

美國地球系統科學社區化課程發展計畫

評介

賴麗琴 張俊彥

國立臺灣師範大學 地球科學系

一、前言

美國地球系統科學社區化課程發展計畫 EarthComm(Earth System Science in the Community)計畫是由美國地質協會(American Geological Institute)所主導，美國科學基金會(National Science Foundation)贊助經費的一項地球科學課程發展計畫。美國地質協會眼見高中階段之地球科學教育未受到重視，並缺乏一套完整的高中地球科學課程，同時也爲了實踐美國國家科學教育標準(1995)所提倡的「國小至高中所有年級皆應教授地球科學」的理念，因而有 EarthComm 課程計畫的誕生。

二、EarthComm 的宗旨與方針

EarthComm 課程計畫期許能提供中學階段(Secondary-level)的教師及學生一套非常完整的地球科學課程，包括學生學習用教材、教師資源（包括教學教材和網路支援教師服務系統）以及針對實驗操作、探究活動等教學單元的評量工具。

EarthComm 課程計畫企圖拋開傳統地球科學課程之繁多主題式的包袱，將重心放在一些重要且關鍵(key)的概念，以及培養學生學習如何明智地選擇和增進他們多面向思考問題的能力，同時亦希望學生能對地球系統抱持尊重和欣賞的態度，並有正確的認識和了解。以下五項爲 EarthComm 課程計畫的主要方針：

1. 教導學生學習重要的地球科學概念和定理，並實際指出地球科學與學生的日常生活和環境之密切關係。
2. 透過問題解決的教學活動和社區化的課程設計模組，同時配合教師扮演催化輔助的角色，使學生能真實地學習和體驗地球科學。
3. 建立結合野外實地考察、實驗室活動、操作分析科學數據資料，甚至是傳統的教室教學等，多方位延伸發展的學習環境。
4. 藉由學生小組的力量支援各社區中其他學習團體，並希望透過各式電信傳播媒體建立全國性的學習團隊。

5. 利用區域或社區中所發生的真實案例，當作問題解決活動之教材，以引起學生學習的興趣和動機。希望藉由學生的學習活動，將管理地球資源或是處理環境問題之正確的態度和認知，擴散至社區民眾中，俾能發揮影響力。

三、EarthComm 對教師的期許

一項慎思設計的課程計劃，必須有教師在實際教學上的密切配合，才能成爲一項既叫好又叫座的課程。爲使教師能確實掌握 EarthComm 之課程精神並落實在實際教學過程當中，以下六項原則是 EarthComm 提醒教師在教學中應注意的重點，以及對教師的期許：

1. 採用適當的教學法、互動性高的多媒體，和可動手操作的教學活動，以引起學生學習地球科學的興趣，並藉此幫助學生了解地球系統之起源、演化和能量循環等重要概念。
2. 經由科學探究活動的過程，包括確定問題、設計和整理調查內容、利用科技儀器和數學概念、形成具有邏輯和科學證據支持的解釋、分析正反意見，以及爭論的溝通等，幫助學生學習科學探究的技能。
3. 在教學中強調出地球科學與其他學科之間的連結和互動關係。
4. 透過野外考察、科技儀器輔助分析資料、實驗，和其他教室活動等教學設計，提供學生一個多方延伸發展的學習環境。
5. 將學生予以適當分組，並引導組與組之間的良性互動。能編輯組織相關的科學想法，建立社區當地或甚至全國的資訊交換分享網路，以及善用地球/太空科學等相關組織所提供的服務與資源。
6. 教師透過教學活動，喚醒學生之環境意識，對於發生在社區中的環境和自然資源等問題，能抱持關心的態度。

四、EarthComm 對學生的期許

傳統地球科學包含繁多的主題，強調概念的發展。EarthComm 跳脫傳統的教學框架，期許學生所學習的不僅只是書本上的知識，還能習得一種能力。這項能力伴隨學生去探討生活週遭發生的議題、去察覺人與環境的互動關係，甚至去思考個人的生涯規劃等等。以下是 EarthComm 對學生的期許：

