

國小學童科學閱讀與書寫能力之研究

王靜如

國立屏東教育大學 數理教育研究所

100年9月29日(嘉義 新竹)

100年10月19日(花蓮)

P I S A (國際學生能力評量計畫)

- n 2009年的報告指出) ，在「閱讀素養」方面，台灣的國一學生已由2006年的排名第十六退步至2009年的第二十三；「科學素養」方面則由2006年的排名第四退步至2009年的第十二(洪碧霞，2010，

<http://www.libertytimes.com.tw/2010/new/dec/8/today-life7.htm>

	On the overall reading scale	Access and retrieve	Integrate and interpret	Reflect and evaluate	Continuous texts	Non-continuous texts	On the mathematics scale	On the science scale
OECD average	493	495	493	494	494	493	496	501
Shanghai-China	556	549	558	557	564	539	600	575
Korea	539	542	541	542	538	542	546	538
Finland	536	532	538	536	535	535	541	554
Hong Kong-China	533	530	530	540	538	522	555	549
Singapore	526	526	525	529	522	539	562	542
Canada	524	517	522	535	524	527	527	529
New Zealand	521	521	517	531	518	532	519	532
Japan	520	530	520	521	520	518	529	539
Australia	515	513	513	523	513	524	514	527
Netherlands	508	519	504	510	506	514	526	522
Belgium	506	513	504	505	504	511	515	507
Norway	503	512	502	505	505	498	498	500
Estonia	501	503	500	503	497	512	512	528
Switzerland	501	505	502	497	498	505	534	517
Poland	500	500	503	498	502	496	495	508
Iceland	500	507	503	496	501	499	507	496
United States	500	492	495	512	500	503	487	502
Liechtenstein	499	508	498	498	495	506	536	520
Sweden	497	505	494	502	499	498	494	495
Germany	497	501	501	491	496	497	513	520
Ireland	496	498	494	502	497	496	487	508
France	496	492	497	495	492	498	497	498
Chinese Taipei	495	496	499	493	496	500	543	520
Denmark	495	502	492	493	496	493	503	499

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	<ul style="list-style-type: none">(1) 能辨識出有可能以科學方式進行探究的議題。(2) 能找出對搜尋特定主題的科學資訊有用的關鍵詞。(3) 能認出科學探究中的關鍵特徵。
科學地解釋現象	<ul style="list-style-type: none">(1) 在給定的問題情境中運用科學知識。(2) 以科學的方式描述或詮釋現象，以及預測變化。(3) 能區別出恰當的描述、解釋及預測。
運用科學證據	<ul style="list-style-type: none">(1) 詮釋科學證據、下結論、傳達結論。(2) 能辨認出結論背後的假設、證據和推理。(3) 反省科學和技術發展的社會意涵。

研究目的

- 1.發展國小學童科學閱讀理解能力測驗工具 (RCST)
- 2.發展國小學童科學書寫能力測驗工具 (WEOS)
- 3.分析影響學童科學閱讀理解與書寫能力的相關因素

理論架構

Scientific inquiry as defined by the *Inquiry in the National Science Education Standards* (NRC, 2000)

Reading as a form of inquiry (Norris & Phillips, 2005; Yore, 2000).

Detecting the main idea from the text (Goldman & Bisanz, 2002 ; Mayer, 1992; Rouet & Vidal-Abarca, 2002)

Reasoning processes (Quellmalz & Hoskyn, 1997)

Science vocabulary (Perfetti et al., 2005; Snow, 2010; Wellington & Osborne, 2001)

A parallel between scientific and school science inquiry:

- n *scientific inquiry* refers to the systematic approaches used by scientists in an effort to answer their questions about the world,
- n *school science inquiry* denotes a pedagogical approach which characterizes the nature and practice of science in which students achieve an understanding of scientific knowledge through the use of reasoning and thinking skills .
(National Research Council, 1996; The Access Center, 2010).

