

# 傳統與數位教學在環境汙染（碳排量）的比較研究

林宗翰\*、周文忠\*\*

## 摘要

「數位學習」是近年來耳熟能詳的名詞，隨著時代的進步，資訊科技已從 E 化（Electronic）快速的轉變為 M 化（Mobilize），之後提升至 U 化（Ubiquitous）。其演化的過程相當迅速，也因為如此政府不斷推廣的數位學習也快速成長和發展，但往往也因科技進步的應用，而忽略對環境可能造成的汙染影響，所以本研究使用行政院環境保護署所提供的碳排量換算公式，計算出傳統與數位教學兩者各別的碳排量，探討數位學習對環境的汙染程度及提供未來研究者在規劃設計或研發軟硬體設備時，可作為參考之依據，使得在應用數位學習軟硬體時，也能達到維護環保之效果。

**關鍵字：**數位學習、碳排量、節約能源、節能減碳

---

\* 國立台南大學數位學習科技學系（所）博士生

\*\* 國立屏東教育大學資訊科學系（所）副教授

## 壹、前言

隨著氣候變遷和全球暖化的議題水漲船高，從澳洲東部豪大雨、波蘭和內蒙古出現五月雪及美國中西部 1 天內出現 312 個龍捲風，造成大自然反撲的警訊，已成為現今所關心的話題。也因為此議題成為關注的焦點，所以許多節約能源和減少碳排放的電子商品紛紛推陳出新，例如：省電冰箱、變頻冷氣、省電洗衣機、綠能汽車或綠能機車等，但政府卻始終沒有一套良好的配套措施，能解決數位教學軟硬體設備的節能與對環境污染的問題，而在產業界有關減少數位教學軟硬體對環境污染的研發與設計也較少受到關注，因此該如何解決數位教學軟硬體對環境污染的問題，是政府、產業界、學界應該重視的刻不容緩的課題。

地球暖化的環境問題目前已非常急迫，該如何改善數位教學軟硬體設備，以達到降低碳排放的目的，將是目前最重要的問題。本研究探究比較傳統、數位與傳統和數位混合教學三者之間的碳排放量，希望提供學者及產業界未來在研究或設計數位教學軟硬體時，能融入環境保護觀念的要素，並可設計出更符合人性和綠能環保的教學系統，不僅可提倡環境節能的目標，也能使推廣數位化教學的目標更邁進一大步，以達到兩全其美之效果。

## 貳、文獻探討

### 一、數位學習與節能減碳

伴隨著資訊科技產業的提升，使得數位化教學或學習逐漸成熟，而政府不斷提倡教育能夠更加電腦數位化，一直積極改善國家資訊發

展基礎、培育全民資訊素養及應用能力，且規劃推動資訊網路教育環境建置，期望能善用資訊科技提升教育品質、促進教育機會均等。

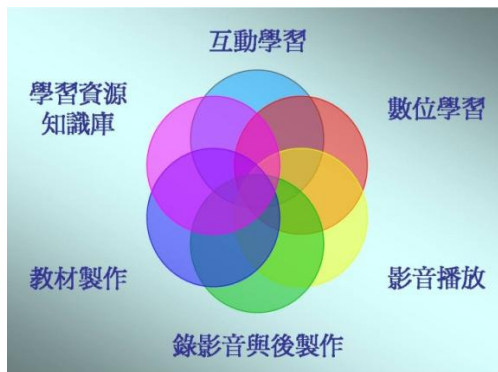
因此教育部於提供全國大專校院教學研究專屬網路與世界接軌，並且將此想法延伸至中小學部分，希望學生的學習也能更加數位化。行政院推動「挑戰 2008：國家發展重點計畫」，而提出「建構全民網路學習系統」之目標，並執行「縮短中小學城鄉數位落差」之配套措施，以及「創造偏鄉數位機會計畫」，有效落實對偏遠鄉鎮的社會關懷政策且逐年改善數位落差現象。（中華民國教育部-部史網站，2010）

為了推動數位化教學必須要有「工欲善其事，必先利其器」的觀念，因此數位互動學習教室環境的配置與設備與一般教室、會議室和電腦教室大不相同，除了桌椅會因不同的教學與會議活動之需求而有所改變外，數位互動學習教室會有提供筆記型電腦、無線網路、多組無線放映設備、書寫白板、錄影機、麥克風、現況即時錄影與編輯等數位型設備，不僅讓教師方便教學，也使學生提高學習的意願與動機。

數位互動學習教室功能（如圖一）提供良好的互動、數位、影音播放、錄製學習環境外，也可將上課學習的資料和成果製作成數位學習教材、資源及檔案，而數位學習教師可以累積課程上所應用的數位學習資源，並將此資源與圖書館資源整合，組織整理成師生可隨取隨用之自主學習教學資源，亦能發展數位典藏的技術，建立出長久可使用之學術教學資源資產（資訊素養與數位互動學習教室，2006）。

