

---

# 國小科學教師科學說明中的因果連接詞

蔣佳玲<sup>1\*</sup> 張凱萍<sup>2</sup>

<sup>1</sup>國立東華大學 課程設計與潛能開發學系

<sup>2</sup>彰化縣立田頭國民小學

## 摘 要

本研究旨在瞭解國小科學教師進行科學說明時，因果連接詞的使用情形。本研究採個案研究，研究對象為一位國小六年級自然領域教師，資料的蒐集主要為課室觀察，共觀察十六週，涵蓋三個單元。研究結果顯示，結果、條件、目的、方法、轉折等五類因果連接詞均會出現在教師的科學說明中，但不同類別因果連接詞出現的次數有所差異。在不同單元與教學型態，因果連接詞出現的類別與次數也有所不同。除了與概念多寡與難度有關之外，也與單元內容是否強調條件與變項有關。此外，教師在使用因果連接詞時，有時較為零碎片斷，或是交錯跳躍，致使呈現的因果關係含混不明。

**關鍵詞：**因果連接詞、因果關係、科學說明

## 壹、前言

一般人彼此之間相互對話、溝通，所使用的是日常語言(ordinary language)，但在學校學習科學所使用的卻是論說語言(expository language)。學術研究與實務教學均顯示，兒童從四年級左右開始，會因學習過程中愈來愈需要使用論說語言，而出現不適應的學習挫折現象(Fang, 2006)。如何協助學生跨越日常語言與論說語言之間的鴻溝，遂成為科教研究重要的課題之一。最直接而常見的是學生對於科學辭彙理解上的困難，已有不少的科教研究呈現此一現象。例如 Sutton(1992)指出學生因為日常語言與論說語言之不同，而對「能」

(energy)與「功」(work)的想法與正統科學概念有所不同。國內也有類似的研究顯示學生會以日常語言對該字詞的意義來詮釋科學詞彙，如「維管束」、「一年生植物」(張筱莉、林陳涌, 2001)等等。然而，Lemke(1990)提醒了我們，在科學教室中的科學話語，不應只討論科學詞彙，而應進一步地討論科學詞彙彼此的關係。換言之，學生學習科學語言時，並不是只有學科學專有名詞而已，在瞭解科學專有名詞之際，學生也必須學習不同的科學詞彙結合時所具有的意義與關係。

科學詞彙結合的關係中，因果關係具有重要的地位。科學家在進行科學研究時，透過理論或實驗的方式，對於自然現象尋求因果說明(causal explanation)(Salmon,

---

\* 為本文通訊作者

1998)。Popper 則是指指出科學理論的目的是針對現象作「因果說明」，亦即是從普遍述句中演繹出表達現象的單稱述句(陳瑞麟，2004)。換言之，科學研究致力於尋求因果關係，以說明自然現象的發生。

近年來科學教育也注意到科學說明的重要性。Benchmarks for Science Literacy 和 National Science Education Standards 都強調科學說明在科學探究上的重要性，更指出科學教育應培養教師和學生具有科學說明的能力(Braaten & Windschitl, 2011)。美國國家研究院(National Research Council, NRC)於 2012 年出版了針對 K-12 年級訂定的「美國科學教育架構」(A Framework for K - 12 Science Education)一書，其中在「因果：機制和解釋(Cause and effect: Mechanism and explanation)」一節明確地指出：「事出有因，有時是簡單的、有時是多面相的。科學主要的活動在於探究並解釋因果關係及其運作機制。」而且「因果關係是科學的重要元素，而科學教學需要幫助學生瞭解科學活動的此一面相。」正因為提出合理的因果說明是科學探究重要的一環，科學教育對此主題進行探討與剖析，責無旁貸。

中小學的科學教學帶領學生從具體的生活經驗跨越到抽象的科學概念。在此過程中，老師們經常需要透過口語的方式，進行科學說明。在豐富的口語敘說中，因果關係的說明相當常見。這是由於科學理論的核心即在於解釋自然現象，而科學說明正是因果關係的建立。但我們對於科

學教師如何進行因果說明，所知甚少。為能瞭解國小科學教師實際教學過程中，因果連接詞的使用情形，本研究所探討之問題如下：

- (一) 國小教師課堂上所使用的因果連接詞有哪些類別？各類別的分佈情形為何？
- (二) 因果連接詞之出現次數與單元屬性有何關係？
- (三) 因果連接詞之出現次數與教學型態(實驗、講授)有何關係？
- (四) 教師如何使用因果連接詞，易使因果關係含混？

## 貳、文獻探討

### 一、科學說明與科學教學

科學說明(scientific explanation)又稱科學解釋，是指「通過揭示被說明事件發生的原因來說明被說明事件的發生」(陸健體，1994)。例如：將冰水倒入玻璃杯中，片刻之後杯壁會有水珠產生。針對現象的發生進行解釋，即為科學說明。科學研究中假定自然世界有其因果結構，事出必有因，而科學說明就是在解釋事件發生的「原因」，也就是在建立事件之間的因果關係。是以科學哲學家 Salmon 認為，合適的科學說明即為因果說明，當科學說明提供自然現象蘊含的因果關係時，具有極大的說服力(Salmon, 1989; 1998)。相似地，教師在教學過程中經常使用大量口語說明自然現象的發生。教師在課室中進行科學說明時，會使用大量學生原本已知的詞彙，如

連接詞、動詞、名詞等，並將這些詞彙相連接成為句子。在此過程中，學生建立起新的語言關係網絡，建構起自然現象之間的因果關係(Fang, 2006)，是以教師進行科學說明時，是學生建立因果關係的重要時刻(Newton & Newton, 2000)。

近年來科學說明逐漸受到科學教育研究的重視(謝州恩、吳心楷, 2005; 湯偉君、邱美虹, 2010; Sandoval, 2003; Zembal-Saul, McNeill, & Hershberger, 2012)。在學生學習方面，研究顯示瞭解因果關係是科學文本閱讀理解成功的要素(Cronnell, 1981); 學生要能知覺到因果意義的細微差異，建立起細緻的因果意義，才能夠瞭解、建構，進而使用學術性的話語(academic discourse)，是以學生要學得好科學，因果話語的發展扮演著關鍵性的角色(Derewianka, 1995; Mohan & Beckett, 2001)。在教師教學方面，研究顯示教師進行科學說明不僅可以幫助學生對於知識有更深入的理解，教師亦可透過科學說明，忠實地呈現科學本質，展現科學看待世界的方式與觀點(Dagher & Cossman, 1992; McNeill & Krajcik, 2008)。

