

第二次國際科學學習成就調查研究報告

(國內報告概要)

許榮富

行政院國家科學委員會科教處處長
國立臺灣師範大學物理系教授

前 言

國際科學學習成就調查研究，係由國際教育學習成就調查委員會（The International Association for the Evaluation of Educational Achievement, IEA）主持，於1970年在十九個國家或地區以相同的測驗題目與問卷進行第一次國際科學學習成就調查（FISS），以了解各國科學學習成就與各國文化背景、教育環境等影響因子之相關性。在1980年該組織著手進行第二次國際科學學習成就調查（SISS），並於1983到1986年，對二十四個國家或地區，進行相同的十歲、十四歲和十七歲等三群學生進行相同目的調查。

我國在取得 IEA 總部同意後，使用該組織第二次科學學習成就調查工具進行測試，於民國 75 年 3 月著手規畫調查工作，先後成立指導、諮詢委員會、研究小組、實測小組等決定調查方向和具體活動過程，分別於 76 年 5 月 21 日完成 17 歲高三學生群之調查，78 年 5 月 18 日完成 11 歲及 14 歲學生群之調查。

本研究以這些調查資料加以整理分析，作為科學教育活動的參考，並且明白調查結果在我國科學教育裡形成的反省和在國際間比較的反省。

調查目的

IEA 同意我國使用第二次科學學習成就測驗工具後，國內立即成立各種不同層次的工作組。在 75 年 3 月成立的指導、諮詢委員會，由國內主導科學教育政策的科學教育指導委員會、國科會和教育部等，確定出整個調查正確的方向，研究目的計有：

- (一) 了解我國科學學習成就與國際間各國相關情境的關係。
- (二) 了解我國科學學習成就在各種相關因素（如：學習環境、文化等）的相關性，以

改進我國的科學教育狀況並進一步與國際間其他國家的狀況加以比較。

(三) 了解我國科學教育環境與其他國家間的比較，以作為改進之參考。

調查工作的準備

75年4月經由國內各級學校及教育行政單位等教育專家共同組成研究小組，從工具評量的效度與信度上加以謹慎的考慮，確定工具的中文轉換工作、取樣方式及數據處理等結構，並且配合IEA所推薦的專家意見把調查工作加以規畫，現分別敘述如下：

(一) 調查工具中文化的轉換工作

IEA總會同意使用的工具有下列：

十歲、十四歲及十七歲等三組學生群，使用不同的調查工具，但在類型上有類似的地方。調查工具由測驗卷和問卷兩部份組成。測驗卷區分成三大類：科學主測驗，為各組所有學生都須接受測試的測驗卷，以做為主要分析的基礎，並以此科之學習成就做國際間排名；數學測驗，各組所有學生都須接受；科學分測驗，十歲及十四歲學生群此科區分成乙丙丁戊四類，各組學生約有1/6接受其中任兩種之組合的測驗，十七歲學生群則以升學準備的方向做基礎接受不同的測驗。問卷部份則有四種：學生一般問卷、學生科學意見調查問卷、任課教師問卷及學習機會問卷，前兩種問卷由學生填寫，後兩種問卷由任課教師或該科的科任教師填寫。

這些工具經過研究小組語言專家翻譯與檢討和初步測試（如14歲群先在台北民族國中測試），再經修改而成為正式測驗的工具。

(二) 取樣的方式：

我國的學制在小學的十歲群是學區制且為強制的義務教育，因此以學區特性為取樣的基礎，計區分成大都會學區（人口二十萬以上的城市）、都市學區（人口十萬到二十萬的都市）、鄉鎮學區（人口十萬以下）。再以學區的層次依學校的班級數為學校規模之依據，分成6班以下的小型學校，7到30班的一般學校，31班到60班的大型學校，以及超過60班的超大型學校。

從這兩個基礎建立起二維矩陣，再依統計原理的方法決定每個矩陣內成元所取的班級數，由電腦隨機抽取應考班級。在2358所小學裡的8448班中抽取233校248班，共有10917人，佔全部總樣本約3%。

十四歲群的學生是國中三年級的階段，為我國義務教育最後的一年，學校的學生組成基礎仍是學區制，因此仍使用十歲群的二維矩陣的「分層隨機取樣」。在677校7419班裡抽取192校9731人，佔全部總樣本約3%。

十七歲群的學生是高中生三年級階段，為我國中等教育最後的一年，學校的學生組成基礎是由學生在高級中學入學考試的成就表現，形成不同的學校，學生的組成不同；相同的城市區裡因聯考制度而有位階；不同區域的相對位階因聯考的內容不同而不能相互比對。另一個問題是此階段教育目標，在我國為「大學基礎教育的準備」，學生區分成四大類組，有文法商、理工、農、醫等以學科分類之組別且有不同選修課程之配合，分層取樣的基礎須重新建立。

分層取樣的第一標準是以學生升學預備方向做基礎，分成主修文法商升學準備群、主修理工升學準備群、主修農科升學準備群及主修醫科升學準備群等四群，再依統計原理的方法計算出每個學校在每一群中所需分配的人數，不足一班者以班級為單位進行，若學校的班級組成係用能力編組，則各不同能力階段的班級依比例再用電腦隨機取樣，進行測試。

主修文法商升學準備群，計有39校87班，主修理工升學準備群，計有37校74班，主修農科升學準備群計有8校7班，主修醫科升學準備者計有39校59班。學校分配普及全國各高級中學，學生在各學科升學分群裡具有流動性，因此取樣設計係以學校班級為單位，而不以學生數為基礎。

（三）測試準備工作

我國的學制裡，義務教育結束後需經過「高級中學入學聯考」的測驗，使能進入高級中學。每次聯考都要使用各級學校的校區、教室、學生、教師及教育行政人員等對於考試並不陌生，因此整個測試場所的工作，係以此種方式為基礎，再加以修正。

