

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

※※※

※ 全球科學素養與十二年一貫地球科學課程國際研討會 ※
※ International Symposium On Global Science Literacy (ISOGSL)- ※
※ Implications for Pre-College Earth Science Curriculum ※

※※※

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 90-2517-S-003-007-
執行期間：90年9月1日至90年12月31日

計畫主持人：張俊彥



2001 年地球科學聯合學術研討會 2001 Joint Geosciences Assembly (JGA)

- 本成果報告包括以下應繳交之附件：
- 赴國外出差或研習心得報告一份
 - 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
 - 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
 - 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立臺灣師範大學地球科學系

中華民國 91 年 3 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

全球科學素養與十二年一貫地球科學課程國際研討會

International Symposium On Global Science Literacy (ISOGSL)- Implications for Pre-College Earth Science Curriculum

計畫編號：NSC 90-2517-S-003-007-

執行期限：90年9月1日至90年12月31日

主持人：張俊彥 (changcy@cc.ntnu.edu.tw)

執行機構及單位名稱：國立臺灣師範大學地球科學系

摘要

全球科學素養(Global Science Literacy)乃以地球系統教育(Earth Systems Education)的中心概念出發，經過世界十幾個國家學者的共同努力與合作，打破文化與國界的藩籬，所發展出一套適用於全球的科學素養標準。全球科學素養旨在成為世界各國中小學科學課程發展的綱要指引，期望學生藉著欣賞天氣、山川、礦岩之美，進而認識並了解他週遭的大自然與環境，最後並能具備基本的全球科學素養。本研討會以學者演講和互動式工作坊的方式為主，研討會重要的成果如下：1. 幫助國內相關研究學者認識並瞭解全球科學素養的哲學基礎及理念，以及如何進行統整科學課程的實踐。2. 對當前的國民教育階段之九年一貫「自然與生活科技」統整課程，和未來國內可能的十二年一貫之中小學（地球）科學課程的統整及發展，提供新的啟示與可能的解決之道。3. 激勵科學教育相關領域研究人員，相互交換並切磋研究心得，以促進國內相關學術研究水準的提昇。

關鍵詞：地球系統、統整課程、中等學校、教學模式



2001 年地球科學聯合學術研討會
2001 Joint Geosciences Assembly (JGA)

全球科學素養與十二年一貫地球科學課程
國際研討會

International Symposium On Global Science Literacy (ISOGSL)
- Implications for Pre-College Earth Science Curriculum

90 年 9 月 26 日～9 月 29 日

國立台灣師範大學分部 台北世貿國際會議中心

指導單位：行政院國家科學委員會
教育部

主辦單位：國立臺灣師範大學地球科學系

目 錄

2001 年地球科學聯合學術研討會聯合會議程	1
全球科學素養與十二年一貫地球科學課程國際研討會相關資訊	4
會議議程表	6
短篇論文	
地球系統教學模組研究--源起、理念、研發與實踐 <u>張俊彥</u>	7
地球系統教學模組示例-地球資源篇 <u>賴麗琴</u>	12
地球系統教學模組示例-天然災害篇 <u>藍秀茹</u>	13
地球系統教學模組示例-野外考察篇 <u>蔡宛芸</u>	15
地球系統網路教學 <u>許瑛珺</u>	17
思考地球系統 <u>楊芳瑩</u>	21
科學探究能力的評量 <u>李春生</u>	27
地球科學課程與十二年國教 <u>傅學海</u>	30
Implementing Global Science Literacy <u>Victor J. Mayer</u>	33
The integration of the Earth Sciences within the educational system: From theory to practice <u>Nir Orion</u>	43
Teaching and motivating teachers of Earth science and developinga Global Science Literacy perspective: the dynamic rock cycle workshop <u>Christopher King</u>	53
Collaboration: The essence of systemic reform <u>James P. Barufaldi</u>	67

*International Symposium On Global Science Literacy (ISOGSL)
- Implications for Pre-College Earth Science Curriculum*

Sept 26th	Wednesday	NTNU
-----------------------------	------------------	-------------

Session GSL-C1

08:30~09:30 Teaching module development – An Earth system integrated theme

Chang, Chun-Yen

09:30~10:00 Teaching module examples: The Earth resources module

Lai, Li-Chin

10:00~10:30 Coffee Break

10:30~10:50 Teaching module examples: The natural hazards module

Lan, Hsiu-Ru

10:50~11:15 Teaching module examples: The field trip module

Tsai, Wan-Yun

11:15~12:00 Earth system education and internet-aided instruction

Hsu, Ying-Shao

Session GSL-C2

13:30~15:00 The development of thinking skills in Earth system science

Yang, Fang-Ying

15:00~15:30 Coffee Break

15:30~16:15 The current status of pre-college earth science curriculum in Taiwan

Lee, Chun-Sun

16:15~17:00 The development of pre-college earth science curriculum in Taiwan

Fu, Hsieh-Hai

Sept 27th	Thursday	Room 103 (TICC)
-----------------------------	-----------------	------------------------

Session GSL-1

08:30~10:00 Implementing Global Science Literacy

Victor Mayer

10:00~10:30 Coffee Break

10:30~12:00 The integration of the Earth sciences within the educational system: From theory to practice

Nir Orion

Session GSL-2

13:30~15:00 Teaching and motivating teachers of Earth science and developing a Global Science Literacy perspective: the dynamic rock cycle workshop

Chris King

15:00~15:30 Coffee Break

15:30~17:00 Collaboration: the essence of systemic reform

James P. Barufaldi

全球科學素養與十二年一貫地球科學課程國際研討會

International Symposium On Global Science Literacy (ISOGSL) - Implications for Pre-College Earth Science Curriculum

一、**舉辦日期**：自民國 90 年 9 月 26 日(星期三)至 90 年 9 月 29 日(星期六)止。

二、**指導單位**：行政院國家科學委員會 教育部

主辦單位：國立臺灣師範大學地球科學系

三、**會議地點**：

9 月 26 日 國立臺灣師範大學分部科學教育大樓五樓

(台北市汀州路四段 88 號)

9 月 27 日 台北市世貿國際會議中心 103 室(台北市信義路五段 1 號)

9 月 28~29 日 戶外考察教學活動-車籠埔斷層與集集大地震

四、**緣起**：

全球科學素養是有鑒於當前世界各國在科學課程統整上所遭遇到的困境與挫折，應運而生的統整科學課程之哲學基礎與理念。

全球科學素養旨在成為世界各國中小學科學課程發展的綱要指引，期望學生藉著欣賞天氣、山川、礦岩之美，進而認識並了解他週遭的大自然與環境，最後並能具備基本的全球科學素養。

五、**主旨**：

藉由介紹與探討全球科學素養的意涵及其在中小學科學課程之統整及發展的意義，對國內相關科學教育研究與實務工作有新的啟示。

六、**目的**：

1. 認識世界各國在有關全球科學素養 (Global Science Literacy, GSL) 為本的科學課程之哲學基礎、設計理念及實踐方式的研究近況與成果。
2. 深入探討全球科學素養的意涵及其對未來國內可能實行之十二年一貫的中小學 (地球) 科學課程統整及發展上，具有的意義、啟示、與可能的影響。
3. 在研究方面，提供科學教育相關領域研究人員，相互交換並切磋研究心得的機會，以促進國內相關學術研究水準的提昇。
4. 在實務方面，為中小學 (地球) 科學教師開啟通往「統整科學教學」的一扇窗。此外，並可為當前九年一貫科學統整課程所遭遇的困境及挫折提供可能的解決之道。

七、**國外學者簡介**

1. Dr. Victor J. Mayer (Professor Emeritus of The Ohio State University, USA)
Dr. Mayer 為提倡地球系統教育與全球科學素養的國際知名學者，亦為地球系統教育與全球科學素養的催生者與原創者。研究興趣涵蓋統整科學課程的發展與

