m	一次性使用	支	50.00
MA-益群豐 11-2	排水管	6m	一次性使用	支	66.00
MA-益群豐 12	不銹鋼踏步	φ 19	一次性使用	支	150.00
MA-益群豐 13	不織布	II 類	一次性使用	m ²	538.00
MA-益群豐 14	透水材料		一次性使用	kg	98,880.00
MA-益群豐 15-1	A 型集水井		一次性使用	座	1.00
MA-益群豐 15-2	B 型集水井(1m)		一次性使用	座	1.00
MA-益群豐 15-3	B 型集水井(3m)		一次性使用	座	3.00
MA-益群豐 16	預鑄緣石	A1	一次性使用	塊	200.00

材料編號 (承商料號)	材料名稱	規格/類別	材料屬性	使用量 單位	使用數量
MA-益群豐 21-1	鋼筋混凝土管 B 型三級管	600mm*2.4m	一次性使用	支	20.00
MA-益群豐 21-2	鋼筋混凝土管 B 型三級管	600mm*1.2m	一次性使用	支	1.00
MA-益群豐 21-3	鋼筋混凝土管 B 型三級管	800mm*2.4m	一次性使用	支	18.00
MA-配特 01	點焊網		一次性使用	m ²	5,812.45
MA-配特 07	管冪鋼管		一次性使用	支	5.00
MA-配特 09	先撐鋼管	32mm	一次性使用	支	900.00
MA-配特 11-1	桁架型鋼支保	G200	一次性使用	組	54.00
MA-配特 11-3	桁架型鋼支保	G200	一次性使用	組	274.00
MA-配特 11-5	桁架型鋼支保	G100	一次性使用	組	8.00
MA-配特 12	速凝劑		一次性使用	kg	4,000.00
MA-配特 13	自鑽式岩栓	L=4m	一次性使用	支	71.00
MA-配特 20	防水膜	1.8m	一次性使用	m ²	6,153.30
MA-配特 21	不織布	500g/m ²	一次性使用	m ²	5,460.00
MA-配特 22-1	PVC 管	100mm*6.6*6m	一次性使用	m	18.00
MA-配特 23	H 型鋼支保	H200	一次性使用	支	29.00
MA-樂志 01	預力鋼腱		一次性使用	kg	189,725.18
MA-樂志 05	預力套管	ψ100*0.6mm	一次性使用	支	4,811.00
MA-樂志 21-1	洩水孔 A 型	A 型	一次性使用	處	309.00
MA-樂志 22	錨錠板	100*200*16t	一次性使用	片	3,328.00
MA-樂志 24	雙層欄杆支座	6"+5"	一次性使用	座	1,664.00
MA-樂志 26	箱梁人孔蓋及座		一次性使用	座	5.00

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

材料編號 (承商料號)	材料名稱	使用量 單位	使用數量	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量
MA-弘大鑫 01	速凝劑	kg	620.00	kg(硫酸鋁鹽)	372.00
				kg(水)	248.00
MA-弘大鑫 02-1	桁架支保(5M)	組	20.00	kg(鑄鐵)	144.00
				kg(鋼筋)	6,915.13
				kg(鋼板)	400.00
MA-弘大鑫 03	點焊網	m ²	604.00	kg(鋼線)	2,047.56
MA-田大 10-2	鋼筋續接器	個	34.00	kg(鍛鋼)	4.76
MA-名暘 01-1	PVC-E 管	m	2,400.00	kg(PVC 管)	2,424.00
MA-名暘 01-2	PVC-E 管	m	3,000.00	kg(PVC 管)	6,210.00
MA-名暘 11	砂	kg	56,880.00	kg(砂)	56,880.00
MA-宜興 01	混凝土 175	m ³	582.50	kg(混凝土 175II)	1,377,612.50
MA-宜興 02	混凝土 210	m ³	294.50	kg(混凝土 210II)	687,952.00
MA-宜興 03	混凝土 245	m ³	4,669.00	kg(混凝土 245II)	14,050,168.00
MA-宜興 03-1	混凝土 245(高坍)	m ³	1,227.00	kg(混凝土 245II)	2,923,941.00
MA-宜興 04	混凝土 280	m ³	2,855.00	kg(混凝土 280II)	6,814,885.00
MA-宜興 05	混凝土 350	m ³	8.00	kg(混凝土 350II)	18,880.00
MA-宜興 06	混凝土 420(早強)	m ³	4,197.50	kg(混凝土 420 早強)	10,040,420.00
MA-宜興 08	混凝土 420	m ³	330.50	kg(混凝土 420II)	796,174.50
MA-宜興 10	噴凝土	m ³	677.00	kg(噴凝土)	1,588,919.00
MA-宜聯(冬山廠)	竹節鋼筋	kg	1,245,175.20	kg(鋼筋)	1,245,175.20
MA-東和(高雄廠)	竹節鋼筋	kg	371,719.70	kg(鋼筋)	371,719.70
MA-益群豐 05	止水帶	M	732.00	kg(PVC)	2,115.48
MA-益群豐 10	填縫劑	公升	529.00	kg(樹脂)	687.70
MA-益群豐 11-1	排水管	支	50.00	kg(PVC 管)	226.00
MA-益群豐 11-2	排水管	支	66.00	kg(PVC 管)	689.04
MA-益群豐 12	不銹鋼踏步	支	150.00	kg(鋼筋)	261.00
MA-益群豐 13	不織布	m ²	538.00	kg(不織布)	269.00
MA-益群豐 14	透水材料	kg	98,880.00	kg(砂)	98,880.00

材料編號 (承商料號)	材料名稱	使用量 單位	使用數量	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量
MA-益群豐 15-1	A 型集水井	座	1.00	場鑄	
MA-益群豐 15-2	B 型集水井 1m	座	1.00	場鑄	
MA-益群豐 15-3	B 型集水井 3m	座	3.00	場鑄	
MA-益群豐 16	預鑄緣石	塊	200.00	kg(混凝土 210II)	15,000.00
MA-益群豐 21-1	鋼筋混凝土管 B 型 三級管	支	20.00	kg(混凝土 280II)	7,434.20
				kg(鋼線)	136.00
MA-益群豐 21-2	鋼筋混凝土管 B 型 三級管	支	1.00	kg(混凝土 280II)	185.86
				kg(鋼線)	3.40
MA-益群豐 21-3	鋼筋混凝土管 B 型 三級管	支	18.00	kg(鋼線)	18.00
				kg(混凝土 280II)	11,894.94
MA-配特 01	點焊網	m ²	5,812.45	kg(鋼線)	19,704.21
MA-配特 07	管幕鋼管	支	5.00	kg(鋼管)	240.40
MA-配特 09	先撐鋼管	支	900.00	kg(鋼管)	26,046.00
MA-配特 11-1	桁架型鋼支保	組	54.00	kg(鋼管)	302.40
				kg(鋼板)	3,124.44
				kg(鋼筋)	27,030.24
				kg(鑄鐵)	302.40
MA-配特 11-3	桁架型鋼支保	組	274.00	kg(鑄鐵)	931.60
				kg(鋼管)	1,150.80
				kg(鋼板)	9,361.21
				kg(鋼筋)	121,927.26
MA-配特 11-5	桁架型鋼支保	組	8.00	kg(鑄鐵)	36.00
				kg(鋼管)	236.80
				kg(鋼板)	4,004.48
				kg(鋼筋)	44.80
MA-配特 12	速凝劑	kg	4,000.00	kg(水)	1,600.00
				kg(硫酸鋁鹽)	2,400.00
MA-配特 13	自鑽式岩栓	支	71.00	kg(鋼筋)	1,176.47
				kg(鋼板)	280.45
MA-配特 20	防水膜	m ²	6,153.30	kg(PVC 材質)	7,999.29
MA-配特 21	不織布	m ²	5,460.00	kg(不織布)	2,730.00
MA-配特 22-1	PVC 管	m	18.00	kg(PVC 管)	14.81

材料編號 (承商料號)	材料名稱	使用量 單位	使用數量	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量
MA-樂志 01	預力鋼腱	kg	189,725.18	kg(鋼索)	189,725.18
MA-配特 23	H 型鋼支保	支	29.00	kg(鑄鐵)	261.00
				kg(鍛鋼)	27,420.95
				kg(鋼板)	1,677.94
MA-樂志 05	預力套管	支	4,811.00	kg(鍛鋼)	43,828.21
MA-樂志 21-1	洩水孔 A 型	處	309.00	kg(鍛鋼)	32,445.00
MA-樂志 22	錨錠板	片	3,328.00	kg(鑄鐵)	16,640.00
				kg(鋼板)	83,599.36
MA-樂志 24	雙層欄杆支座	座	1,664.00	kg(鍛鋼)	83,200.00
MA-樂志 26	箱梁人孔蓋及座	座	5.00	kg(混凝土 280II)	7,800.00
				kg(鑄鐵)	3,000.00

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、點焊網之轉換說明，則簡要分項敘述如下：

1. 混凝土依照規強度可分為 175II、210II、280II 與 210II 噴凝土、350IISCC、420II，依據 GaBi-PE 資料庫所使用係數，單位為 kg，惟本標供應商進料單並為羅列運送車輛總重、淨重等重量數據，且 A3 標工地尚未建置地磅站，故本計畫係以混凝土配比表估計各型混/噴凝土單位重，求得此標各型混凝土使用總重量；
2. 桁型支保可依據進料單分析包括桁架、繫桿、接合板、螺栓組、繫桿座等主要材料，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，螺栓組類似於鑄鐵，繫桿座則包含鋼板及鋼管兩種材質；因下半年度桁型支保使用類似較多，各規格單位重量轉換將於清冊中統一說明，在此則不贅述；
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。

(三)廢棄物：A3 標本期尚未填報鋼筋下腳料外運處置，故本期廢棄物無活動量。

(四)碳匯改變：A3 標本期未填報植生移除紀錄，故本期尚未有碳匯改變變化。

(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 10,843 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 3.4.1-7 所示。

表 3.4.1-7 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	防震板、水泥、水泥砂漿
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 210 II、混凝土 210 II 水中、混凝土 350 II、混凝土 280 II、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 7,510tonCO₂e；其中，以工程材料使用的排放量最大，佔總排放量的 94.1%；機具使用、運輸與人員出勤部分占比皆小於 5%，分別為 4.2%、1.7%與 0.08%。茲綜整各類碳足跡計算結果如表 3.4.1-8，另逐項說明各類別碳排放量計算過程與結果於後。

表 3.4.1-8 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	303.80	4.1%
工程材料使用	7,077.03	94.2%
人員出勤(逸散、廢棄物)	5.70	0.08%
運輸	124.26	1.7%
合計	7,510.78	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、固定源柴油碳排放係數分別為 3.340、3.305kgCO₂e/L 計算，量化結果如表 3.4.1-9 所示；碳排放量總計約為 303.80tonCO₂e。

本期機/運具能耗排碳量最大的協力廠商仍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 114.20tonCO₂e，其中機/運具油耗排碳佔 68.99tonCO₂e，場電則是

45.21tonCO₂e，兩部分共佔本期機/運具排碳量約 38%。本期機/運具第二大排碳源為樂志公司，佔本期機/運具排碳的 36%。

表 3.4.1-9 A3 標本期機/運具使用碳足跡計算

工程類別(廠商名稱)	耗油量(L)	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
井基工程(弘大鑫)	8,505.24	28.20	9.28%
管路工程(名暘、華興)	915.83	2.98	0.98%
地磅及管制站工程(華興)	294.43	0.96	0.32%
排水工程(益群豐)	14,198.65	47.43	15.61%
隧道工程(配特)	20,696.17	68.99	22.71%
上構及橋護欄工程(樂志)	32,986.26	110.03	36.22%
場電(配特工區用電)		45.21	14.88%
機/運具排放量合計		303.80	

(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 3.4.1-10，合計約 7,077.03tonCO₂e。

表 3.4.1-10 A3 標本期工程材料使用碳足跡計算

材料編號 (承商料號)	材料名稱	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-弘大鑫 01	速凝劑	kg(硫酸鋁鹽)	372.00	0.18
		kg(水)	248.00	<0.01
MA-弘大鑫 02-1	桁架支保(5M)	kg(鑄鐵)	144.00	0.32
		kg(鋼筋)	6,915.13	8.60
		kg(鋼板)	400.00	0.78
MA-弘大鑫 03	點焊網	kg(鋼線)	2,047.56	1.28
MA-田大 10-2	鋼筋續接器	kg(鍛鋼)	4.76	0.01
MA-名暘 01-1	PVC-E 管	kg(PVC 管)	2,424.00	7.84
MA-名暘 01-2	PVC-E 管	kg(PVC 管)	6,210.00	20.08
MA-名暘 11	砂	kg(砂)	56,880.00	0.23

材料編號 (承商料號)	材料名稱	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-宜興 01	混凝土 175	kg(混凝土 175II)	1,377,612.50	108.25
MA-宜興 02	混凝土 210	kg(混凝土 210II)	687,952.00	64.63
MA-宜興 03	混凝土 245	kg(混凝土 245II)	11,126,227.00	1,045.22
MA-宜興 03-1	混凝土 245(高坍)	kg(混凝土 245II)	2,923,941.00	274.68
MA-宜興 04	混凝土 280	kg(混凝土 280II)	6,814,885.00	650.34
MA-宜興 05	混凝土 350	kg(混凝土 350II)	18,880.00	2.25
MA-宜興 06	混凝土 420(早強)	kg(混凝土 420 早強)	10,040,420.00	1,193.99
MA-宜興 08	混凝土 420()	kg(混凝土 420II)	796,174.50	94.68
MA-宜興 10	噴凝土	kg(噴凝土)	1,588,919.00	188.95
MA-宜聯(冬山廠)	竹節鋼筋	kg(鋼筋)	1,245,175.20	1,548.96
MA-東和(高雄廠)	竹節鋼筋	kg(鋼筋)	371,719.70	462.41
MA-益群豐 05	止水帶	kg(PVC)	2,115.48	4.51
MA-益群豐 10	填縫劑	kg(樹脂)	687.70	14.01
MA-益群豐 11-1	排水管	kg(PVC 管)	226.00	0.73
MA-益群豐 11-2	排水管	kg(PVC 管)	689.04	2.23
MA-益群豐 12	不銹鋼踏步	kg(鋼筋)	261.00	0.32
MA-益群豐 13	不織布	kg(不織布)	269.00	0.46
MA-益群豐 14	透水材料	kg(砂)	98,880.00	0.41
MA-益群豐 16	預鑄緣石	kg(混凝土 210II)	15,000.00	1.41
MA-益群豐 21-1	鋼筋混凝土管 B 型三級管	kg(混凝土 280II)	7,434.20	0.71
		kg(鋼線)	136.00	0.09
MA-益群豐 21-2	鋼筋混凝土管 B 型三級管	kg(混凝土 280II)	185.86	0.02
		kg(鋼線)	3.40	0.00
MA-益群豐 21-3	鋼筋混凝土管 B 型三級管	kg(鋼線)	18.00	0.01
		kg(混凝土 280II)	11,894.94	1.14
MA-配特 01	點焊網	kg(鋼線)	19,704.21	12.32
MA-配特 07	管幕鋼管	kg(鋼管)	240.40	0.59
MA-配特 09	先撐鋼管	kg(鋼管)	26,046.00	64.13
MA-配特 11-1	桁架型鋼支保	kg(鋼管)	302.40	0.74
		kg(鋼板)	3,124.44	6.08
		kg(鋼筋)	27,030.24	33.62
		kg(鑄鐵)	302.40	0.74

材料編號 (承商料號)	材料名稱	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-配特 20	防水膜	kg(PVC 材質)	7,999.29	2.10
MA-配特 11-3	桁架型鋼支保	kg(鑄鐵)	931.60	2.83
		kg(鋼管)	1,150.80	18.22
		kg(鋼板)	9,361.21	151.67
		kg(鋼筋)	121,927.26	0.08
MA-配特 11-5	桁架型鋼支保	kg(鑄鐵)	36.00	0.46
		kg(鋼管)	236.80	4.98
		kg(鋼板)	4,004.48	0.11
		kg(鋼筋)	44.80	0.00
MA-配特 12	速凝劑	kg(水)	1,600.00	1.18
		kg(硫酸鋁鹽)	2,400.00	1.46
MA-配特 13	自鑽式岩栓	kg(鋼筋)	1,176.47	0.55
		kg(鋼板)	280.45	17.04
MA-配特 21	不織布	kg(不織布)	2,730.00	4.71
MA-配特 22-1	PVC 管	kg(PVC 管)	14.81	0.05
MA-配特 23	H 型鋼支保	kg(鑄鐵)	261.00	0.59
		kg(鍛鋼)	27,420.95	63.43
		kg(鋼板)	1,677.94	3.27
MA-樂志 01	預力鋼腱	kg(鋼索)	189,725.18	409.78
MA-樂志 05	預力套管	kg(鍛鋼)	43,828.21	101.39
MA-樂志 21-1	洩水孔 A 型	kg(鍛鋼)	32,445.00	75.05
MA-樂志 22	錨錠板	kg(鑄鐵)	16,640.00	37.46
		kg(鋼板)	83,599.36	162.69
MA-樂志 24	雙層欄杆支座	kg(鍛鋼)	83,200.00	192.46
MA-樂志 26	箱梁人孔蓋及座	kg(混凝土 280II)	7,800.00	0.74
		kg(鑄鐵)	3,000.00	6.75
材料排碳量合計				7,077.03

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 78.0%。隧道材料則是佔約 6%；上構材料本期佔約 15%，其他工程材料占比

小於 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 10,843 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 0.504kgCO₂e/kg 計算，分別求得 A3 標本期工區化糞池溫室氣體逸散量約 3.46tonCO₂e，以及一般廢棄物處理排放量約 2.24tonCO₂e。綜合人員出勤碳排放源之排放量計算結果，可得 A3 標本期人員出勤排放量為 5.7tonCO₂e。

(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分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 124.26tonCO₂e，其中本期因應各協力廠商機具並非長期駐紮於工區，可能有調往其他工區之情形，為求運輸排碳量之合理性，本期補充計算協力廠商超過 1 個月未使用之機具補運入運出排碳。

3.4.2 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 104 年度上半年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 3.4.2-1，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 104 年 6 月底止，累積工期為 928 天，實際進度 35.69%；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 3.4.2-2。

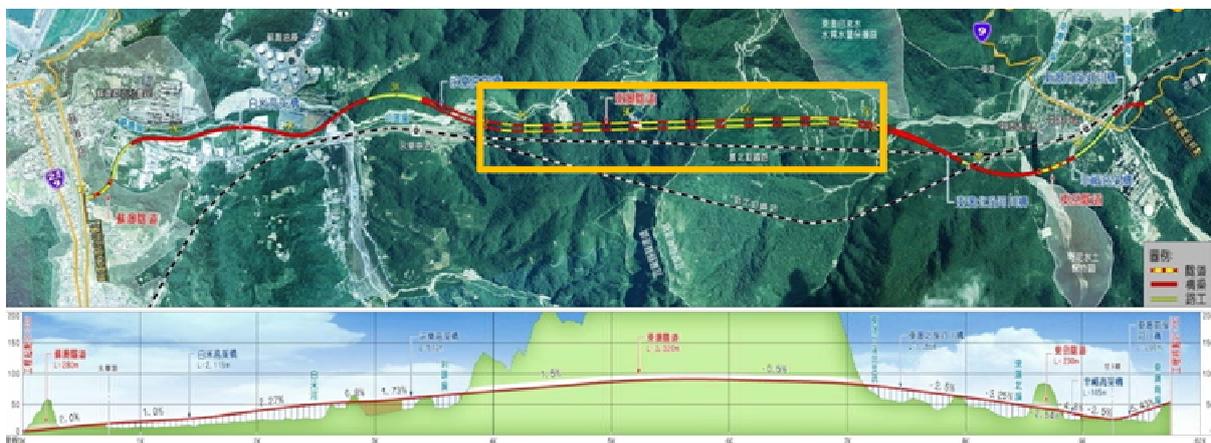


圖 3.4.2-1 東澳隧道新建工程(A2 標)工程範圍示意圖

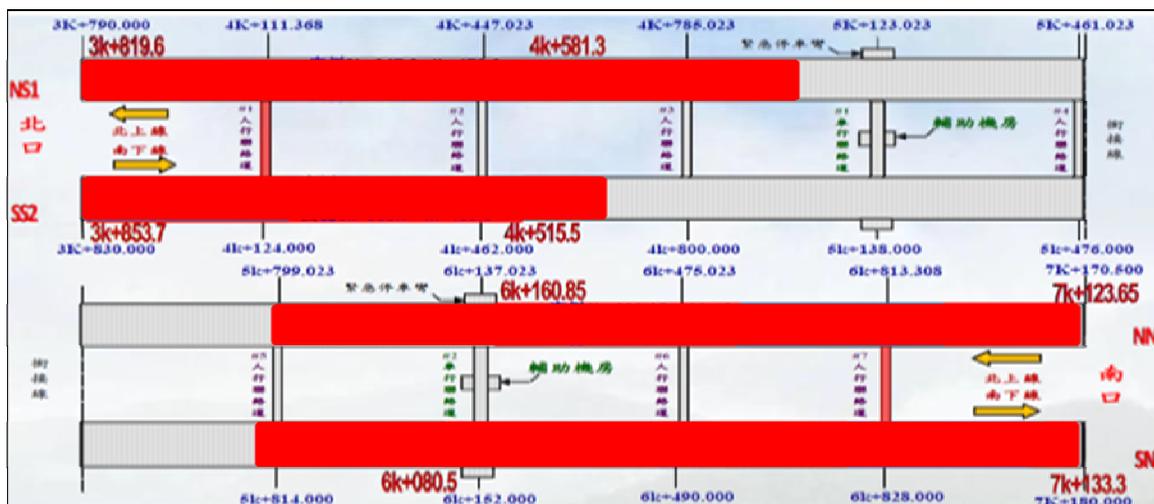


圖 3.4.2-2 東澳隧道新建工程(A2 標)施工進度

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，除了南口北上線外，其他三個工作面 104 年度上半年度已有開始仰拱施作，人行聯絡道部分本期已完成 N2 及 N6 人行聯絡道，#2 車行聯絡道則是進行施作中；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。另彙整本標工程構築型式設施配置則如表 3.4.2-1，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 3.4.2-1 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 9 項，另基於不同工程項目的碳足跡分析需求與承包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 104 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 3.4.2-2 所示。其中，除了人員出勤外，本期以機具及工程材料增加數量較多，分別為 14 及 36 項，主要係因工進持續推進的緣故，除此之外，雖然工程項目僅僅增加 10 項，本期 4 月開始，隧道標部份隧道開挖工程項目有 11 個項目加入岩體強度子工項，本期共加入 77 個子工項，如考慮子工項的加入，則本期增加最多的

類別工程項目；用水則皆未有新增項目。

表 3.4.2-2A2 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	68	10
CC	廠商登錄表	120	7
ME	施工機具/耗能設備登錄表	233	14
ES	用電登錄表	15	1
WS	用水登錄表	5	0
MA	工程材料登錄表	221	36
PL	植生登錄表	8	0
MO	運具設備登錄表	91	12
HR	工區人員交通方式登錄表	492	51

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。

(一)機/運具使用

A2 本期施作工程項目包括南北兩隧道開挖、南洞口機房施作、N2 及 N6 人行聯絡道施作、#2 車行聯絡道施作，共計使用機具 84 台、運具 20 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。

A2 本期福清及協力廠商之機具與運具目前已有相關分由紀錄，惟仍有少部份用油量無法分配，本計畫將以南口及北口共用油湘進行統計，以下綜整 A2 標承包商/協力供油之機、運具活動強度數據統計與計算結果如表 3.4.2-3。

表 3.4.2-3 A2 標本期機/運具使用紀錄

機/運具編號 (承商編號)	機/運具名稱	施作時數(hr) / 行駛里程(km)	能資源 類別	能資源 使用數量
AA101	挖土機	47.00	柴油	578.00
AA103	挖土機	39.50	柴油	212.00
AA104	挖土機	122.00	柴油	1,505.00
AA105	挖土機	562.50	柴油	8,825.00
AA106	挖土機	448.00	柴油	9,306.00
AA107	挖土機	55.50	柴油	698.00
AA202	挖土機	1,479.50	柴油	19,643.00
AA204	挖土機	655.00	柴油	7,808.00
AA206	挖土機	16.00	柴油	339.00
AA207	挖土機	818.50	柴油	13,704.00
AA209	挖土機	880.50	柴油	14,496.00
AA210	挖土機	700.00	柴油	17,650.00
AA211	挖土機	600.50	柴油	16,845.00
AA212	挖土機	244.50	柴油	6,411.00
AA213	挖土機	571.00	柴油	17,388.00
AA214	挖土機	327.00	柴油	9,888.00
AA215	挖土機	421.00	柴油	15,443.00
AA216	挖土機	418.00	柴油	13,566.00
AA218	挖土機	600.00	柴油	13,610.00
AA302	挖土機	521.50	柴油	13,786.00
AA303	挖土機	551.00	柴油	11,281.00
AA305	挖土機	491.00	柴油	13,075.00
AA306	挖土機	594.50	柴油	15,658.00
AA307	挖土機	601.00	柴油	20,597.00
AA308	挖土機	456.00	柴油	17,646.00
AA309	挖土機	472.50	柴油	13,082.00
AB002	鏟裝機	2.50	柴油	724.00
AB004	鏟裝機	1,192.50	柴油	17,018.00
AB008	鏟裝機	21.00	柴油	204.00
AB009	鏟裝機	565.50	柴油	8,636.00

機/運具編號 (承商編號)	機/運具名稱	施作時數(hr) / 行駛里程(km)	能資源 類別	能資源 使用數量
AB011	鏟裝機	859.50	柴油	22,659.00
AB014	鏟裝機	927.50	柴油	15,184.00
AB016	鏟裝機	266.00	柴油	4,633.00
AB017	鏟裝機	336.00	柴油	6,659.00
AB018	鏟裝機	262.00	柴油	5,103.00
AB019	鏟裝機	1,030.50	柴油	15,785.00
AC001	堆高機	-	柴油	110.00
AC005	堆高機	-	柴油	367.00
AC006	堆高機	599.00	柴油	2,308.00
AD001	壓路機	28.00	柴油	194.00
AD002	壓路機	25.00	柴油	1,072.00
AG303	發電機	4.00	柴油	567.00
AJ003	鑽堡	60.00	柴油	229.00
AJ004	鑽堡	128.00	柴油	160.00
AJ008	鑽堡	888.50	柴油	1,971.00
AJ009	鑽堡	64.00	柴油	204.00
AJ010	鑽堡	116.00	柴油	282.00
AJ011	鑽堡	960.00	柴油	937.00
AJ012	鑽堡	1,397.00	柴油	848.00
AJ013	鑽堡	1,166.50	柴油	969.00
AJ014	鑽堡	-	柴油	40.00
AL007	噴漿機	151.00	柴油	432.00
AL008	噴漿機	100.00	柴油	423.00
AL010	噴漿機	16.50	柴油	61.00
AL011	自動噴凝土機	460.00	柴油	2,121.00
AL012	自動噴凝土機	427.50	柴油	1,785.00
AL013	自動噴凝土機	458.00	柴油	1,882.00
AL014	自動噴凝土機	392.00	柴油	1,810.00
CG003	高空作業車	41.00	柴油	1,291.00
CG004	高空作業車	168.00	柴油	748.00
CG005	高空作業車	354.00	柴油	1,594.00
CG006	高空作業車	636.00	柴油	1,539.00

機/運具編號 (承商編號)	機/運具名稱	施作時數(hr) / 行駛里程(km)	能資源 類別	能資源 使用數量
CG007	高空作業車	164.50	柴油	1,620.00
CG008	高空作業車	354.00	柴油	1,701.00
ME-永豐 01	泵浦車	145.00	柴油	340.82
ME-育明 01	泵浦車	194.00	柴油	456.00
ME-車昇 01	挖土機	389.50	柴油	2,979.00
ME-昆成 02	空壓機	560.50	柴油	14,971.00
ME-昆成 04	空壓機	618.00	柴油	11,688.00
ME-長鴻 3	挖土機	623.00	柴油	8,373.00
ME-長鴻 4	挖土機	402.50	柴油	3,824.00
ME-建拓 06	高空作業車	74.00	柴油	231.00
ME-配特 01	挖土機	199.50	柴油	2,460.00
ME-晟雄 N	挖土機	163.50	柴油	3,652.00
ME-晟雄 S	挖土機	805.50	柴油	20,696.00
ME-智為 04	挖土機	223.50	柴油	2,520.00
ME-新懋 01	推土機	216.00	柴油	6,328.00
ME-新懋 02	挖土機	290.00	柴油	4,084.00
ME-裕益 03	空壓機	105.50	柴油	3,307.00
ME-裕益 04	空壓機	92.00	柴油	1,595.00
ME-福清 01	移動式空壓機	-	柴油	40.00
ME-鉦達 02	灌漿機	1,078.50	電力	
ME-鉦達 03	灌漿機	522.00	電力	
AK007	灌漿機	326.00	電力	
MO-智豪 03	傾卸車	(里程)7,285.00	柴油	11,307.00
436-BV	傾卸車	(里程)10,914.30	柴油	13,494.00
437-BV	傾卸車	(里程)4,626.00	柴油	7,714.00
438-BV	傾卸車	(里程)11,211.00	柴油	15,250.00
439-BV	傾卸車	(里程)3,906.00	柴油	6,639.00
440-BV	傾卸車	(里程)11,047.00	柴油	14,237.00
441-BV	傾卸車	(里程)12,132.00	柴油	14,466.00
442-BV	傾卸車	(里程)7,818.00	柴油	11,502.00
443-BV	傾卸車	(里程)7,458.00	柴油	11,652.00
677-BP	傾卸車	(里程)3,193.30	柴油	4,066.00

機/運具編號 (承商編號)	機/運具名稱	施作時數(hr) / 行駛里程(km)	能資源 類別	能資源 使用數量
678-BP	傾卸車	(里程)5,065.00	柴油	5,683.00
5087-QD	小貨車	(里程)489.00	柴油	280.00
CE001	小貨車	(里程)4,043.00	柴油	2,187.00
U7-4199	小貨車	(里程)2,480.00	柴油	686.26
WU-4812	小貨車	(里程)318.20	柴油	888.96
AAV-8251	小貨車	(里程)76.20	柴油	314.00
7525-F6	小貨車	(里程)3,517.00	柴油	609.00
CA002	大貨車		柴油	213.00
CA003	大貨車	(里程)4,670.00	柴油	1,831.00
CA004	大貨車	(里程)5,373.00	柴油	1,809.00
北口-共用油箱			柴油	181.00
南口-共用油箱			柴油	90.00

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，本期新增一電表供公區及宿舍使用，104 年度 1~6 月使用度數共計 2,442,583 度。

(二)工程材料使用

A2 標本期所使用之工程材料項目共計 83 項，茲羅列目前已填報之總用量如表 3.4.2-5。

表 3.4.2-4 A2 標本期工程材料使用量統計結果

材料編號 (承商料號)	材料名稱	規格/類別	材料屬性	使用量 單位	使用數量
MA-元山 02	銲接鋼線網	10*10*3.2	一次性使用	m ²	7,500.00
MA-元山 03	銲接鋼線網	7.5*7.5*3.2	一次性使用	m ²	5,400.00
MA-台普 01	速凝劑	TamShot 80AF	一次性使用	m ³	267.34
MA-永瑞 01	預力鋼腱地錨	30t	一次性使用	ton	0.37
MA-永瑞 02	鍍鋅承板		一次性使用	片	20.00
MA-永瑞 03	預力鋼腱地錨	45t	一次性使用	ton	0.27
MA-永瑞 04	HDPE 護管		一次性使用	m	1,682.00

材料編號 (承商料號)	材料名稱	規格/類別	材料屬性	使用量 單位	使用數量
MA-永瑞 05	HDPE 浪管		一次性使用	m	72.00
MA-永瑞 06	PVC 灌漿管		一次性使用	m	7,478.00
MA-志成 01	氧氣		一次性使用	瓶	157.00
MA-志成 02	乙炔		一次性使用	瓶	131.00
MA-宜興 01	混凝土	245kgf/cm ²	一次性使用	m ³	3,692.50
MA-宜興 02	混凝土	210kgf/cm ²	一次性使用	m ³	174.00
MA-宜興 03	混凝土	280kgf/cm ²	一次性使用	m ³	2,054.50
MA-宜興 04	混凝土	175kgf/cm ²	一次性使用	m ³	1,260.00
MA-宜興 05	噴凝土	210kgf/cm ²	一次性使用	m ³	1,826.00
MA-宜興 07	鋼纖維噴凝土	255kgf/cm ²	一次性使用	m ³	10,688.00
MA-宜興 08	自充填混凝土	350kgf/cm ²	一次性使用	m ³	40.00
MA-宜聯 01	鋼筋	SD420W	一次性使用	ton	141.17
MA-宜聯 02	鋼筋	SD280W	一次性使用	ton	4.45
MA-宜聯 04	W1 擋土牆鋼筋	SD420W	一次性使用	ton	3.10
MA-宜聯 05	支保繫桿鋼筋	SD420W	一次性使用	ton	27.87
MA-宜聯 06	仰拱鋼筋	SD420W	一次性使用	ton	113.87
MA-宜聯 07	機房鋼筋	SD420W	一次性使用	ton	232.66
MA-東和 01	鋼筋	SD420W	一次性使用	ton	170.70
MA-東和 02	岩栓(6.2m)	SD420W	一次性使用	支	14,789.00
MA-東和 03	岩栓(4.2m)	SD420W	一次性使用	支	1,228.00
MA-東和 04	岩栓(2.7m)	SD420W	一次性使用	支	293.00
MA-東和 05	支保繫桿鋼筋	SD420W	一次性使用	ton	1.98
MA-東和 06	鋼筋	SD280W	一次性使用	ton	8.86
MA-東和 07	仰拱鋼筋	SD420W	一次性使用	ton	136.54
MA-東和 09	機房鋼筋	SD420W	一次性使用	ton	6.07
MA-松江 01	玻璃急結管	φ 25*L500mm	一次性使用	支	2,122.00
MA-非電 00	非電氣雷管	0ms	一次性使用	發	2,886.00
MA-非電 01	非電氣雷管	25ms	一次性使用	發	2,314.00
MA-非電 02	非電氣雷管	50ms	一次性使用	發	3,320.00
MA-非電 03	非電氣雷管	75ms	一次性使用	發	2,910.00
MA-非電 04	非電氣雷管	110ms	一次性使用	發	2,632.00
MA-非電 05	非電氣雷管	150ms	一次性使用	發	3,574.00
MA-非電 06	非電氣雷管	200ms	一次性使用	發	4,725.00
MA-非電 07	非電氣雷管	250ms	一次性使用	發	10,159.00
MA-非電 08	非電氣雷管	310ms	一次性使用	發	4,116.00

材料編號 (承商料號)	材料名稱	規格/類別	材料屬性	使用量 單位	使用數量
MA-非電 09	非電氣雷管	380ms	一次性使用	發	1,348.00
MA-非電 10	非電氣雷管	460ms	一次性使用	發	444.00
MA-信大 01	卜特蘭水泥	II 型低鹼	一次性使用	包	596.00
MA-信大 02	卜特蘭水泥 I 低	I 型低鹼	一次性使用	包	20,123.00
MA-威建 02	管窠鋼管		一次性使用	支	4,482.00
MA-威建 02-1	回漿管	12/9mm	一次性使用	m	2,600.00
MA-威建 05	岩栓 4m	φ 25	一次性使用	支	189.00
MA-威建 06	自鑽式岩栓	R32 L(3M)	一次性使用	支	1,860.00
MA-威建 08-1	洞口段支堡(洞台)	G150	一次性使用	組	52.00
MA-威建 09	桁型支堡(V 上)	G150	一次性使用	組	222.00
MA-威建 09-0	H 型鋼支堡(V)	H150	一次性使用	組	53.00
MA-威建 09-1	V 支堡(洞台)	G150	一次性使用	組	323.00
MA-威建 09-4	擴張支保(V 上)	G150	一次性使用	組	10.00
MA-威建 10-0	桁型支堡(IV 上)	G125	一次性使用	組	76.00
MA-威建 10-1	桁型支堡(IV 洞台)	G150	一次性使用	組	29.00
MA-威建 10-3	桁型支堡(IV 洞台)	G125	一次性使用	組	139.00
MA-威建 10-5	停車支保(IV)	G150	一次性使用	組	15.00
MA-威建 11	桁型支堡(III 上)	G100	一次性使用	組	187.00
MA-威建 11-1	III 支堡(洞台)	G100	一次性使用	組	219.00
MA-威建 15	先撐鋼管	φ 42mm L=3M	一次性使用	支	903.00
MA-威建 16	桁型支堡(II 上)	G100	一次性使用	組	200.00
MA-威建 16-1	II 支堡(洞台)	G100	一次性使用	組	243.00
MA-威建 17	水玻璃	#3	一次性使用	kg	3,119.00
MA-威建 18	聚胺脂樹脂	PT106	一次性使用	kg	130,142.00
MA-威建 26	灌漿鋼管 3m	L=3m	一次性使用	支	167.00
MA-威建 26-1	灌漿鋼管	L=6M	一次性使用	支	372.00
MA-威建 ABS	ABS 管		一次性使用	支	62.00
MA-威建 GFRP	玻璃纖維管	2.5"/3m	一次性使用	支	72.00
MA-威建 N2	N2 人行支保	G125	一次性使用	組	34.00
MA-威建 N6	N6 人行支保	G100	一次性使用	組	23.00
MA-星泉 01	PAC	9%	一次性使用	kg	76,800.00
MA-星泉 02	高分子	FA-40	一次性使用	kg	900.00
MA-星泉 04	硫酸	50%	一次性使用	kg	2,540.00
MA-星泉 05	明礬		一次性使用	kg	500.00
MA-炸藥 01	乳膠炸藥	300g	一次性使用	kg	38,832.00

材料編號 (承商料號)	材料名稱	規格/類別	材料屬性	使用量 單位	使用數量
MA-炸藥 02	乳膠炸藥	250g	一次性使用	kg	5,975.00
MA-量盛 02	排水帶		一次性使用	條	483.00
MA-潤泰 01	卜特蘭水泥	I 型低鹼	一次性使用	包	22.00
MA-潤泰 02	水泥砂漿		一次性使用	包	4,600.00
MA-導爆索 01	導爆索	10g/m	一次性使用	m	29,300.00
MA-瞬電 01	瞬發電雷管	0s	一次性使用	發	126.00
MA-瞬電 02	瞬發電雷管	5s	一次性使用	發	584.00

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 83 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 3.4.2-6。

表 3.4.2-6 A2 標本期工程材料使用活動強度數據

材料編號 (承商料號)	材料名稱	使用量 單位	使用數量	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量
MA-元山 02	銲接鋼線網	m ²	7,500.00	kg(鋼線)	10,425.00
MA-元山 03	銲接鋼線網	m ²	5,400.00	kg(鋼線)	9,774.00
MA-台普 01	速凝劑	m ³	267.34	kg(水)	106,936.00
				kg(硫酸鋁鹽)	160,404.00
MA-永瑞 01	預力鋼腱地錨	ton	0.37	kg(鋼索)	370.00
MA-永瑞 02	鍍鋅承板	片	20.00	kg(鋼管)	122.60
				kg(鋼板)	529.60
MA-永瑞 03	預力鋼腱地錨	ton	0.27	kg(鋼索)	272.00
MA-永瑞 04	HDPE 護管	m	1,682.00	kg(HDPE 管)	1,362.42

材料編號 (承商料號)	材料名稱	使用量 單位	使用數量	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量
MA-永瑞 05	HDPE 浪管	m	72.00	kg(HDPE 管)	82.80
MA-永瑞 06	PVC 灌漿管	m	7,478.00	kg(PVC 管)	897.36
MA-志成 01	氧氣	瓶	157.00	kg(氧氣)	2,241.96
MA-志成 02	乙炔	瓶	131.00	kg(乙炔)	655.00
MA-宜興 01	混凝土	m ³	3,692.50	kg(混凝土 245II)	8,799,227.50
MA-宜興 02	混凝土	m ³	174.00	kg(混凝土 210II)	411,684.00
MA-宜興 03	混凝土	m ³	2,054.50	kg(混凝土 280II)	4,904,091.50
MA-宜興 04	混凝土	m ³	1,260.00	kg(混凝土 175II)	2,979,900.00
MA-宜興 05	噴凝土	m ³	1,826.00	kg(噴凝土)	4,249,102.00
MA-宜興 07	鋼纖維噴凝土	m ³	10,688.00	kg	480,960.00
				kg(鋼纖噴凝土)	24,186,944.00
MA-宜興 08	自充填混凝土	m ³	40.00	kg(混凝土 350SCC)	94,400.00
MA-宜聯 01	鋼筋	ton	141.17	kg(鋼筋)	141,170.00
MA-宜聯 02	鋼筋	ton	4.45	kg(鋼筋)	4,450.00
MA-宜聯 04	W1 擋土牆鋼筋	ton	3.10	kg(鋼筋)	3,100.00
MA-宜聯 05	支保繫桿鋼筋	ton	27.87	kg(鋼筋)	27,865.00
MA-宜聯 06	仰拱鋼筋	ton	113.87	kg(鋼筋)	113,870.00
MA-宜聯 07	機房鋼筋	ton	232.66	kg(鋼筋)	232,660.00
MA-東和 01	鋼筋	ton	170.70	kg(鋼筋)	170,700.00
MA-東和 02	岩栓(6.2m)	支	14,789.00	kg(鋼板)	33,718.92
				kg(鋼筋)	364,992.52
MA-東和 03	岩栓(4.2m)	支	1,228.00	kg(鋼筋)	20,532.16
				kg(鋼板)	2,799.84
MA-東和 04	岩栓(2.7m)	支	293.00	kg(鋼筋)	3,149.75
				kg(鋼板)	668.04
MA-東和 05	支保繫桿鋼筋	ton	1.98	kg(鋼筋)	1,982.00
MA-東和 06	鋼筋	ton	8.86	kg(鋼筋)	8,860.00
MA-東和 07	仰拱鋼筋	ton	136.54	kg(鋼筋)	136,540.00
MA-東和 09	機房鋼筋	ton	6.07	kg(鋼筋)	6,070.00
MA-松江 01	玻璃急結管	支	2,122.00	kg(輕骨材)	148.54
				kg(SiO ₂)	127.32
				kg(玻璃)	275.86

材料編號 (承商料號)	材料名稱	使用量 單位	使用數量	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量
				kg(水)	127.32
MA-非電 00	非電氣雷管	發	2,886.00	發(雷管)	2,886.00
MA-非電 01	非電氣雷管	發	2,314.00	發(雷管)	2,314.00
MA-非電 02	非電氣雷管	發	3,320.00	發(雷管)	3,320.00
MA-非電 03	非電氣雷管	發	2,910.00	發(雷管)	2,910.00
MA-非電 04	非電氣雷管	發	2,632.00	發(雷管)	2,632.00
MA-非電 05	非電氣雷管	發	3,574.00	發(雷管)	3,574.00
MA-非電 06	非電氣雷管	發	4,725.00	發(雷管)	4,725.00
MA-非電 07	非電氣雷管	發	10,159.00	發(雷管)	10,159.00
MA-非電 08	非電氣雷管	發	4,116.00	發(雷管)	4,116.00
MA-非電 09	非電氣雷管	發	1,348.00	發(雷管)	1,348.00
MA-非電 10	非電氣雷管	發	444.00	發(雷管)	444.00
MA-信大 01	卜特蘭水泥	包	596.00	kg(水泥)	29,800.00
MA-信大 02	卜特蘭水泥 I 低	包	20,123.00	kg(水泥)	1,006,150.00
MA-威建 02	管幕鋼管	支	4,482.00	kg(鋼管)	197,656.20
MA-威建 02-1	回漿管	m	2,600.00	kg(PE)	1.21
MA-威建 05	岩栓 4m	支	189.00	kg(鋼筋)	3,160.08
				kg(鋼板)	430.92
MA-威建 06	自鑽式岩栓	支	1,860.00	kg(鋼管)	37,944.00
				kg(鋼板)	6,417.00
MA-威建 08-1	洞口段支堡(洞台)	組	52.00	kg(鋼管)	72.80
				kg(鑄鐵)	104.00
				kg(鋼板)	634.92
				kg(鋼筋)	6,504.68
MA-威建 09	桁型支堡(V 上)	組	222.00	kg(鑄鐵)	1,110.00
				kg(鋼管)	1,554.00
				kg(鋼板)	5,421.24
				kg(鋼筋)	82,113.36
MA-威建 09-0	H 型鋼支堡(V)	組	53.00	kg(鑄鐵)	106.00
				kg(鍛鋼)	61,533.00
				kg(鋼板)	1,703.42
MA-威建 09-1	V 支堡(洞台)	組	323.00	kg(鋼管)	452.20

材料編號 (承商料號)	材料名稱	使用量 單位	使用數量	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量
				kg(鑄鐵)	646.00
				kg(鋼筋)	39,719.31
				kg(鋼板)	3,943.83
MA-威建 09-4	擴張支保(V上)	組	10.00	kg(鋼筋)	3,698.80
				kg(鋼管)	14.00
				kg(鋼板)	244.20
				kg(鑄鐵)	20.00
MA-威建 10-0	桁型支堡(IV上)	組	76.00	kg(鋼板)	1,181.04
				kg(鑄鐵)	532.00
				kg(鋼管)	532.00
				kg(鋼筋)	21,839.36
MA-威建 10-1	桁型支堡(IV洞台)	組	29.00	kg(鑄鐵)	58.00
				kg(鋼管)	40.60
				kg(鋼筋)	3,551.34
				kg(鋼板)	354.09
MA-威建 10-3	桁型支堡(IV洞台)	組	139.00	kg(鋼板)	3,394.38
				kg(鑄鐵)	278.00
				kg(鋼筋)	12,414.09
				kg(鋼管)	194.60
MA-威建 10-5	停車支保(IV)	組	15.00	kg(鋼板)	640.95
				kg(鋼管)	147.00
				kg(鋼筋)	8,363.10
				kg(鑄鐵)	120.00
MA-威建 11	桁型支堡(III上)	組	187.00	kg(鋼管)	1,309.00
				kg(鑄鐵)	935.00
				kg(鋼筋)	38,968.93
				kg(鋼板)	2,202.86
MA-威建 11-1	III支堡(洞台)	組	219.00	kg(鑄鐵)	438.00
				kg(鋼板)	1,289.91
				kg(鋼筋)	15,343.14
				kg(鋼管)	306.60
MA-威建 15	先撐鋼管	支	903.00	kg(鋼管)	13,066.41

材料編號 (承商料號)	材料名稱	使用量 單位	使用數量	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量
MA-威建 16	桁型支堡(II上)	組	200.00	kg(鋼管)	1,400.00
				kg(鋼筋)	41,550.00
				kg(鋼板)	2,352.00
				kg(鑄鐵)	1,000.00
MA-威建 16-1	II 支堡(洞台)	組	243.00	kg(鑄鐵)	486.00
				kg(鋼管)	340.20
				kg(鋼板)	1,431.27
				kg(鋼筋)	17,005.14
MA-威建 17	水玻璃	kg	3,119.00	kg(水玻璃)	3,119.00
MA-威建 18	聚胺脂樹脂	kg	130,142.00	kg(樹脂)	130,142.00
MA-威建 26	灌漿鋼管 3m	支	167.00	kg(鋼管)	2,570.13
MA-威建 26-1	灌漿鋼管	支	372.00	kg(鋼管)	11,450.16
MA-威建 ABS	ABS 管	支	62.00	kg(PVC 管)	850.64
MA-威建 GFRP	玻璃纖維管	支	216.00	kg(玻璃)	408.24
MA-威建 N2	N2 人行支保	組	34.00	kg(鑄鐵)	102.00
				kg(鋼筋)	5,917.70
				kg(鋼管)	142.80
				kg(鋼板)	251.26
MA-威建 N6	N6 人行支保	組	23.00	kg(鑄鐵)	69.00
				kg(鋼板)	169.97
				kg(鋼筋)	4,003.15
				kg(鋼管)	96.60
MA-星泉 01	PAC	kg	76,800.00	kg(PAC)	76,800.00
MA-星泉 02	高分子	kg	900.00	kg(高分子)	900.00
MA-星泉 04	硫酸	kg	2,540.00	kg(硫酸)	2,540.00
MA-炸藥 01	乳膠炸藥	kg	38,832.00	kg(炸藥)	38,832.00
MA-炸藥 02	乳膠炸藥	kg	5,975.00	kg(炸藥)	5,975.00
MA-量盛 02	排水帶	條	483.00	kg	42.17
MA-潤泰 01	卜特蘭水泥	包	22.00	kg(HDPE)	1,100.00
MA-潤泰 02	水泥砂漿	包	4,600.00	kg(水泥)	92,000.00
				kg(水泥)	92,000.00
MA-導爆索 01	導爆索	m	29,300.00	kg(砂)	146.50

材料編號 (承商料號)	材料名稱	使用量 單位	使用數量	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量
				kg(PETN)	146.50
MA-瞬電 01	瞬發電雷管	發	126.00	kg(PVC 管)	126.00
MA-瞬電 02	瞬發電雷管	發	584.00	發(雷管)	584.00

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 1m² 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 7.85ton/m³ 換算，即單位面積焊接鋼線網之鋼線重量為 1.39kg/m²。
3. 氧氣與乙炔使用量係以氧氣瓶單瓶 10m³、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、螺栓組、繫桿座等主要材料，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，螺栓組類似於鑄鐵，繫桿座則包含鋼板及鋼管兩種材質；因下半年度桁型支保使用類似較多，各規格單位重量轉換將於清冊中統一說明。

(三)廢棄物：本期 A2 標隧道開挖土方共計 274,744m³，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 標工區雖已進行部分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分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 19,761 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 3.4.2-7。

表 3.4.2-7 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
半拖車	速凝劑、機具
大貨車	鋼筋續接器、支保、灌漿鋼管、樹脂、水玻璃、先撐鋼管、岩栓、管冪鋼管、ABS 管、水泥砂漿、水泥、PAC、高分子、硫酸、鋼筋、鋼線網
吊車	氧氣、乙炔
小貨車	炸藥、導爆索、雷管、填縫板、玻璃急結管、氧氣、乙炔、氮氣、速凝劑
預拌混凝土車	混凝土、噴凝土、鋼纖維噴凝土
火車、傾卸車	土方

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。

結果顯示，A2 標本期總排放量約為 16,085tonCO₂e；其中，以工程材料使用的排放量最大，佔總排放量的 75%；機運具使用約佔 24%，運輸部分約佔 1%，人員出勤部分最小，約佔 0.1%。茲綜整各類碳足跡計算結果如表 3.4.2-8，另逐項說明各類別碳排放量計算過程與結果於後。

表 3.4.2-8A2 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)	3,785.27	23.53%
工程材料使用	12,117.93	75.34%
人員出勤(逸散、廢棄物)	10.18	0.06%
運輸	172.03	1.07%
合計	16,085.42	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 3.4.2-3、3.4.2-4 所列，活動強度(耗油量)統計結果如表 3.4.2-5。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進行計算，列於表 3.4.2-9。

