

會覺得這些藥都太貴了，世界上數以億計的窮人，如何能應付醫藥費昂貴的問題。我們可以說，雖然醫藥科技有很大的進步，但這種進步，只有世界上有錢的人才享受得到，窮人是完全享受不到的。

目前世界上有四千萬人感染到愛滋病，其中三千萬人在非洲，以目前的昂貴醫藥費用，我們很難想像有多少非洲愛滋病患者能夠得到任何醫藥治療，根據專家的預測，非洲有十一個國家在公元 2008 年，平均壽命降到三十歲左右，而波茲旺那這個國家，平均壽命將降到二十六歲，這是多麼悲慘的事。人類智慧財產權的觀念，是最近才變得成嚴重的問題。古時候，人類研究科技，多少只是爲了好奇，而非謀利。所以像法拉弟這種偉大的科學家，也沒有因爲在電機上的重要貢獻，而大賺其錢。遺憾的是，由於資本主義的越來越受到重視，人類中重視理想的人越來越少，而重視自己利益的人卻越來越多，科技因此變成了替少數資本家賺錢的工具，如果這種科技和人類重大幸福沒有什麼關係，這種情形也沒有什麼值得我們重視的地方，但如果農業和醫藥科技也是由少數人所擁有，對全人類而言，絕非好消息也。

最後一個問題是：我們的經濟事實上是建在消費之上的，如果全國人民都不肯消費，這個國家的經濟立刻會崩潰，如果全世界的人都過節約的生活，全世界的經濟就會崩潰，日本這十年來的經濟不景氣，只有一個原因：日本人民消費得不夠。但是消費其實就是浪費，經濟越發達，地球上的寶貴資源就會消失的更快，地球上的環境污染問題也會更嚴重，這是一個非常嚴重的問題，也是我們每一個人都應該深思的問題。

五、小結

試想，假設全世界的人都要住在寬大院子的別墅型房子，地球上還有多少青山綠水？如果全世界的人都像我們一樣地開汽車，石油能撐多久？而二氧化碳的排放量又會如何地污染整個地球的大氣層？人類如果要想永續地發展，絕對不可能以目前的方式生活的，我們一定要有新的思維。

要解決人類所面臨的困境是很困難的，我們誰也不可能提出好的方法，但是我們深信，人類如果要永續經營，既得利益者必須要做出相當大的犧牲，否則，地球上的寶貴資源將會迅速消失，所謂人類的文明，也將消失了。

參考文獻

- <http://www.epa.gov/>
- <http://www.apma.ca/client/APMA/APMA.nsf/web/Environment+First+Page?OpenDocument>
- <http://www.bp.com/centres/energy/index.asp>
- <http://directory.google.com/Top/Society/Issues/Environment/Energy/>
- <http://greenmark.epa.gov.tw/>
- <http://www.ambiente.gov.mt/>
- <http://www.shc.edu/theolibrary/poverty.htm#data>
- <http://www.cfc-cfc.ca/docs/ccsd/00000323.htm>
- <http://www.oxfam.org.hk/chinese/cvberschool/c-to-pics01.htm>
- <http://210.59.99.25/teachers/chuang/psychology/90napers/貧窮問題.htm>
- http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/news.xinhuanet.com/misc/2002-07/26/content_499359.htm
- <http://www.china-tide.org.tw/le/tfcurrent/currentpaper/global.htm>
- <http://mail.nhu.edu.tw/~continus/taiwan/tw26.html>

伍、地理資訊系統在環境教育應用與發展

(國立台灣大學地理環境資源學系 賴進貴副教授)

一、序言

近年來環境教育日益受到重視。在民國 90 年開始推動的九年一貫新課程，除了列出七大領域之外，並且設計了六大融入議題，而環境教育即爲六大融入議題之一。預計在民國 94 年開始使用的高中新課程標準，新設立了「地球與環境」學科。這些發展在顯示了環境教育在中小學教育中的重要性。

