

「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)

楊榮祥

由國立台灣師範大學科學教育中心所編國民中學自然科學實驗教材，在台灣省及台北市共十所學校試教已逾一年半。這一套以培養「具有科學素養的未來公民」為目的，「以學生活動為中心」的課程教材，要求學生在科學的探討活動中，都要親手操作，積極參與探討活動，記錄觀察資料，處理並分析數據，歸納實驗結果，並發現科學概念。教師尊重學生探討行動之自由，為學生提供有關資料，啟發其思考、支持其思想、刺激其探討的動機並培養其探討科學的興趣。教師並不像過去那樣「講課」，而更積極地幫助學生在具體自動自發的活動中體驗科學、學習科學，使能具備現代化的社會中未來公民所應具備的基本科學概念、科學態度與方法，以培養將來能面對問題、解決問題的技能。

十所學校實驗班的科學教師，都利用寒暑假在師大科教中心參加講習，了解這一套課程教材的精神，以及其特殊的教學型態與方法。

研究目的

這是三年一貫的科學課程，試教已有一年半，究竟效果如何？以科學Ⅱ第三冊的生物教材為

材料，進行如下各項分析研究：

- 1 關於科學知識之記憶與再認能力。
- 2 關於科學過程技能 (process skills)。
 - 2a. 實驗操作能力之測驗：包括實驗裝置與步驟之了解與操作能力。
 - 2b. 數據處理之能力。
 - 2c. 解釋數據的能力。
 - 2d. 概念一般化的能力。

對照組之設立

實驗班二年級學生所學之科學Ⅱ第三冊「第六章生物的活動」，與現行國中生物上册教材範圍、內容與份量均相當（如表一），又因現行課程中二年級並沒有生物科，因此以剛學過國中生物上册的一年級學生為「對照組（Ⅰ）」；另為比較科學技能之成就，以「已受過二年半科學訓練（指國中一年生物、二年級的理化、三上的理化）、並已複習過生物上册或舉行過生物複習考試的三年級學生為「對照組（Ⅱ）」。均由十所實驗學校中，就各該校實驗班同「等級」各班中，任取一班為對照組。

〔表一〕 本測驗命題範圍實驗教材與現行教材之比較

實驗教材單元名稱	現行教材單元名稱
第六章 生物的活動	第二章 怎樣研究生物學
6-1 綠色植物與光合作用	第一節 生物學研究方法的舉例—光合作用
6-2 動物的營養	第二節 研究科學的方法
6-3 生活的能量供應	第四章 營養（包括能量供應）
6-4 體內運輸	第五章 運輸作用
6-5 外呼吸與排泄	
（在第二學年第一學期學習）	（在第一學年第一學期學習）

測驗內容

測驗卷之編製，首先由現行教材與實驗教材中選擇共同教材，以重要的基本科學概念為測驗其「科學知識之記憶與再認」能力之試題，共二十題（由第1～15題及第16-1，17-1，18-1，19-1，20-1題）。同時選出五個共同的教材主題，分別做為第16～20題。

- 16.綠色植物的光合作用
- 17.澱粉、糖與細胞膜的通透性
- 18.食物中的能量
- 19.芹菜莖的運輸作用
- 20.植物的蒸散作用

每一主題下均設五小題，除第一小題為有關本主題的基本概念，屬於「科學知識之記憶或再認」之外，其他四個小題均屬「科學過程技能」之測驗問題，分別包括「實驗操作」「數據處理」「數據解釋」及「概念一般化」的能力測驗，共二十題屬科學過程技能之測驗。總共四十題均

為四選一的單選題。

測驗卷由師大科教中心編印，於民國68年1月在第一學期期考期間，在各校實驗班與對照班同時測驗，參加測驗學生共980位學生，其中實驗班483人，對照組共497人。考卷由師大科教中心彙集統計分析。

測驗卷之效度與信度資料

為考驗本測驗卷之效度與信度，進行項目分析與信度研究，結果如下：

項目分析：

根據項目分析取樣原則，將全體受驗學生（980人）依得分高低排列，由高分數的27%（則第1名～第264名）中任取50人為高分群；另由低分數的27%（則第716名～第980名）中任取50人為低分群，計算難度指數（d）與鑑別指數（D），結果如表二。

