

國小自然科學單元學習活動設計表

領域名稱：自然科學

授課年班：新北市中和區自強國小六年 4 班

單元名稱：生物環境與自然能源

授課日期：107 年 4 月 24 日上午第 2-3 節

實施節數：6 節(公開課：第 3-4 節)

備課老師：自然輔導員、專輔工作坊成員

教學者：新北市鶯歌國民小學陳振威老師

課程設計緣起

本教案之發想，從認識天然資源到能源的利用，了解各種能源的使用方式與差異，並從台灣的發電方式，認識各種發電方式的差異並比較優缺點。接著透過媒體報導引發台灣發電比例與配置的討論與關注，提出自己的看法，理解他人的觀點並提出合理的疑問或意見。最後經過各組的討論結果與說明，反思如何在能源使用、電價、環境影響與節能方法中，找到屬於自己的平衡點與折衷作法。希望學生理解台灣能源的運用現況與未來的電力結構，關係著我們的電價與生活環境，最後的決定與結果如何，都是我們自己的選擇與共同承擔。

本單元能源相關教學奠基於原有教材，採加深方式並參閱各版本教師手冊，以及環境議題相關新聞報導，配合教學與學習目標進行相關教學活動設計，進行以知識性與批判性教學策略之學習。

本課程於一年多以前在自強國小與自然領域社群教師共備，一開始是在四年級上學期自然領域第三單元交通工具與能源中進行教學，共備過程經過多次討論修改與教學後的修正，最後於 106 年 11 月 22 日在介壽國小進行區級公開課，由於四年級學生對於能源議題或是社會時事，比較無法有具體的想法，小組或全班討論時也比較無法進行批判與相互釐清。

接下來在 107 年 4 月 24 日於自強國小六年級下學期自然領域第三單元生物環境與自然資源再次進行公開課，發現六年級學生在小組討論中比較能提出自己的想法，同時全班討論時也能針對自己或他組的觀點進行討論與相互釐清。於是在專輔工作坊中便開始針對十二年國教新課綱進行核心素養的解析與擷取，並以社會新聞-深澳電廠之乾淨的媒切入，根據文本的脈絡與素養的轉化，重新以素養導向方式進行設計並試教，最後完成以下之教學活動。

教學者：陳振威老師個人簡介

研究領域：科學教育、課程與教學：天文觀星、自然生態、科學閱讀等。

學歷：美國西奧勒岡大學自然科學系學士、花蓮教育大學科學教育研究所碩士

經歷：

新北市興福國小(1年)建國國小(5年)、建安國小(7年)、鶯歌國小(4年)

新北市教育局教育研究暨資訊發展科輔導員(1年)

現任：新北市國民教育輔導團自然科學輔導小組專任輔導員(3年)

獲獎紀錄：

教育部教學卓越金質(2006年)與銀質獎(2005年)、

台北縣師鐸獎(2007年)、福特保育暨環保小尖兵獎(2008年)、

新北市總務有功人員(2009年)、國家永續發展獎(2010年)、

新北市環保認證金熊獎(2011年)、新北市自然科學探究教學課例徵選計畫特優(2016

年)、遠見天下文化教育基金會【未來教育 臺灣 100】優良教案(2017年)

研究論文：

1. 陳振威（1999）。學生概念生態組成因子之研究－以密度/浮沉概念為例。國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文，未出版，花蓮縣。
2. 陳振威，陳龍川（2000）。國小學生密度概念之概念生態，物理教育 3 (2), 21-56
3. A CORRELATIVE STUDY OF CD-ROM PICTURE BOOKS IN CLASSROOMS AND SCHOOL CHILDREN'S FORMATION OF DESCRIPTIVE CONCEPTS," *International Journal of Science and Mathematics Education* (2011), 9, 47-67.

一、本教學活動期望的學習結果

課程綱要能力指標(單元學習目標)

※108 課綱

◎ 總綱領綱核心素養

自-E-A2

能運用好奇心及想像能力，從觀察、閱讀、思考所得的資訊或數據中，提出適合科學探究的問題或解釋資料，並能依據已知的科學知識、科學概念及探索科學的方法去想像可能發生的事情，以及理解科學事實會有不同的論點、證據或解釋方式。

