

「2021 年世界能源展望」報告摘要

摘要：

為達淨零排碳目標、全球升溫不高於 1.5°C，全球於 2030 年前至少每年應投入 4 兆美元資金投資潔淨能源及基礎建設，在「2021 年世界能源展望」報告中，IEA 強調前述能源投資的重要性，重點投資包括清潔電氣化、材料科技與行為的能源效率提升、減少甲烷排放、與潔淨能源科技創新。雖然能源供給端的減碳重要性大於需求端，但是若沒有需求端的能源效率提升投資，全球用能將再增加 1/3，要達成目標的難度將大幅提高。

國際能源署 (IEA) 於 11 月的 COP26 前夕，於 2021 年 10 月 13 日發布了「2021 年世界能源展望(WEO-2021)」。內容提到當前如太陽能、風能及電動汽車等新能源經濟已蓬勃發展，然其進展仍遠不足以降低全球碳排放量至淨零排碳目標，其主要原因為投資不足所致。以下首先說明近期的全球排碳量趨勢，接著討論各種不同情境下的排放趨勢，以及如何透過投資達到 2050 年全球淨零排碳，最後說明透過能源效率抑制能源需求，對於要達成目標有不可取代之重要性。

1. 2020 年相較 2019 年出現有史以來二氧化碳排放最大的降幅，但隨著疫情緩解、能源需求增加，2021 年全球排碳量反轉

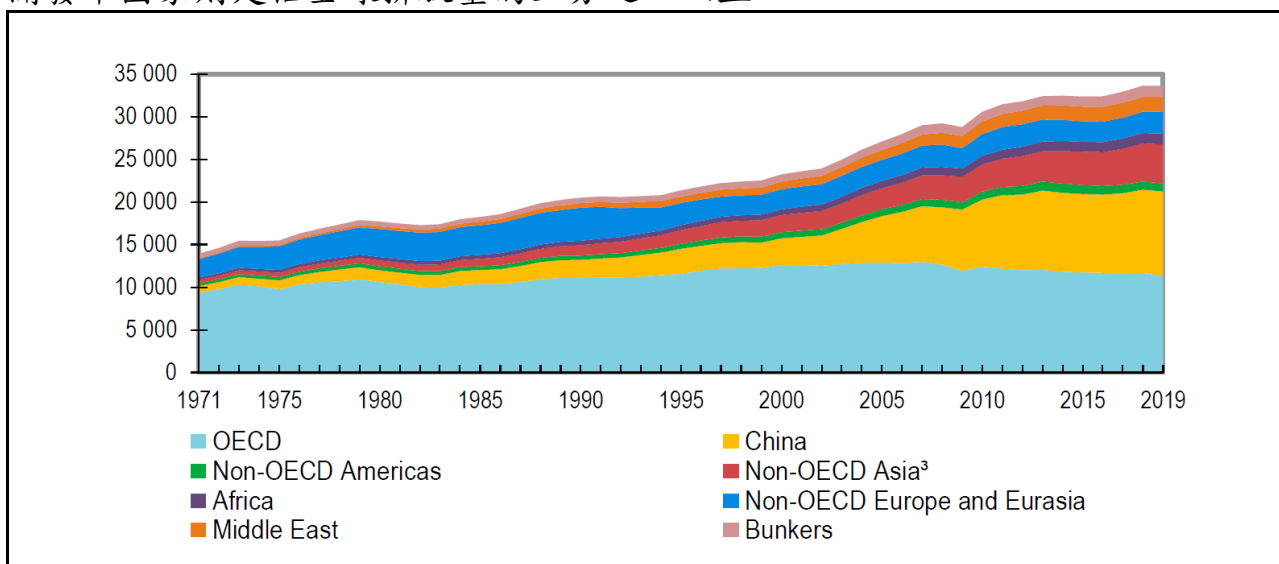
2019 年全球能源供應量達 606 EJ，較 1973 年增加了 139%，其中石油約占 30.9%、煤炭 26.8%、天然氣 23.2%、核能 5.0%、水力 2.5%、生質能與廢棄物 9.4% 以及其他 2.2%。總能源供給國前五大依序為中國、美國、印度、俄羅斯、與日本 (IEA, 2021b)。

