

S0004

學門規劃資料

生物教育

行政院國家科學委員會

中華民國七十五年十二月出版

規 劃 委 員

召集人：吳 京 一 (國立臺灣師範大學生物系)
委 員：楊 荣 祥 (國立臺灣師範大學生物系)
鄭 湧 涇 (國立臺灣師範大學生物系)
周 德 源 (中央研究院植物研究所)
郭 允 文 (行政院國家科學委員會科學教育發)
助 理：周 禹 華 (國立臺灣師範大學生物系)

學門規劃資料

Position Paper

S0004

生物教育



行政院國家科學委員會科學教育發展處
中華民國七十四年十二月規劃

目 錄

摘要	1
壹、目的	3
貳、生物教育學門規劃資料之意義	4
參、生物教育學門規劃之基本精神	5
肆、規劃情形	6
伍、生物教育學門研究重點發展方向	7
一、課程與教材的基礎研究	8
(一)各級各類學校生物課程發展有關研究	8
(二)各級各類學校生物課程之分析與評鑑	11
(三)課程設計有關問題之研究	12
未來四年內急需研究的項目	14
二、教學方法與教學環境的基礎研究	21
(一)教學方法、策略與教學模式的有關研究	21
(二)可能影響學習各種變因的研究	23
(三)教學媒體之發展與運用方面的研究	24
(四)校外教學資源之開發與利用方法	26
未來四年內急需研究的項目	27
三、學生學習特性的研究	33
(一)認知發展理論有關研究	33
(二)認知發展與過程技能有關研究	34
(三)認知發展與教學方法的關係	35
(四)概念學習有關研究	36
(五)解決問題的行為研究	36
(六)學習態度與興趣	37
未來四年內急需研究的項目	38
四、教學評量的研究	43

(二)學習成果 (Outcomes) 的評量.....	46
(三)課程及教學 (Curriculum and Instruction) 的評量.....	49
(四)評量方法 (Methodology) 的研究.....	50
未來四年內急需研究的項目.....	52
五、師資培育的研究.....	66
(一)教師特性 (Characteristics) 的研究.....	66
(二)師資教育成果 (Outcomes) 及其評鑑研究	69
(三)師資教育計畫 (Program) 研究.....	71
(四)在職教育與生物教師教學行為的關係.....	73
未來四年內急需研究的項目.....	74
六、電算機與生物教育.....	85
未來四年內急需研究的項目.....	87

摘要

由於科技的突飛猛進所帶來的社會文化變遷，使社會國家對科學教育有了新的企求，面臨先進國家科學教育改革成果的衝擊與國內科技與教育界的殷切需求，必須集結國內有限的生物科學教育資源與研究人力積極推展基礎研究的工作，乃擬出我國生物科學教育重點發展方向，供國科會科學教育發展處推動生物科學教育研究之依據，以實質具體資料鼓勵國內各科學教育研究機構，及有志從事生物科學教育研究之專家學者的熱烈參與。生物為自然科學中相當重要的一門學科之一，在國家整體的科技發展上，扮演了極其重要的角色。因此，生物教育的發展，實為整體科學教育發展不可忽視的一環，也因此，在規劃我國整體科學教育的發展方向上，生物教育學門的規劃自有其急迫的必要性。

本規劃小組於民國七十四年四月成立，經現況討論，國內外有關文獻研討，分析國家社會未來的需要與發展，擇定六項重點發展方向：(一)生物課程與教材的基礎研究，(二)生物科教學方法與教學環境的基礎研究，(三)學生學習特性的基礎研究，(四)生物科教學評量的基礎研究，(五)生物科師資培育技術與方法的基礎研究，及(六)電算機對於生物科教學的應用方法與其成效之評鑑研究等。

本科學門規劃，完全建立在對國內外現況之了解上，並以配合國內現況之需要，適合國內長期發展者為規劃對象；以重點發展項目與自由研究計畫並重，培養生物教育學門領導人才，密切配合國家科技的整體發展，以提升全民科學素養為依歸。

為積極發展我國生物科學教育的基礎研究，經詳熟研討之後，本規劃小組建議，在未來四年內，應發展的方向以及重點研究項目為：

一、生物課程與教材的基礎研究方面：

- (一)各級學校生物課程發展架構的研究。
- (二)生態或環境教育為中心的課程。
- (三)各種個別學習課程或模組（Module）的研究。

例如：資優生專用生物科教學模組；探究技能中心的模組；非主修生物科學生專用的模組；提升一般國民科學素養用的模組；社會生物教育模組等。

- (四)現行各級學校生物課程之分析與評鑑。

二、教學方法與教學環境的基礎研究方面：

- (一)各級學校生物科各種教學模式的研究。

- (二)教育工學的運用方法及各種自學媒體開發原理與功效的研究。
- (三)各級學校生物科（包括大專院校生物科系）教學環境、設備的改進研究。
- (四)校外教學資源（例如：博物館、科教館、植物園、動物園、文化中心）運用原理與方法的研究。

三、學生學習特性的基礎研究方面：

- (一)生物科學概念發展的研究。
- (二)解決生物科學有關問題基本能力與態度的研究。

四、生物科教學評量的基礎研究方面：

- (一)生物科教學評量的方法與技術的研究。
- (二)各項生物科學習成效評量工具的發展研究。

五、師資培育技術方法的基礎研究：

- (一)生物科教師教學能力的研究。
- (二)生物科教師之特性與教學能力評鑑工具的開發與效化。
- (三)生物科教師職前教育模式與其成效評估研究。
- (四)生物科教師在職教育模式與其成效評估研究。
- (五)社教機構內，與生物教育有關人員（例如：博物館解說員、國家公園解說員等）職前及在職教育模式研究。

六、電算機對於生物科教學的應用方法與其成效之評鑑研究。

為因應未來國家社會發展的需要，本小組建議以兩項主題為範圍整合上述各項研究重點項目：

一、生態環境為中心的生物教育之研究：

- 隨著科技發展社會變遷，環境問題日益嚴重，未來公民均應具備對生態環境最基本而正確的認識，並培養其保護生態環境之積極意願。

二、細胞生物學為基礎的生物教育之研究：

- 目前生物技術的發展至為神速，其在醫藥、農業上的應用已日趨廣泛。且生物科技已列為我國當前的科技發展重點之一，為因應這項劃時代的發展及其對社會可能造成的衝擊，亟需對以細胞生物學為基礎的生物教育做深入研究。

壹、目的

由於最近生物科技的突破性發展，使人類文化急遽改變，也帶來社會變遷，使國家社會以及個人在科學教育上都有了新的企求。面臨先進國家科學教育改革成果的衝擊以及國內教育與科技界的殷切需求，必須集結國內有限的生物科教育資源及研究人力，以積極推展生物科學教育的基礎研究。本規劃資料為我國生物科學教育指出重點發展方向，做為國科會推動生物科學教育研究之依據，並提供國內各科學教育研究機構進行研究的具體參考。我們希望這一本生物教育學門規劃資料，能在生命科學學術與生物科學教育界的共識與互助下，順利達成整合，以團體力量推展生物科學教育的研究工作。

貳、生物教育學門規劃資料之意義

國科會在負責全國科技推展的體系當中，負責策劃、協調、整合，以及推動的任務，而科學教育發展處則擔任其中有關科學教育的基礎研究部分。在我國現有研究人力及資源極端缺乏的狀況下，更應設法建立合作、統整，及協調的體系，使有限的研究人力與資源能有效而有系統的發揮效用。

生物教育學門規劃資料為我國中小學生物科學教育，乃至大學的基礎生物科學教育，指出長程、中程、以及近程的發展方向，使學術界與科學教育界、教育行政機構與各級學校，都能循著共同的研究發展的方向，發揮團隊精神，在各界的共識與互助下，使我國生物科學教育基礎研究工作能真正落實在我國的學生身上。

除了重點研究計畫，尤其近程（未來四年內）發展項目應由國科會主動規劃積極推展之外，本規劃小組認為有關本學門個別的自由研究計畫亦應受到尊重與重點支持，使我國科學教育研究早日趕上我們科技與社會發展的需要。

參、生物教育學門規劃之基本精神

(1)建立於國內現況之瞭解：本學門之規劃完全根據國內外最近十年來有關研究及調查資料，再針對現況的問題與未來社會需要而擬定。

(2)配合國內現況之需要，以適合長期發展者為規劃對象：生物科學教育涵蓋甚廣，在我國科教研究界有限的人力下，實尚無法一一配合進行研究。因此參照國內現有研究人力資源，在國內生物科學教育上最需要研究的問題中，選擇最需要做長期發展與研究項目為優先發展項目。當然由於未來發展不可避免的變化，並不完全排除將來修改的可能性。

(3)重點發展項目與自由研究計畫並重：生物科學教育學門規劃希望能藉規劃與鼓勵來整合我國有限的研究人力，但事實上，不可能使重點發展項目都涵蓋每一位研究人員的領域，所以國科會仍應以相同的熱忱來支持未規劃於重點發展方向的優良計畫。

(4)培養生物教育學門領導與研究人才，有效推動中、大型計畫：由重點導向計畫之推行，再經過中、大型計畫的推動和教育行政機構的配合，以有效推展研究計畫，並培養生物教育學門領導與優秀的研究人才。

(5)配合國家整體科技之發展提升未來全民科學素養為依歸：生物科學為整體科技的一環，生物科學教育學門規劃的建立，除培養未來優秀的生物科技人才之外，亦可配合未來國家社會發展之需要，以最大的研究重點計畫來提升全民科學素養，以求科學教育最大的實質效果。

肆、規劃情形

(1)七十四年四月召開生物教育學門規劃小組第一次協調會，就整個規劃工作之方向進行溝通。

(2)七十四年五月，第二次協調會中決定生物教育學門規劃資料之大致內容與格式，擇定五大主題：一、課程教材，二、教學方法及教學環境，三、學生學習特性，四、教學評量，五、師資培育等，並定出工作進度。

(3)依工作進度，開始針對各主題蒐集資料，經整理、歸納完成綱領性學門規劃資料。七月份鄭湧涇先生自美返國，加入規劃小組進行研究，提供了許多新的構想。七月三十日、八月二十六日、九月九日、九月二十三日、十月一日之協調會中，規劃小組逐次就各個主題之規劃資料初稿作系列的討論與修訂。

(4)七十四年九月初對國內各大學生物系、師專生物科，及中研院等有關之研究機構發出問卷，以期建立最近五年內國內有關生物科學教育研究發展情形之資料，有助於未來研究方向之規劃。

(5)七十四年十月十五日，根據當前潮流及實際需要，增訂規劃資料第六項主題為有關電算機對於生物科教學的應用及成效方面之研究。

(6)七十四年十月二十二日、十一月十四日、十二月五日，對初步完成之規劃資料作最後之檢討與統整，並就各主題初步規劃完成之所有研究方向加以討論擇定重點，規劃出最近四年內最迫切需要發展之研究方向。十二月底完稿付印。

伍、生物教育學門研究重點發展方向

中小學生物科學教育的目標，除了為國家培育優秀的生物科學家、農業專家，或醫事人才，也要提升未來公民的科學素養，在這科技發展神速的社會中，凡公民均需具備基本而廣泛正確的生物科學知識，並能以科學態度面對問題，而運用科學的方法以解決問題的技能。為達成此項多元化的教育目標，我國中小學科學教育會力求改變與突破，但在這種變遷神速的科技社會中，這種改進的步調似乎尚未達到令人滿意合理的程度。科技的發展，提升人的生活水準，但也改變社會與經濟結構，也帶來人類史前未曾有過的嚴重問題，如：生態環境問題等。這些變化與問題，都要求中小學科學教育做突破性的改變。

生物教育的問題，不外乎包括課程、教材、教法、學習環境與教學資源、教學評量、師資培育等問題。這些問題極需由基礎研究來討論其基本哲學與教育理論，以建立新的教育研究體系，促進理論與應用的整合，將我國生物教育推上新的軌道上。本研究將分為：(1)生物課程與教材的基礎研究，(2)生物科教學方法與教學環境的基礎研究，(3)學生學習特性的研究，(4)教學評量的研究，(5)師資培育的研究，(6)電算機與生物教育等六個部分來討論。

本研究每一部分都含有國內外有關研究的報導，分析現今有關問題的研究方向、重點以及方法。然後，根據國內外研究現況，針對目前我國各級學校生物教育上的需要，列出我們在未來十年內應着手研究的項目、領域、課題、研究方向或重點的建議項目，並以 * 表示「迫切需要」研究的項目或方向，此外，並就未來四年內，急需展開研究的項目及方向提出建議。另外在每一部分都列出國內外有關參考文獻書目，方便查證。本研究旨在提供研究的資料與建議，尚祈我生物教育界同仁，包括各學術機關研究所的專家學者，以及各級學校生物科教師多參與生物教育的學術研究工作，使我國科學教育真正落實在我國未來國家社會的需要上，以提高我國國民的科學素養，使國家強壯，人民生活安和樂利。

一、課程與教材的基礎研究

我國自從民國52年，引進美國 BSCS (Biological Science Curriculum Study) 的新教材，民國60年代又引進美國 IMB (Interaction of Man and Biosphere)，分別作為高中、國中生物教材改革的藍本，確實改進不少生物教育的品質，最近再由教育部委託師大科教中心，由吳大猷先生領導，邀請各大學及研究機構關心我國中學科教的專家學者共同研編新的高、國中數學及自然科學新課程與教材，更為我國科教史建立了一個新的里程碑。

革新課程教材的內容，固然是科教的一大進步，但為了發揮課程應有的功效，還有許多問題亟待解決，尤其科學教育基礎研究最為重要，唯有基礎研究所得之理論基礎，才能使得課程教材發揮最大的功效。這些基礎研究應包括：課程設計與評鑑理論、課程設計要素、課程教材內容的研究等。

(一)各級各類學校生物課程發展有關研究

無論國民小學、中學、高級中學，或各類職業學校的生物課程，都有其特殊的需要，也有其特定的教學目標，或教學的重點，在國外，尤其英美等國頗多有關研究可供國內關心科教人士借鏡。

1. 國內外有關研究：

在1960年代由美國所引發的科學教育改革運動，可算是人類科學教育史上一個轉捩點。在這個年代中所發展的課程，例如高中用的 BSCS Yellow、Blue、Green 等三個版本 (Versions)，國中階段所用之 ISCP (Interaction Science Curriculum Project) 的 IMB，都是國內所採用的教材，至今仍深深影響著自由世界許多國家的生物科學教育。這些由美國 NSF (National Science Foundation) 所積極資助的課程都有共同的特點：注重(1)科學過程技能 (Scientific process skills) 的訓練，(2)科學的探討特性 [Kyle, 1955; Kyle *et al.*, 1982; Peterson *et al.*, 1984; Shymansky *et al.*, 1982 a]。雖然在 1976 年以後美國 NSF 對科學課程發展的資助大不如 1960 的黃金年代 (Golden Age) 甚至已停止，但，1960 年代 NSF 所資助課程發展計畫所奠定科教的新方向仍然不被懷疑。根據美國 Shymansky 等所做的 Meta-analysis，他分析34篇有關 NSF 在 1960 年代所資助發展的 ESS (The Elementary Science Study)、SCIS (The Science Curriculum Improvement Study) 及 SAPA (Science-A Process Approach) 等課程功效的研究報告，發現凡是學習這些課程的一般學生 (Average students) 都比傳統課程的學生，無論在認知成就 (Cognitive

achievement) 包括過程技能 (Process skill)、閱讀能力以及數學能力，都有較好的表現。此外，對於學習科學、對於其學校以及其自我，均表現較積極的態度 (Positive attitude) [Shymansky *et al.*, 1982 b]。1960 年代所發展的科學課程都以科學知識水準的充實與提升，以及探討科學能力的培養為首要目標，果然在最短時間內培養出許多優秀的青年科學家，但，也因內容太艱深，使一般不預備攻讀理工科學生都畏懼數學，討厭科學，反而降低了一般公民的科學素養。於是1970年代以後的科學課程都有了新的方向，不再是「專為培養科學家」的科學課程。這些新動向可分下列各項：

(1)人文化的生物科學課程：例如，Schneider [1980] 所發展的 Humanistic Science，以統整方式研討人類生活環境生態學上問題；Blum 等 [1982] 所做探討活動為中心之環境研究課程 (Environmental Studies Curriculum)；Coffey [1982] 所領導能量教育課程 (Energy Education Curriculum) 以及 Kastuck [1982] 所發展 Marine Education 等，均以人類生態環境、資源與能源的開發與保育為中心的課程。

(2)個別化 (Individualization) 與一般科學素養的課程：1970 年代的另一新動向就是個別化學習，認為人人都有接受其最適當的教育機會。因此個別化學習的課程教材、非主修科學學生 (Non-science-majored student) 專用的科學課程等，都受到重視。例如 Day 所發展的 *Introduction to Investigation in Biology* 是以生態與動物行為為核心教材的獨立研究手冊 (Booklet for independent investigation) [Day, 1980]；適應個別差異可供學生自由選修的模組 (Module)，例如視聽媒體輔助的臨床微生物學的模組 [Howard, 1980]，以培養科學態度與邏輯思考技能為基本目標的 Human Science Program 的模組 [Hill, 1982] 等。其外，Case [1980] 所發展 General Biology Course for Non-Biology Majors；Mahmoud [1980] 所做之 Phase Achievement System 均為一般科學素養為目的的課程，後者又是個別化學習的解剖與生理 (Anatomy and physiology) 的教材。

(3)統整科學課程：自然科學在一般「習慣」上分為物理、化學、生物，但事實上很難劃定明確的界線，因為學生所見自然現象常常難由「一門」學科來探討。為使學生對自然現象有更統整的了解，最近所謂 Integrated Science、Unified Science、或 Interdisciplinary Course 也紛紛出現。例如，Goodstein [1982] 以健康與能量守恆為主題的 Integrated Course；由自然科學的哲學發展史，討論至科學與人類經驗 (Human experience) 的 Unified Science Curriculum [Roth, 1982；Ting, 1982]；Carrington [1982] 所發展，統整大學生物學、化學與數學的 Interdisciplinary Course 等。

(4)特殊課程：為迎合某些特定學生或學校的特殊需要而發展出來的課程也很多，尤其值得注意的是：Lyon 等 [1980] 所發展 Guidelines for High School Students who Conduct Research，內容討論到高中學生從事科學研究所應具備的邏輯、設計、數據解釋能力，還有具體的有關意見與建議。這類研究相信對我中學學生中資優學生的教育必有助益。此外還有「重聽」學生專用的科學課程 (Sunal *et al.*, 1982) 也是我國師生可以參考的特殊課程。

我國在統整課程上曾有過類似的嘗試，師大科教中心曾於民國六十五～六十八年，試編國中學生用的物理與化學以及生物與地球科學的統整科學課程，分別定名為自然科學 I (理化) 與自然科學 II (生物與地球科學)。自然科學 I 的教材主要取材美國 ISCS (Intermediate Science Curriculum Study)，自然科學 II 的教材則由該編輯小組參考國內外多種教科書自編，曾在基隆中正、臺北忠孝、明德、永和、臺中大甲、高雄五福、臺東新生、臺南建興、臺中居仁，及屏東大同等國中試教三年〔楊冠政，民國六十五年十月〕。這個課程雖然深受大部分實驗教師與實驗學生的歡迎，但因師資培育上的問題，以及自然科學 I 的教材內容等問題所牽制，被暫時擱置〔師大科教中心，民國七十年六月〕。

2. 建議研究的項目與方向：

為迎合現今或未來十年發展需要，建議展開下列各項研究：

- * (1) 探討（探究）式課程設計原理與可行性的研究。
- * (2) 科學過程中心的課程設計原理與教材選擇基準之研究。
- * (3) 人性中心的生物課程設計原理或教材選擇之理論基礎之研究。
- * (4) 生態或環境教育中心的課程設計原理教材選擇的理論基礎與適應性研究。
- * (5) 個別化學習課程設計原理與可行性之研究。
- * (6) 「模組」等自學課程設計原理與適應性研究。
- * (7) 非主修生物（或自然科學）學生的生物課程設計原理之研究。
- * (8) 生物科學資優學生的課程設計原理與適應性之研究。
- (9) 一般科學資優學生的生物課程設計原理與適應性研究。
- * (10) 研究技術中心 (Research-centered) 的生物課程設計原理與適應性研究。
- (11) 統整科學課程（理化生物地球科學，含概念中心的統整科學）設計原理與適應性、可行性研究。
- (12) 科際整合科學（健康教育、性教育、環境保育教育等）設計原理與適應性可行性研究。
- (13) 能源教育課程設計原理與適應性可行性研究。

以上所列課程均為適應現在以及未來國家社會的需要而擬。目前人口環境及資源問題日趨嚴重，尤應優先研究(3)(4)項的課程；為提升我國一般公民科學素養，必須提倡(1)與(2)(7)項的研究；為培養生物科學特殊人才，應優先鼓勵研究(5)(6)(8)(10)。

(二)各級各類學校生物課程之分析與評鑑

任何課程發展均有其評鑑基礎，否則成為沒有根的發展，無法適應社會的變遷，與其需要。究竟課程如何分析，應評鑑那些功能，如何評鑑？都是我們應該研究的問題。

1. 國內外有關研究：

美國 Bredderman [1982] 曾分析 57 篇有關「活動中心的科學課程 (Activity-based Science Program)」包括 ESS、SCIS、SAPA 等課程的功效。在這項研究中包括至少 1,000 個班級共 13,000 名以上的學生，他發現這些課程的學生們都比傳統課程的學生有更好的表現。譬如在過程技能方面，平均有超過 20 個百分點的較佳成就，在創造性方面則為 16 個百分點，科學態度 11 個百分點，邏輯發展能力上為 10 個百分點，語言發展為 9 個百分點，科學知識內容方面為 6 個百分點，數學能力則有 5 個百分點的優越成績。在教室中交互作用方面，這些 NSF 的課程增加學生活動 10%，而減少 9% 的談話時間 (Talk time)，也減少 7% 的講述時間 (Lecture time)。此外，Bredderman 還有一段有趣的發現：這些以學生活動為中心的課程對於學術能力或經濟情況較差 (Disadvantaged academically or economically or both) 的學生和同條件的控制組學生比，顯然有較佳的成效；即在過程技能方面的正分為 34 個百分點 (一般中等學生為 14 個百分點)，以科學內容 (知識) 則有 20 個百分點 (中等學生為 1 個百分點)，在邏輯發展上則相差不多，只有 12 個百分點 (中等學生為 13 個百分點)。其他 Kyle [1982]、Shymansky [1982]、Jarragh [1980]，在國內則有楊榮祥〔民國六十八年三月〕都做過相似的研究。

此外，Rodriguez 與 Bethel [1983] 運用「所羅門四組實驗設計 (Solomon 4-group experimental design)」[Borg and Gall, 1979] 研究探討式教學 (Inquiry learning) 對於分類能力、口語溝通能力的功效；Haukoos 與 Penick [1983] 曾比較「發現式教室氣氛」與「非發現式教室氣氛」 (Discovery classroom climate and Nondiscovery classroom climate, 簡稱 DCC 與 NDCC) 中學生在過程技能與教材內容 (科學知識) 上的成就。實驗結果顯示：在 DCC 中學生較有 Freedom of action，也有較高的學習成就；在我國，楊榮祥也曾用 A × B × C 三因子實驗設計，經前、中、後測評量結果發現：在班級教學中較活躍的學生 (Active student) 都比非活躍學生 (Inactive student) 在同樣的學習環境中，無論在知識、理解應用以及解決問題的能力上，都有較好的成就〔楊榮祥，民國七十四年十一月〕。