然而，由於過往的科學師資培育課程，幾乎不曾讓科學教師認識並學習合適地運用科學語言，更遑論在實習準備試教時，將學生科學語言的發展情形納入考慮(Sutman, 1996)，大多數的教師並未知覺到自己進行科學說明時如何使用因果話語，更遑論瞭解如何幫助學生發展因果話語。

相關研究顯示，教師最常出現的話語

是陳述事實(facts)或進行描述(description)，科學說明中的因果話語大都偏向低層次的單一線性因果，鮮少進行具邏輯性的論述或多面相的因果關係(Braaten & Windschitl, 2011; Newton & Newton, 2000)。此外，教師的口語說明常隱含有「科學定律為因，實在世界現象為果」的因果關係。同時，教師在課堂進行口語說明時，容易不自覺地將部分不具有因果關係的概念與事件，以具有因果意涵的語彙進行陳述(蔣佳玲, 2013)。

如前所述，學生因果話語的發展對於科學學習扮演著關鍵性的角色，教師對學生科學因果話語的發展又有重要的影響力。倘若我們希望教師能具有因果說明的能力、學生能分辨並判斷教師話語中事件的因果關係，對於現階段教師課室中因果話語的運用情形就必須有更深入的了解與認識，方能在此基礎上，規劃出適合教師之因果說明教學知覺與能力的相關課程。

## 二、因果連接詞的類別與意義

連接詞在科學知識產生與溝通的過程中，有其不可或缺的重要地位。科學研究的過程中，科學家經常使用緊密、有結構、避免不一致與矛盾的論述來說服科學社群，他們使用各式各樣的連接詞，將嚴格、精確的意義連結在一起(Fang, 2006)。那麼，科學文本(包括書寫文本、口語文本)如何體現因果關係？李哲迪(2006)在分析了康軒版國中《自然與生活科技》教科書六冊之中與力有關的句子之後，發現過程

詞(process)扮演著連接事物間關係的角色,而過程詞雖然沒有清楚、明確地展現出因果關係之意涵,但諸如「影響」、「形成」、「產生」、「造成」、「使」、「達成」等過程詞,會使得句子具有因果關係。例如「以手推、拉物體會使它們改變運動狀態」這個小句來看,「以手推、拉物體」這個事件是讓「它們(物體)改變運動狀態」此一事件發生的原因,前一個事件為因,而後一個事件為果,連接此一因果關係所使用的過程詞為「使」,因此「使」這個過程詞在這個小句中具有因果關係的意涵。相關研究結果顯示,學生在讀這些過程詞時,也都會將該子句視為具有因果關係(林文杰, 2007; 林文杰和楊文金, 2008)。

相較於過程詞,科學文本會使用某些語法成份來說明科學事件之間的邏輯關係,而通常用來體現這些事件關係的語言成份就是連接詞(Halliday, 2004)。依據 Unsworth(2001)及李哲迪(2006)對於連接詞的分類,科學文本中的連接詞可以分成時序、因果、比較、附加及位置等五個主類別,每個主類別之下又各自有次類別。運用這些不同類別的連接詞,科學文本得以呈現事件之間的邏輯關係。其中,在主類別因果之下,有「結果」、「條件」、「轉折」、「目的」、與「方法」等五個次類別,每一類別之意義與範例如表 1 所示。事件之間的因果關係,透過諸如:因為…所以…、如果…就…、但是、要…、藉由…等各式連接詞建立起來。舉例而言,當教

師說:「一個物體,如果它所受的合力不為零,就會有加速度。」其中蘊含的因是「物體所受的合力不為零」,而「物體有加速度」是其造成的果。

科學教育已有不少研究著眼於科學文本中的因果話語,但相關研究多著重於科學書寫文本的分析(如林文杰和楊文金, 2008; 陳世文和楊文金, 2006; 陳均伊, 2013; 蔣佳玲, 2010; Newton, Newton, Blake & Brown, 2002; Yip, 2009)上,口語語料的分析並不多(蔣佳玲, 2009; 2013)。是以,在教師口語上因果話語的使用情形、與教學情境之間的關係等,仍有相當多值得探討的空間。

誠然,「因果」這個概念基本上屬於科學哲學的範疇,與語言上的因果概念有所不同。本研究無意深究科哲上的因果關係,僅就語言上的因果意涵加以分析。在此基礎上,表 1 中除了第一個次類別「因 P 而得 Q」直接指出因果關係之外,其餘四個次類別都不是直指因果關係,而是在解釋結果是如何發生的。儘管如此,其餘四個次類別其實在語言上都可轉換成第一個次類別「因為…所以…」的形式,無損其蘊含的因果意涵。例如「要產生聲音,震動是必要的」,可以在語言上轉換成「因為震動,所以產生聲音」;「若汽車煞車,則人向前傾」,可以在語言上轉換成「因為汽車煞車,所以人向前傾」。是以本研究根據這五個次類別,分析國小教師口語說明中的因果話語,及其分布情形。

表 1：因果連接詞的分類與意義

主類別	次類別	意義	舉例
因果	結果	因 P 而得 Q	<b>因為</b> 帶電體相近，導體的正負電和會暫時分離。
	條件	如果 P 則 Q	<b>如果</b> 我們觀察音叉如何產生聲音， <b>就能</b> 學會何調聲音。
	轉折	如果沒有 P 則 Q	真空無法傳播聲音， <b>但是</b> 任何具有彈性的物體均能傳播聲音。
	目的	因 Q 而 P	<b>要</b> 產生聲音，震動是必要的。
	方法	用 M 手段得 N	<b>藉由</b> 仔細觀察音叉，你可以看到它在來回震動。

