

氣候變化的成因

教學目標



1. 認識氣候變化
2. 認識溫室效應
3. 用科學研究方法探討現今氣候變化的成因

二. 氣候變化的成因

破冰船

同學們，我們如何感知氣候變化？「氣候變化」對你們來說又是一個怎樣的課題？試完成以下活動。

1. 你們有沒有從父母或長輩口中聽過類似的說話：「現在的夏天比以前的更熱了」、「現在的冬天都不冷了」，試訪問他們，請他們說說對於氣候變化的感受。
2. 你們有沒有聽過「溫水煮蛙」的故事？



將一隻青蛙放進沸水中，青蛙一碰燙熱的水會立即一躍從鍋中跳出逃生



把青蛙放進正常微溫的水裡，青蛙如常在水中暢游，然後慢慢將鍋裡的水加溫，直到水燙得無法忍受時，青蛙再想躍出水面逃離危險的環境卻已四肢無力，最終煮熟在熱水中



二．氣候變化的成因

- a. 你認為這個故事說明了甚麼道理？

- b. 有論者指出：「全球平均溫度，現時已經達到攝氏 14.5 度；當溫度達到 16 度，整個地球的生態系統都會受到很大的衝擊」，而且「未來二十年，全球平均每十年上升 0.2 度的趨勢已經無可避免」。在這樣的情況下，你認為「溫水煮蛙」的故事能帶給我們甚麼啟示？

二. 氣候變化的成因

接收站



A. 天氣與氣候

1. 天氣

指較短時間內大氣狀況的一種表徵，通常是我們日常五官感受得到的現象，如氣溫高低、風速強弱、空氣濕度、降雨大小、雲層厚薄等，或是較難察覺的氣壓高低等。



2. 氣候

指一段長時間內的平均大氣狀況，包括地方的溫度、濕度、風向、風速和降雨等變化。氣候是統計學上的產物，是經科學家長時間觀測而得來的平均數據。根據世界氣象組織的規定，氣候統計資料至少要三十年，才能顯示出一個地方的氣候特徵。



香港屬亞熱帶季風氣候



熱帶沙漠氣候



二．氣候變化的成因

B. 氣候變化的成因

引起氣候變化的成因有很多種，主要可分為兩類：自然因素及人為因素。

自然界中許多因素都會引起氣候變化，例如：

1. 太陽活動：能直接影響地球的溫度。當太陽活動劇烈時，會在一段時間內減少南北極地的寒冷空氣和赤道附近的暖濕空氣相互交換，使人類聚居地區的氣溫上升；當太陽活動低迷時，冷暖空氣的南北交換量便相對增加，人類生活的地區氣溫就會下降。
2. 火山爆發：會噴發二氧化碳到大氣層中，加劇溫室效應；也會噴發出大量灰塵和懸浮微粒，暫時將部分到達地球的太陽光反射回太空，減少地球表面接收到的太陽能量，造成短期氣候冷卻。

聯合國氣候變化框架公約 (UNFCCC) 將「氣候變化」定義為經過一段相當時間的觀察，在自然氣候變化之外由人類活動直接或間接地改變全球大氣組成所導致的氣候改變。大多數科學家認為人為因素是導致現今氣候變化的主要原因。下文會深入探討。

二．氣候變化的成因

教學活動 1

氣候變化的趨勢

試瀏覽香港天文台網站以下兩個頁面，比較當中的圖表，並完成以下的題目：

A. 香港各區氣溫的二十四小時時間序列

http://www.hko.gov.hk/wxinfo/ts/display_element_tt_c.htm

B. 香港天文台總部錄得的年平均氣溫 (1885-2012)

http://www.hko.gov.hk/climate_change/obs_hk_temp_uc.htm

1. 兩個頁面中的圖表，都記錄了香港溫度的數據，卻又有些許差異，兩個表的主要分別是甚麼？（提示：同學可留意圖表的X軸）
2. 如果要了解香港的氣候的變化趨勢，你認為應參考哪個圖表的資料？試說明原因。
3. 你從 B 項資料中，觀察到甚麼變化趨勢？



二．氣候變化的成因



C. 溫室氣體與溫室效應

1. 溫室氣體

溫室氣體 (Greenhouse Gas, 簡稱 GHG) 是指大氣層中含有的一些能吸收紅外線輻射的氣體，如二氧化碳 (CO_2)，甲烷 (CH_4) 和氧化亞氮 (N_2O) 等。溫室氣體能導致溫室效應，使地球變暖。國際上常以二氧化碳為基準，來衡量不同溫室氣體對地球的變暖影響。此外，二氧化碳是人類活動產生的最主要的溫室氣體。因此，我們常以二氧化碳為人為溫室氣體的代表。

