

全球暖化

4-6年級適用



本書相關環境教育議題核心素養

核心素養面向	核心素養項目	環境教育核心素養
A自主行動	A2 系統思考與解決問題	環A2能思考與分析氣候變遷等重大問題的特性與影響，並深刻反思人類發展的意義，採取積極行動有效合宜處理各種環境問題。

本書相關環境教育議題學習主題與實質內涵

議題學習主題	議題實質內涵
永續發展	環E5覺知人類的生活型態對其他生物與生態系的衝擊。
氣候變遷	環E8認識天氣的溫度、雨量要素與覺察氣候的趨勢及極端氣候的現象。
	環E9覺知氣候變遷會對生活、社會及環境造成衝擊。
	環E10覺知人類的行為是導致氣候變遷的原因。
能源資源永續利用	環E17養成日常生活節約用水、用電、物質的行為，減少資源的消耗。

本書相關教育脈絡與永續發展指標

學習脈絡	永續發展指標
環境教育	SDG13氣候行動。
防災教育	SDG11永續城市與社區。
家庭教育	SDG12負責任的生產與消費。

目錄

一、地球發燒了	4
二、地球為什麼會發燒？	8
2.1 溫室效應	9
2.2 溫室氣體	11
2.3 臺灣的溫室氣體	14
三、全球暖化的衝擊	16
3.1 全球熱浪	16
3.2 冰雪融化	17
3.3 海平面上升	18
3.4 暴雨與乾旱	19
3.5 生物多樣性消失	20
四、解決方法	22
4.1 政府做了什麼？	22
4.2 個人可做什麼？	28

一、地球發燒

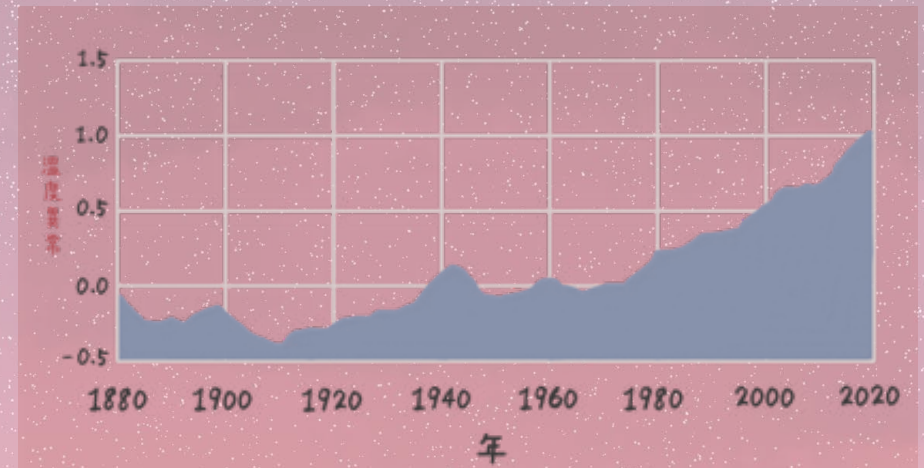
你有發燒經驗嗎？人們發燒時身體會發熱，伴隨呼吸急促、心跳加速、食慾減低、全身倦怠。越來越多證據顯示地球正在發燒。

