科學教育學刊
2000, 第八卷第二期, 141-156

Chinese Journal of Science Education
2000, 8(2), 141-156

大台北地區國小學童對空氣相關概念認知之研究

張敬宜
國立台北師範學院 自然科學教育學系

(投稿日期：民國88年12月3日，修訂日期：89年1月12日，接受日期：89年3月23日)

摘要：本研究採用個別晤談法來探究我國國小學童對空氣之相關認知；晤談對象乃來自大台北地區城、鄉暨偏遠地區三所國民小學的二、四、六年級學童，每校每年級六人，一共五十四位學童接受晤談。研究結果顯示二年級學童即有九成以上具有「空氣是無色無味的氣體」、「空氣到處都有」以及「空氣佔有空間」的初步概念，而學童對於「空氣佔有空間」概念的更深入瞭解和「空氣流動成風」、「空氣壓力的存在」、「空氣加熱則上升」、「空氣中有水蒸氣的存在」、「不同的氣體具有不同的重量」概念的學習成果則隨著年級的增加而有所提昇；「空氣遇熱膨脹，遇冷收縮」概念對學童的學習是難度最高的，其次則是「不同的氣體具有不同的重量」、「空氣中有水蒸氣的存在」和「空氣流動成風」。學童最熟悉的氣體還是氧氣和二氧化碳，六年級學童雖有較高的比例可以說明這二種氣體的製造與檢驗法，然而多偏重在呼吸作用、光合作用、助燃性與否的探討，能提出以生活周邊易取得的化學物質來製造、檢驗氣體的僅有五名。又唯有六年級生對「空氣中包含有許多不同的氣體」和「氣體量的比較」有較清楚的認識。同時，研究者也依據晤談整理結果研擬了空氣相關重要概念的建議學習年段。

關鍵詞：空氣、個別晤談法。

壹、前言

過去研究者在探討我國國小學童蒸發、凝結與沸騰概念的過程中，發現學童在這方面持有的某些另有概念極可能源自於對空氣或氣體概念的不清楚（張敬宜，1997；1998）。僅管空氣充滿在我們的四周，可是它既沒有顏色又不具味道，根本無法以肉眼看到，因此對於大多數仍處在需要具體實物來幫助思考的具體操作期的國小學童（歐陽鍾仁，1988；鍾聖校，1999）而言，有關空氣特性的探討可能是較抽象較難知覺到的。但誠如kuhn所言（1962），氣體化學的發展是化學在今日得以成為一門科學的兩項重要因素之一，就學童的科學學習而言關於空氣特性的探討是絕不能缺少的一環，也因此在

我國國民小學現行的自然課程標準（1993）中明列空氣的探討是其中一重要的主題，同樣地在國民教育九年一貫「自然與科技」課程綱要草案（1999）裡也少不了它的存在。又近年來，許多科教學者的研究結果均指出學生在對涉及物質、物質的狀態以及粒子論科學主題的瞭解遭遇了困難（Driver, Guesne & Tiberghiem, 1985），鑑於此，研究者益發覺得有必要深入瞭解我國國小學童對空氣相關概念之認知。因此，本研究目的在探討國小學童對空氣之相關認知，提供學童對空氣看法的詳盡敘述，希望可以幫助我們確認學童可能的學習障礙或是進一步思考可以提供什麼樣的機會來幫助學童在空氣領域可以建立或獲得較符合目前科學思潮的架構，同時研究者相信本研究所獲得的資料可做為國小學童建構科學相關知識之基礎，應可提供國小教師研習、師資培育及國小自然課程設計、教材編寫參考之用。

貳、文獻探討

一、國內外與空氣概念有關之自然課程標準、課程綱要、課程安排之探究

民國八十二年我國教育部擬定的國民小學自然課程標準中與空氣有關的部分是在「熱現象的探討」、「空氣的探討」、「氧化還原的探

表1：國民小學自然課程標準中與空氣概念有關之教材綱要表

內　容	項　目	學習的適當年級
熱現象的探討：	2. 熱及高低溫對物質的影響：	
	·物體的體積、形態、性質隨溫度高低而有改變。	五、六年級
空氣的探討：	1. 空氣的一般性質：	
	·空氣是無色無味的氣體，到處都有。	一、二年級
	·空氣占有空間，空氣流動成風。	一、二年級
	·風力可推動玩具，大的風力可發電或吹壞房屋。	一、二年級
空氣的探討：	·空氣可以壓縮，加熱則上升。	三年級
	·風的方向和大小可以測得。	三年級
	·氣團、氣團交會與天氣變化。	五年級
	2. 氧和二氧化碳是生命所必需：	
	·生物喜歡的生活環境（水、陽光、空氣、食物充足）。	二年級
	·物質燃燒需要氧。	四年級
	·動物生活需要氧。	四年級
	·植物行光合作用，吸收二氧化碳而產生氧。	四年級
	·物質的氧化和保持方法。	六年級
	·氧及二氧化碳循環。	六年級
	·空氣污染及防止。	六年級
氧化還原的探討：	·了解燃燒需要空氣。	三、四年級
	·使物質氧化的條件。	六年級
	·生態系中氧和二氧化碳的循環。	六年級
生物及其生活環境：	1. 生物生長的條件：	
	·植物生長需要水、土壤、陽光、空氣。	二年級
	2. 生活環境的影響：	
	·水、陽光、空氣、食物對動物習性的影響。	四年級
	·植物藉日光、二氧化碳和水行光合作用。	四年級
環境與資源：	1. 氣象：	
	·不同溫度、濕度和壓力的空氣形成不同的氣團。	五年級
	·不同氣團的相互作用產生天氣的變化。	五年級
運動現象的描述及力與運動的關係：	3. 力與運動的關係：	
	·風、水或手推均可使東西動起來。	一年級
聲的現象：	·察覺聲音可以藉空氣、木頭、水管等傳播。	一、二年級

