

作品名稱：替地球蓋條被 — 水氣、二氧化碳與氣溫之關係

高中組 地球科學科 第三名

縣市：台北市

作者： 楊先斌、葉芳禎

李佳音、葉怡君

校名：台北市立陽明高級中學

指導教師： 洪逸文

關鍵詞：溫室效應、水循環、動態平衡



一、 研究動機：

我們從小就知道全球暖化的罪魁禍首是二氧化碳；但現在知道讓大氣升溫的氣體有二氧化碳、水氣、甲烷等，所以這次便以二氧化碳和水蒸氣為主，探討這兩種常見氣體在溫室效應中所扮演角色。除此之外，我們想明瞭因為氣溫升高所引起氣候變遷、生態平衡等交互作用。

二、 研究目的：

- (一) 明瞭不同氣體對溫室效應的貢獻
- (二) 找出短期與長期氣溫變化與溫室氣體之關聯
- (三) 闡明水循環之意義並了解水圈與大氣圈之交互作用
- (四) 明瞭氣候系統是處於動態平衡

三、 實驗設備器材

藥品：二氧化錳，雙氧水，氫氧化鈣，乾冰

器材：紫外線燈 紅外線燈 白熾燈泡(60W) 邊長 30 公分之玻璃箱

四、 實驗過程與方法

- (一) 實驗一：以白熾燈泡照射 $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ 、 CO_2 、AIR、 O_2 不同氣體
- (二) 實驗二：以紅、紫外線照射 $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ 、 CO_2 、AIR、 O_2 不同氣體
- (三) 實驗三：以紅外線分別照射同體積不同濃度之 CO_2 與 H_2O
- (四) 實驗四：比較 CO_2 與 H_2O 以不同比例混合，紅外線下照射升降溫情形
- (五) 實驗五：比較純水與氫氧化鈣溶液分別混以不同濃度 CO_2 升降溫情形
- (六) 地面氣象資料分析：分析短期氣溫變化與 CO_2 、 H_2O 關係
 1. 取中央氣象局台北、台中、台南三測站，民國 86~89 年(1997~2000)每日地面觀測資料作分析。
 2. 為確定所分析之天數均處同一天氣系統，所以設定篩選條件如下：
連續三天平均溫度、最低溫度、最高溫度相差不超過三度、三度、五度。
 3. 相對溼度 $\geq 85\%$ 天數定為潮濕、 $\leq 75\%$ 為乾燥，以此條件將上述天數分組。
 4. 統計三測站潮濕組與乾燥組總天數，求出其個別溫差平均值與標準差。
- (七) 網路資料分析：分析氣溫長期變化值與 CO_2 、 H_2O 之關係。
 1. 網路載 COADS (網址：<http://ferret.wrc.noaa.gov/las/main.html>) 的水汽資料，分析太平洋夏威夷島附近 (19°N ， 155°W) 1950~1993 年觀測資料。
 2. 由網路上得二氧化碳濃度逐年變化圖 (夏威夷群島茂那羅亞站，網址：<http://mlo.serv.mlo.hawaii.gov/datacent.htm>)
 3. 將全球溫度變化趨勢圖與上述兩圖做比較。

五、 研究結果與討論

(一) 實驗方面：

實驗一：使用白熾燈泡照射不同氣體

此實驗結果得升溫最快為二氧化碳，降溫最慢為水汽。這個結果給了兩個研究方向：(1)假如使用不同波長的光照射這些氣體，是否能得到相同結果。(2)由於水汽的保溫性較強，換言之，較潮濕的日子氣溫差是否較小呢？

實驗二：以紅、紫外線照射不同氣體

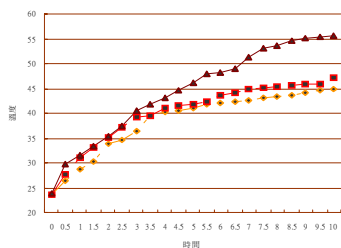
在此結果發現二氧化碳與水汽對紅外線照射有極明顯之升溫情形，紫外線則否。地面會向外主要輻射是紅外線，由此得知二氧化碳及水氣會吸收地表輻射。