全球暖化是指全球平均氣溫隨著時間逐漸升高的現象。

全球暖化有時稱為氣候變遷。

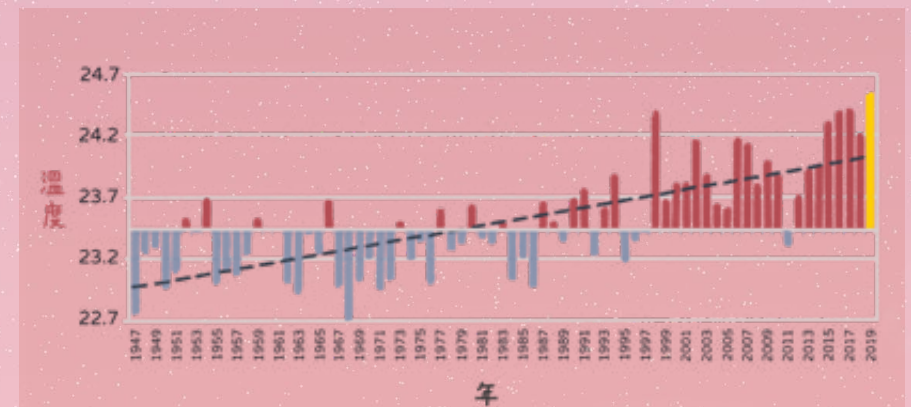


根據全球的數據，2016年是有記錄以來最熱的一年，2019年是次熱的年份，而且逐年增溫，詳如圖一。



圖一 歷年溫度變化（郭振泰等，2008）

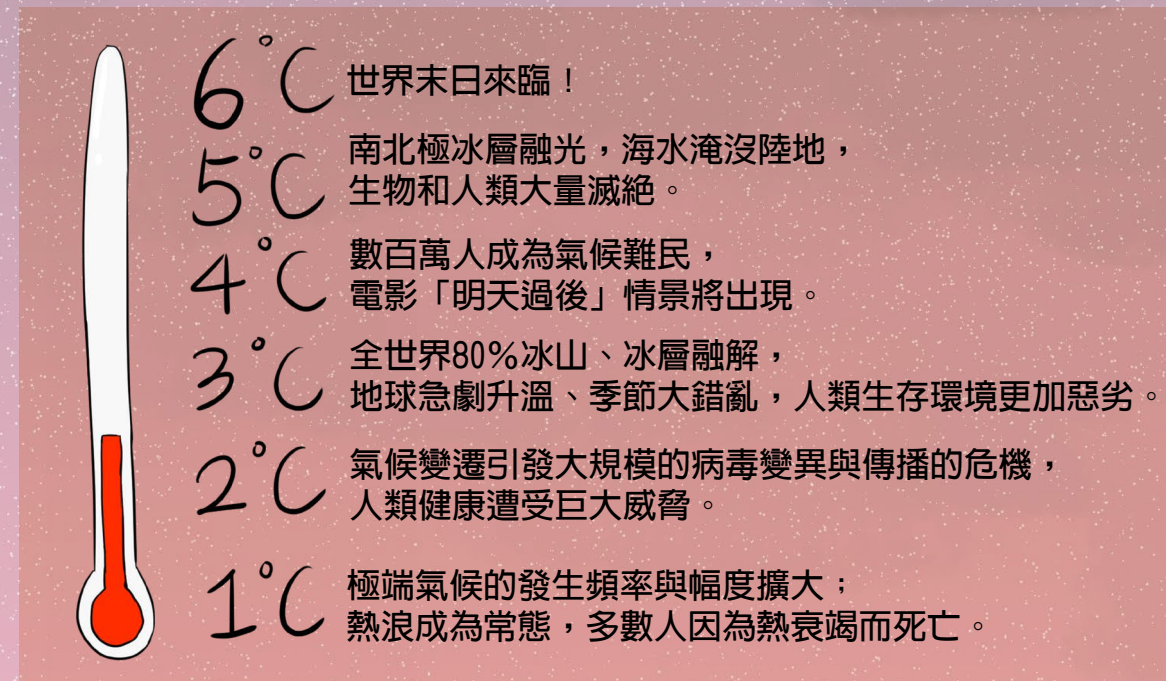
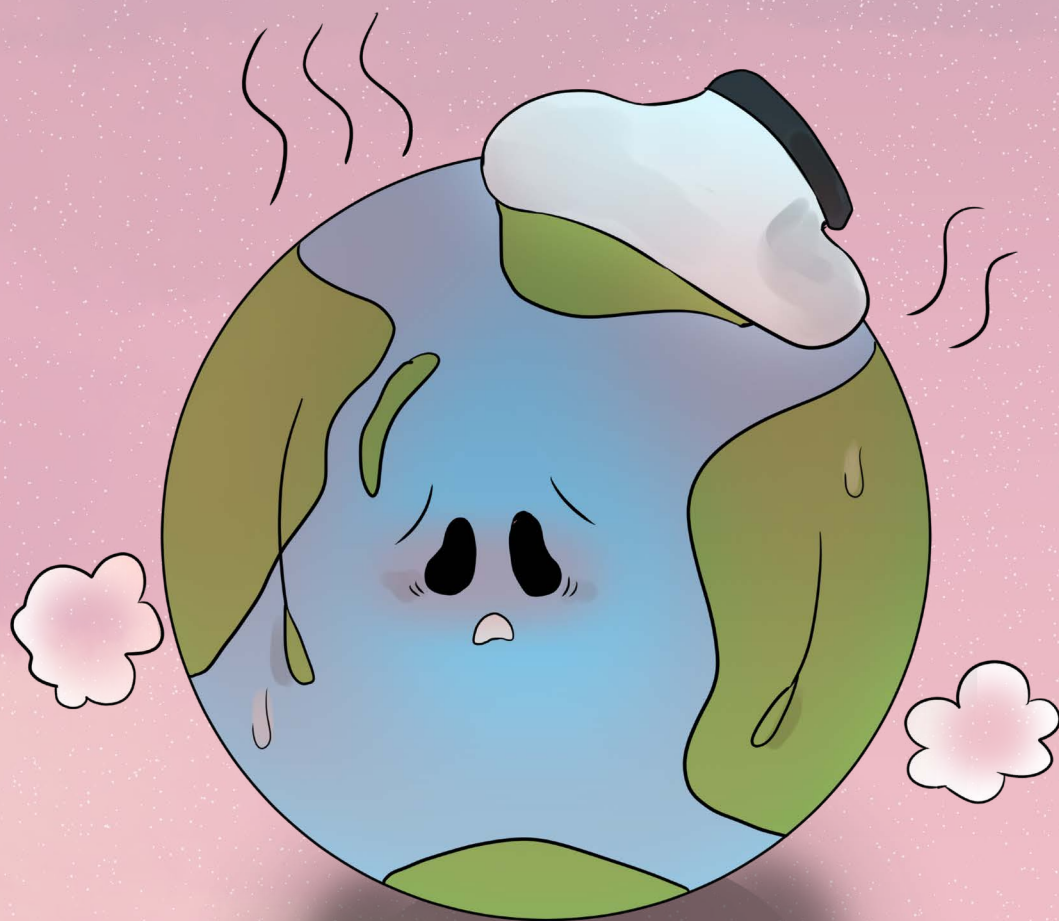
臺灣氣溫也有逐年上升的趨勢，如圖二。臺灣平均溫度 23.4°C 。1998年後氣溫突然升高，2019年最熱達到了 24.53°C 。



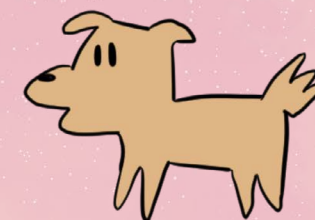
資料來源：天氣風險管理開發公司

圖二 1947至2019全台年均溫變化（孫文臨，2020）

工業革命以來，全球平均溫度已經上升了大約1°C。科學家估計，若這樣的趨勢持續下去，我們未來將面對更加劇烈的氣候變化，人類與動植物都會遭受空前絕後的災難。圖三即為可能危機。



圖三 全球平均氣溫升高的後果（資料來源環保署）



二、地球為什麼會發燒？

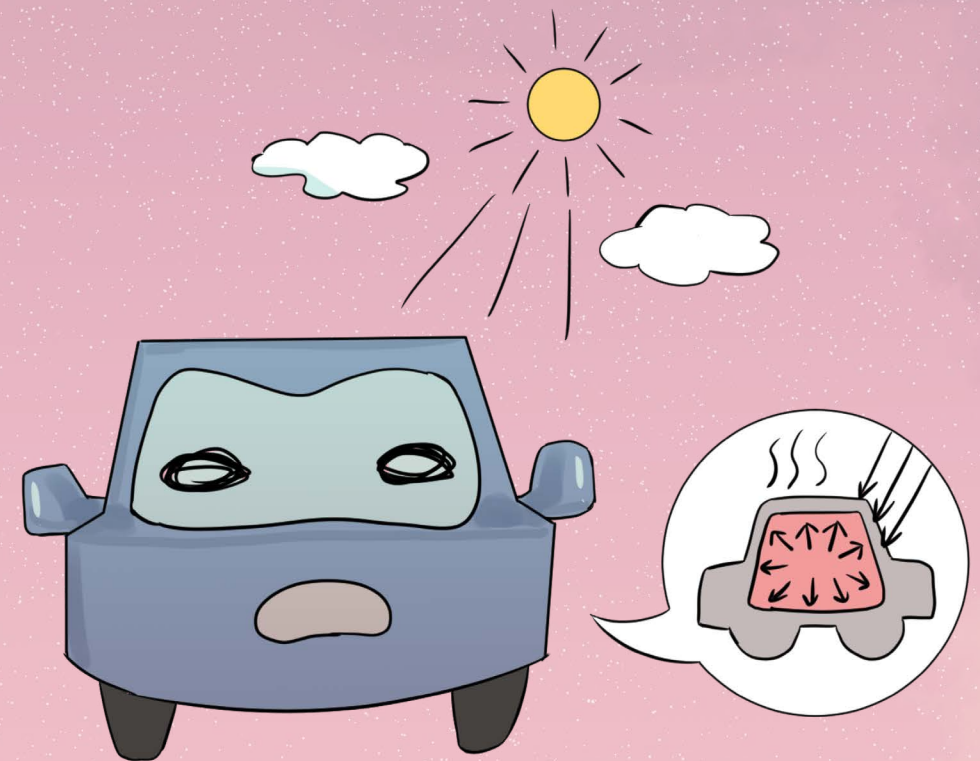
從圖四可看出，氣溫與二氧化碳濃度存在著某種關係。聯合國認為：燃燒化石燃料（石油、煤、天然氣）「極可能」是1950年以來全球氣候暖化的主要原因（中央氣象局，2020）。



