

學生對科學教科書詞彙關係理解之分析

陳世文 楊文金

類別與組成是科學教科書中兩種重要的詞彙關係，而這種詞彙關係通常蘊含於科學教科書的論述中，本文目的即分析學生對科學教科書論述中詞彙關係的語意理解。本研究對象包括國中學生與高中學生共 368 位，2 組學生人數各為 184 位。本文從現行國中階段科學教科書選取「物質與原子」單元的部分內容作為研究文本，並設計科學詞彙關係問卷，學生在閱讀文本後填答試題。研究結果顯示學生能夠察覺科學教科書論述中蘊含的類別關係與組成關係，高中學生表現較佳的語意理解，但是仍有不少學生對類別或組成關係的識別感到困擾，尤其是對於混合的組成關係。同時學生會從生活世界的知識經驗來解讀科學詞彙關係，這些結果顯示學生對科學教科書所描述之詞彙關係的理解並不精確。本文研究結果除提供科學教師教學上的參考，也建議對於科學教科書論述的詞彙關係以及學生的理解情形有更多的重視及探討。

關鍵詞：詞彙關係、類別關係、組成關係、科學教科書

收件：2008年7月30日；修改：2008年10月22日；接受：2008年10月31日

An Analysis of Student Comprehension of Lexicon Relations in Science Textbooks

Shin-Wen Chen Wen-Gin Yang

“Classification” and “Composition” are two essential lexicon relations which are typically embedded within statements in science textbooks. The purpose of this study is to explore student comprehension of the Classification and Composition relations in science textbooks. Three hundred and sixty-eight junior and senior high students participated in this study. An excerpt text was chosen from a passage on “matter and atoms” in junior high science textbooks as the treatment text and the “Science Lexicon Relation Questionnaire” was developed to detect students’ comprehension. The results revealed students could recognize the discrimination between Classification and Composition of science lexicons. Meanwhile, senior high student understanding was better than that of junior high student. However, there were some students who did not clearly comprehend either or confused the two lexicon relation, especially for the blend-composition relations. Moreover, they could explain the blend-composition from their daily common-sense. To conclude, this study might be of importance in exploring lexicon relations in science textbooks, as well as in providing scientific teachers with a better understanding of student comprehension of these lexicon relations in their science learning.

Keywords: lexicon relation, Classification, Composition, science textbook

Received: July 30, 2008; Revised: October 22, 2008; Accepted: October 31, 2008

Shin-Wen Chen, Teacher, Hualien County Chung-Zhen primary school. E-mail:
s9003003@yahoo.com.tw

Wen-Gin Yang, Associate Professor, Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University.

壹、緒論

近年來由於教科書市場開放，使得教科書版本選擇性增加，教科書研究的主題漸趨熱絡，以「教科書」作為關鍵詞查詢我國國家圖書館「全國博碩士論文資訊網」以及「中文期刊篇目索引影像系統」，發現與教科書相關研究達 992 篇，同時這些研究成果也提供教學與教科書編輯實用的參考價值，但教科書分析的研究雖多，在研究領域的分布上並不均勻，若與其他領域相較，科學領域所佔比例偏少，因此在自然與生活科技教科書方面應需多予重視（藍順德，2004）。

自然與生活科技領域的教科書研究確實有需要多加重視，從功能角色來看，科學教科書是引領學生進入科學世界的途徑，也是學生科學學習之主要媒介，它提供學習科學知識、瞭解如何進行科學實驗、從事科學探究的重要功能，從教學應用來看，它是科學教學的主要依據，Harm 與 Yager（1981: 115）曾指出美國中小學教師中發現 90—95%的教師有 90%的時間依賴科學教科書進行教學，由此可見科學教科書在科學教學上佔有相當重要的地位，而這也突顯了對科學教科書研究重視的必要性。

由於科學教科書扮演介紹科學知識的重要角色，學生從書中的內容論述來學習科學知識，而學生能否習得這些科學知識，主要取決於他們是否能夠理解書中論述所表達的語意。但是要理解這些論述的語意可能不如想像中容易，因為論述科學知識的語言與一般口語表達的語言有所差異（Lemke, 1990），它們語言表達的形式並不相同，也使得學生學習科學的困難，往往來自於描述科學知識的語言本身（Wellington & Osborne, 2001）。科學教科書的內容論述與一般口語論述主要的差異之一是科學詞彙的出現，我們常可在科學教科書中見到許多科學詞彙，有些是專業的科學術語，如化學的「環烷烴類」，有些則是不同於日常生活意義的科

學詞彙，例如「壓力」，甚至相同詞彙的意義在不同學科中亦有所異，如數學的「分子」與物理的「分子」。這些例子顯示出科學教科書中的詞彙有其獨特的科學意義。

雖然這些科學詞彙蘊含特定的科學意義，但是它們不能只是零散地分布在科學教科書之中，而是需要加以組織，也就是說，任何科學詞彙都需要透過其他詞彙來定義或解釋，因此每個科學詞彙也就會與其他詞彙之間產生關聯，科學教科書中需要透過某些論述方式來說明詞彙之間的關係，以使學生瞭解詞彙之間的語意關聯。如果將科學詞彙比喻為概念系統中的節點（node），那麼這些說明詞彙關係的論述就是概念系統中連節點的線條，它具有聯繫與架構整個概念系統的功能。但是回過頭來思考，科學詞彙存有什麼樣的關係？相關的研究（Eggins, 1994; Halliday, 2004; Unsworth, 2001）指出科學文本常見的詞彙關係（lexicon relation）有二種，一種是類別關係，另一種則是組成關係，類別關係主要說明的是兩個詞彙屬於種類（kind of）關係，也就是 X 是 Y 的一種，而組成關係則是說明部分與整體之間的分體（part of）關係，簡單而言即是 X 是 Y 的一部分。