其他有關課程評鑑的研究有 Walton [1982] 對奈及利亞的 Science 5/13 (5~13 歲用的科學課程) 對過程技能、科學興趣、理解能力的功效； McDuffie [1982] 調查 ISCS 對於學術成就、IQ 以及關係能力的影響； Tamir [1982] 研究探討式高中生物課程對於大學自然科學課程的學生適應； Chiappetta [1980] 曾探討實施 ISIS mini-courses (Florida 州立大學所發展的個別化學習課程) 所需之教師的技能 (Teacher competencies)。

2. 建議研究的項目與方向：

課程無論是由國內或國外所開發，均應進行分析與評鑑，並據以修訂或接受。課程評鑑的內容、項目都很多，下列各項是建議同仁們有關課程應進行研究的項目：

- * (1) 課程在學生認知發展上的成效。
- * (2) 課程在科學過程技能方面的成效。
- * (3) 課程在解決問題能力方面的成效。
- (4) 科學性向方面的成效。
- * (5) 科學態度方面的成效。
- * (6) 邏輯推理能力方面的成效。
- (7) 科學知識 (Knowledge gain) 方面的成效。
- (8) 教材可讀性的分析。
- (9) 輔助資料 (圖解、表格式各種媒體) 的效用。
- * (10) 個別差異的適應性。
- * (11) 阻礙學習各因素之分析。
- (12) 概念發展系統的分析與評鑑。
- (13) 課程與學生認知發展的相互關係。
- (14) 課程目標——哲學基礎的相輔性之分析。
- (15) 課程目標——教材主題——概念結構之分析。

為提高科學教育的品質，也就是提升未來公民的科學素養水準，應優先研究(2)、(3)、(1)、(6)；為解決因個別差異而發生的適應，或學習環境問題，應優先研究(10)與(11)。

(三) 課程設計有關問題之研究

科學課程都具有其哲學基礎，也有其概念發展的架構，也有其基本目標，在課程發展過程中，都是重要的基本研究。課程主要的設計要素，包括有國家社會需要的調查、課程目標的設定、概念發展的水準與體系等。

1. 國內外有關研究：

Champagne [1980] 曾研究科學概念的系統發展； Hart [1980] 探討過有意義

的概念架構中生物科學概念的分配；Wijesinghe [1980] 曾分析中學生物課程與社會科課程中共同應有之有關人口（族羣）問題的概念。

在課程目標的研究方面，Hodes [1980] 在 National Needs Assessment 中分析了專科學校的科學教育應有的目標；Campbell [1980] 分析過「非主修科學的學生」的需要（Needs），包括教室中所應學習的經驗、過程技能、興趣、實驗活動，以及評量方法等；Boud [1980] 分析科學實驗的目標，主持學理與實驗活動的統合；Roberts [1982] 分析科學教育中課程的重點概念；Fensham [1983] 討論教學目標，提供了科學教學「新」目標的研究基礎。

在課程中知識水準的研究方面，Oswald [1980] 分析 9~12 年級（國二～高三）所應學習有關心臟病的知識水準，並主張教師必須區別學術性知識（Academic knowledge）與功能性知識（Functional knowledge），以提倡所學知識之應用。Wright [1982] 探討 *Modern Biology*（美國最通用的高中生物課本）的可讀性（Readability）。Horn [1980] 與 Bennett [1980] 就 SCIS 的課本分析過其閱讀語彙。

Stuart [1980] 分析過 7~12 年級生物科學課本中所含的概念，包括有關生態、人體生理、形態、遺傳、演化，及應用生物學的概念等，提供了有用的具體資料。Kastrinos [1980] 分析 170 所大學所用普通生物課程，發現 Cellular biology 的概念佔 33.3%，Organic biology 佔 38.3%，Population biology 佔 28.2%；Anderson [1983] 分析過教科書中所含有關演化論的概念份量與內容。

Hurd [1980] 與 Chiappetta [1980] 都主張人性中心的原則，Hurd 提倡要注重過程、知識，及生物科學的倫理；Chiappetta 則主張環境問題在生物科學教育中的重要性。

2. 建議研究的項目與方向：

無論是為開發新的課程，或評鑑原有（或「進口」）的課程，都需要由其設計要素開始研究，在未來十年內應展開的研究項目條列如下：

- *(1)各類生物課程目標 (Goal)、課程重點 (Curriculum emphasis)、課程設計的哲學基礎。
- *(2)需要分析 (Need analysis)。
 - 國家需要 (National needs)
 - 社會需要 (Social needs)
 - 一個別需要 (Individual needs)
- *(3)課程應發展之基本技能 (Basic skills) 分析。
- (4)各級生物課程中概念發展系統分析。

*(5)各組生物課程中概念結構之分析。

(6)各級生物課程知識水準之分析（包括：Academic knowledge 與 Functional knowledge 等兩水準）。

(7)生物實驗的教學目標，包括內容目標（Content emphasis）與過程目標（Process emphasis），及科學態度。

(8)生物實驗課程的概念結構或過程技能發展體系之分析。

(9)生物實驗課程的過程技能訓練功效。

(10)生物教學資源之開發與系統整理。

爲發展各級學校生物課程的研究，應首先研究「目標」，然而，目標之選擇與設定，則必須根據國家、社會，以及學生個別的需要而選定，所以應先做(1)(2)；另外課程中應發展的基本技能、概念結構，均爲課程的基本成分與構造，故建議先研究(3)(5)。

【未來四年內急需研究的項目】

爲配合我國中小學生物課程未來發展需要，建議及早展開下列多項研究工作：

1.針對社會需要（人口、環境、資源問題），應立即展開下列各項課程研究：

(1)「人性中心」的課程設計原理與教材選擇之理論基礎。

*(2)「生態或環境教育中心」的課程設計原理，教材選擇的理論基礎與適應性研究。

2.爲提升我國一般公民科學素養，應建議展開：

(3)探討（究）式課程設計原理與可行性的研究。

(4)科學過程中心的課程設計原理與教材選擇理論之研究。

(5)非主修生物（或自然科學）學生用的生物課程設計原理、教材選擇之理論基礎的研究。

3.爲培養未來生物科學特殊人才，或適應個別需要，應優先鼓勵下列多項研究：

*(6)多種「個別學習課程」，包括「模組」，例如，非主修生物學生用、資優學生專用的各單元模組；或「研究技能中心」的課程設計原理、教材編製理論及適應性的研究等。

4.生物課程的分析與評鑑有關研究：

*(7)現行課程應展開下項分析以爲評鑑的依據：認知發展、過程技能，以及解決問題能力上的成就，以及科學態度上的成就。

(8)爲解決個別差異或適應性，應研究：阻礙學習各項因素之分析、個別差異的原因與處理原則。

5. 生物課程發展的學理基礎方面：

(9) 各級各類生物課程目標、課程重點，及課程設計之哲學，國家社會及個別學生的需要分析 (Need analysis)。

(10) 各級各類生物課程應發展之基本技能及概念發展結構之分析。

【參考文獻】

1. 師大科教中心，七十年，國民中學自然科學課程實驗研究計畫總報告。
2. 楊冠政，六十五年，我國國民中學科學課程實驗研究——第一階段工作簡報。科學教育月刊，第2期，師大科教中心。
3. 楊榮祥，七十四年，班級教學中探討式與講解式教學模式的效果研究。行政院國家科學委員會報告 (NSC 74-0111-S003-06)。
4. 楊榮祥，六十八年，「學生活動中心」的國中自然科學課程實驗學習成就之分析研究（第一報）。科學教育月刊，第27期，師大科教中心。
5. Anderson, E. C. 1983. Creation, evolution, and science teaching in the secondary school. *Dissertation Abstracts International*, **43**, 3794-A. (University of Toronto, Canada)
6. Bennett, L. G. 1980. An analysis of the readability of sixth grade science textbooks using the Dale-Chall Formula and the Cloze Procedure Test. (Utah State University, 1979). *Dissertation Abstracts International*, **40**(10), 5299-A.
7. Blum, A. 1982. Assessment of subjective usefulness of an environmental science curriculum. *Science Education*, **66**, 25-34.
8. Borg, W. R. and M. D. Gall. 1979. *Educational Research*, 3rd ed., 549-551, Longman, N. Y.
9. Boud, D. J. et al. 1980. The aims of science laboratory courses, a survey of students, graduate and practising scientists. *European Journal of Science Education*, **2**(4), 414-428.
10. Bredderman, T. A. February 1982. *The Effects of Activity-based Elementary Science Program on Student Outcomes and Classroom Practices: A Meta-Analysis of Controlled Studies*. Report of a project sponsored by the National Science Foundation at the State University of New York, Albany, ED 216 870.

11. Bredderman, T. 1983. Effects of Activity-based Elementary Science on Student Outcomes: A Quantitative Synthesis. *Review of Educational Research*, **53**(4), 499-518.
12. Campbell, T. C. 1979. Local Assessment of Science Education in the Two-Year College. *Science for the Non-Science Student at Illinois Central College: An Assessment of Science Needs for Community College Students*. Illinois Central College, East Peoria, Illinois. ED199 039.
13. Carrington, J. M. 1982. Change in science attitude in a "Chemistry and Society" course for nonscience majors. (Michigan State University, 1981) *Dissertation Abstracts International*, **42**, 5078-A.
14. Case, C. L. 1980. The influence of modified laboratory instruction on college student biology achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, **17**(1), 1-6.
15. Champagne, A. B. *et al.* 1980. *Interactions of Students' Knowledge with Their Comprehension and Design of Science Experiments*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Boston, MA, April 7-11, 1980. ED 188 950.
16. Chiappetta, E. L. and A. T. 1980. Identification of science teacher competencies for implementing ISIS mini-course instruction. *Science Education*, **64**(1), 53-58.
17. Coffey, J. M. 1982. A study of energy education on the elementary level in Colorado: An evaluation of energy and man's environment. (University of Colorado at Boulder, 1981) *Dissertation Abstracts International*, **42**, 3409-A.
18. Day, L. E. 1980. Hypothesis formulation and testing in introductory biology. (University of California, Berkeley, 1979). *Dissertation Abstracts International*, **41**(1), 187-A.
19. Fensham, P. J. 1983. Equations, translations and number skills in learning chemical stoichiometry. *Research in Science Education*, **13**, 27-35.
20. Goodstein, M. P. January 1982. *Phase Two, Secondary Course in Application of Mathematics to Science*. Central Connecticut State College, New

- Britain, Connecticut, ED 219 230.
21. Hart, E. P. and W. Toews. 1980. A methodology for examination of the relationship between student and teacher understanding of BSCS concepts and the BSCS conceptual framework. *Journal of Research in Science Teaching*, **17**(3), 251-256.
 22. Hill, A. E. 1982. A comparative study of the effects of a human sciences program module and traditional science classes on pupils' logical thinking skills and Attitudes toward their science course. University of Colorado at Boulder, 1981. *Dissertation Abstracts International*, **42**, 3533-A.
 23. Hodes, L. *et al.* 1980. A *Comprehensive Assessment of Science Education in the Two-Year College Volume I, Technical Report*. Westat Research, Inc., Rockville, MD. ED 199 031.
 24. Hodes, L. *et al.* 1980. A *Comprehensive Assessment of Science Education in the Two-Year College, Volume II: Appendices*. Westat Research, Inc., Rockville, MD ED 199 032.
 25. Horn, P. J. T. 1980. The effect of the science curriculum improvement study (SCIS) on reading comprehension and vocabulary improvement of first grade students. (Arizona State University, 1979) *Dissertation Abstracts International*, **40**(8), 4399-A.
 26. Howard, B. J. 1980. Design of a modular system to teach basic clinical microbiology to medical technology students. (The Catholic University of America, 1980) *Dissertation Abstracts International*, **41**(2), 467-B.
 27. Hurd, Paul DeHart *et al.* 1980. Biology education in secondary schools of the United States. *The American Biology Teacher*, **42**(7), 388-410.
 28. Jarragh, A. J. A. 1980. The characteristics of National Science Foundation-sponsored science programs in American secondary schools and implications for science education in Kuwaiti Secondary Schools. (North Texas State University, 1980) *Dissertation Abstracts International*, **41**(4), 1522-A.
 29. Kastrinos, W. and S. Terziotti. 1980. Teacher-to-teacher: A survey of first-year biology courses. *The American Biology Teacher*, **42**(1), 44-

45.

30. Kyle, W. C., Jr. 1982. *A Meta-Analysis of the Effects on Student Performance of New Curricular Programs Developed in Science Education since 1955*. Doctoral Dissertation, The University of Iowa.
31. Kyle, W. C., Jr. 1982. A meta-analysis of the effects on student performance of new curricular programs developed in science education since 1955. (University of Iowa, 1982) *Dissertation Abstracts International*, **43**, 1104-A.
32. Kyle, W. C., Jr., J. A., Shymansky, and J. M. Alport. 1982. Alphabet soup science: A second look at the NSF-funded science curricula. *Science Teacher*, **49**(8), 49-53.
33. Lyon, L. A. 1980. Development of guidelines for high school students on conducting research in the sciences. (Duke University, 1979) *Dissertation Abstracts International*, **40**(8), 4511-A.
34. Mahmoud, H. B. and A. L. White. 1980. Use of a path analysis model to validate factors influencing use of new science curricula. *Journal of Research in Science Teaching*, **17**(2), 147-151.
35. McDuffie, T. E., Jr. and J. V. DeRose. 1982. Five years of achievement in ISCS. *Science Education*, **66**, 35-43.
36. Oswald, M. T. et al. 1980 Knowledge and health practices of high school students with respect to heart disease risk factors-A Pilot Study. *Science Education*, **64**(3), 269-278.
37. Petersen, R., J. Bowyer, D. Butts, and R. Bybee. 1984. *Science and Society: A Source Book for Elementary and Junior High School Teachers*, Charles E. Merrill Publishing Co., Columbus, OH.
38. Roberts, D. A. 1982. The place of qualitative research in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, **19**, 277-292.
39. Roth, L. G. 1982. Perceptions of secondary science teachers toward selected tenets of the unified science curriculum. (University of Southern California, 1981) *Dissertation Abstracts International*, **42**, 4280-A.
40. Schneider, L. S. and J. W. Renner. 1980. Concrete and formal teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, **17**(6), 503-517.

41. Shymansky, J. A., W. C. Kyle, Jr., and J. M. Alport. 1982. How effective were the hands-on science programs of yesterday? *Science and Children*, **20**(3), 14-15.
42. Shymansky, J. A., W. C., Kyle, Jr. and J. M. Alport. 1982. Research synthesis on the science curriculum projects of the sixties. *Educational Leadership*, **40**(1), 63-66.
43. Staylor, G. E. 1982. An investigation of the relationship between piagetian reasoning development and junior high school science curricula. (University of Northern Colorado, 1981) *Dissertation Abstracts International*, **42**, 3536-A.
44. Stuart, J. A. 1980 An identification of life science concepts in selected secondary school science textbooks. (New Mexico State University, 1980) *Dissertation Abstracts International*, **41**(2), 523-A.
45. Sunal, C. S. and D. W. Sunal. 1981. *Adapting Science for Hearing Impaired Early Adolescents*. Final Report, College of Human Resources, West Virginia University, Morgantown, West Virginia, ED 219 267.
46. Tamir, P. and R. Amir. 1982. *Curriculum Evaluation by Its Consumers: The Israel High School Science Case*. ED 215 878.
47. Ting, S. H. 1982. Major themes of a new science curriculum. (Columbia University Teachers College, 1982) *Dissertation Abstracts International*, **43**, 414-A.
48. Walton, E. 1982. The effects of an innovative program in teaching science to elementary school students. (University of Southern California, 1982) *Dissertation Abstracts International*, **43**, 662-A.
49. Wijesinghe, G. S. 1980. Treatment of population concepts in social studies and biology secondary school textbooks in Florida: A content analysis and survey of teachers. (The Florida State University, 1979) *Dissertation Abstracts International*, **40**(9), 4881-A.
50. Wise, K. C. and J. R. Okey. 1983. A meta-analysis of the effects of various science teaching strategies on achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, **20**, 419-435.
51. Wright, J. D. 1982. The effect of reduced readability text materials

- on comprehension and biology achievement. *Science Education*, **66**, 3-13.
52. Yager, R. E. 1983. The importance of terminology in teaching K-12 science. *Journal of Research in Science Teaching*, **20**, 577-588.

二、教學方法與教學環境的基礎研究

教師最主要的工作就是為學生創造或改善學習環境。學生在適合的環境中，可達成最大的學習效果。學習環境除了教室內外一切設施之外，尚有許多因素，例如：教學模式、教室氣氛、教學策略、學生的性向、思考的能力等。這些可能影響學習的諸因素都必須指認出來，並且加以分析研究，才能提高教學效果。

(一) 教學方法、策略與教學模式的有關研究

關於生物科教學方法與教學環境的研究，在國外做得很多，但在國內則不多。茲將分為可影響學習各種變因的研究、教學方法、策略與模式、性向與個別化學習，及校外學習環境或教學資源等部分來探討。

1. 國內外有關研究：

Boulanger [1981] 曾做大規模的 Meta-Analysis，以研究教學策略 (Teaching strategies) 的功效，其中最顯著有效的是所謂「教學前的策略 (Pre-instructional strategies)」，包括行為目標 (Behavioral objectives)、組織因子 (Advance organizer)，及提示 (Set induction)。這些研究均設有控制組以比較教學功效，結果顯示這些教學前策略，只要運用妥善，都可收較高的學習效果，尤其概念學習上的功效最高。

另一項大規模的 Meta-Analysis 為 Wise 與 Okey 的 University of Colorado Science Meta-Analysis Project [Wise & Okey, 1983]。在這項研究主要的目的是在研究各種教學策略的功效。其中最顯著有效的教學策略為 “Wait time”，也就是當教師發問後，「等待」學生日回答的「時間」。研究結果顯示，只要教師延長（耐心地）Wait time，學生的反應次數（回答教師發問的次數）增加，學生的答問加長，也帶來更活潑的教室內交互作用 (Classroom interaction)，結果也提高了學習效果，包括認知方面，創造性思考、邏輯思考，以及情意領域的成就。

此外，在國內以布倫氏教學目標分類 (Bloom's Taxonomy of Educational Objectives) 著名的 Bloom 所倡導精練學習 (Mastery learning) 也是大家所知之主要教學策略 [Bloom, 1971]。這種「診斷」與「補救」兩道過程的循環 (Diagnostic/Remedial cycle) 的教學策略確可提高教學效果 [Dillashaw and Okey, 1983] [Yeany et al., 1983]。另一個 Meta-Analysis 由 Aiello 與 Wolfle [1980]，Brooks [1983] 所做設有控制組 (Non-mastery learning environment) 的實驗，也都證明其過程技能、知識的 Retension 方面的功效。

Lantz [1983] 分析過「組織因子」與認知學習的關係，Dunn [1983] 評量了六種教學技巧對於概念學習的影響，在探討式教學，也有 Rodriguez 與 Bethel [1983] 確定其對於分類能力與口語傳達能力的功效。Haukoos 與 Penick [1983] 就發現式教學的教室氣氛 (DCC) 與非發現式 (NDCC) 的教學環境，比較過其成效（參照一之(+)之2）。

在國內，楊榮祥曾比較研究 6 種生物科的教學模式〔民國七十四年一月〕，研究三種教學模式、二種探討式 (True inquiry 與 Guided inquiry) 與講解式 (Expository model) 在班級教學中的功效，發現探討式教學模式給學生較多的 Freedom of Action，有助於發展學生較高認知能力〔楊榮祥，民國七十四年十一月〕。

在資優學生的教學方面，Clasen [1983] 曾就 72 位七年級資優學生，實驗個別化學習與 3 種發問技術的效果。Duroys [1983] 曾評量二種驗證假設的方法 (Verification strategy 與 Falsification strategy) 對大學一年級修生物學學生的功效。

2. 建議研究的項目與方向：

關於教學方法、策略及模式之研究，可參考國內外文獻進行下列各項研究，有 * 號者為優先項目。

- (1) 行為目標運用方法與功效的研究。
- (2) 組織因子運用方法與功效研究。
- (3) 提示方法與功效的研究。
- * (4) 發問技術的研究。
- (5) 等待時間 (Wait time) 的研究。
- (6) 教師與學生間交互作用的分析方法研究。
- (7) 精練學習 (Mastery learning) 的方法與功效的研究。
- (8) 診斷／補救環 (Diagnosis/Remedial cycle) 的研究。
- * (9) 創造性思考 (Creative thinking) 的方法研究。
- (10) 邏輯思考訓練方法。
- * (11) 發現式教學氣氛 (Discovery classroom climate) 在班級教學中的功效。
- * (12) 探討式教學模式的功效研究。
- (13) 引導式探討模式 (Guided inquiry) 的功效研究。
- (14) 組織因子模式—有意義學習 (Meaningful learning) 的功效。
- * (15) 社會性交互作用類教學模式的研究。
- (16) 角色扮演 (Role playing) 模式的實施方法與功效。
- (17) 集體探討 (Group investigation) 模式的方法與功效。

- * 18 生物教師應具備基本教學模式的研究。
- * 19 其他有關校內學習環境（例如：教材園、標本館）的開發、運用及經營方法之研究。

爲積極改進教師的基本教學技術，並提供具體方法，應優先研究發問技術(4)；爲有效提高科學教學品質，宜早日研究教學創造思考的方法(9)；教師們需要有個具體的教學模式以進行探討式或發現式教學，所以應優先做(11)與(12)；一般科學教師都忽略人性化的科教、教學的價值觀、或其他情意領域的教育，故建議多研究社會性交互作用類的教學模式(15)；科學的教學並不是一成不變單一模式，應因不同的單元教材內容、學習環境、學生特性而運用最適當的教學模式，才能提高科教效果，因此建議優先研究(18)，此外，校內各種學習環境之開發與運用模式，宜應優先研究(19)。

(二) 可能影響學習各種變因的研究

在科學教育推行中，可能影響學習的變因甚多，這是一種基本的基礎研究，雖然不起眼，却能對學習產生極為深遠的影響。國外學者最近的研究中，較有參考價值者如下：

1. 國內外有關研究：

Small 與 Moton [1983] 研究分子模型對於學生空間關係運用能力的功效；Lord [1983] 也做過類似的有關空間能力的研究。Friend 與 Caifa [1983] 證明增加實驗時間，可使學生對科學發生興趣；Haladyna, Olsen 與 Shaughnessy [1983] 曾研究師生與學習環境對於科學態度的影響；Talton [1983] 研討學生的學習態度與教室氣氛 (Classroom climate) 對於科學興趣的影響；Baker [1983] 則探討初中學生的個性、態度與認知能力對其科學成就的可能影響；Dodge [1983] 研究教師在教室內師生交互作用中所扮的角色；Beditz [1983] 則探討班級大小（學生人數多少）對於學生成就的影響，發現班級大小、班級學生能力與教師的能力之間都有顯著的交互作用。Burkmau 等 [1983] 共同研究男女生科學成就的不同，發現教學方法的適應改變 (變化 Variation)，或增加學習時間，都可提高教學效果。

在學生的性向的研究方面，Jolly 與 Strawitz [1983] 曾研究教師與學生的 Cognitive style 對於學習的影響，發現 Field independent 的學生都比 Field dependent 的學生有較好的表現，但，Field dependent 的學生在 Field dependent 的教師教導下，也有顯著較好的學習成就。Devore [1983] 也研究 Cognitive style 對探討式教學的影響；Crow 與 Piper [1983] 則研究對於科學態度的影響；Delorenzo 與 Rooney's [1983] 也探討 Cognitive style 對科學知識與態度的影響。此外 Beasley [1983] 探討初中科學教師的教室管理行為；Abdenroth 與 Friedman