不過對於中小學的學校來說，建立一間完善的數位互動學習教室環境是較不易達成

的，所以現職教師可作為 E 化教室的建置大多以一般教室為主，其教學設備有桌上型電腦、有線或無線網路、電子白板、單槍、DVD 光碟機及音響等設備，與完善且良好的數位學習教室有所差異，但若善加應用取之不易的多媒體教學設備，亦能使學生的學習達到事半功倍的效果，不過卻難以將影像相關的資料作永久保存，以提供未來教學或學習者加以學習與應用。



圖一、數位互動學習教室功能示意圖

數位學習進行的方式可以分為同步（Synchronous）和非同步（Asynchronous），以及混合型式的（Blended Delivery）三種方式（柯皓仁，2004）。同步的數位學習藉由虛擬教室（Virtual Classroom）、視訊會議及串流視訊（Streaming Video）等協同合作工具，以利教學者與學習者在特定時間內一起學習，強調兩者之間立即性的互動關係；非同步學習則較具彈性，學習者可依據個別情況安排學習的時間與進度，同時段學習時可以避免多人一同上線，而使得網路頻寬不足導致延遲時間的問題產生之情形；至於混合型式的數位學習方式則更為多樣化，一般常見者乃於傳統課堂教學（Classroom-Based Learning）之外，另提供線

上的溝通學習途徑，讓實體與虛擬兩者的教學模式得以達到相輔相成的效果。

不管數位學習具備了多少好的特點，真正執行應用時，仍須面對二種實行上的問題，一是數位內容彼此間難以相互整合溝通；二為學習成效難以有效的評估，所以此兩者有待國際標準如 SCORM（Sharable Content Object Reference Model）、ULF（Universal Learning Format）的採用依循，才能解決數位學習所面臨的問題（Marr，2004）。另外，一般使用者常常會誤信數位學習是便宜的學習管道、給予過高評價、忽略自我學習的缺點、只見課程傳授而忽視數位學習其它功能，如電子績效支援系統（Electronic Performance Support System, EPSS）的應用、將內容視為商品、忽視技術或著重資訊技術以致於忽略其它重要面向，如使用者的需求、無法融入 IT 部門、認為學到的知識將被應用或自以為數位學習系統建置後自會被使用等，都可能是伴隨數位學習而來的陷阱（楊美華，2004），往往迷失對學習的目標，因而失去學習應有的本質，所以在參與數位學習者必須謹慎理解自我該學習的目的，才不會造成本末倒置的效果發生。

數位化教學不僅能讓教學更有趣及生動，也縮短的城鄉的差距，也因為如此，大多數的人認為遠端數位學習，能減少舟車勞頓，降低使用汽油量產生的二氧化碳之數量（汽油一公升 CO<sub>2</sub> 的排放量為 2.2~2.36 公斤）以達到環保之目標，可是卻沒有設想過一台電腦所產生的排碳量，及不只有單一位學生在應用數位化來學習，可能導致的碳排量可能遠過於汽車或傳統書籍所致的數量，所以本研究將針對數位學習方面，探討在一個班級中應用多台電腦來學習所產生的二氧化碳量，造成環境的汙染影響。

## 二、傳統教學與節能減碳

所謂傳統教學指的是教師講解課本內容的知識和學生接收聽講與練習的教學。它的主要活動是教師依課程的教學進度，把課本內容依序詳細講解給全班學生了解；學生則經由專心上課時聽取或練習，以及課後溫習來增進熟練課程的理解度與教師所講授的知識內容。必要時，教師會給予額外的補充教材或經由考試增強練習的機會，以達到教學的目標和效果。

其中傳統教學有以下四大優點：(一)簡單方便：教師只需按照課程進度把教材內容講解說明清楚即可；(二)經濟快速：可以透過大班教學上課，且在一節課當中，就可講解很多的教材內容與技巧方式；(三)省時省事：教師能直接講解實際操作課程的結果，省掉學生摸索和探究的時間，甚至省掉實驗或操作等麻煩之事；(四)可以應付考試：教師只要針對考試內容中相關的題目，給予學生大量反覆進行練習，這樣的效果對任何的考試成績均有一定的成效，特別是對於需要記憶事實或熟練技巧相關性的考題尤其有效。

不過其缺點也有四個：(一)效率低：教師要不斷且多次的講解，學生也要練習很多遍才有明顯的進步效果；(二)效期短：傳統教學效果往往非常短暫，辛苦教會的課程內容，只要經過一段沒有繼續練習又消逝無蹤；(三)特定性或範圍小與層次低：傳統教學適用於一般程度的學生，以致學習範圍所有限制。在對象上，較適合成績前段、學習能力及程度高且意願強的學生；在課程內容上，較適合低層次內容學習的學生，例如：國小認字和數字等一些比較具體或僅靠記憶和練習就可以學習的教材；(四)非人性化：傳統教學就如同將學生視為白紙、空瓶或鴨子，不斷的「填」入課程知

