

科學創造思考能力的提昇－ 「探究性問題」的形成

連啟瑞、盧玉玲*

摘 要

科學「探究性問題」之形成是創造思考的一種體現，本研究結合擴散性思考與聚斂性思考，探討提昇學生科學之提問能力與提問品質的教學策略。研究對象為國小四年級學生，研究採準實驗研究法進行。參與研究學生，實驗組與控制組，各皆為 49 人；兩組之訓練模式均包括「心念構圖」訓練與「語詞句型」訓練，其差異僅在於實驗組實施之「心念構圖」訓練中加入學生之個別學習與教師對個別學生之作業指導。研究結果發現，對小四學生而言：

- 一、未接受實驗教學前，學生未具「心念構圖」表達其內在關聯想像之能力。
- 二、經「心念構圖」練習，學生之「心念構圖」能力能有明顯之改變與成長。
- 三、以擴散思考為主的「心念構圖」訓練模式可增加學童提問面向的廣度及多元化之變因思考。
- 四、學生的個別練習與教師對學生之個別作業指導，在提昇科學的「心念構圖」能力，具關鍵性成效影響。
- 五、一般而言，小學四年級學生所提出科學之問題，主要在低層次之範疇。
- 六、「語詞句型」訓練在提昇學生使其具有高層次之「探究性問題」提問能力方面，具有關鍵性功能。
- 七、以聚斂思考為主的「語詞句型」訓練模式可提昇學生提出「探究性問題」的層次。
- 八、本研究之「心念構圖」訓練與「語詞句型」訓練結合的方式，分別促

* 連啟瑞：國立臺北師範學院自然科學教育學系教授

盧玉玲：國立臺北師範學院自然科學教育學系教授

投稿收件日：93 年 9 月 30 日；修正日：93 年 12 月 07 日；接受日：94 年 1 月 31 日

進擴散思考與聚斂思考，可以有效地幫助學生提出對學生自身而言具有創造性意義的科學「探究性問題」。

關鍵詞：提問能力、擴散思考、聚斂思考、創造力、科學學習、心念構圖、探究性問題

科學創造思考能力的提昇－ 「探究性問題」的形成

連啟瑞 盧玉玲*

壹、前言

目前於創造力方面的相關研究，多只是基本理論與議題的探討，甚少有研究將這些相關理論意涵轉化為實際教學活動（Starko, 2001）。以擴散思考與聚斂思考為例，此兩種思考方式於創造力的培養上相當重要，但如何將二者應用於科學創造之相關培育研究，與如何建立擴散思考與聚斂思考間之連結方面的研究卻常被忽略。基此，本研究將探討在不同教學方式下，學生在科學學習領域中，「心念構圖」及「探究性問題」提問之表現，從而進一步釐繪出結合擴散性思考與聚斂性思考以提昇學生「創造」其科學「探究性問題」之可行方案。

科學的創造常是在對一連串未知解答問題的探究中產生，愛因斯坦就曾說過「他的成功在於他就像小孩子感到疑惑那樣，一直持續問自己有關時空的問題」（Holton, 1978, p.279, 引自 Gallas, 1995），因此提問的質與量對科學創造而言相當重要，而由過去之研究（Gallas, 1995）及本研究之研究者相關研究經驗發現，學生之所以提出之「探究性問題」的質與量不佳，主要源於下面二個因素，一是學生缺乏充分機會去思考問題本質及問題周邊之關連；第二是學生缺乏以合適的語言將心中問題呈現於外之能力。

在第一個因素，學生缺乏充分機會去思考問題本質及問題周邊之關連方面：例如關心「螢火蟲」問題的學生，往往只有關心「螢火蟲為何會一閃一閃發光及螢火蟲會出現於何處？」，且學生常因急於尋求答案就停止產生問題，如此可能減少提問機會，而無法延伸思考，去進行全面性的考量以產生可幫助提昇創造力之優質問題。欲解決此部份問題，本研究認為應給予學生合適的擴散

* 連啟瑞：國立臺北師範學院自然科學教育學系教授
盧玉玲：國立臺北師範學院自然科學教育學系教授

性思考訓練機會。

在第二個因素，學生缺乏以合適的語言將心中問題呈現於外之能力。根據本研究研究者之研究經驗顯示，學生面對一問題情境時，常不知如何找出其影響因素，再則，縱使以圖或表列出問題相關影響因素，學生仍常無法將自變項與應變項關係以「探究性問題」的表現方式表達出來，亦即無法以「泥土的乾濕會不會影響植物的生長？」這樣的句子來表達心中的疑問。針對此現象，本研究認為應提供學生聚斂思考的指引方案，以協助學生將具鬆散、任意本質的各種擴散思考的創意想法，聚焦為科學上較具探究價值的「探究性問題」。

「心念構圖」被認為是培養擴散思考的有效模式，其廣泛的被應用於各領域（Brinkmann, 2003; Good, 2002; Goodnough & Woods, 2002; Israel & Buzan, 1991; Kenny, 2004; Steyn & Boer, 1998），且「心念構圖」亦被認為是一種創造力訓練的技巧（Petrini, 1994; Lim et al., 2003）。因此本研究針對學生第一個困難，嘗試以「心念構圖」（mind mapping）型態的擴散思考訓練，增廣學生提問之面向。

而「語詞句型」訓練模式是一種聚斂思考訓練，其運作的機制類似「遙距連結（The Remote Association）」，均是將不相關的多個項目給予主觀的擇選聯想的連結建立過程，此等方法經常被運用於創造力的培養或評鑑（Mednick & Mednick, 1965）。因此針對上述之第二個因素，本研究提出「語詞句型」訓練模式，以提昇學生提出「探究性問題」能力，使其利於後續轉為可茲探究之方案。

由於提問能力對科學創造具影響性，本研究以上述二提問能力培養策略做為科學創造思考之基礎訓練，使能有助於科學探究活動中學生實質的創造思考行為。

具體而言，本研究之目的在於提出提昇學生提問能力與品質之訓練模式，分析其對學生提問的影響，並透過不同實施方式，了解其對學生提問成效的影響，並找出提昇學生提問品質之擴散思考與聚斂思考的可行連結機制。

本研究的研究問題，設定如下：

- 一、探討「心念構圖」訓練模式，是否有助於擴展學生提問面向。
- 二、探討「語詞句型」訓練模式，是否有助於提昇學生提出「可探究性問題」的提問能力。
- 三、了解在「心念構圖」訓練與「語詞句型」訓練的提問能力訓練中，經由不同的教學實施方式，是否成效也有所不同。

四、探討擴散思考與聚斂思考訓練應如何結合，以提昇學習效益。

貳、文獻探討

本研究之文獻探討，不以過去研究探討之內容回顧為要點，而著重於過去研究對未來教學發展之意涵。以下僅依，一、智力與創造力、二、「心念構圖」、三、「提問能力」等三部份，探討如下：

一、智力與創造力

創造是科學進步的重要動力，故科學教育的基礎訓練，應涵括科學創造思考訓練。任何訓練課程的設計，需先釐清訓練目的，了解目的中所含要項之本質。因此探討科學創造思考的基礎訓練時，若能了解「創造力」的本質，將對研究有莫大助益。

何謂創造力？Shaughnessy（1995）曾說過，定義創造力就如同陷入無法脫身的沼澤地，因其定義一直是多層次、多面向的。隨學科領域的不同，學者也賦予創造力多元化的詮釋，雖然各派學者定義不同，卻也無太大爭議，且多數對創造力的定義均涵括原創性（novelty）與適切性（appropriateness）（Starko, 2001）。

然而何謂原創性，依 Starko 的觀點來看這似乎也是一難解的問題。例如 A、B 兩位不同校的研究者均從事相同的基因研究，但 A 研究者在 B 研究者預備發表論文的兩星期前先發表了有關基因研究的論文，此時對 A 研究者、對世界來說，B 研究者將要發表的論文不具原創性、不具創造力，但對 B 研究者而言他將要發表的論文是具原創性與創造力的；因此當我們思考創造力的定義時，是否也曾思考創造力是對誰而言？而在國小的教學現場中，又應如何定義科學的「原創」與「適切」？當評量學生的創造力時，應以誰的觀點設定基準，以教師？還是以學生？

