

建模本位教學的創新與實踐：自然領域教學研究中心團隊在 ICCE 2024 的研究成果與展望

林靜雯

國立臺北教育大學自然科學教育學系 教授
國小自然領域教學研究中心 計畫共同主持人

Email: jwlin@mail.ntue.edu.tw

■ 前言

第 27 屆國際化學教育研討會 (International Conference on Chemical Education 2024) 於 2024 年 7 月 15 日至 19 日在泰國芭達雅舉行。本年度會議的主題為 “The Power of Chemistry Education for Advancing SDGs” ，著眼於化學教育對實現永續發展目標的推動力。為配合這一主題，大會策劃了六個專題研討會 (Symposium)，分別是：

1. 第 12 屆微型化學國際研討會 (The 12th International Symposium on Microscale Chemistry, 12ISMC)
2. 建模本位的教學與評量(Modeling-Based Instruction and Assessment for Chemistry Education)
3. 連結能力本位的化學教育與永續發展挑戰 (Connecting Competency-based Chemistry Education and the Challenge of Sustainable Development)
4. 推動化學安全與安保教育 (Advancing Chemical Safety and Security Education)
5. (教育與產業聯合研討會) 化學中的系統思維與永續性 (Join Education and Industry Symposium: System Thinking in Chemistry for Sustainability)
6. 化學課程中的綠色與永續化學：進展與模式 (Green and Sustainable Chemistry in the Chemistry Curriculum: Advances and Models)

這些專題研討會旨在引發與會專家學者對不同議題的深入討論。值得一提的是，本次研討會還特別提供獎學金，鼓勵優秀的教學現場教師與研究生參與，拓展國際視野並加強理論與實踐的結合。

本次會議，臺灣國小自然領域教學研究中心由周金城教授 (計畫主持人) 和林靜雯教授 (計畫共同主持人) 領隊，帶領國立臺北教育大學自然科學教育學系的四位博士班同學：桃園永順國小王秋雯老師、桃園中山國小文爾雅老師、桃園文化國小賴碧純老師、新北市民安

國小陳楨鈺老師進行論文發表。這些教師不僅是國小教育的先鋒，也有許多正是或曾是各地區自然領域輔導團的資深輔導員。他們藉由結合理論研究與教學實踐，在會上分享了臺灣的研究成果與創新教學法，並全數獲得大會獎助學金的肯定，能夠與來自世界各地的教育工作者進行交流，實屬不易！

本次國小自然領域教學研究中心的團隊共有五篇論文在「專題演討會 B：建模本位的教學與評量」（Symposium B: Modeling-Based Instruction and Assessment）中發表，以下將對該專題研討會的內容與收穫進行詳細報告。

■ 專題研討會：建模本位的教學與評量

一、主席開場演講：探索模型建構與科技工具的結合

「建模本位的教學與評量」是此次會議的重要議題之一，來自全球的學者專家齊聚一堂，探討如何在化學教育中促進模型本位的教學與評量。此場 Symposium B 由國際知名學者邱美虹教授和 Vicente Talanquer 教授分別擔任主席與副主席，兩位學者共同引領了關於模型與建模的深入討論。

首先，國立臺灣師範大學的邱美虹教授發表了開場報告，強調模型建構在科學教育中的關鍵地位。邱教授展示了基於模型的教學框架，並透過實踐與反思活動，提升學生的建模能力。特別值得注意的是，她提出了機器學習技術在分析學生化學學習推理過程中的應用，這不僅能幫助教師掌握學生的思維模式，還能提供精準的回饋，進一步提升教學質量（Chiu, 2024）。邱教授的研究顯示，將機器學習應用於建模教學能有效促進學生的科學素養和推理能力。

接著，亞利桑那大學的 Vicente Talanquer 教授探討了學生在化學課堂上整合多樣化概念時所面臨的挑戰，這些概念包括分子結構、熱力學與動力學的不同層次。他的研究指出，這種多維度概念整合對學生來說極具挑戰性，但他也分享了研究中發現的應對策略，並提出了一些幫助教師支持學生運用科學模型解釋現象的課程設計建議（Talanquer, 2024）。

綜合兩位學者的報告，可以發現未來的化學教育應更多結合技術工具，如機器學習，以提升學生的學習體驗和成效。教師可利用這些技術深入了解學生的學習進展，並提供個性化支持。除此之外，化學教育應強調建模是動態的過程，學生需要透過建構、反思與修正模型來掌握概念，而不僅限於學習靜態知識。而在化學課程設計上，應重視跨學科知識的整合，幫助學生更全面理解複雜的化學現象，並能在科學實踐中有效應用。兩位教授的研究為化學教育未來的發展提供了重要的指引，特別是在技術應用、課程設計和學生建模能力培養方面，為教育者和研究者指明了創新與改進的方向。



