

探究式教學的歷史回顧與創造性 探究模式之初探

洪振方

國立高雄師範大學科學教育研究所

摘要：本文的主要目的在整合美國國家研究委員會出版之《探究與國家科學教育標準》(2000)中的科學探究教學模式以及 Treffinger、Isaksen、和 Dorval(1994)所建立的創造性問題解決模式，提出「創造性探究模式」，以回應教育部所公佈之「國民中小學九年一貫課程綱要」和「創造力教育白皮書」二個啟動教育改革工程的重要文件，以及全國第一次科學教育會議對「科學教育目標、現況與前瞻」的檢討。首先，本文將對探究式教學作歷史的回顧；其次討論當時之探究式教學的成效與面臨的困境；接著說明探究式教學再次興起的理由；以及現今之探究式教學的內涵與特性；再轉到探討創造性問題解決模式及其成效，最後，嘗試作整合以提出創造性探究模式。

關鍵詞：創造性探究、探究教學、科學教學

壹、緒言

教育部自 2000 年以來公佈了二個重要的文件，啟動了教育改革的工程：(1)國民中小學九年一貫課程綱要；(2)創造力教育白皮書。教育部與國家科學委員會並在 2002 年底召開全國第一次科學教育會議，擬凝聚共識編訂科學教育白皮書。上述二個文件及一個會議對我國科學教育的發展有深遠的影響，茲分述於後。首先，在《國民中小學九年一貫課程綱要》中對「自然與生活科技學習領域」的「基本理念」作了如下的說明(教育部，民 2000)：

學習科學，讓我們學會如何去進行探究活動：學會觀察、詢問、規劃、實驗、歸納、研判，也培養出批判、創造等各種能力。特別是以實驗或實地觀察的方式去進行學習，使我們獲得處理事務、解決問題的能力。瞭解到探究過程中細心、耐心與切實的重要性。(p.335)

因此，在該文件中建議相對應的教學方法「應以學生活動為主體，引導學生做科學探究，並依解決問題流程進行設計與製作專題。而教學活動的設計應以解決問題策略為中心，並循確認問題、蒐集有關資訊、擬訂解決方案、選定及執行解決方案、及進行方案評鑑與改進等程序實施教學」。

其次，在《創造力教育白皮書》中說明未來創造力教育之願景、規劃原則、及行動方案，並宣示以創造力教育作為貫穿日後教育改革之重點(教育部，2002a)：

本白皮書旨在定位創造力在教育改革與知識經濟中的角色，整合相關政策，全面推動創造力教育。具體而言，白皮書希望完成以下五大願景：「培養終身學習、勇於創造的生活態度」、「提供尊重差異、活潑快樂的學習環境」、「累積豐碩厚實、可親可近的知識資本」、「發展尊重智財、知識密集的產業形貌」、與「形成創新多元、積極分享的文化氛圍」。(p.3)

該文件主張以「打造創造力國度」重新詮釋 R.O.C(Republic of China)一詞為“Republic of Creativity”，營造全面性富創意之社會生態，進一步促進產業升級，提升產學研學術研發動能，建構完整之創新體系，以帶動國家競爭力永續攀升。而創造力教育之行動方案的啟航，即象徵著創造力教育時代的來臨。教育部強調自 2002 年起，將整合部內各司處室相關資源與計畫，並結合政府各部門與民間力量，以前瞻性、整體性、國際性、永續性為考量，有系統的規劃、執行、考核有關創造力教育之計畫，以逐步落實「打造創造力國度」之願景。

再者，在全國第一次科學教育會議的第一議題「科學教育目標、現況與前瞻」資料中，指出我國各級學校科學教育現況所存在的許多問題(教育部，民 2002b)：

升學考試壓力使然，中小學的科學教育忽略了創造力、科學態度的培養及探究能力等多元化的評量，低成就學生放棄學習而使我國各項國際性的學習成就評量結果呈現雙峰化的曲線。(p.9)

在該文件中指出「中小學科學教育的重要目標之一是培養學生的探究能力。當他們面臨生活上與科學有關的問題時，能運用探究能力及所學過的科學知識概念，自行提出假設，設計實驗或收集數據的步驟，以便做出明智的決定或解決問題」，但「環視當今之中小學自然科課本或教材中的實驗部分，往往是器材、藥品及實驗步驟一應俱全，讓學生只須如食譜般去遵照步驟「驗證」結果。「提出假設」及「設計實驗」等較須「批判思考」的能力，缺乏訓練的機會」，該文件特別強調「這些探究能力卻是各先進國家視為非常重要的能力。未來如何將這些能力的培養融入課程及教學之中，是極待解決的問題」。

從上述教育部的二個文件及全國第一次科學教育會議觀之，就科學教學與學習而言，顯然今後強調的重點在於以「科學探究」為學習活動、以「問題解決」為學習核心、及以「創造力」的培養為鵠的等三個向度。而「科學探究」、「問題解決」、與「創造力」三者其實是科學的諸面向：(1)科學即是探究(science as

inquiry)(National Research Council, NRC, 1996) ; (2)科學即是問題解決系統(Laudan, 1977) ; (3)創造力的過程即是能敏銳的洞察到問題、知識的不足、缺漏、遺失、及不一致 ; 確認困難、尋求解答、做猜測、或者形成假說並可能地修正且檢驗它們 ; 以及最後 , 交流結果(Torrence, 1967)。因此 , 現階段科學教育工作者思考的重點 , 在於如何佈局以建置合適的探究學習環境從而引領學生進行探究活動 ? 如何佈題以激發學生在探究活動中思索問題和解決問題 ? 如何培養學生在知識的創造過程中(即探究活動與問題解決過程)精煉批判思考與創造思考 ? 以及如何在探究結果的交流中淬勵學生的論證與表達的能力。而從全國第一次科學教育會議對現況的檢討中 , 可知目前中小學的科學教育環境普遍缺乏前述之理想的學習情境 , 因而也阻礙了學生的科學探究、問題解決、及創造力等的發展。

貳、目的與重要性

基於上述的背景說明 , 本文的主要目的在整合美國國家研究委員會(National Research Council)出版之《探究與國家科學教育標準》(Inquiry and the National Science Education Standards, 2000)中的科學探究教學模式以及 Treffinger、Isaksen、和 Dorval(1994)所建立的創造性問題解決模式(Creative Problem Solving, 簡稱 CPS), 提出「創造性探究模式」(Creative Inquiry Model, 簡稱 CIM), 以回應前述教育部有關教育的二個重要文件及全國第一次科學教育會議對「科學教育目標、現況與前瞻」的檢討。