評鑑、國際科學教育、科學概念學習等方面，有多篇著作發表在國際知名期刊中。

2. Dr. Nir Orion (Associate Professor of Weizmann Institute of Science, Israel)
Dr. Orion 為地球系統教育與全球科學素養的積極推動學者，尤其是在全球科學素養下之戶外地質考察教學活動的設計上有相當深入的研究。研究興趣涵蓋戶外教學活動、科學戶外學習環境等方面。論文曾發表於著名國際科學教育期刊中，如 *Journal of Research in Science Teaching*, *Science Education*, *International Journal of Science Education*。
3. Dr. Christopher King (Science Education Lecturer: Earth sciences. Department of Education of Keele University, United Kingdom)
Dr. King 為在英國地球系統教育與全球科學素養的積極推動學者，現任國際地球科學教育組織(International Geoscience Education Organization, IGEO)的主席，研究興趣包括地球科學課程設計與全球科學素養等方面。
4. Dr. James P. Barufaldi (Professor and Director of Science Education Center, The University of Texas at Austin, USA)
Dr. Barufaldi 曾任全美科學教學研究學會(National Association for Research in Science Teaching, NARST)，美國科學教師教育學會(Association for Education of Teachers in Science, AETS)等學會的主席(President)。著作等身包含近百篇的期刊論文、專書以及專書章節等。研究興趣涵蓋科學教師專業訓練及科學課程設計等方面；對於如何進行大學與中小學之合作有相當深入的研究。

八、參與人員：

1. 四位受邀之國際學者
2. 大專院校教師及研究機構之研究人員
3. 研究生和大學部學生
4. 中小學（地球）科學教師（核發研習時數）。

九、報名截止日期：90年9月19日

十、報名方式：(請擇一方式報名)

1. 傳真報名：傳真號碼(02)2933-3315
2. 線上報名：網址 <http://www.geos.ntnu.edu.tw/ISOGSL/register.htm>

聯絡人：

國立臺灣師範大學地球科學系

電話：(02)2934-7120 或(02)2934-3176

張俊彥教授 分機 28

研究助理徐靜文小姐 分機 69

全球科學素養與十二年一貫地球科學課程國際研討會(ISOGLS)
議程表

日期 時間	9/26 (星期三)	9/27 (星期四)	9/28 (星期五) 9/29 (星期六)
8:00- 8:30	報到	報到	
8:30-10:00	張俊彥 博士 及研究團隊(賴麗琴) 地球系統教學模組研究— 源起、理念、研發與實踐 地球資源篇	Dr. Mayer Implementing Global Science Literacy	
10:00-10:30	茶敘	茶敘	
10:30-11:15	張俊彥 博士 及研究團隊(藍秀茹、蔡宛芸) 地球系統教學模組研究— 源起、理念、研發與實踐 天然災害篇與戶外教學篇	Dr. Orion The integration of the Earth Sciences within the educational system: From theory to practice	所有與會人員 Dr. Mayer Dr. Orion Dr. King Dr. Barufaldi
11:15-12:00	許瑛珺 博士 地球系統網路教學		
12:00-13:30	午餐	午餐	
13:30-15:00	楊芳瑩 博士 及研究團隊(葉婉儀) 思考地球系統	Dr. King Teaching and motivating teachers of Earth science and developing a Global Science Literacy perspective: the dynamic rock cycle workshop	全球科學素養之戶 外地質考察教學活 動示範與實例介紹 車籠埔斷層與集集 大地震
15:00-15:30	茶敘	茶敘	
15:30-17:00	李春生博士 傅學海博士 十二年一貫地球科學課程	Dr. Barufaldi Collaboration: The essence of systemic reform	
17:00~	賦歸	賦歸	賦歸

註：9月26日 國立臺灣師範大學分部科教大樓五樓(台北市汀州路四段88號)

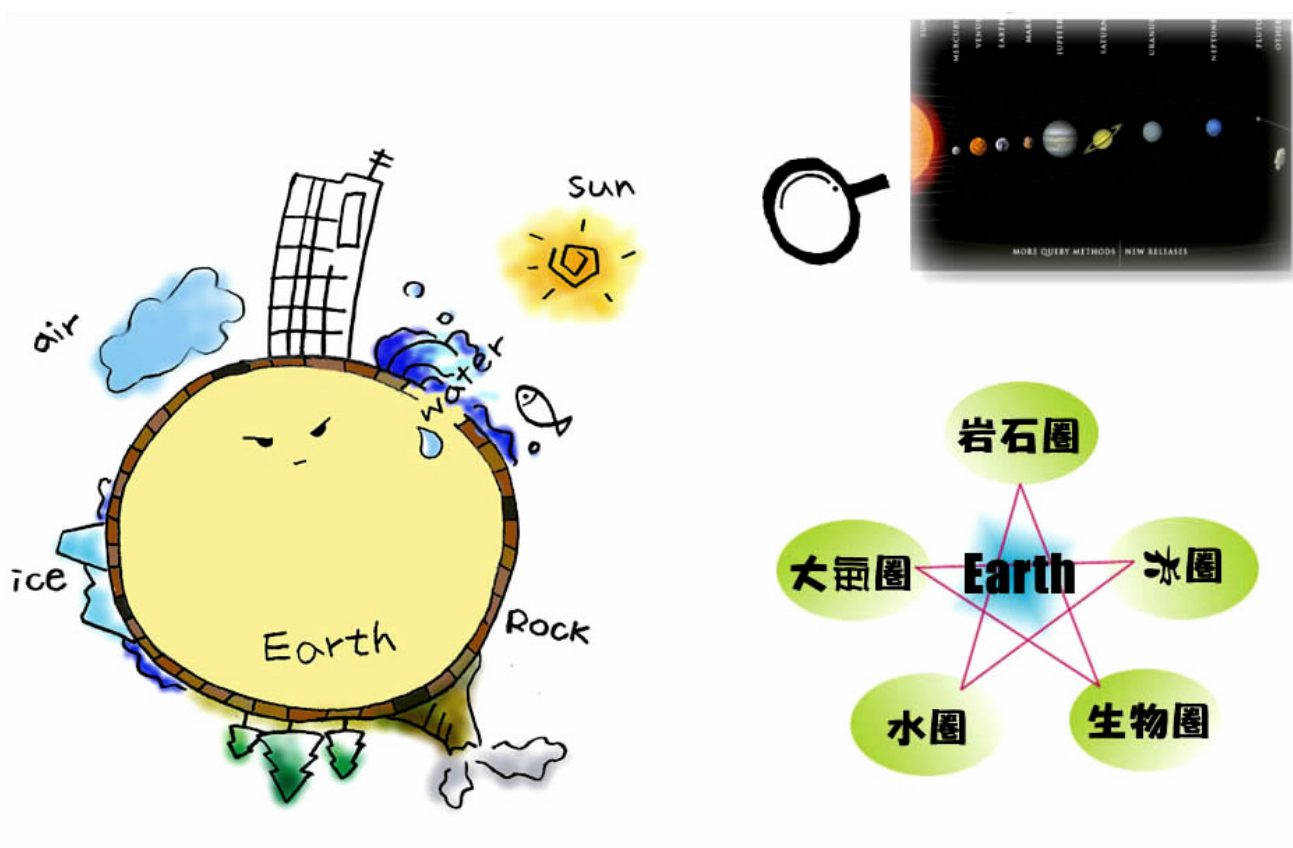
9月27日 台北世貿國際會議中心103室(台北市信義路五段1號)

★ 9月27日本會安排有口譯人員進行現場翻譯

地球系統為整合主軸之多元化教學模組研究

**A Study on Teaching Module Development –
An Earth-System Integrated Theme (TMD - ESIT)**

國科會計畫編號：NSC 89-2511-S-003-144-



地球系統教學模組研究--源起、理念、研發與實踐

張俊彥

國立臺灣師範大學 地球科學系

在現今知識爆炸的時代，科學及科技的更新與進步之快，遠超過我們所能想像。為了迎接二十一世紀的挑戰，世界各國不但致力於科學與新科技的研究，更著重於如何改善基礎的科學教育，使我們的下一代都能成為具備「完整科學素養」的新新人類。培養並提昇學生的科學素養已成為當前國內外科學教育的一個最重要的目標及共識 (American Association for the Advancement of Science, [AAAS], 1993; 教育部, 1999)，然而要如何才能培養並提昇學生的科學素養？科學的課程、教學及評量要如何設計、發展及改進，才能達成上述這個目標？這些都是當前科學教師及科學教育研究者試著回答的問題與努力的方向。

