

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 化學科

佳作

030208

太陽能二氧化碳捕捉器

學校名稱：南投縣立南崗國民中學

作者：  國二 王知桓  國二 毛馨慈  國一 陳恩伶	指導老師：  丁順堂  廖國文
---	-----------------------------

關鍵詞：二氧化碳、單乙醇胺、氫氧化鋰

# 太陽能二氧化碳捕捉器

## 摘要

隨著全球溫室效應日漸嚴重，如何降低大氣環境中二氧化碳含量，已成為科學家日切關注的議題，我們都知道酸雨現象，就是二氧化碳溶於水後呈酸性反應造成，因此我們利用鹼性與酸性的中和原理，尋找合適的鹼性化學藥品，來捕捉空氣中的二氧化碳氣體。透過實驗強鹼、弱鹼、胺類等鹼性物質，發現單乙醇胺與氫氧化鋰捕捉二氧化碳效果最佳，因此我們決定選取這兩種物質，作為二氧化碳捕捉劑。實驗過程中，我們製作多種不同的二氧化碳捕捉器，經過比較後，我們完成最符合單乙醇胺與氫氧化鋰性質的二氧化碳捕捉器(下懸空、彎曲式)，捕捉器反應後，可將空氣中約 400ppm 的二氧化碳濃度，降到接近 0ppm。我們實驗也發現捕捉劑可藉由一些物理及化學方法還原，例如：單乙醇胺反應後的單乙醇碳酸氫胺，加熱至 115 °C 可還原；氫氧化鋰反應後的碳酸鋰，也可利用加入氫氧化鈣來還原，如此一來就能循環使用捕捉劑，避免環境二次汙染。

## 壹、研究動機

因應科技不斷的進步，近年來人類對於能源(例如：煤礦、石油、天然氣等)之需求日益增加，這類能源消耗後將伴隨產生二氧化碳，若未能將二氧化碳加以處理即任其排入大氣中，必將加速溫室效應持續惡化。我們身為地球上的公民應該也要盡一份力量。於是我們想到如果可以将空氣中的二氧化碳捕捉，就能清除大氣中過多的二氧化碳，減緩二氧化碳在大氣中比例增加的速度，也可以抑制溫室效應日漸嚴重的問題。雖然我們知道酸鹼中和的反應式【酸 + 鹼 → 鹽類 + 水 (酸鹼中和)】，但卻不知道鹼性物質中對二氧化碳的捕捉量有多少，文獻資料也很難找到，所以我們開始進行了一連串鹼性物質(強鹼、弱鹼、胺類等)對二氧化碳捕捉的實驗，並尋找適合的二氧化碳捕捉劑，製作二氧化碳捕捉器。

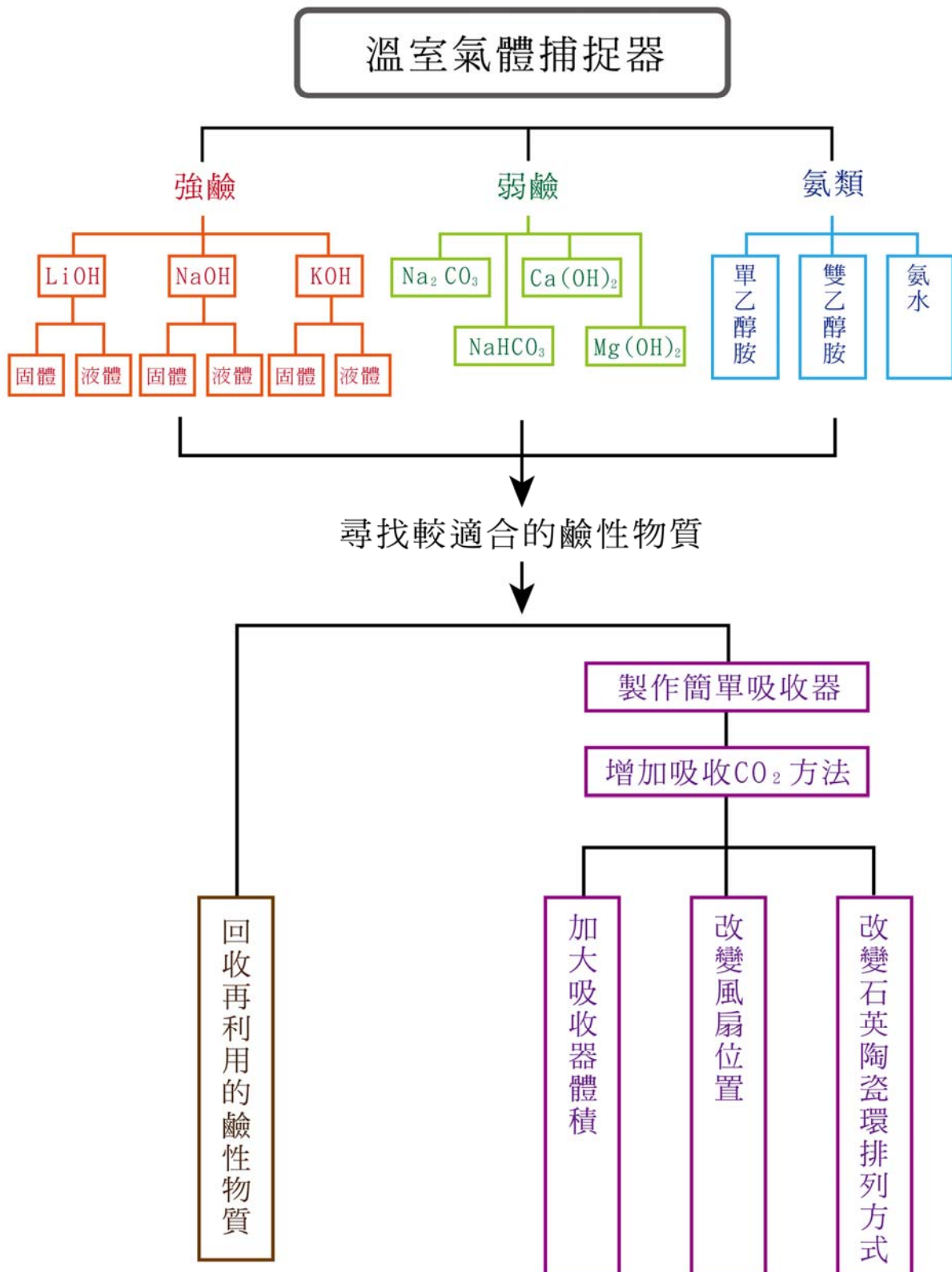
## 貳、研究目的

- 一、酸鹼中和 pH 值檢測方法建立
- 二、強鹼、弱鹼、胺類物質對二氧化碳捕捉量比較
- 三、二氧化碳捕捉器設計
- 四、單乙醇胺捕捉器設計
- 五、氫氧化鋰捕捉器設計

## 參、研究設備及器材

No	儀器	No	儀器	No	藥品	No	藥品
1	針筒	7	逆止閥	1	氫氧化鈉	7	單乙醇胺
2	二氧化碳鋼瓶	8	電子天秤	2	氫氧化鉀	8	雙乙醇胺
3	pH.meter	9	碼錶	3	氫氧化鋰	9	氨水
4	玻棒	10	紙杯	4	氫氧化鈣	10	碳酸氫鈉
5	刮勺	11	太陽能板	5	氫氧化鎂	11	碳酸鈉
6	三向閥	12	燒杯	6	水	12	

# 研究架構圖

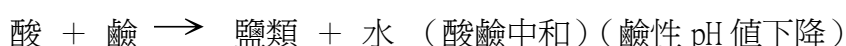


## 肆、研究過程與方法

### 一、酸鹼中和 pH 值檢測方法建立

#### (一) 二氧化碳溶於水中物理性質檢測

二氧化碳氣體能溶於水中形成酸性液體，酸性液體能和鹼性物質反應，但是氣體溶解在水中的量有多少？形成酸性液體後酸鹼度的變化有多少？這些問題是我們先了解的，並且建立二氧化碳氣體的基本物理性質的檢測。



#### (二) 尋找密封性良好的反應器

我們尋找了幾種不同材質的反應容器來測試其密封度，下面的數種反應容器，有的口太小、材質硬、容器太大或太小都不適用，最後我們選擇糖果罐的原因是材質軟，旋轉時密封度好，不會太硬、大小適中，可用來當反應容器，我們開始測試這個反應容器。

