



# 生態水利的起點 — 知己知彼從環境調查開始

郭品含／國立宜蘭大學土木工程學系 助理教授

黃耀陞／國立臺灣大學土木工程研究所 碩士生

黃守忠／社團法人台灣濕地學會 研究員

黃國文／國立臺灣大學水工試驗所 研究員

健康檢查為透過病史檢閱、理學檢查與評估診斷，了解人體身心健康狀況；環境也一樣，透過環境資料的爬梳、環境採樣與檢測，以及環境指標計算與評估，得以了解環境的概況。而不管是人體的健康檢查抑或環境的調查監測，該做什麼項目、多久做一次、如何判斷檢測數據等問題，總涉及了資源、設備等多面向的考量，需藉由經驗與專業的指引，選擇當下的最適方案。而環境調查成果呈現了環境的現況、反映著環境的變遷，也是環境管理之基礎，本文將以無尾港濕地 2017 至 2019 年間完成之監測工作做為案例，透過無尾港濕地過去的環境監測經驗與成果，共同來反思其適合之環境健檢方案。

## 無尾港濕地

無尾港濕地位於宜蘭縣新城溪出海口處，面積約 642 公頃，濕地內水源主要來自於太平洋、新城溪、港口大排，並經由濕地內之水道傳遞（圖 1）。而無尾港濕地之地理位置恰於秋冬季候鳥過境的必經路徑上，區域內土地型態以沼澤為主，加上濕地內蘊藏豐富之水生動植物，提供鳥類食物來源，吸引大批鳥類在此利用；每年 10 月至翌年 3 月是候鳥前來蘭陽平原渡冬及過境的季節，在濕地及其周邊有數以千計的雁鴨科水鳥棲息利用的紀錄，為宜蘭地區雁鴨數量最多的地點，也是北臺灣兩大小水鴨度冬區之一。因此，國際水禽研究中心（IWRB）及國際自然保育聯盟（IUCN）於 1988 年將無尾港濕地列入台灣十二大重要濕地，1993 年宜蘭縣政府依「野生動物保育法」公告其為無尾港水鳥保護區，1998 年行政院農業委員會依「野生動物保育法」公告為野生動物重要棲息環境，2007 年內政部選定其為國家級重要濕地。

## 環境核心特徵

生態水利學為探討水與生態系統間之相互作用，而涉及「水」與「生態」之議題，則需以系統為範疇，見樹又見林的角度來探討。水系統的形成來自於水的循環，從水蒸氣在空中凝結形成水滴降落在地表上、進入地表，再透過蒸發、蒸散回到大氣中，稱為水文循環，成就了水系，進而構成集水區，也就是生態水利學相關議題之空間尺度範疇，再以流域或集水區往下區分不同層級（圖 2），每個層級涉及之空間及時間尺度，及其對於環境變動的敏感性及恢復能力亦有所差異<sup>[1]</sup>。而不同時間與空間下之環境資料，則成為評估此系統之重要資訊；如同人體，透過體溫、脈搏、呼吸、血壓等生命徵象之量測即可了解生理之狀況，水環境中亦有幾項重要之環境健康評估因子包含：水文、河相、物理棲地、生物、水質等（圖 3）。

