

節水 從 A 到 A+

一個區域型節水的永續校園 環球技術學院

環球技術學院 環境資源教學研究中心主任 / 吳豐帥

▶圖 1 環球技術學院嘉東校區全景概況

一、前言

台灣地區
雖然每年平均
降雨約 2,510
公釐，但因自



然條件之特殊全年之降雨非常不平均表現外在的結果是降雨的時間分佈有 78% 的雨量集中在豐水季的 5 個月內，在空間分佈豐水季之降雨量從北到南由 62% 增至 90%。用水環境受限於自然因素影響，造成颱風季雨水量過多，而到了冬天可能一滴水都沒有，北部有水而南部無水。因此，對於珍貴的水資源如何有效益地使用，也成了各界包括政府的重要課題。如近幾年來台灣各地不斷傳出缺水問題，不管科技工業、農業或民生用水均受到嚴重的困擾和影響，導致產業界政府部門及一般民眾對用水問題的探討，年年受到重視。

環球技術學院位於雲林縣斗六市位處於中部缺水區域，於校園開發即考量水資源永續之利用。因此規劃雨水系統、中水系統及自來水系統整合利用，將低成本之水資源優先應用於合乎標的用水水質要求上並且依循用水取得容易及成本的程度自動化、系統化之補充，構成一區域性之水資源整體利用方案。經過 4 年之運轉初步分析自來水用水效率，本系統為一般無此系統自水使用效率之 3 倍以上。

又此校區有各種不同學制之運轉如日間部、進修部（夜間部）、進修學院、行政人員及住宿生等其在校使用時間不一，使用頻率亦不同，這樣多樣化的學制下，幾乎在任何時段，都有師生在使用，即整座校園的教室及設備利用率相

當地高。由此我們也可以分析到單位用水的情形，提供作為環境教育及用水研究分析之用。

二、環球技術學院的節水思維

環球技術學院嘉東校區校地面積達 30 公頃，校園規劃開始學校即思考如何建立一個永續且環保的校園，不但要具有環境永續的意義同時也可以提供校園內師生環境教育的實質體驗。為完成這樣的一個構想，一個簡單的思考面向：系統化及生活化的原則進行方案規劃研擬。

我們認為一種好的環境設施，應該讓使用者身歷其境自然而然在規劃的環境中活動、學習、生活，而不會覺得不便或心理上有所障礙。常常有些措施會因和原來我們生活習慣不同，或不了解或認知不足而加以排斥，以致得不到應有的效益。另一個情形是很多的節水措施在實施時易流於口號，需要不斷的提醒和叮嚀。若沒有配套措施則沒辦法隨時兼顧到，如此推動節水工作終有一曝十寒的可能。因此沒有以全面性、系統化的方式進行節水工作，在推動時也常常事倍功半。基於這樣簡單的概念，環球技術學院在進行校園規劃時，就將以上的觀點實際實現在校園規劃上並成為一個遵循的方向。

三、區域型的水資源系統規劃

從環境資源的角度來看臺灣水資源運用，可以從不同的用水標的由不同的水資源來滿足，我們也應該在系統化的規劃下提供適當水源。因此環球技術學院水資源系統規劃就包括由天上掉下來的禮物 --- 雨水、由我們人類自行生產的生活污水及最珍貴的自來水。另本地區雖也能由容易取的的地下水源做為用水可靠來源之一。但考量本區地下水使用及涵養的功能，為彰顯保育的理念我們不將地下水列入使用。利用新校區的可供完整性的規劃優勢，我們有機會將校園建設成現代節水型校園。

環球技術學院之水資源規劃包括雨水貯留系統及中水二元供水系統二部份並經整合而成雨水、中水、自來水的區域型（學校）水資源整合系統。分別說明如下：

雨水貯留系統的規劃分成二個部份一為利用建築物本身截流之雨水，在每

一棟建築物基礎空間利用筏基或是於建築物四周，設置雨水貯留槽貯留屋頂雨水。每棟建築物即可貯存容量達 200 公噸至 2,000 公噸不等之雨水可供利用；另一部份則針對校園內之開放空間及道路收集雨水，經由校區雨水下水道收集至景觀滯洪池。每棟建築物之雨水貯留槽或景觀滯洪池，從收集雨水後利用噴灌系統作為校園綠化美化植栽之用水。澆灌用水在學校性質場所特別重要，一般學校內常有大面積之開放空間及綠地其植栽澆灌用水非常可觀，但澆灌用水質要求又不像生活用水要求高。因此若能善加利用雨水作為澆灌用水來源則可大幅降低用水壓力。