討」、「生物及其生活環境」、「環境與資源」、「運動現象的描述及力與運動的關係」以及「聲的現象」內容之下，現將相關之教材綱要條列如表1。

於民國八十四年十二月提出之美國新科學教育標準（National Research Council, 1996）共分八大類：整合科學概念與過程（Unifying concepts and processes in science）、探究性的科學（Science as inquiry）、物質科學（Physical science）、生命科學（Life science）、地球與太空科學（Earth and space science）、科學與科技（Science and technology）、從個人、社會的角度看科學（Science in personal and social perspective）以及科學歷史與本質（History and nature of science）；其中與空氣概念相關者共有四大類，詳列如表2。

表2：美國新科學教育標準中與空氣概念相關者

類別	內涵 (Science Content Standard)	內涵之指引 (Guide To The Content Standard)	學習的年級
物質科學	物體與材料的性質	·物質可以以不同的狀態存在—固態、液態和氣態。例如冰可以藉由加熱或冷卻從一種狀態變化到另一種狀態。	幼稚園~4年級
生命科學	有機體的特性	·有機體有基本的需要。例如：動物需要空氣、水和食物；植物需要空氣、水、營養物以及光。	幼稚園~4年級
地球與太空科學	地球材料的性質	·地球上的材料有固態的岩石、土壤、水以及大氣層中的氣體。	幼稚園~4年級
	地球系統的結構	·大氣是氮氣、氧氣以及包含水蒸氣等微量氣體的混合物。 ·具有生命的有機體在地球系統中扮演著許多角色，包括影響大氣層的組成，產生某些型態的岩石並對岩石的風化有貢獻。	5—8年級
從個人、社會的角度看科學	資源的類型	·有些資源是基本的材料，例如：空氣、水和土壤；有些資源是從基本材料製造的，例如：食物燃料以及建築材料；而有些資源並不是物質的，例如：安靜的地方、美麗與安全。	幼稚園~4年級
	風險與利益	·學生應該了解自然災害、化學災害(空氣、水、土壤和食物的污染)、生物災害、社會災害以及個人災害所帶來的風險。	5-8年級

民國八十六年我教育部又提出了有關「九年一貫教育」的新議題，而在民國八十七年九月三十日，教育部正式公佈了《國民教育階段九年一貫課程總綱綱要》。在這綱要之中，重要的改變是（一）培養十大基本能力及（二）以七大學習領域代替過去的學科；未來，小學的自然科是以自然與科技領域來取代。目前，「自然與科技」課程綱要尚未公布，然而在其草案中有關空氣的探討多放在下面幾個次主題之下：組成地球的物質（岩石、水、大氣）、生命的共同性、物質的形態與性質、天氣變化、溫度與熱、力與運動、化學反應、氧化與還原、機械應用、生物和環境、人類與自然界的關係、環境污染與防治、資源的保育與利用。

而以色列的學校是在小學5年級時開始介紹氣體的概念（Stavy, 1988），但這也僅只是透過氣體與自然界中水循環（蒸發、凝結的過程）的相關性來介紹。一直到7年級（國一）時才從粒子論的觀點來談固、液、氣三態的性質和行為；氣體的性質被証明，同時介紹氧氣、氫氣、二氧化碳、氨等氣體，也特別強調氣體有

重量、體積的性質。

相較於美國與空氣概念有關之新科學教育標準以及以色列學校之課程安排，我國的自然課程標準中與空氣有關之部分，其項目顯得更細、更多，而概念學習的年段也訂得十分明確。

另外，研究者也詳細參閱了過去統編本以及現行民間各版本課程中與空氣有關的概念與活動，這對研究中晤談概念主題的擬定有所幫助，也讓研究者更清楚我們的國小學童在過去的自然課程中曾學習過哪些概念，又做過哪些活動。

二、空氣概念之相關研究

本研究的對象是國小學童，研究主題則依現行之自然課程標準，將重點放在空氣一般性質以及氧氣、二氧化碳特性的探討，而國內外關於空氣概念之科教研究，多數均以 11 17 歲的學生為研究對象（其中又以中學以上者居多），研究主題多涉及空氣壓力、體積、氣體的粒子性以及氣體定律的探討（Andersson, 1990; Krajcik, 1991; Rollnick, 1990），因此以下僅列出與本研究相關性較高之研究成果。

Stavy (1988, 1990)嘗以臨床晤談的方式探討以色列 4 9 年級學童的氣體概念以及物質由液態 (或固態) 轉變成氣態的概念發展情形，研究結果顯示要能讓學童將氣體視為一種物質是困難的，正因為大部分的氣體是看不見的，而且學童在日常生活中接觸到的氣體種類有限，一直到 7 年級接受氣體概念教學前，學童對氣體的知識是相當匱乏的。他們發現多數到 7 年級的學童仍相信氣體沒有重量，或是氣體較它在液體或固體時輕；而只有極少數的學生（7、8 年級均只有 15%）會利用粒子論來解釋蒸發或昇華的過程。在對氣體概念進行教學前，學童無法自發地發展出關於氣體的一般概念；在教學後，他們先獲得了有關氣體性質的知識，然後他們才會將氣體視為物質的一種狀態 (6 年級 20%，7 年級 45%，8 年級 75%)，之後他們才能應用粒子論來定義氣體 (8 年級 25%，9 年級 80%)。類似的結果也出現在 Stavy，Eisen 以及 Yaakobi (1987)對二氧化碳和石灰水反應的探討，近 40%的 8、9 年級學生均認為氣體沒有重量；Sere (1982)對法國學生關於氣體體積的變化研究中也獲得了相似的結論。

國內學者黃寶鈿和黃湘武教授（黃寶鈿和黃湘武，1997; Hwang, 1995）曾探討國內國中、高中及大學學生如何以粒子模型來解釋氣體體積和壓力的概念發展情形，其研究結果顯示氣體體積和壓力概念之形成與學生是否具正確的粒子模型概念有密切關係存在。另外，在他們對空氣的粒子與動力概念之研究（黃湘武和黃寶鈿，1995）中，亦發現一般中、小學生及大學文科學生絕大多數不具備對空氣粒子模型的瞭解，甚至是理科學生及理科教師中亦有少數人未能充分掌握此一基礎概念，而這正是學生無法學得相關正確科學概念的原因。

