

概念發展過程之思考語言初探： 以國中一年級學生酸鹼中和概念學習為例

蔡智文¹

高雄市立寶來國民中學 校長

林玉雯

樹人醫護管理專科學校 助理教授

周進洋

國立高雄師範大學科學教育研究所 教授

摘要

本研究旨在探討國中一年級學生酸鹼中和概念發展過程中思考語言的種類、功能、角色、影響與特性。研究者使用半結構晤談收集酸鹼中和實驗室情境中八位個案學生語言資料，再運用微小發生分析法與思考語言分析技術針對語言資料進行分析，進而發現：一、酸鹼中和概念發展過程中，八位個案學生總共出現 17 種思考語言，涵蓋認識立場、智力過程、智力產物三種認知功能，宛如概念發展催化劑、界面活性劑與指示劑的角色。二、不同功能的思考語言與其組合具有促進概念範疇內發展、溝通不同概念範疇間轉移、表徵概念發展脈絡與其狀態的影響力，同時具有模糊且靈敏的多重角色、明確且固定的認知功能的特性。

關鍵字：思考語言、微小發生分析法、概念發展、概念範疇

¹ 通訊作者 e-mail：tsaichihwen1203@pchome.com.tw

壹、前言

一、研究背景與動機

學生的科學概念發展與科學學習成效之間關係密切，假若自然教師想要促進學生學習、提升教學績效，可從學生科學概念發展過程著手。Cousins (1996) 認為科學學習與概念發展是個體使用各種專有名詞與術語去詮釋不同現象的過程，在此過程中個體亦可使用語言符號修正、調適自身的認知基模。Perkins, Jay 與 Tishman (1993) 亦認為概念發展受到語言影響，但並非所有語言均可協助學生促進概念發展，而是具備幫助溝通、思考的語言方有此種功能。此外，由於語言為教學最重要的媒介之一，若能針對學生科學概念發展所涉及的思考語言進行研究，應能增進概念發展瞭解並提升教學成效（蔡智文，2008）。綜上可知，概念發展過程所涉及的思考語言實為促進概念發展與提升教學成效的關鍵之一，可惜國內對此議題相關研究並不常見，更遑論探討概念發展所涉及的思考語言。

此外，由於酸鹼中和概念屬於高度抽象的科學概念，造成台灣國中學生對於酸鹼中和概念學習多感困擾，又加上酸鹼中和概念發展過程同時伴隨七個概念範疇（指示劑、熱、質量、物理與化學變化、酸與鹼、天平、酸鹼中和）的發展（洪振方、蔡智文，2007），若以此概念發展作為研究主題，其研究成果應可作為其他同樣比較抽象複雜、不易學習的科學概念的參考。因此，研究者試圖針對酸鹼中和概念發展過程中思考語言的種類、認知功能、角色、影響與特性進行研究，希望研究成果可作為科學教師教學時的參考，進而達到提升科學概念教學的效果。

二、研究目的與問題

根據研究背景與動機，本研究旨在探討國中一年級學生酸鹼中和概念發展過程中所使用的思考語言種類、功能、角色、影響與其特性，對應研究問題為：國中一年級學生酸鹼中和概念發展過程與思考語言、認知功能有何關聯？擔任的角色與影響為何？特性為何？

貳、文獻探討

一、思考語言的意義與其功能

思考語言為人類對話中能夠針對個人或他人心智狀態、思考過程進行描述的語言，具有幫助思考、協助概念發展、描述人類心智狀態與學習過程的功能（Tishman & Perkins, 1997），人類可藉由思考語言表達、分析語句或特定字組和片語邏輯，達到自我提高認知發展、建構思考模式之目的（Costa & Marzano, 1987）。就詞性而言，思考語言可以是名詞、動詞、形容詞或副詞。名詞與動詞類的思考語言可以顯示個體的行為內容與準則，此類思考語言多半與個體的經驗密切相關，相較之下，形容詞與副詞類的思考語言與個體經驗之間的距離就稍顯遙遠（Jerry, 2005）。就功能而言，思考語言具有提升認

知作用的功能，包括：認識立場（epistemic stance）、智力過程（intellectual process）與智力產物（intellectual product）三種認知功能（Tishman & Perkins, 1997; Wilson, 1999）。認識立場的思考語言能指出言談者對於知識所抱持的立場與態度，進而顯示言談者思想與事實之間的關聯，例如：懷疑（doubt）、知道（know）、猜測（conjecture）、相信（believe）；智力過程的思考語言能指出言談者思考過程的流變、結構與知覺，並區分言談者思考方法的差異，例如：分析（analyze）、詮釋（interpret）、檢驗（examine）、回憶（recollect）；智力產物的思考語言能描述言談者思考過程的心智產物與其範圍，例如：結論（conclusion）、解答（solution）、理由（reason）、主張（claim）。人們使用語言之際，此三類思考語言會相互作用。若要確認思考語言與其認知功能，研究者不可僅從言談者的語言內容進行歸類，亦須從語言內容、語句脈絡、對話情境進行整體判斷方能提高歸類的準確性（Tishman & Perkins, 1997; Wilson, 1999）。由於教學現場師生語言互動的過程中，學生未必會準確說出猜測、詮釋、解答之類的字詞，因此研究者參考上述定義與方法，篩選出酸鹼中和概念發展過程中個案學生描述本身心智狀態、具有後設語言功能的語言資料進行分析，進而瞭解思考語言的作用。

二、思考語言為概念發展的關鍵變因之一

從 1970 年起，科學教育社群對於概念發展研究投注許多心力並獲得豐碩成果，例如：概念發展具有具體層次、辨識層次、歸類層次、形式層次（Klausmeier, Ghatala, & Frayer, 1974）；概念發展具有從低度結構知覺特徵與生活概念轉移到高度結構概念定義與科學概念的傾向（鍾聖校，1990）；概念發展為一種涉及多個核心概念範疇發展與交互作用的動態改變過程，概念發展等同於概念範疇的發展（洪振方、蔡智文，2007）；概念發展具有從內化與修正朝向外推與解釋的思考機制（洪振方、蔡智文、蔡嘉興、周進洋，2008）。綜上可知：概念發展並非僅是知識累積與概念改變而已，除了涉及不同發展層次之外，亦受到師生語言互動、環境、年齡、文化、先備知識的影響，更與多個概念範疇轉換與發展的動態過程有關。近 15 年來國外科教社群對於教育現場重要的媒介「語言」當中具有影響概念發展的「思考語言」的重視亦有逐漸提升的傾向，進而出現許多相關研究與優質成果。但研究者使用「台灣博碩士論文知識加值系統」查詢資料庫全部博碩士論文題目、關鍵字、摘要與「思考語言」或「languages of thinking」相關的論文僅有 1 篇，由此可知國內對此議題可再進一步研究。

對於概念發展與科學概念教學而言，自然教師於教室當中使用思考語言屬於七種提升學生思考的文化力量當中的一種（Ritchhart, 2002），加上與思考有關的語言就如同載具一般協助概念順利進行（Vicente & Martínez-Manrique, 2008），更由於思考語言具有從正向到負向特徵的分布範圍，學生的知識建構、批判思考均取決於思考語言之間的交互作用（Ritchhart & Perkins, 2005），因此思考語言、概念發展、科學學習三者之間相互影響且密切相關。此外，由於思考語言具備影響概念發展最終成果的能力之外，亦與概念發展過程中相關的核心概念範疇的成長與轉換有關，並在概念發展過程中擔任重要且鮮明角色（Perkins et al., 1993），對於概念發展的後設認知而言，縱然是幼稚園的學童，亦可藉由陳述自己所使用的思考策略來加以提升，亦即豐富思考語言強化了精緻的後

設認知 (Jacobs, 2004)。綜言之，對於學生而言，學生可以運用思考語言以協助知識建構與概念發展；對於研究者而言，研究者亦能藉由分析學生言語內容獲得思考語言，進而瞭解學生概念發展與科學學習過程。

三、豐碩但不足的酸鹼中和概念發展研究

從 1980 年起即有學者針對酸鹼中和概念進行研究，研究範圍包括：酸鹼或酸鹼中和定義、酸鹼中和概念診斷、酸鹼中和另有概念、酸鹼中和概念改變與概念發展、酸鹼中和概念教學五大領域。雖然研究範圍頗為完整，但若細究其研究成果，即可發現大多涉及酸、鹼、鹽之類的單一科學概念，然而學生酸鹼中和概念發展過程會涉及七種相關概念範疇間的轉換與範疇內的成長 (洪振方、蔡智文, 2007)，僅是探討某個單一概念有其不足之處。由此可知，若欲明瞭酸鹼中和概念發展的層次、發展過程所涉及的概念範疇，可從發展過程中所涉及和思考語言著手，如此應能對酸鹼中和概念發展有更為深入的瞭解。

