

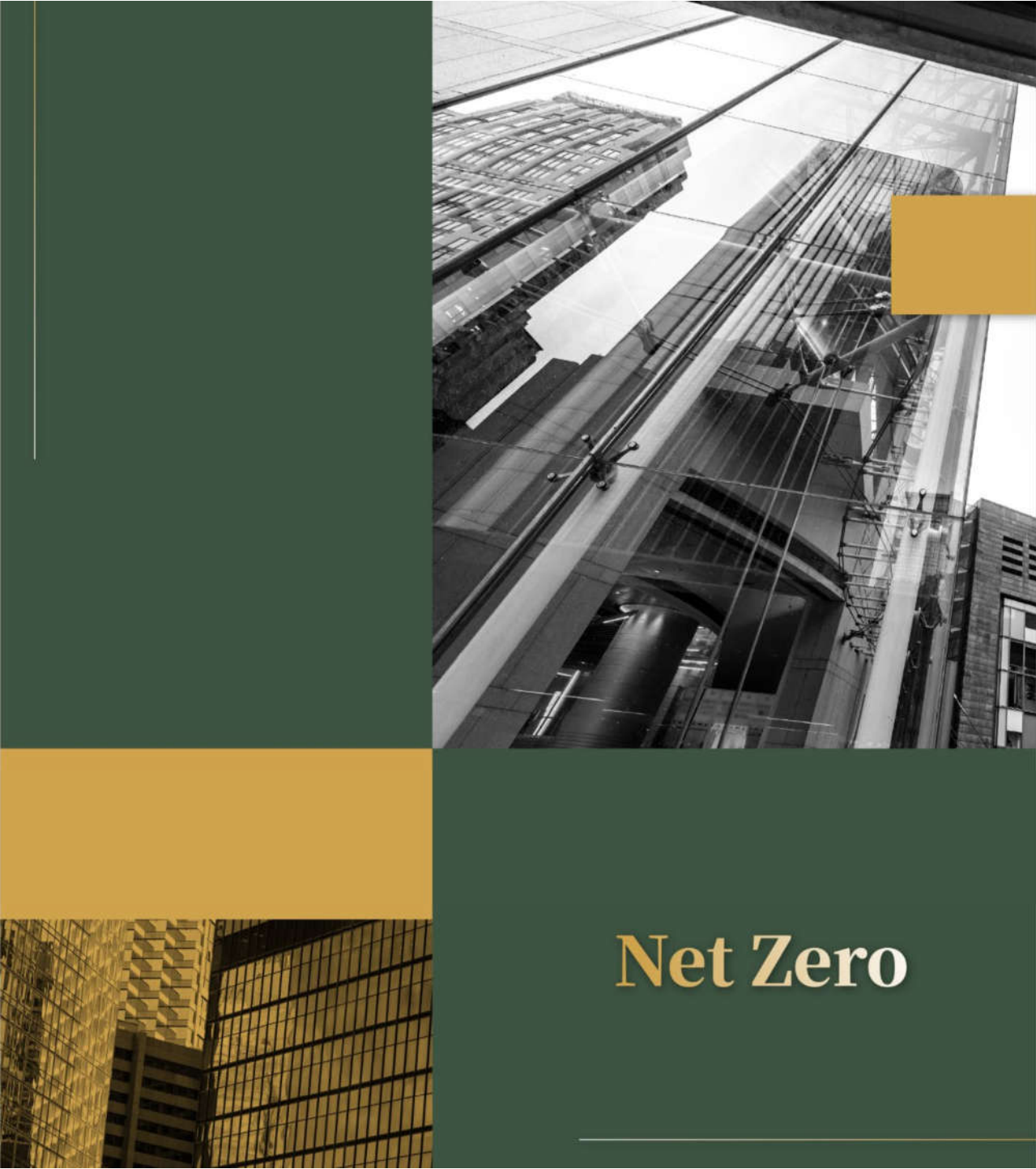


工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

淨零趨勢下的能源 與環境科技創新

鄭名山 副所長

工業技術研究院 綠能與環境研究所

A low-angle, black and white photograph of a modern glass skyscraper, showing the building's structure and reflections. The image is partially covered by dark green and mustard yellow geometric shapes.

Net Zero



鄭名山 副所長

工業技術研究院 綠能與環境研究所

專長

流力、熱傳、聲子與聲學、固態物理

學經歷

2020 – 迄今 工研院綠能所 副所長

1993 – 2020 工業技術研究院 研究員/經理/副組長/組長

2004 – 2005 美國麻省理工學院 訪問學者

1987 – 1992 成功大學航空太空工程博士

1983 – 1987 成功大學航空太空工程學士

參與計畫

能源相關應用研究包括LED照明、冷凍空調、建築節能、太陽能、氫能、風力能、地熱發電、熱電材料等

工研院綠能所簡介



政策智庫



新及再生能源

- 太陽光電
- 風力發電
- 生質能
- 地熱發電
- 海洋能源
- 儲能



低碳與環境安全

- 碳捕獲封存與再利用
- 環境污染鑑識與復育
- 優質生活
- 清淨空氣
- 循環經濟



節能科技與推廣

- 冷凍空調
- 固態照明
- 餘熱發電技術
- 智慧電網
- 智慧綠建築
- 節能推廣與服務



工業服務

- 檢測服務
- 系統服務
- 技術移轉



台北

新竹

台南沙崙





課程大綱

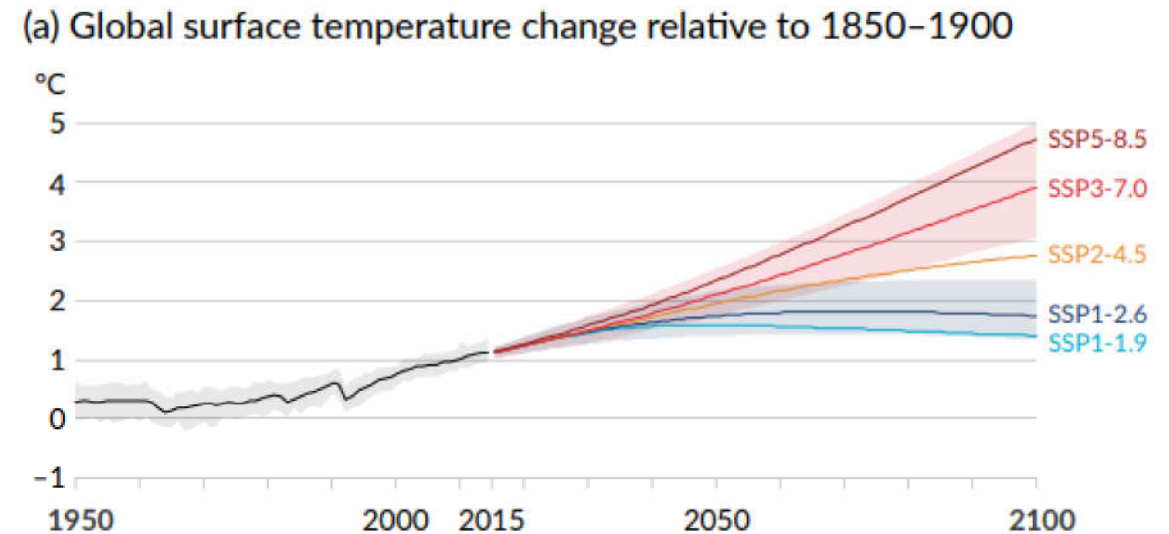
1. 氣候變遷衝擊與國際努力
2. 工研院綠能與環境科技創新案例
3. 結語

未來全球升溫趨勢：溫升將約在2030年或更早達到1.5°C

- IPCC根據不同排放情境預估未來溫升：

- SSP1-全世界將氣候變遷視為重大議題，攜手共進全力減少氣候變遷影響
- SSP2-全球發展持續依循現行發展路徑進行
- SSP3-區域或民族意識高漲，各國以提高自身國家競爭力為發展目標，無視跨區域性之環境影響進行經濟發展
- SSP5-全球市場趨於整合，各界相信即使全力發展化石燃料，仍可邁向永續發展

- 在極低度溫室氣體排放情境 (SSP1-1.9)下，地表溫度升高至1.5°C後將持續幾十年，續在本世紀末前逐漸下降
- 若目前迅速降低溫室氣體排放，在2050達成淨零排放，則在本世紀維持全球溫升低於1.5°C之目標仍是可能



預測全球地表平均溫度與工業化前溫度差距

資料來源：IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change，政府間氣候變化專門委員會)，Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

隨著全球溫升加劇，極端事件將更趨嚴重

- 氣候變遷帶來極端事件所致之熱浪、強降雨、乾旱、海平面上升等**隨溫升加劇，都將更為顯著**
- 人類死亡率上升、嚴重糧食及水不安全、氣候相關傳染疾病發生率增加、空氣汙染、生物多樣性減少、珊瑚礁白化等，對於人類與生態系統造成多種危害及風險
- 溫度上升造成的影響，在某種程度後將形成不可逆的**惡性循環**

* 註：以年平均土壤含水量的標準偏差為比較基準

事件	10年內發生頻率 (以1850-1900年為比較基準)				每次發生之強度變化 (以1850-1900年為比較基準)			
極端熱浪事件	1°C	1.5°C	2°C	4°C	1°C	1.5°C	2°C	4°C
	2.8倍	4.1倍	5.6倍	9.4倍	+1.2°C	+1.9°C	+2.6°C	+5.1°C
極端降雨	1°C	1.5°C	2°C	4°C	1°C	1.5°C	2°C	4°C
	1.3倍	1.5倍	1.7倍	2.7倍	+6.7%	+10.5%	+14.0%	+30.2%
乾旱地區的農業和生態系統乾旱	1°C	1.5°C	2°C	4°C	1°C	1.5°C	2°C	4°C
	1.7倍	2.0倍	2.4倍	4.1倍	+0.3 sd drier*	+0.5 sd drier*	+0.6 sd drier*	+1.0 sd drier*
全球平均海平面上升(世紀末2100年，基準年為1995~2014年)						1.5°C	2°C	4°C
						0.51m	0.6m	0.94m

