

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

031727

明天過後—溫室氣體的探討

學校名稱： 南投縣立旭光高級中學

作者：	指導老師：
國一 黃柏霖	張義煉
國一 江泓樂	陳英田
國一 薛喬	

關鍵詞：溫室效應、冰川融化、海平面上升

明天過後—溫室氣體的探討

壹、 摘要

要能明顯看出二氧化碳氣體造成溫室效應之效果，需以紅外線加熱器來當作熱源，選擇裝氣體的容器之體積亦不能太小且不能搖晃氣瓶以免內部溫度明顯上升造成起始條件的不同；添加氯化鈣可吸收水氣排除其影響實驗值的觀察。溫度的高低比通入氣體種類更能直接影響綠豆植物的成長，在較高溫環境中，綠豆成長較為快速。在 3.5% 鹽水的實驗系統中，鹽水的體積膨脹係數為 $0.00013(1/^\circ\text{C})$ 且在 4 時的體積理論值為 145.477 ml 與實驗值 145.5ml 相符，證明我們所設計簡易的測量液體體積膨脹係數的方法與工具確實可行且可充作教材教具，來說明海面上升的原因除了全球溫度上升造成極區冰層、冰川融化，淡水流入海洋所造成的影響之外，海水因為溫度上升所造成的體積膨脹亦不可忽視。

貳、 研究動機

電影「明天過後」敘述溫室效應嚴重惡化，氣候急遽變化，大自然全面反撲地球，明天過後海面上升，洋流改變路徑造成氣候遽變世界全面冰封的景象令人印象深刻。又因應全球氣候變遷之東京協議書於 2005 年 2 月 16 日正式生效，內容協議世界各國簽署協定控制與減少溫室氣體二氧化碳之排放量。從工業革命開始，二百多年來全球二氧化碳含量與全球溫度增加的趨勢是成正比的，如果依照這樣的情勢下去，科學家預測 21 世紀末的全球平均氣溫將比 1990 年的氣溫高出攝氏 1.4-5.8 度，全球平均海平面將上升 0.09-0.88 公尺，屆時像馬爾地夫這樣的島國將有 80% 的國土會消失。那麼福爾摩沙之島—台灣呢？我們身為地球村之一員，應要善盡保護地球之責任，除了要積極參與節約能源，以降低溫室氣體二氧化碳排放之外，我們也應更關心相關溫室氣體的研究才是。

參、 研究目的

- 一、 找尋簡單之實驗設計用來證明以固定熱源模擬實際溫室效應之溫度上升與氣體種類的關係。
- 二、 以所得之實驗設計比較二氧化碳與其他氣體之溫度上升情形。
- 三、 將實驗室製備之二氧化碳溫室氣體導入自製溫室中，觀察比較溫室效應影響與其他不同條件下植物之生長情形。
- 四、 模擬電影「明天過後」情節，探討溫室效應造成海平面上升之情形，呼籲大家重視亂排放溫室氣體之問題嚴重性。

肆、 研究設備與器材

- 一、 **實驗器材**：1ml 及 25ml 針筒、各號橡皮塞、錐型瓶、玻璃板、棉花、薊頭漏斗、木材、鋁箔紙、保麗龍、塑膠滴管、磚塊。
- 二、 **實驗藥品**：17.5%雙氧水、二氧化錳、大理石、6M鹽酸、氯化鈣打火機內丁烷、精製鹽、冰塊、綠豆。
- 三、 **儀器設備**：恆溫水槽、紅外線加熱器、塑膠水槽。
- 四、 **測量工具儀器**：電子式溫度計、天平、量筒、量瓶（如表一）。

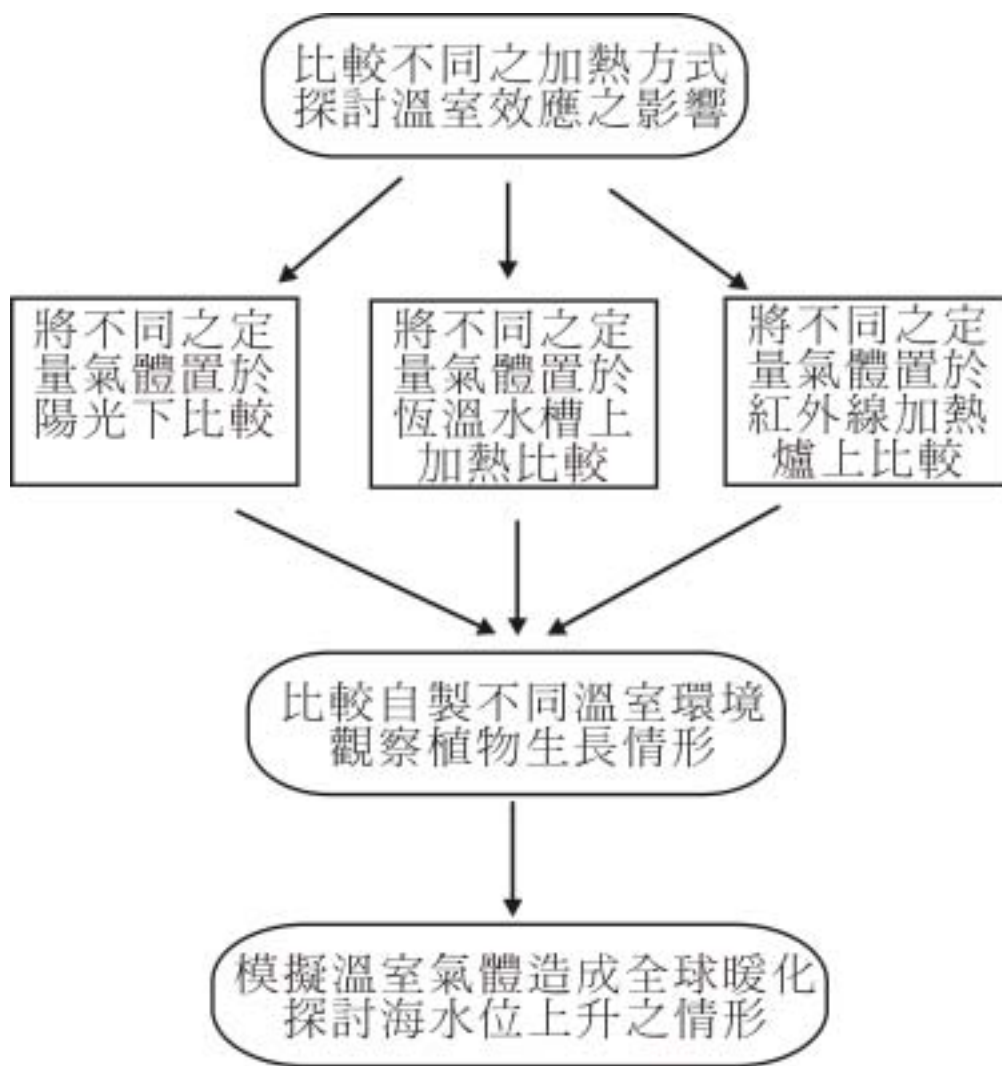
表一、 研究設備與器材一覽表。

實圖				
說明	容器及膨脹計材料	容器瓶塞	氣體容器	製造等距離用
名稱	針筒	各號橡皮塞	錐形瓶	玻璃板
實圖				
說明	種植綠豆	製造氣體器材	製造乾餾氣體	包裹木筷
名稱	棉花	薊頭漏斗	木筷	鋁箔
實圖				
說明	種植綠豆	滴酸	製造大陸環境	製造氧氣
名稱	保麗龍	塑膠滴管	磚塊	17.5%雙氧水

