

臺灣四年級學生在TIMSS 2011和TIMSS 2015 科學答題表現分析

魏瑞汶^{1,*} 張美玉² 陳義隆³

¹桃園市瑞祥國民小學

²國立清華大學 教育與學習科技學系

³桃園市內定國民小學

摘要

國際數學與科學教育成就趨勢調查(Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS)目的在於評量各國學生數學與科學領域學習成就的發展趨勢,以幫助各國提升其教學、學習與國家的教育成效。本研究目的在運用TIMSS 2011和TIMSS 2015的四年級科學測驗題目,分析臺灣九年一貫自然與生活科技學習領域課程在TIMSS試題內容的涵蓋情形,瞭解臺灣四年級學生表現顯著低於國際平均和低於國際平均的題目之答錯原因、學生表現顯著高於國際平均和高於國際平均的題目之答對原因。本研究分析145題國際教育學習成就調查委員會(International Association for the Evaluation of Education Achievement [IEA])釋出的TIMSS題目,並針對桃園市四年級254位學生進行施測,採立意取樣,資料分析採質性與量化二種分析方式,研究結果顯示,TIMSS 2011和TIMSS 2015四年級科學測驗145題IEA釋出的題目中,60.69%的題目超出九年一貫課程四年級範圍,且以生命科學為最多。根據資深教師推測學生答錯的可能原因為:概念未涵蓋在一至四年級課程範圍、迷思概念或錯誤概念、學生易誤解題意或不善於用文字表達。學生可能答對之原因為:生活影片或課外讀物看過、在生活經驗獲得相關知識、概念未涵蓋在自然領域課程但涵蓋在其他領域課程、容易從試題中做推論、試題的敘述或圖片呈現與教科書相似。學生的迷思概念原因有:日常的經驗和生活中的觀察、錯誤的類比所造成之混淆、每天所使用的語言。

關鍵詞: TIMSS、迷思概念、答題表現、試題分析、課程分析

壹、緒論

臺灣參與國際數學與科學教育成就趨勢調查(Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS)已經20年,對於調查結

果的應用,是否能反映到國家的數學與科學教育政策與課程發展,九年一貫課程已經實施近20年,能否符應國際科學教育趨勢,且十二年國民基本教育剛起步,國家課程的調整,值得我們關注。

*通訊作者:魏瑞汶, b0001@cyes.tyc.edu.tw

(投稿日期:民國109年3月6日,修訂日期:民國109年6月8日,接受日期:民國109年6月8日)

TIMSS是國際教育學習成就調查委員會(International Association for the Evaluation of Education Achievement [IEA])的計畫案之一，其目的主要在於評量各國學生之數學與科學領域學習成就的發展趨勢、瞭解各國學生數學及科學學習成就，以及其與各國文化背景、研究各國教育制度的差異等影響因素之相關性，進一步做國際間之比較分析，以幫助各國提升其教學與學習，並比較各參與地區或國家的教育成效。TIMSS自1995年以來每四年測量四年級和八年級的數學和科學學生成就，參加的國家有增加的趨勢，TIMSS已經成為世界各國據以檢視國家數學與科學課程的重要依據。

課程、教學與評量三者息息相關，TIMSS國際研究係以評量學生的方式調查各國學生的數學與科學成就，因此，課程是否足以涵蓋TIMSS評量範圍，成為影響學生成就表現的原因之一。再者，Robitaille與Dirks (1982)提出的課程模式可分成預期的課程(intended curriculum)、實施的課程(implemented curriculum)和達成的課程(attained curriculum)，從教科書到教師教學，可能會有落差，而教科書是依據課程綱要所編寫，也是教師教學之基本內容，若課程內容未能涵蓋評量的題目，將影響評量之結果，亦即課程對於評量題目之涵蓋率是影響學生學習成就的重要因素之一。

臺灣自2003年起參加四年級科學學習成就趨勢調查，國內外大多數TIMSS研究著重學生在TIMSS成就表現與TIMSS問卷內的相關因素做分析比較，屬於量化研究，這些量化研究可以直接從TIMSS負責單位IEA所建置網站的國際資料庫取得相關資料，然後再以分析軟體IEA IDB Analyzer進行資料分析，並

透過相關分析資料的解讀，即可獲得研究結論與解釋。

本研究結合質性與量化研究資料分析的方式，析究現行九年一貫課程內容在TIMSS國際成就趨勢調查測驗題目的涵蓋程度，以探討臺灣四年級學生在TIMSS科學試題表現較差的原因，作為未來課程訂定之參考，並分析訪談四年級學生對於TIMSS科學題目的答題原因與想法，以瞭解學生答對及答錯之原因與迷思概念之原因，並提供科學教師教學之參考。

貳、文獻探討

一、TIMSS研究

TIMSS研究在國際比較教育領域占有舉足輕重的地位。TIMSS自1995年以來每四年測量四年級和八年級的數學和科學學生成就，已歷經1995年、1999年、2003年、2007年、2011年、2015年與2019年共7次測驗，學術界習慣上對從1995年以後的評比研究稱之為TIMSS 1995、TIMSS 1999、TIMSS 2003等，每年參加的國家眾多，因此TIMSS測驗成為世界各國據以檢視國家數學與科學課程的重要依據。

在研究對象方面，TIMSS自2003年起將研究對象分成二組，一組是四年級學童，另一組是八年級學生。在科學內容領域方面，以TIMSS 2015為例，四年級內容分為生命科學(life science)、物質科學(physical science)和地球科學(earth science)三個領域，且題目分成三個認知領域：認識(knowing)、應用(applying)和推理(reasoning)。本研究僅探討四年級科學。

臺灣自1999年起參與TIMSS研究計畫，已參與過6次。TIMSS 2007臺灣四年級科學學習成就為平均557分，僅次於新加坡587分，排名第二，但第三名香港554分與臺灣無顯著差異(M. O. Martin, Mullis, & Foy, 2008)；TIMSS 2011臺灣四年級科學學習成就為平均552分，僅次於韓國587分、新加坡583分、芬蘭570分、日本559分，俄羅斯和臺灣並列排名第五(M. O. Martin, Mullis, Foy, & Stanco, 2012)；TIMSS 2015臺灣四年級科學學習成就為平均555分，僅次於新加坡590分、韓國589分、日本569分、俄羅斯567分、香港557分，臺灣排名第六，且與香港無顯著差異(M. O. Martin, Mullis, Foy, & Hooper, 2016)。臺灣四年級科學在TIMSS 2007、TIMSS 2011、TIMSS 2015三個內容領域中，「生命科學」的表現相對較弱。

幾乎所有參與TIMSS國家都有國家課程，除了加拿大、德國和美國由省或國家控制教育。所以在大多數情況下，目標課程由國家一級制定，並且決定該國所有學生應該學習在數學和科學方面的知識和作法。社會期望國家課程的內容將被教給學生，因為國家的官方課程為學生學習數學和科學的機會，確立了基本的標準。

表1為臺灣及其他國家或地區課程對TIMSS 2011四年級科學評量之內容領域各主題配分涵蓋率，相較於所有TIMSS 2011參加國家或地區的平均課程涵蓋率，臺灣九年一貫課程對於TIMSS 2011成就測驗的試題配分涵蓋率明顯低很多。

表2為臺灣及其他國家或地區課程對TIMSS 2015四年級科學評量之內容領域各項主題配分涵蓋率，相較於所有TIMSS 2015參

表1：臺灣及其他國家或地區課程對TIMSS 2011四年級科學評量之內容領域各項主題配分涵蓋率

內容領域	主題	試題配分	臺灣課程涵蓋率	所有參加國家或地區課程涵蓋率 ^a	
				平均百分比	標準差
生命科學	生命的特徵與生命過程	24	41.7%	83.1%	20.8%
	生命週期、繁殖與遺傳	11	9.1%	69.6%	27.6%
	與環境的互動	17	17.6%	74.0%	25.4%
	生態系統	17	47.1%	79.5%	26.7%
	人類健康	12	66.7%	79.1%	28.8%
物質科學	物質的分類與性質	24	37.5%	83.1%	20.8%
	能量的來源與效應	31	58.1%	73.1%	25.3%
	力與運動	7	14.3%	63.8%	32.5%
地球科學	地球的構造、物理特性與資源	18	50.0%	73.3%	23.6%
	地球的過程、循環與歷史	4	0.0%	65.2%	32.1%
	太陽系中的地球	12	16.7%	73.4%	33.6%