2020 年相較 2019 年，全球二氧化碳排放量減少了 2 Gt CO₂ (-5.8%)，為有史以來最大的降幅，包括美國 (9.7%)、俄羅斯 (5.2%)、德國 (9.1%)、日本 (3.0%) 與巴西 (6.2%) 等國都大幅下降。由於 COVID-19 疫情對石油和煤炭的需求影響比其他能源更顯著，而再生能源增加，因此 2020 年二氧化碳排放量下降幅度超過能源需求下降幅度。但是前述減少幅度並不足以降低大氣中的濃度，2020 年的大氣濃度仍然為史上最高—412.5 ppm，比工業革命開始時高出約 50% (IEA, 2021a)。

2021 年隨著經濟對煤炭、石油和天然氣的需求成長，全球與能源相關的溫室氣體排放量預計將反彈、增長 4.8%，超過 1,500 Mt CO₂——將是自十多年前

全球金融危機中碳密集型經濟復甦以來最大的單次增長，但 2021 年的全球排放量仍將比 2019 年減少約 400 Mt CO₂ (-1.2%)。

如下圖 1，細看各國的趨勢，已開發國家的溫室氣體排放量持續減少，2021 年預計將較 2000 年減少 1.8 Gt CO₂，現今已不到全球總量的 1/3，但新興市場和開發中國家則是佔全球排放量的三分之二以上。



單位：Mt CO₂

資料來源：IEA (2021b, p. 55)

圖 1 全球歷年二氧化碳排放趨勢

首先是歐盟因為經濟前景看淡，且電力部門二氧化碳排放量減少，2021 年總排放量預計將增加 80 Mt CO₂。IEA 預估美國 2021 年的排放量將回彈 200 Mt CO₂ 至 4.46 GtCO₂，仍然比 2019 年低 5.6%，比 2005 年低 21%，其一是因為再生能源與天然氣使用增加，再次是仍然受到疫情影響，美國的運輸用能也是較 2019 年減少。

預估 2021 年中國的二氧化碳排放量可能會增加約 500 公噸，由於 2020 年能源需求和排放量持續增長，到 2021 年，特別是電力部門煤炭使用量增加，2021 年中國的總排放量應比 2019 年高 6%，達 600 Mt CO₂。而 2021 年印度的經濟復甦將使排放量比 2020 年高出近 200 Mt，比 2019 年高出 1.4%（或 30 Mt），煤炭需求高漲仍然是主要因素。印度的二氧化碳排放量現在與歐盟的排放量大致相同，為 2.35 Gt，但人均排放量仍比全球平均水平低 60% (IEA, 2021a)

