

視障生參與化學實驗課初探

曾怡惇

摘要

視障生雖然視覺有所不便，但仍可學習自然科學，只要善加改良及提供支持性的作法與輔具，則實驗室不是視障生禁足的地方，甚至，在詳加指導下，盲生操作化學實驗，發展高層的認知技能，進入理科學習，亦不遠矣。

中文關鍵詞：視障生、化學實驗

英文關鍵詞：Visually impairment students, chemistry program

一、緒論

自然界存在著無數的化學變化與化學成分，化學的內涵充斥在我們所居住的環境中，人類的生活脫離不了與化學的關係，舉凡日常用品中的食物、清潔用品、衣服...，無不與化學的成分相關聯，在食物中的化學變化，清潔用品中的化學成分，衣服的化學染劑、顏料，種種的物質都是人與化學的關係。化學實驗，是以「動手做實驗」協助學生印證概念或檢測想法，進而思考科學概念及科學探究的方法。

在教育部所公佈的九年一貫新課程總綱（教育部，1998），強調學生應有十大基本能力，其中提到《主動探索與研究》：激發好奇心與觀察力，主動探索和發現問題，並積極運用所學的知能於生活中。在自然與生活科技領域所設定的分段能力指標中，在《過程技能》指標：藉由資料、情境傳來的訊息，

形成可驗證的假設，在《科學與技術的認知》指標：藉由探究的活動，熟稔科學探究的方法，並經由實作過程獲得科學知識和技能，由此可見透過實驗活動的探索，得知科學知識與技能的重要性與必要性。

視障生雖然視覺感官有所缺損，但是生活中仍缺少不了與化學觀念打交道的情境與需要。從視障生的受教角度而言，更應充實視障生有關化學的概念與知識，不僅拓展彼等的認知領域，更是增進視障生生活常識，不可或缺的一環。

在美國、日本、英國，對視障學生的學習權益，都有明文規定：不可因身心障礙學生學習管道的不便，而減少身障生可以享有普通學生一樣的學習內容（文部省，1990；Wohlars, 1994）。美國的教育精神是盡量培育視障生獨立自主，因此多採用小組合作的學習方式，實踐融合教育，以促進視障生成長及發展獨立性。所以，小組合作學習亦經常使用在科學學習方面，進行各方面實驗與學

習活動。採用小組合作學習方式規劃視障生的科學實驗活動，其主要目的，乃希望提供機會令視障生與普通生一起分享學習，同時促進普通教師與視障教育教師團隊來思考，視障生是否仍需處處或科科都要完全的獨立？

學生在科學教室經常需要用到測量容積、重量、長度、間隔的時間...等等，有些測量的工具需要為視障生調整過，包括點字尺、直碼尺、測量液體的容器、觸摸式計時器、觸摸式天平、有聲數字秤重器。以上這些器具，視障教育教師須確定視障生是否使用過這些器具，使用的經驗如何？方能協助視障生如何繼續發展或維持哪些科學經驗。然而，並非所有視障生都需要調整式的設備，低視力學生使用擴視機（Close circuit television，簡稱 CCTV）即可（Ross & Robinson, 2000）。

一般人常認為視障生參與化學實驗課是危險的事，但在美國加州柏克萊大學 LHS(Lawrence Hall of Science University of California at Berkeley)發展一系列的簡單實用又精確的調整式儀器，這些儀器同樣使用在 SAVI/SELPH（羅鴻翔，1985）科學實驗教材中，其內容包括各種標準單位的尺寸量尺、工具箱、各式各樣可單獨使用的器具，這些器具、材料原是為肢體障礙和視覺障礙學生的使用而設計的，當然，明眼人一般學生皆可使用，且在教師嚴密的監督下，適用於視障生與明眼學生小組合作學習之用。

