

出國報告

(出國類別：參訪)

法國動手做國中小

科學探究與實作教學推廣

服務機關：臺北市立金華國民中學

姓名職稱：黃振祐 教務主任

派赴國家：法國

出國期間：105年6月3日至18日

報告日期：105年8月23日

摘要

本次赴法出國參訪主要分為兩部分，第一週主要是赴法國巴黎參加「第七屆動手做研討會(La main à la pâte: 7th International Seminar on Science Education in School)」學習法國自 1995 年開始推廣以探究為基礎的(inquiry-based)科學與科技課程的實施經驗－包含政府政策、課程的設計、師資培育以及教師支持體系的建立等相關經驗。第二週參訪 Nancy 地區科學教育中心及於巴黎與近郊參訪法蘭西科學院及相關科學教育設施。

法國動手做基金會於過去二十年來長期致力於研發探究式科學教學，研發教學資源、從事教師專業發展，其經驗值得我國借鏡。特別是探究實作導向的動手做科學與科技教育，乃是我國十二年國民基本教育課程綱要總綱，以及自然科學領域、科技領域、藝術領域等課程綱要重要理念。從動手做基金會研究與推動 IBSE 的經驗，科學院院士關注中小學科學教育，並願意引領國家與各方專家與實務教師長期規劃與資源投入，超越短期績效朝向長效影響力，其重視基礎研究且長期規劃與投入資源研發支持資源，此外看重發展中國家學生能夠在探究實作歷程學習科學態度與素養的影響力，院意無條件分享所有研發成果，促成實質國際合作，令人感佩。誠如院士贈與台灣學生的信所言:科學無國界。

關鍵字：法國、探究、探究式教學、動手做

目次

壹、 計畫緣起.....	3
一、 計畫背景.....	3
二、 出國目的.....	4
貳、 計畫執行過程.....	4
三、 計畫參與人員.....	4
四、 法國執行計畫之行程.....	4
五、 參與過程與重要內容.....	5
參、 參、心得.....	9
肆、 肆、建議.....	13
伍、 伍、相關照片.....	14

壹、計畫緣起

一、計畫背景

十二年國民教育課程綱要與九年一貫課程的差別，除了將高中的課程納入架構做整體規劃考量之外，最重要的改變是以強調培育『科學素養』取代過去強調科學知識的學習。所謂的科學素養，按 OECD 在 PISA 調查研究的定義，科學素養係指運用科學相關知識解決生活中面臨各種問題的能力(Bybee, McCrae, & Laurie, 2009; OECD, 2006)。其中科學相關的知識包含科學知識(如科學理論、經驗定律等)以及關於科學的知識(如科學探究的過程技能、科學推理、科學社群的運作等知識)，而科學教育的目標並不在於獲取這些知識，而是在於培養學生能夠應用這些知識解決於日常生活中，甚至於人類社會中所遭遇的問題。尤其在現代社會，隨著網路科技時代的進步，大量的科學知識均可藉由搜尋引擎在短時間內獲取，然而知識的產生與應用在傳統課室教學或評量實務中，相對之下較少強調。因此，PISA 調查利用真實生活的問題情境，測量學生能否將課室中習得的自然科學相關知識遷移至生活中的問題解決，展現將能力(competency)與態度(attitude)結合後的成果。簡言之，科學素養為能力與習慣的展現，學生唯有在平日養成隨時隨地利用科學思考方式來看待生活中遭遇的問題，並運用科學知識與探究方法來理解或解決相關問題的習慣，才能在真實情境的測驗(authentic assessment)中有好的表現。十二年國民教育課程綱要草案中的「自然科學探究與實作」課程強調跨學科的能力，強調科學知識產生的過程更甚於知道科學知識。然而，如此目標對目前自然科學領域在職教師或是職前教師的培育課程均是極大的挑戰。因此，教育部與相關師培機構如不能及早準備，在新課綱實施之前，提供有效的支持系統，最後崇高的目標可能流於形式而成效不彰。

法國「La main à la pâte (動手做)」課程計畫是針對幼兒園、國小、國中，以科學、科技為主所發展出來的教學法。「動手做」自 1996 年開始，由諾貝爾物理學獎得主 Georges Charpak、天文物理學家 Pierre Lena、物理學家 Yves Quere，和科學院共同推動。其目的在革新國小科學、科技的教學，促進科學探究實踐(une demarche d' investigation scientifique)的教學方式。探索世界、科學學習、實驗與推論、精熟語言、論證、及公民教育都彼此關聯。如此，每個學童都要深化他對周遭的客體及現象的理解，並發展好奇心，創造力及批判精神。「動手作」課程計畫目前每年在法國科學院(l' Academie des sciences)支持下頒獎，並獲法國教育部的計畫參與。此外，法國教育部為此課程，每年會有四個公開獎項的頒布。

