

科學課文的特性與學習

許良榮

國立臺中師範學院

壹、科學教科書的角色與功能

教科書在教學中占有極為重要的角色，不僅是教師在教學時的依據，也是學生獲得知識的主要來源之一。科學教學也不例外，不僅學校中普遍需要閱讀科學文章，而且為培育科學素養所必須具備的技能（Yore & Shymansky, 1991）。Renner 等人（1990）指出科學教學一般是教科書中心，Finley（1983）也認為科學教學的主要特性之一是指定閱讀教材。此外，Barman（1992）指出大多數小學教師以教科書為科學教學的主要依據，Stake & Easley（1978）的研究也發現有 95 % 的科學教師在教學時有九成的時間使用教科書。由此可知教科書在科學教學中的重要性。

科學教科書所呈現的文章型式與報紙、雜誌或科學專業的研究報告不一樣，需要的閱讀能力也不同。Mallow（1991）指出科學刊物有四種不同的層次。

（1）大眾刊物：報紙或一般性雜誌刊登的科學文章，此類型文章的特性是標題鮮明，內容是大眾所關心的主題，所以遣詞用字較為通俗，閱讀的速度可以如同閱讀非科學性的文章。而且文章不提供詳細的研究過程或研究數據，並常引用著名科學家的看法和意見，以說明該主題的重要性。例如中國時報每週一的「時報科學」即是。

（2）大眾科學刊物：內容比上述類型的文章較為深奧，用詞較為專業，所以閱讀時需要具備較多的背景知識，閱讀速度也比較慢。讀者大多是非科學家或非專業領域的科學家，例如「牛頓」雜誌即是。

（3）科學研究文章：文章由科學家所寫，是一種專業化的文章，有該研究領域特定的寫作格式，並且詳細說明研究過程及結果。此類型文章閱讀時的速度很慢，讀者主要是該領域的專業人員，非科學專業的人員很難理解此類型文章。

（4）科學教科書：科學教科書沒有一定的書寫模式，從「大眾刊物」型到「科學研究文章」型都有。但是如果理解科學教科書的內容，讀者在閱讀科學教科書時必須和科學家閱讀「科學研究文章」一樣，仔細而緩慢，而且通常需要紙和筆。科學教科書不只

是“告知”新的訊息或概念，同時具有協助及促進讀者理解的積極功能。例如教科書提供具有關聯性的圖文，以及具評量作用的問題或練習題。

貳、科學文章的特性

Kameenui & Simmons (1990) 指出一般的文章有兩種型式，一為敘述式 (narrative) 文章；一為說明式 (expository) 文章。此二種型的文章最大的差別在於「目的」。敘述式文章的目的是講述一個故事，有其特有的文章結構，稱為「故事語法」(story grammar)，在認知心理學上曾被廣泛研究 (如 Carnine & Kinder, 1985; Stein & Glenn, 1979)。

「故事語法」是描述及組織一個故事的法則系統，由一些具有不同功能的要素形成。Strickland (1985) 指出一個典型的故事應包括下列八個「故事語法」的要素：(1) 背景 (setting)：包括主要人物、時間、地點等；(2) 起始 (beginning)：故事開頭的事件或行動；(3) 目標 (goal)：故事的主要目標；(4) 企圖 (attempt)：主角為達成目標的行動；(5) 情節 (plot)：主角為達成主要目標所採取的企圖與次目標；(6) 結果 (outcome)：主角是否成功達成目標；(7) 內在反應 (internal response)：故事所引發讀者的思考與感受；(8) 結束 (ending)：故事最後的結局以及讀者因為讀了故事所產生的感受。

Rumelhart (1975) 曾提出一套用以分析故事之語意及語法的規則，並根據該規則將故事中的句子整合於一個『階層結構』，而將故事摘要出來。經過實驗研究，受試者閱讀後所寫的摘要與該規則所列一致。此研究結果反映了故事具有規律之結構，以及人類存有故事結構之知識；這種知識形成「認知基模」的一部分，在閱讀理解的過程中造成一種由高層知識架構引導基層運作的現象。