這兩種詞彙關係對科學學習蘊含重要意義，類別關係蘊含屬性與形態上的承繼意義，例如當我們瞭解甲苯與芳香烴之間屬於類別關係時，便可推測甲苯原子結構具有芳香烴中碳原子呈環狀排列而非線性排列的結構屬性。另一方面，組成關係也蘊含作用與功能的承繼意義，葉綠素是葉子的一部分，它為植物提供獲取養分的功能。這兩種詞彙關係有助於釐清科學概念的意義分類，而這樣的詞彙關係就存在於科學教科書中，而且我們對於科學教科書說明詞彙關係的內容並不陌生，例如生物領域中「界、門、綱、目、科、屬、種」的分類階層；地球科學領域中談論地球結構與宇宙組成的單元；物理中力的種類、原子結構；化學的元素與化合物、酸鹼鹽等內容均涉及到科學詞彙類別與組成關係的組織，而這些詞彙關係即蘊含在科學教科書的論述之中。

類別關係與組成關係雖同為詞彙關係，但其意義本質並不相同，學生對於詞彙關係辨識不清，其科學概念的學習可能面臨困難，甚至產生混淆與誤解，例如學生可能將電子、中子及質子視為是原子的種類便是錯誤的關係解讀，這樣的語意誤解恐將形成許多科學的迷思概念（misconceptions）。由此可見，對科學學習而言，瞭解科學教科書中論述所欲表達的詞彙關係相當重要，因此，本研究之目的即在探討學生對科學教科書中科學詞彙關係論述的理解情形，研究問題主要探討學生對科學教科書中蘊含的詞彙關係有何理解？不同學習階段的學生在識別詞彙關係上有何差異？他們如何解讀這些詞彙關係的語意？

貳、文獻探討

一、概念詞彙分類的研究

人們意義化不同物件而形成概念（conceptions），而這些概念也因不同屬性意義而產生不同概念類型，Rosch、Mervis、Gray、Johnson 和 Boyes-Braem（1976）即將自然世界的概念分為上階類別（superordinate category）、基本類別（basic-level category）與下階類別（subordinate category）。屬於上階類別概念的語意涵蓋較廣，下階類別的概念則較具特定特徵或性質，而基礎類別的概念最易被認知。Chi（1992）也將概念可分為物質（matter）、過程（process）以及心智狀態（mental state）三種類別。同樣地，在科學文本裡，概念也有不同的詞彙分類，如 Wellington 與 Osborne（2001）即指出科學文本的詞彙依其意義可分「名稱詞彙」（naming word）、「過程詞彙」（process word）、「概念詞彙」（concept word）以及「數學符號」（mathematical symbol）等四類，其中名稱詞彙在科學文本極為普遍，尤其是用於對物體的命名，過程詞彙用於表達科學事件發生的過程或動作，概念詞彙則經常具有特別的科學抽象意義，數學符號則是公式計算的表達形式。

二、詞彙關係的研究

詞彙之間的關係也受到諸多研究的討論，Chaffin 與 Herrmann(1984) 指出類別關係與組成關係是二種重要的詞彙關係，這二者也蘊含詞彙之間的邏輯意義。Murphy (2003) 則是認為詞彙之間有同義關係 (synonymy)、反義關係 (antonymy)、類別關係 (hyponymy) 及組成關係 (meronymy)。同義關係與反義關係中的詞彙具有水平的語意階層，沒有所謂上位概念 (super-ordinate concepts) 或下位概念 (sub-ordinate concepts) 之分。而類別與組成關係的詞彙具有垂直的語意階層，這些詞彙關係的說明例子如表 1 所示。

就科學詞彙而言，Halliday 與 Matthiessen (2006) 認為類別與組成是二個主要的科學詞彙關係。Unsworth (2001) 也指出在科學文章中，有二個主要的詞彙關係，一個是預期 (expectancy)，另一個則是分類 (taxonomy)，分類中又包括「類別」(classification) 與「組成」(composition)，這些科學詞彙關係呈現於表 2。

表 1 詞彙語意關係的分類

詞彙關係	性質	例子
同義	水平語階	沙發、長沙發、沙發床
反義	水平語階	好^壞、生存^死亡、出發^返回
類別	垂直語階	貓 < 哺乳動物 < 動物
組成	垂直語階	段落 < 章節 < 全文

資料來源：出自 Murphy (2003)。

表 2 科學文本的詞彙關係

詞彙關係	分類	類別	主類/次類	花 / (玫瑰、鬱金香、紫蘿蘭)
			次類/次類	玫瑰、鬱金香、紫蘿蘭
	組成		整體/部分	樹 / (根、莖、葉)
			部分/部分	根、莖、葉
預期	聲音——音量——回聲——噪音			

資料來源：出自 Unsworth (2001)。

三、類別關係與組成關係的研究

什麼是類別關係？邏輯學認為它是一種集合內涵 (Copi, 1978)，語言學認為是詞彙的種類關係，更明確來說，類別關係是詞彙與它的實例 (specific instances) 之間的語意關係 (Fromkin & Rodman, 1998)。在這種關係中，詞彙有上位與下位的區別 (Murphy, 2003)。類別關係還可以進一步細分不同類型，例如 Miller (1998) 指出類別關係有分類 (taxonomy) 與功能 (function) 二類。Stasio、Herrmann 與 Chaffin (1985) 則提到類別關係蘊含分類上的邏輯語意，它表達的是含攝 (subsumption) 的意義，以全稱肯定或偏稱否定的命題型式來表達，舉例來說，當我們說「所有 S 都是 P」或「並非所有 S 都是 P」時，即可能是從 S 與 P 是否為類別關係來判斷。也有學者對於類別關係有更多的區分，如 Chaffin 與 Herrmann (1984) 從概念的意思來考量，將級位關係分為六種。知覺 (perception) 是對概念的語意認知，如「馬是一種動物」；功能 (function) 是指下位概念對上位概念提供某種功能，如「汽車是一種交通工具」；地域 (geography) 是詞彙在地理位置上的關係，如「沙丘是一種沙漠地形」；活動 (activity) 是指詞彙具活動性質的意義，如「西洋棋是一種遊戲」；情態 (state) 是指詞彙具心理情感的關係，如「害怕是一種情緒」；動作 (action) 則描述動作名詞間的關係，如「油炸是一種烹飪方式」，可見不同的詞彙意義有不同類別關係之分。