由於本文是針對教育部近年來公佈的二個有關教育的重要文件中所呈現的科學教育新願景以及教育部與國家科學委員會在 2002 年底共同召開的全國第一次科學教育會議對「科學教育目標、現況與前瞻」檢討 , 發展符合科學教育新目標之教學模式所進行的學理探究 , 因此本文具科學教育的積極性與建設性。

首先 , 非探究取向教學的教師視學生為知識的接收者 , 以學科為中心 , 教師的教學含蓋了所有的教材 , 含蓋的愈多 , 教師認為他們的教學表現愈好。探究取向教學的教師較以整體的觀點來看待學習者 , 以學生為中心 , 教師較關心學生認知與創造之成長 , 他們的教學是為了促進學生多元才能的發展。從學習者的角度觀之 , 事實上 , 教師的教學含蓋的愈多 , 學生學習保留得愈少 ; 教師的教學含蓋的愈少 , 學生學習保留得愈多(Chiappetta, Koballa, & Collette, 1998)。

其次 , 從前述教育部的二個教育改革文件及全國第一次科學教育會議 , 可知今後科學教學與學習強調的重點在於「科學探究」、「問題解決」、及「創造力」等三個向度 , 但如何整合三者於科學教學與學習呢 ? 教育部公佈之文件並沒有具體的教學模式可供參考。本文即是針對此一關鍵問題作探討 , 透過整合探究教學和創造性問題解決等之理論與模式 , 來建立一可行且有效的「創造性探究模式」, 以培養學生的探究能力、問題解決能力、和創造力。

再者，從教學模式與學習模式之間的關係觀之，Joyce 和 Weil(1996)強調「教學模式實際上就是學習模式，當我們幫助學生獲得訊息、觀念、技能、價值、思考方式、以及表達的方法，我們亦同時在教導他們如何學習(p.7)」。因此，本文所發展之「創造性探究模式」不只是教學模式，同時也可內化為學習者如何學習的模式，而此提供了學習者在「科學探究」、「問題解決」、及「創造力」的永續成長所需的工作平台。

本文底下的探討將對前述之目的與重要性提供一合理性的基礎。首先，將對探究式教學作歷史的回顧；其次討論當時之探究式教學的成效與面臨的困境；接著說明探究式教學再次興起的理由；以及現今之探究式教學的內涵與特性；再轉到探討創造性問題解決模式及其成效，最後嘗試作整合以提出創造性探究模式。

參、探究式教學的歷史回顧

探究式教學在學校科學課程中具有一定份量的角色，其時間不超過一百年（Bybee & DeBoer, 1993），在 1900 年之前，大多數的教育學者將科學視為是知識的組體，學生經由直接的教學來學習這些知識。對這種觀點的批判起於 1909 年，當時 John Dewey 在給美國科學促進學會(American Association for the Advancement of Science, AAAS)的一封信中指出科學教學太過於強調訊息的累積，卻對科學即是思考的路徑及心智的態度這方面的教育欠缺。Dewey(1910)認為，學生學習科學不只是學習知識而已，同時也應學習過程或方法。

到 1950 年代和 1960 年代，以探究作為科學教學的方法逐漸成為趨勢，由國家科學基金會所支持的三個小學科學課程發展得很成功，它們分別是「科學--過程取向」(Science- A Process Approach, SAPA)，由美國科學促進學會所研發；「小學科學研究」(Elementary Science Study, ESS)，由麻州牛頓教育發展中心所研發；「科學課程改進研究」(Science Curriculum Improvement Study, SCIS)，由柏克萊大學的物理學家 Rober Karplus 所主導。這三種課程主要不同點在於內容、範疇、及順序，但三者均強調科學探究過程的本質。由美國科學促進學會所發展的 SAPA 課程受到學習理論家普林斯頓大學的 Robert Gagne(1963)所影響，也受到兒童探討簡單的自然現象的理念所影響。探討的方法歸納為十四種科學技能(如觀察、測量、量化)，它成為該課程的主力及主題。在柏克萊大學，Karplus 和 Thier(1968)發展出「學習環」的方法，這個教學方法是基於瑞士發展心理學家 Piaget 的研究。

Bruner 在歸納推理和問題解決方面的著作，提供了「發現學習」(discovery learning)的支撐根基。他最有影響力的作品《教育的過程》(The Process of Education)強調應鼓勵學生藉著一些探究科學的活動來發展直觀(intuitive)和分析

(analytic)的技巧(Bruner, 1960)。如：「學生在學物理時就是一個物理學家，對學生來講，行為表現得像個物理科學家，在學物理時，比做其他事情較為容易得多」(p.14)。

在 Piaget 和 Bruner 之後，另一位很有影響力的作者是 Schwab。他最鼓勵教師教學要用「探究過程」。Schwab 最主要的考慮點是，學校的科學只是將科學研究的結果轉至教材及學生身上，忽略了邏輯、分析、和探究自然。對於 Schwab(1962)而言，科學愈來愈是這樣教的：

現行或流行的科學知識結構，被傳達成實徵的、逐字的、和無可改變的真理(在其中學生被要求) 接受不確定的答案為肯定不可改變的，把應加懷疑的當作是不可懷疑的。學習時不必提及科學理論的理由及證據 (p.24)。

Schwab 對於「生物科學課程研究」(Biological Sciences Curriculum Study, BSCS)的貢獻無庸置疑，他提倡一種開放式的實驗研究上課方式，也就是「探究如何探究」(p.65)。他鼓勵學生多發問、多觀察、記錄、轉換資料，並應發展出一個暫時性的結論。在其「生物教師手冊」中的這種先驅性的做法，被後來的課程發展者及教科書作者所仿效，如化學、地球科學、物理、及中小學的綜合性自然科。這種「動手做」的科學方法用在科學學習上，就是由 Schwab 首先提出的。在那個時代，除了 Schwab 的努力之外，心理學家 Gagne 早期的作品也強調「探究」方法(1963)，他對於小學科學的貢獻尤大。他的科學過程方法課程，就完全是用來培養學生的科學過程技能(如觀察、分類、交流)。這些過程技能的理念就是來自於 Gagne 的學習層階(hierarchy of learning levels)。

在 1960 年代初期，Gagne 的觀點發展成低年級學習的基本科學過程技能(如測量、推理、預測)，和中高年級以上學習的統整科學過程(如形成假設、控制變因、解釋資料)，這個課程主要的缺點是沒有介紹一個完整的知識概念結構。教室的學習工作只是無意義的「動手做」活動，缺乏理解的學習。到了 1990 年代，探究式教學的內涵已產生蛻變，不強調「演示和證明科學內容的活動」、「作為探究和實驗的科學」、及「學生只將想法和結論告訴教師」，而是強調「調查和分析科學問題的活動」、「作為論證和解釋的科學」、及「將想法和結論與同學公開交流」(NRC, 2000)。此種轉變，是建立在學習與教學的基礎上，而不只是建立在科學家的探究過程上，因而使探究式教與學的內涵注入了新的活力，更有利於學生的科學學習。關於此，將在第陸部分再做討論。

