

實踐社群中的知識螺旋： 高職教師在開發科學實驗課程的知識轉化

林孟郁、鍾武龍、張月霞*

本研究旨在探討一所高級職業學校 7 位教師在參與科技部專案型計畫中研發新興科技課程與創新教學方法時，成員之間互動行為特徵模式，以知識螺旋的轉化軌跡，檢驗教師在團體中的學習歷程及透過此歷程發展專業知能的適切性。本研究透過訪談、直接參與觀察與文件分析等方法，檢視教師在實驗教具開發及教學活動設計中，如何將內隱知識外顯為顯性知識及其顯性知識轉而內化成為內隱知識的歷程。研究結果發現教師課程與教學知識轉化的歷程是發生在實踐社群的交互學習與分享中，創新課程發展實踐社群中的教學方法的知識螺旋發展則是以實驗教具研發作為起點。本研究亦分析此社群課程發展的知識轉換傳遞路徑，歷經同化、外化、結合化及內化四個轉化階段。每個知識轉化的歷程皆具有其特定的意涵，缺少或跳躍任何一個步驟將會對知識的創新帶來阻滯。最後，研究發現透過在實踐社群中的學習能使知識循環的歷程越顯完整，成員能夠掌握的知識層次也愈高；而在實踐社群中透過個人在社群中的互動交流後方能啟動知識螺旋，且可由個人到團體進而達到知識擴大的學習、累積與創新。

關鍵詞：知識螺旋、教師專業成長、實踐社群、課程發展

林孟郁：國立臺灣師範大學課程與教學研究所博士生/國立苗栗高級農工職學校教師

鍾武龍：臺北市立大學教育系博士生/國立苗栗高級農工職學校教師

*張月霞：淡江大學課程與教學研究所助理教授（通訊作者：yuehhsia@gmail.com）

The Knowledge Spiral in Community of Practice: Teachers' Knowledge Transformation in Developing Innovative High School Science Curriculum

Meng-Yu Lin, Wu-Lung Chung, & Yueh-Hsia Chang^{*}

This study aims at investigating how knowledge spiral operates in a community of practice in which a group of vocational high school teachers developed innovative science curriculum for science courses. Research data for this qualitative study was obtained through interviews, direct participatory observation, and document analysis. Four modules of knowledge transformation model, including socialization, externalization, combination and internalization, are used to analyze each phase. The analysis shows how implicit knowledge is transformed into explicit knowledge and vice versa. The results also show that when knowledge spiral model is applied to an innovative curriculum development, the phase of developing experimental equipment can be a good starting point. For the development of the innovative curriculum, the curriculum community of practice went through four modes of knowledge transformation: socialization, externalization, combination, and internalization, in which each of the four modules possesses its own significance and the lack of any mode will result in setbacks in knowledge development. It is indicated in the findings that knowledge spiral starts off only after the community of practice have involved themselves in organizational learning and it works not only on individual teachers but also in the entire school organization.

Keywords: *communities of practice, curriculum development, knowledge spiral, teacher professional development*

Meng-Yu Lin: Doctoral Student, Department of Education, National Taiwan Normal University / Teacher, National Miao-Li Agricultural & Industrial Vocational High School

Wu-Lung Chung: Doctoral Student, Department of Education, University of Taipei/Teacher, National Miao-Li Agricultural & Industrial Vocational High School

^{*} Yueh-Hsia Chang: Assistant Professor, Graduate Institute of Curriculum and Instruction, Tamkang University (corresponding author: yuehhsia@gmail.com)

實踐社群中的知識螺旋： 高職教師在開發科學實驗課程的知識轉化

林孟郁、鍾武龍、張月霞

壹、研究背景與目的

學校是傳承和創造知識的場所，教師則是知識轉化和建構的主要推手。課程發展是一連串的動態過程，面對目前快速變化的環境和教育的改革趨勢，教師很難再用傳統的教學模式去滿足學生的學習需求。因此在學校課程設計上，教師的角色必須由知識的消費者轉化成為學校課程的設計與研究發展者；組織文化也需由傳統的科層體制轉向於增權賦能，教師因而被賦予了一個轉動教育改革輪軸的重要角色。

當前學校組織文化中，大部份的教師其教學模式皆儲存於個人心智中，當教師一旦離職或退休，所擁有的教學經驗也將隨之消逝而去，為了讓知識能夠在學校持續的傳承下去，學校中有共同願景的教師們共同進行組織學習，促進教師自我專業技術的提昇、教學的創新、增加應變、提升問題解決、避免重覆犯錯等能力，形成一個有共享業、相互投入和共享資源的實踐社群（Lave & Wenger, 1991；Wenger, 1998；Wenger, McDermott, & Snyder, 2002）。實踐社群是維持知識管理最重要的形式之一，教師藉由實踐社群的運作與互動進行「知識管理」，讓所有的成員透過知識共享、轉化與擴散，教師知識的成長都會呈現在這個實踐社群裡。

在創新課程發展中，欲達到教師專業實踐社群的組織學習，將個人的默會知識（tacit knowledge）或內隱知識（implicit knowledge）轉移成為團體的顯性知識（explicit knowledge），與他人交流分享將此知識標準化，展現出新的知識，則要透過知識轉化來達成。依據知識螺旋（knowledge spiral）（Nonaka & Takeuchi, 1995；Takeuchi & Nonaka, 2004/2004）的觀點，組織知識發展過程中會產生四種知識轉換的模式，分別為同化（socialization）、外化（externalization）、結合化（combination）及內化（internalization）。知識的轉化是由默會知識轉為外顯知識，再由外顯知識轉為默會知

識所形成的迴路，即稱為知識螺旋。組織的知識創造即是一種螺旋的過程，由個人層次開始，逐漸上升並擴大互動範圍，超越單位、部門和整個組織的界限。

雖然知識管理的重要性屢被提起，然而目前卻很少人注意到知識如何被創造出來以及其分享、移轉之歷程，國內更是非常缺乏這方面在教育領域的實證研究。本研究欲從一所高職實施高瞻計畫之實踐社群案例中，以知識螺旋模式（Nonaka & Takeuchi, 1995；Takeuchi & Nonaka, 2004/2004）為分析架構，驗證該社群在創新課程發展的開發過程中，教師個人在組織學習中知識轉移的歷程並檢視以其解讀創新課程與教學知識產出的程度及適切性。

貳、文獻探討

一、實踐社群（community of practice）

組織本身不具有學習的能力，真正學習的主體乃是組織中的成員並具有集體學習歷程之意涵（Teece, Rumelt, Dosi, & Winter, 2000）。所以一個團體的成員們，藉由集體式的學習歷程可視為組織學習，但組織團體必需提供必要的誘因以及引導來幫助成員獲得學習，藉由正式和非正式的人際互動，促使組織不斷的進步與改善。

從行動理論的觀點，Argyris 與 Schon（1978）提出當所預期的結果與實際發生的狀況出現落差時，組織針對落差進行偵測與修正的過程即為組織學習。而 Marks 與 Louis（1999）則從社會文化的角度，認為組織學習類似於個人的學習，超越機械化累積式的學習方式，而是一種具有社會文化意涵的過程。此觀點提出組織學習是組織知識社會化的過程，亦即組織學習是由個人分享學習並與組織本身互動發展而成的過程。本文將組織學習定義為：為了促進組織長期效能和生存發展，故透過持續性且有效的個人與團隊整體組織的學習，進而有效解決組織所面臨的之困境，並能解決與創新組織與應變的能力，以促進組織成員與整體組織的發展，讓該組織產生較佳的改變。

在上述的組織學習中，Lave 與 Wenger 在其對實踐社群概念的討論中強調參與者透過實踐社群場域的運作與互動，可達社會互動及學習互動的效果（Lave & Wenger, 1991；Wenger, 1998）。在教學的環境中，教師們透過熱烈參與領域核心議題，並追求共同的願景，不僅有助於人與人之間的友誼和關係，也往往是學校組織知識創造的一

項來源。關於實踐社群的定義，指的是組織成員置身於工作實務當中，在共同特定的場域中成員彼此互動，並擁有共同的事務目標而認同結合，透過正式與非正式的溝通互動下，彼此分享共同利益、問題或熱情，以獲得更深入的該特定領域知識和專業。

組成實踐社群的三項基本元素為領域（domain）、社群（community）和實踐（practice）（Wenger et al., 2002）。其分別指涉的是實踐社群內的成員因分享及瞭解某個共同議題或領域的知識而產生出對此社群的認同感；因為投入共同的活動或任務中，成員會出現團體感並在其中能相互分享訊息；藉由分享經驗及解決問題的方法等的共同資源，實踐社群中的成員會形成在這個議題或領域中共有的作法及標準。

實踐社群中的實踐具有以下三項特質（Wenger et al., 2002）：(1)共同事業：針對某些議題的某個知識專業領域。在這個共同的知識領域上，創造共同的基礎、認同感、目的和價值等，激勵社群成員共同參與、學習並賦予行動的意義；(2)相互投入：即關心這個領域的人組成社群。成員間彼此互相尊重和信任，鼓舞並分享想法，協助彼此解決問題及回答問題，形成一個強而有力的社群；「相互投入」也是本篇研究所要闡述的重點；(3)共享資源：即以此領域發展工作實務。社群成員想要在知識領域裡發展得更有效率，彼此分享並建立知識，因此任何一個思想、工具、資訊、風格、語言和文件都會成為重要的資訊和共識，並共同去實踐及完成。

