科學教育學刊
2005, 第十三卷第四期, 367-386

Chinese Journal of Science Education
2005, 13(4), 367-386

探討教科書與中小學學生學習細胞相關概念的關係

盧秀琴
國立台北教育大學 自然科學教育系

（投稿日期：民國 93 年 4 月 15 日，修訂日期：93 年 10 月 14 日，接受日期：93 年 12 月 30 日）

摘要：本研究以「內容分析法」提出中小學教科書「細胞相關課程」之內容架構，發現其具有由簡入繁、逐漸加深加廣的連貫性，學生先學顯微鏡操作技能再學細胞概念，隨著年齡增加而獲得越來越完整的細胞概念。再以「二階層測驗法」對照教科書各版本的圖文說明，提出哪些可能讓學生產生另有概念；從個案班級學生的「三階層測驗」結果，統計出有 21.9~28.1% 的國小學生，10.8~16.2% 的國中學生，13.0~21.7% 的高中學生，其產生的另有概念是源自教科書的。最後以「課室觀察法」，確定教師依賴教科書後，提出教科書的編排或圖文說明可能影響學生的學習。綜合研究所得，針對教科書可能的缺失提出改進意見：1.課文應同時呈現水蘊草、洋蔥表皮、口腔皮膜等細胞及照片放大倍率，提問：動植物細胞的差異在哪裡？2.課文應呈現型態差異很大的細胞，提問：這些都是細胞，那麼細胞的定義是什麼？避免學生以大小、形狀相似、排列整齊認定是細胞的標準。3.課文應多列舉個體的已分化細胞，各擔負不同的功能，故無法獨立生存。4.課文應有光學顯微鏡的影像文字說明和實際圖片的對照，讓學生確實理解文字的說明。5.課程內容編排應考慮學生的起點行為，概念陳述或科學專有名詞定義應說明理由。6.教科書應增加細胞生理現象的實驗操作，引導學生從現象中定義這些科學專有名詞。

關鍵詞：細胞相關課程、教科書分析、顯微鏡、另有概念

壹、前言

一、研究的理念和重要性

所有的生物都是由細胞所構成的，有些細胞如雞蛋或蛙卵是肉眼可見的，有些細胞太小需藉助顯微鏡的觀察。不管是單細胞生物或是多細胞的生物，都必須依賴細胞完成生理生化的反應以表現生命力；而細胞為了完成它的使命也演化出多樣性，像細長多突起的神經細胞擔負傳導的功能，多微絨毛的腸道細胞擔負吸收的功能。對一個多細胞的生物體（像人）而言，瞭解一個受精卵如何經過有絲分裂而發展成一個個體是奇妙有趣

的，每個學生都樂於從自己的身體結構去瞭解細胞、組織、器官和系統的層次結構。再者，從實驗操作驗證細胞的生理現象，學生除了學會各種顯微鏡的使用技巧外，更能體會細胞是活的，細胞的生理反應是看得到的，知道細胞的擴散與滲透作用後更能理解生理食鹽水的妙用，如清洗隱形眼鏡等。所以，學生從小學到大學學習生物學的入門之一便是細胞相關課程，足見其重要性（Campbell & Reece, 2003）。

中小學學生學習細胞相關課程時，產生不少另有概念；研究指出，不管如何教學生擴散、滲透的概念，大學生與高中學生具有同樣多的另有概念（Marek, Cowan & Cavallo, 1994; Westbrook & Marek, l991）。曾千虹和耿正屏（1993）認為很多學生尚未親眼見到細胞之前，對於細胞的概念是模糊的，會用巨觀的看法解釋微觀的細胞概念，例如：洋蔥表皮細胞是綠色的，因為有葉綠體的構造。當學生學習生物學時，對於廣泛的、統整的概念比較有困難，這不同於物理科學的問題通常起源於違反直覺的想法，許多生物概念的建立困難來自於需要多方面知識所作的整合，如細胞生理概念及生物演化概念等，當學生在學習細胞的構造和生理現象時，必須整合各種物質分子的特性、溶液與濃度的定義和相關性，才能說明細胞膜的特性與產生的生理現象(Pearsall, Skipper & Mintzes, 1997; Good, Trowbridge, Demastes, Wandersee, Hafner & Cummins, 1994)。根據 Dreyfus 和 Jungwirth（1989）的研究，將學生在生物學上的迷思概念來源分為三大類：第一類：1.個人的知識（Personal knowledge）完全錯誤的概念；2.與學生經驗相關，但非來自課堂。第二類：1.與學生先前學校教學所學得的知識有關；2.教師所使用的字句。第三類：1.知識來源為類似的解釋，有幫助（encouraged）學習的；2.知識來源同上，但遠超出學生所能理解的。而 Stepans（1991）認為學生持有另有概念可能來源有六個方面：1.教師缺乏對於學生的另有概念察覺及興趣；2.日常生活的語言和隱喻；3.「只要教就馬上能學到」的假設；4.「話語用字就可以代表是否理解」的假設；5.教科書呈現的概念；6.過分強調講述法。

既然，學生學習細胞相關課程很重要，那麼學生是否能獲得正確的概念認知也應該探討。盧秀琴（2003a, 2003b）曾發展顯微鏡下的世界兩階層診斷式紙筆測驗（Two-tier multiple choice Instrument of the World under Microscope，簡稱 TIWM）用來診斷我國中小學學生的細胞相關概念，盧秀琴和童禕珊（2003）也利用 Odom 和 Barrow（1995）發展的擴散與滲透作用診斷測驗（Diffusion and Osmosis Diagnostic Test，簡稱 DODT）用來診斷我國高中生的細胞生理相關概念。另一方面，盧秀琴（2004）探討中小學教師不同的教學策略，如何影響我國中小學學生產生細胞與生理現象的另有概念；發現若教師認為只要依照教科書教學，讓學生感覺有興趣學習即可，不在乎學生的學習成效，將造成學生嘗試錯誤的學習；若教師多以講述法闡釋細胞與細胞生理現象的概念，學生將無法理解而產生以直覺、臆測和生活經驗回答問題的另有概念。此外，盧秀琴（2003c）從不同的學生表徵去研究，發現高分群學生發現實驗結果和別人不同時，會找老師發問以確定答案，但他們回答問題都以教科書的答案為主；中、低分群學生對於細胞相關概念模糊，常以個人的直覺來回答問題，有些學生甚至會望文生義。由於發現教師過度依賴教科書、學生回答問題也以教科書的答案為主，本研究將針對學生對於細胞相關課程的學習，檢核現有的中小學教科書版本，是否

能達到教學目標，有哪些圖文安排可能造成學生產生另有概念。

台灣科學課程的改變反應教育的改革，當社會對於教育系統產生的期待有所不同時，科學課程也必須做適當的變革，以達到所期待的教育效果（王夕堯, 2003）。以前，我國的科學課程所用的教材大多取材自歐、美、日等先進國家現成的課本，鮮少有國內學者自己研發的教材（劉慕昭, 1974）；後來，我國學者逐漸開始研發適合自己國內的科學課程，但進步國家的課程仍是我們主要的參考目標（魏明通, 1995; 林永喜, 1992）。目前，九年一貫科學課程改革，以培養解決問題能力當作主要教育目標，從「注重科學概念學習」到「培養解決問題能力」是很大的轉變；去檢核新制的課程改革，民間編輯的教科書是否仍然能讓學生學到正確概念是必要的，這將了解新制改革的科學課程優缺點，促使課程改革更落實。

二、研究的目的

本研究係探討目前的教科書與中小學學生學習細胞相關概念的關係，歸納研究成果可以提出目前中小學教科書的優缺點和改進意見，以幫助學生有意義的學習。因此，本研究探討下列三個問題：1.目前的中小學教科書對於細胞相關課程的編輯重點為何？之間是否有其連貫性或是否能讓學生隨著年齡增長而獲得更多的科學概念，更正以前可能產生的另有概念？2.利用 TIWM 和 DODT 診斷而得的我國中小學學生產生細胞與生理現象之另有概念，是否能在中小學教科書中找到可能產生的原因？3.從個案班級的生物課室教學活動觀察中，確定教師教學一直傳遞教科書的內涵後，整理學生的半結構訪談，課室觀察資料，提出中小學教科書可能影響學生學習的證據。