►圖 2 中水二元供水系統核心愛月樓

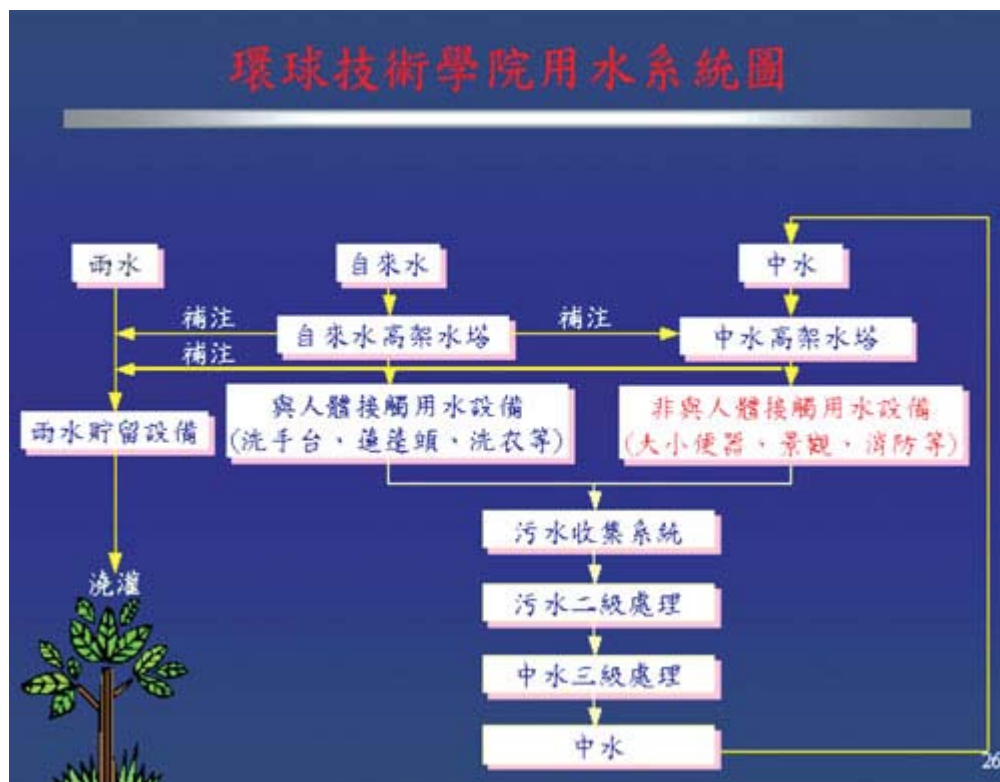
中水二元供水系統方面本校將原本應經二級處理的生活污水再回收經三級處理後符合沖廁澆灌的水質要求，用於非人體接觸之用水。本項用水不應輕於浪費，有 3 個主要因素，一為本項水量數量不少，約相當於自來用水量。二為依現在的法令規範放流水質應達相當二級處理標準之水質，三為為環境永續的考量任何水資源均應善加利用。若能進一步續予處理此部份之生活污水則可以使用在相當或適當的場所。因此本校所有師生或是任一棟建築物，均將生活污水經由污水下水道收集系統收集至地下化之污水處理廠三級及中水系統的處理後，送至本校配水中心--高架水塔。特別值得一提，本校區規劃階段即構想建築一棟具有代表本校精神之地標亦希望其能具有多目標之功能。除具有代表環球精神地標的圓球外另各樓層亦可加以利用，它更是中水二元供水系統的核心。它和二元供水系統結合，有自來水、中水各約 150 立方公尺水量的水塔容量將水源配送至全校區各需水地點。每當夜幕低垂，莘莘學子由校外返回學校或是在校內學習活動均可遠望此一建築物遙遙和月亮相望垂掛天邊，故命名愛月樓。