從社會建構學習觀視之，如 Lave（1988）及 Blackler（1995）提出的觀點，在社群中，知識被視為是一個主動的知的過程。而因為知識是由個人與集體建構的結果，因此知識的學習過程同時是個人的及社會的歷程（Wenger et al., 2002）。教師知識的成長及轉化歷程是教師專業成長重要的一環。相關的研究即便是給予不同詞彙及定義如教師知識、教學知識、課程內容知識、專業知識、學科教學知識、實務知識、個人知識等（Clarke & Hollingsworth, 2002；Connelly, Clandinin, & Fang, 1997；Edwards & Ogden, 1998；Grossman & Richert, 1988；Shulman, 1986, 1987；Tamir, 1991），研究者們欲探究的主題不外乎探討教師知識的感知、教學實踐層次的教學行動以及分析教師持有知識及採取某些教學行動的理由及相關影響因素。此研究中之高職教師在開發創新科學課程時所形塑的團隊，不外乎是要追求在課程發展中，教學實務上的知識領域之分享與創造。所以，在社群成員相互合作、信任與認同下，所發展出來一連串的課程、教學信念與教材教具，並將個人的能力轉化為學校資產進而提昇競爭力，教師知識的成長軌跡都呈現在這個實踐社群裡。

二、知識螺旋（knowledge spiral）

知識螺旋為知識管理的一部份。Polanyi（1966）把知識分為顯性知識（explicit knowledge）與默會知識（或內隱知識）（tacit knowledge）兩大部份。而知識管理主要是將內隱知識外顯為顯性知識，同時亦將顯性知識轉而內化成為內隱知識的過程（Nonaka & Takeuchi, 1995/1997; Takeuchi & Nonaka, 2004/2004）。相關的研究發現學習歷程的完整與否程度，對知識的掌握以及對知識內化程度有顯著的影響（李國璋、李志強、袁本麗，2012）。知識管理是將員工默會知識外顯化的過程，以獲得組織知識循環之最佳效能。但在科層體制下的學校是無法啟動知識螺旋，必須藉由社群中個人的啟動才能創造知識，因為「個人的內隱知識才是其知識創造的基礎。」（Takeuchi & Nonaka, 2004/2004, pp.80）社群內的知識可區分為個人知識和組織知識。無論是個人到組織或默會到外顯知識的轉化，都是透過螺旋循環轉化的管理過程，成為生生不息的知識螺旋。

默會知識是主觀而獨特的，存在於個人經驗之中，不易口語與形式化，例如教師的教學經驗等，存在於教師個人腦中，別人無法獲知的知識。而外顯知識則是存在於團體，可以客觀瞭解，能以明確的語言形容，並能相互流通以及向外部延伸擴散，例如教師的教學計畫、心得報告等，可以經由文字和檔案等方式呈現出來。本文參考不同學者關於默會知識和外隱知識特徵的比較（Nonaka & Takeuchi, 1995/1997; 葉仲超，2006），由研究者整理如表 1。

組織知識發展過程中所產生的知識轉換的模式，由上述默會知識轉為外顯知識再由外顯知識轉為默會知識所形成的迴路的角度，知識螺旋理論（Nonaka & Takeuchi, 1995; Takeuchi & Nonaka, 2004/2004）進一步提出同化、外化、結合化及內化等四種知識轉換的模型。知識轉換四大步驟係指個人的默會知識是組織知識創造的基礎，知識螺旋理論強調對於知識的創造力乃經由默會和外顯知識互動，將私有知識轉換為公有知識的過程，知識的層次會隨著螺旋向外循環後越來越增加（Nonaka & Takeuchi, 1995/1997; 葉仲超，2006）。透過此四種知識螺旋的創造過程，個人的知識提昇，並且會因為組織更高層次的需要，再進行一次循環，此種循環不斷在組織中交流著，形成循環不已的知識螺旋。研究者參考其知識轉換模式與螺旋表，將四種模式知識轉換與螺旋整合改繪如圖 1，同化、外化、結合化及內化等的知識轉換模型內涵則分述如下：

表 1 默會知識和外顯知識之比較

默會知識（主觀的）	外顯知識（客觀的）
難以形式化、難以溝通或語言表達	可以形式化，以口頭書面或電腦、圖表等方式表達
經驗的知識-實質的	理性的知識-心智的
主觀的知識	客觀的知識
同步的知識-此時此地	連續的知識-非此時此地
類比知識-實務	數位知識-理論
個人的經驗，不易分享	具條理及系統化的知識，易於傳播與分享

資料來源：研究者整彙

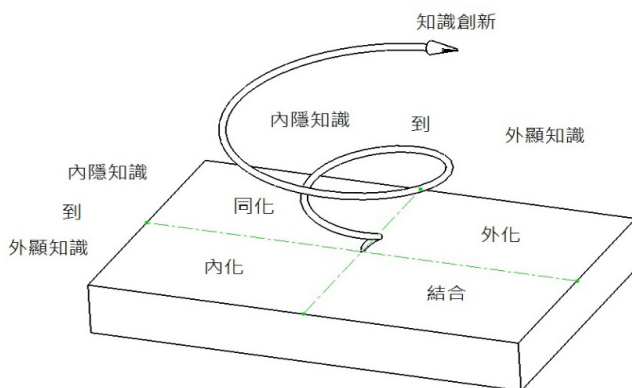


圖 1 知識轉換模式與螺旋

資料來源：研究者改繪自 Nonaka & Takeuchi（1995）。

（一）同化

同化指的是知識由個人默會知識轉換為組織默會知識的過程，即是默會知識公共化的結果。組織成員默會知識的轉移是經由經驗分享，透過像學徒制般的觀察、模仿、實務練習而習得；個體親自身體力行而達到創造默會知識的過程，將私人知識轉為公共的知識。

（二）外化

知識由默會知識轉換為外顯知識的過程為知識的外顯化歷程，是知識創新的關鍵。在此過程中默會知識轉換為各種符號，使用包括隱喻、類比、觀念、假設等方式表現出來，使他人更瞭解，進而創造出新的概念，也可稱為觀念性的知識。

（三）結合化

此過程是將外顯的知識提出來，概念轉化成系統知識後，從外顯到外顯以共同分享彼此知識的過程，亦即將外顯知識公共化的結果。不同的教師將各種不同的顯性知識結合加以分類、加工、綜合或重組後彼此分享，例如用文件、會議、電話交談、電腦化溝通等重新構建新的更加系統化的知識。

（四）內化

內化的原動力來自於邊做邊學，將組織的系統化顯性知識轉換為個人的默會知識，其實質是「通過做而學習」的過程，利用做中學、課程聽講、說故事的方式呈現。個人經驗經過同化、外化、結合之後，再內化為個人的默會知識，形成個人的心智模式和技術，此時就形成有價值的知識資本。當這種成果為其他人分享時，默會知識也就社會化了，於是又開始新的一輪知識創新的循環過程。

四種模式是相互連續、螺旋上升的，即知識的創新過程是連續而動態的過程，需要默會知識與外顯知識交互作用，經由同化、外化、結合及內化之後，若再經個人、群體、組織等不同層次逐漸擴散知識，知識轉換模式越完整的團隊，以及知識轉換能力越強的團隊，其創新效能越高，亦表示「創新」就是從知識螺旋中循環而來，「透過組織刻意營造的合作方式，可以擴大組織的輪動，提升個人以及組織知識的吸收和理解，進而轉移、累積與創造知識」（林美英、趙振瑛，2003，頁 18）。

參、研究設計

一、研究方法

本研究的目的是利用知識螺旋理論來檢驗實踐社群中的高職教師，其所創造出的課程與教學新知識在默會與外顯間轉移歷程的適切性。本研究採用個案質性研究，根

據研究目的以參與觀察、訪談及會議紀錄等文件進行研究分析。

二、研究對象及場域：高職學校高瞻創新課程發展實踐社群

本個案研究以臺灣中部一所農工為主的高職學校教學現場為研究場域，研究對象為此高職學校中參與科技部高瞻課程計畫（科技部（國科會）高瞻計畫推動辦公室，2005）的教師。此高瞻計畫團隊結合校內各科教師與資源設備，建置了一個跨科別與跨領域資源共享的平台。其參與的教師群主要是負責生質能新興科技課程的開發及教學實驗，亦是加入此計畫案而形成的課程發展實踐社群的教師成員。參與本研究的核心教師成員共有 7 位，包含了植物群、動物群、食品群和工業類科及共同科等各項專業領域之教師，教學年資平均為 14 年，參與教師的背景資料如表 2 所呈現，表中教師的姓氏皆為化名。

表 2 參與研究教師之背景資料彙整

對象	性別	年齡	教育程度	職務	年資
趙老師	女	44	園藝碩士（博士肄）	園藝科教師	13
白老師	女	48	化工博士	化工科教師	15
王老師	男	53	森林碩士	森林科教師	23
邱老師	男	41	畜保碩士	畜產保健科教師	11
洪老師	男	39	醫工碩士	電機科教師兼組長	8
蕭老師	女	37	生物碩士	生物科教師	10
周老師	男	42	營養學碩士	食品加工科教師	15

