

出國報告（出國類別：會議及參訪）

國家教育研究院
105 年度因公派員出國計畫
「第七屆動手做科學研討會」
出國報告書

服務機關：國家教育研究院

姓名職稱：洪詠善（課程及教學研究中心副研究員兼代
主任）

派赴國家：法國

出國期間：105 年 06 月 03 日至 06 月 18 日

報告日期：105 年 08 月 29 日

目次

壹、計畫背景與目的.....	1
貳、計畫執行過程.....	2
參、心得.....	9
肆、建議.....	13

摘要

法國動手做基金會成立於1995年，其目的在革新國小科學、科技的教學，促進科學探究實作的教學，近二十年來讓法國幼兒園以及國民中小學課堂，從只有約3%教師表示有在課堂中實施科學教學到目前約有40%的小學(約32萬名小學生)採取探究導向科學教學。我國十二年國民基本教育自然科學領域強調探究實作，尤其在普通型高級中等教育階段規劃有部定領域必修探究實作四學分，因此，本次參訪目的在於研析法國動手做基金會在探究實作科學教育上研發與推動經驗與歷程，以作為我國研發與實施自然科學探究實作之參考。

參訪歷程分為兩階段，第一階段為參加動手做基金會之研討會，與來自各國在研究與實施探究導向科學教育之專家學者與教師共同研討與相互學習；第二階段由基金會安排赴南錫參訪科學之家，最後在臺法雙方教育部官員與法國科學院院士合作研商會議中提出未來可能合作方案。

經過密集參訪歷程，歸納四個心得：1.探究實作科學教育需要厚實基礎研究與關注長效影響力，2.以探究實作導向工作坊實施科學教師專業增能，3.建置區域為本的科學學習支援系統，4.科學探究實作是深度思考與問題解決的歷程。最後提出四點建議：1.研發教師專業發展的課程模組，2.透過教育部一級協作跨系統的協作以落實自然科學新課綱探究實作，3.從翻譯優秀教材到翻轉科學課堂教學，4.縣市協助適合的學校成立學習中心。

關鍵字：法國、動手做科學、探究實作

壹、計畫背景與目的

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)」¹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 démarche 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。

¹ 相關資訊請參考法國動手做科學基金會網站：<http://www.fondation-lamap.org/>

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，本人以規劃執行國家課程基礎研究，以及課程綱要研修的身分代表參與。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，在本院既有研究基礎上，持續深化並展開探究實作導向教材教學模組研究，並且提供本院測驗與評量中心針對「科學探究與實作」標準設定測驗研發參考。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、計畫目的

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	國立臺灣師範大學	副研究員

	黃振裕	臺北市金華國中	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) 第七屆動手做科學研討會

6月6日：法國科學院「動手作科學研討會」開幕

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。

上午9時於法國國家研究院法蘭西科學院 Salle des séances 進行開幕儀式，由法國教育部國際司副司長、科學院院士等人主持下介紹 La main a la

pate(LAMAP)基金會並介紹法國動手做科學教育計畫推展過程及成果。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」，說明類比是學童認識生活世界的有效方法，也是促進科學學習的有效途徑，幫助學童科學概念的形成。

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基金會，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。

下午返回CIEP進行「科學探究方法的介紹」工作坊課程，該工作坊安排一個「酒精揮發與溫度變化關係」的實驗，教師先給予每組一杯酒精溶液及一支溫度計，請各組先將溫度計放入酒精溶液中並觀察其溫度變化，再將溫度計取出置放於桌上，觀察其溫度變化情形，並提供更多燒杯、溫度計、不同溶液如水、丙酮等實驗材料，以進行實驗對照和比較。最後各組撰寫海報，分組發表實驗假設、實驗步驟、數據資料、實驗結論。讓學員透過動手做的方式，學習如何從活動中建立科學概念。

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。

6月7日：參訪前導中心（Pilot Center）與小學課堂教學

動手做基金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。與臺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，動手做基金會提供檢核表單，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。

6月8日：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鰾，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。

