

# 簡介美國地球體系教育 (ESE)

\*李春生 \*\*周家祥 +萬義勇  
\*國立臺灣師範大學地球科學系  
\*\*台北市百齡國民中學  
+台北縣五股國民中學

**摘要：**本文介紹地球體系教育的主要理念，為促進地球科學素養之培育以及探討它的源起與發展歷史、教學目標、課程內容等之主要概念群以及配合地球體系教育的一些研究計劃。這包括：(1)種子教師培訓計劃 (PLESE)，(2)中學地球體系課程研究計劃，(3)生物和地球體系科學整合計劃 (BES)，(4)全球變遷活動計劃，(5)全球變遷技術研究計劃，和(6)全球變遷與美國大湖區大眾教材開發計劃。

## 一、緣起

地球體系教育 (Earth Systems Education, ESE) 發展的背景可說源起於 70 年代末期起一連串的科學教育改革聲浪。美國國家科學基金會<sup>(1)</sup> (NSF) 為此曾資助一個對美國現階段科學教育的綜合研究計畫名為 Project Synthesis。該計畫曾對未來的科學教育提出建議，自此科學、技術和社會 (S/T/S) 遂成為科學教育的一個新方向。除此之外，一些外在的幾項因素也使改革的腳步加快：(1)美國學生在國際科學學科競賽中表現不佳；(2)美國一向領先各工業國家的尖端科學與技術，受到其它國家如日本等的威脅；(3)經濟的衰退，整體國力不再值得自豪，引起美國大眾的深切關心。許多相關的研究相繼問世，其中著名的如：A Nation at Risk (National Commission on Excellence in Education, 1983) 中指出「關心國家，就必須關心科學教育在國際經濟、工業、科學與技術所扮演的重要角色」。1985 年起美國科學改進協會<sup>(2)</sup> (AAAS) 開始發展 Project 2061，期由對科學技術的本質及對科學素養的闡釋開始，以建立科學課程的改革概念基礎，進而發展課程模式與實施，促成教育改革的實現。

反觀目前社會上影響重大的環境議題，如工業發展對溫室效應的影響、核能電廠的設立、臭氧層的破洞、能源的開發利用等等，突顯地球環境相關知識的重要性。而現行的科學課程改革計畫中，如：AAAS 的 Project 2061，全國科學教師協會<sup>(3)</sup> (NSTA)

---

(1) 國家科學基金會：NSF, National Science Foundation.

(2) 美國科學改進協會：AAAS, American Association for the Advancement of Science.

(3) 全國科學教師協會：NSTA, National Science Teachers' Association.

的 Scope, Sequence, and Coordination, 雖對全民科學素養的提昇有不少具體方法與步驟, 也企圖在未來的科學教育中對科學、技術和社會 (S/T/S) 的課題更加重視, 但內容中和地球體系相關的知識却頗為忽視 (Mayer & Armstrong, 1990)。如何在科學教育中融入地球體系的相關知識, 以確保現在和未來的公民能具備地球素養 (Earth Literacy) 十分重要, 所以地球體系教育 (ESE) 的觀念因而蘊育產生。

## 二、發展過程

1985 年由來自美國國家科學基金會 (NSF) 和美國地質協會<sup>(4)</sup> (AGI) 的教育學家及地球科學家, 集聚一堂為地球體系教育 (ESE) 催生, 一致認同提高全民的地球素養, 需在學校教育中注入更多的地球體系知識, 而首要之務為發展幼稚園至中小學的教學大綱。為了界定現代公民應該具備那些地球素養, 並提供現行地球科學課程架構, 1988 年 4 月在首府華盛頓由美國地質協會和全國科學教師協會 (NSTA) 發起, 召集相關的地球科學家及教育學家舉辦為期四天半的會議。由各主要的地球科學相關學科社團的學者專家、教育學者、各級教師, 分組針對地球科學不同領域, 研議出每一個公民 17 歲之前的地球科學教育 4 個目標和 10 類重要概念群等具體結論。由結論不難一窺 21 世紀地球科學教育之趨勢。之後再經過兩年的計畫與研議, NSTA 向 NSF 提出 The Program for Leadership in Earth Systems Education (PLESE) — 主旨在發展 ESE 的師資。PLESE 在全美分區進行時博得很大的迴響, 而教學活動設計也陸續在全美各地進行。