識，或如實驗室裡的鴿子、小白鼠或狗一樣，給予「訓練」的指示。這種非人性化的教學，它常常忽視學生具有獨立思考的人格和持有個人獨特的經驗和知識（張靜馨，1996）。

在傳統教學的教室裡，教師是具權威的教導者，學生只是無知的個體學習者。因此，教學「關心的」是教學進度，教了多少，不清楚或不理解學生了解多少或懂了多少的知識；「在意的」是結果是否正確，而不是結果是怎麼來或是所代表的意思是什麼；「要求的」是「聽話和安靜」，不是「意義」和「思考」。總之，傳統教學是以教師為中心，學生就像是只能「聽從」的「動物或機器人」，等待「待填」的「器物或指令」罷了，所以對於教師在應用傳統教學時，可透過多方面及多方向的思考邏輯來改變教學的方式，讓課程的進行更多元化，不只是讓學生一板一眼的痴痴等待教師所賦予的課程知識而已（張靜馨，1996）。

另外應用傳統教學一般都會使用粉筆來撰寫板書，因而可能對環境產生碳排放的增加，不過桃園縣私立新興高中的科學展覽中，針對『環保「粉」重要-非「筆」尋常』的題目做相關性研究，其探討經過為將廢蛋殼燃燒處理會排放出大量  $\text{CO}_2(\text{g})$ ，若以蛋殼中  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  含量為 95% 計算，本校合作社每日均產生 20kg 廢蛋殼，其中便含有 19kg 的  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ ，即有 190 莫耳的  $\text{CaCO}_3$  分子，將其全部燃燒處理，會產生 190 莫耳的  $\text{CO}_2$  分子，換算成重量為 8.36kg，即合作社一天產生 8.36kg 的  $\text{CO}_2(\text{g})$ ，一年 365 天產生 3051.4kg，即超過 3 噸的  $\text{CO}_2(\text{g})$  排放量。若將每天製造出的廢蛋殼回收再利用，研磨後製成粉筆，即可減少如此大量的  $\text{CO}_2(\text{g})$ ，對環境的幫助也不容小覷。雖使用電力研磨會消耗電能，使發電廠排放  $\text{CO}_2(\text{g})$ ，但

回收蛋殼所減少之  $\text{CO}_2(\text{g})$  遠多於發電廠產生之  $\text{CO}_2(\text{g})$ ，故本研究能達到節能減碳之效果，減少  $\text{CO}_2(\text{g})$  對環境的傷害，因此碳排量不會因而增加，使得環境汙染則降低許多（中華民國第 49 屆中小學科學展覽會，2009）。

傳統教學上另一種會增加更多碳排量的資源，則是書本（紙張）的問題，但因書本（紙張）是實質的物品，所以回收再利用的機會性將可提高，且能再製作出各式各樣的紙張物品，所以將提倡再生利用的觀念，使環境中的碳排量更加減少，所以再生紙指的是由原生紙漿製成的紙張先印成書籍或其他紙類的物品後，進行第一次回收，再用於筆記本、便條紙以及大量印刷的新聞紙；接著進行第二次回收，再製成不能回收的衛生紙，所以每張紙至少回收三次後，才作為垃圾處理，不僅能讓一張亮白的紙張，可以重複的讓使用者利用三次，亦能減少樹木的砍伐量及維護森林的資源，並可減少垃圾量的增加。由於森林環境的水土保持一再的受到破壞，導致山崩、土石流和水庫壽命減短的問題接踵而來，所以現代人逐漸對於環保意識的概念越來越重視，因此善用紙資源的重要性勢在必行。早在明朝時代，由於文書貴重，人們將所用過的廢紙洗去朱墨和汙穢，浸入水槽重新再造成紙，名為還魂紙，即為現今的再生紙。以前的時候紙張是一種非常貴重的文具，而現在則是為了拯救與維護環保的生態，所以紙張演進到再生紙的過程，都有它存在的原因之一（無紙報告書－再生紙，1999），也讓傳統教學的書本（紙張）再次賦予另一種生命，延續使用增加再次應用的機會。

### 三、節能減碳與節約能源

「節能減碳」一詞，近年來不斷的加以提倡與實施，不過該名詞是由「節能」與「減碳」兩個語詞所結合而成，其中「節能」的意思指的是節約能源，而「減碳」指的是減少二氧化碳的排放量。

隨著電腦化時代的進步，人們長久依賴使用礦物燃料來作為日常生活所需的能源，使得地球上有限的天然資源，逐漸被人類消耗殆盡，也因為如此若我們每天少消耗一些能源，則可保留至未來的能源也就愈多；反之，若每天消耗的能源愈多，則未來可使用的能源將會愈少。