1. 了解基本的地球科學概念，以及在地球科學和其他學科中通用的定理和法則。
2. 了解地球系統科學的基本定理，並學習從地球系統科學的角度去思考問題。
3. 了解科學探究活動的過程，並於該過程中學習所需的技能。
4. 培養科技導向的技能，促進人類在地球和外太空的發展。

- 5.了解地球上能量、礦產和水資源的本質、來源與分布狀況，以及人類如何透過科技尋找、開採和使用這些資源，以滿足生活所需。
- 6.了解影響地球的組成、環境和有機生命組織之內外因素，以及科學家是如何研究這些因素造成影響的過程。
- 7.了解人類活動與地球系統之交互作用。
- 8.能覺察到地球及太空科學的就業機會，並了解地球及太空科學如何刺激相關產業，和影響區域性的經濟發展。

五、EarthComm 課程目標概念

EarthComm 課程適用於高中階段的學生（相當於美制 9~12 年級），以系統、探究及社區導向為依歸。課程內容是根據 1994 年「地球科學教育之於社區」的開會討論結果、國家科學教育標準（National Research Council, [NRC], 1995）和 1991 年美國地質協會出版的「21 世紀之地球科學」之課程大綱（Earth Science Education for the 21st Century: A Planning Guide, National Center for Earth Science Education, [NCESE], 1991）所編寫完成。

下列為貫穿 EarthComm 課程設計的十個基本目標概念群：

1.地球科學素養

具有地球科學素養的人能推動自我或社區民眾，主動去關心以及了解區域或全球環境的變動，並針對提升生活品質和改善地球環境、資源與災害等方面的議題，做出明智的決定。所有美國高中畢業的學生都應具備有如此的素養，並且能以科學探究的態度與實際行動去面對和處理問題。同時，地球科學素養也包括對以下九大概念的了解。

2.地球之動態與平衡系統

地球系統是由無數個次系統所組成，例如岩石圈、水圈、冰圈、大氣圈、生物圈及磁圈等等。在這些次系統間，物質、能量和各種營力的交互作用看似複雜，但地球系統卻又有某種秩序性的維持巧妙的平衡。根據地質記錄，顯示地球系統維持這種動態的平衡，已有長達幾十億年的歷史了。

3.時間巨輪下的變動

地球目前所處的狀態不是一夕間就形成的，也不是盤古開天當時造就出來的。時空間的變換輪轉，從幾秒鐘到幾十億年，從次原子到浩瀚宇宙，系統的改變來自於本身存在極端特性時所產生的回饋作用，因此，這是幾十億年來在不斷的變動中所維持下來的平衡狀態。

4.來自太空的擾動

在演化中的太陽系、銀河系和宇宙中，地球可以視為其中一個小的次系統，所以地球的環境和地球在太空中的運行，都會受到來自外太空之物質與能量的影響。

5. 變動中的地圈

地圈外表屬於岩石質，在此之上孕育著生態系統，造就出人類文明；地圈內部則是一種熔融物質的熱對流循環，這循環是地球磁場的來源，也是板塊運動的動力。地圈除了涵養著維持生命的資源，另一方面卻也是會給生命帶來威脅，甚至影響到其他次系統的平衡。

6. 水圈

水圈實際包含了地球上三大流體（水、大氣和冰）的循環與彼此間的交互作用。地球上的氣候/天氣變化，冰川、各種地貌的形成與水資源，都是來自於水圈。水圈本身的活動也受到許多因素的影響，例如地球自轉與公轉的模式、太陽能及地熱的能量供給、山脈的位置、雲覆蓋的程度和人類活動等等。

7. 變動中的環境與生態

地表是所有地圈交互作用的界面，也因此形成許多不同的環境、生態系和社區，這三者間也會隨著時間彼此相互影響。

8. 地球資源

能源、礦產和水資源提供人類良好的生活品質、經濟財產以及各項工業活動所需，但是這些地球資源大部分都是不可再生的，總有一天它們會被消耗殆盡。因此當務之急，我們除了應保存、管理好目前這些珍貴的資源外，也應積極尋找可替代的甚至是可再生的新資源。