次月, 則根據同年定出的 10 類重要概念群, 並參考 Project 2061 的主要精神, 完成了 K-12 年級 ESE 的課程架構。

## 三、地球素養 (Earth Literacy)

現今社會上和環境相關的議題層出不窮, 但是一般公民對人類居住的地球環境或地球體系相關領域的知識十分欠缺, 而政治、經濟、工業和企業界的領導決策階層對其所作的決策和地球環境之間的相互關係及影響也不瞭解。為什麼在全世界如此重視科學教育的今天, 仍然不斷出現一些只求短期的經濟利益而犧牲人類長遠福祉的決策? 例如大量使用 CFC (氟氯碳化物) 和化石燃料, 將對大氣層不利; 熱帶雨林的消失將使大量

---

(4) 美國地質協會: AGI, American Geological Institute.

物種滅絕使全球環境受到影響。上述的例子均顯示一些領袖並不瞭解這些決策和整個地球體系之間的相互關係。

如果在科學課程中能成功的去教育公民使大家能瞭解科學，及其對人類生存環境相關的重要性，則應合理的包括學習認知地球和它的環境，而教育出具有所謂「地球素養」的專業人才與領導者。

Mayer et.al. (1992) 認為：「有地球素養的物理學家、工程師、經濟家、政治家和工業家，是能瞭解不管是為了經濟或軍事的目的，科學家所驗證的理論、工程師所設計的，和地球體系間均存有密切的相互關係。」

人類的任何活動與環境之間都有一定的相互作用，身為現代公民實應對地球體系有基本的素養，因此地球素養不只是對決策階層的領袖重要，而是全民都應具備的。目前很少人能意識到人類行為和地球體系之間的關係，但若人民對地球環境相關的知識愈多，愈能利用輿論的力量左右決策的制定，而對環境造成直接的良性影響。

#### 四、ESE的核心理念

新的科學課程改革雖對科學、技術與社會(S/T/S)的交互作用益趨重視，課程內容中對人類所居住的地球環境的相關知識却異常欠缺，ESE的主要努力目標就是想彌補這些缺失。

ESE的主要推動者之一為俄亥俄州立大學的Mayer教授。他認為目前有迫切的需求去重新設計有效的科學課程以確保現在和未來的公民具有科學素養(PLESE, 1992 a)。況且科學最終的目的既是關心及改進人類所賴以生活的環境，科學課程為何不能架構在和地球相關的主題之上？統整科學課程是科學教育的長期目標，地球科學本身即為一門統整的學科，以地球體系系統及其次系統為架構，可以統整其它相關的科學；新的統整課程焦點更應該放在「地球體系」上，且由於研究的題材和人類生活環境唇齒相關，每一個人都應具備相關的基礎知識，以能對發生在日常生活中的各樣議題廣泛的提出意見。

不但科學課程上對地球行星應有更多的關注之外，ESE並強調在幼稚園至中小學各年級中應注入更多的地球體系知識，以確定未來的領袖及決策階層有機會接受適當的地球體系教育，以便培養他們的地球素養。

## 五、地球體系科學(ESS)對科學的貢獻

不同的科學探究的方法雖大同小異，但還是存在一些獨特而其它學科鮮有能相比的特殊研究方法或模式。地球體系科學(Earth System Science, ESS)探討的對象是地球及其在宇宙的地位，空間之廣，時間之浩，是人類的探求無法窮盡的。隨著科技的進步，人類不再滿足於侷限在地域性的研究，而展開廣大觸角，聯合國際間的力量，進行研究。語言和文化的隔閡阻礙了跨國合作的發展，但地球體系科學因著共同研究同一個課題—地球，提供了一個國際間能和諧地相互瞭解的合作模式。