測試場所以學生原受教育學校的教室為原則，由該校校長負責場務工作。測試學生名冊及相關教師、人員等名冊，經由電腦隨機取樣後即列冊，分送到相關學校及相關人員裡以作準備。

監試及試務工作人員，則由教育行政單位指定其他學校人員接受監試工作的訓練後才能擔任，在測試當天須提早1小時向場務主任報到，並且依照監試須知進行考試。

(四) 測試的進行

測試場所的時間控制（如鈴聲）、考試環境的管理（如：安靜的情境、不受外人干擾、試場秩序等），由場務主任負責整個考區的環境、監試及試務人員負責考場內的管理，並且依照監考的要求使整個測試能夠公平的進行。

數據處理

測試後的考卷，經試務人員彌封後送達科學教育中心，經電腦專業人員進行編碼工作，並經相同工作組之人員重覆檢查三次，再經相關人員抽檢，以確認整個工作不存在錯誤，再以電腦閱卷方式處理，在 SAS 套裝軟體裡進行分析。

本研究是以十七歲群、十四歲群和十歲群的學生，在 IEA 總會授權使用的測驗工具中的(1)主測驗卷；(2)科學本質理解測驗（內分成數學、物理、化學、生物及自然科學問卷等五種測驗），以檢驗一般學生的科學學習成就及其相關因素。

各種測驗間的一致性分析

在十歲群的部分經分析主測驗、數學、及各分科測驗（表一）發現平均分數與標準差相當一致，呈現出各分科測驗組合彼此間並沒有多大差異，相同的結果亦出現於十四

表一 十歲群各種測驗的結果分析

	人 數	最低 分數	最高 分數	中位數	平均 分數	標準差
主測驗	10,876	0	24	16	15.62	3.95
數學能力	10,836	0	20	18	16.67	3.14
乙丙組合	1,772	1	24	17	16.78	4.43
乙丁組合	1,864	1	24	17	16.78	4.43
乙戊組合	1,825	1	24	16	15.62	4.08
丙丁組合	1,709	0	24	18	16.90	4.07
丙戊組合	1,812	0	24	17	16.00	4.03
丁戊組合	1,687	0	23	17	15.90	4.13

歲群（表二）。此種結果說明這些測驗卷對我國學生而言，沒有類型偏好上的差異。在分配上傾向高分群的偏向分配，呈現出測驗題目對我國學生而言是較容易取得正確答案之傾向。十七歲群因高中入學考試的過程，使學生的分配與學校的地位有關，而且各組群的知識基礎也因升大學的準備方向不同而不同，故不進行此項檢驗。

表二 十四歲群各種測驗的結果分析

	人數	最低 分數	最高 分數	中位數	平均 分數	標準差
主測驗	9,601	0	30	22	19.03	5.45
數學能力	9,551	3	19	16.1	15.56	3.64
乙丙組合	1,534	0	30	—	16.68	5.16
乙丁組合	1,552	0	30	—	18.66	5.34
乙戊組合	1,546	0	30	—	16.63	5.04
丙丁組合	1,657	0	30	—	18.77	4.79
丙戊組合	1,652	0	30	—	18.07	4.37
丁戊組合	1,648	0	30	—	18.48	6.12

主測驗結果與參與 SISS 的其他國家學生比較

十歲群我國共有 10876 人參加，科學主測驗成就平均分數 15.6，標準差 4.0。前 25 % 的得分在 13，中位數 16，前 75 % 的得分在 19，與 SISS 測驗報告相比，成績最高，比第一名的日本、韓國還要高（表三）。

表三 十歲群的科學主測驗成就在國際間之排序狀況

	人 數	平均 分數	標準差	25 %	中位數	75 %
中華民國	10,876	15.6	4.0	13	16	19
日 本	7,924	15.4	4.0	13	16	18
韓 國	3,489	15.4	4.2	13	16	18
芬 蘭	1,600	15.3	4.0	13	16	18
瑞 典	1,449	14.7	4.0	12	15	18
匈牙利	2,590	14.4	4.5	12	15	18

十四歲群我國共有 9601 人參加，科學主測驗成就平均分數 19.0，標準差 5.5。前 25 % 得分 15，中位數 20，前 75 % 得分 23，與 SISS 測驗報告相比，成績第四，比匈牙利、日本和荷蘭低，同時測驗的標準差明顯偏高（表四）。十七歲群因各國學制與教育目標不同，給予學生的各種課程及教學方式不同，故不予比較。

表四 十四歲群的科學主測驗成就在國際間之排序狀況

	人 數	平均 分數	標準差	25 %	中位數	75 %
中華民國	9,601	19.0	5.5	15	20	23
匈牙利	2,515	21.7	4.7	19	22	25
日 本	7,610	20.2	5.0	17	21	24
荷 蘭	5,025	19.8	5.1	16	19	23
加拿大（英文）	5,543	18.6	4.7	15	19	22

學校因素與學生科學學習成就之關係分析

假設每學校的學區為一相似的基礎，學生的學習成就為學校的運作表現和學生自己努力學習的結果，在此假設下進行分析得表五。在十歲群裡，學校對學生學習成就的詮釋量 (Roh.) 為 0.25，即 25%，其餘 75% 為學生間的差異。從表五中十四歲群資料看來，國民中學影響國中生的學習成就應高於 25%。

表五 學校影響學生科學學習成就的分析

	抽測 學校	平均 分數	標準差	最低分	最高分	中位數	Roh.
國民小學	232	15.62	2.3	7.5	21.63	15.35	0.25
國民中學	221	19.00	5.4	0	22.0	20.00	——

