

猜不透的天氣——揭開氣候變遷之謎

一、溫室效應與氣候變遷

在天氣比較寒冷的地區，人類為了能夠在低溫的環境中讓植物繼續生長，會使用玻璃來蓋溫室，玻璃可以將來自太陽的輻射熱保留下來，使得室內溫度提高，讓植物能夠繼續生長。地球有大氣層包覆，讓一部份來自太陽的輻射能量保留在地球，讓地球就好像一個大溫室。根據科學家的估計，如果沒有大氣，地球表面的平均溫度將從現在的 15°C 大幅下降到約為 -18°C ，比目前的全球平均氣溫低了 33°C ，由此可見大氣層對於地球溫度的影響是相當巨大。

地球的大氣層和溫室的玻璃一般，具有保溫的效果，而且這個作用自地球形成以來就存在，到現在已經超過幾十億年。大氣層為何能保持溫度呢？空氣是由氮、氧、氫、二氧化碳、水蒸氣……等許多的氣體所組成，來自太陽的能量以輻射的方式傳送到地球，包覆在地球外的大氣層將太陽光中的紫外線和紅外線擋住，而可見光幾乎不會被吸收，可直接穿透到達地面，這些輻射部分會被地面或空氣吸收，使得地表溫度上升。由於物體溫度上升後，會以紅外線的方式將能量輻射釋放（否則地球溫度就會不斷上升），但是紅外線並無法穿透大氣層，這些釋放能量得以保留在地球表面。地表的能量釋放不僅在白天進行，夜晚也持續作用，因此，即使晚上沒有太陽照射，氣溫也不會太低。

大氣層的這種保溫作用和溫室的玻璃的作用相同，因此稱為『溫室效應』，具有這種作用的氣體稱為『溫室氣體』，例如，水蒸氣、甲烷和臭氧等，溫室效應使地球不會變成一個冰凍星球，但這個效應不只發生在地球，太陽系具有大氣的其他行星也有溫室效應。根據科學家的研究，金星及火星的主要大氣成份為二氧化碳，金星大氣相當厚，溫室效應高達 523°C ，火星則因為大氣太單薄，溫室效應只有 10°C 。

雖然大氣的溫室效應讓地球保持溫暖，但是，如果大氣中的溫室氣體含量過高，將使更多地球輻射無法釋放到太空中，造成地表氣溫的改變。工業革命後，機器取代人力，人類大量使用煤、石油和天然氣等化石燃料來作為動力來源，造成大量的二氧化碳排放至大氣。根據研究，大氣層的二氧化碳濃度在工業革命後速增加，尤其是最近幾十年，增加速度更是驚人，工業革命前一千年，大氣中二氧化碳含量一直維持在約 280ppm (ppm 是一種濃度單位，指百萬分之一)，到了 1995 年，濃度增加了 28%，達到 358ppm。

為什麼二氧化碳濃度會大量增加呢？研究發現與下面幾點原因有關，第一，化石原料如煤及石油中在燃燒過程中，所含的碳會被氧化成二氧化碳而排放至大氣中；第二，石灰岩被製成水泥的過程中也會產生二氧化碳；第三，許多原本覆蓋植物的土地的被開發利用，使得

可以因植物光合作用而吸收二氧化碳的量大幅減少。

人類的活動除了增加二氧化碳排放外，其他氣體如甲烷、氧化亞氮、氟氯碳化物(CFC)也因此迅速增加。例如，甲烷含量增加超過2倍，由700ppb(ppb也是濃度單位的一種，指十億分之一)增加至1721ppb;氧化亞氮則由275ppb增加到311ppb。而氟氯碳化物更是大自然原本並不存在的成分，是一種人造化學物質，1950年代後才大量出現，之後濃度迅速增加，直到造成臭氧層破洞後，才受到人類的高度重視，國際上才訂定了蒙特婁公約，禁止使用氟氯碳化物，大氣中的含量在因而受到控制，1990年代已不再增加。

甲烷、氧化亞氮、氟氯碳化物的溫室效應比起二氧化碳更為顯著，一個甲烷分子的溫室效應是1個二氧化碳分子的21倍，氧化亞氮則為206倍，而氟氯碳化物則更是高達數千倍到一萬多倍。但是，因二氧化碳大氣中濃度遠高於其他溫室氣體，因此二氧化碳的溫室效應仍是最大的，例如，二氧化碳的溫室效應佔了55%，甲烷15%，氧化亞氮6%，氟氯碳化物則佔了24%。