#### (三) 二氧化碳氣體溶解測量方法

測量二氧化碳氣體的溶解量需要密封性較好的容器，而且能夠測量二氧化碳氣體溶解的體積，一般玻璃器材密封度較差，氣體不易收集，因此我們嘗試用針筒來收集二氧化碳氣體，而且針筒上有體積刻度可以得知二氧化碳氣體溶解量。



【圖一】口太小、材質硬、容器太大或太小不適用



【圖二】軟硬度大小適合的容器



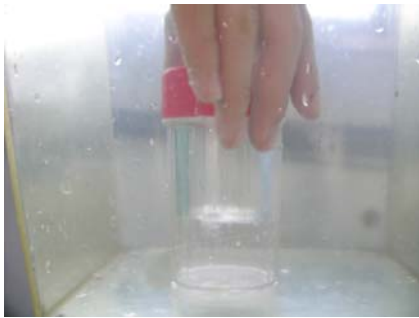
【圖三】氣體易跑出的容器不適合



【圖四】密封度高、氣體不易跑出的針筒

#### (四) 密封度檢測

瓶蓋鎖緊後，壓入水槽中測試其密封度，若密封度不好，氣泡會從瓶蓋冒出，因此用其他方法來加強密封度。



【圖五】容器壓入水中測試密封度



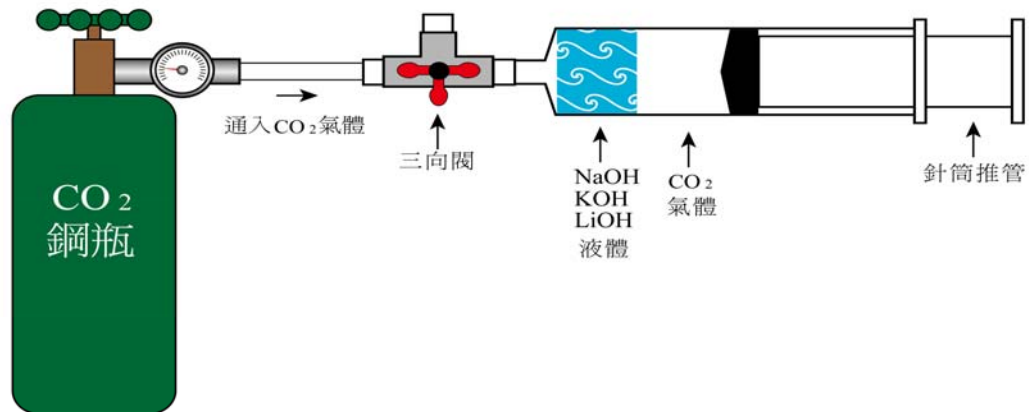
【圖六】密封度不好有氣泡冒出

#### (1) 用針筒收集二氧化碳氣體優缺點

- 1、比玻璃器材收集氣體效果佳，不會有溢出的問題。
- 2、體積刻度較玻璃器材的精密度高。
- 3、耐腐蝕性較差。
- 4、需要加裝三向閥來控制二氧化碳氣體流量。

#### (2) 實際使用操作方法

- 1、將三向閥加裝在針筒的出口，控制氣體的進出。
- 2、針管連接二氧化碳鋼瓶，測試鹼性物質對二氧化碳的捕捉量。



【圖七】氫氧化鋰、氫氧化鈉、氫氧化鉀捕捉 CO<sub>2</sub> 氣體

- 3、取固體或液體的鹼性物質放入針筒中，將針管推到最底端，除了鹼性物質以外，針筒中不要留有任何氣體，最後關閉三向閥。
- 4、將二氧化碳鋼瓶和針筒連接，打開三向閥，調節二氧化碳氣體慢慢的進入針管中，讓鹼性物質和二氧化碳在針筒中反應。
- 5、將三向閥關閉，觀察二氧化碳氣體減少量，由針筒刻度就可得知鹼性物質和二氧化碳反應的體積和速率。

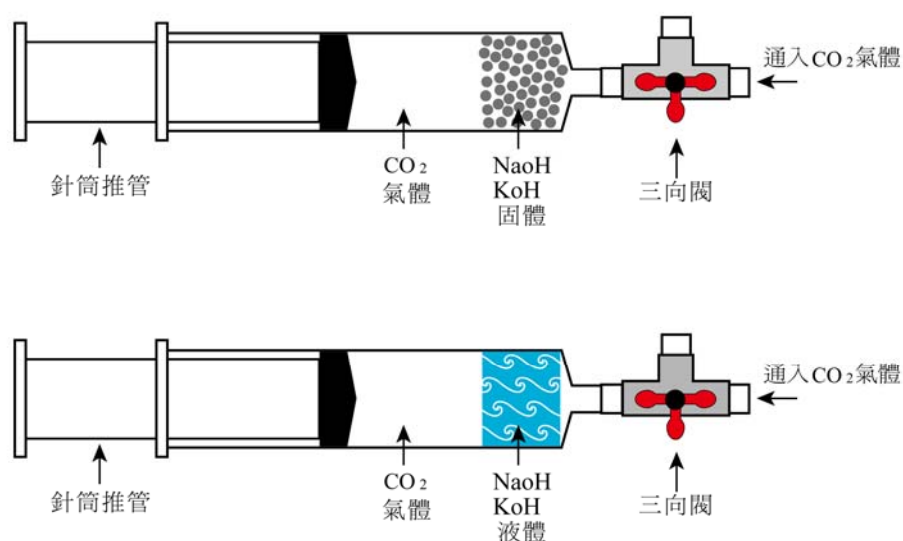
## 二. 強鹼、弱鹼、胺類物質對二氧化碳捕捉量比較

### (一) 強鹼

(1) 我們實驗固體的氫氧化鋰、氫氧化鈉與氫氧化鉀對二氧化碳捕捉量比較，是否會與二氧化碳反應，以及反應速率快慢，我們開始用針筒來抽取二氧化碳氣體，實際觀察固體的鹼性物質與二氧化碳的反應情形。



- 1、取固體氫氧化鋰、氫氧化鈉與氫氧化鉀顆粒放入針筒中，將針筒推推至最底端，儘量不要留有空氣在針筒中，如此才能較精準的測量出二氧化碳消耗的體積。
- 2、打開針筒三向閥將鋼瓶中的二氧化碳氣體打入針筒中，。
- 3、關閉三向閥，觀察二氧化碳氣體是否有減少，記錄二氧化碳減少體積與反應時間。



【圖一】固體與液體鹼性物質與 CO<sub>2</sub> 反應操作方法

### (2) 結果

【表一】固體與液體 NaOH 與 KOH 的 CO<sub>2</sub> 捕捉量比較

鹼性物質		反應前 CO <sub>2</sub> 體積	反應後 CO <sub>2</sub> 體積	CO <sub>2</sub> 變化量	反應前 pH 值	反應後 pH 值	pH 值 變化量	反應 時間	質量 濃度
氫氧化鈉	固體	20	4ml	16				4 小時	10g
	液體	20	0ml	20	13.69	13.72	0.03	42 秒	10g
氫氧化鉀	固體	20	2ml	18				3 小時	10g
	液體	20	0ml	20	14.55	14.45	0.1	32 秒	10g
氫氧化鋰	固體	20	0ml	20				6 秒	10g
	液體	20	0ml	20	11.15	10.39	0.76	10 秒	10g

### (3) 討論

- 1、固體氫氧化鋰、氫氧化鈉與氫氧化鉀的 pH 值無法測量，須配成液體才可測量。
- 2、配成液體的氫氧化鋰、氫氧化鈉與氫氧化鉀對 CO<sub>2</sub> 反應量較固體大。

- 3、固體的氫氧化鋰、氫氧化鈉和氫氧化鉀捕捉二氧化碳所需時間較長。
- 4、根據實驗結果得知當固體物質對二氧化碳捕捉量較小，此物質成液體時，pH 值就降較少。

## (二)、濃度大小對二氧化碳最大反應量差別

(1)實驗方法：配置 1M、5M、10M 的氫氧化鋰、氫氧化鈉與氫氧化鉀比較不同濃度時對二氧化碳反應量大小。

- 1、取氫氧化鋰、氫氧化鈉和氫氧化鉀 1M、5M、10M 放入針筒中，將針筒推至最底端，儘量不要留有空氣在針筒中，如此才能精準的測量出二氧化碳消耗的體積。
- 2、打開針筒的三向閥，將鋼瓶中的二氧化碳氣體打入針筒中。
- 3、關閉三向閥，觀察二氧化碳氣體體積是否有減少，記錄二氧化碳減少體積與反應時間。

