

凝視 省思 展望

熊召弟

國立臺北教育大學自然科學教育學系(退休教授)

Email: hsiungct@gmail.com

■ 前言

今年夏天，退休約十年的我，隨著國立臺北教育大學自然系周金城教授、林靜雯教授及四位博士生去參加泰國 Pattaya(7/14-7/19)舉行的國際化學教育會議(International Conference on Chemistry Education, ICCE)，我沒有發表，只是隨行者、觀察者、學習者。

最初動機是因為從 2019 聖誕節之後因為 COVID-19 之故，許久沒搭飛機出國了，往日出國目的是參加國際研討會，每次的知性之旅讓我懷念，好巧得知在國北自然系念博士班的學生王秋雯老師告知系上教授要帶他們去 Pattaya 參加化學教育國際研討會，就這樣決定跟著去。到了機場，大甲高中的化學名師廖旭茂老師歸隊，形成了有活力的八人團隊。我跟著他們聽專家學者的演講，到夥伴們的發表場次加油喝采，團結就是力量，就像看板上我們的國旗置於醒目的中央，喜悅與激動心中不斷翻騰。

■ 凝視

一、會議內容概覽

2024 ICCE 的主題是「化學教育推進永續發展目標的威力」(The Power of Chemistry Education for Advancing SDGs)，共有 8 項論題：(1) 資訊教育及終身學習脈絡下的化學教育，(2) 重新設計化學實驗室教學，(3) 化學教育的創新科技，(4) 化學與科學師資教育以及進修專業發展，(5) 環境、社會永續的化學以及化學科學教育，(6) 政策、革新以及品質保證的化學教育，(7) 化學教育的倫理、多樣、平等及包容議題，(8) 二十一世紀化學界的新興教育趨勢。除了有一般的發表形式外，特別有 6 個主題式的論壇(Symposium)：(A) 微型化學(the 12th International Symposium on Microscale Chemistry)、(B) 建模本位的教學及評量，(C) 能力本位的科學教育及永續發展挑戰，(D) 促進化學安全與安保教育(safety and security)，(E) 教育與產業：永續化學的系統思考，(F) 綠色和永續化學課程。我們團隊主要是在微型化學以及建模本位的教學及評量的論壇分享相關的研究報告。

二、焦點報告

(一) 建模本位的教學及評量

這是以 Symposium 的型態發表，主要重點是透過建模本位的教學與評量(modeling-based instruction and assessment)促進學生的建模能力。首先由邱美虹教授及來自美國的 Vicente Talanquer 教授分別 30 分鐘做主題演講(Keynote)，接著有六篇論文發表，除了一位泰國學者，其它報告者是臺北教育大學的周金城教授、林靜雯教授以及三位博士生的發表。

邱教授將歷年研究整合成有系統的建模理論與教學實務論述，能針對發展建模能力的課程設計、量測，以易理解的圖示及闡釋方式，清楚條理的表達其運作過程，只見會場參與者頻頻微笑點頭，相信這一場演講解決了不少人的困惑。接著是 Vicente Talanquer 以化學課堂的實例，呈現整合概念與想法的挑戰與應對策略，對於實務教學的參考價值極大。

接著是由臺北教育大學的林靜雯教授分享透多重類比 (multiple analogies) 設計診斷工具評量小學生在物質粒子模型的類比建模能力，他先做整個有關粒子的物質模型以及建模的釋義，建立有信、效度的工具來協解決研究問題。下一位是泰國學者 Jakkrapong Pinchai 發表以氣體的主題亞佛厥定律為例，說明如何以模型本位探究(Model-based inquiry)來支持科學解釋(supporting scientific explanation)的能力，對於教學方法有參考的價值。中間有 20 分鐘的茶敘，大家可以透口氣或請教、討論。接著的一場，由國北自然系的教授及學生的發表包辦，對此有興趣的研究者還不少，偌大的會堂依舊滿座，首先是由周金城教授分析臺灣小學科學教科書到大學化學教科書在使用「模型」名詞的主題及頻率，發現主要是具體現象的描述，如何善用模型進行科學解釋是可期待的，周教授的研究可以擴展一般人對於「模型」(model)的認知。接下去是林靜雯教授的博士生王秋雯、陳楨鈺、賴碧純分別針對學生、老師以不同研究方法、工具進行學習、理解、教學的研究報告，雖然複雜(sophisticated)，但是都能有說服力的研究結果，教授指導認真，使得國北自然系團隊縱使以英文發表，仍然流暢有力，該研究問題引起在場的共鳴，對話相當熱絡。

(二) 其他國人的發表

文爾雅老師是我們團隊第一位上場報告，首日第一場，著實緊張。不過他小小個子，聲音可是鏗鏘有力，發表題目是化學運算思維對數學運算思維、科學運算思維的影響元素探討(Analysis of the influence of elements of chemical on mathematical and scientific computational thinking)。數學與運算思維(Mathematics & Computational Thinking)是 NGSS (下一代科學標準)重要實作(practice)之一，針對 NGSS 提出的數學與運算思維，能思考各領域皆會出現的運算思維以及探討之間的關係，讓我們對運算思維有更想探究的動機。

