

地工技術



編者的話

陳聰海

主題：大地工程與節能減碳

依美國國家海洋暨大氣總署(NOAA)公布的數據顯示，2016年是有紀錄以來最熱的一年，而且連續三年打破最高溫紀錄，代表著全球暖化問題日趨嚴重。另一項資料顯示，全球二氧化碳(CO₂)大氣濃度連續二年，以史上最快速度上升，2015與2016年均上升3ppm，遠大於過去十年CO₂大氣濃度平均每年上升2ppm左右；現在CO₂大氣濃度平均檢測值約405ppm，遠超過工業革命前CO₂大氣濃度280ppm。由於溫室效應加上聖嬰現象，讓地球的氣溫持續攀升，面對全球暖化不斷加劇，解決氣候問題已刻不容緩。2015年有195個國家簽訂《巴黎氣候協議》，要將全球平均氣溫升幅控制在工業革命前的2°C內。各國雖提出了一系列減排承諾，並同意需要更多行動以限制溫升。但問題是「2°C目標」非常抽象，要如何有效落實、改變步伐有多快才能真正控制溫升2°C以下？

國際能源總署IEA/OECD於2016年出版之能源使用二氧化碳(CO₂)排放量統計資料顯示，臺灣2014年能源使用CO₂排放總量為249.66百萬公噸，占全球排放總量的0.77%，全球排名第21位；每人平均排放量為10.68公噸，全球排名第19位。全球暖化為21世紀人類面臨最重大的挑戰，而臺灣的島嶼特性在面臨全球氣候變遷過程中益顯脆弱。2009年8月8日莫拉克颱風，造成百年來少見的嚴重災情，臺灣的環保議題再次受到重視，氣候變遷對環境所造成的衝擊遍及全球各領域，減碳行動為當務之急。有鑑於此，落實節能減碳措施、建立低碳社會的生活環境，是臺灣因應氣候變遷的必要方向與作為，也是工程界必須擔負的使命。

本期刊特邀請經濟部中央地質調查所江崇榮所長惠賜贈言，江所長致力於提升水文地質及工程地質領域的安全性不遺餘力，包括積極協助地質法制定，推動地質遺跡、地下水補注、活動斷層和山崩與地滑等4類地質敏感區的劃定和公告等，開放地質敏感區查詢系統，以提供基地地質調查與地質安全評估作業之依據，以及公開臺灣各縣市土壤液化潛勢地圖查詢系統。臺灣位處天災頻繁與快速變遷的環境中，難免面臨許多潛在災變，江所長期許地工人對於工程建設應抱持「因地制宜與大環境和諧共存」的信念，也提醒我們必須嚴肅面對災害型地質敏感區之防治及資源型地質敏感區之保護。此外，地下水與地熱是臺灣最珍貴的天然資源，應有效的開發與管理，以達到安全和永續利用的目的。

本期雜誌主題為大地工程與節能減碳，共收錄九篇論文。其中，第一篇介紹臺灣商港碳盤查及節能減碳作為，第二篇探討臺灣進行二氧化碳封存的機會與挑戰，第三篇利用臺北盆地豐沛的地下水資源做為冷卻空調系統之介質，均是具有前瞻與創意的課題，第四篇至第六篇論文著重工程設計階段至施工階段進行碳盤查的實際作為，內容包括隧道工程、路堤工程及基樁工程等，第七篇及第八篇以潛盾工法及推管工法為例，介紹免開挖洞道工程節能減碳的具體作法，最後一篇分享邊坡植生固碳量估算成果。每篇論文皆精彩可期，茲將各篇論文內容簡述說明如下。

第一篇為臺灣港務公司吳盟分董事長所著「臺灣商港碳盤查及節能減碳作為—以臺中港為例」。吳董事長長期投入國家公共工程建設發展，特別是擔任公路總局局長期間，引領國內產官學界導入工程碳盤查，藉由公路工程建設，讓國內碳盤查技術從規劃設計、建造施

工、營運維管，拓展至全生命週期的觀念。隨著職務異動，吳董事長將節能減碳觀念推廣至臺灣港務公司，本文以臺中港為例介紹臺灣商港碳盤查及節能減碳具體作為，以2014年為排放基準年，建立溫室氣體排放源管理及減量自主管理組織與工作流程。透過推動20浬內船舶減速航行、採用高效能燈具、辦公室四省、大宗散貨自動化裝卸與密閉倉儲、裝卸機具電氣化、自動化檢查車道、車輛自主管理與非航運產業減量措施，詳細論述臺灣港務公司積極推動港埠環境保護與綠色港埠之作為與成效。

