

# 能源與氣候變遷概念之內容分析 ——以自然與生活科技領域為例

宋曜廷 黃信樽 陳學志

本研究分析比較九十八學年度國小與國中自然與生活科技學習領域教科書中有關能源與氣候變遷的概念。

研究團隊以能源與氣候變遷專家概念圖中 52 個被區分為國小與國中學習階段的主要概念及其他輔助概念為關鍵字依據，透過檢索與記錄相關概念在 3 個主要版本的教科書文本中出現的年級、章節、段落，並比較各版本中主要概念出現的階段是否符合專家的建議；同時，分析概念圖中 5 個主題概念在各版本的繼續性及順序性。

結果顯示，國小內容符合專家分類國小階段主要概念的比例以康軒版較低；國中內容符合專家分類國中階段主要概念的比例在各版本教科書中皆偏低，顯示目前國中內容相關概念極待補充。其次，5 個主題概念在各版本的順序性與繼續性比較：「能源」主題以南一版較佳；「氣候變遷現象導致的衝擊」主題，各版本的表現皆不佳；其餘 3 個主題則以翰林版表現較佳。

關鍵詞：自然與生活科技教科書、能源、氣候變遷、專家概念圖

收件：2011年12月13日；修改：2012年6月11日；接受：2012年7月13日

---

宋曜廷，國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系教授

黃信樽，國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系研究助理，E-mail: yumenobaku@hotmail.com

陳學志，國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系教授

## Content Analysis of Energy and Climate Change Concepts in Elementary and Middle School Science Textbooks

Yao-Ting Sung   Hsin-Tsun Huang   Hsueh-Chih Chen

In this study, we analyzed energy and climate change concepts in elementary and middle school science textbooks. A conceptual map drawn up by specialists was chosen as the criteria for locating relevant concepts in textbooks. It was composed of 52 main concepts and some supplementary concepts divided by experts into elementary and middle school learning levels. We recorded grade levels, chapters, and paragraphs containing relevant concepts in textbooks. The recorded concepts were then examined to determine whether they conformed to the correct levels. Three textbook versions, including the Kang Hsuan, Nan-I, and Han Ling versions, were analyzed.

At the elementary school level, findings showed that the Kang Hsuan version needs to increase content on climate change more than the other versions. At the middle school level, all three versions were similarly deficient of content, but the number of concepts was lower than that suggested by experts. We also analyzed continuity and sequence of five subject concepts presented in different versions. The Nan-I version presented better on the subject of energy. None of the three versions met the criteria on the impact of climate change. Han Ling presented better on the rest of three subject concepts.

Keywords: science textbook, energy, climate change, expert concept map

Received: December 13, 2011; Revised: June 11, 2012; Accepted: July 13, 2012

---

Yao-Ting Sung, Professor, Department of Educational Psychology and Counseling, National Taiwan Normal University.

Hsin-Tsun Huang, Research Assistant, Department of Educational Psychology and Counseling, National Taiwan Normal University. E-mail: yumenobaku@hotmail.com

Hsueh-Chih Chen, Professor, Department of Educational Psychology and Counseling, National Taiwan Normal University.

## 壹、前言

自從 1988 年聯合國跨政府氣候變遷小組 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 觀測地球的氣候變遷現象及其與人類活動、地球環境的關係以來，世界各國逐漸關注氣候變遷與全球暖化等現象。爲了面對氣候變遷對於全球人類社會與自然環境的衝擊，潔淨能源的開發與減少溫室氣體排放已成爲全球國家迫切面對的共同議題。IPCC 第三工作小組在 2011 年發布的《可再生能源與減緩氣候變化特別報告》(The Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation) 中便強調可再生能源對於削減溫室氣體排放和永續能源發展的重要性 (IPCC Working Group III, 2011)。英國政府更早在 2008 年將能源與氣候變遷問題提升至更明確的政府層級而成立了能源與氣候變遷部 (Department of Energy and Climate Change)。可見能源與氣候變遷間實有密切之關聯，而國內也在時隔 4 年後，於 2009 年再度舉行全國能源會議凝聚各界對永續能源發展之共識，除了強調能源科技與產業發展的因應外，培養國人具有良好的節能減碳素養亦是重點議題之一，其中也包含推動中小學能源教材的發展與落實 (經濟部能源局，2009)。

而國內在能源教育的落實上，由於未有獨立的領域課程或議題，較不能完整地呈現節能減碳與氣候變遷等相關議題與知識，只能採融入各領域課程主題的方式呈現，所以相關知識與因應行動與策略的敘述可能較無法聚焦，反應在自然與生活科技領域的教科書中也是如此。教科書是科學知識與學生間的媒介，也是教師教學的主要來源依據 (Fulp, 2002; Wells, 1994)，在內容不足的情形下，即便教師能引用不同資料與活動融入教學中，在課室主要知識來源工具的不足下，其所建立的知識結構也可能是鬆散的。

而教科書內容編排與結構上的不完整也可能使得學生產生相應的迷思概念 (Choi, Niyogi, Shepardson, & Charusombat, 2010)。另外，教師在職前接觸氣候變遷相關專業知識的程度不足 (Papadimitriou, 2004; Trumper, 1997)、過度依賴教科書內容 (Newton, Newton, Blake, & Brown, 2002) 都可能是影響學生學習相關議題的因素。因此，從上述教學者與學習者兩個向度上來看，對於教科書內容是否合乎目前的節能減碳議題是值得探討的。

另外，在教科書研究中較少被提及的是相關知識結構在教科書中呈現的先後次序。一般而言，概念的呈現可能是先有整體架構再逐步加深或是由具體到抽象的順序，而個人的相關知識架構也因此越趨完整。由於能源與氣候變遷是一個進行中的議題，因此，新的數據與報告產出以及相關的爭議論點使得一般人難以有較廣泛性的理解；另外，氣候變遷是一門需要進行長期追蹤與顧慮許多環境因素的研究議題，一般人也不免缺乏對於全球暖化與氣候變遷系統性的理解，而 Cavanagh (2007) 更發現教科書撰寫者在這方面也可能不足。考慮國內的教科書除了原來課程能力指標便已缺乏相關能源與氣候變遷指標，是否在教科書的相關內容上也可能缺乏系統性的知識架構？因此，研究者認為有必要從專家的知識結構來檢驗目前的教科書內容。

綜合上述，本研究主要希望從專家知識結構的角度來檢視我國目前國中小學階段自然與生活科技領域教科書在能源與氣候變遷議題上，其內容知識結構的正確與否，以及其相關知識結構呈現的階段性是否符合專家的看法，期望提供教科書編輯者在編寫相關議題時一個建議的方向。