值得一提的是，參與此課程開發的老師們，其專業背景的養成幾乎都是在進入學校從事教職之前有在業界或政府單位的工作經驗，並大多在業界工作時完成碩博士學位。例如化工科白老師曾任工業技術研究院研究員 6 年，並於工作期間完成博士學位並進入學校教學；園藝科的趙老師，完成碩士學位後在科博館任職 5 年，爾後輾轉至高職任教；食品加工科的周老師碩士畢業後先至光泉鮮乳擔任研發人員 1 年，任代理教師 3 年而後成為高職正式老師；森林科王老師在林務局服務數年後轉職到學校從事教職工作。生物科的蕭老師也在完成碩士學位後進入學校工作，雖然未曾在業界工作過。

多位參與創新課程開發的老師因為在其他工作中累積的專業歷練，包括化工白老師對實驗器材開發及創意實驗的專業度、園藝科趙老師對植物生物及微生物資源的瞭解、以及食品科周老師熟悉各項研發中包括創意開發的流程，加上所有參與本研究的老師皆具有碩士以上學位，這些學識及經驗的專業度，對於參與創新課程開發包括實驗教具開發等所需的能力而言已具備了一些準備度。

然而，因為社群老師們所參與的課程是新興科技為主軸的創新課程與教學的設計與實施，為提升教師專業賦能的需求，課程社群以「生質能知識」及「教學設計」的雙面向同步增能為目標，計畫推動三年期間，具體落實為「生質能社群讀書會」、「專家學者諮詢與指導」以及「專業研習課程」等三種方式進行（苗農高瞻計畫，2007，2008，2009a，2009b）。這些教師增能的活動大都集中於計畫的前兩年，所進行的教師專業知能的主題養成包括：能源作物之生產及應用、替代能源的探討、國際能源政策比較、生質酒精及生質柴油發展近況、生質燃料電池製程、微生物產氫技術、畜產廢棄物沼氣生產技術、生質柴油及生質酒精精煉技術、教材主題的訂定及審核、課程單元設計、問卷設計及統計分析、學生學習成效評量、探究式課程設計理論與實務、課程評鑑等。

參與研究的高職農工以「生物質能新興科技課程發展與教學實驗計畫」為主題，結合生質能新興科技主題發展實驗課程。參與教師在此課程計畫中，分別就植物資源及動物及微生物資源等兩的生質能系統發展了「生質柴油」、「生質酒精」、「畜產廢棄物產沼氣」、「微生物產氫暨厭氧發酵產氫」及「燃料電池」等包含教材、教案、學習單及實驗教具在內的 5 套科學課程模組。本研究聚焦於檢視教師在開發上述 5 套創新教材教案以及教學實驗器材的知識學習、成長及轉換過程。參與計畫的教師自行開發的部分生質能課程實驗教具、教學活動及教案，可參見圖 2a、2b、2c 及圖 3a、3b、3c。

根據研究者的參與觀察，在高瞻計畫執行的過程中，為完成以生質能為主題的創新課程使得參與教師產生了對團隊的使命感及共同目標感，並在課程發展中，為了改進以達到能適用於高職教室的教學教具及教學方法，形成了非正式相互支援及分享溝通模式等的現象。這些現象的出現，使得一個讓老師們能互動頻繁的在一起工作、學習並以完成共同工作目標為共同依歸的高瞻課程實踐社群（Wenger, 1998; Wenger et al., 2002）逐漸在課程發展的工作團隊中發展並建立。

一起討論，並針對修訂或確認資料分析的結果上建立共識。

在文件資料的蒐集中，研究者透過學校教務處行政單位取得社群活動之會議記錄、研習活動、競賽書面資料、教具及教學設計材料及計畫成果報告書等紀錄文件資料。於觀察方面，由於本研究的部分研究者為學校成員一分子，因此得以以觀察者與參與者之雙重角色，在計畫執行三年多的期間中以直接參與以及非正式觀察中，瞭解參與高瞻計畫教師成員間互動之情形。藉由參與觀察以及前項撰寫期中及期末計畫成果的機會，研究者得以在課程計畫發展的過程中不斷反思及分析歸納，參與教師與計畫團隊間在課程與教學知識及經驗的互動分享模式及內涵。

本研究的訪談採用半結構式訪談，依據研究者所擬之訪談大綱提問，再進行其他問題，以理解細微脈絡，釐清受訪者的想法。訪談問題概分為生質能課程設計與實施、生質能教學知識、探究式教學與學習、與校外研究機構的聯繫及高瞻課程實踐社群參與經驗等面向。此外，研究者亦與成員進行團體焦點訪談併入證據資料中以相互佐證。本研究所進行的訪談是採事後訪談的方式進行，研究者透過教師以回溯的方式自我論述其課程開發的經驗及反省，進一步分析在此課程設計中社群發展如何影響教師個人與其他參與成員間以及教師與團隊間的互動、分享及學習。

因為教師訪談進行的時間為計畫案進入後續彙整的結案時期，為降低參與訪談之教師記憶隨著時間流逝及其他專業成長等因素，影響其對參與高瞻課程發展的自我及與成員間互動的理解及論述，故在研究資料的分析上，研究者將教師的訪談資料、計畫會議資料、教具及教案修改歷程紀錄資料等不同資料互相參照以三角校正法（Denzin, 1989）交叉驗證以提高研究歸納分析的效度。本研究針對 7 位參與課程開發與教學的教師蒐集資料並進行分析，資料來源包括生質能課程單元（含教案、教材、學習單等）5 套、5 套課程的實驗模組教具 22 組、教室教學錄影、教學觀察內部評鑑紀錄 28 筆、專教案審查外部評鑑 1 筆、個別訪談 7 筆共計 521 分鐘、團體焦點訪談 1 筆計 135 分鐘、讀書會會議紀錄 9 筆、專家諮詢指導會議紀錄 8 筆、研習活動手冊 6 筆、校外推廣及研習資料 10 筆、計畫進度會議紀錄 25 筆、期中進度報告 2 筆、成果報告 1 筆、競賽報告 1 筆等資料進行分析。

有關資料的分析，由於相關的研究對教師知識在內隱、外顯及再內化為內隱知識的歷程所知不多，因此，本研究企圖以知識螺旋理論（Nonaka & Takeuchi, 1995；Takeuchi & Nonaka, 2004/2004）做為分析架構，以驗證高瞻社群的教師在創新課程模組的開發中，他們在「實驗教具」及「教學設計」兩個面向上的知識創新的程度及轉

化歷程的適切性。本研究中所呈現的分析資料，是此高職學校在推動高瞻課程發展計畫的一部份。本文以課程知識發展做為研究分析的主軸，以個人與社群間知識創造的螺旋架構，解讀教師的課程發展歷程，並檢視「同化、外化、結合化及內化」(Nonaka & Takeuchi, 1995; Takeuchi & Nonaka, 2004/2004) 對創新知識產出的歷程內涵及適切度。此高職教師因參與課程發展實踐社群的歷程中，其個人與社群間所經歷的衝突磨合及成長等是具有多個面向的。在課程計畫推動的過程中，參與教師們在課程社群中的專業成長可分為協同合作、專業發展及課程與教學創新等三個實踐系統，個別教師與社群之間的發展歷程可區分為「探索—規劃—研發」及「磨和—實踐—發展」兩個階段，詳細的教師專業成長歷程可參閱 2013 年發表的論文(林孟郁、鍾武龍、張月霞、李哲迪、陳穎儀, 2013)。

肆、結果分析與討論

本研究資料分析發現，高瞻創新課程的教學場域中，老師如何進行創新教學以及開發新興科技課程的經驗跟能力，不是個別教師所能獨立完成，知識及技能的改變成長是透過社群組織學習互動的歷程逐步建構而成為教師創新獨有的個人的專業知能。在這個由「高瞻團隊」形塑而成的實踐社群中，課程發展的創新知識歷程是一個由知識循環所發展出來交互轉換的過程。

一、建立課程開發分享及集體行動共識

此研究中的高職課程開發團隊的形塑是因專案計畫特定目的而組成的彈性任務編組，團隊教師成員主要橫跨「植物」與「動物」兩大自然科學領域之教師，依據計畫報告資料，為更豐富「生質能源」課程，高瞻團隊除了尋求工業類群教師共同合作，在教師及課程評鑑部份，又找尋一些和有教育專業背景教師，試圖將跨科別領域教師串聯起來。在共同推動高瞻計畫的過程中，形成了「生物質能新興科技課程發展與教學實驗計畫」之實踐社群。

在計畫案通過科技部的申請之初，就研究者的觀察發現，參與課程發展的教師成員對生質能源課程研發主題都處在大概知道課程計畫案的背景狀態。面對所欲開發的創新課程範疇是課程綱要所沒有的、無從依據遵循前人的經驗、以及參與老師須肩負

起課程設計及教學實驗的角色挑戰，其承擔的壓力與負擔之沈重可想而知。邱老師在訪談中回憶起他答應進入計畫團隊時的心情：「廢棄物處理比較屬於環保專業領域，我本身是學畜牧，其實我也滿惶恐，幾乎是從零開始。」

為符合高瞻計畫徵求書之宗旨，課程研發需符合新興科技與主動探究二大主軸，教師應需具備研發實驗操作教具的技能，許多成員對課程初步的發展與規劃顯得不安與擔憂，就像白老師當初於會議時提出的「一開始擔心這個課程如果要實驗的話怎麼辦？如果要給學生操作的時候怎麼辦？所以大家開會討論後的單純一個想法，就是設計教具能夠讓學生實際操作。」而教具之設計需具備操作變因多元化，且需符合給學生在操作上擁有更高的自主性的特色，才能符合科學探究的精神。趙老師補充道：「因為要有實際的操作在理論上才符合探究式教學，我們的目標就是可以讓學生動手實驗做，然後我們可能發展一個很簡單的教具，讓他至少看到能源之間相變。」在上述種種因素的考量下，加之課程計畫案又要顧及能兼顧實驗需求和製作成本低廉以利推廣之原則，研究的分析發現，在此創新課程開發中，社群教師們眾口一致認為不論課程的主題為何，都應以「教具開發」的研發作為新課程發展的起點。

