



交通部公路總局

蘇花公路改善工程處

台九線蘇花公路和中大清水段工程

委託設計服務工作

台九線蘇花公路和中大清水段工程

碳排放量評估報告

(修正稿)

-僅定性說明



中興工程顧問股份有限公司

中華民國 100 年 11 月

台九線蘇花公路和中大清水段工程碳排放量評估報告

目 錄

頁次

前 言	1
第一章 工程碳排放管理概述	3
1.1 緣起	3
1.2 國內外碳排放評估標準概況	4
第二章 排碳資料庫收集與建立	7
2.1 規劃、初步設計、細部設計階段排碳量計算原則	7
2.2 國內外排碳係數資料收集與比較	7
2.3 碳排放係數使用說明	14
第三章 本工程碳排放量計算	16
3.1 C-1 標中仁隧道新建工程碳排放量計算	16
3.1.1 工程構造特性說明	16
3.1.2 工程數量說明	17
3.2 C-2 標仁水隧道新建工程碳排放量計算	17
3.2.1 工程構造特性說明	17
3.2.2 工程數量說明	17
第四章 本工程節能減碳效益	19
4.1 本工程採取之節能減碳措施	20
4.2 節能減碳措施與被替代工程項目數量比較	20
4.3 減碳量效益計算	22
4.3.1 工程施工階段減碳效益	22

4.3.2	工程營運階段減碳效益	22
-------	------------------	----

圖目錄

	頁次
圖 3.1-1 蘇花改中仁隧道段工程位置	16
圖 3.2-1 蘇花改仁水隧道段工程位置	18

表目錄

	頁次
表 2.2-1 電力柴油排放係數表	8
表 2.2-2 混凝土、粗細骨材及鋪面材料係數表	8
表 2.2-3 鋼鐵材料係數表	9
表 2.2-4 塑橡膠材料係數表	11
表 2.2-5 其他金屬材料係數表	11
表 2.2-6 其他非金屬材料係數表	12

附件一、C-1 標中仁隧道工程碳排放量推估計算表

附件二、C-2 標仁水隧道工程碳排放量推估計算表

前 言

自京都議定書(Kyoto Protocol)於 1997 年氣候變化綱要公約(UNFCCC)第三次締約國大會(COP3)通過，並於 2005 年正式生效以來，溫室氣體減量已蔚為全球趨勢。具有約束效力的京都議定書，係用以規範各工業國家未來之溫室氣體減量責任。為因應京都議定書效期(2012)的到來，氣候變化綱要公約會員國於第十五次締約國大會中提出哥本哈根協議(Copenhagen Accord)，初步達成應控制全球溫度上升不能高於攝氏 2 度，並要求於該協議附件一國家應提出其於 2020 年的量化減量目標，非附件一國家提出國家適當減排行動(Nationally Appropriate Mitigation Actions, NAMAs)，以承擔共同但有差別的溫室氣體減排責任。

我國二氧化碳排放量約佔全世界的 1%，雖因政治因素無法參與氣候變化綱要公約(UNFCCC)，故未被京都議定書所規範，但在經濟社會與道義責任的綜合因素考量下，我國政府與民間團體仍積極主動參與各年度大會(COP、CMP)，並針對各項國際管制策略與減量目標進行國家策略與目標之研訂。行政院於民國 97 年 9 月通過「永續能源政策綱領-節能減碳行動方案」，據以推動節能減碳工作。此外，行政院於民國 98 年底成立「節能減碳推動會」，並通過「國家節能減碳總計畫」及其十大標竿方案，擬結合跨部會力量，統籌規劃及推動各層面的減碳行動，逐步引導產業及全民邁向低碳社會。

為打造具節能減碳效果之公共工程，落實環境保護，並協助國內綠色產業發展，增進國內綠色能源產業競爭力，於 98 年 3 月 11 日「全國公共工程會議」中，行政院劉兆玄前院長特別指示編列「振興經濟擴大公共建設投資計畫 - 落實節能減碳執行方案」，要求公共工程預算必須含有至少一成的綠色內涵經費。

