科學教育學刊
2007, 第十五卷第三期, 241-264

Chinese Journal of Science Education
2007, 15(3), 241-264

國小資深科學教師的專業改變：以基因改造食品議題之教學為例

林樹聲
國立嘉義大學　科學教育所

（投稿日期：民國 94 年 10 月 21 日，修訂日期：95 年 10 月 2 日，接受日期：95 年 11 月 14 日）

摘要：本研究旨在探究一位國小資深自然科教師在設計和教導社會性科學議題 —「基因改造食品」後，其教學專業的改變，以及影響其改變的因素。參與者為教學年資達二十年的資深教師，及其任教的三班五年級學生。資料的收集包括教師訪談、教室觀察、教師日誌、教案及教師繪製之概念圖等。分析結果顯示：資深教師的教學專業知能也有成長和改變的空間，其中教師對基因改造食品的教學信念和教學實務是透過教師的反思和覺知而相互影響的；教師建構基因改造食品議題之學科教學知識既是情境相依的，也是漸次改變的，且隨著教師對教學實務的熟悉而趨於完整；同時，教師也必須藉著反覆地教學才能精緻化自己的實務表現。此外，影響教師改變的因素則包括教師的自覺與反思、實際的教學經驗、學生上課時的反應、研究者訪談的刺激、面對新議題，以及教師本身具備主動學習的意願和特質等。其中，教師具備主動學習的意願和特質是促進本研究之個案教師專業改變最根本且最重要的因素。

關鍵詞：社會性科學議題、科學教學、基因改造食品、專業改變、學科教學知識

壹、研究背景和動機

我國國民中小學九年一貫課程的改革，除了強調課程內容的連貫和整合之外，更期待教師應該表現出專業與自主的能力。如眾所皆知的，教師要表現出教學專業的一面，就必須持續不斷地自我學習或是透過各種進修來達成。畢竟許多新的理念和相關的專業知能，皆非在職教師當初接受師資培育時期所學的情況。唯有教師不斷地追求成長和改變，教師才能勝任課程改革帶來的挑戰。

以「自然與生活科技領域」為例，在九年一貫課程綱要中較過去更為重視的主題之一即是「科學的社會議題」（教育部, 2003）。此要項之下涵蓋著許多與生活相關，卻顯現問題解決上兩難情境的「社會性科學議題」（socioscientific issues），例如「基因改造作物的問世、複製技術對社會的衝擊、電磁輻射的影響、垃圾處理方式的選擇」……等。

而教育的一大功能正是培育學生具備適應未來的能力、成為負責任的社會公民，所以若能在課堂中討論這些議題，對於促進學生參與這類公共議題的討論有著正面的助益（Ramsey, 1993）。

換句話說，為了達成「能由資料收集或小組討論對科學的社會議題進行批判思考」、「對於科學相關的社會議題作科學性的理解與研判」、「能了解科學的發展對社會有很大影響」等認知和高層次思考的能力指標或要項，現職的科學教師於九年一貫課程的實踐過程中，就有機會遇到、或是有可能主動將這些過去不曾接觸的、且具跨學科領域的社會性科學議題納入自然與生活科技領域教學。所以，對教師而言，不論是資深或資淺，當他們必須面對一些自己不熟悉的課程議題和內容時，就形成了教學生涯中的一種挑戰（Wallace & Louden, 2000）。

以初任教師來說，因其教師專業仍處於不盡成熟的狀態，所以處處都是挑戰，因此成長的空間較大；相較之下，資深教師的專業趨向成熟和穩定，改變的意向較不明確（Fessler, 1995）。此外，根據許多專家和生手教師的研究顯示，專家教師對教學主題往往能呈現出較完整的知識結構，且能有效地運用教學策略、較能理解學生的困難所在，生手教師則相反（張賴妙理, 1999; Clement, Borko, & Krajcik, 1994; Meyer, 2004）。雖然如此，Sanders, Borko 和 Lockard（1993）的研究卻指出資深教師在教導自己不熟悉的科學領域時，也會表現出與新手教師一樣的生疏行為。這表示面對新挑戰時，所有教師都需要時間去適應、去調整自己的專業知能。

事實上，資深教師與初任教師一樣，不但需要藉由刺激和反思來發展其專業，同時也需要各方的協助才能促進他們在專業上的改變（Ritchie & Rigano, 2002）。所以，若能知曉資深教師面對挑戰時是如何調整和改變自己的專業知能，正可以作為後進教師進一步學習的參考。

因此，當資深教師面對九年一貫課程中可能納入的社會性科學議題時，他們把持著什麼樣的想法和信念？這些想法和信念如何影響其設計和教導社會性科學議題？而這樣的教學過程又促進了哪些專業的成長和改變？改變的原因又是什麼？……諸如此類的問題，都構成了本研究的研究動機。

貳、研究目的和問題

根據上述的研究背景和動機，本研究旨在探究一位國小資深自然科教師在設計和教導社會性科學議題—「基因改造食品」後，其教學專業的改變，以及影響其改變的因素。引導探究的問題包括：(一)國小資深自然科個案教師教導「基因改造食品」議題時，在哪些教學專業上發生改變？(二)促使其發生改變的原因為何？

參、文獻探討

一、教師專業改變之原因和面向

無需多言的，教師必須時時充實自己，強化自己的專業，才足以勝任教師的工作。而所謂的「教師專業」是指教師從事教職工作時，所需的專業知識和能力，這些知能的範圍大致包括教育、課程、教學和評量等知識，以及教學、溝通、反省和問題解決等能力，甚至教學倫理、服務的理念和態度亦屬之（Parkay & Stanford, 2000）。而教師若因為個人意圖或外在因素而促使自己的專業有所成長或正向的改變，此一過程即為教師的專業發展（Guskey, 2000）。

不同階段的教師，因自信、熱誠和認知

上的差異，往往聚焦在不同的發展重點（Kagan, 1992; Pigge & Marso, 1997）。職前教師由於尚未進入職場，所以關心知識和技能的充實；初任教師因開始有來自教學和同儕的壓力，會較重視教學的表現、班級的經營和管理；而有經驗的資深教師在教學表現愈來愈成熟後，就會將注意力集中在學生需要學些什麼重點、且該如何幫助學生學得更好。這些事實顯示教師專業發展的過程並不會僅止於職前教育時期，相對地投入實務工作後的改變就更明顯，同時也因為實踐，更清楚自己哪些方面不足而需要再加強。

儘管不同階段的教師成長和改變的重點不同，但不論對資深或資淺的教師而言，隨時轉換角色成為一位學習者，充實新的教育理念、了解新的課程內容和方法，進而改變自己的教學實務工作，卻是教師促進專業發展的重要前提之一（林樹聲, 2006）。而促進教師專業成長和改變的原因可從「主動」和「被動」兩方面來談：前者是指教師反思後覺得需要而自發性地採取提升自我專業知能的行動，例如參與研討會或工作坊，或參與同儕之間的討論、教學觀摩，甚至自我學習等（Schon, 1987）；後者則指教師因外在誘因或工作壓力的考量，諸如職級升遷、同儕比較、法律規定、課程改革等，不得不加入進修的行列（Duffee & Aikenhead, 1992; Wallace & Louden, 2000）。事實上，教師因為自我實現、追求卓越或因應需求等意圖的發生，進而主動地自我學習或尋求外來的協助，這樣的學習意義不但格外重要，且後續的影響也將更為深遠（林樹聲和李田英, 1997）。也就是說，當教師覺知到在其工作上必須改變時，才會表現出改變的企圖，也才會進一步地挑戰自己過去的想法和行為（Etchberger & Shaw, 1992）。

至於教師會有哪些專業的成長和改變呢？大致可反映在下列兩大層面上：

（一）教學信念：教師的信念包括認知和情意的成份，既表現著主觀的一面，也有價值的融滲（Nespor, 1987），而它大致可分為「對教學、對學生學習、對學科、對個人教學角色」等子信念（Calderhead, 1996）。由於教師的教學信念會大大地影響著教師的教學實務（Pajares, 1992），所以了解教師教學的信念就可以了解支持教師教學行動的原因與理由。而 Tobin, Tippins 和 Gallard（1994）更將信念定義為促進教師達成教學目標的一種知識形式，因此藉由探究這類知識的內容，就能進一步理解教師行為和改變背後所涉及的認知、意圖、及價值觀。

（二）學科教學知識（pedagogical content knowledge, 簡稱 PCK）：Shulamn（1986）認為教師教學時所表現出來的專業知識並非只是單純的學科內容知識或教學知識，而是融合二者之後，所發展出的一個新的知識結構，即稱為 PCK。而 PCK 的內容陸續經過一些學者的闡釋和衍生後，雖各有一些差異，但三個重要的核心成份則包括「學科內容知識、教學知識、學生知識」等（Van Driel, De Jong & Verloop, 2002）。Gess-Newsome 和 Lederman（1999）就說明學科內容知識是指教師對其任教學科的知識和結構的理解；教學知識則涵蓋教師對教學策略和表徵的運用；學生知識則是對學生持有的先備知識、迷思、學習困難有所理解。基本上，這些知識是在教師工作中主動建構的結果，是一動態的歷程，因而形成了 Cochran, DeRuiter 和 King（1993）指出的「學科教學知

識知曉」（pedagogical content knowing）。也就是說，教師具有的 PCK 成長既是持續地從教學準備中累積和獲得，同時也不斷地從實務經驗中修正和改變而來。所以 PCK 既是教師教學的基礎，也影響著教師的實務行動。

總之，專業改變和成長已成了當今教師符合時代期許和自我追求下必須面對的事實。雖然改變並非一蹴可幾，但漸進的過程也足以反映教師對自身教學專業的成長是在「覺知、省思和行動」三者的互動下才能達成。