資料來源：IPCC, (2021) Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

全球氣候談判致力於邁向1.5°C路徑與淨零排放

氣候公約目標：

將大氣中溫室氣體的濃度穩定在防止氣候系統受到危險的人為干擾的水準上

京都議定書第一承諾期：

附件一國家必須在2008-2012年間將該國溫室氣體排放量降至1990年水準平均再減5.2%。
(美國、加拿大未加入)

京都議定書第二承諾期：

附件一國家必須在2013-2020年間將該國溫室氣體的全部排放量從1990年水平至少減少18%。
(美國、加拿大、日本、俄羅斯未加入)

巴黎協定施行目標：

本世紀末溫升在2°C以下，追求1.5°C。(IPCC 1.5°C路徑：2025達到峰值/2030削減43%/2050淨零)

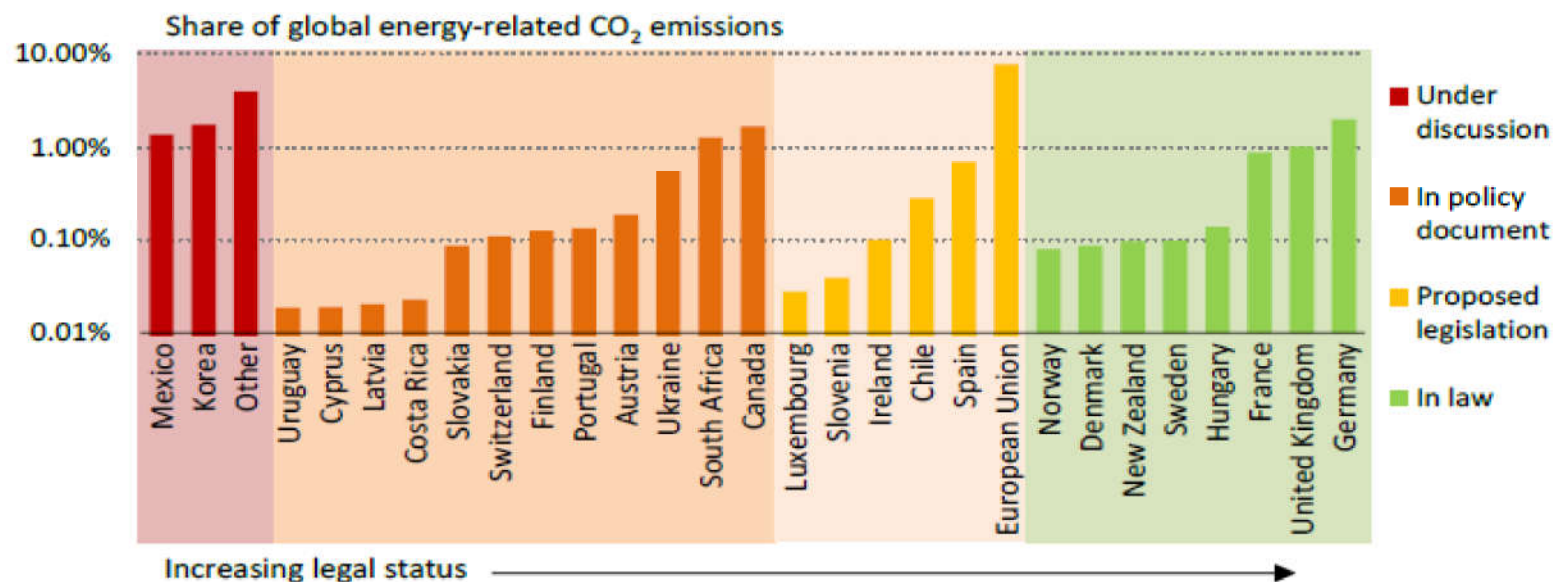


COP：締約方大會 Conference of the Parties；IPCC：政府間氣候變化專門委員會 Intergovernmental Panel on Climate Change
UNFCCC：聯合國氣候變化綱要公約 The United Nations Framework Convention on Climate Change

全球宣示淨零排放目標

- 全球148國、145區域、252城市宣示淨零排放目標
- 我國鄰近國家**中國**、**日本**、**韓國**相繼提出碳中和目標年，**台灣亦在2021年4月宣示在2050年達成淨零排放**，並於2023年3月通過氣候變遷因應法，**立法明訂目標**

包含德國、英國、法國、紐西蘭、丹麥等國均已立法要求2050淨零排放



註1：含歐盟

資料來源：IEA (2020), World Energy Outlook (統計至2020年8月)

More than a dozen countries and the European Union, which accounted for around 10% of global CO₂ emissions in 2019, have net-zero emissions targets in law or proposed legislation

氣候危機日益嚴峻，行動刻不容緩

2030年

全球溫室氣體排放應較2010年

減少45%

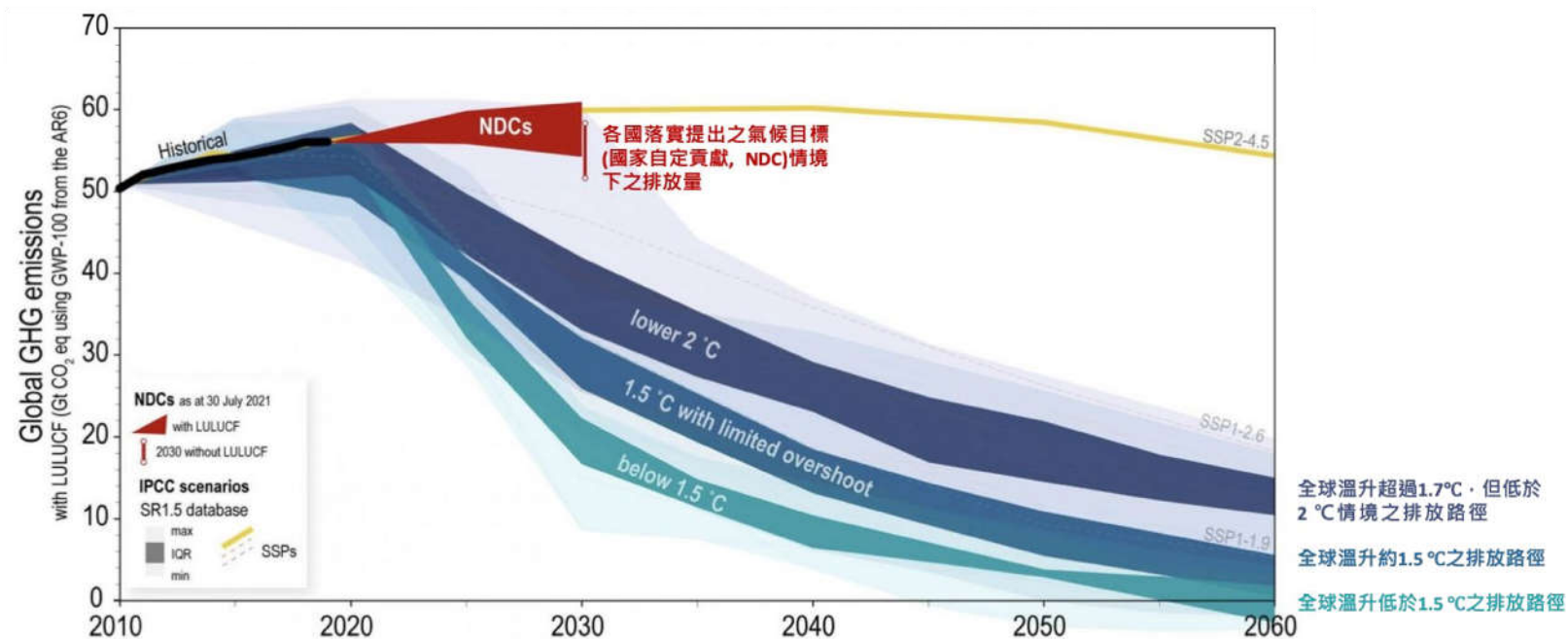
為達溫升1.5 °C目標，2030年全球溫室氣體排放應較2010年減少45%，並在2050年達成淨零排放。

但截至2021年11月，166個氣候公約締約國所提出國家自定貢獻(NDC，Nationally Determined Contributions)，在2030年排放總量預計仍將比2010年高出15.9%。

2030年

排放總量預計仍將比2010年

高出15.9%



資料來源：UNFCCC. (2021). Nationally determined contributions under the Paris Agreement, Revised synthesis report by the secretariat

