

十二年國民基本教育
自然科學領域教學模組
研發模式與示例研發計畫
104 年成果報告

(三)

國中組

主題

北極熊的處境

「改變與穩定」跨科概念教學模組

委辦單位：教育部國民及學前教育署

承辦單位：國家教育研究院

計畫主持人：國家教育研究院曾世杰副院長

國立臺灣師範大學科學教育研究中心張俊彥主任

共同主持人：國立臺中教育大學科學教育與應用學系黃鴻博教授

國家教育研究院黃茂在副研究員

國家教育研究院吳文龍助理研究員

中華民國 105 年 3 月 31 日

目次

前言	1
一、基本資料	2
1.1 教學主題	2
1.2 研發團隊	2
1.3 內容綱要	2
1.4 活動名稱	4
1.5 使用說明	5
二、設計理念	6
三、模組架構	8
教學模組概念圖	8
四、模組特色	9
五、教學活動	10
5.1 教學素材(學生用)	10
活動一、認識生活中的改變與穩定	10
活動二、從科學數據看改變與穩定(學生用 A 版)	14
活動二、從科學數據看改變與穩定(學生用 B 版)	18
活動三、從熱的傳播看熱的收入與支出	20
活動四、全球暖化與北極熊的困境	24
活動 4-1 學生用基礎版	24
活動 4-1 學生用進階版	27
活動 4-2 學生用基礎版	31
5.2 教學設計(教師用)	34
活動 4-1 教師用簡易版	34
活動 4-2 教師用簡易版	37

六、教學資源	40
七、試教成果	40
7.1 教學省思	40
八、教學模組設計檢核表	41

圖 目 次

教學素材(學生用)

圖 1-1 觀察玻璃杯與玻璃杯裡水的狀態-----	11
圖 1-2 杯子裡的水其實是持續的蒸發也同時持續的凝結-----	11
圖 1-3 石門水庫水位歷線圖-----	12
圖 2-1 水如何變熱或變冷-----	14
圖 2-2 日本的札幌市-----	14
圖 2-3 溫室效應-----	15
圖 2-4 地球輻射進出情形-----	15
圖 2-5 大氣中的熱量收支情形-----	15
圖 2-6 地球從溫暖期進入小冰期-----	17
圖 4-1-1 瘦弱的北極熊-----	24
圖 4-1-2 CNN 的報導資料-----	24
圖 4-2-1 為何溫室氣體增加了，地表溫度會升高-----	32
圖 4-2-2 大氣中二氧化碳的收或支-----	33

教學設計(教師用)

圖 4-1-1 瘦弱的北極熊-----	34
圖 4-1-2 CNN 的報導資料-----	34
圖 4-1-3 可使用線上軟體 ARGUMAN 進行正反方意見陳述-----	36
圖 4-2-1 為何溫室氣體增加了，地表溫度會升高-----	38
圖 4-2-2 大氣中二氧化碳的收或支-----	39

表 目 次

表 1 活動名稱一覽表-----	4
表 2 學習活動與學習內容、學習表現對照表-----	8
<u>教學素材(學生用)</u>	
表 3 亞硝酸鹽量：每千克“菜餚”中所含亞硝酸鹽的毫克數(mg/kg)-----	25
<u>教學設計(教師用)</u>	
表 3 亞硝酸鹽量：每千克“菜餚”中所含亞硝酸鹽的毫克數(mg/kg)-----	35

前言

由於十二年國教的實施，教育部訂定了「十二年國民基本教育課程綱要」，為落實十二年國民基本教育課程的理念與目標，要求各領域的課程綱的研修時需以「核心素養」做為課程發展的主軸，並須注重各教育階段間的連貫以及各領域/科目間的統整。

「自然科學領域課綱研擬小組」在發展、訂定「自然科學領域課綱」時，不斷檢視核心素養的具體內涵，而擬定了屬於自然科學領域的「科學核心素養」。

有鑑於九年一貫課綱公布後，教育界各相關群體如教科書編輯、審查、學校領導單位(如校長、主任)、教師等，對課綱的解讀、了解各有差異，也缺乏可供參考的案例，所以執行過程和結果和當初課綱的規劃有所差距。因此，此次自然領域課綱訂定前，即已規劃「教材與教學模組研發」計畫，希望透過模組的研發成果，協助教師轉化課程教學理念至課室層級的教學，並提供教科書開發之參考方向及模式。「北極熊的處境」即是此教學模組研發計畫下的一個子模組。

一、基本資料

1.1 教學主題：北極熊的處境-「改變與穩定」跨科概念教學模組

1.2 研發團隊

◎指導教授：

黃茂在 國家教育研究院副研究員

◎教材撰寫、試教、修訂：

鄭志鵬 臺北市龍山國中數理資優班理化教師

吳月鈴 宜蘭縣復興國中生物科退休教師

1.3 內容綱要

十二年國教總綱(草案)明示：「核心素養」是課程發展的主軸，而所謂「核心素養」是指一個人為適應現在生活及面對未來挑戰，所應具備的知識、能力與態度。「核心素養」強調學習不宜以學科知識及技能為限，而應關注學習與生活的結合，透過實踐力行而彰顯學習者的全人發展。

自然科學領域綱要乃依據總綱「核心素養」發展而成的，其課程指標——「科學核心素養」也包含知識、能力與態度三個向度，分別是：學習內容(知識概念)，科學探究能力、科學態度與本質，而「北極熊的處境」教學模組之內容亦是依循此三個面向架構而成。

一、跨科核心概念為主要學習內容

「北極熊的處境」題材取自「天氣與氣候變化」及「演化與生物多樣性」兩個次主題，以「北極熊的生存困境」為情境，從北極熊生存環境的「變動」，如：「大氣中二氧化碳含量的變化」、「全球氣溫的變遷」、「北極冰層的覆蓋率變化」、「北極熊食物質、量的變化」等，探討變動與穩定的現象，而以「北極熊體溫恆定的維持」統整「改變與穩定」的特性。

所有學習內容是圍繞「改變與穩定」的三個核心概念發展的：

1. 週期性變動

2. 動態平衡

3. 「改變和穩定」普遍存在自然界中

◎以跨科概念為主題的課程設計，在國中階段可行性高的原因如下：

1. 跨科概念本來就涵蓋不同的學科主題，能確實做到學科概念統整的學習，而模組中涉及的學科概念(如熱的傳播、體溫的調節等)只是作為呈現教材的題材，其主要學習仍在各學科中學習，不會影響學科概念系統性的發展，所以應能兼顧學科概念系統性發展及學科概念統整的學習。
2. 以跨科模組作為一學期課程中的一個單元，由原科任老師授課，不會造成排課困擾，而老師若需增能、備課，其負擔、壓力也較小，有利於師資增能培訓，也增加教師對跨科的接受度

二、著重探究能力的表現

新領綱將探究能力(含思考智能與問題解決)列為檢核學習表現的重要指標，強調各學習階段應重視並貫徹「探究與實作」的精神與方法，並在高中階段增列必修、4 個學分的「探究與實作」課程，所以本模組試圖研發以「探究與實作」為主要學習方法的課程，期能協助教師將「探究與實作」轉化至課室層級的教學，或提供教科書開發之參考方向及模式。在本模組中嘗試不同的策略以協助學生進行「探究能力」的學習。

從模組架構中可見此模組中有 4 個子活動，每一子活動以一項探究能力的學習為主，其他探究能力則在探究過程中自然運用，如：子題一是透過「在流動系統的容器中，維持水平面的穩定」的學習活動，達到「思考智能」中建立模型的指標；而子題二則是以數據分析、解讀為主，最後運用分析得到的證據去支持某一主張，這是問題解決能力中的「分析與發現」。當然每一活動通常不是只運用到一種探究能力，而是解決問題與思考智能交互運用，而且也常有「討論與傳達」的學習！

三、差異化教學設計

雖然我們採取「從指導式到開放式探究循序漸進」的策略，將探究能力的指標分項完成，但我們也必須讓學生有完整探究歷程的機會，所以在模組中我們會設計一些需綜合應用觀察定題、計劃與執行、分析與發現到討論與傳達等能力的學習活動。

完整的探究歷程所需的教學時間較長而所需的先備能力也較高，所以本模組採用的策略是：先進行指導式的探究活動---由老師決定問題、驗證方法等，但由學生進行實作，之後再給予開放式探究作為延伸學習。如子題三中先依老師的實驗設計進行「證明毛髮、脂肪能減少散熱」的實驗，再自行設計實驗驗證「北極熊體型與散熱關係」。指導式與開放式探究活動的學習也可以作為「差異化」教學的模式，如：在一般中學習成就較好的學生可採開放式探究，學習成就較不足的學生則給予指導式探究的模式；或各校也可依整體學生學習狀況決定採用開放式或指導式。

1.4 活動名稱

表 1 活動名稱一覽表

活動名稱	
活動一、認識生活中的變動與穩定	1-1 水位穩定的水庫
活動二、從科學數據看變動與穩定	
活動三、從熱的傳播看熱的收入與支出	
活動四、全球暖化與北極熊的困境	4-1 瘦弱的北極熊，誰該負責？
	4-2 北極熊的處境與平衡的破壞

1.5 使用說明

「北極熊的處境」是依循十二年國教自然科學領域課程綱要之核心素養內涵與精神，以 7-9 年級(國中)階段的學生為對象而設計的模組。研發團隊試圖以「探究與實作」為課程主要之設計模式，提供不同的教學活動與策略以協助教師進行「探究與實作」課程之教學，以及學生進行「探究能力」素養的學習。期能協助教師將「探究與實作」轉化至課室層級的教學，並提供教科書開發之參考方向與模式。

二、設計理念

一張瘦骨嶙峋的北極熊照片（圖片），搭配一段有關全球暖化的報導影片（影片），引起許多人對全球暖化及影響的論戰。有科學家說：

由於人類活動排放二氧化碳，使溫效室應加劇，全球氣溫上升，北極冰層融化增加，得許多北極熊面臨生存危機！

也有科學家認為：

人類排放的二氧化碳並沒有造成全球暖（連結），而且目前地球平均溫度只是正常的循環並未升高，北極熊和其他生物可以適應環境，北極熊數量甚至有增加的趨勢（連結），...

到底近幾十年的氣溫變動屬於正常範圍（也就是穩定的）或是異常變動？當我們說人是恆溫（定溫）動物時表示人的體溫完全沒變動嗎？科學家是怎樣看待變動與穩定的？

若地球平均氣溫升高 1-2°C 的變化來看，對動物體溫的調節並沒有直接影響，也就是說北極熊不會因無法散熱而熱死！那麼全球平均溫度升高還會有哪些連帶的變動，進而威脅北極熊的生存？

關於以上現象，我們將透過以下四個子題活動來做探討：

子題一、認識生活中的改變與穩定

從生活中的例子，用簡單的模型來模擬變動與穩定的相關性，認識動態平衡。

（學習內容：覺察環境中常見的變動與穩定的例子、認識動態平衡）

子題二、從科學數據看改變與穩定

從大氣中二氧化碳含量，全球平均氣溫的變化等統計數據，探討週期性變動現象，並學習科學數據的整理與分析。

子題三、從熱的傳播看熱的收入與支出

從熱的傳播方式看溫室效應成因與生物體體溫的調控，並學習實驗設計規劃與操作。

子題四、全球暖化與北極熊的困境

內含二個子活動，活動 4-1 瘦弱的北極熊，誰該負責？——將主軸回歸到北極熊的處境，從一張瘦骨嶙峋的北極熊照片（圖片）、影片，帶出「瘦弱的北極熊，誰該負責？」的議題，讓學生從提供的訊息中分辨哪些是“理論”、“理由”，要支持或反駁某一議題時需要哪些證據，也就是培養基礎的論證能力，並讓學生自己從“尋找證據”的思考中更深入探討議題。

活動 4-2 北極熊的處境與平衡的破壞，統整活動一到三所獲得的知識，探討北極熊在變動的環境下，如何維持體溫恆定？並從數據中，找到支持或反對“氣溫升高會導致北極熊滅絕嗎？”的證據，提出論證後的結論。

三、模組架構

「北極熊的處境」是以 7-9 年級(國中)階段的學生為對象而設計的模組。以北極熊的處境為議題，改變與穩定為跨科核心概念，分為四個活動探討不同的改變與穩定的主題，再在四個不同的子題中融入不同的科學探究能力與素養。

