

## 美國網路探究課程對台灣學生學習科學之成效

張欣怡

國立高雄師範大學

科學教育研究所

Email: [hsinyichang@nknuc.nknu.edu.tw](mailto:hsinyichang@nknuc.nknu.edu.tw)

### 摘 要

本研究採用與實施兩個美國網路科學探究課程(Web-based Inquiry Science Environment [WISE])，研究目的為探討該課程對我國學生學習科學之成效，並反思影響該課程成效之因素。美國 WISE 課程引導學生對日常生活現象與議題，利用線上實驗與模擬、網路討論等活動，進行科學探究。本研究參與者為臺灣南部地區四位教師及其共 269 位學生。本研究採設計型實驗 (design experiments)，資料收集包括：前後測、學生使用該網路課程之每一步驟、小組討論錄音、學生所寫之對課程問題之回答之電子檔以及教師與學生晤談。初步研究結果顯示美國 WISE 網路科學探究課程對多數 (近 80%) 之學生之科學概念與探究能力的發展有顯著助益。

關鍵詞：科學探究、科學學習、網路課程

### 一、研究背景與問題

隨著數位時代的來臨，電腦科技的快速發展改變了我們的生活形態與溝通方式。於科學教育方面，國內外學者皆積極研究如何以及何時使用教育科技促進學生科學概念的學習(如：Chang, C.-Y., & Tsai, 2005; Hsu, Wu, & Hwang, 2008; Krajcik, Marx, Blumendeld, Soloway, & Fishman, 2000; She & Lee, 2008)。有鑑於此，本研究與美國加州大學柏克萊分校之科技促進科學學習中心 (Technology Enhanced Learning in Science [TELS] Center) 合作，引進該中心兩個網路科學探究課程(Web-based Inquiry Science Environment [WISE])：「溫度與熱」與「氫燃料汽車」。TELS 課程為網路免費資源，課程設計重視教師與科技於課程實施之角色，一般皆於實際教室環境中實施，而非為遠距教學或學生自我學習課程。

相較於傳統式課程，TELS 網路課程提倡科學探究與日常生活連結，並經研究顯示 TELS 網路課程對學生學習科學概念顯著優於傳統式課程 (Linn, Lee, Tinker, Husic, & Chiu, 2006)。TELS 網路課程中有效的教學策略與學習活動包括嵌入式評量、動態科學表徵、線上討論、科學探究與評論等 (Chang, H.-Y., & Linn, in preparation)。然而，這些課程中的活動從同儕評論到科學探究的進行，會受學習者與授課者本身的經驗、知識、

與信念等影響。因此，一個專為美國學生所設計的網路科學課程及其評量活動是否能使另一國家之學生受益？然而，國內外研究同樣指出於教室中引進網路科學探究課程之困難（如：陳均伊和張惠博，2008；McNeill & Pimental, in press）。即使如此，強調科學探究能力之課程對學生學習之成效，亦有國際共通肯定的研究結果（如：Hsu et al., 2008; Krajcik et al., 2000；Linn et al., 2006）。換句話說，WISE 學習環境移植及中文化或許會得到與美國實施相同或者不同的結果，此部分需要研究的進行以提供證據。本研究藉由探討 TELS 課程對臺灣學生的學習成效，進行引進國外網路探究課程可行性之初探。TELS 課程之中文化與編修係依據我國九年一貫課程綱要，本研究成果可對九年一貫課程綱要之相關科學概念學習與科學探究能力之培養提供具體教學工具與策略。

## 二、文獻探討

依據我國國民中小學九年一貫自然與生活科技學習領域之課程綱要，培養探索科學的興趣與熱忱以及學習科學與技術的探究方法和基本知能係為重要課程目標。另外在基本能力方面，增進科學探究過程之心智運作能力亦為重點培養之基本能力（教育部，2003）。同樣地，美國國家科學教育標準亦強調科學探究，提出科學探究的面相包括：具有科學導向的問題的發生，資料與證據的收集，科學解釋的形成以回答研究問題等(NRC, 2000)。本研究所使用之 TELS 課程(<http://wise.berkeley.edu>)係依據知識整合觀點而設計（knowledge integration perspective；Linn & Hsi, 2000），強調課程建立於學生先備知識上，引導學生以日常生活為主題的科學探究，進行知識整合的四個過程：引出現有概念、擴增新概念、評估概念、以及區分概念（Linn, 2006）。TELS 網路探究課程經研究發現不僅可以促進學生的科學概念，亦可以發展學生的探究能力（Linn et al., 2006）。

