

---

# NGSS 和 12 年國民基本教育中 探究、實作和建模的比較與分析

李驥 邱美虹\*

國立臺灣師範大學 科學教育研究所

## 摘 要

近年來世界各國在進行教育改革時，皆希望能加強下一代的競爭力，而臺灣也在 2018 公布的十二年國民基本教育課程綱要中，最令人注目的就是其強調核心素養的教學。而美國的科學教育也在近幾年發布他們的新課綱－「新世代科學標準」，其中的內容強調核心觀念、概念的整合與應用以及實踐。本文比較我國基於新課綱所制定的自然領域課程綱要與美國的「新世代科學標準」，試著了解兩個國家中所注重的能力是否有異同之處。在相互比照之下，我們發現兩國的課綱中對於學科教學的方法、探究與實作所強調的能力以及對於建模的訓練都有些許的不同，而其中美國在學生建模歷程與建模能力的訓練比我國更加紮實。然而在這兩個不同的課綱當中，我們認為更應強調建模式的探究能力訓練，以期學生在這樣的過程之中培養更具系統性且全面性的問題解決能力。

**關鍵詞：**NGSS、108 課綱、探究與實作、建模

## 壹、引言

為因應 21 世紀中日新月異的知識、變遷的社會環境以及不斷進步的科技趨勢，世界各國紛紛檢視自己的教育系統與教學內容，以確認能幫助下一代學童面對未來的挑戰。

以美國來說，從 1990 年代的「2061 計畫」和國家科學教育標準(National Science Education Standards)，到近年的「每位學生成功( Every Student Succeeds Act )」法案，

都是希望藉由改變學校的科學教育、培養學生對於科學的認知與素養 (邱美虹, 2005)。而近年來也針對 K-12 階段的科學教育課程提出了「新世代科學標準」(The Next Generation Science Standards, NGSS)，更是影響學校科學課程的規劃與實踐以及教師專業成長培訓的各項具體措施。反觀臺灣在過去十多年的教育改革，先是在 2003 年所發布的「科學教育白皮書」(教育部, 2003) 提到科學教育目標為「使每位國民能樂於學習，並理解科學的之用、喜歡

---

\* 為本文通訊作者

科學之奇、欣賞科學之美」。這十幾年課綱的修改，從過往著重科學知識的獲得，轉變成重視學生的基本能力、科學本質、科學美學及科學倫理（鄭湧涇，2005），到 2018 年公布「十二年國民基本教育課程綱要」（以下簡稱 108 課綱）強調科學素養的提升與探究能力的培養。在這一波教育改革下，臺灣自然領域課程綱要與美國 NGSS 針對各年段的教育目標、學習內容和學生的學習表現都有明確的陳述與要求。以下將針對兩者在課程標準上的規劃與安排做重點式的介紹與評析。

## 貳、新世代科學標準 (The Next Generation Science Standards, NGSS)

在 2011 年美國的國家研究委員會（National Research Council, NRC）、國家科學院（National Academy of Sciences, NAS）及國家工程學院（National Academy of Engineering, NAE）公布了「K-12 科學教育架構：實作、跨科概念和核心觀念（Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas）」作為幼稚園到高中階段的教育方針。隨後在美國 26 州的合作以及不同委員會的指導之下，花了 3 年的時間為自然科學領域制定出了新世代科學標準。

在 NGSS 課綱中，開宗明義就提到「當人們要了解時事、應用科技甚至是抉擇重要的健康照護，科學理解皆扮演重要的角

色。無論學生未來是否會在醫院、高科技公司或是成為一名專業的研究人員，紮實的 K-12 科學教育是很重要的」（NGSS Lead States, 2013, p. xiii）。因此 NGSS 強調核心觀念的整合與應用、K-12 教育的一貫性與連續性、實務上科學與工程的融合，並且要能與《各州共同核心標準》（Common Core State Standards, CCSS）中的語文領域與數學領域做結合。

NGSS 課綱是基於「K-12 科學教育架構（Framework for K-12 Science Education）」發展而成（NGSS, Lead States, 2013, p. xiii），該架構一共分為 4 個領域「物理科學、生命科學、地球與太空科學、工程技術暨應用科學」，並且希望學生能在情境中學習到科學知識、理解科學知識是如何獲得，並能將科學概念連結到以下 3 個面向（NGSS Lead States, 2013, p. XV）。