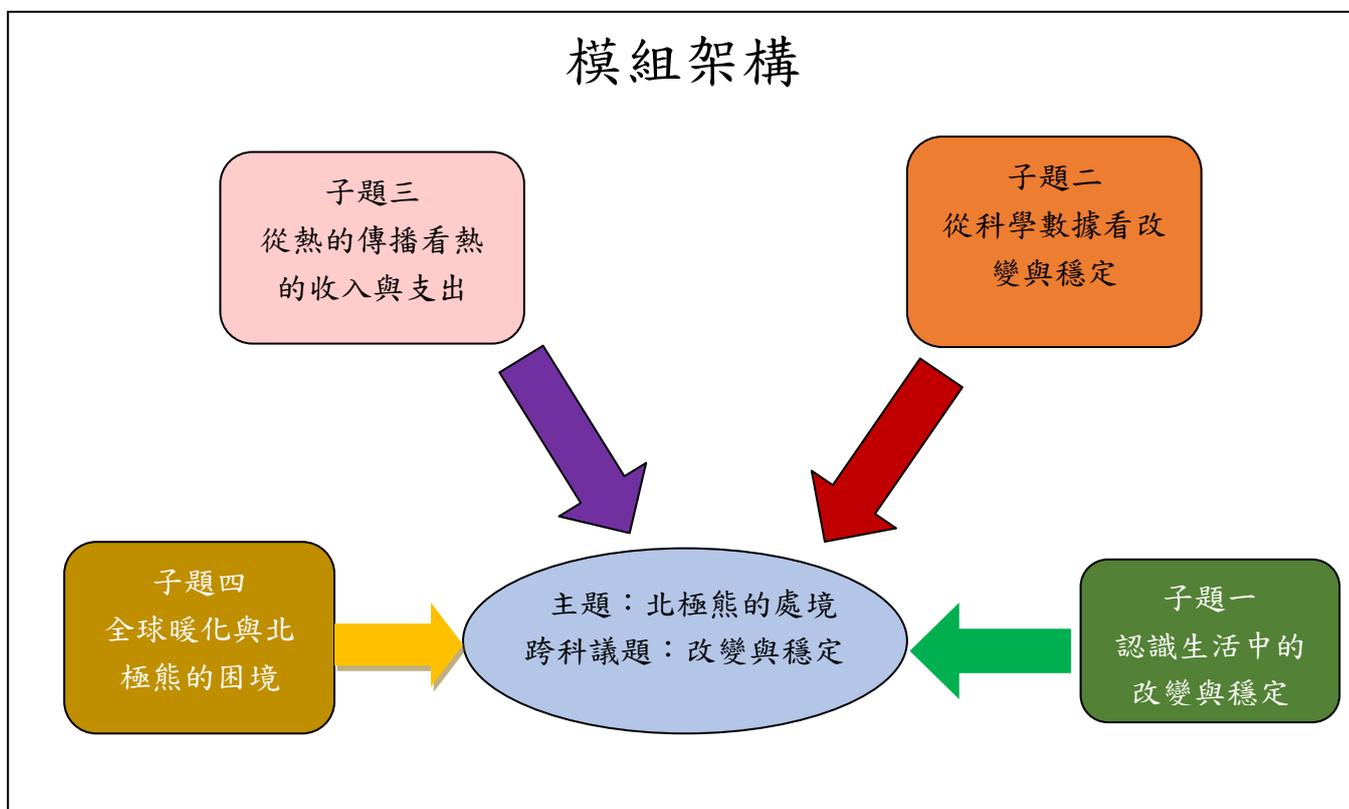


表 2 學習活動與學習內容、學習表現對照表

子題名稱	學習內容	學習表現	主要學習活動
認識生活中的改變與穩定	改變與穩定的動態平衡	(觀察與定題) po-IV-1、po-IV-2	觀察，歸納得出變動的種類和穩定的維持
從科學數據看改變與穩定	改變與穩定的週期性變化	(分析與發現) pa-IV-1、pa-IV-2	數據分析，解釋
從熱的傳播看熱的收入與支出	熱量的進出與溫度的改	(計劃與執行) pe-IV-1、pe-IV-2 (討論與傳達) pc-IV-1	實驗設計、操作
全球暖化與北極熊的困境	1. 改變是連動效應 2. 從變動到達成新的穩定	(推理論證) tr-IV-1	生活議題的科學論證

四、模組特色

(一)提供國中階段跨科整合的可行模式

因應國中在跨科教學上的困難，本模組以「改變與穩定」核心概念為學習內容，題材取自地科的「天氣與氣候變化」及生物科「演化與生物多樣性」兩個次主題，並涵蓋社會領域的歷史、地理等內容。以議題來統整各跨科內容，提供國中階段跨科整合的可行模式。

(二)為高中「探究與實作」打穩基礎：

新課綱科學素養注重探究能力的培養，在高中階段規劃有 4 學分的「探究與實作」必修課程，但在國中階段則在分科教學內容中融入式的完成，本模組則將探究與實作的能力，分別在各子活動中完成，能完整涵蓋個核心能力，可做為高中「探究與實作」課程的參考也儲備高中「探究與實作」的先備能力。

(三)差異化教學設計

本模組「從指導式到開放式探究循序漸進」的策略，進行的方式包括：先進行指導式的探究活動，之後再給予開放式探究作為延伸學習。所以含有較基礎的指導式教學活動也有較進階的開放式探究活動。指導式與開放式的探究活動可以作為「差異化」教學的模式，如：在一班中學習成就較好的學生可採開放式探究，學習成就較不足的學生則給予指導式探究的模式；或各校也可依整體學生學習狀況決定採用開放式或指導式。

(四)引導自學的學習模式

本模組的教材內容，提供充足的資料與引導，在本模組的文本(教材)中除閱讀資料外，並加入以「小圖示」的內容來指導學生學習方法引導學生自學，讓學生能獨立閱讀教材，就能依循教材的指引進行學習。

五、教學活動

5.1 教學素材(學生用)

活動一、認識生活中的改變與穩定

你一定聽過全球的氣候不斷的在改變，我們的環境不斷的變動。有人說地球愈來愈熱了；有人說二氧化碳濃度越來越高了；有人說北極熊因此正面臨著滅絕的危機。地球是我們安靜穩定的家嗎？還是正在走向一個無法回頭的滅絕之路？自然界中有許多的現象，有些現象我們覺得穩定不變，數年如一日，有些則讓我們覺得不斷的在改變。讓我們仔細思考一下這些現象究竟是變動的還是穩定的？

生活中的變或不變？

學校教室的佔地面積、玉山的海拔高度、每天的氣溫高低、日出與日落、月相盈虧、日月潭的水位高低、我們身體的體溫、大氣中的氧氣和二氧化碳濃度、北極冰層的覆蓋率、北極熊的族群數量。這許許多多的「現象」，你覺得哪些是屬於不斷的改變的？哪些是屬於穩定不變的？



想一想，並和同學討論，上述的現象中，哪些你覺得是不斷改變的？哪些又是屬於穩定不變的呢？在思考這個問題時，你覺得需要考慮哪些因子？請把討論出的答案，和討論時考慮的因素簡要的記錄下來。

我覺得_____是屬於穩定不變的。

因為_____

我覺得_____是屬於不斷改變的。

因為_____



讓我們以科學的觀點出發，來思考什麼是穩定？什麼又是變動？當我把一個玻璃杯放在桌上時，你覺得這個玻璃杯是處於「穩定」或是「變動」的狀態呢？

我們會說，這個玻璃杯是處於「穩定」的狀態。當我們長期的觀察這個玻璃杯的狀態會發現我們每一次觀察，都看到玻璃杯處於相同的狀態。我們就會說這個玻璃杯是穩定的放置在桌面上的。



圖 1-1 觀察玻璃杯與玻璃杯裡水的狀態

但如果我們觀察玻璃杯裡面的水，就會發現水因為蒸發的緣故，會持續的減少，最後所有的水都離開了杯子。這樣持續的改變就是一種「變動」的狀態。



想一想，並且和同學討論：如果將玻璃杯上放蓋上一片玻璃，讓水蒸氣無法離開。持續觀察玻璃杯裡面的水，會看到什麼現象呢？這是屬於一種「穩定」的狀態還是「變動」的狀態呢？請討論完後，完成下方空格內的句子（科學寫作）

我認為，在這個狀態下，玻璃杯裡的水是處於_____的狀態，因為



如果我們持續觀察杯子裡面的水，會發現水面的高度幾乎是維持不動的。表示杯子裡面的水處於穩定的狀態。但是杯子裡面的水其實是正在持續的蒸發，但也同時持續的凝結。當蒸發的速度與凝結的速度相同時，我們就會看到杯子內的總水量不會減少也不會增加。



圖 1-2 杯子裡的水其實是持續的蒸發也同時持續的凝結

現在你知道外觀看似穩定的水，其實是不斷的在改變著的。只不過讓水減少的蒸發和讓水增加的凝結，當兩者發生的速率相同時，外觀看起來就是一種穩定的狀態。這樣的穩定狀態，我們稱為**動態平衡**。動態平衡是一種收支的平衡，就像一個人的財產如果長期下來並沒有什麼變動，不代表他生活都沒有任何花費，而是他的收入與支出是相同的。

石門水庫的水位變化

104 年年初時，臺灣降雨量極少，讓石門水庫水位降低不少。下圖是石門水庫從 104 年一月到九月底的歷史水位圖。橫軸是日期，縱軸則是水位。藍色的線是 104 年的資料，紅色的線則是近年的平均值。

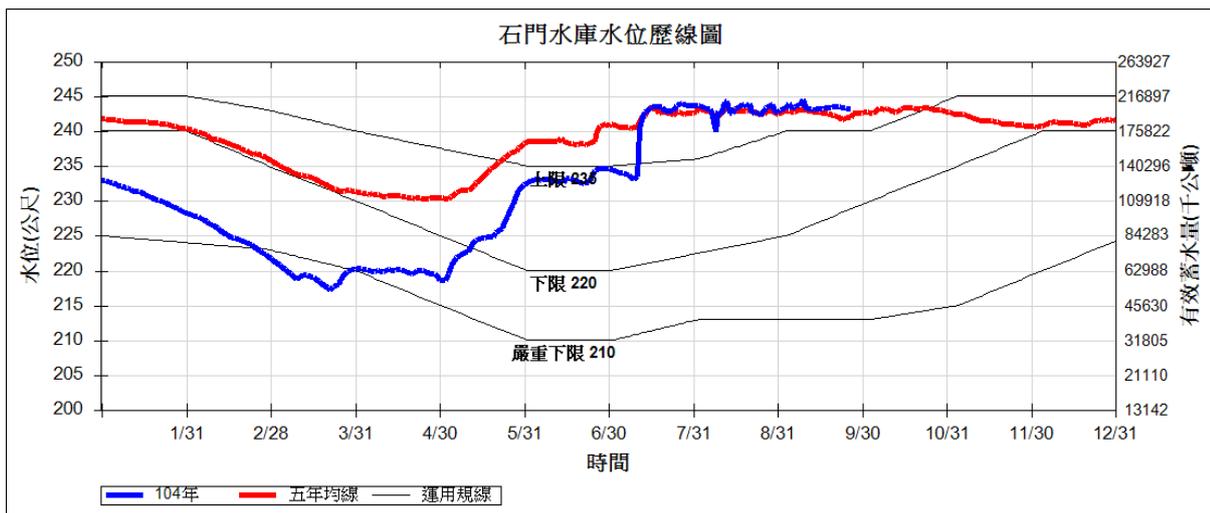


圖 1-3 石門水庫水位歷線圖

想一想，有哪些因素會影響石門水庫的水位呢？

為什麼在 104 年的年初到四月底，石門水庫的水位不斷的下陷呢？從五月到七月，水位又為什麼會上升？

從上圖可以看到七月中到八月的時間，水位大致上維持「穩定」。但查詢臺灣七月到八月的期間，經歷了昌鴻、蓮花、蘇迪勒等颱風侵襲。期間都降下大雨，為什麼石門水庫的水位會大致上維持穩定呢？