2. 溫室效應

溫室效應 (Greenhouse Effect) 是地球本來具有的保溫機制。這是將包圍着地球的大氣層比喻為溫室的透明玻璃罩，當太陽輻射穿過大氣層向地面照射時，地面會將部分太陽輻射轉化成紅外線輻射反射回大氣層，大氣層中的溫室氣體吸收了這些紅外線輻射，從而使大氣變暖，為地球保溫。「天然的溫室效應」 (Natural Greenhouse Effect) 保障了地球生物的存活。

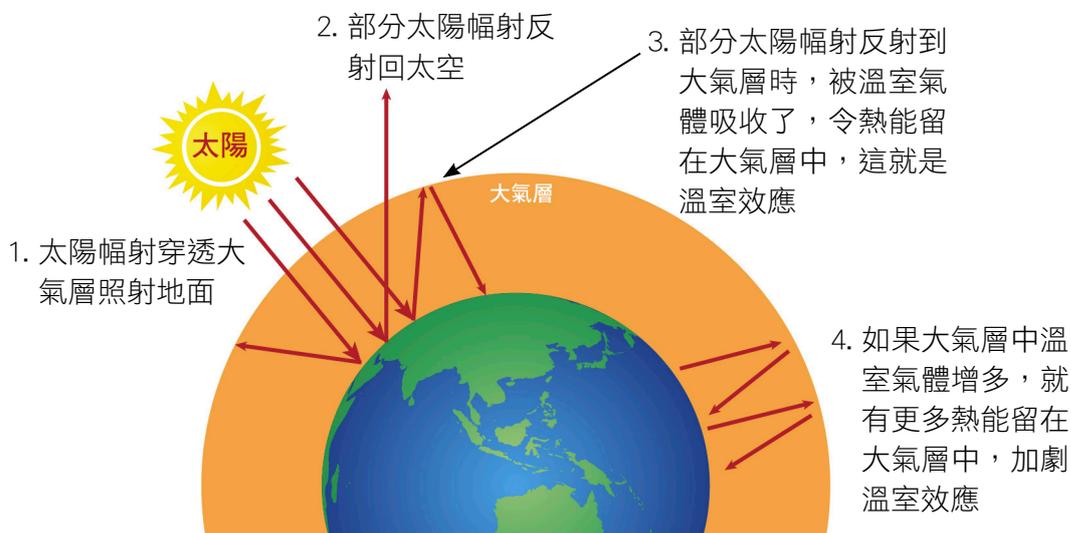
二. 氣候變化的成因

「人為加劇的溫室效應」(Human-enhanced Greenhouse Effect) 是指人類活動造成的溫室效應，如燃燒化石燃料(Fossil Fuels)，排放大量二氧化碳等溫室氣體，令地球溫度不斷上升。與此同時，人類大量砍伐樹木，亦令地球吸收二氧化碳的能力減弱。在這種此消彼長、排放多於吸收的情況下，大氣中便會累積大量額外的以二氧化碳為主的溫室氣體。

Gaia 仔補給站



化石燃料是指石油、煤炭、天然氣等天然資源。它們原本是數百萬年前的動植物遺骸，隨着地殼的變遷而埋藏在地層中，經長期的高溫、高壓而形成，因此稱為「化石」。它們經提煉後，可成為發電和推動機器用的燃料，如汽油、煤油等。