此外，創造力與智力間之相關性亦值得深思與探討，因為教學者對智力與創造力的認知，將影響著教學態度；假若教學者認為創造力即如同智力（尤其是 I.Q.）是與生俱來的，則教學者可能會放棄大部分學生的創造力訓練，僅將訓練焦點著重於智力高者，但如果教學者認為創造力與智力無關，則其教學態度可能與上述的教學者有所不同，此教學者或許會將學生的創造力培養著重於與

智力相關性低的訓練項目。

Cropley (2003) 曾將創造力與智力兩者做一簡單比較 (如表 1)，多數學者均同意智力與創造力之間存在某種關係並有所區別的說法。由表 1 顯示智力較具封閉與聚斂特質，創造力則較具開放與擴散特質，但卻仍尚未釐清創造力與智力兩者究竟存在何種關係。不同研究報告文獻亦顯示，各學者對智力與創造力間關係之論點差異頗大，而論述也有所不同 (毛連塏等，2000)。由於這些論點涉及創造力本質為何的問題，因此對於這方面的研究一直存在著爭議，例如在 1950 至 1960 年間，心理學家曾將其兩者視為互不關連，但其後的研究卻認為高成就是智力與創造力共同締造的結果，因此不宜將其分開 (Cropley, 2003)。Starko (2001) 亦曾彙整相關研究，指出所有研究結果都具有不一致性，即使目前普遍被接受的閾值理論 (threshold theory) 【該理論認為 I.Q. 在 120 以下，智力與創造力成正相關，I.Q. 120 以上，則無相關性存在 (Barron, 1969)】，也有與此理論不同的研究結果存在。Starko 認為所有研究結果都具有不一致性的主要原因在於每一個研究者對智力與創造力的定義並無一致性，所得結果當然難有相同。因此如何發展出大家公認之智力與創造力評量方式，以釐清兩者關係，似乎還有一段漫長的路。但無論如何，教學者至少應警惕自己，智力之外尚還有許多影響學習成效之因素存在，勿僅以智力相關的測驗來衡量學生。

表 1 創造力與智力間的差異

心理學領域	智力	創造力
功能	獲得知識 (尤其是已知者)	發展新方法去改變知識
能力	回憶 問題解決	想像 發現問題
技巧	聚斂思考 記憶	擴散思考 批判思考
認知過程	回憶知識 認知熟識者 應用技術	發明 連結不同領域 擴散
合宜之思考性質	邏輯 精確 速率	原創 驚奇 多變

資料來源：Cropley (2003), p.26

由以上有關創造力的定義及智力與創造力兩者間關係未定論的觀點，顯示出教學者應在意的不是一些名詞的釋意，而是如何善用一些人類本能理論於教學實務上。Simonton（1999）曾將各領域傑出天才提出來討論，其中特別推崇達爾文，其認為達爾文雖然 I.Q. 不是很高，但進化論卻能對人類造成重大影響，且達爾文的原創論點，是一般人均可理解；而如牛頓、愛因斯坦的理論，即使是專業人士都會有所不解。因此 Simonton 以進化論之觀點詮釋創造力，認為創造就如進化中的基因重組與產生變異，稱之為「達爾文派」觀點。這個理論強調創造源於「重組」（recombination）與「變異」（variation），認為高創造力者常有高智力，但高智力者不一定會有高創造力，此可能導因於多元化構思的重組連結問題。利用智力可獲得各種知識及產生各種想法，但這些知識與想法若不能有效的重新組合連結，將無法產生創造，因此 Simonton 認為在達爾文派的模式中，與其說是智力影響創造力，還不如說是「智力結構」構成創造力（Simonton, 1999）。換言之，如果將智力可獲得的各種知識和想法，當成數學中之點，則智力的功能是累積點的數目，而透過線的連結，建立新的點間連結關係，才能產生新結構體，即產生所謂的「創造」。

二、「心念構圖」

J. P. Guilford 於 1949 年，在美國心理學會中提出擴散思考的觀點，其並於 1950 年正式發表「創造力」論文，開啟擴散思考的應用及創造力與擴散思考連結的新紀元。其理論認為擴散思考才能觸發另類的反應，亦即須由「多」生「變」。Simonton 延續此「多」生「變」的觀點中，以達爾文派之創造力理論，將「變通性」與「原創性」視為是「流暢性」所引發的結果。

「心念構圖（mind mapping）」是一種引發「流暢性」或擴散思考的有用策略，其是英國學者 Tony Buzan 於 1960 年代末 1970 年代初所發展之思考訓練方法，廣泛被運用於創造力及其相關之教學領域（Brinkmann, 2003; Caton, 2003; Farrand et al., 2002; Good, 2002; Mueller et al., 2002; Smith, 2002），此法強調以輻射網狀結構的思考架構取代條列式的思考架構，如此能有效利用左、右兩半球充分掌握整體性的思考，並能激發創意思考。Buzan 在 1991 年與一位十三歲小孩合作，由學童實際學習的觀點改寫「心念構圖」法，該訓練模式主要之進行步驟為下列五項：

- 1.繪製圖像或文字於紙中央：表示主觀點。
- 2.繪出支線：用關鍵字或圖表示相關主題或要點。

3.由相關主題或要點，繪出次支線（連結線）：用關鍵字或圖表示次相關主題或次要點。

4.由次主題或要點，繪出支節線（連結線）：表示詳細之狀況。

5.由支節點擴展：表示更細之相關資訊。

Buzan 並提出上列五項步驟之詳細相關策略，如集體研討技巧、規章、潛力發展規則、腦力激盪創意訓練技術、字、圖、顏色應用技巧…等等，為擴散創意思考提供良好模式（Israel & Buzan, 1991）。諸多文獻顯示「心念構圖」被用於各領域均具顯著成效，例如：Farrand 等人（2002）將「心念構圖」運用於寫作方面，結果顯示其不只是一有效的學習技巧，同時也改善了參與者的動機。又如 Steyn and Boer（1998）將「心念構圖」應用於數學與科學的學習，也發現除可提昇學生成績外，亦提昇學生在校園決策活動中的決策能力。再如 Brinkmann（2003）將「心念構圖」應用於數學教學時，也顯示其確實具正面成效，為有效之教學工具。

國內亦有利用此法於身心障礙資源班學生創造力方面之研究，採用「不等組前後測實驗設計」並佐以問卷及間隔半年的追蹤作業單練習，而學生家長與級任教師問卷調查結果中，皆顯示對「心智圖法教學方案」之實施採正向肯定的態度，再由追蹤作業練習中，發現實驗組學生對心智圖的製作方法能掌握重點，構圖、色彩也有明顯進步（錢秀梅，2003），若干出版社，亦將其改進出版並發展相關課程。在國內外，數十年來，「心念構圖」在教學實施或學習上之成效，已受到相當的重視。

三、提問能力

從創造的歷程而言，「科學」此一學門(discipline) 與藝術、人文等學門相較，本質上相當的不同。Simonton（1999）認為聚斂思考對科學之重要性遠高於其對學門創作的重要性。科學創造固然需要擴散思考，但因為自然法則之因果有定、科學知識體更是環環相扣，科學研究必不能如藝術、人文的隨意擴散創發；因此科學的聚斂思考在科學的擴散思考之後，扮演著一個相對重要的功能與角色，此聚斂思考後產生的科學「探究問題」亦經常成為科學學習或發展的起始點。

在一種科學教學模式稱為——「學生問題中心教學模式」中，學生在自然科之學習應為一生與生、生與師、生與環境、生與生活之互動過程中，激發出疑問與解決問題之動機與方案，學生在交互作用的過程中蒐集資料、進行探

