



Asia-Pacific Forum on

Science Learning and Teaching

亞太科學教育論壇

亞太科學教育論壇, 第十一期, 第一冊

## 中文前言

### 科学师资培育的理论观点

郭重吉

彰化师范大学 讲座教授

台湾 500 彰化市

电邮: [pfcjguo@cc.ncue.edu.tw](mailto:pfcjguo@cc.ncue.edu.tw)

---

## 内容

- [中文摘要](#)
- [前言](#)
- [当代科教学者对科学教育的理论观点](#)
- [当代学者对师资培育的理论观点](#)
- [针对教师学习教学的历程](#)
- [结语](#)
- [参考文献](#)

---

## 中文摘要

科学师资培育是科学教育体系中的重要一环,目前在科学教育的领域中,尚缺乏合适的理论可以对科学教学和师资培育所涉及错综复杂的现象和问题,做整体而有系统的描述、解释,或是对政策和实务提供有效的指导。本文旨在整理晚近学者对于科学师资培育的一些理论观点,以供实务工作和未来研究之参考。首先,综述当代科教学者对科学教育目标、科学教学、评量和师资培育的理论观点,这些观点是以近数十年来有关学生对科学学习的相关研究为基础,进而形成科学教育的目标和科学教学、评量、师资培育的原理。其次,分别从师资培育的目的与功能、教师应具备的条件和教师学习教学的历程等三方面,简要评述当代学者的理论观点。最后,在结语中指出以往科技理性、专业技能导向的师资培育方式的限制,并建议对于科学师资培育的实务和研究,宜综合各个不同的理论观点,针对不同的目标、情境、人员和其它资源,合理的加以考虑。至于未来研究的方向,则宜继续加强理论和实务之间的连结,例如,如何让教师们更能够了解和科学教学相关的理论知识和研究成果,而能在教学情境中善加运用;以及如何从



科学教师在教学情境中的教学实务，引出更有利教学成效的研究问题，并导致教师教学实务理论的建立。

**关键词：** 科学教育、科学师资培育、教师专业素质、教师学习教学

## 前言

面临二十一世纪知识经济和科技信息社会的来临，近一、二十年来许多先进国家都在中小学的学校教育，尤其是科学教育方面，持续规划与推动一些重大革新措施。以美国为例，在 National Research Council(1996)出版国家科学教育标准之后，对于科学课程、教学、评量乃至于师资培育方面，陆续展开一系列的研究与改进措施。针对科学师资培育，National Research Council(2000) 在一份有关培育新世纪科学、数学和科技教师的研究报告中，综合回顾相关文献并参酌时局变化和国家需求，对于科学、数学和科技师资培育，提出下列六项指导原则：

1. 改进师资培育和科学、数学和科技的教学应优先列为国家头等大事。
2. 科学、数学和科技的师资培育必须成为一个长期职业生涯的过程。教师智力的成长以及知识和技能的提升，是高质量教师专业发展计划所应该达成，而且也是所有教师职业生涯中最基本的特征。
3. 通过对教师的期望以及奖励和激励方式的改变，教学的专业在地位和声誉上应该被提升到和其它专业相同的水平。
4. 从个别和集体的层面，二年制及四年制的高等学校，必须对师资培育的改进担负更大的责任。
5. 为了面对这些议题，中小学和大学中的教职员、行政人员，决策者，父母和私营机构，彼此之间集体而整合的努力，是极为必要的。
6. 更多的科学家、数学家和工程师必须有足够的信息，以便积极参与在地方和国家层级上，为当前和未来的教师提供适当的学科内容知识和教学方法上所做的努力。

Carnegie Corporation of New York 和 Institute for Advanced Study 共同组成的一个委员会，在 2009 年六月间提出了一份研究报告，名为 The Opportunity Equation: Transforming Mathematics and Science Education for Citizenship and the Global Economy (Carnegie Corporation of New York and Institute for Advanced Study, 2009)。在该报告书中强烈主张为了使美国人民能应付未来的需求，教育体系必须要大幅改变，例如，把中小学的教育目标提升到所有学生皆有进入大学就读或顺利就业的能力、以数理教育为核心推动中小学教育革新来培养学生 21 世纪的素养、强调重要核心数理概念重新订定课程标准。

有关上述报告书中的一些建议，其实在先前即已积极规划或进行，例如在 National Research Council (2007) 的研究报告对于中小学自然学科教学的革新，有详细的讨论与