在新興科技的範疇及眾多主題中，成員們經由討論後選擇了以「能源科技」議題作發展。由於是新興科技，許多專業知識和技能成員們也並不是十分清楚把握。為了能精準掌握課程主題與減少摸索時間，成員們決定尋求外援—大學及研究機構的協助。在訪談中發現，教師們個別以「自己的人脈」與「網路搜尋」兩個方式展開了尋求包括產、官、學界的專家學者的諮詢及協助的工作。例如，邱老師負責開發的沼氣課程單元部份聯繫的是臺灣動物科技研究所，有關於他是如何找到此機構的，他說：「我被分配到是做廢水，剛好有同事的同學是在臺灣動物科技研究所，他老闆剛好是做廢水處理的，搭上線後甚至有些文獻他們也有協助給我們。」

在尋求專家協助的過程中，除了教師個別的行動外，在找尋到了願意協助的研究單位時，有時課程計畫團隊的老師們也一起行動。在團體焦點訪談時，老師們回憶起在生質柴油和酒精課程方面，找到了學術單位的工研院和產業界的新日化公司：「我們都到新竹工研院諮詢比較多，都是整個子計畫一起出去，這樣比較不怕生，集體諮詢也比較有效率和共識，譬如還去新日化公司，在嘉義是做生質柴油的。」蕭老師對微生物產氫的課程也回憶道：「一群人過去成大實驗室，然後確定我們要做產氫，他們可以支援什麼設備，成大的張教授也會來詢問狀況這樣子。」在研究者對後期計畫團隊的發展觀察中發現，計畫案初始即出現的分享諮詢資源並共同行動，此一現象提

供了如實踐社群中所述及的建立了團隊發展課程目標共識及願意投入「共同事業」(Wenger et al., 2002)的基礎。

綜上所述,「生質能源新興科技」課程內容在專家學者的協助下有了初步的探索後,成員們即將高瞻計畫未來三年的重點放在包括「生質柴油」、「生質酒精」、「畜產廢棄物產沼氣」、「微生物產氫」及「生質燃料電池」等課程單元的教具開發和教案編寫兩大主軸上。有了課程發展的共識之後,社群成員們皆找到自己研發課程對應諮詢橫跨產、官、學界的專家學者,針對專業不足的部份尋求支援及合作,於是各自也共同的展開一系列「教具開發設計技能」和「教案撰寫技能」的教師知識轉化歷程。

二、實驗教具開發設計技能中知識螺旋之轉換歷程

(一) 同化—透過觀察和模仿仿製生質能實驗教具及器材

在知識螺旋知識轉換中,同化可以說是一種「模仿」或「仿製」。它是透過經驗分享的「觀察、模仿和練習」,從而創造內隱知識的歷程(Takeuchi & Nonaka, 2004/2004, pp.69)。對此學校的課程發展實踐社群而言,因為所欲開發的是新興科技議題的課程,教師成員們的專業背景無法應付所要發展課程主題。一剛開始時成員們還在懵懵懂懂摸索,在教師們開始尋求專家學者諮詢並得到教材相關知識資源後,趙老師說:「我們很多教具都是透過工研院研究員或是大學實驗室的老師,他們把實驗的模組設備讓我們運用,database跟那個基礎的background是他們提供的。」成員們開始依樣畫葫蘆,根據邱老師和白老師的訪談,在剛開始的時候,他們皆表達他們都是模仿各個專家在器材設備的製作及使用,可以說是將整個實驗器材進行「模擬」、「轉移」和「copy」而來,製造出與專家學者所使用相同的實驗器材。兩位老師回憶說:「我第一年的教具,幾乎都是從動科所的實驗室整個轉移過來。」「我去參觀工研院的時候,他是放一系列不同原料所作成的生質柴油的瓶子給我們這樣看,我想他這種方法不錯,所以我就也是模擬他。」

而在此一階段,團隊成員們發現,對從專家諮詢所獲得的相關知識和技能僅為在研究室進行實驗的器材製作的能力,並非能用在教室教學的「教具設計」的技能。蕭老師提到:「那些教具一開始真的就是向我們合作的成大,有些部分是copy過來,那時候都還沒有去想說要怎麼推廣、要怎麼融入到課程裡面。」僅僅只是停留「模仿」或「仿製」是不夠的,如Takeuchi與Nonaka(2004/2004, pp.69)指出,「光靠資訊的轉移其實是沒

有多大意義，特別是如果這個資訊還配合著情緒和特定背景環境（而共享的經驗深植其中）的話。」所以針對成員及團隊在新興科技（生質能源）領域專業知能上的不足，趙老師邀請了工研院的講師到校為社群老師們演講，期望透過經驗分享以協助教師們建立起相同的知識架構及思考流程。趙老師說：「我們就找工研院和中油煉油廠做生質酒精還有柴油的研究員邀請他當講師，然後還邀請包括農委會、中興大學的教授針對做能源作物的，那個時候也是很大膽就辦了兩天的全國性研習，回響還不錯！」除了專家演講，還辦理各種專業成長研習（苗農高瞻計畫，2009b），甚至親至機構或實驗室拜訪，以增加觀察和操作練習的機會，並擴大專家學者參與以提昇交流請益之目的，就像蕭老師所做的努力：「為了設計新興科技課程就是要看 paper，問成大張教授有沒有相關的論文，然後從論文裡面去找看學生能夠聯結到的是哪部分，那比較欠缺的就是實驗操作的經驗，這個技術是完全就是問成大，請他教我。」

（二）外化—以「符合高中實驗室教學與學習需求」給予實驗教具研發新定位

知識外顯化的過程是將內隱知識轉化為外顯化的過程。指的是透過「比喻、類比、概念、假設或模型的型態」將內隱知識轉變成為外顯知識（Takeuchi & Nonaka, 2004/2004, pp.71）。隨著此高職高瞻計畫案的推進，經過「模仿」或「仿製」而設計製作出來的實驗設備被帶進了學校實驗室。在教師們開始使用它們進行教學及實驗操作後，他們發現專家學者製作的實驗設備器材及其所設置的環境並沒有放入教學與學習的目的及考量在內，使得這些仿製而來實驗設備在教學上並未發揮預期的效果。

這項「不到位的困擾」使得欲進行教學實驗課程的老師開始思考需要賦予這些實驗設備以新的定位及使用目的方能符合高職教學現場的需要。譬如負責畜產廢棄物產沼氣課程單元的邱老師對於他第一次的教學實驗中開始使用「模仿」的發酵槽設備所遇到了瓶頸有了以下的反思：「那個發酵槽會漏氣。我就開始想說怎麼去解決，如果未來要給孩子延伸到做實驗或者是科展，數據要很科學，你勢必要把你的設備修得更完善一點，所以才會從壓克力變成玻璃瓶的材質，另外，在容器上由大玻璃瓶變成一個小玻璃瓶等改變。」

蕭老師在微生物產氫課程單元中的教具製作上也有相似的經驗。在進入計畫案第一梯次教學實驗時，蕭老師完全依照教授指導的方式用純菌設備來教學生進行產氫實驗，但她發現成功率並不高。為了實際的教學環境需求，在訪談中她談到她嘗試了許

多方式，後來將原有的純菌換成用混合菌成功率就提高了。她說：「第一年是示範教材，所以我就用教授說的純菌來做實驗，但在操作難度上門檻有點高，後來為了讓實驗成功率提高，我就已經改成混合菌來讓學生做產氫。」

除了需符合教學與學習需要外，教師們還指出專家學者的實驗設備和器材造價昂貴及體積龐大，這個特質也不符合高中職學校實驗室的使用和未來作教學推廣目的。例如趙老師說：「那些實驗模組我們先去看它基礎流程怎麼建立，因為學校的資產跟設備和研究單位還是有差別，所以怎麼樣把它修正簡化到學校實驗室規模和把一套教具的費用壓在那個五萬塊之內以利推廣，是大家諮詢到最後的共識和想法。」周老師也開始思考要如何將一套四十萬的發酵槽成本降低：「我們買了發酵槽後發現一組就快四十萬，嘖！教授教的發酵槽孩子們根本不會操作，因為要操作我們老師也很困難，那是只有一組而已，所以我想說，我說是不是乾脆像外面那個人家做酒的，所以改成自製發酵桶。」

在外化的知識轉移中，課程開發教師經由蒐集及分享相關文獻、備課經驗和親自試驗的結果，與專家學者進一步討論研議後，教師自己能更清楚這些教具為了更符合教學現場需求而做這樣修改設計的理念為何。甚至能提出新的概念做修改，這是一個很有趣的「外顯化知識創新過程」(Takeuchi & Nonaka, 2004/2004)，知識在這階段已經起了微妙的變化，蕭老師和周老師談到這一段經驗時都有共同的感覺，覺得自己的專業技能開始成長了：「就是經過教學實驗後那個瓶子要大要小等問題就一一的出來了，一開始是 1 liter 的，後來我就覺得量不夠換成 2 liter 培養瓶，再給國科會[現改為科技部]訪視委員看有沒有問題。」「蒸餾，我想說讓學生自己組看看，從酒發酵到蒸發，然後酒精凝結流下來，學生看到之後很感動，他說哇，這叫做酒，那種感覺不一樣的，第一個成本降低了，第二個推廣到各個高中的時候，他們都有現成的材料跟工具，他就變成更不會陌生。」

