

工業技術研究院

Industrial Technology
Research Institute

世界能源展望報告(2021)

摘要分析

郭瑾璋*、溫珮伶、李孟穎、周裕豐、吳易樺、傅中原、陳韻筑

產業發展推動組 能源與淨零策略研究室

2021.11

目錄

- 壹 全球碳排放變化趨勢
- 貳 全球能源變革與趨勢
- 參 全球電力供需變化趨勢
- 肆 淨零轉型能源安全議題
- 伍 能源投資、就業及可負擔議題

背景說明

國際能源總署(IEA)每年定期公布「世界能源展望報告」，以情境方式(多元看法)分析全球能源發展趨勢。今年(2021年)報告主要以下列情境，盤點全球在潔淨能源轉型的進展、距達成全球升溫 1.5°C 的目標還差多遠，以及政府仍有機會採取哪些行動措施以達成目標，為 COP26 及2050年淨零提供指引。

既定政策情境 (STEPS)

- ◆ Stated Policies Scenario (STEPS) 情境內容包含目前已經公布的政策具體內容，用意在於強調已公布政策對於未來能源系統的影響

宣示承諾情境 (APS)

- ◆ Announced Pledges Scenario (APS) 情境納入各國所有最新的氣候承諾，包括國家自主貢獻及長期淨零目標，且所有減碳承諾可依規劃時程落實
- ◆ APS較STEPS之間差異為各國是否可具體實現其減碳承諾

永續發展情境 (SDS)

- ◆ Sustainable Development Scenario (SDS) 情境以達成永續發展為目標。全球平均溫度控制在低於 2°C 的路徑，且實現《巴黎協定》設定目標
- ◆ 全球預計2070年達成淨零

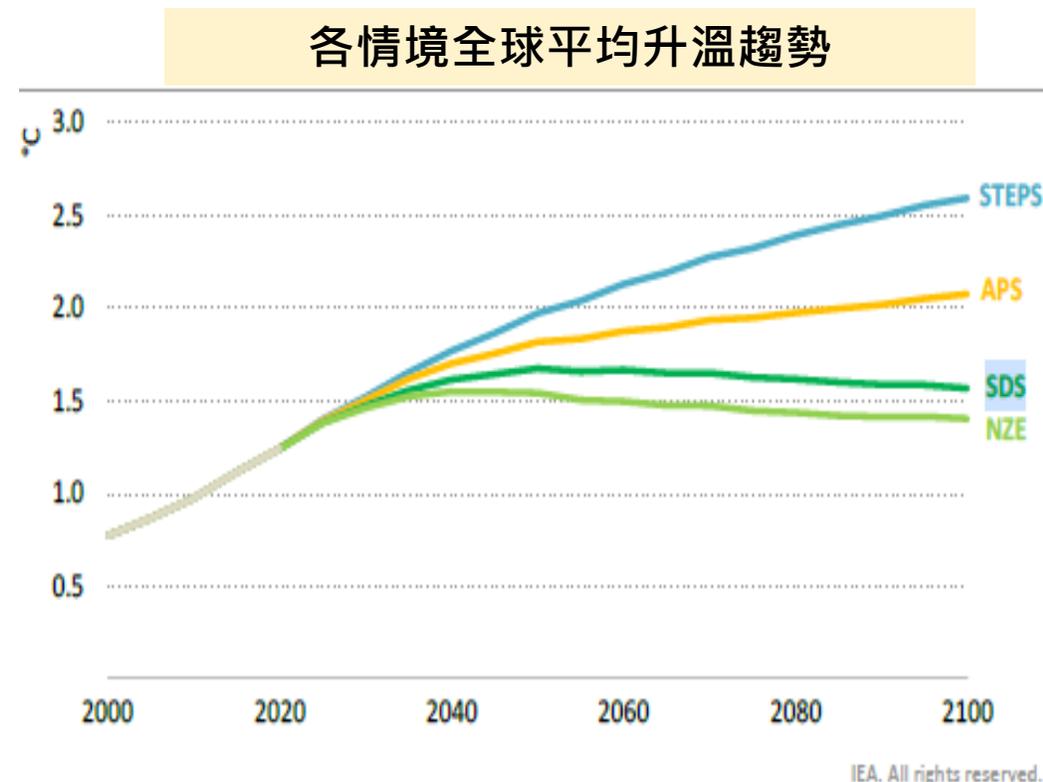
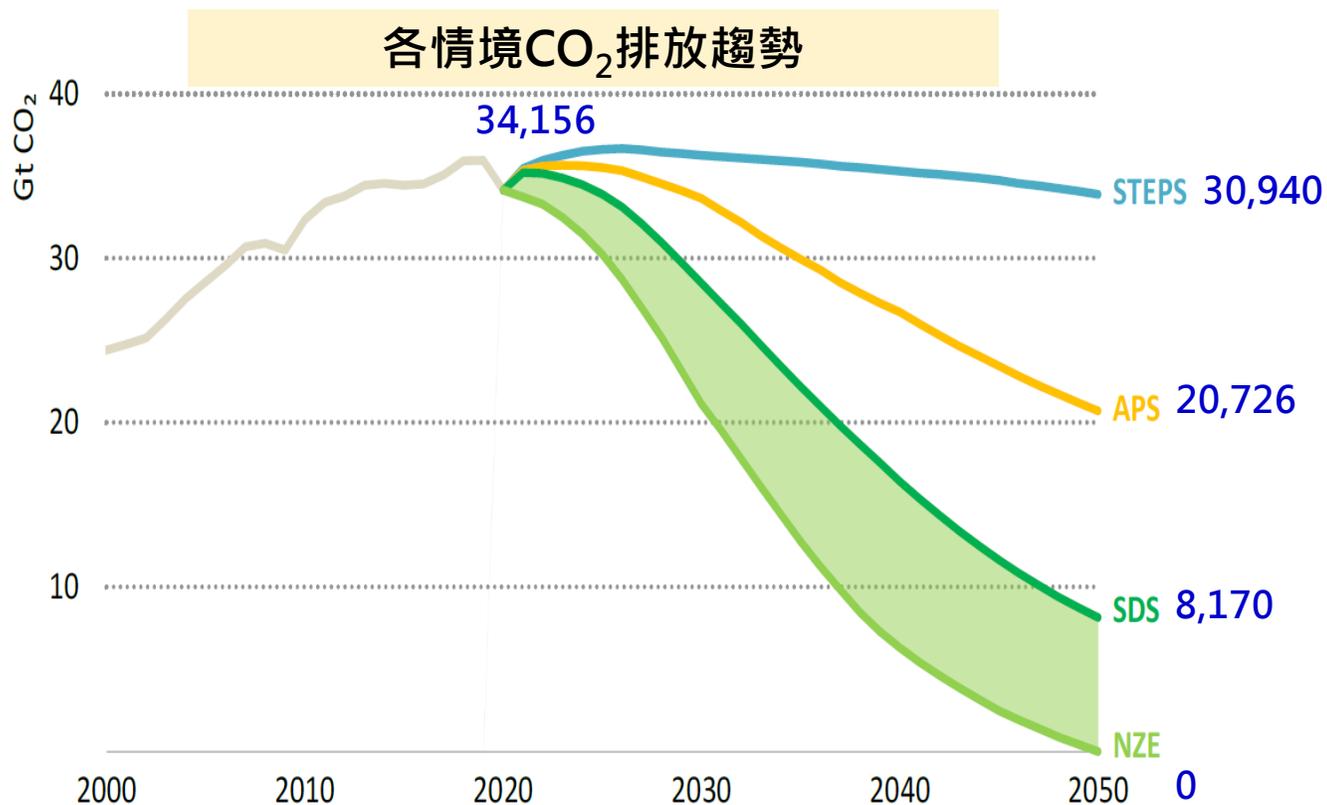
淨零排放情境 (NZE)

- ◆ Net Zero Emissions by 2050 Scenario (NZE) 情境是基於IEA今年5月所提出的2050達成淨零排放的情境
- ◆ NZE較APS之間差異在於是否有做到為達成2015年《巴黎協定》之目標

壹、全球碳排放變化趨勢

一、各情境CO₂排放趨勢

1. 2020年全球CO₂排放量達34,156百萬噸，相較2019年35,966百萬噸，減少1,810百萬噸。
2. 至2050年CO₂排放趨勢以既定政策情境(STEPS)最高，達30,940百萬噸；其次是宣示承諾情境(APS)為20,726百萬噸、永續發展情境(SDS)為8,170百萬噸，而淨零情境(NZE)則以達到零排放。



IEA. All rights reserved.

壹、全球碳排放變化趨勢

二、達成淨零目標，近十年的關鍵行動

1. 推動潔淨電力與電氣化

- ◆ 2030年**低碳電力占比**較2020年**提高1.8倍**

2. 發揮能源效率的充分潛力

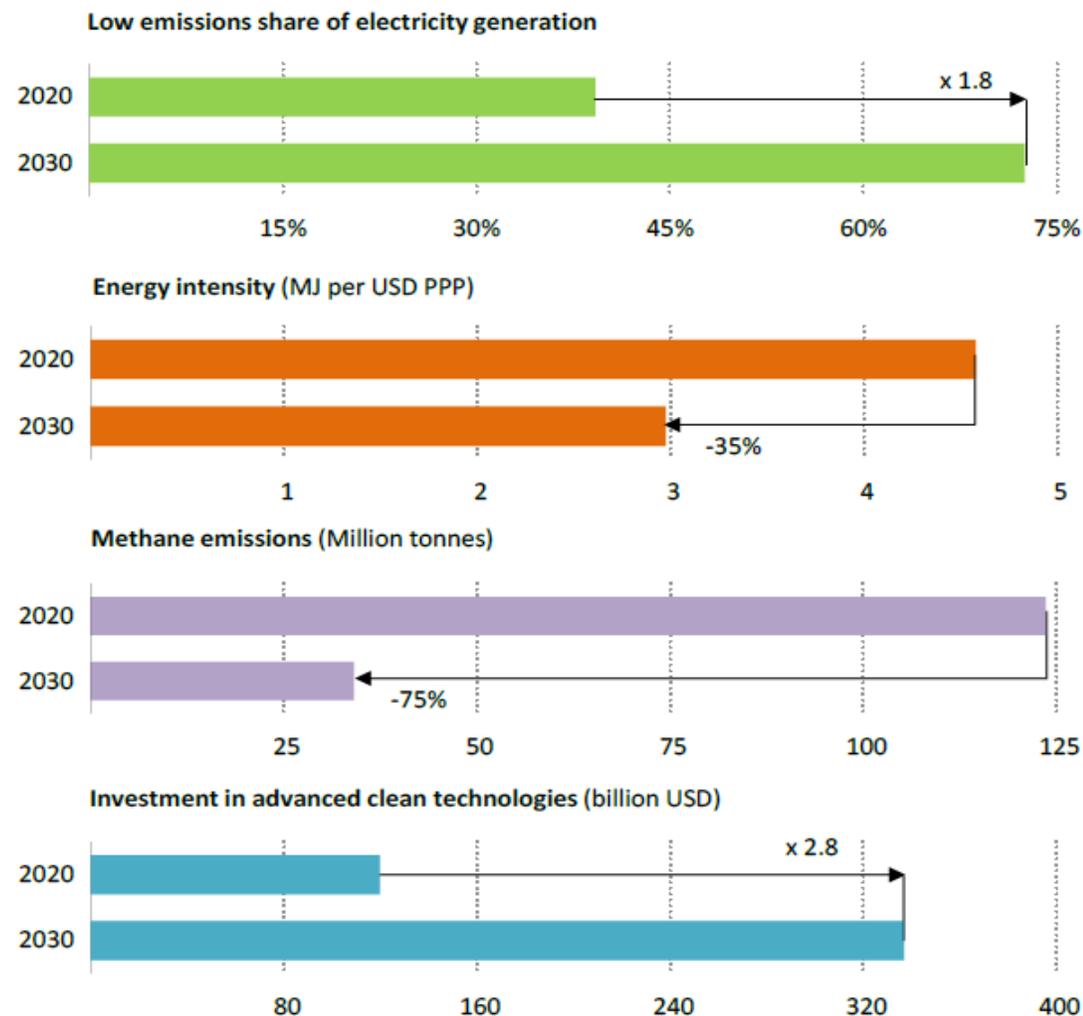
- ◆ 2030年能源使用密集度較2020年**下降35%** (**全球能源密集度年均下降4%**)

3. 防止石化燃料操作中的甲烷洩漏

- ◆ 2030年甲烷排放應較2020年**減少75%**，1/3來自於化石燃料消費的減少

4. 提高潔淨能源創新

- ◆ 2030年投資先進潔淨技術金額較**2020年增加2.8倍**



貳、全球能源變革與趨勢

一、燃料別變化趨勢

1. 能源供給結構變化趨勢

- ◆ 在各種預測情境，2050年全球均增加再生能源需求，**逐漸降低傳統化石燃料使用**。
- ◆ STEPS與APS兩情境的差異，意謂著承諾淨零的國家必須導入具體的政策與行動，包括降低能源需求、使用與生產低碳燃料。
- ◆ 為達2050淨零排放(NZE)，需要大幅抑低化石燃料使用，對少數仍須使用化石燃料的行業**應配備CCUS設備**，如燃煤發電廠、水泥業。

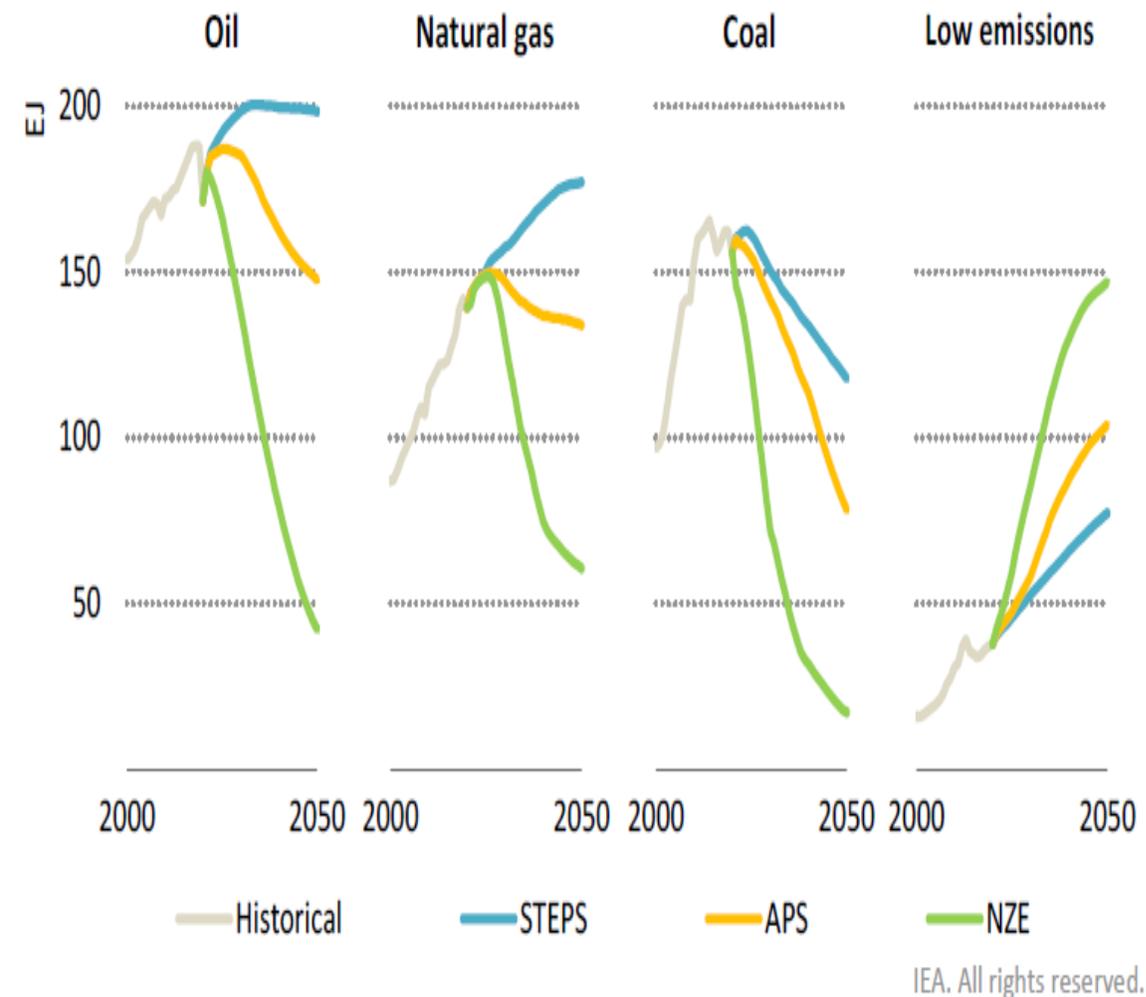
能源供給年均成長率(%)與2050年使用量(EJ)