二、社會性科學議題與教師專業的改變

所謂的「社會性科學議題」是指不同個人或團體因所持之價值和觀點不同，對某一問題的解決方法有著不同的看法，而這些看法彼此之間存在著衝突，難有共識，因而引發社會的爭議（Stradling, 1984）。當今生活中就有許多科技應用所引發的爭議事件，例如台灣情境下所發生的「核能電廠的興建與否、各地焚化爐與掩埋廠設置的抗爭、八色鳥保育與陸砂開採的爭議」等，甚至「基因改造食品的風險、複製技術對倫理和道德的衝擊」等屬全球性的爭議亦是。

上述這些社會性科學議題正是「科學、技學、社會」（Science/Technology/Society, 簡稱 STS）教育理念涵蓋下的一部分。議題的內容不但回歸至生活周遭、與眾人息息相關，其所涵蓋的問題解決層次，除了科學和技學外，更可擴大至倫理、道德、法律、政治、經濟……等社會面向，可說是跨領域的題材（Kumar & Chubin, 2000）。而在科學教學中討論這些議題，不但符合 STS 強調「提升學生了解科學、技學和社會三者的互動、增進學生對這類議題的知覺、培養學生做決定的能力」等重點，同時也豐富了原先的課程內容、增加師生討論及同儕互動的機會（林樹聲, 2004）。更重要地，如此也促進了嘗試教導這類議題的教師，體會自己在教學過程中扮演著多重角色的事實（林樹聲, 2005）。

再者，Wallace 和 Louden（2000）認為促進教師學習新興的教育理念或教導自己較不熟悉的內容，正是充實教師專業的方式之一。所以，納入自己不熟悉的社會性科學議題到科學教學中，對教師而言不但形成了專業上的挑戰，也直、間接地促進了其在專業上的改變和發展。

近幾年來，有關科學教師專業改變和成長的已出版文獻相當豐富，研究對象多集中在「職前教師」（例如施惠, 2000；陳文典, 1997; Bryan & Abell, 1999; Tuan, 1996; Van Driel et al., 2002）或「初任教師」（e.g., Appleton & Kindt, 2002; De Jong, & Van Driel, 2004; Gustafson, Gilbert & MacDonald, 2002; Tsai, 2001; Tuan & Kaou, 1997; Yang & Wu, 1997）。相較之下，針對任教至少十年之「資深」教師（例如林曉雯, 2005; 蓋允萍, 2004; Briscoe, 1996; Ritchie & Rigano, 2002）的部分，在數量上就明顯少了許多。其理由可歸因於職前或初任教師的專業養成和轉變不但較為明顯、可塑性大，且會影響其日後的專業發展（陳美玉, 2002）。然而，學無止盡，專業成長正呼應著終身學習的精神和態度，所以只要有自覺和企圖，資深教師一樣也有專業改變的可能。

此外，上述的研究多以單一學科（例如物理、化學、生物）、或以原有教科書中的內容和解題為主（例如力學、化學反應、遺傳定律），較未涉及跨領域或教科書以外的統整議題。Bransford, Brown 和 Cocking（2000）就指出專家教師常常因為已能精熟掌握教材內容，有時候在專業上反而停滯不前，因此也需要接受新的挑戰，以協助其對

教學進行進一步的反思。所以，資深教師也需要隨著教育改革之內容與環境的變化來成長、充實其專業知能，進而有所成長和改變。

肆、研究方法

一、研究伙伴和情境

研究伙伴為彰化縣南部一所鄉村地區、中型小學之專任教師--方老師，及其擔任自然科教學的三個班級。方老師畢業於某師專，之後經過不斷的進修，於兩年前取得科學教育碩士。方老師教學年資長達 20 年，從事自然科科任教師也已十年，每年都指導學生參加科學展覽比賽。此外，方老師與他人相處融洽，是校長和同儕言談間的「熱心型」教師，會主動參與研習、協助同儕解決問題，同時也常常自願擔任教學觀摩的演示者。而方老師平日的教學以講述為主，提問為輔，依教學單元的不同，也會讓學生採取分組的方式進行上課和實驗。本研究之所以會選擇方老師作為此研究的個案，除了他自願配合外，也因為方老師屬於有經驗的資深教師，符合研究目的，因而值得觀察。

此外，參與此次實驗的三個五年級班級，依教學先後順序為甲、乙、丙三班，班級人數依次為 30、34、37。根據研究者在現場觀察的結果，甲班學生的上課秩序較佳，所以教學流程進行地較流暢；乙、丙兩班的學生則較活潑，相對上方老師會花一些時間維持上課的秩序。基本上，三個班級升上五年級時，自然與生活科技領域即由方老師負責任教，因此學生與方老師的互動並不陌生。上課時，教師為了利於學生進行小組討論，所以將各班學生分成 5-6 小組，每組 5-7 人，而各班桌椅也排列成小組聚集的方式，接近黑板的一面未安排坐人，其餘每邊則各坐 2-3 人，讓學生有機會面對面進行討論。

二、訂定教學議題與上課時間

教學議題由研究者與方老師共同討論後擬定，由於方老師提及曾有學生拿著報紙上的新聞問他有關「基因改造食品」的問題，再加上他覺得此一問題值得介紹給學生認識，所以就以此主題進行單元的設計與教學。雖然研究者曾質疑此議題對學生而言有些難度，但方老師認為只要經過適當的內容轉化和講解，配合圖示的說明，且教學重點放在促進學生知覺和思考此一問題對生活的影響，並學習查閱相關資料和做討論，學生應該可以接受。所以，方老師最後設計出涵蓋五節課「基因改造食品」單元內容的教案。

教學時間安排在九十二學年下學期開學後第三週起，由於方老師表示不想給自己太大壓力，因此尊重方老師的決定，先進行甲班的教學，整個單元結束，再進行乙班。乙班教學結束時正值月考，休息一週後，再進行丙班。甲、乙兩班依原先教案的設計，各進行五節課的教學，每週兩節，最後一週則一節。而由於方老師之後針對課程內容和教法做了一些調整，例如增加討論的問題和時間、改變學生上台報告的策略等，所以丙班上課時間增加一節，變成六節課。

三、資料的收集和分析

研究者在各班正式教學進行前兩週，即進入各班做自然科上課的教室觀察，並架設攝影機，以使教師和學生能熟悉研究者在場的情況。總計下來，三個班級的教學共歷時十週，而資料收集則達四個多月。研究收集的資料包括：(1)方老師針對「基因改造食品」議題於教學前、中、後所畫下的「概念圖」；(2)教師設計的「教案」（附錄一）及教學時每週寫下的「教學省思」，共十次；(3)研究

者進入現場所做的全程錄影和錄音，以及針對教學情境、師生互動的狀況，寫下的「上課紀實」；(4)方老師從編寫教案、執行教學和教學結束後，分別接受研究者共十次的個別訪談。訪談的內容針對教學理念和教室觀察的疑問進行理解。涵蓋的問題包括對社會性科學議題教學的想法、將其納入課程的內容和教學方法、三個班級中所遇到的困難和解決的情形、學生上課的反應、自己覺知的教學改變，及其改變時的考量和原因等。此外，也針對研究者教室觀察或事後錄影帶回顧所發現的問題，加以澄清。

所有上課錄音和訪談資料皆謄寫為逐字稿，再配合教師「畫下的概念圖、教學省思、上課紀實」等資料，進行反覆的閱讀。閱讀過程中，研究者依據「教師的信念和想法、教學知識和行為表現、學生知識和困難、自我反省和覺知」等類別向度，將文本資料分段、切割並編碼，之後再將具有相同碼號的片段加以集合，且依資料收集的時間順序做出排列。同時，研究者也依據 Guba 和 Lincoln（1989）對質性資料處理的建議，針對不同來源之資料進行比對和確證（confirmability）。此外，也商請一位科學教育學者和另兩位具科學教育碩士的在職國小教師組成一討論小組，定時配合概念圖、上課錄影帶、教師教學省思、或訪談內容，與研究者共同檢視分析與資料呈現的段落和邏輯，力求詮釋上的適切與合理。而文稿初步完成後，則交予方老師進一步地檢閱，並依其意見修改不妥之處，最後訂稿。

而在本文中呈現的英文代碼說明如下：(1) T 指「教師」，S 指「學生」，SS 則指「眾多學生一起回應或說話」；(2) S1 指「座號為一號的學生」；(3) gr1-1 中 gr1 指「第一組」，緊接著的號碼 1 則指「一號學生」；(4) 1st、2nd、3rd、4th……分別代表「第一次、第二次、第三次、第四次……」依此類推；(5) 數字 930430 則指「民國 93 年 4 月 30 日」。

四、研究者的角色

作者在本研究中的主要角色是「研究者」，但訪談方老師的對話過程中，卻也不可避免地成了其教學問題解決的共同「討論者」、有關社會性科學議題資料的部分「提供者」，以及刺激其進行反省和思考的「促進者」。所以，整個資料收集的過程成了研究者與方老師彼此互動、共同建構事實和行為的結果（陳向明, 2002）。

伍、結　果

一、教學信念的改變及其改變的原因

方老師對「社會性科學議題之於科學教育」的認識主要來自正式教室觀察開始前的兩年，他曾參與一次有關「教師對社會性科學議題教學意見調查」的「焦點團體訪談」。在訪談中，他開始具體地形塑自己對社會性科學議題的看法。而在此之前，他於攻讀碩士學位修課和參加研討會時，曾習得有關 STS 的相關理念，因此對 STS 有一些了解，知曉社會性科學議題是 STS 議題的一部分，然而以往的自然科課程裡沒有這樣的內容，所以他過去並未真正實踐過以社會性科學議題為主的科學教學活動。

那次焦點團體訪談給我的收穫很多，本來對社會性科學議題沒有太多具體的想法，但在團體中，大家相互地表述自己的看法，就漸漸釐清了自己的想法。不同的人會站在不同的立場來看這樣的問題，所以就有不同的意見。……以前只有在修課和研討會中接觸 STS，該理念要我們知道科學、技學與社會三者的互動。……我沒教過，但我相信在課堂中跟學生討論這類議題，就等於在教學生了解科技應用引起的社會問題，值得重

