
芬蘭中學生 PISA 科學成就優異表現及其相關因素之探討：2007 歐洲科學教育學術參訪反思

丁信中

嘉南藥理科技大學 嬰幼兒保育學系

摘 要

本文的目的在於藉由 2007 年歐洲科學教育學術參訪團於芬蘭赫爾辛基大學數學與科學教育中心的學術研究交流討論，以及赫爾辛基大學附屬中學的課室教學實地觀摩，探討芬蘭 PISA 2003 成功經驗與芬蘭科學教育的特色，並且將分析結果與我國 TIMSS 2003 的測驗結果，進行初步探討。同時，比較兩國在 PISA 2006 測驗表現的差異。分析結果發現，臺灣與芬蘭的中學生在科學成就的表現皆為優良，然而臺灣學生仍需加強科學解釋與科學探索的能力。臺灣學生的科學學習成就存在著城鄉差距，他們的學校科學學習信心不足，明顯低於芬蘭學生；但是臺灣學生對於日常生活科學問題的解決是有信心的，高於芬蘭學生。不同於 TIMSS 2003 的結果，PISA 2006 的結果顯示，臺灣學生對於科學學習的興趣與樂趣是正面的，與芬蘭學生相當。提昇臺灣學生科學解釋與科學探索的能力，以及改善他們的學校科學學習信心，將是當前國內科學教育發展應該正視的課題。芬蘭則透過芬蘭文化尊重教師與教育機制、地方政府具有相當教育決策權、完善的基礎教育、以及優良的中小學師資等教育特色，使得芬蘭學子在 PISA 2003 與 PISA 2006 都有著優異的表現，而這些特色是值得國內未來科學教育規劃的參考。

關鍵詞：芬蘭科學教育、學習興趣、學習信心、教育比較、PISA、TIMSS

2007 歐洲科學教育參訪團，在國科會科學教育發展處的補助與台師大邱團長美虹教授的帶領下，2007 年 9 月分別前往瑞典、芬蘭、丹麥與法國等四個國家，進行學術研究機構與中學課室教學的參訪。參訪團於芬蘭的參訪對象為赫爾辛基大學 (University of Helsinki) 的數學與科學教育中心與赫爾辛基大學附屬中學 (University practice school, Helsingin normaalilyseo)。

數學與科學教育中心的主要負責人為 Jari Lavonen 教授，該中心編制於應用科學教育系(註：赫爾辛基大學的應用科學教育系有許多教育研究中心)。其他出席學術交流會議的芬蘭學者則有，Veijo Meisalo 教授、Jarkko Lampiselkä 博士、Kalle Juuti 博士等三人，也皆任職於數學與科學教育中心，他們與 Lavonen 教授組成研究團隊共同參與許多歐洲跨國研究計畫，例如：

ROSE (The Relevance of science Education)、EU TRAIN (European Training for student teachers in science)等。

本篇文章主要探討的內容為學術交流會議中，Lavonen 教授對於芬蘭科學教育現況與芬蘭於 PISA 2003 (Programme for International Student Assessment，學生基礎素養國際研究計畫)測驗成就的分析，以及 Lavonen 教授和其研究團隊 Meisalo 教授等人參與挪威奧斯陸大學 (university of Oslo) Camilla Schreiner 教授與 Svein Sjoberg 教授所籌劃的跨國 ROSE 計畫的部分研究成果。探討的角度將從芬蘭 PISA 2003 的成功經驗、赫爾辛基大學數學與科學教育中心的科學教育學術研究成果，以及赫爾辛基大學附屬中學的課室教學實地觀摩，來看芬蘭科學教育的特色，並且將以上的分析結果與我國於 TIMSS 2003 (Trends in International Mathematics and Science Study，國際數學與科學教育成就趨勢調查)的測驗結果進行探討。我國於 2006 年首次加入 PISA 評比，臺灣參加 PISA 2006 的成果已經於 2008 年底公佈(林煥祥，2008)。因此，本文也將比較 PISA 2006 臺灣與芬蘭中學生的測驗成就差異。希望，能提供國內科學教師與科教學者對於芬蘭科學教育特色初步地認識(註.2007 年 9 月歐洲科教參訪期間，PISA 2006 的資料尚未公布，因此芬蘭科教參訪過程，芬蘭科教學者對於芬蘭科教經驗的論述是以 PISA 2003 的結果為主)。

據此，本文的分析問題如下：

- 一、芬蘭 PISA 2003 的成功經驗為何，科學課室的教學又有何特色？
- 二、芬蘭 PISA 2003 的成功經驗之後，科學教育學術研究有何規劃？
- 三、芬蘭成功的科教經驗，與同為國際測驗常勝軍的臺灣有何不同？

壹、芬蘭 PISA 2003 成功經驗

芬蘭的教育品質受到世界各國教育當局與新聞媒體的關注，起始於 2003 年經濟合作暨發展組織 (OECD, Organization for Economic Cooperation and Development)所進行的學生基礎素養國際研究計畫(PISA)。在全球 41 個國家的四項測驗能力排名中，芬蘭分別獲得數學能力第 2 名，閱讀能力第 1 名，科學能力第 1 名，問題解決能力第 3 名，以及總成績第 1 名等的好成績。基於各國的好奇，芬蘭教育部曾經於 2005 年 3 月在首都赫爾辛基舉辦「芬蘭 PISA 成就研討會」與各國分享他們成功的經驗。然而，此次科學教育參訪過程中，Lavonen 教授則提供了另一項他們覺得更為重要的數據。他提到芬蘭 PISA 2003 測驗結果顯示，不論是數學能力、閱讀能力、科學能力、或是問題解決能力，芬蘭的城鄉差距，以及各地理行政區間的差距，都呈現極小的差異，如圖 1、圖 2 所示。這些數據意謂著，芬蘭的教育品質在城鄉與地理行政區間是穩定的，芬蘭全國整體的教育品質皆是好的。

