



# 臺灣國中學生在TIMSS及PISA的科學學習 成果表現及其啟示

李哲迪／國立臺灣師範大學科學教育中心助理研究員

## 一、前言

為了在國際比較的脈絡中，瞭解我國科學教育的成效，我國目前參加了兩種國際評比，分別是國際數學與科學教育成就趨勢調查（Trends in International Mathematics and Science Study，簡稱為TIMSS）和學生能力國際評量計畫（The Programme for International Student Assessment，簡稱為PISA）。TIMSS每四年舉行一次調查，最近的一次是在2007年，我國除此次調查外，還參與了1999及2003年的調查。至於PISA，我國僅參加過一次，即2006年的調查。利用此類調查研究所建立的資料庫，研究者進行二次資料分析後，可進一步深入瞭解影響學習成果的相關因素。

TIMSS與PISA所針對的母群不同，兩種調查的評量內容也不相同。關於母群，TIMSS的調查對象為各國四年級和八年級兩個年級的學生（Olson, Martin, 和 Mullis, 2008）；PISA的調查對象是七年級以上的15歲學生，在我國主要是九年級（九年級，佔30.7%）和十年級的學生（佔69.2%）（OECD, 2009）。換句話說，在國中階段，TIMSS與PISA分別調查了八年級和九年級的學生。關於評量的內容，一般而言，TIMSS較偏重學科知識學習成就的評量，PISA偏重認知能力的評量（PISA稱之為科學能力）。這兩種調查在調查對象和評量內容上的差異能互補地幫助我們對我國國中學科學教育有更為完整的瞭解。

本文旨在回顧前述兩種調查及其二次分析的結果，藉以勾畫出當前我國國中學生

的自然科學學習現況。首先，本文將簡介TIMSS和PISA的評量架構及背景問卷之設計。其次是摘要說明TIMSS與PISA調查結果，呈現我國國中學生的科學學習成果。本文所指「科學學習成果」除學科成就和科學能力之外，還包含與科學學習相關的態度，如：科學學習自信、科學學習興趣以及科學評價等。其三是綜合整理相關的二次分析研究，說明影響我國國中學生科學學習成果的課程與教學因素。最後，針對國中自然科學課程綱要與教學的改進方向提出建言。

## 二、TIMSS與PISA調查內容簡介

TIMSS和PISA所做的調查基本上可分為兩部分：學習成果及學習背景。任何一種調查，其內容必然與該調查初始所設定的計畫目標息息相關。以學習成果的調查而言，TIMSS的目的是要瞭解各國學生是否學會了學校科學與數學課程中預定的學習目標，因此其成就測驗基本上是以學校課程—尤其是學科知識內容—為架構而設計的（Martin, Gregory, 和 Stemler, 2000; Mullis等, 2005）。PISA的目的是要瞭解各國受完義務教育後的15歲學生是否具有適應現代生活的基本能力，因此其評量的內容是閱讀、數學與科學素養，而所謂素養指的是運用知識和技能處理日常問題的能力（OECD, 2009）。為研究影響學生科學學習成果的因素，TIMSS與PISA還調查了與科學學習有關的各種背景資料。同樣，基於計畫目標的差異，兩種調查所蒐集的背景資訊也有不同的偏重。



### （一）TIMSS的評量架構

TIMSS的評量是在預期的課程、實施的課程與獲得的課程這個架構之下發展出來的（Mullis 等, 2005）。由於各國的科學課程實際上不可能相同，因此TIMSS所謂的「課程」是各國自然科學與數學課程的最大公約數。對TIMSS 2007八年級的試題來說，在49個國家/地區中，只有賽普勒斯的課程涵蓋率低於50%；80%的國家/地區的課程涵蓋率高於70%（Martin, Mullis, 和Foy, 2008）我國的涵蓋率為91%。

TIMSS的成就測驗是在「知識內容」與「認知能力」二維架構下設計發展的。八年級科學的知識內容按科學學科細分為生

命科學、化學、物理、地球科學等四個內容領域。四個內容領域各自又區分為三至六不等的若干主題（表1）。科學的認知能力則分為「認識」、「應用」與「推理」三個認知領域。「認識」指的是「學生關於科學事實、訊息、概念、工具和程序的知識基礎（Mullis等, 2005）」。「應用」指的是在類似於科學概念教學與學習的情境中對知識的直接運用（Mullis等, 2005）。「推理」指的是在較複雜的作業中所涉及思考能力；這些作業是學生不熟悉的，學生必須運用已知的科學原理原則，加以推演，以獲致解答（Mullis等, 2005）。TIMSS 2007八年級科學的成就測驗有210題，試題在各內容領域及認知領域的分配如表2所示。

表1 TIMSS 2007所評量之學科主題及各主題所配題數（Mullis等, 2005）

| 領域   | 主題                        |                     |
|------|---------------------------|---------------------|
| 生物   | (1) 生物體的特性、分類和生長過程 (15) † | (4) 生物多樣性、適應和天擇 (5) |
|      | (2) 細胞及其功能 (12)           | (5) 生態系統 (25)       |
|      | (3) 生命週期、繁殖與遺傳 (10)       | (6) 人體健康 (8)        |
| 化學   | (1) 物質分類及組成 (22)          | (3) 化學變化 (12)       |
|      | (2) 物質特性 (7)              |                     |
| 物理   | (1) 物質的物理狀態及變化 (9)        | (4) 聲音 (5)          |
|      | (2) 能量轉換、熱與溫度 (13)        | (5) 電與磁 (8)         |
|      | (3) 光 (6)                 | (6) 力與運動 (13)       |
| 地球科學 | (1) 地球結構與物理特徵 (7)         | (3) 地球資源、運用及保護 (6)  |
|      | (2) 地球的作用、循環與歷史 (18)      | (4) 地球與太陽系及宇宙 (9)   |