環境教育的教學活動深具包容性，可以融入到各個學科的知識，也可以吸收不同領域的知識及技能來進行教學。新近發展的地理資訊系統 (Geographic Information System, 簡稱 GIS)，是結合傳統地圖與現代資訊科技的產物，亦是用來收集、管理、分析、展示空間及環境資訊的一套系統。GIS 源自於 1960 年代的加拿大，最早的發展動機是爲了建立一套輔助土地管理業務的系統。早期 GIS 的使用者，主要是政府部門或學術研究單位。近年來，隨著資訊科技的普及化，GIS 也已逐漸由公部門及高等學府推廣到民間企業，並且正逐步推廣到中小學的國民教育體系之中，民國 90 年起，高級中學三年級上學期的地理課本中即有 60% 的內容是有關地理資訊的題材 (教育部，1999)。另外，教育部的 E 世代人才培育計畫，也將 GIS 列爲一種推廣資訊。此外，近年來國科會積極推動數位博物館及數位典藏計畫，這項計畫的網站發展目標之一是支援中小學的教學，在眾多數位博物館的網站中，即有數個網站利用 GIS 來完成，包括：玄奘西域行、淡水河溯源數位博物館等，顯見 GIS 在中小學教育上已經普遍獲得肯定與重視。

環境教育所探討的範疇以我們的生活空間爲主，包括自然環境及人文環境，這些資料含有空間成分 (spatial component)，適合利用 GIS 進行處理與分析，GIS 和環境教育的結合也就存有許多可能，然而目前相關的研究卻非常有限。本文針對 GIS 在環境教育的應用與發展進行探討，並介紹最近發展中的相關應用，希望能鼓勵更多老師能結合 GIS 工具來達成環境教育的目標。

二、GIS 與環境教育

根據教育部的九年一貫能力指標綱要，環境教育的內涵包括下列五項 (教育部，1999)：

1. 環境覺知與環境敏感度：經由感官覺知能力的訓練，培養學生對各種環境破壞及污染的覺知，以及對自然環境和人爲環境美的欣賞與敏感性。
2. 環境知識概念內涵：教導學生瞭解生態學基本概念、環境問題 (如溫室效應、土石流、河川污染、和空氣污染等) 及其對人類社會文化的影響、與瞭解日常生活生活中的環保機會與行動 (資源節約與再利、簡樸生活、生態設計...)
3. 環境倫理價值觀：藉由環境倫理價值觀的教學與重視培養學生正面積極的環境態度，使學生能欣賞和感激自然及其運作系統、欣賞並接納不同文化，關懷弱勢族群，進而關懷未來世代的生存與發展。
4. 環境行動技能：教導學生具辨認環境問題、研究環境問題、收集資料、建議可

能解決方法、評估可能解決方法、環境行動分析與採取環境行動的能力。

5. 環境行動經驗：將環境行動經驗融入於學習活動中，使教學內容生活化，培養學生處理生活周遭問題的能力，使學生對社區產生歸屬感與參與感。

針對 GIS 在這五個面向的應用可能，筆者提出一個參考範例架構，如表一。

地理資訊系統是處理地理空間資料的工具，其功能包括資料的獲取、儲存、管理、分析及展示之系統工具（賴進貴，1997）。地理資訊系統在教育上的角色及功能主要包括：資訊的提供者、資訊視覺化的工具、資料整合的工具。

表一、GIS 和五個環境教育內涵的結合

| 教學主題 | 範例 |
|----------------------|---|
| 環境 覺知 與敏 感度 | <ul style="list-style-type: none"> ● 利用 GIS 的資料和展示功能，引發學生對於環境和資源問題的關心 ● 由 GLOBE 網站的地圖，瞭解全世界的環境問題 ● 台灣土石流的分佈 |
| 環境 知識 概念 內涵 | <ul style="list-style-type: none"> ● 利用 GIS 展示與分析功能，引導學生探討環境因子之間的關係、環境相扣的本質 ● 魚類分佈和河川污染程度的關連 ● 土石流分佈和土地利用的關係 |
| 環境 倫理 價值 觀 | <ul style="list-style-type: none"> ● 利用 GIS 引導學生思考不同的環境決策所造成的影響，並瞭解決策是牽涉價值判斷與倫理 ● 水庫關建對於不同利益團體的衝擊 ● 加油站設置的區位分析 |
| 環境 行動 技能 | <ul style="list-style-type: none"> ● 培養收集、分析、展示環境資料的能力 ● 搜尋全球變遷資料 |
| 環境 行動 經驗 | <ul style="list-style-type: none"> ● 參與鄉土調查與資料登錄 ● 利用 GPS 進行社區調查 ● 將調查資料登錄與分享 |