貳、文獻探討

一、自然科學教科書影響學生學習的探討

(一)生物教科書的編輯特性

Lloyd（1990）說明評鑑高中生物教科書好壞的項度應包括：各單元內容含量、主要概念說明的適確性、課文說明的本質與學習者的相關性、文字如何呈現以讓學習者能瞭解。Bryant, Frank, Krockover, Lang, Valenta 和 Van Deman（1995）認為生物教科書編輯理念包括有：疑惑（wonder）、調查（investigate）、計畫（plan）、分享（share）和反省（reflect）。Blystone（1987）和 Meyer, Crummey 和 Greer（1988）都認為生物教科書編輯應考量公民的需要，具備詳盡的教學活動內容，包含延伸的活動訊息以讓有興趣的學習者繼續鑽研。但 Lloyd 和 Mitchell（1989）卻認為詳盡的教科書內容會反映在科學考試上，促使學生從教科書學習大量的科學概念，造成學生只去記憶概念而不是深層的瞭解概念。

我國高級中學生物課程標準（教育部, 1995）列出生物教科書編輯要點：教科書各單元應配合適當的「探討活動」，使教材內容更完整，概念更明晰。在各單元之後，應有相關的「討論」，以提高學生學習效果，並啟發學生的思考、推理與創造能力。教科書文字應力求生動淺顯，使學生容易閱讀。各單元之編輯應多採用圖、表及照片，並配合文字說明，使學生容易瞭解。教科書應另編「探討活動紀錄簿」供學生紀錄過程、結果與討論的內容。美國生物學會為關切中等學校的生物教學，創立生物科學課程學會（BSCS）進行長期改進之研究。BSCS 之生物課程題材和細胞相關概念的有：分子、細胞、細胞生理、器官與組織、生物個體等，BSCS 大量的使用圖、表及照片，配合文字說明，並附送細胞錄影帶補充課程講解（BSCS Blue

Version, 1980; BSCS Yellow Version, 1980）。

(二)教科書的編排方式可能引起學生產生另有概念

林曉雯和蘇雅芳（2003）認為如果生物教科書的圖片呈現指稱不清、無法呈現動態或連續性的植物生長變化，用詞相近或出現罕見的範例時，可能引起學生的另有概念。若教科書內容對於概念講述或定義過於簡略，使用不當的類比或未說明類比的限制，用來解釋概念的說明圖沒有完整呈現或含有隱藏性的迷思概念等，也可能使學生產生另有概念（蘇偉昭, 2003）。邱美虹和翁雪琴（1995）認為可將學生產生的主要迷思概念整理成心智模式，其中某些心智模式可能來自教科書的內容，可歸納教科書與心智模式間關係的解釋；如學生在考試的情境下，會盡量使用科學的表徵回答問題以獲得高分，稱為文字符號模式，表示學生自然使用表面的科學語言，但未深思或根本不瞭解文字說明的真正意義。

Friedler, Amir 和 Tamir（1985）認為很多高中生物課本定義滲透是「兩邊不同濃度的溶液，水經由膜的擴散作用」，又定義擴散是「分子從高濃度往低濃度移動」，但課本缺乏深入的討論（e.g. BSCS Blue Version 1980; BSCS Yellow Version 1980）；可能造成高中學生以目的論在看滲透作用，即認為滲透作用是為了平衡兩邊的濃度差產生的，當滲透作用平衡時，兩邊溶液的濃度是相同的，這時就不再產生滲透作用。

綜合上述的研究顯示，生物教科書編輯應考量公民的需要，各單元應配合適當的「探討活動」和討論，使概念更明晰，課文要適確的陳述主要概念，避免隱藏的另有概念；課文說明的本質應考慮學習者的起點行為，所呈現的圖、表及照片，配合文字的說明，應著眼在讓學生真正瞭解，避免圖片指稱不清或出現罕見的照片範例。

二、學生學習「細胞相關課程」概念與技能的探討

(一)細胞方面的學習

湯清二（1991）說明我國未落實細胞實驗教學，誤導學生作答以直觀的猜測居多，產生錯誤的細胞概念。盧秀琴（2003b）也提出相同看法，認為很多學生沒有實際操作過顯微鏡，會從日常生活經驗作推理，或從字面解讀細胞名詞來猜測細胞的概念。曾千虹和耿正屏（1993）歸納中小學學生的細胞另有概念有：一般植物細胞比動物細胞大，神經不是細胞，洋蔥表皮細胞含有葉綠體、葉綠體存在於細胞外面，液泡內是氣體。Pearsall 等人（1997）發現高中、大學生會混淆真核細胞和原核細胞，不明白細胞和組織的差異與關係，認為只有真核細胞才具有代謝作用和基因遺傳，原核細胞則缺乏；也不清楚各個胞器的功能與相互的作用。

Brady 和 Willard（1998）認為四到八年級的學童會用顯微鏡觀察生物與無生物，發現許多微小生物廣泛存在於自然界，它們是由細胞所構成的，也會生長和繁殖，如果改變其生長環境，就會影響它們的生存。盧秀琴（2003b）用 TIWM 診斷我國中小學學生，並歸納半數國高中學生獲得細胞相關概念有：1.構成生物最小的單位是細胞，2.細胞的基本構造包括細胞膜、細胞核、細胞質，細胞質中有多種不同功能的胞器，如液胞等。另外，有四成的國高中學生知道單細胞生物是由一個細胞構成個體，多細胞生物的細胞有分工合作的現象，細胞會構成組織、進而構成器官、進而構成系統、最後構成個體。

(二)細胞生理現象的學習

Friedler, Amir 和 Tamir（1987）對高中學生進行「滲透作用概念發展」研究，歸納結

果：1.學生最常將滲透現象解釋為「一種朝平衡濃度的驅力」；2.很難利用「水分子濃度」的概念；3.很難瞭解「水分子保持移動的動態平衡」；4.很難瞭解滲透現象在植物生理中的關係；5.很難領悟溶液、溶劑、濃度及數量的關係；由晤談又發現：1.學生要對某一個現象或發生的過程解釋為什麼是非常困難的；2.不瞭解滲透與植物細胞的關係；3.學生不熟悉原生質離、膨壓、水勢和滲透壓等科學詞彙；4.多數學生認為要達到濃度平衡，是引起水移動的原因，即為目的論，故學生誤認為當達到濃度平衡時，水分子將停止移動。盧秀琴和童禕珊（2003）利用 DODT 診斷測驗，施測並歸納我國北部地區高二學生的另有概念有：1.認為分子的移動到兩個區域濃度相等時即停止；2.認為分子在液體狀態下呈現運動，在固體狀態下則靜止不動；3.無法理解高張溶液和低張溶液的名詞定義，認為水會從高張溶液流向低張溶液；4.死細胞只能進行擴散作用，因為擴散作用為隨機的，滲透作用則為非隨機的；5.不瞭解等張溶液的定義，認為滲透會持續發生到兩邊的濃度相等為止；6.細胞外的食鹽水不會影響細胞中液胞的大小。Odem 和 Kelly（2001）發現美國高中生不瞭解滲透是「水分子透過一層半透膜的擴散」之概念。

Marek 等人（1994）的研究指出，若學生要全盤了解擴散概念，必須主動的將想法與事實聯結才能形成概念，新概念的獲得要有意義，必須和舊有的知識產生聯結。他們針對如何消除擴散迷思概念進行研究，認為採用探究、名詞引入及概念應用等學習環的教學非常有效，由擴散作用的實驗觀察結果，去定義擴散為分子隨機碰撞，由濃度高移至濃度較低的地方，直到均勻分散之過程，最後為概念應用階段，讓學生從事新的實驗，以建構新的科學概念，如滲透作用。謝祥宏、耿正屏和湯清二（1996）以高中生物課本有關細胞生理的內容（擴散、滲透、主動運輸、吞噬、胞飲的概念）進行概念分析，發展測量工具，施測及透過訪談，發掘學生的迷思概念；並發展交互式多媒體教學系統（IMI）指導學生復習細胞的生理現象，結果發現學生的學習效果顯著優於自行閱讀書面教材，IMI 對於滲透概念的學習幫助最大。Zuckerman（l994）教導滲透作用教學，希望透過解決問題的過程，以滲透實驗（長頸漏斗內裝有蔗糖溶液，外面的燒杯裝有純水），要求學生畫出長頸漏斗中水的高度變化曲線（時間與高度的關係圖），採用放聲思考（thinking aloud）的方式，讓學生把解題過程說出來。結果發現學生繪製「水隨著時間上升的曲線圖」而發現滲透作用的物理原理，能說明滲透作用是一種水分子隨機運動的結果而不是目的論（water teleologically），當滲透作用平衡時，水分子進出膜兩邊的速率是相等的，當滲透作用的水進入狹窄的導管時，會使植物產生膨壓。