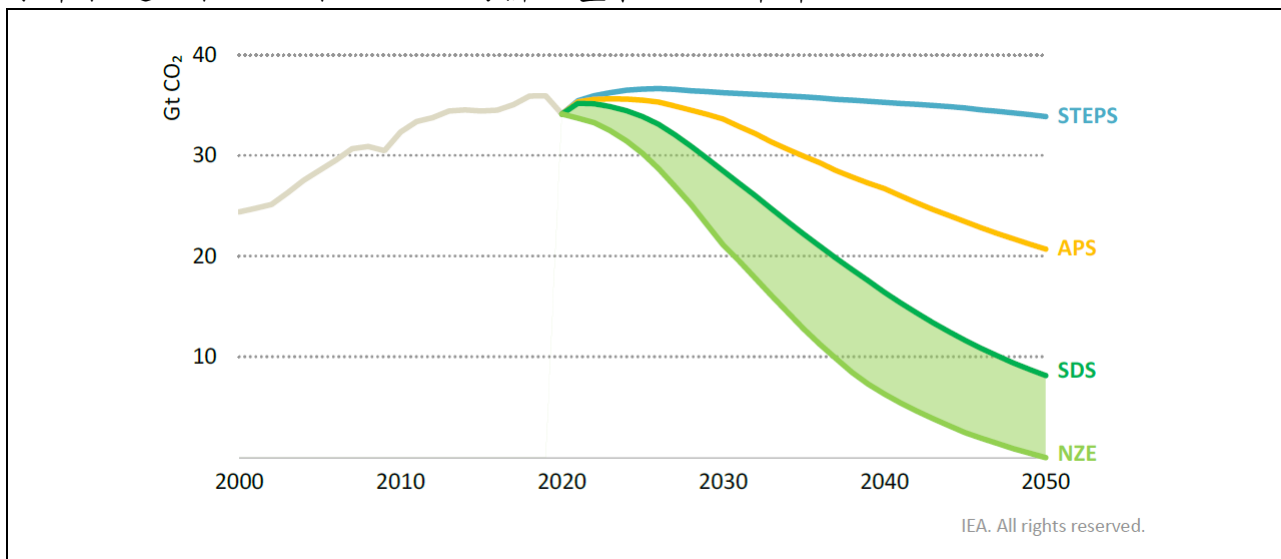
整體來看，各國經濟發展雖於去(2020)年受疫情影響，延續前期的政策與科技研發力道，加上風力及太陽能等再生能源成長迅速，二氧化碳排放降幅顯著，惟疫情後經濟成長迅速且不均等，造成天然氣、煤炭及電力價格急遽上漲，並導致 2021 年煤碳及原油消耗量大幅回升，創下歷史次高的排放。目前各國振興政

策挹注再生能源的資金僅佔達成淨零排碳目標所需的 3 分之 1，其中以開發中經濟體的資金最為短缺。

2. 既有政策情境下，2021 年全球排碳反彈後，後續僅小幅下降，無法達成 2050 年升溫小於 1.5 度 C 之目標

為了討論各種不同的政策情境，IEA 定義了幾種不同的情境，首先是 STEPS，即 Stated Policies Scenario，該情境指的是各國目前已經公布會執行的節能減碳政策；APS 為 Announced Pledges Scenario，指的是如歐盟 2050 目標等各國已宣示的氣候目標將被盡力達成；NZE 為 Net Zero Emissions by 2050 Scenario，則是 IEA 擘劃的至 2050 年全球升溫小於 1.5°C 的情境。