肆、探究式教學的成效與面臨的困境

傳統的「講述—教科書」的教學方法是最佳的教學方法嗎？或是近來強調的探究取向的教學方法會較為有效？Stake 和 Easley(1978)、Harms 和 Yager(1981) 以及 Weiss(1987)等人對科學教室中的教學與學習進行研究，結果獲得二項觀察，首先，大多數的教師仍然使用傳統的講授式教學法，而學生的學習表現呈現出只精熟未具連結性的各種事實，較缺乏批判思考與問題解決的能力。其次，一些使用新課程教材的教師，例如 BSCS、SCIS、ESS、ISCS、PSSC 等課程，他們的學生在探究取向的活動中有較多的學習時間，因而這些學生的批判思考、邏輯推理、及學科知識等認知能力都獲得發展。

此外，Lott(1983)曾以 1957 到 1980 所進行的 39 項研究進行後設分析(meta-analysis)，發現和講述式教學法相較之下，探究式教學法的學生在高層次思考方面會有較好的表現，而在低層次的認知結果上，則是會有同等的表現。Shymansky(1984)也針對傳統課程與探究取向課程的比較進行後設分析，共檢視了 302 項比較傳統科學課程與 Shymansky 所指稱的「新科學課程」的研究，這些新課程被定義為下列的課程：

是在 1955 年後開始發展的。

強調科學的本質、結構以及歷程。

將實驗室活動整合為課程的討論。

並且強調較高層次的認知技能和對科學本質的認識與了解。

而傳統課程則被定義為：

是依據 1955 年之前所發展的課程而發展或仿效的課程。

強調科學事實、定律、理論以及應用的知識。

以實驗室活動作為對之前在課室中所講述的概念的驗證練習或是第二次應用。

此後設分析的結果發現，在所有學習表現的測量上，都支持了新課程比傳統課程具有更好的學習結果。這個正向的影響在 BSCS 上最受注目，平均而言，接受 BSCS 課程的學生在態度測驗上得分超過 84% 接受傳統課程的學生；在過程技能上則有 81%；在分析技能上是 77%；而在成就測驗上則有 72%。簡而言之，Lott 和 Shymansky 的分析提供了有關實驗室取向的探究教學方法之優越性的證據。然而，根據 Hurd、Bybee、Kahle、和 Yager(1980)的研究指出，大部份的教師並不使用探究取向的教學法。為什麼沒有更多的教師使用探究取向的教學法？

針對這個問題，Costenson 和 Lawson(1986)與數位有經驗的科學教師進行晤談，以了解此問題的癥結所在。他們晤談的對象兼顧了偏好講述式教學法的教師以及主張使用探究式教學法的教師，表 1 列出這些有經驗的科學教師不使用探究式教學法的理由。

表 1 科學教師不使用探究式教學法的十個最常見理由(Lawson, 1995)

1.時間與精力	致力於發展良好的探究單元教材必須花費許多時間 每天五節課要保持熱誠需要太多精力
2.教學進度太慢	我們有學區規定的課程並且必須涵蓋所有教材 學生將無法涵蓋所有他們必須瞭解的
3.閱讀困難	學生無法閱讀探究取向的書籍
4.風險太高	行政單位不瞭解課室中發生了什麼事： 他們會認為我沒有在做教學的工作 我不確知如何使用探究式教學使每一單元產生學習效能
5.能力分班	沒有好的思考者留在普通生物班級
6.學生的不成熟	學生太不成熟 學生浪費太多時間而無法充分學習
7.教學習慣	我這樣教學已經 15 年了，現在沒辦法改了
8.具順序性的教科書	探究取向的教科書使我們陷於此書籍所編列的順序中 我無法略過任一個實驗，因為太多的新教材呈現於其中
9.師生的不舒適	當我無法掌控課室中正在進行什麼時，會覺得不舒適 學生也覺得很不舒適
10.價錢太高	我的實驗室設備不適合探究 我的學區不會購買維持探究取向所需的材料

Lawson(1995)認為以上之教師不願使用探究取向課程的理由，沒有一個是充分的。在表 1 中第一二個是最普遍的問題，Lawson 對此二點的回應與論述如下：

(1)時間與精力

很多採用講述式教學法的教師依賴教科書以及已準備好的教材來進行課程，這樣使得日復一日的準備工作相對的較容易，而探究式教學法的準備工作則是被認為較花時間的。然而，批評探究式實驗課會花費太多精力以致於不能有效教學，此種批評是相當奇怪的。的確，準備實驗的材料是需要精力，但不會比經營傳統驗證式實驗課所需的精力還多。準備探究式實驗課事實上還比講述式或驗證式實驗課所需的精力少，因為學生一旦確信他們探究所得的資料是形成課室中結論的基礎，就會形成動機並參與在此過程中，因此在往後要使用這種教學方法時就不需要太多的監督。

(2)教學進度太慢

依據一些教師的說法，探究式教學法的進度太慢了。教師典型的抱怨是，「我們有學區規定的課程並且必須教完所有教材。然而，探究式教學法進度太慢是對誰而言？接受晤談的教師所關心的全是既有之學區規定課程或是學區規定的年度測驗，所有教師都認為此兩項皆須依照不具可變性的時間表來執行。但是誰有責任發展課程呢？誰有責任發展年度測驗呢？這兩者的答案都是教師啊！因此，教師應能改變傳統的充滿大量事實的課程，並且發展年度測驗來反映教育的完整目標。若是為了將一整年的所有教材教完，則教師的教學將只是淺碟式的表面層次，而此種情況將使學生以背誦記憶的方式來學習科學。使用探究式教學法意味著教材涵蓋範圍較少，但概念理解的精熟程度較高。根據教育政策委員會(Educational Policies Commission, 1961)，教育的中心目標是幫助學生發展思考能力，但是如果沒有學科內容，思考能力便無法發展或應用。因此，在教師可用的有限時間裡，教師應慎選學生必須學習的知識，選擇之基本要素有二，其一是具有發展理性思考潛能的知識，其二是在學生生活與社會生活具有重要性的知識。

由上述的討論可知，1955 年後發展的探究式科學課程並沒有為當時及之後的多數教師所採用，在這樣不成功的課程改革經驗之下，為什麼現今中外的科學教育文件又再次主張探究式教學與學習呢？底下將分別從幾個觀點論述其中的道理。