圖四 氣溫與二氧化碳排放的關聯性（鍾堅，2017）

2.1 溫室效應

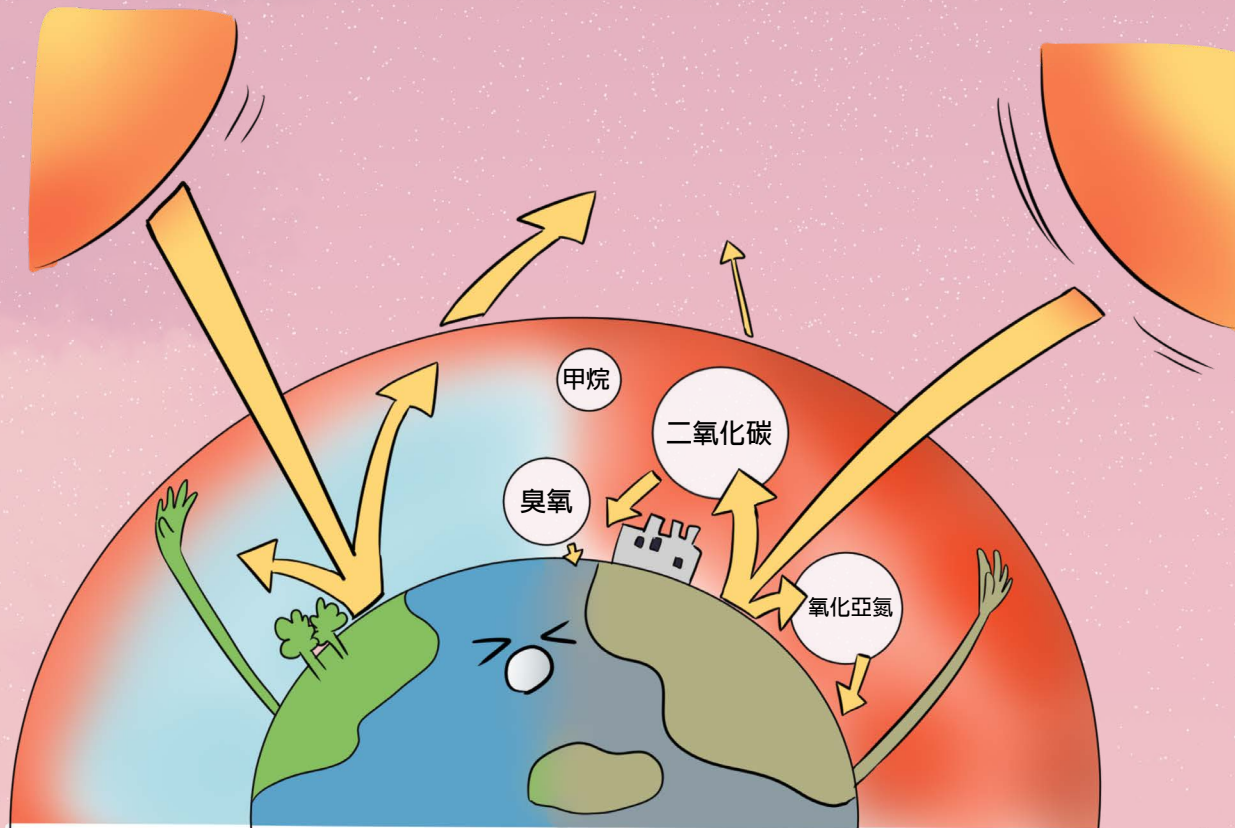
如果你有進入過在豔陽下停了很久的汽車，可能就對溫室效應的概念有所體會：大太陽下一打開車門，熱氣撲面而來，車內的溫度遠比車外要高。這是因為陽光可以穿過玻璃，把熱帶進來車子，但車子裡面的熱卻不容易跑出去。於是車子裡面的溫度就越來越高了。



地球周圍的大氣層就像是車窗玻璃。當陽光射入時，會穿過大氣層，提供地球熱能。之後，一部分的能量會反射回太空，而大氣層中有些氣體會留住這些能量，把能量留在地球上。這就是溫室效應，而這些氣體叫做溫室氣體。

溫室效應對於生物環境非常重要。現今地球平均溫度是+15°C，若沒有這些溫室氣體，平均溫度將降至-18°C，人類根本難以生活。

在自然界，溫室氣體的產生與消失構成一個循環，也讓溫室氣體濃度保持在平衡的狀態。但是人類的活動破壞了平衡。人類大量砍伐森林與燃燒化石燃料，使得大氣中溫室氣體濃度大大提升，加強了溫室效應，導致全球氣溫上升，如圖五。

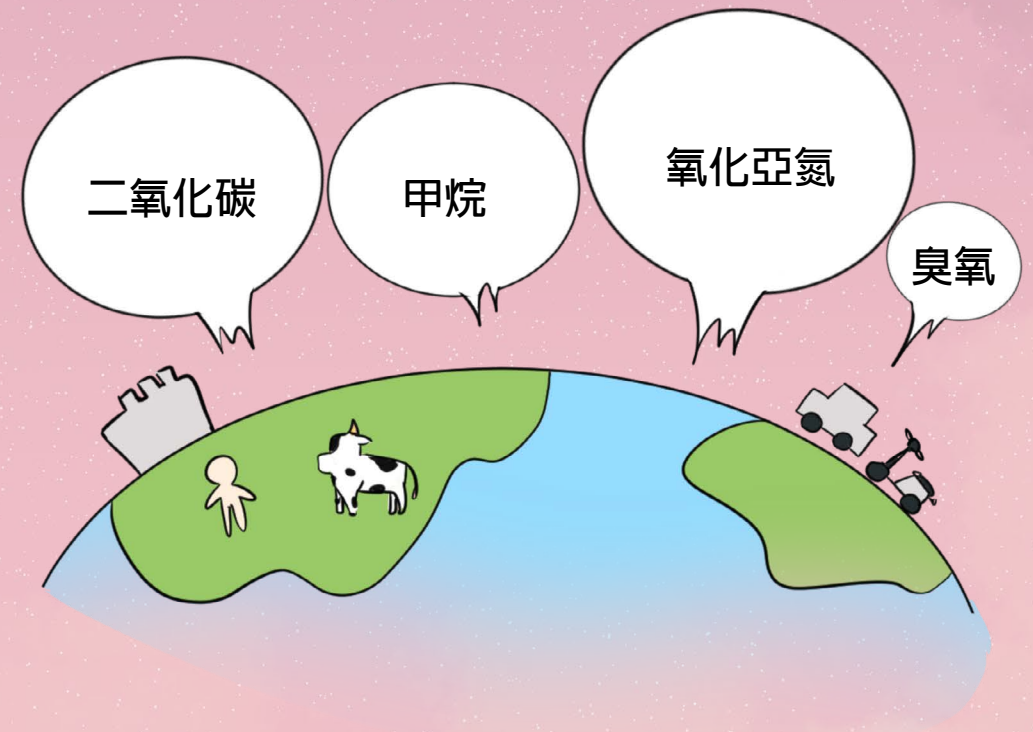


圖五 溫室效應 (ce2s, 2020)

