

## 小學奈米科技核心概念之研究

### A Study on the Core Concepts of Nanotechnology for the Elementary School

黃佳媛\*  
Chia-Yuan Huang

許良榮\*\*  
Liang-Rong Hsu

陳欣琦\*\*\*  
Hsin-Chi Chen

(收件日期 99 年 10 月 28 日；接受日期 100 年 3 月 12 日)

#### 摘 要

本研究目的在建立小學奈米科技的核心概念及概念圖。首先由文獻探討歸納出有關奈米科技的概念項目，發展「奈米科技核心概念」之問卷，並採用大慧 (Delphi) 調查法諮詢國內的專家學者共 28 位，其中包含大專院校之理工科系教授 (11 位)、科學教育學者 (6 位) 及小學教師 (11 位)，透過三次來回的問卷諮詢後，建立出國小學生在不同學級應具有的「奈米科技」之核心概念，低年級有一項、中年級十五項、高年級三十三項，最後依歸納的核心概念建立奈米科技概念圖，以作為未來的國小課程指標之參考。

**關鍵詞：**奈米科技、大慧調查法、概念圖

---

\*臺北市舊莊國小實習教師

\*\*國立臺中教育大學科學應用與推廣學系教授 (通訊作者)

\*\*\*國立臺中教育大學科學應用與推廣學系研究生

### **Abstract**

The purpose of this study was to establish the core concepts of nanotechnology and the concept map for the elementary school. Based on the literature review, we summarized the concepts related to the nanotechnology and developed the questionnaire of “The Core Concepts of Nanotechnology”. Then we conducted a Delphi survey to ask twenty eight experts to evaluate the importance of each concept. These experts include 11 professors from college of science and engineering, 6 professors from science education, and 11 elementary school teachers. Through three rounds of the survey, we conclude the core concepts of the nanotechnology correspondence to the different grades of the elementary school. Eventually, we concluded one concept of the nanotechnology should be taught in the elementary schools for lower-grade, fifteen concepts for mid-grade, and thirty-three concepts for higher-grade students. According to these results, we established the concept map of nanotechnology as the reference for future curriculum design for nanotechnology in the elementary school.

**Key words:** Concept Map, Delphi Survey, Nanotechnology

## 壹、緒論

### 一、研究背景與動機

在二十一世紀奈米科技被廣泛的應用在日常生活中，從民生消費品到尖端的高科技領域，都能找到與奈米科技相關的應用產品，故奈米科技已經被公認為是二十一世紀最重要的技術之一（蔡元福、吳佳瑾、胡焯淳，2004）。奈米科技商品除了代表尺度小、成本低外，在奈米尺度下的商品還可具有不同的新特性，例如：光學、磁學、電性、熱傳導等特殊功能，因此各先進國家無不競相投入大量的資源及人力進行相關研究（阮國棟、吳婉怡、黃冠穎，2008）。Roco (2006) 提到奈米科技在目前雖然處於成長期，但在 2015 年奈米科技在全球經濟中，會有價值近一兆美元利益的市場；並有 200 萬名工作者從事奈米科技事業，而相關工作的人數更將會達到這個數字的三倍之多。

經濟學諾貝爾獎得主索羅 (Robert Merton Solow) 教授曾提過：「現代經濟成長之大部份，源於科學、工程及技術之提昇」，科技可以說是促成社會進步的重要原動力（陳麗文，2005）。因此，教育部 2003 年推動《奈米國家型科技計畫》，期望能藉由結合產業、學術、研究的力量，建立一個適合我國發展學術卓越和相關應用產業所需要的奈米平臺。而潘文福 (2004) 認為知識經濟對國家的發展是重要的，奈米科技既然是未來的尖端科技，在培養此方面的人才或推廣全民對奈米科技的基本教育是值得被重視的。故教育部推動《奈米科技 K-12 人才培育計畫》，以整合中小學 (K-12) 教育資源，開設許多適合各級學生之奈米科技相關課程，並開發各項奈米科技教育通用教材為目標。

但是從 97 年度國民中小學九年一貫課程綱要中發現，奈米科技尚未列入正式課程，雖然在 2004 年奈米科技概念出現在我國國小教科書中，但卻只做概略性的介紹。在國內相關文獻顯示，國小學童對於奈米科技有不少的迷思概念。例如蔡元福等 (2004) 的研究發現國小中高年級的學童僅有 23% 認為奈米是一種單位，卻有 12% 的學童認為奈米是一種食物。陳鳳好 (2006) 的研究中發現國小六年級學童在奈米教學前有 39.9% 的比例認為奈米是體積的單位。由上述研究中顯示奈米科技尚未能在國小的教育中普及，導致國小學童對於奈米科技的基本認知不足，因此本研究的目的在建立小學教育之奈米科技的核心概念，以做為未來課程發展之參考。

### 二、研究目的與問題

本研究企圖以大慧 (Delphi) 調查法建立低、中、高年級國小學童應具備的「奈米科技」核心概念，以做為國小課程指標的參考。研究問題如下：（一）國小低、中、高各年級的學童應具備的奈米科技核心概念為何？（二）國小學童應具備的奈米科技核心概念之概念圖為何？

## 貳、文獻探討

### 一、奈米科技概念

奈米科技是由三大基礎科學－生物、化學及生命科技－作為基礎的科技（馬遠榮，2002），所以奈米科技可應用的範圍相當廣泛，故奈米相關產品的市場廣大。因此政府已經公開把奈米科技列為重要發展的項目（陳浩銘、辛嘉芬、劉如熹，2008），使得奈米科技在近年內快速發展。因應此局勢，坊間出現了許多有關奈米科技的書籍，在學術界也出現了許多文章是論述奈米科技的應用與發展。科學教育領域也發表了跟奈米科技結合教育的相關研究，為建立本研究之奈米科技的核心概念，參考的資料來源包括了以下三項。

#### （一）坊間書籍

雖然坊間的書籍不盡其數，但為配合本研究的目的，選擇內容以介紹奈米科技的相關應用為主，因為本研究所探討的對象是國小學童，不適合艱深的奈米科技概念。下表表 1 為本研究所參考的書籍文獻，其中部分參照謝瑞祥 (2008) 推薦的奈米書籍，其書籍以淺顯易懂的方式介紹奈米科技。

表 1. 奈米相關書籍

| 作 者                    | 書 名         | 出版社     |
|------------------------|-------------|---------|
| 尹邦耀 (2002)             | 奈米時代        | 五南出版社   |
| 馬遠榮 (2002)             | 奈米科技        | 商周出版社   |
| 龔建華 (2002)             | 你不可不知的奈米科技  | 世茂出版社   |
| 呂宗昕 (2003)             | 圖解奈米科技與光觸媒  | 商周出版社   |
| 黃光照、李重賢、李美英、劉怡君 (2004) | 奈米科技交響樂－物理篇 | 臺大出版社   |
| 何鎮揚、陳雅玲、廖家榮 (2004)     | 奈米科技交響樂－化學篇 | 臺大出版社   |
| 廖達珊、胡苓芝、潘彥宏、孫蘭芳 (2004) | 奈米科技交響樂－生物篇 | 臺大出版社   |
| 鄭天喆、姚福燕 (2004)         | 深入淺出談奈米科技   | 可道書房    |
| 郭東瀛、葉吉田、廖駿偉 (2005)     | 奈米，不是啥稀米    | 天下遠見出版社 |
| 阿推 (2005)              | 奈米超人（漫畫）    | 臺灣大學出版社 |
| 廖婉茹 (2006)             | 奈米科技與生活     | 五南出版社   |

#### （二）學術期刊

在 2001 年第六屆全國科技會議決議，奈米科技是未來技術進一步發展的共同基礎後（劉祥麟，2001），國內奈米科技的相關研究和計畫有逐年增加的趨勢。在中華民國期刊論文資料庫搜尋「奈米」關鍵字可以發現文獻的數量，從 2000 年的 30 多篇到 2001 年的 90 多篇，而之後的歷年到 2008 文章統計量都大於 260 篇，總計二十一世紀初期臺灣地區就出版了總計 2200 多篇跟奈米相關的文章。

在各大科技類期刊出現「奈米」一詞的如：臺灣奈米會刊、化工資訊與商情、工業材料、科儀新知、科學人、科學發展、物理雙月刊…等等，提供了最新的奈米科技的應用，從大量的文獻筆數也說明了奈米科技是二十一世紀發展的趨勢。由於科學期刊的文獻筆數相當多，其大部分的內容在說明最新的奈米科技應用與產品的研發，其學術知識過於艱深，並不適合國小學童的需求。在經過文獻探索後，本研究篩選出奈米科技概念的初步歸納，做為大慧問卷的基本內容。

### （三）科學教育期刊論文

吳瓊洳 (2008) 提到，雖然奈米相關的期刊有很多，但是以國小教師及學童為研究對象的文章就相對的比較少。從網路資料及全國碩博士論文網系統中搜尋，本研究搜尋到以國小為研究對象相關的奈米文獻有十篇，再加上其他學術期刊有六篇，共計十六篇文獻。

## 二、奈米科技核心概念向度

根據上述的文獻的搜尋與整理，研究者歸納出五個向度的奈米科技概念：（一）奈米的定義；（二）奈米的特性；（三）自然界的奈米現象；（四）奈米材料；（五）奈米科技的發展。以下逐一說明五個面向的核心概念以及文獻。

### （一）奈米的定義

幾乎在每篇有關奈米的文獻中，都會先簡單介紹奈米的定義，例如：(1) 物理學家費曼是最早提出「小尺度大空間」的觀念（王崇人，2002），因此有人稱他為「奈米科技之父」（陳東煌，2006）。(2) 奈米是英文 *nanometer* 的譯名，其中奈米的「奈」是 *nano* 的音譯簡稱，而奈米的「米」是 *meter* 的音譯簡稱；奈米是一種長度單位，一奈米為十億分之一米（公尺），相當於人類頭髮直徑的十萬分之一。(3) 奈米的尺度很小，所以我們常用奈米單位形容細菌或原子等尺度小的物質；因為奈米的尺度太小了，所以使用光學顯微鏡無法看到小於 300 奈米的東西，而奈米結構通常是指 100 奈米以下的結構，因此應使用各式的電子顯微鏡才看得到（鄭天佐，2005）。

### （二）奈米的特性

當顆粒的尺寸變成奈米尺寸時稱為「超微粒」，會引起一些物理或化學性質的變化，例如：(1) 表面效應：當材料奈米化使粒子尺寸縮小時，表面的總原子數急速增加，讓奈米粒子表面能具有很高的活性（呂宗昕，2003）。譬如金在一般狀態下是惰性的，當尺寸縮小至奈米時，金會被活化，可以當作催化劑使用（高逢時，2005）。(2) 光學性質：黃金的尺寸奈米化後表面顏色會變黑，事實上，當金屬物質在超微顆粒狀態時都會呈現黑色，尺寸越小顏色越黑，因為金屬超微顆粒對光的反射率很低（牟中原，2004）。(3) 熱學性質：固體在大尺寸時熔點是固定的，超微顆粒化後熔點明顯降低，當顆粒小於 10 奈米時最明顯，例如：普通的金塊熔點為 1060 度，而 2 奈米的熔點為 960 度（尹邦耀，2002）。(4) 力學性質：在超微顆粒狀態時因為具有較大的界面，而界面上的原子排列相當混亂，



原子在外力下容易變形，因此呈現出較佳的韌性，例如奈米陶瓷就有較好的韌性，較不易脆（龔建華，2002）。

### （三）自然界的奈米現象

自然界的奈米現象至少包括了蓮花效應、蝴蝶表面色澤效應、奈米磁體等等。(1) 蓮花效應 (Lotus effect)：蓮葉表面具有一層凹凸不平的表面蠟，屬於奈米的結構，具有超疏水 (superhydrophobicity) 以及自潔 (self-cleaning) 的特性（郭東瀛等，2005）。(2) 彩蝶效應：因翻譯不同又稱彩虹效應。蝴蝶翅膀的表面擁有俗稱蝴蝶鱗片（每片大小約 75 奈米寬、200 奈米長）的多層鱗次櫛比構造，鱗片可反射部分顏色的光，讓其餘顏色的光穿透，因此當光的夾角改變時，會反射不同頻率的光，所以翅膀顏色會隨觀看角度而改變，而產生彩虹的色澤（呂宗昕，2003）。(3) 奈米磁體：奈米大小的磁性粒子可當作生物的磁羅盤，其功用是感應地球磁場的細微差異，作為導航的依據。距離較短的有螞蟻及蜜蜂，千里跋涉則有鴿子和鮭魚等，在這些生物體內，都找到了奈米級磁性粒子的存在（廖達珊等，2004）。(4) 貝殼的硬度：鮑魚殼是由一片片 5 到 10 奈米的碳酸鈣堆疊，並用有機的絲狀蛋白質作黏著劑組成，此構造稱為「層合結構」，其主要成分為碳酸鈣，但硬度異常堅硬並能耐磨損與侵蝕，是一般碳酸鈣的 3000 倍（郭東瀛等，2005）。(5) 壁虎的爬牆機制：郭東瀛等 (2005) 指出壁虎腳趾有三個層次的結構，第一層為肉眼可看到的皮瓣，鑲在皮瓣裡的為第二層剛毛，在剛毛的尖端為第三層的匙突，每一隻腳上有 2 到 5 億根的細微匙突，當匙突與物體表面接觸時，產生微弱的異電荷互相吸引，一旦聯合起來便產生很強的附著力。

### （四）奈米材料

材料在三個維度間，至少有一個維度的長度介於 1 到 100 奈米間，就可以稱之為奈米材料，常見的碳奈米材料包括：(1) 奈米碳球：主要代表為碳 60，由 60 個碳原子組成 20 個六角形和 12 個五角形，構成 32 面中空的封閉球體。因為是由美國建築師巴克 (Bucky) 所建構的三角形屋頂所想到的結構，所以又稱為巴克球。碳 60 是除了石墨及金剛石以外被發現的碳同素異形體，其物理及化學性質非常特殊。（馬遠榮，2002）。(2) 奈米碳管：奈米碳管被稱為是二十一世紀的「超級纖維」，一根碳管直徑約 1.4 奈米，由碳元素組成，外圍為石墨層的六邊形網格構成，具有高強度、高彈性、熱傳導性、導電性等，應用範圍相當寬廣（馬遠榮，2002）。

### （五）奈米科技的發展（整理自尹邦耀，2002；馬遠榮，2002）

在 1 到 100 奈米尺度下作業的奈米科技產品，橫跨多個學科，涉及面向多元，包含物理、化學和生物學在內的所有相關的工程領域，包括：(1) 電腦和電子產品：未來所有的電子元件都將具有更小、更快、更冷（溫度上升低）的特質。例如：一個手錶大的儲存器，可以儲存 1000 張的光碟中的資訊；計算機的傳送速度大幅提昇。(2) 生物醫學：奈米科技可以使費時又費力的基因測試和基因表達檢測效率提高，因為奈米科技可以在很小的

尺寸中作業；而奈米級微型探測器，可以快速、準確的進入活細胞內進行探測；奈米科技還可以製成人類的血液代替品…等。總之，奈米科技帶給醫學界一場大改革。(3) 民生工業：奈米食品、奈米傢俱、奈米鞋、奈米衣…等，奈米科技已經廣泛的應用於日常生活中，例如：奈米冰箱有抗菌、除味及防腐的功能。(4) 其它：奈米科技也可以運用在環境保護，獨特的奈米膜可以偵測到化學或生物製劑造成的汙染，並進行除污的功能。在航空方面，可以製造出重量更輕、更節省能源的飛機等。

### 三、奈米科技教育現況與相關研究

奈米科技儼然成為現今社會中最熱門的新興科技，因此政府積極推動奈米科技，以提升國家競爭力。潘文福 (2004) 認為要提升臺灣奈米的競爭力，需要全民一起投入，而經由國民教育的推廣，即是激發全民參與的良方。因為當奈米產業快速成長的十年後，現在的中小學生正是十年後我國尖端科技研究工作的主力，因此奈米科技教育的紮根工作，是提升我國未來全球競爭力不可或缺的，可使我國研究人才不虞匱乏（李世光、吳政忠、蔡雅雯、林宜靜、黃圓婷，2003）。有鑑於此，2003 年由國科會主導並結合相關單位，推動的「奈米國家型科技計畫」中，人才培育為主要四大目標之一，為培養從中小學 (K-12)、大學、研究所、在職訓練以致終身學習的跨領域人才。

雖然國內與奈米相關的期刊不少，但是以國小教師及學童為研究對象的文章相對比較少，研究者搜尋的十六篇相關文獻中，針對國小學生之奈米科技概念進行評量與探究的並不多，排除以教學策略為主題的文獻後，只剩八篇。由這些相關文獻顯示（例如：曾國鴻、陳沅，2005；陳淑思，2006；陳鳳好，2006；蔡鳳娥，2005；蔡元福等，2004），國小學童和教師之奈米概念皆有待提升，而教師的奈米科技概念也值得注意。而林武賢 (2008)、張政義 (2008) 及潘文福 (2004) 的研究則發現：藉著適當的教學設計，能有效的提升學生在奈米科技概念的學習。

無論何種教學，必須先確認的是「教學目標」，例如潘文福 (2004) 規劃奈米課程時的主軸之一，就是確定活動主要內容，意即我們期望學生學習的概念是什麼？而 Healy (2009) 提到美國的「國家奈米科技基礎結構網路計畫」(National Nanotechnology Infrastructure Network；NNIN) 調查 K-12 的教師發現，許多教師在教學課程中不知道應該教導學生哪些奈米概念？因此我們需要提供適合的 K-12 奈米教育資源，讓教師作為奈米教育課程的標準。而綜觀文獻發現，尚未有相關研究以科學方法取得奈米科技的教學目標，因此本研究以建立國小「奈米科技核心概念」為研究目的。

### 四、大慧調查之特色與實施

大慧調查法採用問卷方式溝通，能減少當面的爭執、包容多元觀點，並解決傳統會議的缺失。因此，大慧調查法從最早的軍事預測用途，到目前運用在科技工業、社會科學及教育等領域（謝文全，1989）。由於應用的層面趨於廣泛，大慧調查法已被視為一種在團

體內的溝通技巧；或為一種專家間彼此能溫和地轉達意見的方式，而不只是侷限於未來事件的預測（陳麗珠，1998）。

根據郭生玉(1986)的見解，大慧調查法大都進行三次左右的問卷填答。大慧調查資料統計與分析的方法，依性質分為質的分析與量的分析：(1) 質的分析：依「修正意見欄」，整理專家改變評定結果的理由與反應、修正各細項的意見。(2) 量的分析：問卷上通常採用 Likert 五點量表，由專家勾選每個細項的需要性，從「非常重要」到「非常不重要」分別給予「5」到「1」分，以集中量數與變異量數進行分析。對於大慧三次來回各細項評定的結果，研究者應以符合研究目的與研究設計，採取適當的統計方法加以分析。

「教什麼」的問題，是人類自有教育活動以來就存在的課程議題，尤其是在教育改革的過程中，教育人員組成專業團體，經過多次溝通後達到某種程度的共識，因此，課程的發展與研究不時遭遇到「決定」的問題，然而，在團體決議的歷程中，難免有一些人獲得較多的決定權，扮演著較重要的角色，導致最後的課程品質不當，進而引起課程實施上的困難（游家政，1996）。因此近年來，大慧調查在建構教育指標上的應用日益普及（吳瓊洳，2008）。因為大慧調查是擷取問卷調查及會議兩者的優點，大慧調查使用問卷方式蒐集群體的意見，和傳統問卷調查法有所不同，它需要多次的問卷回饋，具有會議溝通的作用，但不必像會議一樣聚在一堂。

在課程發展方面，尤其是未來的課程規劃，期望學童的學習內容增加，但學習時間與課程容量有限，因此，在眾多課程內容中選擇主要的學習指標就顯得特別重要（吳雅玲，2001）。而透過大慧調查邀請相關領域的專家，經過數次問卷往返所產生的決策，對於課程的發展與規劃產生一定的共識，較能符合大眾的需求。近十年來國內使用大慧調查進行課程發展研究的文獻有近十篇，由這些文獻可以發現，採用大慧調查法的時機為：當一個新的學習課程產生，或為了確定其課程的重要核心內涵與目標時使用。而本研究主要的目標是確定新的奈米科技議題在國小階段應具有的課程核心概念，因此，採用大慧調查作為本研究的工具。

## 參、研究方法與設計

### 一、研究方法

本計畫目標在建立國小學生之奈米科技的核心概念，藉著文獻探討歸納出有關奈米科技的概念項目，進而發展「奈米科技核心概念」之問卷，採用大慧調查法，諮詢專家學者的意見，建立國小各年級層學童應具有的「奈米科技核心概念」，並依照應有的核心概念建立奈米科技概念圖，以做為國小課程指標之參考。

大慧調查法以匿名問卷的方式進行，讓同領域專家的不同意見，在實施數次問卷後逐次達到共識，故大慧調查可避免服從專家權威、團體壓力等影響，也可克服地理和時間上的問題，因此本研究以大慧調查法做為研究工具。



## 二、研究樣本

邀請專家學者之來源及遴選原則如下：

- (一) 大專院校之理工科系教授共11位，遴選原則：(1)具有博士學位。(2)執行「奈米科技k-12人才培育計劃」之研究人員。(3)曾經參加過在奈米科技計畫之相關的研討會，擔任研討會的講師或講者。
- (二) 大專院校之科學教育教授共6位，遴選原則：(1)具有科學教育博士學位。(2)執行「奈米科技K-12人才培育計劃」之研究人員。(3)科學教育者主要研究之方向是以小學科學教育及教育大學為主，對國小科學教育的特質較為熟悉。
- (三) 國小科學教師共11位，遴選原則：(1)10年以上的教學年資。(2)執行「奈米科技K-12人才培育計劃」之研究人員。(3)其碩士畢業論文的主題為奈米科技教育計畫者。

確定遴選原則後，研究者才搜尋適合的專家學者名單後，發出 e-mail 邀請函進行邀約，信中除了說明研究目的外，也提醒專家研究歷程需要來回三次的問卷填答，最後獲得願意協助的專家學者共 28 位。

## 三、問卷之發展與實施

本研究之調查工具為自行發展的「國小奈米科技核心概念」問卷，其編製與實施的歷程如圖 1。首先依據文獻資料加以歸納、分析奈米科技的核心概念為五個向度：(一) 奈米的定義；(二) 奈米的特性；(三) 自然界的奈米現象；(四) 奈米材料；(五) 奈米科技的發展。問卷初稿共計有 35 個細項，採用 Likert 五點量表，由專家學者勾選每一個奈米概念細項在國小不同學年層的重要程度；從「非常重要」到「非常不重要」，分別給予「5」到「1」分。而問卷的每一個細項下方都列有「修正建議欄」，讓專家學者書寫每一細項的適切性意見。並在問卷最後附有「增列項目區」，請專家將認為必須增加的細項（核心概念）列入。

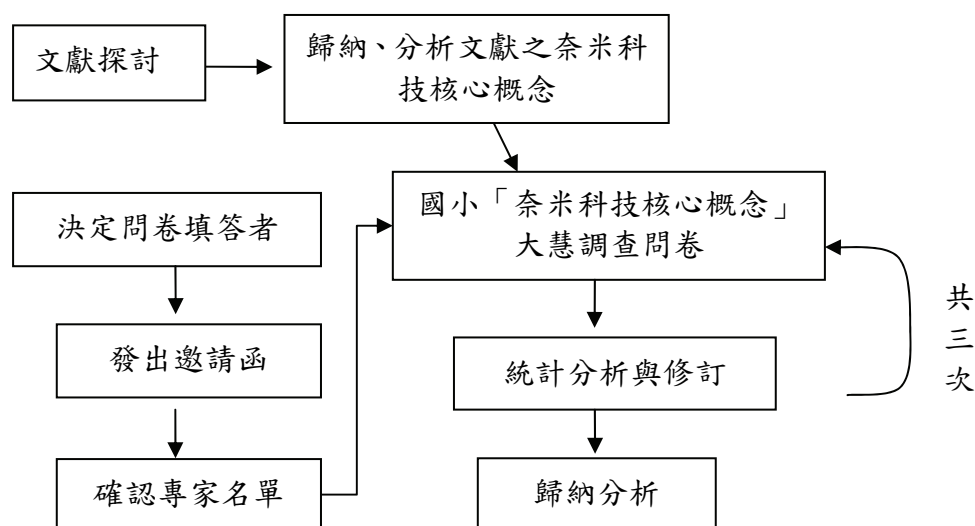


圖 1 問卷編製與實施流程

第二、三次的問卷是根據前一次問卷中各專家學者的作答結果而形成，除了綜合全體專家的意見進行修正之外，並於問卷中提供全體專家在前一次之填答結果的平均數、標準差與眾數，做為再次填答的參考。第一次問卷回收與整理之後，共有 28 項加以修訂，並增訂 8 個細項及刪除 1 項，形成第二次問卷（共 42 個細項）。第二次問卷回收後，針對 20 項再行修訂，並保留平均數大於 3.5 以上或眾數等於 5 的細項，並依修訂意見增訂 3 項，形成第三次問卷（共計 45 項）。而第二、三次的填答，提醒專家學者可以更改原先的填答，也可以堅持自己原先的作答。

#### 四、核心概念篩選標準

第三次問卷的調查結果，本研究依據張艷華 (2002)、Osborne, J., Colins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003) 進行大慧調查之選取原則，選取平均數達到 4 以上（表示該項目重要性高）；標準差小於 1（表示該項目比較具有共識）的細項。除此之外，每一細項皆進行三組專家之間的單因子變異數分析，以查驗專家之間的評價是否達顯著差異。如果某一細項未達篩選標準，但是三組專家學者之間達顯著差異，而且有二組專家之標準差與平均值達到保留標準，則該項目仍予以保留。

### 肆、研究結果與討論

#### 一、奈米的定義

本向度的分析結果如表 2。在「低年級階段」中，「A-1、A-2、A-4、A-5、A-6 和 A-7」在第二次問卷調查因平均數未達 3.5 和眾數未達 5，所以不列入第三次問卷的教學項目。在第三次問卷調查的結果呈現，只有「A-3 知道『奈米』是長度的單位，是很小的長度。」平均數大於 4 以上且標準差小於 1 的篩選標準，可見專家對於此項教學目標的重要性達到某種程度的共識。

在「中年級階段」，「A-1 到 A-8」八項教學目標其標準差皆有變小趨勢，可見專家的意見逐漸達到共識，但「A-1、A-2 和 A-7」在第二次問卷分析時因未達標準予以刪除。「A-9」的標準差有升高的現象，可見專家對此項在中年級階段仍有爭議。最後滿足篩選標準的教學目標有「A-3 和 A-6」。

在「高年級階段」，「A-1、A-2、A-4 到 A-9」八個項目的標準差皆呈現下降的趨勢，可見專家的意見逐漸達到共識，而「A-3」的平均值和標準差皆沒有改變，其平均值為 4.93 且標準差為 .262，專家之意見頗為一致。最後九項關於奈米的定義教學目標，在第三次調查結果均滿足平均數大於 4 以上且標準差小於 1 的保留標準。

表 2. 「奈米的定義」之意見統計比較表

| 教學目標內容細項                                                                                                       | 階段 | 第一次問卷     |       |    | 第二次問卷     |       |     | 第三次問卷     |       |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------|-------|----|-----------|-------|-----|-----------|-------|----|
|                                                                                                                |    | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 | $\bar{X}$ | SD    | 眾數  | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 |
| A-1 知道物理學家費曼最早提出「小尺度大空間」的觀念，有人稱之為「奈米科技之父」。                                                                     | 低  | 2.43      | 1.230 | 1  | 2.18      | .983  | 3   | —         | —     | —  |
|                                                                                                                | 中  | 3.46      | 1.201 | 3  | 3.43      | .959  | 3   | —         | —     | —  |
|                                                                                                                | 高  | 4.21      | .957  | 5  | 4.33      | .877  | 5   | 4.43      | .742  | 5  |
| A-2 知道「奈米」是英文 nanometer 的譯名。其中 nano 是音譯，meter 是「米(公尺)」。                                                        | 低  | 2.18      | 1.565 | 1  | 1.79      | 1.258 | 1   | —         | —     | —  |
|                                                                                                                | 中  | 3.14      | 1.484 | 4  | 3.29      | 1.243 | 3、4 | —         | —     | —  |
|                                                                                                                | 高  | 4.25      | .887  | 5  | 4.64      | .559  | 5   | 4.71      | .460  | 5  |
| A-3 知道「奈米」是長度的單位，是很小的長度。                                                                                       | 低  | 4.11      | 1.370 | 5  | 4.39      | 1.100 | 5   | 4.46      | .881  | 5  |
|                                                                                                                | 中  | 4.71      | .600  | 5  | 4.89      | .315  | 5   | 4.89      | .315  | 5  |
|                                                                                                                | 高  | 4.93      | .262  | 5  | 4.93      | .262  | 5   | 4.93      | .262  | 5  |
| A-4 知道「一奈米」是十億分之一米；等於 $\frac{1}{1000000000}$ m。                                                                | 低  | 2.29      | 1.584 | 1  | 1.71      | 1.213 | 1   | —         | —     | —  |
|                                                                                                                | 中  | 3.25      | 1.647 | 5  | 3.21      | 1.548 | 5   | 3.39      | 1.315 | 3  |
|                                                                                                                | 高  | 4.36      | 1.096 | 5  | 4.57      | .790  | 5   | 4.68      | .723  | 5  |
| A-5 瞭解「一奈米」大約是一根頭髮直徑的十萬分之一。                                                                                    | 低  | 2.67      | 1.414 | 1  | 2.04      | 1.290 | 1   | —         | —     | —  |
|                                                                                                                | 中  | 3.64      | 1.193 | 4  | 3.57      | 1.069 | 4   | 3.61      | .875  | 3  |
|                                                                                                                | 高  | 4.43      | .742  | 5  | 4.71      | .460  | 5   | 4.79      | .418  | 5  |
| A-6 知道「奈米」可用來表示細菌或病毒的物體大小。                                                                                     | 低  | 2.85      | 1.322 | 3  | 2.78      | 1.086 | 3   | —         | —     | —  |
|                                                                                                                | 中  | 3.70      | 1.265 | 5  | 4.07      | .781  | 4   | 4.00      | .620  | 4  |
|                                                                                                                | 高  | 4.44      | .641  | 5  | 4.59      | .572  | 5   | 4.63      | .565  | 5  |
| A-7 知道奈米尺寸的物體必需用電子顯微鏡等儀器進行觀察                                                                                   | 低  | 2.46      | 1.453 | 1  | 2.07      | 1.331 | 1   | —         | —     | —  |
|                                                                                                                | 中  | 3.54      | 1.232 | 3  | 3.43      | 1.103 | 3   | —         | —     | —  |
|                                                                                                                | 高  | 4.29      | .937  | 5  | 4.36      | .911  | 5   | 4.46      | .881  | 5  |
| A-8 認識「奈米標章」並了解「奈米標章」  的意義。 | 低  | —         | —     | —  | 2.46      | 1.261 | 1   | —         | —     | —  |
|                                                                                                                | 中  | —         | —     | —  | 3.71      | 1.213 | 4、5 | 3.86      | 1.145 | 5  |
|                                                                                                                | 高  | —         | —     | —  | 4.39      | .994  | 5   | 4.50      | .962  | 5  |
| A-9 知道「奈米標章」是經由經濟部對於奈米產品驗證，確認符合規定之奈米產品，所核給之標誌。                                                                 | 低  | —         | —     | —  | 2.37      | 1.275 | 2   | —         | —     | —  |
|                                                                                                                | 中  | —         | —     | —  | 3.67      | 1.109 | 4   | 3.71      | 1.117 | 4  |
|                                                                                                                | 高  | —         | —     | —  | 4.44      | 1.013 | 5   | 4.43      | .997  | 5  |

## 二、奈米的特性

本向度的分析結果如表 3。在「低年級階段」中，「B-1、B-2、B-3 和 B-4」的平均數和標準差皆呈現下降的趨勢。在第二次問卷加入「B-5 和 B-6」兩項目標，但最後每一項目皆未達到篩選標準。

在「中年級階段」，「B-1、B-2、B-3 和 B-4」的標準差呈現下降的趨勢，經過三回合的調查結果，最後只有「B-1」達到篩選標準。

在「高年級階段」，六個項目的標準差皆呈現下降的趨勢，而當中「B-4」之平均值在第三次結果比第二次低，但最後平均值達到 4 以上，所以保留此項目，最後「高年級」有五項教學目標滿足篩選標準。