「溫室效應」圖解

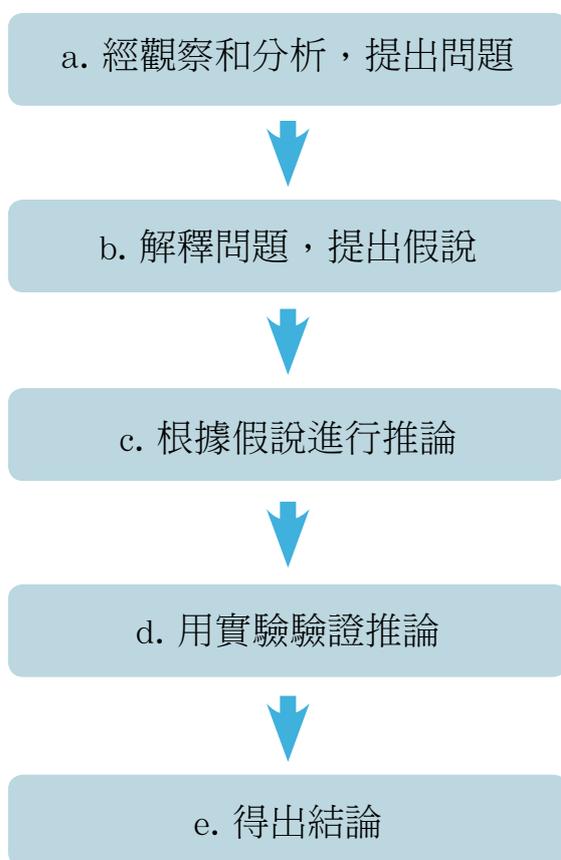


二. 氣候變化的成因

D. 如何推斷現在的氣候變化是由人類造成的呢？

前文提及自然和人為兩方面都是影響氣候變化的因素，但我們如何得知現在的氣候變化是人為因素導致的結果呢？

我們可以用科學研究中常用的思考方法去研究這個問題。科學的思考過程是這樣的：



二. 氣候變化的成因



現在我們看看 Gaia 仔如何運用科學的思考方法去探討氣候變化的成因。

a. 經觀察和分析，提出問題

氣候變化是自然因素導致還是人為的？

b. 解釋問題，提出假說

假設氣候變化是由自然因素所導致的……

c. 根據假說進行推論

以氣溫為例，那麼現在的自然因素對氣溫的影響應該與過去一致。

d. 用實驗驗證推論

要根據實驗數據，看看現在的自然因素對氣溫的影響是否與過去一致……

e. 得出結論

如果一致

……則氣候變化是由自然因素導致。

如果不一致

……則氣候變化不是由自然因素導致。



二．氣候變化的成因

教學活動 2

根據實驗數據推論出結論（1）

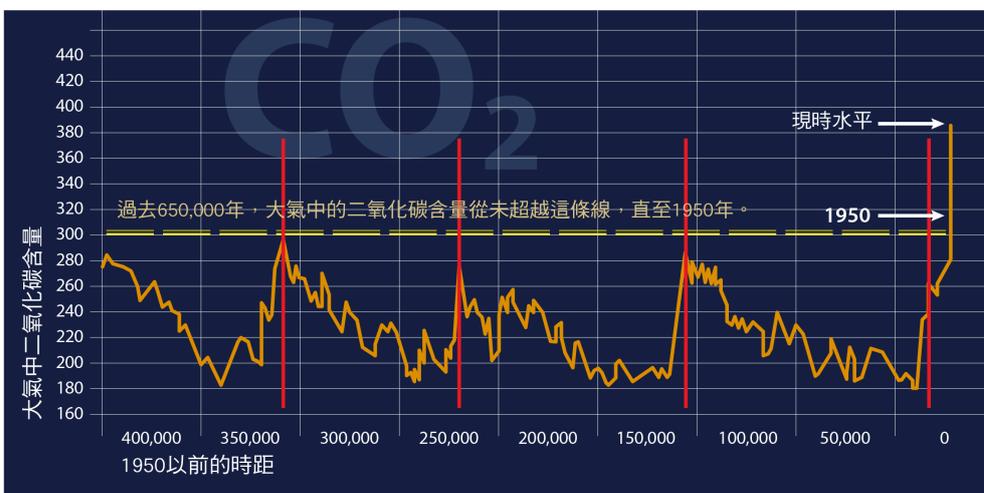
在驗證的階段，Gaia 仔的想法是：

從溫室效應的原理中，我知道溫室氣體增多，氣溫就會升高，溫室氣體的含量間接反映了溫度的變化。那麼我可以根據實驗數據，先看看自然界中溫室氣體的含量是否維持平衡，而人類活動會否打破這個平衡……

Gaia 仔從可靠的資料來源找到以下的數據表，試替他分析問題，找出最合理的結論。



過去六十五萬年大氣中二氧化碳含量



數據來源：美國國家海洋和大氣管理局 (NOAA)