今年動手做研討會共收到來自 37 國家 110 報名申請，最後篩選 22 國 44 位參與本次第七屆研討會。臺灣共有四名代表，本人以國中教師代表身分代表參與。希望藉由赴法國巴黎參加「第七屆動手做研討會(La main à la pâte: 7th International Seminar on Science Education in School)」學習法國自 1995 年開始推廣以探究為基礎的(inquiry-based)科學與科技課程的實施經驗—包含政府政策、課程的設計、師資培育以及教師支持體系的建立等相關經驗後，對十二年國民基本教育課程綱要在自然科學領域、藝術領域以及科技領域等強調動手做與探究實作的學習經驗，在臺北市自然領域輔導團既有課程研發及推廣基礎上，持續深化並展開探究實作導向教材教學模組研究。除此之外，也希望結合各國探究實作的經驗，並建立臺法未來雙方合作的共識，長期進行中小學科學探究與實作課程、教材與教學之研究，落實新課綱素養導向學生探究和實作學

習的興趣與能力。

二、 出國目的

基於上述背景，本計畫目的：

- (一) 赴法國巴黎參加「第七屆動手做科學研討會(La main à la pâte: 7th International Seminar on Science Education in School)」，與國外學者進行經驗交流。
- (二) 研析法國動手做科學之探究導向課程設計、教材與教學之理念與實踐，提供相關領域(自然科學、科技、藝術等領域)規劃研發相關教材教學模組與評量之參考。
- (三) 透過與國內相關領域專家分享赴法經驗，並考量國內教育文化與環境，提出中小學探究與實作課程實施之政策建議。

貳、計畫執行過程

一、計畫參與人員

因應法國動手作研討會主辦單位要求各國參加組員須包含一名教育政策推動者與一名國中或國小在職科學教師。我國預計派兩組人員參加，名冊如表二。

表一：計畫參與人員名冊

組別	姓名	單位	職稱
國中組	任宗浩	國立台灣師範大學	副研究員
	黃振裕	台北市金華國中	自然科教師兼教務主任
國小組	洪詠善	國家教育研究院	副研究員兼課程及教學研究中心主任
	陳世文	花蓮市中正國小	自然科教師兼總務主任

二、法國執行計畫之行程

四名計畫人員赴法國參加「第七屆動手做科學研討會(La main à la pâte: 7th International Seminar on Science Education in School)」以及後續由我駐法代表處教育組與法方協調之參訪行程如表三。

表二：計畫人員參加「第七屆動手做科學研討會」與法國參訪行程

日期	行程規劃
105年6月6日－105年6月11日	參加「第七屆動手做科學研討會」
105年6月13日－105年6月14日	參訪 Nancy 地區科學教育中心
105年6月15日－105年6月16日	於巴黎與近郊參訪法蘭西科學院及相關科學教育設施

三、參與過程與重要內容

(一) 6/6 法國科學院開幕暨動手作科學實作

第一天上午驅車前往法蘭西科學院舉行開幕典禮，臺灣教育部駐法文教組陸美珍組長也出席開幕，並且引見法方科學院院士與官員。下午回到 ICEP 展開工作坊，分別是分組實作與研討各國探究導向科學教育經驗。

開幕典禮在法國教育部國際司副司長、科學院院士等人主持下說明「動手做協會」的背景，以及目前發展狀況，接著是由巴黎大八大學教育發展與心理學教授 Emmanuel Sander 專題演講「科學學習必經路徑：類比」。

發起「動手做」探究導向科學教育的兩位高齡院士，可說是該計畫的靈魂，其人道關懷，以及對於科學教育的熱情著實令人感動。成立於 1995 年，起因在於法國幼兒園以及國民中小學只有約 3% 教師表示有在課堂中實施科學教學，為了支持更多教師進行探究導向科學教學，提供更多學生尤其弱勢學生能夠學科學，因此法蘭西科學院院士蓋雷 Yves Quéré 與雷納 Dr. Pierre Lena 成立「動手做」La main à la pâte 協會，自 1995 年的實習班級數 344 班，2000 年達 5,000 班。2002 年法國教育部將「動手做」理念列入國小課綱，2006 年擴展至國中部。目前約有 40% 的小學（約 32 萬名小學生）採此方式授課。

下午動手做科學實作工作坊，在講師帶領下分組設計實驗驗證溫度升降與杯中溶劑揮發之關係。三組自由選取實驗材料，從建立假設、設計實驗到推論，接著各組發表與討論。完成實作後，接著講師引導討論在探究導向實驗中教師與參與者（學生）的角色、任務、態度與技能為合？

國內教師工作坊越來越受到重視，原因是能夠有實作與產出。然而，對於實作歷程的後設分析與意義發現較容易忽略。因此，在探究實作導向的工作坊中，營造真實的探究實作經驗，

並且能夠在實作結束後，研析歸納教師與學生的角色任務等，更有利於教師在其課堂的教學轉化。

（二）6/7 參訪前導中心（Pilot Center）與小學課堂教學

動手做協會為研發與推廣探究導向科學與科技教育，成立前導中心，為了解前導中心運作，該日參訪前導中心與當地一所小學觀課。動手做基金會設立前導中心(pilot center)主要目的作為該地區科學教育的基地，前導中心提供科學教育師資的培訓、課程的研發設計、教具的製作空間等等。教師可以在前導中心從事專業發展，學生能夠於課程中或課後在此中心參加不同科學活動。

