

# 評量科學思考智能的綜合統整能力- 實務初探

王夕堯<sup>1</sup> 易曉雯<sup>2</sup>

國立台北大學教育學程中心<sup>1</sup>

台北市立民生國中<sup>2</sup>

摘要：本報告從教學文化考慮，以一般國民中學的教室教學情境，探討教師在進行九年一貫課程自然科學領域教學時，對於科學素養評量可能遇到的困難以及透過運用模糊集合理論建立模糊評價系統的嘗試。本報告僅針對科學素養中的「科學思考智能之綜合統整能力」之評量探討。作者以不同教學方式的學生，在以問題為中心的學習過程中，從實作評量觀察其學習成效的差異。並從觀察到的差異，比較他們從開始到結束全部過程，面對問題的整體處理表現。並整理出學生在處理過程中幾個主要影響實作結果的特性 理解問題、獨立判斷、較多行動點子等。作者推測，這可能是他們匯整成較高階思考，以面對問題並能行動的「綜合統整能力」。但作者建議更精密的解釋，需要從評量標準設定的過程中進一步研究。

關鍵詞：科學素養、綜合統整能力、實作評量、以問題為中心的學習

## 壹、前言

我們生活在一個充滿評量文化的世界。在這裡我們所說的「文化」指的是人類社會的生活方式，而「評量文化」指的就是這個生活中不斷出現，對各種活動的核心價值去建立據以為評估及衡量標準的習慣。例如：環球小姐選美大會，受邀的評審必須對參加的小姐，哪一位的「美」超越其他人做出判斷；然後在多位的評測者對「美」找到一個綜合性的共識之後，才選出那一位是最符合「美」之共識的小姐。此外，許多擇優授獎的活動也都面對在選擇那一個代表為優時，必須能合理說明，評測者所評估及衡量的依據是什麼。譬如說，一年一度的奧斯卡金像獎，在決定那一位獲頒最佳男演員獎的時候，每一名評審必須對這個演員的「演技」被認為好過其他人，提出合理的說明。其他諸如國際跳水、體操、寵物，甚至於台北市聯營公車，那一家公車公司的「服務」最好等等競賽，都跟前述對於活動的核心價值建立據以為評估及衡量標準有關。但重要的問題是，儘管有些前述的活動，例如韻律體操，可以有一些比較明確的項目（甚至於用量化方式）去評量選手的技術表現（比如說表演過程中，什麼動作出現幾次，可計幾個點數）；但另外有些活動，例如公車服務態度的好壞，就不容易用特定量化指標來評量。這也說明，在現實生活中(包含教育)，人們對某些事件的評量必須依賴「共識」，而這個共識的基礎是許多不同性質指標的綜合呈現。

我國目前推動的國民義務教育九年一貫課程「自然與生活科技領域」的主要目標之一是提昇國民「科學素養」，所強調的是要讓學習者的能力被培養出來，這與近年來國際科學教育闡述的主要觀點一致(例如：American Association for the Advancement of Science, 1993; Council of Ministers of Education, Canada, 1995; Millar, Osborne, & Nott, 1998; Monbusho, 1998; Hackling, Goodrum, & Rennie, 2001分別說明的美國、加拿大、英國、日本及澳洲之科學教育均重視培養學生科學能力與終生學習的態度)。

因為過去習以為常的講述式教學及偏重紙筆測驗，被認為不利大多數學習者科學能力的發展；九年一貫課程鼓勵教師採取多元活潑的教學策略，相對地教師當然需要有各式各樣的評量工具，也就是希望能夠以科學化的方式對這些能力加以鑑定，以確定顯示學習者「科學素養」相關的各種能力是不是在科學學習的過程中發展出來。