究、判別與決斷的過程中學習（連啟瑞，1997）。此過程中問題本身是課程的核心，學生主動的提問與求得解答的心念則是學習的最主要動力，且研究探討曾發現高年級學生能提出自然科技相關問題，但其問題層次對架構高層次的思考與進行完整科學探究尚顯不足（連啟瑞，1997）。現有諸多文獻中有關提問能力之探討研究多在教學者的提問策略和教學技巧（張玉成，1991；Fogarty & Bellanca, 1993；Martino & Sala, 1996；Rothenberg, 1997；Williams, 1997），以學習者為研究對象的提問策略與能力相關研究卻較為缺乏，更可慮者是，相關研究又顯現提問能力卻會影響創造思考能力與學生的學習成就（Browne & Kelley, 1998; Clarsen, 1991; Gallas, 1995; Halpern, 1996; King, 1994; Mcpeck, 1990; Smith, Blakeslee, & Anderson, 1993），因此提昇學生「探究問題」之提問能力，確實益顯重要。

「遙距連結」是 Sarnoff Mednick 於 1962 年所提出的理論，此理論強調在擴散思考之後，並找出獨立想法間之共同特質的連結能力的聚斂思考，是創造力的必備能力。例如「腳」與「命令」看似不同的獨立想法，若對低創造力者，可能由「腳」連想到「腳趾、腿」等、而由「命令」連想到「次序、軍隊、遵命、長官」；但卻無法由兩串字串，找出共通之收斂語詞。但對高創造力者而言，則有可能由「腿」繼續延伸出「士兵、走、漫步、手臂、關節、疼痛、發燒、生病、保溫、帽子....」、而「長官」可能延伸至「政策、告訴、士兵、帽子...」；高創造力者則可能將其兩條分離的思考線聚斂到「士兵」與「帽子」（Simonton, 1999），由此可看出「遙距連結」能力較強者，能有較寬廣而明確的思考結果。由於「遙距連結」是為多項無關項目，尋找一共同相關項，因此常被視為一種聚斂思考過程。科學的發展是對一連串疑問的解謎，而且是兩條或多條不同思考線之間尋找關連，「探究性問題」的提出與解謎的過程。所以，如何培育學生敏於覺、智哉問，將對學生科學學習產生重要影響，對科學未來之發展亦更可能影響遠大。

參、研究方法

本研究採用之研究方法係採前、中、後測準實驗設計，為了解學生在訓練前之初始學習狀態，本研究亦進行與本研究單元主題不同之「學生學習初始狀態」研究，以為研究參考。以下謹分，一、研究對象，二、訓練模式，三、研

究步驟及四、分析方法等四部份，說明如下。

一、研究對象

參與本研究之學生為台北市某國小四年級學生，計有兩班共 98 人，其中實驗組 49 人，控制組 49 人。

二、訓練模式

本研究基於「達爾文」學派之創造觀點，將學習視為先擴展「基本元件」再訓練「組合能力」。因此本研究以「心念構圖」協助學生對影響主題的變因及變量做擴散思考，形成科學探究所需之「基本元件」；而後再以「語詞句型」訓練來聚斂學生的思考，即「組合」上述之「基本元件」，以創造出科學研究中具變項關係的「探究問題」。以下分述此訓練所含之兩模式：

（一）「心念構圖」

本研究之「心念構圖」與「語詞句型」訓練教學研究對象為小學生，故其訓練較適合 Buzan 與 Israel 共同發展由學童觀點改寫之「心念構圖」法，原訓練步驟已簡述於文獻探討。但本研究因考量科學的特殊性如科學探究“變因”及“變量”之重要性，為讓學生能充分擴展“變因”及“變量”的思索，因此改變步驟一之主觀點為學習主題，步驟四為相關影響因素且須為名詞，步驟五為因素之可變量，做為本研究「心念構圖」的訓練模式，修改後之五步驟為：

- 1.繪製圖像（或文字）於紙中央：表示學習主題。
- 2.繪出支線：用關鍵字或圖表示相關主題、要點、或影響因素（即為變因，需為名詞）。
- 3.由相關主題或要點，繪出次支線：用關鍵字或圖表示次相關主題、次要點、或影響因素（即為變因，需為名詞）。
- 4.由次主題或要點，繪出支節線：表示詳細之影響因素。
- 5.由支節線擴展：表示變因之可變量。

圖 1 即為本研究所發展出用以提供學生學習之「心念構圖」範例，例如：圖中呈現探討主題為“光”，太陽為相關主題，光線為次相關主題，紫外線為次要點即變因，強弱為變量。此模式之目的在擴展學生之思考層面，也可說增加可用「元件」以為後續組合之用。

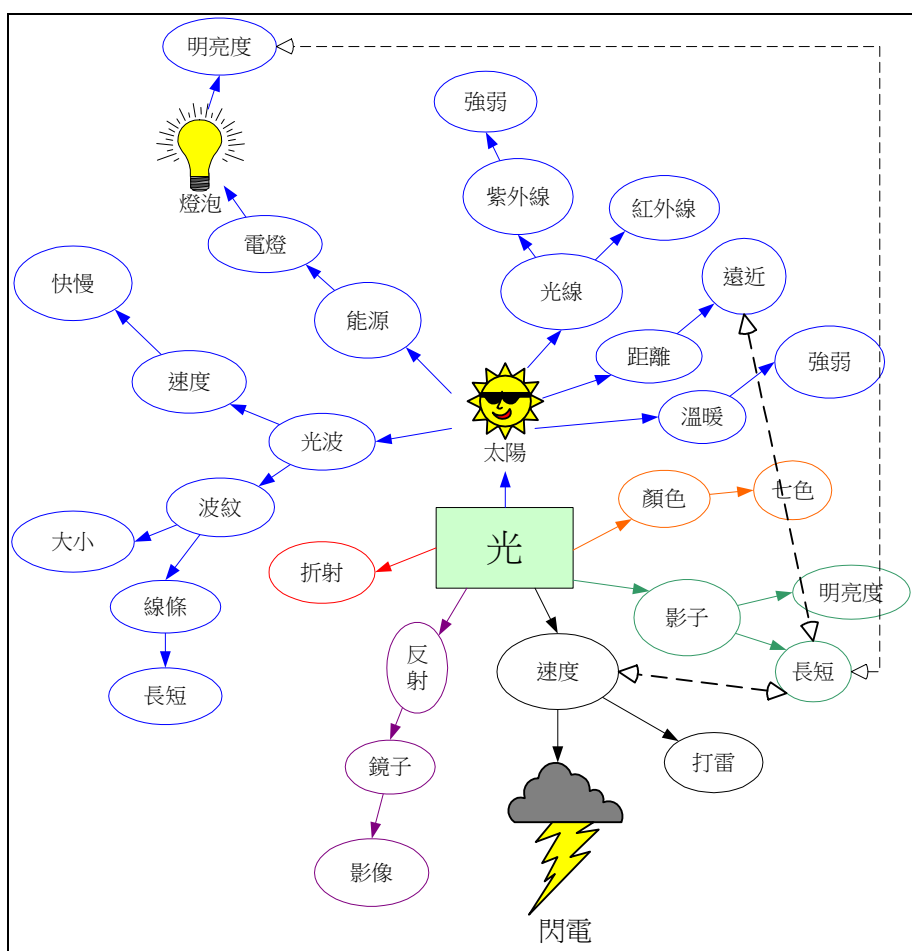


圖 1 「心念構圖」範例-以「光」為主題

- 註：1.此圖為小孩子可能聽過讀過之用語組合，因此有些詞或許不是很恰當，如「光線」；其也可能是小孩觀察到現象，如「影子」的「明亮度」，但小孩可能並不了解其意義。
- 2.圖中之虛線箭頭，係下節「語詞句型」訓練活動中，示範學生可在圖中各「元件」間，部份可考慮組合之相互應變關係之例。

(二)「語詞句型」訓練

根據本研究研究者之研究經驗顯示，學生面對一問題情境時，常不知如何找出其影響因素。再則，以圖或表列出問題相關影響因素，學生仍常無法將自變項與應變項關係以具體疑問句呈現。因此學生「心念構圖」能力之提昇並未足以確定提問能力會顯著進步，所以研究者與兩位資深國小自然科教師共同研