因此在 1996 年聯合國氣候變化政府間專家委員會（IPCC）評估報告指出，二氧化碳濃度從工業革命前的 280 ppm 增加至 1994 年的 358 ppm，人類若不針對活動所排放出來的溫室氣體採取適當措施，2100 年時全球平均氣溫將比 1990 年時提高  $2^{\circ}\text{C}$ ，海平面將上升 50 公分。若要在 21 世紀末將二氧化碳濃度穩定在工業革命前的 2 倍，則目前全球所排放之溫室氣體量必須要削減一半（節能減碳點子王—【節能減碳概念】，2008）。

有了以上的節能減碳的觀念後，另外也要了解和達到節約能源的目標，首先先了解能源分為初級能源及次級能源。所謂初級能源就是指天然形成的能源，包括石油、天然氣、煤、風力、水力、太陽能等。依其使用的方式又可分為再生能源與非再生能源，再生能源係指隨著大自然的運轉而永不枯竭的能源，如風能、水能、太陽能、地熱能、生質能、海洋能等能源。非再生能源係指其有消耗性，而其蘊藏量有限，甚至會日漸減少，用完就不能再用的能源，如石油、天然氣、煤、核燃料、化學能等。

所謂次級能源就是指初級能源經過處理或轉換後所形成的能源，包括電能、電磁能、汽油、柴油、燃料油、液化石油氣、煤氣等。

其中現今常應用的能源有以下五種分別為(一)煤炭：煤炭在地球上的蘊藏量相當豐富，價格也較低，熱值僅次於石油與天然氣。但近年來由於國際間對環保問題之重視，而煤炭除了燃燒時會產生大量污染外，在運輸及儲存中也有煤灰塵埃之污染問題，因此能源計畫中希望由天然氣及核能取代部分煤炭之使用。(二)石油：石油之運輸儲存及使用均較煤炭方便。石油所煉製之油品包括燃料油供能源用途及原料油所製成或衍生之石化產品，共達五千餘種。(三)天然氣：天然氣為目前化石燃料中被公認之清潔能源，且熱值相當高，由於溫室效應問題日趨嚴重，各國均擴大推廣使用此乾淨之能源，但天然氣之運輸、儲存較不方便，為目前需迫切解決之技術問題。(四)核能：因為市場分散、供應來源穩定、核燃料體積小，便於運輸儲存，因此，能源專家均視為準自產能源。(五)電力：電力可分為水力發電、火力發電及核能發電。火力發電由燃燒石油、煤炭天然氣而產生。在電力的開發建設與營運維護過程中，對環境均有影響，如火力電廠污染物排放、廢水煤炭及煤運儲；核能電廠海域生態、核廢料及核能安全；水力發電之景觀維護及水土保持；另外對於輸配電設備的噪音、振動靜電感應和架空線路美化等均有可能對生態環境造成負面影響。因此事業單位除直接投資各項防治污染設備外，對於各項環境問題，也須配合電廠之開發作積極的研究及改進。

另外目前有再生能源之開發與應用有以下六種分別為(一)太陽熱能：太陽熱能為目前新能源中，技術最成熟、經濟可行性最高之一

項。此外並進行太陽能除濕空調系統之研究，未來將進一步致力於各種太陽能空調系統技術及太陽能乾燥系統之研究發展與推廣利用。(二)太陽光電能：太陽光電能是利用太陽電池元件直接將太陽能轉換成電力。在太陽電池元件研製方面，從自行在實驗室研製效率4%之小面積非晶矽太陽電池，經技術改良後將非晶矽太陽電池之效率提升至10.3%，已接近工業先進國家研製12-13%單界面非晶矽太陽電池之技術水準。此外，並於偏遠及高山地區進行太陽光發電系統之推廣應用。太魯閣國家公園內設立太陽光發電系統供隧道照明、語音解說機電力及在奇萊、南湖大山設立太陽光電能避難示範小屋，並進行太陽能通訊系統研究發展。(三)風力能：工業技術研究院能源與資源研究所在經濟部能源委員會資助下進行風力機技術開發，七十五起分別開發出4KW、40KW、150KW風力機技術。此外，並設立17個簡易風力測站，進行風力基本資料之蒐集及評估並選定澎湖為國內風力發電應用之優先地點。未來國內風力之發展將著重於風力機之推廣應用，目前已在澎湖七美島建立200KW先導型風力發電系統。(四)地熱能：為開發是項自產能源，先後在宜蘭清水裝置一座3000KW單段閃發式地熱發電機組及在宜蘭土場開闢地熱多目標利用示範區，裝設一座260KW雙循環發電機組，進行發電暖房、花卉溫室、及從地熱蒸汽中回收副產品CO作為工業原料之多目標利用示範。(五)生質能：因此過去之生質能源技術之研究發展均以廢棄物的厭氧消化及相關技術為主，希望藉生質能技術之開發及應用，達到污染防治與能源回收之目的。目前已於迪化污水處理廠設立每日可純化1200立方公尺沼氣之純化實驗系統並開