預測情境	~2030年 總供給	~2050年								
		總供給	再生能源	煤	煤+CCUS	氣	氣+CCUS	油	核能	傳統生質能
STEPS	1.3%	0.8% (743.9)	3.5% (192.5)	-1% (116.8)	18% (1.0)	0.8% (174.0)	4.2% (1.5)	0.5% (198.3)	1.1% (40.5)	1.1% (17.2)
APS	1.0%	0.5% (674.4)	4.4% (248.4)	-3% (62.7)	29% (15.6)	-0.5% (119.1)	12% (14.1)	-0.5% (147.6)	1.7% (48.5)	1.7% (17.1)
NZE	-0.7%	-0.3% (543.0)	5.7% (362.1)	-12% (3.3)	28% (13.9)	-6.7% (17.4)	16% (43.3)	-4.6% (42.2)	2.4% (60.6)	-

貳、全球能源變革與趨勢

一、燃料別變化趨勢

2. 能源需求變化趨勢

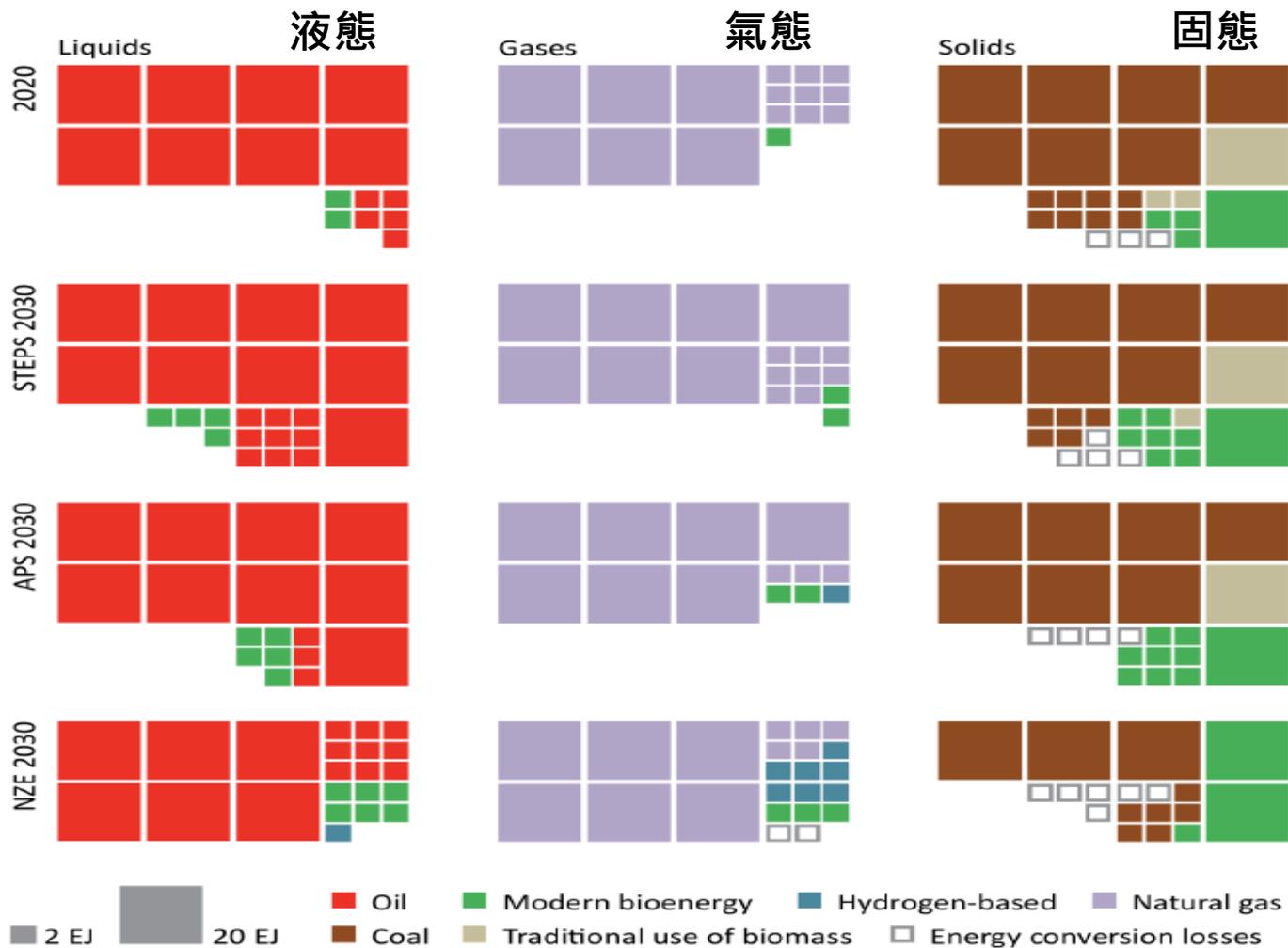


- ◆ **石油**：STEPS需求高點在2030年代中期；APS則於2025年後達到峰值；IEA評估**NZE應迅速降低石油需求**，如2030年新售客車超過60%為電動車，**2035年起禁止新售燃油車**。
- ◆ **天然氣**：預期近五年會增加需求，然後出現不同趨勢。在STEPS中，仍以天然氣來滿足工業、發電、及供暖需求。在APS中，天然氣需求於2025年到達高點；2030年時宣布淨零承諾的國家不在建築物中使用天然氣，電力部門的消費量下降近25%。在**NZE中**，天然氣使用量從**2025年驟降**，**2050年超過50%的需求用於製造氫氣**，**70%的天然氣設備加裝CCUS**。
- ◆ **煤炭**：各種預測情境均面臨結構性下降。STEPS中，於2025年後達到峰值，2050年較2020年下降約25%。在APS中，2030年煤炭需求僅比STEPS低6%，2030年後因有許多國家開始努力減排，才會快速下降，最後2050年煤炭需求較2020年下降約50%。在**NZE中**，**2030年煤炭需求下降55%**；**2050年下降90%**，另外**80%用煤設備都加裝CCUS**。
- ◆ **低碳燃料**：面對**難以電氣化的產業與民生需求**，須增加低碳燃料來替代化石燃料，包括**藍/綠氫、氫基燃料及現代生質能**。

貳、全球能源變革與趨勢

一、燃料別變化趨勢

3. 低碳燃料在能源結構的重要性將持續增加



IEA. All rights reserved.

- ◆ 2050年最終能源消費中，**NZE電氣化程度可達49%**。這表示電氣化雖是潔淨能源轉型重要策略，但仍有難以電氣化的部門。
- ◆ 因此，全球要達成淨零，需要積極發展低碳燃料，包括近期備受關注的氫能、需要規模發展的現代生質能。
- ◆ 對低碳燃料的政策支持，將因各國社會經濟發展條件有所不同。如NZE中，預期生質氣(biogas)在2030年可以為4億人口提供潔淨炊事。

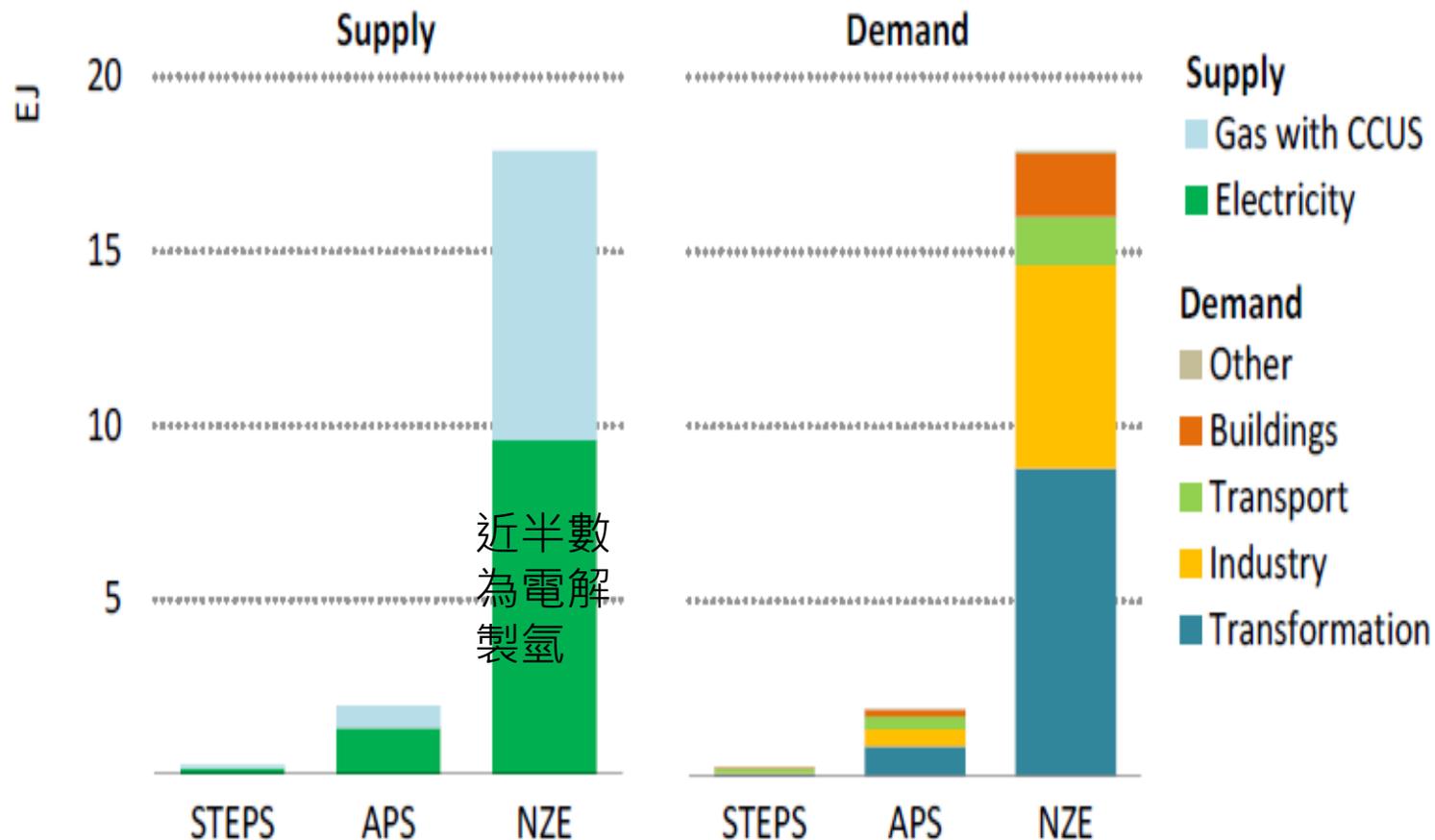
貳、全球能源變革與趨勢

一、燃料別變化趨勢

4. 低碳氫和氫燃料

- ◆ 迄今，17國政府已發布氫能發展策略，20多國正在研擬，主要關注在氫供給目標。IEA認為需要更多刺激低碳氫與氫基燃料(如氨、甲醇)需求的政策。
- ◆ STEPS中低碳燃料於2030年僅微量成長。
- ◆ APS與NZE中，預期氫與氫基燃料的需求快速成長，以提供電力部門操作彈性、運輸部門車輛使用、及建築部門供暖。
- ◆ 近10年(到2030年)低碳氫和氫基燃料**技術創新**的進展，對後期(2030-2050年)的成功至關重要。因為，降低生產和運輸成本，才能確保新的終端設備和車輛(如氫能車)迅速進入市場。

各種預測情境下，低碳氫和氫基燃料於2030年的供給與需求



貳、全球能源變革與趨勢

二、部門別能源使用變化趨勢

(一) 工業

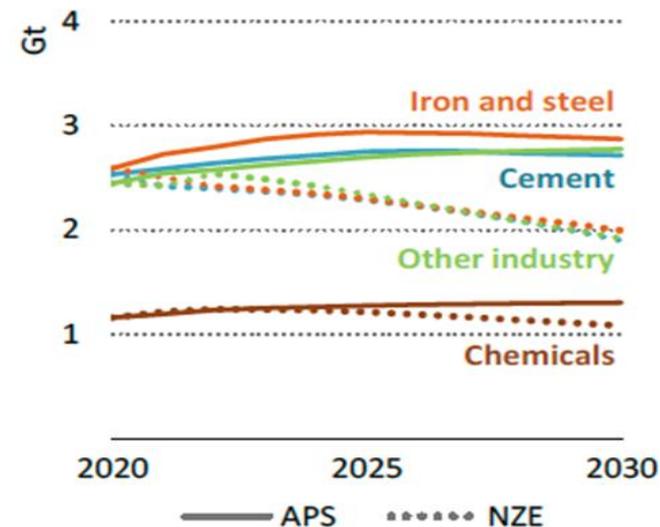
1. 現況

- ◆ 工業部門能源消費占全球最終消費量40%，且仍以化石燃料為主，導致碳排高達87億噸，僅次於電力部門。
- ◆ 工業部門面臨的挑戰在於控制碳排的同時卻又要滿足不斷增長的工業產品需求。

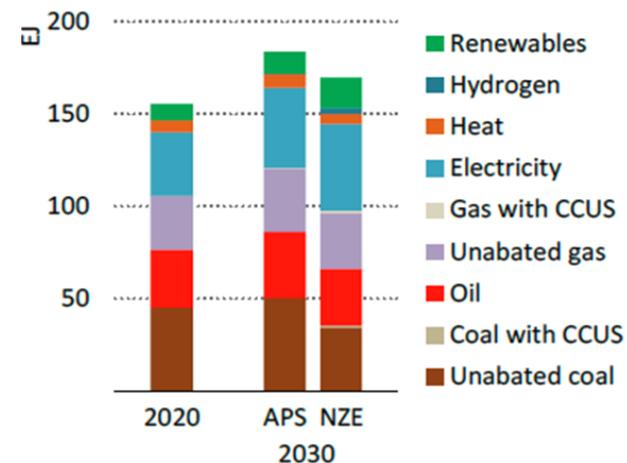
2. 未來

- ◆ 根據APS情境推估，因新興市場或發展中國家朝工業化或都市化，鋼鐵、水泥、化學品等需求增加約10-30%。
- ◆ 工業部門碳排放持續增加到2020年代晚期，且2030年碳排放量仍比目前高。
- ◆ 而NZE情境工業部門碳排放較低，比APS情境提早五年達到峰值。2030年兩情境碳排放差異為28億噸，其中水泥與鋼鐵就佔了一半。若從燃料別來看，未減排煤炭(unabated coal)占超過50%，製程排放約20%，石油與天然氣則各佔15%。

