

氣候變遷與環境教育： 二氧化碳的溫室效應實驗探究

張詩敏^{1、2}

¹ 新北市國光國小

² 國立臺北教育大學自然科學教育學系

Email: nice1040802@gmail.com

摘要：本教學內容結合氣候變遷議題與自然科學課程，旨在提升學生對溫室氣體與全球暖化影響的理解，並認識「淨零排放」及 CCUS 技術。透過課程設計，引導學生了解氣候變遷對臺灣造成的多重影響，包括氣溫升高、農漁業減產、生態破壞、水資源分配不均與極端氣候事件頻繁等問題，強化學生環境永續意識。同時，配合「溫室氣體實驗」，比較空氣、二氧化碳與丁烷在日照下的溫度變化，結果顯示二氧化碳升溫最明顯，佐證其為主要溫室氣體，有助於學生建立科學概念與實證能力。實驗不僅提升學生對氣候變遷議題的關注，也培養其動手實作與觀察能力。整體課程銜接 108 課綱精神，結合理論與實作，促進學生對環境議題的理解與行動力，期望透過教學引導，激發學生思考自身行為對氣候的影響，進而實踐減碳行動，邁向永續發展目標。

■ 前言

我們的地球只有一個，維護環境永續是全球共同的責任。近年來，氣候變遷問題日益嚴峻，聯合國氣候峰會 COP29 (Bhatti, 2024) 警告，2023 年為有紀錄以來最熱的一年，全球平均地表溫度較工業化前上升約 1.4°C。若要將升溫控制在 1.5°C 內，必須在 2030 年前將全球碳排放量減少約 50%，然而，2023 年全球碳排放仍上升 1.1%，距離目標仍有明顯落差，科學界估計，每年碳排放至少需減少 7% 才有機會達標。

在臺灣，因應氣候變遷的挑戰，108 課綱自然科學領域第三階段 特別納入「自然界的永續發展」相關學習內容，強調學生對環境變遷的認識與行動能力，包括：

- INg-III-1 自然景觀和環境一旦被改變或破壞，極難恢復。
- INg-III-3 生物多樣性對人類的重要性，而氣候變遷將對生物生存造成影響。
- INg-III-4 人類的活動會造成氣候變遷，加劇對生態與環境的影響。
- INg-III-7 人類行為的改變可以減緩氣候變遷所造成的衝擊與影響。

康軒版(王美芬，2025)、南一版(盧秀琴，2025)與翰林版(賴信志，2025)六年級自然科

學課本，三個版本皆提到「INg-III-1 自然景觀和環境一旦被改變或破壞，極難恢復。」。翰林版和南一版皆有提到自然界、人類和氣候變遷之間的關係，並說明臺灣為因應全球氣候變遷 2023 年通過《氣候變遷因應法》，希望能降低與管理排放溫室氣體，明定於 2050 年達到「溫室氣體淨零排放」的目標。而法規中所謂溫室氣體是指二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、氧化亞氮 (N₂O)、氫氟碳化物 (HFCs)、全氟碳化物 (PFCs)、六氟化硫 (SF₆)、三氟化氮 (NF₃) 及其他經中央主管機關公告者。

氣候變遷對臺灣的影響已逐步顯現，若無法有效減少溫室氣體排放，將帶來一系列環境與社會挑戰。夏季可能延長，高溫與酷熱日數增加，影響公共健康並加劇都市熱島效應。農作物如水稻、玉米及畜牧產量將因高溫而下降，海水升溫亦將衝擊漁業生產。生態方面，森林適生海拔上升，棲地面積縮減，導致物種生存受到威脅。水資源方面，春季降雨減少，乾旱加劇，豐枯水期差距擴大，影響農業與供水安全。此外，極端氣候事件發生頻率增加，颱風與豪雨的強度更甚以往，使災害應變與水資源管理面臨更大挑戰 (許晃雄等, 2024)。即便堤防可因應海平面上升，颱風暴潮仍可能提高沿海地區的淹水風險。

面對這些變遷，透過環境教育培養下一代的氣候意識與行動力，將是因應未來挑戰的關鍵。本研究希望透過溫室氣體科學實驗，讓學生親身觀察不同氣體對環境溫度的影響，深化對氣候變遷、淨零排放與 CCUS 減碳技術的認識，並進一步思考如何在日常生活中落實減碳行動，為永續未來盡一份心力。