自-E-C3

透過環境相關議題的學習，能了解全球自然環境的現況與特性。

◎ 自然領綱學習表現

tc -III-1 能就所蒐集的數據或資料，進行簡單的紀錄與分類，並依據習得的知識思考資料的正確性及辨別他人資訊與事實的差異。

po -III-1 能從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境書刊及網路媒體等，察覺問題。

po -III-2 能初步辨別適合科學探究的問題，並能依據觀察、蒐集資料閱讀、思考、討論等，提出適宜探究之問題。

pc -III-1 能理解同學報告，提出合理的疑問或意見。

ah -III-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。

ah -III-2 透過科學探究活動解決一部分生活週遭的問題

◎ 自然領綱學習內容

INa-II-8 日常生活中常用的能源。

INa-III-6 能量可藉由電流傳遞、轉換而後為人類所應用。利用電池等設備可以儲存電能再轉換成其他能量。

※議題融入

◎ 環境教育議題融入核心素養

環 B2 能善用資訊、科技等各類媒體，進行環境問題的資訊探索，進行分析、思辨與批判。

◎ 環境教育議題學習主題與實質內涵

環 E14 覺知人類生存與發展需要利用能源及資源，學習在生活中直接利用自然能源或自然形式的物質。

環 E15 覺知能資源過度利用會導致環境汙染與資源耗竭的問題。

環 E17 養成日常生活節約用水、用電、物質的行為，減少資源的消耗。

※素養擷取

能關注環境相關的公共議題，進而閱讀與思考所得的資訊或數據中，提出適合探究的問題或解釋資料，理解科學事實會有不同的論點、證據或解釋方式。

※學習表現擷取

- 1.能就所蒐集的數據或資料，進行簡分類，並依據習得的知識思考資料的正確性及辨別他人資訊與事實的差異。
- 2.能從學習活動及網路媒體等，察覺問題。
- 3.能依據蒐集的資料閱讀、思考、討論等，辨別並提出適宜探究之問題。
- 4.能理解同學報告，提出合理的疑問或意見。
- 5.能善用資訊等媒體，進行環境問題的探索，進行分析、思辨與批判。

※課程目標(第 1-6 節)

能從關注深澳電廠環境議題，進而在閱讀與思考所得的資訊或數據中，提出適合探究的問題或解釋資料，理解台灣的發電方式，提出不同的論點與證據，進行分析、思辨與批判。

※學習目標(第 3-4 節)

從台灣能源的運用現況與未來的電力結構，及其對電價與生活環境的影響，討論與相互論證，進而體悟無論最後的決定與結果如何，都是我們自己的選擇與承擔。

單元學習的主要概念	單元學習的關鍵問題
<ol style="list-style-type: none"> 1. 能源型式 2. 台灣的發電方式 3. 台灣的電力結構與配置 4. 電價與節能 	<ol style="list-style-type: none"> 1-1 各種能源的優勢為何？ 1-2 各種能源可能造成的汙染有哪些？ 2-1 台灣有哪些發電方式？ 2-2 發電方式優缺點為何？ 3-1 目前的台灣電力結構為何？ 3-2 你覺得台灣電力應如何配置？ 3-3 你這樣配置的考量點為何？ 4-1 台灣電價與用電量的關係為何？據此，你有何具體節能的方法？
學生能知道 (Know)	學生能做到 (Skills)
<ol style="list-style-type: none"> 1. 能知道能源的種類、優勢與可能造成的汙染。 2. 能知道發電方式的種類與優缺點。 3. 能知道台灣目前的電力結構 4. 能知道台灣的電價與用電量 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能透過資料閱讀提出問題，分析並比較各種發電方式優缺點，提出自己的論點。 2. 能透過討論提出小組的發電配置比例，並依據文本或個人想法提出合理的解

5. 能知道節約能源的方法	釋。 3. 能透過資料分析與討論，提出具體可行的節能方式。
---------------	----------------------------------

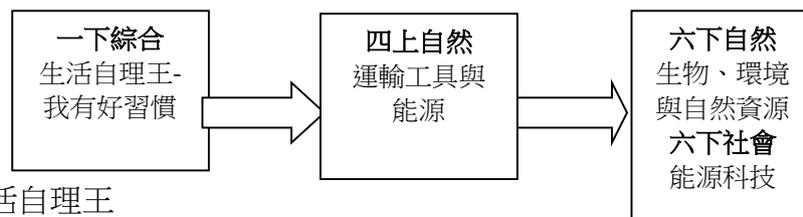
二、學生與教材的分析

(一)學生分析

學生先備知識	學生特性
1. 對於能源知識普遍停留在認知與初淺的概念。3-6年級所學生態、環境教育與能源教育知識較為零碎，無法統整與深化。 2. 對於能源相關文本的閱讀與理解有很大的進步空間。	1. 自強國小位處中和土城與板橋交界，學校性質介於市區老校與新設校之間。 2. 學生單純、善良，可塑性高。 3. 學習方式習慣比對課本，等待教師的指令或答案，較無法針對問題進行思考與深度思考。