下午觀察小學一年級科學課堂。24 位同學在老師引導下探究聲音發聲現象。在一個小時左右的課程中，老師以問答法啟動課程，兩人一組發下湯匙後第一個提問：湯匙如何發出聲音？孩子們興奮的到處敲，三分鐘後，老師說話（老師沒有使用麥克風也輕聲說明，只見學生立即安靜）第二個提問：如何手不碰湯匙，也能發出聲音？老師巡視課堂，給予提示獲肯定，接著請同學發表不同發聲的方法；接著老師發下一條線，第三個提問，手不碰湯匙，如何運用一條線和湯匙發出聲音？老師示範綁線後，學生模仿，然後老師示範敲出輕巧悅耳的聲音，再提問如何發出聲音的？每一組學生開始動手嘗試，其中一組將線拉掛在耳朵，發現振動且聲音響亮，老師趁機再介紹上週學習的耳朵構造，並且和同學討論原因。最後，將討論過程中提出八個單字：包含湯匙、線、聲音、振動、綁等寫在黑板上，請每一位同學在 A4 紙上畫下做了甚麼？並使用黑板上八個字描述之。

法國國小教師屬於包班制，學生只會購買語文、數學兩本教科書，翻閱份量不輕的語文課本發現，其取材範圍相當廣泛，包含自然科學、社會科學等，其它學科學習教材則由教師自編。與台灣教科書使用習慣不同，不過，從語文學習科學具有其重要意義，在後續課程中也安排科學與語言的學習，回應 Vygotsky 社會認知發展的學習觀點，互動語言可說是科學學習鷹架，因此，我國教科書選文量與範圍應該涵蓋廣一些，若短期教科書定價政策無法突破，至少鼓勵學校教師在選購與指定課外閱讀讀本時能夠引導學生科學閱讀。此外珍對中小學科學教育課堂中口說與書寫文字的作用與使用也值得進一步研究與轉化為教學策略。最後這是一堂由導師進行的探究導向科學課，動手做協會提供檢核表單，引導教學者和觀察者在設計與實施，包含教師訪談表、師生互動觀察檢核表、學生學習活動檢核表。檢核工具的設計目的在引導，因此，探究實作課堂教與學應該包含哪些要素？此表單對於我國研發教材教學模組時可以提供重要參考資訊。

新方案推動時需要建立系統的架構，通過組織運作與網絡的傳導才能夠有機會實現之。對於台灣 107 課程綱要實施而言，動手做協會的「前導中心」給予很重要的啟發。前導中心概念類似教學資源中心，在幾個鄰近學區中心建立實體空間，扮演課堂層級的教學支持，教師專業發展，提供教材教具，協助學校發展方案，協調整合各方資源等重要角色與任務；更提供學生課後科學學習與作業完成的協助，對於忙碌的學校與教師、以及弱勢學生而言發揮主動積極的支持力量。我國實施新課綱時，各縣市可參考前導中心的支持系統的概念，規劃適當距離提供社區中心或校園閒置空間，或既有的空間設施，集結官方（如學校人員、退休教師等）與民間

非營利組織的資源，建立多功能的教育資源中心，發揮學校與社區共生活、共教共學的永續生態村。

(三) 6/8 科學之家介紹與探究導向科學教育(IBSE)教學研討

以永續專業發展 (Continuity Professional Development, CPD) 為目標，全國各地區成立一個國家中心與九個科學之家 (The House of Science)，以「家」的設計概念布置有溫度的生活感之空間環境，以永續專業發展為目標，九大策略：(1)生活科學入門，(2)連結其他領域，(3)探究新主題，如科技(4)建立學習社群，(5)搭建教育人員與科學家、實驗室和產業的橋梁，(6)提供認證的專業發展課程，(7)了解教師需求，(8)支持與發展 CPD，(9)評鑑影響力。科學之家設置於大學，整合應用大學資源設施，國家支援 50%經費，希望朝向未來地方自給自足之目標。

此外，講師透過示範教學影片，引導討論 IBSE 的課堂組成結構、教師及學生在 IBSE 中扮演的角色分析。影片中的主要課程內容是老師讓學生透過簡單的寶特瓶、氣球、吸管等工具，讓大約 9-10 歲的學生自行模擬製作魚漂，要讓寶特瓶能夠上浮、下沉或懸浮於水中。透過影片的觀摩以及小組的討論方式，我們可以清楚的看到在 IBSE 課堂中，教師最重要的關鍵角色在於為學生搭建學習的鷹架，而不是直接提供問題的答案。教師更多是站在引導者的腳色，透過引發學生的學習動機、協助學生透過討論釐清問題及擬定問題解決的計畫、協助學生比次互動及合作。而學生更多是透過參與，自己找出科學現象的規律、建構科學知識模型。