高級中學，因我國學制裡學生已經高中入學聯合考試，各校學生的位階不同，因此不予比較。

學區的社會文化與學生科學學習成就之關係分析

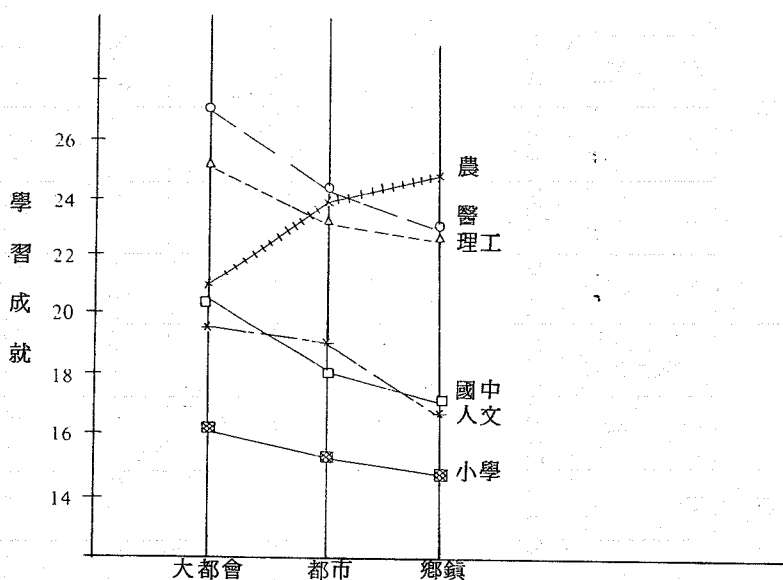
本研究的取樣設計是以大都會區、都市區、鄉鎮區等三個位階，配合學校的規模再進行超大型、大型、一般及小型學校的分層取樣。假設大都會區學校受到較多的文化衝盪而有較複雜的文化關係，隨著都市人口的減少、文化分歧的衝盪減弱，經此分析呈現出表六。在國民小學階段裡彼此間之差異是存在，但並不是很顯著，尤其是都市與鄉鎮

表六 學校的社會文化層與學生科學學習成就之分析

平均分數		類 型	大都會	都 市	鄉 鎮
學 校					
國民小學			16.09	15.28	15.13
國民中學			20.44	18.06	17.54
高級 中 學	主修理工科升學準備組		25.56	23.67	23.27
	主修農科升學準備組		21.64	23.94	24.13
	主修醫科升學準備組		26.62	24.32	22.64
	主修人文科升學準備組		19.84	19.67	17.04

間可說沒有差異，僅大都會區與其他兩位階有顯著差異（ $P \leq 0.05$ ），但到了國民中學階段裡，大都會區則呈現出顯著的領先。

在十七歲群，經過高級中學入學考試，大都會區因學校位階關係，理論上是會吸收到較高能力的學生，給由分析呈現出圖一的結果。一般而言，整個結果與理論預期一致，但在以準備考農業科系的升學準備，學生主修生物和化學即可（不須修讀物理），呈現出相反的結果，除都市區的生物學習成就較高外，其餘各測驗的結果是鄉鎮型的學校，農科升學準備的學生有最高的學習成就（表七）。



圖一 文化層與學生科學成就的關係

學校規模與學生科學學習成就之關係分析

我國各級學校的規模相差很大，尤其是在國民小學階段，最大規模的國民小學班級數高達百班以上，全校學生數幾乎達到萬人，最小規模的國民小學是全校人數為個位數，因此學校規模與學生學習成就的關係會相當密切，經分析結果為表八。整個結果是在國民小學裡有較大的差異性，在國民中學裡因規模差距較小而科學學習成就差距也較小。另一個原因則是我國的國民中學有許多是仍在成長中的新設學校，此與國民小學是因地處偏遠區域，就學人口少而為小型規模之現象不同。

表七 十七歲群不同升學準備的學生，在不同學科上與學校文化因素的關係分析

分 類	科 類	理					農					醫					人				文	
		化 學	科 學	物 理	數 學	一般自然學	生 物	化 學	科 學	數 學	一般自然學	生 物	化 學	科 學	物 理	數 學	一般科學	科 學	自然科學	數 學		一般自然學
學 習 成 就	數 類 型	大都會	22.90	25.56	23.50	18.13	22.96	18.16	14.22	21.64	15.05	15.97	22.85	23.28	26.62	23.71	18.24	24.18	19.84	20.72	16.93	14.24
		都市	18.41	23.67	21.08	17.74	20.35	21.27	17.89	23.94	17.58	19.88	20.00	18.74	24.32	19.67	16.94	19.10	19.67	20.48	17.25	13.72
		城鄉	18.63	23.27	19.90	17.93	19.66	19.83	18.31	24.13	18.49	20.58	19.08	17.64	22.64	18.20	16.96	18.96	17.04	18.74	15.80	12.31
標 準 差		大都會	6.27	4.19	5.42	2.04	5.16	6.00	6.11	6.72	4.36	5.97	4.93	6.12	4.46	5.71	1.90	5.31	5.02	4.92	2.66	4.02
		都市	6.60	4.74	5.25	2.49	5.66	5.52	5.93	3.59	1.72	4.56	6.34	7.15	5.17	5.08	3.59	6.65	4.91	4.57	2.37	3.51
		城鄉	5.86	4.33	5.19	1.47	4.46	3.25	5.76	4.05	0.95	3.85	5.73	6.66	5.69	5.59	3.10	5.43	5.09	4.63	3.29	3.66

表八 學校規模與學生科學學習成就之分析

學校 \ 成就平均數 \ 類型	超大型	大型	一般	小型
國民小學	16.48	15.70	14.97	12.66
國民中學	19.93	19.19	18.16	16.26