(二)教材組織分析

1.脈絡分析



一下綜合：生活自理王

- 一整天的好習慣：學會維護個人、教室、校園的整潔，並養成各種好習慣(包含節能習慣)。

四下自然：交通工具與能源

- 交通工具所使用的動力來源。
- 能源的種類與分類，以及各種能源的優缺點。

六下自然：生物、環境與自然資源

- 空氣汙染來源及防治方法。
- 自然資源的種類，並且督促自己可以永續經營我們的生活環境。

六下社會：能源科技

- 工業革命後，能被人類利用的能源
- 台灣主要的發電方式

2.內容結構分析

本教案主要融入現行國小自然科學單元(如上所述)，介紹生物與環境的關係以及人類活動對生態的影響，例如環境破壞、空氣汙染與防治等。此外，資源開發與永續經營，例如不竭(或再生)資源開發利用、能源與永續環境等，以及各種發電方式介紹。目前現行各教科書版本內容也多僅限於介紹再比較生能源以及台灣目前的各種發電方式(見附錄中之文本 4-1)。

因此，有關本單元能源相關教學奠基於原有教材，採加深方式並參閱各版本教師手冊，以及環境議題相關新聞報導，配合教學與學習目標進行相關教學活動設計，進行以知識性與批判性教學策略之學習。

三、各節次學習活動設計重點

活動階段	教師進行的活動	學生學習活動	評量方式
第1節： 認識能源	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用課本圖片，引導學生思考生活中會運用到哪些能源？ 2. 請學生閱讀文本能源知多少，並完成學習單 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生利用舊經驗連結生活中的能源。 2. 學生從閱讀與小組討論中，了解種能源使用產生的汙染。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學習單 2. 兩兩分享
第2節： 認識發電方式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 認識使用各種發電方式的優缺點。 2. 請學生討論完成學習單 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 從閱讀與討論中，了解各種發電方式的優缺點 2. 兩人相互討論共同完成學習單，並與隔壁組分享。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學習單 2. 組內分享與互評
第3-4節： 台灣電力結構與配比	<p>第3節</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 觀看新聞報導：<u>深澳電廠用乾淨煤</u> <u>徐國勇：用科學講話</u> 2. 教師提問：從新聞報導中，你覺得什麼是乾淨的煤？深澳電廠附近的民眾為什麼也同意使用燃煤？ 3. 教師佈題：如果你能決定台灣的電力結構配置比例，你會如何配置？為什麼？ <p>第4節</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 請各組說明為何如此配置，並請其他組別提問並交叉回應。各組提出證據(回扣文本)支持自己的論點。 2. 比較台灣與鄰國目前的電力結構、電價與用電量，各組是否重新思考配置方式？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 兩人相互討論共同完成學習單，並與小組分享。 2. 比較新聞報導與文本間的差異 3. 小組討論決定自己的電力結構配置比例。 4. 各組發表自己的發電配置結果並說明原因，它組提問。 5. 學生閱讀老師提供的電力結構、電價與用電量相關參考資料。 6. 討論是否改變各組的發電配置比例。 7. 以12年為限，各組討論如何以階段規劃方式達成目標。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 小組學習單 2. 兩兩與小組分享 3. 組間互評與自評

	3. 如果用階段性方式達成各組的目標，你會如何規劃？		
第5-6節：節約能源與課程統整	<ol style="list-style-type: none"> 1. 比較台灣的電價與人均用電量在國際上的排名，進而討論節約能源的重要性。 2. 台灣能源的運用現況與未來的電力結構，關係著我們的電價與生活環境，最後的決定與結果如何，都是我們自己的選擇與共同承擔。 3. 指導學生完成習作並做單元學習重點整理 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 接續上節課台灣的電價與人均用電量在國際上的排名，進而討論節約能源的方式。 2. 經過各組的討論結果與說明，反思如何在能源使用、電價與環境影響當中找到平衡點。 3. 完成習作並做單元學習資料整理 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 小組學習單 2. 小組分享 3. 習作

四、第 3-4 節學習活動的設計(公開課)

