

ITRI

Industrial Technology
Research Institute

國際氣候協議與 2050 淨零排放 科技創新路徑

報告人：鍾詩明, PhD Senior Researcher

December 14th, 2021

簡報大綱

- 氣候緊急引發之衝擊、轉變與契機
- 英國格拉斯哥氣候決議 2050 淨零減碳時程與路徑
- 因應全球減碳企圖心強化下之登月任務契機
- 宏大關聯整合技術領域研發與應用



1

Taiwan's National Circumstances

- Area: 36,000 square kilometers
- Population: 23 millions
- GDP per capita: 28,383 (2010 USD)
- Electricity consumption/population: 11.5 (MWh/capita)
- CO₂/population: 10.43 (tCO₂/capita)
- Emission Intensity (CO₂/GDP): 0.42 (kg CO₂/USD)

Ref: IEA (2021)

Taiwan's National Circumstance

&

Our International Peers

Population



Australia

Economic Power



Sweden

Territory



Netherlands

Military Capability



Canada

Total Export Volume



Spain

Total Import Volume



Switzerland

Ref: <https://www.worldbank.org>

氣候緊急促使巴黎協定**確立 2050 全球淨零目標**：

帶動全球自2021 年起探索淨零**全面結構轉型之衝擊、轉變、契機**。

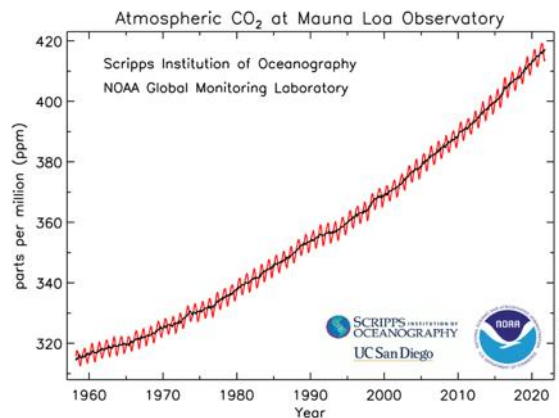
全球溫室氣體與全球均溫上升最新趨勢

CO₂

仍未達峰值，穩定超越 400ppm

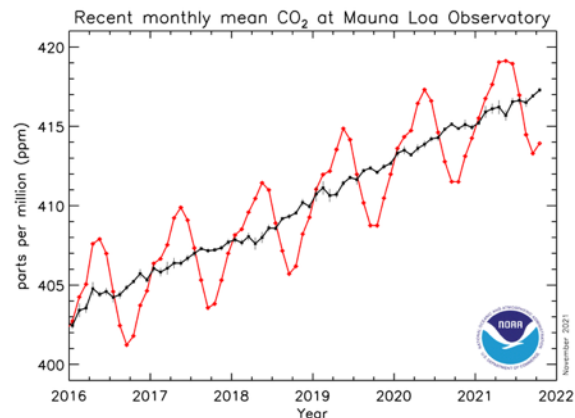
Monthly Average Mauna Loa CO₂

Since 1960



October 2021: 413.93 ppm
October 2020: 411.51 ppm

Last updated: November 5, 2021



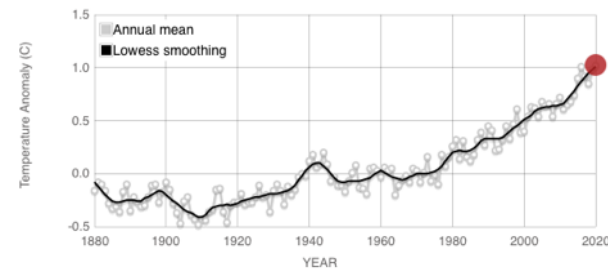
Ref: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>

°C

已較工業化前上升 1°C

Global Temperature
LATEST ANNUAL AVERAGE: 2020

1.02 °C



Ref: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>

科學證實重申氣候緊急敦促減緩目標提升

項目	1.5°C	2°C	2°C 相對1.5°C 衝擊	項目	1.5°C	2°C	2°C 相對1.5°C 衝擊
熱浪衝擊人口	全球 14%	全球 37%	2.6X 惡化	昆蟲滅絕	全球 6%	全球 18%	3X 惡化
北極無冰夏季	百年一次	十年一次	10X 惡化	生態系統不可逆改變	全球 7%	全球 13%	1.9X 惡化
海平面上升	0.4 公尺	0.46 公尺	15% 惡化	珊瑚礁消失	全球 70-90%	全球 99%	38% 惡化
脊椎動物物種喪失	全球 4%	全球 8%	2X 惡化	糧食生產量	減少 3%	減少7%	2.3X 惡化
植物滅絕	全球 8%	全球 16%	2X 惡化	漁獲量減少	1.5M 公噸	3M 公噸	2X 惡化

- 科學報告敦促增強減碳企圖心，全球加速減碳動能
 - 2015 年巴黎協定，在本世紀控制升溫在攝氏 2 °C 以內，盡量維持在攝氏 1.5 °C 以下，且為達此目標，全球應於**本世紀下半**達到淨零排放 (Net-Zero emission)。
 - 2018 年 IPCC (聯合國政府間氣候變化專門委員會) 特別報告，欲控制升溫 1.5°C 以內，2050 年左右全球須達到淨零排放。

Ref : IPCC 1.5 °C 特別評估報告, 2018 ; UNFCCC NDC Synthesis Report, 2021。

氣候緊急狀態：極端氣候與天然災害

- 台灣年平均氣溫上升 1.6°C ，高於全球平均約 1.1°C (1900 年至 2020 年)
- 臺灣在低排放與高排放兩種情境下的氣候變化，氣候風險皆加劇，包含溫度上升、高溫日增加，及雨量、暴雨強度、連續不降雨日數等衝擊加大的趨勢



2021/03 日月潭缺水乾旱

© Cynthia Chen / Greenpeace



2021/06/04 台北市都會區淹水

© 自由時報

Ref: TCCIP, 2021, IPCC 氣候變遷第六次評估報告之科學重點摘錄與臺灣氣候變遷評析更新報告

The PA4.19
UNFCCC COP21
Decision 1/CP.21 paragraph 35

The PA 2.1.a
The PA 4.1



Article 2.1.a: Holding the increase in the global average temperature to well below 2 °C above pre-industrial levels and pursuing efforts to limit the temperature increase to 1.5 °C above pre-industrial levels, recognizing that this would significantly reduce the risks and impacts of climate change;

Article 4.1: In order to achieve the long-term temperature goal set out in Article 2, Parties aim to reach global peaking of greenhouse gas emissions as soon as possible, recognizing that peaking will take longer for developing country Parties, and to undertake rapid reductions thereafter in accordance with best available science, so as to achieve a balance between anthropogenic emissions by sources and removals by sinks of greenhouse gases in the second half of this century, on the basis of equity, and in the context of sustainable development and efforts to eradicate poverty.

Article 19: All Parties should strive to formulate and communicate long-term low greenhouse gas emission development strategies, mindful of Article 2 taking into account their common but differentiated responsibilities and respective capabilities, in the light of different national circumstances.

Decision 1/CP.21 paragraph 35: Invites Parties to communicate, by 2020, to the secretariat mid-century, long-term low greenhouse gas emission development strategies in accordance with Article 4, paragraph 19, of the Agreement, and requests the secretariat to publish on the UNFCCC website Parties' low greenhouse gas emission development strategies as communicated.

IPCC SR 1.5: The report finds that limiting global warming to 1.5°C would require “rapid and far-reaching” transitions in land, energy, industry, buildings, transport, and cities. Global net human-caused emissions of carbon dioxide (CO₂) would need to fall by about 45 percent from 2010 levels by 2030, reaching ‘net zero’ around 2050.

1. Stabilizing at **1.5°C warming** is still possible, but immediate and drastic global action is required
2. Rapid growth in **CH₄ and N₂O emissions** put us on track for **2.7°C** warming
3. Megafires – climate change forces fire extremes to reach new dimensions with **extreme impacts**
4. **Climate tipping elements** incur high-impact risks
5. Global climate action must be **just**
6. Supporting **household behaviour changes** is a crucial but often overlooked opportunity for climate action
7. Political challenges impede the effectiveness of **carbon pricing**
8. **Nature-based solutions** are critical for the pathway to Paris – but look at the fine print
9. Building resilience of **marine ecosystems** is achievable by climate-adapted conservation and management, and global stewardship
10. Costs of climate change mitigation can be justified by the multiple immediate benefits to the **health of humans and nature**



氣候決議開啟淨零減碳路徑時程：

強化能源效率、減少化石燃料、發展清潔能源、**保護生物多樣性，保育森林，復育生態環境**，全球戰略帶動淨零競逐創新領域。



UNFCCC COP21 Paris Meeting

The Paris Agreement

- Art. 1 - Definitions
- Art. 2 - Purpose
- Art. 3 - General Provisions

Climate Action Methodology

- Art. 4 - Mitigation
- Art. 5 - Sinks
- Art. 6 - Carbon Market / Non-market Approaches
- Art. 7 - Adaptation
- Art. 8 - Loss and Damage
- Art. 9 - Finance
- Art. 10 - Technology Development and Transfer
- Art. 11 - Capacity Building
- Art. 12 - Education, training, public awareness, participation and access to information

MRV

- Art. 13 - Transparency
- Art. 14 - Global Stocktake
- Art. 15 - Compliance

Arrangement

- Art. 16 - Conference of the Parties
- Art. 17 - Secretariat
- Art. 18 - SBSTA and SBI
- Art. 19 - Bodies and Institutional Arrangements

