

工業技術研究院

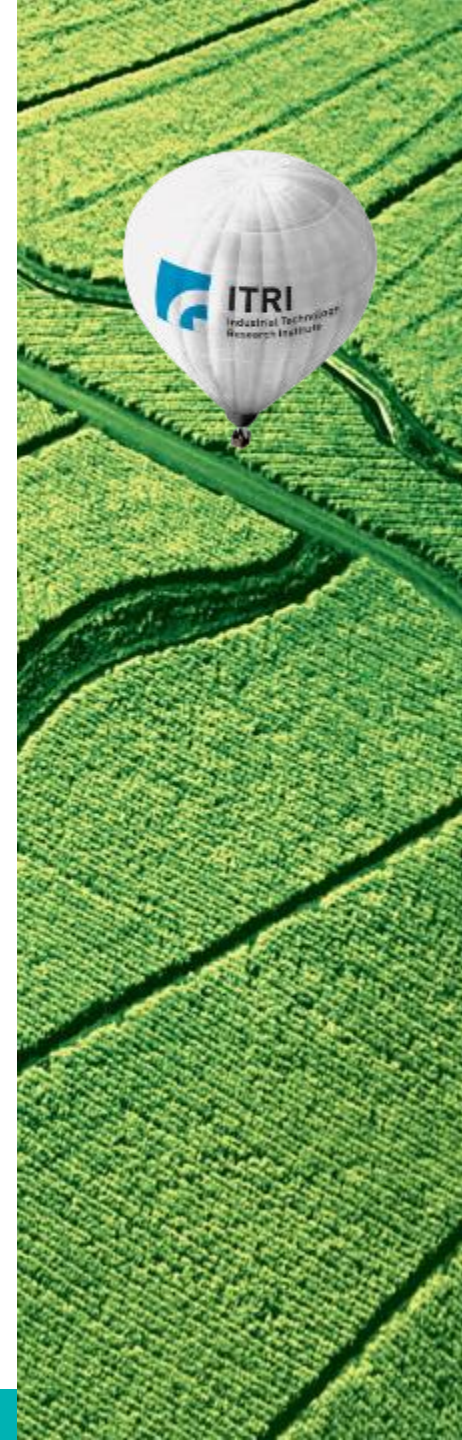
Industrial Technology
Research Institute