視，也有必要。（教學前 1st 訪談）

雖然沒有經歷以社會性科學議題為主的教學單元，但方老師會考量學生的需要，因而認為有必要將這類議題融入小學的科學課程，他表示：

不能因為學生小就不教這類問題，價值判斷本來就應該從小訓練。更何況科技越來越進步，這類問題會越來越多，所以現在學校就應該負起責任來教學生面對。……這類問題沒有一定的結論，所以學生必須知道正反兩面均有其價值性。……我相信討論這類議題可以建立學生對爭議的基本知識，訓練學生培養獨立思考的判斷能力。（教學前 2nd 訪談）

儘管如此，方老師在教學前還是指出這類議題在進行時，可能會有的困難，例如學生沒有批判思考的經驗，不知如何展現批判思考，以致於影響教學的進行，或是無法達成培養這樣能力的教學目標。

以往教學都重視知識層面，學生真的很少有批判思考的經驗，所以等於必須帶領他們開始學，引導他們去批評別人的意見。……實際上，這裡面涉及到很多的能力訓練，我自己都覺得不簡單。所以他們若學不來，教學就可能變得不流暢，變得多數由我在講，這樣就沒有達到教學的目標。（教學前 2nd 訪談）

所以，方老師認為學習社會性科學議題時，學生必須先對議題有一些基本認知，才能進一步了解爭議的所在，因此必須先以講解和提問的方式帶領學生去學，等建立基本概念後，再使用資料收集、小組討論、辯論的策略，加深學生從不同立場去思考問題。

教導這類議題時，我會先用講的，外加問問題，先讓學生對這個議題有概念，等有一些概念後，我就會偏向使用某些教學策略，引導學生注意爭議的地方，像收集正反兩面的資料、小組討論不同的意見、再作決定。……正因為有爭議，沒有一定結論，所以需要學生從各個角度或立場去思考問題，甚至可以做論辯，釐清想法。（教學前 1st 訪談）

此外，方老師認為此議題對五年級的學生來說會比較難一些，但生活中學生對「基因改造食品」此一名詞應該不陌生。他相信只要做適當的轉化，加上適時的引導，再配合教學策略的使用，學生還是可以討論基因改造食品引起的爭議，而這正考驗著他這位教師在教學上的能力。

我想這就是考驗我的能力了，怎麼轉化和呈現？怎麼引導思考？如何讓學生對基因、基因改造食品有初淺的概念很重要。再讓他們去查資料，唯有讓他們去查，唸一些內容，才會懂你接下來在講什麼，要他們討論什麼，然後我才能順利再引導他們去發表、去提問。總之，我自己就是讓教學流暢的關鍵。（教學前 2nd 訪談）

在經過三個班級的教學後，方老師對社會性科學議題和基因改造食品議題教學的信念和想法，並沒有太大的改變。較明顯的改變是，他原先以為學生沒有批判思考的經驗，因而會影響上課的進行，但事實不然。教學過程中，學生不但出現熱烈的爭辯，且時而會對他人的想法有所批判。而這些教學場景的發生，方老師並沒有介入，因此這樣的經驗讓他改變了自己原先的想法。

最早以為學生表現不出批判的部分，沒想到各班都有激辯出現，而且欲罷不能。論據雖然不算成熟，但已經有個樣子，超乎我的期望。看到這種情形，感覺很好。（教學省思 930430）

所以，基本上，方老師在教學後仍然強調社會性科學議題的學習對培養學生批判思考能力的重要，而且也因為自己愈來愈能掌握教學，因此表現得更有自信，也更加肯定此類議題的教學對學生思考訓練的意義，同時也再次強調教導社會性科學議題的重要和必要性。

沒想到自己愈教愈順，愈知道如何收放，這讓我有信心再教這類議題。（教學省思 930430）

我從開始就相信這類議題的教學就是要訓練學生在面對兩難局面的問題時，能獨立思考、做判斷、做批判。雖然只有一個議題，但我想對學生思考上的影響是潛在的。當今教育很少這樣培育學生，所以教這種主題，有它基本的意義在，也有必要，應該讓學生養成討論這種議題的習慣。（教學後 2nd 訪談）

此外，方老師在整個實驗結束後也提到「教師」本身是實踐社會性科學議題教學的關鍵。當九年一貫課程綱要涵蓋的能力指標，可以藉由社會性科學議題之教學達成時，教師勢必就必須去面對。然而，若教師仍侷限於講述的傳統教法，未提供學生思考爭議的機會，培育學生批判思考能力的結果一樣會落空，所以教師本身教導這類議題的想法和能力都很重要。而此一想法也呼應其在教學前所表達教師教學能力重要的信念。

九年一貫的課程綱要把這些批判思考、查資料的能力都放進能力指標了，學生理應會有多一點這樣的訓練機會才對。但說實在的，關鍵還是在老師、在教材的設計。畢竟很多老師還是照本宣科，所以只要教科書裡有，教師就會教，但教師要有能力跳脫講述的方式，用其他教學策略去引導，針對爭議給學生思考的機會，否則就跟以前一樣了。（教學後 1st 訪談）

總之，方老師在教學前對社會性科學議題的想法即已形成，而在這期間其教學信念的改變，或是初始想法更加鞏固的原因，既有來自「學生表現的衝擊」，也有來自整個教學過程的「親身的經歷和體會」，而這些都形成了他「教學實務經驗累積」的一部分，也成了他未來從事此類議題教學的寶貴經驗。

二、內容知識的改變及其改變的原因

教學設計前，方老師對「基因改造食品」的印象是模糊的，大部分的想法是過去在職進修時學習過的內容。所以此時畫出的概念圖（圖 1），只涵蓋少許的概念。當時他只能確認基因改造食品是現代科技的產物，且有其優點和缺點，對生態和人類都會造成衝擊。

大學時，修了遺傳學，建立了一些觀念。……還有幾年前去唸碩士班時，有修一門生物學特論，當時就接觸一些基因改造作物的問題。（教學前 1st 訪談）

而經過教案設計和甲班的教學後，方老

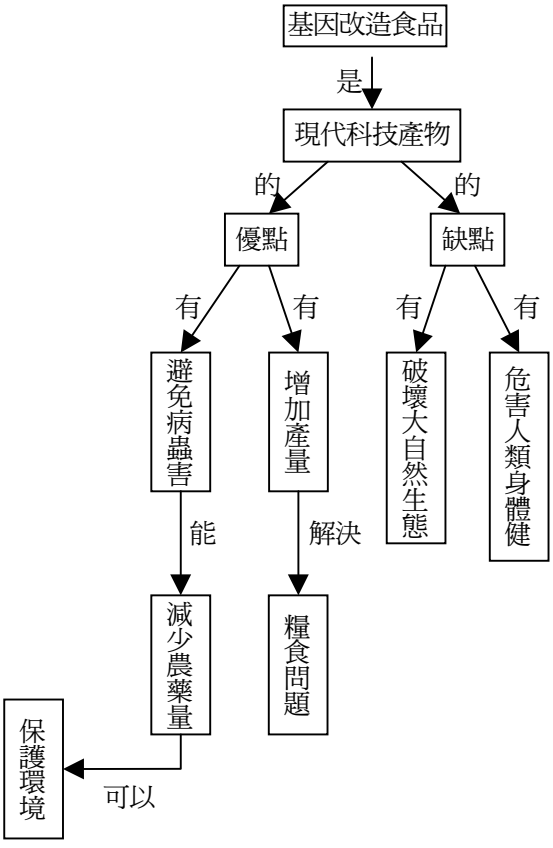

圖 1：方老師教學前所繪之概念圖

師第二張概念圖的內容變得較為複雜（圖2），此圖正反映著他在有了教學經驗後，其對議題內容的組織情形。而與第一張概念圖比較起來，第二張概念圖中不但增加了基因改造食品和作物的例子、種植的國家，先前提及的優、缺點也改成「可能的影響」，而且更具體地表達出影響的層面可能會藉著過敏、生病而導致人體健康上的問題，甚至經由食物鏈的影響，造成生物的絕種。上述的改變主要來自方老師為了教學而主動去翻閱書籍，查詢網路上的資訊，以及閱覽報紙上的新聞。而有了甲班的教學後，他在乙班級教學時，就帶著印有「非基因改造食品」的豆奶商品，作為讓各組學生進行探究活動的一項教具。

沒想到自己還會再碰以前的書，為了教學就必須重新拿起來複習。我也上網查資料，讓己更懂得基因改造食品是怎麼回事，都要上課了，不能不清楚啊！（教學省思 930227）

會注意報紙上有關基因改造食品的訊息，增加自己的常識。前一陣子，是消基會吧，要求廠商要把基因改造作物做出來的食品標示清楚。所以，到超市買東西時，我就看到有些廠商賣的豆漿就標示出「非基因改造作物」。這也成了我拿來作為教具的實物。（教學中 3rd 訪談）

