

# OECD 組織 PISA 評量對國小數學與科學教育之啓示

王瑞堦

國立中正大學教育學研究所

(投稿日期：91年1月8日；修正日期：91年3月12日、4月23日、5月13日；接受日期：91年5月16日)

## 摘要

OECD/PISA 其內在普遍架構是國際間同意的，不僅代表一種新的承諾，亦是靠著 OECD 組織內的各國，監督教育系統中學生成就的產出。而其評量結果每三年出版，這將對教育改革與學校進步有所幫助與激勵，並提供在國際層次之教育系統效能的評量與監督。OECD/PISA 含概三個領域：閱讀、數學、科學能力。

本文焦點在於「數學」與「科學」能力。該計畫著手進行不久，主要閱讀部分的評量於八十九年進行，其報告於九十年四月出爐，而以數學和科學部分為主的評量報告也分別將於九十二年與九十五年完成。此一評量可提供我國借鏡，亦可提供目前九年一貫課程進行評量時之省思，藉以了解目前國小數學與科學教育所珍視之基本能力是否包含 PISA 所要評量的內涵。最後，從 PISA 評量的意義與結果，提出對我國數學與科學教育的建議。

關鍵字：OECD, PISA, 數學教育，科學教育，九年一貫課程

## 壹、前言

歐洲經濟暨合作發展組織(Organization for Economic Cooperation and Development, 簡稱 OECD)目前共有三十個會員國,係先進國家聚會談論國際經濟事務之論壇,會中透過意見之交流以使會員國間能相互瞭解彼此採行政策所產生之影響,透過溝通協調以促進全球經濟持續成長及健全發展(教育部國際貿易局,2001)。在此架構下,與教育有關的公共事務,例如:教育指標的研究、終身教育、成人教育及學生的測驗評量,亦在會中不斷的被探討(OECD, 1999a; OECD, 1999b, OECD, 2001)。而 OECD/PISA 為「國際性學生評量計畫(International Program for Student Assessment)」的簡稱,是 OECD 組織內跨國性的研究,其計畫緣起於 1999 年,2000 年則發展出具體的評量題目,於 2001 年提出第一階段跨國性報告。

雖然中華民國不屬於 OECD 組織的會員國,但是國際性組織對教育相關政策的脈動實值得教育工作者注意。由於該計畫剛著手進行不久,而主要閱讀部分的報告方於九十年四月出爐,而以數學和科學部分為主的評量也將於 2003 年與 2006 年完成,此一評量實可提供我國教育之借鏡。因此,本文首先探討 PISA 評量的內涵,了解整個評量架構。其次,由此 PISA 評量的內涵省思我國九年一貫課程是否考慮到 OECD/PISA 評量所重視之核心能力。最後,從整個 OECD/PISA 評量的意義與結果,提出對國小數學與科學教育的建議與結語。

## 貳、PISA 評量之介紹

OECD/PISA 並不是第一個國際間比較學生成就的調查,在此之前即有「教育成就評鑑國際協會」(International association for the evaluation of education achievement, 簡稱 IEA)所主導的評量,例如:第三次國際數學與科學教育成就研究後續調查(Third International Mathematics and Science Study, 簡稱 TIMSS)和「教育進步教育測驗國際比較中心」(International Assessment of Educational Progress, 簡稱 IAEP)等,皆是對國際間教育績效的比較分析。

OECD/PISA 其內在的普遍架構是國際間所同意的,它不僅代表一種新的承諾,亦是因 OECD 組織內的各國,為監督教育系統中學生的成就孕育而生。而其評量結果每三年出版一次,這對教育改革與學校進步將有所幫助與激勵,並提供國際層次之教育系統對效能評量與監督的依歸。由此可見其重要性。以下茲將其內涵說明如下(OECD, 1999b; OECD, 2000):

### 一、基本型態

OECD/PISA 是一種國際性的標準評量,其施測之對象乃以 OECD 組織會員國之學生為主,而施測之時機則在義務教育結束,受測學童之年齡約為十五歲。實際共有

32 個國家參與受測，其中則有 28 個國家隸屬 OECD 之會員國。每一個國家約有 4500 ~10000 名學生接受典型之測驗。

## 二、評量內容

OECD/PISA 評量之內容含蓋三個領域：閱讀、數學、科學能力。其主要在於定義每一個領域的內涵，強調學習不僅需要精熟學校課程，亦需重視成人生活中重要知識與技能名詞的了解，並精過程知識、概念的了解及對於不同情境領域之適應。

