

美國生物教育所面臨的危機

黃台珠譯

國立臺灣師範大學科學教育中心

前 言

Robert E. Yager 博士係美國愛荷華大學科教系教授及該校科學教育中心的主任，目前亦為美國國家科學教師協會（NSTA）的主席。他就美國生物教育的發展歷史；目前所面臨的危機，以及解決此危機的途徑，提出個人的看法。「他山之石，可以攻錯」，特予譯出，提供為發展我國生物教育的參考。

壹、生物教育的發展歷程

一、史潑尼克號以前—1950年至1956年

在1950年以前，生物科已是美國中學課程的學科之一，多數列為十年級的必修學科，是畢業時所必須修完的科目之一。不過當時的教學只有很少的實驗活動，多採行偏重記憶式的教法。在1940年代至1950年代初，受戰爭的影響，生物和其他科目大都開始重視基礎科學的應用，如：健康、疾病、安全、藥物濫用、和人體的系統等均納入教材。此種安排，使得學生與生物學家之間的隔閡益發加大，使生物學家視為隱憂。而在高中及大學初階的生物教材則偏重於生物分類，並加強細胞——組織——系統等層次的討論。

二、黃金時期—1956年至1970年

1957年由於蘇俄發射人造衛星進入太空，對美國的生物教學影響甚大。因為此舉表示蘇俄的科技發展超越美國，為挽回美國的榮譽，大眾開始關切美國科學教育的落後原因，而試圖改進科學教育。

1950年美國國家科學基金會（The National Science Foundation）成立，其目的為支援基礎科學的研究以及改進科學教育。當時約各有一百五十萬美金用於新課程的發展；與教師訓練活動上。此外，其他相類似的許多機構如國家教育部門、州教育部門及地方教育部門亦均有經費配合用以支持此一科學教育改革的計畫，所以在1956年至1970年總計約有二億美元用於科學教育改革計畫上。

在生物教育上，主要經費用於生物科學課程研究（Biological Sciences Curriculum Study, BSCS）上，BSCS的實驗教材在1960年夏天編寫完成，1960年至1961年開始進行實驗教學。

BSCS的組織、研究活動及其教材，是此一黃金時代代表性的產物，贏得社會大眾的支持及科學界的指導，其編寫教材、試教以及教材之出版等成為美國國家基金會所支持的各種課程發展的模式，這個組織成為一個非營利，而有會址、永久性工作人員及主持人的研究機構，所編寫的教材風行於全世界。因之BSCS可以說是美國各種科學課程改進計畫中最成功的代表，在全盛時期，全美有一半以上的生物教室均採用其教材。

三、衰微時期—1970年至1976年

1970年代有了新的危機：因為當時美國的太空發展顯然地超過蘇俄，其中包括了人類首次踏上月球的創舉。但是當時美國卻陷入越戰的困境，並且社會上亦有許多問題存在：這些問題不但一時均無法解決，且又常與科技的發展有關。諸如社會的不安與混亂、越戰以及各種政治問題的困擾、人們的意志集中於對環境的關切，而對科學、教育及國家性的研究機構失去信心，導致一種拒絕、懷疑及退縮的心態，因此一種回復往日舊夢、傳統價值及過去理想的呼聲因應而起。

科學教育既受到各方攻擊，許多人開始對於國家基金會所支助的各種科學課程研究工作之正確性發生懷疑，使得各種活躍的研究計畫皆停頓下來，由國家委員會先評估其目標、水準、正確性及重要性。

受質疑的研究計畫包括有：人類科學研究（Human Science Program—HSP, BSCS）；戶外生物教學法（Outdoor Biology Instructional Strategies—OBIS）；生物醫學科際課程研究（Biomedical Interdisciplinary Curriculum Project—BICP）；個別化的科學教學法（Individualized Strategies for Individualized Science—ISIS）等。結果使得研究經費被裁減，研究方向被修正。雖然此類研究計畫仍然被允許繼續進行。然而已不再受大眾及大出版商的支持，因此無法達成以前科學課程研究的成效。

