

# 大學環境工程教育之發展與建議

林財富

國立成功大學環境工程學教授

謝孟伶、李文智

國立成功大學環境工程學助教、國立成功大學環境工程學教授兼系主任

## 一、前言

環境工程在台灣成為獨立學門，已經超過 35 年，這段時間也恰是台灣大專教育蓬勃發展的時代，環境工程相關科系也跟著大幅增長。在同一段時間內，隨著台灣經濟發展、民眾環保意識增長、以及世界潮流趨勢變化，環境工程領域、以及環境工程教育的範疇，也是變化很多。因此本文希望能藉由探討環境工程領域及環工程教育的變化趨勢，以及目前環境工程教育面臨的問題，並建議未來發展的方向。文中首先由介紹環境工程的定義、領域範疇的變動開始，接著討論國內大學環境工程學系發展與現況，然後比較美國與台灣各大學環境工程教育核心能力要求，以及討論環境工程教育面臨的挑戰，最後並建議未來環境工程教育發展方向。

## 二、環境工程的定義

現代所謂的環境工程，最早是由土木衛生工程(sanitary engineering)開始[Aitken et al. 2004]，在 1960 年代以前，以自來水及污水處理、自來水輸配水、污水收集等為主。隨著經濟發展，環境議題自 1970 年代開始受到重視，環境工程包括範疇，也愈來愈廣。

美國環境工程與科學教授學會(The Association of Environmental Engineering and Science Professors, AEESP)於 1960 至 1980 年代，召開一系列共 5 次的環境工程教育研討會，其中 1960 年舉辦的第一次會議，仍以衛生工程為研討會名稱(Study Conference on the Graduate Education of Sanitary Engineers)，在第二次(1967 年)時，即已將環境工程與衛生工程名稱並列(稱為 Second National Conference on Environmental and Sanitary Engineering Graduate Education)，到了第三次(1973 年)則更名為環工教育研討會(Third National Environmental Engineering Education Conference)，此時由衛生工程更名為環境工程已經底定[Patterson 1980]。尤其在

第二次會議時，更詳細訂出環境工程的定義為：為工程的一支系，指應用科學原理以預防、控制、與管理對人類身心健康及其福祉造成影響之環境因子的工程。會議中並提出環境工程以物理、化學、生物、社會科學、設計及系統為課程核心，包括衛生工程、公共衛生工程、空氣資源、固體廢棄物、及輻射工程等範疇 [Hendricks and Baumann, 1990]。到了 1979 年，美國工程師專業發展委員會 (Engineers Council for Professional Development, ECPD)(為 Accreditation Board for Engineering and Technology, ABET、現僅稱 ABET 的前身)進一步定義環境工程為：為工程的一支系，與保護人類免於受負面環境因子影響、保護區域及全球環境免於受人類活動影響、以及改善環境品質以提升人類健康及福祉等相關的工程 [Patterson 1980]。美國環境工程師學院(The American Academy of Environmental Engineers, AAEE)則定義為：應用工程原理管理環境，以保護人類健康、自然良好生態系統、以及促進人類生活品質的環境[Bishop, 2000]。雖然日後，Safferman et al. [1996]也提出環境工程指應用工程與科學原理，以保護人類健康與生態系統的工程；美國環境工程教授學會環境工程論壇也提出[Aiken et al. 2004]，環境工程主要在於應用工程方法，以保護大眾健康及環境，但是在定義上，與 1979 年 ECPD 所提出之定義差異並不大。

1999 年，歐洲環境工程教育研討會也特別指出，受環境工程教育的工程師必須不只專精於環境單元及基礎建設的設計與分析，也需要了解環境對社會的廣泛意涵及福祉[Alha et al.2000]。

### 三、環境工程領域範疇變化

由於最早環境工程系奠基於衛生工程，因此通常認定為土木工程的一支，領域範圍也著重在給水與污水處理、自來水輸配水及污水收集等。但是隨著環境問題日益嚴重、公眾環境意識增加，環境工程領域發展持續、動態的發展著，在所有工程領域中，應該算是非常跨領域(multidisciplinary)、且可以算是非常複雜的一門工程領域[Aiken et al. 2004; Nguyen and Pudlowski, 2011]。

Tansel [2008]彙整過去 40 年來，主要環境議題變化(表 1)，該文中並歸類在 1960 年之後，1970 年代因為美國多項法規通過，引導空氣、水、廢棄物等環境議題；1980 年代為主要環境災難年代、1990 年代為全球環境議題甦醒年代、21 世紀初期則為全球環境壓力與永續發展性年代。