建议; NSTA 与 Partnership for 21st Century Skills 于 2009 年六月底发表对于在科学课程中如何融入 21 世纪的技能的蓝图 ([http://science.nsta.org/nstaexpress/nstaexpress\\_2009\\_06\\_29.htm#1](http://science.nsta.org/nstaexpress/nstaexpress_2009_06_29.htm#1))。另外, NSTA 在 2009 年八月初也报导欧巴马政府推名为 Race to the Top 的一项新的计划 ([http://science.nsta.org/nstaexpress/nstaexpress\\_2009\\_08\\_03\\_legupdate.htm](http://science.nsta.org/nstaexpress/nstaexpress_2009_08_03_legupdate.htm)), 预计投入美金 43 亿用以鼓励及奖赏各州针对下列四个“保证”的领域实施重大教育改革: 标准和评量的实施、提高教师的有效性和达成老师分布的公平性、提高数据的收集和使用、和支持必须努力挣扎才能生存的学校。此项计划的经费补助是竞争性的, 而且是以数理、科技和工程等学科优先。

以上以美国在科学教育和科学师资培育方面的新近的一些改革为例, 可见科学师资培育是科学教育体系中的重要一环, 科学师资培育的问题不但涉及政策、理论、研究与实务的层面, 科学师资培育工作的进行与成效更受到组织、人员、制度、法令、经费、社会需求等等诸多变量的影响。尤其是有关科学的教学, 到底老师要教什么、怎么教、学生怎么学、学习成果如何, 以及老师如何学习教学、如何协助老师教得更好等等, 这些问题更是受到老师和学生的知识、能力、生活经验、动机、目的、态度、信念、情境等等因素的影响。目前, 在科学教育的领域中, 尚缺乏一套完整的理论, 可以对科学教学和师资培育所涉及错综复杂的现象和问题, 做整体而有系统的描述、解释, 或是对政策和实务提供处方性的指导。因此, 要针对国情、社会需求和师生的特性等等因素, 有系统的探讨科学师资培育的重要议题, 也就成为一项值得关切和回应的挑战。本文的旨趣之所在, 即是整理晚近学者对于科学师资培育的一些理论观点, 以供实务工作和未来研究之参考。

## 科教学者对科学教育的理论观点

近数十年来, 科学教育的实务、研究和理论, 深受科学史、科学哲学、认知心理学、教育社会学、质的研究法、心理计量理论与技术以及网络信息科技的发展, 而有长足的进展。Bransford, Brown, 与 Cocking 编着的 How People Learn (National Research Council, 2000) 这本专书中指出, 有关学习的最新科学研究的特征之一, 是强调经由理解而进行学习 (learning with understanding), 也就是将焦点放在认知的过程。他们强调可以将人视为目标导向的行为者(goal-directed agents), 自己会主动追求信息。学生进入正式教育体系时, 本身已经具备一些先前的知识、技能、信念和概念, 学生注意环境的哪些方面, 如何组织和解读这些信息, 都深受其影响。这也就影响他们记忆、推理、解决问题和求取新知的能力(NRC, 2000)。该书也提及, 近代学习理论的一项基本宗旨是, 不同的学习目标, 需要不同的教学方法来配合; 至于新的教育目标, 则需要在学习机会上有所改变。设计学习环境, 则与在学习、转化和能力表现的过程中特别重要的一些议题有关。而这些过程则深受学习环境是否以学生导向、知识导向、评量导向和社群导向的程度影响 (National Research Council, 2000)。



1. 以学习者为中心的环境：强调有效的教学是从学习者对学习情境所带来的原有知识开始，这包括文化实践和信念，以及对于教材内容的知识。
2. 以知识为中心的环境：注重的是思考和解决问题能力需要容易提取和加以适当运用的知识。
3. 支持学习的评量：强调形成性的评量，提供机会让学生修正和改进他们思考和理解的质量，以及评量必须和学习目标相互呼应。
4. 以社群为中心的环境：强调学生在家、小区活动中心、和课外的俱乐部的活动，都可对学生的学术成就产生重要的影响。

以“*How People Learn*” (National Research Council, 2000)这本书为基础，针对自然科学的教与学，在 National Research Council (2005)特别指出下列三个原则：