參、研究方法

一、研究樣本

本研究是以大台北地區的國小二、四、六年級學童共五十四名為晤談對象；他們係來自代表城、鄉暨偏遠地區的三所國民小學，每校每年級各有六名學童參與晤談（見表 3）。參與晤談的學童是由該校自然科教師推薦，以自然科成績中等且表達能力不致太差者為優先考慮的對象。晤談是在一九九八年三~六月間實施的，而且是由具小學教學經驗之助理擔任晤談者，並以實物示範的方式操作給受訪者觀察，務期能真正瞭解受訪者的想法，同時另有二位研究小組成員負責場記與錄音工作。

表 3：研究樣本數

學校類型	二年級	四年級	六年級

城	6	6	6
鄉	6	6	6
偏遠地區	6	6	6
合計	18	18	18

在選取學校時，研究者雖注意到城鄉的分佈，但班級數極少的偏遠地區樣本則未予納入，因此本研究如欲推論到大台北地區以外或包含班級數極少的極偏遠地區的國小學童，必須十分審慎。

二、晤談工具之設計

研究者於分析國內外相關資料暨向數位具豐富教學與研究經驗之國小自然科教師請益後，再與研究小組成員多次會商討論，先擬定了晤談的八大主題，繼而草擬出晤談內容初稿，而後再邀請六位專家學者審定，並以北師實小二、四、六年級學童各三名預試，始修正完成對國小學童的晤談工具。晤談主題與主要內容如下：

主題一：空氣的一般性質

探討概念：1.空氣是無色無味的氣體
2.空氣到處都有
3.空氣佔有空間

演示實驗：1.將面紙揉成一團黏貼於布丁杯底部，再把倒立的布丁杯垂直地壓入水中。
2.將上述水中原本垂直倒立的布丁杯傾斜（約45度）。
3.將一塊海棉放入水中。

關鍵問題：1.演示實驗1後，請學童說明杯底的面紙怎麼不會濕呢？
2.演示實驗2後，請學童說明現在面紙怎麼會濕掉呢？
3.海棉裏有沒有空氣？
4.用什麼方法可以證明海棉裏有空氣呢？（如學童無法說明則先讓他觀察演示實驗3，再試著回答）
5.你認為空氣在哪裡？
6.空氣有沒有顏色或味道呢？

主題二：風的形成與作用

探討概念：1.空氣流動成風
2.風的作用

展示器材：自製風車一台

關鍵問題：1.展示風車後，請問風是怎麼產生的？
2.我們可運用風來做什麼呢？

主題三：空氣的壓縮性

探討概念：1.空氣可以壓縮
2.空氣壓力的存在

展示器材：1.用黏土密封前端的針筒一支
2.自製空氣槍一支

關鍵問題：1.展示針筒後，請問針筒內有什麼？用力壓壓看，體積會不會改變？為什麼？
2.展示空氣槍並操作一次後，請學童說明為什麼前端塞住的紙會噴出來呢？

主題四：溫度對空氣的影響

探討概念：1.空氣遇熱膨脹，遇冷收縮
2.空氣加熱則上升

展示器材：熱氣球的照片一張

演示實驗：1.先以熱水澆圓底燒瓶底部後，將滷蛋放在瓶口，再以冷水澆燒瓶底部。
2.當滷蛋已卡入瓶頸時，再以熱水澆燒瓶底部，讓滷蛋彈出瓶口。

關鍵問題：1.演示實驗操作二次後，再請學童想一想為什麼剛開始滷蛋可以跑到瓶頸？後來為什麼滷蛋又會從瓶子裡被擠出來？
2.展示熱氣球的照片，請學童

說明一下熱氣球為什麼會飛起來？

主題五：空氣的組成

探討概念：1.空氣中包含有許多不同的氣體
2.氣體量的比較
3.空氣中有水蒸氣的存在

展示器材：久置屋內，未密封的餅乾一塊

關鍵問題：1.請你說說看，空氣裡包含有哪些氣體？
2.哪些氣體量較多？你可以由多到少試著排排看。
3.你覺得放在屋內很久且未蓋緊封好的餅乾好吃嗎？餅乾為什麼會變軟呢？

主題六：氣體的重量

探討概念：不同的氣體具有不同的重量

展示器材：1.氦氣球一個
2.普通氣球一個（請學童當場自己吹）

關鍵問題：這種氣球（指氦氣球）會飛上天，而自己吹的氣球怎麼不會飛上去？

主題七：二氧化碳的製造與特性

探討概念：1.二氧化碳氣體的製法
2.二氧化碳氣體的檢驗
3.二氧化碳氣體的性質

關鍵問題：1.你知道可以用什麼方法產生二氧化碳的氣體嗎？
2.如果我告訴你，這瓶子裡裝的是二氧化碳，你可以用什麼方法證明它就是二氧化碳？
3.你知道二氧化碳有哪些特性或性質？

主題八：氧氣的製造與特性

探討概念：1.氧氣的製法
2.氧氣的檢驗
3.氧氣的性質

關鍵問題：1.你知道可以用什麼方法產生氧氣的氣體嗎？
2.如果我告訴你，這瓶子裡裝的是氧氣，你可以用什麼方法證明它就是氧氣？
3.你知道氧氣有哪些特性或性質？

本研究探討的部分概念雖是學童尚未接受正式教學的，但本研究所獲得的資料可以做為未來如何在國小階段建構氣體相關知識之基礎。另外，在對受訪者做實物示範的過程中，研究者儘量採用的是學童生活中熟悉的東西，以提供學童運用他們原先持有知識的機會。

三、資料的處理與分析

在將錄音所得之晤談內容轉譯為原始資料後，研究者及二位參與本研究的國小教師即自其中抽選了六份資料，先各自研讀，繼而多次共同磋商討論，擬定小組成員一致認同的判讀標準後，再開始逐件審視所有資料。為提升本研究結果的可信賴度(trustworthiness) (Lincoln & Guba,1985)，轉譯資料均經過反覆、詳細的檢視、審思，同時在分析過程中研究者及二位參與判讀的教師也不斷透過溝通、自我反省、再評鑑等方式儘可能排除研判者本身的主觀影響研究，也以參與者檢核的方式，進行三角校正（黃瑞琴，1991）。