發出適合中小規模養豬戶使用之沼氣發電機。(六)海洋能：海洋溫差發電技術雖已進入成熟階段，惟其中大口徑冷水管及深海佈放管路技術尚待克服；在經濟效益方面，單就發電成本尚不具開發價值，若將水產養殖副產品經濟價值考量在內，雖可提高其經濟效益，惟仍難與傳統發電方式相競爭（探索能源世界，1994）。

由此上述可見，減少二氧化碳排放量和節約能源已是當務之急且勢在必行的問題，所以有許多人注意到地球的吶喊和反撲，開始提倡「節能減碳和節約能源」，希望能為我們的地球真正盡一份心力，不過隨著政府不斷提倡 E 化教學、學習或教室的教育政策，使得教學品質可更達到數位化的同時，是否可以降低碳

排量的數量以達到節能減碳和節約能源的效果，將是值得我們深思的問題，所以不要讓民眾認為「節能減碳，保護地球；節約能源，愛護地球」只是口號說說而已，而是要真正的實際行動，讓此話能夠成為日常生活中不可疏忽的一種好習慣。

## 參、研究方法

### 一、研究對象

本研究以屏東縣某國小全校學生人數與班級數為研究對象（如表一所示），採取以全校學生總人數來計算傳統書籍的教學方式之碳排放量，和以班級數量來計算數位教學的方式之碳排放量。

表一 屏東縣某國小 99 學年全校學生在籍人數統計表

班別	男	女	合計	班別	男	女	合計
一 1	15	13	28	四 1	17	12	29
一 2	15	11	26	四 2	13	15	28
				四 3	17	15	32
<b>合計</b>	<b>30</b>	<b>24</b>	<b>54</b>	<b>合計</b>	<b>47</b>	<b>42</b>	<b>89</b>
二 1	9	9	18	五 1	19	14	33
二 2	9	10	19	五 2	18	14	32
二 3	10	10	20	五 3	19	11	30
<b>合計</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>57</b>	<b>合計</b>	<b>56</b>	<b>39</b>	<b>95</b>
三 1	15	8	23	六 1	13	16	29
三 2	13	10	23	六 2	15	13	28
三 3	14	10	24	六 3	15	13	28
<b>合計</b>	<b>42</b>	<b>28</b>	<b>70</b>	<b>合計</b>	<b>43</b>	<b>42</b>	<b>85</b>
總計	男	女	全校學生數	班級數			
	246 人	204 人	450 人	17			

## 二、研究工具

本研究所使用的工具，包括：研究者實際測量學生書籍重量整理表（如表二）、研究者參考環保署所提供的「CO<sub>2</sub>排放量簡易計算表」

（如表三）、「減碳行為計算器」（如表四）及單株樹木的二氧化碳固碳能力，其說明如下：

表二 一年級學生書籍重量整理表

書籍名稱	數量(本)	重量(kg)	書籍名稱	數量(本)	重量(kg)
國語首冊課本	1	0.4	客家語課本	1	0.3
國語課本	1	0.3	健康與體育課本	1	0.15
數學課本	1	0.25	綜合課本	1	0.15
數學習作	1	0.2	國語作業簿	5	0.11
數學附件本	1	0.5	國語練習簿	2	0.15
生活課本	1	0.25	數學練習簿	1	0.1
生活習作	1	0.15			
總重(kg)	3.6				

表三 學校設備 CO<sub>2</sub> 排放量簡易計算表

類別	設備名稱	消耗功率	估計一個月的使用時間	一個月用電量	CO <sub>2</sub> 月排放量
		單位：W	單位：時	單位：度	kg
		A	B	$C = \frac{A}{1000} \times B$	$D = C \times 0.636$
數位教學工具設備	音響	50	8 時 / 日 × 20 日 = 160 時	8	5.088
	電腦主機 (伺服器)	250	24 時 / 日 × 30 日 = 720 時	180	114.48
	電腦主機	250	8 時 / 日 × 20 日 = 160 時	40	25.44
	電腦螢幕	60	8 時 / 日 × 20 日 = 160 時	9.6	6.1056
	DVD 光碟機	30	8 時 / 日 × 20 日 = 160 時	4.8	3.0528
	單槍	320	8 時 / 日 × 20 日 = 160 時	51.2	32.5632
	電子白板	40	8 時 / 日 × 20 日 = 160 時	6.4	4.0704

（資料來源：環保署綠色生活網（Ecolife）::節能減碳全民行動網

[http://ecolife.epa.gov.tw/\\_userinfo/Cooler/Download/03/生活小撇步\\_13.pdf](http://ecolife.epa.gov.tw/_userinfo/Cooler/Download/03/生活小撇步_13.pdf)