表 3. 「奈米的特性」之意見統計比較表

| 教學目標內容細項                                            | 階段 | 第一次問卷     |       |    | 第二次問卷     |       |    | 第三次問卷     |       |    |
|-----------------------------------------------------|----|-----------|-------|----|-----------|-------|----|-----------|-------|----|
|                                                     |    | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 |
| B-1 知道物質奈米化之後，不只是體積變小，也可能產生新的功能和性質。                 | 低  | 3.07      | 1.386 | 3  | 2.96      | 1.201 | 3  | —         | —     | —  |
|                                                     | 中  | 3.93      | 1.152 | 4  | 4.07      | .940  | 4  | 4.00      | .816  | 4  |
|                                                     | 高  | 4.64      | .826  | 5  | 4.71      | .810  | 5  | 4.79      | .787  | 5  |
| B-2 知道物質奈米化後，光學性質會改變，例如黃金或銀變成奈米尺寸時，會失去原有光澤，顏色會發生變化。 | 低  | 2.32      | 1.389 | 1  | 1.86      | 1.113 | 1  | —         | —     | —  |
|                                                     | 中  | 3.00      | 1.305 | 4  | 3.18      | 1.056 | 4  | —         | —     | —  |
|                                                     | 高  | 4.18      | 1.219 | 5  | 4.43      | .959  | 5  | 4.57      | .879  | 5  |
| B-3 知道物質奈米化後，熱學性質會改變，例如金屬奈米化後，熔點會降低。                | 低  | 2.18      | 1.219 | 1  | 1.74      | .984  | 1  | —         | —     | —  |
|                                                     | 中  | 3.00      | 1.240 | 4  | 3.22      | 1.050 | 4  | —         | —     | —  |
|                                                     | 高  | 4.04      | 1.201 | 5  | 4.22      | 1.013 | 5  | 4.32      | .983  | 5  |
| B-4 知道物質奈米化後，力學性質會改變，例如一般陶瓷易碎，而奈米粉末製成的陶瓷有較佳的韌性。     | 低  | 2.25      | 1.143 | 1  | 1.64      | .826  | 1  | —         | —     | —  |
|                                                     | 中  | 3.00      | 1.155 | 3  | 2.96      | .962  | 3  | —         | —     | —  |
|                                                     | 高  | 3.96      | .999  | 4  | 4.07      | .979  | 4  | 4.04      | .838  | 4  |
| B-5 知道奈米化後有「表面積效應」（總表面積增加）。                         | 低  | —         | —     | —  | 1.79      | 1.031 | 1  | —         | —     | —  |
|                                                     | 中  | —         | —     | —  | 3.21      | 1.101 | 3  | —         | —     | —  |
|                                                     | 高  | —         | —     | —  | 4.46      | .999  | 5  | 4.61      | .916  | 5  |
| B-6 了解奈米化後，化學性質會改變，例如黃金變成奈米尺寸時，可以從鈍性變為活性物質。         | 低  | —         | —     | —  | 1.50      | .923  | 1  | —         | —     | —  |
|                                                     | 中  | —         | —     | —  | 2.57      | 1.136 | 3  | —         | —     | —  |
|                                                     | 高  | —         | —     | —  | 3.71      | 1.410 | 5  | 3.89      | 1.257 | 4  |



### 三、自然界的奈米現象

本向度的分析結果如表 4。在「低年級階段」，「C-1、C-3 和 C-8」平均值呈現持續上升，其餘的七項平均值呈現持續下降，最後每一細項皆未達篩選標準。

在「中年級階段」，十個項目的標準差皆呈現下降的趨勢，可見專家的意見逐次達到共識，最後只有「C-7」未達到篩選標準。在「高年級階段」，「C-3、C-4、C-5 和 C-6」四個項目的標準差皆呈現下降的趨勢，「C-8 和 C-10」兩項之標準差則有上升的趨勢，但數值仍小於 1。最後有十項達到篩選標準。

表 4. 「自然界的奈米現象」之意見統計比較表

| 教學目標內容細項                                    | 階段 | 第一次問卷     |       |    | 第二次問卷     |       |     | 第三次問卷     |       |    |
|---------------------------------------------|----|-----------|-------|----|-----------|-------|-----|-----------|-------|----|
|                                             |    | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 | $\bar{X}$ | SD    | 眾數  | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 |
| C-1瞭解蓮花效應是因為蓮葉表面的奈米尺寸結構所造成，所以又稱「蓮葉效應」。      | 低  | 3.61      | 1.397 | 4  | 3.82      | .983  | 4   | 3.86      | .891  | 4  |
|                                             | 中  | 4.29      | .810  | 5  | 4.46      | .576  | 5   | 4.50      | .557  | 5  |
|                                             | 高  | 4.79      | .418  | 5  | 4.86      | .356  | 5   | 4.86      | .356  | 5  |
| C-2知道蓮花效應是指蓮葉表面具有「疏水性質」與「自潔功能」。             | 低  | 3.11      | 1.286 | 2  | 2.89      | 1.066 | 2   | —         | —     | —  |
|                                             | 中  | 4.14      | .756  | 4  | 4.11      | .737  | 4   | 4.07      | .663  | 4  |
|                                             | 高  | 4.79      | .418  | 5  | 4.86      | .356  | 5   | 4.86      | .356  | 5  |
| C-3知道蓮花、芋頭、水芙蓉等特定的植物葉面能產生蓮花效應。              | 低  | 3.68      | 1.389 | 5  | 3.86      | 1.208 | 4、5 | 3.96      | 1.071 | 4  |
|                                             | 中  | 4.43      | .742  | 5  | 4.50      | .694  | 5   | 4.61      | .629  | 5  |
|                                             | 高  | 4.71      | .535  | 5  | 4.79      | .418  | 5   | 4.82      | .390  | 5  |
| C-4知道蝴蝶的翅膀鱗片的奈米尺寸結構，會產生彩蝶效應，表面散發出不同顏色的光澤。   | 低  | 3.25      | 1.351 | 3  | 3.07      | 1.086 | 3   | —         | —     | —  |
|                                             | 中  | 3.89      | 1.133 | 4  | 4.14      | .891  | 4   | 4.07      | .858  | 4  |
|                                             | 高  | 4.57      | .742  | 5  | 4.71      | .659  | 5   | 4.75      | .645  | 5  |
| C-5知道有些生物體內存有奈米磁體，具導航功能。例如：候鳥、海龜、蜜蜂、鴿子、鮭魚等。 | 低  | 3.04      | 1.372 | 2  | 2.82      | 1.056 | 3   | —         | —     | —  |
|                                             | 中  | 4.00      | 1.144 | 4  | 4.07      | 1.016 | 4   | 4.04      | .922  | 4  |
|                                             | 高  | 4.56      | .974  | 5  | 4.64      | .951  | 5   | 4.68      | .863  | 5  |
| C-6知道牙齒及貝殼具有奈米尺寸的層狀排列結構，使其產生堅硬的質地。          | 低  | 2.89      | 1.397 | 3  | 2.86      | 1.239 | 3   | —         | —     | —  |
|                                             | 中  | 3.82      | 1.219 | 5  | 4.00      | 1.122 | 5   | 4.07      | .979  | 4  |
|                                             | 高  | 4.50      | 1.000 | 5  | 4.57      | .997  | 5   | 4.68      | .905  | 5  |
| C-7知道鴿、鴨、鵝等羽毛排列非常整齊，且間隙為奈米尺寸，產生疏水性質。        | 低  | 2.75      | 1.295 | 2  | 2.64      | 1.162 | 3   | —         | —     | —  |
|                                             | 中  | 3.75      | 1.175 | 4  | 3.93      | .858  | 4   | 3.96      | .693  | 4  |
|                                             | 高  | 4.57      | .690  | 5  | 4.64      | .731  | 5   | 4.68      | .670  | 5  |

表 4. 「自然界的奈米現象」之意見統計比較表（續）

| 教學目標內容細項                                         | 階段 | 第一次問卷     |       |    | 第二次問卷     |       |    | 第三次問卷     |       |    |
|--------------------------------------------------|----|-----------|-------|----|-----------|-------|----|-----------|-------|----|
|                                                  |    | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 |
| C-8知道壁虎腳底細毛接近奈米尺寸結構，有很強的附著力，行走在天花板上不會掉下來。        | 低  | 3.41      | 1.338 | 4  | 3.54      | 1.105 | 4  | 3.54      | 1.105 | 3  |
|                                                  | 中  | 4.15      | .907  | 4  | 4.25      | .752  | 4  | 4.11      | .737  | 4  |
|                                                  | 高  | 4.70      | .609  | 5  | 4.79      | .568  | 5  | 4.75      | .645  | 5  |
| C-9知道海豚、鯨魚皮膚極為光滑，但是表面佈滿了奈米尺寸的微小突物，具有減少摩擦力、自潔之功能。 | 低  | 2.93      | 1.439 | 1  | 2.46      | 1.201 | 2  | —         | —     | —  |
|                                                  | 中  | 3.96      | 1.192 | 5  | 4.04      | .999  | 4  | 4.00      | .943  | 4  |
|                                                  | 高  | 4.56      | .892  | 5  | 4.61      | .737  | 5  | 4.68      | .772  | 5  |
| C-10知道昆蟲的翅膀表面有奈米尺寸結構，具有自潔防水功能。                   | 低  | 3.04      | 1.311 | 2  | 2.75      | 1.143 | 3  | —         | —     | —  |
|                                                  | 中  | 4.04      | 1.038 | 4  | 4.04      | .838  | 4  | 4.00      | .770  | 4  |
|                                                  | 高  | 4.65      | .562  | 5  | 4.64      | .621  | 5  | 4.68      | .670  | 5  |

#### 四、奈米材料

本向度的分析結果如表 5。在「低年級」與「中年級」階段，六項教學目標的標準差皆呈現持續下降的趨勢，可見專家的意見逐漸達到共識，但由於平均值皆小於四，最後每一細項皆未達篩選標準。

而「高年級階段」，「D-1、D-2、D-4 和 D-5」四個項目的標準差皆呈現持續下降的趨勢，其中「D-6」原本因標準差大於 1 預計刪除，但在事後的單因子分析時達到保留標準，因此在高年級階段只有 D-6 教學目標保留。

表 5. 「奈米的材料」之意見統計比較表

| 教學目標內容細項                                                                                                     | 階段 | 第一次問卷     |       |    | 第二次問卷     |       |    | 第三次問卷     |       |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------|-------|----|-----------|-------|----|-----------|-------|----|
|                                                                                                              |    | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 |
| D-1 知道「奈米碳球」又稱為「巴克球」或「碳 60」                                                                                  | 低  | 2.14      | 1.433 | 1  | 1.48      | .975  | 1  | —         | —     | —  |
|                                                                                                              | 中  | 2.79      | 1.424 | 3  | 2.74      | 1.318 | 3  | —         | —     | —  |
|                                                                                                              | 高  | 3.89      | 1.397 | 5  | 3.96      | 1.285 | 5  | 4.07      | 1.245 | 5  |
| D-2 知道「奈米碳球」的直徑大小約一奈米。                                                                                       | 低  | 2.07      | 1.331 | 1  | 1.54      | .962  | 1  | —         | —     | —  |
|                                                                                                              | 中  | 2.79      | 1.371 | 3  | 2.71      | 1.243 | 3  | —         | —     | —  |
|                                                                                                              | 高  | 3.79      | 1.397 | 5  | 3.96      | 1.290 | 5  | 3.96      | 1.232 | 4  |
| D-3 知道「奈米碳球」的形狀為  ，外形像足球。 | 低  | 2.44      | 1.423 | 1  | 1.81      | 1.075 | 1  | —         | —     | —  |
|                                                                                                              | 中  | 3.11      | 1.450 | 4  | 3.11      | 1.251 | 3  | —         | —     | —  |
|                                                                                                              | 高  | 4.00      | 1.441 | 5  | 4.19      | 1.178 | 5  | 4.21      | 1.228 | 5  |

表 5.「奈米的材料」之意見統計比較表（續）

| 教學目標內容細項                                                                                             | 階段 | 第一次問卷     |       |    | 第二次問卷     |       |    | 第三次問卷     |       |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------|-------|----|-----------|-------|----|-----------|-------|----|
|                                                                                                      |    | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 |
| D-4 知道「奈米碳球」是由五邊形和六邊形的結構組合而成。                                                                        | 低  | 2.26      | 1.347 | 1  | 1.52      | .935  | 1  | —         | —     | —  |
|                                                                                                      | 中  | 3.04      | 1.454 | 3  | 2.89      | 1.281 | 3  | —         | —     | —  |
|                                                                                                      | 高  | 3.89      | 1.476 | 5  | 4.00      | 1.330 | 5  | 4.07      | 1.274 | 5  |
| D-5 知道奈米碳管的形狀之一為  . | 低  | 2.25      | 1.351 | 1  | 1.50      | .962  | 1  | —         | —     | —  |
|                                                                                                      | 中  | 3.00      | 1.361 | 3  | 2.86      | 1.145 | 3  | —         | —     | —  |
|                                                                                                      | 高  | 3.86      | 1.484 | 5  | 4.00      | 1.333 | 5  | 4.11      | 1.257 | 5  |
| D-6 知道以奈米碳管製作的顯示器，具有「輕、薄、短、小」等的特性。                                                                   | 低  | 2.25      | 1.430 | 1  | 1.68      | 1.020 | 1  | —         | —     | —  |
|                                                                                                      | 中  | 3.29      | 1.462 | 4  | 3.32      | 1.307 | 4  | —         | —     | —  |
|                                                                                                      | 高  | 4.21      | 1.101 | 5  | 4.36      | .989  | 5  | 4.36      | 1.062 | 5  |

## 五、奈米科技的發展

本向度的分析結果如表 6。在「低年級階段」，「E-1 到 E-7」七項的標準差呈現下降的趨勢，而其平均值也呈現下降，因此最後每一細項皆未達篩選標準。

在「中年級階段」，「E-2、E-6、E-8 和 E-10」在第二次問卷調查時因不滿平均數大於 3.5 以上或眾數等於 5 的標準，予以刪除。最後中年級階段滿足篩選標準的有「E-3、E-9 和 E-11」三項。

在「高年級階段」，「E-1、E-2、E-4、E-7、E-8、E-10 和 E-11」七個項目的標準差與最後數值的比較皆呈現下降趨勢，其中「E-4」雖然標準差大於 1，但在事後的單因子分析時達到保留標準，因此予於保留。最後高年級階段滿足篩選標準的共有八項。

表 6.「奈米科技的發展」之意見統計比較表

| 教學目標內容細項                                              | 階段 | 第一次問卷     |       |    | 第二次問卷     |       |    | 第三次問卷     |       |    |
|-------------------------------------------------------|----|-----------|-------|----|-----------|-------|----|-----------|-------|----|
|                                                       |    | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 |
| E-1 知道讓物品的某些成分或構造的尺寸在 100 奈米以下，呈現出奈米的特定功能，才能稱為奈米科技產品。 | 低  | 2.61      | 1.474 | 1  | 2.11      | 1.368 | 1  | —         | —     | —  |
|                                                       | 中  | 3.57      | 1.372 | 4  | 3.67      | 1.074 | 4  | 3.75      | 1.005 | 4  |
|                                                       | 高  | 4.39      | .956  | 5  | 4.56      | .934  | 5  | 4.64      | .870  | 5  |
| E-2 知道科學家可以利用掃描穿隧式顯微鏡，移動原子的排列。                        | 低  | 1.85      | 1.064 | 1  | 1.44      | .934  | 1  | —         | —     | —  |
|                                                       | 中  | 2.63      | 1.275 | 3  | 2.44      | 1.219 | 1  | —         | —     | —  |
|                                                       | 高  | 3.37      | 1.548 | 5  | 3.41      | 1.500 | 5  | 3.50      | 1.319 | 4  |

表 6.「奈米科技的發展」之意見統計比較表（續）

| 教學目標內容細項                                                 | 階段 | 第一次問卷     |       |    | 第二次問卷     |       |    | 第三次問卷     |       |    |
|----------------------------------------------------------|----|-----------|-------|----|-----------|-------|----|-----------|-------|----|
|                                                          |    | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 |
| E-3 知道利用奈米塗料，低<br>應用於玻璃、衛浴設備、<br>布料上，能具有防水、<br>防塵、防污的功能。 | 低  | 3.46      | 1.232 | 3  | 3.43      | 1.136 | 3  | —         | —     | —  |
|                                                          | 中  | 4.25      | .844  | 5  | 4.29      | .810  | 5  | 4.36      | .826  | 5  |
|                                                          | 高  | 4.68      | .548  | 5  | 4.75      | .585  | 5  | 4.79      | .568  | 5  |
| E-4 知道利用奈米級技<br>術，應用於硬碟或光碟<br>片的製作，能增加儲存<br>容量。          | 低  | 2.41      | 1.394 | 1  | 2.14      | 1.353 | 1  | —         | —     | —  |
|                                                          | 中  | 3.44      | 1.368 | 4  | 3.64      | 1.162 | 4  | 3.82      | 1.056 | 4  |
|                                                          | 高  | 4.30      | 1.171 | 5  | 4.43      | 1.069 | 5  | 4.50      | 1.072 | 5  |
| E-5 知道奈米光觸媒（例<br>如二氧化鈦），具有消<br>毒、殺菌、除臭的功用。               | 低  | 3.14      | 1.297 | 3  | 3.04      | 1.036 | 3  | —         | —     | —  |
|                                                          | 中  | 4.07      | 1.016 | 5  | 4.29      | .937  | 5  | 4.25      | 1.005 | 5  |
|                                                          | 高  | 4.57      | .742  | 5  | 4.64      | .780  | 5  | 4.71      | .763  | 5  |
| E-6 知道奈米微型感測<br>器，運用於醫學上，能<br>偵測人體內的病毒。                  | 低  | 2.18      | 1.219 | 1  | 1.75      | .967  | 1  | —         | —     | —  |
|                                                          | 中  | 3.57      | 1.136 | 4  | 3.46      | .962  | 4  | —         | —     | —  |
|                                                          | 高  | 4.14      | 1.008 | 5  | 4.29      | 1.049 | 5  | 4.36      | 1.026 | 5  |
| E-7 知道運用奈米科技，低<br>可做出更輕、更省燃料<br>的飛機或其他機具等。               | 低  | 2.70      | 1.382 | 1  | 2.32      | 1.249 | 3  | —         | —     | —  |
|                                                          | 中  | 3.56      | 1.281 | 4  | 3.64      | 1.062 | 4  | 3.64      | .989  | 4  |
|                                                          | 高  | 4.15      | 1.099 | 5  | 4.32      | 1.056 | 5  | 4.43      | .997  | 5  |
| E-8 了解奈米科技之發展<br>的簡要歷史。                                  | 低  | —         | —     | —  | 2.29      | 1.410 | 1  | —         | —     | —  |
|                                                          | 中  | —         | —     | —  | 3.39      | 1.286 | 4  | —         | —     | —  |
|                                                          | 高  | —         | —     | —  | 4.21      | 1.197 | 5  | 4.29      | 1.150 | 5  |
| E-9 了解奈米科技可能<br>被誤用（例如當品牌行<br>銷）。                        | 低  | —         | —     | —  | 2.68      | 1.416 | 1  | —         | —     | —  |
|                                                          | 中  | —         | —     | —  | 3.93      | .900  | 4  | 4.07      | .663  | 4  |
|                                                          | 高  | —         | —     | —  | 4.79      | .499  | 5  | 4.75      | .518  | 5  |
| E-10 讓學生探討奈米科<br>技對環境災害的隱憂，<br>包括環境、醫學、法律<br>等之衝突。       | 低  | —         | —     | —  | 2.04      | 1.372 | 1  | —         | —     | —  |
|                                                          | 中  | —         | —     | —  | 3.41      | 1.185 | 4  | —         | —     | —  |
|                                                          | 高  | —         | —     | —  | 4.52      | 1.156 | 5  | 4.68      | .945  | 5  |
| E-11 知道奈米科技可能<br>的缺點，例如對人類健<br>康和環境可能產生的不<br>良影響。        | 低  | —         | —     | —  | 2.64      | 1.393 | 3  | —         | —     | —  |
|                                                          | 中  | —         | —     | —  | 4.00      | .903  | 4  | 4.18      | .723  | 4  |
|                                                          | 高  | —         | —     | —  | 4.75      | .645  | 5  | 4.68      | .448  | 5  |

表 6.「奈米科技的發展」之意見統計比較表（續）

| 教學目標內容細項                                    | 階段 | 第一次問卷     |    |    | 第二次問卷     |    |    | 第三次問卷     |       |    |
|---------------------------------------------|----|-----------|----|----|-----------|----|----|-----------|-------|----|
|                                             |    | $\bar{X}$ | SD | 眾數 | $\bar{X}$ | SD | 眾數 | $\bar{X}$ | SD    | 眾數 |
| E-12 知道奈米科技可應用於人工器官的發展，以造福病人。               | 低  | —         | —  | —  | —         | —  | —  | 2.18      | 1.056 | 3  |
|                                             | 中  | —         | —  | —  | —         | —  | —  | 3.18      | 1.090 | 4  |
|                                             | 高  | —         | —  | —  | —         | —  | —  | 4.11      | 1.227 | 5  |
| E-13 了解奈米科技如果善加利用可以改善人類生活，並讓產值提高，促進國家經濟的發展。 | 低  | —         | —  | —  | —         | —  | —  | 2.68      | 1.188 | 4  |
|                                             | 中  | —         | —  | —  | —         | —  | —  | 3.79      | 1.067 | 4  |
|                                             | 高  | —         | —  | —  | —         | —  | —  | 4.32      | 1.020 | 5  |
| E-14 了解黃金奈米化後，用途之一是癌症的醫療用途（例如黃金子彈）。         | 低  | —         | —  | —  | —         | —  | —  | 2.04      | 1.201 | 1  |
|                                             | 中  | —         | —  | —  | —         | —  | —  | 2.93      | 1.274 | 4  |
|                                             | 高  | —         | —  | —  | —         | —  | —  | 3.79      | 1.315 | 4  |

## 六、小結

本研究最後篩選的國小應具有奈米科技概念總共有 33 個細項（如表 7）。在各階段應具有的奈米科技項目，「高年級」有 33 項，「中年級」有 15 項，「低年級」只有 1 項目「A-3 知道『奈米』是長度的單位，是很小的長度。」，可見專家們認為 A-3 是低年級階段應該要有的概念。

最後依照分析結果，繪製國小「奈米科技」之核心概念的概念圖請參見附錄。

表 7. 小學各階段應具的奈米科技概念

| 向度                         | 教學目標                                                                                                          | 低 | 中 | 高 |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|
| A<br>奈<br>米<br>的<br>定<br>義 | A-1知道物理學家費曼最早提出「小尺度大空間」的觀念，有人稱之為「奈米科技之父」。                                                                     |   |   | ◎ |
|                            | A-2知道「奈米」是英文nanometer的譯名。其中nano是音譯，meter是「米(公尺)」。                                                             |   |   | ◎ |
|                            | A-3知道「奈米」是長度的單位，是很小的長度。                                                                                       | ◎ | ◎ | ◎ |
|                            | A-4知道「一奈米」是十億分之一米；等於 $\frac{1}{1000000000}$ m。                                                                |   |   | ◎ |
|                            | A-5瞭解「一奈米」大約是一根頭髮直徑的十萬分之一。                                                                                    |   |   | ◎ |
|                            | A-6知道「奈米」可用來表示細菌或病毒的物體大小。                                                                                     |   | ◎ | ◎ |
|                            | A-7知道奈米尺寸的物體必需用電子顯微鏡等儀器進行觀察。                                                                                  |   |   | ◎ |
|                            | A-8認識「奈米標章」並了解「奈米標章」  的意義。 |   |   | ◎ |
|                            | A-9 知道「奈米標章」是經由經濟部對於奈米產品驗證，確認符合規定之奈米產品，所核給之標誌。                                                                |   |   | ◎ |



表 7. 小學各階段應具的奈米科技概念（續）

| 向度                                        | 教學目標                                               | 低 | 中 | 高 |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------|---|---|---|
| B<br>奈<br>米<br>的<br>特<br>性                | B-1知道物質奈米化之後，不只是體積變小，也可能產生新的功能和性質。                 | ◎ | ◎ |   |
|                                           | B-2知道物質奈米化後，光學性質會改變，例如黃金或銀變成奈米尺寸時，會失去原有光澤，顏色會發生變化。 |   | ◎ |   |
|                                           | B-3知道物質奈米化後，熱學性質會改變，例如金屬奈米化後，熔點會降低。                |   | ◎ |   |
|                                           | B-4知道物質奈米化後，力學性質會改變，例如一般陶瓷易碎，而奈米粉末製成的陶瓷有較佳的韌性。     |   | ◎ |   |
|                                           | B-5知道奈米化後有「表面積效應」（總表面積增加）。                         |   | ◎ |   |
| C<br>自<br>然<br>界<br>的<br>奈<br>米<br>現<br>象 | C-1瞭解蓮花效應是因為蓮葉表面的奈米尺寸結構所造成，所以又稱「蓮葉效應」。             | ◎ | ◎ |   |
|                                           | C-2知道蓮花效應是指蓮葉表面具有「疏水性質」與「自潔功能」。                    | ◎ | ◎ |   |
|                                           | C-3知道蓮花、芋頭、水芙蓉等特定的植物葉面能產生蓮花效應。                     | ◎ | ◎ |   |
|                                           | C-4知道蝴蝶的翅膀鱗片的奈米尺寸結構，會產生彩蝶效應，表面散發出不同顏色的光澤。          | ◎ | ◎ |   |
|                                           | C-5知道有些生物體內存有奈米磁體，具導航功能。例如：候鳥、海龜、蜜蜂、鴿子、鮭魚等。        | ◎ | ◎ |   |
|                                           | C-6知道牙齒及貝殼具有奈米尺寸的層狀排列結構，使其產生堅硬的質地。                 | ◎ | ◎ |   |
|                                           | C-7知道鴿、鴨、鵝等羽毛排列非常整齊，且間隙為奈米尺寸，產生疏水性質。               |   | ◎ |   |
|                                           | C-8知道壁虎腳底細毛接近奈米尺寸結構，有很強的附著力，行走在天花板上不會掉下來。          | ◎ | ◎ |   |
|                                           | C-9知道海豚、鯨魚皮膚極為光滑，但是表面佈滿了奈米尺寸的微小突物，具有減少摩擦力、自潔之功能。   | ◎ | ◎ |   |
|                                           | C-10知道昆蟲的翅膀表面有奈米尺寸結構，具有自潔防水功能。                     | ◎ | ◎ |   |
| D奈<br>米材<br>料                             | D-6知道以奈米碳管製作的顯示器，具有「輕、薄、短、小」等的特性。                  |   | ◎ |   |
| E<br>奈<br>米<br>科<br>技<br>的<br>發<br>展      | E-1知道讓物品的某些成分或構造的尺寸在100奈米以下，呈現出奈米的特定功能，才能稱為奈米科技產品。 |   | ◎ |   |
|                                           | E-3知道利用奈米塗料，應用於玻璃、衛浴設備、布料上，能具有防水、防塵、防污的功能。         | ◎ | ◎ |   |
|                                           | E-4知道利用奈米級技術，應用於硬碟或光碟片的製作，能增加儲存容量。                 |   | ◎ |   |
|                                           | E-5知道奈米光觸媒(例如二氧化鈦)，具有消毒、殺菌、除臭的功用。                  |   | ◎ |   |
|                                           | E-7知道運用奈米科技，可做出更輕、更省燃料的飛機或其他機具等。                   |   | ◎ |   |
|                                           | E-9了解奈米科技可能被誤用（例如當品牌行銷）。                           | ◎ | ◎ |   |
|                                           | E-10讓學生探討奈米科技對環境災害的隱憂，包括環境、醫學、法律等之衝突。              |   | ◎ |   |
|                                           | E-11知道奈米科技可能的缺點，例如對人類健康和環境可能產生的不良影響。               | ◎ | ◎ |   |

本研究在調查過程，專家學者提供了總計 126 項次的建議，因此由第一次問卷的 35 項，後續增加為 45 項，廣為採納專家學者的意見，因此應具有某種程度的客觀性與包容性。而進一步查驗三次問卷各向度的標準差的變化（如表 8）。向度 A、B、C 和 E 的平均標準差皆逐次降低，但向度 D 雖然在第三次的平均標準差大於第二次，專家意見分歧度提高，但是如果只比較第三次所保留的六項細目，則標準差仍為逐次降低（依序為：1.383、1.234、1.216）。由此顯示專家的意見在各向度逐漸趨向一致。而且整體的標準差之變化也是逐次降低，依序為：1.182、1.024、.926，顯示專家的意見逐次達到共識，符合大慧調查之特性。

表 8. 各向度三次問卷之標準差的變化

|               | 第一次   | 第二次   | 第三次   |
|---------------|-------|-------|-------|
| 向度 A 奈米的定義    | 1.147 | .984  | .767  |
| 向度 B 奈米的特性    | 1.186 | 1.027 | .925  |
| 向度 C 自然界的奈米現象 | 1.018 | .871  | .743  |
| 向度 D 奈米材料     | 1.396 | 1.160 | 1.216 |
| 向度 E 奈米科技的發展  | 1.163 | 1.079 | .977  |
| 整 體           | 1.182 | 1.024 | .926  |

## 伍、結論與建議

奈米科技是本世紀重要的科技之一，而科技與學術研究的根本在於教育，讓國小學童從小就了解奈米的概念，可使臺灣在奈米技術上有更進一步發展。但目前國內九年一貫課綱尚未列入奈米科技能力指標，因此本研究歸納專家意見建立的小學各階段之奈米科技核心概念，可以做為國小課程之編輯參考，並符合學生程度之各階段的連貫性。

但是本研究建立的小學「奈米科技」核心概念，著重在小學應該教導的教學目標，並未涉及如何教學及評量的討論，如何達成教學目標，尚有待教學研究的確認。另一方面，本研究建立的「核心概念」，屬於「知識」的層面，未包括情意（態度）與技能的層面，這是未來研究應再予探討的主題。其他建議包括：一、本研究的研究結果在國小學童銜接國中課程時是否合適，需要後續研究進一步確認；二、後續研究可參考本研究所歸納之小學奈米科技核心概念，發展評量問卷，以評量國小學童以及教師的認知程度為何，以做為設計教學活動以提升奈米科技概念之認知的參考。三、本研究以專家學者意見建立國小各階段所應教導之奈米科技內容，但是對於在實際進行教學時，是否合適尚未得知，因此探討學生的學習成效及教學的可行性，是未來研究值得深入探討的問題。

致謝：本計畫承國科會補助經費，謹此致謝（計畫編號：NSC- 98-2120-S-005 -002 -NM）

## 參考文獻

### 一、中文部分

- 王崇人 (2002)。神奇的奈米科學。**科學發展月刊**，**354**，48-51。
- 尹邦耀 (2002)。奈米時代。臺北：五南出版社。
- 牟中原 (2004)。奈米科技的展望。**科學發展月刊**，**373**，44-49。
- 何鎮揚、陳雅玲、廖家榮 (2004)。奈米科技交響曲。臺北：臺大出版中心
- 吳雅玲 (2001)。德懷術及其在課程研究上的應用。**教育研究**，**9**，297-306。
- 吳瓊洳 (2008)。多元文化課程評鑑指標之建議－以新臺灣之子學校課程為例。**花蓮教育大學學報**，**27**，85-106。
- 呂宗昕 (2003)。圖解奈米科技與光觸媒。臺北市：商周出版社。
- 李世光、吳政忠、蔡雅雯、林宜靜、黃圓婷 (2003)。奈米科技人才培育計畫之推動規劃與展望：從 K-12 奈米人才培育試行計劃談起。**物理雙月刊**，**25**(3)，435-443。
- 阮國棟、吳婉怡、黃冠穎 (2008)。待解謎團－環境中奈米微粒。**科學發展月刊**，**421**，26-31。
- 林武賢 (2008)。國小五年級教師以實驗操作實施奈米科技教學之研究。東南科技大學機電整合研究所碩士論文（未出版）。
- 阿推 (2005)。奈米超人。臺北：臺灣大學出版社。
- 馬遠榮 (2002)。奈米科技。臺北市：商周出版。
- 高逢時 (2005)。奈米科技。**科學發展月刊**，**386**，66-71。
- 張政義 (2008)。奈米科技融入國小自然與生活科技課程之教學研究。**物理教育學刊**，**9**(1)，1-16。
- 張艷華 (2002)。建構中學教師專業評鑑指標之研究。國立高雄師範大學工業科技教育研究所碩士論文（未出版）。
- 郭生玉 (1986)。心理與教育研究方法（第五版）。臺中：精華書局。
- 郭東瀛、葉吉田、廖駿偉 (2005)。奈米，不是啥稀米。臺北市：天下遠見出版社。
- 陳東煌 (2006)。複合奈米粒子有趣的人造原子。**科學發展月刊**，**408**，40-45。
- 陳浩銘、辛嘉芬、劉如熹 (2008)。具奈米結構的變色龍面板。**科學發展月刊**，**428**，58-61。
- 陳淑思 (2006)。國小教師奈米科技概念之現況研究。國立臺中教育大學自然科學教育研究所碩士論文（未出版）。
- 陳鳳好 (2006)。國小奈米科技教學的設計與成效－以臺中市某國小為例。臺中教育大學自然科學教育碩士論文（未出版）。
- 陳麗文 (2005)。如何在中小學進行奈米科技的教學與應用。**國教輔導雙月刊**，**45**(2)，27-32。