究，採用「語詞句型」訓練幫助學生將「心念構圖」中之項目具體轉化為相關變因連結的問句。以圖 1 之「心念構圖」訓練為例，引導學生在「心念構圖」中選擇相關之兩因素，將兩相關因素按照其主體，及各相關變量，參照造句方式：

「探究主體 A（名詞）的“可能變動因素”會不會對探究主體 B（名詞）的“可能改變情形”（造成）影響」，

等等方式，提出「可探究性問題」，下列句型即轉化圖 1「心念構圖」的內容所提的語詞訓練範例，例如：

「光速度快慢」會不會對「影子長短」造成影響。

「燈泡的明亮度」會不會對「影子長短」造成影響。

「太陽的距離遠近」會不會對「影子長短」造成影響。

（註 1：此「可探究性問題」敘述無關科學之真偽

註 2：其真偽之判定可由後續討論及實驗活動檢測）

諸如此類，訓練學生依圖 1 寫出包含自變項與應變項互相影響之問題，而依創造思考之觀點，鼓勵學生寫愈多愈好。

三、研究步驟

本節研究步驟，僅依，（一）「學生學習初始狀態」研究，（二）「心念構圖」與「語詞句型」訓練教學研究，兩部份說明之。

（一）「學生學習初始狀態」研究

為了解學生初始學習狀態，本研究先對參與研究之學生進行「學生學習初始狀態」研究，以了解透過教師講解，學生能否提出具變項關聯之問句。此部分先由教師給予一項科學探究主題，例如：「電」，並依此主題介紹學生可能產生之問題及問題的相關要項。本階段教師同時說明常見之學生問題型態，包括：

1.名詞定義型：

如“什麼是地熱？”

2.現象解釋型：

如“沙漠如何形成的？”

3.實驗探究型：

如“抽取的地下水量是否影響地層下陷程度？”

並將問題型態與範例書寫於黑板，作為示範，並鼓勵學生儘可能以實驗探究型問題提問。

經過此過程後，教師引導學生進入另一討論新主題，例如回音、雷達、聲納等，做為提問主題之動機引起物。針對此新主題，即學生進行班級討論，討論後學生寫下相關要項及「探究性問題」。此部分所收集之資料，由研究者與施測教師，根據學生作答情形，進行質性分析。

(二)「心念構圖」與「語詞句型」訓練教學研究

本「心念構圖」與「語詞句型」訓練教學研究之設計採前、中、後測之實驗設計（如圖 2），實驗組包含合作學習與個別學習兩種學習型態，控制組只採合作學習，採此設計之主因為參與研究之教師曾於其他班試用過合作學習方式的訓練，但成效不如預期，因此在本研究中實驗組增加個別學習與作業指導部分。研究設計中增加之中測，旨在進一步瞭解階段成長之現象與確定成效。主研究之實驗處理(treatment)配合圖 2 說明如下：

1.各施測單元：

配合小學課程之進行，其中「心念構圖」訓練的前測單元主題為「光合作用」、中測為「生物的生活環境」、後測為「螢火蟲的生活環境」；「語詞句型」訓練前測為「光合作用」，中、後測則為「螢火蟲的生活環境」。每單元進行時間為兩週（每週五節課）。其中前測及中測單元主題包括教學活動與「心念構圖」訓練活動等兩項；各全單元之教學時間中，約有 2/3 之時間是運用於課程內容教學、1/3 之時間運用於「心念構圖」的練習。後測單元則不進行「心念構圖」訓練，而將此時間改進行「語詞句型」訓練。

2.各階段之實驗處理：

(1)X_{E1}，實驗組「心念構圖」訓練第一階段：此階段包括「光合作用」單元教學及其「心念構圖」訓練，其中教學部份為以一般教科書為主之教學。「心念構圖」訓練採全班合作學習、小組合作學習及個別學習等三種教學方式依序實施。

其中，全班合作學習先由教師進行全班講解並給予情境，再由教師帶著全班同學一起練習「心念構圖」，且要學生聯想直接相關要項及間接要項。並上台書寫於黑板，由全班共同完成黑板上之「心念構圖」。

小組合作學習：教師帶全班練習後，再將班級分組，由小組自行合作討論製作單元的「心念構圖」，最後由教師採大班式檢討各小組製作之「心念構圖」。

個別學習：教師要求學生於個人作業本上個別練習。

- (2)XE2，實驗組「心念構圖」訓練第二階段：此階段包括「生物的生活環境」單元教學及其「心念構圖」訓練，其中教學部份亦為以一般教科書為主之教學。「心念構圖」訓練採個別學習型態。

個別學習：除了每次上課時全班檢討前一次學生發展的個別「心念構圖」外，教師另給予新主題，要求學生的於個人作業本上，發展自己的「心念構圖」，再依據個別學生作業的「心念構圖」予以修正或引導。

- (3)XC1，控制組「心念構圖」訓練第一階段：此階段之教學單元與方式與實驗組同；惟「心念構圖」訓練方式僅採全班合作學習、小組合作學習型態。

全班合作學習：與 XE1 中之全班合作學習過程相同。

小組合作學習：與 XE1 中之小組合作學習過程相同。

- (4)XC2，控制組「心念構圖」訓練第二階段：此階段之教學單元與方式亦與實驗組同；惟「心念構圖」訓練方式也僅採全班合作學習、小組合作學習型態。

全班合作學習：與 XC1 中之全班合作學習過程相同。

小組合作學習：教師帶全班練習後，再將班級分組，由小組自行合作討論製作單元的「心念構圖」，並於每次上課時採大班式檢討前一次學生發展的各組「心念構圖」。

- (5)XQ，「語詞句型」訓練階段：此階段包括「螢火蟲的生活環境」單元教學（教學模式與前兩單元同）及其「語詞句型」訓練。本階段之練習重點係在以前「二、訓練模式」中之（二）「語詞句型訓練」一節中之說明方式，進行全班講解練習，以培養學生聚斂思考與提出較高層次「探究問題」之能力。