除此之外，Mayer (1991)認為ESS尚有另外三種其它學科所不能提供的貢獻：

### 1. 哲學方面

地球的存在有多久？在1795年地質學之父James Hutton尚未發表他驚人的理論之前，地球被認為約只有6000年。Hutton根據他所觀察到的地質現象認為地球的年齡應該比6000年更久，他首先介紹出時間「無垠」(Deep Time)的觀念。之後每一次新的發現都將地球的年齡往前推。思考這樣的問題需要豐富的想像力，現在的地球科學家們認為地球的年齡約有46億年之久，如果和人的生命相比，如果和人類全部的歷史相比，對價值的觀點將異於以往。時間「無垠」的概念可以幫助我們瞭解人類在宇宙之地位。

### 2. 方法學方面

地球科學的研究取材又是隨手可得的，只要在自家附近就可以利用所學到的地質知識，觀察研究附近的岩石特徵、地質構造、地形；隨時隨地也都可以觀察天氣。另一方面，地球科學探究的許多題材，都無法像物理或化學一般在實驗室裡反覆驗證，但是在有限證據的預測及推理之下，仍然可以發展出偉大的理論，如地球的模型、天體的運行、板塊的運動...等。學習此種科學家思考的方式，可以協助我們在日常生活中作決策，處理問題。

### 3. 概念方面

現今科學家已能遠離地球，不受空間的傳統侷限，在太空中由一個異於以往的角度看到整個地球行星，這使我們的觀念產生極大的轉變。換一個角度看，獨善其身、自掃門前雪，不再對自己有利。整個地球是一個無法分割的整體，除非整個大環境改善，否則地球上任何一處改變，其他各處都有可能受到影響。全球的變遷大致可以發生在兩種尺度；(1)數千至數百萬年，如板塊移動、海底擴張等；(2)數十至數百年，如全球性的溫

室效應、臭氧層破洞等。

## 六、ESE的四個教學目標

地球體系教育的教學目標在於使每一個公民對地球行星應有下列的瞭解 (Mayer & Armstrong, 1990) :

1. 科學思考 (Scientific Thought) 能利用地球科學具有的科學歷史性、描述性和實驗性的過程來瞭解科學探究的本質。
2. 知識 (Knowledge) 能描述並解釋地球上的作用及特徵，且能預期其改變。
3. 管理 (Stewardship) 對於環境及資源的相關議題能有廣泛的認識及見解。
4. 欣賞 (Appreciation) 能由美學的角度欣賞地球。

ESE教學目標和二十年前地球科學課程計劃ESCP<sup>(5)</sup>訂定的做比較，其改變可說極大。如上述「管理」的理念就未曾出現在ESCP的教材中，更別說在科學課程中加入「美學欣賞」的觀點。對於科學的「態度」及「價值」的轉變，是ESE教學目標和以往最大的不同 (Mayer & Armstrong, 1990)。

## 七、課程內容的十個主要概念群

1. 地球系統為浩瀚宇宙中太陽系的一小部份。
  - (1) 太陽為地球能量的主要來源。
  - (2) 太陽是宇宙中無數恆星中的一顆。
  - (3) 月球與地球會相互影響。
  - (4) 太空中所有的物體 (包括地球) 所受的作用，同樣也發生在太陽系及整個宇宙中。
  - (5) 行星的性質由它在太陽體系中的位置和大小決定。
  - (6) 地球相對於太陽的位置及運動會影響地球上潮汐、季節和氣候變化等。
2. 地球系統包含水、陸地、冰、空氣及生命等次系統的交互作用。