實圖				
說明	製造氧氣	製造二氧化碳	製造二氧化碳	吸收水氣
名稱	二氧化錳	大理石	6M鹽酸	氯化鈣
實圖				
說明	乾餾氣體	模擬海水	模擬冰川	溫室環境實驗
名稱	丁烷	精製鹽	冰塊	綠豆
實圖				
說明	溫室效應熱源	溫室效應熱源	模擬冰川融化	控制鹽酸流量
名稱	恆溫水槽	紅外線加熱器	塑膠水槽	流量控制閥
實圖				
說明	稱量質量	稱量液體體積	氣體定量	溫度測量
名稱	天平	量筒	量瓶	電子式溫度計

伍、 研究步驟與方法

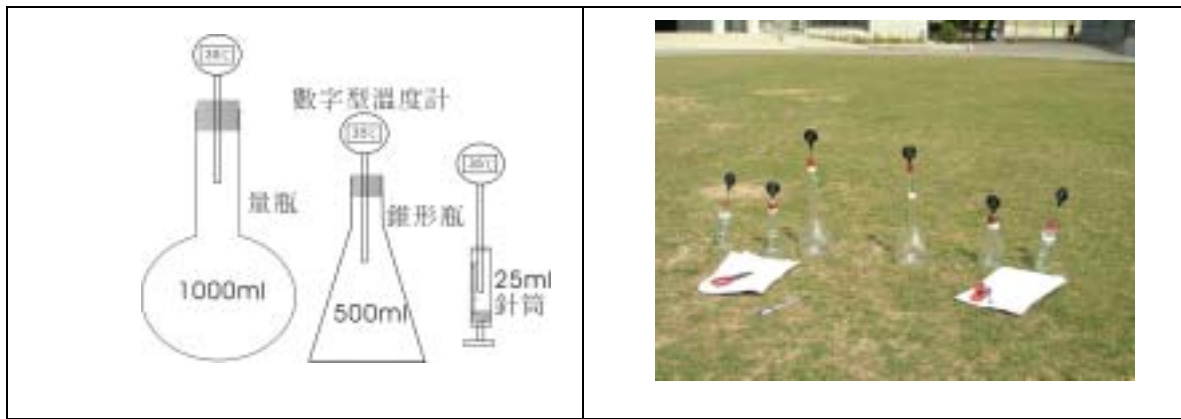
根據課堂上所學與所欲探討之問題，我們設計實驗步驟與流程圖（圖一）如下：



圖一、實驗流程圖。

一、 相異氣體置於陽光下，觀察其溫度變化的差異。

1. 利用 $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ 及 $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ 的化學反應可分別取得純度較高的二氧化碳與氧氣。
2. 將步驟 1 所製得的氣體置入不同體積之容器中，塞上軟木塞置入電子式溫度計，裝置如圖二。
3. 另取一內裝有空氣的容器做為對照組。
4. 將充滿氣體的各不同體積之容器置於陽光下，計時同時分別觀察與記錄其內部氣體的溫度變化，並分別討論相同體積但不同氣體及相同氣體卻不同體積之溫度變化情形。



圖二、陽光下相同體積內裝不同氣體以及裝相同氣體卻不同體積之實驗裝置圖。

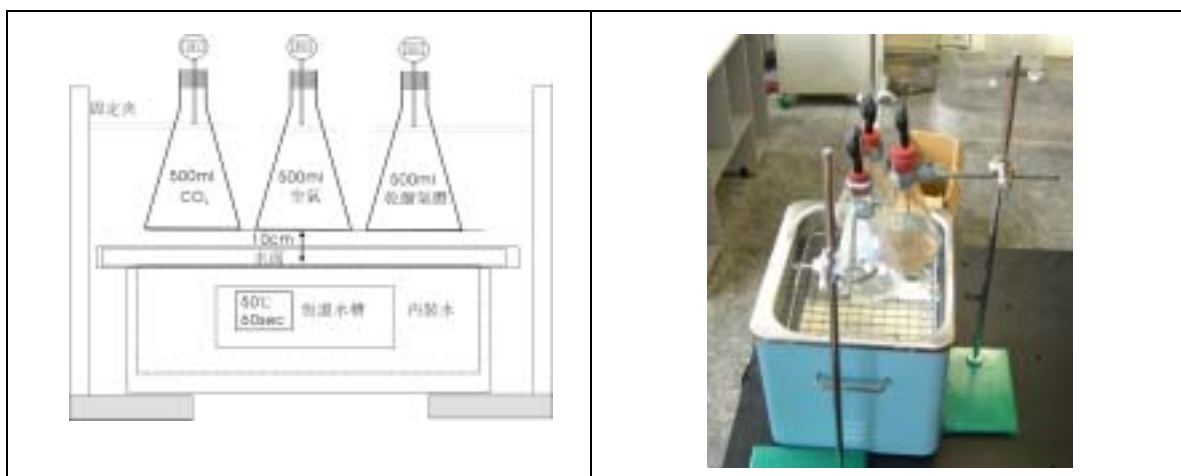
二、 定量相異氣體置於恆溫水槽上，觀察其溫度變化的差異。

1. 如上述步驟一收集之二氧化碳及空氣置入定量 500ml 之錐形瓶中。
2. 另外收集木筷乾餾之氣體(CO₂ H₂ CH₄...等混合氣體)置入 500ml 錐形瓶中備用(如圖三)



圖三、收集木筷乾餾氣體實驗裝置圖。

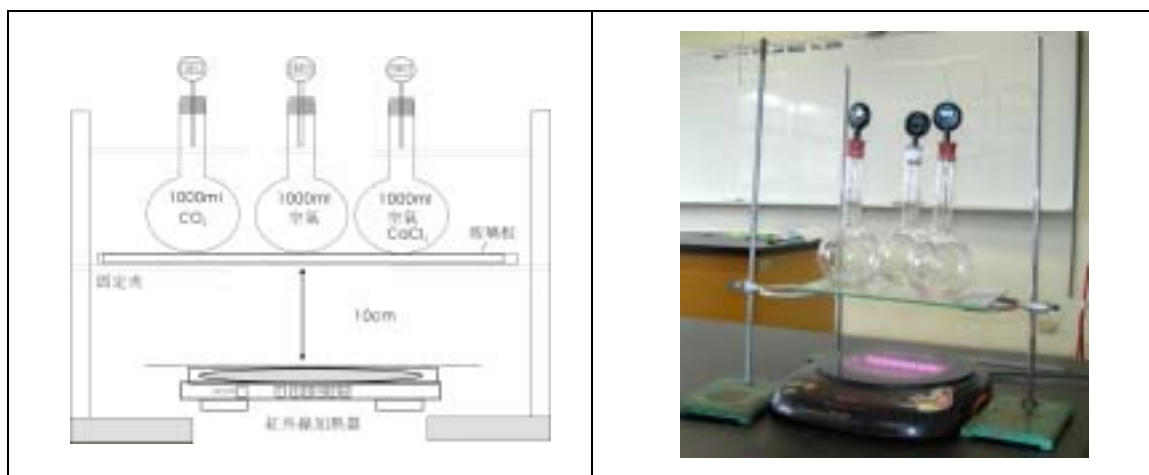
3. 如上述步驟一，改將實驗裝置放置於恆溫水槽上方 10 公分處，以恆溫水槽為熱源，並分別以不同溫度 30、40、50 及 60 來加熱，分別記錄溫度變化之情形。
4. 裝置如圖四，討論相同體積內裝不同氣體之溫度變化情形。