美國早在 1947 年就有為盲生設計電子輔具以利科學學習(Benham, 1947)，1952 年有針對盲生學習化學的研究出爐(Bryan,

1952；Benham, 1955)，1968 年探討為使盲生進行科學實驗而設計一種視光球，增進盲生參與實驗操作的可行性(Carver, 1968)。甚至盲人當上大學化學科系教師的(Wohlens, 1994；Wagner, 1994)，亦不乏其人。日本的盲生理科教育也發展五十餘年，目前已有全盲生在物理研究所、化學系就讀。日本筑波大學的鳥山由子曾任職於筑波大學附屬盲校，擔任化學專科教師，帶領盲生實地進行化學實驗，頗有所成。最近已出書分享他在視障生學習化學和科學的理念與經驗（鳥山，2007），在 2004 年的視障教育研討會中，鳥山教授也分享日本有盲生進入大學攻讀化學系，是參考國劍橋大學的案例，英國盲生動手操作實驗已行之有年，日本就是取法於英國和美國。

先進國家對盲生的學習，齊力克服萬難，期勉能達到無障礙的學習。不僅追求融合教育，更踏實的實踐無限制的學習環境--學習的物理環境、學習的心理環境，讓盲生享有自我實現的願望，及自我成長與自尊心的內在經驗。所以，盲生可以進行化學實驗的操作，化學實驗課程可以先從無危險性的內容開始，善用多感官的學習，視障生仍然可以與普通生一起學習化學實驗。注意安全是首要務，但並非以此作為拒絕視障生參與實驗課的藉口(Wagner, 1994)。

貳、視障生學習特徵與科學的學習

視障生的學習特質與學習特徵，在其限制中，仍有可克服的機制與設備。例如弱視生的望眼鏡、擴視機，盲生的盲用電腦、盲

用磅秤、盲用溫度計、盲用天平、盲用量筒、盲用顏色偵測器、盲用直尺和皮尺，都是為視障生參與科學實驗所設計的器材和設備。劉信雄(1995)指出全盲學生在某些學習方面是較不方便的：例如太大，如房屋；太小，如螞蟻；太脆，如蜻蜓翅膀；太高，如巨木；太遠，如星星；太複雜，如工廠內部；太封閉，如手錶內部構造；抽象，如顏色、彩虹；危險，如火、化學藥品。但是，萬明美(2001)的研究發現，隨著年齡的增長，盲童漸能以「學習經驗」彌補發展上的遲緩，「認知角色」逐漸取代「知覺功能」，成年盲者除視覺障礙外，其他特徵與明眼人的差異較少了。

萬明美(2001)也指出盲生較少有機會參與實驗活動，啓明學校的課程較少涉及實驗；盲生在普通學校，因大班教學和安全的考量，常會減低盲生直接參與實驗的機會，而缺乏親自體驗科學實驗的經驗，易導致盲生獲得不正確的資料或含糊的結論。然而，盲童雖然缺乏視覺，仍可利用嗅覺所提供的線索以辨認環境中的物體。視障生在實驗課程亦常使用到嗅覺，或其他多種感官的使用，來達成學習目標（萬明美，2001；文部省，1900；Harris, 1981；Ovnik, 1994）。

在萬明美等(1993)的研究「視障學生科學過程技能研究」，該研究的全盲學生平均得分顯著落後於明眼及低視力學生。但其中有四名盲生的得分高於全體明眼學生及同年級明眼學生的平均數，是屬於高分組盲生。經萬明美等實施深度訪談，結果發現這四位高分組盲生的學習模式與邏輯思維較為突出，在學習技巧方面，特別用心：課前預習、課後複習、上課專心聽講、錄音，再整理成筆

記；在自然科的學習，更是極盡所能的：會採取多觀察、多思考，主動發問、討論，追根究底、尋求解答，了解完整的實驗過程，且多用學習輔助教具；在志趣性上的傾向，都偏向理科，不喜歡背誦的社會學科。可惜，因為沒有提供可讓盲生進行實驗與探索的理科學習機會，所以，因失明無法以眼睛學習，進而轉變生涯取向，選擇文科就讀。科學過程技能屬高階的認知能力，眼盲對科學過程技能的影響，一方面是生理的障礙：由於眼盲，較難作直接的觀察、實驗、科學活動；另一方面是社會環境的障礙：台灣提供給盲生的學習環境尚未屬無障礙（萬明美等，1993）。