由項目分析的結果得知各試題的難度介於0.90～0.27之間，其平均數為0.58，標準差為0.14；

〔表二〕 國中自然科學Ⅱ實驗教材第三冊及國中生物上冊成就測驗試題難度與鑑別度

題 號	難 度(d)	鑑 別 度(D)	題 號	難 度(d)	鑑 別 度(D)
1	0.48	0.88	17-1	0.68	0.56
2	0.56	0.68	17-2	0.55	0.82
3	0.90	0.16	17-3	0.62	0.64
4	0.78	0.40	17-4	0.67	0.58
5	0.55	0.42	17-5	0.35	0.34
6	0.79	0.26	18-1	0.66	0.40
7	0.83	0.26	18-2	0.63	0.42
8	0.67	0.54	18-3	0.57	0.54
9	0.34	0.36	18-4	0.62	0.44
10	0.55	0.66	18-5	0.52	0.60
11	0.44	0.44	19-1	0.62	0.72
12	0.43	0.38	19-2	0.64	0.40
13	0.68	0.52	19-3	0.51	0.38
14	0.55	0.46	19-4	0.27	0.34
15	0.51	0.38	19-5	0.56	0.52
16-1	0.74	0.44	20-1	0.73	0.38
16-2	0.61	0.58	20-2	0.41	0.58
16-3	0.41	0.46	20-3	0.59	0.42
16-4	0.50	0.60	20-4	0.41	0.26
16-5	0.64	0.56	20-5	0.55	0.46

鑑別度則介於0.88～0.16之間，其平均數為0.50，標準差為0.15，顯示本試題難度適當，鑑別度亦相當高。尤其第16～20題有關科學過程技能的試題，均具有相當高的鑑別能力。

信度資料：

根據三組（即實驗組、對照組(I)與(II)）的平均數與標準差，利用KR 21公式（Kuder - Richardson Formula # 21）計算其信度係數，結果如表三，分別得0.82，0.81及0.84，均達0.01的顯著水準，顯示本測驗可靠性相當高。

〔表三〕 三組平均數、標準差與信度指數

	實驗組 N = 483	對照組(I) N = 244	對照組(II) N = 253
平均數 (M)	23.69	22.11	21.94
標準差 (SD)	6.94	6.89	7.34
信度指數 (rt)	0.82**	0.81**	0.84**

** 達 0.01 的顯著水準

測驗結果之分析與討論

各校實驗組與對照組的成就測驗總成績分佈、平均數與標準差如表四。

〔表四〕 各校成績分佈一覽表

(Ex = 實驗班, C₁ = 對照組(I), C₂ = 對照組(II))

成 績	明德國中		忠孝國中		永和國中		中正國中		大甲國中		居仁國中		建興國中		五福國中		大同國中		新生國中	
	Ex	C ₂	Ex	C ₁	Ex	C ₂	Ex	C ₁	Ex	C ₂	Ex	C ₁	Ex	C ₂	Ex	C ₁	Ex	C ₂	Ex	C ₁
38-40	1		2												1				1	
35-37			3		1	10	2		1				1	1	5	3			1	
32-34	5	4	3	2	2	19	3		3				4	1	22	11	1		8	3
29-31	4	2	8	4	11	15	4	1	3				7	1	17	16	2	1	9	11
26-28	5	4	5	6	13	11	5	2	4	6	5		11	9	11	12	1	1	14	16
23-25	3	4	3	7	7		7	5	12	10	7	3	7	7	2	9	2	2	9	14
20-22	8	5	6	9	7	1	9	3	6	15	13	9	11	15	1	3	13	10	6	7
17-19	4	2	3	5	2	1	5	10	7	8	10	10	9	12		1	8	8	3	
14-16	6	5	4	4	1		6	16	4	12	9	11	2	3		1	12	12		
11-13	1	10	2				5	11	4	5	8	7		4			7	7		
8-10	2	2	1	3			1	2	2		3	4	1				2	7		
5-7		1	1	1				1				1								
2-4																				
0-1																				
總人數	39	39	41	41	44	57	47	51	46	56	55	45	53	53	59	56	48	48	51	51
平均數	22.85	19.38	24.66	21.66	26.11	31.11	21.36	16.52	21.72	19.66	18.44	16.27	24.06	21.40	30.85	28.33	18.06	16.38	27.12	26.35
標準差	7.27	7.74	8.21	6.48	4.37	3.71	6.87	4.95	6.51	4.46	5.00	4.40	5.54	5.08	3.36	4.42	4.29	4.97	4.71	3.32