在這類最後階段的各種課程研究計畫中，大眾關切的主題是性、生殖、社會問題及演化，不僅有人建議不必採用過去的主題，甚至有人建議加入色情的教材。當時社會大眾對科學教育的態度發生了一百八十度的轉變，對1950年代科學教育的支持不予置疑，甚至被認為富有愛國心，對1970年代的科學課程却被指為導致家庭破裂、道德水準下降、年輕人“自由放縱”的主因。

國家基金會不僅在用於師資教育的經費蒙受批評；科學課程的研究經費也被取消用於其他的研究及指導工作上。於是決定將各項在職訓練的經費轉用於協助民間的一些新的課程研究計畫上。

也許此種作法有些許意義，但是卻引起了許多問題，依照以往的情形：當國家基金會資助的課程研究發展完成其教材後，國家基金會會至各大學舉辦教師在職訓練以推動此教材。而這一變革自1976年開始使得自幼稚園至十二年級的正規科學教師訓練工作均停頓下來，所以此一衰微期的特徵是削減了課程發展的經費，停頓了教師訓練的工作。

四、評鑑的時期—1976年至1982年

各界對於新課程的懷疑態度，使得正確的評鑑資料顯得非常重要，故在此課程研究經費削減及師資訓練停頓的情況下，對於評鑑過去課程發展的成效以及策勵將來的發展方向是一個很好的時期，同時對於過去所一直忽視的大學科學教育亦有了較多的支持。

當時在國家基金會的支援下，有三個主要的評鑑研究在進行：

(一) 由 Helgeson, Blosser 和 Howe 等人在俄亥俄州立大學所進行的有關 1955 年至 1975 年之間科學、數學及社會科學等文獻作摘要的研究；

(二) 是以教師、督學、行政人員及其他人員為對象所作的問卷調查。

由這些人仕對於幼稚園至十二年級數學、自然科學及社會科學的印象，以了解科學教育的現況，這個研究是由 Iris Weiss 所主持；

(三) 是由 Stake 及 Easley 在伊利諾大學所主持的：選出十一所大小、分佈及社會狀況不同的學區為研究對象，分別予以近一年的實地觀察、訪問等所作成的報告。

這三個研究所採用的方法雖有不同，但是其目的均為了尋求瞭解科學教育的現況。

此外：國家科學教師協會 (The National Science Teachers Association—NSTA) 亦完成了一篇關於科學教育的成就及缺失的研究報告，其後並進一步分析此報告的結果，作為提供給科學教育領導人物的一項綜合性的參考資料，同時文中並提出其對所存在的問題的一些改進意見。

國家基金會並亦委託九個研究機構就其觀點來審查此三評鑑報告。

1977 年科羅拉多大學的 Norris Harms 完成了一份各科課程的綜合研究報告 (Project Synthesis)，其中亦包括了情意 (Affective) 的各項測驗，而提供了許多關於老師、教材及學校對於學生修習科學的影響的重要資料。Harms 利用全國性的教育改進的評估資料 (NAEP: National Assessment of Educational Progress)，以及國家基金會所進行的三個評鑑研究報告而綜合成五個主題：(1)生物，(2)理化科學，(3)探討式教學，(4)科學／技術／社會，以及(5)國民小學科學等，用以說明目前的科學教育狀況，並依據其他的相關資料及文獻，列出理想的狀況；比較理想狀況及實際狀況，藉以找出二者間的差異，進而依據此差異的資料作為將來改進的參考。

此時國家基金會首次成立科學教育研究的計畫 (A research program in science education—RISE)，蒐集相關資料，用以改進 1982 年後的科學教育。

所以在過去五年來，各研究機構的工作重點均置於科學教育的評鑑工作上，可惜雷根總統並不重視科學教育，所以將來科學教育的前途並不樂觀。

貳、1977年至1982年的評鑑結果

一、國家科學基金會所進行的各種研究報告

雖然過去數年來對於美國科學教育的評鑑報告超過 5,000 頁，而其中國家科學基金會所支助的

此三項評鑑計畫即佔了約 2,000 頁的報告及數百萬的經費，若要將此龐大的資料歸納擷取出簡單的重點和代表性的發現，是不太可能的，但我們仍可以發現下列幾點現象：

(一) 學校的生物課程可以以三個字作代表——教科書。因為教科書可以決定教學內容、次序、範例以及其應用，所以直接控制了教學。一般說來，幾乎百分之九十的教師和百分之九十的時間均使用教科書，老師本人對於課程及教材沒有任何的看法及意見，老師所作的唯一重大決定：即是選擇何種版本為教科書。老師似乎對於教科書甚具信心，並且將它視為唯一可用之教材，而把改變教科書的選擇當作科學教育的改革。在 Helgeson, Blosser 和 Howe 的報告中指出，百分之八十的生物教科書是採用下列三種版本：