## 貳、文獻探討

### 一、教科書中的能源與氣候變遷議題

能源對於學生而言早已是基礎知識，關於能源相關知識及其應有的行為與態度亦不斷地在教科書內容或生活環境中被教導。節能減碳目前則成為更為廣泛的代名詞，加上氣候變遷與全球暖化對環境帶來的影響以及人類對於未來能源短缺的擔憂，都直接或間接地使得節能減碳議題在近幾年提升到一個全球關注的程度，從《京都議定書》(Kyoto Protocol)、《峇里島路線圖》(Bali Roadmap)到近期的《哥本哈根協議》(Copenhagen Accord)，都顯示了國際間對該議題的關注。

然而，國小與國中階段的科學教育是否足夠重視氣候變遷與全球暖化對於全球的影響？從教學面來看，澳洲研究發現職前教師並未在相關議題上得到足夠的知識訓練(Boon, 2010)，而缺乏專業知識的結果不是教師需要增加額外的心力強化相關知識，便是直接採用教科書中的內容。更有教師寧願跳過如此具挑戰性的議題而不教(Howitt, 2007)；從學習面來看，已有為數不少的研究提出教科書的內容在處理相關議題概念所可能產生的迷思概念(Grima, Filho, & Pace, 2010; Jakobsson, Mäkitalo, & Säljö, 2009; Wilson & Burgh, 2008)，顯示學生不論在接受教師教導或從教科書內容上所取得的全球暖化與氣候變遷等基本知識可能只是一知半解，結果形成有誤的知識架構。

國內則爲了提升國民應有的節能減碳素養，期望藉由國家政策推廣能源與環境教育的基礎研究及深耕中小學能源教材來達到此一目標(經濟部能源局, 2009)，並已開發不同的能源相關輔助教材(大地旅人環境教育工作室, 2008; 國立臺灣師範大學能源教育推廣小組, 2010)。然而，教學現場中最直接爲教師與學生接觸的相關知識來源仍以教科書爲主(Abraham, Gryzybowski, Renner, & Marek, 1992; Good, 1993)，因爲在教學時數的壓力下即便有輔助教材可用，教師仍可能選擇以完成教科書內

容為優先，在時間有餘裕的情形下才加入輔助內容。因此，研究者認為，若欲培養中小學生應有的節能減碳相關議題的態度，以及建立對於全球暖化與氣候變遷的知識架構，應先從檢驗現有教科書的內容開始做起。

而科學教科書常被指出的不足便是在內容的敘述方式可能引導學生產生迷思概念（Choi et al., 2010; Furió-Más, Calatayud, Guisasola, & Furió-Gómez, 2005; King, 2010）。然而，教科書早已成為教師課室教學主要依賴的材料來源（Newton, Newton, Blake, & Brown, 2002），而不完備的內容知識再被教予學生致使產生更多的另有概念或迷思概念。而且，不只是教科書存在誤導學生相關概念的可能，某些研究也發現職前教師在教學前便早已具有迷思概念（Papadimitriou, 2004; Trumper, 1997）。除此之外，有研究指出過於艱澀的環境術語亦是造成迷思概念的成因（Boyes & Stanisstreet, 1997）。因此，針對教科書的內容分析（content analysis）有其一定的必要性，尤其是在全球暖化與氣候變遷這類每日與時俱進的議題下。

## 二、能源與氣候變遷專家概念圖

教科書內容本身即為一種知識結構，而作為知識結構的表徵，概念圖（concept map）即為一個很好的表徵方式，其概念由 Novak 及其同僚所發展，利用不同的概念節點和連接詞形成的一個或多個命題可以組成文本內容甚至是個人的知識結構，且其知識結構常是以階層方式組織（Novak & Gowin, 1984; Novak & Musonda, 1991）。也由於概念圖的概念具有因果階層關係，因此也常被用來作為分析科學文本的工具（Calhoun & Rubba, 1993; Erduran, 1996; Lloyd, 1990）。

除了作為教科書內容分析的工具，概念圖亦可作為釐清教科書可能產生迷思概念的內容。尤其在接觸相關主題前，個體根據生活經驗的理解可能已形成自有的知識架構（Boon, 2010）。而除了學習前已形成的先備經驗容易導致錯誤的知識結構，教科書內容所隱含的知識結構亦可能

導致學生形成有誤的概念 (Choi et al., 2010)。另外，前面也提及，當職前教師所受的全球暖化及氣候變遷相關議題訓練不足時，教師本身也可能具有迷思概念，因此，形成一個專家概念圖對於教材與課程的編排更顯重要。

目前，關於科學教科書內容分析的方向可以分析內容有無相關的主題概念 (Leite, 1999)、內容是否導致迷思概念 (Choi et al., 2010) 或是符合教學指標的程度 (Furió-Más et al., 2005) 等。根據既有的課程標準或能力指標作為分析教科書內容的根據可能較為便利，然而，前面已提及國內的能源教育並非國內九年一貫教育中的學習領域或重大議題之一，大多以融入課程的方式出現，因此沒有一套可參考的課程標準，也無法作為教科書內容分析之依據。

雖然教育部早於 1995 年與經濟部會銜公布《加強國民中小學能源教育實施辦法》，但國內節能減碳相關的能力指標分散於課程綱要中，各階段的內容深淺不一，亦缺乏一個主題性的統整。近期在節能減碳議題持續發酵下，亦出現不少相關節能減碳能力指標研究 (曾郁庭、林慧慧，2011；魏炎順、張維倫、翁禎吟、張永宗，2011)。近期的研究大致上皆以概念圖為基礎來建立能力指標，或是從一般文件與相關政策來尋找可加強原來能力指標中所缺乏的整體性概念，但少有以專家知識結構角度反思現有教科書所缺乏的內容。雖然，教科書也是從能力指標與課程標準出發，但作為知識內容的文本，教科書的內容終究應該要符合整體的知識概念結構，也因此我們需要先建立一個專家意見為主的知識結構，進一步以此架構來檢視現有教科書，除了提供教科書內容編輯上的參考方向，同時，相關的專家知識結構亦可作為未來相關能力指標發展的知識基礎，即以專家知識結構為主體，發展知識內容與相關能力指標。

### 三、教材組織的繼續性、順序性

對於課程的組織，Tyler (1949) 提出需要符合繼續性 (continuity)、

順序性 (sequence) 與統整性 (integration) 3 個主要標準。後續的研究者雖提出更多樣的參考標準，但繼續性與順序性仍然是重要的標準，顯見這 2 個標準的重要性。兩者皆強調在課程與教材的呈現應有先後排列的關係，其中繼續性係指課程的主要元素在一段學習時間上有繼續學習的機會；順序性則指同一知識奠基在前面的學習經驗，依時間順序應有更深更廣的呈現 (Henson, 2001) 或指教材內容能依據其難易、學習與發展的邏輯性等因素來依序呈現 (Oliva, 2001)。

而本研究以專家概念圖為分析標準，其內容的主要概念已先根據專家意見決定其學習階段，因此已具備概念間的順序性，同時由於概念圖本身的結構由上至下是由抽象到具體、由難到易，故在分析過程中亦可檢視教科書內容在概念的發展上是否符合理解的順序；關於教材的繼續性，有研究者認為除了在不同時間下相同內容有重複性外，新的學習內容也應該比先前所學習的更深更廣 (Oliva, 2001)。而本研究的專家概念圖中除了主要概念外，亦有補充或輔助性概念輔以整體概念的發展性更完備。因此，除了可以觀察概念在不同學習階段的繼續性，在相關主要概念的加深下，當可透過補充與輔助概念來看概念內容是否隨著時間順序加廣或加深。