表 1 中可以清楚看出，Tansel [2008]認為環境議題由水及廢水，進入 1970 年代增加空氣污染、毒性物質，到 1980 年代有臭氧層議題、有害廢棄物清理、健康風險，1990 年則更加入氣候變遷、生命週期、褐地、資源循環、再生能源、生態毒性、濕地，進入 21 世紀更加入永續發展、綠色科技、全球環境、生命週期、生物多樣性、都市化、基礎建設安全、維生管線、環境偵測、環境資料、地理資訊系統等更廣泛的環境議題。

如果將國內環境工程專業與議題發展，與 Tansel [2008]比較，國內在 1980 年代以前，仍是以水處理為主。在 1980 年之後，國內環工教育在空氣污染、廢棄物處理、環境影響評估等領域的教學與研究逐漸蓬勃發展，加上衛生署環保局(1982)、及行政院環保署(1987)的成立，以及大眾對環保的重視，我國環工教育在 1980 年代已奠定深厚的基礎。

到了 1990 年代，國內因為大專院校大幅增加，環境工程類科系所也增加非常多，師生人數大幅增加(參考四、國內大學環境工程學系發展與現況小節)，因此專業領域就更廣，包括資源回收與管理、生命週期分析、環境管理、環境檢驗、土壤地下水整治、工業安全衛生等。進入 21 世紀，環工教育與研發重點與國際幾乎無任何差異，新興議題包括分子生物應用、環境奈米、綠色科技、永續發展、全球變遷、地理資訊系統、新興污染物等。

表 1 環境工程議題演變與環境工程科系發展

年代	美國主要環境議題	國內環境工程學系重要發展	國內環境工程學系重要專業發展
1960s 及以前	衛生工程：水及廢水處理、輸配水、廢水收集	1956 年成立第一所衛生工程實驗室	水及廢水
1970s	空氣品質、給水、毒性物質、核能、能源危機 <small>Tansel (2008)</small>	1972 年第一所土木系衛生工程組 1976 年成立第一所環境工程系 1977 年成立第一所環境工程研究所	水及廢水
1980s	臭氧層、全球氣候變遷、有害廢棄物清理、健康風險評估、毒性物質 <small>Tansel (2008)</small>	1985 年第一所環境工程博士班成立	空氣污染、廢棄物處理、環境影響評估
1990s	全球氣候變遷與溫室效應氣體、生命週期分析、資源循環、再生能源、森林減少、褐地、生態毒性、濕地 <small>Tansel (2008)</small>	成立多所環境工程所	資源回收與管理、生命週期分析、環境管理、環境檢驗、土壤地下水整治、工業安全衛生
2000s	全球氣候變遷、永續發展、綠色科技、全球環境、生命週期、生物多樣性、都市化、基礎建設安全、維生管線、環境偵測、環境資料、地理資訊系統 <small>Tansel (2008)</small>	2005 年環工系大學部第一批通過工程教育認證 2007 年環工系研究所第一批通過研究所工程教育認證	分子生物應用、環境奈米、綠色科技、永續發展、全球變遷、地理資訊系統、新興污染物

## 四、國內大學環境工程學系發展與現況

我國有環境工程教育由大學部即開始，與過去美國不太一樣，但是近年來世界各國授予環境工程學士學位的學校越來越多。例如 1999 年時，美國有 26 所學校有環工大學部學位[Bishop 1999]，德國有超過 400 位四年制環工學士畢業生[Fettig et al. 2000]，日本主要大學(例如東京、京都、北海道)在 1999 年時均已有主修環工的大學部課程[Mino 1999]。

如同國外大學一樣，國內大學環境工程科系也起源於土木工程的衛生工程課程中。國內第一間環境工程實驗室起源於 1956 年，成功大學與美國普渡大學成立衛生工程實驗室，以進行給水與污水分析實驗為主。其後，歷經在土木系(1972 年)成立土木系衛生工程組。1976 年，成功大學及中興大學同時成立國內第一批環境工程系，隔年台灣大學成立第一所環境工程研究所、並於 1985 年成立博士班，至此，整個台灣環境工程大學教育學制變成從大學到博士完整學制(參考表 1)。環境工程領域並逐漸擴展至包括以水、空氣、資源、管理、土壤地下水為主的學門，並延伸到安全衛生、及防災等領域。