實驗三：以紅外線分別照射不同濃度的二氧化碳與水汽

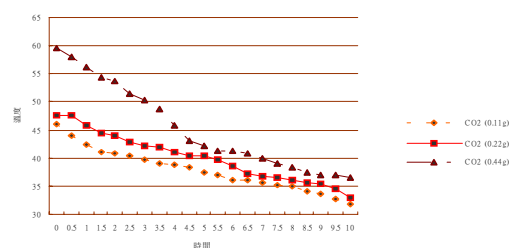
此實驗之結果呈現於圖三(a)(b)(c)(d)，在此將此結果分成二氧化碳與水汽兩部分討論

(1)二氧化碳：溫度的上升情形會隨濃度增加更加明顯，這顯示如果全球大氣二氧化碳含量之不斷上升，那麼氣溫值也應隨之增加所以我們得更進一步探討二氧化碳與氣溫的長期變化趨勢（氣候值）是否一致。

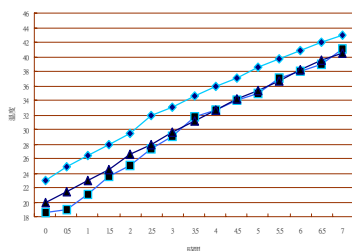
(2)水汽：此一部份則出現較奇特的現象，升溫時裝有 0.18g 與 0.09g 水汽的瓶子速率趨於一致，且濃度小(0.045g)的錐形瓶升溫速率反而較快；另外過程中發現 0.18g 瓶子一直有小水滴附著於瓶壁，表示水汽是過飽和，因此其上升溫度並不明顯。因為水汽達到飽和時會凝結成水滴，所以水汽對溫室效應的貢獻可能不及二氧化碳。就長期平均而言，水循環使大氣中的水汽量維持穩定。對長期的氣溫升高來說，二氧化碳比水汽具有較明顯的貢獻。