然而「科學素養」的理念源自西方，國內的學者，例如：楊仁興(1998)，李明昆和江新合(1999)等多把英文的science literacy或scientific literacy翻譯成「科學素養」或「科學的素養」，並據以沿用英文有關科學素養的文化意涵。此外，近代的科學是從西方世界傳入我們社會，從文化的觀點而言，當前自然科學教師所接受有關「科學 ( science )」的意涵幾乎是完完全全西方觀點(Wang, 2000)；可是另一方面，「素養」則是在我們傳統文化裡面原本就存在的一個概念，指「平時(日)的修養」。所以就字面上，科學素養可以解釋成平時科學的修養。然而查閱當代主要的中文辭典(教育部重編國語辭典編輯委員會，1981；三民書局新辭典編纂委員會，1989；夏征農，1992)都沒有收錄「科學素養」這四個字所連用的這一辭，顯見在我們社會的傳統裡原本沒有所謂「科學素養」這中文意涵抽象而籠統的概念。但是對於科學素養國內外科學教育界自有另一面的理解，稍早時期科學教育界比較強調在科學學理層面的科學素養，也就是學習者科學過程能力的檢視(AAAS, 1993; Millar,1996; 毛松霖、陳文典、黃長司和鄭湧涇, 1993, 1994；靳之勤，2002)，較少考慮到社會文化層面對於科學的審查(Symington,1997; Solomon, 2001)，這在實務上很有可能造成科學教學的預期目標與結果的落差(Esteve, 2000; Rudolph, 2000)。鑒於此，我們希望針對這一個議題進行研究，以國內一般國民中學的教室教學為考慮(也就是把教學文化，即：有進度的壓力、在意學生的成績、教學資源與教學策略的配合等等納入)，作為教師在進行九年一貫課程的科學素養評量時，具體可行的參考。然而整個九年一貫課程所涉及的理論與實務，至為複雜，不是本篇論文所能涵蓋。因此，本文僅針對九年一貫課程的科學素養中，思考智能的綜合統整能力之評量進行討論。

## 貳、綜合統整能力的界定

究竟什麼是「科學思考智能的綜合統整能力」？從神經科學的角度看，它可能類似神經科學家(Duncan, Seitz, Kolodny, Bor, Herzog, Ahmed, Newell, Emslie, 2000)所認為衍自大腦額葉一個控制多種行為特定部位的功能，被稱為「一般智慧(general intelligence)」，就是那種在許多種認知測驗會呈現出普遍正相關的一些智能，例如：空間、語文及覺知-運動等能力的統合表現。另外跟它比較接近的是認知心理學家說法「後設認知(metacognition) 即一個人評量自己有多接近解決問題的思考過程，也就是那種「知道的感覺(feeling-of-knowing)」(Eysenck & Keane, 2000)。也有學者(Rosenthal, 2000)稱這種感覺是較高階的思考(a higher-order thought)。Rosenthal建議：我們決定事情時的主觀知覺，是遲在實際做決定本身之後發生。換句話說，做決定本身而不是意識，跟事情的處理有關。前述的「一般智慧」、「後設認知」以及「做決定在事情處理的重要性」都隱含共同的特性 處理事物是靠一個人心智的統合表現。

既然我們決定探討科學素養評量基礎時，把國內教學文化納入考慮，教師的看法是研究者界定這個議題的諮詢對象之一。教學實務上，資深的國民中學教師經常可以發現，有些學生能夠在一般的紙與筆測驗上考得高分，同時也可以在處理一個科學議題(例如：完成一個半開放式，而不是菜單式的實驗問題)時，有不錯的表現。相反地，也有另一類的學生，對於一個需要綜合運用各種訊息去處理的科學議題，卻無法像紙與筆測驗般地表現。這樣的現象似乎說明，一般科學認知能力，譬如紙筆測驗的表現，並不同於，面對一個議題時，能夠綜合運用各項認知能力，所顯示出來的心智總體呈現。

這種總體呈現就是運用了綜合統整思考智能的具體表徵，其運用過程如黃貫倫(2004)所描述的：「包含了常用的心智活動，如：推斷、轉化、比較、想像、辨識、萃取、綜合等。」(p. 35)因而「綜合統整能力」似乎可以界定為：「能利用事務所提供的眾多訊息，形成一個或數個具有一致性極代表性的規則、規律或概念，並能用簡約、明確、條理的形式來表達的能力」(p. 32)。稍早陳文典教授(2002)曾經對科學素養思考智能的「綜合統整能力」有一個極扼要的說明 即「形成整體觀的能力」，同時他建議思考智能為「從各個向度思考問題時所需要的能力」。綜合上述文獻的重點，我們建議「科學思考智能的綜合統整能力」就是一個人處理科學議題時，對於各種相關訊息，顯示出來的心智總體運作所呈現整體觀的能力。換言之，針對學習者「科學思考智能的綜合統整能力」的評量，可以從學習動機出發，以形成性評量的精神進行，再從學習結果呈現的事實作為回饋論述的基礎。