為發揮本系統最大的效果，我們將各系統以區域型概念整合。因此除個別系統均能按照原先規劃之功能運作，我們也希望各系統均能依照用水標的、用水水質及取得的難易程度決定用水優先順序。水質要求最低的澆灌用水，優先由取

得最容易的雨水系統提供，非人體接觸用水如沖廁等則由中水系統提供，人體接觸用水如洗浴、飲用、清潔等則使用自來水。但各項用水標的有時並不能保證可以獨立完全滿足。如缺水期雨量不足時澆灌用水有時可能無法滿足，此時整合系統將次高成本之中水系統自動補充以滿足澆灌需要，同樣方式如因學生放假或是系統維護時，導至中水不足則自來水系統將自動補充至中水系統使用之各項標的。簡而言之，雨水不足中水補充之中水不足自來水補充之若雨水中水均不足時全部由自來水補充之，所有補充動作均為自動化，以確保各項用水使用之方便及無虞。由以上說明本整合系統可以有效提供各項用水之需要並能降低人為因素產生之用水不便，亦保證區內之用水均可以從不同來源滿足各種用水需要。環球技術學院用水整合系統示意如圖 3，本項系統亦榮獲 91 年度節約用水績優單位之一。

▶圖 3 環球技術學院用水整合系統示意圖



四、用水節水效益分析

本用水整合系統的設計經過 4 年使用的驗證，得到極佳之效果。因本系統為全新的規劃方式，故和本校另一未設計整合系統（各用水需求均由自來水提

供)的湖山校區比較，自來水之使用效率相差可達3倍以上。本校湖山校區面積15公頃使用面積為8公頃。嘉東校區則有30公頃，師生人數詳見圖4。

►圖4 環球技術學院嘉東校區及湖山校區師生活動人數



因本校學制多元包括日間學制、夜間學制及進修學制，另又有住宿生及教職員工。因其在校時間不等，又用水型態亦有所不同，不適均化估算其平均用量。故本文以當量觀念作為用水效率之比較。所謂當量觀念即為以日間部學制學生為基準，假設在校時間為8小時，其它學制則以其在校時間和日間部學制之比例計算之。又教職員工在校時間較為固定故以基準之1.25倍計算，而住宿生因生活型態和上課活動有所不同以2倍計算。經以當量重新計算後其人數差異見圖5。

