
「節能減碳『藻』知道」教學模組

姚宗威* 葉宛秦

彰化縣私立精誠高級中學

壹、前言

人類(直立人)約在 40 萬年前開始會使用「火」之後，便開始學會運用各種形式的能源，來滿足不同的生活目的。其中「火」是能源的主要表現形式之一，主要是利用化石燃料及生質能。而其取得能量的燃燒過程中，無可避免地會排放 CO₂。近代快速的文明與科技發展不但導致化石燃料的大量使用，甚至引發了石油危機以及因石油而起的戰爭。而人類所排放的 CO₂，已經對地球整體環境造成影響，危及整體生態環境的平衡以及人類的永續生存。

表 1 為國際能源署(International Energy Agency, 2017)所公布各國 2015 年的能源消耗統計資料，透過比較國人所熟悉的美國、日本與中國，可以發現台灣所需的能源雖然約有 9 成依賴進口，但人均耗電及人均碳排放量，不僅超過中國與日本，且約為世界平均值的 3.5 及 2.4 倍。

由以上觀點及數據，可以發現台灣若要成為負責任的地球公民，理應責無旁貸地致力於節能減碳，以及開發綠色能源。唯能源議題所涉面向錯綜複雜，檢視高中

生物教學內容，選修生物的「光合作用」單元，與綠色能源具有較高相關性。而「藻類」是地球上最早開始進行光合作用的生物，現今所使用的化石燃料，相當比例是直接或間接轉變自藻類光合作用所累積的生物化學能。因此，本教學模組藉由探討「『化碳魔為綠能』，觀察添加 CO₂對小球藻光合作用的影響」的探究活動，導入「減碳」及「生質能源」的議題討論，將傳統高中光合作用的教學單元，延伸至節能減碳及綠色能源的探討。

因此，作者根據《102 年高中選修生物課程綱要》(教育部, 2013)的相關內容，融入藻類綠能與生質能源的教學內容。開發以學生探究活動及議題討論為主，教師相關知識講授為輔的教學模組，並於作者任職學校進行試教。

本模組亦符應教育部(2017)《十二年國民基本教育課程綱要》國民中小學暨普通型高級中等學校－自然科學領域的基本理念，強調「各學習階段應重視並貫徹『探究與實作』的精神方法，提供學生統整的學習經驗。激發學生對科學的好奇心，從既有經驗出發進行主動探索、實驗操作與

*為本文通訊作者 yaocchs@gmail.com

多元學習。」同時也對應多項課程目標，包括「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」等。適合與下列學習內容融合：國中教育階段「Bc-IV-4 日光、二氧化碳和水分等因素會影響光合作用的進行，這些因素的影響可經由探究實驗來

證實。」以及普通型高中加深加廣選修課程「BDb-Va-10 光合作用包括光反應與固碳反應。」

本模組共分 2 個單元，「探究活動：『化碳魔為綠能』，觀察添加 CO₂ 對小球藻光合作用的影響」與「議題討論：生質能源」合併進行，需時 2 節課，且間隔最少 1 日。課程架構如圖一所示。

表 1：2015 年全世界及部分國家能源消耗比較表

| 區域 | 人口 (億) | 能源生產 (百萬噸石油當量) | 淨輸入 (百萬噸石油當量) | 電力消耗 (億度) | CO ₂ 排放 (百萬噸) | 電力消耗/人 (度/人) | CO ₂ 排放 (噸/人) |
|-----|--------|----------------|---------------|-----------|--------------------------|--------------|--------------------------|
| 全世界 | 73.34 | 13,790 | | 22,386 | 32,294 | 3,052 | 4.40 |
| 美國 | 3.217 | 2,019 | 258 | 4,129 | 4,998 | 12,833 | 15.53 |
| 日本 | 1.270 | 30 | 409 | 999 | 1,142 | 7,865 | 8.99 |
| 中國 | 13.79 | 2,496 | 518 | 5,593 | 9,085 | 4,057 | 6.59 |
| 台灣 | 0.234 | 12 | 102 | 250 | 249 | 10,669 | 10.65 |