(四) 6/9 國中科學與科技教育講座、線上資源介紹、支持系統建立、科學與語言講座

今天上午的第一堂課程，講師透過簡單的燈泡、電線、電池、開關等，讓我們想辦法組合出能夠傳遞包含 26 個英文字母及 0-9 數字的一段訊息的裝置。這個過程是一個典型的問題解決歷程，我們首先組織一個能夠控制燈泡開關的電路，並透過編碼的形式，以 6*6 的表格進行字母以及數字的編碼，並透過燈泡的亮暗來進行訊息傳遞(每一組設計的訊息傳遞問題解決方式均不同)。各組發表及彼此觀摩完成後，再講述人類歷史中訊息傳遞方式的演進介紹。第二堂則是介紹動手做基金會是如何進行教學資源的研發及如何從網頁取得 IBSE 的教學資源。

下午的第一堂課程，是讓我們透過幾個 IBSE 研習的實例，思考未來若要安排 IBSE 課程訓練，必須具備哪些重要的培訓元素？第二堂課程則是討論 IBSE 課程與語言、數學等基礎學科之間的關係。

(五) 6/10 各國方案與策略發展、評量講座、院士專題講座

這天上午的課程，主要是在讓我們了解如何透過科學概念圖的方式，來進行 IBSE 課程設計。我們透過「水」這個自然界的跨科主題進行探究課程設計。我們學習如何以學生可以理解的句子而非科學專有名詞來建構科學觀念與觀念間的邏輯關係，這樣的過程讓我們思考應該從何處導入課程、如何建立學生的邏輯科學概念等，對於課程設計有相當大的幫助。避免一個又

一個彼此分立無關的概念混淆了學生對於科學概念的理解與學習。

下午的主題主要聚焦於科學評量，演講者透過 OECD 的測驗方式，嘗試透過各種的評估方式，來說明 IBSE 教學法對於學生的科學認知理解有重要的幫助。我們也討論了老師如何在課堂上去評估、診斷學生在 IBSE 學習中的表現。顯然在診斷以及測驗的部分，如何去評估學生的創造思考、邏輯批判等，還需要更多的研究以及投入，才能提出教學現場能夠執行的方式，這也可以看出在科學教育中，專業意見的協助對現場老師是多麼的重要。

最後一堂課是由基金會創辦人之一，來演講動手做基金會的過去，現在與未來展望。他提到人賴面對的四大改變趨勢，包括 1.各式螢幕(資訊載具)的普遍、2.數位世代的來臨、3.人工智慧的興起、4.超越性的人類發展趨勢。在這些改變中，我們可以想見，未來的孩子需要面對更多元且變化快速的世界，也需要處理更複雜多面向的問題，因此透過 IBSE 的動手做精神，孩子能培養問題解決、批判思考的能力，這是面對未來人類挑戰必備的能力，因此動手做非但並非過時，更是此時此刻孩子所需要的教學法。

(六) 6/11 各國科學探究教學問題討論

今天上午是整個研習營的最後一個半天，早餐之後我們開始針對如何診斷測量學生在 IBSE 課程上的表現進行討論。各國參與的教育工作者都提出了一些建議，例如設計量表來勾選學生的表現、透過學習單來進行學生表現評估等等。但顯然對於如何設計量表，質性或是量化的描述等，並沒有太多的結論獲共識。顯然在這一個層面還需要更多的研究與討論，而這或許也是 IBSE 課程走到如今必須去面對的問題。

接下來的課程我們針對這幾天的研習課程安排進行一些分組回饋的討論，也讓大會能夠做為未來辦理研習營的參考。LAMAP 的研習營已經辦到第七屆了，透過紮實的課程安排帶給許多國家及教育工作者在科學教育上的啟發與感動，也透過不斷的省思讓課程更加紮實而且貼近實務，希望未來也能夠成為我國推動探究式科學教育時的借鏡。

午宴後各國的與會人員就各奔東西了，透過這六天的相處與密集的討論，彼此都培養出不錯的友誼，於是整個研習營就在擁抱與道別聲中畫下了句點。

(七) 南錫參訪

經過了一天半的休息，我們一早就啟程前往火車站，搭乘高鐵前往距離巴黎 370 公里遠的南錫。南錫是東法洛翰省的首府，也是具有聯合國世界文化遺產的美麗小城。事實上，不論是在巴黎或是在南錫，我們都可以深刻感覺到法國深厚的歷史文化氣息。

南錫的行程主要是了解 LAMAP 基金會設立的 House of science 以及 pilot center。全法國共設有 9 個 House of science，主要是 LAMAP 與法國境內的大學合作，進行師資培訓，職前師資教育、教材研發、教學資源收集等工作的機構，而 pilot center 則是透過與周圍社區的學校建立合作關係，讓學校帶學生來此進行協同科學教學、課後科學課程等的第一線執行機構。在南錫洛翰大學內，這兩個機構整合設立在一起，成為南錫以及洛翰省重要的科學教育基地。