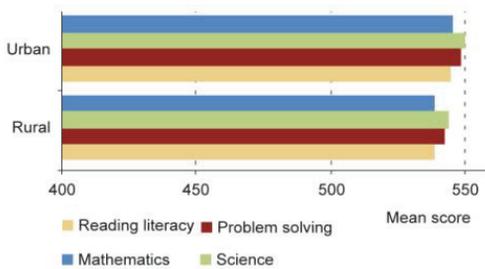


圖 1、芬蘭 PISA 結果的城鄉差距

然而，各個學校之間的表現是否有所不同呢？針對此疑問，Lavonen 教授提到 PISA 2003 的測驗結果也顯示，芬蘭不同學校間中學生的數學測驗成績的變異數差異很小，意即芬蘭各個學校的教育品質是相近的，同時都擁有良好的教育品質。這點似乎是讓人稱羨的。根據 TIMSS 2003 的測驗結果顯示，雖然臺灣學生一樣有著很好的成就，科學成就第 2、數學成就第 4，但是臺灣學生的學習成就卻是存在著城鄉差距(張秋男，2005)。

整體而言，針對芬蘭中學生在 PISA 2003 的優異表現，在此次參訪學術交流會議中，Lavonen 教授提出他個人的看法與見解。整理之後，大致可分成四點，內容如下：

一、芬蘭文化：社會傳統價值對於學校教育是信任的，並沒有督察干涉學校的教學，也沒有全國性的統一測驗，如臺灣的聯考制度等。更重要的是芬蘭的社會傳

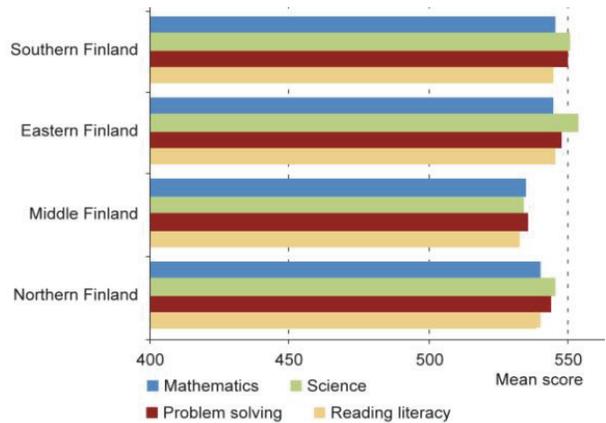


圖 2、芬蘭 PISA 結果的各區域比較

統對於教師地位是相當的尊重。教師是熱門的職業。

二、教育政策：中央政府將教育的決策權力與責任，下放至各地方政府的教育機構。各個地方教育局可以規劃區域性的課程、籌劃測驗與使用這些資料來評估當地的教育政策。

三、基礎教育：基礎教育為 1-9 年級的綜合學校(comprehensive school)，如臺灣的國小與國中。由政府提供完全免費的學校教育，包含：書籍教材、營養午餐、就學交通與健康照顧、以及組織完善的特殊教育機構等，確保提供每位學生平等的教育機會。學校教育訓練的課程包含：學科教育、小組活動、高品質的實驗課程等。各學校的校長為教學方向的決策者。

四、優良師資：高品質的中小學師資。教師學歷皆為碩士以上。中學科學教師的教學對象為 7-12 年級，他們在師資培育的過程必須選擇主修與副修課程(例

如：主修物理與副修化學)。因此，芬蘭的科學教師皆具備兩項科學學科專長。小學教師一般授課 13 個科目，然而特別的是，他們在師資培育的過程皆必須選修數個科學專業的學分。因此，小學教師對於科學專業知識具備基本的認識。

在學術交流會議中，Lavonen 教授也引用一些學者的研究報告，將芬蘭的教育政策與全球的教改運動進行比較(Hargreaves, Earl, Shawn & Manning, 2001; Sahlberg, 2004)。他提到芬蘭的教育政策發展具有幾項特色，明顯不同於全球教育改革的趨勢，這些特色包含：1.學校課程強調適應性與多樣性，2.強調廣泛的學習，3.文化傳統信賴教育專業，如表 1 所示。

關於，芬蘭 PISA 優異表現的因素，如：芬蘭文化尊重教師與教育機制、地方政府具有相當教育決策權、完善的基礎教育、以及優良的中小學師資等。在參訪團於赫爾辛基大學附屬中學的課室教學實地觀摩，以及與附屬中學校長、老師們的座談會討論過程當中，也得到些許的印證。

雖然，赫爾辛基大學附屬中學的科學課室教學參訪經驗，不應推論至全芬蘭的科學教學現況。然而，PISA 2003 測驗結果顯示，芬蘭的教育品質不論是在校際、城鄉，以及各地理行政區間，都僅呈現極小的差異。此所學校的科學課室教學參訪經驗，應該可以提供我們對於芬蘭科學教育現況有初步的認識。

貳、芬蘭的科學課室教學

赫爾辛基大學附屬中學(University practice school, Helsingin normaalilyseo)。Helsingin normaalilyseo 是赫爾辛基大學行為科學院 (Faculty of Behavioural Sciences) 與師資實習訓練學校的單位，招收的學生為 7 到 9 年級基礎教育階段的中學生，以及高中生 (upper secondary school)。全校約有 300 位中學生與 240 位高中生。中學生主要來自於南赫爾辛基市區的資優生。班級學生的人數皆在 30 人以內，最小的班級人數為 10 位學生。各課程的平均人數為 15-20 人。

表 1、芬蘭教育政策的發展與全球的教改運動的比較

	全球教育改革運動	芬蘭教育政策的發展
內	標準化： 對於學校、教師與學生，給予各種標準，藉以改善教育品質。	適應性與多樣性： 學校本位課程的發展，強調適應性與多樣性，考量學生的需求。
	強調讀寫與計算能力： 教改的目標在讓學生達到閱讀、寫作、數學與科學等基本知識與技能。	強調廣泛的知識： 強調廣泛地學習；公平地對待個人的發展、品格、創造力、知識與技能。
涵	間接的責任： 學校課程受限於督導，最後流於獎勵學校與教師，或是讓他們精疲力盡。	文化傳統信任專業： 對於學生的學習，什麼是最好的，尊重與信任教師和校長的專業判斷。

高中的部分採用學程制，包含許多各式各樣的課程。科學、資訊科技、藝術與音樂、英語、法語和瑞典語日常溝通、觀光導覽等(註.芬蘭在 1919 年獨立之前，在 1362 到 1808 年長期受到瑞典的統治，因此瑞典語在芬蘭也是社會通用的語言)。關於，科學的課程如，科學世界觀(Scientific World View)¹ 與 2 在於給予學生機會討論科學的真實面貌、介紹科學家與他們實際從事的科學活動等。近年來，歷史課程開始包含芬蘭獨立戰爭遺址等歷史事件地點的實地參訪，受到許多學生的歡迎。因此，高中應用性課程的開發，也以每年 12 種課程的規劃快速地成長中，以滿足學生們的修課需求。此外，Normaalilyseo 高中部的學生也可到赫爾辛基大學選修部分的課程。