參、研究方法

一、研究設計

爲了瞭解思考語言對於概念發展的影響，研究者使用具有瞭解概念發展動態過程的微小發生分析法與思考語言分析技術 (蔡智文, 2008)，針對國一學生酸鹼中和概念發展過程所涉及和思考語言種類、功能與角色進行研究。此外，研究者期望研究成果可應用於目前國中多爲常態編班、每班包含不同學習風格學生的教學現場，因而採用學習風格問卷 (蔡智文, 2008) 選取個人的、社會的、語文的、影像的學習風格交互而成的學習型態個案學生共八位作爲研究樣本，藉此增加研究結果適用性。隨後研究者請個案學生操作酸鹼中和實驗以促進酸鹼中和概念發展，爲了避免個案學生相互影響，每次實驗僅有一位學生進行操作，實驗過程中研究者使用半結構晤談收集個案學生語言資料。本研究期望藉由實驗引發個案學生酸鹼中和概念發展，因此研究者不主導實驗進行、不預設實驗結果或學習內容、不評論操作與概念內容對錯。實驗之後，研究者使用微小發生分析法分析個案學生半結構晤談所得語言資料，藉以獲得個案學生酸鹼中和概念發展流程圖與思考語言資料，進一步瞭解國一學生概念發展過程中的思考語言種類、功能與角色，進而探討思考語言對於酸鹼中和概念發展的影響。

二、研究對象

本研究半結構晤談內容爲微小發生分析法與思考語言分析的關鍵資料，因此研究對象必須具備足夠的代表性與良好表達能力。首先，研究者採用方便取樣，以本身任教、常態編班、溝通良好、互動頻繁的國一學生作爲抽樣母群，如此應能增加個案學生的配合度與資料正確性。由於該校地處郊區，每班學生人數約 31 至 33 人，學生對於科學知識或概念的課外學習稍顯不足，加上國一學生尚未正式學習酸鹼中和概念，若以該校國一學生作爲研究對象，應能降低酸鹼中和概念先備知識干擾，進而釐清思考語言對於酸

鹼中和概念發展的影響。此外，研究者亦希望研究成果可應用於多數的國中學生身上，因而使用學習風格問卷從任教國一班級 33 位學生中選取四種常見的學習風格組合而成的學生，每種組合選取二位，共八位個案學生（如表 1 所示）：

表 1 個案學生代號與其學習風格組合

代號	學習風格		代號	學習風格	
	認知偏好	互動型態		認知偏好	互動型態
MS1、MS2	影像的	社會的	VS1、VS2	語文的	社會的
MI1、MI2	影像的	個人的	VI1、VI2	語文的	個人的

三、研究工具

研究工具包括學習風格問卷（learning style questionnaire）與半結構晤談（semi-structured interview）二種，說明如下：

（一）學習風格問卷

學習風格是指學生在獲得知識的歷程中，傾向使用的方式與途徑（鄭曜忠，2008），若以學生的學習風格作為個案學生選取標準，除了可以增加研究結果的適用性之外，亦應可以得到更為豐碩有趣的研究結果。故此，本研究採用蔡智文（2008）所發展的學習風格問卷，選取四種常見的學習風格組合（影像與社會的、影像與個人的、語文與社會的、語文與個人的）的個案學生。該問卷由兩部分組成，包括：40 題互動型態測驗題，用於診斷學生學習風格為個人的（individual）或社會的（social），信度 $\alpha = .88$ ；11 題認知偏好測驗題，用於診斷學生學習風格為語文的（verbal）或影像的（image），信度 $\alpha = .65$ 。

（二）半結構晤談

就半結構晤談效果而言，由於半結構晤談具有雙向互動、高介入的特點，以此作為研究工具收集個案學生酸鹼中和概念發展與思考語言相關資料應屬合宜。考量個案學生均為國一學生，先備知識與表達能力可能略嫌不足，研究者遂將個案學生置於科學實驗室情境、佐以實驗操作與觀察以克服此種疑慮。研究者亦希望此種設計可使半結構晤談具有事例晤談、預測晤談、過程晤談與問題解決的效果，進而達到提高研究資料豐富度與正確性的目標。

就半結構晤談題幹而言，研究者分析抽樣學校選用的康軒文教事業股份有限公司 2008 年出版的自然與生活科技教材一至六冊內容，挑選其中與酸鹼中和有關的內容與實驗，再加以修改成半結構晤談題幹，其題幹層次、次主題、內容（如表 2 所示）。十個題幹皆經一位科學教育專家與二位自然教師共同檢視、討論與修正，以確保半結構晤談具備探測個案學生酸鹼中和概念發展與思考語言的功能。

表 2 酸鹼中和半結構晤談題幹內容與階層表

順序	層次	次主題	題幹內容
簡單 具體 ↓ 複雜 抽象	一	酸鹼種類與其性質	1. 鹽酸是酸性還是鹼性？氫氧化鈉是酸性還是鹼性？ 2. 日常生活中常見的酸性與鹼性物質為何？
	二	酸鹼中和反應與其操作	3. 鹽酸與氫氧化鈉會發生什麼反應？如何判斷反應正在進行？ 4. 鹽酸與氫氧化鈉的反應中，應該加入何種指示劑？加入指示劑之後會不會造成影響？可不可以更換不同的指示劑？
	三	酸鹼中和反應相關現象	5. 鹽酸與氫氧化鈉反應之後，溫度上升還是下降？ 6. 鹽酸與氫氧化鈉反應屬於放熱反應還是吸熱反應？ 7. 鹽酸與氫氧化鈉反應屬於物理反應或化學反應？ 8. 鹽酸與氫氧化鈉中和反應前後質量會不會改變？ 9. 如何檢驗鹽酸與氫氧化鈉反應前後質量有無改變？ 10. 如何利用天平測量鹽酸與氫氧化鈉反應前後質量會不會改變？

半結構晤談是在科學實驗室中進行，每次晤談時間約 45 分鐘，研究者準備可能用到的器材與藥品，個案學生可在晤談過程中隨時動手操作實驗與觀察實驗結果以回答研究者提問。由於晤談的主要目的為蒐集個案學生酸鹼中和概念發展過程中思考語言相關資料，而非針對酸鹼中和概念進行教學，因此研究者並未協助、指導或評斷個案學生的實驗操作與回答。假如個案學生於半結構晤談中出現無法理解、概念發展停滯、沉默不語的情形，研究者才會鼓勵學生勇於說出本身的看法。

四、資料分析方法

資料分析方法包括微小發生分析法(microgenetic analysis)與思考語言分析(thinking language analysis)二種，說明如下：

(一) 微小發生分析法

微小發生分析法以應用於研究思考過程、策略發展、記憶、注意力、科學推理、算數...等領域的「微小發生學」(Opfer & Siegler, 2004; Werner, 1956)為理論基礎，並結合能捕捉科學家思考與概念改變動態過程能力的「認知歷史分析」(Nersessian, 1992)與具備重建認知過程能力的「表徵代理」(Gooding, 1992)三者而成，具有瞭解概念發展動態過程的優點。微小發生分析法的主要程序為：半結構晤談、轉錄、晤談內容分析、概念範疇編碼、概念範疇歸類、概念內容分析、建立概念發展流程圖，對於概念發展相關研究而言，此法具備相當的有效性(洪振方、蔡智文, 2007)。此法的晤談內容分析、概念範疇編碼與歸類的分析範例如表 3 所示，此表所得資料為後續建立概念發展流程圖的來源與依據。由於酸鹼中和概念發展過程涉及多種不同概念範疇的發展，因而使用數字將相關的概念範疇加以編號(如表 4 所示)，數字大小與概念範疇性質、內容或對錯無關。此外，概念發展流程圖乃是運用多個表徵代理圖示建構而成，每個表徵代理圖示均具有不同意義(如表 5 所示)。英文符號 S 代表猜測概念、C 代表正確科學概念、O 代表實驗觀察、X 代表相關的概念範疇編號，虛線框線代表另有概念，實心框線代表正確概念或操作，學生部分以圓形表示，研究者部分以正方形表示。









表 3 微小發生分析法範例

對象	半結構晤談內容	相關 概念範疇	概念內容	表徵 代理圖示
研究者	進行酸鹼中和實驗時，指示劑要加到酸或鹼裡面，還是都可以？	酸鹼中和 指示劑		
VII	我相信指示劑應該加到酸裡面，因為是酸鹼中和。	指示劑 酸鹼中和	1. 誤解不正確的指示劑使用方式。 2. 根據「酸鹼中和」名稱，進行指示劑使用方式的推理。	