(5) ESCP: Earth Science Curriculum Project, 地球科學課程計畫。

- (1) 水有三態，並受能量的影響而轉變其相態。
  - (2) 海洋持續不斷的運動，且是覆蓋地球超過 70 %面積的資源。
  - (3) 冰圈為地球的次系統，會隨季節和全球分佈變化。
  - (4) 大氣循環由太陽能加熱驅動，且受制於其它次系統間的交互作用。
  - (5) 固態地球（岩石圈）會與水圈、大氣圈、冰圈及生物圈相互影響。
  - (6) 生物圈也會影響其它次系統。
  - (7) 太陽是影響地球系統主要的能量來源。
  - (8) 地熱可能影響地球系統內部的動態作用。
  - (9) 地球系統的每一部份有獨特的性質、構造與組成。
3. 地球的次系統（水、陸地、冰、空氣及生命）會持續的演化，其改變是經由自然的過程和交互作用引起的循環所產生。
- (1) 水循環通過次系統。
  - (2) 固體地球的最外層由運動中的板塊所組成。
  - (3) 所有新的岩石是由老岩石循環改變而成。
  - (4) 地球系統各部份間的主要交互作用有：水循環、岩石循環、碳循環、冰川循環及營養鹽循環等。
4. 地球的自然過程發生於數十億年（ $10^{16}$  秒）至幾分之一秒（ $10^{-1}$  秒）的時段之內
- (1) 宇宙物理過程經歷的時間尺度從數秒至數十億年不等，差異巨大。
  - (2) 地球年齡超過於四十億年，且仍在演化中。
  - (3) 大氣是一圈很薄的保護毯，隨地質時間演化由不同的氣體及其他物質所組成。
  - (4) 化石是生物圈生態隨地質時間因素所衍生的改變的演化證據。
  - (5) 演化造成地球次系統一系列獨特的、歷史性的改變，例如：大氣組成的變化、生命形式的改變、固體地球構造的改變及水圈成份的改變。
  - (6) 地球改變的尺度有所不同，例如：  
長期 固體地球及大氣圈的演化（約  $4.5 \times 10^9$  年）  
生命的演化（約  $4 \times 10^9$  年）  
盤古大陸的分裂（約  $1.8 \times 10^6$  年）  
冰期

長期 植物及動物的滅絕

乾旱

季節

每日天氣

核反應

短期 化學反應

5. 地球次系統的許多部份因過度或錯誤利用而受到限制或變脆弱，或由人類生活而加以改變，例如：受改變的有化石燃料、礦產資源、乾淨的水、土壤、植物與動物相。
6. 我們愈了解地球的次系統，愈能管理地球的資源。人類常使用地球的資源，如：水及礦物。
7. 人類活動不論有意或無意都會對地球次系統造成衝擊
  - (1) 人類使用或活動和下列次系統會形成交互作用：
    - 水圈
    - 冰圈
    - 大氣圈
    - 岩石圈（探礦、災害等）
    - 生物圈
  - (2) 人類活動無形中使全球環境受到衝擊。人類活動改變了地球的組成，如：燃燒化石燃料、不當的土地利用、戰爭與戰備、釋放有害的化學物質及放射線物質、拋棄有害的物質、導致物種滅絕。
8. 對次系統愈瞭解愈能引發美學的欣賞
  - (1) 人類藉由保存、適當的利用及修復等方法來欣賞及管理地球，如：自然公園、開墾（馴養）、保留、再創作、立法、土地管理及利用、國際與區域合作。
9. 科技的發展能促進我們了解地球的能力
  - (1) 科技增進我們了解地球的能力，如：光學及電子顯微鏡、光學及電波望遠鏡、紅外線感應、都卜勒雷達、潛水艇、衛星、電腦。
10. 地球科學家研究地球次系統的起源、作用及演化的人，他們運用專門的知識去探測資源並預測地球的未來。