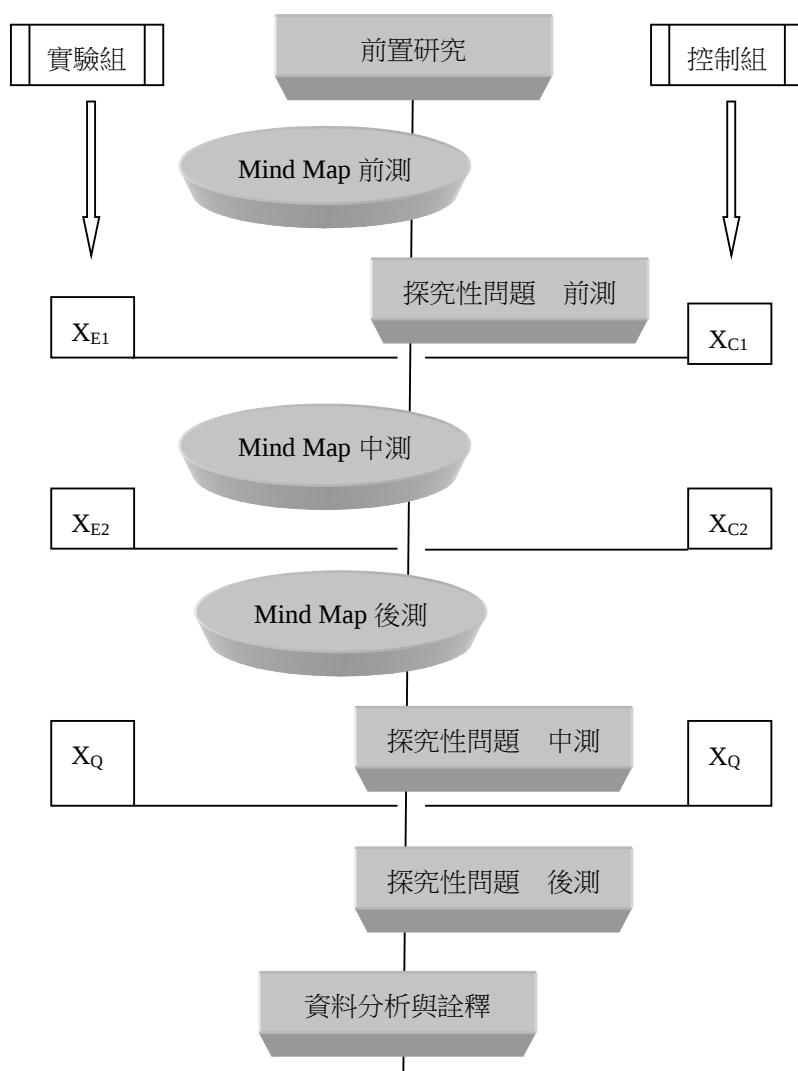


圖 2 研究流程圖

註 X_{E1}：實驗組第一階段教學訓練； X_{C1}：控制組第一階段訓練

X_{E2}：實驗組第二階段教學訓練； X_{C2}：控制組第二階段訓練

X_Q：實驗組第三階段教學訓練； X_Q：控制組第三階段訓練

四、分析方法

(一)「學生學習初始狀態」研究部分

此部分只進行學生表現之質性的思考結構分析，了解學生之思考型態是為線狀或網狀，並進行提問題型分析，了解學生的提問層次。此部分是在老師講解過問題型態，並介紹何謂「名詞定義型」，如「什麼是地熱？」、「現象解釋型」，如「沙漠如何形成的？」、「實驗探究型」，如「抽取的地下水量是否影響地層下陷程度？」，且將範例陳寫於黑板參考後，給予新主題，鼓勵學生應朝較高層次（實驗探究型）提出問題。本研究只分析學生思考的問題類別，不進行量的研究。

(二)「心念構圖」與「語詞句型」訓練教學研究部分

1.學生「心念構圖」能力部分

學生在前、中、後階段「心念構圖」表現之差異，除了觀察審視特徵變化，了解學生思考結構外，並進行學生前、中、後測階段「心念構圖」得分之比較。分數計算包括兩部分，第一部分是計算知識要點數，只要學生寫出之項目與主題有關部份即計為一分，而不考慮其呈現之位置、層次是否正確。第二部分則考慮要點間之關聯是否恰當（評分標準如附件）。測驗結果由兩位分析者分別分析，有爭議（模糊地帶）者再取得共識共同決定，由於科學探討主題相關連結較有學科知識結構之層次性，分數不易出現差異過大現象，因此不做評分者信度分析。

2.學生提出「可探究性問題」能力部分

本研究除分析「心念構圖」外，亦對由「心念構圖」所衍生的提問問題，進行屬性層次分析，屬性之定義係依之前研究所得修改而來（連啟瑞，1997）（定義如表 2）。本研究分兩方面分析訓練模式是否有助學生提出較高層次之「可探究性問題」，一方面以 Kolmogorov-Smirno 兩樣本檢定法對前、後測不同問題層次之分布模式比較分析；另外一方面，則進行實驗組與控制組在前、中、後測階段，學生得分之相關 t-檢定分析，以作為比較兩組學生在前、中、後測階段提出「可探究性問題」能力差異的依據。為進行此比較，研究中將實驗組和控制組學生，在前、後測提問問題層次依等級平均分散分五等級（平均分數區間設定為：第一等級 0-0.50，第二等級 0.51-1.50，第三等級 1.51-2.50，第四等級 2.51-3.50，第五等級 3.51-4.0，共五等級），轉換為等級分布之後兩組分別進行兩樣本配對之 Kolmogorov-Smirno 統計，以觀察兩組在提問問題養成過程之成

長及差異現象。

表 2 學生提問問題層次分析標準

層次	定義
一	提問問題係在知曉某些特定名詞、現象、基本狀況、或對基本原理、基本方法，著重簡單淺顯之原理、過程步驟。
二	提問問題係在探知各種問題，及其產生原因與解決方案。
三	提問問題係對解決方案之優缺點評價或比較，或對個人立場之尋求設定，或牽涉到人或團體之價值判斷與責任。
四	提問問題係能運用一個或一個以上的變因來架構「可探究性問題」，在問句中有針對變因的探討或兩個變因間的關係及影響。

肆、結果與討論

本研究之結果與討論，依照一、「學生學習初始狀態」研究之結果與討論，二、「心念構圖」與「語詞句型」訓練教學研究之結果與討論【內分（一）「心念構圖」部分及（二）「提問層次」部分】，分別敘述如下。

一、「學生學習初始狀態」研究之結果與討論

由研究結果顯示，當學生未經本研究之「心念構圖」及「語詞句型」訓練前，其書寫之問題及其相關要項，均為條列式，以下僅舉代表性結果，呈現如圖 3。圖中學生以「問」來表達其關心之主題，以「答」表現影響主題之變因。依 Israel & Buzan（1991）的論點，認為如此條列式呈現代表其思考主要運用左半腦，缺右半腦之應用，較不利思考範圍之擴展。且其提問層次均屬層次一、二的名詞定義型或現象解釋型，其代表性例子如圖 4，未見層次三、四的比較或實驗探究變因考量之問題型態。此顯示學生提問能力與提問層次有待加強，此結果與之前研究有相同之現象（連啟瑞，1997）。

問:	聲音的傳遞和什麼有關?
答:	1. 速度
	2. 速率
	1. 音波
	2. 脈
	1.

圖 3 提問內容呈現條列式思考結構

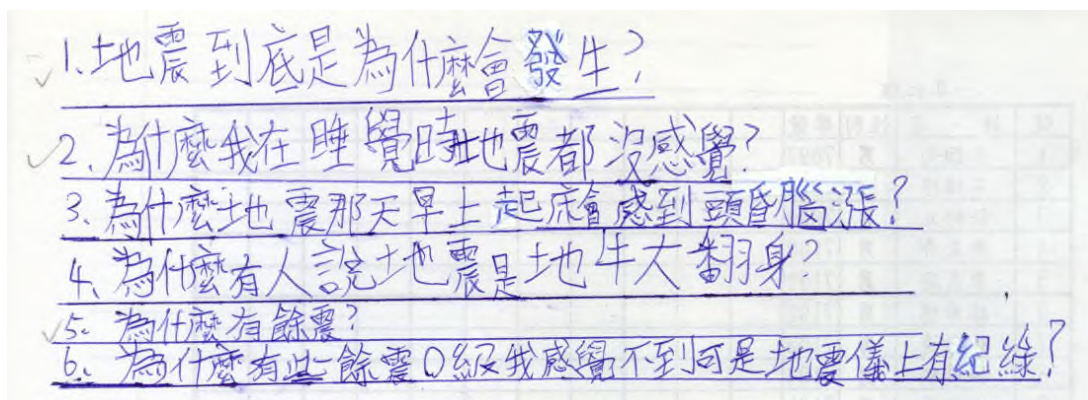


圖 4 提問內容呈現名詞定義型或現象解釋型問題

二、「心念構圖」與「語詞句型」訓練教學研究之結果與討論

本部份僅依（一）「心念構圖」之結構組織部份、（二）「探究性問題」之提問層次部份，說明及討論之。

（一）「心念構圖」之結構組織部份

學生在本研究「心念構圖」各階段之學習後，呈現之學習結果與代表意義，僅以，1.學生的「心念構圖」特徵改變，2.學生的「心念構圖」統計分析，兩部份說明如下。

1.學生的「心念構圖」特徵改變

實驗組學生經過兩階段 1. X_{E1} （全班合作學習、小組合作學習與個別學習）和 2. X_{E2} （個別學習）之「心念構圖」訓練後，針對探究主題所構築出之前、