T：我這邊剛好有東西，包裝上有「非基因改造、non-GM」的字，各組來拿，拿下去，仔細找一下。(學生上台拿教師準備的豆奶鋁鉑包）

T：來，找到沒有？

SS：有

S：老師，這裡有寫「non-GM」。

T：嗯，對，你有看出來，綠色那裡有寫non-GM。其他組有沒有找到呢？（乙班上課紀實 930319）

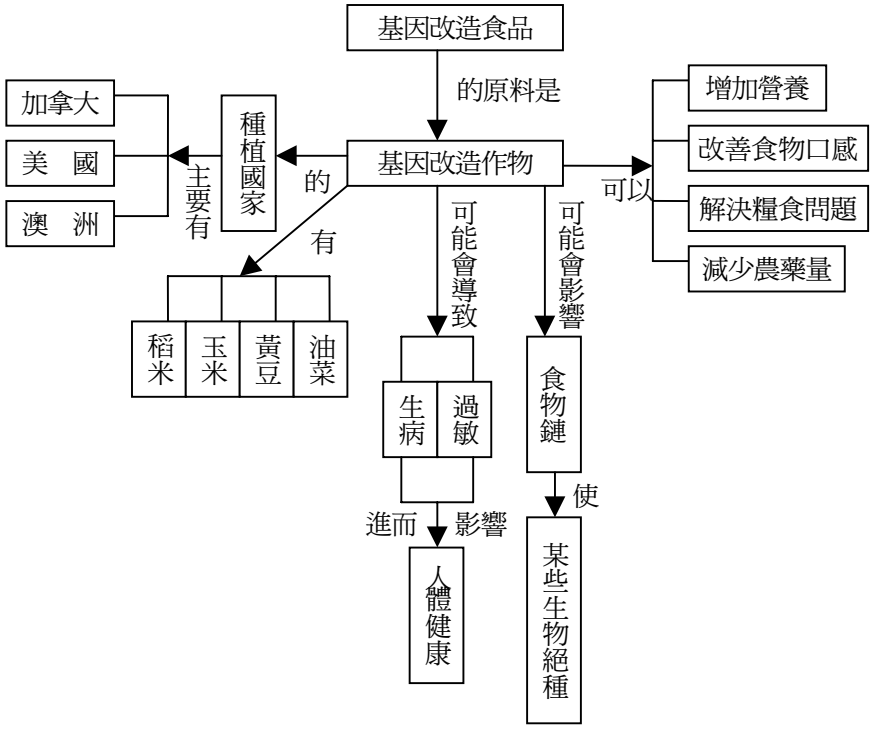

圖 2：方老師教學中所繪之概念圖

至於在完成丙班教學後所畫的第三張概念圖中，方老師呈現出比前兩張概念圖更具層次性、也涵蓋更多概念的架構（圖3），其教學內容中所涉及的重要概念，例如細胞、細胞核、基因、遺傳等，都繪進了概念圖。同時，此張概念圖上的概念架構與概念群組，由左到右也反映了個案教師上課的內容組織與順序。

對於知識結構的改變，方老師指出他原先僅以「自己過去的修課、對學生認知能力的了解、累積的教學經驗」等，作為他選擇教材的依據，但他發現並不足夠。在教導三個班級的過程中，隨著教學經驗的增長、學生上課的回饋，或是自我察覺不足，因而促使他進一步地去查資料、回顧過去的教案、做更多的反思和考量。所以，許多原本沒有想到或不清楚的內容，就會陸續浮現和釐清，也因此概念圖的內容也就變得更精緻、更具組織和結構性。

以過去修課的經驗、對教學對象的了解，還有自己的教學經驗來安排要教的內容，不過這只限於剛開始的教案設計。……剛開始時，資料讀得不夠多，所以畫出來的概念圖比較簡單。第二張，包含進來的優缺點就增加了，因為小朋友的答案也補充了我之前沒有想到的地方，比如說優點就加上改善口感、增加營養素，

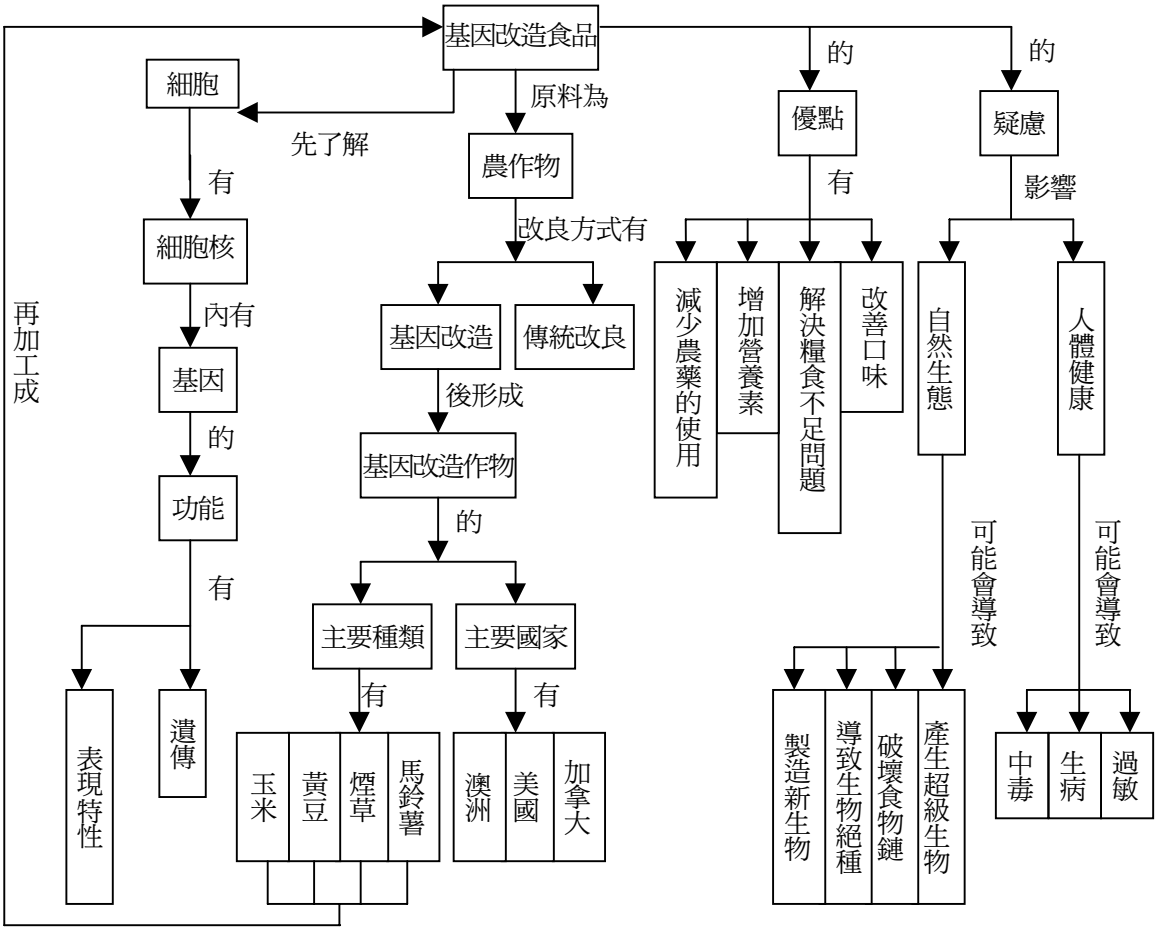

圖3：方老師教學後所繪之概念圖

缺點則寫得更具體，可能讓人體過敏或生病，破壞食物鏈。……在教學當中，都會有當初沒想到的概念再加進來。……反正一邊教，就一邊回去修正，再去查一些資料，然後就會了解得更多，教到的概念也更清晰，所以最後一張就增加了基因的部分，有細胞、細胞核，基因、基因的功能，這些理應之前就要畫進去，但那時覺得不是重點。現在想想，這些都是重要概念，學生是立基在此，認識後面的內容。……其他還有農作物的改良，有基因改造跟傳統改良兩種。（教學後 1st 訪談）

方老師對基因改造食品的知識在教學後，明顯地增加了許多，而且隨著教學的進行，來自學生的回饋，及其不斷地反思和修正下，其知識結構和內容不但變得更完整，也更具組織和架構。這樣改變的一個關鍵即在於教師在接受此次教學後，會主動求知的結果。換句話說，方老師若沒有主動的意願和態度，這些知識層面的改變和成長是不可能發生的。

三、教學知識的改變及其改變的原因

(一)教學內容的增加和解說上的精緻化

方老師在教學前一週，已擬妥基因改造食品的教學計畫（教案，見附錄一），及上課準備使用的簡報（POWERPOINT，簡稱 PPT）。在甲班教學後，二者都做了部分的修改。

就教學流程來說，方老師大致尋著「農作物如何改良→講解基因→講解基因改造→學生課後資料查詢→討論基因改造食品問世的優點和缺點→討論各個團體的立場→小組提出可行的兼顧方案→討論還有哪些社會性科學議題」的順序進行，但乙班開始在教學內容上卻做了一些補充。

例如，在分別解說完傳統作物改良和基因改造的方法後，隨即加入了一張 PPT，指出「傳統作物改良和基因改造在方法上之差異」，試圖強調出二者的不同，以加深學生對基因改造技術的印象。

若進一步分析方老師在三個班級中，針對農作物改良方式的解說內容和策略，可發現愈到後來的班級，他不但在這個部分解釋得更詳細，同時也配合黑板的板書、自己的雙手和不同顏色的粉筆，做出相對應的演示。（表 1）在甲班中，方老師先提及傳統的方式為育種，接著舉例「像黃豆變大、變甜」，中間並沒有具體形容育種是如何進行的，之後就直接提及新方法是利用基因去改造。而乙班中，教師先指出傳統與現代兩種方式，接著以黃豆植株相互授粉的例子，說明傳統雜交育種，並使用左、右手當植株的花粉，互做碰撞，示意授粉。之後他詢問學生了解與否，再繼續引出新的技術「基因改造」一詞，並強調「從基因上來做改造」。至於丙班，方老師一樣先指出作物改良可分兩種方式，同時在黑板上寫下「傳統改良、基因改造」八個字，具有提示學生的作用；再以不同顏色的粉筆分別代表不同特性的黃豆植株，具體說明雜交的技術；接著提及水果的育種也採用同樣的方法，並詢問學生有沒有疑問，再接著指出新技術直接利用到「基因」做改造，並強調「不是花粉授粉」。

再例如，PPT 中也加入了一張「以不同音樂錄音帶之間的剪輯和穿插，說明基因改造如何進行」的圖示。方老師想以這樣的「類比」，具體化基因工程執行的方法與過程，以促進學生對製造基因改技術的了解。

國小學生學抽象的內容較困難，通常我會準備具體且可類比的東西來教，學生比較能懂。翻到這個圖時，非常高興，因為錄音帶對學生來講，是很普通的東西，用它的剪輯來談基因轉殖的技術，他們絕對聽得懂這樣的舉例。（教學中 3rd 訪談）

