

目錄

基本資料與模組介紹	2
教師指引.....	4
活動設計與流程.....	4
參考來源.....	8
評量方式.....	9
【前測—大氣測驗試題答案與解析】	10
【形成性測驗參考答案】	16
【閱讀討論資料參考答案】	17
【總結性測驗：全球暖化的因應措施】	31
附錄.....	34
附錄一 活動介紹.....	34
附錄二 學習單	36
附錄三 大氣概念測驗(前測).....	40
附錄四 形成性評量	46
附錄五 閱讀討論資料	47
附錄六 教學資源.....	56

活動設計與流程

單元名稱	單元目標	活動流程 (時間)	活動說明	教具
第二週 (兩節課) : 大氣的秘密檔案		前測 (10 mins)	利用簡單紙筆測驗了解學生的起點行為, 作為教學前後的比較。	學習單
	1-4 1-5 1-6 2-1 2-2 3-1 3-2 3-3	大氣的形成過程 (20 mins) 1. 大氣的定義 2. 大氣由來四部曲	1. 教師提問以下問題, 讓學生思考、討論和闡述: a. 什麼是大氣? b. 大氣在哪裡? c. 如何定義大氣的範圍? d. 大氣壓力在水平方向與垂直方向上的變化情況。 2. 介紹目前科學家所觀察的大氣演變過程。針對大氣中特殊氣體的演變過程加以描述, 例如: 水氣、二氧化碳、氧。 a. 太陽系的誕生。 b. 地球初期的大氣以氫、氦為主。 c. 火山的釋氣作用。 d. 大氣的除碳作用。利用【活動一】模擬當時大氣中二氧化碳和鈣離子化合成碳酸鈣。 e. 臭氧的形成過程。	電腦 投影機 學習單 石灰水 試管 吸管
	1-1 1-2 1-6 1-7 2-1 2-2 3-2 3-3 3-4	大氣的組成 (20 mins) 1. 固定氣體的介紹 2. 變動氣體的介紹	1. 固定氣體 (氮氣、氧氣、氫氣): 在大氣中所佔比例不會因地因時而異, 且所佔比例較高。 2. 變動氣體: 在大氣中所佔比例會因地因時而異, 且所佔比例較低。 a. 水氣、二氧化碳、甲烷等氣體的特性。 b. 臭氧的性質介紹 c. 大氣結構的介紹: 依據溫度變化情況將大氣分為對流層、平流層、中氣層、增溫層。	電腦 投影機 學習單

		3. 溫室效應的介紹	3. 介紹大氣輻射的原理。 a. 溫室效應的機制。 b. 溫室效應最主要的影響。 c. 若課程有多餘時間的應用，可撥放金星、地球溫室效應的比較之影片。	
		4. 大氣的重要性	4. 讓學生分組討論人類需要大氣的原因並歸納出大氣的重要性。	
	1-5 1-6 3-2	形成性測驗 (10 mins)	利用簡單紙筆測驗了解學生對教材的吸收程度，檢驗學生迷思部份，針對學生迷思部份作加強。	學習單
		【活動二】介紹及準備：(25 mins) 二氧化碳的增溫情況	此實驗讓學生利用非課堂的在校時間進行，因此需要在課堂時間中作好集氣的動作。	電腦 投影機
	1-1 2-1 2-2 2-3	交代作業：(5 mins) 全球暖化的真確性	利用網路尋找至少三則有關「全球暖化的真確性」的新聞，並整理且簡要闡述其收集資料，最後寫下閱讀心得。	電腦 投影機 學習單
第二週 (兩節課)：誰操縱了大氣的未來？	1-1 1-6 1-7 2-1 2-2 2-3 3-1 3-2	【活動二】討論：(10 mins) 各組報告實驗結果	1. 報告內容： a. 當天的天氣情況 b. 實驗環境 c. 三瓶的觀測記錄 2. 統整歸納每組的實驗結果，並比對不同的環境下的實驗結果。 3. 討論不同實驗結果的可能性。	電腦 投影機 學習單
	1-1 1-2 1-3 2-1 2-2 3-1 3-2	作業討論 (10 mins)	1. 讓學生自由分享所找到的資料。 2. 可參考附錄四的主題一所提供的三篇新聞，其中《全球暖化？南極越來越冷》學生容易將其引為推翻全球暖化的證據，可引導學生瞭解地球系統的複雜，會有區域性的差異。 3. 請學生討論並發表附錄四的主題一所提的兩個問題。	電腦 投影機 學習單
	1-1	報導閱讀：(50 mins)	在全球暖化的議題中，究竟是由那些原因所主導	電腦

1-2 1-3 1-6 1-7 2-1 2-2 2-3 3-1 3-2	<p>一、誰造成了全球暖化了？</p> <p>6. 二氧化碳排放量增加</p> <p>7. 其他溫室效應的影響</p> <p>8. 臭氧洞的影響</p> <p>9. 空氣污染（懸浮微粒增加）</p> <p>10. 太陽活動的影響</p>	<p>眾說紛紜，借由以下安排的幾個主題討論，讓學生了解目前相關研究，並且感受到全球暖化的嚴重性以及自身所能及所需採取的行動。在每個主題之後都有一到數個開放性的問題提供學生進行討論，並提供解答及引導方向供教師參考。</p> <p>1. 近百年來，二氧化碳排放量的快速增加，加強溫室效應，使得地球平均溫度劇烈提高。</p> <p>2. 甲烷的增加，加強溫室效應。</p> <p>3. 臭氧洞造成進入地球輻射量增加，提高地球平均溫度。</p> <p>4. 懸浮微粒吸收太陽光，造成高空大氣增溫，且因阻擋部分太陽光進入地表，使地表降溫</p> <p>5. 太陽本身輻射強度的變化，造成地球平均溫度的改變。</p>	<p>投影機 學習單</p>
1-1 1-2 1-3 1-4 1-5 1-6 1-7 2-1 2-2 2-3 3-1 3-2 3-3	<p>全球暖化的嚴重性（20 mins）</p> <p>1. 造成海平面上升，減少陸地面積</p> <p>2. 全球增溫，造成海水體積膨脹</p> <p>3. 陸冰融化，改變密</p>	<p>1. 進行海冰、陸冰融化影響海平面升降的【活動三】。並進行海、陸冰融化影響海平面的活動討論。</p> <p>a. 針對實驗結果歸納，全球暖化後，陸冰融化才會影響海平面的升降。此也是南極冰融化會比北極冰融化造成的影響較大的原因。</p> <p>2. 提供海水的基本資料，引導學生進行</p> <p>a. 海水不是純水，且海水並非均勻混合的液體，所以需要假設海水為純水。給學生圖表進行計算。</p> <p>b. 訓練學生看圖表的能力。</p> <p>c. 訓練學生空間計算的轉換能力。</p> <p>3. 藉由介紹電影《明天過後》闡述全球暖化可能</p>	<p>電腦 投影機 學習單</p>

	度流的流動	會經由全球溫鹽環流系統造成全球驟冷的可能，並可視時間許可給予【活動四】密度流的實驗，讓學生了解溫鹽環流的動力來源。	
	4. 新聞閱讀	4. 給於學生全球暖化的嚴重性的相關新聞閱讀並討論，以提升愛護自我生存環境的意識，加強學生國際觀，增加地球村的觀念。	
1-1 1-2 1-3 2-1 2-2 2-3 3-2	總結性測驗：全球暖化的因應措施	給於學生各種針對降低大氣中二氧化碳的含量的各種方式的相關新聞，整理其內文，闡述方法原理，比較各方法的優、缺點，最後寫出自我實踐的方式與感想。 a. 訓練學生整理歸納的能力。 b. 訓練學生比較差異的能力。 c. 提升學生自我實踐的行動力。 如果課程安排仍有充裕時間，可進行【活動五】，增加課程趣味性，以及讓學生體會防治全球暖化可以從自身做起。	學習單

參考來源

[回目錄](#)

1. http://www.sciscape.org/articles/global_change/index.php Sciscape.org 全球變遷新聞系列
2. http://content.edu.tw/senior/chemistry/tp_sc/surround/greenhouse/right5.htm 溫室效應
3. <http://www.climatecrisis.net/takeaction/whatyoucando/> 不願面對的真相 官方網站
4. <http://tech.big5.enorth.com.cn/system/2002/06/05/000344337.shtml> 海水從哪裡來？
5. http://www.nsc.gov.tw/_newfiles/popular_science.asp?add_year=2003&popsc_aid=187 水分子有多小？
6. 范光龍等 高中基礎地球科學 三民書局 2005
7. Richard B. Alley, 張雨青譯 明天過後, 赤道也會下雪? 科學人雜誌 2004.12, 52~59 頁
8. 鍾崇燾、徐心仁 大氣層中的臭氧與氟氯碳化物 科學發展 2002.11, 359 期, 56~61 頁
9. 魏國彥、許晃雄 全球環境變遷導論 台北市：教育部環保小組 1997
10. 國立台灣師範大學科學教育中心主編 高級中學基礎地球科學教師手冊 國立編譯館 1994
11. 周東川 地球的過去與未來 自然科學文化事業公司 1983

【前測—大氣測驗】

爲了解學生之起點行爲，以利輔導學生進入學習情境，故在開始活動前需使用此部份試題評量各組的能力。無論各組的得分如何，均可以進行本活動，教師必須根據個人得分及其弱點在活動過程中予以各別的引導。

【形成性測驗】

此部份爲了解學生學習吸收程度，以便隨時發現學生學習困難之處，並立即提供適當的補救或個別指導，以避免學生因學習困難的累積而喪失學習興趣。

【學習單】

學生依據老師上課的內容填寫學習單，可在寫作之間增加印象，更可以作爲事後筆記，以利課後複習。

【閱讀討論】

給予學生各種關於全球暖化的正反面相關新聞，讓學生思考討論可能受到哪些因素的影響，教師在教學過程宜以當前面臨的自然變動爲主體，指導學生輔以科學性的討論，而不要強調某些推論的必然性。