工業革命之後，累積下來的溫室氣體使得地球的溫度持續上升，100來已經上升了0.74°C，看起來數字似乎不大，但是，過去幾百萬年以來，地球最熱和最冷時期的平均溫度差異也不過8°C，在過去短短的100年上升卻接近1°C，速度相當的快，且這個看似小小的溫度上升，已經對地球的氣候造成了很大的影響，如果我們再不加以重視，氣候的變遷將會更劇烈，也會對地球帶來更多的可怕災害。

(2) 1. 根據文章的敘述，地球表面的平均氣溫是幾度？ ①10 ②15 ③18 ④33 °C。

(1) 2. 關於大氣層保溫效果的敘述，下面哪一個**正確**？ ①來自太陽的輻射熱被吸收後會以紅外線形式釋放至太空 ②大氣層會吸收大部分的可見光③二氧化碳是唯一可以吸收紅外線的氣體 ④如果沒有大氣層，地球的溫度將比現在高。

(3) 3. 除了地球外，太陽系的八大行星中，金星與木星都具有大氣層，大氣層的主要成分是哪一種氣體的？ ①水蒸氣 ②氧氣③二氧化碳 ④氟氯碳化合物。

4. 地球、金星與木星都具有溫室效應，請你依據三個星球的溫室效應由大至小排列：

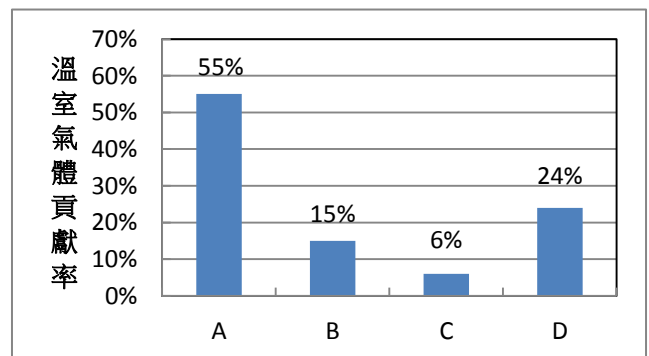
【 金星 】 > 【 地球 】 > 【 火星 】 。

5. 右圖是四種氣體對溫室效應貢獻的比例，

請問A、B、C、D分別是哪一個氣體？

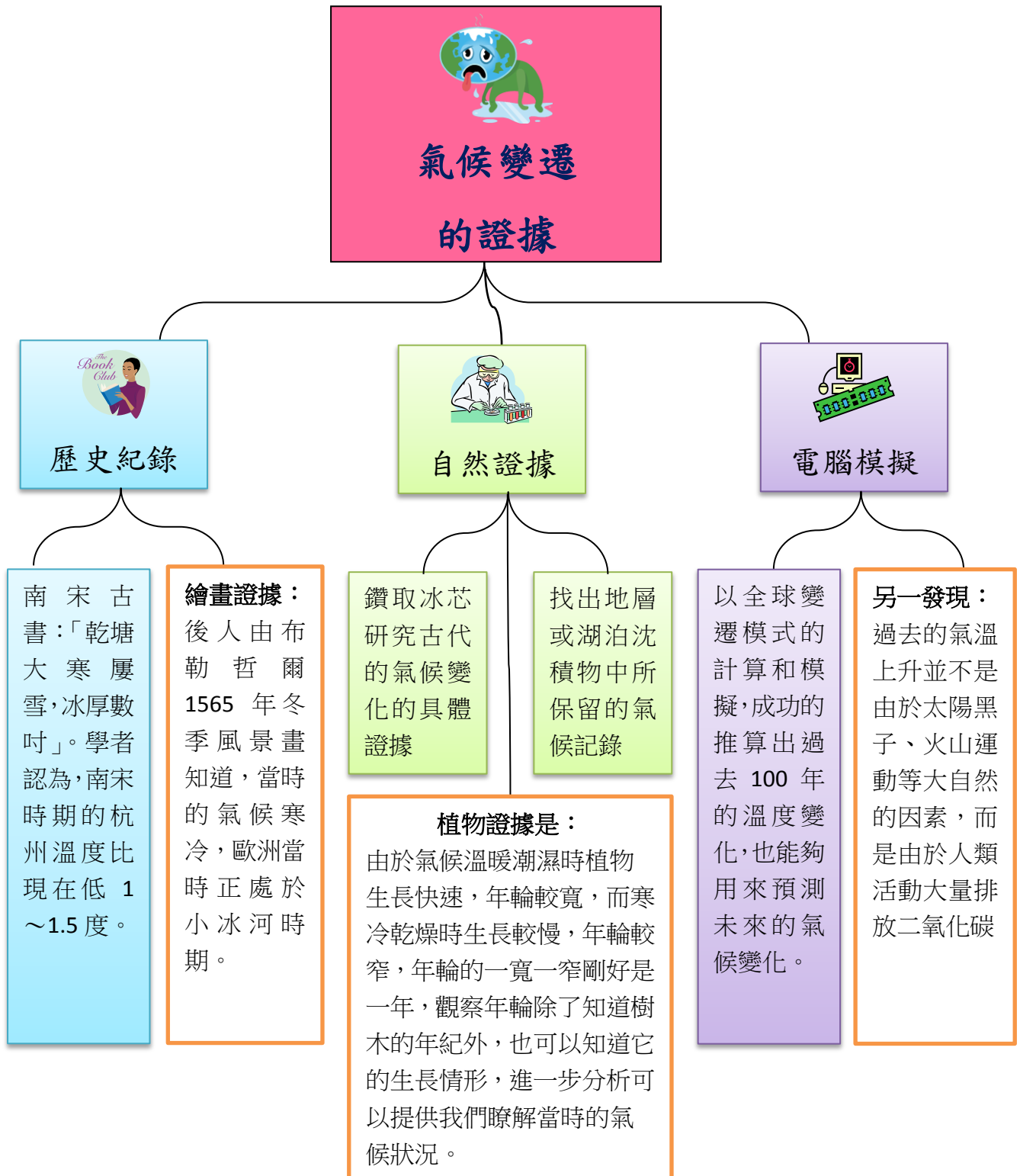
A: 【 二氧化碳 】 ; B: 【 甲烷 】

C: 【 氧化亞氮 】 ; D: 【 氟氯碳化合物 】



二、氣候變遷的研究

地球是否變熱了？只是人的感覺還是有真正的證據呢？科學家長期研究後發現，地球真的變熱了，那麼，科學家如何研究呢？2013 五月份未來少年第 32-33 頁介紹了科學家獲得氣候變遷證據的各種方法，科學家的研究可以分為三個方向，第一是歷史紀錄，其次是自然證據，也可以使用超級電腦進行『全球變遷模式』推算，模擬氣候的變化。下面的架構圖是各種方法的整理，有些還沒有完成，請你閱讀後協助完成架構圖。