節錄整理自 Key World Energy Statistics (International Energy Agency, 2017)



圖一、「節能減碳『藻』知道」教學模組課程架構(以 102 年普通高級中學選修科目「生物」課程綱要，高三階段為例)

貳、教案設計(以 102 年普通高級中學選修科目「生物」課程綱要，高三階段為例)

對應課程綱要：

《102 年普通高級中學選修科目「生物」課程綱要》

● 主題貳：「維持生命現象的能量」

主要內容：「一、光合作用」

內容細目：「光反應」、「碳反應(Carbon Reactions)」

若有需要，讀者亦可結合《十二年國民基本教育課程綱要》國民中小學暨普通型高級中等學校－自然科學領域，以下二項學習內容進行改寫。

● 二、國民中學教育階段學習重點（二）學習內容 1.國民中學教育階段學習內容

主題：能量的形式、轉換及流動(B)

次主題：生物體內的能量與代謝(Bc)

第四學習階段學習內容：Bc-IV-4 日光、二氧化碳和水分等因素會影響光合作用的進行，這些因素的影響可經由探究實驗來證實。

● 四、普通型高中加深加廣選修課程學習重點（二）學習內容 1.生物

主題：生物體的構造與功能(D)

次主題：動植物體的構造與功能(Db)

第五學習階段學習內容(加深加廣選修)：BDb-Va-10 光合作用包括光反應與固碳反應。

| | | | |
|------|--|------|--------------|
| 課程名稱 | 探討活動「化碳魔為綠能」及議題討論「生質能源」 | 設計者 | 姚宗威、葉宛素 |
| 實施對象 | 高三自然組，約 30 人 | 課程領域 | 普通高中「選修生物」 |
| 教學節數 | 2 節(50 分鐘+50 分鐘，間隔 1 日以上) | 教材設計 | 探討活動所需各項實驗器材 |
| 課程理念 | 藉由提供額外 CO ₂ 給藻類，提高藻類代謝、繁殖速率的探討活動，體驗光合自營生物可以將光能轉化為生物化學能，並同時減少溫室效應氣體中 CO ₂ 的排放。協助延伸學生進行「生質能源」與「節能減碳」的議題討論活動。 | | |
| 教學目標 | 認知 1.了解可以利用光合作用減少溫室氣體 2.了解 CO ₂ 是目前光合作用的反應瓶頸 技能 1.透過探究活動過程獲得科學知識 2.通過問題分析與討論，培養批判思考能力 3.對於科學相關的社會議題，做出科學性地理解與判斷 | | |

| | <p>4.能針對查詢到的資料發表看法 情意</p> <p>1.體會到透過環境行動，人類可以減緩全球暖化趨勢</p> <p>2.能體會到人與自然之間的互動關係須達到平衡</p> <p>3.養成愛護生物的態度</p> | | | |
|--|--|---------------------------------------|---|---|
| 教學流程 | 教學目標 | 時間 (分) | 教學資源 | 教學評量 |
| <p>第一節 (第一天)</p> <p>一、準備活動：</p> <p>(一) 教具準備：實驗器材準備(量筒、濃縮藻液、打氣幫浦、CO₂鋼瓶、LED 燈等)</p> <p>二、發展活動 1：探討活動「化碳魔為綠能」</p> <p>(一) 教師說明實驗步驟</p> <p>(二) 學生按照實驗說明裝配第一天的實驗裝置，將藻液平均分配於量筒中，並裝設實驗組及對照組的打氣、發泡設備。</p> <p>三、發展活動 2：議題討論「生質能源」</p> <p>(一) 將學生進行異質性分組</p> <p>(二) 發送討論議題學習單並講解</p> <p>(三) 同學收集相關資料，以便翌日進行討論，並撰寫書面報告。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● 了解可以利用光合作用減少溫室氣體 ● 透過探究活動過程獲得科學知識 ● 體會到透過環境行動，人類可以減緩全球暖化趨勢 ● 通過問題分析與討論，培養批判思考能力 ● 對於科學相關的社會議題，做出科學性地理解與判斷 ● 能針對查詢到的資料發表看法 | <p>5 15</p> <p>5 5 20</p> | <p>各項實驗器材</p> <p>各項實驗器材</p> <p>討論議題書面、自評互評表</p> | <p>學生進行實驗的專注度與正確性</p> <p>自評互評表 議題討論的參與度</p> |

