

參、結果與討論

一、我國十五歲國三學生之科學能力

TIMSS 2007 施測時，我國受測的 15 歲國中學生僅兩位在國二，其餘 2709 位都在國三。統計結果顯示我國學生在科學素養排名第三，平均分數為 526 分，與第二名的愛沙尼亞沒有顯著差異（表 10）。辨識議題的能力排名第五，平均分數為 504 分，與第三及第四名沒有顯著差異。科學解釋的能力排名第三，平均分數為 538 分，與第二及第三名沒有顯著差異。運用證據的能力排名第四，平均分數 525 分，與第二及第三名沒有顯著差異（表 11）。

此結果顯示若將 PISA 國中學生單獨選出，我國國三學生在 PISA 2006 國際比較下的表現和國二學生在 TIMSS 2007 的表現並沒有相去太遠。

在 PISA 2006 國際比較下我國 15 歲學生科學能力表現落後是受到高一學生的影響。在跨國比較之下，我國 15 歲高中學生（高一 6097 名及高二 7 名受測）的科學能力整體表現落到了第 10 名，平均分數 536 分（標準誤為 5.3）；此平均分數與我國 15 歲國中學生相比，沒有顯著差異；亦即雖然多了一年的科學學習，但能力並無增長。此一現況及其原因值得未來進一步深入探討。

表 10：PISA 2006 之 15 歲 7-9 年級學生科學素養前 11 名國家/地區之排名與平均分數

排名	國家	平均分數	學生樣本大小	學校樣本大小	佔 15 歲學生百分比
1	芬蘭	563 (2.0) ▲	4713	155	100%
2	愛沙尼亞	530 (2.5)	4770	169	98%
3	臺灣	526 (4.2)	2711	89	36%
4	列支敦斯登	513 (4.3) ▼	301	11	89%
5	香港	506 (3.7) ▼	1662	146	37%
6	瑞典	502 (2.4) ▼	4349	176	98%
7	瑞士	499 (2.9) ▼	10937	473	79%
8	波蘭	497 (2.3) ▼	5423	179	99%

▲：顯著高於我國學生平均分數($p < .05$)。▼：顯著低於我國學生平均分數($p < .05$)。

註：學生樣本大小未達 100 者不予計入排名。刪除七國後，共 50 國計入排名。

表 10 (續)：PISA 2006 之 15 歲 7-9 年級學生科學素養前 11 名國家/地區之排名與平均分數

排名	國家	平均分數	學生樣本大小	學校樣本大小	佔 15 歲學生百分比
9	愛爾蘭	495 (3.7) ▼	2842	165	61%
10	丹麥	495 (3.1) ▼	4440	203	97%
11	捷克	494 (3.9) ▼	2947	158	48%

▲：顯著高於我國學生平均分數($p < .05$)。▼：顯著低於我國學生平均分數($p < .05$)。

註：學生樣本大小未達 100 者不予計入排名。刪除七國後，共 50 國計入排名。

表 11：PISA 2006 之 15 歲 7-9 年級學生三種科學能力前五名國家/地區之排名與平均分數

排名	辨識科學議題		科學地解釋		運用科學證據	
	國家	平均分數	國家	平均分數	國家	平均分數
1	芬蘭	555 (2.3) ▲	芬蘭	566 (2.0) ▲	芬蘭	567 (2.3) ▲
2	愛沙尼亞	515 (2.6) ▲	愛沙尼亞	540 (2.6)	愛沙尼亞	530 (2.7)
3	列支敦斯登	514 (4.0)	臺灣	538 (4.2)	列支敦斯登	525 (4.5)
4	愛爾蘭	504 (3.7)	香港	515 (4.0) ▼	臺灣	525 (4.4)
5	臺灣	504 (4.4)	捷克	509 (3.8) ▼	瑞士	504 (3.3) ▼

▲：顯著高於我國學生平均分數($p < .05$)。▼：顯著低於我國學生平均分數($p < .05$)。

註：學生樣本大小未達 100 者不予計入排名。刪除七國後，共 50 國計入排名。

二、閱讀能力與我國十五歲國三學生科學能力之關係

PISA 2006 將閱讀能力劃分為六個層級 (OECD, 2007)。由於本研究僅考慮十五歲 7-9 年級的學生，若將這部分學生再區分為六個層級，每個層級的樣本可能太小。各層級樣本若太小，平均值估計誤差 (標準誤) 將會太大 (一般而言，樣本大小若小於 50，標準誤將大於 10)。因此將能力層級簡併為高中低三個階層。原來的第 0 及 1 階層合併為低能力階層，第 2 及 3 階層合併為中能力階層，第 4 及 5 階層合併為高能力階層。