聽完爾雅老師的報告，我們就趕到廖旭茂老師的會場，這場次還真的很國際化，標題 “the 12th international Symposium on Microscale Chemistry”，兩位主持人，一位來自泰國，另一位來

自墨西哥，發表者廖老師是我們臺灣人，其它分別來自英國(兩位)、保加利亞、芬蘭等。發表者們分享老師、學生、技術員除了一般儀器和設備外，採用微型設備以增加學生在實驗活動的實作經驗的 Microscale Chemistry。臺灣的廖老師一邊講解，一邊操作他研發的微型霍夫曼電解器(micro-Hoffman voltameter)，反應熱烈，有提問的，他就贈送在海關被盤問的微型電解器模組，有趣的是，他已經收集好可能會被問的問題，印好了英文版的 Q&A，最後還發給聽眾這張問答表，有備而來，會場一片笑聲，足見廖老師的用心認真。我們還參加了廖老師的工作坊，這次他分享的是綠色電化學蝕刻模組，我也試做了一把不鏽鋼書籤(也可用為小尺)，上面蝕刻“chem is try”，其中，“is”的“i”繪成臺灣的形狀，這種設計太令人感動了，一位高中老師能在做學術研究發表，也在為臺灣外交盡力。這次還遇見多年前一起為奈米課程設計努力來自東華大學的楊悠娟教授，他分享的主要是化學課堂教學的策略應用(概念圖)及改進，增進學生的動機和投入化學學習，深具行動研究的內涵，以提升教學品質和促進更佳的學習為目標。

(三) 禁止化學武器組織

這是在公布會議的主題報告時，我對於化學武器是化學教育關切的研究，以及又發現 OPCW(Organization for the Prohibition of Chemical Weapons)在 2013 年獲得諾貝爾和平獎深感興趣，因此決定去聽這場的專題演講。Peter Hotchkiss 主要是介紹這個 OPCW 組織以及工作事項，提出消除化學武器的多方努力。他特別強調聯合國 2015 年提出的 17 項永續發展目標，這個組織做到 SDG#3 健康與福祉，SDG#12 責任、消費與生產，SDG#16 制度的正義與和平。這也回應了 Project 2061 提出的科學本質，除了科學世界觀(the scientific worldview)及科學探究(scientific inquiry)之外，應該重視科學事業(the scientific enterprise)這個本質，科學是一場複雜的社會活動，依照內容領域形成不同的組織，在科學的運作中應本持一般人接受的道德準則，科學家不僅是專家也是公民。

三、傑出人才，臺灣之光

此次會議，發現國內臺師大邱美虹名譽教授深受眾人推崇，在晚宴時，主席頒發邱教授 IUPAC 化學教育終身貢獻獎的最高榮譽，他是臺灣首位獲得此殊榮的學者。我們科學教育界深知邱教授在臺灣或國際推動科學教育表現非常優異，這次在 ICCE，我發現他確實已在國際化學教育社群擁有極崇高的地位，令人佩服，尤其是他學富五車之外，謙沖為懷，樂於栽培年輕人，並有穩健的傳承。我對他的印象，以 2019 在臺北的科學教育館展覽「國際化學元素週期表年」特展時，他親自為我和另一位小學老師講解，讓我們更容易察覺出展覽在科學、創思的特點。他曾擔任 NARST 主席(2016-2017)，這種積極參與全球科學教育、化學教育的交流與合作，提升臺灣在國際科學教育的影響力，是我們應該學習的。此次，他擔任建模本

位的教學與評量主題的主席，有大師級的風範，發表非常紮實的演講，座無虛席，滿堂尊敬的喝采，臺灣的驕傲。

■ 省思

我聆聽熟悉的夥伴的發表，特別專注國北自然團隊的行動表現，也對於粒子觀、模型建構有時代對比的想法，順筆記下。

一、周全準備，完美展現

我們到達曼谷，搭車往 Pattaya，到了旅館，才休息十分鐘，馬上到第二天要發表論文的會議現場 Royal Cliff Hotels Group, Pattaya 註冊及熟悉會場。首先看到的是有各國國旗的會議大看板，數了數約有五十六面國旗，我們的國旗擺在相當 C 位，到了國外大家踴躍表現愛國心，心中雀躍，頻頻相偕留影。我跟著團隊去會場，坐在觀眾席上，看四位博士生在兩位教授、一位高中名師的指導下忙著確定講桌高矮、麥克風有無、電腦、插頭、銀幕角度等，細心的程度，不禁想起過去年輕時到國外參加會議，所不如年輕人的慎重、認真與周全準備。這次，博士生們提繳的論文相當優質，所以能獲得大會支助(free)昂貴的註冊費，同時他們出國前還申請了國科會的補助，因此沒有什麼特別經濟負擔，得以有機會到國外以英語分享研究成果，足以可見不論國內、國外對於年輕學者的學術成長皆能全心全力的提供最佳資源與環境。