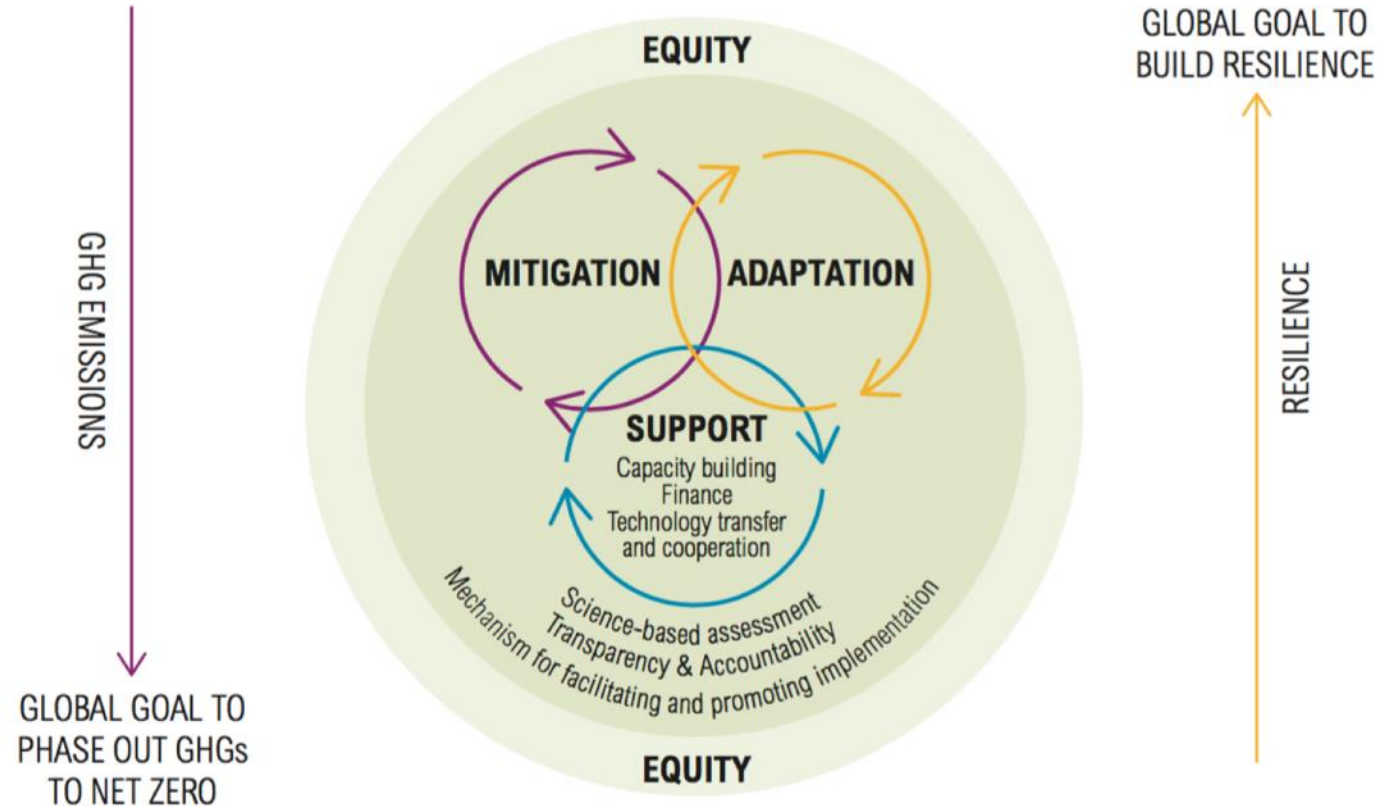
Entry into force

- Art. 20 - Signature, ratification etc.
- Art. 21 - Entry into Force
- Art. 22 - Amendments
- Art. 23 - Annexes
- Art. 24 - Settlement of Disputes
- Art. 25 - Voting
- Art. 26 - Depositary
- Art. 27 - Reservations
- Art. 28 - Withdrawal
- Art. 29 - Languages





Paris Agreement

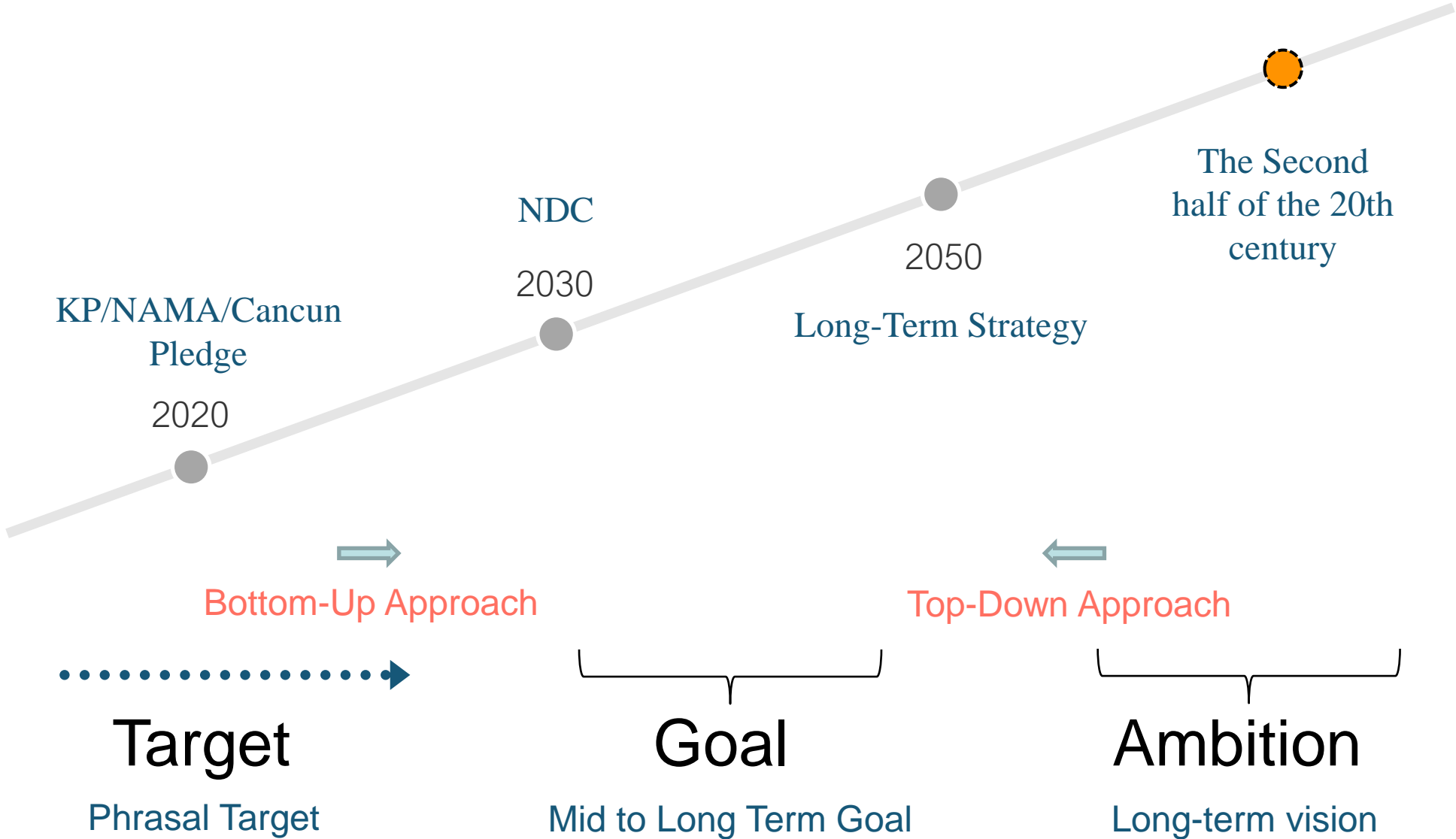


Core Components of the Paris Agreement: Driving Continuous Improvement Toward Long-Term Goals

Ref: WRI (2015)



Long Term Low Carbon Pathway



NDC: Nationally Determined Contribution

一、繼承氣候公約與重新確認巴黎協定之溫升目標

- 因應氣候緊急科學報告的現實，各國重新確認巴黎協定必須達到本世紀末控制溫升在 2°C 以內，並且有提升目標到控制 1.5°C 的急迫性。
- 要提升目標到 1.5°C，2050 必須達到淨零排放的水平，同時 2030 年二氧化碳的排放量也必須相對於 2010 年減少 45% 的排放量。

二、目前各國承諾對於全球排放減量貢獻

- 各國嚴重關切地《巴黎協定》之下所有提交的國家自定貢獻針對溫室氣體總排放量，2030 年時相對於 2010 年不但無法下降且還有 13.7% 增量；
- 因此，巴黎協定各締約方受到急切的要求，需要所有締約的國家於 2022 年底提交更新版本的國家自定貢獻 (亦即 2030 的減量目標與承諾)。

一、化石燃料退場機制

- 加快**技術開發、部署和傳播**，並通過**政策過渡至低碳排放能源系統**，包括**迅速擴大清潔發電和部署能源效率設施**。
- 加快**煤炭發電減量 (phasedown)** 與**淘汰 (phase-out) 無效率化石燃料補貼**，同時考量公正轉型的需求 (Cover Decision 2f/CMA.3 AUV)。

二、巴黎協定最初十年的強化作為

- **強化能源效率**：提升產業製程的能源效率；
- **去除化石燃料**：減煤與化石燃料補貼退場；
- 劃設 **2030 年為目標年**，進行**非二氧化碳氣體減量**之氣候行動，例如甲烷；
- 盡可能地**保護生物多樣性**（包含種類與數量），保育**森林**，復育**生態環境**。

臺灣因應巴黎協定強化目標之作為



一、國家自定貢獻強化更新與後續版本追蹤

- 國家自定貢獻後續版本於 **2025** 年時，通報 **2035** 年為目標年的 **NDC**。於 **2030** 年時通報 **2040** 年為目標年的 **NDC** (Decision 3b/CMA.3 AUV)。
- 依據不同的國情與國家自定的本質，**2022** 年底以前提交重新審視並強化 **2030 NDC** 以達到巴黎協定的目標的更新強化版本 (Cover Decision 2/CMA.3 AUV)。

二、氣候變遷因應法修法

- 現行溫管法長期減量目標為 2050 年降為 2005 年溫室氣體排放量 50% 以下。將修正為 **2050 年溫室氣體淨零排放**。
- 臺灣原定之 **NDC** 為 **20%** 減量，未來將因應淨零修法與目前格拉斯哥氣候協議要求 **2022** 更新 **NDC**，推出長期策略。