說明式文章的目的是要「告知」(inform) 或「教」學生新的訊息 (Allington & Strange, 1980; Schallert & Tierney, 1980)，此類型文章是學科內容 (如社會、歷史、科學) 的特性 (Beck & McKeown, 1991; Kameenui & Simmos, 1990)。Slater (1988) 認為說明式文章的主要功能是呈現或解釋理論、事實、通則、資料……等等。

Yore 等人 (1990) 指出兒童自小就接觸故事類的文章，產生了內在化的「故事結構」(story structure)，可以自動地幫助理解與記憶。反之，說明式文章的主題不易彰顯，結構不易確立，所以閱讀時產生較多困難 (Fitzgerald, 1989)。兒童

對於說明式文章及敘述式文章的學習差異在小學四年級左右顯現。在小學四年級之前，學生所接觸的文章以敘述式為主，目的是學習如何閱讀（learning to read），小學四年級以後逐漸以說明式的文章為主，目的是由閱讀中學習（reading to learn）（Spires 等人，1992；Kameenui & Simmons；1990）。所以 Anderson 等人（1985）指出此種說明式學科內容的教科書，對已經習慣於閱讀敘述式故事的兒童是一大挑戰。

另一方面，Yore & Shymansky（1991）指出科學文章是描述及解釋有相關事件的模式，和一般的日常語文的討論不同，不像小說、故事有可預期的法則（predictable storyline），而且科學詞彙（lexicon）有其獨特的意義，不是一般日常生活溝通時所普遍使用。科學文章的語句以邏輯銜接各個句子，以說明二個命題之間的因果關係，並經常出現羅馬或拉丁符號，以及「唯名化」（Nominalization）的特性。Mallow（1991）指出學生對於科學文章的閱讀有一些錯誤的觀念，認為科學文章是要用記的，閱讀速度可以和閱讀故事一樣快，並認為科學詞彙和日常語言一樣。那麼閱讀科學文章需要那些技能呢？Yore & Denning（1989）指出科學閱讀包括了三個項目的技能。

（1）詞彙方面（vocabulary）：有關“字”的認明、專有名詞的界定與使用、由脈絡線索決定字的意義、由字根或字的組合了解詞彙的意義……等技能。例如認明「速度、速率」之差別；甲烷、丁烷的「甲、乙」是代表碳原子的多寡。

（2）理解方面（comprehension）：包括了「字義（literal）理解」——強調主要觀念與其證據的認明；利用圖形、像片、方程式幫助文字的瞭解……等技能。「推論（inferential）理解」——能區分個人意見與事實的差別、閱讀後做摘要、推論因果關係、比較或對照事件的異同……等技能。「應用（applied）理解」——能完成應用性的作業之技能，相當於解決問題的層面。

（3）探討技能（study skill）方面：能組織課文或做筆記、能自己畫關係圖、蒐尋特定的訊息……等技能。

上述的閱讀技能與科學文章的學習息息相關，但是學生已擁有的閱讀技能對於閱讀科學文章經常是不恰當的（Young 等人，1991）。Troyer（1992）也指出很多學生已有閱讀的基礎，但是尚無法充分利用之。要促進學生閱讀科學文章的技能，Williams & Yore（1985）認為直接教學生閱讀技能可能是克服科學文章閱讀困難的唯一方法。但是，很少教師具備教閱讀科學文章之技能的能力（Yore & Denning，1989）。由

此推知，在師資培育方面，應該加強培育教師教導學生閱讀科學文章的技能（Armbruster, 1992/1993）。

叁、科學學習與閱讀

一九六〇年代之後，科學課程重視“由做中學”（learning by doing）以及探討本位的教學（Yore, 1991）。針對科學文章閱讀理解的研究很少，而且趨向於支持“實做”的教學（Armbruster, 1992/1993）。Guthrie（1983）也指出在科學教育中不常研究文章或課文本位（text-based）之教學策略的效果。此種現象顯示科學教育研究不強調閱讀的教學。但是一九八九年「美國科學促進協會」（American Association for the Advancement of Science; AAAS）調查科學家、教育學者、學生、教師……等人對於一個高中畢業生應具備的「科學素養」的意見，結果排名最高的前五項包括了『能夠閱讀及了解報紙中的科學文章』（Champagne & Lovitts, 1989）。Shymansky 等人（1991）調查522位中學教師，發現大多數教師認為每一位科學教師應該要會教學生如何閱讀科學教材。Yore（1987）的調查顯示90%的中學科學教師認為閱讀對學習科學是重要的。Armbruster（1992/1993）也認為科學教育不應忽略閱讀的重要性。Padilla 等人（1991）更指出科學過程技能與閱讀技能在很多方面是相似的，例如進行推論、做出結論、形成預測（假說）、驗證預測（假說）等等。所以如同 Yore & Shymansky（1991）的看法；以研究閱讀理解的結果應用於科學教育，能夠提升教學的成效。