活動名稱	內容描述、流程	時間(分)	學習指導 注意事項
導入	<ol style="list-style-type: none"> 觀看新聞報導(文本 5-1)：<u>深澳電廠用乾淨煤 徐國勇：用科學講話</u> 教師提問：從新聞報導中，你覺得什麼是乾淨的煤？ 教師提問：深澳電廠附近的民眾為什麼也同意使用燃煤？ 	5 5 5	<ol style="list-style-type: none"> 看完閱讀文本 5-1 中有關深澳電廠的新聞報導，小組討論回答老師的提問。 注意勿將教師個人觀點帶入課堂中。 引導學生分析各組的論述，而非讓學生表態支持或是反對。
開展	<ol style="list-style-type: none"> 教師佈題：如果你能決定台灣的電力結構配置比例，你會如何配置？為什麼？(學習單 5-2) 教師請學生將討論發電配置結果以表格方式書寫在黑板上。 請各組說明為何如此配置，並請其他組別提問並交叉回應。 教師請各組提出證據(回扣文本)支持自己的論點，他組可以提出不同的看法，但是也要有證據支持。 	10 5 15 5	<ol style="list-style-type: none"> 學生透過閱讀文本 5-2 並提取訊息，小組討論決定自己的電力結構配置比例，並於小白板上寫下結果與原因(學習單 5-2)。 各組檢視上次各組討論的發電配置結果 各組發表並說明原因，它組亦可提問。
挑戰	<ol style="list-style-type: none"> 教師提出台灣與鄰國目前的電力結構、電價與用電量相關參考資料(文本 5-3)。 教師提問：看完以上資料，各組是否重新思考配置方式？為什麼？ 	10 10	<ol style="list-style-type: none"> 學生閱讀文本 5-3 後有可能造成學生的認知衝突 引導學生重新思考原來的配置方式
總結	台灣能源的運用現況與未來的電力結構，關係著我們的電價與生活環境，最後的決定與結果如何，都是我們自己的選擇與共同承擔。	10	<ol style="list-style-type: none"> 指導學生完成習作並做單元學習重點整理

五、參考資料

- 國民小學自然科學領域六年級下學期各版本課本與教師手冊
- 中央社新聞 <http://www.cna.com.tw/news/afe/201803180072-1.aspx>
- 台灣電力公司網站 <https://www.taipower.com.tw/tc/index.aspx>
- 索比光伏網 <https://kknews.cc/zh-tw/world/k3xrjov.html>
- 12 年國教網站：<https://www.naer.edu.tw/files/11-1000-1580.php?Lang=zh-tw>
- 12 年國教總綱與自然科學領綱草案
- 12 年國教新課綱議題融入說明手冊

六、議課紀錄與教學省思

議課記錄：

因為參與觀課者深知議課的對象不是上課的人，而是課堂上的教學行為、教學事件和現象。不能把課堂上的事件和現象看成授課教師的缺點和不足，而是當成參與者需要共同面對的困惑和問題。而且觀課議課是一種對話。就彼此對話而言，它需要參與者有溝通與合作的意願，需要對話雙方各自向對方敞開心房、彼此接納；需要彼此間的積極互動與交流。(許以平，2016)

議課部份以 107 年 4 月 24 日於自強國小六年級公開課後的討論為主，參與觀課與議課人員包含兩位校長與 10 位校內外教師。當天上午公開課結束後，教學者簡要提出自己對這堂課的說明及省察。接著每位觀察者陸續發言，客觀描述學生的發言，闡述自己觀察後「學到什麼」，並根據課堂事實，用具體語言描述，依據蒐集到的課堂訊息，從學生學習的角度(即圍繞學習活動和學習狀態)提出更有意義的議題和問題，探討更有效教學的多種可能性。

教學者省思：

本教學活動的對象從一年前的四年級到這次的六年級，共同備課的夥伴也從自強國小的教師以及自然領域輔導團員，到近半年來的各領域輔導團專任輔導員，加上自然團召集人許以平校長，專輔工作坊姚素蓮校長的帶領，讓我在理論與實務當中，不斷的向學生學習，向教材學習，向同儕夥伴學習。過程中正值九年一貫即將轉型到十二年國教新課綱，加上能源教育與國人關心的發電與環保議題密切相關，因此教學者深知素養導向與跨領域教學的重要性。

一開始在四年級的公開課，由於四年級學生對於能源議題或是社會時事，比較無法有具體的想法，小組或全班討論時也比較無法進行批判與相互釐清。經過半年多再次針對六年級進行公開課，發現六年級學生在小組討論中比較能提出自己的想法，同時全班討論時也能針對自己或他組的觀點進行討論與相互釐清。