[1983] 分析學生在實驗課的焦慮 (Anxiety)；Kremer [1983] 比較作業 (Assignment) 的內容與生物科成就的關係，都是值得參考的研究。

2. 建議研究的項目與方向：

可能影響學習的變因甚多，下列各項研究項目或方向，係參考國外最近的發展所做之建設。希望在未來十年內陸續展開研究，其中有 * 號者為建議優先研究的項目。

- * (1)教師行為對教學活動的影響。
- * (2)生物實驗時間、計畫與學習成就的相互關係。
- * (3)學習態度與學習環境的相互影響。
- * (4)教室氣氛 (Classroom climate) 與學生行動自由度 (Freedom of action) 與學習興趣、功效的相互關係。
- * (5)班級大小 (每班學生人數) 對學習的關係。
- (6)男女學生在學習上的差異 (過程技能、知識、態度，及其他各種學習成就上的差異研究)。
- * (7)師生認知型態 (Cognitive style) 對生物科學學習的影響。
- (8)作業 (Assignment) 的型態、內容對於學習的影響。
- (9)空間關係運用能力對生物科學學習成就的影響。
- (10)其他有啟發性的研究。

我國科學教育在最近幾年頗多投資與研究，在課程教材上所投入人力與經費都不少，對於課程的基本研究；例如：教師與學生的交互作用的研究應早日展開研究，教師的行為、學生的學習態度，都會影響科教成就，故建議優先研究(1)(3)(4)與(7)；我國一般學校的班級都太大，每班學生人數過大時，應可影響科學教育的品質（尤其探討式等學生活動中心的教學），故建議優先研究(5)；生物實驗的時間安排，季節性以及內容過程計畫，均應有些原則或模式，宜及早研究(2)。

(三) 教學媒體之發展與運用方面的研究

生物科教師很難只憑口才來教學。在此技學高度發達的現代，教師應能充分運用科技產品，以開發並運用教學資源、教學媒體，以提高教學效果。

1. 國內外有關研究：

BSCS 在1960年代就隨着課本、教師手册、實驗手册等書本資料之外，還設計許多補助教具，其中最值得參考的是 BSCS Single Topic Film Series。這是 3 ~ 5 分鐘的短片 (Super 8 mm Film)，內容只有一個具體的主題 (Topic，或 Concept)，但也都具有其預設的過程目標 (Process emphasis)，專供生物教室實施探討式教學 (Inquiry learning) 之輔助教具；除此之外，尚有探討幻燈片 (Inquiry slides)，

也有一系列說明特定實驗技術，例如：「怎樣從蛙體中取出腦垂體？」等所謂技術影片（Technical films）〔BSCS, 1972〕。

此外，Meadows [1981] 曾開發錄音帶與幻燈片的組合的視聽教具以輔助大學部魚類學的教學，評鑑結果顯然有助於學習；Alesandrini 與 Rigney [1981] 試驗過「圖示」對於學習的效果；Tvauaris [1981] 也試用錄音帶／幻燈片的教學媒體，來輔助高中有關鯨（Whales）與其保育運動的單元，結果大受學生的歡迎；Moshiri [1981] 發展一系列的教學媒體以配合 ISCS 教材（初中），他發現實驗班與控制班在學習成就、態度與 Retention 上並沒有顯著差異，但對某些特定的學生（Subgroups）則確有顯著優異的功效。

Logue [1982] 曾就 242 位 8 ~ 9 年級的學生分析其對各種教學媒體的反應與學習功效。他發現幻燈片／錄音帶的組合媒體（可稱為「有聲幻燈片」）在知識的教學上比幻燈捲片（Film strip）或 16mm 影片更有效。學生們則表示最喜歡 16mm 影片；另外，Johnstone 與 Mahmoud [1982] 用「動畫（Animated film，俗稱卡通）」說明滲透作用（Osmosis），結果提高了學生的學習效果；Cook [1982] 的研究說明了錄影帶（Videotape）對於解題（Solving problems）能力與學生反應情形。

更有趣的實驗是 Mann [1982] 所做關於 84 位大一生物實驗中，有關滲透原理的說明。他用兩種不同的媒體比較其學習功效，其一，用「線圖（Line drawing）」，另一則「具體的圖畫（Visual-tactile diagram）」，變異數分析（ANOVA）結果發現，閱讀能力較高的學生在「線圖」媒體上表現顯著較高成就；閱讀能力較差的學生則在「具體圖畫」媒體中表現較佳學習效果。Winn [1982] 也用 2×2 多因子設計（圖片呈現型態 \times 圖片順序）做過類似的研究，發現圖片順序（邏輯順序）對於概念學習有顯著影響。他所用的媒體是有關恐龍演化的圖片。Lehman [1982] 也分析研究過圖畫資料及其他視聽媒體的配合運用。

2. 建議研究的項目與方向：

根據國內外最近發展，媒體的設計與運用，有了二種新的方向，其一，為用以啟發科學能力方面；另一則為進行個別化的學習。下列各項為建議在未來十年內，宜展開研究的項目，有 * 號者則為應優先研究的項目。

- * (1) 探討式教學媒體（例如：16mm 影片、超 8 mm 影片、幻燈片、錄影帶、透明片，或其各種組合）的開發與其功效的研究。
- (2) 技術示範用各種教學媒體（例：同上）的開發與其功效的研究。
- (3) 概念說明用各種教學媒體（例：同上）的開發與其功效的研究。
- * (4) 各種自學（Individualized learning）媒體之開發原理與功效之試驗。

- (5)配合教學單元模組 (Module) 各種媒體之開發與功效之試驗。
- * (6)各種教學媒體對學生的學習成就、學習態度，以及情意領域上的功效研究。
- * (7)各種教學媒體啟發性、創造性功效的評鑑基準研究。
- (8)各種教學媒體設計對概念學習的功效研究。
- (9)其他有關教學媒體之開發、試驗，及功效研究。

爲引導科學教育正確的方向，可優先研究(1)(6)(7)，使師生都得到具體的「教」與「學」的輔助媒體開發與運用的原則，爲早日達成「因才施教」的理想，配合學生個別不同的能力、需要與興趣的各項自學媒體，應優先研究提供其基本原理，包括設計原理以供開發的指針。

四校外教學資源之開發與利用方法

學習並不限在學校教室裏面，尤其生物科的教學，更應該多開發並利用校外、社區內，甚至較遠的地區，有關教學資源，例如：博物館、動物園、植物園、牧場等等。

1. 國內外有關研究：

Koran, Longino, Shafer [1983] 曾分析有關自然歷史博物館、科學中心等的研究報告，主張應配合研究與學習的邏輯妥善分類展示。Lehman, Shafer, and Koran [1983] 曾評量一種叫做 “Attention-directing-and-controlling” 的成品，這可以說是一種「教學壁報」安排在進入「洞穴展覽 (Cave exhibit)」之前。結果顯示，在知識的獲得與概念的理解上，都比看影片更有效。Falk [1983] 也分析過 6 種有關學校參觀活動的研究報告，討論如何提高校外教育資源的開發與利用方法。Balling 與 Falk [1983] 在水棲哺乳動物單元的教學，讓學生分二批，即參觀動物園和在教室觀看影片，然後比較其效果。結果，無論在成就或 Retention，實地參觀動物園的學生都獲得較佳成績。維多利亞大學 Stronck [1983] 的研究也有參考價值，Stronck 曾評量 816 位 5 ~ 7 年級學生參觀博物館（總數 31）成就，發現學生都受惠於「有計劃的 (More structured)」參觀活動。

2. 建議研究的項目與方向：

最近國內各縣市都熱中於文化建設，教育應注意許多校外教學資源的開發與利用方法的研究。雖然各縣市文化中心尚未見在科學教育上有較充實的資料，但生物科教師應能多利用已有相當規模的社會教育資源，或自然的教學資源（例如：國家公園區內，或自然環境），以助教學，下列各項爲建議在未來十年內宜展開研究之項目，有 * 號者則爲應優先研究的項目。

- (1)社會教育機關（例如：國家公園、科學館、科學教育館、文化中心、動物園、植物園、水族館、自然歷史博物館等）教學資源的開發、設計、運用、評量研

究。

* (2)教師運用校外教學資源的方法研究 (Field trip 的規劃方法、試驗及評量)
。

(3)國內社教機構中教學資源之調查、整理與介紹。

* (4)國內社教機構中各種教學資源對高國中生物科教學配合性的調查研究。

(5)國內各社會教育機構中環境教育資料及施教系統之規劃研究。

* (6)配合教材實施環境教育資源之開發與運用研究。

(7)其他有關校外教學資源之開發與利用方法之研究。

為提高一般公民對生態環境的正確認識，以及提升其保育環境的意願，應先做(4)(6)的研究，為提高學習效果，應及早研究(2)。

【未來四年內急需研究的項目】

1. 提升未來公民的科學素養，生物科教學應設法提高其教學的能力，為幫助教師們此項技能，應及早研究下列各項研究，以成果提供給教師們參考或直接運用。

(1)有關教學策略（例如：發問技術、行為目標、創造性思考等）運用方法與功效的研究。

* (2)適合各級學校生物科教學的各種教學模式的研究。

(3)校內學習環境（例如：實驗室、標本室、教材園…等）的開發運用與經營方法的研究。

2. 影響學習諸變因的研究可提供發展科教的基礎學理，下列各項研究宜優先發展：

(4)教師行為對教學活動的影響。

(5)學生行為與學習環境的交互作用。

(6)師生認知型態的研究。

3. 為創造或改善學習環境，應積極開發並運用各種科技產品與系統技術，為提升生物科教學效果，建議優先研究下列各項：

(7)探討式教學媒體的開發與其功效考驗。

(8)各種教學媒體啟發性、創造性功效的評鑑基準研究。

(9)為實現「因才施教」的教育理想，宜鼓勵運用現代科技成果積極開發多種（尤其資優學生專用者）自學媒體 (Individualized learning package or module)，其開發原理與功效的考驗，宜優先研究。

4. 校外教學資源之開發與利用方面，為提高學生對生態環境的關心程度以及正確認知，應研究開發校外生態、環境有關教材：

(I)配合教材實施環境教育之教學資源的開發與運用方法研究。

(II)教師運用校外教學資源的方法與功效研究。

【參考文獻】

1. 楊榮祥，七十四年。班級教學中探討式與講解式教學模式的效果研究。行政院國家科學委員會報告，NSC 74-0111-S003-06。
2. Abendroth, W. and F. Joules Friedman. 1983. Anxiety reduction for beginning chemistry students. *Journal of Chemical Education*, **60**, 25-26.
3. Aiello, N. C. and L. M. Wolfle. 1980. *A Meta-Analysis of Individualized Instruction in Science*, ERIC Document Reproduction Service, Arlington, VA. (EE 190 404)
4. Alesandrini, K. L. and J. W. Rigney. 1981. Pictorial presentation and review strategies in science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, **18**(5), 465-474.
5. Alport, J. M. 1983. The interrelationships between two concrete and three formal operational Piagetian structures. *Dissertation Abstracts International*, **43**, 2621-A. (University of Iowa)
6. Baker, D. R. 1983. *The Relationship of Attitude, Cognitive Ability, and Personality to Science Achievement in the Junior High*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX. (University of Utah)
7. Balling, J. D. and J. H. Falk. 1983. *Classroom Versus Field Trip Science Experiences: Is One Better for Learning?* Paper persented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX. (Chesapeake Bay Center for Environmental Studies)
8. Beasley, W. 1983. Teacher behaviors and student task involvement within small group and individual activity settings. *Research in Science Education*, **13**, 121-132.
9. Beditz, J. F. 1983. The effects of class size on student achievement in high school science. *Dissertation Abstracts International*, **44**, 1764-A. (Florida State University)

10. Bloom, B. S. 1971. Mastery learning. In *Mastery Learning: Theory and Practice* (ed. J. Block), Holt, Rinehart, and Winston, New York.
11. Boulanger, F. D. 1981. Instruction and science learning: A quantitative synthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, **18**, 311-327.
12. Brooks, E. T. 1983. *The Effects of Mastery Instruction on the Learning and Retention of Science Process Skills*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX. (Three Village Central School District, Shoreham, NY.)
13. BSCS. 1972. *Single Topic Inquiry Films*, Hubbard Scientific Company, Northbrook, Illinois.
14. BSCS. University of Colorado, Boulder, Colorado, U. S. A.
15. Burkman, E., E. Loewe, and Y. Wongbundhit. 1983. *Differential Effects of Teaching Method and Time Available for Study on Male and Female Students in a High School Science Course*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX. (Florida State University)
16. Clasen, D R. 1983. An investigation of the effect of four different Instructional strategies on the achievement of gifted seventh-grade students in a specific content area. *Dissertation Abstracts International*, **43**, 3266-A. (University of Wisconsin-Madison)
17. Cook, D. M. 1982. Videotaped problem solutions for introductory physics. *American Journal of Physics*, **50**, 268-269.
18. Crow, L. W. and M. K. Piper. 1983. A study of the perceptual orientation of community college students and their attitudes toward science as they relate to science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*. **20**, 537-541.
19. DeLorenzo-Rooney, T. A. 1983. Cognitive styles as predictors of success in an experimentally-based science program. *Dissertation Abstracts International*, **43**, 2216-A. (University of Houston)
20. DeVore, R. N. 1983. *The Relationship of Field Independence, Dogmatism, Tolerance for Ambiguity, and Knowledge of Science Processes to the Development of Positive Attitudes Toward Science and Science Teaching*.

Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX. (Educational Testing Service, Skillman, NJ)

21. Dillashaw, F. G. and J. R. Okey. 1983. Effects of a modified mastery learning strategy on achievement, attitudes, and on-task behavior of high school chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, **20**, 203-211.
22. Dodge, K. T. 1983. An Ethnographic Study of the interrelationship of Community college teachers and students in a laboratory setting. *Dissertation Abstracts International*, **43**, 2951-A. (Michigan State University)
23. Dunn, C. S. 1983. The influence of instructional methods on concept learning. *Science Education*, **67**, 647-656.
24. Falk, J. H. 1983. Field trips: A look at environmental effects on learning. *Journal of Biological Education*, **17**, 137-142.
25. Friend, H. and J. Caifa. 1983. *Effect of Increased Laboratory Time on Selected Students' Attitudes Toward Science*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX. (Queens College, Flushing, NY)
26. Haladyna, T., R. Olsen, and J. Shaughnessy. 1983. Correlates of class attitude toward science. *Journal of Research in Science Teaching*, **20**, 311-324.
27. Haukoos, G. D. and J. E. Penick. 1983. The influence of classroom climate on science process and content achievement of community college students. *Journal of Research in Science Teaching*, **20**, 629-637.
28. Johnstone, A. H. and N. A. Mahmoud. 1982. Pupils' response to a model for water transport. *Journal of Biological Education*, **15**, 203-208.
29. Jolly, P. E. and B. M. Strawitz. 1983. *Teacher-Student Cognitive Style and Achievement in Biology*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX. (B. P. 116 Ziguincher, Seregal. West Africa)
30. Koran, J. J. Jr., S. J. Longino, and L. D. Shafer, 1983 A framework

- for conceptualizing research in natural history museums and science centers. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 325-339.
31. Koran, J. J., Jr., J. R. Lehman, L. D. Shafer, and M. L. Koran. 1983. The relative effects of pre- and post-attention directing devices on learning from a "walk-through" museum exhibit. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 341-346.
 32. Kremer, P. L. 1983. Effects of individualized assignments on biology achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 105-115.
 33. Lantz, H. B. 1983. The effects of advance organizers and subsumers on the understanding of solar energy concepts by eighth grade students. *Dissertation Abstracts International*, 43, 3205-A. (University of Virginia)
 34. Lehman, J. R. 1982. Interaction of learner characteristics with learning from analogical models of the periodic table and written texts. *Dissertation Abstracts International*, 43, 1915-A.
 35. Logue, T. J. 1982. A comparison of methods used to present the geologic concept of change to junior high students. *Dissertation Abstracts International*, 42, 3416-A.
 36. Lord, T. R. 1983. *Enhancing the Visual-Spatial Aptitude of Students*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX. (Burlington Country College, Pemberton, NJ)
 37. Mann, F. Z. 1982. The effects of visual and visual-tactile instructional materials on the biology achievement of junior college students with varying levels of reading ability. University of Georgia, 1982, *Dissertation Abstracts International*, 43, 1915-A.
 38. Moshiri, S. M. 1981. A quasi-experimental study of the effect of audio-visual media instruction on student achievement, retention, and attitude in the ISCS program. (George Peabody College for Teachers of Vanderbilt University, 1980) *Dissertation Abstracts International*, 41 (9), 3974-A.
 39. Rodriguez, I. and L. J. Bethel. 1983. An inquiry approach in science

- and language teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, **20**, 291-296.
40. Small, M. Y. and M. E. Morton. 1983. Research in college science teaching: Spatial visualization training improves performance in organic chemistry. *Journal of College Science Teaching*, **13**, 41-43.
 41. Stronck, D. R. 1983. The comparative effects of different museum tours on children's attitudes and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, **20**, 283-290.
 42. Talton, E. L. 1983. *Peer and Classroom Influences on Attitudes Toward Science and Achievement in Science Among Tenth-Grade Biology Students*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX. (University of Georgia)
 43. Tvavaris, J. E. 1981. Whales, whaling and conservation a generalized approach using cognitive, affective and psychomotor objectives to understand the biological, technological and economic aspects of declining cetacean populations. (Columbia University Teachers College, 1981) *Dissertation Abstracts International*, **42**(5), 2057-A.
 44. Winn, W. 1982. The role of diagrammatic representation in learning sequences, identification and classification as a function of verbal and spatial ability. *Journal of Research in Science Teaching*, **19**, 79-89.
 45. Wise, K. C. and J. R. Okey. 1983. A meta-analysis of the effects of various science teaching strategies on achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, **20**, 419-435.
 46. Yeany, R. H. and P. A. Miller. 1983. Effects of diagnostic remedial instruction on science learning: A meta-analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, **20**, 19-26.

三、學生學習特性的研究

究竟學生要如何思考？如何理解？如何形成概念？或如何解決問題？這都應該是教育學上最基本而具體的問題。只要我們了解這些問題，那麼我們就可以配合以實施最適當而有效的教育。國內外關於此類的研究都很多，將摘要討論如下：

(一) 認知發展理論有關研究

關於學生的學習特性，最近討論最多的認知發展，多半是根據皮亞傑（J. Piaget）的認知發展理論（Theory of cognitive development）而發展或討論的。

1. 國內外有關研究：

Alport [1983] 設計 5 種 Tasks (測驗工具) 以研究皮亞傑二種具體操作和三種形式操作的結構，以 100 位高中及大學生為樣羣，測驗結果發現：三種 Tasks 與 IQ 有顯著正相關，但 Tasks 的成就與學術成就 (Academic achievement) 之間並無顯著相關等。Kelsey 與 Perry [1983] 分析過空間觀念與形式操作之間的關係；Wavering, Birdd 與 Perry [1983] 檢驗 6、9、12 年級學生的 5 種邏輯、空間與形式操作能力；Armstrong [1983] 同時運用個案研究與實驗組研究的方式，以找出「促使轉換期 (Transitional stage) 學生加速其發展形式推理能力」的因素。Mc-Meen [1983] 研討探討式教學的實驗活動如何加速學生認知發展。根據世界科學教育權威刊物 *Science Education* 1984 年 6 月出版的 *Summary of Research in Science Education in 1982*，這一年中有關認知發展水準的重要研究報告就有 26 篇之多，其中 21 篇討論到認知發展水準與學習成就的關係，4 篇討論到過程技能，而有一篇討論到科學態度的關係。

在國內對於皮亞傑認知發展論有關研究也不少：黃寶鉅〔民國六十八年〕曾研討大一學生的理科學習成就與邏輯推理能力的關係；湯清二〔民國六十八年〕研究高中學生具體操作及形式操作之推理能力；李銘正〔民國六十八年〕國民中小學自然科學實驗課程對學生認知能力之影響；黃惠玲〔民國六十九年〕形式運作階段的理論及測量研究；黃曼麗〔民國六十九年〕國中二、三年學生具體、形式操作之推理能力；鄭湧涇〔民國七十年〕國中女生生物科學習成就與認知發展的關係；江新合〔民國七十一年〕推理能力發展與家庭環境因素；林邦傑〔民國七十年〕具體運思、形式運思與學業成就的關係；林邦傑〔民國七十一年〕我國國中及高中學生認知發展之研究；吳武雄〔民國七十年〕國中學生認知發展與數學及科學課程學習之相關；黃湘武〔民國七十一年〕國中學生之質量守恒、重量守恒、外體積觀念與比例推理能力發展；鄭湧涇〔民國七十三年〕國

中學生邏輯推理能力與科學和數學學業成就的關係。

2. 建議研究的項目與方向：

關於認知發展的基本理論，建議展開研究的有如下各項，其中有 * 號者為未來四年內應優先研究的項目：

- * (1) 認知發展水準測驗工具之開發與運用。
- (2) 影響認知發展諸因素之分析。
- (3) 認知發展水準及其他學習要素與性向的相關。
- * (4) 認知發展水準與生物學概念學習的相關。
- (5) 促進認知發展的方法研究。
- (6) 認知發展水準與探討能力的相關。
- * (7) 各種教學模式對認知發展的影響。
- * (8) 認知發展與學習環境的影響。
- (9) 影響各項形式操作能力發展諸因素之研究。
- (10) 其他有關認知理論之驗證或應用。
- (11) 其他有關認知發展新理論之探討。

認知理論的基礎研究，應為生物科學教育的基本研究相整合。為提高科學教學的功效，發展適應各別差異的教材教法，應先研究「認知發展水準的測驗工具」(1)以鑑別個別差異，並進行(4)(7)(8)的研究，以奠定教學方法研究的基本學理。

(二) 認知發展與過程技能有關研究

認知發展理論在科學教育上廣受科學教育家的注意，因為認知發展水準與各種科學過程技能 (Process skills) 的學習似乎有很大的關係，有關研究如下：

1. 國內外有關研究：

Sneider [1983] 根據「新皮亞傑學說 (Neo-Piagetian theory)」來探討學生如何控制變因；Padilla, Okey 與 Dillashaw [1983] 用紙筆測驗測量形式操作與統整科學過程技能 (Integrate scientific process skills)，例如：解釋數據，控制變因的技能等) 成就的相關，所參加 7 ~ 12 年級 ($n = 492$) 得 $r = 0.73$ ，表示相關性很大；Hale [1983] 令 59 位醫科二年級學生試解 12 個皮亞傑形式操作題，以分析共四種形式邏輯推理能力；Lawson [1983] 研究形式操作學生驗證假設的能力；Petrushka [1983] 分析過教材熟習度對邏輯推理能力的影響等。

2. 建議研究的項目與方向：

科學教育的首要目標，應為培養學生運用科學方法以解決問題的能力。認知發展與過程技能的發展有密切的關係，下列各項為建議研究的項目：

- * (1)不同認知發展水準學生與其邏輯推理能力的相關。
- * (2)具體操作期學生（或形式操作期，或轉換期學生）對各項統整技能（Integrate skills）學習成就的比較研究：
 - 變因控制能力
 - 解釋數據能力
 - 建立假設能力
 - 驗證假設能力
 - 操作定義的能力