表四 減碳行為計算器

宣言與減碳行為	項目	計算方程式
借用資源顧地球：做好紙類回收	一個月回收紙類數量 (kg)	減碳量 = 回收紙類量(kg)*0.242

（資料來源：環保署綠色生活網（Ecolife）::節能減碳全民行動網

[http://ecolife.epa.gov.tw/\\_userinfo/Cooler/Download/05/減碳行為計算器 v4 \(10 大宣言\) 990617.xls](http://ecolife.epa.gov.tw/_userinfo/Cooler/Download/05/減碳行為計算器 v4 (10 大宣言) 990617.xls)

根據 1982 年林務局台灣森林資源之連續調查報告所得生長率資料，以每年每公頃材積生長 5 立方公尺，每公頃 1,500 株樹計算；惟如以撫育良好、生長快速之青壯期人工林，年材積生長量可達到 10 立方公尺，因此可以計算出每一單位面積林地的二氧化碳固定量約為 7.45~14.9 公噸/公頃/年，平均單株二氧化碳固定量為 5~10 公斤/年，不過林木之二氧化碳固定能力依數種之生長率、年齡以及環境不同而有差異，其數據的正確性難以確定。

根據環境與發展基金會的統計資料指出，每製造 1 公噸紙張，需消耗 20 棵樹齡平均約 20 至 40 年且高度 8 公尺、樹徑 16 公分的原木，因此在 2007 年聯合國所發起的「造林植樹，造福地球：10 億株樹運動」（The Plant for the Planet：Billion Tree Campaign），乃採用自願性方式，推動全球造林運動，預計在 1 年間種植 10 億株樹，預計 1 株樹每年平均可吸收 12 公斤的二氧化碳，且國內研究也顯示 1 株 20 到 40 年生的林木，依樹種不同，1 年約可吸收 11~18 公斤的二氧化碳（林俊成等，2002），所以紙張的重複或回收再利用的習慣，將是國人需要重視與執行的首要目標。

## 肆、研究結果

本研究將根據上述研究方法中的研究對象與工具來加以計算，屏東縣某校一學年中以傳

統書籍教學、數位教學與半傳統和半數位教學的排碳量，以下將加以說明三者之差異。

### 一、傳統書籍教學的排碳量

在計算以傳統書籍教學的排碳量，將透過上述研究方法中的研究對象之全校人數（如表一）、一年級學生書籍重量整理表（如表二）與減碳行為計算器（如表四）來加以計算排碳量數值，所以根據表二所述的書籍的總重量，本研究將平均計算出國小一至六年級每位學生之書籍重量為 4 公斤，學生總人數為 450 人，故可得全校學生書籍總重量為 1800 公斤（約 1.8 公噸），每製造 1 公噸的紙張需消耗 20 棵樹木，所以 1.8 公噸的書籍需要 36 棵樹木來製造，而每 1 棵樹木每年平均可吸收 12 公斤的二氧化碳，因此該校一學期將會增加 432 公斤的二氧化碳，一學年（二學期）則是 864 公斤的二氧化碳。

不過因傳統書籍教學是使用紙張來加以呈現教學內容，所以不僅可回收再利用，也能回收後製作成再生紙張來利用，而根據表四的計算方式可計算得到該校一學期的減碳量為 435.6 公斤，所以一學年則可減少 871.2 公斤的二氧化碳，因此從上述的說明與計算來看，該校若完全以傳統書籍來教學，一學年的總排碳量為 -7.2 公斤。

## 二、數位教學的排碳量

在計算以數位教學的排碳量，將透過上述研究方法中的研究對象之班級數量（如表一）與學校設備 CO<sub>2</sub> 排放量簡易計算表（如表三）來加以計算排碳量數值，所以根據表三所述，一個班級每日需使用 8 小時之數位教學工具設備及一台數位教學平台的伺服器，而所探討的學校班級數為 17 班，故可得全校為 1411.92 公斤，而一學年有 2 學期，且一學期約有 5 個月，因此該校需增加 14119.2 公斤的二氧化碳。

不過因數位教學是不需使用紙張來加以呈現教學內容，所以不僅可減少樹木被砍伐，也能增加二氧化碳的減碳量，而從上述傳統書籍教學的書籍總重量來看，1800 公斤（約 1.8 公噸）的紙張約為 36 棵樹木，而每 1 棵樹木每年平均可吸收 12 公斤的二氧化碳，因此該校一學期將可減少 432 公斤的二氧化碳，所以一學年則是 864 公斤的二氧化碳，因此從上述的說明與計算來看，該校若完全以數位的方式來教學，一學年的總排碳量為 13255.2 公斤。

## 三、傳統和數位混合教學的排碳量

在計算以半傳統與半數位教學的排碳量，將透過上述研究方法中的研究對象之全校人數（如表一）、一年級學生書籍重量整理表（如表二）、學校設備 CO<sub>2</sub> 排放量簡易計算表（如表三）與減碳行為計算器（如表四）來加以計算排碳量數值，所以根據表二所述的書籍的總重量，本研究將平均計算出國小一至六年級每位學生之書籍重量為 4 公斤，學生總人數為 450 人，故可得全校學生書籍總重量為 1800 公斤（約 1.8 公噸），每製造 1 公噸的紙張需消耗 20 棵樹木，所以 1.8 公噸的書籍需要 36 棵樹木來製造，而每 1 棵樹木每年平均可吸收 12