要了解學生如何由科學文章中學習，首先必須探討「閱讀理解」的歷程。Solso（1988）指出閱讀理解是一種建構文章意義的過程，也可說是理解書面資料之含義的過程。Rumelhart（1978）則指出正確的閱讀理解可說是下列過程的結果：書面資料正確地知覺，字和片語都給予正確的意義，讀者的期望與資料能吻合，並正確推論文章中沒有的訊息，使讀者進而對文章的意義有了完整的輪廓（complete the picture）。這些傳統認知心理學的觀點並不能充分滿足科學教學的需求。原因是：一方面由於科學文章有其獨特的特性，與故事性的文章不同（Yore & Shymansky, 1991），另一方面如果只是理解科學文章的書面資料的意義，則學生的迷思概念可能仍然存在，造成「先前知識」與「課文知識」並存於學習者的認知結構的現象（Roth, 1986）。所以如同 Kayaalp（1990）指出，大多數有關於閱讀理解的研究主要處理的是故事結構的教材，研究結果並不能「直接運用於科學教育」。

一般有關於閱讀理解的研究，根據 Yore & Shymansky (1991)； Swaffar (1988)； Yore & Denning (1989) 指出不外乎下列三種模式。

(1) 課文導引 (text-driven) 或由下而上 (bottom-up) 模式：此種研究模式強調解碼技能 (decoding skill) 的重要性，認為閱讀理解必須建構於讀者對文義了解的基礎上。讀者由課文逐句地閱讀，以聲音為表徵方式確認每個字，再由句子的結構及其內容關係，獲得文章意義的理解。

(2) 概念導引 (concept-driven) 或由上而下 (top-down) 模式：此研究模式認為理解的發生，依賴於讀者的訊息來源多於課文本身所傳遞的訊息，也就是一種由內而外 (inside out) 的歷程，強調後設認知 (metacognitive) 技能的重要性。亦即讀者主要依靠自己擁有的先前知識和語言能力，對課文內容進行預測性假設而獲得理解。

(3) 互動—建構 (interactive-constructive) 模式：互動—建構模式認為閱讀理解不是單方向 (unidirection) 的過程，而且課文與讀者的重要性是一致的。強調課文結構與讀者之知識結構的互動，例如讀者的先前知識影響了閱讀時的期望、閱讀策略、意義的抽取……等等，而課文的組織方式或訊息的質與量也會影響讀者的閱讀理解。Yore & Denning (1989) 指出互動—建構模式，利用「基模理論」解釋讀者之先前知識與課文之間的互動。

上述三種閱讀理解模式在目前研究文獻的趨勢是重視互動—建構模式 (Yore & Shymansky, 1989； Spires 等人, 1992)。例如 Brooks & Dansereau (1983) 以基模理論觀點研究科學課文的結構之教學指出，先前知識 (已組織化的基模) 與情境脈絡 (context of situation) 的互動影響了讀者對新訊息的詮釋與記憶。Yore & Shymansky (1985) 也認為科學課文的理解不只是解碼的歷程 (由下而上)，也包括了課文與讀者認知結構的互動。

綜合上述學者的看法，重視學生先前知識與科學課文之互動的基模理論，是研究科學課文閱讀與學習值得努力的一個方向。以下以 Roth (1986) 的研究為例，說明科學文章的結構與學生先前知識之間的互動。

肆、科學課文結構與閱讀策略

Roth (1986) 研究中學生在「光合成」的閱讀策略與課文型式的關係，發現學生的閱讀策略與課文型式有顯著的關係。Roth (1986) 首先指出不同的閱讀策略受到三