- (1) 大氣的觀測用以預測天氣
- (2) 地球儀及地圖可呈現地球的比例及模型
- (3) 對其它行星的知識有助於我們了解地球

## 八、配合ESE的各種研究計畫

ESE不只是停留在理念推廣的階段，以俄亥俄州立大學為核心，ESE的理念藉由下面的數個計畫，已經逐步邁向具體與完整 ( PLESE , 1992b ) :

### 1. 種子教師培訓計畫 ( PLESE )

宣揚ESE的理念重要的一項工作即為教師領導者的培訓，以便日後成為ESE課程活動設計的推廣及輔導網路中心的種子教師。基本上，主要的課程活動也是由實際參予教學的教師來共同設計，前瞻的教師訓練就是NSF所贊助的PLESE ( The Program for Leadership in Earth Systems Education ) 的主要目標。

該訓練中之每個小組由鄰近地區的高中、初中和國小高年級的科學教師各一人組成，參加為期三週的暑期研討會，其主要內容如下：

- (1) 學習地球體系變化的相關課題：由實際參與全球變遷研究計畫的科學家講授。
- (2) 利用幼稚園至中小學各年級的ESE課程大綱，訂定並發展地球體系教育的教學題材。
- (3) 計畫第二個年度的區域性ESE研討會。

研討會的最後兩天並有相關的行政人員及教授參與，面對面的和教師們就實際推廣可能面對的問題作溝通對談。經過培訓的教師都將成為該地區或該校ESE的種子教師，領導ESE理念及課程的推廣及輔導工作，且互相支援，而各種最新的ESE資訊也都能由此網路快速而廣泛的傳達至每個角落。

PLESE計畫由1990至1992三年的時間，已經在全美各地區培訓出超過60組以上的種子教師。

目前成立的PLESE推廣中心主要有三：

- (1) 全國合作中心設於俄亥俄州立大學。
- (2) 東部計畫中心亦設於俄亥俄州立大學，負責東部各州。
- (3) 西部計畫中心設於北科羅拉多大學，負責太平洋沿岸、洛磯山脈附近各州，以及中部各州。

### 2. 中學地球體系課程研究計劃 ( Earth Systems in the Middle School



### Science Curriculum )

爲使科學教育更能落實在了解人類所賴以生存的地球，及地球的各項作用對人類生活的影響，PLESE因而展開一項子計畫，招集俄亥俄州八所中等學校部份教師參與科學課程的設計，其中許多教師已受過三週的PLESE暑期研討。

此課程設計的過程主要由參與教師分年級進行研討，以地球科學爲焦點，統整其它科學知識，注重技術發展應用對地球體系造成的影響，從而發展教學資源與教學活動。

### 3. 生物和地球體系科學整合計畫 ( Biological and Earth Systems Science, BES )

1989年在俄亥俄州的Wasington High School進行了一項9、10年級的整合生物與地球科學課程改革實驗計畫 - The Biological and Earth System Science ( BES )。這爲期兩年的統整課程以「地球體系教育課程架構」爲出發點，再適度融合生物次系統及其它次系統之內容，以取代傳統分別獨立的地球科學和生物課程。

第一年的課程以全球變遷重要議題爲單元，第二年則把焦點放在幾個地球科學作用對生物影響的主題上，如侵蝕作用、板塊運動等。

在教學上以小組合作學習的方式進行，以閱讀材料代替課本，重視設備及儀器的輔助，如：麥金塔電腦、聲音及影像光碟片、資料庫等。

### 4. 全球變遷活動計畫 ( The Global Change Activity Project )

在對PLESE計畫中所設計教材之綜合研究中，發現缺乏「地球爲一體系」概念之教學活動。爲補強此一欠缺，全球變遷計畫於是產生。其目地在爲高中階段發展全球變遷爲主題的科學課程模組，包括教室活動及事實記錄。

已發展出之主題包括：

- |                    |               |
|--------------------|---------------|
| (1) 溫室效應與全球暖化      | (7) 氣候模式      |
| (2) 臭氧層破洞          | (8) 地震預測      |
| (3) 森林砍伐對生物歧異度的影響  | (9) 火山噴發      |
| (4) 艾尼諾效應 ( 聖嬰效應 ) | (10) 酸雨       |
| (5) 沙漠化            | (11) 全球氣候變遷指數 |
| (6) 遙測             |               |