表 1：教師在三個班級中解說傳統農作物改良的內容

班級	教師上課解說的內容
甲	農作物的改良方式很多。先說**傳統的**，農夫用兩個品種來**育種**，讓果實變得跟原來性質不大一樣，像**黃豆**變得比較大，比較甜啊。用育種方式去改良，這是傳統的方式。那如果是**新的**，不是這樣。到底是怎樣呢？就是利用**基因去改造**(接 PPT 上基因的解說)。 **說明：教師直接提及傳統育種(未指出如何育種)→以黃豆的舉例→提及基因改造**
乙	農作物改良至少有**兩種方式**，一種是傳統的改良方式，一種是現代的基因改造方式。好，先講傳統的方式，**傳統是利用育種**，就是利用**雜交**的方式達成。比方說，農夫把長出比較甜的**黃豆**植株和長出比較大顆黃豆的植株選出來(以左、右手各代表其一)，再拿他們的花粉**相互授粉**(**雙手做碰撞**的動作)，然後就會產生新的黃豆。新黃豆有可能變得更甜、更大顆，也有可能是變得更差，不一定啦。之後就把好的選起來，再繼續拿去種，這就是傳統育種的方式。**懂不懂？(暫停六秒鐘)**另一種新方式就是基因改造，它是科學家發明的一種新技術，它跟傳統的就是不一樣。新的改良技術就叫做基因改造，改造出來的植物啊，就叫做基因改造作物，它被人類**直接從基因上做改造**喔(接 PPT 上基因的解說)。 **說明：教師指出傳統與現代兩種方式→傳統育種，利用雜交達成(以雙手做示範)→舉黃豆為例，用不同株的花粉交互授粉→詢問了解與否→基因改造的方式，直接從基因上做改造**
丙	農作物改良有**兩種方式**，一種是傳統的改良，另一種是新的作法，從基因做改造(**黑板上同時寫下**傳統改良、基因改造)。先來談**傳統的改良，像你們剛剛講的**，就是從農作物的花著手，讓不同株的花**相互授粉**。這是傳統的作法，就是平常聽到的育種、雜交。用黃豆來說，我左手拿長出甜黃豆的植株的花(白色粉筆)，右手拿會長出大顆黃豆的植株的花(黃色粉筆)，讓它們授粉(兩支**粉筆做碰撞**的動作)，就是雜交，然後產生下一代，果實有可能變大、變甜，有可能沒變。反正選變大且變甜的繼續去種，這就是傳統方式。像**水果的育種**也一樣，我們都希望吃到又大又甜的果實，或是種到比較不容易生病的果樹，農夫就是利用剛剛提到的雜交方式去實現。好，**有沒有問題呢？(暫停十秒鐘)**好，接著講**基因改造**。第二個改良方式就是**直接動用到基因**，是科學家發明的新技術。注意喔，**不是利用花粉授粉**。這樣的技術做出的農作物就叫基因改造作物(接 PPT 上基因的解說)。 **說明：教師指出傳統與現代兩種方式(寫黑板)→連結至學生先前提及的內容，傳統育種，利用不同植株相互授粉達成→以黃豆為例 (取不同顏色粉筆做示範)→提及水果的育種→詢問是否有疑問→基因改造的方式，直接動用到基因，非花粉授粉。**

其次，方老師在乙班加入了新問題的討論，他要學生在查閱資料前，先思考「若番茄藉著基因改造由『圓型』變『方型』後，會有哪些優、缺點出現」？他希望學生在課後查資料時，能由此一例子做延伸，對基因改造食品可能出現的特質有所覺知與認識。

從實際例子去想，比較容易。像我舉方形番茄的例子，雖然真實生活還沒出現，但可引發他們往更廣的方面去想，提供一個空間，想像基因改造可能會有的結果，延伸出來就變成腦力激盪的機會，等於奠定後面討論問題的基礎。如果沒有舉例，他們比較不會想那麼多。(教學中 3rd 訪談)

此外，方老師在丙班進行「還有哪些社會性科學議題」子活動前，再多加了一個子活動，他要各組學生一起做決定，看看各組「是否接受基因改造食品上市，並提出理由」。

訓練學生做決定是必要的，才符合 STS 強調的目標。……訓練學生藉著考量不同的論點，再做決定，並說出自己的理由。若未來還有機會再教的話，這個部分絕不能錯過，大可延長上課的時間。(教學省思 930423)

而除了單元內容的增加外，方老師在乙班開始所用的 PPT 中，穿插了更多的卡通動畫。如此一來，不但活潑化了上課的視覺內

容，而且也因此抓住更多學生的注意力。

PPT 不是課本，有些新奇，學生當下才看到內容，一些圖片展現出來會讓學生覺得有趣、驚訝，而且可做變化，例如漂亮的色彩或動畫。這幾次上課，播放 PPT 時，就沒有學生一直講話，他們的眼睛都盯著布幕看，很專注。（教學中 4th 訪談）

總之，隨著教學內容的調整與經驗的增加，方老師建構此一單元的內容更趨於完備，而學生上課時的反應也變得較活潑，與教師的互動也變得較頻繁。

(二)教學策略和討論時間的調整

方老師一如平常教學，主要採用講述和提問策略穿插地進行。然而不同的是，方老師在整個單元裡，大量使用小組討論的策略，所以每班都有多達七至十次小組討論的機會。同時，方老師給予小組討論的時間，也隨著教學的進行而逐漸增加，平均起來，每個題目討論的時間由甲班的兩分半鐘延長至丙班的四至五分鐘之間（表 2）。

這樣的主題涵蓋許多沒有固定答案的問題，值得小組做討論，增加學生彼此間的互動。我想平常的自然科單元，較少有機會做討論，正好藉此訓練學生。……學生思考是需要時間的，時間不夠的話，他可能原本能想出五點，現在只想到三點，就比較可惜，沒有達到討論的目的，而且我們對學生知道或消化的內容，就變得了解得比較少。（教學後 1st 訪談）

而方老師在小組討論完後，會讓各組將結果簡要地寫在小白板上，再向全班做報告。甲班時，方老師請各組派員上台發表，乙班時則改由教師到各組拿著白板唸出學生寫下的內容，並就不清楚的地方詢問該組，要求該組學生做解釋；丙班時，部分的口頭報告由學生自己上台說明，部分則採取由教師唸出學生答案，再提問質疑、或直接由學生個別發表的方式進行。

小組討論後讓學生上台報告應該是最好的，但非常耗時，秩序也不見得好，甲班就是這樣，所以乙班就換個方式。不過我好像介入太多了，

表 2：三個班級中，小組討論的問題、時間及所有小組討論時間佔上課時間的百分比

題目 \ 班級	甲	乙	丙
1. 如何把黃豆變好吃？	90	176	225
2.哪些作物可能是基因改造食品？	62	96	177
3.方型番茄各有什麼優、缺點？	—	283	316
4. 基因改造食品解決了人類哪些問題？	190	315	289
5. 基因改造食品為世界製造了什麼可能的問題？	182	307	292
6. 世界上有哪些國家種植基因改造食品？	177	278	270
7.各個團體的立場。	—	253	345
8.各組提出一個兼顧基因改造食品優、缺點的可行方案。	195	270	339
9.各組是否接受基因改造食品的上市？（做決定）	—	—	366
10. 還有哪些社會性科學議題？	173	249	334
小組討論的總時間(秒)	1069	2227	2953
小組討論每個問題的平均時間(秒)	153	247	295
每班上課的總時間(秒)	10506	10535	12638
小組討論時間佔上課時間之百分比(%)	10.2	21.1	23.4

因此丙班就再改，題目的答案簡單的，就變成個別發表，不用討論，但學生對個別發表的意見，可提出補充或質疑。題目答案較多元的，小組討論後就讓他們自己上台報告，訓練表達能力。我用這樣來節省時間，增加教學的流暢性。（教學後 1st 訪談）

此外，甲班在討論各個團體（包括「農夫、生態保育學者、非洲飢民、消費者、生物技術公司的老闆、農委會官員」）對基因改造食品問世的立場時，教師採取的是全班針對每一個角色，一個一個做討論，學生發表個人的意見；但乙、丙兩班時，教師就充分運用角色扮演的策略，每一組學生扮演一個角色，針對是否贊成基因改造食品問世先做討論，再設身處地為該角色發言。而在各個角色都報告結束後，各組可以針對不同角色的發言內容，提出質疑和答辯。結果乙、丙兩班在此階段反應熱烈，連方老師本身都覺得驚訝。

例如丙班中，第三組學生扮演非洲飢民，他們贊成基因改造食品的問世，理由之一即是可創造一種殺死體內寄生蟲、又能填飽肚子的基因改造食品。針對此點，第一組學生就提出了質疑，而第三組學生則做出答辯。

Sgr3-1（指著小白板上寫的內容）：要。理由一、可以保存比較久；二、生產多，不會讓我們餓死；三、可以殺肚子裡的寄生蟲；四、讓我們會種植，就不會餓肚子了。

Sgr1-1（對第三組提問）：殺死寄生蟲，但也可能危害肚子裡的器官和細胞啊。

Sgr3-1：不要讓基因改造食品殺掉好細胞就好了。

Sgr3-7：對，不要殺死好細胞。

Sgr1-2：哪有那麼簡單啊？控制不好就會危害到人哩。

Sgr3-7：所以才要控制，設計改變它，不讓它殺害人的細胞。

Sgr3-2：對啊，只針對蟲就好了，不要針對人的細胞啊。

Sgr1-4：怎麼控制啊？

Sgr1-3：對啊！怎麼控制？

Sgr3-3：做研究啊，還沒有送到非洲吃的時候，先做研發，再做實驗，不行時，再重新製作，一直要控制到安全了才能用。（丙班上課紀實 930423）

所以教學後的訪談中，方老師就急切地跟研究者分享他上課的感受，而且他也更加肯定自己在教學策略上所做的改變。

乙班的角色扮演我也在試，沒想到學生之間都出現精彩的對話。乙班試了有成果，我就知道改變策略的方向是對的，丙班就繼續。很高興學生會去思考自己聽到的資訊是對還是錯，有沒有怪怪的，有沒有問題，所以給他們機會，就會發覺他們有進步。（教學中 5th 訪談）