伍、探究式教學的再次興起

關於「為什麼現今中外的科學教育文件又再次主張探究式教學與學習？」的問題，可以從科學本質、發展心理學、概念建構、創造力的本質、科學素養、教師是行動者也是探究者、以及科學探究教與學內涵的蛻變等觀點加以剖析得知。

(一) 從科學的本質觀之

Chiappetta、Koballa、和 Collette(1998)在他們的著作《初中及高中的科學教學》中界定科學本質的範疇包括：(1)科學即是思考的一種路徑；(2)科學即是探究的一種路徑；(3)科學即是知識實體；(4)科學、科技、與社會的交互影響。他們強調：「科學教學必須與科學的本質一致，以便課程的內容與方法能夠反映科學知識如何建構與建立的過程」(p.102)。美國《國家科學教育標準》(NRC, 1996)亦強調「學校的科學要反映作為當代科學實踐之特性的理性傳統與文化傳統」(p.21)，該標準指出「科學是致知的一種路徑，其基本特性是實徵的判準、邏輯的論證、及懷疑的評論」(p.21)，因此，該標準主張「學生要獲得有關科學與自然世界的豐富知識，就必須熟悉科學探究的形式、使用證據的規則、形成問題的方式、和提出解釋的方法」(p.21)。

(二) 從發展心理學觀之

從發展心理學的研究結果，學者提出天生所賦予個體的三個基本心智能力：(1)形成和辨識型態(pattern)，(2)做推論，(3)做比較(Gopnik, Meltzoff, & Kuhl, 1999; Lawson, 1995)。此三個天生所賦予的能力是對物體或事件進行探究時，在自我調適(self-regulation)過程中運作於不同的面向。心智以目前的結構來同化新的現象，新的現象和心智結構的交互作用喚起思維(thought)，此是一種心智型態(mental pattern)。心智型態連結行為，並對行為的對象產生預期，當此行為被確實執行，預期的結果將與確實的結果進行比較。

若預期和結果相同，則對新事物的了解將直接同化於先前的心智結構，心智結構無須作修正；若預期和結果不同，則無法以先前的心智結構來同化新的現象，此時個體產生心智不平衡，個體將遭遇問題且必須發明新的解決方案，此時需依賴有用的策略，可能的結果是去尋找可解決問題的其他心智結構或對現象作分析觀察，此將導致現象的可能變異，及心智結構的調適，然後能成功應用。

對認知成熟的個體而言，上述三種天生賦予的心智能力加上經驗歸納和假設演繹，同時透過自我調適的過程對先前的知識運作，用以解決問題和建立新知識。心智型態的建立和認知能力(通常為創造力，可能與右腦功能有關)，提供創造假說、模型、及理論等去嘗試組織新的現象，這需要進行逆推(abduction)，也就是借用個體目前的概念或概念系統中的型態。一旦新型態被創造或發明，將接受測試。有三種測試的方式，第一個是新的想法真的能回答目前的問題嗎？第二，新的想法符合先前建構的概念和概念系統嗎？假如答案是不，則不是改變新想法就是調整先前建構的概念和概念系統。第三，透過這個想法的邏輯演繹結果及比較這些結果和實際實驗，進行測試。要得到預期結果需要知道如何控制變項和理解現象的機率本質，要分析資料通常需要比例和相關推理的思考模式。假若問題解決者確實發現滿足上述測試的新假說或理論，則結果將是新的概念性理解和新的心智平衡。若這些測試導致矛盾的發現，則(1)重複對現象檢驗或產生新的假說；(2)個體需找出測試中有何錯誤；(3)個體也許實在無法回答問題，並且繼續做其他事。

上述對個體思維發展的觀察，凸顯出個體思維的發展過程即是探究和解題的過程，此顯現出當今中外科學教育的重要目標就在於發展學習者的思維，此包含了創造力、有效思考、及概念性理解。

(三) 從概念建構觀之

Lawson(1995)在其所著《科學教學及思考的發展》(Science Teaching and the Development of Thinking)中定義「概念」(concept)為「由一語詞(term)所指涉的心智型態」(p.137)。因此，一個概念即是型態加上語詞。教師在課室中可以引介語詞，但是學生必須要自己去察覺型態。Lawson強調探究活動提供學生發現心智型態的機會，而語詞引介則提供教師介紹語詞的機會，並且使學生能夠連結心智型態和語詞，以建構新的概念。

(四) 從創造力的本質觀之

Wallas(1926)描述了創造過程的四個階段，如下：

- 1.準備期—在此階段，問題是在所有的方向中被探究。
- 2.醞釀期—在此階段是無意識的思考問題，或者從有意識的心智中忘掉那個問題，而去注意其他的問題。
- 3.啟蒙期—在此階段，「快樂的觀念」自然的出現。
- 4.驗證期—在此階段，是有意識並慎重的檢驗新的想法。

Torrence(1967)定義創造力的過程即是能敏銳的洞察到問題、知識的不足、缺漏、遺失、及不一致；確認困難、尋求解答、做猜測、或者形成假說並可能地修正且檢驗它們；以及最後，交流結果。Wallas和Torrence對創造力過程的描述，與科學探究和問題解決過程之間的相似性是值得注意的，它們很可能是同一且相同的。如果是這樣，則提供學生機會使其透過探究活動去創造並檢驗他們的想法，那麼思考智能、探究能力、概念性知識、以及創造力將是可以培養的。

(五) 從科學素養觀之

美國《國家科學教育標準》(NRC, 1996)強調所有的學生都應該有也必須有機會使自己成為有良好的科學素養的人，《國家科學教育標準》就是以這樣一種信念為前提的。在《國家科學教育標準》中所謂有科學素養是指了解和深諳進行個人決策、參與公民事務和文化事務、從事經濟生產所需的科學概念和科學過程。

在教育部公佈之「國民中小學九年一貫課程綱要」的「分段能力指標」說明中，進一步闡釋自然科學的學習，在於提昇國民的科學素養，而「科學素養」的內涵為：

經由科學性的探究活動，自然科學的學習使學生獲得相關的知識與技能。同時，也由於經常依照科學方法從事探討與論證，養成了科學的思考習慣和運用科學知識與技能以解決問題的能力。長期的從事科學性的探討活動，對於經由這種以探究方式建立的知識之本質將有所認識，養成提證據和講道理的處事習慣。在面對問題、處理問題時，持以好奇與積極的探討、瞭解及合理解決的態度，我們統稱以上的各種知識、見解、能力與態度為「科學素養」。(p.336)