肆、結果與討論

一、空氣的一般性質

表 4 列出學童具有晤談主題一「空氣的一般性質」所探討各概念的百分比分佈。從表 4 可以清楚看出國小二年級學童即有近 95 %具有「空氣是無色無味的氣體」及「空氣到處都有」的概念，顯見對於這二個概念的學習，低年級學童即有很好的表現。至於「空氣佔有空間」

的概念，晤談中的主要命題有二，一是請學童說明可以用什麼方法證明海棉裏存有空氣，另一則是將底部黏有面紙的布丁杯先是垂直倒立壓入水中繼而讓它在水中傾斜，請學童

佔有空間」概念列出的第一行數字可以知道有90%左右學童可以證明海棉裡確實存有空氣；但對於需要將此概念消化、反思、吸收而後應用的布丁杯試驗，二~六年級學童通過的比例分別

表4：學童具有晤談主題一「空氣的一般性質」所探討各概念的百分比分佈

探討概念	二年級 (N=18)	四年級 (N=18)	六年級 (N=18)
1. 空氣是無色無味的氣體	94.4%	94.4%	100.0%
2. 空氣到處都有	94.4%	94.4%	94.4%
3. 空氣佔有空間[a]	94.4%	88.9%	94.4%
	66.7%	77.8%	83.3%

[a]對於「空氣佔有空間」概念，表中所列第一行的數字是學童可以證明海棉裡存有空氣的百分比例，第二行的數字則是學童通過更需要思考、推理的布丁杯試驗（演示實驗1和2）的百分比例。

表5：學童具有晤談主題二「風的形成與作用」所探討各概念的百分比分佈

探討概念	二年級 (N=18)	四年級 (N=18)	六年級 (N=18)
1. 空氣流動成風	27.8%	44.4%	72.2%
2. 風的作用[a]：			
◎讓人覺得涼快	55.6%	33.3%	44.4%
◎推動玩具（如風車、風箏、飛盤等）	11.1%	33.3%	22.2%
◎吹走或吹壞東西	11.1%	38.9%	11.1%
◎發電	5.6%	11.1%	61.1%

[a]關於風的作用，學童可以將他想到的全表達出來，但表中列出的各項作用須是二、四、六年級中至少在某一年級裡有二位學童均提及的，研究者才將它列出。

表6：學童具有晤談主題三「空氣的壓縮性」所探討各概念的百分比分佈

探討概念	二年級 (N=18)	四年級 (N=18)	六年級 (N=18)
1. 空氣可以壓縮	[a]	61.1%	83.3%
2. 空氣壓力的存在	77.8%	83.3%	94.4%

[a]因二年級生尚未學習體積概念，因此只對四、六年級生進行這部分的晤談。

說明二者實驗（演示實驗1及2）結果不同的原因；前者十分接近現行教材介紹此概念時採用的一些教學活動，後者則需要學童更深入地思考、比較、推理之後，才能說明。由表4「空氣

是66.7%、77.8%以及83.3%，隨著年級的增加瞭解學童的百分比例也跟著增加了，唯即使是六年級生其百分比例尚不到85%，這部分可能是未來教學設計中需要再著力之處。

二、風的形成與作用

學童具有晤談主題二「風的形成與作用」探討各概念的百分比分佈列於表 5。「空氣流動成風」的概念隨著學童年級的增長確有增加的傾向，但是各年級學童具有此概念的比例似乎都偏低；晤談中，有四名學童認為風是自然產生的，也有二名學童十分堅持一定要有某些物體（例如手、扇子等）讓空氣動，才會有風形成。至於我們可運用風來做什麼？多數學童的回答集中在「讓人覺得涼快」、「推動玩具（如風車、風箏、飛盤等）」以及「較大的風可以吹走或吹壞東西」，六年級學童裡才有較高的比例提及可以產生動力來發電。

三、空氣的壓縮性

表 6 所列的是學童具有晤談主題三「空氣的壓縮性」所探討各概念的百分比分佈。研究者先是展示一用黏土密封前端的針筒，繼而請受訪學童用力壓壓看，並說明空氣的體積會不會改變，藉以探討學童是否具有「空氣可以壓縮」的概念。根據現行國小課程的教材綱要（1993），有關體積概念的學習是從國小三年級開始，學的是「體積的認識」、「體積的直接比較」，到四年級才學習「體積的間接比較」、「長方體體積求法」，有鑑於此，訪談者只對四、六年級生實施這部分的晤談。研究者發現在展示並操作針筒前即能知道「空氣可以壓縮」特性的學童並不多，但經展示、觀察、實作後能說出空氣具有壓縮性的學童明顯地增多了。晤談中，有二位四年級生馬上說到針筒內有空氣壓力，因為擠的不能再擠，裡面的空氣會往外膨脹，放手時會自己彈回去，空氣會往外推。又有一位喜愛自然，常看大量課外圖書的六年級生甚至以原子、分子間的縫隙來解釋空氣的壓縮性—裡面有空氣，所以壓不進去，可能是空氣的極限吧，因為空氣會有體積，大概是什麼原子或分子吧，它們之間有空隙，當你壓下去的時候，它的空隙就會越來越小，等到不能再縮小時，就壓不下去。研究者也意外地發現有七位學童對於氣體的量與體積的觀念有些混淆，他們認為針筒內氣體的量不變，體積當然不會改變。

至於空氣壓力的存在，研究者係讓學童親自動手操作了研究群自製的空氣槍，再說明前端塞住的紙團噴出來的原因。從表 6 的數字可以發現隨著年級的增長，具有此概念的學童亦增加了。

四、溫度對空氣的影響

由表 7 可以知道學童對於滷蛋在圓底燒瓶瓶頸升降的原因說明，大致集中在「熱脹冷縮」及「熱空氣上升、冷空氣下降」二大類；而能真正瞭解空氣的熱脹冷縮是滷蛋在瓶頸升降的主因之學童比例非常低，即使是六年級生，其比例也只有 38.9 %。至於熱氣球為什麼會飛起來，二年級生能回答的比例甚低，但四年級就有 65 %以上的學童可以說明，六年級生的比例則已接近 85 %；有許多的六年級學童已經知道熱空氣會上升，一位學童甚至清楚地說出：熱氣球裡面空氣會被加溫，空氣就會膨脹，空氣的密度比較小，在空氣中的重量就會比較輕，所以就會往上飄，熱氣球就會飛起來。