淨零永續

從低碳能源技術談起

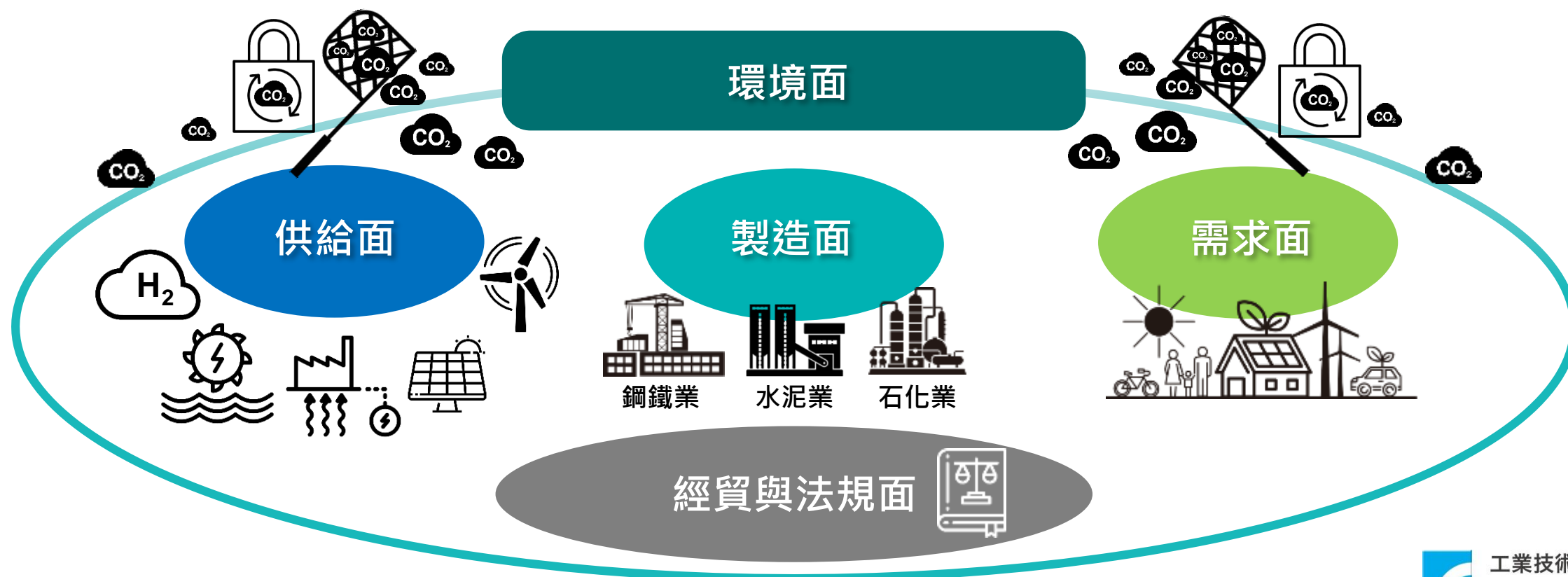
工研院院長 劉文雄

2022.7.8



淨零永續策略 - 五大面向

- 五大面向探討台灣淨零排放策略
- 以科學化模型探索可能路徑組合，科技創新達到淨零排放



低碳能源技術

- 加速再生能源佈建
- 化石能源電廠逐步去碳
- 建立健康的碳循環
- 邁向氫能經濟
- 建構虛擬電廠

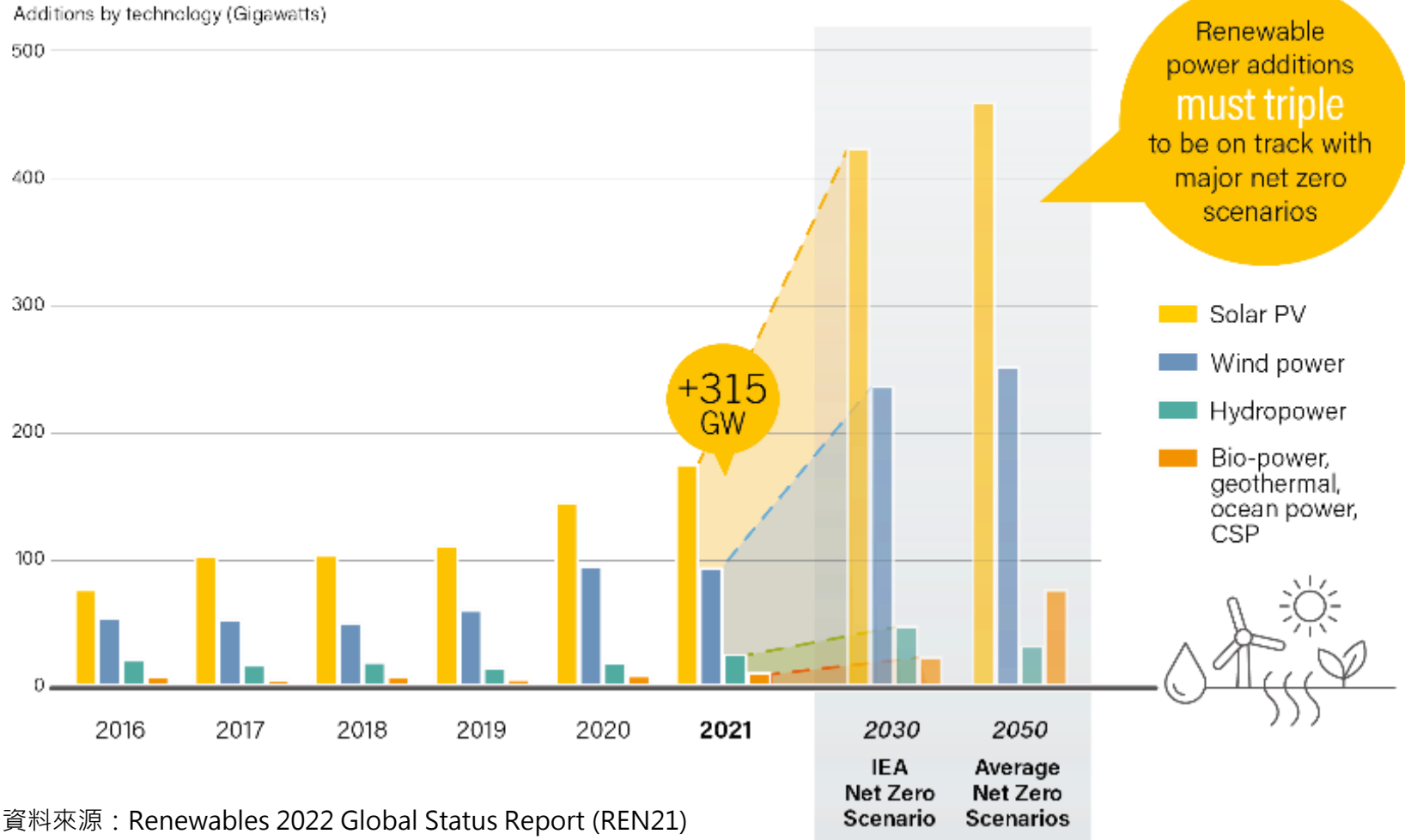


加速再生能源佈建

全球再生能源趨勢

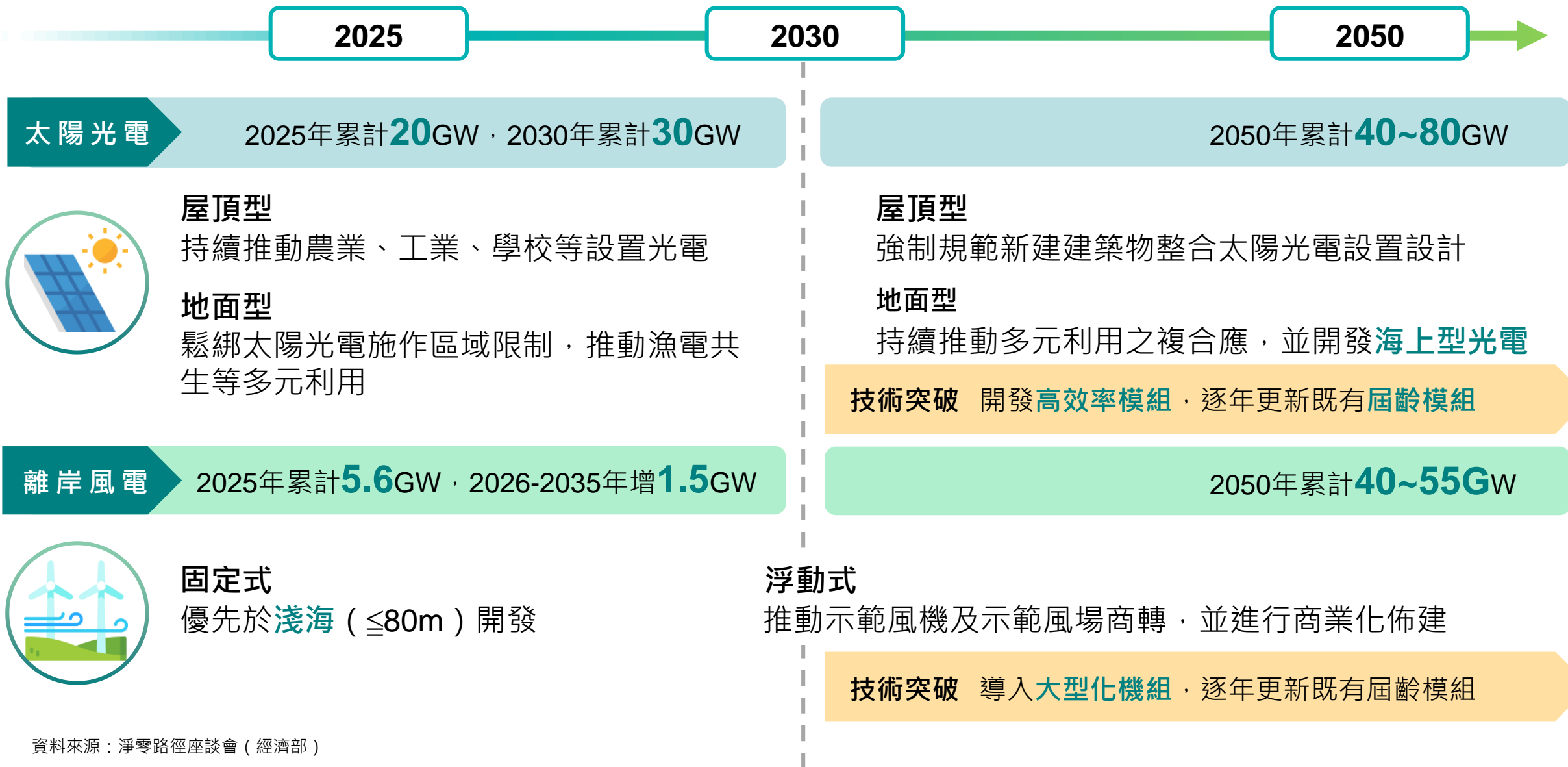
- 太陽光電及風力發電的大幅增長，2021年再生能源新增裝置容量約315GW，成長了17%
- 為了在2050年達到IEA淨零排放路徑情境，全球每年需新增825GW的再生能源