OECD/PISA 定義了每一個領域的特徵和評量的架構，其主要的內容、過程、情境等幾個領域之檢視，如下所述：

- (一) 閱讀能力：OECD/PISA 所指「閱讀能力」乃是個人有能力使用其所欲探究之文本，或書寫成文字，以達到求知的目的。其內容包括：第一、閱讀概念，即是個人能閱讀文字所表意的各種型態之內容，例如：能夠閱讀不同型態的文章、文告與文體。第二、閱讀過程，即是個人能夠表現不同的閱讀任務，例如：將所閱讀到的資訊，反應或加以解釋。第三、閱讀情境，個人因不同的情境，寫作內容也隨之不同，例如：因為興趣或工作而寫作。
- (二) 數學能力：OECD/PISA 所指「數學能力」乃是個人能夠理解其數學角色及以他們需要的方式運用於學科之中。其內容包括：第一、數學概念，數學內容著重「大概念」的呈現，包括：空間形狀、機率、數量推理等。第二、數學過程，即表示數學過程的能力，需包含執行程序、連結能力、數學思考與規約的能力。第三、數學情境，即表示數學能夠在不同的情境中加以應用，例如：個人在社會中所面對的數學問題。
- (三) 科學能力：OECD/PISA 所指「科學能力」乃是能夠藉由使用科學知識及科學過程瞭解自然的奧秘，且能夠應用科學能力，從事各種科學研究。其內容包括：第一、科學概念，其目的在於協助聯結相關現象的了解。第二、科學過程，其目的在於科學能力的獲得、對科學的解釋與行動證明。第三、科學情境：其強調將科學知識運用於實際生活之中。

## 三、評量方法

OECD/PISA 所使用的評量方法乃以紙筆測驗為主，但這並不意味其只重視紙筆測驗，相對地，OECD/PISA 亦要求能將更廣泛的知識和技能運用於日常生活之中。至於評量的方式可採各種形式，可以是「封閉式」，也可以是「開放式」。高層次技能的評量通常藉由「開放-目的」之問題評鑑，所謂「開放-目的」的問題乃指允許學生使用不同之策略而達規定之目的。藉此，以多元化之觀點檢視學生之表現。OECD/PISA 以不同的方式和主題評估學生能力。OECD/PISA 關注各層次、各領域之表現，每一領域的報導，更勝於僅用單一的量表之資料。OECD/PISA 的評量需要不同的知識與能力聯結，那些沒有單一正確答案的題目，有時候是決定性的活動評鑑。OECD/PISA 是一

種終身學習的動態模式和技術需求。學生不能只靠學校之教學，尚需瞭解成人的生活。學生必須組織和規範其自身獨立學習及團體學習，克服學習過程中的困難，以便在未來生活中成功的學習。更進一步地說，學習和其它知識的獲得，將於情境中持續增加。

然而，跨課程的評估是 OECD/PISA 主要的部分。題目包括複選測驗及問答題，需要同學自行建構自己的反應。整個測驗項目須要 7 小時。為了蒐集脈絡資訊，學生和校長被要求在 20-30 分鐘完成填答。這些問卷，將因學生的程度和學校的特徵而有不同的分析。

#### 四、問卷的脈絡和使用

填答 OECD/PISA 基本問卷設計的資訊包括：第一、學生和他家人的背景：其中包括社經背景、學生與家人的文化資產等。第二、學生生活的觀點：其中包括學習態度與學校內、家庭環境中的生活習慣。第三、教學的脈絡：其中包括制度的結構和型態、班級的大小、家長投入的層級。

OECD 問卷綜合資訊的使用包括：在各種教育系統和教育脈絡中，學生表現成果的差異比較；在不同課程內容和教育學的過程中，學生表現成果的差異比較；考慮學生表現和學校因素間的關係；解釋國家間背景脈絡的差異，在學生成就中，學校適度增加影響學生個人學習因素；考慮不同國家教育系統和背景，與不同學生成就的關連。

#### 五、評量分析與結果

第一個評量在 2000 年實施，評量結果出版在 2001 年，它是一個持續評估的計畫，這些資料蒐集每三年有一主要的代表。2000 年以閱讀能力為主，2003 年以數學能力為主，2006 年則著重於科學能力。此評估提供各式指標的形式：基本指標、脈絡指標、指標趨勢。OECD/PISA 發展的「政策導向」分析計畫，以利指標的報告。此結果用以建立國民義務教育階段學生的基本的知識與技能檔案，並了解學生與學校特點與長期結果的變化。

### 參、PISA 數學與科學評量內涵與九年一貫課程實行之省思

OECD/PISA 對數學與自然能力做基本之定義，以進行跨國性學生能力的評量。反觀國內，九年一貫課程改革乃是最近重要的教改政策之一，對台灣的數學與科學能力提升與否，其成效如何仍有賴評量加以評估。因此，本節從 OECD/PISA(1999b; 2000) 之報告書中，對數學與科學能力進行分析，藉以了解 OECD 國際組織評定的主要能力，並以 OECD/PISA 所要評量的內容與層面，作為我國目前實施的九年一貫課程評量細則的參考。以下茲將 OECD/PISA 數學與科學評量的內涵，作為對九年一貫課程實行之參考依據，詳述如下：