資料來源：任宗浩(2017)。TIMSS 2011的評量架構。收錄於林陳涌(編著)，國際數學與科學教育成就趨勢調查2011國家報告(第二版，頁18-36)。臺北市：國立臺灣師範大學科學教育中心。

註：1.TIMSS：國際數學與科學教育成就趨勢調查(Trends in International Mathematics and Science Study)。

2.^a不含僅參加國際基準調查之地區。

表2：臺灣及其他國家或地區課程對TIMSS 2015四年級科學評量之內容領域各項主題配分涵蓋率

內容領域	主題	試題配分	臺灣課程涵蓋率	所有參加國家或地區課程 涵蓋率 ^a	
				平均百分比	標準差
生命科學	生物的特徵與生命過程	26	15.4%	78.6%	22.4%
	生命週期、繁殖與遺傳	13	23.1%	71.2%	22.8%
	生物、環境與其交互作用	8	25.0%	69.4%	29.8%
	生態系統	21	47.6%	73.4%	28.9%
	人類健康	14	64.3%	73.4%	28.9%
物質科學	物質的分類、性質與物質的改變	33	72.7%	72.7%	21.4%
	能量的形式與傳遞	22	54.6%	61.8%	31.5%
	力與運動	7	0.0%	62.9%	36.8%
地球科學	地球的構造、物理特性與資源	14	21.4%	60.8%	26.5%
	地球的過程與歷史	10	0.0%	64.0%	29.0%
	太陽系中的地球	12	25.0%	67.7%	33.0%

資料來源：陳冠銘、任宗浩(2018)。TIMSS 2015的評量架構。收錄於張俊彥(編著)，國際數學與科學教育成就趨勢調查2015國家報告(頁16-42)。臺北市：國立臺灣師範大學科學教育中心。

註：1.TIMSS：國際數學與科學教育成就趨勢調查(Trends in International Mathematics and Science Study)。

2.^a不含僅參加國際基準調查之地區。

加國家或地區的平均課程涵蓋率，臺灣九年一貫課程對於TIMSS 2015成就測驗的試題配分涵蓋率明顯低很多。

TIMSS 2003至TIMSS 2015歷次四年級學生科學成就前十名國家如表3，臺灣四年級學生科學學習成就，從2003年、2007年、2011年至2015年的趨勢，大致呈現穩定狀態。在科學內容領域方面，臺灣國小四年級學生分科成就都明顯高於TIMSS量尺中心點500分，在生命科學平均成績545分，物質科學平均成績568分，地球科學平均成績555分，物質科學平均成績顯著高於臺灣整體表現成績，生命科學平均成績顯著低於臺灣整體表現成績。值得注意的是，張美玉(2018)在《國際數學與科學教育成就趨勢調查2015國家報告》中指出，臺灣學生和新加坡與韓國學生在這三科排名第一的成績，分別相差62分、35分和36分，且回顧TIMSS 2011，臺灣與生命科學和物質科學排名第一的新加坡成績分別相差59分、29分，與地球科學排名第一的韓國

成績相差50分；在TIMSS 2007，臺灣與生命科學和物質科學排名第一的新加坡成績分別相差41分、26分，與地球科學排名第一的香港成績相差7分，顯示臺灣在最近幾次TIMSS測驗的生命科學分數落後第一名較多，建議應增加自然科生命科學之教材(張美玉)。

綜觀臺灣四年級學生參加TIMSS 2003至TIMSS 2015四次科學測驗，在生命科學領域則顯著低於整體表現，且臺灣九年一貫課程對TIMSS 2011和TIMSS 2015四年級科學評量內容大多數主題的涵蓋率普遍較低。本研究探討TIMSS 2011和TIMSS 2015臺灣四年級學生科學表現較差的題目，以瞭解實施多年之九年一貫課程是否符應國際科學教育趨勢。

二、學生在TIMSS科學測驗表現不佳之原因

(一)家庭因素

有關家庭方面因素的探討，大多針對TIMSS學生家長問卷之調查結果進行統計分

表3：TIMSS 2003至TIMSS 2015小學四年級學生科學成就前十名國家

排名	TIMSS 2003	TIMSS 2007	TIMSS 2011	TIMSS 2015
1	新加坡(565分)	新加坡(587分)	韓國(587分)	新加坡(590分)
2	臺灣(551分)	臺灣(557分)	新加坡(583分)	韓國(589分)
3	日本(543分)	香港(554分)	芬蘭(570分)	日本(569分)
4	香港(542分)	日本(548分)	日本(559分)	俄羅斯(567分)
5	英國(540分)	俄羅斯(546分)	俄羅斯(552分)	香港(557分)
6	美國(536分)	拉脫維亞(542分)	臺灣(552分)	臺灣(555分)
7	拉脫維亞(532分)	英國(542分)	美國(544分)	芬蘭(554分)
8	匈牙利(530分)	美國(539分)	捷克(536分)	哈薩克(550分)
9	俄羅斯(526分)	匈牙利(536分)	香港(535分)	波蘭(547分)
10	荷蘭(525分)	義大利(535分)	匈牙利(534分)	美國(546分)
11	澳洲(521分)	哈薩克(533分)	瑞典(533分)	斯洛維尼亞(543分)

註：TIMSS：國際數學與科學教育成就趨勢調查(Trends in International Mathematics and Science Study)。

析，許多研究發現影響學生科學學習成就之主要因素為學生家庭經濟背景(廖彩汝，2011；Atar & Atar, 2012)，家庭教育資源包括家中圖書量、學校期望家長參與程度等亦相當重要(李宜穎，2016；楊梨珍，2009)。

İpekçioğlu Önal (2015)使用TIMSS 2011資料調查土耳其、芬蘭和英國的學生和教師水平特徵與八年級學生的科學成就和科學態度之間的關係，結果顯示家庭教育資源與所有國家的科學成就和科學態度顯示出重要關係。李哲迪(2017)研究發現，學生的家庭學習資源與城市大小有關，家庭學習資源與學科成就也有正相關，且家庭學習資源相同的學生會因所處城鎮大小不同，而有不同的學習成就；臺灣學生家庭屬於經濟優勢的學校，其學生的學習成就，在四年級和八年級的數學或科學，都比經濟弱勢的學校來得高，就國際平均來看，學校學生家庭經濟背景組合和學習成就的關係和臺灣一樣，都是經濟富裕者平均成就高。

(二)學校因素

影響學生科學學習成就之學校方面因素有學校的學習氣氛(廖彩汝，2011)等，此外，

Kuzhabekova (2015)以TIMSS 2007資料探討教師、學校和國家層面的因素可能決定世界各地以探究為基礎的方法運用的影響，結果顯示，學校層面是影響探究教學法運用的主要因素。

根據TIMSS 2011的調查，和四年級科學教育成就有關的學校因素包含：學校所在城鄉類型、學校學生家庭經濟背景之組成、學校圖書館藏書量(藏書大於1萬種之學校學生的成就才顯著較高)、學校實驗室之有無(無實驗室之學生的科學成就較高)、學生霸凌；和八年級科學教育成就有關的學校因素包含：學校所在城鄉類型、學校學生家庭經濟背景之組成、學校電腦資源、實驗課對科學教師的支援、學校對學科成就的重視程度、校園安全、學生霸凌。

李哲迪(2017)研究分析，臺灣四年級科學和八年級科學的教育成就皆存在城鄉差距，對四年級科學而言，大城市學生的平均成就比小村鎮高出35分(國際平均的差距為21分)；八年級科學，大城市學生的平均成就則高出47分(國際平均的差距為29分)。在學生霸凌因素方面，無論是四或八年級學生，「幾乎沒有」和「大約每月」被霸凌的學生的平

均學科成就差距比較小，而「大約每月」和「大約每週」被霸凌的學生的平均學科成就差距比較大。

(三)教師因素

有關影響TIMSS學生科學學習成就表現的教師因素，分為二部分，一為教師特質，包括教師教學經驗、教學自信、教師間合作、教師性別、教育程度及主修等，均與學生科學學習成就有顯著相關(廖彩汝，2011；Atar & Atar, 2012)。劉寶富(2009)以TIMSS 2003及TIMSS 2007資料探討，在TIMSS 2007調查中學生科學成就顯著進步的國家，發現教師教學年資以「1至10年」及「31年以上」的學生科學成就顯著較高，教師主修專長以「主修教育及數學」、「具科學或數學專長」的學生科學成就顯著較高。Tongliemnak (2010)分析TIMSS 1999到TIMSS 2007泰國教師教育背景與學生學習成就之關係，發現教師性別、教學經驗、教師證書、教師教育程度及主修等是影響學生學習成就之重要因素。而Hermann與Diallo (2017)研究TIMSS 2003、TIMSS 2007和TIMSS 2011的20個歐洲國家八年級的資料，發現女性教師可提升女性學生分數。