三、暖化後的地球_海平面上升

地球的溫度一直不斷的上升，已經對於地球的生態環境造成很大的影響，除了造成氣候異常、生態改變，並且造成天災不斷外，溫度的上升使得陸地的冰不斷的融化，融化後的水造成海平面上升，根據科學家長期的測量紀錄，全球的海平面正在不斷的上升，過去 100 年已上升 0.1 到 0.2 公尺，且現在上升的速度有加快趨勢，目前上升的速度比 21 世紀初估計的還快。

暖化已經對某些國家造成重大影響，位在太平洋的吐瓦魯是臺灣的邦交國，全國最高點距離海平面只有 5 公尺，在海水不斷上升的影響下，預估 10 年內全國都將被海水淹沒。目前島上已有四分之一的居民撤往鄰近的紐西蘭，成為環境難民。

暖化對於臺灣的海平面影響也很顯著，科學家分析長時間海平面高度的觀測結果，自 1950 年代起，台灣附近海平面都是呈現上升的趨勢，且上升的速度越來越快，在 1993 年至 2003 的 10 年間，海平面上升速率為每年 5.7 公釐，比起全球平均值 3.1 公釐明顯大許多。

閱讀完上面的關於海平面上升的說明後，請你動動聰明的頭腦想一想下面問題：



請問，如果上升的速度不變，到了 21 世紀結束，台灣附近的海平面大約上升幾公分？

答：【 50~60 公分 】



如果上升的速度變快為預估值的三倍，請問本世紀結束全球海水會上升的高度為？

答：【 90~100 公分 】



右圖是中央研究院汪中和教授的研究，如果海水持續上升，臺灣許多區域將會被海水覆蓋，紅色箭頭所指區域是未來可能受影響區域，根據這張圖，哪些縣市受影響程度較為嚴重？請你列舉出五個。