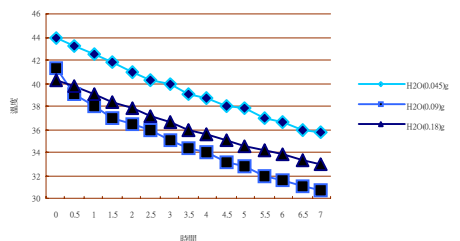
圖三(a) CO₂；開啓光源



圖三(b) CO₂；關閉光源



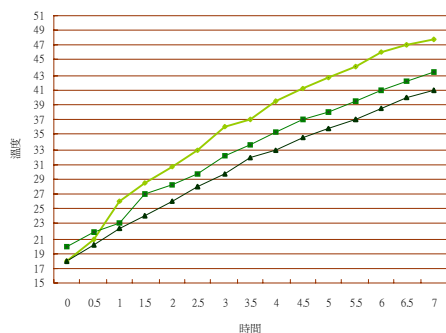
圖三(c) H₂O；開啓光源



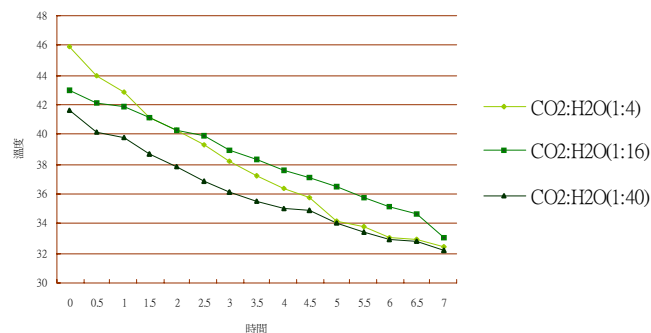
圖三(d) H₂O；關閉光源

實驗四：紅外線照射不同比例混合之 CO₂ 與 H₂O

結果呈現於圖四(a)(b)。若將 CO₂:H₂O 的比例 1:4; 1:16; 1:40 的錐形瓶分別命名為 A、B、C 瓶。則加熱升溫時，A 瓶溫度上升最快，且瓶中均無水滴附著，B 瓶升溫速率次之，C 瓶最慢，同時 B 瓶瓶壁有些許霧氣，C 瓶則存在液態水。在降溫的過程中則可發現，A 瓶的降溫速率最快，B 瓶次之且瓶壁出現更多小水滴，C 瓶最慢。此原因是水汽凝結成水滴釋放潛熱，所以 B、C 瓶仍維持較高的溫度。



圖四(a)CO₂:H₂O 開啓光源

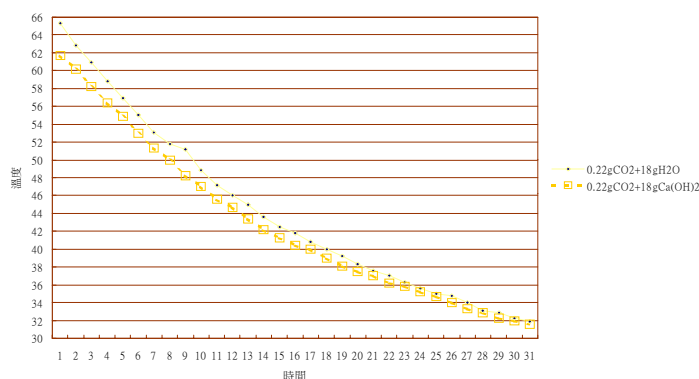
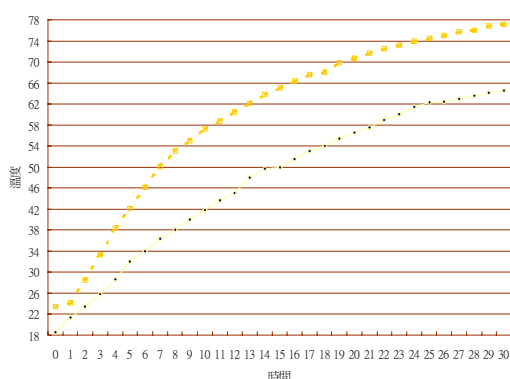


圖四(b) CO₂:H₂O 關閉光源

實驗五：不同濃度 CO₂ 混以純水與石灰水

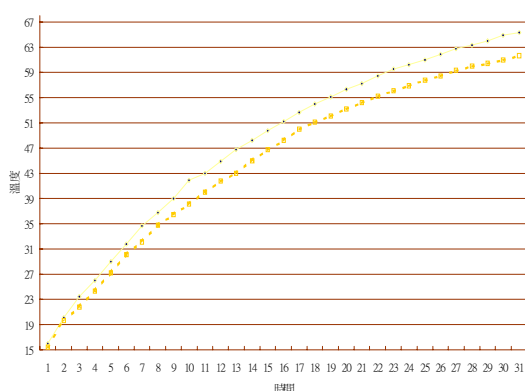
實驗結果載於圖五(a)(b)(c)(d)。地表四分之三的面積為海洋，所以二氧化碳一直與液態水共存。除此外，海洋中有許多陽離子會與溶解於海水中的二氧化碳〔碳酸根〕作用，可能使二氧化碳溶解速率增加，這即是本實驗所簡化模擬的狀況。