另一個影響TIMSS學生科學學習成就表現的教師因素為教學方法，大部分研究教學方法者以傳統教學法與建構式教學法、討論式教學法、探究式教學法進行對照比較。有些研究結果顯示教學方法與學生科學學習成就無顯著差異，例如Enck (2011)；顯示教學方法與學生科學學習成就呈現負相關的研究例如Aypay, Erdoğan與Sözer (2007)、House (2005)；有些研究結果顯示教學法與學生科學學習成就呈現顯著相關，例如Schwerdt與Wuppermann (2011)、L. A. Martin (2010)。

(四)學生因素

國內外有關TIMSS的研究發現，影響學生科學學習成就的學生因素主要為學生的學習興趣與自信(紀馥安，2012；Alivernini, 2012; Atar & Atar, 2012)，此外，在學生方面因素尚有自我期許、自我效能、價值觀、正向情感、學習氣氛與能力信念等(陳敏瑜，2015；黃馨萱，2007)。

從TIMSS 2011調查中發現，各國父母對子女之教育期望越高，其平均科學成就也越好；各國學生受過越久的學前教育，其平均科學成就也越好(張美玉，2017)。TIMSS 2015臺灣報告中也發現，非常積極促成學習投入、非常喜歡學習科學，以及對科學非常有自信的學生，其學習成就也較高，且學生家庭資源的豐富程度對其學習成效有影響，學生參與學前教育情形也與學習成就有關(張美玉，2018)。

除了上述因素之外，測驗本身的題目難易度、呈現形式及語詞等，亦可能是學生在科學測驗表現不佳之原因。顏秀玫(2004)以臺灣學生參與TIMSS 2003之試測(pilot test)與實測的結果，分析重複試題中通過率低於50%之因素，研究發現造成低分的原因有：試題概念未涵蓋在規劃的課程中、學生語文能力不足而容易誤解題意、題目概念與文獻發現迷思概念相符。吳秀連(2006)以TIMSS 2003國小四年級科學測驗題目與課程內容進行分析，發現臺灣學生在課程範圍內試題答對率低於國際平均標準分數的因素為題目中出现學生不懂的名詞或形容詞、屬於開放性答案的問答题；臺灣學生在超過課程範圍的試題答對率高於國際平均標準分數的因素有：能在生活經驗中發現答案的題目、涵蓋在其他科目(領域)中的題目，以及根據選項或圖片內容猜對的題目。

游慈雲(2009)利用TIMSS 2007四年級科學測驗題目，分析國際試題內容在臺灣九年一貫自然與生活科技學習領域課程和各版本教科書的涵蓋情形，以及與學生答對率的關係，研究發現在九年一貫課程四年級範圍內的試題答對率低的原因有：學生的錯誤概念、試題的描述方式或出現的名詞在教科書中未呈現。範圍內試題答對率高的原因有：教科書呈現方式以圖片、討論、觀察或實驗操作為主；試題的敘述或圖片呈現與教科書相同；可以從生活經驗中判斷答案。範圍以外試題高答對率的原因為學生可以從試題的敘述內容、其他課程所學或日常生活經驗中推論出答案。

綜上而論，學生在TIMSS科學測驗表現不佳的原因除了家庭、學校、教師與學生本身的因素之外，尚有題目本身之因素，例如題目超出課程範圍、題目語詞超出學生語文能力、題目呈現或描述方式與教科書不同、學生的迷思概念等。從吳秀連(2006)和游慈雲(2009)研究結果來看，學生答對率高的原因可歸納為從學生日常生活經驗中發現答案、學生可從題目中推論答案、試題敘述或圖片呈現與教科書相同。

參、研究方法

本研究採質性與量化二種資料分析方式，量化方式用於學生試卷分析統計，質性分析運用三角檢證方式，分析教師問卷、學生試卷回答理由與訪談學生紀錄等多元資料，分析人員為研究者、資深教師與TIMSS科學教育專家，說明如下。

一、課程涵蓋率及臺灣四年級學生在TIMSS 2011和TIMSS 2015答對及答錯的可能原因

本部分採取內容分析法，文件內容係經IEA與臺灣國家計畫協調人(National Research Coordinator of Taiwan)同意使用釋放出(released)的TIMSS 2011及TIMSS 2015國小四年級科學測驗題目共145個題目內容，試題概念與課程分析表由研究者設計，並經科學教育專家審核後修正完成後使用。先請5位教學經驗15年以上的資深教師逐題分析題目內容所處教材地位，並針對(一) TIMSS 2011和TIMSS 2015臺灣四年級學生測驗表現顯著高於國際平均之題目98題推測學生答對之可能原因；(二) TIMSS 2011和TIMSS 2015臺灣四年級學生測驗表現顯著低於國際平均之題目23題推測學生答錯之原因；(三) TIMSS 2011和TIMSS 2015臺灣四年級學生測驗表現高於但未顯著高於國際平均(以下簡稱為高於國際平均)及低於但未顯著低於國際平均(以下簡稱為低於國際平均)之題目各12題推測學生答對及答錯之原因。於研究初期進行評分者信度分析，隨機挑選10個題目5位資深教師推測之答錯原因，進行評分者信度評估，其一致性為86%；若5位資深教師意見不同時，則請參與TIMSS之科學學者專家提出專業意見，以達更高一致性。本研究使用之題目為TIMSS正式施測之題目，「顯著高於」、「高於」、「顯著低於」或「低於」國際平均皆為IEA統計的結果，作為各國相關研究與教學之參考。

二、試卷施測並訪談

試卷有TIMSS 2011和TIMSS 2015臺灣四年級學生測驗表現顯著低於國際平均之題目23題、臺灣四年級學生在TIMSS 2011和TIMSS 2015測驗答對率未達50%之題目33

題，共56題，其中生命科學領域有26題、物質科學16題、地球科學14題。學生施測分成二個題本，一為生命科學題本有26題，有效施測人數為116人；另一為物質科學與地球科學題本，有30個題目，有效施測人數為138人。考量不影響受測學生上課時間、為節省訪談時間，並瞭解學生作答想法，於題目中請學生寫出選(寫)這個答案的理由。

試卷經TIMSS專家檢核確認後使用，對桃園市四所中型學校四年級學生進行施測，為求施測條件盡量與歷次TIMSS實際施測相當，於6月初辦理施測，施測題目較TIMSS題本多，且由於需要施測學生寫出選擇該答案的理由，施測時間為50分鐘，委由原班導師施測，並訂有施測指導語，研究者協同施測。另外，由研究者親自隨機抽樣訪談學生以瞭解作答理由，以及請四年級學生自然領域授課教師推測學生可能答錯原因。由研究者參考陳貞君(2006)設計編排의半結構式晤談問卷，經一位參與TIMSS 2011和TIMSS 2015研究計畫的科學教育專家審查通過。閱卷由研究者與另一名參加過TIMSS 2015及TIMSS 2019閱卷的資深科學教師擔任，比照TIMSS閱卷方式進行試閱卷，並進行一致性分析，若二位閱卷人員有閱卷意見不同時，則請參與TIMSS之科學教育學者專家提出專業意見，以達更高一致性。

訪談學生編碼方式如下：S代表學生，A、B、C、D為學校代碼，接著二個數字代表班級，01代表第一個班，02代表第二個班，依此類推；最後二個數字為學生座號。例如：SA0108代表A校第1班8號學生，SC0421代表C校第4班21號學生，依此類推。

肆、研究結果與討論

一、TIMSS 2011和TIMSS 2015題目與臺灣課程之關係

本部分題目有生命科學領域有65題、物質科學領域有53題、地球科學領域有27題，總題數為145題。本部分運用研究工具「TIMSS四年級科學測驗試題概念與課程分析表」，請5位資深教師與1位教授逐題分析題目內容所處教材地位後，發現超出臺灣九年一貫課程四年級範圍的題數如表4，計有生命科學54題、物質科學15題、地球科學19題，超出四年級課程範圍的題數分別占生命科學總題數的83.08%、物質科學28.30%、地球科學70.37%，也就是臺灣九年一貫自然與生活科技領域課程較缺乏的是生命科學領域。整體而言，超出九年一貫課程四年級範圍的題目有88題，占全部题目的60.69%。換言之，臺灣九年一貫自然與生活科技領域課程較缺乏的是生命科學領域，與張美玉(2018)研究結果相同，且有一半以上題目未涵蓋在臺灣的四年級課程內容。