上述二個教育文件都主張透過探究活動來培養全民的科學素養。

(六) 從教師是行動者也是探究者觀之

1955 年後發展的探究式科學課程並沒有為當時及之後的多數教師所採用，多數的教師仍採用傳統的講授式教學，可見，教師是推動教育改革成功的關鍵因素。現今的中外科學教育改革又再次強調探究式教學與學習，教師因素是否又成為阻礙因素呢？這方面的探討已超出本研究的範疇，但本研究從近年來師資培育所強調的「教師是行動者也是探究者」的主張觀之，一位具教學效能的教師會透過探究，架設有效教學的假設，再加以驗證、評估、和修正，此種觀點不只在學界盛行，也已成爲實務界中教師專業成長的重點 (Cox-Petersen, 2001; Crawford, 2000; Keys & Bryan, 2001; Hogan, & Berkowitz, 2000)。因此，在「教師也是探究者」的背景條件之下，推展探究式教學與學習，培養「學生也是探究者」，是較之前的年代更有成功的機會。

(七) 從科學探究教與學內涵的蛻變觀之

如前述第參部分的結論所言，到了 1990 年代，探究式教學的內涵已產生蛻變。由於 1960 至 1970 年代，探究式教學的基礎純然是建立在科學家的探究過程上，而較沒有考量學習與教學的基礎，但目前探究式教與學的內涵已從學習與教學的基礎注入了新的活力，比以往的探究式教學提供了更有利於科學學習的環境。此部分，將在第陸部分續做討論。

從上述科學的本質、發展心理學、科學概念的建構、創造力的本質、科學素養、教師是行動者也是探究者、以及科學探究教與學內涵的蛻變等向度的討論，提供了當今中外科學教育界推展探究式教學與學習的條件與基礎。

陸、探究式教學的內涵與特性

由於教育部公佈之《國民中小學九年一貫課程綱要》中之「自然與生活科技學習領域」部分(教育部, 2000), 雖然主張「教學應以學生活動為主體, 引導學生做科學探究, 並依照解決問題流程進行設計與製作專題」, 以及「教學應以培養探究能力、能進行分工合作的學習、能獲得科學智能、習得操作技能、達成課程目標為原則」(p.359), 但對如何進行探究式教學卻是很抽象而籠統的帶過, 不僅沒有提供可作實踐參考的教學模式或範例, 就連探究式教學的內涵介紹也闕如。因此, 本文擬從美國國家研究委員會(NRC)出版之《國家科學教育標準》(1996)及《探究與國家科學教育標準》(2000)中取經, 以說明探究式教學的內涵與特性, 而此將可作為本文整合探究式教學與 CPS 的理論基礎。

《國家科學教育標準》評估, 整個教育體制都將發生變革, 而科學內容標準有表 2 中的重點改變:

表 2 科學內容標準的重點改變(NRC, 1996, p.113)

不強調	更強調
了解科學事實和訊息	理解科學概念和培養探究能力
單純學習有關學科 (物質科學、生命科學和地球科學)	以科學探究、技術、從個人和社會視角所見的科學及科學的歷史和本質等為背景, 學習有關學科
把科學知識和科學過程分開	把科學內容的所有方面綜合在一起
覆蓋許多科學主題	研究某些基本的科學概念
將科學探究作為一組過程來開展	將科學探究作為教學策略、能力、和有待學習的概念來開展

根據表 2 的內容, 《國家科學教育標準》指出促進探究方面的重點改變如表 3 所示:

從表 3 中可知《國家科學教育標準》與以往的探究式教學之區別, 此即不強調「演示和證明科學內容的活動」, 而是更強調「調查和分析科學問題的活動」; 不強調「作為探究和實驗的科學」, 而是更強調「作為論證和解釋的科學」; 並且, 不強調「學生只將想法和結論告訴教師」, 而是更強調「將想法和結論與同學公開交流」。此種轉變, 宣告了當今之探究式教學的蛻變, 其核心在於探索(exploration)、解釋(explanation)、與交流(communication)。

表 3 促進探究方面的重點改變(NRC, 1996, p.113)

不強調	更強調
演示和證明科學內容的活動	調查和分析科學問題的活動
限制在一定課堂時間內的調查研究	延續相當長時間的調查研究
過程技能與情境無關	與情境相關的過程技能
強調諸如觀察和推論之類的個別的過程技能	運用多種過程技能，例如操作、認知、和程序性的技能
得出答案	運用證據和策略來發展解釋及修改解釋
作為探究和實驗的科學	作為論證和解釋的科學
對有關科學內容的問題給出答案	交流對科學的解釋
在沒有對結論進行辯護的情況下由個人或小組對數據進行分析和綜合	對結論進行辯護之後，通常由小組對數據進行分析和綜合
為了騰出時間學習大量的內容，只進行少量的調查研究	為了培養理解力和能力、了解探究的價值和科學內容的知識而進行大量調查研究
以實驗結果作為探究的最後一步	把實驗結果應用於科學論證和解釋
材料和設備的管理	概念和訊息的管理
學生只將想法和結論告訴教師	將想法和結論與同學公開交流

進一步分析，表 3 之前四項重點的性質是屬於科學探究活動中的「探索」成份，包括「形成問題與假說」和「設計研究和產生數據」二階段；第五項「運用證據和策略來發展解釋及修改解釋」和第十項「把實驗結果應用於科學論證和解釋」等是屬於科學探究活動中的「解釋」成份，包括「詮釋數據」和「建立論證」二階段；而第七項「交流對科學的解釋」、第十二項「將想法和結論與同學公開交流」、和第八項「對結論進行辯護」則屬於科學探究活動中的「交流」成份，包括「說服」和「辯護」二階段。由上述的分析，可得到一三成分六階段的探究模式；此部分將構成本文發展創造性探究模式的基礎元素。此外，第八項「對結論進行辯護之後，通常由小組對數據進行分析和綜合」則指出探究活動中小組合作的學習形式。

《探究與國家科學教育標準》一書指出，探究式教學有底下的五個共同階段：

階段一：使學生接觸問題、事件、或現象，藉機製造衝突事件；

階段二：經由形成假說與測試假說的過程，以探討所提出的解釋之合理性；

階段三：分析及詮釋實驗數據，綜合各部分的想法，建立模型；

階段四：應用所學到新的情境；

階段五：回顧與評估學到什麼及如何習得。

然而，從對表 3 的分析和討論可知，上述之探究式教學的五個共同階段並不足以反映表 3 中強調的「交流對科學的解釋」、「將想法和結論與同學公開交流」、和「對結論進行辯護」。倒是上述之階段五「回顧與評估學到什麼及如何習得」是一個很有價值的重點，而未出現在表 3 中的，本文將之列屬於「評價」(evaluation)的成分。