- (1)在 CO₂ 以 0.11g 與石灰水混合時，升降溫情形較特殊的是在 6 分鐘後，溫度約 46.0°C 左右，氣溫上升速率開始減緩，而裝純水的錐形瓶溫度減緩則是出現在較晚約 16 分鐘，溫度大約相同。石灰水瓶前後溫度上升速率差了約四倍。
- (2)在 CO₂ 以 0.22g 與石灰水混合，最高溫比前述為低，降了約 16°C，且升降溫方面速率都變慢。而裝純水的錐形瓶，溫度上升速率較石灰水快，此已證明二氧化碳濃度增加時，二氧化碳與石灰水反應速率變快。
- (3)此次實驗結果與實驗三（瓶內只裝不同濃度二氧化碳）互相比較，可以發現二氧化碳不管是混入裝有純水或石灰水的錐形瓶，溫度上升速率較慢，此可印證水與二氧化碳間確有交互作用。當地球大氣中二氧化碳含量不斷上升，而二氧化碳溶解進入海水的量也可能會增加，假

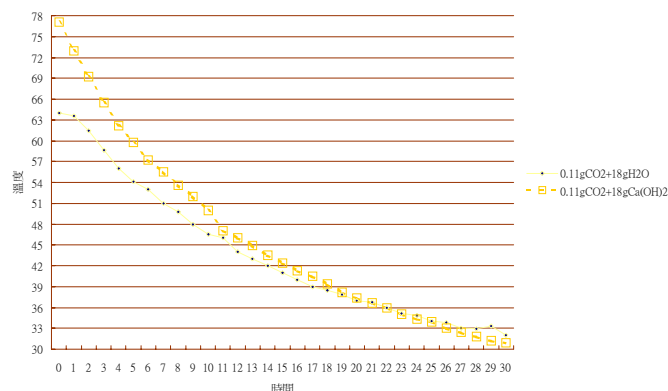


如二氧化碳產生速率可能小於消耗速率，那意味著氣溫上升速率也能減緩，溫室效應的威脅不再存在，反之也有可能；這正說明氣候系統是處於動態平衡，任何一個變動都可能誘發另一個不平衡。

圖五(a):0.11g CO₂; 開啓光源
圖五(c):0.22g CO₂; 開啓光源



圖五(b):0.11g CO₂; 關閉光源
圖五(d):0.22g CO₂; 關閉光源



(二) 資料分析：

1. 短期氣溫變化方面：

由實驗過程與實驗方法（六）所得之結果列於下表。假設短期的二氧化碳變動值應遠小於水汽變動值；所以處於同一天氣系統的日子，夜間最低溫應會受大氣中水汽含量多寡所響。資料分析的結果發現(() 內表天數)，在 1997~2000 年的地面氣象資料中，較潮濕 (RH ≥ 85%) 的天數裡溫差較小，較乾燥 (RH ≤ 70%) 的天數溫差較大。以台北為例，潮濕與乾燥天數溫差的平均值分別為 4.47 與 6.96 度，台中與台南測站資料中也顯現這種現象。這正可說明；夜間水汽含量較高時，吸收較多的地面輻射，有較強之保溫性，使夜間最低溫上升，

城市/溫差	平 均		標 準 差	
	潮濕	乾燥	潮濕	乾燥
台北 (1188)	4.47 (284)	6.96 (287)	2.32 (284)	2.36 (287)
台中 (1322)	5.51 (163)	8.82 (269)	1.86 (163)	1.86 (269)
台南 (1361)	5.73 (175)	8.78 (111)	2.73 (175)	1.64 (111)

日夜溫較小。所以短期氣溫變化應與水汽含量有較強的關性。

將上表所得結果分冬、夏季討論所得結果列於表一。

台北冬季潮濕天溫差平均值反而減小變成 3.32 度（見表一(a)），夏季反而變大成為 6.47 度〔見表一(b)〕；乾燥天數溫差平均值而有同樣趨勢。而台南恰好相反，冬季潮濕溫差平均值變大，夏季變小。這應與台灣的季風型態有關；冬