我國 15 歲國三各閱讀能力層級學生的科學能力跨國比較結果如下：

- (1) 在整體科學素養上，低閱讀能力層級學生平均分數 406，排名第四，與第二、三名無顯著差異；中閱讀能力層級學生平均分數 526，排名第一；高閱讀能力層級學生平均分數 616 分，排名第二，與第一名的芬蘭無顯著差異。
- (2) 在辨識議題的能力上，我國低閱讀能力層級學生平均分數 387，排名第 15，但與第四名到第 14 名國家/地區學生無顯著差異；中閱讀能力層級學生平均分數 505，排名第四，與第二、三名無顯著差異；高閱讀能力層級學生平均分數 589，排名第八，與第四至第七名無顯著差異。
- (3) 在科學解釋的能力上，我國低閱讀能力層級學生平均分數 418，排名第五，與

第二至四名生無顯著差異；中閱讀能力層級學生平均分數 538，排名第一；高閱讀能力層級學生平均分數 628，排名第一。

在運用證據的能力，我國低閱讀能力層級學生平均分數 399，排名第四，與第一至三名無顯著差異；中閱讀能力層級學生平均分數 526，排名第一；高閱讀能力層級學生平均分數 617，排名第三，與第二名無顯著差異。

表 12：PISA 2006 之 15 歲 7-9 年級各閱讀能力學生三種科學能力前五名國家/地區之排名與平均分數

排名	低閱讀能力層級		中閱讀能力層級		高閱讀能力層級		
	國家	平均分數	國家	平均分數	國家	平均分數	
科學	1	愛沙尼亞	421 (4.3) ▲	臺灣	526 (3.0)	芬蘭	617 (2.8)
	2	芬蘭	413 (6.4)	芬蘭	523 (2.2)	臺灣	616 (5.7)
	3	澳門	408 (2.8)	愛沙尼亞	518 (2.0) ▼	愛沙尼亞	611 (4.2)
	4	臺灣	406 (4.6)	列支敦斯登	506 (5.0) ▼	捷克	605 (4.8)
	5	捷克	401 (5.5)	捷克	503 (2.7) ▼	澳大利亞	603 (6.8)
辨識議題	1	愛沙尼亞	415 (3.5) ▲	芬蘭	517 (2.0) ▲	芬蘭	606 (2.0) ▲
	2	芬蘭	405 (6.1) ▲	列支敦斯登	507 (4.7)	澳大利亞	605 (5.8) ▲
	3	荷蘭	399 (4.3) ▲	澳大利亞	505 (4.2)	荷蘭	604 (5.0) ▲
	4	拉脫維亞	398 (3.9)	臺灣	505 (3.6)	列支敦斯登	597 (6.4)
	5	克羅埃西亞	395 (3.3)	愛沙尼亞	504 (2.2)	瑞士	595 (2.3)
8					臺灣	589 (3.4)	
15	臺灣	387 (4.9)					
科學解釋	1	愛沙尼亞	429 (3.3) ▲	臺灣	538 (3.1)	臺灣	628 (3.6)
	2	芬蘭	428 (5.2)	芬蘭	528 (2.1) ▼	愛沙尼亞	621 (3.3)
	3	捷克	420 (4.5)	愛沙尼亞	528 (2.1) ▼	捷克	618 (4.2)
	4	澳門	419 (3.2)	捷克	516 (2.8) ▼	芬蘭	616 (1.9) ▼
	5	臺灣	418 (3.9)	匈牙利	515 (2.6) ▼	匈牙利	608 (3.9) ▼
運用證據	1	愛沙尼亞	409 (3.4)	臺灣	526 (3.2)	芬蘭	626 (1.9) ▲
	2	澳門	400 (3.2)	芬蘭	522 (2.3)	列支敦斯登	626 (7.9)
	3	芬蘭	399 (5.6)	愛沙尼亞	517 (2.2) ▼	臺灣	617 (3.5)
	4	臺灣	399 (5.2)	列支敦斯登	516 (5.4) ▼	愛沙尼亞	616 (2.7)
	5	俄羅斯	388 (3.5)	瑞士	502 (2.1) ▼	瑞士	613 (2.8)

▲：顯著高於我國學生平均分數(p<.05)。▼：顯著低於我國學生平均分數(p<.05)。

註：各層級學生樣本大小未達 50 者不予計入排名。共 37 國計入排名。

我國低閱讀能力層級學生的辨識議題能力雖然看起來排名不佳，然而事實上我們和第四名的拉脫維亞並沒有顯著差異，這就表示我國也可能是第四名，因此我國低閱讀能力層級學生的辨識議題能力其實並不差。在辨識議題的能力上，我國高閱讀能力層級學生的情況也是一樣，和其他國家比較，僅顯著低於芬蘭、澳大利亞和荷蘭。