圖四、恆溫水槽上相同體積內裝不同氣體之實驗裝置圖。

三、 定量相異氣體置於紅外線加熱器上，觀察其溫度變化的差異。

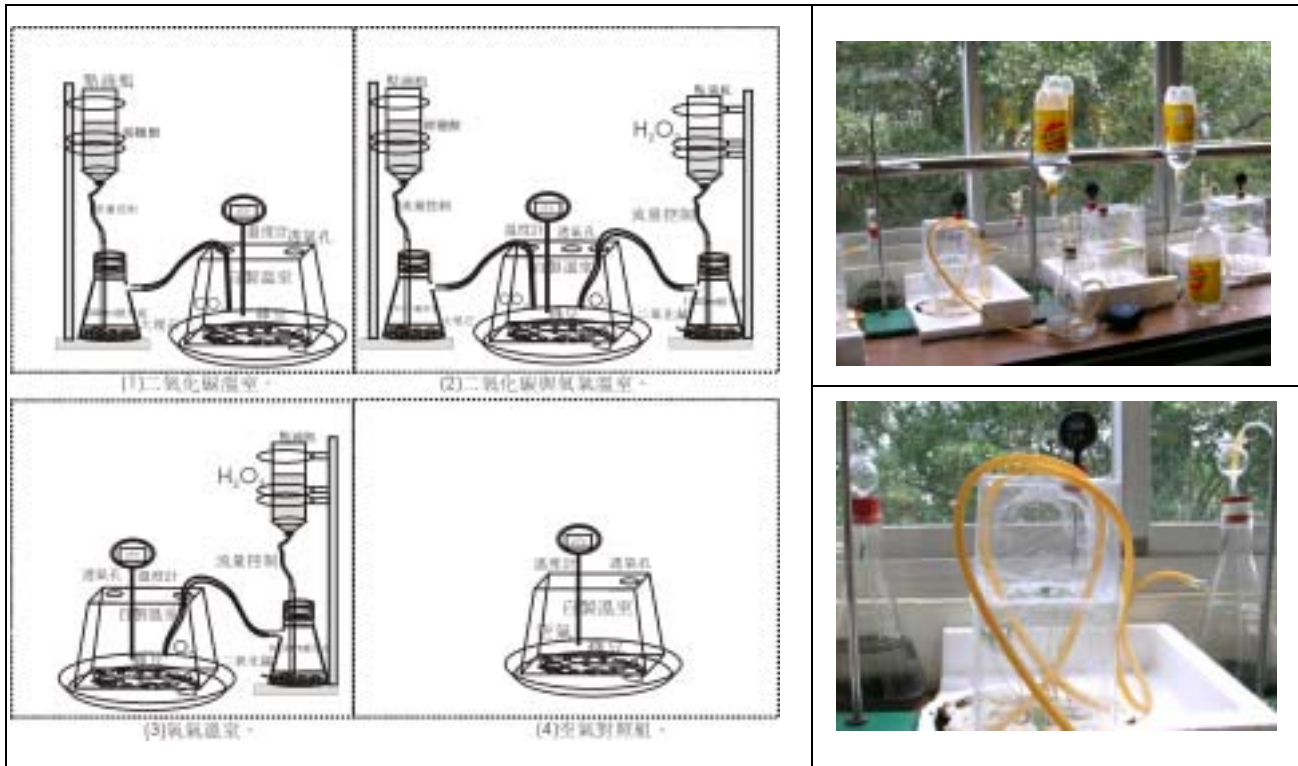
1. 如上述步驟一收集之二氧化碳置入定量 1000ml 之量瓶中。
2. 準備二個內裝有空氣的 1000ml 量瓶做為對照組，並在其中一瓶內加上 5 公克氯化鈣(CaCl_2)來去除水氣之影響。
3. 如上述步驟二，改將實驗裝置放置於紅外線加熱器上方 10 公分處，以紅外線加熱器為熱源，並分別以不同段數來加熱，分別記錄溫度變化之情形
4. 裝置如圖五，討論相同體積內裝不同氣體之溫度變化情形。



圖五、紅外線加熱器上相同體積內裝不同氣體之實驗裝置圖。

四、 溫室環境對植物生長的實驗觀察。

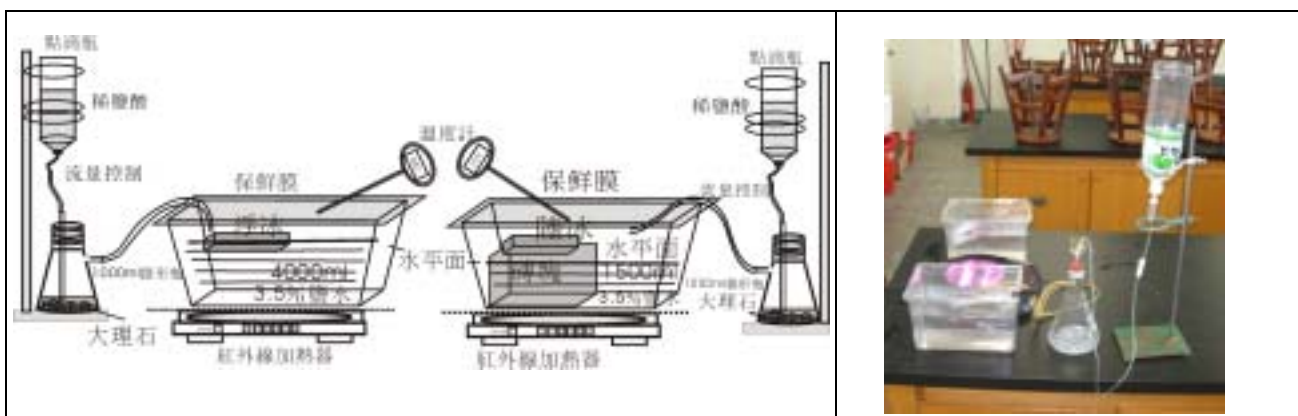
1. 如上述步驟一產生二氧化碳及氧氣之實驗裝置，將稀鹽酸及稀釋雙氧水分別裝入自製點滴瓶中（模擬為樹打點滴之構想），以每日可以持續滴入鹽酸與雙氧水來產生二氧化碳與氧氣為原則。
2. 將 10 顆綠豆分別置於已吸足水份的棉花之保麗龍盤上，並將塑膠水槽反蓋其上，各通入步驟 1 所製得的氣體，裝置如圖六。
3. 製作三組植物生長槽，其內部充滿的氣體分別為：(1).二氧化碳、(2).氧氣與二氧化碳混合氣體及(3).氧氣、(4).空氣。
4. 分別作為期約一個月之時間觀察，並記錄四槽中植物生長的情形。



圖六、通入不同氣體之溫室環境對植物生長的實驗觀察裝置圖。

五、 溫室效應對鹽水平面的影響(模擬海平面浮冰及冰川)。

1. 如上述步驟一收集之二氧化碳，將二氧化碳導入封閉水槽中。
2. 各水槽中皆裝有 4000ml 的 3.5% 鹽水及一塊定量浮冰，將各氣體分別導入其中並密封，裝置如圖七。
3. 製作二組溫室模擬，其內部充滿的氣體分別為二氧化碳及空氣。
4. 將水槽至於紅外線加熱器旁，模擬溫室效應對浮冰之影響，分別觀察水槽中的溫度變化以及水面上昇的情形，並紀錄之。
5. 如上述步驟，將浮冰改成各水槽中皆裝有 1500ml 的鹽水及二塊磚塊，並在磚塊上置一定量冰塊，將各氣體分別導入其中並密封，裝置如圖七，模擬溫室效應對冰川之影響。