### 參、綜合統整能力的教學考慮

九年一貫課程自然與生活科技領域重視科學素養的培養，例如：在科學學習時，要確定學習者「科學素養中思考智能的綜合統整能力」是不是發展出來。從上一節的討論中我們發現，這跟學習者在接觸新知識過程時形成的整體觀有關。自然科學知識系統的建構，來自科學家循「科學的一般法則 (scientific generalization)」所得的研究結果，這種實證研究取向相當具有權威性。這樣的知識權威性或多或少反映在自然科教師的教學上(Wang, 2000)。然而，要討論教師的教學是教育學研究的一環。社會科學(含教育學)與自然科學不同，它的研究通常含有許多變數難以控制。例如，一位老師可能以看起來同樣的內容，並且以完全一致的方法去另一班教室上同一門課。但是兩個班的上課結果可能完全不一樣，因為許多沒有被注意到的變數，例如：教室情境、教師情緒、學生樣子、個別學生差異等都足以影響上課的結果。

Bassey(2001)探討過去的教育研究所得到的知識不容易為實務工作者所用，是因為過去一般的教育研究強調追求「科學的一般法則」。「科學的一般法則」得自實證研究，以通則的方式表達就是：如果x出現在y環境中，那麼在所有情況下z都會發生。其中x表示行動，y表示發生這個行動的環境，z表示這個行動的特定結果。這也是一般強調科學化研究得到的推論。所以科學的一般法則認為：特定的事件的確導致特定的結果。與科學的一般法則大不相同的是「模糊的一般法則 (fuzzy generalization)」。「模糊的一般法則」用暫定的方式表達：如果x出現在y環境下，那麼z狀況可能會發生。也就是模糊的一般法則認為：特定的事件可能導致特定的結果。後者較適合用於教育研究或是其他社會科學研究。陳文典(2004)在考慮到培養科學素養的教學，對現任教師有其適應上的調適空間。因此如何透過具體可行的方法去評估科學素養的教學效果，以方便第一線的教師使用，必須有新的研究策略。他主張：「評量是為了想瞭解實況，並且對觀測的結果給予一個公平的評估。『實況』涉及到評量的目的、有效且可信的探測、資訊的獲得、資訊的分析、資料涵義的界定、結果的研判與詮釋等過程。公平的評估也就是評測者對於觀測的結果加以詮釋並賦予「意義」。」(p. 1)並建議應用模糊集合的理論建立模糊評價的系統，以應付這個教學上的實務需求。這個模糊評價的系統，希望盡量能夠把反映出我們國中課室教學文化的主要因子納進去。

我們認為科學學習的過程中，學習者對於一個科學問題的整體觀確實是非常重要的，因為它反映出各種相關知識在這個人內化的結果。而在教學時這一點往往不容易被關照到。由於過去鮮有文獻探討到這樣的議題。基於此，我們利用國中學生以問題為中心的學習過程，從實作評量觀察其學習成效的差異。並從觀察到的差異，比較他們從開始到結束的全部過程，面對問題時的整體處理表現。希望藉此過程找出他們形成整體能力所做的思考之特性。以下我們用一個實例 有機化合物相關概念(有機化合物的檢驗)作為問題中心，用實作評量來檢視國二學生(第一次段考理化成績相似的數理資優生和普通績優生，N=26)對這個主題整體學習表現 來說明我們在一所一般性質的都會區國中，所觀察到的學生「綜合統整能力」的特性。在研究中以下列方式蒐集資料：實作評量單、實驗活動的心得回饋、實作評量觀察量表、晤談、學生口頭報告、教師教學心得記錄等作為互動式教學評量的基礎。