答：【 臺北市、宜蘭縣、彰化縣、嘉義縣、雲林縣 】



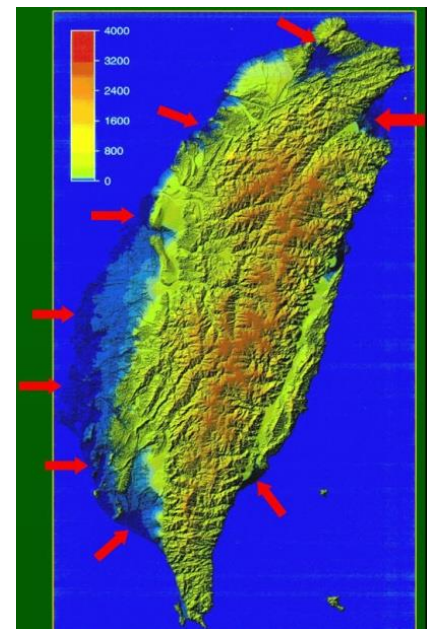
受影響較小的區域，當地主要是屬於哪一類地形？

答：【 山地或丘陵 】



有一個都市在古代曾經是湖，當湖水退去後，人類開始移民開墾，人口越來越密集，近代發展了工商業，因而變成一個重要的都市，如果海平面持續上升，未來可能又會變成一個湖，請問上面描述的情形是指哪一個都市？

①臺北市 ②臺中市 ③臺南市 ④高雄市。 答：【 1 】



資料來源：
中央研究院汪中和研究員

聯合國推估：世紀末海升 1 公尺 台北泡水裡 【2009.09.02 聯合報報導】

八八水災讓台灣瞭解到極端氣候的威力及隱憂。學者指出，受全球暖化影響，台灣現在前十分之一的強降雨，比五十年前多一倍；但未來廿五年，強降雨出現頻率可能會再增加一倍。

而且根據聯合國政府間氣候變遷小組（IPCC）對全球海平面上升速度的推估，到本世紀末，包括台北盆地、彰化、雲林、嘉義、宜蘭等地的沿海平原，都可能變成水鄉澤國。中央研究院環境變遷中心主任劉紹臣昨天表示，莫拉克颱風帶來的災害讓我們注意到全球強降雨（指該年度時雨量排名前百分之十的降雨事件）增加的情形；台灣每年前百分之十的強降雨都是颱風帶來，但現在的強降雨足足比五十年前增加了近一倍，「小雨卻比五十年前減少了一半」。

劉紹臣指出，今年台灣中南部因為春冬兩季缺乏中、小雨而發生旱災，以前每年通常會有七十多天的小雨，但現在只剩卅多天。如果全球溫度繼續上升，劉紹臣說：「我保證以後旱災會更嚴重，限水的情況每年發生」。他認為現在國土規畫都「看得太近」，未來強降雨再增加一倍的時間可能不需要五十年，而只要廿五年。

中研院地球所研究員汪中和表示，聯合國 IPCC 三月預估世紀末海水因全球暖化上升的高度，從原本的四、五十公分上修到一公尺，台灣是受衝擊最大地區的前十名。汪中和表示，如果海平面繼續升高，台灣沿海平原至少有一成的土地被淹沒，到時候彰化、雲林、嘉義、宜蘭，甚至台北盆地都將泡在水裡。

閱讀完這篇報導後，你有什麼感想？請你用 50~100 個字寫出來。

四、你今天 **減碳** 了嗎？

地球的二氧化碳太多了，造成了地球溫室效應越來越嚴重，科學家長期研究所得到的證據顯示，碳排放的增加應該是人類活動造成的。但是，並不只有工廠或汽機車才會排放二氧化碳，日常生活中使用的物品，在生產及運送的過程中也會產生二氧化碳；從事一項活動也會產生二氧化碳，例如，你坐車去陽明山遊玩，汽車也會排放二氧化碳，所排放的碳就稱為『碳足跡』。根據這個觀念，東西存放在冰箱，冰箱會消耗電來保持低溫，我們使用的文具，在由工廠運送到商店的過程也會排放二氧化碳，可見生活中處處都可能增加二氧化碳的排放，碳足跡在生活中處處存在。