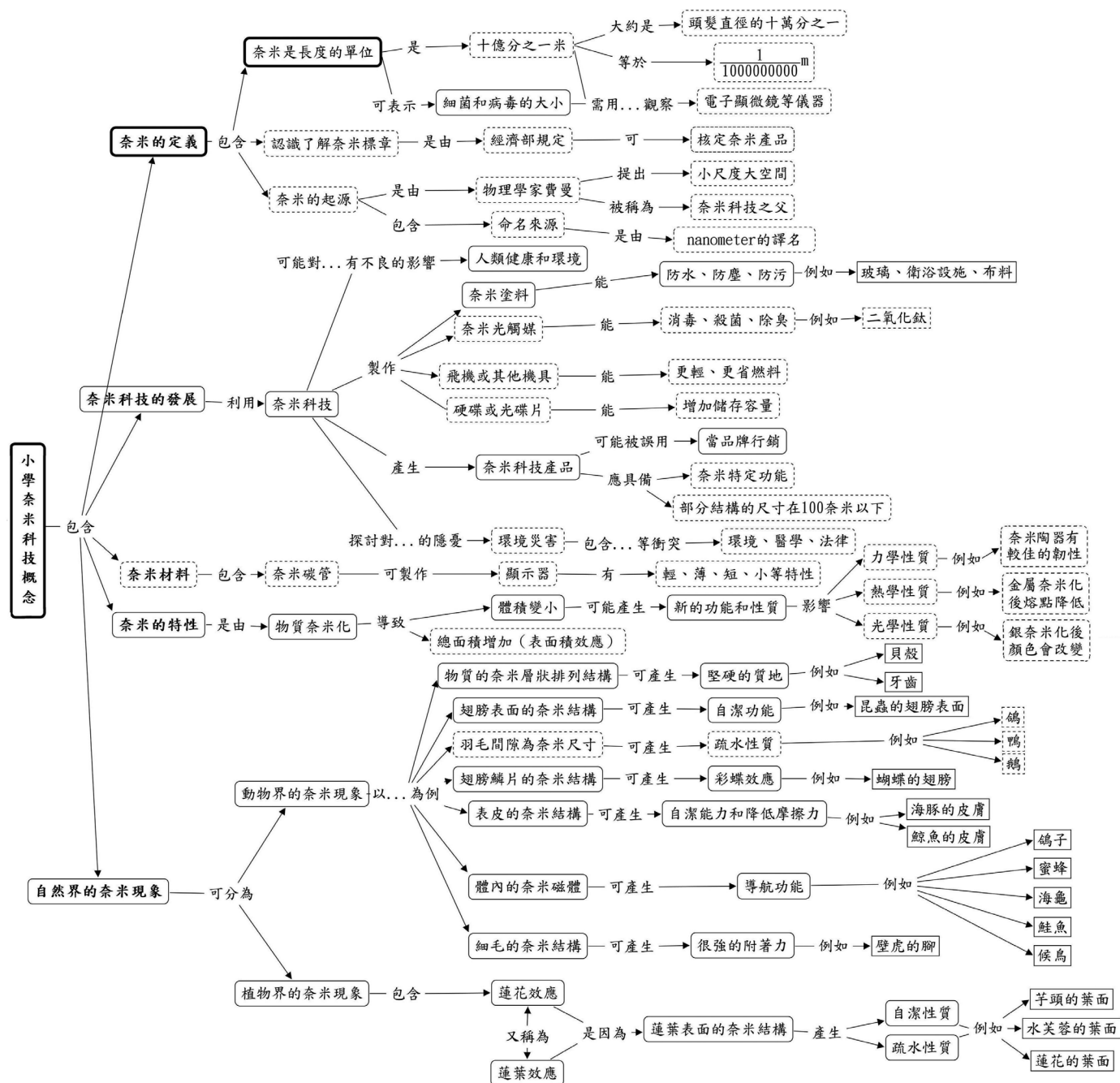
- 陳麗珠 (1998)。臺灣省教育優先區計畫實施之評估研究：教育機會均等理念之實踐。臺中：臺灣省政府教育廳。
- 曾國鴻、陳沅 (2005)。國小高年級學生對奈米科技之熟悉度、學習需求及融入其課程之研究。科學教育學刊，13(1)，101-120。
- 游家政 (1996)。德懷術及其在課程研究上的應用。花蓮師院學報，6，1-24。
- 黃光照、李重賢、李美英、劉怡君 (2004)。奈米科技交響樂－物理篇。臺北：臺大出版社。
- 廖婉茹 (2006)。奈米科技與生活。臺北：五南出版社。
- 廖達珊、胡苓芝、潘彥宏、孫蘭芳 (2004)。奈米科技交響樂－生物篇。臺北：臺大出版社。
- 劉祥麟 (2001)。臺灣奈米科技研究體系之簡介。物理雙月刊，26(6)，599-602。
- 潘文福 (2004)。奈米科技融入九年一貫課程之領域主題規劃。生活科技教育月刊，37(2)，20-25。
- 蔡元福、吳佳瑾、胡焯淳 (2004)。奈米科技融入自然與生活科技領域教學之初探。科學教育研究與發展季刊，35，39-50。
- 蔡鳳娥 (2005)。資訊科技融入國小奈米科技教學之研究。國立臺中教育大學自然科學教育碩士論文（未出版）。
- 鄭天佐 (2005)。觀看和搬移原子－前沿奈米科技。科學發展月刊，395，38-43。
- 鄭天喆、姚福燕 (2004)。深入淺出談奈米科技。臺北：可道書房。
- 謝文全 (1989)。教育行政－理論與實際。臺北：文景出版社。
- 謝瑞祥 (2008)。國中學生對於奈米科技知識認知之初探－以臺中市三所國中為例。國立臺中教育大學自然科學教育碩士論文（未出版）。
- 龔建華 (2002)。你不可不知的奈米科技。臺北縣：世茂出版社。

## 二、英文部分

- Healy, N. (2009). Why nano education? *Journal of Nano Education*, 1, 6-7.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "Ideas-about-Science" should be taught in school science? A delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Roco, M. C. (2006). Nanotechnology's future. *Scientific American*, August, 39.



## 附錄 小學奈米科技概念圖



註：低年級之教學目標

中年級之教學目標

高年級之教學目標



## 網路探索協同教學在國小自然科的應用與成效

### The Application and Effect of Web-Quest Team Teaching in Primary School Nature Science Classes

莊敏雄\*  
Min-Shiung Chuang

洪振方\*\*  
Jeng-Fung Hung

宋國城\*\*\*  
Quo-Chen Sung

(收件日期 100 年 1 月 3 日；接受日期 100 年 4 月 26 日)

#### 摘 要

本研究探討實施網路探索協同科學寫作教學的協同行動研究中，教師教學所遭遇的困境及解決方法，以及對學生在科學學習及科學寫作上的影響。研究對象為中部一所小學六年級的一個班級 34 位學童，為期八週的教學，資料的蒐集包含網路探索學習單、教師群的省思日誌、觀察日誌、討論記錄及學生的科學寫作學習單等。研究結果顯示在協同教學過程中，教師群面臨的困難為：網路資料來源的多元對教學產生困擾、學生使用複製方式完成作業的不恰當心態、寫作教學策略意見的不同、學生回饋意見狀況不佳等，教師群透過協調達成共識以修正教學，解決問題。而學生在透過網路探索協同教學的方式進行學習後，學童在科學寫作上進步達顯著水準，具中高效果量。且對中學業成就組學童的改變量為最佳，差異達顯著水準，且有大的效果量。

**關鍵詞：**協同教學、科學寫作、網路探索

---

\*高雄師範大學科學教育研究所博士研究生（通訊作者）

\*\*高雄師範大學科學教育研究所教授

\*\*\*清雲科技大學空間資訊與防災科技研究所教授

### Abstract

This study investigated the encountered difficulties and solutions of teachers using Web-Quest team teaching for scientific writing, and examined its effect on students' scientific learning and scientific writing. An eight-week class was conducted in a class of 34 sixth grade students at a primary school in central Taiwan. The data were collected from the Web-Quest learning sheets, reflective and observation journals of the teachers, discussion records, and the learning sheets used for scientific writing. The results showed that the difficulties encountered by teachers in team teaching were: diversified and perplexing information sources on the Internet, the improper habit of students copying and pasting information from web pages, divergence in strategies for teaching writing, and a lack of feedback. After coordination, the teachers had a consensus to modify the teaching approach and solve the problems. The students were then able to learn under Web-Quest team teaching, their progress in scientific writing was significant, and the size of the effect was above average. The most significant effect was in the mid-academic-achievement group, which had the largest effect size. Therefore, Web-Quest team teaching deserves further promotion in teaching.

**Key words:** Team Teaching, Scientific Writing, Web-Quest

## 壹、前言

一般談論科學的教學大多關注在科學內容的閱讀理解與實驗的操作，相對忽略了寫作的部分，寫作在學習中常見運用於語文領域的教學，但它在科學學習中亦具重要性 (Chuang & Hung, 2008)。Hand, Hohenshell 與 Prain (2004, 2007) 指出透過科學寫作的歷程，可以培養學生思考、分析與組織資料與如何表達的能力。從建構主義的觀點來看，知識是學習者本身的先備知識與學習情境互動產生的結果 (Wallace, Hand & Prain, 2004)，在先備知識與學習情境互動的過程中，學生必須有充分時間思考所學習的科學概念與先備知識之間的關聯，藉由衝突與發現問題，經過問題解決的歷程而後融合先備知識與新學習的科學概念，才能夠建構出自我的知識理解系統。這樣的歷程應用在科學課室中，必須透過教師提供足夠的時間等待學生回答，就顯得有其必要性 (Brooks, J. G. & Brooks, M. G., 1993)，使用科學寫作的策略具有這方面的優勢，它提供較充足的時間讓學生思考，激發學生主動連結先備知識與學習概念。

隨著網際網路的興起，改變傳統的科學教學觀，它擺脫過去以書本為主的教學，提供在科學教學與學習上更多元的途徑（林奇賢，2004；Schneider, Krajcik & Blumenfeld, 2005）。九年一貫課程中，並沒有單獨設立資訊課程，而是將之列入六大議題中，鼓勵教師能將資訊融入教學，學生也能在各科教學中學習到運用資訊的能力（教育部，2010），這使得科學教學與電腦網路有更密切的互動。採用資訊融入教學的方式，因為網路的環境提供各種不同認知負荷的學習內容，老師要引導學生使用電腦鷹架他們的收集、對資料分析、畫圖和鼓勵思考等 (Schneider et al., 2005)，除了可以幫助學生進行學習，更可減輕學生在學習上的負擔。

Marlene 與 Bennett (2002) 指出透過不同領域的教師協同，除了共同解決教學面臨的問題之外，還可因為不同觀點的衝突尋找協調，從不同領域的觀點中擴展教學的知識，並在教學專業上有所成長。Marlene 與 Bennett 更進一步指出透過語文教師教導學生寫作的技巧、組織內容及引導學生表達科學主題有其成效。

當學生以科學寫作的方式進行學習時，都感受到不知道該寫些什麼（羅廷瑛、張景媛，2004；Hand et al., 2004, 2007），原因是因為科學教科書中詳細陳述的內容不多，需要教師補足多方的內容。而網路豐富的資料與多樣的呈現內容，如：科學文章、科學影音、科學圖片、互動式的活動設計等，會吸引學生學習的動機與興趣 (Sun, Lin & Yu, 2008)，並且補足內容不足的問題，而且 Conner (2007) 認為使用科寫作的策略幫助學生作後設的理解監控是有效的策略。當學生在不知道如何以科學寫作進行科學學習時，使用網路探索作為媒介，提供寫作的內容探索，以科學寫作的策略進行理解的監控，並且藉由不同領域專業教師的引導，將為科學學習帶來新看見。

基於以上論點，本研究目的在探討實施網路探索協同教學，不同領域的教師面對教學策略整合、教學計劃及活動實施的過程中如何達成共識，解決協同教學上的問題。以及探討實施網路探索協同科學寫作教學的方式對學生在科學學習與科學寫作的影響。本研究的

問題如下：

- 一、實施網路探索協同教學，教師群面對教學策略運用及活動實施的困難為何？
- 二、實施網路探索協同教學，在相對應的教學策略下學生學習之改變為何？學生科學寫作的表現在協同教學前、後是否有差異？
- 三、實施網路探索協同教學，不同學業成就組學童在科學寫作上的表現是否有差異？

## 貳、文獻探討

### 一、網路探索的教學與學習

資訊融入教學是教育部在中小學實施與推行的教育方針。教師如能在其教學中使用科技輔助，學生的學習將不再枯燥，教師的教學活動設計也將隨著資訊科技的運用而顯得吸引學生的注意，在這種學習過程中，學習者比較容易內化與統整學習材料（林奇賢，2004）。由於網路的發達，學生利用網路學習提高學習動機、增進學習興趣、學生可依興趣與能力，安排合適的進度，增進學習成就、培養問題解決能力、強化學生的自信心和靈感巧思（Enochsson, 2005）。網路能提供豐富的資訊以利學習者有更多的機會學習，在網路上學習者也必須學會判斷訊息的正確性與否，同時再根據判斷重新建構自己的經驗。Jonassen (2000) 認為教師可透過「擬定計畫」、「使用工具或策略搜尋網際網路」、「評鑑資訊的可用性」、「使用第二手資料來源」、「批判及評鑑資訊」、「蒐集並使用所搜尋的資訊」及「學童對搜尋學習活動的自我反省」七個步驟指導學童做有效的網路搜尋。而許意萃 (2007) 將網路搜尋流程與策略，歸納為四大步驟，分別是「了解與分析問題」、「形成關鍵詞」、「進行搜尋」及「提取資料與修正」。在網路及資訊科技普及的今日，如何指導學童有效地進行網路資料搜尋，將是一個重要的課題。透過不同的途徑及方法，學生可以建構出不相同的科學概念和知識的學習（Enochsson, 2005）。蔡今中 (2002) 的研究發現網路應被視為超越認知與後設認知的工具。從網路中進行知識的探索，提供多元知識的來源，主要是知識的獲取與整合，讓學生可以依據自己興趣或是課程內容而使用網路的知識庫，進行知識性的探索活動，從獲得大量資料之下，使用後設層次的理解學習策略（Kuhn, 2005），形成一個有意義的學習。

教育部曾根據中小學資訊總藍圖推動「資訊科技融入教學」的政策，擬定教師運用資訊科技融入教學之教學活動時，老師應運用網路資訊來擴展學生的學習領域、提升學生的學習能力。網路教學環境具備了教學資源豐富等特色，因為網路上蘊藏了豐富的知識資源，可供老師取用作為教材的內容或是課外補充的教材；學生也可以依自己的興趣和需要，搜尋相關的資料來輔助學習。

網路存在著許多的知識，透過網路學習的方式提供學生不同的學習方式。Sun, Lin 與 Yu (2008) 的研究指出，小學生使用網路為基礎的學習方式，其效果比傳統的教學方式還要好。因為網路上的學習提供學生探索實驗的方式。Chang 與 Yang (2010) 在研究中也指出使用網路進行課程學習，學生最喜歡以低認知負荷的方式進行學習（如科學影音、科



學圖片、互動式的活動設計)。而不喜歡高認知負荷的方式(如純粹文字性質之科學文章、線上測驗等)。所以教師在使用網路為媒介進行教學時,應該適當地引導學生選擇不同的認知負荷的學習內容,才能夠促進學生建構科學概念的基模。因此,在學習過程中透過教師的教學引導及探索內容的審核,學生可以從網路探索中獲得適合且具廣度的學習內容。

## 二、科學寫作的教學

羅廷瑛與張景媛(2004)以科學寫作活動的知識建構,探討對國小四年級學生對自然科學學習效果之影響,透過科學寫作的練習,使學生知識的建構具有深度及廣度,並且對科學的學習,產生正向的積極態度(頁23)。科學寫作的活動屬於高層次的認知思考活動,在活動中如果沒有適當題材的引導或是教學上的引導,學生必須花比較長的時間來適應此種學習方式(蘇明俊、羅豪章,2007; Marlene & Bennett, 2002)。況且學生在科學寫作時,經常感受到無從下筆之恐懼(羅廷瑛、張景媛,2004; Hand et al., 2004, 2007),究其原因之一是無人可以指導如何進行寫作。蘇明俊和羅豪章在野外探究教學的活動後,教師對學生進行科學心得寫作的指導活動,然後讓學生實施野外探究教學的心得寫作,使用這樣的方式,學生在科學心得寫作上的表現比未經指導的效果好。

在科學的教學與學習使用科學寫作的活動過程中,自然科教師常有不知道如何指導學生從事寫作的窘境(羅廷瑛、張景媛,2004; 蘇明俊、羅豪章,2007; Hand et al., 2004, 2007; Marlene & Bennett, 2002)。學生在科學學習後實施寫作的活動,經常只是以回憶的方式進行寫作,無法掌控及選擇學習的題材與內容,學生不容易下筆,因為不知道要如何以寫作的方式呈現自己對學習內容的理解。因此,在科學教學活動的設計中,如果能提供鷹架引導學生寫作,對學生的科學知識的學習應該有所助益(Gunel, Hand & Prain, 2007)。

如果在科學學習的過程中,利用寫作當作教學輔助的策略,建立寫作的鷹架,教導學生寫作的策略或是採用文本關聯指導活動(DARTs),可以提昇學生在科學寫作的品質(Wellington & Osborne, 2001)。作法可分為重建式(Reconstruction)和分析式(Analysis)兩種。前者係透過「已處理過」的文章,亦就是以解構後的組件提供學習者重新組織之;後者即是使用「未處理過」的文章,讓學習者分析其內容。DARTs 模式除了符合促進「積極閱讀」的理念外,也因提供寫作呈現的機會,包括報告寫作式支持架構、解釋式寫作支持架構、和實驗報告式寫作支持架構等三種。學童在讀寫中可以輔以查對課本、習作、或其他參考資料,符合讀中有寫、寫中可讀之整體讀寫教學活動情境立意。但是雖然呈現的是讀中有寫,寫中有讀,在閱讀階段教師的引導更顯重要,教師引導寫作時的架構組織更可以幫助學童呈現新的寫作作品。

綜合上述可知,當教師在引導學生進行科學寫作時,必須先對學生的起點行為及背景知識有所了解,並要求討論相關主題或是辯證他們所認為或持有對主題理解的觀點,更應該要使用適當的策略以增加可用於寫作的訊息與材料,讓學生在寫作過程中產出更多的寫作觀念,使寫作進行更順利,此外並需於平時多加強學生對於文本內容的組織結構之認識(林雅慧、蔡佩穎、張惠博、張文華,2007; 莊敏雄、洪振方、宋國城,2007; Chuang &



Hung, 2008)。Akkusa, Gunelb 與 Hand (2007)、Gunel 等人 (2007) 也認為教師提供寫作的主題及架構安排必須要明確，要能夠使兒童了解，否則學童在寫作時會有失敗的危險，且可能因此而失去寫作的興趣與動機。所以進行寫作時還必須注意到寫作架構的呈現、表達語彙的使用、並且應該提供相關的概念或內容以增進可讀性、以及對論述目的要清楚，要能夠建立論述的結論 (Chuang & Hung, 2008)，幫助學生以邏輯思考的方式組織他們的思考。

### 三、協同教學的重要性

協同教學就是一群教學者共同合作，共同擔任教學工作，共同教導學生，完成單元的教學活動。它的特色是專業社群的組合、分工合作的專業對話、彈性的教學模式、教學媒體的配合運作 (Hargreaves, 1994)。協同教學的實施，除了解決教師人力與能力不足外，更發揮教師的專長，提供學生多元化活動的學習內容 (Buckley, 2000)。協同教學是以學生為中心，以學生的立場為出發點改進教學組織與教學型態的一種教學法。教育部〈國民中小學九年一貫課程綱要〉中指出「學習領域之實施，應掌握統整之精神，並視學習內容之性質，實施協同教學」(教育部，2010；頁 8)。而其教學的型態可以區分為單一學科領域與跨學科領域之教學模式。

依據 Buckley (2000) 的觀點認為，協同教學實施步驟分為三個階段：

- (一) 計劃：教學者共同合作教學計劃，包括教學目標的制訂、教學內容之選擇、教學內容之分配與排定。
- (二) 教學：參與教師群共同擬定教學策略，探討是否採用大班教學、小組討論、抑或是個別式學習等方式。
- (三) 評鑑：包含評量學生的學習與教學成效評鑑及協同工作評鑑等。

雖然實施協同教學有其步驟，但是 Buckley 更強調協同教學實施前的規劃細項與實施後之對話。

王素芸 (2009) 指出協同教學的實施必須依學生之特性與需求，設計教學活動，以滿足學生之個別需求，並提供學生適性學習的機會。協同教學提供課程上的統整、多元與創造的活動，促進學習者積極的學習態度與自我肯定以增強學習，提昇學生的學習興趣 (Tobin, Zurbano, Ford, & Carambo, 2003)；並在教學過程中透過不同教師的觀點及教學模式汲取不同教師的專長，獲得多元的見解，多元的學習方式，激發多元學習潛能 (Buckley, 2000)。而在教師方面，藉由協同教學的實施，提供機會讓教師在教學設計與教學上發揮教師專長，提昇教學成效與增進教學滿意度，並能增進教師的教學專業信心與熱忱 (Letterman & Dugan, 2004)，在協同合作下，增加教師群間互動、意見交流的機會，分享教學經驗，在教學上做更加寬廣、更彈性的思考方向，改進教學策略與啟發教學之創意，改變教師自己的教學觀，增進教師同儕的成長 (王素芸，2009)。

#### 四、小結

從上述文獻所顯示，在科學的學習上，自然科教師可以透過網路多元的資料來源延伸學生的學習內容，Chang, Chen 與 Hsu (2011) 指出實施網路探索的學習，可以幫助學生獲得更多的知識與經驗，並能夠激發學生完成不同的學習任務及培養洞察力及表達的能力。因此，以網路為基礎實施網路探索的學習，能夠正向地幫助學生在科學概念上的學習。但是在引導學生探索科學相關內容的選擇上，必須特別注意學生的認知負荷，宜引導學生選取適當的內容 (Chang & Yang, 2010)。以科學寫作學習的策略形成科學寫作文本的過程中，如果由專業的語文科教師在寫作上的引導，或許更可以幫助學生對科學學習內容的組織思考有所助益。因為當學生將想法以寫作的方式表徵出來時，必須涉及到更為複雜的認知策略，例如精緻、組織以及理解監控策略等 (Conner, 2007)，才能協助學生進一步建構出對科學知識的理解，達到科學學習的目標。經由協同教學的實施，讓不同領域的教師提昇教育內容與能力的機會 (Letterman & Dugan, 2004)。

在本研究中使用網路探索策略是依據 Jonassen (2000) 認為網路探索要能夠學會「蒐集並使用所搜尋的資訊」、許意苹 (2007) 主張網路搜尋最後步驟「提取資料與修正」、及 Chang 與 Yang (2010) 建議網路資料形成認知負荷的主張為原則，網路探索提供學生多元知識的來源，學生可以依據自己興趣探索更廣與更深入的學習內容，是學習的知識庫來源。Gunel et al. (2007) 主張在科學教學活動的設計中，教師應該提供鷹架引導學生進行科學寫作，對學生的科學知識的學習才會有所助益的論點下，科學寫作在本研究中的角色是輔助學生從整理網路探索資料，藉由科學寫作的過程對科學概念的學習能夠有效的後設綜合整理。

所以本研究冀透過跨領域的協同教學之行動研究，協同自然科教師使用網路探索的策略與語文科教師在寫作上的引導，依據 Buckley (2000) 主張的協同教學之步驟，促進不同領域教師專業的交流，提昇教師群之專業成長，也提供學生多方試探、多方學習的機會，讓學生潛能得以充分發展。

### 參、研究設計與實施

本研究以行動研究的模式，從規劃、行動、觀察、反省與修正 (Elliott, 1991) 五個循環程序進行。

- (一) 規劃：研究者蒐集相關教學資料，依據 Buckley (2000) 所提出之協同教學實施步驟：計劃、教學、評鑑為主要階段，設計協同教學活動，以供教學使用，教學活動的設計是透過教師群共同討論，並請益專家教授之意見審核活動的安排適切性，並針對建議做修正。
- (二) 行動：主要教學活動的實施，教師先進行網路探索的引導教學，並同時實施寫作教學的協同課程，以自然科網路探索的資料為輔助，引導學生如何分析、組織資料以進行寫作。

- (三) 觀察：在教學活動進行中，教師觀察課室教學活動行的情況，以錄影及錄音的方式全程記錄，並觀察教師及學生之間的互動，以及學生的學習情況，並記錄對學生晤談的對話。
- (四) 反省：每次實施教學後，針對教學的過程記錄及教師的教學反思記錄，透過教師群的討論進行反思檢討，共謀教學方式及教學中面臨的困難，尋求解決的方式，以利下次教學活動中能夠順利進行。
- (五) 修正：從觀察與反省得到的討論結果，重新規劃下一階段的教學。

## 一、研究場域及對象

本研究場域為中部一所中型小學，全校共計 26 班。該校推行晨間閱讀計劃，主要的書籍以兒童文學類為主，較少接觸自然科學的書籍。對於自然科的教學以教科書為主，輔以進行教科書中的實驗，在自然科寫作部份，僅以習作本的內容記錄為主。學校的資訊教學以學會文書處理軟體、網頁製作軟體為主要目標，而資訊融入教學大多應用在語文學習領域。

該校有兩間電腦教室，有良好的電腦網路學習環境及正常化的電腦教學，教師上課偶爾會使用網路讓學生有機會接觸網路上相關的學習內容。研究個案班級為六年級一個班級，男生有 18 位，女生有 16 位，採用六年級學童為研究對象是依據 Piaget (1965) 指出七至十二歲學童認知發展上的不同，顯示出不同時期兒童對問題思考的差異。本研究教學主題包含比較抽象的科學概念，如繁殖、社會習性等，採用六年級的學童，因其具有相當程度的抽象思維能力。該班學生家長背景以農工居多，家長重視的學科以數學及英語為主，對於自然科的課業較少在課後有所接觸，學生在家使用電腦大多是以娛樂為主。

## 二、實施步驟

本研究實施教學時程為八週，針對國小六年級自然與生活科技領域課程中的「動物世界面面觀」及「生物的繁殖」作為協同教學的單元之主題。教科書中的「動物世界面面觀」主題內容強調動物的生活習性、動物的群居環境介紹、及動物的社會習性與族群等科學概念，具有豐富的內容、明確的主題。在「生物的繁殖」單元則強調動、植物的不同繁殖方式的特徵及分類，具良好的科學主題探討性及明確的科學概念，更有完整寫作題材的內容，兩個單元有相連貫的特性，適合使用網路探索協同寫作的方式進行學習。

整個協同教學活動的規劃經過參與教師的討論後，依據計劃、教學及評鑑為階段設計教學活動。規劃為下列四個階段，（如圖 1 所示）。

### （一）準備計劃階段

研究教師群商討教學的規劃與設計，針對協同教學進行教學工作分配，決定以「動物世界面面觀」及「生物的繁殖」為教學主題，由自然科教師（Science Teacher，以下簡稱 TS）進行主題概念及網路探索的教學，語文教師（Language Teacher，以下簡稱 TL）進

行科學寫作技巧引導教學，教師群討論協同教學的安排、確定上課內容、及討論上課的流程，並進行教學設計及活動的安排。

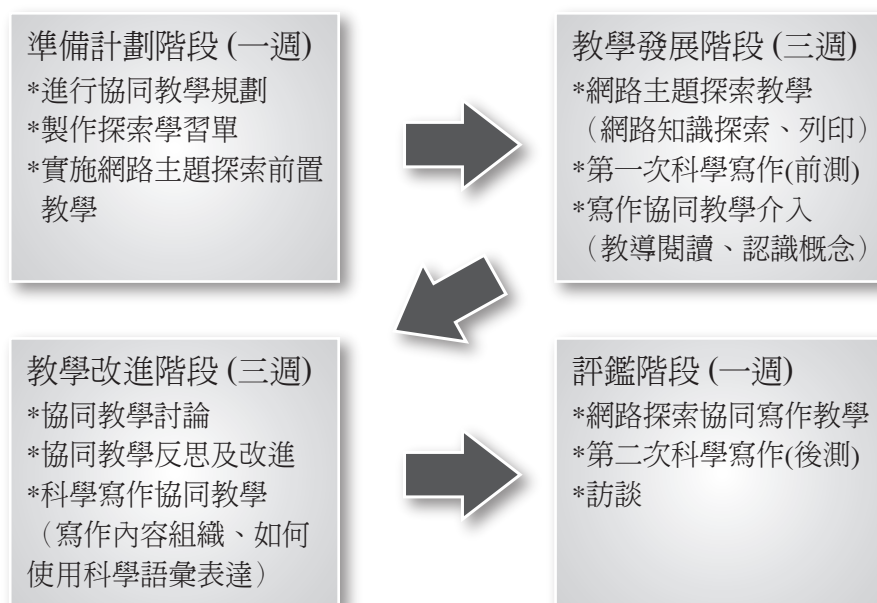


圖 1：教學流程規劃圖

## (二) 教學發展階段

每一次的主題概念教學後，TS 利用網路探索的方式教學，教導學生「了解與分析問題：分析生物繁殖的方式，及動、植物繁殖方式的異、同」、「形成關鍵詞：以『繁殖方式』為關鍵詞」、「進行搜尋：蒐尋適當的參考網站頁面」及「提取資料與修正：將適合內容提取、整理並加以註明出處」，擴展學習內容。在協同教學介入前，進行第一次科學寫作當作前測。科學寫作協同教學介入後，TS 教導生物的繁殖課程的內容，並且引導學童作網路探索的活動，下載或列印探索的資料，在科學寫作技巧引導的課堂中，由 TL 教導如何將資料重建之寫作技巧。除了講解資料的閱讀整理之外，並教導學生重建科學內容，組織成一篇寫作的架構，讓學生在協同科學寫作教學中，學習整合更多的科學概念學習之內容，並透過教師群對生科學寫作作品作意見回饋，進行科學寫作內容的修定。在每次教學後教師群透過討論提出教學上發現的問題，針對問題提出解決方案，進行教學上的修正。

## (三) 教學改進階段

協同教師群在歷經發展階段的協同教學過程中，對發現的問題及教學面臨到的難題提出討論，協調相互間不同的意見、並尋找文獻或諮詢科學教育專家，討論解決策略。而在此階段中將教學過程所面臨的問題作修正，並且持續檢討修正教學上產生的新問題。由於發展階段發現學生在網路探索的科學內容組織以科學寫作呈現的並不理想，所以此階段協同教學的重點在於引導學生可以將探索的科學內容作有效的組織，並可以運用科學語彙表



達在科學寫作上，重建一份科學寫作的文本。

#### （四）評鑑階段

此階段在於評鑑協同教學後對教師成長的影響，及評量學生科學寫作的後測，並對學生進行訪談，以了解網路協同科學寫作教學對學生學習的影響。

### 三、研究工具

本研究採行動研究方法，行動研究中主要的研究工具即為參與教學與研究的教師（王素芸，2009；Buckley, 2000）。蒐集研究資料的工具包含「教學教師」、「省思記錄」及「半結構晤談記錄」以及對學生科學寫作作品評量的「科學寫作評量表」，分述如下。

#### （一）協同教師

協同教師群有 TS，為某國立教育大學科學教育研究所畢業，教學年資為 15 年，自然教學年資 9 年，班級教學年資 6 年，教學期間曾指導學生參與科學營的輔導活動，也參與國家教育研究院科學教育類之相關研習，對於小學科學課程熟諳。另一位教師為 TL，教學年資 28 年；自然教學年資達 16 年；一般（包含語文）教學年資達 12 年，曾指導學生參加縣科學展覽獲第三名及第二名，並曾指導學生參加作文縣賽第二名及指導學生參加全國語文寫作比賽榮獲佳績，並多次獲邀為作文比賽及演講比賽之評審老師。兩位教師皆參與過教育部補助中小學行動研究的計劃。

#### （二）半結構晤談

本研究採用半結構式晤談，晤談的目的在瞭解學生學習的狀況及對教學活動實施的意見。教師群事先討論晤談的大綱，在教學過程中依據晤談的目的及教學的反思進行晤談題目的修正。而晤談對象的選擇以國語及自然科學業成就測驗的平均成績之表現高、中、低各選二位。晤談時間分為兩階段，第一階段於寫作協同教學初次介入，第二次晤談時間為寫作協同教學結束。