†：各項主題最後所附括號內之數字為該主題所配之題數。



表 2 TIMSS 2007試題在各內容領域及認知領域之題數分配

|      |      | 認知領域 |    |    |     |
|------|------|------|----|----|-----|
|      |      | 認識   | 應用 | 推理 | 合計  |
| 內容領域 | 生物   | 32   | 26 | 17 | 75  |
|      | 化學   | 15   | 16 | 10 | 41  |
|      | 物理   | 14   | 28 | 12 | 54  |
|      | 地球科學 | 22   | 14 | 4  | 40  |
| 總計   |      | 83   | 84 | 43 | 210 |

表 3 TIMSS 2007背景調查的層面、面向及各層面所對應之問卷（整理自Mullis 等, 2005）

| 層 面      | 面 向                                                                                      | 問 卷       |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 課程       | 1.課程的制訂、2.課程的範圍與內容、3.課程的組織方式、4.對實施的課程的督導與評鑑、5.課程的教材與支援                                   | 課程問卷      |
| 學校       | 1.學校人口統計資料、2.學校組織、3.學校目標、4.校長角色、5.支持數學與科學學習的資源、6.技術、支援與設備、7.學校氣氛、8.家長參與程度、9.教師招募、10.教師評鑑 | 學校問卷      |
| 教師及師資培育  | 1.學院的準備與教師認證、2.教師教學分派、3.初任教師輔導、4.專業成長、5.教師特質                                             | 教師問卷      |
| 課堂活動及其特徵 | 1.課程中學科主題的教學、2.班級大小、3.教學時間、4.教學活動、5.評量與家庭作業、6.電腦及網路的使用、7.計算機的使用、8.對探究的強調                 | 教師問卷、學生問卷 |
| 學生       | 1.家庭背景、2.態度                                                                              | 學生問卷      |



TIMSS對學生學習背景的調查包含五個層面：課程、學校、教師及師資培育、課堂活動及其特徵、學生。在背景脈絡的調查架構中，再一次，我們又可看到TIMSS對學校課程的重視。TIMSS 2007進行背景調查時，各層面所包含的面向以及蒐集各層面的資料時所使用的問卷如表3所示（Mullis等, 2005）。在此要特別說明的是，關於科學學習自信、對科學的態度及科學評價等三項情意面向的學習即包含在學生層面「態度」的調查之中。

### （二）PISA的評量架構

PISA關心的主要是學生是否具足了適應現代生活的基本科學能力。其所謂之科學能力包含三個面向：辨識科學議題、科學地解釋現象以及運用科學證據（見表4）。由於科學能力之運用必然涉及科學知識，因此其測驗的發展同樣是在「科學知識」與「科學能力」二維架構下進行的（OECD, 2007; 2009）。PISA強調該研究並非以學生對學校課程的精熟程度作為調查重點，因此在發展評量架構時，PISA並不以各國課程為參照。PISA在選取科學知識時有三個自己的標準：（1）在現實生活情境中的重要性，（2）能代表重要的科學概念，因而具有持久的效用，（3）

適合15歲學生的發展水準（OECD, 2006）。以PISA 2006為例，其科學試題由108個題目構成（見表5）。

針對學生背景資料的調查，PISA建構了一個二維的概念架構指導其問卷的設計與發展。此二維架構由教育系統的階層和教育活動的組成成分所構成，如表6所示（OECD, 2009）。為蒐集背景資料，PISA要求各國校長和學生均需填寫一份大約三十分鐘的背景問卷。學校問卷所蒐集的訊息包含：學校資源（如：資源的品質與利用、電腦可用程度、教師資格、每年上課小時數、師生比等）、學校政策與常規（如：正式與非正式學習評量之使用、決策過程、教師專業發展、影響學校氣氛的因素、教師士氣與人力等）以及教室情境（如：班級氣氛、成就壓力、教師支持、影響班級氣氛的因素、師生關係、班級大小等）。學生問卷包含：學生的人口統計資料、家庭背景、學習偏好和行為、學習的態度等等（OECD, 2006）。為了獲取更多的背景資料，PISA 2006另有家長問卷與資訊溝通技術熟悉程度問卷可加選（OECD, 2009）。我國在PISA 2006沒有進行加選問卷的調查。

表 4 PISA 2006所評量之科學能力（OECD, 2006）

| 面向      | 次類別                                                                          |
|---------|------------------------------------------------------------------------------|
| 辨識科學議題  | (1) 能辨識出有可能以科學方式進行探究的議題。<br>(2) 能找出對搜尋特定主題的科學資訊有用的關鍵詞。<br>(3) 能認出科學探究中的關鍵特徵。 |
| 科學地解釋現象 | (1) 在給定的問題情境中運用科學知識。<br>(2) 以科學的方式描述或詮釋現象，以及預測變化。<br>(3) 能區別出恰當的描述、解釋及預測。    |
| 運用科學證據  | (1) 詮釋科學證據、下結論、傳達結論。<br>(2) 能辨認出結論背後的假設、證據和推理。<br>(3) 反省科學和技術發展的社會意涵。        |



表5 PISA 2006試題在各個科學知識與科學能力的題數分配 (OECD, 2009)

|          |             | 科學能力        |         |        |     |
|----------|-------------|-------------|---------|--------|-----|
|          |             | 辨識科學議題      | 科學地解釋現象 | 運用科學證據 | 合計  |
| 科學<br>知識 | 科學內容<br>知識  | 物質系統        | 15      | 2      | 17  |
|          |             | 生物系統        | 24      | 1      | 25  |
|          |             | 地球與太空<br>系統 | 12      | 0      | 12  |
|          |             | 科技系統        | 2       | 6      | 8   |
|          | 關於科學<br>的知識 | 科學探究        | 24      | 1      | 25  |
|          |             | 科學解釋        | 0       | 21     | 21  |
| 總計       |             | 24          | 53      | 31     | 108 |

表6 PISA 2006背景問卷設計之概念架構 (OECD, 2009)

| 教育階層   | 教育活動          |          |            |
|--------|---------------|----------|------------|
|        | 先行條件          | 過程       | 成果         |
| 整體教育系統 | 經濟、社會、文化和政治背景 | 教育政策與組織  | 教育系統層面的成果  |
| 教育機構   | 教育機構的特質       | 機構的政策與實務 | 機構層面的成果    |
| 教學單位   | 教學單位的特質       | 學習環境     | 教學單位此層面的成果 |
| 學習者個人  | 學生背景與特質       | 個人層面的學習  | 個人層面的學習成果  |