### 一、科學與工程實作（Science and Engineering Practices）

主要是藉由實作的方式讓學生了解科學家、工程師們是如何進行研究規劃、建立模型與假說、設計與建構出系統。此處是希望學生能夠主動的進行實務上的操作，而非被動式的學習。

### 二、跨科概念（Crosscutting Concepts）

跨科概念在應用上會觸及到其他科學領域，因此在教學時不僅僅強調單一學科的概念，更要注意到其他學科中的概念與實作。

### 三、領域核心觀念 (Disciplinary Core Ideas)

教導學生不斷更新的科學知識是一件不可能的事情，所以讓學生理解充足的核心觀念，以便他們在未來可以自己吸收額外的知識。而構成核心觀念的條件須符合：1. 融合不同學科的重要原理與原則、2. 解決複雜問題與概念的重要工具、3. 學生興趣及生活連結的科技知識、4. 適合各年級學習並有不同的深度供學生探索。

為了能夠有效的將課綱所訂定出來的內容教導學生，適合的教學方法是必要的。在給予特定情境下，利用「工程」來進行問題解決，學生能夠獲得科學知識之外，亦能夠了解不論是生活周遭或是未來都與科學息息相關，讓科學學習從社會相關和一個「轉化」的角度來進行 (Rodriguez & Berryman, 2002, 引自 NGSS Lead States, 2013)。

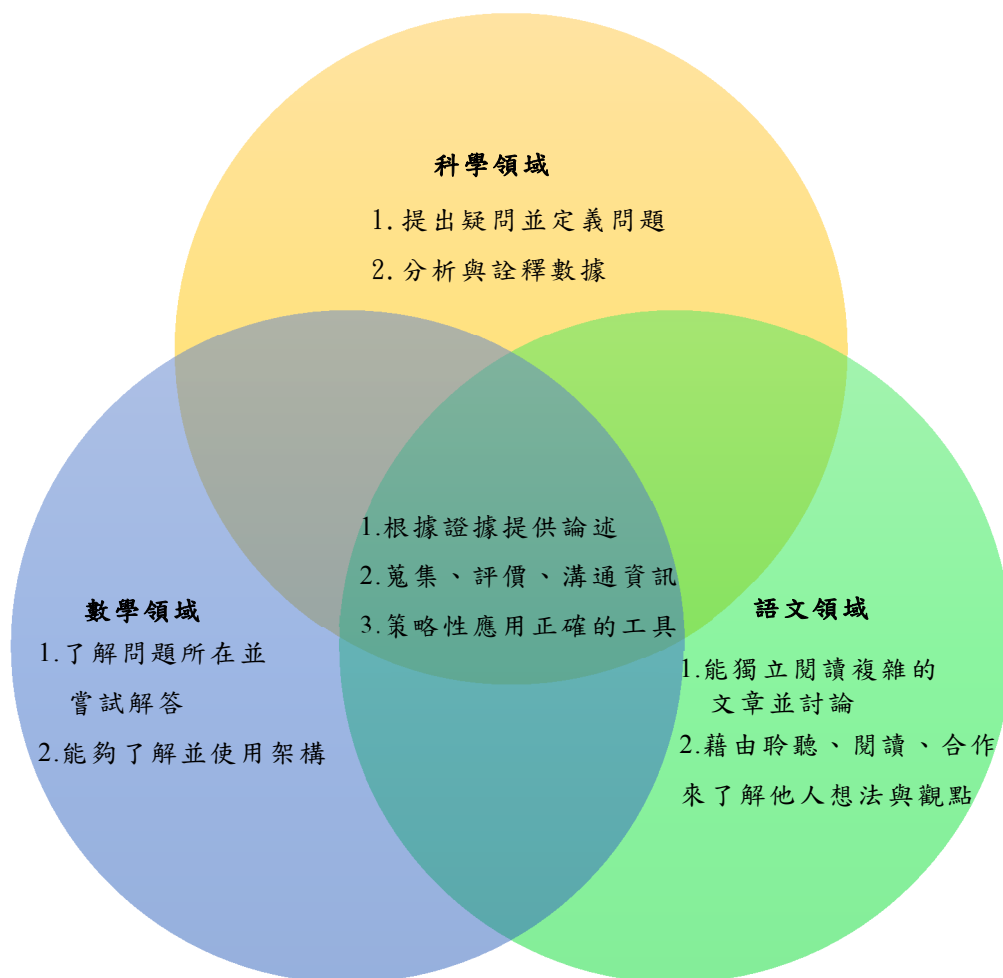
藉由實作任務中，我們希望學生除了動腦思考更希望他們能夠動手去完成任務，一來可以幫助學生發展與建構知識之外，更能了解科學家們的研究及解決問題方式。因此在 NGSS 中的「科學實作」是藉由以下八個方式來協助學生進行更深層的學習，這八項分別是提出疑問（科學上）並定義問題（工程上）、發展與使用模型、計畫並執行研究、分析與詮釋數據、運用數學及計算思維、建立解釋（科學上）並設計方案（工程上）、從證據中形成論述、蒐