1. 学生对于自然界究竟是如何运作有一些原先就有的体认、看法和构想，而他们是带着这些来到教室的。教师在进行教学时，如果未能使用学生原先就知道的，则学生可能无法掌握教师所教的新概念和信息，或是，学生可能为考试而学习，一旦在教室以外的情境时，则又回到他们原有的想法。

2. 学生探究能力的培养有赖：

- (1) 对于基本事实知识的充分了解。
- (2) 对于事实和想法的理解，是在一个概念架构的脉络中进行。
- (3) 以有利于撷取和应用的方式，来组织知识。

3. 采用强调后设认知的教学方式，有助于帮助学生经由设定自己的学习目标而学会如何控制自己的学习，并监测自己在达成目标上的进展。

针对中小学科学教育的目标，National Research Council (2007)在 *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8* 的专书，指出以往的研究经常把精熟科学的知能和表现(Proficiency in Science)视为由彼此独立的知识和能力组成，但其实理解科学是多方面的。当今的研究显示，对某方面科学知能的获得，是与在其它方面的知能密切相关(例如，一个人在熟悉的领域会有较好的推理能力)。因此，该书中强调当前中小学比较宽广的科学学习目标，应包括下述彼此缠绕在一起的精熟科学的四股知能和表现：

1. 知道、使用与诠释对自然界的科学的解释；
2. 提出并且评鉴科学的证据和解释；
3. 理解科学知识的本质和发展；
4. 积极而有成效的参与科学实务(scientific practices, 或译为科学实践)和对话方面的活动。



在 National Research Council (2007)的书中强调对幼儿园到八年级学生的科学教育，应该建立在由过去 30 年在认知和发展心理学以及科学教育方面的研究，对孩童如何学习科学所提供的新洞察力和新的体认之上。基于这些对学习的洞察力，我们需要在科学教育的标准、课程、教学和评量方面做一些改变，让他们是环绕着精熟科学的四股知能和表现组织而成，并且用逐渐增长的方式，让学生跨越幼儿园到八年级建立起科学核心概念或想法。有关标准、课程、评量、教学和教师专业发展的构想、设计和实施，应该被当作作为一个彼此符合、相互一致的系统来进行。

针对中小学学生科学认知与学习的评量的发展趋势，近年来亦有许多专书分别从评量的角色与功能、评量的目的与类型、评量的原理和科学学习评量的研究等方面加以探讨。从系统化的教育改革的角度而言，在国家科学教育标准(National Research Council, 1996)描述的愿景中，指出评量是在科学教育系统上面的一个主要回馈机制。例如，对学生而言，评量的数据可提供关于他们达成教师和父母预期的回馈；对教师提供关于学生学习情形的回馈；对整个学区提供教师和学程的有效性的回馈，而对决策者则提供政策运作情形的回馈。回馈将刺激在政策上的变化并导致在科学教育系统的改变，引导教师专业发展，并且鼓励学生改进他们对科学的理解。National Research Council (2006)在 Systems for State Science Assessment 一书中报导，他们组成了一个科学学习成就测验设计委员会，邀集许多知名专家学者一起研究，强调以系统的取向来进行有关评量方面的设计、发展与实施。图 1 所示为科学教育系统的示意图(National Research Council, 2006)。

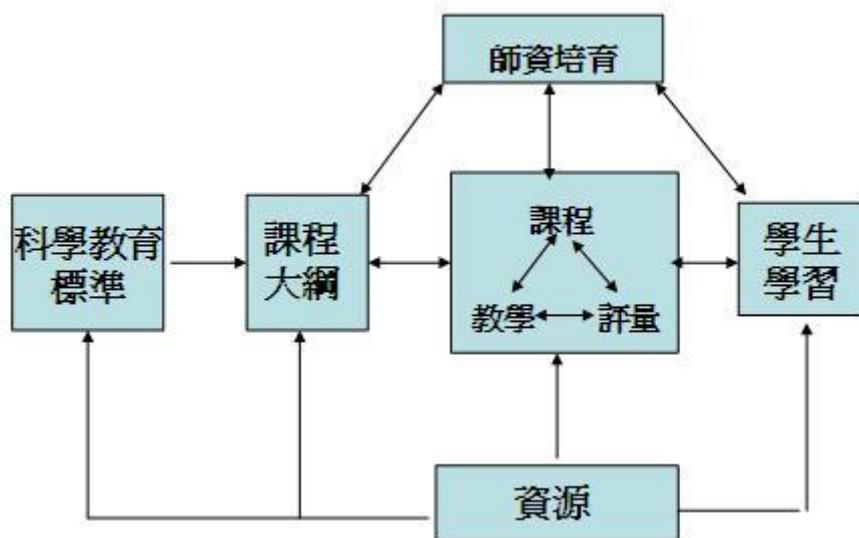


图 1：科学教育系统示意图 (译自 National Research Council, 2006)