## 一、OECD/PISA 數學能力的內涵

OECD(2000)將數學能力定義為：「能夠定義、理解數學的能力，和對於數學所扮演的角色能做很好的發現與判斷，以因應個人需要和未來私人生活、職業生涯、同儕和親屬的社會生活。生活就像一種建構性、關懷性與反省性的公民生活。」換言之，數學能力是應用一般數學技巧與能力，例如問題解決、使用數學語言與將數學模式，應用於生活中。以下，茲將 OECD/PISA 數學能力的內涵，分述如下：

### (一) 數學能力要素

OECD/PISA 包含數學思考模式、數學辯證技巧、模式建立技巧、問題呈現與解決技巧、表徵化技巧、符號與公式化技巧、溝通技巧、輔助與工具技巧。茲敘述如下：

#### 1. 數學思考模式

- (1) 數學問題的特性（例如：有嗎？如果如此，有多少？我們如何找到？）。
- (2) 知道如何回答數學所提供的問題。
- (3) 區別陳述的差異（定義、定理、推估、假設、例子、條件設定）。
- (4) 理解和掌握數學概念的內涵和限制。

#### 2. 數學辯證技巧

- (1) 知道數學的證明是什麼，它和其他數學推理有什麼不同。
- (2) 依照數學辯證的步驟與衡量不同型態的數學辯證。
- (3) 維持啟發式的心態（例如：什麼能或不能發生，和為什麼）和創造性的數學辯證。

#### 3. 模式建立技巧

- (1) 將情境結構化或情境加以模式化。
- (2) 數學運算式（將實體(reality)以數學式(mathematics)呈現）。
- (3) 解析數學運算式(de-mathematising)（詮釋數學模式，即「實體」）。
- (4) 應用模式（在數學領域的應用）。
- (5) 確認模式的效能。
- (6) 反省、分析、提供一種批判性的模式和其結果。
- (7) 傳遞模式和其結果（包括這類結果的限制）。
- (8) 監督和控制模式化的過程。

#### 4. 問題呈現與解決技巧

- (1) 將數學問題呈現和用公式表示。
- (2) 採用不同方式解決不同的數學問題。

#### 5. 表徵化技巧

- (1) 解碼、詮釋和各種表徵區別不同的數學目標與情境。
- (2) 選擇和根據情境與目的改變不同的表徵形式。

#### 6. 符號與公式化技巧

- (1) 解碼和詮釋符號和公式化語言，理解和本質語言(natural language)的關係。

- (2) 從本質語言至符號和公式化語言的轉化。
- (3) 處理陳述式和表達符號和公式。
- (4) 使用變項和解出方程式與理解算式。

#### 7. 溝通技巧

- (1) 採用各種方式，表達自己本身於數學組成的問題，與口語陳述書寫的形式。
- (2) 理解其他人所書寫與口語的這類問題。

#### 8. 輔助工具技巧

- (1) 知道相關技巧，能使用和採用各種輔助工具（包括資訊科技工具），以輔助數學性活動。
- (2) 知道這類輔助工具的限制。

然而，九年一貫數學課程之目標包括掌握數、量、形的概念與關係，培養日常所需的數學素養，發展形成數學問題與解決數學問題的能力，發展以數學作為明確表達、理性溝通工具的能力，培養數學的批判分析能力，並培養欣賞數學的能力。顯然地，OECD/PISA 所提的思考模式、模式建立、表徵化技巧及輔助與工具技巧，在九年一貫數學課程目標中並未具體提及，而以「培養日常所需的數學素養」與「培養欣賞數學的能力」籠統納入這些概念。有鑑於此，研究者認為：在未來九年一貫課程若欲對學生進行學生能力評量時，應特別著重上述 OECD/PISA 所提出之具體能評估的能力指標，並將其評量內涵作為參考依據。

### （二）數學內容的基本要素

OECD/PISA 認為數學內容包含：數、測量、估計、代數、函數、幾何、機率、統計、離散數學。而九年一貫數學領域之內容包含：數與量、圖形與空間、統計與機率、代數、連結五部分，其中數與量包括「數與計算」、「量與實測」和「關係」。而數學內部的連結可貫穿前四個主題，強調的是解題能力的培養，數學外部的連結則強調生活及其他領域中數學問題的察覺、轉化、解題、溝通、評析諸能力的培養。

由以上之比較發現：OECD/PISA 認為數學內容和九年一貫課程所使用的數學名詞雖不相同，但包含相似之領域。例如：前者的「數」、「測量」，相當於後者的「數與量」；前者的「幾何」相當於後者的「圖形與空間」。九年一貫數學領域課程比 OECD/PISA 強調與其它領域課程之「連結」。至於「函數」、「離散數學」等領域課程則較無強調。因此，研究者認為可適當地引入此兩個數學概念之介紹。