依據教育部統計處資料顯示[教育部統計處，2012]，民國 101 年(2012 年)台灣共有 55 間大專院校設立 85 個與環境工程、衛生工程、職安衛、環安衛、防災及資源管理相關之系所，其中環境工程學系共 11 所、公共衛生學系 7 所、環境與安全(衛生)工程學系 9 所、職業安全(與)衛生學系 12 所、土木與環境相關學系 6 所、環境資源管理 11 所及其他相關系所(如：海洋環境、土壤環境、生物環境等)有 29 所，如表 2 所示。自民國 65 年以來投入環境相關領域教學之教師逐年增加，94 年後教師數約 840 人，一般大學教師比例約 51.6%，技職學院教師約占 45%，師範學院之教師占 3.4%(圖 1)。

在學生人數部份，自 1976 年環境相關科系成立以來，至 2010 年已培育出 65,024 位畢業生，學士學位畢業生 2000 至 2004 年每年畢業人數成長率平均為 28.3%，而 2005 至 2010 年每年畢業生人數均維持小幅度成長，畢業生人數成長率平均為 5.7%；碩士學位 2000 至 2004 年畢業生人數成長率平均為 21.2%，2005 至 2010 年畢業生人數較為穩定，平均成長率為 1.47%。2005 年後每年培育碩士畢業平均約 1200 人，博士畢業平均約 80 人(圖 2)[教育部統計處，2012]。

表 2 大專院校 100 學年度環境工程/安衛/防災/資源相關系所(彙整自教育部統計處，2012)

學校	系所
環境工程學類	
國立臺灣大學	環境工程學系
國立成功大學	
國立交通大學	
國立中興大學	
國立中央大學	
國立中山大學	
國立宜蘭大學	
大葉大學	
崑山科技大學	
弘光科技大學	
萬能科技大學	
國立屏東科技大學	環境工程與科學學系
逢甲大學	
嘉南藥理科技大學	
輔英科技大學	
東海大學	環境科學與工程學系
淡江大學	水資源及環境工程學系
國立臺北科技大學	環境工程與管理學系
朝陽科技大學	
國立中山大學	海洋環境(及)工程學系
國立高雄海洋科技大學	
國立雲林科技大學	環境與安全(衛生)工程學系
國立高雄第一科技大學	
國立聯合大學	
弘光科技大學	
明志科技大學	
中臺科技大學	
中華醫事科技大學	
東南科技大學	
亞太創意技術學院	
國立臺灣師範大學	
元培科技大學	環境工程衛生學系
明志科技大學	環境與資源工程研究所

學校	系所
公共衛生學類	
國立臺灣大學	公共衛生學系
國立成功大學	
國立陽明大學	
輔仁大學	
高雄醫學大學	
慈濟大學	
臺北醫學大學	
中山醫學大學	
中國醫藥大學	
中山醫學大學	
中國醫藥大學	
輔英科技大學	
中華醫事科技大學	
長榮大學	
嘉南藥理科技大學	環境(與職業)衛生研究所
大仁科技大學	
國立臺灣大學	
國立陽明大學	環境醫學研究所
國立成功大學	
大仁科技大學	環境與職業安全衛生系
高雄醫學大學	環境職業醫學學位學程
土木工程學類	
國立高雄大學	土木與環境工程學系
國立臺灣大學	生物環境(系統)工程學系
中原大學	
國立聯合大學	土木(與)防災工程學系
明新科技大學	土木工程與環境資源管理系
大漢技術學院	

表 2 大專院校 100 學年度環境工程/安衛/防災/資源相關系所(彙整自教育部統計處，2012) (續)

學校	系所
環境資源/防災學類	
國立臺北大學	自然資源與環境(管理)學系
國立東華大學	
嘉南藥理科技大學	環境資源(管理)學系
大仁科技大學	
環球科技大學	
大漢技術學院	
大仁科技大學	環境管理系
東南科技大學	
南亞技術學院	環境科技與管理系
國立新竹教育大學	環境與文化資源學系
景文科技大學	環境與物業管理學系
華梵大學	環境與防災設計學系

學校	系所
其他學類	
國立臺灣大學	地理環境資源學系
國立臺灣大學	森林環境暨資源學系
國立臺灣海洋大學	海洋環境資訊系
國立臺灣海洋大學	環境生物與漁業科學學系
國立臺灣海洋大學	海洋環境化學與生態研究所
國立臺灣師範大學	(生態與)環境教育學系
臺北市立教育大學	地球環境暨生物資源學系
國立清華大學	生醫工程與環境科學系
國立中興大學	土壤環境科學學系
國立中正大學	地球與環境科學系
國立高雄師範大學	(生態與)環境教育學系
高雄醫學大學	生物醫學暨環境生物學系
逢甲大學	環境資訊科技研究所