圖 1 主席邱美虹教授演說：「Developing modeling competence: How to Design? How to Measure?」

二、團隊報告：國小自然領域教學研究中心團隊的創新與實踐分享

接著是國立臺北教育大學自然科學教育學系與國小自然領域教學研究中心的代表成員們的報告與分享。國小自然領域教學研究中心計畫主持人周金城教授分析了臺灣不同學習階段教科書中「模型」一詞的出現頻率。研究顯示，隨著年級提高，教科書中「模型」的使用頻率增加，但在中小學教科書中，模型的呈現仍主要集中在具象描述，缺乏對動態關係的解釋。周教授建議未來教科書應更深入且明確地呈現「科學模型」這一概念，以幫助學生更好地理解並應用模型進行科學推理 (Chou, 2024)。

林靜雯教授的研究聚焦於如何利用多重類比來設計建模評量工具，以提升小學生對物質粒子模型的理解。她設計了一種診斷工具，結合巨觀與微觀類比，幫助學生更有效地建構粒子模型。此工具被用來評量臺灣六年級學生的類比建模能力，研究結果顯示，此工具具有良好的信效度，同時，也展現了小學生在進行水的三態建模時，面臨許多挑戰 (Lin, 2024)。

王秋雯老師與林靜雯教授的研究針對六年級學生，開發了基於假設學習進程的建模教學，旨在追蹤學生對物質粒子模型的理解發展，並協助他們發展完整的物質粒子模型。他們設計了包含巨觀現象與微觀模擬 (如 PhET 模擬) 的教學鷹架，幫助學生逐步構建粒子模型。研究結果顯示，學生能夠通過這些結構化的學習進程不斷修正他們的模型理解，最終達到接近科學模型的水平 (Wang & Lin, 2024)。其教學的進程設計值得許多小學教師參考。

陳楨鈺老師與林靜雯教授的研究針對六位小學教師，探討他們如何利用物質粒子模型來解釋水的三態並建構類比模型。研究顯示，即使是十分資深優秀的教師，這些教師的物質粒子模型亦多是準科學模型的層次，且在實際教學中表徵與建構類比模型的能力仍面臨挑戰。此研究強調了教師專業發展的重要性，尤其是在引導學生理解科學模型方面 (Chen & Lin,

2024)。

賴碧純老師與林靜雯教授則進一步探討了類比建模的形成性評量如何提升學生對物質粒子模型的理解。他們針對六名高、中、低不同學習成就的六年級學生進行了一對一的評量，並結合 PhET 模擬工具來增強學生的認知發展。結果顯示，高成就學生在推理過程中更能有效運用模型，而中低成就學生則需要更多的教師引導，幫助他們構建更完整的模型(Lai & Lin, 2024)。賴老師的研究彰顯了教師的角色在不同學習成就學生學習此抽象主題時鷹架能力的重要性。

團隊成員中，林靜雯教授團隊的一系列研究，無論針對學生還是教師，皆圍繞著一個核心主題：如何有效提升對物質粒子模型 (Particle model of matter, PMM) 的理解與應用，並透過類比建模工具促進此過程。團隊強調使用多重類比，幫助學生理解巨觀與微觀之間的連結，從而促進對物質粒子模型的認知發展。這不僅是評量學生學習進展的有效工具，也是提升科學素養的重要策略。此外，團隊研究指出，教師應發展出成性評量的能力以準確掌握學生的認知進展，透過學習進程來追蹤學生與教師的心智模式發展，是理解他們如何在教學過程中逐步掌握 PMM 的關鍵，這將有助於教師能夠及時調整教學策略，針對不同能力層次的學生提供個性化指導。但在對教師的研究中，團隊亦發現許多教師在 PMM 理解上存在局限，並且在教學中表徵與構建類比模型的能力不足，此點彰顯了教師專業發展的急迫性。



圖 2 發表的自然領域中心師長與優秀小學教師們與該研習討論會主席邱美虹教授及 Vicente Talanquer 教授合影留念

■ 啟發與討論

本次會議的報告內容不僅展示了目前在化學教育中對於建模教學的深入探索，也為未來

的研究和教學實務提供了重要的啟示。從研究視角、教學應用和優秀博士級教師參與的角度，以下三方面值得深入討論：

一、建模教學的未來研究方向：科技與建模教學的深度結合

首先，本次 Symposium B 強調了科技工具，特別是機器學習和模擬技術，在提升建模教學中的潛力。未來的研究應進一步探討如何將這些技術有效整合到課堂中，不僅作為教學輔助工具，更作為學生思維模式與認知發展的關鍵評估手段。特別是結合多重類比與動態建模技術，未來的研究可以更深入地了解學生在建構、反思和修正模型過程中的具體思維轉變，並探索不同學科背景與年齡層學生的適應性。