#### 肆、綜合統整能力的特性 以一個有機化合物檢驗的實作評量為例

##### 一、確定參與學生學習成績的接近程度

以單因子變異數分析來檢定參與的八年級學生三次段考理化科的成績，結果發現：理化三次段考成績的F值為1.32，未達0.05顯著差異，顯示數理資優生和普通績優生的理化成績並無差異(表1)；如果不考慮組別，比較實際段考成績，顯示數理資優生和績優生在理化科的成績同質性很高(表2)。

表 1 理化科成績之單因子變異數分析表

變異來源	SS	df	MS	F
組間	871.79	27	32.29	1.32
組內	1368	56	24.43	
全體	2239.79	83		

表2 參與實驗的學生理化一般考試成績

組別	人數	理化段考成績總平均
資優生 201 組	16*	94.63
資優生 202 組	4	94.29
普通班績優生	8*	94.85

註：各有一人退出

如表1，我們選取段考成績接近的數理資優生和普通班績優生進行互動式教學以及實作評量，並觀察他們總體反映的差異。兩組的學生跟教師的互動除了實驗活動教學之外，其他過程相同。

從整個問題為中心的學習過程中，教師除了觀察學生是否表現某些行為外，同時記錄學生的特殊學習行為及表現，還針對不同程度的行為表現給予不同的成績。課後依據實作單的評分標準，檢核學生的學習成效，加上老師的觀察紀錄量表，以及測驗卷作綜合考評。

學習單上設計一欄，可以讓學生開放式表達他們的特別印象或想法，這樣子可以某種程度傳達了學生重要的學習訊息。我們發現除了具備理解問題能力外，學生還必須有比較好的獨立判斷能力以及較多行動點子，才能做出正確的判斷，順利完成「有機化合物的檢驗」。這一點從學生的實驗記錄上，我們的確也看到他們的思考過程。

## 二、實作評量的過程

我們在進行實作評量時學生是相對而坐，彼此之間雖禁止交談，但可以轉頭張望，也就是說同學們是可以彼此觀摩學習的；透過觀察我們發現，由於學生的主動學習(因為這是考試！)加上同儕的互動提醒(同學被允許大家可以互看)，再透過自己的思考判斷，學習成效遠比課堂老師的叮嚀、例行性公式般的實驗活動還來的有效。我們發現即使已做過前導實驗的普通班績優生，在實作評量時還是非常仰賴同儕的互動，而資優生相對地就比較獨立。初步結果如表3所示。

## 伍、初步結果

作者以紮根理論的精神(Charmaz, 2000)，經過資料認定 編碼 分類以便合成論述及解釋資料，並反過來從分類基礎去發展分析資料的架構，整理原始資料。我們把得自實作評量單、實驗活動的心得回饋、實作評量觀察量表、晤談、學生口頭報告、教師教學心得記錄等定性及定量資料，以上述程序回到本研究對於「綜合統整能力」的界定。在這裡「科學思考智能的綜合統整能力」，就是參與學生處理有機化合物的檢驗議題時，對於各種相關訊息，顯示出來的心智總體運作所呈現整體觀的能力。參與學生的心智總體運作所呈現整體觀的能力，也就是他們在實作時可以被觀察到的科學態度、精神、活動表現等層面。我們發現：從給予學生的學習材料及課堂指導或是實驗當時的師生互動來分析，與這個「有機化合物的檢驗」相關的活動，以學習的角度觀察，需要學生運用的相關科學素養可分類為：理解實驗內容、顯示邏輯思維、實驗規範的遵守、顯示主動學習精神、展現實驗技能、展現創意思維等。為了能合適解釋「科學思考智能的綜合統

整能力」，我們反過來從分類基礎去發展分析資料的架構，這時不可避免必須參酌研究當初目的，進一步解釋上述理解實驗內容、邏輯思維、實驗規範的遵守、主動學習、實驗技能、創意思維等素養，對於學生在這個「有機化合物的檢驗」活動顯示出來可論述為整體觀的能力。我們在這個論述階段，為了忠於國內國民中學的教學文化的實境，儘量採用一般教學情況下，教師容易體會的教室日常用語(everyday language in classrooms)，避免沿用不盡然能夠真實描述國內理化教室師生互動的學術用語(academic language)。基於此，這個論述及解釋資料的結果，從教師比較熟悉的形容詞來看，分別是：理解實驗內容、顯示邏輯思維可以解釋一個學生的「理解問題能力」；實驗規範的遵守及顯示主動學習精神可以解釋一個學生的「獨立判斷能力」；而「較多行動點子」的學生，則較有可能展現出實驗技能以及創意思維。表3呈現出以上述論述方式所分析的結果。

