

美國 BSCS 「探究你的環境」課程

——簡介與啓示

國立台灣師範大學生物系 鄭湧涇

一、前言

「探究你的環境」(Investigating Your Environment)課程是設於美國科羅拉多大學(University of Colorado, Boulder, Colorado)的BSCS總部所發展的數種「第二代」科學課程之一。其內容涵蓋環境科學、生態學以及社會科學。在基本上,這個課程是為國中學生的環境科學教育而設計的,但是由於其在科學內容及方法上,具有極大的彈性,而且是一種開放式(Open-ended)的活動,因此,也可適用於高中、大學乃至社會教育。

BSCS近十餘年來所發展的第二代科學課程,均具有兩個特色;就是在課程設計的哲學基礎上,根據皮亞傑(Piaget)的認知發展理論(Intellectual Development Theory)來組織科學內容及活動;以及在科學內容和活動的呈現上,採用「單元模式」(Modular)的方式。雖然,「探究你的環境」並不是一套非常典型的「單元模式」式課程,但已頗能掌握其精神,因此,本課程乃又被稱為BSCS的「環境單元模式」(Environmental Module)課程。在課程外觀上,「探究你的環境」是一套獨立完整(Self-contained)的課程,可適用於七至九週的教學。而且,無論是做為連續的完整單元課程或是做為其他課程的輔助教材均極適當。

二、課程簡史

「探究你的環境」是美國聯邦政府國家教育

研究所(National Institute of Education)和健康、教育及福利部(Department of Health, Education and Welfare)共同支助的課程研究計劃。這個課程研究計劃於1970年正式開始進行,於1973年開始「試驗實驗」(Pilot field test)及「加強實驗」(Intensive field test)後,於1975年完成,並由美國Addison-Wesley出版公司發行。

三、課程的哲學基礎

「探究你的環境」是為學生當前及將來的社會生活而設計的課程;因此,在科學內容及方法上,給予學生相當的自由來設計及進行探究活動。目的是藉自由、獨立的探究活動,使學生認識現在以及將來的生活環境;以培養學生公正、理性和科學的判斷能力。在這些由學生自己設計、進行的探究活動中,學生將有系統地以正確的科學方法來探討有關「人們」、「人口」、「水質」、「空氣污染」、「土地利用」及其他社會環境常見的問題。目的是希望學生藉自己設計並進行探究活動來發現,他們周圍的河流已經被污染了;也讓學生了解社會上的人們,對一些社會問題,如學校、稅、交通、生活的要求等,是如何看法。換句話說,就是希望學生經由客觀的探究活動,自己去發掘問題,尋求問題的根源及其可能的解決方法。在這些活動之中,學生經由科學過程的運用,鍛鍊其將來解決環境及社會問題的功能;也培養其果斷、明智的「決斷能力」(Decision-making)。

四、課程的基本前提與假設

任何科學課程於教育理論及科學內容之編排上均依據某些可被接受的前提及假設，這些前提或假設反映了課程的哲學基礎，也是課程目標的指標。「探究你的環境」亦不例外，它是根據下列九大前提與假設而發展出來的。

1. 有關環境的問題都是非常複雜的，因此殊難由某一學科窺其全貌。這一類問題的解答，也頗不單純，往往受各種意想不到的因素的影響，這些因素包括社會、政治、心理、經濟和特殊環境等。因此，這類問題的瞭解和解決，需賴各方面學科知識的互相支援與配合。
2. 學生所遭遇的問題，我們很難將它歸類於某一特殊學科，這類問題屬於「非學科性」(Adisciplinary)；因此，沒有任何某一學科的知識與方法，可單獨解決此類問題。
3. 社會環境的問題至為紛冗分歧，當你面對它們時，又必須在適當時機下定決心。可是任何人均無法了然於所有的事實與因素，以供下決心之需。更重要的是，任何人均無法保證或預知他下的決心在將來是否能繼續保持其可信性與有效性。因此，做為一位當代國民所必須具有的能力應該是：
 - ①如何收集解決問題所需的資料 (Information)。
 - ②如何去除不信實或有偏見的資料。
 - ③如何判斷事實 (Facts) 或資料的效度 (Validity)。
4. 學生所關心的問題是他周圍的環境問題，因此，教材單元的設計，應以實際問題為先，不要以假設的可能環境問題或社會問題做為教材。
5. 學生對於他自己選擇的探究活動不但興趣比較濃厚，而且更具參與感。因此，若讓學生自己決定擬探究的問題，自己策劃並進行探究活動