2.2 溫室氣體

自然界原就存在的溫室氣體包括二氧化碳、臭氧、甲烷（瓦斯）、氧化亞氮（笑氣）；另外還有些人工製造的溫室氣體。二氧化碳被當作溫室氣體的指標。

近一萬年來，大氣中，溫室氣體的濃度大致維持穩定，但過去200年來卻突然大增，從百萬分之280增加至百萬分之400。



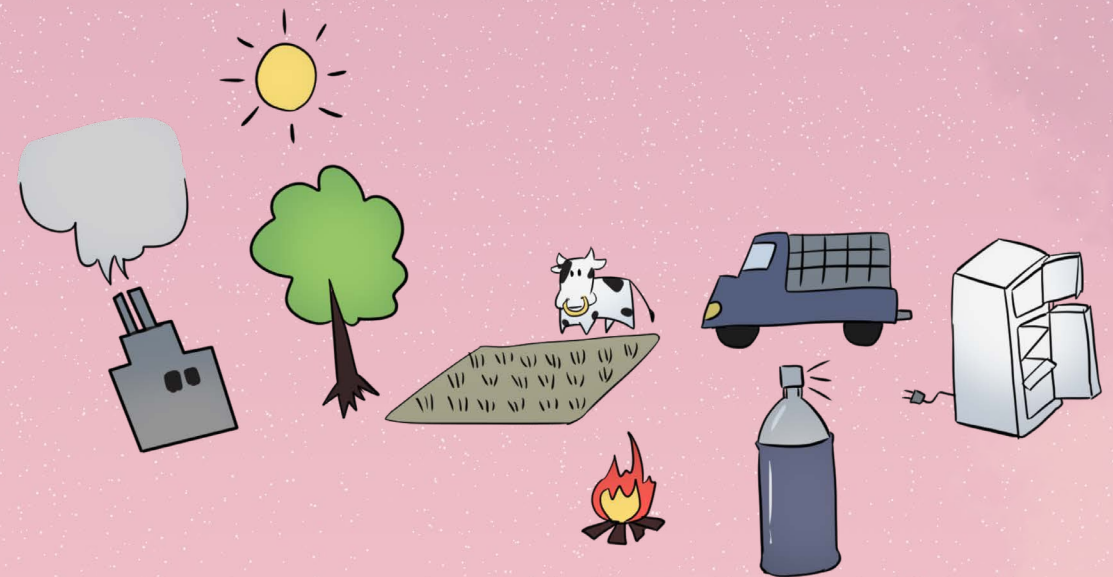
二氧化碳：來自化石燃料、廢棄物、木材的燃燒。
它占臺灣溫室氣體排放量的95%。

甲烷（瓦斯）：來自天然氣和石油的生產、家畜排放和農業耕種、垃圾腐爛。它占臺灣溫室氣體排放量的2%。



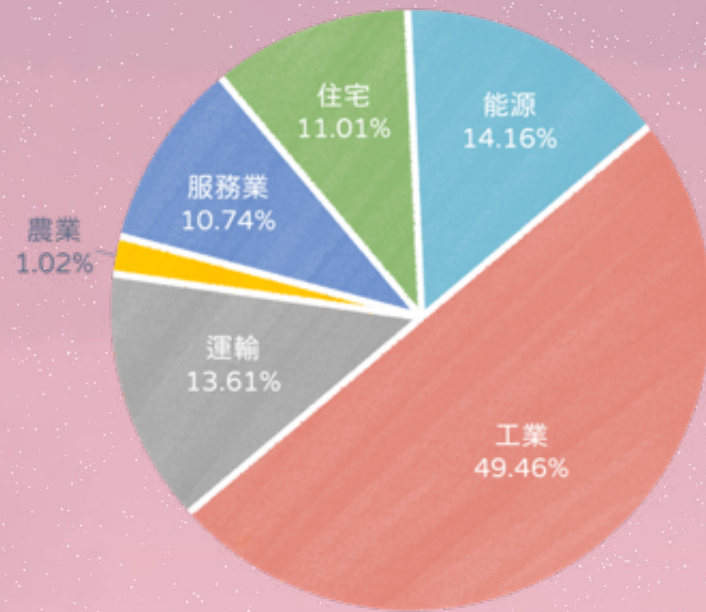
氧化亞氮（笑氣）：來自農業和工業生產、燃燒化石燃料和廢棄物。它占臺灣溫室氣體排放量的2%。

人工製造的溫室氣體：合起來占臺灣溫室氣體排放量的1%。以前用於冰箱和冷氣、噴霧罐，現仍在少數產業使用。



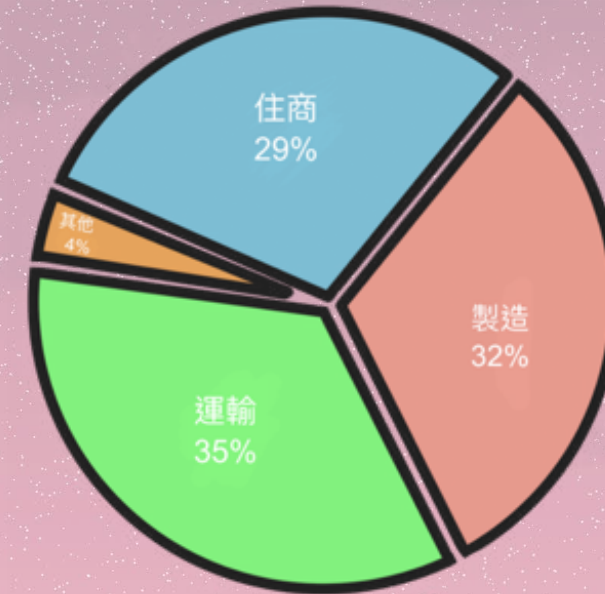
2.3 臺灣的溫室氣體

我國溫室氣體總排放量呈現逐年成長趨勢，直到2007年後成長才趨緩。2017年為2億9866萬公噸，27年間增加116%（環保署，2019）。若由各部門分攤電力消費的排放，則工業最多約占50%，能源、住宅、運輸、服務業都在12%左右，如圖六。