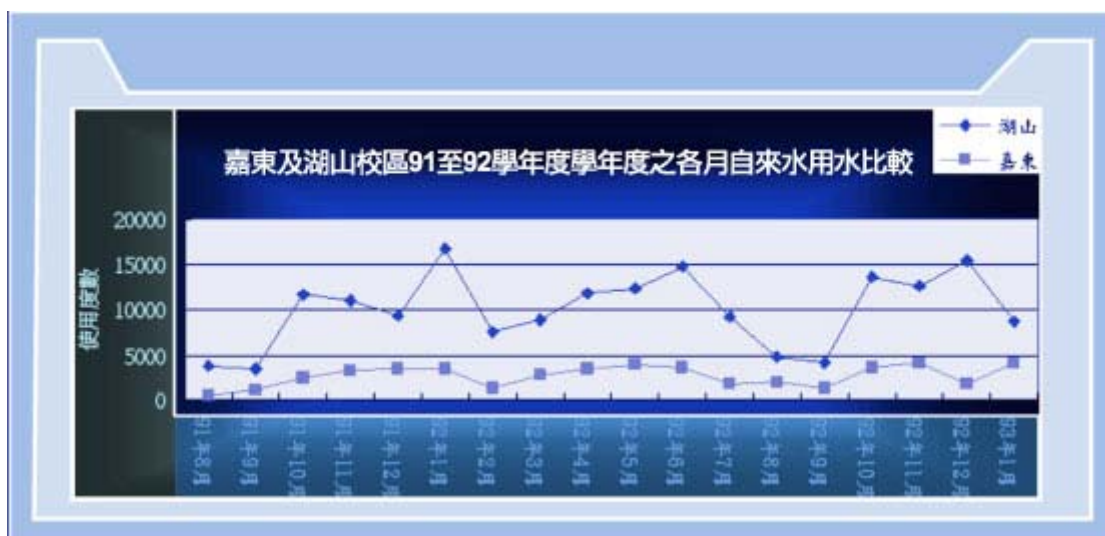
►圖5 環球技術學院嘉東校區及湖山校區師生活動當量人數





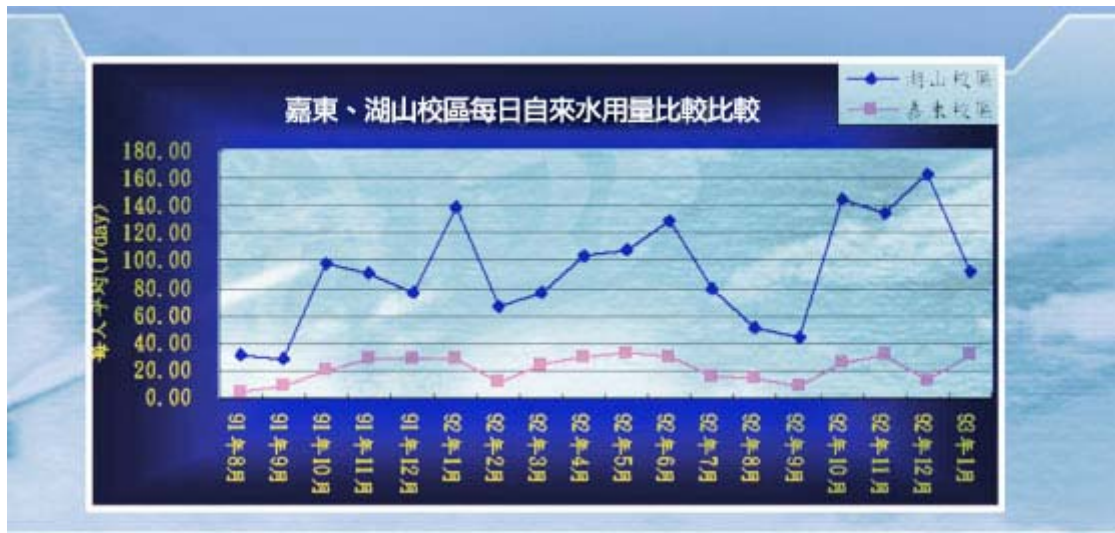
經將各年度自來水用水情況分析比較後，二校區有極大明顯差異。湖山校區使用面積較嘉東校區小，學生人數亦比較少。但總用水量湖山校區遠高於嘉東校區，圖 6 為 91 至 92 學年度之自來水用水比較，由圖中亦可發現用水量隨寒暑假有明顯變化。

►圖 6 嘉東及湖山校區 91 至 92 學年度之各月自來水用水比較



再以當量人數計算有無此系統之每人每天自來水平均使用情形，其結果更另人驚訝，詳見圖 7 所示。

►圖 7 嘉東、湖山校區每人每日自來水平均用量比較



由以上分析發現，89-92 學年度湖山自來水每月平均 10079 度，89-92 學年度嘉東自來水每月平均 2840 度，89-92 學年度湖山每人每日自來水平均用量為 91.21 升，89-92 學年度嘉東每人每日自來水平均用量為 25.61 升，湖山校區每人每日自來水用量為嘉東校區每人每日自來水用量的 3.56 倍。由此可見經由水資源之整合系統規劃設置，和無此系統比較其用水效率相差 3 倍以上。這也代表經由適當之水資源規劃可大幅提升自來水用水效率，多元化的水源降低自來水使用壓力，對於環境績效而言也代表減少污水對環境的污染及環境資源的永續利用。

五、用水環境教育的推廣及研究

前文所提，為一個以整體性、系統性的整合節水規劃校園，雖可以達到節水的效果。但要將此觀念推廣至師生由生活中自然而然做到環保，由內心中體會認知環境資源的可貴，而達到永續種子的傳延，則非單指硬體的完備就可以達到。為持續推動有關節約用水之觀念及對於校內外用水環境系統認知並可進一步提供師生對於用水知識的研究，特別於 92 學年度成立了環境資源教學研究中心。運用現代科技，建置一套智慧型資源監測系統，自動監測各項環境因素與能源消長狀況，即時分析、展示，作為全面推動環境資源工作之基石。此中心主要以區域型之水資源系統為出發點再進一步將環境相關資源透過現代資訊化的技術將即時的環境資源由電腦加以監控整合分析及發佈。讓校內外師生均可以隨時掌握目前最新的用水情形並可透過網際網路查詢相關之用水資料，在必要的地點設立說明讓所有使用者均可以容易親近了解、接受並養成自然而然的的使用模式。所有師生對本系統均可了然於心，不但方便使用並樂於接受，將來就可內化為自己