綜合上述的研究顯示，學生學習「細胞相關課程」時應落實實驗教學，否則學生可能會從日常生活經驗作推理，或從字面解讀細胞名詞來猜測細胞的概念。學生經由細胞課程學習，雖然建立不少的細胞相關概念，也呈現不少的另有概念，這些另有概念可藉由實驗教學設計與放聲思考來說明，以及二階層診斷測驗診斷出來。

叁、研究方法與流程

一、研究方法

本研究採用的研究方法主要有三種，首先採用「內容分析法」的質性分析，以「細胞相關課程」為主題，依研究目的需要採用課程綱要、課程標準、內容架構和編輯重點

為分析單位，挑選教科書進行普查，一一核對、分析課文內容表現該主題的方式；再以「二階層測驗法」進行北部地區中小學學生的 TIWM、DODT 測試結果另有概念分析（盧秀琴, 2003b），相對應於中小學教科書的內容，以檢驗教科書各版本的哪些文字內容和圖表說明將可能造成學生產生「細胞相關課程」之另有概念，並從個案班級學生的「TIWM、DODT 三階層測驗」，找出學生答題來源是源自教科書的直接證據；最後以「課室觀察法」進行中小學「細胞相關單元」的課室觀察，先觀察教師教學是否一直傳遞教科書的內涵，確實後，蒐集課室觀察資料和學生的訪談資料，提出教科書「細胞相關單元」的編寫方式可能影響學生學習細胞概念的相關證據。

二、研究工具

本研究使用盧秀琴（2003a）編製與效化「顯微鏡下的世界兩階層診斷式紙筆測驗，簡稱 TIWM」和 Odom 和 Barrow（1995）發展的擴散與滲透作用診斷測驗（DODT）兩種研究工具。TIWM 內容包括：顯微鏡操作技能、細胞具有可辨認的特性和微小生物，目的是看中小學學生細胞相關概念的發展，以及如何產生另有概念；TIWM 已建立內容效度和試題因素分析，TIWM 之「內部均質性信度」達 0.98（國小卷）與 0.85（國中卷），重測信度分別為 0.81（國小卷）與 0.67（國中卷），平均難度為 0.42（國小卷）與 0.52（國中卷），鑑別度指數之平均值為 0.68（國小卷）與 0.53（國中卷）。DODT 也是二階層診斷式測驗，內容包括：物質的粒子性和隨機運動、濃度和張力、生命力對滲透與擴散的影響、擴散和滲透的過程，目的是測試高中生對於細胞擴散與滲透作用的概念認知，DODT 已建立內容效度，其折半信度為 0.74、難度為 0.23~0.95、鑑別度為 0.21~0.65。

半結構訪談的題綱是根據 TIWM、DODT 檢測出具有本文所提的細胞另有概念而設計的，針對學生的另有概念繼續訪談；例如：你覺得在複式顯微鏡下所看到的影像和實際的物體有什麼不同？那影像和實際的物體方向有不同嗎？你為什麼覺得影像和實際的物體方向一樣？其目的是想瞭解學生的另有概念來源是否起源於教科書的關係。

三、研究對象

本研究根據民國 91 年市場調查，選出國小五年級自然課本使用最多的前四名出版者（國國、南南、康康、牛牛版），國中自然與生活科技教科書使用最多的前四名出版者（南南、康康、牛牛、光光版），高中生物科學教科書使用最多的前四名出版者（南南、康康、龍龍、大大版），作為研究的範圍；為尊重出版商，所有教科書皆以匿名呈現。

進行課室觀察的國小個案教師是某師院數理研究所的碩士，具有十三年自然科教學經驗，其教師信念是完全依照教科書教學，使用牛牛版自然課本。國中個案教師是某師大生物系的學士，具有三年教學經驗，也是依照教科書教學，使用康康版自然與生活科技教科書。高中個案教師是某師大生物所的碩士，具有二十年教學經驗，綜合高中各版本教科書進行教學，主要使用南南版生命科學教科書。

進行課室觀察的三個個案班級，國小為台北市信義區某大型學校五年級某班 32 位學生，國中為台北市中正區某大型國中一年級某班 37 位學生，高中為台北市大安區某大型高中學校二年級某班 46 位學生，所有個案班級學生學習完細胞相關課程後，以修改的 TIWM、DODT 三階層測驗（第三階是：對於本題的答案和理由，你是怎麼學到的？勾

選題）做檢測，經過資料分析後，針對具有細胞另有概念的學生，選出數位作為半結構訪談的對象，國小有 4 位，國中有 5 位，高中有 6 位。

四、資料之蒐集與處理

根據教育部公佈的課程標準或課程綱要（教育部, 1993; 1995; 2000），以內容分析法蒐集中小學各四種版本自然教科書、習作與教師指引等，找出與「細胞相關單元」的所有課程內容，從中彙整出中小學教科書「細胞相關單元」的內容架構圖，然後再透過研究群精讀課文內容後，據此找出中小學教科書的「細胞相關課程」之編輯重點，提出其課程的連貫性，和學生獲得科學概念的情形。

其次，利用 TIWM 和 DODT「二階層測驗法」，來診斷我國北部地區的中小學學生，分析學生產生另有概念的細目說明和百分比，和各版本教科書的內容做比對，找出哪些內容說明可能造成學生產生另有概念，並從個案班級的 TIWM、DODT 三階層測驗結果，提出學生產生的另有概念是源自教科書的直接證據，其比率算法是勾選的學生占全班的百分比。

最後，進行中小學的「課室觀察」，確認教師完全依照教科書內容教學後，蒐集「細胞相關單元」的教學活動紀錄、學習單和學生半結構的訪談等多重資料，以三角校正法多重檢驗教科書的編寫和編輯方式和學生產生另有概念的可能相關性解釋。

肆、研究結果與討論

本研究首先根據教育部公佈的課程標準或課程綱要，進行中小學各種教科書版本的「細胞相關課程」之內容分析，然後依照大台北地區中小學學生 TIWM 和 DODT 的測試結果，去對應中小學教科書內容，找出哪些內容可能影響學生產生另有概念；最後，以「課室觀察」檢核教科書的編寫或編輯方式和學生學習的相關性。本研究結果分項說明如下：

一、我國中小學各種教科書版本的「細胞相關課程」之內容分析

(一)國小各種教科書版本之「細胞相關課程」教材分析

因為九年一貫課程暫行綱要中，在國小階段已經沒有「細胞相關課程」的內容和項目，所以從國民小學自然課程標準整理有關「細胞相關課程」的內容，包含：1.黴菌的觀察，2.顯微鏡下的微小生物觀察，3.微小生物的生活環境。其次，蒐集國小現行版本的課程內容，繪製有關「細胞相關課程」的內容架構如圖 1 所示。

整理國小版本的編輯重點，大都是從日常生活引導學童，發現肉眼看不到的生物或微小生物時，需要藉助顯微鏡觀察。教學重點主要是先指導學童認識顯微鏡的構造、功能及學習顯微鏡的操作方法，然後用顯微鏡觀察及認識細胞、黴菌與微小生物，最後建立動植物細胞的簡單概念並比較其異同。

(二)國中各種教科書版本之「細胞相關課程」教材分析

從九年一貫課程暫行綱要整理有關「細胞相關課程」的次主題為：生物是由細胞組成的，細目為：瞭解細胞是生命的基本單位及細胞的構造與功能，知道生物可分為單細胞生物與多細胞生物；多細胞生物體內，細胞會分工合作，形成組織、器官或系統。其次，蒐集國中所有現行版本的課程內容，繪製有關「細胞相關課程」的內容架構如圖 2 所示。