此外，對於技術之於地球研究和資訊傳播的影響也列爲重點之一。

### 5. 全球變遷技術 ( Global Change Technologies ) 研究計畫

在地球體系的研究中，電腦及周邊設備所扮演的角色極其重要，但在教室內的利用

却頗為缺乏。這個計畫的目的希望能藉由加強教師對研究全球變遷技術的瞭解，進而在教室中更能充份利用遙測、線上資料庫及各項軟硬體設施進行活動。

目前計畫中包含下列教師進修的主要項目：

- (1) 如何利用資料庫存取地震、美國航太總署 ( NASA ) 的活動及各種環境資訊。
- (2) 學生利用 Hypercard 軟體進行分類、共用資料、製作圖表等。
- (3) 商業軟體的使用。
- (4) 如何由各種管道獲得並使用原始資料，如 CD-ROMs，氣候資料庫…等。
- (5) 政府相關的資料管道及 CDs 等資料的提供。
- (6) 衛星資料的使用及解釋。
- (7) 使用連續性全球變遷資料用以分析變遷趨勢的範例。
- (8) 以更新的數據建立資料庫或取代現有電腦資料。

#### 6. 「全球變遷與大湖區」大眾教材開發計畫 ( Global Change Scenarios for the Great Lakes Region )

此計畫旨在為一般民衆瞭解全球變遷對大湖區可能造成的影響，而出版一系列的刊物，冀望民衆由瞭解進而對全球變遷的相關議題投注更多的關心。這份出版物由專家來審校，寫作手法深入淺出，內容包含全球變遷對大湖區的各种潛在影響：

- |             |            |
|-------------|------------|
| (1) 農業      | (4) 生物的歧異性 |
| (2) 自空而降的毒素 | (5) 河口     |
| (3) 休閒      | (6) 水污染    |

除供一般民衆的閱讀外，部份內容也可發展成教室內的教學活動。

### 九、俄州為ESE所設計的七項課程綱要

1990年5月於俄州立大學為ESE，幼稚園與中小學課程所訂定的大綱，由ESE的教學目標及概念群為基礎，並參考 Project 2061 的精神發展而成。共有七項主要綱要，各依所需延伸出一些次要綱領。PLESE中的課程活動即以此大綱為依據 ( PLESE, 1992 a )。

\* 綱要一 地球是獨一無二的美麗行星

1. 地球的美麗與價值能藉由文學及藝術來表露。
2. 經由對地球次系統更深入的認識，可加深人類對地球的鑑賞力。

3. 人類透過負責的行為與對地球次系統的管理，顯示對地球的欣賞。

\* 綱要二 人類的行為，無論集體或個人、有意或無意，都會嚴重地影響到地球行星。

1. 地球是脆弱且資源有限，過度與不當的開發均會造成負面影響。
2. 人口持續的成長使自然資源消耗增加，環境破壞，甚至影響他們的族群。
3. 自然資源欲有效利用，人類首先應思考其生活方式，減少消耗，資源回收再利用。
4. 工業副產物污染空氣、土壤及水，其影響是全球性的。
5. 對地球的瞭解愈深，愈能對資源作有效的管理，減少對全球性環境的影響。

\* 綱要三 科學思考及技術的發展有助於我們瞭解及利用地球和宇宙的能力。

1. 直接的觀察、簡單的工具和新式的技術被用以研究地球體系的模式及理論。
2. 歷史性的、敘述性的和實證性的研究都是研究地球及宇宙的重要方法。
3. 科學研究能導致技術進步。
4. 不論多麼精密，技術無法解決我們所有的問題。
5. 技術的使用可帶來利益，但亦有副作用。