此次參訪過程中，負責接待的是赫爾辛基大學附屬中學的校長與 3 位科學老師。參訪當日，由於接近午餐時間，於是在校長的邀請下，與學生們一起用餐，如圖 3 所示。芬蘭的義務教育為學生所提供的免費午餐，營養午餐取用的方式，則類似臺灣的自助餐。當地中學生們得統一到餐廳用餐，與臺灣學生在教室用餐的方式有所不同。學校午餐的餐點配合當地飲食的習慣，多為冷食(丹麥中學的營養午餐也以提供冷食為主)。用餐之後，參訪團則分別參觀中學部化學實驗課與高中部物理課的教學。

一、中學部化學實驗課的教學特色

赫爾辛基大學附屬中學的科學課程

內容需要進行實驗的時候，學生人數皆控制在 15 人以下。若是原班級人數超過這個標準，則分成兩次進行實驗，藉以確保實驗課程的品質。教師對於學生的實驗給於充分的自由度。學生進行實驗的過程，教師主要站在協助輔導的角色。實驗活動進行的步驟如下，教師先與學生分享討論當日的實驗主題，參訪過程可以看到多數學生皆自動地舉手發言。學生進行實驗時，先穿著實驗衣與護目鏡，才開始進行實驗活動，如圖 4 所示。護目鏡的裝備在化學實驗活動是有其必要，然而，臺灣中學的理化實驗活動很少有戴護目鏡的動作。這也讓我們發現了另一個現象，芬蘭的中學生很少有學生戴眼鏡。可是，芬蘭 PISA 2003 閱讀能力的測驗結果卻是第 1 名。閱讀能力似乎與近視沒有直接的關聯。

化學實驗活動過程，兩位學生一組進行操作，實驗過程中可以發現學生們都有做筆記的習慣，如圖 5 所示。芬蘭的書籍教材也是免費義務教育的一部分，但是教科書會回收交給下一屆使用(註.丹麥的中學也有此一特色)，可能是此一因素讓學生們養成做筆記的習慣。此間科學實驗教室具有電腦與單槍投影機等多媒體設備，方便教師的教學與有助於學生上網找尋課程相關的資料。教師在整個實驗活動過程，主要是站在協助者的角色與同學們進行互動，遇到同學們有所困難時再與他們進行討論，如圖 6 所示。

二、高中部物理課的教學特色

參觀完中學部化學實驗課教學之後，我們接著前往高中部參觀物理課的教學活動。此班物理課的學生人數大約為 20 人。班級教室即具備簡易實驗室的功能，如圖 7、圖 8 所示。除了有電動捲簾的設計方便光學的示範實驗之外，教室裡面一樣有配備多台電腦，提供學生上網查詢資料，如圖 9 所示。

教師進行教學活動的過程，大致會先複習與介紹基本的原理。此次的物理教學參觀過程，教學單元為原子能階的相關概念。在光學示範實驗活動進行之前，教師先引導學生進行相關的推論，多數學生都會踴躍舉手主動提出自己的看法。教師則輪流給幾位同學一些發表的機會。待彙整

不同學生的意見之後，寫下幾個暫定的答案，再利用示範實驗的過程來驗證學生們對於某些關鍵概念的想法，如圖 10、圖 11 所示。在教師進行示範實驗的過程，學生們皆會主動趨前參與，並不需要口頭的提醒。顯見得此種教學的方式，早已在師生之間達成某種程度的默契。實驗活動結束後，教學會再與學生們確認剛剛他們所提出的預測與實驗結果之間的差異，進一步解釋原子能階的相關概念，確認學生們的理解情況，如圖 12 所示。赫爾辛基大學附屬中學的高中物理教學，類似於 White and Gunstone (1992) 提出的 Prediction-Observation-Explanation (POE) 科學教學策略。



圖 3、赫爾辛基大學附屬中學的營養午餐



圖 4、芬蘭中學生著實驗衣與護目鏡進行實驗



圖 5、芬蘭中學生兩人一組進行實驗與報告撰寫



圖 6、教師與學生的實驗課互動



圖 7、高中部教室的設計方便於課室進行實驗



圖 8、赫爾辛基大學附屬高中的物理教室教學



圖 9、電動式捲簾的設計方便進行光學物理實驗



圖 10、教師進行光學實驗的活動過程(一)



圖 11、教師進行光學實驗的活動過程(二)



圖 12、實驗後的師生互動，確認原子能階的概念

三、教學綜合座談

參觀完兩間科學教室的教學後，我們與赫爾辛基大學的 Lavonen 教授、赫爾辛基大學附屬中學校長、兩位科學老師進行座談，希望能進一步了解該校辦學的特色。該校辦學的主要特色，在於教師對於教學有充分的自由度，他們可以自己決定教材的內容。經過兩間科學教室教學的參

觀，可以發現教材的難易度並沒有變淺，反而具有相當的難度。雖然每位教師都擁有教學的自主權，然而他們也有類似臺灣中學的教學研究會的組織。教師們會定期開會分享彼此教學的心得與問題，也會利用非正式的下午茶時間，進行平日教學的討論。我們座談會的場地就是教師們休息室，也是教師們平日下午茶的場所，如圖

13、圖 14 所示。學校每日都會提供教師休息室簡單的茶水與點心，方便教師們可以在這裡進行試卷的出題(有多台電腦設備)、閱讀、交流彼此的教學心得等。

附屬中學的教師們與赫爾辛基大學有著良好的互動模式，許多教學的問題與困難都可以得到赫爾辛基大學的回應與協助。除了該校隸屬於赫爾辛基大學行為科學院與師資實習訓練學校的單位之外，他們平日與赫爾辛基大學的教授們就有著良好的互動。座談會之中，可以發現 Lavonen 教授與這幾位科學教師的關係就像好友一般。Lavonen 教授在會議中提到，他對於中學科學教師的教學與進修需求非常的清楚，並非只將附屬中學視為研究工作協助的對象。

根據 OECD 2004 年針對各國中小學教師薪資的調查(OECD, 2006a)，若以教學年資 15 年來計算，芬蘭小學教師的薪資待遇為 28571 美元(1.09 GDP)，中學教師的薪資待遇為 33643 美元(1.29 GDP)。國內教育部統計處 2006 年對臺灣中小學教師薪資的調查顯示，若以教學年資 15 年來計算，具