氣候緊急引發之衝擊、轉變與契機

脆弱度

潮流

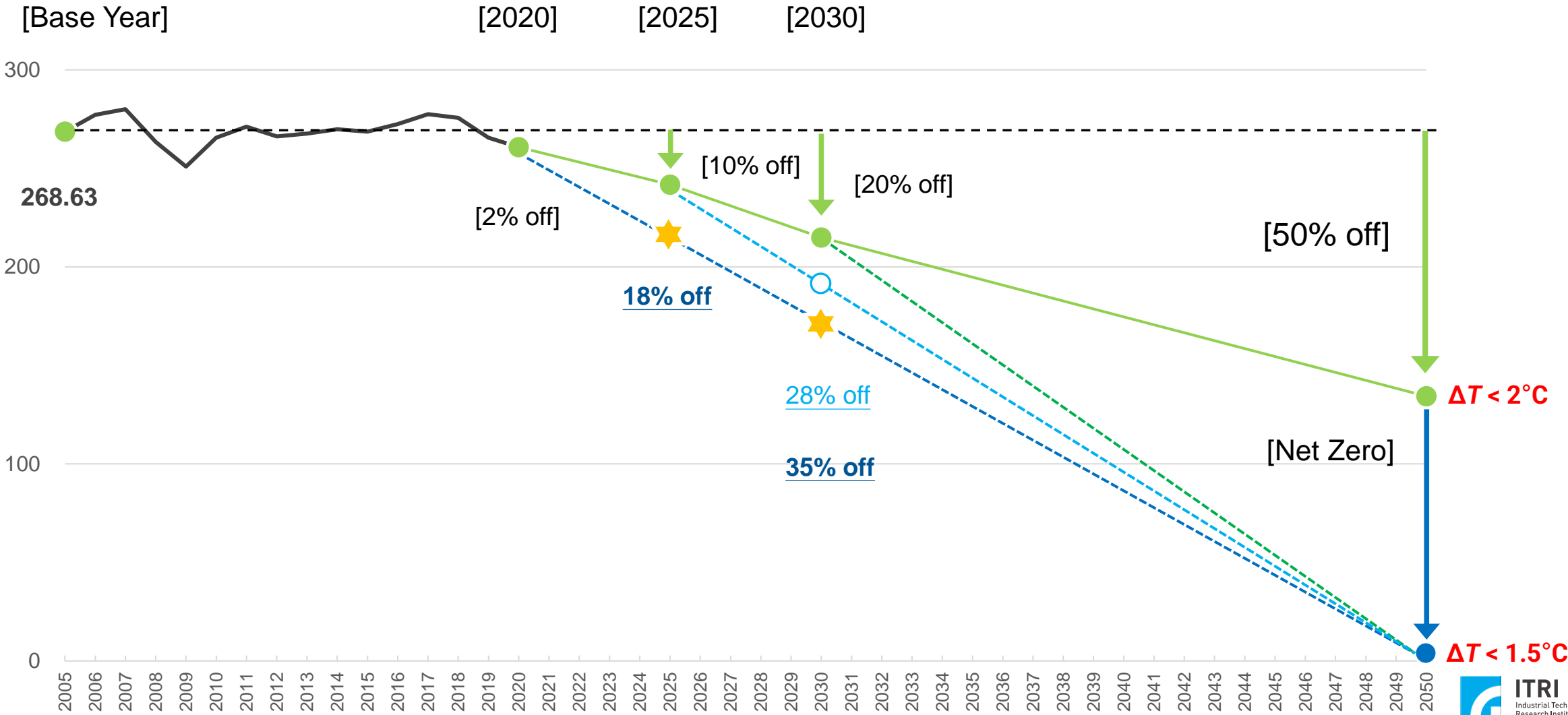
新領域

10 New Insights in Climate Science | #COP26 | Climate action

- 1 1.5°C Warming
- 2 CH₄ and N₂O Emissions
- 3 Extreme Impacts
- 4 Climate Tipping Elements
- 5 Just
- 6 Household Behaviour Changes
- 7 Carbon Pricing
- 8 Nature-based solutions
- 9 Marine Ecosystems
- 10 Health



臺灣 2050 淨零排放目標之可能減碳路徑



2050 淨零排放低碳路徑結構性轉變與對應領域

部門	能源結構	部門轉型	創新結構	應對法制
能源	<ul style="list-style-type: none"> 零碳能源 100% 供應 氫能源創新發展 	<ul style="list-style-type: none"> 能源供應安全 智慧電力系統 	<ul style="list-style-type: none"> 再生能源極限 綠氫成長極限 	<ul style="list-style-type: none"> 電價法規 新興能源設施法制 (如離岸、地熱相關法規)
工業	<ul style="list-style-type: none"> 高占比零碳燃料設備轉換 高效率設備 100% 滲透率 	<ul style="list-style-type: none"> 產業結構轉型 產業未來發展情境 	<ul style="list-style-type: none"> 循環經濟技術挑戰 工業創新基礎建設 	<ul style="list-style-type: none"> 循環經濟法制 產業轉型法制
住商	<ul style="list-style-type: none"> 100% 設備電氣化 高效率設備 100% 滲透率 	<ul style="list-style-type: none"> 能源自主建築 淨零碳建築 	<ul style="list-style-type: none"> 建築體 CCUS 技術 高連續性行人空間 	<ul style="list-style-type: none"> 建築法規標準 公共空間低碳化基礎建設法規
運輸	<ul style="list-style-type: none"> 小客車、機車、短程客運全面電氣化 長程客運、貨運、航運等零碳燃料化 	<ul style="list-style-type: none"> 高占比公共軌道運輸 高占比公共道路運輸 非機動載具道路使用普及化 	<ul style="list-style-type: none"> 道路體 CCUS 技術 載具電氣化基礎建設 零碳燃料基礎建設 	<ul style="list-style-type: none"> 非機動載具道路使用如人行道、腳踏車道基礎建設法規。 充電、充氣基礎建設法規。
農業	<ul style="list-style-type: none"> 農林漁牧高效率機具普及 	<ul style="list-style-type: none"> 森林、農地、集水區保育碳匯涵容力提升 	<ul style="list-style-type: none"> 森林多樣性保育 生態系統多樣性 	<ul style="list-style-type: none"> 生態保育法規
水環境 廢棄物	<ul style="list-style-type: none"> 水資源保育與水力發電 廢棄物燃燒熱值提升 	<ul style="list-style-type: none"> 水質水量綜合治理提升 廢棄物分類資源管理與循環經濟碳中和 	<ul style="list-style-type: none"> 集水區土地利用與地下水管理 永續物料管理 	<ul style="list-style-type: none"> 水環境相關法規 永續物料管理法規

2030 SDGs and Climate Action in Taiwan

Target 07 :
Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all.

Target 13 : Take urgent action to combat climate change and its impacts.



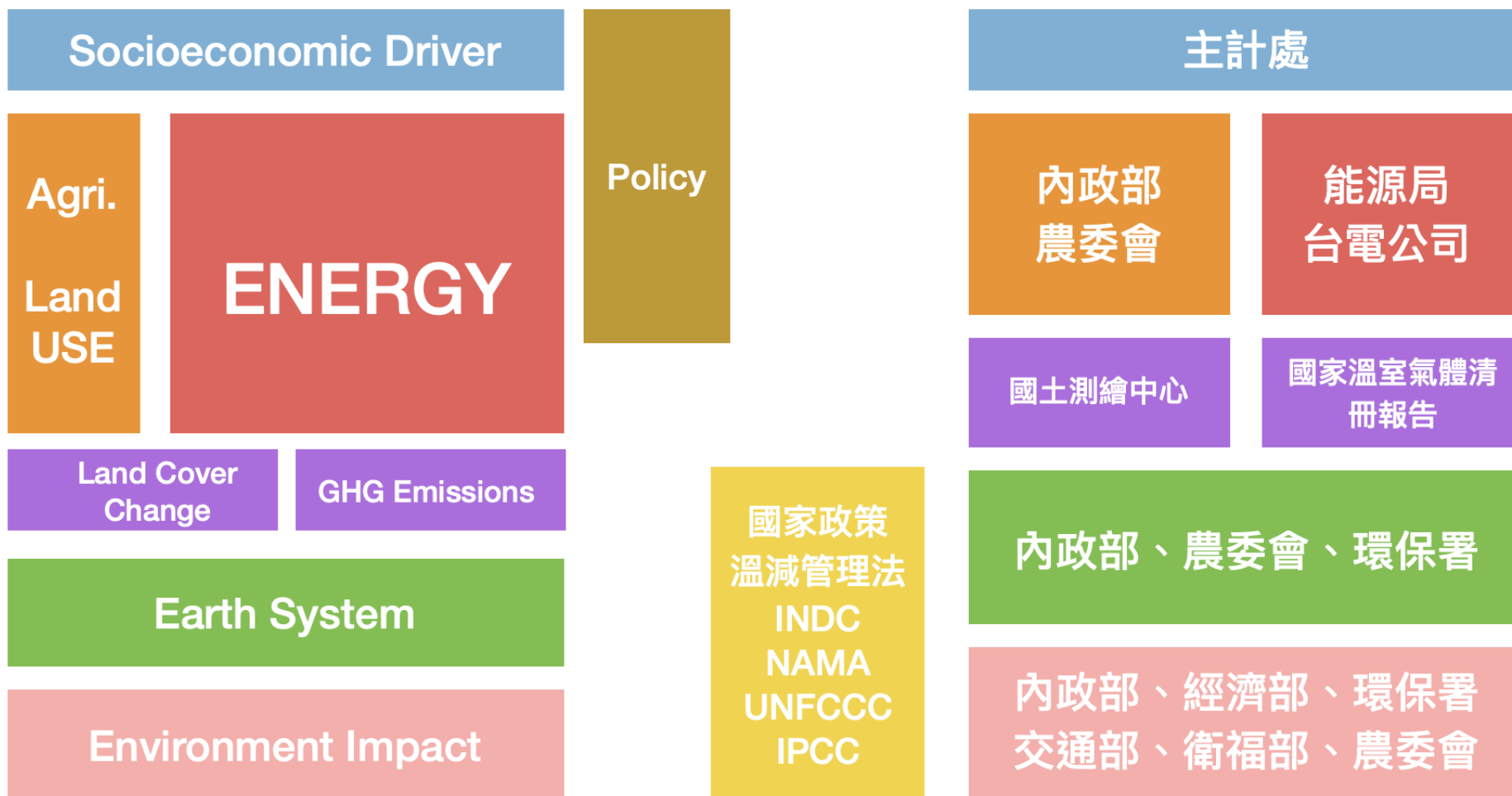
Target 11 : Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable.