第二篇為中興工程顧問社俞旗文與台灣電力公司綜合研究所黃鐘所著「臺灣地區二氧化碳深部鹽水層地質封存機會與挑戰」。氣候變遷儼然成為邁入21世紀所面對最嚴峻的國際環保課題，臺灣身為地球村的一員，應積極參與及推動節能減碳的作為，二氧化碳捕獲封存與再利用，是近年來國際間有效減碳的重要課題，其貢獻之減量效果約占15.7%。本文探討臺灣西部臺灣海峽下方的第三系沉積盆地，其中台西前陸盆地的砂岩儲集層分布廣，以此砂岩孔隙作為封存二氧化碳的可行性高，藉由深部鹽水層穩定永久隔絕CO₂於地層深處封存模式，並就技術、資金、法規、風險等面向，分別加以探討。為讓二氧化碳可達到維持超臨界流體相態的條件，並兼具經濟可行性，優先選擇深度介於800至3,000公尺的砂岩層作為封存地層，可望藉由推動地質封存，協助政府達成減量目標。

第三篇為明新科技大學郭治平與臺灣科技大學廖洪鈞所著「以臺北盆地地下水做為冷卻空調系統之介質」。本文利用臺北盆地充沛的地下水低溫且穩定的特性，探討以封閉式及開放式循環方式，將夏日空調產生之廢熱引導至深層地下水層中，再藉由地下水流充當散熱介質將熱源攜至盆地外，以達到環境保護與節能減碳之目的。作者除了進行熱傳遞數值模型模擬外，亦透過臺科大研揚大樓地下室台電受電室之空調機組，進行現地實驗與驗證，藉以比較封閉式及開放式循環方式之散熱行為差

異，並提出實務操作上可能須面對之問題，包括地下水位變動影響、地中管材質與熱交換面積、填充材料、運轉維護等課題，以提供工程界參考。

第四篇為台灣世曦工程顧問公司吳文隆等與成功大學陳峙霖所著「工程規劃設計階段碳排放估算之執行經驗與建議」。氣候變遷攸關各國的永續發展和人類物種的存續，是當前國際社會須共同面對的挑戰，對於加強溫室氣體排放的制約行為，逐漸成為各國的共識與潮流。碳排放管制已由過去強調組織營運的組織型碳盤查，轉為關注於全生命週期考量的碳盤查行動，尋找出全生命週期中最具成效之減碳計畫。本文為瞭解公共工程之實際碳排放量，從規劃、設計、施工乃至營運之各執行階段，皆可利用估算或盤查等作業，進行碳排放量估算及盤查行動，做為未來工程節能減碳之參考。特別是若能於設計階段即導入碳排放估算作業，可在施工之前預先瞭解其主要碳排項目，並於設計成果進行適度調整，將可有效落實節能減碳之作為，提升節能減碳之效益。作者透過估算邊界與原則、估算限制與假設、估算流程等程序，以設計階段碳排放估算之執行經驗，針對現況遭遇問題進行探討，提供後續相關工程之設計參考。

第五篇為台灣世曦工程顧問公司黃炳勳等所著「隧道工程碳足跡盤查發展與成果-以臺9線南迴公路草埔隧道新建工程為例」。交通部於2010年公告「交通部節能減碳規劃設計參考原則」，提出公共工程執行各階段，由規劃、設計、施工乃至營運階段，各階段當遵循之節能減碳作為。運研所亦於2011年完成「交通運輸工程碳排放量推估模式建立」研究案，初步訂出公共工程中工程項目之排碳係數，供各界執行碳排放計算之參考。依工程施工工期，進行分標段、分年度之實質盤查工作，並於工程竣工時以碳足跡盤查報告，向合格的驗證機構提出查驗申請並取得碳足跡聲明證書。本文就草埔隧道工程之碳盤查內容，實際作為與初步成果進行說明，內容包含細部

設計成果之碳排放量推估、實際工程碳足跡輔導及盤查、查證、工程碳排放量彙整及碳匯變化量調查，提出本工程全生命週期碳排放量盤查報告，建立本土化之產品碳排放係數及工程碳足跡參數，以供類似隧道案例參考。