碩士學位的中小學教師的薪資待遇為 32339 美元(1.93 GDP) (教育部統計處，2006a)。以實質薪資的參考值為薪資與該國平均每人國內生產毛額(per capita GDP)的比例來看，教師在芬蘭並非高所得的工作。然而，教師卻是芬蘭的熱門職業，主要的原因在於芬蘭文化傳統對於教師地位的尊重與信任。在座談會過程中，附屬中學的校長與兩位科學教師也都提到，他們對於教學工作充滿著熱忱，其他的芬蘭教師也都是如此。

參、芬蘭的相關科教研究

一、芬蘭教師科學教學的相關研究

芬蘭的科學教學方法是否有所獨到之處？針對我們的疑問，Lavonen 教授提到赫爾辛基大學數學與科學教育中心對於芬蘭教師科學教學方法的相關研究。2005 年他們進行了芬蘭中學物理課程教學方法的調查(Lavonen *et al.*, 2005)，該研究的目的是在於以中學生的角度來了解教師在中學物理課堂常用的教學方式，以及這些教學方式是否符合中學生們的期待。研究方法



圖 13、Helsingin normaalilyseo 教師休息室



圖 14、Helsingin normaalilyseo 參訪座談會

為問卷調查法，此問卷的內容為 18 項教師常用的科學教學方法，包含 1.課堂教學的方法、2.小組互動的方式、與 3.校外教學資源的使用等向度(Donnely & Jenkins, 2001, Angell *et al.*, 2004)。問卷施測的方式，請中學生針對兩個問題：1.你覺得教師常用的教學方式為，與 2.你希望教師的教學方式是，就 18 項教師常用的科學教學方法，以李克氏 5 點量表進行教學法使用頻率的評分(註.1 分-從未有過、2 分-每學期 1 至 4 次、3 分- 每月 2 至 4 次、4 分-每週 2 至 3 次、5 分-每天皆是)。

此研究的樣本，以隨機取樣的方式，選取 75 所芬蘭綜合中學，每所學校選取 65 位 9 年級學生與他們的老師進行施測，總樣本數為 3626 位學生與 178 位教師。研究結果顯示，芬蘭中學生認為教師常用的科學教學方法的前三名，分別是：1.教師能呈現新的教材、2.教師能引發問題解決、與 3.教師能提供分組實際操作，這些教學法使用的頻率也符合學生們的期待(mean_{wish}與mean_{now}皆>3.5)。至於，與芬蘭中學生期待有所落差的部分則為：1.老師能使用學生的想法 (mean_{wish}>3.5, but mean_{now}<2.5)、2.小組討論的機會(mean_{wish}=3, but mean_{now}<2)、3.參觀科學博物館(mean_{wish}=3, but mean_{now}<2)等。亦即，芬蘭中學生對於教師在物理課堂常用的教學方式是滿意的，然而他們也希望能有更多的機會表達自我的想法，彼此討論與校外參觀的活動等。

由此研究可以發現，芬蘭教師最常用

的三項科學教學方法中，有一項為教師能提供分組實際操作的機會。對此，Meisalo 教授提到芬蘭教育部在 1994 年至 2004 年的科學課程發展皆強調實驗活動的重要性。例如：芬蘭 1999 年的課程架構提到實驗活動有助於科學概念、科學模型與自然定律的理解與應用；2004 年芬蘭的核心課程(Finnish Core Curriculum)更強調應該以實驗活動來幫助學生學習科學的概念和實驗技能、理解科學本質、與促進學生學習科學的興趣和動機。

二、芬蘭學生學習態度與動機的相關研究

除了以中學生的角度來了解教師科學教學的方法之外，Lavonen 教授所組成的研究團隊也注意到應該以學生的角度來探討學生對於科學學習的興趣、學習的動機與想法。因此，Lavonen 教授與 Meisalo 教授等人也進行了相關的研究，並且參與由挪威奧斯陸大學 Schreiner 教授與 Sjöberg 教授所籌劃的 ROSE 計畫。ROSE 計畫為 SAS(science and scientists)計畫的延伸。ROSE 計畫的目的在於由學習者的觀點來看甚麼是影響學生對於科學與科技學習的重要因素。該計畫強調科學與科技的課程應該考慮學習者的需求，希望藉由此計畫研究的結果協助各國對於科學與科技課程的規劃參考。ROSE 計畫參與的國家共有 43 國，主要以歐洲國家為主，東亞參加的國家則有日本與菲律賓。ROSE 計畫不像 TIMSS 與 PISA 等國際性測驗的目的，在於

測量學生對於科學概念的認知理解程度。ROSE計畫的目的，則在於了解學生在情意與態度方面對於科學與科技的想法。ROSE計畫的測驗工具，在於描述學生對於科學與科技所擁有的相關經驗、他們對於科學與科技相關知識的興趣、以及他們對於生活中科學與科技事物的觀點與態度。同時，探討學生對於學校的科學學習擁有什麼樣的經驗與想法、以及他們對於未來生活有什麼樣的規劃與目標。

以下將簡要說明在此次學術交流會議中，Lavonen教授與Meisalo教授等學者在ROSE計畫與芬蘭中學生學習態度、學習興趣與動機等方面的研究發現。

(一)中學生學習態度的研究發現

芬蘭中學生對於科學與科技的正面評價為：1.接受科學與科技對社會很重要，2.科學與科技可以改善生活，3.科學與科技使得工作更為有趣，4.科學與科技帶來的好處比破壞多，5.年輕人喜歡資訊教育等。至於，他們的負面評價則為：1.不喜歡學校的科學與科技課程，因為它們是困難與乏味的，2.對真實科學(real science)較有興趣，但是對學校科學課程沒有興趣，3.科學與科技課程塞滿太多正確答案，缺乏創意與想像力，4.對於科學與科技的學習以及從事相關的職業有所遲疑，5.對於科學家有著負面的看法等。