三組各項測驗成績差異性之考驗：

根據各組的組間與組內離均差分析變異數，求 F 值結果如表五，顯示無論「知識之記憶、再認」與「科學過程技能」成績，三組之間均有顯著差異，尤其後者，其差異性已達 0.01「很顯著」的差異（F 值達 9.76），前者也達 0.05 的顯著水準（F = 3.09）。

在過程技能測驗項目下，尤以「數據處理」及「概念一般化」兩項，三組間差異性最為顯著，其 F 值分別達 17.47 與 14.37，「數據解釋」一項差異性（F = 8.53）亦很顯著，只有「實驗操作」三組間的差異不顯著。

這項 F 值的考驗說明了三組內至少有二組之間有顯著差異。

〔表五〕 實驗組、對照組(I)(II)三組各項成績之比較

測 驗 內 容	實 驗 組 N = 483		對照組(I) N = 244		對照組(II) N = 253		F 值
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差	
1 知識之記憶或再認	12.79	3.67	12.52	3.84	12.06	3.92	3.09*
2 科學過程技能	10.88	3.88	9.74	3.73	9.82	4.08	9.76**
2a. 實驗操作	2.87	1.19	2.81	1.16	2.67	1.36	2.24
2b. 數據處理	2.68	1.18	2.30	1.09	2.21	1.13	17.47**
2c. 數據解釋	2.56	1.07	2.29	1.05	2.29	1.01	8.53**
2d. 概念一般化	2.78	1.12	2.31	1.13	2.69	1.14	14.37**
總 分	23.69	6.94	22.11	6.89	21.94	7.34	6.89**

* $\alpha = 0.05$ F.95(2,500) = 3.01 F.95(2,1000) = 3.00

** $\alpha = 0.01$ F.99(2,500) = 4.65 F.99(2,1000) = 4.63

實驗組與對照組(I)之間差異顯著性考驗：

根據實驗組與對照組(I)各組的平均成績與組內均方，計算 t 值，結果如表六。實驗組各項成績的平均數，似乎都比對照組

(I) 高，但其差異性考驗結果顯示，就「知識之記憶或再認」一項成績，兩組之間的差異並不顯著，可以說「半斤八兩」，但，「科學過程技能」的成績則有相當顯著（達 0.01 的顯著水準）的

〔表六〕 實驗組與對照組(I)兩組差異顯著性考驗

測 驗 內 容	實 驗 組 N = 483		對照組(I) N = 244		t 值
	平均數	標準差	平均數	標準差	
1 知識之記憶或再認	12.79	3.67	12.52	3.84	0.91
2 科學過程技能	10.88	3.88	9.74	3.73	3.72**
2a. 實驗操作	2.87	1.19	2.81	1.16	0.69
2b. 數據處理	2.68	1.18	2.30	1.09	4.20**
2c. 數據解釋	2.56	1.07	2.29	1.05	3.37**
2d. 概念一般化	2.78	1.12	2.31	1.13	5.28**
總 分	23.69	6.94	22.11	6.89	2.86**

** $\alpha = 0.01$ t.99(500) = 2.334 t.99(∞) = 2.326

差異。

在「科學過程技能」下各項技能中，只有「實驗操作」的成績兩組不相上下（差異不顯著）。似乎是因現行教材中亦有很多實驗，對照組的學生也做過不少實驗之故。但，「數據處理」「數據解釋」及「概念一般化」等科學技能的成績，則以實驗組的學生為高，其顯著性達0.01的高水準。顯示實驗組學生在這些方面有較高的成就。

實驗組與對照組(Ⅱ)之間的差異顯著性考驗

對照組(Ⅰ)是三年級的學生，他們在一年級的時候，學過生物，二年級則學過物理與化學每

週各二小時，在三年級的第一學期，則因升學輔導，各校均設有複習課，或舉行複習考，以幫助學生複習一年級的生物教材，所以即使三年級設有正式的生物課程，但，對於本測驗範圍、內容均應不陌生。