綜合來說，方老師在教學上的改變較明顯，尤其在甲班教學之後，他採用了更多的策略促進學生的學習。例如他加入了新的簡報內容，以使學生更清楚基因改造與傳統技術的不同；配合教具或手勢，精緻化自己的解說，以促進學生對基因改造的理解；使用類比的圖示，以幫助學生了解基因改造技術的實況；增加小組討論的次數和時間，讓學生有更多思考和互動的機會；採用角色扮演的策略，促進學生傾聽和批判他人的想法。顯然地，從學生的反應和教學後的自我反思，都讓方老師更明瞭自己行動的適切性。不管是教學內容的增加，教學策略的調整，全都說明著實務經驗和省思的過程，不但促進教師更清楚地面對教學計畫中的每一環節，努力達成自己先前設定的教學目標，同時他也藉此體察與思維理想和實際的差距，進而能

更準確地採取行動，創造更有效的教學。

四、覺知學生的困難與自身的改變

方老師在選擇基因改造食品作為教學主題時，也曾考慮到學生在此一議題上的學習困難，他表示：

「基因」概念屬抽象、艱深，如何傳達給學生，而且要他們針對基因改造食品的影響做討論，恐怕會有困難。我必須儘量找尋適合學生的資料做教學設計。（教學前 2nd 訪談）

現在解說（基因）也未必真懂，所以只能盡力去談，講淺一些，很多概念都是一點一點慢慢懂的。先有初步的概念，不用講太深，然後再來談基因改造食品的影響，進行討論，討論是教學重點。（教學前 1st 訪談）

基本上，方老師知道對多數認知發展仍處於具體運思期的小學生而言，談論基因是件難事，所以除了藉由圖片、舉例等方式去幫助學生建構外，他也清楚地將教學重點放在基因改造食品影響的討論上。而在甲班教學後，他從學生回答提問的結果，更加確認此點，而且也肯定自己安排與強調的上課內容是正確的。

學生對基因的了解，果然有限。講解後，叫了幾位同學說說看，學生雖表達了一些粗淺的解釋，但仍不精準。不過有基本認知就好，應該把焦點放在產品對世界的影響上，多多訓練學生討論和思考。（教學省思 930227）

在三個班級教學結束後，雖然沒有進行正式的形成性評量，若以教學中的觀察為憑據，方老師認為學生的表現值得鼓勵，但仍有加強的空間。而一些在此單元中習得的經驗，都能作為未來再學習的基礎。

學生的確對基因、基因改造的認知有限，畢竟是第一次在上課中接觸，不可能馬上就全部了解。但從上課的學生表現也證明了查資料、討論、發表、爭辯還是可以進行的，學生的表現不錯，多訓練幾次就能上軌道。（教學後 1st 訪談）

此外，方老師曾親自篩選幾個內容符合學生程度的網站，讓學生回家上網查資料。原本以為這樣可以減少學生隨意找資料的困擾，結果甲、乙兩班學生在報告基因改造食品的優、缺點時，他發現有些學生並未消化資料，或者解讀資料時出現了困難，以致於報告當下，不但未經轉化地直接讀出列印的資料，而且無法回答方老師要學生澄清的問題。

雖然不是完全能了解，但若花心思去看網站的內容，就會有一些認知。所以報告時，我問問題，若講得含糊，不清楚，就代表不是很懂；如果講得具體，清楚，那代表懂得比較多。沒想到甲乙兩個班，很多照稿唸，表示學生沒消化資料，不然就是解讀能力還要加強，這是我未來必須注意的。（教學中 4th 訪談）

所以丙班中，方老師進行討論基因改造食品的優、缺點時，會先詢問學生閱讀資料時是否遇到困難，並且針對學生提及不了解的地方做說明，同時各組報告前，他也叮嚀學生要用自己的話做表達，因此丙班學生唸稿的情形減少了，而且多數組別也能在上台報告後，澄清教師或同儕的提問。

至於方老師對自己教學中所做的改變也有所覺知，這樣的覺知並非完全發生在他教學的當下，而是事後寫教學省思或接受研究者訪談的過程，他就表示：

人是需要時間去沈澱、去反思的。若非這次研究，平常實在很少這樣做。教學時，有時候忙於管理秩序，有時候思考下個進度、聽學生講什麼，忙這忙那的，對自己上課表現，根本無瑕注意。只有在寫教學省思或接受訪談時，做了事後的回想，想著自己在課堂中是怎麼樣的表現，然後就會想到怎麼做修正、做改進。（教學後 1st 訪談）

「有沒有想要在教學策略上做改變？」今天

我對這個訪談問題特別有感觸，因為上次教學後，我就想要變，只是沒有仔細去想。……一個個討論不同角色的立場似乎沒有角色扮演來得活潑，下一個班來試試。（教學省思 930313）

方老師不但從這次的經驗中，對學生學習此一議題的困難有新的認知，而且也透過教學省思的過程，對自己在此期間的教學改變有所覺知，也因此他認為參與此次教學的收穫之一就是再次體認到教學相長的事實，不論是在學科內容知識、教學知識或學生知識的層面上，他都有所成長。

自己親自教，而且是教了三次，愈來愈熟練，所以對基因改造食品的了解就比之前深刻。以前學的，忘了不少，現在等於又複習了一次，而且配合教學，體驗到如何教給學生會較好、學生有何困難，也算邊教邊學。（教學後 2nd 訪談）

陸、討論

一、教學信念與行動之間的影響

對方老師而言，基因改造食品這個議題在教學之初雖是陌生的，但由於有過去豐富的教學經驗為基礎，自己也願意嘗試此一新議題，更重要地，他持有教導此類議題能幫助學生建構知識，訓練批判思考的信念，且知曉自己正是引導學生、促進學生討論的關鍵，所以他在教學前就不急不徐地理出思緒，抓住教學的目標和原則，而且不斷地複習過去所學、查閱相關資料、設計出教案，並親自製作上課要用的 PPT。由於準備得當，讓他後續的教學實踐能順利進行。這些表現正符合專家教師在面對自己不熟悉的內容時，會善用先備知識和經驗，讓自己很快地掌握教學的架構、流程和策略的特質（Clement, Borko, & Krajcik, 1994）；同時也呼應處於專業成熟期的教師不但視「改變為成長過程的一部分」，且「會多加考量學生需要」的事實（Fessler, 1995）。

而在教學過程中，方老師除了增加一些內容外，其解說也朝向愈來愈精緻的方向表現，他同時也充分利用提問的引導，促進各組學生做思考、寫下更多的答案，進而建構出有關基因改造的知識；再者，他也讓學生之間，針對報告的內容相互提出質疑和答辯，以達成批判思考的訓練。上述這些行動都反映著教師的教學信念會直、間接地影響其教學行動（Pajares, 1992），這樣的影響不僅僅發生在教學內容的選擇上，也包括教學策略的採用。

此外，Kagan（1992）認為隨著教學經驗的增加，教師的教學信念會跟著做出修正，或者變得更加穩固。透過方老師自我的反思和覺知，他在教學策略上採用了更多的圖示和舉例，也安排了角色扮演、做決定等活動。所以，乙、丙兩班學生上課中，出現了精彩的答辯；小組討論也在教師延長討論時間後，進行地更為順利。也因此，方老師對自己教此類議題不但更具信心，也更加肯定此類議題對學生的影響，甚至覺得應該培育學生養成討論這類議題的習慣。也就是說，透過實踐和反思，方老師更加澄清自己對教導社會性科學議題想法，也因而進一步地調整自己的策略，穩定自己對此類議題的教學信念和想法。

二、學科教學知識的建構

除了教學信念更加鞏固之外，此次的教學實務經驗也讓方老師慢慢地建立起對基因改造食品議題的內容知識、教學知識和學生知識。Bryan 和 Abell（1999）就主張教師專業知識的建構會隨著教學經驗的增加而逐漸地累積與發展，同時教師也會

在教學經驗中加深對這些知識的理解。在此研究中，方老師不但主動從複習和查閱資料中，重新建立對基因改造食品議題的認知，而且也從教學過程中的學生反應與自我省思裡，一再地調整教學內容和策略，進而形塑了對此一議題的教學。

例如方老師在經過甲班的教學後，他除了藉由查資料和自我閱讀，增加自己對基因改造食品的認知外，他也開始利用包裝印有「非基因改造食品」的豆奶商品，作為探究活動的教具，並增加簡報內容，更清楚地解說基因改造與傳統改造方法的不同。同時，他也利用類比和圖示，說明基因改造的剪輯技術；加入「番茄由圓型變方型」的例子，讓學生具體感受和討論基因改造食品的影響。此外，在丙班中，他也增加「做決定」的活動、調整角色扮演的策略，並延長討論時間，試圖讓學生更能掌握基因改造食品的優、缺點，也增加學生上課的參與。再者，在了解學生解讀資料上的困難後，他採取了主動詢問並加以解說的方式，協助學生了解網路資料的內容……等。

由此可見，方老師是在教學情境中，逐漸將學科內容知識、教學知識和學生知識融合成教此議題的 PCK。換言之，PCK 是在教學中，經過教師整合和發展的知識，也是教師表現而出的具體行為和結果（Van Driel et al., 2002）。此一過程是無法脫離「教師本身、學生、教室環境、教材、教法、教學資源」等組成的情境去建構的，符合 PCK 的形成是情境相依的（context-dependent）說法（Loughran, Mulhall & Brrry, 2004）。這表示實務經驗對資深教師建構或修正其專業知能也一樣重要，尤其是面對一個新議題的教學。也唯有透過實務經驗不斷地考驗和練習，教師才能將各類知識做有效地整合，形成更具價值、也更切合實際教學運作的 PCK。