此外另一項相關調查顯示，芬蘭高中生對於物理的負面評價主要來自於：1.課程所學與未來生活無關、2.自己的物理程度不好、與3.物理知識太過於專門等，

女生與男生在前兩項的回答有顯著差異。

(二)中學生學習興趣與動機的研究發現

Lavonen教授等人根據他們的研究成果，建議促進學生動機的10項教學方法，包含：1.抓住注意力，2.社會性的動機，3.好奇心與可用性是動機的來源，4.鷹架的支持，5.理想的目標，6.立即的回饋，7.獎勵與處罰的刺激，8.避免過度緊繃的壓力與焦慮，9.行為的模範刺激學生對專業知識的努力，10.價值的討論刺激對價值的欣賞等(Lavonen, Byman, Henriksen, & Koponen, 2007)。

肆、國際測驗常勝軍的差異—臺灣與芬蘭

根據國際數學與科學教育成就趨勢調查TIMSS 2003的測驗結果顯示，在全球49個國家的測驗能力排名中，臺灣國中二年級與小學四年級的數學成就都排名全球第4，科學成就則排名全球第2，與第1名的新加坡並無顯著差異。臺灣學生在數學與科學的表現優良，男女學生的差異小。然而，若將此次成績與TIMSS 1999的測驗結果進行比較，在國中二年級部份，我國中學生的數學與科學成就趨勢不見進步。此外，TIMSS 2003測驗結果顯示，臺灣學生的學習興趣與信心指標偏低，落在國際平均值以下。同時，臺灣學生在數學與科學的學習成就與家庭經濟以及教學資源有著正相關，家庭經濟及教學資源存在著城鄉差距(張秋男，2005)。亦即臺灣學生的數學與科學學習成就有著城鄉差距。

我國是屬於科學高成就的國家，可是學生屬高層級科學評價的比例卻敬陪末座。同時，我國國中二年級學生和國際間的學生相比，對於科學的興趣較為缺乏，而且自信程度不足。在亞洲地區，除新加坡略高外(仍低於國際平均值)，其餘香港、韓國與日本皆敬陪末座。在升學壓力與父母師長高期望的社會文化下，亞洲學生普遍對自己的科學學習沒有信心(邱美虹，2005)。數學學習興趣與信心的分析結果也呈現這個趨勢。我國國中二年級學生對於我喜歡學數學的看法，未達國際平均水準。雖然數學自信心與數學成就有正相關，但我國中學生有高數學自信的百分比遠低於國際平均水準，排名倒數第2。低數學自信的百分比(44%)則遠高於國際平均水準(22%)，排名高居第2(曹博盛，2005)。亦即，我國中學生對於數學學習也缺乏自信心。

若將國內學者對TIMSS 2003臺灣測驗結果的分析與芬蘭學者對PISA 2003測驗結果的分析進行比較，可以發現在科學與數學成就的國際測驗排名上，臺灣與芬蘭學生的表現皆為優良，然而臺灣學生的

學習成就有著城鄉差距，並且缺乏科學與數學學習的興趣和信心，如表2所示。

由於，TIMSS是以課程綱要和教科書的內容為依據，主要在於測驗學生的學習成就與認知，偏重數理的內容知識；PISA則是跳離教科書而以解決實際生活問題為主，除了數理知識本身之外，尤其著重問題解決能力、科學方法的運用，以及科學態度的調查(林煥祥，2008)。我國於2006年首次加入PISA評比，OECD的PISA 2006報告書已經於2007年底公佈，同時，臺灣參加PISA 2006的成果報告書也已於2008年底公佈。雖然，2007歐洲科學教育參訪團於芬蘭的學術參訪期間，OECD的PISA 2006資料尚未公佈，因此，Lavonen教授對於芬蘭科學教育現況與芬蘭的PISA測驗成就分析是以PISA 2003的資料為主。但是，若是能以PISA 2006的資料來比較兩國之間的表現，除了可以得到相同基準比較的資料之外，也可以從另一個角度了解臺灣學生的科學問題解決能力與科學態度。以下將說明臺灣與芬蘭PISA 2006測驗結果的初步比較。

表 2、臺灣 TIMSS 2003 與芬蘭 PISA 2003 測驗結果的比較

	TIMSS 2003 臺灣	PISA 2003 芬蘭
成績	科學成就第 2 名、數學成就第 4 名。	科學能力第 1 名、數學能力第 2 名、閱讀能力第 1 名、問題解決第 3 名，總成績為第 1 名。
測驗結果分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 相較 TIMSS 1999，國二學生的科學與數學成就趨勢並未進步 2. 學習成就存在著城鄉差距 3. 缺乏科學與數學學習的興趣和信心 4. 但是男女生的學習成就差異小。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 城鄉差距小 2. 各地理行政區間的差距小 3. 各學校的教育品質良好且相近 4. 但是男女生的學習成就有差異，女孩的成績比男孩好等。

PISA 2006的測驗結果顯示(OECD, 2007)，我國中學生在科學能力第4名、數學能力為第1、閱讀則是第16名，芬蘭在科學能力第1名、數學能力第2名、閱讀素養第2名，如表3所示。其中，若以試題屬性來分，我國學生科學素養的3項主要能力：解釋科學現象第3名、科學論證第9名、形成科學議題第17名；芬蘭則為：解釋科學現象第1名、科學論證第1名、形成科學議題第1名。根據，PISA的科學試題屬性來看，解釋科學現象是關於理化、生命科學與地球科學等的科學知識測驗，科學論證是關於科學的解釋，形成科學議題則是關於科學的探索(OECD, 2007)。以此來看，我國中學生具有良好的科學知識，相對缺乏科學解釋與科學探索的能力，然而芬蘭中學生則同時具備良好的科學知識、科學解釋與科學探索的技能。

PISA 2006也針對學生對科學的態度進行探究。PISA 2006的資料顯示(林煥祥, 2008)，臺灣中學生的科學自我效能信心指數，與OECD國家的平均表現相差無幾，略高於芬蘭學生；但是臺灣學生的科學自我概念則顯著低於OECD國家平均值，也明顯低於芬蘭學生。PISA的自我效

能指標是指學生相信憑自己能力可以有效解決問題、克服困難的程度，問題的情境包含：地震頻率、健康問題、垃圾散佈、酸雨成因、火星生命等。PISA的自我概念指標則是指學生對自己學業成就信心的程度，問題則包含：考試的應答、課程內容的理解、自然科學對我是否容易，以及是否簡單等。由此可見，臺灣學生對於學校科學學習的自信心是不足的，這個結果與TIMSS 2003的測驗結果相當。然而，值得肯定的一點是臺灣學生對於日常生活科學問題的解決是有信心的，也略優於芬蘭。或許，升學壓力與父母師長高期望等社會文化的因素，影響著臺灣學生的學校科學學習信心(邱美虹, 2005；林煥祥, 2008)。