同年 4 月 23 日，院長更進一步指示，在「振興經濟擴大公共建設投資計畫」中，各項公共建設應有適當比例之經費採用綠色工法或綠色能源相關產品。因此，在「四年五千億的振興經濟擴大公共建設投資計畫」中，不管是重大工程、危險校舍的重建，或是都市更新，都須盡可能達成至少有百分之十的比例能用於綠色能源或應用綠色工法。

本報告係為符合公路總局蘇花改工程處交辦之「台九線蘇花公路山區改善計畫碳足跡評估報告」工作事項而撰述，惟計畫目前尚在規劃設計階段，並無法進行碳足跡的實質盤查與驗證。為此，本報告改以排碳量評估為內容，修正報告書為本段工程之「碳排放量評估報告」，以碳足跡的概念為基本考量，依據工程設計結果彙整工程施供中可能的各排碳活動項目與數量，蒐集對應排碳係數，進而計算本段工程之碳排放量評估與減碳效益計算。

(本頁空白)

第一章 工程碳排放管理概述

1.1 緣起

公路總局於進行本項台九線蘇花公路山區路段改善計畫中，配合交通部運研所針對交通運輸工程碳排放量進行推評估效益分析，提出國內首例「碳管理」推動示範計畫，對「工程全生命週期」中由規劃、設計、施工乃至營運等各階段均納入碳管理之範圍。

碳足跡一詞在國內外碳管理規範與實務上據有其特殊的定義及執行與查驗方法，茲簡要說明如下：

碳足跡的定義為「單位(個別)產品或服務生命週期的溫室氣體排放量」，必須就產品或服務的生產、使用、廢棄過程的碳排放量進行盤查，並經由第三者查驗，才能取得碳足跡查證聲明書，所宣告的產品碳足跡才具有公信力。因此，必須要在施工過程中對直接與間接排放活動進行全面的盤查與記錄，並通過第三者查驗，才能取得具有公信力的道路碳足跡聲明。

碳足跡代表的意義基本上限同類型產品、根據同一產品類別規則進行盤查的碳足跡才具有可比較性。目前國際雖陸續有關於工程碳排放與管理的研究或指引，且部分文獻以道路碳足跡的名義提出數據結果，但其實國際間至今尚未有以道路為主體的產品類別規則。因此，這些由不同國家的研究或管理單位提出的道路碳足跡數字其實並不具可比較的基準。

本計畫目前尚在規劃設計階段，並無法進行碳足跡的實質盤查與驗證。為此，本報告改以排碳量評估為內容，以碳足跡的概念為基本考量，依據工程設計結果彙整工程施供中可能的各排碳活動項目與數量，蒐集對應排碳係數，進而計算本段工程之碳排放量評估與減碳效益計算。

藉由本報告之撰述，除可展現本工程段進行低碳考量與設計的量化成效外，更是台九線蘇花公路山區路段改善計畫**導入碳管理概念、成為「國內第一個以碳足跡為考量進行碳排放量推估，並以低碳為訴求、量化呈現減碳效益的公路計畫」**之具體表現。依循碳管理架構的發展流程，本報告將為後續於台九線蘇花公路山區路段改善計畫施工過程中，推動碳足跡盤查、碳排放管制及碳足跡驗證的重要基礎。

1.2 國內外碳排放評估標準概況

目前國際間推動碳足跡計算之主要參考 PAS 2050，且該指引亦為國際標準化組織制定產品碳足跡標準(ISO 14067)之重要參考。

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)於2008年10月聯合發佈 PAS 2050：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)，作為企業進行其產品和服務的碳足跡評估的參考依據。目前 PAS 2050 屬於公開可取得規範(Publicly Available Specification)，即成為國家或國際標準前的暫行性的標準，通常三年後會再審查以確認下一個三年是否該重新修訂為國家標準或撤銷，屆時若未成為正式的英國國家標準(BS)將不再具指引效力。

PAS 2050 規範內容包含主要文件及指南輔助文件兩部分，分別記載計算準則條文和計算方式說明。其特色在於以標準化的方法，作為產品和服務之生命週期溫室氣體排放量的內部評估依據，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，提升評估結果得可信度及可比較性。