综合上述文献，晚近科学教育学者和学术团体，对于科学师资培育的目标，可以归纳为：科学师资机构应提供教师发展知识、技能与教学方略(teaching approaches)的机会，使其



能够为学生创造更佳的学习机会。这方面的重点包括：提供教师深入了解数理概念和教学法的学习机会；加强教师的学科教学知识(PCK)——了解学生的学习历程和困难，并且具有能够在教材和教法上面加以因应的知识；以及增进教师在选取教材内容、设计与实施课程、营造教室学习氛围方面的能力。

## 当代学者对师资培育的理论观点

### (一)、针对师资培育的目的与功能

Doyle(1990)指出师资培育的目标与功能，常反映在职前老师应该如何培养的问题上，并综合 Zeichner 和 Joyce 的分析，提出师资培育计划的五种派典：

- (1) 优秀的雇员：老师是一位执行者，能有效地处理学校的事务
- (2) 资浅的教授：老师要有丰富的学科知识。
- (3) 全方位的人：老师除了学科知识之外，关于人类发展、个人理解等也是师资培育的核心。
- (4) 改革者：培育新老师主要是为了推动新的教育改革。
- (5) 有反省能力的专业人员：如进行研究般，培养老师具有对自己的教学透过观察、收集资料、诠释、判断等反思能力。

Feiman-Nemser(1990)综合相关文献，认为师资培育概念取向(Conceptual Orientations)，亦即对于师资培育的目的和方法的一些基本观念，可以略分为下列五大类：

1. 学术(Academic)：强调知识的传递，培养学生的理解
2. 实务(Practical)：强调教学的技艺层面和教室的学习经验
3. 技术(Technological)：利用有效教学研究的结果，培养精熟教学技能的教师
4. 个人(Personal)：在师资培育过程强调教师乃是学生的观点
5. 批判/社会(Critical/Social)：师资培育的目的在使老师能够改变社会；消除社会不公正，在教室里倡导民主价值，培养学生以小组的方式来问题处理。

### (二)、针对教师应具备的专业素质

Doyle(1990)的文章对这方面的议题有相当详尽的回顾与探讨。Doyle(1990)指出，如何确保师资培育计划的质量和教师教学的有效性，是师资培育者经常关切的核心问题，而这样的议题从早期关切教师专业地位的提升，到教学质量的管控，延伸到后续有关教师的教学行为、教学表现和教学成效，同时也从早先比较关切教师的专业知识，延伸到包括教师的信念、思考、反省和教师的教学实务以及学生的学习成果，兹将该文重点整理如下。



## 1. 专业技术与知识基础

在 Doyle 的文章中指出, 早期对于教师应该具备什么样的知识与技能, 倾向于一种所谓技术理性的模式, 藉由有关教学和师资培育的研究, 对于教学的技术寻找有效性的实用指标, 好让行政主管能够控制学校教育的质量。能力本位师资培育(competence-based teacher education)所强调要培训教师一长串的专业知能, 即是来自于 1970 年代以降, 许多所谓的过程—成果研究(process-product research)的结果, 这些多半是利用相关性研究或是实验研究的方式, 探讨在师资培育和教学过程中, 究竟哪些变项会和预期的学习成果有关或是具有因果关系。这种注重专业技术与知识基础(knowledge base)导向的 师资培育, 把早期教育专业化的议题聚焦在质量、有效性、地位与控制, 强调教师教学技能的直接训练和普遍化、通则化教学知识的传授。然而, 这些技能和知识必须在相似情境脉络与场合才能被使用。