，獲得的學習經驗，將更有意義而且切合學生個人的學習目標。

6. 認知發育主要與策劃和進行探究活動所需的過程有關，與探究的主題無關。因此，我們所關心的是學生採取的科學探討 (Scientific inquiry) 的過程及邏輯，而不是學生選擇的問題是否屬於環境科學或生物學的範圍；社會科學的問題，也能達到學習的目的。
7. 我們必須視學生為一具有發現、鑑別問題的個體，他有能力明確地下定決心，策劃和進行探究活動；而且他的發現和意見，將是很有價值並且可以對整個班級提供重大貢獻。
8. 學生在興趣、經驗、才能和各項能力的差異給一個班級帶來顯著的歧異性 (Diversity)；我們的社會正如一個班級，也是由許多具有明顯歧異性的個體組合而成的。社會組織與文化的維持也有賴此種歧異性，因此，課程設計應該鼓勵並且利用這種歧異性。
9. 課程應該朝可以促進學生認知發育以及發展學生對學校的正確態度的方向來設計。

五、課程目標

根據上述前提和假設，本課程確立了下列五點主要目標。

1. 學生將對其面對並解決問題的能力，保有充份的自信。他將是一個可以自己獨力發掘問題、探究問題並且解決問題的個人。他也將具備分辨事實真偽與篩選資料的能力。
2. 學生將會發現學校教育與社會環境有緊密的聯繫，透過學校的探究活動，將可能解決有關社會與環境的實際問題。
3. 學生將對科學的真義有深切的體認；視科學為一有預期目標，講互相支援合作的學科。經由與他人的相互溝通及交互作用，科學探究可以找出各種不同的方案來解決某一問題。

4. 學生將可依照他自己選擇的方式來探討、研究一個實際問題；因此，探究活動所需的知識與過程將會切合其認知發育期。
5. 學生將可提出綜合概念及科學假設；他將可沒有偏見而有效地研究環境問題；分析科學事實與資料的效度，以尋求問題的真正答案。

總而言之，這個課程的主要目標是讓學生探索新的科學探討方法，發展解決問題的能力；並鼓勵學生參與自由探究活動，以發展下列科學技能及素養。

- 自由選擇；決斷；擔負責任。
- 與他人溝通和交往。
- 探索學校以外的環境。
- 依自己的認知發展狀況和興趣獨立學習。
- 理性發問及假設。

六、本課程所要發展的科學技能

經由本課程的探究活動，學生將可發展下列科學探究的技能。

1. 學生將「探索」並「討論」課程目標，參與活動，「認識」自己在活動中應負的責任。
2. 學生將依其自己的價值觀（Value）來「評鑑」自己所喜歡的生活型式及品質。
3. 學生將「發掘」影響某一問題的環境因素、組成成分或情況。
4. 學生將「找出」他所要探究的問題與環境因素之間的關係。
5. 學生將「決定」所要探究的問題，並「決定」探究該問題的方式——獨自探究或與其他同好合作探究。
6. 學生將獨自或以小組方式「計劃」其探究活動。
7. 學生將「進行」其所計劃的探究活動。
8. 學生將「分析」和「解釋」他們探究所得的資料。

9. 學生個人或小組將互相「討論」並「交換」各人的發現。
10. 學生將「反映」與其所探究的環境問題有關的價值觀和生活方式；並「評鑑」其探究過程和經驗。

七、課程特色及內容

（一）特色：

本課程除「學生手冊」和「教師手冊」外，尚備有8本「環境資源論文集」（Environmental Resource Papers）。這些論文集是配合學生手冊的內容，供學生於必要時參考之用。此外，本課程亦供應進行探究活動所需的器材及藥品。就教材內容之編排及教學方式來說，本課程具有下列特色。