除上述英國 PAS 2050 產品和服務生命週期溫室氣體排放評估規範外，尚有其他國家就碳足跡亦投入建置具備生命週期評估之精神與方法的準則。例如：日本 2009 年已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)、世界資源協會(WRI)與世界永續發展商業委員會(WBCSD)，並預訂於2011年公告產品生命週期標準(Product Life Cycle Standard)。

另國際標準化組織亦預期將於 2012 年公告 ISO 14067 產品碳足跡(Carbon Footprint of Products)標準，內容包含兩部分，分別為：Part 1-量化/計算(Quantification)的碳足跡計算要求和 Part 2-溝通/標示(Communication)的碳宣告要求。ISO 14067 較 PAS 2050 更為完整的是其第二部分(ISO 14067-2)的規範，增加了對於標準量化之產品碳足跡如何發展成為可供溝通的資訊的規範，以確保這些產品碳足跡資訊能夠正確而有效地被使用。

配合國際發展碳足跡標準與指引之進程，我國環保署亦於 99 年初公布依循 PAS 2050 準則所訂之「產品與服務碳足跡計算指引(99.02)」，但已預告未來將根據正式公布之 ISO 14067 內容進行修訂。為加強產業界推動產品與服務碳足跡盤查，環保署今年度進一步公告「產品與服務碳足跡查證技術指引(100.05)」，作為業者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。

根據我國產品與服務碳足跡計算指引第 5 章所載明之產品碳足跡評估之方法，在進行碳足跡計算時，首先即必須對於產品碳足跡量化的目的與範疇進行界定，再者為清楚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(CO₂e)報告之。而後是產品系統邊界的界定，即決定碳足跡評估內容包含哪些過程單元，包括：原物料製造過程、能源供應體系、製造場所、產品運輸、儲存、使用和最終處理等。

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

由 PAS 2050 所引用之標準中可看到一項：ISO 14025；在我國產品與服務碳足跡計算指引中 5.2.1 通則中亦指出：「凡存在一相關且符合 ISO14025 之產品類別規則，且施行此指引之組織亦認為此產品類別規則適合用以進行量化程序，則應予以使用」。

ISO 14025 第三類環境宣告(Environmental Labels and Declarations – Type III environmental declarations – Principles and Procedures)係指由供應商提供、經獨立性確認之量化的環境生命週期產品資訊。此類宣告的目的在於提供消費者一產品完整(生命週期中)的環境衝擊或影響，幫助消費者能夠自行選擇最環保之產品。依據 ISO 14025 之規定，廠商要申請進行第三類環境宣告(Environmental Product Declaration, EPD)時，必須依據該項產品的產品類別規則(Product Category Rules, PCR)進行數據之蒐集與宣告。因此，第三類環境宣告的過程可分為兩部分，首先為 PCR 的驗證，再者才是 EPD 的確認及宣告之製作。

依據 ISO 14025 的設計精神認為：在經過認定且相同的評估方法下所產生出來的生命週期數據才具有一定的比較性及正確性，故 PCR 的功能為：規範一個或多個產品類別發展 EPD、進行生命週期環境衝擊評估的過程與內容所應遵循的一組特定規則、要求與指引。基於相同的產品類別規則，則同類型之不同產品所提出的環境宣告將具備「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。

同理，碳足跡的評估目的係在於提供一項服務或產品的全生命週期碳排放資訊，其結果亦必須能夠有比較性，才能作為消費者選擇產品或製造商對於產品進行減碳設計有所依據。因此，在碳足跡計算規範與指引中，才會引用 ISO 14025 標準以 PCR 為發展 EPD 之規範的精神，強調應採納適用之產品類別規則，作為界定產品系統邊界、量化產品碳足跡的一致原則。

以全球一致、正確性經過驗證的產品類別規則進行產品生命週期評估，可使

據此宣告的 EPD 具有國際代表性，減少未來出口其他國家時遇到的障礙，並避免因各國方法不同而造成製造商的人、物力消耗。目前國際間開發共同的產品類別規則是國際組織 GEDnet 努力的目標，我國環境與發展基金會為該組織 (GEDnet) 之創始會員，提供第三類環境宣告之查證服務，並進行國際宣告。為整合各國現有 EPD 系統，瑞典發起了國際產品環境宣告系統：International EPD® System，目的在促進各國的第三類環境宣告達成一致化，以減少不必要之貿易障礙；目前該系統提供有搜尋既有 PCR 和 EPD 的功能。