二．氣候變化的成因

1. 從以上圖表可見，大氣中二氧化碳的含量在 1950 年前後，有怎樣的變化？
2. 這種變化是否符合歷史變化的規律？為甚麼？

Gaia 仔補給站



科學家如何知道 65 萬年前大氣中的二氧化碳濃度？答案是冰芯！

它是人類在極地冰川上鑽孔獲得的連續冰層，科學家可從中提取物理、化學、生物資訊，而這些資訊可以重現成冰時的環境特徵。

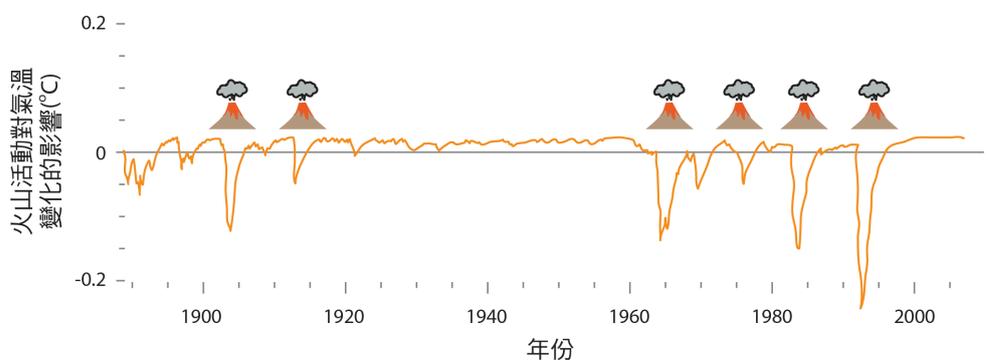


二．氣候變化的成因

教學活動 3

根據實驗數據推論出結論（2）

火山活動與氣候變化的關係



1. 從以上圖表可見，火山活動有沒有令全球氣溫產生顯著的改變？
2. 有人認為火山爆發時噴發二氧化碳，導致氣候暖化，但從上表的數據，你認為這種說法成立嗎？

綜合教學活動 2 及教學活動 3 的推論，我們可以得知現今的氣溫與自然因素的關係與過去（一致／不一致），由此可以推論，氣候變化（是／不是）由自然因素所導致。

二. 氣候變化的成因



就氣候變化的原因，我們試提出另一個假說：

a. 經觀察和分析，提出問題

氣候暖化是自然因素導致
還是人為的？

b. 解釋問題，提出假說

假設氣候暖化是由人類活
動所導致的……

c. 根據假說進行推論

那麼，這可能是：人類活動增
加溫室氣體的產生，加劇溫室
效應，令氣候暖化。

d. 用實驗驗證推論

要根據實驗數據，看看人類活動
是否增加溫室氣體的產生。

e. 得出結論

如果是

如果不是

……則氣候變化
是由人類活動所
導致的。

……則氣候變化不是由
人類活動所導致的。



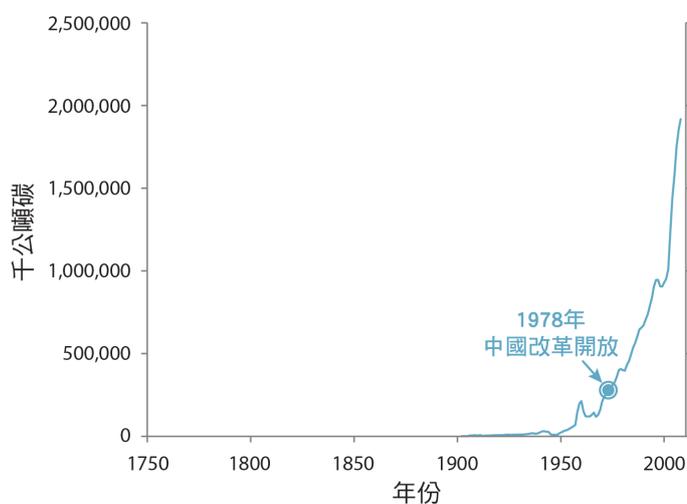
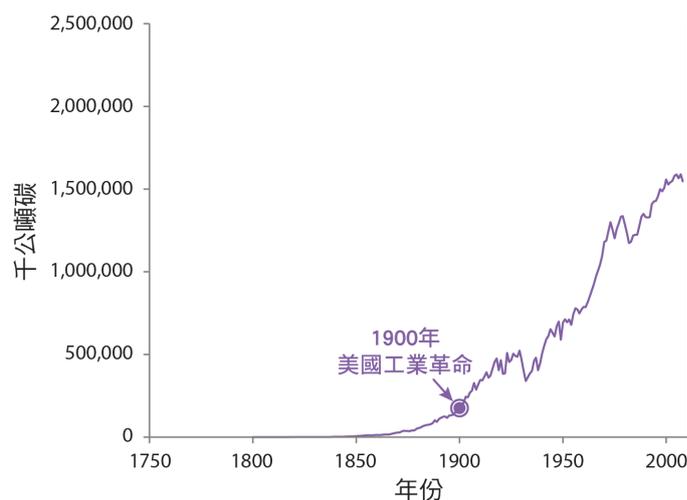
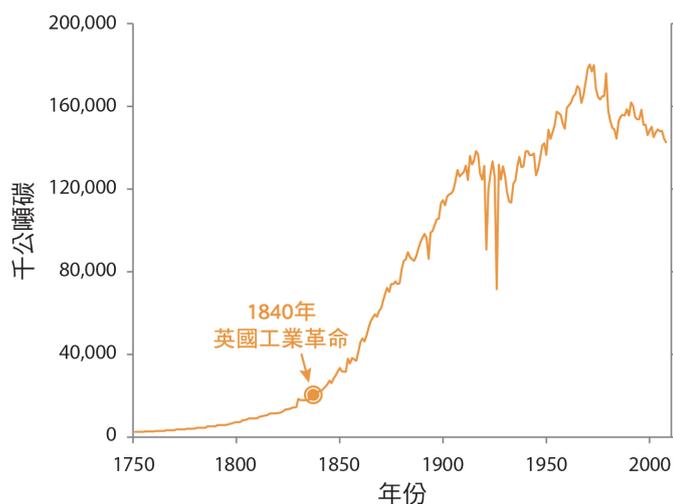
二. 氣候變化的成因

