

隔空取石 碳鎖大地

SDGs 7
SDGs 13

$6C$
碳
Carbon

探究人工固碳之碳礦化

研

我們參加了2024中研南院OPEN HOUSE活動,其中一位研究員介紹固碳的概念,讓我們感到非常好奇!因為我們常在新聞、展覽中在宣導節能減碳,來減少二氧化碳的排放量,較少提到把在大氣中的CO₂怎麼移除呢?近年來科學家、企業家正在研發相關技術,我們最有興趣的是"人工碳礦化",讓我們一起來了解吧!

CO₂=二氧化碳

提出問題

1. 什麼是固碳?
2. 什麼是石炭石礦化?
3. 自然界有哪些東西是由碳組成的呢?
4. 人工製成的石炭酸鈣對植物的生長有影響嗎?
5. 人工石炭酸鈣放入土壤的量是否對植物有影響?

留入
土壤

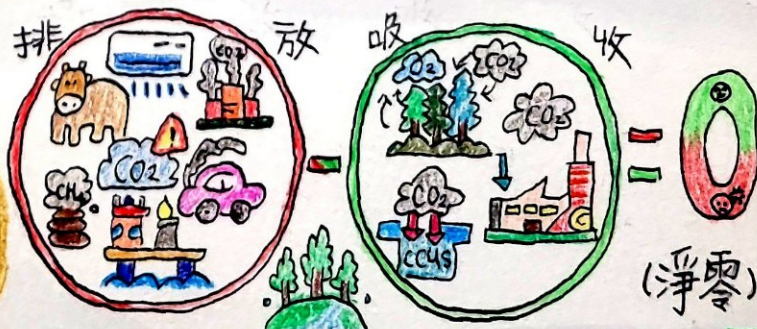
巴黎協定

世界各國在2015年簽訂了《巴黎協定》,大家決定努力讓地球氣溫不要升高太多(全球暖化工業革命前高2°C,最好是1.5°C),每隔幾年檢查進度。

*2030年目標:要減少CO₂排放量一半左右(跟以前比)

*2050年目標:淨零排放→CO₂排放量=被好環境吸收量,總量成「零」。必註①
②使用乾淨能源,如太陽能、風能、水力發電

淨零排放 net zero



※圖片來源:經濟部產業發展署產業節能減碳資訊網

正常碳循環

碳是所有生物(人、動物、植物)身體重要組成部分,而碳循環就像大自然的「接力賽」,碳從空氣跑到植物,經過動物、人,最後回到空氣或土壤,此過程能幫助地球穩定。

THE CARBON CYCLE



※圖片出處:UCAR(2011)Biogeochemical Cycles

No. 人類行為 過度開發 No.

溫室效應

溫室效應可以讓地球保持溫暖本來是好事,但現在人類製造太多溫室氣體(CO_2 是其中之一),地球就越來越熱,全球暖化了。我們需要一起幫地球降溫! ※註②



STOP GLOBAL WARMING



※圖片出處:2010-2025 Freepik Company S.L.

二氧化碳太多了!怎麼辦?

Let's 積極固碳

固碳是指將二氧化碳 CO_2 從大氣中移除並儲存的過程,以減緩全球暖化和氣候變化的影響。固碳可以分為自然和人工兩種類型。我們以人工固碳的碳礦化為主,透過科學手段將 CO_2 與某些礦物反應,生成穩定的固態礦物,如碳酸鹽岩類。我們日常除了節能減碳的行重之外,但大氣中還是太多溫室氣體了,所以需要積極固碳!才有可能達成2036與2050的目標!然而目前多為企業、政府、學術單位正在努力找解決方案,我們身為一般民眾又是小學生也可以一起加入探索的行列!