該系統中建議之一般 PCR 文件內容應至少包括：一般資料 (General Information)、產品定義 (Definition of Product Category Type)、單位定義 (Definition of Functional Unit)、系統邊界 (System Boundaries)、省略準則 (Cut off Criteria)、分配原則 (Allocation Rules)、資料來源 (Source of Data)、計量單位 (Units of Measurement)、係數來源 (Parameters to be Declared) 及參考文獻 (References) 共 10 大項。

為使同一種類型、功能之商品或服務，在計算碳足跡排放量時能有如同 PCR 的共同基準，進而確保其公平性與透明性，我國環境保護署除了在產品與服務碳足跡計算指引中提到應使用 PCR 作為量化程序外，另訂定碳足跡產品類別規則文件 (CF-PCR) 制訂流程，協助製造商或提供該類服務業者所組成之同業公(協、商)會透過標準化與程序化之制定程序，完成該類產品之 CF-PCR，以作為產品碳足跡評估時系統邊界範疇界定和數據計算之依據，使得同類別產品碳足跡排放量計算時能有相同的基準。

目前於環保署台灣產品碳足跡資訊網可獲知已通過署方審議或認可的碳足跡產品類別規則文件 (CF-PCR) 共計 11 項，主要以食品和家用產品為主。綜觀其他國家已推出的 PCR，則是以瑞典制定的產品類別最為豐富，其中包含有多項建築材料和交通設施等。

第二章 排碳資料庫收集與建立

2.1 規劃、初步設計、細部設計階段排碳量計算原則

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

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

本報告亦以排碳係數法為碳排放量評估方法，但在工程的規劃、初設及細設階段，由於排碳活動尚未發生，故必須以細部設計階段所提出的詳細工程數量為活動量進行碳排放量估算。根據現階段工程設計的程序排碳活動數量資料的取得，必須先經過完整的單價分析，乃至於工程預算書編製完成後，才能透過資源統計彙整取得。

初步設計階段之工程數量概算一般僅提供較主要工程項目之數量，其餘細項以概略長度、面積等計算，而工程概算書則僅以詳細價目表及總表呈現，並未作詳細之單價分析，故欲在初步設計階段即進行排碳量評估，則必須藉由以往相近環境狀況與施工條件之工程設計經驗，以細設單價分析之歷史資料先行彙整、計算各工作項目之排碳量，再套入新案之初設工程概算書詳細表中，推估該工程之總排碳量。

同理，若欲在工程的規劃階段即進行排碳量評估，則須考量此時可取得之工程數量資訊僅有：構造長度、面積等(如道路面積、橋梁面積、隧道長度、排水設施長度)極為簡要的資訊，故必須藉由更多相近環境狀況與施工條件之工程的初設及細設資料，先行彙整計算出每單位長度隧道、箱涵及排水等設施及每單位面積道路、橋梁等構造之排碳量，才能據以就新案之基本資料，概算出該工程之總排碳量。

有鑑於道路工程初設及細設資料之累積、彙整與排碳量概算尚未有足夠可直接採用之成果，本報告係以單價分析資料的方式，由最底層工程數量為活動量，配合目前可蒐集到的各項排碳係數進行碳排放量估算。

2.2 國內外排碳係數資料收集與比較

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

目的排碳係數，作為計算本段工程碳排放量的基準。

本節以下即分別就能源排碳係數、主要物料排碳係數及機具排碳係數進行整理，並以表 2.2-1 至表 2.2-6 分別表示本報告引用之各項參數資料內容。

1. 能源排碳係數

根據資料整理結果，工程活動中耗用的能源主要為電力及柴油兩大項。根據我國環保署碳足跡查證指引所要求之盤查規範，在此引用能源局公告之我國 99 年電力排放係數及碳足跡參考係數資料表公告之柴油排碳係數，為本報告計算油耗及電力使用排碳量之一致參考。