### （三）學習能力區分

OECD/PISA 將上述八種數學能力要素區分為三個層次，這些能力等級為：層次一：再製、定義與運算，即是事實的知識、表徵、等式的認識、代數應用、符號與公式運用等。層次二：問題解決的連結與統整，連結不同數學要素與範圍，統整解決問題，因此需建立問題的模式與數學模式建立技巧，更需數學論證技巧。層次三：數學思考、規約化與洞察力，即要求學生能指認與摘述情境中的數學特徵以利用數學解決問題，進而分析、解釋並發展自身模式與策略，亦重視數學生活化。

然而，九年一貫數學領域課程則將數學能力區分為四個階段，各階段有所屬之主要能力：階段一為具體操作，以視覺為主（1-3年級）、階段二為具體表徵，必須具備辨識樣式間之關係之能力（4-5年級）、階段三為類化具體表徵，辨識樣式間關係（6-7年級）和階段四為符號表徵，乃指非形式化演繹（8-9年級）。

OECD/PISA 是以最終所需達成之目標，區分為三個層次以顯示其所欲達成之階段。而九年一貫數學領域課程，則明定各階段之主要學習方式與思考型態，分成四階段。前者，將所有應具備能力統整後，加以分級。而後者，則確立每一階段主要學習能力。在進行評量時，OECD/PISA 所提供的三個層次，可輔助九年一貫課程每一階段的能力評量，以檢視學生所達到的能力等級。以整個脈絡的完整性思考學習能力，可提供九年一貫課程教學時，除重視主要能力外，亦需注意到學生整體數學能力所達到的程度。

#### （四）評量的意義

OECD/PISA 指出評量的報告應包括：單一數學能力尺度的評量報告、每個數學大概念的評量報告、三種能力等級之分別報告。所謂「能力尺度」即為數學思考模式、數學辯證技巧、模式建立技巧、問題呈現與解決技巧、表徵化技巧、符號與公式化技巧、溝通技巧、輔助工具技巧等八種數學能力之分析。「數學大概念」則為「改變與成長」及「空間與型態」。「三種能力等級」則為「再製、定義與運算」、「問題解決的連結與統整」、「數學思考、規約化與洞察力」三個層次。此外，其測驗題目形式包括：選擇題、封閉式問答題、開放式問答題。

相對地，九年一貫數學課程評量給予老師極大的彈性空間，非制式的評量摘述如下（教育部，2001：206）：

1. 教學評量方式宜多樣化，應配合教學目標採用紙筆測驗、實測、討論、口頭回答、視察、作業、專題研究或分組報告…等方法，評量學生的知識、技能、能力與態度。
2. 教學過程需採用各種不同的評量方式：評量學生的起點行為以做為擬定教學計畫之依據；評量學生的學習狀況，以便及時發現學習困難，進行補救教學；評量學生的學習所得，做為學生學習回饋及輔導學生的參考。
3. 成績考評的範圍或內容需顧及教材內容與教學目標，其難度應符合學生程度，並著重在呈現學生的學習歷程與所得，期使學生透過成功的經驗，提高學習的興趣與信心。
4. 試卷中除選擇題與填充題外之其他題型，均宜訂定分段給分標準，依其作答過程的適切性，給予部分分數。
5. 評量時得視評量的目的，適度地讓學生使用尺規、電算器…等工具。

前者清楚呈現完整之評量架構，後者僅做大綱式的評量原則，取捨在於受教老師的自主權。換言之，OECD/PISA 評量報告，屬於「總結性評量」，訂定完整性的能力等級，可做整體性與跨國性之比較。而九年一貫數學課程評量，具有「形成性評量」與「總結性評量」之特點，但無明顯的能力等級區分，且課程與教學乃至於評量，極

具彈性，並非標準化之測驗，所以其總結性評量並不能武斷的做跨校或全國性之比較。目前國內最早檢視全國學生數學能力，僅有國中邁入高中階段的「基本學力」測驗。直至完成九年的國民義務教育時，才做整體性的檢視，似乎稍嫌慢些。因此，建議各校推動九年一貫課程時，仍需有具體的評量規準，方能客觀了解學生所達到的數學能力。或是，國家能於小學四年級與國中一年級階段，參考英、美的做法，訂定全國性的能力檢定，藉以了解學生數學能力。有鑑於此，OECD/PISA 的數學評量架構，可作為進行九年一貫課程數學領域評量時之參考依據。

## 二、OECD/PISA 科學能力的內涵

Millar 和 Oaborne(1998)定義現代科學課程為「閱讀、融合科學和技術資訊之能力」。Bybee(1997)認為科學能力有四個層次：最低的兩個層次為「名義上的科學能力」、「功能能力」、第三個層次為「概念和過程的科學能力」、最高層次為「多重領域的科學能力」。OECD/PISA 所提出的科學能力與 Bybee 所提出的第三層次較類似。