測驗結果的標準差分析

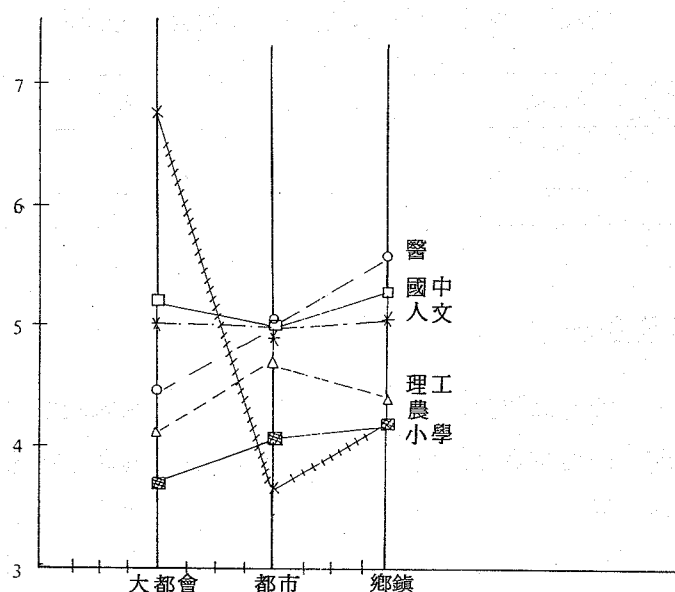
我國現行學制，小學是以學生學籍所在地為學區基礎，在國民中學則是以若干國民小學的學區結合而成，因而兩者之間學生群應有類似類型的關係。在大都會因人口稠密使學區範圍縮小，學生同質性變大，標準差變小；反之，鄉鎮區因學區範圍大，學生同質性變低。在高級中學部分則因高中入學考試的功能，大都會的學生之同質變大。表九所呈現出的標準差之類型，大致是這種分配（圖二），但國民中學和鄉鎮區的農科升學準備之學生群為例外。

表九 學校文化與學生科學主測驗結果之標準差的分析

學校 \ 標準差 \ 類型		大都會	都市	鄉鎮
國民小學		3.68	4.14	4.16
國民中學		5.20	5.04	5.40
高級中學	主修理工科升學準備組	4.19	4.74	4.33
	主修農科升學準備組	6.72	3.59	4.05
	主修醫科升學準備組	4.46	5.17	5.69
	主修人文科升學準備組	5.02	4.91	5.09

學校規模的大小除與學生的學區有關外，尚有學校設備、師資等問題。一般而言，規模大的學校常在交通方便的地方，因此人與人彼此之間的交流較容易且相互間的溝通也較頻繁。在國中階段時，規模較小的學校與國民小學的小規模不同。通常這些小規模的國民中學是正在成長中的新設學校。兩者的原因不同，因此理論上標準差的傾向應該不同，經分析呈現出表十的結果。

十七歲的高中群，經過高中聯考的重新分配，學生的經驗和興趣呈現出分歧，再加上知識基礎不同與預備人生方向的計畫不同，整個標準差應呈現出雜亂的現象（表七）。



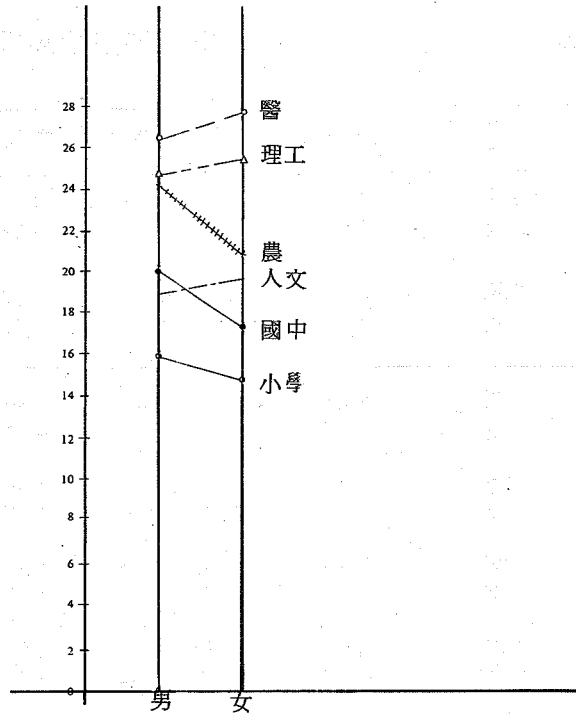
圖二 文化層與學生科學主測驗標準差之分配類型之關係

表十 學校規模與學生測驗標準差之分析

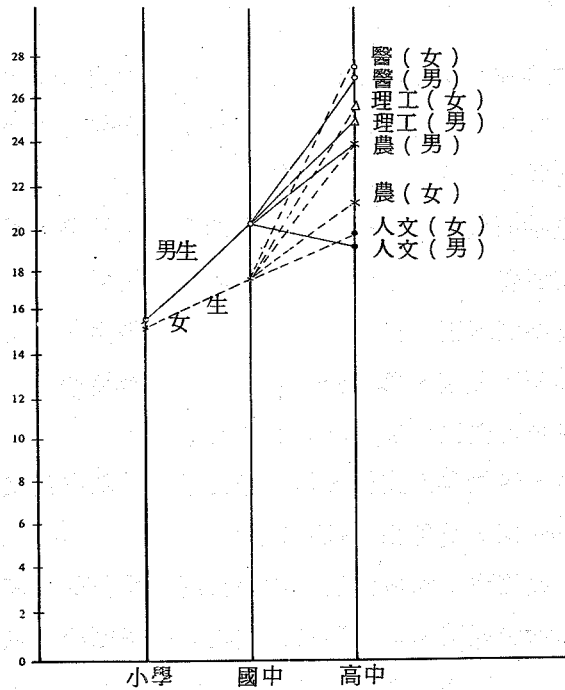
	超大型	大型	一般	小型
國民小學	3.71	3.74	4.05	4.34
國民中學	5.31	5.39	5.32	5.52