五、空氣的組成

表 8 的數據顯示國小學童最熟悉的氣體還是氧氣與二氧化碳，二、四年級學童無人知道有氮氣的存在，這極可能與目前自然課程只在六年級時才提及組成空氣的一些氣體有關，唯六年級生中提及氮氣者也只有 66.7 %。六年級學童中也有少數人（每一種說法均少於二位）提及空氣中包含有氫氣、氟氯碳化物、烷類或瓦斯；四年級生中則有少數人認為空氣中有新鮮的、髒的空氣、煙或細菌。同時由表 8 還可

以發現一些二、四年級學童認為空氣就只是空氣，空氣和氧氣、二氧化碳這些有名字的氣體是不一樣的，六年級生則無此想法。至於氣體量的多寡，也以六年級生表現稍好一些，惟其中也僅有四人能夠說出正確的量的關係—空氣中有近五分之四的氮氣以及五分之一的氧氣和其他氣體；六年級生中認為氮氣最多和氧氣最多的比例一樣均是 33.3 %，四年級生則以認為二氧化碳最多的比例最高為 33.3 %。有意思的是，各有一名二、四年級學童認為在城市中樹少二氧化碳多，而在郊區則是樹多氧氣多。

關於「空氣中有水蒸氣的存在」的探討，研究者是展示一塊久置屋內、未密封的餅乾，再請問學童餅乾為什麼會變軟。表 8 的數據告訴我們，知道空氣中有水蒸氣存在的只有少數的四年級生及 66.7 %的六年級生；另外，二、四、六年級分別有 38.9 %，38.9 %，11.1 %認為餅乾變軟是因為空氣跑進餅乾內或是餅乾接觸到空氣所造成的，但他們還是無法意識到水蒸氣的存在。

表7：學童具有晤談主題四「溫度對空氣的影響」所探討各概念的百分比分佈

探 討 概 念	二年級 (N=18)	四年級 (N=18)	六年級 (N=18)
1.空氣遇熱膨脹，遇冷收縮			
學童的主要回答類型[a]：			
a.空氣的熱脹冷縮	16.7%	16.7%	38.9%
b.熱空氣往上，冷空氣往下	16.7%	22.2%	27.8%
c.熱空氣往上	5.6%	16.7%	0.0%
d.與熱脹冷縮有關，但不知是何物	11.1%	0.0%	16.7%
e.瓶口或滷蛋的熱脹冷縮	5.6%	11.1%	11.1%
f.知道應與空氣、冷熱水有關，但無法理清相關性	16.7%	0.0%	5.6%
2.空氣加熱則上升	11.1%	66.7%	83.3%

[a]表中列出的學童主要回答類型須是二、四、六年級中至少在某一年級裡有二位學童均提及的，研究者才將它列出。

表8：學童具有晤談主題五「空氣的組成」所探討各概念的百分比分佈

探 討 概 念	二年級 (N=18)	四年級 (N=18)	六年級 (N=18)
1.空氣中包含有許多不同的氣體：			
a.氧氣	50.0%	61.1%	100.0%
b.氮氣	0.0%	0.0%	66.7%
c.二氧化碳	44.4%	88.9%	88.9%
d.一氧化碳	16.7%	22.2%	16.7%
e.空氣	16.7%	11.1%	0.0%
f.氫氣	5.6%	27.8%	61.1%
2.氣體量的比較			
a.氮氣最多	0.0%	0.0%	33.3%
b.氧氣最多	16.7%	27.8%	33.3%
c.二氧化碳最多	0.0%	33.3%	22.2%
d.二氧化碳最少	11.1%	5.6%	0.0%
3.空氣中有水蒸氣的存在	0.0%	16.7%	66.7%

六、氣體的重量

學童具有晤談主題六「氣體的重量」所探

討各概念的百分比分佈列於表9，從其中可以知道有50％以上的四、六年級學童認為氦氣球內裝的是氫氣，而自己吹的氣球內多是二氧化碳，但知道氫氣（實際上應該是氦氣）比空氣輕，二氧化碳比空氣重的學童比例並不高，六年級生也只有50％。

加上小蘇打粉來製造二氧化碳。關於二氧化碳的檢驗，四年級生只有11.1％有辦法做到，六年級生則有近90％可以辦到；晤談中，四、六年級各有一名學童表示可以用鼻子吸吸看，如果覺得不舒服，該氣體便是二氧化碳。學童提及二氧化碳的特性，六年級學生主要以不助燃

表9：學童具有晤談主題六「氣體的重量」所探討各概念的百分比分佈

探討概念	二年級 (N=18)	四年級 (N=18)	六年級 (N=18)
1.不同的氣體具有不同的重量：			
a.認為氦氣球內裝的是氫氣	11.1%	50.0%	72.2%
b.認為自己吹的氣球內多是二氧化碳	5.6%	50.0%	61.1%
c.瞭解不同的氣體具有不同的重量	0.0%	27.8%	50.0%

表10：學童具有晤談主題七「二氧化碳的製造與特性」所探討各概念的百分比分佈

探討概念	四年級 (N=18)	六年級 (N=18)
1.二氧化碳的製造：		
a.吹氣	44.4%	44.4%
b.石油、蠟燭燃燒	5.6%	38.9%
2.二氧化碳的檢驗：		
a.點蠟燭（香、火）熄熄之	11.1%	88.9%
3.二氧化碳的特性：		
a.不助燃	0.0%	38.9%
b.對人的身體不好	16.7%	11.1%

七、二氧化碳的製造與特性

對於二氧化碳（晤談主題七）與氧氣（晤談主題八）的探討，研究者考慮到二年級生尚未接觸到這方面的學習，因此只對四、六年級生實施晤談；表10列出四、六年級學童具有晤談主題七「二氧化碳的製造與特性」所探討各概念的百分比分佈。有關二氧化碳的製造法，學童的回答主要有二：吐氣及石油、蠟燭的燃燒，惟其比例均不及45％；另有極少數（每一種說法均少於二位）的學童提及還有工廠冒的煙及排放出的廢氣、汽車排放的廢氣、抽煙、樹等方法，而只有一位六年級學童提到可以醋