## 參、研究方法

### 一、研究設計與資料蒐集

本研究旨在探討國小科學教師進行科學說明時，話語中因果連接詞之類別及其與教學脈絡之間的關係。本研究採個案研究法，在自然情境下，進入合作教師的教學現場進行課室觀察，透過錄影與錄音的方式，蒐集教師課堂教學的口語資料。由於研究目的在於分析自然教學情境中教師的口語內容，研究進行過程中本研究未涉入課堂的教學內容與方法。資料的分析範圍主要以教師解說概念為範疇，至於看錄影帶、常規指導、收發習作、檢討考卷等則不包含在內。資料蒐集的時間共持續十六週，涵蓋了國小六年級自然領域三個單元：「生活中的力」、「物質的變化」、「環境與生活」。研究者進入課室實地進行觀察，隨時記錄觀察札記，作為資料分析時的重要依據。

此外，本研究於課後與合作教師進行數次半結構式的個別訪談，以瞭解教師的想法。

### 二、研究場域與合作教師

本研究的場域是在花蓮縣的一所小學，合作的教師為該校自然領域科任教師，所觀察的是合作教師任教的六年級班級。合作教師任教年資已有六年，平日上課氣氛輕鬆自然，提供學生許多問答的空間。除此之外，合作老師強調實作的重要性，因此課堂上經常安排實驗課程，讓學生動手體驗科學。

### 三、資料分析

為能詳細分析教師之口語內容，本研究先將錄音內容轉錄成逐字稿，接著以表 1 系統功能語言學之因果連接詞類別做為分析架構進行分析。研究團隊首先界定清楚各次類別的定義與內容，並以數個實例進行比對練習。在實例練習中確認二位研究者之間的分類相同後，接著就三個教學單元的口語逐字稿，以小句為單位進行分析。當遇到研究者之間分類不一致的情況時，再重新審視次類別的定義，共同討論出該連接詞應屬之類別。

## 肆、研究結果

### 一、科學教師使用因果連接詞之類型

#### (一)「結果」類別

「結果」類別的語彙是將原因表明後，再論述其結果，前後語句之間存在著依存關係。此類別最典型的例子，即是大家所熟悉且常用的「因為…所以…」。其中「因為」和「所以」不一定同時出現，有時省略其中一項，仍可以呈現出因果意涵。課堂上類似的語句並不少，例如在「環境與生活」單元中，教師陳述如下：

T：為什麼北極南極的冰那麼重要？  
因為呢北極冰都是白色的，白色之後又反光，那這樣子呢就不熱，地球就比較不熱。(1010511A)

教師以為什麼的問句引出學生對「南北極的冰對地表溫度很重要」的興趣，再以北極冰是白色的，白色會反光此一理由來說明，帶出地球會比較不熱的結果。此一句型也可以替換成：因為北極的冰是白色的會反光，所以地球會比較不熱。「結果」類別在科學教師進行科學說明時最常出現，有時甚至會在短短一小段話中連續出現，涉及數個因果意涵。

T：…(略)剛剛我們測的是液體呀，遇到熱的，體積會上升，會膨脹，所以水裡面的水位會上升，因為體積增加了，體積膨脹了，它變多

了。那可是遇到冷水的時候，它會下降，體積變小了，所以水位會下降。(1010316)

上面的例子中可以發現涉及到的因果意涵有二：1.溫度高→液體體積膨脹；溫度低→液體體積縮小；2.液體體積膨脹→水位上升；液體體積縮小→水位下降。在此過程中，兩個因果意涵在「因為」、「所以」的交錯使用中展現，其中的複雜度不容小覷。

#### (二)「條件」類別

「條件」類別的語彙是在科學說明中十分普遍，其指涉當特定條件成立，某一結果就會產生。常見的語彙包括有「只要…就會…」、「若…則…」、「當…則…」、「如果…就…」，較常出現於學生操作活動後，教師進行歸納與討論的歷程中。例如「生活中的力」單元中，教師即以「只要…就會…」總結兩個齒輪轉動方向相同或不同的現象。

T：只要是相鄰的兩個齒輪，因為是連在一起，轉動的方向(就)會相反。只要是相鄰的齒輪轉動的方向(就)會相反。(1010309)

此段說明中，「相鄰的兩個齒輪」為先決條件，當先決條件成立，「相鄰的齒輪轉動的方向會相反」就會成立。這樣的話語隱涵著「相鄰的兩個齒輪」使得「相鄰的齒輪轉動的方向

會相反」發生。「物質的變化」單元中也有相似的例子：

T：所以剛剛講過喔，要鐵生鏽需要哪些條件？

S：空氣。

T：空氣跟水對不對，所以呢只要隔絕水跟空氣後呢，就能防止鐵生鏽

(1010323A)

此例呈現出的是：只要「隔絕水跟空氣」條件成立，就會發生「防止鐵生鏽」的結果。當學生只回答空氣時，條件仍未滿足，教師表達了必須隔絕水與空氣，條件才能成立，防止鐵生鏽的結果也才能達成。

### (三)「轉折」類別

先決條件成立時，特定的事件就會發生；當先決條件改變，對應的事件也可能發生改變。為了表達條件之不同，所對應的事件也有所不同，教師說明的過程中會使用「轉折」類別的語彙，做為串接時的連接詞，例如「但是」。槓桿的設計可以省力、可以費力、也可以既不省力也不費力。合作教師在教槓桿原理時，先呈現省力槓桿，在教完省力槓桿後，透過「但是」這個轉折語彙，連接到非省力的槓桿，帶出了槓桿原理還有雖不省力但更便利的性質。

T：我剛剛講了，槓桿原理它基本上呢它是要…它是一種省力的原理，但是不是生活上所有用到槓桿

原裡的東西通通都是省力的喔，那…為什麼？

S：因為…

T：對，因為方便兩個字呀！有些用槓桿原裡的東西它雖然沒有到省力，但是就是為了方便。

(1010217)

「但是」不僅僅是鋪陳時串接的連接詞，更重要的是它具有比較、對照的功能。下例是教師在說明齒輪銜接方式與轉動方向的關係時，先鋪陳了兩個齒輪直接咬合時，兩個齒輪的轉動方向相反，但若以鏈條連接兩個齒輪，則兩個齒輪的轉動方向是一樣的。此時，「但是」就成了兩種條件的比較，將「沒有鏈條」和「有鏈條」的條件區分開來，再對照兩個齒輪的轉動方向。

T：原本是齒輪相互咬合的時候是互相相反，但是用鏈條的時候方向會一樣。(1010309B)