Annual Additions of Renewable Power Capacity, by Technology and Total, 2016-2021, and to Achieve Net Zero Scenarios for 2030 and 2050



資料來源：Renewables 2022 Global Status Report (REN21)

擴大成熟光電風電佈建



扶植優勢前瞻地熱海洋能

2025

2030

2050

地熱發電

2025年累計**20MW**



傳統型 (淺層)

提供**躉購費率優惠**、探勘示範獎勵與融資，強化淺層地熱設置

增強型 (深層)

開發與精進水力破裂技術；引進鑽探機具提升鑽深能力

2050年累計**2~4GW**

增強型 (深層)

組成深層地熱策略聯盟，推動營運**驗證示範**，建置**商業化電廠**

海洋能



波浪發電

研發**抗颱**之波浪發電機組與實際海域測試

海流發電

持續投入**黑潮**發電技術研發

2050年累計**4~8GW**

波浪發電

開發雲彰隆起地區，與離岸**風場重疊**場址採**共置 / 共構**方式

海流發電
先淺後深開發**東部黑潮**與**近岸潮流**

資料來源：淨零路徑座談會 (經濟部)



化石能源電廠逐步去碳

無碳化火力發電

- 燃煤發電逐步去煤、去碳：
 - 燃煤機組短期**混燒氫**降低碳排，於林口超超臨界燃煤機組進行混燒示範
 - 長期將擴大導入與提高混燒率或搭配**CCUS**技術減少排放，並視低碳能源供給增加，基於國家安全戰略考量，將未屆齡燃煤機組**轉為備用**。
- 燃氣發電朝低碳、無碳化：
 - 短期推動**以氣換煤**，提高天然氣使用以降低燃煤占比，並導入**氫能混燒**，於興達燃氣機組進行示範
 - 長期燃氣機組則將**搭配CCUS**或進口碳中和天然氣減少排放，並持續提高氫能混燒比例與發展氫能專燒機組

「超超臨界」 Ultra-Supercritical 發電技術

- 燃煤電廠採用「超超臨界」發電機組，搭配先進的空污防制設備及「淨煤技術」
- 林口電廠周圍評估：在發電量一致的條件下（以2019年為基準），超超臨界燃煤機組較舊機組的硫氧化物排放減65%、氮氧化物減87%、總懸浮微粒減77%
- 透過空氣品質模式，對周界環境PM2.5濃度影響，平均約落在0.5–1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