叁、心得

一、探究實作科學教育需要厚實基礎研究與關注長效影響力

探究實作「動手做」以探究導向為科學與科技教學為哲學基礎，法國動手做基金會長期致力於研發教學資源、從事教師專業發展，2000 年起陸續推廣至中南美洲、中亞、東南亞等 40 國並且建立國際合作關係，以動態與多樣性的應用模式開展之，如官方簽署合作協議、個別學者合作、研討會與工作坊、教材翻譯與應用等等。圖一是筆者歸納以「動手做協會」為核心，二十年來努力不綴推動科學教育的網絡。

二十年來，動手做協會在法蘭西科學院院士蓋雷 Yves Quéré 與雷納 Dr. Pierre Lena 的引領下，對於科學教育的影響力包含更多幼兒園、國中小學的課堂中有科學學習，以探究導向 (Inquiry-Based Science Education, 簡稱 IBSE) 為知識基礎的科學教育受到法國官方認同，納入學校課程綱要中，歐盟也開始發展 IBSE 的科學教育，此外，在法國各地區分別成立九個科學之家 (Houses for Science 做為永續教師專業發展的科學教育創新基地。

	大學/學者 科學之家、合作研究	
法國教育部 納入課綱、資源挹注	動手做協會 研發教材、師培推廣	法國科學院 專業支持、引領研發
	國際合作 海外推廣	

圖一：法國科學院推動科學教育網絡

探究實作導向的動手做科學與科技教育，乃是我國十二年國民基本教育課程綱要總綱，以及自然科學領域、科技領域、藝術領域等課程綱要重要理念。然而，對於高度依賴教科書以及受到應試文化影響的臺灣教師而言，若要能夠實施探究實作導向的科學與科技教育，那麼必須引導教科書編輯方向，因此，自 103 年起，國家教育研究院展開自然科學教材教學模組研發，陸續提出研發成果，接下來則要辦理研討會與工作坊，提供教科書或教材編輯有興趣的人員認識並研討探究實作導向教材如何編輯與使用。

從動手做基金會研究與推動 IBSE 的經驗，科學院院士關注中小學科學教育，並願意引領國家與各方專家與實務教師長期規劃與資源投入，超越短期績效朝向長效影響力，其重視基礎研究且長期規劃與投入資源研發支持資源，此外看重發展中國家學生能夠在探究實作歷程學習科學態度與素養的影響力，院意無條件分享所有研發成果，促成實質國際合作，令人感佩。誠如院士贈與台灣學生的信所言:科學無國界。

二、其他心得

營會第一天上午的演講所談到的類比法技巧，在臺灣其實已經發展多年，台灣的教師也已經熟悉如何透過學生熟知的生活經驗為類比物來進行教學，例如在自然領域地球科學的教學中，諸如板塊運動學說、地球的分層結構等。其好處在於，能夠將所學內容與學生的生活經驗做連結，有助於內化學習內容，提高學習的成效。然而在類比的過程中，如何避免適用不適當的類比物，造成學生新的迷思概念，是需要教學者小心思考的。

下午基金會的講師示範了一堂天文探究式教學，在過程中學生透過假設、實驗、辯證、建立模型、嘗試錯誤等過程，學習月相的知識概念。其實這套教學法對於台灣線上的教師並不陌生，相信如果要台灣科學領域教師辦一場有關探究式教學法的公開觀課，並不困難，這也顯見台灣科學教師的科學素養及教學設計能力相當高。但這群高素質的老師卻受限於 1.授課進度及 2.升學主義至上(追求學習效率)的影響，在普遍性的執行探究式教學上有其無法突破的枷鎖，限制了老師探究式教學的實施能力，某種程度上也剝奪了學生透過探究式學習所能培養的探究能力。

探究式教學能夠培養學生系統性思考、創意思考、設計思考、理性思辨、問題解決、溝通表達等等多元的能力，而這些能力是學生未來面對快速變化的社會變遷、多元複雜問題時必須具有的能力，而這些能力的培養最需要的是時間，這也正是教學現場最缺乏的關鍵問題。一方面在追求分數、學習效率的社會文化下，花 2 小時(甚至更久)來進行探究教學顯然是緣木求魚；另一方面，當我們目前的科學課程要教導孩子如此多複雜的科學概念的同時，老師被逼著必須不段加速追趕進度的要求。是否應該從課綱著手，進行課程的減量，同時透過探究式教學的導入，進行教與學的深化，實在是我們必須先為現場老師解決的基本前提。