以上所列均為最基本的研究，建議優先研究以便提供改進課程教材教法的具體建議，或學理基礎。

(三)認知發展與教學方法的關係

學生認知發展水準影響其學習成就，但反過來說，學習環境，包括教學方法也會影響認知發展：

1. 國內外有關研究：

Purser 與 Renner [1983] 研究教學方法對不同認知發展（具體操作期與形式操作期）學生之概念學習的成就，以及具體、形式教學對學生認知發展的影響；Lawson [1983] 運用最常用的測驗方式，選擇題、計算題與問答題，以測驗不同認知發展水準的學生相對能力對於其學習演化與掌握概念的成就；Buckner [1983] 則研究過不同順序安排的視覺媒體所配合生物實驗活動對於不同認知發展水準學生的功效；Crenshaw [1983] 也報告應用加重素 Reinforcer 的生物科教學方法對於不同認知發展的非主修生物專科學校學生的功效；Mulopo [1983] 比較，傳統式和發現式教學法對於不同認知發展水準學生的功效。

2. 建議研究的項目與方向：

下列各項為急需研究的項目，包括教學模式、媒體、方法，與不同認知發展學生的影響等。

- (1)各種教學模式對不同認知發展水準學生的適應性。
- * (2)探討式與講解式教學模式對不同認知發展水準學生抽象概念形成的影響。
- (3)各種不同教學媒體對不同認知發展水準學生形成概念過程的影響。
- * (4)發現式（或探討式）教學模式對不同認知發展學生學習成就的影響。
- (5)其他有關教學方法、模式對認知發展影響的研究。
- (6)其他有關教學媒體（刺激）與認知發展的研究。

改善學習環境的方法很多，從學生認知發展的研究，針對着不同能力、需要與性趣

，而設計者最有效。為不同認知發展水準的學生，急需設計不同的教學模式、媒體，並考驗其功效，故建議優先發展(2)(3)(4)。

(四)概念學習有關研究

隨著科技日新月異的發展，學生所需要學習的生物學知識亦比例大增。如何幫助學生發展處理這些大批資料的能力？成為現代科學教育家的關心。

1. 國內外有關研究：

Novak, Gowin 與 Johansen [1983] 以概念輿圖 (Concept mapping) 與認知論 V 輿圖 (Vee mapping) 試用於初中學生，探討其功效； Brumby [1983] 也用概念輿圖試教醫科一年級免疫單元的教學效果； Cullen [1983] 研究教材中概念間的關連 (Linkage)； Nussbaum 與 Sharoni-Dagon [1983] 廉集許多證據以驗證 Ausubel 與 Novak 的假設：小學一年級的小學生都可以用接受式學習模式 (Reception learning model) 對主要科學概念做有意義的學習 (Meaningful learning)。

2. 建議研究的項目與方向：

有關概念學習在國外有較具體的建議（或參考資料），也有較基礎的研究（如上段），下列各項為我國急需研究的項目：

- (1) Gowin 的概念輿圖與各級學校學生概念學習的功效。
- (2) Gowin 的 Vee mapping 對於各級學校學生概念學習的功效。
- * (3) 各級學校學生對抽象概念（如：擴散、恒定性、基因庫…）形成過程之研究。
- (4) 不同認知發展水準學生形成抽象概念之過程研究。
- * (5) 教學模式對不同認知發展學生概念形成的影響。
- (6) 教學刺激的種類、順序對概念形成的影響。
- * (7) 直接經驗與間接經驗對概念形成的影響。
- (8) 其他有關概念形成過程的研究。
- (9) 其他有關概念學習方法之研究。

隨着生命科學（包括遺傳工程、分子生物學等）的突飛猛進，學生必須學習較為深奧抽象的教材，也需要有抽象推理的能力，故建議優先研究上列第(3)(5)(7)各項。

(五)解決問題的行為研究

發展科學教育提升未來公民的科學素養，也就是要增進學生的科學方法解決問題的能力。所謂 Problem solving skill 的研究也就頗受注目。

1. 國內外有關研究：

Chi [1982] 分析過八篇有關解決問題策略的研究報告，發現「專家」與「生手（初學者 Novice）」對於問題的感覺就不一樣，自然其解決方法也不一樣， Stewart

[1982] 以遺傳教材為題，研究學生的知識水準與解決問題行為的關係；Laetsch 與 Linn [1982] 證明了科學推理能力與解決問題等一般能力與認知型式（Cognitive style）之間都有連關（Links）；Champagne 與 Klopfer [1982] 運用多因子分析以驗證概念理解（Conceptual understanding）、認知發展（Cognitive development）與解決問題行為（Problem solving behavior）的相互關係。

2. 建議研究的項目與方向：

解決問題能力的訓練，可運用認知理論，配合學生認知發展情形以施行，下列各項中有 * 號為應優先研究的基本問題。

- (1)不同認知發展水準學生解決問題過程之比較研究。
- *(2)不同認知發展水準學生解決問題能力之教學方法。
- (3)不同認知型態（Cognitive style）的學生解決問題過程之比較研究。
- *(4)解決問題能力與概念形成能力的相關。
- (5)認知發展水準與解決問題行為的相關研究。
- *(6)過程技能與解決問題行為過程的關係。
- (7)其他有關解決問題過程、行為與學習成就的關係研究。

為發展學生此項能力，應就其認知發展情形(2)，概念形成能力的相互關係(4)，和學生科學過程技能學習的相互影響着手研究。

(六) 學習態度與興趣

近幾年中有關學習態度的研究，多集中在學習態度與學習成就的關連性。

1. 國內外有關研究：

Fraser [1982] 曾在一篇研究報告（有關學習興趣）中說：在科學課程，學習興趣與成就之間的相關似乎很弱，他建議教師應直接注意學習成就，而不要企圖由提高學習興趣，再導出較好的成就。Kahle [1982] 也舉證說明學習興趣並不一定能提高學習效果。但，Hough 與 Piper [1982] 則以 583 位 4、5、6 年級學生為對象，運用控制個別差異誤差、迴歸（Regression）等技術，却證明學習興趣與成就之間，確有些相關 ($r=0.45$)；Mitchell 與 Simpson [1982] 以 113 位專科學校修生物的學生為對象，研究其對生物學的興趣、生物科的成就、對學校的態度，及其學術性自我概念之間的相關。結果得：成就與生物學習興趣之間有顯著的正相關 ($r = 0.26$)，成就與學術性自我概念也有顯著正的相關 ($r = 0.38$)，而成就與對學校的態度則得負相關 ($r = 0.28$)。

2. 建議研究的項目與方向：

學習態度或興趣，與學習成就當然有很密切的關係，但仍需基本研究以供科學教學

改進的具體參考。

- (1)影響學習態度、興趣諸因素之分析。
- (2)學習態度與成就的相關性。
- * (3)學習態度、興趣與科學過程技能的發展。
- * (4)學習態度、興趣對情意領域目標達成度的影響。
- (5)其他有關學習態度、興趣多項研究。

在科學教學的領域，應注重科學過程技能的學習(2)，也要達成情意目標，以便塑造現代化富於人性的未來公民。

【未來四年內急需研究的項目】

為配合我國中小學課程發展，有關學習特性的研究仍需加緊進行以提供課程發展的「根」。下列各項為未來四年內應積極展開研究工作的項目：

1. 為因才施教必須使「認知理論」在科學教學中發揮其功能，下列各項研究應優先進行：

- (1)認知發展的測驗工具。
- * (2)學生生物科學概念發展系統的研究。
- (3)認知發展與教學模式或其他學習環境的相互關係。

2. 培養具有科學素養的未來公民，就要積極發展其科學能力與科學態度的培養，應優先研究：

- (4)認知發展與各種過程技能發展的相互關係。
- (5)教學環境，包括教學模式與方法對學生概念形成等成就的關係。
- (6)認知發展與學習態度、興趣，以及學習成就之間的相互影響。
- * (7)解決生命科學有關問題的基本能力與態度研究。

【參考文獻】

1. 江新合，七十一年。師院附中國二學生推理能力發展及其家庭環境因素探討。科學教育月刊，49，22—29。
2. 李銘正，六十八年。國民中小學自然科學實驗課程對學生認知能力之影響。教育學院學報，4，351—375。
3. 林邦傑，七十一年。我國國中及高中學生認知發展之研究。科學教育月刊，51，12—22。
4. 林邦傑，七十年。國中及高中學生具體運思、形式運思與學業成就之關係。中國測

驗學會測驗年刊，28，23—32。

5. 吳武雄，七十年。國中學生認知發展與科學及數學課程學習之相關研究。教育學院學報，6，257—281。
6. 湯清二，六十八年。高中學生具體操作及形式操作之推理能力研究。教育學院學報，4，479—494。
7. 黃曼麗，六十九年。國中二、三年級學生具體操作及形式操作之推理能力研究。教育學院學報，5，195—207。
8. 黃湘武，七十一年。國中學生之質量守恒、重量守恒、外體積觀念與比例推理等推理能力發展之抽樣調查初步報告。科學教育月刊，51，28—34。
9. 黃惠玲，六十九年。形式運作階段的理論及測量研究。國立臺灣大學心理研究所碩士論文。
10. 黃寶鉅，六十八年。大一學生的理科學習成就與邏輯推理能力的關係之研究。國立政治大學學報，39，49—68。
11. 鄭湧涇，七十年。國中女生生物科學習成就與認知發展的關係。科學發展月刊，9(4)，365—376。
12. 鄭湧涇，七十三年。國中學生邏輯推理能力與科學和數學學業成就的關係。科學發展月刊，11 (12) , 2。
13. Armstrong, R. E. 1983. Earth science instruction as a factor in enhancing the development of formal reasoning patterns with transitional subjects. *Dissertation Abstracts International*, 44, 1047-A. (State University of New York at Albany)
14. Brumby, M. 1983. Concept mapping: Structure or process? *Research in Science Education*, 13, 9-17.
15. Buckner, E. D. 1983. Effects of differentially sequencing visual-materials with laboratory activities on the achievement of high school biology students of varying levels of cognitive development. *Dissertation Abstracts International*, 43, 2300-A. (University of Georgia)
16. Champagne, A. B. and L. E. Klopfer. 1982. A causal model of students' achievement in a college physics course. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 299-309.
17. Chi, M. T. H. 1981. *Expertise in Problem Solving*, Learning Research and Development Center, Pittsburgh University, PA.

18. Crenshaw, N. W. 1983. The effectiveness of a reinforced lecture-method on community college students' achievement in general biology with studies on concrete and formal operational levels of intelligence. *Dissertation Abstracts International*, **43**, 2301-A. (Florida Institute of Technology)
19. Cullin, J. F., Jr. 1983. Concept learning and problem solving: The use of the entropy concept in college chemistry. *Dissertation Abstracts International*, **44**, 1747-A. (Cornell University)
20. Fraser, B. J. 1982. How strongly are attitude and achievement related? *School Science Review*, **63**(224), 557-559.
21. Hale, J. P. 1983. Problem-solving analysis: A Piagetian study. *Journal of Research in Science Teaching*, **20**, 77-85.
22. Hough, L. W. and M. K. Piper. 1982. The relationship between attitudes toward science and science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, **19**, 33-38.
23. Kahle, J. B. 1982. Can positive minority attitudes lead to achievement gains in science? Analysis of the 1977 National Assessment of Educational Progress, Attitudes Toward Science. *Science Education*, **66**, 539-546.
24. Kelsey, L. J. and B. Perry. 1983. *An Investigation of the Order of Attainment of the Mental Structures for Six of Piaget's Logical, Inferalogical and Formal Tasks*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX. (West Virginia University)
25. Laetsh, W. M. and M. C. Linn. 1982. *Evaluation of Scientific Reasoning Ability in Naturalistic and Laboratory Tasks*. Lawrence Hall of Science, University of California, Berkeley, California, ED 213 610.
26. Lawson, A. E. 1983. Predicting science achievement: The role of developmental level, disembedding ability, mental capacity, prior knowledge, and beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, **20**, 117-129.
27. Lawson, A. E. 1983. The effects of causality, response alternatives and

- context continuity on hypothesis testing reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, **20**, 297-310.
28. Lawson, A. E. 1983. The acquisition of formal operational schemata during adolescence: The role of the biconditional. *Journal of Research in Science Teaching*, **20**, 347-356.
 29. McMeen, J. L. W. 1983. The role of the chemistry inquiry-oriented laboratory approach in facilitating cognitive growth and development. *Dissertation Abstracts International*, **44**, 130-A. (Vanderbilt University)
 30. Mitchell, H. E. and R. D. Simpson. 1982. Relationships between attitude and achievement among college biology students. *Journal of Research in Science Teaching*, **19**, 459-468.
 31. Mulopo, M. M. 1983. Effects of traditional and discovery instructional approaches on learning outcomes for learners of different intellectual development: A study of chemistry students in Zambia. *Dissertation Abstracts International*, **44**, 1410-A. (Pennsylvania State University)
 32. Novak, J. D., B. Gowin, and G. T. Johansen. 1983. The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students. *Science Education*, **67**, 625-645.
 33. Nussbaum, J. and N. Sharoni-Dagan. 1983. Changes in second grade children's preconceptions about the earth as a cosmic body resulting from a short series of audio-tutorial lessons. *Science Education*, **67**, 99-114.
 34. Padilla, M. J., J. R. Okey, and F. G. Dillashaw. 1983. The relationship between science process skill and formal thinking abilities. *Journal of Research in Science Teaching*, **20**, 239-246.
 35. Petrushka, D. A. 1983. *Logical Ability in Reasoning with Material of Familiar Content*. Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX. (Somerset County College, New Jersey)
 36. Purser, R. K. and J. W. Renner. Results of two tenth-grade biology teaching procedures. *Science Education*, **67**, 85-98.
 37. Sneider, C. I. 1983. Can children learn how to control variables: A Neo-Piagetian training study in school and non-school settings. *Dis-*

sertation Abstracts International, 43, 2623-A. (University of California, Berkeley)

38. Stewart, J. H. 1982. Difficulties Experienced by high school students when learning basic mendelian genetics. *American Biology Teacher*, 44(2), 80-84.
39. Wavering, M. J., D. Birdd, and B. Perry. 1983. *The Performance of Students in Grades Six, Nine, and Twelve on Five Logical, Spatial, and Formal Tasks*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX. (Eastern Kentucky University)

四、教學評量的研究

教學評量為科學教育發展相當重要的一環，在科學教育研究中，是最重要也最困難的領域之一。科學的學習，由於兼具科學的本質因素與學生的學習因素，在評量時，兩者的互動關係產生了額外的複雜性，因此，科學教學評量的研究乃稍異於一般教學評量研究。此外，教育是一個連續成長，變因複雜的過程，而與學習有關的各項屬性（Attributes）又極抽象，這些都增加了教學評量研究的困難。

在技術上，有些評量研究的內容（Content），如：態度、興趣、偏好（Preferences）、內外控取向（Locus of Control Orientation）等屬性，不但兼具定性和定量特質，殊難精確量化，而且時有因內外界因素的介入（Intervention）而改變的傾向。這些因素，使得如何發展並效化（Validate）可靠而有效的評量工具（Instruments），運用適當的過程或策略，來評量與科學教育有關的各項屬性、特性（Characteristics）及教育計畫等，成為從事科學教學評量研究者，亟待突破的一大挑戰，也成為整體科學教育研究中，最為人矚目的焦點之一。其研究成果實攸關整體科學教育措施的成敗。

在實際研究成果方面，假若我們仔細檢視數十年來的研究資料，將不難發現。很不幸的，有關科學教學評量方面的研究，無論是在量或質上，均遠較其他研究領域，諸如：課程教材、教學方法、學習特性等的研究落後甚多〔Doran, 1980〕。這種現象國內外皆然。

在國內方面，自從國科會科教處於民國六十一年首先主動籌劃了「國民中學數學、物理、生物、化學四科學習成就評量方法改進計畫」以來（臺灣省立教育學院，六十一年），陸續便有一些大型及個人的計畫在教育部及國科會的領導和支持之下展開對教學評量的研究〔師大科教中心，六十三年；國科會和教育部，七十三年；師大科教中心，七十一年；盧欽銘，六十七年；盧欽銘等，六十六年〕。這些研究主要在評估學生的學習成就及科學態度和性向，以期藉改進教學評量來引導教學正常化。

至於國外部分，有關教學評量的研究，仍以「知識內容成就」、「科學過程技能」及「態度」的評量為主。在研究技術方面，則以評量工具之發展（Development）為主流，而大部分的評量工具都是博士論文研究所發展，因此，多有只使用過一次的情形〔Mayer and Richmond, 1982〕。也因此，有識之士皆同聲呼籲教學評量的研究者，致力於既有工具之精煉（Refinement），以提昇工具之信度及效度，供後繼者研究時的應用。

（一）學生特性（Characteristics）評量

學生特性指與科學學習有關之內在特性而言，這些特性與學生的學習接受力和精密性，關係極為密切。這是近年來教學評量研究的焦點主題之一。本節擬涉及的學生特性包括：認知發展階層（邏輯推理能力）、語文及閱讀能力、數學及計算能力、家庭背景及既有經驗、學習行爲（風格）、認知偏好（Cognitive preferences）、創造力等。

1. 國內外有關研究：

國內方面自民國六十六年以還，便有多位科學教育學者嘗試以「紙筆測驗」（Paper-and-Pencil Test）及「面談」（Interview）的方式，編製評量工具以評估學生的認知發展（邏輯推理能力發展）情形〔黃惠玲，六十九年；黃曼麗，六十九年；湯清二，六十八年；林邦傑，七十一年；黃湘武，七十一年〕。其他學者則以推理能力測驗工具及自編成就測驗工具，於評估學童之推理能力和科學學習成就之後，再探討兩者之間的關係〔李銘正，六十八年；林邦傑，七十年；吳武雄，七十年；鄭湧涇，七十一年、七十三年；黃寶鈞，六十八年〕。這些研究不但調查了我國國、高中學生的推理能力發展概況，同時也揭示了推理能力發展與學習成就之間的正相關關係，而對課程和教材設計、師資教育、教學方法、評量方法以及科學教育研究等各方面改進措施及將來應走的方向，提出了具體建議。

在國外方面，有關認知發展及推理能力評估方面的研究亦極為興勃。大體上，近十年來，研究主題主要仍偏重在評估認知發展的紙筆測驗工具之發展及效化〔Ball and Sayre, 1972; Burney, 1974; Carlson and Streitberger, 1983; Lawson, 1978; Shayer *et al.*, 1981; Staver and Gabel, 1979; Texley, 1981; Tobin and Capie, 1981; Walker *et al.*, 1979〕以及紙筆測驗之同時（Concurrent）和建構（Construct）效度的探討〔Farmer *et al.*, 1982; Pezaro, 1982; Ward *et al.*, 1981〕兩方面。由於前類的研究，乃有許多團體紙筆測驗的發展和應用，而經由後類的研究，這些團體紙筆測驗乃能以面談建構與效標，獲得效度方面的肯定價值。一般而言，上述兩大類研究已對各項常用團體紙筆測驗及面談測驗的優劣，做了適當的評鑑。最近， Stefanich *et al.* [1983] 更以面談測驗的單項工具與效標，探討了 Ankney 和 Joyce [1974] 的「推理能力測驗」，Burney [1974] 的「邏輯推理能力測驗」，和 Lawson [1978] 的「形式操作推理之團體測驗」三種測驗的聚斂效度（Convergent Validity）。他們的研究結果顯示，用上述三種紙筆測驗來畫分學童的認知發展期，並不完全可靠。

為了避免紙筆測驗與面談測驗孰優孰劣的爭議，有些學者乃嘗試以要求學生寫出「辯護理由」（Justification）的方式，設計「邏輯思考團體測驗」（GALT），並以面談效標為參考基準加以效化（Validate）〔Roadrangka *et al.*, 1983〕。DeLuca

[1979] 則更應用電子模擬 (Electronic Simulator) 來測試組合邏輯推理 (Combinational reasoning) 的建構 (Construct)。

在其他有關學生特性的評量方面，學生在實驗室的學習行爲分析研究 [Fuhrman et al., 1978; Tamir and Lunetta, 1981]，學生對將來的科學生涯興趣調查 [Donovan et al., 1983 1985; Kahle et al., 1985] 和學生對生物道德問題 (Bioethical issues) 的了解分析研究 [Brunkhorst, 1980; Taylor, 1980] 等是近年來逐漸為人注意的研究主題，由於這三方面的研究都還在起步階段，因此，研究的內容主要是以評量工具的發展和效化為主。Fuhrman et al. [1978] 發展了 Laboratory Structure and Task Analysis Inventory (LAI) 來研究學生的實驗室學習行爲；Donovan et al. [1983] 則發展了 Career Interest Survey (CIS) 來調查國中學生科學及技術性生涯的興趣；而 Brunkhorst [1980] 及 Taylor [1980] 兩人則分別設計了兩種 Bioethical Issues Test 來評估中等學校學生的道德推理型式和解決道德兩難 (Dilema) 問題的思考方式。

另一項深受科學教育研究者重視，並嘗試設計工具加以評量之學生特性為「科學認知偏好 (Science cognitive preferences)」。鑑於學生固有之認知偏好，往往影響其對科學本質的了解、概念學習的成就及科學態度的發展 [Tamir, 1976; 1985]，因此近年來，有關此一研究主題的報告甚多。在評量認知偏好的評量工具評介方面，Van den Berg [1979; 1980] 的研究，所蒐集的評量工具相當周全，其效化 (Validation) 研究的深度和完整性亦亟為深入，尤其是有關建構效度的探討，堪稱完善。此外，Jungwirth [1980] 也以另一角度來看科學認知偏好的研究，在科學知識的解釋上，有何教育意義。

Mayer 和 Richmond [1982] 在其有關科學教學評量工具的綜合評介報告中，曾經列舉最近十餘年來，科學教育研究者所發展，用來評量其他學生特性的評量工具。其中包括「語文及閱讀能力」的評量 [Heath, 1970; Neie, 1970]；「數學計算能力」的評量 [Denny, 1971]；「心智特性」(Intellectual characteristics) 的評量 [Campbell, 1971; Richardson, 1971; Cillizza, 1970; Nelson and Mason, 1963; Poel, 1970; Zingaro, 1966]；「家庭環境因素」的調查 [Starring, 1972]；「科學經驗」的調查 [Uhlhorn, 1963]；「創造性」的評鑑 [Kobes, 1968] 和「科學性向」的調查 [Cosgrove, 1962] 等。

2. 建議研究的項目與方向：

根據前項所述之國內外有關學生特性的評量研究現況，顯然的，國內在這方面的研究落後甚多，有關學生特性的概況資料嚴重不足，以致在進行課程教材、教學策略和師

資培育等的改革時，每因缺乏學生特性概況或水準的基本資料，而有無從下手或事倍功半的現象產生。因此，本小組建議，在最近的將來，國內科學教育研究工作者應針對下列重點項目及方向，加速研究，以期能累積必需之基本學生特性概況或水準資料，供往後釐訂採行科學教育改革措施之參考。

* (1)下列各項學生特性的評量工具的發展與效化 (Validation)。

* —科學（生物）性向。

* —科學創造性。

—科學（生物）認知偏好 (Cognitive preferences)。

—科學（生物）興趣 (Interest) 與好奇心。

* —學生學習生物科的行為。

—以生物內容為依據之推理能力 (Reasoning ability)。

* —生物思考能力 (Thinking ability)。

—以生物內容為依據之認知發展測驗。

—生物學習有關之語文及數學計算能力。

* (2)上述各項學生特性之間的相互關係。

* (3)上述各項學生特性與學習成效之間的相互關係。

* (4)上述各項學生特性與實驗學習成效之間的相互關係。

* (5)上述各項學生特性之概況調查及影響其形成之因素分析。

(二)學習成果 (Outcomes) 的評量

學習成果指教學導致之各項教育進展 (Progress)，包括：學科學習成就、科學過程技能的增進、科學態度及對科學的態度的養成和對科學的本質的了解等。其精確評量不但為教學過程所必須，而且是代表科學教育成效 (Effectiveness) 的重要指標之一，因此，其評量研究自應為科學教育研究中最重要的一環。