## 2. 个人实务知识

Doyle(1990)指出, 大致上从 1980 年开始, 有越来越大的反对声浪在对抗上述这种控制教师的技术理性的观点。其中, 最强而有力的批判来自强调教师个人实务知识(personal practical knowledge)的观点, 强调个人意义、洞悉力和创意在教学和师资培育方面, 所扮演的明显的角色, 认为教师的教学实务主要是艺术、直觉、就地灵机一动创造出来的, 是深受其个人对教学工作的意义和重要性的独特的观感、体认或想法(conception)之影响。这样的观点系与建构主义的主张相符, 根据建构主义的观点, 教师在特定情境中是利用过去的独特思想和情感的经验来建构意义和了解, 建构观点强调直接经验和对于跟随经验逐渐调整的知识架构的反省之重要性, 教师的学习包括学术技能(academic skill), 学科内容(subject matter), 教学法和课室处理等, 都是在社会情境下主动建构而来的。

Doyle(1990)认为极端地主张个人实务知识的论调并不可取, 因为这样势会排除所有普遍化、通则化的教学知识, 并且去除了师资培育研究的角色。传统师资培育对教学知识和技能的训练仍是必须的, 因为这将提供有利基础去建造实际案例、模拟、行动研究和反思。个人实务知识与专业技术导向和教学理论之间的整合, 使得有越来越多的研究, 针对教学实务、内容知识、和实践知识(teaching practice, content knowledge, enactment knowledge)进行研究。这些研究的重要前提是, 有效的教学需要一个特殊化知识结构, 以便链接课室行动系统和学科内容。教师应用这些知识结构, 来诠释教学实际情况、确认相关的信息来源、规划合适的策略、并且将这些策略在课室中付诸实施。这样的知识是产出式的(generative), 让教师得以辨识未曾遇见的事件并创造对问题的新奇的解决方式, 这样的知识是基于特定事件, 是极为特殊化和情境化, 不再是像以前「提出高层次问题」或「检测学生的理解」那样一般性的指标。实务知识需要是以事件来加以组织, 且深入详尽的描述, 亦即是以教室经验的自然单元来叙述, 并且是嵌在教室情境的一些特殊细节之中。对教学绩效的问题转变成为在此情境下教师是否使用合适的知识, 而不再是某项实务表现根据外在准则是否有效。对于未来师资培育研究的方向, Doyle(1990)



指出后续对于教师知识的研究应着重于综合情境脉络(context)和思考, 期能明确显示一些使我们能获得理解的规则和常规, 目的在于了解在课室环境中意义是如何被建构出来的。要进行这样的分析, 必须拥有强而有力的语言同时描述事件和对事件的诠释。最后, 这类研究的目地不在于产生指标(indicator), 而是在产生有关教师的知识、行动以及在解决教学难题时的判断所拥到的一些参考架构。

Eryaman(2007)所作的分析和上述 Doyle(1990)的很接近, 从知识论的观点, Eryaman 分别用传统-技术(traditional-technical)和反思-诠释(reflective-interpretive)的取向来替代 Doyle 文中有关专业技术与知识基础、个人实务知识这两大类。除了检讨分析这方面理论观点的一些缺点和限制之外, 对于现有师资培育和教学的制度和作法, Eryaman 认为还可以朝更多从经济、美学、科技、认识论、政治、批判、历史、意识形态等多元的方向来考虑, 以加强培养教师的实务和批判智慧(practical and critical wisdom)。

Korthagon (2004)基于长期从事数学师资培育研究, 对于一位优秀的教师应该具有的素质, 所提出的一些理论观点, 也可以作为一般教师和科学教师的参考。Korthagon 引述相关的文献, 认为一个人的改变涉及由外而内且彼此可能相互影响的许多不同的层次, 逐步从最外层的环境、行为、能力、信念、专业认同直到最内层的使命感。这些不同层面也可以视为是检视教师教学的不同的视角, 从不同视角来看, 对于一位优秀的教师应该具有的素质会有不同的答案。而针对不同层面的改变, 其适用的专业发展的策略也会有所不同。这样的观点显然涵盖范围比较周全, 而事实上也是该研究团队在数学师资培育方面长期以来努力的方向。

## 针对教师学习教学的历程

Northfield (1998)引述 Farnham-Diggory 的说法, 认为将新手造就成专家的有如下三种模式:

1. 行为模式: 新手累积某些东西, 变得更好, 更快, 得到更多, 然后变成专家。
2. 学徒模式: 强调新任教师慢慢适应教育文化, 因为所需的是内隐知识并且和情境脉络(context)密切相依。
3. 发展模式: 将学习看成不断重塑个人信念。教学被看成不断寻找理解, 如果对学校经验是采取这种模式、隐喻或理论基础, 那么似乎就有必要和其他贡献方式(大学校园上课, 在职讲习, 同事互动)强烈连结。