臺灣中學生對科學學習的興趣高於OECD國家平均值，略高於芬蘭學生；臺灣中學生的科學學習的樂趣，則與OECD國家平均值相當，也與芬蘭學生相差不多。科學學習興趣的問題為學科內容，包含：生物、天文學、化學、物理、植物學、地質學、實驗設計，以及科學解釋等。科學學習的樂趣的問題包含：享受獲得科學知識的樂趣、學習科學是開心的、對科學事物感興趣、解決科學難題是快樂的等。由此

表 3、臺灣與芬蘭 PISA 2006 測驗結果的初步比較

	PISA 2006 臺灣	PISA 2006 芬蘭
成績與測驗結果	科學能力第 4 名、數學能力第 1 名、閱讀能力第 16 名。	科學能力第 1 名、數學能力第 2 名、閱讀素養第 2 名。
	科學主要能力表現： 解釋科學現象第 3 名、科學論證第 9 名、形成科學議題第 17 名。	科學主要能力表現： 解釋科學現象第 1 名、科學論證第 1 名、形成科學議題第 1 名。

可見，臺灣學生對於科學學習的興趣與樂趣是正面肯定的。這個結果與過去TIMSS 2003的結果有所不同。可能的原因是在於命題方式的不同。PISA 2006是採用情境式問題，亦即在一些實際的科學問題之後，針對該問題的情境背景提問，而非直接問學生喜歡科學的程度或科學課程的重要性(林煥祥，2008)。PISA 2006的結果是我們樂見的，雖然臺灣中學生的學校科學學習信心仍然顯得不足，但是他們對於科學學習的興趣與樂趣是正面的，同時對於日常生活科學問題的解決也是有信心的。

至於，在性別差異的議題方面，根據PISA 2006的結果報告，全球男女學生在科學素養的平均表現並沒有顯著差異，但是女生選擇從事科學行業的意願明顯低於男生。臺灣男女學生的科學素養的平均表現男生(536)略優於女生(529)，不過未達顯著差異。臺灣的男性的科學學習興趣則顯著優於女生，這個現象也存在於香港、韓國和日本。PISA 2006從文化或社會層面提出解釋，可能是男女選擇職業的刻板印象影響女生對科學學習的興趣(林煥祥，2008)。

整體而言，國際測驗評比的結果顯示，在科學能力方面，芬蘭中學生具備良好的科學知識、科學解釋與科學探索的技能；臺灣中學生也具有良好的科學知識，但是相對缺乏科學解釋與科學探索的能力。在科學態度方面，臺灣中學生的學校科學學習信心仍然顯得不足，明顯低於芬蘭學生；但是臺灣學生對於日常生活科學問題的解決是有信心的，高於芬蘭學生。同時，臺灣學生對

於科學學習的興趣與樂趣是正面的，與芬蘭學生相當。依此來看，提昇臺灣學生科學解釋與科學探索的能力，以及改善他們的學校科學學習信心，將是當前國內科學教育發展應該正視的課題。

除了臺灣與芬蘭中學生的國際測驗評比之外，筆者將從教育文化、教育政策、科學教學等角度，以芬蘭科學教育的特色來看臺灣的科學教育現況，探討兩國科學教育現況的差異，同時提出些許看法。

一、教育文化

芬蘭文化傳統對於學校教育是信任與尊重的，芬蘭教師對於他們的教學工作也充滿著熱忱。Lavonen教授等芬蘭學者提到，芬蘭的社會調查顯示，教師是受尊重與熱門的職業。許多中學生的未來志願皆希望可以從事教職。臺灣文化傳統對於教師也是信任與尊重的。根據臺灣教育長期追蹤資料庫(Taiwan Education Panel Survey, TEPS)對高中職五專與國中教師的一項調查顯示，近八成(79.4%)的教師認為學生是尊重老師的(許獻元，2005)。長久以來，臺灣家長對於子女的教育是積極的與關心的。因此，近幾年來，社會輿論對於部分教育改革政策的疑慮，如建構式數學、一綱多本、多元入學等，而有著不同的看法與辯論時，可能間接影響了家長們過去對於教育政策與學校教育的信任感。

伴隨著教育改革政策，常被提到的是臺灣特有的補習文化。最近10年，臺灣補習班的數目，由1999年的4323家增加到

2008年的17840家，成長了313%；其中，文理類補習班現為9400家，外語類補習班現為5393家，分別較1999年成長了412%與410%；若以招生對象來看，國小類補習班占44.2%，國中類補習班則占40.8%（直轄市及各縣市短期補習班資訊管理系統，2008）。TEPS的調查則顯示，中學生補習的比例高達68%，而有21%的學生每月補習費高於4000元（陳玟君，2006）。由此可見得，臺灣中小學生除了每天的學校教育學習之外，有很高比例的中小學生於課後仍繼續上補習課。然而，補習班的課程內容多為解題技巧的練習與學校課程內容的複習，為的是能讓學生得到更好的學科測驗成績。或許是如此沉重的課業學習壓力，造成臺灣中學生擁有良好的科學與數學學習成就，卻是缺乏相對的自信與興趣。

二、教育政策

芬蘭沒有全國性的統一測驗，如臺灣的學科基本能力測驗與聯考制度等。政府提供基礎教育階段，完全免費的學校教育，包含：書籍教材、營養午餐、就學交通與健康照顧、以及組織完善的特殊教育機構等，確保提供每位學生平等的教育機會。如同芬蘭，臺灣也有九年國民義務教育，但是臺灣仍尚未能做到完全免費的學校教育。若以2003年的教育經費來看，芬蘭的公共教育經費占國民生產毛額比率為6.5%(OECD, 2006b)，臺灣的政府教育經費占國民生產毛額比率則為4.46%(教育部統計處，2006b)，相較芬蘭少約2%。近幾年，

每逢開學時期，就可看到臺灣偏遠地區與弱勢家庭的中小學生缺乏營養午餐經費的新聞。期望在未來政府教育經費占國民生產毛額比率能逐漸提高至6%時，能優先考慮中小學的營養午餐經費補助，讓弱勢學子能擁有更完善的基礎教育福利。