林口電廠

<https://www.ctci.com/e-newsletter/CH/463/discover-reliable/article-01.html>

林口發電廠從亞臨界到超超臨界

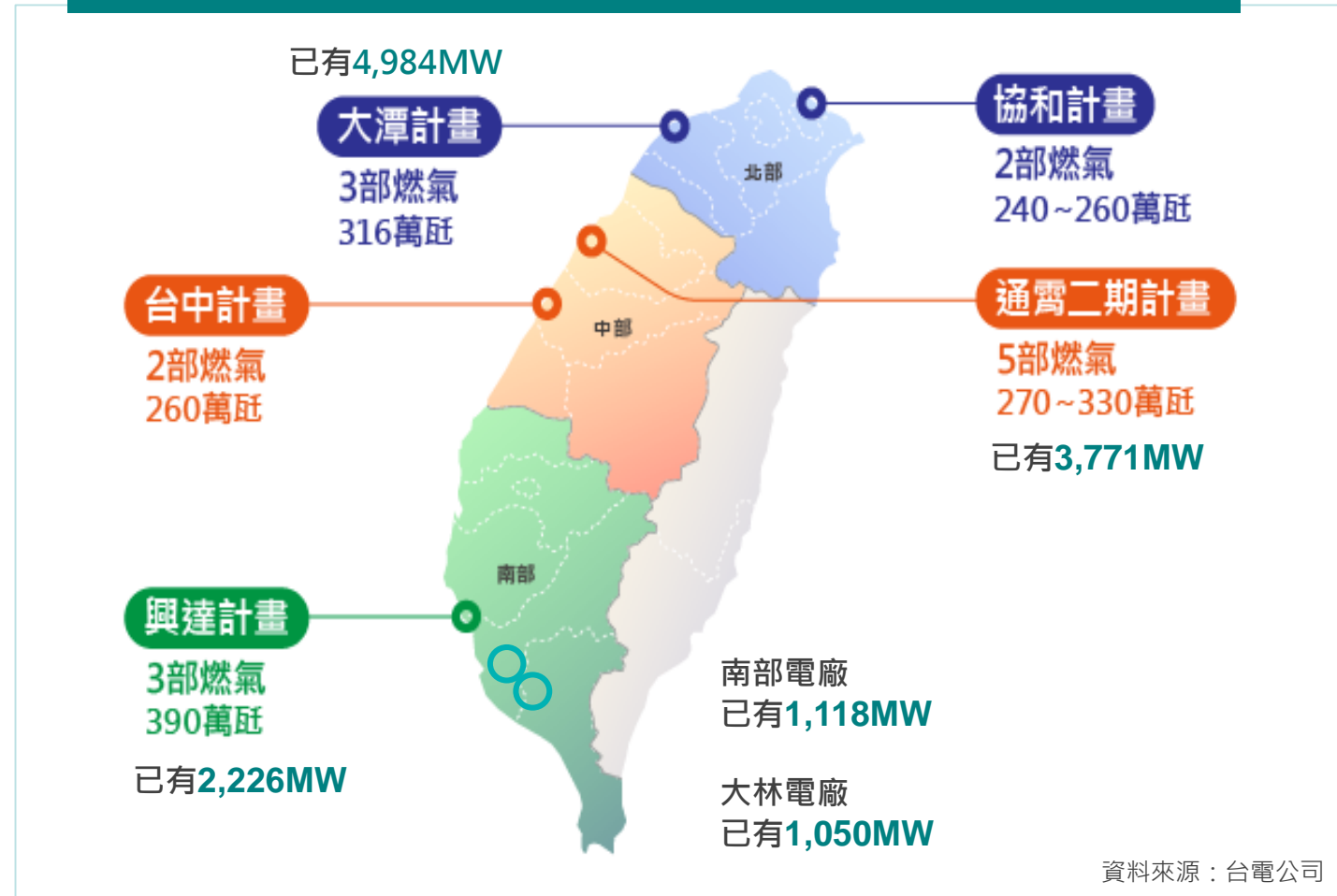
	亞臨界	超超臨界	成效
發電效率	38%	44.93%	提升6.93%
每度電用煤量	0.434kg	0.366kg	減煤幅度15.7%
溫室氣體排放量	0.975kg/度	0.789kg/度	碳排放減少19%

天然氣發電機組應用

2025年達到50%天然氣發電

台電於北中南地區 積極推動興建燃氣機組

- 天然氣是邁向淨零碳排的必經途徑與手段
 - 燃氣 → 混燒 → 全氫
 - IEA提出2025「燃氣輪機開始與氫氣混合燃燒」
- 美國俄亥俄州能源業者與GE合作，新建複循環燃氣機組
- 台電已積極推動興建燃氣機組，另規劃推動燃氣機組混氫燃燒，透過既有機組改裝或直接引進可混燒氫機組進行混氫燃燒測試