#### （三）協同教師省思記錄

本究中的協同教師省思記錄包含教學教師的教學省思記錄、教學觀察記錄。教學省思記錄內容以教學實施、教學狀況及教學心得為主，教學觀察記錄以觀察教師於教學活動的教學狀況及學生學習反應的狀況記錄為主要內容。兩種省思記錄是用來當作協同教師群在教學討論會議時的反思及檢討的工具，作為對教學及課程進行策略使用之反省與改進的依據。藉由省思記錄的撰寫記錄研究過程中的教學事件、感受、困難及發現與成果，提供教師對教學工作的反省與思考，精進教師群的教學能力。

#### （四）科學寫作評量表

本研究所採用的科學寫作評量表是參考蘇明俊與羅豪章 (2007)、Taylor (2007)、



Chuang 與 Hung (2008) 所主張的科學寫作注重的要點為依據，將評量表區分為「主題概念認知」、「科學內容組織」、「科學語彙表達」三個向度。主題概念認知：能將相關主題概念的認知作呈現。科學內容組織：良好的因果或關係的敘述呈現，使內容組織具有邏輯。科學語彙表達：使用切要的科學語彙來傳達及解說科學概念，使讀者瞭解作者所要傳遞的資訊，不會誤解表達的意義。科學寫作評量表定義說明如表 1 所示。

研究者委請一位科教專家、一位科教所博士生及一位國小專家教師對科學寫作評量表評分方式及內容進行審查，建立評量表之內容效度。對於學生寫作作品的評量，邀請兩位具科學教育背景之專家教師進行評分解說與討論，達成共識後以臨近學校的一個班級學童之科學寫作作品進行評分，得到兩位評分者 Pearson 積差相關係數  $r=.86$ ，顯示兩位評分教師對學生科學寫作的評分達可信任之一致性。碰到意見不同時，透過評分者共同討論得出共識為止。

表 1. 科學寫作評量定義說明

| 項目     | 概念性定義                       | 操作性定義                                                  | 評分級距  |
|--------|-----------------------------|--------------------------------------------------------|-------|
| 主題概念認知 | 能將相關寫作主題概念清楚寫出。             | 可以將動物不同繁殖方式相關概念陳述清楚。<br>如：動物繁殖的方式分為胎生、卵生和卵胎生，胎生是在母體內…。 | 1~5 分 |
| 科學內容組織 | 能夠使用良好的因果關係的敘述，使內容組織具有邏輯。   | 能夠介紹動物繁殖的類型，再陳述不同繁殖類型的差異。如：胎生動物在母體內受孕，由母體提供養份成長…。      | 1~5 分 |
| 科學語彙表達 | 能夠用切要的科學語彙作表達，使讀者不會誤解語彙的意涵。 | 能夠使用繁殖、胎生、卵生、卵胎生等相關主題之科學語彙。                            | 1~5 分 |

#### 四、資料分析

依據 Guba (1981) 指出對同一現象使用不同的方式蒐集不同型態與來源的資料，可以避免研究者的偏見與增加研究的信度與效度，增進研究判斷的正確性。本研究依據研究目的蒐集協同教師群的教學省思記錄、教學觀察記錄、對學生晤談及對學生的科學寫作作品評分的資料。

資料的分析採 Patton (1990) 主張先集合原始資料，將資料進行組織分類，使其成為容易分辨和相關整合的資料。最後依據研究問題與發現交叉比對相關的資料而形成研究發現。資料分析過程採用持續性比較，並進行三角校證，以瞭解協同教師群在教學的面臨的

困難與成長。

學生的科學寫作之作品，以科學寫作評量表進行計分，並以 SPSS12.0 進行描述性統計及單組前、後測 t 檢定，判斷網路探索協同科學寫作教學對學生學習成效之影響。並依據學生國語科與自然科學業成就之平均區分為低學業成就組（後 27%）、中學業成就組（中 46%）與高學業成就組（前 27%），以組別為自變項，科學寫作的改變量（後測減前測）為依變項，進行單變量變異數分析 (ANOVA)，探討網路探索協同科寫作教學對不同學業成就組學童表現的影響。

## 肆、結果與討論

### 一、教師面臨教學的困難

問題一：網路多元資料來源使得教學掌控不易

TS 在網路主題探索中教導學生使用網路蒐尋工具，學習延伸的科學內容，學生興奮表示，從網路中可以找到豐富的學習主題相關的知識，如 S17「哇！這個網站把植物繁殖的方式寫得好多…」、S08「企鵝寶寶是由公的照顧耶！」探索的內容比自然科教材更多、更詳細，但是教師群發現當學生面對龐大訊息來源時，會顯得無所適從，TS 教學日誌中就提到「使用網路探索教學幫助學生找到許多相關的資料，但是資料太多會讓學生不知所措？也對老師提出偏離主題的問題。」究其原因是網路的資料面太豐富，學生面對眾多的資料，不知如何選擇，大多以走馬看花的方式瀏覽，或是持續詢問教師「這個可以嗎？」，尋求教師對探索資料的肯定，而對教師教學進度產生困擾。TL 在觀察日誌中也發現到「學生面對太多的資料面，並沒有仔細閱讀，僅短暫瀏覽一些圖片及簡介而已，及一直尋求教師的支持與讚許。」教師群認為網路的多元資料來源成為教師教學與學生學習上的困惑，也對教師在教學進度掌控上產生影響。因此 TS 在教學討論中提出建議「我們是不是要先替學生篩選過適合的網站，提供適當的網站，讓學生參考？」

解決方法一：教師提供鷹架引導學生探索適當的資料

Cervetti, Pearson, Bravo & Barber (2005) 強調在科學教學中，教師應該提供學生學習鷹架，協助學生藉由書本或媒體等，選取能表徵關鍵科學概念內容的核心，以便和他人溝通對科學內容的認知與想法。因此當面對網路龐大且多元的資料中，教師有責任引導學生汲取適合的學習內容，TL 在教學討論中主張「有些網站的資料並不適合學生，內容太深且複雜，我們應該找出一些適合的網站讓他們參考。」TS 也回應「下一次上探索課時，會先介紹適合兒童參訪的網站，並製作探索學習單，讓學生有一個依循。」於是教師群製作網路探索學習單，建議一些適合小學兒童且和教學主題相關的網站，引導學生從網路中探索學習內容。教師提供鷹架，建議參考像動物園的兒童網站等，並在學習單中區隔特徵、習性等欄位，讓學生有一個依循，以解決龐大資料來源產生的困惑。

問題二：學生使用複製方式完成探索作業

當教師群使用探索學習單，學生雖然不再感到困惑，會依據探索學習單的引導將探索「生物的繁殖」內容填上，教師群發現學生對探索的資料未加以閱讀，以複製、貼上的方式完成網路主題探索學習單（原本的學習單設計是以電子檔呈現的方式為主）。TL 在觀察日誌中就提到「我發現學生用選擇、複製的方式完成探索學習單所須填寫的欄位，急著趕快要完成作業，並沒有先閱讀網站的內容」。這與 Kuhn (2005) 的研究發現有相同的現象，學生將網路上探索的資料使用複製的方式，疏於閱讀。因此 TS 在教學討論中建議「在寫作教學進行時，請 TL 教導學生如何整合探索的資料，協助學生對資料的內容進行彙整、組織，而不是僅教導寫作的技巧。」

### 解決之道二：協同教學進行閱讀指導的活動

教師群討論後，TS 提出曾閱讀過相關的文獻，建議採 Wellington 與 Osborne (2001) 的文本關聯指導活動策略中的重建式指導活動，使用「已處理過」的文章，讓學習者分析內容，然後進行實施報告和解釋式寫作支持架構。希望透過上述的活動，學童在讀寫中可以輔以查對網路探索參考資料，符合讀中有寫、寫中可讀之整體讀寫教學活動情境立意。同時為解決學生複製資料的行為，在後續的寫作協同教學中，TL 於教學討論中說「我會從網路中找出一份介紹有關生物繁殖的內容，以實際範例教導學生如何閱讀、擷取重要訊息、如何組織內容等。」TL 亦建議「應該讓學生以手寫的方式進行其科學寫作的活動。」避免學生再次使用複製的方式。

### 問題三：協同教學使用的資料

TS 在教學討論中提出「寫作協同教學時要讓學生使用那些學習引導的材料？」這又困擾了協同教師群。TS 繼續說到「如果光是靠 TL 準備寫作的技巧教學資料，適用於科學寫作嗎？」或許學生所學習到的僅是寫作技巧的認知，對於在科學概念部份及科學內容組織與表達是否可以在科學寫作上表現出來，是有待考驗的。

### 解決之道三：學生列印網路探索資料

教師群最後決定，讓學生將網路探索資料列印，攜帶至 TL 的協同課室中。TL 提出「在課堂上以實際範例『蒲公英的繁殖』為主題指導學生閱讀，教導學生從資料中提取重點，再進行將重點組織成寫作的架構。」TL 將寫作架構分為：概要介紹，引導說出繁殖的方式及加上已知意見的論述，形成主要的寫作架構（如圖 2：TL 上課轉錄記錄），並以此引導學生組織寫作的內容，鼓勵學生以探索資料練習。

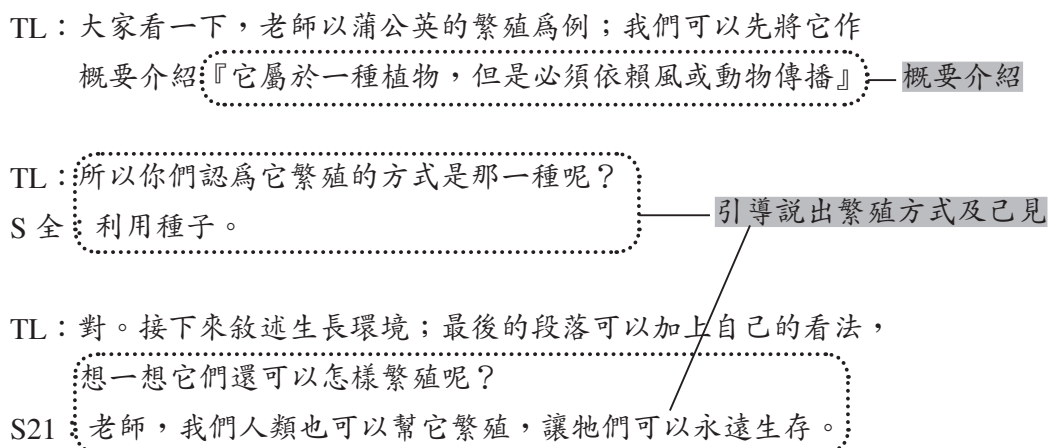


圖 2 TL 上課轉錄記錄分析圖

#### 問題四：學生互動立意雖佳，但是效果不佳

引導學生完成寫作練習後，安排學生以投影片報告的方式讓學生觀摩彼此的作品，並要求學生在報告完後給同儕回饋。原本教師群的立意是藉由欣賞他人的作品，除了學習他人的長處之外，還可以藉此活動學習不同的科學題材內容、學習他人透過寫作表達的方式。但是 TL 及 TR 在課室觀察中發現學生的回饋並無法提供有意義的回饋。大多數學生無法或不好意思指出必需改進的地方，僅以模糊的語彙，例：「寫得很好」、「表達很清楚」、「可以看出寫什麼」、「看不太懂…」等，這樣的回應並無法有效當作改進寫作的回饋。

#### 改進方法四：教師回饋後修訂科學寫作作品

在教學討論會議中，TL 建議「我們應該將學生的科學寫作作品在批改完之後給回饋意見，並要求學生修訂，這樣或許學生才可以深刻體會為何要作修正。」於是教師回饋後，要求學生從教師的建議中修訂其寫作作品。在教學後訪談，S28「老師要我們修改重新訂正，我才知道我寫錯了。」S07「我將動物的繁殖方式分為三種，但是並沒有說出例子，後來我加上每種不同繁殖方式的例子，這樣更清楚了。」回饋的活動就從以學生的回饋轉為教師提供回饋意見，並在回饋後修訂寫作作品。

#### 教學反思：

教師群於反思討論中提到寫作架構的教學，確實引導學生對網路資料探索的內容的整理，找出符合科學主題的內容，學生學會針對動物或植物主題提出概要介紹、繁殖方式及對繁殖方法議題上的一些看法。鑑於 Hand et al. (2007) 的主張，讓同儕針對寫作作品提供意見，讓學生嘗試發表自己的第一次寫作作品，並希望透過同儕提供意見，讓學生知道在寫作表達上應該如何改進呈現的內容，可是效果並不如預期，後來策略改變以教師回饋並要求學生修正，雖然多花了一些時間，可是看見學生的修正後，覺得還是有助益的。

每次教學後教師群對教學進行評鑑，發現教學上的問題，透過大家討論及請教專家的建議後進行對策略及活動修正，讓教學更精進。教師群們歷經協同教學後，在學科知識



(不同領域的知識)、教學知識(教學策略及教學活動的安排與實施)、學科教學知識(如何作學科的教學)上有進步。彼此瞭解到不同領域的學科組合必須經歷過不斷的討論,協調不同的意見與想法、修正教學策略、更改活動安排,到教師群工作的溝通,歷經的過程無形中擴展自己的視野與能力。評鑑學生的學習,目的除了檢視學生的學習狀況,提供教學改進的參考,並提供學生學習上的建議,依據建議作修訂。

## 二、學生學習能力的改變及科學寫作表現的變化

### (一) 使用關鍵字探索的能力提昇

教學初始發現學生對使用網路探索的技巧不熟悉,對相關探索的網站資料不太會選擇,TS 依據許意萃(2007)建議網路搜尋流程與策略,引導學生分析自然教科書中的主要科概念,然後以主題概念當作關鍵詞,使用關鍵字進行網路探索。在教學後,學生可以快速找到許多相關的資料,S16 在接受訪談中就說「剛開始我不知道要如何使用蒐尋網站,但是經過老師教我們使用關鍵字後,我就打『臺灣獼猴的繁殖』,就發現好多的相關網站。」S23 也提到「我就以『胎生』當作關鍵字,就找到許多介紹胎生生物的資料,包括有動物和植物都有。」TL 在觀察日誌中也寫出「我看見學生會使用『動物+繁殖方式』結合兩個關鍵詞蒐尋。」在 TS 引導學生如何判斷關鍵字後,學生使用網路探索的能力更得心應手。

### (二) 彙整資料能力的改變

在科學寫作內容部份,學生開始是以複製、貼上的步驟完成學習單,與 Kuhn (2005)、Chuang 與 Hung (2008) 所提到的類似,TL 教學觀察日誌中記載「我看見有的學生直接用複製、貼上的動作,雖然貼上許多內容,但是好像沒有讀過。」學生對探索內容不加以詳讀,流於繳交作業的一種心態,這樣的情形對於學生的學習並無幫助。

在後來協同教學時,TL 教師要求學生將列印的探索資料帶至寫作課室內,以文本關聯指導活動中重建式閱讀指導方式,引導學生閱讀探索資料及教導學生摘要與重新組織內容,S07 在訪談中談到「老師要我們先讀過,並且教我們如何找重點,還教我們可以將重點部份組合。」學生在這樣的教學後,才開始漸漸明瞭應該如何重新組織重要的內容,陳述想要表達的內容,重建一份自己的寫作作品。S07 繼續說「我才知道我可以寫出不同繁殖方式的特徵。」S28 訪談時也說「我就照老師講的要先讀過,才會發現重要的內容是什麼,然後我比較寫得出來。」

### (三) 使用語彙能力的增長

研究者將學生在協同教學前、後的科學寫作作品的內容加以比較,發現學生在使用科學語彙的能力有成長。原本學生僅使用教科書中出現的語彙,或是以一般自己所知的語彙進行寫作說明,但是在協同教學後,會使用較多的科學語彙。如 S07 學生(中學業成就組)在寫作協同教學前與協同教學後科學寫作作品。



動物在交配後會生出下一代，動物可以分為胎生、卵生和卵胎生，像雞就是卵生動物，猴子是胎生動物，蛇是卵胎生動物。( S07 科學寫作前測)

動物的繁殖有三個程序，分為求偶、交配和繁殖下一代。動物繁殖下一代是牠最重要的任務。動物的繁殖方式又分胎生、卵生和卵胎生。胎生是在母體內發育，而且養份都是來自於母體本身；而卵生的養份是來自於卵本身。但是在母體內發育的動物生存的機率比較高；相對的，卵生生存的機率比較低。例如：猴子是一個組織性的社會動物，所以幼猴受到保護比較多，但是魚生出的卵雖有上千個，但生存的機率和受保護的機會較低。( S07 科學寫作後測)

學生在歷經網路探索協同寫作教學後，因為網路探索提供寫作素材的鷹架，學生在寫作的內容取得變容易了，且透過協同教師的閱讀記載重點策略，學生慢慢使用較豐富科學語彙組織成寫作內容，而將內容表達更加完整。

#### (四) 協同教學前、後科學寫作的表現

將前、後兩次寫作作品的評分，以 SPSS12.0 統計軟體統計，進行單組前、後測相依樣本 *t* 檢定，如表 2，發現在科學主題概念的部份，協同教學後平均數為 3.85，優於協同教學前平均數 3.43，差異達顯著水準，*d* 為 .44，近中效果量，依據 Cohen (1988) 以 *d*=.2、*d*=.5、*d*=.8，分別作為低、中、高的效果量建議，顯示協同教學有助於提昇學生對科學主題概念的認知。在科學內容組織部份，協同教學後平均數為 3.69 優於協同教學前 3.19，差異達顯著水準，*d* 為 .81，具高效果量，顯示協同寫作教學有助於學生學習將複雜的內容進行結構化的整理。在科學語彙表達部份，協同教學前的平均數是 3.33，協同教學後平均數為 3.72，差異達顯著水準，*d* 為 .57，具中高效果量，顯示協同教學提昇學生使用科學語句表達的能力。整體科學寫作品質在協同教學後的平均數為 11.26，比協同教學前之平均數 9.96 高，差異達顯著水準，*d* 為 .62，具中高效果量。上述結果顯示網路主題探索協同科學寫作教學提昇學生在科學寫作上的表現。

表 2. 學生科學寫作評量在協同教學前、後的差異 (N=34)

| 科學寫作評量表 | 項目 | M     | SD   | <i>t</i> 值 | <i>d</i> |
|---------|----|-------|------|------------|----------|
| 科學概念認知  | 前測 | 3.43  | .98  | 8.72***    | .44      |
|         | 後測 | 3.85  | .92  |            |          |
| 科學內容組織  | 前測 | 3.19  | .65  | 10.34***   | .81      |
|         | 後測 | 3.69  | .55  |            |          |
| 科學語彙表達  | 前測 | 3.33  | .76  | 4.47***    | .57      |
|         | 後測 | 3.72  | .59  |            |          |
| 總 表     | 前測 | 9.95  | 2.20 | 10.71***   | .62      |
|         | 後測 | 11.26 | 1.96 |            |          |

\*\*\*  $p < .001$

### 三、不同學業成就組之表現

進一步了解網路探索協同寫作教學對那一類別的學生助益最大，以學生的語文科與自然科平均之成績區分為：高學業成就組（前 27%）、中學業成就組（中 46%）、低學業成就組（後 27%）三組，探討在協同教學前、後的科學寫作作品的得分差異進行探討，以不同學業成就組為自變項，以科學寫作後測與前測的改變量為依變項，經由變異數同質性檢定，Levene 統計量之  $F_{(2,31)}=.49$ ， $p=.620>.05$ ，未達顯著水準，接受虛無假設，表示三組變異數差異未達顯著水準，未違反變異數同質性假定。

單變量變異數分析結果如表 3 所示，組間效果檢定達顯著水準  $F_{(2,31)}=3.79$ ， $p=.034<.05$ ，效果量為 .197，依據 Cohen (1988) 建議以  $\eta^2=.01$ ， $\eta^2=.06$ ， $\eta^2=.14$  分別作為小、中和大的效果量之代表值，實驗效果量為大。表示不同學業成就組學童在科學寫作的改變量之平均數差異達顯著，且達大的效果量。

經由 Scheffe 事後比較分析，在科學寫作表現的改變量中，高學業成就組改變量的平均數為 .83，中學業成就組的改變量為平均數為 1.54，低學業成就組的改變量平均數為 1.43，顯示中學業成就組的改變量最大，且優於高學業成就組。

表 3. 不同學業成就組學童在「科學寫作評量改變量」變異數分析

| 變異來源 | SS'   | df | MS'  | F    | Sig. | $\eta^2$ | 事後比較            |
|------|-------|----|------|------|------|----------|-----------------|
| 組間   | 3.31  | 2  | 1.66 | 3.79 | .034 | .197     |                 |
| 組內   | 13.54 | 31 | .44  |      |      |          | 中學業成就組 > 高學業成就組 |
| 校正總數 | 16.85 | 33 |      |      |      |          |                 |

以科學寫作評量分項進行探討，進行變異數同質性檢定，科學主題概念 Levene 統計量  $F_{(2,31)}=.86$ ， $p=.433>.05$ ，科學內容組織為  $F_{(2,31)}=.68$ ， $p=.513>.05$ ，科學語彙表達為  $F_{(2,31)}=1.14$ ， $p=.332>.05$ ，皆未達顯著水準，接受虛無假設，三組變異數沒有差異，未違反變異數同質性假定。單變量變異數分析結果如表 4 所示，「科學概念認知」的組間效果檢定達顯著水準  $F_{(2,31)}=3.50$ ， $p=.043<.05$ ，效果量為 .184，實驗效果量為大，表示不同學業成就組學童在科學概念認知的改變量平均數差異達顯著，具大的效果量。「科學內容組織」組間效果檢定達顯著水準  $F_{(2,31)}=3.85$ ， $p=.032<.05$ ，效果量為 .199，實驗效果量為大，表示不同學業成就組學童在科學內容組織的改變量之平均數差異達顯著，具大的效果量。在「科學語彙表達」部份，組間效果檢定為  $F_{(2,31)}=.35$ ， $p=.706>.05$ ，科學語彙表達的改變量之平均數差異未達顯著水準。

表 4. 不同學業成就組學童在「科學寫作評量分項表現的改變量」變異數分析

| 依變項    | 變異來源 | SS'  | df | MS' | F    | Sig. | $\eta^2$ | 事後比較                               |
|--------|------|------|----|-----|------|------|----------|------------------------------------|
| 科學概念認知 | 組間   | .48  | 2  | .24 | 3.50 | .043 | .184     | 中學業成就組 > 高學業成就組                    |
|        | 組內   | 2.11 | 31 | .07 |      |      |          |                                    |
|        | 總數   | 2.59 | 33 |     |      |      |          |                                    |
| 科學內容組織 | 組間   | .54  | 2  | .27 | 3.85 | .032 | .199     | 中學業成就組 > 高學業成就組<br>低學業成就組 > 高學業成就組 |
|        | 組內   | 2.15 | 31 | .07 |      |      |          |                                    |
|        | 總數   | 2.69 | 33 |     |      |      |          |                                    |
| 科學語彙表達 | 組間   | .19  | 2  | .10 | .35  | .706 | .022     | N.S.                               |
|        | 組內   | 8.34 | 31 | .27 |      |      |          |                                    |
|        | 總數   | 8.53 | 33 |     |      |      |          |                                    |

經由 Scheffe 事後比較高、中、低學業成就三組學生在「科學寫作評量的改變量」分項表現如圖 3，「科學概念認知」的改變量，高學業成就組調整後平均數為 .25，中學業成就組調整後平均數為 .54，低成就組調整後平均數為 .43，中學業成就組優於高學業成就組。「科學內容組織」的改變量，高學業成就組調整後平均數為 .30，中學業成就組調整後平均數為 .59，低學業成就組調整後平均數為 .58，中學業成就組優於高學業成就組，低學業成就組優於高學業成就組。在「科學語彙表達」部份，三組的改變量平均數差異未達顯著水準。

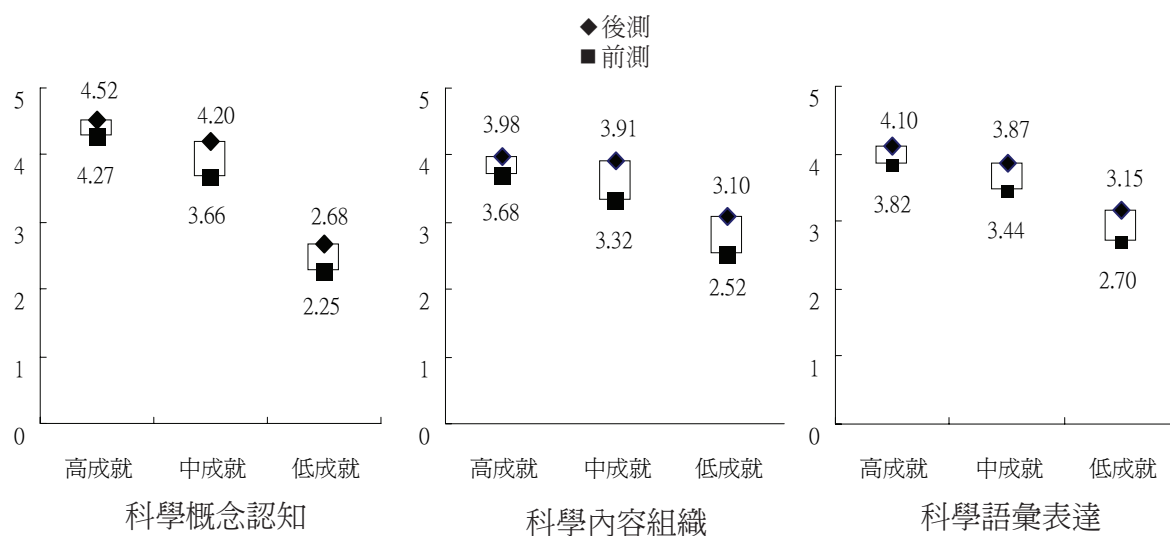


圖 3 科學寫作評量分向度的改變量平均數

#### 四、小結

##### (一) 教師從解決教學問題而成長

教師群在協同行動研究的歷程中，面對教學問題時，教師群會尋找文獻共同討論及請教專家，思考相對應的教學策略，解決教學的問題。像教師群在課室觀察時發現學生使用複製的方式整理學習單，討論後讓學生以手寫的方式。教師群定期研讀協同教學之相關文獻，對協同教學的意義理解，研讀科學寫作的相關文獻時，會將科學寫作學理中強調的重點進行討論，協調不同的觀點。為了能順暢引導學生利用寫作的方式學習科學，採用文本關聯的重建式之寫作指導方式，使用網路探索得到的資料，以寫作教學為引導鷹架，幫助學生在讀中有寫、寫中有讀的情境下學習科學。

透過反思及討論的歷程，教師群不僅在尋找學理文獻而對教學理論的知識有所成長、且在學科內容知識上亦有增長，因為不同領域教師的協同，在不同領域教學觀念的協調亦有所成長。與學者王素芸 (2009)、Buckley (2000) 的看法一致，透過行動研究的教學，教師在面對教學問題尋求方法解決問題的歷程中，對學科內容知識及學科教學知識等均有所成長。

## (二) 學生在學習上的轉變

學生在教師的引導下，使用網路探索蒐尋的能力有進步，從不知道關鍵字的使用，到能夠順暢分析相關課程內容的關鍵語彙，是因為有適當教學策略的引導，學生在探索關鍵詞的運用及對資料擷取的能力及瀏覽的效能有所增長。與許意萃 (2007)、黃國禎、郭凡瑞與蔡新德 (2009)、Enochsson (2005)、Chang et al. (2011) 的研究相類似，亦符膺林佳昌等人 (2009) 所指出教師應該引導學生在網路蒐尋的能力之提昇，教導進一步使用關鍵語彙進行網路探索活動。教師群使用科學寫作的策略，讓學生有機會對自己的探索資料作整理，不致於流於型式上的探索活動。

學生在協同教學的初期，如同羅廷瑛和張景媛 (2004)、Hand et al. (2004) 所指出學生在進行科學寫作時，經常不知道該寫什麼，因為找不到適當的題材與內容。但是透過網路探索協同教學的活動後，學生可以透過網路探到相關的寫作素材，如同 Akkusa et al. (2007)、Cervetti et al. (2005)、Chuang 與 Hung (2008)、Gunel et al. (2007) 強調科學課程中教師應提供學生鷹架，以協助學生藉由書本、媒體工具等，選取能表徵關鍵科學概念內容的核心，以便和他人溝通對科學內容的認知與想法。在本研究中使用網路探索的活動，透過教師引導探索適當的認知負荷 (Chang & Yang, 2010) 內容讓學生可以在進行科學寫作時，有一個依循，和 Marlene 與 Bennett (2002) 主張一樣，有寫作教學當作示範的鷹架，學生對寫作不會再感到無從下筆的窘境，並且透過寫作可以輔助學生建立完整的科學學習。

## (三) 學生在科學寫作上的表現

從學生的科學寫作品發現，學生在協同教學前、後進步差異達顯著水準，顯示網路探索協同教學的方式幫助學生在自然科的學習有所成長。對不同學業成就組學童而言，以對中學業成就學生的影響特別明顯。在科學概念認知部份，高學業成就組的改變量為最小，與 Owusu, Monney, Appiah 與 Wilmot (2010) 的研究發現類似，在使用電腦輔助學習環境



中，低成就組的學生進步的情形為最佳，中學業成就組次之，高學業成就組進步最少。是否因為高學業成就組在平常的科學概念的學習就有不錯的表現，而存在天花板效應，值得進一步探討。有了教學引導而提昇學生的寫作表現與科學的學習，與林雅慧等人 (2007)、林雅慧、張惠博、葉辰楨和張文華 (2010)、Marlene 與 Bennett (2002) 的研究類似。然而在「科學語彙表達」分項上沒有顯著差異，與 Chuang 與 Hung (2008) 的研究指出學童的寫作，會使用教科書上的語句或是教師所講述的語彙類似。研究者認為可能是概念學習及探索資料來源皆清楚指出單元的科學語彙，學生可以順暢地使用。

從上述的結果顯示，網路探索協同科學寫作的教學，為學生打造一個更臻完整的學習，不僅在探索的方向上能夠有明確的引導目標，因為寫作教學的協同，幫助學生整合探索資料，在寫作表達對學習的理解有正向的提昇，且在科學概念的學習亦幫助學生發展有意義的學習。

## 伍、研究結論與建議

經由研究結果與討論提出結論，且針對研究過程需改進之處及對未來研究方向與科學教學提出相關建議。

### 一、結論

綜觀協同教學的過程，協同教師群在教學前共同閱讀討論協同教學、網路探索及科學寫作之相關文獻，透過討論設計協同教學活動。執行協同教學的過程，經由觀察與反思發現教學上的問題，對教學作修正與解決問題。透過教學的計劃、行動、觀察、反思的過程，活絡教師群設計課程活動的能力、培養解決教學問題的能力、增長教師的教學知識及促進溝通與協調的能力。

在歷經網路探索協同教學後，學生網路探索的能力、彙整資料的能力及使用科學字彙進行科學寫作的能力皆有所增長。學生在協同教學後的科學寫作表現優於協同教學前的科學寫作表現，效果量為中偏大，顯示網路探索協同科學寫作之教學學生在科學寫作上的表現提昇有幫助，如同先前文獻 (Chang et al., 2011) 指出，利用網路探索的學習可以幫助學生獲得更多的知識與經驗，並能夠激發學生完成不同的學習任務及培養表達的能力。再者透過教師引導協助學童選擇適當的學習網站，彙整學習資料，加上協同科學寫作的教學活動，不僅活化了教師的教學策略、也提供學生進行網路探索活動後，以科學寫作的方式作學習的理解監控，促進對科學的學習，值得在教學現場中推廣。

不同學業成就組學童「科學寫作評量」的前、後測改變量的變異數分析結果顯示，在主題概念認知部份，中學業成就組改變量優於高學業成就組改變量，具大的效果量。在科學內容組織，中學業成就組及低學業成就組的改變量優於高學業成就組，效果量為大。在科學內容表達部份，差異未達顯著水準。整體表現以中學業成就組的改變量優於高學業成就組，效果量為大。顯示網路探索協同教學對中學業成就組學童的影響為最佳。因為 TS

教師引導學童進行網路探索的活動時，教師建議的網站資料包含圖片、文字及短片的內容，容易吸引學童，與 Chang 與 Yang (2010) 所指出學生在進行網路探索學習課程時，喜歡以低認知負荷的內容進行學習。而科學圖片、科學的影音短片即屬於低認知負荷之學習內容，因此容易提昇中學業成就組與低學業成就組對科學內容的學習，值的未來教師在進行以網路探索學習活動時，輔助學生選擇內容的參考依據。

## 二、建議

本研究以自然科與生活科技領域內容為主，在目前國民小學階段的教師必須教導多樣課程，本研究中的協同教師具語文教學經驗及自然科教學之經驗，與一般純語文科背景教師不同，所以在對不同意見溝通協調時較容易理解彼此之間的觀點，建議在未來研究中可以針對協同純語文背景教師與純科學教師及具語文與科學經驗教師之比較，為協同教學尋找不同的模式。從研究結論中顯示對中學業成就組學童影響最大，對高學業成就組的學童是否存在著天花板效應，值得未來的研究作更深入的探討，因為本研究僅於一個班級為個案樣本，未來可以多增加不同學業成就組的樣本作更深入的探討。