在情意面向的學習上，PISA的調查分為四個幅度：包含科學學習自信、對科學探究的支持、科學學習興趣、以及對資源與環境的責任感 (OECD, 2007)。這四個幅度分別透過學生背景問卷以及成就測驗卷進行調查。背景問卷的調查是概括地詢問學生對科學和科學學習的整體態度；利用成就測驗卷中的測驗題，則可在特定的問題情境中進行態

度調查，這是PISA特別之處 (OECD, 2006)。

### 三、當前我國國中學生之科學學習成果

學生的科學學習成果可從學科知識、過程技能與態度情意等三方面的學習來瞭解。關於學科知識的學習，我國「國中」學生的成就表現僅能透過TIMSS而得知。因為雖然





PISA調查的15歲在學學生中有高中生也有國中生（絕大多數是九年級學生），但是針對各個自然系統的知識和關於科學的知識，PISA沒有提供每一位學生的學習成就量尺分數，因此無法將國中學生的部份單獨挑選出來分析。其次是過程技能的學習，TIMSS評量的是認知能力，PISA評量的是科學能力，兩種能力各有定義。最後是態度情意的養

成，TIMSS有科學學習自信、對科學的正向態度和科學評價等三項調查，PISA有科學學習自信、科學學習興趣、對科學探究的支持、以及對資源與環境的責任感等四項調查。

#### （一）學科成就

在學科知識的學習上，我國八年級學生參加TIMSS的歷屆表現非常優異，無論是整體表現或分科表現都在前四名之內（表7）。

表 7 TIMSS 歷屆我國八年級學生科學知識學習之國際排名與平均分數

|      | TIMSS 1999 |          | TIMSS 2003 |          | TIMSS 2007 |          |
|------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|
|      | 排名         | 平均（標準誤）  | 排名         | 平均（標準誤）  | 排名         | 平均（標準誤）  |
| 整體   | 1          | 569（4.4） | 2          | 571（3.5） | 2          | 561（3.7） |
| 生命科學 | 1          | 550（3.3） | 2          | 563（3.1） | 3          | 549（1.9） |
| 化學   | 1          | 563（4.3） | 1          | 584（4.0） | 1          | 573（4.2） |
| 物理   | 2          | 552（3.9） | 3          | 569（3.3） | 4          | 554（3.7） |
| 地球科學 | 3          | 538（3.0） | 4          | 548（3.1） | 1          | 545（2.9） |

在參加TIMSS 2007八年級學生科學成就調查的49個國家/地區中，我國八年級學生的科學成就整體表現排名第二，與第一名的新加坡沒有顯著差異；TIMSS 2003時，排名的表現也是如此；TIMSS 1999時，我國第一而新加坡第二，但兩國間仍無顯著差異。在平均得分上，TIMSS 2007與2003兩次的調查相差了10分，有顯著退步；TIMSS 2007與1999兩次調查相差8分，沒有顯著差異（Martin等, 2008）。

在八年級學生的整體科學成就表現的分布上，歷屆TIMSS的調查結果都呈現常態分布。於TIMSS 2007，我國學生得分分布的寬度（標準差）是89分，此分布比新加坡集中（其標準差為104分），而與參加受測的全體國際學生得分分布相差不多（其標準差

為86分）（Olson等, 2008）。此分布寬度與TIMSS 1999相同（Martin, Mullis等, 2000），而比TIMSS 2003寬（該次標準差為78分）（邱美虹, 2005）。

針對學科主題，將我國與TIMSS 2007前十名國家/地區相比，在19個主題中有7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8）。與新加坡相比，我國學生的答對率在3個主題上顯著較高，在3個主題上顯著較低，在其餘13個主題上無顯著差異（表8）（李哲迪, 2009）。在答對率顯著低於新加坡的三個主題中，「電與磁」和「地球與太陽系及宇宙」這兩個主題目前多安排在九年級施教；「生態系」此一主題雖是八年級的教學範圍，但教學時間是八年級下接近TIMSS施測



的時間，因此很可能有部分學生還沒有學到。綜合而論，我國學生在這3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。

表8 TIMSS 2007我國八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）  |
|      | 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）  |
| 地球科學 | 地球結構與物理特徵（7）       | 0.56（0.08） | 0.52（0.06）  | 0.57（0.06）  |
|      | 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（ $p < .05$ ）。



## （二）認知能力與科學能力

TIMSS將科學學習的認知能力細分為三種：認識、應用和推理。TIMSS 2007的調查結果顯示：我國八年級學生在認識能力上排名第一，平均得分565分（標準誤為3.5）；应用能力排名第二，平均得分560分（標準誤為3.4）；推理能力排名第五，平均得分541分（標準差誤3.5）（Martin等, 2008）。在三種認知能力之間，我國八年級學生的認識能力與应用能力沒有顯著差異，而推理能力則顯著比認識和应用能力弱。雖然在各認知領域，我國八年級學生的表現都在五名之內，不可算不優異，但是在推理能力上低於第一名的新加坡達23分之多（效果量為0.25）（Martin等, 2008），造成此差異的原因值得深思。

在能力表現的散佈寬度上，與全體參加國／地區的學生相比，我國八年級學生的認識能力分布（標準差82分）顯著較窄（全體學生的標準差為90）；在其餘兩種能力上，我國學生與全體學生的散佈程度沒有顯著差異（Olson等, 2008）。

PISA將科學能力區分為三項次能力：辨識科學議題、科學地解釋、運用科學證據。PISA 2006施測時，我國受測的15歲國中學

生八年級有2位，九年級有2709位。將各國7-9年級學生單獨挑出來分析（樣本大小未達100者不予分析。刪除七國後，留下50國進行比較），結果顯示我國15歲7-9年級國中學生的整體科學素養排名第三，平均分數為526分，與第二名的愛沙尼亞（平均530分）沒有顯著差異，但與第一名的芬蘭（平均563分）有顯著差異，與第四名的列支敦斯登（平均513分）及第五名的香港（平均506分）有顯著差異。在三項科學能力之間，我國九年級學生的能力從強到弱依序是科學地解釋的能力、運用科學證據的能力、辨識科學議題的能力（表9）（李哲迪, 2009）。