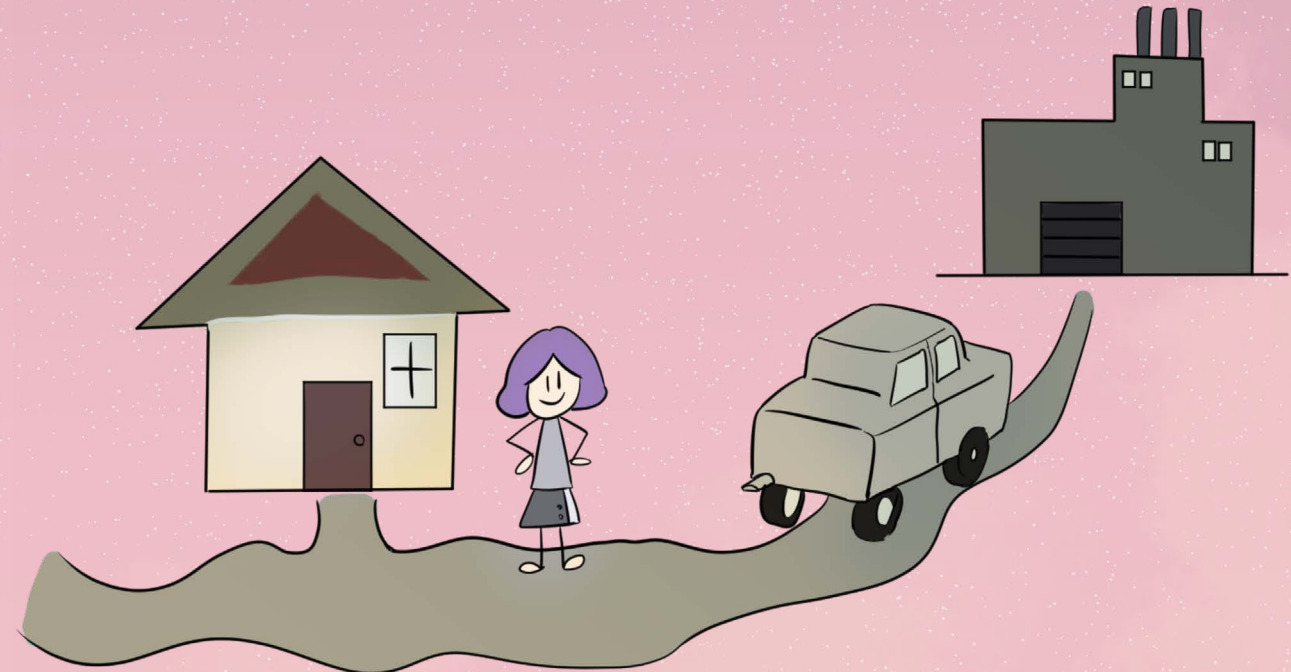


圖六 2018年CO₂排放占比
(部門分攤電力消費)

南投縣溫室氣體主要是運輸（35%）、製造（32%）、住商（29%）使用能源的排放。其它如廢棄物、農業、工業所占比例合計只有4%，如圖七。



圖七 南投縣溫室氣體主要來源



三、全球暖化的衝擊

氣候變暖的趨勢正在加快，而可觀察到的現象包括：極端氣溫更頻繁、乾旱增加、冰川融化、覆冰變小、全球海平面上升等（科博館，2020）。



3.1 全球熱浪

在臺北市，熱浪為連續5天氣溫高於 39.3°C 。嚴重的熱浪會造成農作物歉收，甚至數千人死亡，2003年的歐洲超級熱浪，曾導致約7萬人死亡。

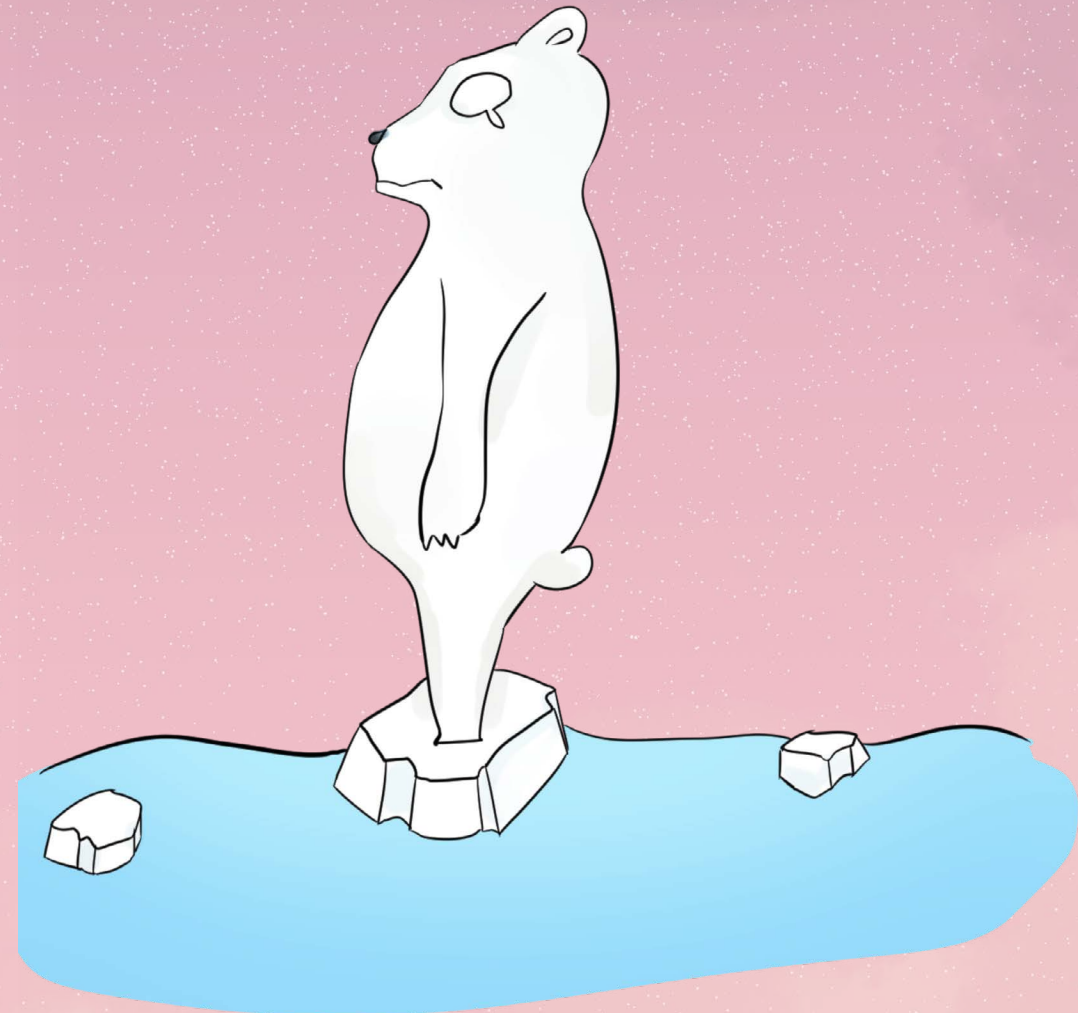
暖化讓熱浪的效果變大了。更多地區將面臨更熱、更頻繁、更久的極端熱浪。到了2040年，歐洲可能每年都會發生一次熱浪。