中、後測「心念構圖」，分別表示如後（前測範例如圖 5 及圖 6；中測範例如圖 7；後測範例如圖 8）。



圖 5 學生在「心念構圖」前測之範例圖（一）

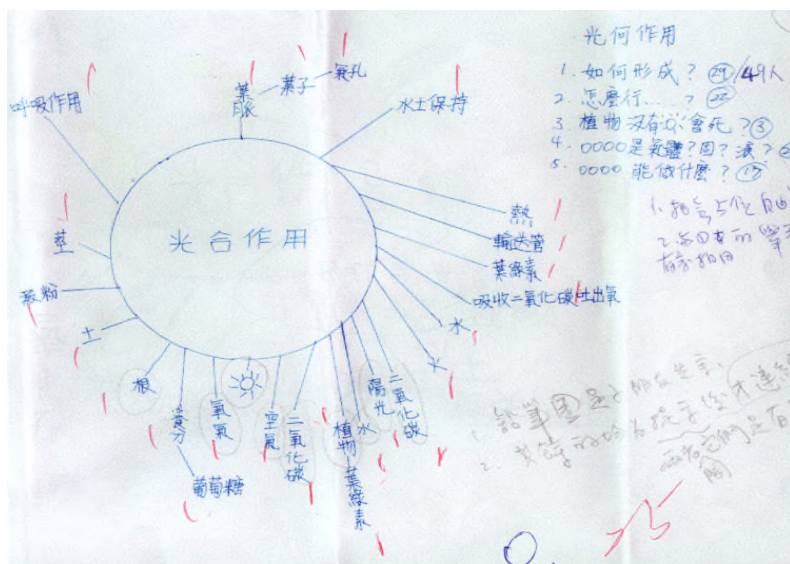


圖 6 學生在「心念構圖」前測之範例圖（二）

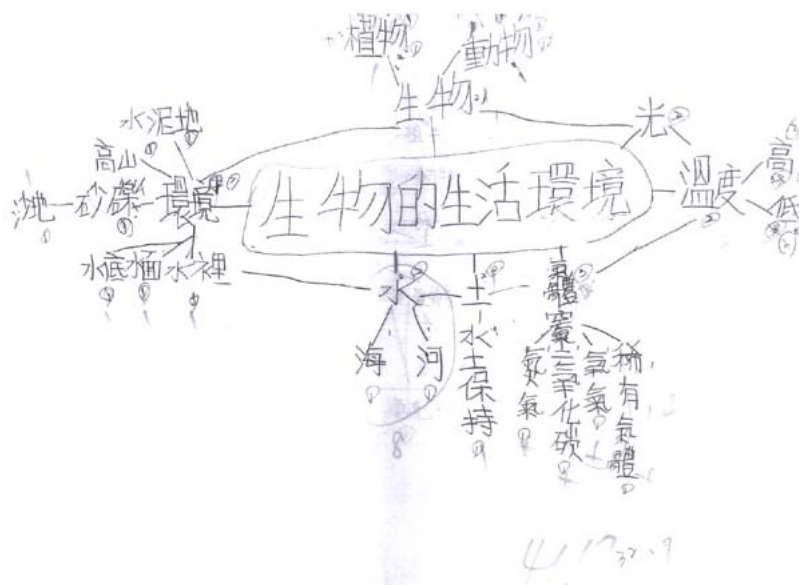


圖 7 學生在「心念構圖」中測之範例圖

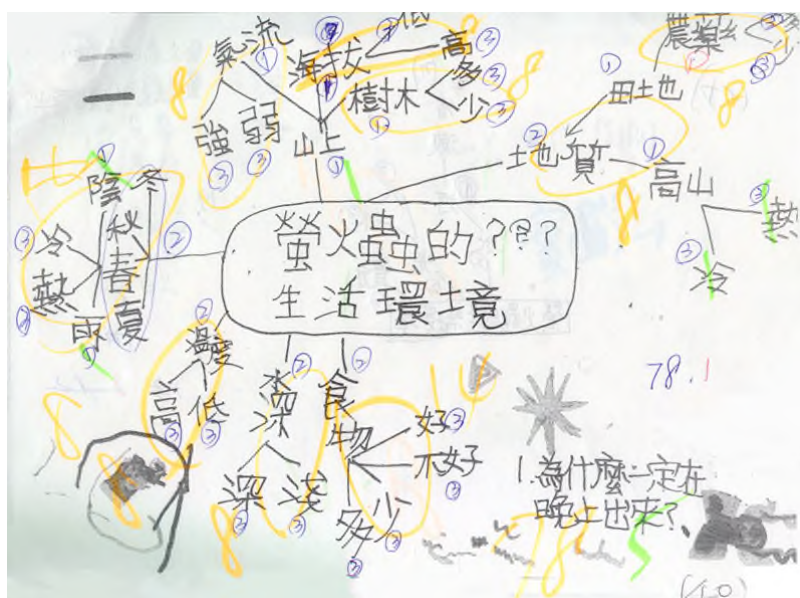


圖 8 學生在「心念構圖」後測之範例圖

由上述範例可以看出前、中、後測之「心念構圖」呈現以下的幾種特徵差異：

(1)前測之「心念構圖」層次少，中測之「心念構圖」層次比前測進步，而後測圖層次最多。此意謂學生思考已經隨本研究之訓練模式，逐步有較佳結構化表現之現象，且能融入比較與分類的理念。

(2)前測之「心念構圖」呈現線狀結構，中測圖相較前測已有分支，後測圖則為樹枝結構。中測與後測雖均有分支，但其內涵和意義卻不同。如中測圖中的「氣體」部分，學生僅在呈現「氣體」包含些什麼，又如圖中「生物」部分亦有同樣之現象。且在圖中案例觀察到，各分支中具比較、變因、變量者少；但後測圖分支則較能呈現比較、變因、變量的特徵。因此，經訓練後學生思考問題已能由「相關」擴增至「比較」。

(3)前測之「心念構圖」中相關因素與變量籠統，中測「心念構圖」之相關因素與變量層次較前測明顯，但相關性之正確度仍有待修正（如其將生物、光、溫度、氣體、土、水、環境等連成一環），後測圖則已較為精準。此意涵學習者之分類能力與相關能力已有提昇，將有利學生未來科學思考之結構化與層次化。

實驗組在「心念構圖」前測之階段，因學生未經個別學習與個別指導，此時與控制組學生表現之「心念構圖」呈現相似之結構圖，均為單一直線之輻射狀。實驗組在「心念構圖」中測階段已經過個別學習，狀況雖有改善，但可看到尚未臻理想。直到實驗組學生在「心念構圖」後測階段，經過個別學習與個別指導之「心念構圖」訓練，實驗組學生針對擬探究主題發展出之「心念構圖」顯然呈現對探討主題有更深入的理解，同時呈現可測量之物理量明顯較為清晰。

2.學生的「心念構圖」統計分析

學生在前、中、後測各階段的「心念構圖」，經前述之評分標準、分析後，數據列如下表：

表3 前、中、後測各階段的「心念構圖」成果評分

平均 組別與測驗別 項目	實驗組 (n=49)			控制組 (n=49)		
	前測	中測	後測	前測	中測	後測
1. 知識性要點	9.0	8.5	7.0	24.0	14.9	12.3
2. 建立要點（變項）間之關聯	0.0	37.5	28.0	0.0	0.0	4.0
總和	9.0	46.0	35.0	24.0	15.9	16.4

表 3 顯示：

(1) 控制組前後測在情境給予的相關資料解讀後，知識性要點的關想基礎能力方面並未低於實驗組（前測：24.0>9.0；中測：14.9>8.5；後測：12.3>7.0）。顯示研究中雖受到原有班級建制之限制，而無法進行隨機取樣，但整體而言，已經避免實驗組在研究之初已經優於控制組之現象；另就本研究中認為對學生的提問能力影響較大的因素『建立要點（變項）間之關聯』而言，兩組前測之值均為 0，更應可支持兩組取樣應恰當。

(2) 對國小四年級學生而言，

①只解說過「心念構圖」的繪製方法，但未經全班、小組或個別演練，仍不能獨立發展「心念構圖」（兩組前測：0 分）。

②學生經過全班合作學習、小組學習、個別學習與個別指導（ X_{E1}, X_{E2} ），在發展建立變因之間的相關關聯上有極大的助益（實驗組：前測→中測→後測：0→37.5→28.0），由於相關關聯之項目多寡會與教學主題相關，因此實驗組中測分數較後測高為可理解之現象；而學生只經過全班學習與小組演練的合作學習（ X_{C1}, X_{C2} ），在發展建立變因之間的相關關聯上無明顯之進步（控制組：前測→中測→後測：0→0→4.0）。