學校的科學教育要能夠達到最大的功效，科學的教學須作細心的規劃、適合的教學方法須妥善選擇與運用來幫助學生學習、教材和內容的編排要能加強概念的學習並與教學緊密配合、而教學評量工具亦需能追蹤學生的學習成果；因此科學的教學與教材一直是科學教育中最重要的一環。基於此，本研究試著研發出一套統整教材內容與教學策略的「地球系統為整合主軸之多元化教學模組」【Teaching Module Development - An Earth-System Integrated Theme (TMD - ESIT)】，並期能以此套教學模組發揮出學校科學教育的最大功效，進而達成提昇國民科學素養的最終目的。

理論基礎

(一) 科學課程或教材的統整：

統整式的科學課程或教材已儼然成為科學教育本世紀的「網路概念股」，其背後一個最簡單的理由是：人類的學習或其所學之應用皆屬統整式的思考，而非片段與零碎知識的運用，因此學生在國民教育階段的學科領域教材亦應以統整的方式來編排與教學。基於此，我國國民教育階段九年一貫課程總綱綱要中(教育部, 1998)特別強調：「學習領域為學生學習之主要內容，而非學科名稱，學習領域之實施亦應以統整、合科教學為原則」(p. 6)。英國的一群科學家與科學教育的精英學者，也針對未來二十一世紀英國的科學教育提出了十點重要建議(Millar & Osborne, 1998)，其中一點便是強調科學課程除了應讓學生了解科學的關鍵想法外，統整科學課程亦有其必要性，其原文摘要內容如下：

The science curriculum should provide young people with an understanding of some key ideas-about-science……5.3 INTEGRATING VARIOUS ASPECTS OF THE CURRICULUM : It is essential that the different elements of the science curriculum discussed in section 5.2 are integrated into a coherent programme. (p. 2020)

美國國家研究委員會 (National Research Council, NRC) 在 1995 年十二月公佈的國家科學教育標準中 (National Science Education Standards, NSES) 認為當代科學課程內容標準的重心，已從研習各傳統科學學科 (如物質科學、生命科學、地球科學) 轉移到整合各個學科內容，其原文摘要內容如下：

LESS EMPHASIS ON: Studying subject matter disciplines (physical, life, earth sciences) for their own sake
MORE EMPHASIS ON: Integrating all aspects of science content(NRC, 1995, p. 113)

由上述可知，國內外一些先進國家都重視科學課程內容的統整及其必要性。

(二) 地球系統概念為統整主題：

地球科學課程在古今中外學校科學課程中向來處於較弱勢的地位。但近幾十年由於全球環境的變遷，很多人漸漸發現原來我們對所居住的這個地球的認識仍然相當有限；再加上當前傳統科學課程的不足，美國國家科學教育標準中（NSES），明白揭示了八項內容標準（Content Standards）以作為學生在科學領域中應學的知識與技能的大方針，其中共包括：結合科學的概念及方法、探究式的科學、物質科學、生命科學、地球及太空科學、科學與科技、個人及社會觀的科學、以及科學的歷史和本質等八項內容標準(p. 104)。這是美國地球科學教育一個非常重要的轉捩點，因為它將地球與太空科學從物質科學中特別獨立出來，突顯了地球及太空科學在科學課程中的重要性。相較於全世界如今重視的地球體系、以及對環境保護、和珍惜地球資源的呼籲；這個標準也同樣呈現出全球的新趨勢。地球科學本身即是統整的科學，它包括地質、天文、氣象、海洋等與學生日常生活密切相連的學科內容，而學生學習這些學科知識的基礎都奠基於對物理、化學、生物等基本科學學科的了解。

美國科學教師協會(National Science Teachers Association, NSTA)執行長兼主導美國 SS&C Project (Scope, Sequence, and Coordination of Secondary School Sciences)的 Bill Aldridge (1993) 便曾寫道：

Chemistry and physics are fundamental to an understanding of the life science. And chemistry, physics, and the life science are fundamental to an understanding of the Earth and space sciences (p. 27)。

而美國科學促進協會(American Association for the Advancement of Science, [AAAS], 1993)在其 Project 2061 計劃之 Benchmarks for Science Literacy 一書中也述及類似的想法如下：

An integrated picture of the earth has to develop over many years, with some concepts being revisited over and over again in new contexts and greater detail. Some aspects can be learned in science, others in geography; some parts can be purely descriptive; others must draw on physical principles. (p. 66)

基於地球科學本身便具有統整科學的特性，Mayer (1991, 1995)提出以地球系統(Earth System)來統整中等學校科學課程的想法。他認為既然科學與人類社會、地球環境息息相關，科學課程應可架構在地球系統與次系統的主題上作一統整，提出之後雖引起國內外科學教育界許多的回響(如 National Center for Earth Science Education, [NCESE], 1991; 李春生，1997)。

(三) 多元整合式教學策略的運用：

長久以來，學校之科學教育一直很重視能夠增進學生的學習成就、引導學生的概念發展、培養他們在科學上的正面態度、更重要的是能夠提昇學生高層次的思考能力。許多不同的教學策略也應運而生。不論是「講述互動式」、「探究式」、「問題解決式」、「發現式」、「合作學習式」、或「電腦輔助式」的教/學方法，都是朝此方向前進。我們研究小組近年來在地球科學實徵教學的研究結果發現：1. 應用「探究式」的教學策略，在增進學生的地球科學學習成就(achievement)和他們對地球科學的態度上 (attitudes toward earth science) 皆有顯著的成效 (Mao, Chang & Barufaldi, 1998; Mao & Chang, 1998); 2. 運用「問題解決式」的教學策略，可以有效地增進學生的地球科學學習成就，並幫助修正他們在地球科學上的迷思概念或另有架構 (alternative framework) (Chang &

Barufaldi, 1999)；3. 利用「合作學習」的教/學策略，可顯著地增進學生的地球科學學習成就 (Chang & Mao, 1999a)；4. 地球科學的電腦輔助教材，可顯著地增進學生學習地球科學的成效 (Chang, 2001)；5. 學生對於建構式教學方法的態度多持較正面的看法 (Chang, Hua, & Barufaldi, 1999)；以及 6. 統整「探究」與「合作學習」的「探究小組式」的教學策略，可顯著地增進學生的地球科學學習成就以及他們對地球科學的態度 (Chang & Mao, 1999b)。本研究小組在上述的研究中多採單一或統整兩種教學策略的教學模式，且整體教學實施所花的時間均在六個禮拜以內，雖然獲得許多正面的成效與鼓勵，但仍覺有不足之處。尤其是最近的研究發現，學生對於單一且實施期間過長的教學方法可能會產生厭倦之情。再者，平時正常學校的教學便須進行整個學期共十八週的時間，若能研發出一套能夠密切配合學校之教學進度且為期較長的教學模組教材，不但能將研究成果實地運用於真實學校教學情境中，其整體成效的評估也更具說服力。Mille & Davison (1998)也指出主題式或整合式的數學或科學課程教材，若未伴隨著教學上之結構性的改變，對學習者並無太大的益處。因此本研究小組期望能研發出一套以地球系統為統整主軸且整合多個教學策略的教學模組教材，如同美國國家科學教育標準中所述：

Teachers of science integrate a sound model of teaching and learning, a practical structure for the sequence of activities, and the content to be learned. (NRC, 1995, p. 31)

Skilled teachers of science have special understandings and abilities that integrate their knowledge of science content, curriculum, learning, teaching, and students. (NRC, 1995, p. 62)

到目前為止，本研究根據「引起動機、探究調查、分析解釋、應用評估(Engage, Explore, Analysis/Explain, Apply/Evaluate, **EEAA**)」等四階段的「學習環模型」(A learning cycle model)，且針對下列三個地球系統主題(Theme)「地球資源、天然災害與防治、地球之動態與平衡系統」，分別發展出「地球系統-地球資源篇」(6 節課)、「地球系統-天然災害篇」(6 節課)、以及「地球系統-野外考察篇」(一天野外考察加上 6 節室內課)等共 20 節課可貫穿一整個學期的統整課程與多元化教學模組。