3.2 冰雪融化

全球暖化已經造成南北極冰川加速溶解。世界各地的高山冰河也都在縮小。奧地利冰川在2007年時，平均退縮超過22公尺，是全球暖化最明顯的效應之一（科博館，2020）。

觀察1979-2020年北半球海冰的面積變化，可以發現2002年後的面積都比平均值小。2012年更因為當年的高溫，造成海冰快速融解。



3.3 海平面上升

大氣暖化使海水因為溫度上升而膨脹，再加上陸地上的冰川融解後流入海洋，造成海平面上升。過去10年間，海平面平均每年上升0.32公分。海平面的升、降非常緩慢，但它的變化卻會使全世界的海岸線產生全面性的改變。

由於大部份的城市都在海邊，沿海的人口也超過內陸，在下一世紀我們可能難逃人類破壞大自然環境所造成的後果（范光龍，2012）。其實，我國在南太平洋的邦交國吐瓦魯由於地勢較低，已經面臨被海水淹沒的危機。



3.4 暴雨與乾旱

暖化改變了降雨時間分布，豪大雨強度明顯增加。在2015年發生豪大雨的時間，比1993年多110小時。

乾旱是指在相對廣闊的地區，長期沒有下雨，水分供應嚴重不足的現象。乾旱會對農業帶來巨大的損失，還會造成水資源短缺，使得沙漠化更嚴重，沙塵暴增加。

受到地球暖化影響，近50年來，臺灣連續5天不下雨的情形愈來愈多（林彗等，2014）。



3.5 生物多樣性消失

若不積極因應氣候變遷，超過一半的野生動植物，可能因溫度上升而在本世紀末面臨滅絕。若控制在升溫 2°C ，仍有25%野生物種將消失。

不只陸地，海洋也無法倖免。海洋攝入大氣中的二氧化碳後，會產生海洋酸化的現象。海洋酸化會對許多海洋生物產生影響，例如加速珊瑚白化（葉晏如，2013）。

氣候變遷還可能改變物種的分布範圍，最後影響生物多樣性。比較1992年與2006年在玉山國家公園的調查，3500公尺以上山區的鳥類有6種往高海拔遷徙（李培芬，2008）。鮭魚是冷水魚類，必須生長在水溫 16°C 以下的溪流中。童慶斌、楊奕岑（2006）研究發現：暖化後，櫻花鉤吻鮭的棲息地將縮減一半。



四、解決方法

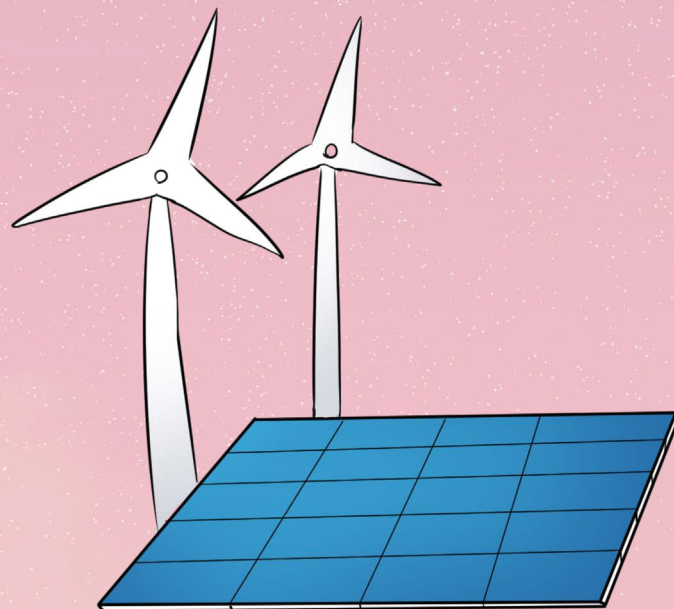
為了減少氣候變化的影響，各國提出「減緩」和「調適」兩個策略。「減緩」是減少溫室氣體的排放。「調適」是在氣候變遷的衝擊無法避免的狀況下，思考會有哪些天災發生？並對這些災害做出相對應的防範措施（邱一庭，2018）。

4.1 政府做了什麼？

我國2016年制定《溫室氣體減量及管理法》，規定2050年溫室氣體排放量要降至2005年的50%以下。

2020年前的「減緩」措施與目標如下：

- (一) 能源：2025年擴大再生能源發電（太陽光電、風力發電等）占比達20%。
- (二) 製造：輔導產業減少生產時的排碳量。



- (三) 運輸：提升公共運輸，目標2020年較2015年成長7%。推廣電動車輛，2018-2020年推廣12.1萬輛電動機車。

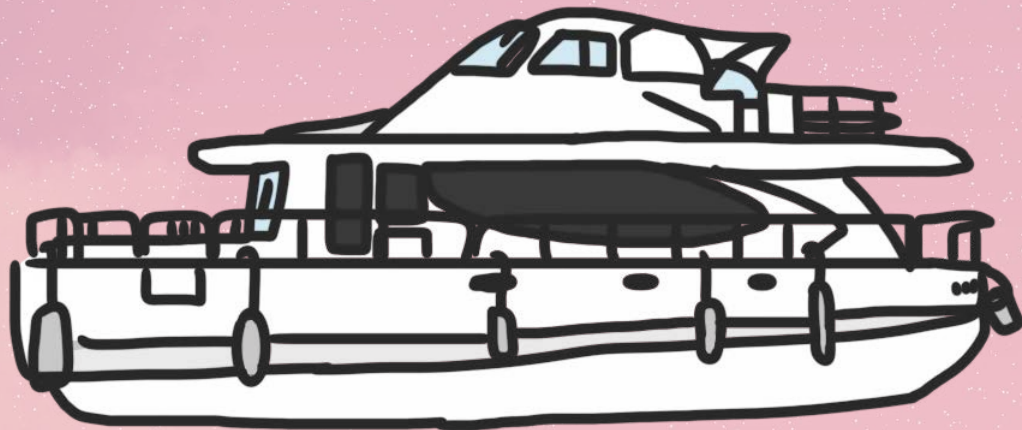


- (四) 建築：提高建築外表節能，目標2020年標準較2016年提高10%。改善用電效率，2020年公共建築較2015年省電5%。
- (五) 農業：2025年推動友善耕作達22,500公頃（相當3個南投市大小）。2030年畜牧場沼氣發電達75%（預估約375萬頭）2016至2020年累計造林3,636公頃（接近5個日月潭大小）。
- (六) 環境：從垃圾掩埋場及廢水廠回收甲烷（瓦斯）。目標2020年全國污水處理率達60.8%。