的環境資源使用哲學。

本中心主要目標有下列幾項：

- 一、 環境資源的監測及收集
- 二、 環境資源的整合及管理
- 三、 環境資源的應用推廣及研究

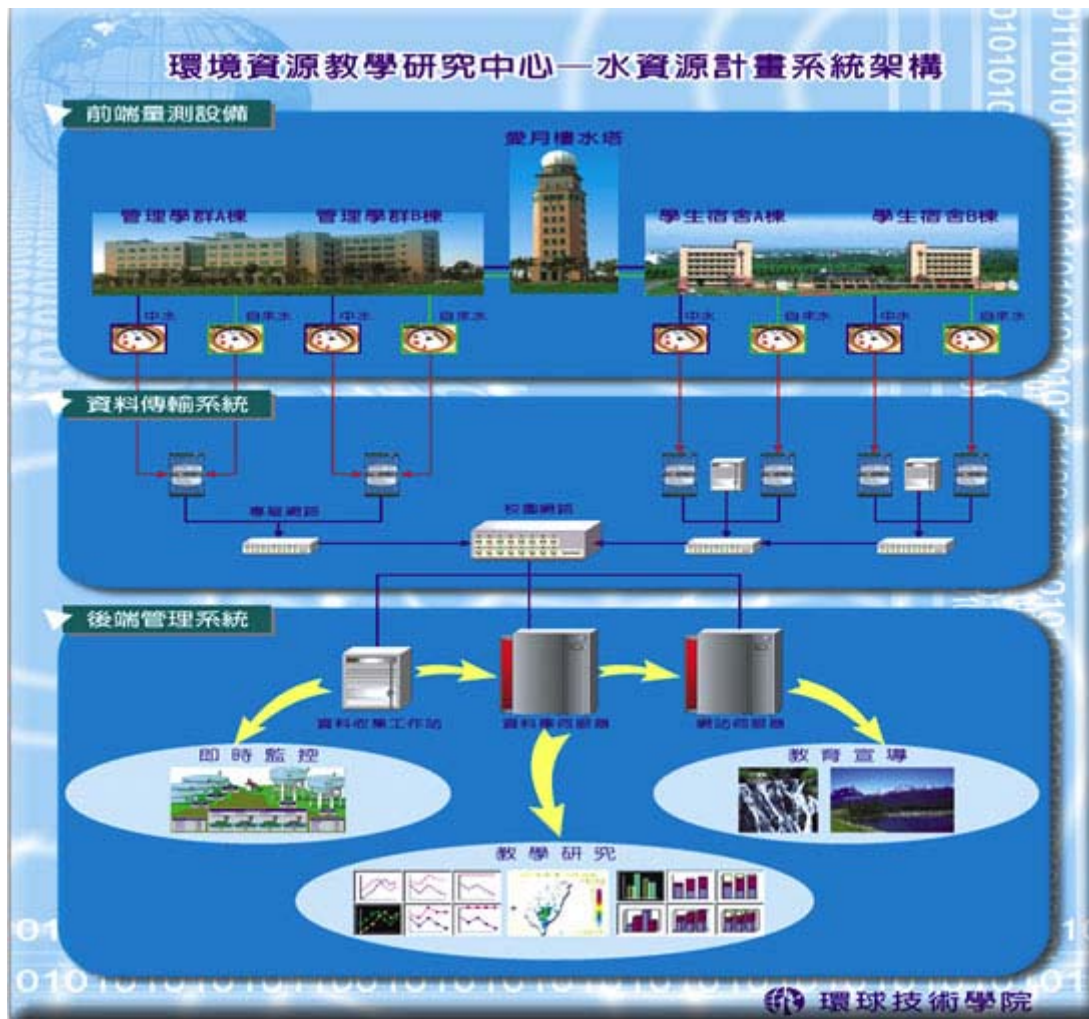
依照中心的架構我們設計了幾項系統作為應用包含：資料收集系統、偵測儀器圖控系統、資料收集匯存系統、資料庫管理系統及展示系統。環境資源項目則包括水資源、風力資源及太陽能資源及環境背景資料，以下以水資源項目擇要說明。

