

美、英、日三國主要 地球科學課程的比較研究(下)

石再添、黃朝恩、張瑞津

國立臺灣師範大學

伍、新科學

一、課程簡史

新科學是日本東京書籍株式會社編輯部根據日本文部省所頒布之「中學校理科學習指導要領」編寫而成，於1971年經日本文部省審查通過，並於1972年出版發行。

二、課程的哲學觀點

日本新科學課程認為考慮科學教育的現代化時，必須顧及教育目標、教育內容、教育方法和教育評量等四點的現代化。

過去有許多人認為科學教育，就是把科學家所創作有關自然的理論與法則完全灌輸給學生，並要求學生們記住這些理論與法則。可是自二十世紀以後，由於科學有長足的進步，科學研究作爆發性的增加，自然不能全部成為科學教育的内容，因此選擇科學各領域中共有之基本概念，然後加以精選及整理，有其迫切的需要。再者，也有人認為現在所發展的科學成果，並不是絕對的真理，它將來會有改變的可能，如此一來，「科學是探討」的認識也構成現代科學的基本概念，而新科學即基於這種哲學基礎編纂而成。

三、課程目標

主要在促發對自然事物現象的關心，以探究

的方式培養科學的態度和技能，認識自然與生活的關係，為達成此一目標，課程中採取下列作法：

1. 發現自然界的事物現象，透過探究的過程，培養創造的能力。
2. 理解基本的科學概念，進而培養對自然的本質作綜合性的研究能力。
3. 啟發學習者對自然現象作科學的判斷與思考，培養科學的自然觀。

其中地球科學部分屬新科學中的第二分野，與生物部分並列，其單獨的課程目標可列述如下：

1. 使學生在討論地球環境的自然現象中，能提出各種問題，能加以觀察及實驗，並能收集資料、推理、形成假說，最後在證實等過程中，獲得能夠發現自然法則，以及能解釋自然現象的方法。
2. 以自然現象間的相互關係為目標，使學生能解釋其機要，了解事物間的變化與能量關係，並培養能判斷自然界的綜合性與統一性的能力。
3. 自認識廣大無邊的宇宙空間及現在情況下之自然界現象事物後，進而推想過去的情況，養成能觀察自然事物及現象與空間時間的關係。
4. 要深刻瞭解自然界的事物與現象間的協調，提高對自然的關懷及愛護。

四、課程的範圍與組織

本課程將初中科學教材分為第一分野與第二分野。第一分野含十一單元，共有廿八章，內容

是物理與化學。第二分野亦含十一單元，共有卅二章，內容為生物與地球科學，其中地球科學部分共佔五單元十四章，其教材分配如下（生物部分加中括弧，章名從略。）

第一單元 地球與生物（緒論）

I 我們的地球

第二單元 〔生物的世界〕

第三單元 〔生物的身體和細胞〕

第四單元 圍繞地球的宇宙（天文）

I 地球、月球與太陽

II 太陽、星球及地球的運轉

III 星的世界

第五單元 〔生物的活動〕

第六單元 圍繞地球的大氣（氣象）

I 太陽輻射和大氣流動

II 大氣中的水汽變化

III 天氣的變化

第七單元 流水作用和地層形成（水文、地形）

I 地表的流水作用

II 地層和沈積岩

第八單元 〔生物的反應〕

第九單元 〔自然界的生物〕

第十單元 地殼變化與地表歷史（地質）

I 火山活動

II 火成岩

III 地震

IV 地殼的變動

V 地表的歷史

第十一單元 〔自然和人類的生活〕（結論）

五、課程的概念結構

雖然本課程認為物質與能量的概念能夠代表自然科學的基本概念，但本課程的概念結構仍可劃分為四個系統，即物質、能量、生物及地球科學。本文祇探討地球科學部分。

如衆周知，地球科學的內容包括了地質、地

形、海洋、水文、氣象、天文等，而新科學的想法是綜合這些內容成為一體，並不希望個別討論，又將地球科學和生物放在同一分野，成為一個以自然環境為學習目標的學科。此外，課文中極