其中「地球系統-地球資源篇」(6 節課)已經過國內北、中、東三所高中分別進行試驗性教學以及正式教學研究共六次的實驗教學研究。整體而言，教師與學生對「地球系統-地球資源篇」的課程均表示滿意；從學生主動的正向回饋與表現可以發現學生多有如下的反應：「覺得上課方式活潑有趣，能引起學習興趣」、「學習到很多東西或日常生活的知識與常識」、「透過公聽會，我學習到以不同的角度去看待環境污染的問題」，以及「體認經濟發展與環境保護之兩難」等等，這些均呼應了本研究「地球系統-地球資源篇」之設計理念與期望。此外，任課教師們亦表示十分滿意學生的學習表現，而學生對於教師們在「地球系統-地球資源篇」之教學情形也都抱持肯定的態度，教師們亦認為此多元教學模組值得在中學階段推行。相關研究結果正在整理中(張俊彥和賴麗琴，投稿中)。

而「地球系統-天然災害篇」(6 節課)亦已在國內北、東兩所學校完成試驗性教學研究，在進行完初步資料分析與教學模組的修正後，亦於七月間在中部的一所高中進行第三次的試驗性教學研究，本學期開學後亦將在此三所學校同時進行正式教學研究。至於「地球系統-野外考察篇」(一天野外考察加上 6 節室內課)，乃以野外考察為主軸的教學活動，亦已於 6 月初在兩所學校同時完成第一次的試驗性教學研究。

參考文獻

- 李春生 (1997)：怎樣教好國民中學地球科學新課程。國立編譯館通訊, 35, 5-16。
- 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。
- 張俊彥和賴麗琴(投稿中)：「地球系統-地球資源篇」科學統整課程之研發與實踐。科學教育學刊。
- American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Chang, C. Y. (2001). A problem-solving based computer-assisted tutorial for the earth sciences. *Journal of Computer Assisted Learning*, 17.
- Chang, C. Y., & Barufaldi, J. P. (1999). The use of a problem-solving-based instructional model in initiating change in students' achievement and alternative frameworks. *International Journal of Science Education*, 21, 373-388.
- Chang, C. Y., Hua, H. P., & Barufaldi, J. P. (1999). Earth science student attitudes toward a constructivist teaching approach in Taiwan. *Journal of Geoscience Education*, 47, 331-335.
- Chang, C. Y., & Mao, S. L. (1999a). The effects on students' cognitive achievement when using the cooperative learning method in earth science classrooms. *School Science and Mathematics*, 99, 374-379.
- Chang, C. Y., & Mao, S. L. (1999b). Comparison of Taiwan science students' outcomes with inquiry-group versus traditional instruction. *The Journal of Educational Research*, 92, 340-346.
- Mao, S. L., & Chang, C. Y. (1998). Impacts of an inquiry teaching method on earth science students' learning outcomes and attitudes at the secondary school level. *Proceedings of the National Science Council Part D*, 8, 93-101.
- Mao, S. L., Chang, C. Y., & Barufaldi, J. P. (1998). Inquiry teaching and its effects on secondary school students' learning of earth science concepts. *Journal of Geoscience Education*, 46, 363-367.
- Mayer, V. J. (1991). Earth-system science. *Science Teacher*, 58, 34-39.
- Mayer, V. J. (1995). Using the earth system for integrating science curriculum. *Science Education*, 79, 375-391.
- Millar R. & Osborne, J. (Editors, 1998). *Beyond 200: Science education for the future. The report with ten recommendations*. London: King's College London.
- National Center for Earth Science Education (1991). *Earth science education for the 21st century : A planning guide*. Alexandria, VA: American Geological Institute.
- National Research Council (1995). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.

地球系統教學模組示例-地球資源篇

賴麗琴

台北市立大同中學

本研究之目的在研發以「地球系統」(Earth system)概念為統整主軸之「地球資源」主題的教學模組(Earth System - Earth Resources Instructional Module, ESERIM)，並透過實驗教學研究評估此教學模組對高二學生之影響，同時也深入瞭解教師對於 ESERIM 的意見與觀感。

ESERIM 的設計是以「地球系統」概念為統整主軸，參考引起動機、調查研究、分析解釋和應用評估等四階段的「學習環模型」(A learning cycle model)作為統整各個教學策略的主要設計架構(張俊彥, 2001)。研究工具包括「ESER 常識問卷」、「環境態度量表」與「ESER 課程回饋表」(包括課程分與環境分兩向度)，分別於 ESERIM 教學前後與教學後八週進行施測。研究設計採用實驗研究法之單一組前後測設計，並以台灣東部某國立男女合校之高中二年級第一類組選修地球科學之學生($n = 119$)為研究對象。研究結果顯示：(1) ESERIM 有助於增進學生在地球資源方面的相關知識；(2) 從「ESER 常識問卷」前、後測與延宕測驗來看，學生在認知方面的學習表現，似乎因其性別、家長教育程度和最喜歡的學科而有不同的趨勢；(3) 在實驗教學後，學生環境態度之表現有降低的趨勢，且學生所抱持的環境態度，可能因性別而有不同；(4) 經過 ESERIM 教學後，似乎有提升學生在認知表現與環境態度間關聯程度的趨勢；(5) 學生之環境態度與其在 ESER 課程回饋反應之間呈中度之正相關；(6) 學生之環境分和環境態度後測成績對於其課程分表現的影響，具有中度的解釋力；(7) 學生主動的正向回饋與表現，例如「覺得上課方式活潑有趣，能引起學習興趣」、「學習到很多東西或日常生活的知識與常識」、「透過公聽會，我學習到以不同的角度去看待環境污染的問題」，以及「體認經濟發展與環境保護之兩難」等等，均呼應了 ESERIM 之設計理念與期望；(8) 少數學生認為加油站訪查題目重複、公聽會資料不足與考試等因素可能會造成其學習上的困擾。

另外，透過半結構式晤談的方式得知，三位分別來自台灣北部、中部以及東部之公立高中地球科學教師對此多元化教學模組均抱持肯定與支持的態度，並表示此科學統整課程相當值得在中學階段推行實施。教師們亦認為透過以「地球系統」為主軸之統整教學，學生可以學習到尊重不同的意見與看法，多面向的角度去思考問題，並能發揮團隊合作的精神嘗試以理性的方式解決問題，甚而也改變了學生對於求取知識的方式與態度等等，但在統整課程之教學目標與活動時間的掌控上則是教師們感到較困擾之處。

據此，本研究以「地球系統」為統整主軸所設計之教學模組不僅可提供作為高中階段統整式科學課程設計與教學之有效參考，亦能為活化教學與統整學習提供一個創新的實行管道。

地球系統教學模組示例-天然災害篇

藍秀茹

國立羅東高中

一、設計理念

以地球系統為主軸之多元統整教學模組，其目的在提供學生一個良好的知識建構之學習情境，而不只是在科學課堂上教一些彼此既不連貫而且缺乏整合的基本學科知識。此外，目前學校許多的學科知識常常與生活脫節，學生並不知如何將其在課堂上所學的知識靈活的運用在真實的生活情境中。故此天然災害篇的教學模組一共設計了三個關於天然災害的學習活動，其中兼顧知識的廣度與深度，期能適合不同能力的學習者。

在教室情境中，教師雖然扮演著極其重要的角色，但在知識建構的過程中，學生仍必須擔負起最終的學習責任。所以此教學模組希望設計一個主動學習的環境，期盼學生在這樣的環境中自我建構自己的知識系統，成為學習的主宰者。就主題式統整教學而言，其知識建構的核心源自所選擇的主題，順之而下，再規劃涉及該主題的知識內容及學習方法，相當符合開放教育的精神。

在內容方面，地球系統「天然災害篇」教學模組((Earth System – Natural Hazards Instructional Module, 簡稱 ESNHIM))選擇與學生日常生活十分相關的天然災害為主題來設計課程，其理由在於地球是個變動的星體，其長時間或極短時間的變動密切關係著在其上居住人類之生命財產安全，而人類不適當的開發行為卻會對整個地球體系的平衡造成影響。在我們的日常生活中應該多少都會遇上一些天然災害，民國 88 年的 921 地震就是個很好的例子，所以，以天然災害為主題的課程，應能引起學生學習的興趣和動機。