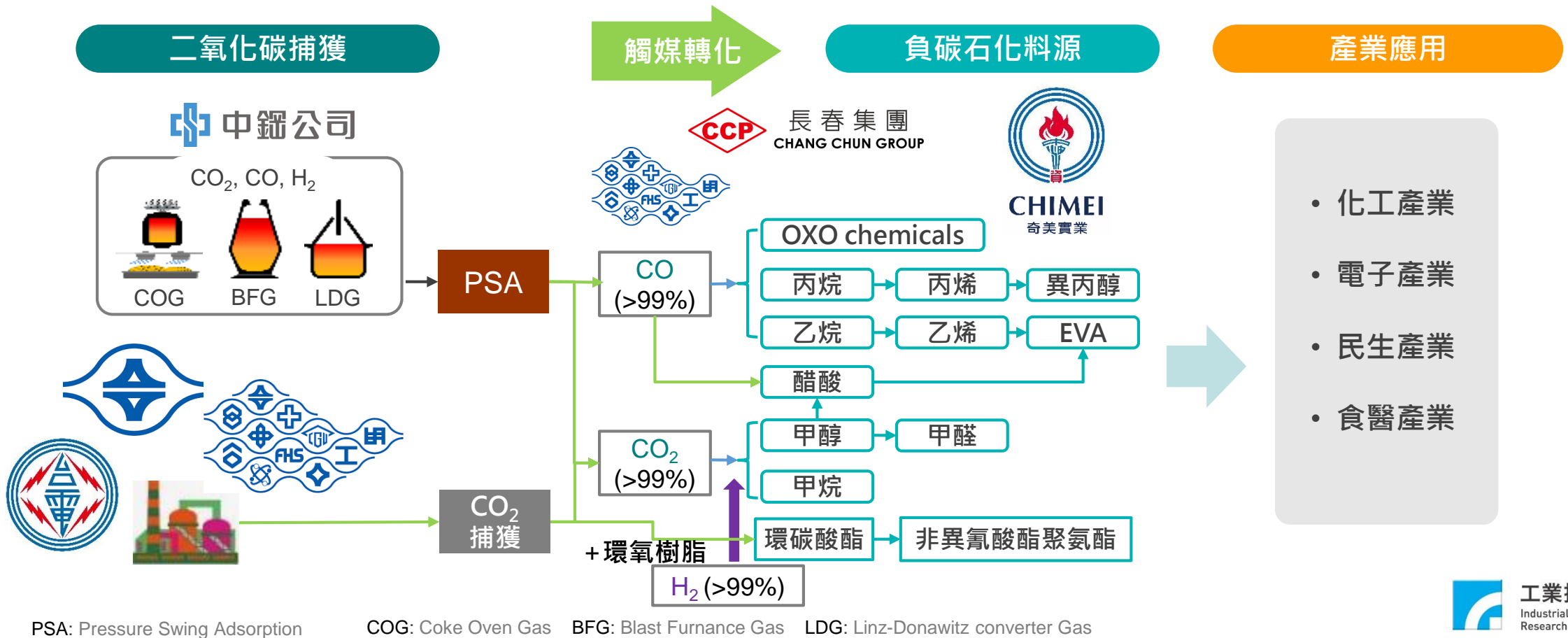




建立健康的碳循環

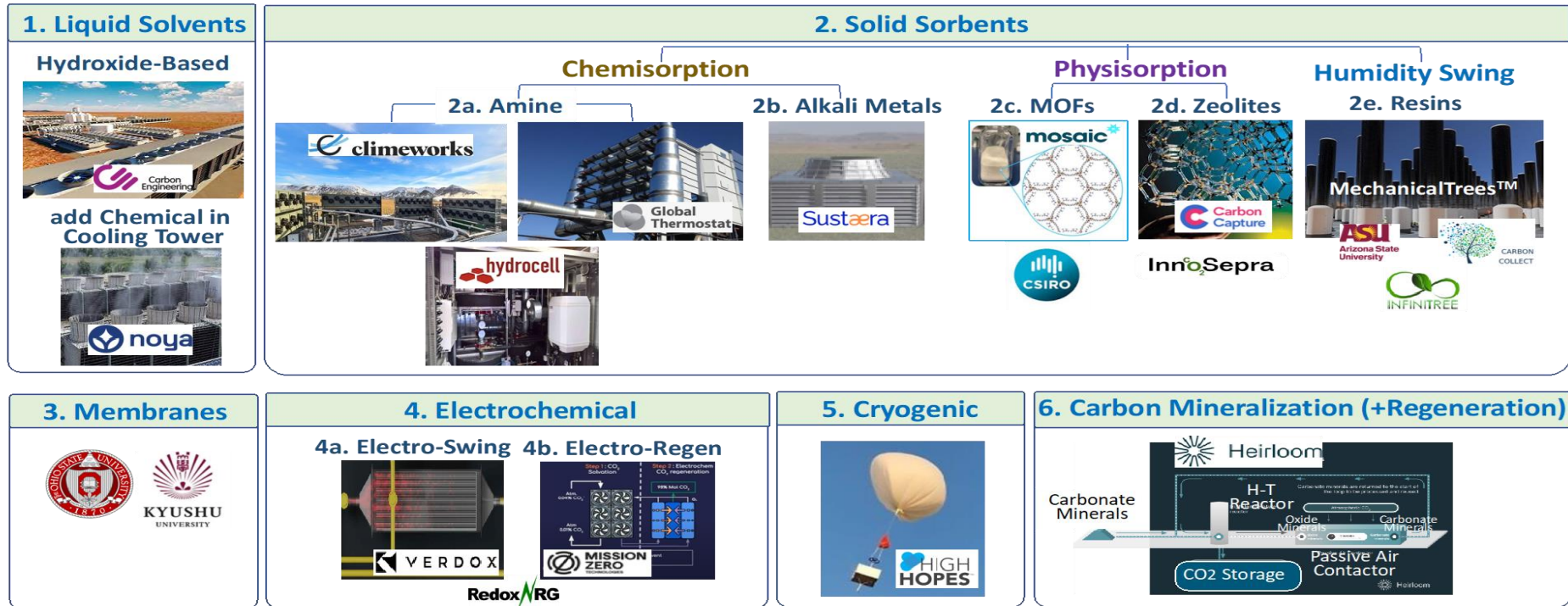
二氧化碳捕捉、利用與封存 (CCUS)

- 鋼化聯產，CO₂/CO與H₂等資源轉化成為上游石化料源
- 發展CCUS及所需製程觸媒
- 放大生產建立新低碳排放化學品產業鏈



DAC 為負碳排的重要選項之一

- 直接空氣碳捕獲 (Direct Air Capture, DAC) 處於快速創新發展階段
- 可以用來抵消部分難以避免的碳排放 (如混凝土製造、交通運輸、鋼鐵工業及野火)
- 與傳統碳捕獲相比，目前效率尚低且成本較高
- 預估DAC規模至2030年超過85Mt CO₂/yr，2050年達980Mt CO₂/yr
- 研發與產業化中的眾多DAC創新：



CCUS 案例 - 台泥碳捕捉

- 捕獲方式：鈣迴路捕獲CO₂技術，2011年啟動，捕獲劑為氧化鈣
- 捕獲成本：約60美元/噸-CO₂
- 生物再利用：微藻養殖固碳轉製高值化蝦紅素
- 捕獲能力：2022年將達 4噸/小時，2025年規劃年捕獲5萬噸CO₂放大示範



蝦紅素應用於美妝、食品高值再利用

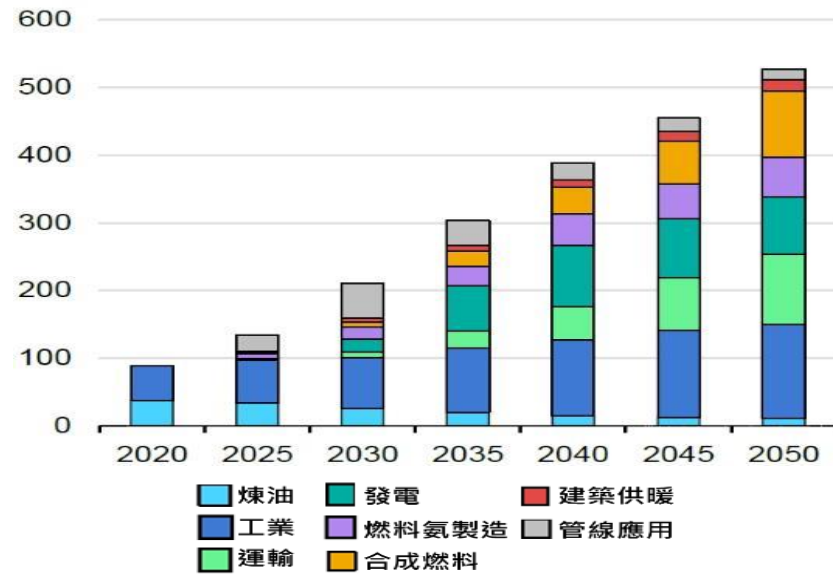


邁向氫能經濟

國際氫能發展趨勢

- 氫氣可為終極潔淨能源，各國視為達成淨零排放或碳中和願景重要選項
- 氫能應用以發電、鋼鐵/化工、運輸等市場為主
- 因應2050年淨零排放趨勢，IEA指出全球氫氣需求量將超過5.3億噸 / 年
- 綠氫生產需要大量再生能源電力，預期在2040年後供應逐步上揚