性別差異與科學學習成就之關係分析

科學學習成就，在理論上男生會較高，本研究分析性別差距之結果為表十一。結果呈現出我國男女之差異不顯著，僅在國中階段和高級中學之農科升學準備組有差異。從學習成就男女高低的類型分析（圖三），則發現在國中和小學是男生優於女生，可是到了高級中學反而是女生優於男生，僅農科升學準備組反常，此現象很奇特，值得重視。再從成長的方向分析男女性別差異（圖四）發現我國女生在國中階段裡整個科學學習成就遠低於男生而為一種很奇特之現象。十七歲群的性別差異分析（表十二）呈現出女生高男生的學習成就普遍存在各種不同的科學學科裡，在各種升學準備的方向中，除農科外，其餘各組也是女生高於男生。



圖三 性別差異與科學學習成就的關係



圖四 以小學、國中、高中之發展方向呈現出的性別差異

表十一 男女性別差異與科學學習成就之關係

學 校	性 別	受測人數	平均分數	標準差	差異性
國民小學	男	5,654	15.89	4.00	不顯著
	女	5,222	15.33	3.89	
國民中學	男	4,796	20.16	5.37	p < .001
	女	4,675	17.94	5.25	
高級中學	理 工	男	2,469	25.06	不顯著
		女	870	25.43	
	農	男	108	24.21	p ≤ .001
		女	127	21.03	
	醫	男	1,589	26.33	不顯著
		女	905	26.62	
	人 文	男	1,934	19.00	不顯著
		女	2,210	19.72	

不同學科測驗結果與學校社會文化的關係

在十七歲的高中群裡，文化的衝盪會影響到學生對自我生涯的規畫，因此本研究以文化的關係為基礎，配合測驗的學科，了解各種不同升學方向準備之不同學生的表現，企圖了解相互間的關係，分析結果為表十三。

生物科，本研究抽測農科與醫科升學準備的學生，結果呈現出醫科學生的學習成就高於農科學生，但在城鄉區域的學生則呈現出相反的結果。

化學科，本研究抽測理工、農、醫等升學準備的學生，結果與生物科類似。

科學的測驗，抽測了理工、農、醫和人文等升學準備學生，學習成就還是醫、理工、農和人文的排序，只是人文組呈現出偏低很多的結果。

自然科學的測驗，僅抽測人文組，結果是大都會、都市到城鄉的排序，好像自然科學如同一般文化衝盪一樣，受到都會區的影響。

物理科的測驗，抽測理工和醫科組，結果如同化學科的排序。

數學科的測驗，抽測理工、農、醫和人文組，結果頗出人意外，在大都會區人文組高過農科組學生，都市區的表現竟是醫科最低，城鄉區，農科組學生最高，此現象值得討論。

表十二 男女性別差異在學科測驗上不同升學方向之學生所呈現之關係

	生物			化學			科學			自然科學		物理		數學		一般自然科學			
	農	醫	理工	農	醫	理工	農	醫	人文	農	醫	理工	農	醫	理工	農	醫	理工	人文
學習成就	男	19.17	22.17	21.62	17.39	22.27	25.06	24.21	26.19	19.00	19.53	22.88	23.45	17.93	16.91	19.97	16.46	22.24	23.52
	女	19.30	22.92	23.11	14.68	23.11	25.43	21.03	26.33	19.72	21.16	23.06	22.61	18.44	15.66	18.27	17.10	22.86	26.61
標準差	男	5.56	5.59	6.87	6.43	7.19	4.50	4.44	5.00	5.51	5.50	5.80	6.12	2.26	2.90	2.44	3.14	5.48	6.11
	女	5.74	4.43	5.34	5.84	5.20	3.90	6.56	4.13	4.72	4.08	4.71	5.34	1.31	4.32	1.62	2.34	4.55	4.81

表十三 從科學學科方向分析不同升學準備方向之學生群與文化之關係

		大都會	都市	鄉鎮	平均
生物	農	18.16	21.27	19.83	19.23
	醫	22.85	20.00	19.08	22.45
化學	理工	22.90	18.41	18.63	22.02
	農	14.22	17.89	18.31	16.01
	醫	23.28	18.74	17.64	22.61
科學	理工	25.56	23.67	23.27	25.16
	農	21.64	23.94	24.13	22.58
	醫	26.02	24.32	22.64	26.24
	人文	19.84	19.67	17.04	19.38
自然科學	人文	20.72	20.48	18.74	20.38
物理	理工	23.05	21.08	19.90	22.92
	醫	23.71	19.67	18.20	23.15
數學	理工	18.13	17.74	17.93	18.07
	農	15.05	17.58	18.49	16.26
	醫	18.24	16.94	16.96	18.08
	人文	16.93	17.25	15.80	16.80
一般自然科學	理工	22.96	20.35	19.66	22.40
	農	15.97	19.88	20.58	17.72
	醫	24.18	19.10	18.96	23.55
	人文	14.24	13.72	12.31	13.83

一般自然科學則抽測了理工、農、醫和人文四組，在大都會區是醫、理工、農和人文，其中農科竟與人文組具有類似的表現；都市區的序列是理工、農、醫和人文，人文組表現偏低很多的成就結果；在城鄉區則是農、理工、醫和人文。比較各組在大都會區、都市區和城鄉區的表現，除農科是城鄉、都市到大都會區的反常次序外，其餘的各組皆呈現出大都會、都市到城鄉之排列。測驗的另一特色是整個人文組在一般自然科學之測驗表現為偏低成就。這些現象值得討論。