表2.2-1 電力柴油排放係數表

電力/燃料名稱	用量單位	單位排放係數 (kgCO ₂ e)	資料來源	國別
電力	kWh	0.612	【1】	台灣
柴油 (Diesel)	L	2.650	【2】	台灣

2. 主要物料排碳係數

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

(1) 混凝土、粗細骨材及鋪面材料

表2.2-2 混凝土、粗細骨材及鋪面材料係數表

電力/燃料名稱	用量單位	單位排放係數 (kgCO ₂ e)	資料來源	國別
塊石，φ=25cm	M ³	3.90	【3】	台灣
小石粒(2 分石)	KG	0.002	【3】	台灣
小石粒(1 分石)	KG	0.002	【3】	台灣
清石子	M ³	3.11	【3】	台灣
填縫小石子	M ³	3.90	【3】	台灣
卜特蘭水泥	KG	0.58	【3】	台灣
預拌混凝土 175kgf/cm ² ，II 型低鹼水泥	M ³	128.69	【3】	台灣
預拌混凝土 210kgf/cm ² ，II 型低鹼水泥	M ³	148.95	【3】	台灣
預拌混凝土 245kgf/cm ² ，II 型低鹼水泥	M ³	159.13	【3】	台灣

電力/燃料名稱	用量單位	單位排放係數 (kgCO ₂ e)	資料來源	國別
預拌混凝土 280kgf/cm ² ，Ⅱ型低鹼水泥	M ³	169.23	【3】	台灣
預拌混凝土 350kgf/cm ² ，Ⅱ型低鹼水泥	M ³	199.82	【3】	台灣
預拌混凝土 420kgf/cm ² ，Ⅱ型低鹼水泥	M ³	230.26	【3】	台灣
預拌混凝土 175kgf/cm ² ，Ⅰ型低鹼水泥	M ³	128.69	【3】	台灣
預拌混凝土 210kgf/cm ² ，Ⅰ型低鹼水泥	M ³	148.95	【3】	台灣
預拌混凝土 245kgf/cm ² ，Ⅰ型低鹼水泥	M ³	159.13	【3】	台灣
預拌混凝土 280kgf/cm ² ，Ⅰ型低鹼水泥	M ³	169.23	【3】	台灣
預拌混凝土 350kgf/cm ² ，Ⅰ型低鹼水泥	M ³	199.82	【3】	台灣
預拌混凝土 420kgf/cm ² ，Ⅰ型低鹼水泥	M ³	230.26	【3】	台灣
瀝青混凝土	T	31.06	【3】	台灣
Asphalt	kg	0.06	【4】	英國
Asphalt,4%(bitumen)bindercontent(mass)	kg	0.07	【4】	英國
Asphalt,5%(bitumen)bindercontent	kg	0.07	【4】	英國
Asphalt,6%(bitumen)bindercontent	kg	0.08	【4】	英國
Asphalt,7%(bitumen)bindercontent	kg	0.08	【4】	英國
Asphalt,8%(bitumen)bindercontent	kg	0.09	【4】	英國
Bitumen	kg	0.43~0.55	【4】	英國

(2) 鋼鐵類材料

表2.2-3 鋼鐵材料係數表

電力/燃料名稱	用量單位	單位排放係數 (kgCO ₂ e)	資料來源	國別
A.鋼胚				
鋼胚(高爐)	kg	2.13	【3】	台灣
鋼胚(電弧爐)	kg	0.36	【3】	台灣
鋼胚(一貫煉鋼)	kg	2.05	【5】	台灣
碳鋼鋼胚(電弧爐)	kg	0.43	【5】	台灣
不銹鋼鋼胚(電弧爐)	kg	0.48	【5】	台灣
B.鋼筋				
鋼筋(不分類)* ³	kg	0.92	【3】	台灣
鋼筋(高爐)	kg	2.30	【3】	台灣
鋼筋(電弧爐)* ²	kg	0.57	【3】	台灣