大專院校環境相關科系教師數

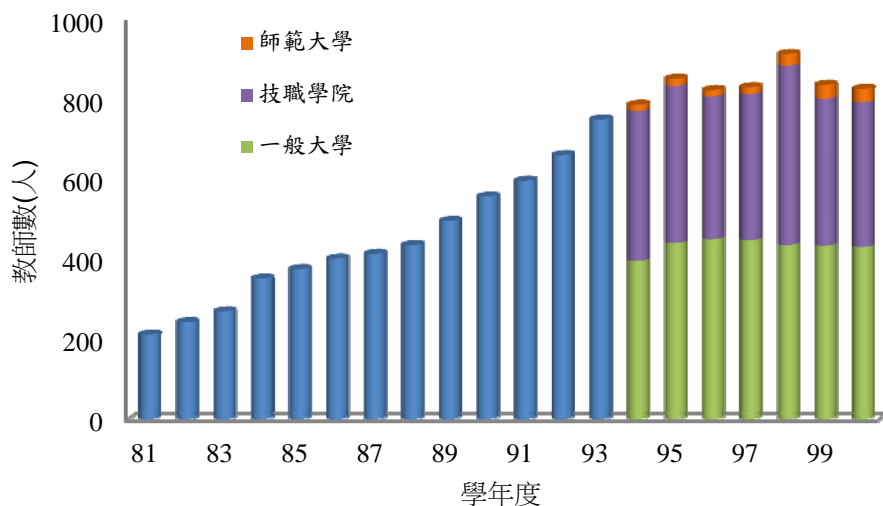


圖 1 大專院校環境相關科系教師數(彙整自教育部統計處，2012)

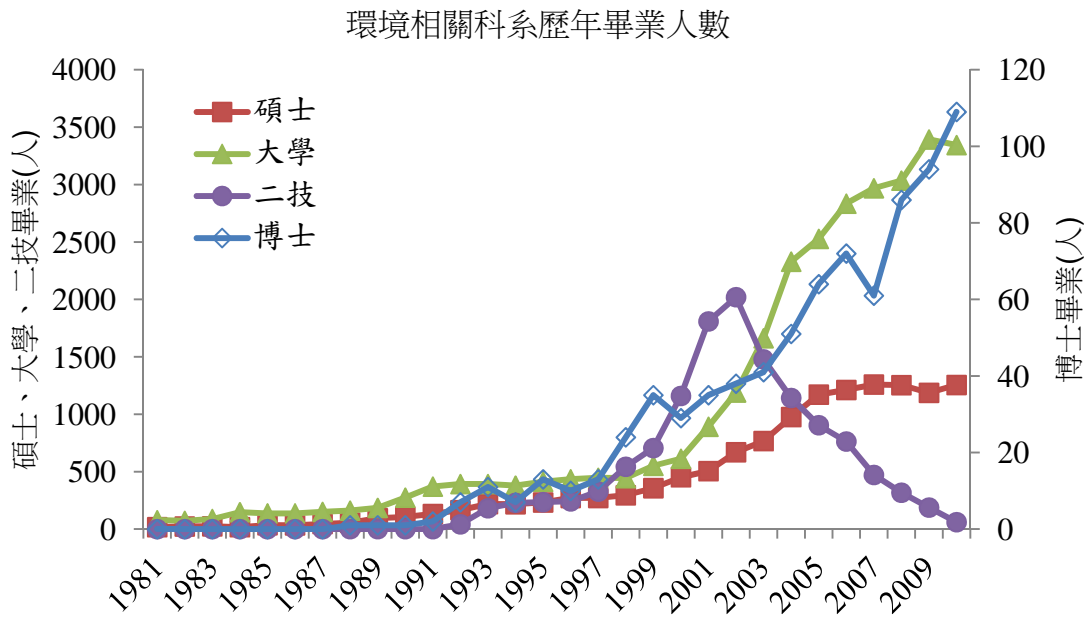


圖 2 環境相關科系歷年畢業人數統計(彙整自教育部統計處，2012)