OECD(1999b)乃是以「證據為基礎」的陳述，此為科學能力之基礎，藉以瞭解測驗觀和理論之合理性。若不能測驗、不是科學理論，充其量只是「偽科學」。因此，OECD(2000)將科學能力定義為「此能力包含使用科學知識、定義問題和陳述以證據為基礎的結論，可用來理解和幫助關於自然世界的決定和透過人類活動而能創造改變」。

然九年一貫自然與生活科技學習領域認為「自然科學的學習，在於經由適當的學習材料，使學生由探究科學的過程中，獲得科學素養的增進。而科學素養之增進，即等同於促進課程目標所揭示之『基本能力』之培養。」。換言之，OECD/PISA 科學能力的定義是植基於「科學精神」，因此講究進行科學能力培養需具有「科學證據」的素養。而九年一貫課程乃是在十大基本能力下，發展出科技與生活的能力，因此重視分段能力與基本能力之關係，為其主要內涵。以下，茲將 OECD/PISA 針對「科學能力」的內涵說明如下：

### (一) 科學過程能力

OECD/PISA 所指的科學過程，意指世界科學觀念的描繪和更進一步使用科學理解之成果。理解科學過程需包含確認調查問題的科學性、在科學調查中界定證據需要、描述或評量結果、溝通有效之結果、展現科學概念的理解。

九年一貫自然與生活科技學習領域之目標則包含：第一、培養探索科學的興趣與熱忱，並養成主動學習的習慣。第二、學習科學探究方法及認知基本科學知識，並能應用所學於日常生活。第三、培養愛護環境、珍惜資源及尊重生命的態度。第四、培養與人溝通表達、團隊合作以及和諧相處的能力。第五、培養獨立思考、解決問題的能力，並激發創造潛能。

OECD/PISA 與九年一貫自然與生活科技學習領域皆重視科學的理論性認知，與生活上實務的結合。但是，OECD/PISA 較重視科學精神所講究之「證據」及過程中是否具有「科學性」，而將之應用於日常生活。相對的，九年一貫課程自然與生活科技學習領域，則較重視「自然」與「生活科技」之關係，因此較強調實用生活的「自然科

學」。事實上，科學結合生活固然重要，但仍不能忽視科學講求「證據」的精神。所以，OECD/PISA 著重培養學生科學證據的能力，值得九年一貫課程進行教學時之參考。

## (二) OECD/PISA 的概念與內容

OECD/PISA 以四個向度來做為科學概念的選擇：包括每日情境的關連、下個十年或更久之關連性、情境定義視為科學能力應該被展現、結合選擇科學過程。概念與內容，分為兩類：

第一、 主要的科學主題及相關概念之例證。包括：結構與問題特質（熱和電的傳導）、大氣的改變（輻射、傳遞、壓力）、化學和物理改變（問題的陳述、反應率、分解）、能量傳遞（能量的維持、能量遞減、光合作用）、力量與移動（平衡/非平衡的力量、速度、加速度、動能）、形式和功能（細胞、骨骼、適應）、人類生物（健康、衛生、營養）、心理性改變（賀爾蒙、電解療法、神經）、生物多樣性（物種、基因庫、進化）、遺傳學控制（優勢、遺傳）、生態系統（食物鏈、補給）、地球和宇宙間的位置（太陽系、日夜與季節的變化）、地質學的改變（大陸飄移、風蝕）。

第二、 科學能力評量應用之範圍。包括：在生命與健康範疇內的科學（健康、疾病、營養；物種的維持和持續使用；物理/生物系統的交互作用）、在地球和環境污染範疇內之科學（資源的產生與流失；氣溫和氣候）、在科技/生物科技範疇內之科學（物質和垃圾回收的使用；能源的使用、運輸）。

九年一貫自然與生活科技領域課程則表示在設計教學活動時，依過程技能（觀察、比較與分類、組織與關連、歸納與推斷、傳達）、科學認知（認知層次、認識常見的動物與植物、現象及現象變化的觀察）、科學本質、科學態度（喜歡探討）、思考智能（創造思考、解決問題）、科學應用（知識與方法之應用）指標所提示的基準，於教學中達成。課程之教材分成四大課題，再以主題、次主題細分之，將四大課題分述如下：