二、學生活動內容介紹

(一) 念念不忘的經驗

此活動的設計是希望學生能自我規劃訪查活動和實際執行一項訪查活動，並能在這些訪查的經驗中自我察覺學得了那些知識或體會出情意部分的增長。

(二) 地球真奇妙

此活動是藉由小組合作的遊戲競賽方式來增進學生在天然災害方面的知識，遊戲题目的設計主要是培養學生資料分析、歸納的能力，亦或可說是增強學生的科學過程技能。在此教學活動中是以老師為主持人，二位學生為助理小組，只要教師在扮演主持人這個角色時能較幽默、較活潑，且經常以幽默的言語表現，現場的氣氛應該會比較熱絡，活動亦可順利進行，學生應也可在寓教於樂的情境下學習。

(三) 超級任務--特搜小組

此活動是希望透過小組合作完成任務的方式，提供學生小組合作的機會，並希望學生能針對一個主題深入地探討，自由地選擇呈現的方式，充分地給予學生創意思考的空間，在小組報告後由學生自己投票選出表現最好的小組。並請學生在課堂上報告後，整理一份小組的任務報告書。

三、實行結果

本研究設計採用問卷調查法 (survey research)，主要想瞭解研究對象在接受為期三週 (共六節課) 之地球系統天然災害篇教學後，對於此統整合課程教材與多元化教學模組的看法和意見。研究工具包括有「ESNH 成就測驗」、「ESNH 課程回饋表」，分別於為期三週的教學前後、教學後施測，其中「ESNH 課程回饋表」的 40 個敘述題採用李克特五分量表 (Likert-type) 形式設計，以便在學生對於 ESNHIM 的看法與感受上能予以量化並進行分析。研究設計採用實驗研究法之單一組前後測設計，並以台灣東部某國立男女合校之高中二年級第一類組選修地球科學之學生 ($n = 147$) 為研究對象。

研究結果顯示：(1) ESNHIM 有助於增進學生在天然害方面的相關知識；(2) 從「ESNH 成就測驗」前、後測來看，學生在認知方面的學習表現，似乎因其性別、家長教育程度和最喜歡的學科而有不同的趨勢；(3) 學生在課程回饋的平均總分表現可達 148.61 分，相當於接近「滿意」；(4) 從「ESNH 課程回饋表」的總分來看，學生對課程的滿意程度，似乎因其性別、家長教育程度和最喜歡的學科而有些許不同；(5) 學生主動的正向回饋與表現，例如「課程內容很有趣，跟同學討論能知道不同於自己的想法，比以往的課程更能吸收知識」、「這樣的上課方式，比較較有參與感、比較能集中精神，這樣子也可以讓我們有思考空間」、「透過此類型的活動，才能激發出老師與學生上課時的互動」，以及「人類的開發與自然是有一定的衝突，就看我們自己如何的去處理…」等等，均呼應了 ESNHIM 之設計理念與期望；(6) 少數學生認為教室秩序比較零亂、同學上台報告有時會冷場、課餘很難有時間找資料、找到的資料的正確性與不知如何準備考試等因素都可能造成學生在學習上的困擾。

ESNHIM 所需的事前準備較多，這次的教學模組就嘗試將動畫、影片、圖片及說明文字結合起來製成完整的 PowerPoint 檔案，如此在上課時只要利用筆記型電腦及單槍投影機即可，不必牽涉到多種媒體的轉換。學生其實很容易被這樣新的教學媒體與方式所吸引。也有學生反應說：「不錯呀！它把很多很抽象的東西變得很具體」，然後尤其是學生看到土石流的影片、水災的影片，學生的感受相當震撼，原來這些天然災害是這樣的狀況。

當然，在這樣的課程中，不可避免地會發生上課秩序較差，活動時可能出現的混亂場面，及學生因準備不週造成的冷場，上課時間的掌握…等等，在在都考驗著老師的教學智慧。但在種種的教學考驗下，當我們施行這樣的課程，可以多提供給學生思考、討論、判斷、口語表達…的機會，也許可以藉這樣的課程喚回老師教學的新動力。那麼如 ESNHIM 的課程，會不會是老師教學的另一項新選擇呢？

地球系統教學模組示例-野外考察篇

蔡宛芸

國立台灣師範大學地球科學所研究生

一、設計理念

在研究者本身擔任教職教授地球科學期間，一些地質、氣象、天文等現象的教學往往只能透過圖片來解釋，當學生面對這些圖片時往往會問：「老師，我在野外真的看得到嗎？」然而，在現今我國的教學課程中，卻鮮少有安排教師帶著學生走出戶外的課程，對學生而言，課堂上的學習似乎與他的實際生活是沒有相關的。

地球科學的範疇以整個地球為主題，包括研究地球的形態、組成物質、構造、演化過程、歷史及地球以外整個宇宙概況的科學，地球科學的內容和人類的生活實在有密切的關係。因此學習地球科學時，教科書並非唯一的教材，而教師該利用自然界廣大的教學資源，當作活的教材，且這樣有統整特質的科學，在學生學習時更需注意其課程設計的統整性，才能讓學生實際獲得整個地球科學的概念，因此在教學上有必要帶領著學生投入大自然裡學習（陳培源，1987）。然而在地球科學的課程設計中，其中戶外教學的課程設計是最被忽視的，因為往往在實行時會受限於學校的行政配合度、教師的教學負擔、教師的野外教學經驗、學生安全問題等因素，造成不易推動及落實（Disinger, 1984）。但對於地球科學的學習而言，只有在真正的走出教室，利用戶外的實地考察活動，才能提供學生認識周遭環境的機會，讓學生在戶外親身體驗，進行親自動手做和探究式的學習，才能真正落實地球科學的統整特質，也才能真正達成地球科學統整概念的建立（Landis, 1996）。

二、課程內容

本課程選擇由台灣北部大屯火山群的「小油坑」為考察主要地點，以這次的考察活動來引起學習動機，考察活動前安排4節室內課程，主要設計由學生自主規劃各種研究方法調查研究「小油坑」的各項自然環境條件。其中又以小油坑的植物生存條件各項因素為主軸，分別包含了土壤、礦岩、氣象、生態四個不同向度的任務，各向度的任務經由學生小組討論規劃所需調查的項目，各組即在一天的野外考察活動中執行各調查任務。

在執行野外調查研究任務時，學生不但能親自動手去接觸、感覺人與自然環境的關係，並可以藉由現場直接發生的現象進行分析解釋，同時在進行調查任務後，安排登山（七星山）活動，讓學生實地在大自然界中感受自然的環境。

在考察活動後，安排2節室內課程的教學活動統整各組考察結果及實際學習應用考察所得資料，並對於小油坑的整個環境進行評估而完成四階段的學習環。

三、初步研究結果

本研究的研究工具包括「地球科學統整課程－野外考察篇課程回饋表」、「學生考察報告書」及晤談工具，分別於課程模組教學前後進行施測。研究設計採用實驗研究法之

單一組前後測設計，參與本研究的對象為台灣北部某台北市立高級中學及台灣東部某國立男女合校之高中二年級第一類組選修地球科學之學生，共有 83 人。

初步結果顯示，對於在考察活動前的準備課程，學生均能感受到此次活動需自己設計規劃，但是對於這種有別於以往的自由學習方式，有 34 位學生（41%）覺得可以接受，而覺得這種學習方式很困難或很容易的學生各佔其餘學生的一半。從研究者晤談的學生中發現，有學生認為這種方式可以發揮自己的想像力，享受到自主學習的樂趣，也有學生表示，這種方式沒有以往制式的步驟可循，且本身未曾有過考察經驗，對於戶外環境各種變因的掌握，因而感到其不確定性而覺得困難，不過當研究者詢問學生對於自主或制式的實驗設計方式再做選擇時，學生皆表達喜歡自主性的學習方式，因為這是真正自己想要瞭解的知識，但同時亦希望教師能給予更多的引導資訊。

