

科學教科書的邏輯關係，如何讓學生閱讀理解？

【教科書研究中心助理研究員 陳世文】

十二年國教自然科學領域課綱強調邏輯思維的重要性，然而，要培養學生邏輯思維的能力，引導學生理解科學教科書蘊含之邏輯關係相當重要，科學是一門注重邏輯的學科，科學教科書經常蘊含邏輯關係，識讀科學教科書中的邏輯關係有助學生邏輯思維的發展。因此探討科學教科書蘊含之邏輯關係及學生閱讀理解，提供科學教學與教科書編輯之參考有其必要。

一、科學教科書蘊含什麼樣的邏輯關係？

科學教科書蘊含了聯言、選言及條件三種邏輯關係。如表 1，聯言邏輯包括「聯集、交集」，選言邏輯包括「互斥、兼容、兼有、等同、所有」，條件邏輯包括「充分、必要、充要」。其中選言邏輯運用相同邏輯連接詞表達多重邏輯語義，且與聯言邏輯與條件邏輯的部分邏輯關係重疊，最為複雜難辨。科學教科書蘊含之邏輯關係及其相關性詳如表 1 及圖 1。

表1、科學教科書蘊含之邏輯關係

關係	語義	例句	連接詞
聯言	交集	表皮細胞間散布許多半月形且兩兩成對的保衛細胞。	且
	聯集	電能可以轉換成熱能和光能。	和
選言	兼有	生物常會發出螢光訊號，例如螢火蟲、深海烏賊或燈籠魚。	或
	互斥	這杯混合後的水溶液是酸性、鹼性或中性？	或
條件	兼容	當施力越大，或力臂越大，力矩就越大。	或
	所有	無論是電或瓦斯，都須節約使用。	或
	等同	這些具有催化作用的物質，稱為酵素或酶。	或
	充要	磁鐵若為同名極會彼此排斥；若是異名極則會互相吸引。	若…則
條件	充分	鐵若長時間暴露在空氣中，則會生成鐵鏽。	若…則
	必要	病毒非常微小，必須用電子顯微鏡才能觀察得到。	必須…才

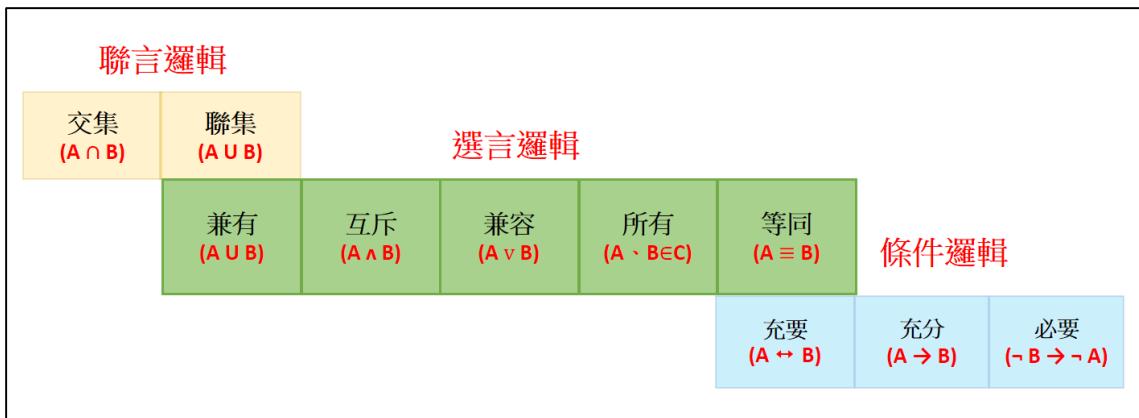


圖1、科學教科書邏輯關係之關聯性

二、學生如何理解科學教科書中的邏輯關係？

研究發現學生混淆科學教科書語句所蘊含之不同邏輯關係，在五種選言邏輯中，學生無法清楚分辨語句所蘊含的邏輯關係，舉例來說，「這杯混合後的水溶液是酸性、鹼性或中性？」屬於「互斥邏輯」，表示酸性、鹼性及中性三個化學性質中僅能擇一，不可能同時互存，然而，學生卻將「互斥邏輯」理解成「兼有邏輯」，誤認為水溶液同時具有酸性、鹼性和中性三種性質，可見學生無法從科學教科書的論述中清楚識讀其蘊含之邏輯關係，當學生混淆邏輯關係時，亦會形成錯誤的科學概念。

三、科學教學和教科書編輯可以怎麼做？

由上述分析可知，科學教科書論述中蘊含複雜之邏輯關係，而學生對於這些邏輯關係理解不甚理想。科學教科書中的邏輯關係經常透過邏輯連接詞來表徵，這些邏輯連接詞是解讀邏輯關係的重要線索，但不同邏輯連接詞可能表達相同邏輯關係，相同邏輯連接詞又可表達不同邏輯關係，因此，教師在科學教學上應清楚辨識這些邏輯連接詞中所指涉之邏輯關係，並且提醒學生注意科學教科書所出現之邏輯連接詞，並識讀其所表徵之邏輯關係。

教科書編者亦應意識到自己所使用的邏輯連接詞能否明確表徵邏輯關係，在科學教科書語句撰寫上使用精確的邏輯連接詞，例如將「兼有邏輯」的「或」改成「和」，如「生物常會發出螢光訊號，例如螢火蟲、深海烏賊和燈籠魚」；將「等同邏輯」的「或」寫成「又稱為」，如「這些具有催化作用的物質，稱為酵素，又稱為酶」，如此一來可減少語意模糊性，促進學生對邏輯關係的閱讀理解，幫助學生科學概念的建構與邏輯思維的發展。

資料來源

黃仲義、陳世文、沈彥宏、楊文金（2020）。臺灣學生與僑生對邏輯連接詞「或」在日常與科學情境中的語意理解。臺東大學教育學報，31（1），1-22。

DOI:10.3966/102711202020063101001。連結網址：

<http://ericdata.com/tw/detail.aspx?no=419164>