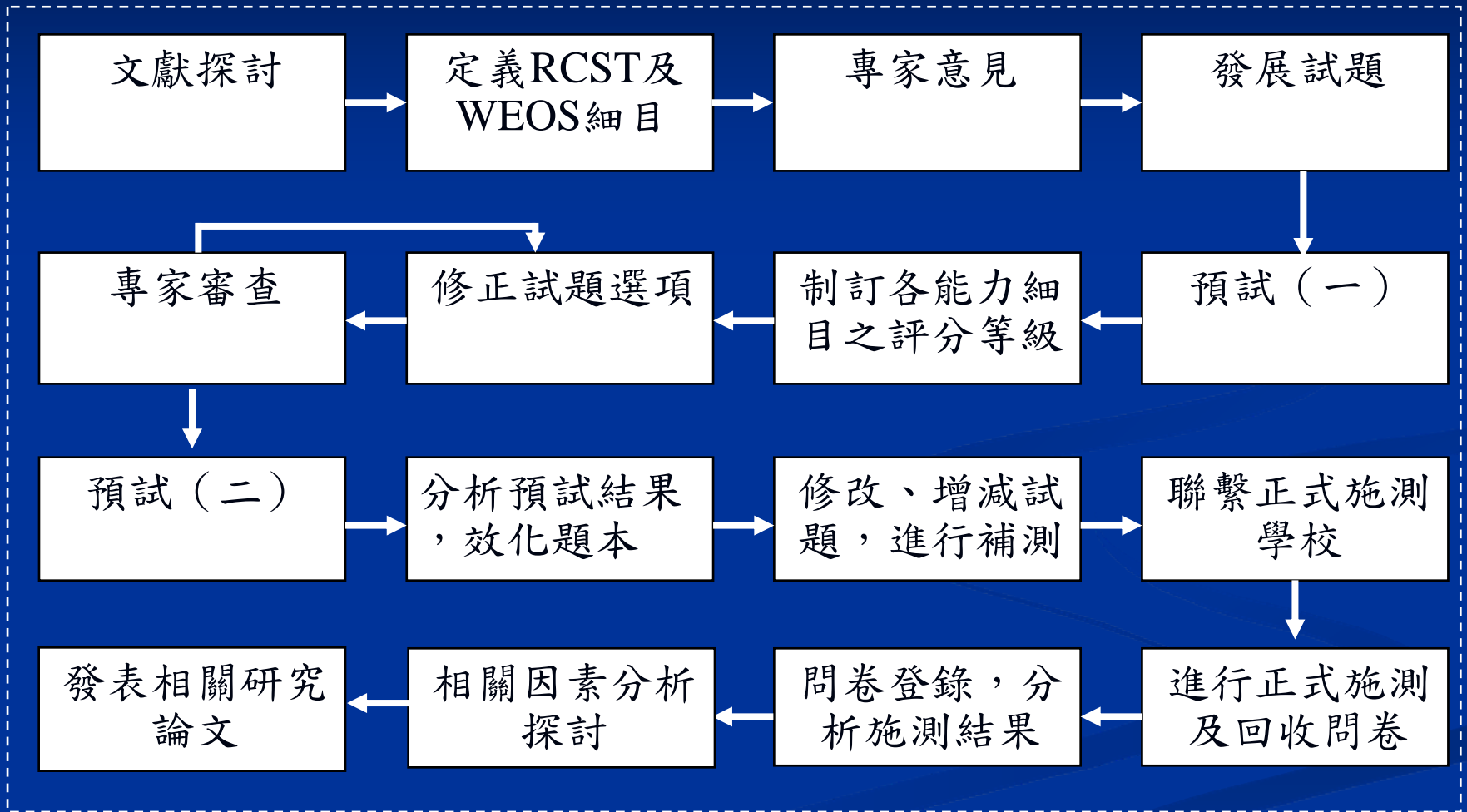
Five essential features of classroom inquiry

- n Learners are engaged by scientifically-oriented questions.
- n Learners give priority to evidence,
- n Learners formulate explanations from the evidence
- n Learners connect explanations to scientific knowledge.
- n Learners communicate and justify explanations (NRC, 2000).

Reading as a form of inquiry

- n 在閱讀時**專家讀者**會使用自己的背景知識，來想像文本中的說明，進一步判斷內容是否合理，他們會假設、推測，直到有足夠的證據來接受或反駁它，而這一連串的步驟就有如科學探究的過程(Norris & Phillips, 2005; Yore, 2000).

研究工作流程



研究一

發展國小學童科學閱讀理解能力測驗工具 (RCST)

RCST能力細目

科學素養核心能力

科學閱讀理解能力

能辨識科學語彙

能從閱讀過程中，辨識文本內容的科學語彙及其意涵

能辨識主題

能掌握閱讀材料中的核心問題及主旨大意

推理

能從閱讀材料中，判斷收集資料方法（含實驗設計），分析各訊息的異同及相關性

推論

能根據訊息資料，進行推論、解釋；與生活經驗連結，或延伸概念，進行預測、提出新見解

科學閱讀理解能力

具體表徵細目

能辨識文本科學語彙及其意涵

- F1 能辨識科學語彙。
 - F2 能理解科學語彙的意涵。
-

科學閱讀理解能力

具體表徵細目

能掌握閱讀材料
中的核心問題及
主旨大意

- A1 能掌握文本所探討的核心問題。
 - A2 能辨別文本主旨大意。
-

科學閱讀理解能力

具體表徵細目

推理

- B1 能判斷與問題相關的收集資料方法。
 - B2 能分析各訊息的異同。
 - B3 能分析各訊息的相關性（事件順序、因果關係）。
-

科學閱讀理解能力

具體表徵細目

推論

- C1 能根據訊息資料的相關性，進行合理的解釋、預測或。
 - C2 能應用科學文本所陳述的概念與生活經驗連結。
 - C3 能延伸科學文本概念，進行預測或提出個人新見解。
 - C4 能應用科學文本所陳述的概念進行實驗設計。
-