結果與討論

從數據處理的結果，我們依循國內測驗計畫合適性及測驗結果對我國科學教育的意義和國際間比較所呈現的意義之兩大方向加以討論。

測驗結果的國內意義

在表一及表二的各種測驗呈現出一致結果之現象，說明科學教育中心在執行全國測驗的規畫裡，經由諮詢、指導委員會、工作小組到試務工作組的執行計畫與試卷中文化

之轉換及取樣設計等準備工作，以及 IEA 總會推薦專家之指導等皆能對本次測驗提供正確的行爲，同時全國各教育單位及學校的全面配合使整個結果與規畫的期待一致，實爲一種完全協合的運作。

表一的結果說明我國的小學教育是一種在科學知識裡全面普及的教育，不偏向某一特定類型的領域，此和我國小學的科學教育目標所強調重視學習過程之結果一致。

表五的結果呈現出學校因素決定學生科學學習成就高達 25%，其餘 75% 爲學生的差異性。此結果在國民小學裡係因學校學區之文化差異所造成或因學校本身設備、教育理念、師資狀況及教學環境所造成，須有進一步資料才能研判，但此一結果說明不同的學校會有不同的結果，單就學生科學學習成就之表現判定學生的表現可能有過於簡化之危險。在國中階段表一資料呈現出學校因素佔有更大的重量，此種現象的造成究竟是學校內在因素（如師資、設備）或是社會外在因素（如社會上盲目的將孩子送到所謂的高升學率之明星學校），仍有待深入研究。

表六的學校社會文化與學生科學學習成就之關係，呈現出與理論預期的都市效應（city-effect）（Musgrove, 1982）一致，也就是說文化刺激愈多的大都會區，學生的學習成就會因日常生活環境裡各種不同的線索而有較高的成就表現，隨著文化交互作用之減少，城鄉區的學生成就會略顯下降。

在國民小學與國民中學裡，資料呈現出這種傾向；但在高級中學裡，則呈現出 IEA 總會允許我國使用其測驗卷所測量的第一個特色，此一特色是：在圖一資料裡。

我國高中學生群裡，理工、醫及文法科系升學準備的學生群呈現出理論上的都市效應，而且幾乎是普遍存在於數學、物理、化學、生物等學科基礎上。但是農科系升學準備的學生呈現出相反排序。

此一特色的產生可能理由是：(1)從社會結構裡，農科系的生涯與城鄉區的學生環境較接近，使城鄉區的學生會有較好的表現。此一理由的說明從表七裡「農科升學準備之學生組之生物科學學習成就表現係都市型的高於城鄉型的」之類型會產生爭議，因為城鄉型的學生環境會較接近生物科的情境。這種表現使下列理由佔有更重要的份量。(2)農科升學準備之學生組，係由一群在高中聯考裡學習成就較低的學生組成，現爲了進入大學而選擇現行制度裡要求知識廣度較少的升學考試組，以集中在化學和生物科的學習而放棄物理科的學習，企求有更好的表現。此一理由可從圖三的學科基礎上分析學習成就表現裡發現農科學生總成就偏低的現象給予佐證。

此一現象說明我國現行「大學聯考制度」之分組方式與現行高級中學的教育目標間

存在一些差距。如何使學生對進入大學的考慮是「自我生涯 (carrier)」而不是單純的「大學文憑之取得」，使高等教育能夠發揮其正常功能，是個值得深入探討的方向。

我國學校規模之大，在國民小學階段可能有全世界最大規模之小學，不僅是全校學生人數之多、班級數之多而且是校區內每平方公尺有最多的學生數。理論上超大型的學校會因學生人數過多，使用教育資源的機會下降，不利於學生的學習，但表五的測驗結果，與理論預測相反，國民小學與國民中學都呈現出超大型學校的學習結果較好，此一現象的可能理由是超大型學校位於人口稠密區，交通方便，較易取得好的師資、好的學生和較多的社會資源，因此像磁鐵般的吸引住許多家把孩子送到這些學校裡，造成惡性循環因而學生人數大量增加。此一理由在圖二裡分析學生間的異值性，以標準差的方式加以評估，發現在國民小學階段與國民中學階段不同，國民小學的大都會區因學區範圍的縮小而等值性增高，但國民中學階段大都會區學生的等值性反而下降，幾乎和廣大學區範圍的城鄉國民中學較接近，這現象可能是從學校為單位的評估，影響學生科學成就的因素，不僅是學校內的因素（如：學校設備、師資、管理理念和方式、學校環境等）而且是社會因素（如：越區就讀、選擇明星學校等），使得大都會區裡國民中學學生等值性下降。此種詮釋，從表十的學校規模與學生測驗結果之標準差分析可獲得佐證。在國民小學階段，超大型學校是在人口年輕化的社區裡，大多數是由都市化或城鄉區的新生代所組成，而在國民中學階段，超大型學校有些是從以前的綜合高中改變而成。同樣是超大型學校，國民小學和國民中學因社會成長歷史不同，學生等值性的類型亦不同，相同的詮釋亦可用於一般規模的國民小學和國民中學，因為一般型的國民小學是較早成立的學校，學區內的改變不大，而一般型的國民中學是屬於仍在成長中的新設學校。

從學校所在的文化類型和學校規模的分析，本研究發現我國科學學習成就的第二個特色：

國民小學的學生學習科學成就大致上與理論上的文化效應一致，即學區愈小文化歧異性愈低，但與理論上超大型學校學生享受資源減少而成就較低的結果不同，超大型學校反而學習成就高。

國民中學階段，前敘述的現象在大都會區的學校或超大型學校及一般型學校並不明顯，彷彿這兩個階段裡學生經過某些重組的過程，這與目前的教育制度不太符合。

在性別差異的部分，理論上科學學習成就是男生高於女生，經本研究分析 IEA 總會允許使用的各種科學學科之學習成就測驗，發現在國民小學階段男女間並沒有明顯差距，到國民中學階段則呈現出理論預期的男生高於女生之表現（圖四）。這種現象的詮