1. 國內外有關研究：

國內有關教學成果評量方面的研究還在起步階段，其中大型的研究計畫主要為國科會及教育部所推動，包括「國民中學數、物、生、化四科學習成就評量改進研究計畫」〔教育學院，六十一年；師大科教中心，六十三年〕、「國中學生數理科學習情況調查分析研究」〔國科會和教育部，七十三年〕和最近在師大科教中心進行之「國中科院學習成就評量研究計畫」〔七十一年〕和「高中生物（基礎生物）學習成就評量研究計畫」〔七十二年〕等。在個人的研究方面，則有，楊榮祥〔六十八年〕所進行之「學生活動中心的國中自然科學課程實驗學習成就之分析」，研究了「科學知識之記憶及再認能力」、「科學過程技能」和「概念一般化 (Generalizatin)」等的成就；洪志生〔六

十九年]進行之「我國國民中學學生科學能力之分析」，以自編之「生物能力測驗」評估我國國中學生的生物能力；盧欽銘〔六十七年〕編製「高中生物科成就測驗」來測定生物科成就；盧欽銘等人〔六十六年〕以自編測驗分析我國國中學生之科學態度（對學習科學之態度）。此外，也有多位學者，探討了認知發展與學業成就之間的關係〔吳武雄，七十年；林邦傑，七十年；七十一年；黃寶鈞，六十八年；鄭湧涇，七十年、七十三年〕；高中畢業成績與大學聯考成績之相關〔江滄樑，六十八年〕；生物概念內容成就與推理能力之相關〔鄭湧涇，七十一年〕以及資優學生科學能力鑑定評量工具之發展研究〔黃世傑，七十四年〕等。

國外方面有關學習成果評量的研究至為繁多，一一列舉殊不可能，現僅就較具代表性者說明如下。

Wall and Summerlin [1973] 在其評論報告中，曾將各學科已經出版並可資運用的標準化成就測驗，詳細開列出來，加以評介。Pancella [1970] 則分析研究41種生物測驗的試題，發現大多數測驗，均只在評估學生對生物學知識的記憶和理解，而鮮有涉及高認知層次的試題出現。Disinge 和 Mayer [1974] 則試圖藉發展「概念—過程測驗 (Concept-Process Test)」來評量學生的基本概念和主要科學過程技能成就。

在有關生物科學習成就的評量方面，大部分研究報告均以一般學習成就評量〔David et al., 1966; Jones, 1980; Levin and Fowler, 1984〕，概念的了解與一般化 (Generalize) [Osborne and Gilbert, 1980; Pantuso, 1970] 以及成就評量工具分析 [Hasting and Stewart, 1983] 為內容。希望藉評量工具和評量結果的分析，來研究何種因素對學生的概念學習和一般化以及高認知層次的學習最為有效。在評量技術及工具設計方面的研究，亦有多項發現可供借鏡 [Alani, 1979; Osborne and Gilbert, 1980]，尤其 Osborne and Gilbert 以“Interview of Instances”的方法來探討學生對科學概念的了解，對評量技術的開發與改進，頗具啓示。

在實驗和科學過程技能的評量研究方面，Hofstein and Giddings [1980] 蒐集並評論了各種評量實驗學習成效的方法。另外，也有多位學者致力於科學過程技能的評量，包括評量工具的發展 [Tobin and Capie, 1982; Dillasbaw and Okey, 1980; Torrence et al., 1983; Dillashaw and Okey, 1980; Tobin and Capie, 1982]、探討技能的評量 [Fraser, 1980] 以及特殊評量策略的開發 [Berger, 1982; Royce, 1980]。

其他與過程技能的評量有關的研究尚包括：解決問題能力 (Problem-solving) [Ross and Maynes, 1983] 和繪圖能力的評量 [McKenzie and Padilla, 1983;

Shaw, Jr. et al., 1983)。在另一研究中，Pattus and Haley [1980] 則分析 Tannenbaum 的「Test of Science Process」成績與學生背景特性的關係。

對科學本質的了解，亦為學習科學的主要成就之一。目前，用於測試對科學的本質的了解的評量工具很多。Cooley and Klopfer [1961] 的 Test on Understanding Science (TOUS) 是應用最廣的工具之一，TOUS 主要在測試對科學、對科學家的特性以及科學的方法和目的之了解程度。另一使用較廣之工具為 Welch [1969] 所發展之 Science Process Inventory (SPI)。Richardson and Showalter [1967] 的 The Abridged Scientific Literacy Instrument 則在評估對科學的態度和對科學的相互關係的了解。Tisher and Dale [1975] 亦發展 Understanding in Science Test 來評量學生對科學的了解。對於各種用來評量學生對科學的本質、目標的了解的評量工具，Aikenhead [1973] 和 Lucas [1975] 曾有相當詳細的評介。

科學態度和對科學的態度的養成，是科學教學的主要目標之一，也是科學素養的基本要件。在國外，有關科學態度及對科學的態度的評量研究，一向頗為人所重視。在科學態度的評量研究方面，研究者首需鑑別擬評量之態度，如：遲延判斷、客觀、尊重證據、謙虛、誠實等，然後再根據鑑別之擬評量態度，設計評量試題，發展評量工具 [Kozlow and Nay, 1976]。由於研究者對「科學態度」及「對科學的態度」，界定並不完全相符，因此，評量科學態度的工具之間，差異也就很大，尤其以「對科學的態度」的評量工具為然。

有關科學態度及對科學的態度的評量研究，有側重於評量工具之評介及效化者 [Gardner, 1975; Munby, 1983]；有著重在整體情意領域的評估者 [Downs, 1980; Wareing, 1982]；有探討不同的評量技術在評量態度上的應用者 [Melton and Humphreys, 1980; Schibeci, 1982]；有研究科學態度或對科學及科學家的認識者 [Jones and Butts, 1983; Krajkovich and Smith, 1982]；亦有測定學生對生態學的知識及態度 [Malmey and Ward, 1973]，對動物生命的態度 [Vockell, 1982] 以及對科學教室的態度 [Downs, 1979] 等，不一而足。

2. 建議研究的項目與方向：

學習成果之評量為科學教學所必須，其實施對了解學生的學習狀況、釐訂教材及教法有不可或缺的意義。而前項有關國內外研究現況的概述，已明確指出今後學生學習成果的評量研究的趨勢。目前，國內評量研究之最大困境在於評量工具之缺乏，尤其是經過系統方法效化的評量工具更是厥如。因此，在綜觀國內外研究之現況之後，本小組建議國內之評量研究工作者，在短期內應儘速進行下列各項研究：

* (1)下列各項學習成果的評量或調查工具之發展及效化。

- * 一生物概念內容成就。
- * 一科學過程技能之鑑別及成就（以生物教材內容為依據）。
- * 一科學態度之鑑別及成就（以生物教材內容為依據）。
- * 一以生物教材為內容之對科學的本質的了解。
- * 一對生物學及生物學家的態度。
- * 一對學習生物學的態度。
 - 對動植物生命的態度。
- * 一實驗操作技能。

* (2)上列各項學習成果之間的相互關係。

* (3)上列各項學習成果與學生學習特性之間的關係。

(4)各種學習成就評量方法之測試及應用可行性研究。

* (5)學生對生物教材的單元整體成就之評量。

(三)課程及教學 (Curriculum and Instruction) 的評量

與課程發展有關的課程評鑑，於課程教材一節中已詳細討論，本節不再贅述。本節擬僅就教師自編課程及教學過程的評量研究為中心，探討教學評量之技術及相關研究，因教學過程實際上涵蓋教與學，故其評量自亦包括教師的教學過程、教學行為和學生的學習活動，甚至學習氣氛和學習環境等。

1. 國內外有關研究：

國內有關教學過程及教材的研究至為貧乏，在生物科教學方面尤其嚴重。多年來，幾無原始性的研究報告發表。近年來，只有楊榮祥〔六十九年〕以 Flanders 的教室內交互作用分析系統，探討了三種教學模式的發問品質及交互作用型式。

在國外方面，多位學者曾發展了一些教室教學過程和活動的評量工具，以描述教室內的教學活動，包括運用教學活動分析表 [Kockendorfer, 1967; Sagness, 1970] 以分析教師的教學方法是否符合科學的本質，使用教室內交互作用分析系統來分析教師在教室內的教學行為，並進行 Microanalytical 和 Macroanalytical 分析，將教師的教學行為型式 (Pattern) 歸類 [Penick *et al.*, 1976; Shymansky, 1978; Shymansky and Penick, 1981; Shymansky *et al.*, 1975; 1976] 供改進教學的參考。

此外，Berty [1975] 則研究教室活動與學生——教師關係對學生學習的影響；更有些學者，發展教室環境調查表來調查教室內的氣氛和學習環境 [Fisher and Fraser, 1981; Shay, 1974] 與學生學習和教師變因的關係。另有一些學者，發展學生教室行為觀察工具來觀察學生的教室學習行為，並做為評鑑學生學習情況之指標 [Ainley and

Lazonby, 1981; Stanback, 1981]。與此類工具相輔相成者，是「科學教學觀察步驟 (Science Teaching Observation Schedule, STOS)」[Dunkerton and Guy, 1983] 的開發，這個工具可以藉觀察教學行為來分析教師和學生的交互作用。

在其他教學過程的評量方面，科學教育學者們的研究主題尚包括：課程適用性分析和評鑑 [Blum *et al.*, 1981; Landes *et al.*, 1981]、特定科學過程技能評估分析 [Yeany and Capie, 1979] 以及教師教學狀況評鑑 [Capic *et al.*, 1980; Okey and Capie, 1980]。其研究目標皆在提供有效指標以改進教學，幫助學生的學習以及實驗課教學活動 [Shymansky and Penick, 1979]。

2. 建議研究的項目與方向：

教學活動和教學過程的評量研究，旨在了解在教室內教師的教學行為變因，教學環境變因與學生學習行為變因之間的交互作用，及其對學生學習的影響。目前國內在這方面的研究基礎十分薄弱，基本資料嚴重不足，以致在課程設計、教材編製、師資培育和教法訓練等各方面，均苦無基本資料可循。衡諸國內的科學教育狀況及科學教育研究現有人力，本小組建議先行由下列各項研究著手，冀期能於短期內，能建立適當的基本資料，供改進科學教育之參考：

- * (1) 教室內交互作用觀察評估工具的發展與編修。
- * (2) 教師教室內教學行為與其個人特性分析。
- * (3) 學生學習行為分析。
- (4) 教室環境與氣氛之調查。
- * (5) 前述各項因素與學生學習成果的關係。
- * (6) 實驗室內教師與學生互動關係評量。
- (7) 運用教學活動評量以改進生物教學的可行性研究。
- (8) 教學活動評量分析與發展特定科學過程技能的關係。

(四) 評量方法 (Methodology) 的研究

評量方法的研究亦為評量研究的主題之一。任何教學評量工具於發展、效化之後，仍有賴其他研究繼續使用，以追索其建構效度，方能無慮。故評量工具之精緻效化，實為肯定評量工具價值、適當解釋評量結果不可或缺的一環。此外，新的評量技術、方法的開發和應用，亦是增進教學評量品質的必需條件之一，故亦為評量研究之重要主題。

1. 國內外有關研究：

就評量工具之發展、效化和精緻化 (Refinement) 而言，國內的研究尚在萌芽階段，至目前為止尚未有完整的「效化研究」(Validation study) 發表。一般發展評量工具者，在其研究中多能提供信度和效度係數，可惜最主要之建構效度往往不夠完整，

為這類研究最大的弱點。目前與生物科學教學評量有關之工具，具有信度和效度資料的僅有：「科學性向測驗」〔盧欽銘等，六十六年〕、「高中生物科成就測驗」〔盧欽銘，六十七年〕、「國中生物能力測驗」〔洪志生，六十九年〕、「皮亞傑推理能力測驗」〔楊榮祥等，七十年〕和「生物教師教學能力綜合測驗」〔Cheng, 1985〕等數種而已。顯然的，就科學教學評量的使用而言，遠不敷需求。這種現象，也直接、間接的影響了前述三項教學評量研究的質與量，因此，亟需儘速加強，以竟相輔相成之功。

在國外方面，曾有多位學者進行常用科學教學評量工具的分析和評鑑，例如：Hoste [1982] 以因素分析法 (Factor Analysis) 探究一生物測驗每一試題的建構，進而評估其建構效度。Munby [1981] 分析並評鑑 30 個使用 Moore [1970] 的 Scientific Attitude Inventory (SAI) 的評量研究，結果顯示對建構的認定尚有待商榷。其他學者在檢討了大部分已發表之科學教育評量工具之後，建議：雖然評量工具已經不少，但在評量新的領域、新的目標時，還是需要發展新的工具 [Mayer and Richmond, 1982; Wilson, 1981]。

另外，有不少研究或注重在探討選目排列與試題難度之間的關係 [Friel and Johnstone, 1979]，或研究測驗型式是否與學生的成就有關 [Abu-Sayf, 1979; Holliday and Partridge, 1979; Warren, 1979]，或者研究 Test Cues 和 Test Anxiety 對得分的影響 [Kermis, 1981] 等不一而足。其他有關評量技術的研究，還包括：影響信度及效度的因素研究 [Lang, 1982]；重測 (Retesting) 對低能力學生得分的影響 [Deboer, 1981] 以及應用評量方法來鑑別學生的錯誤觀念 (Misconceptions) 等。這類錯誤觀念的鑑別評量研究，以在植物學 [Martin, 1980]、遺傳學 [Hackling and Treagust, 1984; Kinnear, 1983]、生態學 [Griffiths and Grant, 1985] 和生物學 [Fisher, 1985] 方面最多。

2. 建議研究的項目與方向：

由於國內缺乏發展和效化評量工具的專門人才，因此，具有明確信度和效度的科學教育評量工具向極缺乏。以致各項科學教育研究，因評量科學教育屬性工具的缺乏而效果不彰，研究結果無法取信的缺憾。職是之故，本小組建議往後有關教學評量技術、方法的研究，應以下列項目為優先，以期能於短期內發展並效化一些科學教育研究所必須的基本屬性評量工具。

- * (1)科學（生物）教學評量工具，信度和效度的探討。
- * (2)影響科學（生物）教學評量工具，各試題之難度及鑑別度的因素分析。
- * (3)影響科學（生物）教學評量工具之難度的因素分析。
- * (4)標準參考評量 (Criterion-referenced Evaluation) 工具之發展與信度、效

度研究。

- * (5)以因素分析 (Factor Analysis) 或其他方法，研究評量工具之建構效度。
- * (6)設計評量工具以鑑別學生錯誤觀念 (Misconceptions) 的可行性研究。
- (7)影響評量工具之信度和效度的因素分析研究。
- (8)評量工具的型式對不同能力學生得分的影響分析。
- (9)評量工具之 Test Cues 與受試者之 Test Anxiety 對得分的影響。
- (10)各種試題型式對受試者學習成就的影響研究。

【未來四年內急需研究的項目】

教學評量研究在整體科學教育研究中的重要性，已如前述，在此不另贅述。惟教學評量研究之有效開展，實又繫於各類評量工具 (Instrument) 之開發和效化 (Validation)，只有透過嚴謹、系統的效化，評量工具的可信度、可靠性方可無慮；評量結果之解釋，研究結果之推論、辯證，乃能獲得支持和肯定。故評量工具之開發與效化，實為通往高品質教學評量大道之首要之務。

鑑於國內有關教學評量之研究尚十分貧乏，可信、可靠的評量工具又極度缺少，科學教育研究的屬性的評估，乃成為科學教育研究的一大窒礙和弱點；而現有進行科學教學評量研究的人才又極為稀少。因此在各項主客觀因素的限制之下，欲全面進行前述各項科學教學評量研究，實力有未逮。也因此，本小組於衡鑑上述各項因素之後，建議國內之科學教學評量研究工作者，在未來四年內，先行就下列數項最為迫切，也是最基礎的研究項目進行研究，以逐漸開展我國生物教學評量研究之坦途，充實科學教育研究的基本資料，俾供釐訂各項科學教育改革措施的參考。

這些最為迫切的教學評量研究項目包括：

- *(1)各項生物科學學習成果 (Outcomes) 評量工具之發展和效化。
- (2)各項生物科學學習有關之學生特性 (Characteristics) 評量工具之發展和效化
 -
- (3)生物科教學活動評量工具之發展和效化。
- (4)學生學習行為評量工具之發展和效化。
- *(5)生物科命題方法及評量技術之研究。

【參考文獻】

1. 臺灣省立教育學院，六十一年。國民中學數學、物理、生物、化學四科學習成就評量方法改進計畫。
2. 江滄樑，六十八年。六十七年高中畢業成績與大學聯考成績之相關研究。科教月刊，**31**，40—45。
3. 李銘正，六十八年。國民中小學自然科學實驗課程對學生認知能力的影響。教育學院學報，**4**，351—357。
4. 吳武雄，七十年。國中學生認知發展與科學及數學課程學習之相關研究。教育學院學報，**6**，257—281。
5. 林邦傑，七十一年。我國國中及高中學生認知發展之研究。科教月刊，**51**，12—22。
6. 林邦傑，七十年。國中及高中學生具體運思、形式運思與學業成就之關係。中國測驗學會測驗年刊，**28**，23—32。
7. 洪志生，六十九年。我國國民中學學生科學能力之分析。師大教育研究所碩士論文。
8. 國立臺灣師範大學科學教育中心，七十年。國中生物課程目標及教材內容意見調查問卷之研究。科教月刊，**45**，57—73。
9. 國立臺灣師範大學科學教育中心，七十一年。國中科學學習成就評量研究計畫。
10. 國立臺灣師範大學科學教育中心，六十三年。國民中學數物生化四科學習成就評量方法改進研究計畫。
11. 國科會科教處暨教育部國教司，七十三年。七十二學年度國中學生數理科學學習情況調查分析研究報告。
12. 湯清二，六十八年。高中學生具體操作及形式操作之推理能力研究。教育學院學報，**4**，479—494。
13. 黃世傑，七十四年。國民中學資賦優異學生科學能力鑑定評量工具之研究。教育學院化學系。
14. 黃曼麗，六十九年。國中二、三年級學生具體操作及形式操作之推理能力研究。教育學院學報，**5**，195—207。
15. 黃湘武，七十一年。國中學生之質量守恒、重量守恒、外體積觀念與比例推理等推理能力發展之抽樣調查初步報告。科教月刊，**51**，28—34。
16. 黃惠玲，六十九年。形式運作階段的理論及測量研究。國立臺灣大學心理研究所碩士論文。

17. 黃寶鉅，六十八年。大一學生物理科學習成就與邏輯推理能力的關係之研究。國立政治大學學報，**39**，49—68。
18. 楊榮祥，六十九年。由中學科學教育目標討論三種教學模式。生物科學，**15**，45—57。
19. 楊榮祥，六十八年。學生活動中心的國中自然科學課程實驗學習成就之分析。科教月刊，**27**，23—30。
20. 鄭湧涇，七十一年。皮亞傑認知發展與生物科學習的關係。科教月刊，**51**，23—27。
21. 鄭湧涇，七十年。國中女生生物科學習成就與認知發展的關係。科學發展月刊，**9**(4)，365—376。
22. 鄭湧涇，七十三年。國中學生邏輯推理能力與科學和數學學業成就的關係。科學發展月刊，**11**(12—2)，1357—1372。
23. 盧欽銘，六十六年。路君約，宗亮東；科學性向與科學態度的分析研究報告。科教月刊，**6**，24—31。
24. 盧欽銘，六十七年。高中生物科成就測驗的編製。科教月刊，**19**，44—49。
25. Abu-Sayf, F. K. 1979. Does multiple-choice item form affect student assessment results in science? *Journal of Research in Science Teaching*, **16**(4), 359–362.
26. Aikenhead, G. S. 1973. The measurement of high school student's knowledge about science and scientists. *Science Education*, **57**, 539–549.
27. Ainley, D. and J. N. Lajonby. 1981. Observation as a means of evaluation of science courses for less able children: A case study. *School Science Review*, **62**(221), 631–640.
28. Alani, N. 1979. The relationships among student's socio-economic background, teacher's academic background, sex difference, and their academic achievement in science education at sixth grade level in Baghdad. *Dissertation Abstracts International*, **39**(12), 7230-A.
29. Ankney, P. and L. Joyce. 1974. *The Development of a Piagetian Paper-and-Pencil Test for Assessing Concrete-operational Reasoning*. Unpublished Doctoral Dissertation, The University of Northern Colorado.
30. Ball, D. W. and S. A. Sayre. 1972. *Relationships Between Student Piagetian Cognitive Development and Achievement in Science*. Unpublished

Doctoral Dissertation. The University of Northern Colorado.

31. Beard, J. 1971. The development of group achievement tests for two basic processes of AAA's science—A process approach. *Journal of Research in Science Teaching*, **8**, 179-183.
32. Berger, C. F. 1982. Attainment of skill in using science processes, I. Instrumentation, methodology and analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, **19**, 249-260.
33. Blum, A., et al. 1981. Development and evaluation of a curriculum adaptation scheme. *Science Education*, **65**(5), 521-536.
34. Berty, R. B. 1975. A study of the relationships between classroom activities, student-teacher relationships and the characteristics of in-service secondary school science teachers of Costa Rica. *Dissertation Abstracts International*, **36**, 3536-A. (The Ohio State University)
35. Brunkhorst, H. K. 1980. Development of a bioethical issues test for assessing the effectiveness of instruction of a bioethical unit on the moral reasoning patterns of secondary biology student's. *Dissertation Abstracts International*, **40**(12), 622-A. (The University of Iowa)
36. Burney, G. M. 1974. *The Construction and Validation of an Objective Form Reasoning Instrument*. Unpublished Doctoral Dissertation, The University of Northern Colorado.
37. Burns, J. C., K. C. Wise, and J. R. Okey. 1983. *Development of an Integrated Science Process Skills Test*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX.
38. Campbell, J. R. 1971. Cognitive and affective process development and it's relation to a teacher's interaction ratio. *Journal of Research in Science Teaching*, **8**, 317-324.
39. Carlson, G. R. and E. Streitberger. 1983. Construction and comparison of three related test of formal reasoning. *Science Education*, **67**, 133-140.
40. Cillizza, J. E. 1970. The construction and evaluation of a test of critical thinking ability. *Dissertation Abstracts International*, **31**, 2733-A.