兩組各項成績平均數，標準差及 t 值如表七，顯示無論「知識之記憶再認」與「科學過程技能」成績，均以實驗組為高，其差異均達0.01的高顯著水準。但，仍以後者的差異較大（3.50對2.49）。

在科學過程技能各項中，只有「概念一般化

〔表七〕 實驗組與對照組(Ⅱ)兩組差異顯著性考驗

測 驗 內 容	實驗組 (N=483)		對照組(Ⅱ)(N=253)		t 值
	平均數	標準差	平均數	標準差	
1.知識之記憶或再認	12.79	3.67	12.06	3.92	2.49**
2.科學過程技能	10.88	3.88	9.82	4.08	3.50**
2a. 實驗操作	2.87	1.19	2.67	1.36	2.13 *
2b. 數據處理	2.68	1.18	2.21	1.13	5.34**
2c. 數據解釋	2.56	1.07	2.29	1.01	3.43**
2d. 概念一般化	2.78	1.12	2.69	1.14	1.06
總 分	23.69	6.94	21.94	7.34	3.20**

$$* \alpha = 0.05 \quad t_{.95}(500) = 1.648 \quad t_{.95}(\infty) = 1.645$$

$$** \alpha = 0.01 \quad t_{.99}(500) = 2.334 \quad t_{.99}(\infty) = 2.334$$

」的兩組成績不相上下，其可能原因為：學生為準備升學考試，做過較多的試題，雖不經「數據處理」與「數據解釋」的過程，尚能「辨別」或「選出」正確的答案，因為一般升學考試的試題都考科學過程的產品——科學概念或知識，而不考「過程」，所以這一組三年級的學生，在數據的「處理」與「解釋」項目中仍得不到高分，其成績比實驗班差得多，其顯著性仍達0.01的高水準。

實驗組與對照組之間的差異性考驗

對照組(Ⅰ)為一年級的學生，對照組(Ⅱ)為三年級的學生，實驗組則為二年級的學生。對照組的設立意義已在前詳述。究竟實驗組與這兩組

對照組總成績的差異又如何？比較結果如表八。

兩組比較顯示，各項成績均以實驗組為高。值得注意的是，仍以「科學過程技能」的成績差異較顯著， t 值達4.42（達0.01的高水準），「知識的記憶與再認」方面的成績差異也顯著，但其 t 值只達2.07（僅達0.05的顯著水準）。

在各項過程技能中，只有「實驗操作」一項差異顯著性在0.05的水準，其他各項均達0.01的高水準，其中「數據處理」與「數據解釋」兩項差異最大（其 t 值分別是5.85與4.13），「概念一般化」一項的差異也不少，（ t 值3.86也達0.01的高水準），顯示實驗班的學生受過較好的科學訓練，也就是說其科學過程技能方面的成就較為

〔表八〕 實驗組與對照組兩組差異顯著性考驗

測 驗 內 容	實驗組 (N=483)		對照組 (N=497)		t 值
	平均數	標準差	平均數	標準差	
1. 知識之記憶或再認	12.79	3.67	12.29	3.88	2.07*
2. 科學過程技能	10.88	3.88	9.78	3.91	4.42**
2a. 實驗操作	2.87	1.19	2.74	1.26	1.72*
2b. 數據處理	2.68	1.18	2.25	1.13	5.85**
2c. 數據解釋	2.56	1.07	2.29	1.03	4.13**
2d. 概念一般化	2.78	1.12	2.50	1.13	3.86**
總 分	23.69	6.94	22.02	7.12	3.71**

* $\alpha = 0.05$ $t_{.95}(500) = 1.648$ $t_{.95}(\infty) = 1.645$

** $\alpha = 0.01$ $t_{.99}(500) = 2.334$ $t_{.99}(\infty) = 2.334$

顯著。

在十所實驗學校中，曾有些教師或家長擔心，這種「以活動為中心」「經由親身經驗學習科學」的學習方式，可能減少學生所能獲得科學知識的份量；也有些家長深恐這些實驗班的學生在將來的「升學競爭」或「高中聯考」中吃大虧，但本測驗結果顯示，只要所學教材的內容範圍相若，實驗班學生的各項成就均超過對照組，尤其