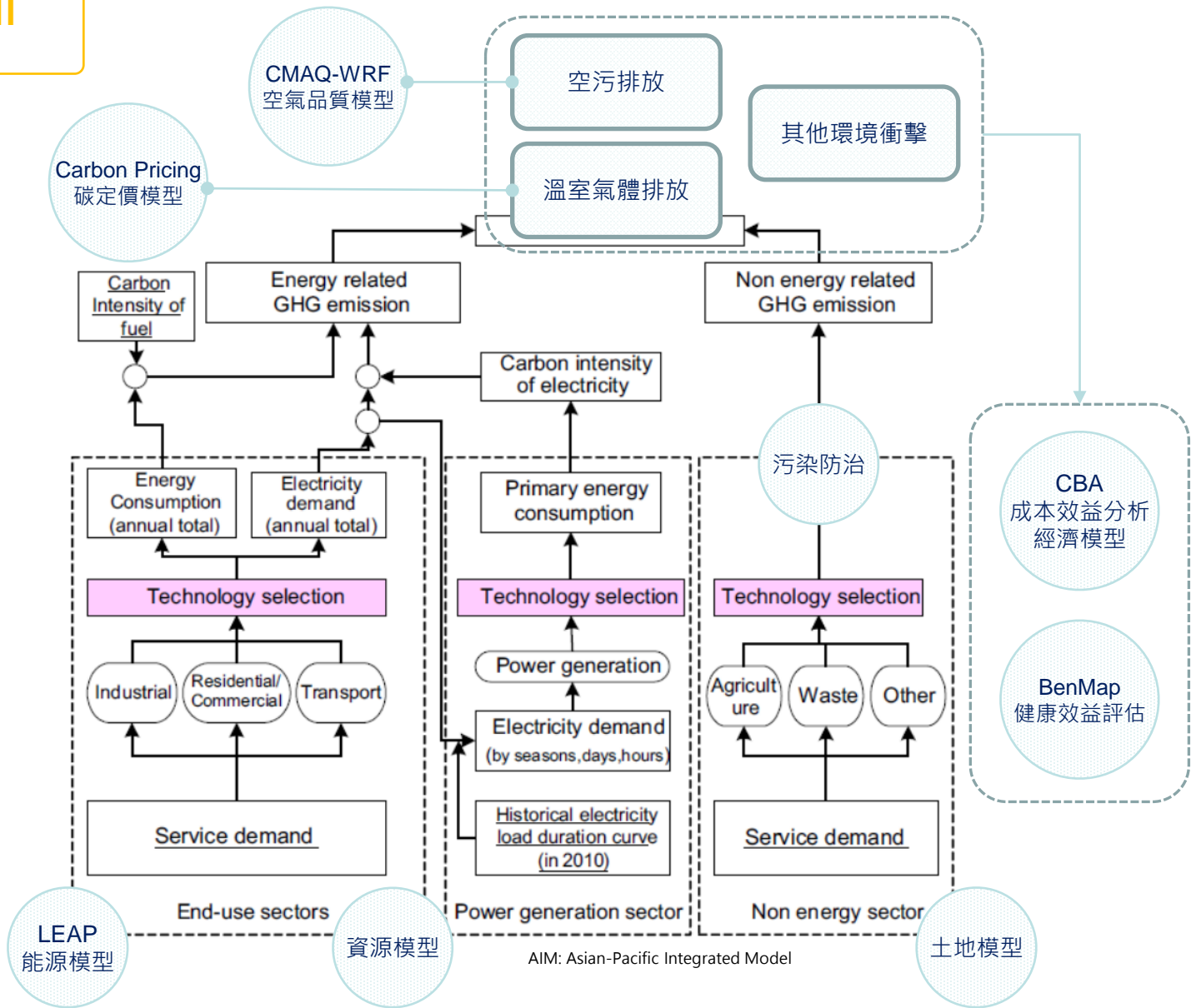
Target 12 : Ensure sustainable consumption and production patterns.

Target 14 : Conserve and sustainably use the oceans, seas and marine resources for sustainable development.

Target 15 : Protect, restore and promote sustainable use of terrestrial ecosystems, sustainably manage forests, combat desertification, and halt and reverse land degradation and halt biodiversity loss.

數據與資料





Socioeconomic Driver

Agri. Land USE

ENERGY

Environmental Change & GHG Emissions

Earth System

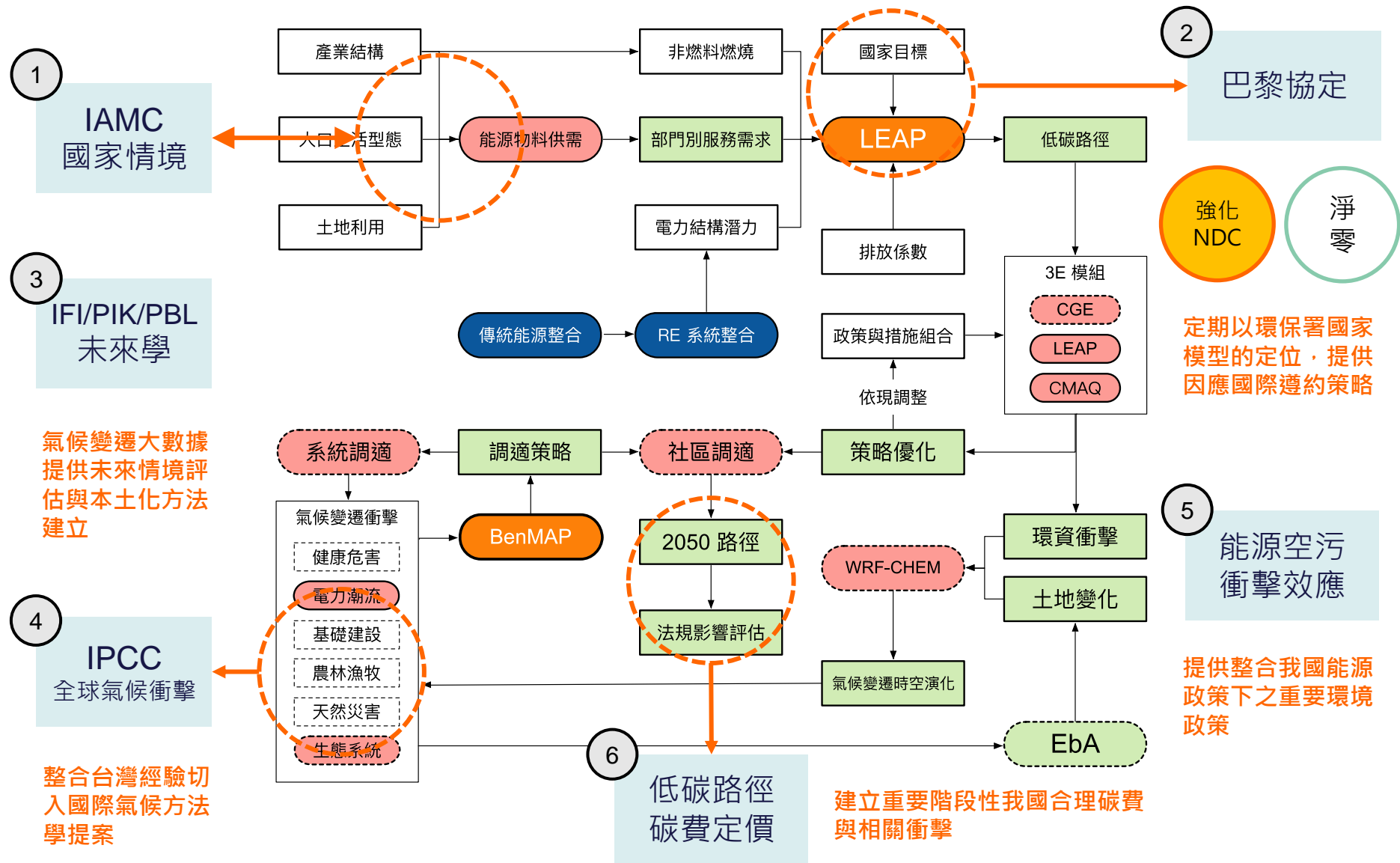
Environment Impact

主計處	
內政部 農委會	能源局 台電公司
國土測繪中心	國家溫室氣體清冊報告
內政部、農委會、環保署	
內政部、經濟部、環保署 交通部、衛福部、農委會	

CBA
成本效益分析
經濟模型

BenMap
健康效益評估

環境整合評估模型



資源模型

土地模型

LEAP 能源模型

CMAQ-WRF 空氣品質模型

BenMap 健康效益評估

CBA 成本效益分析 經濟模型

Carbon Pricing 碳定價模型



全球減碳企圖心強化下之登月任務契機：

國際帶動**新型態產業鍊**、各國依據國情**發展因應衝擊項目**、企業**錨定淨零潮流**、回歸登月本質探索本世紀中人類社會**能源、民生、生態與氣候挑戰**。