GIS 在環境教育推動上有許多的應用可能。GIS 可以用來整合自然環境資料，例如空氣、水、土壤和氣候，這些主題的探討都可藉由 GIS 來蒐集資料，像中央氣象局所提供的氣象資料—氣溫、濕度、雨量或是環保署所提供的空氣品質、河川污染等資料，都是學生收集地理資料的來源。配合「做中學」的教學理念，學生走出戶外探索生活環境的機會越來越多，GIS 可以作為資料整合的工具。

利用 GIS 來輔助學習活動，並不是本計畫的創見，在國內外的學習網站中，有許多利用 GIS 的範例。在國內部分，由國科會支持建構中的數位博物館計畫，即有數個網站利用 GIS 來完成，包括：玄奘西域行、台灣文化生態地圖博物館、台灣老照片博物館、淡水河溯源數位博物館等。這些網站的共同特性是，所呈現的資料需要結合坐標位置資料，提供讀者以空間位置來查詢相關的屬性資料。例如，在地圖上點選某一個地點，然後由資料庫中找出這一點附近的相片或地圖。教育部規劃中的六大學習網，在自然生態網及歷史文化網的規劃報告中，也紛紛將地理資訊系統的功能具體納入。顯示地理資訊系統教育在國民教育中扮演著重要的角色。國外機構利用 GIS 進行環境教育的範例更多，茲以下列兩個在美國發展出來的範例來介紹 GIS 在不同議題上的應用，希望提供讀者進一步了解 GIS 的應用類型。

1. 自然地圖計劃 (The Nature Mapping Program)：這是由美國華盛頓州的漁業和野生動物部所支持的網站，工作內容是徵求自願的學校，去收集一些對政府和社區問題解決和決策決定有價值的環境資料。研究結果發現，這個計畫提升了學校和社區的聯繫以及學生的學習動機，甚至改變了學科統整課程的架構。(Tudor *et al.* 2001)。為了使得紀錄的形式能有統一的格式，該計畫設計了

一套 GIS 的公用資料模式，來匯整學生觀察記錄，利用 GIS 來整合田野調查資料，顯示了 GIS 的功能。

2. GLOBE 計畫：GLOBE (Global Learning and Observation to Benefit the Environment) 是一個全球性的學習與觀測計畫，由美國前副總統高爾 (A. Gore) 領導的 GLOBE 委員會所進行，主要目標在於：(1) 致力於對地球上科學的瞭解；(2) 提高學生的科學能力和數學程度；(3) 增強全球人類的環境覺知 (GLOBE, 2002)。該計畫的參與對象包括有全球世界各國 K-12(幼稚園到高三階段)學生、各級教師以及相關領域科學家等。來自全世界的大量觀察記錄，透過資料庫的架構來整合。所匯整的資料進一步使用 GIS 系統來製作成地圖，以提供視覺化的學習。GLOBE 計畫顯示大量的空間資料如何利用 GIS 來匯整及展示 (Beaujardiere *et al.*, 1997)。