企業追求節能減碳之驅動力 - 國際供應鏈競爭

品牌供應鏈壓力：企業ESG倡議與國際大廠要求供應鏈盡速達到碳中和



Apple

2030年達到**碳中和**



百分百再生電力倡議

設定公司達成**100%再生能源**的期限

- ✓ 國內 - 台積電、葡萄王生技、歐萊德、大江生醫
- ✓ 國際 - 3M、Apple、Google、Facebook等



Microsoft

2030年實現**碳負排放**
2050年**消除公司產生**
的所有碳排放



國際電動車倡議

加速交通運輸之低碳轉型，2030將**電動車**轉變常態

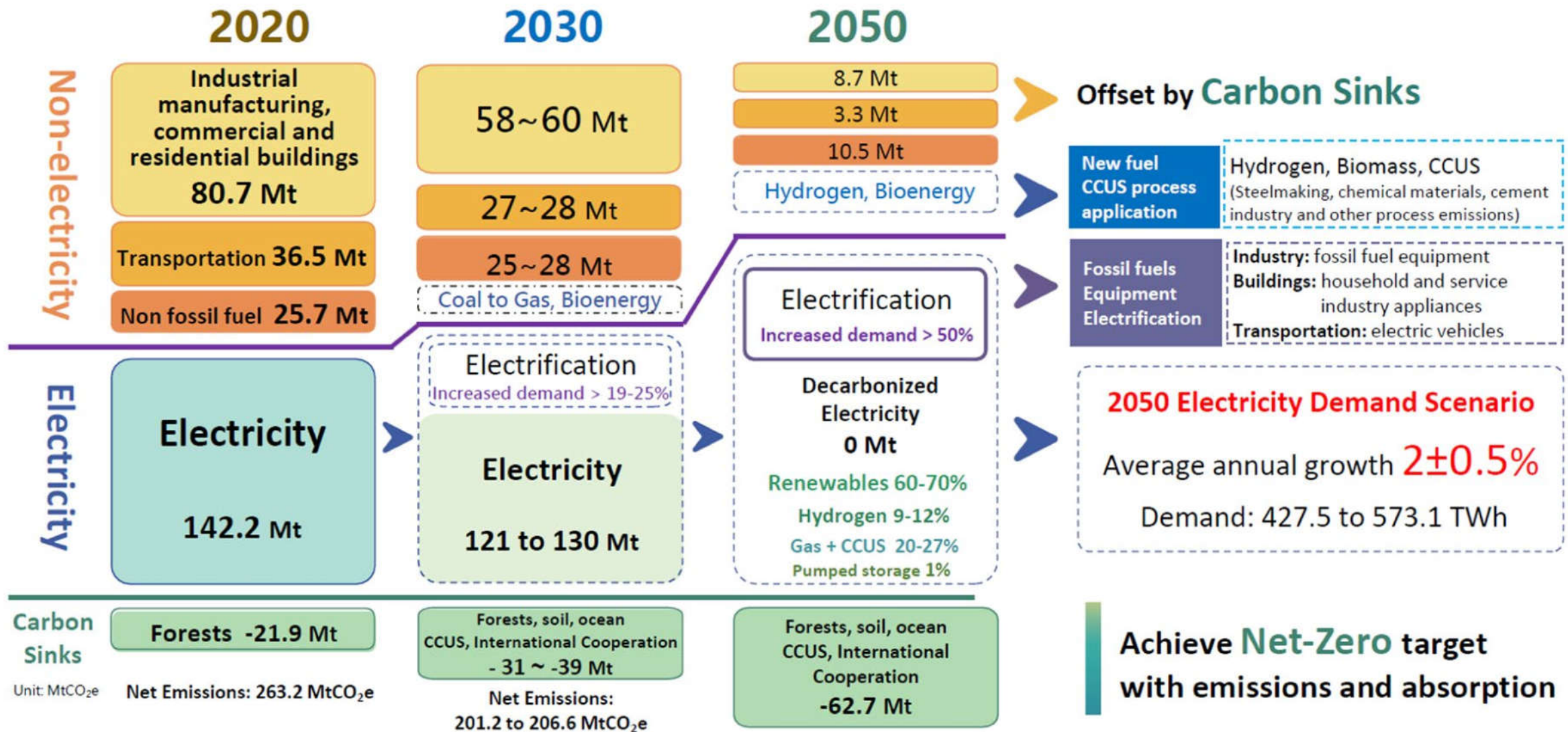
- ✓ 自有/租賃車隊電動化
- ✓ 所有相關據點為員工及/或客戶安裝充電設施
- ✓ 相關服務合約中要求使用電動車

歐盟：碳邊境稅 / 美國：徵碳調整費或配額 / 中國：全國碳交易

→ 高能源密集與貿易密集度產業將優先受衝擊，海外生產基地 (中國/印度/越南) 也將產生連帶影響

碳關稅 將對出口 (間接出口) 產業造成衝擊，**減排能力** 將主導在國際供應鏈的競爭力

台灣 2050 Net-Zero Emissions Plan



IEA 2050淨零路徑：創新技術廣泛應用

IEA 2050 淨零策略

2020 → 2030 → 2050

既有技術大規模應用
+ 政策有效支持

太陽能

風能

電動車

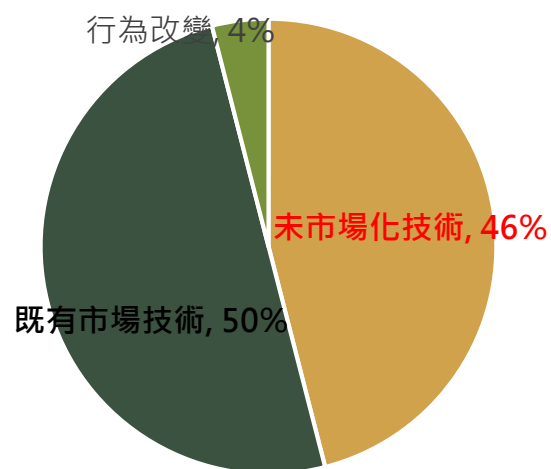
清潔能源技術創新
+ 未市場化技術大規模應用

先進電池

氫電解槽

CCUS

淨零情境貢獻來源



淨零情境之關鍵策略選項

再生能源

能源效率

氫能

行為改變

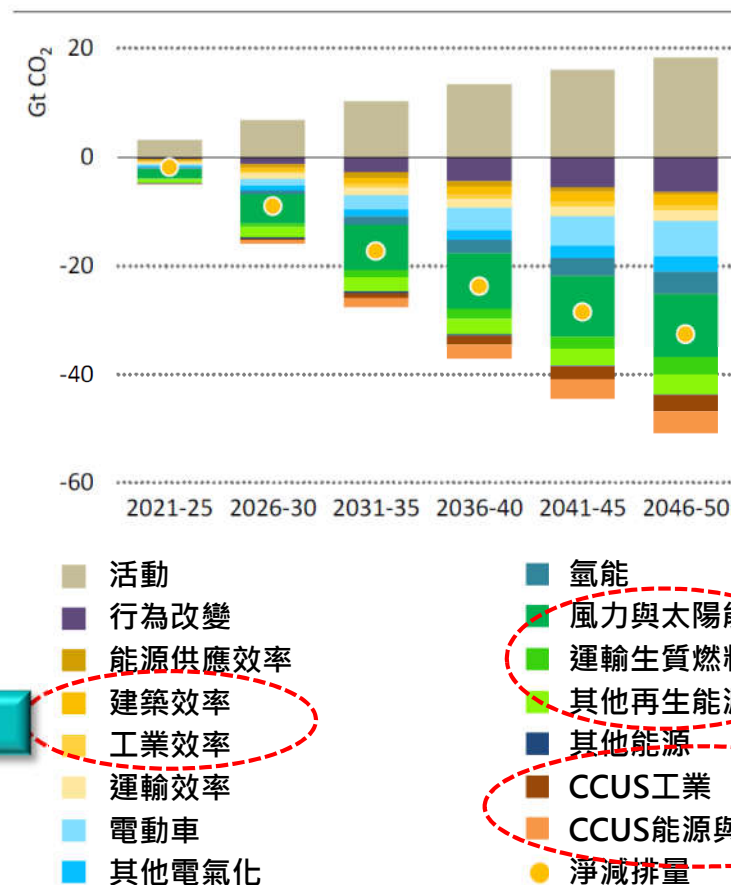
電氣化

生質能

CCUS

能源效率

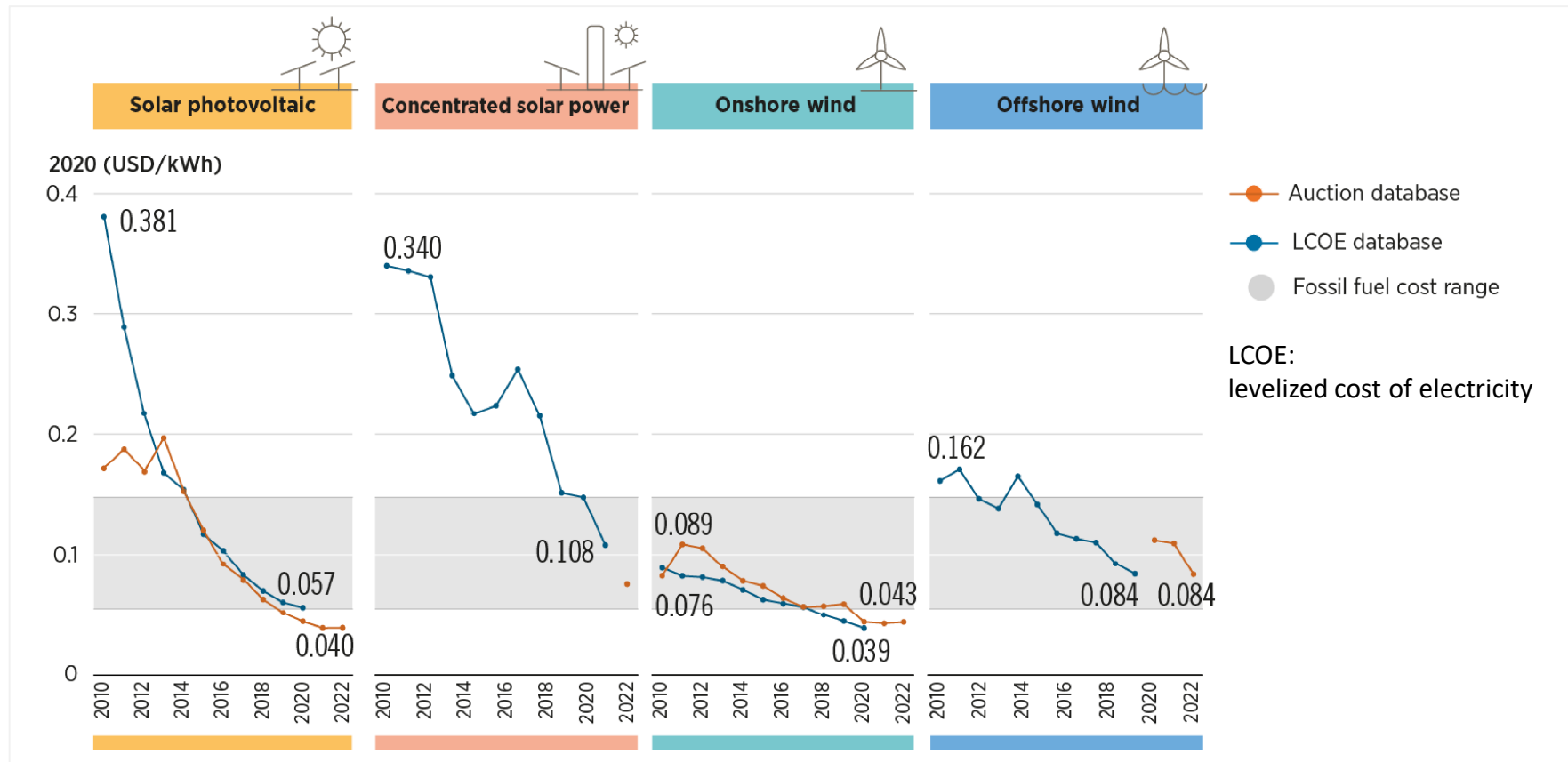
關鍵策略選項減排貢獻



資料來源：Net Zero by 2050, A Roadmap for the Global Energy Sector, IEA, 2021

再生能源發電成本快速下降

- 2010 年至 2020 年，再生能源成本呈下降趨勢；不計電網與儲能成本下，發電成本已低於石化燃料發電
 - ✓ 太陽能光電 (PV) 的全球加權平均電力成本下降了85%，集中型太陽能 (CSP) 下降 68%
 - ✓ 陸域風電下降 56%，離岸風電下降 48%