RCST試題發展

題組：文本與題目（四選一）。

1. 專家審查標準：

- (1) 文本品質：文本內容的正確性、困難度、文字恰當性。
- (2) 圖表品質：圖表內容的正確性、圖片清晰度。
- (3) 試題品質：試題內容的困難度、文字恰當性。

2. 試題篩選：預試後刪除鑑別度小於0.3者。

RCST試題分配

題組	四年級	六年級	共同題	總計
	4	6	2	12
面 向				
科學語彙	3	5	1	9
文本主題	3	6	2	11
推理	2	6	3	11
推論	9	9	2	20
總測驗	17	26	8	51

RCST文本與試題示例

你是否看過夜晚的天空中，升起一盞一盞明亮的天燈呢？天燈在中國社會中具有悠久的歷史。相傳三國時代，孔明被司馬懿困於平陽時，因為無法和外界聯絡，因而燃放天燈當作求救信號。清朝末年，台北縣平溪地區盜匪作亂，當地留守的居民便以燃放天燈來傳遞訊息，告知躲在山中避難的村民盜匪已經離開。現在每年元宵節施放天燈，已經成為一種祈福的民俗活動。

天燈是如何升空的呢？首先，在天燈底部放置浸泡過煤油的金紙。當金紙燃燒時，天燈內部的空氣因為受熱而體積膨脹，有些空氣分子因此受到擠壓而跑出天燈外，此時內部的空氣密度隨之變小。當天燈內部的平均密度小於外面的空氣密度，天燈便能升空了。

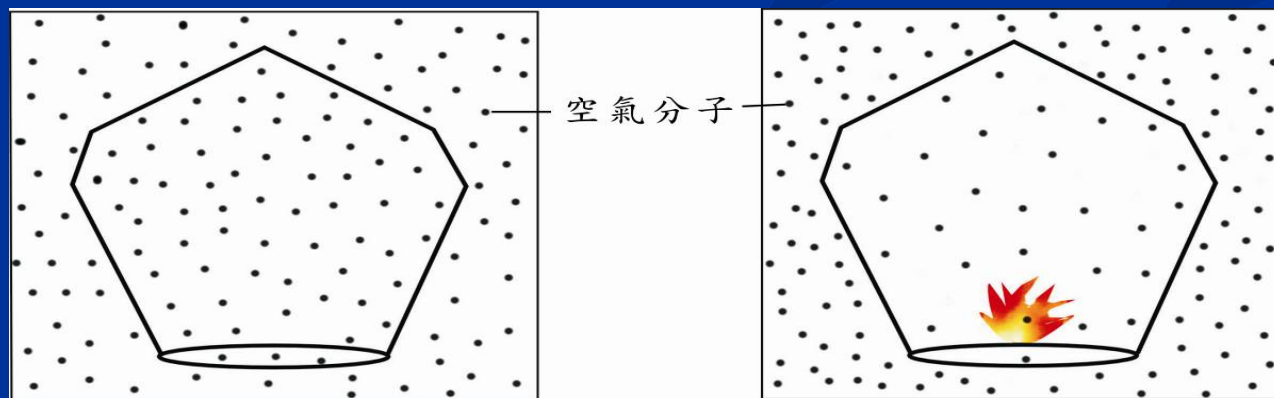


圖1 受熱前，天燈內、外空氣分子的分布情況

圖2 受熱後，天燈內、外空氣分子的分布情況

素養能力：

C1 能根據訊息資料的相關性，進行合理的解釋、預測或推論。

4. 下列哪一個解釋，最符合天燈升空的原理？

- ① 因為天燈內熱空氣的密度比外面大，所以會上升。
- ② 因為天燈內熱空氣的空氣分子比外面小，所以會上升。
- ③ 因為天燈內熱空氣的溫度比外面高，所以會上升。
- * ④ 因為天燈內熱空氣的密度比外面小，所以會上升。

RCST正式施測樣本

針對高高屏地區學校以分層叢集抽樣方式，先抽學校再抽班級，全班學生施測。

地 區	RCST測驗				總計
	四年級		六年級		
	男	女	男	女	
都市	118	125	125	120	488
一般鄉鎮	103	99	113	96	411
偏遠鄉鎮	47	55	60	45	207
總計	268	279	298	261	1106