透過與專家的溝通互動及反思，教師們以演繹及歸納的方式重新給予實驗教具需符合「現階段高中職學校實驗室教學與學習所需」及「未來實驗室教學的可推廣性」之概念定位，從而在高瞻社群內創造出教具開發的新知識及技術。

(三) 結合化—透過交流分享整合不同層次概念於實驗教具發展的知識系統中

結合化是四個知識轉移步驟中，將個人知識提昇至組織中最重要的一個歷程。在

高瞻課程發展社群中，呈現出結合化知識轉換的重要表徵為教師能於正式會議、工作坊、計畫成果評鑑活動及非正式等場合中，侃侃而談並能分享高瞻教具設計技巧與製作過程等細節。透過這些資訊的交流與分享，教師們逐漸得以以分解整體課程計畫目標及元素的方式，自行以具創意的方式運用所得知識來理解課程設計。如邱老師回憶道：「團隊老師間主要是教學上、專業上交流，在專業上一開始是尋求成大那邊專家的諮詢，但到了最後面的時候其實是我們自己在解決，因為課程它可以是基礎的，也可以是延伸的，那後來延伸的部分就變成說在團隊裡面自己去討論。」

為執行高瞻計畫所做的課程設計，從會議紀錄等文件資料顯示，此校高瞻社群經常會發起以讀書會或討論會的方式來選擇適當的教材或釐清學生學習起點行為條件與學習需求以符合課程設計的目標。對老師們來說，為了能將教具設計與教學目標做緊密的結合，計畫執行成果評鑑訪視、競賽等活動的要求影響了教師在教具設計的修改方式，這個思考模式使得課程社群教師將「如何讓一件好作品呈現在符合本校學習環境的教具器材上」視為是教具教材的設計符合計畫案目標的重要參考依歸之一。為了將參加計畫執行成果評鑑競賽與教具設計及教學目標做緊密結合，研究者觀察發現，社群成員之間對教具設計的討論，有別於前一個階段只是給予教具器材新定位的外顯化創新概念，轉換成為結合不同資料訊息，如需符合教室教學目標及滿足計畫成果評鑑成效的一種新思維或新方法來重新打造教具教材的設計。例如蕭老師在談及教具的設計及改良上說，除了為了教學成效會常和邱老師討論外，「還有一個最大的就是計畫成果評鑑嘉年華要參賽嘛！大家就比較有壓力迫使我们討論參賽作品要怎麼呈現，這對我們的教具改良有很大的幫助。」

將不同的概念有系統的整合到此職校課程發展的系統中，這個結合化現象亦出現在教具設計及修訂的過程中，例如社群中的趙老師經常就會扮演這樣轉換結合不同知識概念的角色。她透過討論形式結合不同的概念及考量，進而提出符合課程目標與學生需求的教學教具的修改方向。趙老師談及「因為老師們在做教具開始，就會比較以學生的需求為目標。」因此趙老師以召開會議及讀書會的方式，除了因為「有很多疑慮需要大家多討論和交流」外，她認為討論還可以「幫助大家釐清一些觀念。」資料分析發現，對趙老師來說，除了能將觀念釐清之外，透過教師們互相溝通所產生的需符合學生學習需求的這個「中階段概念」(Takeuchi & Nonaka, 2004/2004, pp.76)，亦能讓團隊社群在有共識的前提下將此滿足學生需求的課程目標概念順利的整合到此農工高瞻新興科技創新課程開發的「整體概念」(Takeuchi & Nonak, 2004/2004, pp.76)

中。這個中階概念與整體概念的結合模式，體現出此農工教師將學生學習需求的概念有系統整合進高瞻課程發展知識系統的過程。

（四）內化—將實務教學「從做中學」的經驗內化為教師的實驗教具專業知識

在內化的過程中，經由成員不斷的互動討論集體織組學習，實驗教具經由教學實驗修正後，已內化成為教師能自在的設計及運用教具並能掌握其所能帶來的教學與學習成效，從計畫案的第三年後期亦即進行第二輪的教學實驗後，高瞻教具的設計及教學應用已內隱為學校農工課程實踐社群獨特的知識資產一部份。例如周老師在設計進一步將電腦設備結合燃料電池風扇時，他能清楚的掌握學生的特質並明顯感受到修改後的教具帶給學生學習上的改變：「燃料電池風扇接電腦以後，學生看到不同酒精它的一個電壓的變化，他可以看到完整的過程，因為現在小孩子比較想要聲光可以看到螢幕他就很高興，就會自己觀察，然後去記錄它。對！這就是說整個教學過程會再修正讓學習成效有所提昇。」

透過兩輪「從做中學」以內化外顯知識（Takeuchi & Nonaka, 2004/2004, pp.76）的實務教學體驗中，在第二梯次的教室教學實驗時，周老師已經可以將計畫案初始僅以「模仿」製作而來的教學設備轉變成屬於自己的且能符合本身教學所需的設備。做畜產廢棄物產沼氣課程的邱老師自己也有類似因能清楚掌握實驗器材訣竅並能不斷昇華它成為屬於自己的教學工具的知識移轉的經驗：「在教具的上課部分，因為剛好學生有在做科展，然後很頻繁的使用，馬上就會暴露它一些優缺點出來，那時候教具每天在碰在摸啊，就會覺得這應該再怎麼修，教具我三年改了三套。」

邱老師除了將教具內化成屬於自己的設計之外，更進一步樂於與別人分享，讓另一社群也能開始啟動知識螺旋的學習模式當中得以永續發展下去，他自豪地說：「像有國小要做科展也找過我指導，他們有去思考怎麼樣把我的設備作整合，最後發展出來實驗器材沒有一個東西是 copy 我的！比如說定溫，他沒有辦法像我買一個定溫水域槽，就買那種水族缸的加溫棒來替代，最後還得全國科展第二名咧！我就覺得很棒！」

經由實踐社群在創新知識互動歷程中的分析討論，發現在「教具設計開發上」已成功實踐於知識螺旋的轉換的歷程；而教學目的在於提供一個讓學生有優質的學習環境與良好的教學品質，以提昇學生整體之學習成效。因此，接續進行的是第二輪的知

識螺旋「教案撰寫技能」。

三、教案撰寫技能中知識螺旋之轉換歷程

（一）同化—觀摩專家演示及參加教案研習臨摹探究式教學教案

「探究式教學」為此農工職校執行高瞻計畫課程時，於總計畫會議所討論決議出來的教學方法（苗農高瞻計畫，2009b），也是課程社群參與教師們所達成的教學實踐共識。在訪談中，研究者發現幾乎每一位教師都把「探究式教學」掛在嘴上。對此農工教師社群來說，要設計一套創新式的教學模組雖然在計畫案推動之初即成為一項再自然不過的共識，但是要成員真正掌握「探究式教學」精神並確實落實在課程中，這在一開始是相當不容易的任務。就像趙老師所說：「其實我們為了探究式教學的教案我們也想了很多的辦法一直在摸索，也請了一些教授們來上課。」教案編寫過程中，一開始由教師去找來可供臨摹的科學教育學科的探究式教學教案，請教相關的學者來觀摩，做為教師在撰寫計畫需求開發新興科技課程教材，周老師說：「那時候有參考一下彰師大教授的一些範例教案，我們還請他來學校做一個教案觀摩研習。」邱老師說出他當時撰寫教案時的想法：「這個教案嘛，其實講實在話，我本身也不是師範體系背景出來的，應該說寫教案沒什麼把握，我們可能說有個老師已經出現一個架構版本了，然後呢我們就是照他的架構，講難聽一點就是有點類似依樣畫葫蘆那樣做出來的。」除了依循著過往既有的教學備課經驗來蒐集課程相關教材與研讀專業領域蒐集資料，對這些老師來說，在這個階段最重要及最需要獲取的就是去臨摹揣測別人設計出來的教案和教學模式，就此成員們對「探究式教學」的教案編寫有了初步的起始點。

（二）外化—轉化學生中心的教學並以生質能主題設計問題情境及相應的教學策略

在社群教師開始臨摹專家學者的教案，雖經由教學經驗的累積，但老師們發現在教學現場的所嘗試的探究式的教學實踐行為與其過往的教學並無太大的差異且不能滿足學生的需求。老師們察覺到按照所臨摹的教學法是恐怕不足的，因為還是逃離不了傳統的教學模式。社群教師成員們開始去思考「探究式教學」為什麼這樣的設計這樣做而不是那樣設計那樣做。這樣的思考使得參與高瞻的教師開始探詢在教學方式及探究式概念的具體外顯化的模型為何。許多高瞻教師都經過這樣的一個思考轉變過

程，例如邱老師回憶道：「我們第一次教學實驗時還是跳脫不了傳統的方式來教！那我們也辦了幾場探究式教學觀摩，然後就比較知道，大概是主動拋出問題丟出議題然後不要給學生解答，不要太快的去告訴學生什麼，讓學生主動去摸索去探索那樣子，然後在過程當中適時的給他們協助幫忙，又不是全部告訴他，還是要不斷的一直讓學生自己去摸索這樣子！」