活動 1-1：水位穩定的水庫

一、活動情境：水庫是臺灣重要儲存飲用水的方式，我們都希望水庫能有充足的水讓我們可以使用。但是水庫的水也必須要有一個安全的上限，如果降雨太多，就必須用洩洪來調整水位高度不能超過上限。

二、器材：接上橡皮管的寶特瓶一只，作為水庫的示意裝置

三、活動步驟：

1. 在寶特瓶大約 2/3 高的地方，畫上一條線，作為水庫的水位上限。
2. 將接上橡皮管的寶特瓶放在水龍頭下方並用手捏住橡皮管，堵住出口。
3. 將水龍頭打開，把水灌入寶特瓶內。
4. 調整捏住橡皮管，做調節性洩洪，盡量讓水位維持在上限附近，但是不能超過上限。
5. 改變水龍頭的水量，觀察水龍頭的水量大小、洩洪的水量大小和水位高低的關係。

四、活動記錄：



請試著用文字描述「水龍頭的水量」「洩洪的水量」和「水位上升、下降或穩定」

之間的關係。例如上述的例子中我們可以說：「在一個容器中的水位高低不變，

是一種動態平衡的現象。這是因為水的蒸發速度和水蒸氣的凝結速度相同造成的。如果觀察到容器中的水位下降，就代表水蒸發的速度比凝結的速度更快；如果.....」請經過討論後，在下方的格子中，可以仿造上述的句子或是自己用適當的句子寫下來。（科學寫作）

地球熱量的收支平衡

從「變動」到「穩定」

上一單元中我們學到，無論是大氣中二氧化碳濃度或地球的平均溫度，在短時間內來看是變動的，但長時間來看則是穩定的。而在日常生活中也可以發現這種變動與穩定的情形，如：當我們把鹽溶入水中時，鹽水的濃度會在剛開始的一段時間是由稀至濃不斷變動的，但當達到某一濃度(飽和)後則趨於穩定不再變動。這是否表示「變動」是一個過程而「平衡、穩定」則是結果呢？這一單元我們一起來探討地球溫度是如何變動及維持穩定。

水如何變熱或變冷？

如果我們要使一鍋冷水變熱，要怎麼做呢？當然要「加熱」，無論是電或瓦斯或太陽都可以做為加熱的熱量來源，水在「吸熱」後溫度就會上升！

其實，水一邊吸熱、一邊也將熱散失到周圍環境，當水吸收的熱多於散失的熱，則水溫會上升，相反的，如果散失的熱多於吸收的熱，則水溫就會下降，而當吸熱等於散熱時，水溫就不再變動而維持穩定！所以水溫的穩定是吸熱和散熱動態平衡的結果。



圖2-1水如何變熱或變冷



想一想：自然界是否也有「熱源」來「加熱」地球，使地球變暖呢？地球在吸熱後又將熱量散失到哪裡去呢？

短波輻射與長波輻射

太陽是個發光、發熱的星球，每天太陽輻射(屬於短波輻射)穿過地球大氣層入射地球表面，這是地球的熱量來源。地表吸收太陽輻射後，將太陽輻射轉換成紅外線輻射(屬於長波輻射)，並向外輻射至大氣層甚至太空，大氣層內的長波輻射量是決定氣溫的主要因素，也是各種天氣變化的主要能量來源。



討論、發表

印尼的雅加達市和日本的札幌市(如地圖)都是國人喜歡去的旅遊地點，雅加達市終年的氣溫都比札幌市高，你能從兩地所受太陽輻射量多寡的觀點來解釋這個現象嗎？

(答題小提醒:世界各地所受到的太陽輻射量並不相等，以雅加達市和札幌市比較，哪一個因素會影響入射的輻射量?)



圖2-2日本札幌市

溫室效應與溫室氣體

科學家估算：如果地表的紅外線輻射全部輻射回太空，則地球平均溫度應該是-18°C。但地球實際溫度並非-18°C而是 15°C，所以我們應該能推測：紅外線輻射並沒有完全被輻射回太空，那麼地表的紅外線輻射到底到哪裡去了？科學家研究發現：大氣層中有些氣體如：二氧化碳、水氣等，會吸收紅外線輻射(但很少吸收太陽輻射)，所以紅外線輻射大部分在大氣層中被這些氣體吸收了。大氣層吸收了來自地表的紅外線輻射後會再一次以紅外線輻射回大

氣層及地表，此種情形稱為「逆輻射」。因「逆輻射」的作用使長波輻射不斷被輻射回地表，導致地表溫度升高，此種作用即俗稱的「溫室效應」，而二氧化碳、水氣等則被稱為「溫室氣體」。

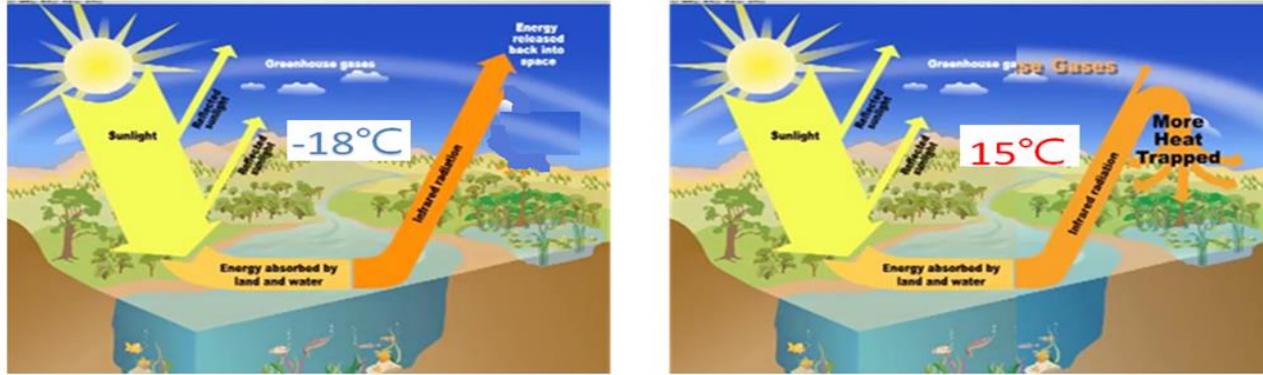


圖2-3溫室效應



想一想：溫室效應是近代才發生的嗎？如果沒有溫室效應，地球會是怎樣的情景？



討論、書寫、發表

一、圖一為「無溫室氣體」時地球輻射量進出的情形，請仿照圖一的表示法，以箭頭及文字在圖二中畫出地球輻射量的吸收與散失情形。

答:

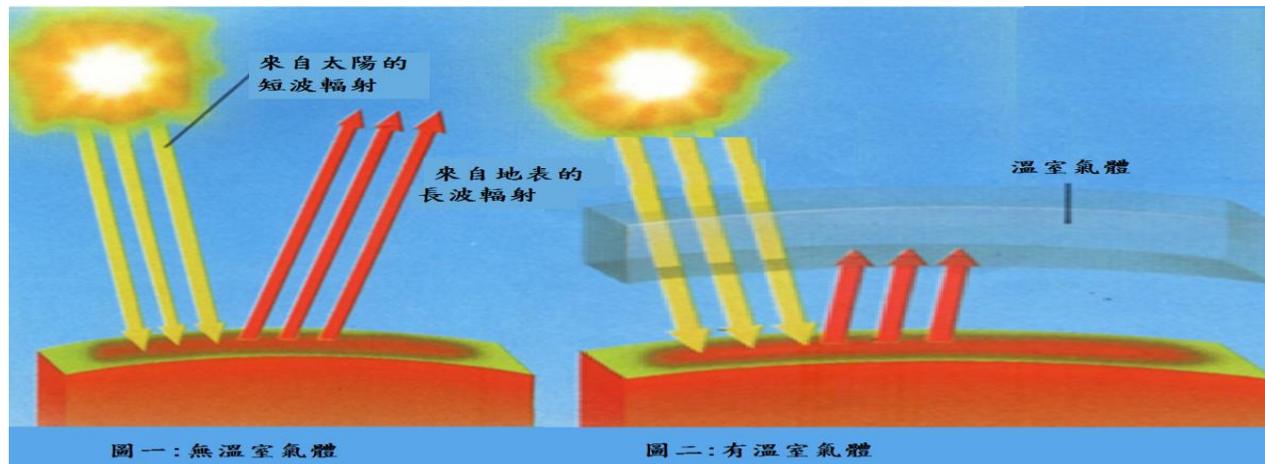


圖2-4地球輻射進出情形

二、從輻射的收支觀點而言，你認為提倡「減碳---減少二氧化碳排放量」的意義為何？

答：



大氣中的熱量收支平衡

我們知道溫室效應可使地表增溫，現在我們要從「數字」來了解地球上各種輻射量吸收(收)、散失(支)情形，找出「增溫」的原因!下圖表示的是進入地球和從地球散失的各種輻射量，圖中 W/m^2 表示每平方公尺面積上所吸收(或釋放)的輻射量(W =瓦，是熱量的單位)。箭頭是輻射的方向。

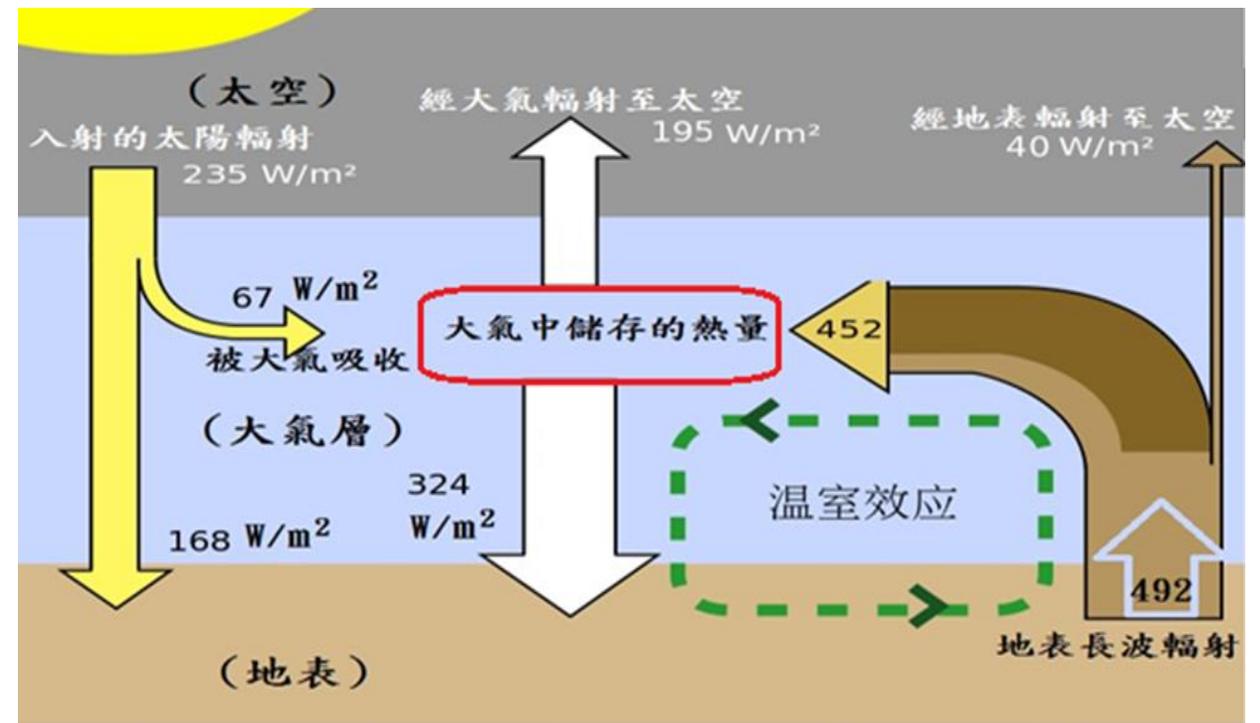


圖2-5大氣中的熱量收支情形



閱讀小提醒

此圖的重點是地球輻射量收、支情形，所以讀圖時要比較各區(太空、大氣層、地表)輻射的「方向」和「量」，如：

- (1) 在太空區，進入地球的太陽輻射量是多少？由地球輻射回太空的量是多少？收、支是否達成平衡？
- (2) 在地表區：地表吸收的短波輻射是多少？地表輻射出來的長波輻射量是多少？收、支是否達成平衡？