■ 認識淨零排放與 CCUS 的關係

根據聯合國政府間氣候變遷專門委員會 (IPCC, 2021)，「淨零排放」是指在人為排放的二氧化碳 (CO₂) 與人為移除的 CO₂ 之間達到平衡，使大氣中 CO₂ 濃度不再上升，以穩定氣候變遷。目前全球多國已承諾在 2050 至 2060 年間實現碳中和，其中臺灣於 2023 年通過《氣候變遷因應法》，規劃 2050 年達成淨零排放目標。

CCUS (Carbon Capture Utilization Storage) 被視為減少碳排放的關鍵技術，主要分為三個步驟：碳捕集 (Carbon Capture)、碳利用 (Utilization)、碳封存 (Storage)。目前 CCUS 技術已應用於火力發電廠、高碳排工業 (如水泥、鋼鐵、石化業)，甚至與生質能結合 (Bio-Energy CO₂ Capture and Storage, BECCS)，以實現負碳排放。然而，CCUS 仍面臨高成本與技術發展的挑戰，未來需要透過碳稅優惠、碳權交易與政策支持，提升其經濟可行性。

除了政府與企業推動淨零技術，個人也能透過節能減碳、支持低碳產品、參與碳補償計畫來減少碳足跡，為全球氣候行動盡一份力。當政府、企業與個人共同努力，我們才能真正邁向 2050 年的淨零排放目標，共同打造永續未來。

■ 動手做觀察溫室氣體實驗

我們希望能透過簡單的溫室氣體實驗，讓學生能更深入理解溫室氣體對環境溫度上升的影響。教學時，可以參考由作者協助拍攝上傳到國教署 CIRN 網站讓小學方便操作觀察溫室氣體與溫度上升之間關係的「溫室氣體實驗」(周金城, 2025)。我們準備三個寬口的透明罐、三個溫溼度計、棉線、小蘇打粉、醋酸、瓦斯罐，分別製備二氧化碳氣體和瓦斯瓶中的丁烷氣體當作實驗組，空氣當作對照組。首先，將透明罐中放入溫溼度計，並將溫溼度計用棉線吊在罐子中間，溫溼度計盡量不要碰到瓶子側邊或底部，因為可能會有熱傳導或對流產生，造成溫度誤差。

此進行實驗時，我們特別注意水蒸氣的影響，因為水蒸氣本身也是重要的溫室氣體，能吸收與儲存熱能，進而影響實驗結果。不同罐內的濕度可能會有所差異，若未加以控制，可能導致測量誤差。因此，我們使用乾燥劑來調整濕度，使三個罐內的水蒸氣含量相近，讓濕度值相似，以確保實驗能專注於二氧化碳與丁烷的影響。

該實驗探討不同氣體對環境溫度的影響，以驗證溫室氣體的熱吸收能力。我們選擇二氧化碳 (CO_2) 與丁烷 (C_4H_{10}) 作為實驗組，並以空氣作為對照組，觀察它們在陽光照射下的溫度變化。實驗中使用三個透明罐、溫溼度計、棉線、乾燥劑等設備，確保變因控制，避免因水蒸氣或熱傳導影響測量準確性。此外，透過向上排空氣法填充二氧化碳與丁烷，以確保氣體的純度與均勻性。



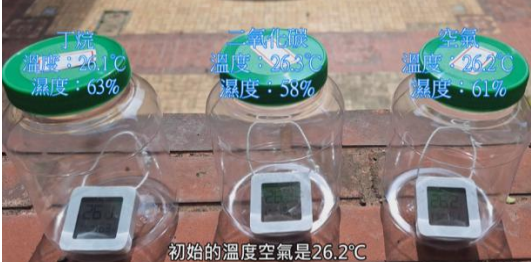
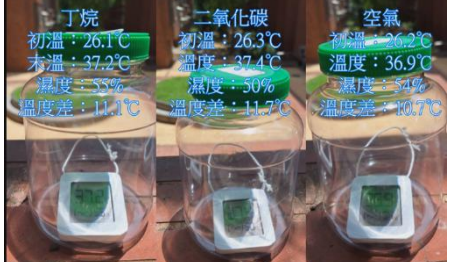
丁烷是本實驗選用的氣體之一，主要因其在日常生活中容易取得且為純氣體，如打火機燃料、露營瓦斯罐等。相較於甲烷、乙烷等工業氣體，丁烷較為常見，且可在控制環境下安全操作。

將三個罐子放置於陽光可直射的窗台上，經過兩小時的照射後，各罐內的溫度皆有上升，但幅度有所差異，二氧化碳的溫度增幅最高，其次為丁烷，空氣的變化最小。完整數據詳見表 1，實驗步驟詳見表 2。