表 3.4.2-9 A2 標本期機/運具碳足跡計算

機具編號 (承商編號)	機具名稱	耗油量(L)	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
AA101	挖土機	578.00	1.93	0.09%
AA103	挖土機	212.00	0.71	0.03%
AA104	挖土機	1,505.00	5.03	0.24%
AA105	挖土機	8,825.00	29.48	1.40%
AA106	挖土機	9,306.00	31.09	1.48%
AA107	挖土機	698.00	2.33	0.11%
AA202	挖土機	19,643.00	65.61	3.12%
AA204	挖土機	7,808.00	26.08	1.24%
AA206	挖土機	339.00	1.13	0.05%
AA207	挖土機	13,704.00	45.78	2.18%
AA209	挖土機	14,496.00	48.42	2.31%
AA210	挖土機	17,650.00	58.96	2.81%
AA211	挖土機	16,845.00	56.27	2.68%
AA212	挖土機	6,411.00	21.41	1.02%
AA213	挖土機	17,388.00	58.08	2.77%
AA214	挖土機	9,888.00	33.03	1.57%
AA215	挖土機	15,443.00	51.58	2.46%
AA216	挖土機	13,566.00	45.31	2.16%
AA218	挖土機	13,610.00	45.46	2.16%
AA302	挖土機	13,786.00	46.05	2.19%
AA303	挖土機	11,281.00	37.68	1.79%
AA305	挖土機	13,075.00	43.67	2.08%
AA306	挖土機	15,658.00	52.30	2.49%
AA307	挖土機	20,597.00	68.80	3.28%
AA308	挖土機	17,646.00	58.94	2.81%
AA309	挖土機	13,082.00	43.70	2.08%
AB002	鏟裝機	724.00	2.42	0.12%
AB004	鏟裝機	17,018.00	56.85	2.71%
AB008	鏟裝機	204.00	0.68	0.03%
AB009	鏟裝機	8,636.00	28.85	1.37%

機具編號 (承商編號)	機具名稱	耗油量(L)	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
AB011	鏟裝機	22,659.00	75.69	3.60%
AB014	鏟裝機	15,184.00	50.72	2.42%
AB016	鏟裝機	4,633.00	15.48	0.74%
AB017	鏟裝機	6,659.00	22.24	1.06%
AB018	鏟裝機	5,103.00	17.05	0.81%
AB019	鏟裝機	15,785.00	52.73	2.51%
AC001	堆高機	110.00	0.37	0.02%
AC005	堆高機	367.00	1.23	0.06%
AC006	堆高機	2,308.00	7.71	0.37%
AD001	壓路機	194.00	0.65	0.03%
AD002	壓路機	1,072.00	3.58	0.17%
AG303	發電機	567.00	1.85	0.09%
AJ003	鑽堡	229.00	0.76	0.04%
AJ004	鑽堡	160.00	0.53	0.03%
AJ008	鑽堡	1,971.00	6.58	0.31%
AJ009	鑽堡	204.00	0.68	0.03%
AJ010	鑽堡	282.00	0.94	0.04%
AJ011	鑽堡	937.00	3.13	0.15%
AJ012	鑽堡	848.00	2.83	0.13%
AJ013	鑽堡	969.00	3.24	0.15%
AJ014	鑽堡	40.00	0.13	0.01%
AL007	噴漿機	432.00	1.41	0.07%
AL008	噴漿機	423.00	1.38	0.07%
AL010	噴漿機	61.00	0.20	0.01%
AL011	自動噴凝土機	2,121.00	6.90	0.33%
AL012	自動噴凝土機	1,785.00	5.81	0.28%
AL013	自動噴凝土機	1,882.00	6.13	0.29%
AL014	自動噴凝土機	1,810.00	5.89	0.28%
CG003	高空作業車	1,291.00	4.31	0.21%
CG004	高空作業車	748.00	2.50	0.12%
CG005	高空作業車	1,594.00	5.32	0.25%

機具編號 (承商編號)	機具名稱	耗油量(L)	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
CG006	高空作業車	1,539.00	5.14	0.24%
CG007	高空作業車	1,620.00	5.41	0.26%
CG008	高空作業車	1,701.00	5.68	0.27%
ME-永豐 01	泵浦車	340.82	1.14	0.05%
ME-育明 01	泵浦車	456.00	1.52	0.07%
ME-車昇 01	挖土機	2,979.00	9.95	0.47%
ME-昆成 02	空壓機	14,971.00	48.74	2.32%
ME-昆成 04	空壓機	11,688.00	38.05	1.81%
ME-長鴻 3	挖土機	8,373.00	27.97	1.33%
ME-長鴻 4	挖土機	3,824.00	12.77	0.61%
ME-建拓 06	高空作業車	231.00	0.77	0.04%
ME-配特 01	挖土機	2,460.00	8.22	0.39%
ME-晟雄 N	挖土機	3,652.00	12.20	0.58%
ME-晟雄 S	挖土機	20,696.00	69.13	3.29%
ME-智為 04	挖土機	2,520.00	8.42	0.40%
ME-新懋 01	推土機	6,328.00	21.14	1.01%
ME-新懋 02	挖土機	4,084.00	13.64	0.65%
ME-裕益 03	空壓機	3,307.00	11.05	0.53%
ME-裕益 04	空壓機	1,595.00	5.33	0.25%
ME-福清 01	移動式空壓機	40.00	0.13	0.01%
MO-智豪 03	傾卸車	11,307.00	37.77	1.80%
436-BV	傾卸車	13,494.00	45.07	2.15%
437-BV	傾卸車	7,714.00	25.77	1.23%
438-BV	傾卸車	15,250.00	50.94	2.43%
439-BV	傾卸車	6,639.00	22.18	1.06%
440-BV	傾卸車	14,237.00	47.56	2.26%
441-BV	傾卸車	14,466.00	48.32	2.30%
442-BV	傾卸車	11,502.00	38.42	1.83%
443-BV	傾卸車	11,652.00	38.92	1.85%
677-BP	傾卸車	4,066.00	13.58	0.65%
678-BP	傾卸車	5,683.00	18.98	0.90%

機具編號 (承商編號)	機具名稱	耗油量(L)	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
5087-QD	小貨車	280.00	0.94	0.04%
CE001	小貨車	2,187.00	7.31	0.35%
U7-4199	小貨車	686.26	2.29	0.11%
WU-4812	小貨車	888.96	2.97	0.14%
AAV-8251	小貨車	314.00	1.05	0.05%
7525-F6	小貨車	609.00	2.03	0.10%
CA002	大貨車	213.00	0.71	0.03%
CA003	大貨車	1,831.00	6.12	0.29%
CA004	大貨車	1,809.00	6.04	0.29%
北口共用油箱		181.00	0.60	0.03%
南口共用油箱		90.00	0.30	0.01%
工區用油排碳量小計			2,099.89	

用電編號	使用數量(kWh)	碳排放量(tonCO ₂ e)
北口工區用電(ES-09)	950,600	655.91
南口工區用電(ES-10)	1427,600	985.04
舊東澳隧道用電(ES-11)	37,614	25.95
工區+宿舍電(ES-14)	26,769	18.47
工區用電碳量小計		1,685.38

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 3.4.2-9；碳排放量合計約為 3,785.27tonCO₂e。

機運具排碳占比最大為機運具用油，約占整體機運具排碳量之 55%；其次則為工區用電，占比約為 45，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；占比最高之機具為挖土機，約占整體機運具排碳之 54%，其次為鏟裝機，約占 15%。兩者皆為隧道開挖大量使用之機具，故排碳量較高，亦可歸納為隧道標之工程機運具排放特性；本期共用油箱排放占比則降至 0.1% 以下，相較於去年 1% 已有明顯下降。

(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 3.4.2-7), A2 標本期各項材料使用碳排放量計算內容與結果如表 3.4.2-10 所示; 排放量合計約為 12,118 tonCO₂e。

表 3.4.2-10A2 標本期工程材料使用碳足跡計算

材料編號 (承商料號)	材料名稱	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-元山 02	銲接鋼線網	kg(鋼線)	10,425.00	6.52
MA-元山 03	銲接鋼線網	kg(鋼線)	9,774.00	6.11
MA-台普 01	速凝劑	kg(水)	106,936.00	0.06
		kg(硫酸鋁鹽)	160,404.00	79.08
MA-永瑞 01	預力鋼腱地錨	kg(鋼索)	370.00	0.80
MA-永瑞 02	鍍鋅承板	kg(鋼管)	122.60	0.30
		kg(鋼板)	529.60	1.03
MA-永瑞 03	預力鋼腱地錨	kg(鋼索)	272.00	0.59
MA-永瑞 04	HDPE 護管	kg(HDPE 管)	1,362.42	2.17
MA-永瑞 05	HDPE 浪管	kg(HDPE 管)	82.80	0.13
MA-永瑞 06	PVC 灌漿管	kg(PVC 管)	897.36	2.90
MA-志成 01	氧氣	kg(氧氣)	2,241.96	0.27
MA-志成 02	乙炔	kg(乙炔)	655.00	3.72
MA-宜興 01	混凝土	kg(混凝土 245II)	8,799,227.50	826.62
MA-宜興 02	混凝土	kg(混凝土 210II)	411,684.00	38.67
MA-宜興 03	混凝土	kg(混凝土 280II)	4,904,091.50	467.99
MA-宜興 04	混凝土	kg(混凝土 175II)	2,979,900.00	234.14
MA-宜興 05	噴凝土	kg(噴凝土 210)	4,249,102.00	505.30
MA-宜興 07	鋼纖維噴凝土	kg(鋼線)	480,960.00	300.60
		kg(噴凝土 255)	24,186,944.00	2,876.27
MA-宜興 08	自充填混凝土	kg(混凝土 350SCC)	94,400.00	11.23
MA-宜聯 01	鋼筋	kg(鋼筋)	141,170.00	175.61
MA-宜聯 02	鋼筋	kg(鋼筋)	4,450.00	5.54

材料編號 (承商料號)	材料名稱	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-宜聯 04	W1 擋土牆鋼筋	kg(鋼筋)	3,100.00	3.86
MA-宜聯 05	支保繫桿鋼筋	kg(鋼筋)	27,865.00	34.66
MA-宜聯 06	仰拱鋼筋	kg(鋼筋)	113,870.00	141.65
MA-宜聯 07	機房鋼筋	kg(鋼筋)	232,660.00	289.42
MA-東和 01	鋼筋	kg(鋼筋)	170,700.00	212.35
MA-東和 02	岩栓(6.2m)	kg(鋼板)	33,718.92	65.62
		kg(鋼筋)	364,992.52	454.04
MA-東和 03	岩栓(4.2m)	kg(鋼筋)	20,532.16	25.54
		kg(鋼板)	2,799.84	5.45
MA-東和 04	岩栓(2.7m)	kg(鋼筋)	3,149.75	3.92
		kg(鋼板)	668.04	1.30
MA-東和 05	支保繫桿鋼筋	kg(鋼筋)	1,982.00	2.47
MA-東和 06	鋼筋	kg(鋼筋)	8,860.00	11.02
MA-東和 07	仰拱鋼筋	kg(鋼筋)	136,540.00	169.85
MA-東和 09	機房鋼筋	kg(鋼筋)	6,070.00	7.55
MA-松江 01	玻璃急結管	kg(輕骨材)	148.54	0.00
		kg(SiO ₂)	127.32	0.79
		kg(玻璃)	275.86	0.25
		kg(水)	127.32	<0.01
MA-非電 00	非電氣雷管	發(雷管)	2,886.00	0.29
MA-非電 01	非電氣雷管	發(雷管)	2,314.00	0.23
MA-非電 02	非電氣雷管	發(雷管)	3,320.00	0.34
MA-非電 03	非電氣雷管	發(雷管)	2,910.00	0.29
MA-非電 04	非電氣雷管	發(雷管)	2,632.00	0.27
MA-非電 05	非電氣雷管	發(雷管)	3,574.00	0.36
MA-非電 06	非電氣雷管	發(雷管)	4,725.00	0.48
MA-非電 07	非電氣雷管	發(雷管)	10,159.00	1.03
MA-非電 08	非電氣雷管	發(雷管)	4,116.00	0.42
MA-非電 09	非電氣雷管	發(雷管)	1,348.00	0.14
MA-非電 10	非電氣雷管	發(雷管)	444.00	0.04
MA-信大 01	卜特蘭水泥	kg(水泥)	29,800.00	25.79
MA-信大 02	卜特蘭水泥 I 低	kg(水泥)	1,006,150.00	870.90

材料編號 (承商料號)	材料名稱	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-威建 02	管幕鋼管	kg(鋼管)	197,656.20	486.68
MA-威建 02-1	回漿管	kg(PE)	1.21	<0.01
MA-威建 05	岩栓 4m	kg(鋼筋)	3,160.08	3.93
		kg(鋼板)	430.92	0.84
MA-威建 06	自鑽式岩栓	kg(鋼管)	37,944.00	93.43
		kg(鋼板)	6,417.00	12.49
MA-威建 08-1	洞口段支堡(洞台)	kg(鋼管)	72.80	0.18
		kg(鑄鐵)	104.00	0.23
		kg(鋼板)	634.92	1.24
		kg(鋼筋)	6,504.68	8.09
MA-威建 09	桁型支堡(V 上)	kg(鑄鐵)	1,110.00	2.50
		kg(鋼管)	1,554.00	3.83
		kg(鋼板)	5,421.24	10.55
		kg(鋼筋)	82,113.36	102.15
MA-威建 09-0	H 型鋼支堡(V)	kg(鑄鐵)	106.00	0.24
		kg(鍛鋼)	61,533.00	142.34
		kg(鋼板)	1,703.42	3.31
MA-威建 09-1	V 支堡(洞台)	kg(鋼管)	452.20	1.11
		kg(鑄鐵)	646.00	1.45
		kg(鋼筋)	39,719.31	49.41
		kg(鋼板)	3,943.83	7.67
MA-威建 09-4	擴張支保(V 上)	kg(鋼筋)	3,698.80	4.60
		kg(鋼管)	14.00	0.03
		kg(鋼板)	244.20	0.48
		kg(鑄鐵)	20.00	0.05
MA-威建 10-0	桁型支堡(IV 上)	kg(鋼板)	1,181.04	2.30
		kg(鑄鐵)	532.00	1.20
		kg(鋼管)	532.00	1.31
		kg(鋼筋)	21,839.36	27.17
MA-威建 10-1	桁型支堡(IV 洞台)	kg(鑄鐵)	58.00	0.13
		kg(鋼管)	40.60	0.10
		kg(鋼筋)	3,551.34	4.42

材料編號 (承商料號)	材料名稱	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量	碳排放量 (tonCO ₂ e)
		kg(鋼板)	354.09	0.69
MA-威建 10-3	桁型支堡(IV 洞台)	kg(鋼板)	3,394.38	6.61
		kg(鑄鐵)	278.00	0.63
		kg(鋼筋)	12,414.09	15.44
		kg(鋼管)	194.60	0.48
MA-威建 10-5	停車支保(IV)	kg(鋼板)	640.95	1.25
		kg(鋼管)	147.00	0.36
		kg(鋼筋)	8,363.10	10.40
		kg(鑄鐵)	120.00	0.27
MA-威建 11	桁型支堡(III 上)	kg(鋼管)	1,309.00	3.22
		kg(鑄鐵)	935.00	2.11
		kg(鋼筋)	38,968.93	48.48
		kg(鋼板)	2,202.86	4.29
MA-威建 11-1	III 支堡(洞台)	kg(鑄鐵)	438.00	0.99
		kg(鋼板)	1,289.91	2.51
		kg(鋼筋)	15,343.14	19.09
		kg(鋼管)	306.60	0.75
MA-威建 15	先撐鋼管	kg(鋼管)	13,066.41	32.17
MA-威建 16	桁型支堡(II 上)	kg(鋼管)	1,400.00	3.45
		kg(鋼筋)	41,550.00	51.69
		kg(鋼板)	2,352.00	4.58
		kg(鑄鐵)	1,000.00	2.25
MA-威建 16-1	II 支堡(洞台)	kg(鑄鐵)	486.00	1.09
		kg(鋼管)	340.20	0.84
		kg(鋼板)	1,431.27	2.79
		kg(鋼筋)	17,005.14	21.15
MA-威建 17	水玻璃	kg(水玻璃)	3,119.00	3.41
MA-威建 18	聚胺脂樹脂	kg(樹脂)	130,142.00	2,650.94
MA-威建 26	灌漿鋼管 3m	kg(鋼管)	2,570.13	6.33
MA-威建 26-1	灌漿鋼管	kg(鋼管)	11,450.16	28.19
MA-威建 ABS	ABS 管	kg(PVC 管)	850.64	2.75
MA-威建 GFRP	玻璃纖維管	kg(玻璃管)	408.24	0.12

材料編號 (承商料號)	材料名稱	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-威建 N2	N2 人行支保	kg(鑄鐵)	102.00	0.23
		kg(鋼筋)	5,917.70	7.36
		kg(鋼管)	142.80	0.35
		kg(鋼板)	251.26	0.49
MA-威建 N6	N6 人行支保	kg(鑄鐵)	69.00	0.16
		kg(鋼板)	169.97	0.33
		kg(鋼筋)	4,003.15	4.98
		kg(鋼管)	96.60	0.24
MA-星泉 01	PAC	kg(PAC)	76,800.00	126.26
MA-星泉 02	高分子	kg(高分子)	900.00	3.06
MA-星泉 04	硫酸	kg	2,540.00	0.33
MA-炸藥 01	乳膠炸藥	kg(炸藥)	38,832.00	97.71
MA-炸藥 02	乳膠炸藥	kg	5,975.00	15.03
MA-量盛 02	排水帶	kg(HDPE)	42.17	0.07
MA-潤泰 01	卜特蘭水泥	kg(水泥)	1,100.00	0.95
MA-潤泰 02	水泥砂漿	kg(水泥)	92,000.00	79.63
		kg(砂)	92,000.00	0.38
MA-導爆索 01	導爆索	kg(PETN)	146.50	1.10
		kg(PVC 管)	146.50	0.47
MA-瞬電 01	瞬發電雷管	發(雷管)	126.00	0.01
MA-瞬電 02	瞬發電雷管	發(雷管)	584.00	0.06
材料排碳量合計				12,117.93

(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量以本期工區總出勤人日數 19,761 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 A2 標本期工區化糞池溫室氣體逸散量約 6.30tonCO₂e;以及一般廢棄物處理排放量約 3.88tonCO₂e。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 10.18tonCO₂e。

(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。參照本章 3.3 節係數選用及計算結果，本計畫係將 A2 標碳足跡盤查日誌運輸部分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、對應選用運輸係數進行計算，求得 A2 標本期運輸排放約為 172.03tonCO₂e。同 A3 標，本期運輸排碳量已納入開工至今之協力廠商機具補運入運出紀錄。

3.4.3 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(104 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、人員出勤與運輸部分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 3.4.3-1，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 104 年 6 月底止，A1 標累積工期為 806 天，實際進度 53.97%，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。

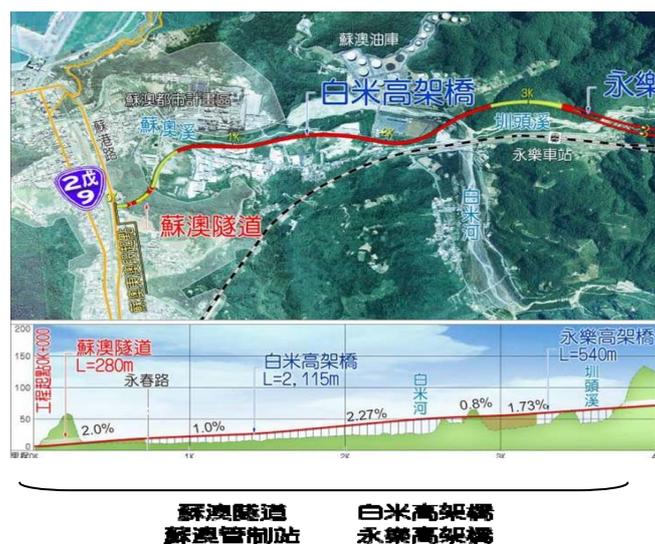


圖 3.4.3-1 蘇澳永樂段新建工程(A1 標)工程範圍示意圖

A1 標至 104 年度 6 月底止，主要執行工項包括：墩柱工程、直接基礎、井式基礎及排水工程、蘇澳隧道工程及兩工區部分上構工程等工項。

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、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包商資料管理之便利性，自 102 年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 3.4.3-1 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 104 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。本期增加最多的部份為工程項目，主要係因為部份因工進關係尚未開工之基礎與墩柱工程及上構工程於本期開始施工，故總共增加 33 項，也因為尚無新增新類別之工項，故機具與材料之增加項目較少，分別為 5 項及 18 項。

表 3.4.3-2 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	285	33
CC	廠商登錄	34	2
ME	施工機具/耗能設備登錄表	166	5
ES	用電登錄表	8	0
WS	用水登錄表	3	0
MA	工程材料登錄表	131	18
PL	植生登錄表	3	3
MO	運具設備登錄表	35	14
HR	工區人員交通方式登錄表	310	16

三、本期活動數據收集結果

本計畫彙 A1 標 104 年度上半所填報之所有資料，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

截至 104 年 6 月底 A1 標所進行工程項目包括井基工程、基礎層工程、墩柱工程、上構工程、蘇澳隧道中央導坑及北上線開挖與排水工程，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 3.4.3-3 所示。由於 A1 標同 A3 標是以協力廠商分包各工項的方式施作，故油耗量係以各協力廠商總油耗量的方式彙整。

表 3.4.3-3 A1 標本期機/運具使用紀錄

機/運具編號 (承商編號)	機/運具名稱	施作時數 (hr)	能資源類 別	能資源 使用數量
ME-上鋒 01	泵浦車(32M)	514.00	柴油	3,282.23
ME-上鋒 02	泵浦車(27M)	174.00	柴油	
ME-北勝 06	吊卡車	224.00	柴油	18,635.79
ME-北勝 09	挖土機	360.00	柴油	
ME-北勝 10	空壓機	196.00	柴油	
ME-北勝 11	發電機	472.00	柴油	
ME-北勝 12	噴漿機	196.00	柴油	
ME-北勝 13	挖土機	220.00	柴油	
ME-旭盛(排)01	吊卡車	24.00	柴油	691.34
ME-旭盛(排)02	發電機 90KV	30.00	柴油	
ME-旭盛(排)03	挖土機 PC200	56.00	柴油	
ME-旭盛(排)01	吊卡車	56.00	柴油	(推估)145.80
ME-旭盛(排)02	發電機 90KV	28.00	柴油	(推估)292.60
ME-旭盛(排)03	挖土機 PC200	120.00	柴油	(推估)1,350.00
ME-宏睿 001	25T 吊車	120.00	柴油	(推估)312.42

機/運具編號 (承商編號)	機/運具名稱	施作時數 (hr)	能資源類 別	能資源 使用數量
ME-威明 01	吊車	306.00	柴油	(推估)796.68
ME-建幃 01	移動式起重機	892.00	柴油	14,152.12
ME-建幃 02	發電機 60KV	644.00	柴油	
ME-建幃 05	高空作業車	392.00	柴油	
ME-建幃 06	空壓機	64.00	柴油	
ME-建幃 07	泵浦車	524.00	柴油	
ME-建幃 08	吊車	1,156.00	柴油	
ME-建幃 10	泵浦車	424.00	柴油	
ME-展碩 01	挖土機	17.00	柴油	
ME-展碩 02	挖土機	541.00	柴油	
ME-展碩 04	挖土機	81.00	柴油	
ME-展碩 05	挖土機 PC120	406.00	柴油	
ME-展碩 06	挖土機 PC120	59.00	柴油	
ME-展碩 08	挖土機	24.00	柴油	
ME-展碩 09	挖土機	9.00	柴油	
ME-榮工 002	吊卡車	1,364.00	柴油	1,750.55
ME-榮工 004	壓路機	24.00	柴油	併入榮工共用油箱
ME-榮工 011	高空作業車(25M)	104.00	柴油	
ME-誼霖 01	45T 吊車	264.00	柴油	1,977.29
ME-誼霖 02	吊卡車	148.00	柴油	
ME-鴻欣 01	25T 吊車	632.00	柴油	(推估)1,645.43
ME-鴻欣 02	20T 吊卡車	112.00	柴油	(推估)291.60
ME-鴻欣 03	PC120 挖土機	16.00	柴油	(推估)41.66
ME-蘇建興 01	挖土機 PC228	912.00	柴油	42,587.64
ME-蘇建興 02	噴漿機(濕式)	744.00	柴油	
ME-蘇建興 03	壓路機 XS120	8.00	柴油	
ME-蘇建興 04	挖土機 PC200	192.00	柴油	
ME-蘇建興 06	泵浦車	299.00	柴油	
ME-蘇建興 07	吊卡車(982-BQ)	136.00	柴油	
ME-蘇建興 08	油壓鑽機	928.00	柴油	
ME-蘇建興 09	油壓鑽機	64.00	柴油	
MO-榮工(水車)	水車	3,465.00	柴油	1747.84

機/運具編號 (承商編號)	機/運具名稱	施作時數 (hr)	能資源類 別	能資源 使用數量
MO-榮工(水車 382-BZ)	水車	822.00	柴油	1611.77
榮工-共用油箱(汽油)	小型手動機具使用		汽油	1270.45
榮工-共用油箱(柴油)	共用油箱		柴油	2000.43
ME-蘇建興 10	高空作業車(8M)	612.00	電力	
ME-蘇建興 11	高空作業車(8M)	184.00	電力	

註：部分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。

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，待這些機具累計操作時數逾 50 小時或未達 50 小時但最後結算工程碳足跡時，將一致以標內或本計畫內經盤查之相近機具油耗率估算。另榮工協力廠商宏睿及梅江機具為吊車，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，本計畫係以標內或同工程作業之相近規格機具單位油耗率進行推估。

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 3.4.3-3 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)、誼霖、蘇建興、展碩、宏睿、建幃及鴻欣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、墩柱以及非懸臂工法之上構工程混凝土澆置，目前累計使用 3 台泵浦車。
2. 北勝：主要負責井基工程及永樂路堤工程，目前已完工離場，本期共使用 6 台機具等。

3. 旭盛(排)：原為永樂高架橋工區基樁工程協力廠商，本期累計使用吊卡車、發電機及挖土機共 3 台機具。
4. 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。
5. 蘇建興：主要負責蘇澳隧道工程，本期截止 6 月底止，已累積使用 11 台機具。
6. 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。
7. 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。
8. 建幃：係於 103 年 6 月進場的協力廠商，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 10 台機運具。
9. 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。
10. 鴻欣：主要負責白米景觀橋墩柱工程，本期使用 3 台機具。

根據表 3.4.3-3 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 3.4.3-4 所示，作為 A1 標本期機運具碳足跡計算之依據。

表 3.4.3-4 A1 標本期協力廠商機/運具用油量統計

廠商名稱	耗油量(L)
上鋒	3,282.23
北勝	18,635.79
旭盛(排)	2,479.74
建幃	14,152.12
鴻欣	1,978.68
宏睿	312.42
誼霖	1,977.29
榮工	(柴)7,110.59
	(汽)1,270.45
蘇建興	42,587.64
展碩	4,776.69
威明	796.68

(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、盤式支承、防撞鋼板、端錨、隧道預力材料與止水帶等，詳細使用數量詳表 3.4.3-5。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 3.4.3-5 A1 標本期工程材料使用量統計結果

材料編號 (承商料號)	材料名稱	規格/類別	材料屬性	使用數量 單位	使用數量
MA-久屋 001	混凝土	280 II 型	一次性使用	m ³	2,850.00
MA-久屋 004	混凝土	175	一次性使用	m ³	75.00
MA-久屋 006	混凝土	350SCCR1	一次性使用	m ³	615.50
MA-久屋 011	混凝土	420 早強	一次性使用	m ³	7,059.50
MA-久屋 012	混凝土 245	245	一次性使用	m ³	163.00
MA-北勝 01	速凝劑		一次性使用	kg	5,960.00
MA-北勝 02-3	桁架	G150(D=5)	一次性使用	支	48.00
MA-北勝 03	點焊網	5.0/100 3M*1.8M	一次性使用	片	60.00
MA-旭盛(排)03-1	φ 2.4*800 涵管		一次性使用	m	29.40
MA-荔承 01	盤式支承	W3509	一次性使用	組	2.00
MA-荔承 02	盤式支承	W3510	一次性使用	組	4.00
MA-荔承 03	盤式支承	W3511	一次性使用	組	4.00
MA-荔承 04	盤式支承	W3514	一次性使用	組	2.00
MA-荔承 06	盤式支承	W3516	一次性使用	組	4.00
MA-荔承 07	盤式支承	W3517	一次性使用	組	11.00
MA-荔承 08	盤式支承	W3569	一次性使用	組	2.00
MA-荔承 09	盤式支承	W3520	一次性使用	組	4.00
MA-荔承 10	盤式支承	W3519	一次性使用	組	2.00
MA-荔承 11	盤式支承	W3567	一次性使用	組	3.00
MA-荔承 14	盤式支承	W3513	一次性使用	組	10.00
MA-荔承 17	盤式支承	W3512	一次性使用	組	2.00
MA-享正 002	混凝土	175 II 型	一次性使用	m ³	64.50
MA-享正 003	混凝土	210 II 型	一次性使用	m ³	42.50
MA-享正 005	混凝土	350SCC	一次性使用	m ³	1,409.00
MA-享正 007	混凝土(420 早強)		一次性使用	m ³	7,485.50
MA-享正 009	噴凝土	210 II 型(噴凝土)	一次性使用	kg	1,929.50
MA-享正 010	混凝土	420SCC	一次性使用	m ³	95.00
MA-享正 011	混凝土(245II)	245II	一次性使用	m ³	3,684.00
MA-季陽 01	橋梁預力套管		一次性使用	m	19,090.55
MA-宜興-003	噴凝土	噴凝土	一次性使用	m ³	298.00
MA-盛揚 001-1-2	續接器	2 件#6	一次性使用	組	80.00
MA-盛揚 001-1-7	續接器	2 件#11	一次性使用	個	1,940.00
MA-盛揚 001-2-7	續接器	4 件#11	一次性使用	個	448.00

材料編號 (承商料號)	材料名稱	規格/類別	材料屬性	使用數量 量單位	使用數量
MA-榮工 003	竹節鋼筋	SD420W	一次性使用	kg	3,484,923.00
MA-榮工 015	防撞鋼板 A36		一次性使用	ton	6.81
MA-榮工 016	預力鋼絞線		一次性使用	kg	399,355.00
MA-榮工 17	T15-19 預力端錨		一次性使用	個	469.00
MA-榮工 18	T15-19 固定預力端錨		一次性使用	個	134.00
MA-榮工 19	T15-19 固定續接器		一次性使用	個	100.00
MA-榮工 20	T15-19 活動續接器		一次性使用	個	46.00
MA-榮工 22	袋裝水泥		一次性使用	包	30.00
MA-榮工 23	無收縮水泥砂漿	25KG/包	一次性使用	kg	7,500.00
MA-蘇建興 01	速凝劑		一次性使用	kg	38,590.00
MA-蘇建興 04-2	桁架(G200)		一次性使用	組	178.00
MA-蘇建興 05	銲接鋼線網	5mm*100mm*100mm	一次性使用	m ²	12,881.92
MA-蘇建興 06	管幕鋼管		一次性使用	m	612.00
MA-蘇建興 07	先撐鋼管		一次性使用	m	11,721.00
MA-蘇建興 11	全螺紋岩釘 L=4.2M	∅ 25	一次性使用	支	3,017.00

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 48 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 3.4.3-6。

表 3.4.3-6 A1 標本期工程材料使用活動強度數據

材料編號 (承商料號)	材料名稱	使用 量 單位	使用數量	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量
MA-久屋 001	混凝土	m ³	2,850.00	kg(混凝土 280II)	6,854,250.00
MA-久屋 004	混凝土	m ³	75.00	kg(混凝土 175II)	176,925.00
MA-久屋 006	混凝土	m ³	615.50	kg(混凝土 350SCC)	1,475,353.50
MA-久屋 011	混凝土	m ³	7,059.50	kg(混凝土 420 早強)	16,801,610.00
MA-久屋 012	混凝土 245	m ³	163.00	kg(混凝土 245II)	387,451.00
MA-北勝 01	速凝劑	kg	5,960.00	kg(硫酸鋁鹽)	3,576.00
				kg(水)	2,384.00
MA-北勝 02-3	桁架	支	48.00	kg(鋼筋)	14,177.28
				kg(鑄鐵)	253.44
				kg(鋼板)	960.00
MA-北勝 03	點焊網	片	60.00	kg(鋼線)	1,098.36
MA-旭盛(排)03-1	φ 2.4*800 涵管	m	29.40	kg(鋼線)	355.24
				kg(混凝土 280II)	19,428.49
MA-荔承 01	盤式支承	組	2.00	kg(鍛鋼)	2,254.00
				kg(橡膠)	43.40
MA-荔承 02	盤式支承	組	4.00	kg(鍛鋼)	5,372.40
				kg(橡膠)	100.40
MA-荔承 03	盤式支承	組	4.00	kg(橡膠)	114.80
				kg(鍛鋼)	6,232.00
MA-荔承 04	盤式支承	組	2.00	kg(鍛鋼)	1,707.40
				kg(橡膠)	15.00
MA-荔承 06	盤式支承	組	4.00	kg(鍛鋼)	2,271.20
				kg(橡膠)	35.60
MA-荔承 07	盤式支承	組	11.00	kg(橡膠)	97.90
				kg(鍛鋼)	8,434.80
MA-荔承 08	盤式支承	組	2.00	kg(鍛鋼)	3,758.80
				kg(橡膠)	57.40
MA-荔承 09	盤式支承	組	4.00	kg(橡膠)	35.60
				kg(鍛鋼)	3,741.60
MA-荔承 10	盤式支承	組	2.00	kg(鍛鋼)	1,218.20
				kg(橡膠)	17.80
MA-荔承 11	盤式支承	組	3.00	kg(橡膠)	86.10

材料編號 (承商料號)	材料名稱	使用 量 單位	使用數量	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量
				kg(鋼板)	2,906.70
MA-荔承 14	盤式支承	組	10.00	kg(橡膠)	66.00
				kg(鍛鋼)	6,753.00
MA-荔承 17	盤式支承	組	2.00	kg(橡膠)	74.60
				kg(鍛鋼)	2,935.60
MA-享正 002	混凝土	m ³	64.50	kg(混凝土 175II)	151,317.00
MA-享正 003	混凝土	m ³	42.50	kg(混凝土 210II)	99,875.00
MA-享正 005	混凝土	m ³	1,409.00	kg(350SCC)	3,299,878.00
MA-享正 007	混凝土(420 早強)	m ³	7,485.50	kg(混凝土 420 早強)	17,718,178.50
MA-享正 009	噴凝土	kg	1,929.50	kg(噴凝土)	4,412,766.50
MA-享正 010	混凝土	m ³	95.00	kg(混凝土 420SCC)	222,870.00
MA-享正 011	混凝土(245II)	m ³	3,684.00	kg(混凝土 245II)	8,661,084.00
MA-季陽 01	橋梁預力套管	m	19,090.55	kg(鍛鋼)	28,063.10
MA-宜興-003	噴凝土	m ³	298.00	kg(噴凝土)	699,406.00
MA-盛揚 001-1-2	續接器	組	80.00	kg(鍛鋼)	48.00
MA-盛揚 001-1-7	續接器	個	1,940.00	kg(鍛鋼)	1,959.40
MA-盛揚 001-2-7	續接器	個	448.00	kg(鍛鋼)	716.80
MA-榮工 003	竹節鋼筋	kg	3,484,923.00	kg(鋼筋)	3,484,923.00
MA-榮工 015	防撞鋼板 A36	ton	6.81	kg(鋼板)	6,808.00
MA-榮工 016	預力鋼絞線	kg	399,355.00	kg(鋼索)	399,355.00
MA-榮工 17	T15-19 預力端錨	個	469.00	kg(鍛鋼)	16,415.00
MA-榮工 18	T15-19 固定預力端錨	個	134.00	kg(鍛鋼)	5,226.00
MA-榮工 19	T15-19 固定續接器	個	100.00	kg(鍛鋼)	8,800.00
MA-榮工 20	T15-19 活動續接器	個	46.00	kg(鍛鋼)	3,266.00
MA-榮工 22	袋裝水泥	包	30.00	kg(水泥)	1,500.00
MA-榮工 23	無收縮水泥砂漿	kg	7,500.00	kg(砂)	3,750.00
				kg(水泥)	3,750.00
MA-蘇建興 01	速凝劑	kg	38,590.00	kg(水)	15,436.00
				kg(硫酸鋁鹽)	23,154.00
MA-蘇建興 04-2	桁架(G200)	組	178.00	kg(鑄鐵)	1,335.00
				kg(鋼管)	1,694.56
				kg(鋼板)	7,274.86
				kg(鋼筋)	167,994.62
MA-蘇建興 05	銲接鋼線網	m ²	12,881.92	kg(鋼線)	43,669.70

材料編號 (承商料號)	材料名稱	使用 量 單位	使用數量	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量
MA-蘇建興 06	管幕鋼管	m	612.00	kg(鋼管)	9,810.36
MA-蘇建興 07	先撐鋼管	m	11,721.00	kg(鋼管)	56,495.22
MA-蘇建興 11	全螺紋岩釘 L=4.2M	支	3,017.00	kg(鋼板)	6,878.76
				kg(鋼筋)	50,444.24

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. 桁型支保可依據進料單分析包括桁架、繫桿、接合板、螺栓組、繫桿座等主要材料，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，螺栓組類似於鑄鐵，繫桿座則包含鋼板及鋼管兩種材質；因下半年度桁型支保使用類似較多，各規格單位重量轉換將於清冊中統一說明，在此則不贅述。
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. 盤式支承為荔承公司所製造，相關鋼板及橡膠重量為其提供，惟規格型號較多，單位重量將統一於年度清冊中承現。

- (三)廢棄物:A1 標本期有鋼筋下腳料運出處置,處理方式為回收再利用,故本期將不納入排碳量評估計算。
- (四)碳匯改變:目前尚無植生移除資料,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 17,858 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 641 筆運輸紀錄,運具類型包括:全拖車、吊卡車、小貨車與預拌混凝土車,本計畫即依據所運載物品重量、車次與距離,計算各筆運輸活動強度;回程部分排放量則以運入活動強度之一半估算,故每筆日誌運輸活動強度為單趟噸公里(tkm) \times 1.5 計算。部分載運物品有無法計算或推估重量的情況時,則以載運物品重量本計畫以該車輛最大載運能力估算。

四、本期碳足跡盤查結果

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 13,461.54tonCO₂e;主要排放源為材料使用,占比約 94.6%;其他依排放占比大小序,分別為:機/運具使用排放(4.6%)、運輸排放(0.8%),及幾近於零(0.05%)的人員出勤排放;各類別排放量彙整於表 3.4.3-7,另就前述各項碳排放計算內容分項詳述於後。

表 3.4.3-7 A1 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	615.90	4.6%
工程材料使用	12,729.26	94.6%
人員(逸散、廢棄物)	9.38	0.1%
運輸	107.00	0.8%
合計	13,461.54	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 3.4.3-2 所列、活動強度(耗油量)則統計如表 3.4.3-3。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 3.340、3.305kgCO₂e/L 以移動源汽油碳排放係數 3.360kgCO₂e/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 3.4.3-8。

表 3.4.3-8 A1 標本期機/運具使用碳足跡計算

廠商名稱	耗油量(L)	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
上鋒	3,282.23	10.96	1.78%
北勝	18,635.79	62.25	10.11%
旭盛(排)	2,479.74	8.26	1.34%
建幃	14,152.12	47.27	7.68%
鴻欣	1,978.68	6.61	1.07%
宏睿	312.42	1.04	0.17%
誼霖	1,977.29	6.60	1.07%
榮工	8,381.04	27.91	4.53%
蘇建興	42,587.64	142.26	23.10%
展碩	4,776.69	15.96	2.59%
威明	796.68	2.66	0.43%
廠電&水		284.12	46.13%
機/運具排放量合計		615.90	100.00%

A1 標本期主要執行工項：井基工程、基礎及墩柱工程、隧道工程、上構工程，負責此 5 工項的協力廠商(北勝、立昌、宏睿、得友、誼霖、建幃、鴻欣)及混凝土澆置的機具能耗排碳量即本期機運具排碳量的 45%，場電及工區用水本期排碳量 284.12 tonCO₂e，占 46% 為最大之碳排放量供獻來源；而從協力廠商的排碳量占比加以分析，本期因為蘇澳隧道 5 月開始北上線主隧道開挖工程，蘇建興油量增加，截至 6 月底機具共排放 142 tonCO₂e，為本期主要碳排放量來源之一。

(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 3.4.3-9 所示，本期材料排碳量共 12,839.47 tonCO₂e，排碳量占比仍以竹節鋼筋及混凝土占比最大，兩者合計占 80% 以上排放量，其次為預力鋼絞線，約占 6% 左右之占比，其於材料排碳量占比則皆在 5% 以下。

表 3.4.3-9 A1 標本期工程材料使用碳足跡計算

材料編號 (承商料號)	材料名稱	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量	碳排放量 (tonCO2e)
MA-久屋 001	混凝土	kg(混凝土 280II)	6,854,250.00	654.10
MA-久屋 004	混凝土	kg(混凝土 175II)	176,925.00	13.90
MA-久屋 006	混凝土	kg(混凝土 350SCC)	1,475,353.50	175.45
MA-久屋 011	混凝土	kg(混凝土 420 早強)	16,801,610.00	1,998.02
MA-久屋 012	混凝土 245	kg(混凝土 245II)	387,451.00	36.40
MA-北勝 01	速凝劑	kg(硫酸鋁鹽)	3,576.00	1.76
		kg(水)	2,384.00	<0.01
MA-北勝 02-3	桁架	kg(鋼筋)	14,177.28	17.64
		kg(鑄鐵)	253.44	0.57
		kg(鋼板)	960.00	1.87
MA-北勝 03	點焊網	kg(鋼線)	1,098.36	0.69
MA-旭盛 (排)03-1	∅ 2.4*800 涵 管	kg(鋼線)	355.24	0.22
		kg(混凝土 280II)	19,428.49	1.85
MA-荔承 01	盤式支承	kg(鍛鋼)	2,254.00	5.21
		kg(橡膠)	43.40	0.15
MA-荔承 02	盤式支承	kg(鍛鋼)	5,372.40	12.43
		kg(橡膠)	100.40	0.34
MA-荔承 03	盤式支承	kg(橡膠)	114.80	0.38
		kg(鍛鋼)	6,232.00	14.42
MA-荔承 04	盤式支承	kg(鍛鋼)	1,707.40	3.95
		kg(橡膠)	15.00	0.05
MA-荔承 06	盤式支承	kg(鍛鋼)	2,271.20	5.25
		kg(橡膠)	35.60	0.12
MA-荔承 07	盤式支承	kg(橡膠)	97.90	0.33
		kg(鍛鋼)	8,434.80	19.51
MA-荔承 08	盤式支承	kg(鍛鋼)	3,758.80	8.70
		kg(橡膠)	57.40	0.19
MA-荔承 09	盤式支承	kg(橡膠)	35.60	0.12
		kg(鍛鋼)	3,741.60	8.66
MA-荔承 10	盤式支承	kg(鍛鋼)	1,218.20	2.82
		kg(橡膠)	17.80	0.06
MA-荔承 11	盤式支承	kg(橡膠)	86.10	0.29

材料編號 (承商料號)	材料名稱	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量	碳排放量 (tonCO2e)
		kg(鋼板)	2,906.70	6.72
MA-荔承 14	盤式支承	kg(橡膠)	66.00	0.22
		kg(鍛鋼)	6,753.00	15.62
MA-荔承 17	盤式支承	kg(橡膠)	74.60	0.25
		kg(鍛鋼)	2,935.60	6.79
MA-享正 002	混凝土	kg(混凝土 175II)	151,317.00	11.89
MA-享正 003	混凝土	kg(混凝土 210II)	99,875.00	9.38
MA-享正 005	混凝土	kg(350SCC)	3,299,878.00	392.42
MA-享正 007	混凝土(420 早強)	kg(混凝土 420 早強)	17,718,178.50	2,107.02
MA-享正 009	噴凝土	kg(噴凝土)	4,412,766.50	524.76
MA-享正 010	混凝土	kg(混凝土 420SCC)	222,870.00	26.50
MA-享正 011	混凝土 (245II)	kg(混凝土 245II)	8,661,084.00	813.64
MA-季陽 01	橋梁預力套管	kg(鍛鋼)	28,063.10	64.92
MA-宜興-003	噴凝土	kg(噴凝土)	699,406.00	65.70
MA-盛揚 001-1-2	續接器	kg(鍛鋼)	48.00	0.11
MA-盛揚 001-1-7	續接器	kg(鍛鋼)	1,959.40	4.53
MA-盛揚 001-2-7	續接器	kg(鍛鋼)	716.80	1.66
MA-榮工 003	竹節鋼筋	kg(鋼筋)	3,484,923.00	4,335.15
MA-榮工 015	防撞鋼板 A36	kg(鋼板)	6,808.00	13.25
MA-榮工 016	預力鋼絞線	kg(鋼索)	399,355.00	862.55
MA-榮工 17	T15-19 預力 端錨	kg(鍛鋼)	16,415.00	37.97
MA-榮工 18	T15-19 固定 預力端錨	kg(鍛鋼)	5,226.00	12.09
MA-榮工 19	T15-19 固定 續接器	kg(鍛鋼)	8,800.00	20.36
MA-榮工 20	T15-19 活動	kg(鍛鋼)	3,266.00	7.56

材料編號 (承商料號)	材料名稱	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量	碳排放量 (tonCO ₂ e)
	續接器			
MA-榮工 22	袋裝水泥	kg(水泥)	1,500.00	1.30
MA-榮工 23	無收縮水泥 砂漿	kg(砂)	3,750.00	0.02
		kg(水泥)	3,750.00	3.25
MA-蘇建興 01	速凝劑	kg(水)	15,436.00	0.01
		kg(硫酸鋁鹽)	23,154.00	11.41
MA-蘇建興 04-2	桁架(G200)	kg(鑄鐵)	1,335.00	3.01
		kg(鋼管)	1,694.56	4.17
		kg(鋼板)	7,274.86	14.16
		kg(鋼筋)	167,994.62	208.98
MA-蘇建興 05	銲接鋼線網	kg(鋼線)	43,669.70	27.29
MA-蘇建興 06	管幕鋼管	kg(鋼管)	9,810.36	24.16
MA-蘇建興 07	先撐鋼管	kg(鋼管)	56,495.22	139.11
MA-蘇建興 11	全螺紋岩釘 L=4.2M	kg(鋼板)	6,878.76	13.39
		kg(鋼筋)	50,444.24	62.75
材料排碳量合計				12,839.47

(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分排放量則是以本期總出勤人日數 17,858 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 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 5.69tonCO₂e；而處理廢棄物產生量則為 3.69tonCO₂e。

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 9.38tonCO₂e。

(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分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 107.00tonCO₂e。

3.4.4 仁水隧道新建工程(C2 標)

本小節首先簡要介紹仁水隧道新建工程(C2 標)內容，再接續逐項說明 C2 標 104 年 1 至 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、人員出勤與運輸部分活動量數據與碳足跡計算結果。

一、盤查範圍說明

仁水隧道新建工程(C2 標)工程範圍如圖 3.4.4-1，全長約 3.4 公里，其中隧道段約 2.9 公里、路堤段約 0.3 公里、橋梁段約 0.1 公里。本標於 103 年 5 月 30 日決標，並於 103 年 6 月 17 日開工，工程項目包括仁水隧道、清水溪橋，路工工程及排水工程等。截至 104 年 6 月底止，累積工期為 379 天，實際進度 3.32%。

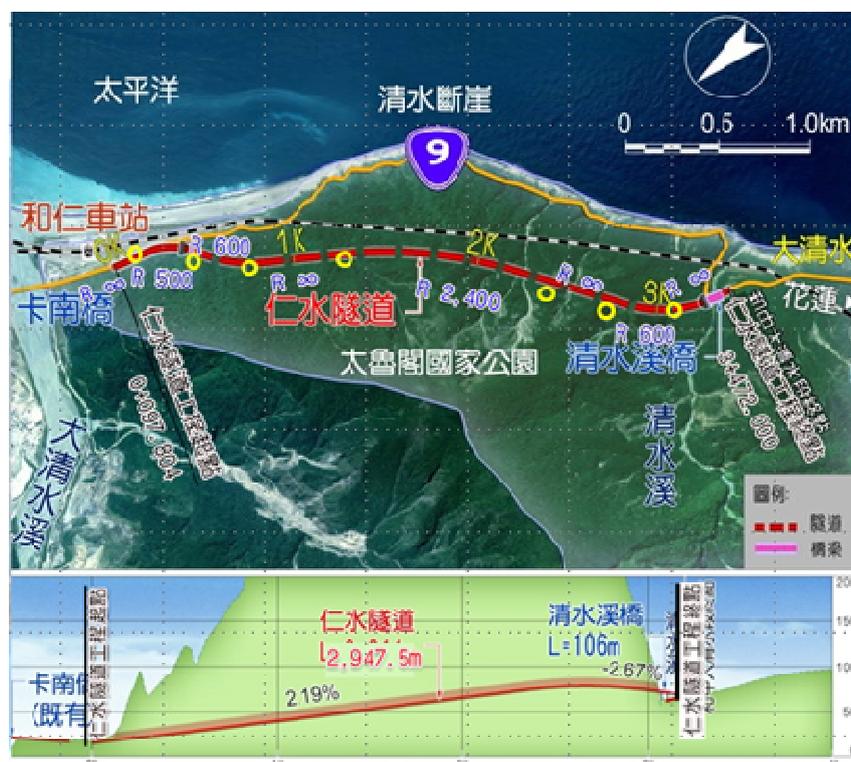


圖 3.4.4-1 仁水隧道新建工程(C2 標)工程範圍示意圖

C2 標至 104 年 6 月底止，主要執行工項包括：交通維持、補充地質鑽探、施工便道及清除掘除、地質改良灌漿、邊坡降挖、邊坡保護、排水工程、隧道開挖等工項，工區目前為隧道邊坡的自由型格梁及預力地錨鑽設、邊坡排水工程、北口主隧道及安全聯絡通道開挖等作業。

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，清水溪橋施工以箱型梁工法施做，仁水隧道則為單孔雙向 4 線道。

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 9 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包商資料管理之便利性，102 年年中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 仁水隧道新建工程(C2 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
C2 標	路堤路塹	和仁路堤	0+000.000	0+334.000		
	隧道	仁水隧道	0+334.000	3+281.500		單孔雙向
	橋梁	清水溪橋	3+273.000	3+379.000		井式基礎，箱型梁工法
	路堤路塹	大清水路堤	3+379.000	3+472.000		

截至 104 年 6 月底，C2 標施工碳足跡盤查之登錄清冊各項目累計登錄數量如表 3.4.4-2 所示。

表 3.4.4-2 C2 標登錄清冊登錄狀況彙整表

表單編號	表單名稱	總筆數
CP	工程施工項目登錄表	17
CC	廠商登錄	18
ME	施工機具/耗能設備登錄表	125
ES	用電登錄表	3
WS	用水登錄表	4
MA	工程材料登錄表	189
PL	植生登錄表	0
MO	運具設備登錄表	86
HR	工區人員交通方式登錄表	0

三、本期活動數據收集結果

仁水隧道新建工程(C2 標)之碳足跡盤查日誌係自 104 年 1 月 31 日開工日開始填寫至 104 年 6 月 30 日為止。本計畫彙整 C2 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 8 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

至 104 年 6 月底 C2 標所進行工程項目包括交通維持、補充地質鑽探、施工便道、清除掘除、地質改良、邊坡保護、排水工程、隧道開挖等工項。所使用機具包括：挖土機、鑽機、發電機、空壓機、吊卡車、抽水機、傾卸車、大小貨車等，如 3.4.4-3 所示。

表 3.4.4-3 C2 標本期機/運具使用紀錄

機具編號 (承商編號)	機具名稱	施作時數(hr)/ 行駛里程(km)	能資源類別	能資源 使用數量
ME-大陸 B01	挖土機	472.10	柴油	8,624.95
ME-大陸 B02	挖土機	440.30	柴油	10,550.86