無論是四年級或六年級，共同備課讓我能更入思考教學重點與多層次提問的重要性，共同備課可以多元的思考補充文本的來源的正確性，經過試教後再修正符合其適切性。另外，教學流程是否順利以及教學是否有效，取決於是否能與學生生活經驗結合，再者適時製造學生的認知衝突，更能激發學生思考與討論。當然補充文本是奠基於教科書，因此科學的閱讀與理解，能深植學生的基礎知識，當教學者提出鷹架式的提問時，學生的討論自然能回扣文本並提取訊息，最後在發表時為自己的論點加以佐證。

最後，教學者最大的省思是，教師能多以傾聽方式代替講述，多讓學生發表想法促進思考，知道學生真正的想法，不僅讓學生聽到多元的論點，更讓彼此透過討論互相釐清。這些過程讓教學者深切感受，我不再只是教學者，我也跟學生一樣，也是共同的學習者。

文本 4-1 能源知多少

一、再生能源

(一)太陽能：

太陽每天往宇宙中傳送的能量相當於一億億噸煤炭在完全燃燒的情況下所產生的熱量總和，然而我們地球上只接收到其中的二十三億分之一，這二十三億分之一的輻射能經過大氣傳到地球過程時，其中一半以上的能量又被大氣散射掉了，只剩下大約 47% 的能量得以傳到地面。儘管無此，太陽無時無刻不斷的放出光和熱，所放出的輻射熱能，能被地球接收，直接或間接地作為地球上大部分的能量來源。

(康軒出版社六下自然課本 P.71)□

(二)風能：

風能是因空氣流動而產生的一種可利用

的能量，空氣流動具有的動能稱風能。空氣流速越高，它的動能越大，用風車可以把風能轉化為有用的電力。

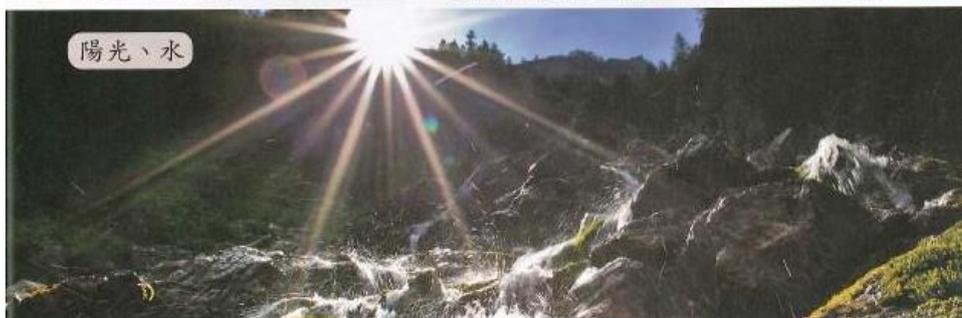
(三)水能：

活動 3 珍惜自然資源

3-1 可再生資源與不可再生資源

陽光、水、風力、動物、植物和礦產等都是我們所仰賴的自然資源。但是，並非所有的自然資源都是生生不息的，有些資源蘊藏量有限，終有用完的一天。

想一想，哪些自然資源可以永續利用？哪些會逐漸耗竭？



合理使用的情形下，可以自然成長或不斷循環利用的資源，例如陽光、水、風力、動物、植物等，稱為**可再生資源**。而石油、煤、天然氣等，形成速度極為緩慢，因此一旦耗盡，短時間內無法再生，稱為**不可再生資源**。

地表上的水，經過蒸發(evaporation)、蒸散作用，成為水蒸氣進入大氣中，大氣中的水蒸氣經冷卻，成為雨、雪又回到地表，完成一個循環，稱為水循環，如此源源不斷、重複循環水能資源包括河流水能、潮汐水能、波浪能、海流能等能量資源，水能是一種自然界水循環的資源。

(四)生質能：

生質能泛指由生物產生之有機物質包括沼氣、稻殼等農業、工業、都市廢棄物以及能源作物，經過焚化、氣化、裂解、發酵等技術轉換成燃油、燃氣與電力等可用能源。由於兼具能源與環保雙重貢獻，是國際公認最廣泛使用的再生能源，約占世界所有再生能源應用的三分之二。估計台灣地區之應用潛力可達 3.3 百萬公秉油當量，占再生能源總潛力的 40%。