六、環境資源監測及收集

為了解用水的各項情形及各項用水型態的差異，以建構出各項用水類別作為環境認知及研究的資料。我們選擇了教學活動及行政活動的教學及行政區、生活住宿區設置了自來水及中水監控水表紀錄各項用水。

監測及收集系統架構可分成前端量測系統，中間的網路傳輸系統及後端之管理系統和應用系統，用水資料經由監測儀器（水表）收集後透過網際網路及區域網路經由有線及無線方式傳遞至中心工作站進行資料匯存工作。因資料量隨時進行收集且範圍項目亦多，因此工作站須有適當的規劃及資料庫系統的設計方能妥善保存及運用。相關用水資料收集傳遞及匯存應用概念示意如圖 8。

►圖 8 水資源計畫系統架構示意圖



七、環境資源的整合及管理

藉由收集系統資料的監測收集，我們可以方便的藉由資料庫系統的協助，了解到不同時段、不同區域、不同活動性質之用水差異，要達成用水資料整合及應用的目的需要不同系統幫助。試想像不同時段不同區域等用水資料再加上環境氣候資料等，若無適當的管理系統很難以達成我們想要目的。同時也為方便未來整體監測系統之正常運作更需要一個監控管理系統，來進行資料管理及整合，以為資料應用的需要。本中心也建置了整個儀器監控及管理系統，針對本中心各項儀器之管理、使用者權限管理，以及各監測資料之查詢、轉出等工作進行管理及維護，是本計畫的核心管理部份，除了系統運作所需的儀器管理、使用者權限管理之外，同樣可分別呈現 4 個主要子計畫之個別系統，包括水資源監測管理系統、風能光電監測管理系統、太陽熱能監測管理系統、氣象資料監測管理系統

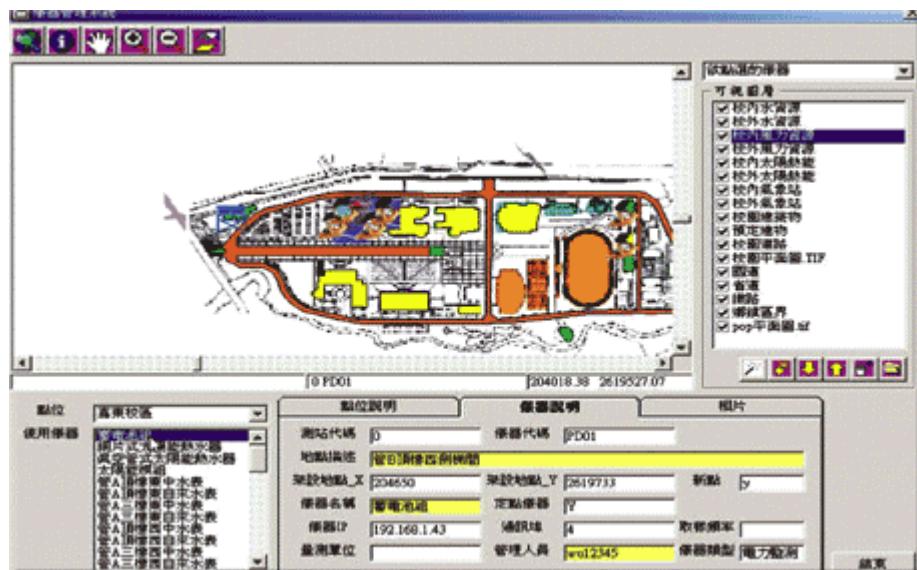
等。本系統另負有一重要工作，就是將即時監測的資源資訊透過管理系統即時傳送至展示系統及網頁上，以提供即時資訊傳遞的功能。圖 9 為監控管理系統之部份畫面，課表維護系統是將監控樓層不同時段活動人數進行維護管理以便於統計分析單位時間每人之使用情形。儀控管系統則可以進行各監測點儀器之命名及定義，方便對各監測儀器之使用管理。