## (2)結果

【表二】不同液體濃度 NaOH 與 KOH 的 CO<sub>2</sub> 最大捕捉量比較

鹼性物質	濃度	體積	反應時間	CO <sub>2</sub> 最大反應量	反應前 pH 值	反應後 pH 值	pH 值變化量
氫氧化鈉	1M	10ml	3839sec	82ml	13.43	9.73	3.7
	5M		1900sec	360ml	13.80	13.55	0.25
	10M		1620sec	415ml	13.09	12.78	0.31
氫氧化鉀	1M	10ml	2200sec	96ml	13.80	10.00	3.8
	5M		1626sec	420ml	14.34	13.03	1.31
	10M		1200sec	900ml	15.23	14.21	1.02
氫氧化鋰	1M	10ml	695sec	300ml	12.06	8.82	3.24
	5M		222sec	480ml	11.57	8.51	3.06
	10M		182sec	900ml	11.40		

【註】10M 因為灌了二氧化碳後變成固體(碳酸鋰)，所以不能測 pH 值

## (3)討論

- 1、濃度越高，氫氧化鋰、氫氧化鈉與氫氧化鉀對二氧化碳的反應速率與反應量也會增加。
- 2、濃度低 pH 值下降越多，濃度高 pH 值下降越少。
- 3、強鹼性物質與二氧化碳反應速率快，對於二氧化碳的捕捉量也高，適合當二氧化碳的捕捉劑。
- 4、氫氧化鋰捕捉量大、反應速率快、鹼性較弱，應適合當捕捉器的媒材。



### (三)弱鹼

#### (1)不同 pH 值弱鹼對二氧化碳反應的比較

1、我們取碳酸鈉、碳酸氫鈉、氫氧化鈣、氫氧化鎂和水做比較



2、取碳酸鈉、碳酸氫鈉、氫氧化鈣、氫氧化鎂和水放入針筒中，將針筒推至最底端，儘量不要留有空氣在針筒中，如此才能較精準的測量出二氧化碳消耗的體積。

3、打開針筒的三向閥，將鋼瓶中的二氧化碳氣體打入針筒中。

4、關閉三向閥，觀察二氧化碳氣體是否有減少，記錄二氧化碳減少體積與反應時間。

#### (2)結果

【表三】固體  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$  和水的  $\text{CO}_2$  捕捉量比較

種類	狀態	反應前 $\text{CO}_2$ 體積	反應後 $\text{CO}_2$ 體積	$\text{CO}_2$ 變化量	反應前 pH 值	反應後 pH 值	pH 值 變化量	反應 時間	質量
碳酸鈉	固體	20ml	12ml	8ml	11.33	11.01	0.32	1 天	10g
碳酸 氫鈉	固體	20ml	8ml	12ml	8.40	8.27	0.13	1 天	10g
氫氧 化鈣	液體	20ml	8ml	12ml	13.07	9.65	3.42	50 分	10g
氫氧 化鎂	液體	20ml	20ml	0ml	9.75	9.75	0	1 天	10g
水	液體	20ml	12ml	8ml	7.11	6.44	0.67	30 分	10g

#### (3)討論

1、5 種鹼性物質與二氧化碳反應以碳酸氫鈉和氫氧化鈣兩種鹼性物質捕捉量較多，氫氧化鎂則幾乎不會與二氧化碳反應，水與二氧化碳作用可溶解 8ml 的氣體。

2、pH 值變化量以氫氧化鈣的變化量下降最大，可達 3.42。水雖然與二氧化碳氣體反應只有 8ml 體積，但是 pH 值變化量可達 0.67。

3、弱鹼性物質與二氧化碳的反應速率以水和氫氧化鈣較快，其它物質反應速率都很慢，無法在短時間內與二氧化碳氣體產生反應。

4、由以上實驗可知道弱鹼性物質與二氧化碳的反應性較慢，需要很長一段時間進行反應，而且反應量也不如強鹼，因此弱鹼性物質比較不適合當二氧化碳的捕捉劑。

### (四)胺類鹼性物質

#### (1)不同胺類鹼性物質對二氧化碳反應的比較

1、我們取三種胺類鹼性物質來實驗，分別是氨水、單乙醇胺和雙乙醇胺。

2、取氨水、單乙醇胺，雙乙醇胺放入針筒中，將針筒推管向下推至最底端，儘量不要留有空氣在針筒中，如此才能較精準的測量出二氧化碳消耗的體積。

3、觀察二氧化碳氣體是否有減少，記錄二氧化碳減少體積與反應時間。



## (2)結果

【表四】氨水、單乙醇胺和雙乙醇胺的 CO<sub>2</sub> 捕捉量比較

種類	反應前 CO <sub>2</sub> 體積	反應後 CO <sub>2</sub> 體積	CO <sub>2</sub> 變化量	反應前 pH 值	反應後 pH 值	pH 值 變化量	反應 時間	質量
氨水	20ml	13ml	7ml	13.8	12.36	1.44	10 秒 (10%)	10g
單乙醇胺	20ml	1ml	19ml	13.9	11.49	2.41	2 秒 (50%)	10g
雙乙醇胺	20ml	8ml	12ml	11.78	10.43	0.85	1 天	10g

## (3)胺類鹼性物質對二氧化碳的最大反應量

【表五】氨水、單乙醇胺和雙乙醇胺的最大捕捉量比較

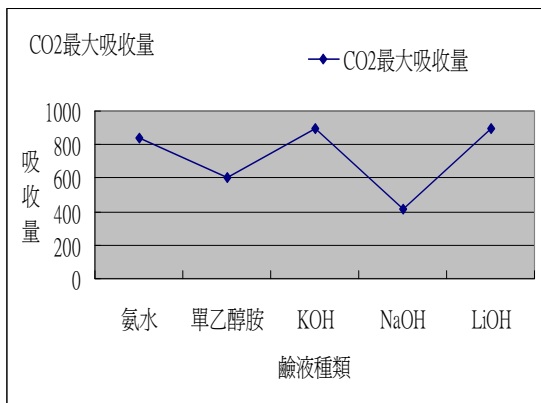
種類	反應前 pH 值	反應後 pH 值	pH 值 變化量	CO <sub>2</sub> 最大 反應量	反應 時間	反應 體積
氨水	13.77	9.85	3.92	837ml	2170 秒	10ml
單乙醇胺	14.24	10.56	3.68	600ml	60 秒	10ml
雙乙醇胺	11.73	10.48	1.25	44ml	3786 秒	10ml

## (4)討論

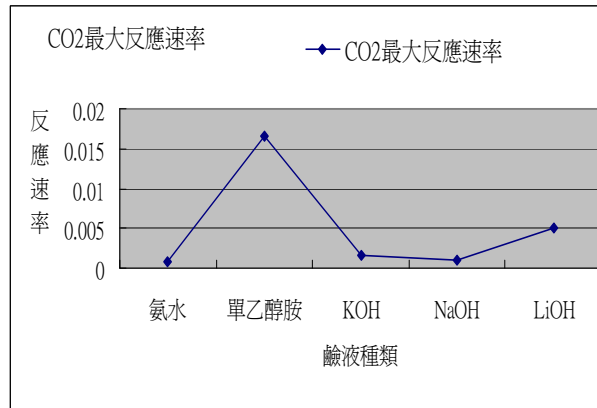
- 1、三種胺類鹼性物質以單乙醇胺的反應最快，2 秒鐘捕捉 19ml 的二氧化碳氣體，最慢的則是雙乙醇胺，1 天只有捕捉 12ml 的 CO<sub>2</sub> 氣體。
- 2、pH 質的變化量也以單乙醇胺下降的最多，下降值達到 2.41，而雙乙醇胺的 pH 值下降最少，只有 0.85。
- 3、以 10ml 的鹼性液體來測試最多能捕捉多少體積的二氧化碳氣體，單乙醇胺捕捉量最多，可捕捉 600ml 的二氧化碳氣體，而且捕捉時間快，在 60 秒內就可以完成。
- 4、當單乙醇胺與二氧化碳反應時，溫度增加，可高達 50℃，屬於放熱反應