此顯示合作學習的大班教學模式，其對已有學習經驗的知識建立部分，仍有成效；但對全新的「心念構圖」學習模式而言，則個別練習與指導，方具有關鍵之重要性。

（二）「探究性問題」之提問層次部份

有關實驗組及控制組學生在參與如本研究之學習歷程後，兩組學生在提出「探究性問題」能力的差異部分，一是以 Kolmogorov-Smirno 之分布模式檢定進行前、後測不同問題層次之比較分析；其二，則以實驗組與控制組在前、中、後測階段，學生相關之分數 t-檢定分析，作為論據。

1.前、後測「探究性問題」層次分布模式改變

學生在前、後測所提出來有關「探究性問題」層次，經前述分析者分析後，數據再經等級轉換後統計，而轉繪製為圖 9，藉供比較。

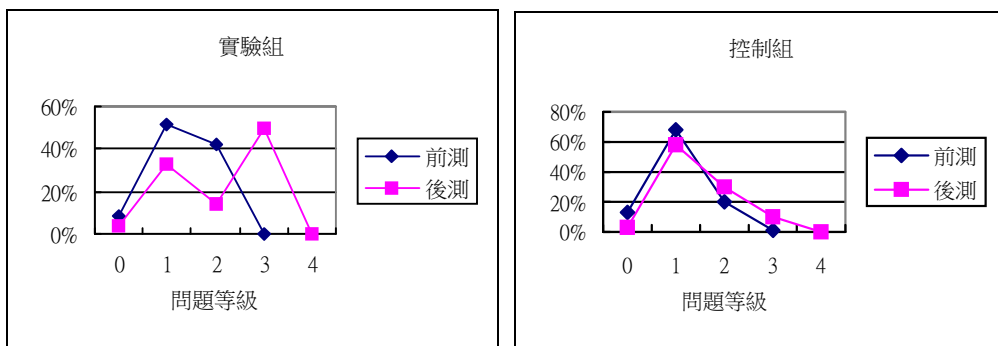


圖 9 實驗組和控制組學生在前後測「探究性問題」提問層次分布

圖 9 中資料顯示，不管是實驗組或控制組在未經「心念構圖」訓練和提問語詞訓練之前，皆傾向僅具有低層次之提問能力，有關了解變項、釐定變因、控制變因之較高層次之提問能力，可以說俱付闕如。另外，亦可以看出，經過實驗組之「心念構圖」訓練和「語詞句型」訓練，可以有效地將低層次的提問問題轉移為轉高層次之問題，而賦予學生較佳的提問能力。實驗組和控制組學生在前後測問問題層次分布之 Kolmogorov-Smirnov 檢定亦顯示：實驗組在層次轉移方面顯著優於控制組，顯示「心念構圖」訓練和「語詞句型」訓練對學生而言是有助益的。

表 4 實驗組和控制組學生在前後測提問問題層次分布之 Kolmogorov-Smirnov 檢定

組別	Kolmogorov-Smirnov 檢定	
	Z 值	P 值
實驗組 (n=49)	1.058	0.008*
控制組 (n=49)	0.775	0.586

2. 轉換之等第平均值及前、中、後測相關分數 t-檢定分析

學生之提問能力在前、中、後測中之表現，列如下表 5。此表顯示，後測之平均值實驗組（2.0）較控制組（1.5）高，此與圖 9 對照亦可發現相同結果。

表 5 實驗組及控制組學生在提問能力前、中、後測等第平均值

實驗組			控制組		
前測	中測	後測	前測	中測	後測
1.3	1.4	2.0	1.3	1.4	1.5

本研究除進行等第平均值分析外，亦對原始分數進行 t 檢定，兩組分別之前、中測分數 t -檢定顯示：實驗組前、中測之分數 t -檢定 ($t=0.89$, $P=0.39$)，表示實驗組經第一階段「心念構圖」訓練，並未有效提昇學生提出「可探究性問題」的能力；在控制組前、中測之分數 t -檢定也發現同樣現象 ($t=-1.19$, $P=0.24$)。

在「可探究性問題」的前後測部份，兩組學生的前後測皆顯現明顯差異（實驗組 $t=4.50$, $P=0.00$ ，控制組 $t=3.57$, $P=0.00$ ），顯示經過同樣「語詞句型」訓練後，兩組學生的提問能力皆有提高，顯示「語詞句型」訓練對提問能力的提昇具有關鍵性的效應。

再經進一步分數 t -檢定比較兩組的後測成果，顯示實驗組顯著優於控制組 ($t=1.78$, $P<0.05$)。前後測之間之二個歷程（1.「心念構圖」訓練與 2.「語詞句型」訓練）中「語詞句型」訓練為兩組皆同，故會影響到實驗組提出「可探究性問題」的能力顯著優於控制組最重要的因素，應可合理推論為不同模式訓練的「心念構圖」之影響；亦即，實驗組中「個別指導」之部分，直接影響「心念構圖」之層次與豐富性（此部份說明如『（一）「心念構圖」』一節內），進而方能提供提出科學上具創意、具廣度、高層次的「探究性問題」。

創造的思考歷程，是意念不斷的組合與分析所構成，基本意念愈豐富，組合之變化就愈多元。從人腦的結構發展而言，每個意念的吸收，均涉及一些神經元的相關突觸（synapse）之觸動，神經元間之連結愈綿密，則思考愈靈活，亦即腦部之思考基模較具變化彈性（Kuffler et al., 1975/1995）。從學習的觀點而言，激發神經元使其活躍，就如同擴展學習的「元件」；「神經元」間的有效連結，就如同「組合」元件。本研究之訓練由「元件」之擴增到組合；學生之表現亦具體顯現，已經能「組合」出對其本身而言具「原創」思考意義之「問題」。

伍、結論

本研究以「心念構圖」訓練模式，誘發學生思考問題面向的廣度，增強其對變因思考的多元化，再以具「遙距連結」功能之「語詞句型」訓練模式聚斂變因間之關係，形成對學習者本身而言具創意之科學「探究性問題」，透過此兩訓練模式的結合應用和實驗設計，本研究發現：

一、小學四年級學生未經相當之訓練前，尚未具有以「心念構圖」表達其內在關聯想像之能力。

二、提供合適之「心念構圖」練習，學生之「心念構圖」能力能有明顯之改變。此改變包括：「心念構圖」之層次增加且線狀轉變為網狀結構；同時，從統計分析亦發現：學生在建立要點（變項）間之關聯方面，亦有相當的成長。

三、以擴散思考為主的「心念構圖」訓練模式可增加學童提問面向的廣度及多元化之變因思考。

四、對於「心念構圖」的學習，教學不宜只採班級或小組合作學習；心念本就有相當個別化之性格，忽略個性僅重群性，不易獲得成效。學生的個別練習與教師對學生之個別作業指導，在提昇科學的「心念構圖」能力，具關鍵性成效影響。

五、一般而言，小學四年級學生所提出科學之問題，主要在低層次之範疇；亦即，問題主要屬於「名詞定義型」與「現象解釋型」，而較高層次之「實驗探究型」問題甚為鮮少。

六、僅有完整之「心念構圖」能力之學生未必即能提出高層次之「探究性問題」，「語詞句型」訓練在提昇此類學生使其具有高層次之「探究性問題」提問能力方面，具有關鍵性功能。

七、以聚斂思考為主的「語詞句型」訓練模式整體而言，可提昇學生提出「探究性問題」的層次。

八、本研究之「心念構圖」訓練與「語詞句型」訓練結合的方式，分別促進擴散思考與聚斂思考，可以有效地拓展學生之思維廣度並促進學生將低層次提問習慣提昇為高層次，且能幫助提出對學生自身而言具有創造性意義的科學「探究性問題」。