因此，本研究將透過專家概念圖對現有之自然與生活科技領域教科書作為分析依據，除了分析專家已區分之國中與國小階段學習概念是否出現在適合的學習階段外，同時將分析在專家概念圖的基礎上，現有教科書內容的繼續性與順序性。

## 參、研究方法

本研究採內容分析法，主要透過研究團隊發展之關鍵字搜尋程式將教科書內文中出現的概念視為關鍵字進行內容搜尋。而搜尋的概念依據

主要來自研究團隊初期發展之能源與氣候變遷專家概念圖，<sup>1</sup>表 1 中已分類的各學習階段概念（國小階段、國中階段及國中以後階段）是透過多次德懷術問卷，由 66 位相關領域教師與專家判斷後，再經卡方檢定其概念能被明確區分為適合國小階段、國中階段、國中以後階段學習之概念或輔助性概念 4 類。根據專家概念圖顯示，適合國小教學之概念有 27 個，適合國中教學之概念則有 25 個，適合國中以後才教學則有 11 個。同時，專家概念圖中除了主要概念之外亦含有輔助性概念，目的是輔助主要概念形成更完善之概念結構或提供具體範例。由於專家概念圖整體概念數眾多，本研究分析的主要概念將以國小與國中概念共 52 個為主，國中以後階段與輔助性概念在本研究中則僅作輔助解釋主題概念使用。

本研究的搜尋資料是根據我國教育部於 92 年頒布的《國民中小學九年一貫課程綱要——自然與生活科技領域》所編寫之自然與生活科技領域教科書，且經國立編譯館審核於 98 年學年度所使用之教科書。教科書版本之選擇則根據國內各中小學使用率較高的前 3 家出版商作為分析標的；每個版本由三至九年級上下學期合計有 14 冊，故 3 個版本共 42 冊，各冊內容以小節單位，已經由紙本內容轉為不包含圖片內容及圖片解釋文字的純文字檔 (\*.txt) 以作為程式搜尋之內容資料庫。

研究流程如圖 1。首先，透過專家概念圖建立概念清單進行逐詞搜尋，但除了專家概念外，過程中我們也根據文本的前後脈絡，對於同義異字的詞彙進行搜尋。以「太陽能」一詞為例，除了以「太陽能」為關鍵字，透過以「太陽」為關鍵字作搜尋，我們發現在國小課本中會以「太陽的熱能」或「太陽的能量」來代表同樣的意義，在本研究中視為同義詞。其次，記錄其概念出現的次數、年級、上下學期、單元名稱與摘錄其相關段落內容。最後，根據概念出現的學習階段，再分別整理為各學習階段概念與主題概念出現於各版本的統計表。

<sup>1</sup> 因篇幅限制無法呈現整體概念圖，讀者可透過表 4 至表 8 分析之主題概念了解專家概念圖之概略層次。

表 1 專家概念判斷各適合各學習階段之主要概念清單

適合國小學習階段	適合國中學習階段	適合國中以後學習階段
主題 1：能源		
再生能源	電能	
海洋能		
生質能		
風力能		
水力能		
太陽能		
化石燃料		
主題 2：影響氣候變遷的因素		
影響氣候變遷的因素	溫室氣體	生地化循環變化
大氣中碳排放量與濃度	自然存在的溫室氣體	行星軌道變化
全球暖化 (全球平均溫度上升)	水氣、二氧化碳、甲烷、 氧化亞氮、臭氧  工業革命至今的人類活動 農業活動 燃燒生物質 土地利用變更 能源使用 氣溶膠 溫室效應 碳循環 火山爆發 太陽黑子數的週期變化	
主題 3：影響氣候變遷的因素		
海平面上升	熱帶氣旋	正回饋作用
格陵蘭冰層南極洲冰層	乾旱	
永凍土融化		
海水增溫	降水型態改變	
主題 4：氣候變遷現象導致的衝擊		
水資源短缺	自然生態系統	人居環境
水污染	土坡災害 (自然生態系統下)海岸地區	

表 1 專家概念判斷各適合各學習階段之主要概念清單 (續)

適合國小學習階段	適合國中學學習階段	適合國中以後學習階段
主題 4：氣候變遷現象導致的衝擊		
	海岸帶侵蝕	
	脆弱度	
主題 5：氣候變遷的因應行動		
減緩策略	土地利用	能源結構
節約能源	保護生物多樣性	外部成本內部化
減少能源資源浪費	基礎公共建設	課稅
省油		總量管制與排放交易
節電		使用者付費
節水		風險評估
能源資源回收再利用 (4R)		森林保育
綠色消費		
預警機制與指標		
水土資源的防災、減災		
坡地治理水土保持		
水資源管理		

資料來源：研究者自行整理。

教科書內容分析因研究目的不同而有差異，有的僅分析文本的內容、圖示(包括圖案、圖片與表格)及其補充敘述(Ibáñez & Ramos, 2004)；有的以課本的章節及學習活動為單位(林慶隆、陳淑娟、張復萌、劉淑津, 2003)；亦有對課本、習作、教師手冊等進行全面性的分析(洪若烈, 2003)。本研究主要透過內容分析來瞭解教科書文本對於學生知識建構的影響，因此將重點放在文字敘述的部分，包含課文重要注釋、補充資料及附錄，但不含圖片內容及解釋圖片的文字。

研究分析之結果將分為兩個部分呈現，第一個部分為檢視目前國小與國中自然與生活科技領域教科書概念出現的階段是否符合專家概念所建議的階段，分為國小階段(三至六年級)與國中階段(七至九年級)呈現；第二個部分則為教科書文本內容的順序性與繼續性分析，由於專



圖 1 研究流程

專家概念圖的內容相當廣泛，為求簡潔明確與方便討論，將以專家概念圖中最上位概念所形成的概念樹為討論單位，因此後續將分為 5 個主題概念討論（能源、影響氣候變遷因素、氣候變遷現象、氣候變遷現象導致的衝擊、氣候變遷的因應行動）。

## 肆、研究結果

本研究結果分為兩個部分，第一個部分為檢視目前教科書概念出現的階段是否符合專家概念所建議的階段；第二個部分為順序性與繼續性分析。以下將分別呈現分析之結果。

## 一、專家概念圖分類之國小與國中階段概念於各版本的統計情形

表 2 與表 3 僅就專家概念圖分類之國小與國中階段概念統計之結果，整體知識結構仍應以專家概念結構為主。表中標示✓者代表該概念出現在該學習階段，與各概念於各階段出現之次數多寡無關。