為主，也有部分學童認為二氧化碳對人的身體不好；另有極少數學童提及二氧化碳具有可進行光合作用，比較重、無色無味的特性。研究者在與二年級生討論空氣的組成時，有一部份學童自然而然地主動提及他對二氧化碳的瞭解，而這其中有些想法與四、六年級學童有些類似，例如：二氧化碳就是燒東西的煙，工廠排放的黑煙，是對身體、大自然有害的，還有二位學童指出二氧化碳有顏色，是黑色的，會有很難聞的味道，會臭臭的，在外面聞過，因為馬路上有很多汽車，汽車排出來的都是二氧化碳，是髒髒黑黑的黑炭，在燒的時候也會產生黑色的煙。

八、氧氣的製造與特性

如同表10，表11僅列出四、六年級學童具有晤談主題八「氧氣的製造與特性」所探討各概念的百分比分佈。關於氧氣的製造法，四年級學童的想法只有種樹一途，而六年級生除了有27.8 %的人提出可種樹外，尚有38.9 %的學童進一步提出光合作用的名詞，他們明確說出利用光合作用可製造氧氣，另外還有四位學童（佔22.2 %）說明可利用豬肝、馬鈴薯或紅蘿蔔加雙氧水來製氧。至於氧氣的檢驗，六年級生已有77.8 %知道可以點香、火或蠟燭放入容器內，如果燃燒的狀況更好，那容器內的氣體就是氧氣，但是四年級生擁有此想法的比例明顯偏低，只有5.6 %；反而有22.2%的四年級學童提到如果是氧氣，吸它或聞它，人應該會覺得很舒服，也有5.6 %的六年級生持有相同的觀點；又另有一位六年級學童認為可抓隻蟲，放入容器內，如果蟲可繼續存活下來，那容器內裝的便是氧氣。又學童提及的氧的特性主要有二，一是它可讓人呼吸，另一則是它具有助燃性。在氧氣的檢驗裡，有77.8 %的六年級生提到可點香、火或蠟燭，看看其燃燒的狀況是否更好，但能提出氧具有助燃特性的比例只有27.8 %，明顯低了許多，這可能是同學對「助燃性」這個名詞並不夠熟悉的原因。

表11：學童具有晤談主題八「氧氣的製造與特性」所探討各概念的百分比分佈

探討概念	四年級 (N=18)	六年級 (N=18)
1.氧氣的製造：		
a.種樹	27.8%	27.8%
b.光合作用	0.0%	38.9%
c.豬肝、馬鈴薯或紅蘿蔔加雙氧水	0.0%	22.2%
2.氧氣的檢驗：		
a.點香（火、蠟燭）	5.6%	77.8%
b.吸它會覺得很舒服	22.2%	5.6%
3.氧氣的特性：		
a.讓人呼吸	11.1%	44.4%
b.助燃	5.6%	27.8%

九、綜合討論

本研究對於空氣相關概念的探討結果有一些可以以圖形的方式來呈現，研究者將這些資料繪圖如圖1。從圖形中可以發現超過九成以上的二年級生都能具有「空氣是無色無味的氣體」、「空氣到處都有」以及「空氣佔有空間」的初步概念（海棉試驗）；而二、四、六年級學童持有這些概念的比例隨著年級的增長並未有太大的變化，這意味著學童在這幾個概念的學習成果是可以持續保留下來的。對於「空氣佔有空間」概念需有較深入瞭解的布丁杯試驗以及明瞭「空氣壓力的存在」的空氣槍試驗，能夠通過考驗的學童比例由二到六年級是呈現微幅的成長；六年級生有83.3 %可以通過布丁杯試驗，而能明瞭空氣槍原理的六年級生也有94.4 %。從二年級到四年級，具「空氣流動成風」概念的學童比例呈些微的成長，而由四年級到六年級成長速率較快，四、六年級學童具有此概念的百分比分別是44.4 %、72.2 %，數值並不高；在現行國小課程標準裡是將此概念的學習安排在一、二年級，而一般教學單元則是在四年級下學期始進行教學，但本研究數據顯示四年級的學習成效不佳，就連六年級生也僅有近七成的學童具有此概念，因此未來如何在學童在此概念的學習上給予更適切的協助，是一個