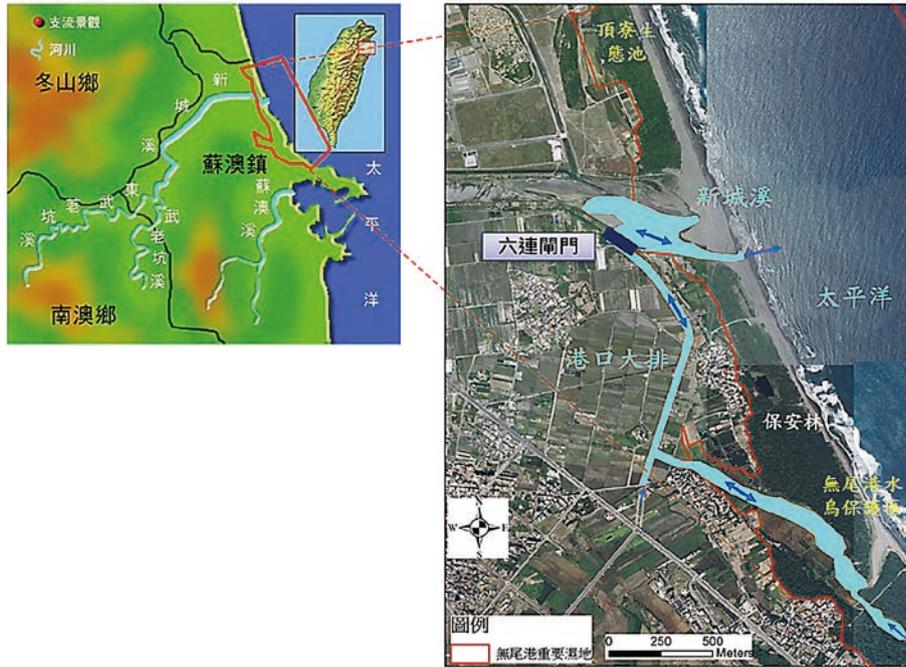


圖 1 無尾港濕地位置圖 [2]

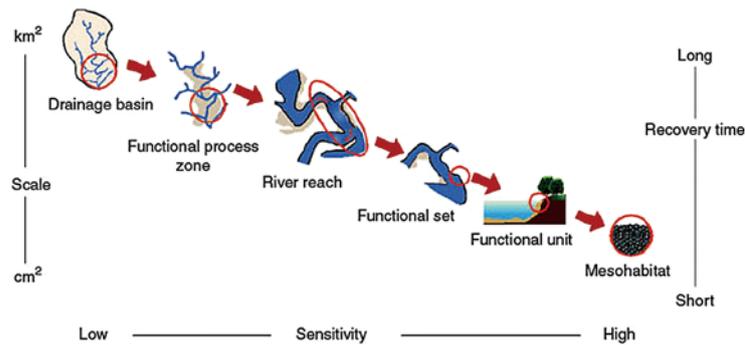


圖 2 河川系統於空間及時間尺度上的探討尺度 [1]

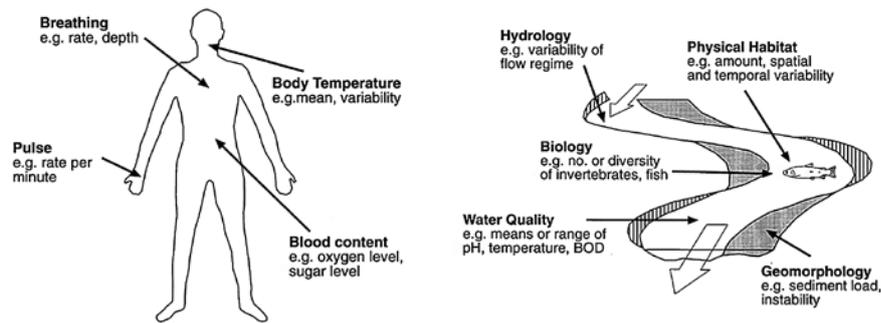


圖 3 人類與河川環境健康診斷之類比 [3]

如無尾港濕地水位調查計畫，其位屬於新城溪流域下游，濕地內之水鳥保護區具有水道與港口大排連接再匯入新城溪，最後流入太平洋（圖 1）；新城溪水位、港口大排水位、潮汐等都影響著濕地內每一個點位的水深。因此，無尾港濕地之環境調查計畫考量其

環境特性，水位調查工作在空間上佈置 7 個自計式水位站，每 30 分鐘記錄一筆資料，並搭配經濟部水利署蘭陽溪噶瑪蘭橋河川水位站、中央氣象局蘇澳潮位站及冬山雨量站監測資料輔佐分析（圖 4）；根據調查結果（圖 5）：濕地內的常時水位隨潮汐影響，每日的水

位差介於 20 cm 至 40 cm，並以位於新城溪出海口的測站（測站編號：G，測站名稱：閘門外）最為明顯，透過長期水位調查資料，可協助釐清濕地內不同空間及時間尺度下水環境的變化，並有助於了解濕地內水資源的流動情形。此外，長期調查資料亦可即時掌握極端事件之影響，輔佐管理及應變策略研擬，以 2017 年尼莎颱風（7 月 28 至 7 月 30 日）為例，期間內累積降雨量約 176 mm，並於 7 月 29 日 21:00 記錄到最大時雨量 48 mm，達中央氣象局定義之大雨（heavy rain）等級，且於蘇澳潮位站亦發現潮位可能受颱風暴潮影響，高潮位較平時高出約 0.5 m，進一步對比颱風期間及其前後水位資料可發現：颱風期間內無尾港濕地內之水位較颱風前高約 1 m，並隨颱風降雨趨緩後下降，約 3 天後水位復歸常時情況（圖 5），顯示颱風期間之降雨及暴潮直接影響濕地水位。