根據表 2 可看出各版本在國小階段缺乏的概念有相異亦有相同處：南一版與翰林版是都未在國小階段提及「化石燃料」一詞，與康軒版不同；屬於國小階段的觀念，除了康軒版未提及「影響氣候變遷因素」外，其他關於「大氣中碳排放量與濃度」與「全球暖化」（全球平均溫度上升）的概念 3 個版本皆從國小階段已奠基了，與專家的看法符合；而南一版與康軒版都未在國小階段提及「海平面上升」、「格陵蘭冰層」、「南極洲冰層永凍土融化」及「海水增溫」等概念，康軒版甚至到了國中階段仍未提及「海水增溫」，反觀翰林版則較完整提及相關概念。而在「減緩策略」、「預警機制與指標」及「水土資源的防災、減災」等概念，在 3 個版本皆付之闕如。

若以主題概念來看國小階段教科書，「能源」主題則以南一版內容較完備，但仍缺少「化石燃料」的概念；而「影響氣候變遷的因素」與「氣候變遷現象」的主題下，翰林版在國小已完整敘述，南一版與康軒版則缺少「氣候變遷現象」的相關概念；關於「氣候變遷現象導致的衝擊」主題，南一版則完整提及，其實該主題下之國小階段概念（水資源短缺、水污染）在各版本的國小階段皆會提及，但非在氣候變遷的脈絡下被提及；而「氣候變遷的因應行動」主題下則 3 個版本皆缺乏相同的概念，如「減緩策略」、「預警機制與指標」及「水土資源的防災、減災」。

整體而言，專家認為在國小階段需要教學的概念在各版本內容呈現的情形不完全相同。以國小階段概念符合比率而言，南一版與翰林版最高（74%），康軒版最低（52%）。但就後續國中階段概念補充的幅度而言，康軒版較多（52%→81%），但補充最完整則是南一版（90%）。根據

表 2 專家概念判斷各適合各學習階段之主要概念清單

國小階段概念		南一版		康軒版		翰林版	
		國小	國中	國小	國中	國小	國中
能源	再生能源	✓	✓	✓	✓		✓
	海洋能	✓	✓		✓		✓
	生質能	✓	✓		✓		✓
	風力能	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	水力能	✓	✓		✓	✓	✓
	太陽能	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	地熱能 <sup>1</sup>	✓	✓		✓	✓	✓
	化石燃料		✓	✓	✓		✓
	煤 <sup>1</sup>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	石油 <sup>1</sup>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
天然氣 <sup>1</sup>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
影響氣候變遷的因素	影響氣候變遷的因素		✓	✓		✓	
	大氣中碳排放量與濃度	✓	✓	✓		✓	✓
	全球暖化（全球平均溫度上升）	✓	✓	✓	✓	✓	✓
氣候變遷的現象	海平面上升		✓		✓	✓	✓
	格陵蘭冰層南極洲冰層永凍土融化		✓		✓	✓	✓
	海水增溫				✓	✓	✓
氣候變遷現象導致的衝擊	水資源短缺	✓	✓				
	水污染	✓	✓	✓	✓	✓	✓
氣候變遷的因應行動	減緩策略						
	節約能源	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	減少能源資源浪費	✓	✓		✓	✓	✓
	省油	✓	✓			✓	
	節電	✓	✓		✓	✓	✓
	節水	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	能源資源回收再利用（4R）	✓	✓	✓	✓	✓	✓

表 2 專家概念判斷各適合各學習階段之主要概念清單（續）

國小階段概念		南一版		康軒版		翰林版	
		國小	國中	國小	國小	國中	國小
氣候變遷的 因應行動	綠色消費	✓		✓	✓	✓	
	預警機制與指標		✓				
	水土資源的防災、減災		✓		✓		✓
	坡地治理水土保持	✓	✓		✓	✓	
	水資源管理	✓	✓	✓	✓	✓	
符合比率		74% (23/31)	90% (28/31)	52% (16/31)	81% (25/31)	74% (23/31)	74% (23/31)

<sup>1</sup> 煤、石油及天然氣在專家概念圖中被分類為輔助性概念；地熱能則在專家概念圖中並未被納入，但在最初之概念圖是屬於國小概念，考慮其完整性仍放入分析中。故本表中處理之概念數實為 31 個。

表 2 的結果可發現 3 個版本中缺少的國中階段概念都相近，如，皆未將「溫室氣體」再分類為「人為排放」與「自然存在」，值得注意的是南一版雖未明顯分類，在內容中則以隱喻方式來表達；3 個版本都缺少「氣溶膠」、「太陽黑子的週期變化」、「熱帶氣旋」以及「氣候變遷現象導致的衝擊」與「氣候變遷的因應行動」主題下大部分的概念。

若以主題概念來看，雖然能源主題概念主要在國小階段，但基本上至國中應該仍是重要概念，在各版本教科書中亦在此主題下內容最完整；但「氣候變遷現象導致的衝擊」與「氣候變遷的因應行動」2 個主題概念下的概念雖然在教科書內容中可見到，但幾乎與氣候變遷和全球暖化的連結明顯偏低；相對地，關於氣候變遷的成因與現象則介紹較多。

整體而言，專家認為應在國中階段教學之概念，在現有各版本內容出現的比率最高只有 62%，顯示在國中階段的相關內容上偏少。若以國中階段概念符合比率而言，南一版（62%）較符合，但整體 3 個版本的差異不大。而各版本應出現在國中階段概念大多在國小階段都已先提及（19%~35%）。

表 3 專家概念圖分類之國中階段概念於各版本的統計結果

國中階段概念		南一版		康軒版		翰林版	
		國小	國中	國小	國中	國小	國中
能源	電能	✓	✓	✓	✓	✓	✓
影響氣候變遷的因素	溫室氣體		✓		✓	✓	✓
	自然存在的溫室氣體						
	水氣、二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、臭氧 <sup>1</sup>		✓		✓	✓	✓
	工業革命至今的人類活動		✓		✓	✓	✓
	(人爲排放) 二氧化碳、氧化亞氮、甲烷、含氟溫室氣體	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	農業活動		✓		✓	✓	✓
	燃燒生物質					✓	
	土地利用變更	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	能源使用	✓	✓	✓	✓		✓
	氣溶膠						
	溫室效應		✓		✓		✓
	碳循環		✓		✓		✓
	火山爆發	✓	✓		✓		✓
太陽黑子數的週期變化							
氣候變遷現象	熱帶氣旋						
	乾旱	✓	✓		✓		✓
	降水型態改變		✓		✓		✓
氣候變遷現象導致的衝擊	自然生態系統		✓				
	土坡災害	✓	✓	✓	✓	✓	
	(自然生態系統下) 海岸地區						
	海岸帶侵蝕						
	脆弱度						
	自然生態系統		✓				
土坡災害	✓	✓	✓	✓	✓		