種不同知識來源的影響。此三種知識分別爲：(a)學科(課文)的知識；(b)真實世界的知識(real-world knowledge)——來自於日常生活經驗；(c)學校知識(school knowledge)——有關考試、老師、同儕的知識。

Roth (1986)的研究指出學生有六種不同的閱讀策略(註一)，分述於下。

(1) 爲完成學校的作業過於依賴先前知識—此類型學生具有先前知識，其閱讀目標是符合學校的要求，對課文的處理是“由上而下”的歷程。這類型學生回想(recall)課文內容時常會出現課文所沒有提到的，而會用他們自己的“真實世界知識”思考。

(2) 爲完成學校的作業過於依賴課文中的單字—此類型學生對課文的處理是“由下而上”的歷程，專注於課文中的細節而沒有掌握到課文的意義，這些學生對問題做了正確的答案後就認爲已經理解課文，只有在遭遇不懂的生字時，才會覺得有問題。

當要求回答有關真實生活的問題時，這些學生完全依賴他們的經驗(真實世界知識)，但是他們的真實世界知識與課文意義並沒有建立起關係。

(3) 過於依賴課文中無關的事實—此類型學生比上述兩類爲了完成學校作業的學生有較高層次的目標，這些學生認爲科學的學習是記憶自然現象的各種事實，但是並未將課文中的各種事實相關連起來。

(4) “學科知識”與“真實世界知識”相分離而對等—此類型學生對課文中的各項事實不會孤立地記憶，能組織各項事實成爲主要概念。但是這些學生會以他們的“學科知識”回答課文中的問題，而以“真實世界知識”回答有關實際生活的相關問題，而且由於此種策略在考試中可獲得成功，所以學生不會察覺這種矛盾。

(5) 過於依賴以“先前知識”了解科學課文—此類型學生一般期望以課文確認他們的先前知識，所以閱讀的基本目標是“證明”(verify)他們已經知道的。Roth(1986)指出此類型的學生相當多，這種策略是企圖將“先前知識”與“課文知識”連結起來的策略之一。

對照於第(4)種策略，此種策略的學生的先前知識與真實世界知識同樣是分立的，但是先前知識擁有優先權，所以會有忽略或扭曲課文訊息以配合先前知識的現象。

(6) 概念改變策略—此類型學生允許“課文知識”居於領導地位(driver's seat)，會以課文提供的知識改變他們的真實世界知識。這些學生能了解課文的意義，並應用於實際生活的思考。假如課文知識與其本身的知識有所衝突，學生會放棄或改變原有的迷思概念。這種策略是學生以有意義方式學習科學概念的唯一策略。

上述六項閱讀策略是Roth (1986)經由晤談與紙筆測驗歸納而得。Roth指出學

生所選擇的閱讀策略是由學生特質、課文特性的交互作用所決定。但是在某個範圍，閱讀能力的差異會決定閱讀的策略，特別是前三種策略。Roth (1986) 進一步查驗學生閱讀三種不同教科書時所採用的策略。此三種教科書的特性如表一所示。

表一 三種不同教科書(國中生物)的特性

教科書名	課文特性(組織方式)
Concepts in Science	先討論「光合成」氧氣的產生，再介紹植物進行「光合成」時也產生植物的食物(葡萄糖)，植物的成長並成為動物的食物
Modern Science	以結構/功能為主幹組織文章，呈現植物每一部分結構及擔任「光合成」時的角色，比上述教科書詳細，有更多的詞彙。
Experimental Text	先問學生「食物」的定義，再提供科學上的定義。接著要學生解釋實驗證據(關於植物在水、空氣..不同條件的生長情形)

第一種教科書「Concepts in Science」首先提到植物進行“光合成”產生氧氣，由於這是學生已經知道的，因而加強了學生採用『過於依賴先前知識』的閱讀策略，並專注於氧氣的生成，而忽略了葡萄糖才是植物進行光合成後所得的“食物”。課文並定義“光合成”為「植物將二氧化碳轉換為氧的方式」，不僅沒有說明光合成是植物獲得食物的概念，也容易使學生誤認為植物在光合成時直接將二氧化碳改變為氧氣。課文最後討論植物進行光合成的重要性—植物的成長提供為動物的食物。此種說明更加強學生認為動物才需要“食物”，植物不需要“食物”的迷思概念。