表 4 概念範疇編號

編號	相關概念範疇	編號	相關概念範疇	編號	相關概念範疇
1	天平	2	指示劑	3	酸與鹼
4	酸鹼中和	5	熱	6	物理與化學變化
7	質量				

表 5 表徵代理圖示定義

個案學生部份					
符號	內容	符號	內容	符號	內容
	概念發展開始		概念發展結束		概念範疇 X 的猜測概念
	概念範疇 X 的科學概念		概念範疇 X 的另有概念		概念範疇 X 的實驗觀察
	概念範疇內發展	—	概念範疇間轉移		
研究者部份					
符號	內容	符號	內容	符號	內容
	概念範疇 X 的概念提示		概念範疇 X 的提問		

研究者依照各式表徵代理圖示，依序建立八位個案學生酸鹼中和概念發展流程圖以供分析，例如圖 1 即為 VS2 酸鹼中和概念發展流程圖。

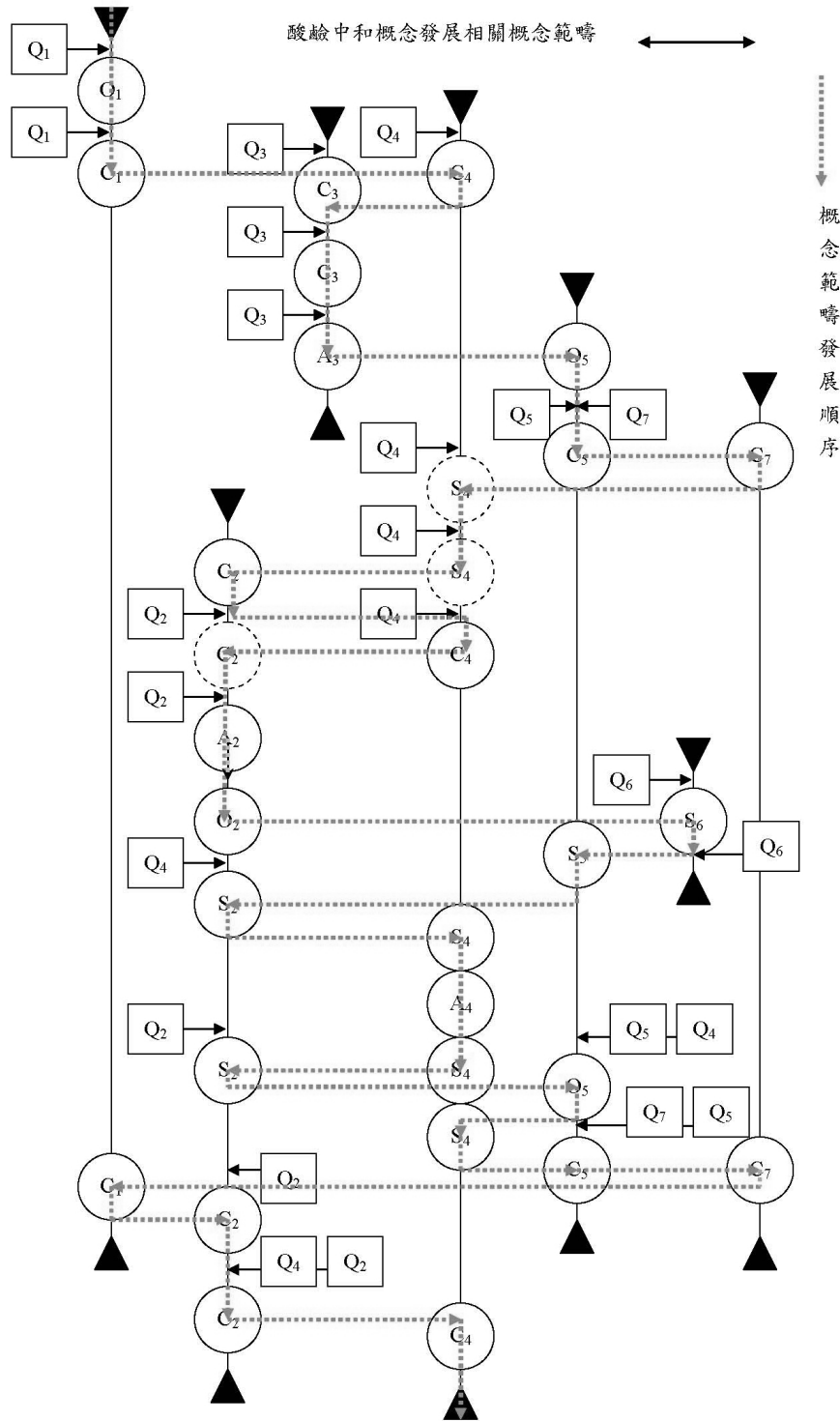


圖 1 VS2 酸鹼中和概念發展流程圖

(二)思考語言分析

分析之前，有鑑於個案學生使用的思考語言種類繁多，而且每個思考語言涉及不同認知功能，因此本研究由科學教育專家、科學教育博士與 15 年自然教學經驗教師三人參考 Tishman 與 Perkins (1997)、Wilson (1999) 所主張的思考語言種類與認知功能（認

識立場、智力過程、智力產物)的定義，先行將較為常見的思考語言進行定義(如表 6 所示)，再依此定義來對個案學生語言資料進行分析與歸類。分析之際，考量半結構晤談逐字稿語句前後脈絡，針對個案學生酸鹼中和概念發展過程的語言資料進行分析，以確定其中的思考語言種類與認知功能。假若三人對於某段語言資料的分析出現不同的看法，則進行討論以求獲得一致的答案。

表 6 個案學生思考語言定義

思考語言	定義	思考語言	定義
懷疑	無法確信實驗現象或結果、不相信研究者的觀點或想法	檢驗	利用不同的實驗操作檢驗實驗結果或個人想法
知道	學生曾經學習、瞭解或認同的概念、內容或現象	回憶	提取個人昔日記憶、經驗或學習內容
猜測	對於後續可能出現的現象或概念的預測，學生無法確保其正確性	推理	根據實驗現象或概念想法進行邏輯性的預測
相信	確信實驗現象、概念想法或理論觀點	結論	結合實驗操作、結果或個人經驗所產生的最後想法
確認	確信實驗現象、概念想法或理論觀點，並加以驗證	理由	用以說明實驗操作、結果或個人經驗的說詞，其正確性未受確定
建議	針對實驗操作或結果，提出可以改進的做法	主張	根據結論所提出的確定性看法，並用以解釋以後的事物
分析	根據實驗現象或結果進行邏輯、系統思考，用以瞭解其中原因	假設	用以解釋實驗現象或預測實驗結果，其正確性尚未確認
知覺	可以從實驗觀察過結果之中，感知重要的關鍵訊息	解答	主觀認為正確，用以解釋實驗現象、研究者提問的說詞
詮釋	根據個人先備知識與思維能力，針對實驗進行解釋		

以個案學生 VI2 晤談資料為例：

VI2：我知道！酸鹼中和就是將鹽酸與氫氧化鈉加在一起〔知道〕！

(VI2 將鹽酸滴入氫氧化鈉溶液裡面)

例句中，VI2 出現「我知道！」一詞，且 VI2 的確藉由語言表示他知道酸鹼中和操作方法，因此例句的語言內容可歸納為〔知道〕的思考語言。此外，由於 VI2 使用〔知道〕的思考語言指出本身對於酸鹼中和概念所抱持的肯定立場與態度，研究者亦可由此明瞭 VI2 的思想與事實之間有其關聯性，因此〔知道〕這個思考語言具有「認識立場」的認知功能。研究者依照此法逐句分析半結構晤談資料(分析範例如表 7，T：研究者，VI1：個案學生)，藉此獲得個案學生使用的思考語言種類與認知功能，再與微小發生分析法所得的酸鹼中和概念發展流程圖相互比對，進而探討思考語言在酸鹼中和概念發展過程中扮演的角色、影響與特性。

表 7 思考語言分析範例

對象	逐字稿內容	認知功能		
		認識 立場	智力 過程	智力 產物
T	氫氧化鈉是酸性還是鹼性的？			
VII	我知道氫氧化鈉屬於鹼〔知道〕。	※		
T	鹽酸與氫氧化鈉反應之後，溫度會上升還是下降？			
VII	中和就是相互抵消〔推理〕，我猜反應後會變冷〔猜測〕。	※	※	
T	請問你，鹽酸與氫氧化鈉的反應屬於放熱反應還是吸熱反應？			
VII	由於摸起來是熱熱的〔分析〕，應該是放熱反應〔結論〕。		※	※