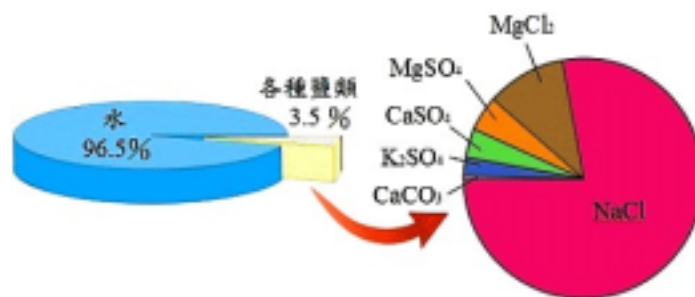
圖七、溫室效應對海平面的影響—模擬海平面浮冰及冰川裝置示意圖。

六、 溫度變化對鹽水體積之影響實驗觀察。

1. 海水之組成成分如表二及圖八所示。

表二、海水組成。

成分	%
H ₂ O	96.5
NaCl	2.72
MgCl ₂	0.38
MgSO ₄	0.17
CaSO ₄	0.13
K ₂ SO ₄	0.09
CaCO ₃	0.01



圖八、海水中主要鹽分組成。

2. 模擬海水之組成成分，將鹽與水配置 3.5% 的鹽水，將鹽水置入約 125ml 之錐形瓶中，放在酒精燈上加熱，等鹽水體積受熱膨脹及溫度上升後，放在室溫下冷卻。
3. 靜待穩定後，慢慢冷卻下來，分別記錄冷卻溫度與海水體積之關係（裝置如圖九）。
4. 依據 $V=V_0[1+\gamma(T-4)]$ (V :溫度 T 的體積、 V_0 : 4 鹽水的體積、 γ 鹽水的膨脹係數、 T : 溫度)，計算出鹽水的體積膨脹係數，討論溫室效應對海水體積膨脹之影響。



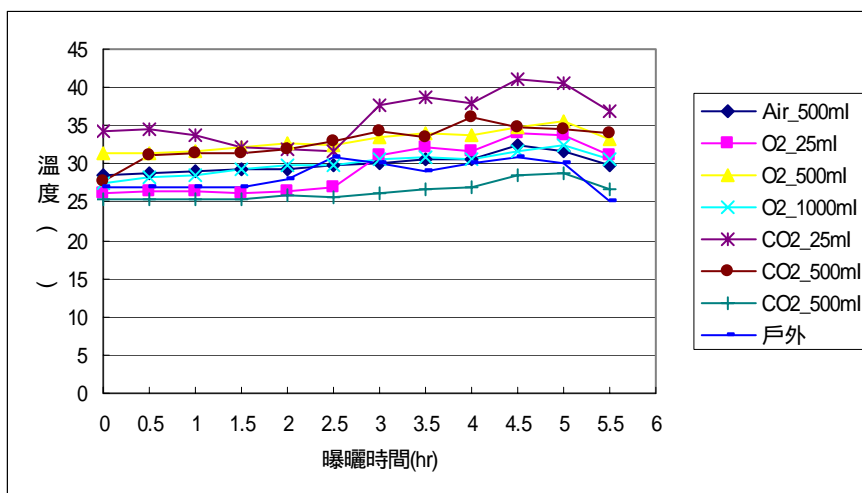
圖九、計算 3.5% 鹽水的體積膨脹係數實驗裝置圖。

陸、 結果與討論

一、 將二氧化碳、空氣及氧氣定量氣體置於陽光下，其溫度變化的結果如圖十所示，我們可以發現如下之結果：

1. 無論是空氣、二氧化碳及氧氣在一開始曝曬時，溫度皆會上升，因為我們實驗起始的時間是從早上九點開始，戶外溫度變化亦是隨時間而增加，而中午時溫度上升更是明顯，到下午二點後，因戶外溫度下降，而溫度亦是下降。
2. 在相同氣體但體積不同的比較當中，發現體積小之容器，溫度變化較不穩定且變化劇烈，而在 500ml 與 1000ml 容器中氣體溫度的變化較為穩定，因此爾後之實驗決定皆取 500ml 及 1000ml 體積為基準，捨棄變動大之 25ml。

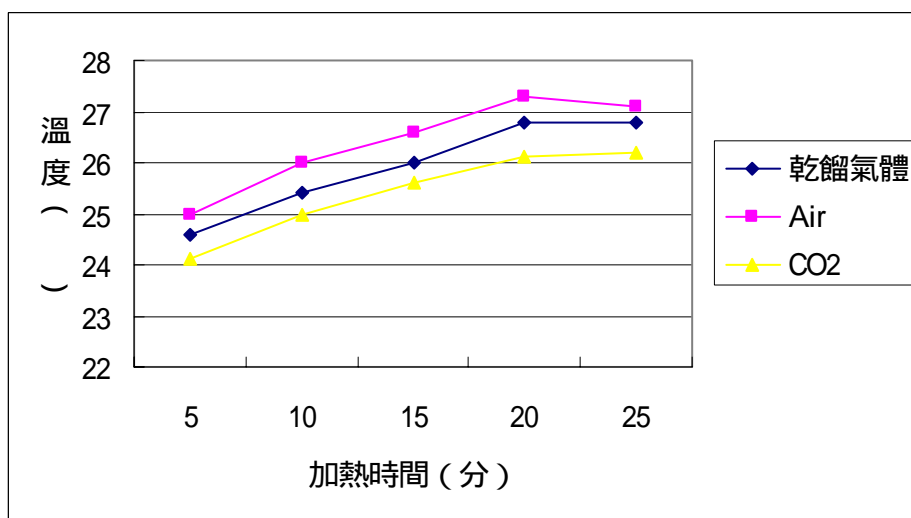
3. 相同體積內裝不同氣體之實驗中，我們發現氣體的溫度皆會隨外界溫度之改變而改變，看不出彼此之間的關係，原因是我們忽略所有氣體都會吸收某些特定波長之能量而造成本身溫度之上升，且陽光的波長是連續的，而溫室氣體是吸收由地表所放出之紅外光波長，因此，我們必須排出其他波長之影響，故我們改以恆溫水槽取代戶外陽光為紅外光輻射光源。