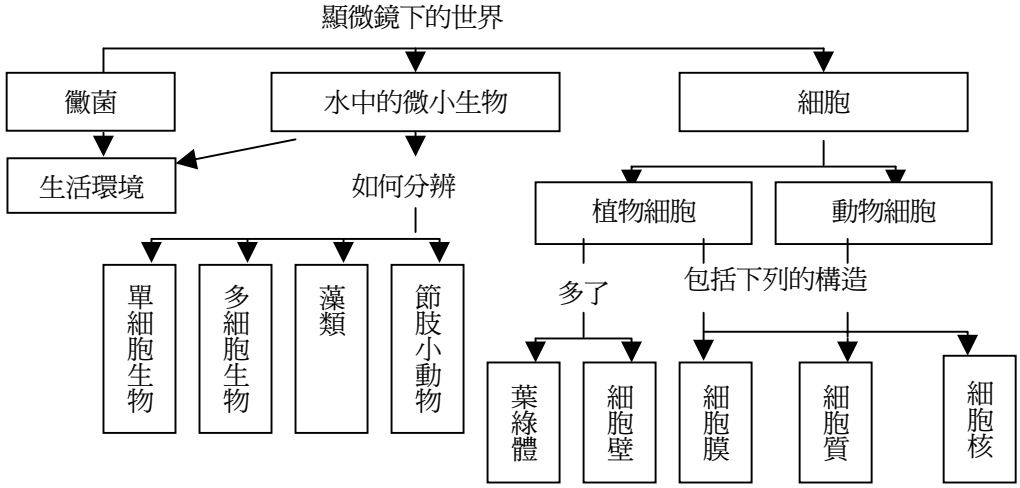

圖 1：國小細胞相關課程的內容架構圖

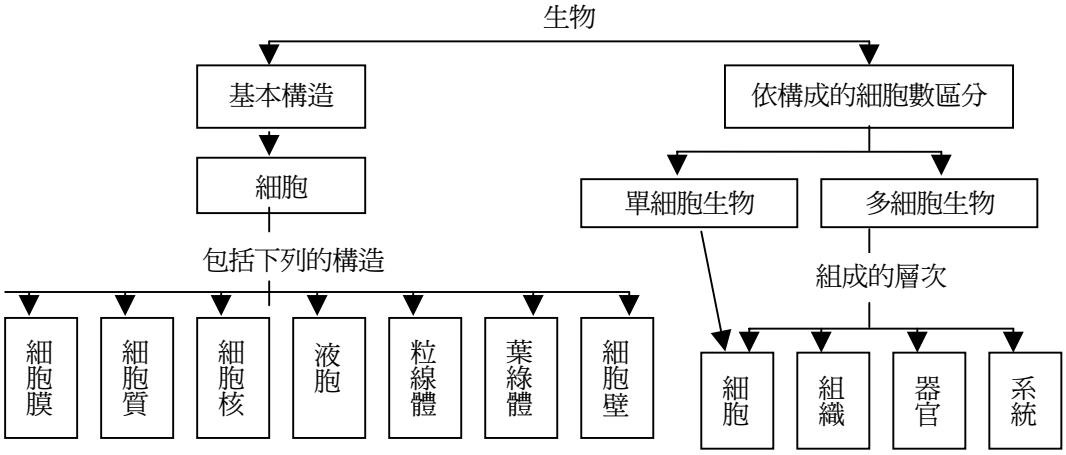

圖 2：國中細胞相關課程的內容架構圖

整理國中版本的編輯重點，發現有些版本以「校園走透透」出發，讓學生注意生活週遭的生物各有其不同的型態、構造和機能，進而使用顯微鏡觀察水中微小生物與動、植物細胞，並比較不同細胞的構造、型態，瞭解多細胞生物體內細胞分工合作形成的構造層次。有些版本則以觀察「一幢建築物」出發，用類比教學聯結磚塊和細胞的相對應關係，之後介紹的內容則大同小異。教學重點為學生從細胞發現史瞭解虎克發現細胞的過程，體會顯微鏡的貢獻；然後介紹細胞的基本結構、簡單胞器、不同型態、動植物細胞的異同和單細胞生物與多細胞生物的異同，多細胞生物體如何組成層次與細胞如何分工合作，輔以實驗，學習複式顯微鏡與解剖顯微鏡（有的版本）的使用方法與成像特性，認識顯微鏡下的動植物細胞、單細胞生物與多細胞生物。

(三)高中各種教科書版本之「細胞相關課程」教材分析

根據高級中學生物課程標準整理有關「細胞相關課程」的教學目標為：1.細胞的基本構造與功能，2.組成細胞的化學成分及各成分的生理功能，3.物質通過細胞膜的方式，4.多細胞生物體的組成層次。其次，蒐集高中所有現行版本的課程內容，繪製有關「細胞相關課程」的內容架構如圖 3 所示。

整理高中版本的編輯重點，大都是以提示問題來引起動機，例如：地球上有多少種生物？有無共同的基本單位？引導學生瞭解細胞學說的定義；進而認識光學顯微鏡和電子顯微鏡，說明顯微鏡對細胞研究的重要性，隨著介紹細胞的構造、生理功能及多細胞生物如何構成生物體的組成層次。教學重點為：介紹並比較原核細胞與真核細胞的構造，說明細胞是生物體的構造單位也是生理活動的單位，著重在細胞的胞器與細胞膜的特性、物質如何進出細胞膜，說明多細胞生物體內的各細胞均具有特殊的型態與機能，且彼此合作構成組織、器官和系統，輔以實驗，利用顯微鏡觀察葉表皮細胞在不同溶液中產生的滲透現象。

綜合我國中小學各種教科書版本的「細胞相關課程」之內容分析，認為國小學生從教科書中，主要學會如何操作光學顯微鏡的技能，並用它來觀察微小生物、細胞和黴菌，在顯微鏡下認識動植物細胞的形態，但沒有學習太多的細胞概念。國中學生從教科書中，主要學習不同型態的細胞、簡單胞器的構造與功能、多細胞生物的組成層次；而熟悉光學顯微鏡的操作以觀察動植物細胞和微小生物則成為副學習。高中學生從教科書中，學習系統性的細胞相關知識，像細胞學說、各種胞器的構造與功能、細胞的生理現象和認識多細胞生物體的組成層次。其次，認識穿透式和掃描式電子顯微鏡，強調其可以研究細胞的內部與表面構造。所以，我國中小學教科書的「細胞相關課程」具有由簡入繁、逐漸加深加廣的連貫性，學生先學會操作光學顯微鏡的技巧，再學習細胞、細胞膜的特性、細胞生理現象等相關概念，學生的概念獲得也會隨著年齡增加而遞增。

目前，國一學生在小學已接受顯微鏡操作技能的訓練，在國中學習較多的細胞概念沒有困難，不需佔用太多時間學習顯微鏡操作；但民國 92 年起，國小五年級學生不再學

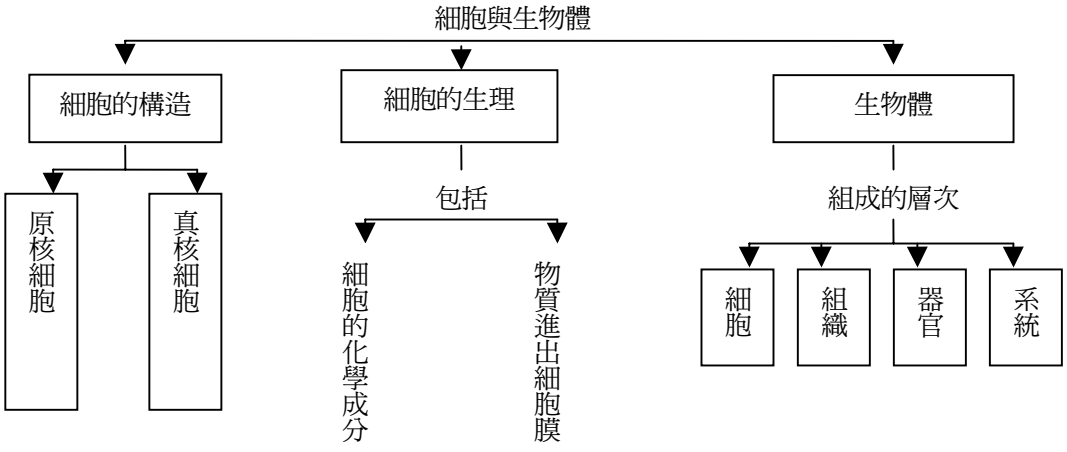

圖 3：高中細胞相關課程的內容架構圖

習顯微鏡操作，將來進入國中，既要學習顯微鏡操作，又要學習複雜的細胞概念，負擔量會相對增加。相對於我國國小教材，選擇美國五年級的科學課程做比較，以 Bryant 等人（1995）所著 Science Anytime 的單元：內部故事—細胞和身體系統（the inside story—cells and body systems），利用類比教學介紹細胞的構造與功能，也介紹細胞的生理現象，並讓學童觀察動植物細胞、設計雞蛋或植物的缺水實驗，以瞭解什麼因素影響水進出生物體。最後整理細胞到個體的層次，引述心肌細胞如何組成心臟肌肉組織，肌肉、血管和瓣膜如何組成心臟器官，並設計循環系統的旅行，以瞭解循環系統是由哪些器官組成的，然後以自己為例，尋找身體內有哪些系統組成。相較之下，美國國小教材比我國現行國小教材深入而有系統，我國為推行九年一貫課程，已廢除國小顯微鏡的單元，既擱置國小顯微鏡設備，又延宕學生顯微鏡技能的學習，值得再商榷。