在教學上，可以多嘗試不同科學主題，採用網路協同教學的方式，以建立更完備的教學資料，提供教師在進行協同教學時的參考。

## 參考文獻

### 一、中文部分

- 王素芸 (2009)。協同教學的意義、特質與類型。**教育研究與發展期刊**，5(2)，55-80。
- 林奇賢 (2004)。網路學習內容的設計與學習社群的經營。**資訊融入教學之環境建置與應用專書**，國科會科學教育研究成果應用推廣計劃，149-177。
- 林雅慧、蔡佩穎、張惠博、張文華 (2007)。不同寫作對象對於四年級學生科學寫作內容之影響之探討。**師大學報**，52，49-78。
- 林雅慧、張惠博、葉辰楨、張文華 (2010)。錨定寫作教學對不同教師互動知覺學生的科學學習影響之研究。**科學教育學刊**，18(6)，493-519。
- 林佳昌、楊子瑩、王國華、林凱胤、余安順、楊秀婷 (2009)。資訊融入 5E 探究教學對八年級學生學習成效影響之研究。**國民教育研究學報**，22，131-157。
- 教育部 (2010)。**國民中小學九年一貫課程綱要**。臺北市：教育部。
- 莊敏雄、洪振方、宋國城 (2007，12 月)：國小學童科學寫作的論述組織結構之研究。論文發表於中華民國第 23 屆科學教育學術研討會。高雄市：國立高雄師範大學。
- 許意萃 (2007)。**國小高年級學生網路資訊搜尋課程發展與成效之研究**。淡江大學教育科技學系碩士論文，未出版，臺北縣。
- 黃國禎、郭凡瑞、蔡新德 (2009)。概念構圖教學策略對國小學童線上資料搜尋能力及知識

- 結構的影響－以自然科課程為例。科學教育學刊，17(5)，367-385。
- 蔡今中 (2002)。超越認知與後設認知的工具：運用網路為「知識工具」以輔助教學。論文發表於 ELTA 2002「網路學習理論與實務」學術研討會。新竹市：國立交通大學。
- 羅廷瑛、張景媛 (2004)。科學寫作活動的知識建構對國小學生自然科學學習效果之影響。教育心理學報，35(4)，337-354。
- 蘇明俊、羅豪章 (2007)。科學寫作融入野外探究教學之研究。教育研究與發展期刊，3(2)，163-188。

## 二、英文部分

- Akkusa, R., Gunelb, M., & Hand, B. (2007). Comparing an Inquiry-based Approach known as the Science Writing Heuristic to Traditional Science Teaching Practices: Are there differences? *International Journal of Science Education*, 29(14), 1745-1765.
- Brooks, J. G., & Brooks, M. G. (1993). *In Search of Understanding: The Case For Constructivist Classrooms*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Buckley, Francis J.(2000). *Team Teaching: What, why, and how?* Thousand Oaks: Sage Publications.
- Cervetti, G. N., Pearson, P. D., Bravo, M. A., & Barber, J. (2005). *Reading and writing on the service of inquire-based science*. Regents of the university of California.
- Chang, C. S., Chen, T. S., & Hsu, W. H. (2011). The study on integrating Web-Quest with mobile learning for environmental Education. *Computers & Education*, 57, 1228-1239.
- Chang, C. C., & Yang, F. Y. (2010). Exploring the cognitive loads of high-school students as they learn concepts in web-based environments. *Computers & Education*, 55, 673-680.
- Chuang, M. S., & Hung, J. F. (2008, February). *The study of scientific writing organized structure on elementary school students ~ example of "the propagation of an organism"*. Paper presented at the 2008 CASE conference, Kaohsiung, Taiwan.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd. ed.)*. New York: Academic Press.
- Conner, L. N. (2007). Cueing Metacognition to Improve Researching and Essay Writing in a Final Year High School Biology Class. *Research in Science Education*, 37(1), 1-16.
- Elliott, J. (1991). *Action research for educational changes*. Milton Keynes: Open University.
- Enochsson, A. (2005). The development of children's web searching skills – a non-linear model. *Information Research*, 11(1), 240.
- Guba, E. (1981). Criteria for assessing the trustworthiness of naturalistic inquires. *Educational Communication and Technology Journal*, 29, 75-91.
- Gunel, M., Hand, B., & Prain V. (2007). Secondary Analysis of Non-Traditional Writing in Science across Different Grade-levels. *International Journal of Science and Mathematics*

- Education*, 4 (5), 615-637
- Hand, B., Hohenshell, L., & Prain, V. (2004). Exploring students' responses to conceptual questions when engaged with planned writing experiences: a study with Year 10 science students. *Journal Research of Science Teaching*, 41, 186-210.
- Hand, B., Hohenshell, L., & Prain, V. (2007). Examining the effect of multiple writing tasks on Year 10 biology students' understandings of cell and molecular biology concepts. *Instructional Science*, 35(4), 343-373.
- Hargreaves, A. (1994). *Changing teachers, changing times: Teachers' work and culture in the post modern age*. New York: Teachers college press.
- Jonassen, D. H. (2000). *Computers as mindtools for schools: Engaging critical thinking (2nd ed.)*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Kuhn, D. (2005). *Education for Thinking*. London: Harvard University Press.
- Letterman, M. R., & Dugan, K. B. (2004). "Team Teaching a Cross-Disciplinary Honors Course: Preparation and Development" *College Teaching*, 52(2), 76-79.
- Marlene, T., & Bennett, D. (2002). *The new science literacy – Using language skill to help student learn science*. The Regents of the University of California.
- Owusu, K. A., Monney, K. A., Appiah, J. Y., & Wilmot, E. M. (2010). Effects of computer-assisted instruction on performance of senior high school biology students in Ghana. *Computers & Education*, 55, 904-910.
- Patton, M. Q. (1990). *Humanistic psychology and qualitative research: shared principles and processes*. Person-Centered Review, Spring.
- Piaget, J. (1965). *The construction of reality in the child*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Schneider, R. M., Krajcik, J., & Blumenfeld, P. (2005). Enacting Reform-Based Science Materials: The Range of Teacher Enactments in Reform Classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(3), 283-312.
- Sun, K. T., Lin, Y. C., & Yu, C. J. (2008). A study on learning effect among different learning styles in a Web-based lab of science for elementary school students. *Computers & Education* 50, 1411-1422.
- Taylor, D. B. (2007). *A guide to evaluating your own writing*. Retrieved Dec 8, 2010, from <http://hswriting.library.utoronto.ca/index.php/hswriting/article/viewFile>
- Tobin, K., Zurbano, R., Ford, A., & Carambo, C. (2003). Learning to teach through co-teaching and co-generative dialogue. *Cybernetics & Human Knowing* 10(2), 51-73.
- Wallace, C.S., Hand, B., & Prain, V. (2004). *Writing and learning in the science classroom*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Philadelphia: Open University Press.



## 社區型環境學習中心組成要素之探討

### Study on Constitutive Factors of Community-Based Environmental Learning Centers

林明瑞\*    李雅鳳\*\*    謝佳伶\*\*    梁玉燕\*\*    呂彥慧\*\*  
Min-Ray Lin    Ya-Feng Li    Jia-Ling Xie    Yu-Yan Liang    Yen-Huei Lu

(收件日期 99 年 9 月 23 日；接受日期 100 年 2 月 1 日)

#### 摘 要

爲了解社區型環境學習中心組成要素及其重要性與可執行性，本研究透過文獻回顧及訪談瞭解社區型環境學習中心組成要素及其主次要素的涵意，再透過德懷術專家群 12 位專家確立社區型環境學習中心組成要素，所得結果如下：社區型環境學習中心組成要素有「社區資源設施」、「人員」、「方案」、「營運管理」等四項主要素，四個主要素下又細分爲 19 項次要素，其中「人員」爲社區型環境學習中心啓動的主要素，最爲重要，其次爲「社區資源設施」與「方案」，再來爲「營運管理」要素。透過社區型環境學習中心組成要素之重要性與可執行性的綜合型分析，發現次要素第 12 項(環境教育方案)及第 14 項(解說及培訓方案)爲設置社區型環境學習中心，應先努力規劃推動項目。第 4 項(產業資源)、第 5 項(營運設施及交通便利性)、第 15 項(企劃行銷推廣方案)及第 18 項(場域管理與維護)等 4 項次要素則可考慮留在大致設立規畫完成後再執行。

**關鍵詞：**可執行性、社區型環境學習中心、重要性、組成要素、德懷術

---

\*臺中教育大學環境教育及管理研究所教授(通訊作者)

\*\*臺中教育大學環境教育及管理研究所碩士

### Abstract

This study investigated the importance and enforceability of constitutive factors of community-based environmental learning centers. Literature review and expert interviews were first conducted to understand the meaning of main factors and sub-factors. Then the constitutive factors of community-based environmental learning centers were established by a Delphi expert panel of 12 members. The following results were obtained. The four main constitutive factors of community-based environmental learning centers were “community resource facilities”, “personnel”, “programs” and “operation management”. These four main factors comprised 19 sub-factors. The “personnel” factor was the initiating factor of community-based environmental learning centers. It was also the most important, followed by “community resource facilities” and “program” with “operation management” being the last main factor. The importance and enforceability of constitutive factors of community-based environmental learning centers were examined using comprehensive analysis. Sub-factor 12 (environmental education program) and sub-factor 14 (interpretation and training program) should first be planned and promoted. Sub-factors 4 (industry resource), 5 (operating facilities and transportation conveniences), 15 (planning and marketing outreach program) and 18 (field management and maintenance) can be promoted at a later stage when the center is almost established.

**Key words:** Community-Based Environmental Learning Center, constitutive Factors, Delphi Technique, Importance, Feasibility

## 壹、緒論

近幾十年來的經濟快速成長及人口集中到都市發展，加上缺乏妥善的環境保護及資源管理，以致居住環境品質日益低落。尤其是在都市地區，因土地使用密集，不相容土地使用互相干擾，使得都市環境品質更形惡劣，影響到居民的生活品質（李永展，1995）。故政府推動「社區總體營造」計畫，強調自發性的社區發展方案，將社區自然資源、社區文化及社區產業加以整合，希望能達到活化社區的目的、提高居民生活環境品質的目標。

許多社區原本即存在許多資源設施，如：環境設施、自然資源、文化資源、產業資源…等，各種資源設施常因人口流失或缺乏妥善管理而導致荒廢閒置（曾家鈺，2007）。若能將各項資源整合起來，設置社區型環境學習中心，社區中的閒置空間不僅能得到適當利用，還可供作學校師生學習及社會大眾休閒與遊憩的場域，且具有環境教育的功能，甚至可保護當地自然資源，達到自然保育的目標，更甚者還可以帶動地方產業發展，帶來觀光人潮，促進地方經濟繁榮如此可達各項資源活化新生，創造人口回流的契機（游以德、呂適仲、王凱民，2003），再造社區新風貌。

聯合國於1972年召開人類環境會議(United Nations Conference on the Human Environment)，提出發展環境教育是解決世界環境問題的最佳工具之一。而環境教育最直接的方是就是親近環境，透過專業人員解說的解說及導引，讓學生以品味的方式，學習感受萬物所帶來的生命感動（教育部環保小組，2010），但現行環境教育，卻遭遇到許多問題，如：(1) 環境教育理念與教師實際執行的落差在於學校教師過於重視知識堆積，而缺少「體驗學習」及「生活化」的課程設計（周儒、林明瑞、蕭瑞棠，2000；周儒，2008）；(2) 「沒有適合且易達的校外教學地點」影響環境教育的推動（林秀君，1999）。若能以社區的各項資源為基礎進行整合，成為環境學習中心（以下稱為社區型環境學習中心），不僅社區與與民衆能有良好互動、對於推行環境教育、社區永續發展等方面，更能有極大的成效，又鄉村社區之內部結構與都市社區有顯著不同的特性，因此基於社區資源而設置的社區型環境學習中心就有其易達性與必要性（郭怡秀、歐陽奇，2002）。教育部環保小組今年推薦的22處環境學習中心，其中有2處為社區型環境學習中心（教育部環保小組，2010），可見社區亦可為環境教育的實施場域。「社區型環境學習中心」為新的社區永續發展形態，對於社區居民的社區意識、文化傳承及產業發展都扮演相當重要的觸媒角色及功能。然而一個社區要能提供師生進行戶外教學，民衆休閒旅遊需要具備哪些組成要素？基於社區型環境學習中心與傳統環境學習中心有許多差異點，且目前國內外僅有針對（傳統）環境學習中心的組成要素進行探討（姜永浚，2006；Erickson & Erickson, 2006），卻無針對社區型環境學習中心組成要素進行探討，因此未能確定傳統環境學習中心的組成要素能否適用於社區型環境學習中心，故此本研究擬以訪談及德爾菲法來確立社區型環境學習中心的組成要素。除了確立社區型環境學習中心組成要素外，社區型環境學習中心組成要素中哪些要素較為重要，哪些要素較易執行，亦為一值得探討議題，因為許多社區有意轉型為社區型環境學習中心，然而社區的經費、資源有限，則能視社區情況選擇可以重

要性高且執行性較容易的因素著手進行轉型。故本研究目的如下：

- 一、瞭解社區型環境學習中心組成之主次要素。
- 二、瞭解社區型環境學習中心組成之主次要素的重要性與可執行性。

## 貳、文獻回顧

國外推動環境教育工作的機構與設施，名稱相當多樣化，例如：北美地區的自然中心、環境教育中心、保育教育中心、戶外教育中心、戶外學校、戶外環境教育中心、保育學校等（周儒、張子超、呂建政，1996）；而在臺灣自 1988 年起教育部環保小組為推動環境教育，曾陸續補助國內二十餘個自然保育機構（包括國家公園、國家風景區、林務局、大學實驗林等），設置了一些自然教育中心，如：環境教育中心、自然教育中心、環境保護教育展示中心、水土保持戶外教室等（周儒、林明瑞、蕭瑞棠，2000），並運用該公部門的解說業務人員舉辦教師環境教育訓練營，以有效提升學校教師戶外環境教育的知能。透過上述文獻發現目前國內外推動環境教育的機構名稱相當多樣，且其主要由公部門營運管理，為避免與本研究「社區型環境學習中心」造成混淆，以下本文將由公部門推動營運的環境學習中心稱為「（傳統）環境學習中心或自然中心」，而由社區自主性發起推動的環境學習中心稱為「社區型環境學習中心」。

### 一、社區型環境學習中心與傳統環境學習中心

王鑫 (1995) 認為環境學習中心是指一個擁有戶外環境教育（自然生態環境教育）教學資源之場域，再經規劃設置為環境教育學習用地，設有管理中心及人員，並備有必須之教材、教具及導覽解說設施等。

周儒 (2003) 則定義自然中心為：一片具有環境教育資源特色（無論大或小）的土地區域上，整合環境教育專業人力、專業課程方案與適當的環境資源，整體發揮其能量，提供環境教育專業服務給第一線的顧客，如：學校師生、一般社會民眾，以達成教育、研究、保育、文化、遊憩等多功能目標的環境教育專業設施（引自周儒、劉冠妙，2008）。

而本研究所指的社區型環境學習中心與傳統的環境學習中心同樣擁有：方案、人、場域及組織營運等四個組成要素，但其與傳統社區型環境學習中心仍有區隔，其中幾點最大的差異為（林明瑞，2007）：

- （一）社區型環境學習中心的人、組織、場域原本就已存在，實際上各資源設施整合成環境學習中心過程中，人力及組織管理相對於傳統環境學習中心需求較少，而場域設施則幾乎完全不必有新的需求。
- （二）社區型環境學習中心無須像傳統環境學習中心一樣，需要政府及有關單位特地籌募一筆經費，徵用土地，重建一座場館、硬體設施作為營運中心，社區型環境學習中心只需要一間房舍或利用網路網頁之虛擬平臺做為窗口，就可達到社區附近資源設施整合運作的目的及功能。



(三) 傳統環境學習中心的發展方式是由上而下，由政府單位主管指示，一方面由學術單位開始規劃，另一方面，政府相關單位籌撥整筆預算經費，並由營運團隊逐年興建、招募人員、營運規劃，至整個中心正式營運為止；而社區型環境學習中心則是由社區居民自覺閒置或效能不彰的資源設施應有更好運用狀況及營運成效，因此透過社區內部會議共識，設法把這些資源加以整合，相互連結為一環境學習中心，這是由社區內部自覺，是由下而上的發展。

根據上述的差異，本研究將「社區型環境學習中心」定義為：由社區熱心人士整合社區附近的資源設施（包括：自然資源、產業資源、文化資源、環境設施、營運設施）成為一環境學習帶，透過資源整合、營運方案及妥適的課程安排、活動規劃、人員解說等服務，提供社區附近學校師生進行戶外教學及民眾進行親子活動、休閒旅遊的場域（林明瑞，2007）。

基於社區型環境學習中心與傳統環境學習中心有許多差異點，且目前國內外僅有針對（傳統）環境學習中心的組成要素進行探討（姜永浚，2006；Erickson & Erickson, 2006），卻無針對社區型環境學習中心組成要素進行探討，因此未能確定傳統環境學習中心的組成要素能否適用於社區型環境學習中心，故本研究擬針對社區型環境學習中心組成要素進行探討。

## 二、環境學習中心組成要素

周儒、林明瑞、蕭瑞棠 (2000) 提出一個環境學習中心（或是自然中心）要能夠存在，必須具備四項基本要素：(1) 活動方案；(2) 設施；(3) 人；(4) 營運管理，這四個要素彼此相互依存，互相影響，其中又以活動方案為核心，如圖 1：

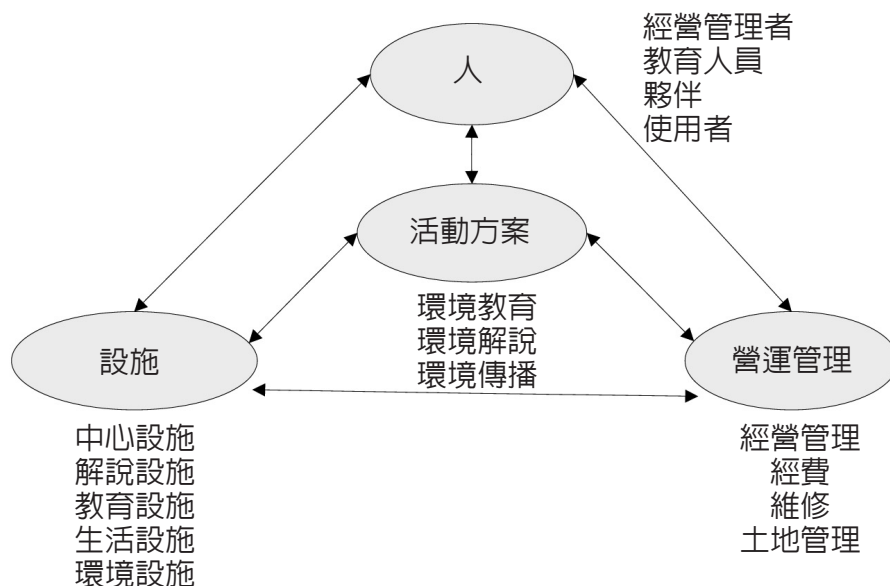


圖 1 環境學習中心構成要素圖（周儒、林明瑞、蕭瑞棠，2000）

Erickson 和 Erickson (2006) 則利用電子郵件的方式，針對美國境內的環境教育中心主任進行調查，以瞭解環境教育中心成功的因素為何？研究結果發現 78% 的主任認為「員工與領導 (Staff and Leadership)」是導致環境教育學習中心成功的特別要素；而且分別有 39% 及 30% 主任認為「課程 (Curriculum)」及「學生可以學習的物種棲息地設施 (A facility consisting of a variety of habitats where students could learn)」是中心成功的特別要素。

姜永浚 (2006) 將優質環境學習中心特質分為：(1) 整體關切、(2) 場域與設施、(3) 經營與管理、(4) 人員、(5) 軟體方案等五大類，其中又細分為 27 項特質，如：特質一「環境學習中心基於其設立目的及所擁有之資源特色（不論是既有的或新開創的），來發展出具體的環境教育使命、目標或願景」。

上述文獻中，周儒、林明瑞、蕭瑞棠 (2000) 提出的為一般環境學習中心組成的基本要素，雖然環境學習中心與本研究之社區型環境學習中心在營運管理方式與發展方式有很大的不同，但主要要素之組成項目卻都一樣，僅會影響次要要素的組成。Erickson 和 Erickson (2006) 與姜永浚 (2006) 乃針對已存在且發展成熟的環境學習中心進行探討，以瞭解其發展成功與優質之要素或特質，而本研究欲討論的社區為豐富的資源設施零散於社區各處，欠缺整合為社區型環境學習中心，因此 Erickson 和 Erickson (2006) 與姜永浚 (2006) 較不符合本研究之需求。臺灣目前僅有部分社區符合社區型環境學習中心之定義，且目前鮮少針對社區型環境學習中心進行之研究，本研究乃為社區型環境學習中心的先驅研究，擬先針對社區型環境學習中心組成的基本要素進行探討，故本研究之社區型環境學習中心組成要素主要是依據周儒、林明瑞、蕭瑞棠 (2000) 研究之環境學習中心之構成要素圖而來，其中各要素的修改說明如表 1 所示。

表 1. 社區型環境學習中心各要素修改說明

|                | 傳統的環境<br>學習中心                        | 社區型環境<br>學習中心                        | 修改說明                                                                                                                                                       |
|----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 主要<br>要素       | 人<br>設施<br>營運管理<br>活動方案              | 人員<br>社區資源設施<br>營運管理<br>方案           | 大部份相同，最大不同在於本研究將傳統環境學習中心主要要素中的設施改為社區資源設施，因社區型環境學習中心主要是以社區原有的社區資源及環境設施加以規劃整合為一環境學習帶，故本研究將此要素擴展為社區資源設施。                                                      |
| 人員<br>次要<br>要素 | 經營管理者<br>教育人員<br>夥伴<br>使用者           | 經營管理者<br>解說人員<br>課程設計者               | 本研究將教育人員分為「解說人員」及「課程設計人員」；另外研究認為夥伴及使用者可以透過「宣傳」來吸引，因此未將其納入。                                                                                                 |
| 設施<br>次要<br>要素 | 中心設施<br>解說設施<br>教育設施<br>生活設施<br>環境設施 | 自然資源<br>文化資源<br>產業資源<br>營運設施<br>環境設施 | 因社區型環境學習中心強調是社區原有的資源設施，張幸瑜 (1994) 說明社區資源除了指社區所有可運作與憑藉的物資與力量外，更強調社區資源必須有助於社區內活動的進行，其範圍包括有形與無形資源，天然與人為的任何援助或行動，因此，除了傳統環境學習中心的人為的設施外，再加入了天然的自然資源，及無形的文化、產業資源。 |

表 1. 社區型環境學習中心各要素修改說明（續）

|                      | 傳統的環境<br>學習中心 | 社區型環境<br>學習中心 | 修改說明                                                                                                                                                          |
|----------------------|---------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 方案<br>次要<br>要素       | 環境教育方案        | 資源整合方案        | 除了原先環境教育及解說方案外，本研究考量到此休閒旅遊的遊客，因此增加了休閒旅遊方案；再者也考慮中心的營運，因此參考曾家鈺 (2007) 之研究，又納入「資源整合方案」，其將社區之各項資源、人力整合規劃，以利發展為社區型環境學習中心；另外納入「行銷推廣方案」，為一傳達社區型環境學習中心教育理念、產業、及活動的方案。 |
|                      | 環境解說方案        | 環境教育方案        |                                                                                                                                                               |
|                      | 環境傳播方案        | 休閒旅遊方案        |                                                                                                                                                               |
|                      |               | 環境解說方案        |                                                                                                                                                               |
| 營運<br>管理<br>次要<br>要素 |               | 行銷推廣方案        | 營運管理次要要素部份，本研究增加了宣傳要素，因為當一個社區型環境學習中心雛型完成時，需要透過宣傳，來傳達其教育理念、產業、及活動等，吸引更多的人潮，以獲得經濟來源，使整各社區型環境學習中得以持續運作。                                                          |
|                      | 經營管理          | 經營管理          |                                                                                                                                                               |
|                      | 經費            | 經費            |                                                                                                                                                               |
|                      | 維修            | 維修            |                                                                                                                                                               |
|                      | 土地管理          | 場域管理          |                                                                                                                                                               |
|                      |               | 宣傳            |                                                                                                                                                               |

資料來源：本研究彙整

## 參、研究方法

目前臺灣少有社區條件完全符合本研究所規劃出來之社區型環境學習中心組成要素，僅有少部分社區條件趨近於社區型環境學習中心，受限於樣本問題，僅能以全臺灣目前較具社區型環境學習中心雛形之社區進行討論。此外因為臺灣社區類型多樣化，為排除社區歧異度造成結果誤差，本研究乃針對一般地區之社區型環境學習中心之組成要素進行探討，特殊地區（山區、海邊、原住民、離島）之社區型環境學習中心組成要素為另外一個年度計畫的研究重點，本研究獲得之社區型環境學習中心組成要素為一般地區（扣除山區、海邊、原住民、離島地區）之社區皆可參考之組成要素。

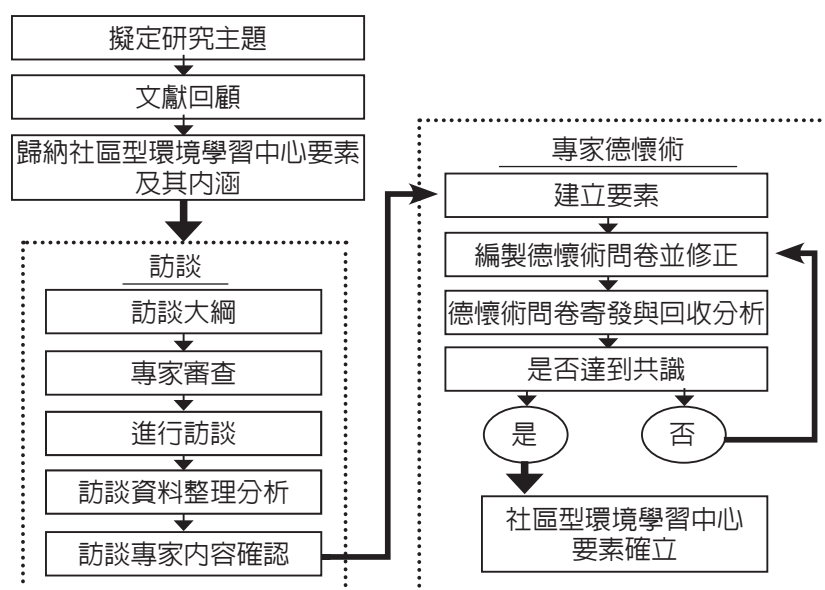


圖 2 研究概念圖

本研究爲了解社區型環境學習中心組成要素，在進行專家德懷術調查前，先進行文獻回顧及專家訪談，進行要素之增刪及各要素之定義界定，以確立社區型環境學習中心主次要組成要素；再依此結果，進行專家德懷術研究法，調查各主次要要素之重要性與可執行性。本研究流程如圖 2 所示：

## 一、訪談法

本研究擬以訪談法來瞭解社區型環學習中心組成要素及各要素之內涵，訪談工具、對象、及資料整理分析分述如下：

### （一）訪談工具

本研究依文獻所得到之社區型環境學習中心組成要素及其要素內涵（如表 2 所示），依此及研究目的編製半結構性的訪談大綱，再將此訪談大綱連同研究概念圖及研究目的，送請環境教育與社區營造領域 3 位專家學者進行內容效度審查並修正以達內容效度。訪談大綱審查，有專家提醒須考量交通狀況，本研究認爲交通狀況與馬路的大小及停車便利性有關，屬於本研究「社區資源設施」主要素下之「營運設施」次要素，爲將其突顯將「營運設施」更名為「營運設施及交通便利性」，經過上述修正，完成本研究之訪談大綱。

### （二）訪談對象

針對環境學習中心經營規劃、社區營造、環境教育、具休閒旅遊及解說、具有生態保育領域等 12 位專家學者進行訪談，其中部分專具有兩種以上之專長或身份。受訪者皆對於社區環境學習中心建立有相關的知識和經驗，對於進一步了解社區型環境學習中心的建立與經營有一定的見解與看法。

### （三）資料整理與分析

確認受訪者意願，徵得同意後，寄送含本研究目的、研究架構之簡介及訪談大綱給受訪者，約定時間後進行正式訪談。訪談後進行資料整理，再將訪談結果寄予受訪者，經受訪者確認內容符合原意後簽名寄回給研究者，以達此訪談結果之信度。同時整理分析訪談結果，增刪各要素及界定各要素之定義，以做爲本研究之專家德懷術問卷編製依據。

## 二、德懷術法

本研究擬採專家德懷術法確立社區型環境學習中心各組成要素及其重要性與可執行性，德懷術法的工具、對象、資料整理與分析分述如下：

### （一）德懷術法工具

透過文獻探討及專家學者訪談結果，建構出社區型環境學習中心組成要素，共分爲「社區資源設施、人員、方案、營運管理」等 4 個主要素及 19 項次要素，再依據文獻探討及訪談所獲得主、次要素編製「社區型環境學習中心組成要素德懷術問卷」，問卷內容針



表 2. 社區型環境學習中心主次要素內涵

| 主要素    | 次要素    | 名詞釋義或說明                                             |
|--------|--------|-----------------------------------------------------|
| 社區資源設施 | 環境設施   | 原本就存在社區的人為基本設施，如：步道、涼亭、噴水池、道路標示、路燈等等。               |
|        | 文化資源   | 當地文物、古蹟、藝術或宗教等資源。                                   |
|        | 自然資源   | 自然界中所蘊蓄的資源。包含動植物、自然景觀等。                             |
|        | 產業資源   | 具有當地特色，可為當地帶來觀光人潮並具經濟效益之產業。                         |
|        | 營運設施   | 與「社區型環境學習中心」營運有關之設施，如：營運窗口、停車場、廁所等等。                |
| 人員     | 經營管理者  | 負責「社區型環境學習中心」營運之管理階層。                               |
|        | 解說人員   | 負責「社區型環境學習中心」的帶隊導覽及解說之人員。                           |
|        | 課程設計人員 | 負責「社區型環境學習中心」之室內外活動課程設計之人員。                         |
| 方案     | 資源整合方案 | 整合社區原有各項資源、人力以利發展成「社區型環境學習中心」之方案。                   |
|        | 環境教育方案 | 規劃「社區型環境學習中心」所提供之各項室內外環境教育配套課程。                     |
|        | 休閒旅遊方案 | 規劃「社區型環境學習中心」所提供之各項休閒旅遊配套行程。                        |
|        | 環境解說方案 | 學校師生環境教育課程及遊客休閒旅遊之帶隊解說。                             |
|        | 行銷推廣方案 | 利用網路及媒體進行「社區型環境學習中心」相關活動之宣傳及教育理念之傳播。                |
| 營運管理   | 經營管理   | 中心各項資源設施的整合及組織的運作管理。                                |
|        | 經費     | 經費來自承接戶外教學活動、導覽解說等收入及撰寫計畫申請經費補助，應用於環境、維護、營運及活動宣傳…等。 |
|        | 維修（護）  | 中心公共設施則由管理單位定期檢查維護，私有則由擁有者自行管理。                     |
|        | 場域管理   | 環境學習中心的場館、路線之規劃、標示及清潔、安全之維護…等管理工作。                  |
|        | 宣傳     | 將社區環境學習中心的教育理念、產業、活動…等向外宣傳讓民衆知道，以引來人潮。              |

資料來源：本研究彙整

對每一主、次要素評量其重要程度及可執行性進行勾選，均採李克特式五點量表尺度評量：由「非常重要（非常容易）」至「非常不重要（非常困難）」分別給予 5 分至 1 分；並分別計算調查結果中每一項主次要素之重要程度及可執行性。

## （二）德懷術法對象

邀請 12 位專家學者組成專家德懷術小組成員包括：環境學習中心經營規劃、社區營造、環境教育、休閒旅遊及解說、生態保育等領域。

## （三）德懷術法資料整理與分析

本研究以變異係數（Coefficient of Variation,  $CV = \text{標準差} / \text{平均數} * 100\%$ ）作為每一題項是否達收斂的判斷標準，若分析結果之變異係數  $CV \leq 0.3$  時，表示專家意見達高度一致；而  $0.3 \leq CV \leq 0.5$  時，表示專家的意見在可接受之範圍；當  $CV \geq 0.5$  時，則必須解釋其原因 (Chang, Tsou, Yuan, & Huang, 2002; Chen, Jeff, & Xiang, 2002)。依上述標準，本研究採較嚴謹之標準，即當變異數  $CV \leq 0.3$ ，則表示該題項已達收斂。若未達收斂，再進行第二回問卷發放，如此直至專家意見收斂，以得社區型環境學習中心各組成要素之重要程度與執行的難易程度。