(a) 超過百分之四十的是採用 Holt 出版的現代生物學 (Modern Biology)；

(b) 百分之二十是採用 BSCS 黃版教材；以及

(c) 百分之二十是採用 BSCS 綠版教材。

(二) 對生物教科書作進一步的觀察，則可以發現一些共通性：

(a) 典型的教科書均偏重於新的名詞或新的概念的傳授，平均每頁上會多至卅個，此名詞多採用斜體字印刷；

(b) 每章後面均有習題；

(c) 它們偏重於小考及測驗。

Hurd 他們指出，一本典型的初級中學科學教科書包含有 2,500 個新名詞，這個數字為同年齡學童所應修習外國語字彙的兩倍。

國家科學基金會的報導同時指出，講授式教學是課室內最常用的教學方式，1960 年代所鼓吹的探討式教學幾乎看不到。中學的生物學可以說是生物科學的概論，教師多偏重於教科書內的知識、專有名詞及其定義。實驗課只是用作驗證已知的資料或調節上課與討論之枯燥而已。

國家基金會的報告並指出，各生物教材的決定仍是以學科專家的意見為主：

BSCS 的教材是配合該課程的概念綱領所寫的，並加入新的材料，常以短期課程 (Minicourses) 的方式引入環境問題、社會問題、海洋生物和其他生物學上的專題。

小學的生物教材是選定主題，再配合其他學科而寫的；中學有二分之一的學生選修生物，其教材內容屬於傳統的生物學；高中十年級的生物學的內容與之相似。學校內的生物學給人的一般印象是：缺乏應用性、很少涉及目前所面臨的問題，很少給學生機會去了解其他學科的領域。