【總結性評量標準】

給予學生各種針對降低大氣中二氧化碳的含量的各種方式的相關新聞，教師評量標準建議如下：

一、整理相關新聞報導後，列舉各種不同方式，並闡述其原理。

- 1.將內文整理後，點列出降低大氣中二氧化碳的方式。
- 2.應用課堂上學過的知識或尋求其他資源(網路、圖書)，闡述各方式的原理。

二、能比較出各方式的優缺點。

應用課堂上學過的知識或尋求其他資源(網路、圖書)，比較各方式的優缺點。

三、寫出自我實踐的方式與感想。

- 1.可點列出學生自己本身能真正做到的有哪些方式，並必須強調重視科學性、正確性以及可行性。
- 2.陳述心得感想。

【前測一大氣測驗試題答案與解析】

第一部分試題

1. 以下何者並非地球形成初期火山作用所釋出的氣體？

(A)氮 (B)氧 (C)水氣 (D)二氧化碳。

解答：B

解析：噴逸的氣體主要是水氣和二氧化碳，其次就是氮氣以及一些硫化物，構成了原始大氣。氧氣是後來經由光合作用所產生的。

2. 目前地球大氣中的氧氣，主要是何種作用所產生的？

(A)火山活動釋放出氧氣 (B)岩石風化分解出氧氣 (C)紫外線分解了大氣中的水氣 (D)大量的植物進行光合作用的產物。

解答：D

解析：最早生物是一些不需氧氣而生存的微生物，其中有些藍綠菌類能行光合作用，利用水與二氧化碳合成碳水化合物；這些微生物從出現到大量繁衍，除了消耗大氣中的二氧化碳，也製造了氧氣。

3. 三十多億年前的原始大氣，與今日的大氣成分比例截然不同，請問以下哪一因素對於大氣成分的演變較無直接的影響力？

(A)火山噴發 (B)生命形成 (C)海水生成 (D)月球引力。

解答：D

解析：火山爆發提供原始大氣的主要成分，生命和海水則對於水氣和二氧化碳的移除有影響。

4. 下列哪一組氣體在接近地表的大氣中具有較固定的比例？ (A)水氣、二氧化碳 (B)氧、氮 (C)氧、二氧化碳 (D)臭氧、水氣

解答：B

5. 大氣的垂直結構，其分層是依據： (A)高度 (B)溫度變化性質 (C)氣體成分 (D)密度。

解答：B

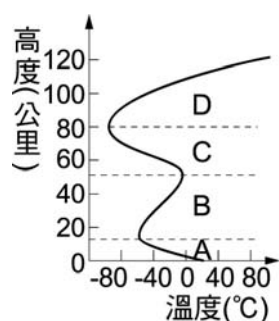
6. 大氣層由地面至高空可分為：(甲)增溫層、(乙)中氣層、(丙)平流層、(丁)對流層，其中與我們生活比較息息相關的是： (A)甲乙 (B)乙丙 (C)丙丁 (D)甲丁。

解答：C

7. 引起「全球溫度上升，兩極冰山溶化，海平面因而上漲」的氣體主要是： (A)二氧化硫 (B)二氧化氮 (C)二氧化碳 (D)氧氣。

解答：C

8. 來自外太空的紫外線輻射，主要會在附圖中的哪層被吸收？ (A) A (B) B (C) C (D) D



解答：B

解析：臭氧層位於平流層(B)中

9. 過量的紫外光照射人體會造成傷害，大氣中的臭氧可濾除紫外光，保護生物圈，下列有關臭氧的敘述，何者最合理？ (A)汽車的廢氣可產生臭氧，所以可彌補大氣中損失的臭氧 (B)臭氧將紫外光反射回太空，所以會減弱了照射到地表的紫外光 (C)臭氧可因吸收紫外光而分解，所以會減弱了照射到地表的紫外光 (D)臭氧與氧氣是同一物質的不同能量態，氧氣吸收紫外光而變成高能量態的臭氧。

解答：C

解析：(A)地面臭氧有害人體，(B)臭氧吸收紫外線，(D)臭氧吸收紫外線。

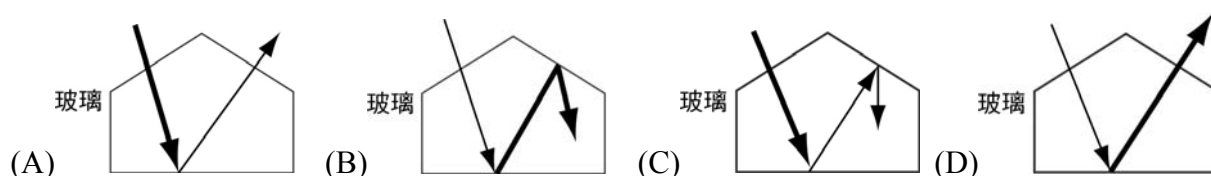
10. 天氣現象只出現在對流層，其主要原因為何？ (A)空氣壓力最大 (B)有各種高低地形的變化 (C)富含水氣且大氣有對流的運動 (D)沒有臭氧層的干擾

解答：C

11. 造成溫室效應的溫室氣體，所吸收的熱是來自 (A)由地表反射的紫外線 (B)由地表反射的紅外線 (C)太陽直接照射氣體的紫外線 (D)太陽直接照射的紅外線

解答：B

12. 地球大氣層有增溫的效應，與人工的玻璃溫室相似，下列哪一個圖形能合理的表示這種現象？(←→：地球輻射 →：太陽輻射)



解答：C

解析：太陽輻射穿透力強，可穿透大氣層；地球輻射（紅外線）穿透力弱，不易穿透大氣層。

13. 有關溫室效應導致環境變遷，下列敘述何者正確？ (A)全球環境溫度逐年上升，完全是因 CO₂ 含量增加的結果 (B)溫室效應會導致海平面上升 (C)溫室效應會導致 O₃ 含量減少 (D)CO₂ 會暖化地球，是因它能吸收太陽輻射

解答：B

14. 有關地球大氣的敘述，何者正確？ (A)地球形成以來，大氣成分始終不變 (B)

今日地球大氣的成分主要是氧和二氧化碳 (C)夜晚大氣的溫度較白天低，是因為地表不會發射紅外線 (D)如果沒有溫室氣體，地表的平衡溫度會比現在低

解答：D

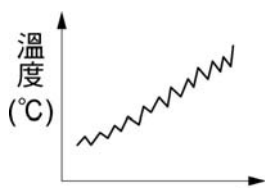
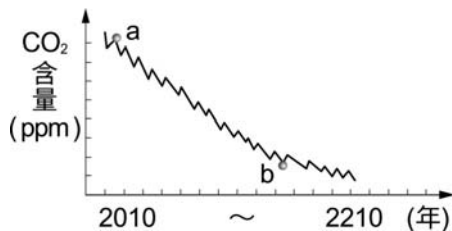
15. 地球“溫室效應”主要成因是 (A)人類使用氟氯碳化物，造成臭氧層的破壞，使地表增溫 (B)人類大量砍伐森林及大量使用煤、石油等燃料，而使二氧化碳增加所致 (C)地球水氣減少 (D)全球氣候變遷

解答：B

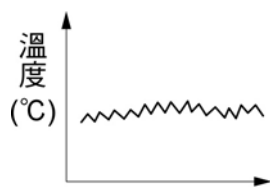
16. 下列何者不屬於溫室氣體？ (A)二氧化碳 (B)水氣 (C)甲烷 (D)氧

解答：D

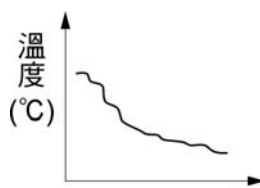
17. 假設 200 年後人類成功的將二氧化碳含量降至 1957 年的水準，其間二氧化碳含量的變化如附圖；則這期間，全球地表平均溫度的變化應是下列何圖？



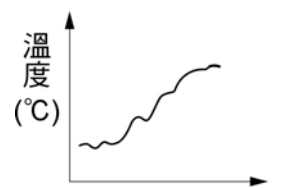
(A) 2010 ~ 2210(年)



(B) 2010 ~ 2210(年)



(C) 2010 ~ 2210(年)



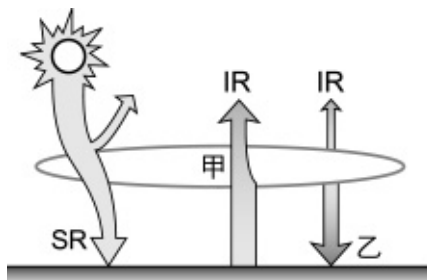
(D) 2010 ~ 2210(年)

解答：C

18. 南太平洋的島國吐瓦魯之所以要舉國移民紐西蘭的主要原因為何？ (A)環境污染嚴重 (B)超抽地下水導致地層下陷 (C)氣候過度炎熱 (D)海平面上升即將淹沒家園

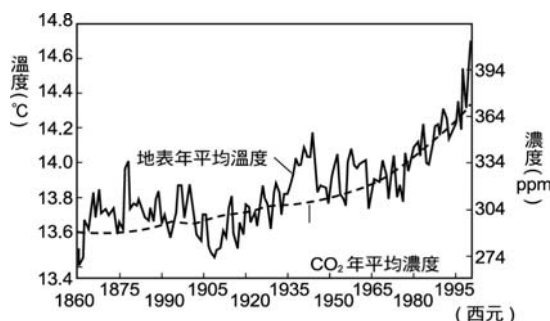
解答：D

19. 附圖為地表和大氣對於輻射的吸收示意圖，試依圖判斷下列何者錯誤？ (A)圖中 IR 表示紫外線輻射 (B)圖中「甲」表示一些溫室氣體，它們主要為水氣、二氧化碳和甲烷 (C)圖中的「乙」表示紅外線輻射 (D)目前地球的平衡溫度為 15°C，若沒有溫室氣體存在，地球上的平衡溫度將降至 0°C 以下。



解答：A

20. 附圖為 1860~1995 年間大氣中 CO₂ 含量與氣溫變化示意圖，由圖所讀出的資料中哪項錯誤？ (A) 1860 年到 1995 年 CO₂ 含量有逐年增加的趨勢 (B) 1935 年~1995 年 CO₂ 的含量約增加 60ppm (C) 1860 年~1935 年間的 CO₂ 增加量，比 1935 年~1995 年的增加量多 (D) CO₂ 含量逐年增加，導致地球平均氣溫上升



解答 C

解析 1935~1995 年的增加量較多

第二部份試題

閱讀以下報導並回答問題：

由 Tabazadeh 領導的美國太空總署研究小組在 Science 於 5 月 26 日發表的論文推論，兩極的臭氧層在人類工業污染的破壞後，已漸漸恢復，但不如科學家先前所預期的那麼快。

十多年前，科學家們了解人造氟化物、溴化物造成最嚴重的大氣臭氧短缺。這些化合物主要來自氟氯碳化物(CFC)，用在冷媒、噴霧劑、溶劑和泡沫生成劑，早期的滅火劑也含大量溴化物。在蒙特婁議定書之下，簽署國家在 1996 年完全停產。