生命科學方面，「人類健康」主題12題與「生物、環境與其交互作用」11題皆全部超出九年一貫課程四年級範圍，「生態系統」有81.82%超出九年一貫課程四年級範圍，「生物的特徵與生命過程」有75.00%超出九年一貫課程四年級範圍，「生命週期、繁殖與遺傳」有57.14%超出九年一貫課程四年級範圍。物質科學方面，超出九年一貫課程四年級範圍的題數比例，「力與運動」占75.00%為最高，其次為「物質的分類、性質與物質的改變」主題占22.73%，最少為「能量的形式與傳遞」主題17.39%。地球科學方面超出九年一貫課程四年級範圍的題數比例，「太陽系中的地球」主題占100.00%為最高，其次為「地球的過程與歷史」85.71%次

表4：TIMSS 2011和TIMSS 2015試題超出九年一貫課程四年級範圍統計表

領域	主題	顯著高於國際 平均題數			顯著低於國際 平均題數			低於但未顯著低 於國際平均題數			高於但未顯著高 於國際平均題數			題數小計	
		總題數	超出範圍 題數	圍題數	總題數	超出範圍 題數	圍題數	總題數	超出範圍 題數	圍題數	總題數	超出範圍 題數	圍題數	總題數	超出範圍 題數
生命科學	人類健康	10	10	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	12	12
	生命週期、繁殖與遺傳	5	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	7	4
	生物、環境與其交互作用	8	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	11
	生物的特徵與生命過程	11	6	8	7	3	3	3	3	2	2	2	2	24	18
物質科學	生態系統	8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	9
	力與運動	4	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	8	6
	物質的分類、性質與物質的改變	17	3	3	1	2	1	2	1	0	0	0	0	22	5
	能量的形式與傳遞	19	3	2	1	1	0	1	0	1	1	0	0	23	4
地球科學	太陽系中的地球	4	4	2	2	0	0	0	0	3	3	3	3	9	9
	地球的構造、物理特性與資源	7	2	3	1	1	1	1	1	0	0	0	0	11	4
	地球的過程與歷史	5	4	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	7	6
總題數		98	50	23	17	12	10	12	12	11	145	88			

註：TIMSS：國際數學與科學教育成就趨勢調查(Trends in International Mathematics and Science Study)。

之，「地球的構造、物理特性與資源」主題占36.36%為最少。

二、臺灣四年級學生在TIMSS測驗表現可能答對和答錯之原因

本部分運用研究工具「TIMSS四年級科學測驗試題概念與課程分析表」，請5位資深教師逐題推測學生可能答錯和答對的原因。

(一)學生答錯的可能原因

學生答錯的可能原因整理如表5。臺灣四年級學生在TIMSS 2011和TIMSS 2015答對率顯著低於國際平均的題目23題中，超出臺灣九年一貫自然與生活科技領域四年級課程的有22題；學生答錯的可能原因以「概念未涵蓋在一至四年級課程範圍」為最多，有32題，占全部題數35題的91.43%；其次為「迷思概念或錯誤概念」有18題，占全部的51.43%；而原因為「學生易誤解題意或不善於用文字表達」有16題，占全部題目的45.71%。以下舉例說明。

1. 概念未涵蓋在一至四年級課程範圍

此類原因的TIMSS 2015題目有18題，其中題目S041081涉及地球構造，國中階段地球

科學相關課程才會學習；TIMSS 2011題目有14題，例如題目S051049D脊椎動物的認識，屬於國小五、六年級以上課程內容。此與顏秀玫(2004)和許紫敏(2009)研究結果相符。

而有些試題的名詞在教科書中未呈現，以題目S041003為例，「生物」和「非生物」在一至四年級教科書中並未出現，四年級學生不懂其意涵，故答對率低，與吳秀連(2006)、陳貞君(2006)和游慈雲(2009)研究結果相符。

2. 迷思概念或錯誤概念

此類原因的TIMSS 2011題目有8題、TIMSS 2015題目有10題，以TIMSS 2011的題目S031421為例，如圖1，四年級學生對於可以燃燒的物品可燃物的概念不甚清楚。此與顏秀玫(2004)和游慈雲(2009)研究結果一致。

下面的物品，有的是可以燃燒的，有的是不可以燃燒的。
請在可以燃燒的物品前的□中打勾。
(可以勾選一個以上的答案)
☐ 水 ☐ 木頭 ☐ 石油 ☐ 沙子 ☐ 空氣

圖1：TIMSS 2011題目S031421

表5：臺灣四年級學生在TIMSS 2011和TIMSS 2015答對率顯著低於國際平均和低於國際平均的題目答錯可能原因之比例

調查研究	概念未涵蓋在一至四年級課程範圍	迷思概念或錯誤概念	學生易誤解題意或不善於用文字表達
答對率顯著低於國際平均			
TIMSS 2011	10題	5題	5題
TIMSS 2015	12題	3題	6題
答對率低於國際平均			
TIMSS 2011	4題	3題	2題
TIMSS 2015	6題	7題	3題
題數小計	32題	18題	16題
占百分比	91.43%	51.43%	45.71%

註：TIMSS：國際數學與科學教育成就趨勢調查(Trends in International Mathematics and Science Study)。

3. 學生易誤解題意或不善於用文字表達

此類原因的題目在TIMSS 2011題目有7題、TIMSS 2015有9題。以TIMSS 2011題目S041120為例，本題關鍵在於物體會自己產生光，但從學生作答理由來看，學生雖然知道鏡子可以反射太陽光，或者認為月亮是借太陽而發光，但仍選擇錯誤的答案，可見學生對於題意之理解仍不足，此與資深科學教師推測學生答對率低的原因為「學生易誤解題意或不善於用文字表達」相符。與顏秀玫(2004)和許紫敏(2009)研究結果一致。

(二)學生答對的可能原因

本部分針對臺灣四年級學生在TIMSS 2011和TIMSS 2015測驗表現顯著高於國際平均和高於國際平均之題目，探討學生答對的可能原因，希望提供科學教師教學時之參考，有助於學生科學學習之提升，並作為科學教育決策者制定科學教育政策之依據。臺灣四年級學生在TIMSS 2011和TIMSS 2015答對率顯著高於國際平均的題目98題中，有50題超出臺灣九年一貫自然與生活科技領域四年級課程範圍；答對率顯著高於國際平均的題目12題中，有9題

超出臺灣九年一貫自然與生活科技領域四年級課程範圍，皆超過一半以上，其答對可能原因統計如表6，說明如下。

1. 生活影片或課外讀物看過，如電視廣告或節目等

此類原因的TIMSS 2015題目有27題、TIMSS 2011題目有23題，占臺灣四年級學生在TIMSS 2011和TIMSS 2015表現顯著高於國際平均和高於國際平均題目數量的45.45%。以TIMSS 2011地球科學題目S041201為例，本題需要學生寫出河流附近發展農業的好處與壞處，雖然本題概念已超過四年級課程範圍，但學生可以於電視影片如Discovery頻道或者是相關課外讀物獲得相關知識概念，因此學生於本題的表現顯著高於國際平均。此外，在訪談中發現，有學生如SA0111和SB0208明確表示平日會觀看Discovery頻道；學生回答題目S051173時，本題概念為「鈣質對成長很重要」，學生SC0214和SC0203都表示曾經看過電視廣告有相關的概念。

2. 在生活經驗中獲得相關知識

此類原因的TIMSS 2015題目有19題、

表6：臺灣四年級學生在TIMSS 2011和TIMSS 2015答對率顯著高於國際平均和高於國際平均的題目答對可能原因之比例

調查研究	生活影片或課外讀物看過	在生活經驗中獲得相關知識	概念未涵蓋在自然領域課程，但涵蓋在其他領域課程	容易從試題中做推論	試題的敘述或圖片呈現與教科書相似
答對率顯著高於國際平均					
TIMSS 2011	20題	13題	5題	2題	1題
TIMSS 2015	19題	18題	8題	1題	0題
答對率高於國際平均					
TIMSS 2011	3題	1題	0題	0題	0題
TIMSS 2015	8題	1題	0題	0題	0題
題數小計	50題	33題	13題	3題	1題
占百分比	45.45%	30.00%	11.82%	2.73%	1.91%