芬蘭的綜合學校有著完善的特殊教育制度，針對身心障礙(Disabilities)、學習困難(learning difficulties)與學習不利(Disadvantages)提供協助。根據OECD 1999年對16個國家的特殊教育調查顯示，有19.7%的芬蘭中小學生因為學習困難而得到額外的協助，比起第二位英國的14.4%、第三位比利時的9.3%，高出許多(OECD, 2003)。此外，以這些國家對於學生學習困難的教育需求分類來看，芬蘭也是最為完備的，包含：輕度智障、情緒與社會障礙、語言困難、閱讀或寫作困難、語言和閱讀與寫作困難、數學學習困難、外語學習困難、一般學習困難、情緒或社會困難、其他特殊困難以及矯正教學等11種的特殊教育額外協助。或許是如此完善的特殊教育協助，讓芬蘭中小學生有著更平等的教育機會，使得芬蘭在PISA 2003與PISA 2006的測驗結果，有著整體中學生學習成就之標準差小的優異表現。

臺灣近年來也開始進行對於弱勢與低學習成就的中小學生進行扶助。教育部自2006年開始專案補助各縣市中小學推動「攜手計畫課後扶助」，即是希望藉由提供弱勢家庭低成就子女的學習扶助，改善低學習成就學生的學習落差。根據教育部

2008年最新的統計資料顯示，全國弱勢家庭(包含原住民、身障、外籍與大陸港澳、中低收入戶、單親或隔代教養等)的中小學生總數為601517人(約為臺灣中小學生總數的22%)，其中約有25%弱勢家庭的中小學生(150115人)接受各縣市中小學校的輔助。未來該計畫的辦理，若能參考芬蘭對於學生學習困難的特殊教育規劃，針對個別學生的學習困難加以了解與協助，或許可以更進一步提升該計畫的成效。

三、科學教學

芬蘭有著高品質的中小學師資。教師皆有碩士以上學歷。中學科學教師具備主副修的科學學科專長。小學教師在師資培育的過程皆必須選修數個科學專業的學分，因此他們也具備基本的科學專業素養與能力。芬蘭中小學教師擁有教學專業的自主權，在核心課程的基本架構下，芬蘭教師可以自由選擇教材與教學方法。同時，芬蘭的學校教育強調高品質的實驗課程。或許正因為這些因素，使得芬蘭科學教師的課室教學特色，多數皆能呈現新的教材，引發學生進行問題的解決，並且提供分組實際操作的機會(Lavonen *et al.*, 2005)。若是以PISA 2006的測驗結果來看，芬蘭科學教育對於高品質實驗課程的堅持是有其價值，因為芬蘭中學生分別在解釋科學現象、科學論證、以及形成科學議題等三項科學主要能力，皆獲得第一名的成就；其中科學論證是關於科學的解釋，形成科學議題則是關於科學的探索，這兩項能力的發展與實驗課程是有著重要的

關係。

臺灣教育部統計處針對中小教師的學歷調查顯示，小學教師具碩士學位者由2000年的4.4%逐年提升到2007年的17.6%，中學教師具碩士學位者則由2000年的7.7%逐年提升到2007年的20.8%(教育部統計處，2007)。由此可見得，雖然臺灣中小學教師的學歷並未如芬蘭的師資皆為碩士以上，但是隨著師資的流動(退休教師與新聘教師的交替)與教師的在職進修，臺灣具有碩士學歷以上的中小學教師約為兩成左右。這個數據也應該會持續逐年提升。

自1994年師資培育法公布實施之後，臺灣從單一的師範教育轉型成多元化、儲備制的師資培育，師資培育的來源擴大至：師範/教育大學、師資培育中心與學士後教育學分班等。培育類科分成幼稚園、國小、中等學校、特殊教育等四類。中學教師的專長則採登記制度，依據教師修業取得的學科專業學分進行審查。因此，只有少部分的小學教師曾選修過科學專業學分，大部分的中學科學教師則為單一科學學科專長。此外，在職教師仍可以透過在職進修的管道，進行加科登記。目前，國內的科學教育相關研究所約有15所，每年培育的科學教育碩博士約為300人左右。這些科學教育的專業師資對我國科學教育的發展推動非常重要。然而，部分國小現職教師在取得科學教育碩士的專業之後，卻未能擔任其服務學校的自然與生活科技專任教師，此現象對於國小科學教育的發展實在可惜。建議各縣市國小對於專任教師

的聘任應以其專長為首要考量。

長期以來，臺灣中學生有著極大的升學壓力，在國中基本學科能力測驗獲得好成績，皆為大多數中學生的重要學習目標，也是家長對於中等學校教育的期待。九年一貫課程與一綱多本的教育政策，原本是希望讓各學校與教師擁有更多的教學自主權，可以在基本的課程架構，自行設計或選擇教材與教學方法。但是在面對全國性測驗與升學壓力的因素之下，這些教育政策也就成為家長與社會輿論的檢討對象，例如：家長質疑為了得到好成績，他們的子女必須一科多本，甚至進行課後補習。因而，為了學生的測驗成就與升學考量，傳統式教學與頻繁的筆紙測驗至今仍是多數中學科學教師的主要教學方法。或許，這正是臺灣中學生的學校科學學習信心不足的重要原因。

伍、結論

臺灣與芬蘭的中小學生在科學與數學的測驗評比皆為良好，然而臺灣學生仍需加強科學解釋與科學探索的能力。臺灣學生的科學學習成就存在著城鄉差距，他們的學校科學學習信心不足，明顯低於芬蘭學生；但是臺灣學生對於日常生活科學問題的解決是有信心的，高於芬蘭學生。不同於 TIMSS 2003 的結果，PISA 2006 的結果顯示，臺灣學生對於科學學習的興趣與樂趣是正面的，與芬蘭學生相當。提昇臺灣學生科學解釋與科學探索的能力，以及改善他們的學校科學學習信心，將是當前

國內科學教育發展應該正視的課題。芬蘭透過芬蘭文化尊重教師與教育機制、地方政府具有相當教育決策權、完善的基礎教育、以及優良的中小學師資等，而有著優異的教育成就。赫爾辛基大學附屬中學的科學課程教學參訪過程中，校長與教師們皆表示：雖然教師在芬蘭並非高所得的工作，但是教師是芬蘭的熱門職業；他們的地位是受到社會尊重與信任，他們擁有教學專業的自主權，同時他們也對於教學工作充滿著熱忱。PISA 2006 的測驗結果，看到了臺灣與芬蘭的中學生在科學解釋與科學探索能力的差異，或許芬蘭核心課程與科學教學實務對於高品質實驗課程的堅持，是讓芬蘭中學生在解釋科學現象、科學論證與形成科學議題等科學成就有著整體的優良表現的可能因素。近幾年，赫爾辛基大學數學與科學教育中心進行了芬蘭中學生科學學習態度與興趣的相關研究，希望能促進芬蘭學生產生更多的學習動機，進一步提升芬蘭科學教育的品質。這些芬蘭科學教育的特色是值得臺灣現階段與未來科學教育發展與規劃的參考。