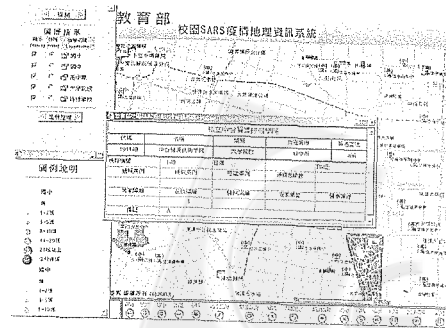
三、我國中小學 GIS 教育發展

中小學環境教育工作的內容主要有兩個面向：1、校園環境的維護與提升；2、環境教

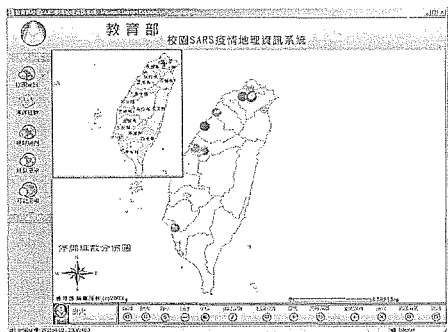
育教學活動的推動。教育部主管全國的教育行政，並負有規劃督導各級學校教學的任務，因此在環境教育的這兩個面向上都有明確的施政目標。配合行政院「數位台灣 (e-Taiwan)」的施政計畫，教育部積極推動多項「數位學習 (e-Learning)」的工作計畫，將 GIS 引入教育行政和教學活動即是其中的一項工作。茲就校園環境管理及環境教育教學這兩個面向的工作，分別介紹目前 GIS 應用的發展情形。

(一) 校園環境管理

就校園環境管理工作而言，有關學校的位置、人數和周遭環境等，是教育部所必須通盤掌握者。以今年 4、5 月間 SARS 的疫情為例，疫情傳播快速且廣泛，對於學校教學及師生安全都造成重大威脅，為了有效掌握 SARS 疫情，擬定因應措施，教育部必須能即時掌握校園環境動態及疫情傳播情形，也因此成立了 SARS 疫情應變指揮中心。這個指揮中心集結所有相關資訊、決策、指揮功能。在指揮中心成立之初，GIS 即被納為整個指揮中心運作的一部份，能提供校園及周遭環境的基本資訊(如圖一)，並即時展示校園及疫情的動態資訊(如圖二)，在整個抗疫及應變作業中展現其特有的功能。



圖一、校園及周遭環境查詢



圖二、疫情動態資訊即時展示

有鑑於 GIS 在 SARS 疫情應變防制上之功效，教育部希望能整合已有的校園 GIS 資料和經驗，建立一套正式的校園即時地理資訊系統，利用網路技術的便捷特性，使遠端使用者能隨時隨地查詢校園環境安全及管理之相關資訊，以利校園環境及安全之管理。這套「校園即時地理資訊系統」的首要目標是，提供校園管理單位、各級學校以及一般民眾更多的資訊。如此，當有突發性的環境變故或重大災害時，能即時掌握校園分佈和變故的影響範圍，評估可能受到影響的學校分佈情形和學生人數。例如，在 SARS 疫情發生時，指揮中心得以即時顯示學校周遭的感染情況及醫療設施，提供教育部決策上之參考。

這套系統將來可以把全國中小學的分佈資料整合進來，包括學校的地址、學生人數等空間及屬性資料。這些資料將來可以應用在校園的安全管理與環境維護。

(二) 環境教育教學

針對 GIS 和環境教育的結合，教育部積極構思將 GLOBE 網站的理念引入國內，並促成環境教育和社區結合，為了落實這個目標，

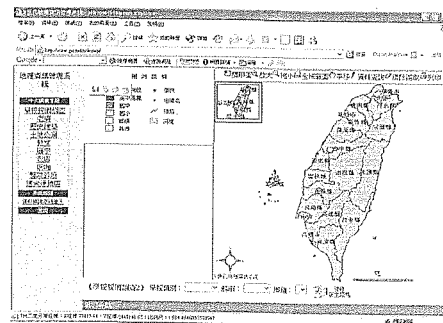
教育部委託台灣大學參照 GLOBE 網站的精神來建置一個校園社區環境調查之合作學習網站，這個網站是以網路 GIS 系統來整合校園的調查成果，並將之放置在網路上。這個合作學習系統由專家學者及高中地理老師擔任諮詢顧問，設計了社區環境十大調查主題，包括：校園資料、老樹、歷史建築、土地公廟、伯公廟、教堂、廟宇、老店、網咖、醫院診所、速食連鎖店等。十大調查主題項目整合各類校園的空間相關資訊，提供空間資訊之查詢。這些調查項目結合自然、人文現象，可以分別和九年一貫的許多領域結合，如：自然與生活科技、社會、綜合活動等領域，也可以和高中/高職的地理、地球科學與環境教育結合。透過已經普及到各級學校的網路設備，全台灣地區的小學、國中、高中職可以進行「我的校園」、「我的社區」等調查活動，進行主題式活動調查，並將調查資料，整合成資料庫，展示及分析各種與校園分布相關的課題，可在網路上進行查詢，以期落實資訊應用的教學活動，讓校園與社區的結合更加緊密。