表 3 資優生與績優生科學思考智能的「綜合統整能力」特性比較

科學訴養及相關能力		資優班教育組				傳統學習組 (績優生 7 人, 不含 資優鑑定生)	
		201 組 (15 人)		202 組 (4 人)		平均數	標準差
		平均數	標準差	平均數	標準差		
理解問題 能力	理解實驗 內容	3.27	1.44	2.00	0.61	3.29	1.10
	邏輯思維	2.80	1.56	1.75	0.56	2.36	0.52
獨立判斷 能力	實驗規範 的遵守	3.4	0.61	3.88	0.22	4.29	0.25
	主動學習	4.67	0.60	2.88	0.96	3.71	0.84
較多行動 點子	實驗技能	3.4	1.14	2.25	0.25	3.43	0.86
	創意思維	3.13	0.96	1.75	0.25	2.86	0.83

\*格子內的數字來自經過量化處理的每一個個別素養相關之綜合評量紀錄

參考表3的結果，我們似可以從結果論解釋，學生在從開始到結束全部過程中，面對問題的整體處理表現的幾個特性，例如：理解問題、獨立判斷、較多行動點子等，可能是跟他們匯整成較高階思考，以面對問題並能行動的「綜合統整能力」有關。從晤談的例子或許可以部分描述這樣的關係。例如，g-4-1學生表示：「其實作實驗並不是像課本上那麼簡單，因為有的時候會發生一些奇怪的事情，必須自己想辦法，這次的實驗也讓我更了解實際操作的方法。」反映出這個學生面對問題時會主動想辦法，具有獨立判斷能力的特性。另外一位s-3-1學生說：「有機化合物含C、H 兩種元素！燃燒時，會使石灰水混濁！有的甚至冒煙！」

感覺都不一樣！是一個很有趣的實驗！」顯示出他應該具有理解問題的能力。從觀察中看出，還有具較多行動點子學生，能夠一邊進行實作，一邊進行思考而立即調整處理方式，例如g-5-2學生把未加熱的氯化亞鈷試紙(紅色)放入加熱後的試管中，發現變成藍色，馬上意識到氯化亞鈷試紙必須先烘乾(實驗進行那一陣子天氣都非常潮濕)再來做測試用，會讓結果比較正確。

#### 陸、進行「綜合統整能力」評量的初步建議

本研究以「有機化合物的檢驗」主題為例，我們認為本單元的評量應著重於學生如何檢驗出有機化合物，除了他們要記得有機化合物含碳、氫兩元素外，還要能記得石灰水溶液以及氯化亞鈷試紙的性質(這部份是傳統的紙筆測驗可以評量到的)，更重要的是他們要能夠對以上的性質，作連結應用，包括例如：實驗的觀察、操作、以及會獨立判斷要怎麼進行，才會讓檢驗的過程比較理想；又比方說如何架設器皿收集二氧化碳、如何檢驗水分及二氧化碳的存在，甚至在操作時還會考慮到環保及安全因素等(這些方面就是紙筆測驗所不容易評量到的)。

實作評量表現優異的學生，多是對於問題較能作整體診斷，而具有進行高階思考的能力。換句話說，學生在理化的課程學習上，在實作評量表現優異的學生，傾向在我們前述的科學思考智能的「綜合統整能力」特性-理解問題、獨立判斷、較多行動點子等特性方面作多元思考與連結。當然，這是一個觀察一群成績優異學生的初步結果，對於一般學生，應該要以觀察更全面的樣本來對照比較合適。具體而言，這個「有機化合物的檢驗」為問題中心的教學與實作評量，顯現幾項幫助及限制，值得提出來跟國中教師分享：