在國小觀課過程中，我們能夠觀察到 IBSE(Inquiry Based Science Education)除了讓孩子能夠有體驗、嘗試的經驗外，老師同時也能利用各種機會，幫助小朋友學會如何表達自己的想法、如何正確且精準的使用語言、如何有良好的台風等。難怪我們常常看到歐美人士勇於侃侃而談，這其實是它們從小訓練的結果。可見學生在 IBSE 的教學下，學到的其實遠超過科學的知識，更是自信、表達、語言、繪圖等技能，而這些技能正是我們的孩子需要強化的能力，也是補習班式的填鴨教育無法取代的。因此建議應該將 IBSE 的課程納入國中小課程，並給予教師足夠的教學研發、實施、評量的時間。在 107 新課綱的導入下，學校必須設計跨領域的整合性彈性課程，或許 IBSE 以其具跨學科整合性能力培養的特性，可以推薦給國中小學端作為設計整合性彈性課程的可行方案之一。

這邊的國小並無科學教室，學生的科學體驗都在教室中進行，相比之下，臺灣老師在材料及各種教學素材的準備等硬體支援系統上更加友善，在這部分其實國內不論是在設備或經費上，都較法國來得更有發展條件。同時由於法國當地的國小師資養成過程中，對於教師缺乏自然科學相關的培訓內容，因此使得國小教師普遍缺乏科學素養及教學知能，故需要科學中心扮演這樣的角色來協助推動科學教育。反觀我國教師在求學階段已有較紮實的科學學習，學校也有專任的科學教師，其實我國教師在課程研發、科學教學上有著比法國更好的資源及條件。但不可諱言的，我國傳統考試文化、分數至上的文化，使得教學及學習多強調速成，學生缺乏能夠真實體驗科學學習的過程，也缺乏對於科學學習的感動，這部分倒是相當可惜的。因此我們很清楚可以看出，硬體資源並非國內探究式教學推動的阻礙，重點還是在課程、時間、教育文

化與升學主義氛圍所營造的重重阻礙。

從第二天的國小觀課以及今天上午的示範錄影分析，可以看出 IBSE 非常重視學生如何透過探究的過程，進行問題解決的思考與實作。在實作的過程中，學生或許並不瞭解科學的運作原理，但透過生活經驗、小組討論、try and error 的過程，學生能夠建構出科學概念。這樣的實作與理解過程賦予了後續科學原理的學習更深層次的體驗與理解，更與生活中的問題結合，讓學生了解為何要學習科學。而且相信透過這些過程，學生不會因為不考試了就將科學知識還給老師，因為這些原理原則他們曾經透過動手做的過程切身經驗。同時在問題解決的過程中，我們一再驗證這是多能力的整合性學習，而非單一科學領域的學習。

作為一個鷹架的搭建者、課程的引導者，如何透過情境的營造，給孩子進行 IBSE 學習是課程中的重要元素。透過基金會的資源整合以及多樣化的教學資源與素材提供，降低老師對於 IBSE 教學的恐懼與排斥是很重要的先決條件。有了教學資源後，教師也必須透過不斷的嘗試，才有辦法熟稔的在發散性創意思考、聚合性的問題聚焦、學生小組討論的持續推動以及面對各式各樣突發問題(例如如何分組才能建立友善的討論學習氛圍？如果有學生不討論怎麼辦？如果學生分心無法聚焦於問題時該如何引導？當學生沒有想法的時候教師又該如何引導？……等等)，這實在需要經驗，更需要有經驗的老師協助、鼓勵他/她度過一開始的每一次挫折與挑戰，否則許多的教學熱情很容易就會被挫折給打敗，更不用提來自觀望中的同僚、家長可能傳來的負面聲音所帶來的打擊。因此如何建立完整而堅強的教學資源支援系統(特別是紮實地教材教法研發)、如何透過類似教學輔導教師或輔導團甚至是对岸的高級教師等類似制度來協助剛開始願意嘗試的教師、行政端的支持與課程端給予彈性空間，都是 IBSE 是否能夠在我國推展的重要關鍵。

從本次的課程中，我們可以看到即使在國中階段，IBSE 仍然可以相當適切的於課程中進行。在今天的例子中，學生能夠透過動手做，發展訊息傳遞系統。或許在過程中並沒有太多艱澀的科學原理，但學生透過對於電路系統的實作與應用，能夠完成挑戰，實際解決生活中經常遇到的困難問題。回頭思考我國的國中職業試探課程及技職教育體系課程，是否可以更多以培養學生問題解決能力的角度，鼓勵教師更多以 IBSE 的精神及技巧去研發及執行課程。

另外，從第二天的國小觀課、昨天的影片觀課及今天這堂 IBSE 課程，可以看出從工程角度出發解決問題的課程設計模式，是 IBSE 的重要元素之一。但在國中的課程中，我們大多從科學原理出發，而非問題解決導向的學習，這導致學生對於所學與生活並無太多的連結，也降低了學生學習的動機。因此，是否應該在課程中加入更多工程問題解決的元素(例如第二天在 science house 中看到的滑輪組動手做實驗)，也是我們在課程規劃設計以及教科書撰寫要求上應該考慮的地方。