第一種教科書所附的問題大都是選擇題，此種類型的問題沒有使學生反思自己的觀點。結果學生在學習後表示；植物不會自己製造食物或植物不需要食物。

第二種教科書「Modern Science」由於有較多的詞彙，如葉綠粒(Chloroplasts)、葉綠體(Chlorophyll)、篩部(Phloem)、木質部(Xylem)……等等，使學生專注於這些名詞的功用，雖然課文有提到礦物、土壤中的水不是植物的食物，但是學生會說明植物由根部吸收水與礦物質後，『木質部』將“食物”送到葉子。顯示學生專注於專有名詞，而將課文的意義扭曲以配合自己的迷思概念。Roth (1986) 表示此種課文過於瑣碎，未專注於主要概念，易使學生忽略了重要的句子。雖然學生學到了葉子的斷層面之細胞結構以及某些專有名詞，但是對於植物的光合成仍有迷思概念。

第三種教科書「Experimental Text」首先問學生“食物”的定義，以及對於水、果汁、糖是否為食物的看法，再提供科學上的定義：『能提供生命體能量的物質稱為“食物”』。此種編排不僅引發了學生的先前概念，並且能夠讓學生比較科學定義

和自己先前概念之差異的機會，如有了矛盾，可導引學生使用「概念改變」的閱讀策略。

課文接著要求學生解釋一些實驗證據，然後再給予科學的說明，這種問題迫使學生必須認知地解決本身先前概念與科學概念之間的差異。到最後課文才介紹「光合成」的概念，強調該過程是植物將非食物性的礦物質轉變為能夠提供植物能量的食物之過程。

Roth (1986) 的研究結果如表二所示，在三天的學習過程中，第三種教科書的閱讀策略大多為第6種（概念改變策略），占有七分

表二 不同教科書與學生閱讀能力、閱讀策略的比較

教科書	學生	閱讀層次 (能力)	閱讀策略		
			第1天	第2天	第3天
Concepts in Science	A	4.5	1	1	1
	B	5.6	1	2	1
	C	7.1	3	2	3
	D	8.4	3	5	5
	E	12.6	5	5	5
	F	12.6	5	6	6
Modern Science	G	4.0	3	2	2
	H	4.0	1	1	1
	I	6.0	3	3	5
	J	6.0	5	5	5
	K	10.0	5	5	5
	L	PHS	5	5	5
Experimental Text	M	3.4	5	6	6
	N	5.6	6	6	6
	O	7.6	1	5	6
	P	8.1	4	6	6
	Q	8.6	4	6	6
	R	11.3	4	6	6
	S	PHS	3	6	6

* 註：“閱讀能力”以閱讀成就測驗評估，PHS表示已達高中以上

之六，另兩種教科書只有十二分之一的學生閱讀策略為第6種。而閱讀能力較低的(6.0以下)顯示只有前三種閱讀策略，閱讀能力較好的學生，閱讀策略大多為第4或5。

伍、課文本位 (Text-Based) 的教學策略

課文本位的教學是大多數中學科學教師的主要教學方法 (Yore & Denning, 1989)。而且在科學教育的教學研究中，如何以有效的教學策略改變學生的迷思概念是學者們所關心的一個研究主題。

Guzzetti 等人 (1992) 以綜合分析 (meta-analysis) 研究七種課文本位的教學策略 (共 23 篇研究)，指出「反駁式文章」(refutational text)、「增強激活活動」(augmented activation activities) 與「討論網」(discussion web) 是科學教學中三個最有效的概念改變之教學策略。

「討論網」教學策略的目的是讓學生專注於同儕間觀點的不一致，並認明與課文互相矛盾的地方。首先教師引導形成一個討論問題，閱讀課文後，學生分成二人一組 (可自由選擇夥伴)，針對問題交換意見，並由課文中找出可以支持自己觀點的關鍵字。在討論過程中並記錄自己的想法與理由。小組討論後再與另一組合併，再進行討論，以達