【表六】氨水、單乙醇胺、NaOH 和 KOH 的 CO<sub>2</sub> 捕捉量比較

種類	體積	CO <sub>2</sub> 最大捕捉量	反應時間	CO <sub>2</sub> 變化量	pH 值變化量	CO <sub>2</sub> 捕捉速度	CO <sub>2</sub> 捕捉量	鹼性強弱
氨水	10ml	837ml	2170 秒	7ml	3.92	慢	大	弱
單乙醇胺	10ml	600ml	60 秒	19ml	3.68	快	大	弱
氫氧化鈉	10ml	415ml	1620 秒	20ml	0.31	慢	中	強
氫氧化鉀	10ml	900ml	1200 秒	20ml	1.02	慢	大	強
氫氧化鋰	10ml	900ml	182 秒	20ml	1.02	慢	大	強



【圖二】不同鹼性物質捕捉 CO<sub>2</sub> 的最大捕捉量

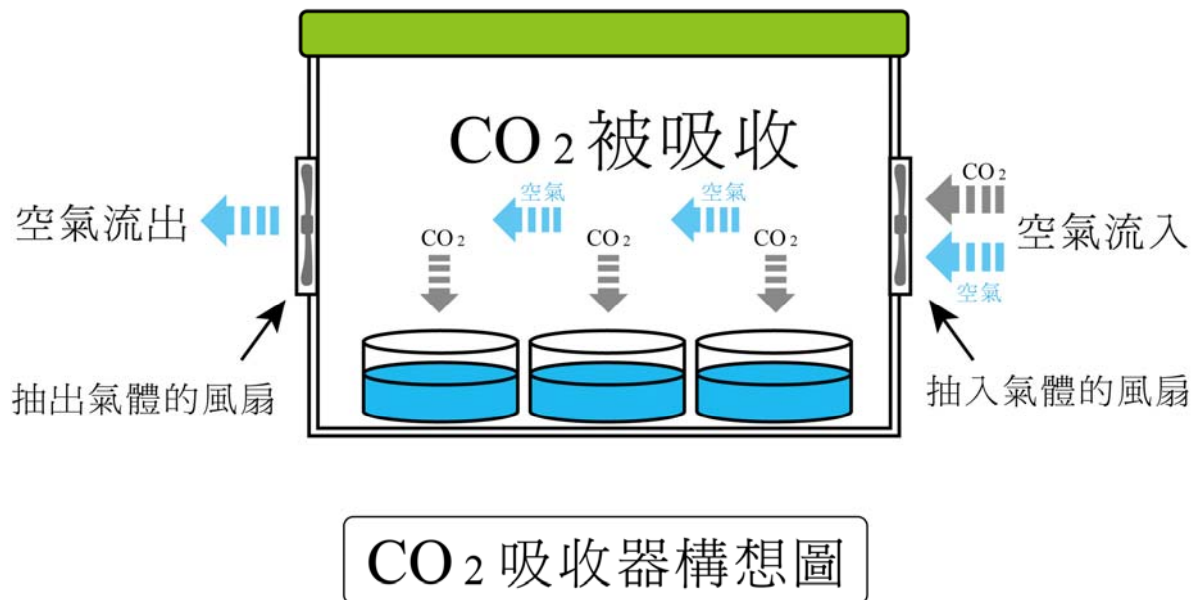


【圖三】不同鹼性物質捕捉 CO<sub>2</sub> 的最大反應速率

### 三、二氧化碳捕捉器設計構想

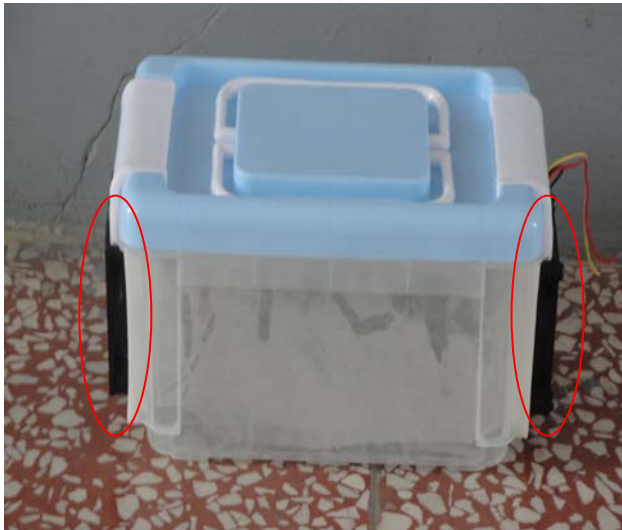
#### (一) 二氧化碳捕捉器構想

- 1、準備一個密封瓶，左右兩邊各裝上抽氣風扇，將空氣抽入密封瓶中與瓶裡的單乙醇胺液體反應，捕捉空氣中的二氧化碳，再將反應後沒有二氧化碳的空氣由密封瓶另一端的抽氣風扇抽出。



【圖一】CO<sub>2</sub>捕捉器構想圖

#### 2、二氧化碳捕捉器實際圖形



【圖二】CO<sub>2</sub>捕捉器兩邊抽氣風扇



【圖三】CO<sub>2</sub>捕捉器單邊抽氣風扇

### 3、二氧化碳捕捉器各部位功能及名稱

(1) 動力來源：風扇轉動需要電能，爲了不要再製造更多的溫室氣體，我們決定用太陽能當作電力來源，並且預備一個蓄電池，以防在沒有陽光時也有足夠的電力來源。



【圖四】太陽能板



【圖五】太陽能蓄電池

(2) 抽氣風扇：我們拿電腦裡的 12V 抽氣風扇來使用，功用是把室內空氣抽進捕捉器，讓氣中的二氧化碳與單乙醇胺反應，再把反應後的二氧化碳經由另一風扇抽出。



【圖六】小型抽氣風扇



【圖七】大型抽氣風扇

(3) 二氧化碳捕捉劑：單乙醇胺與氫氧化鋰是我們實驗中選出的最佳捕捉劑，我們選爲捕捉器測驗時的媒材

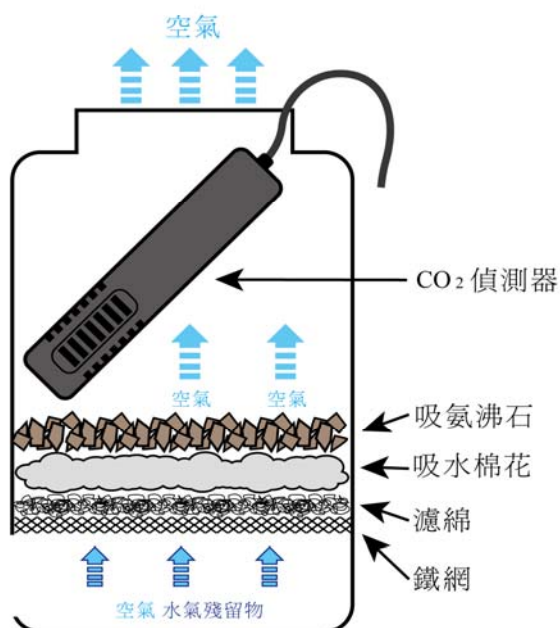
(4) 二氧化碳偵測器：偵測空氣中的二氧化碳含量濃度用 ppm 當單位。



【圖八】二氧化碳偵測器

(5)、氣體過濾器：為了防止經過單乙醇胺的氣體含有水氣及胺的液體污染偵測器，我們製作過濾器去除這些物質。

- 1、鐵網：支撐過濾物質有孔洞可讓空氣通過
- 2、濾棉：過濾液體
- 3、吸水棉花：捕捉過濾水氣
- 4、吸氨沸石：捕捉過濾單乙醇胺



【圖九】氣體過濾器

4、實際使用操作：

用二氧化碳偵測器來測量捕捉效果，教室內二氧化碳濃度約為 450ppm，經由二氧化碳捕捉器反應後濃度約為 430ppm 捕捉效果不佳。



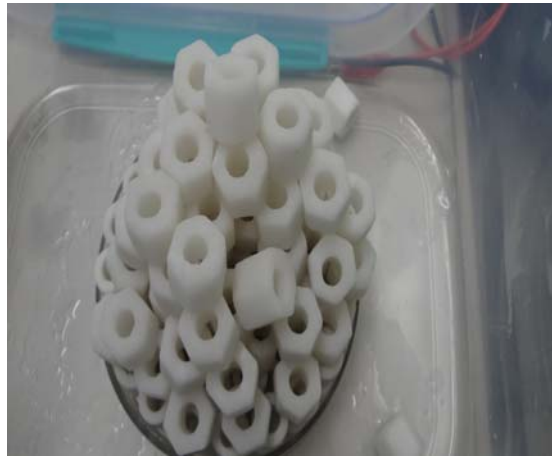
5、討論改進方法構想：

- (1) 二氧化碳捕捉器體積太小導致空氣停留時間太短，因此加大捕捉器體積，或許可以延長空氣停留的時間，增加捕捉效果。
- (2) 使用兩個抽氣風扇空氣流速太快，單乙醇胺還未完全捕捉二氧化碳，空氣就被抽出，因此只要使用一個抽氣風扇帶動空氣流動，就可以增加氣體停留時間。
- (3) 單乙醇胺捕捉二氧化碳時，接觸面積僅在表層，因此捕捉量也少，我們尋找其它媒材藉以增加二氧化碳接觸面積。