比起日本盲校的盲生，日本視障者想學理科的盲生，他們就幸福多了。盲生作實驗，已不再是不可能的事。鳥山由子(2004A)長期在日本盲校教自然科學，尤其是化學，一般人聽到鳥山由子的工作，都會覺得「眼睛看不見，讓他們玩火不會危險嗎？」或是「看不見石蕊試紙的顏色，怎麼分辨酸性或鹼性呢？」但鳥山由子認為眼睛看不見的學生，也能使用瓦斯燃燒器，也能做中和滴定的實驗，因為重要的是：盲校的學生喜歡作實驗和觀察。理科指導需準備一套適合他們的方法、教材、教法，才可順利進行實驗和觀察（鳥山，2004B），在日本的大學裡也有視覺障礙學生生活用此套方法攻讀物理化學。

在日本盲生上大學是各憑本事，並沒有將以優惠或加分，所以想要上大學的盲生就須努力。在日本的盲生如果想要進入大學的理科學系就讀，在中學時期，大部分會選擇就讀筑波大學附屬盲校。而且想進入筑波盲

校中學部就讀，必須通過甄試才得以入學，而且在中學時期理科各科的教學都與一般學生一樣，該作實驗的該作探索的。不論是化學或是物理、數學圖形的，都一一的照實上得很扎實，教師進行教材教法的適性教學，需改良化學實驗的用具、實驗材料、觀察與記錄方式，這對理科的教師而言，實驗器材的改良、器具的調整、觀察方式的轉換，並不難，應驗多年以前他們自己的心得：沒有用心而已（鳥山，2007）。美國有全盲者當上化學教授(Wohlrs, 1994)，親身的經歷與見證，更是最好的說明。

讓盲生藉由操作實驗，體驗化學變化的內涵，提供一個發現自己與發展性向的機會，在以強調科學過程為中心的實驗課中實現。實驗室教學不但能發展科學實驗過程技能，而且能培養盲生更深的理解科學的本質，發展更高的認知能力（何俊彥，2002）。

一般人常認為，盲生因為視覺的缺損，其立體概念較缺乏，如果要了解分子立體結構，較為困難，不宜從事理科的學習。但是，從平面空間的表現而言，伊彬和徐春江(2001)及徐春江和伊彬(2007)的研究卻發現全盲者在視覺空間的表現上，雖然是先天全盲，但在繪畫的表現，九位參與者中有七位會採用直角投射表現正方體，另有一位是後天盲者，使用斜角投射來表現三維立體物品。他們的研究支持教育是促成全盲者採用斜角投射以及透視法的關鍵因素。因此，即使是先天全盲者亦可透過教育的潛能開發，塑造出全盲生有立體空間的概念。這樣的結果，在日本的研究已有相同的發現，同樣認為視障生可以透過觸覺理解圖畫的觀點（陳英三

譯，1983）。易言之，雖然是先天全盲者，仍可透過教導及提供觸摸的引導，學習以視覺為主的空間立體概念。所以，要了解立體結構的分子概念，亦可藉由模型的觸摸，來辨識分子結構，對視障生而言是可達成的。筆者在日本筑波大學附屬盲校參訪時，亦見過化學教師為學生準備的立體模型，是將明眼人所使用的模型貼上不同觸感的質地，加以改良，以觸覺學習和教師的口述，即可達成學習目標。

而在歐美全盲成年者 Tracy（40 歲，先天全盲）能使用明眼者的類角投射系統；Esref（47 歲，先天全盲，無光覺）能以前縮法 (foreshortened) 與傾斜聚合 (converging obliques) 呈現一點透視 (one-point perspective)。而 Gaia（12 歲，先天全盲，有光覺）能如同年齡的明眼兒童採用 T 接合 (T-junctions)、平行投射 (parallel projection)、反透視法 (inverse perspective)，表達三度空間。這些盲人的繪畫表現，在學習過程中教育的潛在影響力，是存在的（徐春江、伊彬，2007）。因此，盲生是可以透過教導與學習，也能在平面紙上表現立體空間的繪畫能力，此亦說明盲生透過觸摸學習可以獲得立體空間概念。所以盲生學習化學分子的概念，亦是可能的。