(五)地熱能：

指源自地表以下蘊含於土壤、岩石、蒸氣或溫泉之能源。地殼內之地熱能主要儲存於岩石本身，而少部分則儲存在岩石孔隙或裂隙之水中，其來源主要為地球內部放射性元素衰變後所釋放出的能量，以及儲存於地核熔岩之大量熱能。

二、非再生能源

(一)煤

煤被用作能源資源，主要是燃燒用於生產電力或熱，煤的形成過程，是生長在沼澤或河流三角洲之植物殘骸，先經過細菌腐化分解後轉變成泥煤，再經長期沉積並加上地球的造山運動，使得泥煤層更深埋於地底，接著經地熱和生化反應作用，轉變成各種等級的煤

(二)石油

石油的形成源自於動、植物的殘骸，但方式與煤不同。動、植物殘骸轉化成石油需深埋於地底一公里以下，且經一百萬年以上，方可獲得足夠的壓力和溫度形成石油。但形成石油的深度很少超過四公里深，因為在那樣的深度，高溫將使石油分解成甲烷和石油焦。石油的形成分成二階段，第一階段有機物與沉積物堆積形成沉積層，由於不斷的堆積，導致溫度和壓力上升，最後沉積層變成沉積岩，稱為源岩；第二階段有機物在源岩中轉變成碳氫化合物，即為石油，石油、煤之中含大量的雜質，如硫、矽等，燃燒後產生氮氧化物、硫氧化物等有害物質，導致酸雨，造成環境汙染。

(三)天然氣

天然氣是一種伴隨石油、煤產生的氣體。當石油自地下開採取出時，因為壓力驟變，會使石油分解出天然氣，所以一般石油田地層上方會形成一層天然氣層。煤礦

層在植物腐爛過程中也會產生可燃性氣體，此氣體就是天然氣，是一種優良的燃料，燃燒較為完全，可有效減低一氧化碳產量。

(四)核能

核能的產生源自於核分裂和核融合。核分裂是原子量較重的原子核，經過中子衝擊後，會分裂為原子量較輕的原子核，並釋出大量能量的反應，是目前世界各國核能發電所運用的方式。核融合是當兩個輕元素融合產生新元素時，會釋放出大量能量之反應。太陽能即源自核融合反應，其他如熱核彈或氫彈，也是利用此原理製成。

活動 3 愛護環境

3-1 資源的應用——以發電為例

可以為人類提供能量的自然資源，稱為能源。日常生活中許許多多的器具或設施都會使用到電力。下列發電方式分別利用哪些能源來發電？

1 水力發電



水從高處落下的能量，推動發電機發電。

2 風力發電



利用風力帶動風車葉片旋轉，推動發電機發電。

3 火力發電



以煤、石油、天然氣等為燃料，將水加熱產生蒸氣來推動發電機發電。

4 核能發電



以鈾為原料產生熱，將水加熱成蒸氣，推動發電機發電。

5 海洋能發電



利用海洋中的海流或波浪運動的能量發電。

6 太陽能發電



利用「太陽能板」吸收太陽的能量發電。

7 地熱發電



宜蘭縣清水地熱區屬變質岩區，當地的地下溫度較高，地下水受熱變成高溫蒸氣，利用高溫蒸氣推動發電機發電。

8 生質能發電



生質能是將生質能源作物如向日葵、玉米、豆類等農作物經過曬乾處理後，可以直接燃燒或經過適當化學程序提煉，轉化成燃料或產生電力。

討論

1. 使用不同的能源來發電，各有什麼優缺點？請舉例說明。
2. 哪些發電方式比較適合在臺灣推廣利用？請舉例說明。

(南一出版社六下自然 P.64)

文本 5-1 深澳電廠用乾淨煤，徐國勇：用科學講話

深澳電廠通過環評，行政院發言人徐國勇今天表示，德國綠能占比 3 成，卻保留燃煤電廠，大家應該好好思考，「用科學講話」，乾淨的煤配合科學技術，排放污染物跟燃氣機組幾乎一樣。

深澳燃煤電廠環評通過，行政院長賴清德日前在立法院表示，深澳電廠用的是乾淨的煤設備是超超臨界的機組，發電排放出來的污染量，跟天然氣差不多。「乾淨的煤」說法引發各界討論。

行政院政務委員兼發言人徐國勇今天出席 2018 台北電器空調 3C 影音大展，會後接受媒體訪問時表示，「乾淨的煤」(Clean coal) 是學術上的用語，很多人酸言酸語「應該好好 google 一下」。