(二) 二氧化碳捕捉器構想改進

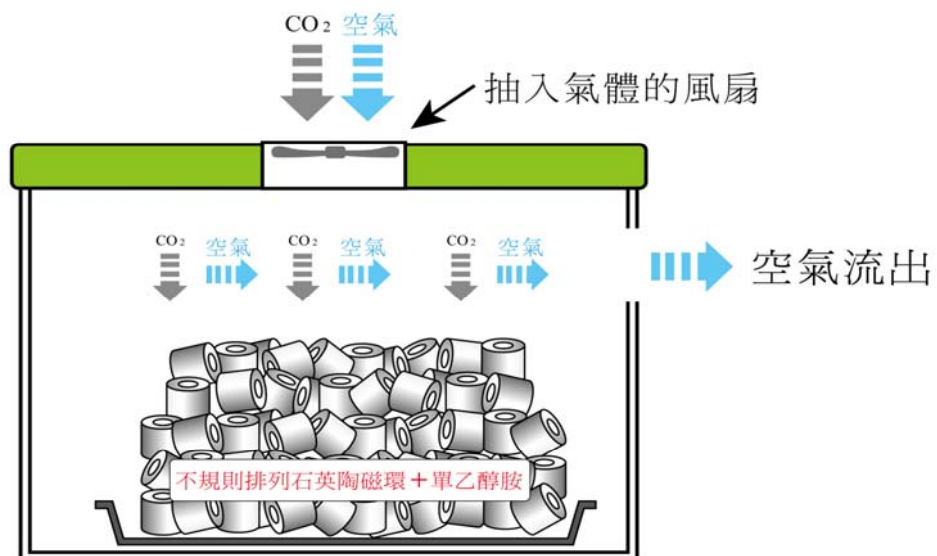
1、增加單乙醇胺與二氧化碳接觸面積

爲了增加單乙醇胺與二氧化碳接觸面積，我們選用石英陶瓷，將單乙醇胺滴入石英陶瓷，用整齊規則的排列方式將含有單乙醇胺的石英陶瓷堆疊起來。



【圖十】 石英陶瓷

(1) 由於規則排列方式效果不盡理想，我們嘗試用不規則排列的方法捕捉二氧化碳



【圖十一】 不規則排列式的二氧化碳捕捉器



【圖十二】不規則式排列石英陶瓷



【圖十三】捕捉器中不規則式排列石英陶瓷

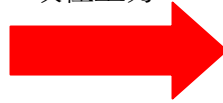
## 2、改善抽氣風扇位置及流量

用兩個抽氣風扇空氣流速太快，空氣中二氧化碳還沒被單乙醇胺捕捉就被風扇抽出來，因此只要用一個抽氣扇來帶動空氣流動，就可以讓氣體停留時間增加，將抽氣風扇改在上方，強迫空氣由上而下進入石英陶瓷中與單乙醇胺反應捕捉二氧化碳。



【圖十四】側邊有兩個抽氣風扇

抽氣風扇  
改在上方



【圖十五】抽氣風扇改在上方只有一個

(2) 我們測試行政辦公室及電腦教室的二氧化碳濃度，經過二氧化碳捕捉器的捕捉後的濃度是否有改變。

【表一】經過二氧化碳捕捉器後 CO<sub>2</sub> 濃度

位置	測試前二氧化碳濃度	捕捉後二氧化碳濃度
美術教室	468 ppm	276 ppm
家政教室	432 ppm	218 ppm
三年級教室	529 ppm	351 ppm
辦公室	482 ppm	275 ppm
電腦教室 1	790 ppm	550 ppm
電腦教室 2	1050 ppm	820 ppm

(3) 測試結果

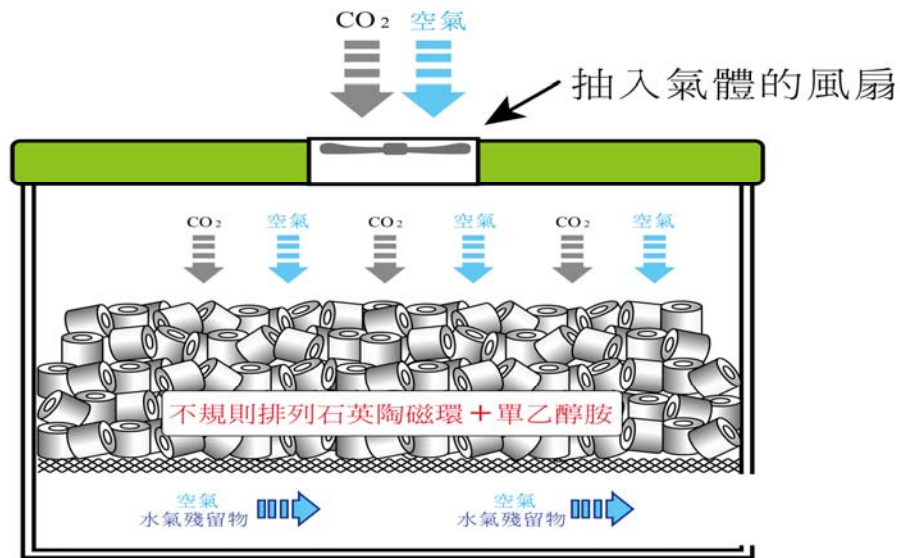
捕捉效果不如預期，約只有 200 ppm，可能是氣體流動路線不良或是捕捉接觸面積不足因此再改變氣體流動路線。