(Boston University)

41. Cooley, W. and L. Klopfer. 1961. *Test on Understanding Science*. ETS, Princeton, New Jersey.
42. Copie, W. *et al.* 1980. *Using Science Achievement to Validate Student Teacher Competence*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston. ED 186261.
43. Cosgrove, J. C. 1962. The identification of scientific talent. *Dissertation Abstracts International*, **23**, 3770-A. (The University of Southern California)
44. David, T., A. Raymond, C. MacRawls, and J. Jordan. 1966. A comparison of achievement and creativity of elementary school students using projects vs. textbook programs. *Journal of Research in Science Teaching*, **13**, 205-212.
45. Deboer, G. E. 1981. The effect of retesting on end-of-semester performance in high school chemistry at three levels of previous science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, **18**(3), 261-267.
46. DeLuca, F. P. 1979. Application and analysis of an electronic equivalent of Piaget's first chemical experiment. *Journal of Research in Science Teaching*, **16**(1), 1-11.
47. Denny, R. T. 1971. The Mathematics Skill Test (MAST) in chemistry. *Journal of Chemistry Education*, **48**, 845-846.
48. Dillashaw, F. G. and J. R. Okey. 1980. Test of integrated process skills for secondary school students. *Science Education*, **64**, 601-618.
49. Disinger, J. R. and V. J. Mayer. 1974. Student development in junior high school science. *Journal of Research in Science Teaching*, **11**, 149-155.
50. Donovan, E. P., R. H. Fronk, and P. B. Horton. 1983. *A New Science and Engineering Career Interest Survey for Junior High School Students*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX.
51. Donovan, E. P., R. H. Fronk, and P. B. Horton. 1985. A new science

- and engineering career interest survey for middle school students. *Journal of Research in Science Teaching*, **22**(1), 19-30.
52. Doran, R. L. 1980. *Basic Measurement and Evaluation of Science Instruction*. National Science Teachers Association, Washington, D. C.
53. Downs, G. E. 1980. *Affective Domain Measuring Scale (ADMS)*. Mimeo-graphed, ED 184 879.
54. Downs, G. E. 1979. Development of an affective instrument for measuring high school science students behaviors. *School Science & Math.*, **79**(3), 217-222.
55. Dunkerton, J. and J. J. Guy. 1981. The Science Teaching Observation Schedule: Is It Quantitative ? *European Journal of Science Education*, **3**(3), 313-316.
56. Farmer, W. A., M. A. Farrell, R. M. Clark, and J. McDonald. 1982. A validity study of two paper-pencil tests of concrete and formal operations. *Journal of Research in Science Teaching*, **19**, 475-485.
57. Fisher, D. L. and B. J. Fraser. 1981. Validity and use of the my class inventory. *Science Education*, **65**(2), 145-156.
58. Fisher, K. M. 1985. A misconception on biology: Amino acids and translation. *Journal of Research in Science Teaching*, **22**(1), 53-62.
59. Fraser, B. J. 1980. Development and validation of a test of enquiry skills (TOES). *Journal of Research in Science Teaching*, **17**(1), 7-16.
60. Friel, S. and A. H. Johnstone. 1979. Does the position matter? *Education in Chemistry*, **16**(6), 175.
61. Fuhrman, M. et al. 1978. *The Laboratory Structure and Task Analysis Inventory (LAI): A User's Handbook*. Technical Report No. 14, Science Education Center, The University of Iowa, Iowa City, Iowa, ED 166 002.
62. Gardner, P. 1975. Attitudes to science: A review. *Studies in Science Education*, **2**, 1-141.
63. Griffiths, A. K. and B. A. C. Grant. 1985. High school student's understanding of food webs: Identification of a learning hierarchy and related misconceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, **22**(5),

- 421-436.
64. Hackling, M. W. and D. Treagust. 1984. Research data necessary for meaningful review of grade ten high school genetics curricula. *Journal of Research in Science Teaching*, **21**(2), 197-209.
 65. Hastings, J. and J. Stewart. 1983. An analysis of research studies in which "homemade" achievement instruments were utilized. *Journal of Research in Science Teaching*, **20**, 697-703.
 66. Heath, P. A. 1970. The effect of contemporary elementary science programs on selected aspects of science reading achievement. *Dissertation Abstracts International*, **31**, 5667 A. (Oklahoma State University)
 67. Hofstein, A. and G. Giddings. 1980. *Trends in the Assessment of Laboratory Performance High School Science Instruction*. Technical Report, No. 20, Science Education Center, The University of Iowa. ED 184 877.
 68. Holliday, W. G. and L. A. Partridge. 1979. Differential Sequencing effects of test items on children. *Journal of Research in Science Teaching*, **16**(5), 407-411.
 69. Hoste, R. 1982. What do examination items test? An investigation of construct validity in a biology examination. *Journal of Biology Education*, **16**(1), 51-58.
 70. Jones, B. and B. Butts. 1983. Development of a set of scales to measure selected scientific attitudes. *Research in Science Education*, **13**, 133-140.
 71. Jones, O. Sr. 1980. The relationship between certain characteristics and factors of mississippi junior college students and their achievement in first course college general biology. *Dissertation Abstracts International*, **41**(5), 2046-A.
 72. Jungwirth, E. 1980. Alternative interpretation of findings in cognitive preference research in science education. *Science Education*, **64**(1), 85-94.
 73. Kahle, J. B., M. L. Matyas, and H. H. Cho. 1985. An assessment of the impact of science experiences on the career choices of male and female biology students. *Journal of Research in Science Teaching*, **22**(5), 385-394.

74. Kermis, W. J. 1981. Testing cues and test anxiety: Their effects on science test scores. *Dissertation Abstracts International*, **41**(8), 3515-A. (Syracuse University)
75. Kinnear, J. 1983. Identification of misconceptions in genetics and the use of computer simulation in their corrections. In *Proceedings of the International Seminar, Misconceptions in Science and Math* (H. Helm and J. Novak, eds.), Cornell University, Ithaca, N. Y.
76. Kobes, K. E. 1968. Relationship between performance on a scientific creativity test and participation in a science fair. *Dissertation Abstracts International*, **29**, 1781-A. (US International University)
77. Kockendorfer, L. H. 1967. The development of a student checklist to determine classroom teaching practices in high school biology. In *Research and Curriculum Development in Science Education* (A. E. Lee, ed.), The University of Texas at Austin.
78. Kozlow, M. J. and M. A. Nay. 1976. An approach to measuring scientific attitude. *Science Education*, **60**, 147-172.
79. Krajkovich, J. G. and J. K. Smith. 1982. The development of the image of science and scientists scale. *Journal of Research in Science Teaching*, **19**, 39-44.
80. Landes, N. et al. 1981. *The Task Features Analysis System Research Series*, No.89. NIE Washington, D. C. ED 204 187.
81. Lang, H. G. 1982. Criterion-referenced tests in science: An investigation of reliability, validity, and standards-setting. *Journal of Research in Science Teaching*, **19**, 665-674.
82. Lawson, A. E. 1978. The develeptment and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, **15** (1), 11-24.
83. Levin, J. and H. Fowler. 1984. Sex, grade, and course differences in attitude that are related to cognitive performance in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, **21**, 151-166.
84. Lucas, A. M. 1975. Hidden assumptions in measures of knowledge about Science and scientists. *Science Education*, **59**, 481-485.

85. Maloney, M. and M. Ward. 1973. Ecology: Let's hear it from the people: An objective scale for the measurement of ecological attitudes and knowledge. *American Psychologist*, **28**, 583-586.
86. Martin, F. L. 1980. The development of an instrument for determining botanically related misconceptions of beginning college botany students. *Dissertation Abstracts International*, **40**(10), 5388-A. (University of South Mississippi)
87. Mayer, V. J. and J. M. Richmond. 1982. An overview of assessment instruments in science. *Science Education*, **66**(1), 49-66.
88. McKenzie, D. L. and M. J. Podilla. 1983. *Construction and Validation of the Test of Graphing in Science (TOGS)*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX.
89. Melton, L. and D. Humphreys. 1980. Using the Q-sort as a predictor of academic success in self-paced, individualized science classes. *Journal of Research in Science Teaching*, **17**(3), 243-249.
90. Moore, R. W. 1970. The development field test and validation of an inventory of scientific attitudes. *Journal of Research in Science Teaching*, **1**, 8594.
91. Munby, H. 1981. *Thirty Studies Involving the "Scientific Attitude Inventory": What Confidence Can We Have in This Instrument?* Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Ellenville, NY, ED 202 694.
92. Munby, H. 1983. Thirty studies involving "Scientific attitude inventory" (SAI): What confidence can we have in this instrument? *Journal of Research in Science Teaching*, **20**, 141-162.
93. Neie, V. E. 1970. An investigation to the relationship between a verbal measure of predictive ability and performance on selected science process tasks by prospective elementary school teachers. *Dissertation Abstracts International*, **31**, 4578-A. (The Florida State University)
94. Nelson, C. H. and J. M. Mason. 1963. A Test of science comprehension

- for upper elementary grades. *Science Education*, 47, 319-330.
95. Okey, J. R. and W. Capie. 1980. Assessing the competence of science teachers. *Science Education*, 64(3), 279-287.
 96. Osborne, R. and J. Gilbert. 1980. A method for investigating concept understanding in science. *European Journal of Science Education*, 2, 311-321.
 97. Pancella, J. R. 1970. Use of the taxonomy of educational objectives handbook I: Cognitive domain to analyze and describe standardized and commercial tenth grade biology examinations. *Dissertation Abstracts International*, 31, 3983-A. (The University of Maryland)
 98. Pantuso, R. J. 1970. The ability of high school seniors to understand and generalize science concepts. *Dissertation Abstracts International*, 31, 5224-A. (Lehigh University)
 99. Pattus, A. M. and C. D. Haley, Jr. 1980. Identifying factors related to science process skill performance levels. *School Science and Math*, 80 (4), 273-276.
 100. Penick, J. E., J. A. Shymansky, C. C. Matthews, and R. G. Good. 1976. Studying the effects of two quantitative defined teaching strategies on student behavior in elementary school science using macroanalytic techniques. *Journal of Research in Science Teaching*, 13(4), 289-296.
 101. Pezaro, P. E. 1982. Comments on the development and construct validation of a group-administered test of formal thought. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 91-92.
 102. Poel, R. H. 1970. Critical thinking as related to PSSC and non-PSSC physics programs. *Dissertation Abstracts International*, 31, 3983-A. (Western Michigan University)
 103. Richardson, J. S. and V. Showalter. 1967. *Effects of a Unified Science Curriculum on High School Graduates*, The Ohio State University.
 104. Richardson, R. P. 1971. Development and use of the SCI inventory to measure upper elementary school children's scientific curiosity and interests. *Dissertation Abstracts International*, 32, 3815-A. (The Ohio State University)

105. Roadrangka, V., R. H. Yeany, and M. J. Padilla. 1983. *The Construction of a Group Assessment of Logical Thinking (GALT)*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX.
106. Ross, J. A. and F. J. Maynes. 1983. Development of a test of experimental problem-solving skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 63-75.
107. Royce, G. K. 1980. The development and validation of a diagnostic, criterion-referenced test of science processes. *Dissertation Abstracts International*, 40(8), 4547-A. (The University of Nebraska-Lincoln)
108. Schibeci, R. A. 1982. Measuring student attitudes: Semantic differential or likert instruments? *Science Education*, 66, 565-570.
109. Shaw, E. L. Jr., D. L. McKenzie, and M. J. Padilla. 1983. *An Examination of the Graphing Abilities of Students in Grades Seven Through Twelve*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX.
110. Shay, E. L. 1974. A study of relationships among selected teacher variables and expressed preferences for student-centered, non-direct science education. *Dissertation Abstracts International*, 35, 2795-A. (The Ohio State University)
111. Shayer, M. et al. 1981. Group tests of cognitive development ideals and a realization. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(2), 157-168.
112. Shymansky, J. A., J. E. Penick, R. G. Good, and C. C. Matthews. 1975. Using macroanalytic techniques to study teacher behavior patterns. *Journal of Research in Science Teaching*, 12(3), 221-227.
113. Shymansky, J. A., J. E. Penick, L. J. Kelsey, and G. W. Foster. 1976. *Science Laboratory Interaction Categories (SLIC)—Teacher*, Science Education center, The University of Iowa.
114. Shymansky, J. A. 1978. Assessing teacher performance in the classroom: Pattern analysis applied to interaction data. *Studies in Educational Evaluation*, 4(2), 99-106.

115. Shymansky, J. A. and J. E. Penick. 1979. Use of systematic observations to improve college science laboratory instruction. *Science Education*, **63**(2), 194-203.
116. Shymansky, J. A. and J. E. Penick. 1981. Teacher behavior does make a difference in hands-on science classrooms. *School Science and Math*, **81**(5), 412-422.
117. Sogness, R. L. 1970. A study of selected outcomes of a science pre-service teacher education project emphasizing early involvement in schools of contrasting environmental settings. *Dissertation Abstracts International*, **31**, 4606-A. (The Ohio State University)
118. Stanback, B. A. 1981. *Science Student Observation Instrument*, Department of Science Teaching, Syracuse University, N. Y.
119. Starring, E. A. 1972. Effects of an experimental course for 9th grade science on their attitudes toward science and scientists. *Dissertation Abstracts International*, **33**, 6201-A. (The University of Michigan)
120. Staver, J. R. and D. L. Gabel. 1979. The development and construct validation of a group-administered test of formal thought. *Journal of Research in Science Teaching*, **16**(6), 535-544.
121. Stefanich, G. P., R. D. Unruh, B. Perry, and G. Phillips. 1983. Convergent validity of group tests of cognitive development. *Journal of Research in Science Teaching*, **20**, 557-563.
122. Tamir, P. 1976. The relationship between achievement in biology and cognitive preference style in high school students. *The British J. of Edul. Psychol.*, **46**, 57-67.
123. Tamir, P. and V. N. Lunetta. 1981. Inquiring-related tasks in high school science laboratory handbooks. *Science Education*, **65**(5), 477-484.
124. Tamir, P. 1985. Meta-analysis of cognitive preference and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, **22**(1), 1-18.
125. Taylor, C. M. 1980. Development of an instrument to assess degree of principled moral thinking about moral dilemmas—The Biolthical Issues Test. *Dissertation Abstracts International*, **40**(10), 5390-A. (Georgia State University)

126. Texley, J. T. 1981. *The Development of a Group Test of Formal Operational Logic in the Content Area of Environmental Science*. Unpublished Doctoral Dissertation, Wayne State University. *Dissertation Abstracts International*, 41(10), 4351-A.
127. Tisher, R. and L. Dale. 1975. *Understanding in Science Test*. Hawthorn, Victoria: Australian Council for Educational Research.
128. Tobin, K. G. and W. Capie. 1981. The development and validation of a group test of logical thinking. *Educational and Psychological Measurement*, 41(2), 413-423.
129. Tobin, K. G. and W. Capie. 1982. Development and validation of a group test of integrated science processes. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 133-141.
130. Torrence, D. R. et al. 1979. *Development and Validation of a Televised Test of Science Processes*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Toronto, Canada. ED 166 001
131. Uhlhorn, K. E. 1963. The preparation, use, and application of a science experience inventory. *Dissertation Abstracts International*, 24, 2818-A. (State University of Iowa)
132. Van den Berg, E. 1979. Cognitive preferences: A validation study. *Dissertation Abstracts International*, 39(12), 7270-A. (The University of Iowa)
133. Ven den Berg, E. et al. 1980. *The Convergent Validity of the Cognitive Preference Construct*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA. ED 188 911.
134. Vockell, E. L. 1982. Assessing attitudes toward animal life among elementary school pupils. *Science Education*, 66, 783-788.
135. Walker, R. A. et al. 1979. Written piagetian task instrument: Its development and use. *Science Education*, 63(2), 211-220.
136. Wall, J. and L. Summerlin. 1973. *Standardized Science Tests: A Descriptive listing*, Washington, D. C. NSTA.

137. Warren, G. 1979. Essay *vs* multiple choice tests. *Journal of Research in Science Teaching*, 16(6), 563-567.
138. Ward, C. R., S. C. Nurrenbern, C. Lucas, and J. D. Herron. 1981. Evaluation of the longeot test of cognitive development. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(2), 123-130.
139. Wareing, C. 1982. Developing the WASP: Wareing attitudes toward science protocol. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 639-645.
140. Welch, W. 1969. *Science Progress Inventory*, University of Minnesota.
141. Wilson, J. T. 1981. Toward a disciplined study of testing in science education. *Science Education*, 65(3), 259-270.
142. Yeany, R. H. and W. Capie. 1979. Analysis system for describing and measuring strategies of teaching data manipulation and interpretation. *Science Education*, 63(3), 355-361.
143. Cheng, Y. J. 1985. *The Development and Validation of a Teaching Competency Evaluation Battery*. Unpublished Doctoral Dissertation. The University of Iowa.
144. Zingaro, J. S. 1966. An experimental comparison between two methods of teaching college sophomores the interrelationship by physicochemical principles in physical science. *Dissertation Abstracts International*, 27, 1004-A. (Syracuse University)

五、師資培育的研究

教師是科學教育是否能達成既定目標的最主要變因，師資良窳，關係整體科學教育的成效。因此，師資教育實執科學教育成敗之鎖鑰地位，其相關研究乃獲得研究者的青睞與重視。

我國近年來在進行科學教育改革的同時（課程及評量方法的改進），亦特別重視科學師資的在職訓練。不過，在科學（生物）師資的職前和在職教育的研究方面，却一直乏善可陳。近幾年來，與生物師資之職前及在職教育有關之研究僅及於教師教學策略分析和教學目標認定與疑難問題調查〔楊榮祥，六十九年；七十一年〕。因此，迫切需要投注更多人力物力於此領域的研究，以期提昇生物師資的教學能力水準。

在國外方面，有關師資教育的研究則至為可觀。最近的 Meta-Analysis [Druva and Anderson, 1983] 與師資教育趨勢研究 [Lunetta and Yager, 1983] 顯示，最近十餘年來，科學師資教育的焦點是，教師特質與教學行為對學生學習成果的影響以及職前及在職教育措施與教學能力發展的關係。另一項 Meta-Analysis [Shymansky et al., 1983] 和現況研究 [Helgeson et al., 1977] 更證明了，師資訓練的結果，不但影響其將來的教學行為，同時也直接關係課程改革的成效。正如 Shymansky et al. 的研究所指出的，假若科學教師們在職前教育時，受過良好的教法訓練（探討式教學法），則1960年代發展的新課程的成就將不只像現在所看的這樣而已。

任何師資教育的興革措施，均需要理論基礎與研究資料來支持，成效方能彰顯。因此，如何加強有關科學師資職前及在職教育的研究，俾能將研究結果直接或間接應用到改進師資教育乃至整體科學教育的措施上，實為當前科學教育研究上的當務之急。

(一) 教師特性 (Characteristics) 的研究

教師特性指教師個人的內涵或外塑屬性 (Attributes)，包括認知發展、生物專業知識、過程技能、態度（科學態度涵養與對科學（生物學）及教生物學的態度）、對生命及環境（環境教育）的態度、Locus of Control Orientation、Field Dependent Independent、認知偏好 (Cognitive Preferences)、自我觀念 (Self-concept)、對教學法的偏好以及 Dogmatism 水準等。這些特性，對教師的信念 (Beliefs)、教學法、教室經營以及教學成果的影響甚鉅，因此，在師資培育的研究上均為非常重要的變因，有必要深入研究。師資之職前及在職教育的任何興革措施，方能落實並獲得學理上之肯定。

1. 國內外有關研究：

國內方面，師大科教中心〔七十年〕曾以問卷方式調查，國中生物教師對課程目標和教材內容的意見，以了解國中生物教師對前述兩者的重要性的看法。楊榮祥教授〔七十一年〕也曾以問卷方式，調查了國中生物教師對教學目標重要性順序以及成就的認定順序的看法，在分析 308 位教師的意見之後，楊氏建議宜加強生物教師之職前教育，注意對教學目標、與教學有關之專業知能以及過程技能等的教育，俾能提昇師資專業知能水準及素養。此外，高雄師院亦曾於民六十三年，調查了國中生物科師資背景資料、教學法和疑難問題等特性，在基本資料之建立和提供更進一步的研究方面，頗有助益。

國外方面，Druva and Anderson [1983] 有關科學教師特性的 Meta-Analysis；分析了教師特性因素與教學行為之間的關係，結果發現教師之個人背景資料與教學行為之間的相關甚小。El Gosbi [1982] 的研究揭露職前科學教師五項特性之間的關係，這五項特性包括：認知發展階層，SAT 成績、GPA 過程技能成就和科學知識背景。Noibi [1982] 研究道德推理 (Moral reasoning) 發展與環境概念知識之間的關係。另有三位學者分別研究職前教育階段，科學教師對科學的本質的了解（對科學的語言的概念）[Ogunniyi, 1982]，對科學及教科學的態度 [Guntawong, 1982] 和對動物的恐懼感 [Perkes, 1982]。Zeitoun and Fowler [1981] 的研究則鑑別對數種職前科學教師的認知發展階層具有預測力之因素，包括：科學學科成就，高中 GPA、SAT — 語文成績、SAT — 數學成績、性別和 Field Independent/Dependent 的認知型式等。

另外，Taiwo [1981] 的研究顯示，對教科學的態度可以預測教學實習的表現 (Performance)。另一些研究者則試圖探索大學階段，選修的科學學分數與對科學及教科學的態度的關係 [Gates, 1979; Krustchinsky, 1979; MacMillan, 1979; Riley, 1979; Tolman & Barufaldi, 1979; Weaver *et al.*, 1979]。其他研究，則探討下列教師特性，包括：

學習風格與做為一位科學教師的感受 [Price, 1979]，教師之形式思考與道德推理 [Shaffer, 1979]，自我觀念和態度與成就 [Shaffer, 1979] 以及 Dogmatism Scale 與對科學及教科學的態度 [Weaver *et al.*, 1979]，Locus of Control 和道德推理 [Shaffer, 1979] 之間的關係。另兩項研究則調查了教師對認知／情意目標的態度 [Schibeci, 1981] 和對 Interdisciplinary Project [Glenn and Gennaro, 1981] 的態度。

2. 建議研究的項目與方向：

綜合前述之國內外研究現況，很顯然的，我們的整體生物師資職前及在職教育措施是建立在極不穩固的基礎之上。在缺乏研究資料的支持和肯定之下，我們假設師範院校

的學生，在經過現有四年的課程經驗之後，便會「自然的」成為「合格」教師，事實上，這個邏輯也缺乏研究證據的支持。因此，如欲有效發揮國內新科學（生物）課程的特性，達成既定之課程目標，並提昇我國的科學教學品質，則在教師特性的研究方面，本小組建議儘速就下列項目，進行研究，以蒐集有關教師特性資料，供改進生物師資職前及在職教育之參考。

* (1) 生物教師下列特性的研究。

- * — 認知發展（推理能力）。
- * -- 生物知識成就。
- * — 過程技能成就。
- * — 科學態度。
- * — 對教生物的態度。
- 道德推理發展。
- * — 對科學的本質的了解。
- 對動物的態度。
- * — 對環境教育的態度。
- Field Dependent/Independent。
- Locus of Control Orientation。
- * — 創造性。
- * — 認知偏好 (Cognitive Preferences)。
 - 對生物教師角色的認定 (Perception)。
 - 自我觀念 (Self-concept)。
 - 對 Interdisciplinary Project 的態度。
 - Dogmatism 水準。
- * — 對探討式教學法的態度。
- * — 探討教學技能。
- * — 對教學目標的認定。

* (2) 生物教師上述特性彼此間的相互關係。

* (3) 生物教師上述特性與教學績效 (Effectiveness) 的關係。

* (4) 預測上述特性形成之主要因素分析。

* (5) 影響上述特性成就水準之因素分析。

* (6) 生物教師上述特性在職前教育階段的發展情形。

* (7) 生物教師上述特性與學生學習成就之間的關係。

(二) 師資教育成果 (Outcomes) 及其評鑑研究

生物師資教育的最終目標在培養具備足夠學科專業知識以及精熟教學能力的生物教師。但是，是否教師在經過四年的職前教育之後，的確養成了上述知識能力，仍有待研究的證實；此外，師資教育機構所安排的職前教育經驗，是否能有效的培養這些知識和能力，亦有必要隨時偵測，加以研究探討。因此，有關師資教育成果的形成因素分析和其評鑑的研究，亦為師資培育研究不可或缺的一環。