集、評價、溝通資訊 (NGSS Lead States, 2013, p. 48)。

學生形成科學意識的實作當中，他們必須將既有的素樸概念轉換成有科學根據的概念。同時，在科學課堂中學生也需要大量的閱讀、寫作、實體成果的呈現，並經由交流意見、討論與辯論精進他們對探究活動所下的結論。這一連串的行為皆需要科學領域、數學領域、語文領域中所要求的學習表現與技能，也再次呼應到 NGSS 與 CCSS 為相互融合的(如下圖一)。

學生在學習與活用科學的過程當中，必然會將許多不同面向的知識結合在一起，形成跨科的概念。為使各個科目交融在一起，NGSS 訂出七個大概念來統整跨科所需要包括的主題，即模式/形態 (Pattern)、因果關係 (Cause and Effect)、尺度、比例和數量 (Scale, Proportion, and Quantity)、系統與系統模型 (Systems and System Models)、系統中的物質與能量 (Energy and Matter in Systems)、結構與功能 (Structure and Function)、系統的改變與穩定 (Stability and Change of Systems) 等 7 個概念 (NGSS Lead States, 2013, p. 79)。

以上 7 個跨科概念運用科學及工程的實作方式來搭建不同的學科，並結合了核心觀念於其中。因此跨科的概念被視為一個重要的橋梁，不但可以幫助學生理解學科知識、整合核心觀念且可以依據不同年齡或年級的學生給予適宜的教學內容。



圖一、不同領域的相互關聯（整理自 NGSS Lead States, 2013, p.28）

在科學研究中，科學家透過建立和運用模型，讓知識與理論可以精確地表達。在 NGSS 中非常重視這一點，在科學實作中特別強調「開發與使用模型」這部分的實作。

表一指出學生在模型的建立上為一連續的歷程，且由現實的複製品到抽象概念中因子的關聯性，從簡單的變量關係到複雜的多重關係，也由模型的描述開發到預測的功能。

表一、NGSS 中 K-12 「開發與使用模型」指標（整理自 NGSS Lead States, 2013, p. 53）

幼稚園到 2 年級	3 年級到 5 年級	6 年級到 8 年級	9 年級到 12 年級
<p>主要希望學童能夠根據先前的經驗來幫助他們運用與開發代表具體事件的模型（例如：畫圖、複製品、故事板）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 能夠分辨實際的物品、過程及事件與模型所代表的不同</li> <li>◆ 能夠辨認出模型間的異同</li> <li>◆ 基於線索建構出一個簡單的模型來表達事情</li> </ul>	<p>延續上一階段的經驗與歷程來建構或是修訂簡單的模型，並運用模型來表達事件或設計解決方案</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 指出模型的限制</li> <li>◆ 基於證據來合作開發或修正模型，並能表示變量、頻率或事件之間的關係</li> <li>◆ 開發或使用模型來描述與預測現象</li> <li>◆ 使用模型來測試關於自然或是人為設計的因果關係或是交互作用</li> <li>◆ 使用類比，例子或抽象的方式來開發模型以描述科學原理或設計解決方案</li> <li>◆ 對利用圖表或簡單模型來表達一項物件、工具或過程</li> </ul>	<p>延續上一階段的經驗與歷程來開發、使用及修正模型用來描述、測試或預測比較概略的現象或是設計的系統</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 評估一個物件或工具的模型限制</li> <li>◆ 當系統中的變量或物件發生更改，能夠根據證據開發或修正模型</li> <li>◆ 開發或使用簡單系統模型具有不確定和較不可預測的因素</li> <li>◆ 開發、修改模型以顯示變量之間的關係，包括那些不可觀察但預測將可觀察到現象的變量</li> <li>◆ 開發或使用模型來預測與描述現象</li> <li>◆ 建立模型來描述不可觀察的機制</li> <li>◆ 開發或是利用模型來產生數據，以測試關於自然或設計</li> </ul>	<p>延續上一階段的經驗與歷程來使用，融合和開發模型來預測和顯示自然和設計的世界中系統及其物件、變量之間的關係</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 評估對於同樣的工具、過程、機制或是系統的 2 個模型的優缺點，並選擇或是修正它來達到符合證據或設計標準</li> <li>◆ 設計模型的測試以檢驗其可靠性。</li> <li>◆ 基於證據開發、修改或使用模型來說明、預測系統間或系統物件間的關係</li> <li>◆ 開發或使用多種類型的模型來提供具體計算及預測現象，並根據優點和限制性在模型類型間轉換</li> <li>◆ 針對計畫或系統開發一個可操作、可測試複雜的模型</li> </ul>