成共識。最後每組由一位學生代表報告討論結果。此種教學策略的 Effect Size 爲 0.51~0.62。

「增強激活活動」主要是設計一個引發學生先前概念活動，讓學生知覺到自己所擁有的概念之後，再補充可引起學生認知衝突的訊息。例如在教自由落體之前，要求學生先畫出等速運動的球掉落山崖的路徑，再提醒學生他們的觀念可能與課文中的不一樣，也就是提醒學生要查驗他們的想法與課文中的有什麼差異。此種教學策略的 Effect Size 爲 0.80~0.85。

「反駁式文章」以解釋為什麼學生的概念不對而使學生有認知衝突，進而學習到新的概念。Alvermann & Hague (1989) 指出因爲明示了學生先前知識與課文知識的差別或不一致，學生會更願意改正、修改自己的原有概念。此種教學策略的 Effect Size 爲 0.16~0.22。

Guzzetti 等人 (1992) 並指出大多數的教科書是「非反駁性」(nonrefutation) 文章，只是簡單陳述科學概念，對於學生的幫助不大，除非與其他教學策略合併使用（如小組討論），才能顯現教學成效。

「反駁式文章」如何設計？以 Alvermann & Hague (1989) 的研究爲例，該研究指出學生對於物體運動的看法與牛頓力學之前的「衝力論」(impetus theory) 有相似的迷思概念，所以設計以下的文章讓學生閱讀，以考驗反駁式文章的效果。

牛頓力學與衝力論（反駁式文章）

「必需知道的重點是中世紀的“衝力論”和牛頓力學在幾個基本觀點上是不相同的…，要了解這些對物體運動的觀點，想像以下情形：某人行走時肩膀放置一個石頭，如果石頭掉下來，會發生什麼事情？石頭掉落的路徑又是如何？很多人會回答石頭直線掉落，掉在地上的位置和開始掉落是一點。很少人會認為石頭往後掉，落於石頭掉落的位置之後。但是事實上，石頭掉落時會往前運動，落於石頭掉落的位置之前。牛頓力學解釋當石頭掉落時，它會繼續以和行走的人相同的速度往前運動，因為沒有力作用於它的水平速度（忽略空氣阻力）」

牛頓力學（非反駁式文章）

「我們應該由經驗中學習，特定事件的反覆發生可以讓我們學習到能夠預測未來事件的原理……，牛頓力學也能預測一個石頭由行走中的人的肩膀掉落下來的路徑。假

設沒有空氣阻力，石頭在掉落時，會往前運動，當掉到地上時，會在其開始掉落的位置前面幾呎，也就是說石頭會以和人行走的相同速度往前運動。為什麼呢？因為沒有力使它的水平速度改變。當然，石頭往下掉的速度是穩定地增加，結果往前和往下運動使石頭掉落的路徑近似一條拋物線。」(p.422-443)(註二)

譯自 Alvermann & Hague(1989)

Alvermann & Hynd (1989)以上述反駁性文章以及增強激活活動考驗大學非主修科學的學生之學習效果，結果發現文章的型式沒有顯著差異，但是「增強激活活動」不論在簡答題、是非題或應用題，都比「激活活動」組、「沒有“激活活動”」組有顯著的效果($P < .001$ ；註三)。但是另一方面，Hynd & Alvermann (1986)以同樣的文章研究閱讀能力較差的大學學生，若只考驗具有迷思概念的學生，發現反駁性文章在改正學生的迷思概念方面具有顯著效果($P < .05$)。由這個研究結果可看出反駁性文章對特定的學生(如閱讀能力差、具有迷思概念)具有明顯的效果，但是不一定適用於一般的科學教室，例如Alvermann & Hague (1989)指出教科書不見得都要採用反駁式文章，因為有些學生可能沒有這些迷思概念。

陸、結語

本文以文獻分析探討科學課文的特性以及教與學的意涵。由前述各項討論，本文提出以下幾點看法。

(1) 雖然“由做中學”及探討式的教學不可忽略，但是教科書在科學教學中扮演極重要的角色，所以科學課文的閱讀理解也應受到重視。

(2) 科學文章有其獨特的特性，敘述式文章的閱讀理解觀點(如故事語法)應用於科學教學尚有不足—科學學習不只是字面資料之意義的理解，也包括概念改變、日常生活經驗之整合。