6 月 9 日：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

上午進行有關中學階段科學與科技教育的探討課程，講師安排了「Transmission of information」的主題，介紹了在現代通訊科技發展之前，訊息傳遞的發展歷史。1793 年，法人 Claude Chappe 以十字架兩端木臂的上下移動，表達各個字母，此稱之為「Chappe's telegraph」。1814 年法皇拿破崙從放逐的厄爾巴島逃回巴黎的消息，即用「Chappe's telegraph」傳訊在很短時間內傳遍歐洲各地。接著講師提供了漆包線、電池、小燈泡、小喇叭、尖嘴夾等小元件，請各組利用這些元件設計一套電路及建立訊息傳遞的編碼系統(含英文字母及數字)，並介紹及說明自己組別所設計的電路如何傳遞訊息，教師給予每個組別一個訊息，利用自己組別所設計的編碼系統，請其他組別猜測該訊息為何?各組透過此活動瞭解訊息傳遞的歷史以及如何設計及進行一個有關訊息傳遞的動手做探究實驗，讓學生學習印象更加深刻。另外也安排了一個有關 LAMAP 推展 IBSE 至今所研發教學資源的演講，介紹相關書籍、網站及 DVD 等教材及資源。

下午則安排教師專業發展課程的工作坊，參與學員討論如果剛開始要規劃一個 2 天以上的動手做科學探究活動(inquiry-based science education, IBSE)的課程幫助科學教師的專業發展，應該如何設計以及所需注意的事項，促使有效推動動手做科學探究活動。各組分組討論並進行報告。最後教師講解 IBSE 的設計需包括基本概念的說明、IBSE 的內涵及 IBSE 的支持等，同時應有清楚的目標、明確的實驗、相關的資源以及一些臨時應變的替代選擇等。

六月 10 日：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。

6 月 11 日：研討會總結

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。

6月12日：星期日參訪羅浮宮

6月13日：啟程南錫

一行人啟程前往火車站，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 基金會設立的科學之家(House of science)以及前導中心(Pilot Center)。全法國共設有 9 個科學之家，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，而前導中心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。

下午參觀與科學之家合作的洛林大學科技學院(Université de Lorraine)的 Institut universitaire de technologie。這所學校是技職教育學校，提供學生高中畢業後 2 年大學文憑，該學院針對該地區國中小教師與學生提供體驗實習的機會。我們參觀了 CNC 銑床工廠、鍛造設備及學生作品，也體驗了利用液態鋁灌漿塑模的教學活動，令人印象深刻。

6月14日：參訪科學之家

上午在 House of Science 參觀職前科學教師教導學生有關觀察星象認識星球的課程，同時 House of Science 講師也安排了一堂有關太陽能板元件構造與功能的科學動手做實驗活動，解說如何透過簡單的科學實驗設計，讓學童瞭解太陽能板設計和運作的原理。

中午享用午餐後，搭乘 TGV 返回巴黎。

6月15日：參觀法國天文觀景臺及發現宮科學博物館

上午在 Pierre Lene 及 Yves Quere 二位院士的帶領下，參觀法國的巴黎天文台 (Observatoire de Paris) 位於法國首都巴黎，是法國的國立天文台，也是法國國際時間測量局的所在地。館方人員先帶我們到地下室參訪世界量測時間的設備，並介紹他們在世界時間計量研究上已發展到精確測量到 10^{-18} 秒的時距。接著由二位院士帶領我們到觀景臺二樓子午線室(Meridian Room)參觀 17 世紀所繪製的巴黎子午線，並到頂樓的觀景臺，法國著名天文學家卡西尼在此利用

望遠鏡觀測土星 A 環與 B 環間距離，提出卡西尼環學說。

下午到發現宮科學博物館參訪，館方人員安排解說，該館建於 1937 年，強調帶領每個人重視科學和技術的發展及提供民現代最新科學知識。全館共有 53 間活動教室，分為物理、化學、生物、數學、天文、地球科學、醫學等七個展覽主題。每天安排約 50 個科學活動，每小時進行 1 次，由年輕學者或博士擔任演示及解說，吸引民眾、教師及學生到館體驗及認識科學。

6 月 16 日：臺法研究合作會議

上午 11 時在巴黎市區圓桌餐廳，由臺灣駐法代表處官員、法國教育部官員和院士、LAMAP 基金會代表人員、師大科學教育中心主任及此次 LAMAP 會議臺灣 4 位參加學者教師出席參加，討論臺法雙方未來在 IBSE 科學教育上的交流合作，初步達成三項合作事宜：1. 今年度在臺灣辦理 6 場 IBSE 工作坊，推廣 IBSE 科學教育。2. 明年度在臺灣舉辦 IBSE 國際學術研討會，邀請 LAMAP 基金會人員蒞臺指導。3. 提出臺法科學教育研究案申請計畫進行交流。