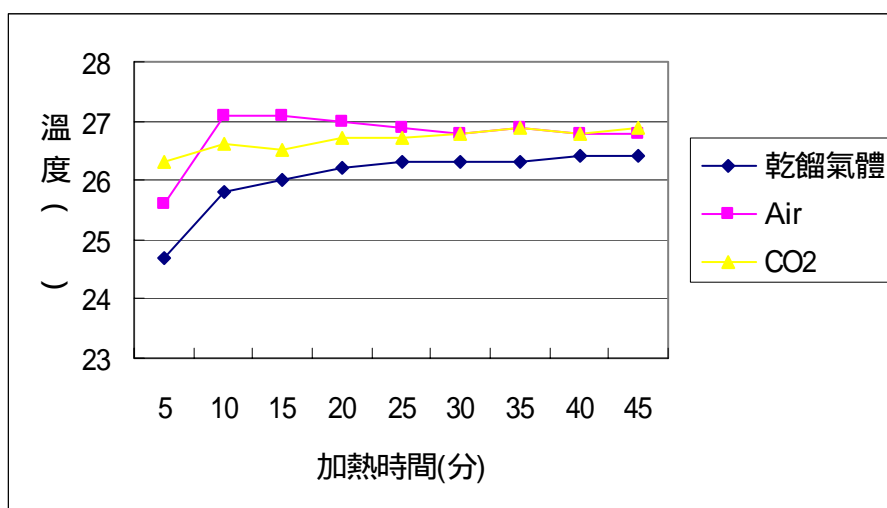
圖十、定量不同氣體以及相同氣體不同體積在陽光下曝曬溫度變化圖。

二、 定量相異氣體置於恆溫水槽上，觀察其溫度變化的結果整理如下：

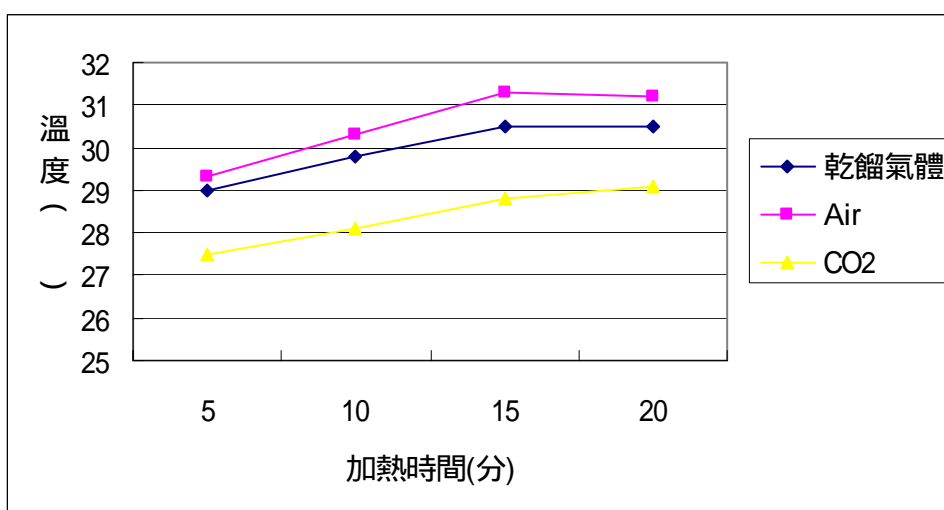
1. 在恆溫水槽為 30、40、50 及 60 時結果分別如圖十一、圖十二、圖十三及圖十四所示，我們發現乾餾氣體、空氣與二氧化碳溫度皆上升，一開始時各種氣體之起使溫度即不同，其餘上升溫度幅度皆相仿，但卻不是二氧化碳溫度上升最快。
2. 起始溫度之不同研判可能為剛裝瓶時手搖晃到氣體瓶，造成內部氣體分子之動能增加溫度上升之結果，將 500ml 之錐形瓶取下，以手搖晃之，果然溫度變化很快，誤差約有 2-3，擬下次實驗時將會先使氣體瓶靜置若干分鐘，等起始溫度一致時，再同時一起加熱。
3. 另外在圖十二中發現，加熱時間越久發現溫度上升到維持一定值即不再上升，研判應與瓶內的氣體為定量有關；而且發現空氣之溫度變動大應與瓶內有水氣的緣故，故下次實驗時將添加入氯化鈣(CaCl_2)以製備乾燥空氣，實驗證明是否判斷為屬實。
4. 恆溫水槽除了熱輻射之影響外，熱對流議會影響實驗結果，擬改以紅外線加熱器為熱源。