這套系統能結合數位學習內容 (e-learning)，發展校園網路學習環境，配合學校

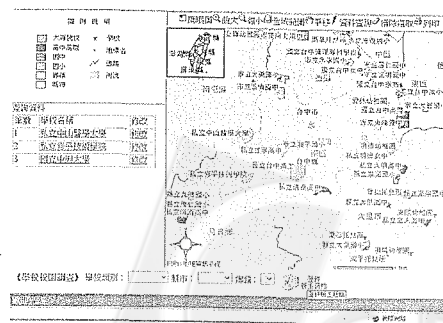
位置建置展示教育部各級學校之相關資訊現況，快速展示目前各級學校資訊教育運用情形，並運用這套系統上所提供校園與社區環境之空間資訊，讓各級師生能深入瞭解豐富的生活環境，進一步透過合作學習的機制，讓各校能上傳回報學校附近的主題調查，共同分享全國各地的日常生活週邊地理環境，加強對鄉土關懷的教育功能，達到培育資訊人才與網路數

位學習之發展目標。

這個網站結合網路地理資訊系統 (Web GIS) 的功能，讓全國各級學校師生可以上網查詢、登錄資料。這個網址的雛形系統已經完成開發，正在進行測試中，預計在今年 8 月中可以正式公告。網站的功能範例畫面如圖三、圖四所示。



圖三、校園社區調查之資料登錄畫面



圖四、校園社區調查系統之學校檢索功能畫面

四、問題與展望

GIS 在環境教育上的應用，是一個趨勢也是一項創新，任何新的事物都有它所需要面對和解決的問題。GIS 和中小學教育的結合面臨下列幾個問題待解決：

1. 教師 GIS 能力：目前絕大多數的中小學老師本身並沒有受過 GIS 的訓練，由它們來上課，可能會造成困擾。在中學師資部份，因為新的老師幾乎都已經有機會在學校接受 GIS 教學，所以這批新老師的加入，會逐漸供應市場上的需求。至於小學老師部份，由於學科的分化程度較低，所以每僱老師所需要學習的技能不足，因此，使用 GIS 的能力相對薄弱，如何提供老師們所需要的知識和技能是一項課題。
2. GIS 設備：GIS 的全面使用需要軟硬體來配合，目前比較普遍流傳的軟硬體設備，不管就經費考量或軟體操作及系統維護的困難度而言，都不是一般中小學所可以普遍接受。針對這些 GIS 發展上可能遭遇的問題，筆者認為可以透過資訊網路和 GIS 的結合，以資源分享的方式來提供資料，滿足中小學地理相關學科在 GIS 方面的功能需求。

GIS 和資訊網路的結合，已經吸引許多研究工作者的興趣。透過資訊網路的流通管道，更多人可以接觸到空間資訊，也可以使用 GIS 的基本功能。環保署和中央氣象局的網站，目前已經提供空氣和氣象方面的資訊，就是一個網路資料提供的範例。

本文針對環境教育的本質提出討論，進而指出 GIS 和中小學環境教育的結合方式和功能，並且介紹了 GIS 和資訊網路結合應用在環境教育上的相關成果，相對於 GIS 在其

他層面的應用，其在中小學環境教育上的應用推廣，是一個較少受到重視，卻又非常重要的一個領域。本文僅屬於拋磚引玉的介紹性文章，企盼透過本文而引起環境教育界和 GIS 學界的重視，能吸引更多人士對於此一發展領域的重視，共同為提昇我國的國民教育而努力。

說明

本文部分內容曾發表在於民國 91 年中華民國環境教育學會之研討會。文中部分成果取材於教育部委託研究之成果。計畫名稱：「e 世代地理資訊系統人才培育計畫」。參與研究工作的成員包括：邱顯昏、陳正儒、許秀桃、侯淑芬等。