細產業別碳排量



燃料別使用量



貳、全球能源變革與趨勢

二、部門別能源使用變化趨勢

(一)工業

3. 各產業別在APS與NZE兩情境間的差異分析

◆ 鋼鐵業碳排差異最大，約9億噸

- ◆ 鋼鐵需求低：因NZE情境對於**建築、運具及機械的設計改善**使得鋼鐵需求量較低。
- ◆ 燃料轉換：如煤轉電，用電佔比從APS情境15%，增加至NZE情境的23%。電弧爐為關鍵角色。
- ◆ 回收率提高：NZE情境**使用廢鐵比例**要從目前的31%，提高到2030年的38%。
- ◆ **CCUS**約可貢獻碳排差異量的10%，另利用**氫能煉鋼**至2030年貢獻約1%。

◆ 水泥業碳排差異有近半是來自**減少煤的使用**

- ◆ 可透過**減少材料需求**、**提高窯爐效率**及使用**生質能**達成。另外透過**CCUS**減少燃燒與製程碳排。
- ◆ 以**替代原料**取代熟料亦可減碳，NZE情境下熟料/水泥比預計從目前的0.71降低至2030年的0.65

◆ 輕工業(含鋁、造紙業)

- ◆ 兩情境減碳差異7億噸，因在NZE情境下大幅減少化石燃料(煤、天然氣及石油)的用量所導致。

◆ 化學業

- ◆ 雖對化學品需求量增加是所有產業別裡最多，但兩情境減碳差異僅約2.5億噸。其中過半是來自天然氣使用量減少、1/3是來自石油製品，15%是來自低碳製程。
- ◆ **材料效率**、使用**生質能**的新技術及**CCUS**則是到2030年及更遠未來的關鍵技術。

貳、全球能源變革與趨勢

二、部門別能源使用變化趨勢

(一)工業

4. 如何減少APS與NZE兩情境間碳排差異

- ◆ 因**生產與基礎設施的使用年限長**及**缺乏關鍵替代技術**，使得工業部門脫碳相對其他部門慢。
- ◆ 減少碳排差異可努力的方向，包括**加強能源和材料效率的政策內涵**、迅速**建立法規機制**，為投資提供明確的方向和誘因、**加速電氣化**、增加**CCUS與氫能技術的研發與投資**，包括國際技術合作。
- ◆ 材料效率能在短期內達成減少能源使用與降低碳排，如**延長建築物壽命**可節省鋼材與水泥用量、透過**製造流程改進**、**數位化**或**材料替代**都可減少原料使用量，最後**輕量化**，特別是汽車，可節省鋼材使用量。
- ◆ 政府應與產業界共同就大規模實施淨零排放技術盡快做出決定，在規劃下一個階段產能與廠房汰舊換新時，就將淨零排放技術納入，如**是否採用CCUS或氫能或兩者的組合**。
- ◆ 政府應該**制訂政策讓電氣化具有競爭力**，如碳定價、歐盟排放交易體系 (EU ETS)等。
- ◆ 未來所採用的減碳技術很大部分是目前仍未商業化的技術，政府應**設定具突破性的成本目標**，並**加強創新技術研發**。

貳、全球能源變革與趨勢

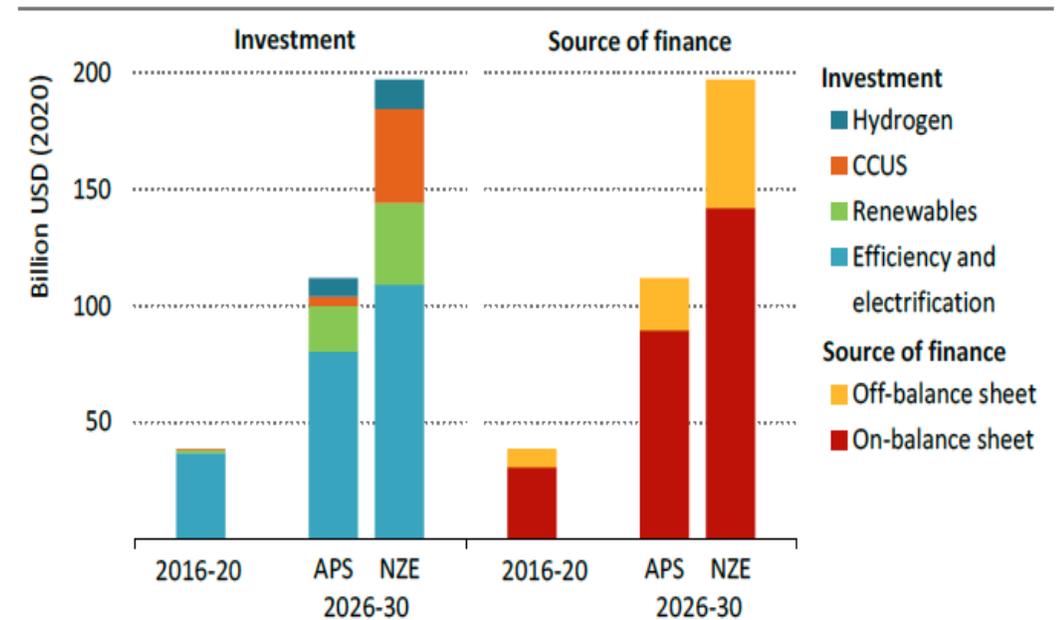
二、部門別能源使用變化趨勢

(一)工業

5. 淨零排放技術投資

- ◆ 為達成NZE情境，工業部門需要針對新的關鍵技術進行**大規模投資**。2016-2020年工業脫碳技術年均投資約400億美元，預估APS情境增加至1,100億美元，**NZE情境則大幅增加至近2,000億美元**。
- ◆ 2026-2030年**半數**投資用於**能源效率與電氣化**，其次依序為CCUS、再生能源、以及氫能。
- ◆ 2016-2020年大部分資金需產業**自籌**，淨零排放情境下2026-2030大約**1/3**投資需靠**外部融資支應**。
- ◆ 新興市場或發展中國家往往缺乏資源，難以對**CCUS**或**氫能**等新技術進行大規模投資，因此更需要透過**國際合作機制來促成投資**。

工業部門年平均投資額與資金來源



IEA. All rights reserved.

貳、全球能源變革與趨勢

二、部門別能源使用變化趨勢

(二) 建築部門

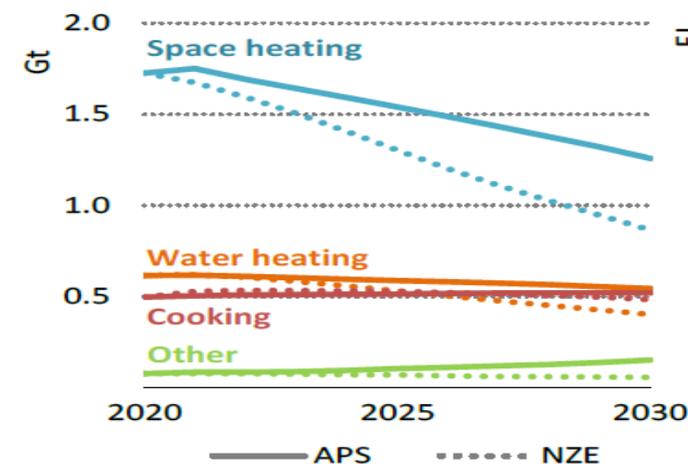
1. 現況

- ◆ 建築部門占最終能源消費總量的1/3，並占終端使用部門直接排放的15%，但若將建築部門使用的電力與供暖所需的間接排放納入，則碳排放占比將上升到約30%。

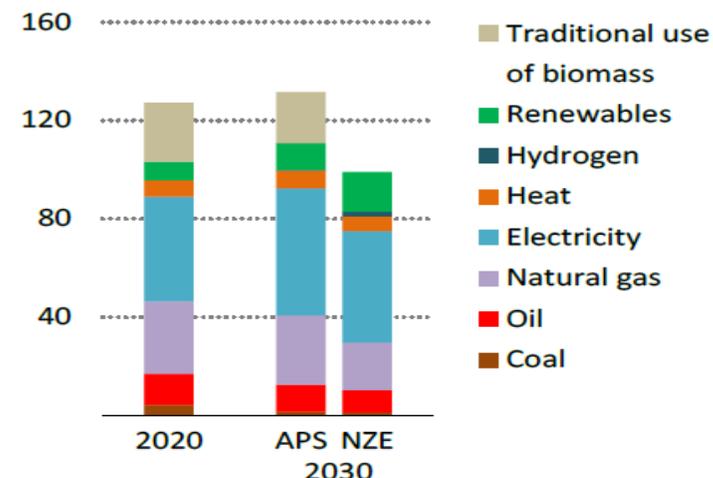
2. 未來

- ◆ 根據APS情境預估，2030年建築直接排放將減少15%，但仍不足以符合NZE路徑規劃中預期下降近40%的目標(差距0.7Gt)。
- ◆ 儘管全球GDP及都市化程度已大幅提升，建築能源需求在APS中仍維持與目前相同的水準，主要由供暖、熱水器、烹飪等降低碳排放，而NZE中則考量更積極的行為改變、能源效率提升來降低能源需求。
- ◆ 需要提升建築部門終端應用(end-uses)低碳化，才可拉近APS與NZE間的差距，如LED照明銷售比例達100%。

建築部門各類使用碳排放量



燃料別使用量



貳、全球能源變革與趨勢

二、部門別能源使用變化趨勢

(二)建築

3. 直接排放主要設備

- ◆ 供暖:碳排量占全球建築部門的60%
 - ◆ 提升**能源效率**與**減少供暖需求**是最主要的減碳來源。在先進國家中，**改善既有建築能源效率**尤其重要，APS情境預估至2030年約有10%既有建築將進行改建，NZE情境預估超過20%。
 - ◆ **改變燃料結構**(燃料替代與電氣化)也是很關鍵的因素，於NZE情境預估透過可提供減少1/3的碳排量。
- ◆ 烹飪: 為建築部門化石燃燃主要用途，液化石油氣、天然氣與煤炭提供3/4全球烹飪能源需求
 - ◆ 透過轉為使用**低碳或無碳能源(生質能)**及**電氣化**減少石化燃料使用，NZE情境預估至2030年可達成全球潔淨烹飪的普及，碳排放將較目前減少3%；2030年後碳排放年下降15%以上。
- ◆ **行為改變**可**減少建築部門的電力需求與直接排放**，占NZE較APS情境直接排放減量的3%以上，如改變供暖與空調溫度設定、衣物晾乾等節約行為，可在不需任何新技術與投資挹注下達到減碳成效，但這些行為改變是需要透過強化民眾意識並提升參與度才能帶來轉變。

貳、全球能源變革與趨勢

二、部門別能源使用變化趨勢

(二)建築

4.如何減少APS與NZE兩情境間碳排差異

- ◆ 制定**強制性零碳建築法規(zero carbon-ready building energy codes)**：除納入直接排放管制，亦需納入間接排放管制，並加速規範所有新建物。
- ◆ **建築改造**：除強制性規定，應透過獎勵措施、教育活動、優惠融資等，並促進能源即服務的新商業模式，以克服建築改造所面臨的經濟或社會障礙。建築改造可**減少至少60%建築能源需求**，並可藉由熱泵技術等技術的應用，使建物直接排放達到淨零。NZE情境預估從2020年開始進行改造行動，2050年至少85%既有建築改造，因改造需要歷經漫長的投資回報期，應加速啟動以趕上淨零目標。
- ◆ 制定政策**加速燃料替代**：燃料轉換對建築產生的直接排放有最大的影響，應加速電氣化與轉為使用再生能源，如禁止銷售新的化石燃料鍋爐、獎勵安裝太陽能熱水器等、推動熱泵技術等，以達到NZE情境目標。
- ◆ 各國政府應共同努力才得以在2030年達到全球「潔淨烹飪」普及化，因Covid-19導致全球經濟體發生變化，需要**國際間共同合作**來確保貧困、能源缺乏、不安全的國家影響淨零進度。
- ◆ **家電與供冷是建築部門當前能源使用增加最快的**，為緩解家電與供冷未來需求增加對電力部門減碳的影響，應加快最低能源效率標準(MEPS)更新速度，並全球合作開發高效率設備以降低成本。

貳、全球能源變革與趨勢

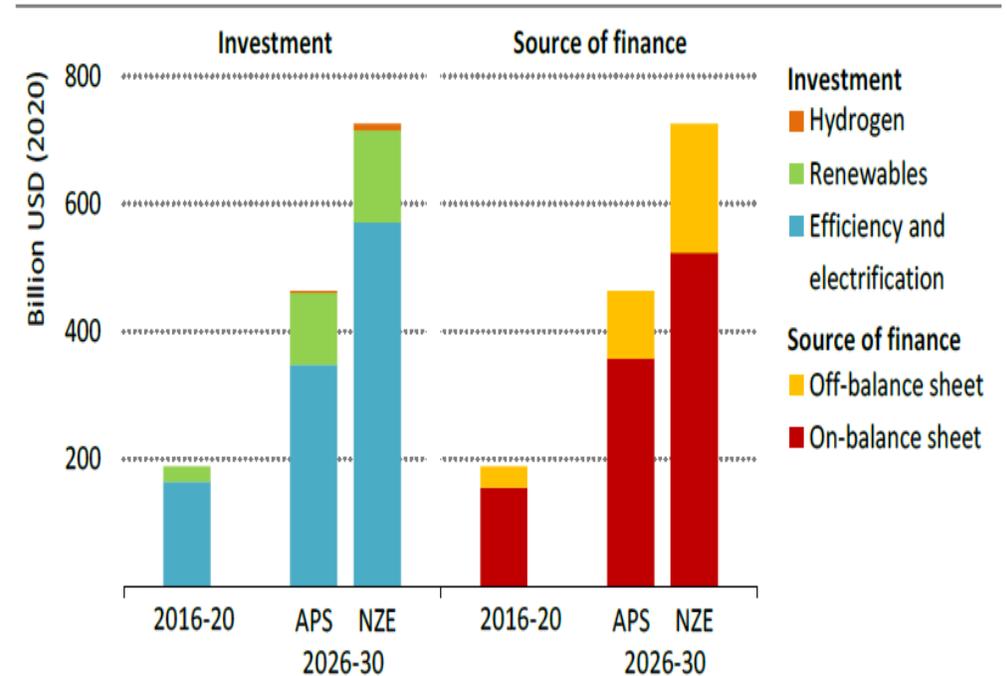
二、部門別能源使用變化趨勢

(二) 建築

5. 淨零投資

- ◆ **NZE情境**預估需要在10年內**每年增加約5,000億美元**，為近年投資的4倍，且比APS的預期投資水平高出近60%。
◦ 2026-2030年部門投資**以能源效率與電氣化為主**、其次為再生能源、而氫能占比較少。
- ◆ 不論在APS或NZE情境中，節能投資資金來源**大多仰賴家庭、公司等能源用戶**。
- ◆ 隨著融資機制的創新，能源用戶可透過非自有資金或外籌資金獲得融資，如**節能服務產業(ESCO)**透過租賃合約減輕能源用戶期初投資的需求，可輔助建築部門實踐氣候目標。