上層大氣層的氯濃度在 CFC 停產後的确已經開始減少，科學家便認為氯減少，臭氧的量就應緩慢恢復。可是，溫室氣體的排放，將熱侷限於地表，造成地表更溫暖，導致上層大氣層無法升溫，較冷的上空便形成極地平流層雲，促使臭氧又減少。極地平流層雲可將地表排出的氯轉成易反應的狀態，和臭氧反應，同時去除氮化物，稱為去氮作用。這些氮化物一般而言在大氣層中可減緩氯破壞臭氧。通常在春季南極比北極冷，極地平流層雲存在較長，是臭氧洞發生的主要區域。然而目前北極極地平流層雲日益增加，臭氧也將損失愈多。以目前大氣層持續冷卻去氮作用的趨勢計算，2010 年北極上空的臭氧將減損 30%，對於大部分居住在北半球的人們，將造成影響。

Tabazadeh 表示，包括她們所作的許多研究顯示，臭氧恢復的機制比以前所認為的更複雜，恢復所需的時間也比想像的久。

【2000/6/28 Sciscape 新聞】

21. 以下哪一個月份，南極上空的「臭氧破洞」現象最明顯？(A)1 月 (B)4 月 (C)7 月 (D)10 月。
22. 溫室氣體的排放導致平流層臭氧濃度降低的主要理由是 (A)因為溫室氣體具有破壞臭氧合成的功能 (B)導致極區上空容易形成極地平流層雲 (C)使高空中的氟化物增加而破壞臭氧 (D)增加平流層中的氯原子含量。
23. 蒙特婁議定書的簽定施行，已經產生何種效果？ (A)平流層的氯濃度降低 (B)

溫室氣體排放量降低 (C)臭氧層恢復原狀 (D)平流層的氮化合物減少。

24. 下列有關「臭氧」的敘述，何者正確？ (A)臭氧濃度在地面最高 (B)臭氧可以吸收紫外線 (C)臭氧屬於大氣中的固定成分 (D)近年來，臭氧層的臭氧濃度因人類的活動而日漸增大。

解答 21.D 22.B 23.A 24.B

解析 21. 10 月是南極春季，臭氧洞最明顯。

22. (C)氮化物一般而言在大氣層中可減緩氯破壞臭氧。

23. (C)事實上，臭氧層並未完全恢復，而且可能有其他機制仍具有破壞臭氧層的作用。

24. (A)在平流層濃度較高；(C)屬於變動成分；(D)臭氧層濃度因人為活動而降低，形成所謂的臭氧洞。

閱讀以下報導並回答問題：

英國研究人員在「科學」雜誌上發表的一篇報告指出，目前地球暖化程度是近一千二百年來最劇烈的，北半球現階段堪稱地球千年來最熱的時期。

英國東英格蘭大學的奧斯彭和布瑞法教授以北半球 14 個地點蒐集而來的貝殼化石、樹木年輪、極地冰芯等紀錄地球氣溫的樣本，以及過去七百五十年來的人類文字紀錄，分析 1856 年以來的氣溫變化，兩人將這些資料與追溯到西元 800 年時的資料相較，得出結果顯示，20 世紀晚期的北半球是一千二百年來地球最熱的時期。

地球在西元 890 年到 1170 年間歷經「中世紀暖期」，1580 年到 1850 年為「小冰河時期」。

東英格蘭大學的研究顯示，20 世紀以來的暖化時期是西元 9 世紀以來，溫度異常範圍最廣泛的，奧斯彭說：「最近一百年還更驚人，這是一段廣泛的暖化，我們分析的同時期紀錄幾乎都受影響。」

研究人員採取的氣候紀錄樣本包括斯堪地那維亞、西伯利亞以及落磯山的常綠樹年輪，年輪間隔較寬表示當時的氣候較溫暖；以及格陵蘭島冰棚鑽取的冰芯，當中的化學物質也顯示氣溫較暖，文字紀錄則為七百五十年前荷蘭和比利時居民的天氣日誌。

科學期刊去年 11 月也有一篇研究報告，分析萬年南極冰芯顯示，地球大氣中的溫室效應氣體：二氧化碳和甲烷含量在過去 65 萬年來是最高，顯示自從工業革命以來的人類活動，已經戲劇性地改變了地球的氣候型態。

【2006 / 02 / 10 東

森新聞報】

25. 可以記錄地球氣候的氣候檔案**不包括**以下何者？ (A)化石 (B)年輪 (C)斷層 (D)文獻記載。
26. 科學家如何從冰芯得知大氣中溫室氣體濃度的變化？ (A)從冰芯的厚度 (B)從冰芯內的氣泡 (C)從冰芯內的氧同位素 (D)從冰芯的溫度。
27. 下表中哪些現象或人類的活動可能會造成全球海溫的增加？ (A)1 (B)1、3 (C)2、4 (D)1、2、3、4。

1	沙塵暴造成大氣中的懸浮微粒增加
2	人類大量使用煤、石油等化石燃料
3	火山噴發，大量火山灰進入大氣
4	人類為取得更多可使用的土地，大量砍伐雨林

28. 如果西元 2100 年時全球熱帶海溫較現在增高 2°C，地表大氣溫度亦增高 2°C，而對流層頂的溫度及高度均不變。相較於現在的狀況，下列哪一項為西元 2100 年，熱帶地區之對流層大氣穩定度的變化情形？（穩定度是指一上升氣塊，若其氣溫較同高度周圍大氣溫度為冷，因密度較大，上升運動會受到抑制，此種情形稱為穩定；反之，稱為不穩定） (A)增高 (B)不變 (C)下降 (D)資料不足，無法判斷。

解答 25.C 26.B 27.C 28.C

解析 25.斷層由地殼變動所造成。

26.二氧化碳濃度是根據被封鎖在冰芯中的氣泡分析出來的數值，氣溫是由氧同位素推算而得。

27.沙塵和火山灰基本上會遮蔽日光（使陽光散射），降低地面獲得之太陽輻射。

28.地面溫度高，理論上溫度隨高度變化愈明顯，大氣穩定度愈低。

【形成性測驗參考答案】

一、請解釋下面的名詞：

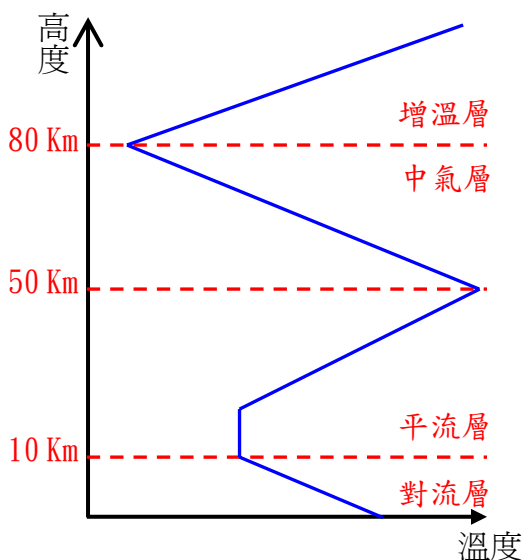
火山的釋氣作用 (參考答案)

地球早期火山爆發，將氮氣、水氣、二氧化碳帶出地表，使得當時大氣以此三種氣體為主要成分。

大氣的除碳作用 (參考答案)

當地球逐漸冷卻之後，大氣中的二氧化碳比例開始降低，而降低方式依序有三種途徑：1. 和鈣離子化合形成碳酸鈣。2. 地球冷卻後形成海洋，二氧化碳會微溶於海水中。3. 當綠色植物出現後，行光合作用消耗大氣中的二氧化碳。

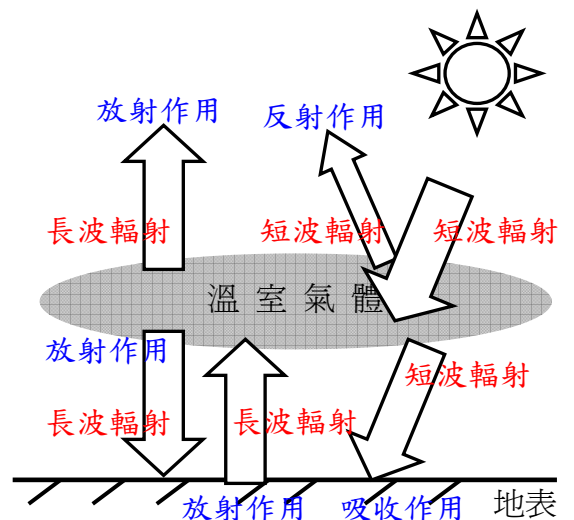
二、請完成大氣分層結構的曲線圖。



1. 請繪出溫度在高度上的變化。
2. 請寫上大氣各層的名稱。
3. 請寫上大氣各層的高度位置。
4. 請寫出對流層的三大特徵。
 - a. 氣流的運動方式為對流(上升氣流才會成雲致雨)
 - b. 所有天氣現象都在此發生(水氣多集中在此)
 - c. 溫度隨高度增加而下降
5. 請寫出平流層的三大特徵。
 - a. 氣流以水平方向為主，相當穩定(長程飛機航道)
 - b. 此層中有可吸收紫外線的臭氧層

三、請完成溫室效應的機制。

1. 利用箭頭表示短波輻射、長波輻射的路徑，且標上輻射名稱。(短波輻射=太陽輻射、長波輻射=紅外線輻射)
2. 將輻射在傳遞過程中發生的作用標示上去。
3. 請問溫室氣體有哪些？
水氣、二氧化碳、甲烷
4. 請問溫室效應最大的功能在於？
留住地表所釋放的熱量，使得地球平均溫度不至於太低(15°C)



主題一 全球暖化的真確性(閱讀完文章後請討論並回答 Q1、Q2)

全球性熱浪來襲【1998-07-20、中國時報】

【記者李宗祐台北報導】在太平洋高壓籠罩下，台灣地區最近幾天來氣溫持續飆升，基隆昨日出現攝氏三十八·七度高溫，創台灣地區今年入夏以來最高溫記錄，也是基隆有史以來最熱的一天，未來一週各地氣溫仍將居高不下，台灣大學全球氣候變遷研究中心主任柳中明警告，全球性的熱浪正襲向台灣，民眾應特別注意因熱衰竭引發的猝死案例。…。