## 五、大學環境工程教育能力要求

表 3 彙整美國及成大、中興、東海、逢甲等四所大學環境科系，對於大學部環工教育核心能力要求比較。美國工程認證委員會(ABET)認為環境工程教育需使(大學部)畢業生專精於下列知識與能力：微分方程數學、機率與統計、微積分為基礎的物理、一般化學；與學程相關之一門地球科學(如地質、氣象、土壤科學)、一門生物科學(如微生物、水生生物、毒物)；流體力學；入門級的環境議題知識(含空氣、土地、水系統及相關環境衝擊)；執行實驗與數據解析能力(至少在一項以上之環境工程領域，如水、空氣、環境健康等)；執行環境設計；與學程相關之高等原理與應用；專業工作的觀念，以及公私機構環境工程的角色及責任 [ABET, 2012]。

我國近年來因為眾多學校實施工程教育認證，環境工程科系並自 2005 年開始，逐漸有許多系所通過認證(參考表 1)。因此也有許多學校明訂大學畢業生應具備之核心能力。表 3 對照看起來，雖然成功大學與中興大學皆訂有 8 項核心能力，東海大學及逢甲大學則訂有 9 項核心能力，但因為均源於工程教育認證要求，因此所提出核心能力，基本上差異不大。如果以 ABET 要求為參考，基本上，環工大學畢業生核心能力應包括基礎科學與工程知識、實驗與數據分析能力、工程實務能力、工程設計能力、專業工作態度、創新能力、持續學習能力、工程與環境倫理等。

表 3 美國工程認證委員會與國內四所大學所設定之大學環境工程教育核心能力\*

ABET	成功大學	中興大學	東海大學	逢甲大學
基礎數學、物理、化學、地球科學、流體力學知識	運用數學、科學及相關工程知識的能力	物理、化學、數學及生物等基本知識	瞭解環境科學與工程領域對全球的環境、經濟與社會層面的重要性，且養成關注全球性、區域性與本土性之環境議題敏感度	具備理解環境議題之外語文、數學，科學與工程知識的基本能力
執行實驗與數據解析能力	具備操作與設計實驗，以及數據分析的能力	規劃與執行實驗、評析問題與闡釋數據之能力	具備環境系統知識與瞭解其相關性	執行實驗操作、解析數據與歸納結論的專業能力
入門級的環境議題知識  與學程相關之高等原理與應用	具備工程實務所需技術、技巧及使用工具之能力	解決環境污染問題之工程專業知識及應用工具之能力	運用基礎科學與工程概念與技能於環境工程領域	具備執行環境工程實務所需之技能
執行環境設計	具設計環境工程相關設備、系統、設施元件或製程的能力	執行環境工程設計之能力	在職業領域中稟持環境生態的意識及環境管理的知識，尋求經濟發展與環境保護的平衡點	具備理解環境相關工程系統、元件或製程設計的能力
專業工作的觀念	具經營管理知識，可有效溝通並促進團隊合作	資訊整合、計畫管理、有效溝通與團隊合作之能力	擁有執行工程實務、數據處理與分析的技能  具備團隊合作與協調溝通能力	具備計畫管理、溝通協調與團隊合作的能力
<執行環境設計>	能思考以嘗試解決規劃、設計、施工、營運等相關問題之能力	獨立思考、研發創新與解決問題之能力	具備獨力思考與統整跨領域知識及資訊能力	具備計畫管理、溝通協調與團隊合作的能力
<專業工作的觀念>	了解工程技術對社會環境之影響並能保持終生學習	瞭解工程技術對環境與社會文化之衝擊，並奠定終生學習的能力	瞭解業界之環境工程需求與未來趨勢，提升自我進入職場之競爭力	明辨、構思與解決問題的能力  認識當代環境議題，提昇環境專業管理能力，並能持續終身學習
了解公私機構環境工程的角色及責任	理解專業與倫理的規範與社會責任	理解工程倫理、關懷社會及珍愛環境	體認職業倫理與專業領域之社會責任	認知工程專業倫理與社會道德責任，及培養自我管理的能力

\*參考自 ABET(2012)及各校工程教育認證網頁參考文獻



## 六、國內環境工程教育面臨之挑戰

我國環境工程教育發展 30 餘年，也相對面臨許多新的挑戰，以下分就環境工程議題、教學、就業、及國際化分別說明面臨之挑戰。

### (一)全球新興環境與產業環保議題

傳統上，環境工程是以水、空氣、資源與廢棄物、土壤地下水等幾個介質的工程與技術為核心，加上環境管理組合而成。但是隨著經濟發展、社會變動、新技術發現、新產業與新議題出現，環境工程領域的內涵一直增加變化。事實上，Mino[2000]再比較日本三所重要大學(東京、京都、與北海道)環工教育時，也指出環境研究的新面向，例如環境影響評估、生態與生態工程、環境社會學、國際關係也是重要的問題。廣義的環境工程已擴展更多面向，例如包括化學品與健康風險的[工業安全與衛生]、社會與經濟面的[永續發展]、新製造技術的[綠色科技]、政策面的[環保政策]及[氣候變遷與調適]、新製造業的[奈米應用與污染]與[分子生物應用]等。