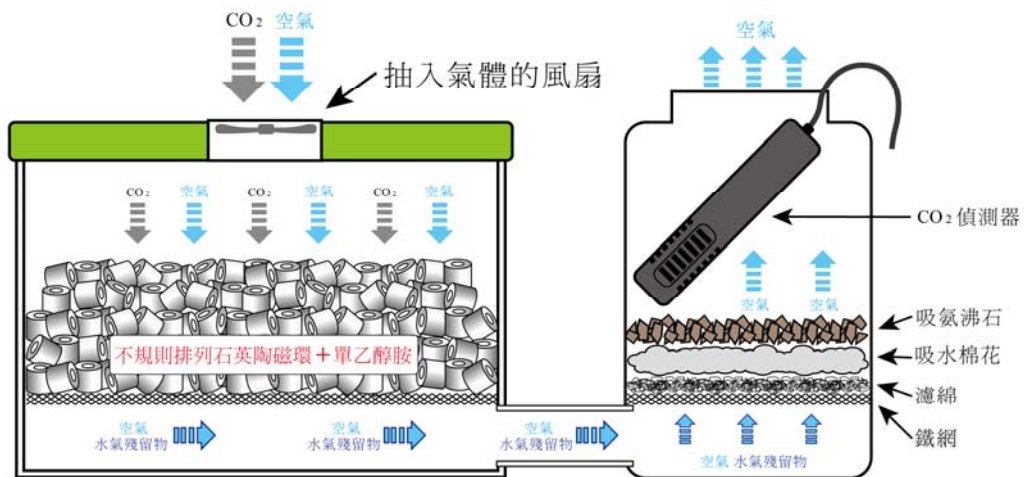
#### 四、單乙醇胺捕捉器設計

##### (一) 下懸空式捕捉器

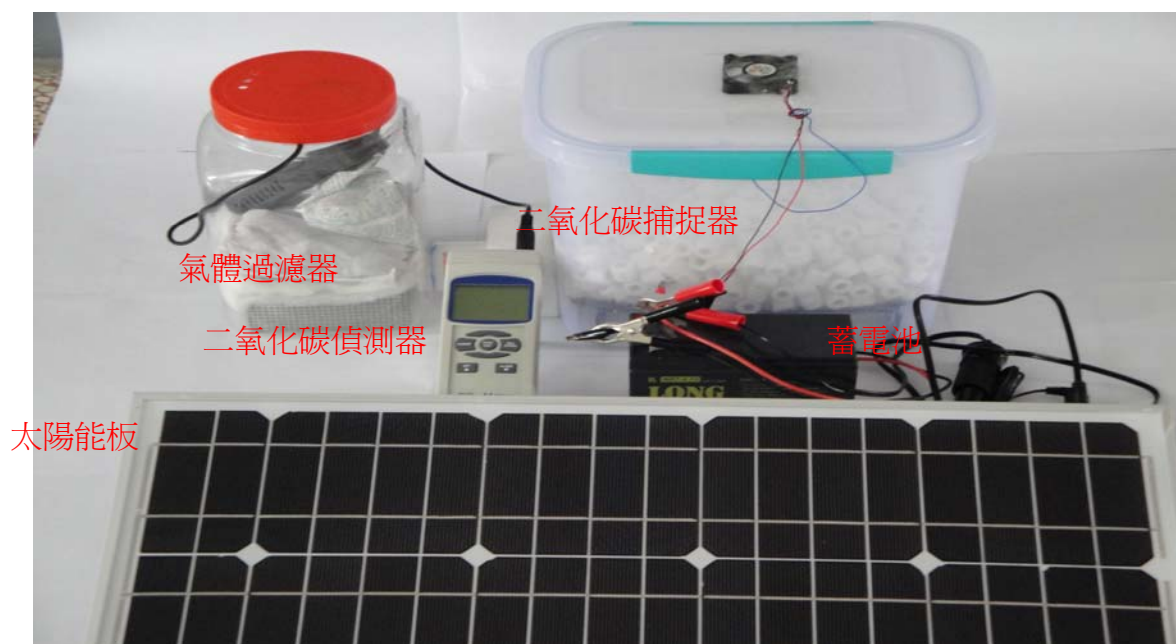
由於構想的捕捉器效果不佳，推測可能是捕捉接觸面積不足或是氣體流動路線不良，如果改變氣體流動路線或許能改善捕捉效果，我們採用下懸空的方式強迫氣體由上而下經過石英陶瓷，使空氣改由下方的出氣孔出來。



【圖一】下懸空式石英陶瓷排列設計圖



【圖二】氣體過濾器結合二氧化碳捕捉器



【圖三】單乙醇胺捕捉器全圖

我們選擇 6 個地點測試經過下懸空式石英陶瓷排列捕捉器後，CO<sub>2</sub> 濃度在 6 分鐘內都降到接近 0ppm，顯示出下懸空式石英陶瓷排列確實可以降低二氧化碳濃度。

【表一】經過下懸空式石英陶瓷排列捕捉器後 CO<sub>2</sub> 濃度

位置	測試前二氧化碳濃度	捕捉後二氧化碳濃度
美術教室	425 ppm	9 ppm
家政教室	481 ppm	13 ppm
三年級教室	584 ppm	11 ppm
辦公室	482 ppm	0 ppm
電腦教室 1	790 ppm	15 ppm
電腦教室 2	1050 ppm	20 ppm

## (二) 單乙醇胺捕捉器在空氣中及密閉系統的反應比較

我們目前實驗都是以空氣中二氧化碳氣體為主，但空氣中二氧化碳氣體比例微量，如果利用百分之百的二氧化碳氣體與單乙醇胺反應，是否可以被大量的捕捉，因此分別將單乙醇胺捕捉器放置在空氣中及密閉系統中反應，並且比較反應結果。

1、原理：利用排水集氣法，測量單乙醇胺捕捉二氧化碳氣體的反應速率。

2、方法：

- (1) 反應槽中間先放置單乙醇胺捕捉器及二氧化碳偵測器，槽中加入少量的水並用玻璃缸倒立蓋住，使反應槽形成一個密閉系統。
- (2) 利用排水集氣法將二氧化碳氣體灌入玻璃蓋反應槽中，反應槽中空氣會被排出，由玻璃缸畫有的刻度(記錄二氧化碳氣體進入反應槽時排出空氣的體積)，即可知道灌入二氧化碳氣體的量。

(3) 灌入二氧化碳後，記錄二氧化碳氣體濃度，啓動捕捉器的風扇捕捉反應槽內二氧化碳氣體，並且記錄反應時間及二氧化碳氣體濃度。



【圖四】密閉系統測量實際圖形

### 3、結果

【表二】密閉系統中二氧化碳氣體下降濃度

時間 分''秒	CO <sub>2</sub> 濃度 (ppm)	時間 分''秒	CO <sub>2</sub> 濃度 (ppm)	時間 分''秒	CO <sub>2</sub> 濃度 (ppm)	時間 分''秒	CO <sub>2</sub> 濃度 (ppm)	時間 分''秒	CO <sub>2</sub> 濃度 (ppm)	時間 分''秒	CO <sub>2</sub> 濃度 (ppm)
4''30	5945	6''06	1297	7''30	532	9''01	237	10''26	114	11''50	58
4''44	3903	6''14	1194	7''37	495	9''09	224	10''34	113	11''57	48
4''50	3398	6''20	1098	7''45	461	9''15	216	10''34	108	12''06	41
4''56	3055	6''28	1015	7''51	432	9''23	200	10''47	103	12''12	32
5''03	2754	6''35	940	7''58	407	9''30	186	10''54	98	12''19	26
5''10	2514	6''41	877	8''07	380	9''37	174	11''00	96	12''26	23
5''16	2304	6''49	813	8''13	361	9''44	159	11''08	93	12''33	21
5''23	2107	6''55	762	8''19	340	9''51	145	11''15	91	12''40	19
5''30	1938	7''03	712	8''26	321	9''57	135	11''22	86	12''47	17
5''35	1793	7''10	666	8''34	302	10''05	129	11''29	83	13''01	13
5''45	1647	7''16	624	8''48	262	10''12	124	11''36	76	13''20	13
5''52	1513	7''23	581	8''55	249	10''19	118	11''43	69	13''40	13

【表三】空氣中二氧化碳氣體下降濃度

時間 分''秒	空氣中 CO <sub>2</sub> 下降濃度 單位(ppm)	時間	空氣中 CO <sub>2</sub> 下降濃度 單位(ppm)	時間 分''秒	空氣中 CO <sub>2</sub> 下降濃度 單位(ppm)	時間 分''秒	空氣中 CO <sub>2</sub> 下降濃度 單位(ppm)
00''41	366	1''52	118	2''56	44	4''04	23
00''45	352	1''56	104	3''01	40	4''09	22
00''49	329	2''00	102	3''05	39	4''16	21
00''53	292	2''08	99	3''09	38	4''20	18
00''57	218	2''12	91	3''20	37	4''24	14
1''16	170	2''16	77	3''29	36	4''28	7
1''17	158	2''20	71	3''36	35	4''33	1
1''20	155	2''24	69	3''44	34	4''40	0
1''26	139	2''28	57	3''49	33		
1''31	137	2''36	56	3''53	31		
1''37	131	2''42	52	3''57	27		
1''40	124	2''48	50	4''00	24		

#### 4、討論：

- (1) 密閉系統中大約有 4 公升的二氧化碳氣體的濃度約為 6116ppm，經過單乙醇胺捕捉器後，在 13 分鐘時，二氧化碳氣體的濃度降到 13 ppm。
- (2) 空氣中二氧化碳氣體經過單乙醇胺捕捉器，在 4 分鐘後下降到 0ppm。