平衡的破壞與新平衡的達成

在一個系統中，能量的進(吸收)與出(散失)最終是要達到平衡的!以地球而言，從太空輻射進入地球的太陽輻射量(收入)和從地球輻射回太空的量(支出)是相等的，這個平衡是地表和大氣層中很多熱量的收、支變動後達成的。當溫室氣體增加，破壞了大氣原有的平衡後，溫室效應增強，使大氣層內吸收的熱量增加，這些熱量不只會導致全球的增溫，也會使更多水吸熱而蒸發、或加熱空氣使空氣向上抬升...這就是劇烈的天氣變化如：颱風、龍捲風、暴雨、乾旱...等發生的原因，但這些作用也將大氣層底層(地表)過多的熱量向上帶至大氣層再排到太空，使地球達到新的收、支平衡。



討論、發表

- 1、 地表只吸收了 168W/m^2 的太陽輻射，卻釋放出 492W/m^2 的紅外線輻射到大氣層，多出的 324W/m^2 熱量(白色箭頭所示)是從哪裡來的呢？

答：

- 2、關於溫室效應的成因和影響，哪些是你原來就知道的？哪些是這次學習中新獲得的知識？

答：



統整、結論

「動態平衡」是很多事、物的共同現象，不只會出現在地球平均溫度、大氣中二氧化碳濃度這種大規模的系統中，即使是細胞內的運作也有動態平衡的例子呢!想一想；我們身體內的各種現象，如：體溫、血糖量的維持，是否也是「動態平衡」的結果呢？

CHALLENGE 挑戰題

1. 還記得這張圖嗎？

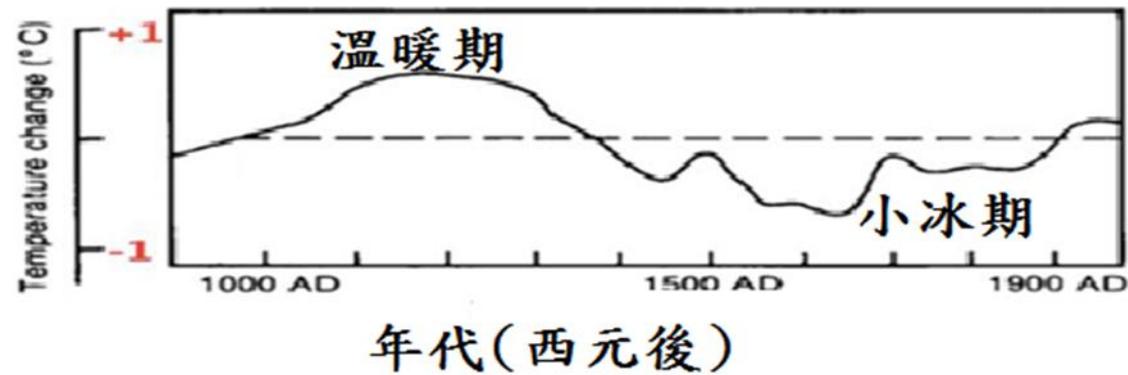


圖2-6地球從溫暖期進入小冰期

關於圖中的小冰期---1550 年至 1770 年間全球同時發生的低溫期，科學家提出兩個說法來解釋：

A：因「連續的大型火山爆發」導致小冰期

B：因「戰爭、疾病使人民大量死亡，留下了大面積土地無人耕種，而長成茂密的森林」導致小冰期

請說明：A、B 事件為何可能導致地球溫度降低進入小冰期？(請用地球輻射能量吸收和散失情形來解釋)

地球熱量的收支平衡



從「變動」到「穩定」



上一單元中我們學到，無論是大氣中二氧化碳濃度或地球的平均溫度，在短時間內

來看是變動的，但長時間來看則是穩定的。

而在日常生活中也可以發現這種變動與穩定的情形，如：當我們把鹽溶入水中時，鹽水的濃度會在剛開始的一段時間是由稀至濃不斷變動的，但當



圖2-1水如何變熱或變冷

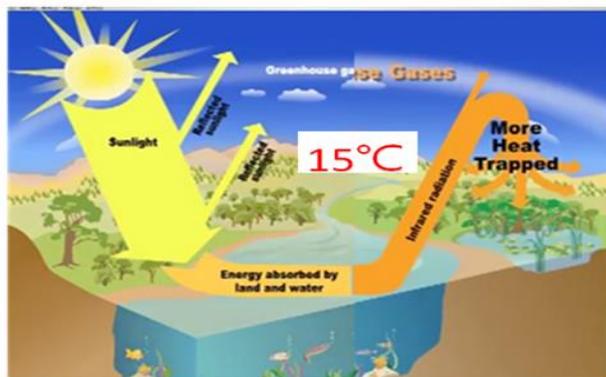
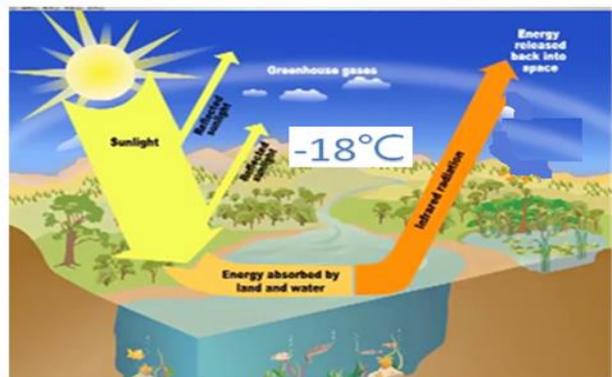


圖2-3溫室效應



達到某一濃度(飽和)後則趨於穩定不再變動。這是否表示「變動」

是一個過程而「平衡、穩定」則是結果呢？這一單元我們一起來探討地球溫度是如何變動及維持穩定。



水如何變熱或變冷？

如果我們要使一鍋冷水變熱，要怎麼做呢？當然要「加熱」，無論是電或瓦斯或太陽都可以做為加熱的熱量來源，水在「吸熱」後溫度就會上升！

其實，水一邊吸熱、一邊也將熱散失到周圍環境，當水吸收的熱多於散失的

熱，則水溫會上升，相反的，如果散失的熱多於吸收的熱，則水溫就會下降，而當吸熱等於散熱時，水溫就不再變動而維持穩定！所以水溫的穩定是吸熱和散熱動態平衡的結果。

想一想：自然界是否也有「熱源」來「加熱」地球，使地球變暖呢？地球在吸熱後又將熱量散失到哪裡去呢？



短波輻射與長波輻射

太陽是個發光、發熱的星球，每天太陽輻射(屬於短波輻射)穿過地球大氣層入射地球表面，這是地球的熱量來源。地表吸收太陽輻射後，將太陽輻射轉換成紅外線輻射(屬於長波輻射)，並向外輻射至大氣層甚至太空，大氣層內的長波輻射量是決定氣溫的主要因素，也是各種天氣變化的主要能量來源。

溫室效應與溫室氣體

科學家估算：如果地表的紅外線輻射全部輻射回太空，則地球平均溫度應該是-18°C。但地球實際溫度並非-18°C而是 15°C，所以我們應該能推測：紅外線輻射並沒有完全被輻射回太空，那麼地表的紅外線輻射到底到哪裡去了？科學家研究發現：大氣層中有些氣體如：二氧化碳、水氣等，會吸收紅外線輻射(但很少吸收太陽輻射)，所以紅外線輻射大部分在大氣層中被這些氣體吸收了。大氣層吸收了來自地表的紅外線輻射後會再一次以紅外線輻射回大氣層及地表，此種情形稱為「逆輻射」。因「逆輻射」的作用使長波輻射不斷被輻射回地表，導致地表溫度升高，此種作用即俗稱的「溫室效應」，而二氧化碳、水氣等則被稱為「溫室氣體」。

想一想：溫室效應是近代才發生的嗎？如果沒有溫室效應，地球會是怎樣的情景？



討論、書寫、發表

二、從輻射的收支觀點而言，你認為提倡「減碳---減少二氧化碳排放量」的意義為何？

答：

2、關於溫室效應的成因和影響，哪些是你原來就知道的？哪些是這次學習中新獲得的知識？

答：

CHALLENGE 挑戰題

1.還記得這張圖嗎？

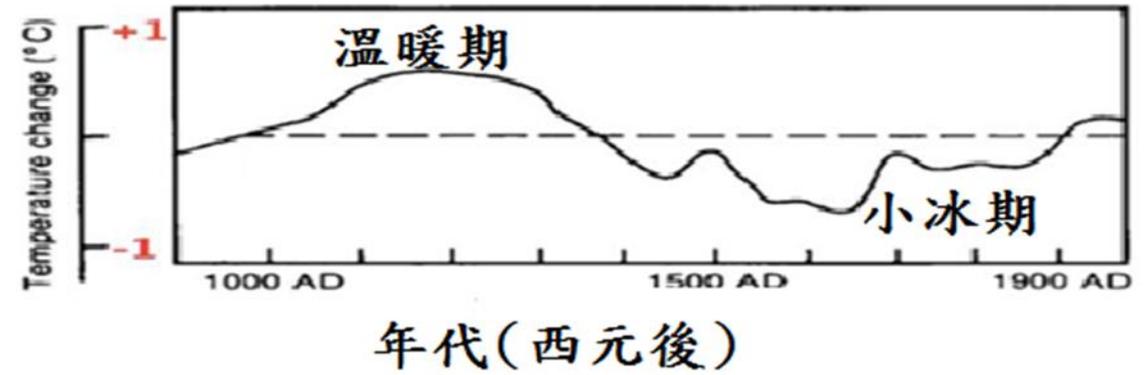


圖2-6地球從溫暖期進入小冰期

關於圖中的小冰期---1550年至1770年間全球同時發生的低溫期，科學家提出兩個說法來解釋：

A：因「連續的大型火山爆發」導致小冰期

B：因「戰爭、疾病使人民大量死亡，留下了大面積土地無人耕種，而長成茂密的森林」導致小冰期

請說明：A、B事件為何可能導致地球溫度降低進入小冰期？(請用地球輻射能量吸收和散失情形來解釋)



統整、結論

「動態平衡」是很多事、物的共同現象，不只會出現在地球平均溫度、大氣中二氧化碳濃度這種大規模的系統中，即使是細胞內的運作也有動態平衡的例子呢!想一想；我們身體內的各種現象，如：體溫、血糖量的維持，是否也是「動態平衡」的結果呢？

活動三、從熱的傳播看熱的收入與支出

北極熊禦寒策略中的能量收支平衡

一、觀察與定題：

當我們關注全球的二氧化碳濃度以及氣溫變動的狀態時，北極的氣溫、海冰面積和北極圈的生態都是我們關心的議題，其中北極熊更常成為我們關注的焦點。北極熊是什麼樣的生物呢？閱讀一下維基百科的資料吧：

北極熊（學名：*Ursus maritimus*）又稱白熊，是在北極裡生長的熊，牠是陸上最龐大的肉食性動物。在牠生存的空間裡，牠位於食物鏈的最頂層。牠擁有極厚的脂肪及毛髮，平時的體溫則維持在攝氏 38 度左右。冬天時北極熊會降低代謝效率，讓體溫降到攝氏約 35 度。其白色的外表在雪白的雪地上是良好的保護色，而且牠可以在陸上及海上捕捉食物，因此牠能在北極這種極嚴酷的氣候裡生存。被列為瀕臨絕種動物。

北極熊和棕熊是現今體型最大的陸上食肉動物，直立起來高達 3.3 公尺，重達 816 公斤，相當於 4 隻公非洲獅，熊掌可達 30 公分寬，熊爪可超過 10 公分，儘管身軀龐大，北極熊奔跑的時速依然有 2 時速 40 公里，還能以時速 10 公里游約 97 公里遠。

我們知道，北極熊是恆溫的動物，也就是牠必須在寒冷的北極維持約 38 度的體溫。牠如何做到這件事呢？根據熱學原理，高溫的物體與低溫的物體接觸時，高溫的物體會將熱傳遞給低溫的物體，造成高溫的物體溫度下降。

物體如果放熱，溫度就會下降；物體如果吸熱溫度就會上升。這代表如果北極熊要維持恆溫，北極熊進行代謝產生熱量的速度必須要和其熱量散失的速度相等才行。也就是說，北極熊必須要有足夠的禦寒策略，能夠防止熱量散失，才能避免在天寒地凍的北極失溫而死。讓我們來進行探究，來瞭解北極熊的禦寒策略吧。