然而研究指出於教室中要進行成功的科學探究活動，對於教師來說增加了不少新的負擔，如：要如何由一個傳統的、知識傳播者的角色，轉變為一個科學探究的引導者，以及如何帶領學生由被動的聽講者轉變為主動的探索者，這些都是複雜且挑戰的工作（McNeill & Pimental, in press; Polman & Pea, 2001），需要多次重複的相同課程經驗使能得到較佳的學習成效（Williams, 2008）。另外除師生互動，長期發展適合本土需求的科學探究課程亦需仰賴學校與教育系統的整合與支持（Higgins & Spitulnik, 2008）。因此，本研究擬在學校與教室氛圍都與美國不同的本國中小學教育環境中，初探實施美國網路探究課程對本國學生學習科學之成效，並反思影響成效之因素。而本研究之結果將可提供未來學校考量發展與實施網路探究課程之依據之一。

## 三、研究方法

### （一）研究方法與進行步驟

本研究採用設計型實驗[Design Experiments](Brown, 1992; Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer, & Schauble, 2003, The Design-Based Research Collective, 2003)，強調研究者設計以理論為基礎的教學活動，並實施與評鑑該設計之成效，並利用反覆的進行設計、實施、分析、改進，再設計、再實施、再分析、再改進等過程，增加研究結果的信度與效度（The Design-Based Research Collective, 2003）。本研究完成兩個設計、實施、分析、改進之循環相。

### （二）研究對象

本研究對象包括南部地區三位中學教師、一位小學教師、以及他們總共 269 名的學

生(表 1)。四位教師皆具科學與科學教育背景,丙國中池老師更具教育科技背景。甲國中孫與歐兩位教師主導「氫燃料汽車」課程之翻譯與修改。乙國小王老師與另一科學教育研究人員主導「溫度與熱」課程之翻譯與修改。四位教師皆於課程修改過程中給予看法與建議,並於課前進行課程討論(與一位研究人員進行一對一討論)與課前準備。參與本研究之中小學生為公立學校常態編班之一般生,唯,甲國中歐老師之班級含有特殊教育需求之學生。全部學生均為第一次使用網路探究式科學課程。

表 1: 研究對象與課程實施時程

第一次實施：97 學年度第二學期		
學校	甲國中	乙國小
教師	孫老師	王老師
年級	9	6
班級數	3	1
學生人數	81	34
第二次實施：97~98 學年度暑期		
學校	甲國中	丙國中
教師	孫老師、歐老師	池老師
年級	8	8
班級數	2	3
學生人數	67	87

### (三) 課程修改與實施

本研究實施之 TELS 課程經過兩個設計、實施、分析、改進之循環相。在第一個循環相中的主要課程修改工作包括翻譯、分析該課程與我國九年一貫課程綱要與分段能力指標契合之處以擬定學習目標,並依據授課教師僅能提供兩堂課之限制,以及目標學生之先備知識,將原本五堂課之課程精簡為兩堂課之課程。在第二個循環相中的主要課程修改工作係依據第一次實施經驗,針對學生不易理解的部分進行小部分如用字遣詞之修改,加入原先受限兩堂課而刪除之線上實驗與討論,擴展為一五堂課於暑期進行之課程(詳細課程修改過程,見 Chang & Linn, accepted)。經分析發現 TELS 課程滿足我國九年一貫課程綱要,於移植過程中本研究保留大部分 TELS 課程原貌。但 TELS 課程與參與學校使用之教科書內容有所不同,顧及學生受課權益,本研究採取教科書教學以外的時間,如第一次實施時的教課書課程結束的兩堂課時間,以及第二次實施時暑期為期五堂課的時間,進行 TELS 課程。

本研究包含兩個 TELS 課程。「溫度與熱」課程引導學生對日常生活中不同物質冷熱的感覺與傳導熱能的現象進行科學探究,並藉由一系列之互動式電腦動畫與模擬(例如:圖 1)引導學生建立熱傳導與平衡之科學概念。「氫燃料汽車」課程經由介紹使用氫燃料電池之汽車,以氫氣燃燒之化學反應為例,引導學生學習化學反應的過程與能量變化等科學概念(圖 2)。課程細部內容係依據不同年級學生與時間限制進行內容的調整,整體課程之大架構不變,皆強調促進科學探究與解釋能力。