綜合而論，我國十三歲國三學生的科學素養及分項科學能力在跨國比較下的表現並不受閱讀能力的影響。

三、科學學科主題之學習

與 TIMSS 2007 前十名國家/地區比較，在 19 個主題中有七個主題我國學生的答對率顯著較高，其餘 12 個主題，我國與之無顯著差異（表 13）。與新加坡比較，我國學生的答對率在三個主題上顯著較高，在三個主題上顯著較低，在其餘 13 個主題上無顯著差異（表 13）。

我國學生答對率顯著低於新加坡的三個主題是物理的「電與磁」、地球科學的「地球與太陽系及宇宙」以及生物的「生態系」。「電與磁」以及「地球與太陽系及宇宙」這兩個主題目前多安排在國三施教。「生態系」此一主題雖然是國二的教學範圍，但教學時間是國二下接近 TIMSS 施測的時間。因此很可能部分學生學了，但部分學生還沒有學。綜合而論，我國學生在這三個主題的表現之所以顯著低於新加坡，皆因學生尚未學到之故。雖然九年一貫課綱並未規範到國中三年每一年的教學內容，因此各校可以自行調整教學次序。然而，衡量自然與生活科技領域的整體教學範圍以及教學內容的次序安排，各校並不需要因為 TIMSS 的這個調查結果而有所調整，課綱也不需因此而有所更改。

表 13：TIMSS 2007 之我國 8 年級學生於各學科主題答對率與前十名國家/地區平均及新加坡之比較

學科	主題（題數）	答對率		
		台灣	前十名國家/地區	新加坡
生物	生物體的特性、分類和生長過程(15)	0.60 (0.05)	0.56 (0.04)	0.60 (0.05)
	細胞與其功能 (12)	0.58 (0.06)	0.51 (0.05)	0.66 (0.05)
	生命週期、繁殖與遺傳 (10)	0.49 (0.08)	0.46 (0.05)	0.55 (0.04)

表 13(續)：TIMSS 2007 之我國 8 年級學生於各學科主題答對率與前十名國家/地區平均及新加坡之比較

學科	主題 (題數)	答對率		
		台灣	前十名國家/地區	新加坡
	生物多樣性、適應和天擇 (5)	0.62 (0.07)	0.56 (0.06)	0.49 (0.06)
	生態系統 (25)	0.58 (0.03)	0.54 (0.03) ▼	0.64 (0.03) ▲
	人體健康 (8)	0.73 (0.05)	0.67 (0.04) ▼	0.61 (0.05) ▼
化學	物質分類及組成 (22)	0.60 (0.04)	0.52 (0.04) ▼	0.61 (0.04)
	物質特性 (7)	0.72 (0.06)	0.59 (0.05) ▼	0.57 (0.06) ▼
	化學變化 (12)	0.64 (0.05)	0.52 (0.05) ▼	0.55 (0.05) ▼
物理	物質的物理狀態及變化 (9)	0.48 (0.07)	0.49 (0.03)	0.52 (0.04)
	能量轉換、熱與溫度 (13)	0.59 (0.06)	0.52 (0.04)	0.62 (0.05)
	光 (6)	0.65 (0.07)	0.54 (0.05) ▼	0.65 (0.07)
	聲音 (5)	0.70 (0.05)	0.62 (0.05)	0.64 (0.06)
	電與磁 (6)	0.37 (0.11)	0.46 (0.04)	0.66 (0.04) ▲
	力與運動 (13)	0.55 (0.06)	0.52 (0.06)	0.60 (0.05)
地球	地球結構與物理特徵 (7)	0.56 (0.08)	0.52 (0.06)	0.57 (0.06)
科學	地球的作用、週期與歷史 (18)	0.58 (0.06)	0.52 (0.05) ▼	0.55 (0.04)
	地球資源、運用及保護 (6)	0.65 (0.05)	0.56 (0.06)	0.61 (0.04)
	地球與太陽系及宇宙 (9)	0.51 (0.04)	0.55 (0.04)	0.58 (0.06) ▲

▲：顯著高於我國學生 ($p < .05$)。▼：顯著低於我國學生 ($p < .05$)。

肆、結論與建議

針對科學能力，在單獨選取 PISA 2006 國中部分的評量結果重新分析之後發現我國國三學生的科學能力在國際上還是名列前茅（整體排名第三，辨識議題能力排名第五，科學解釋能力排名第三，運用證據能力排名第四）。在 TIMSS 2007 所測量的三項認知能力上，我國國二學生的國際排名是在第一到第五之間。在內容知識的學習成就上，根據 TIMSS 2007 的調查結果，我國國二學生各科科學學習成就排名至少為第四名。在各學科主題的學習上，僅在國二學生還沒有學到的三個主題上落後新加坡學生。在「關於科學的知識」的學習上，PISA 沒有提供學生的量尺分數，但在其評量架構中辨識科學議題和運用科學證據是兩項運用科學本質知識的能力，從這兩項能力來看我國 15 歲國三學生在 PISA 定義的科學本質的學習，其學習成果也相當不錯。