圖 4 無尾港濕地自記式水位計及水尺佈置圖。各點位係參考濕地水系、流況進行佈置，優先設置點位包含：濕地水系上、下游邊界、濕地內其他入流邊界及閘門上下游等可透過人為操作影響水位之水利設施；此外，儀器架設時需選擇於流況及斷面型態較穩定處<sup>[2]</sup>。

## 環境調查與監測方案

環境的調查與監測跟身體健康檢查一樣，根據不同需求與目的具有不同的方案，透過調查與監測計畫的研擬，將調查工作及相應之數據分析方法系統性地規劃，才能展現調查與監測成效。簡單來說，環境調查與監測方案可依循檢測目標分為五大方案：快速評估（Snapshot Assessment）、檢定監測（Compliance Monitoring）、執行監測（Implementation Monitoring）、績效監測（Effectiveness Monitoring）、驗證監測（Validation monitoring），每種調查方案又跨越了不同的空間及時間調查尺度與調查努力量（圖 6<sup>[4]</sup>）。

### 快速評估（Snapshot Assessment）

快速評估的目的為針對環境場域進行一次系統性之調查，以反映調查當下環境場域的狀態，其調查項依其調查目標而有所不同，且通常會搭配環境指標之計算，輔佐調查數據之解讀。實務應用上已有許多專

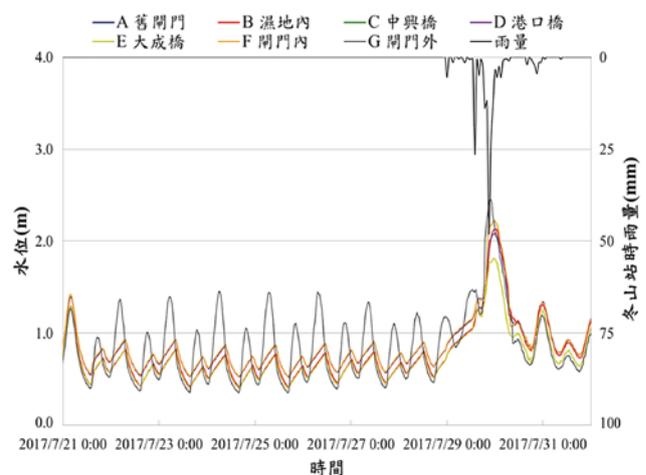


圖 5 無尾港濕地水位監測紀錄<sup>[2]</sup>

Monitoring Intensity	Monitoring Type			
	Routine	Compliance		
Extensive		Implementation		
Intensive			Effectiveness	
Applied Research				Validation

圖 6 不同目標之環境調查與監測方案調查努力量比較<sup>[4]</sup>

家針對不同場域及調查目標提出調查及評估方法，如：林幸助等人<sup>[5]</sup>曾提出濕地棲地快速評估法（圖 7），其依循濕地水域特性訂立相應之調查指標及其分級計分方式，以無尾港濕地中之靜水域為例，透過現地的水色、



圖 7 濕地棲地快速評估流程<sup>[5]</sup>

植被品質、基質品質、緩衝區型態、暴雨影響、人為活動及集水區活動幾大面向的紀錄，即可初步評斷其濕地棲地概況。

### 檢定監測 (Compliance Monitoring)

檢定監測的目的為搭配相關法規之檢測項目進行環境的調查與監測，並據以評斷其與是否滿足相關規約，如行政院環境保護署依循水污染防治法建立了「地面水體分類及水質標準」，用以評斷各水體之適用性質。以無尾港濕地水質調查計畫為例，濕地內依循其環境特性佈置了 5 處樣站進行一季一次之水質監測工作，根據 2019 年之四季調查成果（圖 8）可發現：濕地內四季之水質介於地面水體分類標準之乙級至戊級間，其中大坑罟樣站之調查成果在四季具有顯著的差異，於秋季（10 月 16 日）之水質最佳，符合陸域地面水體乙級分類標準，可提供二級公共用水、一級水產用水、一級工業用水、灌溉用水及環境保育用途；而春季（4 月 17 日）之水質最差，為戊級水體，其水體僅可作為適用環境保育用途。