五、資料收集與分析

資料收集與分析包括：半結構晤談個案學生選取階段、半結構晤談資料處理階段、建立酸鹼中和概念發展流程圖與思考語言分析階段，說明如下：

(一) 半結構晤談個案學生選取階段

此階段所使用的學習風格問卷係由認知偏好與互動型態兩部分測驗所組成，因此研究者將受測學生認知偏好得分設為 X-Y 座標圖的 X 軸數值，互動型態得分設為 Y 軸數值，藉以畫出 33 位受測學生學習風格得分分佈圖。由於本研究想要選取較具代表性而非特殊學習風格的個案學生，因此研究者在 X-Y 座標圖四個象限中選取互動型態與學習風格測驗得分最接近該象限平均值的個案學生各二位（總共八位）進行半結構晤談。

(二) 半結構晤談資料處理階段

本研究主要採用質性分析，雖無特定方法或客觀數據判斷其信、效度，但研究者仍採用多重資料比對提升研究信、效度。就資料來源而言，研究者運用錄音、錄影與觀察紀錄同時收集、比對八位個案學生酸鹼中和實驗半結構晤談的語言資料。當三項資料相符無誤之後再轉錄成逐字稿，以便後續晤談內容分析、概念範疇編碼與歸類、概念發展流程圖建立、思考語言分析。就資料處理而言，本研究邀請科教專家、科教博士與 15 年自然教學經驗教師一起進行晤談資料分析、概念範疇編碼歸類、思考語言種類與認知功能確定。假若三人對某個資料看法分歧，或者學生並未明確使用某個思考語言，但其言詞意涵實屬該思考語言的情況，三位分析者便會根據表 6 定義，針對語言資料內容與上下文脈絡進行討論、尋求共識。以下面逐字稿為例：

研究者：你覺得酸鹼中和應該滴到什麼時候停止？

VS2：既然氫氧化鈉有加指示劑〔分析〕，酸鹼中和應該進行到指示劑變色〔推理〕，否則加指示劑將失去意義〔結論〕。

三位分析者針對 VS2「既然氫氧化鈉有加指示劑」進行編碼時，曾有將此編碼為「確認」（表 6 定義：確信實驗現象、概念想法或理論觀點，並加以驗證。）或「分析」（表

6 定義：根據實驗現象或結果進行邏輯、系統思考，用以瞭解其中原因。)的不同看法。考量 VS2 並非僅確認指示劑加入氫氧化鈉溶液，更進一步推理思考酸鹼中和應該反應到指示劑變色，甚至出現指示劑存在意義的結論。三位分析者討論之後取得共識，認為將「既然氫氧化鈉有加指示劑」編碼成「分析」較為合適。

(三) 建立酸鹼中和概念發展流程圖與思考語言分析階段

研究者依照步驟(二)所得的相關概念範疇與其內容建立對應的概念表徵代理圖示(如表 5)，再依個案學生酸鹼中和半結構晤談順序建立酸鹼中和概念發展流程圖(如圖 1)。由於酸鹼中和概念發展流程圖具有提供個案學生酸鹼中和概念發展過程所涉及的概念範疇與其內容，顯示概念發展過程中不同概念範疇之間的轉換、相同概念範疇之內的内化與外推、協助研究者瞭解概念發展的關鍵轉折與個案學生獨特概念發展脈絡的功能(洪振方、蔡智文，2007)，因此研究者針對八位個案學生酸鹼中和概念發展流程圖、思考語言種類與認知功能進行比對，藉此瞭解思考語言的影響與特性。

六、國中階段完整酸鹼中和概念發展流程圖特徵與圖例

不同個案學生酸鹼中和概念發展過程與最後呈現的發展脈絡差異頗大，難以某種特定圖型描述，然而發展較完整的酸鹼中和概念發展流程圖大多具有以下特質：(一)正確科學概念比例較高(二)概念範疇之內順利發展(三)概念範疇之間的交互轉換(四)概念發展過程中，另有概念可以轉變成正確科學概念(洪振方、蔡智文，2007)。就本研究而言，個案學生 VS2 概念發展正確科學概念比例高達 90.2%，亦具備(二)(三)(四)的特質，故其概念發展流程圖可視為國中階段完整的酸鹼中和概念發展流程圖(如圖 1)，並可作為自然教師或科學教育研究者對此概念的鑄模。

肆、研究結果與討論

一、思考語言種類、認知功能次數並非決定酸鹼中和概念發展正確比例的關鍵因素

酸鹼中和概念發展過程中，八位個案學生總共使用 17 種不同的思考語言，分別為：猜測、結論、確認、知道、建議、分析、知覺、詮釋、回憶、假設、解答、理由、主張、相信、推理、檢驗、懷疑。就認知功能而言，懷疑、相信、確認、知道、建議、猜測共六種思考語言具有知識立場的功能，分析、知覺、詮釋、推理、檢驗、回憶共六種思考語言具有智力過程的功能，結論、理由、主張、解答、假設共五種思考語言具有智力產物的功能。每位個案學生使用的思考語言種類介於 9 至 14 種，認知功能涵蓋認識立場、智力過程、智力產物三種，次數介於 28 至 48 次(如表 8 所示)。

表 8 酸鹼中和概念發展過程中思考語言的認知功能、種類與次數

個案學生	思考語言的認知功能與種類			種類	次數
	認識立場	智力過程	智力產物		
MI1	懷疑、知道、猜測、相信、確認	分析、知覺、詮釋、檢驗、回憶、推理	結論、理由、主張	14	48
MI2	知道、猜測、相信、建議	分析、知覺、回憶、推理	結論、理由、主張、解答	12	33
MS1	知道、猜測、相信、建議	分析、知覺、檢驗、回憶、推理	結論、理由、主張、假設	13	40
MS2	猜測、相信	分析、知覺、檢驗、回憶、推理	結論、理由	9	31
VI1	懷疑、知道、猜測、相信、建議	分析、知覺、詮釋、推理	結論、主張	11	31
VI2	知道、猜測、相信、確認	分析、知覺、詮釋	結論、理由、主張	10	28
VS1	懷疑、知道、猜測、相信、建議	分析、詮釋、推理	結論、理由、主張、假設	12	36
VS2	知道、猜測、確認、建議	分析、知覺、詮釋、回憶、推理	結論、理由、主張、假設、解答	14	32

研究者計算八位個案學生酸鹼中和概念發展過程中所使用的思考語言種類、次數、正確概念數目、另有概念數目、概念正確比例（如表 9 所示），再對其進行卡方考驗（chi-square test），發現均未達顯著（ $p = .74, p = .99, p = 1.00, p = 1.00, p = .99$ ），表示八位個案學生使用思考語言傾向並未存在顯著差異（如表 10 所示）。

表 9 個案學生的思考語言種類、次數與概念數目、正確比例明細

	MI1	MI2	MS1	MS2	VI1	VI2	VS1	VS2
思考語言種類	14	12	13	9	12	10	12	14
思考語言次數	48	33	40	31	31	28	36	32
正確概念數目	33	26	18	24	19	3	27	28
另有概念數目	12	9	17	10	18	23	8	3
正確比例 (%)	73.3	74.3	51.4	70.6	51.4	11.5	77.1	90.2

表 10 個案學生使用思考語言的傾向之卡方統計分析

	思考語言種類	思考語言次數	正確概念數目	另有概念數目	正確比例 %
卡方	2.000 ^a	.750 ^b	.000 ^c	.000 ^c	.750 ^b
自由度	4	6	7	7	6
漸近顯著性	.74	.99	1.00	1.00	.99

* $p < .05$

若以皮爾遜積差相關係數 (pearson product-moment correlation coefficient) 分別進行學生使用思考語言種類、次數、正確概念數目、另有概念數目、概念正確比例之相關分析 (如表 11 所示)，依黃瓊蓉 (2003) 指出 .40~.60 相關係數可定義為普通，此分析結果意味個案學生思考語言使用次數、種類以及與概念正確比例之間並未存在高相關。

表 11 個案學生使用思考語言的傾向之相關統計分析

	思考語言種類	思考語言次數	正確概念數目	另有概念數目	正確比例 %
思考語言種類	1	.64	.54	-.363	.48
思考語言次數	.64	1	.58	-.13	.33
正確概念數目	.55	.58	1	-.82*	.94**
另有概念數目	-.36	-.13	-.82*	1	-.95**
正確比例%	.48	.33	.94**	-.95**	1