參、視障生與明眼學生合作學習

視障生學習數理科需要明眼學生與視障教育教師的協助，其中有關化學方面，鳥山由子(2004)建議：與其偶而實施大規模的實驗，不如經常實施一些小規模的實驗、觀

察、作業；並考慮每一節課都能接觸具體的物質。在實驗教學的人數安排，建議採小班制或小組實驗。兩人一組是最適宜的上課方式，在盲校可以一名弱視者與一位盲生為一組。而在普通學校，上課人數應以不超過十人為限，而且每組二人，其中有一名明眼同儕與盲生或弱視生同組，採合作學習的方式。烏山由子並建議教師宜將「講授」和「實驗」靈活的組織以進行教學，讓學生將自己的構想與實驗方法和過程，彼此得到映證，而不是將講解課與實驗課壁壘分明的分開。

從視障教育教師的角色而言，即是協助視障生將潛能發展出來，透過各種不同教材教法，和視障生一起探索自己精通的長項為何？自己的性向如何？有哪些調整式的技巧是可以協助視障生發展理科的潛能。調整式的教材教具(Franks, 1981)，其教學內容與教學技巧，即為視障生與明眼同儕能達成一致的教育目標。希望視障生能在一個相同的速度和水準，與明眼同儕達成相當的學業成就(Ovnik, 1981)。而作實驗的安全當然要考慮，但不宜視為視障生遠離實驗室的藉口。有一些材料是可以透過觸摸，或是靠嗅覺來得知的。有許多材料可以事先想好、準備好，就可以進行的實驗方法，有些實驗內容可以同時兼顧安全又能充滿探索的嚐試學習，有些沒危險性的化學實驗，是很適合視障生一起探索的(Gough, 1981；Ross, & Robinson, 2000)。

視障生的學習方式，大都採用多感官的學習管道。雖然視覺不方便或全盲，但仍然可透過殘存視覺、聽覺、觸覺、嗅覺、動覺、膚覺、本體感覺來學習(陳英三，1983；陳

英三，1986；烏山，2007)。對視障者而言，善盡各種感官知覺，甚至在安全可行的範圍內，以味覺來進行探索，都是具有深層的學習意義。其實我們也都一直鼓勵所有的學生，使用多種感官策略學習探索，以豐富學習經驗。所以，不論如何，教導是最重要的，經由教導讓學生知道不是所有的物質都可以透過觸摸或味覺來學習。有些具有傷害性的物品，應嚴加教導並注意安全。如此一來，實驗室就不再是視障生禁足的地方(Ross & Robinson, 2000)。

當然，視障生從事化學實驗之前，教師要預備的教材教具、輔具是需要較花時間和心思的。此外，環境的安排與調整也是需要的。除了空間需要較寬敞之外，一起合作學習的同儕也需要事先教導與訓練過。在課桌椅的使用方面，視障生所需觸摸的圖與表，需要經過特別製作成點字或立體模型。所以在呈現時，課本會較大，物件也會較大些。所以桌子的空間需要夠寬敞，以便放置點字教科書或模型，和實驗器材與輔助工具。例如視障者使用的溫度計、磅秤、天平、量筒、滴定瓶、點字機、筆記本、有聲電子儀器...等等(Corrick, 1981)。

Ross 和 Robinson(2000)認為進行實驗時，視障生需要視自己是一位需要協助者，堅持請求明眼同學一起協助。而進行實驗時，明眼同學與視障生的工作應分配均勻。如兩人一組，在教師嚴密的監督下進行實驗，一位視障生，另外一位明眼學生。二人須通力合作，經由教師的引導，兩人一組的實驗活動，可以如下進行：(一)視障生可以記錄實驗的結果，負責將實驗過程中所產生

的交互作用，彼此的影響，做詳細的紀錄；
（二）視障生也可以測量，不一定都只做紀錄，秤一秤重量以及混合化學物品，使用適當的調整工具和方法，視障生一樣可以參與操作化學實驗，甚至也可以使用瓦斯燈進行燃燒加熱的步驟（鳥山，2004B）。

肆、視障生參與化學實驗課

一、課前的準備

國內視障學生學習科學方面的研究，鮮人問津。如要針對盲生學習化學的上課情形、同儕合作學習方式、教師引導方式、教材的適切性的探討，需要對盲生上化學課時，教師的講解與說明，學生的學習情形進行觀察與紀錄。並訪問盲生：上化學課的理解情形；哪些方式是他們較能適應的？哪些教材是他們較難聽懂的？實驗進行過程中，盲生對明眼同學的合作學習與提供協助：有哪些感到非常歡欣喜悅的、雀躍不已的，很喜歡的。感到較困難的：教材內容的難易度、教材的呈現方式、科學點字的學習、圖形、模型的摸讀等方面。視障教育教材與教法的探討，在國內外的研究中亦是較少的。日後如欲針對上述議題深入探索，可採用教育行動研究進行探討（黃國書，2002；楊高智，2003；潘淑滿，2003；薛曉琦，2006）。