柒、創造性問題解決模式及其成效

正如本文在第五部分中所述，Wallas 和 Torrence 對創造力過程的定義，與科學探究及問題解決過程之間具有相似性，但是否使學生在科學探究或問題解決過程中學習，即可培養學生的探究過程、創造思考、以及問題解決等能力呢？在課室學習中教師是否還需要更精緻的機制運作才能培養學生的上述能力呢？基於對這些問題的思索，本文認為在創造性問題解決模式的實徵性研究已非常成功的 CPS，是一個可供建立科學探究模式參考的重要資源，因此將透過對 CPS 的討論而將之類比及轉移至科學探究的模式中。

CPS 的沿革可說來自 Osborn、Parnes、Treffinger、Isaksen 等人在美國水牛城 40 多年來的努力成果，肇始於 Osborn、Parnes 而後由 Treffinger、Isaksen 等人予以持續發展。最初是 Osborn 受 Wallas 在 1926 年提出創造過程的四階段說的啟蒙，於 1953 年在其著作《應用想像力》(Applied Imagination)提出創造過程的七個階段：問題說明、準備、分析、假說、醞釀、綜合、驗證。接著，由於 Osborn 的影響，其同事 Parnes 於 1966 年首先提出眾所皆知且有清楚描述的 CPS 五階段：發現事實、發現問題、激發想法、發現解答、尋求接受，其最大的特色是每一個階段都先進行發散思考，以免遺漏任何可能的答案，再進行收斂思考，以從諸多可能解答中找出最佳者(湯偉君、邱美虹，1999)。

Treffinger 和 Isaksen 在多年的實務運用經驗之後，修訂 CPS 模式如下：(1) 新增加發現困境(mess-finding)成為六個階段；(2)把發現事實改為尋找資料(data-finding)，因為有效的解題不只是考量簡單的事實而已，更要許多相關的資訊；(3)發展收斂思考的指導綱領與技術，以平衡早期發展成熟的發散思考。Treffinger 和 Isaksen 並且把 CPS 六個階段組合成三個成分六階段，三個成分為了解問題(getting the problem ready)、激發想法(generating ideas)、計畫行動(plan for taking action)等，至此建立了 CPS 三成分六階段的模式(Treffinger, Isaksen, & Dorval, 1992)。他們強調，在 CPS 每一階段的展開及結束之前，個體主要的思考方式分別是發散思考和收斂思考，發散思考的運用規則是「延緩判斷」(deferred judgment)，收斂思考的運用規則是「肯定判斷」(affirmative judgment)，這二條規則是貫串整個 CPS 的根本規則(ground rule)，掌握這二條規則，即掌握 CPS 的精髓。

CPS 的發展一直到 Treffinger 和 Isaksen 於 1987 年提出的三個成分六階段，均有一定的順序，但 CPS 演化至今，已從線性的 CPS 模式逐漸發展到非線性的模式，例如 Treffinger、Isaksen 和 Dorval 於 1994 年所提出的 CPS，即是更具彈性的循環模式(圖 1)(Treffinger, Isaksen, & Dorval, 1994)，在其中，並強調在執行過程要能時時評價任務及計畫之可行。至此，CPS 模式具有如下的特色(Howe, 1997；湯偉君, 1999)：

- (1)利用多階段方式循序達到創意解題之目的；
- (2)每一階段都使用收斂思考(批判思考)和發散思考(創造思考)；
- (3)每一階段皆始於發散思考，再行收斂思考；後者在於評價、澄清、及聚焦前者生成之結果，並為下一階段思考的內容作準備；
- (4)可適用於小組也可適用於個人解題；
- (5)可以只使用局部的階段；
- (6)各階段不必依固定程序進行；
- (7)各步驟不必依線性程序進行，可以螺旋式的交互呈現。

上述之七項特色，正是本文發展創造性探究模式可取材自 CPS 的重要元素，而 CPS 執行過程要能時時評價任務及計畫之可行，其「評價」要素則可與上一小節討論之探究式教學的階段五「回顧與評估學到什麼及如何習得」兩者互補，以充實上一小節討論之「評價」成分的內容。

關於 CPS 的成效，Torrance(1972)分析 22 篇以 CPS 作為創造力訓練方法的研究報告，發現其中 20 篇顯示接受 CPS 訓練者之創造力優於未接受訓練者，亦即，以 CPS 訓練創造力，成功率高達 91%。Isaksen 和 Parnes(1985)的研究指出，在諸多可以促進創造思考和解題技能的方法中，CPS 最常被作為課程設計的模式，並為課程設計者評價為最有成效。Firestien 和 Lunken(1993)調查曾在水牛城州立大學獲得創意研究科學碩士(Master of Science Degree in Creative Studies)者在職場的表現，發現他們的工作績效皆有好的表現，並且在其工作上經常運用 CPS，顯示 CPS 的訓練具有長期的效應。基於此，本文認為若能掌握了 CPS 的成功要素，以及科學探究的核心要素，並將 CPS 類比及轉移至科學探究的模式，將能發展出可以培養學生探究過程、創造思考、以及問題解決等能力的探究模式。

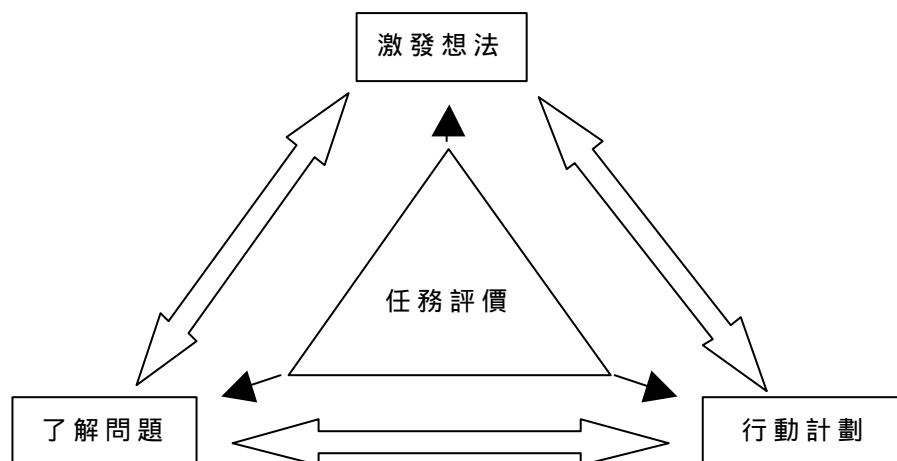


圖 1 CPS 的循環模式(Treffinger, Isaksen, Dorval, 1994)