二、計畫與執行

(一)根據觀察提出假設：請提出一個假設，來說明一個對北極熊禦寒可能的有效策略。

小明讀了上述的資料後，看到北極熊擁有[極厚的脂肪]。他想知道脂肪越多是不是越能提升禦寒的效果維持身體的體溫？

所以他提出來一個假設：油脂能夠幫助減少熱量散失。

請你和同學討論後，也提出一個假設吧！

(二)根據假設制定操作行的問題：為了要能夠進行實驗，我們必須將假設轉換成為一個操作型問題。所謂的操作型問題，就是要在問題中，包含了一個要操作的項目和一個要觀察的項目。小明寫出來的問題是這樣的：100ml 的熱水外包覆油脂越多，溫度降低的速度越慢。

要操作的項目是：

要觀察的項目是：

請根據你的假設，制定一個操作型問題吧！

(三)根據操作型問題，設計實驗步驟

小明設計的實驗步驟如下：

1. 準備三個 100ml 的燒杯和兩個 250ml 的燒杯以及一個 500ml 的燒杯。
2. 將三杯 100ml 的燒杯，以油性筆標示上 A、B、C 後分別裝進兩個 250ml 燒杯及 500ml 燒杯中。
3. A 燒杯不做任何處理；B 燒杯外倒進一些沙拉油使沙拉油能包覆 100ml 燒杯；C 燒杯外倒進更多一些沙拉油使沙拉油能包覆 100ml 燒杯。
4. 用大燒杯取 300ml 的熱水，分別倒入三個小燒杯中，並開始測量溫度。每一分鐘記錄一個溫度。
5. 測量 10 分鐘後，完成實驗。

小明希望藉由這個實驗，比較出同樣多的熱水外面包覆著「空氣」、「少許的油」和「較多的油」三者的情況，溫度下降的速度是否會有差異。

請根據你的操作型問題，和同學討論，設計出你的實驗步驟吧。

--

(四)根據實驗步驟，設計記錄表格

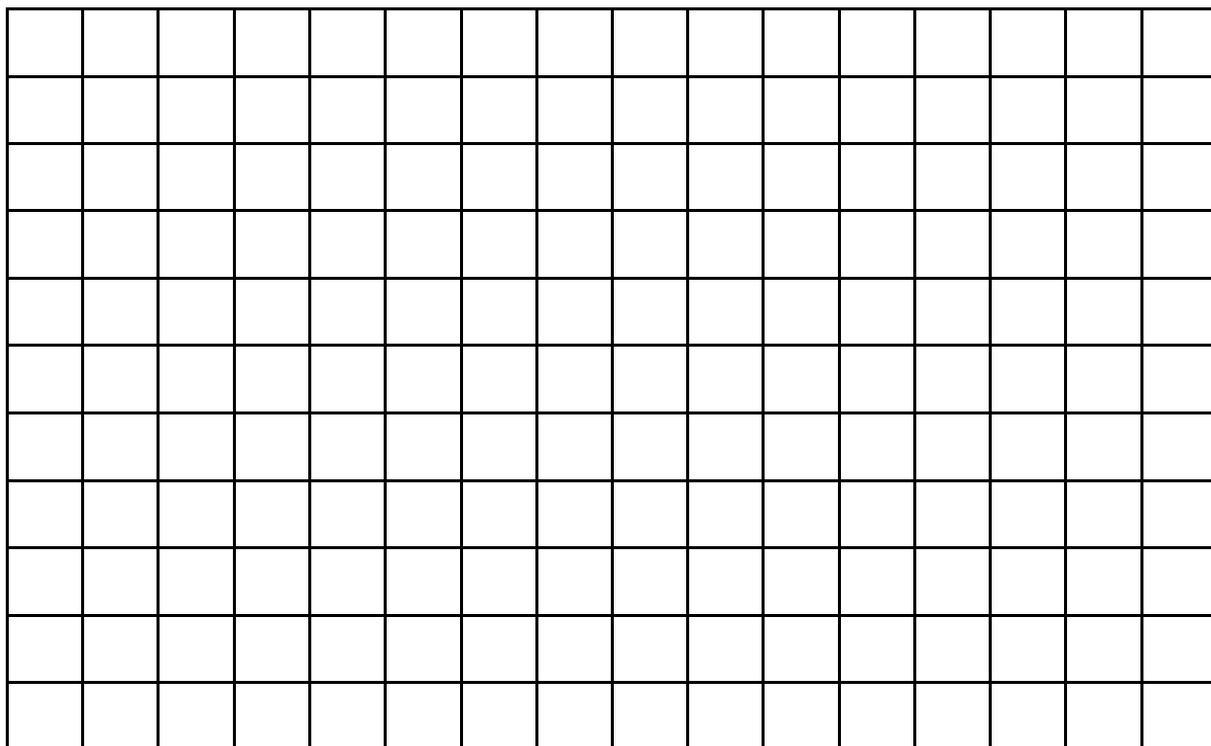
小明知道，他將會記錄到三十個時間與溫度的數據，為了在實際實驗的時候不要手忙腳亂的，請在進行實驗前幫他設計實驗時要記錄的表格。也幫自己的實驗設計一個記錄表格吧。

幫小明設計實驗記錄表格

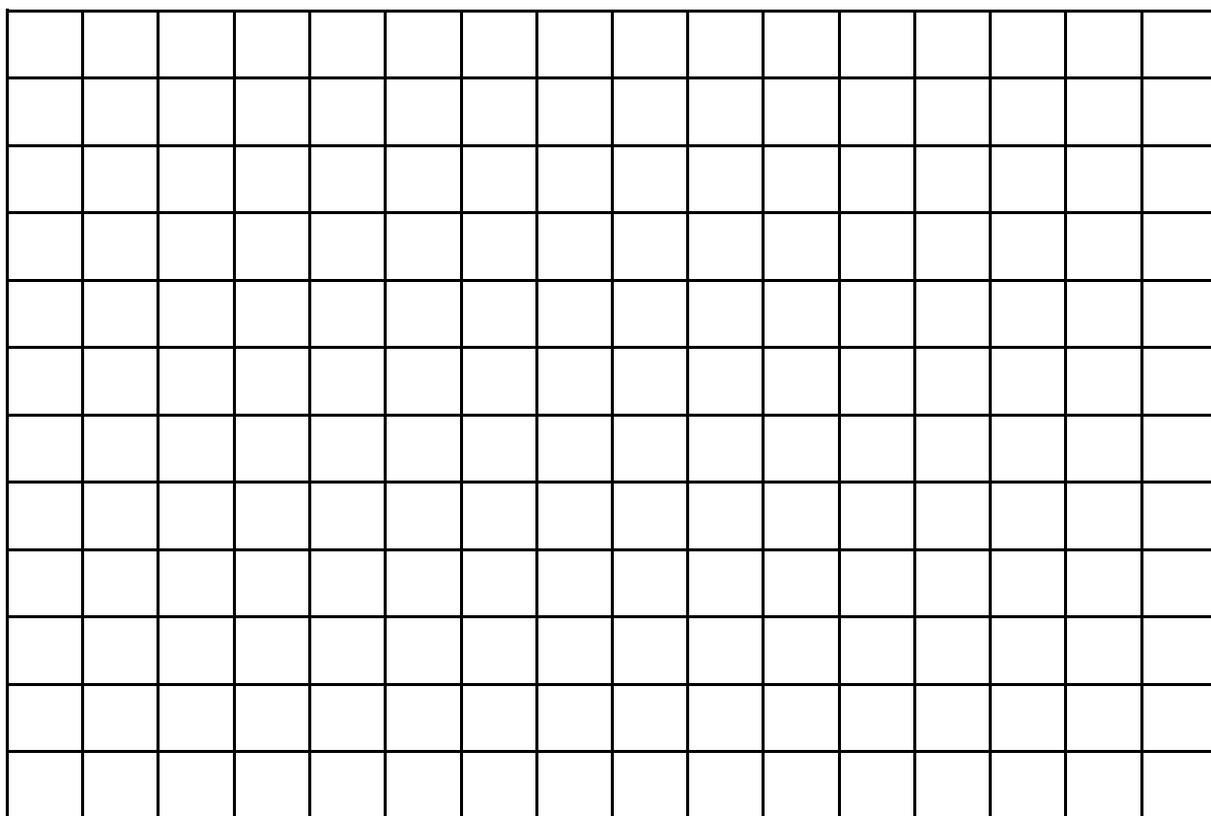
幫自己的實驗設計一個記錄表格

這樣我們就完成了事前的規劃，接下來我們要來進行實驗，蒐集我們的數據囉。

(五)將實驗結果繪製成統計圖。統計圖必須要呈現出橫軸、縱軸代表的意義和單位。也要呈現出不同的線代表的意義是什麼。



小明的數據統計圖



你自己的實驗數據統計圖

活動四、全球暖化與北極熊的困境

活動 4-1 瘦弱的北極熊，誰該負責？

(學生用基礎版)

一張照片引發的討論

這張照片----一隻憔悴、瘦骨嶙峋的北極熊正在融冰上走著---是野生動物攝影師克斯廷 Langenberger 在斯瓦爾巴群島(Svalbard 地圖連結)拍攝的，它在網路上引起熱烈的討論，討論的重點之一是：「瘦弱的北極熊，誰該負責？」，CNN 也根據這張照片作了相關的報導，我們來看看 CNN 的報導並討論以下問題：



圖 4-1-1 瘦弱的北極熊



觀察問題

你覺得 CNN 主張是誰(人或事件)造成瘦弱的北極熊?你是根據影片中的哪些資料判斷的?你的看法相同嗎?

理由與證據

以下四張圖是 CNN 的報導中所呈現的資料，看起來似乎是「北極熊變瘦」的理由，但這些理由和「北極熊變瘦」之間沒有因果關係，因為可導致北極熊變瘦的原因很多，如：可能是因為缺少食物或長期消耗體力或生病或只是單純的老化，若要提出：「瘦弱的北極熊，可能是全球暖化造成的」這樣的主張，還需有能直接證明因果關係的證據。



圖 4-1-2 CNN 的報導資料

實作練習

讓我們以實例來看看如何找證據來支持或反駁某一個主張：

網路上有一個廣為流傳的說法是“隔夜菜不能吃”，內容是說：「不管是葷菜還是素菜，是放冰箱還是不放冰箱，只要是隔夜了，細菌就會增多，細菌會把菜中的“硝酸鹽”轉變為“亞硝酸鹽”，亞硝酸鹽如果大量進入人體，可能導致血液失去攜帶氧的能力，出現缺氧症

狀，嚴重的可能危及生命，更嚴重的是“亞硝酸鹽”可能轉變成某種致癌物質，我們主張：「因為隔夜菜含超量亞硝酸鹽，會致癌，所以不能吃。」

議題中的理論、數據、理由

- (1) 「過量的亞硝酸鹽可導致... 缺氧症狀，嚴重的可能危及生命..」、「...」亞硝酸鹽”可能轉變成某種致癌物質」這是科學上已經證實的事，是已知的理論。
- (2) 「不管是葷菜還是素菜.....” 硝酸鹽”轉變為”亞硝酸鹽”」是根據經驗或某些理論預測出的數據、資料。

但是(1)的理論和「隔夜菜(含超量亞硝酸鹽)會致癌，不能吃」的主張之間並無因果關係，我們必須確認(2)的預測數據是正確的，才能做為證據證明「隔夜菜(含超量亞硝酸鹽)會致癌，不能吃」。

拿出證據

於是，某人做了實驗：把炒青菜、煎魚、紅燒肉烹煮完成後，測亞硝酸鹽的含量，密封放進冰箱，12小時後，拿出來再測亞硝酸鹽的含量，得到如下表的結果。

表 3 亞硝酸鹽量:每千克“菜餚”中所含亞硝酸鹽的毫克數(mg/kg)

菜名 亞硝酸鹽量(mg/kg) 時間	炒小白菜	紅燒鯉魚	炸排骨肉
烹煮完成時	4.03	2.23	3.42
烹煮完放置冰箱 12 小時	5.36	7.23	5.36