註：TIMSS：國際數學與科學教育成就趨勢調查(Trends in International Mathematics and Science Study)。

TIMSS 2011題目有14題，占臺灣四年級學生TIMSS 2011和TIMSS 2015表現顯著高於國際平均和高於國際平均題目數量的30.00%。以TIMSS 2011物質科學題目S031273為例，本題包含「能源的來源和影響」的熱傳導概念，學生在生活經驗中會使用湯匙喝湯，因此本題金屬導熱較快的概念於學生的日常生活飲食經驗中即可建立，故臺灣四年級學生的答對率顯著高於國際平均。此與吳秀連(2006)和游慈雲(2009)研究結果相符。

3. 概念未涵蓋在自然領域課程，但涵蓋在其他領域課程

此類原因的TIMSS 2015題目有8題、而S051026涉及食物鏈，國中階段生物課程才清楚提及食物鏈；TIMSS 2011題目有5題，共有13題，占臺灣四年級學生TIMSS 2011和TIMSS 2015表現顯著高於國際平均和高於國際平均題目數量的11.82%。題目S041182主題為「人體健康」，雖然九年一貫健康與體育領域課程分段能力指標7-3-1「運用健康促進與疾病預防的策略，以滿足不同族群、地域、年齡、工作者的健康需求」屬於國中階段課程，但一般在國小階段，導師常會叮嚀小朋友預防感冒的措施，甚至各校在進行衛生教育宣導時也會提醒學生預防感冒的重要性與作法，再者，近幾年幼兒園至高中階段學生皆可以免費施打流感疫苗，可見疾病預防於日常生活已普遍受到各界重視，並有顯著成效，此原因與吳秀連(2006)研究結果一致。

4. 容易從試題中做推論

此類原因的題目只有TIMSS 2015有1題和TIMSS 2011有2題。以TIMSS 2011題目S031266為例，雖然學生可能沒有看過或學習過西伯利亞虎或相關書籍、影片，但可運用繁衍後代的基本概念「雌雄交配」去推理，

並一一的閱讀題目各個選項，就可以刪除不可能的選項，順利選擇對的答案。此與吳秀連(2006)和游慈雲(2009)研究結果一致。

5. 試題的敘述或圖片呈現與教科書相似

本類原因的試題只有TIMSS 2011的題目S041014，本題概念為植物各部位的功能，四年級學生在三年級已經學習過植物的根、莖、葉、花、果實、種子之基本概念，且題目呈現方式與一般學校的測驗題目類似，因此學生要回答正確並不困難。與游慈雲(2009)研究結果相似。

三、施測答對率與TIMSS 2011和TIMSS 2015臺灣學生答對率之對照

(一) 生命科學

表7為生命科學方面的TIMSS 2011題目施測答對率，表8為生命科學方面的TIMSS 2015題目施測答對率。從表7和表8得知，與TIMSS 2011和TIMSS 2015臺灣答對率比較，本研究樣本學生在第1、2甲、14、19、21題的表現較該次臺灣答對率高出許多，超過15%以上，主題領域以「生物的特徵與生命過程」3題較多、「生態系統」和「生物、環境與其交互作用」各1題，且這5題皆為非選擇題；在第2乙、4、10、12、18、22題的表現較該次臺灣答對率低許多，答對率差距超過9%，主題領域以「生物的特徵與生命過程」有5題最多、「人類健康」有1題，而選擇題與非選擇題各有3題，這6題學生表現較該次臺灣答對率低許多的共同特徵為題目概念皆未涵蓋在九年一貫課程自然與生活科技領域的一至四年級課程內容。

(二) 物質科學

表9為物質科學方面的題目施測答對率。與該次臺灣答對率比較，本研究樣本學生在

表7：生命科學答對率與TIMSS 2011國際平均答對率、臺灣答對率

題號	題目ID	主題	施測答對率	國際平均答對率	臺灣答對率
1	S051057	生物的特徵與生命過程	37.93%	50%	15%
2甲	S041013A	生物的特徵與生命過程	51.72%	31%	16%
2乙	S041013B	生物的特徵與生命過程	12.07%	23%	33%
4	S051049D	生物的特徵與生命過程	22.41%	62%	46%
5	S031230	生物的特徵與生命過程	75.86%	83%	83%
6	S051032	生物、環境與其交互作用	54.31%	50%	48%
7	S031356	生態系統	81.03%	88%	83%
8	S031390B	生態系統	49.14%	34%	45%
9	S041174	生物、環境與其交互作用	32.76%	37%	27%
10	S041224	生物的特徵與生命過程	15.52%	21%	26%
12	S041014	生物的特徵與生命過程	30.17%	31%	40%
14	S041003	生物的特徵與生命過程	43.10%	47%	17%
25	S051173	人類健康	15.52%	20%	17%

註：TIMSS：國際數學與科學教育成就趨勢調查(Trends in International Mathematics and Science Study)。

表8：生命科學答對率與TIMSS 2015國際平均答對率、臺灣答對率

題號	題目ID	主題	施測答對率	國際平均答對率	臺灣答對率
3	S041026	生物的特徵與生命過程	33.62%	52%	32%
11	S051048	生命週期、繁殖與遺傳	31.90%	34%	28%
13	S051008	生命週期、繁殖與遺傳	27.59%	23%	33%
15	S061010	生物的特徵與生命過程	33.62%	50%	28%
16	S041006	生物的特徵與生命過程	29.31%	22%	21%
17	S061105	生物的特徵和生命過程	57.76%	69%	54%
18	S041017	生物的特徵與生命過程	37.93%	43%	47%
19	S041177	生態系統	32.76%	16%	16%
20	S051164	生命週期、繁殖與遺傳	12.93%	14%	12%
21	S041033	生物、環境與其交互作用	49.14%	26%	30%
22	S041301	人類健康	27.59%	33%	44%
23	S041183	人類健康	21.55%	19%	20%
24	S051037	生物的特徵和生命過程	35.34%	51%	42%

註：TIMSS：國際數學與科學教育成就趨勢調查(Trends in International Mathematics and Science Study)。

第1、8、12、15題的表現較該次臺灣答對率高出許多，超過8%以上，有2題屬於「物質的分類、性質與物質的改變」，「能源的形式和能源轉移」和「力與運動」各1題；在第10、16題的表現較該次臺灣答對率低許多，

答對率差距超過8%，資深科學教師推測這2題學生表現較該次臺灣答對率低許多的原因，第10題為學生易誤解題意或不善於用文字表達，第16題為題目概念未涵蓋在一至四年級課程內容。

表9：物質科學答對率與國際平均答對率、臺灣答對率

題號	題目ID	主題	施測答對率	國際平均答對率	臺灣答對率
1	S031371	物質的分類、性質與物質的改變	57.25%	47%	44%
2	S041187	物質的分類、性質與物質的改變	13.04%	28%	12%
3	S041186	物質的分類、性質與物質的改變	20.29%	28%	17%
4	S041060	物質的分類、性質與物質的改變	23.91%	18%	22%
5	S051201	能源的形式和能源轉移	30.43%	41%	28%
6	S031298	能源的形式和能源轉移	40.58%	34%	43%
7	S051130	物質的分類、性質與物質的改變	28.26%	24%	22%
8	S061031	物質的分類、性質與物質的改變	52.17%	28%	44%
9	S031421	能源的形式和能源轉移	49.28%	61%	54%
10	S031299	能源的形式和能源轉移	27.54%	38%	36%
11	S041120	能源的形式和能源轉移	47.10%	50%	40%
12	S041195	能源的形式和能源轉移	40.58%	19%	29%
13	S051119	能源的形式和能源轉移	39.85%	26%	47%
14	S051071	力與運動	44.20%	44%	46%
15	S051147	力與運動	39.13%	26%	29%
16	S061049A	力與運動	41.30%	63%	55%

(三)地球科學

表10為地球科學方面的題目施測答對率。學生答對率皆低於國際平均答對率與臺灣答對率的題目有第17、19、22、25、26、28題，第17、19、25題為低於臺灣答對率較多的題目。第19題概念為燒杯中棉花潮濕的原因，第25題概念為組成地殼的東西，資深科學教師推測這2題學生答錯原因為概念未涵蓋在一至四年級課程範圍，而第25題的「地殼」是四年級學生陌生的語詞；第17題概念為氣球中的空氣，資深科學教師推測學生答錯原因有迷思概念或錯誤概念、學生易誤解題意或不善於用文字表達、概念未涵蓋在一至四年級課程範圍。