9. 天然災害

水患、乾旱、暴風、火山爆發和地震等等，都是足以影響群體生命財產安全的天然災害。學習地球科學的目的之一，即是學習去了解、預測和減緩天然災害可能帶來的損失。

10. 地球總管與永續發展

由於地球資源的有限，人類應深切體驗其對地球資源的依賴程度，以及人為活動對地球系統的影響，並學習以感恩的態度去妥善管理、保存地球資源，使其達到永續發展的目標。

六、EarthComm 課程內容與設計

目前 EarthComm 發展出五大主題課程，每個主題課程以相關聯的三個單元貫穿主題。課程設計與 STS 類似，皆以與社區有關的議題或問題來引起學生動機，學生透過科學探究活動，除了可以學習到與社區議題相關的重要科學概念，同時也能學習到解決問題的能力。

五大主題課程內容，簡略介紹如下：

主題一：變動中的地圖

了解各種天然災害，以及地球內部能量傳動與地球體系之間的複雜關係。貫穿主題的三個單元分別是，「火山與你的社區」、「地震與你的社區」和「板塊活動與你的社區」。

主題二：了解你居住的環境

從了解地貌改變的過程開始，進而深究地貌的改變如何對人類的活動產生衝擊和影響，同時，在對地球體系中各項因子間錯綜關係的認知基礎上，也將學習到人類如何調和這些改變，來適應大自然的變動。相關聯的三個單元為「你社區中的地貌變遷史」、「認識你社區中的河流」和「你社區中的土地利用計畫」。

主題三：流體地球

此部分的範圍包括海洋、大氣以及冰圈（冰川），但此主題的設計重點並不是使學生對海洋學、氣象學和冰川學有一完整概論上的瞭解，而是希望以水循環的概念為主要基礎，結合大氣流動等相關概念，探討艾尼紐海流（El Niño）、劇烈天氣現象（如雷雨、閃電、龍捲風等）和全球暖化造成冰川溶解等對生活環境產生重大影響的問題。相關聯的三個單元為「海洋與你的社區」、「劇烈天氣和你的社區」與「冰圈與你的社區」。

主題四：地球資源

探索自然資源如何形成？人類如何使用這些資源？使用自然資源的同時又對環境造成哪些影響？以期讓學生瞭解自然資源的有限，培養正確使用和管理自然資源的態度和方法。以下列三個單元貫穿主題：「能源與你的社區」、「礦物資源與你的社區」和「水資源與你的社區」。

主題五：地球體系科學

瞭解地球在宇宙中的地位，環境與生命在地球上隨時間演進的過程，以及兩者之間複雜的交互作用。透過以下三個單元來呈現：「太陽系與你的社區」、「氣候變化與你的社區」和「生命演變與你的社區」。

五大主題課程的活動設計，皆是參照下列的學習循環模組（a learning cycle model）來設計，包括參與（Engage）、調查（Investigate）、思考（Think It Over）、閱讀（Read）、應用（Apply）和深入探究（Inquire Further）等六個階段。

以「火山與你的社區」單元中的科學探究活動之一「致命的熔岩流」為例，學生先從一張在夏威夷拍攝的照片開始，思考火山爆發對生物圈的影響，其後利用液態肥皂模擬熔岩流，針對「爆發出岩漿的多寡與其影響面積的大小」之問題，自行寫出假設，並進行各

種實驗以瞭解熔岩流的特性及影響熔岩流流動範圍和方向的因素。而後，藉由電腦分析一真實發生的火山爆發熔岩流流動的資料紀錄，並學習以模式預測熔岩流的動向。接著，學生應閱讀一些關於不同形式的熔岩流之特性，及其對生物和環境可能帶來的影響。最後，綜合以上所學，學生須能學以致用，針對一社區中假想的火山，撰寫一份科學報告，說明當地的地形將如何影響岩漿的動向、主要應疏散和撤離的地區、最不可能受到波及的地區...等等事項。在深入探究方面，學生可繼續研究美國西北部哥倫比亞河流域出現玄武岩群的來龍去脈，或是探討岩漿與生物圈和冰圈的關係等。