第一、自然界的組成與特性：地球的環境、地球上的生物、物質的組成與特性

第二、自然界的作用：改變與平衡、交互作用、

第三、演化與延續：生命的延續、地球的歷史、時空關係

第四、生活與環境：科學應用、生態保育、環境保護、永續發展、科學與人文

兩者所呈現的基礎架構並不相同，因此細目的歸類也不相同。基本上，從細目而言，兩者多有重疊。但是，架構的差異顯示兩者對該能力其後設認知有不同見解。

OECD/PISA 很清楚指出科學概念的選擇步驟及規準，而九年一貫自然與生活科技學習領域並未說明教材內容選擇策略，乃是依據十大基本能力，從四大課題中演化出如樹枝狀的架構。所以，十大基本能力決定學生學習教材的方向的定位。值得令人省思的是：九年一貫自然與生活科技學習領域並未說明教材內容選擇策略，乃是依據十大基本能力，從四大課題中演化出如樹枝狀的架構。所謂的「十大基本能力」是否完全適用於「科學能力」？抑或是否有其他重要且屬於科學領域所特有之能力，未被「十大基本能力」所謂涵蓋？雖然，九年一貫課程從「十大基本能力」架構去著眼，具有其邏輯性與說服力，但仍需從「科學領域」的實質內涵去做交叉檢視，考慮科學與其他學習領域之特殊性，以免遺漏重要的科學概念。因此，OECD/PISA 的針對科學能力規

劃其概念與內容架構，可為九年一貫課程之參考依據。

### (三) 評量方式的意義

特別的情境將影響其表現，所以進行評量時，決定和控制則顯得重要。在選擇情境時，科學評量目的，是要能接近學生知識技能的應用，和學校義務教育的要求。「真實世界」情境通常有一些問題，影響個人和區域社群的成員。在國際的研究中，評量的主題應該關連學生興趣和所有國家生活情境。OECD/PISA 接近這些知識的應用，在這些主題中反應「真實世界」的情境。其評量架構基於下列兩個理由：第一、架構是創造任務反應「真實生活」情境；另一理由是藉測驗以瞭解問題，問題的提出，較從不同情境中問題的區分更易獲取欲探究之主旨。在所有評量中，過程需尋求平衡，在2006年科學將是主要報告之主題。其「科學過程分數分配之建議」(表一)及「應用範圍分數分配之建議」(表二)，為評量配分之參考。

表一 科學過程分數分配之建議表

科學過程分數分配之建議	
科學過程	得分點%
確認調查問題的科學性	10-15
在科學調查中界定證據需要	15-20
描述或評量結果	15-20
溝通有效的結果	10-15
展現科學概念的理解	40-50

資料來源：引自 **Measure student knowledge and skill: A new framework for assessment**(p.68), by OECD, 1999b,.Paris: OECD.

表二 應用範圍分數分配之建議表

應用範圍分數分配之建議	
科學應用的範圍	得分點%
在生活和健康的科學	30-40
在地球和環境的科學	30-40
在科技的科學	30-40

資料來源：引自 **Measure student knowledge and skill: A new framework for assessment**(p.69), by OECD, 1999b,.Paris: OECD.

九年一貫課程自然與生活科技學習領域的評量，根據教育部（民90）的課程暫行綱要指出，教學評量準則如下：

1. 評量的主要目的在於瞭解學生學習實況，以做為改進教學、促進學習的參考。
2. 評量應具有引發學生反省思考的功能。導引學生能珍惜自我心智的成長、持平面對自己的學習成就、察覺自己學習方式之優缺點。評量的結果要具有敦促、鼓勵的效果，使學生相信只要自己努力或更加專注，定能獲得更好的學習成效。

- 3.評量之內容應以課程目標之是否達成來考量。教學評量應伴隨教學活動進行之，其內容應與教學目標一致，包括科學知識的認知、探究能力的運用、科學態度等各向度。
- 4.教學評量不宜局限於同一種方式。其型式可運用如觀察、口頭詢問、實驗報告、成品展示、專案報告、紙筆測驗、操作、設計實驗等多種方式，以能夠藉此瞭解學生的學習情況來調適教學為目的，例如，教學目標若為培養學生的問題解決能力，則可採用成品展示或工作報告的評量方式，而非純以紙筆測驗的方式做評量。
- 5.在選編教材時，常為了培養學生分析、推理的能力，提供相關的圖表資料供學生參考，這些圖表資料未必在課程綱要的範圍之內。評量時仍應提供這些資料以供學生參考，不得要求學生記憶。
- 6.教師對於自己的教學工作如教材選編、教學策略的引用、班級管理等等，能時常做自我評鑑，並做調適。

其評量方式，OECD/PISA 和九年一貫課程皆重視生活的實用性與非紙筆式的評量。但是，OECD/PISA 評量科學理論及應用部分的建議配分十分明顯，而九年一貫自然與生活科技學習領域則較多的寬鬆與彈性。因此，前者若進行國內或國際間之比較，遠較後者具說服力與客觀性。雖然，充分授權評量方式給學校或教師的做法，為今日多元化評量之美意，但仍不可忽略其評量的真實性與客觀性。OECD/PISA 的評量準則可提供九年一貫課程自然與生活科技學習領域參考，並研擬更切合探索科學能力的評量指標，以訂定出具有客觀性的九年一貫課程評量細則，而非通用各領域的大綱式評量準則。