* $p < .05$ ** $p < .01$

值得注意的是，酸鹼中和概念發展過程中，認知偏好傾向「語文的」學習風格個案學生 (V11、V12、VS1、VS2) 使用思考語言的種類與次數並未明顯多於「影像的」學習風格個案學生 (MS1、MS2、M11、M12)，此處透露學習風格差異與概念發展過程的思考語言二者之間似無明顯差異。本研究亦發現八位個案學生概念正確比例差異極大，可從 VS2 的 90.2% 降至 V12 的 11.5%，反觀思考語言種類介於 9 至 14 種，次數介於 28 至 48 次，其差異不如概念正確比例那樣的懸殊。由於思考語言為概念發展的影響因素之一，具有促進概念發展動態改變的效果 (Cousins, 1996)，加上八位個案學生均使用三種不同認知功能的思考語言，因此必須從思考語言的聯結、組合與使用時機進行探討，方能深入瞭解思考語言對於概念發展所產生的影響。

此外，從酸鹼中和概念發展過程中思考語言種類、認知功能、次數差異不大，但概念發展正確比例差異極大現象可知：並非所有的師生對話、學生詞語均能幫助學習，「言不及義」之際更為明顯，縱然學生有使用思考語言，其協助學習的效果也未必呈現正面且顯著的境界。此發現與 Costa 與 Marzano (1987) 認為「教師應多使用專門術語、提出批判問題、鼓勵學生在細心思考之後使用創造性詞語表達內在想法」的教學策略相符，教師可以鼓勵學生多加使用思考語言，進而達到促進認知與概念發展的效果。

二、不同認知功能的思考語言擔任三種不同角色並影響酸鹼中和概念發展

研究者比對個案學生酸鹼中和概念發展流程圖與其思考語言種類、認知功能、聯結與組合方式，獲得三點研究發現，詳細內容如下：

(一) 智力過程認知功能的思考語言扮演概念發展催化劑的角色

研究者分析概念正確比例差異最大、思考語言使用情形類似的 VS2 與 V12，發現具有智力過程認知功能的思考語言能促進酸鹼中和概念範疇之內不同概念階層發展，擔任概念發展催化劑的角色。觀察 V12 酸鹼中和概念範疇發展流程圖，其概念發展始於酸鹼中和操作的另有概念，止於指示劑會影響酸鹼中和反應的另有概念 (如圖 2 所示)。

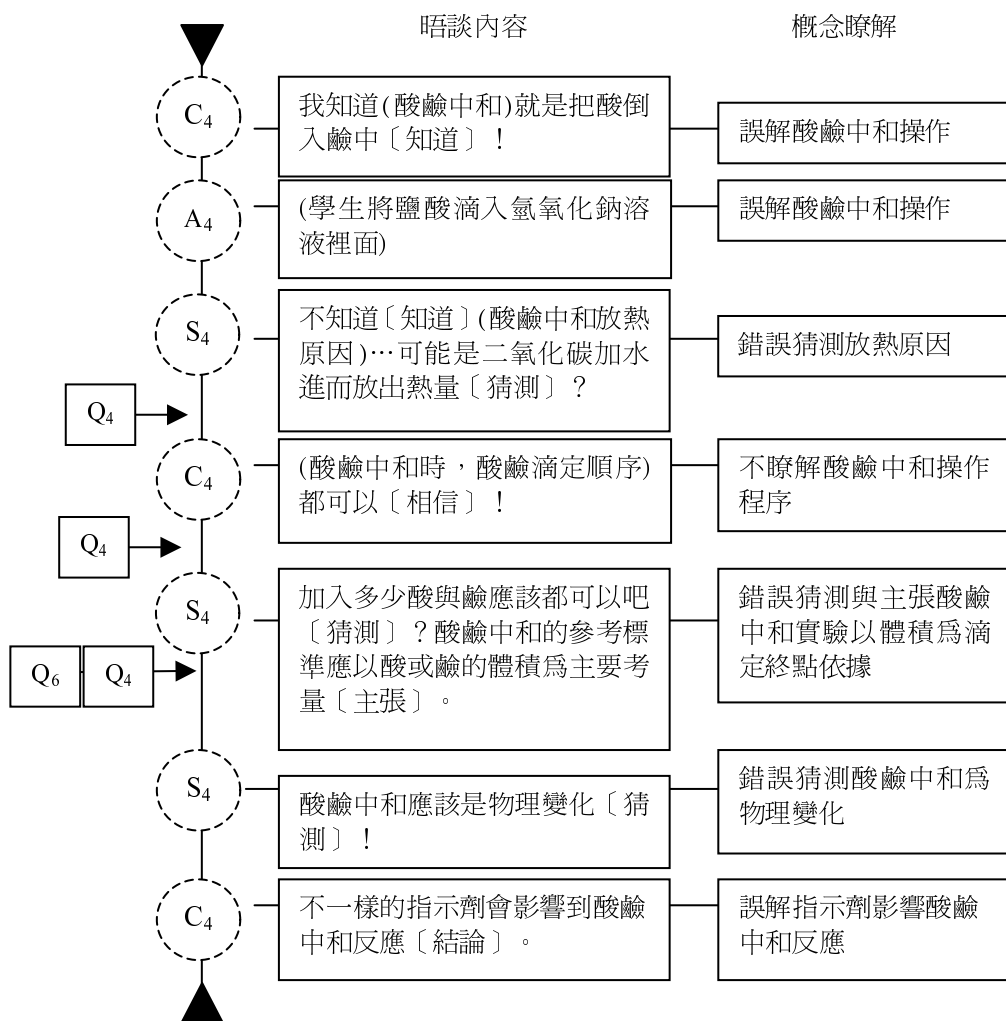


圖 2 VI2 酸鹼中和概念範疇發展內容

而 VI2 在過程中使用的思考語言依序為〔知道〕、〔知道〕、〔猜測〕、〔相信〕、〔猜測〕、〔主張〕、〔猜測〕、〔結論〕，顯示 VI2 在發展之初依據本身的先備知識與猜測回答研究者提問，在發展後期 VI2 呈現與酸鹼中和概念有關的結論。若以思考語言種類進行分析，似乎無法得到明確結論。若就思考語言的認知功能進行分析，發現 VI2 使用的〔知道〕、〔猜測〕、〔相信〕具有認識立場認知功能，而〔主張〕、〔結論〕則為智力產物，VI2 並未使用具有智力過程認知功能的思考語言。

若以 VS2 酸鹼中和概念範疇發展為例(如圖 3 所示)，概念發展初期 VS2 出現一個正確概念、二個另有概念，從第四個概念開始，VS2 依序使用〔回憶〕、〔分析〕、〔推理〕、〔結論〕、〔推理〕、〔知覺〕、〔結論〕、〔結論〕的思考語言，呈現正確的五個概念與實驗操作。相較於 VI2 的發展過程，VS2 在概念發展中期開始使用具備智力過程認知功能的思考語言，主動回憶先前所學相關知識，緊接分析氫氧化鈉已經加入指示劑的情形，進而推理酸鹼中和反應必須進行到指示劑變色為止，並獲得酸鹼中和實驗為何要加入指示劑的結論。就思考語言的認知功能而言，發展初期的〔猜測〕、〔相信〕為認識立場，發展過程中期的〔回憶〕、〔分析〕、〔推理〕、〔知覺〕為智力過程，而後期的〔結論〕為智力產物。相較於 VI2 而言，VS2 使用了具備智力過程認知功