1. 師生默契及實作評量的座位安排會影響學生的臨場表現：實作評量雖是每個人獨立完成，不允許交談，但過程中沒有限制學生互看。我們發現不論資優生或績優生，在團體中都免不了會受同儕影響，而呈現合作學習的效應。
2. 實作評量可觀察到學生在紙筆測驗中看不到的學習特質：經過實作評量，學生體認到除了知識及技能外，還必須加上推理思考的能力，才能順利完成實驗。雖然本研究最後統計數字，我們看不出學生差異的顯著性。但較事實靜的觀察紀錄，確實顯示每個學生潛能以及在學習過程中的展現方式不一樣。例如：我們觀察到績優生在操作前會先將重點記下，待做完實驗之後再仔細通盤檢查；資優生則不然，通常信心十足，先看實物再說。如果只有紙筆測驗是看不到這些的，可是在實作評量裏卻可一覽無遺。
3. 學習主題的選擇及教師的預試：雖然實作評量可能帶給師生在科學學習好的一面，但全面改用實作評量的方式進行理化教學，可能有困難。因為實施實作評量耗時費力，且有其無法預期的變因產生，我們強調實施實作評量之前，教師一定要先預試，編出評分標準，才不至當下顧此失彼。



4.教師事前須克服的困難：教師無法完全兼顧到所有學生，學生的部份行為表現稍縱即逝，尤其是技能方面的能力，比方說學生如何使用氯化亞鈷試紙檢驗、如何將橡皮管從石灰水中移開等(如果樣本數大，需要多個研究者同步參與，這可能會造成兩評分者所評的結果不一致，而導致統計分析偏差的結果)，所以要完整記錄學生的特殊行為表現有時候很不容易。

柒、「綜合統整能力」評量基礎進一步研究的建議

陳文典教授召集的「科學素養評量研究」的整合型計畫，以及包含我們所進行的「統整能力評量基礎研究」在內的幾個子計畫，就是在九年一貫課程自然科學領域新課程評量標準設定的過程中，希望最後能夠把會影響評測者在決定判斷標準的主要因子都鑑定出來，並作為建立合理可行的評量方案，以供國民中學科學教師進行多元評量之用。

Scharaschkin & Baird(2000)以英國一般文憑教育(General Certificate of Education, 即GCE)的考試作為題材，探討考生作答的一致性對試卷評測者打等第(grading)標準的影響。由於是項考試是大學預科的階段，通常試題是問答或申論題，所以評量方式採用閱卷者(examiner)質性及專家判斷(qualitative and expert judgements)的方式給予試卷打等第。這兩位作者在這個研究發現：同一份試卷，不同題號得分的一致性會影響到評測者對於整份試卷總等第的判斷，同時也會影響到評測者要做等第判斷時的困難度。他們建議：雖說專家判斷是決定標準效度的必需成分，但這不是唯一的方法。或許教育測驗統計學應該可以作為一個主要判斷標準的訊息來源，然而必須小心的是，測驗統計學也被認為是具有可錯性的指標(fallible indicators)。因而，究竟何種因子會影響評測者在做判斷標準的決定，需要從標準設定的過程中(the standard setting process)進一步研究。

我們認為九年一貫課程自然科學領域對於科學素養評量所面對的問題，與上述英國GCE試卷評量的困擾有相似之處。這些相關研究，就是需要我們在標準設定的過程中，仔細探討判斷標準的範疇。這個階段「科學思考智能綜合統整能力評量基礎研究」先從質化的角度，鑑定出在國中一般教學情境下，可觀測到的「綜合統整能力」主要因子，接下來應該從更周密的角度判斷這些因子的普遍性如何。