從學生的成果表現來看，我國國中小學科學教育的成效是值得肯定的。課程綱要似乎不需要有大幅的修訂。但從 TIMSS 與 PISA 評量架構和九年一貫課程目標的對照比較中，仍可發現還有改善的空間。對自然與生活科技領域能力指標的修訂建議，分兩部分

說明如下。

一、科學與技術本質之認識

對照 PISA 的評量架構，對自然與生活科技領域課程目標中「科學與技術本質」要項之修訂建議如下：

- (1) 結合科學哲學家、教育心理學家、科學課程專家、科學家共同發展課程目標的分類體系。課程之精心安排乃爲了提供學生有組織的學習經驗，藉以有效地達成教育的宗旨。就此而論，課程乃對經驗的理性重建。亦即對所欲提供給學生的學習經驗，課程設計者應發展出合理的架構使之得以被清楚明確地分類與描述。此一分類體系對「科學與技術本質」之內涵應進一步分爲不同之面向。在每一年段，對每一個面向述明所包含的指標。此外，每一個面向應有不同的發展水準，以作爲不同年段該面向之指標發展的基礎。藉此分類體系，使課程目標之組織得以符合順序性、繼續性、統整性與銜接性之要求（黃政傑, 1991）。
- (2) 若自然與生活科技課綱中對科學存有學信念的學習目標僅爲目前這兩條（3-2-0-3 及 3-4-0-6），建議刪除。因爲這兩條是因果律和自然律的信念，此些信念在當代社會中已爲常識而爲一般人所接受，不需特別放在課綱中。課綱將之特別列出，而又未豐富其內涵，在整個課綱架構中顯得突兀。
- (3) 現行課綱在科學探究的起源、目的和實驗上對應的能力指標不夠豐富，應予補充。課程目標之述寫既爲對科學探究經驗的理性重建，就有必要將這些對科學探究的認識外顯而有系統地表明，以達課程綱要建立教師共識之功能。

二、認知能力之培養

對照 TIMSS 與 PISA 的評量架構，對自然與生活科技領域課程目標中「過程技能」與「思考智能」兩要項之修訂建議如下：

- (1) 刪除思考智能此一要項，將之與過程技能合併爲「科學探究」要項。在現行綱要中，思考智能此一要項劃分爲「創造思考」、「批判思考」、「解決問題」、「綜合思考」、「推論思考」等面向，然細究其指標，實皆爲科學探究過程之執行能力，應無獨立成爲單一要項之必要。
- (2) 增補科學解釋的相關能力指標。我國九年一貫課程綱要設定了全國國中小學學生的學習目標，就此而言，此學習目標應該反映社會及學生學習之現況。亦即

在社會需要以及學生需加強培養之處，課綱應特別加以強調。科學探究（建立證據）的能力固然重要，但利用科學知識與證據進行論證的能力在當代民主與科技社會中也很重要，不應偏廢。

- (3) 為因應我國科學教育現況，現行課綱特別納入了自我效能的覺知以及人際互動這兩個層面的指標。這是此課綱的特色應有系統地加以發展。

建立組織跨年段能力指標的理論架構。藉此理論架構將現行課綱之過程技能要項在各年段間能力指標的組織原則明白表達出來。以「觀察」此一次要項為例，課綱中的「觀察」包含了「辨認」的觀察，「運用工具」的觀察，「比較」的觀察，有「設計/計畫」的觀察。這些「觀察」在認知的複雜程度上存在著差異，是隱藏在課綱中的組織原則，有待分析並表明。

參考文獻

- 林英智等 (編著) (2004)：國中自然與生活科技領域（全六冊）。台北縣：康軒文教。
- 邱美虹 (2005)：TIMSS 2003 臺灣國中二年級學生的科學成就及其相關因素之探討。科學教育，282，2-40。
- 教育部 (2008)：國民中小學九年一貫課程綱要：自然與生活科技學習領域。
- 黃政傑 (1991)：課程設計。台北市：東華。
- Dossey, J. A., McCrone, S. S., & O'Sullivan, C. (2006). *Problem Solving in the PISA and TIMSS 2003 Assessments* (No. NCES 2007-049). Washington, DC: National Center for Education Statistics.
- Martin, M. O., Gregory, K. D., & Stemler, S. E. (2000). *TIMSS 1999 Technical Report*. Chestnut Hill, MA: International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., & Foy, P. (2008). *TIMSS 2007 International Science Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Ruddock, G. J., O'Sullivan, C. Y., Arora, A., & Erberber, E. (2005). *TIMSS 2007 Assessment Frameworks*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- OECD (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. Mexico: OECD.