能的思考語言，進而協助本身進行認知思考、順利回答提問、提高正確概念比例，亦即智力過程認知功能的思考語言應具備催化酸鹼中和概念範疇順利發展的潛力。

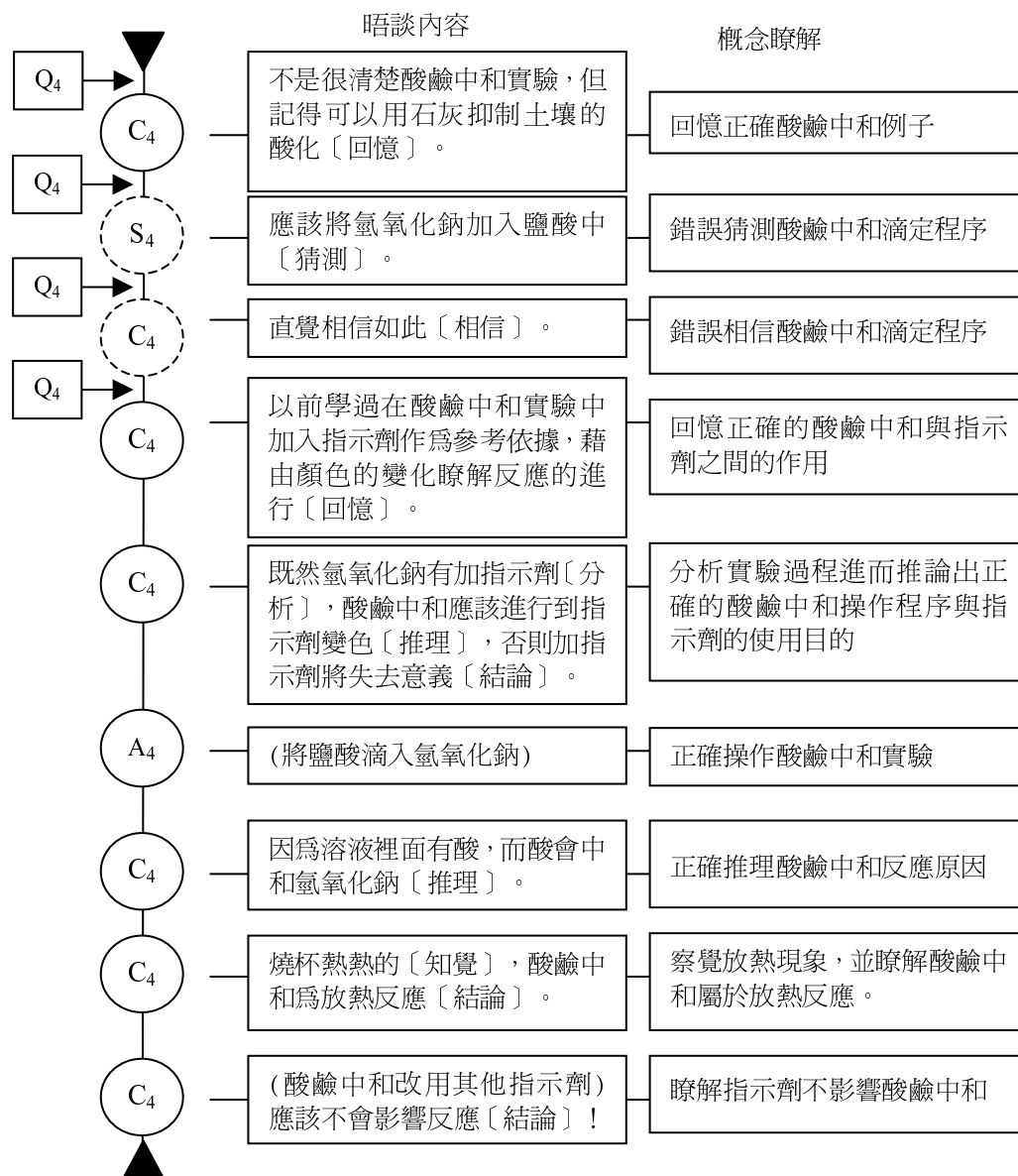


圖 3 VS2 酸鹼中和概念範疇發展過程

綜上可知，思考語言的種類或數量並非是決定概念發展的關鍵因素，而是與不同的思考語言認知功能有關，在此亦發現具備智力過程認知功能的思考語言具有扮演概念發展催化劑角色的潛力，此與 Vicente 與 Martínez-Manrique (2008) 主張「與思考有關的語言就如同思考的載具一般，可以提昇思考與學習成效」的看法若符合節。

(二) 特定認知功能組合的思考語言扮演概念範疇之間界面活性劑的角色

個案學生酸鹼中和概念發展過程總共出現七個相關概念範疇 (1.天平、2.指示劑、3.酸與鹼、4.酸鹼中和、5.熱、6.物理與化學變化、7.質量) (洪振方、蔡智文, 2007)，概念發展的脈絡會在七個相關概念範疇之間轉移，每位學生均具有獨特的酸鹼中和概念發展過程 (如圖 1: VS2 酸鹼中和概念發展流程圖)。研究者於半結構唔談中進行提問時發現：假若學生太過於慣用〔猜測〕、〔知道〕、〔相信〕之類屬於認識立場的思考語言，

則其易受提問影響而改變自身的概念發展脈絡。以 MI1 為例，當研究者提問何謂酸鹼中和反應時，MI1 無法說明酸鹼中和內容並依「酸鹼中和」名稱進行猜測。當研究者提問氫氧化鈉屬於酸或鹼時，MI1 的發展脈絡跟隨研究者提問，從酸鹼中和概念範疇轉移到酸與鹼概念範疇，使用〔相信〕的思考語言、認為氫氧化鈉屬於酸進而呈現另有概念，亦即單一的認識立場思考語言〔相信〕一詞無法協助 MI1 的概念發展順利的在不同概念範疇之間順利轉移。

研究者：現在要來做酸鹼中和的實驗，你知道什麼叫做酸鹼中和嗎？

MI1：不太清楚什麼是酸鹼中和，顧名思義莫非就是酸加鹼的反應〔猜測〕。

研究者：嗯！你覺得氫氧化鈉屬於酸還是屬於鹼？

MI1：嗯！我覺得氫氧化鈉屬於酸〔相信〕！

相較於 MI1，當 VS1 面對何謂酸鹼中和提問時，VS1 使用〔知道〕（認識立場）與〔詮釋〕（智力過程）思考語言，進而將概念發展脈絡從酸鹼中和概念範疇轉移到酸與鹼概念範疇。對於概念發展而言，此現象暗示 VS1 使用〔知道〕、〔詮釋〕的組合所造成的影響異於 MI1 使用〔猜測〕、〔相信〕的組合。此外，VS1 緊接使用〔相信〕（認識立場）、〔分析〕（智力過程）與〔結論〕（智力產物）的組合協助 VS1 的概念發展脈絡從酸鹼中和概念範疇轉移到酸與鹼概念範疇，顯示此類的思考語言組合可以溝通不同概念範疇之間的差異、促進概念發展脈絡轉移、提高正確科學概念比例。相較於邱美虹與林秀蓁（2004）指出學生在實驗中的「觀察」僅是一種被動行為，而「預測」才是引發主動學習的關鍵原因，本研究進一步發現 VS1 使用〔相信〕、〔分析〕、〔結論〕三個思考語言，由於具備認識立場、智力過程、智力產物三種不同認知功能，此種組合可以協助學生肯定本身所持的先備知識，再藉由分析與結論獲得對於實驗結果的「預測」，進而溝通不同概念範疇差異、提高學習成效。

研究者：很好！請問你知道什麼叫做酸鹼中和嗎？

VS1：（立刻回答）我知道〔知道〕！酸鹼中和就是指酸加鹼〔詮釋〕。

研究者：你認為酸鹼中和後會發生什麼改變？

VS1：因為酸鹼中和了嘛〔相信〕，所謂的中和就是沒有酸或鹼〔分析〕，所以不會有什麼改變的〔結論〕。

對照 MI1 使用單一的認識立場思考語言、概念發展無法在相關概念範疇之內轉移的現象，VS1 則是呈現使用認識立場、智力過程、智力產物認知功能思考語言組合、概念發展在相關概念範疇之內順利轉移。由此可知，VS1 使用了認識立場、智力過程、智力產物認知功能的思考語言並加以組合，進而協助本身主動溝通不同概念範疇差異與轉移概念範疇的情形，此一現象暗示特定認知功能組合的思考語言應具有扮演概念範疇之間界面活性劑角色的潛力。有趣的是，有時具備認識立場功能的思考語言會隱藏不見，此乃個案學生並未說出心中的先備概念、直接進行思考所致。例如：

VS1：(實驗操作：將氫氧化鈉滴入鹽酸中，當整杯鹽酸變成紅色後立即停止。)

研究者：酸鹼中和後會發生什麼改變？

VS1：酸與鹼會在酸鹼中和之後消失而且顏色變化〔分析〕，屬於化學變化〔結論〕。

上述對話中，VS1 已察覺酸鹼中和後溶液顏色發生改變，並將這些實驗現象內化為本身所持有的概念內容。面對研究者提問時，VS1 並未使用〔相信〕或〔知道〕具備認識立場功能的思考語言表達本身對於酸鹼中和概念的想法，而是直接針實驗操作與其現象進行分析，進而產生正確結論。表面上 VS1 使用〔分析〕與〔結論〕二個思考語言，其認知功能組合僅為智力過程與智力產物，似乎欠缺具備認識立場的思考語言，但其內隱的認知功能順序應為認識立場、智力過程、智力產物，故此類思考語言的組合仍然具備溝通不同概念範疇差異，宛如概念發展界面活性劑的角色。