季為東北季風，台北潮濕而台南乾燥；夏季為西南季風，台南潮濕而台北相對乾燥。

城市/溫差	平 均 值		標 準 差	
	潮濕	乾燥	潮濕	乾燥
台北 (279)	3.32 (74)	5.85 (63)	1.32 (74)	2.51 (63)
台中 (308)	5.48 (19)	8.82 (269)	2.44 (19)	1.86 (269)
台南 (333)	6.24 (42)	8.76 (29)	2.08 (42)	1.62 (29)

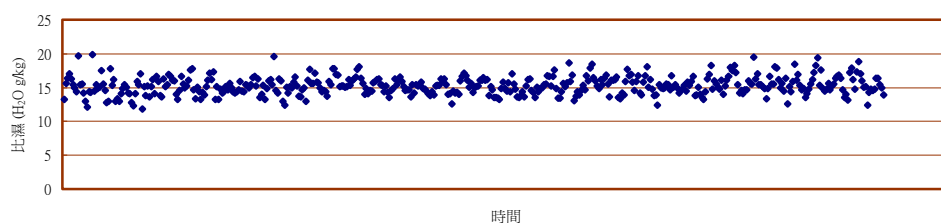
表一(a) 冬季

城市/溫差	平 均 值		標 準 差	
	潮濕	乾燥	潮濕	乾燥
台北 (330)	6.47 (68)	8.43 (83)	2.33 (68)	1.25 (83)
台中 (355)	5.78 (63)	8.43 (68)	1.86 (63)	1.25 (68)
台南 (353)	5.15 (56)	7.59 (12)	1.66 (56)	1.14 (12)

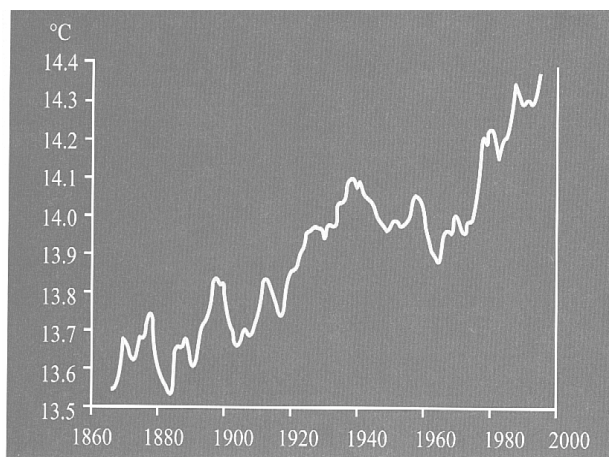
表一(b) 夏季

2. 長期氣溫變化方面：

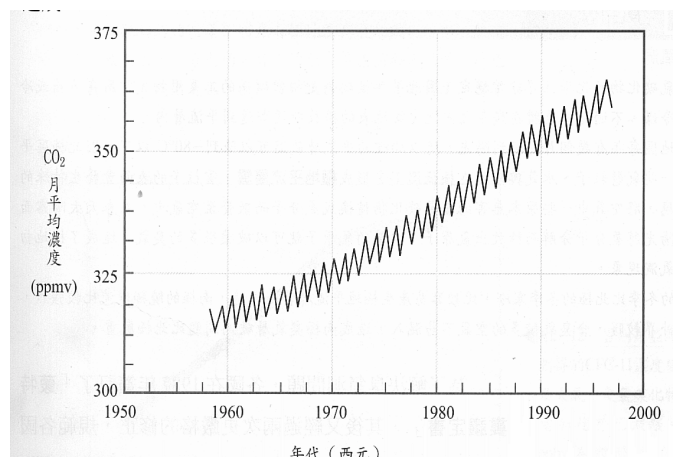
我們將比濕變化（圖六），二氧化碳濃度變化（圖七）與全球平均溫度變化（圖八），分析長期氣溫變化與水汽和二氧化碳的相關性。比濕平均值變化則取自夏威夷群島附近 1950~1993 年逐月資料分析而得圖六。分析此資料得一迴歸直線，斜率為 0.001407。亦即此直線非常平直，意味大氣中水汽含量並未隨時間增加而增加，雖會隨季節而有增減但平均後仍接近維持定值。此一觀點也可以從「水循環」這個概念獲得印證。另外分析圖七圖八發現兩者增加的趨勢於一致。因此我們可以推論的長期氣溫變化實與二氧化碳有關。