雖然我國九年級國中學生在PISA定義的三項科學能力表現上都在五名內，但若將我國學生的表現與第一名的芬蘭相比，差距不僅顯著，而且都相當大。在科學解釋的能力上兩國學生的表現相差28分（效果量為0.31），在運用科學證據的能力上相差42分（效果量為0.44），在辨識科學議題的能力上相差51分（效果量為0.58）。由表9可知，芬蘭在各項科學能力上都遠遠高於第二名，其經驗非常值得借鏡，而造成我國與之差異如此大的原因更值得進一步深入檢視分析。

表9 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、平均分數與標準差

| 排名 | 辨識科學議題 |                | 科學地解釋 |                 | 運用科學證據 |                 |
|----|--------|----------------|-------|-----------------|--------|-----------------|
|    | 國家     | 平均 / 標準差       | 國家    | 平均 / 標準差        | 國家     | 平均 / 標準差        |
| 1  | 芬蘭     | 555 (2.3) ▲/84 | 芬蘭    | 566 (2.0) ▲/88  | 芬蘭     | 567 (2.3) ▲/96  |
| 2  | 愛沙尼亞   | 515 (2.6) ▲/75 | 愛沙尼亞  | 540 (2.6) /90   | 愛沙尼亞   | 530 (2.7) /92   |
| 3  | 列支敦斯登  | 514 (4.0) /88  | 臺灣    | 538 (4.2) /94   | 列支敦斯登  | 525 (4.5) /107  |
| 4  | 愛爾蘭    | 504 (3.7) /97  | 香港    | 515 (4.0) ▼/92  | 臺灣     | 525 (4.4) /95   |
| 5  | 臺灣     | 504 (4.4) /91  | 捷克    | 509 (3.8) ▼/102 | 瑞士     | 504 (3.3) ▼/105 |

▲：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：刮號中的數字為標準誤。





### （三）與科學學習相關的態度

在科學學習的情意層面，TIMSS和PISA的調查包含四個面向：科學學習自信、科學評價、科學學習興趣及對環境與資源的責任感。前三項為兩種調查所共有，但定義和所問的問題並不完全相同，第四項為PISA所獨有（Martin等, 2008；OECD, 2007）。

首先，在科學學習自信這個面向上，根據TIMSS 2007的調查，我國八年級學生持高度自信的人數百分比為23%，中度自信者佔36%，低度自信者為41%（表10）。我國八年級學生持高度自信的百分比遠低於國際全體學生。不僅如此，與2003年的調查結果相比，高度自信者的比例顯著下降了4%，而低度自信者的比例則顯著上升了7%（表11）。PISA 2006將科學學習自信分為兩個變項：科學學習自我效能和自我概念。前者要調查的是學生對自己有效克服困難的能力的判斷；後者要調查的是學生對自己在學校科學學習中學科能力的判斷。由表12可見，我國九年級學生在面對PISA問卷所列舉的八項困難工作時，表現的自信高於OECD和全體國家15歲七～九年級學生的平均；但在評估自己在學校的科學學習能力時，所表現的自信卻低於OECD和全體國家學生的平均。TIMSS定義的科學學習自信，其內涵相當於PISA定義的科學學習自我概念；兩者調查的對象所屬年段不同，但結果是一致的。

其次，TIMSS 2007對學生評價科學的調查顯示：我國八年級學生有35%對科學持高評價，42%持中評價，24%持低評價（表10）。與TIMSS 2003的調查結果相比，差異未達顯著（表11）。與參與調查的國際全體學生相比，我國八年級學生對科學持高評價之人數百分比低了31%，持中評價之人數百分比高了19%，持低評價者則高了13%（表10）。我國八年級學生對科學持高評價的人數百分比在與我國同樣實施統整課程的29

個國家中排名第27，是倒數第三（Martin等, 2008）。PISA的調查結果則顯示我國九年級學生對科學的評價，無論是一般性的、針對特定科學主題的、或是個人性的，其評價都遠高於OECD和全體國家15歲七～九年級學生的平均（表12）。

TIMSS定義的「科學評價」包含下列四個陳述：（1）我認為學自然科學對我的日常生活有幫助；（2）我需要用自然科學去學習其他學科；（3）我需要學好自然科學以進入我心目中理想的學校；（4）我需要把自然科學學好才能得到我想要的職業。其中，陳述（1）屬於PISA所建構的「個人性科學評價」（在科學探究支持度之下），陳述（1）至（4）屬於PISA的「學科學之工具動機」（在科學學習興趣之下）。由表12可知，在「學科學之工具動機」上，我國九年級學生對科學的評價仍高於OECD和全體國家學生的平均水準。由此看來，從八年級到九年級，我國學生對科學的評價似有改善的趨勢。

其三，在科學學習興趣上，TIMSS 2007調查的「對科學的正向態度」相當於PISA 2006調查的「一般性科學學習興趣」、「特定主題科學學習興趣」和「科學學習喜愛程度」。TIMSS 2007僅整體地問學生是否同意下列敘述：「我喜歡學自然科學」、「自然科學很無趣」以及「我喜歡自然科學」。PISA 2006在這三個向度上所問的問題則對科學和科學學習做了更細的劃分。其「一般性科學學習興趣」把科學分為不同的學科分別詢問學生的學習興趣。「特定主題科學學習興趣」把科學分為不同的研究主題詢問學生的學習興趣。「科學學習喜愛程度」則把科學學習活動做了更細的描述，例如：閱讀科學、獲得新知、解決難題等等。此外，PISA在「特定主題科學學習興趣」和「科學學習喜愛程度」中所問的問題還包含了在日常生活中接