※圖片出處:工業技術研究院

人工固碳的方法還有「碳捕捉與封存」(CCS)工廠排放的 CO_2 被捕捉,然後注入地下深處,進行長期儲存。 ※註③

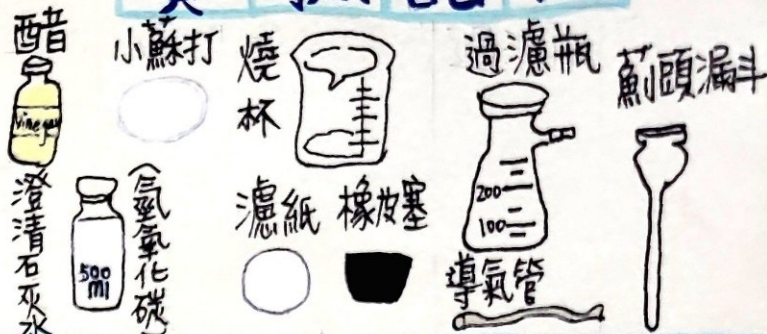


實驗一：「氣體變石頭？」

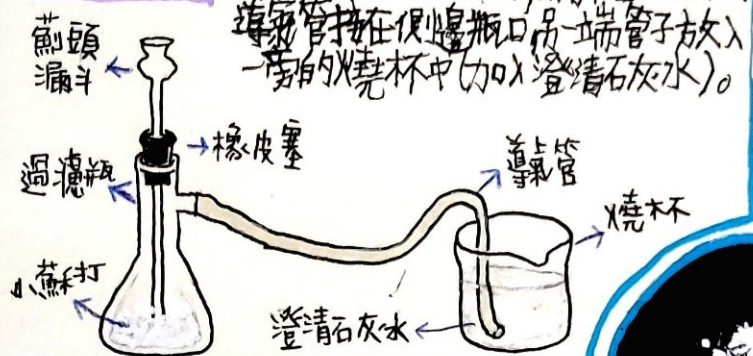
實驗說明

我們藉由常見的氣體檢驗法(二氧化碳以澄清石灰水)，模擬大氣中的二氧化碳進行碳捕捉，並轉化為固體的開式，來了解與觀察人工固碳的碳礦化原理。

實驗器材



步驟①



步驟②



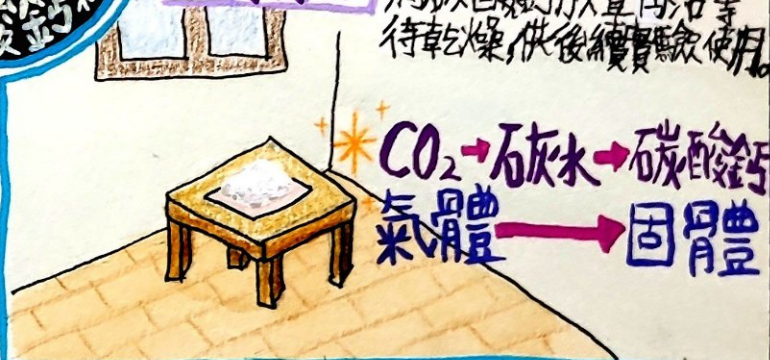
步驟③

用濾紙過濾石灰水溶液，將生成的碳酸鈣收集起來。



步驟④

將碳酸鈣放置角落等待乾燥，供後續實驗使用。



你知道嗎！

自然界天然碳酸鈣的品項：



觀察與討論

醋加入小蘇打粉會生成CO₂產生非常快，所以清澈的石灰水馬上就混濁了！只是加醋的時候太快了導致大量泡沫冒出來了！藉由這實驗我們可以觀察到二氧化碳和石灰水的反應。真的會變成固體的碳酸鈣。就能減少空氣中的二氧化碳了！

實驗二：人工碳酸鈣對植物生長之影響

實驗說明

模擬實驗—生成後的碳酸鈣被用於農業中的情景，測試如何將固碳副產物應用於生活，並探討對植物的成長影響。

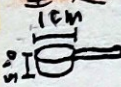


✱手種小白菜圖✱

碳酸鈣沉澱物



量匙(小)