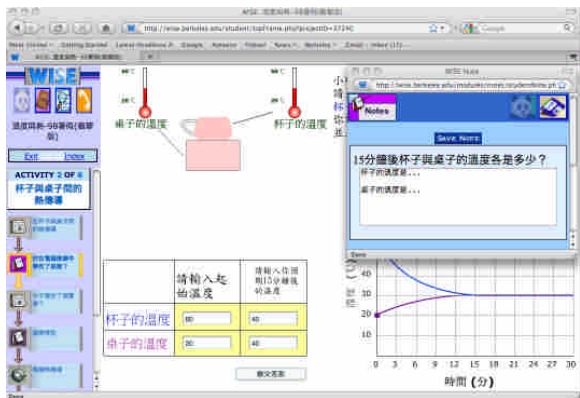


圖 1：溫度與熱課程

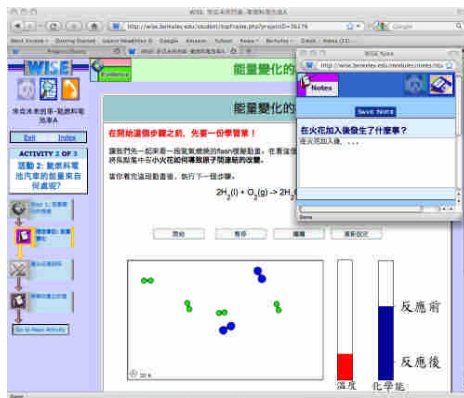


圖 2：氫燃料汽車課程

#### (四) 資料收集與分析

本研究探討之問題為「美國網路科學探究課程對我國學生學習成效為何?」。所收集資料包括所有學生(n=269)之前後測資料,與學習過程中小組成員間的口語討論、學生對課程中問題的文字回答、以及學生使用 WISE 的每一步驟之影像(經由軟體 Camtasia 可收錄每一台電腦畫面與學生討論之聲音, WISE 平台亦提供學生寫下的回答與筆記之電子檔)。另外,本研究亦收集教師與學生晤談資料以了解其使用 WISE 之授課與學習經驗。受限於篇幅本文著重於學生前後測資料進行分析與討論。學生前後測為紙筆測驗,於學生使用 TELS 課程之前與之後各花一節課的時間施測,其題目測量學生於課程中所學之科學知識與探究與解釋能力,皆為問答題(詳見 Chang, H.-Y., & Linn, in preparation)。因課程內容不同,不同階段採用之測驗版本並不相同(表 2 和表 3)。該測驗經由國內外科專專家與國內科學教師數次編修,考量測驗內容之正確與適當性、並連結至教學內容以確立內容、建構與教學效度(Atkin, Black, & Coffey, 2001)。前後測之分析係採用知識整合(Chang, H.-Y., & Linn, in preparation)評分標準,依據每一題所測驗的學科知識與能力列出細部標準,由兩位獨立評分者進行評分,評分者間信度達 86.9%。之後計算出每班學生之前後測平均數與標準差,進行成對樣本 t 考驗,並計算與比較各班前測至後測之效果量(Cohen, 1988),以瞭解 TELS 網路科學探究課程對學生學習之效果。

#### 四、結果與討論

表 2 與表 3 分別列出第一次與第二次實施中,各班使用 TELS 課程的前後測結果。整體而言,在兩次實施的共九個班級中,有七個班級學生的前後測成績之 t 考驗達顯著差異。此一結果顯示,在這九個班級中,接近八成(78%)使用 TELS 課程明顯增進學生的測驗成績;而如前述,本研究之測驗係測量學生的課程目標概念與科學探究如實驗設計與解釋能力。因此,使用 TELS 課程對七個班級的學生平均而言可以促進其科學概念的理解與培養科學探究的能力。

然而令人注意的是,有兩個班級的前後測成績並沒有達到顯著差異。這兩班分別是第一次實施中,甲國中孫老師 03 班、與第二次實施中,甲國中歐老師 06 班。可能的原因之一為教師是否主導修改課程。由表 2 分析,孫老師主導修改「氫燃料汽車」課程,其授課之 01、02 兩班前後測達顯著差異。而乙國小王老師主導修改「溫度與熱」課程,其學生進步之效果量更高達 1.23,屬大的效果量(Cohen,1988)。相較之下,孫老師教