### 執行監測 (Implementation Monitoring)

執行監測的目的為透過監測資料，探討場域內是否達成其訂立之相關目標，如無尾港重要濕地（國家級）保育利用計畫<sup>[7]</sup>中訂立「提供水禽候鳥遷移棲息區域」為其濕地保育利用計畫目標之一，濕地內自 2016 年即開始執行鳥類調查計畫，針對濕地內 8 個樣區及濕地外 2 個樣區（圖 9），每個月進行一次鳥類調查工作。以 2019 年之 12 次調查成果為例，其共記錄



2019 年無尾港濕地水質調查成果 - 水體分類

測站	冬 (02/21)	春 (04/17)	夏 (07/17)	秋 (10/16)
頂寮 (DL)	丁	丁	丁	丙
新城溪口 (SCR)	丁	丁	丁	丁
六連關門 (SLG)	丁	丁	丁	丁
大坑罟 (DKG)	丁	戊	丁	乙
中興橋 (GK)	丁	丁	戊	丁

圖 8 無尾港濕地水質調查點位及調查成果<sup>[6]</sup>

到 40 科 94 種鳥類共計 16,111 隻次的鳥類，其中水鳥佔 79.6%、陸鳥佔 20.4%，而濕地內水鳥類別主要包括雁鴨科、鸕鶿科、鷺科、以及鷗鷺等（圖 9）；其中，保育利用計畫中關注之雁鴨科仍為濕地最優勢的水鳥種類，未來透過持續性之監測與資料比對，即可反映本保育利用計畫之執行成效是否達標。

### 績效監測 (Effectiveness Monitoring)

執行監測的目的為透過監測數據，比較場域內管理計畫或方案執行前後之差異，據以評估其執行績效。如宜蘭縣政府農業處於 2018 雇工在無尾港濕地內進行 0.88 公頃之棲地改善工作（圖 10），計畫執行團隊因而規劃相應之鳥類及底棲動物調查工作，了解其成效，作為後續相關執行方案參考。

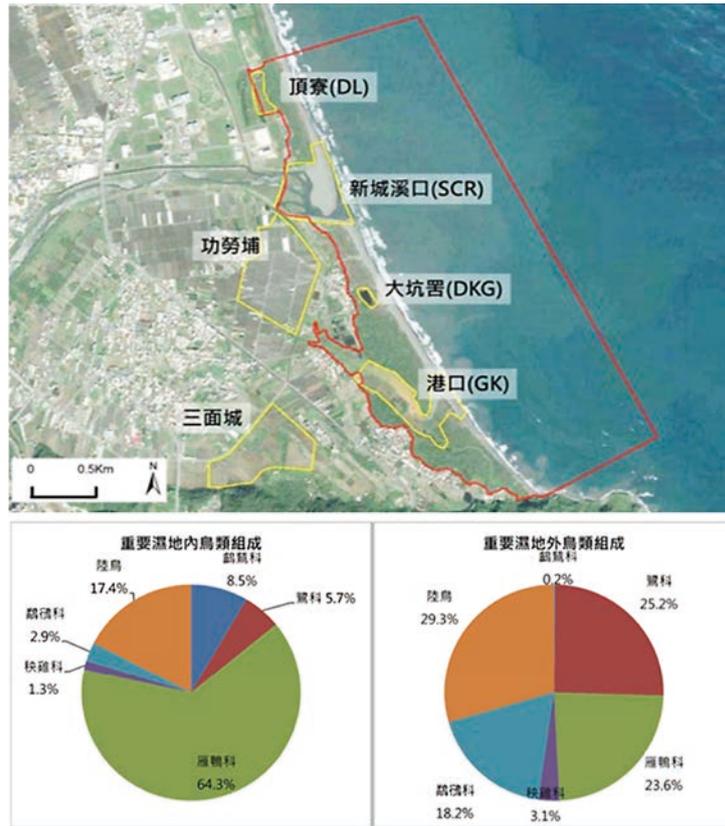


圖 9 無尾港濕地鳥類調查樣區及鳥類調查成果 [6]