機具編號 (承商編號)	機具名稱	施作時數(hr)/ 行駛里程(km)	能資源類別	能資源 使用數量
ME-大陸 B03	挖土機	345.00	柴油	9,802.52
ME-大陸 G01	發電機	8.00	柴油	2,196.20
ME-大陸 G02	發電機		柴油	2,605.49
ME-大陸 G03	發電機		柴油	433.00
ME-大陸 H01	高空作業車	248.00	柴油	680.30
ME-大陸 H02	高空作業車	82.30	柴油	387.00
ME-大陸 H03	高空作業車	264.70	柴油	928.00
ME-大陸 J01	鑽岩機	524.70	柴油	458.00
ME-大陸 J02	鑽岩機	158.00	柴油	198.00
ME-大陸 M01	履帶式出碴機	19.50	柴油	139.00
ME-大陸 S01	噴漿機	73.10	柴油	221.20
ME-大陸 S02	噴漿機	148.50	柴油	340.00
ME-大陸 S03	噴漿機	40.50	柴油	723.00
ME-大陸臨 01	發電機	99.30	柴油	4,464.00
ME-大陸臨 02	堆高機		柴油	67.80
ME-大陸臨 04	挖土機	120.00	柴油	2,788.00
ME-大陸臨 05	挖土機	75.50	柴油	1,065.00
ME-大陸臨 06	推土機		柴油	366.00
ME-大陸臨 07	挖土機	53.50	柴油	1,191.00
ME-宜祥 01	鋪裝機	19.00	柴油	532.00
ME-宜祥 02	刨除機	17.00	柴油	2,125.00
ME-宜祥 03	掃路機	7.00	柴油	58.10
ME-宜祥 04	滾壓機	20.00	柴油	145.60
ME-宜祥 05	滾壓機	15.00	柴油	109.20
ME-宜祥 06	滾壓機	15.00	柴油	109.20
ME-玫豪 01	挖土機	248.00	柴油	2,111.00
ME-玫豪 02	挖土機	457.00	柴油	4,300.00
ME-玫豪 03	挖土機	420.00	柴油	3,606.00
ME-玫豪 04	挖土機	33.00	柴油	645.60
ME-玫豪 05	破碎機	261.00	柴油	2,148.00
ME-長弘(10輪卡車)	大貨車	101.00	柴油	1,384.94
ME-長弘(打樁機 PC-210)	打樁機	14.00	柴油	2,152.83
ME-長弘(挖土機 PC-120)	挖土機	39.50	柴油	
ME-長弘(挖土機 PC-300)	挖土機	8.00	柴油	

機具編號 (承商編號)	機具名稱	施作時數(hr)/ 行駛里程(km)	能資源類別	能資源 使用數量
ME-長弘 CH-Z01	破碎機	95.50	柴油	
ME-長弘 CH-P01	發電機(1)	134.50	柴油	126.97
ME-長弘 CH-P02	小型發電機(2)	93.00	汽油	118.48
ME-長弘 CH-W01	挖土機	1,085.50	柴油	9,186.01
ME-長弘 CH-W02	挖土機	301.00	柴油	1,947.98
ME-長弘 CH-W03	破碎機	658.00	柴油	6,786.15
ME-長弘 CH-W04	挖土機	74.50	柴油	66.10
ME-長弘 CH-W05	挖土機	576.50	柴油	6,474.78
ME-長弘 CH-W06	破碎機	80.50	柴油	1,549.63
ME-長弘 CH-Z02	夯實機	8.00	柴油	5.60
ME-廣昇 01	挖土機	30.00	柴油	85.00
ME-廣昇 04	鑽機	315.00	柴油	2,178.91
ME-廣昇 08	空壓機	415.00	柴油	3645.99
ME-廣昇 09	空壓機	202.00	柴油	2898.82
ME-廣昇 10	發電機	246.00	汽油	170.67
ME-廣昇 11	發電機	366.00	柴油	1067.18
ME-廣昇 13	自走式運輸車	84.00	柴油	259.04
ME-廣昇 16	發電機	45.00	柴油	126.39
ME-廣昇 18	發電機	49.00	柴油	491.98
ME-廣昇 19	空壓機 03	74.00	柴油	847.10
ME-廣昇 21	發電機	12.00	柴油	250.00
ME-廣昇 22	空壓機 750	88.00	柴油	1051.34
ME-廣昇汽油共用油箱	汽油共用油箱		汽油	398.93
ME-廣昇柴油共用油箱	柴油共用油箱		柴油	11949.78
ME-駿馳 01	挖土機	61.00	柴油	118.95
ME-駿馳 02	發電機	374.00	柴油	1856.67
ME-駿馳 03	發電機	338.00	柴油	1857.37
ME-駿馳 04	空壓機	196.50	柴油	200.00
ME-駿馳 05	空壓機	79.00	柴油	1588.69
ME-駿馳 06	鑽堡機	192.50	柴油	196.48
ME-駿馳 10	堆高機	363.00	柴油	85.00
ME-駿馳 11	堆高機	326.00	柴油	85.00
MO-大陸 01-11	小貨車	(里程)1,833	柴油	216.3
MO-大陸 01-12	小貨車	572	柴油	92.00

機具編號 (承商編號)	機具名稱	施作時數(hr)/ 行駛里程(km)	能資源類別	能資源 使用數量
MO-大陸 01-13	小貨車	3798	柴油	367.80
MO-大陸 01-14	小貨車	2748	柴油	196.78
MO-大陸 01-15(1)	大貨車	11,078	柴油	2716.33
MO-大陸 01-15(2)	其他		柴油	73.34
MO-大陸 01-16	大貨車	6109	柴油	3646.39
MO-長弘 06	大貨車	1047	柴油	553.97
MO-長弘 07	大貨車	605	柴油	320.11
MO-長弘 CH-C01	傾卸車	292.5	柴油	1903.09
MO-長弘 CH-C02	傾卸車	619.5	柴油	3836.33
MO-長弘 CH-C03	傾卸車	274.5	柴油	1754.00
MO-長弘 CH-C04	傾卸車	183	柴油	585.60
MO-廣昇 01	小貨車	337	汽油	398.18
MO-廣昇 02	小貨車	96	柴油	729.83
MO-廣昇 03	大貨車	65	柴油	339.96

其中，土方運輸作業協力廠商-玫豪使用之機運具，除用於土方整理之挖土機外，尚有負責將土方外運至土資廠的傾卸車。惟依據與查驗機構討論之廢棄物運輸排碳量分配原則，如廢棄物處置方式為資源再利用，則其所造成的運輸排碳量不歸屬於本標工程，故傾卸車之使用紀錄未列入本期資料盤查範圍。

本期 6 月份開始，因剩餘土石方分為有價料與無價料之區別，故針對土石方外運方式，經承包廠商告知，協力廠商-玫豪使用之機運具將退至和仁車站進行土石方作業，北口工區剩餘土石方作業則交由協力廠商-長弘之自有運具進行搬運，惟目前玫豪使用之機運具尚在處理北口工區堆置土石方，並未明確開始與長弘進行分工作業。

以下簡要說明 C2 標本期各協力廠商負責之工程內容及機具使用狀況。

1. 大陸/漢德：主要負責主隧道與安全聯絡通道開挖作業，累積使

用機運具 28 台。

2. 長弘：主要負責清除掘除作業，累計使用機運具 18 台，包括：挖土機、打樁機、發電機、碎石機、滾壓機、泵浦車及傾卸車等。
3. 廣昇：主要負責隧道邊坡自由型格梁及預力地錨鑽設等作業，累計使用機運具 15 台，包括：鑽機、挖土機、發電機、噴漿機、灌漿機、空壓機、吊卡車及小貨車等。
4. 玫豪：主要負責土石方清除與搬運作業，累積使用機具 4 台，包括挖土機及破碎機等。
5. 達成：主要負責北口工區水電修繕作業。
6. 駿馳：主要負責地質改良灌漿作業，累積使用機運具 21 台，包括：發電機、灌漿機、空壓機、挖土機、堆高機、鑽機及小貨車等。已於 104 年 2 月份完成作業退場。
7. 宜祥：主要負責工區旁原台九線復舊作業，於 104 年 3 月底進場施作，累積使用機具 6 台，包括：鋪裝機、刨除機、掃路機及滾壓機等。已於 104 年 4 月初完成作業離場。
8. 星泉：主要負責廢水處理設備安裝與操作作業。
9. 名翎：主要負責工務所組合屋新建作業，使用機具為吊車。工區人員表示名翎使用之吊車為租用，當日作業完成即離場，且每日出工之吊車並非都是同一台。已於 104 年 1 月份完成作業

(二)工程材料使用

104 年度 C2 標工程進行所用之工程材料包括：水泥、各類混/噴凝土、竹節鋼筋、水玻璃、皂土、岩栓、PVC 管、圍籬、火藥、各類型支保、岩栓、先撐鋼管、以及部分組合性材料，如透空式護欄、預力地錨等，及水泥砂漿等詳細使用數量詳表 3.4.4-4。由於 C2 標去年度運入各類工區設備如：交通錐、固定連桿、告示牌、警衛亭、鐵板、紐澤西護欄、用於設置工區安全欄杆的鍍鋅鋼管、用於洗車台之 H 型鋼、及承包商工務所之組合屋材料等，因屬於承包商

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 3.4.4-4 C2 標本期工程材料使用量統計結果

材料編號 (承商料號)	材料名稱	規格/類別	材料屬性	使用量 單位	使用數量
MA-大陸 06	紅磚		一次性使用	塊	24,000.00
MA-大陸 11-01	H 型鋼	100*100*6*8	一次性使用	m	208.16
MA-大陸 11-02	H 型鋼	200*200*8*12	一次性使用	m	964.68
MA-大陸 13-01	氧氣	6M	一次性使用	支	15.00
MA-大陸 13-02	乙炔	3M	一次性使用	支	10.00
MA-大陸 17-01	乳膠炸藥	35mm*0.25kg /pc	一次性使用	支	44,184.00
MA-大陸 17-02	非電氣雷管 0.2s	LP-0.2s-3.6m	一次性使用	發	492.00
MA-大陸 17-03	非電氣雷管 0.4s	LP-0.4s-3.6m	一次性使用	發	704.00
MA-大陸 17-04	非電氣雷管 0.6s	LP-0.6s-3.6m	一次性使用	發	778.00
MA-大陸 17-05	非電氣雷管 1.0s	LP-1.0s-3.6m	一次性使用	發	740.00
MA-大陸 17-05-01	非電氣雷管 1.4s	LP-1.4s-3.6m	一次性使用	發	808.00
MA-大陸 17-06	非電氣雷管 1.8s	LP-1.8s-3.6m	一次性使用	發	809.00
MA-大陸 17-07	非電氣雷管 2.4s	LP-2.4s-3.6m	一次性使用	發	1,292.00
MA-大陸 17-08	非電氣雷管 3.0s	LP-3.0s-3.6m	一次性使用	發	1,389.00
MA-大陸 17-09	非電氣雷管 3.8s	LP-3.8s-3.6m	一次性使用	發	963.00
MA-大陸 17-10	非電氣雷管 4.6s	LP-4.6s-3.6m	一次性使用	發	1,063.00

材料編號 (承商料號)	材料名稱	規格/類別	材料屬性	使用量 單位	使用數量
MA-大陸 17-11	導爆索	5g/m	一次性使用	m	3,290.00
MA-大陸 17-11-01	導爆索	40g/m	一次性使用	M	400.00
MA-大陸 17-12	瞬發電雷管 0s-2.4m	0s-2.4m	一次性使用	發	15.00
MA-大陸 17-12-01	瞬發電雷管 0s-3.7m	0s-3.7m	一次性使用	發	144.00
MA-友誠 02	噴凝土 210	II 型	一次性使用	m ³	620.00
MA-友誠 03	鋼纖噴凝土	255II 型	一次性使用	m ³	1,618.00
MA-友誠 04	混凝土 175	II 型	一次性使用	m ³	187.00
MA-友誠 04-01	砂漿 175		一次性使用	m ³	6.00
MA-友誠 05	混凝土 210	II 型	一次性使用	m ³	775.00
MA-友誠 05-01	砂漿 210		一次性使用	m ³	16.00
MA-友誠 07	混凝土 280	II 型	一次性使用	m ³	106.50
MA-友誠 07-01	砂漿 280		一次性使用	m ³	3.00
MA-友誠 08	混凝土 350	II 型	一次性使用	m ³	15.00
MA-友誠 13	混凝土 80	II 型	一次性使用	m ³	588.50
MA-友誠 13-01	砂漿 80		一次性使用	m ³	5.00
MA-台普 01	速凝劑	TamShot 80AF	一次性使用	kg	74,220.00
MA-弘浚 01	自鑽式岩桿 3m	R32L L=3050mm	一次性使用	支	402.00
MA-弘浚 02	凸型承載板	200*200*13m m	一次性使用	個	212.00
MA-弘浚 03	全鋼珠型鑽頭	R32/D51T	一次性使用	個	174.00
MA-弘浚 04	續接器	R32/D42/L120 -C	一次性使用	個	542.00
MA-弘浚 05	螺帽	R32/D46/L46	一次性使用	個	212.00
MA-旭盛 01	點焊網 3.2/100	3M*2M	一次性使用	m ²	996.00
MA-旭盛 02	點焊網 5.0/100	3M*2M	一次性使用	m ²	4,812.00
MA-旭盛 03	點焊網 3.2/75	3M*2M	一次性使用	m ²	1,200.00
MA-亞太 01	先撐鋼管 6m	L=6M	一次性使用	支	100.00
MA-亞太 02	先撐鋼管 3m	L=3M	一次性使用	支	805.00

材料編號 (承商料號)	材料名稱	規格/類別	材料屬性	使用量 單位	使用數量
MA-亞東 02	混凝土	210kgf/cm2(II型)	一次性使用	m ³	32.00
MA-亞東 03	混凝土	245kgf/cm2(II型)	一次性使用	m ³	199.50
MA-亞東 03-01	砂漿 245	245kgf/cm2(II型)	一次性使用	m ³	7.00
MA-亞東 04	混凝土	280kgf/cm2(II型)	一次性使用	m ³	166.50
MA-亞東 04-01	砂漿 280	280kgf/cm2(II型)	一次性使用	m ³	3.00
MA-亞東 06	噴凝土	210kgf/cm2(II型)	一次性使用	m ³	93.00
MA-宜祥 01	瀝青混凝土		一次性使用	kg	677,440.00
MA-岳力 01	岩栓鋼筋	4.10m 25mm	一次性使用	支	390.00
MA-岳力 01-01	岩栓鋼筋	6.10m 25mm	一次性使用	支	600.00
MA-岳力 01-02	岩栓鋼筋	2.6m 25mm	一次性使用	支	449.00
MA-岳力 02	承載板	150x150 12m/mT	一次性使用	片	1,359.00
MA-岳力 03	墊圈		一次性使用	個	1,399.00
MA-岳力 04	螺帽		一次性使用	個	1,399.00
MA-長弘 08	氧氣	6M	一次性使用	支	32.00
MA-長弘 09	乙炔	3M	一次性使用	支	22.00
MA-長弘 14	止水帶	WS-A1	一次性使用	M	150.00
MA-長弘 15-01	鍍鋅鋼管	6*7.1*1500	一次性使用	支	86.00
MA-長弘 15-02	鍍鋅鋼管	5"(140)*5.5*1500	一次性使用	支	86.00
MA-長弘 15-03	鍍鋅基座	580*B型 (雙)725*300*150	一次性使用	座	87.00
MA-長弘 15-04	鍍鋅鋼管	126*5.5*250(套管)	一次性使用	個	87.00
MA-長弘 15-05	鍍鋅鋼管	146*8*260	一次性使用	個	87.00
MA-長弘 15-06	熱浸鋅壁虎	3/4"*5"	一次性使用	支	4.00

材料編號 (承商料號)	材料名稱	規格/類別	材料屬性	使用量 單位	使用數量
MA-長弘 15-07	熱浸鋅螺絲組	M18*50	一次性使用	組	360.00
MA-長弘 15-08	螺帽與華司組	M20	一次性使用	組	200.00
MA-長弘 15-09	熱浸螺帽	華司 24	一次性使用	組	200.00
MA-長弘 15-10	鍍鋅鋼管護欄 端部	6*7.1*1700(彎管)	一次性使用	支	2.00
MA-長弘 15-11	鍍鋅鋼管護欄 尾管	5"*5.5*1500(彎管加底板)	一次性使用	組	2.00
MA-長弘 16	填縫劑	600cc/支	一次性使用	公升	159.00
MA-長弘 17	填縫板	20mm 3"*6"	一次性使用	m ²	35.00
MA-長弘 18	H 型鋼	200*200*8*12	一次性使用	支	9.00
MA-威建 01	自鑽式岩栓 3m	L=3.0m	一次性使用	支	2,885.00
MA-威建 04	粒狀合金鋼鑽 頭	R32/51	一次性使用	個	1,385.00
MA-威建 05	凸型承載板	150*150*12m m	一次性使用	片	375.00
MA-威建 05-02	凸型承載板	200*200*13m m	一次性使用	片	940.00
MA-威建 06	接頭	L=160mm	一次性使用	個	2,120.00
MA-威建 07	螺帽	R32	一次性使用	個	1,470.00
MA-威建 08-01	桁型鋼支保	G150 上半部	一次性使用	組	40.00
MA-威建 09-01	管幕先端管	4"	一次性使用	支	74.00
MA-威建 09-02	管幕中間管	4"	一次性使用	支	149.00
MA-威建 09-03	管幕末端管	4"	一次性使用	支	73.00
MA-威建 10-01	桁型鋼支保	G200 上半部	一次性使用	組	12.00
MA-威建 11	玻璃急結管	25*300mm	一次性使用	支	678.00
MA-威建 12-01	桁型鋼支保	G100 上半部	一次性使用	組	6.00
MA-威建 12-02	桁型鋼支保	G100(疏散通 道)	一次性使用	組	16.00
MA-家林 01	水泥砂漿	40kg/包	一次性使用	包	915.00
MA-晉瑜 01	袋裝水泥	卜特蘭 I 型	一次性使用	包	19,552.00
MA-廣昇 03-01	白管	10*13	一次性使用	m	725.00
MA-廣昇 03-02	白管	14*17	一次性使用	m	1,566.00
MA-廣昇 03-03	夾片		一次性使用	只	145.00

材料編號 (承商料號)	材料名稱	規格/類別	材料屬性	使用量 單位	使用數量
MA-廣昇 03-04	封漿器		一次性使用	只	29.00
MA-廣昇 03-05	浪管	2 1/2"	一次性使用	m	261.00
MA-廣昇 03-06	間隔器	8 孔	一次性使用	只	406.00
MA-廣昇 03-07	黑管	15*18	一次性使用	m	2,320.00
MA-廣昇 03-08	熱縮管	(大)Y150	一次性使用	m	17.40
MA-廣昇 03-09	熱縮管	(小)Y30	一次性使用	m	43.50
MA-廣昇 03-10	導尖		一次性使用	只	29.00
MA-廣昇 03-11	鋼絞線	12.7	一次性使用	kg	3,625.00
MA-廣昇 03-12	錨頭	5 孔	一次性使用	只	29.00
MA-廣昇 03-13	護管	2 1/2"	一次性使用	m	464.00
MA-廣昇 03-14	中心固定管		一次性使用	只	406.00
MA-廣昇 04-01	H 型鋼	150*150*7/10 T*9M	一次性使用	支	71.00
MA-廣昇 04-02	H 型鋼	150*150*7/10 T*10M	一次性使用	支	55.00
MA-廣昇 04-03	鋼板	T10*W200*L 200	一次性使用	kg	679.00
MA-廣昇 05-01	氧氣	6M	一次性使用	支	7.00
MA-廣昇 05-02	乙炔		一次性使用	支	5.00
MA-廣昇 06	鏈節形鋼線網	2m/m.50m/m X50m/m	一次性使用	m ²	7,200.00
MA-廣昇 07	植生土		一次性使用	m ³	99.00
MA-廣昇 08	廢輪胎		一次性使用	個	784.00
MA-廣昇 09	點焊網	4mm*10cm*2. 4m*3m	一次性使用	片	135.00
MA-駿馳 11	PVC 管	1 1/2"x3.5 4m	一次性使用	支	320.00
MA-駿馳 12	水玻璃	3 號水玻璃 Be 40°	一次性使用	kg	75,560.00
MA-駿馳 13	皂土		一次性使用	kg	7,350.00
MA-駿馳 14	馬歇爾管		一次性使用	支	300.00
MA-駿馳 15	管帽	薄 1 1/2"	一次性使用	只	100.00
MA-駿馳 16	管帽	厚 1 1/2"	一次性使用	只	80.00
MA-駿馳 17	機油	19L 超重 CF40	一次性使用	桶	1.00

材料編號 (承商料號)	材料名稱	規格/類別	材料屬性	使用量 單位	使用數量
MA-羅鋼 01	竹節鋼筋	SD280	一次性使用	kg	1,799.68
MA-羅鋼 02	竹節鋼筋	SD420	一次性使用	kg	85,838.06

扣除廠商資本財、可回收再利用的材料後，C2 標本期需計算生命週期排碳量的工程材料包括 120 項。其中，使用材料最大量為混凝土與竹節鋼筋。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 C2 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，如表 3.4.4-5。

表 3.4.4-5 C2 標本期工程材料使用活動強度數據

材料編號 (承商料號)	材料名稱	使用量 單位	使用數量	轉換後 使用數量 單位	轉換後 使用數量
MA-大陸 06	紅磚	塊	24,000.00	kg	60,000.00
MA-大陸 11-01	H 型鋼	m	208.16	kg	3,517.90
MA-大陸 11-02	H 型鋼	m	964.68	kg	48,137.53
MA-大陸 13-01	氧氣	支	15.00	kg	128.55
MA-大陸 13-02	乙炔	支	10.00	kg	50.00
MA-大陸 17-01	乳膠炸藥	支	44,184.00	kg	11,046.00
MA-大陸 17-02	非電氣雷管 0.2s	發	492.00	kg	492.00
MA-大陸 17-03	非電氣雷管 0.4s	發	704.00	kg	704.00
MA-大陸 17-04	非電氣雷管 0.6s	發	778.00	kg	778.00
MA-大陸 17-05	非電氣雷管 1.0s	發	740.00	kg	740.00
MA-大陸 17-05-01	非電氣雷管 1.4s	發	808.00	kg	808.00
MA-大陸 17-06	非電氣雷管 1.8s	發	809.00	kg	809.00
MA-大陸 17-07	非電氣雷管 2.4s	發	1,292.00	kg	1,292.00

材料編號 (承商料號)	材料名稱	使用量 單位	使用數量	轉換後 使用數量 單位	轉換後 使用數量
MA-大陸 17-08	非電氣雷管 3.0s	發	1,389.00	kg	1,389.00
MA-大陸 17-09	非電氣雷管 3.8s	發	963.00	kg	963.00
MA-大陸 17-10	非電氣雷管 4.6s	發	1,063.00	kg	1,063.00
MA-大陸 17-11	導爆索	m	3,290.00	(kg)PETN	32.90
				(kg)膠管	32.90
MA-大陸 17-11-01	導爆索	M	400.00	kg	4.00
				kg	4.00
MA-大陸 17-12	瞬發電雷管 0s-2.4m	發	15.00	kg	15.00
MA-大陸 17-12-01	瞬發電雷管 0s-3.7m	發	144.00	kg	144.00
MA-友誠 02	噴凝土 210	m ³	620.00	kg	1,472,500.00
MA-友誠 03	鋼纖噴凝土	m ³	1,618.00	kg	72,810.00
				kg	3,752,142.00
MA-友誠 04	混凝土 175	m ³	187.00	kg	443,751.00
MA-友誠 04-01	砂漿 175	m ³	6.00	kg	13,356.00
MA-友誠 05	混凝土 210	m ³	775.00	kg	1,840,625.00
MA-友誠 05-01	砂漿 210	m ³	16.00	kg	35,680.00
MA-友誠 07	混凝土 280	m ³	106.50	kg	254,322.00
MA-友誠 07-01	砂漿 280	m ³	3.00	kg	6,750.00
MA-友誠 08	混凝土 350	m ³	15.00	kg	35,730.00
MA-友誠 13	混凝土 80	m ³	588.50	kg	1,371,487.48
MA-友誠 13-01	砂漿 80	m ³	5.00	kg	10,810.00
MA-台普 01	速凝劑	kg	74,220.00	kg	44,532.00
				kg	29,688.00
MA-弘浚 01	自鑽式岩桿 3m	支	402.00	kg	4,168.74
MA-弘浚 02	凸型承載板	個	212.00	kg	837.40
MA-弘浚 03	全鋼珠型鑽頭	個	174.00	kg	76.56
MA-弘浚 04	續接器	個	542.00	kg	325.20
MA-弘浚 05	螺帽	個	212.00	kg	74.20
MA-旭盛 01	點焊網 3.2/100	m ²	996.00	kg	1,384.44
MA-旭盛 02	點焊網 5.0/100	m ²	4,812.00	kg	16,312.68
MA-旭盛 03	點焊網 3.2/75	m ²	1,200.00	kg	7,232.40

材料編號 (承商料號)	材料名稱	使用量 單位	使用數量	轉換後 使用數量 單位	轉換後 使用數量
MA-亞太 01	先撐鋼管 6m	支	100.00	kg	2,894.00
MA-亞太 02	先撐鋼管 3m	支	805.00	kg	11,648.35
MA-亞東 02	混凝土	m ³	32.00	kg	77,824.00
MA-亞東 03	混凝土	m ³	199.50	kg	488,176.50
MA-亞東 03-01	砂漿 245	m ³	7.00	kg	13,572.23
MA-亞東 04	混凝土	m ³	166.50	kg	407,592.00
MA-亞東 04-01	砂漿 280	m ³	3.00	kg	5,892.12
MA-亞東 06	噴凝土	m ³	93.00	kg	225,060.00
MA-宜祥 01	瀝青混凝土	kg	677,440.00	kg	677,440.00
MA-岳力 01	岩栓鋼筋	支	390.00	kg	6,364.02
MA-岳力 01-01	岩栓鋼筋	支	600.00	kg	14,566.80
MA-岳力 01-02	岩栓鋼筋	支	449.00	kg	4,646.25
MA-岳力 02	承載板	片	1,359.00	kg	2,650.05
MA-岳力 03	墊圈	個	1,399.00	kg	279.80
MA-岳力 04	螺帽	個	1,399.00	kg	349.75
MA-長弘 08	氧氣	支	32.00	kg	274.24
MA-長弘 09	乙炔	支	22.00	kg	110.00
MA-長弘 14	止水帶	M	150.00	kg	433.50
MA-長弘 15-01	鍍鋅鋼管	支	86.00	kg	3,689.40
MA-長弘 15-02	鍍鋅鋼管	支	86.00	kg	2,666.00
MA-長弘 15-03	鍍鋅基座	座	87.00	kg	2,610.00
MA-長弘 15-04	鍍鋅鋼管	個	87.00	kg	478.50
MA-長弘 15-05	鍍鋅鋼管	個	87.00	kg	616.83
MA-長弘 15-06	熱浸鋅壁虎	支	4.00	kg	1.46
MA-長弘 15-07	熱浸鋅螺絲組	組	360.00	kg	68.40
MA-長弘 15-08	螺帽與華司組	組	200.00	kg	108.00
MA-長弘 15-09	熱浸螺帽	組	200.00	kg	301.20
MA-長弘 5-10	鍍鋅鋼管護欄端部	支	2.00	kg	126.40
MA-長弘 5-11	鍍鋅鋼管護欄尾管	組	2.00	kg	82.00
MA-長弘 16	填縫劑	公升	159.00	kg	206.70
MA-長弘 17	填縫板	m ²	35.00	kg	48.01
MA-長弘 18	H 型鋼	支	9.00	kg	449.10
MA-威建 01	自鑽式岩栓 3m	支	2,885.00	kg	29,917.45

材料編號 (承商料號)	材料名稱	使用量 單位	使用數量	轉換後 使用數量 單位	轉換後 使用數量
MA-威建 04	粒狀合金鋼鑽頭	個	1,385.00	kg	609.40
MA-威建 05	凸型承載板	片	375.00	kg	731.25
MA-威建 05-02	凸型承載板	片	940.00	kg	3,713.00
MA-威建 06	接頭	個	2,120.00	kg	1,802.00
MA-威建 07	螺帽	個	1,470.00	kg	514.50
MA-威建 08-01	桁型鋼支保	組	40.00	(kg)鋼筋	39,727.79
				(kg)鋼板	964.61
				(kg)鑄鋼	200.00
				(kg)鋼管	8.16
MA-威建 09-01	管幕先端管	支	74.00	kg	3,557.92
MA-威建 09-02	管幕中間管	支	149.00	kg	7,163.92
MA-威建 09-03	管幕末端管	支	73.00	kg	3,509.84
MA-威建 10-01	桁型鋼支保	組	12.00	(kg)鋼筋	5,544.39
				(kg)鋼板	273.56
				(kg)鑄鋼	30.00
				(kg)鋼管	1.14
MA-威建 11	玻璃急結管	支	678.00	kg	47.46
				kg	40.68
				kg	40.68
				kg	85.43
MA-威建 12-01	桁型鋼支保	組	6.00	(kg)鋼筋	2,890.65
				(kg)鋼板	44.16
				(kg)鑄鋼	3.00
				(kg)鋼管	0.57
MA-威建 12-02	桁型鋼支保	組	16.00	(kg)鋼筋	2,348.72
				(kg)鋼板	70.65
				(kg)鑄鋼	40.00
				(kg)鋼管	0.65
MA-家林 01	水泥砂漿	包	915.00	kg(水泥)	18,300.00
				kg(砂)	18,300.00
MA-晉瑜 01	袋裝水泥	包	19,552.00	kg	977,600.00
MA-廣昇 03-01	白管	m	725.00	kg	36.25
MA-廣昇 03-02	白管	m	1,566.00	kg	101.79

材料編號 (承商料號)	材料名稱	使用量 單位	使用數量	轉換後 使用數量 單位	轉換後 使用數量
MA-廣昇 03-03	夾片	只	145.00	kg	10.15
MA-廣昇 03-04	封漿器	只	29.00	kg	9.28
MA-廣昇 03-05	浪管	m	261.00	kg	80.91
MA-廣昇 03-06	間隔器	只	406.00	kg	4.40
MA-廣昇 03-07	黑管	m	2,320.00	kg	150.80
MA-廣昇 03-08	熱縮管	m	17.40	kg	0.58
MA-廣昇 03-09	熱縮管	m	43.50	kg	0.29
MA-廣昇 03-10	導尖	只	29.00	kg	4.35
MA-廣昇 03-11	鋼絞線	kg	3,625.00	kg	3,625.00
MA-廣昇 03-12	錨頭	只	29.00	kg	145.00
MA-廣昇 03-13	護管	m	464.00	kg	380.48
MA-廣昇 03-14	中心固定管	只	406.00	kg	8.29
MA-廣昇 04-01	H型鋼	支	71.00	kg	19,880.00
MA-廣昇 04-02	H型鋼	支	55.00	kg	17,105.00
MA-廣昇 04-03	鋼板	kg	679.00	kg	679.00
MA-廣昇 05-01	氧氣	支	7.00	kg	59.99
MA-廣昇 05-02	乙炔	支	5.00	kg	25.00
MA-廣昇 06	鏈節形鋼線網	m ²	7,200.00	kg	7,453.44
MA-廣昇 07	植生土	m ³	99.00	kg	148,500.00
MA-廣昇 08	廢輪胎	個	784.00	kg	6,507.20
MA-廣昇 09	點焊網	片	135.00	kg	2,109.45
MA-駿馳 11	PVC管	支	320.00	kg	899.20
MA-駿馳 12	水玻璃	kg	75,560.00	kg	75,560.00
MA-駿馳 13	皂土	kg	7,350.00	kg	7,350.00
MA-駿馳 14	馬歇爾管	支	300.00	kg	842.40
				kg	15.00
				kg	9.00
MA-駿馳 15	管帽	只	100.00	kg	9.90
MA-駿馳 16	管帽	只	80.00	kg	7.92
MA-駿馳 17	機油	桶	1.00	kg	16.79
MA-羅鋼 01	竹節鋼筋	kg	1,799.68	kg	1,799.68
MA-羅鋼 02	竹節鋼筋	kg	85,838.06	kg	85,838.06

其中，乳膠炸藥、雷管、鋼板、鋼絞線、瀝青混凝土、水玻璃、皂土、竹節鋼筋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、點焊網、岩栓材料、桁架支保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. C2 標使用混凝土依供應商可分為友誠及亞東兩類。友誠混凝土於料單上即標示運送車輛總重、淨重等重量數據，可直接採用。亞東混凝土料單則未提供重量數據，為配合 GaBi-PE 資料庫之排放係數單位(kgCO₂e/kg)，本計畫係亞東各型混噴凝土配比表估算各型混/噴凝土之每方單位重量，配合料單紀錄方數求得 C2 標各型混凝土使用總重量。
2. 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。
3. 桁架支保是依據施工圖支保組裝各細部項目進行重量轉換，主要由主筋、副筋、鋼板、繫桿、螺栓組等進行重量換算，可得一組支保所組成重量。

(三)廢棄物：本期並未有廢棄物產出。

(四)碳匯改變：本期無林地及樹木移除作業。

(五)人員出勤：依據盤查日誌之人員出勤資料統計結果，扣除屬於承包商大陸工程內業職員後，本期工區總出勤人員數為 6,077 人數以計算 C2 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)

C2 標本期運具類型包括：全拖車、半拖車、大貨車、小貨車、混凝土攪拌車、吊卡車。另有一項其他，是指承包商或協力廠商以自有小貨車進行小型工程材料採購運進；此部分由於公務車油耗或協力廠商提供用油單據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 3.4.4-6。

表 3.4.4-6 C2 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、竹節鋼筋、岩栓材料、透空式護欄、機具
半拖車	H 型鋼、水泥、點焊網、機具、瀝青混凝土
大貨車	鍍鋅鋼管、鋼纖維、速凝劑、地錨材料、PVC 管、水玻璃、馬歇爾管、機具
吊卡車	皂土、機具、植生土
小貨車	乙炔、氮氣、格柵板、模板、岩栓鑽頭、木板、機具
預拌混凝土車	混凝土、噴凝土
其他	速凝劑

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，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 C2 標本期工程碳足跡計算結果。

總計本期 C2 標之工區碳足跡約為 3,636.35 tonCO₂e；主要排放源為材料使用，占比約 83.48 %；其他依排放占比大小序，分別為：機/運具使用排放約占 14.9%、運輸排放約占 1.53%，及幾近於零的人員出勤排放，約占 0.1%；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 C2 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	541.67	14.90%
工程材料使用	3,035.61	83.48%
人員(逸散、廢棄物)	3.33	0.09%
運輸	55.74	1.53%
合計	3,636.35	100.00%

(一)機具使用碳排放

C2 標本期機/運具盤查紀錄項目，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計算；排放量量化結果如表 3.4.4-8。

C2 標本期主要執行工項為：隧道工程、隧道邊坡自由型格樑作業台九線復舊、清除掘除。由表可知，負責隧道工程之承包廠商大陸工程機具能耗排碳量約占機運具總排碳量的 34.56%；而負責邊坡自由型格樑作業之協力廠商廣昇排碳量則約占 21%，兩者分別本期機運具排碳量占比之第 1 位及第 2 位，與本期主要工項一致。

表 3.4.4-8 C2 標本期機/運具使用碳足跡計算

廠商名稱	汽柴耗油量(L)	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比(%)
隧道工程(大陸/漢德)	55538.26	93.53	34.56%
台九線復舊(宜祥)	3079.10	20.04	7.41%
土方外運(玖豪/長弘)	20889.62	30.06	11.11%
清除掘除(長弘)	29799.47	36.76	13.58%
邊坡格樑及地錨(廣昇)	15414.46	56.83	21.00%
汽油共用油箱(廣昇)	398.93	3.36	1.24%
柴油共用油箱(廣昇)	11949.78	3.34	1.23%
地質改良(駿馳)	5988.16	26.72	9.87%
機運具排放量合計		270.65	100.00%

其次為負責清除掘除的協力廠商長弘及土方外運的玫豪，排碳量占比約為 13.58%及 11.11%，另長弘自有運具亦有土方外運部分排碳貢獻。由於 C2 標工區腹地狹小，土方暫置空間不足，玫豪主要作業為整理土方並將土方裝填上車外運。由於本期主要工項清除掘除作業持續產生土方，故使長弘及玫豪機運具排碳量占比較高。

大陸公司機運具排碳量則約占 34.56%，本期大陸公司使用機運具主要為鑽岩機、挖土機、破碎機等相關隧道挖掘機具。相較於其他協力廠商，大陸公司機運具執行者皆為每日必備之主要作業項目，可預期其占比會隨著工程進度推進而上升。

(二)工程材料使用碳排放

C2 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 3,035.61 tonCO₂e。

其中，本期材料使用排碳使用量占比最高者為混/噴凝土，約占 45.10%。其次則為岩栓，約占 31.69%。

表 3.4.4-9 C2 標本期工程材料使用碳足跡計算

材料編號 (承商料號)	材料名稱	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-大陸 06	紅磚	kg	60,000.00	11.80
MA-大陸 11-01	H 型鋼	kg	3,517.90	8.14
MA-大陸 11-02	H 型鋼	kg	48,137.53	111.35
MA-大陸 13-01	氧氣	kg	128.55	0.02
MA-大陸 13-02	乙炔	kg	50.00	0.28
MA-大陸 17-01	乳膠炸藥	kg	11,046.00	27.79
MA-大陸 17-02	非電氣雷管 0.2s	kg	492.00	0.05
MA-大陸 17-03	非電氣雷管 0.4s	kg	704.00	0.07
MA-大陸 17-04	非電氣雷管 0.6s	kg	778.00	0.08
MA-大陸 17-05	非電氣雷管 1.0s	kg	740.00	0.07
MA-大陸 17-05-01	非電氣雷管 1.4s	kg	808.00	0.08
MA-大陸 17-06	非電氣雷管 1.8s	kg	809.00	0.08

材料編號 (承商料號)	材料名稱	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-大陸 17-07	非電氣雷管 2.4s	kg	1,292.00	0.13
MA-大陸 17-08	非電氣雷管 3.0s	kg	1,389.00	0.14
MA-大陸 17-09	非電氣雷管 3.8s	kg	963.00	0.10
MA-大陸 17-10	非電氣雷管 4.6s	kg	1,063.00	0.11
MA-大陸 17-11	導爆索	(kg)PETN	32.90	0.25
		(kg)膠管	32.90	0.11
MA-大陸 17-11-01	導爆索	(kg)PETN	4.00	0.03
		(kg)膠管	4.00	0.01
MA-大陸 17-12	瞬發電雷管 0s-2.4m	kg	15.00	0.00
MA-大陸 17-12-01	瞬發電雷管 0s-3.7m	kg	144.00	0.01
MA-友誠 02	噴凝土 210	kg	1,472,500.00	175.11
MA-友誠 03	鋼纖噴凝土	kg	72,810.00	45.51
		kg	3,752,142.00	446.20
MA-友誠 04	混凝土 175	kg	443,751.00	52.77
MA-友誠 04-01	砂漿 175	kg	13,356.00	1.59
MA-友誠 05	混凝土 210	kg	1,840,625.00	218.88
MA-友誠 05-01	砂漿 210	kg	35,680.00	4.24
MA-友誠 07	混凝土 280	kg	254,322.00	30.24
MA-友誠 07-01	砂漿 280	kg	6,750.00	0.80
MA-友誠 08	混凝土 350	kg	35,730.00	4.25
MA-友誠 13	混凝土 80	kg	1,371,487.48	163.09
MA-友誠 13-01	砂漿 80	kg	10,810.00	1.29
MA-台普 01	速凝劑	kg	44,532.00	21.95
		kg	29,688.00	0.02
MA-弘浚 01	自鑽式岩桿 3m	kg	4,168.74	10.26
MA-弘浚 02	凸型承載板	kg	837.40	1.63
MA-弘浚 03	全鋼珠型鑽頭	kg	76.56	0.17
MA-弘浚 04	續接器	kg	325.20	0.80
MA-弘浚 05	螺帽	kg	74.20	0.17
MA-旭盛 01	點焊網 3.2/100	kg	1,384.44	0.87
MA-旭盛 02	點焊網 5.0/100	kg	16,312.68	10.20

材料編號 (承商料號)	材料名稱	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-旭盛 03	點焊網 3.2/75	kg	7,232.40	4.52
MA-亞太 01	先撐鋼管 6m	kg	2,894.00	7.13
MA-亞太 02	先撐鋼管 3m	kg	11,648.35	28.68
MA-亞東 02	混凝土	kg	77,824.00	9.25
MA-亞東 03	混凝土	kg	488,176.50	58.05
MA-亞東 03-01	砂漿 245	kg	13,572.23	1.61
MA-亞東 04	混凝土	kg	407,592.00	48.47
MA-亞東 04-01	砂漿 280	kg	5,892.12	0.70
MA-亞東 06	噴凝土	kg	225,060.00	26.76
MA-宜祥 01	瀝青混凝土	kg	677,440.00	42.00
MA-岳力 01	岩栓鋼筋	kg	6,364.02	7.92
MA-岳力 01-01	岩栓鋼筋	kg	14,566.80	18.12
MA-岳力 01-02	岩栓鋼筋	kg	4,646.25	5.78
MA-岳力 02	承载板	kg	2,650.05	5.16
MA-岳力 03	墊圈	kg	279.80	0.63
MA-岳力 04	螺帽	kg	349.75	0.79
MA-長弘 08	氧氣	kg	274.24	0.03
MA-長弘 09	乙炔	kg	110.00	0.62
MA-長弘 14	止水帶	kg	433.50	0.92
MA-長弘 15-01	鍍鋅鋼管	kg	3,689.40	9.08
MA-長弘 15-02	鍍鋅鋼管	kg	2,666.00	6.56
MA-長弘 15-03	鍍鋅基座	kg	2,610.00	7.07
MA-長弘 15-04	鍍鋅鋼管	kg	478.50	1.18
MA-長弘 15-05	鍍鋅鋼管	kg	616.83	1.52
MA-長弘 15-06	熱浸鋅壁虎	kg	1.46	0.00
MA-長弘 15-07	熱浸鋅螺絲組	kg	68.40	0.15
MA-長弘 15-08	螺帽與華司組	kg	108.00	0.24
MA-長弘 15-09	熱浸螺帽	kg	301.20	0.68
MA-長弘 15-10	鍍鋅鋼管護欄端部	kg	126.40	0.31
MA-長弘 15-11	鍍鋅鋼管護欄尾管	kg	82.00	0.20
MA-長弘 16	填縫劑	kg	206.70	4.21
MA-長弘 17	填縫板	kg	48.01	0.14
MA-長弘 18	H 型鋼	kg	449.10	1.04
MA-威建 01	自鑽式岩栓 3m	kg	29,917.45	37.22

材料編號 (承商料號)	材料名稱	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-威建 04	粒狀合金鋼鑽頭	kg	609.40	1.37
MA-威建 05	凸型承載板	kg	731.25	1.42
MA-威建 05-02	凸型承載板	kg	3,713.00	7.23
MA-威建 06	接頭	kg	1,802.00	4.06
MA-威建 07	螺帽	kg	514.50	1.16
MA-威建 08-01	桁型鋼支保	(kg)鋼筋	39,727.79	49.42
		(kg)鋼板	964.61	1.88
		(kg)鑄鋼	200.00	0.45
		(kg)鋼管	8.16	0.02
MA-威建 09-01	管幕先端管	kg	3,557.92	8.76
MA-威建 09-02	管幕中間管	kg	7,163.92	17.64
MA-威建 09-03	管幕末端管	kg	3,509.84	8.64
MA-威建 10-01	桁型鋼支保	(kg)鋼筋	5,544.39	6.90
		(kg)鋼板	273.56	0.53
		(kg)鑄鋼	30.00	0.07
		(kg)鋼管	1.14	0.00
MA-威建 11	玻璃急結管	kg	47.46	0.06
		kg	40.68	0.08
		kg	40.68	0.09
		kg	85.43	0.21
MA-威建 12-01	桁型鋼支保	(kg)鋼筋	2,890.65	3.60
		(kg)鋼板	44.16	0.09
		(kg)鑄鋼	3.00	0.01
		(kg)鋼管	0.57	0.00
MA-威建 12-02	桁型鋼支保	(kg)鋼筋	2,348.72	2.92
		(kg)鋼板	70.65	0.14
		(kg)鑄鋼	40.00	0.09
		(kg)鋼管	0.65	0.00
MA-家林 01	水泥砂漿	kg	18,300.00	16.05
		kg	18,300.00	0.08
MA-晉瑜 01	袋裝水泥	kg	977,600.00	857.66
MA-廣昇 03-01	白管	kg	36.25	0.06
MA-廣昇 03-02	白管	kg	101.79	0.16
MA-廣昇 03-03	夾片	kg	10.15	0.02

材料編號 (承商料號)	材料名稱	轉換後 使用數量單位	轉換後 使用數量	碳排放量 (tonCO2e)
MA-廣昇 03-04	封漿器	kg	9.28	0.02
MA-廣昇 03-05	浪管	kg	80.91	0.13
MA-廣昇 03-06	間隔器	kg	4.40	0.01
MA-廣昇 03-07	黑管	kg	150.80	0.24
MA-廣昇 03-08	熱縮管	kg	0.58	0.00
MA-廣昇 03-09	熱縮管	kg	0.29	0.00
MA-廣昇 03-10	導尖	kg	4.35	0.01
MA-廣昇 03-11	鋼絞線	kg	3,625.00	7.83
MA-廣昇 03-12	錨頭	kg	145.00	0.33
MA-廣昇 03-13	護管	kg	380.48	0.61
MA-廣昇 03-14	中心固定管	kg	8.29	0.02
MA-廣昇 04-01	H 型鋼	kg	19,880.00	45.99
MA-廣昇 04-02	H 型鋼	kg	17,105.00	39.57
MA-廣昇 04-03	鋼板	kg	679.00	1.32
MA-廣昇 05-01	氧氣	kg	59.99	0.01
MA-廣昇 05-02	乙炔	kg	25.00	0.14
MA-廣昇 06	鏈節形鋼線網	kg	7,453.44	4.66
MA-廣昇 07	植生土	kg	148,500.00	34.16
MA-廣昇 08	廢輪胎	kg	6,507.20	21.53
MA-廣昇 09	點焊網	kg	2,109.45	1.32
MA-駿馳 11	PVC 管	kg	899.20	1.92
MA-駿馳 12	水玻璃	kg	75,560.00	82.67
MA-駿馳 13	皂土	kg	7,350.00	3.83
MA-駿馳 14	馬歇爾管	kg	842.40	1.79
		kg	15.00	0.06
		kg	9.00	0.02
MA-駿馳 15	管帽	kg	9.90	0.02
MA-駿馳 16	管帽	kg	7.92	0.01
MA-駿馳 17	機油	kg	16.79	0.02
MA-羅鋼 01	竹節鋼筋	kg	1,799.68	2.24
MA-羅鋼 02	竹節鋼筋	kg	85,838.06	106.78
材料排碳量合計				3,035.61

(三)人員出勤碳排放

依據前段分析 C2 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分排放量則是以本期總出勤人日數 6,077 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 0.504 kgCO₂e/kg 計算，分別求得 C2 標工區化糞池溫室氣體逸散量約 1.94 tonCO₂e；而處理廢棄物產生量則為 1.39 tonCO₂e。

綜合 2 項人員出勤碳排放源之排放量計算結果，可得 C2 標本期人員出勤總排放量約為 3.33tonCO₂e。

(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 C2 足跡盤查日誌運輸部分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 C2 標本期運輸碳排放量約為 55.74 tonCO₂e。

3.4.5 中仁隧道接續工程(C1A)

本小節首先簡要介紹中仁隧道接續工程(C1A 標)內容，再接續逐項說明 C1A 標 104 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

中仁隧道接續工程(C1A 標)原設計工程範圍如圖 3.4.5-1；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 3.4.5-1 中仁隧道接續工程(C1A 標)工程範圍示意圖

依據 C1A 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 3.4.5-2，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 3.4.5-2 中仁隧道接續工程(C1A 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，而原 C1 標由於承包商履約問題，承包商先於 103 年 10 月 1 日發函通知工區全面停工，後續工程處於 103 年 11 月 7 日正式發函通知承包商終止契約，經以 C1A 標重新招標後，已於 104 年 4 月 1 日開工，由南口及北口橫坑開始施作，繼續原 C1 標南口及北口橫坑工程。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。

開工截至 104 年 6 月 30 日，C1A 標累積工期為 91 天，實際進度 0.08%，目前南口隧道北上線開挖輪進 445 輪、隧道南下線開挖輪進 342 輪；除主隧道外，本期亦持續進行二工區排水箱涵設置及北口橫坑作業，北口橫坑隧道開挖輪進至 36 輪。

二、碳足跡盤查登錄清冊

截至 104 年 6 月底，C1A 標施工碳足跡盤查之登錄清冊各項目累計登錄數量如表 3.4.5-1 所示。其中，植生部分皆未有資料；工程項目、廠商、施工機具及工程材料則是隨工程進度而持續增加。

表 3.4.5-1 C1A 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
CP	工程施工項目登錄表	9
CC	廠商登錄	13
ME	施工機具/耗能設備登錄表	93
ES	用電登錄表	3
WS	用水登錄表	1
MA	工程材料登錄表	48
PL	植生登錄表	0
MO	運具設備登錄表	23
HR	工區人員交通方式登錄表	114

三、本期盤查日誌數據彙整結果

C1A 標本期主要執行工項包括：隧道南口開挖、北口橫坑隧道開挖、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 C1A 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 104 年 6 月 30 日為止，C1A 標已進行的工程項目包括：隧道開挖、排水工程、機具保養及物料整理等，累計使用機具 49 台、運具 4 台；類型包括：挖土機、發電機、空壓機、鑽機、噴漿機、高空作業車、傾卸車、小貨車、吊卡車、泵送車、混凝土預拌車等。

機具區分各協力廠商其中北口橫坑協力廠商-蘇建興多採共用油箱方式提供加油單據、累計加油量。茲綜整 C1A 標本期機/運具使用及能耗量紀錄如表 3.4.5-2。其中，南口承包商-東丕，因自有加油槽附設加油槍，故針對工區內各型機具皆有分油紀錄，惟已請北口協力廠商-蘇建興仍需持續加強調查各機具分油紀錄，以確認各機具能耗之合理性。

表 3.4.5-2 C1A 標本期機/運具使用紀錄

機/運具編號 (承商編號)	機/運具名稱	施作時數(hr)/ 行駛里程(km)	能資源 類別	能資源 使用數量
ME-東丕(8T 油車)-30008	保養車	23.00	柴油	-
ME-東丕(支堡車)-01002	支堡車	17.60	柴油	108.00
ME-東丕(支堡車)-01003	支堡車	1.20	柴油	42.00
ME-東丕(支堡車)-01004	支堡車	13.40	柴油	36.00
ME-東丕(挖土機)-04007	挖土機	4.00	柴油	72.00
ME-東丕(挖土機)-04008	挖土機	28.50	柴油	335.00
ME-東丕(挖土機)-04009	挖土機	3.50	柴油	125.00
ME-東丕(挖土機)-04013	挖土機	10.00	柴油	484.00
ME-東丕(挖土機)-04014	挖土機	3.00	柴油	150.00
ME-東丕(挖土機)-04015	挖土機	22.80	柴油	570.00
ME-東丕(挖土機)-04022	挖土機	240.00	柴油	5,701.00
ME-東丕(挖土機)-04026	挖土機	5.00	柴油	85.00
ME-東丕(挖土機)-04027	挖土機	11.00	柴油	161.00
ME-東丕(挖土機)-04028	挖土機	70.50	柴油	923.00
ME-東丕(挖土機)-04029	挖土機	5.60	柴油	139.00
ME-東丕(高空車)-07001	高空車	77.60	柴油	360.00
ME-東丕(高空車)-07004	高空車	12.16	柴油	27.00
ME-東丕(高空車)-07005	高空作業車	22.00	柴油	-
ME-東丕(電焊機)-14002	電焊機	7.00	柴油	15.00
ME-東丕(噴漿機)-03004	噴漿機	8.50	柴油	270.00
ME-東丕(噴漿機)-03005	噴漿機	11.00	柴油	-
ME-東丕(噴漿機)-03006	噴漿機	24.60	柴油	230.00
ME-東丕(噴漿機)-03007	噴漿機	32.00	柴油	24.00
ME-東丕(鏟裝機)-06001	鏟裝機	37.20	柴油	607.00
ME-東丕(鏟裝機)-06002	鏟裝機	11.99	柴油	371.00
ME-東丕(鏟裝機)-06003	鏟裝機	2.50	柴油	111.00
ME-東丕(鏟裝機)-06009	鏟裝機	11.50	柴油	195.00
ME-東丕(鑽堡機)-01008	鑽堡機	3.00	柴油	-
ME-東丕(鑽堡機)-01013	鑽堡機	35.00	柴油	139.00
ME-東丕(鑽堡機)-01014	鑽堡機	19.50	柴油	130.00
ME-東丕(鑽堡機)-01018	鑽堡機	4.50	柴油	20.00
ME-東丕(鑽堡機)-01020	鑽堡機	7.00	柴油	90.00