面臨這些變動時，大學需要投入相對應的課程及模組、新的教材、以及新的教學方式。

### (二)通識、基礎與專業課程競合

近年來，教育部推動大學部畢業學分縮減，環境工程科系也多朝此方向發展。以成大環工系為例，畢業學分近幾年已經由 145 學分逐漸縮減為 129 學分，其他傳統的環境工程科系例如中興大學為 140 學分、逢甲大學 134 學分、東海大學為 128 學分；前述各校畢業學分中，至少要求 28-30 個語言與通識課程的學分[參考自中興、東海、逢甲各校環境工程系網頁資料]。由於環境工程為跨領域學門，學生需要修習的基礎與專業科目也相當多元，在高畢業學分時代，通識、基礎與專業課程間之競合，比較不是問題，但是隨著畢業學分減少，課程間之規劃、與彼此競合問題就需要深入考量。尤其在考試院自 2013 年 1 月 1 日起實施修正專技人員高考環境工程技師應考資格，規定應考人除具備專科以上學校畢業之學歷外，尚須修習一定之學科學分數，符合規定始得報考環境工程技師考試。考量學生考試權益，環境工程系專業科目課程，更是課程中的重要科目。因此，建議各校應針對其學生特質、課程限制、學生未來發展(含升學與就業)等因素，訂定出最合適之課程模組，並整合內容相近之課程，提高每門課之學習密度，以因應學分縮減趨勢。

### (三)學生就業機會更競爭

雖然整體環境工程工作機會在過去 30 年來呈增加的趨勢，但是因為就學人口也是增加，因就業機會應該較過去以更競爭的現象。李氏等[2009]報告指出，國內環工科系大學(學士)畢業生，任職於環工領域者，研究型大學畢業者約為 58%、一般大學畢業者約為 56%、技職大學畢業者約為 52%；碩士畢業則可以提高到 70%。雖然環境工程系畢業生未必一定要就職於環境工程相關工作，且部分畢業生可能任職於電子業，但是此數據仍可以部份顯示，我國環境工程就業市場人力需求，比環工學程的大學畢業人力少。

### (四)人才流動國際化

國際專業人才市場越來越流動，環境工程專業也無法免於其外。由於台灣環境工程就業市場相對較小，以及近年來國內薪資增長速度相對於亞洲鄰近國家較低，因此環境工程專業人員，以個人身分或由公司派遣前往其他國家發展有愈來愈多的趨勢。另一方面，台灣環境工程專業發展較亞洲許多國家早，因此已經培養一批具有經驗的環工技術與管理人才，除了前述人才輸出外，也吸引鄰近國家專業人才前來交流。此外，在台灣也有越來越多的環境工程類公司參與國際公司運作、或是設立海外分公司。例如 2012 年京華工程顧問公司即出售給美國艾奕康工程顧問股份有限公司 (AECOM Corporation)，成為艾奕康公司台灣分公司，原京華公司 100 多名員工立即面對語言、以及與國際團隊共同工作之挑戰。除了人才流動外，許多環境問題為跨國問題，必須要透過國際合作與交流，才可以解決問題[Mino 2000]。

不論是人才輸出、跨國經驗交流與輸出、參與國際公司運作、設立海外分公司、跨國議題合作等，是許多公司、單位成長必經之路，環境工程科系也應培育學生，具備基礎語言能力、與跨國、跨文化團隊工作等國際化的能力。

## 七、環工教育建議發展方向

在前述環工教育領域變化及面臨之挑戰討論後，本節提出對環工教育發展方向之建議，以下分別說明。

### (一)深化基礎學理、培養創新與整合能力

環境工程領域的範疇以及關注的議題隨時代進步、產業發展，一直持續增加中。因此學校知識之傳授，永遠跟不上新議題的出現，但是如果學生在校期間已經奠立良好的物理、化學、生物、數學、以及工程科學基礎，並具