#### (三)、單乙醇胺再回收利用探討

單乙醇胺與二氧化碳作用後形成碳酸氫胺的物質，我們利用可逆反應的方式還原，並且循環利用。另一方面我們也收集還原出來的二氧化碳作為其它用途。

##### 1、原理：

單乙醇胺捕捉二氧化碳後，反應成單乙醇碳酸氫胺，而單乙醇碳酸氫胺加熱後，會變回單乙醇胺和二氧化碳。

##### 2、方法：

- (1) 將二氧化碳捕捉器中的石英陶瓷取出放入蒸餾瓶中加熱
- (2) 將蒸餾瓶變成只有一個出口，使反應後物質只能從單一出口通過且流經逆止閥，再進入裝有澄清石灰水的瓶子
- (3) 若澄清石灰水變成混濁，就表示有釋放出二氧化碳
- (4) 最後將單乙醇胺與二氧化碳回收再利用

### 3、回收流程圖

單乙醇胺+二氧化碳+水

↓  
石英陶瓷

單乙醇碳酸氫胺

↓  
加熱

單乙醇胺+二氧化碳

↓  
收集

回收再利用

【圖五】單乙醇胺再回收利用

### 4、回收裝置圖



【圖六】單乙醇胺回收裝置圖

#### 5、結果：

- (1) 從二十六度加熱到將近一百度時，就有少量的氣泡出現
- (2) 二十六分鐘後，加熱到一百一十五度，才有較多氣泡產生，而且使澄清石灰水混濁，表示有二氧化碳氣體的產生
- (3) 加熱還原的時候，單乙醇胺會變成偏黃的顏色

#### 6、討論：

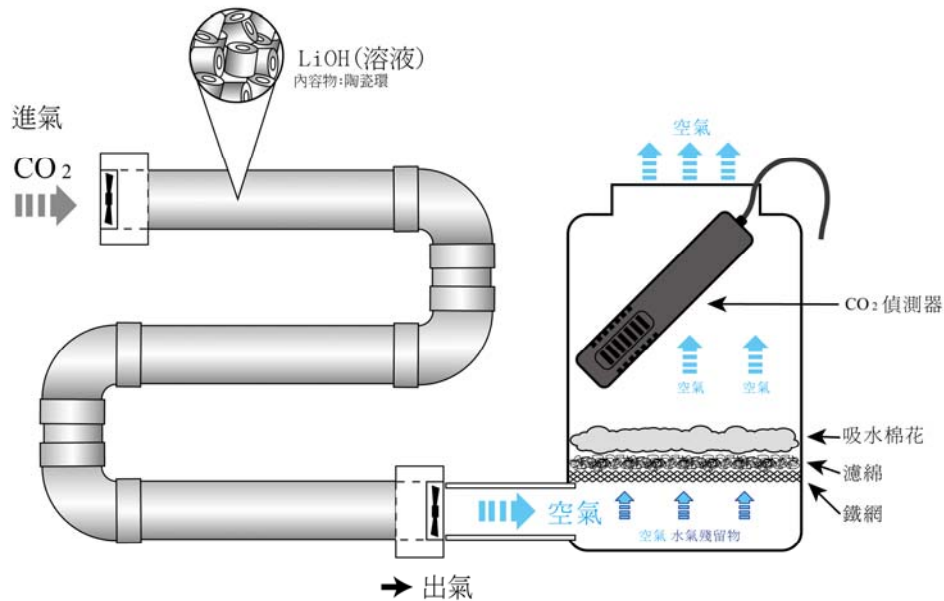
- (1) 單乙醇碳酸氫胺經由加熱，還原成原來的單乙醇胺，可循環利用
- (2) 我們利用針筒收集還原的二氧化碳，並加以利用

## 五、氫氧化鋰捕捉器設計

### (一) 彎曲式管狀捕捉器設計

氫氧化鋰與二氧化碳反應量雖大，但需要較長的反應時間，於是我們將簡易捕捉器改良成水管材質，利用彎曲狀的特性，增加氫氧化鋰與二氧化碳的反應時間，以提高氫氧化鋰的捕捉效果

#### 1、氫氧化鋰捕捉器構想圖



【圖一】氫氧化鋰捕捉器構想圖

#### 2、氫氧化鋰捕捉器各部位構造圖：



【圖二】氫氧化鋰捕捉器（管狀主體）

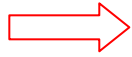


【圖三】抽氣風扇





【圖四】粉末狀氫氧化鋰



溶解成液體



【圖五】液體氫氧化鋰吸附於石英陶瓷



【圖六】管中裝有氫氧化鋰的石英陶瓷



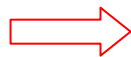
鐵環固定



【圖七】鐵環固定石英陶瓷



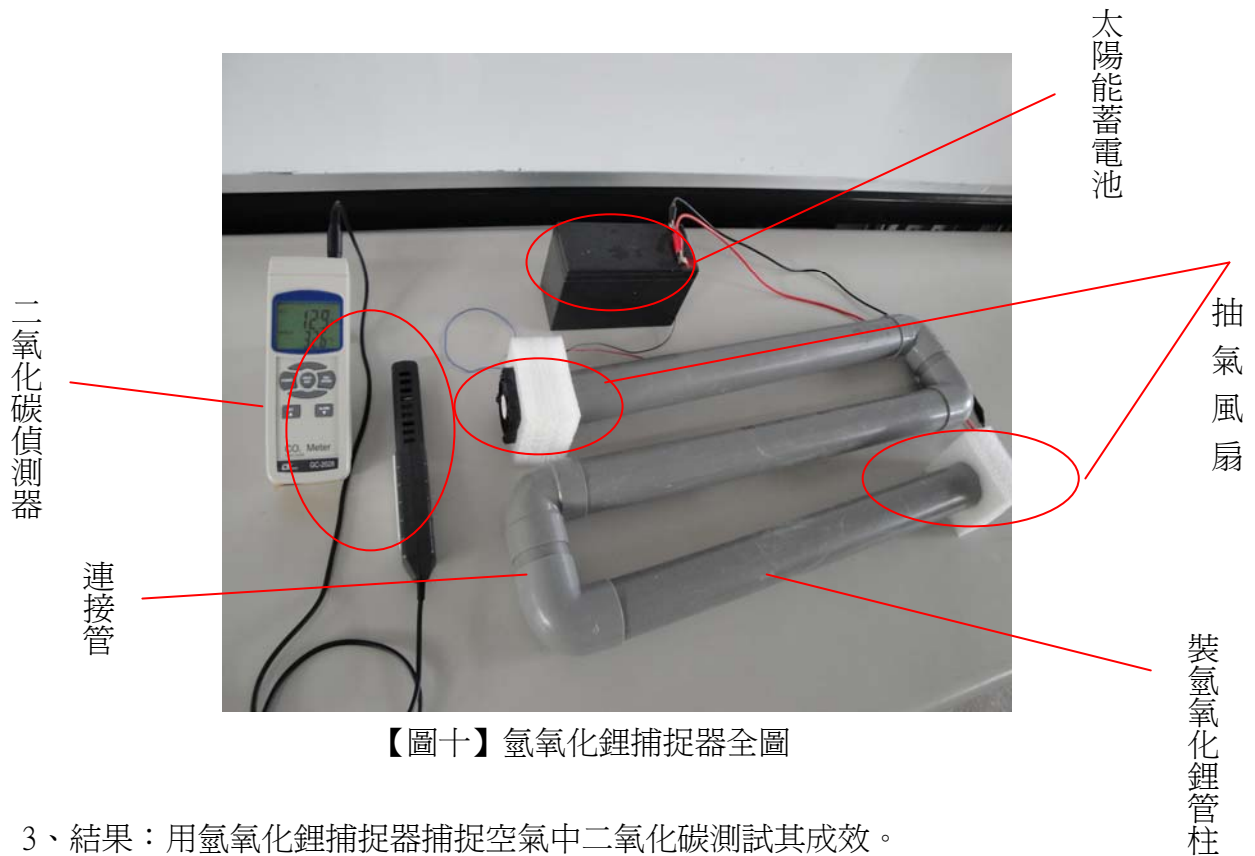
【圖八】氫氧化鋰捕捉器連接管



連接



【圖九】兩支連接管串接



3、結果：用氫氧化鋰捕捉器捕捉空氣中二氧化碳測試其成效。

【表一】二氧化碳下降濃度

原本二氧化碳濃度：386	
時間（分”秒）	濃度（ppm）
00”20	289
00”40	94
1”00	6
1”10	0

4、討論：

- (1) 由於反應路徑增長，空氣停留於管中時間相對增加，捕捉二氧化碳速率加快，約 1 分鐘就能將二氧化碳濃度下降至 0 ppm。
- (2) 彎曲式管狀捕捉器設計，確實能有效的讓的氫氧化鋰與二氧化碳反應，以彌補其反應速率較慢的缺點。
- (3) 粉末狀氫氧化鋰捕捉二氧化碳速率較慢，泡製成液體後可吸附在石英陶瓷環上，可增加反應體積與捕捉量。

