以建模與認知師徒制為課程主軸之教師專業成長及化學實驗課程開發與實施

陳慧蓉[1]、邱美虹[*1]、周金城[2]
國立台灣師範大學科學教育研究所
弘光大學 通識教育中心
Email：mhchiu@ntnu.edu.tw

摘　要

本研究探討五位化學教師的模型本質與認知師徒制觀點轉變，及運用此二面向做為主軸探討化學實驗課程的開發與實施情形。資料收集採質、量兼併的方式，包括問卷、晤談、教室觀察、自評與他評表。研究結果顯示，五位教師的模型本質與認知師徒制觀點，在研究進行的兩年中有正向轉變，模型本質觀點以「模型的相似性」及「模型隨時間改變」轉變較大；認知師徒制觀點以「順序」重要性最高且課堂使用頻率最高。教材融入建模及認知師徒制情形，發現他評與教師自評差距不大，但他評建議可在建模的部份強化「模型調度」，並應透過不斷反覆練習與修訂教材，以增加培養學生建模能力的清楚度及符合度。

關鍵詞: 建模、認知師徒制、化學實驗課程

一、緒論

對於科學教育而言，模型建立與認知師徒制是科學學習中相當重要的認知能力與教學策略。根據Gilbert、Boulter 和Elmer (2000)的觀點指出，在科學的發展過程中，模型在建立與實驗的檢驗中扮演相當重要的角色。除此之外，教師教學時常在課堂中使用模型，而學生則需透過心智的運作去形成或使用內在的表徵，以便了解複雜的科學知識架構。因此教師本身的模型本質觀點，不但影響了課程設計，也會影響學生的學習表現。另一方面，認知師徒制為透過情境學習，協助學生獲得與整合認知與後設認知的策略。本研究主要探討在開發實施以建模及認知師徒制為主軸之化學實驗課程的過程中，五位化學教師的模型本質與認知師徒制觀點轉變，以及教材融入建模及認知師徒制的情形。

二、理論基礎

模型的定義與分類，根據 Gilbert等人(2000)的觀點，他們認為通常模型被視為是一個物件、事件、想法或現象的表徵。對於學生而言，他們傾向於將模型視為物體或人工複製品的表徵。然而科學的模型有時是抽象的或是模擬的，以用來對未知物體的結構與過程做描述或預測。許多研究者對模型進行分類，以強調模型之間的異同。如Gilbert 等人(2000) 根據模型的本體地位來區分模型:心智模式、呈現模式、共識模式、與教學模

式，這些模式彼此的交互作用會影響我們對現象的感官知覺。Buckley 和Boulter (2000)的分類準則是依據表徵的方式來區分模型：如具體的、言語的、視覺的、數學的、動作的(邱美虹, 2007; 吳明珠, 2007)。

模型的教學意涵，從模型與目標物的關係來看，Gilbert等人(2000)認為目標物在某些情境下與某一來源相似時，利用隱含在其中的關係，可以產生一個來源的模型，此模型在特定情境下可視為目標物本身。而在教學中模型常常被用來作為實物與抽象理論的中介，將兩者發生連結，甚至超出原來學習的對象，而能類推到其他的情境。因此利用模型的教學可以幫助學生建立抽象的架構,進而獲得更大的學習效用(Gilbert、Boulter 和 Elmer, 2000, 引自邱美虹, 2007)。Halloun(1996)指出建模有五個步驟，分別有模型選擇、模型建立、模型效化、模型分析和模型調度，但在實際的教學場域中，教師常以靜態模型教導相關科學知識,但較少讓學生對模型進行建立或修正(van Driel & Verloop, 1999)。

認知師徒制為情境認知理論，強調提供真實情境的學習環境，並且以解決問題為導向，藉由學習活動本身來認識所吸收學習的知識，鼓勵學習者對概念進行深層的理解。認知師徒制的教學主要目標是協助學生獲得與整合認知與後設認知的策略。使用認知師徒制的策略，能在閱讀或問題解決上將思考變成可見的，而且能讓學生將所學的知識與概念進行一般化，面對新情境時能將所學予以轉移。認知師徒制的教學實施程序有四個面向：內容、方法、序列和社會性，其中方法又分為六個次向度：示範、訓練、鷹架、闡明、反思及探索(Collins, Brown & Newman,1989；引自邱美虹等人, 1999)，其中後三者與傳統師徒制不相同，著眼點不在於技能與過程的發展，而是專注於認知與後設認知的發展。