第六篇為公路總局蘇花公路改善工程處邵厚潔處長與中興工程顧問公司許珮蒨等所著「蘇花改東澳東岳段新建工程(A3標)排碳特性分析及減碳成效」。公路總局為順應世界潮流及政府節能減碳之政策目標，於2012年發展「工程碳管理架構與機制」，以工程生命週期之碳管理為目標，並作為國內工程設計規劃減碳考量之依據。蘇花改計畫為近年來臺灣東部最大的公路工程建設，施工期間碳管理工作自2012年6月展開，呼應全球節能減碳議題與管制策略。工程生命週期須考量施工建造階段及營運管理階段之影響，本計畫於執行之初即界定盤查範疇、建立盤查方法、規劃盤查組織及分工，確立施工階段之盤查內容，並以道路工程、橋梁工程及隧道工程為案例，分門別類說明土建工程碳足跡盤查結果、工程排碳特性、生命週期排碳量及減碳量成效，成果豐碩可供類似工程參考。

第七篇為亞新工程顧問公司張榮峰等及日商鹿島營造公司吳柏林所著「地下洞道生態永續及節能減碳之設計考量-以地下電纜案為例」。隨著都市化的高度發展，人口往都會區集中，地狹人稠的結果造成社會擁擠、交通問題日益嚴重，地下空間及地下洞道儼然是未來發展趨勢，特別是免地面開挖工法，對地面交通、商業活動及環境影響小，的確是最適合都會區施工的方式。本文採潛盾工法施作地下電纜洞道，依工址設計環境及條件限制，考量生態及永續設計等因素下之工法及配置選擇，包括洞道及工作井開挖工法、地改材料、電纜配置、工地管控、植栽等，藉由減體減量及自動化控制系統的設計，具體達成減碳成效，本案例可提供類似地下維生洞道工程設計參考。

第八篇為臺北科技大學張晨揚與馬偕醫學院申永順所著「工程規劃與施工階段之碳、

水足跡與環境衝擊暨其減排芻議-以地下推管工法為例」。本文於規劃設計階段利用公共工程委員會之經費估價系統(PCCES)檢索施工機具、工程材料之資源統計表，並依其設計成果估算碳、水足跡與環境衝擊；再於施工階段現地盤查進行比對驗證，考量全生命週期碳排放量、水資源消耗量及環境衝擊。此外作者也針對本案例之工序及工項進行檢討並提供改善策略，透過使用飛灰、爐石等再生材料、地下水再利用及工作井減量等方式，可有效減少碳排及節省水資源。

第九篇為黎明工程顧問公司林志勇及黃貞凱等所著「邊坡植生固碳量估算-以曾文、南化、烏山頭水庫國有林地為例」。水庫集水區坡面植生狀況的良窳，攸關水庫庫容與壽命，良好的邊坡植生可確保水庫營運功能、上游集水區水域環境保育，及有效提升水源備援與常態供水能力，保障民眾用水權益。曾文、南化及烏山頭水庫集水區國有林地邊坡於2009年莫拉克颱風後產生大規模崩塌，經由各項造林植生促進復育、工程間接穩固坡面植生復育，以及環境之自然復育下，經2016年梅姬颱風驗證後，顯示崩塌坡面已逐漸恢復原有森林坡面之固碳能力。本文依聯合國政府間氣候變遷小組(IPCC)「2006國家溫室氣體清冊指南」，由土地利用型態、林型，森林面積及林木生長量來推算固碳量，估算項目包含國有林地邊坡造林植生固碳量、國有林邊坡間接復育邊坡植生固碳量及國有林地邊坡自然復育植生固碳量。

本期刊能順利出刊，編者首先衷心感謝期刊所有論文作者，於百忙之中分享研究成果與工程執行心得，由於您們無私的付出，讓寶貴的工程經驗得以交流與傳承，厚植國內地工技術能力。最後，編者要特別感謝總編輯董家鈞教授、副總編輯李維峰博士、編輯顧問台灣世曦公司吳文隆協理、編輯委員、地工技術研究發展基金會冀樹勇執行長、李碧霞副執行長及彭馨瑤小姐的熱心指導與協助，使得本期刊得以如期付梓，再次誠摯感謝您們的幫忙。