再者，針對教師與視障生及明眼同儕的化學實驗課教學情境觀察與紀錄，強調以「普通教育教師（化學教師）與視障生（盲生）」、「視障生與明眼同儕合作學習」、「普通教育教師與視障教育教師合作教學」的需求為主。這樣的議題如需一一解答，約有下列三

方面：第一：盲生學習化學課程與進行實驗過程，遇到哪些問題？可以如何克服？還有哪些是視障教育教材教法該補充的？例如科學點字的教導與學習、立體圖形的觸摸與教學、實驗材料和輔具的提供；盲生在操作實驗時，會遇到哪些情況？自己怎麼幫助自己？需要同儕的幫助有哪些？需要教師的指導有哪些？需要視障教育教師特別提供的有哪些？第二：明眼學生和視障生一起合作學習化學實驗，哪些是明眼學生可以協助盲生的？哪些是盲生也可以自己來，而不必處處仰賴同學的，甚至盲生也可以幫忙明眼學生的又有哪些？明眼學生要顧及自己聽得懂，又要顧到視障生學習的需要，且要做到防範危險，會有哪些困難與需要？哪些是視障教師或理化教師應提供的協助？明眼學生與視障生化學實驗課合作學習的可能模式如何呢？第三：針對理化教師所處的教學情境、教學內容、教學方法與技巧，進行反省與思索。可與視障教育教師共同針對盲生學習困境，探索可能的改進之道，教師的教法要如何才能讓視障生了解，教學的步驟、教學的技巧、教學文字材料的準備，實驗器材的準備與提供，實驗步驟的規劃與設計，需要視障教育教師特別提供的教具、實驗器具與教法的協助有哪些？

針對上述三方面的問題，企圖尋找解決化學實驗課程在視障教育的教與學，雙方面困境的解決策略。再者，因實務工作者—自然科（或理化教師）教師大多尚未具備視障教育教材教法的訓練，因此，由視障教育教師提供支持與合作模式進行視障生化學實驗課的教學與觀察和紀錄。主教者是理化教

師，協助者是視障教育教師，採合作模式進行教學。

二、化學實驗教材教具舉隅

SAVI/SELPH 科學活動組合單元教材，係美國加州大學 Lawrence Hall of Science 所設計。由俄亥俄州立大學華德博士(Dr. Mariorie Ward)引進我國，並經羅鴻翔教授(1985)整理編譯而成。可採用其中的幾個單元加以調整，令盲生與明眼學生一起合作學習。實因國內較少針對盲生操作化學實驗進行研究，雖然這些實驗較無危險性，但一般學校教師對視障生進行實驗課，大都採保留態度，所以也很少有盲生參與實驗課的經驗，尤其是牽涉到化學物質。

國小階段的實驗教材內容可採用 SAVI/SELPH 科學活動組合單元的以下幾個單元：(A)測量，內容包含：用吸管比比看、用公升量量看、用天平秤秤看、用溫度計測測看等，這四個活動為使盲生認識標準公制測量，讓盲生使用各種特製的工具，不但可使他們易於測量，而且幫助他們激起操用技能的發展，是屬於測量的基本能力建立。(F)混合物與溶液，內容包括：混合物的分離、濃度、飽和溶液、反應試驗等。這四個活動的設計目的為使盲生認識混合、溶解、濃縮、飽和、蒸發，是屬於化學的基本概念建立，這些活動是鼓勵盲生操作技能，如測量、轉換、過濾等，組織能力與觀察技能的發展。(H)烹飪，內容包括：酸的試驗、密度、糖的試驗等。在這幾個活動中，提供一些家用物質經驗，這些略為高水準的活動需要綜合幾種在 SAVI 組合單元中介紹過的技術與工具，例如控制實驗與公制測量等，詳細內容