備整合應用的能力，在面對新的問題時，即可以利用基礎科學與工程基礎，很快掌握到其中關鍵。因此，環境工程教育，應培養學生具有良好的科學與工程科學基礎、以及整合能力，在其畢業後面對各項新興議題挑戰時，可以很快的適應。

尤其在課程安排上，應有提供學生獨立思考、整合課程單元、甚至跨課程的能力，以及鼓勵創新的空間。例如專題研究或大學部論文，即是培養學生獨立思考、創新概念、實驗操作、分析整理資料及解決問題的能力的很好課程。

## (二)加強實務訓練、培養持續學習力

工程師的訓練，除理論外，另一項重點是增加實務與實作訓練，以避免與實務及業界完全脫節。此部份工作包括實作課程(例如環境分析實驗)、設計課程(例如環境工程設計)、企業實務參訪(例如課程安排參觀)、產學合作課程(例如邀請業界教師授課)。實作與設計課程之開授，可以提供學生實際動手，加強實驗、實作與設計之能力，有助於學習效果提升及對學理有更深刻之了解。環保設施企業參訪，可以使同學了解環保設施實際運作情形及處理流程，增加對學理與實務結合的認知；產學合作課程藉由業界資深工程師及管理專家授課，提供第一線環境管理制度、環境保護技術的應用現況，提供畢業前瞭解環境工程與管理技術應用於產業的機會。對於實務有興趣的同學，各系所可以協助學生，暑期至企業實習，及早接觸工程實務，體驗學以致用。

## (三)重視專業倫理與環境倫理

工程專業與環境倫理是現代環境工程師必須奉行的圭臬，前者指工程師從事專業工作所需堅守的準則、後者則是身為人類對於環境保護所需要堅持的準則。目前國內在工程倫理與環境倫理教授上仍剛起步，雖然缺乏制式教材(事實上也很難有一致性的教材)以及授課方法，但是環境工程師在專業技術知識之外，在面對社會各項挑戰時，除了法律規範之外，環境工程師應該以工程與環境倫理作為限縮個人行為的重要依據。因此，此部分課程或是觀念培養，也是當前環工教育重要的工作方向。

## (四)增加跨領域學程、提升知識廣度

環境工程範圍廣，但改善環境品質的工作，無法由環境工程師單一完成，必須透過與其他領域師、及科學家合作組成一個團隊，才可以有效執行。曾任美國 AEESP 會長的 Bishop 教授[Bishop 2000]認為多數情況下，環境工程師是這個團隊的主要領導人，因此環境工程師的教育，須有跨領域的背景。實際上跨領域學程已然成為國內外環境工程發展的重要趨勢之一，例如美國

加州大學柏克萊分校，在土木環工系中，除原先環境工程組外，近年來並成立能源、土木建設及氣候組 (Energy, Civil Infrastructure and Climate)，其中包括土木、環工的老師，其目的在於使學生具備分析工程、環境、經濟、管理特質的複雜議題，例如建築能源效率、運輸系統設計、建築材料能源、再生能源與生質油、溫室氣體減量、及氣候變遷調適等 (<http://www.ce.berkeley.edu/programs>)。

國內大學在環境工程相關領域中，已經開始設立相關領域學程，以提供學生跨領域的學習方向，除傳統環境科技外，亦加入人文、社會、經濟、安全、能源等不同領域之知識與技能，以增加學生知識廣度，因應新環境議題挑戰。例如成功大學在 2009 年時結合環工、土木、都計、環醫、生科、政治經濟等不同科系，設立「跨領域永續發展英語課程」，2004 年時結合土木、水利、環境與測量等等四學系成立「土木環境國際學程」，2012 年結合機械、化工、航太、環工、材料、資源等系成立「能源國際學程」等；中興環工在 2012 年開設「環境永續學程」；逢甲環工開授「勞工安全衛生學程」、東海環工亦開授「綠能產業學程」，「高科技模組課程」等。類似的課程除可以吸引到不同專業背景學生、以提升學生基本背景廣度外，亦可以訓練環工背景學生有新廣度的專長。