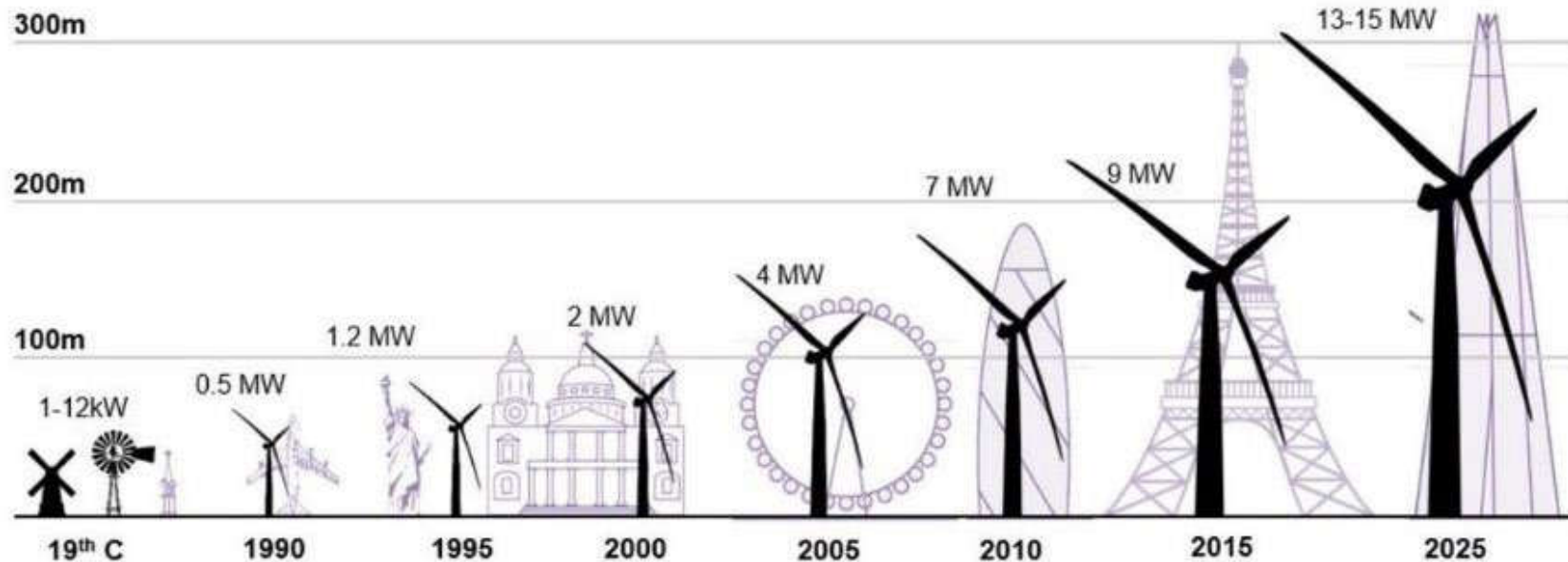


資料來源：world energy transitions outlook 2022 , IRENA

全球風電技術發展趨勢

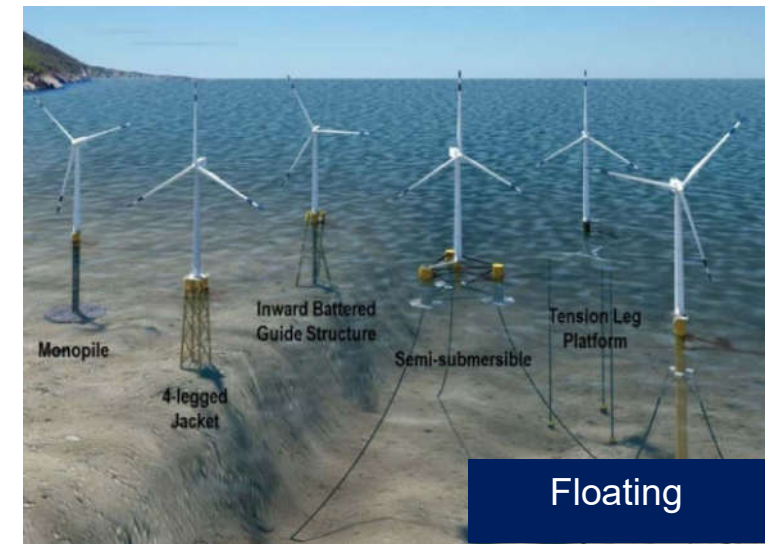
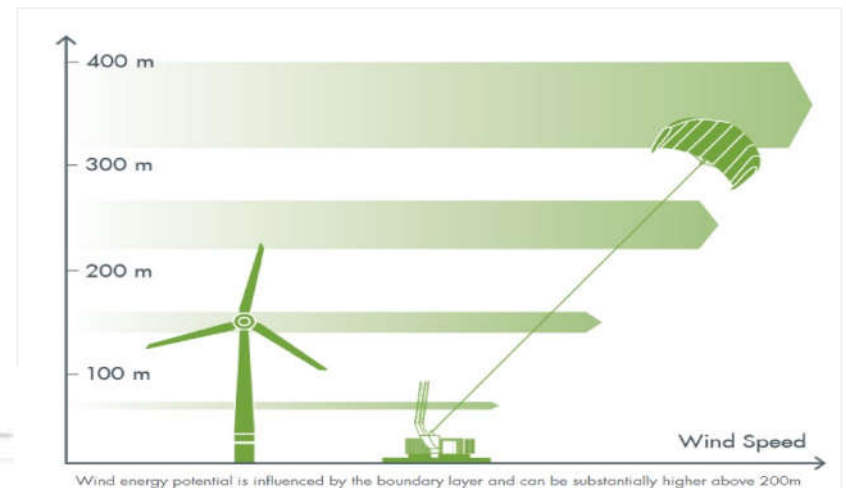
風力發電機新概念
極高海拔的風箏

- 由陸域走向離岸，風機大型化：2018年平均容量為**5.5MW**，陸域最大達5MW，離岸最大約9MW，預計2030年將有**20 MW**的離岸風機
- 大規模風場：歐洲從2010年的平均313MW增加到2019年的621MW
- 由固定式基礎走向浮動式基礎：大水深/遠離岸，水深超過60公尺
- 高空型創新概念發展：利用穩定的高風速(50米高風速為6.1 m/s VS.200米高風速8.2 m/s，風能增加 240%)



Sources: Various; Bloomberg New Energy Finance

資料來源：The U.S. Department of Energy (DOE); The National Renewable Energy Laboratory (NREL); FSHLABER; Bloomberg IRENA, Future of Wind, 2019；WindEurope, Annual Offshore Statistics, 2019；Expert interviews; Roland Berger