## 肆、對我國數學與科學教育之建議

以目前國內推動數學與科學教育的趨勢而言，OECD 組織重視真實世界的生活知識，此與我國九年一貫課程數學與相較亦有異曲同工之妙。換言之，我們雖未加能入 OECD 組織成為會員國，但是在方向上仍與國際間具有共同之趨勢。OECD(2000) 的報告指出，在 OECD/PISA 以閱讀能力為主的報告中，芬蘭是整體調查中表現最佳的國家，而值得注意的是同屬亞洲國家的日本與韓國則是在數學與科學能力中，為表現最優異的兩國。推究其原因，可能來自學校教育中，對數學與科學知識的要求。台灣的教學情境、文化脈絡與日本、韓國類似，長久以來重視學科能力之表現，雖我們未能參加 OECD/PISA 評量，但這樣的結果值得吾人省思數學與科學教育政策之走向。從 OECD/PISA 評量方案，以下提出幾項對國小數學與科學教育的建議。

### 一、PISA 評量對數學、自然與生活科技學習領域課程實行成果的評量依據

OECD/PISA 雖重視與日常實用相結合，但更重視其是否具有該能力所要求之素質。而九年一貫課程強調結合學生生活的素材，給予較多的彈性。因此，學校課程的

安排、教師課程的規劃設計、教材內容的選擇、學生、家長課後的輔導與協助等多方的互動，將決定學生是否確實學到其所欲學及所應學。如此，對於學生的學習狀況，除學身本身外，相關之配套措施與人員扮演及重要之角色。所以，若能如 OECD/PISA 評量，能具體分析學生的能力等級或各層次的程度，將能檢視學生的能力並做即時性補救教學。或是，在現有的分段能力指標中，能具體指出其達成的能力範圍，而非以往教案的行為目標評定方式（例如：80%學生能夠學會），對個人或整體能力則更具完整的頗析。九年一貫課程數學、自然與生活科技學習領域課程的評量，可參考 OECD/PISA 評量內涵，而能符應國際社會能力評量之脈動。

## 二、建立跨國性比較的能力指標

OECD/PISA 其所指的數學與科學能力及評量規準雖具彈性，但仍有一定的量尺加以規範，因此具體指出所欲達成之目標。此外，其內容和評量架構，雖具開放性的問題部分，但仍具嚴謹之架構。此不但有利於國際性間之比較，並能清楚呈現評量的內容。台灣屬於地球村的一員，所進行的評量以要能與國際間所珍視的價值參照。從本篇論文的討論，除 OECD/PISA 以外，一些國際間的學科能力評量，也值得我們重視，需了解其評量意涵。若此，不論我們是否能實質參與評量，亦能客觀地從中了解本國學生的基本能力。

## 三、重視理論及應用的基本能力

OECD/PISA 所謂「數學能力」與「科學能力」，兼具理論及應用兩方面，並具體地指出所包含的項目及各部分之比重。理論部分，數學重視大概念、科學重視概念的理解，其為奠定數學與科學的根基的基石。應用部分，數學和科學重視情靜脈絡變化之因應，從真實世界的知識獲得應用和證據。學生的學習機制式架構在理論上，不斷的適應、調整和重組織視的建構，這樣才能擁有屬於「活的能力」而非「死的知識」。對於我國而言，九年一貫課程修正過去對應用知識的忽略，而今特別強調與生活結合的知識。但是，數學與科學的創造發明能力，仍需有理論作為根基不可偏廢。所以，推動數學與科學教育仍需兼重理論及應用的基本能力，而不能有所偏頗。

## 四、維持我國學業成就的優勢

從 1995 年 IEA 的 TIMSS 的資料分析，OECD(1999)年其教育統計指標指出數學成就在國家間有廣泛的不同，出現在早期的孩子教育，增加學校的進步。數學成就在韓國與日本表現居 OECD 之冠，且高出 OECD 平均(OECD, 1999)。我國於八十七年二月至八十九年十月，參加「第三次國際數學與科學教育成就後續調查」(Third International Mathematics and Science Study Repeat 簡稱，TIMSS-R)，測驗的結果我國學生科學學習成就平均成績的國際排名為第一名，數學平均成績的國際排名為第三名，表現極為優異（陳昭地，2000）。由上述可知，與韓國、日本同屬亞洲國家的我們在數學與科學的學業成就上，與國際相較獲得極大的肯定。縱使我們教改朝向多元活

潑化，但仍要維持這樣的優勢，不是降低學習內容之難度，而是需導正學業成就評量的內涵，期使學生、家長、教師、學校是為提昇學生的實質能力，而非填鴨式和制式的教學過度重視表象的學業成績。