建築部門年平均投資額與資金來源



貳、全球能源變革與趨勢

二、部門別能源使用變化趨勢

(三)運輸

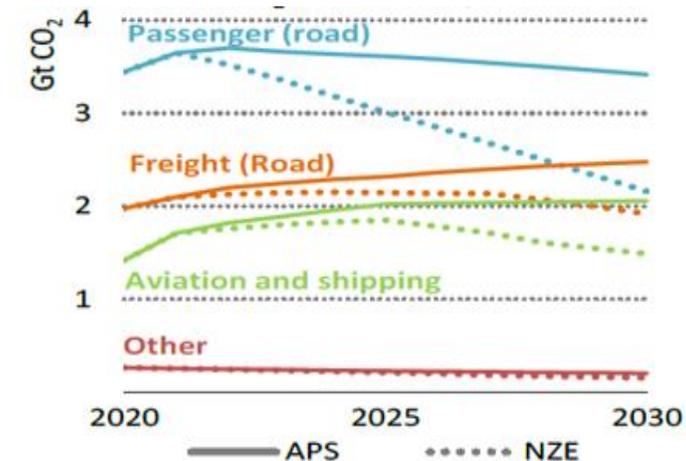
1. 現況

- ◆ 相較其他部門，運輸部門仍高度依賴化石燃料，主要是因**持續增加的需求、仍未廣泛採用替代燃料**，導致碳排量持續增長，占終端使用部門**直接排放的37%**(2020年為7.1Gt)。

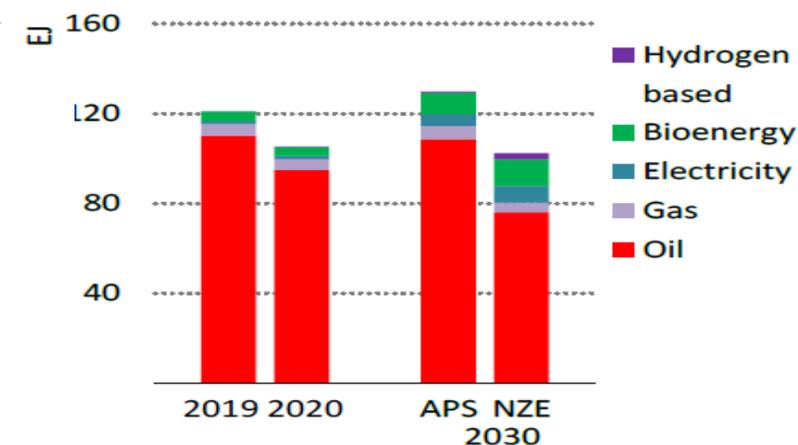
2. 未來

- ◆ 根據APS情境預估，2030年運輸部門碳排量比NZE預測值高2.5Gt。
 - ◆ 1.3Gt的差異來自**新興市場與發展中國家經濟活動發展大幅增加全球運輸需求**，且其中許多國家並未提出淨零承諾，
 - ◆ 1Gt的差異則是因為**能源結構的差異**。在APS情境中，電氣化速度較慢、使用較少的生質能與氫能，2030年石油占比仍高達80%以上、電力為5%；在NZE，石油占比75%，電力為10%，並開始採用氫、氨等新能源。
- ◆ APS情境中，雖然有些地區已提出淨零轉型，並強化其國家自定貢獻(NDCs)目標，但整體來看，這樣的強度仍無法讓全球運輸部門2050年達成淨零。

運輸各類使用碳排量



燃料別使用量



貳、全球能源變革與趨勢

二、部門別能源使用變化趨勢

(三)運輸

3. 各類運輸情形

- ◆ 公路運輸：其碳排量為全球碳排放的15%以上。
 - ◆ NZE情境中，2030年碳排量將較目前下降1/4；預期APS情境到2050年才可達到這樣的水準。
 - ◆ 電動機車與三輪車：因為所需**成本低**、**耗電量較少**，新興市場與發展中國家將廣泛地應用。至2030年，APS情境預估其新車銷售市占率可增加至60%(目前約30%)，NZE情境則可達85%。
 - ◆ 電動車：APS情境預測2030年新車銷售市占率可達30%，NZE情境則達60%以上。
 - ◆ 電動大貨車：APS情境預測2030年新車銷售市占率5%，NZE情境則約25%。
- ◆ 鐵路運輸：是所有運輸類別中**電氣化程度最高**的(2020年的電氣化比例40%)。
 - ◆ APS情境中，2030年全球鐵路電氣化比例將達60%，NZE為65%。
 - ◆ 部分國家已開始推展**電氣化鐵路計畫**(如德國、印度、英國，其中德國已開始發展**氫能列車**)。
- ◆ 航空/航運：應儘早採取**創新**、**基礎設施建設**、**國際合作**以實現減排目標。
 - ◆ NZE情境要求2030年降低石油使用占比，低於航空/航運燃料總需求的85%，替代的燃料為**生質航空燃油**及**合成生質燃料**取代，然而在APS情境中，石油占比仍有90%以上。
 - ◆ 建議政府**授權石油產品摻配生質燃料**、**生質燃料消費的稅賦減免**等，益於**促進替代性燃料使用**。

貳、全球能源變革與趨勢

二、部門別能源使用變化趨勢

(三)運輸

4. 如何減少兩情境間碳排差異

- ◆ 推動**能源效率與行為改變**以**降低能源需求**，並**加速電氣化**。
- ◆ 行為改變：NZE情境預期2030年大城市將大幅限制燃油車上路，駕駛也節制使用車用空調，而這些行為改變皆取決於社會接受度提升。NZE情境中，運輸部門若無行為改變，要達到相同的減碳水準，2026年時市場上銷售的新車則須100%為電動車(EVs)或燃料電池車(FECVs) (目前銷售占比5%)。
- ◆ 提升車輛能效：即使在NZE情境中，2030年在路上行駛的車輛仍有80%為燃油車，故要**強化車輛燃料效率規範，也可促進能源使用模式轉換**。NZE情境的2030年燃油客貨車平均燃油效率，高於APS情境15%。車輛能效提升的措施有嚴格的燃料效率標準(亦包括航運與航空)、監管二手車輛(效率低)市場。
- ◆ **各國應把握電動車(EVs)快速成長的趨勢，並輔以政策支持**。在部分國家，電動車已成為經濟實惠的選擇。然而在新興市場與發展中國家中，電動車普及化仍存在阻礙，包含價格不夠親民(全球僅有10%電動車價格低於15,000美元)、基礎設施不足(新興市場與發展中國家僅0.3%安裝公共充電設施)。此外，這些國家大多依賴全球二手車市場，電動車相關技術發展，嚴重落後於已開發國家。
- ◆ 全球應大規模**推動車輛充電與加氫的基礎設施**(NZE情境中，2030年有4千萬個快充設備，1萬8千個加氫站)，加速發展使用低碳燃料的重型、長程的運具(包括大貨車、航空及航運)。並**透過獎勵措施，促進各關鍵技術投資研發**，包含高密度的先進儲能電池、燃料電池、生質燃料、合成燃料等。

貳、全球能源變革與趨勢

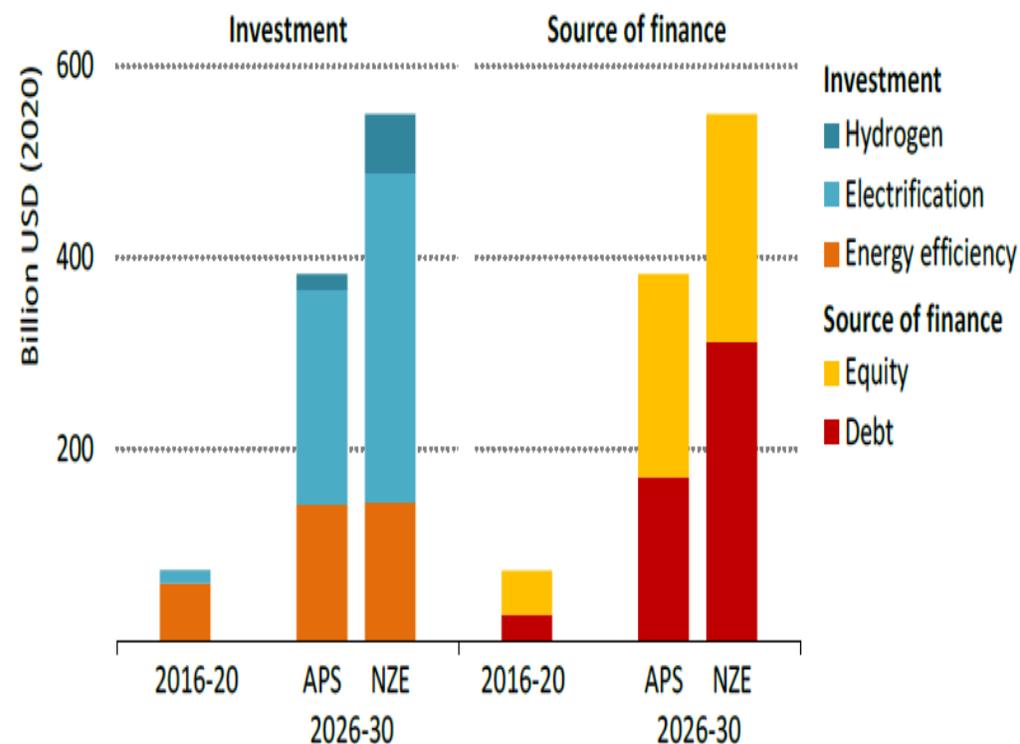
二、部門別能源使用變化趨勢

(三)運輸

5. 淨零投資

- ◆ 全球運輸相關**潔淨能源投資**目前約750億美元，APS情境預估至2030年要超過3800億美元，而NZE情境則超過5700億美元。
- ◆ 在APS情境，電動車(EVs)投資增加15倍以上，NZE情境則需要增加25倍以上。建議各國政府要**設定明確的電動車與其充電設施發展目標**。
- ◆ 其中，**新興市場與發展中國家**的運輸電氣化，除刺激電動車的使用需求，尤其需要**透過規模經濟降低電動車的製造成本與使用成本**。可藉由貸款優惠、稅賦減免等政策誘因予消費者和企業，以發展綠色經濟。
- ◆ 部分新興國家雖有資助布建重型大貨車與大型客運的快充站，但因財政狀況不佳進程緩慢，建議這些國家或其國有企業可**徵集創新商業模式解決電動車充電問題**。

運輸部門年平均投資額與資金來源

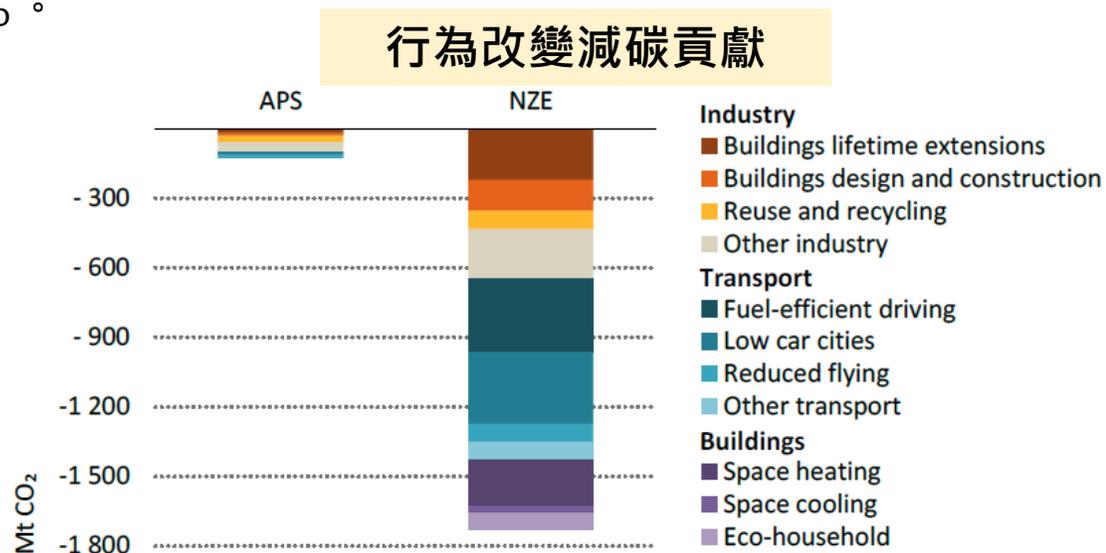


貳、全球能源變革與趨勢

二、部門別能源使用變化趨勢

(四)行為改變

1. 實現淨零亦需依賴**行為面**。不僅是偏好採用潔淨技術，還需要行為改變以減少能源消耗和碳排足跡，因此行為變化係指**消費者在日常生活中使用能源方式的持續變化**。
2. NZE情境涵蓋的行為改變比APS情境**更全面**，且需要專屬與持續性的**政策引導**。情境差異所造成碳排差距約有一半來自運輸部門，三分之一來自工業部門的材料效率改進，建築物部門約五分之一
 - ◆ 在道路運輸主要是在大城市逐步**淘汰內燃機汽車**、多多採行**共乘**以及減少高速公路**速度限制**。
 - ◆ 航空客運在已開發國家透過**電話視訊會議**讓以商業為目的的旅行維持在2019年水準，貢獻了30%減排量；以旅遊目的的航運需求在沒有快速增長下，貢獻20%。
 - ◆ 設定**冷氣溫度不低於24度**為建築部門行為改變裡重要的減碳措施，**暖氣則設定在19-20度間**也是另一個重要措施。
 - ◆ **延長工業部門建築物壽命**是降低材料需求與碳排重要措施。特別是水泥業，透過延長壽命，可降低20-30%碳排量。
3. 前述措施中約有**70%**會受到政府影響或管制，如都市設立低排放區，或在有替代方案(如火車)下撤銷航線許可等。