二、綜合研究 (Project Synthesis) 的報告

此綜合研究計畫的報告，是由數個主題所組成。其中之一是關於科學教育的目標的，下列四個目標是大眾一致贊同的方向：

(一) 個人的需要：科學教育應該給予學生足夠的知識用以改善其生活，並適存於此科技發達的時代。

(二) 社會面臨的問題：科學教育應該予國民以基本的科學素養以使其將來面臨與科學有關的社會問題時，能作明智的抉擇。

(三) 學科的準備：使要成爲一個科學家或相關的專業研究人員的學生，能具備所需的基礎知識。

(四) 職業的認識：科學教育應同時予學生以對不同的科學領域及技術有廣泛的認識機會，以便他們將來能按其才幹及興趣進入不同的行業。

顯而易見地，教師的教學重點仍是放置於學科準備的目標上；學習生物學的目的也是爲了學生將來升學時的準備，不過是當作將來學業進階的一個準備工具而已。

此報告中另一主題爲“重要的因素”，包括：目標、課程、教學、評量和教師等項目，它亦是理想的狀況和實際的狀況作比較，並將其不同點列於表一。

表一 生物教育各重要因素理想狀況和實際狀況的比較

理 想 狀 況	實 際 狀 況
(A) 目標：	
(1) 強調人類的適應能力及可以改變的未來。	(1) 很少提到人類的適應能力。
(2) 生物社會的問題的危機及爭論點作爲目標。	(2) 很少提到生物社會的目的。
(3) 探討過程是生物科學的特色。	(3) 探討技巧是所有科學的共同特色。
(4) 生物學的知識可用於解決生物社會的問題。	(4) 對於與學科相關的各種問題未給予正確的回答。
(5) 在學習當中亦穿插進職業的認識。	(5) 減少對職業的關注；而加重歷史人物的描述。
(6) 對於生物社會的問題及各種危機予以價值上的、倫理上的以及道德上的考慮。	(6) 對於與學科相關連的問題予以不含價值觀念的解釋。
(B) 課程：	
(7) 課程是以問題爲中心，富彈性並具文化與生物學的效能。	(7) 課程是以教科書爲中心，只呆板地涉及與生物相關的教材。
(8) 以人類爲中心。	(8) 人類只是附屬的。
(9) 是多層面的，包括地方性和社區性。	(9) 由教科書控制，只是偶而有地方性。
(10) 利用自然環境、社區資源及學生自己當作研究的焦點。	(10) 刻意設計教具、設備及課室內的裝置，並且利用人類以下的生物當作研究的對象。
(11) 生物的知識是來自學生本身，將其視爲一個存在於文明及社會等環境中的生物。	(11) 生物學的知識是依學科的邏輯及結構而來。
(C) 教學：	
(12) 注重學生的個別差異性。	(12) 以學生的平均能力爲基準，採用集體的教學方式，並依據教科書的組織及順序。
(13) 以合作的方法解決各種問題。	(13) 全班均作相同的實驗。

(14) 教學方法是依據現代心理學上對於學生智慧、情意、經驗以及成熟等所作的研究報告而安排。	(14) 很少採納發展心理學作為教學的依據，完全採納行為學家的說法。
(D) 評量：	
(15) 測驗和評量著重於利用生物學的知識以解釋個人以及社會的各種問題及危機。	(15) 只是重覆某些特定的知識。
(16) 學生的評量著重於對於問題的理性地判斷。	(16) 預先設計好問題而只要學生寫明正確的答案。
(E) 教師：	
(17) 為了增進人類的福祉及進步，本身對於生物教學的看法（哲學、理論及信仰）能予以適當調整。	(17) 就其觀點，應用性不是生物學所應包括的內容。
(18) 其哲學的信仰影響其課程的安排及實際的教學。	(18) 其課程安排及實際的教學無理論根據，且是死板而一成不變的。

三、成就與需要 (Accomplishments and Needs) 的分析報告

國家科學教師協會 (NSTA) 在 1980 年末完成了一部 309 頁的成就與需要的分析報告，該報告就這二十年來的成就列舉如下：

(一) 邀請較多的學科專家參與決定學科的內容、引入與學生未來生活相關的較新的發明或發現等知識，並實際參與課程的編寫委員會。

(二) 對於科學教育有一個較新的認識，它應該包括哲學、歷史、社會、科技、人文等領域；並且深知只有提供學生知識與過程並重的學習經驗，才能達到這些領域。

(三) 由給下一代較佳的科學教育，才能進而進入全民的科學教育。

(四) 所發展出的教材被各地使用時；並能藉以發展出新的教學法和新的教具來配合它。

(五) 對於課程的設計及教師的在職訓練均發生極大的影響。

(六) 給予學生進入科技生涯的最佳準備。

(七) 改良教材及設備以達成最佳的教學效果。

蒐集了 5,000 位科學教育領導人物（包括小學老師、中學老師、督學、教育學家以及研究人員）的意見，對於未來的需要列出下列七點：

(一) 培育科學教育的新觀念；

(二) 訓練在職教師，以使他們能達成教材的新目標。

(三) 不斷地研究改進課程，以達成其教學目標。

(四) 對各種教授與學習情形作有系統的評鑑及分析，以為對於將來的改進提供正確的資料。

(五) 以包括政府、工業、商業的代表及各學科專家的代表為成員，成立新的合作體系。

- (六) 成立新的支援體系，其中包括人事、學習中心和溝通孔道等，以促進教師專業化的成長。
- (七) 新的哲學的研究，以確定新的教學法和改變方向的正確性。

此報告並分析各相關的評鑑報告，綜合成下列的看法：

(一) 過去科學教育的目的只是當作學科進階的準備；科學教育應當作爲工具，提供給學生需要的知識，以作爲解決現代社會問題的方法，並能對於科學、科技和相關科目的潛能及限制有一正確的認識，這種目標比傳統的目標更爲重要。