八、環境資源的應用推廣及研究

經由監測及管理系統收集和匯存的資訊，最重要的是經過必要的整理分析後呈現給接收資訊者，也就是社會大眾及學校內之師生們。即時監測的資訊透過二種方式傳播出去，其一方式為校內電漿電視展示系統，另一方式為透過網際網路方式展現。這樣的設計方式，主要是考量到校內師生若能在常使用到的地方提供環境資源使用訊息，可以讓全體師生有立即的參與感。經由生動活潑的畫面吸引大家的目光並對提供的資訊產生興趣，也因了解而對環境永續的參與。但對於有興趣了解以往發生使用狀況及歷史資料，單靠此展示系統是無法完全滿足的。因此在應用推廣及研究上，也提供全球資訊網站讓有興趣或在校外的各方人士有機會透過網際網路的方式達到目的。

►圖 9 環境資源監控管理系統課表維護及儀控管理子系統





電漿電視展示系統，環境資訊經由中心排程方式將即時統計資料展示，只要經過展示系統的師生均能馬上感受經由大家親身的參與對於水資源運用的貢獻也能了解整個環境系統對環境資源應用的訊息。電漿電視展示系統所提供的資訊為即時的結果也提供有趣有用的資訊，對於現實的情形可以隨時反映。雖有這麼多特點，但他無法提供互動式之需求。因此對於校內外需要歷史資料的使用者而言電漿電視展示系統有先天的限制。圖 10、11 為電漿展示系統部份展示畫面。

►圖 10 展示系統動態內容監測看板

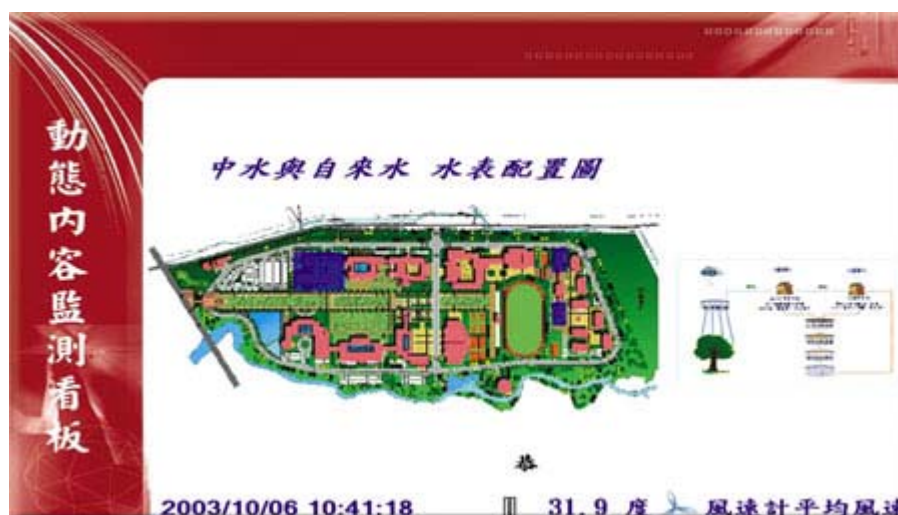
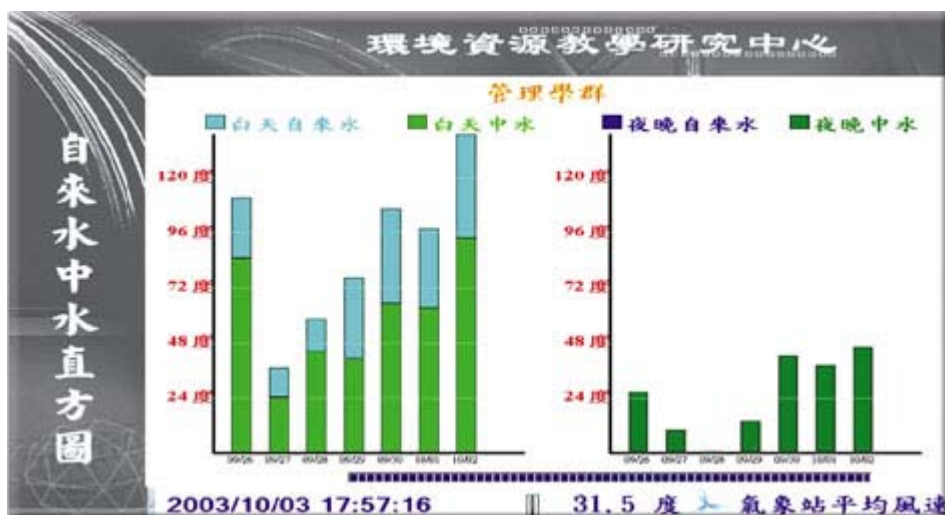