#### (五)開授新議題課程與模組

因應全球新興環境與新興產業環保議題，環境工程相關科系，除前述設立系內、跨系學程外，相關新議題課程之開授，亦是加大課程廣度，提昇學生之就業競爭力的必要條件之一。以成大環工系為例近年來開授課程如「環境管理」、「能源與環境特論」、「高科技產業與環境保護」、「永續科學導論」、「綠色能源技術」、「永續環境」、「清潔生產」與「技術永續性評估」等課程；中興環工系則開授「環境毒理」、「奈米科技與環境保護」、「環境生物技術」、「環境政策與法規」、「環境衛生學」、「生態學」等課程。這些課程除了部分與學程相關外，更可以進一步整合成模組化課程，提供學生進入新議題領域之基礎。以最近這幾年蓬勃發展的土壤地下水整治為例，該領域經常牽涉到的專業領域包括水文地質、土壤、環工、公衛等，因此要建構土壤地下水課程模組，至少需要開授前述領域的一些課程，才能使學生具備相關的基礎。

#### (六)提升國際化競爭力

國際化能力的提升包括學生語言能力的提升、跨文化交流經驗、以及國際交流活動之參與等，以下以成功大學環工系近幾年推動經驗作為參考案例說明。成功大學環境工程學系近年來除在研究方面積極與國際相關學會建立

良好合作關係外，亦積極提升學生英語學習環境，包括招收外籍學生、鼓勵系上教師以英語授課、推動學生國際交流、舉辦國際研討會等，因此該系在 2009 年獲得全校英語環境評比第一名。2012 年該系研究所英語授課課程約占 70 %。系內並開授英文論文撰寫課程，並提供英文論文諮詢與修改服務，鼓勵與獎勵學生以英語撰寫論文。2012 年春季止，招收之國際學生占研究所學生之 22.5%、全系學生 10% 左右來自加拿大、印尼、泰國、肯亞等 17 個國家，讓學生從大學部開始有更多機會與國際學生交流。學生藉由上課、小組合作、實驗室會議、以及日常互動等機會，不僅可以增加英語溝通能力，對於不同文化間之交流及互動，提供一個更好的平台，對於未來面對國際化交流時，可以及早預備及適應。

## 八、結 論

過去 30 餘年來，國際及國內環境工程領域及教育內涵，持續在增進與改變著。環境工程教育在近年來，面臨著全球新興環境與產業環保議題、通識、基礎與專業課程競合、學生就業機會更競爭、以及人才流動國際化等挑戰。建議為克服挑戰，環工教育發展方向包括深化基礎學理、培養創新與整合能力，加強實務訓練、培養持續學習力，重視專業倫理與環境倫理，增加跨領域學程、提升知識廣度，開授新議題課程與模組，以及提升國際化競爭力等六個方向，以維持環工教育的永續發展。

## 參考文獻

1. ABET (2012)  
<http://www.abet.org/DisplayTemplates/DocsHandbook.aspx?id=1807>.
2. Aitken, M.D., Novak, J.T., Characklis, G.W., Jones, K.L., Vikesland, P.J. (2004) The Evolution of Environmental Engineering as a Professional Discipline, *Environmental Engineering Science*, 21(2), 117-123.
3. Alha, K, Holliger, C., Larsen, B.S., Purcell, P., Rauch, W. (2000) Environmental engineering education - summary report of the 1st European Seminar, *Water Science and Technology*, 41(2), 1-7.
4. Bishop, P.L. (2000) Environmental Engineering Education in North America, *Water Science and Technology*, 41(2), 9-16.
5. Fettig, J., Miethe, M., Rathke, K. (2000) Four-year undergraduate course in environmental engineering in Germany, *Water Science and Technology*, 41(2), 37-45.

6. Hendricks, D.W., Baumann, E.R. (1990) AEEP 25 Years, Association of Environmental Engineering Professors, ISBN 0-917-567-02-01
7. Mino, T. (2000) Environmental Engineering Education in Japan, *Water Science and Technology*, 41(2), 17-22
8. Nguyen, D.Q., Pudlowski, Z.J. (2011) Global issues in environmental engineering education, 2nd World Conference on Technology and Engineering Education, Ljubljana, Slovenia, 5-8 September 2011.
9. Patterson, J.W. (1980) Environmental engineering education: academia and evolving profession, *Environmental Science and Technology*, 14(5), 524-532.
10. Safferman, S.I., Utgigar, V.P., Sandhu, S.S. (1996) Environmental engineering forum, *Journal of Environmental Engineering*, 122, 779-784.
11. Tansel, B. (2008) Changing the status quo in environmental engineering education in response to emerging markets, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 134, 197-202.
12. 李志賢、楊奇儒、蔡俊鴻、吳先其、謝佳妤、蘇俊嘉(2009) 國內環境相關系所畢業生就業趨勢分析，*環境工程會刊*，24(4)，1-12。
13. 教育部統計處(2012)