(三) 認識立場認知功能的思考語言扮演概念發展指示劑的角色

個案學生觀察某個實驗現象並提出概念想法時，通常使用具有認識立場認知功能的思考語言來描述內心想法，較為常見有〔猜測〕、〔知道〕、〔相信〕、〔確認〕四種。此類思考語言如同化學反應指示劑一般可以表達學生內心想法與實驗現象之間的關聯，亦能促進學生進行後設分析以決定概念發展過程轉折的趨勢。以 MS2 為例：

研究者：酸鹼中和屬於物理變化？還是化學變化？

MS2：酸鹼中和是化學變化〔相信〕，感覺上本質有改變的緣故，最主要是酸與鹼加在一起應該會發生反應〔推理〕。

MS2 於對話之前已經藉由酸鹼中和實驗觀察到溶液變色，當其面對研究者提問酸鹼中和屬於物理或化學變化時，MS2 使用〔相信〕表示酸鹼中和屬於化學變化，此乃 MS2 根據酸鹼中和溶液變色現象確定本身所持的酸鹼中和屬於化學變化的概念。對於 MS2 而言，使用〔相信〕思考語言確認酸鹼中和變色的事實，以此為根據決定概念發展過程從酸鹼中和概念範疇轉移至物理與化學變化概念範疇。對於研究者而言，可以藉由〔相信〕瞭解 MS2 內心所持的酸鹼中和概念內容，亦能瞭解後續的〔推理〕思考語言所蘊含的概念內容，亦是 MS2 基於〔相信〕而在彼時所做出的最佳發展。綜言之，對於 MS2 與研究者而言，具備認識立場認知功能的思考語言〔相信〕同時具備指示劑的角色，可以指出概念與想法之間的關聯。

對於藉助認識立場思考語言以決定概念發展脈絡的個案學生而言，不論概念發展所得內容正確與否，學生當下大多對其決定或所持概念感到合宜。以 MS1 為例：

研究者：放熱會不會影響它們的總質量？

MS1：放熱應該會使質量變輕〔猜測〕。

研究者：氫氧化鈉加水之後變熱將會不會使它的質量減少？

MS1：應該會變重〔猜測〕。

研究者：你剛說酸鹼中和時放熱會變輕，為什麼現在氫氧化鈉加水放熱質量增加？

MS1：酸鹼中和產生微小物質而變輕〔結論〕，氫氧化鈉加水沒產生微小物質，所以質量增加〔結論〕。

上述對話中，MS1 猜測放熱會使質量變輕，亦猜測氫氧化鈉加水之後放熱會使質量變重，雖然此兩種概念相互矛盾，但對 MS1 而言此二者均是正確且共存於概念架構。面對研究者的質疑，MS1 的概念發展過程受到此二個〔猜測〕思考語言的限制與影響，造成 MS1 必須分別對此二個〔猜測〕進行說明與合理化，因而產生酸鹼中和產生微小物質變輕、氫氧化鈉加水沒產生微小物質所以質量增加的結論。此一現象的出現實與研究者的連續提問及 MS1 不甚清楚的概念內容有關，甚至 MS1 後續針對猜測概念進行說明與合理化亦是源自研究者的提問所致。在其中，MS1 因為〔猜測〕，進而將概念發展過程轉換至質量概念範疇，亦即〔猜測〕的思考語言如同指示劑一般，可以指示 MS1 的概念發展過程從酸鹼中和概念範疇轉換到質量概念範疇。相較於 Jonathan 與 David (2002) 認為語言為一種明確的表徵並能協助思考的推理，Ganea, Shutts, Spelke 與 DeLoache (2007) 認為未滿二歲的孩童亦可藉由語言建立未曾見過物體的性質，本研究除了獲得相似的研究結果之外，亦發現良好的思考建立在管理本身如何認知某個訊息或概念的能力之上，而此能力可從言談者的言語之中進行瞭解與探測。換言之，思考語言除了協助個案學生「由內而外」將內心想法與外界現象連結以幫助概念發展之外，亦能協助研究者「由外而內」瞭解個案學生的認知狀態，因而具有自我檢測與認知表徵的功能，進而擔任宛如概念發展指示劑的角色。

三、酸鹼中和概念發展過程中思考語言具有固定認知功能與多重角色特性

雖然每個思考語言均可對應於某個固定的認知功能，但可因為對於概念發展所造成的不同影響，同時擔任促進概念範疇之內發的展催化劑、不同概念範疇之間轉移的界面活性劑、表徵概念發展的指示劑的多重角色。思考語言擔任何種角色取決於思考語言對概念發展的影響而定，例如：具有智力過程認知功能的思考語言可在概念範疇之內不同階層的發展過程中擔任催化劑的角色，亦可因為與認識立場、智力產物的組合與使用，促進相關概念範疇之間的轉移，進而擔任界面活性劑的角色。

以 VS2 為例，VS2 使用思考語言〔回憶〕促使概念從單純的實驗中加入指示劑發展到可以藉由顏色變化來瞭解反應的進行，此時〔回憶〕好似擔任催化劑角色一般促進概念發展的進行。後續對話中，VS2 藉由〔回憶〕導出〔分析〕、〔推理〕、〔結論〕，進而產生正確的酸鹼中和實驗操作與指示劑結論，此時〔回憶〕與三個思考語言組合並促進指示劑概念範疇與酸鹼中和概念範疇之間的轉移，因而擔任概念發展界面活性劑的角色。就認知功能而言，雖然〔回憶〕僅具智力過程的認知功能而已，但於此處卻同時擔任概念發展催化劑與界面活性劑的雙重角色。

研究者：氫氧化鈉與鹽酸都是無色，你要如何確定這些已經發生中和反應？

VS2：以前學過在酸鹼中和實驗中加入指示劑作為參考依據，藉由顏色的變化瞭解反應的進行〔回憶〕。

研究者：你覺得酸鹼中和應該滴到什麼時候停止？

VS2：既然氫氧化鈉有加指示劑〔分析〕，酸鹼中和應該進行到指示劑變色〔推理〕，否則加指示劑將失去意義〔結論〕。

綜言之，個案學生能夠使用不同認知功能的思考語言與其組和以促進概念範疇之內發展、溝通不同概念範疇之間差異，進而協助本身於後設認知中瞭解思考狀況以促進概念發展，此刻的思考語言會因使用時機、組合情形的不同進而擔任多重角色。相較於楊文金(2007)指出「學生會認定科學文本之中某些特定字可以同時表達分類或組成語義，此一情形似乎會因語言使用經驗的增長而具備更大的字詞模糊容忍度」，本研究亦發現思考語言可同時具備多重角色的類似情形。假若學生使用的思考語言沒有特定認知功能組合，或者學生不具有後設認知策略處理實驗現象的話，縱然使用的思考語言數目與種類差異不大，但亦無法支持概念發展順利進行，此現象亦出現在正確概念比例較低的VI2身上。

伍、結論與建議

本研究聚焦於酸鹼中和概念發展過程中思考語言的種類、認知功能、角色、影響與特性的瞭解，獲得相關研究結論如下，並針對未來相關研究提出建議。

一、結論

本研究屬於試探性研究，研究者藉由微小發生分析法、思考語言分析技術針對國一學生酸鹼中和概念發展過程中所涉及和思考語言進行初探。雖然研究者試圖降低半結構晤談難度、題幹抽象程度、藉助實驗操作、減少外界干擾，然因個案學生先備知識、表達能力、實驗技巧的限制，造成研究詮釋與推論有其適用範圍，若欲將結論外推至其他科學概念、學習場景或不同學習風格學生，尚需更為深入與廣泛的檢證。

研究發現不同認知功能思考語言的組合影響酸鹼中和概念發展進行，並扮演概念發展催化劑、界面活性劑與指示劑的角色。經過統計考驗得知八位個案學生於酸鹼中和半概念發展過程中使用的思考語言種類、次數差異雖然不大，但其正確概念比例差異頗大，顯示影響概念發展的關鍵因素應非思考語言的種類或次數，而是受到思考語言具有的知識立場、智力過程與智力產物三種不同的認知功能與其組合所影響。由於學生對於思考過程的描述建立在一連串後設表徵術語之上，包括與「說(say)」有關的後設語言(例如：解釋、描述、建議)與「思考(think)」有關的後設認知(例如：推論、分析、假設)(Wilson, 1999)，學生單純使用具有後設表徵意涵的思考語言並不能促進概念發展，必須藉助合適的認知功能組合方能產生較大的影響力。