在底下類比及轉移 CPS 至科學探究模式的討論之前，有一個問題必須先加以澄清，此即「科學探究與問題解決相同嗎？如果相同，則為何不使用 CPS 於課室教學即可？」關於此，Marzano 等人(1988)在《思考的向度：課程與教學的架構》(Dimensions of Thinking: A Framework for Curriculum and Instruction)一書中對科學探究與問題解決作了很好的區別：

它(科學探究)不同於問題解決，它的目的是在解釋與預測 (Halpern, 1984)，而非僅是發現正確的答案。雖然科學探究使用了問題解決與作決定(的確，所有的其它過程都是包含於問題解決或作決定的形式)，但它主要是朝向理解事務如何運作以及如何使用此理解來預測現象。(p.52)

據此，在強調科學探究的課室裡，解釋與預測比發現問題的正确答案應當獲得更加的重視，所以有必要發展針對可以培養學生的探究過程、創造思考、以及問題解決等能力之科學探究的模式。因此，在類比及轉移 CPS 至科學探究模式的同時，也有必要以有別於 CPS 的某些核心元素來建構科學探究模式。

捌、新的綜合--創造性探究模式

本文基於前一小節中對科學探究與問題解決的區別，以及在第陸部分的討論中所得的結論，此即探究式教學的核心在於「探索」、「解釋」、「交流」、以及「評價」，因此底下的討論將以「探索」、「解釋」、「交流」及「評價」來取代 CPS 中的「了解問題」、「激發想法」、「行動計劃」、及「任務評價」。據此，綜合前二節在「探究式教學的內涵與特性」和「創造性問題解決模式及其成效」的討論，可以得到一個「四成份六加二階段」的模式，進而發展成本文之「創造性探究模式」(CIM)，其內容如下，並表徵於圖 2 所示：

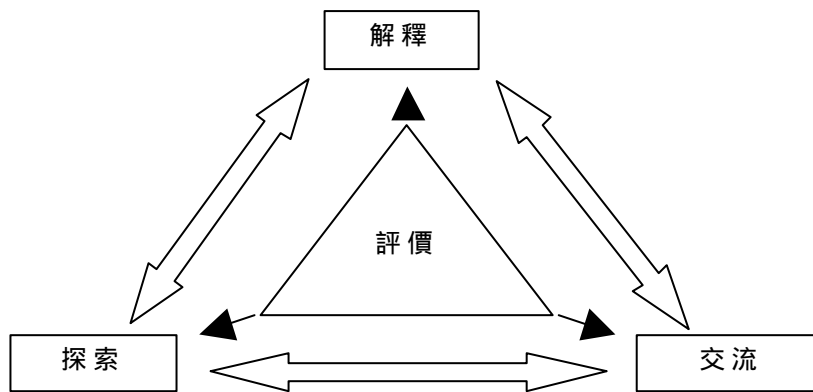


圖 2 CIM 的循環模式

一、「探索」成份：

- (一)「形成問題與假說」：從事觀察並使用先前的探究結果及理論產生有效的問題、發展假說、進而做預測。
- (二)「設計研究和產生數據」：下操作型定義和控制變因、選擇適當的方法、進行實驗或調查研究、及蒐集數據。

二、「解釋」成份：

- (一)「詮釋數據」：處理和分析數據、辯識型態、和做推論。
- (二)「建立論證」：連結實驗結果到假說或理論架構以建立解釋、做新的預測、以及形成通則。

三、「交流」成份：

- (一)「說服」：說服同儕社群接受探究發現的效度與重要性。
- (二)「辯護」：用批判的方法做判斷、經由比較來評價、以及為知識主張做辯護。

四、「評價」成份：

- (一)時時評價探索、解釋、及交流等工作及計畫之可行性。
- (二)回顧與評估在探索、解釋、交流、及評價過程中學到什麼及如何習得。

依據上一小節 Howe(1997)所提出之 CPS 模式的特色，規劃出本研究之 CIM 的運作策略如下：

- (1)利用多階段方式循序達到創意探究之目的；
- (2)每一階段都使用收斂思考(批判思考)和發散思考(創造思考)；
- (3)每一階段皆始於發散思考，再行收斂思考；後者在於評價、澄清、及聚焦前者生成之結果，並為下一階段的探究與思考作準備；
- (4)可適用於小組也可適用於個人探究；
- (5)可以只使用局部的階段；
- (6)各階段不必依固定程序進行；
- (7)各步驟不必依線性程序進行，可以螺旋式的交互呈現。

有了上述有關 CIM 的內容、模式、及運作策略，已使 CIM 略具成形，然而，在探究活動過程另有一重要的因素要考量，此即探究活動形式之「學生導向與教師導向」、「開放式與封閉式」、及「非結構式與結構式」的考量(Wellington et al., 1994)，關於此可以圖 3 表示。圖 3 中的三個向度並不是互為獨立的，第一個向度是教師導向相對於學生導向，教師導向指的是所有的探究問題是由教師所提出與規定；而學生導向指的是由學生自己提出探究的問題。實際上，不同的探究問題、不同的時間，在此向度軸上都會有不同的位置。

第二個向度是開放式相對於封閉式，開放式指的是在探究或解題活動的過程中，有很多可能的答案與解題的路徑；封閉式指的是答案與路徑皆只有一個。在此向度軸上兩極端點間，仍存有多種可能的排列，例如：正確答案只有一個，但解題路徑卻有多個。第三個向度是非結構式相對於結構式，雖然此向度明顯並非獨立於其他兩向度，但仍值得分開來討論。結構式指的是給予學生引導、壓力和一個有組織的活動，例如在探究活動的計劃、設計、實施和評量上是有組織的；非結構式指的是學生沒有受到引導、壓力與一個設計好具有組織的活動。

此三向度架構之主要目的是要幫助教師去計劃與反思在學校的探究工作之形式，它應該能增進本研究之 CIM 在實際運作的彈性和豐富性。圖 3 的內涵可進一步以表 4 來加以具體化。表四說明在實際課室教學過程中，探究式教學可以而且應該與其它傳統的教學方式結合，這種結合其本質仍可以視為是探究式教學，其間的差異僅是在於「學生導向與教師導向」的程度上不同而已。