觸科學的情境。

根據TIMSS 2007的調查，我國八年級學生對科學的正向態度不僅遠低於國際全體學生（表10），而且與1999的調查相比，對科學持高度正向態度的學生顯著地下降了22%，持低度正向態度的學生則顯著地上升了14%（表11）。然而，在PISA 2006的調查中，我國九年級學生在前述三個向度上所表現的學習興趣都高於OECD國家15歲七～九年級學生的平均；與國際全體國家的學生相比，在「一般性科學學習興趣」上顯著較低，在其餘

兩項上則沒有顯著差異（表12）。整體說來，我國九年級學生的科學學習興趣約略和國際全體學生的平均水準相當，而高於OECD國家學生的平均。TIMSS和PISA調查結果的差異很可能是由於兩種調查所問的問題，其問題情境不同所致。TIMSS的問法使學生在填答時所想到的科學是學校科學，而PISA的問卷不僅題日本身不會使學生的想法侷限在學校科學，而且在問卷中明白就提示學生問題中所提到的議題包含了校外可能接觸到的議題。顯然，學校科學較難，也因此學生興趣較低。

表10 TIMSS 2007八年級學生在科學學習三個情意變項各水準之百分比分佈

| 國家   | 科學學習自信   |          |          | 科學評價     |          |          | 對科學持正向態度 |          |          |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|      | 高        | 中        | 低        | 高        | 中        | 低        | 高        | 中        | 低        |
| 臺灣   | 23 (1.0) | 36 (0.9) | 41 (1.2) | 35 (1.0) | 42 (0.9) | 24 (0.9) | 40 (1.3) | 24 (0.7) | 36 (1.2) |
| 新加坡  | 40 (1.0) | 38 (0.9) | 21 (0.7) | 67 (0.9) | 25 (0.7) | 8 (0.6)  | 68 (0.9) | 19 (0.7) | 13 (0.6) |
| 英格蘭  | 53 (1.5) | 31 (1.1) | 15 (0.9) | 52 (1.3) | 31 (1.0) | 17 (0.8) | 55 (1.3) | 20 (0.8) | 25 (1.1) |
| 國際全體 | 48 (0.2) | 38 (0.2) | 13 (0.1) | 66 (0.2) | 23 (0.1) | 11 (0.1) | 65 (0.2) | 19 (0.1) | 16 (0.2) |

註1：新加坡為學習成就排名第一且文化與我國接近的國家，英格蘭為西方文化中成就排名最高的地區。

註2：刮號內為標準誤。

表11 我國八年級學生在TIMSS 2007科學學習三個情意變項各水準之百分比分佈及其與TIMSS 2003和TIMSS 1999之差異

|             | 科學學習自信       |             |             | 科學評價        |             |             | 對科學持正向態度      |             |              |
|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|--------------|
|             | 高            | 中           | 低           | 高           | 中           | 低           | 高             | 中           | 低            |
| 2007學生百分比   | 23<br>(1.0)  | 36<br>(0.9) | 41<br>(1.2) | 35<br>(1.0) | 42<br>(0.9) | 24<br>(0.9) | 40<br>(1.3)   | 24<br>(0.7) | 36<br>(1.2)  |
| Δ 2007-2003 | -4*<br>(1.4) | -2<br>(1.2) | 7*<br>(1.6) | 2<br>(1.4)  | -1<br>(1.2) | -1<br>(1.3) | --            | --          | --           |
| Δ 2007-1999 | --           | --          | --          | --          | --          | --          | -22*<br>(1.7) | 8*<br>(0.9) | 14*<br>(1.4) |

--：沒有對應的指標。

\*：差異達顯著。

註：刮號內為標準誤。



表12 PISA 2006之15歲7-9年級學生在科學學習情意變項上的平均表現

| 領域           | 面向            | 臺灣           | OECD國家       | 全體國家         |
|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| 科學學習<br>自信   | 科學學習自我效能      | 0.18 (0.03)  | -0.07 (0.04) | -0.09 (0.03) |
|              | 科學學習自我概念      | -0.41 (0.02) | 0.06 (0.03)  | 0.18 (0.03)  |
| 科學探究<br>支持度  | 一般性科學評價       | 0.73 (0.03)  | -0.04 (0.03) | 0.11 (0.03)  |
|              | 特定主題科學探究支持度 ‡ | 544 (3.9)    | 499 (3.8)    | 509 (3.8)    |
|              | 個人性科學評價       | 0.56 (0.02)  | -0.01 (0.03) | 0.23 (0.03)  |
| 科學學習<br>興趣   | 一般性科學學習興趣     | 0.12 (0.03)  | 0.01 (0.03)  | 0.20 (0.03)  |
|              | 科學學習喜愛程度      | 0.19 (0.02)  | -0.02 (0.03) | 0.19 (0.03)  |
|              | 特定主題科學學習興趣 ‡  | 533 (3.1)    | 510 (4.0)    | 537 (3.6)    |
|              | 學好科學之重要性 †    | 80% (1.1%)   | 65% (1.6%)   | 69% (1.5%)   |
|              | 學科學之工具動機      | 0.30 (0.02)  | 0.00 (0.03)  | 0.20 (0.04)  |
|              | 學科學之遠景動機      | 0.09 (0.02)  | 0.00 (0.03)  | 0.23 (0.03)  |
|              | 科學相關活動之參與     | 0.39 (0.02)  | 0.07 (0.03)  | 0.35 (0.03)  |
| 環境與資源<br>責任感 | 對環境議題之覺知      | 0.44 (0.02)  | -0.13 (0.03) | -0.23 (0.03) |
|              | 對環境議題之關心      | 0.47 (0.03)  | 0.01 (0.03)  | 0.06 (0.03)  |
|              | 對環境議題之樂觀程度    | 0.06 (0.04)  | 0.10 (0.04)  | 0.27 (0.03)  |
|              | 全球永續發展之責任感    | 0.81 (0.02)  | -0.04 (0.03) | 0.04 (0.03)  |

†：認為重要與非常重要的學生百分比。

‡：以OECD國家15歲（含9年級以上）學生全體的平均為500分，變異量為100分。

註1：除「特定主題科學探究支持度」、「特定主題科學學習興趣」、「學好科學之重要性」之外，其餘變項都是以OECD國家15歲（含9年級以上）學生全體的平均為0分，變異量為1分。