四、學生的迷思概念原因

從施測時學生所寫答題原因與訪談學生之質性資料發現，各主題題數與錯誤概念類型數量如表11，學生的迷思概念原因歸納如下。

(一)日常的經驗和生活中的觀察

以題目S051049D為例，部分四年級學生的錯誤理由為「魚沒有脊椎，身體才會這麼彎曲」(SA0111、SB0117)、「魚的身體很軟，沒有脊椎」(SC0124、SC0104、SC0203、SC0217、SC0216)、「魚靠尾巴扭動而前進，所以沒有脊椎」(SC0222、SC0204、SC0123)等都是學生從日常生活經驗觀察魚類的外形與運動而得的錯誤概念，此和Mintzes, Trowbridge, Arnaudin與Wandersee (1991)研究發現「有關動物的分類，各年齡層學生認為的動物指的是一般脊椎動物，特別是哺乳類或鳥類，進一步研究發現各年齡層的學生大多依據生物外形來區分脊椎動物和無脊椎動物」相符。

題目S031421如圖1，學生的錯誤答案例如1.「水、木頭、石油」，理由為「因為我們要喝開水所以要燃燒，木頭也可以燃燒因為紙是用木頭做的，石油也可以燃燒」

表10：地球科學答對率與國際平均答對率、臺灣答對率

題號	題目ID	主題	施測答對率	國際平均答對率	臺灣答對率
17	S051095	地球的構造、物理特性與資源	39.13%	58%	53%
18	S031088B	地球的構造、物理特性與資源	42.03%	22%	32%
19	S041149B	地球的構造、物理特性與資源	21.74%	22%	39%
20	S041113	太陽系中的地球	52.90%	41%	46%
21	S031275	太陽系中的地球	42.75%	35%	36%
22	S041209	太陽系中的地球	42.03%	44%	48%
23	S041107	太陽系中的地球	50.72%	55%	48%
24	S041208	太陽系中的地球	53.62%	53%	47%
25	S041081	地球的構造、物理特性與資源	12.32%	28%	26 %
26	S051110	地球的進程、週期和歷史	47.83%	59%	53%
27	S051156	地球的進程、週期和歷史	47.83%	28%	35%
28	S061098	地球的構造、物理特性與資源	37.68%	43%	41%
29	S031389	地球的構造、物理特性與資源	45.65%	39%	48%
30	S051100	地球的構造、物理特性與資源	36.96%	31%	21%

表11：本研究TIMSS 2011和TIMSS2015各主題題數與錯誤概念類型數量表

領域	主題	題數	錯誤概念題數	錯誤概念題數百分比	錯誤概念類型數量
生命科學	生物的特徵與生命過程	14	10	71.43%	25
	生態系統	3	2	66.67%	11
	生物、環境與其交互作用	3	1	33.33%	3
	生命週期、繁殖與遺傳	3	1	33.33%	2
	人類健康	3	0	0.00%	0
	小計	26	14	53.85%	41
物質科學	物質的分類、性質與物質的改變	7	5	71.43%	8
	能源的形式和能源轉移	6	4	66.67%	7
	力與運動	3	3	100.00%	4
	小計	16	12	75.00%	19
地球科學	太陽系中的地球	5	4	80.00%	7
	地球的構造、物理特性與資源	7	2	28.57%	4
	地球的進程、週期和歷史	2	0	0.00%	0
	小計	14	6	42.86%	11

註：TIMSS：國際數學與科學教育成就趨勢調查(Trends in International Mathematics and Science Study)。

(SD0103)、「水燃燒會蒸發，木頭燃燒會變炭，石油燃燒會爆炸」(SC0412)，學生認為我們要喝開水所以要燃燒，是受到日常口語影響，因為平常我們會說「燒開水」，

導致學生有上述誤解；2.「木頭、石油、沙子」，理由有「因為水跟空氣都不是固體，木頭、石油、沙子是固體可以燃燒」(SD0112)係因學生知道木頭可以燃燒，而木

頭是固體，因而誤以為只要是固體就可以燃燒，而沙子是固體所以可以燃燒；「沙子燒了變玻璃」(SD0203、SD0210)是學生的生活經驗中可能實際看過高溫2000°C下的矽砂燃燒，但並非一般的沙子，因此是生活經驗中觀察到，但未深入瞭解玻璃的成分及製作原理而造成的錯誤概念；3.「木頭、石油、空氣」，理由有「火本身就需要空氣才可燃燒」(SD0119)、「空氣可以點火」(SB0106)、「一些火災都是因為把窗戶打開有空氣」(SD0113)，學生從生活經驗觀察知道有空氣的條件下物品才可以燃燒，因而產生錯誤類比，誤以為空氣可以燃燒。

(二)錯誤的類比所造成之混淆

IEA未公布的TIMSS 2015題目S041177主要評量學生對於自己製造食物的生物之認知，正確答案為「海草、草、橡樹、仙人掌」。大多數回答錯誤的學生是未勾選海草，他們認為海草生長在水裡，陽光照不到，或者認為海草靠水分就可以生長。例如學生SA0127在訪談時表示：「在海裡面，海的底部，所以陽光照不到，它應該只要喝水就好」。SC0203和SA0109也認為海草不會自行製造養分，學生SC0203在訪談中提到：「海草生長在大海裡，需要大海幫它製造養分」；而SA0109訪談時說：「我覺得海草靠水分」。此為學生運用原本的生活經驗——種子發芽需要水分錯誤類推所致，亦是學生既有概念，符合Head (1986)認為可能影響兒童概念的因素為由類比錯誤所產生的混淆及既有的概念。

TIMSS 2015題目S051201主要評量學生對於毛衣包覆冰水的原因瞭解。學生的錯誤答案例如「毛衣沾水之後會產生毛細現象，毛細現象會讓毛衣濕濕的，毛衣就可以保冰涼」(SB0109、SC0301、SC0305、SC0306、

SC0307、SC0309、SC0314、SC0317、SC0318)、「毛衣的毛可以讓冰水外面的水吸進毛裡。毛可以吸水，毛就會變得比較冷」(SD0105)等，多數回答錯誤學生的答案是毛細現象，是因為該學期剛學過毛細現象而印象深刻，學生易將毛衣的隙縫與毛細現象做連結，而有錯誤的類比，此同於Glynn, Yeany與Britton (1991)認為「類比」如同兩刃劍，可以用以解釋正確的概念，也可以預測新的概念，但有時類比失敗，就造成錯誤概念。

(三)每天所使用的語言

以IEA未公布的TIMSS 2015題目S041026為例，多數學生認為在地上爬的蟲類就是爬蟲類，在訪談中，學生SC0203說出爬蟲類是「會爬的，蟑螂、螞蟥、蜘蛛、紅娘華」；SC0216舉出爬蟲類有「蛇、螞蟥、蜘蛛」；SC0218知道的爬蟲類有「毛毛蟲，地上爬的，蟑螂、瓢蟲、螞蟥」；SA0109認為爬蟲類就是「昆蟲、蜘蛛」；而SA0111說「爬蟲類就是像昆蟲、像毛毛蟲，毛毛蟲就是爬蟲類，獨角仙，還有椿象」，SA0127認為爬蟲類有「毛毛蟲、蝸牛、蜘蛛」。

TIMSS 2015題目S041113主要評量學生對於影子改變的原因之瞭解，學生的錯誤答案例如「早上太陽很小，中午太陽比較大、下午太陽最小」(SC0422)、「時間越晚，太陽越小；如果太陽很大，影子就很大，太陽小影子就越小」(SC0406)以通俗用語表示太陽有大、小，並誤以為時間越晚、影子越小。

而TIMSS 2015題目S051164概念為「青蛙為何較鳥產比較多卵」，學生在訪談時表示不知道卵就是蛋，這就是受到平日以習慣用詞「蛋」通稱「卵」，導致四年級學生不知道卵就是蛋、蛋就是卵，因而認為「因為青蛙的卵比較小，可以生比較多，鳥的蛋比較大，生的比較少」(SC0218)。

伍、結論與建議

一、研究結論

本研究的145個TIMSS國小四年級科學測驗題目內容，60.69%超出九年一貫課程四年級範圍，超出臺灣九年一貫課程四年級範圍的題數以生命科學54題為最多，其次為地球科學19題，物質科學則有15題。

學生答錯的可能原因有：(一)概念未涵蓋在一至四年級課程範圍；(二)迷思概念或錯誤概念；(三)學生易誤解題意或不善於用文字表達。其中以「概念未涵蓋在一至四年級課程範圍」為主要原因。可能答對之原因為：(一)生活影片或課外讀物看過，如電視廣告或節目等；(二)在生活經驗中，如學校衛生教育宣導、午餐營養教育宣導等非正式課程獲得相關知識；(三)概念未涵蓋在自然領域課程，但涵蓋在其他領域課程；(四)容易從試題中推論；(五)試題的敘述或圖片呈現與教科書相似。學生的迷思概念題數百分比以物質科學75%最多、生命科學53.85%次之、地球科學為42.86%，歸納形成學生迷思概念之原因有：(一)日常的經驗和生活中的觀察；(二)錯誤的類比所造成之混淆；(三)每天所使用的語