除了太平洋高壓籠罩外，中央氣象局對於昨日基隆出現的歷史性新高溫的現象，暫時無法提出合理的解釋。氣象局認為，昨日西南風非常強盛，在翻越台北盆地吹向位於台灣東北角的基隆時，產生下沉氣流效應，可能也會造成當地氣溫異常升高。…。

柳中明觀察指出，上星期開始，台灣地區在太平洋高壓的籠罩下，不再有午後雷陣雨，就像沙漠，白天太陽直曬，空氣也因水分不斷蒸發而變得乾燥而且下沉氣流明顯，高溫環繞，種種天氣條件都顯示熱浪正在侵襲台灣。



氣候異象全球暖化 南極冰層發生解體情況 2002/03/20 曾沂菱／編譯

…。科學家發現，由於全球暖化，南極大陸的冰層已經開始解體，而且速度超乎想像。

英國南極觀測站在最近發表一份研究報告，指出南極大陸的溫度在過去半個世紀以來，氣溫升高了攝氏 2.5 度，速度遠比地球其他地方來的快。其中一塊 3250 平方公里，幾乎和一個小國家相當，200 公尺深的冰層，解體的速度更是出乎研究人員的意料之外。科學家表示，由於這些解體的冰塊仍在漂浮，因此海平面暫時不會上升。…。

Sciscape 新聞報導 [Jan28, 2001] 全球氣候暖化加快 編輯 BenjaminChang 報導

…。IPCC(intergovernmental Panel on Climate Change)在中國上海的一個新聞會議中指出，未來全球的氣候變化將會更劇烈。全球暖化會使冰帽降低，海水平面升高，使低窪地區(如：埃及、孟加拉、中國珠江三角洲)不再適合居住。…。

1990 年代是 20 世紀最熱的十年，而 20 世紀又是最近 10 個世紀以來，最熱的一個世紀。

生態系統將要受苦了!地球的溫度在過去 100 年來上升攝氏 0.6 度，所帶來的影響是更多的洪水及早災。

Klaus Toepfer 提議，應該藉由這一份超過 1000 頁的報告來喚醒世界各地對全球氣候暖化的重視。

參考來源： Discoverynews

全球暖化？南極越來越冷 編譯李銘珠／綜合十四日外電報導 【2002/01/15 聯合報】

美國南極科學家今天在「自然」雜誌發表的報告說，他們的資料證實，南極洲許多地區氣溫逐漸降低；儘管地球氣溫大抵日漸升高，但過去卅五年來，南極地區氣溫卻逐年下降；氣候最嚴酷、長久以來被認為主導全球氣候變化的南極洲乾谷，自一九八〇年代中期以來氣溫已明顯降低。這項報告發自美國國家科學基金會設在乾谷的長期生態研究地點。乾谷位於南極洲最大的不結冰地區麥默多海灣的沙漠谷地。…。杜蘭指出，以氣象站較多的南極半島取得的溫度紀錄來取均溫，已導致南極洲各地都在暖化的誤導性結論。但前述美國研究的取向證明，如從全套相關紀錄中移除南極半島的，再探究空間趨勢，則南極洲大多數地區日漸冷化。

Q1：從大家所蒐集有關全球暖化議題的報導中，有哪些證據支持全球溫度正在上升？又有哪些證據反對全球溫度正在上升呢？請詳細列出這些證據被認為對全球溫度造成影響(或反對)的理由。

參考答案

可先讓學生自由發表自己搜尋到的資料，教師可在黑板上將正、反兩面的資料寫上，方便學生統合各類資訊。

根據上面報導，全球溫度上升的正面資料：

- (1) 台灣溫度有攀升的趨勢：因為異常的太平洋高壓持續籠罩，造成台灣熱浪侵襲、溫度攀升，而異常的太平洋籠罩可能是因為全球暖化所造成的氣候改變，因此可作為全球暖化的正面證據。
- (2) 南極冰層在瓦解：南極冰層融化可代表溫度上升，因此為全球暖化的正面證據。
- (3) 冰帽溶解造成海平面上升，使得低窪地區不適合居住：冰帽融化可代表溫度上升，因此為全球暖化的正面證據。。

根據上面報導，全球溫度上升的反面資料：

- (1) 影響全球溫度的南極有許多觀測點，所偵測到的逐年溫度有下降的趨勢：影響全球溫度的南極是降溫的現象，應當可表示全球非在增溫，因此為全球暖化的反面證據。

Q2：在這些資料中，你較支持哪一種說法呢？

參考答案

此題可讓學生自由發揮，教師務必注意不要侷限學生的思考，千萬不要給於學生正確答案，多鼓勵學生發表自我想法，並在此過程中，讓學生學習到尊重不同意見與想法的美德。

根據以上報導發現，種種跡象顯示出全球有暖化的現象，所以我支持全球的確有再增溫的趨勢。

主題二 誰造成了全球暖化了？

一、人為因素：二氧化碳增加(閱讀完文章後請討論並回答 Q3)

地球二氧化碳量創新高

編譯董更生／美聯社夏威夷茂納洛亞觀測站二十日電【2004-03-22/聯合報/A12 版/國際兩岸】

從夏威夷一個火山口以望遠鏡觀測天空的科學家說，基本上造成全球暖化的二氧化碳在去年以空前速率增加後，目前已到達最高的紀錄。…。

二氧化碳是燃燒煤炭、汽油和其他礦物燃料所生成，可以將本來要逸入太空的熱困在大氣層內。地表的溫度在廿世紀時增加了攝氏 0.6 度，國際科學家說，這種地表暖化的成因是溫室氣體增加的結果。…。

在工業時代和大規模使用礦物燃料以前，地表二氧化碳的濃度為 280ppm。十九日在夏威夷的茂納洛亞，二氧化碳的濃度為 379ppm，相較一年以前的 376ppm 又有增加。一年增加 3ppm，被認為比十年前的一年增加 1.8ppm、五十年前一年增加 1ppm 嚴重很多。…。國際氣候變化小組預測，如果再不管制，地表的二氧化碳在 2100 年就會增到 650 到 970ppm，地表溫度可能升高攝氏 1.4 到 5.8 度。

溫室效應二氧化碳是元凶 記者陳民峰/報導 【1999-05-12/民生報/09 版/生活新標】

●「溫室效應」是現代人耳熟能詳的名詞，各國政府也多積極採取因應對策。身處海角一隅的台灣人，對全球溫暖化現象有沒有責任？該如何因應呢？

依目前的趨勢推估，公元 1990 年到 2100 年，地表平均氣溫將上升攝氏兩度，海平面的高度平均上升約五十公分。科學家預測，此一溫度上升趨勢若持續一百年，則沙漠將擴大、變熱；森林將死亡；湖水及溪流將出現水質厭氧現象；洪水及乾旱次數增多；海岸生態系統遭受威脅；甚至對水資源、農漁業、人體健康……將帶來影響。

造成這些變化的元兇就是溫室氣體，其中又以二氧化碳造成的影響最大。環保署空保處長陳雄文表示，台灣地區溫室氣體排放總量為 149 百萬噸二氧化碳當量，其中二氧化碳排放量占 83%、甲烷占 15%、氧化亞氮占 2%。也就是說，溫室氣體中以二氧化碳所占比率最大，我國的管制工作也都以二氧化碳為主要對象。…。

Sciscape 新聞報導[Jan19, 2001] 二氧化碳真的是造成全球暖化的主因嗎? 編輯 Bigbear 報導

二氧化碳真的是近幾個世紀以來造成全球暖化的主因嗎？最新研究顯示，自從五億四千萬年前，地球上開始有生命起，二氧化碳並非是長久以來主宰氣候的元兇。…。

JanVeizer 等人為了瞭解從古至今的溫度變化狀況，收集大量沉積在海洋的化石，進而從這些有機體所遺留下的殘骸，測知當時海水的組成，甚至氣候。此外，他們另將 CO₂ 濃度變化的紀錄，輸入至一可將 CO₂ 濃度轉化為溫度變化的電腦模式中，作一參考比較。

上述的兩個溫度紀錄，自五億四千萬年前算起至今，超過 2/3 是相互吻合的。但是距今 440 及 150 百萬年前的兩次冰河時期，由 CO₂ 所得之溫度模式卻與化石資料相互矛盾。即由第二個建立的溫度模式，在這兩次冰河時期中，所得溫度較實際狀況來得高。

研究群對此不合理現象提出二個可能解釋：第一，從百萬年前土壤及樹葉有機殘餘物，來推測當時 CO₂ 濃度變化本就存在許多不確定性，亦即由推測得知的 CO₂ 濃度並不可靠。

第二個解釋，CO₂ 濃度變化並非一直是長久以來主宰天候的主因，在美國賓夕法尼亞州立大學教授 LeeKump 亦說"很顯然地，除了 CO₂ 濃度變化外，尚存在其它因素影響氣候的變遷。"

現今除了溫室效應影響外，另一解釋氣候變遷的有力證據即是大陸板塊分佈變化情形。像如此大陸與海洋的分配比例即會深深影響地球上水的循環，這可由極區冰帽的分佈多寡得以窺見一斑。

然而在 20 世紀這短短的時間裡，大陸漂移的影響似乎微乎其微，所以從 Veizer 等人所得結果，對於抑止 CO₂濃度的必要與否，亦無法提供一方向讓我們遵循。

Q3：現階段各界對全球暖化主因的討論中，都把造成全球暖化的主因指向過量的二氧化碳排放到大氣中，請問你同意這樣的說法嗎？請說明的同意或不同意的理由。

參考答案

教師在進行分享的時候，注意不要營造出全球暖化就是排放過量的二氧化碳所造成的，讓學生多去思考與歸納。務必讓學生說出他贊成或反對的原因，部要止有單純的贊成與反對。

我同意全球暖化的主因是排放過量的二氧化碳所造成的。因為截至目前為止，有許多的跡象顯示出大氣的二氧化碳的確在快速增加，且二氧化碳的增加又會加強溫室效應，使得更多的熱量被留下來而提高地球的平均溫度。

二、臭氧層減少、空氣污染、其他溫室氣體(閱讀完文章後請討論並回答 Q4、Q5)

因應篇上 防地球暖化盯緊六大元凶

記者黃玉珍、何佩儒 【2005/02/15 經濟日報】

…。1997 年，聯合國氣候變化綱要公約締約國在日本制定出京都議定書，管制讓地球溫暖化的主要六種氣體，包括：二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氟化烴、全氟化碳及六氟化硫。