表 3 專家概念圖分類之國中階段概念於各版本的統計結果（續）

國中階段概念		南一版		康軒版		翰林版	
		國小	國中	國小	國中	國小	國中
氣候變遷現象 導致的衝擊	(自然生態系統下)海岸 地區						
	海岸帶侵蝕						
	脆弱度						
氣候變遷的 因應行動	土地利用						
	保護生物多樣性		✓		✓		✓
	基礎公共建設						
符合比率		27% (7/26)	62% (16/26)	19% (5/26)	58% (15/26)	35% (9/26)	54% (14/26)

<sup>1</sup>原專家概念圖中僅有「自然存在的溫室氣體」，因大部分的教科書皆未提及該概念，故另外分析教科書中提及相關自然溫室氣體內容概念的文本。實際分析之國中階段概念仍為 25 個。

## 二、能源與氣候變遷概念的繼續性與順序性分析

本研究之繼續性與順序性分析，以專家概念圖 5 個最上位概念為主題，以此 5 個主題概念及其下位概念形成之概念階層為單位進行檢視，並記錄其出現的年級（三至九年級），例如：南一版的「能源」概念分布標示為 3、6、7、8、9，表示該概念出現在 3、6、7、8、9 年級的教科書中（見表 4）。以下表 4 至表 8 分別為 5 個主題概念階層在各版本的學習階段分布情形，其中已分類為國小、國中階段與國中以後學習概念依次於概念右上角標示 1、2 與 3 以示區別，未標示者為輔助概念。此外，此處分析並未包含各主題概念下之所有輔助概念。

### （一）能源主題概念

在 5 個主題概念內容中，能源主題概念在各版本中都是發展最完整的（見表 4）。就順序性而言，以南一版較符合，其在概念的發展順序上都是從國小開始，再一路往上至國中階段。其他 2 個版本在國小階段的概念出現順序雖然大致符合，但明顯在該階段上內容的完整性不足，如

表 4 能源主題概念各版本學習階段分布表

主題概念		南一版	康軒版	翰林版
能源	能源	3, 6, 7, 8, 9	4, 5, 7, 8, 9	3, 7, 8, 9
	再生能源 <sup>1</sup>	6, 7, 9	4, 9	9
	海洋能 <sup>1</sup>	6, 9	9	9
	生質能 <sup>1</sup>	6, 9	9	7, 9
	風力能 <sup>1</sup>	3, 6, 7, 9	3, 4, 5, 7, 9	4, 6, 7, 9
	水力能 <sup>1</sup>	6, 7, 9	9	6, 7, 9
	太陽能 <sup>1</sup>	3, 6, 7, 8, 9	4, 5, 7, 8, 9	4, 5, 6, 7, 9
	地熱能	6, 9	9	6, 7, 8, 9
	非再生能源	6, 9	9	9
	鈾礦	6		9
	核燃料(鈾-235)	6	9	9
	核能電廠(核分裂)	6, 8, 9	9	6, 7, 9
	化石燃料 <sup>1</sup>	7, 8, 9	4, 7, 8, 9	7, 8, 9
	煤	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	4, 5, 6, 7, 8, 9	6, 7, 8, 9
	石油	3, 7, 8, 9	4, 5, 7, 8, 9	4, 6, 7, 8, 9
	天然氣	6, 7, 8, 9	4, 5, 6, 7, 8, 9	4, 6, 7, 8, 9
電能 <sup>2</sup>	3, 9	4, 9	4, 6, 7, 9	

<sup>1</sup>表示專家分類為國小階段學習概念；<sup>2</sup>表示專家分類為國中階段學習概念。

康軒版國小階段僅提及「風力能」與「太陽能」；而翰林版則又多提及了「水力能」與「地熱能」，而整個能源主題的概念都要到九年級才算是完備。

在能源主題概念的繼續性方面，仍以南一版較全面，但康軒版與翰林版除了部分再生能源與非再生能源的概念較集中在九年級，其他概念如「風力能」、「太陽能」、「化石燃料」及其次概念皆從國小階段至國中階段都不斷被提及。

## （二）影響氣候變遷因素主題概念

以「影響氣候變遷因素」主題中來看（見表 5），從「大氣中碳排放量與濃度」到「溫室效應」再到「全球暖化」的結構中，依照專家概念分類應在國小階段先發展「大氣中碳排放量與濃度」與「全球暖化」，再發展「溫室效應」相關概念，而各版本也都符合這個發展的順序性，唯一的差異便是概念間學習的間隔時間不同。但整體而言，仍以翰林版較符合專家概念分類概念的發展順序，雖然另外 2 個版本皆缺少了一些概念，如「自然存在的溫室氣體」、「氣溶膠」、「太陽黑子數的週期變化」。由於翰林版在五年級以附錄的形式，在一頁中濃縮說明了全球暖化與氣候變遷的成因，因此關於「溫室氣體」與「溫室效應」等相關內容都能從國小延續至國中，故在繼續性方面也較佳。

而本主題下再區分的 6 個次概念中，屬於輔助概念的「板塊運動」、「行星軌道變化」在各版本的教科書中皆未被視為影響氣候變遷的因素，「大氣組成變化」、「生化循環變化」與「海洋環流變化」則都要到七或九年級才學習。根據結果而言，各版本教科書在影響氣候變遷成因的概略性內容上有些不足。

另外，「大氣組成變化」下所包含的次概念多數應於國中階段學習，但關於「氣溶膠」的概念各版本都未提及；相較之下「溫室氣體」概念的發展則較為豐富，且翰林版提前在五年級就以附錄的形式把整體內容在一頁內敘述完，尤其明確地提及「肥料含有氧化亞氮，而畜牧的動物會產生甲烷」，但根據專家概念圖來看其教學階段是偏早的。

## （三）氣候變遷現象主題概念

本主題討論氣候變遷現象主題概念（見表 6）。就概念發展的順序性可以發現，關於本主題的概念，南一版與康軒版幾乎都集中在八或九年級教學，較不符合專家概念認為的發展順序，至少應該在國小階段就提及「海平面上升」、「格陵蘭冰層南極洲冰層永凍土融化」與「海水增溫」；相較而言，翰林版較接近專家概念建議的發展順序。

表 5 影響氣候變遷因素主題概念各版本學習階段分布表

主題概念		南一版	康軒版	翰林版
影響氣候變遷的因素	影響氣候變遷的因素 <sup>1</sup>	7, 8	6	5
	大氣組成變化	7	7	7
	溫室氣體 <sup>2</sup>	7, 9	9	5, 8, 9
	自然存在的溫室氣體 <sup>2</sup>			
	水氣、二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、臭氧 <sup>2</sup>	7, 8, 9	7, 8, 9	5, 7, 8, 9
	工業革命至今的人類活動 <sup>2</sup>	8, 9	8, 9	5, 7, 8, 9
	(人爲排放)二氧化碳、氧化亞氮、甲烷、含氟溫室氣體 <sup>2</sup>	6, 7, 8, 9	6, 7, 8, 9	5, 7, 8, 9
	農業活動 <sup>2</sup>	9	9	5, 9
	燃燒生物質 <sup>2</sup>			7
	土地利用變更 <sup>2</sup>	4, 6, 7, 9	6, 7, 9	7
	能源使用 <sup>2</sup>	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	4, 6, 7, 9	9
	氣溶膠 <sup>2</sup>			
	大氣中碳排放量與濃度 <sup>1</sup>	6, 9	6	5, 9
	溫室效應 <sup>2</sup>	7, 9	7, 9	7, 8, 9
	全球暖化(全球平均溫度上升) <sup>1</sup>	6, 7, 8, 9	6, 9	5, 8, 9
	生地化循環變化 <sup>3</sup>	7	7	7
	碳循環 <sup>2</sup>	7	7	7
	海洋環流變化	9	9	9
	板塊運動			
	火山爆發 <sup>2</sup>	6, 9	6, 9	7
行星軌道變化 <sup>3</sup>				
太陽黑子數的週期變化 <sup>2</sup>				