上 冊

緒論 16 頁

生物 138 頁

地學 58 頁

其他 16 頁

244 頁

圖板 18 頁

第一學年

緒論 16 頁

生物 83 頁

地學 58 頁

157 頁

第二學年

生物 55 頁

地學 85 頁

140 頁

下 冊

生物 72 頁

地學 150 頁

結論 16 頁

其他 10 頁

248 頁

圖板 18 頁

第三學年

生物 71 頁

地學 64 頁

結論 16 頁

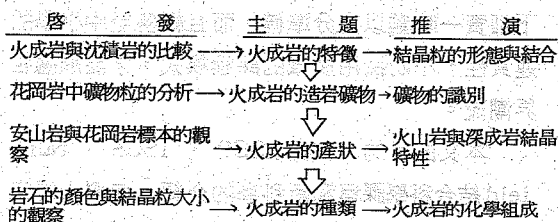
151 頁

力試着加入物質、能量及生物的概念，使能與物理、化學和生物融合，可惜離整合目標尚遠。

再由於地球上所有的現象均導源於太陽的能量，故以能量為中心的觀點來觀察自然界時，即已肯定太陽的重要性，因此新的地球科學是先要學習以太陽為中心的天文學。由此一觀點作為起點，再討論至太陽所誘發的大氣循環以及其帶來

的複雜氣象，接著再談到和氣象密切相關的水文學。又由於流水的作用，更帶來地形上的變化。由此看來，所謂流水之能量及地形地質之變遷莫不是起因於太陽及其能量。

上述只是新科學課程概念組織的一面，另外尚有橫的發展，每一專題（如太陽的輻射、大氣的流動、流水的作用等）的探討，均由啟發開始，進入主題，再以推演結束，茲以「火成岩」一章為例加以說明如下：



六、科學方法

新科學課程之目標之一是「以探究的方式培養學生科學的態度和技能」。本課程認為探究的方法可分為四類十一項，現詳列於後：

1. 收集資料

- a 觀察
- b 測量

2. 處理資料

- a 分類
- b 製作圖表

3. 解釋資料

- a 分析圖表
- b 解釋照片
- c 推測事理
- d 建立模式
- e 設定假說

4. 驗證及其他

- a 進行實驗
- b 驗證定義
- c 記錄及傳達

七、教學方法

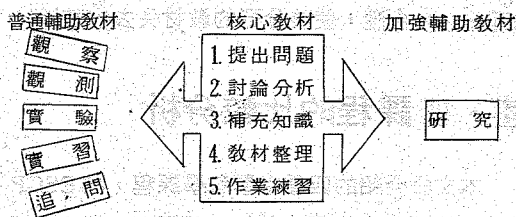
探討的學習方法為新科學的主要目標之一，故課程中以「將探究學習的方法給與所有學生」的中心信念為基礎。本課程認為探討的學習雖然能引起學生的興趣，但是花費時間。因此要在有限時間內使學生對所有的內容作探討性的學習是不容易的。此外，一般初中科學課程中所採用的基本概念，往往超越了學生的程度，這是由於教科書編寫者忽視了一個重要的事實，就是科學家與初學科學的學生對探討自然的方式截然不同。所以在自然科學的教學過程中，教師的解釋活動仍然是極為必要的。

新科學課程認為進行探究學習時要注意下列事項：

1. 確定學習行為目標，而且必須能具體表達。
2. 決定探討的重點及教師解釋活動的重點。
3. 教師有意控制教材，輔導探討；學生亦互相作集體思考，互相輔導，達成回饋的功效。
4. 決定學習的方式和方法。
5. 考慮探討活動的深度。
6. 學習成就的評量應有具體的方法。
7. 巧妙地提示問題，並使問題有效化。

八、教學單元組織

教學單元為教學時真正使用的教學材料，新科學課程之教學單元組織可用下圖表示：



圖七、新科學的教學單元組織

九、課程特色

日本新科學課程的特色可歸納為下列四點：

1. 重視科學觀念：概念是現代科學課程的骨架，也是現代科學教育預期的成果。本課程以物質和能量為概念上的兩大支柱，而將物理、化學、生物、地球科學四者靠著這兩個基本概念連成一體。故地球科學部分所述及的教材仍然由物質和能量的概念來解釋，此為本課程最大的特色。

2. 強調探究學習的方法：由此使學生認識，科學知識都是由數據的解釋而獲得的，而數據的解釋却隨知識的進步而改變，因此科學概念和假設也會跟著知識而變化。新科學課程有鑑於此，一改既往以灌輸事實為主的教學方式，而強調科學方法、科學態度的培養。

3. 科學方法的重視：本課程參考美國科學教育研究成果，編組出一套獨特的科學方法（見前文科學方法一段）使學生藉此達成課程目標。

4. 廣域課程的模式：本課程認為物理與化學，是以物質與能量為基礎的科學，故將其融合成為本課程的第一分野。由於生物與地球科學均以大自然實際環境為研究對象，乃合併於第二分野，這種劃分與傳統的分科課程顯然有所不同。固然，站在最新的中等科學教育觀點，這種廣域的課程模式並不是最理想的模式，一般仍然認為最現想的中等科學課程應是融合的。但是在走向這理想的過程中，本課程提供了一個甚為恰當的折衷辦法。本課程美中不足的，是在第二分野中，生物的概念與地球科學的概念各自分割，無法像理化之能合攏，使該分野的教材失去完整性。