機/運具編號 (承商編號)	機/運具名稱	施作時數(hr)/ 行駛里程(km)	能資源 類別	能資源 使用數量	
ME-蘇建興(挖溝機)-01	挖溝機	26.00	柴油	8,469.31	
ME-蘇建興(挖溝機)-02	挖溝機	34.00	柴油		
ME-蘇建興(挖溝機)-05	挖溝機	23.00	柴油		
ME-蘇建興(挖溝機)-06	挖溝機	95.00	柴油		
ME-蘇建興(堆高機)-01	堆高機	8.00	柴油		
ME-蘇建興(發電機)-01	發電機	84.00	柴油		
ME-蘇建興(發電機)-02	發電機	84.00	柴油		
ME-蘇建興(電焊機)-01	電焊機	20.00	柴油		
ME-蘇建興(噴漿機)-01	噴漿機	28.50	柴油		
ME-蘇建興(鏟裝機)-01	鏟裝機	49.50	柴油		
ME-蘇建興(鑽堡機)-01	鑽堡機	29.00	柴油		
MO-蘇建興(砂石車)-01	大貨車	12.00	柴油		
MO-蘇建興-02	小貨車	56.00	柴油		
MO-蘇建興-04	小貨車	56.00	柴油		
MO-東丕(泵送車)01	大貨車	-	柴油		-

(二)工程材料使用

C1A 標本期使用之材料共有 14 項，以各型混凝土為大宗，主要工項於 104 年 6 月底，甫開始進行，故目前主要為隧道內支保混/噴凝土之使用。茲彙整本期所填報之各類材料用量如表 3.4.5-3。

表 3.4.5-3 C1A 標本期工程材料使用量統計結果

材料編號 (承商料號)	材料名稱	規格/類別	材料屬性	使用量 單位	使用數量
MA-介興 01	鋼支保(橫坑Ⅱ類)	G150	一次性使用	支	42.00
MA-介興 02	鋼支保(橫坑漸變段 B 段)	G125	一次性使用	支	1.00
MA-介興 05	鋼支保(V類 A 段、B 段及 C 段)	G150	一次性使用	支	1.00
MA-介興 06	鋼支保(Ⅱ類 A 段、B 段及 C 段)	G100	一次性使用	支	9.00
MA-介興 07	鋼支保(Ⅲ類 A 段及 B 段)	G100	一次性使用	支	6.00
MA-介興 19	鋼筋	SD420W	一次性使用	kg	183,000
MA-友誠 01	混凝土	210kgf/cm ²	一次性使用	m ³	642.00

材料編號 (承商料號)	材料名稱	規格/類別	材料屬性	使用量 單位	使用數量
MA-友誠 02	混凝土	280kgf/cm ²	一次性使用	m ³	173.00
MA-友誠 03	鋼纖噴凝土	255kgf/cm ²	一次性使用	m ³	235.00
MA-友誠 04	280 砂漿		一次性使用	m ³	1.00
MA-弘浚 01	I 型低鹼水泥砂漿	40kg/包	一次性使用	包	37.00
MA-建河 01	氧氣	7M	一次性使用	支	3.00
MA-建河 02	氧氣	6M	一次性使用	支	8.00
MA-建河 03	乙炔	3kg	一次性使用	支	6.00

綜整本期 C1A 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 3.4.2-5。其中，竹節鋼筋、水泥、止水帶、皂土、乳膠炸藥及雷管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. C1A 標本期所用之混/噴凝土依照規強度可分為：210、245、280 及噴凝土 210 與鋼纖維噴凝土 255。其中，料單提供混凝土淨重，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. 部分工程材料之換算參數係由 C1A 標承包廠商或供應商實際量測所提供，如：各類型支保施工圖，已標註各部組成材料之重量轉換，再配合 GaBi-PE 資料庫之排放係數求得其組合性排放係數。

(三)廢棄物：本期無廢棄物處理，故未登錄有廢棄物處理量。

(四)碳匯改變：C1A 標本期新闢北口橫坑工區，因原台九線改道工程，故有部分林地已移除，後續將與協力廠商索取相關面積以釐清碳匯改變。

表 3.4.5-4C1A 標本期工程材料使用活動強度數據

材料編號 (承商料號)	材料名稱	使用量 單位	使用數量	轉換後 使用數量單 位	轉換後 使用數量
MA-介興 01	鋼支保(橫坑 II 類)	組	42.00	kg(鋼筋)	14,471.44
				kg(鋼板)	531.72
				kg(鑄鐵)	161.28
				kg(鋼管)	0.02
MA-介興 02	鋼支保(橫坑漸變段 B 段)	組	1.00	kg(鋼筋)	277.53
				kg(鋼板)	12.66
				kg(鑄鐵)	3.84
				kg(鋼管)	0.00
MA-介興 05	鋼支保(V 類 A 段、B 段及 C 段)	組	1.00	kg(鋼筋)	539.23
				kg(鋼板)	28.49
				kg(鑄鐵)	7.50
				kg(鋼管)	0.57
MA-介興 06	鋼支保(II 類 A 段、B 段及 C 段)	組	9.00	kg(鋼筋)	2,961.83
				kg(鋼板)	178.04
				kg(鑄鐵)	45.00
				kg(鋼管)	5.14
MA-介興 07	鋼支保(III 類 A 段及 B 段)	組	6.00	kg(鋼筋)	1,978.34
				kg(鋼板)	118.69
				kg(鑄鐵)	30.00
				kg(鋼管)	3.42
MA-介興 19	鋼筋	kg	183,000	kg	183,000
MA-友誠 01	混凝土	m ³	642.00	kg	1,524,750.00
MA-友誠 02	混凝土	m ³	173.00	kg	413,124.00
MA-友誠 03	鋼纖噴凝土	m ³	235.00	kg(鋼線)	10,575.00
		m ³		kg(噴凝土)	544,965.00
MA-友誠 04	280 砂漿	m ³	1.00	kg	1,964.00
MA-弘浚 01	I 型低鹼水泥砂漿	kg	37.00	kg(水泥)	740.00
		kg		kg(砂)	740.00
MA-建河 01	氧氣	支	3.00	kg	25.71
MA-建河 02	氧氣	支	8.00	kg	68.56
MA-建河 03	乙炔	支	6.00	kg	18.00

(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 1,632 人，此人數即為本期用以計算 C1A 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)

C1A 標本期運具類型包括：海運、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，是指承包商以自有運具進行材料運進；此部分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 3.4.5-5。

表 3.4.5-5C1A 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
半拖車	H 型支保、桁型支保、機具
大貨車	H 型支保、桁型支保、岩栓、急結劑、管幕鋼管、先撐鋼管、水泥、水泥砂漿、點焊網、速凝劑、油毛氈、填縫膠、混凝土管、型鋼、PVC 管、通風管
小貨車	氧氣、乙炔、氮氣、支撐架、乳膠炸藥、導爆索、雷管
預拌混凝土車	混凝土、噴凝土、鋼纖維噴凝土
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 C1A 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，C1A 標本期總排放量約為 1263.07 tonCO₂e，可綜整各類碳

足跡計算結果如表 3.4.5-6。其中，以工程材料使用的碳排放量最大，約占總排放量之 91.35%；機/運具使用次之，約占總排放量的 5.29%；再來是運輸占 3.30%，人員出勤排碳占比小於 1%，約為 0.07%。以下另逐項說明各類別碳排放量計算過程與結果。

表 3.4.5-6C1A 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	66.75	5.29%
工程材料使用	1,153.79	91.35%
人員出勤(逸散、廢棄物)	0.89	0.07%
運輸	41.64	3.30%
合計	1,263.07	100.00%

(一)機/運具使用碳排放

C1A 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 3.4.5-7，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、固定源柴油碳排放係數分別為 3.340、3.305 kgCO₂e/L，移動源汽油碳排放係數 3.360kgCO₂e/L，及電力碳排放係數 0.69 kgCO₂e/度進行計算，求得本期機具操作碳排放量合計約為 66.75 tonCO₂e。

表 3.4.5-7C1A 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
ME-東丕(8T油)-30008	保養車	-	-	-
ME-東丕(支堡)-01002	支堡車	108.00	0.36	0.53%
ME-東丕(支堡)-01003	支堡車	42.00	0.14	0.21%
ME-東丕(支堡)-01004	支堡車	36.00	0.12	0.18%
ME-東丕(挖土)-04007	挖土機	72.00	0.24	0.36%
ME-東丕(挖土)-04008	挖土機	335.00	1.12	1.68%
ME-東丕(挖土)-04009	挖土機	125.00	0.42	0.63%
ME-東丕(挖土)-04013	挖土機	484.00	1.62	2.42%
ME-東丕(挖土)-04014	挖土機	150.00	0.50	0.75%
ME-東丕(挖土)-04015	挖土機	570.00	1.90	2.85%
ME-東丕(挖土)-04022	挖土機	5,701.00	19.04	28.53%
ME-東丕(挖土)-04026	挖土機	85.00	0.28	0.43%
ME-東丕(挖土)-04027	挖土機	161.00	0.54	0.81%
ME-東丕(挖土)-04028	挖土機	923.00	3.08	4.62%
ME-東丕(挖土)-04029	挖土機	139.00	0.46	0.70%
ME-東丕(高空)-07001	高空車	360.00	1.19	1.78%
ME-東丕(高空)-07004	高空車	27.00	0.09	0.13%
ME-東丕(高空)-07005	高空作業車	-	-	-
ME-東丕(電焊)-14002	電焊機	15.00	0.05	0.08%
ME-東丕(噴漿)-03004	噴漿機	270.00	0.90	1.35%
ME-東丕(噴漿)-03005	噴漿機	-	-	-
ME-東丕(噴漿)-03006	噴漿機	230.00	0.77	1.15%
ME-東丕(噴漿)-03007	噴漿機	24.00	0.08	0.12%
ME-東丕(鏟裝)-06001	鏟裝機	607.00	2.03	3.04%
ME-東丕(鏟裝)-06002	鏟裝機	371.00	1.24	1.86%
ME-東丕(鏟裝)-06003	鏟裝機	111.00	0.37	0.56%
ME-東丕(鏟裝)-06009	鏟裝機	195.00	0.65	0.98%
ME-東丕(鑽堡)-01008	鑽堡機	-	-	-
ME-東丕(鑽堡)-01013	鑽堡機	139.00	0.46	0.70%
ME-東丕(鑽堡)-01014	鑽堡機	130.00	0.43	0.65%
ME-東丕(鑽堡)-01018	鑽堡機	20.00	0.07	0.10%
ME-東丕(鑽堡)-01020	鑽堡機	90.00	0.30	0.45%
ME-蘇建興(挖溝機)-01	挖溝機	8,469.31	28.29	42.38%
ME-蘇建興(挖溝機)-02	挖溝機			

機具編號	機/運具名稱	用油量(L)	碳排放量(tonCO ₂ e)	排碳占比
ME-蘇建興(挖溝機)-05	挖溝機			
ME-蘇建興(挖溝機)-06	挖溝機			
ME-蘇建興(堆高機)-01	堆高機			
ME-蘇建興(發電機)-01	發電機			
ME-蘇建興(發電機)-02	發電機			
ME-蘇建興(電焊機)-01	電焊機			
ME-蘇建興(噴漿機)-01	噴漿機			
ME-蘇建興(鏟裝機)-01	鏟裝機			
ME-蘇建興(鑽堡機)-01	鑽堡機			
MO-東丕(泵送車)01	大貨車			
MO-蘇建興(砂石)-01	大貨車			
MO-蘇建興-02	小貨車			
MO-蘇建興-04	小貨車			
機運具排放量合計			66.75	100.00%

本期 C1A 標機運具使用碳排放中，係以工區機具使用排碳占比最高，約占機運具總排放的 86.14%，將近整體機/運具使用排碳的一半，推測與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 43.76%；其次則為高空作業車及噴漿機，排碳占比各約為整體排放量之 2.84%及 3.64%。推測是因為本標北口工區主要作業為隧道開挖及支撐，雖本期仍以鑽炸開挖為主，但鑽炸後仍需使用挖土機、鏟裝機進行修挖、出渣等作業，故兩者排碳占比皆較高，符合工程施作實況。

(二)工程材料使用碳排放

依據本小節前段之 C1A 標本期工程材料使用量統計與活動強度換算(表 3.4.5-3)結果，可彙整計算各項工程材料使用排放如表 3.4.5-8 所示，合計約為 1,153.79 tonCO₂e。其中，主要碳排放源為混/噴凝土，約占材料排碳量之 61.4%；其次為鋼筋，約各占 36.1%。由此可知從開工以來，主要排碳項目皆為隧道內材料及混/噴凝土為大宗。

表 3.4.5-8C1A 標本期工程材料使用碳足跡計算

材料編號 (承商料號)	材料名稱	轉換後 使用數量單 位	轉換後 使用數量	碳排放量 (tonCO ₂ e)
MA-介興 01	鋼支保(橫坑 II類)	kg(鋼筋)	14,471.44	18.00
		kg(鋼板)	531.72	1.03
		kg(鑄鐵)	161.28	0.36
		kg(鋼管)	0.02	0.00
MA-介興 02	鋼支保(橫坑 漸變段 B 段)	kg(鋼筋)	277.53	0.35
		kg(鋼板)	12.66	0.02
		kg(鑄鐵)	3.84	0.01
		kg(鋼管)	0.00	0.00
MA-介興 05	鋼支保(V類 A段、B段及 C段)	kg(鋼筋)	539.23	0.67
		kg(鋼板)	28.49	0.06
		kg(鑄鐵)	7.50	0.02
		kg(鋼管)	0.57	0.00
MA-介興 06	鋼支保(II類 A段、B段及 C段)	kg(鋼筋)	2,961.83	3.68
		kg(鋼板)	178.04	0.35
		kg(鑄鐵)	45.00	0.10
		kg(鋼管)	5.14	0.01
MA-介興 07	鋼支保(III類 A段及B段)	kg(鋼筋)	1,978.34	2.46
		kg(鋼板)	118.69	0.23
		kg(鑄鐵)	30.00	0.07
		kg(鋼管)	3.42	0.01
MA-介興 19	鋼筋	kg	183,000	416.59
MA-友誠 01	混凝土	kg	1,524,750.00	181.32
MA-友誠 02	混凝土	kg	413,124.00	49.13
MA-友誠 03	鋼纖噴凝土	kg(鋼線)	10,575.00	6.61
		kg(噴凝土)	544,965.00	471.71
MA-友誠 04	280 砂漿	kg	1,964.00	0.23
MA-弘浚 01	I 型低鹼水泥 砂漿	kg(水泥)	740.00	0.64
		kg(砂)	740.00	0.00
MA-建河 01	氧氣	kg	25.71	0.00
MA-建河 02	氧氣	kg	68.56	0.01
MA-建河 03	乙炔	kg	18.00	0.10
材料排碳量合計				1,153.79

(三)人員出勤碳排放

依據前段分析 C1A 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分排放量則是以本期總出勤人日數 1,632 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 0.504 kgCO₂e/kg 計算，分別求得 C1A 標工區化糞池溫室氣體逸散量約 0.52 tonCO₂e；而處理廢棄物產生量則為 0.37 tonCO₂e。

綜合 2 項人員出勤碳排放源之排放量計算結果，可得 C1A 標本期人員出勤總排放量約為 0.89tonCO₂e。

(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 C1A 足跡盤查日誌運輸部分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 C1A 標本期運輸碳排放量約為 41.64 tonCO₂e。

3.4.6 蘇澳東澳段機電工程(A4 標)

本小節首先簡要介紹蘇澳東澳段機電工程(A4 標)內容，再接續逐項說明 A4 標 104 年 1-6 月登錄清冊累積項目，及不同工程排放類別包括：能資源、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

蘇澳東澳段機電工程(A4 標)工程範圍如圖 3.4.6-1，主要包含蘇澳隧道、白米高架橋、永樂高架橋、東澳隧道、東澳北溪河川橋、東岳隧道與幸福高架橋，共計 9.7 公里，其中包括道路段 1.5 公里、橋梁段 4.4 公里及隧道段 3.8 公里。

A4 標工作包含隧道及機房機電工程的動力配電、照明、火災警報、監控與消防給排水等，以及道路段及橋樑段的公路照明。

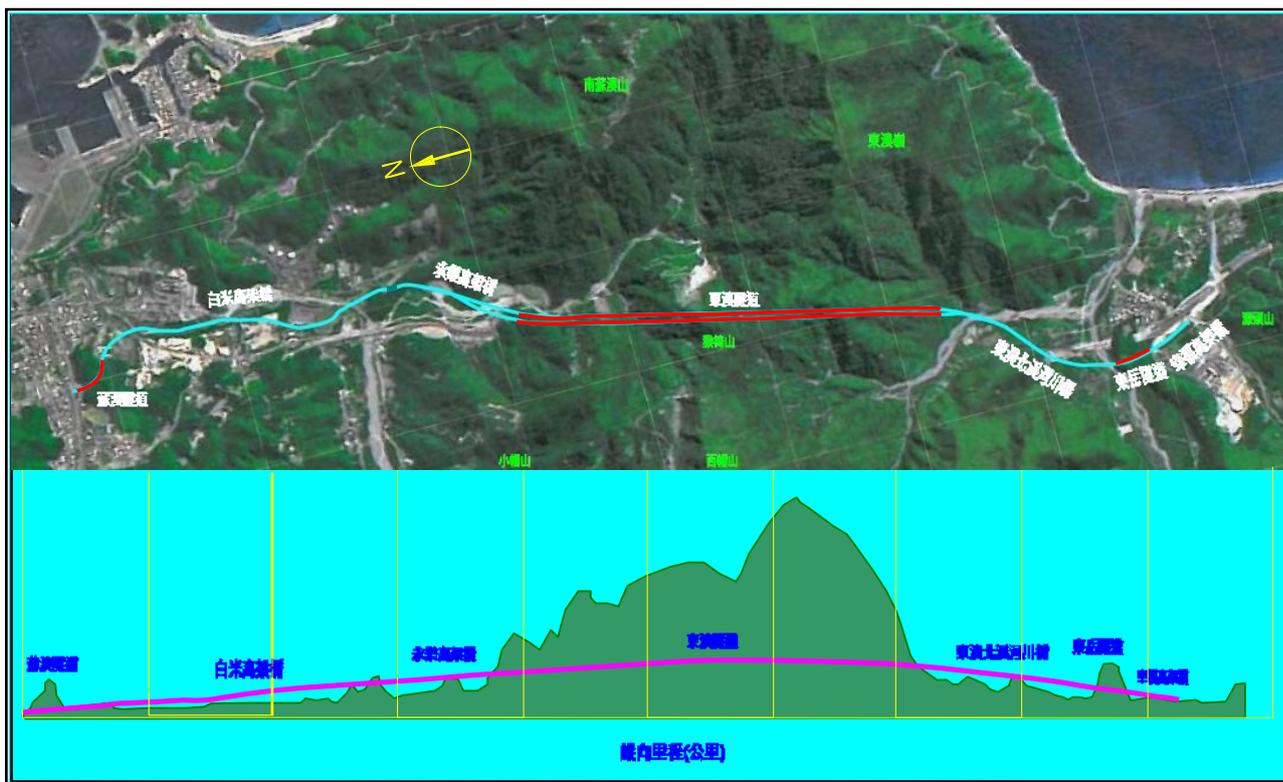


圖 3.4.6-1 蘇澳東澳段機電工程(A4 標)工程範圍示意圖

二、碳足跡盤查登錄清冊與活動數據

蘇澳東澳段機電工程(A4 標)自 103 年 12 月 19 日決標，104 年 1 至 6 月仍屬於人員、機具、材料動員及準備狀態。104 年 3 月 10 日進駐公務所至今，登陸清冊與活動紀錄方面僅有工務所水電、公務車、以及人員出勤，詳如下表 3.4.6-1 及表 3.4.6-2，因為此部分活動量屬於管理單位之活動量，故將於年度管理單位排碳量中計算。

表 3.4.6-1 蘇澳東澳段機電工程(A4 標)登錄清冊彙整表

表單編號	表單名稱	總筆數
CP	工程施工項目登錄表	1
CC	廠商登錄	1
ME	施工機具/耗能設備登錄表	0
ES	用電登錄表	2
WS	用水登錄表	1
MA	工程材料登錄表	0
PL	植生登錄表	0
MO	運具設備登錄表	4
HR	工區人員交通方式登錄表	8

表 3.4.6-2 蘇澳東澳段機電工程(A4 標)活動數據彙整表

編號	名稱	數量	單位
ES-01	辦公室用電	367	度(電)
ES-02	宿舍用電	544	度(電)
WS-01	生活用水	28	度(水)
MO-001	小客車	46.09	公升(汽油)
MO-002	機車	13.05	公升(汽油)
MO-003	機車	6.95	公升(汽油)
MO-004	小客車	272.09	公升(汽油)
A4-01	靖宜工程有限公司人員出勤	402	人日

三、未來工作重點

A4 標目前已完成整體施工計畫書，各分項工程計畫仍在準備中，預計開工時間為 105 年 1 月。本計畫已草擬機電交控設備規格表單，如表 3.4.6-3 所示，待各分項工程計畫完成後，將蒐集各機電設備之規格及耗能等資料，以估算未來營運中之碳排放。

表 3.4.6-3 機電交控設備規格表單設計

設備名稱	
功能/用途	
生產方式	自產、進口材料組裝、進口
製造商/代理商	
設備型號	(選擇性填寫)
製造商/代理商聯絡人	
製造商/代理商聯絡方式	
設備能耗類別	電/油/其他
設備能耗率	
設備外型尺寸	長/寬/高 直徑 體積
概略重量	
耗材使用	
耗材更換頻率	
平均使用壽命/設備汰換頻率	(可參考公路總局規定財產壽命手冊)
設備規格附件	型錄單、照片

3.4.7 交通控制系統工程(E1 標)

本小節首先簡要介紹交通控制系統工程(E1 標)內容，再接續逐項說明 E1 標 104 年 2 月 26 日開工至 6 月底登錄清冊累積項目，及不同工程排放類別包括：能資源、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

交通控制系統工程(E1 標)工程範圍如圖 3.4.7-1，主要工程施工地點(包括一期：蘇澳~東澳、二期：南澳~和平、三期：和中~和仁及和仁~大清水等)、公路總局第四區養護工程處轄區(包括既有台 9 線蘇澳里程約 104K+726 至崇德里程約 181K+300)等地點區域。

E1 標工作包含工程範圍內整體路網交通控制系統之現場勘測、系統施工設計、購料、製造、施工、安裝、測試調整及保固等。



圖 3.4.7-1 交通控制系統工程(E1 標)工程範圍示意圖

二、碳足跡盤查登錄清冊與活動數據

交通控制系統工程(E1 標)自 104 年 1 月 14 日決標，並於 104 年 2 月 26 日開工，目前為止仍屬於人員、機具、材料動員及準備狀態。104 年 2 月 26 日進駐工務所至今，登錄清冊與活動紀錄方面僅有工務所水電、公務車、以及人員出勤等，詳如下表 3.4.7-1 及表 3.4.7-2，同 A4 標，此部份活動量將納入管理單位排碳量計算。

三、未來工作重點

E1 標目前已完成整體施工計畫書，各分項工程計畫仍在準備中，預計開工時間為 105 年 1 月。本計畫已草擬機電交控設備規格表單(同 A4 標)，如表 3.4.6-3。待各分項工程計畫完成後，將蒐集各機電設備之規格及耗能等資料，以估算未來營運中之碳排放。

表 3.4.7-1 交通控制系統工程(E1 標)登錄清冊彙整表

表單編號	表單名稱	總筆數
CP	工程施工項目登錄表	1
CC	廠商登錄	4
ME	施工機具/耗能設備登錄表	0
ES	用電登錄表	4
WS	用水登錄表	3
MA	工程材料登錄表	0
PL	植生登錄表	0
MO	運具設備登錄表	3
HR	工區人員交通方式登錄表	17

表 3.4.7-2 交通控制系統工程(E1 標)活動數據彙整表

編號	名稱	耗能	單位
MO-001	客貨兩用車	827.69	L
MO-002	客貨兩用車	466.85	L
MO-003	客貨兩用車	70.00	L
ES-001	工務所 43 號 1F 電錶	3220	Kwh
ES-002	工務所 43 號 2F 以上電錶	991	Kwh
ES-003	工務所 41 號 1F 電錶	—	Kwh
ES-004	工務所 41 號 2F 以上電錶	403	Kwh
WS-001	工務所 41 號水錶	1.00	度
WS-002	工務所 43 號水錶	21.50	度
WS-003	山泉水	0.00	度
E1-001	資拓宏宇國際股份有限公司	425.00	人日
E1-002	全徽道安科技股份有限公司	542.00	人日
E1-003	資拓宏宇國際股份有限公司	255.00	人日

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，中仁隧道接續工程(C1A 標)已於今年 4 月開始動工，現有 5 個土建標開始執行工程碳足跡盤查輔導，故以下依開工順序：東澳東岳段新建工程(A3 標)、東澳隧道之工程(A2 標)、蘇澳永樂段新建工程(A1 標)、仁水隧道新建工程(C2 標)及中仁隧道接續工程(C1A 標)，就前述各標開工迄 104 年 6 月底之碳足跡計算結果，首先提出主要碳排放源鑑別結果；再以 A3 與 A1、A2 與 C2 標分橋梁、隧道兩大類，進行工程碳足跡與工程特性關聯分析及環境影響因子之探討分析與說明。最後，另嘗試以本計畫盤查 A3 標主要混凝土供應商之碳排放活動量結果，所完成之單位混、噴凝土碳足跡係數，對 A3 標進行敏感度分析與初步探討。

4.1 工程碳足跡盤查結果分析研究

以下即分小節就 5 個土建標的碳足跡盤查與計算結果，提出各工程自開工至 104 年 6 月底止之碳排放源鑑別結果與分析說明。

4.1.1 東澳東岳段新建工程(A3 標)

A3 標自開工(101 年 9 月)至 104 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 57,295 tonCO₂e，本期增加約 7,510tonCO₂e，各類別排碳量占比，如圖 4.1.1-1 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 94%，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)，約占總排放量之 4%。

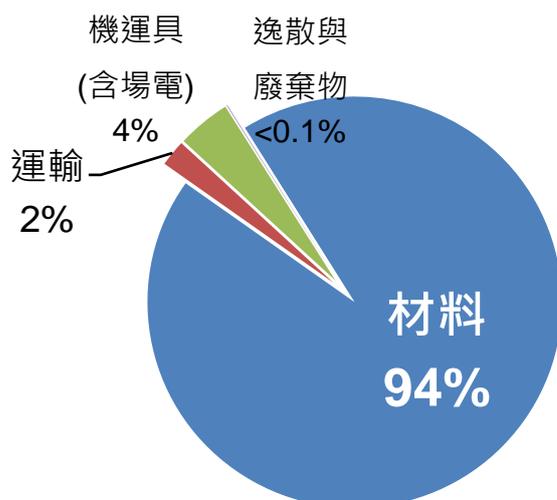


圖 4.1.1-1 A3 標開工迄今各類型排碳占工區碳足跡比例分析

本期運輸排碳量占比已趨於穩定，維持在 1.7%，本期雖然應協力廠商機具運入運出紀錄合理有補填報數筆運入運出紀錄，惟其排碳量相較於材料及機具排碳量仍為較小之增加量，故占比變化不大。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 0.05%。

本期雖然因基礎墩柱工程的完成，因此總排碳量增加有所趨緩，但後續上構及橋護欄工程仍持續使用鋼筋與混凝土以及操作機具，使得材料排碳占比仍維持為最高的排放源類別。合計工程材料與機具使用排放量約占總工區碳足跡之 98.2%；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，兩項排放量加總約占材料排碳的近 93%，相較於前期 88% 有上升之趨勢。此上升之驅勢主要係因為目前橋護欄工程、排水工程、隧道襯砌工程主要使用材料為竹節鋼筋與混凝土，而預力鋼腱等其他排放源排碳量降低，因此影響占比變化，但未來隨著管路工程的持續進行，排碳量占比仍有變化之可能。

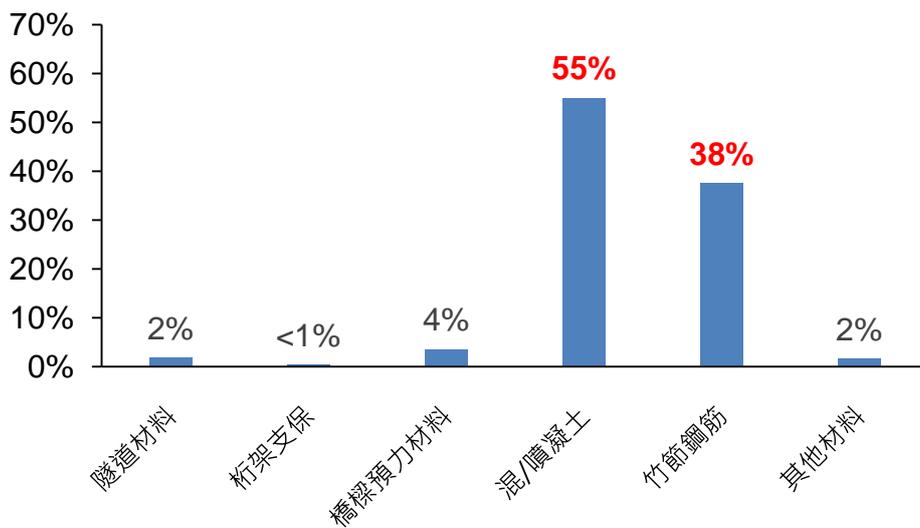


圖 4.1.1-2 A3 標開工迄今不同工程材料占材料排放總量比例分析

另同前期報告、就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；本期混凝土及竹節鋼筋運輸排碳量占比略為下降，而機具運輸之排碳量則是由 3% 上升至 9%，主要係因為本期補充開工至今協力廠商運入運出紀錄之緣故。

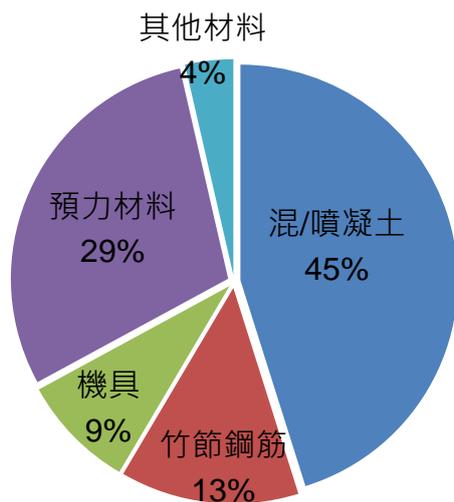


圖 4.1.1-3 A3 標開工迄今材料及機具運輸占運輸排放總量比例分析

4.1.2 東澳隧道新建工程(A2 標)

A2 標自開工(101 年 12 月)至 104 年 6 月底，工區碳足跡計算結果約為 39,604 tonCO₂e，各類別排碳量占比如圖 4.1.2-1。

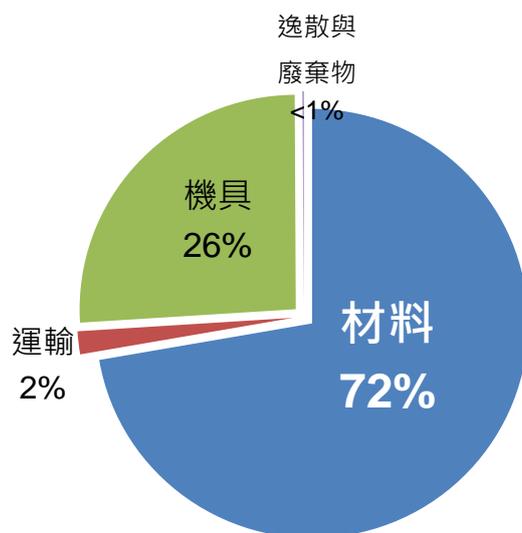


圖 4.1.2-1 A2 標開工迄今各類型排碳占工區碳足跡比例分析

A2 標工區碳足跡貢獻比同為工程材料使用排放最大，約占總排碳量之 72%；其次為機/運具使用排放，約占總排碳量之 26%，運輸排放占比略為下降至 1.67%；而人員出勤之逸散廢棄物排放占比約為 0.1%，本期各排碳量占比變化不大，由 A3 標及 A2 標占比變化的穩定，可以看出隧道標與橋梁標排碳量占比型式之不同，未來隨著 C1A 標及 C2 標工程的進行，可以再作比對。

另由排碳量占比最高之工程材料使用排放作進一步分析，A2 標不同工程材料排碳占材料排放總量之比例如圖 4.1.2-2 所示。A2 標截至 104 年 6 月底為止，主要使用之工程材料為混/噴凝土，約占工程材料排碳總量的 44.8%；其次為隧道工程之主要材料樹脂、管窰、先撐及灌漿鋼管，依序約占累計材料排放的 16.1、10.6%。其中，本期鋼筋排碳雖未排至前三，但相較於前期有 2%的上升，主要係因 A2 標開始仰拱、機房等工程

開始的關係。

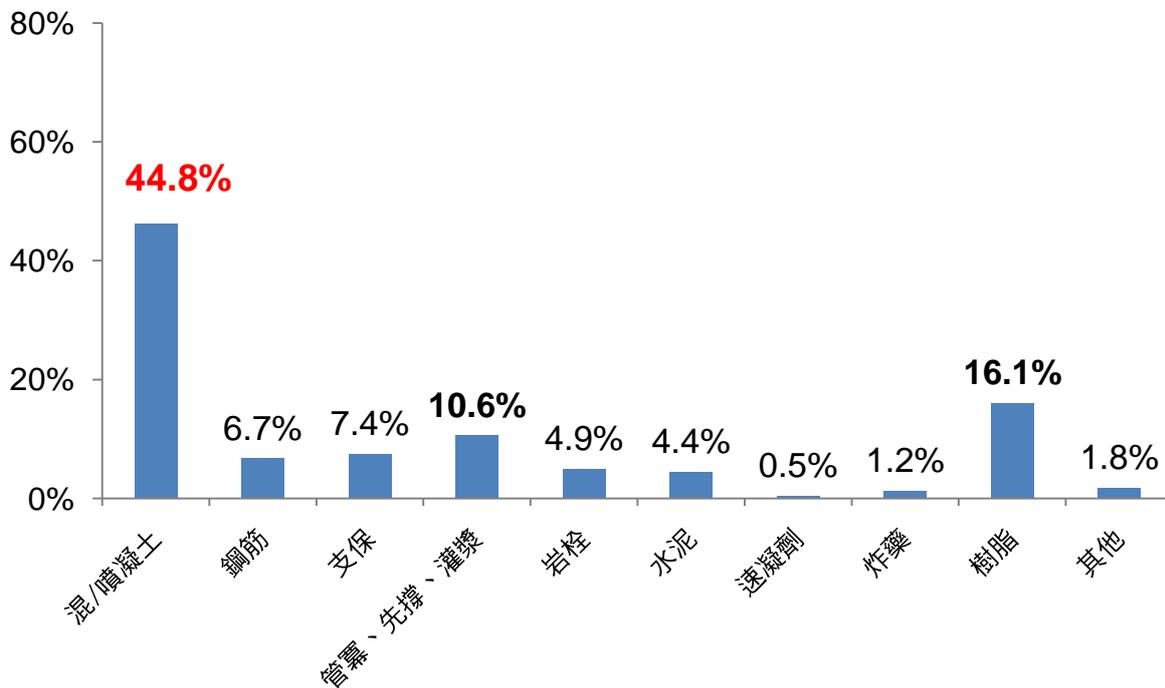


圖 4.1.2-2 A2 標開工迄今不同工程材料占材料排放總量比例分析

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 4.1.2-3。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 44%；相較於 C1 標之運輸排放分析內容，土方運輸排放並未明顯的運輸排放源，主要原因是 C1 標隧道出渣大部分用於區內土方平衡之路堤填築、列入工區內運具排放計算，另一部分為因供給 B4 標使用毋須計入所致。但混凝土運輸仍為次於土方運輸的最顯著運輸排放源，約占 22%。

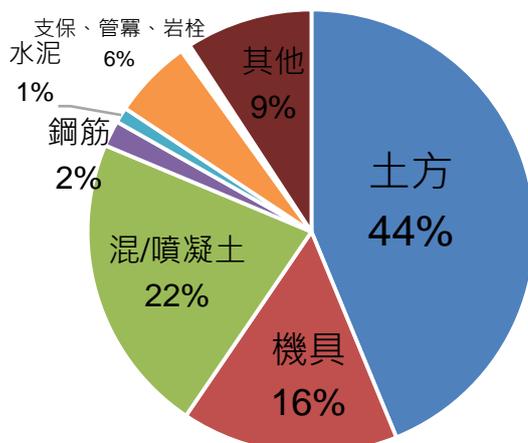


圖 4.1.2-3 A2 標開工迄今材料及機具運輸占運輸排放總量比例分析

4.1.3 蘇澳永樂段新建工程(A1 標)

A1 標自開工至 104 年 6 月底之工區碳足跡計算結果約為 61,355tonCO₂e，各類型排碳活動占比分析如圖 4.1.3-1；由圖可知，目前對於 A1 標工區碳足跡貢獻最大者為工程材料的使用，約占總工區碳足跡的 94.4%，與 A3 標工程材料的排放占比相近。其他類型的碳排放活動包含機/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%。其中，機運具使用排放約占 4.7%、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碳足跡的 99.2%。

綜合 A3 及 A1 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 102 年底即占當時總排放量的 94%，又進度較快的 A3 標累計材料排放占比也維持在 94% 左右，顯見橋梁標的各類排放源之排放占比已趨於穩定。

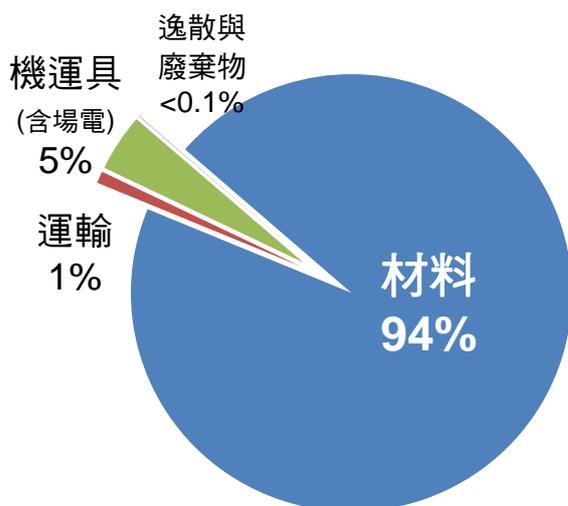


圖 4.1.3-1 A1 標開工迄今各類型排碳占工區碳足跡比例分析

另分析工程材料使用中的各類工程材料碳排放量如圖 4.1.3-2，同樣以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，兩材料排碳量占雖互有變化，但兩者總量變化則較為穩定，與上期占比相似，兩項排放量加總計算即逾工程材料累計排放量的 90%，此外本期預力材料排碳量占比由 1.4% 上升至 2.8%，主要係因為上構工程開始進行，預力鋼腱以及端錨的使用比上期增加之緣故。

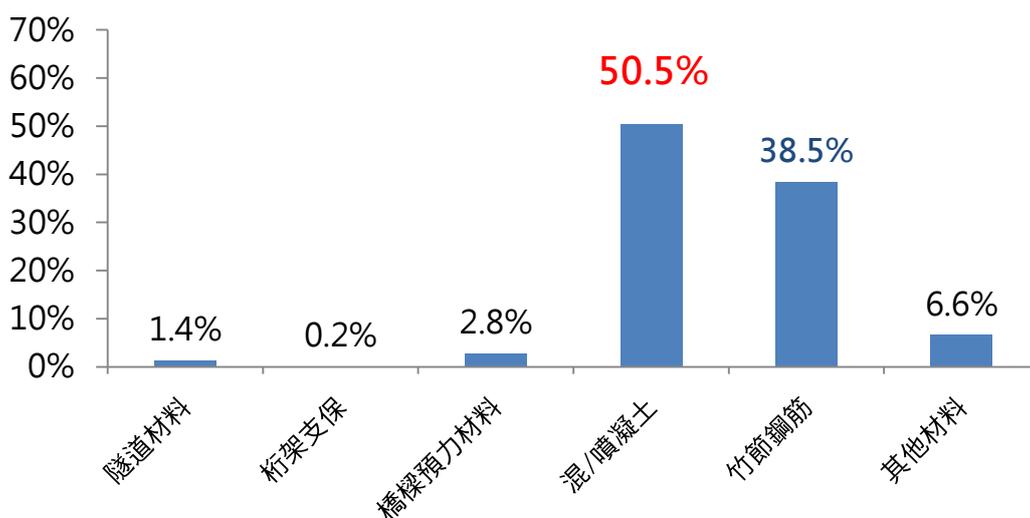


圖 4.1.3-2 A1 標開工迄今不同工程材料占材料排放總量比例分析

另以運輸碳足跡計算結果，分析機具、工程材料、竹節鋼筋及混凝土運輸之排放占比，結果如圖 4.1.4-3。

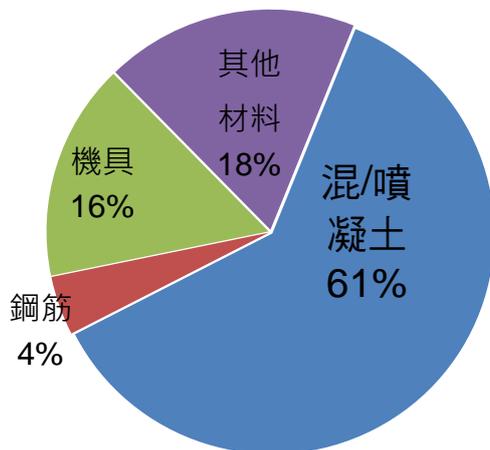


圖 4.1.3-3 A1 標開工迄今材料及機具運輸占運輸排放總量比例分析

由圖可知，A1 標大約有近 83% 的運輸排碳量都是因工程材料運輸所產生，機具運輸排放則占約 16%，較上期略為上升 2%，主要係因為本期因協力廠商機具運入運出合理化，所進行機具運輸紀錄補填之緣故。

4.1.4 仁水隧道新建工程(C2 標)

C2 標自開工(103 年 6 月)至 104 年 6 月底，工區碳足跡計算結果約為 4,560.03 tonCO₂e，各類別排碳量占比如圖 4.1.4-1。C2 標工區碳足跡貢獻比同為工程材料使用排放最大，約占總排碳量之 83%；其次為機/運具使用排放，約占總排碳量之 15%，運輸排放占比略為 2%；而人員出勤之逸散廢棄物排放占比約為 0.1%。

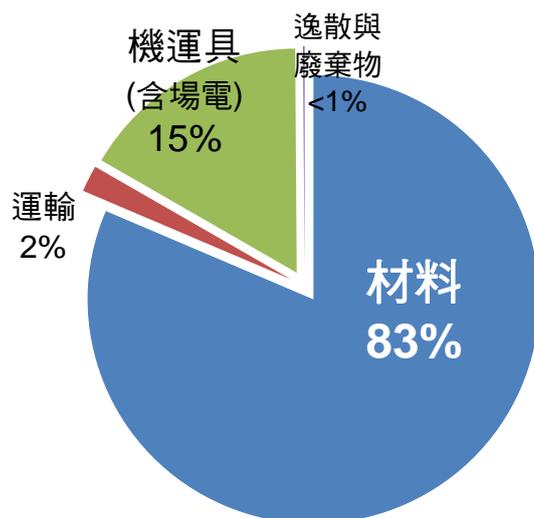


圖 4.1.4-1 C2 標開工迄今各類型排碳占工區碳足跡比例分析

本期各排碳量占比變化不大，與 A2 標占比變化模式接近，未來隨著 C1A 標工程的進行，可以再作比對。另由排碳量占比最高之工程材料使用排放作進一步分析，C2 標不同工程材料排碳占材料排放總量之比例如圖 4.1.4-2 所示。C2 標截至 104 年 6 月底為止，主要使用之工程材料為混/噴凝土，約占工程材料排碳總量的 42%；其次為隧道工程之主要材料岩栓、支保，約占累計材料排放的 34%、7%。

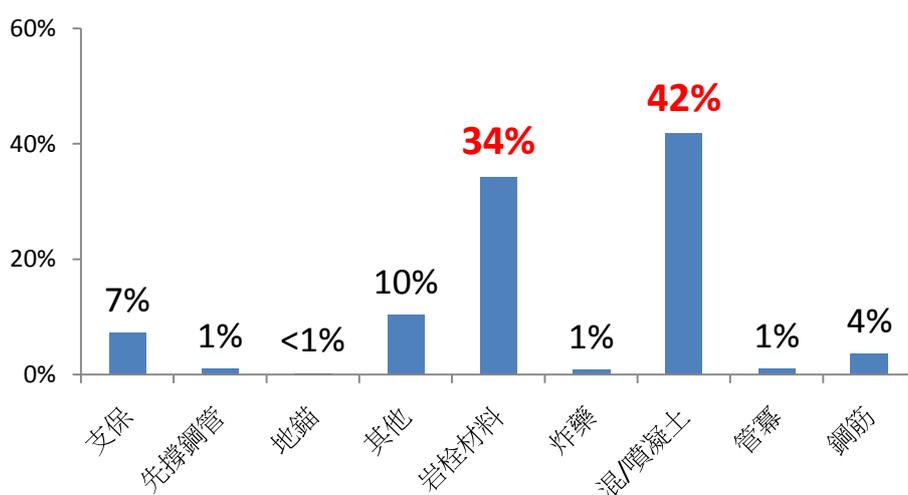


圖 4.1.4-2 C2 標開工迄今不同工程材料占材料排放總量比例分析

另就 C2 標運輸碳足跡計算結果進行分析，其機具、工程材料之運輸排碳分項占比如圖 4.1.4-3。由圖可知，C2 標運輸排碳的主要排放源為其他材料，占比高達 48%，包括：灌漿材料(水玻璃及地改灌漿)、組合屋材料、圍籬、紐澤西護欄、鋼纖維、廢棄碎木、岩栓及地錨材料等，占比從 10%~20% 不等；但機具運輸及混凝土運輸仍為次於其他材料運輸的最顯著運輸排放源，約占 26% 與 17%。不同於 A2 標土方運輸排放為主要排放源，由於 C2 標開挖出渣係委由土資場出車直接至工區外運，故此段運輸排放被歸為土資場進料而未計入本標碳足跡。

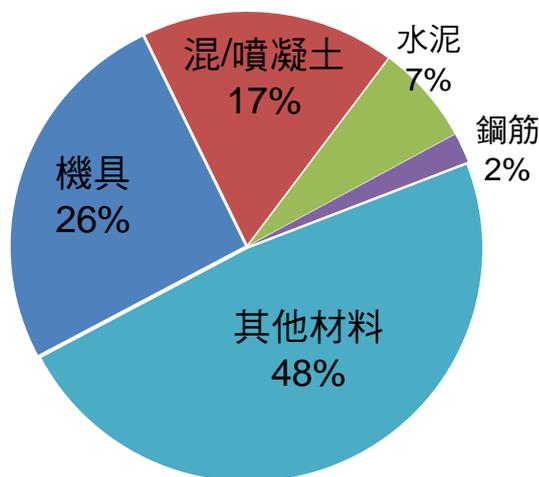


圖 4.1.4-3 C2 標開工迄今材料及機具運輸占運輸排放總量比例分析

4.1.5 中仁隧道接續工程(C1A 標)

C1A 標自開工(104 年 4 月)至本期統計時間(104 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 1,263.07tonCO₂e，各類型排碳活動占比分析如圖 4.1.5-1。由圖可知，C1A 標工區碳足跡貢獻度最大者，為工程材料使用之排碳量，約為 91%。排碳量占比第二的來源為機/運具使用，約為 5%，運輸及逸散與廢棄物排碳量占比則分別約為 3% 及小於 0.1%。C1A 標工程材料排碳占比最為顯著，主要原因為工程材料使用量、排放係數皆高於其他排放源所致。

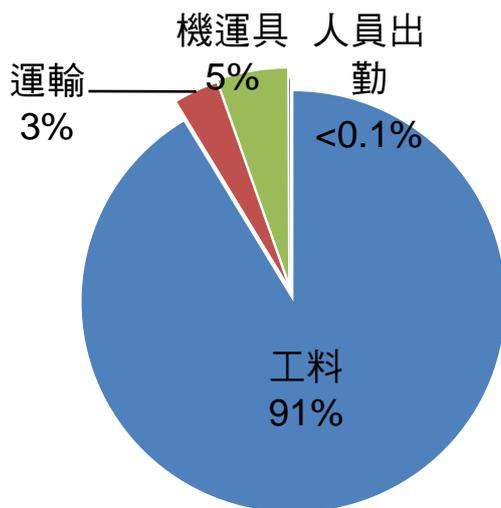


圖 4.1.5-1 C1A 標開工迄今各類型排碳占工區碳足跡比例分析

C1A 標 104 年度之主要作業項目仍為隧道開挖作業，故用於隧道開挖支撐作業的工程材料量持續增加。由此顯見，工程材料占 C1A 標工程排碳量之大宗，目前開工迄今尤以混/噴凝土為最大宗。

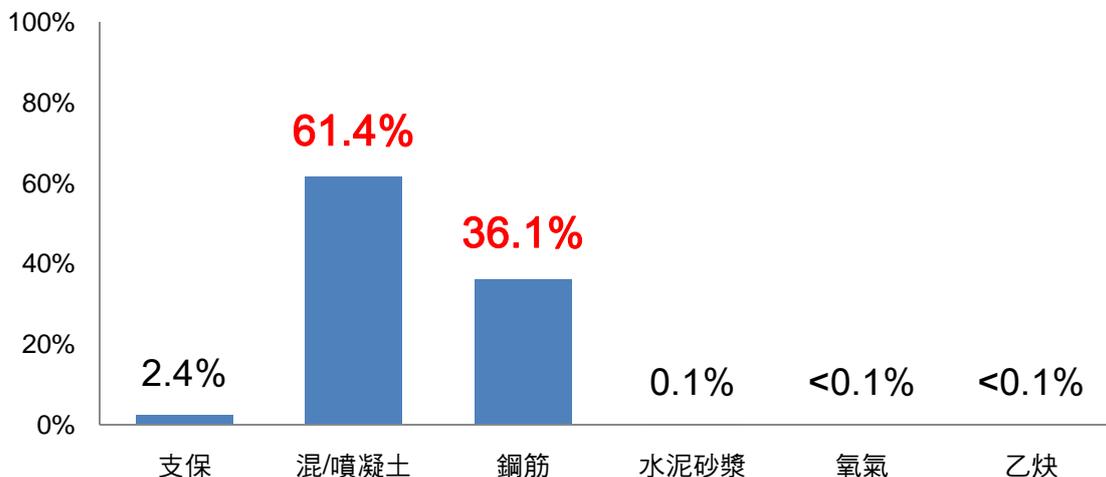


圖 4.1.5-2 C1A 標開工迄今不同工程材料占工程材料排放總量比例分析

另針對運輸碳足跡計算結果，分別就機具、支保、岩栓、先撐鋼管、混/噴凝土之運輸進行排碳占比分析，結果如圖 4.1.5-3 所示。

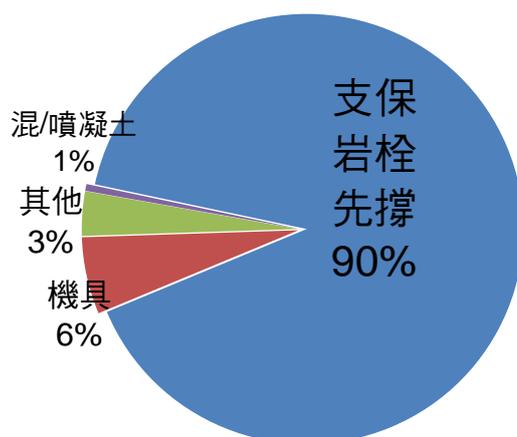


圖 4.1.5-3 C1A 標開工迄今材料及機具運輸占運輸排放總量比例分析

由圖可知，C1A 標約 94% 的運輸排碳量皆源於工程材料運輸；其中，使用量最大的支保、岩栓、先撐鋼管運輸排碳各占 C1A 標運輸排放之 90%；機具運輸則占約 6%。目前雖以隧道內材料為排放大宗，但依其他隧道標的運輸排放的變化模式，可以預期混/噴凝土在接下來工期累積後，會有上升之趨勢。