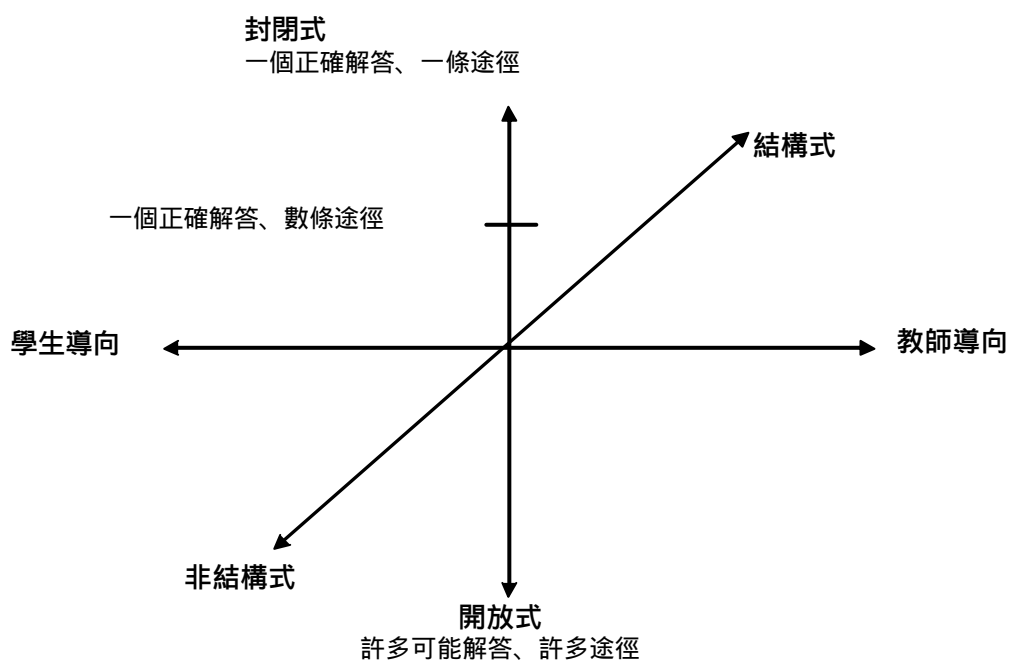


圖 3 探究活動的向度

表 4 課室探究的基本特徵和探究型態的變異(NRC, 2000, p.29)

基本特徵	探究型態的變異			
1. 學生從事科學性問題的探究	學生自己提出問題	學生從現有問題中作出選擇，據以提出新問題	由教師或教材或其他來源提供學生問題，但仍需學生自己去洞察或澄清問題的意義	由教師或教材或其他來源提供學生探究的問題
2. 學生根據問題來蒐集有關的證據	學生自己決定哪些可做為證據並進行蒐集	學生在指導下蒐集某些數據	給予學生數據並要求學生進行分析	提供學生數據並告知如何分析
3. 學生由證據形成解釋	學生在摘要證據後形成解釋	學生在指導下由證據形成解釋	給予學生使用證據形成解釋的可能途徑	提供學生證據
4. 學生將解釋連結到科學知識	學生自己對其他訊息來源作考察並與解釋形成連結	學生在指導下朝向科學知識的領域和來源	給予學生可能的連結	
5. 學生為他們的解釋作交流及辯護	學生形成合理的及邏輯的論證以交流解釋	學生在指導下發展交流的方法	給予學生廣泛的指導以學習如何交流	給予學生交流的步驟和程序
較多	-----	學生導向的程度	-----	較少
較少	-----	教師或教材導向的程度	-----	較多

玖、結語

Lawson(1995)強調欲在課室中實施探究式教學，需要考量三個決定性的要素：(1)教師必須瞭解科學探究的本質；(2)教師必須對特定學科的結構有足夠的瞭解；(3)教師必須熟練探究式教學的策略。缺乏這些知識和能力，教師的選擇性較少，只能以較無效的講授式教學方法來教導科學。因此，本文發展之 CIM 要能實踐於科學課室，自亦必須考量上述三個要素。由於本文的主要目的在建立 CIM，並未實際驗證其在科學教學的成效，所以，建議科學教師依據 CIM 進行行動研究，以在教學實踐過程中修正和精煉 CIM。其次，建議學界同好以本文所建立的 CIM 為研究的基礎，進行準實驗研究，以比較 CIM 和慣用教學在「自然與生活科技學習領域」的成效差異。最後，亦建議學界同好透過因果模式的驗證，以探討 CIM 之教學與學習的重要變項間的因果關係。透過這些研究，將可以效化 CIM，則未來在推廣給中小學教師的使用上，將有厚實的研究基礎作為教學實務的鷹架。

誌謝

誠摯的感謝審查委員所提供的深刻意見，同時並對國科會科教處所提供的支助深表感激(NSC 92-2511-S-017-022)。

參考文獻

- 教育部(2000)：國民中小學九年一貫課程總綱。台北：教育部。
- 教育部(2002a)：創造力教育白皮書。台北：教育部。
- 教育部(2002b)：全國第一次科學教育會議資料。台北：教育部。
- 湯偉君、邱美虹(1999)：創造性問題解決模式的沿革與應用。科學教育月刊，223，2-20。
- Bruner, J. (1960). *The process of education*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bybee, R. W., & DeBoer, G. (1993). Goals for the Science Curriculum. In *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Washington, DC: National Science Teachers Association.
- Costenson, K., & Lawson, A. E. (1986). Why isn't inquiry used in more classroom? *American Biology Teacher*, 48(3), 150-158.
- Cox-Petersen, A. M. (2001). Empowering science teachers as researchers and inquirers. *Journal of Science Teacher Education*, 12(2), 107-122.
- Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry : New roles for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 916-937.
- Dewey, J.[1933(1910)]. *How we think*. Lexington, MA: D.C. Heath.

The Historical Review of Inquiry Teaching and Preliminary Exploration of Creative Inquiry Model

Jeng-Fung Hung

Associate Professor, Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University.

Abstract

The main purpose of this study was to integrate the “scientific inquiry teaching model” presented in the “Inquiry and the National Science Education Standards” published by National Research Council in 2000, with the “Creative Problem Solving–CPS,” which was suggested by Treffinger, Isaksen and Dorval in 1994, to propose a “Creative Inquiry Model, CIM” in response to the two important educational reform activating documents raised by the Ministry of Education : (1) Nine-year integrated curriculum outlines of primary and secondary schools, (2) White Paper on Creative Education, and the reflections of “The objectives, current situations and foresight of science education” proposed in the national first science education meeting in Taiwan. First, this study conducted a historical review of “inquiry teaching.” Secondly, the effects of and difficulties faced by those “inquiry teaching” were discussed. Thirdly, the reasons why “inquiry teaching” is flourishing again as well as the implications and characteristics of present inquiry teaching were all explained. Furthermore, Creative problem solving model and its effectiveness were investigated. Finally, an integration of these two models was experimentally conducted to propose a “Creative Inquiry Model, CIM.”

Key words : creative inquiry; inquiry teaching; science teaching