| 教學流程 | 教學目標 | 時間 (分) | 教學資源 | 教學評量 |
|---|---|-----------|------|---------------|
| <p>四、統整活動</p> <p>教師統整實驗數據統計及同學議題討論發表，說明目前國內外有多家研究機構或企業，進行利用藻類光合作用達到減碳目標的努力。也鼓勵同學可以從多元的角度思考，如何從個人或開發新技術的各種方式，以達到運用綠色能源，節能減碳的目標。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● 能針對查詢到的資料發表看法 ● 能體會到人類與自然之間的互動關係須達到平衡 ● 養成愛護生物的態度 ● 體會到透過環境行動，人類可以減緩全球暖化趨勢 ● 能體會到人類與自然之間的互動關係須達到平衡 | 5 | | 回答老師問題，並且分享觀點 |
| 延伸 閱讀 | <p>沈宜蓉(2010)。微藻減碳－打造綠色世代新紀元。源，81，4-13。</p> <p>李鴻洲(2016)。封面故事：電力少林寺－科技新巨塔。台電月刊，532。</p> <p>王鈞瑩、陳衍昌。藻類生質柴油做為飛機燃料。(2018.5 取自 http://ind.ntou.edu.tw/~b0232/airplanefuel.pdf)</p> <p>陳衍昌。生產生質酒精目前及未來的研究簡介。(2018.5 取自 http://ind.ntou.edu.tw/~b0232/bioethanol.pdf)</p> <p>蕭斯欣。以大型海藻做為生質燃料之探討。(2018.5 取自 http://ind.ntou.edu.tw/~b0232/biomass.pdf)</p> <p>陳衍昌。藻類生質能源之過去、目前及將來。(2018.5 取自 http://ind.ntou.edu.tw/~b0232/bioenergy.pdf)</p> | | | |

探討活動

「化碳魔為綠能」，觀察添加 CO₂ 對小球藻光合作用的影響

目的：觀察額外增加的 CO₂ 對小球藻光合作用效率的影響

器材：全班共用：分光光度計、光度計用比色管、小球藻(*Chlorella vulgaris*)濃縮藻液、液態植物肥料、蒸餾水

每組使用：

| | | | |
|--|-----|-----------------------|-----|
| CO ₂ 鋼瓶(3 公斤)，含氣泡計量器、起泡器、供氣軟管 | 1 組 | 10W 白光 LED 燈泡，含燈座、電源線 | 2 組 |
| 打氣幫浦，含氣泡石、供氣軟管 | 2 組 | 500ml 量筒 | 2 支 |
| 1000ml 燒杯 | 1 個 | 滴管 | 2 支 |