徐國勇指出，現在的科學技術包括使用超超臨界機組，並使用高等級的煤炭，排放出來的污染物的確跟燃氣機組幾乎一樣，包括煙煤、亞煙煤等。他以德國為

例，綠能發電占 3 成，如此重視環保的國家，為何現在仍然沒有放棄燃煤機組，希望請大家思考，「用科學講話」。

至於新北市表明不發生煤許可，徐國勇表示會隨時溝通，而深澳電廠附近的民眾也同意使用燃煤，燃煤電廠既可以供給電力，污染物排放問題也有解決之道。

行政院表示，關於燃煤電廠空污改善，目前可以採取源頭減量、製程改善及末端處理 3 種方式。源頭減量就是使用比較乾淨，低硫、低灰、低汞且高熱值的煙煤及亞煙煤；超超臨界機組則有助於降低每度電的用煤量；而末端處理，像大林及林口電廠採用袋式集塵器，深澳電廠則共加裝兩道集塵設備。

台電表示，環保署規範天然氣機組環保標準排放上限為氮氧化物 40ppm、粒狀物 10mg/Nm³、硫氧化物為 8ppm，燃煤電廠為 70ppm、20mg/Nm³、60ppm。

現有林口燃煤電廠排放現況分別為 16 至 23ppm、2 至 10mg/Nm³、5-10ppm；深澳電廠未來使用燃煤排放量預計為 15ppm、8mg/Nm³、15ppm，已經接近天然氣機組排放量。

以林口新舊機組相比，舊機組為亞臨界，發電效率 38%，新機組為超超臨界，發電效率逼近 45%，若同樣發一度電，舊機組需使用 434 公克的煤，新機組只要 366 公克；若以林口兩部新機組年發電目標約 100 億度估算，使用燃煤量一年就差了 68 萬噸。（中央社記者黃雅娟報導，蘇志宗 1070318 編輯）

文本 5-2 臺灣主要的發電方式

(一)火力發電：

火力發電為目前電力系統提供電力的主要方式，可以說是主要的供電來源，火力發電的原理很簡單，利用燃燒煤所產生的熱能，將低溫的液態水轉換成高溫的水蒸汽，利用水蒸汽推動渦輪機旋轉，然後使發電機產生電力能源，而這就是火力發電原理。火力發電最容易造成環境污染，燃燒煤碳、柴油和天然氣一定會產生二氧化碳及廢氣，除了會造成酸雨形成之外，大量排放二氧化碳和廢氣也是造成地球暖化和溫室效應的元兇，加熱後的水排到大海之中，對海洋生態環境會造成嚴重影響。另外，煤、石油、天然氣的價格隨著國際的情勢調整，燃料成本較不穩定，雖然火力發電會造成以上環境問題，但燃燒仍是最廣泛、有效且最直接的能源獲取方式。

(二)核能發電：

核能發電效率非常高，少量的鈾金屬就能產生大量的能源；核電站的基本建設成本約火電站的一倍半到兩倍，不過它的核燃料費用卻比煤便宜得多，相較於化石燃料的價格比較不會受國際經濟情勢所影響，維修費用也比火電站少。但在核廢料中含有相當高的輻射線，後續處理的問題非常傷腦筋，而且能源轉換時所造成大量的熱排放到大海中，對海洋生態也會造成影響。

根據一篇由 NASA 氣候科學家 Pushker A. Kharecha 與 James E. Hansen 共同撰寫的論文：〈從歷史與規劃中的核能發電，探討其所避免的死亡人數與溫室氣體排放量〉指出：在 2011 年 3 月日本福島第一核電廠事故發生後，未來核能發電在全球能源供應的貢獻，已經變得有些不確定。由於核能發電是一個豐富、低碳的基本負載電力的來源，它對減緩全球氣候變遷與空氣污染，有著相當大的貢獻。根據歷史數據，研究者計算出，在 1971 年至 2009 年間，全球核能發電大約造成 5 千人因輻射導致的癌症與工安事故而死亡，但也防止大約 184 萬人免於因空氣污染而死亡，同時減少來自於燃燒化石燃料所產生的 640 億噸二氧化碳當量的溫室氣體排放。

(三)抽蓄水力

抽蓄水力發電是利用離峰電力(例如夜晚)將低水位的水抽到高水位(如右圖)，有需要時再將水放出做水力發電。當電力生產過剩時，剩電便會把水輸送至地勢較高的蓄水庫，等待電力需求增加時，再把水閘放開，水便從高處的蓄水庫依地勢流往原來電抽水的位置，借水位能推動水道間的渦輪機重新發電，達至蓄能之效。