言。每一題學生迷思概念的因素可能包含不只一個。

二、研究建議

建議科學教師在教學實務上，鼓勵學生多閱讀科學課外讀物，以加強學生閱讀理解能力和語文表達能力；並於各項宣導融入與學生生活經驗有關之科學知識，以增進學生日常生活經驗，進而與科學知識做連結。未來研究可進一步探討學生科學迷思概念，瞭解學生迷思概念的形成原因，並發展可能有效的教學方法，以建立學生科學學習概念有效路徑，例如運用Ismail, Salleh與Aris (2017)指出的學生中心教學法，即探究學習與問題學習法，科學教師使用學生中心教學法在TIMSS與國際學生評估計畫(Program for International Student Assessment, PISA)學習測驗中有較佳的表現，讓學生在課堂中有較多的參與，促成有意義的學習，而非只記憶教科書中的事實與理論；或者運用預測、觀察、解釋(Prediction, Observation, Explanation, POE)教學策略可以促進學生物質科學領域相關概念之學習(王盈琪，2005；林士峰，2006；許良榮、蔣盈姿，2005)。

參考文獻

1. 王盈琪(2005)。利用POE教學模式探討國小三年級學童光迷思概念及其概念改變之成效。未出版之碩士論文，臺北市立教育大學自然科學系，臺北市。
[Wang, Y. C. (2005). *Liyong POE jiaoxue moshi tantao guoxiao sannianji xuetong guang misi gainian ji qi gainian gaibian zhi chengxiao*. Unpublished master thesis, Taipei Municipal University of Education, Taipei, Taiwan.]
2. 任宗浩(2017)。TIMSS 2011的評量架構。收錄於林陳涌(編著)，**國際數學與科學教育成就趨勢調查2011國家報告**(第二版，頁18-36)。臺北市：國立臺灣師範大學科學教育中心。
[Jen, T.-H. (2017). TIMSS 2011 de pingliang jiagou. In C.-Y. Lin (Ed.), *TIMSS 2011 national report* (2nd ed., pp. 18-36). Taipei, Taiwan: Science Education Center, National Taiwan Nor-

mal University.]

3. 吳秀連(2006)。TIMSS 2003國小四年級科學測驗題目與國小課程內容分析。未出版之碩士論文，國立新竹教育大學人力資源教育處，新竹市。
[Wu, S.-L. (2006). *Analysis on TIMSS 2003 science test questions for grade 4 level and elementary curriculum contents*. Unpublished master thesis, National Hsinchu University of Education, Hsinchu, Taiwan.]
4. 李宜穎(2016)。家長參與、自我概念與科學學習成就影響之探討——以TIMSS 2011臺灣八年級學生資料為例。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學教育研究所，彰化縣。
[Li, Y.-Y. (2016). *The relationships among the eighth graders' perceptions of parental involvement, science self-concept, and science achievement—The case of Taiwan in TIMSS 2011*. Unpublished master thesis, National Changhua University of Education, Changhua County, Taiwan.]
5. 李哲迪(2017)。學校背景變項與學科成就之關聯。收錄於林陳涌(編著)，國際數學與科學教育成就趨勢調查2011國家報告(第二版，頁314-354)。臺北市：國立臺灣師範大學科學教育中心。
[Lee, C.-D. (2017). Xuexiao beijing bianxiang yu xueke chengjiu zhi guanlian. In C.-Y. Lin (Ed.), *TIMSS 2011 national report* (2nd ed., pp. 314-354). Taipei, Taiwan: Science Education Center, National Taiwan Normal University.]
6. 林士峰(2006)。POE教學策略對國小六年級學生鐵生鏽的物質性質概念改變之研究。未出版之碩士論文，臺北市立教育大學科學教育研究所，臺北市。
[Lin, S. F. (2006). *A study of POE teaching strategies to investigate sixth graders' conceptual changes of the nature of iron-rusting*. Unpublished master thesis, Taipei Municipal University of Education, Taipei, Taiwan.]
7. 紀馥安(2012)。影響四年級學生科學成績之因素探討：以臺灣、香港、新加坡參與TIMSS 2007數據為證。未出版之碩士論文，國立中興大學教師專業發展研究所，臺中市。
[Chi, F.-A. (2012). *Factors affect on the fourth grade students' science achievements: Evidence from TIMSS 2007 data among Taiwan, Hong Kong and Singapore*. Unpublished master thesis, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan.]
8. 許良榮、蔣盈姿(2005)。以POE策略探究中小學生對物質「可燃性」的另有概念。科學教育研究與發展季刊，38，17-30。
[Hsu, L.-R., & Chiang, Y.-T. (2005). Using the POE strategy to explore students' alternative conceptions of combustibility. *Research and Development in Science Education Quarterly*, 38, 17-30.]
9. 許紫敏(2009)。我國2009年竹苗地區國小四年級學生在TIMSS 2007科學領域低答對率試

題的表現及試題閱讀理解之探究。未出版之碩士論文，國立新竹教育大學人力資源教育處，新竹市。

[Hsu, T. M. (2009). *Woguo 2009 nian zhumiao diqu guoxiao sinianji xuesheng zai TIMSS 2007 kexue lingyu didaduilu shiti de biao xian ji shiti yuedu lijie zhi tanjiu*. Unpublished master thesis, National Hsinchu University of Education, Hsinchu, Taiwan.]

10. 張美玉(2017)。四年級學生科學成就及相關因素探討。收錄於林陳涌(編著)，**國際數學與科學教育成就趨勢調查2011國家報告**(第二版，頁118-183)。臺北市：國立臺灣師範大學科學教育中心。

[Chang, M.-Y. (2017). Sinianji xuesheng kexue chengjiu ji xiangguan yinsu tantao. In C.-Y. Lin. (Ed.), *TIMSS 2011 national report* (2nd ed., pp. 118-183). Taipei, Taiwan: Science Education Center, National Taiwan Normal University.]

11. 張美玉(2018)。四年級學生科學成就及相關因素探討。收錄於張俊彥(編著)，**國際數學與科學教育成就趨勢調查2015國家報告**(頁118-202)。臺北市：國立臺灣師範大學科學教育中心。

[Chang, M.-Y. (2018). Sinianji xuesheng kexue chengjiu ji xiangguan yinsu tantao. In C.-Y. Chang (Ed.), *TIMSS 2015 national report* (pp. 118-202). Taipei, Taiwan: Science Education Center, National Taiwan Normal University.]

12. 陳貞君(2006)。我國竹苗地區國小四年級學生對**TIMSS 2003**科學試題閱讀理解及解題過程之研究。未出版之碩士論文，國立新竹教育大學應用科學系，新竹市。

[Chen, C. C. (2006). *Woguo zhumiao diqu guoxiao sinianji xuesheng dui TIMSS 2003 kexue shiti yuedu lijie ji jieti guocheng zhi yanjiu*. Unpublished master thesis, National Hsinchu University of Education, Hsinchu, Taiwan.]

13. 陳冠銘、任宗浩(2018)。TIMSS 2015的評量架構。收錄於張俊彥(編著)，**國際數學與科學教育成就趨勢調查2015國家報告**(頁16-42)。臺北市：國立臺灣師範大學科學教育中心。

[Chen, K.-M., & Jen, T.-H. (2018). TIMSS 2015 de pingliang jiagou. In C.-Y. Chang (Ed.), *TIMSS 2015 national report* (pp. 16-42). Taipei, Taiwan: Science Education Center, National Taiwan Normal University.]

14. 陳敏瑜(2015)。學生知覺教師期望、能力信念、實用價值與內在價值對臺灣八年級學生數理成就之影響：以**TIMSS 2011**多層次結構方程式模型為例。未出版之博士論文，臺北市立大學教育學系，臺北市。

[Chen, M.-Y. (2015). *Effects of perception of teachers' expectations, ability beliefs, utility value, and intrinsic value on math and science achievement for eighth-grade students in Taiwan: A multilevel structural equation model using TIMSS 2011*. Unpublished doctoral dissertation, University of Taipei, Taipei, Taiwan.]