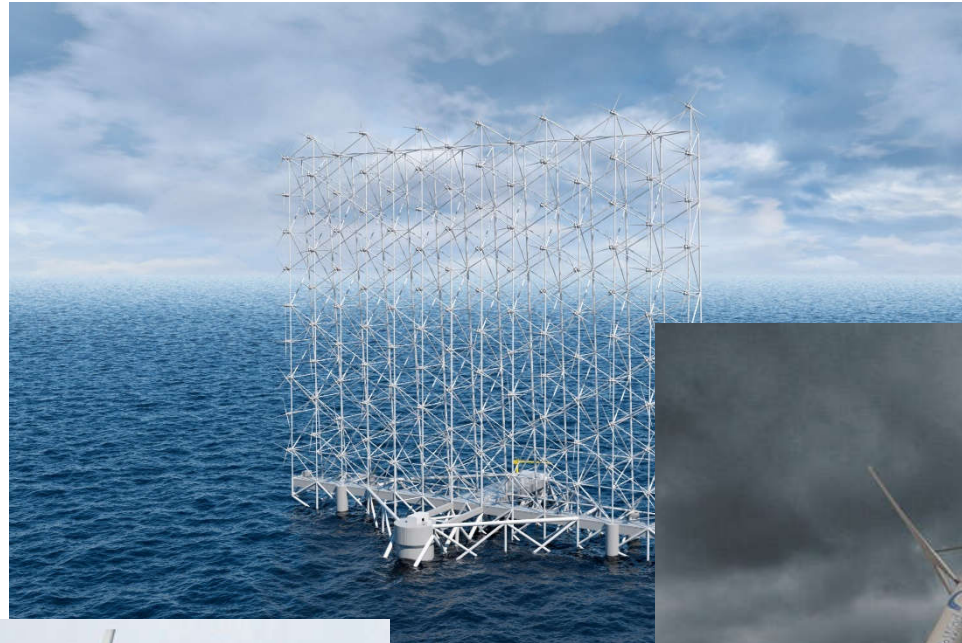
工程名稱 PROJECT:離岸風力發電第一期計畫-示範風場新建工程

Taiwan Power Company Offshore WindFarm Phase 1 Project - Demonstration

業主 Owner:  台灣電力公司

承攬商 CONTRACTOR:  Jan De Nul n.v.  HITACHI
Inspire the Next

多樣化的浮動式風機設計



綠能所技術案例 - 風力機運維與預診技術

導入AI技術智慧化預測與診斷

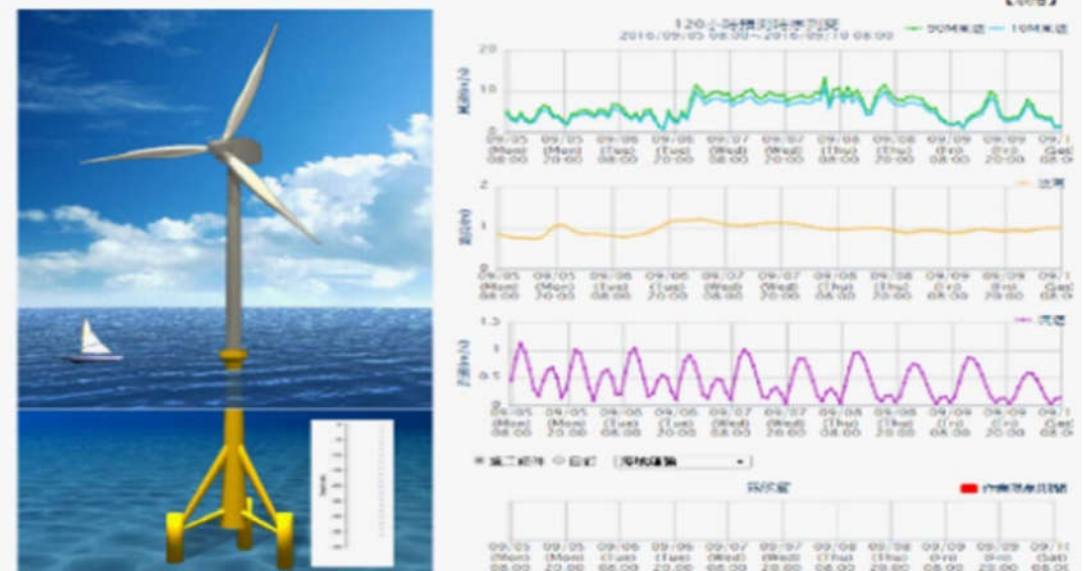
智能化狀態監控系統

透過物理量測→資料擷取傳輸→ 即時性能評價→
自動預警，結合智能化演算法預知保養時程，可
降低風力機與海底電纜維運成本

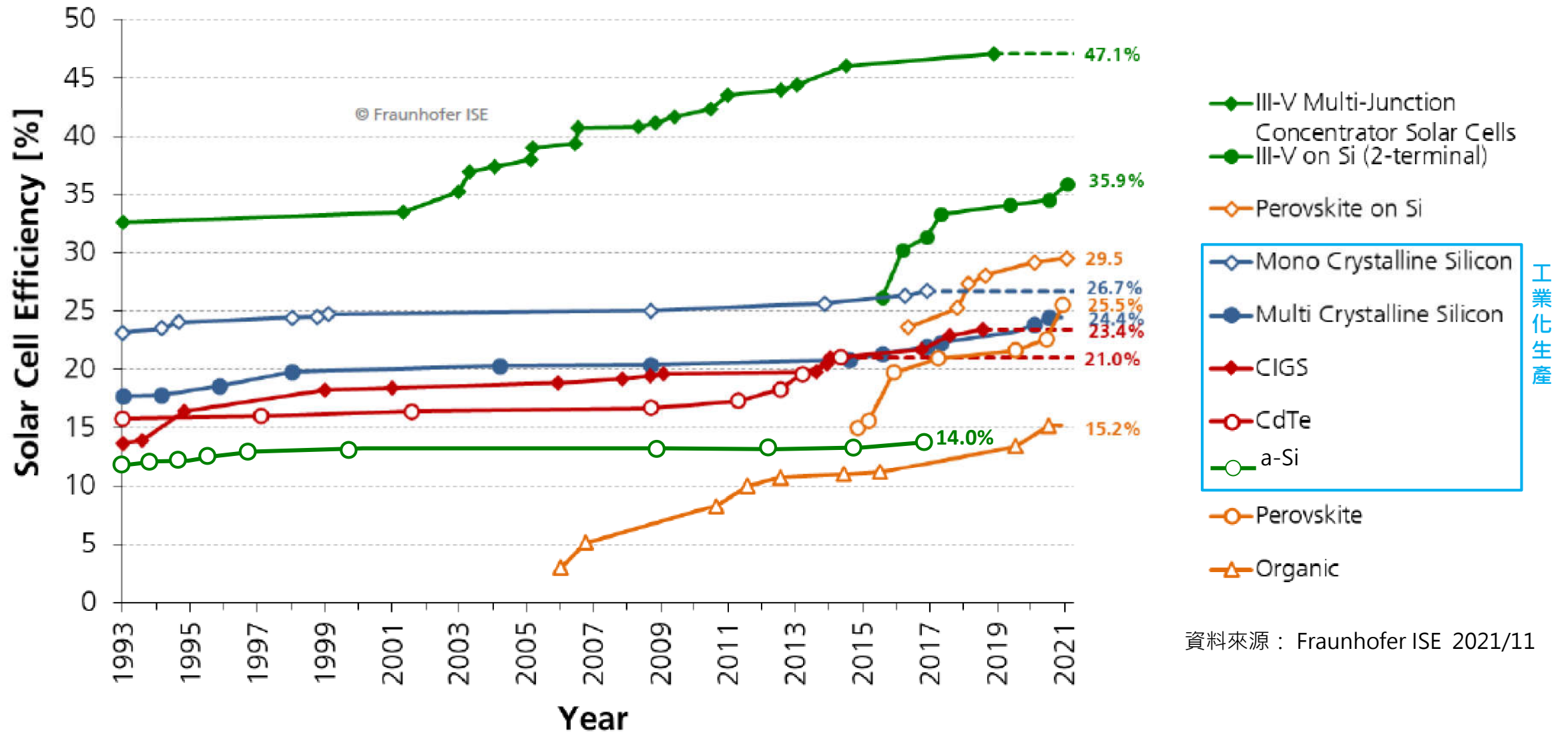


海上氣象與發電量預測

整合在地化風波流預報，建立即時資料及綜合
預測模型，達成智慧電力調度



太陽光電技術演進 - 電池效率歷史演變



資料來源：Fraunhofer ISE 2021/11

綠能所技術案例 - 太陽光電技術



穿隧型異質接面太陽電池(TOPCon)

高效率及低成本太陽電池技術

結構專利6件，申請中5件

關鍵電池量產設備與製程技術

直接升級業者既有產線(產量100 MW/年)，
ROI<2年，目前導入自動化量產技術
(產量20 MW/年)

商規最高轉換效率

電池效率達23.5%，模組效率21%
(輸出達360W)

TOPCon模組與電池產線(企業合作)
(TOPCon: Tunnel Oxide Passivated Contact)



矽晶太陽電池製程研發與驗證

完整實驗產線

- 蝕刻、擴散、電極製作、雷射切割、封裝、熱處理.....
- turn-key產線建置、產品開發、製程開發、材料驗證

精密量測分析能量

- 形貌/薄膜厚度、反射率、元素濃度、載子存活期、缺陷分析、電池效率、量子效率、元件電性.....
- 認證實驗室、可靠度測試、嚴苛環境測試、戶外發電效能長期測試
- 協助國內外產品測試認證



綠能所技術案例 - 太陽光電系統技術

- 太陽光電系統與微電網設計，整合儲能、微電網、能源管理、需量反應
- 太陽光電系統竣工檢測驗證服務，取得符合國際IEC 62446-1太陽光電系統標準的TAF測試實驗室，協助太陽光電電場檢測服務
- 太陽光電系統無人機巡檢技術，建立太陽光電板影像資訊系統包括位置、數量、熱影像、灰塵等，結合維運管理系統，提供智慧化管理

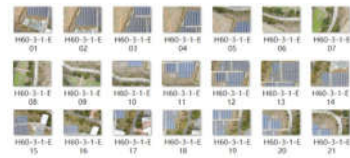
工研院 六甲微電網



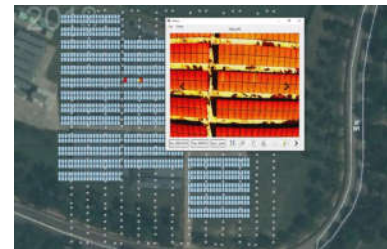
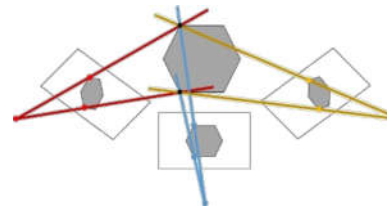
無人機巡檢



航空影像對位



空間資訊演算

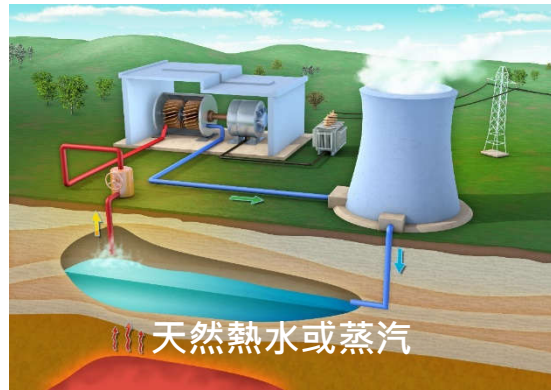


竣工檢測驗證服務



昱O能源公司

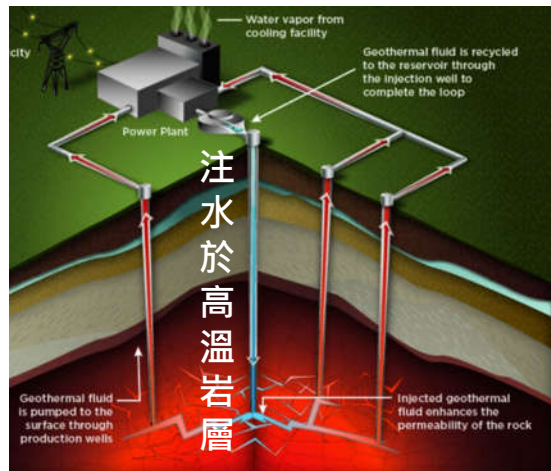
地熱技術種類



傳統型地熱示意圖

傳統型技術

- 取用天然之熱水、蒸汽
- 深度大多在500 ~ 3,000m間
- 成熟之商業化技術
- 成功三要素：適當的地質裂隙、充分水源、溫度



EGS(增強型)示意圖

研發中技術

- 注水於高溫岩層取熱，主要形式為 EGS、AGS
 - ✓ Enhanced Geothermal System, EGS
在高溫但無水的地層內，製造裂隙，注水取熱。(美國DOE預計2035年始能商業化)
 - ✓ Advanced Geothermal System, AGS
在高溫但無水的地層內，製造封閉通道，注水取熱，無需人工裂隙。(於德國試驗場址驗證中)
- 超臨界地熱發電技術, SGS
 - ✓ Supercritical Geothermal System, SGS
於火山地區提取來自地函與岩漿之超臨界流體發電。(鑽井研究階段；仍屬於概念驗證階段)