可逕閱 SAVI/AELPH。

日本的筑波大學附屬盲校化學實驗課，鳥山由子(2007)化學實驗課酸鹼中和滴定(如下圖一，已當面徵得作者同意引用)，日本的實驗器材：感光器可以協助盲生將試管中的液體顏色作區變並以聲音表示出，盲生聽感光器的高低音的變化，來了解顏色的變化。針對化學實驗課的實際操作，是一些基本操作的組合，只要能考慮基本的操作，實驗方法沒必要做大幅度的更改，若是一般的實驗方法盲生無法做到，就不必依賴視覺，而採用特殊的方法來進行實驗。

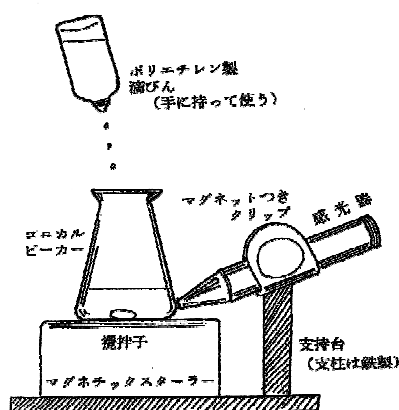


圖 1-1 中和滴定の實驗裝置 (ウェイト ビュレット法)

圖一

此實驗中在國內普通班常進行，但普通班的視障生(尤其是盲生)，常因為擔心危險，而無提供參與的機會。筆者於二〇〇九年二月二日，親自前往日本筑波大學附屬盲校，實地觀摩此實驗的進行，以下介紹此實驗中所提供支持性的作法。滴瓶：一般明眼學生實驗時皆以試管來滴定，此實驗中改以能實際感覺的瓶裝滴瓶，提供盲生或弱視生來滴定，視障生可以安全又實際的一滴滴的

進行滴定，手捏瓶子時，感覺一滴滴的往下注入，比試管的傾注法更安全而實際；攪拌器與攪拌子：電動攪拌器可協助視障生需一邊滴定又需一邊攪拌融合的不便，改以電動固定式的攪拌器，輔以攪拌子協助酸鹼滴定的中和均勻的工作；感光器是本實驗中，較特別的輔具，一般明眼學生用眼睛觀察酸鹼中和時顏色的變化情形，但視障生，因視覺的不便，則改以聽覺來輔助學習，當酸鹼完全中和時，滴定顏色會漸呈現紅色，此時感光器的聲音會因顏色的變化，逐漸由高音頻轉為低音頻，視障生因而可感覺到音的變化，同時也了解因為顏色有變化，所以，感光器有了變化，一樣可以學習，酸鹼中和滴定的原理。

更難能可貴的，該校教師因感光器價格昂貴（約日幣三萬元），遂自行研發改良較簡易的感光器（約日幣一千五百元），效果一樣好，而且備有一張製作的說明圖（註），一併饋贈給筆者，視為推廣之意。

伍、結語

視覺管道的缺損，雖然會造成學習科學的一些不便，但如能經由其他管道來學習，如：聽覺、觸覺、味覺、膚覺、本體覺，一樣可以進行探索與操作實驗，相信在不可能之處，擅用巧思，專心研改，受益的不僅是視障生，科學教育界更是最大的贏家。