另外，現階段我國課程中所有的實驗課程幾乎都是將步驟一步一步寫好，再讓學生透過實驗紀錄簿中提到的科學觀察問題去思考每一個步驟的意義。這樣的教法固然有其「效率」考量，學生只要跟著步驟走準沒錯，但卻剝奪了讓學生進行探究思考、利用科學態度去設計實驗、小組辯證的空間，再加上坊間太多的參考書教會學生如何「正確」的填寫實驗紀錄簿的答案，使得目前課程內的科學實驗幾乎失去探究的精神與意義。因此，如何透過科學教育專家學者與現場專家教師，共同努力以 IBSE 的精神，透過設計、編寫、收集、翻譯等方式，提供現場

教師可行的新一套探究式教學資源也是相當重要的關鍵。

以動手做基金會的龐大陣容，可以看出這樣的教學資源需要學者專家的研究與發展，以及專家教師投入設計、實踐與反思，因此實在需要更多專職人員投入不間斷的研發與實踐以及更進一步的大量教師培訓工作。然而，目前國教院及其所屬的中央輔導團成員、地方輔導團成員，要不是被賦予過多的任務，要不就必須身兼大量授課或行政工作，實在分身乏術。因此，政府若真有心要推動 IBSE，除課程上的改革外，更需要投入更多專職專家學者、專家教師，才有可能紮實的做好這件事情。或許目前各縣市超額教師問題嚴重，是否可以順勢借調專家教師來做專職的研發工作(類似新加坡的 senior specialist track)，並給予其榮譽的教師地位及象徵性提高薪資，以鼓勵專家教師投入，如此一來可以給教學現場提供專業諮詢，同時解決各縣市超額教師問題。

在未來的 IBSE 培訓安排上，我們必須考慮幾個問題，第一是如何提高教師參與培訓的意願，第二是如何提供教師足夠的資源，第三才是如何有效的設計培訓課程。在培訓的意願方面，臺灣的教師其實近年來已經開始發展一系列由下而上的教學反思，這樣的情況從大量教師自發性對於學習共同體、翻轉教學、分組合作學習等教學法的推動以及 FB 上大量成立的教師專業討論社群等，可以看出教師已不滿足於傳統教學的框架，期待教與學風景的改變，這是此時推動 IBSE 教學非常有利的背景基礎。然而我們也都知道在現在的教學環境中，不論從課程、從校園文化、教師工作負擔沉重等現實層面，可以體會現場教師對於 IBSE 的無奈。相信大多數自然科學教師固然認同 IBSE 的重要性以及啟發性，但在教學現場的正式課程中卻不容易實施。加上近幾年推動許多急就章、未充分發展的無效研習，使得現場教師失去對於研習的信心，這些原因都會使得教師多對於研習抱著不信任、不期待的消極態度。因此我們可以看出來在真正推動 IBSE 前，其實政府有許多路障必須先排除，千萬不要留於只追求短期成果，否則很容易對於 IBSE 造成反推動。

此外，在 IBSE 教材還沒設計、研發、收集、翻譯前，我們是否已經做好讓老師學習 IBSE 的準備？固然臺灣的教師因其高素質，其實也具備高水準課程研發的能力，但完整的教材及教學源的準備無疑可以使得 IBSE 的推動事半功倍。因此未來我們應該花相當的人力物力，針對 IBSE 的可用教材(包括動手做基金會)進行審視、翻譯、在地化修正，然後我們才能夠提供教師足夠的後勤支援，而這部分需要政府投入足夠的人力及物力支援。

第三天上半的活動，我們可以看得出來，科學概念圖的繪製是一個相當專業而困難的事情。我們必須對於科學專業知識熟習外，更重要的是要思考如何能夠透過邏輯性的思考串聯科學概念，而也唯有透過邏輯性的串聯，學生才有辦法將每一個 IBSE 的課程概念統整起來，內化成完整的科學認知系統。根據講師的描述，一個 IBSE 課程的科學概念需要數週甚至數月的時間才有辦法完成，從這件事中，再次讓我們看到專職人員投入的重要性，否則若只是亂做，其結果可能更差於不做。舉一個例子，一個水循環的概念我們通常在學校不到一節課就完成了，但若仔細研究下去，水循環的概念其實相當複雜，有許多的次概念需要釐清，否則學生容易混混沌沌、似懂非懂地背誦記憶相關知識，這是多麼可惜的事。

另外，有關於創造性思考，理性批判能力、科學操作能力等方面的測驗與評估，目前仍是科學教育學者重要且迫切的發展方向。對於現場教師而言，若沒有合適的診斷評估或測驗的工具，很容易就會被質疑推動 IBSE 的價值。因此我們相當期待學界對於科學能力的診斷工具方面