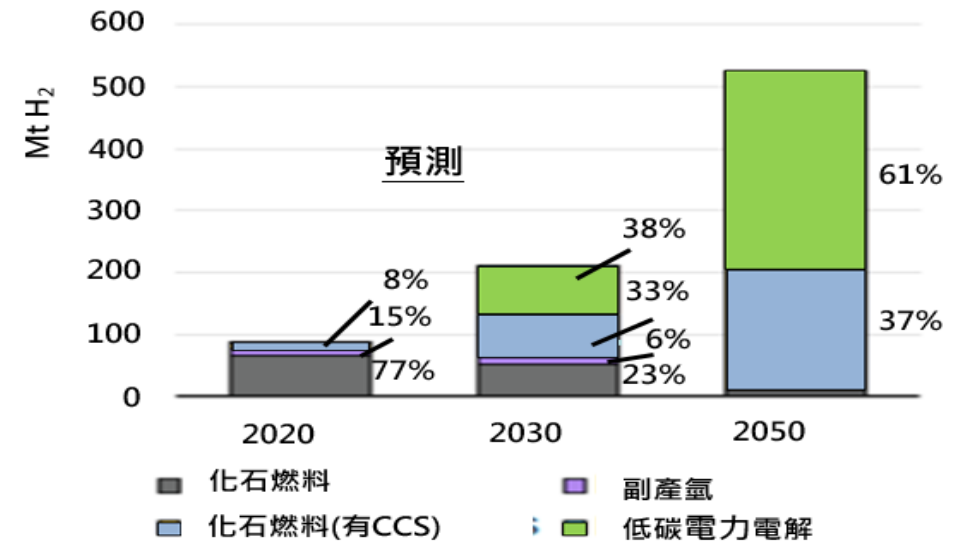
氫氣應用部門趨勢



全球氫氣應用趨勢

註：管線應用為將氫氣注入天然氣或氫氣管線再行發電或各項應用使用

淨零排放下之氫氣來源



全球氫氣應用趨勢

資料來源：IEA (2021)

臺灣氫應用發展願景

推動氫應用

以**減碳**為主要目標，相關產業發展為輔



發電低碳化：低碳/零碳排電力



產業低碳化：鋼鐵業、石化業、半導體等

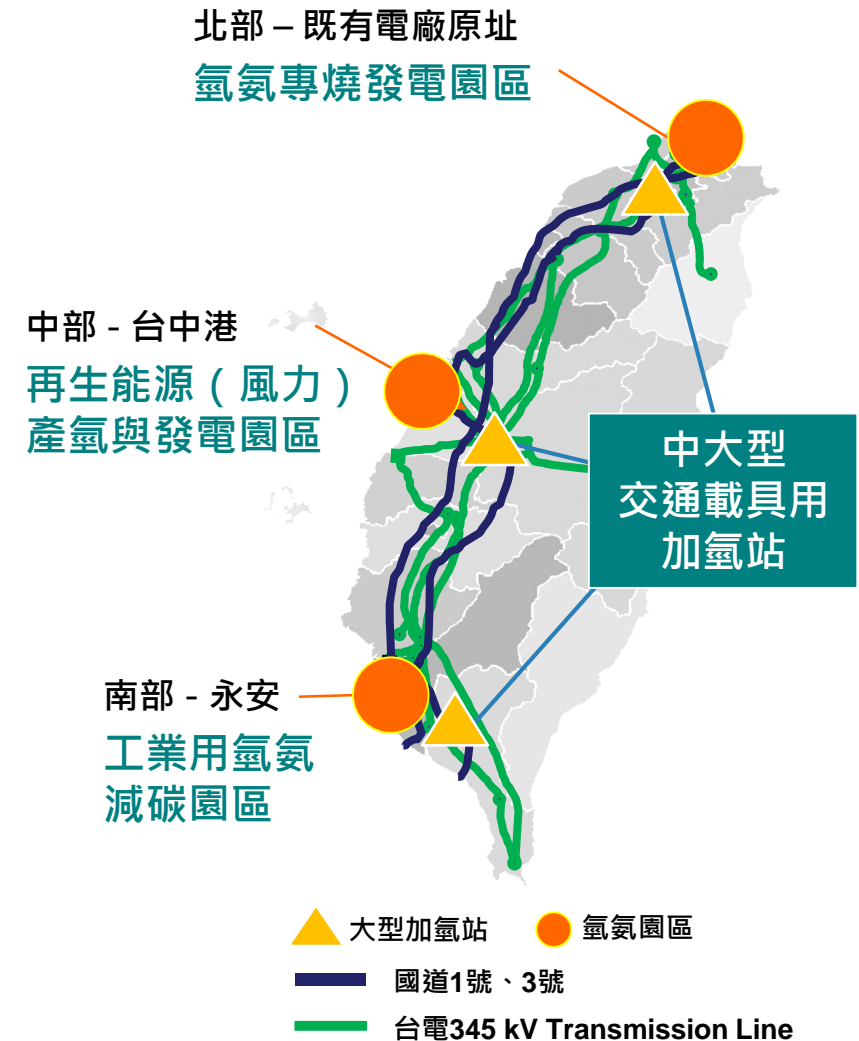


運輸轉型：氫能中大型載具

建議氫氣園區

考量未來**氫氣運輸**、**區域特色**及**人民感受**，
規劃以臺灣西岸建立不同功能的氫氣園區

- ✓ **北部**：既有電廠原址（具環境及輸配電優勢），
規劃新設氫/氨專燒發電園區
- ✓ **中部**：配合離岸風力發電發展，規畫綠氫生產/
氫能儲能園區，穩定電網
- ✓ **南部**：搭配既有工業（石化、鋼鐵）聚落及既有天然氣
接收站，規劃重工業減碳園區