南投縣依地方特性規劃執行方案，計畫在109年達成下列目標：（南投縣政府，2019）

- （一）能源：每年申請52張再生能源憑證；完成1,500戶綠能屋頂裝置申請。
- （二）製造：汰換老舊工業鍋爐59座。除了可以降低溫室氣體排放量1,100公噸，並可改善空氣品質。
- （三）運輸：提升市區客運量至每年12萬人；新購電動船1艘；淘汰二行程機車15000輛；增加電動機車1000輛；淘汰老舊柴油大車480輛；推動柴油大車加裝濾煙器13輛。



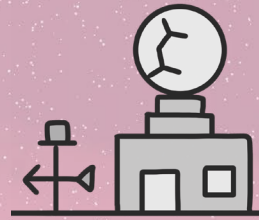
- （四）建築：執行節能輔導；補助節能設備，預計節電2%；輔導寺廟減少燃燒紙錢與燃放爆竹。
- （五）農業：推動養豬場沼氣再利用；推廣造林28公頃（相當3個南投高中的面積）；提供13萬株苗木；推廣稻草回收處理。



- （六）環境：辦理環境教育設施場所戶外學習；推行環境教育宣導列車；培訓環境教育志工；辦理環境教育種子教師研習。

政府進行調適內容有：

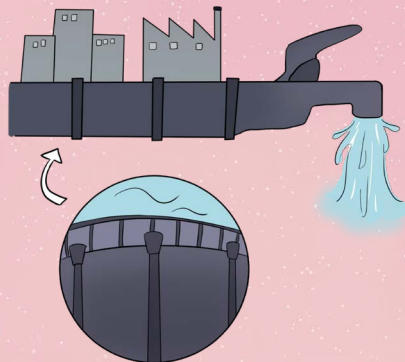
- (一) 災害：災害種類主要為洪水、坡地與海岸災害。調適的方法有：完成自動氣象站更新，提昇6小時內鄉鎮小區域豪大雨預報的能力，讓民眾獲得更精確的警報。



- (二) 維生基礎設施：維生基礎建設包含橋樑、道路、供水、輸配電及通訊設施。減少災害後基地台的損害，讓它可以抵抗更大災害，是調適方式之一。

- (三) 水資源：降雨型態的改變，提高了河川豐水期和枯水期的差異。建立再生水供水系統，補充自來水的不足，是調適的一種方式。

- (四) 土地利用：極端氣候，使得環境轉為脆弱，更顯現規劃土地使用的重要性。調適策略如：檢討都市計畫防洪、排水及滯洪等規定，讓洪水遠離社區。



- (五) 海洋及海岸：海平面上升可能造成國土流失。調適方法有強化海岸侵蝕地區的海堤等，防止海水入侵。

- (六) 能源供給及產業：受氣候變遷衝擊，企業的設施可能受到影響、能源需求可能變大。調適策略如：評估氣候對供電系統的影響。

- (七) 農業生產及生物多樣性：溫度升高，降雨不足，會影響農業生產及生物多樣性。調適策略有：培育耐病蟲害、耐乾旱、耐淹水及耐鹽害的農作物。

- (八) 健康：溫度上升，升高傳染性疾病的流行，也增加心血管及呼吸道疾病死亡率。政府調適行動包含進行高溫對身體產生的熱危害研究。

南投縣針對在地特性，因應氣候變遷推動各項低碳社區，達到人與自然和諧共處的永續目標。

推行低碳永續家園，全縣村里約有半數參與。成果如：埔里鎮藍城社區設置雨撲滿，並使用於公廁及公園植栽澆水，節省水資源；埔里鎮一新社區建立生態綠網，透過避難生態池保護珍貴稀有的台灣白魚，增加生物多樣性；草屯鎮新厝社區推動綠屋頂，設置屋頂農園，除了降低室內溫度，也可增加食材的來源。草屯鎮御史社區推動魚菜共生，不但降低室內的溫度，使用當地食材大幅減少碳足跡（南投縣環保局，2020）。

4.2 個人可做什麼？

個人可從日常的食、衣、住、行、育、樂做起：

食：一天不吃肉，可以減少排放4公斤的二氧化碳，蔬食可以減少二氧化碳的排放量。只吃在地生產食物，可以減少運輸產生的溫室氣體。

衣：新衣服代表能源和資源的消耗。有些衣物的來源是合成材料，其實就是石油製品。棉花雖來自土地，卻消耗了全球25%的農藥。因此舊衣回收是減緩暖化的行動。

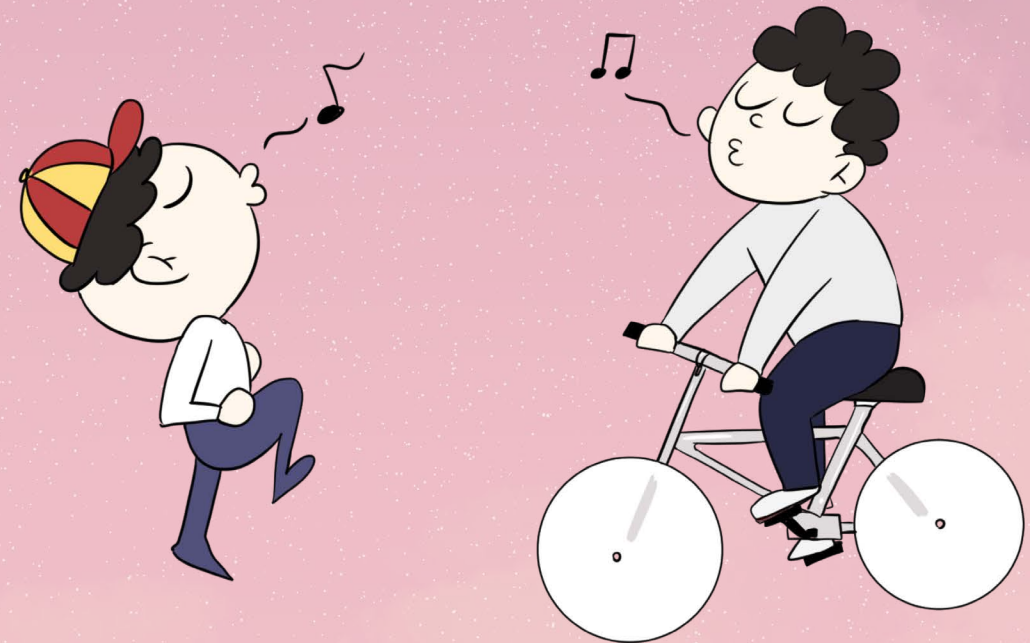
住：電器用品會消耗能源並製造二氧化碳。若使用節能標章或環保標章的產品、提高冷氣溫度設定、隨手關閉電燈、多利用天然採光及通風，將可以改善個人二氧化碳排放量。