電力/燃料名稱	用量單位	單位排放係數 (kgCO ₂ e)	資料來源	國別
C. 鋼板				
冷軋鋼板(電弧爐)	kg	0.51	【3】	台灣
烤漆鋼板(電弧爐)	kg	0.49	【3】	台灣
鋼板(高爐)	kg	2.19	【3】	台灣
鍍鋅鋼板(電弧爐)	kg	0.50	【3】	台灣
不銹鋼熱軋鋼捲/板(軋鋼)	kg	0.14	【5】	台灣
鍍鋅鋼板(電弧爐)	kg	0.50	【3】	台灣
D. 型鋼				
型鋼	kg	0.94	【3】	台灣
型鋼(不分類) ^{*3}	kg	0.94	【3】	台灣
型鋼(高爐)	kg	2.32	【3】	台灣
型鋼(電弧爐)	kg	0.57	【3】	台灣
E. H 型鋼				
H 型鋼(軋鋼)	kg	0.17	【5】	台灣
H 型鋼	kg	2.30		自行計算
F. 鋼捲				
冷軋鋼捲(不分類) ^{*3}	kg	0.86	【3】	台灣
冷軋鋼捲(高爐)	kg	2.25	【3】	台灣
熱軋鋼捲(不分類) ^{*3}	kg	0.84	【3】	台灣
熱軋鋼捲(高爐)	kg	2.23	【3】	台灣
熱軋鋼捲(電弧爐)	kg	0.46	【3】	台灣
不銹鋼捲(不分類) ^{*3}	kg	1.41	【3】	台灣
不銹鋼捲(電弧爐)	kg	0.98	【3】	台灣
不銹鋼熱軋鋼捲/板(軋鋼)	kg	0.14	【5】	台灣
G. 鋼管				
冷軋鋼管(不分類) ^{*3}	kg	0.90	【3】	台灣
鋼管(電弧爐)	kg	0.50	【3】	台灣
不銹鋼管(不分類) ^{*3}	kg	1.45	【3】	台灣
鍍鋅鋼管(不分類) ^{*3}	kg	0.93	【3】	台灣
鋼管加工	kg	0.04	【3】	台灣
H. 其他鋼材				
棒鋼(高爐)	kg	2.21	【3】	台灣

電力/燃料名稱	用量單位	單位排放係數 (kgCO ₂ e)	資料來源	國別
線材(高爐)	kg	2.23	【3】	台灣
鋼鐵	kg	2.13	【6】	台灣

(3) 塑橡膠材料

表2.2-4 塑橡膠材料係數表

電力/燃料名稱	用量單位	單位排放係數 (kgCO ₂ e)	資料來源	國別
橡膠	kg	2.85	【4】	英國
PVC 原料	kg	0.56	【3】	台灣
PVC 塑膠管、PVC 板	kg	0.75	【3】	台灣
PVC 管	kg	42.67	【7】	台灣
PVC 管耐熱線	kg	15.10	【7】	台灣
PVC 管接頭、凡而	kg	1.42	【3】	台灣
SGP 管	kg	113.61	【7】	台灣
尼龍線	kg	47.89	【7】	台灣
塑膠布	kg	0.88	【3】	台灣
塑鋼原料	kg	0.56	【3】	台灣
電線電纜	kg	2.01	【8】	台灣
聚苯乙烯(PS)	kg	1.19	【3】	台灣

(4) 其他金屬材料

表2.2-5 其他金屬材料係數表

電力/燃料名稱	用量單位	單位排放係數 (kgCO ₂ e)	資料來源	國別
銅	kg	3.01	【9】	英國
鍍鋅	kg	2.88	【4】	英國
鋁板,鋁條	kg	9.16	【4】	英國