註2：刮號內為標準誤。

在「學科學的遠景動機」一項，也就是在判斷個人未來是否選擇與科學有關的職業時，我國九年級學生的回答略高於OECD國家學生的平均水準，但遠比國際全體學生的平均低（表12）。由於學生未來的職業選擇攸關國家的競爭力，更和個人潛能發揮與自我實現有關，此一結果值得在未來PISA調查中持續關注。

最後，在對環境與資源的責任感上，PISA 2006的調查結果呈現我國九年級學生自認非常重視與瞭解環境與資源議題，也非常願意面對與處理相關問題（表12）。在「對環境議題的樂觀程度」上，針對空氣污染、能源短缺、動植物滅絕、為開闢用地而濫伐森林、水資源短缺、核廢料等六項問題，我國學生認為未來會改善的人數百分



比分別是20%、19%、23%、22%、20%、17%。OECD國家學生的平均樂觀程度和我國學生相當。而所有國家的學生在這些問題上認為未來會改善的百分比沒有一項是超過50%的（OECD, 2007）。換句話說，各國學生對全球環境的遠景都不表樂觀。

## 四、我國國中學生科學學習成果之影響因素

由於我國的PISA調查資料建立不久，因此相關的二次分析都是利用TIMSS資料所做的研究。而多數研究又都集中在探討影響學習成就的因素，少部分的研究探討了科學學習興趣的影響因素。由於在分析方法上國內絕大多數研究都沒有考慮測量誤差與取樣誤差，因此在運用研究結果時要極為小心。

### （一）影響科學學習成就的因素

對學科內容和認知能力的科學學習成就之影響因素分析可分為六個層面：文化、課程、學校、班級、家庭和個人。

在文化層面，主要被探討的因素是性別。性別雖然是個人特徵，但影響的機制是社會文化的，因此本質上性別是社會文化層面的因素。TIMSS 2007的調查顯示我國八年級男女生的總體科學成就表現沒有顯著差異。TIMSS 2003我國八年級男女學生科學成就表現也沒有顯著差異。從TIMSS 2003到TIMSS 2007，男生的科學成就下滑，但沒有顯著差異，女生的退步則達顯著。在TIMSS 2007科學分科成就表現上，僅物理的男生平均得分顯著高於女生，其餘各科均無性別差異；在各認知領域上，僅應用能力的男生平均得分顯著高於女生，其餘兩個認知領域均無性別差異（Martin等, 2008）。

在課程層面，目前國內利用TIMSS資料對課程實施結果所做的比較都是採逐題分析的方式進行；亦即，在不同課程或教科書的對照下，針對學生單題的答對率推測造成差

異的可能原因。如：洪佳慧（2002）指出：教科書編排方式、涵蓋的概念範圍、課文敘述方式等都可能影響答對率。逐題分析的方法屬探索性研究，在此基礎上可思考與規劃後續的研究方向，但由於評量工具本身信效度存在較大的問題，因此難以作為評斷課程實施成效的證據。

在學校層面，陳美好（2007）分析TIMSS 2003的資料後認為學校教學資源、電腦數量等與班級平均成績之間沒有顯著相關。然而，這些學校資源必須和教學方式一起分析才比較有意義。例如：如果教師普遍都採用講述式教學，此教學方式所需資源相較較少，因此教學資源的影響自然就不大。另外，陳美好（2007）和蔡佳燕（2007）都注意到學校氣氛與校園安全對學生學習成就有顯著影響。

班級層面的探討進一步可分為課室氣氛、教學方式與評量方式等三個分析方向。從課室氣氛來看，陳美好（2007）和黃馨萱（2007）指出TIMSS 2003的資料顯示學習氣氛、教學氣氛和學習成就之間為正相關。針對教學方式，黃馨萱（2007）對TIMSS 2003資料的分析顯示無論是我國或新加坡探究式教學的頻率和學習成就之間的相關未達顯著；資訊融入教學的頻率也與學習成就無關。House（2005）發現TIMSS 1999的資料顯示在我國使用小組教學和學習成就之間有顯著負相關。不過，此結論與陳乃綺（2008）利用TIMSS 2003所得到的結果相反。陳乃綺（2008）指出在各種探究式教學活動中，做實驗和小組合作一起做實驗對提昇學生各領域的認知能力，效果最為顯著。在家庭作業的指派頻率和作業時間上，陳美好（2007）認為適當就好，約一半的課給作業的班級平均成就最高；每次作業時間在半小時到一小時之間較佳，過短或過長也都不好。在評量方式上，陳乃綺（2008）指出紙筆測驗和指派習題作業僅能提昇學生的認識能力。





以家庭層面的因素來看，許多研究均指出社經地位對學生學習成就影響最大。在TIMSS的調查中，社經地位最有效的指標是家中藏書（吳琪玉，2005；陶韻婷，2007；蔡佳燕，2007；羅珮華，2004）。此外，電腦和書桌也是重要指標（邱美虹，2005；羅珮華，2004）。除社經地位之外，陳美好（2007）指出家長對學生成就的支持、對學校活動的參與度越高，班級科學平均成績越高。

最後，個人層面與學習成就正相關的因素包含：學習方法的信念（羅珮華，2004）、做作業的時間（邱美虹，2005；羅珮華，2004）、對科學的評價（陳政帆，2006；羅珮華，2004）、對科學的正向態度（黃馨萱，2007；羅珮華，2004）、科學學習自信（余民寧、趙珮晴和許嘉家，2009；陳政帆，2006；陶韻婷，2007；簡晉龍、任宗浩和張淑婷，2008；羅珮華，2004）、對最高學歷的期待（陳立琇，2006；陶韻婷，2007；蔡佳燕，2007；羅珮華，2004）。