綜合以上兩例可以看到，教師運用「但是」主要在比較與對照兩個結構相似、但條件與結果並不不同的定律，也蘊涵著條件→結果的因果關係。以上述例子來看，所蘊涵的關係是「若兩個齒輪相互咬合，則齒輪轉動方向相反」，但是「若兩個齒輪以鏈條連接，則齒輪轉動方向相同」。

### (四)「目的」類別

「目的」類別常見的詞彙包括有

「要…就必須…」,「為了…」等。以下二段摘錄中,第一例所蘊含的關係是:兩個齒輪互相咬合→齒輪動;第二例所蘊含的關係是:綠生活→節能減碳、綠生活→身體健康。

T: 齒輪要動的話,兩個齒輪呢必須互相的咬合。(1010309B)

T: 所以呢,人家說綠生活,為了節能減碳,也為了身體健康。  
(1010501)

為了幫助學生快速地區別定滑輪與動滑輪,教師以施力方向與物體運動方向,做為區辨定滑輪與動滑輪的判斷依據:1.如果施力方向與物體運動方向相反,是定滑輪的特徵;2.倘若施力方向與物體運動方向相同,則是動滑輪的特徵。

T: 好,不相同,為什麼?看一下黑板(註:教師指黑板上定滑輪的圖),再看一次,我們要把物體往上移動,那你用力拉繩子,一定要用力往下拉,剛好是相反,那當動滑輪的時候呢(註:教師指黑板上動滑輪的圖),東西我們要往上移動對不對,要拿到屋頂上面嘛,那你的繩子也是往上,所以呢用力的方向跟物體移動的方向會怎樣?

S: 相同。

T: 好,這就是動滑輪跟定滑輪不一樣的地方。(1010220)

在定滑輪系統中,為達成「要把物體往上移動」的目的,就必須「用力拉繩子」,而且「一定要用力往下拉」,展現出「為了要… , …是必須的」目的性。其中隱含的關係為:用力往下拉繩子→物體往上移動。動滑輪系統的部分,目的一樣是「要把物體往上移動」,但用力的方向跟物體移動的方向必須要相同。其中隱含的關係為:用力的方向跟物體移動的方向必須要相同→物體往上移動。

### (五)「方法」類別

「用 M 手段得 N」是「方法」類別的主要特徵,使用的詞彙包括有「藉由」、「透過」等。然而與書寫文字不同的是,小學階段的教學,教師的口語傾向以白話方式表徵,較少出現「藉由」、「透過」等詞彙,常出現的是「要…才可以…」、「用來」等詞彙。例如教師在說明磅秤使用方法時表示:

T: 磅秤呢,它有的時候它沒有歸零,這時候你就要用到磅秤中間的位置,就是那個鐵的平台...下面一點...中間的位置有一個小螺絲,你要調整那個螺絲,才可以把指針弄到歸零去。(1010217)

此段口語中,「要」調整螺絲,「才可以」把磅秤指針歸零,所呈現的意思是「藉由調整螺絲,可以讓磅秤歸零」,其中隱含的關係則是調整螺絲→



磅秤歸零。至於「用來」一詞，也有相似情形，下段摘錄即為一例：

T：為什麼滑輪固定在下方的呢？多  
這個有沒有省力？沒有省力，那這  
個呢主要是用來緩衝繩子的，那也是  
在搬重物或救人的時候，但因為  
老師參加這種課（註：救難人員訓練  
課程），滑輪固定在地上主要是  
怕繩子呢衝太快，用來慢慢緩衝繩  
子，不要讓繩子跑太快。  
(1010220)

此例中，滑輪固定在地上是「用來」緩衝繩子，所呈現的意思是「藉由將滑輪固定在地上的方法，可以緩衝繩子的速度」，其中隱含的關係則是將滑輪固定在地上→緩衝繩子的速度。

#### (六)各類別的分佈情形

在觀察的三個單元中，合作教師的口語資料共出現 67 次因果連接詞，涵蓋了因果關係語彙的五個類

別，其中「結果」出現 25 次，「條件」出現 19 次，「目的」出現 6 次，「方法」出現 4 次，「轉折」出現 13 次，如圖 1 所示。出現比例最多的是「結果」，約佔 38%、其次是「條件」佔 29%、接著是「轉折」佔 18%，「方法」出現的比例最少，僅佔 6%。換言之，結果、條件、目的、方法、轉折等五類因果連接詞，都在國小教師科學說明中出現，但出現的次數有所差異。其中以「結果」出現的頻率最高，「條件」其次，而「目的」和「方法」偏少。這與教師習慣於課程的始末進行重點歸納有很大的關聯。合作教師的教學流程大略為：引起動機／喚醒學生舊有經驗→進入主題／定錨→講解概念→學生實驗操作→歸納總結等。在講解概念與歸納總結兩個階段，是「結果」類別連接詞最常出現的時候，由於這兩個階段在課堂教學中所佔的時間最多，因而「結果」類別的連接詞最常出現。例如：

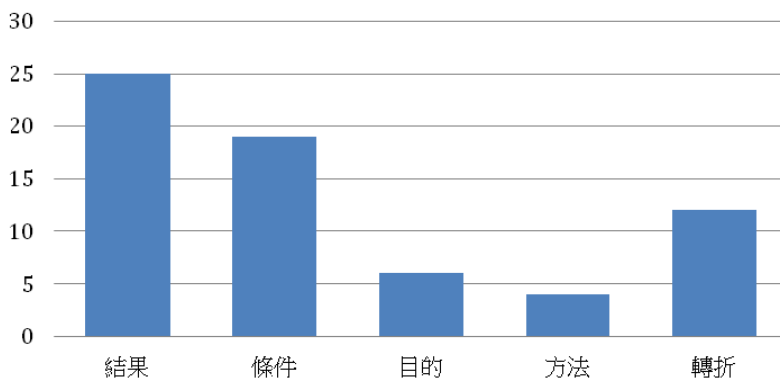


圖 1 各類因果連接詞出現次數之比較

T：在這個實驗我們要做的就是鐵生鏽的實驗對不對？鐵生鏽那請問為什麼我們要用鋼絲絨，有沒有人知道為什麼？

S：因為鋼絲絨比較容易操作

T：沒錯喔，因為鋼絲絨呢她是很細很細的鐵，它比較容易生鏽，再來呢因為它是絨球，它的表面積也比較多，所以我們用這鋼絲絨呢，比較能夠觀察生鏽的情況，所以才用鋼絲絨喔，這是第一個。好，再來呀！剛剛呀我們把蠟燭放到廣口瓶這邊喔，結果呢剛放下去會熄滅，代表呢它會用掉空氣中的一部分，但是因為蠟燭會熄滅所以它裡面沒有什麼氣？