實驗討論

- 一、這個實驗是要驗證什麼事情？
- 二、這個實驗結果尚無法支持「隔夜菜(含超量亞硝酸鹽)會致癌」這個主張，你認為它還缺少哪些數據(或證據)？



溝通、表達

「瘦弱的北極熊，誰該負責？」

回歸這次的主題，「瘦弱的北極熊，誰該負責？」，罪魁禍首是全球暖化嗎？從上一單元的理由與證據，我們學到：必須收集正、反方的資料、理由後，找出足夠的證據，才能支持或反駁一個主張！所以請列出「瘦弱的北極熊是全球暖化造成的」的正、反面理由，並和同學討論還需哪些證據才足以支持或反駁這個主張。



統整

經過這個單元的學習後，你對「氣候變動對北極熊的影響」是否有新的看法？對於生活中出現的議題，是否能分析訊息中的資料、證據？下次當有人說：「這家麵包店的麵包放了一星期都不會發霉，一定加了很多防腐劑」...這類話時，你知道該如何判斷了嗎？



學習記錄(回家作業)

重點提醒：

1. 影片主要內容---
2. 我本來認為「造成瘦弱的北極熊的原因是……，我現在認為……」
1. 在這個單元中我學到……

的

活動 4-1 瘦弱的北極熊，誰該負責？

(學生用進階版)

◎學習活動:觀察情境 察覺問題

一張照片引發的討論

這張照片----一隻憔悴、瘦骨嶙峋的北極熊正在融冰上走著---是野生動物攝影師克斯廷 Langenberger 在斯瓦爾巴群島(Svalbard 地圖連結)拍攝的，它在網路上引起熱烈的討論，討論的重點之一是：「瘦弱的北極熊，誰該負責？」，CNN 也根據這張照片作了相關的報導，我們來看 CNN 的報導並討論以下題目：



圖 4-1-1 瘦弱的北極熊

一、在影片中，CNN 提出哪些和北極熊變瘦有關的「數據」、「資料」？

二、你覺得影片中，CNN 主張「誰」該為這件事負責？（「誰」指人，事情，因素或現象）

三、你認為「誰」該負責呢？為什麼？

ANS 區(請直接將答案寫在這裡，字數不限，可以用圖片、圖表輔助)

◎學習活動:收集資料，找到解決方法

理由與證據

在 CNN 的報導中，提出了：冰層覆蓋面積、歷年統計曲線、2015 高溫記錄…等資料(如以下四張圖)，但這些資料和「北極熊變瘦」之間沒有因果關係，如：圖二「歷年冰層覆蓋面積統計曲線圖」能說明北極地區冰層覆蓋率變動的情形，但不能證明覆蓋率導致北極熊變瘦，這樣的資料、數據可以讓我們推論出---「瘦弱的北極熊，可能是全球暖化造成的」這樣的主張，但這個主張是否正確(成立)還需有能直接證明因果關係的證據。

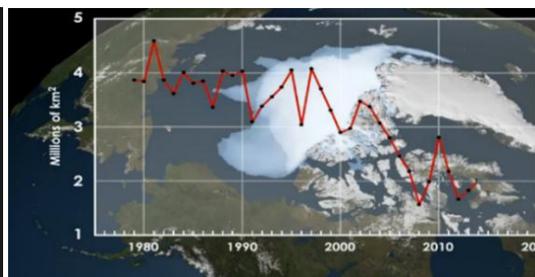




圖 4-1-2 CNN 的報導資料

實作練習

1. 議題:

網路上有一個廣為流傳的說法是“隔夜菜不能吃”，內容是說：「不管是葷菜還是素菜，是放冰箱還是不放冰箱，只要是隔夜了，細菌就會增多，細菌會把菜中的“硝酸鹽”轉變為“亞硝酸鹽”，亞硝酸鹽如果大量進入人體，可能導致血液失去攜帶氧的能力，從而出現缺氧症狀，嚴重的可能危及生命，更嚴重的是“亞硝酸鹽”可能轉變為某種致癌物質，所以隔夜菜(含超量亞硝酸鹽)會致癌，不能吃。」

2. 議題中的理論、數據、理由

- (1)「亞硝酸鹽...出現缺氧症狀，嚴重的可能危及生命..」、「...“亞硝酸鹽”可能轉變為某種致癌物質」這是科學上已經證實的事，是已知的理論。
- (2)「不管是葷菜還是素菜..... “硝酸鹽”轉變為“亞硝酸鹽”」是根據經驗或某些理論預測出的數據、資料。

但是(1)的理論和「隔夜菜(含超量亞硝酸鹽)會致癌，不能吃」的主張之間並無因果關係，我們必須確認(2)的預測數據是正確的，才能做為證據證明「隔夜菜(含超量亞硝酸鹽)會致癌，不能吃」

3. 拿出證據

假設你有所有設備，也有需要的技術(如檢驗實物中的亞硝酸鹽)，請設計實驗用來支持「隔夜菜(含超量亞硝酸鹽)會致癌，不能吃」這個主張。

請寫出:

實驗設計(步驟)

預測的結果

結論

ANS 區(請直接將答案寫在這裡，字數不限，可以用圖片、圖表輔助)

◎學習活動:應用知識，推廣探究

全球暖化和二氧化碳

用同樣的方式，我們來回顧一系列和全球暖化有關的議題:

由於大氣中的二氧化碳具有二個特性：1. 可以讓太陽輻射通過，2. 會吸收由地表輻射的紅外線，並逆輻射回地表。由於這樣的特性，二氧化碳會使紅外線輻射至太空的量減少，而紅外線逆輻射回地表的量增加，使地表吸收的熱量增加，導致溫度上升，也就是「二氧化碳增加造成了全球暖化」。

在上面的敘述中，

1. 哪些是屬於科學已知的「理論」？ 哪些是根據理論推測的數據？

(請用色筆在文章中畫出答案(電子版---將文字標示，可以用不同顏色或標號如 1-1、1-2、....2-1 的方式來區別不同題的答案)

2. 需要什麼樣的證據才能支持(或反駁)「二氧化碳增加，造成了全球暖化」？

請選擇支持(或反駁)並寫出至少兩項證據!

ANS 區(請直接將答案寫在這裡，字數不限，可以用圖片、圖表輔助)

◎學習活動:統整與分享

「瘦弱的北極熊，誰該負責?」---00 國中 00 報導

回歸這次的主題，經過這個單元的學習後，你對「氣候變動對北極熊的影響」是否有新的看法？瘦弱的北極熊，罪魁禍首是全球暖化嗎？如果你是新聞記者你會如何報導？

請以「瘦弱的北極熊，誰該負責？」為題進行報導（回家作業）

（書面---300 字以內、附圖兩張 或影音---3 分鐘以內）

我們的生活中充滿各種需要去判斷的議題，是否能分析訊息中的資料、證據？下次當有人說：「這家麵包店的麵包放了一星期都不會發霉，一定加了很多防腐劑」... 這類話時，你知道該如何判斷了嗎？

學習記錄(回家作業)

重點提醒:

影片主要內容

我本來認為「造成瘦弱的北極熊的原因是……，我現在認為……」

在這個單元中我學到……

活動 4-2 北極熊的處境與平衡的破壞

(學生用基礎版)

食物、體重和體溫

在活動 4-1 中，雖然我們還是沒辦法為瘦弱的北極熊找到該負責的人，但北極熊的身材和他的生存有極大的關連卻是事實，為什麼體重對北極熊的生存那麼重要呢？

野生動物攝影師克斯廷 Langenberger 在拍攝那張震撼的北極熊照片後，他並寫了一篇文章在臉書上發表(原文連結)，其中有一段說：

…我見過狀態良好的熊，但我也看到了死亡：饑餓的北極熊，在海岸上行走，尋找食物，牠們甚至試圖狩獵馴鹿，吃鳥蛋、青苔和海藻。我很少看到胖的熊(body index 5)，我看到的熊身體指數(body index)多處於瘦弱的 2-3，也多次見過和死亡的熊一樣，身肥胖指數僅僅是"1"的熊，肥胖指數 "1"的熊註定要死亡…。

(註---BODY INDEX 表示"體重"狀態，共分 1-5 級，數字越小表示體重越輕)

想一想：

- 一、文章中，北極熊原本的食物(海豹)來源減少後，仍可以海藻或青苔、馴鹿... 等為食，為何改變食物後，會造成體重減輕？
- 二、海冰覆蓋面積縮減，除了影響北極熊外，也會影響其他生物，請查資料找出哪些生物受到影響？是什麼樣的影響？

為什麼我們必須特別關心北極熊的食物和體重呢？這是因為食物不足和過瘦的身材將使北極熊無法在冰天雪地的環境中維持正常體溫。

想一想：

- 一、你認為食物不足和「過瘦」為何會使北極熊無法維持體溫呢？
- 二、請運用前 3 個單元學到的收支平衡原則、動態平衡原則、散熱原理(柏格曼法則)中的任一或二項，來說明原因，你可以模仿以下例句來回答：

例句：當食物不足時，北極熊將(...發生什麼狀況...);而體重過輕，則會使得牠(...發生什麼狀況...)，這會使(...發生什麼狀況...)，這些現象違反(.....)和(.....)原理所以體溫無法維持恆定，而會變得(.....)

從穩定到變動再到另一個新的穩定

幾千年來北極熊處於穩定的狀態，牠們的身體構造發揮適應寒冷環境的功能，在極地繁衍牠們的後代...，但是當地球環境因物質或能量的進(獲得)與出(失去)失去平衡，穩定狀態被破壞了，這個變動帶動帶動其他環境和生物的變動，直到下一個穩定出現為止。自然界中不管是生物還是無生物，小至一杯水大到海洋、地球甚至宇宙，都在這種「從穩定到變動再到另一個穩定」的法則下運行著。

溫室效應與能量的變動

以溫室效應為例，科學家估算：如果大氣層中沒有溫室氣體（如二氧化碳和水氣），則地球平均溫度應為 -18°C 而非現在的 15°C ，若溫室氣體增加則地球平均溫度也會上升，這是因為溫室氣體改變了地表能量的獲得和散失，進而溫度改變了！

下圖（左）是穩定狀態下的地表能量進（吸收，箭頭指向地面）、出（輻射回太空、箭頭指向太空）情形，如果溫室氣體增加了，能量的進出會怎麼改變呢？

請在圖（右）中以改變線條粗細（粗——表示量多、細——表示量少）來表示能量的變動，並說明為何溫室氣體增加了，地表溫度會升高？

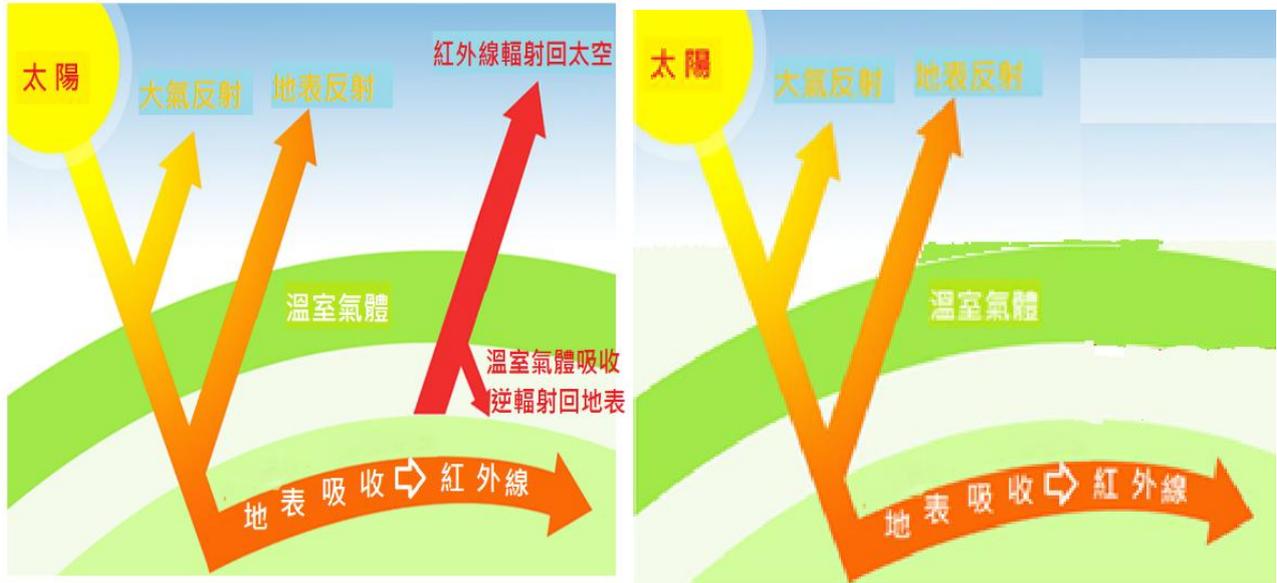


圖 4-2-1 為何溫室氣體增加了，地表溫度會升高？

二氧化碳的變動與穩定

那麼大氣中的二氧化碳（溫室氣體）又是怎麼增加的呢？他和物質進（收入）與出（支出）的平衡有關嗎？我們可以用下面這張圖來表示大氣中二氧化碳的收（進入）或支（離開），箭頭表示二氧化碳進入或大氣（大氣二氧化碳的收或支），①~⑩表示產生或吸收（消耗）二氧化碳的作用，如呼吸作用、光合作用、微生物的分解作用、燃燒作用等，讓我們透過閱讀這張圖來認識二氧化碳的收支平衡的維持與破壞：請在閱讀這張圖後回答下列問題：