Apollo 11

減緩

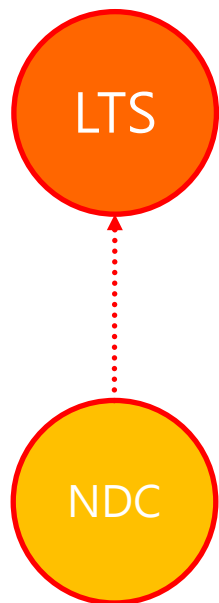
© NASA



Apollo 13

調適

© IMDB



2050

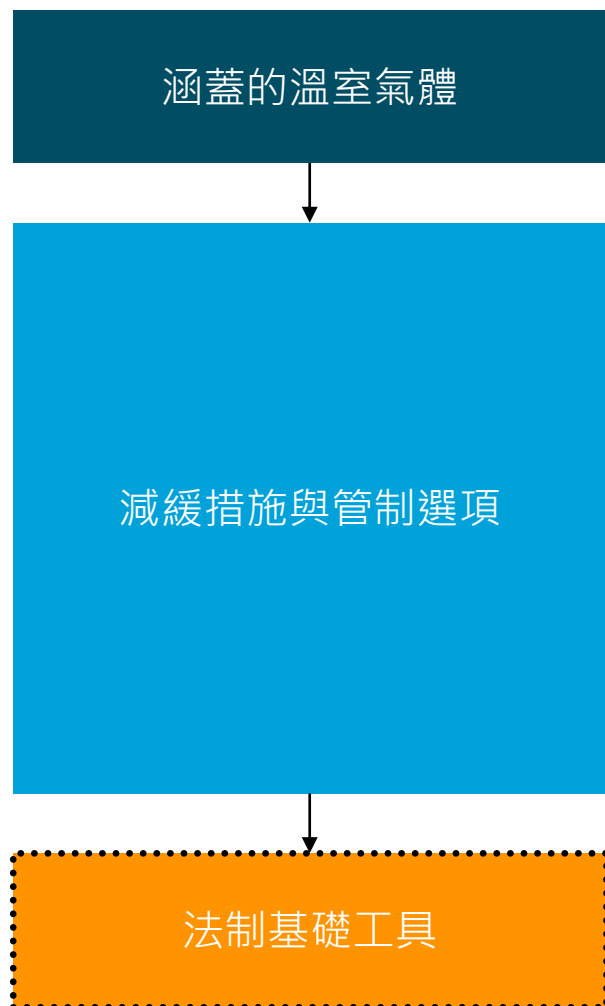
2030

From 2021

減緩
Mitigation

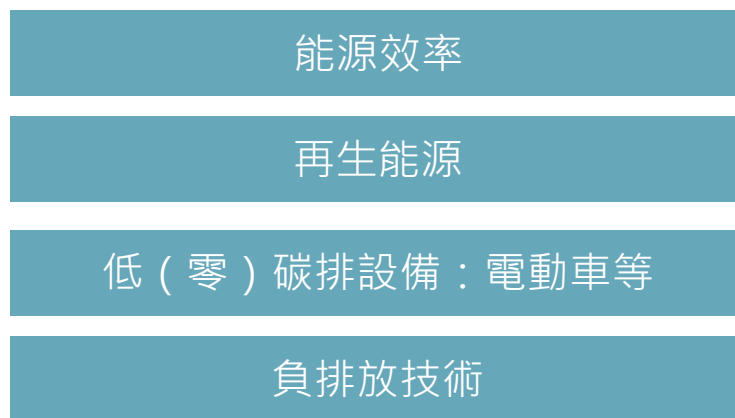
GHGs 溫室氣體

減緩措施：臺灣現行碳管制政策



- CO₂、CH₄、N₂O、PFCs、HFCs、SF₆、NF₃

減緩科技



- 2015: 溫室氣體減量及管理法
- 2021: 氣候變遷因應法 (草案)

碳定價政策措施



溫室氣體涵蓋範疇

- CO₂，暖化潛勢 1，能源使用、產品製造、農業施作、廢棄物處理
- CH₄，暖化潛勢 25，廢棄物處理、農業施作、能源使用、產品製造
- N₂O，暖化潛勢 298，農業施作、產品製造、能源使用、廢棄物處理
- PFCs，暖化潛勢 7,390，工業產品製造：半導體、面板
- HFCs，暖化潛勢 1,430，工業產品製造
- SF₆，暖化潛勢 22,800，面板、電力設備、鎂
- NF₃，暖化潛勢 17,200，半導體

溫室氣體排放量

[起始年]

[基準年]

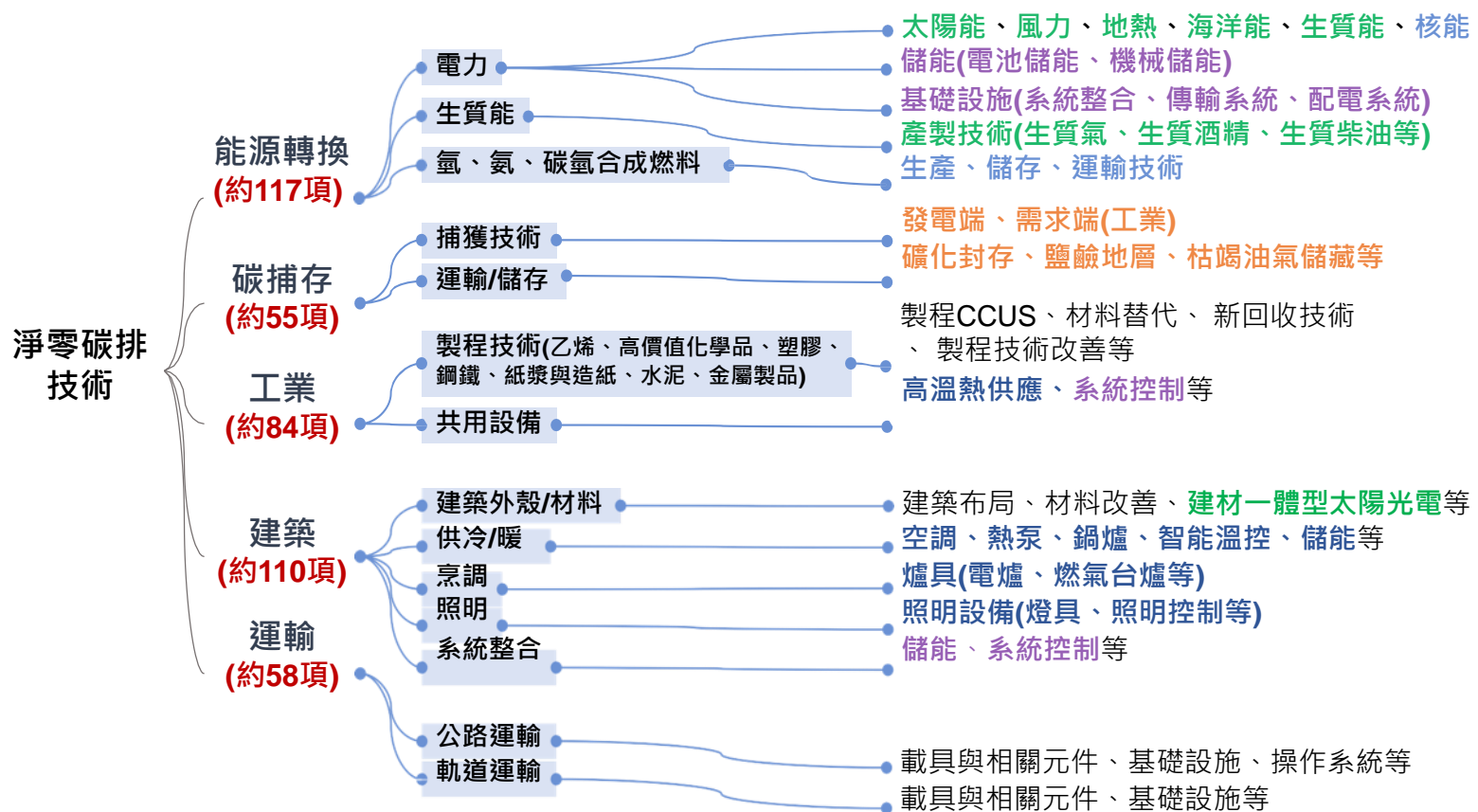
[峰值年]

[現況年]

溫室氣體	1990		2005		2007		2019	
CO ₂	124.1	90.06%	266.5	91.75%	279.8	92.75%	273.5	95.28%
CH ₄	10.71	7.77%	9.508	3.27%	8.318	2.76%	4.786	1.67%
N ₂ O	2.992	2.17%	4.300	1.48%	4.873	1.62%	4.904	1.71%
HFCs	-		1.098	0.38%	1.122	0.37%	1.027	0.36%
PFCs	-		3.470	1.19%	3.372	1.12%	1.420	0.49%
SF ₆	-		3.951	1.36%	3.381	1.12%	935	0.33%
NF ₃	-		0.765	0.26%	0.798	0.26%	0.473	0.16%
移除量	-23.386		-21.918		-21.650		-21.440	
淨排放	114.390		268.634		280.015		265.621	
總排放	137.776		290.552		301.665		287.060	

減緩措施與管制選項

- 以 IEA 所之建立潔淨能源技術指引，研析 LEAP 模型技術資料庫與國際淨零碳排技術選項，探討**技術就緒指數 (TRL)** 與**對淨零碳排重要性**。



四大技術領域

能源效率

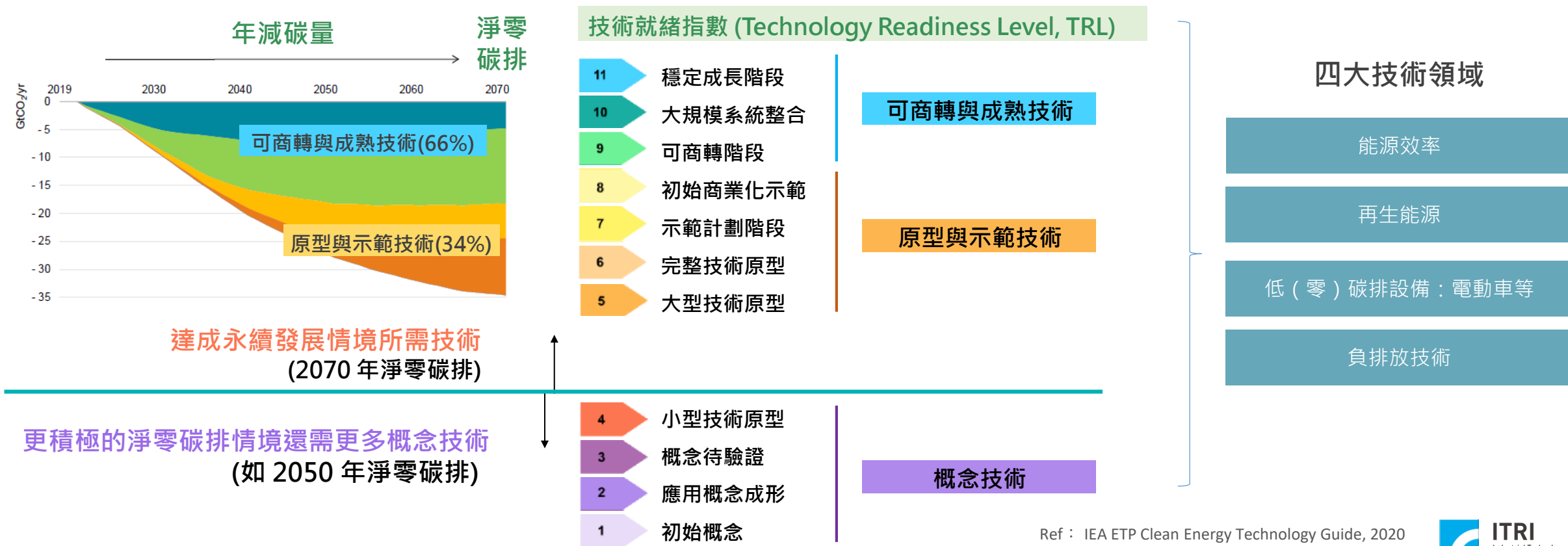
再生能源

低(零)碳排設備：電動車等

負排放技術

減緩措施與管制選項

- 比對臺灣能力建構狀況，依據可行性創新原則，將**TRL (5 至 7) 可商業化程度**作為巴黎協定第一個十年減緩目標投入設計原則，而**2050 淨零排放設計**將使用 TRL 所有涵蓋範疇。
- IEA 認為**技術創新**是淨零碳排的核心，欲達到淨零碳排，仍需仰賴**大量原型與示範階段技術**之發展。