S：氧氣 (1010327)

另外，教師在說明時僅管是陳述句，但為了引導學生思考，有時會拋出「為什麼？」問句，此時接續的句子就常是以「因為」做為啟始。

T：北極熊的毛是白色，一個是保護色反光，但是呢他是空心的喔，為什麼要空心，因為才會輕，因為空心比較能夠防水，皮膚呢是黑色的，所以它是黑底白毛。

(1010417)

## 二、單元特性與因果連接詞

本研究共觀察了三個單元的教學：簡單機械、物質的變化、生物與環境。首先就各單元出現因果連接詞之次數進行計數，比較不同單元的因果連接詞出現的總次數。分析結果發現，因果連接詞出現的總次數最多的單元為「簡單機械」(35 次)，「物質的變化」(15 次)與「生物與環境」(16 次)則差異不大。

其次，若從因果連接詞的類別來看，三個單元在「結果」、「方法」的分布頗為接近，但在「條件」、「轉折」兩類，「簡單機械」出現的次數要比其他兩個單元多出許多(見圖 2)。

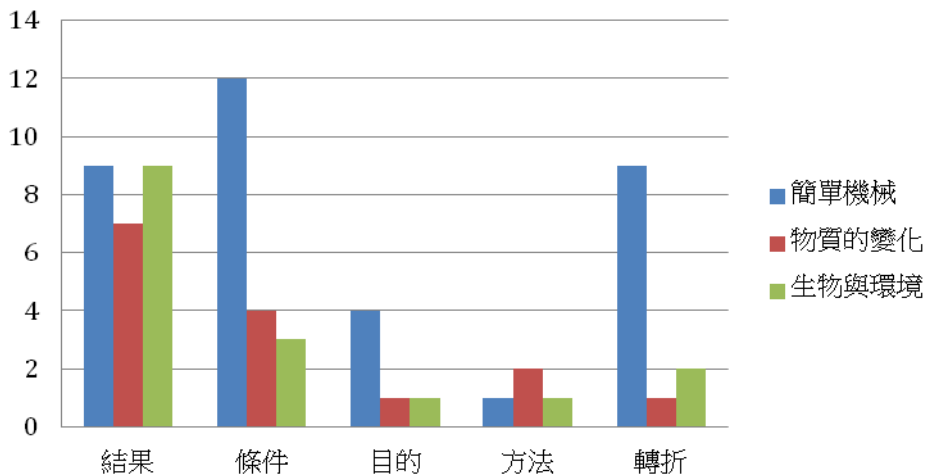


圖 2 各類因果連接詞在三個單元出現次數之比較

教學後的訪談中，教師的自我評估與研究者教室觀察的計數結果是一樣的，教師也認為第一單元出現的因果連接詞會最多：

R：我想知道這三個單元裡面你有沒有覺得你自己呀，回想一下你哪一個單元的科學說明做得最多？

T：絕對不是第三個單元(笑)，我覺得可能是一吧

R：那你覺得原因是...

T：(思考)，因為我覺得它比較難耶，比較難的我就會比較多的解釋

R：那我想知道為什麼你一開始就覺得三不會最多？

T：三不會最多，因為我覺得那個是... 那個單元比較在乎的是環境意識，所以那個時候我才會一直看影片，因為那個單元的教就好像人不可以殺人，不行...其實那個單元我覺得就是你看了，就會懂了

(1010922)

教師表示比較難的教材會多做說明，而簡單、學生一看就會的主題，例如有關環境意識的說明會最少。此外，概念多的單元也需要做較多的說明。

R：所以你認為呀，科學說明的多跟少是取決於...

T：我覺得教材難度

R：你覺得比較難的需要...

T：比較多的解釋

R：所以教材難度會取決於你的科學

說明度得多寡。你覺得還有其他的嗎？

T：(思考)應該說如果這堂課的概念很多，不見得是難啦，就是說它的概念很多的時候，你每一個概念就要停下來作科學說明，像生物環境它沒有太多的科學概念。

由此可知，教師科學說明的情形會受到單元概念的多寡與難易度而影響。當概念較多、較難時，教師會進行較多的科學說明。若從學科屬性來看，這三個單元分別隸屬於物理、化學、生物與環境等三個領域。單元一「簡單機械」屬於物理領域，出現因果連接詞是另外兩個單元的兩倍多。這是否代表教師心目中物理領域的概念較多、較難？其他物理領域單元的教學是否也較常出現因果連接詞？這些問題需要再做進一步探究。

### 三、教學型態與因果連接詞

#### (一)因果連接詞在實驗與講授之出現比例

本研究合作教師採用之教學主要為講授與實驗。分析結果顯示，實驗出現因果連接詞的次數共有 16 次，占所有次數的 23.9%；講授出現因果連接詞的次數共有 51 次，占所有次數的 76.1%。表示教師進行講解時較容易出現因果連接詞。

若加入因果連接詞類別，進一步看教師的講授內容，可以看到「結果」類別的因果連接詞出現次數最多，其次是「條件」，最少出現的是「方法」。在進

行實驗時，則是以「條件」出現次數最多，其他各類都只出現二次(見圖 3)。

教師講授時有較多的口語內容，故出現較實驗為多的因果連接詞，誠屬合理。但值得注意的是，實驗在各類因果連接詞出現的比例與講述有很大的不同。講述出現許多「因為…所以..」的「結果」連接詞，也出現一些「條件」和「轉折」，但實驗卻獨厚「條件」。此一現象可能是由於實驗活動會強調當特定條件成立，就會產生特定結果，因此實驗教學時，教師的口語說明會偏向「條件」類別。以下第一單元「簡單機械」實驗教學情形即為一例：