		系統中的現象，包括代表輸入和輸出以及在不可觀察的尺度	◆ 開發、使用模型（包括數學和計算）來產生數據用來支持解釋、預測現象並分析系統或解決問題。
--	--	----------------------------	---

### 參、十二年國民基本教育自然領域課程綱要

為了配合社會變遷、全球化趨勢及未來人才需求，臺灣在民國 100 年正式核定「十二年國民基本教育實施計畫」，以加強課程間連貫與統整、實踐素養導向課程為主軸，希望能適性揚才，並培養終身學習、社會關懷及國際視野的學生 (教育部, 2014)。在教學上以能讓學生面對現在及未來挑戰所應擁有的知識能力與態度為目的，稱之為「核心素養」。且經由核心素養讓各階段教學可以連貫並且有利於各學科的統整。在核心素養中，分為三大面向「自主行動」、「溝通互動」、「社會參與」及九小項「身心素質與自我精進」、「系統思考與解決問題」、「規劃執行與創新應變」、「符號運用與溝通表達」、「科技資訊與媒體素養」、「藝術涵養與美感素養」、「道德實踐與公民意識」、「人際關係與團隊合作」、「多元文化與國際理解」，以期許學生成為一位終生學習者 (教育部, 2014, p. 3)。

自然領域綱要業已於 107 年正式完成與公告，領綱中提到我國在課程上希望達到「啟發科學探究的熱忱與潛能」、「建

構科學素養」、「奠定持續學習科學與運用科技的基礎」、「培養社會關懷和守護自然之價值觀與行動力」及「為生涯發展做準備」五個目標。讓學生在跨科概念與社會的科學議題學習自然科學，使他們能對自然科學產生興趣、自主學習；在參與探究與實作的過程中，與他人合作研究、獲得不同深度的學習、運用各種工具達到有效的溝通以培養科學素養，同時欣賞大自然並珍惜自然資源 (教育部, 2018)。

在自然領綱中對於科學學習的方法再三要求各階段應使用「探究與實作」的方法讓學生主動探索、操作及論證能力、從既有經驗激起學生的好奇心與主動學習的意願。在認知能力中第四學習階段－國中，便開始有具體的描述「科學探究」所需具備的能力，也於高中教育階段增加自然科學探究與實作課程且為自然科學領域必修學分數三分之一（四學分）。這樣的改變在我們的科學課程中是首次訂定以科學探究與實作為高中課程的重要訴求之一。

在探究能力的學習表現部分，主要希望培養學生的「思考智能」與「問題解決」的能力，而每個面向再各有 4 個子項 (教育部, 2018, p. 9 表 4)。

表二、探究能力所具備的學習表現

思考智能	想像創造
	推理論證
	批判思辨
	建立模型
問題解決	觀察與定題
	計劃與執行
	分析與發現
	討論與傳達

如表二所示，思考智能強調心智運作的方式與功能，包含想像創造、推理論證、批判思辨與建立模型四個部分；而問題解決強調類似科學家處理問題、提出解決方案的歷程，包含觀察與定題、計劃與執行、分析與發現與討論與表達四個部分。

自然科探究與實作課程主要是給予學生能夠實際體會研究人員們進行科學探究與未知問題解決的歷程，期許課程能夠促進學生正確的科學態度和學習動機、培養思考與發現問題能力、了解科學發展與運作，讓學生認識科學本質。