資料分析方法

1. CTT：內部一致性、重測信度、難度、鑑別度。
2. IRT：
 - (1) 單一向度性考驗，
 - (2) 以BILOG-MG軟體進行三參數對數模式之二元計分試題反應，檢視試題與測驗的難度（b值）、鑑別度（a值）、猜測率（c值）及訊息曲線圖（test information curve, TIC）。
3. 外在效標：與林寶貴、錡寶香（2005）中文閱讀測驗進行相關分析。
4. 區別性效度：各面向之間的相關分析。
5. 幅合性效度：各面向與總分的相關分析。

外在效標

RCST與中文閱讀測驗(林寶貴、錡寶香，2005)之相關

向度	四年級				六年級			
	文本主題	推理	推論	總測驗	文本主題	推理	推論	總測驗
語意能力	0.53***	0.44***	0.44***	0.59***	0.49***	0.44***	0.49***	0.56***
語法能力	0.51***	0.35***	0.47***	0.57***	0.58***	0.46***	0.53***	0.60***
瞭解文章	0.55***	0.45***	0.52***	0.65***	0.58***	0.51***	0.53***	0.62***
比較分析	0.52***	0.40***	0.54***	0.63***	0.55***	0.52***	0.51***	0.62***
抽取文章	0.43***	0.39***	0.42***	0.53***	0.52***	0.38***	0.46***	0.53***
推論	0.54***	0.42***	0.46***	0.59***	0.56***	0.47***	0.42***	0.55***

註：***表示 $p < 0.001$

單一向度性考驗

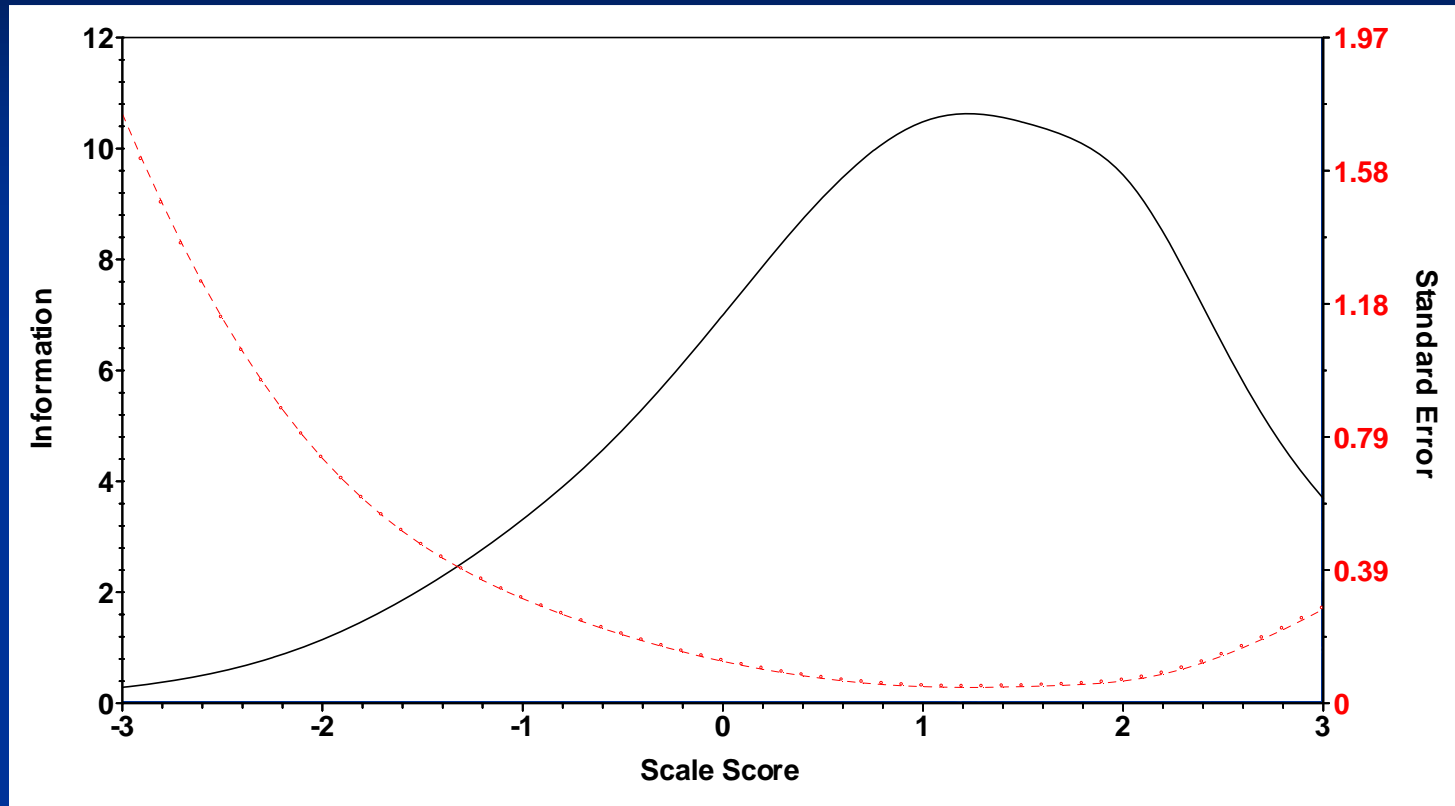
	人數	題數	因素	特徵值	$\lambda 1/\lambda 2$	因素解釋變異量%
四年級	547	25	$\lambda 1$	3.68	2.83	14.70
			$\lambda 2$	1.30		5.22
六年級	559	34	$\lambda 1$	4.61	2.88	13.55
			$\lambda 2$	1.60		4.71