IEA 2050淨零路徑：各部門關鍵里程碑

電力

2040年最先達到淨零，2050年2/3能源供應為再生能源

工業

主要仰賴新基礎建設，自2030年起CCUS、氫能、電解槽技術應用於新工業產業

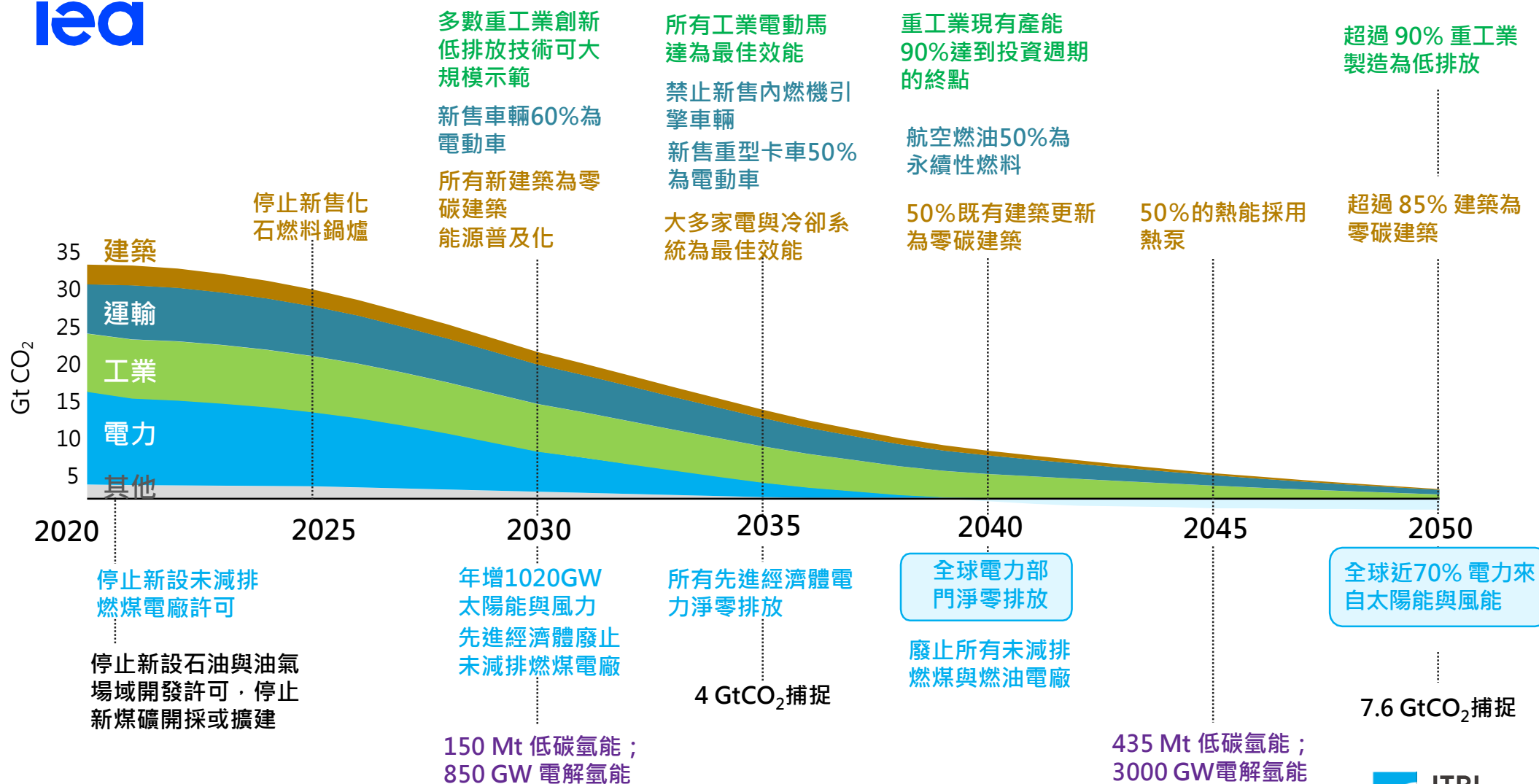
建築

禁售燃料鍋爐、推廣熱泵、新建建築/舊建築翻新符合淨零標準

運輸

2050年僅有電動或燃料電池車，航空海運難全面電動化

iea



研析淨零排放路徑與技術發展策略：英國、日本、德國

	英國	日本	德國
計畫名稱	綠色工業革命 10 點計畫	2050 年綠色成長戰略	2050 氣候行動策略
技術發展重點	<ul style="list-style-type: none"> 先進離岸風力 低碳氫能 先進核能 零碳排車輛 綠色運輸 零排放航空海運 綠色建築 碳捕存再利用 	<ul style="list-style-type: none"> 離岸風電 氫燃料氫能 核電 (小型模組化反應器、產氫) 汽車與電池 節能半導體與ICT 替代燃料船、電力推進船 物流、人員流動與基礎設施 食品、農業、林業及漁業 混合動力、氫動力航空 碳回收 (混凝土、生質燃料) 房屋、建築物及新世代太陽光電 資源循環、地方脫碳產業 	<ul style="list-style-type: none"> 再生能源電力為主要能源供給 低碳工業技術研發 (CCUS) 能源與資源循環 運輸部門 (建設電動車基礎設施、運輸用生質燃料、提高貨運效率) 建築部門 (氣候友善建築、節能住宅、再生能源供暖供應系統) 農業部門 (肥料、土壤永續管理)
其他面向整合策略	<ul style="list-style-type: none"> 環境保護 綠色融資與創新 	<ul style="list-style-type: none"> 資金補助 稅收鼓勵 財務指導政策 監管改革 國際合作 	<ul style="list-style-type: none"> 增加森林碳匯 自然環境保護 逐步改革稅制 鼓勵氣候友善投資 訂立永續貿易原則 公部門永續採購
電力部門策略	<ul style="list-style-type: none"> 電力部門減量99%排放 再生能源占59% 裝設CCS的燃氣發電 	<ul style="list-style-type: none"> 再生能源占50%~60% 火力與核能占30~40% 氫能與氨氣占10% 	<ul style="list-style-type: none"> 廢核減煤 (2022去除核能、2038年淘汰燃煤，最晚2050年脫碳) 以再生能源供應電力，其他能源以生質燃料替代

國際減排壓力與新興科技之結構轉型項目



英國綠色工業革命十項計畫

零碳排車輛 就業機會:至2030創造40,000 投資(英鎊):至2026約30億 減排(MtCO _{2e}):2032-5、2050-300	碳補存再利用 就業機會:至2030創造50,000 投資(英鎊):至2025約10億(私部門) 減排(MtCO _{2e}):2023-2032約41
先進離岸風力 就業機會:至2030創造60,000 投資(英鎊):至2030約200億 減排(MtCO _{2e}):2023-2032約21	低碳氫能 就業機會:至2050創造100,000 投資(英鎊):至2030約40億 減排(MtCO _{2e}):2023-2032約41
綠色運輸 就業機會:至2025創造3,000 投資(英鎊):政府投入50億於交通 減排(MtCO _{2e}):2023-2032約2	綠色融資與創新 就業機會:至2030創造數十萬 投資(英鎊):10億(政府)10-25億(私部門) 減排(MtCO _{2e}):帶動跨部門減碳績效
綠色建築 就業機會:至2030創造50,000 投資(英鎊):2020-2030約110億 減排(MtCO _{2e}):2023-2032約7	環境保護 就業機會:至2027創造20,000 投資(英鎊):52億於防洪 減排(MtCO _{2e}):促進氣候與生物多樣性益處
零排放航空海運 就業機會:創造國內5,200 投資(英鎊):整體航空產業產值達120億 減排(MtCO _{2e}):2032-1、2050-15	
先進核能 就業機會:建築期創造國內10,000 投資(英鎊):3億於小型核能反應器 減排(MtCO _{2e}):每發電1GW可供2百萬家庭清潔電力	

Ref : UK Government (2020) The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution, 2020/11/18