1. 教材以「單元模式」的方式編排；整套教材由8個「單元模式」組成，每一單元模式自成一完整體系的探究活動。
2. 可做為一套獨立完整的教材使用，也可與其他教材共同穿插使用。若以每週五節課計，本課程可適用九週。
3. 教材極富彈性；由於探究活動均為「開放式」，因此，教材可以因應使用時的需要，調整為十二週甚至一個學期之用。同時，本課程也可因應教學情況，教學媒體、媒介的使用，調整內容，以適應各種課程安排，如研究活動、小單元課程（Mini-courses）或暑期研習會教材等。
4. 探究活動在本質上是以「沒有老師參與」（Teacher-free）的方式來安排；學生有絕對的獨立與自主去進行探究活動，老師只是學生探究過程的「顧問」。
5. 探究活動符合認知發展。學生可因應自己的興趣和認知發育，選擇符合自己能力的探究活動。

6. 絕大部分活動是於教室外，甚至於學校外進行；給予學生深切的社會參與感與切身感。因此，這是學校教育與社會環境緊密結合的典型課程。

(二)內容：

1. 學生手冊 (Student Handbook)：

全書分成八個「單元模式」；在內容上，它不是「教科書」，而是一些意見、建議、探討技術和探究方法的收集冊。目的是列舉一些於進行探究活動時，可能遭遇的問題及解決方法；也提供一些探究活動必需的科學過程及技術。教材範圍包括生物、環境、化學和社會科學的領域。其詳細內容如下：

* 你的探究活動

價值？

環境？

探究的意義

開始你的活動

設計你的探究活動

資料

建立資料冊

凡納格探究定律 (Finagle's laws of investigation)

環境資源論文集

分析報告指南

* 探究人們的問題

你想學到什麼有關人們的問題？生活方式或活動？

族羣的定義，取樣的方法，樣品的大小。

選擇調查方法：

問卷調查 (Questionnaires)；面談 (Interviews)

問些啥？建立調查資料

寫出問題，將問題歸類

編排問題

預習你的調查步驟

進行調查

分析你的資料

間接探究法

人們留下的證據

突擊觀察

研究記錄

* 探究族羣：

何謂族羣？

決定族羣的大小

測量族羣密度

估計族羣密度的變化速率

決定族羣的年齡結構

族羣的撫養負荷 (Dependency load)

估計族羣的變化速率

分析族羣的傾向

* 探究水質

測定水溫

測定可見度 (Visibility)

測定水中固體物質的量

水質的化學測定

溶氧量

溶二氧化碳量

酸鹼度

硬度

硝酸鹽

磷酸鹽

測定細菌污染量

水生生物之採集與鑑別

估計水的生物歧異性 (Biological diversity)

* 探究空氣品質

環境中，空氣的品質

天氣與空氣品質

測定空氣中顆粒性物質的技術

空氣中之氣體污染物——氧化碳量

空氣污染與植物

空氣污染對人造物品 (Man-made materials) 的損害

* 探究噪音

如何測定噪音？

資料與建議

人們對噪音的感受

噪音如何影響人們的活動？

* 探究土地利用 (Land use)

決定土地利用的型式

土地利用的類別

收集土地利用資料

決定土地應如何利用

* 何處可以發現有關……？

如何與各有關機構或個人聯絡？

是否有「定律」可以遵循？

「標準」(Standards)？

圖書館的資料

政府機構

私人機構

2. 教師手冊 (Teachers' Handbook)

教師手冊開列了一些做為一位探究活動的「顧問」所應具備的教學技巧、各種資料、找尋輔助器材的地方以及如何訂購活動器材等。對於引導學生探究活動的方法和評量學生學習成就應注意的事項也有詳細說明。

3. 環境資源論文集 (Environmental Resource Papers)：

本論文集共有八冊；每冊收集具有實用價值的論文十至十七篇等，其各冊名稱如下：

(1) 環境：一些觀點 (The Environment: Some Viewpoints)

(2) 進步的代價 (The Price of Progress)