多元氫氨發展目標

- 各項應用及氫氣供應，以短期評估驗證、中期示範運轉，長期導入正式商業應用為原則
- 短期（2022 - 2030）臺灣可考慮投入之發展如下圖所示

1

氫氣應用



- 混燒氫氣與氨氣示範驗證（發電、鍋爐）
- 創新氫能低碳化製程開發（鋼鐵業、石化業等）
- 氫能分散式電力與氫能載具系統示範應用

2

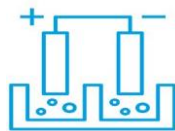
基礎設施與環構配套



- 氫氣輸儲基礎設施（如加氫站、接收站、管線）
- 高密度儲氫瓶
- 流量計量標準、氫品質計量標準與檢測認證
- 氫能安全與性能檢測認證

3

氫氣供應



- 高效率電解產氫技術示範驗證（如電極材料、電堆及系統）
- 化石燃料搭配CCUS產氫示範驗證
- 資源回收物質分解產氫
- 拓展進口氫氨供應來源，確保供應穩定



建構虛擬電廠

虛擬電廠 (Virtual Power Plant)

- 虛擬電廠 (VPP) :
 - 透過「虛擬電廠」整合 Distributed Energy Resources (DER) : 分散式的中小型「發電」資源聚合，及「負載」端的需量反應，成為「相等的」電力供應
 - 聚合商運用 Cyber Physical System (CPS) 技術，整合分散在各地的微型綠電，例如太陽能、風能、儲能，或是電動車電池，或者需量反應，形成一座看不見的發電廠
- 虛擬電廠優點：
 - 結合整體資源，解決集中實體電廠建造不易困難，穩定電力供需，經濟效益最佳化

電力承載順序 (Loading Order)

- 尋求受限最適化 (**Constrained Optimization**) 的規劃時，要有解決方案的**優先順序**
- 面對用電量攀升以及負載端多樣的需求，優先從低碳、無碳解方著手
- 三大關鍵規劃電力資源優先次序，解決用電需求，避免新建發電機組