T：好，請你把呢，黃色的齒輪呢，轉動一齒，看一下是不是灰色的也會轉動一齒？

S：(學生自由操作)有。

T：好好看一下，你看喔！(教師操作)

T：我轉動一齒，是不是跟著，灰色也轉動一齒，好，所以呢，來，動

作停囉(註：請學生停止自由操作)，再回到這邊(註：請學生將注意力放在教師身上)。不管是大齒輪中齒輪小齒輪，「只要」是兩個齒輪咬合在一起互相轉動的時候，其中一個齒輪轉動一齒，另外一個齒輪會轉動幾齒？

S：一齒 (1010309B 實驗課)

在上述的實驗課中，教師先讓學生自行操作，自己再操作一遍，在操作的過程中請學生注意黃色齒輪與灰色齒輪的轉動齒數，然後下了一個結論：「只要」是兩個齒輪咬合在一起互相轉動的時候，其中一個齒輪轉動一齒，另外一個齒輪會轉動一齒。整個流程大致為：操作→觀察→歸納總結。教師在歸納總結的時候，出現了「條件」因果連接詞。類似的流程在國小自然領域實驗活動中十分常見，是以進行實驗活動時，教師的口語會出現較多的「條件」類別。

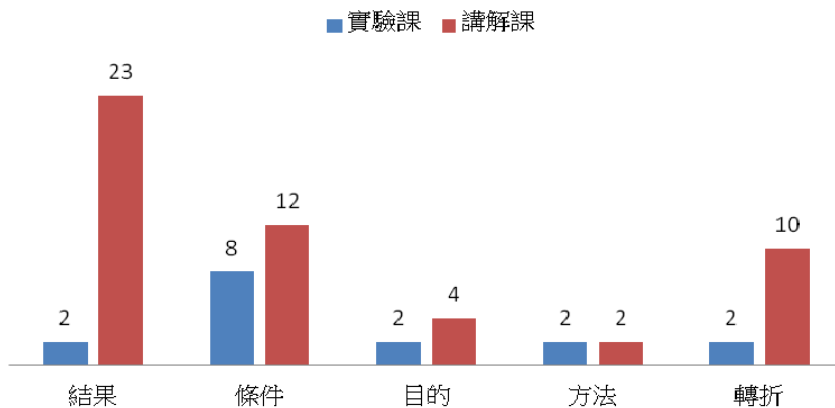


圖 3 五類因果連接詞在實驗與講述出現之次數比較圖

(二)不同單元在實驗與講授出現之因果連接詞

有趣的是，若將三個單元再納入分析可以看到，三個單元講述教學所出現的因果連接詞，在大部分的類別分布差異不大，僅有「轉折」類別，單元一「簡單機械」與其他兩個單元有相當大的差距(如圖 4)。如前所述，

「轉折」因果連接詞的使用是為了表達條件之不同，所對應的事件也有所不同。「簡單機械」單元除了在「條件」類別出現次數頗高外，在「轉折」類別的出現次數也相當高。再次顯示屬於物理領域的「簡單機械」單元對於條件的操控與改變相當重視。

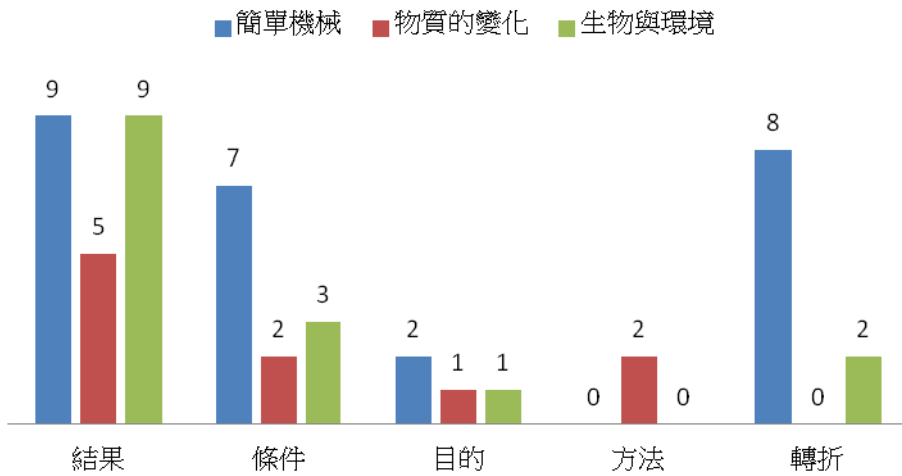


圖 4 三個單元講授教學之因果連接詞次數比較

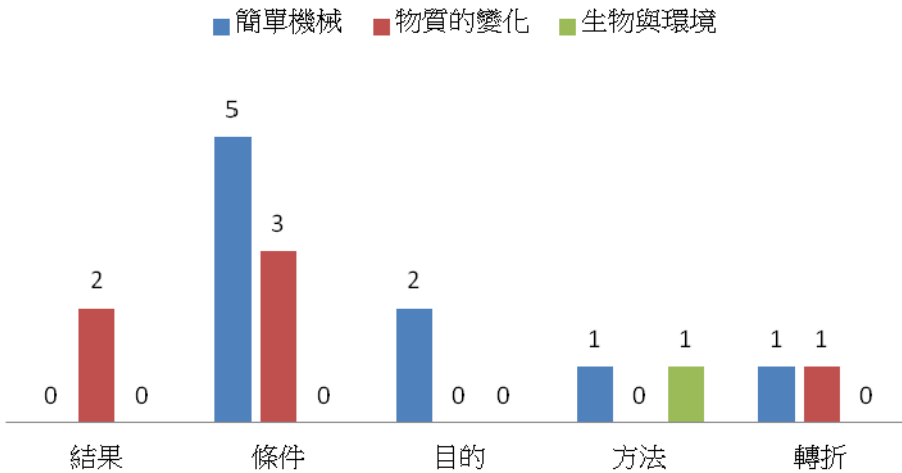


圖 5 三個單元實驗教學之因果連接詞次數比較

「簡單機械」和「物質的變化」兩個單元在實驗教學出現因果連接詞的次數，比「生物與環境」單元來得多。主要是由於「簡單機械」和「物質的變化」有各式滑輪的操作與比較、物質在不同溫度下的性質變化，均有明顯的變項操弄與比較，因而有較多「結果」、「條件」類別的因果連接詞出現。相對之下，「生物與環境」的內容談論的是生物多樣性、環境與生物配對、台灣特有種與外來種等，很少讓學生進行變項操弄，因而此單元實驗教學時的因果連接詞在各類別中都出現得少。

