教師手冊

**能源供給及產業**

|  |  |
| --- | --- |
| **作者：** | **中正國小/薛靜婷教師、東華大學自然資源與環境學系/詹智婷助理** |
| **文字編輯：** | **葉奕辰、李采茵、葉宜佳** |
| **美術編輯：** | **陳立瑜** |
| **審定：** | **東華大學/梁明煌副教授、東華大學/張成華助理教授、慈濟大學/張永州講師** |
| **計畫名稱：** | **國民小學氣候變遷補充教材及教師手冊開發暨編撰計畫** |
| **計畫主持人：** | **東華大學/楊懿如副教授** |
| **計畫執行單位：** | **國立東華大學自然資源與環境學系** |
| **計畫補助單位：** | **教育部資訊及科技教育司環境及防災教育科** |
|  |

**壹、導論**

由於全球經濟快速發展，依賴化石燃料提供能源應付生活所需，也造成能源及化石燃料的消耗大量增加，使得全球碳循環遭到破壞，造成全球暖化使得地表溫度上升，而導致各國因氣候變遷不同領域或部門的衝擊。世界各地嚴重的洪旱災，糧食由於天災和氣候的影響，將嚴重欠收，而乾旱造成水資源的匱乏，對人類而言，生存環境越來越嚴苛，氣候難民也隨之而生。

隨著全球氣候變遷與溫室效應的影響日益明顯，如何因應氣候變遷的衝擊，達成自然系統的穩定平衡，以確保國家安全與永續發展，乃是當前必須面對且應積極解決的挑戰。聯合國及各國政府與非政府組織即著手研擬各種不同類型之減緩策略，包括：節約能源、提高能源效率、開發新興與再生能源、發展溫室氣體減量技術等減緩與調適已同為當前各國政府因應氣候變遷威脅的兩大重要策略。

目前能源管理的趨勢，有三個面向：節約能源、提高能源使用效率、開發新能源。依此三個面向來引導學生理解如何處理能源問題，在本教學活動「能源管理大富翁」學生自行設計與參與玩樂過程中，可讓學生發現能源管理及能源供給對產業的影響，也能明白日常生活食的種種與產業的關連，期許學生追本溯源深思後，能對「能源」國家政策有更多的慎重討論，對「能源」使用的日常瑣事有更多的謹小慎微！

**貳、導讀**

全球暖化與氣候變遷早已是各國最重視的問題，根據IPCC（政府間氣候變化專家委員會）於2007年公佈的評估報告顯示，地球年平均溫度逐年上升已是不爭的科學事實，熱浪來襲、冰原溶解、海平面逐漸上升，洋流變遷、南極臭氧層破洞擴大，雨林消失、生物滅絕、強烈風暴威力驟升，種種由於氣候暖化在世界各地所導致的異常現象，衝擊著人類的生存環境和自然生態的永續。

**一、氣候變遷下能源供給及產業的衝擊與挑戰**

1. **降雨量變化所導致的旱澇災害之產業損失**

氣候變遷可能提高發生旱澇之機會，旱災時廠商與自來水公司都需要額外支出鉅額成本，主要衍生自製程改變、訂單移轉、交貨延誤及購水支出、趕工成本增加等。水災會使得工廠、機器設備、原料與成品淹水，需支付復原、重建或更新之成本。

1. **都市熱島效應所導致之空調系統裝置成本、操作成本及節約能源投資增加**

就製造業而言，空調系統耗能，應屬動力類以外佔比最高的耗能系統。非製造業之能源查核結果，除了特殊建築物類型外，航空站、醫院、研究機構、旅館、辦公大樓、政府機關、複合式商場、百貨公司、展覽館、學校及電信網路機房等建築物分類，空調設備耗能佔比均達40%以上。

1. **地質災害敏感地區及洪泛區範圍內的電力、油氣供應設施之安全威脅**

以台電公司為例，近年來前10大輸電線路災害案例中，因強風襲倒鐵塔的事件有4件，土石流1件、龍捲風捲起雜物碰觸高壓線路1件。

1. **整體能源供需平衡的影響**

就能源供給而言，氣溫上升顯著影響發電廠之運作，而海水溫度上升，使冷卻水效率下降影響發電效率。就能源需求而言，由於高溫持續時間更長，夏季空調系統用電會明顯上升，造成用電吃緊。

**二、因應氣候變遷下我國能源政策**

我國能源主要仰賴化石能源，化石能源占我國能源達91.3%，因此為了加速調整我國的能源結構，以因應氣候變遷，政府通過「永續能源政策綱領」，透過加速發展綠能產業，增加再生能源產量，取代化石能源使用。依永續能源政策綱領，永續能源的發展應兼顧3E（能源安全、經濟發展與環境保護），並確保能源的穩定供應，提高自主能源，進而提升能源安全。具體而言，要由能源供給面的『淨源』，與需求面的『節流』做起。

**(一) 在淨源方面，包括提高能源的效率、綠能產業與核能的發展：**

1. 擴大推動節能技術服務，提高能源使用效率，並積極發展無碳再生能源，加強宣導能源管理與效率提升，鼓勵民眾參與。

2. 針對我國已具規模、並處於快速發展階段的綠能產業，如太陽光電、LED照明產業，依其特性與潛力，訂定發展策略加以扶植。

3. 增進能源的多元化，將核能納入考量，推廣核能教育與資訊透明化，提升發電安全並解決廢棄物處置問題。

4. 促使能源價格合理化，短期能源價格反映內部成本，如能源稅、碳稅，中長期以漸進方式合理反映外部成本。

**(二) 在節流方面，推動各部門實質節能減碳的措施：**

**1. 產業部門：**

（1）促使產業結構朝高附加價值及低耗能方向調整，使單位產值碳排放密集度於2025年下降30%以上。

（2）核配企業碳排放額度，賦予減碳責任，促使企業加強推動節能減碳產銷系統。

（3）輔導中小企業提高節能減碳能力，建立誘因措施及管理機制，鼓勵清潔生產應用。

（4）獎勵推廣節能減碳及再生能源等綠色能源產業，創造新的能源經濟。

**2. 運輸部門：**

（1）建構便捷大眾運輸網，減緩汽機車使用與成長。

（2）建構「智慧型運輸系統」，提供即時交通資訊，強化交通管理功能。

（3）建立人本導向，綠色運具為主之都市交通環境。

（4）提升私人運具新車效率水準，於2015年提高25%。

**3. 住商部門：**

（1）強化都市整體規劃，推動都市綠化造林，建構低碳城市。

（2）推動「低碳節能綠建築」，全面推行新建建築物之外殼與空調系統節能設計與管理。

（3）提升各類用電器具能源效率，於2011年提高10%~70%，2015年再進一步提高標準，並推廣高效率產品。

（4）推動節能照明革命，推廣各類傳統照明器具汰換為省能20~90%之高效率產品。

**4. 政府部門：**

（1）推動政府機關學校未來一年用電用油負成長，並以2015年累計節約7%為目標。

（2）政策規劃應具有「碳中和（Carbon Neutral）」概念，以預防、預警和篩選原則進行碳管理。

**5. 社會大眾：**

（1）推動全民節能減碳運動，宣導全民朝「一人一天減少一公斤碳足跡」努力。

（2）從中央、地方政府到鄉鎮村里，自機關學校到企業及民間團體，發揮組織動員能量，推動無碳消費習慣，建構低碳及循環型社會。

**三、認識我國能源**

經濟部能源局2008年能源統計手冊記載，我國目前供應端的能源結構，主要仍以化石能源為主，例如，煤及煤產品（32.42%）、原油及石油產品（49.46%）和天然氣（9.42%）等。然而化石能源的使用已為溫室氣體的主要排放源，由於溫室氣體的排放已被全球認定為氣候變遷的主因，目前再生能源和低碳能源則被視為無污染的永續能源，為了永續發展與能源安全，所以開發新能源是我們刻不容緩的目標。

綠色能源又稱為潔淨能源，該能源包括可再生能源及低碳能源，其最大特點是較不會造成環境污染。 狹義的綠色能源是對環境友善的再生能源，主要可分為七大類，分別為太陽能、風能、地熱能、水力能、生質能、氫能及海洋能等。廣義的綠色能源則包括在能源的生產，以及消費的過程中選用對生態環境低汙染的能源，如水、天然氣、淨煤及核能等。

綠色能源產業是專門解決環境污染、以節約能源和替代性能源的相關技術與產業。因此太陽能、LED照明、風力發電、生質能源、新燃料電池和油電混合汽車以及污水處理等皆是綠能產業的範圍。

**(一) 再生能源**

台灣四面環海，適合發展海洋能，尤其是沿著東海岸有深達數千公尺的海溝，下面寒冷的海水，配合上面流過的溫暖黑潮，是世界上絕無僅有的最佳海洋溫差發電場所。而由菲律賓北上經過綠島、蘭嶼流過龜山島至琉球的黑潮，經年累月以寬達100公里及每秒1公尺的穩定流速，為台灣的海流發電帶來無窮潛力。

在地理位置上，嘉義剛好有北迴歸線經過，使得台灣同時具有豐沛的太陽能，太陽能包括太陽熱能和太陽光電能，前者在國內發展已臻成熟，普及率高達5％，位居全球前茅，而後者更是台灣綠能產業的生力軍主力，每年產值有新台幣1千億元之多。

每年東北季風下來，使得台灣海峽就像一個快速風道，加上西部沿海連綿一大片的淺灘，深具離岸式風力發電的潛能，尤以澎湖地區，風力常年高達每秒7公尺以上，加上風力發電成本幾乎可與傳統發電方式相抗衡，使得離岸式風力發電成為目前新興能源技術的主流。

在各種再生能源當中，生質能所占的比例最大，除了人們日常生活的垃圾提供固態廢棄物生質能之外，在能源作物方面，不會產生糧食危機的生質能作物趁勢而起，例如油藻和纖維素，前者可生產生質柴油，後者可製造生質酒精，兩者都是可取代石油的先進生質燃料，且台灣西海岸長達400多公里並都是淺灘，適合培養油藻等生質料源；再者，國內目前廢耕農地廣大，加上林地眾多，具有種植纖維素相關能源作物的潛力。另外，台灣剛好位於歐亞板塊和菲律賓板塊交接處，也是環太平洋火山系列的一部分，由目前菲律賓、日本和印尼等鄰國的地熱發展盛況，可知台灣的地熱發展潛力不應小覷。

**(二) 低碳能源**

低碳能源包括：核能、再生能源與淨煤，其中，核能技術最成熟，但是具有核廢料與核安的疑慮，再生能源具乾淨無污染、取之不盡用之不竭之特性，然而供應不穩定、能源密度低且成本高，煤炭蘊藏豐富建廠迅速價廉，可是，污染性高，有待淨煤技術的突破。上列3者各有其優缺點，因此，本文所探討的未來規劃策略之一是取其所長均衡發展，例如：解決核廢料問題，突破技術以降低再生能源發電成本，發展複合式氣化技術（IGCC）和碳捕捉與封存技術（CCS），讓此3項低碳能源項目成為國家的主要能源結構要素，預估至2050年時，全國發電總裝置容量達100GW的情況下，3者裝置容量將分居30GW，占比各約30％。

**1. 核能扮演要角**

目前，核能發電是能源產業解決溫室氣體排放窘境的最直接手段，加上發電成本低廉、燃料能源密度高、燃料供應源穩定、發電量龐大穩定而可當作主要基載等優點，使得目前全世界積極興建核能電廠和開發核能技術，開發中國家如中國和南韓在未來10年內，將建造3、40座新的核能電廠，而已開發國家如日本，也將增加核能供電比例至40％以上，這些國家增加核能能源結構比例的著眼點，完全在於核能的能源安全、產業經濟及永續經營等重大議題上的效益遠遠超過其相對微小缺點，例如核廢料和核安，況且這些缺點都是人為因素。在全面顧及國家利益與人類福祉下，加重核能比重是不可逃避的趨勢。

**2. 燃煤發電與淨煤技術**

美國和中國，燃煤發電幾乎是全球主要國家能源結構首項，在台灣也不例外。依據2008年能源局的統計資料，燃煤發電的裝置容量為17.9GW，占比為38.5％，而年發電量為124TWh，占比為52.0％，由如此高的供給比率效益與發電量比率，可知燃煤發電在台灣能源結構裡的比重是如何的重大，燃煤如此受重用的原因在於煤炭是全球蘊藏最豐富的初級能源，依目前使用速率，可供人類再使用131年，但問題是，燃煤發電也是全球溫室氣體的最主要排放源，如果依照燃煤發電每度電產生0.9公斤二氧化碳的比率換算，台灣每年因燃煤發電產生的二氧化碳高達112Mt，幾乎為全國二氧化碳年排放量的二分之一。

在如此高能源結構比例與溫室氣體排放比例下，淨煤技術與淨煤發電廠遂成為目前最熱門的能源議題。淨煤技術包括複合式氣化技術（IGCC）和碳捕捉與封存技術（CCS），其主要是在高溫和富氧狀態下將固體煤炭氣化燃燒，產生高濃度的二氧化碳，以易於捕捉，然後運送與儲存。IGCC電廠效率約達60％左右，其排放的二氧化碳可全數回收。估計在2018年技術成熟後，如果開始以每年約0.6GW建場速度，逐步汰換現有的燃煤電廠，至2050年可以完全取代之。

**四、節能減碳很簡單-隨手做得到**

**(一) 介紹家庭電費單**

介紹電費收據的1. 本月用電電費；2. 省電比率（%）較去年同期（度）；3. 用戶當地CO2排放量；4. 基本折扣競賽折扣。

**(二) 認識電費累進五級電價**

夏月指6月1日至9月30日。

**圖1：電費調整表。**

**(三) 認識節能標章、效率級數**

能源局表示，為使產品的能源效率及年耗能量更加易於辨識，讓民眾選購時能清楚比較各產品的省能效益，特於99年7月1日起推動「能源效率分級標示」（圖2）制度，選定冷氣機、電冰箱、汽車、機車等4項產品做為首波推動項目，並且在100年3月1日與7月1日陸續新增推動除濕機與安定器內藏式螢光燈泡（俗稱省電燈泡）之能效分級標示，強制廠商於產品展示機或本體上張貼能源效率分級標示圖示，圖示上除清楚載明各產品能源效率值及年耗能量等資訊外，更以「溫度計」來象徵能源效率的等級，溫度計下方為地球，愈接近地球的能源效率等級越小，代表產品為造成溫室氣體排放量較低之環境友善節能產品，反之則為造成溫室氣體

**圖2：能源效率分級標示。**

排放量高之高耗能產品。若民眾選購標示能源效率等級數較低的產品，可比標示等級較高的同類產品更為節能省電，舉例說明如下：

**1. 冷氣機：**第一級產品較第五級，每台可省約37%耗電量。

**2. 電冰箱：**第一級產品較第五級，每台可省約40%耗電量。

**3. 汽車：**第一級產品較第五級，每輛可省約30%耗油量。

**4. 機車：**第一級產品較第五級，每輛可省約30%耗油量。

**5. 除濕機：**第一級產品較第五級，每台約可省約28%耗電量。

**6. 省電燈泡：**第一級產品較第五級，發光效率提升約30至40%，以家庭燈具搭配一般23瓦省電燈泡為例，使用第一級產品4顆約相當於使用第五級產品6顆的總輸出光量，約可省33%之耗電量。

能源局強調，前述節能標章及能源效率分級標示2種制度相輔相成，將可有效引導消費者辨識高能源效率產品，並鼓勵民眾於選購時，除考慮品牌、價格等因素外，更應優先考慮產品的節能效益。建議可選用節能標章認證產品，或依據能源效率分級標示仔細比較產品的效率及耗電量，以選擇耗能較少的產品。

**(四) 生活節能**

 ● 照明器具節能方法

1. 多利用自然採光，減少照明用電。

2. 將老舊螢光燈管（T8、T9型）替換成高效率螢光燈管（T5），可節約用電。

3. 日光燈管不宜隨手關燈以減少開開關關燈管的耗損，開啟時之耗電，除非離開半小時以上。

4. 選購貼有「**節能標章**」的燈管，光源效率較高。

5. 螢光燈管長的比短的省電，直的比彎的省電。

 ● 冷氣機節能方法

1. 少開冷氣機或適度的使用空調，冷氣機溫度設定在25-28度，搭配電扇解暑就能節約不少的電力。

2. 每兩週清洗一次濾網，空氣濾網太髒時，容易造成電力浪費。

3. 冷氣每調高1度，就能節省6%的耗電量。

4. 使用中避免冷氣外洩，配合窗簾阻擋陽光射入，冷效好。

5. 睡眠溫度設定在26℃-28℃，以免過冷著涼。

6. 選購高 EER 值變頻式，效率高噪音少。 一般而言提高0.1就可節省4％冷氣機用電。（註） EER 值是能源效率比值，此值愈高即愈省電。它的定義是：冷氣機產生多少冷氣與用掉多少電力之比。

7. 冷氣機內避免使用高熱負載之用具，如熨斗、火鍋、炊具。

8. 選購貼有「節能標章」或「能源效率一或二級」的冷氣機。

 ● 電冰箱節能方法

1. 電冰箱放置應置於牆壁10公分距離才可以散熱。

2. 每開一次門，壓縮機需要運轉 10~20分，才能回冷，減少開門次數與時間，保冷又省電。

3. 計畫性適當採購，使食物放置仍有適當空隙（八分滿），冷氣流通食物保鮮。

4. 太熱的食物應該等冷卻以後才放進冰箱，較不會浪費電。

5. 冰箱溫度要調至「適冷」，不要長時間在「強冷」或「急冷」

6. 選購效率高的冰箱，EF值越高越省電。選購貼有「節能標章」或「能源效率一或二級」的電冰箱。

7. 要盡量減少冰箱門開關的次數及開門的時間，開一次冰箱，壓縮機會多運轉10分鐘，才能恢復冷藏溫度。

8. 選購適當容積電冰箱，應該依家庭成員每人60-80公升估算。

 ● 電視機節能方法

1. 長時間不使用時，請將插頭拔掉。

2. 電視機不要背對窗戶或面對窗戶，並避免太陽直射。

3. 電視機應離牆10公分以上，散熱好比較不耗電。

4. 選購具「節能標章」電視機較省電。

 ● 電腦節能方法

1. 選購貼有「節能標章」的電腦主機。

2. 將作業系統設定暫停5-10分鐘後，即可自動進入低耗能休眠狀態。

3. 工作完畢關閉電腦。

 ● 交通節能

1. 多搭乘大眾交通工具，或採共乘制，近程可步行或騎自行車，健身又省油。

2. 避免停車怠速，需長時間停車，將引擎熄火節省油料。

3. 小客車在市區行駛，維持時速40-50公里最省油。

4. 上高速公路時速在80-90公里比時速110省油20%。

5. 減輕車輛負載，節能省油。

**參、教學目標**

**一、教學目標**

**1. 了解什麼是能源。**

**2. 了解能源的供需。**

**3. 知道氣候變遷與能源供給及產業危機的關係。**

**4. 學會日常生活中能源問題的解決和能源議題的決策。**

**二、學科及氣候素養能力指標暨政策綱領連結**

能源使用與氣候變遷調適補充教材之主要教學對象是國民小學五至六年級，其相關學科連結及能力指標如下表：

**表1：學科連結及能力指標彙整。**

|  |  |
| --- | --- |
| 學習領域 次主題 | 能力指標 |
| 自然與生活科技領域 | 1-3-4-1能由一些不同來源的資料，整理出一個整體性的看法。1-3-4-3由資料顯示的相關，推測其背後可能的因果關係。1-3-5-4願意與同儕相互溝通，共享活動的樂趣。 |
|  411創意、設計與製作 | 2a.發現日常生活中常見的問題，並能依實際需求進行分辨。 |
|  512 資源的保育與利用 | 2a.知道地球資源有限。3b.體認自然景觀、水土等自然資源一旦破壞，極難恢復。4b.知道節能減碳的方法及效能。 |
|  513 能源的開發與利用 | a.知道什麼是能源，並認識日常生活中常用的能源(例如瓦斯與電能)。2b.覺察日常生活中常用的燃料(例如木炭、酒精、固態酒精、汽油、天然氣等)。3a.知道煤、天然氣、石油、核能、水力與太陽能為重要能源。3b.知道我國各種發電能源依賴進口的情況(例如火力發電、核能發電)，並蒐集有關我國各式發電廠、近年發電量及各種發電方式佔我國發電量的排序(火力、核能、水力)的資料。4a.體會可利用的能有多種形式(水力、風能、木材、核能……)，並能區分非再生性的能源(例如化石燃料與核能)與再生性的能源(例如水力與太陽能)。以及認識瓦斯、煤礦與汽油的性質，並透過小組活動討論油價調整對民生的影響。1a.體察日常生活中，節約能源的重要。2c.能養成節約能源的態度，不隨意浪費電、瓦斯。 |

能源使用調適補充教材，其相關政策綱領連結如下表（詳細內容請見附錄一）：

**表2：政策綱領連結彙整。**

|  |  |
| --- | --- |
| 政策綱領 |  |
| 衝擊與挑戰 | 4.整體能源供需平衡的影響 |
| 調適策略 | 1.建構降低氣候風險及增強調適能力的經營環境。3.掌握氣候變遷衝擊所帶來的新產品及服務。 |

能源使用調適補充教材，其相關氣候素養能力指標如下表（詳細內容請見附錄二）：

**表3：氣候素養能力指標彙整。**

|  |  |
| --- | --- |
| 氣候素養能力指標 |  |
| 2.氣候是地球系統組成部分間複雜相互作用的結果 | C.地球吸收或放射太陽能量的多寡是由地球大氣層及大氣中的成分來決定。天然大氣中少量的溫室氣體如水蒸汽、二氧化碳和甲烷等，對於熱能吸收與釋放的效能，比起存在天然大氣中較多的氮氣與氧氣，來的有效率許多。因此二氧化碳濃度的輕微增加對氣候系統會產生很大的影響。 |
| 4.氣候會透過自然與人為的過程產生時空的變化 | G.相對而言，從大氣中除去二氧化碳的自然過程，比現今將二氧化碳加入到大氣中的過程要緩慢許多。因此，現今大氣中的二氧化碳可能會持續留存幾個世紀之久。其餘的溫室氣體，包括人類所製造的部分，也將留存在大氣中數千年之久。 |
| 6.人類活動無時不刻影響著氣候系統 | A.相關的氣候科學研究一致表明，20世紀全球平均氣溫明顯上升的原因，非常可能是由於人類的活動，主要是由燃燒化石燃料所產生的溫室氣體濃度增加的結果。 B.從工業革命開始，大量燃燒化石燃料所排放的溫室氣體，已使得大氣中溫室氣體的濃度迅速的增加。這些被增加的溫室氣體將會在大氣中存留數百年之久才有可能被大氣本身的自然過程消耗掉，因此其所產生的暖化效應預計將持續到下個世紀。 E.科學家和經濟學家預測，全球氣候變遷將有正面和負面的影響。下個世紀如果升溫超過2〜3°C（3.6〜5.4°F），氣候變遷帶來的負面影響將遠遠超過其所產生的正面效益。 |

**肆、教學活動**

**一、活動名稱**：能源管理大富翁

**二、課程規劃**：教學規劃四節，共160分鐘

**三、教學建議**：

（一）本課程內容主要以補充教材形式進行設計，建議教學實施時間可以在環保教育宣導週、期末考後、彈性課程時間進行本課程內容之教學，或者將本課程融入自然與生活科技領域、綜合及健體等學習領域進行教學。

（二）本課程以氣候變遷調適教育為主軸，所以課程內容的機會卡設計，宜強調如何適應氣候變遷等正面思考，忌諱過多氣候變遷災難的陳述。

（三）教師宜在學生進行大富翁遊戲設計前，與學生充分討論日常生活中實際遇到的能源問題處理、國內時事中任何能源政策抉擇後果的正、反面評議。

（四）三節課不要連續著授課，第二節授課後，為了讓學生有充分時間完成遊戲設計，要隔幾天再進行第三節課的試玩。

**四、教學活動設計**

| **教學活動流程與說明** | **教學****時間** | **教學策略** | **領域連結與****能力指標** |
| --- | --- | --- | --- |
| 第一節【教學準備】電腦、單槍投影機、簡報檔、可畫棋盤的白紙、電費代幣、「氣候變遷命運」卡、「能源改良機會」卡、奇異筆、骰子、棋子。**備註：**棋盤、代幣、命運卡、機會卡內容等均由學生分組討論後自行設計繪製。**一、氣候變遷下能源供給及產業的衝擊與挑戰*** 降雨量變化所導致的旱澇災害之產業損失。
* 都市熱島效應所導致之空調系統裝置成本、操作成本及節約能源投資增加。
* 地質災害敏感地區及洪泛區範圍內的電力、油氣供應設施之安全威脅。
* 整體能源供需平衡的影響。

**二、因應氣候變遷下我國能源政策*** 在淨源方面，包括提高能源的效率、綠能產業與核能的發展。
* 在節流方面，推動各部門實質節能減碳的措施。

小叮嚀：詳文參考背景資料第二節**三、認識我國能源*** 我國國內目前使用的能源，只有1％是我國國內自己生產的能源，其他99％都是仰賴外國進口的能源，而即將用完的煤、天然氣、石油等化石能源就佔了75％，這種現象會發生哪些問題呢？我們要如何改善這種現象？衍生問題有：

 ● 化石能源使用為溫室氣體的主要排放源，由於溫室氣體排放已被認定為全球氣候變遷的主因。 ● 我國能源高度仰賴進口，且係來自政治不穩定的中東地區，這對台灣的能源供應安全是一大隱憂。* 介紹再生能源和低碳能源

**四、說明為何要節能減碳*** 根據專家的研究引起全球溫度上升的主要原因，來自人們活動所排放的溫室氣體，因此「節能減碳」是解決全球暖化最直接的做法。

**五、節能減碳很簡單-隨手做得到** ● 認識電費收據。 ● 認識電費累進五級電價。 ● 認識節能標章、效率級數。 ● 生活節能減碳。第三節**四、製作能源大富翁遊戲棋盤*** 以大富翁銀行遊戲為藍本，各組以白紙製作能源大富翁遊戲棋盤，如附件一，整個路徑形狀不一定要 方形，可設計成各種形狀，例如臺灣形狀表示該遊戲是針對臺灣能源管理、歐洲形狀則定調在歐洲。（備註:可給學生方形便利貼書寫棋盤每一格會遇見的事，可活動貼在棋盤上，當棋子停在這兒可進或退三步。)
* 分組討論21世紀能源問題對自然、社會、經濟的衝擊情形，將能源危機、氣候變遷厄運寫進命運卡，改善措施寫進機會卡，均須註明獎懲給電與失電（附件二），電費代幣亦由學生設計票值（附件三）。
* 提醒學生整個遊戲設計主軸有三：節約能源、提高能源使用效率、開發新能源取代化石能源。（備註：若在本節課未完成，請學生當成回家功課在課餘時間完成遊戲製作。）

第四節* 各組試玩遊戲、改遊戲內容。
* 讓學生討論遊戲要怎樣設計比較能讓大家了解「能源管理」的實務運作？
 | 共40分鐘20分鐘20分鐘共40分鐘15分鐘5分鐘20分鐘共40分鐘15分鐘25分鐘共40分鐘30分鐘10分鐘 | 教師講述 教師講述學生討論教師講述教師講述教師講述學生發表教師講述學生討論設計應用操作省思歸納發現 | 自512自513自5122a自5123a自5123b自513自4112a自5124b自5131a自5132c自4112a自5124b自5131a自5132c自411-3a自512自513 |

**學習單**

**附件一： 棋盤設計**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 空白棋盤

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 起點🡪 | 路徑內容自行設計 | 例如 | 違反公約 退回起點 |  |
|  |   命運卡 機會卡 |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |  |  |  |

 |

**附件二： 命運卡及機會卡設計**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 空白命運卡、機會卡

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 事件：獎懲： |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

 |

**附件三： 電費代幣設計（可有不同的計算方式。）**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 5度電 | 10度電 | 50度電 | 100度電 | 500度電 | 1000度電 |
| 5度電 | 10度電 | 50度電 | 100度電 | 500度電 | 1000度電 |

**伍、延伸閱讀**

**用於機會或命運問答的題卡～**

**一、節約能源的方式、如何提高能源使用效率**

**(一) 補充其他節能方法**

 ● 洗衣機節能方法

1. 衣物累積相當數量（八分滿）再洗滌，選擇最適當的清洗方式，省水、省電。

2. 先浸泡20分鐘，可提高洗淨效率，衣料損傷少。

3. 使用“適量”符合環保標章的清潔劑（肥皂絲、肥皂粉更佳）。

4. 一般衣物脫水3分鐘，尼龍衣物僅需1分鐘。

5. 台灣夏季酷熱衣料薄，應多利用自然晾乾，少用烘衣機；脫水時間1~2分，省電又不傷衣料。

6. 選購貼有「節能標章」之洗衣機

 ● 電鍋節能方法

1. 洗好泡過再煮，省時省電飯好吃（白米約泡20分鐘，五穀雜糧、糙米薏仁約1小時）。

2. 適量煮，現煮現吃又新鮮，不宜保溫太久，味差又耗電。

3. 電鍋之內、外鍋，底部常清洗，不積垢、傳熱佳又省電。

4. 適當使用保溫功能或配合使用燜燒鍋，既省電又省時。

 ● 吹風機

1. 它是一種電磁波洩漏大的家電用品，又靠近頭部使用，時間愈短愈好。

2. 台灣天氣熱又多暖冬，若使用毛巾擦乾再少量使用為宜。

 ● 除濕機節能方法

1. 使用除濕機時門窗要關好，以防室外濕空氣進入。

2. 空氣吸入口之濾網要常清潔，保持空氣循環暢通與潔淨。

3. 選購貼有「節能標章」或「能源效率一或二級」的除濕機。

4. 將除濕機放置在空氣流通的地方，避免放在死角造成氣流短路，達不到需要的除濕效果。

5. 長期不用時，將集水箱的水全部倒掉，清除過濾網灰塵，放在日光照射不到而且通風良好的地方，儲藏時不可將除濕機側置或倒置，以免損壞壓縮機。

 ● 機車節能方法

1. 採共乘或搭乘大眾運輸工具。

2. 定期保養，並注意排氣管是否有不正常積碳或大量油垢，經常檢查胎壓是否充足，以減少車輛之滾動阻力，胎壓不足易耗油。

3. 長時間停車應熄火。

4. 選購貼有「節能標章」或「能源效率一或二級」的機車。

5. 參考「車輛油耗指南」，選用燃油效率高的車輛。

 ● 其他

1. 洗菜水用來澆灌庭園裡的花草，節省用水。

2. 洗衣水用來沖馬桶。

3. 隨手關水、關燈。

4. 少吹電風扇和冷氣， 多吹大自然的風。

5. 電器用品不用時將插頭拔除。

6. 調整馬桶沖水量。

**(二) 社區具體節能減碳**

**1. 資源迴圈利用**

（1）綠色生產/綠色消費 （2）源頭減量/資源回收 （3）再使用及再生利用

（4）省水及污水回收再利用 （5）雨水貯留利用

**2. 綠色運輸**

（1）低碳運具推廣使用（2）電動車充電系統配套措施（3）自行道系統興建、串聯

**3. 環境綠化**

種樹、綠籬、花園綠美化

**4. 低碳生活**

（1）低碳宣導、教育及綠色消費 （2）節能減碳10大無悔措施

|  |  |
| --- | --- |
| 冷氣控溫不外洩：  | 少開冷氣，多開窗；非特定場合不穿西裝領帶；冷氣控溫26-28℃且不外洩。 |
| 隨手關燈拔插頭：  | 隨手關燈關機、拔插頭；檢討採光需求，提升照明績效，減少多餘燈管數。 |
| 節能省水更省錢：  | 將傳統鎢絲燈泡逐步改為省電燈具，以淋浴代替泡澡，省電、省水又省錢。 |
| 綠色採購看標章：  | 選購環保標章、節能標章、省水標章及EER值高的商品，節能減碳又環保。 |
| 選車用車助減碳：  | 選用油氣雙燃料、油電混合或電動車輛或動力機具，養成停車就熄火習慣。 |
| 每週一天不開車：  | 多搭乘公共運輸工具；減少一人開車騎機車次數；每週至少一天不開車。 |
| 鐵馬步行兼保健：  | 多走樓梯，少坐電梯，上班外出常騎鐵馬，多走路，增加運動健身的時間。 |
| 多吃蔬食少吃肉：  | 愛用當地食材；每週一天或一日一餐蔬食；吃多少點多少，減少碳排量。 |
| 自備杯筷帕與袋：  | 自備隨身杯、環保筷、手帕及購物袋；少喝瓶裝水；少用一次即丟商品。 |
| 惜用資源顧地球：  | 雙面用紙；選用再生紙、省水龍頭及馬桶；不用過度包裝商品；回收資源。 |

**5. 低碳建築**

（1）綠建築 （2）綠建材

**二、潔淨能源（包括可再生能源及低碳能源）的定義與各類能源的簡介**

潔淨能源ㄧ詞譯自英文clean energy，其涵蓋的能源種類頗多。可再生能源、核能、以及潔淨煤炭與潔淨天然氣都屬於潔淨能源。其中，煤炭與天然氣係化石燃料，在其燃燒過程中產生的二氧化碳若加以捕獲及封存，這兩種能源即可歸類為潔淨能源。

 ● 太陽能

　　太陽能的供應源源不斷，是一種非常清潔的能源，不會引起污染，更不會耗盡自然資源或導致全球溫室效應。太陽能的科技，應用甚廣。例如太陽能的計算機、手錶，在市面上很普遍。

 ● 水力能

　　用水力進行發電，是以人工方法，引導水流以高速度衝擊水輪機，帶動水輪機和發電機的旋轉， 從而產生電力。 因此，一般在水電站的上游，建造攔河壩和蓄水庫，積蓄水量，提高落差（水頭）。

 ● 風能

　　風力發電的原理，是利用風力帶動風車葉片旋轉，透過增速機將旋轉的速度提升，來促使發電機發電。

 ● 生質能

　　生質能資源，主要是農業廢棄物及農林產品加工業廢棄物、薪柴、人畜糞便、城鎮生活垃圾等四個方面。目前生物能的開發應用主要在三方面：

1. 在農村建立以沼氣為中心的能量物質循環系統。

2. 建立以植物為能源的發電廠。

3. 種植甘蔗、木薯、海草、玉米、甜菜、甜高粱等，既有利於食品工業的發展，植物渣又可以製造酒精以代替石油。

 ● 地熱能

　　地熱是來自地球深處的可再生熱能；它來自地球的岩漿和放射性物質的衰變。這種熱能的儲量相當大，但是開發不易，且受地質條件的限制。

地下水的在地殼內循環，或深處的岩漿侵入到地殼後，會把熱量從地下深處帶至近表層。在有些地方，熱能會隨著湧出的熱蒸汽或熱水而到達地面。

 ● 海洋能(潮汐能)

　　通常在海灣或河口地區，圍築蓄水池，在圍堤適當地點，另築可供海水流通之可控制閘門，並於閘門處設置水輪發電機，漲潮時海水經由閘門流進蓄水池，並推動水輪機發電；退潮時海水亦經閘門流出，並推動水輪機發電。波浪發電，是將波浪之動能轉換成電能。

**陸、參考資料**

**期刊書籍**

行政院經濟建設委員會。2012。國家氣候變遷調適政策綱領。

**網路資訊**

1. 能源教育資訊網http://energy.ie.ntnu.edu.tw/

2. 國中小能源科技教育推動中心網http://etis.hlc.edu.tw/imain3.asp?id=511

3. 節能標章全球資訊網http://www.energylabel.org.tw

4. 節約能源園區http://www.energypark.org.tw/news/news/upt.asp?onYear=2013&onMonth=7&onDate=2013/7/16&p0=546

5. 節能標章網站http://www.energylabel.org.tw/adv2011\_savingPhoto/down/list.asp

6. 節約能源園區電子刊物平台。家庭節約能源寶典http://ebook.energypark.org.tw/book/content.php?id=1

7. 經濟部能源局http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/home/Home.aspx

8. 經濟部能源局--能源報導 哥本哈根會議後的全球氣候政治趨勢-台灣低碳能源結構淺談http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=201002&Page=30

9. 環保署綠色生活網http://ecolife.epa.gov.tw/Cooler/default.aspx

10. 行政院環境保護署。我國調適策略http://www.epa.gov.tw/ch/artshow.aspx?busin=12379&art=2009011711401204&path=12418

11. 吳榮華。能源安全與氣候變遷。國立成功大學資源工程學系www.econ.tku.edu.tw/introd/981230/wu.doc

**圖表來源**

圖1**：**節約能源園區電子刊物平台 家庭節約能源寶典http://ebook.energypark.org.tw/index/index.php

圖2**：**節能標章網站http://www.energylabel.org.tw/adv2011\_savingPhoto/down/list.asp

## 附錄一、國家氣候變遷調適政策綱領摘錄

一、序言

氣候變遷對於我們生活的影響是全面性的，無論是自然生態、經濟、社會、政治、文化各方面，衝擊深入且無可逃避。氣候變遷的治理必須考慮其獨特性，氣候是全球與跨代的公共財（public goods），也是全球當代人及後代人共同擁有的財貨（commons）。衝擊超越國家與地理界限，全面性「人類安全」議題，具高度不確定性。氣候變遷已經來到，越晚調適，付出的成本越高。

二、氣候變遷

由於大氣中的溫室氣體（greenhouse gases，包括水蒸氣（H2O）、臭氧（O3）、二氧化碳（CO2）、氧化亞氮（N2O）、甲烷（CH4）、氫氟氯碳化物類（CFCs，HFCs，HCFCs）、全氟碳化物（PFCs）及六氟化硫（SF6）等）濃度升高，造成地球氣溫提高，進而引發各種氣候變遷，造成全球環境與社會經濟系統的衝擊。

在二十世紀期間，地球大氣中二氧化碳濃度已經升高30%，造成地球表面的溫度升高0.7℃。

就全球尺度而言，人類大量使用化石能源是造成氣候變遷最重要的因素；就區域及地方尺度而言，都市化與土地使用變遷也是相當重要的因素。氣候變遷造成全球水文循環改變，降雨與蒸發散的強度升高，且下雪的機會變少；在氣溫方面，地球升溫造成熱浪發生機會升高，部分地區將變得更乾旱；熱帶氣旋發生的機會升高，加上全球海平面上升，可能造成嚴重的災害。

三、減緩與調適

**圖1：氣候變遷減緩與調適作為示意圖。**

自溫室效應被發現且由科學家提出警訊至今，聯合國及各國政府與非政府組織即著手研擬各種不同類型之減緩策略，包括：節約能源、提高能源效率、開發新興與再生能源、發展溫室氣體減量技術等；然而全球暖化和氣候變遷的趨勢，已非靠人類減少溫室氣體排放所能避免。如何透過社會與經濟發展模式的調整，使人類能夠適應氣候變遷所造成的影響，在極端天氣事件與暖化效應下，持續謀求生存、生活與發展，是與減緩同等重要的工作。減緩與調適為當前各國政府因應氣候變遷威脅的兩大重要策略。

（一）減緩

「減緩」（mitigation）係指以人為干預的方式，減少溫室氣體的排放量或增加溫室氣體的儲存量，以減緩氣候變遷問題的發生速度或規模。

1992年在巴西里約召開的地球高峰會，促使全球154個國家代表共同簽署「聯合國氣候變化綱要公約（UNFCCC）」；1997年在日本京都，各國簽署具有法律約束力的「京都議定書（Kyoto Protocol）」，明確訂定各國溫室氣體減量責任與時程。各國各自表述減碳承諾，協助開發中國家減緩與調適減緩。

台灣行政院於97年第3095次院會通過之「永續能源政策綱領」宣告溫室氣體減量目標：「全國二氧化碳排放減量，於2020年回到2005年排放量，於2025年回到2000年排放量」。行政院於98年特設節能減碳推動會，藉由政策全面引導低碳經濟發展，形塑節能減碳社會，使臺灣逐漸朝「低碳社會、經濟與家園」之方向發展，以期達成減碳目標。

（二）調適

「調適」（adaptation）係指為了因應實際或預期的氣候衝擊或其影響，而在自然或人類系統所做的調整，以減輕危害或發展有利的機會。

調適的目的在於降低人類與自然系統處於氣候變遷影響與效應下的脆弱度（vulnerability），使得人類與自然系統在極端天氣事件與暖化效應下的負面衝擊最小，且配合氣候變化的獲益能夠最大。聯合國開發計畫署（UNDP）提出一套調適政策架構（Adaptation Policy Framework, APF），作為指引國家設計與執行各項降低脆弱度方案之依據，使國家在面臨氣候變遷的情況下，能夠降低潛在的負面衝擊，並同時增強正面獲益。

四、國家調適工作架構

行政院自2009年積極強化「國家永續發展委員會」（簡稱永續會）的功能，下設節能減碳及氣候變遷組，作為氣候變遷減緩與調適政策推動之平台，並分由行政院環境保護署與行政院經濟建設委員會（簡稱經建會）整合推動相關工作。

於2010年1月29日成立「規劃推動氣候變遷調適政策綱領及行動計畫」專案小組，研擬我國氣候變遷調適政策綱領與行動計畫，未來專案小組將持續監督及協調推動我國調適政策。

經參考世界各國調適作為，並考量臺灣環境的特殊性與歷史經驗，經建會於專案小組下設8個調適領域工作分組，分別指派彙整機關如下：災害－國科會；維生基礎設施－交通部；水資源－經濟部；土地使用－內政部；海岸－內政部；能源供給及產業－經濟部；農業生產及生物多樣性－農委會；健康－衛生署，以規劃與推動調適相關整合工作。

**行政院**

**國家永續發展委員會**

顧問

團隊

「**規劃推動氣候變遷調適政策小綱領及行動計畫**」專案小組

專家學者

NGO

產業界

**災害**

（**國科會**、經濟部、農委會、國防部、交通部、內政部）

**維生基礎設施**

（**交通部**、經濟部、農委會、內政部）

**水資源**

（**經濟部**、環保署）

**土地使用**

（**內政部**、農委會）

**海岸**

（**內政部**、經濟部、交通部）

**能源供給及產業**

（**經濟部**、交通部、環保署）

**農業生產與生物多樣性**

（**農委會**、內政部）

**健康**

（**衛生署**、環保署）

**圖2：國家調適工作架構。**

五、臺灣氣候變遷未來情境

行政院國家科學委員會於2011年11月發表「臺灣氣候變遷科學報告2011」，報告指出臺灣氣候變遷趨勢如下：

（一）臺灣氣候變遷

1. 溫度

臺灣平地年平均溫度在1911年至2009年期間上升了1.4℃，增溫速率相當於每10年上升0.14℃，較全球平均值高（每10年上升0.07℃)。

臺灣近30年（1980~2009）氣溫的增加明顯加快，每10年的上升幅度為0.29℃，幾乎是臺灣百年趨勢值的兩倍，此趨勢與IPCC 第四次評估報告結論一致，而臺灣東岸測站的增溫趨勢明顯高於西岸。在季節特性方面，百年變化以秋季溫度的暖化幅度最大，但近30年的變化以冬季的增溫幅度大於其他三季。高溫日數百年變化呈現增加的趨勢，以臺北增加幅度最大，約為每10年增加1.4天，近50年與30年的極端高溫日數分別增加為每10年2天與4天。極端低溫發生頻率顯著下降，1985年之後，寒潮事件明顯偏少，這樣的情況在1985年以前不曾出現過。

2. 降雨

過去100年以來，臺灣年平均雨量並沒有明顯的變化趨勢，但若以數十年為週期來看待，則可觀測到乾季與濕季的降雨變化。值得注意的是，臺灣降雨日數呈現減少的趨勢。統計資料顯示大豪雨日數（日雨量大於200mm）在近50年和近30年皆有明顯增多的趨勢，且近10年極端強降雨颱風數目倍增。與灌溉和水資源保育有關的小雨日數則大幅度減少。

3. 海平面上升

1993年至2003年間臺灣附近平均海平面上升速率為每年5.7mm，上升速率為過去50年的2倍，此數值大於同時期全球平均值上升速率（每年3.1mm）。臺灣周遭海域海平面上升的可能原因，除全球暖化後的平均海平面上升外，部分原因屬於區域性的現象，包括近幾十年東太平洋海平面持續下降、西太平洋海平面持續上升、聖嬰現象等氣候現象的影響，以及鄰近海域（如南海）海平面的改變。

（二）未來臺灣氣候變遷推估

以科學家認為未來世界最可能的發展情境（A1B）（市場導向全球化發展、同時運用再生能源與化石燃料）為例，運用IPCC10多個全球氣候模式所模擬出的未來氣候變遷結果，進行台灣地區的空間降尺度分析。21世紀末臺灣地區的氣溫上升幅度，相對於20世紀末，將介於2.0℃至3.0℃之間，略小於全球平均值的上升幅度。在區域與季節方面，北臺灣較南臺灣的增溫幅度略高，春季較其他季節略低。

在雨量推估方面，臺灣北、中、南、東四個主要分區的未來冬季平均雨量多半都是減少的，約有一半的模式推估減少幅度介於-3%至-22%之間。未來夏季平均雨量變化，除了北臺灣以外，超過3/4的模式推估降水增加，約有一半的模式認為未來夏季平均雨量變化介於+2%至+26%之間。原本多雨期間的雨量增加，而少雨季節雨量減少的未來推估情境，是臺灣未來水資源調配之一大挑戰。在暖化的氣候情境下，全球颱風個數偏少的機率偏高，但颱風增強的機率與極端降雨的強度可能增加。

六、衝擊與挑戰

（一）總體衝擊與挑戰

氣溫上升與降雨型態改變，影響水資源供應的穩定性、生態環境變遷、物種滅絕、生物多樣性下降、稀有物種或局部分布物種受到衝擊，威脅糧食安全，引發病媒散佈、疫病發生機率升高，衝擊產業經濟與能源供給。極端天氣事件發生的強度與頻度升高，颱風、暴雨引發洪患與山坡地的地質災害，發生旱災低窪地淹水，土地資源超限使用，減少透水與蓄水面積，損害增加。破壞維生基礎建設，復原困難。海平面上升導致海岸土地淹沒、海岸侵蝕及海岸線後退，造成國土流失。海平面上升使沿海地區受海水入侵或暴潮的威脅升高，沿海地區居民與產業發展往地勢高處遷徙。沿海與低窪地區之土地使用型態必須調整，尤其是重要港口、工業區、聚落等。

氣溫上升、海水入侵、災害威脅、水資源短缺等衝擊，都將成為臺灣城鄉發展與運作的重要限制。

總體而言，臺灣未來應依據各調適領域的衝擊與挑戰，擬定因應調適策略，以降低常態性災害釀成巨災的可能性。最重要的做法，就是設法減少常態性災害的影響，並積極處理災害造成的損害，避免因災害時間延長，而釀成更具破壞性的複合性巨災。此外，亦應設法保全適度的能量，才能因應未知的挑戰。

（二）各調適領域衝擊與挑戰

以臺灣的地理特性與社會條件而言，面對氣溫上升與降雨型態大幅度改變，可能造成各調適領域的衝擊，包括：颱風、暴雨影響較為顯著的洪災與坡地災害；遭受各種災害破壞的維生基礎設施；水資源的調度越趨困難；土地的環境脆弱與敏感度相對提高；海平面上升造成國土流失；能源供給與產業管理風險增加；糧食安全受到威脅以及生物多樣性的流失；傳染性疾病流行風險升高等，均不可忽視其嚴重性。

* 降雨強度增加，提高淹水風險及導致嚴重之水土復合型災害。
* 侵台颱風頻率雨強度增加，衝擊防災體系之應變與復原能力等。

災害

* 降雨型態及水文特性改變，提高河川豐枯差異及複合型災害風險。
* 氣溫及雨量改變，影響灌溉需水量、生活及產業用水量，使得水資源調度困難。
* 河川流量極端化下，河川水質亦受影響。

水資源

* 極端氣候，使環境脆弱與敏感度相對提高，突顯土地資源運用安全性重要性等。

土地使用

* 重要維生基礎設施(橋梁、道路、水利、輸配電及供水設施)因區位不同，受到豪雨、水位上升等影響，所受災害類型及損失亦不相同。
* 力等。

維生基礎設施

* 海平面上升，原有海岸防護工程、景觀及資源遭受破壞，並造成國土流失等。

海岸

* 能源需求發生變化，可能無法滿足尖峰負載需求。
* 各產業之能源成本與供應受到衝擊。
* 企業之基礎設施受氣候變遷衝擊，引發投資損失或裝置成本增加等。

能源供給及產業

* 溫度升高，降雨量不足等，打亂作物生長期，農產品產量及品質面臨不確定性，危及糧食安全；漁業生產力易受影響等。
* 環境變化，亦影響生態系原有棲地，造成生物多樣性流失等。

農業生產與生物多樣性

* 溫度上升，升高傳染性疾病流行的風險，亦增加心血管及呼吸道疾病死亡率，加重公共衛生與醫療體系負擔。

健康

**圖3：各調適領域衝擊與挑戰。**

* **領域一、災害**

1. 洪災

（1）極端降雨強度增加提高淹水風險，並衝擊防災體系的應變與復原能力。

（2）海平面上升易導致沿海低窪地區排水困難。

（3）暴潮發生機率增加導致淹水機會與時間增加、海岸侵蝕作用變大。

 2. 坡地災害

（1）降雨強度增加導致嚴重的水土複合性災害。

（2）侵臺颱風頻率增加提高二次災害風險與復原難度。

（3）大規模崩塌災害將成為坡地防災的重點：

高雄市甲仙鄉小林村在莫拉克颱風衝擊的災害事件中，崩塌總面積達250餘公頃、崩塌掩埋深度最深達84公尺，無論崩塌規模與深度皆是前所未見，崩塌最主要原因為：大量累積降雨造成崩塌量達2,000萬立方公尺。

 3. 旱災

（1）豐枯水期降雨差異變大，提高水資源調度與管理難度。

（2）水庫淤砂量增加，影響水庫正常運轉。

（3）各類產業發展與農業用水增加，導致旱災風險提高。

* **領域二、維生基礎建設**

 1. 能源供給設施的衝擊

個別能源供給設施所在區位的安全性。

 2. 供水及水利系統的衝擊

（1）水庫與攔河堰。

（2）淨水廠設施。

（3）自來水管網系統與套裝自來水系統。

（4）水利系統。

 3. 交通系統的衝擊

（1）港口。

（2）鐵路。

（3）公路及橋樑。

（4）機場。

 4. 通訊系統的衝擊

（1）通信品質降低。

（2）通信設備成本增高。

* **領域三、水資源**

1. 水文衝擊。

2. 河川流量的衝擊。

3. 供水系統的衝擊。

4. 複合型災害風險提高。

5. 農業灌溉型態的衝擊。

6. 河川污染問題。

* **領域四、土地使用**

 1. 土地使用的衝擊

（1）旱澇災害：區域缺水風險、地層下陷。

（2）氣溫上升：高度人口聚集處。

（3）海平面上升：臺灣沿海與低窪地區的土地使用應有所調整。

（4）都市地區：排水系統、污水處理、熱島效應、空氣污染。

 2. 土地使用規劃與管理面臨的挑戰

（1）都市計畫與非都市土地管制：

臺灣8成人口聚集在都市，衝擊環境與生態系統的服務。

（2）風險分攤關係：

碳排放量制定、防災資源分派等，所產生新的權益關係人之間的風險分攤關係。

* **領域五、海岸**

 1. 海平面上升：

海平面上升直接造成海岸侵蝕、海岸線後退、海岸棲地喪失與海岸變遷。

 2. 颱風暴潮：

未來颱風強度強，造成暴潮影響加大，此現象將影響海岸地帶之侵蝕與危害。

 3. 極端降雨事件：

未來豐水期與枯水期之降雨量分布將更為懸殊，使得每年10月至隔年4月間發生的河川揚塵現象影響加劇。

 4. 海水暖化：

溫室效應使全球高達30%的生物受到影響而產生滅種危機。此外，海水暖化與二氧化碳濃度升高，亦會改變海洋碳酸鈣的飽和態，降低珊瑚的鈣化速率，減緩珊瑚礁的成長。

 5. 海岸地區不當使用與人工化：

人工海岸佔臺灣海岸線的50%以上，其中西半部有7縣市海岸線90%以上為人工海岸，且逐年增加中，長遠來看人工設施會大量降低台灣沿岸環境的調適能力。

* **領域六、能源供給及產業**

1. 降雨量變化所導致的旱澇災害之產業損失。

2. 都市熱島效應所導致之空調系統裝置成本、操作成本及節約能源投資增加。

3. 地質災害敏感地區及洪泛區範圍內的電力、油氣供應設施之安全威脅。

4. 整體能源供需平衡的影響。

* **領域七、農業生態及生物多樣性**

 1. 農業生產的衝擊

（1）農業

溫度升高促進雜草長快速、加速病蟲害繁殖；降雨分布不均，使農作物用水不足；海平面上升、地層下陷、土壤鹽化亦使農耕面積逐年下降。

（2）林業

森林植群帶分布改變、各林相內物種遭受生存威脅、人工林健康度下降、森林的碳吸存功能及森林生態功能下降等。

（3）漁業

海水溫度上升會改變海洋漁業資源種類與數量、漁場位移或消失、魚群洄游路線改變及捕撈無獲風險增加。

（4）畜牧

溫度上升可導致畜禽動物個體之熱緊迫現象，影響其生長、生產及生殖。

 2. 生物多樣性的衝擊

（1）生態系

a.森林生態系；b.河川與淡水濕地生態系；c.海岸與鹹水濕地生態系；d.海洋生態系。

（2）物種與基因。

（3）保護區。

（4）外來入侵種與病蟲害。

* **領域八、健康**

 1. 氣溫

（1）溫度的持續上升

氣溫上升會拉長氣候相關蟲媒傳染性疾病（登革熱、恙蟲病、日本腦炎等）發生的時間、拉長夏季傳染性疾病發生時間、擴散發生空間。

（2）熱浪及寒潮

低溫的衝擊相對比高溫的危害大，在極端高溫或低溫，因心血管疾病而死亡的風險相對於因呼吸道疾病死亡的風險為高。

 2. 降雨

由於降雨越趨極端，也就是乾旱與水災的機率提高，因潔淨水不足與增加接觸污水機會，將提高發生相關疾病的風險，如皮膚感染、飲用水相關慢性中毒、A型肝炎、桿菌性痢疾、鉤端螺旋體與類鼻疽等傳染性疾病等。

**七、調適策略**

**（一）總體調適策略**

1. 避開風險，以及降低風險。

2. 落實國土規劃與管理。

3. 加強防災避災的自然、社會、經濟體系之能力。

4. 推動流域綜合治理。

5. 優先處理氣候變遷的高風險地區。

6. 提升都會地區的調適防護能力。

**（二）各領域的調適策略**

* **領域一、災害**

 1. 總目標

經由災害風險評估與綜合調適政策推動，降低氣候變遷所導致之災害風險，強化整體防災避災之調適能力。

 2. 調適策略

（1）推動氣候變遷災害風險調查與評估及高災害風險區與潛在危險地區的劃設。

（2）加速國土監測資源與災害預警資訊系統之整合及平台的建立，以強化氣候變遷衝擊之因應能力。

（3）檢視、評估現有重大公共工程設施之脆弱度與防護能力，並強化災害防護計畫。

 （4）重大建設與開發計畫應重視氣候變遷衝擊。

 （5）推動流域綜合治理，降低氣候風險。

（6）強化極端天氣事件之衝擊因應能力，推動衝擊與危險地區資訊公開、宣導、預警、防災避災教育與演習。

* **領域二、維生基礎設施**

 1. 總目標

提升維生基礎設施在氣候變遷下之調適能力，以維持其應有之運作功能，並減少對社會之衝擊。

 2. 調適策略

（1）既有法令與相關規範之落實與檢討修訂以強化設施的調適能力。

（2）建立設施安全性風險評估機制及生命損失衝擊分析模式。

（3）擬定落實維生基礎設施分等級之開發與復建原則。

（4）落實維生基礎設施維修養護，以提昇其於氣候變遷作用下之調適能力。

（5）加強各管理機關協調機制與產業、學術界資源之整合，以因應氣候變遷之衝擊。

（6）提升維生基礎設施營運維護管理人力素質及技術。

（7）建置維生基礎設施營運管理資料庫及強化監測作業。

（8）研發基礎設施之氣候變遷調適新技術。

* **領域三、水資源**

 1. 總目標

在水資源永續經營與利用之前提下，確保水資源量供需平衡。

 2. 調適策略

（1）水資源永續經營與利用為最高指導原則，並重視水環境保護工作。

（2）由供給面檢討水資源管理政策以促進水資源利用效能。

（3）建立區域供水總量資訊，並由需求面檢討水資源總量管理政策以促進水資源使用效益。

（4）以聯合國推動之水足跡（water footprint）概念促進永續水資源經營與利用。

* **領域四、土地使用**

 1. 總目標

各層級國土空間規劃均須將調適氣候變遷作為納入相關的法規、計畫與程序。

 2. 調適策略

（1）將環境敏感地觀念落實在國土保育區的劃設與管理。

（2）因應氣候變遷，加速與國土空間相關計畫之立法與修法。

（3）建立以調適為目的之土地使用管理相關配套機制。

（4）定期監測土地使用與地表覆蓋變遷，並更新國土地理資訊系統資料庫。

（5）提升都市地區之土地防洪管理效能與調適能力。

（6）檢討既有空間規劃在調適氣候變遷之缺失與不足。

* **領域五、海岸**

 1. 總目標

保護海岸與海洋自然環境，降低受災潛勢，減輕海岸災害損失。

 2. 調適策略

（1）強化海岸侵蝕地區之國土保安工作，防止國土流失與海水入侵，並減緩水患。

（2）保護及復育可能受氣候變遷衝擊的海岸生物棲地與濕地。

（3）推動地層下陷地區地貌改造及轉型。

（4）因應氣候變遷的可能衝擊，檢討海岸聚落人文環境、海洋文化與生態景觀維護管理之工作體系。

（5）建置海岸與海洋相關監測、調查及評估資料庫，並定期更新維護。

（6）海岸地區從事開發計畫，應納入海平面上升及極端天氣狀況評估，同時檢討建立專屬海岸區域開發的環境影響評估與土地開發許可作業準則之可能性。

* **領域六、能源供給及產業**

 1. 總目標

發展能夠因應氣候變遷的能源供給與產業體系。

 2. 調適策略

（1）建構降低氣候風險及增強調適能力的經營環境。

（2）提供產業因應能源及產業氣候變遷衝擊之支援。

（3）掌握氣候變遷衝擊所帶來的新產品及服務。

（4）加強能源與產業氣候變遷調適之研究發展。

（5）通盤檢討能源、產業之生產設施與運輸設施之區位及材料設備面對氣候變遷衝擊的適宜性。

* **領域七、農業生產及生物多樣性**

 1. 總目標

發展適應氣候風險的農業生產體系與保育生物多樣性。

 2. 農業生產調適策略

（1）依風險程度建構糧食安全體系。

（2）整合科技提升產業抗逆境能力。

（3）建立多目標與永續優質之林業經營調適模式，並推動綠色造林。

（4）建立農業氣象及國內外市場變動之監測評估系統。

 3. 生物多樣性調適策略

（1）強化保護區藍帶與綠帶網絡的連結與管理。

（2）減緩人為擾動造成生物多樣性流失的速度。

（3）強化基因多樣性的保存與合理利用。

（4）強化生物多樣性監測、資料收集、分析與應用，評估生物多樣性脆弱度與風險。

* **領域八、健康**

 1. 總目標

有效改善環境與健康資訊彙整體系，以提升全民健康人年，希望降低每五年氣候變遷相關之失能調整人年（是指一個人因早夭或失能，所造成的生命損失年數）5%。

 2. 調適策略

（1）強化法令施行之效能。

（2）增進環境與健康相關部門之績效與分工。

（3）落實各級單位之防災防疫演練。

（4）強化氣候變遷教育與災後防疫知能。

（5）持續進行健康衝擊與調適評估。

（6）擴大疾病相關評估相關資料庫之匯併。

（7）強化監測系統之建置與維護。

[[1]](#footnote-1)

附錄二、氣候素養能力指標

**1. 太陽是地球氣候系統能量的主要來源。**

A. 到達地球的太陽光會使陸地，海洋和大氣變熱。雖然有些太陽光會被地表、雲霧、或冰反射回太空，但大部分的太陽光則會到達地球並被吸收而產生加溫效果。

B. 當地球散發的能量與其吸收的能量相同時，地球的能量是平衡的，且平均溫度是保持穩定的。

C. 地球的自轉軸與繞太陽公轉軌道間的傾斜使得一整年每個緯度的日光時間與陽光接收量是可被預測的。這些變化造成每年季節週期與相對應溫度的變化。

D. 地球自轉與繞著太陽公轉軌道的逐漸變化，改變了地球極區和赤道地區日光接收的強度。在過去至少一百萬年中，這些變化產生了每十萬年就產生冰河時期和較短溫暖時期的週期。

E. 太陽能量輸出的明顯增加或減少，會導致地球變暖或變冷。過去30年的衛星觀測顯示，太陽的能量輸出變化並不大。由於太陽能量的變化太小，因此被認為不是最近地球變暖的主因。

**2. 氣候是地球系統組成部分間複雜相互作用的結果。**

A. 太陽、海洋、大氣、雲、冰、土地和人類生活之間的交互作用會影響地球的氣候。這些因子不同的交互作用也造成地區性氣候的變異。

B. 海洋覆蓋70％的地球表面，因此海洋控制了地球主要的能量與水的循環，當然也主控了氣候。海洋能吸收大量的太陽能量，熱量和水汽會透過由海水密度所主導的洋流與大氣環流產生全球範圍的分布變化。因地殼移動或因極冰融化大量湧入的淡水所造成的海洋環流變化會導致地域性和全球性的氣候產生急遽變化。

C. 地球吸收或放射太陽能量的多寡是由地球大氣層及大氣中的成分來決定。天然大氣中少量的溫室氣體如水蒸汽、二氧化碳和甲烷等，對於熱能吸收與釋放的效能，比起存在天然大氣中較多的氮氣與氧氣，來的有效率許多。因此二氧化碳濃度的輕微增加對氣候系統會產生很大的影響。

D. 大氣中的大量溫室氣體藉由地球生物化學過程不斷地在海洋、土地、生命和大氣層中循環。大氣中大量的碳，會因海洋的沉積物與植物量的增加而減少，因濫伐森林和燃燒化石燃料及其他過程而增加。

E. 空氣中的懸浮粒子，稱為“氣溶膠”，對地球的能量平衡有複雜的影響：氣溶膠可以將進入地球的陽光反射回太空，造成冷卻效應；也能吸收和釋放大氣中的熱能，而產生增溫效應。透過多種的自然和人為的過程，例如火山爆發、海浪、森林火災和人類活動產生的排放，一些小型的固態和液態微粒會被排放到大氣中。

F. 地球系統的相互關聯性是指，當其中一個氣候系統組成要素發生顯著變化時，會影響整個地球系統的平衡。正回饋循環會放大這些影響，並引發氣候系統的突然變化。這些複雜的交互作用可能會導致更大更快速的氣候變遷，而且是目前的氣候模式所無法預測的。

**3. 地球上的生命依賴氣候、被氣候制約、且會影響氣候。**

A. 生物個體生存所需的氣溫、降水、濕度、陽光是在特定範圍內的。當氣候條件超出正常的範圍時，生物必須適應或遷移，否則就會滅亡。

B. 大氣中存在的少量溫室氣體會保持熱能並使地球表面變暖，也使得一個星球得以維持液體水與生命的存在。

C. 氣候條件的變化會影響健康、生態系統功能和所有生物物種的生存。由化石分布的型態顯示，生物的逐漸滅絕或突然消失與氣候變遷是息息相關的。

D. 一系列的自然記錄顯示，在過去10,000年來，地球氣候一直都處於不尋常的穩定期。在此段期間，人類社會不斷的發展，我們所倚賴的農業、經濟和運輸系統與強烈的氣候變遷比較起來，是脆弱且不堪一擊的。

E. 生命的過程是全球碳循環的主要原因，包括微生物、植物、動物和人類都是，生命過程中所改變的大氣化學成分會改變全球的氣候。歷史地質記錄顯示，生命的過程在過去已大大改變了地球大氣。

**4. 氣候會透過自然與人為的過程產生時空的變化。**

A. 氣候是某一地點長期平均溫度、降雨與極端事件的變化趨勢。就空間而言，對氣候的描述可以針對小範圍地點，較大的區域性，或全球尺度。就時間來說，氣候可以用數百年，數十年、數年、季節、數月或特定一年的某一天來描述。

B. 天氣和氣候是不一樣的。天氣指的是小區域、短時間內大氣的變化；而氣候則是較大範圍長時間天氣狀態平均的概念。

C. 氣候變遷在氣候條件的平均狀態或極端事件上具有特徵性及持續性。季節變化和多年週期（例如，聖嬰現象），在不同地區會交錯發生變暖、變涼、變潮濕或變乾燥的現象，這是自然的氣候變異。而這並不是氣候變遷。

D. 科學觀測表示，全球氣候過去曾發生變化，現在也在變化，未來也會發生改變。全球各地所發生的氣候變遷在程度與類型上是不一樣的。

E. 根據世界各地所得到的樹的年輪、其他自然界的記錄，以及科學觀測的證據，現在地球的平均溫度是過去1300年來最暖的。特別是在北極地區，其平均氣溫在過去的50年中顯著升高。

F. 過去主導地球長期的自然氣候變異的原理並無法用來解釋近幾十年來快速的氣候變遷情形。根據所有有用的證據所得到唯一的解釋是，人類活動在氣候變遷這個現象上扮演著越來越重要的角色。未來氣候變遷的速度遠較過去變遷的速度要來得快很多。

G. 相對而言，從大氣中除去二氧化碳的自然過程，比現今將二氧化碳加入到大氣中的過程要緩慢許多。因此，現今大氣中的二氧化碳可能會持續留存幾個世紀之久。其餘的溫室氣體，包括人類所製造的部分，也將留存在大氣中數千年之久。

**5. 透過觀測，理論研究和模擬，可增加對氣候系統的了解。**

A. 地球氣候系統的組成和運作與宇宙中其他的部分所遵循的物理定律是一樣的。因此，透過縝密與系統化的研究，對氣候系統的了解與預測是可信的。

B. 環境的觀測是了解氣候系統的重要基礎。從海洋底部到太陽表面，透過觀測的儀器如氣象觀測站、浮標、衛星和其他平台來收集氣候資料。科學家們利用自然界的記錄，如樹木年輪、冰芯和沉積層來了解過去的氣候。歷史上的觀察，如原住民的知識、個人日記等，也記錄了過去的氣候變遷。

C. 計算氣候系統演變的電腦數值模式（稱之為氣候數值模式）是由觀測數據、實驗和理論所建構而成的，氣候數值模式能夠計算未來氣候系統的變化，也就是能預報未來的氣候。氣候數值模式運算的結果能使我們對於海氣的交互作用以及氣候條件得到更多的了解，同時也可以激發對氣候更多的觀測與實驗。隨著時間的推移，在氣候數值模式與觀測實驗的相互增長、重複的過程中，將使得氣候預測得到更可靠的結果。

D. 在許多重要的知識層面上，氣候與天氣是相當不同的。氣候科學家在預測未來數月、數年或數世紀的氣候變化所碰到的瓶頸與氣象學家在預測未來數天到數星期的天氣所碰到的困難是截然不同的。

E. 科學家們對氣候系統的各項基礎特徵進行了廣泛的研究，他們將持續增加對氣候系統的了解。而目前科學家對氣候變遷的認知是可靠的，並足以協助人類有效地評估在應對氣候變遷時所採取的決策與行動。

**6. 人類活動無時不刻影響著氣候系統。**

A. 相關的氣候科學研究一致表明，20世紀全球平均氣溫明顯上升的原因，非常可能是由於人類的活動，主要是由燃燒化石燃料所產生的溫室氣體濃度增加的結果。

B. 從工業革命開始，大量燃燒化石燃料所排放的溫室氣體，已使得大氣中溫室氣體的濃度迅速的增加。這些被增加的溫室氣體將會在大氣中存留數百年之久才有可能被大氣本身的自然過程消耗掉，因此其所產生的暖化效應預計將持續到下個世紀。

C. 人類的活動改變了土地、海洋和大氣，而這些變化也改變了全球氣候型態。燃燒化石燃料，釋放化學物質到大氣中，減少森林覆蓋率，並經由快速擴大的養殖，開發和工業等活動，將二氧化碳釋放到大氣之中，這些行為都不斷地在改變氣候系統的平衡。

D. 越來越多的證據表示，人類造成的全球暖化改變了許多自然和生物系統，人類活動所造成的一些變化已經降低了自然環境對各個物種的涵容能力，使得生物多樣性和生態的恢復力已經無可挽回的下降。

E. 科學家和經濟學家預測，全球氣候變遷將有正面和負面的影響。下個世紀如果升溫超過2〜3°C（3.6〜5.4°F），氣候變遷帶來的負面影響將遠遠超過其所產生的正面效益。

**7. 氣候變遷會影響地球系統與人類生活。**

A. 冰原和冰川的溶化加上海水變暖產生熱膨脹的效應是導致海平面上升的主因。海平面上升的結果使得海水開始侵入到沿海的低窪地區並污染淡水資源，也開始淹沒沿海設施和島嶼。海平面上升也增加了伴隨颶風而產生的風暴潮對房屋及建築物產生危害的風險。

B. 氣候在全球水資源的分布上扮演一個非常重要的角色。降雨型態和溫度條件的改變會改變水資源的可用性與分布，進而減少了很多民生用水與農業用水的來源。全球暖化導致由冬季積雪、高山冰川所提供的人類用水都在下降。

C. 因氣候變遷所導致的極端氣候事件預計將會增加。許多地區可預見每年的熱浪事件將大量增加而嚴寒事件將大量的減少。預期中降雨事件發生的頻率將變少，但是降水的強度將變強許多。而預期中平均年降水量變少的結果將會導致乾旱發生的頻率增加且嚴重。

D. 海水的化學成分會因為吸收大氣中的二氧化碳而產生變化。大氣中的二氧化碳增加將導致海水變得更酸，進而對殼類的海洋生物和整個食物鏈造成威脅。

E. 氣候變遷將持續影響陸地與海洋的生態系統。動物、植物、細菌和病毒，會遷移到氣候適合生存的新地區。傳染性疾病和特定的物種將會入侵到過去不曾棲息過的地區

F. 氣候變遷將對全球某些特定地區的人類健康和死亡率產生影響。除了因低溫相關的死亡人數預計會降低外，其他的死亡風險則預測會升高。與氣候息息相關的傳染病如瘧疾、登革熱、蜱傳疾病等疾病的發病率和地理範圍將會增加。乾旱減少作物的產量，空氣品質和用水品質的降低，以及沿海和低窪地區所增加的災害都提供不健康的環境，特別是對最脆弱的族群。

1. 資料來源：國家氣候變遷調適政策綱領。2012。行政院經濟建設委員會。 [↑](#footnote-ref-1)