謝 誌

本研究之順利進行與完成，需感謝行政院國家科學委員會專案研究經費之資助，及台北市鄭及蘭老師、張慎老師之協助，以及 98 位同學之參與。此外對參與本研究相關伙伴之投入與協助，亦於此一併致謝。

參考資料

- 毛連塹等（2000）。**創造力研究**。台北市：心理出版社。
- 張玉成（1991）。**教師發問的技巧**。台北市：心理出版社。
- 連啟瑞（1997）。國小高年級學童對物質類感興趣問題的分析與應用。**科學教育學刊**，5（2），191-218。
- 錢秀梅（2003）。心智圖法教學方案對身心障礙資源班學生創造力影響的究。**國小特殊教育**，35，17-26。
- Brinkmann, A. (2003). Mind mapping as a tool in mathematics education. *Mathematics Teacher*, 96(2), 96-101.
- Browne, M. N., & Kelly, S. M. (1998). *Asking the right questions*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
- Caton, M. (2003). Brainstorming made easy. *eWeek*, 20(42), 57.
- Carlsen, W. S. (1991). Questioning in classroom: A sociolinguistic perspective. *Review of Educational Research*, 61, 157-178.
- Cropley, A. J. (2003). *Creativity in education & learning*. Great Britain: Clays Ltd, St Ives plc.
- Farrand, P., Hussain, F., & Hennessy, E. (2002). The efficacy of the 'mind map' study technique. *Medical Education*, 36(5), 426-431.
- Fogarty, R., & Bellanca, J. (1993). *Patterns for thinking: Patterns for transfer. A cooperative team approach for critical and creative thinking in the classroom*. Eric Service No.: ED 377964.
- Gallas, K. (1995). *Talking their way into science*. New York: Teachers College Press.
- Good, B. (2002). A call for creative teaching and learning. *Creative Nursing*, 8(4), 4-8.
- Goodnough, K., & Woods, R. (2002). *Student and teacher perceptions of mind mapping: A middle school case study*. Canada: New Brunswick.
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5, 444-454.
- Halpern, D. F. (1996). *Thought & knowledge*. N. J.: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers Mahwah.
- Israel, L., & Buzan, T. (1991). *Brain power for kids: How to become an instant genius*. Limited U.S. edition.
- Kenny, J. (2004). Mind-mapping: It's totally mental. *Times Educational Supplement*, 4588, TES online, 28-29.
- King, A. (1994). Guiding knowledge construction in the classroom: Effects of teaching

- children how to question and how to explain. *American Educational Research Journal*, **31**, 338-368.
- Kuffler, S. W., Nicholls, J. G., & Martin, A. R. (1995)。神經生物學：從神經元到大腦（初版）（張人驥和潘其麗譯）。台北市：淑馨出版社。（原著出版年：1975年）。
- Lim, S. E., Cheng, P. W. C., Lam, M. S., & Ngan, S. F. (2003). Developing reflective and thinking skills by means of semantic in kindergarten teacher education. *Early Child Development and Care*, **173**(1), 55-72.
- Martino, G., & Sala, F. (1996). *Engaging students in large lecture classes*. Eric Service No.: ED 405033.
- Mcpeck, J. E. (1990). *Teaching critical thinking*. New York: Routledge.
- Mednick, M., & Mednick S. A. (1965). The associative basis of the creative process. Eric Service No.: ED003033.
- Mueller, A., Johnston, M., Bligh, D., & Wilkinson, J. (2002). Joining mind mapping and care planning to enhance student critical thinking and achieve holistic nursing care. *Nursing Diagnosis*, **13**(1), 24-27.
- Petrini, C. M. (1994). Creating creativity. *Training & Development*, **48**(11), 11-15.
- Rothenberg, J. J. (1997). *Changes in pedagogy: A qualitative result of teaching heterogeneous classes*. Eric Service No.: ED 408346
- Shaughnessy, M. F. (1995). *On the theory and measurement of creativity*. U.S.: New Mexico.
- Simonton, D. K. (1999). *Origins of genius*. New York: Oxford University.
- Sitton, S., & Pierce, E. (2004). Synesthesia, creativity and puns. *Psychological Reports*, **95**, 577-580.
- Smith, B. (2002). Make the link. *Times Educational Supplement*, **4480**, TES Teacher, 28-29.
- Smith, E. L., Blakeslee, T. D., & Anderson, C. W. (1993). Teaching strategies associated with conceptual change learning in science. *Journal of Research in Science Teaching*, **20**, 111-126
- Steyn, T., & Boer, A. (1998). Mind mapping as a study tool for underprepared students in mathematics and science. *South African Journal of Ethnology*, **21**(3), 125-131.
- Starko, A. J. (2001). *Creativity in the classroom*. N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Williams, C. H. (1997). Doing critical thinking together: Applications to government, politics, and public policy. *Political Science and Politics*, **24**(3), 510-516.

附 錄

Mind Mapping 評分準則

以每一條發展成樹枝狀的關聯（變項）為單位，計算小計分數，將每單位的小計分數加在一起為總得分。

加分準則	加分單元	說明	例：學生提出的關聯
0		脈絡（層次）不合邏輯或互相矛盾	<pre> graph TD A[螢火蟲的生活環境] --> B[花粉] A --> C[昆蟲] A --> D[食物] </pre>
1	每個因素	間接相關的影響因素（若無後續則不計分）	<pre> graph TD A[螢火蟲的生活環境] --> B[臭] </pre>
2	每個因素	直接相關的影響因素（若無後續則不計分）	<pre> graph TD A[螢火蟲的生活環境] --> B[水] </pre>
1	每個聯想或種類	直接相關的影響因素的聯想或種類	<pre> graph TD A[螢火蟲的生活環境] --> B[水] B --> C[河流] B --> D[溪流] </pre>
3	每個變項	變項已具「比較」特質，不論是否「定量」列出	<pre> graph TD A[螢火蟲的生活環境] --> B[水] B --> C[乾淨(高溫或深)] B --> D[汙濁(低溫或淺)] </pre>
其他	1. 不論答案對錯，端看是否成為一可探究問題 2. 項目重覆或類似，計一次有效分數 3. 兩項目表示同一因素，或形容變項者，計一次有效分數，例：海－藍色、出現－地方 4. 神遊終於回到正題，仍計分，例陽光－郊外－花草－花粉、露水－螢火蟲吃的東西 5. 無寫出變因，直接列出「比較特質」，只計有效分數 2 分，例： <u>螢火蟲的生活環境</u> －受干擾、不受干擾（無列出受什麼干擾）。		

Promoting Creative Thinking – Forming Scientific Research Questions

Chi-jui Lien & Yu-ling Lu*

ABSTRACT

The forming of scientific “research questions” is an embodiment of creativity thinking. This study, combined divergent thinking and convergent thinking, explores the strategies for promoting students’ scientific research questions. The quasi-experimental design was used in this study. Participants were two fourth-grade classes with 49 students in each. One class served as the experimental group and the other class served as the control group. The training model, treated for both group, included the “Mind Mapping Training” and the “Syntax for Forming Question Training”. The only difference in the treatments for two groups was that the experimental group included individual learning and individual instruction for mind mapping. The research findings were as follows:

1. Before this study, student did not have the ability to use “mind mapping “ to express their inherent thinking yet.
2. Through “mind mapping“ practice, students’ abilities to make “mind-mapping“ improved obviously.
3. The mind mapping training, which was based on divergent thinking, could increase the scope and diversity of students’ questions.
4. Through individual learning and individual instruction, students’ ability to make mind mapping in science discipline was enhanced effectively.
5. Scientific questions proposed by fourth-grade students were mainly in the category of the low level.
6. The “Syntax for Forming Question Training” played a key role in promoting

* Chi-jui Lien: Professor, Department of Natural Science Education, National Taipei Teachers College.

Yu-ling Lu: Professor, Department of Natural Science Education, National Taipei Teachers College.

students' scientific questions from low-level to high-level.

The "Syntax for Forming Question Training" based on convergent thinking could increase the profundity of students' questions substantially.

Keywords: question-asking skill, divergent thinking, convergent thinking, creativity, science learning, mind mapping, scientific research questions