組成關係是指部分與整體之間的關係 (Handke, 1995)，通常以「X 是 Y 的一部分」之命題形式來論述 (Cruse, 1986)。Varzi (2004) 指出組成關係中的部分 (part) 具有 14 種意義，而且可形成不同之語意層次，顯示部分 (part) 的意義相當多元。關於組成關係之區分，Cruse (1986) 認為組成有「必要組成」(necessary meronyms)，如耳朵與人體的關係，也有「非必要組成」(optional meronyms)，例如把手對杯子而言非屬必要之部分，換言之，必要組成是指「X 直接是 Y 的一部分」，而「非必要組成」則指「X 附屬於 Y 之上」。Iris、Litowitz 與 Evens (1988) 則指出三種組成關係：(1)「片體——整體」(segment-whole)：如「一片麵包是整塊麵包的一部分」；(2)「功能組成——整體」(functional component-whole)，如「引擎是車子的一部分」；(3)「成員——集合」(member-collection)，如「機長是空服員的一部分」，Winston、Chaffin 與 Herrmann (1987) 也將類別關係進一步分為如表 3 所示的 6 類關係。

由上述討論可知不同研究對類別關係與組成關係有多元的觀點，也瞭解這兩者也是科學教科書中主要的詞彙關係，以及對於科學學習的重要。但是對於學生理解科學詞彙關係的研究卻未多見，也因此學生對科學教科書中類別與組成關係論述的理解有待進一步探討。

表 3 分體關係的次類

分體關係	舉例
元件——物件整體	鏈條——腳踏車
成員——集合	委員——委員會
小體——大體	一塊蛋糕——蛋糕
成份——物體	麵粉——麵條
特徵——動作	吞嚥——飲食
地方——地區	綠洲——沙漠

資料來源：出自 Winston、Chaffin 及 Herrmann (1987)。

參、研究方法

本研究主要從科學詞彙關係來探討學生對於科學文本論述的語意理解，首先選取一段關於科學詞彙關係的論述作為研究文本，並設計研究問卷以瞭解學生的理解情形，以下將分別說明研究文本、研究對象與問卷及資料處理與分析。

一、研究文本

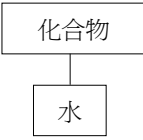
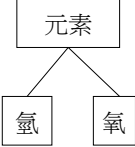
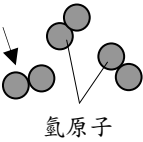
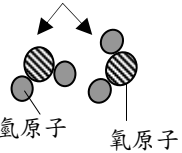
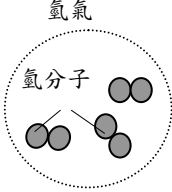
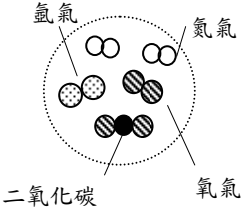
研究從現行國中自然與生活科技教科書「物質與原子」單元選取一段內容作為研究文本，該單元涉及到自然世界物質之組成與分類的描述，是合適的分析主題。此段文本共計 164 個字，依照獨立的語意單位可分為 11 個論述，整個文本概念層次的發展，由微觀不可視的原子出發，一直到具體可見的混合物，呈現由下而上的詞彙發展，來描述物質與原子之間的概念序列，同時涵蓋多樣的詞彙關係，也以實際例子輔以說明部分的詞彙關係。文本內容呈現如下：

(1) 氫氣是由氫分子組成，(2) 而氫分子是由 2 個氫原子構成，(3) 由於只含氫原子，(4) 所以氫為元素，(5) 同理，氧也是元素。(6) 水電解可以生成氫氣和氧氣，(7) 每個水分子是由 2 個氫原子及 1 個氧原子所組成，(8) 因此水是由兩種原子依一定比例組成，(9) 稱為化合物。(10) 而混合物是由兩種或兩種以上的純物質以不定的比例混合而成，(11) 例如空氣是由氮氣、氧氣、氫氣和二氧化碳等多種純物質混合而成。

(引自林英智，2004：11)

這個研究文本的論述中蘊含多樣的詞彙關係，這些詞彙關係如表 4 所示，論述 (9) 與論述 (4、5) 屬於類別關係，因為水與氫、氧一樣是化合物與元素的類屬之一。而組成關係包括分子成分的組成，如論述 (2) 與論述 (7)；還有氣體成分的組成，如論述 (1) 與論述 (11)。透過這些分析可清楚知道文本論述所蘊含的詞彙關係。

表 4 研究文本之詞彙關係

詞彙關係	類別關係	①		②	
		對應論述：(9)		對應論述：(4)、(5)	
	組成關係	①		②	
		對應論述：(2)		對應論述：(7)	
		③		④	
		對應論述：(1)		對應論述：(11)	

二、研究對象

研究者選取臺北市國二學生（簡稱 JS）與高二學生（簡稱 SS）各 184 位參與本研究，研究對象共有 368 位。選取高中學生的原因在於瞭解不同學習階段在理解科學文本論述語意上的差異，高二學生為自然組學生，因此文本內容與他們的學習背景相符。所有學生在閱讀完上述的研究文本後，填答研究問卷，同時填答過程可對照文本內容回答問卷試題。以下將進一步說明研究問卷的設計。

三、研究問卷設計

本研究設計「科學詞彙關係問卷」來瞭解學生對類別與組成關係的理解，此問卷共 12 題試題，試題的設計是根據文獻分析得知：描述類別關係與組成關係最簡單的語式為「X is a kind/a part of Y」，但這個語式在中文裡可以表示為「X 是 Y 的一種、X 是一種 Y」與「X 是 Y 的一部分、X 是一部分的 Y」，因此在問卷中，即以最簡單的「一部分」或「一種」的語式來探究學生對詞彙關係的識別，如表 5 所示，第 1 題至第 6 題為組成語式，第 7 題至第 12 題是類別語式，類別語式就是「X 是 Y 的一種」與「X 是一種 Y」，而組成語式則有「X 是 Y 的一部分」與「X 是一部分的 Y」。這些試題在表達語意關係上，有些是正確敘述，如第 2、3、4、5、6、8、10、12 題，有些則是不正確敘述，在表 5 中以「*」標示，如 1、7、9、11 等題。