誌謝

作者感謝易曉雯、劉佳容、李坤燕等三位老師在教學及評量活動的全力協助，並對國科會經費(NSC92-2522-S-305-001)補助深致謝意。

## 參考文獻

- 三民書局新辭典編纂委員會 (1989): 新辭典。台北市:三民書局。
- 毛松霖、陳文典、黃長司和鄭湧涇 (1993) 科學教育指標之研究-科學過程技能學習進展指標。國科會 NSC80-0111-S003-13 第一年研究報告。台北市:國科會。
- 毛松霖、陳文典、黃長司和鄭湧涇 (1994) 科學教育指標之研究-科學過程技能學習進展指標。國科會 NSC80-0111-S003-14 第二年研究報告。台北市:國科會。
- 李明昆和江新合 (1999): 國民中學學生科學素養之研究-以垃圾焚化爐議題為例。發表於中華民國第十五屆科學教育學術研討會。彰化:國立彰化師範大學
- 夏征農 (主編)(1992): 辭海 (台灣版)。台北市:台灣東華書局。
- 教育部重編國語辭典編輯委員會編 (1981): 重編國語辭典。台北市:台灣商務印書館。
- 陳文典(2002): 自然與生活科技學習領域之學習成就-科學素養的評量。教學創新九年一貫課程-自然與生活科技學習領域研習手冊, 33-106, 教育部。
- 陳文典(2004): 評價理論與應用。國科會「科學素養評量研究」整合計畫 2004.05.12 會議講義資料。
- 黃貫倫(2004): 學生綜合統整能力對物理學習的影響。(未發表)國立台灣師範大學物理研究所碩士論文。
- 楊仁興 (1998): 國民小學美勞科教師科技素養基本能力內涵之研究。發表於一九九八年師資培育研究與教學能力評鑑研討會。彰化:國立彰化師範大學。
- 靳之勤 (2002): 「有素養」或「無素養」? - 解讀非科學主修大學生對三項全球性環境問題之敘述表徵。科學教育學刊, 10(1)59-86。
- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (1993) *Benchmarks for Scientific Literacy*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- Bassey, M. (2001). A Solution to the Problem of Generalisation in Educational Research: fuzzy prediction. *Oxford Review of Education*, Vol. 27, No. 1, pp. 5~22.
- Charmaz, K. (2000). Grounded Theory: Objectivist and Constructivist Methods. In Denzin, N. K. & Linconn, Y. S. (eds) *Handbook of Qualitative Research*. (2<sup>nd</sup> Ed.) pp.509-535. Thousand Oaks, London, New Delhi: Sage Publications, Inc.
- Council of Ministers of Education, Canada (1995) *The Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12*. [On-line] Accessed Date: January 23, 2003. <http://www.cmec.ca/science/framework/Pages/English/1.html>

- Duncan, J., Seitz, R. J., Kolodny, J., Bor, D., Herzog, H., Ahmed, A., Newell, F. N., & Emslie, H. (2000). A Neural Basis for General Intelligence. *Science*. Vol. 289, 457-460.
- Esteve, J. M. (2000) Culture in the School: assessment and the content of education. *European Journal of Teacher Education*, 23 (1) 5-18.
- Eysenck, M. W. & Keane, M. T. (2000). *Cognitive Psychology*. 4<sup>th</sup> Ed. East Sussex: Psychology Press.
- Hackling, M., Goodrum, D., & Rennie, L. (2001) *The State of Science in Australian Secondary Schools*. *Australian Science Teachers*, 47 (4) 6-17.
- Millar, R. (1996) Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, 77 (280) 7-18.
- Millar, R., Osborne, J., and Nott, M. (1998) Science Education for the future. *School science Review*, December 1998, 80 (291) 19-24.
- Monbusho (Ministry of Education, Science, Sports and Culture, Japan) (1998) *White Paper*. [On-line] <http://www.monbu.go.jp/hakusyo/e-index.html> Accessed: Dec. 12, 1998.
- Rosenthal, D. M. (2000). Consciousness, Content, and Metacognitive Judgments. *Consciousness and Cognition*, IX, 2, Part 1, 1-15.
- Rudolph, J. L. (2000) Reconsidering the 'nature of science' as a curricular component. *Journal of Curricular Studies*. 403-419.
- Scharaschkin, A. & Baird, J-A. (2000). The Effects of Consistency of Performance on A Level Examiner's Judgements of Standards. *British Educational Research Journal*, vol.26, No.3. 343~357.
- Solomon, J. (2001) *Science, Technology and Society (An Invited Speech)*, 發表於 STS 科學教育研討會(III)。台北市：國立台灣師範大學。
- Symington, D. (1997) Science, Technology and Economic Development: An Issue for School? *Australian Science Teachers Journal*, 43 (3) 7-11..
- Wang, S-Y P. (2000) An Investigation of the Factors Influencing the Espoused Teaching Strategies of Taiwanese Science Teachers. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Science, Mathematics and Technology Education*. pp. 611-619. January 11-13, 2000. National Taiwan Normal University, Taiwan.