6 月 17-18 日：搭機返臺

參、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「動手做基金會」為核心，二十年來努力不綴推動科學教育的網絡。

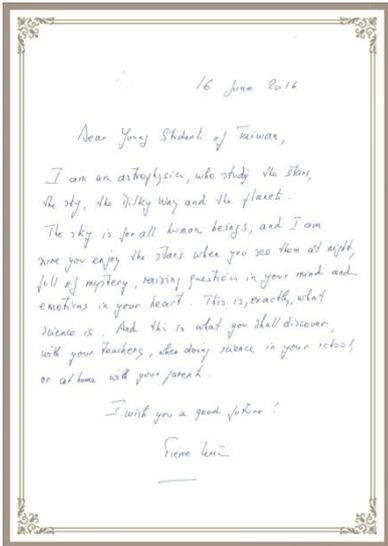
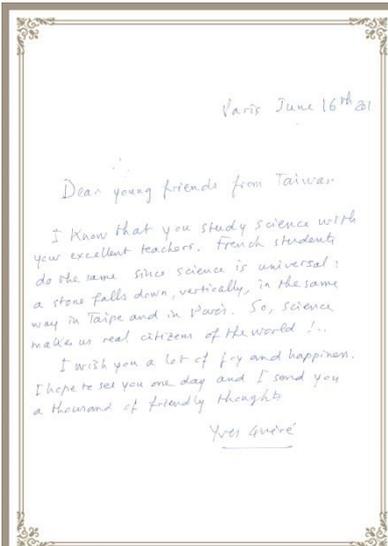
二十年來，動手作基金會在法蘭西科學院院士蓋雷 Yves Quéré 與雷納 Dr. Pierre Lena 的引領下，對於科學教育的影響力包含更多幼兒園、國中小學的課堂中有科學學習，以探究導向(Inquiry-Based Science Education, 簡稱 IBSE)為知識基礎的科學教育受到法國官方認同，納入學校課程綱要中，歐盟也開始發展 IBSE 的科學教育，此外，在法國各地區分別成立九個科學之家 (Houses for Science 做為永續教師專業發展的科學教育創新基地。

	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	動手做基金會 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 1 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，願意無條件分享所有研發成果，促成實質國際合作，令人感佩。誠如院士贈與臺灣學生的信所言：科學無國界。

 <p style="text-align: center;">16 June 1912</p> <p>Dear young students of Taiwan,</p> <p>I am an astronomer, who study the stars, the sky, the Milky Way and the planet.</p> <p>The sky is for all human beings, and I am sure you enjoy the stars when you see them at night, full of mystery, raising questions in your mind and emotions in your heart. This is, exactly, what science is. And this is what you shall discover, with your teachers, when doing science in your school or at home with your parents.</p> <p>I wish you a good future!</p> <p style="text-align: right;">Lena</p>	 <p style="text-align: right;">Paris June 16th 1911</p> <p>Dear young friends from Taiwan</p> <p>I know that you study science with your excellent teachers. French students do the same since science is universal: a stone falls down, vertically, in the same way in Taipei and in Paris. So, science makes us real citizens of the world!...</p> <p>I wish you a lot of joy and happiness. I hope to see you one day and I send you a thousand of friendly thoughts</p> <p style="text-align: right;">Yves Quere</p>
<p>法國科學院院士 Lena 寫給臺灣學生之信</p>	<p>法國科學院院士 Quere 寫給臺灣學生之信</p>

二、以探究實作導向工作坊實施科學教師專業增能

科學教師如何在科學探究實作專業增能向來是相關研習與工作坊的主要目標。以動手做科學研討會辦理的工作坊為例，例如講師直接示範天文探究式教學，在過程中學員透過假設、實驗、辯證、建立模型、嘗試錯誤等過程，學習月相的知識概念。

經由教學觀察與親身體驗並參與探究式教學，了解科學探究實作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，不在於學多，而在於完整實作探究歷程。例如觀課國小探究導向科學教學(Inquiry Based Science Education)發現學生除了能夠動手實作科學探究外，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。學生學到的其實遠超過科學的知識，還包含自信、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。

臺灣同行的國中科學教師表示其實此教學法對於臺灣科學教師並不陌生，相信如果要臺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，這也顯見臺灣科學教師的科學素養及教學設計能力相當高。但臺灣科學老師卻受限於授課進度、升學主義至上(追求學習效率)的影響下，較無法突破以朝向