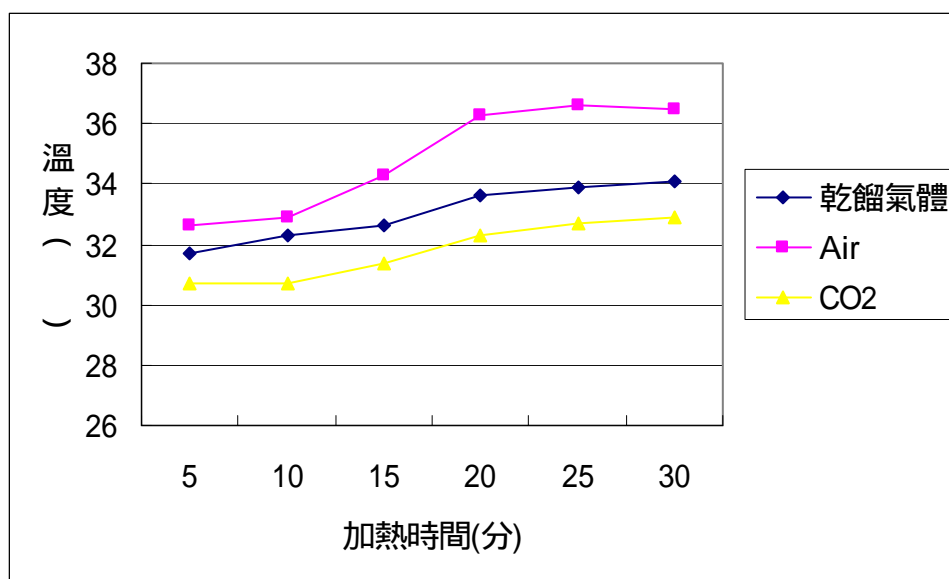
圖十一、定量不同氣體在 30 恆溫水槽上溫度變化圖。



圖十二、定量不同氣體在 40 恆溫水槽上溫度變化圖。



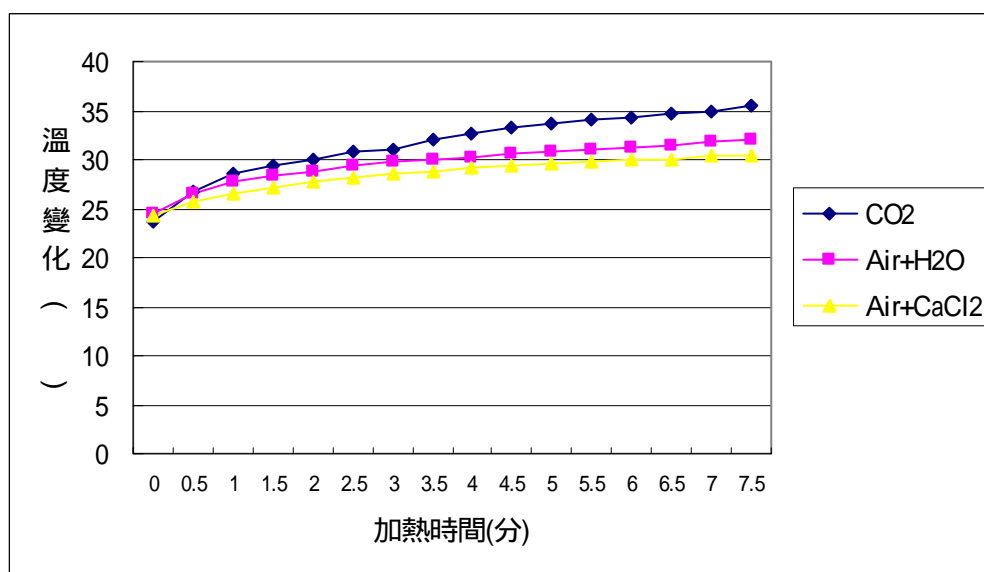
圖十三、定量不同氣體在 50 恆溫水槽上溫度變化圖。



圖十四、定量不同氣體在 60 恆溫水槽上溫度變化圖。

三、 定量相異氣體置於紅外線加熱器上，以四段火力加熱，並將以往實驗所得到之注意事項如起始溫度之不同及水氣之影響排除，觀察記錄結果如圖十五：

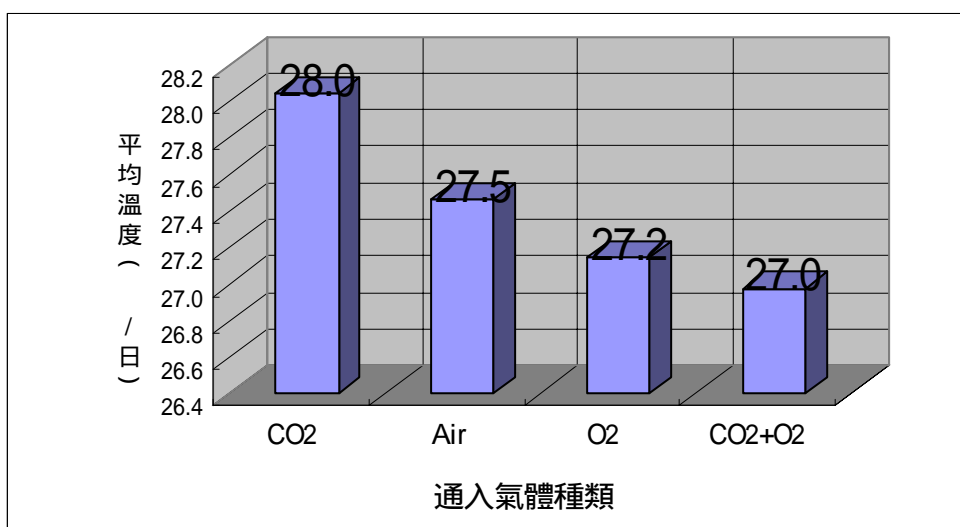
1. 我們明顯發現，二氧化碳果然在紅外線加熱器之加熱情況下，溫度明顯上升趨勢較含水氣之空氣及乾燥空氣快，證明其溫室效應之顯著，且證明含水氣的空氣之溫室效應亦比乾燥空氣大。
2. 在紅外線加熱之情況下，空氣中含水氣溫度的上升明顯比乾燥空氣快，證明我們之前空氣中水氣之含量會影響實驗結果之推論。
3. 在適當的條件控制之下，我們真的可以實驗來證明二氧化碳的溫室效應，條件控制包括有以紅外線加熱器當熱源、裝置氣體瓶容量要大、實驗前氣體瓶需靜置待起始溫度一致以及注意水氣的影響等要件。



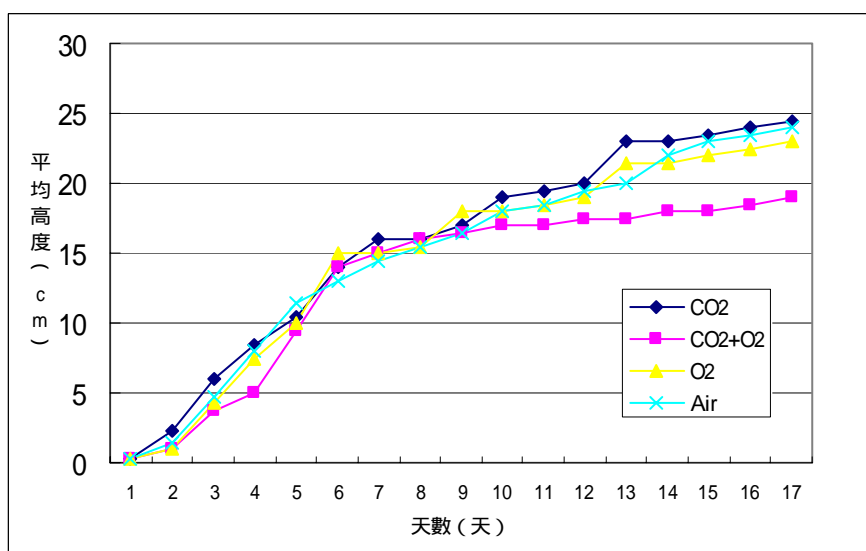
圖十五、定量不同氣體在紅外線加熱器上以四段火力加熱溫度變化圖。

四、 在我們自製的溫室環境對綠豆植物生長的實驗觀察結果如下所示：

1. 各溫室之平均溫度如圖十六，我們發現還是以二氧化碳之日平均溫度為最高，可見其溫室效應仍對溫度有影響。其餘溫室之溫度變化在真實狀況中仍可能會受其他光波長干擾或水氣之影響溫度之表現，總體表現為二氧化碳 > 空氣 > 氧氣 > 氧加二氧化碳。
2. 各溫室之綠豆生長高度如圖十七所示，我們發現有趣的是綠豆的高度竟與平均溫度成正相關而不是氣體種類，平均溫度愈高，綠豆生長愈快亦愈高。



圖十六、自製溫室環境每日通入不同氣體之平均溫度比較圖。



圖十七、自製溫室環境每日通入不同氣體之綠豆成長高度平均比較圖。

五、 溫室效應對鹽水平面的影響實驗中結果整理如表三：

1. 由我們的實驗結果可以發現有二氧化碳存在之密閉空間，平均溫度約高 1 左右，融化時間亦約快 10 分鐘，而且浮冰融化比陸冰要快上一倍左右。

2. 因鹽水的密度 (1.01 g/cm^3) 大於水的密度，所以經由浮力公式 (阿基米德原理： $B_{\text{浮力}} = V_{\text{排開液體體積}} D_{\text{液體密度}} = V_{\text{冰塊體積}} D_{\text{冰塊密度}} = M_{\text{冰塊質量}}$) 及體積公式 ($V = hA$, V : 液體體積, h : 高度 A : 底面積) 理論之計算，在我們的實驗模型中浮冰熔化會使水位會上升約 0.0151mm ，冰川 (陸冰) 之熔化會使水位上升約 3.5cm ，顯然冰川 (陸冰) 熔化之影響會比較嚴重。

表三、溫室效應對水平面的影響實驗室數據。

氣體種類	浮冰		冰川	
	CO ₂	Air	CO ₂	Air
平均溫度()	30.3	29.8	34.5	32.8
全溶時間(分)	133	142	279	263
3.5%鹽水密度(g/cm^3)	1.01	1.01	1.01	1.01
浮冰體積(cm^3)	700	700	700	700
鹽水體積(cm^3)	4000	4000	1500	1500
鹽水面積(cm^2)	459	459	200	200
理論上升高度(cm)	0.0151	0.0151	3.5	3.5