問卷試題採二階層 (two-tiers) 題型設計，第一層為 T-F 試題，也就是上述的 12 題試題形式為是非題，學生閱讀文本後，判斷試題的語意填上答案，若認為語意正確，則填 (O)，若認為語意不正確則填 (X)。

表 5 研究問卷試題

組成語式	類別語式
1. 氫原子是一部分的氫分子*	7. 氮氣是一種空氣*
2. 氫原子是氫分子的一部分	8. 氫是元素的一種
3. 氧氣是空氣的一部分	9. 氧氣是一種空氣*
4. 純物質是混合物的一部分	10. 水是一種化合物
5. 氫是元素的一部分	11. 純物質是一種混合物*
6. 氫原子是水分子的一部分	12. 氫是一種元素

註：標示「*」的問卷試題為不正確敘述。

第二層則為開放性問題，學生寫下他們在第一層試題回答正確或不正確的理由。此外，為進一步瞭解學生閱讀文本論述後對詞彙關係的語意理解，在某些試題上設計彼此配對。試題 1 與試題 2 配對，主要是分析學生對於論述（2）中組成關係的瞭解。試題 8 與試題 12 配對，旨在分析學生對論述（4）中類別關係的瞭解。試題 3 與試題 9 配對以及試題 7 與試題 9 配對，以分析學生對研究文本論述（11）之組成關係的理解。試題 5 與試題 12 配對，以分析學生對研究文本論述（4）之類別關係的理解。配對情形整理如表 6 所示。此外，研究問卷經 29 位國二學生預試，內在一致性 α 值為 .653，顯示問卷具一定信度。

表 6 問卷試題配對情形

試題配對	試題內容	對應語句	對應關係
試題 1	氫原子是一部分的氫分子	(2) 而氫分子是由 2 個氫原子	組成關係
試題 2	氫原子是氫分子的一部分	構成	
試題 8	氫是元素的一種	(4) 所以氫為元素	類別關係
試題 12	氫是一種元素		
試題 3	氧氣是空氣的一部分	(11) 例如空氣是由氮氣、氧氣、	組成關係
試題 9	氧氣是一種空氣	氫氣和二氧化碳等多種純物質混合而成	
試題 7	氮氣是一種空氣	(11) 例如空氣是由氮氣、氧氣、	組成關係
試題 9	氧氣是一種空氣	氫氣和二氧化碳等多種純物質混合而成	
試題 5	氫是元素的一部分	(4) 所以氫為元素	類別關係
試題 12	氫是一種元素		

四、資料處理與分析

學生在二階層試題中的是非題答案，回答「正確」編碼為 1，而回答「不正確」編碼為 0。此層試題可以蒐集並進行量化資料的分析。而在第二層試題學生對於所填答的答案寫出理由，該論述可以作為質性資料的分析及對量化資料的佐證。本研究首先以描述性統計訊息呈現國中學生與高中學生對於科學詞彙關係的識別情形，再以 t 考驗比較國中學生與高中學生對於詞彙關係識別的差異。最後以交叉分析（Cross-Tab）方法瞭解學生對科學詞彙關係的語意理解。

肆、發現與討論

一、學生對類別組成關係的識別

根據表 5 所示，第 2、3、4、5、6、8、10、12 題屬詞彙關係的正確敘述，而第 1、7、9、11 等題屬不正確敘述。學生在正確敘述的平均數高或不正確敘述平均數低，代表他們具有正向的語意理解，反之在正確敘述的平均數低或不正確敘述的平均數高，表示具有負向的語意理解。

學生對詞彙關係識別的答題情形如表 7 所示，首先就正確敘述的答題情形來分析，由表 7 可知，第 2、3、4、6、10 及 12 題的平均數均超過 .75，這表示學生對這些試題之語意有表示高度同意，換言之，在這些試題上，至少有 75% 的學生認為它們描述的詞彙關係是正確的。

由試題 2 分析結果可知，91% 學生將「氫分子是由 2 個氫原子構成」這個論述中氫分子與氫原子之間的詞彙關係解讀為組成關係。根據表 4 詞彙關係的分類，大部分的學生解讀正確，他們能夠正確的認知出組成關係。試題 3 分析結果顯示，約有 93% 的學生認為「例如空氣是由氮氣、氧氣、氫氣.....混合而成」中的空氣與氧氣的詞彙關係解讀為組成關係，表示他們也能正確地理解其詞彙關係。而在試題 4 的結果中，有 76% 學

生將「而混合物是由.....純物質以不定.....混合而成」中混合物與純物質之詞彙關係解讀為組成關係。試題 6 結果也顯示約 90%學生認為「每個水分子是由 2 個氫原子及 1 個氧原子所組成」所描述的是組成關係。此外，試題 10 對應到「稱為化合物」的論述，試題 12 對應的是「所以氫為元素」的論述，從這 2 個試題的分析結果來看，各有 84%與 90%的學生認為「水與化合物」的關係以及「氫與元素」的關係為類別關係。

這些試題的分析數據顯示學生對詞彙之間的組成關係或是類別關係具一定的理解程度，同時也發現到上述文本中會透過「構成、組成以及混合而成」這些動詞來表達詞彙之間的組成關係，而利用「稱為」或「為」來表達類別關係，因此這類的動詞似乎具有指稱詞彙關係的作用，提供作為辨識詞彙關係的線索。

不過由表 7 也可發現試題 5「氫是元素的一部分」與試題 8「氫是元素的一種」兩題雖屬正確敘述，但二者的平均數相對較低，分別為.59與.66。在詞彙關係上，學生雖傾向於認定氫與元素屬於類別關係，但「部

表 7 整體學生之答題情形

試題	有效個數	平均數	標準差
1*	366	.66	.476
2	365	.91	.287
3	368	.93	.257
4	365	.76	.425
5	363	.59	.493
6	366	.90	.302
7*	367	.43	.495
8	366	.66	.476
9*	365	.71	.456
10	365	.84	.366
11*	366	.16	.363
12	365	.90	.306