運用太陽、風力等天然資源，提高再生能源占比，減少對進口能源的依賴度

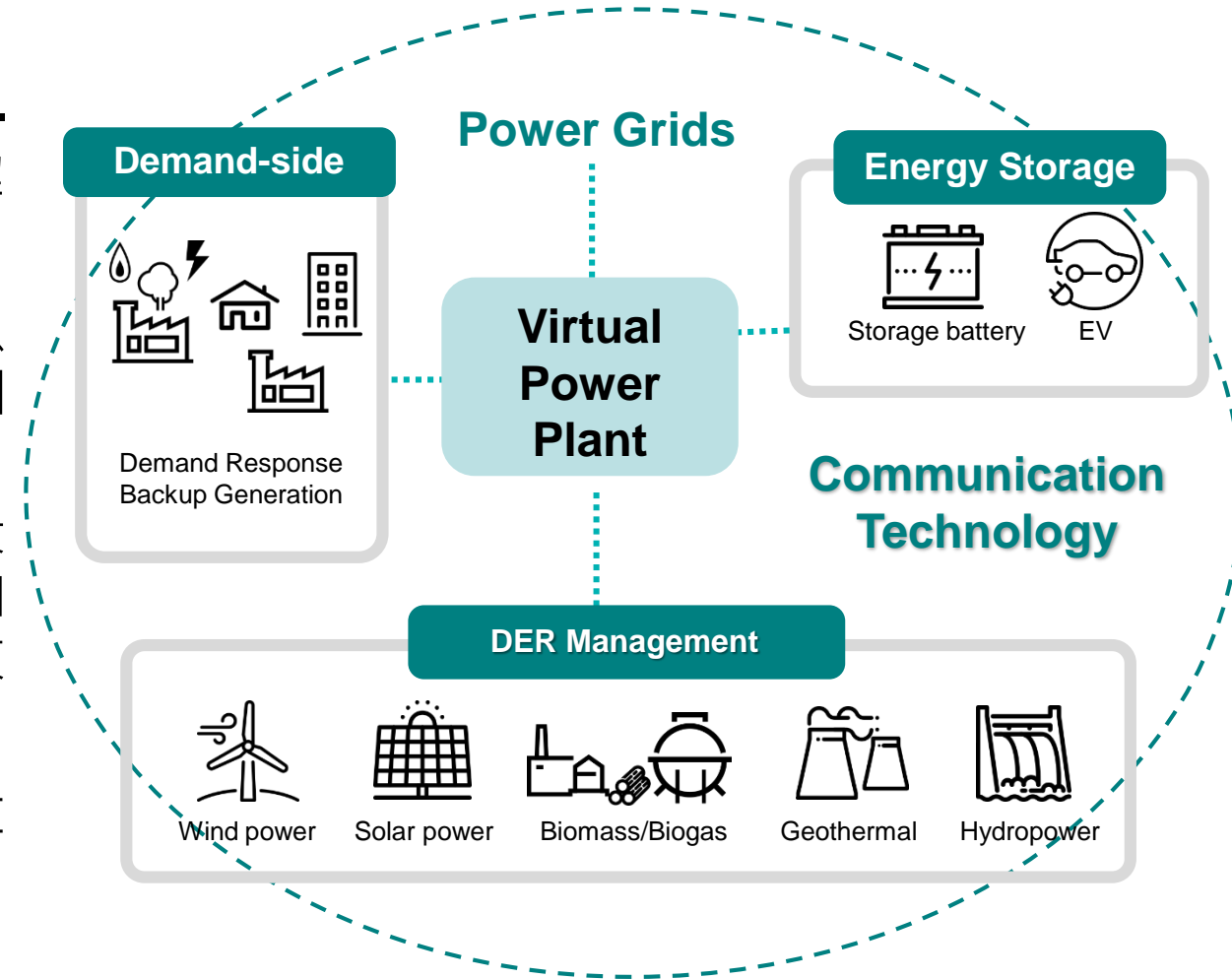


藉由節約能源、精緻化需求量反應等需求面管理，把每度電用到極致

把環境因素當成電力資源使用參考依據，以跟上國際減碳腳步，共同對抗氣候暖化

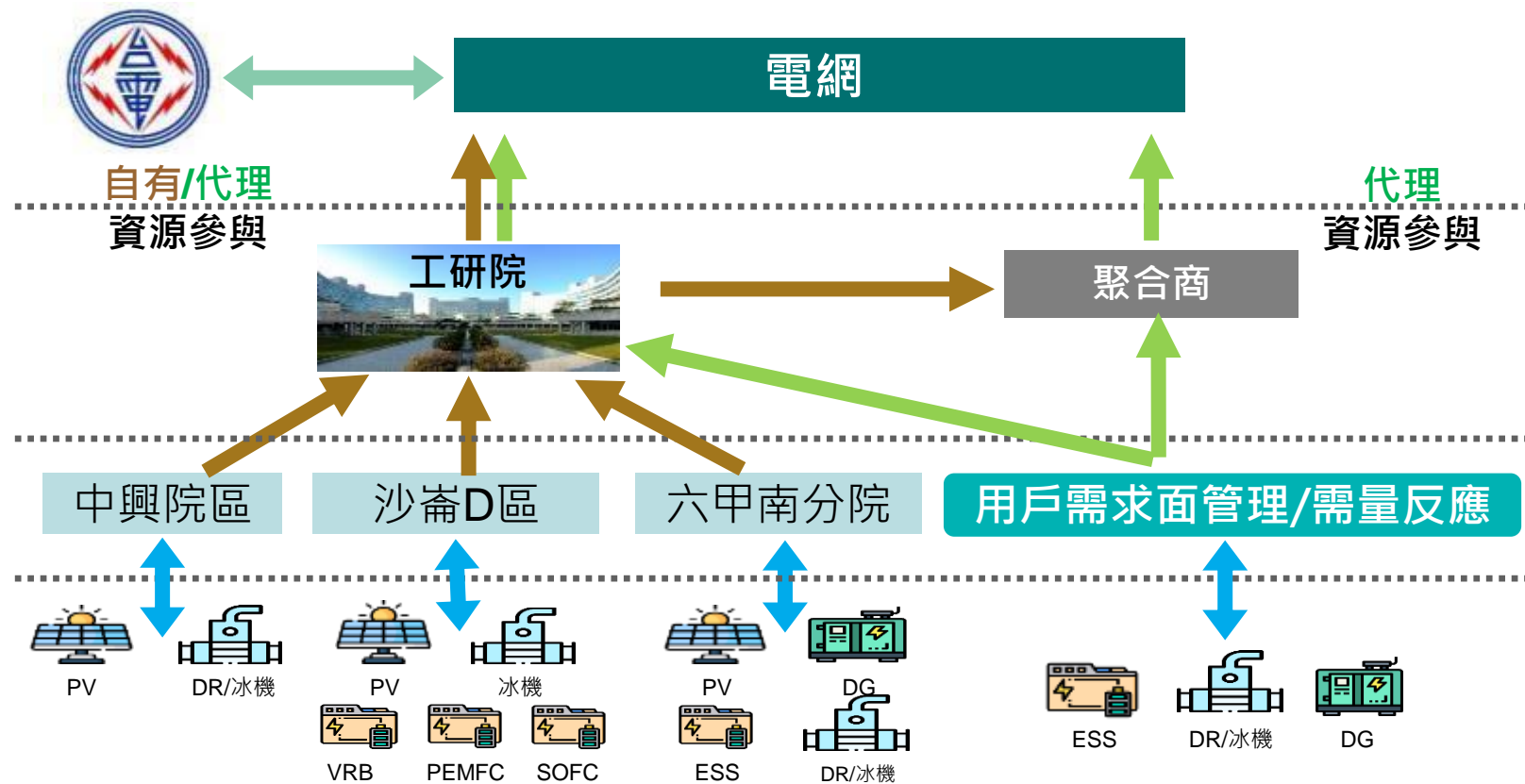
案例：日本虛擬電廠應用概念

- 自東日本大地震以來，「**新能源服務 - VPP**」已成為維持電力供應穩定的重要解決方案之一
 - 分散能源，如分佈式電源和蓄電池，可以通過物聯網設備進行遠程控制，並像一個發電廠一樣發揮作用
 - 實時控制許多分佈在各地的發電和儲能設施，需要具備遠程控制分散設備的技術和更準確地預測電力需求和太陽能發電的技術
- 通過**VPP**調節供需平衡，可穩定使用可再生能源電力，為淨零永續做出貢獻



案例：工研院虛擬電廠示範

- 以中興院區為VPP監控中心，整合沙崙D區、六甲微電網測試場域、親家能源、台塑貨運、中華電信等場域多元資源



A globe of the Earth is the central focus, resting on a bed of vibrant green grass. The scene is bathed in bright sunlight, creating a warm, golden glow and prominent lens flare effects in the upper left corner. The globe shows the outlines of continents and latitude/longitude lines. The overall composition is clean and evokes a sense of nature and global unity.

結語

不能用現在的技術，去解決將來的問題

- 「淨零永續」是全人類價值觀
- 「減碳守護地球」是挑戰也是機會
- 「創新低碳科技」協助產業轉型升級