\* 綱要四 地球體系及由水、岩石、冰、空氣及生命等次系統交互作用而組成。

1. 次系統經由自然的作用及循環不斷的改變。
2. 太陽是地球體系能源主要的來源。
3. 地球體系的組成份子各有其獨特的性質、構造及成分，但可能因次系統間的交互作用而改變。
4. 板塊構造理論說明「力」及「熱」如何引起地球內部及表面持續的改變。
5. 風化、侵蝕和沈積不斷地再造地球表面。
6. 生命的出現影響其它系統的特性。

\* 綱要五 地球行星形成至今超過四十億年，而它的次系統仍不斷的演化。

1. 地球上自然作用及循環，其週期可由數秒甚至更短至數十億年之久。

2. 組成地球的物質已經循環很久。
3. 化石提供了生命演化，生物與地球交互作用的證據。
4. 演化理論說明了隨著時間之改變，生物如何改變。

\* 綱要六 地球是浩瀚宇宙中太陽系的一個小次系統

1. 宇宙中物質，包含生命體在內，都由相同的一些元素所組成，並遵循相同物理原理。
2. 所有太空中的天體，包括地球在內，都受到太陽及宇宙間力的作用。
3. 包括地球在內的九顆行星不斷以接近圓形的軌道繞著太陽運行。
4. 地球是太陽系中第三顆且體積小的行星，太陽是目前所知唯一具有行星體系的星系。
5. 地球相對於日月的位置及運動決定季節、氣候及潮汐。
6. 地球繞軸自轉造成晝夜變化。

\* 綱要七 從事於地球起源、作用及演化的研究可開發出許多的職業

1. 從事地球方面研究的教師、科學家及技術人員可受聘於企業界、工業界、政府機關公家或私人機構、獨立的承包商。
2. 和地球科學研究有關的職業有野外標本資料的搜集、分析、即從事實驗室的工作。
3. 全球各地的科學家利用口頭、文書或電訊等溝通方式進行合作。
4. 研究地球的科學家與技術人員利用專門的知識探討或預測地球體系的改變。
5. 許多業餘的人對地球行星的作用及題材深感興趣。

## 十、ESE的啓發

地球體系教育為科學課程帶來許多突破的想法，雖然我國中學的科學教育採分科而非自然科學統整的方式進行，但對我國未來的科學教育改革，也提供了相當多的啓示。

### 1. 提供統整科學的可行途徑

長久以來，自然科學間的統整，一直是許多科學家與教育學家共同努力的目標，但科學課程如何落實，也是爭議的焦點所在。地球體系科學(ESS)以人類生存的地球環境、作用和現象為主要架構，來整合其它自然科學，甚至包括其它相關的非自然學科，

充分提供了和人類實際生活問題相仿的情境，由此種統整的課程學得的知識方能活用、印證在生活中。它為統整自然科學開闢了一個可行的道路。

## 2. 注重地球次系統間的交互作用

科學研究的日益精進造成各專門領域各自的深入探討，愈是如此，和其他領域間愈是難以溝通。而地球體系的各種作用與現象却絕非獨立發生，一定和其它次系統產生關連，因此無法以封閉系統來探討。ESE除注重對次系統的瞭解，也強調各次系統之間的交互作用。

## 3. 地球體系為一整體

地球體系科學絕不可以只講求片段的知識，而應將地球看作一整體來研究，這常常是一些科學學科的盲點。

## 4. 對科學價值重新評估

科學的研究是永無止境的，研究出的結果是力量、是權威，但經由人類為某些特定目的而利用的結果，有時却造成人類本身或環境形成莫大的威脅，或必須付出更大的代價來彌補，諸如目前發生在社會上和環境相關的嚴重議題。

地球體系教育讓我們不再自限於一己的觀點，而以環境和人類共同的觀點，以地球整體的觀點，來重新評估科學的價值。讓我們，尤其是領導階層，能以謀求人類及整體環境的長久利益為前提來作決策。