註：標示「*」之試題表示不正確敘述。

分」在中文的意義上，似乎蘊含類別的含意，此外，在 Winston 等人(1987)的研究中也指出，部分也具有「集合——成員」的意義，但是從其較低的平均數來看，雖有 59% 的學生表示同意，但卻也有 41% 的比例不表同意，學生反應的意見是他們並不認為氫與元素為組成關係，而應為類別關係，這顯示學生並非不瞭解氫與元素的詞彙關係，而是他們未能體會到經常描述組成關係的「部分」一詞亦能指涉類別關係的含義，可能因此造成平均數較低的情況。另外，試題 8 是類別關係上的另一種表達，但是學生對此題的同意度並不高，學生對此表達有何語意理解？與試題 12「氫是一種元素」在類別關係的表達上有何不同？此部分在後面會作進一步的討論與分析。

另一方面，從非正確敘述的分析結果來看，試題 1、7、9 及 11 等題的平均數分別為 .66、.43、.71 以及 .16。由於這些試題在指涉詞彙關係上的語意並不正確，因此平均數愈高代表學生對該題的語意理解發生問題。試題 1「氫原子是一部分的氫分子」雖然在於表達組成關係，但是其語意是指氫原子是氫分子「數量」的一部分，而非「組態」的一部分，因此並非表達氫原子與氫分子正確的組成關係。由試題 2 結果可知學生能識別兩者為組成關係，但由於「部分」一詞指涉的組成關係有不同的含意，因此學生無法進一步的理解到部分更多樣的意涵，部分一詞所代表之詞彙關係的意義為何以及這些意義在科學教科書中如何使用確實值得後續研究加以釐清。

試題 7 與試題 9 分別為「氮氣是一種空氣」與「氧氣是一種空氣」，事實上氮氣與氧氣均是空氣的組成成分，意義上視為組成關係，但是卻有學生認為氮氣與氧氣都是空氣的種類，特別是認為氧氣比氮氣更「像」是一種空氣（平均數 .71 > .43）。何以學生有此解讀？又可能與哪些原因有關？後面的分析會進一步討論，不過由平均數與標準差的數值來看，學生對於空氣與氮氣、氧氣以及其他氣體之間這種「混合」的組成關係似乎感到較為困擾，無法呈現較為明確的識別結果。最後，試題 11 為

「純物質是一種混合物」，僅有 16%的比例表示認同，意謂著有 84%的學生認為純物質與混合物應指組成關係（見試題 4 平均數=.76）並非類別關係，顯示學生對文本中兩者的詞彙關係有清楚的認知。

二、不同學生對詞彙關係之識別差異

平均而言，高中學生的心智發展程度高於國中學生，在科學學習經驗與知識上亦較國中學生豐富，進行兩者比較可得知他們對於科學教科書中蘊含之詞彙關係的解讀看法，作為科學教學實務的瞭解參考，以下將討論這二階段學生的識別差異。

本研究以 t 考驗比較高中與國中學生的識別差異，其結果如表 8 所示，其中在組成語式（1 至 6 題）的平均差異較小（ $<.05$ ），而對類別語式（7 至 12 題）看法較為分歧，平均差異最大值達 0.30。在試題 3 上，兩組學生的平均差異為 0，表示他們將文本中氧氣與空氣之間理解為組

表 8 不同組別學生對詞彙關係識別之 t 考驗

試題	SS 平均數	JS 平均數	平均差異 (SS-JS)	t 值	自由度	顯著性
1*	0.66	0.65	0.01	.22	364	.826
2	0.93	0.89	0.04	1.63	363	.104
3	0.93	0.93	0	0	366	1.000
4	0.79	0.74	0.05	1.01	363	.311
5	0.61	0.57	0.04	.77	361	.431
6	0.91	0.89	0.02	.52	364	.604
7*	0.27	0.58	-0.31	-6.15	365	.000***
8	0.65	0.66	-0.01	-.14	364	.886
9*	0.67	0.75	-0.08	-1.76	363	.079
10	0.88	0.80	0.08	2.08	363	.038*
11*	0.11	0.20	-0.09	-2.46	364	.014*
12	0.87	0.92	-0.05	-1.43	363	.155

成關係有高度的共識。但有趣的是試題 9「氧氣是一種空氣」的統計結果，有 $2/3$ ($0.67/1$) 的高中學生將文本中氧氣與空氣解讀為類別關係，而國中學生有將近 $3/4$ 比例 ($0.749/1$) 也認為此二者為類別關係，這表示有不少高中學生將氧氣與空氣的詞彙關係誤解為類別關係，但卻有更多的國中學生發生這種誤解的情況。這些誤解詞彙關係的學生認為氧氣是一種空氣的理由如下：

SS87：空氣有不同的種類氣體，像氧氣就是其中的一種，所以我覺得氧氣是一種空氣。

JS34：我們呼吸空氣時就是在呼吸氧氣啊，所以氧氣是一種空氣。

JS129：氧氣是一種組成空氣的成分，所以它是空氣的一部分，也是一種。

從化學意義來看，氧氣是空氣的組成成分，雖然氧氣可以視為是空氣組成成分的一種，但分類上仍屬組成關係。簡單來說，氧氣是一種氣體，但它並不是一種空氣，尤其是在研究文本中，空氣意指「大氣」而言，若氧氣是一種空氣，那麼地球上就會有許多種空氣，依此類推，氮氣、氫氣、二氧化碳等也會成為空氣，也因此關係上應該將氧氣視為是空氣的一部分。但為什麼會造成學生將氧氣與空氣視為類別關係的想法，研究者推論可能原因有二：

第一：氧氣與空氣具有相同「氣」這個類名詞，類名詞在中文裡當出現在相同類別的詞彙上，換言之，當詞彙具有相同的類名詞時，可能意謂著它們屬於類關係。而氧氣與空氣恰均有相同的類名詞，因此可能造成詞彙關係判斷上的困擾。

第二：可能受氧氣與空氣在文本中共同出現機率的影響，也就是當空氣出現時，氧氣也會隨之出現。以臺灣師大科學教育所「科學文本分析資源」(STAR) 提供的教科書資料庫查詢現行國中階段南一、康軒與翰林 3 個版本教科書內容，發現氧氣與空氣的共同出現機率為： $P(\text{氧氣} \cap \text{空氣}) / P(\text{空氣}) = 17.5\%$ ，也就是當科學教科書的一個句子中出