陸、四課程的比較分析

本文所介紹的四種中學科學課程，除 ESCP 為分科的編製方式外，其餘三種課程均以合科或

部分合科為原則，然而由三者的教材分配觀之，地球科學部分均佔相當比例。這種現象對今後我國中學科學教育的趨勢有兩點重要的啟示，首先是地球科學課程必須從速加入中學科學課程中，而且所佔比例宜盡量比照先進國家；其次，我們可以看到目前世界上科學教育的另一趨勢是各科的整合，惟有這樣才能使各科間的相關知識及相同概念匯成一體，使學生易獲完整的觀念，同時更能與日常生活密切配合。但顧及我國整合課程下師資一時難以充分準備，而且影響至中小學的連貫性，不妨採用廣域的課程模式，才能順應世界潮流。

本文的目的，在藉 ESCP、ISCS、Nuffield 結合科學課程和新科學的介紹，使國人得窺國外中學地球科學教育的現況，進而明瞭國內的缺失。下面再將這四科課程加以比較分析，首先就其相同之處臚列如下：

1. 均為戰後科學教育改革運動之產物，而且更屬於第二代的科學課程，故一捨傳統上的權威式教學，務期使學生靠著科學探討，親自參與發現和解決問題，瞭解科學具有繼續前進和不斷改變的性質，而且一改第一代科學課程的四大缺點：忽視科學的社會、人文與歷史意義；忽略普通學生的需要；漠視科際的統一性與關聯性；疏忽教學方法的研究。

2. 強調科學方法的使用，故並非以概念為中心，而以過程為中心（但有程度上的差別，ESCP 及新科學仍然重視科學概念）。科學探討（inquiry），親自發現（discovery），實驗探究（investigation）及各種過程技巧（process skill）如觀察、測量、傳達、預測、分類、形成假設……等穿梭於課程之內。

3. 實驗眾多，而內容新穎，所需材料不多，而且都特別設計了若干經濟而實用的教具，供教學使用，每套課程，除教材外，尚包括教師手冊、學生作業、評量手冊、輔助材料和儀器設備

，可謂一應俱全。

4. 課程內容皆配合生活教育，重視科學與社會的關聯性，此乃由於科學教育的目的在於培養具有科學素養的公民。諸如自然界的平衡，資源的開發，環境污染，以及自然保護等，均成為本文所介紹的四種課程中的重要主題。

由此可見，四種課程皆能配合科學教育的新趨勢，有其共同點。不過，它們各者之間亦各有特色，產生個別差異。譬如 ESCP 為一分科方式設計而成的課程（不過其內容包羅了地質、水文、海洋、地形、氣象等學門，而且力求融合，故亦可視為一合科課程），為其特色。ISCS 的階段一及階段二雖已接近合科精神，但階段三的生物和地球科學仍然獨立發展，值得注意的是，

ISCS 的課程內容已不如 ESCP 講究系統性，概念中心（concept approach）為過程中心（process approach）所取代。再如 Nuffield 結合課程，為一標題中心（topic approach），乃以科學上的主要內容為教材組織骨架，各篇章之間並無構造上的連繫，以達到科學統整性的目的，為適用於初中的科學課程，其內容包含科學上一些重要標題，每標題內包含科學各領域的內容。至於日本的新科學則精神介於傳統與改革形式之間，故理論基礎上仍然重視科學概念，但也加入相當多的探究方式；編排上則為兩大領域，為一廣域課程的模式。

關於這四種課程的教學時數，可作如下分析，以供參考。

1. ESCP 課程：在美國，ESCP 為迅速在推廣中的地球科學課程，有些學校安排於初中，有些安排於高中，如一學年的課程，每週（五小時的時學時教）授課一章，約一百六十小時授畢。茲將美國傳統上採用最廣的初中自然科學課程各科時數分配列表如表二所示。

表二時數為美國多數初級中學所採用，從 life science 開始，進而 earth science，最後

表二 美國一般初中科學課程教學時數分配表

年 級	科 目	每週時數	學年時數（32週）
七（初一）	生 物	5	160
八（初二）	地球科學	5	160
九（初三）	理 化	5	160
總 計			480

以 physical science 終結，由個體→環境→物質，符合兒童學習心理的發展，在 480 小時中，物理約 80 小時，化學約 80 小時，生物 160 小時，地球科學 160 小時，按序各科時數比例為 1：1：2：2。