步驟：

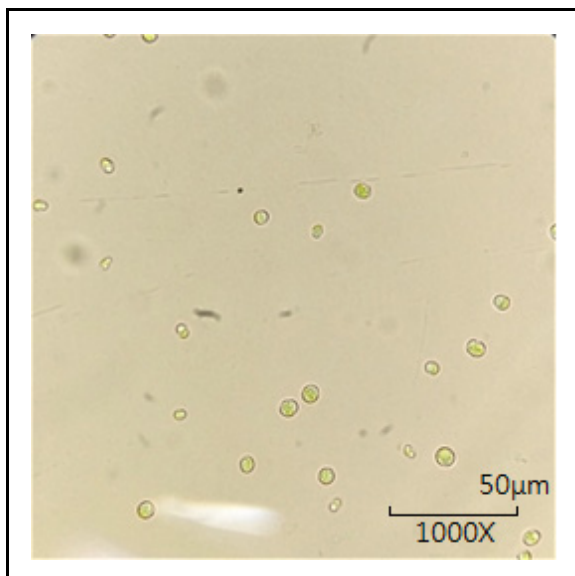
第一天

1. 各組用 1000ml 燒杯盛裝小球藻濃縮藻液 100ml，用蒸餾水稀釋至 800~900ml，再平均分裝在 2 支 500ml 量筒中。2 支量筒分別滴入 1 滴液態植物肥料。
2. 如圖四裝置 2 支 500ml 量筒，分別放入連接打氣幫浦之氣泡石，提供小球藻空氣，並同時達到水流擾動之效果。
3. 作為實驗組之量筒，再放入連接 CO₂ 鋼瓶之起泡器，打開 CO₂ 鋼瓶開關，用氣泡計量器控制 CO₂ 釋放量約每秒 1 個氣泡。
4. 在 2 組裝置旁分別放置 10W 白光 LED 燈泡 1 枚，作為小球藻光合作用所需光源。
5. 靜置 1 日。

第二天

1. 將實驗組量筒中之藻液倒入 1000ml 燒杯，再重新倒回 500ml 量筒，反覆 2 次以上，以達充分攪拌之效果。
2. 用滴管吸取藻液至比色管中，用分光光度計測量吸光值(註)，反覆本步驟 3 次，並在學習單中表格記錄數據。
3. 對照組重複步驟 1~2，紀錄數據。
4. 比較實驗組與對照組之數據，並討論造成數據差異之成因。

註：本實驗分光光度計採用小球藻吸光度良好，波長為 590nm 的光波進行測量。



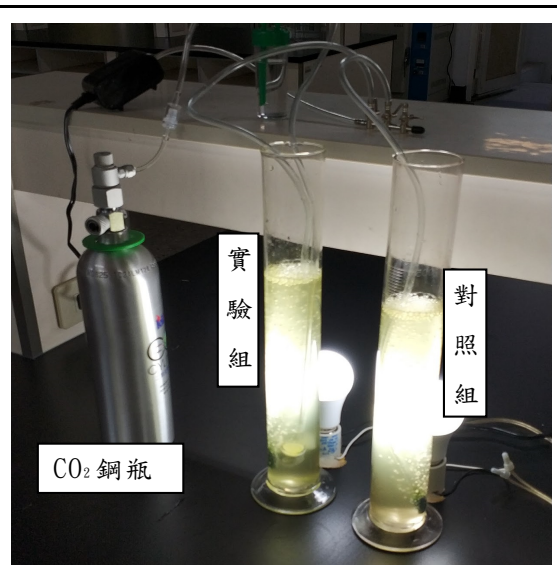
圖一、手機拍攝小球藻顯微鏡照片



圖二、CO₂ 鋼瓶(3 公斤)，含氣泡計量器、起泡器、供氣軟管



圖三、分光光度計及光度計用比色管



圖四、實驗裝置

探討活動學習單

「化碳魔為綠能」，觀察添加 CO₂ 對小球藻光合作用的影響

本組的測量吸光值：

| | 實驗組 | 對照組 |
|---------|-----|-----|
| 第 1 次測量 | | |
| 第 2 次測量 | | |
| 第 3 次測量 | | |
| 平 均 | | |