必須再深思的問題。同樣地，從二年級到四年級，具「空氣中有水蒸氣的存在」概念的學童比例由零開始微幅上升到16.7％，而由

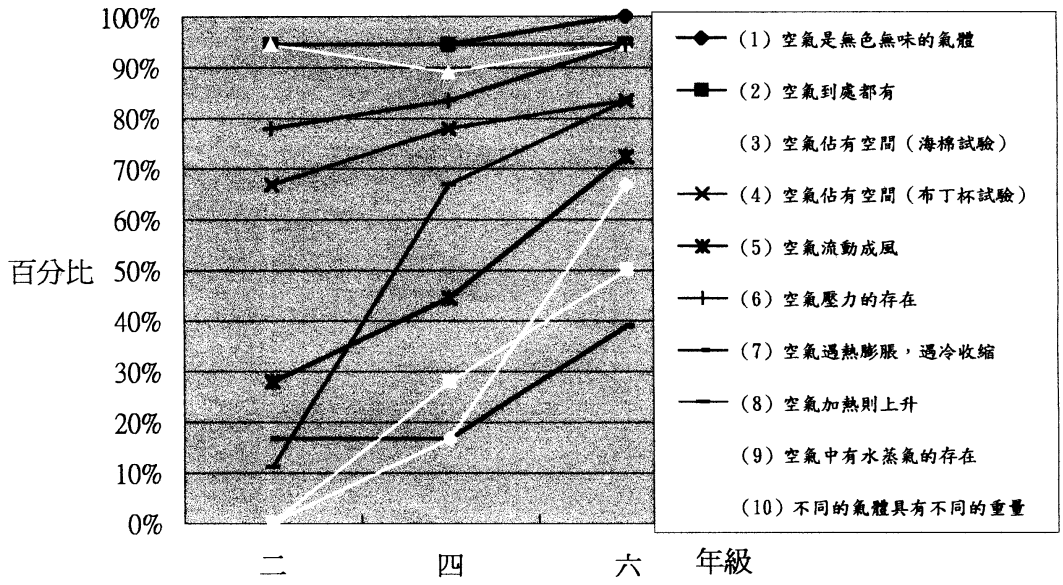


圖1：學童具有各探討概念的百分比分佈圖

四年級到六年級則增加速率快速，六年級生中有66.7％具有此概念；研究者過去的研究中(張敬宜，1997）曾發現學童們無法想像水蒸氣存在於空氣中的狀態極可能是學童在凝結概念上學習的困難所在，本研究數據顯示具有此概念的二、四年級生比例果真很低，而六年級生的比例也只有65％。又具有「空氣遇熱膨脹，遇冷收縮」概念的學童比例，二、四年級相同，由四到六年級增加較快，唯六年級生中也只有近40％的學童持有此概念（本研究探討諸概念中比例最低者），顯見雖然在課程標準裡安排在五、六年級開始瞭解物體的體積、形態、性質隨溫度高低而有改變，「空氣會熱脹冷縮」對學童的學習來講確實是較困難的。至於「空氣加熱則上升」的概念，由二年級到四年級持有此概念的學童比例快速增加(從11.1％增到66.7％），而後緩升到六年級的83.3％；前半段比例的巨幅增加可能與這概念的教學單元多安排在四年級有關。另外，學童具有「不同的氣體具有不同的重量」的比例則由二年級的零比例持續地增加到六年級的50.0％，隨著年齡的增長，學童對此概念的瞭解也不斷地提昇。僅管在stavy (1988,1990)的研究中發現多數到七年級的以色列學童仍相信氣體沒有重量（或是氣體較它在液體或固體時輕），本研究則發現我國小六年級學童在未接受此概念任何正式教學前即有50％具有「不同氣體具有不同的重量」的初步認知。

綜觀之，「空氣遇熱膨脹，遇冷收縮」概念對學童的學習是困難度最高的，六年級生只有近四成持有此想法，其次學童對「不同的氣體具有不同的重量」、「空氣中有水蒸氣的存在」和「空氣流動成風」概念的學習表現是較弱的，六年級生持有概念的比例分別是50.0％、66.7％及72.2％，比例均不高。

另外，本研究之晤談對象係在五、六年級時學習與「氧和二氧化碳」、「空氣組成」相關

之教學活動，因此在這些概念上，六年級生的表現明顯優於四年級生；對於「空氣中包含有許多不同的氣體」以及「氣體量的比較」，六年級生都有較清楚的認識，唯這些概念的介紹均較偏重敘述也屬於較需記憶、背誦的部份，因而能清楚說出空氣中含氮氣的學童比例僅為66.7％，又能知道空氣裡所含的氣體以氮氣最多的比例是33.3％，二者之比例均不算高。關於二氧化碳和氧氣的製造法，學童們提出的想法前者著重在呼吸作用與燃燒反應，後者則著重在光合作用，相較之下能夠提出可利用化學物質（例如小蘇打粉加醋來產生二氧化碳，雙氧水和馬鈴薯等物質來產生氧氣）來製造氣體的比例實在很低。再則關於二種氣體的檢驗，學童的做法均著重在其一可助燃，另一則不助燃（雖然能說出此二名詞的學童不多，但他們多能敘述出正確的做法），令研究者訝異的是根本沒有任何學童提及可利用澄清石灰水來檢驗二氧化碳的存在，而這活動卻是多數教材中會採用的。倒是二、四、六年級中均有一少部份學童都曾提及二氧化碳是對人的身體不好的氣體，聞它會覺得不舒服，而氧氣吸它或聞它人應該會覺得很舒服，這類想法頗值得提供給教材設計者參考之用。

伍、結論與建議

研究者於仔細審視、分析本研究結果後，初步試擬了關於空氣相關概念學習的建議學習年段，如表12所列。研究者以為對某一概念的學習，如果僅靠某一年級中某一教學單元裡的某個教學活動來進行可能是不夠的，事實上，一個重要的科學概念可有不同的層面來詮釋它，而學習者欲建立某概念，可從最基本、最粗淺的層面談起，而後依學習者的認知發展逐漸加深、加廣，如此建構出來的知識體系應會更紮實、更完整，而不是片段、一知半解的。因此，在表12中對於一些概念的學習研究者認為如果能夠跨年段來進行教學，對於學童的學習應該更具意義，例如：在低年級時我們可以海棉、毛巾等物放入水中對「空氣佔有空間」的概念進行初步的探討，而到了中年級則可利用布丁杯垂直倒立壓入水中繼而使它傾斜等活動引導學童更深入地瞭解這個概念。又如二氧化碳氣體的製造與檢驗，在中年級可以收集從汽水中冒出的氣泡，而以其不助燃的特性檢驗之，到高年級時就可以生活中常見的物質，如醋、檸檬汁和小蘇打粉或者溫糖水加發酵粉來產生二氧化碳，而以澄清的石灰水檢驗之，同時介紹二氧化碳具有無色、無味、對人體沒有毒性、可滅火的特性（如此一位小學畢業生可能就不會持有如本研究晤談中有些學童認為二氧化碳是黑色的、難聞的、對人體不好、吸起來不舒服等想法），至於中學以上則可更進一步介紹製造二氧化碳氣體各成分的特性，也可以開始利用實驗室裡常用的藥品如稀鹽酸和碳酸鈣等來製造氣體，同時實驗器具可改採實驗室裡常用的杯具來進行，還可探討二氧化碳的重量、對液體的溶解度，甚至可探討不同型態的二氧化碳（乾冰）等特性。惟表12是研究者在現有資料下初擬之建議，嚴格說來並不成熟，但研究者希望以此能拋磚引玉，能有更多的科教學者一起來做進一步的探究，於蒐集更豐碩的資料後再修正此表，裨使學童在空氣相關概念的學習能更好、更有意義。

Kuhn (1962)認為化學能夠成為一門科學的兩項重要因素，一項是前言部分曾提及的「氣體化學的發展」，另一項則是「對化學反應中重量關係的察知」，這當中乃藉著了解氣體是擁有重量的物質同時可參與如金屬氧化或有機物的燃燒等化學反應而逐步達成；在氣體未被認同物質前，是不可能建立起化學變化中的質量守恆觀念。從kuhn的這段話可以清楚地瞭解氣體相關概念的建立是學習者建構化學相關知識的重要基石，而如何在小學階段即能為此紮下良