(3) 要探究學生如何由科學課文學習，必須重視學習者與課文之間的互動。例如課文結構對學習者的影響，以及學習者的本質對不同課文型式的反應差異。這方面的研究有助於科學教科書的設計，以促進學生的學習。

(4) 設計科學教科書除了要重視詞彙、語句的可讀性以外，更應注意課文的組織方式。例如避免單純地陳述科學概念、要能引發學生的先前知識、提供學生比較自己的先前概念與科學概念的差異……等等。

(5) 設計補充教材，以提供特定學生的需要，例如針對迷思概念設計反駁性文章，以

促進概念改變的學習。

附 註

註一 Roth 在 1991 年將六種閱讀策略重新整理為五種閱讀策略，但基本上沒有多大差異。參見邱美虹（民82），科學教育月刊，163期，2～8頁。

註二 Alvermann & Hague (1989) 設計的反駁性與非反駁性文章，必須注意的是兩種文章的字數接近，分別為639字與627字，並且考驗過兩種文章的可讀性。翻譯為中文，在長度與可讀性上可能就不一樣了。

註三 「激活活動」、「增強激活活動」兩組都要求學生在閱讀文章前（反駁性或非反駁性文章），先回答由桌上推一彈球往下掉落的路徑。而「增強激活活動」一組在學生閱讀文章之前，額外給學生唸一段文字：

『假如你認為球先直線往前跑然後直線掉落，或是認為先直線往前跑然後曲線掉落，那麼你的觀念可能與物理定律的不一樣，在讀以下文章時，請注意那些觀點和你的不一樣。』

註四 本文的完成感謝李田英教授的指導斧正，以及邱美虹教授提供的資料。

參考資料

- Allington, R.L., & Strange, M. (1980). Learning through reading: An introduction for content area teacher. Lexington, MA: Heath.
- Alvermann, D.E., & Hague, S.A. (1989). Comprehension of counterintuitive science text: effect of prior knowledge and text structure. Journal of Educational Research, 82(4), 197-202.
- Alvermann, D.E., & Hynd, C.R. (1989). Effects of prior knowledge activation modes and text structure on nonscience majors' comprehension of physics. Journal of Educational Research, 83(2), 97-103.
- Anderson, R.C., Heibert, E.H., Scott, J.A., & Wilkinson, I.A. (1985). Becoming a nation of readers: The report of the commission on reading. IL: Center for the Study of Reading.
- Armbruster, B.B. (1992/1993). Reading to learn: Science and reading. The Reading Teacher, 46(4), 346-347.
- Barman, C.R. (1992). An evaluation of the use of a technique designed to assist prospective elementary teachers use the learning cycle with

- science textbook. *School Science and Mathematics*, 92(2), 59-63.
- Beck, I.L., & McKeown, M.G. (1991). Research directions: Social studies texts are hard to understand: Mediating some of the difficulties. *Language Art*, 68, 482-490.
- Brooks, L.W., & Dansereau, D.F. (1983). Effects of structural schema training and text organization on expository prose processing. *Journal of Educational Psychology*, 75(6), 811-820.
- Carnine, D.W., & Kinder, D. (1985). Teaching low-performing students to apply generative and schema strategies to narrative and expository material. *Remedial and Special Education*, 6(1), 20-30.
- Champagne, A.B., & Lovitts, B.E. (1989). Scientific literacy: A concept in search of definition (pp. 1-14). In A.B. Champagne, B.E. Lovitts, & B.J. Caliger (Eds.), *Science Literacy*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- Finley, F.N. (1983). Students' recall from science text. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(3), 247-259.
- Fitzgerald, J. (1989). Research on stories: Implications for teachers. In K. Muth (Ed.), *Children's comprehension of text* (pp. 2-36). Newark, DE: International Reading Association.
- Guthrie, J.T. (1983). Science education research. *Journal of Reading*, 27, 92-95.
- Guzzetti, B.J., Snyder, T.E., & Glass, G.V. (1992). Promoting conceptual change in science: Can texts be used effectively? *Journal of Reading*, 35(8), 642-649.
- Hynd, C., & Avlvermann, D.E. (1986). The role of refutation text in overcoming difficulty with science concepts. *Journal of Reading*, 29, 440-446.
- Kameenui, E.J., & Simmons, D.C. (1990). *Designing instructional strategies*. Ohio: Merrill Pub.
- Kayaalp, E.M. (1990). The role of inference in reading high school science text: A schema-theoretical investigation. DAL: 9008006.