三、研究目的與問題

本研究所探討之化學課程以建模及認知師徒制為主軸，因此本研究之兩個研究目的：探討五位化學教師之模型本質觀點及認知師徒制教師觀點轉變、以及分析所開發的教材融入建模情形。

由上述研究目的發展之研究問題包括：

1. 教師觀點的轉變：(1) 五位化學教師對模型的看法有何異同？經過二年後如何改變？(2) 五位化學教師的認知師徒制觀點有何異同？經過二年後如何改變？
2. 教材及教學活動之分析：(1) 教材融入建模之自評與他評的情形如何？(2) 教材融入認知師徒制之教師自評與他評的情形如何？

四、研究方法

(一) 實施場域與研究對象：本研究的實施場域是台北市的一所公立高中，該校學生皆為男生，素質優秀且整齊，不但科展、各項比賽人才備出，而且升學率為全國的百分之一。本研究之五位個案化學教師均為資深化學教師，有三位男性及二位女性教師，平均教學經驗在十年以上，每位教師的教學經驗都相當豐富。

(二) 研究設計：本研究探討五位化學教師在課程開發過程中的教師專業成長與課程設計模式。首先針對五位教師進行前測，得知教師在課程設計前對模型與認知師徒制的觀點，接著對教師的課程設計與實施進行持續的觀察活動，在課程設計完成後，其教材則同時接受教師內部的自評與外部他評，並對教師進行後測，以瞭解教師在課程設計後對模型與認知師徒制的觀點。

(三) 資料收集及分析：資料收集以質量兼併的方式進行，包括問卷、晤談、教室觀察、參與教師討論會等方式進行，本研究所使用的工具說明如下：

1. 教師對模型與建模的觀點：本研究採用邱美虹(2007)所發展之「教師模型本質觀點問卷」，並參考 Justi & Gilbert(2003)及 Haloun(1996)，發展「教師模型本質觀點半結構訪談」，比較五位化學教師於 2007 年 8 月及 2008 年 12 月的回答情形(Chiu, 2006; Chen, Chiu and Chou, 2009)。本研究將教師模型本質觀點分成十個向度分析：模型描述、模型使用、模型物件、連結、表徵、相似性、模型獨特性、模型與時間的關係、模型的認可、模型的預測。在分析問卷時，依兩種方式分析，一種是將問卷中依照「非常同意、同意、不同意、非常不同意」計分為「4,3,2,1」，再將分數加總比較，然後與訪談所得之質性資料比對，了解教師的填答原因。

2. 教師對認知師徒制的觀點：本研究參考邱美虹(2007)所發展之「教師對認知師徒制的觀點」之資料主要來自：「教學信念與現況」問卷（進行兩次）、「建模與認知師徒制」半結構式訪談、與實地觀察記錄。上述「教學信念與現況」問卷共包含 37 個問題，其實際上即為認知師徒制所包含的 4 個主要向度與 18 個子向度中的指標。四向度為內容、方法、社會及順序，其中內容分成四個次向度：領域知識、捷思策略、控制策略、學習策略；而方法分成六個次向度：示範、教導、提供鷹架及淡出、闡明、反省及探索；社會分成五個次向度：情境學習、專家實作環境、內在動機、合作學習、及相互競爭；順序分成三個次向度：增加複雜度、增加變化性、及整體到局部。在問卷中，每個問題又各包含了教師認為此指標的重要性及教師在教學時的使用頻率。