授並未主導的「溫度與熱」課程，該 03 班成績未達顯著。但尚有另外可能的原因，包括班級的個別差異，如學生不熟悉測驗之題型，或者兩堂課對該班學生來說過短等因素。

表 2：第一次實施成效

學校	TELS 課程	測驗版本 <sup>b</sup>	前測平均數 (標準差)	後測平均數 (標準差)	t 值 <sup>a</sup>	效果 量 d
甲國中孫老師班 01	氫燃料汽車	問答 a 版	12.43(4.46)	14.96(5.26)	3.109**	0.52
甲國中孫老師班 02	氫燃料汽車	問答 a 版	19.17(6.51)	21.00(6.71)	2.49*	0.28
甲國中孫老師班 03	溫度與熱	問答 b 版	4.41(2.65)	5.18(2.65)	1.77	0.29
乙國小王老師班 04	溫度與熱	選擇 a 版	6.38(2.45)	10.06(3.45)	5.75***	1.23

<sup>a</sup>Two-tailed paired *t*-test: \*\*  $p < .01$ ; \*\*\*  $p < .001$

<sup>b</sup>因不同測驗版本，各班成績不做縱向比較

而第二次實施中，甲國中歐老師 06 班前後測未達顯著差異。由表 3 分析可能之原因，其一，同樣地，為教師經驗因素。歐老師並未主導「溫度與熱」課程修改，亦為第一次教授該課程。另外歐老師指出，06 班學生含特殊教育學生（基本閱讀與書寫能力障礙），為可能之另一因素。而孫老師為第二次教授「溫度與熱」課程，其學生前後測達顯著差異，並為大的效果量，顯示教授同一課程的次數多寡似對學生的學習成效有所影響。而丙國中池老師的三個班級前後測皆達顯著差異，並為中度效果量。然池老師並未主導「溫度與熱」課程修改，且為第一次教授該課程。但其本身同時具備豐富之教育科技與科學教育之背景與經驗，為該結果提供可能的解釋。

表 3：第二次實施成效

學校	TELS 課程	測驗版本	前測平均數 (標準差)	後測平均數 (標準差)	t 值 <sup>a</sup>	效果 量 d
甲國中孫老師班 05	溫度與熱	問答 c 版	10.67(4.18)	18.37(5.12)	9.54***	1.65
甲國中歐老師班 06	溫度與熱	問答 c 版	11.04(5.49)	11.4(5.95)	0.66	0.06
丙國中池老師班 07	溫度與熱	問答 c 版	10.07(3.44)	12.04(4.16)	3.17**	0.52
丙國中池老師班 08	溫度與熱	問答 c 版	13.77(4.66)	16.95(5.69)	3.55**	0.61
丙國中池老師班 09	溫度與熱	問答 c 版	15.5(4.39)	17.69(4.11)	3**	0.52

<sup>a</sup>Two-tailed paired *t*-test: \*\*  $p < .01$ ; \*\*\*  $p < .001$

接下來將本研究結果與美國實施之結果進行比較。在美國實施之「溫度與熱」課程係為一五堂課之課程，與本研究第二次實施所使用版本相似。研究指出，美國「溫度與熱」課程對七個 8 年級學生的班級( $n=205$ )其前後測差異皆達顯著水準，效果量為中至大的效果量(0.57~1.21) (Chang & Linn, in preparation)。相較之下，本研究第二次實施之效果量除一個 0.06 似為離群值 (outlier) (表 3)，其餘效果量亦為中至大的效果量，顯示 TELS 課程對本研究學生之效果量與美國學生近似，並未因不同國家而有顯著不同。然而由於效果量的樣本數過小，此一初步結論有待更多的研究與證據檢驗之。

## 五、結論與建議

本研究針對一個網路探究課程中文化與移植的成效進行初探，並對影響該課程成效之因素進行反思。本研究所採用之 TELS 網路探究課程具有容易編輯修改之優點，科學教育人員或教師可依據個別之需求，增加、刪減或編修課程活動與步驟。本研究利用此一特色，將兩個 TELS 網路探究課程修改並進行兩次課程實施。研究結果發現，使用 TELS 網路探究課程的班級學生，大部分（近 80%）於課程相關之科學概念與探究能力皆有顯著成長。而初步推論教師於使用網路與探究課程的經驗有可能影響學生的學習成效。研究指出教師進行同一課程多次，明顯增加學生學習成效 (Williams, 2008)，本研究亦觀察到此一現象。而本研究結果另指出有初步結果但需更多未來的研究問題與方向。例