再者，學生對於考察當天的活動迴響最大，在研究者晤談的學生中，幾乎全數肯定在考察活動中能真實體驗的學習情境，不但由學生自己設計調查項目步驟，更能在親自驗證中體會到探索的樂趣，而這種親身的體驗也讓學生的印象更加深刻。至於在課程中所設計的登山活動，學生認為在登山期間裡，更能體會到生物的生存韌性、氣象的瞬息萬變、蝴蝶的展翅飛舞等大自然美妙，進而感受到自然資源的可貴，而深刻的體認到人與環境的相依相存。另外，在整個戶外的活動中，學生亦能感受到同儕間的分工合作及分享體驗所得的樂趣，對同學彼此間的感情亦有所增進。

對於整個課程最後的統整部分，學生皆表示在經歷過考察活動後，對於教師與同學的講解報告更有認同感受與體會，同時在與教師及同學間的心得分享上，亦能獲得很大的迴響。但是亦有學生表示，因為對於在戶外的環境條件難以掌控，造成調查計畫與事前規劃有所出入，但調查計畫不管成敗與否，研究調查的過程都讓學生能真實感受到學習的樂趣所在。

在研究者晤談的學生中亦發現，許多學生表示，以前曾參與的戶外教學活動多是走馬看花或填寫學習心得報告，對於曾經到過的地點印象並不深刻，同時也未曾瞭解該處有何特色資源。對於此次的考察地點—小油坑，學生過去皆曾因學校安排戶外教學活動而親臨過，但學生表達此次的考察卻與以往有截然不同的感受。不但是親身體驗小油坑的環境，更能享受到自然資源的美妙，並多數表達要將此經驗分享給親朋好友的意願，希望能有更多人仔細欣賞這片土地，更希望在往後的課程中能再有類似的安排，能夠更加認識自己生活的環境。

綜合本研究學生及教師的回饋，均正向肯定「地球科學的統整課程—野外考察篇」在中等學校課程中的意義。在現今我國國民教育階段九年一貫的「課程統整」目標中，走出教室室內的教學範圍是未來實行此統整式課程中所不可或缺的。但回溯以往的教學方式中，走出教室的「戶外教學」方式往往是最被忽視的，亦或者最後流於為參觀玩樂性質。因此，本研究嘗試研發一適合我國中等學校的地球科學統整課程—野外考察篇課程模組，期許透過課程統整的設計方式，活化學生的知識，跳脫學習領域的框架，增進學生與生活環境之間的互動與聯繫，讓學生在認識瞭解自然環境的過程中，進而啟發一種欣賞自然、珍惜自然環境的心情。

地球系統網路教學

許瑛珺

國立台灣師範大學 地球科學系

自從 1990 年以來，網際網路的蓬勃發展（Internet）並造成熱潮，據估計全世界使用網際網路的人數超過六千萬人，台灣約有兩百萬上網，而且上網人數每天急速地增加。網際網路的魅力何在？網際網路幾乎整合所有媒體的特性，而且具有無遠弗屆（超越時空）、省時等優點。網際網路可將多元資訊（文字、圖像、動畫、聲音、影片等）以超連結的形式呈現於虛擬環境中，即時性和多樣化的資訊豐富網際網路的世界。加上便利使用者間互動與通信的特點，使用者可以於任何時間上網瀏覽世界各處的網站，也可與世界各地的人做線上交談。

網路科技為新興的電腦科技，融合傳統電腦軟體設計的諸多優點，亦開創更多教學應用的可能性。網路科技可支援的多樣化學習環境，由自我導向電腦輔助學習，一對一互動式學習、小組討論、到透過電腦模擬所進行的情境學習（Situational Learning）(Mason, 1995)。學生可透過網路科技來搜尋各式各樣的資訊，以拓展其對某一主題的廣泛理解。網路科技亦提供多樣化的社會性互動管道，如討論區與即時對談等功能，使學生有機會與教師和同儕進行討論，此過程有助於學生深入瞭解科學概念（Brooks & Brooks, 1993）。社會性的互動過程中，可幫助學生瞭解及評析他人見解，以建構出自己的認知系統，即網路科技可支援建構論學者倡議的：經社會互動的過程所產生的多重感知（Multiple perspectives），有助於個體建構知識（Fosnot, 1993; Osborne, 1996; Steffe & Gale, 1995）。

網路科技在教育上的應用

- 網路科技是支援教學資源分享的便利管道：科技蓬勃發展使得教師可整合新科技至教學中，以幫助學生有效率的學習，但由於教師可應用的時間有限，難以設計出許多科技整合的教材（Anderson & Kraus, 1996）。透過網路科技集合及整理分類教學資源供教師使用，使教學資源的分享更便捷。此外，集合學科

專家、教學設計專家和有經驗教師共同發展科技整合的教材，可以透過網路科技提供立即性教學資源分享，有助於教師提昇教學品質。

- 網路科技支援社會互動 (Social Interaction) 的學習環境：如同 Riel and Harasim (1994, p.91) 指出 ”Computer communication technology is giving rise to a range of new educational contexts. They have in common the use of computers linked into networks to create new forms of access to social interaction and sources of information. “。網路科技提供多樣化的社會性互動管道，如討論區與即時對談等功能。使學生有機會與教師和同學進行互動式的討論並有意義地呈現某一概念，此過程將有助於其深入瞭解該概念 (Brooks & Brooks, 1993)。社會性的互動過程中，可幫助學生瞭解及評析他人見解，以建構出自己的認知系統。
- 網路科技支援多樣化的學習形態：網路科技可支援的學習環境，由自我導向電腦輔助學習，到一對一互動式學習、小組討論與透過電腦模擬所進行的情境學習 (Situational Learning) (Mason, 1995)。網際網路可以提供多媒體軟體來模擬科學實驗或真實情境，在學生完成學習任務的過程透過五官感知可以對於情境的理解更深刻，而更能展現出問題解決的能力。學生可透過網路科技來搜尋各式各樣的資訊，以拓展其對某一主題的廣泛理解，此過程中有助於學生建構多重表徵 (Multiple Representations) 的知識結構。

地球科學的學科特性與網路科技的運用

地球科學的學科特性包括「題材生活化」、「鄉土性」、「具預測性」、「時事相關高」、「實景觀測的重要」及「議題具全球性」，具有使用網路科技來提昇教與學的特點。下列分述幾項地球科學因網路科技的運用而強化學習成效的例子：

- 生活化題材：地球科學探討自然界的諸多現象，如：山崩、火山、地震、雷陣雨、颱風、空氣污染、海嘯等，學生可透過網路的討論區功能來分享生活經驗，並且經由網路交換觀測和考察資料來對自然界的現象做多方面探究。故網路科技提供學生學習應用地球科學知識至日常生活的能力，進而引起其學習地球科學學科的興趣。

- 具預測性：許多即時預報的網站，所提供預報資訊可訓練學生學習科學技能（如：發現問題、形成假說、資料搜集、分析及研判、尋找法則、預測未來、評估預測結果等）。在學習地球科學的概念時，如何整合觀測資料來進行預測是相當重要的。例如：學生可至網路搜尋氣象資料(天氣圖、衛星雲圖、斜溫圖等)、空氣品質資料、火山或地震觀測資料，經繪圖與分析資料後，可練習預報天氣、環境變遷、火山活動或地震發生的可能性。再經比對網路上即時預報的網站所公布的資料，學生可深入討論預報的可信度及如何修正預測法則，此對增進學生科學探究的能力大有幫助。
- 時事相關：地球科學的學習應與時事相連結，近來發生的豪雨成災、嘉義地震、颱風登陸等都是相當好的教學題材，教師或學生可搜尋網路上時事報導資訊，經整理後於網路上開闢討論區，探討發生的原因。
- 全球性議題：網路上有許多地球系統觀察的資料庫、研究報告、和環境相關議題的會議記錄、討論社群等，關心全球性環境議題的教師及學生可與世界各地的人士交換意見。另外，亦可在網路上成立「虛擬全球教室 (Virtual Global Classroom)」及建立全球資料觀測網（學生自行觀測紀錄），來與世界各地的教師及學生探討全球性環境議題。
- 鄉土性：地球科學中相當多的題材可因地域不同而有差異，全國各地的學生可透過網路介紹自己的家鄉景觀，以幫助各地學習者對鄉土性的地球科學相關內容有更多的認識。
- 實景觀測的重要：透過網路科技可將實景拍攝的影像、錄影帶等傳送給其他地區的學習者，可省卻學生需長途跋涉去實地考察的困難。目前亦有學習網站、學術網站、旅遊網站和個人網站將規劃好的考察路線及圖文並茂的景點介紹上網，有助於教師教學及學生學習。