4.2 工程特性與工程碳足跡關聯分析(含環境影響因子探討)

針對目前可得之各標盤查輔導與碳足跡計算執行成果，以下即分小節先就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，以機運具及工程材料使用排放部分進行分工項排放占比分析，其中因本期 C1A 標處於動員及準備期間，僅 6 月最後一周開始隧道開挖工作，故本期暫不對 C1A 標進行工程項目分析。而後再分別以橋梁標與隧道標兩類工程，就單位工項碳足跡及隧道工程岩體類型對於碳排放的影響作分析與探討。

4.2.1 各標工程特性分析

一、東澳東岳段(A3 標)

A3 標開工至 104 年 6 月底止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，本期新增之管路工程及地磅/管制站工程將納入其他雜項；而橋護欄工程則納入上構工程計算，就各工程之機/運具操作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。

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	工程材料使用	小計	占比
圍籬及便道便橋工程	84	664	748	1%
井基工程	262	5,656	5,919	11%
基樁工程	328	6,259	6,587	12%
基礎層及墩柱工程	204	11,788	11,991	21%
上構工程	461	19,793	20,254	36%
隧道工程	805	7,538	8,343	15%
排水與路工工程	183	1,638	1,821	3%
其他工項	4	233	237	<1%

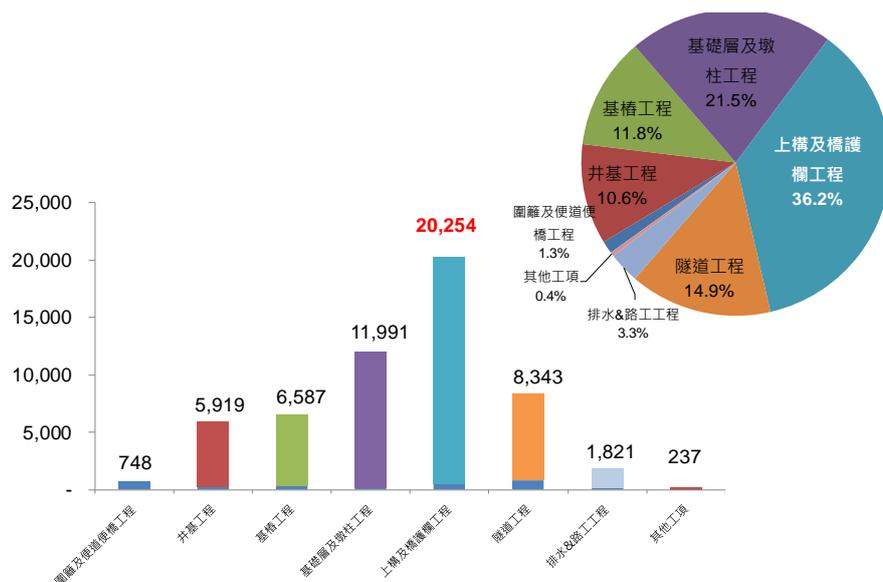


圖 4.2.1-1 A3 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析

目前係以進行中的上構工程機具與材料使用排碳量最大，占總機具與材料使用排碳量的 36%；其次則為前年度排碳占比最大的基礎層及墩柱工程，雖然本期仍有部份橋台施作，但截至 6 月底占比已下降至 22%；井基及基樁工程占比又再下降至 11%與 12%。而目前尚在進行中東岳隧道工程占比則如預期般上升，約占 15%；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。

由各工項排放量之機/運具使用能耗與工程材料使用排放相較可發現，工程材料使用排放的貢獻遠較機運具排放大，以基礎層及墩柱工程之工程材料排碳貢獻量最高，占該工項材料機具排放總量約 98%；由 4.1.1 節 A3 標排放源分析結果，材料使用排放的主要來源為混凝土與竹節鋼筋。

相較而言，東岳隧道工程材料占比較橋梁工程各工項工程材料占比明顯為低，但本期仍占隧道工程總排碳量的 90%，較上半年度量化結果略為上升。主要係因為目前隧道開始襯砌，使用大量的竹節鋼筋，因而造成材料排碳量占比上升。因此，可預期後續其他隧道工程開始進行襯砌作業時，材料與機具的排碳量占比可能也會有

明顯消長，本計畫將持續觀察。

二、東澳隧道新建工程(A2 標)

A2 標開工迄 104 年度上半年施作之工程項目可概略區分為：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、土方暫置、其他雜項等工項，本計畫依據承包商所提供之機具分油及工程材料使用記錄，就開工至 104 年度上半年工程材料使用及機具操作能耗排放進行彙整分析，可整理如表 4.2.1-2。

表 4.2.1-2 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/運具操作	工程材料使用	小計	占比
隧道北口開挖作業	1,842	15,897	17,738	48%
隧道南口開挖作業	2,358	7,329	9,687	26%
隧道洞口作業	41	498	539	1%
橋台、井基作業	346	1,387	1,733	5%
土方暫置	828	359	1,187	3%
其他	205	2,060	2,265	6%
用電設備	3,824	-	3,824	10%
共用油箱	234.02	-	234	1%

A2 標開工迄 104 年上半年度度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 48%與 26%，加入隧道洞口作業及用電設備則合計約占 85%，除了北口井基及橋台工程與持續進行的土方暫置工程外，福清大部份機具及材料投入於隧道工程。

其餘工程項目排碳量占比最高的部份為其他雜項工程，主要係因福清目前南口機房所使用之機具材料排碳量納入其他雜項工程當中，故其他雜項工程結算至本期有 6%左右的排碳量占比，未來將視後續排碳量變化情形，於年末報告中建立新工程項目分類進行比較。

另整理上述各項說明以圖形化呈現，如圖 4.2.1-2。

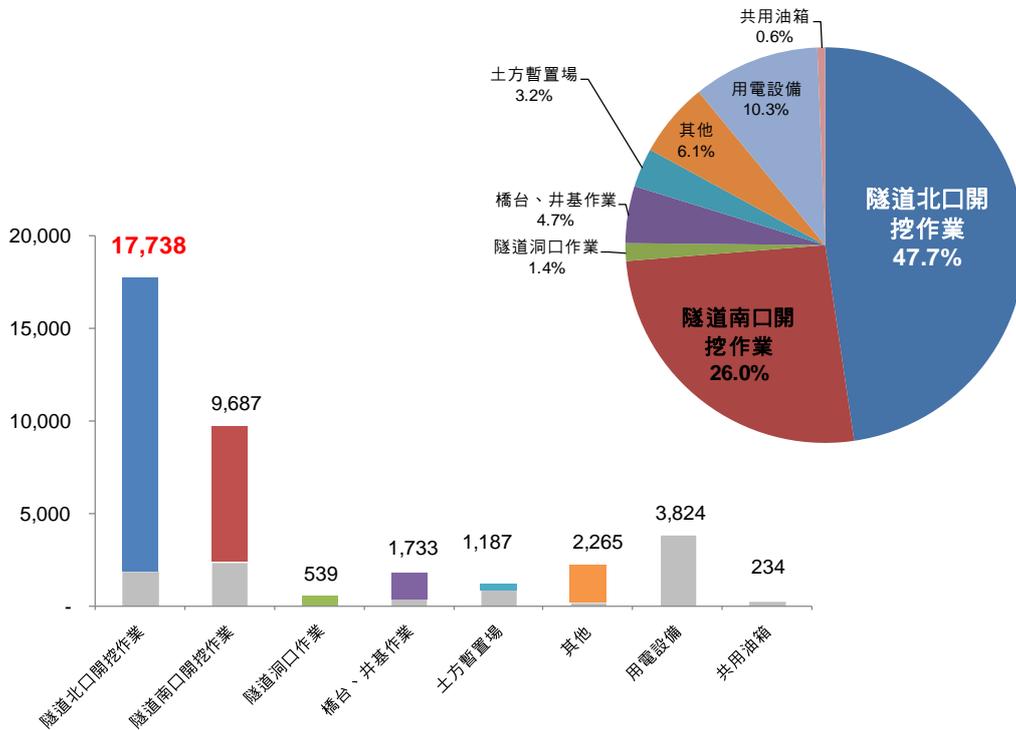


圖 4.2.1-2 A2 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析

三、蘇澳永樂段新建工程(A1 標)

A1 標開工至 104 年 6 月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、上構、隧道及其他雜項工程。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 4.2.1-3。

如表所示，目前排碳量占比最高的為基礎及墩柱工程，但基礎及墩柱工程目前已接近完工，故排碳量占比相較於上期 47%，本期已下降至 40%，未來隨著其他工程的持續進行，預估將與 A3 相似，占比將會持續下降。已完工的基樁工程亦有相同情形，占比由 31% 下降至 24%；而隨著工進得推展，本期上構工程排碳量占比由上期 7% 上升至 19%；隧道工程部份，本期也增加 3% 左右，隨著工程的持續進行，預估上構及隧道工程排碳量占比後續將會持續上升。

表 4.2.1-3 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/運具操作	工程材料使用	小計	占比
圍籬及便道便橋工程	70	363	432	1%
井基及路塹工程	117	3,168	3,285	6%
基樁工程	525	14,832	15,357	26%
基礎及墩柱工程	130	23,269	23,398	39%
排水工程	36	1,035	1,072	2%
隧道工程	943	2,767	3,710	6%
上構工程	102	11,767	11,870	20%
其他工項	410	58	468	1%

工程材料與機具操作使用於不同工程項目之排碳占比情形如圖 4.2.1-3 所示。

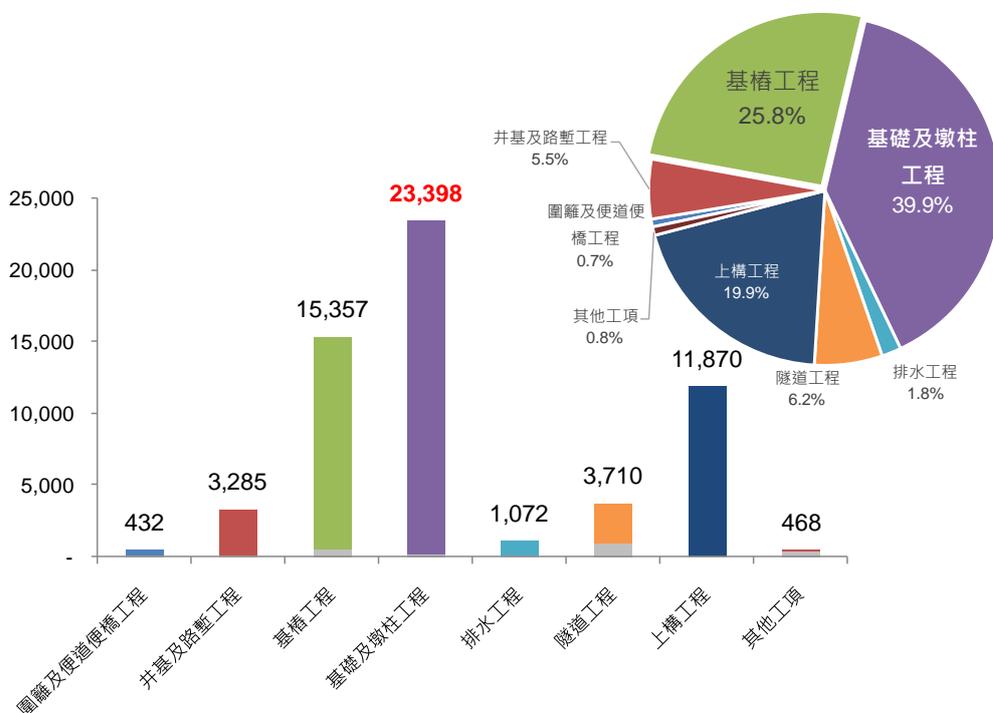


圖 4.2.1-3 A1 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析

由上圖比對 4.2.1-1 可發現 A1 標與 A3 標情形相似，絕大部分工項之工程材料占比皆在材料與機/運具能耗排碳量和的 90% 以上，屬於橋梁標主要工項排碳量組成的特性之一；主因是這些工項都需投入大量混凝土及鋼材。

四、仁水隧道新建工程(C2 標)

C2 標開工迄 104 年上半年度施作之工程項目可概略區分為：北口隧道開挖、邊坡保護、排水及路工工程、疏散及聯絡通道、其他雜項及用電設備等工項，本計畫依據承包商所提供之機具分油及工程材料使用記錄，就開工至 104 年上半年工程材料使用及機具操作能耗排放進行彙整分析，可整理如表 4.2.1-4。

表 4.2.1-4C2 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	工程材料使用	小計	占比
北口隧道開挖	182.21	1636.13	1818.34	53.43%
邊坡保護	124.39	416.93	541.33	15.91%
排水及路工工程	99.54	442.21	541.76	15.92%
疏散及聯絡道	33.21	78.85	112.06	3.29%
其他	192.36	133.81	326.18	9.58%
用電設備	63.78	—	63.78	1.87%

C2 標開工迄 104 年上半年度的主要碳排放工項為北口隧道開挖作業，分別占總機/運具操作及工程材料使用排放的 53.43 %，加入疏散及聯絡通道與用電設備則合計約占 58.59 %，除了邊坡保護、排水及路工工程及其他工程外，大陸機具主要投入北口隧道與疏散及聯絡道的開挖作業。

其餘工程項目排碳量占比最高者為邊坡保護、排水及路工工程，主要係因目前除隧道持續開挖外，隧道洞口邊坡保護工程仍尚未結束，以及各項排水設施施工亦持續進行中，預計邊坡保護、排水及

路工工程將於 104 年下半年陸續完成，主要工程將以隧道工項為主，年末報告將針對隧道工程項目細分進行分析。

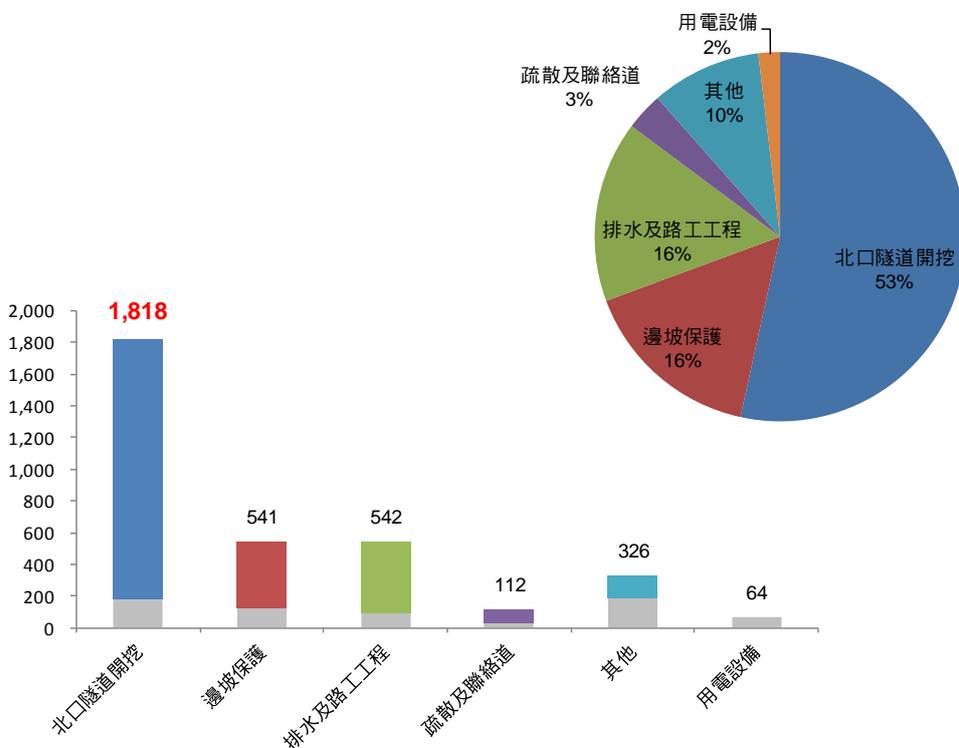


圖 4.2.1-4 C2 標迄今不同工程項目之碳排放源占比分析

4.2.2 橋梁標工程特性分析

蘇花改工程 A1 標及 A3 標皆以建造橋梁設施為主，但工程整體中同樣具有短隧道工程，且同為眼鏡型隧道。A1 及 A3 標兩標基礎型式皆包括樁式基礎、井式基礎或直接基礎；上構部分 A1 標除了與 A3 標採用相同之場撐及懸臂工法外，另有由墩柱編號 P10 開始的支撐先進工法。A1 與 A3 標由開工迄 104 年 6 月底止，工程進度分別為 54% 及 89%，目前 A1 標於白米高架橋及永樂高架橋工區皆有部分墩柱已開始上構工程，但同時也還有基礎及墩柱尚未施做；A3 標墩柱工程則已全數完成，104 年度上半年主要工程進度集中於上構工程。

茲依據工程特性分析需求，首先整理兩標工程現階段進度，及本計畫各進度報告至今分階段完成的各工程項目排放分析結果，如表 4.2.2.-1

所示。由表可知，目前 A3 標下構工程已全數完工，亦已於 103 年報告中說明，目前主要工程項目為兩工區上構及橋護欄工程；A1 標截至 104 年 6 月底止，尚有少部份基礎層(P40)及墩柱(P33、P40、PS6)仍未完工，本期主要工程項包括基礎層、墩柱及上構工程。

表 4.2.2-1 橋梁標各工項施工情形

工程類別		下構工程				上構工程
標別	狀態	井式基礎	樁式基礎		墩柱工程	
			基樁	基礎層		
A3 標	施工情形	已完工	已完工	已完工	已完工	進行中
	分析狀況	已分析	已分析	已分析	已分析	
		(103 年末)	(102 年中) (102 年末加入機具)	(102 年末)	(103 年中)	
(103 年末)						
A1 標	施工情形	已完工	已完工	進行中	進行中	進行中
	分析狀況	本次 報告分析	已分析 (102 年末)			

本期報告將說明 A1 標於本期已完工之井式基礎排碳量分析，並將其結果與 103 年末報告書中提出之 A3 標井基排碳計算結果進行比較。其餘工程項目，包括 A1 標之基礎墩柱工程、A3 標上構工程方面，因為目前截至 104 年 6 月底止尚未完工，故將在完工後再於後續報告中討論說明。

本期分析 A1 標井基依直徑分別為 6m、7m 及 8m，直徑 6m 井基因變更設計緣故實施作兩處，長度為 20m；直徑 7m 井基共施作 3 處，長度分別為 25m 井基 2 處，22m 井基 1 處；8m 井基長度皆為 26m，計算總施作長度分別為 40m、72m 及 52m，井基工程計算單位體積碳排放量主要納入機具能耗、材料運輸及工程材料(混/噴凝土、竹節鋼筋、點焊網及桁架支保)排碳，各項目計算方法如下：

(一)機具能耗：採實際用油量計算排碳量後，先依據北勝機具執行永

樂路堤工程與井基工程總時分配兩工程項排碳量，再依井基體積分配。

(二)材料運輸：依據材料使用量，以各材料主要運輸起迄點計算活動量(tkm)，再依運具型式計算碳排放量

(三)工程材料使用

1. 混/噴凝土：採用實際使用量計算排碳量
2. 桁架支保：依照協力廠商提供實際使用組數計算排碳量
3. 竹節鋼筋：採用施工圖之設計重量計算排碳量
4. 點焊網：依照協力廠商提供設計使用組數計算排碳量

A1 標各型資料排碳量列於表 4.2.2-2，分為 4 種類型，直徑 6m 及 8m 井基僅有一種深度，而直徑 7m 井基則分為深度 22m 及 25m，其中直徑 6m、8m 及 7m 長度 25m 井基排碳量為平均值，直徑 7m 長度 22m 井基因為只有一座，故排碳量為當座井基之排碳量，由排碳量可知，體積越大的井基，排碳量越高，由直徑 6m 長度 20m 井基至直徑 8m 長度 26m 井基，其排碳量由 258tCO₂e/座到 588 tCO₂e/座，有明顯增加的趨勢。如以單位體積排碳量來分析，本計畫彙整直徑 6m、7m 及 8m 材料、運輸及機具排碳量佔比及單位排碳量於圖 4.2.2-1，由圖 4.2.2-1 可知，機具排碳約占 10% 左右，混/噴凝土為主要排放來源之一，約占 58 至 62%，竹節鋼筋排碳則在 25% 至 28% 之間。單位體積排碳量計算結果顯示，直徑 5m 之井基單位體積排碳量約在 0.46 tonCO₂e/m²*m；直徑 7 m 之井基單位體積排碳量約在 0.45~0.46 tonCO₂e/m²*m；直徑 8m 之井基單位體積排碳量約在 0.45 tonCO₂e/m²*m，。

表 4.2.2-2 A1 標井基排碳量整理

井基規格	直徑：6m 長度：20m	直徑：7m 長度：22m	直徑：7m 長度：25m	直徑：8m 長度：26m
竹節鋼筋	72.10	102.39	103.96	158.17
運輸	2.60	2.20	2.32	3.31
噴凝土	27.43	35.85	45.95	64.19
混凝土 280II	122.04	195.14	214.95	290.22
桁架支保	8.05	8.59	10.26	11.32
點焊網	0.90	1.18	1.06	1.61
機具	25.45	38.32	43.55	59.16
總和	258.57	381.48	422.04	587.98

排碳量(tCO₂e/座)

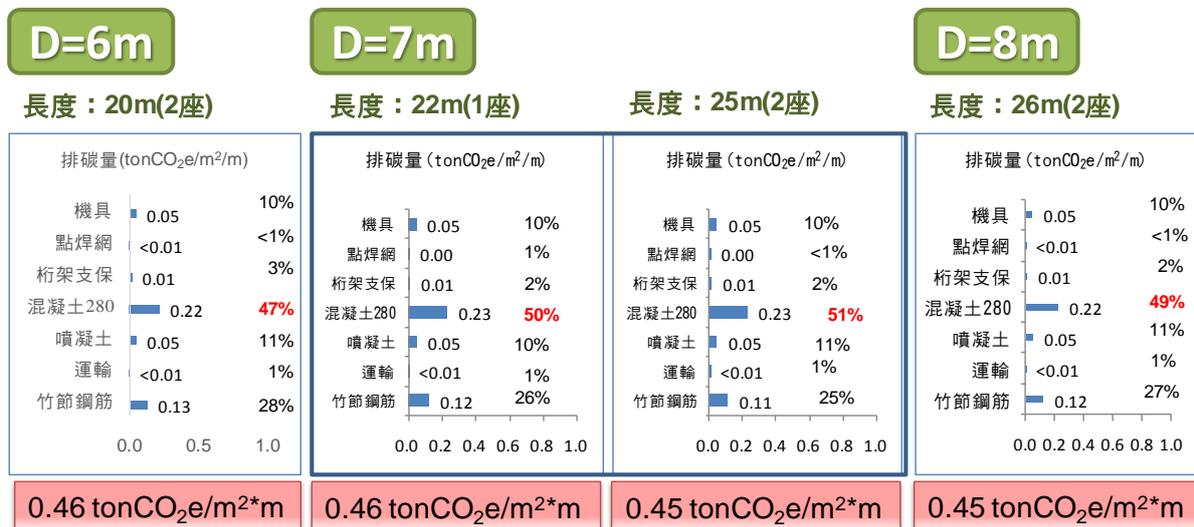


圖 4.2.2-1 A1 標井基單位體積排碳量

進一步分析 A1 標同直徑不同長度之井基排碳量差異，A1 標直徑 7m 之井基具有 22m 及 25m 兩種長度，由圖 4.2.2-1 可以看出，兩不同長度之井基單位斷面積-長度排碳量相近，分別為 0.457 tonCO₂e/m²*m 及 0.453 tonCO₂e/m²*m，且各材料、材料運輸及機具單位排碳量占比亦相近，變動皆約在 1% 左右，惟目前僅為 A1 標之資料，尚無法定論同直徑不同長度之井基單位排放量是否會相近，本計畫將持續納入分析其他標別不同規格之井基，以使分析結果更

具代表性。

4.2.3 隧道標工程特性分析

蘇花改工程進行碳盤查作業的各標段中，A2 標、C1A 標及 C2 標及主要為隧道工程，A2 標係於 102 年 8 月開始主隧道南口開挖作業，並於 102 年 9 月開始主隧道北口開挖作業持續至今；C2 標則是在本期間開始進洞開挖，但扣除洞口段，截至 6 月底止，僅施作 16 輪；C1A 標本期開工，於 6 月下旬開始接續南口及北口橫坑開挖工作，但截至 6 月底止，兩線僅開挖 13 輪。本期報告即延續前次報告內容，主要說明 A2 標進行岩體分析，待其他各標數據量較為充裕時，及以同樣的方式進行分析說明。

參照隧道開挖之工序特性，本計畫暫將上半開挖階段細分為補強、開挖及支撐 3 項作業，分析各項作業之材料使用與機具操作(含用電量)的活動量與排碳量差異，進而以開挖面積及長度為單位，試計算單位上半開挖作業之補強、聚氨之酯樹脂止水、開挖及支撐排碳量，作為後續進行本計畫各隧道工程特性與環境條件之碳排放分析比對之基準。目前 A2 標已開始預鑄溝施作，惟目前收集資料主要於洞口段，後續將待更多排水/止水資料彙集後，納入隧道分析當中；而台階及仰拱方面，本計畫將待施工輪數達一定規模後，統一進行分析。

由於環境條件(岩體狀況)會對於隧道工程的材料與機具操作有顯著影響，是為隧道工程碳排放之重要影響因子，故本報告除將隧道上半開挖分補強(含止水)、開挖及支撐 3 項作業外，另加以洞口段及 1~6 類岩體分析材料使用部分的排碳量差異，探討岩體條件對開挖作業之影響。本報告用以分析主隧道工程上半開挖作業排碳量之資料時間區間、對應開挖長度及數據資料內容，整理如表 4.2.3-1 所示。

表 4.2.3-1A2 標主隧道工程上半開挖作業排碳量分析資料區間

項目/ 標別	材料使用	機具操作與用電	
	A2 標	A2 標	
時間 區間	進洞迄今	104 年 4-6 月	
開挖 長度 (m)	6 類：1,032.3 m 4 類：967.2 m 3 類：1,518.7 m	機械 6 類：94.2 m	鑽炸 4 類：92 m 鑽炸 3 類：255 m
資料 內容	主要材料採實際值(不含 耗損)；搭配使用材料則以 其與主要材料之比例計算	用油：各機具實際油耗量以就操作時數分配； 用電：總用電量以各用電機具之功率與操作時 數分配	

在材料使用部分，A2 標分析資料期間則為兩工作面進洞迄本期。在前述時間區間內，A2 標主隧道開挖過程經歷的岩層狀況則為洞口及 3~6 類岩體共 5 項，除洞口段外，岩層開挖長度皆達 500 公尺以上，惟配合機具 4~6 月資料僅有 6 類、4 類及 3 類岩體強度機具能耗資料，故本期將先就此 3 類岩體進行分析。至於資料內容，本報告係採用各項材料用量之實際值，但暫未包含因品管抽測、施作不良或材料損壞之耗損量。

在機具及用電部分，與前期報告書不同之處，在於 A2 標自 104 年 4 月起，在機具操作時數上，開始配合提出不同工作面(上半、台階開挖)之不同岩體之操作時間紀錄，故可依不同岩體強度進行機具排放量分配。本期 A2 標於 4~6 月依岩體強度填報機具使用的期間內，所包括的岩體類別與開挖長度分別為機械 6 類 94.2 m、鑽炸 4 類 92 m、鑽炸 3 類 255 m，本計畫將依承包商所提之各岩體強度機具使用時間進行分油；而用電量部份，則是依照 4~6 月總用電量以各用電機具之功率與操作時數分配。

針對本報告分析 A2 標隧道工程 6 類、4 類及 3 類岩體上半開挖之補強(含止水)、開挖及支撐 3 項作業過程中，各材料項目與使用總量可整理如表 4.2.3-2。

表 4.2.3-2 A2 標上半開挖階段使用材料統計

開挖作業類別	使用材料	A2 標用量
補強作業 (含止水)	管幕鋼管(m)	462
	管幕鋼管(m)-止水	1,224
	水泥(包)	3,565
	聚氨酯樹脂(kg)	97,058
	先撐鋼管(m)	45,391
	水泥砂漿(包)	3,318
	灌漿鋼管(m)	460
	灌漿鋼管(m)-止水	719
	水泥(包)	5,892
開挖作業 (鑽炸)	炸藥(kg)*	15,851
	導爆索(m)*	8,845
	雷管(發)*	(電雷管)241 (非電雷管)14,210
支撐作業	支保(組)	(H型)63 (桁型)2,177
	岩栓(支)	(6m 岩栓)9,481 (4m 岩栓)3,703
	急結管(支)	5,537
	水泥砂漿(包)	13,033
	鋼纖噴凝土(m ³)	10,245
	速凝劑(kg)	204,900

註：開挖作業(鑽炸)資料區間為 103 年 8 月及 104 年 6 月資料

補強作業使用材料包含管幕鋼管與搭配使用之灌漿材料、先撐鋼管與搭配使用之水泥砂漿，及灌漿鋼管與搭配使用之灌漿材料，其中管幕鋼管及灌漿鋼管所使用的灌漿材料包括水泥及聚胺酯樹脂，分別用於固結及止水用途；開挖作業使用材料包含炸藥、導爆索及各式雷管；支撐作業則使用支保、鋼纖噴凝土與搭配使用之速凝劑，及岩栓與搭配使用之急結管與水泥砂漿。其中，鋼纖噴凝土用量為含耗損之實際值；岩栓使用之水泥砂漿及速凝劑則為岩栓實際用量進行分配後之數值。另炸藥、

雷管及導爆索使用量係以南口南下、北上雙線之總用量填報，為試依岩體進行排放量計算，故此次係參考 103 年 8 月及 104 年 6 月資料計算：104 年 6 月南口北上及南下線皆為 3 類岩體，103 年 8 月南口北上及南下線則是 4 類岩體。

以下即分別就 A2 標隧道工程上半開挖之補強、開挖及支撐 3 項作業，以其單位排碳量計算結果進行工程特性分析與探討。

一、補強作業單位排碳量分析

蘇花改工程隧道標開工迄今使用的補強作業可略分為管幕補強(含止水)、先撐補強及灌漿補強(含止水)3 類，考量 3 者在隧道開挖作業的使用並無一定關係，本報告將其分開討論，並各別分析其材料和機具單位排碳量差異。

(一)材料單位排碳量

補強作業材料單位排碳量計算結果如圖 4.2.3-1 所示。其中，管幕補強主要用於洞口段及 6 類等較脆弱岩體，本期於 A2 標 6 類岩體水泥灌漿管幕單位斷面績-前進米排碳量為 $62\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2/\text{m}$ ；本期加入計算之管幕止水亦僅用於 6 類岩體，單位排碳量為 $113\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2/\text{m}$ 。

先撐補強在本次分析區間用於 6 類及 4 類岩體，材料單位排碳量組成包含先撐鋼管及水泥砂漿，其中又以主要材料先撐鋼管的貢獻為大宗。本期先撐補強在經過更多資料收集後計算於 6 類及 4 類岩體單位排碳量分別為 15 及 $6\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2/\text{m}$ 。

灌漿補強在本次分析區間用於 6 類及 4 類，材料單位排碳量組成包含灌漿鋼管及灌漿材料，與先撐補強不同，灌漿材料單位的貢獻較灌漿鋼管為大，占整體排放量之 90% 以上。

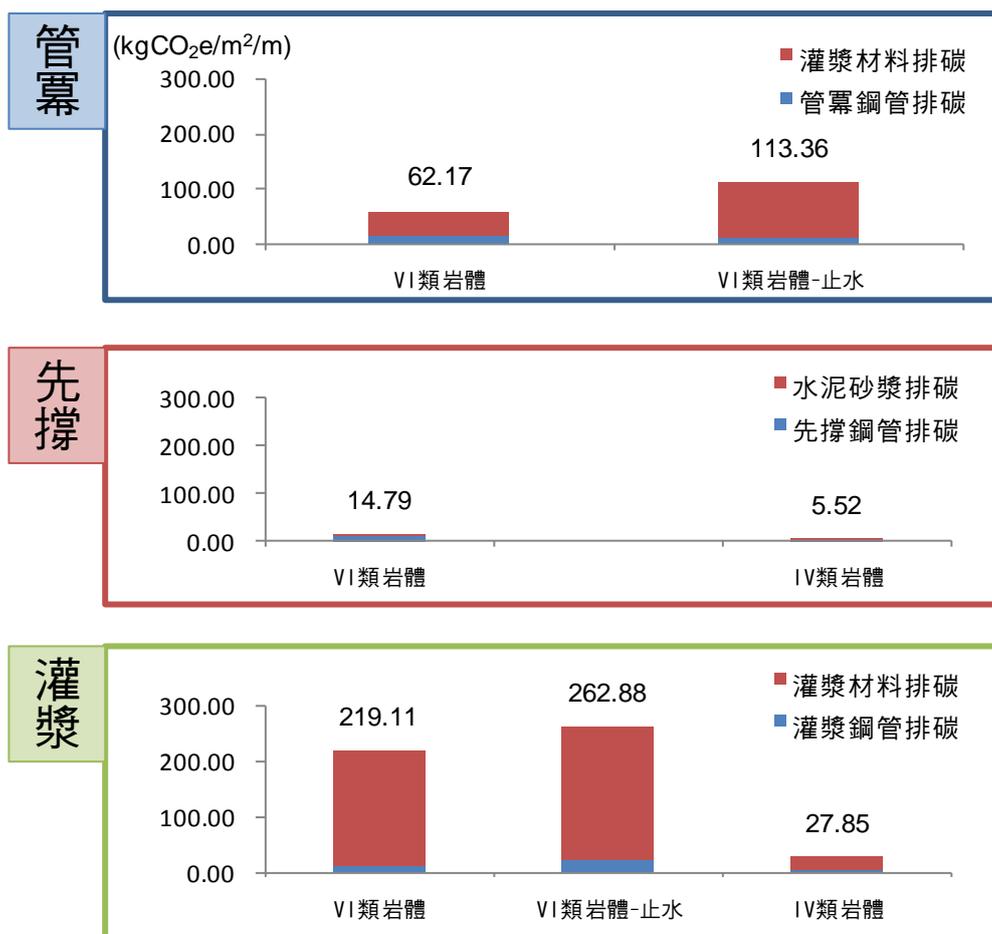


圖 4.2.3-1 補強作業材料單位排碳量分析

經計算，6 類及 4 類岩體單位排碳量分別為 219 kgCO₂e/m²/m 及 28kgCO₂e/m²/m，6 類岩體灌漿相較於前期增加了 50%，主要係因為水泥使用數量增加之緣故。在此也可以瞭解，補強部份的排碳量可能會因為現場實際搭配使用材料使用量變化而受到影響，在此特別說明，本期 4 類灌漿補強較前期數值由 95 kgCO₂e/m²/m 下降至 28 kgCO₂e/m²/m，主要係因前次分析不慎將部份施做於 6 類岩體之灌漿補強納於 4 類岩體，造成 4 類補強上升，本期發現後已修正；而本期加入計算之止水灌漿目前僅用於 6 類岩體，單位排碳量為 263 kgCO₂e/m²/m，明顯大於固結灌漿，主要係因為止水灌漿材料聚氨酯樹脂係數較高且使用量亦不低的緣故。

(二)機具(含用電)單位排碳量

除材料單位排碳量之外，本報告亦針對補強作業之機具單位排碳量進行分析，列入補強作業計算之機具類型包括：鑽堡機(移動用油、作業用電)、灌漿機(用電)與高空作業車(用油)，分析結果如圖 4.2.3-2。

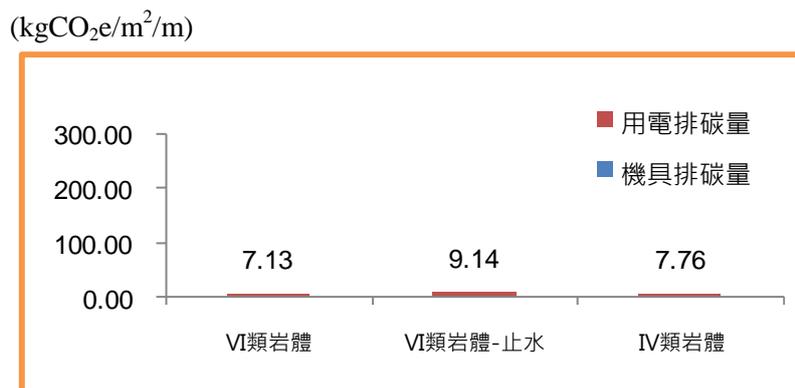


圖 4.2.3-2 補強作業機具(含用電)單位排碳量分析

此部分主要可分為機具及用電 2 類，由圖可知，補強作業因所用機具之能耗類型，致使單位排碳量貢獻皆以用電為主，約占整體單位排碳量之 80%，且 6 類排碳量若加入止水排碳的話較 4 類來的高，推測可能原因為北口 4-6 月抽坍時間較長，開挖輪數較少之緣故。

(三)材料機具(含用電)單位排碳量彙整

在此進一步彙整上述材料及機具單位排碳量，求取補強作業之材料機具單位排放量；其中，機具單位排碳量係依補強作業施作鋼管長度比例作分配，分為管幕補強、先撐補強及灌漿補強 3 部分，再與材料單位排碳量分別相加，計算結果如圖 4.2.3-3：A2 標 6 類岩體管幕補強之材料機具單位排碳量約為 63kgCO₂e/m²/m，管幕止水之材料機具單位排碳量則約為 116 kgCO₂e/m²/m；6 類及 4 類岩體之先撐補強材料機具單位排碳量分別為 27kgCO₂e/m²/m 及 13kgCO₂e/m²/m，單位排碳量隨岩體強度增強而下降，6 類及 4 類岩

體固結灌漿強材料機具單位排碳量分別為 219kgCO₂e/m²/m 及 28kgCO₂e/m²/m，6 類止水灌漿材料機具單位排碳量則為 263 kgCO₂e/m²/m。

由圖可知，不論是管幕、先撐或灌漿補強作業，材料機具單位排碳量之貢獻皆以材料排放為主，故排碳量變化趨勢與材料單位排碳量相近。

綜合比較管幕、先撐及灌漿補強作業之材料機具單位排碳量可發現，同類岩體之灌漿補強作業單位排碳最高，其次為管幕補強，先撐補強之單位排碳量最低。

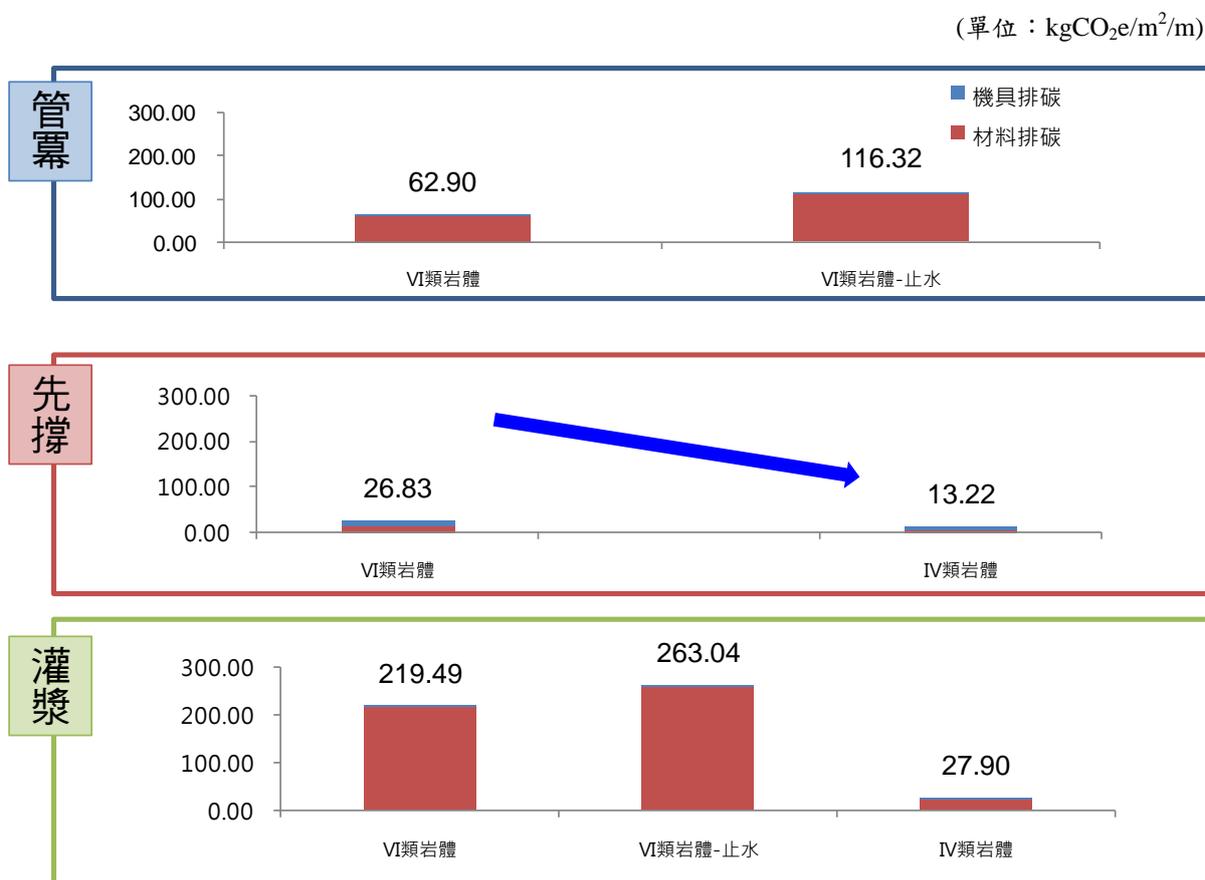


圖 4.2.3-3 補強作業材料與機具(含用電)單位排碳量綜合分析

二、開挖作業單位排碳量分析

蘇花改工程隧道標開工迄今開挖作業可分為使用機具的機械開

挖及使用炸藥爆破的鑽炸開挖 2 類，考量兩工法之使用材料及機具皆有差異，本報告暫將開挖作業單位排碳量區分為機械開挖及鑽炸開挖兩類進行討論如下。

(一)材料單位排碳量

開挖作業材料單位排碳量計算結果如圖 4.2.3-4 所示，機械開挖並未使用材料，故材料排碳量為 0，而鑽炸開挖材料組成包括炸藥、導爆索、電雷管及非電雷管，各類岩體材料單位排碳量之貢獻以炸藥最高，約占 96% 以上。

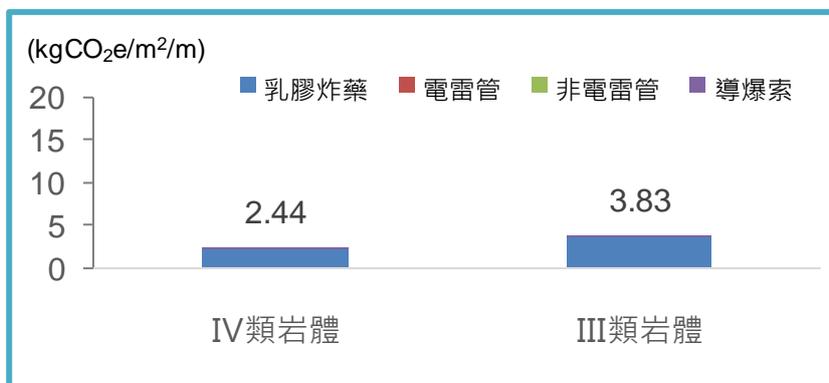


圖 4.2.3-4 鑽炸開挖作業材料單位排碳量分析

由鑽炸開挖材料單位排碳量之於岩體變化的趨勢可發現，各岩體材料單位排碳量差距不大，但有隨岩體強度增強而上升的趨勢，推測應與岩體強度越強所需使用的炸藥量越多有關，惟目前可以進行岩體分析之炸藥資料有限，未來將待收集更多相關資料後，再次進行分析。

(二)機具單位排碳量

開挖作業之機具排碳量分析同補強作業，概分為機械開挖及鑽炸開挖兩類進行比較，列入開挖作業計算之機具類型包括：挖土機(用油)、鏟裝機(用油)與高空作業車(用油)，分析結果如圖 4.2.3-5 所示，排碳貢獻來源皆為機具油耗量。

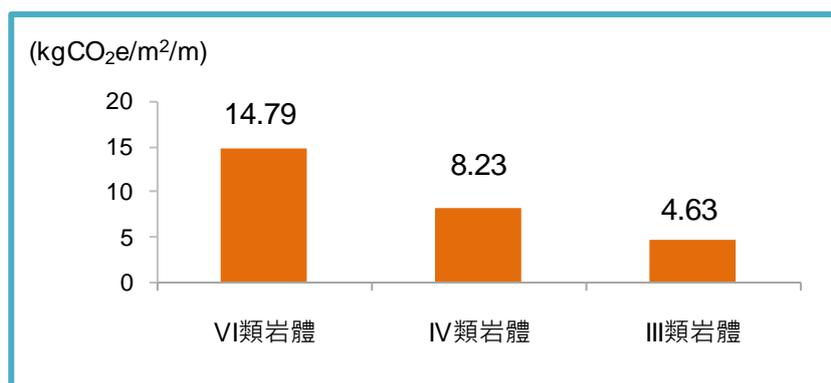


圖 4.2.3-5 開挖作業機具單位排碳量分析

A2 標機械開挖單位排碳量為 $15\text{kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{m}$ 、鑽炸開挖則是分別為 4 類 $8\text{kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{m}$ 、3 類 $5\text{kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{m}$ 。

(三)材料機具單位排碳量彙整

進一步以不同岩體的不同材料單位排碳量，加上相同的機具單位排碳量，計算開挖作業之材料機具單位排放量；彙整結果如圖 4.2.3-6。由圖可知，鑽炸開挖則因為使用炸藥使材料單位排碳量占有一定比例，且該占比隨岩體強度增強而上升，與前段提及之：隨岩體強度增強、炸藥使用量增多，故材料單位排碳量隨之上升有關。

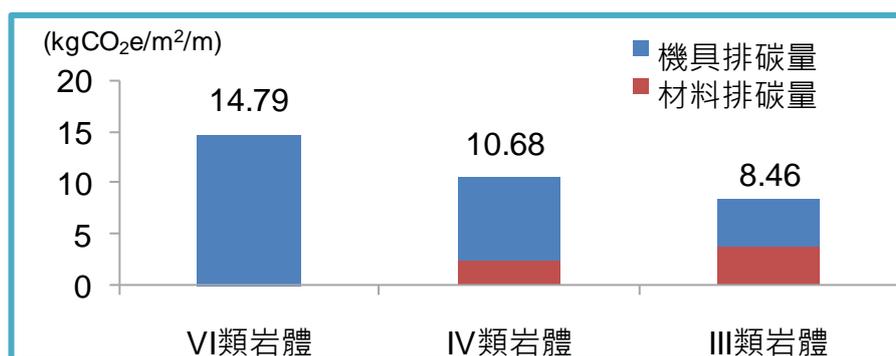


圖 4.2.3-6 開挖作業材料與機具單位排碳量綜合分析

三、支撐作業單位排碳量分析

支撐作業為接續於開挖作業之後進行的工作，為能與開挖作業

材料與機具單位排放量計算結果相對應，本報告即延續以開挖作業單位排碳量區分為機械開挖及鑽炸開挖兩類計算的方式，進行支撐作業單位排碳量的計算與結果討論。

(一)材料單位排碳量

支撐作業材料單位排碳量計算結果如圖 4.2.3-7 所示。由表 4.2.3-2 可知，支撐作業使用材料共有六項，於圖 4.2.3-7 中則以岩栓代表所用之岩栓及搭配使用之急結管與水泥砂漿、以鋼纖噴凝土代表所用之鋼纖噴凝土及搭配使用之速凝劑，進行材料單位排放量分析。如圖 4.2.3-7 所示，對於單位排碳量貢獻最高的是鋼纖噴凝土類，占 50% 以上。另分析兩標之材料單位排碳量變化趨勢可發現，支撐作業材料單位排碳量隨岩體強度增強而下降，與岩體強度越強所需使用的支撐材料越少的實際狀況相符。

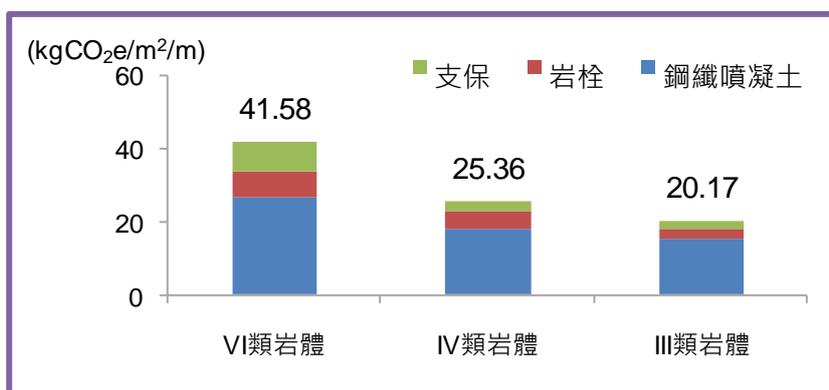


圖 4.2.3-7 支撐作業材料單位排碳量分析

(二)機具(含用電)單位排碳量

支撐作業之機具及用電單位排碳量分析同開挖作業，概分為機械開挖及鑽炸開挖兩類進行比較，列入支撐作業計算之機具類型包括：噴漿機(移動用油、作業用電)、鑽堡機(移動用油、作業用電)與灌漿機(用電)，分析結果如圖 4.2.3-8 所示。

由圖可知，支撐作業機具(含用電)單位排碳量係以用電排放為主，占比皆超過 80% 以上。機械開挖單位排碳量明顯較鑽炸開挖大；另

比較鑽炸開挖於不同岩體之單位排碳量，就目前資料顯示，兩者相差不大，惟所收集之資料區間較短，未來隨資料收集區間增加，可能還會有所變化。

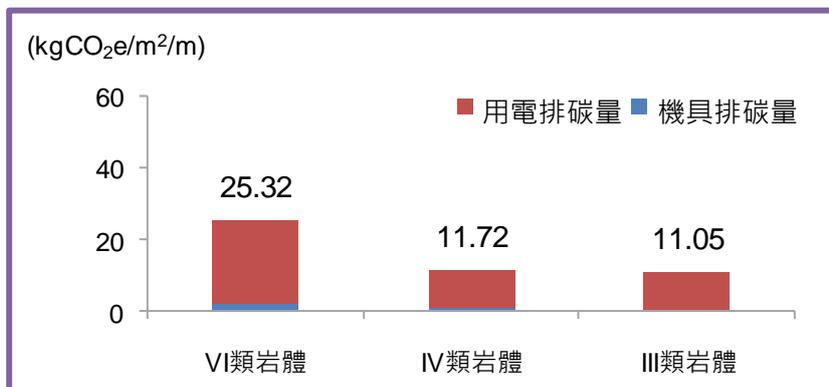


圖 4.2.3-8 支撐作業機具單位排碳量分析

(三)材料機具(含用電)單位排碳量彙整

進一步以不同岩體的支撐作業材料單位排碳量，加上不同開發方法的機具(含用電)單位排碳量，則可完成開挖作業之材料機具單位排放量，結果如圖 4.2.3-9。由圖可知，支撐作業單位排碳量主要來自於材料排碳量的貢獻，且單位排碳量與岩體類別有明顯關聯，會隨岩體強度增強而下降。