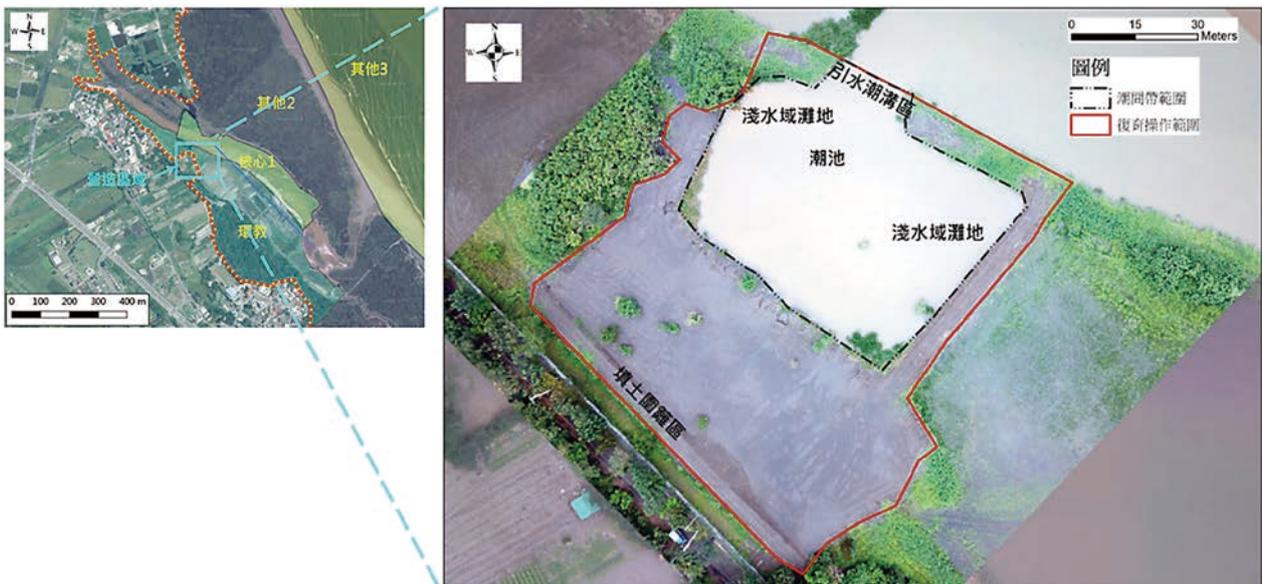


圖 10 無尾港濕地棲地營造 [6]

### 驗證監測 (Validation monitoring)

驗證監測則為搭配實驗設計，藉由實驗過程中之監測數據，以對環境場域有更多的了解。如無尾港濕地具有感潮特性，但早期對於潮汐影響濕地之水環境範圍與程度卻無法掌握，直至 2017 年之全潮測量，其

依循環境特性及預測佈置調查點位進行水位、流量、鹽度之調查，調查結果（圖 11）顯示其水環境變動與預測之潮汐影響現象吻合，此調查結果輔佐無尾港濕地鹽度感潮及水力感潮範圍之劃定，及輔佐進一步之環境模擬工作。