(3) 食物和人性 (Food and Humanity)

(4) 人類族群 (Human Population)

(5) 固體廢物 (Solid Waste)

(6) 殺蟲劑 (Pesticides)

(7) 土地利用 (Land Use)

(8) 水質 (Water Quality)

八、教學方法

本課程是由各種不同的探究活動組成的，這類活動需要學生自動自發的學習，因此在教學上，傳統式的指導教學方法將無法適用。也因此，本課程建議老師們在教學上分「探究活動實施前」與「探究活動進行時」兩個階段來處理。在第一階段的教學過程中，老師要先將課程目標、探究活動的宗旨與活動特色向學生說明清楚，同時並建議、幫助學生依照自己的興趣和價值觀來選擇符合其認知發育和能力的活動。在本階段教學過程中，老師可藉全班或分組討論活動來擬定學生進行探究活動的詳細計劃與探究步驟。對於特殊情況，老師甚至可以以個別指導方式，幫助學生計劃、進行探究活動和解決困難問題。

在第二階段教學中，主要是輔導學生進行探究活動，由於各學生所選擇和進行的探究活動可能不同，因此，這一階段的教學以個別或小組指導為宜。在國中及高中階段，學生的認知發育階層差異甚大；有些學生可能已達「形式操作期」(Formal-operational stage)，但仍有一大部分學生可能還停留在「具體操作期」(Concrete operational stage)或介於這兩期之間。在教學過程中，老師最好能夠因應其認知發育的不同，而做彈性的指導和解說。對於具體操作期的學生，抽象推理是他們所無法理解的，此時，需要實際例證。

總而言之，在本課程的教學中，老師的角色是學生探究活動的顧問和監督，在必要時候給與學生適時的幫助。而不是探究活動的策劃者，更

不是探究活動的司令者；因為，他將給學生的是一些「建議」而不是「命令」。

九、評量方法

本課程在基本上是學生活動中心式的探討教學，課程的哲學基礎與目標是在培養學生的「決斷能力」和學習「如何去學習」，這個特色，使得老師在評量學生學習成就或打分數上，十分複雜和困難。因為，學生選擇、進行的探究活動各不相同；探究活動的設計、計劃、過程和可能遭遇的困難亦異；因此，事實上，學生的學習成就無法比較。「常模」(Norm)亦無法建立，所以，傳統式的「常模參考測驗」(Norm-referenced test)的評量方式將無法適用於本課程。

因此本課程建議兩種比較符合課程目標與特色的評量方法。第一：假若學校在行政上規定必須給與學生不同或相同等級的成績的話，「比較式」(Comparison)的成績，如A、B、C、D……等應儘量避免使用，因為不同的探究活動的結果、過程及學習成就，是幾乎不可能比較的。本課程建議老師採用「及格——尚未完成——不及格」的系統，或者是「計學分——不計學分」的系統。

本課程建議的第二種評量方式是「自我評量」(Self-assessment)。為了避免在給分上造成不公正的結果並兼顧學生的認知發育期，採用「自我評量」是很恰當的評量方式。因為，「評量」(Evaluation)的目的是供給一個適當而可信的回饋給學生及老師，讓學生及老師能夠了解學生學習的進步情形，同時並做為調整、修正探究活動的指標。在本課程的探究活動裡，最瞭解學生在探究活動中的學習情況和困難的是學生自己。假若學生的計劃正確而周詳，進行活動的經驗較豐富，則其於進行探究活動時，幾乎不需要

老師的幫助；老師對其探究活動的進行情形和結果也幾無所知；在此種情形之下，要老師公正的評量學生學習成就並給分，不啻緣木求魚，評量結果將難免於偏失。因此，只要發展適當的「自我評量」方法，讓學生自己評量自己的學習結果要比老師「盲目」的評量可信、有效得多。

評量工具的發展，必須切合課程目標與擬發展的科學技能，學生進行自我評量時，方能「客觀」、「公正」、「誠實」和「本諸良心」的評量其學習經驗，也方能讓學生獲得真正，有意義的學習。