1. 因素1大於因素2，比值亦大於2.5。
2. 解釋變異量指標在10%以上，符合單一向度假設。

RCST測驗信效度與試題分析

	四年級	六年級
內部一致性	0.74	0.80
重測信度	0.72***	0.76***
區別效度 (各面向的相關)	0.35、0.37、0.30、0.46、 0.40、0.42	0.37、0.42、0.54、0.52、 0.48、0.57
幅合效度 (各面向與總測驗的相關)	0.68、0.67、0.68、0.86	0.69、0.77、0.82、0.84
CTT		
鑑別度 mean (range)	0.52 (0.36 - 0.70)	0.53 (0.36 - 0.97)
難度 mean (range)	0.59 (0.36 - 0.75)	0.55 (0.33 - 0.82)
IRT		
鑑別度 (a): mean (range)	0.55 (0.20 - 0.83)	0.72 (0.33 - 1.72)
難度 (b): mean (range)	0.24 (-1.26 - 2.70)	1.17 (-2.09 - 2.50)
猜測度 (c): mean (range)	0.20 (0.17 - 0.26)	0.21 (0.12 - 0.30)

RCST測驗訊息函數圖



RCST對能力值1.2的學生能提供最大的訊息量

研究二

發展國小學童書寫能力測驗工具 (WEOS)

WEOS能力細目

科學素養核心能力

能辨識科學語彙

能辨識主題

能蒐集證據

能形成解釋

科學素養書寫能力

F 能辨識科學語彙及其意涵。

A 能寫出核心問題。

B 能寫出收集資料方法（含實驗設計），
分析各訊息的異同及相關性。

C 能進行推論、解釋；與生活經驗連結，
或延伸概念，進行預測、提出新見解。

科學素養書寫能力

具體表徵細目

F 能辨識科學語彙
及其意涵

F1 能寫出正確的科學語彙。

F2 能陳述對科學概念的理解。

科學素養書寫能力

具體表徵細目

A 能寫出核心問題

A1 能運用科學語彙寫出所探討的核心問題。

A2 能運用科學語彙、句型，寫出問題假設。

科學素養書寫能力

具體表徵細目

B 能寫出收集資料方法（含實驗設計），分析各訊息的異同及相關性

B1 能說明如何操作儀器及進行試驗的步驟。

B2 能記錄訊息間的差異。

B3 能寫出訊息間的相關性。

科學素養書寫能力

C 能進行推論、解釋；與生活經驗連結，或延伸概念，進行預測、提出新見解

具體表徵細目

- C1 能根據訊息資料的相關性，寫出合理的解釋、預測或推論。
 - C2 能寫出個人新見解。
-

WEOS試題發展與評分規準

題組：圖片或影片訊息+題目（問答題）。

1. 評分規準：根據Arter & McTighe(2001)評分規準設計原則，4位國小自然科資深教師共同研討將WEOS能力細目區分四個等級（Level 3、2、1、0）。
2. 試題篩選：預試後刪除鑑別度小於0.3者。