台灣排放 PFC 將冠全球，其中，多數人不瞭解的全氟化碳（PFC），正是半導體產業及面板業在鉛洗製程所使用的主要氣體，雖然其排放量相當低，但對地球溫暖化的效應，是二氧化碳的數千倍。目前台灣光電產業正迎頭趕上南韓，預估今年會成為全球最大生產國，也意味著台灣的 PFC 排放量，也將居全球首位。…。

京都議定書將於明（16）日生效，各締約國的減量目標是，2008 至 2012 年，上述六種溫室氣體排放量平均削減到比 1990 年排放量低 5.2%的水準。

美國至今尚未簽訂京都議定書，一度曾使不少國家抱持觀望態度。但在去年 11 月俄羅斯簽約後，由於俄國的溫室氣體排放量占全球排放量的 17.4%，俄國加入後，讓實際簽約國(超過 120 國)和排放量(55%)都達到實施議定書的門檻，即使美國（占全球排放量的 36%）沒有加入，仍然可以生效，大部分國家才開始正視這個問題。

京都議定書實施後，影響經濟層面最大的是高耗能產業的投資生產，將受到限制。…。

Sciscape 新聞報導

[Sep14,2006]

甲烷的危機

編輯 AlanKuo 報導

以往我們一聽到溫室效應，第一直覺都會聯想到二氧化碳。但是越來越多的研究指出，甲烷對溫室效應的影響，是超乎我們之前所想像的。…。甲烷除了是造成溫室效應的氣體之外，還要注意到它對大氣所帶來其它方面的危險。一般而言，像二氧化氮和一氧化碳這種有害氣體，在大氣中會和氫氧根結合而轉換成其它的分子。但是如果在短時間內釋放出太多的甲烷氣體，會增加甲烷分子和這些有害氣體結合的機會，而大大地減低了大氣原本自行清除污染物的能力。

存在於海洋底層的可燃冰—水合甲烷，是天然氣和水結合在一起的固體化合物，外形與冰相似。由於含有大量甲烷等可燃氣體，因此極易燃燒。水合甲烷一方面是人類未來能源的新希望，但另一方面也可能為人類帶來一些危機。大量從海底冒出的甲烷除了會啟動全球氣候暖化的機制之外，也能夠摧毀原本穩定的海底地層，而在近海可能引起大陸架坍塌。因此，將來當人類計劃開採這些可燃冰礦的同時，也必

須考慮到水合甲烷可能帶來的危險。

懸浮粒子影響氣候 本報綜合二十一日外電報導【2001/03/22 民生報】

許多科學家日益擔心全球暖化，科學家的焦點在於大氣中如二氧化碳等氣體的增加；他們認為，這些氣體會吸收太陽熱，使地球暖化。但是像沙塵等懸浮粒子，也有重大影響。研究顯示，有些物質可能使氣溫暖化，有些則使氣溫涼爽；其影響可能不下於溫室效應，但是科學家想探求的是，何種懸浮粒子會引起暖化或涼爽效應；以及影響大氣的程度。…。

頭皮屑影響天氣？污染空氣變成雲 編譯朱小明/綜合報導【2005/04/01 聯合晚報】

德國麥因茨大學大氣科學家賈尼克經過 15 年的艱辛研究，在 1 日發表的報告中指出，人體也是重要的空氣污染源，包括皮膚碎片、頭皮屑、細胞碎片，都會構成空氣中的懸浮微粒，進而影響污染和雲的形成。…。

賈尼克雖然未直指頭皮屑會影響全球溫室效應，但他表示，這些物質的密度低、體積小，比可以漂洋過海的沙粒還輕，很容易就可飄浮到空中、飛遍全球。賈尼克的研究小組無法確定生物懸浮微粒中花粉或頭皮屑的比例，但他呼籲氣象學家進一步研究懸浮微粒的成分，才能更精確的掌握氣候變化。

發現最大臭氧洞美國三倍大 本報編譯組／報導【2000/10/05 聯合報】

CNN 報導指稱，太空總署在四日發布的報告中說，該署衛星上月在南極洲上空觀測到一個一千一百五十萬平方哩的洞，實際上是防護地球免遭太陽紫外線直接照射的臭氧層嚴重的消蝕現象。…。據指出，臭氧層穿洞使較多有害人體的太陽紫外線得以直射地球，研究人員說，這會使皮膚癌發生率升高；他們也擔心南極洲四周的海洋，原因是該地區海洋生物鏈的基底—浮游生物—也許會因接觸較大量紫外線輻射而遭殃。

報導說，科學家也在研判，**臭氧洞之形成與全球暖化是否相關；全球暖化就是某幾種污染會在大氣形成籠罩物而使地球氣溫升高。**

Q4：在看完以上幾篇報導中，你對二氧化碳是”全球暖化的元兇”的說法有新的看法嗎？請寫下你的看法(與原來看法相同或有不同想法)，並且說明為什麼。

參考答案

這題著重在學生是否有新的想法與認知，並讓有不同想法的學生分享自己的心得，給部分沒有想法或是堅持原本想法的同學，有其他的思考程面。

的確，有其他因素也會造成全球暖化的現象，例如：排放過多的甲烷，也是會增加地球平均溫度，此因甲烷同樣會吸收來自地表所釋放的熱量。還有，當空中有過多的懸浮微粒，會增加天空中的雲量，雲同樣也會吸收來自地表所釋放的熱量，增加地球平均溫度，不過，當天空中雲量增加時，則會增加短波輻射的反射，使得到達地表的短波輻射減少，這樣會降低地表所釋放的熱量，反而可能會有降溫的可能。最後的因素為臭氧洞的問題，當臭氧洞越來越嚴重，則會增加到達地表的紫外線，此時會增加地表的輻射吸收量，地球平均溫度就會上升。

還是維持「二氧化碳的增加，是全球暖化的主因」。因為截至目前為止，其他造成全球暖化的因素尚不明確，唯有二氧化碳的增加趨勢和溫度上升有相同的趨勢。

Q5：想想看，既然造成全球暖化的因素有許多，為何目前二氧化碳最受到重視？

參考答案

教師多引導學生去思考可以從「人類」的行為著手的部份，在討論的過程中，讓學生在潛在意識中，警覺到人類對於破壞生存環境的嚴重性，進而提升學生環保意識。

根據科學家的統計發現，從十八世紀工業革命之後，人類大量使用化石燃料開始，大氣中二氧化碳有快速增加趨勢，則唯有約束人類的活動，才是降低全球暖化的首要辦法，因此，才會在這個議題中特別強調二氧化碳的排放量，進而有京都議定書的誕生。

三、自然因素：太陽、火山爆發(閱讀完文章後請討論並回答 Q6)

Sciscape 新聞報導 [Dec02,2000] 太陽活動與氣候變遷 編輯 C.-C.Wang 報導

太陽活動對全球暖化的影響至少可以和二氧化碳的影響一樣重大。

長期以來，氣候學家忽略了兩個和太陽活動有關的重要因素。一是紫外線對臭氧層的影響。這是大氣中很重要的一部份，因為許多化學反應在此活動並影響整個大氣。另一個是太陽磁場與太陽風。太陽風如同太陽系的防護罩，可阻擋宇宙射線，然而並非所有的宇宙射線都會被擋住。太陽風的強度與太陽活動的長週期變化有關，時間尺度以世紀為單位。

宇宙射線的影響之一是改變地球的雲量。衛星資料顯示低雲雲量隨著宇宙射線到達地球的量改變。而雲量會影響地表的短波輻射，進而影響全球氣溫。因為此效應而產生的暖化與我們認為的由溫室效應產生的暖化不相上下。如果再加上太陽活動的其他影響，溫室氣體對全球暖化的影響將降到 50% 以下。因此，減少二氧化碳排放量將不會對氣候有太大影響。

Sciscape 新聞報導 [Aug01,2001] 地球的冷暖—「水」來控制 編輯強哥報導

如果我們的太陽一天比一天熾熱，是不是一件值得我們擔心的事呢？其實不必！除了我們不必太杞人憂天之外，地球上的「水」可能也正扮演著控制氣候的角色喔！

根據地質記錄顯示，四十多億年前太陽系剛形成當時，太陽的輻射量大約只有今天的 30%，但是地球上的氣溫卻仍然足以維持液態水的存在，可見當時的氣溫其實與今天相去不遠，其中一種說法就是當時地球大氣圈中大量的二氧化碳提供了強烈的溫室效應，因而維持了地球的溫度。但是 Hsien-WangOu 卻認為這種說法有點多此一舉。

Ou 認為水氣除了本來就是一種重要的溫室氣體之外，大氣中的雲層同樣也扮演著反射太陽輻射的角色，那麼究竟大氣圈中的「水」對地球的氣候有怎樣正反不同的影響力呢？關鍵在於高層雲和低層雲的不同，Ou 強調說，當過去太陽輻射微弱的時候，蒸發力量也較弱，低層雲的數量也較多，對溫室效應的貢獻較大；如果未來太陽的強度持續增加時，高層雲則會相對增多，反射太陽能量的效應於是更為顯著。因此只要地球上「水」，就足以單獨掌控地球的氣候了！

可是如果地球上的水結冰了呢？我們有足夠的證據證明地球曾經有過一段時間是大部分水都結冰的時期，當時反射率更大的地球又要如何為自己保暖呢？而其他溫室氣體影響地球氣候的效應真的如此微不足道嗎？我相信這個議題還是有非常大討論空間的。

Sciscape 新聞報導 [Mar02,2004] 煙·雨·雲 編輯 Gene 報導

…。在巴西的亞馬遜河流域進行的研究發現，森林大火形成的煙霧會降低降雨機率，可是卻增加了雨量。…。雲朵要能夠形成，要有足夠的煙霧或塵埃使得水氣能附著凝結。…。德國馬克斯普朗克化學研究所的 Meinrat Andreae 等人發現，過量的煙霧會降緩降雨，因為雲層中大部分的水滴雖然很多，可是都太小了。然後這些小水滴會一直上升到大氣層的更高處，至到冷卻到一定層度後再降落地面。當這些雨滴終於降落地面時，它們帶有的額外能量形成了更猛烈的暴雨，甚至還因在更高處冷卻而形成大冰雹，而暴雨又把更多煙霧和熱能吸入大氣層更高處，於是周而復始地形成循環的暴雨。