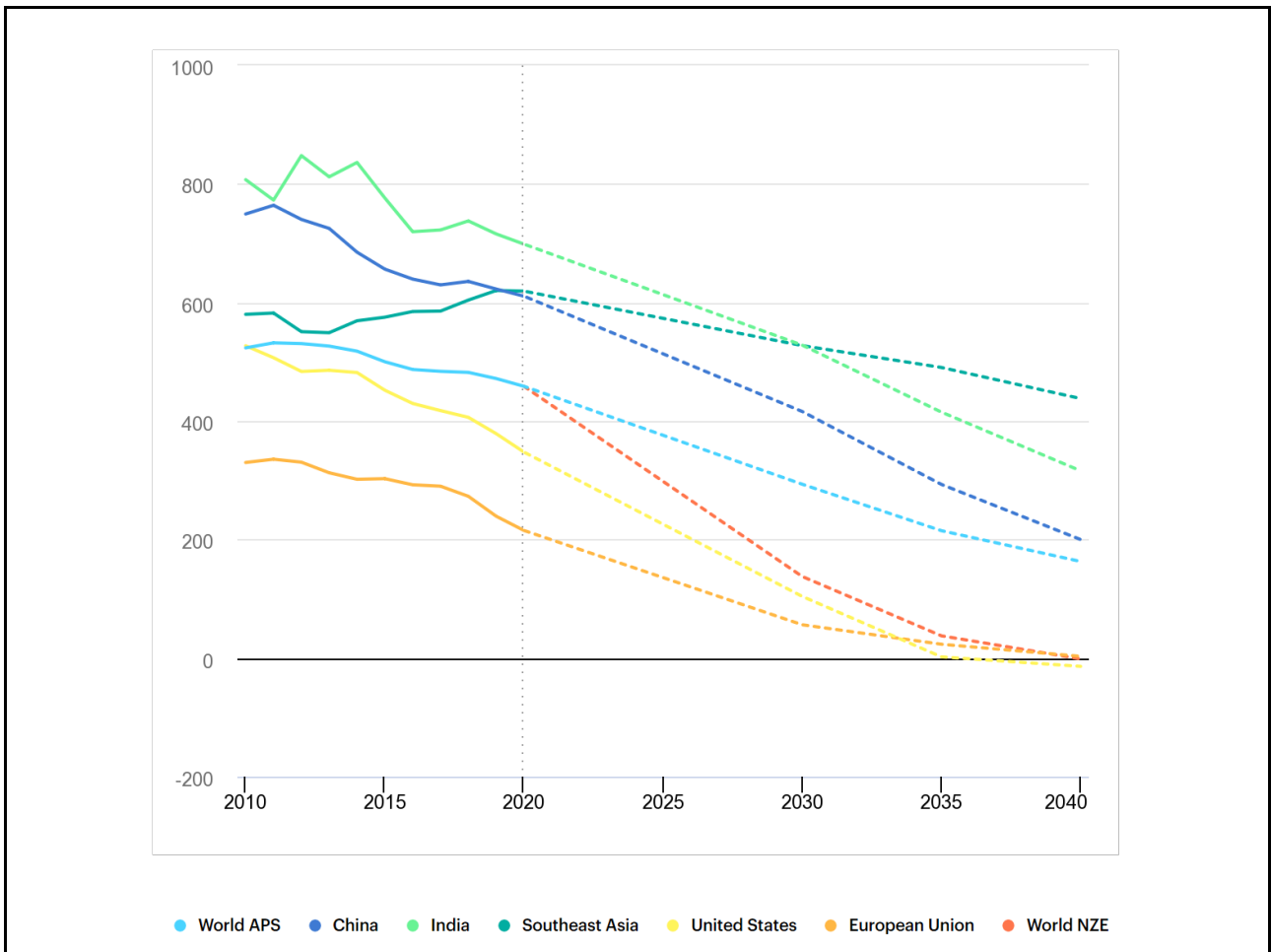
展望未來能源需求與二氧化碳的排放量，如圖 2，在 STEPS 中，全球能源相關和工業製程的排放在 2021 年迅速反彈，並在 2030 年上升至 36 Gt。在 APS 中，排放量約在 2025 年達到峰值，並在 2030 年恢復到略低於 34 Gt，和目前的水準相近。相比之下，NZE 的排放量在 2030 年降至 21 Gt。



資料來源：IEA (2021c)

圖 2 至 2050 年各情境二氧化碳排放趨勢

2020 年電力部門碳排放量約佔能源相關二氧化碳排放量的 40%，該年度電力部門（含電力和熱生產）的排放量下降了近 3%（0.4 Gt CO₂），這是有史以來最大的降幅，而排放密度下降 2.8%，電力碳排放密度為 458g CO₂/kWh。原因包括疫情影響與再生能源發電佔比創新高，但是該趨勢到 2021 年應該會反轉。目前的趨勢並無法達到 2050 年淨零排放，NZE 情境要求電力部門到 2030 年的排放量平均每年下降 7.6%、排放密度減少 10%，並且該部門到 2040 年要完全脫碳（見圖 3）。