現空氣一詞時，氧氣有 17.5%的機率也會隨之出現在同一句子中。當學生看到空氣出現時，氧氣也隨之出現，久而久之，學生可能將氧氣解讀為代表空氣的原型 (prototype)，使其聯想到氧氣與空氣屬於類別關係而造成誤解。

在問卷試題的顯著性上，有第 7、10 及 11 題是高中學生與國中學生看法上有顯著差異的地方，以試題 7「氮氣是一種空氣」來說，僅有 27% 的高中學生認為氮氣與空氣是類別關係 (反之 73% 認為不正確)，而卻有高達 58% 國中學生認同兩者為類別關係 (僅 42% 認為不正確)，這些國中學生表達的看法是：

JS21：氮氣是一種空氣，因為空氣中有 78% 都是氮氣，雖然它
不是很純的空氣，但也可以算是一種空氣。

JS71：空氣裡還有其他的氣體，氮氣只是其中一種。

JS143：氮氣是一種空氣的種類，所以氮氣是一種空氣。

由此看法可知，國中學生會將組成空氣成分的氣體，解讀為空氣的種類。因此認為氮氣也是空氣的一種，顯示相較於高中學生而言，國中學生在空氣及其組成氣體之間的詞彙關係容易產生識別混淆，這也可能是國中學生較易產生科學上迷思概念之處，值得教師教學之際多加注意。

由試題 10「水是一種化合物」的數值來看，有高達 80% 的國中學生認同文本中水與化合物兩者關係為類別關係，但是能夠正確識別出類別關係的高中學生比例更高 (為 88%)，可見兩組學生均能清楚的理解其關係為類別關係，但高中學生表現出更為明確的理解程度。除了試題 10 之外，試題 11「純物質是一種混合物」也是兩者在在識別詞彙關係上達到顯著差異的試題，此題屬於非正確敘述，因此平均數愈低，表示學生有愈清楚的語意理解，如果將平均數數值代表的意義加以轉換，則表示有 80% 的國中學生認為純物質與混合物非屬類別關係，但有更高比例 (89%) 的高中學生指示兩者非類別關係。從兩者的分析數據來看，雖

然空氣與組成氣體之間的關係識別是兩者感到較為不清之處，但整體而言，高中學生比國中學生對詞彙關係的意義有更清楚且正確的解讀，這顯示在心智發展及學習知識及經驗的累積之外，高中學生在閱讀文本時能對文本內容所蘊含的詞彙關係作較深入的思考與解讀，也就是他們能夠注意到這些詞彙之間表示的關係屬性。不過學生對「混合」的組成關係的理解較為模糊，即氮氣、氧氣.....等氣體與空氣的關係，便發現他們有識別混淆的情形，這點在科學教學或學生閱讀理解上確實是需要注意之處。

三、學生對詞彙關係理解的交叉分析

(一) 詞彙關係論述的理解

由表 9 分析可知，有 332 位學生認為試題 2 正確，這表示這些學生在閱讀完研究文本後，同意氫原子是氫分子的一部分，也就是大多數學生主張氫原子與氫分子屬於組成關係，而認為試題 2 正確而試題 1 不正確的學生有 111 位（約 30%），為何會有這樣的差異？他們的理由如下：

JS11：這一題（試題 1）的意思好像是說氫原子是一群氫分子，這樣氫原子就等於氫分子啦，可是氫原子跟氫分子不相同，應該是說氫原子是氫分子的一部分。

JS121：一部分氫分子仍為分子，它不會變成氫原子。

SS06：不是一部分，氫原子組成氫分子，所以它不是一部分的氫分子。

SS79：H 不等於 H₂，所以 H 不是一部分的 H₂。

這些學生能夠理解氫原子與氫分子屬於組成關係，但他們指出「氫原子是一部分的氫分子」含有氫原子是「少量」氫分子的意義，在表達意思上並不適當，因此學生認為在表示氫原子與氫分子的詞彙關係時，應該寫成氫原子是氫分子的一部分，才能符合正確的組合關係意義，從這個結果來看，在表達組成關係時，「X 是 Y 的一部分」較「X 是一部分

表 9 詞彙關係語式的交叉分析

	試題2		總和
	.00	1.00	
試題1 .00	15	111	126
1.00	18	221	239
總和	33	332	365

	試題12		總和
	.00	1.00	
試題8 .00	9	116	125
1.00	28	210	238
總和	37	326	363

的 Y」適切。不過有 221 位（約 61%）學生認為試題 1 與試題 2 都正確，顯示這些學生並未意識到試題 1 與試題所表達之組成關係的意義不同，在教學上我們常會提到「一部分」的論述，但是它在不同的論述，會有表達不同組成關係的語意，因此教學上值得留意「部分」的用法。

表 9 右圖顯示，在試題 12 中有 326 位學生（約 90%）同意氫是一種元素，表示學生對文本「所以氫為元素」的論述，將氫與元素解讀為類別關係，而這些學生當中認為試題 8「氫是元素的一種」的意義也同樣是在表達類別關係，換言之，這些學生認為「氫是元素的一種」與「氫是一種元素」的意義相同，不過另外 116 位學生並不同意這樣的看法，雖然他們認為氫與元素是屬於類別關係，但是氫是一種元素的表達並不適當，他們反映的理由如下：

JS155：我覺得題目（第 8 題）看起來有點不順，意思好像是說氫跟元素是一樣的意思，可是氫是很多元素的其中一個，說成氫是一種元素比較直接。

SS58：讀起來比較不容易瞭解氫是元素種類的其中一個。

從他們的理由來看，「氫是元素的一種」表示的語意不如「氫是一種元素」來得精確，而且還可能表達氫等同於元素的語意。總而言之，表示類別與組成關係的簡式為「X is a kind/a part of Y」，在中文論述裡

卻有各有不同的說法，而這些說明是科學教科書表達詞彙關係時常見的用法。從學生表示的意見來看，他們認為在描述類別關係時，「X 是一種 Y」較易理解，而描述組成關係時則應寫為「X 是 Y 的一部分」，這些結果及學生看法可提供科學教學在使用不同語式表達詞彙關係的參考。