教學活動 4

根據實驗數據推論出結論 (3)

Gaia 仔找出以下數據，嘗試推論人類活動是否增加溫室氣體的產生。

各國年均碳排放1750-2010



— 美國 — 中國 — 英國

數據來源：二氧化碳
信息分析中心 (CDIAC)

Gaia 仔補給站 

歷史上的工業革命和改革開放，都指工業和科技突飛猛進，社會主要經濟活動由農業轉型至工業的過程。

二．氣候變化的成因

1. 根據上表，各國的碳排放量在甚麼時候開始顯著上升？
2. 已知二氧化碳的排放能加劇溫室效應，你認為人類活動與全球暖化有甚麼關係？試填寫以下筆記。

人類在工業化的過程中會燃燒 _____，
增加 _____ 的排放，加劇 _____。

人類在工業化的過程中會大量砍伐 _____，
減低 _____ 的吸收，加劇 _____。

3. 根據以上數據，你認為怎樣的結論合理？

人類的活動（增加／沒有增加）溫室氣體的產生，因此推
論氣候變化（是／不是）由人類活動所導致的。



二. 氣候變化的成因

接收站



E. 氣候變化的主因

從以上的學習活動總結，一方面我們發現現時的氣溫上升並不符合自然週期循環發展的規律；另一方面亦有數據證明全球增溫是在人類社會開始工業化，大量排放溫室氣體後明顯加劇。以上兩個假設的推論，合理地說明「人為加劇的溫室效應」是現在的氣候變化的主因。