#### 四、含混的因果關係

有時諸如「因為…所以…」的因果連接詞會在口語中做部分省略，成為「因為…」或「…所以」，一般而言聽者仍能掌握其中表達的因果意涵。但當省略後的因果連接詞接連在兩個小句出現，此時因果關係變得含混，可能造成學生混淆。下例為教師在「物質的變化」單元時，說明銅環加熱的情形：

T：好來，我們看一下喔，剛剛這一組呀！剛剛這一組呢是穿不過去對不對，所以我把這一個拿去加熱，所以呢最後穿得過去代表這個有沒有膨脹？

S：有。 (1010316)

在第一段教師說明的語料中，連續兩個小句都出現「所以」。究竟兩個「所以」的「因」分別應該對應到前面哪一個小句？

其中的因果關係相當含混。

下例為教師在「簡單機械」單元時，說明動滑輪抗力點與施力點的情形：

T：(手指圖 6)請問這一袋是多重，幾公克

S：200 公克

T：用動滑輪呢你會發現，它會比定滑輪省力，知道嗎？上次有講過喔！為什麼這個抗力點在中間呢，因為從這抗力點從中往下延伸的地方，就是掛著重物，所以重物掛在這邊，所以抗力點在這邊，抗力點在中間，這往下延伸的地方就是那個重物，重物既然在這裡，所以抗力點在這裡，那施力點呢，也一樣在拉的方向，跟滑輪接觸的地方，那支點就變成另外一邊，這個地方（手指圖 6） (1010224)

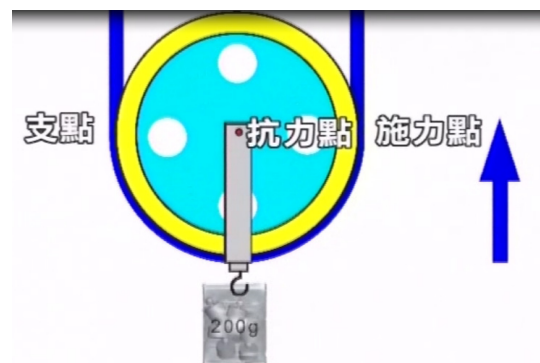


圖 6 動滑輪抗力點、施力點與支點之位置關係圖

在這一段說明中，教師總共出現三次的「所以」。教師主要目的在解釋動滑輪會比定滑輪省力。但接下來說了一次「因

為」、三次「所以」卻都是在說明「為什麼這個抗力點在中間」。雖然最後教師說明了動滑輪省力的原因，但過程中交錯使用的因果連接詞，的確容易讓語言能力未臻成熟的國小學生產生混淆。

## 伍、結論

科學說明的本質就在於揭示各種事物之間的因果關係以及世界的因果結構(陸健體, 1994), 同時因果關係也是邏輯與科學思考的基本能力, 以此為基礎可培養學生推理與提出假設的能力(Painter, 1999)。因此當今科學教育的目標之一, 在於培養學生科學說明的能力, 對自然現象建立合理的因果關係。教師在課堂上進行科學說明, 對學生而言就是實際的示範, 不僅影響學生的科學學習, 對於學生科學語言能力的發展也有不可忽視的影響。本研究分析了國小教師課堂上科學說明的口語內容發現, 結果、條件、目的、方法、轉折等五類因果連接詞均會出現在教師的科學說明中, 但不同類別因果連接詞出現的次數有所差異。在不同單元與教學型態, 因果連接詞出現的類別與次數也有所不同。除了與概念多寡與難度有關之外, 也與單元內容是否強調條件與變項有關。正如 McNeill 和 Krajcik(2008)所述, 並非所有的科學知識都只適用於某一種解釋方法, 教師的解釋方法是因文本脈絡上下文、學生學習情況、教材本身內容而異的。因此教師會因著概念多寡與難度、以及教學型態而運用不同類別的因果連接詞, 且

使用的頻率亦隨之不同。從教師專業知能角度來看, 這是值得肯定與推廣的。

此外, 「簡單機械」、「物質的變化」與「生物與環境」三個單元中, 分別隸屬於物理、化學與生物三個領域。本研究發現, 從因果連接詞總出現次數來看, 隸屬於物理領域的「簡單機械」出現次數最多, 是另外兩個單元的兩倍多。除了「結果」外, 有較多的「條件」與「轉折」也出現在此單元。對教師而言, 「簡單機械」有較多且難的概念, 且著重在條件的界定與比較, 因此「簡單機械」在此三類因果連接詞出現的次數最多。學科領域與因果連接詞運用情形的關係為何? 是否不同的學科有不同的因果觀? 是未來值得關注的研究方向。

此外, 教師在使用因果連接詞時, 有時較為零碎片斷, 或是交錯跳躍, 致使呈現的因果關係含混不明, 可能會造成學生理解上的困難。Wellington 和 Osborne(2001)指出, 在教科書、學習單或是教師的口語表達中, 出現許多混淆學生的邏輯連接詞。林文杰(2007)也認為, 科學文本舖陳過程中, 若將事件與事件間的關係以不適當過程詞表達, 會造成學生對事件間關係的錯誤理解。

教學現場的教師若能透過細緻的說明過程, 對一個問題或現象作因果推論, 有助於學生學習科學概念, 並能提升學生因果話語使用的能力。因此本研究建議, 教師在解釋科學概念時, 可視不同單元的性質、教學型態、概念多寡與難度選擇合

適的因果連接詞。同時教師應避免以零碎、無關聯性的「因為」、「所以」夾雜出現。教師可事先鋪陳說明的順序，在說明時注意每個小句因果連接詞的關連與串接，緊扣因與果的連接，如此便有助於學生對於因果關係的理解以及因果話語的使用。最後，由於過往師資培育大多未關注科學語言，台灣師資培育機構未來可參考 Windschitl, Thompson 和 Braaten(2008)的作法，提供生手科學教師因果科學說明的背景知識，並協助教師們運用科學說明於教學中，使之對於因果話語的使用更加妥適與熟練。