二、中小學教科書「細胞相關課程」內容可能造成學生產生另有概念的分析

(一)國小教科書「細胞相關課程」內容可能造成學生產生另有概念的分析

以 TIWM 診斷我國北部地區國小學生，分析學生產生另有概念的細目說明和百分比，配合國小各版本的教科書內容分析，對應個案班級學生產生相同另有概念的比例和其答案源自教科書的比例，提出教科書內容可能造成學生產生另有概念的成因探討，整理如表 1 所示。

從表 1 發現，某些教科書版本對於複式顯微鏡影像的圖解錯誤，或沒有說明觀察的影像和實物方向的差異性，可能讓學生以為顯微鏡下的影像只是實物的放大，但方向一樣。某些教科書版本的文字說明：在顯微鏡下，看到一格一格或一個一個形狀大致規則的東西，稱為細胞，以及課本照片洋蔥表皮細胞、水蘊草細胞，都是一格一格規則性的構造，可能讓學生認為只要是形狀規則的東西就可能是細胞。國小四個版本教科書呈現的口腔皮膜細胞照片都是分散、很大，有的比洋蔥表皮細胞大，都沒有標示照片放大的倍率；可能讓學童認為口腔皮膜細胞很大、排列不整齊而分散，而不知道是因為括取口腔皮膜組織而造成分散的。從個案班級 TIWM 三階層試題的回答中，發現有 37.5~46.9% 的學生具有這些另有概念，其中 21.9~28.1% 的學生回答的答案和理由就是從教科書學到的。

(二)國中教科書「細胞相關課程」內容可能造成學生產生另有概念的分析

以 TIWM 診斷我國北部地區國中學生，分析學生產生另有概念的細目說明和百分比，配合國中各版本的教科書內容分析，對應個案班級學生產生相同另有概念的比例和其答案源自教科書的比例，提出教科書內容可能造成學生產生另有概念的成因探討，整理如表 2 所示。

從表 2 發現，多數教科書版本雖有請學生觀察視野下的影像與實際玻片標本的差異性，但是沒有將實物和顯微鏡下的影像做對照呈現，仍然有多數國中生沒有學會文字敘述的真正意義而選錯影像。國中四個版本都介紹虎克將「蜂巢狀」空腔命名為細胞，以及教科書的細胞照片，讓國中生認為蜂窩是生物的構造由細胞所組成，因為其型態、大小、形狀都很相似。國中四個版本動、植物細胞的構造圖中，動物細胞沒有葉綠體，植物細胞有葉綠體，對比明顯，加上學生以為所有植物細胞都會行光合作用，所以都有葉綠體的構造。教科書介紹單細胞生物與多細胞生物時，只說明多細胞生物需要藉由各個

表 1：國小教科書的「細胞相關課程」可能造成學生產生另有概念之分析

我國北部學生產生另有概念說明（百分比）	國小版本	教科書內容分析	個案班級學生產生比例	答案源自教科書的比例
操作複式顯微鏡時，所看到的觀察圖和實物一樣，認為影像只是實物的放大，但方向一樣（39.8%）。	牛牛	說明在顯微鏡底下看到的是上下顛倒、左右相反的影像，但圖解錯誤，沒有塑膠尺的字和顯微鏡下的字做對照，只有 3 的放大影像。	40.6%（13 人）	21.9%（7 人）
	國國	課本中沒有提及觀察影像和實物的差異，只提到用顯微鏡看，把東西變得很大。		
認為蜂窩或葉子的排列很整齊是生物的構造，所以是由細胞所組成（34.3%）。	國國南南康康牛牛	在顯微鏡下，看到一格一格或一個一個形狀大致規則的東西，稱為細胞。課本照片洋蔥表皮細胞、水蘊草細胞，都是一格一格規則性的構造。	46.9%（15 人）	28.1%（9 人）
認為口腔皮膜細胞比水蘊草細胞來得大，而且排列不整齊，是分散的（30.5%）。	國國南南康康牛牛	布題：比較看看，動物細胞和植物細胞有什麼不同？而課本呈現的口腔皮膜細胞照片是分散、很大的，有的比洋蔥表皮細胞大，都沒有標示照片放大的倍率。	37.5%（12 人）	21.9%（7 人）

表 2：國中教科書的「細胞相關課程」可能造成學生產生另有概念之分析

我國北部學生產生另有概念說明（百分比）	國中版本	教科書內容分析	個案班級學生產生比例	答案源自教科書的比例
知道複式顯微鏡成像的文字敘述為上下顛倒、左右相反，但無法選取正確的圖解成像（35.3%）。	南南康康牛牛光光	有請學生觀察視野下的影像與實際玻片標本的差異。或者提問：視野中的小生物向右上方離開時，應將玻片往那個方向移動，才能讓小生物再回到視野中央？	37.8%（14 人）	10.8%（4 人）
認為蜂窩是生物的構造，是由細胞所組成的，因為蜂窩的型態、大小、形狀都很相似（24.1%）。	南南康康牛牛光光	軟木塞是由許多「蜂窩狀」的小格子所組成，虎克稱這些小格子為細胞。說明細胞組織時，其圖片上的細胞大小、形狀相似，觀察細胞時，以植物表皮細胞及口腔皮膜細胞做標本，都是大小形狀相似的細胞。	27.0%（10 人）	13.5%（5 人）
認為植物細胞與動物細胞最大的差別在於植物細胞都有葉綠體，動物細胞沒有（42.9%）。	南南康康牛牛光光	雖然課本文字說明沒問題，但動、植物細胞的構造圖中，動物細胞沒有葉綠體，植物細胞有葉綠體，對比明顯。	40.5%（15 人）	16.2%（6 人）
認為多細胞生物的細胞功能較多且會分工合作，較單細胞生物的細胞容易獨立生存（54.0%）。	南南康康牛牛光光	介紹單細胞生物與多細胞生物時，只說明多細胞生物需要藉由各個細胞間的分工合作，才能表現出完整的生命現象，但沒提到多細胞生物的單一細胞無法獨立生存。	45.9%（17 人）	16.2%（6 人）

細胞間的分工合作，才能表現出完整的生命現象，但沒提到多細胞生物的單一細胞無法獨立生存，可能讓國中生以為多細胞生物的細胞功能較多且會分工合作，較單細胞生物的細胞容易獨立生存。從個案班級 TIWM 三階層試題的回答中，發現有 27.0~45.9% 的學生具有這些另有概念，其中 10.8~16.2% 的學生回答的答案和理由就是從教科書學到的。

對於「複式顯微鏡成像和實物是上下顛倒、左右相反」的學習，有 40.6% 的國小學生產生另有概念，其答案源自教科書的有 21.9%；而有 37.8% 的國中學生產生相同另有概念，其答案源自教科書的降低為 10.8%；從教科書的內容分析發現，從國小複式顯微鏡成像的文字說明到國中的相關提問，促使學生做觀察和分析，學生還是很難從文字說明或觀察分析中獲得學習，這和學生的認知策略有關嗎？Shemesh 和 Lazarowitz（1989）說過大部分的生物教科書是以描述性方式呈現，很多學生學習生物概念時多半使用死記的方法，因此造成不能理解的困擾。我國的生物教科書也是以描述性方式呈現，如何能增進學生理解較多的生物概念，應該成為以後研究的重點。

(三)高中教科書「細胞相關課程」內容可能造成學生產生另有概念的分析

以 TIWM、DODT 診斷我國北部地區高中學生，分析學生產生另有概念的細目說明和百分比（盧秀琴, 2003b; 盧秀琴、童禕珊, 2003），配合高中各版本的教科書內容分析，對應個案班級學生產生相同另有概念的比例和其答案源自教科書的比例，提出教科書內容可能造成學生產生另有概念的成因探討，整理如表 3 所示。

從表 3 發現，由於四種版本教科書強調多細胞生物體內各細胞的功能與分工，以構成組織、器官和系統，但沒有提及多細胞生物的細胞分開來無法獨立生存，讓學生以為多細胞生物的單一個細胞生存能力也較強。此現象和國中版本教科書相同，和國中學生比較，雖然有較低比例的高中學生持有此另有概念，但仍有相近比例的學生（16.2% 和 15.2%）認為這是教科書讓他們這樣認為的。

另外，四種版本教科書都未提及分子的運動現象和動態平衡，學生雖然知道擴散時，物質會從高濃度移至低濃度，但直覺以為當分子移動到兩個區域濃度相等時即停止移動，即目的論而沒有動態平衡的概念（Friedler, et al., 1987）。教科書雖有定義擴散作用和滲透作用，但沒有討論其物理原理或實驗討論，造成學生直覺以為死細胞只能進行擴散作用而不能進行滲透作用，因為擴散作用是隨機的。從個案班級 TIWM、DODT 三階層試題的回答中，發現有 28.3~52.2% 的學生具有以上所提的另有概念，其中 13.0~21.7% 的學生回答的答案和理由就是從教科書學到的。