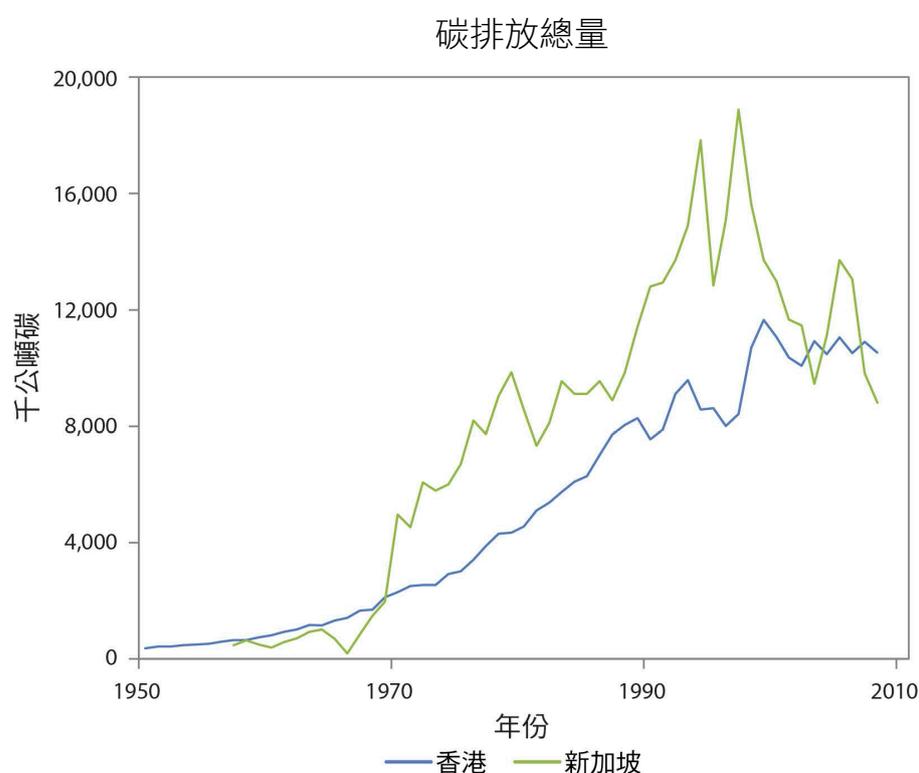
F. 二氧化碳與減碳

因為二氧化碳是人為溫室氣體的代表，所以二氧化碳的排放是氣候變化的元兇。換句話說，我們若要緩減氣候變化，重點就在於減少二氧化碳的排放。

二. 氣候變化的成因

教學活動 5

1. 現在我們試把香港和鄰近香港、經濟活動相似的新加坡作一比較。試看看下表：

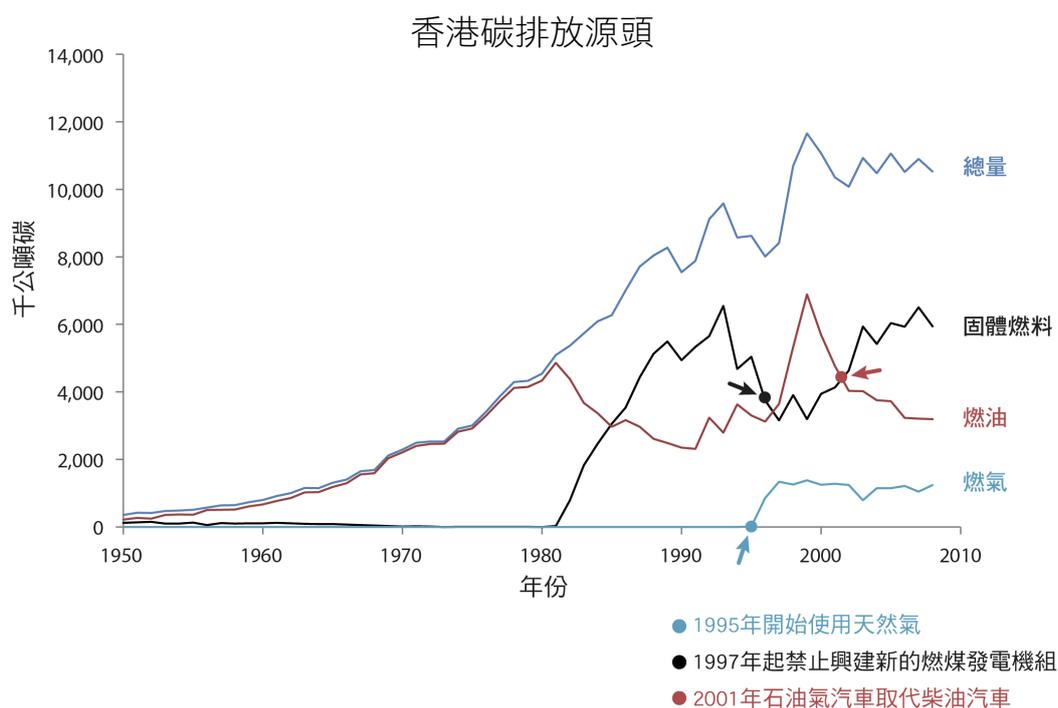


- a. 從 1950 年代以來，新加坡的碳排放水平與香港相比，整體來說是怎樣？
- b. 如果比較兩個地區 1990 年代末期至 2000 年代以後的發展趨勢，兩者有何不同之處？