(二) 對類別關係的理解

研究結果顯示學生會將氫與元素解讀為類別關係，在表 10 中可以看出有 125 位學生認為氫與元素為類別關係，而只有 38 位認為非類別關係，但是有趣的是有 197 位學生認為氫與元素屬於類別關係也屬於組成關係。這意謂著這些學生可能只注意到類別關係的辨識，但對於詞彙是否另屬於組成關係時，則未深入思考，因此同時認為氫與元素具有二種關係，此處也顯示學生在識別詞彙關係上發生混淆的情況，僅少數學生注意到「部分」有不同的含意，例如有學生認為：

SS96：我知道文章裡面說的意思，但這一題（試題 5）的一部分，也可以說成一分子，氫是元素的一分子，所以氫是元素的一部分也沒什麼不對。

SS162：氫是元素週期表成員的其中一個，所以我覺得一種也可以寫成一部分。

表 10 類別關係的交叉分析

試題5*試題12 交叉表

	試題12		總和
	.00	1.00	
試題5 .00	24	125	149
1.00	14	197	211
總和	38	322	360

這些學生表示理解研究文本中「氫為元素」所指的是類別關係，但是當試題以一部分來表達時，他們認為部分也可以具有表達類別關係的意義，以 Winston 等人（1987）的觀點來看，在「集合——成員」的組成關係中，蘊含著成員是集合的一部分之語意，而這些學生認為氫為元素的一部分時，事實上蘊含著氫與元素是「集合——成員」的關係。因此由這些學生的看法可以發現，部分在某些用法上可能具有其他涵意的延伸。在 STAR 的資料庫中發現國中南一、康軒及翰林三版本的科學教科書中，「部分」一詞共有 565 筆，這些「部分」蘊含什麼意義及學生對此有何理解，可留於後續研究探討。

（三）學生對混合組成關係之理解

在前面描述性統計的分析中顯示有 93% 的學生同意「氧氣為空氣的一部分」，但也有 70% 的學生同意「氧氣是一種空氣」，學生究竟將氧氣與空氣理解為組成關係或是類別關係，亦或兩者都是，我們可以進一步從交叉分析的資料來討論。表 11 左圖顯示有 90 位學生認為試題 3 正確而試題 9 不正確，換言之，有 25% 的學生指出氧氣與空氣屬於組成關係，而非類別關係，相對上，認為試題 9 正確而試題 3 錯誤的學生只有 9 位，可見將氧氣視為是一種空氣的學生只佔極少數，但是卻有高達 249 位學生（約 68%）同意空氣與氧氣既可以是類別關係也可以是組成關係，這

表 11 混合的組成關係之交叉分析

試題3*試題9 交叉表

	試題9		總和
	.00	1.00	
試題3 .00	17	9	26
1.00	90	249	339
總和	107	258	365

試題7*試題9 交叉表

	試題9		總和
	.00	1.00	
試題7 .00	100	109	209
1.00	7	148	155
總和	107	257	364

反映了這些學生對於「空氣——氧氣」這種混合的組成關係顯然沒有清楚的識別。

如果再加入試題 7「氮是一種空氣」來比較，氮氣與氧氣均是空氣的組成氣體，而且氮氣在空氣中體積與質量的組成比例上均大於氧氣所佔的比例，若將氧氣與空氣解讀為類別關係，那麼也應該同意氮氣與空氣也是類別關係，確實有 148 學生認為如此，所以在試題 7 與試題 9 都回答正確。但是卻有 109 位學生認為氧氣是一種空氣，而氮氣不是，只有 100 位學生認為氮氣與氧氣都不是空氣的種類，表示這些學生並不同意氮氣、氧氣與空氣之間屬於類別關係。

研究文本中「空氣是由氮氣、氧氣.....混合而成」描述氮氣、氧氣與空氣應為組成關係，從學生的解讀來看，他們認為氧氣比較「像」空氣，而氮氣比較「不像」空氣，顯示在這些詞彙關係的理解上產生模糊。但是氮氣與氧氣同樣是空氣的組成氣體，為什麼有較多學生認為氧氣是一種空氣，反而認為氮氣不是一種空氣呢？學生提出的理由是：

SS96：雖然剛才的文章說空氣是很多氣體混合而成，可是氧氣比較接近我們說的空氣，但是氮氣不像。

JS112：有時候說教室沒有空氣，就是指沒有氧氣的意思，而不是沒有氮氣，所以氧氣是一種空氣，但氮氣不是。

由這些理由來看，學生在從文本論述中去識別詞彙關係時，從日常經驗或口語的觀點來解讀，將呼吸空氣是為獲取氧氣解讀為氧氣是一種空氣，這顯示學生在解讀文章論述中的詞彙關係時，已非單純地從科學意義的角度來詮釋，而是受到了生活世界的經驗思維的影響，例如我們會說「將教室的窗戶打開，不然快沒空氣了」，雖然說為空氣，但實際的意思是表示教室中的氧氣不足，需要打開窗戶使呼吸感到舒暢，不過這種日常用語的經驗不知覺的帶進科學領域的學習，特別是這種日常生活較為常見的詞語，例如氧氣，便易引發學生對詞彙關係識別的混淆。

伍、結論與建議

一、學生對詞彙關係的理解

由研究結果可知，學生大致能對科學教科書論述中詞彙關係有類別與組成關係有清楚的識別，他們注意到這二種詞彙關係表達的意義並不相同，例如注意到氫分子與氫原子之間屬於組成關係，而氫與元素屬於種類關係。對於不同學習階段的學生而言，高中學生比國中學生對這二種詞彙關係有較清楚的識別，例如對於氧氣與空氣之間的組成關係，以及水與化合物的類別關係，均表達較為明顯的理解差異，亦指出較為深入的意義解讀。但整體而言，仍有不少學生對於類別與組成關係的識別感到困擾，這種情況容易發生在混合的組成關係上，尤其是當整體是有許多不同部分組成的情形下，例如「空氣」之下有氧氣、氮氣等組成氣體，這種組合關係容易產生理解混淆，甚至會將組合關係誤解為類別關係。