表 1 太陽光照射 2 小時前後罐中溫度變化情形

°C	空氣	氧化碳	丁烷
開始時溫度	26.2	26.3	26.1
2 小時後溫度	36.9	37.4	37.2
溫度差異	+10.7	+11.7	+11.1

表 2 溫室氣體實驗之實驗步驟

	
<p>1.取出瓦斯罐，並在前端接上粗吸管，再將粗吸管深入罐子內，這樣可以使丁烷更順利地灌入罐子中。</p>	<p>2.將小蘇打粉和醋加入夾鏈袋中，靜置以產生二氧化碳。接著，將管子插入罐子內，並在管內塞入棉花以降低濕度，再將產生的二氧化碳灌入罐中。</p>
 <p>丁烷 初溫：26.1°C 末溫：37.2°C 濕度：63%</p> <p>二氧化碳 初溫：26.3°C 末溫：37.4°C 濕度：58%</p> <p>空氣 初溫：26.2°C 末溫：36.9°C 濕度：61%</p> <p>初始的溫度空氣是26.2°C</p>	 <p>丁烷 初溫：26.1°C 末溫：37.2°C 濕度：55% 溫度差：11.1°C</p> <p>二氧化碳 初溫：26.3°C 末溫：37.4°C 濕度：50% 溫度差：11.7°C</p> <p>空氣 初溫：26.2°C 末溫：36.9°C 濕度：54% 溫度差：10.7°C</p>
<p>3.將裝好丁烷、二氧化碳和空氣的三個罐子同時置於陽光下的情形。</p>	<p>4.三個罐子在陽光下晒 2 個小時後的情形</p>

實驗結果顯示，二氧化碳對熱能的吸收與保留能力最強，證實其為主要的溫室氣體，能有效提升環境溫度。丁烷雖非主要溫室氣體，但仍具有一定的熱效應，且燃燒後會產生二氧化碳，進一步加劇全球暖化。本次實驗提供了直接觀察溫室氣體影響的證據，幫助學生更直觀地理解氣候變遷與減碳行動的重要性。本次實驗透過科學數據驗證了溫室氣體對地球溫度上升的影響，進一步強化了學生對氣候變遷與減碳行動必要性的認知。

■ 結語

氣候變遷的挑戰已深刻影響全球環境與人類社會，而教育在提升公眾認知與推動行動力方面扮演著關鍵角色。本文說明可透過科學實驗與課程內容的結合，幫助國小學生理解溫室氣體如何影響環境溫度，並進一步認識淨零排放與 CCUS 技術在減緩氣候變遷中的作用。透過親身參與實驗，學生能夠直觀體驗科學原理，培養批判思考能力，並加深對環境永續發展的理解。

然而，減少溫室氣體排放不僅是科學問題，更涉及社會、經濟與政策等層面。因此，我們期望透過未來更多跨領域的探究與實作課程，引導學生建立科學素養、環境意識與行動力，

鼓勵他們在日常生活中採取減碳行動，如節能減排、支持再生能源或參與環境保護活動。當每個人都能夠關心氣候變遷並付諸行動，才能真正朝向永續發展與低碳社會邁進，為地球的未來盡一份心力。

■ 參考文獻

- 王美芬 主編 (2025)。國民小學自然科學 6 下。新北市：康軒文教事業股份有限公司。
- 周金城(2025)。溫室氣體的探究與實作 [影片]。CIRN-國民中小學課程教學資源整合平台。
<https://cirn.moe.edu.tw/Module/WebFileVideo/index.aspx?sid=1225&mid=16636>
- 教育部。(2018)。十二年國民基本教育課程綱要自然科學領域。臺北市：教育部。
- 許晃雄、王嘉琪、陳正達、李明旭、詹士樑 (2024)。國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適 (許晃雄、李明旭 主編)。國家科學及技術委員會與環境部聯合出版。
- 盧秀琴 主編 (2025)。國民小學自然科學 6 下。臺南市：南一書局。
- 賴信志 主編 (2025)。國民小學自然科學 6 下。臺南市：翰林出版事業股份有限公司。
- Bhatti, T. T. (2024, June). State of the climate crisis and priorities for COP-29. *Spotlight of Regional Affairs*, 42(6). <https://irs.org.pk/Spotlight/SP06012024.pdf>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). Global carbon and other biogeochemical cycles and feedbacks. In *Climate change 2021 – The physical science basis: Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 673–816). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/9781009157896.007>