結語

網路科技對於地球系統教學具有輔助功能，地球科學的學科特性包括「題材生活化」、「鄉土性」、「具預測性」、「時事相關高」、「實景觀測的重要」及「議題具全球性」，

可善用網路科技所提供的電子式溝通管道，與各地教師及學生討論即時性和全球性的議題。分佈世界各地的即時觀測的氣象資料網站和地震網站，便於教師和學生下載資料作分析研判，有利學生進行科學探究和解決問題的學習過程。在網路科技支援的學習環境中，教師角色有別於傳統教學，教師需提供相當有彈性的教學活動，以協助學生組織資訊及進行自我導向的探索，而非傳統式地以傳授知識為主。

參考文獻

1. Anderson, D. K. & Kraus, L. A., 1996. Integration: Three Case Studies. Presented in SITE annual meeting. Orlando, FL.
2. Brooks, J. G. & Brooks, M. G., 1993. Search of Understanding: The Case for Constructivist Classrooms. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
3. Fosnot, C. T. (1993). Rethinking science education: A defense of Piagetian constructivism. Journal of Research in Science Teaching, 30(9), 1189-1201.
4. Mason, J., 1995. Issues for teacher education. Published in AusWeb95: The First Australian WorldWide Web Conference.
5. Osborne, J. F. (1996). Beyond constructivism. Science Education, 80(1), 53-82.
6. Steffe, L., & Gale, J. (Eds.). (1995). Constructivism in education. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
7. Riel, M. & Harasim, L., 1994. Research Perspectives on Network Learning. Machine-Mediated Learning, 4(2 & 3), 91-113.

思考地球系統

楊芳瑩

國立台灣師範大學地球科學系

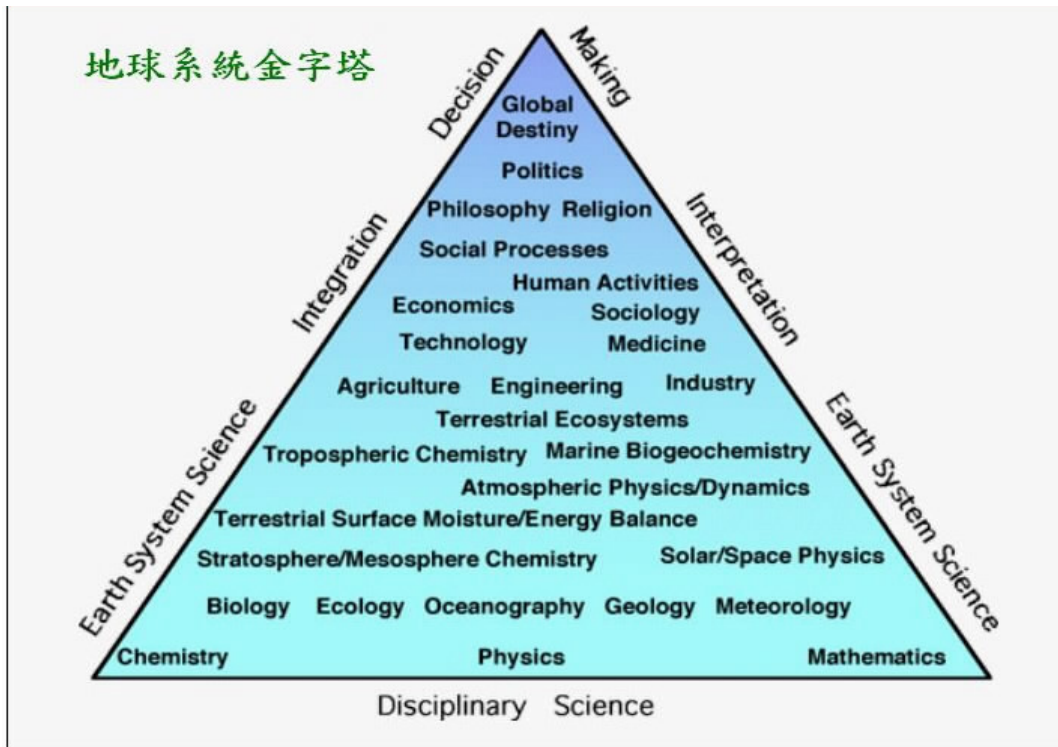
介紹

地球可謂是一個大的生命系統，她所展現的生命力是由許多交互影響的子系統(岩石圈、大氣圈、水圈、生物圈及人類活動)所賦予。這些子系統在時空上看似獨立，實際上則交互緊密連結，牽一髮則動千軍。美國國家科學院在 1990 年出了一本書：One Earth One Future，介紹了地球系統科學之理念及相關議題。地球系統科學目的在於了解我們生存的世界，其主要的工作有：描述地球各系統間之交互作用、了解現今地球各系統的功能與影響、及預測未來地球各系統的功能與影響。此一發展不但是目前科學界的主流發展走向，將地球系統科學融入中等學校課程也漸漸受到地球科學教育界之重視(Mayer, 1997)。過去在探討科學思考時，多將重點置於簡單的邏輯推理以致於科學過程技能的運用，但若站在地球系統科學角度，系統性思維便是重點。因此，身為地球系統科學教育先鋒的老師們，必須**開始思考**如何協助學生在接觸地球系統科學的同時，也讓學生有鍛鍊系統性思考的機會。

呈現地球系統

地球系統科學大師，Stephen H. Schneider, 在其科普著作 (1997)，地球實驗室，(Laboratory Earth)中，闡述了科學家從不同尺度及系統所看到的地球面貌。基本上，基於已知及積極研究未知，科學家們試著建立地球系統模式 (schematic models of the earth system) 來呈現系統中各部分(子系統)運作模式。如：大氣與海洋循環及動力、大氣化學、生態系統、全球水循環等等。這些子系統持續與人類活動並行。地球系統模式的建立讓不同領域的科學家得以分享交流知識訊息，更提供了科學家們測試自己對整個系統運作的了解之機會。由此來看，地球系統科學實為一統整的學門。圖一的金字塔說明了地球系統科學的結構：

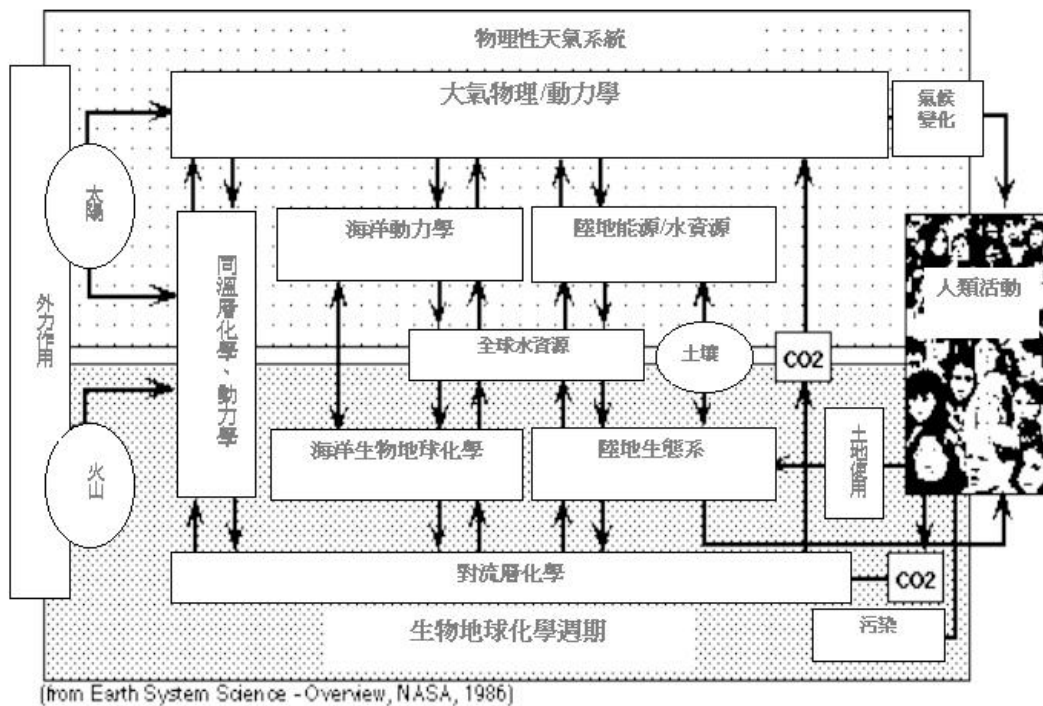
(圖一)