綠能所技術案例 - 地熱發電技術

地熱能開發與電廠建置技術

國內首座民營商轉/智能化地熱電廠



宜蘭清水300 kW
ORC地熱發電機組

地質探勘及地熱產能評估技術

利用地球科學探勘及地熱儲集層三維模型建構，評估區域地熱資源分布，並導入自動化產能測試裝置，評估地熱井取熱效益，可節省50 %人力成本

開發智能化地熱電廠

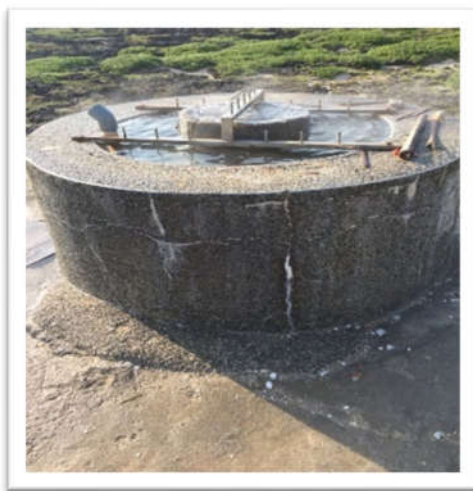
以AI技術進行運轉最佳化與分析預診，遠端掌握即時資訊，建立無人電廠（台東金崙），降低運維成本

自主渦輪ORC發電技術

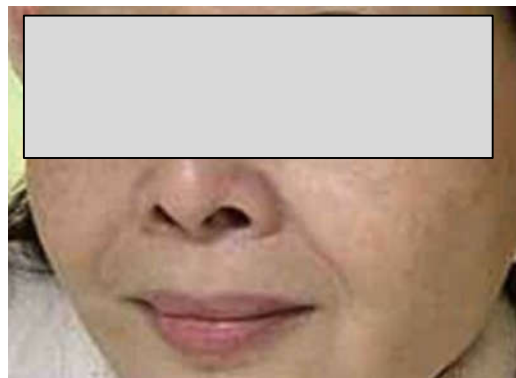
具備降噪（比螺桿膨脹機降低 20 dBA，86dBA@1m）、高等熵效率（85 %）及高自製率（~95 %）

綠能所技術案例 - 地熱菌代謝產物衍生應用

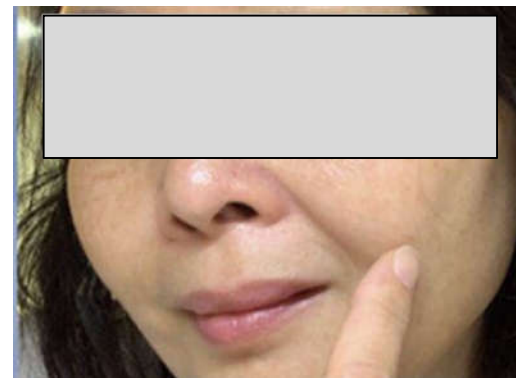
- 發現台灣地熱菌代謝產物的衍生應用，含特殊角蛋白酵素與胜肽，協助保養品滲透至皮膚或頭髮深層，可應用於保養與護髮、燙髮產品
- 通過生物安全性(OECD439、ISO 10993-5)、皮膚無刺激性(OECD442D)、無重金屬等規範，國際化妝品原料登錄許可No. 1-12-2020-11602