市售培養土



小花盆(透明)



小白菜種子



實驗步驟

✱控制變因：

土量 15g

澆水量 10 c.c / 天

碳酸鈣 5小匙 / 棵

✱操控變因：

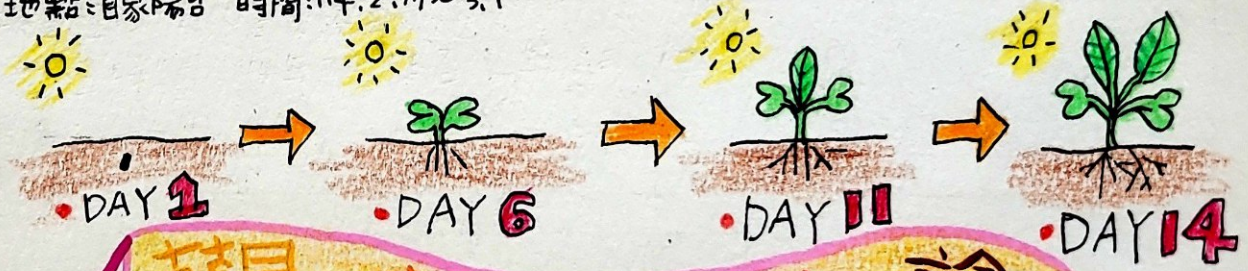
碳酸鈣在土的不同位置

- 1 在花盆中加以等量土 & 碳酸鈣。
 - ① 對照組不加碳酸鈣
 - ② 表層土一層
 - ③ 土下層
 - ④ 混合均勻分布
- 2 播下種子，定期澆水，記錄14天的生長高度(cm)

實驗器材

碳酸鈣位置	棵數	生長高度(cm)														平均
		1天	2天	3天	4天	5天	6天	7天	8天	9天	10天	11天	12天	13天	14天	
對照組	一	0	0	0	0	0.5	1	1	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.93 cm
	二	0	0	0	0.5	1	1	1.2	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
	三	0	0	0	0.1	0.5	1	1	1	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
表層組	一	0	0	0	0.1	1	1	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	0.93 cm
	二	0	0	0	0	0.3	0.5	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
	三	0	0	0	0	0.5	0.5	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
土下組	一	0	0	0	0	0.5	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	1.05 cm
	二	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0.5	1.0	1.2	1.5	1.5	2.0	
	三	0	0	0	0.2	1	1	1	1.2	1.5	1.7	1.7	2.0	2.0	2.0	
混合組	一	0	0	0	0	0.2	0.5	1	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.13 cm
	二	0	0	0	0.2	1	1	1.2	1.5	1.8	1.8	1.8	2.0	2.5	3.0	
	三	0	0	0	0.2	1	1	1.2	1.5	1.5	1.8	1.8	2.0	2.5	3.0	

• 地點：自家陽台 時間：14.2.17~3.1



觀察與討論

我們觀察對照組生長中規中矩；表層組生長速度與對照組很相似，無特別效果；土下組前期生長慢，到後期才加速生長；混合組一開始就長得最快，一直到後期都長得最好。因此，我們認為如果要加入碳酸鈣到土裡的話，混合在土中對植物生長是最好的。

實驗三：碳酸鈣對土壤PH值的影響

實驗說明

探討在土壤加入不同量的碳酸鈣，會不會改變土壤的PH值，還有這些改變會怎麼影響植物的生長。

實驗用品

- 1. 石炭酸鈣粉
- 2. 小花盆
- 3. 市售培養土
- 4. 小白菜種子
- 5. PH測試紙

實驗步驟

控制變因：
土量 15 g
澆水量 10 c.c./天

採縱變因：
不同重量的碳酸鈣

- 在花盆中加入等量土及不等量碳酸鈣：
 - ① 0組：不加碳酸鈣
 - ② 5組：碳酸鈣組：均勻混合
 - ③ 10組：碳酸鈣組：均勻混合
 - ④ 15組：碳酸鈣組：均勻混合
- 用PH測試紙測每一盆土壤的酸鹼值記錄
- 播下種子，定期澆水，記錄14天的PH值和植物生長高度(cm)