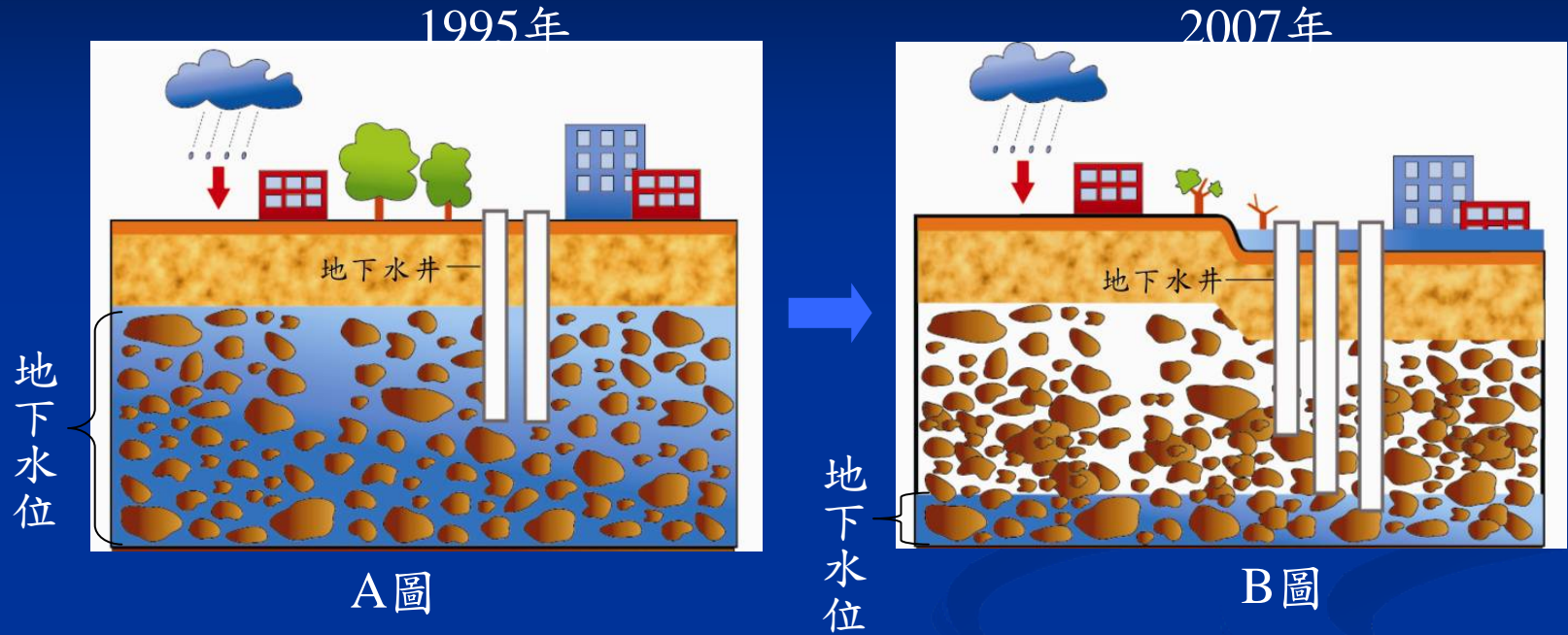
WEOS之評分規準示例

編號	科學素養書 寫能力細目	Level 3	Level 2	Level 1	Level 0
A1	能寫出所探討的核心問題。	能寫出與內容直接相關、具體可進行探究的問題，且語意完整，句型正確。	能寫出與內容相關的描述性問題，但問題不明確，用詞不夠具體，或答案已直接呈現在圖文訊息中。	僅能寫出與內容相關的事件，但無法成為一個問題。	偏離主題、答非所問。
A2	能寫出假設。	能寫出與問題直接相關且語意完整的假設。	能寫出與問題相關的假設，但圖示有明顯的答案，或用詞不當，語意不完整。	寫出與問題沒有直接相關的假設，或部分偏離主題。	所寫的假設與問題不一致，答非所問。

WEOS試題分配

題組	四年級	六年級	共同題	總計
面 向	4	6	2	12
科學語彙	0	3	0	3
探討問題	4	6	3	13
收集證據	4	5	2	11
解釋推論	3	8	1	12
總測驗	11	22	6	39

WEOS 試題示例



科學素養：

C1 能根據訊息資料的相關性，寫出合理的解釋、預測或推論。

請用完整的句子，寫出你認為造成地表由A圖演變成B圖的可能原因及過程。

WEOS正式施測樣本

針對高高屏地區學校以分層叢集抽樣方式，先抽學校再抽班級，全班學生施測。

地 區	WEOS測驗				
	四年級		六年級		總計
	男	女	男	女	
都市	33	30	30	34	127
一般鄉鎮	39	45	47	42	173
偏遠鄉鎮	3	7	3	4	17
總計	75	82	80	80	317

資料分析方法

1. 評分者一致性：兩位評分者評分信度達90%以上才正式評分。
2. CTT：內部一致性、重測信度、難度、鑑別度。
3. IRT：
 - (1) 單一向度性考驗，
 - (2) 以PARSCALE 4.1軟體進行多元計分試題反應分析及中高年級試題等化，檢視試題的難度（b值）、鑑別度（a值）、特徵曲線圖及訊息曲線圖（test information curve, TIC）。
4. 外在效標：與林寶貴、錡寶香（2005）國小學童書寫語言測驗進行相關分析。
5. 區別性效度：WEOS各面向之間的相關分析。
6. 幅合性效度：WEOS各面向與總分的相關分析。