問題與討論：

1. 添加液態植物肥料之目的為何？

參考答案：提供小球藻繁殖所需之無機鹽

2. 用量筒培養藻液，而不是使用燒杯或燒瓶的用意為何？

參考答案：用量筒可以增加 CO₂ 在藻液停留的時間，增加 CO₂ 在藻液中的溶解量。

3. 實驗組與對照組數據，重複測量 3 次後取平均之目的為何？

參考答案：因為測量數據時，會因各種因素產生誤差。例如藻液中微小的雜質、光度計的量測誤差等。所以反覆取多次數據後取平均值，可以減少誤差對觀測數值的影響。

4. 光度計所測得吸光值所代表的意義為何？

參考答案：吸光值愈高，代表小球藻密度愈高。

5. 造成實驗組與對照組數據差異的可能原因為何？

參考答案：因為實驗組額外添加的 CO₂，可以提供小球藻更多進行光合作用的原料，相較對照組，光合作用效率提高，因而繁殖速率增加，族群密度增加，吸光值增加。

6. 為何每秒 1 個 CO₂ 氣泡，就可以在 1 天內測得對光合作用的促進效果？

參考答案：光合作用的四大條件為：光能、葉綠體、水、CO₂，其中 CO₂ 是目前地球環境下光合作用的反應瓶頸，所以少量增加 CO₂ 即可明顯提升光合作用效率。

其他感想：

附註：

1. 本實驗所使用小球藻，可以在簡單環境裡通過光合作用迅速繁殖，是目前常被製作為健康食品的藻類之一，藻液可洽彰化師大生物學系王瑋龍教授研究室索取。
2. 只要供應足夠的 CO₂、水、光和少量礦物質，小球藻即可迅速繁殖，以本次教學模組設計的實作經驗，簡單適當的實驗裝置，一天左右的培養就可達到實驗所預期，可明顯觀測的數據差異。
3. 利用 CO₂ 計量器控制供氣量，500ml 藻液約每秒 1 個氣泡即可。為促進 CO₂ 在溶液中的溶解量，建議使用 500ml 量筒進行藻液培養。若使用燒杯或燒瓶，氣泡在水中停留時間太短，溶解度較差，實驗數據不容易呈現預期效果。光源利用 10W 白光 LED 燈泡提供即可，白光 LED 燈泡可以提供光合作用效率較高之藍光。若是用暖白光燈泡，光通量較低，會降低光合作用效率。
4. 本實驗所需的 CO₂ 鋼瓶(3 公斤)、氣泡計量器、起泡器、氣泡石、打氣幫浦、供氣軟管，皆可在水族館購得。10W 白光 LED 燈泡可在各大五金行或超市購得。每組實驗器材成本(不含量筒、光度計)不超過 3000 元。除 CO₂ 用畢需重新補充外，無其他耗材。
5. 利用光度計測量吸光值檢測藻類密度之原理為：藻類繁殖速率愈高，密度愈大，不透明度愈高，吸光值愈大。但因藻類會沉澱，所以在測量吸光值前，藻液務必充分攪拌均勻，盡可能減少測量失準的可能性。
6. 本實驗採用光度計測量吸光值檢測藻類密度，這只是其中一種測量單細胞藻類密度的方法。血球計數器(hemocytometer)也十分適合用來直接計數小球藻數量。讀者可以根據任職學校現有的設備，選擇估算小球藻數量的方式與儀器。

「生質能源」討論議題

1. 本世紀初，因石油價格居高不下，盛行使用生質能源做為交通工具燃料替代品。有報告指出，種植生質能源植物，如玉米、甘蔗、甜菜製造的生物乙醇，或由大豆、油菜籽、芥菜籽、椰子油製造生質柴油，會排擠糧食作物的生產，造成糧價飆漲。其產製過程，甚至可能加劇 CO₂ 的排放量。所以請就「生質能源」與「節能減碳」之間的關係，討論後提出建議或看法。
2. 許多產業或機械會排放 CO₂，如火力發電、煉鋼、製造水泥、交通工具等，而 CO₂ 是目前造成全球氣候變遷的重要原因。如何將無法避免，又會造成問題的 CO₂，轉變為可以運用的資源，請討論後提出建議或看法。
3. 本實驗採用添加 CO₂ 觀察其提升藻類光合作用的效果，目前台電已進行利用火力發電廠煙氣培育微藻的實驗。並期望自藻類萃取出藻多醣、藻藍蛋白、葉綠素等成分，用來製成健康食品、生技保養品或生物特殊營養飼料，剩餘的藻渣再做成生物燃料。除減少溫室氣體的排放，也開發出多元化的應用價值。請就本實驗的結果，就利用藻類減少 CO₂ 排放作法的優缺點，進行討論。