3. 教材融入建模與認知師徒制的教師自評與評鑑者他評：資料主要來自：「建模歷程與教材關係評估」問卷、「認知師徒制與教材關係評估」問卷、與實地觀察記錄。此份「建模歷程與教材關係評估」問卷詳細列出建模歷程所包含的指標，以及其實際上的例子，以作為教師評估時的參考。本問卷參考 Halloun (1996, 2004)與邱美虹（2007）所提出的建模歷程架構，將建模分為模型選擇、模型建立、模型效化、模型調度與模型重建等五個歷程指標；而「認知師徒制與教材關係評估」問卷參考 Collins, Brown 及 Newman (1989)所提出的認知師徒制架構，將認知師徒制分為內容、方法、社會性與順序等四個向度，每個向度下又各有三至六個子向度，皆有指標供評估者參考。在評估工作方面，先由教師進行內部自評，接著再由本研究觀察員與主持人進行外部他評，可比較教師自評與他評的差異。

五、結果與討論

(一) 五位化學教師模型本質觀點的改變情形

根據問卷及訪談結果，分析五位教師模型本質觀點的改變情形：從整體表現來看，從 2007 年 10 月到 2008 年 12 月五位教師在十個向度均有正向轉變。其中有兩個向度進步幅度較大，包括：「6. 模型的相似性」及「8. 模型隨時間改變」；未改變的向度為

對「4. 模型組成連結」的看法。從教師個別表現來看，教師 CT3 的進步情形最為顯著，十個向度中有八個向度都有明顯進步，教師 CT2、CT4 及 CT5 改變幅度不大；較特別的是教師 CT1，在「6.模型的相似性」及「9.模型的認可」有進步，但在「10. 模型的預測」有略為下降。

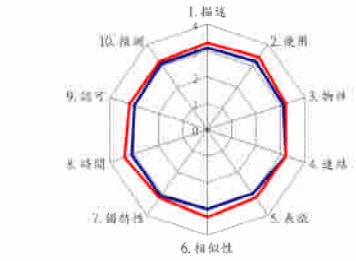
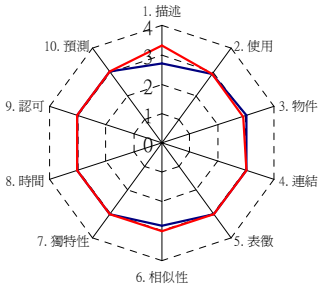
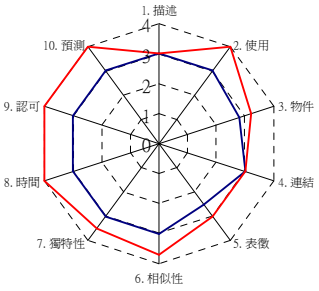


圖 1. 五位教師的模型本質觀點的平均表現之轉變情形 (藍線為 2007/10，紅線為 2008/12)



教師 CT2



教師 CT3

圖 2. 個案化學教師的模型本質概念轉變情形

(二) 五位化學教師認知師徒制教師觀點的改變情形

五位教師的認知師徒制教師觀點，分成教師認為認知師徒制的重要程度及課堂中的使用頻率兩方面。在認為的重要程度上，五位教師中有四位在 2007 年 10 月(課程設計初始階段)認為「順序」最重要；至 2009 年 4 月為止，仍有四位認為「順序」最重要，但是成員不同，其中教師 CT2 由「內容」改為「順序」重最為要，教師 CT3 則由「順序改為「內容」重要。至於在使用頻率上，有三位在 2007 年 10 月認為「順序」最重要；但至 2009 年 4 月為止已有重要改變，五位教師均最常使用「順序」。

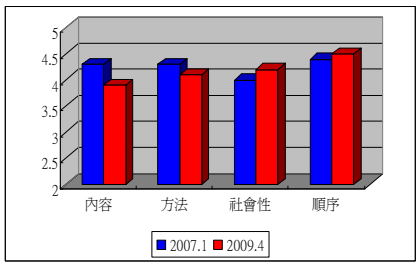
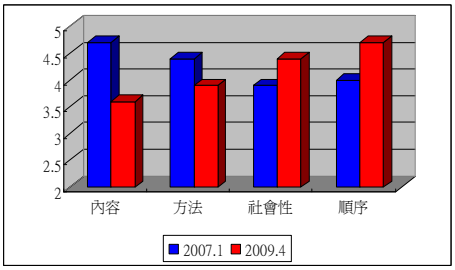
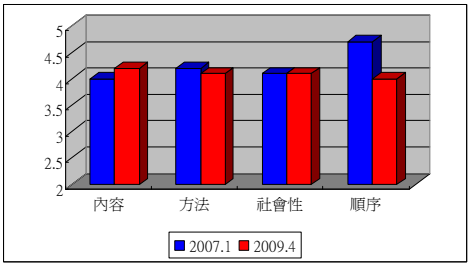