此外，研究者應關注建模教學在跨學科中的應用，探索如何將科學建模方法運用於解決社會科學或工程領域的問題。這不僅可以促進學科間的知識整合，也可以幫助學生在更廣泛的情境中應用所學的建模技能，從而提升他們的批判思維與創造力。

二、建模教學實務上的啟發：強化動態建模與形成性評量

在教學實務方面，本次研討會提供了對於建模教學的具體建議。首先，動態建模的概念應該成為教學中的核心，教師不僅要引導學生理解模型的靜態結構，更要幫助學生認識到模型的動態過程，通過建構、測試、修正模型來更全面掌握科學概念。這需要教師在課程設計上融入更多開放性的建模活動，讓學生在不同情境下運用模型來解釋現象，並逐步發展他們的推理能力。

形成性評量也是未來教學發展中的關鍵一環。透過一對一的個別化指導與技術工具的應用，教師能夠更準確地追蹤學生的學習進展，並根據他們的認知需求及時調整教學策略。這不僅有助於不同學業層次的學生獲得更多個性化支持，也能讓教師更有效地引導學生進行深度學習。

二、優秀博士級教師參與國際會議交流與成長

本次國際研討會中，國小自然領域教學研究中心的教師團隊不僅展示了優秀的研究成果，也積極參與了國際學術交流。他們的研究在建模教學與評量方面的創新，無論是針對小學生還是教師的專業發展，皆提供了全球化學教育領域新的視角，顯示出臺灣國小科學教育在國際舞台上的卓越表現。

這些教師不僅是教學現場的實踐者，也是研究的推動者。他們利用自身在教學中的豐富經驗，結合理論研究，開發出具有實用價值的教學與評量工具，這些工具不僅對臺灣的學生與教師產生深遠影響，也為全球的科學教育提供了寶貴的借鑒。

此外，透過此次國際會議，國小自然領域教學研究中心的教師不僅提升了自身的專業素養，還將最新的教育研究成果帶回國內，促進了本土科學教育的創新與發展。這樣的國際參與對於臺灣科學教育的未來發展具有重要意義，不僅拓展了教學視野，也為國家教育政策的推動提供了實證支持。隨著全球教育的持續發展，這些來自臺灣的研究成果將有助於加強國際學術社群對臺灣教育的認識與理解，進一步提升臺灣在全球科學教育領域中的地位。



圖 3 自然領域中心師長與優秀國小教師們於大會看板前留念，臺灣國旗於看板中央

■ 參考文獻

- Chen, C. Y. & Lin, J. W. (2024, July 15-19). *Unveiling elementary school teachers' mental models: Utilizing the particulate nature of matter to explain water's three states and constructing analogical models for their students*. [Oral presentation]. 27th IUPAC International Conference on Chemistry Education, Pattaya, Thailand.
- Chiu, M. H. (2024, July 15-19). *Developing modeling competence: How to Design? How to Measure?* [Oral presentation]. 27th IUPAC International Conference on Chemistry Education, Pattaya, Thailand.
- Chou, C. C. (2024, July 15-19). *Analyzing the frequency and themes of the term "model" across elementary school science textbooks to university-level chemistry textbooks in Taiwan*. [Oral presentation]. 27th IUPAC International Conference on Chemistry Education, Pattaya, Thailand.
- Lai, P. C. & Lin, J. W. (2024, July 15-19). *Exploring elementary students' evolution of mental models and an experienced teacher's response: Formative assessment of analogical modeling in understanding matter across macroscopic and microscopic perspectives*. [Oral presentation]. 27th IUPAC International Conference on Chemistry Education, Pattaya, Thailand.
- Lin, J. W. (2024, July 15-19). *Designing a diagnostic instrument to evaluate elementary school*

students' analogical modeling competence on the particle model of matter through multiple analogies. [Oral presentation]. 27th IUPAC International Conference on Chemistry Education, Pattaya, Thailand.

Talanquer, V. (2024, July 15-19). *The challenge of integrating chemical concepts and ideas.* [Oral presentation]. 27th IUPAC International Conference on Chemistry Education, Pattaya, Thailand.

Wang, C. W. & Lin, J. W. (2024, July 15-19). *Designing modeling-based instruction with a hypothetical learning progression to track the evolution of sixth-grade students' particle model of matter.* [Oral presentation]. 27th IUPAC International Conference on Chemistry Education, Pattaya, Thailand.