這樣的課程包含「探究學習內容」分為四個主要項目：發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享；「實作學習內容」為則是外顯的學習表現、可操作的科學活動，例如：觀察、測量、數據蒐集與分析、歸納與解釋、做出結論等（教育部，2018, p. 40）。

在自然領綱中國小教育階段合適運用議題、大概念或跨科概念發課程，對於跨

科概念分為自然界的組成與特性（包含物質與能量、構造與功能、系統與尺度）、自然界的現象、規律及作用（改變與穩定、交互作用）與自然界的永續發展（科學與生活、資源與永續性）等 3 大項 7 小項；國中階段的跨科主題為：從原子到宇宙、能量與能源、全球氣候變遷與調適，並以探究與實作和實驗的方式進行跨科主題教學；普通高中等階段則以分科為主。不同學科教師可利用協同教學的方式，依據自然科學探究與實作學習內容行設計課程（教育部，2018, p. 54）。同時，也可以利用跨科的方式進行多元學習，一方面可以使學生能具備核心概念，另一方面藉由探究實作幫助學生整合、理解自然科學領域中跨科概念、了解科學本質。

在探究學習內容中一個項目為「論證與建模」，其中該向度要求學生能夠「整理分析數據並提出或結論或找出解決方案，以及模型來呈現、預測各變項（或因素）之間的關係。檢視資料數據與其他研究結果的異同，以提高實驗或探究結果的可信度，並察覺所建立的模型的限制（教育部，2018, p. 41）」。

有關探究能力的學習表現部分依據各學習階段有不同的建模能力要求，相關要求於表三中呈現。在國小階段時主要希望學生能察覺自身周遭的事物並依據簡單的現象建立模型，進入到國中階段則要求學生可以評估模型的優缺點，最後則在高中階段用較抽象的方式建立系統或是進一步修正模型。

表三、各階段「論證與建模」學習表現（整理自教育部，2018）

第二階段	第三階段	第四階段	第五階段 (必修)	第五階段 (選修)
能經由觀察自然界現象之間的關係，理解簡單的概念模型，進而與其生活經驗連結。	能經由提問、觀察及實驗等歷程，探索自然界現象之間的關係，建立簡單的概念模型，並理解到有不同模型的存在。	能從實驗過程、合作討論中理解較複雜的自然界模型，並能評估不同模型的優點和限制，進能應用在後續的科學理解或生活。	能依據科學問題自行運思或經由合作討論來建立模型，並能使用例如：「比擬或抽象」的形式來描述一個系統化的科學現象，進而了解模型有其局限性。	能依據科學問題自行運思或經由合作討論來建立模型，並使用例如：「比擬或抽象」的形式來描述一個系統化的科學現象。進而能分析各種模型的特性，且了解模型可隨著對科學事物複雜關係的認知增加來修正。

#### 肆、NGSS 與我國 108 課綱之比較

兩國的教育改革都提出類似核心概念的架構，希望學生皆能夠藉由了解大概念後再往外延伸學習。透過學習大概念而連結到不同的學科內容，以對知識統整有所認識，故而 108 課綱也提倡跨科課程的研發與落實。然而，NGSS 中跨領域的教學方式為利用「科技、工程」當作學科的載體進行探究與實作的教學，而 108 課綱則是利用「議題」當作學科之間的橋樑。

在跨領域概念中，兩國有些相似與相異之處（如下圖二），根據表中所示，顯

示類群上相似，惟「永續發展」在 108 課綱之中有了更明確的陳述，以提供學生更多與生活相聯結的議題，反觀 NGSS 將這樣的觀念隱藏在不同領域之中，尤其「科學與生活」這個細項則在 K-12 科學教育架構中視為工程技術暨應用科學的領域核心觀念。而各個細項之中，由於 NGSS 在「系統」面項劃分比 108 課綱還要再細微，將系統內的成分一一的做教學與說明，且 NGSS 多了「模式/形態」這個面向，應該是 NGSS 結合了工程，所以強調在物件之間它們如何互動及其對應關係為何。



NGSS 類群	NGSS	108 課綱	108 課綱類群
模式/形態	模式/形態	物質與能量	組成與特性
因果	因果關係	構造與功能	
	結構與功能	系統與尺度	現象、規律及作用
系統	尺度、比例和數量	改變與穩定	
	系統與系統模型	交互作用	
	系統中的物質與能量	科學與生活	永續發展
	系統的改變與穩定	資源與永續性	