(5) 其他非金屬材料

表2.2-6 其他非金屬材料係數表

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

係數來源說明：

- 【1】 能源局 99 年公告值
http://www.moeaboe.gov.tw/promote/greenhouse/PrGHMain.aspx?PageId=pr_gh_list
- 【2】 環保署產品碳足跡計算公用係數
<http://cfp.epa.gov.tw/carbon/ezCFM/Function/PlatformInfo/FLFootProduct/ModulusDataBase.aspx>
- 【3】 張又升，(2002)。建築物生命週期二氧化碳減量評估，國立成功大學建築研究所，博士論文。
- 【4】 Hammond, G. and Jones, C., (2011). Inventory of Carbon and Energy (ICE) version 2.0, Bath University, UK. <http://www.bath.ac.uk/mech-eng/>
- 【5】 環保署公告鋼鐵業溫室氣體公告排放強度(EI_r)，民國 100 年 1 月 1 日後既存排放源數據。
- 【6】 財團法人工業技術研究院，(2010)，國家通訊及溫室氣體排放清冊建置應用，環保署溫室氣體減量管理辦公室專案報告。EPA-98-FA11-03-A060
http://epq.epa.gov.tw/project/projectcp.aspx?proj_id=WIQKZMAJSH
- 【7】 林建隆，(2003)。住宅設備生命週期二氧化碳排放量解析，國立成功大學建築研究所，碩士論文。
- 【8】 歐文生，(2000)，建築物室內裝修環境負荷評估之研究-以耗能量與二氧化碳排放量解析，國立成功大學建築研究所，碩士論文。
- 【9】 UK Environmental Agency, Carbon calculator for construction activities.
<http://www.environment-agency.gov.uk/business/sectors/37543.aspx>
- 【10】 供應鏈碳足跡網站 <http://www.sourcemap.org/parts/>
- 【11】 日本產品碳足跡公告係數 <http://www.cfp-japan.jp/english/>

2.3 碳排放係數使用說明

1. 工程使用之人工部分，因工人不管是否參與本工程之施工，其排碳活動仍然存在，工程施工與否不影響國內人口之排碳總量；惟人工為了至工區工作的往返交通油耗量將造成排碳，但有文獻資料顯示，人員運輸排碳量實遠小於工程過動中各類機具能耗量以及材料使用之排碳量。故本計畫之工程排碳量推估先不將人工之排碳量納入計算範圍。
2. 工程使用之施工機具設備部分，依所調查施工機具設備每小時之耗油量乘以每公升燃料油之碳排放係數，以計算施工機具設備每小時之排碳量。用電設備部分亦依所調查施工設備每小時之耗電量乘以每度電力之碳排放係數，以計算施工設備每小時之排碳量。由於施工機具設備每小時之耗油量或耗電量係依機具設備商所提工之理論數據計算，施工時因工地之各種地形、天候、環境條件等因素之變化再於工地進行實際之盤查以為印證與修正。
3. 工程使用之材料及設備部分，依所調查材料及設備之單位排碳量係數進行計算；其中 PVC 管、鍍鋅鋼管、電線電纜等先依 CNS 所列單位長度重量乘以所調查之單位重排碳係數，而得每單位長度之排碳量後再依工程數量進行彙算。組合型材料設備尚無排碳量係數可供參考引用者，則依相類似材料設備之排碳量係數進行計算；例如鋼板門以概估每樁門之重量乘以鋼製品每公斤之排碳量係數而得、馬桶與洗臉盆以其燒製體積乘以磚塊燒製單位體積之排碳係數而得、開關箱以概估每只箱體之重量乘以鋼製品每公斤之排碳量係數而得、預鑄水泥製品以概估混凝土量與配筋量分別乘以其排碳量係數計算加總而得。另木材部分因成長過成中已有固碳效果存在，其排碳係數為負值，本案所使用之木材暫不計列排碳量，以免造成解示上之困擾。
4. 工程使用之臨時設施及設備部分，可重複使用之臨時設施及設備如鋼模、鋼支撐架、鋼板樁、鋼軌樁、水平支撐、施工護欄、上下爬梯、安全欄杆等，因完工後即可運出工地，故前述依可重複使用之臨時設施及設備不計排碳量；惟為施作該臨時設施及設備所需之運輸與打設機具仍依第二項規定辦理。木模板因有固碳效果存在，本案所使用之木模板亦暫不計列排碳量。

(本頁空白)

第三章 本工程碳排放量計算

3.1 C-1 標中仁隧道新建工程碳排放量計算

3.1.1 工程構造特性說明

本計畫 C-1 標中仁隧道新建工程之路線長度約 5,544 公尺，其中新建主線路堤路塹段約 1,458 公尺、主線橋梁段約 35 公尺、主線隧道段約 3,887 公尺、銜接既有橋梁段約 164 公尺，工程位置如圖 3.1-1。