碳酸鈣含量	株數	PH值 / 生長高度 (cm)														平均
		1天	2天	3天	4天	5天	6天	7天	8天	9天	10天	11天	12天	13天	14天	
0組	一	0	0	0	0.9	1.5	2	3	3.2	3.3	3.3	3.6	3.8	4	4.5	3.3
	二	0	0	0	0.2	1.1	2.1	3	3.5	3.6	3.7	4	4.3	4.4	5	
	三	0	0	0	0.8	1.6	2.5	2.9	3	3.7	3.7	3.8	4.1	4.3	4.5	
5組	一	0	0	0	0.5	1.3	2.2	2.5	3.2	3.3	3.4	3.6	3.8	4	4.3	2.9
	二	0	0	0	0.8	1.6	2.8	3	3.5	3.5	3.6	3.9	4	4.1	4.3	
	三	0	0	0	0	1	1.5	2	2.2	3.2	3.4	3.9	4	4	4.5	
10組	一	0	0	0	0	0	0	0.3	1	2	2.5	3.1	3.5	3.6	4	2.7
	二	0	0	0	0.2	1.1	1.8	2.5	3	3.3	3.5	4	4.5	4.6	5	
	三	0	0	0	0.7	1.7	2.3	3.1	3.5	3.7	3.7	4	4.2	4.3	5.5	
15組	一	0	0	0	0.2	0.5	1.5	2.6	2.8	3.1	3.3	3.8	4.3	4.3	4.8	3.1
	二	0	0	0	0	1	1.6	2.3	2.8	3	3.2	3.5	4	4.1	4.5	
	三	0	0	0	0	0.6	1.3	2.1	3	3.3	3.5	3.5	3.8	4	4.5	

地點：自家陽台 時間：114.2.17 ~ 3.1

觀察與討論

實驗時，我們以為試紙顏色能保持，沒想到草乾了就褪色了，而也觀察到顏色越綠表示越鹼性，生時從中後期加速碳酸鈣可以持續供給植物所需的養分。雖然數據是對照組發芽時就很好，拉高了平均，但其他組能在中後期後來追上，尤其是15組成長力最明顯，所以土壤微鹼性是有幫助的。

透過上述實驗，我們成功模擬大氣中二氧化碳的捕捉與固碳過程，了解到人工碳礦化是如何進行的，在土中加碳酸鈣確實能助植物生長，揭示了碳循環中重要的固碳途徑，對減緩大氣中CO₂濃度有著潛在應用價值。不過捕捉CO₂不是件簡單的事，因為需要投入更多的時間與設備，實驗中的碳酸鈣反應，實際上也是碳捕捉與礦化技術的基礎之一，所以目前都是大企業在投資，例如蘭溪、比爾蓋茲。我們認為經過這些簡單實驗，能夠推廣給大家去從生活中做起。大家一起積極參與，才能達到巴黎協定的目標，使地球永續發展！

參考文獻

1. 註①：國立科學工藝博物館-氣候變遷常設展
2. 註②：國立自然科學博物館-氣候行動CLIMATE ACTION全球沸騰時代特展
3. 註③：雜誌「科學人」2024年12月刊-CO₂世界級吸碳工廠直擊！
4. 中央研究院：2023.7比光合作用更快！中研院設計「固碳循環」創見碳技術研發
5. Youtube: PanSci 泛科學-溫室效應有救了？把二氧化碳埋進地底吧！ft.台警中油
6. Youtube: 台視「發現科學」-生成碳酸鈣可回收再利用，減碳量驚人
7. 工業技術研究院-工業技術與資訊月刊389期2024年10月-煙道氣捕CO₂製造固碳PC技術