(二) 教師是決定教學成效的靈魂人物，他能決定教材內容，並對學生發生直接的影響。課程應被看作是支持老師教學的一種工具，而不應限制或領導其教學。所以老師的教育是當前最重要的工作。

(三) 過去科學教學所認爲重要的，今日則未必重要，故值得對下列各項作重新的考慮：

- (a) 實驗室的重要性（實驗室的定義爲實驗進行的場地）；
- (b) 以探討式爲中心的教學；
- (c) 以“學科”爲中心的教學；
- (d) “內容”與“過程”兼顧的教學；
- (e) 強調科學是爲了訓練科學家的觀念（科學對於學生的生活的用處，是顯而易見地）；
- (f) 科學是進一步學習的準備；
- (g) 讓所有的學生均採用科學家所用的科學方法；
- (h) 知識愈多的老師，愈是好老師。

(四) 繼續不斷地對目標、課程、教學法、配合物資及人員等進行研討、評估及評鑑，這是一種刺激進步和解決問題的方法，基本的科學精神更應應用於科學教育上。

(五) 目前是美國科學教育的關鍵時期，因爲大家一致同意科學教育對於解決當前所面臨的教育及社會問題甚爲重要。

四、其他的分析報告

美國科學促進協會（American Association for the Advancement of Science — AAAS）Q部門作了一份報告分析80年代的科學教育，AAAS是世界最大的科學團體，在黃金時期時於美國科學教育界甚爲活躍，經歷70年代的不景氣後，Q部門所作的結論亦和其他較受重視的評鑑報告的結果一致。

科學專業人員並主張對於大學的科學教育進行評鑑。NSTA在其第四冊的論述中說：研究報告告訴老師們的是：下列的幾個主題：

- (一) 解決問題的能力與其對教學的重要性；
- (二) 老師教學對於學生學習的影響作用；
- (三) 皮亞傑的發展心理學和科學教學；
- (四) 創造力等的研究摘要，

這冊書摘要了許多目前學校課程未曾留意的事。例如，在第四章中所討論的“對科學的關切”中，它提到人們對於關切（attentive）所下的定義爲：(1)對科學表示興趣；(2)具有科學的知識；(3)並

繼續充實他的知識並維持他的興趣。而其重要的發現如下：

- (一) 這些年來中學生的興趣並沒有增加；
 - (二) 高中畢業後不到一半的學生表示仍對科學有興趣（不上大學的學生只有 30%）；
 - (三) 對於科技的興趣大於對於科學的興趣；
 - (四) 對於基本科學概念懂得很少，以四個概念為例子：40% 知道變形蟲及 DNA；25% 知道分子；20% 知道有機化學。
 - (五) 中學四年中，學生的概念並未增加。
 - (六) 很少的高中生主動追求更多的科學概念（不上大學的學生佔 10%，大學生佔 25%）。
 - (七) 少於 10% 的大學生表示熱愛科學。
 - (八) 上課全動或是加入科學活動並不會增加其對於科學的關注。
- 很少的資料顯示中學的生物學能為大學或將來的生活作很好的準備。

參、找尋解決的辦法—1982年至2000年

對於解決今日所面臨的問題——從來沒有像現在這樣，雖然知道那麼多卻仍然沒有解決的辦法。今日同時還有一種阻力存在，使我們忽視過去五年所得的評鑑結果，所以今日想要對於科教觀念的改變及理論的革新較之以往所採用的改革方法更加困難得多。

有些人建議採用 1957 年所用的改革方法，希望獲得較多的經費支援，進行像 1960 年般大規模的全面改進。

而有些人則抱怨今日的危機是由於降低標準，寬鬆的畢業要求以及大學入學資格的改變，學校行政或輔導人員對於科學教育的敵視態度，與對真正的科學教育研究缺乏金錢上的支援所致。而很少人願意花點時間對現今科學教育的目標、教材、課程和教學法等適當與否作一有系統的分析，他們只希望有人承認過去傳統的是好的、重要的、必須的，然後認為此危機就可以迎刃而解。