1. 在「植物」處，箭頭有進（指向植物）如：②，⑨有出（離開植物）如①，⑧，這些代號與箭頭分別表示什麼意思呢？
2. 在「動物」處，箭頭只有出（離開動物）如⑥，⑦，③，④，這些代號與箭頭分別表示什麼意思呢？
3. 如果我們要各畫一條指向鹿和魚的箭頭，應該怎麼畫呢（起點在哪裡）？這個箭頭代表什麼作用？

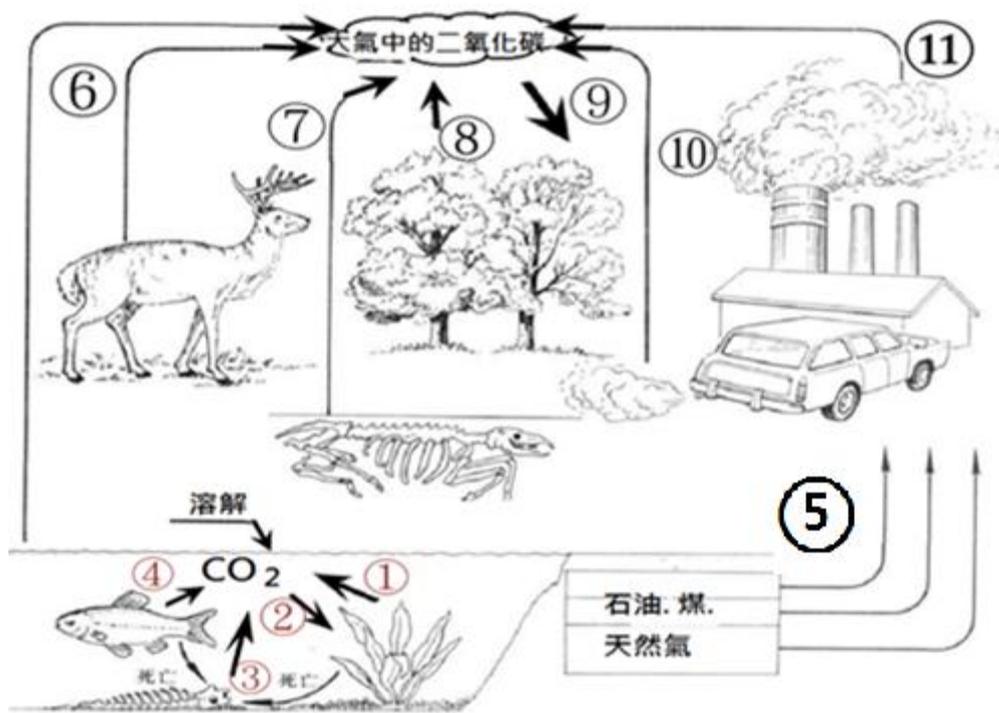


圖 4-2-2 大氣中二氧化碳的收或支

討論及發表

請用此圖，從收、支平衡改變的觀點來說明大氣中的二氧化碳為何會增加？

5.2 教學設計(教師用)

活動四、全球暖化與北極熊的困境

活動 4-1 瘦弱的北極熊，誰該負責？

(教用說明簡易版)

一張照片引發的討論

這張照片----一隻憔悴、瘦骨嶙峋的北極熊正在融冰上走著---是野生動物攝影師克斯廷 Langenberger 在斯瓦爾巴群島(Svalbard 地圖連結)拍攝的，它在網路上引起熱烈的討論，討論的重點之一是：「瘦弱的北極熊，誰該負責？」，CNN 也根據這張照片作了相關的報導，我們來看看 CNN 的報導(影片)並討論以下問題：



圖 4-1-1 瘦弱的北極熊



覺察問題

你認為 CNN 主張誰(人或事件)造成瘦弱的北極熊?你是根據影片中的哪些資料判斷的?你的看法相同嗎?

教學說明：

1. 影片可加配中文字幕
2. 播放過程可視需要暫停或重播
3. 若由學生用在劇或在電腦教室學習，則學生可以依自己進度決定暫停或重播

理由與證據

以下四張圖是 CNN 的報導中所呈現的資料，看起來似乎是「北極熊變瘦」的理由，但這些理由和「北極熊變瘦」之間沒有因果關係，因為可導致北極熊變瘦的原因很多，如：可能是因為缺少食物或長期消耗體力或生病或只是單純的老化，若要提出：「瘦弱的北極熊，可能是全球暖化造成的」這樣的主張，還需有能直接證明因果關係的證據。



圖 4-1-2 CNN 的報導資料

教學說明：

1. 此處教師經由閱讀指導引導學生體會理由和證據的不同

實作練習

讓我們以實例來看看如何找證據來支持或反駁某一個主張：

網路上有一個廣為流傳的說法是“隔夜菜不能吃”，內容是說：「不管是葷菜還是素菜，是放冰箱還是不放冰箱，只要是隔夜了，細菌就會增多，細菌會把菜中的”硝酸鹽”轉變為”亞硝酸鹽”，亞硝酸鹽如果大量進入人體，可能導致血液失去攜帶氧的能力，出現缺氧症狀，嚴重的可能危及生命，更嚴重的是”亞硝酸鹽”可能轉變成某種致癌物質，我們主張：「因為隔夜菜含超量亞硝酸鹽，會致癌，所以不能吃。」

議題中的理論、數據、理由

- (1)「過量的亞硝酸鹽可導致…缺氧症狀，嚴重的可能危及生命..」、「…»亞硝酸鹽”可能轉變成某種致癌物質」這是科學上已經證實的事，是已知的理論。
- (2)「不管是葷菜還是素菜……”硝酸鹽”轉變為”亞硝酸鹽”」是根據經驗或某些理論預測出的數據、資料。

但是(1)的理論和「隔夜菜(含超量亞硝酸鹽)會致癌，不能吃」的主張之間並無因果關係，我們必須確認(2)的預測數據是正確的，才能做為證據證明「隔夜菜(含超量亞硝酸鹽)會致癌，不能吃」。

拿出證據

於是，某人做了實驗：把炒青菜、煎魚、紅燒肉烹煮完成後，測亞硝酸鹽的含量，密封放進冰箱，12小時後，拿出來再測亞硝酸鹽的含量，得到如下表的結果。

表3 亞硝酸鹽量：每千克”菜餚”中所含亞硝酸鹽的毫克數(mg/kg)

菜名 亞硝酸鹽量(mg/kg) 時間	炒小白菜	紅燒鯉魚	炸排骨肉
烹煮完成時	4.03	2.23	3.42
烹煮完放置冰箱 12 小時	5.36	7.23	5.36



實驗討論

- 一、這個實驗是要證明什麼事情?(這個實驗的實驗目的是什麼?)
- 二、這個實驗結果尚無法支持「隔夜菜(含超量亞硝酸鹽)會致癌」這個主張，你認為它還缺少哪些數據(或證據)?

教學說明：

1. 這個實驗是要證明「隔夜菜的亞硝酸鹽含量是否會增加」
2. 缺少「足以致病的亞硝酸鹽濃度」、「亞硝酸鹽”在人體內轉變成致癌物質的實際情況和數據」、「各種菜餚在不同保存環境下的亞硝酸鹽含量變化」、「因”亞硝酸鹽”而癌的病例，統計資料」



溝通、表達

「瘦弱的北極熊，誰該負責？」

回歸這次的主題，「瘦弱的北極熊，誰該負責？」，罪魁禍首是全球暖化嗎？從上一單元的理由與證據，我們學到：必須收集、考慮正、反方的資料、理由後，找出足夠的證據，才能支持或反駁一個主張！所以請列出「瘦弱的北極熊是全球暖化造成的」的正、反面理由，並和同學討論還需哪些證據才足以支持或反駁這個主張。

教學說明：

列出資料、理由的方法：

1. 分組討論，進行各種立場的質詢，這個方法較不易面面俱到，有時也會淪於為某一論點而爭論
2. 可使用線上軟體 ARGUMAN，只要線上註冊即可發起議題，並可在線上進行正反方意見的陳述！適合全班（分組）充分表達意見及全面思考！！其呈現情形如下圖



圖 4-1-3 可使用線上軟體 ARGUMAN 進行正反方意見陳述

3. 根據上表討論結果，我們可以獲得結論：

因為「我們沒有自 1980 年以來北極熊捕食數量變化的統計圖」，也沒有「北極熊平均體重變化的統計圖」及「這隻北極熊可能只是生病或年老」都可以反駁「全球暖化造成北極地區海冰融化，北極熊不易捕食海豹，餓到瘦了!!」這個論點，所以必須在有「北極熊捕食數量變化的統計圖」，和「北極熊平均體重變化的統計圖」且和「氣溫變化圖」，「冰層覆蓋面積變化圖」有正相關的證據下，才可以支持「瘦弱的北極熊是全球暖化造成的」的主張，否則就不支持！



統整

經過這個單元的學習後，你對「氣候變動對北極熊的影響」是否有新的看法？對於生活中出現的議題，是否能分析訊息中的資料、證據？下次當有人說：「這家麵包店的麵包放了一星期都不會發霉，一定加了很多防腐劑」...這類話時，你知道該如何判斷了嗎？



學習記錄(回家作業)

重點提醒：

1. 影片主要內容---
2. 我本來認為「造成瘦弱的北極熊的原因是……，我現在認為……」
3. 在這個單元中我學到……

活動 4-2 北極熊的處境與平衡的破壞

(教用說明簡易版)

食物和體重

在子活動四-1 中，雖然我們還是沒辦法為瘦弱的北極熊找到該負責的人，但北極熊的身材和他的生存有極大的關連卻是事實，為什麼體重對北極熊的生存那麼重要呢？野生動物攝影師克斯廷 Langenberger 在拍攝那張震撼的北極熊照片後，他並寫了一篇文章在臉書上發表(原文連結)，其中有一段說：

…我見過狀態良好的熊，但我也看到了死亡：饑餓的北極熊，在海岸上行走，尋找食物，牠們甚至試圖狩獵馴鹿，吃鳥蛋、青苔和海藻。我很少看到胖的熊 (body index 5)，我看到的熊身體指數 (body index) 多處於瘦弱的 2-3，也多次見過和死亡的熊一樣，身肥胖指數僅僅是 "1" 的熊，肥胖指數 "1" 的熊註定要死亡…。

(註---作者用 BODY INDEX 表示"體重"狀態，共分 1-5 級，數字越小表示體重越輕)

想一想：

一、文章中，北極熊原本的食物(海豹)來源減少後，仍可以海藻或青苔、馴鹿... 等為食，為何改變食物後，會造成體重減輕？

二、海冰覆蓋面積縮減，除了影響北極熊外，也會影響其他生物，請查資料找出哪些生物受到影響？是什麼樣的影響？

教學說明：

1. 此題主要在讓學生將新學的內容和舊有經驗結合，如「食物所含營養素種類」、「營養素與熱量」，學生應該能答出---海藻或青苔含水多、纖維素多、熱量低...、馴鹿含脂肪較少，不易捕食，捕食過程要消耗很多體力.... 等

食物、體重和體溫

為什麼我們必須特別關心北極熊的食物和體重呢？這是因為食物不足和過瘦的身材將使北極熊無法在冰天雪地的環境中維持正常體溫。

想一想：

一、你認為食物不足和「過瘦」為何會使北極熊無法維持體溫呢？

請運用前 3 個單元學到的收支平衡原則、動態平衡原則、散熱原理(柏格曼法則)中的任一或二項，來說明原因，你可以模仿以下例句來回答：

例句：當食物不足時，北極熊將(...發生什麼狀況...); 而體重過輕，則會使得牠(...發生什麼狀況...)，這會使(...發生什麼狀況...)，這些現象違反(.....)和(.....)原理，所以體溫無法維持恆定，而會變得(.....過高或過低.....)