Northfield (1998)认为学徒模式和发展模式似乎更合适说明在职前教育和教师生涯中, 学校经验对于职前教师学习如何教学的贡献。在师资培育的各个阶段中, 师资培育者应该与中小学的教学保持更为紧密的连结, 从职前教师学习如何教学的历程获得新的教育知识, 把发展学术研究与学校经验之间做更好的衔接。对于上述模式在科学师资培育上的实际应用, 可以参见 Koballa 和 Tippins (2001)的简要说明。



Korthagon, Kessel, and Koster, Lagewerf, & Wubbels (2001)和 Korthagon (2004)基于长期从事数学师资培育研究, 指出教师学习教学的成长历程主要包括三个阶段: 完形经验的形成(gestalt formation)、基模的形成(schematization)、和理论的建立 (theory building), 这三者是循序发展, 但是藉由反复的运用和演练, 可以把高阶的理论转化成基模的形式来运作, 或是把基模转化成完形经验的形式来运作。此三阶段的特性简述如下:

1. 完形经验的形成: 指在某一情境下, 经由先前在类似情境下所得经验而引发的在需求、想法、情感、价值、意义和行动倾向等方面的一个整体的意念、感受或印象。一般而言, 完形经验是在无意识和无特定意图的状态下运作。
2. 基模的形成: 当教师为了想了解或解释自己在做什么、为什么要那么样做, 或是试图和其他人的想法或意见相互比较时, 教师是处于对自己的完形经验加以检视和反省, 这是所谓基模化的过程, 由此获得的基模当应用在一个新的情境时, 将会比应用先前的完形经验, 更有可能牵涉到有意识的行动。教师对教学的基模会形成一个有组织、有结构的体系。
3. 理论的建立: 教师教学基模的内容越丰富、结构越复杂时, 会觉得有必要对基模的结构提出解释, 说明其中的逻辑, 这时就牵涉到理论的建立。除非刻意寻求理论的建立, 否则通常教师在教学情境中运用完形经验或基模即已足够。

近年, 国外在师资培育方案和有关师资培育的研究, 越来越多的学者主张中小学跟大学, 甚至于科学家、数学家等, 在数理教学方面要密切合作, 建立一个所谓的专业学习社群 (professional learning community), 甚或更制度化的形成所谓的专业发展学校 (professional development school), 结合中小学教师跟大学教授, 甚至于科学家数学家等, 形成一个学习社群, 把职前老师、在职老师、硕博士班研究生, 还有大学教授等, 形成一个团队, 提供参与教师在实际教学情境中学习成长的机会, 并对相关历程加以观察、省思和研究, 对于从教师教学实务的探究朝向建立一种不同于自然科学典范的教学理论, 而能更有利教师学习、省思和成长, 以及促进学生学习成效, 详情请参见 Vescio, Ross, and Adams (2008)。

## 结语

师资培育的制度会受到教育、国防、政治、经济、社会等因素的影响。政府在教育经费的分配、制度的建立、投入的人力和其中资源等, 均深深地影响师资培育的走向和成效。当然师资培育的实务和研究也会随着一些教育的理论、教育思潮而变。

科学师资培育也牵涉到课程、教材、学生、老师和教学情境等问题, 例如, 到底科学教育的目标是要提升国家科技竞争力, 还是培养国民具有适应二十一世纪知识经济社会的需求? 而学生的学习可以从行为主义、皮亚杰认知发展心理学和建构主义(包括强调科学探究、情境认知、语言、社会文化、多元文化、后现代、复杂系统) 等各种流派来探讨, 科学的教学不但强调科学知识、技能、态度和实务的统整, 也希望学生对科学的本



质有所体认,至于科学学习评量方面则要兼顾学生在认知、情意和技能等方面形成性和总结性的学习成果。从这些方面来看,到底一位良好的科学教师应该具备什么样的知能?要如何遴选何合适人选并予以适当的培育?而这方面的理论基础为何?这些都是长久存在且必得面对的问题。