太多的生物教師仍沉醉於生物學家式的教學法，認為只有科學界才配為生物學下定義，才配提供最新的知識，才能建立理想的生物教學。

此類“返回生物學家”派的建議是：教材應包括近廿年內的科學發展新知，他們認為若不採用過去的改革方式，則不但不能解決今日的問題，而且會使生物教學更加惡化。

而由許多職業團體如 NSF 所喊出的呼籲則是應改變國家的政策以解決今日所面臨的危機。他們的口號是新的科學，新的課程以及新的師範教育。在過去 25 年間，許多民間團體、國家領導人物和社會知名人士已經作了許多新的決策和研究，這些也許在過去是合適的，但現在卻不然了，因為他們多忽視了今日我們所得到的許多寶貴的評鑑資料。

今日呼籲採用新的政策的呼聲很高，有的人也利用 1950 年代的手段，高聲疾呼美國的學校以及科學課程不如蘇俄、日本、德國等，這些呼聲在雜誌上常常可以看見。許多人一再強調科學的重要性：他們仍然回味著往日的黃金時代，希望國家的政策能更加支持現代及純科學的重要性。但是時代已改變了，今日美國的經濟衰退，社會已轉向於“返回根本”的運動。

許多科學教育學者認為學校科學教育與社會上所呼籲的返回根本脫節，因為此根本應指科學為現代日常生活所必須的，而今日學校所教的卻與今日社會所面臨的問題無關，故學校所教的科學與社會需要的並未加以配合。

各種評鑑報告均指出一個新的需要，即需要建立一個新的目標，因為目標可以影響學校的政策和實際的執行，故在政策的決定與實際教學之先我們應先了解科學教育的目標，這個工作並不需要等待國家的機構去做，眼前就已經有了許多可貴的資料，如表一所列的生物學的理想式教學狀況即是一個開端，其次則是行動了。

不過當我們進行下一步的行動時，我們要切記這些研究報告只是一部分的答案，科學教育像科學一般一直在變，每一種解決方法都是暫時性的，經常需要再調整。目前的狀況之下，生物教育的前途是很艱難的，但是我們一定要切記真正解決方法開始有賴於目標的再確立，唯有這樣我們才能掌握正確的方向。

參考文獻

1. BURDMAN, M. 1980. The Wirszup report. *Campaigner* 13(5): 57-64.
2. BURKMAN, E. 1981. *Individualized science instructional system (ISIS)*. Columbus, Ohio: Ginn and Co.
3. BYBEE, R. 1979a. Science education for an ecological society. *American Biology Teacher* 40(3): 154-163.
4. _____. 1979b. Science education policies for an ecological society: Aims and goals. *Science Education* 63(2): 245-255.
5. HARMS, N.C. 1977. Project synthesis: An interpretive consolidation of research identifying needs in natural science education. (A proposal to the National Science Foundation.) Boulder, Colo: University of Colorado.
6. _____, and KAHLE, S. 1981. *The status and needs of precollege science education: Report of project synthesis*. Final report to NSF for Grant, SED 77-19001. Washington, D.C.
7. _____, and YAGER, R.E. 1981. *What research says to the science teacher. Vol. 3*. Washington, D.C.: National Science Teachers Association.
8. HELGESON, S.L., BLOSSER, P.E., and HOWE, R.W. 1977. *The status of pre-college science, mathematics, and social science education: 1955-75*. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
9. HOUTS, P.L. (ed.) 1980. Science education: The forgotten imperative. *The National Elementary Principal* 59(2).
10. HUGHES, L.A. 1976. *The biomedical curriculum project*. Berkeley, Calif.: California Committee on Regional Medical Programs.
11. HURD, P.D., ROBINSON, J.T., CONNELL, M.C., and ROSS, N.R. 1981. *The status of middle and junior high school science, Vol. 2, Technical Report*.