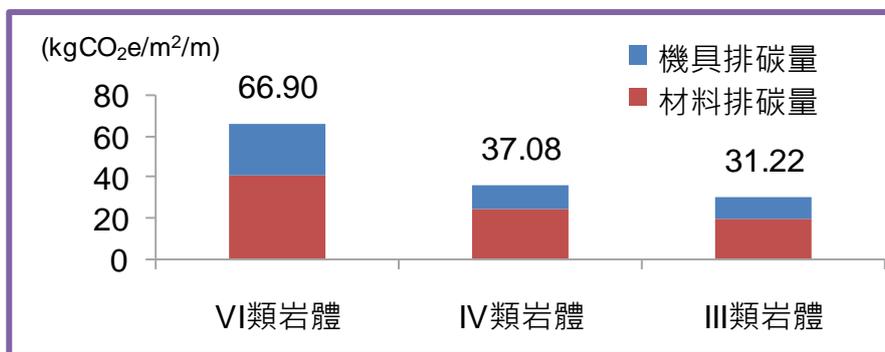


圖 4.2.3-9 支撐作業材料與機具(含用電)單位排碳量綜合分析

四、隧道上半開挖作業排碳參數

將上述 3 類排放參數合計，即可得出隧道上半開挖作業各岩體之排放參數範圍；如圖 4.2.3-10。由圖可知，6 類岩體排放參數未加入止水為 327~364kgCO₂e/m²/m，若加入止水排碳則是 443~744kgCO₂e/m²/m，不論有無加入止水排碳，單位排碳量皆是各類岩體最大；4 類岩體之排放參數則為 47~88kgCO₂e/m²/m，3 類岩體排放參數則為 39kgCO₂e/m²/m。推測其原因，應與 6 類岩體補強作業使用較多，又補強作業之排放參數較大所致；而 3 類岩體則因補強作業較少，故單位排放量較低。與前期結果進行比較，3 類及 4 類岩體與前期差異較小，而 6 類岩體則變化較大，其推測原因與前述相同，與岩體補強作業有關，如大量使用管幕及灌漿，都會造成單位排碳量的上升。

後續待盤查資料持續累積，本計畫將再加強探討補強作業之排放參數變動原因，並加入台階仰拱等資料，以期能提供適當排放參數及選用條件，回饋於隧道工程推估排碳量所用。

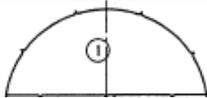
岩體類別	III	IV	VI	
支撐類別	II類支撐	III類支撐	V類支撐	
工程項目				
補強		(41)	先撐+灌漿246	管幕+灌漿283
止水			(116~380)	
開挖	8	10	14	
支撐	31	37	67	
加總	39	47~88	327 加止水443~707	364 加止水480~744
前次估算 結果	39.7	45~150	262 加止水(378~642)	281 加止水(397~661)

圖 4.2.3-10 A2 標上半開挖單位排碳量綜合分析

4.3 主要工程材料碳排放係數影響分析

蘇花改土建標主要工程碳排放量來源，為竹節鋼筋、各型混凝土及噴凝土，目前主要排放源之鋼筋及預拌混凝土係採用生命週期軟體之排放係數，而為提升整體數據品質，目前已與混凝土供應商進行盤查協商，初步取得 A3 標混/噴凝土供應商宜興混凝土預拌廠南澳廠材料投入量，並據此資料計算 A3 各型混/噴凝土係數。

以下首先說明係數計算結果，如表 4.3-1 所示，混凝土 175II~245II 之係數計算結果與原採用之 Gabi 資料庫係數略低；混凝土 280II~420II 中，除了 280SCC 及 350SCC 外，其餘自行計算之係數值皆大於原採用之 Gabi 資料庫係數；又噴凝土自行計算係數更遠大於原採用之係數。相較於混凝土，噴凝土因無使用飛灰、爐石粉，故自行計算之係數較高，推測與產品組成中的水泥量有關。

表 4.3-1 混/噴凝土係數比較

產品型別	本計畫盤查後 計算係數	Gabi 資料庫 產品型別	Gabi 資料庫 係數
混凝土 175kgf/cm ² (II 型水泥)	0.0744	預拌混凝土 C08/10(140~175)	0.0786
混凝土 210kgf/cm ² (II 型水泥)	0.0820	預拌混凝土 C12/15(210~245)	0.0939
混凝土 245kgf/cm ² (II 型水泥)	0.0863		
混凝土 210kgf/cm ² (II 型水泥水中)	0.0969		
噴凝土 210kgf/cm ² (II 型水泥)	0.1585		
混凝土 280kgf/cm ² (II 型水泥)	0.0948	預拌混凝土 C20/25(280)	0.0954
混凝土 350kgf/cm ² (II 型水泥)SCC	0.1114	預拌混凝土 C30/37(350SCC~420)	0.1189
混凝土 420kgf/cm ² (II 型水泥)早強	0.1654		
混凝土 420kgf/cm ² (II 型水泥)	0.1356		

另試以 A3 標為例進行此係數代換之敏感度分析：開工迄 104 年 6 月底止，

A3 標工程總排碳量約為 56,241 tonCO₂e，其中混/噴凝土排碳量約為 27,001 tonCO₂e。試以表 4.3-1 所載係數進行替換後，試算出混/噴凝土排碳量約為 30,766tonCO₂e。以此混、噴凝土排放量對於總排放量之影響進行計算，表列如表 4.3-2。採自行盤查係數計算後，混/噴凝土排碳量約增加 2,059tonCO₂e 左右，將提升造成整體排放量增加約 7%、提升混/噴凝土排碳站比約 3%。

混/噴凝土規格	使用量(kg)	Gabi 係數 計算排碳	原料投入量 計算排碳
175 II kgf/cm ²	4,079,257.50	321	303
210 II kgf/cm ²	8,499,045.00	798	697
水中 210 II kgf/cm ²	41,217,858.00	3,872	3,994
245 II kgf/cm ²	23,355,783.00	2,194	2,016
280 II kgf/cm ²	84,899,363.50	8,104	8,050
350 II kgf/cm ²	17,059,260.00	2,026	1,898
420 II kgf/cm ²	63,106,164.00	7,504	8,557
420 II kgf/cm ² (早強)	10,040,420.00	1,194	1,661
噴凝土	22,641,890.00	2,693	3,589
總計		28,707	30,766

表 4.3-2 置換係數對混/噴凝土排碳影響

排放量單位：tonCO₂e

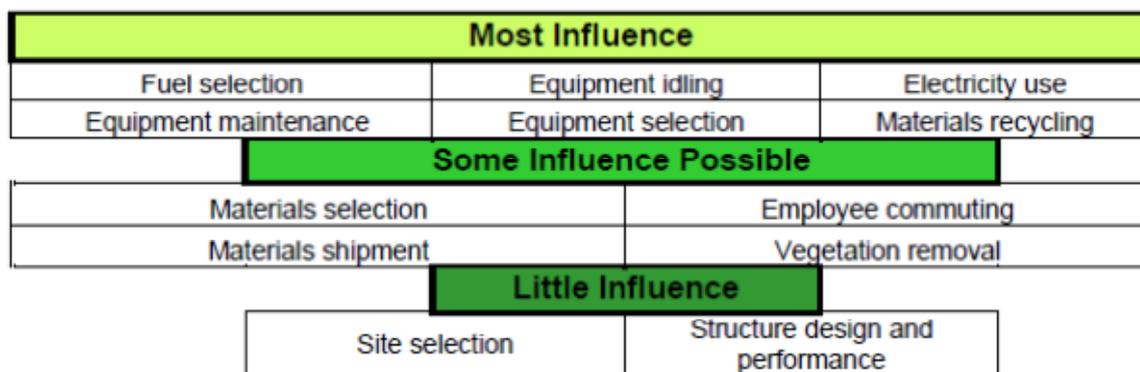
係數別	係數區間	混/噴凝土排放量	總排放量	排放占比
Gabi 係數	0.0786~0.1189	28,707	57,295	50%
自行計算係數	0.0744~0.1654	30,766	59,354	52%
增量比例		7%	3%	

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包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。



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排碳量計算範疇，故必須考量的包括所有材料生產、使用和處置的溫室氣體排放。

本節以下即分小節先簡要綜整自計畫開始至今所回顧之工程減碳措施內容重點，再就本期新的文獻蒐集與回顧結果作更新說明。

5.1.1 本計畫工程減碳措施回顧歷程與重點

一、美國州道路及運輸官員協會及環保署工程減碳措施

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。

茲彙整美國環保署(US EPA)、美國州道路及運輸官員協會(AASHTO)針對工程減碳措施如表 5.1.1-1；其中，係分以施工機具、工程材料兩面向進行減碳考量重點整理。

表 5.1.1-1 美國 EPA 及 AASHTO 工程減碳措施彙總表

面向	考量重點說明	建議措施	本計畫策略
機具	減少設備活動的數量或選用適合的機具	1. 減少機械設備使用 2. 選擇合適的機具	提供能耗數據供承包商參考檢討
	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	1. 減少空轉 2. 機器的定期保養 3. 人員訓練 4. 設備更新	提供建議措施供承包商參考檢討
	使用替代發動機技術和燃料		成本與技術考量下不建議採行
	工程進度控制與施工策略改善		提供建議措施供承包商參考檢討

面向	考量重點說明	建議措施	本計畫策略
材料	減少所使用的材料量		提醒減少損耗
	使用再生材料		工程規範考量下 不建議採行
	替代性調和方法		工程規範考量下 不採行

二、世界銀行道路建造與更新之溫室氣體排放減量策略

世界銀行亞太地區運輸部門基於其最小化道路建設和修復溫室氣體排放的目標，提出「道路建造與更新之溫室氣體排放減量報告」(2010)，旨在確定和量化目前道路建設做法的溫室氣體排放量，並從而塑造可供規劃者提出更優質道路規劃、設計方案的工具(RIADEO tool)，藉由明確的建設道路排放和成本分析，輔助更低碳的道路基礎建設開發決策。條列現階段列入 RIADEO 工具中的可行減碳策略，如表 5.1.1-2 所示。

表 5.1.1-2 世界銀行 RIADEO 工具內含之工程減碳方案

減碳面向	方案內容
各面向 All	運輸最佳化 Optimize transport
一般 General	採購與工程契約最佳化 Optimize procurement & contracts
	工區交通管理 Organize workzone traffic management
設備 Equipment/furniture (Materials, Transport, Equipment)	道路安全屏障設置地點最佳化(減少設置量) Optimize location of road safety barriers
	道路照明最佳化 Optimize street lighting
結構、鋪面及大地工程 Structures, Pavement, Earthworks (Materials, Transport, Equipment)	適用性道路線形標準的落實 Implement adapted geometrical standards
	最佳化路線，促使結構最小化 Optimise alignment to Minimise structures
鋪面 Pavement (Materials, Transport, Equipment)	超重管理 Manage overloading
	使用再生料 Use recycling
	考量礫石路或其他表面處理替代柏油/水泥混凝土鋪面 Consider gravel roads and surface treatment instead of bituminous/cement concrete pavements
	確保低粗糙度 Ensure low roughness

減碳面向	方案內容
	土壤安定化 Soil stabilization
鋪面 Pavement (Materials, Transport)	於設計階段將維護作業納入考量 Take maintenance into account during design
	使用高模量瀝青混凝土 Use high modulus asphalt concrete
	使用溫拌或半溫拌瀝青混合物 Use warm and half warm asphalt mixes
結構 Structures (Materials, Transport, Equipment)	材料使用最佳化 Make optimal use of materials
	使用飛灰於混凝土中 Use fly ash in concrete
	確保鋼材回收 Ensure recycling of steel
大地工程 Earthworks (Transport, Equipment)	使用勞力密集技術進行開挖工作 Use labor intensive techniques for excavation

另針對不同減碳方案類型，提出目前對於各可行措施之觀察與減量效果彙整如表 5.1.1-3。

表 5.1.1-3 世界銀行道路建造與更新之減碳策略成效分析

面向	排放特性說明	減碳策略與效益分析
運輸	工料運輸排放約占總排放量之 30%，且其中有 50%來自於地區性交通 (<25 公里的運輸)	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用高效率運具，例如：採用較高荷載的大貨車可減少 50%的單位貨物運輸排放。 ● 採用其他運輸模式，例如：採用鐵路或水路替代公路運輸，長距離的單位運輸排碳約可減小 17 倍。
施工	岩石開挖較土壤開挖的排放量高 2~3 倍	<ul style="list-style-type: none"> ● 純機械開挖之單位土石方排放量約為 2.2 kgCO₂e，輕型開挖機械(light driller)配合炸藥使用約為 1.2 kgCO₂e/m³，鑽機(drilling rig)配合炸藥使用則約為 1.9 kgCO₂e/m³。顯示鑽炸開挖有明顯的減量效果使用；但鑽機為輕型開挖機械開挖生產力的 2 倍。 ● 採勞力密集度高的方法生產力較低(效率低約 250 倍)，但屬於碳中和行為，可有顯著減量。 ● 相同量體之開挖體積相對於土方填補及運輸的單位排放量約為 2 CO₂e/m³。(與開挖相近)
	生命週期考量下之混凝土	<ul style="list-style-type: none"> ● 鋪面結構最佳化，如：有效利用排放量較低

面向	排放特性說明	減碳策略與效益分析																				
	<p>土鋪面排放高於瀝青混凝土鋪面，複合鋪面的排放量則介於其中；最高(厚水泥混凝土鋪面)者與最低者(瀝青鋪面)間參數差距達 1.6~3 倍</p>	<p>的高性能瀝青混合等鋪面材料，每平方公尺鋪面的全生命週期排放(施工、維護至廢棄)約為 65~175 kgCO₂e/m²；冷混合材料與再生技術排放量較低。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 維護階段(以 30 年計)之排碳占比約為鋪面全生命週期排放量的 20~40%，應同時考量建造及維護間的成本與排放。 ● 考量負載規範的影響：不同的路面設計標準(流量負載可能介於 0 和 17%)可能會造成鋪面溫室氣體排放量的顯著差異高達 45%。 																				
結構	<p>結構型式對於排放量會有直接的影響</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 結構型式越複雜，則排放量將相對增加；單位橋梁工程排放量約為每單位面積橋面板 3 tonCO₂e/m²；基於結構材料對於排放量的影響，特定結構可促成排放減量的比例少於 15%。 ● 鋼材是構築結構體需使用的主要工程材料，在進行排放量計算時，必須考量其排放係數的不確定性，如生產技術與所用能源的差異，可能會對於結構排放量計算結果造成達 30%的影響。 ● 綜整各典型路堤、橋梁及隧道之單位施工排放量如下；應以相同方式進行維護階段排放量分析。 <table border="1" data-bbox="699 1357 1385 1720"> <thead> <tr> <th data-bbox="699 1357 807 1491">工程項目 設施類 型</th> <th data-bbox="807 1357 959 1491">路堤 (tCO₂e/km)</th> <th data-bbox="959 1357 1121 1491">橋梁 (tCO₂e/km)</th> <th data-bbox="1121 1357 1385 1491">隧道(tCO₂e/km) @420tCO₂e/(m²*km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="699 1491 807 1570">高速公路</td> <td data-bbox="807 1491 959 1570">2,971</td> <td data-bbox="959 1491 1121 1570">74,397</td> <td data-bbox="1121 1491 1385 1570">75,547</td> </tr> <tr> <td data-bbox="699 1570 807 1608">省道</td> <td data-bbox="807 1570 959 1608">739</td> <td data-bbox="959 1570 1121 1608">35,649</td> <td data-bbox="1121 1570 1385 1608">37,773</td> </tr> <tr> <td data-bbox="699 1608 807 1646">縣道</td> <td data-bbox="807 1608 959 1646">191</td> <td data-bbox="959 1608 1121 1646">27,899</td> <td data-bbox="1121 1608 1385 1646">30,219</td> </tr> <tr> <td data-bbox="699 1646 807 1720">鄉間道路</td> <td data-bbox="807 1646 959 1720">100</td> <td data-bbox="959 1646 1121 1720">20,127</td> <td data-bbox="1121 1646 1385 1720">23,608</td> </tr> </tbody> </table>	工程項目 設施類 型	路堤 (tCO ₂ e/km)	橋梁 (tCO ₂ e/km)	隧道(tCO ₂ e/km) @420tCO ₂ e/(m ² *km)	高速公路	2,971	74,397	75,547	省道	739	35,649	37,773	縣道	191	27,899	30,219	鄉間道路	100	20,127	23,608
工程項目 設施類 型	路堤 (tCO ₂ e/km)	橋梁 (tCO ₂ e/km)	隧道(tCO ₂ e/km) @420tCO ₂ e/(m ² *km)																			
高速公路	2,971	74,397	75,547																			
省道	739	35,649	37,773																			
縣道	191	27,899	30,219																			
鄉間道路	100	20,127	23,608																			
道路設備及路面裝置	<p>約有 4~23%的鋪面工程排放來自於混凝土或鋼製的阻隔裝置；木製屏障則占較低，約為 2~12%</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 在安全性考量可行的情況下，於設計階段配合道路線型減少設置阻隔裝置的里程，或採用替代方案設置。 																				

三、英國財政部基礎建設碳回顧

英國財政部(Her Majesty's Treasury, HM Treasury)為負責發展和執行英國政府的公共財政政策和經濟政策的政府部門，為回應英國政府推動低碳營造業的政策走向，於 2013 年 11 月英國基礎建設碳回顧 (Infrastructure Carbon Review)報告，目的在於展現基礎建設採行低碳方案的價值。

此報告內容第一章說明英國基礎設施的碳排放情況，顯示基礎建設相關碳足跡目前雖占英國整體碳足跡的 53%，但 2025 年、2050 年預計將再升高至 80%、90%；現階段而言，與基礎設施建造、營運直接相關的排放約占英國總碳足跡的 16%，但其餘 37%源於基礎建設使用的排放也都將需要靠基礎設施的改變才得以減量。

另就於基礎設施各階段減碳潛勢比例和標的有詳盡的說明：可行性評估或規劃階段若決定採行零方案(不建造)則相當於 100%減量；設計階段前期若能採行最小規模開發方案、盡可能使用既存設施並將其營運管理效能最佳化，促使新建工程最小化，則減量潛勢在 80%以上；設計階段後期若能採行低碳考量：採用低碳材料、最佳運輸路線、資源用量最小化等，則減量潛勢在 50%以上；一旦進入施工階段，則減碳作為相形有限，即施工作業的改善或減廢等，減碳潛勢大約僅 20%；如圖 5.1.1-1。

除了由工程生命週期解析，此報告第一章還提到在供應鏈考量下、任何基礎設施的利害相關者對於減碳都有相對應的角色，例如：供應商和製造商應在材料生產技術上創新、尋求低碳化的解決方案；設計者和技術顧問應著手於低碳的設計，甚至應該在工程計畫決策前即執行，但經驗上顯示設計開始前工程的絕大部份內容皆已有定案，始得工程整體排碳和成本無法透過設計者顯著地被減少。承包商若沒有契約要求或客戶提供的激勵和獎勵，較難跳脫照舊辦理的窠臼；客戶雖希望能展示在減碳議題上的認知和實踐，並與營運管理成效作連結，但還需要規範和產業條件等的支持。

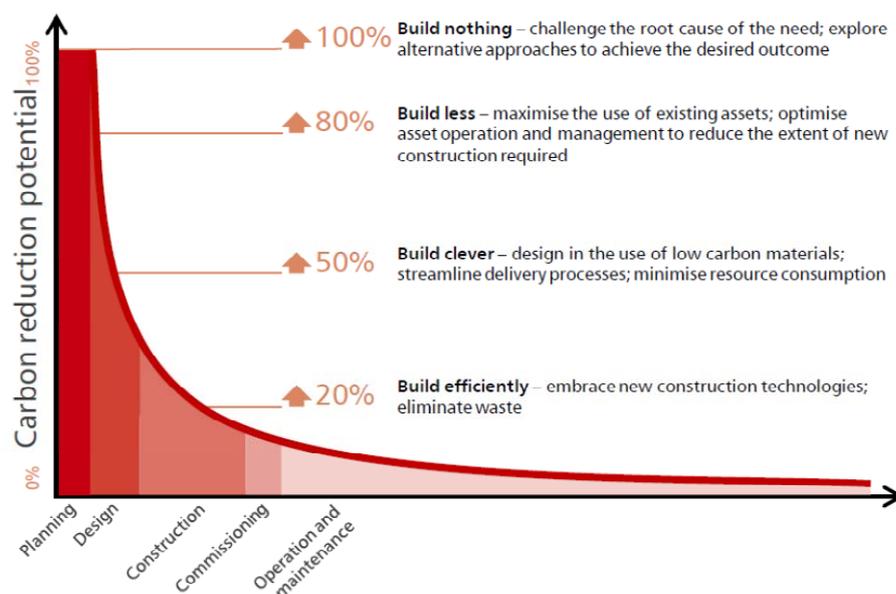


圖 5.1.1-1 英國基礎設施碳排放減量潛勢圖

第二章重點在於介紹可減少組織和供應鏈碳排放的可行步驟，但相較於執行面、可量化減碳量的措施，此報告所著重的是如何由組織管理切入、推動減碳管理策略的概念，主要包括五大項，包括：(一)有效的領導；(二)溝通與文化；(三)量度和管理；(四)創新和標準；及(五)商業解決方案。最後第三章則是延續第二章的 5 大組織管理面向對於基礎設施領域後續產生更廣泛變化的 10 項行動(Action)建議。

針對此份報告中：不建造即相當於 100%減量的說法，應強調是僅適用於基礎設施的開發建造具可取代性的一種減量方法。以蘇花改工程計畫為例，係在社會、經濟與環境各面向權衡與考量下，認定有其開發必要性、屬於無可替代必須推動的建設計畫，則應強調在其生命週期各階段納入低碳考量，以追求減量最大化為工程碳管理的目標，而不適合以不開發為減碳作為而抹滅建設本身的價值。

5.1.2 本期工程減碳措施回顧更新說明

日本為因應地球溫室氣體排放問題，內閣會議於 2007 年 6 月 1 日通過「21 世紀環境立國戰略」法案，基於日本社會之永續經營理念將以「低碳社會」，

「與自然和諧相處社會」和「循環型社會」為主要構築目標。國土交通省依據「國土交通省環境行動計畫(平成 16 年 6 月)」，重新制定「環境行動計畫 2008」，在各項不同領域及減碳計畫中，由於土木、建築等相關工程之碳排放量估算占日本全產業約 20%，因此在建設工程方面進行碳管理，實施相關減碳措施，分別說明如下。

一、建設施工減碳措施

對於建設工程之碳管理與相關的減碳措施或對策，係以採用高效率工法、使用低耗能建設材料、並且減少建設材料之使用量等方面著手，執行建設工程之發包單位或者是設計單位；現場進行工程施工計畫之施工單位等，其相關工法的選定、所使用建材、施工機具等碳排放量之計算方法等可參考由國土交通省於 2003 年制定之「建設施工における地球温暖化対策の手引き」(建設工程減碳策略手冊)同時對於工程現場直接使用施工機具者，為減低燃料的消耗量，達到節能目的，要求管理人員必需作成機具省能操作運轉手冊，以推廣現場施工機具之節能操作運轉。

二、低碳機具能耗認定制度

國土交通省為達成京都議定書之減碳目標，於 2007 年 11 月提出，減少二氧化碳排放量之施工機具認證制度，於 2013 年 6 月改版，提出「低炭素型建設機械の認定に関する規程」，此規程主要是針對土木建設及河川、道路與其他設施的管理作業的機具，訂定低碳認證制度，鼓勵建設機具之製造業者，藉由提高動力傳輸效率、燃油效率等功能以達到節能省碳效果，減少碳排放量，而施工業者在購置此類獲得節能認證之建設、施工機具時，也可享有低利貸款優惠。

該規程可認定為低碳建設機具者如下：

1. 具備電動機及以柴油為燃料之內燃機，可將機械動能轉為電能，並具備充電於蓄電裝置機能的機具；
2. 具備以柴油為燃料之內燃機，可將機械動能轉為電能，並具備充電於蓄電裝置機能的機具；
3. 可將蓄電裝置的電能轉為動力驅動電動機之機具；

4. 可藉電線由外部電力作為其動力驅動電動機之機具；
5. 以柴油為燃料之內燃機驅動發電機，將其電能作為動力驅動電動機之機具。

由上述幾點可知，日本的低碳機具認定標準必須是油電混合或是由電力驅動的機具，而為使機具的使用者可判斷省能效果，其油耗率評估值計算方式，係統一將機具標準動作的用電排碳量，轉換為相同排放的柴油用量，利用柴油消耗量來表示。

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、A1 及 C2 標，相關活動數據與碳排放量計算結果詳本報告書 3.4 節。有鑒於各標工程進度僅有 A1 及 A3 標完程度超過 50%，尚無法以各標相同工項之不同工法或作業型式間的排放差異作比較分析，故本計畫本期仍以前節之工程減碳文獻回顧更新，掌握工程減碳策略之發展方向；再以此節進行火車替代土石方運輸做為減碳措施的效益評估，進行量化說明與探討。

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的情況下，蘇花改 A2 標東澳隧道南、北口開挖產出之渣料，自 102 年 8 月起即採台鐵鐵路運輸至並設置暫置場供地方政府進行後續收售；又 104 年 7 月開始 A1 隧道開挖之部分有價料，亦改採 A2 標北口鐵路運輸替代方案。前述東澳隧道北口與南口鐵路運輸替代方案與原公路運輸方案之距離條件如表 5.2-1 所示。

其中，北口如採鐵路運輸替代，則運輸總距離約為 8.2 km，分別為鐵路 6.1 km 及公路 2.1 km；如單以公路運輸則運距約 8.5 km。南口部分如採鐵路運輸替代則運輸總距離為 17.6 km，包含鐵路 11.9 km 與公路 5.7 km；若直接以公路運輸則需行駛 22 km。北口、南口之鐵路運輸中的公路運輸距離，已修正為 A2 標盤查資料所提出之總距離除以車次的計算結果。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 東澳隧道不同運輸方案土方運輸距離

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)	
		鐵路+公路運輸		8.2	公里
運具型式	21 噸傾卸車	2.1	公里	5.7	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
運輸距離縮短		0.3	公里	4.4	公里

公路運輸係數部份，由於 A2 標自 104 年 1 月起南北口所有土方運輸傾卸車皆加記里程數，故本計畫本次特試算兩工作面傾卸車運輸排碳係數。經彙整 104 年上半年度 A2 標南北口共 11 台傾卸車之行駛里程、油耗量、總載運方數及車次等資料，可表列兩工作面傾卸車載運總重、單趟里程及總油耗量如表 5.2-2。其中，兩工作面載運總重計算方式，係據 A2 標實測所得之鬆方比重 2.1 ton/m³ 乘以總載運方數紀錄計算。

依據表 5.2-2 之內容，配合以下公式及本報告 3.3 節之柴油碳足跡係數進行計算，則可得兩工作面運輸係數約為 0.326 kgCO₂e/tkm 及 0.308 kgCO₂e/tkm。

$$\text{運輸碳排係數} \left(\frac{\text{kgCO}_2\text{e}}{\text{tkm}} \right) = \frac{\text{柴油使用量} \times \text{柴油碳排係數}}{\text{總重量} \times \text{單趟里程}}$$

而鐵路運輸部分，則維持沿用交通部運研所「行車成本調查分析與交通建設計畫經濟效益評估之推廣應用」(2010)所載之係數 77.5481 gCO₂e/tkm。則本次計算運輸減碳校施之運輸係數內容可摘錄如表 5.2-3。

表 5.2-2 傾卸車參數統計結果

參數	數量	單位
北口總重	93,938.60	ton
南口總重	142,681.00	ton
北口單趟計算里程	2.13	km
南口單趟計算里程	5.66	km
北口總油耗	24,102.00	L
南口總油耗	91,908.00	L

註：柴油係數：3.3403kgCO₂/L；單趟里程為去程里程。

表 5.2-3 減碳效益計算用鐵路與公路運輸係數表

單位：kgCO₂e/tkm

運輸類型	21 噸大貨車		柴油火車
	北口	南口	
運輸係數	0.3262	0.3077	0.0775

依照上述係數進行分析，若於北口採鐵路運輸替代方案計算後可得排碳量約為每噸 1.16 kgCO₂e；若在南口採行鐵路運輸替代方案，則每噸排碳量約為 2.68 kgCO₂e。若採公路運輸，北口之單位土方運輸排碳量約為每噸 2.77 kgCO₂e；南口之全公路運輸排碳則約為每噸 6.77 kgCO₂e，詳細計算結果如表 5.2-4。

進一步分析可得北口以鐵公路替代公路運輸之每噸土方運輸減碳量約為 1.61 kgCO₂e/ton；以里程減量乘以公路運輸係數為路程縮短減量僅約 0.1 kgCO₂e/ton，其餘減碳效益主要來自於鐵路替代運輸，佔北口每噸土石運輸減碳量的 94%。以相同方式進行南口土石運輸減碳來源分析，可得每噸土石路程縮短減量約為 1.35 kgCO₂e/ton，佔南口之每噸土方減碳量 4.09 kgCO₂e 的 33%；顯示主要減碳效益來源仍為鐵路替代運輸，佔南口運輸減碳量的 67%；此部分分析結果如圖 5.2-1 所示。

前述運輸排碳量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，進一步將土方上下車的機具能耗排放也加入計算分析。

表 5.2-4 東澳隧道南、北口鐵路替代運輸單位排放量

隧道北口 (永樂站-新馬站)	運輸每噸土石排放量 (kgCO ₂ e/ton)	替代方案減碳量 (kgCO ₂ e/ton)
鐵路+公路運輸	1.16	1.61
21 噸大貨車	0.68	
柴油火車	0.48	
公路運輸	2.77	
隧道南口 (東澳站-新馬站)	運輸每噸土石排放量 (kgCO ₂ e/ton)	替代方案減碳量 (kgCO ₂ e/ton)
鐵路+公路運輸	2.68	4.09
21 噸大貨車	1.75	
柴油火車	0.93	
公路運輸	6.77	

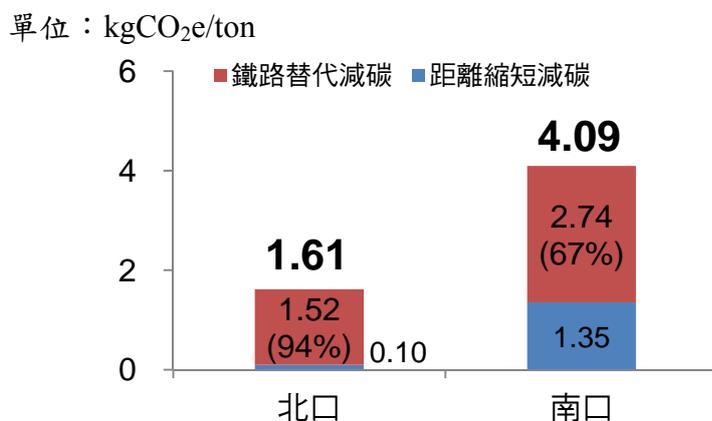


圖 5.2-1 運輸距離縮短及鐵路替代之減碳效益占比分析

茲就 A2 標開工迄 103 年 6 月底用於 3 處土方暫置場之機具及工程材料排碳量計算結果，彙整如表 5.2-5。暫置場材料排碳來源為暫置場設置時所用之鋼筋與混凝土等材料；機具排碳則是源於土方上下車所用之鏟裝機與挖土機能耗。

依據蘇花改第 5 次環差報告，A2 標預估出渣總量為 1,663,000 m³，A1 標另共有 118,000 m³ 土方將運往北口永樂車站，故可得永樂車站暫置場預期之總土方運輸量為 834,000m³、東澳車站則為 947,000m³；又新馬車站暫置場的建造係為整

體(南、北口)出碴量所用，故預期運輸總量將為 A2 及 A1 標土方運輸總量 1,781,000m³。

表 5.2-5 暫置場工程材料及機具能耗排放量

單位：tonCO₂e

暫置場別 \ 排放項目別	工程材料	機具能耗
永樂車站土方暫置區	112.89	171.06
東澳車站土方暫置區	54.56	183.49
新馬車站土方暫置區	278.62	273.90

本計畫即依據前述暫置來自永樂、東澳兩車站土方的比例，對新馬車站暫置場之基礎建設工程材料(暫置場地坪)排碳量進行分配；而土石上下作業之機具能耗排碳量部分，則是以表 5.2-5 機具能耗量統計期間，永樂、東澳兩車站暫置場經鐵路運送之累計出碴重量進行分配。

依據前段分配原則，則可概估由東澳隧道北口與南口出碴的兩鐵路運輸路線，其土方暫置之工程材料及機具能耗排放量如表 5.2-6 左。以鬆方密度 2.1 ton/m³ 換算永樂車站、東澳車站暫置場預期之總土方運輸重量，可得土石方運輸單位重量材料排碳量；而機具能耗則以能耗數據取得期間之運輸土石重量作標準化。由此則可得兩路線單位重量土石運輸排放量分別為 1.39 及 1.24 kgCO₂e/ton。

表 5.2-6 暫置場工程材料及機具能耗單位排放量

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)	工程材料單位排碳量 (kgCO ₂ e/ton)	機具能耗單位排碳量 (kgCO ₂ e/ton)	單位土方運輸排碳量小計 (kgCO ₂ e/ton)
隧道北口 (永樂站-新馬站)	243.36	292.66	0.14	1.25	1.39
隧道南口 (東澳站-新馬站)	202.71	335.81	0.10	1.14	1.24

綜整表 5.2-4 及 5.2-6 之土方暫置單位排放量分析結果進行比較可知，若北口鐵公路運輸替代方案之單位排放量將由 1.16 kgCO₂e/ton 增加為 2.55 kgCO₂e/ton；南口鐵公路運輸替代方案之單位排放量將由 2.68 kgCO₂e/ton 增加為 3.92 kgCO₂e/ton；細部計算結果如表 5.2-7。由表可知，南北兩工作面每公噸土石運輸減碳量分別為 0.22 kgCO₂e 及 2.85 kgCO₂e。

表 5.2-7 鐵路替代運輸加入暫置區機料排放之單位排放量

隧道北口 (永樂站-新馬站)	運輸每噸土石排放量 (kgCO ₂ e/ton)	替代方案減碳量 (kgCO ₂ e/ton)
鐵路+公路運輸	2.55	0.22
21 噸大貨車	0.68	
柴油火車	0.48	
土方暫置區(機+料)	1.39	
公路運輸	2.77	
隧道南口 (東澳站-新馬站)	運輸每噸土石排放量 (kgCO ₂ e/ton)	替代方案減碳量 (kgCO ₂ e/ton)
鐵路+公路運輸	3.92	2.85
21 噸大貨車	1.75	
柴油火車	0.93	
土方暫置區(機+料)	1.24	
公路運輸	6.77	

參考上表結果計算結果，可再次將蘇花改土石方火車運輸納入車站暫置區設之減碳效益，以運輸距離縮短及鐵路替代運輸之不同效益，探討前述以鐵公路替代公路運輸之模式仍具備減碳效益之最短運輸距離。

在此先以暫置場排放被可被補償的減量方案進計算，北口土方暫置場之每噸土石方運輸排放為 1.39 kgCO₂e/ton，南口則是 1.24 kgCO₂e/ton。以北口距離縮短單位減碳量為 0.33 kgCO₂e/tkm 與火車替代單位減碳量 0.25 kgCO₂e/tkm；及南口距離縮短單位減碳量 0.31 kgCO₂e/tkm 與火車替代單位減碳量 0.23 kgCO₂e/tkm 共

4 個參數，分別試算永樂站-新馬站及東澳站-新馬站兩線補償鐵公路運輸替代之暫置場排碳；結果如表 5.2-8 所示。

結果顯示，在僅考慮路程縮減減碳的情況下，則北、南口分別須縮短約至少 4.23 及 3.80 公里才能夠補償暫置場設置的材料機具排放；而在僅考慮火車替代距離減碳的情況，則北、南口分別須替代至少 5.55 及 4.99 公里才足以補償暫置場設置的材料機具排放。由此可知，縮減和替代距離兩者皆為採取鐵公路運輸替代公路運輸作為減碳策略時需考量的決策條件；縮短和替代運輸距離越長，則土方暫置區之工程材料與機具的排碳將可較大幅被補償，更為突顯減碳方案之減碳效益。惟在此未納入替代和縮減距離兩者間交互影響之探討。

表 5.2-8 維持減碳效益之最小公路縮短及鐵路替代距離分析

距離縮短與替代 鐵路 運輸路線	單位公路運輸距離縮短之減碳量 (kgCO ₂ e/tkm)	補償暫置區排碳 之最小縮短距離 (km)	單位鐵路替代公路運輸之減碳量 (kgCO ₂ e/tkm)	補償暫置區排碳 之最小替代距離 (km)
隧道北口 (永樂站-新馬站)	0.33	4.23	0.25	5.55
隧道南口 (東澳站-新馬站)	0.31	3.80	0.23	4.99

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)；並循中仁隧道新建工程(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)、仁水隧道新建工程(C2 標)、蘇澳東澳段機電工程(A4 標)、交通控制系統工程(E1 標)及中仁隧道接續工程(C1A 標)之開始作業通知，開始執行此各標查輔導準備工作(課題 2)，包括辦理啟始會議、教育訓練、座談會等。而後在工程實際開工、承包商開始填報盤查資料後，每月進行現場輔導、持續且正確累積資料庫系統中的資料量(課題 3)，以取得聲明為目標(課題 4)，進而以數據分析結果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。



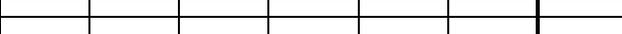
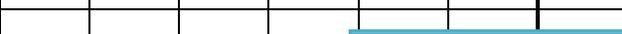
圖 6-1 本計畫重點課題

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 104 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，104 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 6.1-1 104 年度下半年工作項目與查核點

工作項目	工作細項及重點	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. 工程減碳策略蒐集與回顧								
盤查輔導作業	1. A1 標								
	2. A2 標								
	3. A3 標								
	4. C1A 標								
	5. C2 標								
	6. A4 標								
	7. E1 標								
資料庫系統維護與擴充	1. 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								
參訪規劃	國內外參訪行程規劃								
辦理座談會	辦理 104 年度座談會								
工作成果提送	1. 104 年度年中報告(104.07)								
	2. 104 年度年末報告(105.01)								

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

本計畫目前已開始共 7 標(5 個土建標、1 個機電標與交控標)的碳足跡盤查輔導工作，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检查工作，確保碳足跡盤查進度與資料品質；相關進度與階段性資料蒐集與分析成果，已詳述於本報告書第三、四章。考量本年度開始有兩隧道標(C2、C1A 標)開始較密集的開挖工作，且下半年度第一個機電標(A4 標)與交控標(E1 標)將開始有設備運入、第一個橋梁標(A3 標)接近完工，故本計畫 104 年下半年的工作重點，除了持續循目前的盤查輔導模式，適切掌握各標承包商資料提供進度與品質外，還將著重於不同隧道標的排放特性分析、機電標與土建標盤查模式的發展，及 A3 標通過查證要求的符合度檢核。

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；其他進階

的資料比對、運算與報表功能，則持續根據執行經驗發展運算邏輯，再與資訊人員研商開發進程，今年度甫完成的新功能即為針對隧道標而建立的隧道工項辨別與輪進岩體查詢功能。本團隊也將持續參照工程處、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 105 年 1 月底前提送 104 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。

另考量本計畫為國內現階段執行工程碳足跡盤查年限最長，工程內容也最為多樣的碳管理計畫，可預期所蒐集的資料項目與數量將相對豐富但龐雜。為求有效整合分析數據、於執行過程中持續回饋具有應用價值的資訊與建議，提升本計畫執行成效，在此先依據工程進度就可分析之資料內容，羅列本計

畫執行至今及下期研議重點如後頁表 6.2-1。

本計畫將以此為基礎，於 104 年度年末報告中提出後續中長程之重點研議項目及成果發表目標作更完整的進度規劃，作為往後分年度檢討與修正本計畫執行方向之依據。

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，將再不定期就承包商盤查延遲或成果品質不佳時，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。

執行年度 議題規劃	102 年以前	103 年	104 年	105 年後續
隧道工程	<ul style="list-style-type: none"> ➢ C1、A2 標上半開挖每輪材料排放 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ C1、A2 標上半開挖每 m 材料機具排放 ➢ C1、A2 標上半開挖分補強(分岩體)、開挖(不分岩體)、支撐(分岩體)之材料機具單位斷面積前 m 排放 ➢ B 段隧道工程上半開挖主要材料用量蒐集分析與排放試算 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ A2 標上半開挖分岩體之補強、止水、開挖、支撐單位斷面積前 m 排放 ➢ C2、C1A 標上半開挖分岩體之補強、止水、開挖、支撐單位斷面積前 m 排放 ➢ A3 標眼鏡型隧道單位斷面積前 m 排放 ➢ B 段隧道工程上半、台階開挖及仰拱、襯砌主要材料用量排放活動量蒐集分析與排放試算 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ A2、C2、C1A 標台階開挖分岩體單位斷面積前 m 排放 ➢ A2、C2、C1A 標仰拱分岩體單位斷面積前 m 排放 ➢ A2、C2、C1A 標襯砌單位斷面積前 m 排放 ➢ A1 標眼鏡型隧道單位斷面積前 m 排放 ➢ 隧道場電排放分配 ➢ 蘇花改隧道工程碳排放分析及分斷面、型式及岩體類別之排放特性綜合分析 ➢ B 段隧道工程排放試算與推估結果比較 ➢ 各標工程進度與碳排放源組成占比、工項占比分析
進度關聯		<ul style="list-style-type: none"> ➢ A3 標工程進度與碳排放源組成占比、工項占比分析 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ A3、A1 標工程進度與碳排放源組成占比、工項占比分析 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 隧道出渣土方運輸能消耗參數
承包商/協力廠機運具能消耗		<ul style="list-style-type: none"> ➢ 挖土機：PC200、PC300 ➢ 混凝土泵浦車、土方運輸傾卸車、混凝土預拌車 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 挖土機：PC200、PC300 ➢ 混凝土泵浦車、土方運輸傾卸車 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 混凝土預拌車能消耗季節性差異分析 ➢ 各混凝土廠各型混凝土產品碳足跡試算 ➢ 瀝青混凝土各型產品碳足跡試算 ➢ 其他供應商(如：鋼筋、隧道支保)盤查規劃、資料蒐集及碳足跡試算
供應商材料產製及運輸	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 混凝土預拌車能消耗分析 ➢ 宜興南澳廠混凝土產品製程排放活動量蒐集分析 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 混凝土預拌車能消耗分析 ➢ 宜興南澳廠混凝土產品製程排放活動量蒐集分析 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 混凝土預拌車能消耗分析 ➢ 宜興南澳廠混凝土產品製程排放活動量蒐集分析、各型混凝土產品碳足跡試算 ➢ 享正、久屋、友誠廠混凝土產品製程排放活動量蒐集分析 ➢ 宜陽瀝青混凝土廠、亞泥花蓮廠產品製程排放活動量蒐集分析、產品碳足跡試算 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 混凝土預拌車能消耗季節性差異分析 ➢ 各混凝土廠各型混凝土產品碳足跡試算 ➢ 瀝青混凝土各型產品碳足跡試算 ➢ 其他供應商(如：鋼筋、隧道支保)盤查規劃、資料蒐集及碳足跡試算
減碳策略效益分析	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 飛灰爐石替代水泥(配比量) ➢ A2 標鐵路替代公路土方運輸(僅運輸部分) 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 飛灰爐石替代水泥(配比量) ➢ A2 標鐵路替代公路土方運輸(含暫置場材料機具及運輸部分)與情境分析 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 飛灰爐石替代水泥(配比量) ➢ A2 標鐵路替代公路土方運輸(公路運輸採盤查所得傾卸車能消耗係數、含暫置場材料機具及運輸部分) 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 飛灰爐石替代水泥(盤查量) ➢ A2、A1 鐵路替代公路土方運輸(傾卸車能消耗係數更新) ➢ 以鋼鐵噴噴凝土替代鋼線與網噴凝土、高效率機具替代等方案之情境分析

執行年度 議題規劃	102 年以前	103 年	104 年	105 年後續
工程排碳影響 因子分析			<ul style="list-style-type: none"> ➢ A3 標混凝土係數排放影響分析 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 生命週期排碳影響因子分析 ➢ 各標混凝土係數排放影響分析 ➢ 主要工程材料供應商選擇之排放影響分析 ➢ 設施操作維護(重置) 頻率之排放影響分析

參考文獻

- [1] Wiedmann, T. and Minx, J. (2007). A Definition of Carbon Footprint, ISA-UK Research Report.
- [2] Wang T., and Watson T. (2007). Who Owns China's Carbon Emissions? Tyndall Briefing Note No. 23
- [3] 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>
- [4] WRI/WBCSD (2011). Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/Corporate%20Value%20Chain%20%28Scope%203%29%20Accounting%20and%20Reporting%20Standard.pdf>
- [5] WRI/WBCSD (2011). Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard. <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Product%20Life%20Cycle%20Accounting%20and%20Reporting%20Standard.pdf>
- [6] 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>
- [7] ISO/CNS 14040 (2006) 。 環境管理-生命週期評估-原則與架構。
- [8] ISO/CNS 14044 (2006) 。 環境管理-生命週期評估-要求事項與指導綱要。
- [9] ISO/CNS 14025 (2006) 。 環境標誌與宣告-第3類環境宣告原則與程序。
- [10] 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>
- [11] 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)
- [12] 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

- [13] ISO/TS 14067 (2013). Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification and communication.
- [14] International EPD® System, (2013). General Programme Instructions (Version 2.01). <http://www.environdec.com/it/The-International-EPD-System/General-Programme-Instructions/#.Uuc2WNIVHGg>
- [15] United Nations Statistics Division, (2012). CPC Ver.2 (Central Product Classification, Ver.2). <http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regcst.asp?Cl=25>
- [16] 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>
- [17] International EPD® System (2013) PCR Basic Module for UN CPC 53 Land Transport Infrastructure. <http://www.environdec.com/en/PCR/Detail/?Pcr=8800#.UsJnkdIW1QA>
- [18] 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>
- [19] International EPD® System (2013) PCR for CPC 53221: Bridges and Elevated Highways. Online document, <http://www.environdec.com/en/PCR/Detail/?Pcr=9377#.UsJoXNIW1QA>
- [20] 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>
- [21] 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>
- [22] International EPD® System, (2014). PCR for Highways (except elevated highways), Streets and Roads v1.02.
- [23] International EPD® System, (2014) PCR for Buildings.
- [24] International EPD® System, (2015). PCR basic module for Construction Products and Construction Services v2.0.
- [25] Li, G., (2014). Road to Low Carbon Construction - Introduction to CIC Carbon Labeling Scheme for Construction Materials, Zero Carbon Building, Construction Industry Council.

- [26] 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>
- [27] 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>
- [28] 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.
- [29] 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
- [30] 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.
- [31] 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-%20201131.pdf
- [32] 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>
- [33] 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
- [34] 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
- [35] 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

- [36] 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
- [37] UK Highways Agency, (2009). Carbon Management Framework for Major Infrastructure Projects e21C Project Report. <http://www.forumforthefuture.org/files/EC21-Carbon-Framework-FINAL.pdf>
- [38] European Network of Construction Companies for Research and Development, (ENCORD) (2012). Construction CO₂e Measurement Protocol.
- [39] Li, G., (2014). Road to Low Carbon Construction – Introduction to CIC Carbon Labeling Scheme for Construction Materials, Zero Carbon Building, Construction Industry Council.
- [40] Barandica, J. M., Gonzalo, F. S., Berzosa, Á., Delgado, J. A. and Acosta, F. J., (2013). “Applying life cycle thinking to reduce greenhouse gas emissions from road projects.” *Journal of Cleaner Production*, 57, p79-91.
- [41] 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
- [42] US DOE, National Renewable Energy Laboratory (NREL), (2009). U.S. Life-Cycle Inventory Database.
- [43] 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>
- [44] UK Environment Agency, (2011). Carbon calculator for construction activities (v3_1_2). <http://www.environment-agency.gov.uk/business/sectors/136252.aspx>
- [45] 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>

- [46] 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>
- [47] 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
- [48] Caltrans (California Department of Transportation), (1983). Energy and Transportation Systems. California Department of Transportation, Division of Engineering Services, Office of Transportation Laboratory. Sacramento, California.
- [49] 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>
- [50] 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>
- [51] 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>
- [52] 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-%20060308.pdf>
- [53] 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
- [54] 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>
- [55] 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)。

- [56] 行政院交通部，(2010)，節能減碳規劃設計參考原則。
- [57] 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。
- [58] 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
- [59] 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.
- [60] 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.
- [61] 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>
- [62] PE INTERNATIONAL, GaBi Database Documentation. http://gabi-dataset-documentation.gabi-software.com/xml_data/processes/38304ac2-fdcb-4a0b-863e-8f18a98bd19f_05.00.000.xml
- [63] 環保署碳足跡計算服務平台(2014)。電力碳足跡(2012)。<http://cfp-calculate.tw/Bmodule/Inventory/Metadata2.aspx>
- [64] 經濟部能源局(2011)。99 年度電力排放係數。
- [65] US Environmental Protection Agency (EPA), (2009). Potential for Reducing Greenhouse Gas Emissions in the Construction Sector.
- [66] US Environmental Protection Agency (EPA), (2010). EPA Climate Leaders Simplified GHG Emissions Calculator (SGEC), U.S. Environmental Protection Agency.
- [67] US Federal Highway Administration (FHWA), (2011). Sustainable Highways Self-Evaluation Tool. <https://www.sustainablehighways.org/>
- [68] 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)
- [69] 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>

[70] The World Bank (Egis), (2010). Introduction to Greenhouse Gas Emissions in Road Construction and Rehabilitation. <http://siteresources.worldbank.org/INTEAPASTAE/Resources/GHG-ExecSummary.pdf>.

[71] HM Treasury, (2013). Infrastructure Carbon Review. < <https://www.gov.uk/government/publications/infrastructure-carbon-review> > ISBN 978-1-909790-44-5.