另外一個研究小組則描述了煙霧陰險的另一面：阻止雲層的形成。美國國家航空暨太空總署 (NASA) 的 Ilan Koren 等人則報告道，在森林上空籠罩著的煙霧會反射太陽光，在亞馬遜的旱季，有兩成的時間，煙霧厚到陽光無法穿透到地面。於是地面會冷卻，使得濕氣無法吸收到足夠的熱能而上升到大氣層以形成雲霧。可是少量的雲層反射掉的陽光較少，結果大氣層反而更熱了。讓地面冷卻的煙霧結果卻是讓地球溫度上升。這解釋了煙霧儘管預期有冷卻的效果，可是地球的溫度則不降反升。…。。

地球溫度上升非關溫室效應？

美聯社華盛頓十三日電

【2001/05/15 世界日報】

...。海洋學家安菲德在十五日出版的地球科學研究通訊中指出，自從一九九〇年起，北大西洋水溫的周期即進入溫暖期，使美國大部份地區降雨量都低於正常。而大多數人預測全球增溫會使美國的雨量增加，這兩種氣象模式遭遇會如何互相影響並不清楚。因此，這個北大西洋海水溫度的變化周期「可能影響我們對全球增溫的評估」。

安菲德說，如果現在的暖洋流使全球增溫可能帶來的雨量減少；則大眾不會感到天氣有任何變化，大眾也因此不會預期當洋流進入寒冷期時降雨量會增加，而到那時兩種氣象模式帶來的雨量加起來就很可觀了。...。安菲德在接受訪問時表示，當北大西洋正值溫暖的周期時，整條密西西比河流入墨西哥灣的水量比其寒冷周期少百分之十。他說：「由百分比來看，似乎不算高，但這代表非常多的水量。」目前北大西洋海水正值溫暖的周期，這對佛羅里達州可能是個好消息，因為溫暖的海水通常為該地區帶來更多的水氣。

這些研究學者指出，通常在一個六十五至八十年的周期，北大西洋的水溫變化為華氏零點七度。雖然其變化看起來不大，但海洋的水量巨大，其所蘊含的能量驚人。自 1990 年開始，北大西洋的水溫又進入溫暖周期。研究人員表示：「其水溫可能再度進入如 1930 至 1960 年的周期。」

都市效應台灣暖化原因

記者曾一定／報導

【2001/09/25 民生報】

中央氣象局指出，去年全年台灣平均氣溫偏暖，今年也不例外；統計顯示，非都會區增暖趨勢僅為都會區的百分之五十六，隱喻台灣的暖化趨勢不單受到全球暖化影響，人口密集、高度城市化的都市效應，也是重要原因。...。根據英國氣象局哈德雷中心數值模計算，未來全球平均氣溫增暖將加速，保守估計 21 世紀結束前將上升攝氏 3.2 度，雨量也稍增加 7% 左右。但由模式顯示，雖雨量增加，但降雨的時間和空間分布很不平均，表示暴雨和乾旱發生的頻率會增加，即是異常氣候的發生將趨於頻繁。

Q6：除了人為造成的汙染，自然界的因素也常是在造成全球暖化的因素中被人們所探討的因素，在以上報導中，提到哪些因素也會影響全球溫度呢？請試著列出其對大氣溫度的影響方式。

參考答案

先讓學生自由發表自己閱讀到的資料，教師可綜合學生們列出的各影響因素並做討論。

根據上面報導，影響全球溫度的自然因素及其影響方式如下：

- (1) 太陽的影響：①紫外線強度—紫外線對臭氧層的影響。這是大氣中很重要的一部份，因為許多化學反應在此活動並影響整個大氣。②太陽磁場與太陽風—太陽風如同太陽系的防護罩，可阻擋宇宙射線，然而並非所有的宇宙射線都會被擋住。宇宙射線的影響之一是改變地球的雲量。衛星資料顯示低雲雲量隨著宇宙射線到達地球的量改變，而雲量會影響地表的短波輻射，進而影響全球氣溫。
- (2) 水氣、雲層：水氣除了本來就是一種重要的溫室氣體之外，大氣中的雲層同樣也扮演著反射太陽輻射的角色。高層雲和低層雲的不同，當過去太陽輻射微弱的時候，蒸發力量也較弱，低層雲的數量也較多，對溫室效應的貢獻較大；如果未來太陽的強度持續增加時，高層雲則會相對增多，反射太陽能量的效應會更為顯著。
- (3) 森林大火：森林大火形成的煙霧會降低降雨機率，可是卻增加了雨量。在森林上空

籠罩著的煙霧會反射太陽光，煙霧厚到陽光無法穿透到地面，於是地面會冷卻，使得濕氣無法吸收到足夠的熱能而上升到大氣層以形成雲霧。可是少量的雲層反射掉的陽光較少，結果大氣層反而更熱了。讓地面冷卻的煙霧結果卻是讓地球溫度上升。這解釋了煙霧儘管預期有冷卻的效果，可是地球的溫度則不降反升。

- (4) 海水溫度冷暖周期：溫暖的海水通常為該地區帶來更多的水氣。
- (5) 都市效應：人口密集、高度城市化的都市效應，使雨量增加，但降雨的時間和空間分布很不平均，表示暴雨和乾旱發生的頻率會增加，即是異常氣候的發生將趨於頻繁。

【主題三】 全球暖化嚴重性(閱讀完文章後請討論並回答 Q7、Q8、Q9)

熱浪、洪水、冰風暴…全球暖化大地反撲

【中時電子報】

閻紀宇全球暖化加速進行，大地之母「蓋婭」高燒不退。就連原本最不願面對事實的政治人物與企業領袖，也不得不承認：一場大規模危機正在全球升火待發，痛下決心的變革已刻不容緩。

根據最新一期《時代》雜誌報導，強烈熱帶氣旋「拉瑞」橫掃澳洲東北岸，最大風速每小時兩百九十里；印尼各地因乾旱引發森林大火，煙霾將天空燻成詭異的橙色；北冰洋、格陵蘭島與南極大陸的冰層，正以前所未見的速度融化消失；美國南部大城紐奧爾良去年被「卡崔娜」颶風帶來的洪水淹沒，至今尚未復原，而今年的颶風季又將來臨。在廿一世紀結束時，全球海平面將平均上升六公尺。

溫室氣體排放干擾氣候

從熱浪、風暴、洪水、森林大火到冰河融解。突然間，全球暖化的效應正漫天蓋地來襲，其規模之大與腳步之快，令人類慌目驚心甚至猝不及防。過去質疑全球暖化理論的人士，如今若不是噤聲，就是見風轉舵，換上一副為環境盡心盡力的面孔。…。

美國《時代》雜誌引述環團「環境防衛」(Environmental Defense) 首席科學家夏梅迪斯的話說：「事態發展速度，遠超出大家先前的預期。」伍茲霍爾海洋學研究中心「柯瑞博士也指出：「過去一年來的變化令人憂心，撼動整個科學界。」…。

政、商界人士推動環保

就連向來對環保議題避之唯恐不及，且視「京都議定書」如洪水猛獸的美國總統布希，也開始承認全球暖化是大勢所趨，並誇稱他的政府做了多少努力。只不過在科學界看來，布希政府的作為大多是研究計畫與不具強制性的排放管制，恐緩不濟急。

問題到底有多嚴重？回溯上一次冰河時期，大氣層中二氧化碳含量不過 180ppm，後來逐漸上升至 280ppm，讓地球走出冰封狀態，開啓人類文明發展契機。然而過去一百五十年迄今，人類又將這個數值急遽推升至 381ppm。自有氣候記錄以來，歷史上最熱的廿個年頭，有十九年出現在一九八〇年後，而二〇〇五年更是一個多世紀以來最熱的一年。

冰層融解速度 10 年前兩倍

…：美國兩位地質學者日前發表研究，指出今日格陵蘭冰層的融解速度是十年前的兩倍有餘，光是去年就有二二〇立方公里消失於海洋；相較之下，美國第二大城洛杉磯一整年的用水量也不過 0.75 立方公里。雖說海納百川，但這麼多淡水短時間內湧入海洋，仍極危險。首先是海平面上升威脅：格陵蘭冰層一旦完全融解，估計將使全球海平面上升七公尺…。

其次則是全球洋流運行系統也會步調大亂。以歐洲為例，當地溫和的氣候有一大部分要拜灣流(Gulf Stream)之賜，然而如果在大量淡水灌注之下，海水含鹽濃度降低，輕重比例改變，那麼這道洋流有可能會停滯下來，讓歐洲在全球暖化的年代反而日趨寒冷，雖然還不致於重回冰河時期，但仍是嚴峻挑戰。…。

另一方面，極地冰層融化還會造成一種「反饋迴路」(feedback loop) 效應。冰層原本是最佳的陽光反射體，讓九〇%陽光帶著能量折反太空，與吸收能量的海水截然相反，因此冰層融解將造成此消彼長的惡性循環，推進全球暖化加速進行。此外極地永凍層逐漸解凍後，半腐敗有機物將大舉釋出甲烷與二氧化碳，總量可能在兩千億到八千億噸之間，但人類一年製造的二氧化碳也才七十億噸。

乾愈乾冷愈冷生物瀕危

全球暖化也將導致乾旱更爲猖獗。像美國西部這類乾燥多山地區，夏季供水往往仰賴冬季的山區積雪，

然而全球暖化使得春天提早來到，夏天格外炎熱，加速消耗寶貴的山區積雪。此外，聖嬰現象也會受到全球暖化的推波助瀾，減少非洲、東亞等乾燥地區的降雨。據學界統計，地球表面發生旱災的地區，卅年來擴張了一倍以上。

風不調雨不順的氣候變化，首當其衝的就是野生動植物。從美國內華達山脈的森林、遍布北美洲西部的熊果到加拿大西部的松樹，從哥斯大黎加的青蛙、阿拉斯加的鮭魚到北極圈的北極熊，都面臨迫在眉睫的威脅。以北極熊為例，牠雖然生性善泳，但海冰大量消失，已經害得越來越多北極熊在覓食或遷徙時溺死。人類當然不能置身於大自然之外，我們同樣會淪為「棲息地」江河日下的受害者。自一九七〇年以來，海水溫度平均上升了〇·五六度，我們的天氣系統也越發喜怒無常。…。

乾旱可能使北半球泥煤地釋出 CO₂ 造成災難性氣候 90.01.11【時報-記者法新社巴黎十日電】

英國科學家發現，溫室效應帶來的溫暖乾燥的長期乾旱，可能使北半球廣大泥煤地帶因通風程度提高，將潮濕土壤中儲存的四千五百五十億公噸的二氧化碳大量釋出，導致全球氣溫加速升高的災難性氣候變化。