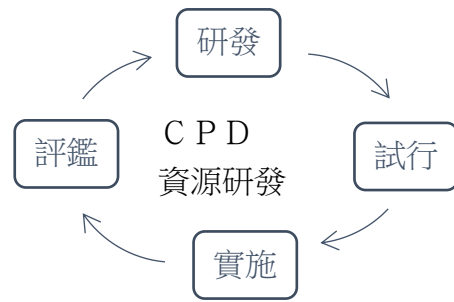
的研發。

最後的演講其實令人相當感動，幾位諾貝爾獎得主不約而同投入基層科學教育的工作，這其實可以看出基礎科學教育被重視以及應該被重視的程度。但目前國內學者專家在這方面與教學現場的連結太少，導致教學現場太多各自為政發展、缺乏專業意見的半成品；而學術端則埋首在研究領域，缺乏與實務現場的連結，或流於表面的工作，沒有紮實的工作深度與符合教學現場的需要，因此法國動手做基金會的運作模式與精神，實在值得我國借鏡。

從 LAMAP 的研習營中，我們可以看到法國在科學教育上，做事相當紮實且用心，也讓我們參與人員感到相當的精實而有收穫。從每一個 section 確實的讓老師體驗 IBSE 到每一個課程的規劃與設定，不做表面功夫，認真的引導每一個參與者確實對探究式教學有深入的體會，對比到國內的研習課程常流於形式與表面，這實在是我們需要學習的功課。仔細回想這六天的過程，除了各國海報展示收穫比較少(這也是各國共識下被提出可以改進的意見)外，幾乎沒有一堂課程可以被取代或刪除的，可見在多年辦理的經驗累積下，這已經是相當有系統性的安排。回國後的研習營可能只能安排兩天，實在很難達到類似 LAMAP 研習營的效果，不過也只能盡力傳遞感動及願景了。

肆、建議

近年來台灣逐步建置中央、地方到學校三層級教師專業發展機制。永續的發展需要系統規劃，包含組織人員、高品質課程內容、以及各個不同系統協調與整合。參考比較法國動手做科學教育的 CPD 機制後，從永續教師專業發展的生態系統，搭配台灣刻正進行的新課程發展，有三點建議：(1)研發教師專業發展的課程模組：研發品質保證的課程模組，請參圖二，約可包含研發模組、試行、實施與評鑑反饋等歷程，由於需要投入相當經費與人力，因此合作更顯重要。以自然科學領域探究實作為例，可以結合國家教育研究素養導向教材教學模組研發、與台灣師範大學成立自然科學領域教學研究發展中心，以及教育部同步委託若干大學發展探究實作的示例，研析並整合三方的研發資源，共同發展提供不同層級、目的的職前與在職教師的專業學習課程模組。(2)統籌規劃系統協作方案：為更有效發揮不同系統之組織的專長任務，如國家教育研究院整合課程及教學研究中心研發課程綱要與教材教學模組，以及教科書發展中心的教科書審查，測驗評量中心的學生成就測驗(TASA)、以及編譯發展中心翻譯重要資源等，又如大學職前師資培育與在職教師專業發展等，又如教育部課程推動系統等等，以前述三個系統為例，建議能夠連結國教院研發、領域教學研究中心師培與在職教師專業發展，教育部輔導團與學科中心等，相互支援合作。(3)開放資源：釋放研發或翻譯之資源提供輔導團與學科中心、學校教師、以及各地方教師自發性社群，與民間組織參考使用。



圖二： 品質保證的 CPD 資源研發歷程

伍、相關照片

	
<p>6月6日動手做營隊開幕式於法國國家科學院，會後與我國駐法代表處陸美珍組長與法國院士雷納先生合影。</p>	<p>透過操作簡單的道具，體驗日地月系統及月相變化探究式教學的探究過程。</p>
	
<p>參觀法國國小學生透過飼養竹節蟲，體驗生物的各種現象。</p>	<p>參觀法國動手做基金會設立之 House of science (譯：科學之家)，討論滑輪組之探究教學。</p>



透過小組討論，發展探究式教學的主要元素與教師角色。



在國際之夜與參與營隊的各國教育工作者交流、討論。



法國科學院院士親自示範探究式教學的精神



體驗鑄模教學過程



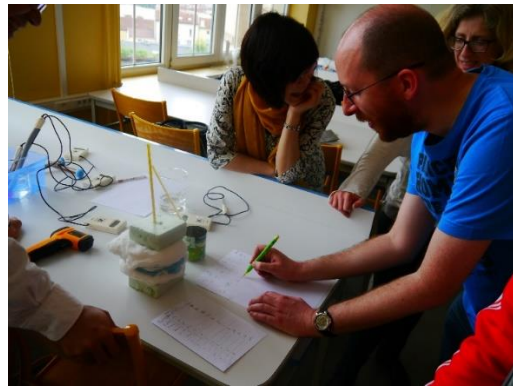
參觀位於法國東南部 Nancy 地區的科學之家及師資培育中心。



模組化的教具設計



國小探究式天文教學示範



太陽能電熱器原理探究與實作



法國院士蓋耶帶領本團一行人參觀法國科學院



離法前與我國駐法代表處及法國教育部國際司、法國動手做基金會及兩位院士開會討論後續合作事宜，並達成合作的初步共識。