## （二）影響科學學習興趣的因素

針對影響科學學習興趣的因素，相關研究主要分屬班級和個人兩個層面。

在班級層面的探討又可分為三個方向：課室氣氛、教學方法和評量方法。針對課室氣氛，黃馨萱（2007）分析TIMSS 2003的資料後指出對我國學生而言，學習氣氛是預測學生「對科學的正向態度」最有效的變項。在教學方法上，鄭士鴻（2006）利用TIMSS 2003的調查分析「高成就但不想多上一點理化課」和「低成就但想多上一點理化課」兩種班級的教學特徵。他發現高成就但不想多上一點理化課的班級理化課堂活動以老師為中心，偏重於老師的板書講解、解題、家庭作業檢討訂正和小考等等；而非以實驗、探究活動、小組合作、解釋論證與報告等等以學生為中心的活動。在評量方法上，黃馨萱（2007）比較我國與新加坡教師的評量方式

後主張為了提高學生的學習興趣，評量方式應該要多元，讓學生做更多的專題和報告，老師應更加重視作業，而不要僅僅靠紙筆測驗來評核學生。

在個人層面，被探討的因素有科學學習成就、科學學習自信和科學評價。在科學學習成就和學習興趣的關係上，TIMSS歷次的調查均顯示兩者是正相關（Martin等，2008；黃馨萱，2007）。余民寧等（2009）運用TIMSS 1999和2003的資料針對女生作了分析，結果顯示科學學習自信和科學評價對科學學習興趣有正向的影響。

## 五、結論與討論：TIMSS與PISA調查對我國課綱及教學的啟示

綜合TIMSS和PISA的調查結果，我國國中的科學教育在學科知識內容的學習上表現優異，領先群倫，在認知能力和態度情意面向則還有改善的空間。

首先，在認知能力上，無論是TIMSS評量的三項認知能力或是PISA評量的三種科學能力，我國八年級和九年級學生的表現也是出類拔萃，這點應先給予肯定。但若與第一名的國家相比，我國學生在活用所學的科學原理原則（TIMSS定義的推理能力）以及辨識科學議題和運用科學證據這類科學探究的方法上（PISA定義的科學素養）還可精益求精。

其次，在情意面向上，以TIMSS和PISA的調查結果來看，我國科學教育未來在政策與教學上應著重於努力提昇低學習成就的學生之科學學習自信與所有學生的科學學習興趣。

以科學學習自信來說，TIMSS和PISA的調查皆顯示我國八年級和九年級學生的自信心低落。此一調查結果很可能反應了我





國文化中自律自謙的要求（Heine, Lehman, Markus, 和 Kitayama, 1999）和課程的高標準（Shen 和 Tam, 2006）。在我國文化中，對個人自謙的期待來自於更深層的對社群和諧的重視，因此此一文化價值並不容易改變。然而，從激發低學習成就學生學習動機的角度來看，提高其學習自信仍然是重要的手段。

從PISA對科學評價的調查看來，九年級學生對科學的評價可能比八年級高。此一科學評價的改善很可能是由於九年級學生面臨升學考試的壓力，特別體會到科學的工具價值所致。如此看來，在TIMSS強調的工具性科學評價這個面向上，在我國教育體制中已經有機制能使之提高。而針對PISA所強調的一般性科學評價和個人性科學評價，其調查結果顯示，我國學生的評價很高。在整體臺灣社會強調科學重要的脈絡下，此一表現並不意外。

最後，在科學學習興趣上，TIMSS和PISA的差異突顯了學生對學校科學和校外科學喜愛程度的差異。就此而言，TIMSS更能反應學生在學校裡的科學學習現況。換言之，我國國中學生面對學校科學確實有學習興趣低落的狀況有待改進。對高學習成就的學生而言，在科學學習中若能體會到樂趣，應可提高其將來從事科學相關職業、發揮潛能的意願。對低學習成就的學生而言，激發其學習興趣應是使之重新願意學習科學的重要切入點。

### （一）對課綱的啟示

承上所述，課綱應在科學能力與科學學習興趣的培養上回應目前我國國中學生的科學學習現況。

在科學能力的培養上，承研究一所做的分析，建議未來課綱的修訂方向如下。首先，將「過程技能」與「思考智能」兩要項合併為「科學探究」。其次，針對「科學探究」與「科學與技術本質」的課程目標，應從教

師的角度，建立清晰而容易明瞭的描述架構，以使得國中小學教師能清楚地掌握課程的教學目標，如此也能使教師間容易溝通瞭解，從而促成彼此合作。

關於科學學習興趣的培養，當思考的層次是在課程目標時，就必須考慮到課程難度和學習興趣之間的平衡。從國家競爭力的角度來看，一國的課程標準高，科學水準高，這當然很好，但如果此課程標準的難度會影響到從事科學相關職業的意願，那麼國家競爭力未必就會好。可以說，在課程難度和學習興趣之間存在著張力。如果我們認為提高學生的學習興趣是重要的課程目標，那麼這個平衡點就應該是我國國中課綱修訂時所要面對的困難抉擇。此外，目前課綱雖然在課程目標的概要說明中指出要「培養探索科學的興趣與熱忱」，但在分段指標中僅敘明了「能力指標」，而沒有「情意指標」。若要確實地提昇學生的學習興趣，建議發展此面向的情意指標。

### （二）對教學方法的啟示

為了落實科學能力的培養，在教學方法上，為提昇學生辨識科學議題及運用證據的論證能力，在顧及國中學生能力的情況，建議採引導式的發現教學法。在教師的引導與良好的學習材料設計下，進行問題發掘、實驗操作、運用證據進行報告和彼此批判的學習活動。在作業和評量的類型上，應配合教學，以多元的方式進行評量，並在評量的內容上考核學生提出科學問題和科學論證的能力。

為培養學生的科學學習興趣，在教學方法上，建議以促使學生主動投入為目標，以學生為中心，讓學生在課堂上有更多投入學習活動的時間。可使用的教學策略有引導式探究學習、小組合作等等。在作業和評量方式上，除了以報告、作業、測驗等多元的方式評量學生之外，教師還應以多元的面向來