- Louisville, Col.: Biological Sciences Curriculum Study.
12. KNOTT, R. 1980. *Outdoor biology instructional strategies (OBIS)*. Nashu N.H.: Delta Education.
 13. NATIONAL ASSESSMENT OF EDUCATIONAL PROGRESS. *Science: Second Assessment (1972-72): Changes in science performance 1969-73, with exercise volume and appendix* (April, 1977): 04-S-21, *Science technical report: Summary Volume* (May, 1977). *Science: Third assessment (1976-77): 08-S-04, Three national assessments of science: Changes in Achievement, 1969-77, (June, 1978), 08-S-08, The third assessment of science, 1976-77.* Released exercise set (May, 1978), Also some unpublished data from the 1976-77 science assessment. Denver, Col.: Education Commission of the States.
 14. NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. 1979. *What are the needs in pre-college science, mathematics, and social science education? Views from the field.* Washington, D.C.
 15. NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION. 1978. *Science education: Accomplishments and needs.* Columbus, Ohio: ERIC/SMEAC.
 16. RENNER, J.W., and YAGER, R.E. 1980. Proposed solutions for perceived problems in science education — 1979. *Science Education* 64(5): 729-734.
 17. ROSS, N. 1979. *Human sciences program (HSP)*. Batavia, Ill.: National Science Programs, Inc.
 18. STAKE, R.E., and EASLEY, J. 1978. *Case studies in science education, Volumes I and II.* Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
 19. WATSON, F., GARDNER, M., and SMITH, H. 1979. *Perspectives on science education.* Section Q Report to Board. Washington, D.C.: American Association for the Advancement of Science.
 20. WEISS, I.R. 1978. *Report of the 1977 national survey of science, mathematics, and social studies education.* Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
 21. YAGER, R.E., HOFSTEIN, A., and LUNETTA, V.N. 1981. Science education attuned to social issues: Challenge for the 80s. *The Science Teacher* 48(9):12-13.
 22. ———, and STODGHILL, R. 1979. School science in an age of science. *Educational Leadership* 35(6): 439-445.
 23. ———. 1980a. Analysis of current accomplishments and needs in science education. ERIC/SMEAC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education.
 24. ———. 1980b. *Crisis in science education.* Technical Report 21. Iowa City, Iowa: The University of Iowa.
 25. ———. 1980c. *Status study of graduate science education in the United States, 1960-80.* Final report to the National Science Foundation, Contract #79-SP-0698.

26. _____. 1982a. Factors involved with qualitative synthesis: A new focus for research in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, in press.
27. _____. 1982b. *What research says to the science teacher*, Vol. 4, Washington, D.C.: National Science Teachers Association.
28. 黃台珠, “由美國學院派課程設計的趨勢看我國的科學課程改進計畫”, 科學教育月刊, 第 42 期, 1981.
29. 黃台珠, “美國教育上的新呼聲、返回根本 (Back to Basics)”, 科學教育月刊, 第 46 期, 1982.
30. 黃台珠, “現代教育哲學對於數學及自然科學教育的影響”, 科學教育月刊, 第 52 期, 1982.

隕石之謎(二)

取材自: Frontiers of Science 3 :
Introduction to Earth Sciences

有關類似玻璃質隕石的來源, 雖已如隕石之謎(一)所列敘, 但仍有若干科學家不表同意, 認為是由彗星在接近地球時所造成。

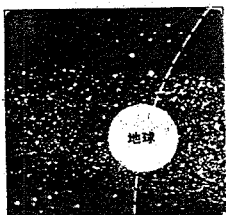


有關類似玻璃狀隕石的形成, 英國天文學者 R.A 李頓, 也有新的說明。

他認為隕石的來源, 出諸彗星, 而並不似前節所述的原因造成。

此外李頓主張隕石並不是以其原形態存在彗星的, 而是彗星在地球通過時所造成的。

彗星本質是在太陽系運行中蜂巢狀廣大的星塵團。



彗星在通過近日點範圍時, 彗星外側 (即頭部) 的粒子與太陽的輻射壓發生作用, 遂發生彗星尾。所以彗星尾是永久背向太陽的。

地球在通過彗星頭時, 彗星即有多數的粒子與地球相觸而流失, 而它的軌道可因地球的引力, 彎向內側。

這些掠過軌道上的粒子, 都集中在地球的後側領域內, 而其密度遠較彗星本身為大。

這些彗星物質, 部份被地球吸力所吸入, 形成高速的物質流, 同時由於粒子衝突的能造成高熱。

因為這些物質的高熱與岩石結合, 遂成為隕石。

——編輯室——