圖二、NGSS 和 108 課綱中跨領域概念之比較

在此針對雙方都很重視的「探究與實作」進行比較（見下圖三），表中顯示 108 課綱比 NGSS 多了「想像創造」這個子項，這對於在 21 世紀學生們須面對更多綜合性的複雜挑戰，除了能提出解決方法外，還可以跳脫既有框架進行創意的思考，此為一件重要的技能。此外在 NGSS 中未強

調批判性思考，這或許在形成論述的討論之中可以培養學生批判思考的能力。然而在 108 課綱中卻未提及「數學及計算思維」，該子項的訓練可經由推理時加強學生的邏輯能力以及分析數據時培養學生的數學計算。

NGSS	108 課綱
提出疑問並定義問題	想像創造
發展與使用模型	推理論證
計畫並執行研究	批判思辨
分析與詮釋數據	建立模型
運用數學及計算思維	觀察與定題
建立解釋並設計方案	計劃與執行
從證據中形成論述	分析與發現
蒐集、評價、溝通資訊	討論與傳達

圖三、NGSS 與 108 課綱的探究與實作表現之比較

最後，由於建立模型是此次探究與實作中一項重要的能力，故以下以此主題為例，比較 NGSS 與 108 課綱在指標與內涵上的異同(見表四)。明顯的，NGSS 對於學生的要求與訓練比 108 課綱還要多，從學生表現的細項可以了解 NGSS 在 3-5 年級的學生已經開始針對模型的限制，甚至模

型有初步預測的功能。但臺灣卻仍在簡單的概念模型的介紹，要直到高中才會了解到模型的限制；同樣在 9-12 年級的部分，NGSS 的學生對於模型有更多開發、修正上的實際應用以及如何選擇合適的模型，這些都是 108 課綱較為缺乏的部分。

表四、NGSS 與 108 課綱的模型與建模能力比較

NGSS			
3-5 年級	6-8 年級	9-12 年級	
建構或是修訂簡單的模型，並運用模型來表達事件或設計解決方案	開發、使用及修正模型用來描述、測試或預測比較概略的現象或是設計的系統	融合和開發模型來預測和顯示自然和設計的世界中系統及其物件、變量之間的關係	
108 課綱			
3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級 (選修)
能經由觀察自然界現象之間的關係，理解簡單的概念模型，進而與其生活經驗連結。	能經由提問、觀察及實驗等歷程，探索自然界現象之間的關係，建立簡單的概念模型，並理解到有不同模型的存在。	能從實驗過程、合作討論中理解較複雜的自然界模型，並能評估不同模型的優點和限制，進能應用在後續的科學理解或生活。	能依據科學問題自行運思或經由合作討論來建立模型，並使用例如：「比擬或抽象」的形式來描述一個系統化的科學現象。進而能分析各種模型的特性，且了解模型可隨著對科學事物複雜關係的認知增加來修正。

瞭解臺灣及美國新的教育改革，可以看得出教改方向類似的訴求，利用實作的方式幫助學生有效的把知識與生活結合在一起並運用「工程」或是「議題」來達到教學目標。跨科及探究與實作的範圍大略相同，而台灣在課綱的施行上，教師可以經由國家教育研究院所發布的自然科學領域課程手冊得到更明確的執行方式。而兩個科學標準（或是綱要）最大的差別，則是在模型與建模上的訓練與學習，NGSS 在模型與建模上對於學生的要求在各個年級別，比台灣來的更深入，像是在台灣似乎對於模型預測功能的介紹，並沒有協助學生探討。

## 伍、結論

透過了解 NGSS 以及 108 課綱我們可以了解到無論美國或是臺灣，皆重視核心概念、跨領域以及建模，以下將詳細論述並提出我方看法。

### 一、從「單科」到「跨科」

在之前的教育政策之中，教學上將每一個科目的界線切割的非常明確。然而因為時代的推進，許多新形態的複雜問題不能只靠單一學科知識可以解決，需要許多不同專業領域的人才共同合作才能提出解決方案。因此兩國皆強調「跨領域」的教學，除了希望學生能夠活用所學的學科內容之外，將知識靈活運用在不同事物之中更是跨領域所重視的。

### 二、從「學科內容」到「議題問題解決」

學生往往學習了許多知識，但對於其為何所學以及其如何運用不甚了解。因此教學時利用多元的議題、不同的情境給予學生進行問題解決，可以讓學生們可以實際應用所學的學科知識，也能夠藉由這樣的教學方式讓學科知識與生活更加緊密的結合再一起。