## 五、建立與國際性評量機制類似之測驗

OECD/PISA 評量清楚指出各國在閱讀、數學、科學能力的表現，雖然我國尚未加入此組織，但仍可建立與此評量類似之測驗，以瞭解國內學生與國外學生能力之差異。OECD/PISA 所測驗的年齡約為十五歲，相當於我國完成九年一貫課程國民義務教育的學生。若以評量的類型而言，OECD/PISA 測驗為「總結性評量」，其測驗時間，亦與我國「國中基本學力測驗」同時。為了節省額外安置一個測驗的物力與人力，OECD/PISA 其所欲測量之內涵，可提供大考中心或國中基本學力測驗研發小組參考，進而發展出具有效能且客觀之評量規準，以作為國際比較之用。此規準，不會讓學生、家長、教師、學校做無意義的「分數」比較，而是重視分數下的實質內涵。換言之，即為學生習得多少，融會貫通了多少，也就是教改一再宣稱所欲達到「給學生帶得走的知識，而非背不動的書包」。

## 伍、結語

OECD/PISA 評量之目的在於了解參與國家中之教育系統，乃欲使其學生具有「終身學習者」及「扮演好市民之角色」的準備。目前台灣亦在倡導終身學習之理念，乃基於學習的永無止盡與終身學習人的觀念。在數學教育和科學教育亦是如此，從小啓蒙的數學與科學能力，進而能應用於往後的社會生活與職業生涯。因此，小學及中學的能力培養，即為往後奠定基礎。九年一貫數學、自然與生活科技學習領域課程的推動為台灣的數學教育、科學教育在基礎教育階段，扮演重要的推手。而九年一貫課程與 OECD/PISA 的數學能力與科學能力評量設計宗旨相類似，兼重原有之學科知識與日常應用知識。在整體上，我國推動數學與科學教育趨勢，與國際脈動具有一致性，而學業成就亦有不錯的表現，除讓教育工作者深感欣慰外，亦要隨時檢討教改的方針，而使此優勢能繼續維持。此外，也需政府相關部門不斷努力，使我國能以會員國的身分加入國際性組織，直接參與國際社會的政策與方案。

## 參考文獻

- 陳昭地（2000）：我國國中生數理科表現最新世界排名。國科會記者會新聞資料（新聞稿日 89.12.6）。
- 教育部（2001）：國民中小學九年一貫課程暫行綱要。台北：教育部。
- 教育部國際貿易局 2001）：OECD 組織介紹。[http://www.trade.gov.tw/global\\_org/oeecd.htm](http://www.trade.gov.tw/global_org/oeecd.htm)（檢索日期 2001.11.20）

- 楊思偉編 (2000) : **基本能力實踐策略**。台北：教育部。
- Bybee, R. W. (1997). Scientific literacy--An international symposium. In W. Grabe and C. Bolte (eds.), *Towards an understanding of scientific literacy*. Kiel: IPN.
- Millar, R., & OSBORNE, J. (1998). *Beyond 2000: Science Education for the Future*. London: King's College London School of Education.
- OECD(2000). *Measure student knowledge and skill: The PISA 2000 assessment of reading, mathematical and scientific literacy*. Paris: OECD.
- OECD(1999a). *Education at a glance: OECD indicators*. Paris: OECD
- OECD(1999b). *Measure student knowledge and skill: A new framework for assessment*. Paris: OECD.
- OECD(2001). *Education Policy*. Paris: OECD.

## **Abstract**

### **The Reflection of Mathematics and Science Education from the OECD/ PISA**

Wang Juei-Hsin

National Chung Cheng University Graduate Institute of Education

OECD/PISA represents a new commitment by the governments of OECD countries to monitor the outcomes of education systems in terms of student achievement, within a common framework that is internationally agreed. The results of the OECD assessments, to be published every three years along with other indicators of education systems, will allow national policy makers to compare the performance of their education systems with those of countries. OECD/PISA will cover reading literacy, mathematical literacy and scientific literacy.

This essay focuses the “mathematics” and “science” literacy. This Program has begun in 1999, and has been implemented in 2000. This major domain-- reading literacy has been reported on April in 2000. Others including mathematical literacy and scientific literacy will be finished in 2003 and 2006. This assessment may be a reference framework for mathematics and science education. This can supply a kind of evaluation model for the mathematical literacy and scientific literacy in the 6-15 Articulated Curriculum Syllabus. It helps us to reflect the value literacy in mathematics and science domain between OECD/PISA and the 6-15 Articulated Curriculum Syllabus. Finally, the author advances some suggestions from the implication and results of the OECD/ PISA.

**Key words: OECD, PISA, mathematics education , science education , 6-15 Articulated Curriculum Syllabus**