英國威爾斯大學的科學家佛里曼發現，乾旱會使泥煤地加快分解速度，使酚的氧化酵素（phenoloxidase）大量增加，因而釋出巨量的二氧化碳。北半球的泥煤地帶儲存了四千五百五十億公噸的二氧化碳，相當於大氣層所含二氧化碳總量的六〇%。這項研究刊登於十一日出刊的英國科學週刊《自然》。

溫室效應也可能讓全球急速變冷？ 中國時報 時論 870215 ⊙陶在樸（南華管理學院教授）

…。歐洲的城市緯度高於加拿大、美國或亞洲的城市，例如最南的羅馬，其緯度相當於美國最北的芝加哥，奇怪的是歐洲的氣溫卻高於同緯度的其他地方，天機何在？在於北大西洋之暖流，而北大西洋之暖流歸根究柢來源於墨西哥灣的暖流。暖流寬一百二十公里，厚八百公尺，水溫攝氏二十五度，正是這股暖流所攜帶的巨大熱量使歐洲冬季的溫度比同緯度的世界其他地方高出九至十八度。…。第一、由於溫室效應北極冰川已大量融化，融化的淨水使北大西洋鹽流的濃度下降，因此「熱泵」的能量不足，暖流攜帶的熱量下降，暖流也無力向北發展。第二、由於赤道暖流已帶走相當的熱量，有可能在赤道附近出現冷卻現象，即大氣與洋流共振的「聖嬰」現象。第三、由於赤道降溫致使赤道空氣的蒸發量下降。

水蒸氣是溫室氣體的主要成份之一（其餘者為二氧化碳、臭氧、甲烷等），水蒸氣減少致使大氣層的保溫效果下降，因此由地球表面逸出的輻射熱增加，結果是整個地球迅速降溫。…。可見大氣的乾燥度對地球冷卻何其關鍵，也由此可見，討論溫室效應時切不可一頭栽入二氧化碳的懷抱，而忘記了與人造氣候並無直接關聯的水蒸氣，其實它是與二氧化碳具有相同爆炸力的溫室氣體。…。

地球暖化日本海緩步走向死亡 巴黎十四日電 【2001/01/15 聯合報】

學者說，日本海正緩步走向死亡，因為地球暖化擾亂輸送氧氣到海底的海洋環流。

在日本九州應用力學研究所服務的南韓學者尹鍾煥（譯音）說，日本海表面的海水冬天很冷，而且含氧豐富，海洋環流可以使這些海水下沉，同時將刺激細菌生長的氧氣帶到海底，產生的細菌就會分解沉入海底的有機物質。

此外，海流也會將海底的東西帶上來，滋養食物鏈的重要環節浮游生物。…，日本海北部的平均溫度半個世紀來上升攝氏一點五到三度，導致海面的海水在冬天還很暖和，比較不容易下沉，影響氧氣的傳送。上層的浮游生物因為缺乏養分而死亡，魚類和其他生物的食物也因而減少。

…。以往已經有人推算，如果全球溫度大幅升高，歐洲西、北部可能回到冰河時期。根據這個理論，溫度升高可能導致格陵蘭大冰原的一部分融化，產生大量冰冷的水注入北大西洋，擾亂乃至阻止北大西洋

洋流從熱帶帶回溫暖海水，緯度偏北的西歐就無法獲得溫和的氣候。...

我邦交國吐瓦魯快被海水沒頂

【編譯陳世欽／法新社紐西蘭奧克蘭十六日電】【2004/02/17 聯合報】



吐瓦魯氣象局十六日警告說，位處南太平洋的吐瓦魯可能近日內就會被非比尋常的巨潮淹沒。

吐瓦魯氣象局的絲麗雅·瓦威指出，吐瓦魯將於十九日與廿日遭到與新月有關的「巨潮」侵襲。她表示：「我們不確定屆時會出現什麼狀況，不過我們認為，大多數地區可能被海水淹沒一個小時左右。」...

過去十年來的吐瓦魯領導人均聲稱，吐瓦魯將成為全世界第一個因為全球暖化現象導致海平面上升而受害的國家，他們並據以聲稱吐瓦魯人民得享有移民紐西蘭的特別待遇，最近並與另一個太平洋島國

南太平洋島國吐瓦魯，風光明媚，但卻可能因罕見的大潮，而在本周被淹沒。 圖片/聯合報
紐埃磋商吐瓦魯人民移民紐埃的問題。不過上個月紐埃遭到一場颶風嚴重破壞。...，儘管富納富提部分地區正在下沉，但目前要研判吐瓦魯的長期變化仍為時過早。



印尼河床乾涸龜裂。
(路透)



大風雪侵襲英國南部。
(美聯社)

全球生理時鐘亂了 【記者蘇詠智／報導】 【2003/01/14 星報】

近年來由於溫室效應導致全球氣溫升高，各地都因異常的氣候產生不少「怪象」-台灣去年上半年平均氣溫創五十三年來新高，下半年因「暖冬」的出現，許多本該在來年春天開花結果的植物，都「調快」了生理時鐘。中歐暑期更有大水襲擊，大陸的新疆則是各種天災不斷，美國則在感恩節與耶誕假期面臨超低溫度與大雪侵襲。...

大陸沙塵提早暴

在台灣，上半年久旱不雨，北市爲了限制用水煞費苦心，年底又接連低溫下雨，許多地區甚至落下從前未見的「冰雹」。而在海峽對岸的大陸，本已讓當地百姓聞之色變的「沙塵暴」，竟然破壞度變本加厲，包括長春、新疆等地的民眾都飽受其害。特別是新疆，向來在五、六月開始的沙塵暴，去年三月就侵襲當地，整個中國大陸共有八個省分、一百四十萬平方公里籠罩在沙塵暴的威脅下。

印尼澳洲乾巴巴

...。印尼的乾溼季原本就差別分明，去年的旱季甚至連河床地都龜裂成一塊一塊，加拿大西岸的溫哥華

也出現熱浪，許多民眾趕著去海灘戲水消暑。而美國旱災嚴重影響農牧業的收入，損失甚至可達數億美元，森林大火的現象也不時出現。澳洲乾旱使得袋鼠找不到充足的食物，有關當局只能撲殺部分數量的袋鼠，維持牠們生活資源的正常分配。印度則發生了自一九八七年來最嚴重的旱災。

歐美風雪超犀利

到了秋冬，本來應該要逐漸轉涼，包括台灣在內的許多地區還是氣溫高達近攝氏三十度，與春夏沒太多差別。「暖冬」情形讓部分需要寒冷氣候才能生長茁壯的植物無法正常發育，導致經濟上的損害。而長久的暖冬，使真正寒流來襲時，無論人類與動、植物都不及應對，又讓部分農作物遭凍死，造成更多的金錢損失。歐美的大風雪，不管在美國本土、俄國莫斯科、西伯利亞、英國南方，都使得某些身體欠佳的人士因而喪生。

展望新的一年，氣象變化不可再受忽視，大家在注重經濟發展的同時，也不能不留意保護已經飽受摧殘的地球，否則真正吃虧的，永遠會是人類。

Q7：在以上的報導中提到了那些全球暖化已經造成的影響？那些是未來可能看見的影響呢？

參考答案

根據以上的報導，全球暖化已經造成的影響：

- (1) 氣旋、颶風影響加劇。
- (2) 熱浪、風暴、洪水、森林大火。
- (3) 冰層的融解速度變快。
- (4) 旱災的地區增加
- (5) 擾亂輸送氧氣到海底、輸送養分到海水上層的海洋環流。
- (6) 海島或沿海地區遭海水淹沒的區域增加。
- (7) 全球區域氣候改變：台灣地區暖冬現象、中歐暑期更有大水襲擊、新疆各種天災不斷、美國在感恩節與耶誕假期面臨超低溫度與大雪侵襲…等。

未來可能看見的影響：

- (1) 海平面上升威脅：格陵蘭冰層一旦完全融解，估計將使全球海平面上升七公尺。
- (2) 全球洋流運行系統步調大亂：如果在大量淡水灌注之下，海水含鹽濃度降低，輕重比例改變，那麼這道洋流有可能會停滯下來，讓歐洲在全球暖化的年代反而日趨寒冷。
- (3) 全球暖化加速進行：冰層原本是最佳的陽光反射體，讓九〇%陽光帶著能量折反太空，與吸收能量的海水截然相反，因此冰層融解將造成此消彼長的惡性循環，推進全球暖化加速進行。此外極地永凍層逐漸解凍後，半腐敗有機物將大舉釋出甲烷與二氧化碳。
- (4) 乾旱可能使北半球泥煤地釋出 CO₂ 造成災難性氣候。
- (5) 全球急速變冷：第一、由於溫室效應北極冰川已大量融化，融化的淨水使北大西洋鹽流的濃度下降，因此「熱泵」的能量不足，暖流攜帶的熱量下降，暖流也無力向北發展。第二、由於赤道暖流已帶走相當的熱量，有可能在赤道附近出現冷卻現象，即大氣與洋流共振的「聖嬰」現象。第三、由於赤道降溫致使

赤道空氣的蒸發量下降。水蒸氣減少致使大氣層的保溫效果下降，因此由地球表面逸出的輻射熱增加，結果是整個地球迅速降溫。

Q8：除了這些，你可以想出其它全球暖化可能對地球生物或人類造成的影響嗎？在這些影響中，有沒有那些是對地球生物或人類有益處的呢？

此題可讓學生自由發揮，教師多鼓勵學生發表自我想法，並在此過程中，讓學生學習到尊重不同意見與想法的美德。

可能的影響有野生動植物的棲息環境受影響、上層的浮游生物因為缺乏養分而死亡，魚類和其他生物的食物也因而減少、人類的生活空間變小、氣候變化劇烈使得地球生物適應困難…等。

Q9：在這些討論中，有那些是對你的日常生活可能造成的影響呢？

讓學生自由發揮。乾旱易造成缺水，或是颱風變強豪雨不停，生活變得很不方便…等。

【總結性測驗：全球暖化的因應措施】

全球暖化的因應措施 → [心得報告](#)

氣候變異的威脅與因應

中國時報 時論 870721

◎柳中明

...。基本上，全球自一九八〇年以來，氣溫就持續與穩定的在上升，目前乃處於有紀錄以來的最高峰。雖然科學界仍眾說紛紜，但是人類長期大量燃燒石化燃料，大量排放二氧化碳，而致全球溫室氣體持續增加，全球溫室效應加強，已被廣泛接受是造成全球氣溫上升的主因之一。...；而破紀錄的災變氣象頻繁出現，更對習於過去氣候穩定變化的人類與生態系統，會造成相當大的破壞。