如：教師主導或非主導課程編修之經驗，是否及如何影響學生學習成效？尤其是對於較無經驗之教師（如本研究對於使用科技與探究教學較無經驗之三位教師），是否鼓勵與促使其從事與主導課程實際修改，而非僅是被動參與瞭解已設計好之課程或進行課前準備，會明顯提昇教學成效？另外，本研究雖指出多數學生於本研究之前後測有明顯進步，仍需更多的證據顯示課程成效，如使用 TELS 課程的學生是否於一般所關心的其他測驗上如段考、基測或國際測驗如 PISA 與其他學生有所不同？而就網路探究課程的推廣與永續的觀點來看，研究指出需教育與學校系統的整合與支持（Higgins & Spitulnik, 2008）。本研究為一移植國外課程之初探研究，並未探討系統的整合與支持、以及取代與補充式課程等議題，這些重要議題有待更多的研究參與。

## 六、參考文獻

- 教育部(2003)：九年一貫課程綱要。台北市：教育部。
- 陳均伊和張惠博(2008)：一位化學老師實施探究教學的歷程與省思之個案研究—以「火山爆發」教學活動為例。師大學報：科學教育類, 53(2), 91-123。
- Atkin, J.M., Black, P., & Coffey, J.E. (2001). *Classroom assessment and the National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Brown, A. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
- Chang, C.-Y., & Tsai, C.-C. (2005). The interplay between different forms of CAI and students' preferences of learning environment in the secondary science class. *Science Education*, 89(5), 707-724.
- Chang, H.-Y., & Linn, M. C. (accepted). Transition to inquiry: Instructional practice of inquiry-based online science curricula in Taiwan. Abstract submitted to the Sixth International Conference on Science, Mathematics, and Technology Education, Hualien, Taiwan.
- Chang, H.-Y., & Linn, M. C. (in preparation). Can interactivity work? Critiquing and conducting virtual experiments in an interactive molecular visualization environment. Manuscript prepared for publication.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A. A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2<sup>nd</sup> ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
- Higgins, T. E., & Spitulnik, M. W. (2008). Supporting teachers' use of technology in science instruction through professional development: A literature review. *Journal of Science Education and Technology*, 17, 511-521.
- Hsu, Y.-S., Wu, H.-K., & Hwang, F.-K. (2008). Fostering high school students' conceptual understandings about seasons: The design of a technology-enhanced learning environment. *Research in Science Education*, 38, 127-147.
- Krajcik, J., Marx, R., Blumenfeld, P., Soloway, E., & Fishman, B. (2000). Inquiry based science supported by technology: Achievement among urban middle school students.
- Linn, M. C. (2006). The knowledge integration perspective on learning and instruction. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 243-264). New York: Cambridge University Press.
- Linn, M. C. and Hsi, S. (2000). Computers, teachers, peers: Science learning partners.



Mahwah, NJ: Erlbaum.

Linn, M. C., Lee, H.-S., Tinker, R., Husic, F., & Chiu, J. L. (2006). Teaching and assessing knowledge integration. *Science*, 313, 1049-1050.

McNeill, K. L. & Pimentel, D. S. (in press). Scientific discourse in three urban classrooms: The role of the teacher in engaging high school students in argumentation. *Science Education*.

National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. Washington, D.C.: National Academy.

Polman, J. L. & Pea, R.D. (2001). Transformative communication as a cultural tool for guiding inquiry science. *Science Education*, 85, 223-238.

She, H.-C., & Lee, C.-Q. (2008). SCCR digital learning system for scientific conceptual change and scientific reasoning. *Computers & Education*, 51(2), 724-742.

The Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.

Williams, M. (2008). Moving technology to the center of instruction: How one experienced teacher incorporates a web-based environment over time. *Journal of Science Education and Technology*, 17, 316-333.

#### 七、致謝

本研究蒙國科會專題研究計畫補助，計畫編號 NSC 98-2511-S-017-001，特致申謝；文中所提意見為作者個人意見，不代表國科會之立場。作者衷心感謝 Marcia Linn 博士與 TELS 中心研究人員之意見交流，以及所參與本研究之人員與教師的協助。