你知道嗎？臺灣人口只有 2300 萬人，只佔全世界人口的 0.3%，但是，平均一個臺灣人每年的碳排放量是 10 噸，佔全球的 1%，是全世界平均值的 3 倍，作為地球村的一員，每一位臺灣人必須為減緩暖化盡更多力。

如何減碳？很困難嗎？其實一點也不，只要你多盡一點心，隨時隨地都可以『減碳做環保』，譬如，用一度電會產生 0.363 公斤的碳，消耗一度的水，則會產生 0.19 公斤的碳，夏天時減少冷氣使用的時間，洗澡時少用一點水都可以達到減少溫室氣體排放。

個人資料請保密 件數= 1 臺北自來水事業處機關用戶水費通知明細表 0429W.21.2
 機關編號：768 金額= \$5,994 注意事項：1、由臺北市與中支付處代庫銀行專戶代繳之水費，請於102年05月14日以前轉入帳戶 第1頁，共2頁
 2、如遇有新增或終止代繳時請至銀行辦理，並請電話告知本處(TEL: (02)87335755) P.295

水 號		戶 名		地 址		應 繳		代 繳 帳 號		備 註							
大 區	中 區	用水類別	本月指針	分攤總表(度)	用水量(度)	營業稅	代繳清潔處理費	退收額	水膠回繳費用		本處統一編號						
戶 號	檢 序	口 徑	上次指針	基本費	用水費	維護費	代繳下水運費	抵繳額	保有回繳費用	買受人統一編號							
水 號																	
P	23	C3	5359	0	456	164	0	0	0	03774909							
018648	1	1	50	4903	647.6	2638.1	0	2280	0	264							
						\$5,994	10205-10205	04	25	05	24	05	05	06	05	B07	11

上面是某一個學校五月份的水費單，用水量是 456 度，一度等於 1000 公升的水，根據這些數據，下面有 2 個問題請你回答：

1. 五月份用的水相當於排放多少公斤的碳：【 大約 87 公斤 】
2. 如果你是這個學校的學生，有哪些方法可以減少用水，不僅減少水費，也可以順便做環保，減少碳的排放量？

我的作法是：【 例如： 打掃時洗拖把的水可以拿來澆花 】

為了讓消費者能夠選擇產品時可以挑選正確產品，達到節能減碳的目的，英國在 2001 年推出了『碳足跡標籤』，將產品產生的二氧化碳標示在包裝上，包括一開始的原料取得，之後經過工廠製造，再運送到銷售地點，經消費者使用，及最後廢棄回收等過程所產生的二氧化碳總和標示出來，讓消費者瞭解。我國行政院環境保護署也在 2010 年 3 月推出碳足跡標籤，現在已經有很多的產品有標示碳足跡，目前已經有很多產品通過認證，包括飲料、日用品、食品、建築材料……等，詳細的產品可於環保署的專門網頁查詢：

臺灣產品碳足跡資訊網 <http://cfp.epa.gov.tw/carbon/defaultPage.aspx>

如右圖，某一品牌 B4 規格的影印紙碳足跡是 4.5 公斤，每一包有 500 張紙，若有一個學校使用這種紙印刷考卷，學校共有 700 個學生，考試科目有 5 科，每科需要用到 2 張紙，請問印刷考卷使用的紙碳排放量是幾公斤？

答：【 63 公斤 】



B4-70g/m²

列印考卷不僅要使用紙，也要使用機器，機器需要消耗電才會運作，假設使用影印機來列印考卷，每印一小時會消耗 2 度的電，共花了 4.5 小時列印考卷，請問光是用電共排放了幾公斤的碳？

答：【 約 3.3 公斤 】

五、環保創意～照過來

『減碳』不只是口號，而是要大家一起來行動，每一個人身體力行才可能產生效果，政府也應該制訂政策，鼓勵大家更方便做環保來保護地球，例如，開車會產生許多廢氣和二氧化碳，為鼓勵民眾多多使用環保的腳踏車，臺北市政府和廠商合作，在市區許多地方設置自行車租借站方便民眾使用，就是一個很好的創意。各位聰明的讀者，**如果你是環保署長**，你將如何制訂一個好的政策鼓勵大家更願意動手做環保呢？請發揮你的創意思想出好的方法。