教學說明

1. 例句是讓學生在回答時有模仿的對象，若學生表達力已經很好，不用例句也適可以的!!

2. 答題參考---當食物不足時，北極熊將因養份收入不足，而無法產生足夠的熱量，而體重過輕時，則會使得牠的 表面積/體積 的值變大，加上脂肪變少，這些將使散熱大於產

熱，支出大於收入，違反散熱(柏格曼)原理和收支平衡原理，因此體溫無法維持恆定而會變得過低

從穩定到變動再到另一個新的穩定

幾千年來北極熊處於穩定的狀態，牠們的身體構造發揮適應寒冷環境的功能，在極地繁衍牠們的後代...，但是當地球環境因物質或能量的進(獲得)與出(失去)失去平衡，穩定狀態被破壞了，這個變動帶動帶動其他環境和生物的變動，直到下一個穩定出現為止。自然界中不管是生物還是無生物，小至一杯水大到海洋、地球甚至宇宙，都在這種「從穩定到變動再到另一個穩定」的法則下運行著。

教學說明

1. 此處即在做”變動與穩定”的統整教學!!老師可以再舉其他的例子!

溫室效應與能量的變動

以溫室效應為例，科學家估算:如果大氣層中沒有溫室氣體(如二氧化碳和水氣)，則地球平均溫度應為 -18°C 而非現在的 15°C ，若溫室氣體增加則地球平均溫度也會上升，這是因為溫室氣體改變了地表能量的獲得和散失，進而溫度改變了!

下圖(左)是穩定狀態下的地表能量進(吸收，箭頭指向地面)、出(輻射回太空、箭頭指向太空)情形，如果溫室氣體增加了，能量的進出會怎麼改變呢?

請在圖(右)中以改變線條粗細(粗---表示量多、細---表示量少)來表示能量的變動，並說明為何溫室氣體增加了，地表溫度會升高?

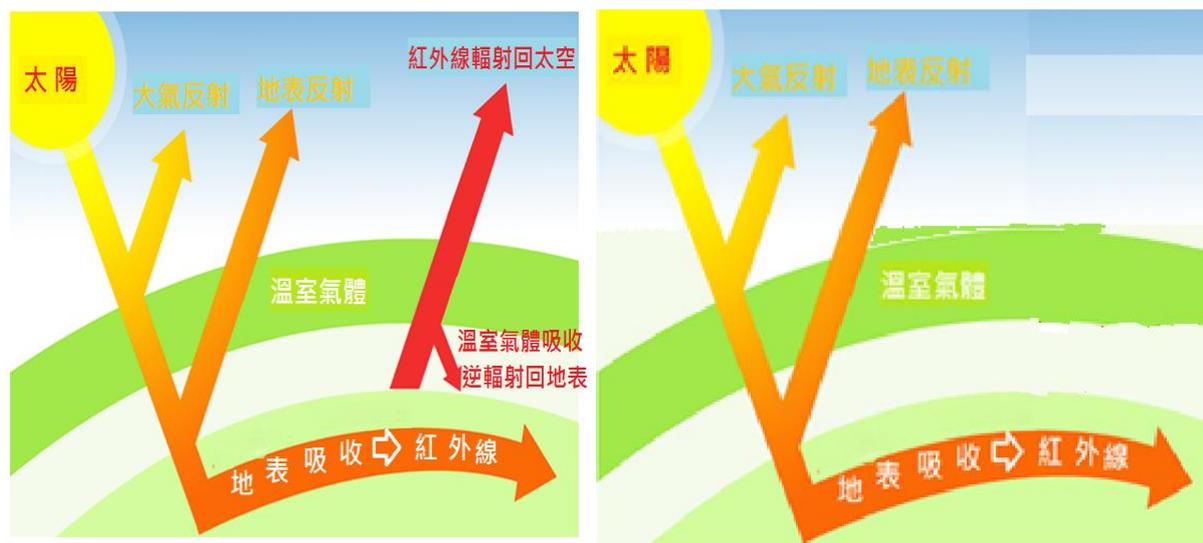


圖 4-2-1 為何溫室氣體增加了，地表溫度會升高?

教學說明

1. 此處統整整個模組最初提出的問題----溫室效應及”變動與穩定”的特色---收支平衡，動態平衡!!
2. 以示意圖協助表達想法:當溫室氣體增加，被溫室氣體吸收並逆輻射回大氣層內的紅外線增加，也就是大氣層內能量的收入增加，所以會造成升溫。

二氧化碳的變動與穩定

那麼大氣中的二氧化碳(溫室氣體)又是怎麼增加的呢?他和物質進(收入)與出(支出)的平衡有關嗎?我們可以用下面這張圖來表示大氣中二氧化碳的收(進入)或支(離開),箭頭表示二氧化碳進入或大氣(大氣二氧化碳的收或支),①~⑪表示產生或吸收(消耗)二氧化碳的作用,如呼吸作用、光合作用、微生物的分解作用、燃燒作用等,讓我們透過閱讀這張圖來認識二氧化碳的收支平衡的維持與破壞:請在閱讀這張圖後回答下列問題:

1. 在「植物」處,箭頭有進(指向植物)如:②,⑨有出(離開植物)如①,⑧,這些代號與箭頭分別表示什麼意思呢?
2. 在「動物」處,箭頭只有出(離開動物)如⑥,⑦,③,④,這些代號與箭頭分別表示什麼意思呢?
3. 如果我們要各畫一條指向鹿和魚的箭頭,應該怎麼畫呢(起點在哪裡)?這個箭頭代表什麼作用?

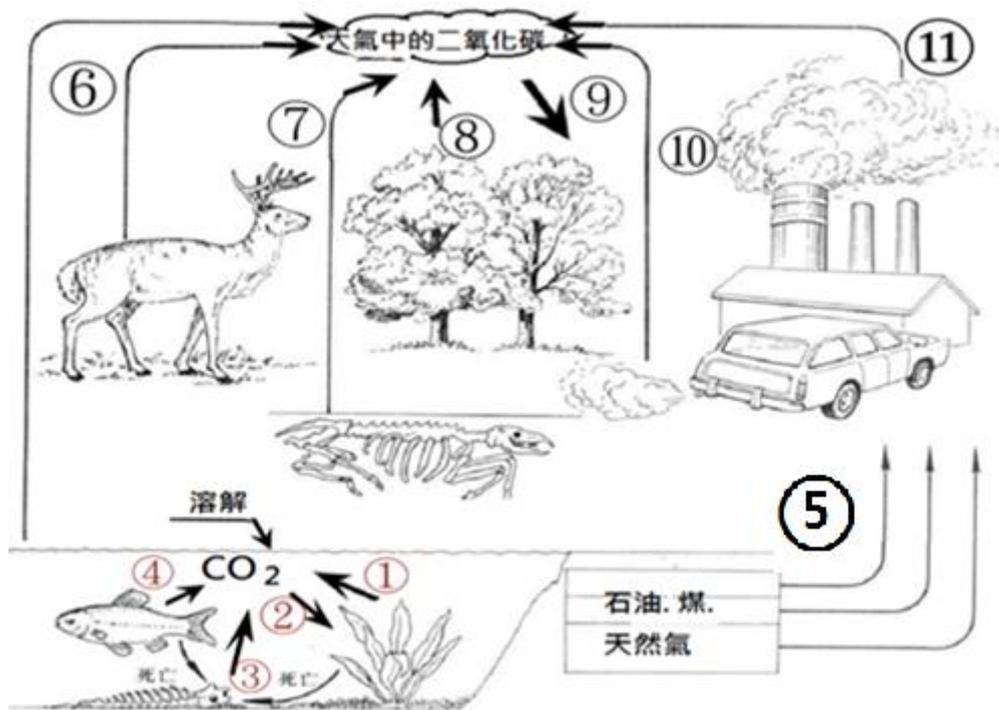


圖 4-2-2 大氣中二氧化碳的收或支

討論及發表

請用此圖,從收、支平衡改變的觀點來說明大氣中的二氧化碳為何會增加?

從北極熊的處境到地球的變動(最後結尾)

從北極熊面臨的困境中,你看到多少變動?由一個變動引發了多少其他變動

六、教學資源

◎參考資料及其他

- 一、NGSS---Appendix G - Crosscutting Concepts
- 二、北極熊資料:網站: polarbearsinternational

七、試教成果

7.1 教學省思

本模組之活動四於復興國中試教後，發現學生缺乏“氣候變遷”的知識背景，且因較少接受“論證”的學習方式，反映整體內容稍嫌困難，故於試教後據以修改文本中之部分閱讀資料。

7.2 模組開發之困難及突破

- 一、學習內容從學科概念轉為跨科概念，但在試教過程發現:缺少學科概念會影響跨科概念的學習，學科概念與跨科概念的比重及學習順序是本模組最大挑戰。
- 二、本模組希望呈現以『探究能力』為指標的教學及評量方式，但一個議題的課程只能達成部分能力指標(編碼)，且為達成某個指標(如推理論證指標)可能需加入部分非本議題的學習內容,在學習內容取捨上經多翻修改仍未有最後定論!!
- 三、課程研發的過程中，需要許多相關的圖片，資料，顧及版權的問題，造成教材無法公開，失去公開討論修正的機會。

八、教學模組設計檢核表

自然科學領域教學模組自我設計檢核表

主題：北極熊的處境

向度	對應項目	活動一、認識生活中的改變與穩定	活動二、從科學數據看改變與穩定	活動三、從熱的傳播看熱的收入與支出	活動四、全球暖化與北極熊的困境	說明	備註	
基本理念與課程目標	1. 自發：以學習者為學習的主體，選擇適當的學習方式，促進自我理解，引發學習興趣與動機。	■	■	■	■			
	2. 互動：學習者應能廣泛運用各種工具，有效與他人及環境正向互動。	■	■	■	■			
	3. 共好：學習者應參與行動與他人建立適切的合作模式與人際關係，應用所學產生共好的效果。			■	■			
	4. 跨領域／科目：考量與其他領域或科目的關係	■	■	■	■			
核心素養	核心概念	1. 配合學習階段之核心概念	■	■	■	■		
		2. 具有跨科概念	■	■	■	■		
	探究能力	思考智能	(1)想像創造			■		
			(2)推理論證		■		■	
			(3)批判思考	■	■	■	■	
			(4)建立模型	■				
	問題	(1)觀察與定題	■		■			
		(2)計劃與執行	■		■			

教學設計	解決	(3)分析與發現	■	■	■	■		
		(4)討論與傳達				■		
	科學的態度與本質	1. 培養科學探究的興趣	■	■	■	■		
		2. 養成應用科學思考與探究的習慣	■	■	■	■		
		3. 認識科學本質		■		■		
	自然科學領域有效教學原則	1. 說明學習目標	■	■	■	■		
		2. 連結過去、現在和未來的經驗	■	■	■	■		
		3. 依知識或技能水準，適時調整教學	■	■	■	■		
		4. 教學內容選編或組織具有合理的論述	■	■	■	■		
		5. 教學內容採用不同表徵(圖像、文字、符號)	■	■	■	■		
		6. 引發科學思考與探索	■	■	■	■		
7. 於教學小段落進行形成性評量		■	■	■	■			
8. 適時歸納學習重點				■	■			
9. 澄清科學的另有概念及易錯誤的原因			■		■			
10. 提供記憶、思考、實作與解決科學問題的機會		■	■	■	■			
11. 教導學習或解題策略，精熟學習				■	■			
培養科學潛能	1. 加入設計元素，保留科學創造的空間			■				
	2. 引導投入科學志業							