(四)再生能源：以臺灣目前最常見的三種來介紹

1.太陽能發電

主要利用集熱裝置吸收太陽的輻射能，轉換成電能。未來數十億年太陽也不會發生明顯的變化，所以太陽可以作為人類永久性的能源，取之不盡、用之不竭，且使用太陽能時不會帶來污染，不會排放出任何對環境不良影響的物質。但是在製造太陽能板時，所使用的電力以及排放的二氧化碳與污染，仍然會影響環境，台灣太陽能廠每個月產生 3 至 4 千噸的廢砂漿，廢砂漿中的有毒物質如果流入土壤或水源，就可能對人體造成傷害。

另外，太陽能的利用裝置必須具有相當大的面積，才能收集到足夠的能量，但是面積大，造價就會高，且太陽能受氣候、晝夜的影響很大，因此必須有電池貯電裝置，這不僅增加了技術上的困難，也使成本與價格增加。

2.水力發電

這裡的水力發電並非抽蓄水力，水力發電其原理是利用水位的落差在重力作用下流動，例如從河流或水庫等高位水源引水流至較低位處，流的水流推動輪機使之旋轉，帶動發電機發電。一百多年來大家都認為水力發電很乾淨、低污染，但美國華盛頓州立大學把全球 267 個面積達到 7.77 萬平方公里的水壩拿來追蹤，結果發現這些水庫每年二氧化碳和甲烷排放量比加拿大全國還要多，這是因為人工水壩除了破壞原來的自然環境外，所淹沒的範圍原本有植物、昆蟲等大量有機生命，這些含豐富碳的生命被淹沒後會快速消耗水中氧氣，讓微生物大幅增加，在呼吸作用下排放二氧化碳與甲烷等溫室氣體。

3.風力發電

風力機藉由空氣的氣動力作用轉動葉片，將風的動能轉換成電能。「風」取之不盡、用之不竭，不需要燃料，有風即可發電，所以沒有燃料問題，也沒有空氣汙染、輻射或二氧化碳排放的問題，但是沒有風就不能發電，風量小的時候，那麼發電量會不足，風力不穩定以及風力、風向的改變都會造成能量無法集中，因此風力發電有地域性，需要沒有物體阻擋的地方，也就是風很強的地方才有辦法建造風力發電廠。最後，建造風力發電廠常常對生態或景觀造成破壞，而且風力發電設備運轉時也常常伴隨著極大的噪音。

學習單 5-2 發電方式與電力結構

第__組，小組成員座號：_____

(一)各種發電方式比較：

	火力發電	再生能源	抽蓄水力	核能發電
優點				
缺點				

(二)如果你們能夠重新配置並決定台灣的發電比例，你們的小組決定是：

	火力發電(%)	再生能源(%)	抽蓄水力(%)	核能發電(%)
發電方式百分比				

(三)以上發電比例的配置原因是：

--

(四)如果發電比例可以分 12 年逐步達成理想配比，你們小組會如何實施？

發電方式年度	火力發電(%)	再生能源(%)	抽蓄水力(%)	核能發電(%)
108 年發電配置				

110年發電配置				
115年發電配置				
120年發電配置				

(五)以上發電比例的配置原因是：

--

文本 5-3 電力結構、電價與相關參考資料

台灣 105 年台電系統發購電量為 2,258 億度，其中火力發電量比例為 79.9%，再生能源為 5.1%，抽蓄水力 1.5%，核能為 13.5%。(下圖：南一出版社六下自然 P.64)



另外，依據國際能源總署(IEA)2017 年之最新統計資料與各國電價資料，105 年我國住宅電價為全球第 2 低，工業電價為全球第 7 低。(資料來源：台灣電力公司)



德國擔再生能源發電領頭羊，供電比例最高 85%

德國目標於 2050 年達到全面再生能源供電。2017 年 4 月 30 日為一個新的里程碑，德國在 13 小時內所使用的電力，有 85% 來自再生能源。由於當天天氣晴朗，太陽和風力的大方貢獻，再生能源發電占了 64% 的總用電，其餘還有生質能和水力發電輔助。

由於德國計畫在五年內將全部的核電廠除役，歐盟國的石化燃料發電也已漸漸被淘汰，像是西班牙於三年前已達到風力發電為主要供電來源的指標；葡萄牙則在

2016年挑戰連續三天內完全不使用燃煤發電和天然氣發電。
(原文網址：<https://kknews.cc/zh-tw/world/k3xrjov.html>)