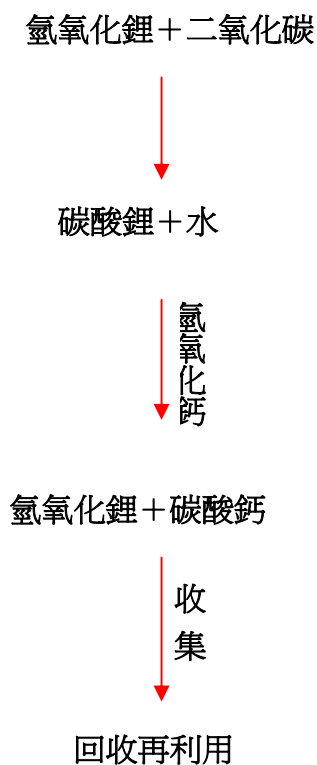
## (二) 氫氧化鋰再回收利用探討

氫氧化鋰與二氧化碳作用後形成碳酸鋰的物質，是否可以再用可逆反應方式回復成原來的氫氧化鋰，再回收重複使用，另一方面我們也可以將碳酸鋰釋放出來的二氧化碳收集起來再利用。



1、原理: 氫氧化鋰捕捉二氧化碳後，反應成碳酸鋰，而碳酸鋰加氫氧化鈣，會變成氫氧化鋰和碳酸鈣。

2、回收裝置圖：



【圖十一】

3、結果：

碳酸鋰加入氫氧化鈣溶液後，不久會產生沉澱，沉澱物質為碳酸鈣，上層物質即為還原後的氫氧化鋰。

4、討論：

- (1) 還原後的碳酸鈣可加以利用，例如：製造水泥、石灰或玻璃
- (2) 氫氧化鋰則可循環捕捉二氧化碳

## 伍、結論

### 一、鹼性物質對二氧化碳的捕捉量大小排列

氫氧化鉀 = 氫氧化鋰 > 氨水 > 單乙醇胺 > 氫氧化鈉 > 雙乙醇胺 > 氫氧化鈣 > 碳酸氫鈉

鹼性物質與二氧化碳的反應速率大小排列

單乙醇胺 > 氫氧化鋰 > 氫氧化鉀 > 氨水 > 氫氧化鈉 > 氫氧化鈣 > 雙乙醇胺 > 碳酸氫鈉

### 二、強鹼物質氫氧化鉀、氫氧化鈉對於二氧化碳捕捉量雖然很高，但是反應速率卻很慢

鹼性太強，基於安全考量也不適合當二氧化碳的捕捉劑。

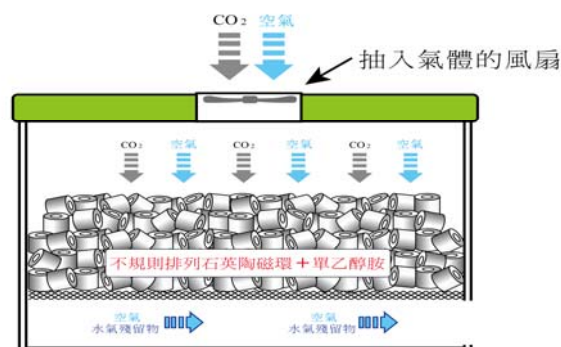
### 三、弱鹼物質氨水對於二氧化碳捕捉量雖然很高，反應速率很慢而且有強烈味道也不適合當二氧化碳的捕捉劑。

### 四、單乙醇胺捕捉二氧化碳的量雖然不是鹼性物質中最大的，但是有非常快速的反應速率，每分鐘可以捕捉 60 倍的二氧化碳，但缺點是有氨的味道，氫氧化鋰能捕捉 90 倍的二氧化碳氣體，而且沒有強烈味道，但缺點是反應速率慢，此兩種捕捉劑是很適合來捕捉二氧化碳。

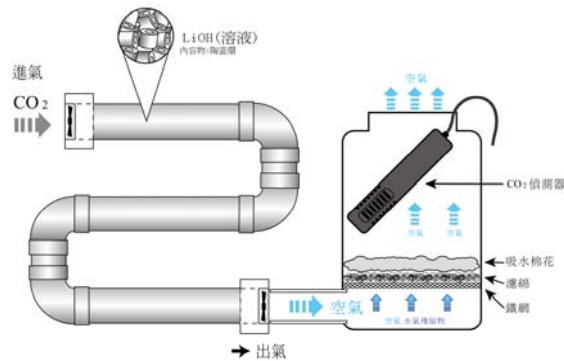
種類	體積	CO2 最大捕捉量	反應時間	CO2 變化量	pH 值變化量	CO2 捕捉速度	CO2 捕捉量	鹼性強弱	安全味道
氨水	10ml	837ml	2170 秒	7ml	3.92	慢	大	弱	強烈味道
單乙醇胺	10ml	600ml	60 秒	19ml	3.68	快	大	弱	安全稍有味道
氫氧化鈉	10ml	415ml	1620 秒	20ml	0.31	慢	中	強	不安全
氫氧化鉀	10ml	900ml	1200 秒	20ml	1.02	慢	大	強	不安全
氫氧化鋰	10ml	900ml	182 秒	20ml	1.02	慢	大	強	沒有味道

### 五、風扇轉動需要電能，爲了不再製造更多的溫室氣體，我們決定用太陽能來充當風扇的電力來源，並且有一個蓄電池能將太陽能的能量儲存，在沒有陽光時候也可以有電力來源。

### 六、加入石英陶瓷能夠增加二氧化碳的捕捉量，但是空氣流動路線要確實通過含有單乙醇胺的石英陶瓷，才能夠達到捕捉二氧化碳的最大效果，所以我們製作單乙醇胺捕捉器，用下懸空石英陶瓷排列方式能夠將空氣中約 400ppm 的二氧化碳濃度降到接近 0 ppm。



七、**氫氧化鋰捕捉器**，由於反應**路徑增長**空氣停留於管中**時間增加**，確實能有效的增加捕捉時間讓氫氧化鋰與二氧化碳充分反應，以彌補氫氧化鋰反應速率較慢的缺點，約 1 分鐘就能將二氧化碳濃度下降至 0 ppm。



八、單乙醇胺捕捉二氧化碳後會反應成**單乙醇碳酸氫胺**，可以加熱到 **115°C** 時，會還原成原來的單乙醇胺。氫氧化鋰捕捉二氧化碳後會反應成**碳酸鋰**，而碳酸鋰加**氫氧化鈣**，會還原成氫氧化鋰和碳酸鈣，還原後捕捉劑可以循環利用，釋放出來的二氧化碳也可以另作用途。

## 陸、參考資料

- 一、國中理化課本南一版第三冊第一章“氧氣及二氧化碳製造檢驗”。
- 二、國中理化課本翰林版第四冊第三章“酸鹼中和”
- 三、第 35 屆全國科展化學科第三名注射“針筒在理化實驗上的應用”。
- 四、科學人雜誌 2008 年 12 月出版：為地球遮陽
- 五、科學人雜誌 2010 年 07 月出版：吸淨空氣中的二氧化碳
- 六、溫暖化的地球 田中正之著
- 七、柳中明環耕雜誌：全球氣候變遷對我國的衝擊
- 八、姜善鑫環境教育季刊第十六期：全球氣候變遷
- 九、國科會環保署科技合作研究計畫書：胺類及胺化學捕捉二氧化碳之研究及反應動力探討

## 【評語】 030208

本作品很有系統，設計並實作利用太陽能做為捕捉器動力綠色能源，簡易效果佳的單乙醇及氫氧化鋰為溫室氣體CO<sub>2</sub>吸附，其在加熱可復原單乙醇氨，且氫氧化鋰的LiCO<sub>3</sub>亦可加入Ca(OH)<sub>2</sub>予以還原！工作程序，可圈可點，可惜在CO<sub>2</sub>體積之量取相當粗糙，推薦為佳作獎。