2. ISCS 課程：

表三 ISCS 課程各科教學時數分配表

年 級	科 目	每週時數	學年時數
七（初一）	物 理	5	160
八（初二）	化 學	5	160
九（初三）	生物、地學	5	160
總 計			480

由上表觀之，ISCS 之自然科學教學總時數與美國一般學校所採用者相同，亦為 480 小時，多出我國現行者 128 小時，可見美國對自然科學教育的重視遠甚我國。課程中各科教學時數之分配為物理 160 小時，化學 160 小時，生物和地球科學各 80 小時，按序成 2：2：1：1 之比。則地球科學比重雖不如 ESCP，却仍然佔 80 小時之多。

3. Nuffield 結合科學課程：本課程為二年制，安排於英國中學的 Form 1 和 Form 2（相當初一初二），每週上課 5 節，每節 40 分鐘，兩學年總計教學時數 320 小時。因其為整合教材，可免去許多不必要的科目間重複，學生可獲得充分而完整的學習。全課程分為十篇四十二章，由於屬整合課程，不易細分出各科比例，大致生物佔十四章，地球科學佔十章，物理九章，化學七章，其他二章，換算為節數比例，則生物 106 小時，地球科學 76 小時，物理 68 小時，化學 54 小時，約成 6：4：4：3 之比。

4. 新科學：

表四 新科學各科教學時數分配表

年級	科目 時數	第一分野		第二分野		總計
		物理	化學	生物	地球科學	
初 一	—	31	33	32	32	128
初 二	—	26	38	19	45	128
初 三	—	41	23	31	33	128
小 計	—	98	94	82	110	384

新科學教學總時數為 384 小時，較我國現行之國中自然科學課程總時數 352 小時為多。至各科之教學時數分配相差並不遠，然以地球科學所佔時間稍多。

5. 依上述分析，得知美國科學課程之教學時數最多，日本及英國其次，而我國最少。再就課程中各分科之比重看，雖因國而異，相差亦不算大，其中以日本的新科學最為平均；ISCS 則偏重理化，美國一般採用課程則著重生物與地球科學；英國 Nuffield 結合課程也偏重生物和地球科學。但綜合觀之，各科所佔分量，最多與最少之比例均在 2：1 之內，故將來我國國中科學課程中的地球科學，其比重亦應在此範圍內，不宜與其他各科相差太遠。

柒、結 論

上述 ESCP、ISCS、Nuffield 結合科學課程及新科學，均為美、英、日三國近年來最具代表性的科學課程，而且也是戰後科學教育改革運動聲中最能引起國際注目的幾種重要課程，其中除 ESCP 以分科（地球科學）為對象外，其餘三者均屬合科編寫，然而皆包括地球科學教材在內，足見地球科學已普受各先進國家之重視，成為中等學校教育中不可或缺的科目領域。其實，美國和日本早在三十多年前，即已在中學設有地球科學一科，反觀我國，各級中學在民國五十九年以前根本沒有地球科學課程。至民國六十年二月才由教育部制定了地球科學課程標準，將地球科學列為高三甲組學生必修課程，確定我國中等學校地球科學教育的開始；然而也只有高中甲組學生

始有接受地球科學教育的機會，於國民中學基礎教育中仍無地球科學課程的設立，不但遠遠落後於先進國家，也落後於若干後進國家。如今師大科學教育中心已經在國民中學科學課程實驗研究計畫中列有地球科學一科，用意良佳，希望日後教育當局能因此更加重視地球科學教育之發展，務期能與物理、化學和生物等科目齊頭並進，使整個自然科學教育不致發生偏差，失去整體性。

參考文獻

1. Lucas, A.M and D.G. Chismen (1973): A review of British science Curriculum Projects, ERIC Center, Ohio State Univ. pp. 36-53.
2. Harris, M.F. et al (1973): Teacher's Guide for Investigating the Earth, Houghton Mifflin Company, Boston, 313 pp.
3. 東京書籍株式會社編集部 (1974): 新科學教師用指導書，東京書籍株式會社。
4. 楊冠政 (1975): 美國 ISCS 課程研究，科學課程研究，國立台灣師範大學科學教育中心，第六三～八〇頁。
5. 楊冠政 (1975): 日本新科學課程研究，科學課程研究，第一〇三～一二二頁。
6. 石再添 (1975): 美國 ESCP 課程研究，科學課程研究，第一二三～一三六頁。
7. 楊冠政 (1975): 英國 Nuffield 結合課程研究，科學課程研究，第一八九～一九二頁。
8. 張瑞津、鄧國雄、黃朝恩 (1975): 各國初中科學課程的教學時數分析，科學課程研究，第六一～六二頁。
9. 楊冠政 (1977): 各國科學課程發展趨勢，科學教育第六期，第四二～五三頁。
10. 師大科學教育中心 (1977): 世界各國科學課程概覽表，科學教育第六期第五四～六〇頁；第七期第五七～六二頁。