釋有兩種方向，第一種方向是科學教育系統內的因素（如：課程內容、教科書用語、教師教學方式及安排的活動）使男生較為有利；第二種方向是社會系統上的因素（如：父母期待、社會期待、學生自我的評估等）。在我國的學生群裡以第二種方向為重要因素，從表十二分析十七歲高中群的學生表現，女生高過男生的現象普遍存在各種不同的科學學科裡，若從升學預備方向加以分析，則在醫科和農科方面男生略高女生。此種現象形成我國學生群的第三特色：

在國民小學階段，男生和女生的科學學習成就，彼此間沒有顯著差異；在國民中學階段，男生的科學學習成就明顯的高於女生；但經過高中聯考過，準備進入理工科系的女生則較男生有較高的科學學習成就，這種女生比男生高的現象普遍存在於各種不同的科學學科裡。從進入大學科系方向分析，在農科和醫科方面，男生略高於女生外，其餘方向女生皆高於男生，呈現出女生在科學方面已著重要生涯規畫的需求，而以「實用導向」為其決定基礎。

從科學學科領域方向，分析不同升學準備的學生在不同科學學科裡與文化間的相互關係，發現整個學生群呈現出與社會對職業地位感受的位階一樣，就是醫科高於理工、理工高於農，致於人文組的學生會因學科不同而略有不同（圖三及表十三），如數學科裡人文組的表現略高於農科的學生群，整個現象說明高中生對不同生涯的職業感受似乎遵守單一系列的社會職業位階表，而以自我的學習成就去決定社會角色的位階選擇，在城鄉區因職業位階的感受較低，表現出的強度沒有大都會區裡醫科完全領先那麼高，整個高三學生群的表現只是大社會裡的縮影，並沒有重大的突變現象。

從我國高中教育目標和制度特色的方向加以分析，發現我國現行制度裡把高中視為升大學的準備工作，而配合高等教育的學科分組，使學生依照高等教育的理工、農、醫及人文等系統進行準備工作，存在下列爭議：

- (一) 如前敘述研究結果的第一個特色所產生的問題：「生涯規畫或取得文憑」的矛盾。
- (二) 在表十二裡，十七歲高中學生群在科學測驗結果呈現理工、農、醫及人文等學生組群彼此間雖有差異，但歧異性並不大；可是在一般自然科學測驗結果，呈現出理工、農、醫等三組為較接近的群體，而人文組則明顯偏低，與國民中學程度極接近。此一現象正如兩種不同文化的爭論一樣，把完整的社會結構經由人為制度分割成兩大極端的人文組群和科學組群，不該是教育的期待結果。如何重整人文和科學是個該面對的問題，值得深入探討（Shuell, 1992, Snow, 1959, 1963）。

科學學習成就與其他國家學生的比較

從 IEA 總會允許使用的科學學習成就測驗卷之測驗結果，在國民小學部份，我國高居榜首，以 15.6 分領先在世界排名第一的日、韓之 15.4 分（表三）。在國民中學部分則以科學主測驗平均分數 19.0，排行第四，僅次於匈牙利 21.7，日本 20.2，荷蘭 19.8（表四），同時學生的差異性表現於標準差高達 5.5，遠大於世界十七國的平均標準差 4.7，表示我國的國中生裡，似乎有學生放棄自然科學而以低成就的表現，使整個標準差擴大。此一現象值得注意，以免像今日美國科學教育一樣，科學人口急劇的減少。另一個值得注意的是男生高於女生的科學學習成就，彼此間的差異高達 2.22，僅次於荷蘭的 2.31，和世界十七國的標準偏差（stand score differena）高達 .47，此差距暗示著國中階段裡，女生自然科學學習成就落後男生的程度遠較他國嚴重（圖四），從性別差異的國內分析部分看出此現象受到社會因素之支配大於學校內因素，是個值得整個教育人員重視的問題。

結 論

從 IEA 總會允許我國使用的測驗工具裡，完成我國首次使用國際化的評量工具之全面抽測，經由謹慎的規畫和執行，整個結果發現我國學生具有下列四個特色。

第一，受教育的方向窄化成進入高等教育為首要。從小學、國中到高中的階段，除小學階段裡，仍呈現出大都會區具有較高的文化刺激學生科學學習成就較高，隨著文化刺激的減少，都市區略高於城鄉區外，國民中學階段表面上仍維持這種排列（表六），但在標準差上（表九）呈現出與國民小學不同的排列，顯示出在國民小學進入國民中學階段裡，雖然在學制上沒有重新分配學生族群，但在社會結構裡的確進行重新分配。此種社會潛藏的分配力量，在十七歲高中組群裡更是清楚（圖一），整個高中組群大致上仍呈現大都會區高於都市區、都市區高於城鄉區的傾向，惟獨主修農科升學預備的學生組產生反常的排列，此種現象，係因主修農科升學預備的學生在國中畢業化，以較低的高中聯考成績進入城鄉的高中，因而選擇知識基礎較窄的組別，以全力攻讀生物、化學而放棄物理，致使整個測驗成績成為反常的分配。此種以「進入大學為讀書目標，忽視高等教育的生涯方向」是個值得重視的問題，如何使高等中學教育與學生爾後發展的人生方向結合，使高等教育能夠發揮功能是個具有挑戰性之研究方向。