## 參考文獻

- 李哲迪(2006)。高中物理教科書與學生關於力的話語與合法化的語言策略(未出版之博士論文)。國立台灣師範大學，台北市。
- 林文杰(2007)。「科學語言遊戲」融入教學對物理文本的語意理解與語法應用之探討—以「生活中的力」單元為例(未出版之碩士論文)。國立台灣師範大學，台北市。
- 林文杰、楊文金(2008)。高一學生對物理文本過程詞隱含之連接關係的理解。*物理教育學刊*，9(1)，1-18。
- 陳世文、楊文金(2006)。以系統功能語言學探討學生對不同科學文本的閱讀理解。*師大學報：科學教育類*，51(12)，107-124。
- 陳均伊(2013)。國小自然與生活科技教科書的語句類型分析--因果性解釋與預測性解釋的探討。*教科書研究*，6(1)，57-85。
- 陳瑞麟(2004)。**理論、假設與推測**。中央大學創意研究中心「創意與哲學」典籍讀書會導讀稿。2009年12月30日取自 <http://create.ncu.edu.tw/bookclub/93/93-12-17/LSDchap03.doc>
- 陸健體(1994)。**關於世界的問答—科學說明**。台北：淑馨出版社。
- 張筱莉、林陳涌(2001)。學童眼中的科學專有名詞。*科學教育學刊*，9(3)，219-234。
- 湯偉君、邱美虹(2010)。省思科學教學—由解釋、科學說明類型的觀點。*科學教育研究與發展季刊*，59，1-22。
- 蔣佳玲(2009)。**除了「因為...所以...」之外：國中理化教師口語敘說中因果意涵的體現**。中華民國第二十五屆科學教育學術研討會。台北：台灣師大。
- 蔣佳玲(2010)。**因果解釋在科學教科書中的取向：以牛頓力學與演化論為例**。第一屆全球華人科學教育會議。香港：香港教育學院。
- 蔣佳玲(2013)。「因為慣性所以水離開你的手」---國中理化教師話語中的因果關係。中華民國第二十九屆科學教育學術研討會。彰化：彰化師範大學。
- 謝州恩、吳心楷(2005)。探究情境中國小學童科學說明能力成長之研究。*師大學報：科學教育類*，50(2)，55-84。
- Braaten, M. & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science Education*, 95(4), 639-669.
- Cronnell, B. (1981). Cause and effect: An overview. *Reading World*, 21(2), 155-166.
- Dagher, Z. R. & Cossman, G.(1992). Verbal Explanations given by science teachers: Their nature and implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 361-374.
- Derewianka, B. (1995). Language development in the transition from childhood to adolescence: The role of grammatical metaphor. Unpublished doctoral dissertation. Macquarie University, Sydney, Australia.
- Fang, Z. (2006). The language demands of science reading in middle school, *International Journal of Science*



- Education*, 28(5), 491-520.
- Halliday, M. A. K. (2004). *The language of science*. London: Continuum.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning and values*. Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 53-78.
- Mohan, B. & Beckett, G. H. (2001). A functional approach to research on content-based language learning: Recasts in causal explanations. *Canadian Modern Language Review*, 58(1), 33-55.
- National Research Council (NRC). (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: The National Academies Press.
- Newton, D. P. & Newton, L. D. (2000). Do teachers support causal understanding through their discourse when teaching primary science? *British Educational Research Journal*, 26(5), 599-613.
- Newton, L. D., Newton, D. P., Blake, A. & Brown, K. (2002). Do primary school science books for children show a concern for explanatory understanding? *Research in Science & Technological Education*, 20, 227-240.
- Painter, C. (1999). *Learning through language in early childhood*. London: Cassell.
- Salmon, W. C. (1989). *Four decades of scientific explanation*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Salmon, W. C. (1998). *Causality and explanation*. New York: Oxford University Press.
- Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 5-51.
- Sutman, F. X. (1996). Science literacy: A functional definition. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), 459-460.
- Sutton, C. (1992). *Words, science and learning*. Buckingham: Open University Press.
- Unsworth, L. (2001). Evaluating the language of different types of explanations in junior high school science texts. *International Journal of Science Education*, 23(6), 585-609.
- Wellington, J. J. & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Philadelphia, PA: Open University.
- Windschitl, M., Thompson, J. & Braaten, M. (2008). How novice science teachers appropriate epistemic discourses around model-based inquiry for use in classrooms. *Cognition and Instruction*, 26(3), 310-378.
- Yip, C. W. (2009). Causal and teleological explanations in biology. *Journal of Biology Education*, 43(4), 149-151.
- Zemal-Saul, C. L., McNeill, K. L. & Hershberger, K. (2012). *What's your evidence? Engaging K-5 children in constructing explanations in science*. Boston: Pearson Education.
- 投稿日期：104年08月12日
- 接受日期：104年08月26日

# The Causal Conjunctions in the Elementary Science Teacher's Scientific Explanation

Chia-Ling Chiang<sup>1\*</sup> Kai-Ping Chang<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Curriculum Design and Human Potentials Development, National Dong Hwa University

<sup>2</sup> Tien Tou Elementary School, Changhua County

## Abstract

This study aimed to understand an elementary science teacher's use of causal conjunctions in scientific explanation, the relationship between causal conjunctions use and the features of the learning units, and the relationship between causal conjunctions use and the teaching activities. Through the qualitative methods, this study chose a teacher and his sixth grade class as the study participants. The data collected mainly were from classroom observations. Data analysis was focused on the teacher's oral language during causal explanation. The results show that the five causal conjunctions, such as consequence, condition, purpose, manner, and concession, were shown in the teacher's scientific explanation; however, the numbers of appearance of each category were various. Besides, the categories and the numbers of appearance of causal conjunctions were different in terms of teaching activities and the teaching units. Not only the amounts and the difficulties of concepts, but the focus on conditions and variables were related to the teacher's use of causal conjunctions. Furthermore, when the teacher incompletely used the causal conjunctions or interpolate other causal conjunction, the cause-effect relationship became vague and hard to be understood for students.

**Keywords: causal conjunctions, cause-effect relationship, scientific explanation**

---

\* corresponding author