外在效標

WEOS與國小學童書寫語言測驗(林寶貴、錡寶香，2005)之相關

面向	四年級				六年級			
	文本主題	收集證據	解釋推論	總測驗	文本主題	收集證據	解釋推論	總測驗
聽寫測驗	0.51***	0.41***	0.48***	0.55***	0.45***	0.37***	0.36***	0.47***
句子結合	0.49***	0.54***	0.51***	0.59***	0.51***	0.49***	0.51***	0.59***
國字填寫	0.52***	0.45***	0.50***	0.57***	0.49***	0.41***	0.43***	0.51***
造句	0.49***	0.46***	0.45***	0.55***	0.39***	0.34***	0.28***	0.40***

註：***表示 $p < 0.001$

單一向度性分析

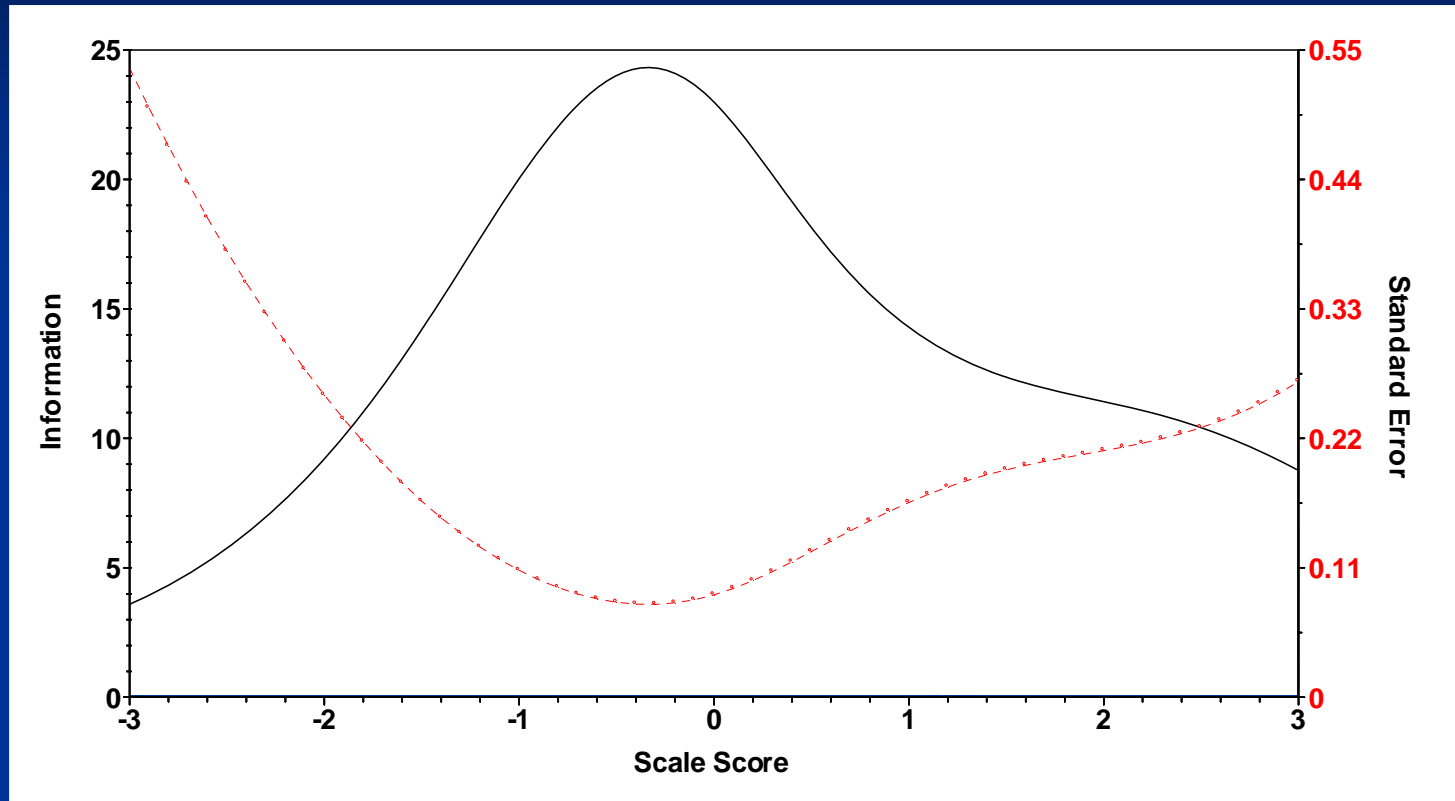
	人數	題數	因素	特徵值	$\lambda 1/\lambda 2$	因素解釋變異量%
四年級	157	17	$\lambda 1$	5.67	3.91	33.33
			$\lambda 2$	1.45		8.54
六年級	160	28	$\lambda 1$	8.59	5.30	30.68
			$\lambda 2$	1.62		5.79