二. 氣候變化的成因

2. 為甚麼香港的碳排放水平與鄰近地區相比，一直呈高踞不下之勢呢？我們先了解一下香港的碳排放源頭。

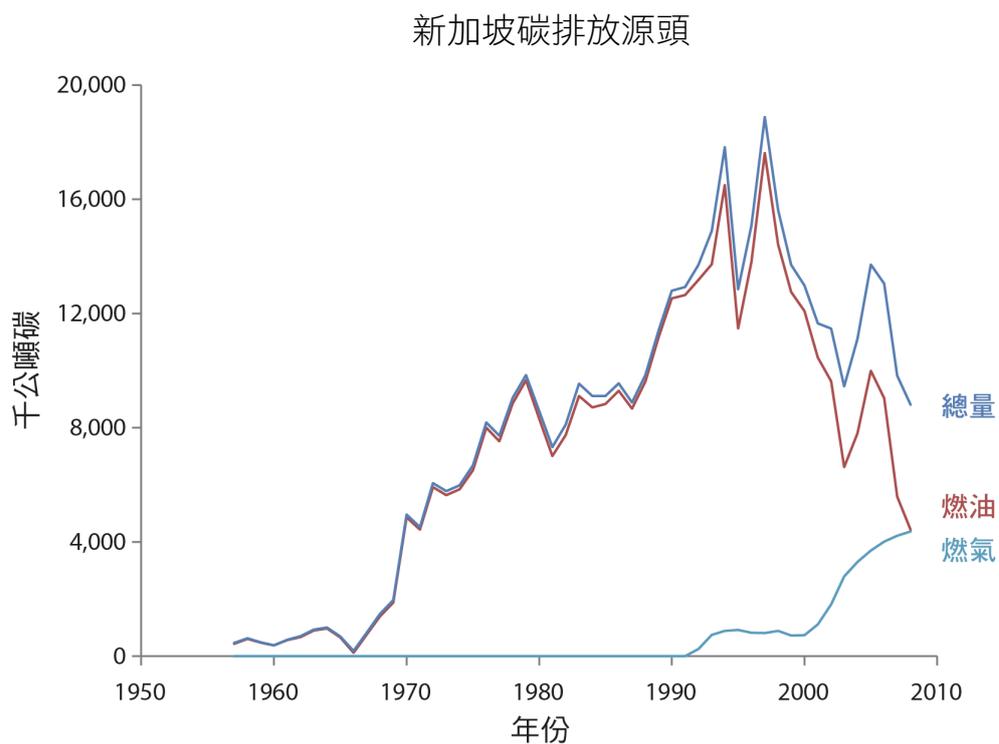


數據來源：二氧化碳信息分析中心 (CDIAC)

從以上圖表可見，香港已制訂有關措施令能源燃料多元化，但為甚麼碳排放仍高踞不下？

二. 氣候變化的成因

3. 現在再看看新加坡的碳排放源頭，你能解釋為甚麼新加坡的碳排放量呈減少趨勢，而香港卻不能嗎？



數據來源：二氧化碳信息分析中心 (CDIAC)



二．氣候變化的成因

評估活動

各地正在以不同形式向公眾宣傳氣候變化。請參考下列短片，以你擅長及喜愛的方式向香港社區宣傳氣候變化，如漫畫、短片、戲劇，可以小組活動、比賽等形式進行。



香港 - 動畫短片：

<http://www.youtube.com/watch?v=kbkoBmuTV9g>



泰國 - 商業廣告：

<http://www.youtube.com/watch?v=vRUQR7Zvw7c>



台灣 - 漫畫：

http://www.youtube.com/watch?v=_tMKedRvp_o



美國 - 音樂短片：

<http://www.youtube.com/watch?v=HHP9Rh-ooH0>



美國 - 多媒體：

<http://www.youtube.com/watch?v=snPdEl0Duo0>

二．氣候變化的成因

走出課室



通過這個單元一連串的課堂活動，相信同學已經明白是人為因素導致現今的氣候變化，以及碳排放是全球暖化的元凶。其實同學還可以走出課室，參加各類活動，以加深對這個課題的認識。

例如同學可參觀**賽馬會氣候變化博物館**，在「極地廊」中了解科學家如何通過冰芯破解八十多萬年前氣候秘密的線索，找到氣候變化的證據，也可在「中文大學衛星遙感地面接收站」的展覽中，進一步了解科學家如何通過全球氣候模擬推算未來的氣候變化，深入了解氣候變化問題為何已到達臨界點。

此外，同學也可參加地球保源行動舉辦的論壇及社區教育活動，認識更多氣候變化問題的最新資訊。

完成活動的同學可領取出席證書，以豐富個人的學習歷程檔案。活動詳情請參閱**地球保源行動網站**：<http://www.gaia.cuhk.edu.hk/>

◆ 教學建議 ◆

教師可配合教材套的不同課題，安排學生參加地球保源行動定期舉辦的各項活動，如論壇、生態行及社區教育活動，亦可安排學生參觀賽馬會氣候變化博物館，以深化和鞏固學生所學，豐富學生的其他學習經歷，活動詳情可參閱**地球保源行動網站**，有關活動亦會定期上載至教育局「**其他學習經歷活動資料庫**」，完成活動的同學可領取出席證書。