科學探究實作之教學。因此，如何突破進度與升學的緊箍咒，引導老師實施探究式教學，提供學生透過探究式學習所能培養的探究能力是值得努力的。

三、建置區域為本的科學學習支援系統

LAMAP 基金會無疑是髮國推動動手做科學的重要推手。在 1996 年由法國諾貝爾物理獎得主 Georges Charpak、Pierre Lena 和 Yves Quere 院士創立以來，以發展國小及國中的探究式科學教育為宗旨，在 2012 年由法蘭西科學院補助支持，希望將活動推展至全世界。該組織包括基金會的成員、政府部門官員、科學家、大學教授及科學教師等，其特色為共同研發動手做的創新教法、科學語言與寫作的指導、全民科學教育推廣、科學家的參與等。支援網絡以學界與政府為主。在有系統的規劃與長期實施下，在 1995 年時，法國科學課程在學校課程所佔比例低於 3%，教師很少科學教育背景和在職接受科學課程訓練的經驗，學校也無適當的教材，同時科學教師少有社群可以相互聯繫分享。動手做科學基金會所建立實驗網絡、研發教材、促進教師科學教學專業發展，並向全世界傳播其成果和經驗等實令人敬佩。為了推動法國全國各地的科學教育，LAMAP 基金會在全國各區成立 9 所科學之家(House of Science)，以及 22 所前導中心(Pilot Centre)，並且和當地大學、中小學校合作共同推展，此推動中小學科學教育的網絡和組織架構相當完整。由於法國國小通常無科學教室與設備，因此，透過前導中心的支援，提供教師科學探究的教具與設備器材等借回課堂進行教學，同時偕同科學之家辦理相關教師增能，因此科學之家與前導中心可說是動手做科學基金會所部設的支援網絡，在南錫可以強烈感受到「科學之家」附設在洛林大學(Université de Lorraine)，大學教授與師資培育生是重要的資源，除了課程設計與研發外，更提供師資生科學教學實習機會，可說是雙贏的策略。相較於法國，臺灣老師在科學實驗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。此外，法國國小師資養成過程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。反觀我國科學教師在師培階段多有專業科學背景，學校也多有專任的科學教師，因此在臺灣，無論課程研發與教學資源上比法國有更多的資源及條件。同樣地，如何在應試文化中，提升科學探究實作的學習經驗，讓學生在探究實作中獲得科學學習的感動，是我們需要努力的方向。

四、科學探究實作是深度思考與問題解決的歷程

從國小觀課以及講師示範發現探究實作教學非常重視學生透過探究的過程，

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、嘗試過程，學生能夠建構出科學概念。此外，即使在國中階段，探究實作仍然可以相當適切的於課程中進行，例如在示範例子中，各組學生能夠透過動手做，發展不同的訊息傳遞系統，都是經由小組成員反覆設計與測試歷程中發現最佳系統，或許在過程中並沒有太多艱森的科學原理，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。反思國的國中職業試探課程及技職教育體系課程，是否有機會更多以培養學生問題解決能力的角度，鼓勵教師更多以探究實作的精神及技巧去研發及執行課程。經由探究實作與問題解決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。

在科學探究實作課堂中，教師作為一個鷹架的搭建者、課程的引導者，需要營造學習情境，提供學生進行科學探究實作學習。然而，當學校課堂缺乏時，透過動手做科學基金會的資源整合以及多樣化的教學資源與素材提供，降低老師對於科學探究實作教學的恐懼與排斥。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，這些都需要經驗豐富的老師提供支持與支援，鼓勵教師度過每一次挫折與挑戰，否則教學熱情很容易就會被挫折給打敗。因此在法國經驗中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，以及透過類似教學輔導教師或輔導團甚至是對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，都是探究實作是否能夠在我國推展的重要關鍵。

肆、建議

十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要草案強調探究實作的學習表現，以及規劃普通高中部定領域四學分探究實作課程。對於現行中小學自然科學領域及領域內各科(地球科學、物理、化學、生物)教師進行跨科探究實作的教學