1. 國內外有關研究：

至目前為止國內有關這方面的研究仍未開始，而國外方面，對教學能力的評鑑亦尚在起步階段。教學能力的培養是生物師資教育的終極目標已如前述，不過教學能力一詞甚為抽象，意義亦相當質化 (Qualitative)，有必要在進行研究之前，先加以簡單界定。Bethal [1985] 在其有關師資培育的評論報告中曾謂，廣義的教學能力，除了學科專業知識的素養之外，尚包括了對科學的本質的了解、適當的態度、過程技能以及專業精神意願等。Anderson [1982a；1982b] 以 Meta-Analysis 的方法分析二十餘年來，有關師資教育對教師探討教學策略 (Strategies of Inquiry) 的影響；Owen [1980] 則針對科學教師的教學成效 (Effectiveness) 進行回饋性研究，其結果不但偵測了科學教師，於受過師資培育專業訓練之後，教學成效的實際水準，同時亦可提供具體回饋給師資的職前教育機構，以改進其教育計畫。

有些學者則嘗試藉鑑別教師必備之教學能力 (Teaching Competency) 或實驗室教學能力的方式，提出具體證據，提供師資教育機構，安排適當職前經驗之參考 [Cobbins, 1981；Voltmer, 1981；Voltmer and Jones, 1982]。

在科學師資的職前教育經驗中，究竟有多少知識、經驗、策略等，會在將來教師的教學中表現出來，在改進師資教育計畫上，頗具回饋價值，因此，亦為師資教育成果研究的重點之一。例如：Haberly [1981] 就曾研究仿效策略 (Modeling) 對教學實習教師的差異性影響 (Differential effect)，其研究發現有些教學行為可以轉移（在實習教師的教學中表現），如實驗前教學行為，而有些教學行為則否，如趨異性發問策略。另外，更有相當多的研究，針對師資的職前教育經驗，到底對將來教師的教學行為，產生何種影響，做分項的研究，其自變數 (Independent variables) 包括：應用 Guilford Structure of Intellect Model [South-Guy, 1981]、Behavior Model Analysis 和 Formal Reasoning Ability [Miller, 1981]、科學知識的份量 [Dobey, 1981]、特殊探討式教學訓練 [Omar, 1981]、高階層認知發問技巧訓練 [Tashkandi, 1981]、教師焦慮狀況和仿效策略 [Koran and Koran, 1981]、師資教育者對科學師資角色的認定 [Price, 1979]、Selected Field Experiences (Horak,

1981]、Microteaching、Modeling、Peer Teaching and Student-Structured Approach [Albert and Van Der Mark, 1981; Stallings *et al.*, 1981; Zeitler, 1981]、科學專業科目訓練 [Westerback, 1982]、「教學法科目訓練」[Bjorkqvist, 1982; Sunal, 1982]、教學法和課程科目與科學專業科目訓練 [Lucas & Dooley, 1982; Malone, 1982] 以及師資教育者的特性變因 [Horak and Blecha, 1982; Martin, 1982] 等。而教師之專業知識、態度、對科學的了解、教學能力、教學行為以及對教生物學的態度等則為依變數。

另外，在 Butts [1981] 的綜合性報告中亦報導，有31個研究，針對科學師資教育計畫 (Program) 對教師教學技巧的改進成效加以探討，其涵蓋內容包括：教學內容、師生交互作用和教學策略三大項。Beasley [1981] 的研究則指出，大約只有70%的實習科學教師，達到督學所列的教學能力的 70%。而 Nussbaum [1981] 則更分析了教師鑑別學生錯誤概念 (Misconceptions) 的能力，結果發現大部分教師的這種能力均十分不足。

2. 建議研究的項目與方向：

由前項分析看來，目前國內在這方面的研究仍屬空白，有待急起直追。不過在鼓勵研究的同時，為了集中人力在最重要而基本的資料的建立上，有必要參考國外研究歷史和現況，再參酌將來的研究發展趨勢，選定一些特定項目來研究。

基於上述考慮，本小組以為國內有關生物師資之職前及在職教育經驗對生物教師基本教學能力之養成的影響，應為未來數年的研究重點，因此建議國內應就下列項目先行研究：

- * (1) 職前教育經驗對教師學科專業知識的影響研究。
- * (2) 職前教育經驗對教師態度的養成影響研究。
- * (3) 職前教育經驗對教師過程技能的影響研究。
- * (4) 職前教育經驗對教師教學能力的影響研究。
- * (5) 生物專業知識教育對教師教學能力的影響研究。
- * (6) 教材教法課程對教師教學能力的影響研究。
- * (7) 教學實習課程對教師教學能力的增進效果研究。
- * (8) 生物專業科目教育對教師教學行為的影響研究。
- * (9) 教材教法課程對教師教學行為的影響研究。
- * (10) 教學實習訓練對教師教學行為的影響研究。
- (11) 師資教育者的個人特性對教師教學能力養成之影響研究。
- (12) 師資教育者的個人特性對教師教學行為的影響研究。

- (13) 師資教育者對教師角色的認定與教師教學能力的養成之關係的研究。
- (14) 師資教育者對教師角色的認定與教師教學行為的塑造之關係的研究。
- * (15) 職前教育經驗變因對教師了解科學的本質的影響研究。
- (16) 師資教育者的個人及信念變因對教師了解科學的本質的影響研究。
- (17) 職前教育各項經驗變因對教師教科學之態度的影響研究。
- * (18) 職前教育教學模式對教師教學能力的影響研究。
- * (19) 職前教育教學模式對教師教學行為的影響研究。
- * (20) 職前教育各項經驗變因對教師各項與教學有關的特性的影響研究。

(三) 師資教育計畫 (Program) 研究

生物師資教育機構的教育措施是影響生物師資品質 (Quality) 的主要因素。欲提昇師資教育的績效，首先師資教育機構及其教育措施的品質必須提高，而欲提昇師資教育機構及其教育措施的品質，則有賴積極的、週密的評鑑及研究方能奏功。故生物師資教育計畫之評鑑及相關研究，實執師資教育品質之關鍵地位。

1. 國內外有關研究：

培育具有高深科學 (生物) 素養和嫻熟教學能力的師資是十分困難的， Lunetta 和 Yager [1983] 在「科學師資教育的新方向」一文中曾指出，科學教師在經歷科學師資培育的年限後，並不一定能成為好的教師，任何教學行為的培養和改變，必須以態度的改變為基礎，而態度的改變則又必須要有適當的臨床經驗 (Clinical experiences) 方能奏效。同時，根據師資教育的時代要求和趨勢，他們也試圖提出一個理想的科學師資教育計畫所應具備的條件。Kerr [1983] 則比較分析了美國與科學師資教育有關的機構所提出的科學教師職業標準 (Standards of Professional Control)。

在最近的 Meta-Analysis 研究中，Sweitzer 和 Anderson [1983] 探討了科學師資教育措施 (Practices) 對教師「探討教學策略」的影響。他們的分析揭露了科學師資教育的措施，是影響教師將來的教學行為的最大變因。Anderson [1981] 在研究了科學教師的學術準備背景之後，提出了對師資教育計畫、教師合格證書登記及教學實習經驗等的建議，以提昇科學師資的品質。在調查科學師資的教育及合格登記之後，Mechling *et al.* [1982] 建議科學師資的教育機構，除了應提高科學課程學分的要求之外，在教法課程及科學過程課程方面也應大幅增加，以提高科學教師的教學素養。Miner (1982) 則在評鑑了教學特性、人格特性與師資教育計畫特性之間的關係後，建議了科學師資教育的指標 (Guideline) 並呼籲科學師資教育機構應注意科學過程的養成。

科學師資教育計畫的評鑑，一直是科學師資教育比較弱的一環，至目前為止，只有

少數研究就整個師資教育計畫的措施和績效加以評鑑〔Hermann and Willings, 1980 ; Uzor, 1981〕。另外，有些學者，則試圖藉探索師資教育工作者、科學教師以及校長對科學教學的態度的差異，來評鑑師資教育計畫，他們的結果均一致指出，師資教育工作者(Science Teacher Educators)對科學教育的態度，比較傾向於理想化〔Owens, 1979 ; Willson and Horn, 1979〕。

在師資教育計畫的研究項目中，如何評鑑科學教師的屬性（Attributes）亦為十分重要的項目，評鑑的屬性包括：教師對科學的哲學和本質的了解〔Cotham, 1980 ; Cotham and Smith, 1981 ; Ogunnigi and Pella, 1980〕、對教科學的焦慮性〔Westerback, 1981 ; Westerback and Roll, 1982 ; Westerback and Gonzalez, 1982〕、「Propositional Knowledge」〔Caldwell, 1981〕教室學習結構偏好〔De-Luca and Downs, 1979〕和對探討教學的偏好〔Suchareekul, 1979〕。

2. 建議研究的項目與方向：

與國外的研究狀況比較，國內在師資教育計畫（Program）方面的研究實在極為貧乏。至今日，我們的師資教育仍建立在，只要學生修畢四年學分，便可自然成為「合格」教師的不穩固假設上；研究資料的缺乏，不但培育出來的科學師資的品質（Quality）無從肯定，而且，師資教育機構的措施是否得當，亦無法偵測，這種現象在師資教育上，是極不合理、不合邏輯的事情。因此，我國有必要就下列各項研究，急起直追，以累積最基本的資料，供評估教師品質，改進師資教育計畫的參考。

- * (1)生物師資教育計畫評鑑。
- * (2)生物師資職前教育計畫成效（Effectiveness）評鑑。
- * (3)生物師資職業水準標準（Standards of Professional Control）鑑別。
- * (4)各項生物師資教育措施（Practices）對教師教學能力的影響。
- * (5)各項生物師資教育措施對生物教師運用「探討式教學法」的影響。
- * (6)各項生物師資教育措施對生物教師「對教學目標的認定及教學方法偏好（Preferences）」的影響。
- (7)生物師資教育計畫中，生物教材內容課程，一般教育課程和教法課程之間的平衡性（Balance）研究。
- * (8)生物師資職前臨床經驗（Clinical experiences）對未來教學能力的影響。
- * (9)生物師資職前臨床經驗對未來教學策略運用的影響。
- * (10)生物師資職前臨床經驗對未來教室經營取向（Classroom management orientation）的影響。
- * (11)生物師資職前臨床經驗對未來教師的「教學焦慮」（Anxiety toward teach-

ing) 的影響。

- * (2) 生物師資職前臨床經驗對未來教師的「對教生物的態度 (Attitude toward biology teaching)」的影響

(四) 在職教育與生物教師教學行為的關係

生物師資的在職教育亦為提昇生物教師品質的重要措施，在職教育是否達成預期成效，有何改進之方，都需要深入的研究來驗證。

1. 國內外有關研究：

國內方面，在民國七十一年，楊榮祥教授曾經調查了生物科教學上的疑難問題，高雄師範學院在民國六十三年所做的調查亦曾涉及這方面。

在國外方面，有關生物教師在職教育的研究相當深入，包括：「生物教師在職教育需求之調查」〔Aun, 1982；Hashem, 1982〕、「在職教育計畫成效評鑑」〔Horak & Blecha, 1982；Kearns, 1982〕和「知識及態度屬性」〔Strickland & Staver, 1979〕等。有些學者則試圖研究教師之各項屬性之間的關係，如：科學知識背景與對科學的態度之間的關係〔Halverson, 1979〕、教學年限和經驗與對教科學的關心（Concern）程度之間的關係〔Cunningham & Blankenship, 1979〕、教學經驗與態度改變和知識獲得量之間的關係〔Ehrlich, 1979；Gates, 1979；Halverson, 1979；Marcum, 1979〕。

尤其在生物師資在職教育計畫的成效研究（Effectiveness study）方面，國外的研究報告至為充實。像在職教育對教師教學風格的影響〔Lombard, 1982；MacDonald, 1982〕；對教師採用革新教材的傾向的影響〔Enochs, 1982〕；對能源教育的關心程度的影響〔Kushler, 1982；Landes, 1982〕和教師的教學策略和教學行為的影響〔Lombard, 1981〕。此外，其他有關在職教育計畫對教師屬性的影響的研究還包括：教師對教學策略的態度〔O'Sullivan *et al.* 1981〕、教師的發問技巧〔Bowie, 1981〕、對教材的應用〔Stronk and Koller, 1981〕和教師對科學及教科學的態度〔Bethel and Hord, 1982；Betbel *et al.*, 1982；Glass, 1982；Krockover, 1982；Mansfield, 1982；Spooner *et al.*, 1982〕。

2. 建議研究的項目與方向：

由國內有關生物師資在職教育的研究來看，在數量上仍深感不足，以致在擬定在職教育計畫及教育內容時，缺乏可信之依據。因此，在往後幾年內，我們建議就下列項目及方向先進行深入研究，以提供釐訂生物師資在職教育計畫的依據：

- * (1) 生物教師教學疑難調查及其成因研究。
- * (2) 生物教師在職教育需求（Needs）調查。

- * (3)生物教師在職教育模式適用性研究。
- * (4)生物教師在職教育內容研究。
- * (5)生物教師在職教育成效評估研究。
- * (6)在職教育經驗對生物教師教學能力的影響。
- * (7)在職教育經驗對生物教師教學行為的影響。
- * (8)在職教育經驗對生物教師各項特性 (Characteristics) 的影響。
- (9)在職教育經驗對生物教師態度的影響。
- (10)在職教育經驗對教師教學成效的影響。
- (11)在職教育計畫與職前教育計畫的關係。
- (12)在職教育時間長短與頻數評估研究。

【未來四年內急需研究的項目】

師資教育的研究，一直是科學教育研究中比較弱的一環，這種現象國內外皆然。因此，亟待儘快研究解決的項目很多，在我國目前，現有研究人力尚感缺乏的狀況之下，欲做全面性的分項研究，事實上幾不可能。不過為配合新科學課程的全面實施，提昇生物教學的品質，在職前及在職教育兩方面均有必要齊頭並進，同時進行基礎研究。以下各項即為今後四年內，急需儘速進行研究之項目。

(1)生物教師各項與教學有關的特性的研究；應先研究之特性包括：

- 生物知識內容成就。
- 科學過程技能。
- 科學態度。
- 對科學的本質的了解。
- 對生物學及教生物學的態度。
- 生物認知偏好 (Biology Cognitive Preference)。
- 對各項常用教學策略，如探討式教學法的態度。
- 對教學目標的認定。

* (2)生物教師教學能力的研究。

(3)前述各項教師特性與教學成效 (Effectiveness) 的關係。

* (4)前述各項教師特性及教學能力評鑑工具的發展、效化及實際應用。

(5)生物教師職前教育經驗對前述各項教師特性養成的影響。

(6)生物教師職前教育經驗對教學能力發展的影響。

* (7)生物教師職前教育模式對教師特性及教學能力養成的關係。

(8)生物教師在職教育需求及教學疑難問題模式研究。

(9)生物教師在職教育計畫對教師特性及教學能力的影響狀況研究。

* (10)生物教師在職教育模式及其成效評估研究。

【參考文獻】

1. 省立高雄師範學院，六十三年。國民中學數理科教育調查研究報告。
2. 師大科教中心，七十年。國中生物課程目標及教材內容意見調查問卷之研究。科教月刊，**45**, 57—73。
3. 楊榮祥，六十九年。由中學科學教育目標討論三種教學模式。生物科學，**15**, 45—57。
4. 楊榮祥，七十一年。國中生物教師對教學目標與成就的認定與教學疑難問題的研究。科教月刊，**48**, 2—17。
5. Albert, E. and M. H. Van Der Mark. 1981. The effect of peer teaching on concept formation and attitude change of student teachers. *Science Education*, **65**(2), 179–186.
6. Anderson, N. D. 1981. *The Preparation of High School Science Teachers in North Carolina: Baseline Data for the 1980's*. A Science Education Report by the Department of Math and Science Education, North Carolina State Univ., Ralengh.
7. Anderson, R. D. 1982a. *Science Meta-Analysis Project: Vol. I. Final Report*. Lab. for Research in Science and Math. Education. University of Colorado, Boulder, ED 223 475.
8. Anderson, R. D. 1982b. *Science Meta-Analysis Project: Vol. II. Final Report*. Lab. for Research in Science and Math. Education. University of Colorado, Boulder, ED 223 476.
9. Aun, K. C. 1981. Preparation of teachers and schools for safety in activity oriented science classes. *Journal of Science and Math Education in Southeast Asia*, **4**(2), 24–27.
10. Beasley, W. 1981. beginning science teacher confidence at attaining teaching competencies considered important by their future peers. *Australian Science Teachers Journal*, **27**(2), 77–84.
11. Bethel, L. J. 1985. Science Teacher Preparation and Professional De-

- velopment. In *Research Within Reach: Science Education* (D. Holdzkom and P. B. Lutz, eds.), NSTA, Washington, D. C.
12. Bethel, L. J., J. D. Ellis, and J. P. Barufaldi. 1982. The effects of a NSF institute on inservice teacher's views of science and attitude toward environmental science education. *Science Education*, **66**, 643-651.
 13. Bethel, L. J. and S. M. Hord. 1982. *Preparing Teachers to Teach Environmental Science: An Evaluation of an NSF Program*. A Paper presented at the Annual Meeting of the AERA, N.Y. ED 216 866.
 14. Bjorkqvist, O. 1981. *Preservice Teacher Education in Elementary Science*. A Document Produced at Abo Akademi, Tidningsbok handelin, Finland, ED 219 226.
 15. Bowie, B. K. 1981. Sustaining the effects of inservice training in questioning techniques in a science curriculum. *Dissertation Abstracts International* **42**(4), 1595-A. (The Catholic University of America)
 16. Butts, D. 1981. Review of science education research: 1979. *Science Education*, **65**(4), 412-465.
 17. Cobbins, R. H. 1981. Laboratory and field skills to be included in preservice curricula for secondary school biology teachers. *Dissertation Abstracts International*, **42**(2), 640-A. The American University.
 18. Coldwell, J. A. 1981. The development and assessment of procedures to derive representations of student's propositional knowledge from multiple choice test responses. *Dissertation Abstracts International*, **41** (9), 3873-A. (Michigan State University)
 19. Cotham, J. C. 1980. The development, validation, and application of an instrument to assess teacher's understanding of philosophic aspects of scientific theories. *Dissertation Abstracts International*, **40**(9), 4984-A. (Michigan State University)
 20. Cotham, J. C. and E. L. Smith. 1981. Development and validation of the conceptions of scientific theories test. *Journal of Research in Science Teaching*, **18**(5), 387-396.
 21. Cunningham, C. H. and J. W. Blankenship. 1979. Preservice elementary school science teachers' self concerns. *Journal of Research in Science*

- Teaching*, 16(5), 419-425.
- 22. DeLuca, F. P. and G. E. Downs. 1979. Measuring the differences between teaching preferences of teacher-centered and student-centered teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 16(2), 153-158.
 - 23. Dobey, D. C. 1981. The effects of knowledge on elementary science inquiry teaching. *Dissertation Abstracts International*, 41(9), 3973-A. (Syracuse University)
 - 24. Druva, C. A. and R. D. Anderson. 1983. Science teacher characteristics by teacher behavior and by student outcome: A meta-analysis of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(5), 467-479.
 - 25. Ehrlich, N. J. 1979. A descriptive analysis of teacher awareness concerning energy sources, use, and conservation. *Dissertation Abstracts International*, 40(6), 3217-A.
 - 26. El-Gosbi, A. M. 1982. A study of the understanding of science processes in relation to piaget cognitive development at the formal level, and other variables among prospective teachers and college science majors. *Dissertation Abstracts International*, 43, 1914-A. (University of North Carolina at Greensboro)
 - 27. Enochs, L. G. 1982. Implementation proneness in terms of teacher factors relating to inservice on selected science education trends: A case study. *Dissertation Abstracts International*, 42, 4782-A. (Indiana University)
 - 28. Gates, T. G. 1979. An experimental evaluation of the effects of a 1-6 science inservice model on teacher attitudes and levels of questioning in the elementary science study program. *Dissertation Abstracts International*, 39(7), 4164-A.
 - 29. Glass, L. W. 1982. An inservice energy education program for elementary school teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 469-474.
 - 30. Glenn, A. D. and E. D. Gennaro. 1981. Attitudes of science and social studies teachers toward interdisciplinary topics and value questions. *School Science and Math.*, 81(6), 451-451-458.