15. 游慈雲(2009)。**TIMSS 2007**四年級科學測驗結果與我國國小科學課程、教科書及教師教

學之分析研究。未出版之碩士論文，國立新竹教育大學教育學系，新竹市。

[Yu, C. Y. (2009). *TIMSS 2007 sinianji kexue ceyan jieguo yu woguo guoxiao kexue kecheng, jiaokeshu ji jiaoshi jiaoxue zhi fenxi yanjiu*. Unpublished master thesis, National Hsinchu University of Education, Hsinchu, Taiwan.]

16. 黃馨萱(2007)。從TIMSS 2003探討國中生科學學習成效和教室教學與氣氛及教師特質之關聯。未出版之碩士論文，國立臺灣師範大學生命科學系，臺北市。

[Huang, H.-H. (2007). *A study of relationship between classroom instruction and climate, teacher characteristics and junior students' science learning effectiveness from TIMSS 2003*. Unpublished master thesis, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan.]

17. 楊梨珍(2009)。TIMSS 2007結果探討四年級學生背景、家庭教育資源、科學自信、科學興趣與科學成就的關係：以七國為例。未出版之碩士論文，國立新竹教育大學教育學系，新竹市。

[Yang, L.-c. (2009). *TIMSS 2007 jieguo tantao sinianji xuesheng beijing, jiating jiaoyu ziyuan, kexue zixin, kexue xingqu yu kexue chengjiu de guanxi: Yi qi guo wei li*. Unpublished master thesis, National Hsinchu University of Education, Hsinchu, Taiwan.]

18. 廖彩汝(2011)。TIMSS 2003和TIMSS 2007國小四年級學生科學成就相關因素之研究：以臺灣、日本與新加坡為例。未出版之碩士論文，國立新竹教育大學教育學系，新竹市。

[Liao, T. J. (2011). *TIMSS 2003 han TIMSS 2007 guoxiao sinianji xuesheng kexue chengjiu xiangguan yinsu zhi yanjiu: Yi Taiwan, Japan yu Singapore wei li*. Unpublished master thesis, National Hsinchu University of Education, Hsinchu, Taiwan]

19. 劉寶富(2009)。TIMSS 2007四年級科學成就進步國家之教師因素研究：以九國為例。未出版之碩士論文，國立新竹教育大學人力資源教育處，新竹市。

[Liu, B. F. (2009). *TIMSS 2007 sinianji kexue chengjiu jinbu guojia zhi jiaoshi yinsu yanjiu: Yi jiu guo wei li*. Unpublished master thesis, National Hsinchu University of Education, Hsinchu, Taiwan.]

20. 顏秀玫(2004)。我國小學四年級學生在「2003年國際數學與科學教育成就趨勢調查」中科學低分題之分析。未出版之碩士論文，國立臺灣師範大學科學教育研究所，臺北市。

[Yen, S. M. (2004). *Woguo xiaoxue sinianji xuesheng zai "2003 nian guoji shuxue yu kexue jiaoyu chengjiu qushi diaocha" zhong kexue difenti zhi fenxi*. Unpublished master thesis, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan.]

21. Alivernini, F. (2012). Interest in science: Evidence from TIMSS Italian data. *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, 46, 1491-1494. doi:10.1016/j.sbspro.2012.05.327

22. Atar, H. Y., & Atar, B. (2012). Examining the effects of Turkish education reform on students' TIMSS 2007 science achievements. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 12(4), 2632-2636.

23. Aypay, A., Erdoğan, M., & Sözer, M. A. (2007). Variation among schools on classroom prac-

- tices in science based on TIMSS-1999 in Turkey. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(10), 1417-1435. doi:10.1002/tea.20202
24. Enck, R. (2011). *A study of the relationships between student achievement on the TIMSS-2007 and constructivist teaching pedagogy and class size*. Unpublished doctoral dissertation, St. John Fisher College, NY.
 25. Glynn, S. M., Yeany, R. H., & Britton, B. K. (1991). *The psychology of learning science*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
 26. Head, J. (1986). Research into 'alternative frameworks': Promise and problems. *Research in Science & Technological Education*, 4(2), 203-211. doi:10.1080/0263514860040210
 27. Hermann, Z., & Diallo, A. (2017). Does teacher gender matter in Europe? Evidence from TIMSS data. *Budapest Working Papers on the Labour Market*. Retrieved November 28, 2019, from <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/173673/1/88373348X.pdf>
 28. House, J. D. (2005). Classroom instruction and science achievement in Japan, Hong Kong, and Chinese Taipei: Results from the TIMSS 1999 assessment. *International Journal of Instructional Media*, 32(3), 295-311.
 29. İpekçioğlu Önal, S. (2015). *TIMSS 2011 cross country comparisons: Relationship between student- and teacher-level factors and 8th grade students' science achievement and attitude toward science*. Unpublished doctoral dissertation, Middle East Technical University, Turkey.
 30. Ismail, M. H., Salleh, M. F. M., & Aris, S. R. S. (2017). Malaysian education plan 2013–2025: Transformation on science classroom towards student's achievement in TIMSS and PISA. *The Social Sciences*, 12(1), 79-84. doi:10.36478/sscience.2017.79.84
 31. Kuzhabekova, A. (2015). Findings from TIMSS 2007: What drives utilization of inquiry-based science instruction? *International Journal of Research in Education and Science*, 1(2), 142-150.
 32. Martin, L. A. (2010). *Relationship between teacher preparedness and inquiry-based instructional practices to students' science achievement: Evidence from TIMSS 2007*. Unpublished doctoral dissertation, Indiana University of Pennsylvania, PA.
 33. Martin, M. O., Mullis, I. V. S., & Foy, P. (2008). *TIMSS 2007 international science report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the fourth and eighth grades*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
 34. Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Foy, P., & Hooper, M. (2016). *TIMSS 2015 international results in science*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
 35. Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Foy, P., & Stanco, G. M. (2012). *TIMSS 2011 international results in science*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch

School of Education, Boston College.

36. Mintzes, J. J., Trowbridge, J. E., Arnaud, M. W., & Wandersee, J. H. (1991). Children's biology: Studies on conceptual development in the life sciences. In S. M. Glynn, R. H. Yeany, & B. K. Britton (Eds.), *The psychology of learning science* (pp. 179-202). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
37. Robitaille, D., & Dirks, M. (1982). Models for the mathematics curriculum. *For the Learning of Mathematics*, 2(3), 3-21.
38. Schwerdt, G., & Wuppermann, A. C. (2011). Is traditional teaching really all that bad? A within-student between-subject approach. *Economics of Education Review*, 30(2), 365-379. doi:10.1016/j.econedurev.2010.11.005
39. Tongliemnak, P. (2010). *Three essays on teacher labor markets in Thailand*. Unpublished doctoral dissertation, Stanford University, CA.

The Analysis of the Science Answer Performance in TIMSS 2011 and 2015 for Grade Four Taiwanese Students

Jui-Wen Wei^{1,*}, Mei-Yu Chang² and Yi-Long Chen³

¹Taoyuan Municipal Ruei-Siang Elementary School

²Department of Education and Learning, National Chin Hua University

³Taoyuan Municipal Nei-Ding Elementary School

Abstract

The purposes of this study were to examine the extent to which the content of grades 1–9 Curriculum in Taiwan were assessed in Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) 2011 and TIMSS 2015 and to explore the reasons for performance whether poor or excellent, on the TIMSS science test by grade 4 students in Taiwan. The study results were as follows: First, in the 145 TIMSS 2011 and TIMSS 2015 grade 4 science items released by the International Association for the Evaluation of Education Achievement (IEA), 60.69% of the item concepts were not covered in the grade 4 Curriculum in Taiwan, and the lack of content concerning life science was reflected in the performance of students in Taiwan. Possible reasons for incorrect responses by students are as follows. First, the concepts were not covered in the curriculum of grade 4 courses. Second, students had misconceptions about topics. Third, it was easy to misunderstand the meaning of the items or students were not good at expressing the meaning of the items in words. Possible reasons for correct responses by students are as follows. First, students may have gained exposure to films or extracurricular readings. Second, students may have obtained relevant knowledge through life experience. Third, concepts may not have been covered in Science and Technology, but were covered within other subjects. Fourth, it was easy to make inferences from the test items. Fifth, the narrative or picture presentation of the test items was similar to that of the textbook. The reasons for the students' misconceptions could be as follows: (1) daily experience and the confusion caused by observations in life, (2) confusion caused by analogical errors, and (3) daily language used resulted in misconceptions.

Key words: TIMSS, Misconception, Science Performance, Test Item Analysis, Curriculum Analysis

* Corresponding author: Jui-Wen Wei, b0001@cyes.tyc.edu.tw