此外，尚有幾點在本課程的評量上，必須注意的事：

1. 評量不公是對學生學習意願的一種「懲罰」，也是一種反教育。
2. 當學生的學習對象各異時，「常模參考測驗」將失去其信度與效度；此時可參酌使用「自我評量」或採用「標準參考測驗」(Criterion-referenced test)來評量學習。
3. 探究活動的報告，不可用於評量學生成就，更不可用於給分。它只是一種學生學習情形的記錄及學生對活動的感想與建議。
4. 學生的筆記本或參考資料記錄也不可用於評量和給分；它可以是學生進行「自我評量」時的參考。
5. 學生進行探究活動所獲得的學習經驗才是最重要的；如何幫助學生增長並善用這些學習經驗要比如何給分重要得多。評量的目的並不只是「給分」，更重要的是它是一種讓學生瞭解其學習情形與歷程的指標，目的在調整、修正學習環境，以達到最終教育目標。

十、結語

這個課程是BSCS所發展的「環境單元模式」課程中，相當成功的一種。近年來，由於工業

技術的高度發展、人口壓力的增加、環境污染的日益嚴重，使得科學教育家們認識了「環境科學教育」(Environmental science education)的重要性及迫切性，乃著手以「統合科學」和「單元模式」式的組織方式，發展環境教育和社會科學結合的「輔助教材」。希望藉這些教材的輔助，使學生有機會探討環境與社會的一些切身問題。由於這些教材的實在性與切身性，學生和老師的學習興趣均極為濃厚，教學效果乃頗富成就。

屬於這類「環境科學教育」的課程，目前 BSCS 正在發展中的有：「能與社會」(Energy and Society)，「土地利用」(Land Use)等。由這類課程的哲學基礎與課程目標，我們將可發現，這類課程的發展在精神及目的上並無意「取代」現有國中或高中的科學課程，而是希望教師們把這些課程當做“輔助教材”，在適當時機，以整套或各單元分別使用的方式，加入他所安排的各科，尤其是生物科教材及教學活動中。這類教材也可滿足社會大眾的需要，而可當做一種社會教育的教材。因此，它們的目的是多元性的。

我國由於國情、社會環境與教育系統的不同，在國中和高中階段採用多種教材幾不可能；但是，環境問題是世界各國遲早都將面臨的問題，假若我們的教育目標是要造就健全、有基本科學素養、能適應現代社會環境的國民而不是只為「準備升學」的話，則如何在中學階段，給與學生適當的環境科學教育實在是一件相當重要也是刻不容緩的事。在科學教材，尤其是生物教材之中，視各章節的性質適當的加入環境教育的教材是一種可行的方法，另外，以更有彈性的教材或輔助教材的結構，使學生在適當時候例如：露營活動、野外活動等，學到處理環境問題的經驗與方法也不失為一種可行之道。此外，「探究你的環境

」在理論基礎、教學目標、科學過程技能以及教學方式和評量學生學習的方法上，可資借鏡之處甚多；希望本文的介紹能給我國的中學科學教育帶來些許「環境教育」的「激盪」或「助益」，並藉此喚起大家對環境科學教育的正視。 ❖

十一、參考資料

1. BSCS, Investigating Your Environment, Teachers' Handbook, 1975, Addison-Wesley Publishing Company, Menlo park, California, U.S.A.
2. BSCS, Investigating Your Environment, Student Handbook, 1975, Addison-Wesley Publishing Company, Menlo Park, California, U.S.A.
3. BSCS, Environmental Resource Papers, 1975, Addison-Wesley Publishing Company, Menlo Park, California, U.S.A.
Book I : The Environment: Some View-points.
Book II : The Price of Progress.
Book III : Food for Humanity
Book IV : Human Population
Book V : Solid waste
Book VI : Pesticides
Book VII : Land Use
Book VIII : Water Quality
4. H. Edwin Steiner Jr., The Environmental Module - Valuing, Choosing, Searching; Reflecting on the Summer Implementation Session, BSCS Newsletter 57: 10-11, Nov. 1974.
5. BSCS, Investigating Your Environment, BSCS Newsletter 59: 4-11; Apr. 1975.