好的根基是身為教育工作者值得仔細思考、好好努力的標的。

表12：研究者建議空氣相關概念學習的適當年段

探討敘述	學習的適當年段			
	低年級	中年級	高年級	中學以上
1.空氣是無色無味的氣體	ˇ			
2.空氣到處都有	ˇ			
3.空氣佔有空間	ˇ	ˇ		
4.空氣流動成風		ˇ	ˇ	
5.風的作用（如推動玩具、發電等）		ˇ	ˇ	
6.空氣可以壓縮		ˇ	ˇ	
7.空氣壓力的存在	ˇ	ˇ		
8.空氣遇熱膨脹，遇冷收縮			ˇ	ˇ
9.空氣加熱則上升		ˇ	ˇ	
10.空氣中包含有許多不同的氣體			ˇ	ˇ
11.氣體量的比較			ˇ	ˇ
12.空氣中有水蒸氣的存在			ˇ	ˇ
13.不同的氣體具有不同的重量			ˇ	ˇ
14.二氧化碳的製造與特性		ˇ	ˇ	ˇ
15.氧氣的製造與特性		ˇ	ˇ	ˇ

本研究獲得的我國國小學童對空氣相關概念之認知，應可提供給課程設計學者、專家於編寫、設計相關教材時之參考。研究者亦擬以這些資料為基礎，在未來二、三年間針對各空氣重要概念研發出一系列的教學活動，貫穿不同的年段，同時注意各概念教學活動間的連繫，據以連結成空氣大單元之教學模組，希望藉由這樣的努力，以學童的概念研究成果為基礎，真正地使研究成果能落實於教學實踐中，能夠真正對學童的學習有所幫助。

陸、誌謝

本研究能夠順利完成，先要感謝國科會科教處給予的經費支持 (NSC 87-2511-S-152-003)，還要向接受晤談的小朋友們致上最深的謝意。

參考文獻

1. 「自然與科技」課程綱要研修小組（1999）：「自然科學與生活科技」課程綱要草案（1999年9月6日版）。
2. 教育部（1993）：國民小學課程標準。台北市：台捷國際文化。
3. 教育部（1998）：國民教育階段九年一貫課程總綱綱要（1998年9月30日公布）。
4. 張敬宜（1996, 11月）：從教師觀點探討國小即將畢業學童的蒸發、凝結與沸騰概念。論文發表於八十五學年度師範學院教育學術論文發表會。台東縣：國立台東師範學院。
5. 張敬宜（1997）：國小高年級學童蒸發、凝結

與沸騰概念之研究。科學教育學刊, 5（3）, 321-346。
6. 張敬宜（1998）：教師對國小四年級學童蒸發、凝結與沸騰概念瞭解之研究。台北師院學報, 11, 453-472。
7. 黃湘武和黃寶鈿（1985）：學生空氣概念：粒子性質及動力平衡。七十四年科學教育學術研討會論文彙編。台北市：國科會。
8. 黃寶鈿和黃湘武（1987）：學生對氣體體積、壓力概念與粒子模型關係之研究。七十六年科學教育學術研討會論文彙編。台北市：國科會。
9. 黃瑞琴(1991)：質的教育研究法。台北市：心理出版社。
10. 歐陽鍾仁（1988）：科學教育概論。台北市：五南圖書。
11. 鍾聖校（1999）：自然與科技課程教材教法。台北市：五南圖書。
12. Andersson, B. (1990). Pupils conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
13. Driver, R., Guesne, E. & Tiberghiem, A, (Eds.). (1985). *Children's Ideas in Science*. Milton keynes : Open University Press.
14. Hwang, B. T. (1995). *Students' conceptual representations of gas volume in relation to particulate model of matter*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco , CA.
15. Krajcik, J. S. (1991). Developing students' understanding of chemical concepts. In S. M. Glynn, R. H. Yeany, & B. K. Britton (Ed.), *The psychology of learning science* (pp.117-148). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
16. Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: Univ. of Chicago Press.
17. Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic Inquiry*. Beverly Hills, CA: Sage publications, Inc.
18. National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, D. C: National Academy Press.
19. Rollnick, M. (1990). African primary school teachers - what ideas do they hold on air and air pressure? *International Journal of Science Education*, 12(1), 101-113.
20. Sere, M. (1982). A study of some framework used by pupils aged 11-13 years in the interpretatiln of pressure. *European Journal of Science Education*, 4, 299-309.
21. Stavy, R., Eisen, Y. & Yaakobi, D. (1987). How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 9(1), 105-115.
22. Stavy, R. (1988). Children's conceptions of gas. *International Journal of Science Education*, 10(5), 553-560.
23. Stavy, R. (1990). Children's conception of changes in the state of matter : from liquid (or solid) to gas. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3), 247-266.

Elementary Students' Perceptions of Air

Jin - Yi Chang
Department of Natural Science Education, National Taipei Teachers College

Abstract

Fifty-four elementary school students were interviewed to investigate their conceptions about air. The interviewees were 2nd, 4th and 6th graders from three elementary schools in the Taipei area, which were located in an urban, suburban, and rural area respectively. The study results showed that more than ninety percent students from grade 2 held the concepts of "air is colorless and odorless", "air is all around us," and the incipient idea of "air occupies space". From grade 2 to grade 6 the proportion of students with the concepts of "wind is formed when air moves", "air exerts pressure", "hot air goes upward", "water vapor exists in air", "gas has its own weight" and the further understanding on "air occupies space" increased. Among the target concepts, "air expands when encountering heat," and it shrinks when cooled "was the hardest for the students to learn, and the following were "gas has its own weight", "water vapor exists in air" and "wind is formed when air moves". Oxgen and Carbon dioxide were the most familiar gases to the 4th and 6th graders. More students from grade 6 could illustrate how to produce and identify these two gases, however most of them paid particular stress on respiration, photosynthesis and whether it could facilitate burning. Based on the research results, the appropriate learning graders for these target concepts were suggested and educational implications were provided.

key words: air, interview.