日本 2050 綠色成長策略

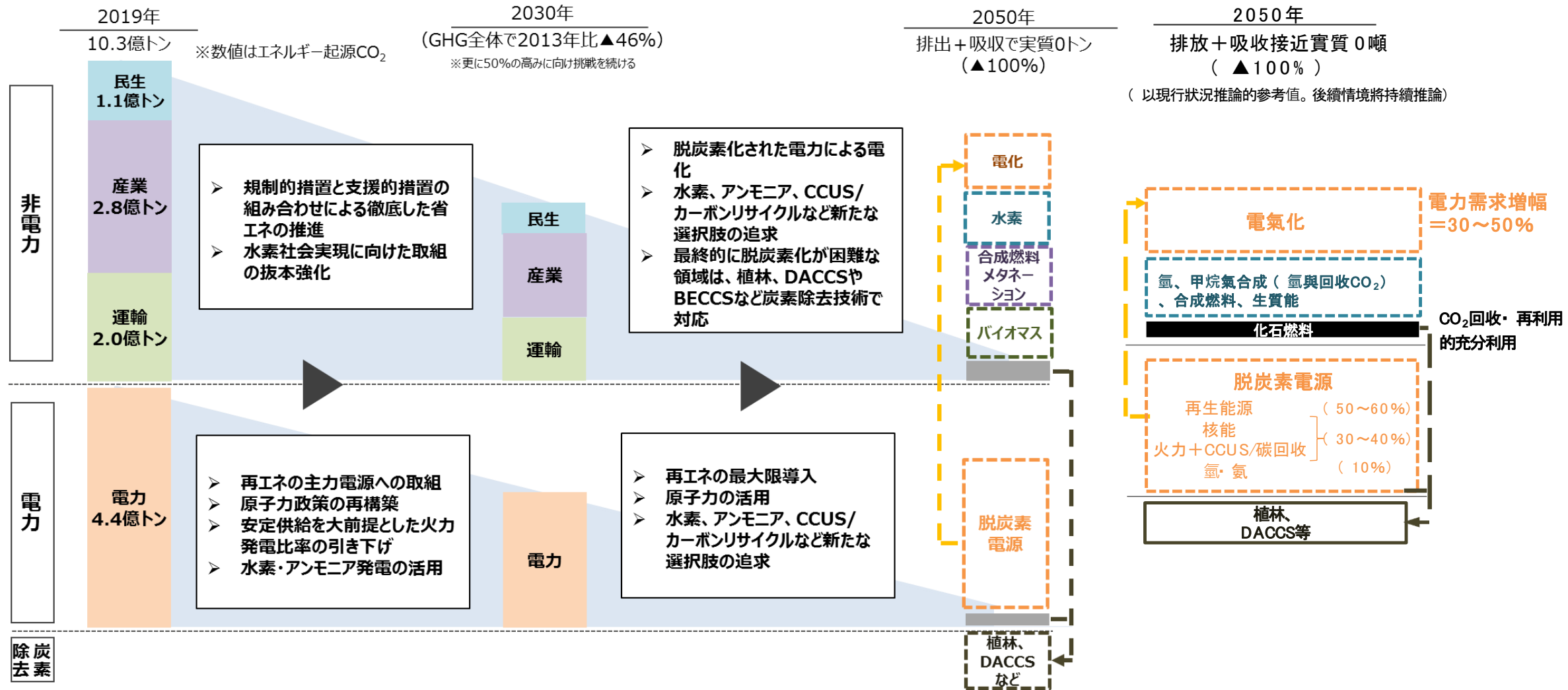
半導體、資通訊產業 數據中心、節能半導體	住宅、建物產業/ 次世代型太陽能產業 (鈣鈦礦太陽能電池)	碳回收產業 混凝土、生質燃料、 塑膠原料
氫產業 發電渦輪機、氫還原煉鐵、 氫運輸輪、水電解裝置	海上風力產業 風機本體、零組件、 浮式風機	資源循環產業 生物材料、回收材料、 廢棄物發電
電車・蓄電池產業 EV、FCV、次世代電池		
生活相關產業 地方脫碳行動	物流、人流、 民生基礎設施產業 智慧運輸、物流用無人機、 FC建築機械	食品・農林水產業 智慧農業、高層建築物 木造化、藍碳
氫燃料產業 發電機用燃燒機 (氫能社會的過度燃料)	船舶產業 燃料電池船、EV船、氣體 燃料船等(氫、氨等)	航空產業 混和燃料、氫能飛機
核能產業 SMR、製氫核能		

Ref : 日本經產省 (2020). 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略20201225

成熟度高
台灣發展技術潛力初探
成熟度低



日本實現 2050 碳中和路徑



Ref : 日本經産省 (2021). 第七回綠色創新戰略推薦會議



碳定價政策措施



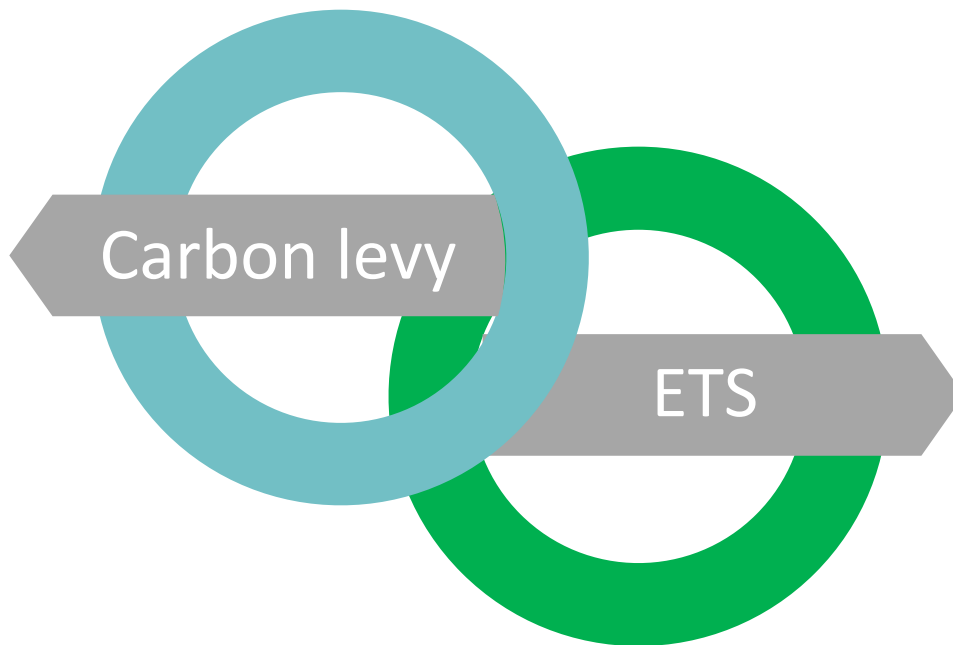
Carbon Levy

1. Impose carbon fee on direct and indirect emissions by phase
2. Implement differential carbon fee to encourage emission reductions, raise the rate regularly
3. Use carbon credits to offset the carbon fee
4. Earmarked for a fund of carbon pricing to accelerate the low-carbon transformation, rewards and subsidy GHG reduction techniques

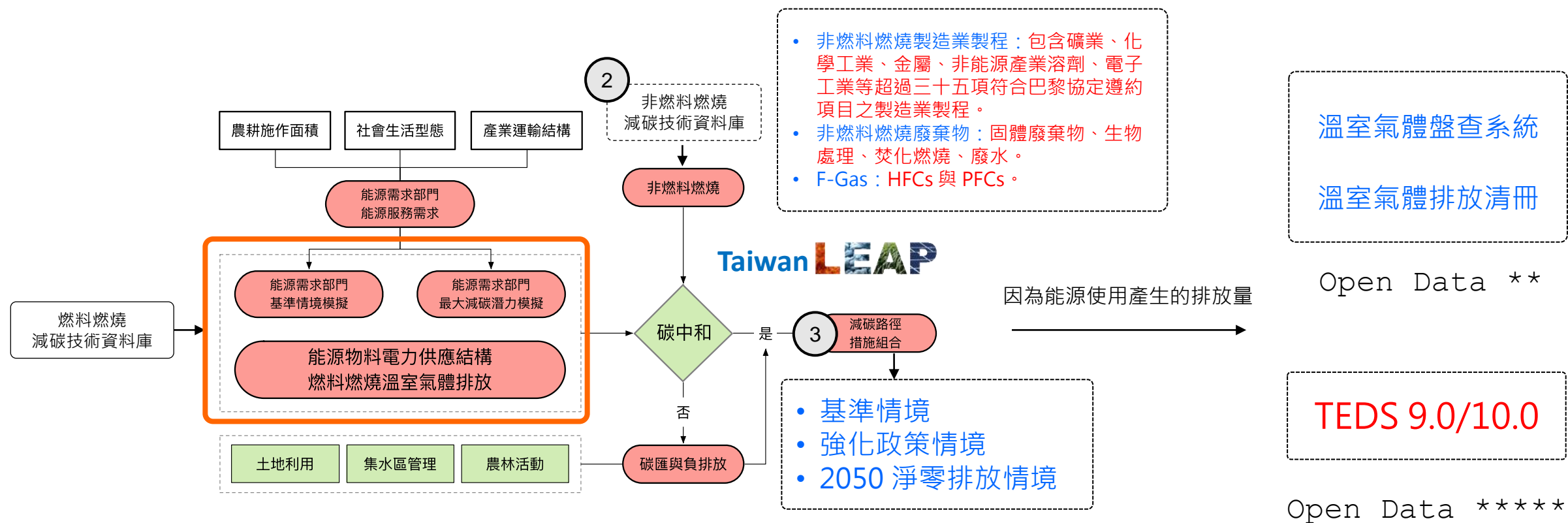


Emission Trading System

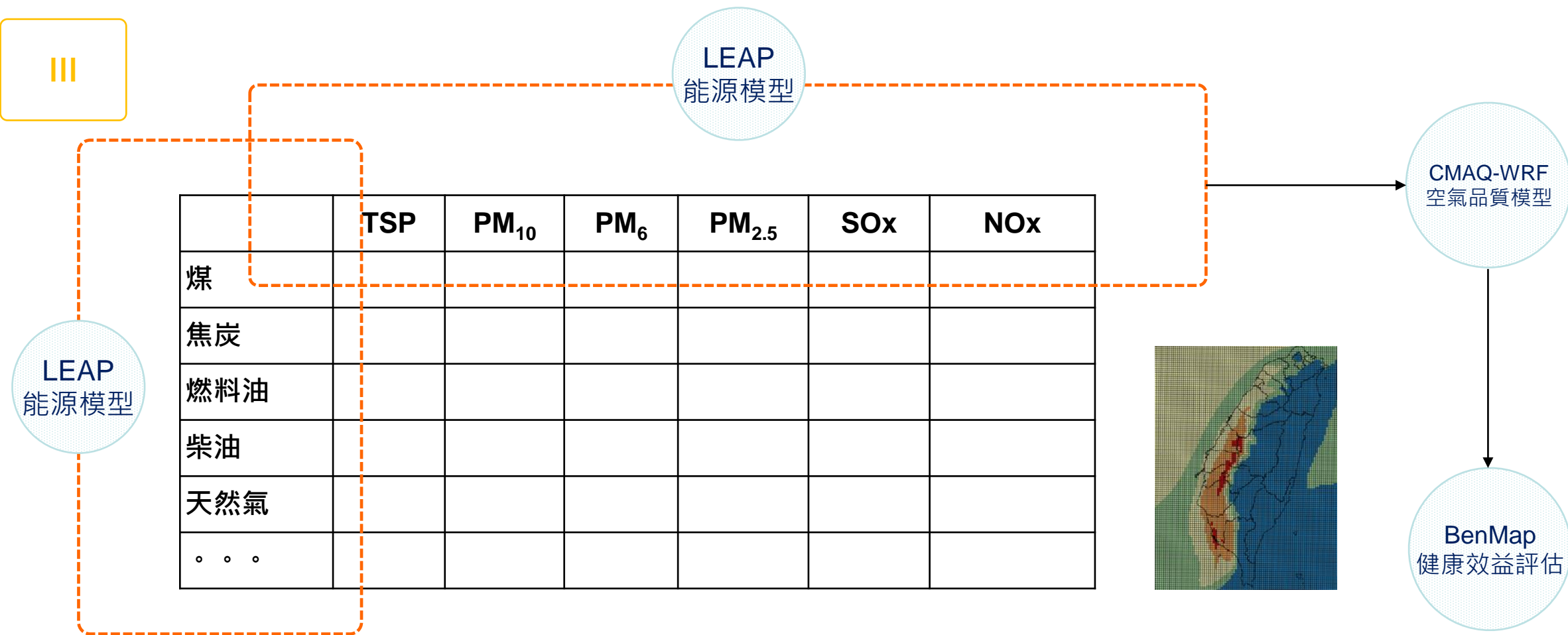
1. Expand the scope of covered entities and increase market participants
2. Authorize Market Stability Reserve
3. Authorize linkage