在趙老師後來的教學現場中，「探究式教學」的方法也在同化之後轉移成外化，他提到：「譬如說我們在生活中運用生質柴油時會有什麼問題，所以我就設計一個情境讓他去回答，其實探究式教學是我們先丟一個問號給學生，再讓他們去討論找答案，那學生怎麼去解釋或是去討論它，可由他蒐集的資料跟實際驗證的結果來做比較。」在解構了教學的步驟及實際應採取的教學策略後，教師們發現，給予學生探索空間的教學模式改變後，讓學生的學習獲得了不少的成長，例如教生質酒精課程的白老師察覺到學生「在課程實驗設計的部份，做實驗教他怎樣去觀察，自己數據跟別人數據比較起來一起去做歸納，然後可以上台去說，跟同學分享。」

在這樣的知識外化的轉換中，研究者發現社群中老師可以提出新的概念作修改，也可以藉由反省自己的經驗來體驗別人的經驗，也能為了達到某個教學目標而說明如何設計出與之相對應的教學策略。簡而言之，教師教學設計的模式及教學過程已可以用言語表達出來—將累積於個人經驗屬於默會層面的教學知識轉化為可傳播分享的外顯知識（Takeuchi & Nonaka, 2004/2004；Polanyi, 1966）。藉由辦理社群中的教學觀摩會，教師將自身的教學經驗經由同化傳遞給社群中的其他人，周老師說：「我們看完趙老師的教學後，本來想說探究式教學很難的，看看趙老師這樣教，我說這應該還可以試看看啦。」

（三）結合化—整合同儕教師內部觀課評鑑及教案專家外審意見回饋發展教學知識

成員已經可以將別人的「探究式教學」轉變為自己的教學策略與方法之後，此時期為知識螺旋中最關鍵的步驟，亦是在實踐社群中組織需透過情境化的互動學習討論（Lave & Wenger, 1991），結合化的歷程特性才能轉化為團體的知識。此校課程社群的做法是，在經過教學實驗後，教師們針對教案撰寫設計再進行討論並舉辦教學觀摩，社群教師將自己寫出來的教案經評鑑教師與專家審查後，透過電話、會議、電子郵件或各種形式的文件討論，使教案內涵更完整符合探究式教學的教案，高瞻教師以這些

方式慢慢的累積教案編寫結合化的能量。

依研究者的觀察，這所位於臺灣中部的農工學校在還沒執行高瞻計劃的之前，校內的教學文化及氣氛就是教師自己獨自去完成教學工作，即使有教師想要在教學上嘗試做一些改變，仍舊只能靠自己摸索，感覺很無助。周老師回憶說：「以前我都單打獨鬥也沒協同教學，畢竟我們就是一個人為主上課方式，那我們在高瞻這三年的感覺是，我會常常就是找同儕，第一個會想找伙伴們來討論解決問題。」就知識螺旋而言，製造有別於傳統作法的「波動」(Takeuchi & Nonaka, 2004/2004, pp.86)有助於社群中知識的創造。

在這個高瞻課程社群中，為促進結合化的方式有許多種，首先有別於傳統的方式是安排其他校內老師做為評鑑教師進入高瞻教室，進行教室觀察並給予授課教師教學意見及討論。一開始，這個教室裡的外來干擾使高瞻教師感到不安，老師們說「因為覺得被打擾」、「不喜歡被評價」、「指出我哪裡教得要改進，讓我有壓力」。但經由與評鑑教師的討論，以及大學端教授們對內部做評鑑做法的肯定，高瞻教師逐漸體會到他們得以整合這些意見並藉以改善自己的教學。透過觀察評鑑完後的討論，周老師認為這樣的方式很有收獲：「他們都有做課堂觀察，根據他們的意見做一些修正，評鑑老師們會以書面寫出優缺點，針對他的教學觀察跟我的教學互相的比較討論，你看到優點會很高興，缺點一開始你會覺得不舒服，但後來靜下來想，的確是這樣子。」白老師也肯定評鑑教師發揮的功能，白老師說：「校內有安排高瞻課堂觀察員而且全程錄影。我們上完課之後，他們給我們意見，事實上他們就是給我們一些建議與修正啦，整個教案和教學經驗就是這樣慢慢累積起來。」有關校內老師進入高瞻教室進行教室觀察及做課程評鑑所帶來的「衝突波動」，所經歷的磨合與協調最終轉變成提升老師結合不同知識系統的創造性力量，可參見本計畫案於 2013 年發表的論文（林孟郁等人，2013）。

除了與評鑑教師分享並討論教學的方式外，高瞻社群的老師還透過私下或公開的會議討論中，把自己的課程的外顯知識與他人分享，例如像白老師和邱老師說道：「幸好大家都不藏私都會拿出來分享自己的想法，就會互相支援一下。我覺得教案的活動單、學習單設計的部分，求助於同儕的還蠻多的。」「學校有統計學生做教學滿意度調查，我所教的課程單元，20 個學生有 16 個覺得很難；我就想說為什麼我的課會讓學生聽不懂，很不能接受。洪老師就在電話裡安慰我說，你再試看看有沒有辦法修正整個課程呀，當下就決定我當然要修正課程。」

（四）內化—從教學實施實驗及修正中加速創新教學實踐智慧的累積

依據知識螺旋的觀點，教學知識轉化的最後步驟便是課程社群中的教師可以教會另一個老師如何設計教案以提高教學成效，就像教微生物產氫的蕭老師可以將本身所內化的知識傳遞給教生質酒精的白老師一樣。透過分享教學物件及教材以體驗蕭老師的教學歷程，白老師學會了蕭老師的教學策略，並使之成為屬於她本身的教學策略的一部份：「原來一開始呢我沒有讓學生有一個很好的情境來引導學生，教案活動設計的部份蕭老師就告訴我說，可以給學生看影片來引導學生，可以去上 YouTube 找找看。我們覺得有困難的時候，我們老師都可以互相去請教，大家都不會說故意隱藏。」此外，經由演講與分享也可以達成教學知識內化的目的，例如蕭老師回憶之前他受邀去明道中學演講：「因為我講過微生物產氫這個主題，就他們想要養菌就找到我，然後就是他們老師也過來我們學校這邊看看交流。」還有像邱老師把他的教學概念與國小老師分享：「我給他們一些概念跟想法，他們自己就是可以回去延伸出自己一套東西，我覺得那個感覺那種感覺就很棒。」

在內化的過程中，除了經由社群內不斷的互動與教學檢討，經過二次的教學實施及評鑑修正後，教師們都能暢談他們如何進行探究式教學並且有信心這些教學法已內化為他自己的教學策略的一部份。關於什麼是探究式教學以及如何設計教學與學習活動，老師們經過近三年的課程社群參與對知識的螺旋轉換已有不同的體認，蕭老師和趙老師不約而同的認為：「在教學過程中不知不覺就蹦出答案給學生。我想不對，應該讓孩子去探索去發現，就是說不要太急，如果他真的探索到出了我的設立的一個框架外以後，我就稍微要把他引回來，我覺得要保持他的動機很重要」。「老師要落實探究式教學他應該是會更累而不是更輕鬆，表面上看他在課堂上就走來走去，但要達到學習成效，事實上他回家花的時間會比我們傳統教學來的長」。

有了豐富的課程設計及探究式教學經驗後，研究者觀察發現，社群成員更能發展出協助學生的專題製作品並代表學校參加校外比賽，這個現象以從個別教師到不同科別再到全校的感染的方式慢慢的影響學校整體學習風氣與文化。蕭老師發現學校的學習生態正因知識螺旋後發生改變，「像科展作品以前沒幾件，現在大家的作品水準也會比較高，有一些研究都會跟大學合作，專題製作或小論文比賽大家都會比較喜歡去參加，尤其任課的老師是我們高瞻的成員，那他們可能會把這樣的氛圍帶到各科裡面去，就不會那麼害怕去接觸。」洪老師也說：「無形中在影響我們教學的時候，不會

像以前那樣子拼命趕課啦，讓孩子們多多去發表、去思考，探索看看這東西要怎麼做，讓他們去想答案，而不是我直接告訴他們答案。」

綜上觀之，在課程開發中建立的實踐社群，經由團隊中老師針對所開發「生質能源新興科技課程」知識專業領域上有共同的目標，並相互引導來協助彼此間獲得學習，藉由正式和非正式的人際互動，促使學校不斷的進步與改善；且成員間相互投入，彼此尊重和信任，樂於分享知識轉換過程中之經驗，而促成個人及組織團隊的成長。

伍、結論

本研究以知識螺旋的四個內隱與外顯知識在個人與組織間的移轉模型——同化、外化、結合化與內化——為分析架構，檢驗一高職學校教師參與課程實踐社群，在開發探究式生質能課程模組中其創新知識發展歷程的適切度。資料分析發現，這些高職教師透過實踐社群的運作，從他們個人身上所產出的對課程及教學方法的創新知識，實際上扮演著學校課程文化變革的媒介性角色。他們率先投入新興科技實驗教具開發和探究式教學教案設計及實施的學習，對教師個人而言不但是一個全新的教師成長歷程，他們不僅在課程發展的不同階段將教師個人的內隱知識轉移為社群共享的顯性知識，還能在整合不同層次的知識系統後，傳遞擴散個人內化了的知識至其他社群外的老師或他校群體。