- Mallow, J.V. (1991). Reading science. *Journal of Reading*, 34(5), 324-338.
- Padilla, M.J., Muth, K.D., & Padilla, R.K.L. (1991). Science and Reading: Many process skills in common? In C.M. Santa, & D.E. Alvermann (Eds.), *Science learning: Processes and application* (pp. 14-21). ERIC: ED331022.
- Renner, J.S., et al. (1990). Understandings and misunderstandings of eighth graders of four physics concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(1), 35-54.
- Roth, K.J. (1986). Conceptual-change learning and student processing of science texts. Research Series No. 167. Michigan State University.
- Rumelhart, D.E. (1975). Notes on a schema for stories. In D.E. Bobrow & A. M. Collins (Eds.), *Representing and understanding: Studies in cognitive science*. New York, NY: Academic Press.
- Rumelhart, D.E. (1978). Schemata: Building blocks of cognition. Report No. 792. San Diego and La Jolla, CA: Center for Human Information Processing, University of California.
- Schallert, D.L., & Tierney, R.J. (1980). Learning from expository text: The interaction of text structure with reader characteristics. ERIC: ED221833.
- Shymansky, J.A., Yore, L.D., & Good, R. (1991). Elementary school teachers' beliefs about and perceptions of elementary school science, science reading, science textbook, and supportive instructional factors. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 437-454.
- Slater, W.H. (1988). Current theory and research on what constitutes readable expository text. *The Technical Writing Teacher*, 15(3), 195-206.
- Solso, R.L. (1988). *Cognitive psychology*. (2nd Ed.). Boston: Allyn and Bacon, Inc.
- Spires, H.A., Gallini, J.K., & Riggsbee, J. (1992). Effects of schema-based and text structure-based cues on expository prose comprehension in fourth graders. *Journal of Experimental Education*, 60(4), 307-320.
- Troyer, S.J. (1992). The effect of text structure on fifth grades' comprehension. ERIC: ED353542.

- Williams, R.L., & Yore, L.D. (1985). Content, format, gender and grade level differences in elementary students' ability to read science material as measured by the cloze procedure. *Journal of Research in Science Teaching*, 66(1), 3-13.
- Stake, R.E., & Easley, J.A. (1978). *Case studies in science education*. Urbana, IL: Center for Instructional Research and Curriculum Evaluation, University of Illinois.
- Stein, N.L., & Glenn, C.G. (1979). An analysis of story comprehension in elementary school children. In R.O. Freedle (Ed.), *Discourse processes: Advances in research and theory* (Vol. 2, pp. 53-120). Norwood, NJ: Ablex.
- Swaffar, J.K. (1988). Readers, texts, and second languages: The interactive processes. *The Modern Language Journal*, 72(2), 123-149.
- Yore, L.D. (1987). A preliminary exploration of grade five students' science achievement and ability to read science textbooks as a function of gender, reading vocabulary, and reading comprehension. ERIC ED282728.
- Yore, L.D. (1991). Secondary science teachers' attitudes toward and beliefs about science reading and science textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 55-72.
- Yore, L.D., & Denning, D. (1989). Implementing change in secondary science reading and textbook useage: A desired image, a current profile, and a plan for change. ERIC: ED305270.
- Yore, L.D., & Shymansky, J.A. (1985). Reading, understanding, remembering and using information in written science materials. ERIC: ED258825.
- Yore, L.D., & Shymansky, J.A. (1991). Reading in science: Developing and operational conception to guide instruction. *Journal of Science Teacher Education*, 2(2), 29-36.
- Yore, L.D., et al. (1990). An assessment of what grad 5 students know about science text and science reading. A preliminary report. ERIC: ED319589.
- Young, P., Ruck, C., & Crocker, B. (1991). Reading Science. *The Science Teacher*, 58(2), 46-49.