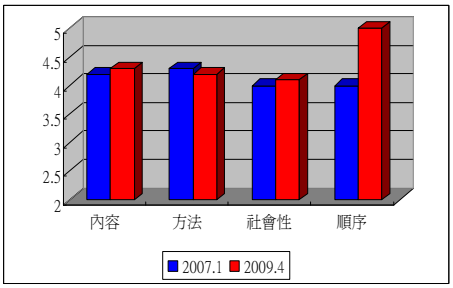
圖 3. 五位化學教師認為認知師徒制重要程度的平均改變情形

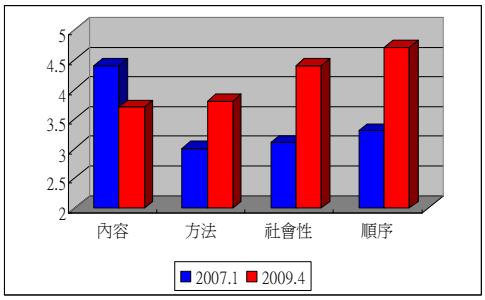




CT2　　**CT3**

圖 4. 個案化學教師認為認知師徒制重要程度的改變情形



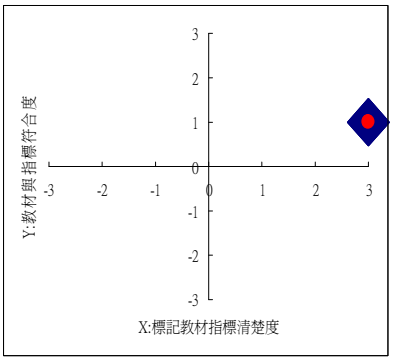


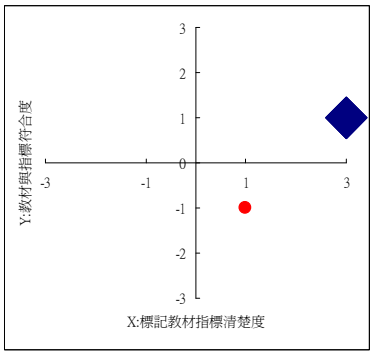
CT1　　**CT2**

圖 5. 個案化學教師在課堂使用認知師徒制頻率的改變情形

(三) 教材融入認知師徒制之自評與他評

本研究將教材融入建模與認知師徒制的情形，分成自評與他評、及標記教材指標處清楚度及教材與指標符合處來分析。首先在**教材融入建模情形，發現自評與他評差距不大**。在**標記教材指標處清楚度**方面，教師自評認為各向度的標示都相當清楚，此與他評的意見相當接近，他評表示各要素的標示都算清楚，只有「模型調度」可修訂以更加清楚；在**教材與建模指標符合程度**方面，自評與他評落差較大一些。他評建議建模指標中的「模型調度」不論在標記教材指標處清楚度或是教材與指標符合程度，可以再修訂更好的。其次是**教材融入認知師徒制情形，自評與他評情形差距不大**。在**標記教材指標處清楚度**方面，教師自評認為各向度的標示都相當清楚，他評表示在「方法」及「順序」相當清楚，在「社會性」可進行一些修正。在**教材與建模指標符合程度**方面，自評與他評的意見也相當接近，三位教師及他評均表示教材與建模指標在各向度均達符合程度。