以上所述全球氣溫上升與異常氣候頻繁出現的現象，乃是促成去年底京都氣候談判，[世界各國通過「京都議定書」](#)，[決定未來積極抑制溫室氣體排放的主要背景因素](#)。由於抑制溫室氣體排放，將影響石化燃料消耗，並進而影響經濟發展。因此這項因為全球氣候變化問題所引發的氣候公約進展，在世界各國均造成相當大的反彈阻力。我國行政院甚且在五月底召開「全國能源會議」，探討因應國際發展的策略。不過，有鑒於我國年初以來氣候顯著異常，對於先天不良與後天失調的台灣影響甚大，筆者仍想重述一個重點：我國不可僅因為重視經濟問題，而積極於因應國際氣候變化公約，實應更重視氣候變遷的潛在威脅，而[積極於因應氣候變遷，降低異常氣候所造成的各種災害與公共衛生問題](#)。在各先進國均成立國家級氣候變遷研究、預測與因應中心，其主要目的就在降低全民對氣候變遷潛在威脅的不安，並減少長期性的災害損失。以我國狀況，實應積極規劃重視之。

不致溫室效應，核能鹹魚翻生？

編譯陳世欽／路透倫敦二十三日電

【2001/05/24 聯合報】

美國政府上星期四聲稱，[美國可能將許多核能電廠的反應爐增加一倍，以增加核能使用量](#)。核能業界認為，這是布希政府對核能的背書，業界在美國與開發中國家大展鴻圖似可預期。世界核能協會會長芮奇表示：「布希的計畫應該可以在全世界產生建設性的連鎖反應。全球各國均樂見，中共與印度等國在不須增建會產生溫室氣體的大型基礎設施的情況下，盡可能滿足快速擴大的能源需求。」...

核能一直被視為汙染環境的元凶，而在各國透過京都議定書架構磋商全球暖化問題的因應對策時，核能業界不斷塑造良好形象。業界指出，[核能電廠幾乎不可能排放溫室效應氣體](#)。許多科學家認為，某些溫室效應氣體是造成全球暖化的元凶。...

在歐盟支持下，環保人士抓住核廢料衍生的多項長期問題，進而阻止各國將核能列入潔淨開發機制(CDMs)清單。另一方面，核能業界則在日本與美國支持下辯稱，按照京都議定書的規定，加入CDMs的國家必須研擬最妥善的具體措施，並將無排放溫室效應氣體之虞的核能列入考慮。...。倫敦皇家國際事務研究所的核能專家貝克即將接受核能反應爐安全無虞的說法，不過他認為，在說服各國將核能列入CDMs之前，如何妥善處理核廢料恐將是業界的頭痛問題。...

地球搬家靠小行星 拖離太陽免受高溫威脅 【明報專訊 2001-02-07】

太陽的亮度將在未來十億年內大幅增強，令地球不再適合生物居住，已大致是科學家的基本共識。英國廣播公司報道，為了避免滅亡厄運，一些天文學家已「先天下之憂而憂」，[想到利用小行星將地球移離太陽來抵消太陽帶來的溫度上升](#)，以延續人類及其他生物的血脈。

[借木星能量改變軌道](#)

他們相信，這項[地球移位計畫](#)能使地球生物的生命加長一倍以上。

怎樣利用小行星將地球推遠？美國加州大學學者科里錢斯基、美國太空總署學者勞克林和密西根大學學

者亞當斯表示，只要以我們早已運用於遙遠行星探險(如伽里略號)中的「重力彈射飛行」簡單技術便可。重力彈射飛行是飛行器利用天體引力，急劇加速並改變航向的飛行技術。根據分析，只要有一顆直徑約一百公里的小行星巧合飛經地球，科學家就有辦法把它部分的繞軌能量轉移給地球，並在這顆小行星飛離地球後引導小行星奔向木星，從木星得到更多能量；等到它下次擦身經過地球時，便再可轉移更多能量給地球，並慢慢改變地球的軌道，移向距離太陽較遠的軌道。

不過利用此法將地球推遠亦有風險，搞得不好小行星隨時撞上地球，到時地面的生物將全部滅絕；另一方面，水星和金星亦會無法維持穩定的運轉，因此其他行星軌道也必須跟地球進行調整。…。天文學家認為，如果人類能夠改變地球軌道，屆時將也能改變太陽系中更多衛星和行星的位置，讓這些星體的氣候變得適於生物居住。以往亦有天文學家建議將火星調校至適合人類居住的軌道。

解決全球暖化美擬新策略

編譯馮克芸／綜合報導

【2001/08/22 聯合報】

美國提出的整套方案並非改寫京都議定書，而是幾個降低廢氣排放量的國內計畫。布希團隊正為十月在摩洛哥馬拉喀什舉行的下一回合全球氣候會議準備，京都議定書的確切條款將在摩洛哥會議中定案。美國這項計畫的核心預料將是承諾提供鉅資做為研究氣候變遷成因、減少二氧化碳排放物等技術的經費。這些研究中一個前景可期的領域是把廢氣中的二氧化碳分離出來，引入廢棄的油井或天然氣井中儲存起來。

環保署擬訂溫室氣體管制法

記者何佩儒／台北報導

【2005/02/16 經濟日報】

規範溫室氣體排放的京都議定書今(16)日起生效，行政院環保署表示，因應京都議定書施行，擬制定「溫室氣體管制法」，明確規範各部會權責分工與產業減量措施。…。

環保署官員指出，溫室氣體減量並非立竿見影，政府也沒有漠視這項國際環保公約。目前管制溫室氣體排放沒有法源依據，因此環保署規劃提出溫室氣體管制法，涵蓋是否要施行溫室氣體的許可制、各產業的減量措施與罰則及各部會的權責分工等規範。快的話，可望在上半年提出草案。

據瞭解，行政院長謝長廷將在今天的行政院會中，匯整各部會策略，宣示我國對京都議定書的整體因應策略與政策走向。

官員指出，台灣工業部門排放的溫室氣體最多，占 55%，運輸部門約占 14%，住宅(民生用電)占 12%、商業(用電)占 6%，也就是每個人都是溫室氣體的「貢獻者」。因此各部門都要提出因應策略，開發案則要視整體產業政策走向，如果同意新的開發案，勢必要在其他方面進行減量。

台塑鋼鐵公司及中油公司雲林石化園區開發案，是京都議定書生效後的最大投資案，因此將首當其衝。預料在環境影響評估審查過程中，有關溫室氣體的減量措施，將成為環評委員關注的重點。

對抗暖化把二氧化碳藏起來 【2000/04/28/聯合報】

本報編譯組霍達文／特譯 (美聯社)

我們常聽說，地球暖化是因空氣中的二氧化碳含量增加引起的，因此各行業要減少排放二氧化碳。但你可曾聽說，也可以把二氧化碳埋藏在海洋深處或灌進油田、煤層、或濃鹽水裡？

這種處理二氧化碳的方法稱為碳隔離法。這種方法不能抑制二氧化碳的產生，而是在二氧化碳產生後把它處理掉。這是一個新興的構想，迄今仍未引起大眾的廣泛注意。…。

對任何付費用電的人來說，碳隔離法都是一件值得注意的事。在美國，人為產生的二氧化碳中，來自發電廠的占了三分之一。假如從發電廠排出的氣體中把二氧化碳分離出來，然後運到別的地方處理，這不但是重大的科技挑戰，而且還會使電力生產的成本增加，最後轉嫁到消費者身上。

目前在研究中的辦法包括下列各項：

●把二氧化碳灌進油田裡：一團團分散的石油就會膨脹聚合，二氧化碳也減低石油的濃稠度，使石油更

容易流向回收井。

●把二氧化碳灌進煤層裡：有些煤層埋在地下太深，無法開採，但甲烷分子附著在煤的表面上，假如注入二氧化碳，二氧化碳就會擠走這些甲烷分子，使本來無用煤層變成天然氣來源之一。

●把二氧化碳埋在土壤裡：植物從空氣中吸收二氧化碳，然後把其中一部分送往根部，於是植物的根部成了一個天然的二氧化碳貯藏庫。

●把二氧化碳埋藏在地下：從一九九六年開始，挪威的天然氣業者就把二氧化碳從天然氣中分離出來，然後灌進在海床以下九百公尺的有孔沙岩層中。

●把二氧化碳灌進海洋深處：其法是用管線把液化二氧化碳送到一千公尺深的海裡。二氧化碳在某個深度可以暫時維持液態，然後溶解，但假如把液化的二氧化碳灌到非常深的海裡，就會和海水發生化學作用，在海床上凝固成冰一樣的塊狀物。

Q1：若人類繼續大量排放溫室效應氣體到大氣中，你認為在數十年之後，地球氣候是否會造成巨變，嚴重影響人類的生存嗎？

參考答案

學生可依據之前各主題報導自由發表想法。

我認為若人類繼續製造排放過量溫室氣體，自然機制的效應就會變得微不足道，數十年之後，地球氣候應該會造成巨變，嚴重影響人類及其他生物的生存。

Q2：面對全球變遷的議題，世界各國努力研究相關解決措施，從以上報導中，提出了哪些方法來因應呢？

參考答案

根據以上報導，面對全球變遷的議題，世界各國提出相關解決措施：

- (1) 世界各國通過「京都議定書」，決定未來積極抑制溫室氣體排放的主要背景因素。我國也制定「溫室氣體管制法」。
- (2) 積極規劃降低異常氣候所造成的各種災害與公共衛生問題。
- (3) 增加不會排放溫室效應氣體的核能使用量，減少使用會產生二氧化碳的火力發電廠。
- (4) 積極研發高科技技術：地球移位計畫以及將廢氣中的二氧化碳分離出來，引入廢棄的油井或天然氣井中儲存起來。

Q3：除了各國所提出的方法之外，身為學生的你，你覺得有哪些方法是你可以身體力行的呢？

參考答案

學生可自由發揮：

- (1) 做好紙類回收，不浪費紙類資源，可減少樹木砍伐，並可多植樹。
- (2) 多搭乘大眾運輸工具，減少汽機車排放二氧化碳。

Q4：請以簡單的 300 字寫出你上完這個課程之後的心得感想。

參考答案

學生可自由發揮陳述心得感想。