# 肆、結果與討論

## 一、訪談結果

本研究為能了解社區型環境學習中心的組成主要因素及次要因素為何？及其要素內涵為何？乃針對 12 位專家進行訪談，12 位專家學者皆對於社區環境學習中心建立有相關的知識和經驗，對於進一步了解社區型環境學習中心的建立與經營有一定的見解與看法。社區發展為環境學習中心應具備之主次要因素訪談結果如下：

### （一）主要因素

有 100% 的專家（12/12，即表示 12 位受訪專家有 12 位認同此一想法，以下各段文字依同樣方式表達）認同本研究之社區型環境學習中心組成主要因素，包含：「社區資源設施、人員、方案、營運管理」。有 1 位專家認為，除此四要素外，尚應增加「安全性」主要因素，由於本研究探討的是建立社區型環境學習中心的組成要素，「安全性」為社區型環境學習中心的必要條件，但非組成要素，如：環境設施在設置時，一定考量其安全性，但有安全性之後，環境學習中心的營運好壞不會受到此項功能太大的影響，因此不視「安全性」為要素之一。

### （二）次要因素

#### 1. 社區資源設施次要因素

有 100% (12/12) 專家皆同意本研究「社區資源設施」下的次要因素，包括：「環境設施、自然資源、文化資源、產業資源、營運設施及交通便利性」等社區資源設施。有 1 位專家建議可再增加「體育遊憩設施」，以因應不同年齡層之需求，本研究將此類人為設施歸類為「環境設施」，故不再增加此要素。

另有 16.7% (2/12) 專家認為各項資源及設施需界定清楚，於是本研究對各項社區資源設施做了以下定義：

- (1)環境設施：原本就存在社區的人為基本設施，如：步道、涼亭、噴水池、道路標示、路燈等。
- (2)自然資源：自然界中所蘊蓄的資源，包含：動植物、自然景觀等。
- (3)文化資源：當地文物、古蹟、藝術或宗教等資源。
- (4)產業資源：具有當地特色，可為當地帶來觀光人潮並具經濟效益之產業。
- (5)營運設施及交通便利性：
  - A.營運設施：與「社區型環境學習中心」營運有關之設施，如：營運窗口、停車場、廁所…等。
  - B.交通便利性：指場域為一般交通工具容易到達的程度。

## 2. 人員次要素

有 100%(12/12) 專家同意：「人員」的次要素下需包括有：「經營管理者、解說人員」，有 91.6%(11/12) 的專家認為需要有「課程設計人員」。有 41.7% (5/12) 的專家認為應有「專家」協助社區型環境學習中心的籌畫與建立，如學術單位或民間機構的支持與政府機關的諮詢，以協助社區型環境學習中心的資源調查、資源整合、人員教育訓練…等，且能為社區型環境學習中心提供寶貴的建議。

聘請專家學者擔任指導並帶領做各項資源調查，乃有其必要性。(20080218A1，20080218 表示訪談日期為 2008 年 2 月 18 日，A1 為受訪者代號，以下出現之訪談代碼依同法類推)

社區型環境學習中心，因專業性的成員較少，因此需增加「專家」的協助，如學術單位或協會的支持與政府機關官方的諮詢，可以協助社區型環境學習中心的人員教育訓練，且能提供寶貴的意見。(20080105A2)

社區人員若無相關能力，可以請專家進入協助，由專家帶領當地民眾進行資源調查、人員訓練，把居民的能力帶上來，然後定期訓練、測驗，以維護解說員之專業素養。(20080129A9)

有 25%(3/12) 的專家指出需要有地方支持者，如地方居民、公部門、民意代表等。

地方支持者應包括：地方食宿業者、地方居民，當遊客進入社區後最直接接觸的便是食宿業者與解說員。(20080129A9)

地方支持者也應將公部門或民意代表列入，因此兩者為社區學習中心推動成功與否的重要力量。(20080121A5)

根據上述訪談結果，本研究於「人員」主要素下增加了「專家協助」及「地方支持者」等 2 項次要素。另外，有 16.7% (2/12) 專家指出需要有志工的存在，但因志工大多為解說人員，彼此之間有相互重複之處，故本研究將「解說人員」修改為「解說人員及志

工」；有 1 位專家指出應增加「政策決定者」，可以是政府要員、機關首長、村里長、社區發展協會理事長等，政策的決定影響營運方針與走向、經費預算的多寡與學習中心發展的層面等，本研究考慮政策決定者確實有存在的必要，但其與本研究之經營管理者又有部分重疊，因此本研究將「經營管理者」內涵進行部分修改。本研究針對人員次要素內涵做了以下定義：

- (1)經營管理者：負責「社區型環境學習中心」之策略決定及負責營運之管理階層，如參與決策之社區領導人、企劃專案設計人員、社區營造人員…等。
- (2)專家協助：主要為專家學者提供「社區型環境學習中心」的人員教育訓練及諮詢服務。
- (3)解說人員及志工：
  - A.解說人員：負責「社區型環境學習中心」的帶隊導覽及解說之人員。
  - B.志工：志願協助「社區型環境學習中心」帶隊解說及相關業務推動之人員。
- (4)課程設計人員：負責「社區型環境學習中心」之室內外活動課程設計之人員。
- (5)地方支持者：為當地民衆並樂於發揮自身力量協助本中心運作之人員，可能為公部門人員、民意代表、耆老、一般民衆…等。

### 3. 方案次要素

有 66.7% (8/12) 的專家認同「方案」主要素下需有「資源整合方案、環境教育方案、休閒旅遊方案、環境解說方案、行銷推廣方案」。有 1 位專家認為「環境解說方案」應修改為「解說員培育方案」，本研究考量解說員培訓方案命名會偏重於培訓，然提供師生及遊客帶隊解說服務亦是社區型環境學習中心方案要素組成重點，因此將此次要素命名為「解說及培訓方案」，同時兼顧培訓及帶隊解說活動；「行銷推廣方案」依專家建議修改為「企劃行銷推廣方案」，讓「方案」次要素之內涵更加明確。有 1 位專家建議規劃配套行程的「休閒旅遊方案」應以「健康」為導向，因此本研究將「休閒旅遊方案」更名為「健康旅遊方案」，歸納整理專家建議後，本研究進行方案次要素名稱修改與內涵定義如下：

- (1)資源整合方案：整合社區內原有各項資源、人力及爭取到的外來資源，以利發展成「社區型環境學習中心」之方案。
- (2)環境教育方案：規劃「社區型環境學習中心」所提供之各項室內外環境教育配套課程。
- (3)健康休閒方案：規劃「社區型環境學習中心」所提供之各項健康休閒旅遊配套行程。
- (4)解說及培訓方案：
  - A.解說方案：學校師生環境教育課程及遊客休閒旅遊之帶隊解說。
  - B.培訓方案：解說人員及志工之訓練。
- (5)企劃行銷推廣方案：利用網路及媒體進行「社區型環境學習中心」相關活動之宣傳及教育理念之傳播。



#### 4. 營運管理次要素

有 75%(9/12) 的專家認同「營運管理」次要素下需有「經費、維修、場域管理、宣傳」；有 66.7%(8/12) 的專家認同「營運管理」主要素下還需有「經營管理」次要素。有 1 位專家建議應將「維修」與「場域管理」合併為一項，因為這兩項都是針對硬體部分（實體場域、設備…等）所做的管理維護，因此本研究將其併項為「場域管理與維護」。

建議將「維修」與「場域管理」合併成「維修與場域管理」，因為這兩項的性質很相近。(20080118A3)

本研究整理歸納專家建議後，進行營運管理次要素修改與內涵定義如下：

- (1)經營管理：中心各項資源設施的整合、組織的運作及各項經營要素之管理。
- (2)經費：經費來自承接戶外教學活動、導覽解說等收入及撰寫計畫申請經費補助，應用於環境、維護、營運及活動宣傳…等。
- (3)場域管理與維護：環境學習中心的場館、路線之規劃、標示及清潔、安全設施…等之管理及維護工作，包括：中心公共設施之定期檢查維護，及私有資產之自行管理。
- (4)宣傳：將社區環境學習中心的教育理念、產業、活動…等向外宣傳讓民衆知道，以引來人潮。

## 二、德懷術結果

本研究為能確立社區型環境學習中心組成要素及其重要性與可執行性，乃針對 12 位專家學者進行德懷術問卷調查，所得結果分述：

### (一) 各主、次要素之重要性及可執行性結果

#### 1. 社區型環境學習中心構成主要素之重要性及可執行性結果

由表 3. 可知，社區型環境學習中心組成主要素以「人員」最為重要 (4.82)，其次為「社區資源設施」(4.72) 及「方案」(4.72)，最後為「營運管理」(4.70)，專家們認為此四項主要素皆為建構社區型環境學習中心不可或缺的要素。此研究結果與傳統環境教育中心成功要素 (Erickson & Erickson, 2006) 相同，可知「人員、社區資源設施、方案、營運管理」等四要素，在社區型環境學習中心的組成扮演很重要的角色，亦可能成為日後社區型環境學習中心成功的要素。

社區型環境學習中心主要素可執行性介於「普通」至「容易執行」區間，其中「社區資源設施」主要素最易執行，其次為「人員」，再其次為「方案」，最不易執行為「營運管理」，可能是因為社區資源設施是原本就存在於社區中，反倒是資源設施長期的管理與維護較不易執行，所以其可執行性相對於其他要素都較容易。

#### 2. 社區型環境學習中心構成次要素之重要性及可執行性結果

##### (1)「社區資源設施」次要素

表 3. 社區型環境學習中心組成要素之重要性及可執行性

| 面向             | 要素名稱       | 重要性<br>平均數 | 排序<br>(總排序) | 可執行性<br>平均數 | 排序<br>(總排序) |
|----------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 主要<br>要素       | 社區資源設施     | 4.73       | 2           | 3.73        | 1           |
|                | 人員         | 4.82       | 1           | 3.30        | 2           |
|                | 方案         | 4.73       | 2           | 3.27        | 3           |
|                | 營運管理       | 4.70       | 4           | 2.55        | 4           |
| 社區<br>資源<br>設施 | 環境設施       | 4.00       | 5 (19)      | 3.46        | 2 (4)       |
|                | 自然資源       | 4.46       | 1 (9)       | 3.73        | 1 (1)       |
|                | 文化資源       | 4.46       | 1 (9)       | 3.27        | 3 (7)       |
|                | 產業資源       | 4.09       | 4 (17)      | 3.00        | 4 (13)      |
|                | 營運設施及交通便利性 | 4.46       | 1 (9)       | 2.90        | 5 (16)      |
| 人員             | 經營管理者      | 4.82       | 1 (1)       | 3.00        | 5 (13)      |
|                | 專家協助       | 4.46       | 4 (9)       | 3.30        | 1 (5)       |
|                | 解說人員及志工    | 4.55       | 3 (7)       | 3.09        | 4 (11)      |
|                | 課程設計人員     | 4.64       | 2 (6)       | 3.10        | 3 (10)      |
|                | 地方支持者      | 4.36       | 5 (15)      | 3.18        | 2 (8)       |
| 方案             | 資源整合方案     | 4.82       | 1 (1)       | 2.82        | 5 (17)      |
|                | 環境教育方案     | 4.82       | 1 (1)       | 3.18        | 3 (8)       |
|                | 健康休閒方案     | 4.09       | 5 (17)      | 3.55        | 1 (2)       |
|                | 解說及培訓方案    | 4.73       | 3 (4)       | 3.36        | 2 (5)       |
|                | 企劃行銷推廣方案   | 4.46       | 4 (9)       | 3.09        | 4 (11)      |
| 營運<br>管理       | 經營管理       | 4.73       | 1 (4)       | 3.00        | 2 (13)      |
|                | 經費         | 4.55       | 2 (7)       | 2.55        | 4 (19)      |
|                | 場域管理與維護    | 4.36       | 4 (15)      | 2.70        | 3 (18)      |
|                | 宣傳         | 4.46       | 3 (9)       | 3.55        | 1 (2)       |

註：平均數越高，代表越重要（越容易執行）

由表 3 可知，「社區資源設施」下各項次要素重要性以「自然資源」、「文化資源」、「營運設施及交通便利性」得分最高；其次為「產業資源」及「環境設施」。社區資源設施面向次要素重要性得分皆在 4.0 以上，顯示社區資源設施次要素都是社區型環境學習中心重要的組成次要素。

「社區資源設施」次要素可執行性部分，其中最容易執行為「自然資源」(3.73)，在 19 項次要素可執行性中排名第 1，其次為「環境設施」(3.46)，再其次依序為「文化資源」(3.27)、「產業資源」(3.00)，可執行性為「普通」；最後為「營運設施及交通便利性」

(2.90)。

「營運設施及交通便利性」是在「社區資源設施」次要素中相對而言較重要的次要素，但可執行程度卻是此面向中相對較不易執行的，因「營運設施」是構成社區型環境學習中心的必備要素，但社區卻不一定擁有的項目，因此若沒有政府公部門的支援，要靠社區型環境學習中心本身增建營運設施，則可執行性難度就會提高；而「交通便利性」與當地地理位置有關，若場域原本就是交通工具較不易抵達之處，則改善周邊交通方式也會較困難；整體而言，本項目雖較難執行，但仍屬於「普通」執行程度。

#### (2)「人員」次要素

「人員」下各項次要素最重要的為「經營管理者」(4.82)，趨於非常重要，在 19 項次要素中排名第 1；其次為「課程設計人員」(4.64)、「解說人員及志工」(4.55)，位於「重要」及「非常重要」之間；再其次為「專家協助」(4.46)；最後為「地方支持者」(4.36)，地方支持者的重要性在人員次要素中得分最低，但仍為「重要」程度以上。社區轉型為社區型環境學習中心過程中應留意人事的異動，包括經營管理者、課程設計人員、解說人員及志工等各階層服務人員的異動，人事異動皆會影響中心的運作，為減少人事異動之斷層衝擊，應做好任務交接事宜，除此亦應盡量減少人員異動。

可執行性部分，「人員」的各項次要素中，可執行性皆位於普通執行程度以上，最容易執行的為「專家協助」(3.30)，其次為「地方支持者」(3.18)，再其次為「解說人員及志工」(3.10)與「課程設計人員」(3.09)，此面向中可執行性相對最低的為「經營管理者」(3.00)，即專家認為「經營管理者」為人員中最難覓得的。

#### (3)「方案」次要素

「方案」下各項次要素重要性以「資源整合方案」及「環境教育方案」最為重要，平均值達 4.82，近於非常重要，為所有次要素重要性中排名第 1；其次為「解說及培訓方案」(4.73)，為所有次要素重要性總排序為第 4；再其次為「企劃行銷推廣方案」(4.46)；方案次要素中相對最不重要的為「健康休閒方案」(4.09)，全部次要素仍在「重要」程度(4.0)以上。社區可針對不同型態的到訪族群（學校師生、公司機關行、身心障礙團體、社會一般大眾）量身設計不同的課程方案，因為不同型態的到訪族群需求不同，應有符合他們屬性的課程方案較佳。

以可執行性來看，最容易執行的是「健康休閒方案」(3.55)，在所有次要素可執行性排序第 2；其次為「解說及培訓方案」(3.36)，再其次依序為「環境教育方案」(3.18)、「企劃行銷推廣方案」(3.09)；方案中最不易執行的為「資源整合方案」(2.82)，在 19 項次要素中排名第 17，可能是因為「資源整合方案」須同時對社區各項資源、人力及外來資源相當了解，方能將其加以整合，所需耗費的人力、時間、經費相對較高，因此專家學者認為其執行也較不易。

#### (4)「營運管理」次要素

「營運管理」次要素中，最重要的次要素是「經營管理」(4.73)，在所有次要素中排序第 4；其次為「經費」(4.55)，再其次為「宣傳」(4.46)，此面向中較不重要為「場域管理

與維護」(4.36)，但重要性仍位於重要區間。社區應先確定社區型環境學習中心為長期設立型或是任務型、不定期（指有活動時才營運），再決定其營運規劃與策略。

可執行性部分，「宣傳」是此面向中最容易執行的，平均值為 3.55，屬於容易執行區間，可執行性在所有次要素總排序第 2；其次為「經營管理」(3.00)；最後依序為「場域管理與維護」(2.70) 及「經費」(2.55)，在所有次要素中可執行性排名末 2 位，此與訪談結果相符，專家們認為與產權相關的場域問題及經費問題，常是設置社區型環境學習中心容易遭遇的困境。

本研究結果發現建置社區型環境學習中心最重要的主要素為「人員」，這和傳統的環境學習中心或自然中心以「方案」為主要素的核心明顯不同（周儒、林明瑞、蕭瑞棠，2000）。本研究的社區型環境學習中心除以「人員」為最重要的主要素外，又以「經營管理者」最為重要，可說是開啓社區型環境學習中心建置及各資源設施整合之路的重要關鍵；此外社區型環境學習中心其發展模式、歷程、影響因素與傳統的環境學習中心有著極大的不同，包括：場域設施是現存的，不需再投入大量人力、經費，各自產業或資源已經存在；但社區中的各項資源設施是散落各處，缺乏整合及連結，而這些都需要熱心人士或經營管理者去啓動；而傳統的環境學習中心設置時，人員、地點、已經被確定，經費也已經被核定，所需要的是人員把所需的各項啓動「方案」擬定好，開始推動，因此「方案」成為傳統型環境學習中心最重要的主要素，因此兩者分別以「人員」及「方案」為最重要的主要素，均相當合宜。

## （二）各項次要素重要性及可執行性分析比較

透過重要性與可執行性結果論述發現社區型環境學習中心組成次要素的重要性均屬於重要以上，但可執行性部份則均未達容易執行，本研究為能將各項次要素重要性及可執行性綜合分析比較，根據重要度與績效分析法 (IPA)，以重要性為 X 軸，可執行性為 Y 軸，做各項次要素落點之散佈圖（如圖 3），以次要素重要性之平均值 4.49 及次要素可執行性之平均值 3.15 為軸線，分成四個象限。

第一象限表示重要性高且可執行性相對較高的，有 2 項次要素落在此象限中，分別是第 12 項（環境教育方案）及第 14 項（解說及培訓方案）。「環境教育方案」是提供社區型環境學習中心各項室內外的環境教育配套課程；「解說及培訓方案」是「師生與遊客的帶隊解說」及「解說人員與志工的培訓」方案；因此若設置社區型環境學習中心，應努力完成此兩方案的設計，尤其「解說人員與志工的培訓」方案。

落在第二象限的 7 項次要素表示重要性相對較低（但仍屬於重要程度以上）、可執行性相對較高，代表這類次要指標是容易執行的，但執行後，對社區型環境學習中心相對幫助不是那麼大，典型代表就是 1 及 13 兩項。

第三象限的 4 項表示重要性相對較低（但仍屬於重要程度以上）、可執行性相對較低的次要素，因此人力或經費有限時，因重要性及可執行性相對較低，此 4 項次要素可最後再執行，包含：第 4 項（產業資源）、第 5 項（營運設施及交通便利性）、第 15 項（企劃



行銷推廣方案) 及第 18 項 (場域管理與維護), 尤其 4、18 項偏離 X、Y 軸更遠, 為更需要執行的指標項目。

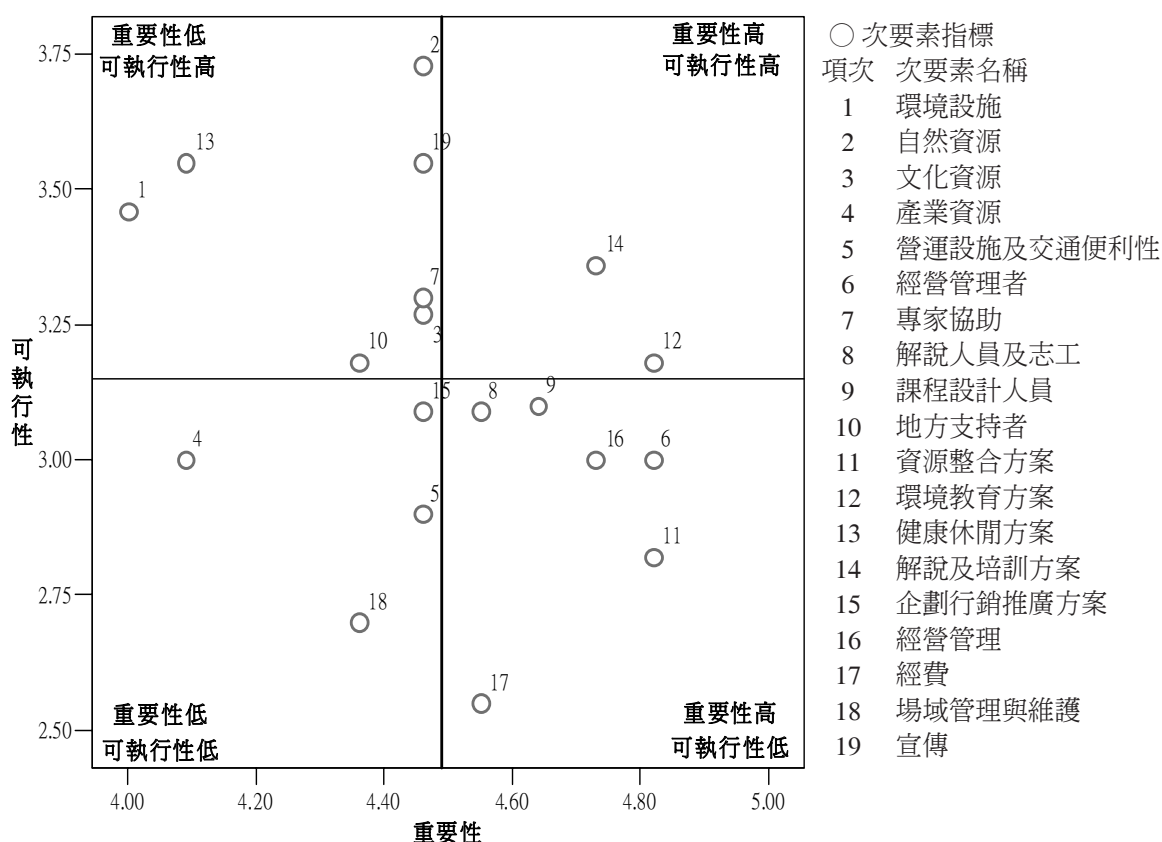


圖 3 社區型環境學習中心組成要素 IPA 分析圖

第四象限的 6 項次要素是重要性高，但可執行性相對較低，即為社區型環境學習中心設置過程中需面臨困境去執行的部分，包含人員中的經營管理者（項次 6）、解說人員及志工（項次 8）、課程設計人員（項次 9）、方案主要素下的資源整合方案（項次 11）、營運管理主要素中的經營管理（項次 16）及經費（項次 17），尤其是第 6 項（經營管理者）、第 11 項（資源整合方案）及第 16 項（經營管理），根據訪談結果，解決方式可透過地方熱心人士投入經營管理，號召人力協助，再經由專家協助進行資源整合、培訓解說人員及指導課程設計，最後再宣傳吸引師生遊客至此參訪，以增加經費來源，經費分配過程最好有社區公正人士參與分配，以避免分配不均，如此一來可解決社區型環境學習中心設置過程中常會遭遇的困境。

## 伍、結論與建議

## 一、結論

(一) 社區型環境學習中心組成要素，包括四項主要素及十九項次要素如下：

- 1.「主要素」依重要性排序爲：人員、社區資源設施、方案、營運管理。
- 2.主要素「社區資源設施」下共計5項次要素，依重要性排序爲：自然資源、文化資

源、營運設施及交通便利性、產業資源、環境設施。

- 3.主要素「人員」下共計5項次要素，依重要性排序為：經營管理者、課程設計人員、解說人員及志工、專家協助、地方支持者。
- 4.主要素「方案」下共計5項次要素，依重要性排序為：資源整合方案、環境教育方案、解說及培訓方案、企劃行銷推廣方案、健康休閒方案。
- 5.主要素「營運管理」下共計4項次要素，依重要性排序為：經營管理、經費、宣傳、場域管理與維護。

## (二) 社區型環境學習中心組成各項要素重要性及可執行性綜合分析：

- 1.重要性高且可執行性相對較高的次要素有：12、14項，表示此2項要素可以優先執行。
- 2.重要性相對較低且可執行性相對較高的次要素有：1、13等7項，表是這類次要指標是容易執行的，但執行後，對社區型環境學習中心相對幫助不大。。
- 3.重要性相對較低且可執行性相對較低的次要素有：4、8等4項，為最不需要執行的指標。
- 4.重要性高，但可執行性相對較低的次要素有：11、17等6項，為社區型環境學習中心設置時會面臨的困境，社區須努力克服。

## 二、建議

- 1.透過上述社區型環境學習中心組成要素的重要性與可執行性綜合性分析，可以了解哪些組成要素是應先考量的重點，及哪些要素可待有充足的經費與人力時，再執行；因此研究者建議有意發展為社區型環境學習中心之社區，可參考本研究結果，再依自身條件及需求，進行調整，找到適合社區轉型為社區型環境學習中心的重點考量因素。
- 2.政府可成立專家輔導團，協助有心轉型成為社區型環境學習中心的社區克服困境，協助社區整合自然、文化、產業等資源，培訓解說員、課程設計人員…等工作，使社區轉型過程可以順利進行。
- 3.本研究發展出之社區型環境學習中心一般地區發展模式，為普遍之情況，是否適用於原住民、離島等特殊地區，須待後續研究加以驗證。

## 參考文獻

### 一、中文部分

- 王鑫 (1995)。戶外教學發展史及思想之研究 (國科會八十四年度專題研究計畫 NSC 84-2511-S002-002Z)。臺北：中華民國行政院國家科學委員會。
- 李永展 (1995)。社會環境權與社區發展。社區發展季刊，69，53-61。
- 周 儒、林明瑞、蕭瑞棠 (2000)。地方環境學習中心之規劃研究－以臺中都會區為例。臺北市：教育部環境保護小組。

- 周儒(2008)。促進優質環境學習的火車頭—環境學習中心。2010年6月14日，取自：  
<http://www.csee.org.tw/modules/news/article.php?storyid=45>。
- 周儒、張子超、呂建政(1996)。教育部委辦自然教育中心實施狀況之研究。臺北市：教育部環境保護小組。
- 周儒、劉冠妙(2008)。創造優質的環境學習服務—談林務局自然教育中心之發展。臺灣林業，34(1)，16-43。
- 林秀君(1999)。國民小學環境教育實施之研究--以臺北縣成功案例為例。臺北市：臺北師範學院碩士論文（未出版）。
- 林明瑞(2007)。支持社區永續發展之周圍自然及環境教育資源設施的發展研究整合型計畫--閒置農漁業資於轉型規劃為環境學習中心之研究—以花壇鄉魚苗寮為例（國科會九十五年度專題研究計畫案 NSC95-2511-S142-003）。臺北：中華民國行政院國家科學委員會。
- 林明瑞(2007)。社區型環境學習中心之發展模式建立及成效影響因素之探討（含總計畫）。行政院國家科學委員會專題研究計畫申請書。臺中市：國立臺中教育大學（未出版）。
- 姜永浚(2006)。探討優質環境學習中心之特質——一個德懷術研究。臺北市：國立臺灣師範大學碩士論文（未出版）。
- 張幸瑜(1994)。國民小學運用社區資源之研究。臺北市：國立臺灣師範大學碩士論文（未出版）。
- 教育部環保小組(2010)。99 環境學習中心簡介。2010 年 6 月 14 日，取自 [http://www.edu.tw/environmental/download.aspx?download\\_sn=2950](http://www.edu.tw/environmental/download.aspx?download_sn=2950)。
- 郭怡秀、歐陽奇(2002)。臺灣與歐美澳三洲生態村生態規劃設計手法之比較。聯合學報，19，105-119。
- 曾家鈺(2007)。社區資源整合發展為環境學習中心可行性之研究—以花壇鄉魚苗寮為例。臺中：國立臺中教育大學碩士論文（未出版）。
- 游以德、呂適仲、王凱民(2003)。鄉村地區發展生態社區選址評估模式之研究—以苗栗縣獅潭鄉為例。農業經營管理年刊，9，132-148。

## 二、英中部分

- Erickson, E. & Erickson, J. (2006). Lessons learned from environmental education center directors. *Applied Environmental Education and Communication*, 5, 1-8.
- Chang, P. C., Tsou, N. T., Yuan, B. I. C. & Huang, C. C. (2002). Development Trends in Taiwan's Opto-electronics Industry. *Technovation*, 22, 161-173.
- Chen, J., Jeff, Y. Z. & Xiang, B. (2002). A Study on Manager' Perception of IS Management Issues In China. *資管評論*, 11, 123-139.

## 小六學童在探究教學中的樣本空間概念發展

### Investigating the Development of the Concept of Sample Space among Sixth Graders during Mathematics Inquiry Teachings

陳欣民\*  
Hsin-Min Chen

劉嘉茹\*\*  
Chia-Ju Liu

柳賢\*\*\*  
Shian Leou

(收件日期 100 年 2 月 26 日；接受日期 100 年 5 月 2 日)

#### 摘 要

本研究旨在探討小六學童於數學探究教學的情境脈絡下，樣本空間概念的發展與轉變情形。研究採取詮釋性研究法，收集的資料包括課堂錄影錄音、研究者課堂札記和學生數學日誌等資料，研究對象為南部地區某公立小學一個小六班級的 31 位學童。結果發現在探究教學前，學童會受個人生活經驗影響而具有質樸的初始樣本空間概念。另外，骰子上的點數可視為一種明顯組合的線索，能協助學童思考樣本點的排列組合。經由探究教學後，所有的學童皆能根據樣本空間觀點解機率問題，大部份的學童皆能列出二維、甚至三維樣本空間。此外對小六學童而言，理解並列出兩個硬幣樣本空間的難度比較高。並提出對於課程與教學上的建議。

**關鍵詞：**樣本空間概念、數學探究教學、排列組合

---

\*高雄師範大學科學教育研究所博士班研究生

\*\*高雄師範大學科學教育研究所所長（通訊作者）

\*\*\*高雄師範大學數學系教授



### Abstract

This study adopted an interpretative research method in order to investigate the development of the concept of sample space among sixth graders during mathematics inquiry teaching. The data comprised videotapes and audiotapes of classroom teaching practices, the researchers' journals, and the notes of 31 sixth graders of an elementary school in southern Taiwan. The results indicated that before inquiry teaching, most students had a naive concept of sample space, affected by their daily experiences. Moreover, the numbers on the sides of dice are potential cues for students to understand permutation. After inquiry teaching, all students were able to solve probability problems based on sample space and list two-stage or even three-stage sample spaces. In addition, sixth graders experience difficulty in listing the sample space of tossing two coins. Furthermore, the study provides some suggestions to improve the mathematics curriculum and teaching practices.