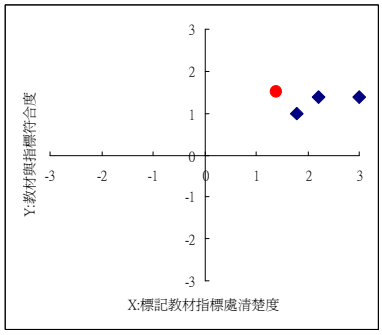




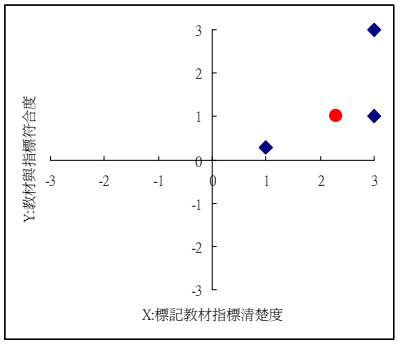
要素 3. 模型效化　　要素 4. 模型調度

備註：標記教材指標處：3 清楚, 1 待修正, -1 不清楚, -3 無此定義內容;
教材與指標符合處：3 完全符合, 1 符合, -1 不符合, -3 完全不符合

圖 6. 教材融入建模要素之自評與他評



向度 3. 社會性



向度 4. 順序

備註：標記教材指標處：3 清楚　1 待修正　-1 不清楚　-3 無此定義內容;
教材與指標符合處：3 完全符合　1 符合　-1 不符合　-3 完全不符合

圖 7. 教材融入認知師徒制向度之自評與他評

六、結論與建議

本研究探討五位化學教師的專業成長與化學實驗教材設計融入建模與認知師徒制的情形。研究結果顯示，五位教師的建模與認知師徒制觀點，在計畫執行二年中已有重要正向轉變，模型本質觀點以「模型的相似性」及「模型隨時間改變」轉變較大；認知師徒制觀點以「順序」重要性最高且課堂使用頻率最高。教材融入建模及認知師徒制情形，發現他評與教師自評差距不大，但他評建議可在建模的「模型調度」加以修訂以增加清楚度及符合度。因此，教師在專業成長有所斬獲，對建模與認知師徒制理論也更加熟悉，且仍然在持續成長中；另一方面，從教學活動及教材設計及實施來看，五位化學教師已逐漸將建模與認知師徒制的理念融入課程。教師們身為第一線的教育工作者，是理論與實務之間的重要橋樑，希望未來能進一步從事更多延伸的工作，將建模及認知師徒制融入高中化學課程中。

七、致謝

本研究承蒙國科會計畫 NSC 96-2514-S-003-006-GJ 及 NSC 97-2514-S-003-003-GJ 與的支持，得以順利進行。此外感謝所有參與的教師與學生，謹此致謝。

八、參考資料

吳明珠（2007）。**科學模型本質剖析：認識論面向初探**。論文發表於第二十三屆中華民國科學教育學術研討會，高雄，台灣。

邱美虹（1999）。**認知師徒制對學生化學概念改變的影響**。論文發表於第十五屆中華民國科學教育學術研討會，彰化，台灣。

邱美虹（2007）。**模型與建模能力之理論架構與研究工具之開發**。論文發表於第二十三屆中華民國科學教育學術研討會，高雄，台灣。

Buckley, B. C.& Boulter, C. J.(2000). Investigating the Role of Representations and

Expressed in Building Mental Models. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (eds.).Developing models in Science Education，(pp.119-135) Netherlands: Kluwer academic Publisher.

Chen, H.-J.; Chiu, M.-H.; Chou, C.-C. (2009). Changes in chemistry teachers' perceptions on the nature of models in the development of a new model-based course. Paper presented at the 7th biannual meeting of European Science Education Research Association (ESERA), August 31-September 4, Istanbul, Turkey. (Oral presentation)

Chiu, M.H. (2006). A study of models and modeling in learning of gas particles. Technical report to National Science Council (in Chinese).

Collins, A., Brown, J. S. and Newman, S. E. (1989). Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing, and Mathematics. In L. B. Resnick (Ed.). *Knowing, Learning, and Instruction: Essays in Honor of R. Glaser*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Gilbert, J., Boulter, C. & Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education, In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education*, pp.3-19, Netherlands: Kluwer.

Halloun, I. A. (1996). Schematic Modeling for Meaningful Learning of Physics. *Journal of Research in Science Teaching, 33*(9), 1019-1041.

Halloun, I. A. (2004). *Modeling Theory in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1369-1386.

Van Driel, J. H. & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education, 21*(11), 1141-1153.