科學方法方面的成就更高，似可不必擔憂在考場中吃虧。

實驗班中男女生的成就比較

十所實驗學校十個實驗班之中，有五班是男生班，二班女生班，只有三班（基隆中正、台北永和與台東新生國中）是男女合班。就這三班學生做男生與女生各項成就之比較，結果如表九。

就各項平均數來看，男生與女生都差不多，

〔表九〕 實驗組中男生與女生各項成績之比較

測 驗 內 容	男生 (N=77)		女生 (N=65)		t 值
	平均數	標準差	平均數	標準差	
1. 知識之記憶或再認	13.29	3.18	12.85	3.27	0.80
2. 科學過程技能	12.33	3.38	11.50	2.97	1.53
2a. 實驗操作	3.52	1.11	3.08	0.95	2.49**
2b. 數據處理	3.06	1.31	3.02	1.12	0.19
2c. 數據解釋	2.92	1.09	2.65	1.06	1.48
2d. 概念一般化	2.91	1.11	2.71	1.09	1.07
總 分	25.87	6.17	24.18	5.49	1.70*

* $\alpha = 0.05$ $t_{.95}(120) = 1.658$ $t_{.95}(500) = 1.648$

** $\alpha = 0.01$ $t_{.99}(120) = 2.358$ $t_{.99}(500) = 2.334$

由統計學的觀點，以 t 值來看，除「2a. 實驗操作」一項以外，並沒有顯著差異，即男女生無論知識之記憶再認，或各項科學技能，其成就並無差異。

有趣的是，男女生間唯一有顯著差異的一項，正是實驗組與對照組的科學過程技能中唯一差

異最小的一項。

各校實驗班之間的差異

各校實驗班各項成績的平均數與標準差列表如表十。

本表顯示各校成績變異甚大。平均數在25分以上（滿分為40分）的有高雄五福、台北永和與

〔表十〕 各校實驗班各項成績之平均數 (M) 與標準差 (SD) 一覽表

測驗內容	1 知識之記憶再認	2 科學過程技能	2a. 實驗操作	2b. 數據處理	2c. 數據解釋	2d. 概念一般化	總分
明德國中M	12.47	10.32	2.33	2.85	2.05	3.08	22.85
N=39 SD	4.00	3.78	1.56	1.48	1.20	1.14	7.27
忠孝國中M	13.26	11.30	3.12	2.88	2.39	2.93	24.66
N=41 SD	4.26	4.52	1.45	1.52	1.23	1.22	8.21
永和國中M	13.77	12.14	3.50	3.09	2.66	2.98	26.11
N=44 SD	2.40	2.82	1.06	1.04	0.93	1.12	4.37
中正國中M	11.24	10.73	3.00	2.72	2.55	2.44	21.96
N=47 SD	3.73	3.59	1.09	1.32	1.06	1.25	6.87
大甲國中M	11.80	9.85	2.46	2.20	2.57	2.76	21.72
N=46 SD	2.97	3.47	1.17	1.35	1.19	1.13	6.51
居仁國中M	10.59	7.86	2.06	1.69	2.07	2.00	18.44
N=55 SD	3.32	3.19	1.30	1.01	0.99	1.11	5.00
建興國中M	13.42	10.65	2.74	2.42	2.77	2.87	24.06
N=53 SD	2.63	3.96	1.44	1.19	1.11	1.21	5.54
五福國中M	16.48	14.31	3.85	3.46	3.36	3.75	30.86
N=59 SD	1.62	2.15	0.82	0.83	0.86	0.97	3.36
大同國中M	9.96	8.04	2.08	2.25	1.79	1.94	18.06
N=48 SD	2.65	3.16	1.12	1.23	1.17	1.11	4.29
新生國中M	14.21	12.95	3.45	3.29	3.14	3.04	27.12
N=51 SD	2.38	2.80	0.98	1.23	0.95	0.96	4.71
F 值	43.55**	38.44**	24.53**	138.62**	21.96**	24.79**	50.90**