一、開發創新課程中默會與外顯知識螺旋的轉化表徵

依據 Polanyi (1966) 的觀點，教師知道的比他們能表達出來的還要多。教師所擁有的知識，包含了容易被表述及轉移的是外顯知識，以及相對上較難以語言、文字或圖形等符號表述及分享的默會知識 (Nonaka, 1994; Polanyi, 1966)。本研究以知識螺旋的四個轉化歷程做為分析的架構，對實踐社群中進行「開發實驗教具技巧」和「創新教案撰寫技能」兩大主軸面向進行檢驗，歸納出教師們在課程開發產出新知識新技能的默會知識與外顯知識間螺旋轉移表徵，如圖 4 所呈現。

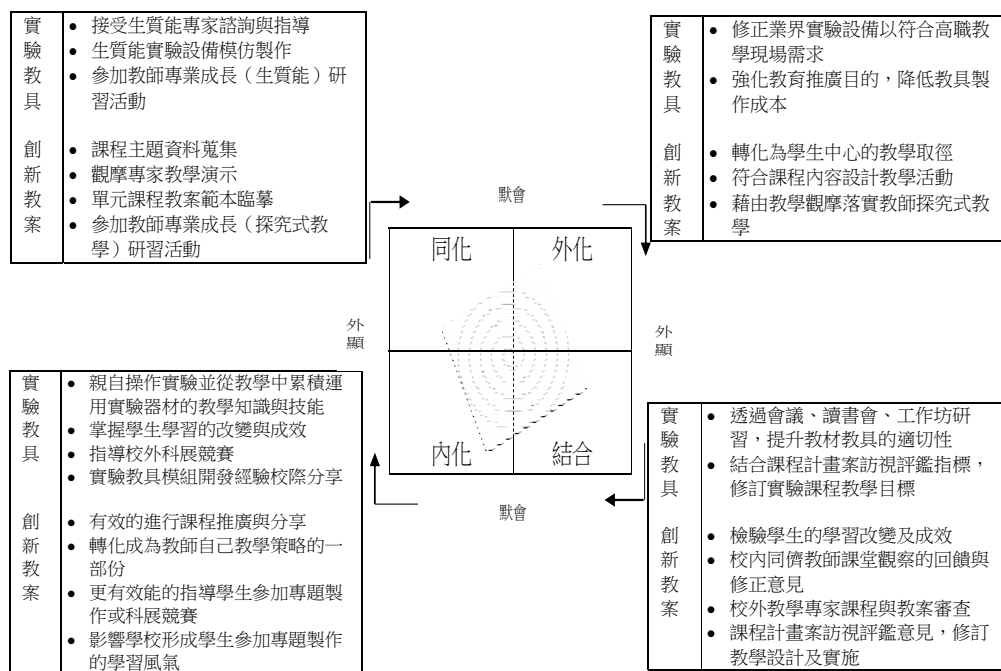


圖 4 教師在課程實踐社群中知識螺旋轉移表徵

本研究之創新生質能課程模組的開發過程中，學習的觸角跨出了學校組織之外的學術機構及產業界。這些參與課程發展社群的教師們，以觀摩、仿做及臨摹方式跟隨著專業者透過實作而同化（社會化）(Nonaka, 1994)，應用現成有效的實驗設備及探究式課程範例來發展自己的生質能課程，依樣畫葫蘆的開始了創新課程的開發過程。這些觀摩學來的實驗教具的製作方式及教案的設計內容都是被專業肯定的知識產物。在這個階段，雖然教師們已或多或少確定自己已經掌握了要領，但尚無法自在的表述出自己在實驗設計及教學實踐上，為什麼要這樣做以及會產生什麼結果的過程及細節。

然而，教師們後來卻感覺到有一些不適用的地方，也同時出現了一定要做調整的強烈需求。這個時間點發生在當老師們在自己學校裡實驗室及教室裡實際操作，並同時將學生的學習需要納入課程設計的考量時。他們親身體驗到為了解決教學上的困難，社群老師間透過彼此間問題的提出及可能的解決方式的提出及嘗試，能類比至高

職學校實驗室的环境條件，並進一步釐清所設計及使用的實驗教具的個別的及組合起來的用途，以及課程實施過程中的每個教學活動的要達到的目標及步驟。在這個將課程知識外顯化的轉化階段，社群的教師們能將其在上一個同化階段所掌握的教學知識，轉化成為課程教材、實驗教具組合程序以及教案說明手冊等方式可分享及推廣（Nonaka, 1994）給其他教師包括其他學校的科學教師。

在結合化的知識轉化階段中，教師們面對的另一層的挑戰在於，這些作為產出成品的 5 套生質能課程模組必須能符合精益求精的標準，亦即這些創新的課程必須接受高瞻計畫委託單位科技部課程成效評鑑及大學端課程專家的教案適切度審查的考評。過去已有研究發現創新成果的表現，在相當程度上受到了組織中個體成員及團隊間能否跨出團隊組織外以獲取專業知識之影響（Tortoriello & Krackhardt, 2010）。在這個欲提升課程知識品質以面對課程評鑑審查的階段，社群中的老師們跨出學校組織的校園界限，引入外部的專業資源以蒐集適切且足夠的專業知識來面對課程評鑑的檢核。本研究發現，透過社群團隊的運作，學校的教師們參與了課程評鑑相關的工作坊及讀書會等活動，並同時邀請大學端的課程專家提供教案的審查工作作為課程精修的依據。

透過課程發展，教師個人不斷實際操作、嘗試錯誤及試教，社群團隊老師間定期不定期的會議、討論及試教經驗分享，在這個課程知識內化的階段，教師們能應用前階段所學到的專業知識於自己在教室的教學中。轉化教師課程知識內化的觸發劑在於教師們是從「實作中學習」，將外顯及學理的知識連結到自己的科學實驗課程的設計及教學實施中。與第一階段的依樣畫葫蘆的同化不同的是，在這個內化的階段，社群教師們的實踐是有意識的帶著反思的角度在學習及創造屬於自己的專業知識及技能。在這個階段教師所內化的知識，除了已轉化成為教師自己的課程設計能力及教學策略外，教師們還能靈活運用各個層面的知識及技能，協助並推廣給其他老師應用以及指導學生進行相關的專題製作或科展競賽。

從知識螺旋理論模型對本研究中創新課程與教學知識的移轉與產出的分析發現，上述每個知識轉化的歷程中，皆具有其特定的意涵，缺少或跳躍任何一個步驟將會對知識的創新帶來阻滯。在創新知識產出的過程中，研究發現社群中老師們能否達到結合化中「知識累積和創新」是課程知識開發中一個重要的轉折。因為所創造出來的知識概念必須經過證實是值得追求以及受到社群認同的，這個受認證的創新知識才能形成一個具體且具擴散與分享價值的知識原型（Takeuchi & Nonake, 2004/2004）。

二、面對並克服困難與波動以穩固知識發展基礎

一般的校園文化中，課程模式強調的是知識的結合化和內化（外顯知識到內隱知識），而本研究的發現認為要深化知識進而創新知識應是一系列的循環過程，即內隱知識到外顯知識再到內隱知識的轉化。本研究以知識螺旋的模型檢視教師在欲發展創新課程模組的知識轉化過程中發現，參與高瞻計畫的高中職老師所面對的知識創新的挑戰是雙重的，教師們除了要發展以新興科技為主題的科學科技課程並教授給學生外，還須在課程的教學實踐中採用學生中心的探究式教學。

此外，為了符合高瞻計畫課程成效評鑑指標的需求，高職課程社群須結合大學端學者專家的課程評鑑及科技部審查及競賽等的外部知識系統的稽核，使得已經開始依照教案進行探究式教學的老師感到不確定能否有成效；加之又有作為校內課程評鑑機制的同儕教師，進入社群教師的課堂進行觀察記錄，其進教室的干擾性及所提出的評價意見等一度影響了高瞻教師的教學士氣與信心，而使得老師們的教學實踐出現對教學目標懷疑及對教學方法出現雜音的現象。

經過社群教師間的溝通協調、大學端專家學者的諮詢指導以及科技部成果審查肯定與競賽結果的佳績等考驗的認證。研究分析發現教師知識的移轉能成功的進入下一個內化階段且能有效及大範圍的傳播、擴散及分享這些「驗證」後的生質能探究式教學知識，是因為高瞻社群老師能面對並克服這些「波動」（Takeuchi & Nonaka, 2004/2004, pp.86），重新架構了具多元的觀點及思考方式，進而發展出趨於穩定且具證據性的課程與教學知識。

三、具體的知識螺旋起點有助形成教師社群的共識文化

本個案中學校的實踐社群老師們選擇以「實驗教具研發」做為進行知識螺旋的起點，在整個歷程的檢驗中發現確實有利於探究式教學知識移轉。在高瞻計畫三年多的執行期間，在第一年的準備期中，社群中的教師們認為實施「探究式教學」應先發展出教具之後才能實際進行實驗教學操作，且先發展實驗教具也增加了老師們練習及累積實驗教學經驗的實踐智慧。先設計及操作實驗器材、後研發教學活動的做法，除了有利於檢視同化過程是否能進入外化的重要步驟，也是促使本研究社群教師能完成良好的知識螺旋成果。