31. Guntawong, K. 1982. An investigation of the attitudes toward science and science teaching of Thai preservice elementary science teachers. *Dissertation Abstracts International*, 43, 143-A. (Oklahoma State Univ.)
32. Haberly, S. D. 1981. The differential effects of modeling within the secondary science student teaching experience. *Dissertation Abstracts International*, 42(3), 1085-A. (University of Texas at Austin)
33. Halverson, D. L. 1979. The effectiveness of a televised science inservice model for improving elementary teacher attitudes and concept knowledge. *Dissertation Abstracts International*, 40(5), 2604-A.
34. Hashem, A. A. 1982. An analytical survey of in-service training needs of secondary level biology teachers in Kuwait. *Dissertation Abstracts International*, 42, 4385-A. (University of Northern Colorado)
35. Helgeson, S. L., P. E. Blosser, and R. W. Howe. 1977. *The Status of Pre-college Science, Math, and Social Science Education: 1955-1975, Vol. 1: Science Education*. The ERIC Clearinghouse for Science, Math, and Environmental Education, Columbus, Ohio.
36. Hermann, G. D. and R. Willings. 1980. Evaluation of science teacher education programs. *Science Education*, 64(2), 175-183.
37. Horak, W. J. 1981. Field experiences: Their effects on beliefs of pre-service elementary teachers. *Science Education*, 65(3), 277-284.
38. Horak, W. J. and M. K. Blecha. 1982. *Students' Rating of Instruction in Elementary Science Methods Courses*. A Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Chicago, ED 216 879.
39. Horak, W. J. and M. K. Blecha. 1982 *An Inservice Program for Elementary Teachers Components, Instructional Procedures, and Evaluation*. A Paper presented at the Annual Meeting of the NSTA, Chicago, Ill. ED 216 882.
40. Kearns, J. H. 1982. An inservice model for improving elementary science teaching. *Dissertation Abstracts International*, 42, 5091-A. (University of North Carolina at Greensboro)
41. Kerr, D. H. 1983. Teaching competence and teacher education in the

- United States. *Teachers College Record*, 84(3), 525-552.
42. Koran, J. J. Jr. and M. L. Koran. 1981. The effects of teacher anxiety and modeling on the acquisition of a science teaching skill and concomitant student performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(4), 361-370.
 43. Krockover, G. H. 1982. The effect of inquiry geoscience instruction on the attitudes and creativity of junior high/middle school science teachers. *School Science and Math*, 82, 279-283.
 44. Krustchinsky, R. E. 1979. The effects of an early participatory field experience program upon the teaching concerns of elementary preservice teachers and their attitudes toward mathematics and science. *Dissertation Abstracts International*, 40(3), 1269-A.
 45. Kushler, M. G. 1982. An experimental comparison of alternative methods for promoting energy conservation education in high schools. *Dissertation Abstracts International*, 42, 3498-B. (Michigan State University)
 46. Landes, N. M. 1982. An evaluation of the implementation of energy education curricula in selected classrooms (K-8). *Dissertation Abstracts International*, 42, 5013-A. (Michigan State University)
 47. Lombard, A. S. 1981. The effects of reasoning workshops on the teaching strategies of secondary science teachers. *Dissertation Abstracts International*, 41(12), 5046-A. (University of Massachusetts)
 48. Lombard, A. S. 1982. Effects of reasoning workshops on the teaching strategies of secondary science teachers. *Science Education*, 66, 653-664
 49. Lucas, K. B. and J. H. Dooley. 1982. Student teachers' attitudes toward science and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 805-809.
 50. Lunetta, V. N. and R. E. Yager. 1983. New directions in science teacher education: 1983. In *Preservice and Inservice Training of Science Teachers* (P. Tamir, A. Hofstein, and M. Ben-Peretz, eds.), 263-263, Balaban International Science Services, Philadelphia, Rehovot.
 51. MacDonald, M. A. 1982. The effects of new science materials and in-

- service training on teaching styles in the Ciskei, South Africa. *Dissertation Abstracts International*, 42, 3093-A. (Oregon State University)
52. MacMillan, G. F. 1979. An analysis of dogmatism and self concept in preservice elementary school teachers. *Dissertation Abstracts International*, 39(12), 7266-A.
53. Malone, M. R. 1982. The Concerns Based Adoption Model (CBAM) as a basis for the presentation of curriculum content and sequence in an elementary science methods course. *Dissertation Abstracts International*, 43, 1120-A. (University of Colorado at Boulder)
54. Marcum, L. I. 1979. Effects of aerospace education workshops on teachers perception of usability of aerospace knowledge and skills as alternative curriculum strategy. *Dissertation Abstracts International*, 39 (8), 4847-A.
55. Martin, R. E., Jr. 1981. *The Influence of Communicator Credibility on Preservice Elementary Teachers' Attitudes Toward Science and Science Teaching*. A Paper presented at the Regional Conference of the NSTA, Nashville, TN. ED 211 349.
56. Mechling, K. R., C. H. Stedman, and K. M. Donnellan. 1982. Preparing and certifying science teachers: An NSTA report. *Science and Children*, 20(2), 9-14.
57. Miller, P. A. 1981. The effects of behavior model analysis and formal reasoning ability on science activity lesson behaviors of teachers. *Dissertation Abstracts International*, 41(10), 4366-A. (University of Georgia)
58. Miner, D. L. 1982. Concurrence of programs for preparing elementary school science teachers with professional guidelines and standards: A national survey. *Dissertation Abstracts International*, 43, 1104-A. Northern Illinois University.
59. Noibi, A.S. 1982. Relationships between moral reasoning levels and selected environmental variables among teachers in Nigeria. *Dissertation Abstracts International*, 42, 3094-A. (The University of Iowa)
60. Nussbaum, J. 1981. Towards the diagnosis by science teachers of

- pupil's misconceptions: An exercise with student teachers. *European Journal of Science Education*, 3(2), 159-169.
61. Ogunniyi, M. B. 1982. An analysis of prospective science teachers' understanding of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 25-32.
 62. Omar, E. S. 1981. Effects of training preservice science teachers with respect to their preference for and performance of inquiry behaviors in relationship to open-or closed-mindedness in Egypt. *Dissertation Abstracts International*, 42(1), 160-A. (Indiana University)
 63. O'Sullivan, P. S. et al. 1981. A model for the effect of an inservice program on junior high school student science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(3), 119-207.
 64. Owen, J. 1980. *The Recent Literature: Implications for the Design of Preservice Programs*. Papers on the Education of Science and Math Teachers. No. 1 Tertiary Education Research Unit, Melbourne State College, Victoria, ED 219 243.
 65. Owens, A. M. 1979. A discrepancy analysis of basic science teaching competencies in secondary science in Texas. *Dissertation Abstracts International*, 40(3), 1397-A.
 66. Perkes, A. C. 1982. The development and field testing of an instrument to measure apprehension toward animals. *School Science and Math*, 82, 157-162.
 67. Price, C. L. 1979. The science role concepts and dogmatism of preservice teachers in selected elementary education programs. *Dissertation Abstracts International*, 39(8), 4849-A.
 68. Riley, J. P. 1979. The influence of hands-on science process training on preservice teachers' acquisition of process skills and attitude toward science and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 16(6), 373-384.
 69. Schibeci, R. A. 1981. Do teachers rate science attitudes objectives as highly as cognitive objectives? *Journal of Research in Science Teaching*, 18(1), 69-72.

70. Shaffer, J. E. 1979. The effects of Kohlberg dilemmas or moral reasoning, attitudes, thinking, locus of control self-concept and perceptions of elementary science methods students. *Dissertation Abstracts International*, 39(8), 4850-A.
71. Shymansky, J. A., W. C. Kyle, Jr., and J. M. Alport. 1983. The effects of new science curricula on student performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 387-404.
72. South-Guy, E. M. 1981. Educating student teachers to apply the Guilford structure of intellect model to induce active response learning in science classes in Jamaica. *Dissertation Abstracts International*, 41 (12), 5067-A. (Columbia University Teachers College)
73. Spooner, W. E. et al. 1982. The influence of a five day teacher workshop on attitude of elementary school teachers toward science and science teaching, Part II. *School Science and Math*, 82, 629-636.
74. Stallings, E. S. et al. 1981. Effects of two contrasting teaching strategies in an investigative earth science course for elementary education majors. *J. Geological Ed.*, 29(2), 76-82.
75. Strickland, A. W. and J. R. Staver. 1979. A Hoosier view of ecological attitudes and knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 16, (3), 249-253.
76. Stronck, D. R. and G. R. Koller. 1981. Evaluating the effectiveness of an inservice science program through the use of materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(5), 403-408.
77. Suchareekul, J. 1979. The inquiry behavior preference and performance of Thai science teachers. *Dissertation Abstracts International*, 39(9), 5431-A.
78. Sunal, D. W. 1982. Affective predictors of preservice science teaching behavior. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 167-175.
79. Sweitzer, G. L. and R. D. Anderson. 1983. A meta-analysis of research on science teacher education practices associated with inquiry strategy. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(5), 453-466.
80. Tashkandi, M. O. 1981. Effects of instruction and personal traits of

- saudi preservice science teachers on the use of higher cognitive questions. *Dissertation Abstracts International*, 42(3), 1088-A. (Indiana University)
81. Tolman, R. R. and J. P. Barnfaldi. 1979. The effects of teaching the biological science curriculum study elementary school sciences program on attitudes toward science among elementary school teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 16(5), 401-406.
 82. Uzor, F. C. 1981. Evaluation of the Undergraduate Secondary Science Education Program at Auburn University based on the perceptions of the 1972-77 graduates. *Dissertation Abstracts International*, 41(12), 5052-A. (Auburn University)
 83. Voltmer, R. K. 1981. Laboratory teaching competencies for science teachers as viewed by science educators and preservice teachers. *Dissertation Abstracts International*, 41(2), 5047-A. (Kansas State University)
 84. Voltmer, R. K. and R. K. Janes. 1982. Laboratory teaching competencies for science teachers as viewed by science educators. *School Science and Math*, 82, 225-229.
 85. Weaver, H. M. et al. 1979. Effects of science methods courses with and without field experience on attitudes of preservice elementary teachers. *Science Education*, 63(5), 655-664.
 86. Westerback, M. E. 1982. Studies on attitude toward teaching science and anxiety about teaching science in Preservice elementary teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 603-616.
 87. Westerback, M. 1981. *The Use of the State-Trait Anxiety Inventory in Science Education*. A Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Reseach in Science Teaching Ellenville, N. Y. ED 222 320.
 88. Westerback, M. E. and C. Gonzalez. 1982. *Anxiety Reduction in Preservice Elementary Teachers and the Fulfillment of Expectations for Identification of Minerals and Rocks*. A Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Lake Geneva, Wisconsin, ED 218 120.

89. Westerbock, M. E. and D. Roll. 1982. *Basic Studies on Anxiety About Teaching Science in Preservice Elementary Teachers*. A Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Lake Geneva, Wisconsin, ED 218 119.
90. Willson, V. L. and J. G. Horn. 1979. Difference in science teaching attitudes among secondary teachers, principals, college teacher trainers, and teacher trainees. *Journal of Research in Science Teaching*, **16**(5), 385-389.
91. Zeitler, W. R. 1981. The influence of the type of practice in acquiring process skills, *Journal of Research in Science Teaching*, **18**(3), 189-197.
92. Zeitoun, H. H. and H. S. Fowler. 1981. *Predicting Piagetian Cognitive Levels of Teacher Education Students at the Pennsylvania State University*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Ellenville, N. Y. ED 204 136.

六、電算機與生物教育

電算機技術的發展，近年來已經在科學教育上引起了相當大的震撼。雖然，有關應用電算機來幫助科學教學的研究報告尚為數不多，但是，在教師的選擇及運用之下，微電算機終將引進教室，成為日常教學輔助媒體之一，則殆無疑問。為了迎接這項畫時代的革新，許多有關教育電算（Educational computing）的問題乃逐漸予人所重視討論，諸如：教師究竟應具備什麼樣的「電算機素養」（Computer literacy），學生要有何種「電算機素養」，才能發揮電算機的輔助教學績效等。這類討論，在最近的教育性雜誌中極為繁多，不勝枚舉〔Levin, 1983; Lloyd, 1985; Pratscher, 1982; Steele *et al.*, 1982〕。

電算機在科學教學上的最主要應用應該是彌補其他教學媒體或教學策略之不足，亦即有些較為抽象的概念，在傳統的教學策略之下，學生的學習效果不彰，而電算機的特性，却正可發揮而有助於學習者。在生物教學方面，如：遺傳學〔Blum and Hursh, 1977; Day *et al.*, 1983〕，生態學〔Kent, 1983; Kidd, 1984〕等概念的學習。此外，電算機在教學上之應用，亦可有助於生物探討技能（Biology inquiry）的發展〔Barnato and Banett, 1981〕和解決問題能力（Problem-solving ability）的培養〔Berkowitz and Sjabo, 1979; Hoyd, 1985; Richardson, 1980〕。尤其對於抽象而無法以具體抽象呈現的問題，電算機的模擬（Simulation）為一相當有利的學習方式〔Ellington *et al.*, 1981〕。

國內資訊工業亟為發達，微電算機價格便宜，就教育上的應用言，硬體配備應該不是無法克服的難題。因此，所需者為有關軟體設計及運用成效評鑑方面的研究和發展而已。因此，今後為求能在科學教學中，善用這項技術以幫助學生學習，實亦為生物教育研究相當主要的一環。目前在生物教育方面，已經開始研究和實際應用的領域，仍限於 Computer-Based Instruction (CBI) 一項，因此，本章下半將以生物教育之 Computer-Based Instruction 為範圍，做文獻探討並藉以提出研究項目和方向之建議。

1. 國內外有關研究：

國內之生物教育 CBI，尚在發軔階段，因此尚無具體之績效研究報告出現。國科會科學教育處（七十一年）曾以整體計畫方式，開啓了國中生物科電算機輔助教學（Computer Assisted Instruction，簡稱 CAI）課程體的規劃設計研究，其中三個單元已設計成為軟體，目前正以實驗方式進行成效評鑑之中。另楊運博（七十四年）亦研究其自行設計之國中生物遺傳單元之 CAI 軟體的輔助教學功效，結果顯示，CAI

之輔助教學效果與傳統集體輔導方式比較，並無顯著不同。

在國外的研究方面，由於起步較早，因此報告也較多，現簡單略述如下。

至目前為止，有關生物教育 CBI 的研究，仍甚少涉及成效 (Effectiveness) 的評估。大部分研究均仍停留在軟體之設計方法論、表現方式 (Modes) 和軟體之實際應用方面，涉及的生物內容領域亦極為有限，僅包括遺傳、演化、生態及生物化學等。在遺傳學的解題能力的研究方面，Peard [1983] 探討了 CATLAB (遺傳學軟體) 對學生解決孟德爾遺傳學問題的能力的影響，結果發現有 CATLAB 輔助的學生，在解題表現上，顯然優於以傳統方式學習的學生，其答題內容亦較為豐富。這是在 CAI 軟體的成效研究上，比較具體的例子之一。

因為遺傳學是對中等學校學生而言，比較抽象難懂的教材 [Stewart, 1982]，因此乃有許多生物教育學者針對遺傳教材設計 CAI 軟體，以幫助學生的學習。其設計型式 (Modes) 包括 Tutorial CBI [Blum and Hursh, 1977; Butcher and Murphy, 1983; Hyatt *et al.*, 1972]、模擬 (Simulations) [Blum and Hursh, 1977; Kinnear, 1983; Lehman, 1983; Peard, 1983]、解決問題式 [Skavaril *et al.*, 1976]。有些研究則以分子遺傳學的問題為內容來設計 CBI 軟體，以幫助學生了解抽象概念和過程 [Day *et al.*, 1983; Goodridge, 1983; Jungck, 1984]。

另有一些學者則嘗試將 CBI 應用到 Misconceptions 的鑑別及導正面 [Brumby, 1979; 1984; Kargbo *et al.*, 1980; Kinnear, 1983; Peard, 1983] 以及其他生物內容領域。演化亦是一個比較抽象和空洞的教材，而模擬的技術則提供了教演化的很好的模式，尤其是有關天擇的機制、哈溫平衡 (Hardy-Weinberg Equilibrium) 和遺傳漂變 (Genetic Drift) 等方面，研究報告較多 [Murphy, 1984; Price, 1985]。其他應用了 CBI 來幫助學習的領域尚包括：分子生物學 [Jungck, 1984]、Cloning [Kung *et al.*, 1983]、生物化學 [Bryce, 1981; Vella, 1981]、生態學 [Kidd, 1984] 和實驗課的教學 [Kosinski, 1984; Mandell, 1982]。

上述研究報告均側重在課程體和軟體的發展與試用，其成效如何仍有待考驗。至於到底 CAI 或 CBI 軟體，對於學生的學習成效，是否有增進功效，也有一些研究加以綜合探討 [Edwards *et al.*, 1975; Kulik *et al.*, 1980; 1983]，惟尚難看出一肯定結果。不過，展望未來 CBI 或 CAI 在科學教學上的角色，則是樂觀的 [Lipson and Lipson, 1982; Zinn, 1979]。

2. 建議研究的項目與方向：

根據前段的文獻探討可知，有關 CBI 和 CAI 在生物教育上的應用的研究固然不少，不過其輔助教學的成效則未見有系統的探討研究，也缺乏肯定的支持證據。國內在

CAI 的課程體設計方面，起步並未太晚，也有了初步的成果，客觀環境亦有利於 CAI 或 CBI 的發展。因此，在生物科學教育的研究上，宜把握方向，就下列主題進行研究，以迎頭趕上歐美，同時提供基本資料證據，以支持 CBI 在生物教學上的價值。

- * (1)各級學校生物科教材單元 CAI 課程體設計及可行性研究。
- * (2)生物 CAI 運作型式 (Modes) 適用性分析研究。
- * (3)CAI 在生物科實驗教學上的應用可行性研究。
- * (4)CAI 軟體輔助學習成效 (Effectiveness) 分析研究。
- * (5)CAI 軟體之輔助學習成效與呈現型式 (Modes) 的關係。
- * (6)不同能力學生，其 CAI 輔助學習成效之比較。
- (7)CAI 對學生學生物學的態度的影響。
- (8)圖形效果對 CAI 輔助學習成效的影響。
- (9)CAI 軟體 Learner Control 程度與其輔助學習成效的研究。
- (10)發展解決問題能力的 CAI 。
- (11)運用 CBI 來鑑別並導正學生在生物學上的錯誤概念 (Misconceptions)。
- (12)CMI 在生物科學教學上的可行性研究。

【未來四年內急需研究的項目】

目前，在歐美先進國家，CAI 在生物教育上的應用，正處於快速進展與分歧的時期。各種類型的軟體充斥於市場，不過，絕大部分均缺乏初步的「成效 (Effectiveness)」評估研究，也因此，其輔助教學效果的可信度乃大為降低，教師在選擇軟體時，乃每因缺乏研究證據的支持而有難以取捨之弊。此外，低品質的 CAI 軟體，不但於學習無益，更扭曲了 CAI 的教學價值。

國內 CAI 的研究發展雖起步較遲，但也倖免於上述弊病，不過由於中文電算機的技術仍有待突破，因此，在中文 CAI 的研究發展上，乃形成一瓶頸極限。也因此，今後四年內，有必要就 CAI 的研究發展模式整體規劃，善用現有少數研究人力，先就下列一項研究主題，做深入的探討，以期帶動我國 CAI 生物教育的發展與廣泛應用。

- * (1)電算機對於生物科教學的應用方法與成效研究。

【參考文獻】

1. 國科會科教處，七十一年。國中數理科電腦輔助教學實驗研究報告第一期工作報告，pp. 228.
2. 楊運博，七十四年。國中生物遺傳單元 CAI 教材與輔助功效。師大生研所碩士論文。
3. Barnato, C. and K. Banett. 1981. Microcomputers in biology inquiry. *The American Biology Teacher*, 43(10), 372-378.
4. Brumby, M. 1984. Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology student. *Science Education*, 68(4), 493-503.
5. Brumby, M. 1979. Problems in learning the concept of natural selection. *Journal of Biological Education*, 13(2), 119-122.
6. Bryce, C. F. A. 1981. Computer-based learning in biochemistry. In *Biochemical Education* (C. F. A. Bryce, ed.), Croom Helm Ltd., London.
7. Butcher, P. G. and P. J. Murphy. 1983. Tutorial CAL and biology education. *Journal of Biological Education*, 17(1), 43-53.
8. Day, M. J., P. F. Randerson, and J. R. Barflett. 1983. Computer simulation of a microbial genetics experiment as a learning aid for undergraduate teaching. *Journal of Biological Education*, 17(1), 40-42.
9. Edwards, J., S. Norton, S. Taylor, M. Weiss, and R. Dusseldorp. 1975. How effective is CAI? A review of the research. *Educational Leadership*, 33(2), 147-153.
10. Ellington, H., E. Addinall, and F. Percival. 1981. *Games and Simulations in Science Education*. Nichols Publishing Company, N.Y.
11. Flowers, J. D. 1980. *Making Water Pollution a Problem in the Classroom Through Computer Assisted Instruction*. Paper presented at the Annual Comention of the NABT, Boston, ERIC, EDRS, ED 196 702.
12. Goodridge, F. 1983. The teaching of protein synthesis an microcomputer basde method. *Journal of Biological Education*, 17(3), 222-224.
13. Hyatt, G. W., D. C. Eades, and P. Tenczar. 1972. Computer-based education in biology. *Bioscience*, 22(7), 401-409.
14. Jungck, J. R. 1984. Genetic engineering software: Sequencing and cloning. *The American Biology Teacher*, 46(8), 464-467.

15. Kargbo, D. B., E. D. Hobbs, and G. L. Erickson. 1980. Children's beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*, 14(2), 137-146.
16. Kent, J. W. 1983. Exploring the realized niche: Simulated ecological mapping with a microcomputer. *Journal of Biological Education*, 17(2), 131-136.
17. Kidd, N. A. C. 1984. A BASIC program for use in teaching population dynamics. *Journal of Biological Education*, 18(3), 227-229.
18. Kinnear, J. 1983. Identification of misconceptions in genetics and the use of computer simulations in their correction. In *Proceedings of the International Seminar, Misconceptions in Science and Mathematics* (H. Helm and J. Novak, eds.), Cornell University, Ithaca, N. Y.
19. Kosinski, R. J., 1984. Producing computer assisted instruction for biology laboratories. *The American Biology Teacher*, 46(3), 162-167.
20. Kulik, J. A., R. L. Bangert, and G. W. Williams. 1983. Effects of computer-based teaching on secondary school students. *Journal of Educational Psychology*, 75(1), 19-26.
21. Kulik, J. A., C. C. Kulik, and P. A. Cohen. 1980. Effectiveness of computer-based college teaching: A meta-analysis of findings. *Review of Educational Research*, 50(4), 525-544.
22. Kung, H. J., D. Hill, and C. H. Suelter. 1983. Cloning and sub-cloning of a hypothetical human growth hormone gene: A simulated experiment on a microcomputer. *Biochemical Education*, 45(2), 71-72.
23. Lehman, J. D. 1983. Microcomputer Simulation for the Biology Classroom. *The Journal of Computers in Math and Science Teaching*, 2(4), 10-13.
24. Levin, D. 1983. Everybody wants "computer literacy", so maybe we should know what it means. *The American School Board Journal*, 170 (3), 25-29.
25. Lipson, J. I. and L. F. Lipson. 1982. The computer and the teacher. In *Education in the 80's: Science* (M. B. Rowe, ed.), NEA, Washington, D. C.

26. Lloyd, L. A. 1985. What role do computers and other technological advances play in science teaching. In *Research Within Reach: Science Education*. (D. Holdzkon and P. B. Luty, eds.), NSTA, Washington, D. C.
27. Lnnetta, V. N. and A. Hofstein. 1981. Simulation in science education. *Science Education*, 65(3), 243-252.
28. Mandell, A. 1982. Microcomputers in the science classroom and laboratory. *Science Education*, 19(3), 26-28.
29. Murphy, P. J. 1984. A CAL-based distance education project in evaluation: 1. Description of the project. *Journal of Biological Education*, 18 (1), 37-44.
30. Peard, T. 1983. The microcomputer in cognitive development. In *Proceedings of the International Seminar, Misconceptions in Science and Mathematics* (H. Helm and J. Norak, eds.), Cornell University, Ithaca, N. Y.
31. Pratscher, S. 1982. *Computer Literacy and Classroom Application*, Austin, TX: Region X111 Education Service Center.
32. Price, F. E. 1985. EVOLVE: A computer simulation for teaching labs. on evolution. *The American Biology Teacher*, 47(1), 16-24.
33. Richardson, J. J. 1980. A review of current psychological research in problem solving with implications for computer-based instruction. *J. of Computer-Based Instruction*, 7(1), 14.
34. Rubin, H., J. Geller, and J. Hanks. 1977. Computer simulation as a teaching tool in biology—A case study: Biological Systems Analysis and Simulation Laboratory of the City University of New York. *Journal of Computer-Based Instruction*, 3, 91-96.
35. Skavaril, R. V., C. W. Birky, Jr., R. E. Duhrkopf, and J. A. Knight. 1976. The use of CAI to provide problems for students in introductory genetics. *Journal of Computer-Based Instruction*, 3(1), 13-20.
36. Steele, K. J., M. T. Battista, and G. H. Krockover. 1982. The effect of microcomputer assisted instruction upon the computer literacy of high ability students. *Gifted Child Quarterly*, 26(1), 162-164.

37. Stewart, J. H. 1982. Difficulties experienced by high school students when learning classic Mendelian genetics. *The American Biology Teacher*, 44(1), 88-89.
38. Vella, F. 1981. Innovations in the teaching of medical biochemistry. In *Biochemical Education* (C. F. A. Bryce, ed.), Croom Helm Ltd., London.
39. Von Blum, R. and T. M. Hursh. 1977. mastering genetics, with a little help from GENIE. *The American Biology Teacher*, 39(8), 468-472.
40. Zinn, K. L. 1979. Computers in science teaching: Today and tomorrow. In *What Research Says to the Science Teacher* (M. B. Rowe, ed.), Vol. 2, NSTA, Washington, D. C.



行政院國家科學委員會學門規劃資料

生物教育

發行人：劉兆玄

規劃者：行政院國家科學委員會科學教育發展處

執行編輯：行政院國家科學委員會編輯委員會

地址：臺北市廣州街二號

電話：(〇二)三六一四六八一

出版者：行政院國家科學委員會

地址：臺北市廣州街二號

電話：(〇二)三三一七二二一

印刷者：上海印刷廠股份有限公司

地址：臺北市臨沂街五號

電話：三二一〇八一一～三

中華民國七十五年十二月出版

S0004

Position Paper

BIOLOGY EDUCATION

PUBLISHED BY
National Science Council
REPUBLIC OF CHINA
DECEMBER 1986