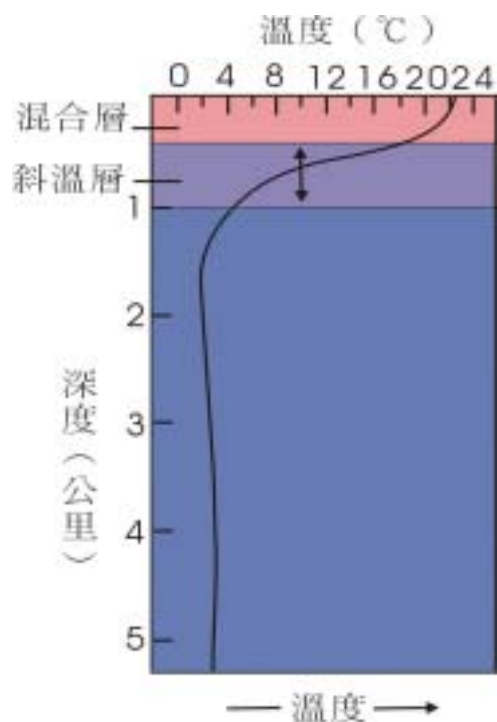
3. 模擬海面上的浮冰與陸上的冰川受溫室效應增溫之影響而冰塊熔化的實驗中，我們只探討二氧化碳氣體增溫的效應大於空氣增溫的效應，導致充滿二氧化碳的容器中，冰塊熔化速度較快；而充滿空氣的的容器中，冰塊熔化速度較慢。此實驗的參數，並未加入起始溫度的因素。實際上，起始溫度為室溫，在室溫下，冰塊原本就會因吸熱而熔化，我們只是把二氧化碳與空氣因紅外線加熱器的增溫，導致冰塊完全熔化所需的時間做比較。事實證明，二氧化碳受紅外線加熱器的增溫確實較為顯著，進而導致冰塊完全熔化所需的時間較短。
4. 地球海水之資料我們將它整理如下表四，自然界中，有浮冰與冰川的地點，大都位於高緯度地區，或是高山地區，此等地點的空氣溫度，較實驗室中的室溫低了許多。冰塊在較低溫的環境中，如果溫度緩慢上升至冰點以上，冰塊會逐漸熔化，但是熔化的速度不會如我們的實驗模擬的熔冰速度這麼的快。所以，這種模擬熔冰速度的實驗，將來我們可以繼續延伸，例如在一個可以將溫度控制在 0 的環境中，再導入二氧化碳加熱，探討定量的冰塊熔化的所需時間，應該更貼近於真實的熔冰環境。
5. 浮冰為一浮體，浮冰熔化後，雖然變成水，但是對於水位的升高並無太大影響；即使原來的水體是鹽度為 3.5% 的鹽水，冰塊完全熔化後，水位僅僅些微的上升。但是，陸冰的熔化，也是變成水，這些水匯入原來的水體後，實際上增加了水體的總體積，水位當然上升明顯，地球上的水體總體積為 $1.38 \times 10^{24} \text{cm}^3$ ，冰的體積佔約 2% ，所以冰的總體積為 $1.38 \times 10^{24} \text{cm}^3 \times 2\% = 2.76 \times 10^{22} \text{cm}^3$ ，而南極的冰川佔

冰總體積的 91%，所以我們可以推算若南極冰全部融化則海平面將上升 69 公尺 ($2.51 \times 10^{22} \text{cm}^3 / 3.62 \times 10^{18} \text{cm}^2 = 6.94 \times 10^3 \text{cm} = 69.4 \text{m}$ ，牛頓雜誌預估 65 公尺)，且若地球上的冰，全部融化成水，先不考慮海水增溫後的體積膨脹的話，則全部海水的水位上升為 76.3 公尺，冰的總體積/海洋表面積 = $2.76 \times 10^{22} \text{cm}^3 / 3.62 \times 10^{18} \text{cm}^2 = 7.63 \times 10^3 \text{cm} = 76.3 \text{m}$ ，在這種情況之下，台灣島的平原地區皆為海水所淹沒。而台灣平原地形面積約佔台灣面積的 30%，所以屆時台灣面積僅剩下約 25172km^2 ， $35961 \text{km}^2 * 70\% = 25172 \text{km}^2$ ，而台灣附近的各個離島，皆會消失！

表四、地球海水與冰川資料整理。

地球半徑 (cm)	地球表面積 (cm ²)	海洋面積全球總面積(%)	海洋表面積 (cm ²)	海洋平均深度 (cm)
6.367×10^8	5.094×10^{18}	71	$0.71 \times 5.094 \times 10^{18}$	3.8×10^5
海水密度 (g/cm ³)	海水鹽度 (%)	冰川總體積 (cm ³)	平均陸地高 (cm)	由資料可推算海水總體積 (cm ³)
1.025	3.5	2.76×10^{22}	8.45×10^4	1.355×10^{24}
水體總體積 (cm ³)	海洋佔水體總量(%)	凍結水體佔總量(%)	淡水冰與雪佔凍結水體總量(%)	南極冰原體積 (cm ³)
1.38×10^{24}	97.4	2	80	2.51×10^{22}

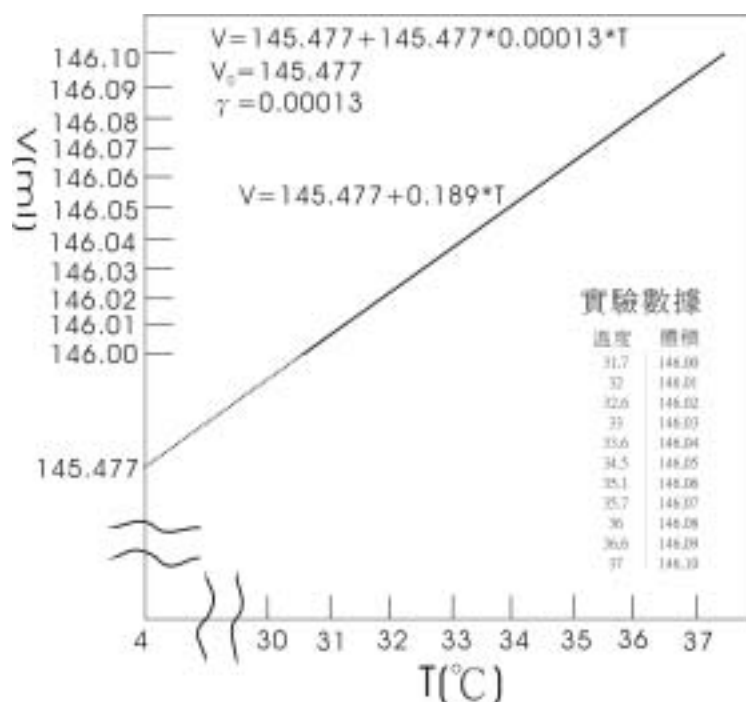
6. 然而，全球氣候變遷的因素十分複雜，至今尚未有完整的氣候預測模式可以預測未來的氣候狀態。我們也很難預測未來的海水水溫升高的趨勢，縱使未來氣溫升高的模式可以推算出來，對於海水水溫升高的模式仍然變數很大。例如，海洋具有三度空間的特性，表層海水的水溫與底層海水的水溫就截然不同，圖十八中顯示，海水水溫在不同深度有不同的溫度，海洋的水溫的變化分為三層，所以整體海水的水溫並不一致。但是若全部的冰皆融化成水，溫度持續升高，可以知道海水的體積會因受熱而膨脹，所以我們進行鹽水體積膨脹係數之測量。



圖十八、海洋水溫隨深度變化圖。

六、 依據 $V=V_0[1+\gamma(T-4)]$ (V :溫度 T 的體積、 V_0 : 4 鹽水的體積、 γ 鹽水的膨脹係數、 T : 溫度), 溫度變化對鹽水體積之影響實驗記錄如圖十八所示:

1. 在我們的實驗中可以看出 3.5% 鹽水的體積膨脹係數為 0.00013(1/)。而且 4 時的體積理論值為 145.477 ml, 而根據我們將鹽水實驗裝置放入鹽加水再加冰的環境中冷卻至 4 時量測實驗裝置中的鹽水體積也確實為 145.5ml, 雖然我們的實驗未考慮玻璃與針筒的熱膨脹與人為誤差的影響, 但實驗結果仍證明我們設計這樣簡易測量液體體積膨脹係數的方法確實是可行的, 實驗結果是十分準確且可靠的。