教師實踐社群中，因為有了屬於團隊中的共同事業、能夠相互投入和共享資源，

本研究發現的確可以在學校形成一股由下而上的力量達到組織增能。此高瞻個案中教師們對教具開發和教案設計的知識技能有了更清楚的認知且能自如的運用與操作，教師的心態上變得主動積極並樂於分享，經由集體學習反思後，教學策略也和以前授課方式也有所不同，社群內出現一股良性的互動及能共享的文化，且會反省自己的經驗去做修正而改變學生學習模式。因此，在此高瞻社群中，透過知識生產的轉移，的確是可以將開發教具和撰寫創新的教案的計巧的知識、經驗與技能傳遞延續下去。

四、未來研究建議

上述資料分析的結果可發現，高瞻教師在創新課程開發的過程中，雖然確實經歷了內隱與外顯知識的移轉及整合，並使得知識產出的歷程完整。但有幾項屬於本實踐社群的特殊性造成知識螺旋的順利移轉歷程，值得未來對進行教師課程知識專業發展相關研究有興趣的教育者及研究者繼續進行更深入的探討。例如，本課程計畫執行期間較長，知識移轉的分析能依據計畫期間所進行不同的活動、成果審查機制及相關產出而進行檢驗。本研究中對「新興科技課程主題及探究式教學」的上位課程目標的設定，並非全然由社群中的老師透過討論交流產出，本個案教師社群身處在兩個層級及組織結構——學校組織以及對課程發展成效扮演稽核者的科技部組織——這個上層組織結構對課程及教學知識發展目標的設定及評鑑的約束力，對於提高社群老師課程目標達成的動機以及為完成共同事業的一致性努力，應有一定程度的影響。

如前文所述，本研究中課程發展的教師社群以實驗教具外化知識的學習作為創新知識發展的開端。這個知識螺旋啟動的起點，也許因為參與此實踐社群的教師為高職學校的老師，以實作進行問題解決是職業學校較為普遍方式，因此以實驗教具做為創新知識發展的起點。未來的研究可以以不同的學校系統如高中或不同年級如國中小的老師進行研究，以進一步驗證影響教師進行創新課程開發的學習起點與學科本質或教學方法之間的關聯性。

教師們在創新知識與技能學習上所遇到的實驗及創新探究式教學上遇到的困難，皆在本研究中教師的知識轉化過程中呈現出來，未來國家在推動這類大型的創新課程的研究計畫時，建議應考慮提供學校教師更多的教學資源以及開設符合教師需求的專業發展研習活動，並增加學校組織間更多的相互交流及學習的機會以提升教師在開發創新課程時所需具備之專業知能的養成與準備度。

五、結語

教師實踐社群中，因為有了屬於團隊中的共同事業、能夠相互投入和共享資源，本研究發現的確可以在學校形成一股由下而上的力量達到組織增能。在校園中，教師們不僅要發展教具研發和教案設計，更需由教師的力量發展實踐社群和進行組織學習，改變學校成為一個學習型組織的學習文化。本研究發現，知識螺旋不僅會發生在教師個人身上，更會擴大發展到整個組織當中，要完成知識螺旋必需要建構出一個樂於分享的環境，傳統的校園文化對知識螺旋的發展有其限制。面對知識經濟時代的來臨，學校組織不能置身於外，建立一個能夠使知識流通、分享與創新的社群，不斷產生新的教育專業知識和技能，帶動校園整體學習氣氛以提高學校的競爭力。

誌 謝

承科技部專題研究計畫（NSC101-2514-S-648-001、NSC102-2511-S-003-012）的支持，本文為研究計畫成果之一，特此致謝。

參考文獻

- 李國璋、李志強、袁本麗（2012）。企業知識內化之探討—整合學習循環理論與知識學習觀點。《管理科學研究》，9(1)，19-48。
- [Li, K. W., Li, C. C., & Yuan, B. L. (2012). The study of knowledge internalization—Integrating learning cycle theory and knowledge learning perspective. *Management Science Research*, 9(1), 19-48.]
- 林孟郁、鍾武龍、張月霞、李哲迪、陳穎儀（2013）。高中教師在創新科學課程專業學習社群中的發展歷程。《科學教育學刊》，21(1)，75-96。
- [Lin, M. Y., Chung, W. L., Chang, Y. H., Lee, C. D. L., & Chen, Y. Y. (2013). High school teachers' development process in a professional learning community of the innovative science curriculum. *Chinese Journal of Science Education*, 21(1), 75-96.]
- 林美英、趙振瑛（2003）。教室知識管理：以知識螺旋理論增加知識的吸收能量。《教

育科技與媒體，66，18-34。

[Lin, M. Y., & Chao, C. Y. (2003). Classroom-based knowledge management: Using knowledge spiral theory for enhancing knowledge absorptive capacity. *Instructional Technology & Media*, 66, 18-34]

科技部（國科會）高瞻計畫推動辦公室（2005）。高瞻計畫簡介。取自

<http://www.highscope.fy.edu.tw/>。

[Ministry of Science and Technology (MOST) High Scope Project Office (2005). *High scope project*. Retrieved from <http://www.highscope.fy.edu.tw/>]

苗栗農工高瞻計畫（2007）。計畫進度會議（未出版）。國立苗栗高級農工職業學校，苗栗市。

[Miaoli High-Scope Project (2007). *Project Meetings* (unpublished document). National Miaoli Agricultural and Industrial Vocational High School, Miaoli.]

苗栗農工高瞻計畫（2008）。計畫進度會議（未出版）。國立苗栗高級農工職業學校，苗栗市。

[Miaoli High-Scope Project (2008). *Project Meetings* (unpublished document). National Miaoli Agricultural and Industrial Vocational High School, Miaoli.]

苗栗農工高瞻計畫（2009a）。計畫進度會議（未出版）。國立苗栗高級農工職業學校，苗栗市。

[Miaoli High-Scope Project (2009a). *Project Meetings* (unpublished document). National Miaoli Agricultural and Industrial Vocational High School, Miaoli.]

苗栗農工高瞻計畫（2009b）。計畫成果報告（未出版）。國立苗栗高級農工職業學校，苗栗市。

[Miaoli High-Scope Project (2009b). *Project Report* (unpublished document). National Miaoli Agricultural and Industrial Vocational High School, Miaoli.]

葉仲超（2006）。學生知識管理-運用知識循環理論探討科技大學學生學習成效。嘉南學報，23，527-544。

[Yeh, C. C. (2006). Student knowledge management—Use “knowledge spiral theory” for technological students of learning effect. *Chia-Nan Annual Bulletin*, 32, 527-544.]

Argyris, C., & Schon, D. A. (1978). *Organizational learning: A theory of action perspective*. Reading, MA: Addison-Wesley.

Blackler, F. (1995). Knowledge, knowledge work and organizations: An overview and interpretation. *Organization Studies*, 16(6), 1021-1046.

- Clarke, D., & Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. *Teaching and Teacher Education*, 18(8), 947-967.
- Connelly, M. F., Clandinin, J. D., & Fang, H. M. (1997). Teachers personal practical knowledge on the professional knowledge landscape. *Teaching and Teacher Education*, 13(7), 665-674.
- Denzin, N. K. (1989). *The research act: A theoretical introduction to sociological methods* (3rd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Edwards, A., & Ogden, L. (1998). Constructing curriculum subject knowledge in primary school teacher training. *Teaching and Teacher Education*, 14(7), 735-747.
- Grossman, P. L., & Richert, A. E. (1988). Unacknowledged knowledge growth: A re-examination of the effects of teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 4(1), 53-62.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Marks, H. M., & Louis, K. S. (1999). Teacher empowerment & the capacity for organizational learning. *Education Administration Quarterly*, 35(5), 707-750.
- Nonaka, I. (1994). A dynamic theory of organizational knowledge creation. *Organization Science*, 5(1), 14-37.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*. New York, NY: Oxford University press.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1997)。創新求勝：智價企業論（楊子江、王美英譯）。臺北：遠流。（原著出版於1995）
- [Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1997). The knowledge creating company (T. C. Yang & M. Y. Wang, Trans.) Taipei: Yuan-Liou Publishing. (Original work published 1995)]
- Polanyi, M. (1966). *The tacit dimension*. London, UK: Routledge & Kegan Paul.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Research*, 15(3), 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Takeuchi, H., & Nonaka, I. (2004)。企業創新的螺旋：全球競爭下的知識創新架構（胡

- 瑋珊譯)。臺北：中國生產力中心。(原著出版於 2004)
- [Takeuchi, H., & Nonaka, I. (2004). *Hitotsubashi on knowledge management* (W. S. Hu, Trans.) Taipei: China Productivity Center. (Original work published 2004)]
- Tamir, P. (1991). Professional and personal knowledge of teachers and teacher educators. *Teaching and Teacher Education*, 7(3), 263-268.
- Teece, D. J., Rumelt, R., Dosi, G., & Winter, S. (2000). Understanding corporate coherence: Theory and evidence [1994]. In N. J. Foss (Ed.). *The theory of the firm: Critical perspectives on business and management* (pp.74-101). London, UK: Routledge.
- Tortoriello, M., & Krackhardt, D. (2010). Activating cross-boundary knowledge: The role of Simmelian ties in the generation of innovations. *The Academy of Management Journal*, 53(1), 167-181.
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Wenger, E., McDermott, R., & Snyder, W. M. (2002). *Cultivating communities of practice: A guide to managing knowledge*. Boston, MA: Harvard Business School Press.

投稿收件日：2014 年 12 月 19 日

接受日：2015 年 11 月 25 日