[72] 日本「国土交通省の環境政策」西村氏 建設マネジメント技術 2008 年 7 月号。

附錄 I 歷次審查意見回覆

「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料管理，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料及操作時數資料。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料合理性。
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(管窰鋼管、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，A1 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)。	A1 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>
<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>	<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>
<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>	<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複情形，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。

「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 年度年末進度報告審查意見及處理情形

會議時間：中華民國 104 年 3 月 12 日 (星期四) 下午 2 時

會議地點：蘇花改工程處會議室

主持人：吳副處長明恩

記錄：林玟廷

審查意見	處理情形
一、胡憲倫教授	
(一) 整體而言，執行團隊的努力、資料蒐集的用心，以及撰寫報告的品質均值得肯定。	感謝委員的肯定與指教。
(二) 報告書中仍有幾處應再釐清： <ul style="list-style-type: none"> ➢ Page 1-4 第一段“但 ISO 14067 尚未公告”，應與事實不符。 ➢ 有幾處數字標示錯誤—應為標示位數的逗點(,)而非(.)。例如 page 3-122 中的數字有多處標示錯誤。 ➢ 多處錯別字須更正及再確認(例如 page3-145“撰”寫而非“譚”寫)。 	P1-4 為本計畫契約所載之預期成果，條件是在盤查標的竣工時，若 ISO 14067 標準(技術規範不屬於標準)仍未公告，則以取得 PAS 2050 查證聲明書為具體成果。另已修正第三章數據千位數標號錯誤及錯字，並一併檢視其他內文繕打錯誤，詳修正報告。
(三) 本報告書的第一章講的是整個六年總計劃的目標及預期成果，然而本報告所呈現及審查的應該是 103 年的執行成果，因此應在第一章有本期(或 103 年)的年度目標及預期成果，也好讓審查委員會檢視是否目前的執行有達到預期目標。	感謝委員指教。本計畫已增加本年度目標與預期成果於第一章，詳修正報告 1.5.2 節。
(四) 請隨時確認及 update 環保署公告之本土公用係數於此計畫—目前絕大多數的排放係數仍是沿用國外係數(GaBi)(表 3.3.4-1)，未來的結果恐會招致疑義。 (同會議紀錄審查意見(二)：環保署有公告之本土公用係數，這些係數	本計畫已增加文述說明環保署迄今公告於碳足跡計算服務平台之係數資料庫內容分析結果，並依據本年度查證單位年度預審意見，提出本年度排放清冊彙整及碳足跡計算之係數選擇選用結果；此部分增補內容詳修正報告 3.3.1、3.3.3 節。未來將遵照委員建議半年更新環保署公告係數，並於年度預審過程中與查

審查意見	處理情形
<p>經詢問是有部分適用於本工程，但報告書中絕大多數的排放係數仍是沿用國外係數(GaBi)(表 3.3.4-1)，未來的結果恐會招致疑義)</p>	<p>證單位確認是否採用。</p>
<p>(五) Page 3-111 提及因修正北勝 102 年誤植所造成的錯誤，而將前期誤植的部分扣除而得到今年的 105,850 公升，惟此一動作無法從報告中查知，請提供相關資訊。(同會議紀錄審查意見(三))</p>	<p>北勝公司為 A1 及 A2 標共同之協力廠商，於 102 年 11、12 月及 103 年 3 月份提供加油單據時，誤將用於兩標之所有單據全數交予 A1 標碳盤專員，以致於這 3 個月份單據的總油量(18,898.01 L)全數填報於 A1 標。經查確認是誤植並與查證單位討論後，即依北勝公司建議：以該期間分別於兩標執行井基工程之機具組數(A1 標 2 組、A2 標 1 組)作為分配依據，故 A1 標應扣除該 3 個月份總油量的三分之一。故 103 年度 A1 標北勝年總用油量統計結果雖為 112,149.34 L，因扣除 6,299.34 L 故以 105,850 L 計；此部分已於修正報告第三章 3.4.4 節三、(一)補充說明。</p>
<p>(六) (同上)同一頁下一段提及今年將機具操作時數在 50 小時以下，未有加油紀錄的機具排除。問題一、既然有操作為何沒有加油紀錄？問題二、這樣的情況有幾筆？需不需要改善？ (同會議紀錄審查意見(四)：報告書 P.3-111 第二段提及今年將機具操作時數在 50 小時以下，未有加油紀錄的機具排除。請說明：有操作為何沒有加油紀錄？這樣的情況有幾筆？需不需要改善?)</p>	<p>累計操作時數在 50 小時以下未有加油紀錄，所指的是：少部分由協力廠商臨時租用的機具，有工作完畢即離場、過程未加油的狀況；故僅有操作或出工時數而無加油紀錄。目前 A 段共有 4 台機具(挖土機、噴漿機、鑽堡及發電機)為此狀況，尚未將其操作時數所對應的用油量納入碳排放計算。本計畫將持續追蹤、累計這些機具的操作狀況，待操作時數逾 50 小時或其作業項目結束時，即一致以標內或本計畫內其他標相近的機具類型、型號或作業內容之能耗率進行用油量估算。</p>
<p>(七) 第四章 4.2 及 4.3 分別做了工程特性與碳足跡，以及環境因子與碳足跡關聯的分析，非常好。只是目前似乎仍然看不出一個規律，是否是因目前是一個標一個表的個別分析(特別是工程特性的部分)，而非將所有標中的個別工程特性一起探討，或者會有不同的發現。</p>	<p>感謝委員的肯定與指教。本計畫 5 個土建標工程雖已全數開始施作，但迄 103 年底僅 A3 標進度逾 50%，各標代表性工項或各標間相同工項之完成度不一，故工程特性及環境因子之於施工階段碳足跡的分析結果尚不具規律性。為強化後續持續追蹤計算不同工程碳足跡參數與排放特性分析，本計畫本年度已改就橋梁標與隧道標分為兩大類發展分析方法：橋梁</p>

審查意見	處理情形
	標目前係以 A3、A1 標已完成工項(A1 標僅基樁工程)進行下構工程各工項碳足跡分析；隧道標則是以 C1 及 A2 分補強、開挖、支撐三種功能進行不同岩體類別之材料與機具排放及單位開挖斷面積長度碳足跡分析。此部分已修正原第四章文述方式，並增加相關分析結果詳修正報告 4.2.2 節及 4.2.3 節。
<p>(八) 本計畫由於是公共工程碳足跡盤查的首例，規模及工期均甚長，也因此特別引人關注及讓人期待。雖然目前計畫仍在進行，執行成果也還不甚具體，建議仍然可以舉辦研討會或在不同場合主動分享執行及研究心得，甚至是遇到的困難，讓其他目前也在進行的公共工程碳盤查也能受惠此一計畫研究團隊的經驗。</p> <p>(同會議紀錄審查意見(五)：建議舉辦研討會或在不同場合主動分享執行及研究心得，讓其他目前也在進行的公共工程碳盤查也能受惠此一計畫研究團隊的經驗。)</p>	<p>本計畫自 101 年 6 月開始第一標盤查輔導作業迄今，除每年皆參與工程會公共工程碳排放量估算試辦作業、提出經驗分享報告，並曾於 101 年 9 月協助籌辦國際研討會並進行發表，及於 102 年 5 月擴大辦理教育訓練，廣邀其他工程辦理單位與會進行成果交流。103 年度並於 5 月協同公路總局其他工程碳管理計畫共同主辦公路工程碳管理制度及實務研討會，另於 9 月第一屆蘇花改工程技術論壇發表階段性碳足跡彙整分析成果。後續本計畫也將持續配合工程處的要求，於適當時間或場合以會議辦理或簡報發表型式，與其他公共工程碳管理團隊進行成果交流與經驗分享。</p>
<p>(九) 報告中顯示工程材料佔的比例相當大，針對可再利用的材料如臨時支撐等，是否有針對其使用特性做計算上的調整？</p> <p>(會議紀錄審查意見(一))</p>	<p>本計畫碳足跡計算分析結果所顯示之占比最大的工程材料排放量，係已排除可重覆利用之材料，如臨時支撐設備、鋼模等，而僅計入一次性耗用於工程設施之建造過程中，及可回收但需再生才能再利用的材料。其中，可回收再生材料因有待逐項探討其再生程序與特性進行生命週期排放量分配，故現階段是暫以一次性耗用進行碳足跡計算；後續將待工程進度逾半、用量確認之際進行此部分可扣除之碳排放量檢討。惟這些材料用量與排放量並不大，故初估對於材料排碳在工程碳足跡占比最大的結果並無影響。</p>
二、陳立憲委員	
<p>(一) 誤植或商榷處在此僅作如右之部分例舉，請受委託之執行單位於完成</p>	<p>感謝委員指正。已根據委員提供之編輯建議逐一檢視，並修正或補充相關說明文述，詳修正</p>

審查意見	處理情形
初稿後，全文能再費心綜閱更正。	報告第一、二章及 3.4.3 節。
(二) P.2-2 頁引用之文獻「另有中國研究指出....」，參考文獻中無法得知引自何處? (同會議紀錄審查意見(二))	已補充文獻出處於第二章內文(P2-5)及參考文獻中。
(三) 參考文獻格式方面，現用「左-右均對齊」，建議「向右對齊」即可。例如參-3，「左-右均對齊」之呈現並不佳(造成中間極大空白處)。	已修正參考文獻格式。
(四) 針對盤查之依據究係以「ISO/TS 14067」；抑或依「PAS 2050」，請說明由前期兩次審查意見後(附錄 I-5 頁(查證單位)及附錄 I-15 頁的本人建議)，所作後續決議及其因應之行動方策。建議土木工程宜加作「不確定性」與「敏感性」分析詳如下。因盤查目的不只為：(一)符合國際認證的位階考量；積極面更要為：(二)對調查對象之土木工程作業有所助益。如同前次之建議；土木建設之「工料」具「B2B」的獨特唯一性，且於外業現場多具「不確定性」與「敏感性」特徵，誠非「B2C」多屬內業且重複性高之產品製造可比；故建議應取兩項依據之「聯集」；而非「交集」。亦即現況雖依 PAS 2050 盤查，仍可「同中求異」加作不確定性與敏感性分析以滿足 ISO/TS 14067。 (同會議紀錄審查意見(一)：針對盤查之依據究係以「ISO/TS 14067」；抑或依「PAS 2050」，請說明由前期兩次審查意見後(附錄 I-5 頁(查證單位)及附錄 I-15 頁的本人建議)，所作後續決議及其因應之行動方策。)	依據本計畫契約要求，本計畫係以取得 PAS 2050 或 ISO 14067 查證聲明為具體執行目標，惟目前國際標準組織僅公告 ISO/TS 14067 技術規範而非正式之 ISO 國際標準，基於技術規範必須進行三年一次的檢討，且未來若無法修正通過成為國際標準則可能會被廢止的狀況，本計畫在取證目標上才會仍強調以 PAS 2050 為依據。但在工作內容的規劃與執行上，為能對於本計畫盤查對象有所助益，本計畫將循委員意見，在 PAS 2050 及 ISO/TS 14067 兩套標準中取聯集，除持續確保盤查資料符合 PAS 2050 要求外，亦考量「同中求異」：選擇重要的活動項目活動量與係數，於下期進度報告書中呈現不確定性與敏感性分析與探討結果，力求盤查資料彙整與分析結果能夠在符合查證單位要求之餘，對於土木工程碳排放分析有具體助益。
(五) 請說明基於「碳匯」變化調查之工作項目中；施工現場林相變化之內	本計畫目前已記錄之碳匯變化主要為工程開始階段的清除掘除與移植作業內容，調查登錄

審查意見	處理情形
容。	與記錄資料項目包括：林相、移除面積(以現場照片、測量隊認定面積資料為佐證)，及林木種類、棵數(以移植計畫驗收資料佐證)。
<p>(六) 煩請檢討「功能單位」之設定：建議需考慮未來資料庫建立後，可供比對其他案例為前提。否則針對土木工程外業之差異，難作較詳實之比對驗證，如不妥善視之，其結果恐造成比對兩案例時差異過大但無從解釋及後續減碳策略之因應(如 4-40 頁之圖 4-3-1、附錄 I-20 頁之第五項(一))。例如有些土木工程作業以「面積」為其影響要因，另有些則以「長度」或「深度」為影響要因。如用 $\text{tonCO}_2\text{e}/\text{m}^3$ 表之，恐造成資訊不足之虞。</p> <p>建議原採用「$\text{tonCO}_2\text{e}/\text{m}^3$」之「功能單位」，可改試以「$\text{tonCO}_2\text{e}/\text{m}^2/\text{m}$」表之，如此一來可同時保有整體「體積」計量之能、資耗用之碳排放數據；亦可包含「面積」與「長度或深度」之資訊，方能作後續資料庫之應用，例如不同道路工程案例之差異比對。</p> <p>(同會議紀錄審查意見(四))</p>	<p>感謝委員指正。為更正確而有效地分析隧道工程碳足跡與不同功能的作業及不同岩體類別之關聯，並產出可供其他工程計畫參考應用之資訊，本計畫已重新修正隧道標工程碳足跡分析結果說明，並一致將分析結果以委員建議之 $\text{tonCO}_2\text{e}/\text{m}^2/\text{m}$ 表示，修正結果詳修正報告 4.2.3 節。另在橋梁工程工項分析結果呈現的方式也已同步修正以 $\text{tonCO}_2\text{e}/\text{m}^2/\text{m}$ 表示，修正結果詳修正報告 4.2.2 節。</p>
<p>(七) 依本業執行計畫之範圍四，以 A、C 兩段之結果；作 B 段之排碳推估。請說明目前此項工作內容或預定進程。另外建議宜應有另一調查案；於 B 段增加局部小段之實際調查，方能驗證此評估方式之適確性。</p> <p>(同會議紀錄審查意見(三)：B 段之碳排放將以 A、C 段推估其成果，建議針對 B 段做小規模的資料蒐集，可將推估與實際成果相互比對以取得更精確之成果。)</p>	<p>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，本計畫已於 103 年 2 月提出碳足跡調查表予 B 段監造和承包商，於 4 月份辦理一場次調查資料說明會，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，完成部分資料分析於 102 年度年中進度報告書；並請各標承包商於後續有較完整工項完成時持續提供資料。惟當次資料蒐集後並未再取得進一步的調查資料，故本計畫規劃將於 104</p>

審查意見	處理情形
	年 4 月再連繫商請 B 段標提供相關資料，藉以與 A、C 段近期推估分析結果作比對探討。
(八) 本計畫之工作項目二.7「資料庫建置與分析、維護」(1-7 頁及圖 1.4-1)，似乎無法由本報告窺知執行成果，請作相關之說明與其成效驗收。	本計畫執行工作項目：資料庫建置與分析、維護之成果詳報告書 3.2 節，主要包含盤查表單設計、資料蒐集與矯正檢核流程與資料庫設計建置。其中，各式表單及資料庫系統建置與線上資料蒐集界面結果已於 103 年度年中進度報告修正報告中完整呈現，故年末報告中僅就有修正的部分(矯正檢核流程)有較詳盡的說明，其餘僅簡化呈現。為使年末進度報告具備完整性，已再就此部分成果增補於修正報告中，相關內容詳修正報告 3.2.1 至 3.2.6 節。
(九) 工程特性與碳足跡關聯分析(如 4-15 頁~4-20 頁；與 4-40 頁之圖 4.3-1)應具「知其然」與「知其所以然」之內容；未來方可供作預測比對之用(由 A、C 兩段之成果，推估 B 段)，惟本文似乎只作前者(知其然)而闕漏後者，請說明。 (同會議紀錄審查意見(五))	為加強工程特性與碳足跡量化結果之關聯分析內容，具備委員所要求之成果分析與應用價值，本計畫已重新修正報告書第四章探討內容與陳述方式，重新就各標工程及分為橋梁與隧道標兩類工程，其特性與碳足跡分析結果進行比對說明，詳修正報告 4.2.1 至 4.2.3 節。
(一〇) 研提「減碳策略」時，宜先作熱點(hot spot)之考量(如§5-2 節)；且不應只「直接」檢視「材料」項目之排碳高於「機/運具」項目現況，就只逕由「材料」端作減碳策略。因於設計階段檢討可行性評估而改採新工法或技術(機/運具因此而改)；或可「間接」降低「材料」之碳排。此項內容仍列工作項目與範圍(1-7 頁)，值供未來執行之參佐(如§5-3 節)。 (同會議紀錄審查意見(六))	本計畫在探討減碳策略的過程中，基於分析結果顯示材料排碳占比最大，但各盤查執行標受限於既定的設計內容，幾乎無直接減碳空間，而無法提出適當的減碳策略。考量委員之建議內容，以未來可輔助新工法或技術選擇之參考為出發點，本計畫先初步以隧道工程為例，探討以工程項目為單元之減碳策略：即以開挖作業之機運具與材料排放量總合，合併探討機械開挖與鑽炸開挖的單位排放量比較；此部分內容詳修正報告 4.2.3 節。後續本計畫將持續以其他工項之排放差異分析結果，探討研提相關減碳策略。
(一一) 簡報中的成果展現，除了細項的碳排外應加入綜合的結果以相互比較，如 P.47 中 C1 標的開挖與支撐應加入結合的成果作探討。 (會議紀錄審查意見(七))	本計畫已就此部分簡報內容增補文述及單位開挖面積與長度之開挖與支撐工程排放量總和於本計畫修正報告中，詳 4.2.3 節，

審查意見	處理情形
<p>(一二) 簡報 P.52 表格建議在「補強」項目旁加一欄「排/止水」項目，以區別固態補強與流體穩定之作法，並於最左側加入各類岩體之總計結果一欄。</p> <p>(會議紀錄審查意見(八))</p>	<p>感謝委員指教。本計畫已先就隧道工程除依功能分補強、開挖、支撐外，尚應增加排/止水一項於第四章分析方法之文述中，詳 4.2.3 節；惟歸於此類計算之材料項目與機具種類，以及相對應之碳足跡計算結果，將於本計畫 104 年度執行期間作更進一步的探討，並在後續進度報告中提出此部分方法發展與結果分析說明。</p>
<p>三、陳一昌委員</p>	
<p>(一) P1-3. 計畫目標第三項”遴選具有碳管理能力之承包商”一節，是否可以考慮增加承包商參與碳排放管理之誘因機制，例如「參與工程投標時之加分項目，使得以優先承攬」等。</p>	<p>已根據委員建議，調整文述為：可作為未來於工程招標階段調整評選程序、使具備碳管理能力之承包商具有優先承攬優勢的參考；詳修正報告 P1-3。</p>
<p>(二) P.1-14, 「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」一節，請說明：(1)原合約內是否有落實此項要求承包商配合之條款(2)是否已提出相關之執行策略(3)前項策略之可行性是否已經予以驗證(4)實施各項措施後之減碳結果與預估值之比較等，以驗證其成效。</p>	<p>根據委員意見分項說明如下：(1)原契約僅要求承包商配合進行工程碳排放活動盤查與記錄，而無要求配合執行減量策略之條款；(2)基於盤查經驗與資料蒐集狀況，本計畫目前係以提供工程機具之油耗率分析結果的方式，提醒承包商可參考選用節油、省電的工程機具設備。惟由目前承包商與協力廠商間計價承作的模式可知，因油耗量與雙方計價並無直接關係，故承包商並不會對協力廠商有節油要求，而協力廠商在成本考量下，亦不太可能有汰換機具的作為；(3)機運具節油的減碳效益本身不具爭議，但個案上某一標的某一機具經替換後，還會因操作的環境條件、人員素質等有差異，目前尚無實證結果；(4)本計畫將持續努力就盤查過程中，各標相同工項可用以比較碳排放量或可比較碳排放推估量與實測量的部分進行彙整分析，藉以試驗證不同措施之減碳成效。</p>
<p>(三) P.2-22,表 2.2.1-2"相關文獻分析"與 2.2.2 節"本期發現"二者，若有可以應用至本計畫者，宜增列"小結"加以說明。</p>	<p>本計畫第二章文獻分析及近期發現內容，因目前尚多為政策走向或估算與研究結果，對於本計畫現階段執行重點：落實工區盤查工作、量化分析碳足跡計算結果，尚未能直接地對應探討，故先以重點摘錄的方式彙整。後續待本計</p>

審查意見	處理情形
	畫資料蒐集與參數彙算結果更為具體、可與文獻分析結果進行對應探討時，即依委員意見另增加小節說明分析原則。
(四) P.3-7,圖 3.1.3-1 編號錯誤，標題宜增加”運輸”油耗率。另請確認本項確為運輸單位混凝土之運輸油耗率，並增列生產過程之排碳量後予以彙總。	已修正圖號及圖標題，並於同段落增加宜興混凝土南澳廠自 102 年 7 月迄今，配合本計畫提供混凝土生產碳足跡盤查活動數據資料之彙整與碳足跡計算結果。
(五) P.3-17,表 3.3.3-1 中，柴油(BP2)生命週期 3.339 一值，若是由本表之柴油(開採提煉、儲存運輸、使用)所得之柴油生命週期 3.340 佔 98%，再與生質柴油 3.256 佔 2%值相加後所得時，似應為 3.338 而非 3.339。請確認或說明計算方式。 (同會議紀錄審查意見(五))	此部份的計算方式係如委員意見所述無誤，惟報告書撰稿時並未完整呈現取自資料庫的 10 位數係數值，而僅用三位數呈現，致使直接以表中數據計算結果與試算表精算結果有異。配合報告書 3.3.4 節係數計算結果的呈現方式，本計畫已修正表 3.3.3-1，將係數計算結果以 4 位數表示，使表列數據與直算結果相符。
(六) P.3-157,所得之計算值可否與計畫初始原推估值做一比較？以了解原推估方式之正確性或可用性。	前期計畫係以工程設計資料進行施工階段碳足跡推估，其中並未包括工程管理機關之排放量；此部分盤查成果經彙整後，預期可以工程管理排放與工程排碳之比值為參數，作為未來規劃設計階段推估工程碳足跡後、藉由此參數將工程管理碳排放一併納入估算之依據。
(七) P.4-39&40 隧道案例中，單位材料排碳量大致隨著岩體強度上升而降低一節，主要係因岩體强度高者，隧道自撐性較高之緣故；惟圖 4.3-1 中，分類同為 6 類者，B3 標相對於 A2 標之排放差值高出約 3 倍，其可能原因建議進一步探討。 (同會議紀錄審查意見(四))	原 103 年度年末報告圖 4.3-1B3 標 6 類岩體排放量較高的原因，主要為使用管幕鋼管、先撐鋼管、水泥及樹脂等補強作業造成。若將上述補強作業使用材料之排碳量扣除，則 B3 標 6 類岩體之排碳量將下降至 3.60 tonCO ₂ e/m，與 5 類岩體排碳量相似。為更正確而有效地分析隧道工程碳足跡與不同功能的作業及不同岩體類別之關聯，本計畫已重新修正隧道標工程碳足跡分析方式，惟 B3 標因提供資料內容暫無法進行分析，故本報告先以 C1 標及 A2 標資料分析比對，相關分析與探討內容詳修正報告 4.2.3 節。
(八) P.5-3”本期工程減碳措施新發現”一節，建議列出本計畫擬採行及已採行之措施。	本計畫開始執行至今主要執行重點在於建立盤查方法、調整盤查表單與系統功能，確保盤查資料的正確性，以利正確分析工程項目及工

審查意見	處理情形
	程技術等排放差異，作為可輔助研提適切的節能減碳措施之基礎；故至今尚未有已採行之節能減碳措施。適逢各標已開始有相同工程項目陸續完成，本計畫將於 104 年度上半年執行期間，先透過比對現有文獻與盤查量化分析結果，試提出可能較適用於本計畫各盤查標的之施工期間節能減碳措施，供工程處轉知承包商參考辦理。
(九) P.5-7,表 5.1.2-3 所列數值，似可推導出：高快速道路若採用橋梁與隧道時，其排放情形較採用路堤型式者為佳。反之，城郊道路則以採用填土路堤為宜。若最後評估成效屬實，將可以提供規劃設計單位作為方案選擇時之重要參據。	報告書 5.1.2 節一、為世界銀行提出的減碳策略，內容包括不同運輸方式與里程、施工方法、結構類型及道路阻隔類型對於道路工程碳排放量的影響，並提出部分量化成果為佐證。惟此文獻為僅 29 頁的報告書，內容並未完整說明其量化過程與計算項目，為避免提出不符合本土狀況得減碳策略，本計畫將以後續計畫內累積的盤查結果為基礎，就文獻內的策略進行驗證性的探討，進而提出適當結論供規劃設計單位作為方案選擇時之參考。
(一〇) P.5-18,成效檢討一節，若時程上確實未能配合時，是否會影響本計畫之驗證目的與減碳效益成果，宜加以說明並預擬對應措施。	本計畫減碳成效之驗證係以追蹤量化設計階段所研提之減碳策略，如：材料替代、土方作為有價料運出及替代運輸方案等的執行狀況與成效為主，施工階段盤查期間所蒐集、發現或建議之減碳措施的執行成效為輔；在承包商承作契約並未要求其試行減碳策略的情況下，本計畫將就其他未施行之減碳措施可能的成效，以盤查資料分析探討的方式進行推估說明。
(一一) 希望此次成果能回饋到未來的工程中，以期在設計階段就將碳排放納入考量，達到節能減排的實質目標。 (會議紀錄審查意見(一))	產出可輔助設計階段有效進行碳排放估算、選擇低碳方案的本土工程排放特性資訊，一直是本計畫開始乃至於執行至今所秉持的目標，伴隨更多盤查資料的累積，後續也將持續以促進工程節能減碳為核心價值，持續探討並提出可為工程設計規劃階段參考與引用的資訊。
(一二) 碳匯資料稍嫌不足，針對樹木移植，應去了解移植成效，曾耳聞部分承商未落實移植之正確程序而造成移植樹木死亡率高，相關	本計畫目前係考量碳足跡盤查規範要求，訂定針對碳匯改變量計算而進行之資料收集內容，包含時間、碳匯改變型式(移除、移植、種植)、碳匯源類別(樹種)及數量(棵、面積)

審查意見	處理情形
<p>情況應列入考慮。 (會議紀錄審查意見(二))</p>	<p>等,作為計算工程施工階段碳匯增減量之數據資料。考量移植部分還涉及可能的死亡率,後續將把移植計畫之結果報告列為佐證資料之一,確保碳匯變化量計算內容的真確性。</p>
<p>(一三) 簡報中 P.21 顯示依實際情形推估與最初推估的成果差異甚大,請說明。 (會議紀錄審查意見(三))</p>	<p>本計畫以 A3 標之現階段盤查結果作線性分析,乍看之下最終排放量可能較原設計階段推估結果高約 25%,但由 103 年度年中與年末相較可知,工程進度與排放量的關聯性已開始如預期般趨於平緩。在目前累計排放量尚未逾原設計階段推估量的情況下,本計畫將持續就累計排放量進行計算與追蹤分析,待差異量大致確定時再就排放源計算項目、數量與排放係數選用等差異作進一步分析說明。</p>
<p>四、吳副處長明恩</p>	
<p>(一) A4、E1 標教育訓練時間儘早確定,以利早日適應碳盤查工作。</p>	<p>遵照辦理。本計畫已取得查證單位四月份可派員授課的時間,並據以擬定教育訓練辦理計畫書,發文提送工程處核定辦理日期。另同步於 3 月 25 日辦理之 A4 及 E1 標現場輔導會議中,告知承包商與監造單位可能的辦理時間,要求各單位碳管理專員務必預留時間參訓,以確保教育訓練辦理及施工期間碳管理作業執行成效。</p>
<p>(二) P1-9: 1.5.1 節漏列 C2 標。</p>	<p>已修正,詳修正報告 P1-9。</p>
<p>(三) P1-10: 表 1.5.1-1 建議已開工工程開工時間依實際開工時間填列。</p>	<p>已調整表述方式並同步修正圖 1.5.1-1,詳修正報告 P1-10、1-11。</p>
<p>(四) P3-30: 表 3.4.1-4 漏「具」字</p>	<p>已修正,詳修正報告 P3-46。</p>
<p>(五) P3-33~P36: 表 3.4.1-6 本期係指 103 年全年度或半年?應與前表表頭寫法一致。 (同會議紀錄審查意見(四))</p>	<p>本計畫年末報告係循往例、一致以全年度資料進行綜整分析與說明;基於一致性與易理解性,已將“本期”統一修正以“本年度”撰述於修正報告中。</p>
<p>(六) P3-45: 表 3.4.1-13 工程材料使用碳足跡計算建議加一排放量合計欄位。其他計算表亦請一併增列。</p>	<p>遵照辦理。已於 A3、C1、A2、A1、C2 機運具與工程碳足跡計算表末增加合計欄位,詳修正報告表 3.4.1-13;表 3.4.2-9;表 3.4.3-10;表 3.4.4-9;及表 3.4.5-11。</p>
<p>(七) P3-64 表 3.4.2-7 機具使用碳排放量 1,668.25tonCO₂e 與 p3-65~3-66 機具排碳量合計不符。</p>	<p>表 3.4.2-7 機具使用碳排放量為機、運具油耗及場電排碳量加總結果,而表 3.4.2-8 僅分別列出機具及運具油耗排碳量,場電排碳量則另</p>

審查意見	處理情形
	於內文中描述；故兩表排碳量不相符。已將場電排碳量增列於表 3.4.2-8，詳修正報告 P3-82。
(八) P4-32 表 4.2.3-3 A2 隧道北口及南口岩體材料單位排碳為同樣是 5 類岩體，排碳量差距卻達 1.5 倍，應予分析原因說明。 (同會議紀錄審查意見(一))	A2 標隧道南口 5 類岩體開挖作業排碳量明顯高於北口，推測應與南北口隧道補強作業(管幕鋼管、灌漿鋼管及先撐鋼管等)施作數量不同所致。此部分已循審查會議簡報內容修正分析方式，將隧道標一致以補強、開挖、支撐作業進行排放量分析，並增加結果說明文述，詳修正報告 4.2.3 節。
(九) 附錄 I-14 廖洪鈞教授會議紀錄審查意見(二)A1 誤植為 A3 標。	已修正，詳修正報告附錄 I-14 頁。
(一〇) 附錄 I-16(二)機電及交控碳排放量分配於土建碳排放量具體的實務操作方法請在今年度座談會方式討論與確認。	遵照辦理。本計畫將以機電及交控標碳排放量盤查及分配之具體與實務操作方法為題，於 104 年度年中進度報告提出本年度座談會辦理計畫。
(一一) P5-13: 表 5.2.2-2 鐵路與公路運輸係數蒐集結果其中不同來源係數差距達 2~3 倍，運用上是否有問題？ (同會議紀錄審查意見(二))	因國內目前尚未有完整的鐵公路運輸碳足跡調查資料或建議採用的公告係數，故本計畫係以不同來源的係數作平衡報導；運用上建議不要以絕對量而是採相對減碳量的方式表述，例如：A2 標渣料採鐵路運輸因減少運輸里程，且鐵路運輸(柴油)之碳排放係數約為公路運輸排放係數的一半，致使在不考慮暫置場設置與機具操作的情況下，運輸排放約可較原公路運輸排放減量 60%。
(一二) P5-15: 表 5.2.1-4 暫置場工程材料機具能耗排放量為何暫置材料多寡卻與機具能耗成反比？ (同會議紀錄審查意見(五))	暫置場材料排碳來源為暫置場設置之初所用之鋼筋與混凝土等材料，與暫置場地坪大小較相關；機具排碳則是源於土方上下車所用之鏟裝機與挖土機能耗，與土方處理量較相關；兩者之間並不具有直接的反比關係。已針對此部分增加文字加強說明，詳修正報告 P5-15。
(一三) 請碳管理團隊在施工過程中依據階段性的成果提供承商在機具、材料、設備等的節能減碳建議，(亦可透過本處轉知承商)使工程在施工階段即可朝著碳排放減量的目標前進，而非僅獲得碳排放量的統計數據而已。	本計畫開始執行至今主要執行重點在於建立盤查方法、調整盤查表單與系統功能，確保盤查資料的正確性，以利正確分析工程項目及工程技術等排放差異，作為可輔助研提適切的節能減碳措施之基礎；截至 103 年度盤查結果的綜整與分析，才逐漸可由已完成工項、不同工法間的排放狀況，提出較明確的差異分析。本

審查意見	處理情形
(會議紀錄審查意見(三))	計畫將於 104 年度上半年執行期間，比對現有文獻與盤查量化分析結果，試提出可能較適用於本計畫各盤查標的之施工期間節能減碳措施，供工程處轉知承包商參考辦理。
五、張主任工程司林隆	
(一) 報告書 P.4-35 提到「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 25.87、11.91 及 12.39 L/hr。」，請說明。	初步推測 A2 標挖土機能耗偏高的原因，可能與 A2 標挖土機操作時數為現場工程師所記錄有關。相較於 C1 標挖土機操作時數由計數器讀值取得，A2 標工程師記錄之操作時數可能未包含怠速期間時數，故使 A2 標挖土機油耗值偏高。本計畫已增補說明文述於修正報告 4.2.5 節，後續也將再納入 A1 及 C2 標機具油耗率分析結果作進一步的比對與探討。
六、英國標準協會林協理文華	
(一) 報告書 P.3-7 圖 3.1.3-1 宜興混凝土南澳廠單位混凝土體積油耗率顯示有些特異點，應將退料情況納入考量，作更精確的計算。	感謝指教。本計畫將提出 103 年度資料彙整結果予混凝土供應商，試就可能的時間因素(夏季暑假期間交通狀況)與出貨狀況變異性(退料量)進行討論，再於下期進度報告中提出探討結果。此部分已增加說明文述，詳修正報告 3.1.2 節。
結論	
(一) 附錄 I-16(二)機電及交控碳排放量分配於土建碳排放量具體的實務操作方法請在今年度以座談會方式討論與確認。	遵照辦理。本計畫將以機電及交控標碳排放量盤查及分配之具體與實務操作方法為題，於 104 年度年中進度報告提出本年度座談會辦理計畫。
(二) A4、E1 標教育訓練時間儘早確定，以利早日適應碳盤查工作。	遵照辦理。本計畫已取得查證單位四月份可派員授課的時間，並據以擬定教育訓練辦理計畫書，發文提送工程處核定辦理日期。另同步於 3 月 25 日辦理之 A4 及 E1 標現場輔導會議中，告知承包商與監造單位可能的辦理時間，要求各單位碳管理專員務必預留時間參訓，以確保教育訓練辦理及施工期間碳管理作業執行成效。
(三) 請承商依據契約補充施工說明書規定時程及內容提送資料予中興碳管理團隊，若經工程司通知仍未改善者，將暫停支付該期全部工程估驗	將轉請承包商遵照辦理。

審查意見	處理情形
款。	
<p>(四) 請中興工程顧問公司碳管理團隊，將各委員及單位審查意見(含書面審查意見如附)答覆表及報告書修改部分於3月26日前先行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。</p>	<p>遵照辦理。已於3月26日 email 工程處承辦工程司轉各審查委員及單位審閱，於4月8日接獲同意通知。</p>

「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理委託服務工作」

104 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 104 年 9 月 1 日 (星期二) 上午九時三十分

會議地點：蘇花改工程處會議室

主持人：吳副處長明恩

記錄：林玟廷

審查意見	處理情形
一、陳一昌委員	
(一) P3-19 圖 3.2.1-1 輔導單位是為中興顧問公司，應增加甲方(工程處、工務段)核定的程序。	已依據本計畫目前執行流程，加入甲方(主管單位)線上即時監督日誌提報、檢核狀況及每月核定工作報告之程序，詳修正報告 P3-19。
(二) 圖 3.2.2-1 已對一般民眾的碳足跡資訊揭露之內容及頻率(月報或年報)為何，請增加說明。	已依據委員建議，增加本計畫目前於蘇花改工程處網站上，公開每月現場盤查輔導重點內容之說明文述，詳修正報告 P3-21。
(三) 圖 3.2.3-1 所列「碳足跡係數詮釋資料庫」、「碳排放係數資料庫」、「工程碳足跡計算參數資料庫」三者名稱，與 P3-22 文字說明「碳排放係數資料庫」似難對應。	本計畫係依據係數蒐集來源的差異，將係數資料庫分為碳足跡係數、碳排放係數資料庫及工程碳足跡計算參數三部分。其中，碳足跡係數(含詮釋資料表)為本計畫執行工程碳足跡計算可引用係數的彙集；碳排放係數為本計畫蒐集但未經確定可符合查證要求的備用係數；而工程碳足跡計算參數則有待後續持續累積工程碳足跡計算結果後，再作進一步回饋彙整(目前未建置)。已針對圖 3.2.3-1 文字略作修正，並增加相關說明文述於圖後，詳修正報告 P3-23。
(四) P3-104 所列「桁型支保」等，若是屬於臨時性假設工程，似可免予納入碳排計算數量。	依據碳足跡盤查規範，施工期間之臨時性假設工程可視為承包商之資本財，其產製碳排放可免予列入工程碳足跡計算。本計畫已依據此原則重新檢視各材料項目之屬性，由於 P3-104 所列「桁型支保」屬 A1 標隧道工程所使用之一次性使用材料，故在此納入本計畫碳足跡量化項目。
(五) 依據第四章本期各標盤查結果，「材料使用」與「機/運具使用」二項之排放量，均已高達九成以上(A3 標	誠如委員意見，本計畫自 101 年開始累積之各標盤查數據分析結果，的確顯示「材料使用」與「機/運具使用」二者為主要排放源，對於

審查意見	處理情形
98.2%、A2 標 98%、A1 標 99.1%、C2 標 98%、C1A 標 88.53%)，若依 80/20 法則，工地未來僅需掌握此二項作業之排放管理，即可有效達成減排效益。P5-1 已引用此一觀念。	工程執行逾一年以上的標別，兩排放源加總之於總排放量之占比皆逾 9 成；此結果亦與本計畫持續蒐集分析之國外相關文獻相同。本計畫後續也將持續檢核確認此論點，據 80/20 法則研提未來工地碳排放有效追蹤、控制及減量的管理策略。
(六) P4-12 圖 4.2.2-1 井基單位體積排碳量，與井基直徑關係請再檢視，井基直徑愈大者之排碳量似應較高。	感謝委員指教。本計畫已確認 A1 標井基工程排碳量對於井基直徑與材料使用量之關係，並於報告 4.2.2 節說明其排碳量。
(七) 文獻回顧結果顯示隧道工程碳排放量大於橋梁工程，應加強說明這僅是碳排放單一指標的評量結果；若與其他衝擊面向如生態環境衝擊作整合評估，則橋梁與隧道未必何者為必然的優選方案。	感謝委員提醒。本計畫已針對文獻蒐集彙整結果說明參考原則，並強調在本報告僅針對不同工程的碳排放差異作分析說明，並不代表特定工程型式為各個案通用的優選方案。相關補充說明文述詳修正報告第二章 P2-13~2-14。
(八) 表 5.1.1-1 等各表，列出 EPA、AASHTO、世界銀行等減碳措施，可否另加一欄位，說明本計畫所建議或擬採用之作為。	遵照辦理。已就本計畫目前採行策略，於表 5.1.1-1 新增最右欄說明；詳修正報告 P5-2~5-3。
(九) 鐵公路運輸替代方案的減碳效益探討部分，建議可由替代距離與減碳效益嘗試找出臨界點(critical point)	本計畫已就 A2 標北口(永樂站-新馬站)及南口(東澳站-新馬站)兩路線之暫置場設置排放，以公路運輸縮短距離和鐵路替代距離兩者的減碳效益求取兩種距離的臨界點，詳修正報告 5.2 節 P5-14~5-15。
二、陳立憲教授	
(一) 簡報部分：P.56 建議加入鐵公路運輸里程與排碳量之差異及公路運輸里程縮短與鐵路替代公路運輸之影響比率；P.55 隧道出碴鬆方密度宜再確認；以 P.63 為例建議單位表述方式一致(體積採 m ³ 而非方)；P.64 比較不同係數來源計算結果，應加入係數範圍區間欄位。	經檢討，本計畫已改用 A2 標盤查資料及最近期環差報告所載之土石方運輸量，修正鐵公路替代公路運輸方案之相關計算內容，如鬆方密度(ton/m ³)、土方運輸距離等，並修正單位表述方式統一以 m ³ 表示，於本報告 5.2 節說明；此部分詳修正報告 P5-9。另已遵照委員意見，將比較不同係數來源之係數值以區間方式增列欄位表示，詳修正報告 P4-36 表 4.3-2。
(二) 前期審查意見回覆內容提供針對意見修正的部分文稿，建議提供完整版報告以利通盤了解修正狀況。另建議針對部分適用於全期計畫執行	本計畫於提交本次審查意見回覆時，將附上完整修正報告文稿，以利委員全盤了解修正狀況。另本計畫將遵照委員建議，將意見回覆說明適用於全期計畫執行部分納入報告中。目前

審查意見	處理情形
<p>之意見回覆說明文述納入報告中；如本計畫盤查之準則將以「ISO/TS 14067」和「PAS 2050」兩者之要求取聯集進行。</p>	<p>已先將盤查準則採聯集部分說明納入，詳修正報告第一章 P1-4；後續將再重新檢視前期審查意見，於下期報告書編撰時增修相關文述。</p>
<p>(三) 簡報 P.10 及報告書 P2-19 頁提出挪威橋梁工程碳足跡量化文獻，建議就本計畫橋梁工程碳足跡盤查內容細節、兩者工程內容差異性及不確定性與碳排放量計算結果等逐項比較，作為本土橋梁工程碳排放特性分析與減碳措施擬定之參考或借鏡。</p>	<p>本計畫初步就目前執行盤查中的橋梁工程特性、邊界與評估項目，與本期新增回顧之挪威橋梁工程碳足跡量化文獻作初步的比較分析，詳修正報告 P2-24 及表 2.2.2-1。後續將再就碳排放量計算結果彙整分析方式，及不確定性分析項目等進行比較分析，作為本計畫執行橋梁工程碳排放特性分析之參考。</p>
<p>(四) 報告書目錄有文字誤植，請確實編輯修正。</p>	<p>感謝委員建議，已確實針對目錄中誤植部分完成檢討修正。</p>
<p>(五) 報告書 P4-25~32 圖表及報告顯示岩體類別之方式，應依工程慣例(同簡報改以羅馬數字)撰述；另無數據的類別則不要顯示在統計圖之座標軸上。</p>	<p>感謝委員指教，針對報告書有關於岩體類別之呈現方式，已統一以工程慣例(同簡報改以羅馬數字)進行撰述，另已將統計圖上無數據的類別部分刪除。</p>
<p>(六) 報告書 P4-20 井基碳排放分析結果，建議應列出各式深度以利正確探討或比較其變異性。</p>	<p>感謝委員指教。本計畫已再加強 A1 標井基工程排碳量計算結果之井基深度、直徑與材料使用量分析說明，詳修正報告 P4-20~4-22。</p>
<p>(七) 蘇花改工程為國內碳盤查年限最長，內容也最複雜之工程碳足跡作業，所蒐集資料相當豐富，建議報告 P6-2 頁下期工作重點可就資料分析結果，以羅列橫向、縱向探討議題提出路線圖(road map)的方式，確認本計畫長期(3~5 年)研發趨勢或文資資料該如何應用。</p>	<p>已遵照委員建議，初步就本計畫執行至今及後續之資料蒐集與分議題探討結果和規畫項目，以表列方式呈現如表 6.2-1，詳修正報告 P6-7~P6-9。本計畫將以此為基礎，於 104 年度年末報告中提出後續中長程之重點研議項目及成果發表目標作更完整且系統性的進度規劃，作為往後分年度檢討與修正本計畫執行方向之依據。</p>
<p>三、胡憲倫教授</p>	
<p>(一) 建議就文獻回顧中提及的國際碳足跡的計算器及評估工具應用於台灣公共工程碳排放量化的適用性作評估。</p>	<p>感謝委員建議。本計畫目前尚著重於盤查資料的蒐集驗證，此部分將列入後續在工程計畫接近完工、活動數量大致底定，與設計階段評估結果可作比較時，試以細設工程數量及盤查數量進行計算器試算，藉以提出各工具應用於台灣公共工程碳排放量化的適用性評析結果。</p>

審查意見	處理情形
(二) 本人為計畫團隊規劃的年度座談會主持人，建議舉辦日期能及早確認。	本計畫目前已確認本計畫主任查證員及主持人時間，規劃於 104 年 11 月 12 日下午辦理；後續將以此時間進行與談人聯繫並送工程處核定。
(三) 目前環保署所公告之係數，目前有哪幾項納入本計畫計算，如就係數內容與佐證有疑慮應向工研院詢問，協助提升平台上公告係數之數據品質。	基於前兩年度查證單位預審過程與結果，本計畫至本期為止，直接採用的環保署公告係數僅有各年度電力碳足跡。本團隊已於審查會後分別與查證單位及工研院諮詢燃料係數選用與計算方法，在不影響查證衣及數據的要求下，預期將於 104 年度年末報告進行年度碳足跡計算時，就燃料(汽、柴油)碳足跡係數改用環保署公告值。未來遇環保署平台有公告本計畫計算碳足跡所需的係數時，將循委員意見及此次研商燃料係數的經驗，作三方討論後盡可能採用環保署公告係數或提供建議予工研院參考，協助提升平台上公告係數之數據品質。
(四) 報告書 P3-45 表 3.3.4-1 採用文獻資料之係數應清楚交代其意義及來源。如：電力係數是哪一年的？學術研究究竟所指為何？	已針對報告書表 3.3.4-1 採用文獻資料之係數，加強註明資料出處來源及引用年份；詳修正報告 P3-45。
(五) 報告書 P3-83~86 表 3.4.3-9 以及其後之表格，換算機具所使用之係數相近，是否使是統一之係數。	本計畫機具操作排碳量計算方式，係依據機具油耗量、採移動源或固定源柴油係數計算，故表 3.4.3-9 中同為移動源或固定源的機具油耗排碳量是以相同係數計算。
(六) 目前報告書文述有就混凝土係數數值之差異進行排放量評估結果作比較，但說明係數差異原因的篇幅較少，建議未來可另闢專章說明。	感謝委員建議。混凝土係數之差異原因主要源於生命週期資料庫中可供選用的混凝土型別有限；故以相近型別之混凝土自行計算係數與資料庫係數差異不大，如：175II~245II 混凝土；但不相近的型別則有明顯差距，如 420II 混凝土、噴凝土等。本計畫已新增自行計算之混凝土型別與原選用資料庫係數之項目名稱的對應，詳修正報告 P4-35；預期後續可以相同方法再計算其他混凝土廠係數，於年末報告中新增專節探討係數其差異來源。
(七) 減碳措施應開始與施工單位討論及確認未來實施之可行性，以期能與實際情況配合。	本計畫於執行碳足跡盤查輔導的過程中，已持續與施工單位討論施工階段可行的減碳措施。但誠如目前工程減碳策略回顧結果，施工

審查意見	處理情形
	階段減碳可行措施已相對有限，而承包商在工程環境條件、進度、成本與品質等考量，且工程契約僅要求配合活動量紀錄的情況下，本計畫將持續以提醒、宣導的方式，協助願意主動配合的施工單位執行減量措施。
(八) 本計畫工期長，施工種類多元且涵蓋範圍廣，未來可以有非常多的成果可以呈現，建議應有整體發表規劃，特別是介紹給國外讀者的部分(國際研討會及期刊論文)。	謝謝委員建議。本計畫執行至今每年皆有配合國內期刊或國內與國際研討會進行階段性成果發表，目前已就逐年探討之議題重與後續規劃詳如表 6.2-1。本計畫將以此議題規劃及過去已發表成果說明為依據，於年末報告提出更完整的預期成果發表規劃。
(九) 目前工程項目分析內容，建議不要只看表面的大小趨勢，找出其關鍵因子(critical factor) 及可能關係式。	感謝委員建議。本計畫將再試就現階段已完工、可彙整出工項排放量的項目，進一步檢討其數量差異所代表的意義，並試以工程規模、環境條件、施工期程及成本等進行關聯分析，於年末報告提出試算結果。
(一〇) 建議就目前實際執行的經驗，比對去年制定、公告之三份道路、橋梁、隧道基礎工程的 CF-PCR 內容，檢視是否有窒礙難行或未來應修正的部分。	本計畫目前執行程序皆與符合去年環保署公告之三份道路、橋梁、隧道基礎工程的 CF-PCR 內容相符，惟對於一級活動數據要求(10%)的可達成性，目前仍持續追蹤中。本計畫後續將參考其他工程計畫盤查經驗，再就各 CF-PCR 內容進行檢視並適時提出修正建議。
四、吳副處長明恩	
(一) 本計畫碳足跡計算所選用之排放係數使用是否與環保署平台公告資料庫內容一致。若政府公告之碳排放係數若與向材料商盤查結果之數值不符，碳排放量以何值為計算基準?	環保署截至 104 年 8 月底止於平台上公告之碳足跡技術累計 272 筆，惟其中可供本計畫選用的項目有限，目前本計畫已採用平台上公告之各年度電力碳足跡進行工程碳足跡計算；在查證單位認可的情況下，預計將進一步採用公告之燃料係數。若未來本計畫有執行材料商碳足跡盤查的項目，遇環保署平台亦有公告係數時，本計畫將循碳足跡量化規範，優先採用盤查而得的材料碳足跡係數，作為本工程碳足跡盤查的一級數據；再另就盤查與公告係數之差異，提供建議予工研院參考，協助提升平台上公告係數之數據品質。
(二) 報告書 P3-35：所顯示頁面為 102 年畫面，看不出今年上半年是否仍有	已更新頁面資料，以先前分析的 A2 標至 104 年 6 月之統計結果呈現，可知目前因為承包商

審查意見	處理情形
廠商未提供挖土機油耗數據情形。	已配合作機具分油紀錄，主要工程機具已全數可由系統自動產出油耗分析結果。相關文述已對應修正於圖 3.2.5-3 後，詳修正報告 P3-35。
(三) 報告書 P3-38 及 P3-39 出現超過本期之 104 年 8 月 1 日及 104 年 9 月 1 日之日誌表單，請說明原因。	由於本報告撰寫時承包商皆已開始填寫 7 月份日誌資料，故是在不影響承包商填報的考量下，選擇以承包商填寫未及的日期試作功能展示，並以此擷取系統畫面進行新增功能說明。
(四) 請確認 A1 標白米景觀橋波腹鋼板為何未納入報告書所列之工程材料名稱中；同樣地，請確認 A3 標隧道襯砌用自充填混凝土為何未納入盤查。	感謝委員指教。白米景觀橋波腹鋼板因 A1 標向供應商取得相關單據之時間略有延遲，故材料運入及使用等活動量皆統一填報於 7 月份盤查日誌中，而未見於本次報告內；此部分將會在年末報告及年度清冊中呈現。另 A3 標隧道襯砌用自充填混凝土，經查係誤與 245II 型混凝土一併計算，故未列於排放項目中；目前已重新檢核材料項目與數據，詳修正報告 P3-63。
(五) 報告書 P5-9 東澳隧道總預估出碴量業經第 5 次環差變更為 158 萬方；另 A1 標有價料 11.8 萬方亦請納入報告中，並於環差定稿本核定後辦理盤查作業。	感謝委員指教。已依蘇花改第 5 次環差報告內容調整東澳隧道及 A1 標鐵路土方運輸量；相關文述詳修正報告 5.2 節。A1 標有價料係自 104 年 7 月下旬開始循 A2 北口運輸路徑外運，本計畫已於 7 月份開始進行此部分活動量盤查，相關結果將於年末報告中說明。
(六) P5-9：表 5.2-1 採鐵路+公路運輸方案，其中 21 噸傾卸車公路里程為 2.3 公里，請說明其計算依據。	感謝委員指教。此部份公路運輸里程 2.3 公里係為沿用自估算階段的估計值；本計畫已將 A2 標南、北口傾卸車運輸距離修正為 A2 標盤查結果之計算值，修正內容詳修正報告 5.2 節。
(七) 簡報 P.45 隧道上半開挖工程排碳分析原則中增列止水作業，請注意是否有補強兼具止水作業情況，並新增相關文述納入報告書修正稿中說明。	感謝委員指教。本計畫已依據 A2 標填報之盤查資料將使用水泥及聚氨酯樹脂之鋼管數量作區分，故在計算上不會有混用之情況。另審查會議簡報中提出之止水作業排碳量，已納入修正報告 4.2.3 節說明。
(八) 報告書中提及已有其他工程碳管理計畫進入竣工後查證程序，請計畫團隊進行了解，並就與本計畫之異同及可參考或借鏡之處作補充說明。	已就本計畫目前掌握之西濱南西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程 WH77-A 標工程竣工後查證準備狀況，加強說明文述，詳修正報告 P2-29~2-30。