** $P < 0.01$

台東新生國中等三校,台北忠孝與台南建興國中等二校也有接近25分的平均數;此外,總平均數未滿20分的,則有台中居仁及屏東大同國中等二校。

各地區各校的學生素質不同,所選做實驗班的學生素質也不同,本測驗所處理的學生,有高成就的學生,也有低成就的學生。

就各項過程技能的測驗成績來看,「數據處理能力」一項的成績,在各校實驗班之間的差異最大,F值達138.62!其餘各項過程技能之間的差異,雖然也都達到0.01的顯著水準,但F值都在20與30之間。

就「知識之記憶或再認」與「科學過程技能」兩大項來比較,雖然二者之差異,均達0.01的

顯著水準,但,後者之間的差異顯著性較小,前者之F值為43.55,後者則只有38.44,正好與實驗組和對照組之間的情形相反。

結論

1 在相同或類似的教材內容範圍之下,經過這種以學生活動為中心的學習活動之後,學生所學到的科學知識並不比對照組的學生為少,但在科學過程技能方面,尤其「數據處理」「數據解釋」「概念一般化」的能力,則遠比對照組為高。

2 在實驗班之內,在這種教學活動下,男女生之間在「知識之記憶」與「科學過程技能」各方面的成就,除了「實驗操作能力」一項有顯著

差異之外，其他各項均相等。

3. 分布各地區十個實驗班學生之間各項成績差異都很大。尤以「數據處理能力」各校之間的差異最大。

4. 在實驗班之間，有關「科學過程技能」的成就之差異較小，「科學知識之記憶或再認」成績之差異較大，剛好與實驗組與對照組之間的情形相反。

科學教育之目的，在於培育具有科學素養的未來公民，強記科學知識並沒有任何教育意義，學校應幫忙學生培養其以科學方法求知識、或解決生活上問題的能力。

本次分析研究就科學Ⅱ的第三冊生物學教材部分測驗學生成就，結果似可證明這一套科學課程教材，在培養學生科學過程技能方面，已經有初步的、明顯的效果。關於科學Ⅰ以及科學Ⅱ的其他部分，亦應繼續做分析研究，以爲評鑑此課程實驗成就之依據。

致謝

本次測驗與分析研究，有賴十所實驗學校校長及教務主任在行政上密切配合；並承蒙各校全體實驗教師協助進行測驗，並做初步統計；本校教育心理學系盧欽銘教授提供統計分析資料，並協助分析部分數據；本校科教中心同仁協助統計各項數據，始順利完成，特此一并致謝。

參考文獻

1 楊冠政，「我國國民中學科學課程實驗研究」，科學教育月刊第二期第22頁，師大科教中心，民國65年10月。

2 D.W. McCurdy, "An Analysis of Qualities of Self-Directedness as Related to Selected Characteristics of ISCS Students", *Science Education*; 59(1): 5-12 (1975).

3 L.E. Klopfer, "Evaluation of Science Achievement and Science Test Development in an International Context: The IEA Study in Science", *Science Education*; 57(3): 387-403 (1973).

4 林清山，心理與教育統計學，台北市：東華書局，第270～283頁，第314～317頁，民國66年。

5 G.F. Kuder and M.W. Richardson, "The Theory of the Estimation of Test Reliability", *Psychometrika*, 2: 151-260, September 1937.

6 V.H. Noll and D.P. Scarnell, "Introduction to Educational Measurement (3rd. Ed.) P.P. 252-256, Houghton Mifflin Co., Boston, 1972.

〔作者現職：國立臺灣師範大學生物系副教授〕

（上接15頁，「矛盾」在教學上之應用）

於重元素呢？

解答：貝斯（Bethe）提供了答案。他發現，星球可以經由核熔合的過程，將輕的元素轉化成較重的元素。

從以上的例子，顯然，波爾林所建立激發好奇心的模式，和科學思想的發展過程有相同的架構。庫林（Thomas Kulin）即認為科學的進步就是藉著觀念和事實間的矛盾，獲得發展。當所觀

察的事實，和一種已經被接受的理論模型不一致時，這個模型就必須加以修正，以求和觀察數據符合。因此，科學的進展，就是隨著新的知識出現，一連串不斷修改和重建的過程。

使用這些能刺激科學思想成長（發展）的教學技術，教師就有了一項有力的教學方法。透過這種有力的方法，使科學思想、觀念的發展和人類心理成熟的活動過程趨於一致。

〔作者現職：彰化省立教育學院科學教育系講師〕