單位：g CO₂/kWh

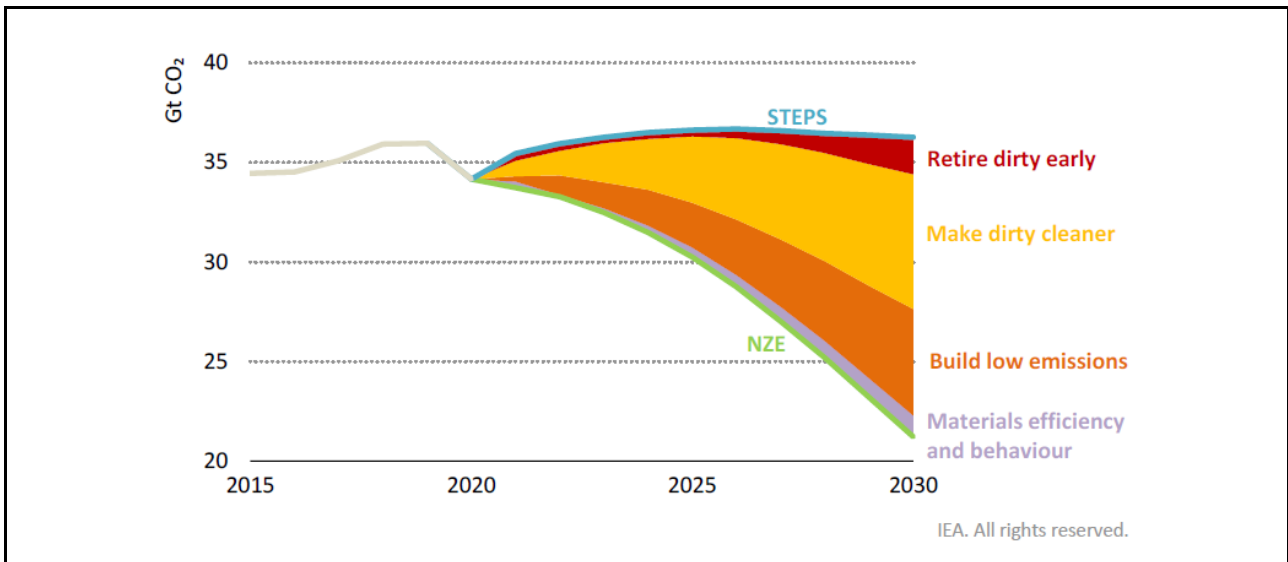
資料來源：IEA (2021d)

圖 3 全球電力部門二氧化碳排放密集度趨勢

能源產業排放全球 4 分之 3 溫室氣體，相較於工業時代前，已導致增溫 1.1 °C，未來人口成長及經濟發展又將進一步帶動能源需求，故能源產業轉型速度無法滿足低碳挑戰。目前 50 餘國宣示的減排總量可涵蓋 2030 年全球所需總減排總量的 20%，並僅可使 2050 年因能源生產產生的碳排減少 40%，2100 年升溫 2.1 °C；倘計入產業發展因素，則能源產業的減碳幅度將遭鋼鐵、水泥及運輸業的新增碳排放量抵銷，導致 2100 年升溫達 2.6 °C（相較於工業時代前）。

3. IEA 建議各國應於四大面向加速減碳承諾，預估每年增加總投資高達 4 兆美元

IEA 分析全球要達成 2050 年淨零排碳目標，所需要的各種投資與努力示意如下圖，相較於既有政策（STEP 情境），如何讓既有的能源產業相關碳排大幅下降將會是最重要的關鍵，減碳潛力超過一半以上。