圖3.1-1 蘇花改中仁隧道段工程位置

3.1.2 工程數量說明

本工程依據初步設計圖各專項工程之設計內容，分別估算道路工程、橋梁及結構工程、排水工程、交通工程、植物種植工程、邊坡保護工程、隧道工程、預埋管路工程、安衛環保及交通維持等所需之主要工作項目數量，經彙整後納入工程概算書中，排碳量之計算則跟據工程概算書之數量欄加乘其單位排碳量而得，各項工程數量概估成果詳參附件一工程排碳量推估詳細表數量欄。

(此部分為初步推估資料，並非細設資料亦未經審核通過，故在此僅提供項目供參。)

3.2 C-2 標仁水隧道新建工程碳排放量計算

3.2.1 工程構造特性說明

本計畫 C-2 標仁水隧道新建工程之路線長度約 3,110 公尺，其中新建主線路堤路塹段約 93 公尺、主線橋梁段約 106 公尺、主線隧道段約 2,911 公尺，工程位置如圖 3.2-1。

3.2.2 工程數量說明

本工程依據初步設計圖各專項工程之設計內容，分別估算道路工程、橋梁及結構工程、排水工程、交通工程、植物種植工程、邊坡保護工程、隧道工程、預埋管路工程、安衛環保及交通維持等所需之主要工作項目數量，經彙整後納入工程概算書中，排碳量之計算則跟據工程概算書之數量欄加乘其單位排碳量而得，各項工程數量概估成果詳參附件二工程排碳量推估詳細表數量欄。

(此部分為初步推估資料，並非細設資料亦未經審核通過，故在此僅提供項目供參。)



圖3.2-1 蘇花改仁水隧道段工程位置

(本頁空白)

第四章 本工程節能減碳效益

4.1 本工程採取之節能減碳措施

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

1. 設計理念

本計畫將於規劃設計階段運用綠營建材料 3R 概念，減少環境衝擊；並於施工中採取各種策略，期使對環境干擾降至最低：

- 減少材料使用((Material Relief)：減少結構量體，減少向大自然取用資源。
- 減少負荷(Load Relief)：採用水淬高爐石粉、飛灰，取代水泥，減少二氧化碳之產出。
- 減少廢棄物(Waste Relief)：解構營建廢棄物，用於次要結構混凝土中，使廢棄物減量。
- 生態補償：透過迴避、減輕、補償，減少對自然生態干擾。

2. 設計方法

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

- 混凝土採用水淬高爐石粉、飛灰，取代水泥，減少二氧化碳之產出。
- 路燈及隧道照明燈具採用 T5 或 LED 燈。
- 機電設備儘量使用符合節能標章或綠建材標章。
- 整地過程充份考量土方調運利用，使整地開挖、橋梁及構造物開挖、排水設施開挖、隧道開挖等之營建土石方能充份再利用；除利用於路堤填築、構造物回填、隧道仰拱回填外，剩餘渣料作有價料處理，以供應市場石料需求而減少石料開採。
- 使用可回收之鋼材，充份利用廢棄物，減少天然礦砂之使用。
- 使用應力強度較高等級之鋼筋，減少鋼筋使用量。
- 邊坡、空地儘量以景觀植栽覆蓋，以增加造氧減碳。

4.2 節能減碳措施與被替代工程項目數量比較

根據前節設計理念與方法，且符合安全性以及主管機關所訂規範之條件下，可根據不同工程項目與數量設計比較表，列出節能減碳措施、原始之項目與數量、改善之項目與數量等，進行各項工程項目數量減碳之比較。

(此部分為初步推估資料，並非細設資料亦未經審核通過，故在此僅提供定

性說明供參。)

4.3 減碳量效益計算

4.3.1 工程施工階段減碳效益

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

4.3.2 工程營運階段減碳效益

除上述就資源用量及替代或節省量計算之總排碳量及減碳量外，另可針對營運階段之減碳效益進行試算。如以改採 LED 燈為隧道燈具之構想，以其路段長度及照明時數所需，與原始規劃之燈具能耗量進行比較，計算營運階段來自於節電所能獲得之減碳效益。

附件一、

C-1 標中仁隧道工程碳排放量推估計算表

附件二、

C-2 標仁水隧道工程碳排放量推估計算表