二．氣候變化的成因

進階知識



政府間氣候變化專門委員會 IPCC

政府間氣候變化專門委員會（IPCC）於 1988 年由世界氣象組織（WMO）及聯合國環境規劃署（UNEP）合作成立，專責評估人類活動造成的氣候變化。IPCC 共分三個工作小組，第一工作組負責評估氣候系統和氣候變化的科學問題；第二工作組評估社會經濟體系和自然系統對氣候變化的脆弱性、氣候變化正負兩方面的後果，和適應氣候變化的選擇方案；第三工作組評估限制溫室氣體排放並減緩氣候變化的選擇方案。

IPCC 每隔 5-6 年會發佈「氣候變化評估報告」，每份評估報告均由超過千位來自世界各地的專家學者參與，準確、平衡地反映各種觀點，並受 180 個成員國簽署核實。IPCC 第一次評估報告於 1990 年發表，其後聯合國在巴西里約熱內盧召開 1992 年「地球高峰會」，會上 155 個國家簽署了《聯合國氣候變化框架公約》。1997 年，IPCC 協助各國在 1995 年發佈的第二次評估報告的基礎上，制定《京都議定書》。2007 年的第四次評估報告認為過去 50 年所觀測到的全球暖化，很可能是由大氣中人為的溫室氣體增加所引起。第五次評估報告當中的第一工作組報告剛於 2013 年 9 月在瑞典斯德哥爾摩公佈，而第二、第三工作組及綜合報告會於 2014 年 3、4 月間公佈。

IPCC 於 2007 年獲得諾貝爾和平獎。

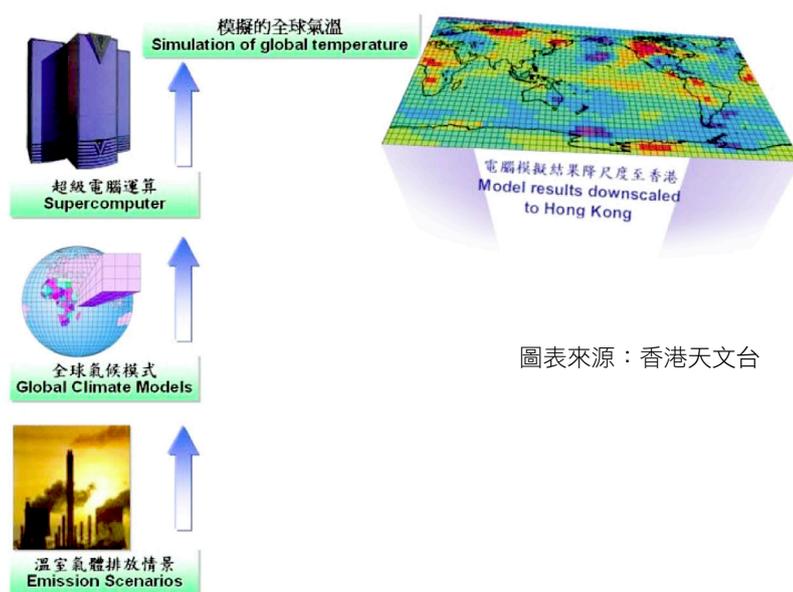
二．氣候變化的成因

全球氣溫模擬

為了預測未來的氣溫，科學家們主要運用全球氣候模式。全球氣候模式是描述行星大氣或海洋的數學模型，集成了物理、化學、生物學各類方程。在一些特定的溫室氣體排放情景下，全球氣候模式對全球未來氣候包括氣溫作出電腦模擬。

雖然大多數的氣候模式推算均顯示 21 世紀氣候基本一致的變化趨勢，然而各模式的推算值仍存在頗大差異。因為溫室氣體排放情景是基於對全球未來人口、經濟、技術、能源和土地用途的發展狀況等因素的多種假設，因此氣候推算結果有其不確定性。但長遠來說，隨著科學進步，氣候推算方法會日漸改進。

根據全球氣候模式推算的結果，可預料香港的年平均氣溫在 21 世紀後期會高達 27.9 攝氏度，較 1980 - 1999 年的平均值高出 4.8 度。夏季非常炎熱日子將大約會增加一倍，炎熱夜晚將較目前正常水平增加四倍。而預料香港 21 世紀的降雨量將變大，潮濕日子將大大增加。雖然降雨日數變少，但大暴雨日子增多，風暴也更頻繁。



圖表來源：香港天文台