整理我國北部地區中小學生產生另有概念的百分比，配合各版本的教科書內容分析，對應個案班級學生產生的另有概念比例和其答案源自教科書的比例，發現國小學生的另有概念源自教科書的比例為 21.9~28.1%，國中學生的為 10.8~16.2%，高中學生的為 13.0~21.7%。綜合我國中小學各版本的教科書內容分析，提出可能造成學生產生另有概念的成因探討，發現有些另有概念會從國小持續到高中而維持相當的比例，歸納整理如下：1.課文只文字說明複式顯微鏡的影像如何，但缺乏或沒有正確的對照參考圖示，可能讓學生無法理解文字的真正意義。2.學生認定細胞的標準，是以大小形狀相似或排列整齊當作標準，而不是以它是生物的基本構造為標準，由於教科書的文字說明或細胞觀察圖都強調一個個規則性的構造就是細胞。3.學生以為多細胞生物的單一個細胞較單細胞生物的細胞容易獨立生存，由於教科書強調多細胞生物的細胞會分工合作，構成組織、器官和系統，組成構造複雜的個體，但沒有提及多細胞生物的細胞分開來無法獨立生存。

三、中小學進行「細胞相關課程」課室觀察以分析教材的合適度

進行課室觀察的國小、國中個案教師都

表 3：高中教科書的「細胞相關課程」可能造成學生產生另有概念之分析

我國北部學生產生另有概念說明（百分比）	高中版本	教科書內容分析	個案班級學生產生比例	答案源自教科書的比例
多細胞生物的細胞會分工合作，所以多細胞生物的單一個細胞較單細胞生物的細胞容易獨立生存（32.8%）。	南南康康龍龍大大	課文提及多細胞生物體內各細胞均具有特殊的型態和功能，且彼此必須分工合作，構成組織、器官和系統，組成構造複雜的個體。但課本沒有提及多細胞生物的細胞分開來會較單細胞生物的細胞不易生存。	28.3%（13 人）	15.2%（7 人）
知道擴散時，物質會從高濃度移至低濃度，但當分子的移動到兩個區域濃度相等時即停止移動（37.8%）。	南南康康龍龍大大	課文提及物質由高濃度往低濃度移動的現象稱為擴散，這個過程並不消耗能量。但課文未提及或討論當兩個區域濃度相等時，分子仍然不斷的往兩邊移動，是屬於動態平衡。	32.6%（15 人）	21.7%（10 人）
植物細胞為死細胞，將它置於 25%食鹽水中時，只能進行擴散作用；因為擴散作用為隨機的，滲透作用則為非隨機的（42.9%）。	南南康康龍龍大大	課文提及物質由高濃度往低濃度移動的現象稱為擴散，這個過程並不消耗能量。也提及水分通過一層選擇性膜（半透性膜）的擴散作用稱為滲透；但沒有討論擴散或滲透作用的物理原理。	52.2%（24 人）	13.0%（6 人）
用一層膜隔開容器的兩側，A 側中有染劑和水，B 側中只有水，兩者等高，若這層膜只能讓水通過，則二小時後，A 側中水的高度將會比 B 側低（35.7%）。	南南康康龍龍大大	課本有畫出用一層膜隔開容器的兩側，A 側中有蛋白質分子和水分子，B 側中只有水分子的圖，箭頭往兩邊都有畫；但課文中沒有討論當平衡時，兩邊溶液量的比較；只提出這是滲透作用。	30.4%（14 人）	15.2%（7 人）

是依照教科書教學，高中個案教師則綜合各版本教科書教學，主要以「南南版」為主。「課室觀察」蒐集教學活動紀錄、學習單和學生訪談，以提出該教科書編寫或編輯方式和學生學習的相關性。

(一)國小「課室觀察」以分析教材的合適度

由於國小個案教師完全以「牛牛版」教科書的「顯微鏡下的世界」單元流程做教學，不做增減，所以課室觀察的內容可以用教科書的流程做解釋。「牛牛版」教科書一開始就安排「用顯微鏡觀察水中的微小生物」，這時學生還不會使用顯微鏡，對顯微鏡的構造與功能很陌生，雖然有教師的解說，學生還是無法掌握快速移動的水中微小生物，整個實驗課只有一組學生找到水中的微小生物，其他五組均不知所措；而該教科書沒有水中微小生物的任何照片或圖示，學生也無從認識水中微小生物。其次，「顯微鏡下的世界」課文說明「在顯微鏡底下看到的是上下顛倒、左右相反的影像」，但圖解錯誤，沒有塑膠尺的字和顯微鏡下的字做對照，只有「3」的放大影像。本個案班級有 40.6% 的學生認為顯微鏡的觀察圖和實物一樣，影像只是實物的放大，但方向一樣；有 21.9% 的學生認為答案是源自教科書的，這可能是看到課本「3」的放大影像所致。

該單元活動四「比較動物細胞和植物細胞」，口腔皮膜細胞照片比旁邊的洋蔥表皮細胞、水蘊草葉片細胞照片都來得大而分散，且沒有標示照片的放大倍率；洋蔥表皮細胞一格一格的排列在一起，細胞核沒有或不典型。本個案班級有 37.5% 的學生認為口腔皮膜細胞比水蘊草細胞來得大，而且排列不整齊，是分散的；有 21.9% 的學生認為答案是

源自教科書的，這可能是看到課本口腔皮膜細胞照片和洋蔥表皮細胞照片所致。另外，本個案班級有 46.9% 的學生認為蜂窩或葉子的排列很整齊是生物的構造，所以是由細胞所組成；有 28.1% 的學生認為答案是源自教科書的，這可能是看到課本洋蔥表皮細胞一格一格的排列在一起所致。

配合習作五：「比較動植物細胞的異同」，發現學生所寫的答案非常分歧，整理學生的學習單如下所示：

口腔皮膜細胞比水蘊草細胞大，是分散的（S_{02}學習單）。

水蘊草細胞排列很整齊，口腔皮膜細胞是分散的（S_{07}學習單）。

所有細胞都有細胞壁、細胞核、細胞質及細胞膜（S_{11}學習單）。

洋蔥表皮細胞和水蘊草細胞沒有細胞核（S_{25}學習單）。

從學生訪談中，發現有學生認為在複式顯微鏡下所看到的影像和實物具有相同的方向，只是比實物大而已；有學生認為只要是排列很整齊的生物，都是細胞，而且這些學生從「牛牛版」教科書提出他們這樣認為的證據。引述訪談學生的資料做說明：

Inv：你覺得在複式顯微鏡下所看到的影像和實際的物體有什麼不同？

S_{12}：影像比較大。

Inv：那影像和實際的物體方向有不同嗎？

S_{12}：方向一樣。

Inv：你為什麼覺得影像和實際的物體方向一樣？

S_{12}：這課本上的「3」是尺（塑膠尺）上「3」的放大（課本 38 頁）。

Inv：為什麼你會認為蜂窩是細胞？

S_{25}：因為它排列很整齊。

Inv：為什麼你會認為排列很整齊的東西就是細胞？

S_{25}：蜂窩是排列很整齊的生物。

Inv：你根據什麼證據說蜂窩是排列很整齊的生物？

S_{25}：就像課本的洋蔥表皮細胞的圖，排列很整齊。（訪談學生，920110）

(二)國中「課室觀察」以分析教材的合適度

國中個案教師也是以「康康版」教科書的「生命」單元流程做教學，但做比較多科學詞彙的解釋。「康康版」教科書的課文呈現很多描述性的科學專有名詞或概念文句，但少有說明理由或設計相關實驗去驗證原理，例如課文說明「軟木塞是由許多蜂窩狀的小格子所組成，稱這些小格子為細胞，細胞是組成生物體的基本單位。」課本圖片的軟木塞格子、植物表皮細胞都是大小、形狀相似的。個案教師也是以敘述課文內容為主要上課方式，學生也大都背頌課文內容來參加考試，但可能沒有真正理解「細胞是組成生物體的基本單位」之概念。本個案班級有 27.0% 的學生認為蜂窩或葉子的排列很整齊是生物的構造，所以是由細胞所組成；有 13.5% 的學生認為答案是源自教科書的，這可能是受到課文說明和看到軟木塞格子、植物表皮細胞所致。

另外，從教學活動紀錄發現多數學生所寫的答案都抄襲自課文的文字說明，很少有學生用自己的話表達概念認知或科學詞彙。這驗證了邱美虹和翁雪琴（1995）所提的學生會盡量使用表面的科學語言，回答問題以獲得高分，但未深思或根本不瞭解文字說明的真正意義。整理學生的學習單或考試卷如下所示：