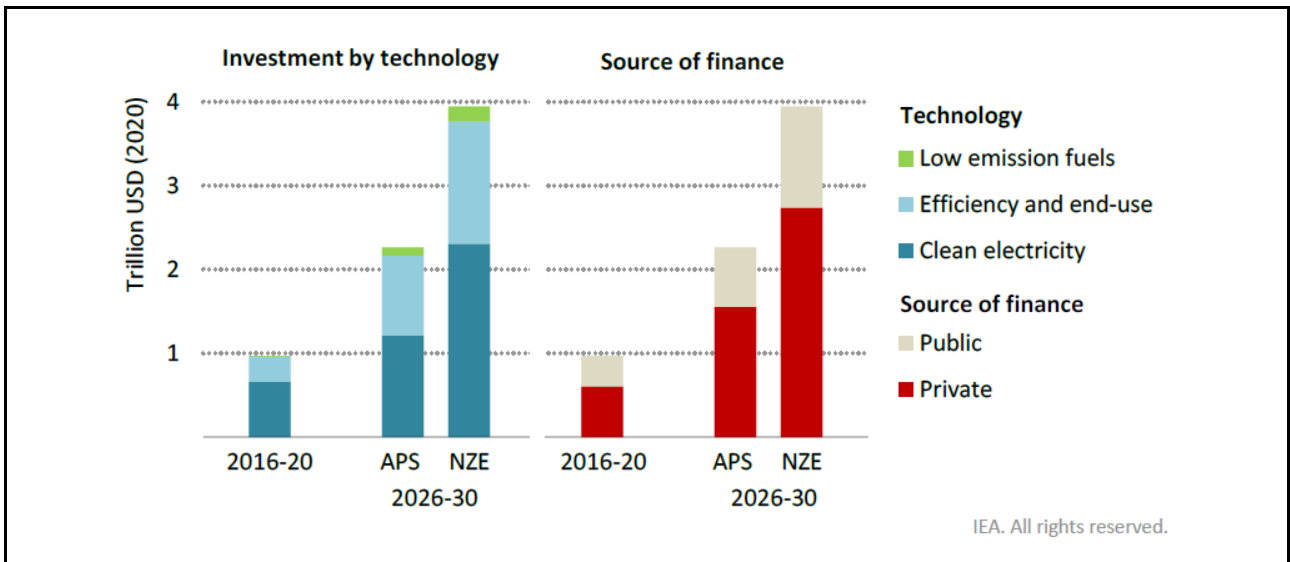
資料來源：IEA (2021b, p. 51)

圖 4 全球達成 2050 目標所需之各種投資減碳量示意圖

但是在參考上圖時，需要特別注意的是因為整個排碳系統的複雜與不確定性，IEA 在定義投資影響時，保留了很大的模糊空間。如大部分投資不會立即提供零排放能源或能源服務；或者是隨著時間的推移，其中一些投資也有助於實現零排放，但如電力部門的脫碳其實是取決於系統中用戶的行動。換個角度來看，低碳專案（Build Low Emissions）可能是再生能源、低排放燃料、CCUS，也可能是建築低碳節能改造。無論如何，IEA 建議各國應於四大面向加速減碳承諾：

- 清潔電氣化：包括加速太陽能及風力發電佈建、合理運用核能、電力基礎建設、揚棄燃煤發電並發展交通及暖氣電氣化設施；
- 自材料科技及民眾行為等層面強化能源使用效率，材料效率（如延長建築的使用年限、回收鋼材、材料重複使用等）和行為改變來緩和能源服務需求的措施。國際能源署估計，任何額外的能源效率收益的 80% 都會為消費者節省成本；
- 降低石化能源使用過程中的甲烷排放；
- 潔淨能源科技創新，包括部署氫基燃料和其他低碳燃料，以及 CCUS 等。

為達淨零排碳目標(回到 1.5°C)，全球於 2030 年前至少每年應投入 4 兆美元資金投資潔淨能源計畫及基礎建設，相較於 APS，NZE 還需要額外 3/4 的投資，NZE 比 APS 多了 1.1 兆的清潔發電和電力基礎設施，以及 0.5 兆的建築、工業和運輸部門的脫碳，以及基於氫或生質燃料的低排放燃料的應用快速擴大。