確實具有新的挑戰。國家教育研究院自 103 年起展開素養導向自然科學領域教材教學模組研發，其中包含探究實作模組，其目的在於引導並提供教科書編輯以及教師教學之參考。從法國動手做科學的經驗可知「理念」需要經由研發產出具體的作品，以能後續教師專業發展並推廣，該基金會集結國家科學院院士、科學家、大學專家、研究人員等合作開發探究實作的教材，透過基金會開發工作坊模組以及建置的推廣網絡，將優秀的教材送到學校教師手上，並示範、講解、實作等等，這是整體推展的系統，值得我國參考。

近年來臺灣逐步建置中央、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永續性專業發展(CPD)機制後，從永續教師專業發展的生態系統，搭配臺灣刻正進行的新課程發展，有以下三點建議：

一、研發教師專業發展的課程模組

科學探究實作教師專業發展刻正展開中，針對不同需求教師提供不同專業發展支持是重要的。建議可以參考法國動手做基金會的教師專業發展模組，提供一天、三天、一週的不同課程規劃，針對決策者、科學教師等研發品質保證的專業發展課程模組。此外，除了教師專業發展課程模組外，更可積極投入探究實作教材教學研發，參考圖二所示，模組開發包含研發模組、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，如可以結合國家教育研究素養導向教材教學模組研發、與臺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，透過課程推動系統，如高中學科中心、國中小中央與地方輔導團等試行與精緻化。

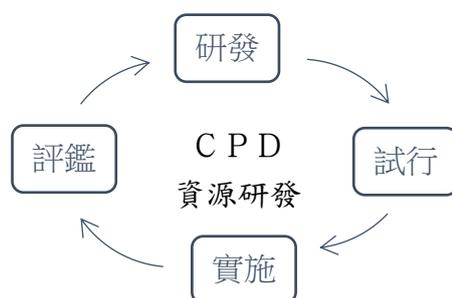


圖 2 品質保證的 CPD 資源研發歷程

二、透過教育部一級協作跨系統的協作以落實自然科學新課綱探究實作

新課綱之推動涉及不同系統，課程研發系統提出課綱與模組，還需要搭配

師資培育與在職教師進修，課程推動系統的推動，以及考試招生與學習評量的規劃等。自然科學探究實作為新課綱重要特色，為更有效發揮系統內(二級協作)連結整合，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；以及跨系統的協作，如課程研發系統與大學職前師資培育與在職教師專業發展的協作等，建議可以將科學探究實作做為協作議題，加以研析，以連結國教院研發、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，落實新課綱重要理念。

三、從翻譯優秀教材到翻轉科學課堂教學

現階段我國自然科學課程中的實驗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」的填寫實驗記錄簿的答案，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，建議應該透過科學教育專家學者與現場專家教師，共同努力以探究實作的精神，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。法國動手做基金會長期投入資源研發許多探究實作教材，且公開版權歡迎各國翻譯。建議在初步推展科學探究實作之際，國家教育研究院編譯中心可以選擇重要的探究實作教材加以翻譯，以嘉惠國內教師與研究人員，作為國內教學與研發之參考。此外，國家教育研究院、科技部、大專校院等所研發的相關資源可以彙整以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。

四、縣市協助適合的學校成立學習中心

臺灣在少子女化的影響下，偏鄉小校面臨招生經營困境，此外即使是都會型學校也會面臨人數縮減班級教室閒置現象。從法國動手做科學基金會經驗，為支援地區學校與學生進行探究實作科學教育，在幾個鄰近學區中心建立實體空間成立前導中心，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。如法國南錫前導中心建置科學教學教室、教具材料箱、天文台等提供課間教師帶領學生前來上課，更難得的是地區的公車系統提供一學年免費數次的搭載服務，減輕學生負擔，增加學校教師使用前導中心科學資源的意願。建議我國實施新課綱時，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，建立多功能的學習中心，發揮學校與社區共生活、共教共學的永續生態村。並可以依據地區與學校特色，成立科學、藝術、體育、語文等等學習中心，若能夠搭配如交通運輸服務網絡就更佳了。

照片集錦



法蘭西科學院開幕典禮，與Yves Quere 院士及臺灣教育部駐法文教組陸美珍組長合影。



探究通訊系統之分組實作



與前導中心合作之國小教師(右二)與動手做科學基金會研究員(左一)合影。



前導中心搭配國家課程綱要的科學教學之教具箱。



法國南錫科學之家專案人員合影



學生在南錫前導中心星象儀天文觀察課堂之學習情景。



學生在南錫前導中心上課情形



於洛林大學科技學院體驗鑄造課程



臺法研究合作會議合影