二、對於粒子、模型教學的過去與現在的想法

這次國北團隊主要的研究是關注小學老師和學生對於粒子、模型在學習、教學、認知、評量的議題，坐在聽眾席的我，深深覺得該研究取向挑戰性極高。大概是受皮亞傑認知理論的影響，過去編教科書時認定提供小學生學習的內容要具象、具體操作。生物的話可以學到細胞級，廚房裡的洋蔥細胞在顯微鏡底下可以看到細胞核，天文的話星空裡太陽、月亮、土星、金星等，化學的話就是溶液、不同物質的交互作用產生的顏色變化、或光、熱的產生，好像沒有深入探究物質的粒子層次，總覺得不易看見、抽象，學生不易建構這樣的知識，因此沒列入小學教材內容。然而現在 108 課綱有這一條「物質由微小顆粒組成，微小顆粒處於不斷運動狀態」，如何建構可以讓小學高年級生達到這目標的教學、評量活動，的確是需要思考、想出適切的教學策略以及成效評量。另外，有關建模或模型，這早在 S-APA (Science-A Process Approach, 1963)提出的科學方法(Process)時有八個基本方法：觀察、應用時空關係、分類、應用數字、測量、傳達、預測、推理等八項，及五個統整過程：鑑定變因、操作型定義、形成假說、實驗、解釋資料等，早期的課程是依這十三個技能做階段性融入自然活動編排，原本最後第十四項是形成模型(formulating model)，當時大家認為在小學階段太難而取消，這

次，國北研究團隊能夠針對「粒子」概念以及「建模」的科學方法進行挑戰，並提出教學策略、評量工具與方法，並以嚴謹的研究方法，確認其可行性，這種實踐與研究合一的求真精神，確實值得鼓勵與喝采。

■ 展望

郭重吉校長在「郭重吉博士教育文選」標題寫道「科學教育往下紮根向上結果」(王國華主編，國立彰化師範大學出版)一書提到科學師資培育。我從此次跟國北團隊參加國際研討會，發現我們的科學教師專業成長之道，以及科學師資培育機構輔導新一代科學教育研究者策略等的優點，也期待能更開花結果。

一、科學教師專業成長之道

這次團隊的博士生都是在小學有多年任教經驗的自然科教師，老師們常感嘆「教然後知不足」，再次投入壓力看似頗重的碩士、博士學程，與一般在外觀摩、見習不同的是，自己本身不能只是海綿吸收者，而是「教學者即研究者(teacher as researcher)」，教學者可以成為最好的教育研究者。教師從實務經驗的反思，透過論證到概念重建的歷程，才有革新的教育作為，也就是由行動研究中以促進教師的專業成長。

二、科學師資培育機構輔導新一代科學教育研究者策略

基礎的中小學科學教育之改革與精進，是當今迫切、值得重視，所以對於新一代的科學教育研究者的培養，大學的師資培育機構應該有適切的培育方法。這次我看到國北團隊由兩位教授領隊，報告安排，教授和學生一樣，大家都有一場上臺，教授的示範報告表現，學生心定很多。博士生們提出的研究，教授是 co-author，但是由學生上臺報告、接受提問，偶爾教授作補充，因此，縱使他們第一次在國外面對只聽懂英文的外國人，也都能大將風範，侃侃而談。我的評論是教授能基於建構主義營造科學師資及研究者培育的搖籃，透過範式、協同到獨當一面，系統化的營造在職科學教師成為科教研究者的果子。

三、國際會議是為國家建立外交的機會

邱美虹教授獲得 IUPAC 化學教育終身貢獻獎，讓我們與會的臺灣人頭上有光圈，我還看到有蕭次融教授影子的年輕一代的廖旭茂老師，非常積極的與外國人分享他的研究智慧，不少外國學者和他合照，並和他相約下次見面，看來他已在這裡有社群了。我想，臺灣也一定有不少科學家、教育家等在任何地方、把握機會，展現臺灣的真、善、美。

■ 結語

透過凝視整個大會、國北研究團隊、臺灣傑出人才的光芒，我，一位退休教授所感受的不是「凋零」而是「欣欣向榮」。這次團隊的四位博士生都是在職老師，而且分別是有小學到大學孩子的母親，每日她們定時和孩子視訊，不忘教誨，還有兩位在出國報告抽空，和臺灣學生以視訊討論八月在臺南的國展，這是在職老師成為研究者的歷程，旁邊仍有許多因素的影響。我們除了專心五天的會議，也不忘認識 Pattaya 以及曼谷，周金城教授特別帶我們去了曼谷的科學教育館，因為時間有限，所以有點快閃，不過就是一閃，仍深感覺泰國在科學教育的普及是用心的，最後我們也快閃的去體驗曼谷的捷運，這是會議之外，對於泰國發展的認識與驚艷。這是我期待已久的學術知性之旅，充實又新鮮！