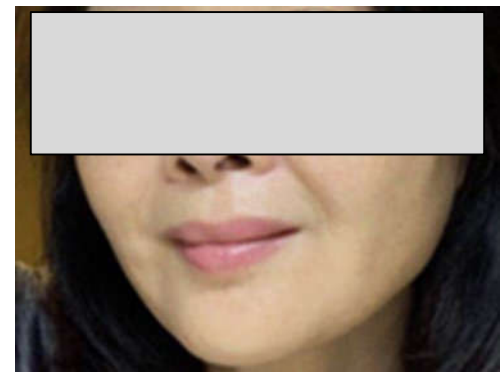
OO溫泉煮蛋池出水口



使用前



連續使用 3天

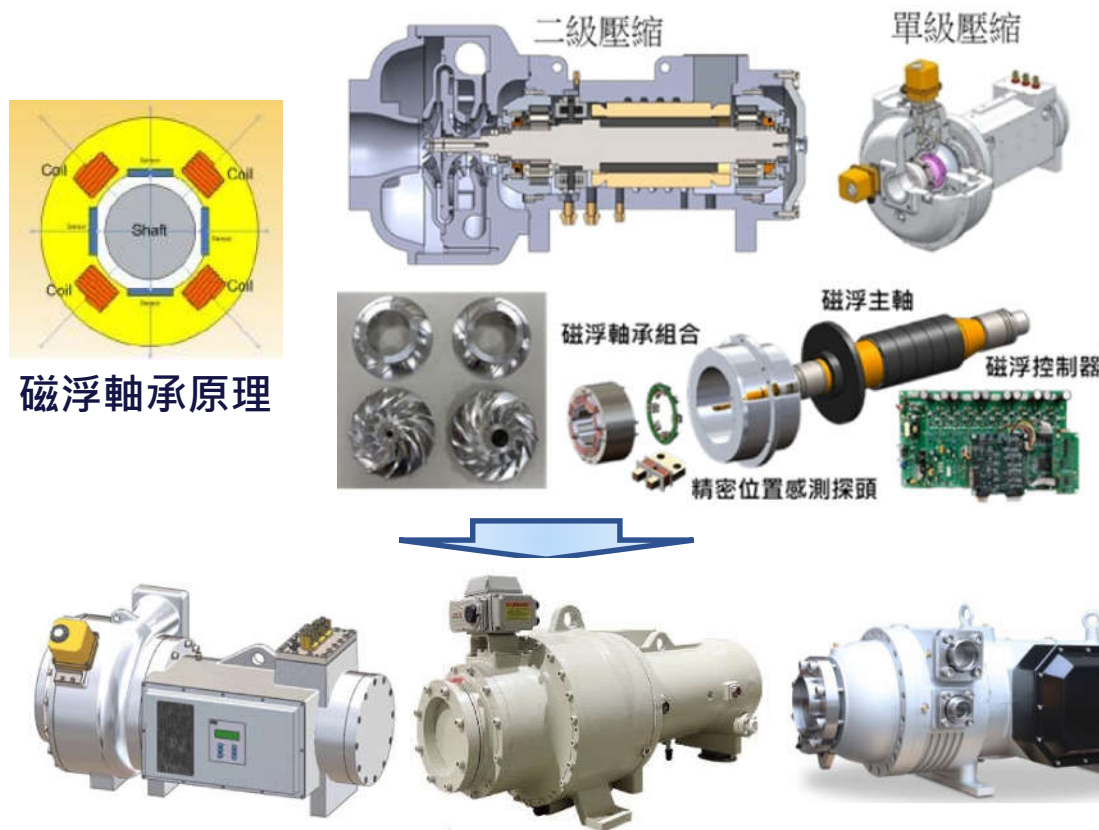


連續使用 9天

綠能所技術案例 - 台灣供應鏈磁浮冰水機

專利磁浮離心式壓縮機

R513A、R1234ze 台灣全自主壓縮機商品



低GWP冷媒磁浮冰水機

無油、低振動、快速啟停、寬廣變速、部份負載性能佳、雲端監測與診斷服務，100~1000RT之單壓/雙壓系統



- 學校/公營/研究機構(15處)
- 私人機構/企業(16處)
- 大專院校、公辦/商辦/金蝠大樓、百貨商場、航空站、高科技廠房、電信機房等、醫院等

綠能所技術案例 - 外轉子永磁無刷馬達與低碳吊扇

專利外轉子永磁無刷馬達與商品

低碳吊扇、工業扇，**全球最高能源效率**
24CMM/W，**節電25%~80%**



外轉子永磁無刷馬達自動化產線

高可靠度的製程標準作業程序(SOP)與標準檢驗程序(SIP)
年產2~5萬套的示範產線：代工製作 / 整廠技術輸出



高效率外轉子BLDC馬達定子自動化產線



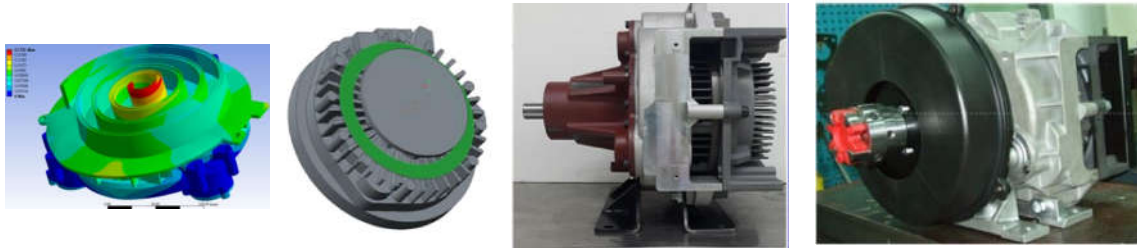
轉子及馬達成品自動化產線



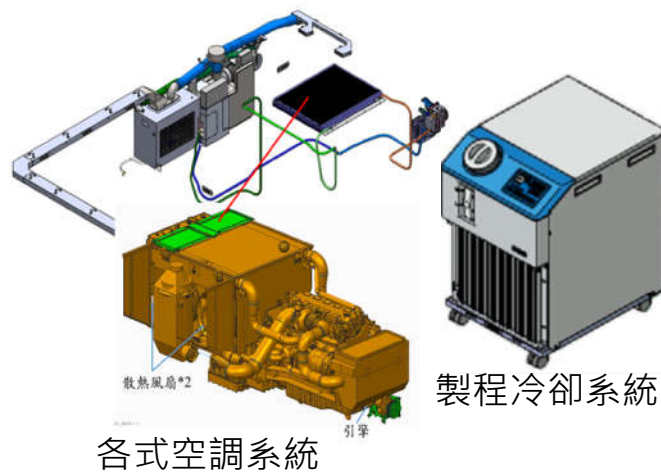
綠能所技術案例 - 高效率熱流機電設備

流體機械零組件與設備

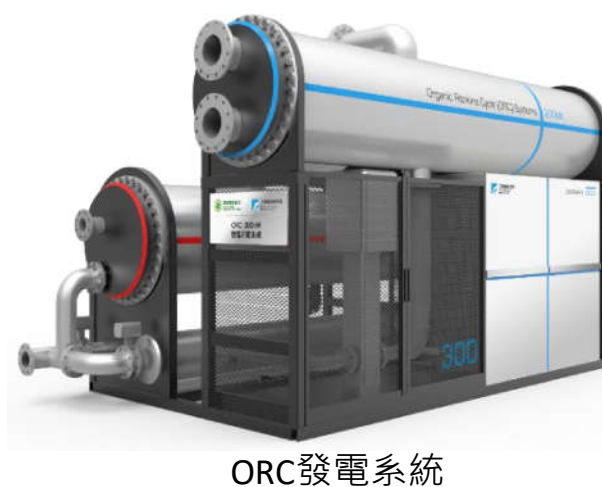
無油渦卷真空泵與空氣壓縮機



冷凍空調設備與散熱系統



工業餘熱回收發電系統



電動車輛空調與熱管理系統

低能耗的動力馬達與控制及電池堆等散熱系統，智慧氣流與溫濕度調控的車廂空調機組等，整體效率較市售品降低超過40%之運作耗電，重量減輕20%以上。



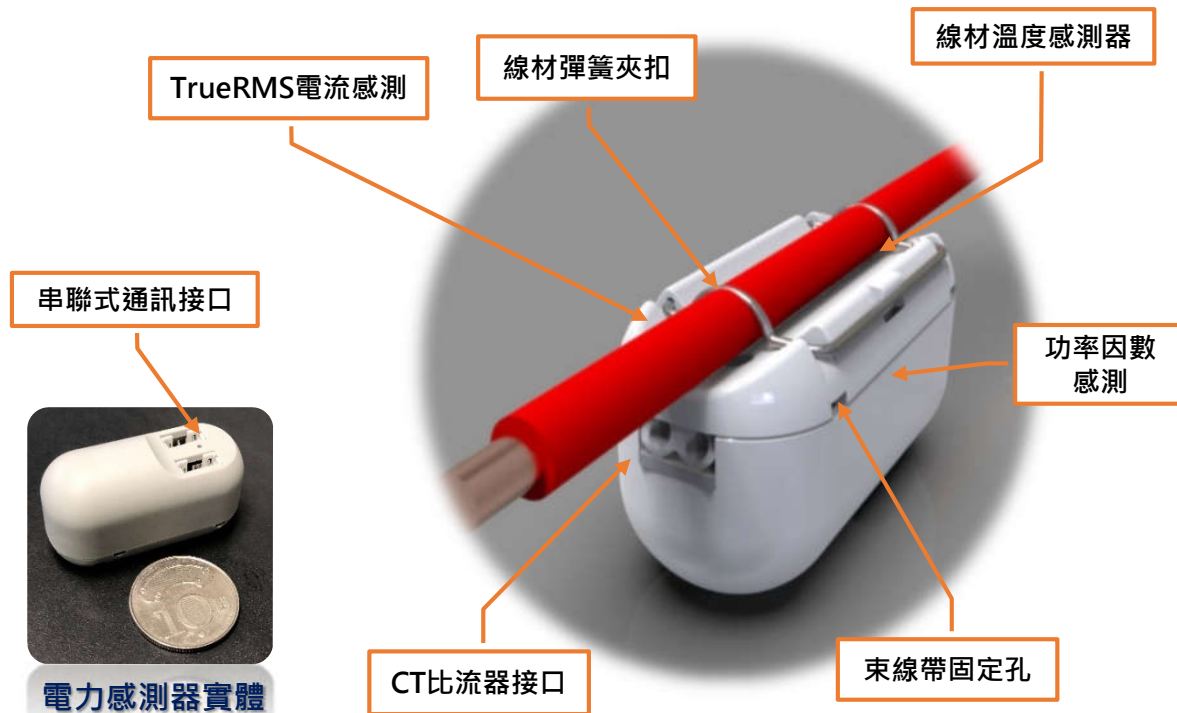
綠能所技術案例 - 非接觸式電力感測技術

專利非接觸式電力感測器

- 具備低成本、易安裝與無須額外空間優勢。
- 即時**功率量測準確率最高99%**。

技術應用實績

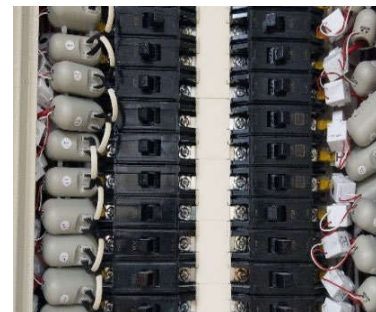
- 技術已成功應用於**住家、商辦與工廠**，結合微型能管/大型工控平台進行即時用電監視。



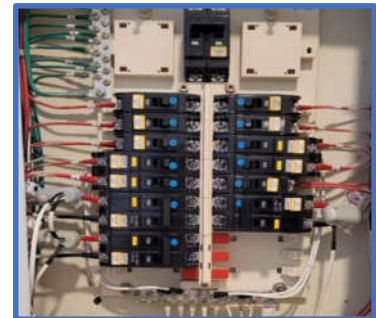
北部某大眾運輸站
空調水泵用電量測



嘉義某塑膠公司
生產設備用電量測



土城某集團公司
辦公室用電量測



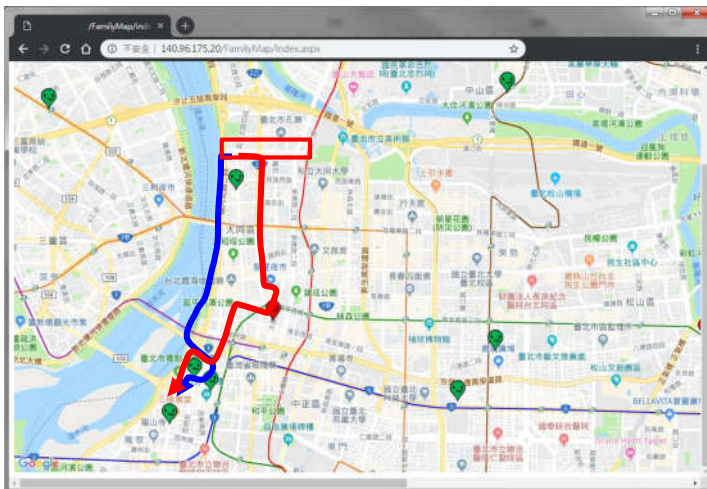
林口某商務中心
辦公室用電量測



綠能所技術案例 - 食品連鎖店能源管理系統技術

- 能源管理系統(EMS)：整合**人工智慧(AI)**及**物聯網(IoT)**技術，調整耗電設備(冷櫃、空調及照明等) 運轉參數，達到**節電**效果
- 採用無線連接、專利溫控器，降低導入成本，**節省5-10%電費/年**，**回收年限(ROI)<2年**
- 台灣已導入**超過3,100家便利商店/超市**，**日本市場**測試驗證中
- 收集台灣大數據，以溫度變化數據機器學習**預測冷凍櫃損壞**，**提前預警排修**

預測冷櫃故障，調整檢修路徑與排程



應用於便利商店、超市、大賣場



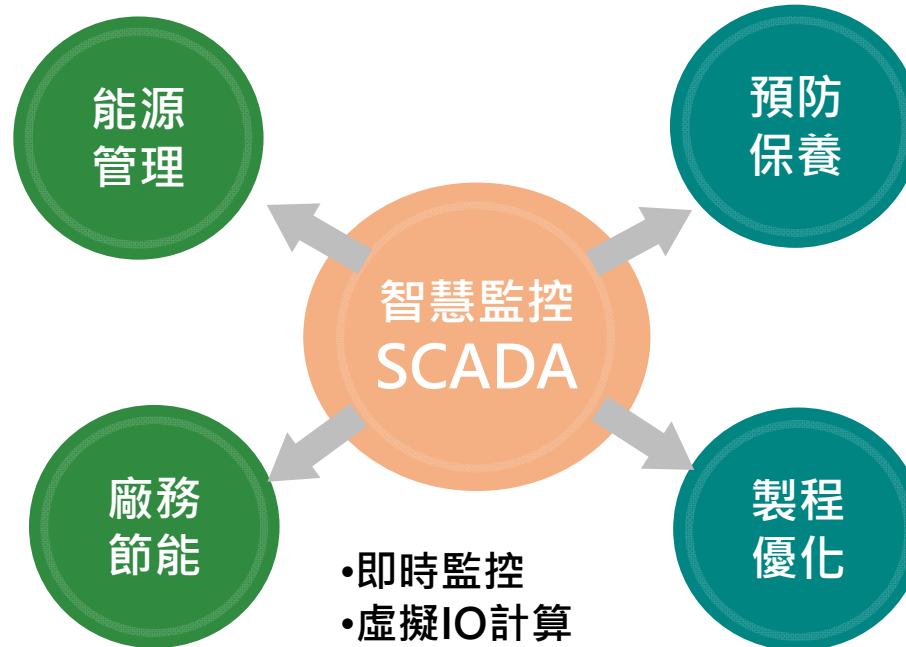
綠能所技術案例 - 廠務&製程智慧化控制系統(iAuto)



- 用電KPI管理
- 需量預測與卸載
- 用電統計分析
- 契約容量最佳化
- 效能指標管理
- ISO 50001基線工具



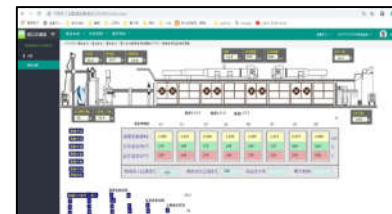
- 空調水系統最佳化控制(35%節能)
- 空調箱AHU優化控制(30%節能)
- 空壓系統節能優化控制(25%節能)
- 廢水處理節能優化控制(30%節能)



- 即時監控
- 虛擬IO計算
- 趨勢管理
- 事件管理
- 條件/排程控制
- 警報管理
- 報表管理



- 馬達設備振動與趨勢診斷
- 冰機設備異常診斷
- 空調水系統效能診斷
- SPC統計管制



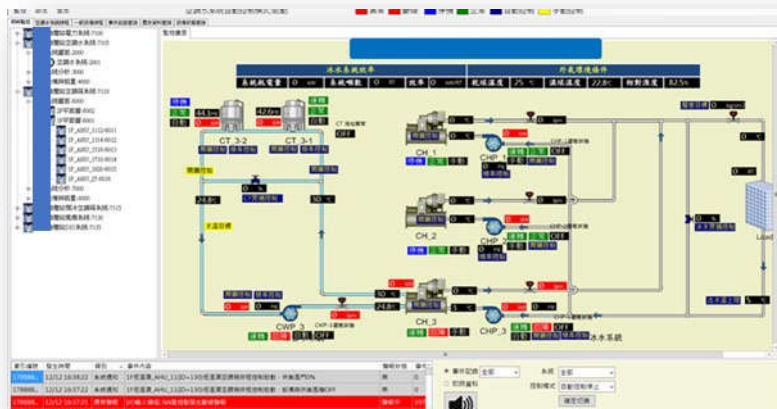
- 製程優化模擬器(找出最佳生產條件)
- 製程最佳化即時控制
- 維持/提升品質，減少能耗
- 實績案例：紡織廠、石化廠、PCB產業、烘乾與乾燥製程.....