### 三、從「學科探究」到「建模式探究」

美國與臺灣皆注重探究與實作的施行，但是對於這樣的教學並沒有詳細敘述學生應該在探究活動之中，該如何明白與建立屬於自身的模型。若能在學生探究的過程當中，將建模的概念融入教學，可以協助學生們在則探究和思考科學相關議題或問題時，更加有系統地分析現象確認問題、建立模型、收集證據來測試模型、最後評估與修改模型。最終能夠培養學生利用不同的模型描述及預測自然現象之外，在設計與執行實驗後，學生能夠由收集來的數據當作依歸，做出合理的判斷及評估模型的準確性或限制性。

除了科學模型之外，學生心智模型的建立也是重要的一環。不同的學者們認為建模過程中的「分析問題及相關因素並建立模型」、「使用模型提出推測」和「根據實驗結果來檢視模型」與科學探究中的「分析問題」、「提出假設」和「形成結論」，這幾個步驟是相吻合的 (Justi & Gilbert, 2002; Löhner, van Joolingen,

Savelsbergh, & van Hout-Wolters, 2005)。學生先前的經驗所建構的心智模式，可以藉由探究與實作的方式實踐其想法並進一步的去修正其心智模式。

因此在探究活動的設計之上應將建模融合於其中，這可以有效的協助學生學習學科知識，並能活用在不同的情境之中。

課程改革成功與否，除要有符合時代需求的理念與遠見外，還需要有健全的課程架構與高素質的科學教師，才能將新課程的理念展現出來。臺灣近年來有一群第一線的科學教師具有主動發展課程的行動力與高度的動機，對於新課程的實踐與推動有實質的助益。

## 致謝

感謝科技部計畫補助(105-2511-S-003 -031 -MY3)，使本文得以順利完成。

## 參考文獻

Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of*

*Science Education*, 24(4), 369-387.

Löhner, S., van Joolingen, W. R., Savelsbergh, E. R., & van Hout-Wolters, B. (2005). Students' reasoning during modeling in an inquiry learning environment. *Computers in Human Behavior*, 21(3), 441-461.

NGSS, Lead States (2013). Next generation science standards: For states, by states. In. Washington, DC: The National Academies Press.

Rodriguez, A. J., & Berryman, C. (2002). Using sociotransformative constructivism to teach for understanding in diverse classrooms: A beginning teacher's journey. *American Educational Research Journal*, 39(4), 1017-1045.

邱美虹. (2005). 美國百年科學教育的發展. *教育資料與研究雙月刊*, 64, 19-40.

教育部. (2003). 科學教育白皮書. 臺北市: 教育部.

教育部. (2014). 十二年國民基本教育課程綱要總綱. 臺北: 教育部.

教育部. (2018). 十二年國民基本教育課程綱要 自然科學領域. 臺北: 教育部.

鄭湧涇. (2005). 我國科學教育改革的回顧與展望. *科學教育月刊*, 284, 2-35.

投稿日期：108 年 03 月 20 日

接受日期：108 年 07 月 05 日

# **Comparison and Analysis of Inquiry, Practice, and Modeling in the NGSS and Taiwan's 12-year Basic Education Curricula**

**Kevin G. Lee and Mei-Hung Chiu\***

Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

\*mhchiu@gapps.ntnu.edu.tw

## **Abstract**

In recent years, many counties have put efforts on improving students' competitiveness and scientific literacy via reforming their curriculum standards for science education. Taiwan is not an exception. Ministry of Education released the new 12-year Basic Education Curricula in 2018 in which the major emphasis was to elicit core competencies of learning. United States of America also proposed three pillars for the Next Generation Science Standards (NGSS) in which it emphasized disciplinary core ideas, science and engineering practice, and crosscutting concepts in science fields. In this article, we compare the similarities and differences between the new Taiwan's curricula standards and the NGSS on science curriculum. The results showed that there were slightly differences on teaching methods, contents of inquiry and practice, and model construction. However, NGSS seems to require their students to develop more competence on understanding models and modeling processes than Taiwan. We advocate experiencing Models-Based and Modeling-Based Inquiry could allow students to develop better systematic problem-solving ability.

**Keywords: NGSS, 12-year Basic Education Curricula, inquiry, practice, modeling**

---

\* corresponding author