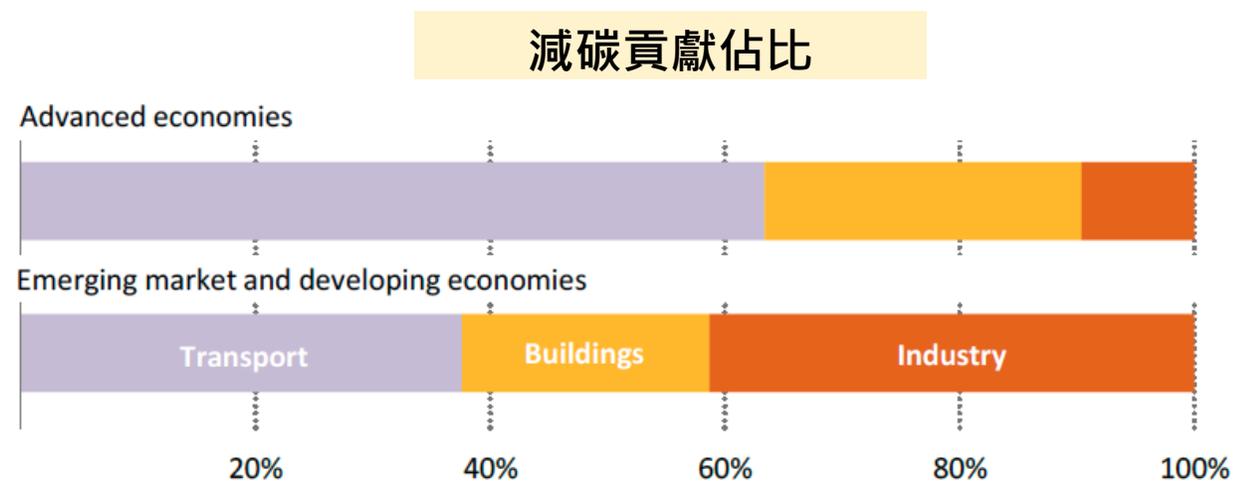
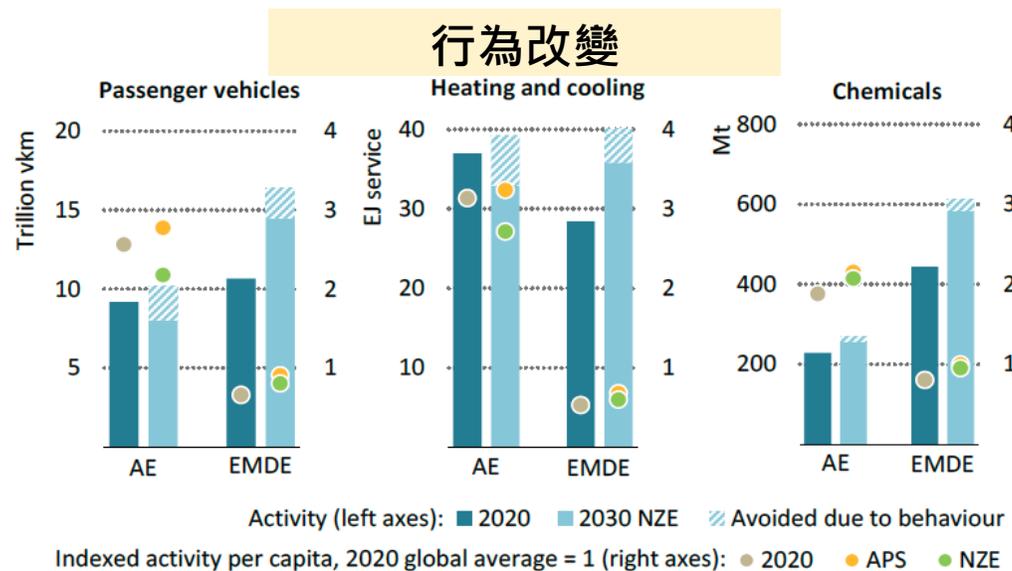


貳、全球能源變革與趨勢

二、部門別能源使用變化趨勢

(四)行為改變

4. 能源使用狀況各地存在差異，除反映不同地區的地理和氣候差異，另外也反映了不同的經濟和發展因素，如已開發國家的汽車人均行駛里程數是開發中國家的八倍。因此，行為改變在短期內對降低能源需求的機會在已開發國家大於新興與開發中國家。
5. NZE情境2030年已開發國家的總行駛里程或人均皆低於2020年實績值，而在開發中國家，則都較高，在空調與取暖需求上，也有相同趨勢。因此，**行為改變也可以改善能源使用不平等的現況**。
6. 而**提高材料效率機會主要會在新興與開發中國家**，如改善基礎設施設計與建造將使新興與開發中國家對化學品的需求減少5%，約減排30百萬公噸。



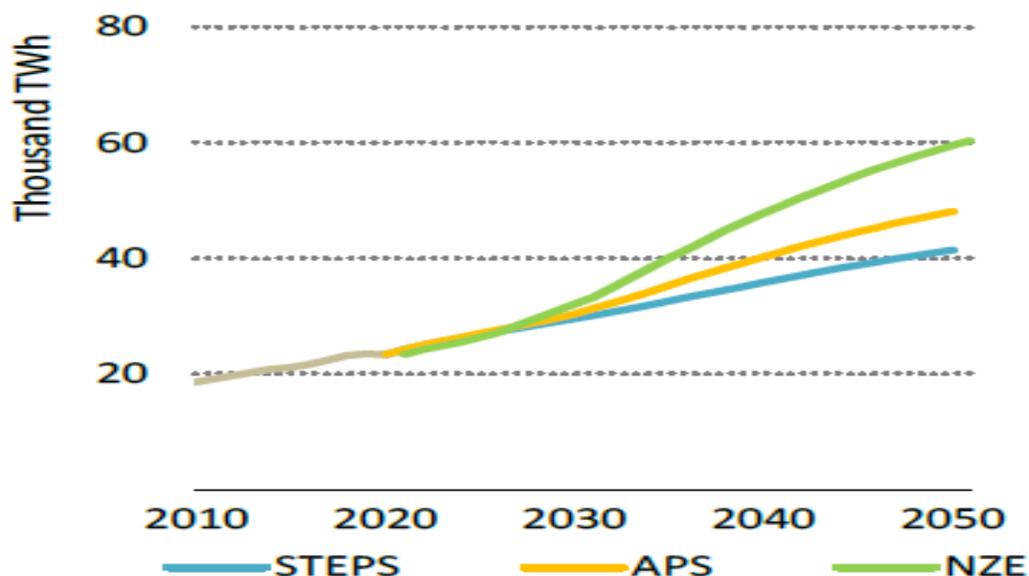
註：AE為已開發國家；EMDE為新興與開發中國家

參、全球電力供需變化趨勢

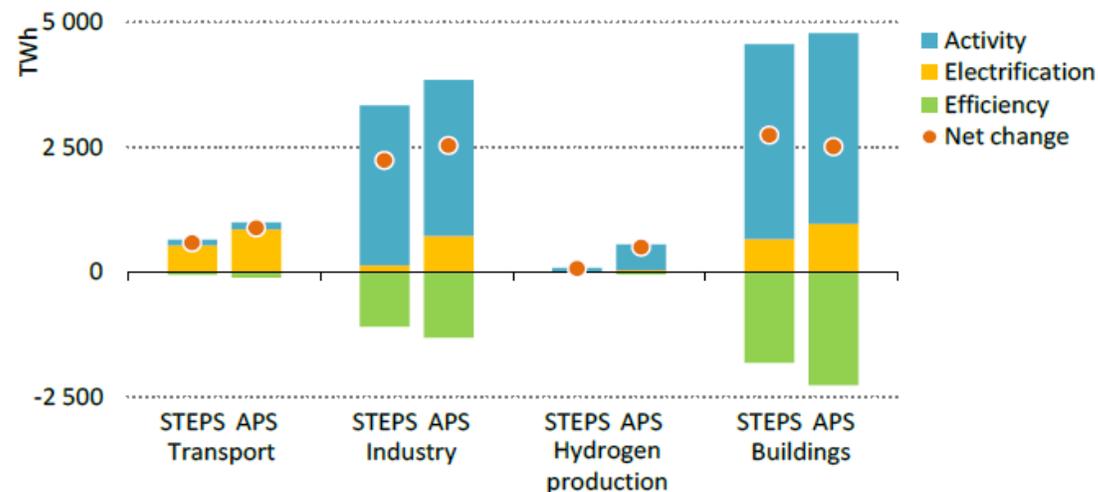
一、電力需求

1. 各情境的電力需求因**電氣化趨勢均呈現成長趨勢**，在既有政策情境(STEPS)電力2020-2050年均成長率為**1.9%**，在APS情境為**2%**，在NZE情境為**2.5%**。
2. STEPS與APS情境間電力需求差異集中在先進國家，主要差異為**電解製氫**與**運具電氣化**對電力的需求
3. 隨著經濟活動的增加和能源使用日益電氣化，**提高電力使用效率**對於**緩和需求增長**至關重要。

各情境電力需求



影響STEPS與APS電力需求關鍵要素(2020至2030年比較)



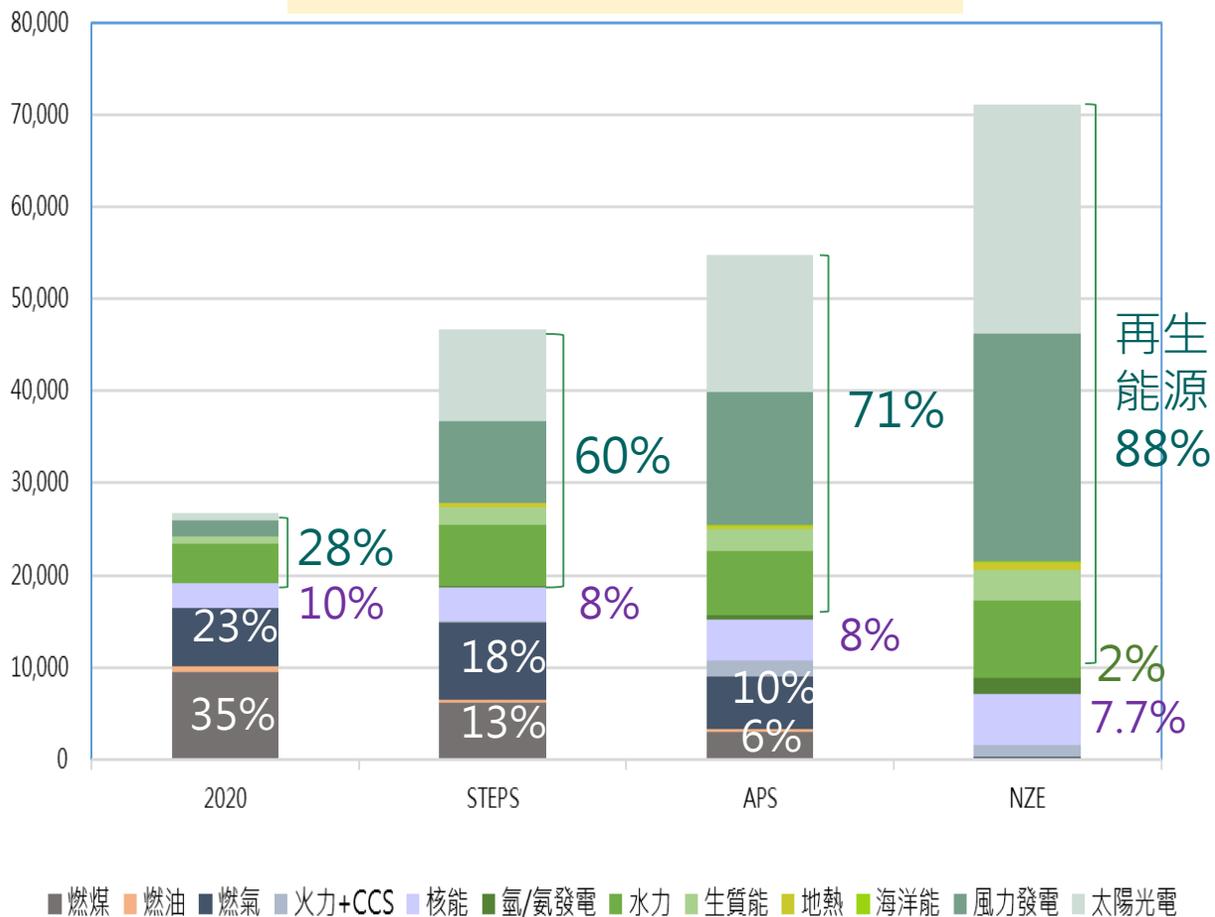
IEA. All rights reserved.

Meeting announced pledges requires new policies to accelerate efficiency improvements, electrification and the ramp up of hydrogen production

參、全球電力供需變化趨勢

二、電力供給

各情境電力供給結構(2050年)



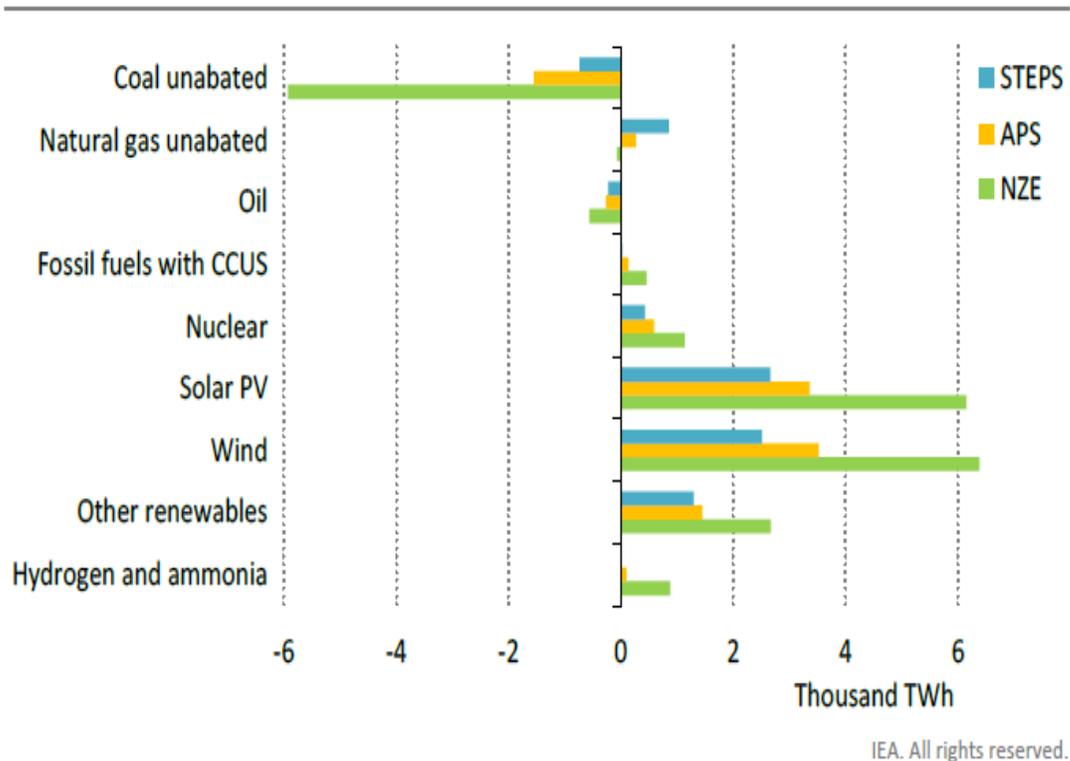
電力供給結構與電力淨零轉型主要策略

- 擴大再生能源**：2050年再生能源成為主要電力供應來源，其中以**風力及太陽光電為主** (APS與NZE情境分別占53%、70%)。
- 合理運用核電**：核電占比仍維持在7~8%
- 改建燃煤或燃氣電廠加裝CCUS**：CCUS為協助既有火力電廠，促進淨零轉型的重要途徑。
 - 在NZE情境下，至2030年全球先進經濟體無減排技術的燃煤電廠退場；至**2040年全球所有無減排的燃煤電廠皆需退場**。
 - 天然氣是先進國家最大的電力來源，未來十年發電量保持穩定，而新興市場和發展中國家則增加約三分之一。淨零下，2030年以前即開始下降。
- 擴大可調度低碳裝置量與無碳彈性資源**是縮短APS與NZE差距的關鍵步驟，如**水力發電**(包括抽蓄水力)、**生質能**(以固態燃料專燒/混燒、生質氣)、**地熱**、**氫或氨發電**(混燒在既有燃煤或燃氣電廠，亦或建新電廠專燒)