（本文作者為國立台南大學特殊教育學系副教授）

參考文獻

文部省（1990）：**觀察と実験の指導**，慶應通信株式会社。

伊彬、徐春江（2001）：全盲兒童與青少年對單一模型與部份遮蓋模型的描繪—視覺在空間表現發展之角色。**視覺藝術**，4，127-164。

何俊彥（2002）：**合作學習探究式實驗教學對實驗氣氛的影響**。國立高雄師範大學化學系碩士論文，未出版。

徐春江、伊彬（2007）：台灣全盲者空間表現發展末階研究，**2007 視覺障礙教育學術研討會論文集**。

教育部（1998）：**國民教育階段九年一貫課程總綱**。http://www.ccunix.ccu.edu.tw/~resttc/Law/1-13.html。

萬明美、杞昭安、鄭碧雲、李乙明、宋淑惠（1993）：**視覺障礙學生統整過程技能之研究**。台北市，教育部社會教育司。

萬明美（2001）：**視障教育**。台北市，五南圖書出版股份有限公司。

劉信雄（1995）：**視覺障礙學**。載於**如何發現及協助特殊教育學生**。台北市，台灣師範大學特殊教育中心。

鳥山由子（2004A）陳騰祥譯：**視覺障礙學生的數學與自然科學之教學**。**2004 視覺障礙教育國際學術研討會論文集**，16-1~16-8 頁。

鳥山由子（2004B）吳純慧譯：**視覺障礙學生之數理科學教育**。**2004 視覺障礙教育國際學術研討會論文集**，17 頁。

鳥山由子（2007）：**視覺障害指導法の理論と實際-特別支援教育における視覺障害教育の専門性**。日本東京，ツアース

- 教育新社。
- 陳英三譯 (1983)：視覺障礙兒童心理學 (佐藤泰正著)。國立台南大學視障教育叢書第三十三輯。
- 陳英三譯 (1986)：視覺障礙兒童的發展與學習 (五十嵐信敬等編著)。國立台南大學視障教育叢書第三十五輯。
- 黃國書 (2002)：九年一貫課程自然與生活科技領域教師創意微型教學實驗之設計研究—木材乾餾實驗微型化之設計。國立高雄師範大學化學系碩士論文，未出版。
- 楊高智 (2003)：改進國小自然科實驗活動之行動研究。國立新竹教育大學數理研究所 (自然組) 碩士論文，未出版。
- 潘淑滿 (2005)：質性研究：理論與應用。台北市，心理出版社。
- 薛曉琦 (2006)：合作學習促進國小學童自然科實驗設計及操作能力之研究。臺北市立教育大學，自然科學系碩士論文，未出版。
- 羅鴻翔 (1985) 譯：SAVI/SELPH 科學活動組合單元，原為美國加州大學 Lawrence Hall of Science 所設計，國立台南大學視障教育與重建中心翻譯出版。
- Benham, T. A. (1947). Aids for the blind. *Electrical Engineering*, 66.
- Benham, T. A. (1955, March). Science for the blind. *American Journal of Physics*, 23, 177.
- Bryan, A. H. (1952, March). Chemistry for the blind. *Science Education*, 36, 91-95.
- Carver, T. R. (1968, May). Laboratory science for blind students and the evolution. design, and use of an optical light bulb. *American Foundation for the Blind Research Bulletin*, 16.
- Corrick, M. (1981). Cooperative goal structures and the mainstreaming of handicapped students. *Teaching Handicapped students Science: A Resource Handbook for K-12 Teachers*. ED213 220.
- Dubnick, M. (1981). Response to David Wohlers' presentation: "The visually impaired student in chemistry". *Teaching Handicapped students Science: A Resource Handbook for K-12 Teachers*. ED213 220.
- Franks, F. L. (1981). Metric measurement for blind students. *Teaching Handicapped students Science: A Resource Handbook for K-12 Teachers*. ED213 220.
- Gough, E. R. (1981). Some psychological considerations in the education of blind students. *Teaching Handicapped students Science: A Resource Handbook for K-12 Teachers*. ED213 220.
- Harris, R. (1981). An audio-tactile approach to science education for visually impaired students. *Teaching Handicapped students Science: A Resource Handbook for K-12 Teachers*. ED213 220.
- Ovnik, M. A. (1981). The visually impaired high school student can see her or his progress in the regular science classroom. *Teaching Handicapped students Science: A Resource Handbook for K-12 Teachers*.

ED213 220.

Ross, D. B. & Robinson, M. C. (2000). Social Studies and Science. In Alan J. Koenig & Cay Holbrook editors *Foundations of Education second edition volume ii Instructional strategies for teaching children and youths with visual impairments*. AFB Press.

Van Wagner, B. (1994).Response to David Wohlers' presentation: "The visually-impaired student in chemistry". *A Future Agenda: Proceeding of a Working Conference on Science for Persons with Disabilities*. (Kansas City, Missouri, March 30-31, 1993)

Wohlers, H. D. (1994).Science education for students with disabilities: the visually-impaired student in chemistry. *A Future Agenda: Proceeding of a Working Conference on Science for Persons with Disabilities*. (Kansas City, Missouri, March 30-31, 1993)

註：如有興趣者，可向筆者索取製作說明書影印本。