1. 因素1大於因素2，比值亦大於2.5。
2. 解釋變異量指標在10%以上，符合單一向度假設。

WEOS測驗信效度與試題分析

	四年級	六年級
內部一致性	0.87	0.91
重測信度	0.82***	0.79***
區別效度（各面向間的相關）	0.57、0.61、0.57	0.54、0.51、0.64、0.55、0.71、0.72
幅合效度（各面向與總測驗的相關）	0.92、0.80、0.80	0.69、0.90、0.84、0.90
CTT		
鑑別度Mean(Range)	0.47(0.24 - 0.69)	0.55(0.20 - 0.82)
難度Mean(Range)	0.44(0.27 - 0.59)	0.43(0.30 - 0.69)
IRT		
鑑別度Mean(Range)	0.61(0.30 - 1.09)	0.48(0.19 - 0.81)
難度Mean(Range)	0.23(-0.74 - 1.20)	0.57(-0.35 - 2.53)

WEOS測驗訊息函數圖



WEOS對能力值-0.3的學生能提供最大的訊息量

註：WEOS測驗有些試題難度低，但是鑑別度比難度高的試題佳，因此訊息函數偏左。

研究三

國小學童科學讀寫能力之相關因素

研究工具

1. 學童基本科學素養能力資料庫研究之調查問卷（學生問卷），包括兩部分：
 - （1）基本背景資料
 - （2）自然科學學習經驗
2. RCST測驗
3. WEOS測驗

資料分析方法

1. 簡單相關分析
2. 多元迴歸分析

RCST與國小學童基本資料之迴歸分析 (n=1106)

依變項	自變項	簡單相關 r	迴歸係數估計值			
			b Wt.	SE	β	Tol.
			R : 0.55 ; R ² _{adj} : 0.30 ; F _(11, 856) : 34.15***			
科學閱讀理解能力	對科學的態度	.14***	.00	.01	-.01	.71
	科學的態度	.16***	.00	.00	.03	.69
	後設認知-目標設定	.13***	-.01	.03	-.02	.60
	後設認知-自我監控	.17***	.01	.02	.02	.50
	後設認知-自我評鑑	.10**	-.02	.02	-.03	.55
	後設認知-自我修正	.12***	-.01	.02	-.02	.41
	自我教育期許	.22***	.02	.03	.02	.84
	閱讀及寫作業時間	.18***	.13	.05	.09**	.92
	國語文能力	.44***	.02	.01	.16***	.50
	科學知識	.53***	.05	.01	.41***	.48
	性別	-.02	-.12	.06	-.06	.91

p<.01 ; *p<.001 f²= 0.42(高)

WEOS與國小學童基本資料之迴歸分析 (n=317)

依變項	自變項	簡單相關 r	迴歸係數估計值			
			b Wt.	SE	β	Tol.
			R : 0.71 ; R ² _{adj} : 0.48 ; F _(11, 257) : 23.67***			
科學書 寫能力	對科學的態度	.17**	.01	.01	.08	.65
	科學的態度	.25***	.01	.01	.11*	.76
	後設認知-目標設定	.14*	-.02	.03	-.04	.66
	後設認知-自我監控	.27***	.06	.03	.12	.51
	後設認知-自我評鑑	.16**	.05	.03	.08	.60
	後設認知-自我修正	.11*	-.07	.03	-.18**	.44
	自我教育期許	.41***	.14	.02	.29***	.90
	閱讀及寫作業時間	.26***	.08	.07	.06	.84
	國語文能力	.59***	.04	.01	.34***	.42
	科學知識	.55***	.02	.01	.19**	.41
性別	.02	.05	.09	.03	.91	

*p<.05 ; **p<.01 ; ***p<.001 f²= 0.93(高)

結論與建議

本研究主要發現有四：

1. RCST與WEOS為具信效度之國小學童科學讀寫能力良好測驗工具。
2. RCST測驗對能力值1.2處的學童能提供最大訊息，適用於中高程度學生；WEOS測驗對能力值-0.3處的學童能提供最大訊息，適用於中等程度學生。
3. 科學閱讀理解方面，學童之科學知識比國語文能力對其科學閱讀理解預測力較大。
4. 科學書寫方面，學童之國語文能力比科學知識對其科學書寫預測力大。

教師在科學教學中，應適時融入科學閱讀與書寫活動。科學、語文及讀寫能力三者應同時發展，才能提高學童的科學素養能力。

論文發表

- n Wang, J.-R., Tsay, R.-F., Chou, C.-T., Chen, S.-F., Lin, S.-W., & Kao, H.-L. (2011). Development of an instrument for assessing elementary school students' written expression on science. *Asia Pacific Education Researcher*, 202(2), 276-290. (NSC 96-2511-S-153-006-MY3)
- n Wang, J.-R., Tsay, R.-F., Chou, C.-T., Chen, S.-F., Lin, S.-W., & Kao, H.-L. (in press). Development of an instrument for assessing elementary school students' comprehension of science texts. *Journal of Science and Mathematics Education*.

敬請指教