議題討論自評互評表

我是 _____ 班第 _____ 組 _____ 同學，座號 _____

我們這一組同學的表現

| 座號 | 姓名 | 擔任工作 | 評分 (80~100) | 其他描述 |
|----|----|------|----------------|------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

我認為各組的表現

| 組別 | 能清楚提出論點 (20~25) | 能具體引用支持論點的資料 來源(20~25) | 能針對議題與其他各組 討論(20~25) | 時間掌握 (20~25) | 合計 (80~100) | 其他描述 |
|----|--------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |

參、學生學習分析

「探討活動：化碳魔為綠能」及「議題討論：生質能源」，進行以學生為主體的探究活動及議題討論。評量方式為探究活動的學習單、議題討論的自評互評表、議題討論書面報告等。

根據本教學模組試教時教師觀察，以及所收集的「探討活動學習單」及「議題討論書面報告」2 種學生紀錄，分析後有以下各項發現：

1. 學生可以經過實驗說明及教師的指導，正確設置實驗裝置，並獲得預期數據。

說明：兩組同學分別獲得實驗組吸光

值 0.147、對照組吸光值 0.128，以及實驗組吸光值 0.127、對照組吸光值 0.112 之結果。顯示學生可以透過教師及實驗說明的指導，完成正確的實驗裝置設置，並利用光度計測得吸光值。同學在裝設實驗裝置及測量數據時，都能顯示出專注。也有一位同學提到：「第一次時做光合作用的實驗，覺得很神奇。」顯示探討活動設計不會太困難，也不至於太過簡單。

2. 學生可以結合探討活動結果與前 2 節光合作用課所學知識，深化概念。

說明：有 3 位同學同學在探討活動學

習單中的「感想」中，提到透過實驗，可以更加瞭解影響光合作用的因素，而且是 CO₂ 目前地球上光合作用的反應瓶頸。顯示學生可以將前 2 節課所學到的知識與探討活動的結果結合，深化課綱所設定的光合作用概念學習。

3. 學生主動要求進行探討活動未設計的學習活動。

說明：在實驗室進行第一天設置實驗裝置時，有同學主動要求取用顯微鏡觀察小球藻。經教師同意取用顯微鏡後，順利觀察到小球藻及其他水中小生物，同時也觀察了筆者至彰化師大攜回的柵藻。顯示學生在實驗室的學習並未受限於教師所設計的教案內容，懂得善用實驗室的器材，增加自己的學習面向與內容。

4. 學生可以體會透過藻類利用 CO₂ 進行光合作用的方式，可以創造節能減碳，創造綠色能源的可能性。

說明：在學生的 2 種學習紀錄單上，都有學生提到利用額外提供 CO₂ 促進藻類光合作用速率的方式，可能達到減緩碳排放，降低溫室氣體排放的效果。所收獲的藻類，也可製成燃料或進行多種其他應用。

5. 學生可以提出其他利用 CO₂ 的

方式，多角度思考減碳之道。

說明：在學生的議題討論書面報告上，有同學提到多元利用 CO₂ 的方式。例如製造滅火器、乾冰、尿素等。顯示學生透過議題討論過程，可以從不同的角度思考利用人類燃燒化石燃料所製造大量 CO₂ 的方式。

6. 學生透過議題討論，可以提出正反雙向的思考，形成自己的觀點。

說明：在學生的議題討論書面報告上，發現透過討論，對同一事件可能存在衝突的觀點。例如：利用藻類製造生質燃料可達減碳效果，但若製造過程需高溫高壓的步驟，則應考慮整體能源消耗是否具有實質效益。也有同學提到生質能源的產製，必須考慮是否占用過多土地資源。另有同學提到，在實驗室可以觀察出的預期結果，擴大為工業規模時，會面臨新的挑戰。顯示同學在進行議題討論時，可以運用批判思考的對談與論證方式，進行科學議題的討論，並形成自己的觀點。