概念發展過程中，思考語言可因使用時機差異進而同時扮演概念範疇之內發展的催化劑、概念範疇之間轉換的界面活性劑、表徵概念發展狀況的指示劑三種不同角色，但

其對應的認知功能固定不變。對照於思考語言的固定功能而言，其扮演的角色顯得相對複雜多變，亦即在概念發展過程中的某一時刻，思考語言所扮演的角色可能是模糊的（具備多重角色）且靈敏的（可能發生角色改變），但其認知功能卻是明確的（僅具備一種認知功能）且固定的（因為不發生改變）。此種語言具有多重角色的結論，呼應陳世文與楊文金（2006）所持「語言具有社會交流的功能，在不同的使用層次中扮演不同的意義角色，進而提供個體對於各種科學概念的理解」的主張。

二、建議

對於促進學生科學概念學習而言，自然教師應該重視思考語言對其概念發展的影響，並在教學過程中使用不同的對話策略、創造師生對談機會、促進學生說明與批判陳述，進而引導學生熟悉、慣用思考語言以提升學習成效，此與 Keith, Carolyn, Pauline 與 Michele（2004）「當自然教師發現直接教導某個科學概念是困難的時候，可藉由教師與學生之間連續的互動與回饋以增強學生對於科學術語或概念的詮釋與賦義」的主張相符。此外，對於提升自然教師教學成效而言，由於學生內在思考內容普遍多於外顯的思考語言，因此研究者建議自然教師必須鼓勵學生在學習過程中使用合宜的認知功能思考語言組合，促使學生朝向高階認知前進，進而完成科學概念發展。自然教師亦應針對學生慣用思考語言種類與組合進行分析，除了可以瞭解學生的學習狀態之外，亦可作為提升教學成效的方法。

本研究發現並主張思考語言影響概念發展與個案學生後設認知能力，然而亦有研究持完全不同的看法並認為應是大腦主動形塑、使用、演化不同性質的語言，而非語言影響大腦的運作（Christiansen & Chater, 2008）。對於思考語言與大腦認知思維、概念發展之間的因果關係究竟為何？是互為因果呢？或無因果關係？或是表面存在因果關係，但其深層另有影響因素？這些疑問應是未來有趣且嚴肅的研究議題。由於本研究聚焦於概念發展過程中一學生使用的思考語言，但在此過程中師生語言互動、實驗操作對於學生思考語言所產生的影響亦可作後續研究的議題。研究者建議未來研究除了擴充研究樣本之外，亦可針對不同科學概念、不同語文能力或智能測驗成就、不同學習情境、不同對話模式進行追蹤觀察，以瞭解思考語言如何產生？為何產生？是否具有轉化機制？對於科學教育而言，如此研究應具有促進科學教育效能的價值！

參考文獻

- 邱美虹、林秀蓁（2004）。以 CHILDES 分析一對一科學教學活動中師生互動共建科學知識的行為表現。科學教育學刊，12（2），133-158。
- 洪振方、蔡智文（2007）。概念發展等同於概念範疇發展：以國中一年級學生酸鹼中和概念發展為例。高雄師大學報，22，39-62。
- 洪振方、蔡智文、蔡嘉興、周進洋（2008）。從「內化與修正」朝向「外推與解釋」的思考機制：以國中一年級學生質量守恆概念發展為例。師大學報，53（2），59-89。
- 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，51（1，2），107-124。

- 黃瓊蓉（編譯）（2003）。*心理與教育統計學*（原作者：A. Aron & E. N. Aron）。臺北：學富文化。（原著出版年：1999）
- 楊文金（2007）。學生對「類屬-組成」論述的語意理解—以「血液」文本為例。*科學教育學刊*，**15**（2），195-214。
- 蔡智文（2008）。國中一年級學生概念發展與概念範疇之研究：以酸鹼中和概念為例（未出版之博士論文）。國立高雄師範大學，高雄市。
- 鄭曜忠（2008）。建構主義取向網路學習對高中學生程式語言與邏輯學習成效影響之研究（未出版之博士論文）。國立彰化師範大學，彰化市。
- 鍾聖校（1990）。對創造思考教學的省思。*資優教育季刊*，**34**，21-27。
- Christiansen, M. H., & Chater, N. (2008). Brains, genes, and language evolution: A new synthesis. *Behavioral and Brain Sciences*, *31*(5), 537-558.
- Costa, A. L., & Marzano, R. (1987). Teaching the language of thinking. *Educational Leadership*, *45*(2), 29-33.
- Cousins, J. (1996). Science & language. *Australian Primary & Junior Science Journal*, *12*(2), 14-17.
- Ganea, P. A., Shutts, K., Spelke, E., & DeLoache, J. S. (2007). Thinking of things unseen: Infants' use of language to update object representations. *Psychological Science*, *18*(8), 734-739.
- Gooding, D. C. (1992). The procedural turn, or, why do thought experiments work. In R. N. Giere (Ed.), *Cognitive models of science, minnesota studies in the philosophy of science* (pp. 45-76). Minneapolis, MA: University of Minnesota Press.
- Jacobs, G. M. (2004). A classroom investigation of the growth of metacognitive awareness in kindergarten children through the writing process. *Early Childhood Education Journal*, *32*(1), 17-23.
- Jerry, E. F. (2005). *Words for the mind: Analysis of a language of thinking*. Retrieved from ERIC database. (ED490719)
- Jonathan, B. T. E., & David E. O. (2002). The role of language in the dual process theory of thinking. *Behavioral and Brain Sciences*, *25*(6), 684-685.
- Keith J. T., Carolyn P., Pauline S., & Michele W. (2004). Cross-age peer tutoring of science in the primary school: Influence on scientific language and thinking. *Educational Psychology*, *24*(1), 57-75.
- Klausmeier, H. J., Ghatala, E. S., & Frayer, D. A. (1974). *Conceptual learning and development: A cognitive View*. London: Academic Press.
- Nersessian, N. J. (1992). How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. In R. N. Giere (Ed.), *Cognitive models of science minnesota studies in the philosophy of science* (pp. 3-45). Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- Opfer, J. E., & Siegler R. S., (2004). Revisiting preschoolers living things concept: A microgenetic analysis of conceptual change in basic biology. *Cognitive Psychology*, *49*, 301-332.

- Perkins, D., Jay, E., & Tishman, S. (1993). New conceptions of thinking: From ontology to education. *Educational Psychologist*, 28(1), 67-86.
- Ritchhart, R. (2002). *Intellectual character: What it is, why it matters, and how to get It*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Ritchhart, R., & Perkins, D.N. (2005). Learning to think: The challenges of teaching thinking. In K. Holyoak, & R. G. Morrison (Eds.), *Cambridge handbook of thinking and reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tishman, S., & Perkins, D. (1997). The language of thinking. *Education Research Complete*, 78, 60-82.
- Vicente, A., & Martínez-Manrique, F. (2008). Thought, language, and the argument from explicitness. *Metaphilosophy*, 39(3), 381-401.
- Werner, H. (1956). Microgenesis and aphasia. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 52, 347-353.
- Wilson, J. M. (1999). Using words about thinking: content analyses of chemistry teachers' classroom talk. *International Journal of Science Education*, 21(10), 1067-1084.

投稿日期：2011年05月15日
修正日期：2012年12月12日
接受日期：2013年01月14日

Exploration of Students' Language of Thinking in the Process of Conceptual Development: Learning of Neutralization Concept in Taiwanese Seventh Graders

Chih-Wen Tsai²

Principal, Baolai Junior High School, Kaohsiung City

Yu-Wen Lin

Assistant Professor, Shu-Zen College of Medicine and Management

Ching-Yang Chou

Professor, Graduate Institute of Science Education,
National Kaohsiung Normal University

Abstract

This study explored the kinds, functions, roles, influences and characteristics of 7th graders' language of thinking about the conceptual development of acid-base neutralization. There are 8 sample students in the study. The study context was the chemistry laboratory. During their experimental operation in a middle school, the authors collected students' verbal data with semi-structured interview technique. The verbal data were all transcribed into verbatim transcripts. The language of thinking in science conceptions were extracted and analyzed from these data by microgenetic analysis and thinking language analysis technique. The findings indicate 17 kinds of languages of thinking, covering 3 cognitive functions, were used by the students, and the 3 cognitive functions played the role as the catalyst, surfactant and indicator in conceptual development. The language of thinking with different functions or combinations could enhance the development of intra- and inter-conceptual categories, and present the situation and context about conceptual development. Additionally, the features of language of thinking worked as multiple roles and stable functions concurrently.

Key words: Language of Thinking, Microgenetic Analysis, Conceptual Development, Conceptual Categories

² Corresponding Author's e-mail: tsaichihwen1203@pchome.com.tw