三、教學改變的特性

Shulman（1986）指出教師教學改變是「教師專業、學生學習、教室環境」等因素互動後的結果，而且一次並非只改變一個面向。針對方老師在此次教學的改變，就至少包括了對基因改造食品議題的學科內容知識、教學知識及學生知識等面向。而分析也顯示，方老師的改變不但發生在教導一個班級後，同時也隨著班級的不同、教師再接受新的訊息，以及針對教學所做的省思後，自我再建構後的結果。也就是說，教師必須不斷地透過與學生、環境的互動，甚至與自己內心的對話，逐步地察覺、省思和了解自己在教學中所做的任何決定和調整，之後才在想法或行為上反映出自己的教學改變。基本上，對那些已充分掌握教學實務工作的資深教師來說也一樣是如此。

而誠如 Lederman, Gess-Newsome 和 Latz（1994）等人提及的，職前教師的知識結構在剛開始教學時，往往呈現出較片段與模糊的狀況，直到經驗逐漸累積，才會變得完整，且會與相關的 PCK 融合在一起。而從觀察和概念圖中發現，師在一個班級教學完畢後，於下一個班方老級的教學中就會出現一些改變和調整，也因而形成了更完備的 PCK，此點和職前教師的研究發現是一致的。

另一方面，從方老師這樣的案例也發現，雖然教師過去曾經建構了對某些議題的學科內容知識或教學知識，但若非經過一再地教學，這些知識的建構就不夠穩固，因而會隨著時間的流逝而遺忘。所以，即使是像方老師一樣資深的教師，在面對新的教學內容時，也必須透過不斷地練習，才能精熟議題的內容，並精緻化自己的教學，此點呼應了「經驗是專精表現的必要條件之一」的主

張（Rich & Almozlino, 1999）。此外，也由於方老師這樣資深的教師擁有二十年豐富的教學經驗，累積了相當厚實的 PCK，所以即使他在準備和教導新議題中遇到問題或困難，他也能從過去經歷中所建立的「PCK 資料庫」裡，很快地提取出解決或因應的對策（Barnett & Hodson, 2001），因而能在下一個班級中做出修正或調整。

四、改變的因素

綜觀此次促成方老師改變的重要因素，包括「教學的實踐、學生的反應、教師本身的覺知和反省，以及研究者針對教師所做的訪談」等，這些因素皆未脫離過去的研究發現（Peers, Diezmann, & Watters, 2003）。其中，「自覺和反思」依然是促成改變的重要核心，因為教學的實踐、學生的反應，以及教師個別的訪談等，都可促進教師的覺知和反省。Schon（1983）就指出教師對自己專業改變和發展的發生往往不自覺，甚至難以言明自己為何那樣行動。這表示有些知識或覺知因自動化而內隱了，所以必須藉由反省讓教師自己更了解自己的行動及為何行動。因此資深教師一樣需要反省，唯有透過教師自我的覺知、反省和再實踐，教師的專業成長和改變才可能發生，也才能預期未來教學上的專業表現將不同於過去。

然而，除了上述的因素外，在本研究中也發現「新議題」和「教師的特質」亦是不可忽視影響教師改變的因素。

就議題而言，基因改造食品對方老師的教學正屬於「新」議題，是一促進改變的「外在因素」。即便方老師對基因改造食品的內容知識雖非全然陌生，但也並非其精熟的部分，更何況內容知識必須配合教學知識的轉化，才適用於教學。所以，基因改造食品此一新議題促使方老師在落實教學前，必須花費一定的時間和努力去統整與議題有關的內容、教學和學生知識，形成教學情境中所用的 PCK。所以，設計教案或教學中，方老師既會去複習學過的內容，也會上網或翻書查閱資料，充分表現出「學習者」的角色。因此，新議題的意義就不僅是之於學生的學習而已，對方老師而言，這亦是自我充實的一部分。

而願意嘗試新議題的教學，正反映著方老師的「教師的特質」之中，有其主動、積極的一面，這是促使教師改變最重要且最根本的「內在因素」。事實上，像方老師這樣的資深教師，已保有自己一貫的教學風格，要打破其原有的教學風並不容易（李暉、郭重吉和段曉林, 1994），所以方老師在此單元的教學，仍採用講述和提問為主的策略。然而，方老師因為覺知此類議題的性質不同於平日教科書上的主題，再加上課堂中學生反應的啟示，讓他決定採取更多元的教學策略，例如小組討論、角色扮演、做決定等，充分展現其彈性的一面。同時，方老師也不會因為自己年歲已長就害怕接觸電腦。相反地，充分運用自己參加資訊軟體研習所學的技能，親自製作上課要用的 PPT，同樣地也展現其好學、善於應用先前知識與經驗的一面。而這樣的特質讓方老師樂於接受此次教學的挑戰，因而使其教學專業上的改變成為可能。換言之，方老師個人主動學習的特質和意願，是促使他願意接受課本以外的新議題、願意嘗試教學改變、願意進行反思的最大關鍵。

柒、結論和建議

根據上述的結果與討論，本研究可獲致下列的結論與建議：

一、方老師的教學信念與實務行動之間的

影響是透過反思和自覺而達成的。教學信念引導實務行動的進行，而實務行動則支持或修正教學信念的發展。因此，教師在此過程中合理化自己的行為，也更清楚自己的教學狀況。

二、方老師建構對基因改造食品議題之 PCK 是由「方老師自身、任教的三班學生、教學內容、教室環境」所組成的情境下完成的，而且隨著教學實務的日漸熟悉，PCK 的發展愈趨成熟。

三、方老師的教學改變是漸進的，對議題的各種知識之建構是在實踐過程中，一次次地建立起來或加以修正與調整，才趨於完善和精緻，並能加以靈活地應用，尤其是學科知識和教學知識。

四、方老師雖為資深教師，但如同初任教師一樣，在專業上也有成長的空間。而除了反思和自覺是教師改變不可缺少的重要因素外，其他影響的因素還包括教學的實踐、學生的反應、訪談、面對新的議題，及教師本身具備主動學習的特質。

總之，本研究的結果顯示資深教師的改變與成長是可能發生的，除了方老師的例子足以作為其他教師的借鏡外，創造機會讓資深教師面對新議題，並進行實務教學，似乎是提升其專業知能的可行方法之一。所以，善用學校的教學觀摩、在職進修的上課，或藉由設計、編寫和實踐新課程或教學單元的過程，甚至是讓教師參與教學的研究計畫等，皆是可行的方式。而參與的過程中，促進教師書寫教學省思，或者與同儕針對教學的過程和結果做討論、分享經驗，都將促使資深教師做出反思或覺知自己行動的源由或該如何再採取行動。也因此，若要了解活動進行的成效，教師的教學改變正是實施成果的一大指標。

此外，本研究尚有許多未竟之處，需要進一步地探究。例如，由於本研究教師設計的基因改造食品單元，並非課程中的一部分，所以教師並未針對正式的學習評量做安排，因此無法得知教學的改變面向之中，是否還包括評量的部分？或是學習評量的結果如何促進教師改變？同時，若是以「融入」課程單元的情況安排欲進行教學的議題時，教師又會如何實踐？又將有何改變？至於教導社會性科學議題對教師專業的影響與教導其他的科學議題有何異同之處？不同教學風格的教師，是否會有不同的表現與改變？……諸如此類的問題若能獲得探究，將更能提供師資培育機構支持或協助資深教師專業改變的參考。

致　　謝

本文的付梓要感謝兩位匿名審查者給與作者許多寶貴的意見，讓本文更加充實和完整；同時本研究的完成也要感謝國科會專題研究計畫的經費補助（NSC93-2511-S-415-002; NSC95-2522-S-415-001-MY3），以及個案方老師及其學生的配合。

參考文獻

1. 李暉、郭重吉和段曉林（1994）：國中理化教師試行建構主義教學之個案研究。**科學教育**, **5**, 27-51。
2. 林曉雯（2005）：科學教學評量的反思與實踐：教師行動研究。**科學教育學刊**, **13**(1), 1-27。
3. 林樹聲（2004）：重視自然與生活科技學習領域中科技爭議議題的融入與探討。載於教育部主編：**國民中小學九年一貫課程理論基**

礎（二）（pp. 453-465）。台北市：教育部。
4. 林樹聲（2006）：從爭議性科技議題的教學設計和實踐中詮釋科學教師的角色 — 個案研究。**科學教育學刊**, **14**(3), 237-255。
5. 林樹聲和李田英（1997）：光復後台灣地區國小教師在職教育的演進及其相關問題之探討。載於國立台灣師範大學科學教育所主編：**我國科學教育的回顧與前瞻論文集**（pp. 141-164）。台北市：國立台灣師範大學科學教育所。
6. 施惠（2000）：STS 教學模組對國小教師教學專業知能成長的探究。**科學教育學刊**, **8**(4), 335-355。
7. 張賴妙理（1999）：**初任暨資深國中生物教師在運輸作用、遺傳與演化單元的教學表現之個案研究**。台北市：國立台灣師範大學博士論文（未出版）。
8. 教育部（2003）：**國民中小學九年一貫課程綱要**。台北市：教育部。
9. 陳文典（1997）：STS 教學教師所需之專業準備。**科學教育學刊**, **5**(2), 167-189。
10. 陳向明（2002）：**社會科學質的研究**。台北市：五南。
11. 陳美玉（2002）：**教師專業學習與發展**。台北市：師大書苑。
12. 蓋允萍（2004）：一個小學自然科教師的教學演化。載於台中市政府主編：**教育研究與課程發展成果專輯** (pp. 134-171)。台中市：台中市政府。
13. Appleton, K., & Kindt, I. (2002). Beginning elementary teachers' development as teachers of science. *Journal of Science Teacher Education*, *13*(1), 43-61.
14. Barnett, J., & Hodson, D. (2001). Pedagogical context knowledge: Toward a fuller understanding of what good science teachers know. *Science Education, 85*(4), 426-453.
15. Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). How experts differ from novices. In J. D. Bransford, A. L. Brown, & R. R. Cocking (Eds.), *How people learn* (pp. 31-50). Washington, D. C.: National Academy Press.
16. Briscoe, C. (1996). Teacher as learner: Interpretation from a case study of teacher change. *Journal of Curriculum Studies*, *28*(3), 315-329.
17. Bryan, L., & Abell, S. K. (1999). Development of professional knowledge in learning to teach elementary science. *Journal of Research in Science Teaching*, *36*(2), 121-139.
18. Calderhead, J. (1996). Teachers: Beliefs and knowledge. In D. C. Berliner and R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (709-725).New York: Simon Schuster Macmillan.
19. Clement, C. P., Borko, H., & Krajcik, J. S. (1994). Comparative study of the pedagogical content knowledge of experienced and novice chemical demonstrators. *Journal of Research in Science Teaching*, *31*(4), 419-441.
20. Cochran, K. F., DeRuiter, J. A., & King, R. A. (1993). Pedagogical content knowledge: An inegrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, *44*(4), 263-272.
21. Duffee, L., & Aikenhead, G. (1992). Curriculum change, student evaluation, and teacher practical knowledge. *Science Education, 76*(5), 493-506.
22. De Jong, O., & Van Driel, J. (2004). Exploring the development of student teachers' PCK of the multiple meanings of chemistry topics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *2*, 477-491.
23. Etchberger, M. L., & Shaw, K. L. (1992). Teacher change as a progression of transitional

images: A chronology of a developing constructivist teacher. *School Science and Mathematics, 92*(8), 411- 417.