參、全球電力供需變化趨勢

三、短期縮短電力排放關鍵策略

各情境電力供給來源-差異分析(2020年至2030年)



Solar PV and wind take the lead in each scenario by 2030, but their strong growth at the expense of coal in the APS falls short of what is needed for net zero emissions by 2050

1. 縮短APS情境與淨零情境(NZE)電力排放的關鍵策略(2020至2030年)：

◆ 擴大風力與太陽光電

- 至2030年PV與風力可提供STEPS情境下電力需求增加的3/4，APS情境的90%，在淨零情境下則可完全滿足電力需求增加所需的發電量。
- PV與風力發電占比由2020年的不到10%，至2030年增加為23%(STEPS)、27%(APS)、40%(NZE)

◆ 加速部署水力發電、核電、氫/氨等可調度低排放電力

- 核電年新增裝置由2016-20年的7GW，至2030年提高為23GW(APS情境)、33GW(NZE情境)

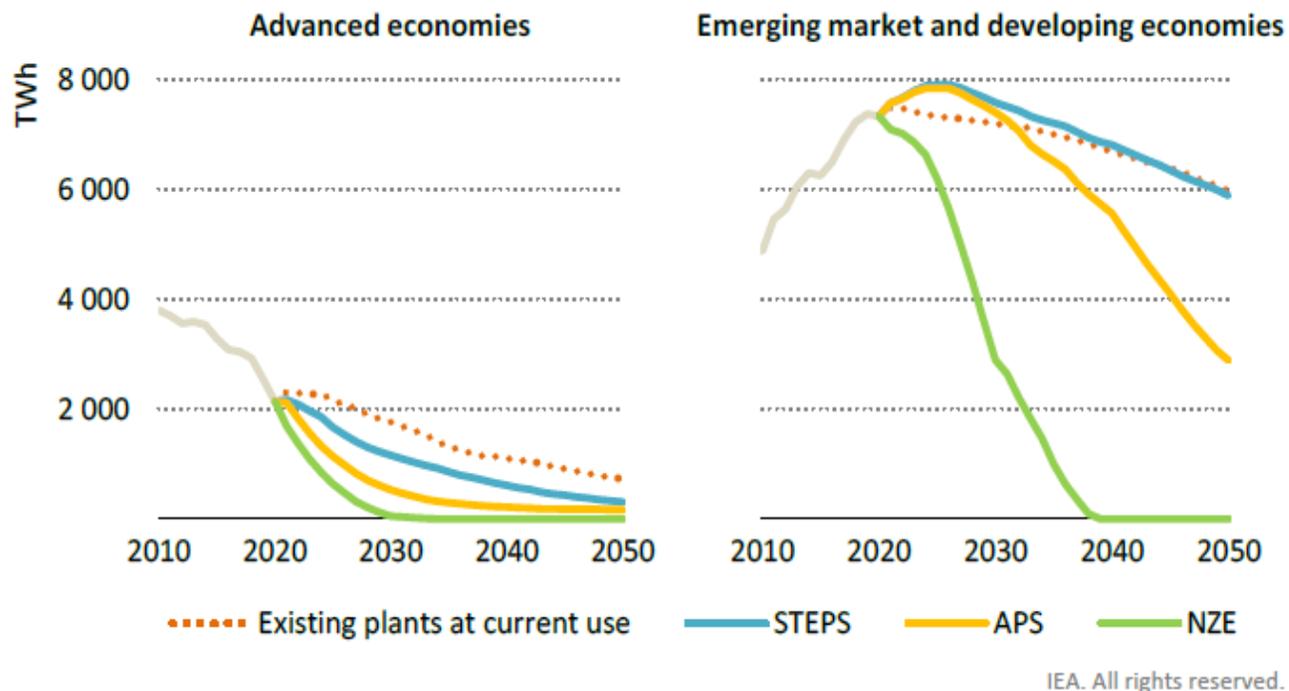
◆ 停止投資新的無減排燃煤電廠，並改造、重新利用或淘汰既有無減排的化石燃料電廠。

2. **CCUS與高比例混燒氫/氨技術**發展目前仍未商業化，相關技術對於電力減排及電力系統穩定相當重要，且有助於擴大既有電廠的使用，若要在2030年-2050年提供更多的貢獻，現階段需**致力於降低成本**。

參、全球電力供需變化趨勢

四、逐年汰除燃煤電廠，尤其是未進行減排措施的燃煤電廠

各情境未進行減排燃煤發電規劃(2020年至2050年)



Unabated coal is set to decline, but even in the APS it continues to be used widely:
this puts the world off track to reach net zero emissions by 2050

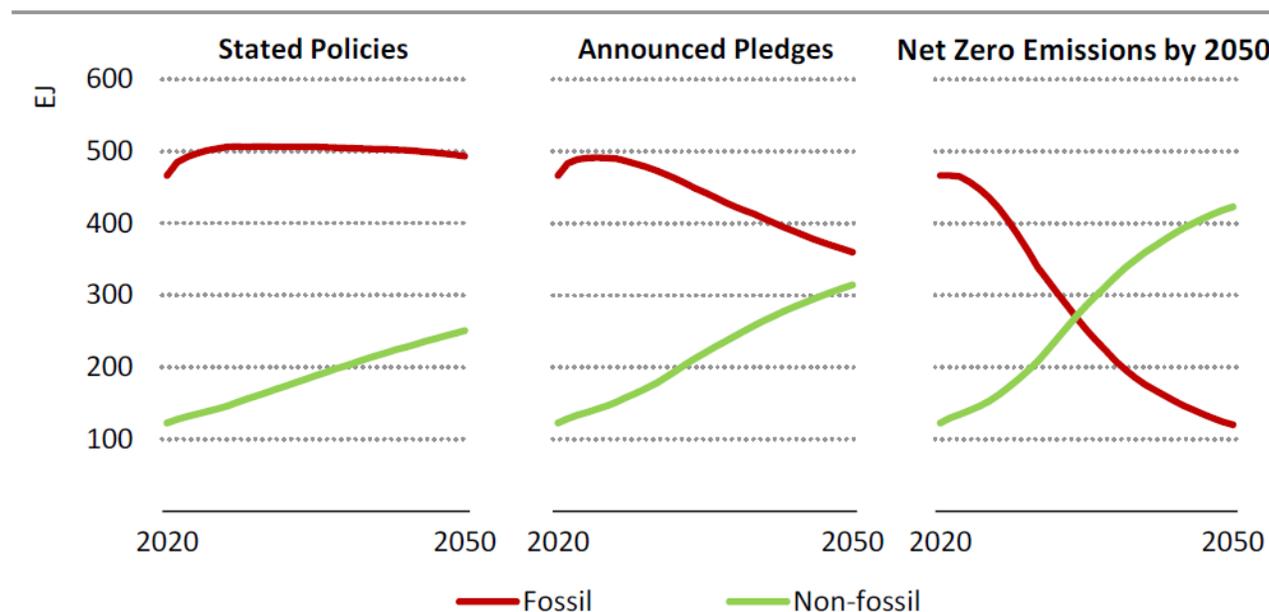
1. 燃煤是目前主要電力來源，占電力CO₂排放總量的 **3/4**。目前全球燃煤電廠裝置量超過 2,100GW，許多電廠運轉年限仍低(young)，為達成淨零的關鍵挑戰。未來電廠是否繼續營運**取決於電網對其產出與服務的需求**，包括**容量裕度、系統穩定及彈性**。
2. 所有情境下，**先進國家燃煤延續近期下降趨勢**，但在新興市場與開發中國家由於目前建設中燃煤裝置量有 140GW，而規劃中的亦有 430GW，減煤的挑戰相對大。
3. 在STEPS與APS情境，**新興市場與開發中國家未減排燃煤發電將在2025年達尖峰**，再迅速下降。而在**NZE情境**，則呼籲**立即減少燃煤使用**，**2030年減少60%以上**，至2040年後則僅新電廠+CCS可持續運轉。

肆、淨零轉型能源安全議題

一、能源系統轉變

1. 化石燃料使用下降、再生或低碳能源技術提升是淨零排放討論的主軸。再生能源、氣態與液態燃料可轉換為電力使用，電力亦可轉換為潔淨燃料或儲存，各類**能源供應鏈的交互關聯更高**，故須確保各**供應鏈的彈性與裕度**，其中**電力系統可靠度**的維持與相關技術發展，是全球共同面臨的關鍵議題。
2. 能源安全議題涉及多面向，以APS情境而言，因各國淨零排放發展進程不一，不利於國際交易與低碳技術移轉。NZE情境大量削減傳統化石能源使用，可能對能源產地經濟造成衝擊；大量零碳能源需求也可能引發供應量不足的疑慮。

各情境下化石與非化石能源供給變化情形



IEA. All rights reserved.

In clean energy transitions, managing the decline in fossil fuel investments in parallel with a scale up in low-carbon technologies is essential for energy security

肆、淨零轉型能源安全議題

二、各國電力系統演進

1. WEO把各國再生能源導入程度分為6個階段，多數國家目前在第2階段，在STEPS與APS情境中，到2050年預計多數國家將達到第5或6階段，面臨**跨月或季節的電力供需匹配問題**。

2. 因應高再生能源併網趨勢，電力系統主要發展方向包括：

◆ **確保低碳可調度資源量**，因應短期系統彈性需求與長期儲能需求

◆ 預備足夠**備轉容量與平衡市場** (balancing market) 機制

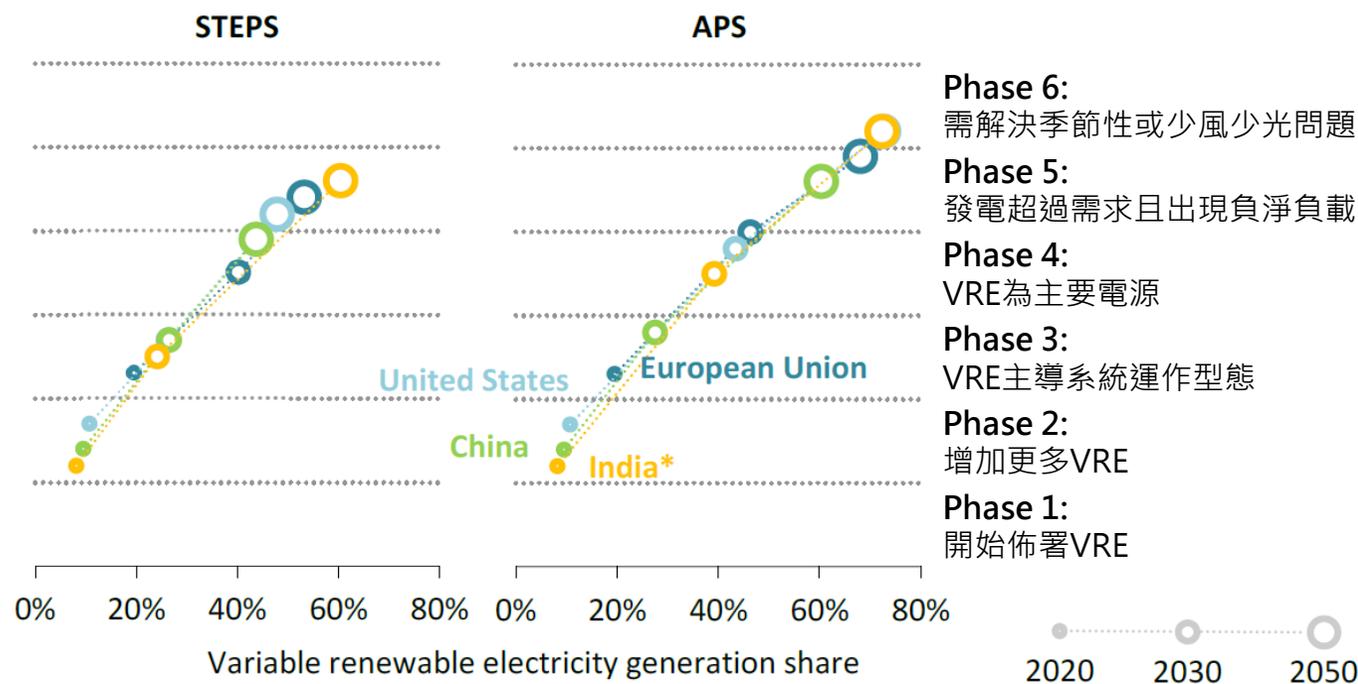
◆ **維持系統電壓與頻率**

◆ **跨區輸配線路布建**

上述系統需求需要各類負載端資源、儲能、低排放可調度資源(氫發電、火力+CCUS、可調度的核能電廠等)、再生能源預測技術、電網調頻調壓技術與電網布建的整合規劃

3. **電網數位化與智慧電網**技術，大幅提升系統調度彈性，但伴隨的**資安議題**是下一階段的挑戰。

各情境再生能源導入階段進程

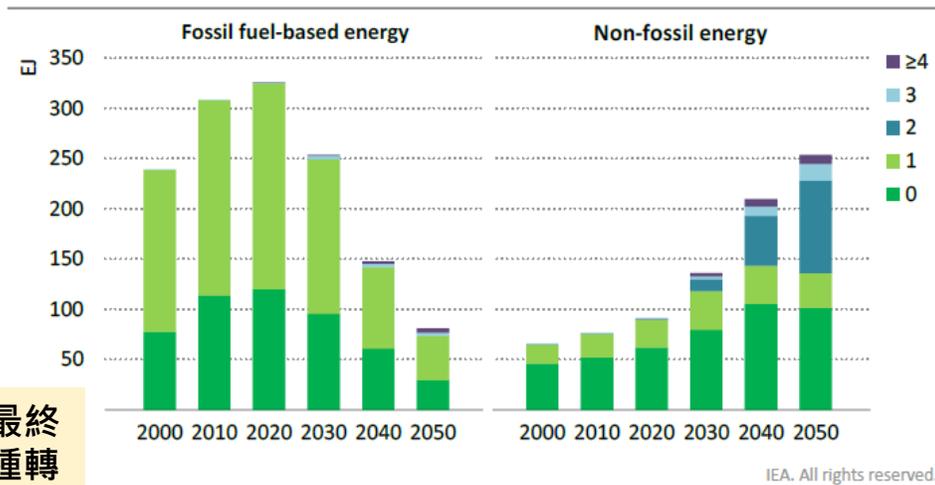


- Phase 6: 需解決季節性或少風少光問題
- Phase 5: 發電超過需求且出現負淨負載
- Phase 4: VRE為主要電源
- Phase 3: VRE主導系統運作型態
- Phase 2: 增加更多VRE
- Phase 1: 開始佈署VRE

肆、淨零轉型能源安全議題

三、能源供應安全與風險

1. 在NZE情境中，傳統化石燃料需求將大量被低碳燃料替代，至2050年**全球40%**的能源消費為**至少轉換2次**的能源(註)，形成各類能源供應鏈的交互關聯性和能源系統的彈性。
2. 因應供應鏈的交互影響，需要完善的**系統整合規劃**(如氣網與電網)，政府應提供誘因，確保市場機制可反映用能尖峰時段的系統價值，以及系統裕度的維持。