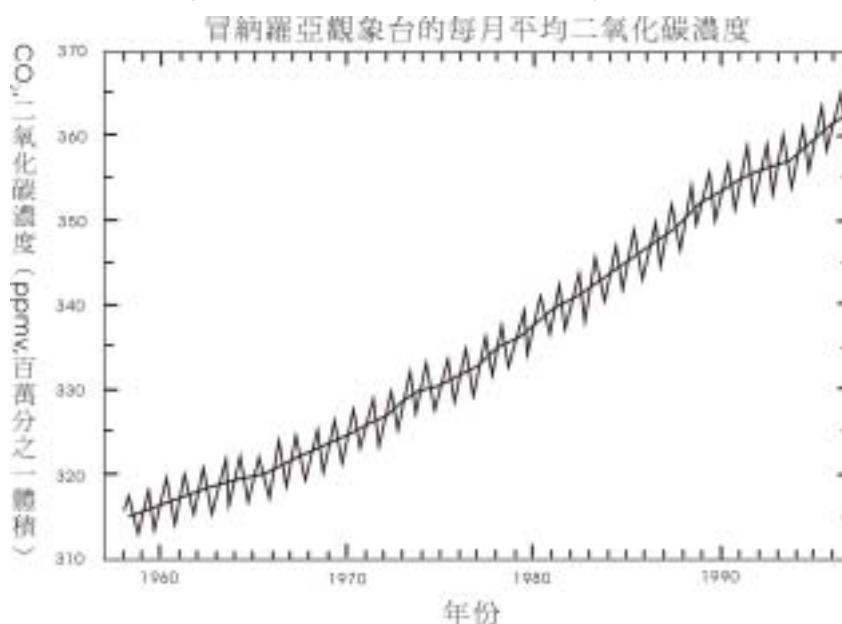
圖十八、模擬海水的 3.5% 鹽水體積膨脹係數之測量結果。

2. 我們經由實驗得知鹽水的體積膨脹係數為 0.00013, 依據 $V=V_0[1+\gamma(T-4)]$ 溫度如果升高 1 體積將膨脹 0.00013 倍 (略小於水的 0.000207 倍), 我們假設: 若是地球上的冰完全融化成水之後, 地球上的水體總體積為 $1.38 \cdot 10^{24} \text{cm}^3$, 若假設海水平均水溫由 4 開始上升, 平均水溫每上升一度, 地球上的水體總體積改變情形如下表五所示, 此為純粹考量水體增溫後體積膨脹的效應。由表五可推測: 溫度每上升一度, 海平面增高約 49.56cm。可見海水水溫若持續增溫, 海平面的高度亦隨之增加。所以我們的簡易實驗模型可以充作教材教具, 說明海面上升的原因除了全球溫度上升造成極區冰層、冰川融化, 淡水流入海洋所造成之外, 海水因為溫度上升所造成的海水體積膨脹亦不可忽視。

表五、由鹽水體積膨脹係數推算地球水體總體積變化情形。

海水平均溫度 ()	水體體積 (cm ³)	較 4 時增加之體積 (cm ³)	海洋面積 (cm ²)	海平面較 4 時增加之高度 (cm)	溫度每上升一度海平面增加之高度 (cm)
4	1.38E+24	基準	3.62E+18	基準	
5	1.38E+24	1.79E+20	3.62E+18	49.56	49.56
6	1.38E+24	3.59E+20	3.62E+18	99.12	49.56
7	1.38E+24	5.38E+20	3.62E+18	148.67	49.56
8	1.38E+24	7.18E+20	3.62E+18	198.23	49.56
9	1.38E+24	8.97E+20	3.62E+18	247.79	49.56
10	1.38E+24	1.08E+21	3.62E+18	297.35	49.56
11	1.38E+24	1.26E+21	3.62E+18	346.91	49.56
12	1.38E+24	1.44E+21	3.62E+18	396.46	49.56
13	1.38E+24	1.61E+21	3.62E+18	446.02	49.56
14	1.38E+24	1.79E+21	3.62E+18	495.58	49.56

3. 依據資料，二氧化碳的濃度在近 50 年以來，的確持續增加，如圖十九所示，本實驗完全採用 100%濃度的二氧化碳來產生溫室效應，但是自然界中，大氣層當中的二氧化碳卻是非常微量(濃度以 PPM 表示)。究竟此等微量的二氧化碳，造成的溫室效應會不會導致地球上的冰完全融化，變因仍然很多，也很難推估。但是，可以確定的是，若是二氧化碳濃度持續增加，溫室效應確實是會導致氣溫上升的。



圖十九、二氧化碳逐年濃度變化圖。

柒、 結論

- 一、 三種不同加熱方式來加熱二氧化碳與溫室效應的關係之研究中，直接以紅外線加熱器直接加熱之方式實驗結果最為清楚且明顯。
- 二、 在研究二氧化碳氣體易造成溫室效應之實驗中，需注意不能搖晃氣瓶以免造成內部溫度之明顯上升，造成起始條件的不同；選擇裝氣體的容器之體積亦不宜太小；而在實驗中可以添加氯化鈣來吸收水氣，排除水氣影響氣體干擾造成溫室效應能力之探討。
- 三、 在我們自製通入不同氣體之溫室環境實驗中，我們發現溫度高低會比通入氣體種類更會直接影響綠豆植物的成長，而在通入二氧化碳之較高溫環境中，綠豆成長較為快速。
- 四、 由我們的實驗結果可以發現有二氧化碳存在之密閉空間，平均溫度約高 1 左右，熔化時間亦約快 10 分鐘，而且浮冰融解比陸冰要快上一倍左右，而由海洋資料及各水體所佔之百分比與體積公式可以簡單預測未來因溫室效應所造成冰川融化造成海水面之上升約 60 70 公尺，屆時台灣約有 30% 陸地會被淹沒，附近之離島亦會消失。
- 五、 在我們的實驗系統中 3.5% 鹽水的體積膨脹係數為 $0.00013(1/^\circ\text{C})$ 。而且 4 時的體積理論值與實驗值相當吻合，我們的簡易實驗模型可以精確算出 3.5% 鹽水的體積膨脹係數故可以充作教材教具，說明海面上升的原因除了全球溫度上升造成極區冰層、冰川融化，淡水流入海洋所造成的影響之外，海水因為溫度上升所造成的體積膨脹亦不可忽視。

捌、 參考資料

1. “南極冰融地球溫暖化將掌握未來地球環境”，牛頓雜誌，218 期，p34-p61，2001 年 7 月。
2. 自然與生活科技（民 94），“第 1-3 節 空氣”，台北：康軒文教事業。
3. 基礎地球科學(全)（民 93），“第 7 章 海洋”，台北：龍騰文化出版社。
4. 台灣科技大學建築系課程討論區，“第一次行動學習：第六組-極地”，2006.3。
<http://mail.ad.ntust.edu.tw/course/viewtopic.php?t=40&start=0>
5. 胡憲池，第 冊第八章，“溫度與熱”，信樺文化事業，2006.3。
<http://ccst.ckgsh.tn.edu.tw/~teach/nature/physics/%B2%C4%A2%B9%A5U%B2%C4%A4K%B3%B9.ppt>
6. 香港天文台，“何謂溫室效應”，2006.3。
http://www.hko.gov.hk/wxinfo/climat/greenhs/c_grnhse.htm

評 語

031727 明天過後_溫室氣體的探討

本作品的實驗設計頗為費心，實驗過程也十分仔細；只是對實驗數據的分析與解釋以及其實際應用方面尚有加強與努力的空間。