植物細胞還有細胞壁和葉綠體（S_{07}學習單）。

像許多蜂窩狀的小格子稱為細胞（S_{08}學習單）。

細胞學說就是生物體都是細胞所組成，細胞是組成生物體的基本單位（S_{37}考試卷）。

在多細胞生物中，構造或功能相似的細胞可構成組織（S_{22}考試卷）。

「康康版」教科書介紹單細胞生物與多細胞生物時，陳述「多細胞生物需要藉由各個細胞間的分工合作，才能表現出完整的生命現象」，但沒提到多細胞生物的單一細胞無法獨立生存。個案教師也僅解釋多細胞生物的各個細胞之分工合作，沒有比較單細胞生物與多細胞生物如何完成完整的生命現象。本個案班級有 45.9% 的學生認為多細胞生物的細胞功能較多且會分工合作，較單細胞生物的細胞容易獨立生存；有 16.2% 的學生認為答案是源自教科書的，這可能是受到課文說明「多細胞生物需要藉由各個細胞間的分工合作」和直覺反應「多細胞生物比較複雜，所以細胞也比較複雜，因此較容易獨立生存」所致。

(三)高中「課室觀察」以分析教材的合適度

「南南版」課文提及細胞的生理專有名詞之定義，卻沒有討論這些作用的物理特性，例如：提及「水分通過一層選擇性膜的擴散作用稱為滲透」，但沒有讓學生從事相關實驗與討論，學生無法從課本理解滲透是水分子隨機運動的結果，發生在膜兩邊溶液的濃度不相同時，所產生的靜反應為低張溶液的水分子往高張溶液移動；所以學生會背誦課文的內容當作答案或以自己的直覺回答問題。從個案班級 DODT 三階層試題的回答中，發現有 30.4~52.2% 的學生具有以上所提的另有概念，其中 13.0~21.7% 的學生回答的答案和理由就是從教科書學到的。

從下面的訪談中，可以驗證學生對於擴散和滲透作用的疑惑：

Inv：你能解釋「水分通過一層選擇性膜的擴散作用稱為滲透」是什麼意思嗎？

S_{31}：課本是這樣寫的。

Inv：那你可不可以用自己的話解釋滲透作用？

S_{40}：滲透作用是水通過細胞膜去平衡兩邊的濃度差。

Inv：什麼叫做平衡兩邊的濃度差？

S_{40}：就是當滲透作用完畢的時候，兩邊的濃度會相等。

Inv：那水分子在膜的兩側怎麼做擴散作用？

S_{40}：就是從高張溶液往低張溶液流動。

Inv：為什麼你會認為水分子從高張溶液往低張溶液流動？

S_{40}：因為高張溶液的水比較多。

Inv：那當滲透作用平衡時，水分子還會移動嗎？

S_{40}：水分子不再移動了（訪談學生，920110）

綜合中小學「課室觀察」結果，歸納整理如下：1.由 TIWM 或 DODT 測得中小學學生的另有概念，有些可以在教科書上看到影響，例如：課本放大的影像「3」缺乏實物的對照圖，讓學生認為在複式顯微鏡下所看到的影像和實物具有相同的方向，只是比實物大而已；2.課本的圖文說明應該有正確的示範作用，像口腔皮膜細胞照片應改為一整片的皮膜組織而不是分散的，並應標示放大倍率或比例尺；3.課文陳述概念或專有名詞時，應詳盡而說明前因後果，如果過於簡略而缺乏引導思考的提問或實驗設計，容易造成學生無法理解而只能強行記憶來應付考試，例如：水分和氣體分子可經由擴散作用通過細胞膜，水分藉擴散作用穿透膜的現象，稱為滲透作用；4.不容易理解的細胞生理現象，若能藉由實驗觀察再定義科學概念會幫助學生理解，例如：增加高中的擴散與滲透作用實驗，引導學生討論擴散與滲透作用的定義和作用，學生較能從生理現象中去推論他們的看法。

伍、結論與建議

一、結語

整體而言，教科書的「細胞相關課程」

內容分析，認為國小學生主要學會操作光學顯微鏡的技能以觀察細胞，到國中後，主要學習細胞如何呈現生命現象和多細胞生物的組成層次，到高中後，開始系統性的學習細胞和細胞生理現象的相關知識。我國中小學教科書的「細胞相關課程」具有由簡入繁、逐漸加深加廣的連貫性，學生的概念獲得也會隨著年齡增加而遞增。但九年一貫課程取消國小的顯微鏡課程值得商榷，因為新制科學展覽比賽辦法必須配合學校課程參展（國立台灣科學教育館網站, 2002），若國小階段沒有顯微鏡課程，表示國小學生不能再使用顯微鏡觀察黴菌或微小生物參加比賽，這將減低學生的學習興趣和研究的向度。

綜合中小學學生產生的另有概念對應於教科書內容分析和個案班級課室觀察與三階層測驗資料，發現個案班級中有 21.9~28.1% 的國小學生，10.8~16.2% 的國中學生，13.0~21.7% 的高中學生，其產生的另有概念是源自教科書的。針對本研究，提出一些結論和改進意見:1.學生受到教科書細胞照片的引導，加上先前概念認為植物細胞都會行光合作用，可能以為所有植物細胞都有葉綠體的構造，口腔皮膜細胞是分散很大的；建議教科書能同時呈現整片的水蘊草細胞、洋蔥表皮細胞和口腔皮膜細胞，一起標示放大倍率，引導提問：為什麼洋蔥表皮細胞沒有葉綠體的構造？洋蔥表皮細胞和口腔皮膜細胞哪一個大？2.教科書的文字說明強調一個個規則性的構造就是細胞，可能使學生以大小形狀相似或排列整齊當作認定細胞的標準；建議如果能同時呈現型態差異很大的各類細胞，引導提問：這些都是細胞，那麼細胞的定義是什麼？學生將更能理解細胞如何成為生物體的基本單位。3.教科書說明多細胞生物的細胞會分工合作，構成具層次的個體，但沒提及多細胞生物的單一細胞分開無法獨立生存；建議多列舉個體的一些已分化細胞，各擔負不同的功能，故無法獨立完成所有的生命現象。4.課文提及複式顯微鏡或解剖顯微鏡的影像文字說明時，建議附有圖文說明的對照參考圖示，讓沒有學會文字敘述真正意義的學生能夠對照著圖文學習，增加語言理解能力。5.教科書對於細胞相關認知的概念陳述或科學專有名詞定義應考慮學生的起點行為，說明並引導思考，避免過於簡略或斷章取義，才能讓學生真正的理解。6.學生不容易理解的細胞生理現象，教科書應增加實驗操作，引導學生從現象中討論，再定義這些科學專有名詞，並提供延伸教材，引導有興趣的學生繼續鑽研，以提昇其認知的層次。

最後，針對本研究的結果提供給教育界相關單位參考:1.提供研究所得的資料給編輯教科書的相關單位，包括教科書圖文說明和內容編排的建議，讓這些單位能夠做修正，使教科書更富可讀性。2.從事師資培育時，會加強學生選擇教科書的能力，引導學生找出選擇自然教科書的標準，顧及概念學習、圖文說明的適合度和學生起點行為的考量。3.帶領研究生做研究時，會加強教師的專業能力養成，能夠判斷教科書而自行編輯或修改來教學，而不是一直依賴教科書。

二、未來研究的取向

未來，研究者將帶領研究群進行國高中「細胞及其生理現象」的教學改進研究，以彌補現行教科書「細胞及其生理現象」科學專有名詞的簡單陳述或實驗設計的不足，讓學生從類比教學或實驗課程中，理解科學概念與科學專有名詞的定義。例如：增加類比教學模式（Teaching with Analogies Model，簡稱 TWA），使用圖形類比、模型類比和敘事性類比（narrative analogies），引導學生去認識細胞胞器的構造與功能，應用細胞膜的滲

透實驗加上放聲思考解決問題，引導學生去理解物質分子的動力學、擴散與滲透作用的物理原理。

致　　謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會資助經費方得以完成，計畫編號為：NSC 90-2511-S-152-019，NSC 91-2522-S-152-007，謹此敬致謝忱。同時，感謝黃台珠教授和林陳涌教授對本研究所提供的寶貴意見；感謝呂玉琴教授對於論文寫作的指正。