24. Fessler, R. (1995). Dynamics of teacher career stages. In T. R. Guskey & M. Huberman (Eds.), *Professional development in education* (pp. 171-192). New York: Teachers College Press.
25. Gess-Newsome, J., & Lederman, N. G. (1999). *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrecht: The Metherlands: Kluwer Academic Publishers.
26. Guba, E., & Lincoln, Y. S. (1989). *Fourth generation evaluation*. Beverly Hills, CA: Sage.
27. Guskey, T. R. (2000). *Evaluating professional development*. Thousand Oaks: Crown Press, INC.
28. Gustafson, B., Gilbert, S., & MacDonald, D. (2002). Beginning elementary science teachers: Developing professional knowledge. *Research in Science Education*, *32*, 281-302
29. Kagan, D. M. (1992). Professional growth among preservice and beginning teachers. *Review of Educational Research, 62*(2), 129-169.
30. Kumar, D. D., & Chubin, D. E. (Eds.) (2000). *Science, technology and society: A sourcebook on research and practic*e. New York: Kluwer Academic Publishers.
31. Lederman, N. G., Gess-Newsome, J., & Latz, M. S. (1994). The nature and development of preservice science teachers' conceptions of subject matter and pedagogy. *Journal of Research in Science Teaching*, *31*(2), 129-146.
32. Loughran, J., Mulhall, P., & Brrry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulation and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(4), 370-391.
33. Meyer, H. (2004). Novice and expert teachers' conceptions of learner's prior knowledge. *Science Education, 88*(6), 970-983.
34. Nespor, J. (1987). The role of beliefs in the practice of teaching. *Journal of Curriculum Studies, 19*(4), 317-328.
35. Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, *81*(2), 109-115.
36. Parkay, F. W., & Stanford, B. H. (2000). *Becoming a teacher*. Boston: Allyn and Bacon.
37. Peers, C. E., Diezmann, C. M., & Watters, J. J. (2003). Supports and concerns for teacher professional growth during the implementation of a science curriculum innovation. *Research in Science Education*, *33,* 89-110.
38. Pigge, F. L., & Marso, R. N. (1997). A seven year longitudinal multi-factor assessment of teaching concerns development through preparation and early years of teaching. *Teaching & Teacher Education, 13*(2), 225-235.
39. Ramsey, J. (1993). The science education reform movement: Implications for social responsibility. *Science Education*, *77*(2), 235-258.
40. Rich, Y., & Almozlino, M. (1999). Educational goal preferences among novice and veteran teachers of science and humanities. *Teaching and Teacher Education, 15*, 613-629.
41. Ritchie, S. M., & Rigano, D. L. (2002). Discourse about a teacher's self-initiated change in praxis: Storylines of care and support. *International Journal of Science Education*, *24*(10), 1079-1094.
42. Sanders, R. L., Borko, H., & Lockard, J. D. (1993). Secondary science teacher's knowledge base when teaching science courses in and out

their area of certification. *Journal of Research in Science Teaching, 30*(7), 723-736.

43. Schon, D. A. (1983). *The reflective practitioner*. New York: Basic Book.
44. Schon, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner: Toward a new design for teaching and learning in the professions*. San Francisco: Jossey-Bass.
45. Shulman, L. S. (1986). Paradigms and research programs in the study of teaching: A contemporary perspective. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of Research on teaching* (pp. 3-36). New York: Macmillan.
46. Stradling, R. (1984). The teaching of controversial issues: An evaluation. *Educational Reviews*, *36*(2), 121-129.
47. Tobin, K., Tippins, D. J., & Gallard, A. J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 45-93). New York: Macmillan.
48. Tsai, C. C. (2001). A science teacher's reflections and knowledge growth about STS instruction after actual implementation. *Science Education*, *86*(1), 23-42.
49. Tuan, H. L. (1996). Investigating the nature and development of preservice chemistry teachers' content knowledge, pedagogical knowledge and pedagogical content knowledge. *Proceedings of the National Science Council (Part D), 6*(2), 101-112.
50. Tuan, H. L., & Kaou, R. C. (1997). Development of a grade eight Taiwanese physics science teacher's pedagogical content knowledge development. *Proceedings of the National Science Council (Part D), 7*(3), 135-154.
51. Van Driel, J. H., De Jong, O., & Verloop, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education, 86*(4), 572-590.
52. Wallace, J., & Louden, W. (2000). *Teachers' learning: Stories of science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
53. Yang, J. H., & Wu, I. L. (1997). A beginning biology teacher's professional development—a case study. *Proceedings of the National Science Council (Part D), 7*(3), 164-174.

附錄一「基因改造食品」單元教案（簡案）

<table>
<tr><td>學習領域</td><td colspan="2">自然與生活科技</td><td>教學單元</td><td colspan="2">基因改造食品</td></tr>
<tr><td>教學班級</td><td colspan="2">五年級</td><td>教材來源</td><td colspan="2">自編</td></tr>
<tr><td>教學時間</td><td>五節課</td><td>設計者</td><td>方老師</td><td>教學者</td><td>方老師</td></tr>
<tr><td colspan="6">教學目標</td></tr>
<tr><td colspan="3">•學生能了解：
1. 基因和基因的影響
2. 基因改造食品和其製作
3. 基因改造食品對世界的影響（優、缺點）</td><td colspan="3">•學生能：
1. 參與小組或全班討論
2. 查資料和做口頭報告
3. 提出自己的想法和傾聽別人的想法
4. 對別人的想法提出有理由的批判</td></tr>
<tr><td colspan="6">教學活動</td></tr>
<tr><td colspan="6">第一節
1. 想一想，農夫如何把黃豆或水果變好吃呢？（小組討論）
2. 說明「傳統改良」農作物的方式
3. 「基因」是什麼?「基因」位在哪裡？
4. 說明「基因」的功能
5. 猜一猜，什麼是「基因改造」呢？（口頭發問）
（查資料：什麼是「基因改造食品」？它對人類、生態和環境有什麼正面和負面的影響？哪些國家有種植？）
第二節
1. 什麼是基因改造食品呢？（小組報告和補充）
2. 哪些作物可能是基因改造作物（或食品）？（小組討論／小組報告）
3. 綜合學生的說法
4. 基因改造食品解決了人類哪些問題？（小組討論／小組報告）
5. 綜合學生的說法
第三節
1. 基因改造食品為我們或世界製造了什麼可能的問題？（小組討論／小組報告）
2. 綜合學生的說法（說明基因改造食品的優、缺點）
3. 世界上哪些國家有種植基因改造食品？（小組討論／小組報告）
4. 綜合學生的說法
第四節
1. 哪些人支持或反對基因改造食品的出現？為什麼？（口頭發問）
2. 綜合學生的說法
3. 各組提出一個兼顧基因改造食品優點和缺點的可行方案。（小組討論／小組報告）
4. 各組相互提問
5. 綜合學生的說法
第五節
1. 復習前四節課的重點
2. 你自己贊成基因改造食品上市嗎？（口頭發問和回答）
3. 我們生活中，還有哪些社會性科學議題？（小組討論／小組發表）
4. 綜合說明並結尾</td></tr>
</table>

The Professional Change of an Experienced Science Teacher: A Case Study of the Instruction of the Issue of Genetically Modified Food

Shu-Sheng Lin
Graduate Institute of Science Education, National Chiayi University

Abstract

This study explored the professional change for an experienced teacher in the instruction of controversial socioscientific issue, and the factors causing the change. The participants were a science teacher with twenty years teaching experience and his fifth-grade students in three classes of an elementary school. The lesson unit was the issue of genetically modified food (GM food) designed and instructed by the case teacher. The data were collected through the ways of classroom observation, interviews with the case teacher, the teacher's journals and his teaching plans, and the teacher's concept map about the GM food. The results uncovered that there was a space for the experienced teacher's professional change and growth. The teacher's beliefs of the instruction of GM food influenced his teaching practices through self-reflection and self-awareness in action, and vice versa. The case teacher's pedagogical content knowledge about GM food was context-dependent, and developed gradually. Furthermore, this knowledge was completely integrated when the case teacher was adept at the teaching material, or he repeatedly elaborated his instruction. The many factors causing teacher's professional change included self-reflection and self-awareness, the teaching experience, the students' responsive reactions in class, the stimuli from individual interviews, the new teaching materials, and the active character of the teacher in learning. Among the above factors, the active character of the teacher in learning is the most essential and important one in this study.

Key words: Controversial Socioscientific Issues, Science Instruction, Genetically-modified Food, Professional Change, Pedagogical Content Knowledge