<sup>1</sup>表示專家分類爲國小階段學習概念；<sup>2</sup>表示專家分類爲國中階段學習概念；<sup>3</sup>表示專家分類爲國中以後學習概念。

在概念的繼續性上，由於南一版與康軒版的內容較爲集中，因此較看不出其概念內容的繼續性，翰林版則大致上照著五、七、九年級的次

表 6 氣候變遷現象主題概念各版本學習階段分布表

主題概念		南一版	康軒版	翰林版
氣候變遷現象	氣候變遷現象	8, 9	7	7, 9
	海平面上升 <sup>1</sup>	9	8, 9	5, 9
	海水熱膨脹	9	9	9
	格陵蘭冰層南極洲冰層永凍土融化 <sup>1</sup>	9	9	5, 9
	大量淡水釋出			
	正回饋作用 <sup>3</sup>			
	北極海冰消融	3	9	5, 9
	海水增溫 <sup>1</sup>		9	5, 9
	熱帶氣旋 <sup>2</sup>			
	極端氣候事件	9	9	9
	寒害	9	7, 9	
	乾旱 <sup>2</sup>	3, 7, 9		7, 9
	熱浪	9	9	7, 9
	洪水	9	9	9
	降水型態改變 <sup>2</sup>	9		
	暴雨	9		
	破記錄降雨			
	溫度變化	8	8, 9	
溫度明顯上升	8, 9	6, 7, 9	5, 7, 9	
溫度明顯下降				

<sup>1</sup>表示專家分類為國小階段學習概念；<sup>2</sup>表示專家分類為國中階段學習概念；<sup>3</sup>表示專家分類為國中以後學習概念。

序重複提及相關概念。

另外，需要提及的是，一些氣候變遷下的現象，如「暴雨」、「溫度變化」、「寒害」及「熱浪」等，其實本身也算是一般的天氣變化，在國小或國中階段多少會提及，但大部分都不是在全球暖化或氣候變遷的脈絡下被提及。

#### （四）氣候變遷現象導致的衝擊主題概念

本主題主要提及氣候變遷現象對於人類社會與自然生態系統的衝擊。根據結果來看（見表 7），各版本教科書在此主題上的概念架構不是很完整，且各版本內容明顯集中於自然生態系統所遭受的衝擊，關於人類社會系統的部分則幾乎未提及，僅南一版提及氣候變遷對於人體健康的影響，另外 2 個版本則幾乎隻字未提。在順序性的發展上，南一版可能較另外 2 個版本好，如「水汙染」、「土坡災害」、「水資源短缺」等具體現象都在國小階段提及，較上位的「自然生態系統」與「陸地及海洋的生態系統」則都到了國中才被提及；在繼續性上，本主題由於是比較常對於環境上的影響，因此概念上都會從國小延續到國中階段，以各版本已記錄的部分來看，各版本間的繼續性沒有太大區別。

#### （五）氣候變遷的因應行動主題概念

本主題又可分為 2 個次主題來看（見表 8），分別為「減緩策略」與「調適策略」，其中「調適策略」下的各級概念在各版本教科書中內容大多不完整，僅「減緩策略」下的「節約能源」概念及其下位概念內容各版本涵蓋較多，根據結果以南一版與翰林版內容較符合從國小到國中發展的順序，從具體（下位）到抽象（上位）的順序性。

在概念的繼續性上，同樣地也可看出在「節約能源」概念及其下位概念中，「節約能約」、「節水」、「能源資源回收再利用（4R）」幾乎都從國小就不斷地重複被提到，顯示其概念能從國小階段繼續延伸至國中繼續加深。

各版本明顯對於「減緩策略」的描述較多，但應該在國小階段提及的「減緩策略」卻未被提及，甚至到了國中階段仍舊未有相關敘述；而另外一個次主題「調適策略」亦有相同的情形。整體而言，目前各版本教科書關於本主題的概念內容仍屬於較少的。

表 7 氣候變遷現象導致的衝擊主題概念各版本學習階段分布表

主題概念		南一版	康軒版	翰林版
氣候變遷現象導致的衝擊	衝擊	7, 8, 9	6, 7, 9	7
	自然生態系統 <sup>2</sup>	8		7
	水資源			
	水資源短缺 <sup>1</sup>	3, 7		
	水污染 <sup>1</sup>	6, 7	6, 9	6, 7, 8, 9
	陸地及海洋的生態系統	7, 8	7, 9	
	土坡災害 <sup>2</sup>	3, 6, 7	6, 7, 9	3, 5, 6
	海岸地區 <sup>2</sup>			
	海岸侵蝕			
	人類社會系統			
	人居環境 <sup>3</sup>			
	高原地區的貧窮社區			
	人體健康	8		
	糧食安全			
	糧食短缺			
	海岸地區			
脆弱度 <sup>2</sup>				

<sup>1</sup> 表示專家分類為國小階段學習概念；<sup>2</sup> 表示專家分類為國中階段學習概念；<sup>3</sup> 表示專家分類為國中以後學習概念。

總結來看，「能源」主題下，雖然各版本間的主要概念幾乎都存在繼續性，但就概念發展的順序性上以南一版較佳；在「影響氣候變遷因素」主題下，則以翰林版明顯地在內容的繼續性與順序性上優於其他兩個版本；在「氣候變遷現象」主題下，同樣是翰林版在 2 個向度上表現的較好，另外 2 個版本的概念主要都集中在九年級；在「氣候變遷現象導致的衝擊」主題下，明顯各版本在此主題的概念都過少，概念間的順序性皆不甚明顯；在「氣候變遷的因應行動」主題下以翰林版較佳，但南一版與康軒版亦相差不多。