公斤的二氧化碳，因此該校一學期將會增加 432 公斤的二氧化碳，一學年（二學期）則是 864 公斤的二氧化碳。

而以半傳統與半數位教學的方式所應用的時間將減半，根據表三所述，一個班級每日需使用 4 小時之數位教學工具設備及一台數位教學平台的伺服器，而所探討的學校班級數為 17 班，故可得全校為 763.2 公斤，而一學年有 2 學期，且一學期約有 5 個月，因此該校需增加 7632 公斤的二氧化碳。

因傳統書籍教學是使用紙張來加以呈現教學內容，所以不僅可回收再利用，也能回收後製作成再生紙張來利用，而根據表四的計算方式可計算得到該校一學期的減碳量為 435.6 公斤，所以一學年則可減少 871.2 公斤的二氧化碳，因此從上述的說明與計算來看，該校若完全以傳統書籍來教學，一學年的總排碳量為 7624.8 公斤。

經上述三種不同的教學方式所探討的排碳量之差異結果顯示，傳統教學的方式之碳排量遠低於數位和半傳統和半數位化教學的方式，亦指傳統教學的方式對於環境所造成的污染程度較數位和半傳統和半數位化教學的方式來得低，這將是否代表為了改善環境的污染，學校教育又需回歸到以前傳統教學的方式，才能逐年降低二氧化碳的碳排量，還是仍然要追隨科技時代的進步，而全面推崇和實施數位教學的應用目標，或者退而求其次的取用碳排量較高於傳統教學且低於數位教學中間，以混合搭配成之半傳統和半數位化教學的型態來進行，這樣的方式是否又能達到節能減碳和數位教學的目標。

因此教育單位在面對教育數位化和環境維護上的問題時更應重視，且每位使用、教學或

學習者需提供哪些方法，才可達到「環境少汙染，數位推起來」的目標，而並非只追求數位科技化而漠視環境的重要性，所以這將是未來可以更深入探討研究的問題。

## 伍、結論

隨著地球暖化的問題產生，在 2010 年除了在巴基斯坦發生大洪水以外，到了 2011 年起澳洲東部豪大雨、波蘭和內蒙古出現五月雪及美國中西部 1 天內出現 312 個龍捲風，都造成重大的傷害，所以世界各地的災害頻頻發生，與地球平均溫度上升並非沒有直接且絕對的關係，但對於人們不斷創造和研究的現在，科技的進步以快速成長，所產生的二氧化碳也逐年增加，各國也為此紛紛做出解決的方法，但執行的速度緩慢，且計劃永遠趕不上變化，所以要找到適切的方式仍須審慎的評估才可達成。

近幾年來不僅只有學校教育和政府機關，甚至於延伸至企業團體的教育訓練上，都在積極提倡數位教學的計畫，使得研究或研發數位教學媒體的學者日益漸增，也改善數位教學在一剛開始推廣時，所面臨到教學者不適應使用和成本的考量之問題等，因此數位教學之軟硬體設備的優點越來越多，缺點慢慢克服的時代即將來臨，也因為如此對於使數位教學的軟硬體設備，所產生的碳排量卻是遠高於傳統教學，與現今也一直不斷在提倡節能減碳和節約能源宣導的概念產生強烈之對比，所以學校教育和政府機關一再追求的數位化教學勢必會達成，但也因此往往忽略對環境所造成的傷害，而本研究的探討並非要否決數位教學的實

行，卻是希望設計者或應用者未來在設計或應用數位教學軟體時，能多重視和投入一些節能減碳的觀點，不僅讓推動數位教學的技術更進一步，亦能達到降低碳排放量的目的，以達成兩全其美之目標。

## 陸、參考文獻

- CO<sub>2</sub> 排放量表。乘陽科技科技有限公司 新能源事業部。網址：[http://www.co2ph.com/co2\\_emission\\_table.pdf](http://www.co2ph.com/co2_emission_table.pdf)。
- Ecolife 清淨家園顧厝邊綠色生活網。網址：<http://ecolife.epa.gov.tw/>。
- Lights Out Day 夏至關燈。網址：<http://www.lightsoutday.org.tw/tips5.htm>。
- Marr(2004)。「數位學習—新挑戰下的新契機」。網址：<http://www.slat.org/communique/200203>。
- 中華民國第 49 屆中小學科學展覽會(2009)。**生活與應用科學科(高中組):環保「粉」重要-非「筆」尋常**。桃園縣私立新興高級中學。
- 中華民國教育部—部史網站(2010)。網址：<http://history.moe.gov.tw/index.asp>。
- 再生能源網。網址：<http://re.org.tw>。
- 行政院環保署。網址：<http://www.epa.gov.tw/>。
- 林務局 一生一樹綠海家園。網址：<http://lifetree.forest.gov.tw/>。
- 柯皓仁(2004)。「圖書館在數位學習中的角色」。在中國圖書館學會九十三年度數位學習與圖書館研習班研習手冊。臺北市政治大學圖書資訊與檔案學研究所編。頁 72-73。