传统的师资培育措施跨越比较长的时间,对于职前教育阶段,以及后面的专业成长期间,种种师资培育措施的成效,到头来要从师生在实际教学情境的表现和成效来加以评估。师资培育的措施,对后续教师教学表现和学生学习成果的影响,很难确立。此外,学生有其不同的生活经验和知识背景,而学习成效包含认知、技能和情意等多方面的成果。在老师方面,也有许多相关的因素会影响教学成效,除了师资培育过程中的学习机会、学习过程和学习经验之外,教师特质(信念、期望、知识、技能、教学风格等)也是重要的因素。在这样错综复杂的情况下,我们不难想象相同的老师、相同的教材、教学方式,对于不同的学生,在不同的学习成果上面很可能产生不同的结果。对师资培育而言,这又是一大挑战。

以往科技理性、专业技能导向的师资培育方式,显然有其限制。对于科学师资培育的实务和研究,宜综合考虑本文从各个不同层面整理出来的理论观点,针对不同的目标、情境、人员和其它资源,做合理的因应。在科学教学和师资培育方面的研究,有一个重大的挑战,就是如何经由研究来促进理论和实务之间的连结,包括:如何让职前和在职教师更能够了解和科学教学相关的理论知识和研究成果,而能在教学情境中善加运用;以及如何从科学教师在教学情境中的教学实务,引出更有利教学成效的研究问题,并导致教师教学实务理论的建立。

## 参考文献

- Carnegie Corporation of New York and Institute for Advanced Study (2009). *The opportunity equation: Transforming mathematics and science Education for citizenship and the global economy*. Retrieved April 4, 2010, from <http://www.opportunityequation.org/>
- Doyle, W. (1990). Themes in teacher education research, In W. R. Houston (Eds.), *Handbook of research in teacher education*. New York, NY: Macmillan.
- Eryaman, M. Y. (2007). From reflective practice to practical wisdom: Towards a post-foundational teacher education. *International Journal of Progressive Education*, 3(1). 87-107. Retrieved April 4, 2010, from <http://www.inased.org/v3n1/IJPEv3n1.pdf>
- Feiman-Nemser, S. (1990). Teacher preparation: Structural and conceptual alternatives. In W. R. Houston, M. Huberman, & J. Sikula (Eds.), *Handbook of research in teacher education* (pp. 212-233). New York: Macmillan.
- Huchings, P., & Huber, P. (2008). Placing theory in the scholarship of teaching and learning. *Arts and Humanities in Higher Education*, 7(3), 229-244.
- Koballa, Jr. T. R. & Tippins, D. J. (2002). Portraits of professional development models in science teacher education: A synthesis of perspectives and issues. In D. R. Lavoie and



- W.-M. Roth (Eds.). *Models of science teacher preparation: Theory into practice*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- Korthagen, F.A.J., Kessels, J., Koster, B., Lagerwerf, B., & Wubbels, T. (2001). *Linking practice and theory: The pedagogy of realistic teacher education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Korthagon (2004). In search of the essence of a good teacher: Towards a more holistic approach in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 20(1), p. 77-97.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press. Also available via internet at <http://www.nas.edu>
- National Research Council. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Bransford, John D., Brown, Ann L., & Cocking, Rodney R. (Eds.). Washington, DC: National Academy Press. Retrieved April 4, 2010, from <http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=0309070368>
- National Research Council. (2000). *Educating teachers of science, mathematics, and technology: New practices for the new millennium*. Washington, DC: National Academy Press. Also available at <http://www.nap.edu/catalog/9832.html>
- National Research Council. (2005). *How students learn: History, mathematics, and science in the classroom*. committee on how people learn, A Targeted Report for Teachers, M.S. Donovan and J.D. Bransford, Editors. Division of Behavioral and Social Science and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council (2006) *Systems for state science assessment*. Committee on Test Design for K-12 Science Achievement. M.R. Wilson and M.W. Bertenthal, eds. Board on Testing and Assessment, Center for Education. Division of Behavioral and Social Science and Education. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Committee on Science Learning, Kindergarten Through Eighth Grade. Richard A. Duschl, Heidi A. Schweingruber, and Andrew W. Shouse, Editors. Board on Science Education, Center for Education. Division of Behavioral and Social Science and Education. Washington, DC: National Academy Press. (Free Executive Summary available online at <http://www.nap.edu/catalog/11625.html>).
- Northfield, J. (1998). Teacher educators and the practice of science teacher education. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.). *International handbook of science education* (pp. 695-706). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Vescio, V., Ross, D., & Adams, A. (2008). A review of research on the impact of professional learning communities on teaching practice and student learning. *Teaching and Teacher Education*, 24, 80-91.