**Key words:** Sample Space, Mathematics Inquiry Teaching, Permutation

## 壹、研究動機與目的

機率概念是做判斷的重要關鍵，已經被擴展、應用於許多問題上（林原宏、羅友任，2009），也與生活習習相關。例如，兒童在生活情境裡需面對許多不確定事件並做決策（蔡欣潔、葉啓村，2004），或接觸充斥著機率語言的生活經驗，例如樂透彩、下注、打賭、氣象報導等等。

近年來，越來越多的研究 (Jones, Thornton, Langrall, & Tarr, 1999; Watson, 1995) 關注學童在不同的機率子概念學習上的表現，例如「樣本空間」、「機率比較」、「獨立事件」等等，其中，樣本空間概念 (sample space) 是決定事件機率最關鍵的因素，也是驅動兒童機率思考的重要角色 (Nikiforidou & Pange, 2007; Abu-Bakare, 2008; Jones, Langrall, Thornton, & Mogill, 1997)。美國課程標準 (National Council of Teachers of Mathematics[NCTM], 2000) 即明訂課程應包含與「樣本空間概念」有關的實驗及理論性概念的發展；澳洲課程標準亦建議兒童應該學習去探究諸如「丟出點數 6 真的比丟出其他點數更難嗎？」的問題，並以「所有點數出現的機率是否相等」之觀點來做討論 (Australian Education Council[AEC], 1991)。另外，由於樣本空間概念尚牽涉到排列、組合的能力 (Freudenthal, 1973)，也與「乘法原理」與「加法原理」有關（劉秋木，1996；徐正梅，1987），當學生過度依賴他們對隨機現象的經驗時，往往會在列出隨機實驗結果的完整集合時遭遇困難 (Polaki, 2000；Green, 1983)。是以如何讓學生提早接觸樣本空間概念、察覺樣本空間概念與機率概念、排列組合能力之間的關係，是值得機率課程與教學重視的議題。然而綜觀我國數學課程，多半將正式的「機率課程」安排在國三或高中以上，屬於數個單元（機率、排列組合、樣本空間）相連的密集課程，這樣一來相對地減少讓學生長期由日常經驗去察覺、體會樣本空間與機率兩者間的關係、或者建立正確樣本空間直觀的機會。事實上許多研究均指出小學中年級以上便可施以機率概念之教學 (Fischbein & Gazit, 1984; 蔡文煥，1998)，誠如 English (1993) 所聲稱的，假若在國小階段能適時幫助學童循序漸進建立正確的樣本空間概念，對於學童日後的邏輯思考與機率概念的學習與應用必能收事半功倍之效。

許多學者定義探究為一種懷疑的過程 (Peirce, 1982; Dewey, 1933)，而數學的主張需要以邏輯去檢視和批判，這種情境脈絡即存有「懷疑」的思考本質。因此，數學知識的獲得和探究是密不可分的 (McLoughlin, 2004)。因為在「數學探究教學」(mathematics inquiry teaching) 中，學生需要主動探索問題，而能夠經歷數學發展真實的歷程與高層次思考過程（例如臆測、一般化、證明、反駁）(Goos, 2004)。然而目前國內外有關於數學探究教學的明確架構較少，相對的，Siegel, Borasi 與 Fonzi (1998) 所提出的探究環 (inquiry cycle) 則是一個少見的、能引導數學探究教學與分析學生學習成效的明確架構。

綜上所述，基於研究背景和動機，本研究為求了解小六學童在探究教學的情境脈絡下，其樣本空間概念的發展與轉變情形，因此採用 Siegel, Borasi 與 Fonzi (1998) 的探究環為基礎來自編蘊含樣本空間的探究教學活動，並以一個未接受過正式機率課程與教學的小

六班級為研究對象，以有效在課室實施探究教學，並使用詮釋性資料分析來詳述說明小六學童的概念發展情形。

## 貳、文獻探討

本研究的立論基礎為樣本空間概念之意涵、概念發展的相關理論與數學探究教學，分別說明如下。

### 一、樣本空間概念之意涵與相關研究

耿素雲、張立昂 (1996) 指出「隨機試驗中的每一個可能結果稱為樣本點，全體樣本點組成的空間稱為樣本空間」。要正確的求出一事件的機率首先必需要了解整體試驗的事件有多少？以及所要求的事件在其中占有的比例，可見「樣本空間」在機率概念的學習中扮演了極其重要的角色，是驅動機率思考之基礎 (Abu- Bakare, 2008 ; Nikiforidou & Pange, 2007)。

但是，課室中常見學童無法列出完整的樣本空間，這是因為要完整列出樣本空間需依賴排列、組合的心智能力 (Batanero, Navarro-Pelayo, & Godino, 1997)，並牽涉到「乘法原理」與「加法原理」。「乘法原理」適用於每個隨機試驗須相繼完成的情形，若僅考慮完成其中的任一事件則需要用到「加法原理」，但乘法原理與加法原理往往混合使用以解決機率問題 (徐正梅, 1987)。例如以「投擲兩顆骰子出現點數 (2, 2) 的機率」為例，其牽涉到的「乘法原理」可以想成每個骰子有六點，兩個骰子的點數的配對全部有  $6 \times 6 = 36$  種，即是叉積的結構 (劉秋木, 1996)。因此，列出完整樣本空間的推理為一種基於加法和乘法基模的高階層推理，具有相當的困難度，也容易導致學童的樣本空間認知存在著錯誤的概念 (Batanero, Navarro- Pelayo, & Godino, 1997; Shin & Steffe, 2009)，例如持有「等機率偏誤」(equiprobability bias) 直觀的人們，即傾向認為所有的樣本點機率皆相等，而忽略了以樣本空間做為解題思考的依據 (Watson & Moritz, 1998)。有些學者 (Lefebvre, 2010; Tirosh & Stavy, 1996; Aspinwall & Shaw, 2000) 主張有效的教學策略為讓學生察覺存在於「正式機率概念」與「學生初始機率概念」兩者間的認知衝突，再引導學生建立正確的概念；另外，求完整的樣本空間集合而不致於遺漏樣本點的一個有效方法是教導學童畫「樹狀圖」(Aspinwall & Shaw, 2000)。

至目前為止，比起機率概念的研究，有關兒童的樣本空間、排列、組合推理方面的相關研究更為少見 (Shin & Steffe, 2009)，且樣本空間概念發展的研究發現也存在不一致的現象。例如 Piaget 與 Inhelder (1975) 主張兒童在較低年級時就能寫出一維樣本空間的所有可能結果；但 Borovcnik, Bentz 與 Kapadia (1991) 卻皆指出小一～小三的兒童，甚至 11 歲孩童尚可能無法完整列出一維樣本空間；English (1993) 指出 7 歲的學生能使用複雜如里程表的解題策略；但 Schroeder (1988) 的研究指出 4~6 年級的兒童尚無法列出完整的二維樣本空間。

Kolmogorov (1950) 指出，錯誤的古典機率概念可能來自於錯誤的樣本空間概念。有鑑於探討兒童樣本空間概念的必要性與相關研究的分歧性，更突顯出樣本空間研究的重要性，亦是本研究聚焦於「兒童樣本空間概念發展」的主因。

## 二、樣本空間概念發展的相關理論

以下分別從 Piaget 與 Inhelder (1975)、Jones 等人 (1997)、Jones 等人 (1999)、Watson 與 Kelly (2007) 對於兒童的概念發展研究觀點來說明樣本空間概念發展的層次。

### (一) Piaget 與 Inhelder (1975) 的認知發展觀點

Piaget 與 Inhelder (1975) 提出三種層次的樣本空間模式，分別為：(1) 層次一為最低層次，不了解「部份」和「全體」有關的機率結構，且因為缺乏加減或簡單乘法運算的能力，無法將所有的組合及排列找出來。(2) 層次二已能理解簡單加法型態的「部份—全體」聯集，例如能以樣本數判斷機率大小；但是在抽取後不置回的情況下，他無法察覺整體的組成。(3) 層次三是最高層次，能使用「樣本空間」的概念為基礎，運用乘法組合預測以做為機率大小的判斷。並能了解「組合」和機率的關係，以分數來表示「個別觀察到的事件」與「整體所有可能發生的事件」之機率。

### (二) Jones 等人 (1997)、Jones 等人 (1999) 的機率思考架構

Jones 等人 (1997)、Jones 等人 (1999) 的層次架構將機率思考區分為四層次：層次一是主觀的思考層次 (subjective thinking)；層次二是過渡的思考層次 (transitional)，為介於主觀的 (subjective thinking) 思考和質樸的量化思考 (naive quantitative thinking) 之間；層次三是非正式量化的層次 (informal quantitative thinking)，此時尚未具備足夠的分數概念；層次四的學童是表現出數量的推理，並能夠使用里程表策略去描述結果。雖然其架構對於樣本空間、一事件的機率、機率比較和條件機率都做了詳細的描述，但「樣本空間」占有最為舉足輕重的地位，並認為是否能理解樣本空間概念的判準，就是有沒有能力去列出一維（擲一枚硬幣）或二維（同時擲兩枚硬幣）面本空間完整的所有可能結果。

表 1. Jones 等人 (1997) 機率思考架構之樣本空間層次

| 構面<br>(construct)         | 層次一：主觀<br>(subjective) | 層次二：過渡<br>(transitional)                                         | 層次三：非正式<br>量化 (informal<br>quantitative) | 層次四：數值的<br>(formal<br>quantitative)  |
|---------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|
| 樣本空間<br>(sample<br>space) | 只能列出一維不<br>完整的樣本空間     | 1. 能列出完整的一<br>維樣本空間<br>2. 有時候能以無系<br>統性的、或受限<br>制的策略列出二<br>維樣本空間 | 能使用部份的生<br>產性策略列出二<br>維樣本空間的結<br>果       | 能使用生產性策<br>略列出二維、三<br>維樣本空間的所<br>有結果 |



### (三) Watson 與 Kelly (2007) 的樣本空間理解研究

Watson 與 Kelly (2007) 整理相關文獻，指出 4 到 6 年級的學生應該能對「機率相同的事件」(equally likely events) 做出非數值的預測，因此，其研究以「硬幣、骰子」做為教學中介情境，分析 3 到 13 年級學童對於「同時投擲兩粒及三粒骰子」的樣本空間概念理解與發進展情形。他們將學生機率概念的理解發展模式區分成六個層次，分別為：(0) 完全無法理解，(1) 認為機率代表著不確定性，完全沒有考慮樣本空間，(2) 認為一維樣本空間的所有樣本點等機率，(3) 能做直觀判斷，(4) 能列出部份樣本點，及 (5) 能系統性的列出完整樣本空間。其研究結果顯示透過教學六、七年級的學童可能已能進展到層次四至五。

上述理論皆指出樣本空間概念可區分由低至高的理解與發展層次，並詳述各層次的特性，可用來做為本研究分析兒童樣本空間概念發展程度的依據，另外，亦支持了越高層次的「樣本空間」、「組合」概念與越高層次的機率概念之關連性。

## 三、數學探究教學

Dewey (1933) 和 Peirce (1982) 皆指出探究為一種懷疑的過程，並認為探究的觀點對於數學教育尤為重要，因為數學和其他學科領域的差別就是在於數學的主張和宣稱需要以邏輯去檢視和批判，這種情境脈絡即屬於懷疑主義 (skepticism) 的範疇，也是一種數學思考的本質 (Peirce, 1982; Dewey, 1933)。因此，探究的歷程正是數學教學及學習的本質中必要的成份，數學知識和探究是不可分的 (McLoughlin, 2004)。近年來，數學教育學界大力呼籲數學改革，美國課程標準增加了更多關注於問題解決、推理和溝通 (NCTM, 2000)。相似的，澳洲課程標準 (AEC, 1991) 亦強調發展學生的溝通技巧與問題解決能力，以讓學生能夠體驗數學發展真實的歷程。此數學課程改革架構下的課室特徵即為「數學探究」——學生藉由參與數學討論與解決新問題來學習數學式的口語和行動 (Goos, 2004; Richards, 1991)，這樣的課室也就是一個「數學探究社群」。換句話說，「以探究為基礎的數學學習」鼓勵學生去思考、臆測、分析、論證、批判、證明，並且主動的學習 (McLoughlin, 2009)。

上述有關於數學探究教學的文獻大多從社會建構主義的觀點切入，強調如何營造探究環境的方向、師生互動和學生自我反思與監控等結果論述，卻沒有提供一個施行數學探究教學的明確架構。因此，本研究採用上述文獻做為分析探究活動的情境脈絡下，師生、生生互動及學童概念發展的參考依據。相對的，Siegel, Borasi 與 Fonzi (1998) 的研究則是先提出一個探究環的教學架構，並依據此架構設計數學的課程與教學，以探討閱讀結合寫作與溝通如何幫助學生理解數學概念，因此本研究擷取 Siegel, Borasi 與 Fonzi (1998) 的探究環做為引導數學探究教學施行所依循的架構。以下概述探究環教學架構的四個階段。

(一) 準備和聚焦 (setting the stage and focusing)：為探究的暖身階段，包括：(1) 引出、挑戰學生的初始概念和知識，讓學生產生學習興趣；(2) 增加學生對探究主題的背景知識；(3) 提出值得探究的問題；(4) 決定、組織探究的主題。

- (二) 執行探究 (carrying out the inquiry)：為探究執行的階段，包括：(1) 執行臆測的想法；(2) 蒐集資料；(3) 分析資料；(4) 從教師的觀點確認結果。
- (三) 綜合和溝通 (synthesizing and communicating)：為呈現探究結果的階段，包括 (1) 寫下、畫出探究的結果；(2) 呈現探究的結果。
- (四) 評估和延伸 (taking stock and looking ahead)：為「反思」的階段，包括：(1) 引出對於探究的反思；(2) 討論由探究歷程所學到的知識；(3) 評估個別學童的參與、表現和學習；(4) 開啓新的探究循環。

有別於 Siegel, Borasi 與 Fonzi (1998) 的研究探討閱讀、寫作和溝通對於數學理解的影響，本研究乃依據上述四個探究環的階段，逐步施行小組合作探究的課程與教學，及探討學生在面對蘊含樣本空間概念的問題情境時，其執行探究、綜合溝通、解題與延伸應用所學的知識於新的問題情境的整體表現，以確實了解學生的學習成效。

## 參、研究方法

許多學者 (Tyson, Venville, Harrison, & Treagust, 1997; Vygotsky, 1978) 均指出，概念發展研究必須在發展的同時進行研究方能得到有意義的研究成果。因此，本研究採用詮釋性研究法，以 Siegel, Borasi 與 Fonzi (1998) 的探究環做為教學活動設計與分析學習成效的工具，收集的資料以質性資料為主，以探討個案班級學生在探究教學中的樣本空間概念發展情形。以下分別說明研究對象、研究工具及資料的蒐集與分析。

### 一、研究對象

本研究挑選南部地區某大型公立小學剛升上六年級的一個班級為研究對象，是為便利取樣。全校共六十四班，六年級有十一班，皆為常態編班。本個案班級共包括男生 16 人，女生 15 人，共 31 個小六學童，平均 11.7 歲，年齡分布在 11.4~12.12 歲間，在參與研究前所有學童皆沒有接受過正式的機率及樣本空間課程。考量小六學童沒有探究經驗，且論證及口語表達能力未臻成熟，因此採取異質性分組、及將較多人（7-8 人）編為一組，以收集思廣義之效，有利討論進行。另外，為了避免影響學校的教學進度，本研究的探究教學皆在周一～周五的早自修進行，共計 8 次早自修時間，每次為 7:30~8:30 約一個小時。

### 二、研究工具

#### (一) 探究教學活動與問題情境

礙於排列組合的相關文獻上較為少見，且多著重於高中數學的範疇如重覆排列、重覆組合等等 (Fischbein & Grossman, 1997; Godino, Batanero, & Roa, 2005)，不適合小六學童程度，因此研究者改編部份機率問題與樣本空間問題以做為本研究的研究工具，希望能促進學童察覺樣本空間在機率解題上的重要性，並能基於樣本空間觀點解題。本研究主要參考

下述學者所提出的理念來設計探究教學活動與教學佈題的工具：(1) 探討兒童組合概念的工具（例如教學時提問的研究問題）需考量適合兒童理解且有意義的情境脈絡，而問題的本質如數字、樣本點數目多寡都會影響到學童的解題表現 (Eizenberg & Zaslavsky, 2004)；(2) 「具體外顯表徵」(concrete external representation) 的問題情境（而非抽象的、內在表徵的問題），會減少工作記憶的負荷，有助於學童發展排列、組合的解題能力 (White, 1984, 2001)。(3) 學生在列出明顯組合情境的樣本空間解題上表現較好，例如對學童而言，「三件上衣搭配三件褲子」這種視覺上可明顯看出配對的情境，要比「投擲兩枚硬幣的所有正、反面搭配情形」容易理解，也較能促發學童使用系統性策略解題（劉祥通、陳欣民，2004）。

因此，根據上述活動設計理念，本研究主要分成三個探究活動，分別說明如下：

### 1. 起始活動—「願賭服輸」

Fischbein 和 Schnarch (1997) 發現幾乎在所有年齡層都存在有顯著的「等機率偏誤」現象。「等機率偏誤」即傾向認為試驗中每一種結果的發生皆是等機率，許多研究 (Fischbein, 1991; Watson & Moritz, 1998; Watson & Kelly, 2007) 均以「同時擲兩枚硬幣，一個正面一個反面與兩個正面，哪一種出現的機會較大」、「同時擲兩顆骰子，一顆出現五點，一顆出現六點與兩粒都出現六點，哪一種的機會較大」來考驗學童是否存有等機率偏誤概念。研究者因而改寫上述題目使其更聚焦於樣本空間的部份—「老師要跟別人打賭，同時投擲兩枚硬幣一百次，出現「一個正面一個反面」次數多老師贏，反之出現「兩個都是正面」次數多老師輸，這個打賭公平嗎？你怎麼判斷的？」以及「如何客觀判斷連續投擲兩顆公正骰子，出現點數的組合「一個 5 一個 2」還是「兩個 5」的機會大？」，期能引動學童察覺並從樣本空間的觀點解題。

然而，比較上述兩個改寫的研究問題，有鑑於起始活動需貼近學生日常生活經驗，並能讓學生察覺存在於「正式機率概念」與「自己初始概念」間的認知衝突，以引發學生進一步探究的興趣，而兩枚硬幣投擲不但是國小學童熟悉的經驗，且其樣本空間亦僅包含較少的（四個）樣本點，因此使用硬幣情境做為起始活動情境，一方面考驗學生是否能列出完整的  $2 \times 2$  二維樣本空間，另一方面測試此問題是否會引發學童的等機率偏誤概念；再將「同時投擲兩顆骰子」的問題情境做為中介探究活動的情境。而實作的部份，則是請每位學童準備兩枚十元硬幣以利具體操作，每人各丟擲三十次以上，再加總全組的數據。

### 2. 中介探究活動—「押寶大賽」

如同上述，骰子上頭標示的點數為視覺可見的明顯組合線索，似乎可引動學生聯想到點數配對的各種可能組合，但是因為考量到兩顆骰子投擲是  $6 \times 6$  二維樣本空間，比上一個活動 ( $2 \times 2$ ) 的樣本點多，因此採用投擲兩個骰子情境的「押寶大賽」做為「中介探究活動」，提問的內容包括「同時投擲兩顆骰子有幾種可能組合？」、「如何客觀判斷點數組合出現一個 5 一個 2 的機會比較大，還是出現兩個都是 5 的機會比較大？」，一方面觀察樣本點數目對學童解題的影響，另一方面考驗點數的線索是否有助於引動學生列出完整的樣本空間。而實作的部份，則是現場發給學童每人兩顆公正的骰子以利具體操作，每人各



丟擲三十次以上，再加總全組的數據。

### 3. 延伸探究活動—「海帶拳」和「高手過招」

爲了檢視學生是否能將求完整二維樣本空間的策略應用於新的問題情境，研究者採用兩個加深、加廣的問題情境做爲延伸探究的工具。第一個活動係改編自劉祥通、陳欣民 (2004) 的研究，屬於  $3 \times 3$  二維樣本空間的「海帶拳」—「兩人猜拳，最多會有幾種可能的情形？」，此問題的結構相似於「同時投擲兩個硬幣（骰子）兩次」，正好可做爲檢證學童二維樣本空間的三角校正試題，實作的部份則是請同組學童兩兩一組實地猜拳、思考如何解題；第二個則是加深難度的  $2 \times 2 \times 2$  三維樣本空間「高手過招」—「同時投擲三枚硬幣有幾種可能的組合？如何判斷出現「兩個正面一個反面」還是出現「三個正面」的機會比較大？」，以測試學童是否能將二維解題的能力延展至三維解題，係參考 Fischbein (1991)、Fischbein 與 Schnarch (1997) 的研究，並允許學童視需要實地拿三枚十元硬幣出來操作以利解題。

表 2. 探究教學活動主題一覽表

| 課程屬性   | 主要活動概述              | 蘊含的樣本空間概念 | 參考文獻                                                                           |
|--------|---------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 起始探究活動 | [ 願賭服輸 ]            | 二維與三維樣本空間 | 王建都 (2002)、Fischbein(1991)<br>Fischbein & Schnarch(1997)、Watson & Moritz(1998) |
| 中介探究活動 | [ 押寶大賽 ]            | 二維與三維樣本空間 | Fischbein (1991)、Fischbein & Schnarch (1997)、Watson & Kelly (2007)             |
| 延伸探究活動 | [ 海帶拳 ]<br>[ 高手過招 ] | 二維與三維樣本空間 | 劉祥通、陳欣民 (2004)、Fischbein (1991)<br>Fischbein & Schnarch (1997)                 |

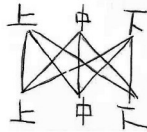
## (二) 探究教學活動的安排與程序

由於 Siegel, Borasi 與 Fonzi (1998) 所提出的探究環能提供一個完整的探究教學架構，是以本研究乃依據此探究教學架構設計課程與教學，並施行小組合作探究的活動，以探討學生在探究教學的情境脈絡中，面對蘊含樣本空間概念的機率問題時，其執行探究、綜合溝通、解題、延伸概念運用等學習表現。本研究的探究教學分成四個階段（如表 3 所示），分別概述如下：

1. 準備與聚焦：起始活動爲同時投擲兩個硬幣的情境—「願賭服輸」，透過提問「這個打賭公平嗎？」，這個機率問題需透過樣本空間爲基礎來解題，打賭的情境對學生而言是相當有趣的，能引動「如何判斷輸贏？」的思考，例如根據實際丟擲過硬幣或擲筊的日常生活經驗去推測機會大小，甚至進一步使用樣本空間的概念來解題，而達到此階段引出、挑戰學生的初始概念，並產生探究興趣的目的。
2. 執行探究：此階段最主要是讓學童透過實作（丟擲硬幣、骰子）以蒐集資料並做記錄，接續個別小組根據所得的資料進行討論並做出判斷、提出預測。這裡的探究主題包含「願賭服輸」和「押寶大賽」，以「願賭服輸」活動爲例，學童經由實作的結果



表 3. 探究教學活動與範例摘要表

| 階段    | 活動內容摘要                                         | 說明                                                                   | 學童對話內容舉隅                                                                                                                                                                                            |
|-------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 準備和聚焦 | [願賭服輸]探究活動                                     | 從預測機率大小的題目切入，引起學童產生臆測且探究結果的好奇心                                       | 學童臨場反應舉隅：<br>柏：不要賭，因為出現「一個正面一個反面」叫做「聖杯」！「聖杯」很難出現。                                                                                                                                                   |
| 執行探究  | 實際做探究試驗：<br>1.丟擲兩枚硬幣、兩粒骰子各兩百次<br>2.分析與比較實驗結果   | 讓學童透過親身丟擲硬幣、骰子去體驗出現「一個正面一個反面」次數多於「兩面正」的次數；出現「點數一個 5 一個 2」的次數多於「兩個 5」 | (以第三組 組內討論硬幣投擲結果為例)<br>媿(大叫)：咦，「一個正面一個反面」比較多！<br>品：會不會在丟的時候，不小心讓人頭和十元卡在一起，才會這樣？<br>伶：不管怎麼丟都是一正一反的次數多？好奇怪？                                                                                           |
| 綜合和溝通 | 1.各小組代表與全班分享小組結論<br>2.全班共同討論各組結論<br>3.得到全班共識結果 | 第二組學童的發問引發全班熱烈的討論與論證，最後成功說服同儕，全班取得共識                                 | 華(第二組)：我覺得「左正右反」和「右正左反」是一樣的情形耶！不應該算成有兩種情況！<br>廷(第四組)：事實上「一個點數 2 一個點數 5」應該要考慮位置的差別，包含有 (25)(52) 兩種情形，所以硬幣也要考慮位置左、右的差別！<br>筱(第三組)：老師，我們贊同第四組的說法。要把硬幣分成甲、乙兩個硬幣，一個正面和一個反面包含甲正乙反和甲反乙正的兩種情形。<br>華：喔，我明白了！ |
| 評估和延伸 | 應用到其他類似的問題情境：海帶拳、高手過招等不同活動                     | 挑戰學童是否能將所學的知識應用到其他二維、三維樣本空間的解題上                                      | T：兩個人玩海帶拳，會出現幾種可能？<br><br>(學童小賄的解法)                                                                             |

察覺「一個正面一個反面」出現的次數似乎遠多於「兩個正面」出現的次數，一開始非常驚訝並互相討論，與小組成員共同思考可能的成因，並根據數據推測同時丟擲兩枚硬幣，「一個正面一個反面」出現的機會可能比較大。

3.綜合和溝通：此階段主要是邀請學童上臺報告個別小組討論的結果，讓全班學童針對各組的解題方式與想法共同進行討論與批判。以「願賭服輸」活動為例，要能從投擲兩枚硬幣的樣本空間（「一正面一反面」包含「正反、反正」兩個樣本點，而「兩正

面」僅包含「正正」)來思考機會大小,才能正確判斷「願賭服輸」問題,當有些學童提出主觀、或等機率偏誤的想法來解題時,持有不同意見的學童即能提出反駁並嘗試說服別的學童接受正確的想法。

4. 評估和延伸:此階段旨在以類似結構或延伸的問題來考驗學童的概念應用能力,本研究使用  $3 \times 3$  二維樣本空間「海帶拳」和  $2 \times 2 \times 2$  三維樣本空間「高手過招」兩個活動主題做為檢驗學童概念應用能力的三角校正工具。

上述活動的進行主要以教師佈題、學生組成探究小組解題為主,並強調實作、討論與對話,呈現探究環的精神:臆測、實徵探究、解題、接受質疑與挑戰,進一步精緻自己的想法外,亦能應用所學的數學知識解決新的問題。

### 三、資料蒐集與分析

本研究主要蒐集的資料包括全班四組小六學童進行探究教學的上課錄影錄音內容、學生學習日誌、研究者課堂札記等相關資料。資料分析主要採用雙重編碼 (double coding) (Miles & Huberman, 1994) 做為編碼依據。先將所蒐集的資料轉成逐字稿,三位研究者再個別針對各組學童在每堂課的探究結果與表現給予初步編碼,再一起比較三位研究者所分類的異同。根據 Miles 和 Huberman (1994) 的定義,「評分者間一致性係數  $=S/S+D$ 」,其中 S 代表編碼相同的探究結果, D 代表編碼不同的探究結果。本研究三位評分者間之一致性達到 .89。接續三位評分者針對編碼不同的語句持續進行討論與磋商,直到共識形成後,才給予最終的思考層次定義。另外,對於每堂課的探究結果與過程皆使用多重的資料以做為三角校正,包括學生的課堂表現、與小組成員互動的情形、以及學生的數學日誌、研究者的課堂觀察記錄,並使用詮釋性研究的方式呈現學童的樣本空間概念在探究教學過程中的成長與發展。

## 肆、研究結果與討論

### 一、探究教學前學童的初始樣本空間概念

以下將呈現在探究教學前,小六學童面對機率問題情境時之解題判斷依據、答題情況與分析說明。如下表 4 所示,在探究教學進行前,不論是面對「願賭服輸」還是「押寶大賽」的探究活動,未經過教學引導的學童皆傾向憑直觀思考機率問題,而非依據樣本點、樣本空間與機率的關係解題。例如當被問及如何判斷「出現一正一反還是兩正面的機會大」時,有 39% 的學童認為「打賭必輸」、19% 認為「兩者等機率,我以前有玩過」;而判斷「出現一個 5 一個 2 還是出現兩個 5 的機會比較大?」的問題時,9% 的學童認為「同時出現兩個 5 好像很難,應該是一個 5 一個 2 比較大」、16% 認為「機率就是任何事都有可能發生」,這些理由似乎與學童對「等機率」、「打賭」、「玩骰子」的自身經驗和觀察有關。

表 4. 探究教學前學童樣本空間概念一覽表

| 探究教學前                          |            | 直觀臆測答案          |          |                   |                            |                            |                        | 以樣本空間<br>為基礎的推理                                                                           |       |
|--------------------------------|------------|-----------------|----------|-------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 判斷投<br>擲兩枚<br>硬幣樣<br>本點的<br>機率 | 答題類<br>型分析 | 打賭<br>必輸        | 要看<br>運氣 | 任何事<br>都有可<br>能發生 | 直覺：<br>「一正一<br>反」機<br>會小   | 直覺：<br>「一正一<br>反」機<br>會大   | 直覺：<br>兩者機<br>會一樣<br>大 | 兩枚硬幣<br>投擲的結<br>果「正正<br>、一正一<br>反、反反<br>」三種等<br>機率                                        |       |
|                                | 人數 (%)     | 12(39%)         | 1(3%)    | 3(9%)             | 3(9%)                      | 2(6%)                      | 6(19%)                 | 4(12%)                                                                                    |       |
| 判斷投<br>擲兩顆<br>骰子樣<br>本點的<br>機率 | 答題類<br>型分析 | 空白或<br>拼湊答<br>案 | 要看<br>運氣 | 任何事<br>都有可<br>能發生 | 直覺：<br>「一 5 一<br>2」機會<br>小 | 直覺：<br>「一 5 一<br>2」機會<br>大 | 直覺：<br>兩者機<br>會一樣<br>大 | 21 種，21 36 種都等<br>種皆等機 機率（能<br>率。[視樣 使用畫圖<br>本點 (a, b) 或算則 6<br>和 (b, a) ×6 =36<br>相等] 表示 |       |
|                                | 人數 (%)     | 8(25%)          | 5(16%)   | 5(16%)            | 1(3%)                      | 3(9%)                      | 1(3%)                  | 7(23%)                                                                                    | 1(3%) |

少部份的學童能以樣本空間為推理基礎，例如 12% 的學童能以「兩枚硬幣投擲的結果只有正正、一正一反、反反三種」、23% 的學童能以「投擲兩顆骰子有 21 種」做為判斷機率大小的依據，且有一位學童已能使用圖畫表徵求出完整的 6×6 樣本空間。顯示這些學童雖具有「等機率偏誤」的想法，但已能注意到樣本空間對於機率解題的重要性。有趣的是，在骰子情境中以此做為思考基礎的人數比例多於硬幣情境，是否意味著骰子的問題情境較有助於學童聯結樣本空間與機率的關係，而產生樣本空間為基礎的推理，還有待後續探究階段的檢視。

二、探究教學各階段之概念轉變歷程分析

(一) 準備和聚焦

此階段最主要是引出學生的初始概念，並讓學生對探究主題產生興趣。有鑑於「樣本空間」是決定事件機率最關鍵的因素 (Nikiforidou & Pange, 2007; Abu-Bakare, 2008; Jones et al., 1997)，研究者乃利用具「打賭」成份的機率遊戲情境，藉由讓學生判斷輸、贏與做決策來了解學生的初始概念，並引動學生的好奇心、而想進一步實際執行探究試驗以驗證自己的初步臆測是否正確。結果發現，在「願賭服輸」的探究活動中，學生初始的想法可區分成以下幾種：受廟裡拜拜擲筊的經驗影響，直觀認為擲出「硬幣一正一反」（視同聖杯）的機會很困難；或者認為一正一反的機會很小會輸掉，但無法說出原因；還有學童直接回答「賭就是輸贏各一半」的想法。這些回答皆囿於直觀想法或是經驗作答，而沒有以

「樣本空間」為基礎去思考。雖然有少數學童想到用「樣本空間」做為思考的依據，卻產生「等機率偏誤」，認為所有樣本點出現的機率皆相等。

R：同時投擲兩枚十元硬幣一百次，出現「一個正面一個反面」次數多老師贏！我該不該打賭？

柏（第二組）：不要賭，因為出現「一個正面一個反面」叫做「聖杯」！「聖杯」很難中，所以老師你千萬不要跟他打賭！

銘（第一組）：不要賭，出現「一個正面一個反面」的機會可能比較小耶！

蓉（第四組）：我猜兩種機會一樣大，賭就是輸贏各一半啊！

由上述的原案可見，未教學前幾乎所有的學童皆未能掌握「樣本空間」與「機率」的關係，因此無法依據樣本空間對打賭的機率做預測，但此活動相對的引發了學生分享自己的想法，有利於促進探究動機、進入下一個執行探究階段。

## （二）執行探究

### 1. 硬幣探究情境的停滯

此階段每一組需提出臆測並執行想法。接著，從蒐集、分析資料的過程中，小組成員依據實驗數據討論，以支持原先的臆測，或提出新臆測。在起始活動「願賭服輸」中，教師事先發給每組兩枚十元硬幣，請各組合作丟擲兩百次。在每一組討論的同時，研究者來回觀察各組的討論情形，並適時提問，以做為討論繼續與延展的鷹架。一開始，各組學童發現「一個正面一個反面」出現的次數比較多時，都是抱著懷疑、不相信的態度，因而在論證時傾向以「數據有誤」、「請求神喻」或「硬幣重量」來解釋結果，卻沒有組別從「樣本空間」的角度思考。

品（第三組）：會不會在丟的時候，不小心讓人頭和十元卡在一起，才會這樣？

宏（第二組）：好奇怪喔！是因為在拜拜時心中有所求，而現在心無所求，所以出現「一個正面一個反面」的次數反而比較多嗎？

芯（第一組）：這兩個硬幣重量不一樣嗎？

眼看各組學童討論的重心全聚焦在硬幣實驗的公平性與偏誤性，研究者因而試著以各組、或全班的實驗數據切入提問。

R：第三組的同學你們看數據，兩正面、兩反面的次數分別是是 55、45，是很接近的數字，而一正一反的次數 (104) 幾乎是他們 (55、45) 的兩倍！如果老師這樣表示，你們看出了什麼？

兩正  $55/210 = 0.25$

兩反  $45/210 = 0.25$

一正一反  $104/210 = 0.5$

S：……………

顯然地，即使經過教師提示，學童仍無法單憑「一正面一反面次數幾乎是兩正、兩反次數的兩倍」的數據觀察中察覺樣本空間在解題的關鍵性，導致在硬幣的討論產生了僵滯



的現象。研究者當天的課堂札記片斷是這樣的：

要考慮機率大小，應該以樣本空間為基礎去判斷

但學生在硬幣情境中好像無法聯想到這一層關係…

不，這裡不能直接講出答案

我仍希望他們能自己察覺

下次先換有點數的骰子情境試試看 說不定能有新的進展

因此，為了協助小六學童進一步自發地聯想到「樣本空間」與「機率」的關係，研究者決定暫時轉換情境，以「投擲兩枚骰子」的問題做為鷹架，以期能引動學生聯想到以樣本空間解題的思考。