五、參考文獻

- 賴進貴, 1997, 資訊網路與鄉土環境教育, 環境教育與資訊網路研討會論文集, 教育部環境保護小組, 台北市, 台灣大學, 1997 年 5 月 9 日, 45-56 頁。
- 教育部, 1999, 國民中小學九年一貫課程 (第一學習階段) 暫行綱要, 教育部編印, 359 頁。
- Tudor, Margaret T., Dvornich, Karen M. (2001) The NatureMapping Program: Resource Agency Environment Education Reform. *Journal of Environment Education* 32, 8-15
- GLOBE Student Data Server (2002), URL: <http://globe.fsl.noaa.gov/>
- de La Beaujardiere, J. F., et. al. (1997). The GLOBE Visualization Project: Using WWW in the Classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 6(1), 15-22.

陸、農業水田溫室氣體排放資料庫建立及模式研發

(國立雲林科技大學環安系 洪肇嘉教授、廖光裕研究生、李瑞峰研究生)

摘要

溫室效應為保持地球溫度及生態系的重要機制，然近年來的研究顯示人類過度使用石化燃料及過度開發土地，造成溫室效應的加劇及氣候變遷的惡果。

本研究整理、蒐集及分析國內水稻田溫室氣體排放因子及排放數據，利用統計相關性及多變量分析個別因子與排放係數之關聯性及排放係數與各影響因子間之關係式或相關係數。以主成分分析判別影響溫室氣體排放因子之主成分，縮減可能影響溫室氣體之排放因子。再以區別分析進行水稻田甲烷排放分析其與生長週期之關聯性，最後以倒傳遞神經模擬的方法，推估及預測溫室氣體在氣候變遷不同情景的影響，並且以 STELLAR 軟體建構水稻田甲烷排放之動態模式，作為規劃及採行政策或措施的參考及選用。

本研究研究成果發現溫度及降雨量對於水稻田甲烷排放均有顯著之相關性，主成分分析水稻田一期及二期稻作顯示，北部及中部相近，南部地區則有差異，其主因可能為地理及氣候影響。區別分析水稻田甲烷排放係數可明顯依水稻生長期分類為插秧期、生長期、成熟收割期等三期。倒傳遞神經模擬預測結果，當溫度上升 1°C 時甲烷全年排放增加率為 7%，若氣候變遷導致氣溫 1°C 及雨量上升 10% 會導致水稻田甲烷產出增加為 14.4%。近年來，一期及二期稻作甲烷排放於近年來有明顯下降的趨勢。本研究使用相關性分析、多變量、主成分及區別等統計分析，倒傳遞神經模擬及系統動態學模式分析結果，均顯示溫度

及雨量上升對水稻田甲烷產出有重要的影響，對水稻田收穫影響國內尚無研究，仍待發展。

關鍵字：溫室氣體、農業水田、統計分析、動態模式

一、前言

目前全球關切的大氣成分改變問題包括：大氣中二氧化碳、臭氧、甲烷、氟氯碳化物、氧化亞氮及一氧化碳等微量氣體之急速增加而引發溫室效應；由人類活動排放至空氣中的硫氧化物、氮氧化物所造成的酸雨現象；氟氯碳化物大量使用因而造成臭氧層的嚴重破壞以及懸浮微粒對大氣輻射場之影響等等，這些溫室氣體擋住了原本應散發到太空中的長波輻射及熱量，增強地球原來的溫室效應，導致了全球平均溫度的上升，全球暖化現象更加嚴重。

國際社會於 1992 年世界高峰會簽訂聯合國氣候變化綱要公約 (United Nations Framework Convention on Climate Change) 希望將大氣中的 CO₂ 及其他溫室氣體的濃度抑制在一個不致於危及氣候系統的水平，同時使生態系統得有足夠時間自然調整適應氣候變遷，確保糧食生產不受到威脅，並促使經濟發展轉變為永續性發展型態，該公約並於 1994 年 3 月 21 日正式生效，簽署公約國家已達 166 國 (含歐聯)。除此之外，1997 年於日本京都舉行第三次會議大會中達成管制議定的「京都議定書」(Kyoto Protocol) 訂定工業國家管制標準，並將管制所有國家的溫室氣體排放。