陸、致謝

感謝行政院國家科學委員會經費的補助(計畫編號: NSC96-2517-S-041-001)，讓本文順利完成。同時，感謝邱美虹教授的帶領，隨行團員王子華、李暉、周金城、張淑女、黃俊儒等教授於參訪過程的團隊協助，讓此次2007歐洲科學教育參訪有著豐富的收穫。

柒、參考文獻

- 林煥祥主編(2008)：臺灣參加 PISA 2006 成果報告。行政院國家科學委員會專題研究成果報告(計劃編號：NSC 95-2522-S-026-002)，未出版。
- 邱美虹(2005)：TIMSS 2003 臺灣國中二年級學生的科學成就及相關因素之探討。科學教育月刊，282，2-40。
- 直轄市及各縣市短期補習班資訊管理系統(2008)：全國立案補習班統計圖表。檢索日期：2008年9月2日，取自 <http://bsb.edu.tw/afterschool/html/statistics.html>。
- 許獻元(2005)：學生尊重老師嗎。臺灣教育長期追蹤資料庫電子報，47，檢索日期：2008年9月2日，取自 http://www.teps.sinica.edu.tw/TEPSNews/TEPS~News_047.pdf。
- 陳玫君(2006)：家庭的教育支出-補習費。臺灣教育長期追蹤資料庫電子報，65，檢索日期：2008年9月2日，取自 http://www.teps.sinica.edu.tw/TEPSNews/TEPS~News_065.pdf。
- 曹博盛(2005)：TIMSS2003 臺灣國中二年級學生的數學成就及其相關因素之探討。科學教育月刊，283，2-34。
- 張秋男主編(2005)：國際數學與科學教育成就趨勢調查 2003。台北市：國立臺灣師範大學科學教育中心。
- 教育統計處(2006a)：國民教育及高中職教育-教師薪資。教育統計指標之國際比較，檢索日期：2008年9月2日，取自 http://www.edu.tw/files/site_content/b0013/2-4-1.xls。
- 教育統計處(2006b)：教育經費-政府教育經費占國內生產毛額比率。教育統計指標之國際比較，檢索日期：2008年9月2日，取自 http://www.edu.tw/files/site_content/b0013/4-1.xls。
- 教育統計處(2007)：國中小教師具有研究所學歷之比率。重要教育統計資訊，檢索日期：2008年9月2日，取自 http://www.edu.tw/files/site_content/B0013/overview50.xls。
- Angell, C., Guttersrud, Ø., Henriksen, E. K., & Anders, I. (2004). Physics: Frightful but fun Pupils' and teachers' view of physics and physics teaching, *Science Education*, 88 (5), 683-706.
- Donnelly, J. F., & Jenkins, E.W. (1999). The Expertise and Deployment of Science Teachers at Key stage 4, Leeds, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Lavonen, J., Angell, C., Byman, R., Henriksen, E., & Koponen, I. (2007). Social Interaction in Upper Secondary School Physics Classrooms in Finland and Norway: a Survey of Students' Expectation. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 50(1), 81-101.
- Lavonen, J., Byman, R., Juuti, K., Meisalo, V., & Uitto, A. (2005). Pupil Interest in Physics: A Survey in Finland. *Nordina 1(2)*, 72-85.
- Hargreaves, A., Earl, L., Shawn, M. & Manning, S. (2001) Learning to change. Teaching beyond subjects and standards. San Francisco: Jossey-Bass.
- OECD (2003). Students with Disabilities, Difficulties and Disadvantages, Statistics and Indicators for Curriculum Access and Equity, Paris: OECD.
- OECD (2006a). *Education at a Glance: OECD Indicators 2006*, table D3.1 and web table X2.6b. Paris: Author. Retrieved September 2, 2008, from <http://www.oecd.org/dataoecd/45/55/37370984.xls>.
- OECD (2006b). *Education at a Glance: OECD Indicators 2006*, Table B4.1 Total public expenditure on education. Paris: Author. Retrieved September 2, 2008, from <http://www.oecd.org/dataoecd/7/32/37344685.xls>
- OECD (2007). PISA 2006 science competencies for tomorrow's world volume1: analysis. Paris: OECD.
- Sahlberg, P. (2004) Teaching and globalization. *International Research Journal of Managing Global Transitions*, 2(1), 65-83.

Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2004). Sowing the seeds of ROSE. Background, rationale, questionnaire development and data collection for ROSE (Relevance of Science Education) - a comparative study of students' views of science and science education. *Acta Didactica* 4. Oslo, Norway: University of Oslo Department of

Teacher Education and School Development.

White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*. London: The Falmer Press.

投稿日期：97 年 09 月 05 日

接受日期：97 年 12 月 07 日

A study on correlated factors of Finland students' excellent science learning achievement in Programme for International Student Assessment - 2007 European science education visiting mission's reflection

Hsin-Chung Ting

Department of Childhood Education and Nursery,
Chia Nan University of Pharmacy and Science

Abstract

The research purpose is to discuss and analyze the correlated factors of Finland students' excellent science learning achievement in PISA, by reason of 2007 European science education visiting mission's acquisitions from the academic exchange at the department of Applied Sciences of Education, university of Helsinki, and the classroom observation at university practice school, Helsingin normaalilyseo. It also made an analytic contrast Taiwan students' achievement in TIMSS 2003 with Finland students' achievement in PISA 2003, and both in PISA 2006, to suggest implications on science education in Taiwan. The results of this study showed that: (1) Taiwan students and Finland students both had excellent science and mathematic achievement, but there were significant differences between Taiwan urban students and rural student. (2) Taiwan students failed of learning confidence by themselves. (3) Finland students had excellent achievement and small differences between urban students and rural students, because of devolution of decision power and responsibility at the local level, free comprehensive school education, superior quality teachers, and culture of trust that values teachers' professionalism.

Keyword: Finland science education, educational policy, learning achievement, comparative study, learning confidence, learning interest, PISA, TIMSS