- 為何我們需要節約能源？網址：  
[http://www.epd.gov.hk/epd/tc\\_chi/how\\_help/tips\\_saveearth/save\\_energy\\_1.html](http://www.epd.gov.hk/epd/tc_chi/how_help/tips_saveearth/save_energy_1.html)。
- 為何要減少二氧化碳排放量？網址：  
<http://www.itri.org.tw/cfc/co2/publish/1/2bkcontent.htm#為何要減少二氧化碳排放量>。
- 國立花蓮高級中學全球資訊網總務處。網址：  
<http://210.62.247.10/service/paper961025.doc>
- 張靜馨（1996）。《傳統教學有何不妥？》。國立彰化師範大學科學教育研究所，建構與教學，第四期。
- 教育部社教博識網（2008）。網址：  
[http://wise.edu.tw/2008\\_new/](http://wise.edu.tw/2008_new/)。
- 陳維訓（2003）。「後 SARS 時代數位學習新契機」。通訊雜誌 114 期。網址：  
<http://www.cqinc.com.tw/grandsoft/cm/114/afo3.htm>。
- 無紙報告書－再生紙（1999）。網址：  
<http://paper.4screen.net/a01.htm>。
- 楊美華（2004）。「數位時代的資訊服務」。在中國圖書館學會九十三年度數位學習與圖書館研習班研習手冊。政治大學圖書資訊與檔案學研究所編。頁 232。
- 節能減碳點子王一【節能減碳概念】（2008）。網址：  
<http://wise.edu.tw/dotty/main4.html>。
- 經濟部能源局。發展永續的再生能源－能源文宣手冊。
- 經濟部能源局（2008）。中華民國 96 年能源統計年報。
- 經濟部能源委員會（1987）。太陽能熱水系統簡介。
- 經濟部溫室氣體減量資訊網。網址：  
<http://proj.moeaidb.gov.tw/ghg/TIGO/index.asp>。
- 經濟部能源局－行政院節能減碳推動會。網址：  
<http://www.moeaboe.gov.tw/Policy/ReduceCO2Emission/default.html>。
- 經濟部能源委員會（1994）。探索能源世界。臺北：經濟部能源委員會。網址：  
<http://www.moeaboe.gov.tw/>
- 資訊素養與數位互動學習教室。網址：  
<http://140.136.208.7/js812/index.htm>。
- 綠色能源特展。網址：  
[http://www.3nstm.gov.tw/green/02\\_living\\_b.html](http://www.3nstm.gov.tw/green/02_living_b.html)。
- 臺灣師範大學－能源教育資訊網。網址：  
<http://energy.ie.ntnu.edu.tw/index>。
- 賴志群（2004）。「數位學習現況與未來發展趨勢」。網址：  
[http://www.iii.org.tw/itpilotmz/unit3/4\\_1.htm](http://www.iii.org.tw/itpilotmz/unit3/4_1.htm)。
- 環保署綠色生活網（Ecolife）：節能減碳全民行動網。網址：  
<http://ecolife.epa.gov.tw/Cooler/download.aspx#C>。
- 蘇衍如（2004）。「數位學習：未來世界的知識之窗」。網址：  
[http://www.iii.org.tw/itpilotmz/unit4/1\\_1.htm](http://www.iii.org.tw/itpilotmz/unit4/1_1.htm)。

# The study of the comparison of traditional and digital teaching on environmental pollution (Carbon emissions)

Tsung-Han Lin<sup>\*</sup>, Wen-Chung Chou<sup>\*\*</sup>

## Abstract

The term of 「Digital Learning」are quite familiar in popular in recent years. With the progress of the times, information technologies have rapid changes from electronic to mobilize, then upgrade to ubiquitous. Its evolution process was so fast that the government has been promoting the rapid growth of digital learning and development. However, due to the application of scientific and technological progress, the possible environmental effects of pollution are often ignored. By calculating both the traditional and digital teaching the carbon emissions with formulas which provided by Environmental Protection Administration, this study explored the effects of digital learning on the extent of environment pollution. The results of the study provide a basis for reference for future research or development in the planning and design software and hardware equipment, so that the effect of maintaining environmental protection can be also achieved while applying digital learning software and hardware.

**Keywords: Digital learning, Carbon emissions, Energy conservation, Energy saving and carbon emission reduction**

---

<sup>\*</sup> Department of Information and Learning Technology, National University of Tainan

<sup>\*\*</sup> Department of Computer Science, National Pingtung University of Education