評量學生，讓學生以其擅長的智能來學習科學，此外教師應更重視學生的作業和學習活動的參與，給予學生鼓勵、提升其自信，給予具體有用的學習改進意見，而非僅僅是透過紙筆測驗的分數給予回饋。為了在學生的作業和學習活動的參與中進行評量，教師需要發展一套行為指標的觀察系統，並將之落實在評量工具中。此一評量工具應結合資訊科技使之在繁重的教學工作中具體可行。最後，由於學習興趣是學生的內在態度，此一態度固然可透過觀察其行為而獲得瞭解，但學生自己的評估也應加以考量，如此方能對學生有更為完整的瞭解。因此，在瞭解學生的學習興趣時，每學期一至兩次的訪談應屬必要，此一訪談後並應以評估單留下訪談的記錄。

在教學媒體的運用上，為激發學生學習興趣，除可藉助電腦、網際網路之外，還可學習應多運用校外報章雜誌或媒體的科學資料。PISA的調查顯示：顯然，校外非正式管道的科學接觸更吸引人。此一結果意味著如果學校科學像校外科學，那麼學生就會喜歡

科學了。但是，學校科學像校外科學是什麼意思呢？在PISA「科學學習喜愛程度」的調查中，有一條陳述是「解決科學難題我覺得是快樂的事」，同意這個看法的學生比例相對而言大幅下滑。因此，學生想到校外科學的學習時，很可能僅僅想到的是和這些科學議題接觸的有趣經驗，但是，如果談到要真的瞭解這些議題，甚至解決它們，學生們的興趣可能就不大了。問題是學校科學教學就是期待學生對基本的科學觀念有一定程度的瞭解。因此在教育的目標上學校科學與校外科學是不同的，學校科學在這個層面上不可能和校外科學一樣。雖然如此，這些校外的科學學習材料由於新奇、切身相關，對低學習成就的學生而言，有吸引其興趣的功能；對高學習成就的學生，可使之在應用科學知識和技能的過程中，體會活用科學知識的樂趣。因此，在學習的素材上，學校科學還是可以運用校外報章雜誌中實際出現在學生生活裡的素材當作教材，成為課堂作業或活動的材料，儘量減少學校科學和校外科學的差距。

## 參考文獻

- 余民寧、趙珮晴、許嘉家（2009）。影響國中小女學生學業成就與學習興趣因素—以臺灣國際數學與科學教育成就趨勢調查（TIMSS）資料為例。教育資料與研究，87，79-104。
- 吳琪玉（2005）。探討我國八年級學生在TIMSS 1999與TIMSS 2003數學與科學之表現。台北市：國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
- 李哲迪（2009）。在TIMSS 2007與PISA 2006跨國調查脈絡中分析臺灣國中學生之科學學習成果。論文發表於「中小學課程發展之相關基礎性研究」2009年成果討論會，台北市。
- 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。
- 洪佳慧（2002）。由教科書內容與性別面向分析我國國二學生在第三次國際數學與科學教育成就研究後續調查（TIMSS-R）的學習表現-生命科學以及環境與資源議題部分。台北市：國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
- 陳乃綺（2008）。由教科書內容、學生特質及課堂活動探討我國八年級學生在TIMSS 2003中理化部分之學習表現。台北市：國立臺灣師範大學化學系碩士論文（未出版）。



- 陳立琇(2006)。我國八年級學生在TIMSS 1999與TIMSS 2003科學成就與學生特質之趨勢研究 以生命科學部分為例。台北市：國立臺灣師範大學生命科學研究所碩士論文(未出版)。
- 陳政帆(2006)。我國八年級學生在TIMSS 2003中之科學自信心、價值觀分析。科學教育，291，2-10。
- 陳美好(2007)。從TIMSS 2003探討學習機會與學生科學學習成就之關聯。台北市：國立臺灣師範大學生命科學研究所碩士論文(未出版)。
- 陶韻婷(2007)。國中生科學成就與學生背景、學校規模及城鄉之關聯性探討—以TIMSS 2003為例。台北市：國立臺灣師範大學生命科學研究所碩士論文(未出版)。
- 黃馨萱(2007)。從TIMSS 2003探討國中生科學學習成效和教室教學與氣氛及教師特質之關聯。台北市：國立臺灣師範大學生命科學研究所碩士論文(未出版)。
- 蔡佳燕(2007)。校園安全觀感對學生學習成就之影響：以TIMSS 2003資料庫為例。南投縣埔里鎮：國立暨南國際大學比較教育學系碩士論文(未出版)。
- 鄭士鴻(2006)。由TIMSS 2003的結果分析各國八年級學生科學學習成就與影響因素以及探討我國不同特質的班級理化課堂活動。台北市：國立臺灣師範大學化學系碩士論文(未出版)。
- 簡晉龍、任宗浩、張淑婷(2008)。跨學科間自我概念與學業成就路徑模式之檢驗—整合模式在數學和科學領域的適用性。教育心理學報，40(1)，107-126。
- 羅珮華(2004)。從「第三次國際科學與數學教育成就研究後續調查(TIMSS 1999)」結果探討國中學生學習成就與學生特質的關係：七個國家之比較。台北市：國立臺灣師範大學科學教育研究所博士論文(未出版)。
- Heine, S. J., Lehman, D. R., Markus, H. R., & Kitayama, S. (1999). Is there a universal need for positive self-regard? *Psychological Review*, 106(4), 766-794.
- House, J. D. (2005). Classroom instruction and science achievement in japan, hong kong, and chinese taipei: Results from the TIMSS 1999 assessment. *International Journal of Instructional Media*, 32(3).
- 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.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., Gregory, K. D., Smith, T. A., Chrostowski, S. J., et al. (2000). TIMSS 1999 international science report. Chestnut Hill, MA: 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.
- OECD. (2007). PISA 2006 science competencies for tomorrow's world (volume 1 - analysis). Mexico: OECD.
- OECD. (2009). PISA 2006 technical report. Mexico: OECD.
- Olson, J. F., Martin, M. O., & Mullis, I. V. S. (Eds.). (2008). TIMSS 2007 technical report. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- Shen, C., & Tam, H. P. (2006). The paradoxical relationship between student achievement and self-perception: A cross-national analysis based on three waves of TIMSS data, 2nd IEA International Research Conference. Washington D.C.