第二，超大型學校的學生學習成就反而高的反常現象。在表八裡呈現出國民小學與

國民中學的超大型規模之學校，即班級人數超過 60 班的學校，學生學習成就反而高的奇特現象。表面上國民小學與國民中學的超大型學校都有較好的學習成就，但從標準差看學生的異質性（表十）則發現兩者間有明顯的不同。國民小學裡超大型規模的學校係因人口稠密所造成，學區範圍仍小因此學生同質性很高，標準差很小，隨著人口稠密度的下降，學區範圍變大學生的同質性下降，因而標準差變大，但國民中學裡則無此種現象，大都會區的學生同質性很低，標準差很大，也就是高成就的學生和低成就的學生差距很大，從國際間比較，這麼大的差距在世界排第二位，僅次於荷蘭，配合國中生科學學習成就的性別差異檢證（圖四），發現國中女生有學習成就偏低的現象，此現象的詮釋有科學教育內部的問題，如課程、方法不利於女生等或社會結構內的問題，如父母期待、社會期待及自我認知等，經分析十七歲高中生群發現女生的科學學習成就，除農科升學預備之學生組外，皆高於男生（表十二），此結果足以說明國中女生的科學學習成就低落是受到社會結構內的問題，正如社會結構上有許多父母迷信超大型學校，以致國中生學生群在無形中產生再分配的現象，並使超大型學校裡學生之同質性下降。此種社會結構上的因素值得大家重視，並且是整個教育研究者有興趣的探討問題。

第三、教育的價值方向與社會的價值方向不是平行的選擇，只是服從社會價值決定教育價值方向。我國各級學校有其教育目標，現以高級中學的教育目標為例加以說明，高級中學為進入大學的準備，以作為學生規畫其生涯之基礎，因而十七歲的高中生群是配合高等教育的學科分類而加以分組，經科學學習成就的分析（圖三），發現學習成就的排列次序與職業的社會地位排列一致，是醫科、理工、農的序列，同時女生在所有的科目裡，皆較男生有較高的學習成就，僅在農科升學準備之學生組和物理科目的醫學準備組呈現出男生高於女生的結果。此和傳統認知以農業為粗重工作之印象一致，表面上是教育價值方向和社會價值方向一致，是一種平行的選擇，但深入分析時發現在醫科、理工科對外在社會文化的排列是大都會區、都市區、鄉鎮區的序列，惟獨農科學生組群的排列是從鄉鎮區、都市區到大都會區。詮釋此一現象是農科學生的情境與城鄉的環境較一致，但與城鄉環境較一致的生物科反而是都市區的學生組較高（表七），此一現象呈現第一個結論的「進入高等教育為首要」支配到學生的「生涯規畫」，從這個結論，我們認為整個教育的目標、聯考制度，和各級學校的課程是值得檢討，如該不該配合高等教育的學科分類，把完整的社會結構，區分成學術領域中的不同類型等問題。

第四、從國際比較裡，在國民小學階段裡，我們堪稱為整個 IEA 科學學習測驗成就最高的國家，同時各項的關係分析和教育理論的預期結果一致，如學生等值性高、性

別差異不顯著、文化刺激影響學習成就等，在國民中學階段裡則降到世界第四，同時各項關係分析和教育理論的預期結果偏差愈大，如學生等值性下降，性別差異顯著增加，文化刺激影響學習成就的現象消失等，經本研究分析，發現造成這種結果教育內的因素不是主因，最重要的因素在於社會結構上的問題，如社會角色的期許、父母的期望與學生自我的認知，因此要解決這些問題有必要從教育目標、制度和策略等方向加以重視，尤其是在國民中學階段的男女性別差異之問題更是重要關鍵。

我國首次使用 IEA 的測驗卷，即能看到這麼多的現象，並且能夠對許多科學教育的問題從事深層結構之探討，給予科學教育許多改進參考的建議，足夠呈現出這些測驗的匠心精緻之處。倘若我國能夠正式參加 IEA 科學學習成就測驗，這不僅是對我國各級學校科學教育提供明顯的教育方向，而且也是我國教育制度、社會結構價值做更深入檢查的契機。

參考文獻

國際科學學習成就調查研究報告（國內報告） 國立臺灣師範大學科學教育中心

民77年

國際科學學習成就調查研究：中華民國臺灣地區十四歲群測驗結果分析報告

國立臺灣師範大學科學教育中心 民79年

國際科學學習成就調查研究：中華民國臺灣地區十歲群測驗結果分析報告

國立臺灣師範大學科學教育中心 民79年

國際理科教育調查：IEA日本國內委員會報告書，第二部國際比較

日本國立教育研究所 昭和50年

國立教育研究所記要：第111集，第2回國際理科教育調查報告書（國內結果的概要）

日本國立教育研究所 昭和60年

Rosier, M.J. (1985)

IEA: Activities, institutions and people. England, Oxford: Headington Hill Hall.

Shuell, T.J. (1992)

The two cultures of teaching and teacher Preparation. From Teaching and teacher education, 8(1), pp. 83-90.

Comber, L.C. and Keeves, J.P. (1973)

Science Education in Nineteen Countries. International Studies in Education I, Stockholm: Almqvist and Wiskell.

Miyake, M. (1985)

The Results of Science Cognitive Test and Curriculum Analysis for both FISS and SISS in IEA. A paper presented at a Sino-Japanese symposium on science education.

Musgrove, F. (1982)

Education and Anthropology. New York: John Wiley and Sons.

Snow, C. P. (1959)

The Two Cultures and the Scientific Revolution. New York: Cambridge University Press.

Snow, C.P. (1963)

The Two Cultures: and a Second Look. New York: Cambridge University Press.

Yeoh Oon-Chye and Yap Kwang Tan. (1984)

The SISS National Report of the Science, Mathematics and World Knowledge Tests of Primary Five Students in Singapore, SISS Population One: Sub-study One. Singapore.

Yeoh Oon-Chye and Yap Kwang Tan. (1984)

Teacher's Manual for Best Administration. Singapore.