綠能所技術案例 - 建築能源管理系統(EMS-iAuto)

AI系統優化控制技術

- 提供**能耗模型建立**及**最佳化節能優化**功能，即時調整設備台數及運轉頻率。
- 進行整體空調水**系統最小能耗**操作點搜尋，使設備於最佳效率運轉。

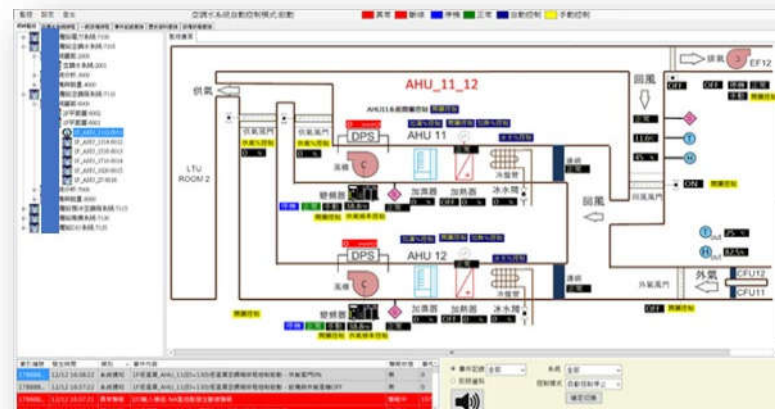
空調水系統節能控制



技術應用案例

- 已導入**超過40處案場**，包含石化集團工廠、醫院、飯店、連鎖大型賣場、辦公大樓、學校、高鐵站..等。
- 系統達**深度節能10%以上**(空調水側/氣測10-30%，依環境、設備狀態略有不同)
- **ROI<3年**

恆溫濕空調箱節能控制



優化控制流程



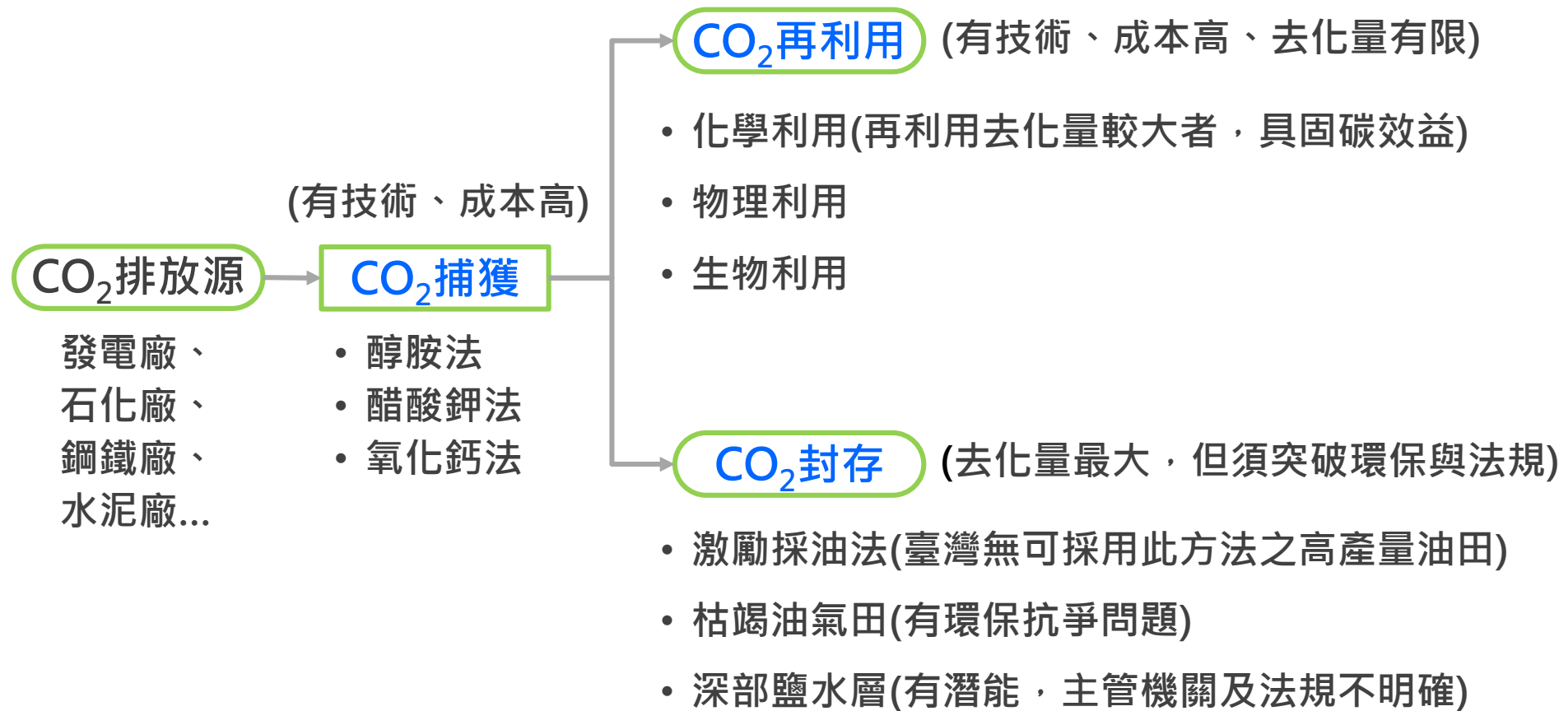




單元結束 謝謝聆聽！

CCUS技術與應用挑戰

Carbon Capture, Utilization, Sequestration

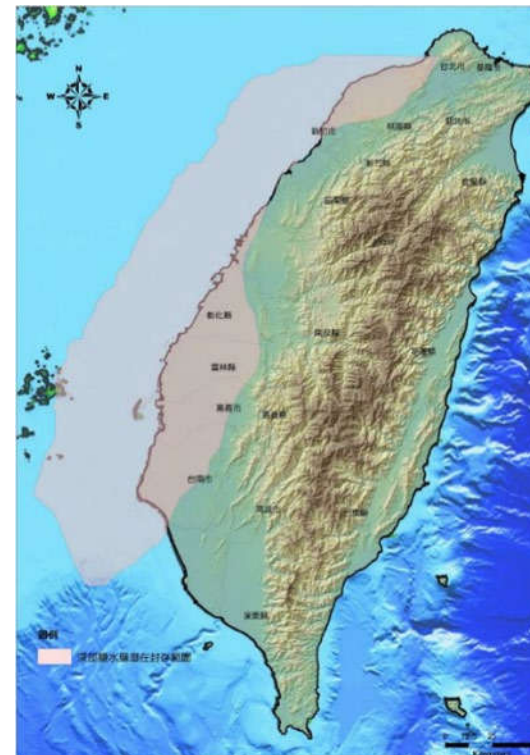


CCUS技術現況-CO₂封存

- 一. 臺灣陸域封閉構造(含枯竭油氣田及附近鹽水層)估計可封存潛能28億噸，民眾抗爭不易施行
- 二. 臺灣平原區、濱海及海域深部鹽水層估計可封存潛能459億噸

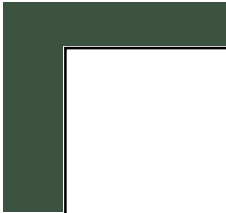


陸域封閉構造(枯竭油氣田及附近鹽水層)



平原區、濱海及海域深部鹽水層

資料來源：臺灣二氧化碳地質封存地圖集 (2014)；溫室氣體盤查報告書 (2020)



綠能所技術案例 - 水泥業鈣迴路CCUS案例

- 工研院與台泥共同合作發展**全球最大示範型鈣迴路CCUS技術**
- 所捕獲的二氧化碳可用於養藻及創造其他多種用途，如化妝品或食品



捕獲成本約在 USD 40~60/ton CO₂



藻類萃取物應用



綠能所技術案例 - 雨生紅球藻蝦紅素



◆ 完成微藻上中下游關鍵技術開發與完整專利佈局 (專利13項26件) · 在台O建置完整設備持續運轉中

微藻固碳養殖核心技術



模組化袋式光合反應器

↓ 成本(1/10) ↑ 壽命(50%)



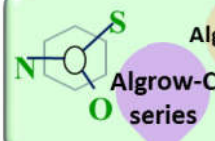
多層帶濾式微藻採收機

- ◆ 與美國NAABB簽訂MOU
- ◆ 以整機輸出模式拓展至海外



低能耗破胞/萃油整合/CO₂萃取

- ◆ 活性物質誘發微解、可調變溶劑萃油 ↓ 能耗 (1/10~1/100)
- ◆ 無毒害高單價物質萃取、90%藻油連續萃取率



Algrow-B1

Algrow-C series

微藻產率躍升及仿生技術

↑ 產率(2倍) ↓ 產油成本 (1/3)



蝦紅素及生長調控創新技術

高單價微藻-雨生紅球藻
培養時間(1/2) ↓ 蝦紅素(+57%) ↑

軟硬體技術
整合



室內雨生紅球藻養殖系統



雨生紅球藻與蝦紅素衍生產品