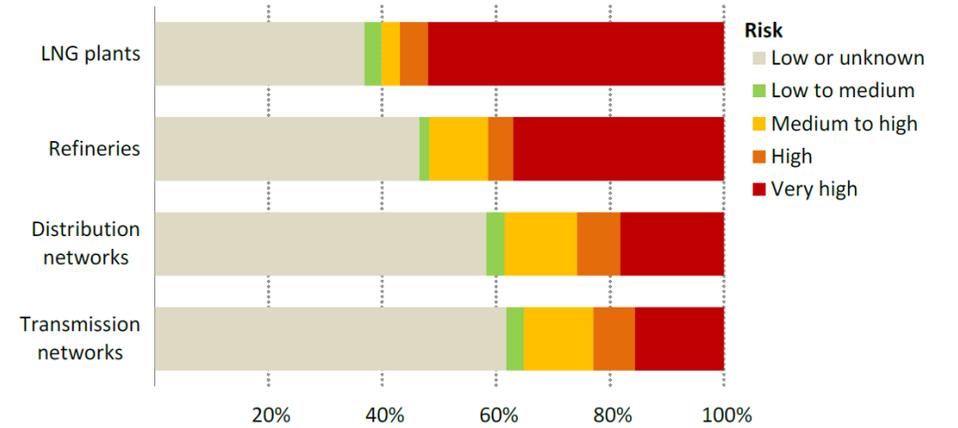
Multiple conversions are needed to store electricity and heat and to produce low emissions fuels

註：指作為最終能源消費之前進行能源轉換的次數。

NZE情境全球最終能源消費中各種轉換次數的能源比例

3. 氣候變遷造成能源設施風險問題逐漸增加，需要氣候調適政策的推動以提升能源系統韌性。
4. 考量未來氣旋等極端氣候發生機會與強度越高、海平面上升等因素，位於海岸地區的**燃氣電廠**與**煉油廠**等設施面臨風險尤其嚴重。

各類既有能源設施面臨強烈氣旋的風險等級



A large portion of electricity networks and fuel supply infrastructure is exposed to high risk from destructive cyclones

肆、淨零轉型能源安全議題

四、國際能源貿易型態的改變

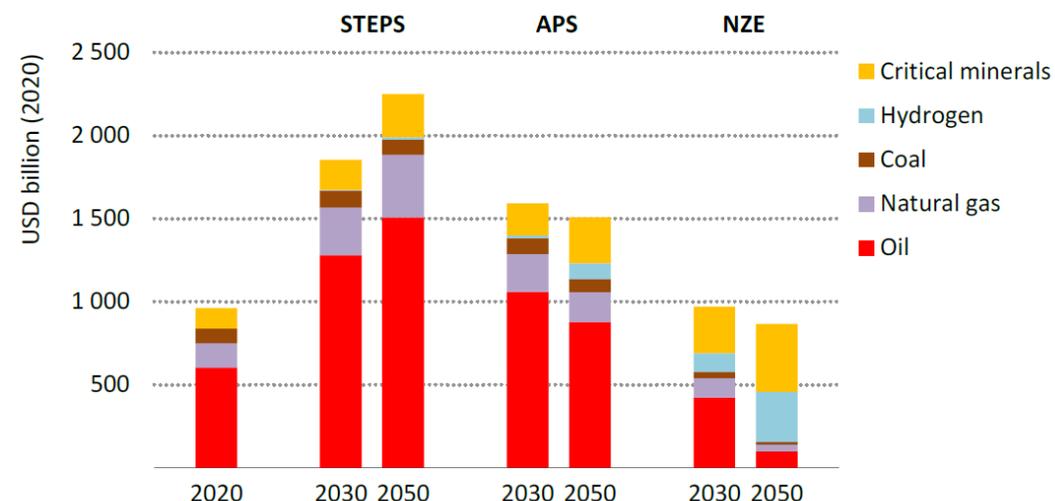
1. 因應燃料需求結構的轉變，國際間能源貿易型態亦將大幅改變。在APS和NZE情境中，**稀有金屬**與**低碳氫能**的國際交易金額將由目前的13%提升到25%與80%。

◆ 稀有金屬主要應用於**光電模組**、**風力機**、**電動車與電網**等，在NZE情境中需求量將較現況成長**6倍**，故其供應短缺與價格波動將影響淨零排放進程與所需投資成本。2021年上半年的價格反彈預計會使前述能源設備的設置成本提升**5~15%**。

◆ 低碳氫能生產具優勢的國家將大量出口，預計至2050年，APS與NZE情境的氫能國際貿易金額將到達1千億與3千億美元，將**高於目前煤炭的國際交易金額**，也伴隨**進出口基礎設施布建與能源安全問題**。

2. 石油與天然氣需求大幅下降，出口國將更集中在少數國家(如OPEC國家與俄羅斯)，預計在APS和NZE情境下，上述國家生產油氣占全球消費量的比例，將由2020年的47%提高到58%和61%。

各情境下國際能源貿易金額與項目



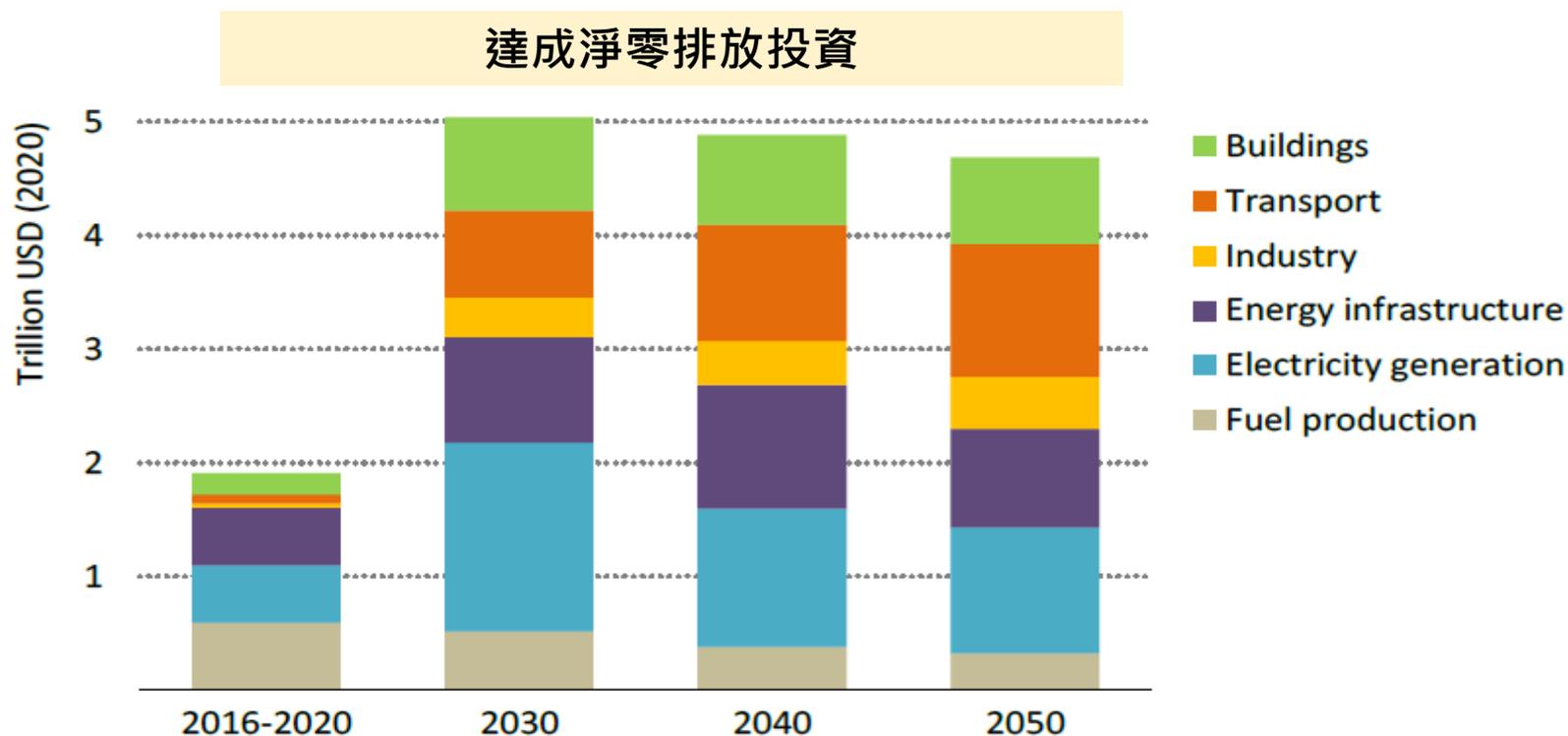
IEA. All rights reserved.

Clean energy transitions are set to bring about a major change in longstanding global energy resource trade patterns

伍、能源投資、就業及可負擔議題

一、淨零排放能源投資趨勢

1. 達成淨零排放情境，2030年需投資**5兆美元**，其中對發電部門(1.7兆美元)、能源基礎建設(0.9兆美元)、住宅(0.8兆美元)、運輸(0.7兆美元)投資最多。2050年投資金額微幅減少。2030年再生能源投資達**1.3兆美元**。
2. 投資占GDP比率從近幾年**2.5%**提高至2030年**4.5%**。
3. 2030年需投資需求面**1.9兆美元**，加速電氣化與提升能源效率。



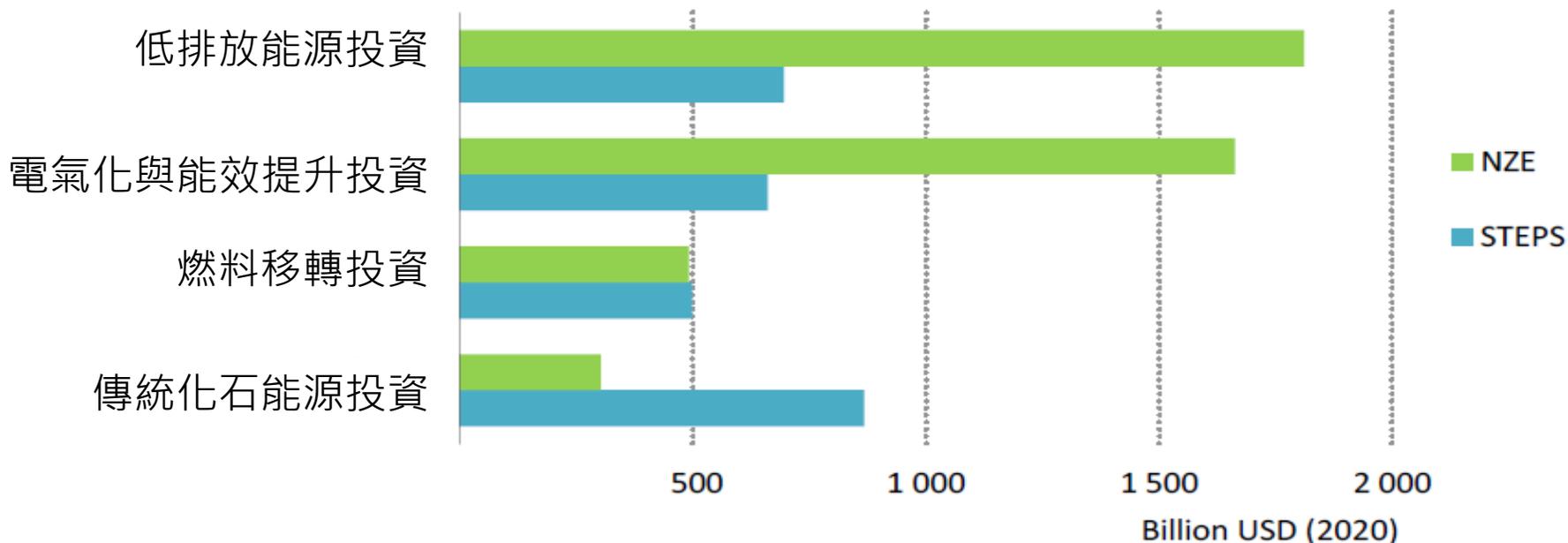
伍、能源投資、就業及可負擔議題

二、減碳潛力投資

與各國既定政策情境(Stated Policies Scenario, STEPS)相比，達成淨零排放需擴增潔淨能源投資

1. **低排放能源投資**:促進零排放或低排放能源使用，包含再生能源、低碳燃料、以及CCUS等
2. **電氣化與能效提升投資**:例如電動車、家電電器能效、以及設備電氣化等
3. **燃料移轉投資**:從煤炭或油品轉換至潔淨能源使用
4. **降低傳統化石能源投資**