(圖取自 Johnson, Ruzek, Kalb, 2000)

上圖指出，除了基礎科學外，地球系統科學基本上整合了地質、氣象、海洋、生物領域為其基石，進而涵蓋人類活動。美國太空總署在 1986 年亦提出地球系統科學之概念（圖二）。此兩觀點均點明了科學的運作不再是獨門作業，學科間的聯繫及系統思維才是解決全球問題的途徑。目前科學界急於解決的問題或議題有：系統觀察與測知、生物圈、臭氧層、經濟、永續經營及資源、南極圈、地球能源預算、聖嬰現象、水循環、地球系統史、生物化學循環、人口環境互動、人類健康、氣候改變、土壤化過程、土地利用、地表變化、系統概念及地球系統等等(Johnson, Ruzek, Kalb, 1997)。

(圖二)



思考地球系統科學與學校科學教育

科學學科統整的理念並非新穎，80 年代開始至今的「科學、科技、社會」(STS) 教育運動即為此理念下的重要產物。事實上，地球系統科學與 STS 有許多共通處，例如：學科統整、強調科學與科技在社會的角色等等，可說並行不悖。最大不同的是，地球系統科學更強調科學科技於解決全球環境問題時的真實應用、限制及未來發展。因之，地球系統科學的學科導向會比 STS 來得強烈。所以，在將地球系統科學融入學校科學教育時，學科內容概念的整體性、系統性了解及應用將是課程發展的主軸。

在概念學習方面，Bybee (1993)於探討整合 STS 概念時，提到系統性整合，如：系統與子系統 (systems and subsystems)、組織與特性 (organization and identity)、結構與多樣性 (hierarchy and diversity)、交互作用與變化 (interaction and change)、成長與週期 (growth and change)、機率與預測 (probability and prediction)、平衡與永續經營 (equilibrium and sustainability) 等等，這些系統性概念與地球系統科學的內涵不謀而合。也就是說，這些系統概念正可用來呈現地球系統科學。

在科學思考方面，Bybee (1993) 曾提出許多科學探究及科技問題解決之技巧，其

中與科學思考相關有：提問與相關資料蒐集(questioning and searching)、描述(identifying and describing)、觀察與組織(observing and organizing)、分析與綜合(analyzing and synthesizing)、假說與預測(hypothesizing and predicting)、探究與衡量(exploring and evaluating)、決策與行動(deciding and acting)等。此外，若將科學思考的廣義解釋認定為理性思考，則如心理學家 Baron (1988) 所言，基於證據的思考(thinking based on evidence) 與考量問題解決的其他可能性(considering alternatives)是構成理性思考的關鍵。研究科學思考多年的 Deanna Kuhn 等人(1988) 則以為，科學思考就是整合理論與證據 (coordinating theories/hypotheses and evidence)。當然在文獻上還有許多學者對「科學思考」有深入見解，不在此詳述。整合各家的說法，我們建議至少融合以下的幾項主要的思考技能於地球系統科學課程中：假說測試與舉證(hypothesis testing and searching for evidences)、考量其他可能性(considering alternatives)、機率預測(probability prediction)、邏輯解釋(making logical explanation)。這些科學思考技能加上系統科學內涵，相信能提供學生真實的科學探究學習經驗。

課程計畫建議

將地球系統科學融於學校教育中，我們建議可利用「議題」來發揮。除了上述的地球系統議題外，區域性的天氣或環境變化，如水患、地震，也是議題的來源之一。我們強烈建議這樣的課程實施於國三以上地球科學課程中，因為系統性的了解某一環境問題必須始於對地球科學有基本的常識。在設計課程時，可借用 Bybee (1993) 所建構的概念架構表來思考課程的結構，如表一所示。課程設計者在決定使用某一議題後，可先試者根據原始想法填上此表，再根據此表深入發展教案。值得注意的是，課程發展是個動態過程，概念架構表之內容絕非一成不變，概念架構表一開始會主導課程的發展，然而隨著設計者資料蒐集及安排課程流程，概念架構表內容也將隨之改變。總之，設計者必須要在原始想法與課程實踐間取得平衡。

(表一)

目標	知識獲得	技巧獲得	價值、想法
主題	學科概念 系統概念	過程技巧或 問題解決技巧 重點思考技能	全球系統觀
強調重點 及活動範圍	個人相關 社會相關 文化相關	資料搜尋、分析 問題解決 決策過程	議題

課程活動的內容除了小組討論及發表外，為了讓個別學生有「科學思考」之機會，可利用真實相關科學問題，讓學生思考後寫作申述當作作業，或在課程活動中要求學生試者解說給組員了解。因此，問題的設計就必須能反應重點思考技能及系統思維。在這裡必須強調的是，地球系統課程設計看似 STS 課程設計，實際上更著重於概念，尤其是系統運作概念，的學習，及經歷科學思考歷程。

評量

地球系統科學的課程設計有別於一般學科課程，它提供了真實的科學學習經驗。因此，評量也應採取「真實的評量」。紙筆測驗固然為簡單有效之方式，概念圖或實作評量或更能了解學生的學習成果。概念圖的形式有：concept mapping, V-map 及 flow-map method 等這些方式 (Mintzes et al. 1999)。不論是學生自行繪製或教授者繪製，均多少可以測出學生的概念網路狀態，便於了解學習者對系統觀念的認知程度。而實作評量方面，可以要求學生撰寫學習誌，加上課程進行中所用的學習單或其他成品，成為學生的學習歷程記錄。若有小組發表，則可採取小組互評的方式。總之，評量應是學習的一部分，而非學習的目的。

參考網站

1. <http://www.essc.psu.edu/>
2. <http://www.usra.edu/esse/essonline/>

3. <http://eospsso.gsfc.nasa.gov/>

參考文獻

Baron, J. (1988). *Thinking and Deciding*. Cambridge: Cambridge University Press.

Bybee, R. W. (1993). *Reforming Science Education*. NY: Teachers College Press.

Johnson, D. R., Ruzek, M. and Kalb, M. (1997). What is Earth Science System?

<http://www.usra.edu/esse/essonline/>

Johnson, D. R., Ruzek, M. and Kalb, M. (2000). Earth system science and the Internet, *Computers and Geosciences*, Special Issue, January.

Kuhn, D., Amsel, E. and O'Loughlin, M. (1988). *The Development of Scientific Thinking Skills*. CA: Academic Press INC.

Mayer, Victor J. (1997). Global science literacy: an earth system view. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 2, 101-05.

Mintzes, J. J., Wandersee, J. H. and Novak, J. D. (1999). *Assessing Science Understanding*. NY: Academic Press.

National Academy of Sciences (1990). *One Earth One Future*. Washington, D. C.: National Academy Press.

Schneider, S. H. (1997). *Laboratory Earth* (中譯本：地球實驗室，天下文化)

地球科學課程與十二年國教

傅學海

國立台灣師範大學地球科學系

國內現況

九年一貫義務教育
高中職地球科學課程

十二年國教並不是十二年義務教育

目前限於經費，十二年國教指限於紙上談兵階段。

十大基本能力：國民教育階段的課程設計應以學生為主體，以生活經驗為重心，培養現代國民所需的基本能力。

天文中與生活經驗有關的項目：

地球自轉與晝夜交替
地球公轉與季節變遷
觀賞星座與星座故事
日食與月食
潮汐現象
太陽的一生
地球在太空中
衛星：月亮
行星：火星
彗星：哈雷彗星

迷思概念

- 一) 中午沒有日影。
- 二) 太陽是垂直落入地平面（或垂直由地平面升起）。
- 三) 太陽由正東方升起。
- 四) 夏天熱冬天冷，是因為地球夏天離太陽近，冬天離太陽遠。
- 五) 都市中光害嚴重，無法看到星星。
- 六) 星星固定在天上不會動。