參考文獻

1. 王夕堯（2003）：**台灣與英國的科學課程發展文化因子之比較**。論文發表於中華民國第一屆自然與生活科技學習領域科學研討會。台北市：國立台灣師範大學。
2. 邱美虹和翁雪琴（1995）：國三學生「四季成因」之心智模式與推論歷程之探討。**科學教育學刊**, **3**(1), 23-68。
3. 林永喜（1992）：科學課程之歷程研究簡述。**初等教育學刊**, **1**, 215-236。
4. 林曉雯和蘇雅芳（2003）：**植物生長與發育概念之研究：教科書與教學對五年級學生學習的影響**。論文發表於 2003 數學與科學的對話研討會。高雄市：國立高雄師範大學。
5. 曾千虹和耿正屏（1993）：國小、國中及高中學生之細胞概念發展。**科學教育**, **7**, 157-182。
6. 教育部（1993）：**國民小學課程標準**。台北市：教育部。
7. 教育部（1995）：**高級中學生物課程標準**。台北市：教育部。
8. 教育部（2000）：**國民中小學九年一貫課程暫行綱要**。台北市：教育部。
9. 湯清二（1991）：我國學生自然科概念發展與診斷教學之研究：生物細胞概念發展（一）。**彰化師範大學學報**, **2**, 489-515。
10. 劉慕昭（1974）：中小學新科學課程的趨勢。**生物科學**, **2**(7), 26-28。
11. 盧秀琴（2003a）：顯微鏡下的世界兩階層診斷式紙筆測驗的發展與效化。**國立台北師範學院學報**, **16**(1), 112-136。
12. 盧秀琴（2003b）：台灣北部地區中小學學生的顯微鏡操作技能與相關概念之發展。**國立台北師範學院學報**, **16**(2), 161-186。
13. 盧秀琴（2003c）：不同學生表徵影響國中學生學習顯微鏡相關課程之探究。載於 **92 學年度國立台北師院教育學術論文發表會論文集**（pp. 231-250）。國立台北師院。
14. 盧秀琴（2004）：不同教學策略影響中小學學生學習顯微鏡相關課程之探究。**國立台北師範學院學報**, **17**(1), 147-172。
15. 盧秀琴和童禕珊（2003）：**台北市高中生的擴散與滲透作用概念認知之研究**。論文發表於 92 學年度師範學院教育學術論文研討會。台南市：國立台南師院。
16. 謝祥宏、耿正屏和湯清二（1996）：交互式多媒體教學系統對高中學生學習細胞生理之研究。**科學教育學刊**, **4**(1), 1-30。
17. 魏明通（1995）：我國國民中學科學課程與教材的改進。**台灣教育**, **540**, 2-10。
18. 蘇偉昭（2003）：**國小學童物理科學迷思概念研究—地球運動部分（III）**。論文發表於 2003 數學與科學的對話研討會。高雄市：國立高雄師範大學。
19. 國立台灣科學教育館網站（2002）：**新制科學展覽的規定~因應九年一貫課程改革**。2002 年 9 月 17 日，取自 http://www.ntsec.gov.tw。
20. Biological Sciences Curriculum Study (Blue Version). (1980). *Biological science: A molecular approach (BSCS Blue)* (4th ed.). Le-

xington, MA: DC Heath.

21. Biological Sciences Curriculum Study (Yellow Version). (1980). *Biological science: An inquiry into life (BSCS Yellow)* (4th ed.). New York: Harcourt Brace Jovanovich.
22. Blystone, R. V. (1987). College introductory biology textbooks. *The American Biology Teacher, 49*(7), 418-425.
23. Brady, S., & Willard, C. (1998). *Microscopic explorations: A Gems Festival Teacher's Guide (Grades 4-8)*. University of California-Berkeley, Lawrence Hall of Science, CA 94720-5200.
24. Bryant, N. A., Frank, M. S., Krockover, G., Lang, M., Valenta, C. J., & Van Deman, B. A. (1995). *Science Anytime*. Harcourt Brace & Company, U. S. A.
25. Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2003). *Biology,* (6th ed.). San Francisco: Benjamin Cummings Company press.
26. Dreyfus, A., & Jungwirth, E. (1989). The pupil and the living cell: A taxonomy of dysfunctional ideas about an abstract idea. *Journal of Bio-logical Education, 23*(1), 49-55.
27. Friedler, Y., Amir, R. & Tamir, P. (1985). *Identifying students' difficulties in understanding concepts pertaining to cell water relations: An exploratory study*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Re-search in Science Teaching, French Lick Spring, IN. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 256 623).
28. Friedler, Y., Amir, R. & Tamir, P. (1987). High school students' difficulties in understanding os-mosis. *International Journal of Science Edu-cation, 9*(5), 541-551.
29. Good, R., Trowbridge, I., Demastes, S., Wandersee, I., Hafner, M. & Cummins, C. (1994). *Proceeding of the 1992 Evolution Education Research Conference.* Baton Rouge: Louisiana State University.
30. Lloyd, C. V. (1990). The elaboration of concepts in three biology textbooks: facilitating student learning. *Journal of Research in Science Teaching, 27*(10), 1019-1032.
31. Lloyd, C. V. & Mitchell, J. N. (1989). Coping with too many concepts in science tests. *Journal of Reading, 32*(6), 542-545.
32. Marek, E. A., Cowan, C. C. & Cavallo, A. M. L. (1994). Students' misconceptions about diffu-sion: how can they be eliminated? *The Ame-rican Biology Teacher, 56*(2), 74-77.
33. Meyer, L. A., Crummey, L. & Greer, E. A. (1988). Elementary science textbooks: their con-tents, text characteristics, and comprehensibility. *Journal of Research in Science Teaching, 25*(6), 435-463.
34. Odem, L., & Kelly, P. V. (2001). Integrating concept mapping and the learning cycle to teach diffusion and osmosis concepts to high school biology students. *Science Education, 85*(6), 615-635.
35. Odom, A. L., & Barrow, L. H. (1995). Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology students' under-standing of diffusion and osmosis after a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching, 32*(1), 45-61.
36. Pearsall, N. R., Skipper, JO, E. J., & Mintzes, J. J. (1997). Knowledge restructuring in the life sciences: A longitudinal study of conceptual change in Biology. *Science Education, 81*, 193-215.
37. Shemesh, M. & Lazarowitz, R. (1989). Pupils' reasoning skills and their mastery of biological

concepts. *Journal of Biological Education, 23*(1), 59-63.

38. Stepans, J. I. (1991). Developmental in students' understanding of physics concepts. In S. M. Glynn, R. J. Yeany, & B. K. Britton (Eds.), *The Psychology of Learning Science* (pp. 89-115). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
39. Westbrook, S. L. & Marek, E. A. (1991). A cross-age study of student understanding of the concept of diffusion. *Journal of Research in Sci-ence Teaching, 28*, 649-660.
40. Zuckerman, J. T. (1994). Problem solvers' conceptions about osmosis. *The American Biology Teacher, 56*(1), 22-25.

A Study of the Relationship between Textbooks and Elementary and Middle School Students' Cell-related Conceptal Learning

Chow-Chin Lu

Department of natural science Education, National Taipei University of Education

Abstract

This study used content analysis to propose the content framework of cell-related curriculum in elementary and middle school textbooks. The results demonstrated that the contents of cell-related curriculums were arranged to move from simple and basic to complex and advanced connotations. The students studied the operation skills of using a microscope before studying cell-related concepts. Cell-related concepts became more complete with the increasing age of the students. Furthermore, the study used two-tier multiple-choice tests to examine what kinds of articles and explanation notes besides the pictures in the textbooks could possibly lead the students to have alternative concepts. The textbook contributed to alternative concepts for 21.9~28.1% of the elementary students, 10.8~16.2% of the junior high students, and 13.0~21.7% of the senior high students. Finally, classroom observations showed; the teachers really relied on the textbook; we did find that the arrangement of textbooks, articles and explanatory notes in the textbooks influenced the students' learning of cell-related concepts. Several comments on possible flaws in the textbook can be drawn from the results as follows: 1. The text should present the pictures of water straw cell, onion epidermal cell and oral epidermal cell together with the information of enlarged ratio and also ask the difference between animal cells and plant cells. 2. The text should present various types of cell pictures and also ask if all of these were the cells, then what would be the definition of the cell. This way could help students to avoid thinking that similar sizes and shapes and neat arrangements were required to define a cell. 3. The text should list many differentiated cells from the individual, which were responsible for different functions and were unable to survive by themselves. 4. The text should list both picture image examination and actual picture from a light microscope, so that students could truly understand the picture image examination. 5. We should consider students' prior behavior before organizing the textbook contents. The texts should provide concepts and definitions of scientific terms with reasons. 6. The cell physiology experiments in the textbook should be increased to guide the students to define the scientific terms from the phenomena.

Key words: Cell-related Curriculum, Content Analysis, Microscope, Alternative Conception