圖七



圖八



圖九

六、 分析討論

1.水汽對溫室效應的貢獻：

「水循環」強調長期平均而言，大氣中水汽含量是維持穩定的，所以討論溫室效應時總是將水氣排除一雖然水汽也是溫室氣體。但隨著全球溫度的上升，大氣中的水汽含量應該也會增加，而對溫室效應的貢獻是否仍可忽略？

2.海洋與大氣的交互作用：

實驗五簡單地模擬水圈與大氣圈的交互作用，但實際上這只是無機的作用，海洋中還有許多生物可能會利用二氧化碳來製造養分、骨骼、外殼...等，另一方面實際的大氣也不像瓶內的二氧化碳是定值，反而會因人類活動而不斷增加，至於進一步研究二氧化碳的移除速率，我們應該可以從海洋珊瑚生長速率與海溫變化著手。

七、 結論

1. 二氧化碳、水汽主要是吸收地面輻射的紅外線而導致升溫作用，相較之下二氧化碳升溫快但水汽保溫性強。
2. 同一天氣系統內短期氣溫變化主要受水汽影響，較潮濕的環境夜間最低溫有上升的趨勢，日夜溫差較小。
3. 大氣中二氧化碳濃度愈高，升溫作用愈強，但水汽因其「相變化」的性質，長期平均而言，大氣中水汽含量維持穩定，並不符合前述原則。所以長期氣溫變化趨勢與二氧化碳變化趨勢有較強的一致性，與水汽較不相關。
4. 氣候系統中水圈與大氣圈一直進行交互作用，而各類的化學元素，如碳、氧便在其中進行交換作用。而水、氣圈交互作用內，有許多回饋作用，有些維持穩定，有些破壞穩定，因此氣候系統是處於動態平衡。

評語：

平實針對大氣中的溫室氣體，進行增溫的各種實驗研究。不過應注意大氣中的水汽最多不過幾% 而已，而C O₂ 含量之% 更低，所以以 100% 之水汽或C O₂ 進行照射加溫，應考慮地球大氣層中平均成分之真實狀況，不可偏離太遠。

作者簡介

楊先斌

生於 1984.11.07 就先後就讀於士東,天母國小,期間成績保持中上水平.且開始對各科均感興趣,畢業後入北市私立奎山中學,始對文理學科產生興趣.期間亦曾得數理方面競試優秀成績.此外三年肄業期間已盡讀四書,並在演講,作文,辯論方面有優秀成績..九十學年度入籍陽明。

葉芳禎

畢業於立農國小，石碑國中。國小時候對於自然科學頗有興趣，加上老師有趣的教學方法，使我學習更有興趣，到了國中階段，遇到了黃泰日老師更是奠定了自然科學的基礎。參加此次科展，學習到如何處理資料，收穫更多。

葉怡君

從小成長於都市中，但我的好奇心與冒險精神並不輸於鄉下小孩，一直對身邊一切的事物都很有興趣。從劍潭國小、天母國中到現在陽明高中，和週遭的同學依樣，普普通通，很平凡但很開心，希望自己是個幸福的人，一輩子快樂。

李佳音

閱讀與寫書法是我的興趣，我喜歡看偵探懸疑小說，學了書法讓自己遇到煩躁時能很快地將心情沉澱下來，另外設計海報字體也一直是我想嘗試塗鴉的方向，我是樂天派，常用玫瑰色的眼睛來看世界，喜歡美的事物，但有時優柔寡斷....這就是我。