## 2. 以骰子情境做為中介探究階段

在投擲兩顆骰子的探究情境中，第三組的解題方式頗具代表性，他們的探究過程與其他組相似（第二、四組），但是由於組員以更多元的方式來表徵投擲兩顆骰子完整的 36 個樣本點，因此其討論更為精緻，也更快達成整組的共識。以下舉第三組的例子描述學童如何討論擲骰子的二維樣本空間的過程。

（第三組 組內討論情形）

R：同時丟兩個骰子，會出現幾種點數組合呢？

（品、淳在學習日誌上寫出系統性組合）

真：我覺得裡面有好多重覆的點喔！像 (13) 和 (31)、(12) 和 (21)、(52)(25)……這些不用刪掉嗎？

淳：我覺得 (25) 和 (52) 是不一樣的情形耶，但我不會說明！

R：其他人呢？有沒有人知道為什麼她第一排全部是 1，然後配 1 2 3 4 5 6？然後第二排全部是 2，然後配 1 2 3 4 5 6？

昱：我是這樣想的！例如第一個骰子叫甲、第二個骰子叫乙，當甲是 1 的時候，可以配乙的 6 種可能。(25) 代表甲 2 乙 5，但 (52) 代表甲 5 乙 2，所以是不同的情形！

品：對對對！我就是這個意思！

R：那你們想想看，丟兩個骰子，出現「一個 2 一個 5」的機會大，還是出現的「兩個都是 5」的機會大？

圖 1. 第三組學童以數字組合呈現兩枚骰子樣本空間

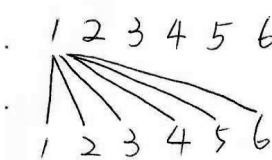


圖 2. 學童小昱「類似數狀圖」的表徵

圖 3. 第三組學童小文學習日誌

文：我知道了，是不是這樣？所以出現「一個 2 一個 5」的機會比較大！

真（頻點頭）：喔，對厚，原來如此！我要改變自己的想法了！

由上述的原案可以發現，第三組的學童小真提出了「(25) 和 (52)」屬於重覆的點數組合」的質疑。這樣的想法未將兩個骰子視為不同的個體，因而將 (25)、(52) 視為相同的樣本點。然而有趣的是，除了小真外，第三組其他學童皆未產生這樣的迷思概念。另外，從小真當天的回應、與其數學學習日誌上都可看到她接受了同儕的概念，能察覺並理解樣本空間和機率的關係。

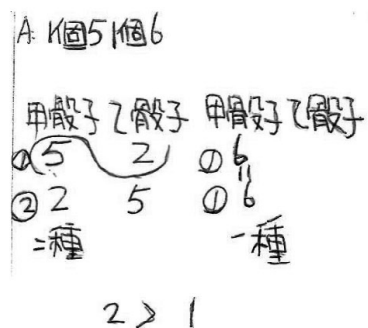


圖 4. 小真的數學日誌顯示以樣本空間觀點解題的理解

這樣看來，也許是骰子每一個面都有著點數，即一種隱藏的「明顯組合」線索，雖然  $6 \times 6$  的樣本空間遠大於硬幣的  $2 \times 2$  樣本空間，但更能引動學童自發性產生「將數字配對」的解題方式，例如學童小品、小淳能以數字組合次序列出 36 個樣本點，而學童小昱亦能使用類似「樹狀圖」的圖像表徵來表示樣本空間。因此，他們都能察覺「一個 2 一個 5」包含 (25)(52) 兩樣本點，所以出現的機會大於「兩個都是 5」的機會。對照其他學者 (Fischbein & Schnarch, 1997; Watson & Moritz, 1998; 王建都, 2002) 的研究，雖然學童仍可能會產生「等機率偏誤」的想法，但事實上骰子情境由於有數字組合線索，持有錯誤想法的學童反而比硬幣情境更容易被說服、而修正原先的概念。

### 3. 重新建構硬幣情境的樣本空間

由於研究者發現各組在討論後皆能完整列出丟兩顆骰子的 36 種結果與分辨 (25) 和 (52) 兩樣本點，於是研究者返回前一個尚未解答成功的「願賭服輸」情境。

第四組是最先將骰子樣本空間解題類推至硬幣樣本空間解題的一組。他們解題的關鍵點是察覺「位置」（排列）不同，所代表的樣本點也不同。

（第四組 組內討論情形）

皓：哎，老師要我們從丟骰子的結果去想硬幣那一題耶！

佑：丟骰子的結果，就是有 36 種，而且「第一個骰子 2，第二個骰子 5」，「第一個骰子 5，第二個骰子 2」是不一樣的情形！

皓：啊，對啦！就是要考慮位置啦！

兢：我想小皓意思是，我們要將兩個硬幣分成左邊的硬幣和右邊的硬幣！

佑：你們的意思是說「一正一反」的情形有兩種，兩正和兩反的情形只有一種！

廷：對呀！（手拿兩個硬幣比給大家看）：一正一反的情形就這兩種，左正右反和右正左反，而兩正和兩反的情形都只有一種！

新：喔！對厚！我懂了！

如上述原案所示，第四組學童由「骰子 (2, 5) 和 (5, 2)」是不一樣的情形推知「硬幣一正一反應包括兩種情形」，所以推知一正一反出現的機率較高，並經由討論與解釋達成組內共識。

### (三) 綜合和溝通

此階段為呈現探究結果的階段，包括請各組學生上臺報告探究結果並與全班分享。由於第一、二、三組的學童尚無法察覺硬幣與骰子兩者問題情境結構的相似性，並大多「倒果為因」，有於以「實際丟擲結果」來反推答案，例如「因為剛剛丟的結果裡一正一反占全部的  $104/210$ ，這就是證據」（第三組 小文）。因此，研究者先請第四組的學童上臺與大家分享他們的推論，並讓其他學生提出挑戰，讓報告組別有機會澄清想法，藉此獲得更精緻的思維。

（第四組上臺分享後）

華（第二組）：我覺得「左正右反」和「右正左反」是一樣的情形耶！不應該算成有兩種情況！

T：小華，你覺得投擲兩個硬幣最多會出現幾種可能呢？

華：一正一反、兩正、兩反

此時，與小華同組的小暉、小宏率先「發難」，說明在小組討論時，小華就已相當堅持這個想法。

暉：老師，剛剛我跟小華說，如果一個硬幣塗藍色、一個塗白色，「藍正白反」和「藍反白正」總該不一樣了吧？但是小華還是堅持「都是硬幣」嘛！

宏：對呀，小華超堅持這兩種情形發生的機會一個呢！

華：都是一正一反啊！

T：贊成小華說法的人請舉手？

（全班尚有 7 人舉手，接近  $1/4$  的人數）

經調查發現，與小華持相同想法的人數竟接近全班  $1/4$ ，造成此想法的可能原因是因為持有「等機率偏誤」的想法，且聚焦於「樣本點異同」的部份，而非「整體的樣本空間」。以小華為例，他對第四組的推論：「包含兩個樣本點的集合大於包含一個樣本點的集合」感到懷疑，研究者的發問主要在幫助小華澄清自己的想法，並藉機讓其他同學更清楚小華的論點。果不其然，雖然與小華同組的成員曾以「兩枚硬幣是不同個體」（例如染色、可不可以花用）的方式來挑戰小華的說法，可是因為這些挑戰仍未跳脫到「整體樣本空間」的思考，小華仍無法接受。於是，研究者再次將解釋與辯證的角色還給了其他組別，請各組討論後報告。

R：好，那各組說說看，你們要怎麼回應這個問題呢？

廷（第四組）：我們不同意小華說的。像投擲兩個骰子時，「一個點數 2 一個點數 5」需要考慮位置的差別，包含有 (25)(52) 兩種情形，所以硬幣也要考慮位置左、右的差別！

筱（第三組）：我們贊同第四組的說法。就像丟骰子一樣，我們也要把硬幣分成甲、乙兩個硬幣，一正面和一反面包含甲正乙反和甲反乙正兩種情形！因為一正一反的機會是  $2/4$ ，而兩個正是  $1/4$ ，所以剛剛的結果都是一正面和一反面的次數多呀！

榕（第三組）：而且我們還畫了這個圖（圖5）來表示！

這個圖和剛剛骰子那個圖很像！

忠（第一組）：我們是這樣想的。一開始丟硬幣的時候，我們的記錄是第一種，但是實際上「一個正面，一個反面」還包含有兩種情形，所以次數才會比較多（畫出表5）！

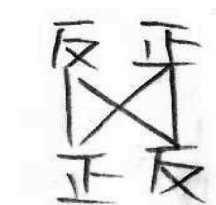


圖 5. 第三組學童以圖像表徵呈現樣本空間

表 5. 第三組學童以表格記錄樣本空間

|     |      |      |           |      |
|-----|------|------|-----------|------|
| (一) | 兩個正面 | 兩個反面 | 一個正面，一個反面 |      |
| (二) | 兩個正面 | 兩個反面 | 甲正乙反      | 乙正甲反 |

R：你們選擇誰的想法？小華剛剛的想法？還是現在各組的想法？

（此時全班學童，包括小華在內，皆同意「一個正面，一個反面」是對的）

小華的疑惑也突顯了全班八位學童對於「投擲兩枚硬幣之樣本空間與各樣本點機率」尚未釐清的部份，因此，全班學童藉由要解釋給小華聽的機會進一步去反思與澄清想法。而經由小組討論後，第四組使用的方法是「類比」，舉「一個點數 2 一個點數 5」包含兩個不同的樣本點 (25)(52) 的例子做說明。而第三組的小筏將兩個骰子視為不同的甲、乙兩物件，不但補充樣本點（正反）（反正）指的是「甲正乙反，和甲反乙正」兩種情形，更進一步聯結樣本空間與機率，比較實際數據和機率來說明一正一反包含兩個樣本點。另外，第三組習慣以圖像表徵（類似樹狀圖）來說明同時投擲兩枚硬幣樣本空間，正能提供給其他組別學童不同的思考途徑。第一組學童則類似第三組的說法，將兩枚硬幣視為不同的兩物件。最後這三組的論述成功說服了小華及想法其他相似的學童。研究者當天的課堂札記片斷是這樣的：

各組學童能從投擲兩顆骰子的經驗，來類比推理兩枚硬幣的樣本空間

並能說出一正一反指的是甲正乙反和甲反乙正兩個樣本點

看起來對學童而言，投擲兩顆骰子的樣本空間比投擲兩枚硬幣要容易理解

這個發現再次驗證骰子的點數是提供視覺上「明顯組合」的線索，因為能引動學童自發性聯想到「將數字配對」一樣本空間，所以比投擲兩枚硬幣的問題更容易理解。

#### （四）評估和延伸

此階段除了回顧所學，尚要評估學習者是否能將探究歷程所學到的知識應用到新的問題情境，以測試學習者是否確實了解了所學的概念。因此研究者使用「二維樣本空間—兩人玩海帶拳」及「三維樣本空間—同時投擲三枚硬幣」做為檢驗學生樣本空間概念的工具。

##### 1. 二維樣本空間的探究評估

研究者先問學童，若有兩人玩時下流行的「海帶拳」，其出拳情形會有幾種組合？結果發現，各組的學童都能以不同的表徵方式列出完整的二維樣本空間。



R：兩個人玩海帶拳，會出現幾種可能？

（第二組 組內討論情形）學童小芯比「上」，然後叫同組小婕比「上中下」，接著小芯再換成「中」，也要小婕比「上中下」，於是老師請他們來臺前比給大家看。

R：有誰看得懂他們在比什麼？

緯（第四組）：第一個人固定上，就會配第二人的上、中和下，然後第一個人再固定中和下！

貽（第三組）：老師，我覺得他們的表演也可以用這個圖表示（畫圖於黑板）

上述原案顯示，第二組的學童採用實際表演的方式具體地列出九個樣本點，但這樣的表演實際上隱含了排列、生產性策略的數學意義在裡面。於是研究者鼓勵其他組能夠以更為數學性的語言來說明。第四組和第一組使用了如骰子點數配對的方式來說明：先將第一個人的拳固定為「上拳」，那麼就可以搭配第二個人的「上、中、下」三種拳，因此他們選擇寫出「上上、上中…下下」九種組合；而第三組維持圖像表徵呈現的方式，以類似樹狀圖的表徵來呈現九種組合，都是學童已習得如何求出二維樣本空間的證據。



圖 6. 第四組學童呈現兩人猜拳的系統性組合

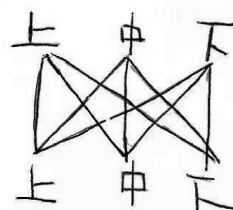


圖 7. 第三組學童呈現兩人猜拳的圖像表徵

## 2. 三維樣本空間的延伸探究

有鑑於學童能寫出完整的二維樣本空間，研究者試著將問題情境擴延至三維樣本空間「同時投擲三枚硬幣」的打賭遊戲。

R：老師準備跟一個人打賭。出現「三個都是正面」比較多的話老師贏，你可不可以幫我分析，我的贏面大不大？我該不該和他打賭？

佑（第四組）：（寫下正正正、反反反、正正反、反反正）

廷、鈞（大叫）：噢，還有其他的！還可以移位置啊！

佑（衝上臺補充）：正正正、反反反、反正反、正反正、反正正、正反反…等八種

這時研究者發現，當學童面對不熟悉與難度較高的三維樣本空間情境時，尚未想到要將二維樣本空間的系統性策略解題遷移至三維的解題。因此研究者介入提問，希望有學童能應用之前所學的知識於此時的解題。第一組學童小和的發想是突破僵局的關鍵，她想到可以利用已知的「兩枚硬幣投擲狀況」去搭配第三枚硬幣的「正面」和「反面」情形。

R：好，有什麼方法可以確定你已經完全寫出所有可能性？

和（第一組）：像這樣，先固定「正」，然後將兩枚硬幣

可能會出現四種情形寫在後面：「正正正、正正反、正反正、正反反」，接著，再固定反，一樣在後面寫出同樣的四種情形，「反正正、反正反、反反正、反反反」，所以確定有八種可能（圖 8）！



圖 8. 三維樣本空間的系統性組合

小佑、小皓（第四組）：如果像這樣畫圖呢？

在小和拋出「固定」一枚硬幣，去搭配其他已知樣本點的想法後，全班學童漸漸掌握如何列出三維樣本空間的解題方式。不簡單的是，第四組的兩位學童小鈞、小皓在從沒看過、學過樹狀圖的情形下，自發的畫出樹狀圖的圖形（圖 9）！甚至還有不少學童能以乘法原理去推出三維樣本空間算則  $2 \times 2 \times 2 = 8$ （種）

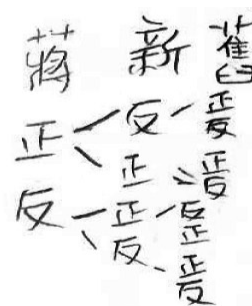


圖 9. 三維樣本空間的樹狀圖

當然，上述這些能自發想出樹狀圖與乘法算則的學童數學能力較高，但經過他們的講解後，班上大部份的學童也都能理解課堂上所學的樣本空間概念了，例如檢視學童課後的學習日誌，許多一般數學能力的學童皆能詳細記錄上課所學的知識，也能以類似樹狀圖的自發性策略列出二維和三維樣本空間。舉第三組學童小梧、第二組的小宏的數學日誌為例（圖 10、圖 11），其日誌顯示六年級一般數學能力以上的學童亦能夠經由數學探究活動深入理解二維、甚至三維樣本空間概念。

A: 骰子有 6 個面，擲到的機會也有 6 種，所以：

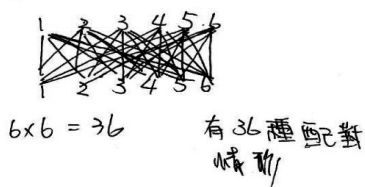


圖 10. 一般數學能力學童（小宏）的課後日誌顯示對於二維樣本空間的理解

A= 正正正, 反反反, 正反正, 反正反, 正正反, 反正正, 反反正, 正反反  
所以有 8 種。

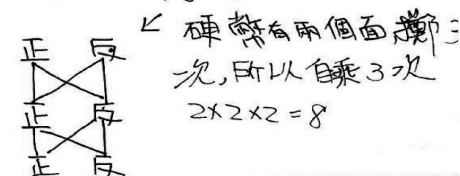


圖 11. 一般數學能力學童（小梧）的課後日誌顯示對於三維樣本空間的理解

### 三、探究教學後學童的樣本空間概念

下表 6 為探究教學進行後，在面對需做機率判斷的問題情境時，所有的學童皆能從「樣本空間概念」的觀點出發，做為下一步推理的基礎。雖然仍有少部份學童 (12%) 在教學後持有「等機率偏誤」的迷思概念，或者有些學童 (12%) 仍無法以生產性策略或樹狀圖等系統性策略解題，但大多數的學童 (76%) 已能系統性的列出二維、甚至三維的樣本空間，足見小六學童的確可經由探究教學習得正確的樣本空間概念。

根據兒童機率認知發展理論，Piaget 與 Inhelder (1975) 主張處於具體運思期的小六學童應能理解簡單加法型態的「部份—全體」聯集，例如有能力以樣本點數目去判斷機率大小；而 Jones 等人 (1997)、Jones 等人 (1999) 則認為能使用生產性策略列出完整的二維、三維樣本空間，在其機率思考架構中即為最高層次；Watson 與 Kelly (2007) 的研究發現，六年級學童透過教學能列出部份樣本點，甚至能系統性的列出完整的二維、三維樣本空間。本研究學童在參與探究教學後的表現正可支持上述理論，小六學童已有足夠的心智能力理解樣本空間概念的意涵，而課程與教學扮演了能促進學童認知發展的重要角色。

表 6. 探究教學後學童樣本空間概念一覽表

| 探究<br>教學<br>後 | 以樣本空間為基礎的推理 (100%) |                    |                     |                                         |                      |                      |              |                      |                          |
|---------------|--------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|--------------------------|
|               | 直觀臆測答案 (0%)        | 等機率<br>偏誤<br>(12%) |                     |                                         | 漏掉部份<br>樣本點<br>(12%) | 完整列出事件的樣本空間<br>(76%) |              |                      |                          |
| 答題類<br>型分析    | 機率即<br>運氣          | 任何事<br>都可能<br>發生   | 所有<br>事件<br>等機<br>率 | 硬幣投擲<br>只有三個<br>樣本點、<br>骰子投擲<br>只有 21 種 | 以自發性策<br>略列出樣本<br>空間 | 以樹狀圖<br>表徵呈現         | 以生產性<br>策略呈現 | 能延展概<br>念至其他<br>二維情境 | 能延展<br>概念至<br>其他三<br>維情境 |
| 人數 (%)        | 0(0%)              | 0(0%)              | 0(0%)               | 4(12%)                                  | 4(12%)               | 12(39%)              | 24(76%)      | 24(76%)              | 19(61%)                  |

伍、結論與建議

本研究旨在探討小六學童在探究教學情境脈絡下的樣本空間概念發展情形。研究以 Siegel, Borasi 與 Fonzi (1998) 的探究環做為引導數學探究教學設計的工具，發展成投擲硬幣、骰子及猜拳等數學探究活動，讓學童能積極參與概念的發想與建構過程。並採詮釋性研究的方式來呈現研究結果，以剖析學童的樣本空間概念發展和轉變的情形。

研究最主要的貢獻，是對於小六學童樣本空間概念在探究教學情境下的發展情形做深入的描繪與探討。結果發現在教學前，大部份的小六學童會受個人生活經驗和觀察所影響而產生了一些樣本空間的另有概念，例如在前一節「結果與討論」中，可看出學童持有「打賭必輸」（和他人打賭的經驗）、想起平日去廟裡拜拜擲筊的情形，因此認為擲硬幣「一正一反」出現的機率比較低等等。即使面對自己實際丟擲的結果，學童仍以抱著懷疑的態度，傾向以「數據有誤」、「與是否請求神喻有關」來解釋結果，卻沒有組別從「樣本空間」的角度思考。然而經由探究教學後，大部份小六學童的樣本空間概念有了顯著的成長。雖然仍有少部份的學童持有「等機率偏誤」的想法、或是無法列出完整的樣本空間，但可以確定的是，所有的學童皆能從「樣本空間概念」的觀點出發，做為判斷與推理機率問題的基礎。

從探究教學的歷程中可見，學童較容易從實地操作兩顆骰子的投擲中察覺出兩顆骰子點數配對的關係。例如有些學童能自發性使用系統性配對的方式，去找出投擲兩顆骰子的 36 種樣本點；或者有些學童使用類似樹狀圖的圖像表徵來幫助同儕理解系統性配對的原理。接續，大部份學童 (61%~76%) 能將列出投擲骰子樣本空間的成功經驗應用至投擲兩枚硬幣的樣本空間，也能類推至加深、加廣的延伸探究問題，而能列出完整的二維、三維樣本空間。有些高程度的學童甚至在從沒看過、學過樹狀圖的情形下，自發的畫出樹狀圖的圖形，並以乘法原理去推出二維樣本空間算則  $6 \times 6 = 36$ （種）、三維樣本空間算則  $2 \times 2 \times 2 = 8$ （種）；而一般數學能力的學童也能夠理解同儕的解釋並列出完整的二維、三維



樣本空間。這樣的結果亦支持了 Piaget 與 Inhelder (1975)、Jones 等人 (1997)、Jones 等人 (1999)、Watson 與 Kelly (2007) 的研究發現，小六學童已能學習並理解樣本空間概念，甚至能以生產性策略、算則、畫樹狀圖等系統性的方式列出完整的二維、三維樣本空間。亦呼應了多位學者 (Fischbein & Gazit, 1984; 蔡文煥, 1998) 主張小學中、高年級便可施以機率概念之教學的可能性。

最讓人驚訝的，是有關於投擲兩枚硬幣和兩顆骰子的理解難易度議題。這兩種情境的結構很類似，骰子情境為  $6 \times 6$  二維樣本空間，而硬幣情境為  $2 \times 2$  二維樣本空間。照常理推論，骰子情境的樣本點多，應該較難理解。然而本研究發現，實際上對學生而言，求取兩個硬幣樣本空間比求取兩個骰子樣本空間還要難以理解，甚至需用以骰子情境來做為理解硬幣情境的鷹架。另外，大部份學生皆能將骰子點數組合 (25) 和 (52) 區分成不同的樣本點，並能理解出現「點數 2 和點數 5 的機率」大於「兩個點數皆為 6 的機率」。對照其他學者 (Fischbein & Schnarch, 1997; Watson & Moritz, 1998; 王建都, 2002) 指出，在回答問題「同時丟兩個骰子，一個出現 5 一個出現 6 的機率大，還是兩個都出現 6 的機率大」時，學童容易產生「等機率偏誤」的直觀，但本研究的學童卻較少有這樣的情形，反而是較難以分辨投擲兩枚硬幣「正反」和「反正」是不同的樣本點，並對於為什麼投擲兩枚硬幣出現「一正面、一反面」的次數較多感到困惑。我們認為其原因有二：第一，學生的生活經驗可能會混淆了對硬幣情境的判斷。例如在前一節「結果與討論」中，可看出探究教學前，學童容易產生「投擲兩顆骰子，要同時出現兩個 5 好像很難」；及在探究教學的「準備與聚焦」階段，學童認為擲硬幣的情形和去廟裡拜拜擲筊的情形類似，因此堅持「一正一反」出現的機率比較低等等，可看出這些想法受到個人生活經驗或觀察所影響。第二，骰子上視覺可見的點數為一種明顯組合的線索，可激發學生自然產生排列組合與配對的思考，從探究過程中可發現不只高數學能力的學童能自發性使用系統性點數配對、或畫樹狀圖的表徵來列出完整的骰子樣本空間，連大部份一般數學能力的學童參與「押寶大賽」的骰子探究情境後，皆能理解概念並列出完整的骰子樣本空間。然而，所有學童在一開始面對「願賭服輸」的硬幣情境時，皆未能列出投擲兩枚硬幣的樣本空間，直到在「押寶大賽」的探究活動結束後，他們將列出投擲骰子樣本空間的策略類推至投擲兩枚硬幣的情境，才能列出完整的硬幣樣本空間。這所給予數學教育上的啟示是：求取兩個硬幣的二維樣本空間實際上比預期的困難度還高。

本研究所呈現的小六學童初始樣本空間概念及樣本空間概念層次，能提供給教師和課程設計者更能進一步掌握會影響學生做機率判斷的特定生活背景和經驗、或是了解樣本空間概念的學習途徑；以及學童在學習不同問題情境的困難程度等等。另外我們也發現，學生要習得如何列出完整的二維、三維樣本空間以及掌握「樣本空間」和「機率」的關係，光靠背誦公式或練習計算是不足的，學生需要有更多的經驗來了解樣本空間概念及相關概念間的關係。數學探究教學，特別是運用在機率與樣本空間的課程與教學上，更能讓學童有機會察覺、體會「樣本空間」對於機率的重要性，且能促使學生產生更多元的樣本空間表徵與想法，有助於學童對於樣本空間概念產生更深入的了解。



## 參考文獻

### 一、中文部分

- 王建都 (2002)。青少年的數學概念學習研究：青少年的機率概念發展研究。行政院國家科學委員會研究計畫成果報告 (NSC91-2522-S-003-005)。臺北市：國立臺灣師範大學數學系。
- 林原宏、羅友任 (2009)。國小學童機率概念測驗之編製與答題類型分析。測驗統計年刊，17（上），39-60。
- 徐正梅 (1987)。基礎數學第四冊。臺北，九章。
- 耿素雲、張立昂 (1996)。機率統計。臺北：儒林。
- 劉秋木 (1996)。國小數學科教學研究。臺北：五南。
- 劉祥通、陳欣民 (2004)。一位小六學生解樣本空間問題之個案研究。高雄師範大學：第十七屆科學教育論文研討會論文。
- 蔡文煥 (1998)。國小統計教材機率初步概念之設計理念與實際。國小新課程概說（高年級），257-266。臺北：教師研習會。
- 蔡欣潔、葉啓村 (2004)。國小六年級學童機率概念表現之研究。93 學年度師範校院教育學術論文發表會，1361-1390。

### 二、英文部分

- Abu-Bakare, V. (2008). *Investigating students' understandings of probability: A Study of grade 7 classroom*. Unpublished master dissertation. The University of British Columbia, Canada.
- Aspinwall, L., & Shaw, K. L. (2000). Enriching students' mathematical intuition with probability games and tree diagrams. *Mathematics Teaching In the Middle School*, 6, 214-220.
- Australian Education Council (1991). *A national statement on mathematics for Australian schools*. Melbourne: Curriculum Corporation.
- Batanero, C., Navarro-Pelayo, V., & Godino, J. (1997). Effect of the Implicit Combinatorial Model on Combinatorial Reasoning in Secondary School Pupils. *Educational Studies in Mathematics*, 32, 181-99.
- Borovcnik, M., Bentz, H. J., & Kapadia, R. (1991). A probabilistic perspective. In R. Kapadia & M. Borovcnik (Eds.), *Chance encounters: Probability in education* (pp. 27-71). Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Dewey, J. (1933). *How we think*. Boston: D. C. Heath.
- Eizenberg, M. M., & Zaslavsky, O. (2004). Students' verification strategies for combinatorial problems. *Mathematical Thinking and Learning*, 6, 15-36.

- English, L. D. (1993). Children's strategies for solving two- and three-dimensional combinatorial problems. *Journal for Research in Mathematics Education*, 24, 255–273.
- Fischbein, E. (1991). Factors affecting probabilistic judgments in children and adolescents. *Educational Studies in Mathematics*, 22, 523-549.
- Fischbein, E., & Gazit, A. (1984). Do the teaching of improve probability intuitions? *Educational Studies in Mathematics*, 15, 1-24.
- Fischbein, E., & Grossman, A. (1997). Schemata and intuitions in combinatorial reasoning. *Educational Studies in Mathematics*, 34, 27- 47.
- Fischbein, E., & Schnarch, D. (1997). The evolution with age of probabilistic, intuitively based misconceptions. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28, 98-105.
- Freudenthal, H. (1973). *Mathematics as an educational task*. Dordrecht : Reidel.
- Godino, J. D., Batanero, C. & Roa, R. (2005). An onto-semiotic analysis of combinatorial problems and the solving processes by university students. *Educational Studies in Mathematics*, 60, 3-36.
- Goos, M. (2004). Learning mathematics in a classroom community of inquiry. *Journal for Research in Mathematics Education*, 35, 258-291.
- Green, D. R. (1983). A survey of probability concepts in 3000 students aged 11-16 years. In D. R. Grey, P. Holmes, V. Barnett, & G. M. Constable (Eds.), *Proceedings of the First International Conference on Teaching Statistics* (pp. 766-783). Sheffield, UK: Teaching Statistics Trust.
- Jones, G. A., Langrall, C. W., Thornton, C. A., & Mogill, A. T. (1997). A Framework for Assessing and Nurturing Young Children's Thinking in Probability. *Educational Studies in Mathematics*, 32, 101-125.
- Jones, G. A., Thornton, C. A., Langrall, C. W., & Tarr, J. A. (1999). Understanding students' probabilistic reasoning. In Stiff L. V. & Curcio F. R. (Eds.), *Developing Mathematical Analyzing in Grades K-12: 1999 year book* (pp.146-155). Reston, Va: National Council of Teachers of Mathematics.
- Kolmogorov, A. (1950). Foundations of probability's calculation. New York: Chelsea Publishing Company.
- Lefebvre, C. (2010). *Probability vs. typicality: Making sense of misconceptions* Unpublished master dissertation, Concordia University, Canada.
- McLoughlin, M. P. M. M. (2004). On the Nature of Mathematical Thought and Inquiry: A Prelusive Suggestion. Paper presented at the annual meeting of the Mathematical Association of America, Phoenix, Arizona.
- McLoughlin, M. P. M. M. (2009). *Inquiry-Based Learning: An Educational Reform Based Upon Content-Centered Teaching*. Unpublished doctoral dissertation, Kutztown University,

- Pennsylvania.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: an expanded sourcebook* (2nd ed.). Thousand Oaks: Sage Publications.
- National Council of Teachers of Mathematics(2000). *The principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Nikiforidou, Z. & Pange, J. (2007). Can probability combinations/ estimations be assessed in preschoolers with the use of computers ? *IASE Satellite Conference on Assessing Student Learning in Statistics*, Portugal.
- Peirce, C. S. (1982). The fixation of belief. In H. S. Thayer (Ed.), *Pragmatism: The classic writings* (pp. 61–78). Indianapolis, IN: Hackett.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1975). *The Origin of the Idea of Chance in Children*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Polaki, M. V. (2000). Using instruction to trace the development of Basotho elementary students' probabilistic thinking. Unpublished doctoral dissertation, Illinois State University, Normal, Illinois.
- Richards, J. (1991). Mathematical discussions. In E. von Glasersfeld (Ed.), *Radical constructivism in mathematics education*(pp. 13-51). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Schroeder, T. L. (1988). Elementary school children's use of strategy in playing microcomputer probability games. In R. Davinson & J. Swift (Eds.), *Proceedings of the Second International Conference on Teaching Statistics*(pp. 51-56). Canada: University of Victoria.
- Shin, J. & Steffe, L. P. (2009). Seventh graders use of additive and multiplicative reasoning for enumerative combinative combinatorial problems. In Swars, S. L., Stinson, D. W., & Lemons-Smith, S. (Eds.), *Proceedings of the 31st annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Atlanta, GA: Georgia State University.
- Siegel, M., Borasi, R., & Fonzi, J. (1998). Supporting students' mathematical inquiries through reading. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29, 378-413.
- Tirosh, D., & Stavy, R. (1996). Intuitive Rules in Science and Mathematics: The Case of "Everything can be Divided by Two". *International Journal of Science Education*, 18, 669-683.
- Tyson, L. M., Venville, G. J., Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1997). A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education*, 81, 387-404.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- Watson, J. M. (1995). Probability and statistics: An overview. In L. Grimison & J. Pegg (Eds.), *Teaching Secondary School Mathematics: Theory into Practice* (pp. 120-139). Sydney: Harcourt Brace.
- Watson, J. M., & Kelly, B. A. (2007). Development of student understanding of outcomes involving two or more dice. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7, 25-54.
- Watson, J. M., & Moritz, J. B. (1998). Longitudinal development of chance measurement. *Mathematics Education Research Journal*, 10, 103-127.
- White, H. (1984). The Development of Combinatorial Reasoning: The Role of Cognitive Capacity. *The Journal of Genetic Psychology*, 145, 185-194.
- White, H. (2001). Breakdowns in Combinatorial Reasoning: The Role of Memory. *The Journal of Genetic Psychology*, 146, 431-432.