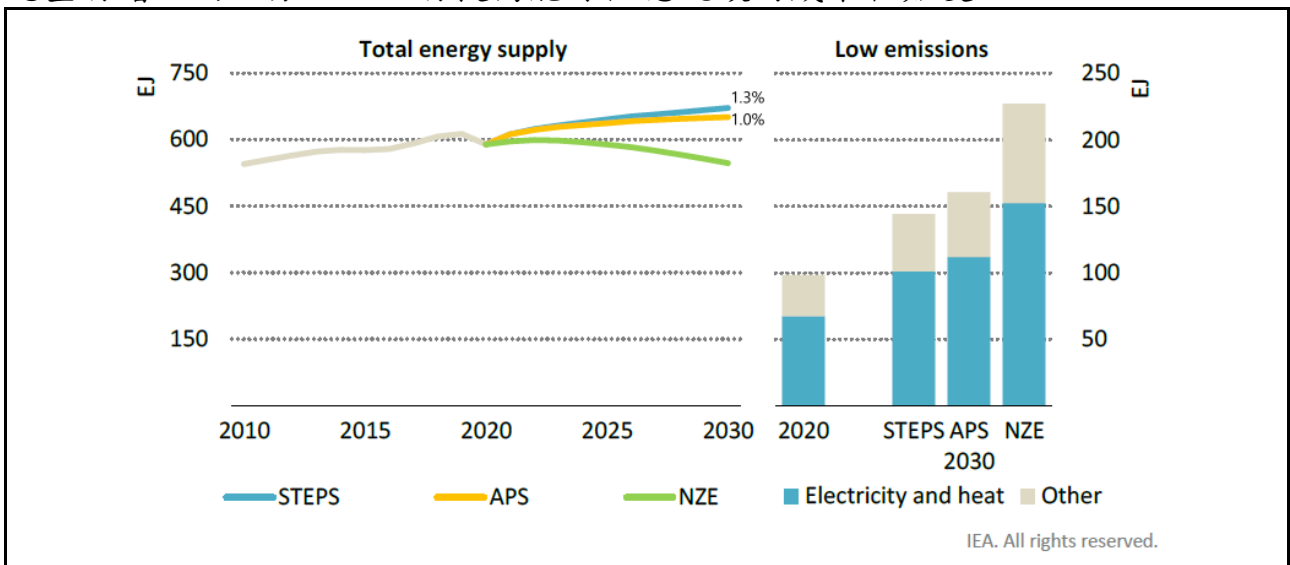


資料來源：IEA (2021b, p. 48)

圖 5 全球達成 2050 目標之每年投資金額預估

4. 要達成 2050 年減碳目標，超過 1/3 以上的投資需要從需求端、及能源效率端著手

誠然在新的減碳情境下，IEA 預估能源供應端的轉型應該會比需求端的轉型更加重要，但是能源效率的提升抑制了對電力和燃料的需求。如下圖，在 STEPS 中，全球整體能源需求繼續攀升，每年增加 1.3%；在 APS 中，全球整體能源需求在 2030 年後趨於穩定；在 NZE，到 2030 年比 APS 低 15%。因此，在 NZE 情境下，全球能源密集度在 2020 年至 2030 年間每年下降 4.2%，是前 10 年平均降幅的兩倍多。如果能源效率沒有大幅提升，到 2030 年 NZE 的最終消費總量將增加約三分之一，將提高能源供應脫碳的成本和難度。



資料來源：IEA (2021b, p. 181)

圖 6 全球能源供應趨勢預估（左）與低碳能源供應量預估（右）

與 APS 相比，NZE 來自交通和建築部門等的終端能源效率政策在 2030 年可減少約 1.3 Gt CO₂ 的排放。到 2030 年，NZE 中近 80% 的額外能源效率提升都會降到合理、大眾可接受的價格區間，進而被落實，如數位化和材料效率等措施，到 2030 年 NZE 的排放量將再減少 1.3 Gt：大部分的節能都集中在工業部門，特別是材料效率。到 2030 年，交通部門為主的行為變化對 NZE 的額外減少碳排貢獻約 1 Gt。

更嚴格的家用電器和燃油效率標準和工業材料效率也有助於落實效率提升。在建築部門，已開發國家的節能改造數量要超過已宣布 2 倍半。建築節能改造和電器標準等能效措施將透過減少電力需求，間接減少約 0.5 Gt 的二氧化碳排放量。綜合來看，如圖 5，要達成 2050 年零碳排的整體投資中，能源效率即佔了超過 1/3。

參考資料

IEA. (2021a). *Global Energy Review 2021*. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021>

IEA. (2021b). *Key World Energy Statistics 2021*. <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021>

IEA. (2021c). *World Energy Outlook 2021*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>

IEA. (2021d). *Tracking Power 2021*. IEA. <https://www.iea.org/reports/tracking-power-2021>