審查意見	處理情形
五、張主任工程師林隆	
(一) 簡報 P.64 提高的原因應考量橋梁標混凝土用量大而噴凝土用量小；以目前各型混、噴凝土盤查係數與 Gabi 係數之差異來看，隧道標計算結果的變異量將更為顯著。另由此可探討以高強度混凝土替代低強度是否為適當的減碳策略。	因橋梁標與隧道標混/噴凝土用量比例剛好相反，故隧道標噴凝土用量明顯比橋梁標大許多，目前各型混、噴凝土盤查係數與 Gabi 係數之差異來看，噴凝土係數大於 Gabi 係數，相較於混凝土，噴凝土因無使用飛灰、爐石粉，故自行計算之係數較高，故是否可探討以高強度混凝土替代低強度混凝土之減碳策略，尚須更進一步評估。
(二) 計算報告書第四章各式議題分析因子應具有一致性，例如：圖 P4-3 與 P4-5 及 P4-9 與 P4-11；另部分統計圖以混/噴凝土為因子，僅列混凝土是否則不包含噴凝土。	已統一將第四章各統計圖之分析項目中，混凝土含噴凝土的部分以混/噴凝土表示，避免混淆。
(三) 針對國外減碳成效之回顧如英國減碳策略之潛勢(P5-1、5-6)，應就本計畫標的工程特性提出適當的評析。	已增列對於圖 5.1.1-1 英國基礎設施碳排放減量潛勢評析文述，詳修正報告 P5-7。
(四) 建議未來可探討排碳差異之議題： (1)隧道工程 H 型支保及桁型支保； (2)鋼纖噴凝土及鋼線網與噴凝土； 及(3)大斷面隧道與雙孔雙向隧道。	感謝委員建議。本計畫於 103 年度年末進度報告中，已基於 C1 標與 A2 標盤查結果對於隧道工程 H 型支保及桁型支保之排碳差異提出初步分析說明。後續將持續就計畫各類工程活動項目與數據累積結果，進行具替代性(鋼纖噴凝土及鋼線網與噴凝土)的工程活動及不同斷面隧道之排碳差異分析。
六、交通部公路總局	
(一) 速凝劑使用量規範為水泥使用重量的 3%，換算 1m ³ 噴凝土約使用 12kg 速凝劑，目前所假設 1m ³ 噴凝土使用 20kg 速凝劑，高於使用量規範，應確認其合理性。	感謝委員指教。經本計畫與 A 段承包商確認，其填報速凝劑使用數量之比例，係依據隧道技術規範(http://doie.coa.gov.tw/upload/public/work/02424.pdf)：隧道噴凝土速凝劑使用規範水泥重量之 5% 計算。本計畫將再就是否有與其他規範要求不符作確認。
(二) 請加強蘇花改碳管理計畫之結果與總局其他工程碳管理計畫執行成果之比較分析。	本計畫為公路總局第一個啟動的碳管理計畫，產出之執行成果正持續增加中，但工程類型較複雜且期程較長，相關數據尚無定案；僅能就資料蒐集分析方法與其他碳管理計畫作定性比較。西濱南西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程碳管理執行方法及原則與本計畫

審查意見	處理情形
	大致相同，細節僅因承包商執行力之差異而有些微差異；其 WH77-A 標工程竣工後查證準備狀況，則為本計畫目前積極追蹤與學習的標的。本計畫將持續強化盤查數據分析說明，作為後續取得其他碳管理計畫量化成果時，可有效進行分析比較之依據。
(三) 本期報告未見前期委員所建議之部分分析方法與所呈現之結果，如工程完成度、排碳量及設計排碳量之比較，是否於後續報告中呈現。	遵照辦理。承 103 年年末進度報告所述，建議於工程完成度較高(進度超過 50%)時再進行工程完成度、排碳量及設計排碳量之比較；預計本年度將有 A1 及 A3 標符合此條件，相關成果將統一於 104 年度年末進度報告中彙整呈現。
七、英國標準協會黃副協理雪娟	
(一) 蘇花改工程碳足跡盤查因時間長、內容複雜度高及相互影響之因素眾多，故其計算碳盤查計算之係數來源選用，除環保署公告係數外，相關國外係數皆經過 ILCD 認證，再選擇符合之係數進行估算，未來有關標準選用方式，還需要國內 CNS 標準來進行界定。	敬悉。未來除持續針對本工程碳足跡擴大盤查作業(混凝土廠、水泥廠、鋼筋及瀝青混凝土廠等)，並增加一級數據的百分比外，亦對於環保署公告係數進行選用，對於未來標準選用方式，仍需待相關 CNS 標準來評估。
結論	
(一) 104 年度座談會原則同意碳管理單位之規劃，地點選擇於台北召開，時間請接洽會議主席及各與談人後，送本處核定。	遵照辦理。本計畫目前已初步與本計畫主任查證員及主持人確認會議辦理時間，暫定於 104 年 11 月 12 日下午辦理；後續將以此時間進行與談人聯繫，確認後儘速送工程處核定。
(二) B 段碳推估作業尚缺那些資料，請碳管理單位提供所需資料內容函送本處，由本處函轉監造及承包商配合辦理。	遵照辦理。本計畫將於 9 月底前簡化 B 段推估資料分析結果及須補充資料項目內容說明，函送工程處請求轉 B 段監造及承包商配合辦理。
(三) 混凝土供應商配合度高，水泥產製資料蒐集亦已有部分進展；但鋼鐵供應商盤查過程不甚順利。請計畫團隊研擬因應盤查作業所需請鋼鐵廠提供之資料內容函送本處，由本處轉請鋼鐵廠提供資料；但仍請同步再洽鋼鐵廠提供資料。	本團隊透過西濱南碳盤查計畫已執行過鋼鐵廠盤查經驗及所需資料，將一併轉請 貴處發文相關鋼鐵廠(宜聯、東和等)，另亦再行接洽鋼鐵廠協助提供所需盤查資料。

審查意見	處理情形
<p>(四) 承包商機具選用、燃料及車輛、機具維護之實際減碳作為，請監造單位於各標工程檢討會中宣導，並列入紀錄，副知本處，為減碳政策盡一份心力。</p>	<p>本計畫將持續分析各標排碳活動差異、釐清相對減碳作為，並轉知監造單位以利於各標工程檢討會進行宣導，強化承包商落實減碳作為。</p>
<p>(五) 請中興工程顧問公司碳管理團隊，將各委員及單位審查意見(含書面審查意見如附)答覆表及報告書修正稿於9月22日前先行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。</p>	<p>遵照辦理。本計畫已於9月22日 email 工程處承辦工程司轉各審查委員及單位審閱。</p>

附錄 II 本期各標現場訪查與輔導工作辦理實錄

台9線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理 仁水隧道新建工程(C2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，每月前往和 中大清水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。

摘要說明 C2 標 104 年度 1 月份現場輔導會議辦理內容及會後工區巡查狀況如下：

一、**辦理時間**：民國104年1月20日(星期二) 上午11:00 ~16:00

二、**辦理地點**：中興公司和中清水段監造工程處會議室

三、**討論議題**

1. 碳盤查登錄清冊討論；
2. 碳管理日誌內容討論；
3. 年報填寫提醒；
4. 工區現場訪查。

四、**照片集錦**



➤ 碳管理日誌、月報填報狀況討論



➤ 主工務所：大陸公司新鑽堡機進場(待登錄)



➤ 北口工區：L-2-202.8 明溝鋼筋綁紮 (協力廠商-長弘)



➤ 北口工區：工區變電站設置



➤ 北口工區：試驗性地錨鑽設(共 6 支，協力廠商-廣昇)



➤ 北口工區：隧道邊坡降挖(協力廠商-長弘。借用大陸公司機具：挖土機 CAT-329DL)



➤ 北口工區：隧道邊坡自鑽式岩栓鑽孔(協力廠商-廣昇)



➤ 北口工區：L2-1 明溝牆身模板拆模 (協力廠商-長弘)

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，本月份現場輔導係安排於監造蘇澳辦公室辦理，摘要說明104年度1月份蘇澳東澳段現場輔導會議辦理及工區巡查狀況如下：

一、辦理時間：民國104年1月22日(星期四) 上午10:20~15:00

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、碳管理日誌及月報填報內容討論；
2. A1標混凝土供應商享正及久屋預拌廠協助擴大盤查討論；
3. 臨時動議；
4. 工區現場訪查。

四、照片集錦



➤ 碳管理日誌內容討論



➤ A1標蘇澳隧道工區：管幕鋼管鑽設作業(待登錄新進鑽堡)



➤ A1 標白米高架橋工區：橋墩及底板美化作業(待登錄新進材料-氟碳樹脂)



➤ A1 標白米高架橋工區：橋墩及底板美化作業-已登錄高空作業車(ME-榮工 011)



➤ A1 標永樂高架橋工區：白米及永樂工區交界路塹邊坡保護



➤ A1 標永樂高架橋工區：邊坡保護岩栓灌漿用材料拌合



➤ A1 標永樂高架橋工區：PN6 現況及建幃泵浦車(ME-建幃 10)



➤ A2 標南口工區：擋土牆內土石滾壓作業



➤ A2 標南口工區：北口南下線隧道內設置變電站



➤ A2 標南口工區：北口南下線開挖現況及鑽堡機(AJ012)

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)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，每月前往和中大清水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。

摘要說明 C2 標 104 年度 2 月份現場輔導會議辦理內容及會後工區巡查狀況如下：

一、**辦理時間**：民國104年2月12日(星期四) 11:00 ~ 16:00

二、**辦理地點**：大陸工程公司仁水隧道工務所會議室

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. 年報填寫提醒；
4. 工區現場訪查。

四、**照片集錦**



➤ 碳管理日誌、月報填報狀況討論



➤ 北口工區：L2-202.8 明溝加蓋頂板
混凝土澆置完成



➤ 北口工區：預力地錨格梁鋼筋綁紮 (協力廠商-廣昇)



➤ 北口工區：主隧道洞口保護蓋施工



➤ 北口工區：洞口保護蓋施工機具，噴漿機 S-01



➤ 北口工區：洞口保護蓋施工材料，桁型支保堆置區



➤ 北口工區：L2-1 明溝結構回填作業使用機具，夯實機(協力廠商-長弘)



➤ 北口工區：隧道邊坡自鑽式岩栓保護塊施工(協力廠商-廣昇)

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段年度查核暨現場輔導辦理實錄

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，本月份現場輔導與蘇花改103年年度查查核一併於蘇澳及東澳舉辦，摘要說明104年度1月份蘇澳東澳段現場輔導會議辦理及工區巡查狀況如下：

一、辦理時間：民國104年2月24、25日(星期二、三) 10:20 ~14:00

二、辦理地點：蘇澳東澳段監造工程處東澳與蘇澳會議室

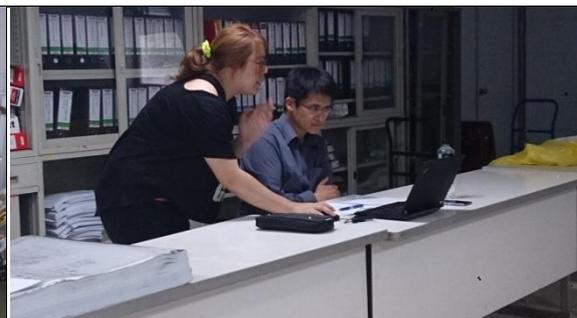
三、討論議題

1. A 段 103 年度盤查資料現場查核；
2. 碳盤查登錄清冊、碳管理日誌及月報填報內容討論；
3. 臨時動議；
4. 工區現場訪查。

四、照片集錦



➤ 103 年度盤查資料現場查核(A1)



➤ 103 年度盤查資料現場查核(A2)



➤ A1 標蘇澳隧道工區(北口): 中央導坑中間牆第一輪進



➤ A1 標白米高架橋工區: P42 墩柱旁沉沙池(編號 303)



➤ A1 標永樂高架橋工區: A2 井基現況



➤ A1 標永樂高架橋工區: 協力廠商(建幃)PS8 柱頭板施作(南下線)及懸臂工作車(北上線)



➤ A2 標北口工區: 北口北上線已完成之仰拱工程



➤ A3 標東澳北溪橋工區: 預力鋼腱拉設情況

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、東澳隧道新建工程現場輔導辦理實錄

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，每月前往和中大清水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。

基於本計畫 103 年度年末進度報告審查意見，本月現場輔導重點在於與隧道標承包商協調工項填報修正事宜，故特別協調東澳隧道(A2 標)承包商碳盤查專員赴仁水隧道(C2 標)承包商工務所，完成本月現場輔導討論。茲摘要說明 104 年度 3 月份現場輔導會議辦理內容及會後仁水隧道北口工區巡查狀況如下：

一、**辦理時間**：民國104年3月23日(星期一) 11:00 ~ 16:00

二、**辦理地點**：大陸工程公司仁水隧道工務所會議室

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. 監造及承商協助事項；
4. 工區現場訪查。

四、**照片集錦**



➤ 碳管理日誌、月報填報狀況討論



➤ 北口工區：自由型格梁噴植草種(待登錄)



➤ 北口工區：混凝土格梁作業(協力廠商-廣昇)



➤ 北口工區：主隧道洞口保護蓋施工



➤ 北口工區：主隧道洞口保護蓋材料，H型鋼支保(待登錄)組裝作業



➤ 北口工區：租用發電機進場(ME-大陸臨 01)



➤ 北口工區：土方整理作業(協力廠商-玟豪)



➤ 北口工區：工區出入口洗車台設置

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段機電工程、交通控制系統工程

現場輔導辦理實錄

為確保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，本月首次召集蘇澳東澳段機電工程及交通控制系統工程承包商及兩監造單位，於蘇澳工務段進行第一次現場輔導會議。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。

本次會議重點在於盤查作業執行程序與系統操作的說明，茲摘要說明 104 年度 3 月份現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國104年3月25日(星期三) 13:40 ~ 16:00

二、**辦理地點**：蘇澳東澳工務段會議室

三、**討論議題**

1. 碳盤查登錄系統說明

(1) 蘇澳東澳段機電工程(A4 標)：靖宜公司已於 3/10 開始填報工務所用電、用水、人員出勤及機運具，有關水、電費單及人員出勤紀錄之佐證資料將依據要求時間上傳。

(2) 交通控制系統工程(E1 標)：全徽道安公司承諾於會後確認碳盤查系統使用狀況，並於系統上補填自 2 月 26 日起之工務所用電、用水、人員出勤及機運具之資料。

2. 承包廠商提供施工計畫書內容

(1) A4 標及 E1 標施工計畫書尚未完成核定，將請 A4 標於 3 月底前提供目前已提送修正計畫書及 E1 標提供施工計畫書初稿供參。

(2) E1 標提出交控系統設備針對子系統部分尚有分項計畫書，請先提供系統大項資料供參，暫無需提供過於細部之分項資料。

3. 碳盤查系統現場實機操作示範

(1) E1 標監造與承包商提出於工項分類中，機電設備主要以系統類別區分，無法細分標別以及既有台九線配合工作之周邊交控機電設備，此點將於教育訓練時與 BSI 查證員確認填報方式。

(2) E1 標工務所有山泉水與自來水交互切換使用問題，針對自來水使用部分，將提供水表照片或水費單據作為度數填報之佐證資料。

(3) 請承包商再思考是否有其他盤查作業執行或資料填報問題，於 4 月份教育訓練中一併與 BSI 查證員討論確認。

4. 教育訓練辦理時間說明

(1) 查證單位講員教育訓練可授課時間為 4 月 9、20、22 日，經蘇改處確認辦理時間為 4 月 9 日，請監造及承包商人員配合時間與會。

(2) 下月現場輔導會議辦理方式將視 A4 標及 E1 標盤查資料情形再作確認。

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A1標及A3標現場輔導會議統一於東澳舉辦，A2標因需就隧道工項填報方式討論之緣故，改於3月23日與C2標現輔一併辦理。茲摘要說明104年度3月份蘇澳東澳段現場輔導會議辦理及工區巡查狀況如下：

一、**辦理時間**：民國104年3月27日(星期五) 10:40 ~14:00

二、**辦理地點**：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；
2. 碳管理日誌及月報填報內容討論；
3. 臨時動議；
4. 工區現場訪查。

四、照片集錦



➤ A3 標東澳北溪橋工區：橋面排水工程用 PVC-E 管(MA-名暘 01)



➤ A3 標東澳北溪橋工區：橋面橋面排水工程用洩水孔基座(MA-樂志 21)



➤ A3 標東澳北溪橋工區：已使用之防震板(MA-樂志 17)



➤ A3 標東澳北溪橋工區：已裝設之護欄基座(MA-樂志 22&23)



➤ A3 標東岳隧道工區：現場發現之排水用盲管 (待登錄)



➤ A3 標東岳隧道工區：隧道襯砌用不織布(MA-配特 21)



➤ A3 標東岳隧道工區：南口南下線襯砌工作車進駐



➤ A3 標幸福高架橋工區：施作中排水暗溝

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理 和中大清水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，每月前往和中大清水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。

基於本計畫 103 年度年末進度報告審查意見與前月現場輔導會議討論結果，本月現場輔導重點在於向 C1A 標專員再次說明未來工項填報方式、確認專員登入系統、填報初期盤查資料的能力，以及 C2 標現階段填報狀況；並赴 C2 標主要混噴凝土供應商友誠混凝土廠，說明未來配合 C2 標盤查作業之資料需求與提供頻率，完成本月現場輔導討論。茲摘要說明 104 年度 4 月份現場輔導會議辦理內容、工區巡查，及友誠混凝土廠討論狀況如下：

一、**辦理時間**：民國104年4月23日(星期三) 11:00 ~ 16:00

二、**辦理地點**：中興工程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. 碳管理日誌內容討論；
3. C2 標前次現場輔導討論內容追蹤結果；
4. 監造及承商協助事項；
5. 友誠混凝土廠擴大盤查討論；
6. 工區巡視暨友誠現場討論。

四、**照片集錦**



➤ 舊台9線瀝青路面修復



➤ 北口工區：邊坡降挖



➤ 北口工區：巨石破碎



➤ 北口工區：防落石格柵施作



➤ 北口工區：風機基座組立



➤ 友誠混凝土廠擴大盤查討論

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理 交通控制系統工程現場輔導辦理實錄

為確保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，本月召集交通控制系統工程承包商及監造單位，於台灣世曦公司電機部交控監造計畫辦公室進行第二次現場輔導會議。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。

本次會議重點在於日誌填報及佐證上傳頻率的問題進行討論，茲摘要說明 104 年度 4 月份現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國104年4月24日(星期五) 14:00 ~ 15:00

二、**辦理地點**：台灣世曦公司電機部 交控監造計畫辦公室

三、**討論議題**

1. 碳盤查登錄清冊討論

- 針對未來交通控制系統工程之設備規格資料表進行討論，修正後初稿如表一。

2. 碳盤查日誌內容討論

- 前月份登錄之工務所電表(ES-01)照片表號與電費單據不符：經承包商與房東確認屬單據給錯，將更正登錄內容為照片之電表號，並持續追蹤首期電費單據。
- 公務車 MO-001 加油公升數應依照油單發票所呈現之小數位數填報數量。
- 公務車油單及里程表佐證上傳頻率：後續將於每星期一上傳前一週的佐證資料。

3. 承包商提供施工計畫書內容：監造單位將於施工計畫書修正定稿

後，提供電子檔供參。

表一 交通控制系統工程設備規格表(初稿)

設備名稱	
功能/用途	
生產方式	自產、進口材料組裝、進口
製造商/代理商	
設備型號	(選擇性填寫)
製造商/代理商聯絡人	
製造商/代理商聯絡方式	
設備能耗類別	電/油/其他
設備能耗率	
設備外型尺寸	長/寬/高；直徑；體積
概略重量	
耗材使用	
耗材更換頻率	
平均使用壽命/設備汰換頻率	(可參考公路總局規定財產壽命手冊)
設備規格附件	型錄單、照片

四、照片集錦



➤ E1 標監造單位會議室：日誌填報及佐證頻率上傳討論

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-東澳部分現場輔導辦理實錄

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，本月份東澳部分係針對 A3 標盤查內容單獨辦理，並於會後除前往 A3 標三工區進行機料巡訪外，另一併至 A2 標南口工區訪視工程進度。茲摘要說明 104 年度 4 月份蘇澳東澳段東澳部分現場輔導會議辦理及工區巡查狀況如下：

一、**辦理時間**：民國104年4月27日(星期一) 10:30 ~14:00

二、**辦理地點**：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；
2. 碳管理日誌及月報填報內容討論；
3. 臨時動議；
4. 工區現場訪查。

四、 照片集錦



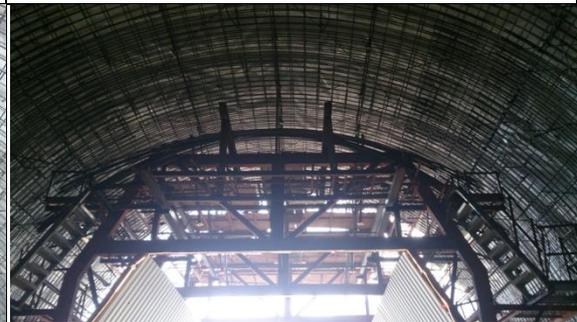
➤ A3 標東澳北溪河川橋工區：橋護欄模板(待登錄)



➤ A3 標東澳北溪河川橋工區：橋面排水洩水孔(MA-樂志 21 及已裝設之 PVC 管)



➤ A3 標東岳隧道工區：防水模(MA-配特 20)及鋼筋綁紮



➤ A3 標東岳隧道工區：襯砌工作車及已彎曲竹節鋼筋



➤ A3 標幸福高架橋工區：施作中地磅站



➤ A3 標幸福高架橋工區：路側緣石(待 4 月資料登錄)



➤ A2 標東澳隧道南口工區：南口機房基地鋼板樁



➤ A2 標東澳隧道南口工區：南口機房基地鋼板樁施拉預力(數量待填報)

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段機電工程現場輔導辦理實錄

為確保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，本月召集蘇澳東澳段機電工程承包商及監造單位，於蘇澳工務段進行現場輔導會議。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。

本次會議重點在於盤查作業執行內容釋疑及後續資料提報時間澄清，茲摘要說明 104 年度 4 月份現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國104年4月23日(星期四) 14:00 ~ 16:00

二、**辦理地點**：蘇澳東澳工務段會議室

三、**討論議題**

1. 碳盤查登錄系統討論

- 私人車輛暫代公務車使用：已確認 4 月份將不再代替公務車使用；並配合說明系統功能，使後續不再使用之機具車輛不再出現於填報選單中。

2. 碳管理日誌及月報填報內容討論

- 承包商承諾待送審核定，後將提供工程計畫書電子檔。

3. 臨時動議：無。

4. 現場訪查

- 本月份因於蘇澳監造辦理，故預計 5 月份現輔於機電標工務所辦理時，再進行排放活動源訪查確認。

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-蘇澳部分現場輔導辦理實錄

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，本月份蘇澳部分會議係邀集 A1 及 A2 標共同與會，A3 標則單獨另於 27 日在東澳辦理。茲摘要說明 104 年度 4 月份蘇澳東澳段蘇澳部分現場輔導會議辦理及工區巡查狀況如下：

一、**辦理時間**：民國 104 年 4 月 24 日(星期四) 10:20 ~14:00

二、**辦理地點**：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；
2. 碳管理日誌及月報填報內容討論；
3. 臨時動議；
4. 工區現場訪查(104 年 4 月 25 日上午)。

四、 照片集錦



➤ A1 標蘇澳隧道南口工區：蘇澳隧道南口現況(中間牆鋼模運入紀錄待填報)



➤ A1 標白米高架橋工區：上構支撐先進工程工作車使用之墊塊(場鑄；合併於 420 混凝土使用填報)



➤ A1 標白米高架橋工區：P38 墩柱作業現況及景觀橋上構懸臂工作車組件(運入紀錄待填報)



➤ A1 標永樂高架橋工區：北勝橋台井基旁降挖(機具已登錄、活動量已填報)



➤ A2 標東澳隧道北口工區：北口擋土牆(透水級配料尚未運進)



➤ A2 標東澳隧道北口工區：北口擋土牆填縫板(已填報)



➤ A2 標東澳隧道北口工區：北口北上線仰拱及盲溝模板組立



➤ A2 標東澳隧道北口工區：北口北上線仰拱鋼筋綁紮

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理 和中大清水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，每月前往和中大清水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。

本月現場輔導重點在於向 C1A 標專員說明未來隧道內作業依岩體分類之填報方式、確認機具材料編號登錄與現場紀錄之一致性，加強近期將開工工項之登錄與填報盤查資料的能力；另對 C2 標現階段填報狀況進行檢視與討論，釐清土石方資料填報與留存原則，完成本月現場輔導討論。茲摘要說明 104 年度 5 月份和中大清水段現場輔導會議辦理內容及工區巡查狀況如下：

一、**辦理時間**：民國104年5月21日(星期四) 11:00 ~ 15:00

二、**辦理地點**：中興工程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. 碳管理日誌內容討論；
3. 前次現場輔導討論內容追蹤結果；
4. 工區巡視現場訪查。

四、照片集錦



➤ C1A 標北口橫坑-機具設備運入



➤ C1A 標北口橫坑-風機規格表



➤ C1A 標組合屋-挖土機施工



C1A 標組合屋-施工機具加油桶



➤ C1A 標臨時工務所旁油槽與取油量測設備



➤ C1A 標南口工區:材料堆置情形(介興餘料)



➤ C2 標北口工區：第一階預力地錨
格梁箍筋



➤ C2 標北口工區-H型支保焊接組立

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理 交通控制系統工程現場輔導辦理實錄

為確保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，本月召集交通控制系統工程承包商及監造單位，於全徽、大同冬山工務所進行第 3 次現場輔導會議。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。

本次會議重點在於日誌填報及公務車登錄的問題討論，茲摘要說明 104 年度 5 月份現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 104 年 5 月 18 日(星期一) 上午 10:30 ~ 11:30

二、**辦理地點**：全徽、大同公司冬山工務所

三、**討論議題**

1. 碳盤查登錄清冊討論

- 現場確認工務所電錶，因 2 樓至 4 樓僅以一個電表計量，但同時包含有辦公及住宿區域，故列入本月 BSI 確認事項確認用電量紀錄內容。
- 現場確認承包商目前已租用主工務所(43 號)及隔壁房舍(41 號)之 2、3 樓作為辦公區域，已提醒需補登錄電錶。
- 承包商除主工務所(43 號)外，規劃將承租隔壁房舍(41 號)一樓空間作為辦公區域，提醒屆時須登錄一樓電錶。

2. 碳盤查日誌內容討論

- 現場確認前月會議中提出將新進之公務車並未全數運入，提醒有新進駐車輛時應即時登錄。
- 公務車油單加油公升數於 4 月份日誌仍有部分未確實填寫，提醒更正並再次要求應依據單據數量填報。

3. 4月份現場輔導會議事項追蹤：監造單位將於施工計畫書修正定稿後，提供電子檔供參。

四、照片集錦



➤ E1 標冬山工務所水錶



➤ E1 標 41 號房舍 2~4 樓電錶



➤ E1 標 43 號房舍 1 樓電錶



➤ 冬山工務所現輔會議情形

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段-東澳部分現場輔導辦理實錄

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，本月份東澳部分係針對 A3 標單獨辦理。茲摘要說明 104 年度 5 月份蘇澳東澳段東澳部分現場輔導會議辦理及工區巡查狀況如下：

一、**辦理時間**：民國104年5月22日(星期五) 10:30 ~14:00

二、**辦理地點**：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；
2. 碳管理日誌及月報填報內容討論；
3. 臨時動議；
4. 工區現場訪查。

四、 照片集錦



➤ 碳管理日誌、月報填報狀況討論



➤ A3 標東澳北溪河川橋工區：橋面伸縮縫(竹節鋼筋已填報)



➤ A3 標東岳隧道工區：北口橋台鋼筋綁紮(於5月份填報)



➤ A3 標東岳隧道工區：北口南下線已鋪設之防水膜與配特挖土機(防水膜已填報；機具為ME-配特05)



➤ A3 標東岳隧道工區：東岳隧道襯砌鋼筋綁紮及灌漿所使用之工作架(於5月份填報)

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段機電工程現場輔導辦理實錄

為確保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機電工程作業現場，進行盤查輔導說明與查核；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。

本次會議重點在於盤查作業執行內容釋疑及後續資料提報時間澄清，茲摘要說明 104 年度 5 月份現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國104年5月20日(星期三) 14:00 ~ 16:00

二、**辦理地點**：靖宜公司會議室

三、**討論議題**

1. 碳盤查登錄系統討論

- 與專員再次確認公務車使用方式，確定 MO-001 已於 4 月份之後不再使用
- 提醒專員本月份收到之水、電費單，應據實填報於線上系統

2. 碳管理日誌及月報填報內容討論

- 承包商已送交 0 版計畫書至工程處，後續待審定後即可提供電子檔供碳盤查參考

3. 臨時動議：無。

4. 現場訪查

- 本月份主要係瞭解公務所之冷凍設備使用狀況與用電及用水量測情形；承包商承諾後續將提供相關佐證，以利年報填寫

四、 照片集錦



➤ 碳管理日誌、月報填報狀況討論



➤ A4 標工務所：空調冷媒相關資訊



➤ A4 標工務所電表

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-蘇澳部分現場輔導辦理實錄

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，本月份蘇澳部分會議係邀集 A1 及 A2 標共同與會，A3 標則單獨另於 22 日在東澳辦理。茲摘要說明 104 年度 5 月份蘇澳東澳段蘇澳部分現場輔導會議辦理及工區巡查狀況如下：

一、**辦理時間**：民國 104 年 5 月 20 日(星期三) 10:20 ~14:00

二、**辦理地點**：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；
2. 碳管理日誌及月報填報內容討論；
3. 臨時動議；
4. 工區現場訪查。

四、 照片集錦



➤ 碳管理日誌、月報填報狀況討論



➤ A1 標白米高架橋工區：P36 及 P37 墩柱現況



➤ A1 標白米高架橋工區：P38 墩柱現況，工作車已裝置完成(已填報運入)



➤ A2 標北口工區：北上線所使用之工作車(將於 5 月份填報)



➤ A2 標東澳隧道北口工區：管群用 PVC 管(將於 5 月份填報運入)



➤ A2 標東澳隧道北口工區：北上線風機(現場取得相關操作參數，供岩體分析使用)

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理 交通控制系統工程現場輔導辦理實錄

為確保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，本月召集交通控制系統工程承包商及監造單位，於台灣世曦工程顧問股份有限公司電機部監造單位進行第 4 次現場輔導會議。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。

本次會議重點在於電費單據疑義釐清及問題討論，茲摘要說明 104 年度 6 月份現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國 104 年 6 月 23 日(星期二) 下午 16:00 ~ 17:00

二、**辦理地點**：台灣世曦工程顧問股份有限公司電機部監造單位

三、**討論議題**

1. 碳盤查登錄清冊討論

- 承包商工務所之 2 樓至 4 樓兼作辦公及住宿用，但僅有單一電錶；經與 BSI 確認，考量工務所用電排放占工程碳足跡比例非常低，故要求納入填報。
- 新登錄之 ES-003(41 號 1F)及 ES-004(41 號 2F 以上)，需依電費單據再補登錄電號。
- 新登錄之 WS-003(41 號)水表，依承包商說明同 43 號，係以山泉水為主，若遇大雨或颱風才改用自來水；屆時將提供水費單據供參。

2. 碳盤查日誌內容討論

- 請提供 41 號租約開始時間，以釐清用水、電量歸屬。
- 請依水費單據(抄表時間 3/12~5/12)，於 6 月份補填 WS-002(43

號)用水度數並上傳水費單據。

- 請將 1~5 月 ES-001、ES-002(43 號 1~4F)兩電錶電費單據，統一上傳於 6 月 30 日日誌作為佐證；另已確認 ES-004(41 號 2F 以上)開始使用時間為 5 月 29 日，請追蹤電費單據供用電量填報與並上傳佐證。

3. 5 月份現場輔導會議事項追蹤

- 監造單位已提供施工計畫書修正定稿電子檔供參。

四、照片集錦



台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理 和 中 大 清 水 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，每月前往和 中 大 清 水 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。

本月份 C1A 標及 C2 標現場輔導會議共同於監造工程處會議室辦理，重點包括：要求 C1A 標基於工區總體檢所編造隻機運具清冊，重新檢視登錄清冊機運具規格與數量，及提醒登錄近期將開工工項與釐清佐證資料格式；並與 C2 標確認協力廠商(廣昇公司)機具清點結果及待補運入和運出資料，而後前往 C1A 與 C2 標工區進行巡訪，完成本月現場輔導討論。茲摘要說明 104 年度 6 月份和 中 大 清 水 段 現 場 輔 導 會 議 辦 理 內 容 及 工 區 巡 查 狀 況 如 下：

一、**辦理時間**：民國104年6月15日(星期一) 11:00 ~ 15:00

二、**辦理地點**：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. 碳管理日誌內容討論；
3. 前次現場輔導討論內容追蹤結果；
4. 待辦事項追蹤；
5. 工區現場訪查。

四、照片集錦



➤ C1A 標北口橫坑工區-協力廠商蘇建興進場機具及加油槽車



➤ C1A 標北口橫坑工區-氧氣、乙炔鋼瓶架組立(待填材料登錄、運入、使用)



➤ C1A 標南口工區-水泥(弘浚 I 型低鹼)運入



➤ C2 標北口工區-安全連絡通道開挖作業



➤ C2 標北口工區-預力格梁地錨入鍵(協力廠商：廣昇)



➤ C2 標北口工區-大陸 E01 連續出渣機(安全聯絡通道用)

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 A1、A2 及 A3 標現場輔導統一在東澳辦理，現場輔導會後即依序前往 A3 標幸福高架橋工區、東岳隧道南口工區及 A2 標南口工區與 A3 標東澳北溪橋工區進行巡訪。本次會議主題為 104 年度年中進度報告資料內容討論，因應 A3 新增工程項目與 A1 及 A2 標本年度新增材料，會議中要求專員協助取得相關重量轉換資料，會中亦有提醒 A 段各標盡速完成上半年度日誌資料，並依實際施工情形填報材料使用量，

一、**辦理時間**：民國104年6月23日(星期二) 10:20 ~14:00

二、**辦理地點**：蘇澳東澳段監造工程處 東澳會議室

三、**討論議題**

1. 104 年度年中報告討論事項
2. 碳盤查登錄清冊討論；
3. 碳管理日誌及月報填報內容討論；
4. 臨時動議；
5. 工區現場訪查。

四、 照片集錦



➤ 碳管理日誌、月報填報狀況討論



➤ A3 標幸福高架橋工區：6 月份使用材料預鑄混凝土管線架及預鑄混凝土集水井(待補填)



➤ A3 標幸福高架橋工區：現場發現需補填材料(L 型蓋板)



➤ A3 標幸福高架橋工區：路堤使用材料(路堤緣石)



➤ A3 標東岳隧道南口工區：南下線已完成襯砌現況



➤ A2 標東澳隧道南口工區：南口機房基地鋼筋綁紮情形(已填報)



➤ A2 標東澳隧道南口工區：新運入之風機(待測試通過後填報)



➤ A2 標東澳隧道南口工區：北上線現況(已裝設工作車)



➤ A3 標東澳北溪橋工區：已完成之橋護欄工程(護欄用鋼管待填報)



➤ A3 標東澳北溪橋工區：已完成之橋面洩水孔及填縫劑

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

蘇澳東澳段機電工程現場輔導辦理實錄

為確保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機電工程作業現場，進行盤查輔導說明與查核；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。

本次會議重點在於盤查作業執行內容釋疑及後續資料提報時間澄清，茲摘要說明 104 年度 6 月份現場輔導會議辦理內容如下：

一、**辦理時間**：民國104年6月17日(星期三) 10:30 ~ 12:00

二、**辦理地點**：蘇澳東澳段監造工程處 蘇澳會議室

三、**討論議題**

1. 碳盤查登錄系統討論

- 人員出勤佐證由每月月底上傳改為每半月上傳
- 電表(ES-01&ES-02)填報方式確認為直接填寫「耗電量」
- 5月所取得之水費單為1~3月資料，待取得最新一期水費單後，於6月份日誌填報

2. 臨時動議

- MO-003 機車加油發票上填寫之里程數，經比對前後數據，應為誤植，已請靖宜公司修正後重新上傳佐證資料。

四、 照片集錦



➤ 碳管理日誌、月報填報狀況討論

附錄 III 本期啟始會議辦理實錄

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間 工程碳管理蘇澳東澳段機電工程及交通控制系統工程 (A4 及 E1 標)啟始會議辦理實錄

本計畫配合台9線蘇花公路蘇澳東澳段機電工程(A4標)及交通控制系統工程(E1標)工務所成立時間，於民國104年2月5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(靖宜工程有限公司、大同公司及全徽道安公司)、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，宣示蘇澳東澳段機電工程及交通控制系統工程施工期間工程碳管理作業正式啟動。

- 一、會議時間：民國 104年2月5日(星期四) 上午 9:00 ~ 10:10
- 二、會議地點：交通部公路總局蘇花公路改善工程處蘇澳工務段會議室
- 三、啟始會議議程

時間	內容	講者
09:00~09:20	報到	
09:20~09:25	長官致詞	吳副處長明恩
09:25~09:50	碳管理計畫簡介	中興公司碳管理計畫團隊
	輔導單位代表自我介紹	中興公司代表
	監造單位代表自我介紹	中興公司、台灣世曦公司代表
	查證單位代表自我介紹	BSI 代表
	承包商代表自我介紹	靖宜公司代表 大同公司、全徽道安公司代表
09:50~09:55	宣讀宣言與簽署	各單位代表
09:55~10:10	團體拍照	各單位代表及與會人員

四、會議照片集錦





➤ 宣言簽署：主管單位代表(吳副處長明恩)



➤ 宣言簽署：輔導單位代表(習協理良孝)



➤ 宣言簽署：輔導單位代表(林協理文華)



➤ 宣言簽署：監造單位代表(沈經理天英)



➤ 宣言簽署：承包商代表(洪經理偵哲)



➤ 宣言簽署：承包商代表(彭副處長仲杰)



➤ 宣言簽署：承包商代表(顏副總經理榮慶)



➤ 合照：各單位代表合影



➤ 大合照：各單位與會人員合影

機關或單位名稱及姓名

中興工程顧問股份有限公司和蘇澳東澳段監造工程處

沈文廷 郭興 林國光 劉奕靖
葉建

台灣世曦工程顧問股份有限公司交控標監造單位

張天成 劉永勃 吳家帆

靖宜工程有限公司

顏榮慶 李作

大同股份有限公司

王進培
李偉 陳不任 邱宏光

全徽道安科技股份有限公司

許仲杰 楊沛晴 何威志
劉清瀾 崔德偉



蘇澳東澳段機電工程 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線蘇花公路蘇澳東澳段機電工程之施工廠商靖宜工程有限公司、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，共同組成蘇澳東澳段機電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。



交通部公路總局
Directorate General of Highways, M.O.T.C.

主管單位

交通部公路總局蘇花公路改善工程處

吳明思

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
靖宜工程
有限公司

林文華

吳明思

吳明思

顏肇慶

中華民國 104 年 2 月 5 日



交通控制系統工程 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線蘇花公路交通控制系統工程之施工廠商大同股份有限公司與全徽道安科技股份有限公司、監造單位台灣世曦工程顧問股份有限公司、碳足跡盤查輔導單位中興工程顧問股份有限公司，及查驗機構英國標準協會台灣分公司，共同組成交通控制系統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。



交通部公路總局
Directorate General of Highways, M.O.T.C.

主管單位

交通部公路總局蘇花公路改善工程處

吳明忠

查驗單位	輔導單位	監造單位	施工廠商	
英國標準協會 台灣分公司	中興工程顧問 股份有限公司	台灣世曦工程顧問 股份有限公司	大同股份 有限公司	全徽道安科技 股份有限公司

林文華

吳明忠

翁天斌

張金碧

郭明忠

中華民國 104 年 2 月 5 日

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

中仁隧道接續工程(C1A 標)啟始會議辦理實錄

本計畫配合台9線蘇花公路中仁隧道接續工程(C1A標)開工時間，於民國104年4月1日辦理啟始會議。會中集結蘇花公路改善工程處、和中工務段，監造單位(中興工程顧問公司和中清水段監造工程處)、承包商(新亞建設開發股份有限公司、東丕營造股份有限公司)、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，宣示和中清水段工程施工期間工程碳管理作業正式啟動。

一、會議時間：民國 104年4月1日(星期三) 13:00 ~ 14:00

二、會議地點：交通部公路總局蘇花公路改善工程處 和中工務段會議室

三、會議議程

時間	內容	講者
13:00~13:20	報到	
13:20~13:25	長官致詞	工程處長官
13:25~13:45	碳管理計畫簡介	中興公司碳管理計畫團隊
	輔導及監造單位代表自我介紹	中興公司代表
	查證單位代表自我介紹	BSI 代表
	承包商代表自我介紹	新亞建設開發公司代表
13:45~13:50	宣讀宣言與簽署	各單位代表
13:50~	團體拍照	各單位代表及與會人員

四、會議照片集錦



➤ 會議開始：啟始會議主席張主任工程師林隆致詞



➤ 輔導單位代表自我介紹：中興公司環工一部曠技術經理永銓



➤ 查證單位代表自我介紹：BSI 公司林協理文彥



➤ 輔導單位碳管理計畫簡介：中興公司黃博士琬淇



➤ 監造單位代表自我介紹：中興公司楊經理明昭



➤ 承包商代表自我介紹：新亞公司朱總經理台森



➤ 宣言簽署：主管單位代表(張主任工程師林隆)



➤ 宣言簽署：輔導單位代表(曠技術經理永銓)



➤ 宣言簽署：查證單位代表(林協理文彥)



➤ 宣言簽署：監造單位代表(楊經理明昭)



➤ 宣言簽署：承包商代表(新亞建設開發股份有限公司朱總經理台森)



➤ 宣言簽署：承包商代表(東丕營造股份有限公司王董事長銀和)



➤ 大合照：各單位與會人員合影

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫

中仁隧道接續工程(C1A 標)

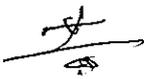
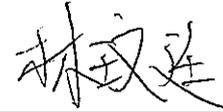
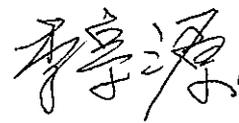
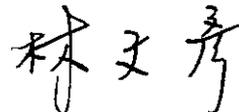
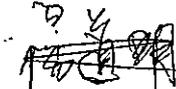
碳足跡盤查啟始會議 簽到單

會議時間：民國 104 年 4 月 1 日(星期三) 下午 13 時 00 分

會議地點：交通部公路總局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 張主任工程師林隆

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   
蘇花公路改善工程處和中工務段    
英國標準協會台灣分公司 
中興工程顧問股份有限公司  

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

楊明忠

楊達明

富淑淨

新亞建設開發股份有限公司

朱白壽 陳從權 吳國明 高文齡

李景

東丕營造股份有限公司

王龍平

王景彥

王景



中仁隧道接續工程 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線蘇花公路中仁隧道接續工程之施工廠商新亞建設開發股份有限公司、監造單位中興工程顧問股份有限公司、碳足跡盤查輔導單位中興工程顧問股份有限公司，及查驗機構英國標準協會台灣分公司，共同組成中仁隧道接續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。



交通部公路總局
Directorate General of Highways, M.O.T.C.

主管單位
交通部公路總局蘇花公路改善工程處

張林茂

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
新亞建設開發
股份有限公司

林文彥

張永銘

楊明仁

張壽軒

中華民國 104 年 4 月 1 日

附錄 IV 本期教育訓練辦理實錄

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理 蘇澳東澳段機電工程(A4 標)暨交通控制系統工程(E1 標)

教育訓練辦理實錄

本計畫配合台 9 線蘇花公路蘇澳東澳段機電工程(A4 標)及交通控制系統工程(E1 標)之開工與碳足跡盤查期程，辦理本次教育訓練；會中邀集蘇花公路改善工程處、監造單位、承包商與協力廠商，碳足跡盤查輔導單位及查驗機構共同參與，係以面對面的方式，直接對後續將從事工程碳足跡盤查之監造單位、承包商專責及相關人員，進行工程碳足跡盤查工作背景、流程、程序、內容要求與工具作說明，並輔以案例演練，促成各單位工程碳足跡盤查人員皆具備持續且正確執行盤查工作之能力。

一、會議時間：104 年 4 月 9 日(星期四) 9:30 ~ 15:00

二、會議地點：蘇花公路改善工程處 蘇澳工務段會議室

三、主持人：交通部公路總局蘇花公路改善工程處 吳副處長明恩

四、教育訓練議程

時間	內容	報告單位
09:20~09:30	報到	
09:30~09:40	主持人致詞	
09:40~11:20	碳足跡評估背景&查證程序說明	BSI 英國標準協會
11:20~11:30	休息	
11:30~12:00	道路工程碳足跡盤查執行說明	中興工程顧問股份有限公司
12:00~13:00	午餐	
13:00~14:00	道路工程碳足跡盤查表單介紹 及填寫說明	中興工程顧問股份有限公司
14:00~14:30	碳盤查日誌線上填報系統操作說明	中興工程顧問股份有限公司
14:30~14:40	休息	

時間	內容	報告單位
14:40~15:00	問題與討論	中興工程顧問股份有限公司 、BSI 英國標準協會
15:00~	賦歸	

五、會議照片集錦



➤ 會場佈置：掛設紅布條



➤ 會場佈置：議程海報張貼



➤ 會議開始：主席吳副處長明恩致詞



➤ 課程一：碳足跡評估背景與查證程序說明(BSI 公司鄭副協理仲凱)



➤ 課程二：道路工程碳足跡盤查執行說明(中興公司黃博士琬淇)



➤ 課程三：道路工程碳足跡盤查表單介紹及填寫說明與案例演練(中興公司鄭工程師維祐)

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫

蘇澳東澳段機電工程(A4 標)暨交通控制系統工程(E1 標)碳足跡盤

查教育訓練 簽到單

會議時間：民國 104 年 4 月 9 日(星期四) 上午 9 時 30 分

會議地點：交通部公路總局蘇花公路改善工程處蘇澳工務段

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 吳明恩 詹勳豪 林政廷
蘇花公路改善工程處蘇澳工務段 謝宜展 張淑芬
英國標準協會台灣分公司 鄭仲凱
中興工程顧問股份有限公司 許國清 黃瑞良 鄭張敏 廖坤宗
中興工程顧問股份有限公司和蘇澳東澳段監造工程處 林國光

台灣世曦工程顧問股份有限公司交控標監造單位

張武賢

靖宜工程有限公司

張志超 何志凱 程佳晶

全徽道安科技股份有限公司

趙志偉 簡子亭

大同股份有限公司

張清凱

新亞建設開發股份有限公司

羅文君

和工建設

吳宗義

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

中仁隧道接續工程(C1A)教育訓練辦理實錄

本計畫配合台 9 線蘇花公路中仁隧道接續工程(C1A 標)之開工與碳足跡盤查期程，辦理本次教育訓練；會中邀集蘇花公路改善工程處、監造單位、承包商、協力廠商及供應商，碳足跡盤查輔導單位及查驗機構共同參與，係以面對面的方式，直接對後續將從事工程碳足跡盤查之監造單位、承包商專責及相關人員，進行工程碳足跡盤查工作背景、流程、程序、內容要求與工具作說明，並輔以案例演練，促成各單位工程碳足跡盤查人員皆具備持續且正確執行盤查工作之能力。

一、會議時間：104 年 5 月 27 日(星期三) 11:00 ~ 16:00

二、會議地點：蘇花公路改善工程處 和中工務段會議室

三、主持人：交通部公路總局蘇花公路改善工程處 張主任工程司林隆

四、教育訓練議程

時間	內容	報告單位
10:50~11:00	報到	
11:00~11:10	主持人致詞	
11:10~12:00	碳足跡評估背景說明	BSI 英國標準協會
12:00~13:00	休息	
13:00~13:20	道路工程碳足跡查證程序說明	BSI 英國標準協會
13:20~13:50	道路工程碳足跡盤查執行說明	中興工程顧問公司
13:50~15:00	道路工程碳足跡盤查表單及填寫說明	中興工程顧問公司
15:00~15:10	休息	
15:10~15:40	碳盤查年報線上填報系統操作說明	中興工程顧問公司
15:40~16:10	問題與討論	中興工程顧問公司 、BSI 英國標準協會
16:10~	賦歸	

五、會議照片集錦



➤ 會場開始前：與會人員陸續就位



➤ 會場佈置：議程海報張貼



➤ 會議開始：主席張主任工程司林隆致詞



➤ 課程一：碳足跡評估背景與查證程序說明(BSI 公司鄭副協理仲凱)



➤ 課程二：道路工程碳足跡盤查執行說明(中興公司黃博士琬淇)



➤ 課程三：道路工程碳足跡盤查表單介紹及填寫說明與案例演練(中興公司鄭工程師維祐、廖工程師坤泉)

附錄 V 104 年度座談會「機電及交控工程之碳足跡計
算範疇」辦理規劃書

台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳管理

104 年度談會辦理規劃書

為確保本計畫執行工程碳足跡盤查結果得以順利取得國際碳足跡查證聲明，接續 101 年度「道路工程碳足跡盤查邊界與範疇界定」及 102 年度「盤查實務與道路工程碳足跡產品類別規則之發展」兩場座談會研討結果，及本計畫執行土建標工程碳足跡盤查近 3 年之經驗，本計畫今年度規劃在工程完整性考量下、有效整合機電及交控工程與土建工程盤查結果的需求，以「機電及交控工程碳足跡盤查邊界與範疇界定」為題，辦理本計畫 104 年度座談會。藉以在蘇花改計畫機電與交控標甫開始執行碳足跡盤查之際，釐清機電與交控工程碳足跡盤查查證之考量與原則，以利後續能切實掌握機電及交控工程盤查要項，最終與土建標工程碳足跡排放清冊相結合，依循原規劃以土建標地理範圍內的總土建、機電與交控工程碳足跡通過查證，以完整標段為標的取得碳足跡查證聲明。

茲說明本次會議規劃內容如下：

- 一、會議時間：民國 104 年 10 月〇〇日(星期〇) 上午 10:00
- 二、會議地點：中興工程顧問股份有限公司 15 樓簡報室(暫定)
- 三、會議辦理目的

透過此座談會集結相關產官學界專家及蘇花公路改善工程處、查驗機構、監造單位、承包商等蘇花改計畫工程碳管理合作團隊人員，在摘要回顧本計畫開始執行碳足跡盤查至今近三年成果之餘，參考國內外已公告之道路工程相關產品類別規則與碳足跡產品類別規則，研商我國道路工程中，機電及交控工程碳足跡盤查應包含之要項或可排除之內容，作為蘇花改計畫工程碳管理合作團隊執行各區段道路工程碳足跡盤查與彙整計算之一致準則，確保本計畫執行內容能夠與國內外相關規範或參考文件無縫接軌，有效達成取得碳足跡查證聲明之目標。

四、主持人(洽詢名單):臺北科技大學環境工程與管理研究所 胡教授憲倫

五、與談人(洽詢名單)

1. 交通部公路總局 夏副局長明勝
2. 台灣大學土木工程系 朱教授致遠
3. 中央大學土木工程系 林教授志棟
4. 逢甲大學土木工程系 卜教授君平
5. 成功大學土木工程系 楊教授士賢
6. 行政院環境保護署管考處 李科長奇樺
7. 行政院公共工程委員會技術處 徐技正肇晞
8. 香港商英國標準協會太平洋有限公司台灣分公司驗證部
鄭副協理仲凱
9. 中興工程顧問股份有限公司系統及電氣工程部 機電工程專家
10. 中興工程顧問股份有限公司園區路航部 交控工程專家

六、會議議程

時間	內容	報告單位
09:30 ~ 09:50	簽到	
09:50 ~ 10:00	與會來賓介紹	主持人
10:00 ~ 10:20	台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫施工期間工程碳足跡盤查執行現況	中興工程顧問股份有限公司
10:20 ~ 11:00	1. 國際碳足跡盤查規範與參考文件發展現況 2. 我國基礎設施-道路、橋梁、隧道碳足跡產品類別規則內容重點說明 3. 道路、橋梁、隧道附屬機電與交控工程碳足跡盤查原則分析探討	
11:00 ~ 11:40	與談人評論	與談人
11:40 ~ 12:00	綜合研討	所有人員
12:00 ~	午餐	