七、執行狀況

由於許多教師和科學家的熱心協助，1999 春季 EarthComm 課程完成第一次實驗試用 (Pilot Testing)。1999 夏季，經由 17 位來自美國國家地球科學教師協會的教師審定，完成試用後第一版修正，並預計於 1999 年 9 月至 2000 年 6 月，進行全國性的試用 (National Field Test)。事實上，在進行全國性試用前，另有一試用活動 (pre-field test) 在進行，教師可經由網路報名，索取課程試用版本的一切相關教材及資源，包括教師手冊、學生版教學模組之照片等等。另外，網站上亦提供最新資訊以及線上諮詢服務，俾使教師隨時都能掌握住 EarthComm 課程的精神，並獲得相關背景知識的支援。而目前學生在網站上也可獲得非常多相關地球科學的資訊，以及學習如何與科學家對話和發問問題。在 Student Opportunities 上，學生更可以進一步了解到地質學中有哪些職業？以及關於各項職業的工作內容、工作地點和薪資報酬等，都能在網站上獲得解答。

在全國性試用完成修正後，EarthComm 工作團隊仍將繼續發展更多教學資源，例如教學光碟 (CD-ROMs)、資源百寶箱 (resource packets)、教學錄影帶、幻燈片...等等，以協助教師落實 EarthComm 設計的各项課程，達成教學目標。該計劃主要負責人之一的 Michael J. Smith 今年一月中旬在澳大利亞雪梨市所舉行的第三屆國際地球科學教育研討會中特別介紹有關此地球科學課程計劃的現況。筆者之一 (張) 在此會中亦與 Smith 先生私底下交換諸多與當代地球科學課程設計的想法與理念，並獲贈與此課程相關的資料，對此套課程有興趣的教師們除了可至該網站瀏覽外，亦可與筆者聯絡取得該課程計劃之進一步訊息。

八、結語

EarthComm 課程計畫經由眾多教師、專業課程設計人員、教育心理學家、學科專家與教授、學生、家長等等人力的積極投入，加上經費充足的支援，而其間審密周詳的計畫、設計與試用，這每一份子、每一環節的努力，使得 EarthComm 課程成爲一令人十分期待且

出色的地球科學課程。綜觀此計畫的設計精髓，恰與我國九年一貫的課程總綱相呼應，在課程目標及基本能力的培養上，簡言之，都是希望學生能放下沉重繁瑣且零碎的知識，培養學生帶得走的能力且期許他們能夠將其所學與日常生活相結合。而課程設計方面均是以學生為主體，強調關鍵概念的學習並以生活經驗和社會議題為導向。如果再將這些重要概念與當前我國九年一貫「自然與生活科技領域」課程綱要相對照，不難發現其中有許多異曲同工之妙。

一個設計良好的課程計畫是課程改革成功與否的關鍵之一，但是如何將此課程計畫有效率的落實在實際教學中，更是關鍵中的關鍵！國內九年一貫的課程試辦計畫即掌握了此關鍵，但是由於各校所執行試辦的課程不一，又缺乏專業且專職課程設計開發人員的協助，以及教學資源與人力分散等等問題，這些因素反而會成為「關鍵的絆腳石」！在 EarthComm 課程計畫的實施過程中，有許多地方值得我國借鏡，例如統一且專業設計的新課程之試用與修正、專業課程設計開發及諮詢人員的編制、網站上快速且豐富的教學資源與支援等。

藉由 EarthComm 課程計畫對地球科學的重新詮釋，我們更能深切的瞭解到這門科學對所有生活在這藍色行星的生物以及對地球本身的意義，這是一門如此有趣又實用的科學，在這股地球科學的新潮流中，希望我們的學生也能融入其中，而我國的腳步也能與世界並駕齊驅。

九、參考文獻

- 1.教育部（1998）：國民教育階段九年一貫課程總綱綱要。台北：教育部。
- 2.教育部（1999）：國民教育九年一貫課程綱要：自然與科技學習領域（草案）。台北：教育部。
- 3.National Center for Earth Science Education (1991). *Earth Science Education for the 21st Century*. Alexandria, VA: American Geological Institute.
- 4.National Research Council. (1995). *National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- 5.<http://www.agiweb.org/earthcomm>