7. 部分學生仍存在某些迷思概念。

說明：在學生的 2 種學習紀錄單上，都有部分學生呈現持有迷思概念的現象。例如有多位同學提到液態植物肥料是提供藻類「有機鹽」。有同學認為小球藻探討活動中，小球藻密度與「光強度」成正比。也有同學將「生質酒

精」與「核能」進行不當聯結。雖然不知道這些迷思概念形成的原因，但是學生持有這些迷思概念的現象，值得教師思考如何探究學生形成這些迷思概念的成因，以及進行概念改變的教學策略。

* 部分學生活動照片(所有同學均已同意公開照片，唯為避免過於清晰的面貌呈現，若干圖片以特效方式處理)



圖五、學生進行議題討論之一



圖六、學生進行議題討論之二

肆、試教後檢討與建議

本教學模組研發歷時約 1 個月，在開始設計前，作者就決定必須與現行課綱深度結合，也必須納入學生實作的探討活動及議題討論。一方面可以深化知識與概念的學習，另一方面透過探討活動及議題討論，建構以學生為主體的學習過程。期望除了知識以外，學生可以在學習過程中，同時精鍊科學技能，並觸發情意的感動。

本教學模組所設計的探討活動與議題討論，先備知識為光合作用四大條件的概念，學生在國中階段自然領域學習應已建立。實驗設備裝置與測量方式難度不高，議題討論與學生原有的生活經驗以及社會常探討的議題結合。因此讀者可以根據不同學習階段進行修改，例如國中階段、高中基礎生物階段。同時因為教學模組的設計理念符應「108 課綱」的基本理念、課程目標及學習內容，適合與課綱中國中階段、高中必修生物或高中加深加廣階段學習內容配合。亦可延伸擴展，作為學生自主學習的主題或素材。但是若要改寫，讀者應注意不同學習階段學生的先備知識、操作實驗器材的能力，以及任職學校中現有的設備條件等因素，以期達到預期的學習目標。

以本教學模組試教後的結果分析為例，雖然課程結束後部分學生仍持有若干迷思概念，但整體而言，可以發現在原有的高中選修生物課綱的「光合作用」教學單元中，融入「額外添加 CO_2 促進光合作用的探究活動」以及「生質能源的議題討

論」之後，整體設計難易度適中。除了可以達成原有課綱的教學目標，也透過融入的探討活動及議題討論，深化學生相關的知識及概念架構。同時引導學生進一步思考如何利用藻類固定 CO₂、其他利用 CO₂ 的方式，以及生質能源的議題討論。學生可以提出多種減碳的方案，同時也可以透過資料收集，與同儕討論後形成個人的觀點。

本教學模組所採用的器材與生物材料，容易取得且購置成本不高(<3000 元/組)，亦能達成原課綱及本教學模組所增加的課程目標。綜合以上，本教學模組應可提供其他有興趣的高中生物科教師修改後進行課程實踐。成功達成將原有「光合作用」單元，延伸至「節能減碳」及「綠色能源」的教學實踐目標。

最後，本文的完成，除了要感謝審查

委員的專業意見與建議，讓本文可以臻於完善。也要感謝彰化師大王瑋龍教授及研究生、本校生物科教師群、實驗室管理員以及水族館店員所提供的各種協助。

附註：本文修改自作者等參加教育部國民及學前教育署 107 年度高級中等學校節能減碳創意教案徵選獲得入選獎作品

參考文獻

- 教育部(2013)。修正普通高級中學課程綱要。台北：教育部。
- 教育部(2017)。十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校－自然科學領域。台北：教育部。
- International Energy Agency. (2017). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.