表 8 氣候變遷的因應行動主題概念各版本學習階段分布表

主題概念		南一版	康軒版	翰林版
氣候變遷的因應行動	氣候變遷的因應行動			
	減緩策略 <sup>1</sup>			
	溫室氣體減量	7, 9	9	5, 8, 9
	淨源節流	9	8	
	能源供應系統管理		9	
	節約能源 <sup>1</sup>	6, 7, 8, 9	4, 7, 8, 9	4, 5, 6, 7, 8, 9
	提升能源使用效率	9	9	
	減少能源資源浪費 <sup>1</sup>	6, 7, 8	9	6, 9
	省油 <sup>1</sup>	6, 9		6
	節電 <sup>1</sup>	6, 7, 9	9	6, 9
	節水 <sup>1</sup>	3, 6, 7, 9	3, 8, 9	3, 9
	能源資源回收再利用 (4R) <sup>1</sup>	6, 7, 8, 9	3, 7, 8, 9	6, 7, 8, 9
	減少大氣中的碳排放量與濃度	7, 9	9	5, 8, 9
	個人低碳生活			
	綠色消費 <sup>1</sup>	6	6, 7, 9	6
	企業／產業減碳能力			
	森林覆蓋率			
	綠建築	7, 9	8, 9	8, 9
	調適策略			
	氣候變遷無法完全避免		9	
	預防災變	7, 9	8	8, 9
	降低災變之後的傷害			
	調適政策架構 (APF)			
	預警機制與指標 <sup>1</sup>	9		
	臺灣氣候變遷調適策略			
	農漁林牧經營管理			
	農糧穩產			
	土地利用 <sup>1</sup>			

表 8 氣候變遷的因應行動主題概念各版本學習階段分布表（續）

主題概念		南一版	康軒版	翰林版
氣候變遷的因應行動	陸域、淡水、海域生態系統保育	7, 9	7, 8	3, 6, 7
	保護生物多樣性 <sup>2</sup>	7	7	7
	國土及區域保安			
	水土資源的防災、減災 <sup>1</sup>	7, 9	8	8, 9
	基礎公共建設 <sup>2</sup>			
	坡地治理水土保持 <sup>1</sup>	6	9	3, 6
	水資源管理 <sup>1</sup>	7	3, 8, 9	3

<sup>1</sup> 表示專家分類為國小階段學習概念；<sup>2</sup> 表示專家分類為國中階段學習概念；<sup>3</sup> 表示專家分類為國中以後學習概念。

## 伍、結論

本研究以專家概念圖作為工具，針對目前自然與生活科技領域教科書關於節能減碳議題的內容進行分析，結果顯示各版本及各年級間概念與專家概念圖存在著以下差異性：

### （一）各版本教科書在使用詞彙上的差異

在內容分析的過程中可以發現各版本對於相同概念的用語會有差異。例如，南一與翰林版在國小階段皆以「自然資源」取代「能源」一詞，也因此 2 個版本沒有提及「再生能源」，而是以「不可再生自然資源」取代之，康軒版則明確在四年級帶入「能源」此一概念。

另外，翰林版的「化石燃料」概念在七年級提及時，在同冊不同章節中分別出現「化石燃料」與「石化燃料」兩種概念混用，兩個概念根據上下文脈絡可推估是指稱相同的名詞。但事實上根本將石化（petrochemical）誤用為化石（fossil）的同義詞（葉欣誠，2010），若以石化燃料為關鍵字搜尋亦可見相當多的網路資料將兩者視為同一名詞。

還有，關於「影響氣候變遷的因素」主題概念下，專家認為應在國中階段提及的「自然存在的溫室氣體」、「氣溶膠」與「太陽黑子的週期

變化」在 3 個版本中都沒有出現，顯示各版本關於影響氣候變遷的因素都大同小異，但在內容上仍缺乏其他不同成因的敘述。

最後，關於「格陵蘭冰層、南極洲冰層冰凍土融化」與「北極海冰消融」2 個概念在各版本教科書大多以「兩極冰川融化」或「南北極冰川融化」一詞帶過，並未如專家概念圖之詳細分類。且在教科書中提及海川融化卻無明確提及大量釋出的淡水，3 個版本僅康軒版以補充知識的形式敘述冰是淡水的一部分，將冰川融解產生大量淡水的意涵隱藏在句子中。

從前述可以發現教科書使用詞彙上的差異、誤用、缺漏及模糊，如同文獻所提及，教科書本身可能就是造成學生迷思概念的來源之一，雖然無法避免學習者在進入課室教學前已具備迷思概念，但至少作為學習者依據的教科書亦應減少科學詞彙上的互用、誤用或是曖昧不明的敘述方式。

教科書內容的缺漏則反映現有教科書在溫室效應這個議題上知識更新的速度可能不夠快，一方面，可能來自於國內缺乏一個相關全球暖化或氣候變遷議題的統整知識結構與資料來源；另一方面，則是因為該議題涵蓋的領域太廣，且若非長期的資料觀察與監測無法作出推論或解釋。這也使得教科書編輯者僅能從網路或部分研究單位所釋放的資料來編纂內容，而教學者也僅能以教科書或教師手冊作為教學依據，或是靠著個人教學知識與教師間經驗的口耳相傳來進行教學。然而，當教科書的內容或教學者本身帶有迷思概念時，會對學生造成更大的影響。

(二) 國小教科書各版本符合國小階段概念之比例差異較大；國中教科書各版本符合國中階段概念之比例皆偏低，且皆缺乏相似的概念內容

專家分類國小階段概念在各版本教科書中，以南一版與翰林版所占比例最高（74%），康軒版較低（52%）；國中階段概念在各版本國中階段教科書中所佔的比例接近六成（54%~62%），且缺乏的概念相近。但

就國小階段概念在國中教科書呈現的結果來看，以康軒版補充的幅度較大（52%→81%），但補充較完整則是南一版（90%），顯示各版本雖然直到國中階段教科書內容仍未完全提及國小階段應教的概念，但至少仍能延續主要概念。相對於國小階段，國中階段各版本內容雖然差異不大，但主要概念的符合程度偏低，故各版本教科書在國中階段內容上可能有較大的進步空間。就 5 個主題概念的角度來看，各版本教科書內容符合程度皆以「能源」主題最完整，相關「氣候變遷現象導致的衝擊」主題的概念最少，而「氣候變遷的因應行動」主題概念的內容其實常見於國小與國中教材，只是大多是在非氣候變遷內容中呈現。

整體而言，國小概念雖然在國小階段的符合程度不算太高，但至國中階段皆可以再補足；國中概念在各版本間涵蓋專家概念的程度大同小異，缺漏的部分也幾乎相同，就結果而言至少反映了在國中階段氣候變遷這個議題出現的內容尚待補充，所以才會出現各版本知識概念數較低，且都缺乏相似的概念內容。因此，建議各版本應可根據專家概念圖中缺少的主要概念將之補充至適合的階段，並同時輔以適當的輔助概念讓學習者建立更完整的知識結構。

## 陸、建議

關於本研究的內容分析結果，由於採用專家概念圖之內容概念做為關鍵字搜尋的依據，雖然已盡量將同義異字的詞彙納入參考，但仍可能有缺漏之處。而且，概念圖內容概念多以名詞為主，因此光根據詞彙搜尋的結果可能無法完整呈現教科書的文本脈絡，而在研究結果的詮釋上也有其限制。