圖 11 即時之用水資訊展示



環境資源教學研究中心全球資訊網，為能完整提供環境資源相關資訊資訊。中心也架設全球資訊網連結中心資料庫系統將收集之資料及分析的成果透過網站提供各界查詢。網頁的內容除說明本網站之設立主要精神及設備外，主要即為環境因素監測及環境資源運用的查詢。當進入查詢網頁後就可選取需要之查詢資料如地點、項目（水資源太陽能風能或是環境監測資料）、中水、自來水、按年按月或按日查詢，均可得到需要的結果。

以下簡要說明水資源網頁主要內容：

進入中心主頁隨即呈現的就是環境及能源運用的印象，並可以直接點取相關計畫網頁及內容。以水資源網頁為例，緊接說明計畫特性讓瀏覽者可以了解整體計畫概念及目的。由網頁敘明水資源計畫以區域性水資源規劃的概念，整合了校園全區雨水貯留系統、中水二元化系統，完整的規劃雨水、中水及自來水的使用。按照校園各種用水使用標的，充份運用各種水資源，並以監測儀器分析各種用水特性，以達到用水節約、永續利用的精神。

圖 12 為首頁環球技術學院 環境資源教學研究中心 網址：<http://tracer.tit.edu.tw> 歡迎您的蒞臨!!

►圖 12 環境資源教學研究中心首頁



►圖 14 水資源監測查詢結果呈現方式



當進入水資源用水量系統時，可以清楚的檢視當日的中水及自來水用水情形並且統計各時期的歷史用水資料。使用者可以以簡單易懂的方式進行查詢並以清楚明白的方式呈現結果。

水資源監測系統經被查詢後亦可透過圖表的方式將各時點的用水情形呈現出來。水資源網頁亦可透過 GIS 影像地圖及友善化的互動式網頁，更輕鬆更人性化的方式來查尋各水資源監測點各時點之現在用水情形。透過如此簡單方便的查詢介面及呈現方式，可以讓人們隨時掌握相關用水資訊。

九、結語

雖然每個地區每個環境條件多有不同，大家節約用水表現的方式有所不同，但環境資源永續利用則是每個地方多可以做到的。台灣地區因時空環境上的

因素在現今的社會發展條件下已到了資源運用必須謹慎小心、步步為營的地步了。因應未來的發展，水資源的運用及分配，已逐漸產生許多困難。在環境永續的浪潮及思維下，大型的水資源建設目前受到普遍質疑，恐難有一致的看法。因此政府的水資源政策之一經由積極推動節約用水的措施，降低用水需求，已是必要之手段及方向。相信未來的用水壓力將會與日俱增，如何在有效的措施之下滿足各方的用水需求，也必是政府、社會及民眾應該面對的問題。

►圖 15 友善互動式及圖形化的查詢方式



環球技術學院身為教育機構的一份子，有幸可以在許多人的幫助之下展現一個全新面貌的節水型校園，也願意秉持大家的地球、地球村的一份子，永續的台灣中的盡小小的一點心意提供個別的經驗和大家分享。

本文的說明在區域型環境中經由整體化、系統化，配合制度化的措施，可以讓資源運用更為有效。也能在資訊化、科技化技術協助之下發揮更有效的環境教育效果。我們也願意再一次提出水資源因時因地規劃，系統性考量可有好成效，永續觀念落實生活，一點一滴就可成就永恆。

參考資料

1. 經濟部水利署，「台灣地區水資源開發綱領計畫」，2000。

2. 經濟部水利署，「台灣地區水資源」。
3. 環球技術學院，91 學年度教育部重點特色補助計畫---環境資源教學研究中心發展計畫，2002。
4. 環球技術學院，環境資源教學研究中心成果發表會論文，2003。
5. 經濟部水利署，節約用水季刊 「環球教育細耕耘 節水效益喜豐收」，第 24 期，2001。