

壹、前言

發展 STEM (Science, Technology, Engineering & Mathematics) 課程是近年來美國教育界所關注的課題，亦是許多先進國家投入課程改革的焦點。因美國等先進國家多體認到，K-12 階段學生之科學、數學、科技及工程等學科的學習表現，是一個國家經濟發展的重要基礎，更是維繫國家競爭力的來源 (Gardner et al., 1983; National Governors Association [NGA], 2007)。從 1990 年代以來，許多美國的研究報告均警告，STEM 學科分科教學的方式對培養學生知識整合及解決問題的能力是不適切的 (Bybee, 2013; NGA, 2007; National Academy of Engineering [NAE] & National Research Council [NRC], 2014)。換言之，在長期分立的學科教學且缺乏將學科知識與生活連結的情境下，實難培養學生具備解決真實世界問題的能力，更使其喪失對 STEM 領域學習的興趣。近年來，美國鑑於其學生在 STEM 學科的學習成就持續低落，以及高中畢業生投入工程領域人數的減少，開始積極推動 STEM 課程的改革 (Toulmin & Groome, 2007)，而此一改革思潮亦快速地引起世界各國的關注及投入 (Ritz & Fan, 2015)。

STEM 課程注重的是培養 21 世紀新型態的能力 (Bybee, 2013; NGA, 2007; NRC, 2011; Toulmin & Groome, 2007)，其目的在培養每個人具備有解決真實世界問題的知識、態度、技能與能力，以面對快速變遷的現代社會。具體而言，美國 NAE 和 NRC (2014) 歸納各項 STEM 教育研究發現，美國現行 STEM 教育之目標可歸納為以下五種面向：一、建構整合性的 STEM 素養；二、提升 21 世紀的競爭力；三、STEM 勞動力準備 (職業試探與理解)；四、培養學習興趣與參與意願；五、發展 STEM 跨學科知識連結的能力。因此，從教育政策面來看，STEM 教育著重於人才的培育及獎勵，藉以提升 STEM 相關領域的人數及專業水準；而從教學面來看，STEM 課程則聚焦在改善 K-12 階段 STEM 領域之課程設計、教學策略及教師的教學實踐，以培養學生具有統整應用所學的能力 (Bybee, 2013)。更具體來說，如同 Bayer Corporation (2010) 和 Dayton Regional STEM Center (2011) 等研究指出，STEM 課程之規劃應著重在：一、吸引不同背景的學生積極投入學習；二、幫助學生整合 STEM 知識與技能；三、連結非 STEM 學科或真實世界的情境；四、幫助學生對 STEM 行業有更深入的了解；五、激發學生之問題解決、創造力等高層次思考能力；六、幫助學生發展團隊合作及溝通協調之能力。

更進一步來看，STEM 課程的特性是藉由工程設計的過程，展現科學探究及數學分析的應用，進而提供學生系統化的跨學科問題解決學習經驗 (Kelley, 2010)。如同近年來 STEM 相關的研究指出，工程設計取向的 STEM 課程，不但能提升學生的概念知識，亦能幫助學生培養應用科學與數學知識以解決問題的能力 (Cantrell, Pekcan, Itani, & Velasquez-Bryant, 2006; McMullin, 2014; Mehalik, Doppelt, & Schuun, 2008; NGSS Lead States, 2013; Ortiz, 2015; Schnittka & Bell, 2011; Wendell & Rogers, 2013)。例如，Cantrell 等 (2006) 指出，在科學課程

中運用工程案例進行教學，可提升學生科學概念的學習成效及綜合分析的能力。Schnittka 和 Bell (2011) 則是發現，運用具體的工程設計實物範例來講解特定的科學概念知識，可以改善學生的概念認知。而 Ortiz (2015) 則是透過教學實驗發現，結合數學與工程概念之樂高機器人課程，可以有效地幫助學生學習特定的數學概念知識，並能產生較長時間的學習保留與有效的學習遷移。然而，從不同學科觀點所詮釋的 STEM 課程，對於科學、科技、工程與數學各學科的角色定位上，往往存在有明顯的差異，也影響其課程的設計與實施 (Bybee, 2013; Sanders, 2009)。從科技教育的觀點來看，科技議題為 STEM 課程的主體，工程設計是實踐 STEM 課程的主要歷程，科學與數學則是解決問題所需的關鍵知識 (Barry, 2014; Pinelli & Haynie, 2010)；而從科學教育的觀點，STEM 課程的設計則應以科學知識為主體，工程問題是體現與應用科學原理的具體示例 (Bybee, 2013)。更具體而言，因 STEM 涵蓋了廣泛的學科領域知識整合與應用，更以培養新時代的能力及素養為目標，是以其課程往往呈現複雜多元的面向。因此，無論從科學、科技、工程或數學之角度出發，若未能釐清 STEM 課程之核心價值與實踐途徑，便貿然投入課程的設計與教學，除對教育研究者及教師而言是一大挑戰外，更可能無助於教學的實施。因此，深入探究 STEM 課程的核心價值與有意義的實踐方式，實是落實 STEM 課程不可或缺的課題。

臺灣科技教育的課程一直存有內容過於廣泛，以及忽略與科學、數學等學科知識連結性的問題，使學生經常只會在嘗試錯誤中學習，而未能有系統性地思考與判斷。臺灣正處於 12 年國教課程修正時期，此時正是再次思考、檢視與釐清科技教育內涵，並重新定位科技教育課程的最佳時機。從美國及先進國家的課程改革來看，重視跨學科知識統整、工程設計實作、與問題解決能力的 STEM 課程，是目前科技教育的重要趨勢 (范斯淳、楊錦心，2012)。在過去 10 年間，美國是推動 STEM 課程最主要的國家，並已累積許多值得參考之課程規劃與教學實踐經驗。因此，在嘗試將 STEM 課程理念融入臺灣科技教育之前，可先探討與瞭解美國實施 STEM 課程的核心價值與實踐途徑，進而找出可依循的課程設計模式及教學實踐策略，以作為參考與借鏡。因此，本研究透過深度訪談及內容分析的方式，從美國科技教育學者的觀點，探討 STEM 課程改革之核心價值與實踐，並據以對臺灣科技教育融入 STEM 課程之可行性提出具體建議。

貳、文獻探討

一、STEM 課程之目的及特性

STEM 教育之目的在於引導學生建構跨學科知識整合的能力、提升參與 STEM 學習的興趣，進而形成 STEM 領域的就業能力、並養成 21 世紀世界公民應有的 STEM 素養 (NAE & NRC, 2014; NRC, 2011)。Bybee (2013) 亦指出，STEM 教育之目的在培養學生具備有 21 世