## 5. 以美學的角度欣賞地球

這是科學教育上最能突破以往的一點，藝術家雖然一直由自然界中獲取許多的靈感，但在科學的領域中似乎應秉持理性，而不可涉及感性的體認。地球體系教育打破此一限制，對於我們所關注的地球環境，同時以科學與美學的角度來審視。除重視科學研究的方法外，也不再忽視情意方面的陶冶，以此一角度來欣賞地球環境，能使我們對自然的定律產生敬畏與讚嘆。愈能感受自然環境的美，就愈能親近地球且關心它及保護它。

## 6. 和日常生活相結合

地球體系科學所研究的許多題材是隨手可得的，像運用地質的知識，每一個人都可在自家附近進行地形和地質的研究；不論何時何地，也都可以收集氣象的資料以進行相關研究。所研究的題材就在每個人的生活四周，大自然就是實驗室，而人人都可參與研究。

## 十一、ESE在我國推行的展望

目前我國中等教育仍舊以分科進行自然科學教學，短期內統整並以地球體系教育取代的機會不大，而現在及未來的公民又急需擁有地球體系的素養，故或可於下列數種方式略作彌補：

- (1) 現行小學「自然科學」及國、高中「地球科學」課程的設計應盡量融入地球體系教育的精神，並將旁枝末節的非主要概念剔除。愈早融入ESE精神，學生日後養成正確地球素養的可能性愈高。
- (2) 大學中普遍設有通識教育課程，通識教育大致可區分為自然科學、社會科學與數學三大領域。地球體系教育的架構可安排於自然科學類，成為選修的課程 (Short, 1990)。
- (3) 政府負有教育社會大眾的義務，因此有關單位應透過各種傳播媒體，向民衆提供最新有關地球環境的新知；而各學術性社團亦可以其專業能力積極參與各項ESS大眾知識傳播活動。

## 參考文獻

- Mayer, V.J., & Armstrong, R. E. (1990). What every 17-year old should know about planet earth; The report of a conference of educators and geo-scientists. *Science Education*, 74 (2), 155-165.
- Mayer, V.J. (1991). Earth-systems science. *The Science Teacher*, 1991 (1), 34-39.
- Mayer, V.J. etc. (1992). The role of planet earth in the new science curriculum. *Journal of Geological Education*, 40, 66-73.
- National Commission on Excellence in Education. (NCEE, 1983). *A Nation at Risk: The imperative for educational reform, a report to the nation and the secretary of Education*. Washington, D.C.: United States Department of Education.
- Program for Leadership in Earth Systems Education. (PLESE, 1992a). Framework for earth systems education. *Earth Systems*

*Education : Origins and Opportunities* , 7-9. Columbus : Ohio State University and University of Northern Colorado.

**Program for Leadership in Earth Systems Education. ( PLESE , 1992b ).**

Projects in Earth Systems Education. *Earth Systems Education : Origins and Opportunities* , 23-30. Columbus Ohio State University and University of Northern Colorado.

**Short , N.M. ( 1990 ) . Is science or geoscience best for the average student ?**

*Journal of Geological Education* , 38 , 187-190.

★

## An Introduction to Earth Systems Education in U.S.A.

°Chun-Sun Lee, \*Chia-Hsiang Chow, \*\*I-Bin Wan

°Department of Earth Science, NTNU

\*Taipei Pai-Lin municipal Junior High School

\*\*Taipei Wu-Ku County Junior High School

### ABSTRACT

This article describes the rationale for Earth Systems Education (ESE) , its history and importance , and implications for research and further development that have proceeded from initial implementation efforts which including several projects as follows :

- (1) The Program for Leadership in Earth Systems Education ( PLESE )
- (2) Earth Systems in the Middle School Science Curriculum
- (3) Biological and Earth Systems Science ( BES )
- (4) The Global Change Activity Project
- (5) Global Change Technologies
- (6) Global Change Scenarios for the Great Lakes Regions

★