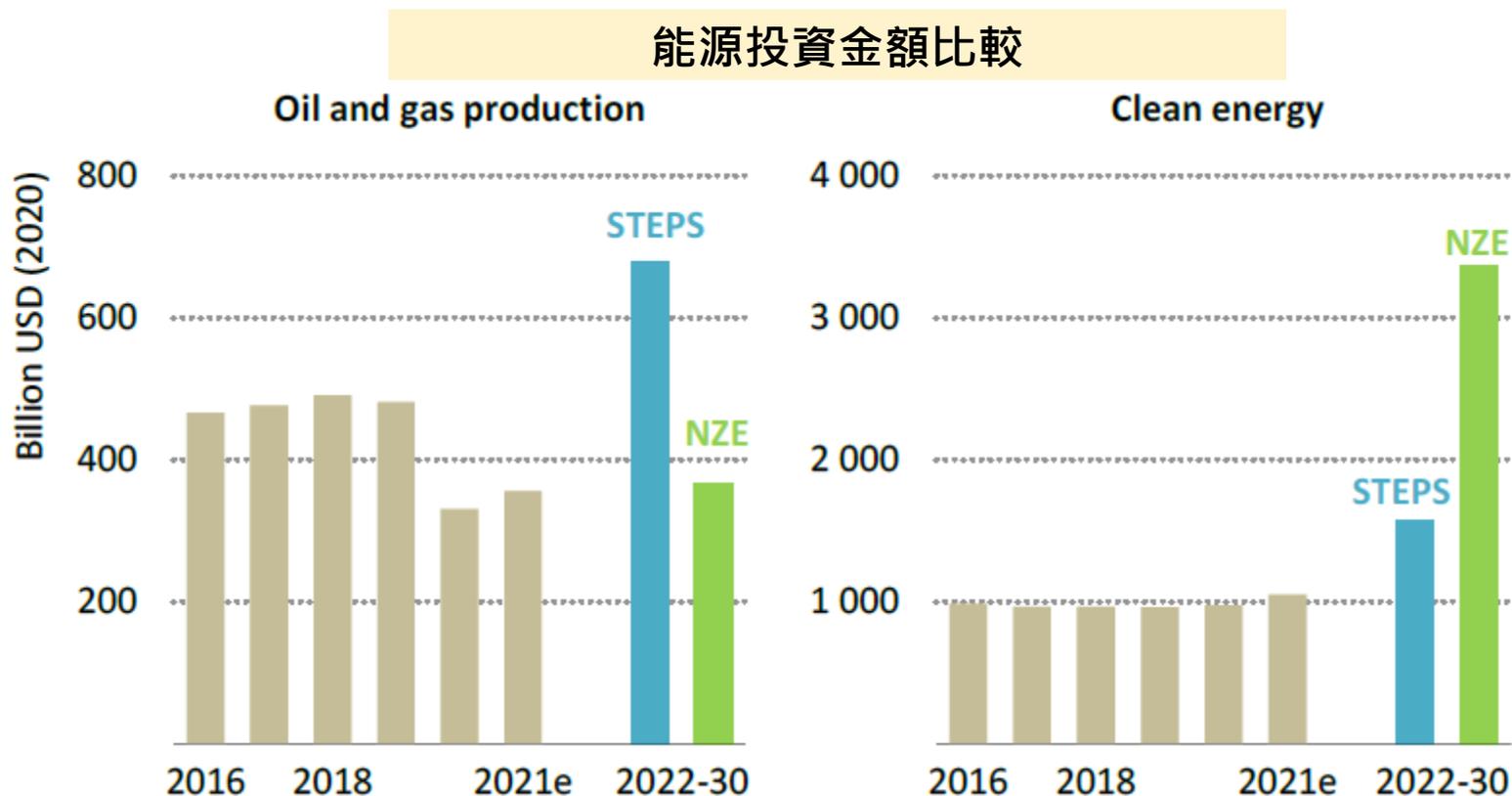
2022-2030年依照減碳潛力年均能源投資



伍、能源投資、就業及可負擔議題

三、化石能源與潔淨能源投資比較

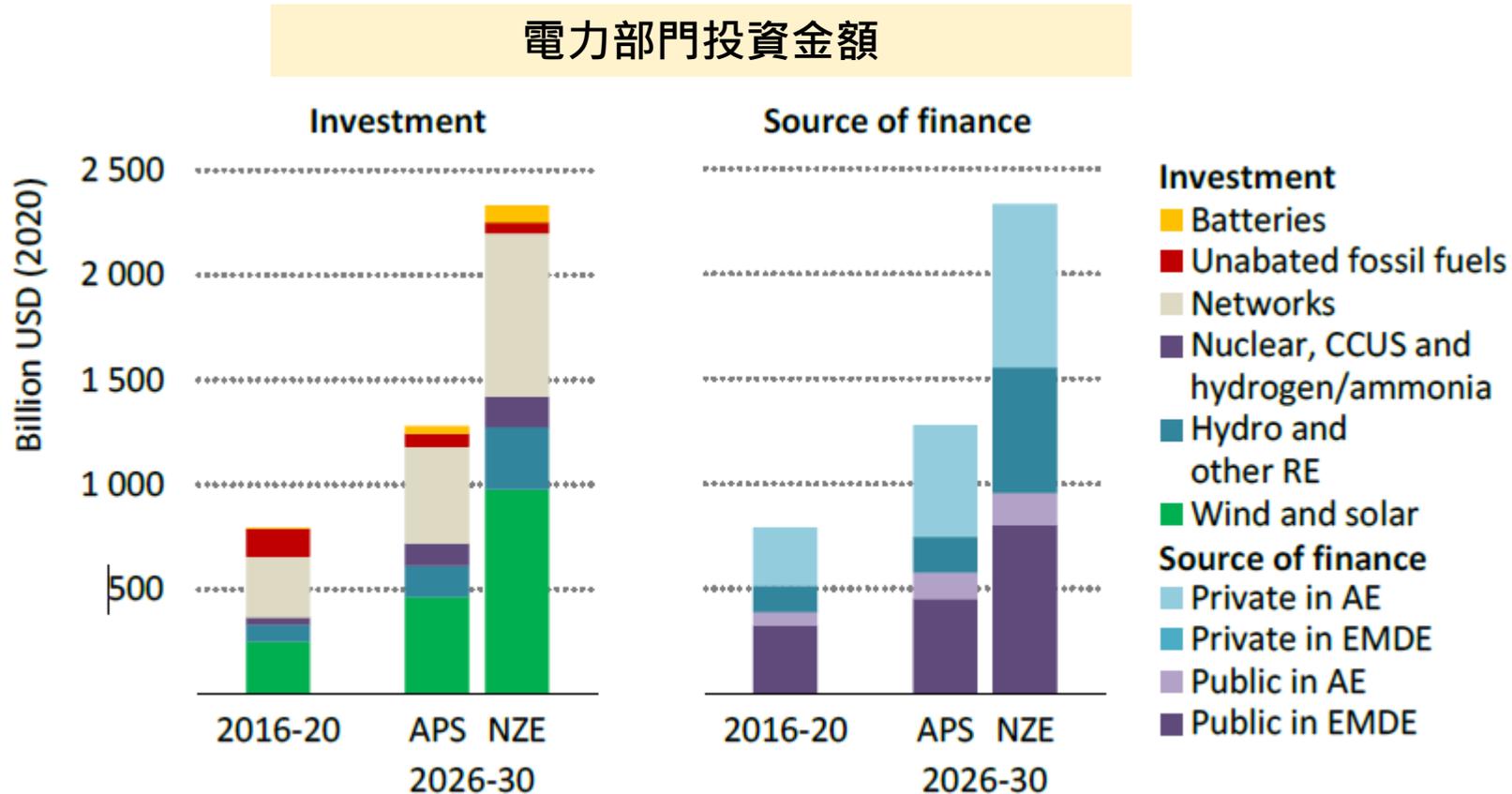
1. 達成淨零排放情境，2022-2030年化石能源年均投資與2021年投資金額**規模接近**。
2. 潔淨能源2016-2021投資金額**遠低於**達成淨零排放情境下2022-2030年所需投資水準。
3. IEA建議須靠政策**大幅減少**原油與天然氣需求，以避免市場對傳統化石能源需求過高，造成價格波動風險。



伍、能源投資、就業及可負擔議題

四、電力部門投資

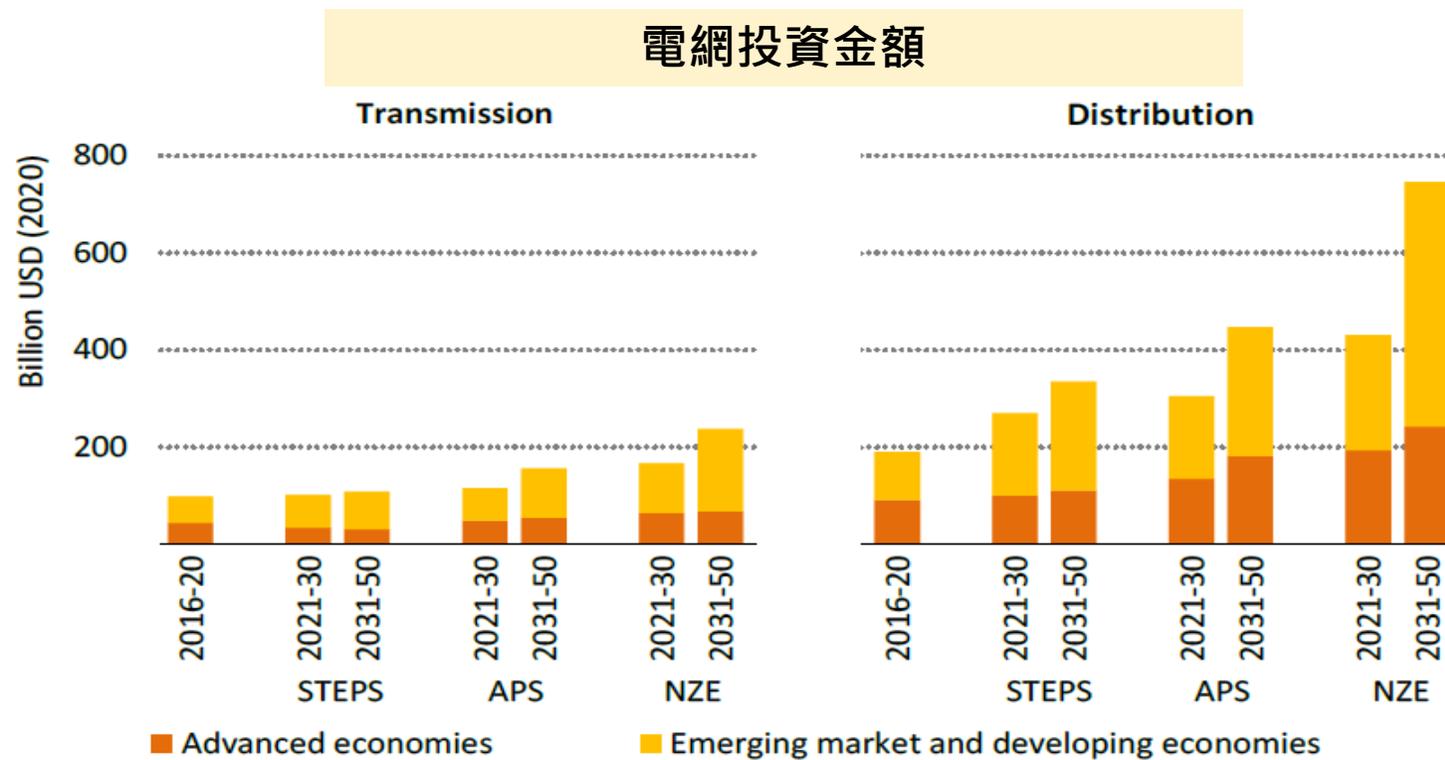
1. 2030年電力部門投資達**2.3兆美元**，約占整體GDP的**2.2%**；以風力與太陽能投資最高、電網投資居次、水力與其他再生能源、電池、以及化石燃料等。
2. 先進國家電業融資大部分來自**私部門**、發展中國家則需要**公部門**資金支持。



伍、能源投資、就業及可負擔議題

五、電網投資

1. 電網傳輸投資：2016-2020年先進國家、新興市場與開發中國家對電網傳輸投資金額約各占一半，2031-2035年淨零排放情境須大幅提升新興市場與開發中國家投資占比。
2. 電網配電投資：2016-2020年先進國家、新興市場與開發中國家對電網配電投資金額約各占一半，2031-2035年淨零排放情境須大幅提升新興市場與開發中國家投資占比。

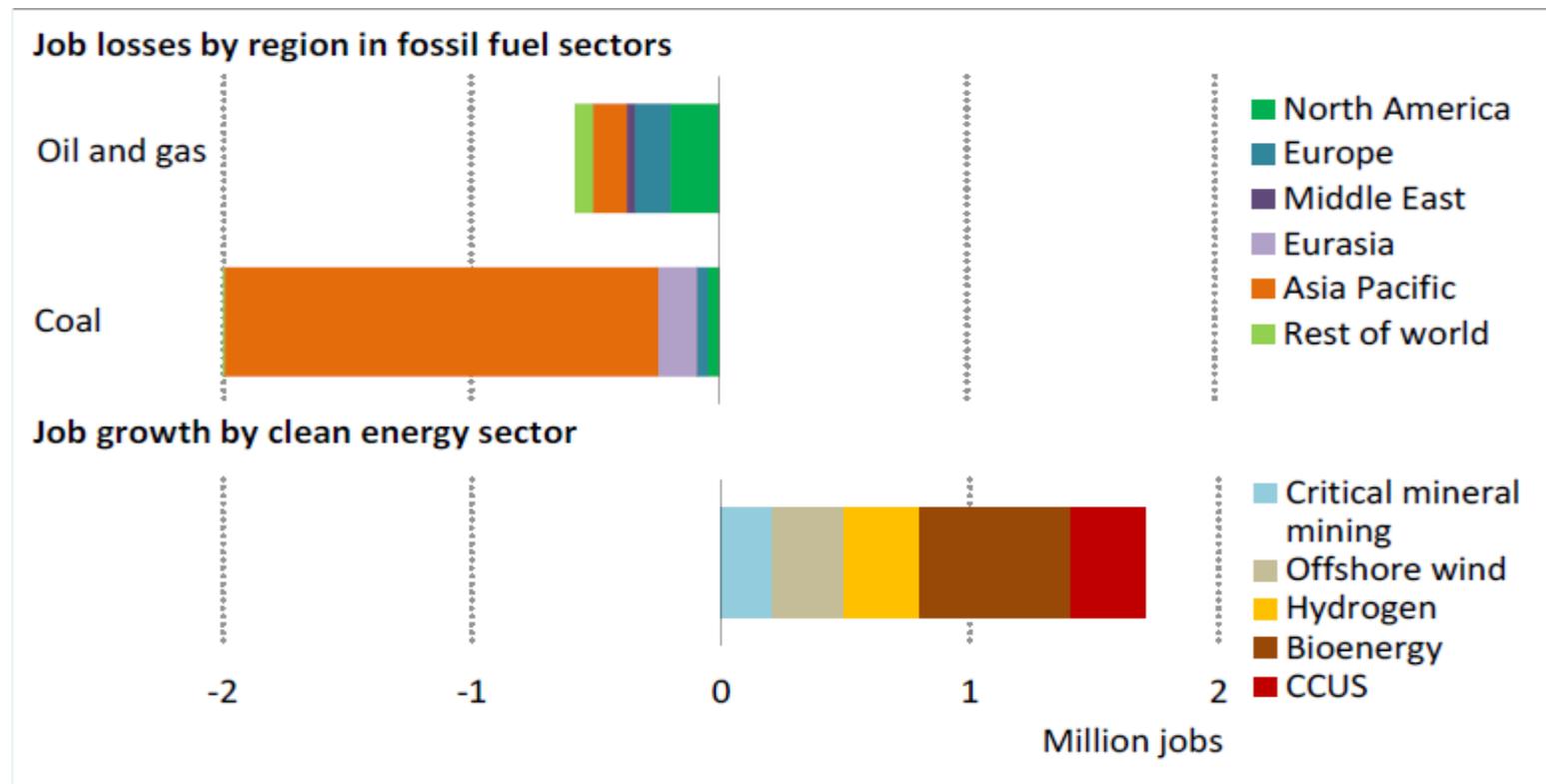


伍、能源投資、就業及可負擔議題

六、能源發展對機業的影響

1. 全球煤炭產業減少就業人數達**2百萬人**，其中以亞太地區降幅最大。
2. 原油與天然氣就業人口銳減**60萬人**，其中以北美與歐洲降幅最大。
3. 帶動潔淨能源**1700萬人**就業，其中以生質能、CCSU、氫能、離岸風力、以及關鍵礦產為主。

2030年潔淨能源與相關領域就業變化



伍、能源投資、就業及可負擔議題

七、潔淨能源投資帶動就業趨勢

1. 淨零排放情境帶動潔淨能源、能源效率及電網約**3000萬就業人口**，並彌補化石能源部門所減少就業人次，淨帶動**2300萬就業**。宣告承諾情境(Announced Pledges Scenario, APS)帶動就業相對較低。
2. 除帶動新興能源產業外，也可帶動建築翻新、建築能效提升，以及電動車製造業等。

2030年潔淨能源與相關領域就業變化



伍、能源投資、就業及可負擔議題

八、家庭能源支出負擔變化

1. 新興市場與發展經濟體增加家庭能源支出

- ◆ 隨化石能源價格逐步攀升、家具電氣化及電動車使用，**增加**新興市場與開發中國家家戶平均能源支出。
- ◆ 能效改善、電氣化、以及低碳能源使用可降低家戶能源支出，其中2050淨零排放情境下**90%**支出用於電力。
- ◆ 對於低所得家庭而言，難以獲得市場融資進行設備投資改善，可透過**政府補助**方式減少家戶負擔。

2. 先進國家家庭能源支出

- ◆ 先進國家將大幅增加電力使用與減少化石能源使用，加上大幅改善節能成效，因此家庭支出將**比目前低**。

家庭平均能源支出金額