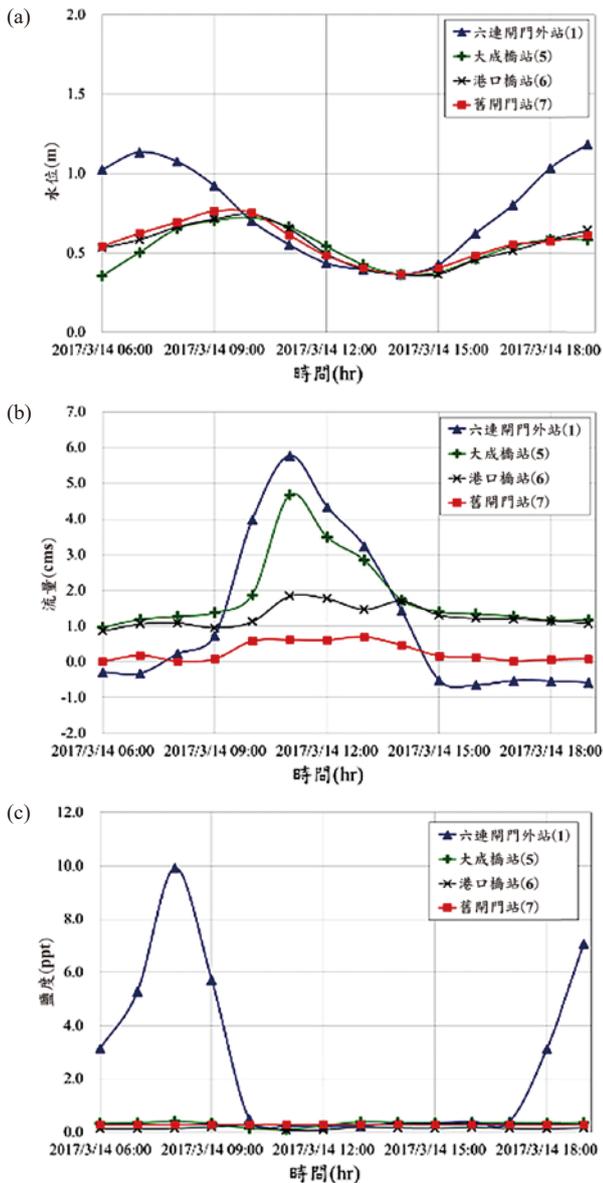


圖 11 無尾港濕地全潮調查成果 [2]

## 反思與整備－環境調查計畫

本文透過 2017 至 2019 年於無尾港濕地完成之環境調查成果 [2,6] 輔佐介紹不同調查方案之差異，以及說明每一筆環境調查資料所蘊含之環境資訊。可以發現的

是：不管調查目標為何，環境因子在空間場域及時間尺度上具有變動性，跟人體各項健康指標一樣，需要透過定期檢查達到預防及保健的效益；因此，持續推動及落實環境場域之定期環境調查為守護環境場域的基礎。而為了達到有限資源的應用，環境調查工作應研擬完整的環境調查計畫，美國環境保護署根據執行經驗，整理出環境調查與監測計畫應涵蓋之十大要素，其包含：(1) 策略之整合與研擬、(2) 目標擬訂、(3) 調查與監測方法設計、(4) 環境指標、(5) 調查品質管理、(6) 調查數據管理、(7) 數據分析與解讀、(8) 調查報告研擬、(9) 調查成效評估、(10) 資源與設備之整合 [8,9]；知己知彼，參考相關經驗，搭配此十大環境調查與監測要素，進行盤點與分析，研擬環境場域之環境計畫書並實際執行之，對於環境場域將有更多的了解與照護。

## 參考文獻

1. Parsons, M., Thoms, M.C., and Flotemersch, J.E., (2017). Eight river principles for navigating the science-policy interface. *Marine and Freshwater Research*, 68(3), 401-410. <https://doi.org/10.1071/MF15336>
2. 宜蘭縣政府 (2017)。無尾港重要濕地水文環境調查及模擬分析委託專業服務案報告書。國立臺灣大學。
3. Maddock, I. (1999), The importance of physical habitat assessment for evaluating river health. *Freshwater Biology*, 41(2), 373-391. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1999.00437.x>
4. Stratford, C.J. (2018), *Monitoring of Wetlands: Overview*. The Wetland Book, 1767-1778. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-9659-3\\_289](https://doi.org/10.1007/978-90-481-9659-3_289)
5. 林幸助等人 (2009)。濕地生態系生物多樣性監測系統標準作業程序。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。
6. 宜蘭縣政府 (2020)。107~108 年度無尾港重要濕地 (國家級) 生態水質調查、棲地維護規劃、環境教育推廣及民間團體整合溝通計畫。社團法人台灣濕地學會。
7. 內政部 (2018)。無尾港重要濕地 (國家級) 保育利用計畫。
8. USEPA (2003), *Elements of a state water monitoring and assessment program*. USEPA Assessment and Watershed Protection Division, Washington, DC.
9. USEPA (2006), *Application of elements of a state water monitoring and assessment program for wetlands*. USEPA Wetlands Division, Washington, DC. 



www.ciche.org.tw  
下載入會申請書

歡迎加入學會

e-mail: service@ciche.org.tw  
電話：(02) 2392-6325  
傳真：(02) 2396-4260



中國土木工程學會  
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING