

## 本月專題

# IPCC 第六次評估報告「氣候變遷 2022：氣候變遷減緩篇」之概要

曾敏雅<sup>1</sup>、楊惠琰<sup>2</sup>

### 摘要

聯合國政府間氣候變化專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)先前分別於 1990、1995、2001、2007、2013 年出版氣候變遷評估報告(Assessment Report)，作為國際氣候治理科學基礎。本次出版第六次評估報告(AR6)已分別於 2021 年 8 月 9 日發布第一部分科學基礎篇、2022 年 2 月 28 日發布第二部分調適篇，並於 4 月 4 日則發布第三部分減緩篇(AR6 Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change)，提供有關減緩氣候變遷的科學、技術、環境、經濟與社會方面等文獻評估，以及氣候變遷減緩相關策略建議。評估之文獻反映重要國際氣候協議等不斷發展的情勢；同時增加行動者的多樣性與減緩途徑；分析氣候變遷減緩、調適與發展路徑間的密切關聯；並採用新方法以及增加分析架構的多樣性，涵蓋社會科學等多學門觀點。本文針對報告中的決策者摘要(Summary for Policymakers, SPM)進行摘錄與整理，以協助各界了解並掌握全球氣候變遷近期發展趨勢及減緩方案。

## 一、前言

第三工作組(WG III)對 IPCC 第六次評估報告(Sixth Assessment Report, AR6)進行有關減緩氣候變遷的科學、技術、環境、經濟與社會方面等文獻評估。該報告反映相關文獻中的新發現，並以 IPCC 先前的報告為基礎，包括第三工作組對 IPCC 第五次評估報告(AR5)、第一工作組與第二工作組對 AR6 的貢獻、第六次評估週期中的三份特別報告，及其他聯合國評估報告。

<sup>1</sup>財團法人台灣綜合研究院 副研究員

<sup>2</sup>財團法人台灣綜合研究院 副研究員

本報告中決策者摘要(Summary for Policymakers, SPM)第一部分評估近期發展與當前趨勢，包括資料的不確定性與差距；第二部分為限制全球暖化的系統轉型，說明排放路徑與替代減緩的組合，並評估部門與系統層面的具體減緩方案；第三部分說明減緩、調適與永續發展之間的連結；最後為強化應對，評估有關制度設計、政策、金融、創新與治理，如何在永續發展脈絡下有助於氣候變遷減緩的知識。

## 二、近期發展與當前趨勢

(一) 2010-2019 溫室氣體排放趨勢：人為溫室氣體淨排放總量在 2010 年至 2019 年間持續上升，自 1850 年以來累積的二氧化碳淨排放量也持續上升。2010 年至 2019 年間的年平均溫室氣體排放量高於過往，但成長率低於 2000 年至 2009 年。

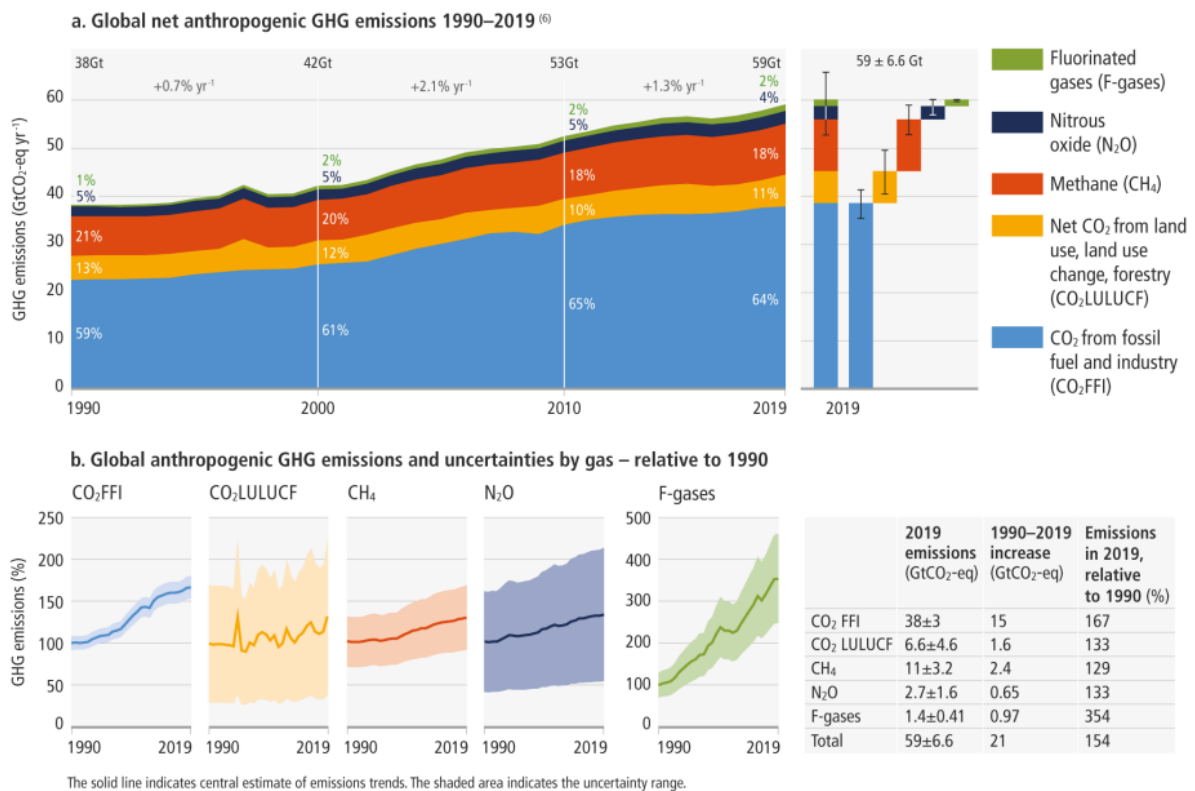


圖 1、SPM.1: 1990-2019 全球淨人為溫室氣體排放

(二) 自 2010 年來，全球所有主要部門的人為溫室氣體淨排放量均有所增加：其中相當大占比的增加可歸因於都市地區。由於 GDP 能源密集度與能源的碳密集度提高，化石燃料與工業程序產生的二氧化碳排放量減少，低於全球工業、能

源供應、運輸、農業與建築活動增加而提高的排放量。

**(三)區域性影響對全球溫室氣體排放持續存在很大的差異：**各地區與國家的人均排放量差異，部分反映其不同發展階段，即使在相似的收入水準下也存在很大差異。人均排放量最高的 10% 家計單位，在全球家計單位溫室氣體排放量中占有極大比例。至少有 18 個國家的溫室氣體持續減量超過 10 年。

Emissions have grown in most regions but are distributed unevenly, both in the present day and cumulatively since 1850.

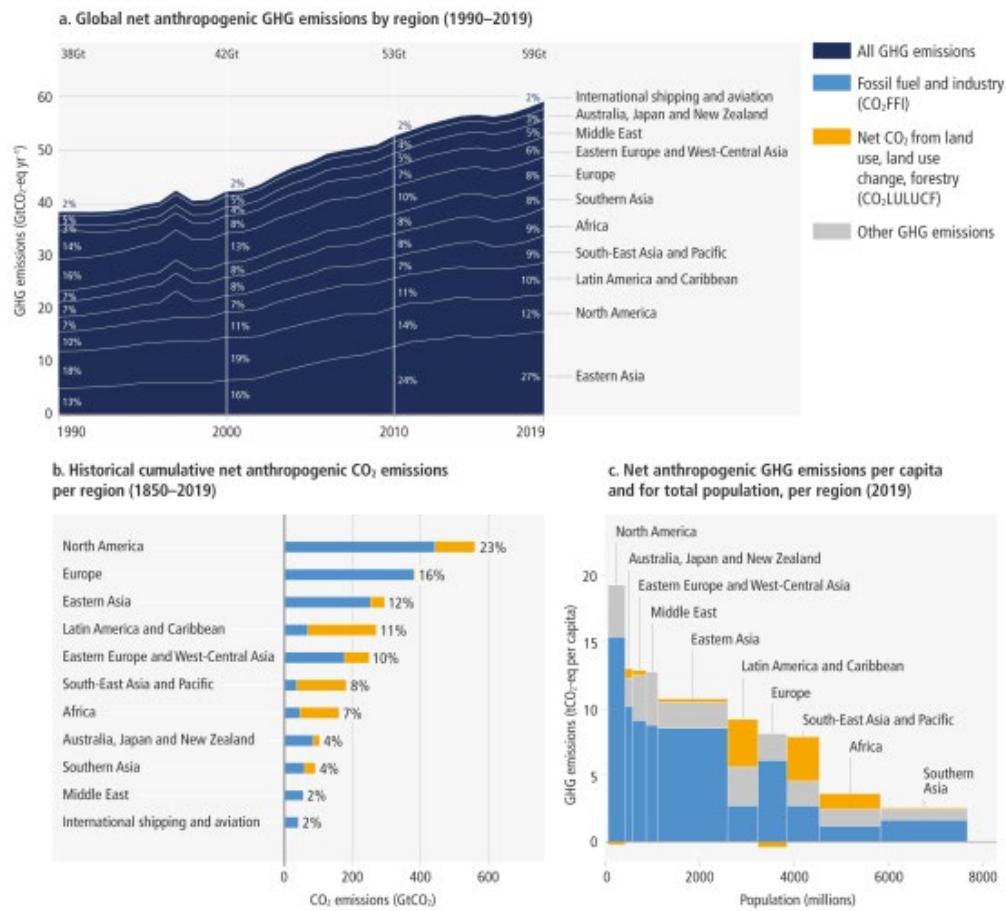


圖 2、SPM.2：各區 GHG 排放，與 1850-2019 年二氧化碳排放總量的各區域占比

**(四)低排放技術成本下降與創新擴散：**自 2010 年來，多項低排放技術的單位成本持續下降。創新政策的配套使相關成本得以降低並支援全球採用。針對創新系統量身定製的政策與綜合政策，皆有助於克服與全球低排放技術擴散的分布、環境與社會影響。由於開發中國家條件較差，可能導致創新落後。數位化可促進實現減碳，但須有適當管理，否則可能產生不利的副作用。

- (五)減緩政策與法律持續擴展，唯氣候資金進展緩慢：自 AR5 以來，針對減緩的政策與法律持續擴展。使得排放減少，並增加對低溫室氣體技術與基礎建設的投資。但不同部門的排放政策涵蓋不均。與「巴黎協定」目標保持一致的資金流向進展緩慢，且在各區域與部門間監控氣候的資金也分佈不均。
- (六)國家自主貢獻與政策對溫室氣體排放之影響：若以 COP26 前宣布的國家自主貢獻 (NDCs) 實施下，2030 年全球溫室氣體排放量將可能使 21 世紀的升溫超過 1.5°C。若於 2030 年後加速減緩工作，最有可能是將升溫限制在 2°C 以下。預計到 2020 年底實施的政策將導致全球溫室氣體排放量高於國家自主貢獻規劃的排放量。
- (七)未額外減碳情況下，在既有規劃下化石燃料基礎建設的生命週期內將產生大量 CO<sub>2</sub> 排放：預計未來累積 CO<sub>2</sub> 排放量將超過升溫限制在 1.5°C (>50%) 中總累積淨 CO<sub>2</sub> 的排放量。大約等同將升溫限制在 2°C (>67%) 路徑中的總累積淨 CO<sub>2</sub> 排放量。

### 三、限制全球暖化的系統轉型(以圖 SPM.4 的 4 種情境假設)

(一)限制升溫需快速與深度減碳：在將升溫限制在  $1.5^{\circ}\text{C}$  (>50%)或將升溫限制在  $2^{\circ}\text{C}$  (>67%)，預計需要全球溫室氣體排放量在 2020-2025 年(最遲在 2025 年前)達到峰值。在這兩種模擬路徑中，2030 年、2040 年與 2050 年都將快速並深度減少溫室氣體排放。若不強化到 2020 年底實施的政策，溫室氣體排放量預計在 2025 年後持續上升，導致到 2100 年全球暖化中位數為  $3.2^{\circ}\text{C}$  [2.2 至 3.5]。

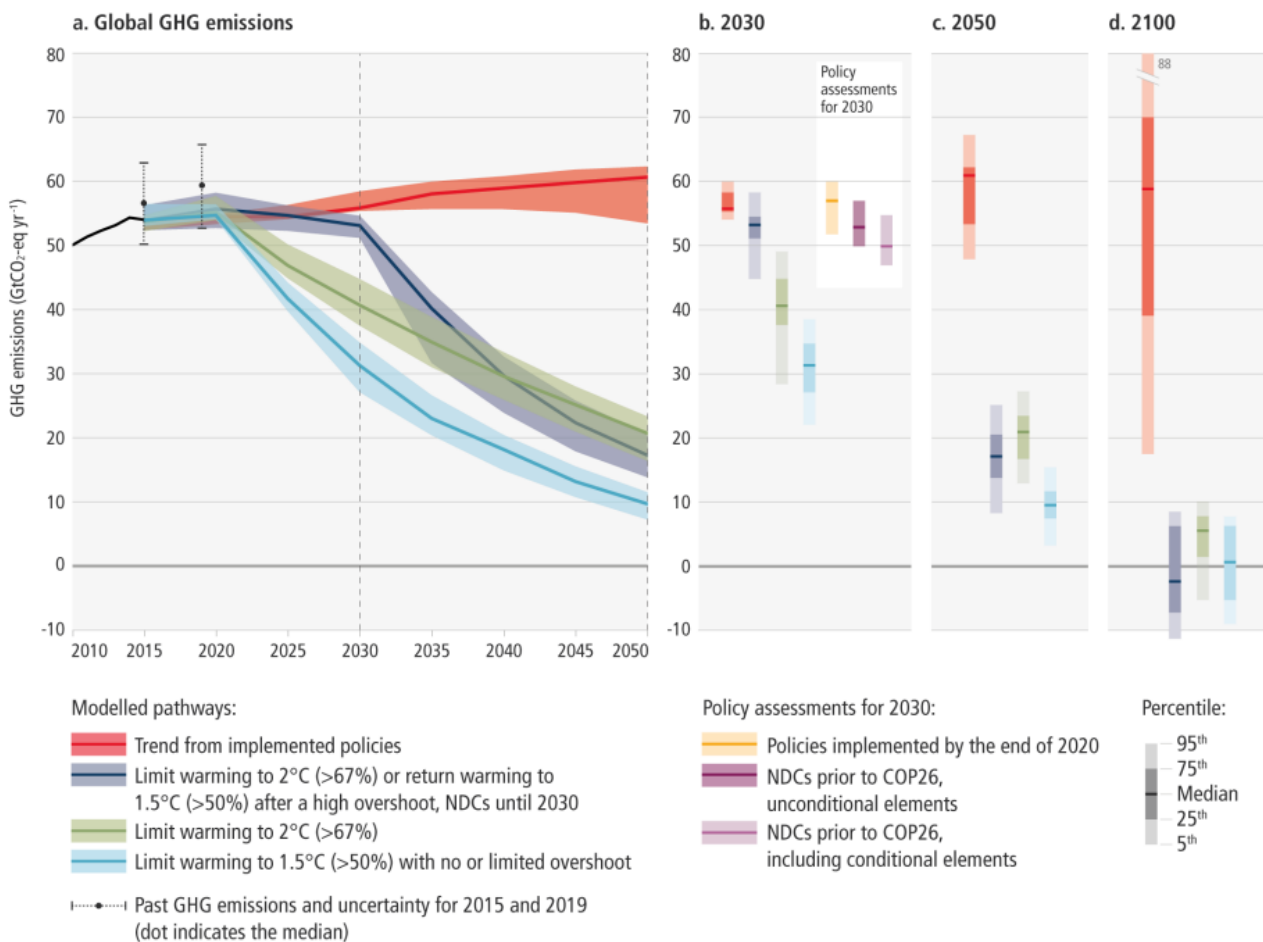


圖 3、SPM.4:全球溫室氣體排放模擬路徑

(二)共 8 類別根據其超過全球暖化水準的可能性來定義模擬情境路徑如下：

- C1：在 2100 年將升溫限制在  $1.5^{\circ}\text{C}$  的可能性大於 50%，在 21 世紀達到或超過  $1.5^{\circ}\text{C}$  升溫的可能性為 67%或更低。有限過衝(Limited overshoot)是指全球升溫超過  $1.5^{\circ}\text{C}$ ，最多約  $0.1^{\circ}\text{C}$  並持續數十年。
- C2：2100 年將升溫限制在  $1.5^{\circ}\text{C}$  的可能性大於 50%，在 21 世紀超過  $1.5^{\circ}\text{C}$  的升溫的可能性大於 67%。在本報告中，該情境稱為在溫度升高後又控制  $1.5^{\circ}\text{C}$  (>50%)。高過衝(overshoot)是指在長達幾十年的時間裡，全球



暖化暫時超過 1.5°C，高出 0.1-0.3°C。

- C3：21 世紀升溫峰值限制在 2°C 可能性大於 67%。
- C4-C7：21 世紀的升溫分別限制在 2°C、2.5°C、3°C、4°C，可能性大於 50%。將持續暖化到 21 世紀之後。
- C8：包括在 21 世紀升溫超過 4°C，可能性為 50%或更高。在此情況下， 21 世紀之後溫度持續暖化上升。

The range of assessed scenarios results in a range of 21st century projected global warming.

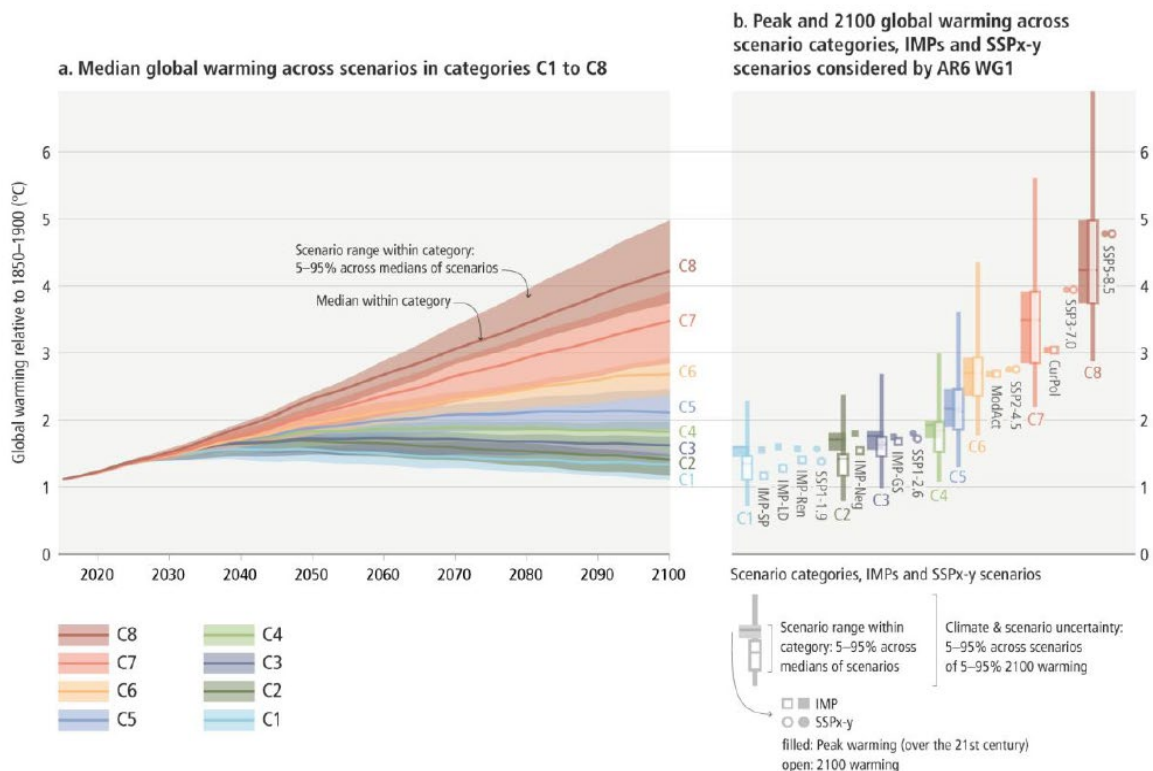
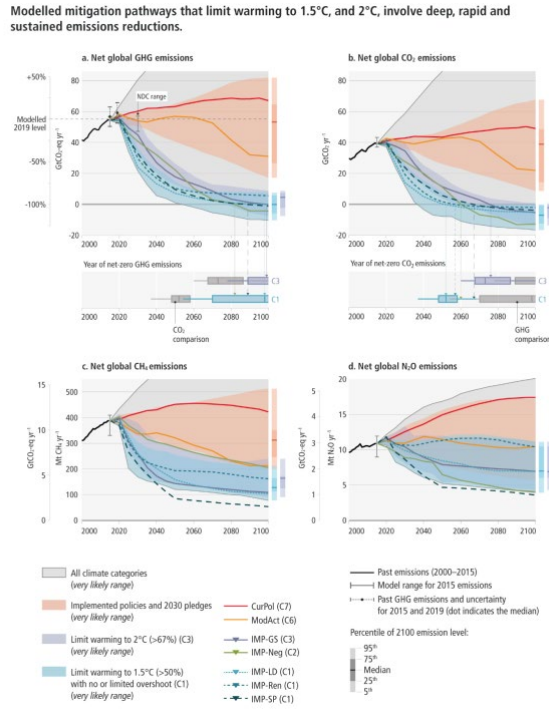


圖 4、超過全球暖化水準可能性模擬情境路徑

(三)將升溫限制在 1.5°C (>50%)，全球二氧化碳淨零排放可於 2050 年代初實現，若將升溫限制在 2°C (>67 %)在 2070 年代初可實現：淨零之後持續淨負二氧化碳排放。這些路徑還包括大幅減少其他溫室氣體排放。峰值暖化程度取決於 CO2 淨零前的累積 CO2 排放量以及到峰值時非 CO2 氣候因素的變化。到 2030 年與 2040 年大幅減少溫室氣體排放，特別是減少甲烷排放與降低升溫峰值，將可降低大幅升溫的可能性，並在本世紀下半葉減少依賴淨負二氧化碳的排放來扭轉暖化。達到並維持全球溫室氣體淨零排放會方可逐漸減緩暖化。

(四)所有將升溫限制在 1.5°C (>50%)，以及將升溫限制在 2°C (>67%)的所有路徑下皆需要快速與深度減量，且是所有部門即刻的溫室氣體排放減少：實現減量的模擬減緩策略，包括從未配置 CCS 的化石燃料轉型到非常低或零碳能源，例如具有 CCS 的再生能源或化石燃料、需求面措施與提高效率、減少非二氧化碳排放與部署二氧化碳移除(Carbon Dioxide Removal,CDR)等方法來抵銷剩餘溫室氣體排放。



Net zero CO<sub>2</sub> and net zero GHG emissions are possible through different modelled mitigation pathways.

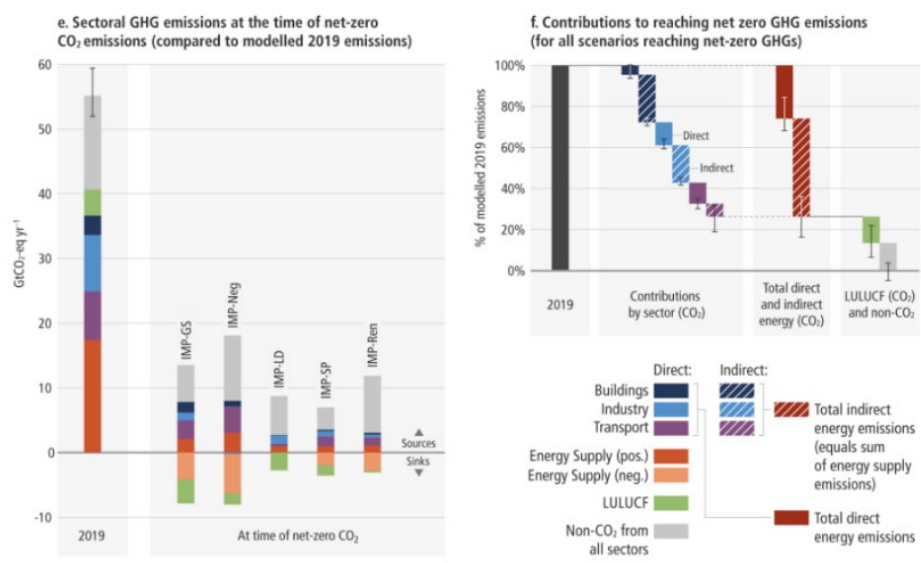


圖 5、SPM.5：減緩排放途徑與淨零二氧化碳及 GHG 排放策略

- (五)減少整體能源部門的溫室氣體排放需要重大轉變：**包括大幅減少整體化石燃料的使用、布建低排放能源、轉向替代能源載體以及能源效率與節約。持續鎖定溫室氣體排放進行化石燃料基礎設施的裝置。
- (六)工業部門的二氧化碳淨零排放具有挑戰性，但可解決：**減少產業排放需在整體價值鏈中採取協調一致的行動，以促進所有減量方案執行，包括需求管理、能源與材料效率、循環物料流(circular material flows)，以及減量技術與生產過程的轉型變革。採用低/零溫室氣體電力、氫、燃料與碳管理的新興生產技術，將實現工業溫室氣體淨零排放。
- (七)都市地區可透過低排放發展途徑實現淨零排放：**進行基礎設施與都市形態的系統性轉型，以提高資源效率與顯著減少溫室氣體排放。對發展完備、快速發展與新興城市的減緩努力包括 1)減少或改變能源與材料消費，2)電氣化，以及 3)增強城市環境中的碳吸收與儲存。城市可以實現淨零排放，但前提是透過供應鏈在其行政區內外減少排放，同時有助於對其他部門產生級聯效應(cascading effect)。
- (八)建築部門減碳措施：**在模擬的全球情景中，若政策配套結合自給自足、效率與再生能源措施，並有效實施，預計到 2050 年現有建築物(如果進行改造)與即將建造的建築物，將接近溫室氣體淨零排放，解決去碳的困難。低雄心的政策使得幾十年來建築的碳風險不斷增加，經過精心設計與有效實施的減緩措施後，無論在新建築還是改造現有建築，皆具有巨大的潛力，有助於在所有地區實現永續發展目標，同時使建築物調適未來的氣候。
- (九)需求面與運輸部門減碳方案：**需求面方案與低溫室氣體排放技術可減少已開發國家運輸部門排放，並限制開發中國家排放增加。以需求為中心的干預措施可減少對所有運輸服務的需求，並支持轉向更節能的運輸方式。在生命週期的基礎上，由低排放電力驅動的電動汽車為陸路交通提供最大的去碳潛力。永續生質燃料可在短期與中期為陸路交通提供額外的減緩效益。永續生質燃料、低排放氫能與其衍生物(包括合成燃料)可支持減少海運、航空與重型陸路運輸的二氧化碳排放，但需要改進生產過程與降低成本。運輸部門許多減緩策略將產生



多項共同利益，包括改善空氣品質、健康效益、公平取得運輸服務、減少交通壅塞與減少材料需求。

**(十) 農業、林業與其他土地利用 (Agriculture, Forestry and Other Land Use, AFOLU) 減緩方案可實現大規模溫室氣體減量與增強二氧化碳移除：**AFOLU 減緩方案在永續實施的情況下，可實現大規模的溫室氣體減量與增強二氧化碳移除，但不能完全彌補其他部門的滯延行動。此外，使用永續採購的農業與林業產品代替其他部門溫室氣體密集度更高的產品。在實施與權衡方面的阻礙，可能來自氣候變遷的影響、對土地的競爭需求、與糧食安全和生計的衝突、土地所有權與管理系統的複雜性以及文化層面。許多特定國家有機會可以提供共同利益(如生物多樣性保護、生態系統服務與生計)並避免風險(如透過調適氣候變遷)。

Demand-side mitigation can be achieved through changes in socio-cultural factors, infrastructure design and use, and end-use technology adoption by 2050.

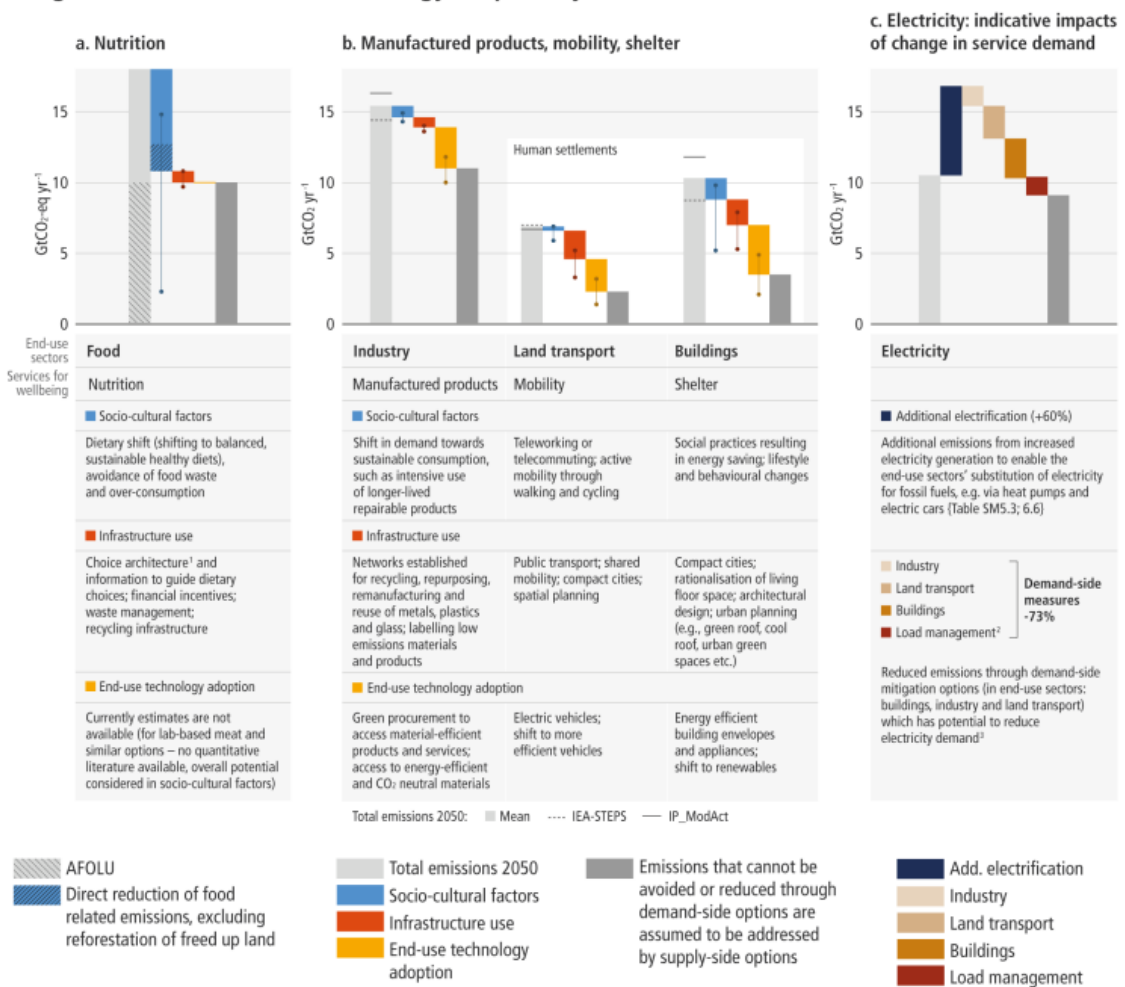


圖 6、SPM.6：到 2050 年需求面減緩方案潛力

- (十一)需求面減緩方案：**需求面減緩包括改變基礎設施使用、終端使用技術的應用以及社會文化與行為的改變。與基準情景相比，到 2050 年需求面措施與提供最終用途服務的新方式可將最終用途部門的全球溫室氣體排放量減少 40%-70%，而部分地區與社會經濟群體則需要額外的能源與資源。需求面減緩方案需與提升所有人的基本福祉保持一致。
- (十二)實現淨零，需以 CDR 抵銷排放：**若要實現 CO<sub>2</sub> 或溫室氣體淨零排放，不可避免的，需要布建 CDR 來抵銷難以減少的殘餘排放。布建的規模與時間，將取決於不同部門的減碳軌跡。擴大布建 CDR 取決於，開發有效的方法以解決可行性與永續性的限制，尤其在大規模進行時。
- (十三)預估減緩方案對全球經濟成長的影響很小：**到 2030 年，成本為 100 美元/公噸二氧化碳當量或更低的減緩方案，可將全球溫室氣體排放量至少減少到 2019 年的一半。全球 GDP 在模擬路徑中持續成長，但是，若不考慮因氣候變遷而避免損害或降低調適成本所產生的減緩行動，其經濟效益與目前未減緩的路徑相比，2050 年的 GDP 將降低幾個百分點政策。據報導，多數評估文獻中，將升溫限制在 2°C 的全球經濟效益超過減緩成本。

#### 四、減緩、調適與永續發展間的聯結

- (一)在減緩與調適氣候變遷影響方面，加快且公平地採取氣候行動對永續發展極為重要：**而氣候化行動的權衡取捨可藉由政策設計加以管理，在聯合國 2030 年永續發展議程下通過的永續發展目標(SDGs)可作為評估氣候行動的基礎。
- (二)永續發展、脆弱性與氣候風險之間存在密切關聯：**有限的經濟、社會及體制資源往往導致高脆弱性及低適應能力，尤其是在發展中國家。應對方案既能產生減緩既能帶來減緩及調適成果，尤其在人類居住地區，土地管理及與生態系統方面。但土地與水生態系統可能受到某些緩解行動的不利影響，主要取決於實施情況。協調跨部門政策及規劃可讓同協作用的發揮最大化，避免或減少減緩與調適之間的權衡取捨。
- (三)強化減緩並採取更廣泛的行動以將發展路徑轉向永續發展：**將會在國家內部及國家之間產生分配效應，因此關注公平並讓所有相關行動者廣泛及有意義地參

與各級決策可以建立社會信任，加深和擴大對改革的支持。

## 五、強化應對措施

- (一)部分緩解選項可在短期內大規模部署，可行性則因部門和地區及實施能力、速度和規模而異：需要減少或消除可行性障礙，並強化有利條件以大規模部署減緩方案。這些障礙和促成因素包括地球物理、環境生態、技術和經濟因素，尤其是體制和社會文化因素。在 NDC 之外加強的近期行動(在 UNFCCC COP26 之前宣布)可以減少和/或避免全球模擬升溫 1.5 °C (>50%) 路徑的長期挑戰，即便超出也有所限制。
- (二)各國採取更廣泛的減緩努力可提高減碳的速度、深度與廣度：將發展路徑轉向永續政策可以擴大現有減緩措施的組合，並能夠實現與發展目標的綜合效益。現在就可以採取行動改變發展路徑，並加速跨系統的減緩及轉型。
- (三)氣候治理根據國情透過法律、策略及機構採取行動：透過提供不同參與者互動的框架及政策制定和實施的基礎來支持氣候變遷減緩。氣候治理在整合多個政策領域時最有效，有助於實現綜合效應並最大限度地減少權衡取捨，且將國家與地方決策層級聯結。有效與公平的氣候治理建立在與民間社會參與者、政治參與者、企業、青年、勞工、媒體、原住民和當地社區的接觸。
- (四)許多監管和經濟工具已經成功部署：工具設計可以幫助實現公平及其他目標，如果擴大規模並更廣泛地應用，這些工具可以支持深度減量並刺激創新。促進創新和能力建構的包裹政策較單項政策更能支持轉向公正與低排放的未來。符合國情的總體經濟計劃可以實現短期經濟目標，同時減少排放量並將發展路徑轉向永續發展。
- (五)資金流量的追蹤顯示未達到所有部門和地區實現減緩目標所需的水準：縮小差距的挑戰在所有發展中國家是最大的。政府和國際社會明確的政策選擇和訊息可以支持擴大減緩資金流動。加速國際金融合作是實現低碳和公正轉型的關鍵助力，可以解決資金的不平等現象及氣候變遷所影響的成本和脆弱性。
- (六)國際合作是實現氣候變遷減緩目標的關鍵因素：「聯合國氣候變化綱要公約」(UNFCCC)、「京都議定書」(Kyoto Protocol)和「巴黎協定」(Paris Agreement)

支持提高國家企圖心，並鼓勵制定和實施氣候政策，儘管差距仍然存在。在次全球和部門層級運作並讓多個行動者參與的夥伴關係、協定、機構和倡議正在增加，但其效力程度參差不齊。

## 六、結語

IPCC 此次報告指出，加快氣候變遷調適與減緩行動以支持聯合國永續發展目標的重要性，但同時也提到，在氣候行動與永續發展目標下的各種選項之間將存在綜合效益及權衡取捨，減緩行動須納入各種考量，尤其是國家內部和國家之間的公平性。報告最後也就減緩行動的可行性及如何部署進行討論，更強調政策及監管對改變發展路徑、生活方式或行為改變的重要性，並促進投資，使減緩措施切實可行，以加速快部署速度與規模。

隨著人為溫室氣體淨排放總量在 2010 年至 2019 年間持續上升，所有部門都應立即大幅減少溫室氣體排放，否則 1.5°C 將遙不可及的。而報告中所闡述減少排放量之關鍵選項為各國及各部門提供成功達成目標的機會，但如全球要在 2025 年前達峰值且於 2030 年大幅減少溫室氣體排放量，並於 2050 年實現淨零，則許多國家有必要重新審視其氣候政策及淨零目標。如何在轉型中兼顧公平並極小化權衡取捨對許多國家而言極具挑戰性，同樣的，儘管許多選項對氣候友善，但仍須審視是否滿足永續發展目標的實現。鑑此，我國雖已發布 2050 淨零排放路徑與策略，但仍應積極審視各種選項，繼而整合更多面向並讓政策執行更為全面，以提高成功達成淨零排放的機會。



## 參考文獻

1. Intergovernmental Panel on Climate Change, the Summary for Policymakers of the report Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change, the Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report, April 04, 2022.