另外，本研究採用之專家概念圖雖然某些概念，如「核能（鈾礦）」，在現行美國全國教育發展計畫（National Energy Education Development）能源教材中列為 K-2 階段的學習概念（National Energy Education De-

velopment, 2011)，但在本研究中卻因為專家對於學習階段分類的歧見而未被納入分析，可見能源領域專家與現場教師間認知的差異。未來或許有必要進一步瞭解為何相關概念在整體知識架構中出現認知差異的原因。

除了上述對於後續研究之建議，未來亦可以再進一步分析至高中階段。由於高中階段的自然科學課程內容領域區分更為明確，未來除了可觀察國小與國中階段之概念在高中教科書的繼續性及順序性，亦可比較不同學科領域上能源與氣候變遷概念知識結構的發展情形；或未來以專家概念圖為基準延伸出之課程能力指標設計，將有助於建立培養能源與氣候變遷相關議題素養的課程設計。

最後，由於篇幅限制無法於附錄完整呈現專家概念圖概念之背景知識來源，因此，關於專家概念圖相關之參考文獻將另行提供，以供有進一步興趣之研究先進參考指教。

## 參考文獻

- 大地旅人環境教育工作室(2008)。K-12 能源教育電子書。取自 <http://163.20.2.20/wsjhweb/keep/index2.htm>
- 林慶隆、陳淑娟、張復萌、劉淑津(2003)。九年一貫七年級教科書的比較研究——自然與生活科技學習領域。國立編譯館館刊，31，22-39。
- 洪若烈(2003)。國小教師之教科書使用方式及其影響因素之探討。國教學報，15，175-192。
- 國立臺灣師範大學能源教育推廣小組(2010)。Energy Ideas 有趣的能源實驗(國中適用)。取自 <http://energy.ie.ntnu.edu.tw/textbook/detail/59fdb15f3b4a67b27477fd4247aaf299>
- 曾郁庭、林慧慧(2011)。淺談九年一貫課程綱要中的節能減碳能力指標。生活科技教育月刊，44(1)，17-29。
- 經濟部能源局(2009)。98 年全國能源會議總結報。臺北市：作者。
- 葉欣誠(2010)。抗暖化關鍵報告：臺灣面對暖化新世界的 6 大核心關鍵。臺北市：新自然主義。
- 魏炎順、張維倫、翁禎吟、張永宗(2011)。建構國中階段節能減碳課程概念圖和能力指標。生活科技月刊，44(1)，3-16。

- Abraham, M. R., Gryzybowski, E. B., Renner, J. W., & Marek, E. A. (1992). Understandings and misunderstandings of eighth graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 105-120.
- Boon, H. J. (2010). Climate change? Who knows? A comparison of secondary students and pre-service teachers. *Australian Journal of Teacher Education*, 35(1), 104-120.
- Boyes, E., & Stanisstreet, M. (1997). Children's models of understanding of two major global environmental issues (ozone layer and greenhouse effect). *Research in Science & Technological Education*, 15(1), 19-28.
- Calhoun, R. S., & Rubba, P. A. (1993). An examination of the conceptual structure and reading level of six sixth-grade science textbooks. *Journal of Elementary Science Education*, 5, 21-36.
- Cavanagh, S. (2007). Lessons about climate change pose many challenges for science teachers. *Education Week*, 27(10), 1.
- Choi, S., Niyogi, D., Shepardson, D. P., & Charusombat, U. (2010). Do earth and environmental science textbooks promote middle and high school student's conceptual development about climate change? *Bulletin of the American Meteorological Society*, 91(7), 889-898.
- Erduran, S. (1996). *Analysis of physical science textbooks for conceptual frameworks on acids, bases and neutralization: Implications for students' conceptual understanding*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New York.
- Fulp, S. L. (2002). *The 2000 national survey of science and mathematics education: Status of middle school science teaching*. Chapel Hill, NC: Horizon Research, Inc.
- Furió-Más, C., Calatayud, M. L., Guisasaola, J., & Furió-Gómez, C. (2005). How are the concepts and theories of acid-base reactions presented? Chemistry in textbooks and as presented by teachers. *International Journal of Science Education*, 27(11), 1337-1358.
- Good, R. (1993). Science textbook analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(7), 619.
- Grima, J., Filho, W. L., & Pace, P. (2010). Perceived frameworks of young people on global warming and ozone depletion. *Journal of Baltic Science Education*, 9(1), 35-49.
- Henson, K. T. (2001). *Curriculum planning: Integrating multiculturalism constructivism, and education reform* (2nd ed.). Dubuque, IA: McGraw-Hill.
- Howitt, C. (2007). Pre-service elementary teachers' perceptions of factors in an holistic methods course influence their confidence in teaching science. *Research in Science Education*, 31(1), 41-58.
- Ibáñez, M., & Ramos, M. C. (2004). Physics textbooks presentation of the energy-conservation principle in hydrodynamics. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 267-276.
- IPCC Working Group III. (2011). *The IPCC special report on renewable energy sources and climate change mitigation*. Retrieved from <http://srren.ipcc-wg3.de/ipcc-srr>

en-generic-presentation-1

- Jakobsson, A., Mäkitalo, Å., & Säljö, R. (2009). Conceptions of knowledge in research on students' understanding of the greenhouse effect: Methodological positions and their consequences for representations of knowing. *Science Education, 93*(6), 978-995.
- King, C. J. H. (2010). An analysis of misconceptions in science textbooks: Earth science in England and Wales. *International Journal of Science Education, 32*(5), 565-601.
- Leite, L. (1999). Heat and temperature: An analysis of how these concepts are dealt with in textbooks. *European Journal of Teacher Education, 22*(1), 75-88.
- Lloyd, C. V. (1990). The elaboration of concepts in three biology textbooks: Facilitating student learning. *Journal of Research in Science Teaching, 27*, 1019-1032.
- National Energy Education Development. (2011). *Primary energy infobook*. Retrieved from <http://www.need.org/needpdf/Primary%20Energy%20Infobook.pdf>
- Newton, L. D., Newton, D. P., Blake, A., & Brown, K. (2002). Do primary school science books for children show a concern for explanatory understanding? *Research in Science and Technological Education, 20*(2), 227-240.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Novak, J. D., & Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American Education Research Journal, 28*, 117-153.
- Oliva, P. F. (2001). *Developing the curriculum* (5th ed.). New York: Longman.
- Papadimitriou, V. (2004). Prospective primary teachers' understanding of climate change, greenhouse effects and ozone layer depletion. *Journal of Science Education and Technology, 13*(2), 299-307.
- Trumper, R. (1997). The need for change in elementary school teaching. *Educational Research, 39*(2), 157-174.
- Tyler, R.W. (1949). *Basic principles of curriculum and instruction*. Chicago: University of Chicago Press.
- Wells, G. (1994). The complementary contributions of Halliday and Vygotsky to a language-based theory of learning. *Linguistics and Education, 6*(1), 41-90.
- Wilson, J. R., & Burgh, G. (2008). Popular misconceptions. *Engineering & Technology, 3*(5), 50-51.