行：騎乘自行車，不但能夠運動，也有節能減碳的效果。大眾運輸系統的每人碳排放量遠低於個人駕駛的小汽車；推動共乘也是很好的減碳手段。

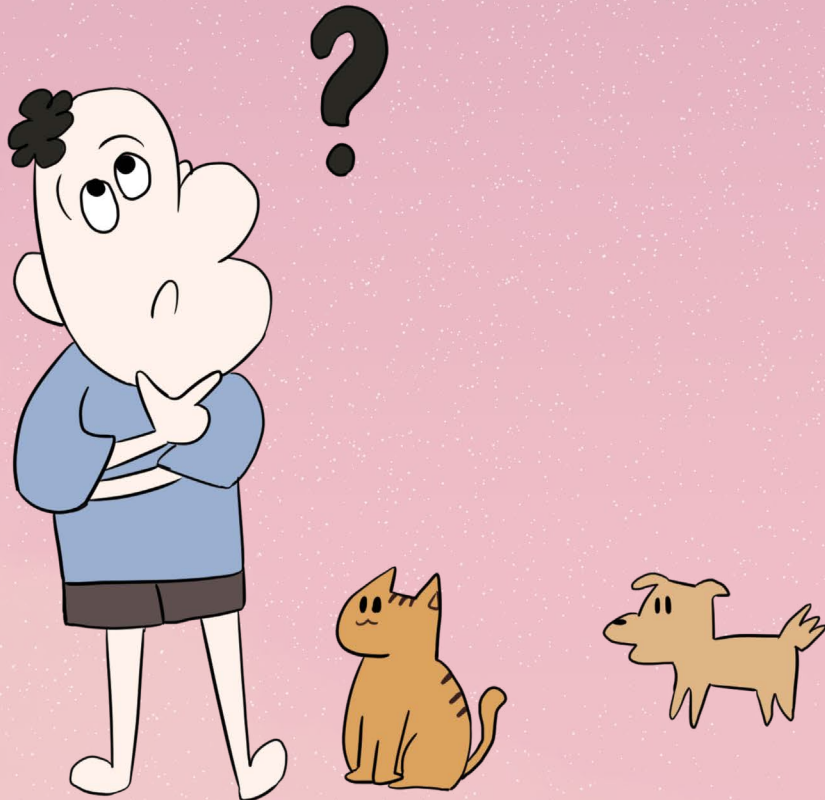
育：參與並推動節能減碳活動，讓每個人都能了解節能減碳的觀念。

樂：選擇大眾運輸型式的在地休閒活動，減少油料消耗；若出國旅行，多選擇直飛的飛機以降低二氧化碳排放量。



問題討論

1. 近年來氣候異常的現象有哪些?
2. 全球暖化可能造成那些生物消失?原因為何?
3. 臺灣因氣候變化所產生的問題有哪些?
4. 提出可以幫地球退燒的妙方?
5. 因應全球暖化，如何在日常生活中減碳？



延伸閱讀

1. 加藤久仁生；平田研也，《積木之家》，張老師文化
2. 珍·戴維斯·沖本；耶利米·崔梅爾，《北極熊搶救家園》，幼獅文化出版
3. 汪菁，《地球發燒了》；白象文化出版
4. 安德魯·德翰，《浮冰上的小熊》；維京出版
5. 山本敏晴，《日漸沉沒的樂園－吐瓦魯》；天下雜誌出版。
6. Nicola Jane Francis，《The Gigantic Change》，<https://thegiganticchange.com/#watchthe film>.

參考文獻

- 中央氣象局(2020)，全球暖化與氣候變遷。
https://www.cwb.gov.tw/V8/C/C/Change/change_1.html
- 自然科學博物館(2020)，全球暖化。
<http://edresource.nmns.edu.tw/ShowObject.aspx?id=0b81aa7caa0b81d9f9f80b81aa8ced>。
- 林琴、劉紹臣、林沛練(2014)，臺灣地區乾旱問題分析。103年天氣分析與預報研討會，A3-27，中央氣象局，臺北市。
- 邱一庭(2018)，暖化的科學(4)：碳循環。科技大觀園
<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sgV1.htm>
- 南投縣政府(2014)，南投縣氣候變遷調適計畫。
- 南投縣政府(2019)，南投縣溫室氣體管制執行方案。
- 南投縣環保局(2018)，107南投縣推動溫室氣體管制執行方案與強化低碳永續家園運作體系計畫。
- 南投縣環保局(2019)，108南投縣低碳永續家園建構推動計畫。
- 姜唯(2020)，研究：1950年代以來 全球熱浪天數不斷增加。環境資訊中心。
<https://e-info.org.tw/node/225553>

- 孫文臨(2020)，臺灣2019年均溫破紀錄 73來最高專家：氣候緊急時代來臨。環境資訊中心。
<https://e-info.org.tw/node/222390>
- 國發會(2014)，國家氣候變遷調適行動計畫(102-106年)執行成果報告。
- 陳文姿(2018)，政院訂六大部門三階段減碳執行方案 第一階段2020年減碳2%。環境資訊中心。
<https://e-info.org.tw/node/215466>
- 經建會(2012)，國家氣候變遷調適政策綱領(修正)
- 葉晏如(2013)，海洋酸化的威脅。科技大觀園。
<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sZDm.htm>
- 臺灣國家公園(2020)，全球暖化。
<https://np.cpami.gov.tw/%E7%9F%A5%E8%AD%98%E5%AD%B8%E7%BF%92/%E5%85%A8%E7%90%83%E6%9A%96%E5%8C%96.html>。
- 環保署(2018)，2018年中華民國溫室氣體國家報告。
- 環保署(2019a)，2019年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告。
- 環保署(2019b)，國家氣候變遷調適行動方案核定本(107-111)。
- 環保署(2020a)，2020年國家氣候變遷調適行動方案年度成果報告摘要

環保署(2020b)，氣候變遷介紹。

https://ccis.epa.gov.tw/Know/Detail_Sub_Sub

Center for Climate and Energy Solutions(2020),
Climate Basics for Kids.

<https://www.c2es.org/content/climate-basics-for-kids/>

NASA(2020), What is Climate Change?

<https://climate.nasa.gov/>

National Geographic Kids(2020), What Is Climate Change?

<https://www.natgeokids.com/uk/discover/geography/general-geography/what-is-climate-change/>

National Geographic(2020b), Global Warming.

<https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/global-warming/>

NOAA(2020), Climate Change and Variability.

<https://www.ncdc.noaa.gov/climate-information/climate-change-and-variability>.

發行者:方信雄

發行所:南投縣政府環境保護局

地址:南投市中興路660號

策劃:張宗義、葉暎庭

編輯:大葉大學環境教育中心

繪圖:陳楚云

美編:陳楚云