二、對詞彙關係的理解困難

由前述討論可知，學生在解讀科學教科書的詞彙關係時，容易受到生活世界中日常經驗的影響，例如日常生活中會將空氣與氧氣在呼吸的用語上混為一談，因此少數學生不自覺中便將空氣與氧氣聯想在一起，導致他們認為氧氣是一種空氣，另一方面，氮氣與空氣的關聯性較低，因此學生便不傾向於認為氮氣是一種空氣。另外，學生一方面認為氧氣是一種空氣，同時也同意氧氣是空氣的一部分，前者是日常生活的經驗解讀，而後者是科學領域的知識解讀，這似乎顯示學生在解釋詞彙關係上，並存科學意義與生活意義兩種知識觀點的思考，也顯示出學生在解讀科學詞彙關係上，受到科學教科書論述語意與日常生活用語的影響。學生對科學教科書論述解讀的困難以及來自於生活世界可能的干擾，值得教師在科學教學上多加注意及提醒之處。

三、對詞彙關係的教學省思

在科學領域中，有許多詞彙關係是屬於混合的組成關係，在本研究中指的是氣體的混合組成，但是物質三態中液體、固體的混合也都是屬於混合的組成關係，學生在學習過程中，他們不僅得面對氣體混合組成關係的理解，還需同時考慮液體、固體的混合組成關係，若是學生對空氣混合組成關係的理解感到困惑，他們對不同物體狀態組成關係的理解可能也會產生困難。由此可見，詞彙的類別組成關係的理解不如想像中來得容易，也許學生在學習過程中並未注意到這些詞彙關係，但是它卻是組織整個概念系統相當重要的一環。科學學習上，學生除了需要瞭解科學詞彙的意義外，還得隨時從論述中去識別或解讀科學詞彙之間蘊含什麼樣的關係，要從科學教科書諸多描述詞彙關係的論述中去理解這些關係，其理解負擔可想而知。

科學教科書中存在許多描述詞彙關係的論述，雖然本研究只初步區分出6種類別與組成關係的類型，但在其他主題或其他領域中，可能存在更為多樣且複雜的詞彙關係，對這些詞彙關係的釐清，相信對於科學學習的理解有很大之助益。另外在文獻分析中也發現，雖然許多研究探討類別與組成關係的意義，但是大多著重在一般常見物質或狀態的分類，並未針對科學領域詞彙關係的意義來討論，少數研究討論科學教科書中的詞彙關係，卻僅限於科學物質的分類，事實上，科學中有些詞彙概念是具體可見的，但可能有更多詞彙概念是抽象微觀的，科學詞彙關係的區分可能比上述文獻研究討論的更為多樣，雖然本研究選定國中階段的文本，但隨著學習階段的不同，科學課程涉獵的範圍深入，科學教科書的內容論述也愈趨細膩，也可能科學教科書論述中所蘊含的詞彙關係可能更為複雜。

本研究初探科學教科書中蘊含的詞彙關係及學生理解情形，是希望在提供學生對這些詞彙關係的情形供科學教師教學診斷與改善的參考，當然更希望透過本研究的討論，突顯詞彙關係的理解在科學學習中

的重要性，也期望後續研究在科學教科書詞彙關係以及學生理解的議題有更為深層的探討，以期提升學生科學學習的成效。

參考文獻

- 林英智（主編）（2004）。國民中學自然與生活科技第四冊。臺北縣：康軒。
- 藍順德（2004）。二十年來國內博碩士論文教科書研究之分析。國立編譯館館刊，32（4），2-25。
- Chaffin, R., & Herrmann D. J. (1984). The similarity and diversity of semantic relations. *Memory and Cognition*, 12, 134-141.
- Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Implications for learning and discovery in sciences. In R. Giere (Ed.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (pp.129-186). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Copi, I. M. (1978). *Introduction to logic* (5th ed.). New York: Macmillan Publishing.
- Cruse, D. A. (1986). *Lexical semantics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Eggs, S. (1994). *An introduction to systemic functional linguistics*. London: Pinter.
- Fromkin, V., & Rodman, R. (1998). *An introduction to language* (6th ed.). Orlando: Harcourt Brace College Publishers.
- Halliday, M. A. K., & Matthiessen, C. M. I. M. (2006). *An introduction of functional grammar* (3rd ed.). London: Arnold.
- Halliday, M. A. K. (2004). *The language of science*. (edited by Jonathan J. Webster. The fifth volume of a series of the Collected Works of M. A. K. Halliday). London: Continuum.
- Handke, J. (1995). *The structure of the lexicon: Human versus machine*. New York: Mouton of Gruyter.
- Harms, N. C., & Yager, R. E. (1981). *What research says to the science teacher* (Vol. 3). Washington, DC: National Science Teachers Association.
- Iris, M. A., Litowitz, B., & Evens, M. (1988). Problems of the part-whole relation. In M. W. Evens (Ed.), *Relational models of the lexicon* (pp.261-288). Cambridge: Cambridge University Press, 261-288.
- Lemke, J. (1990). *Talking science: Language, learning and values*. Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- Miller, K. J. (1998). Modifiers in WordNet. In C. Fellbaum (Ed.), *WordNet: An electronic lexical database* (pp.47-67). Cambridge, MA: MIT Press.
- Murphy, M. L. (2003). *Semantic relations and the lexicon: Antonymy, synonymy and other paradigms*. New York: Cambridge University Press.
- Rosch, E. H., Mervis, C. B., Gray, W. D., Johnson, D. M., & Boyes-Braem, P. (1976).

- Basic objects in natural categories. *Cognition Psychology*, 8, 382-439.
- Stasio, T., Herrmann, D. J., & Chaffin, R. (1985). Relation similarity as a function of agreement between relation elements. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 23(1), 5-8.
- Unsworth, L. (2001). *Teaching multiliteracies across the curriculum: Changing contexts of text and image in classroom practice*. Buckingham: Open University Press.
- Varzi, A. (2004). "Mereology". *The Stanford encyclopedia of philosophy (Fall 2004 Edition)*, Edward N. Zalta (Ed.), Retrieved July 28, 2008 from <http://plato.stanford.edu/archives/fall2004/entries/mereology/>.
- Wellington, J. J., & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Buckingham: Open University Press.
- Winston, M. E., Chaffin, R., & Herrmann, D. (1987). A taxonomy of part-whole relations. *Cognitive Science*, 11, 417-444.