臺灣低碳排分析平台 Taiwan LEAP 模型

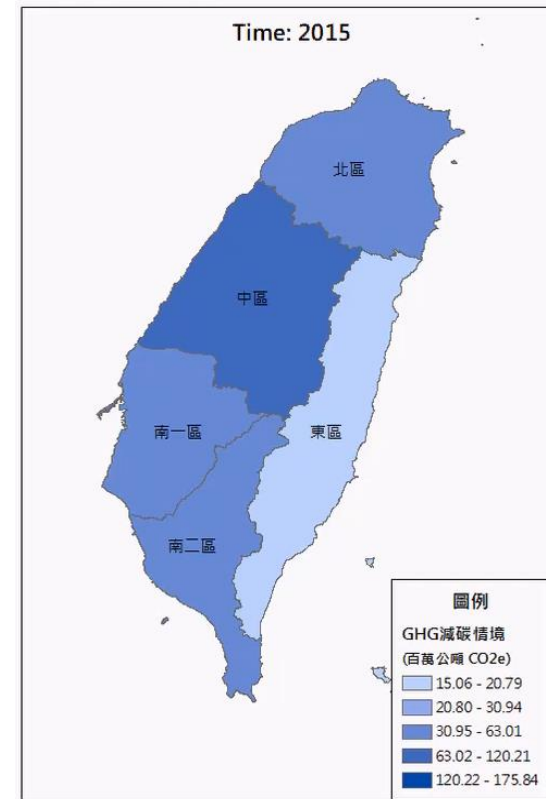
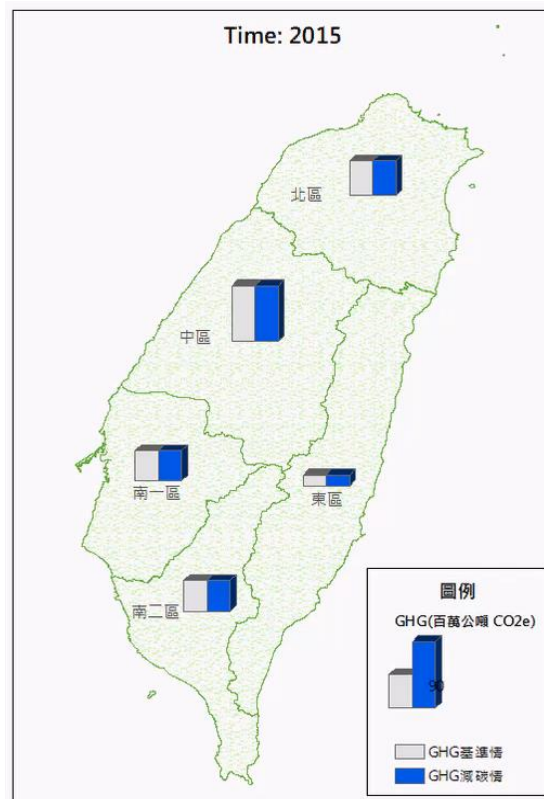
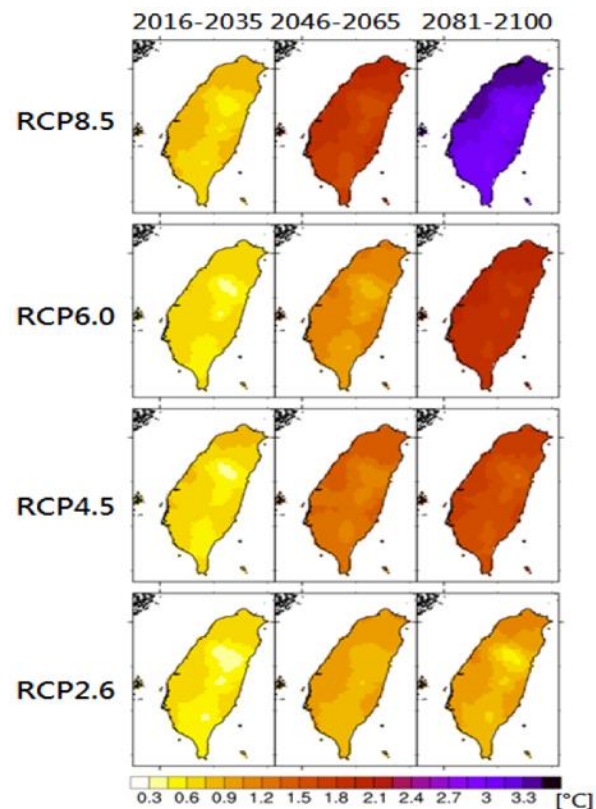


- 1 以**燃料燃燒技術資料庫**為基礎、各部會能源需求淨零願景外生設定（分階段管制目標部門行動方案）。
- 2 **非燃料燃燒技術資料庫**數據，其中大排放源為：工業製程佔 7.41%、其餘佔約 1.84%，衡量其最大潛力。
- 3 規劃淨零排放路徑與成本有效性 (**Cost Effectiveness**) 組合。



- 以台電各發電機組不同燃料使用量（台電統計年報）比對最新版TEDS各發電機組不同燃料空污排放量，後者除以前者得各個電廠不同燃料SO_x、NO_x、PM_{2.5}...空污排放係數。
- 比對最新版TEDS列管之公私場所、溫室氣體登錄平台對應之廠商，估計各區域各行業不同燃料別單位空污排放係數。
- 該係數輸入LEAP模型後，即可推估2050年之空污削減量。
- 最後利用 CMAQ-WRF 空污擴散模式算出全臺灣各地點之空污量。

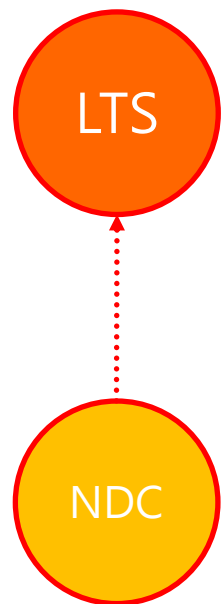
LEAP 分析臺灣各區在各行業別下，有無減碳情境下 CO_2 、 NO_x 、 $PM_{2.5}$ 以及 Sox 排放量的變化，並利用地理資訊系統繪製成圖資，以視覺化方式呈現各區域之減碳成效。



四種情境下臺灣未來溫升變化

Ref : 臺灣氣候變遷科學報告2017-物理現象與機制 · 2018

基準情境與減碳情境區域 (以 CO_2 排放量為例)



2050

2030

From 2021

調適
Adaptation

全球暖化衝擊

below 2 °C

1.5 °C



氣候緊急引發之衝擊、轉變與契機

脆弱度

潮流

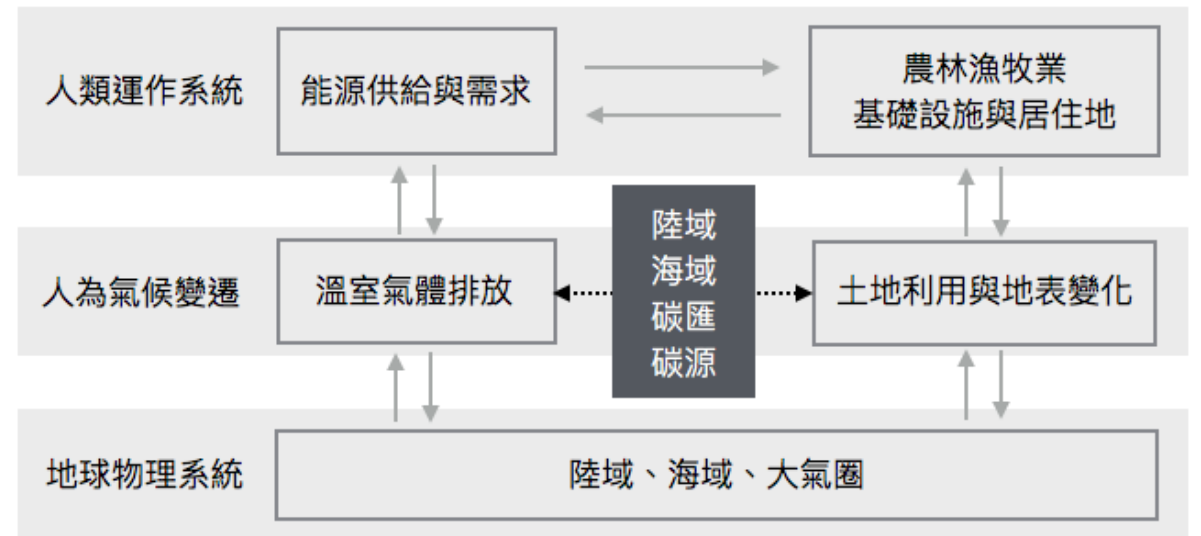
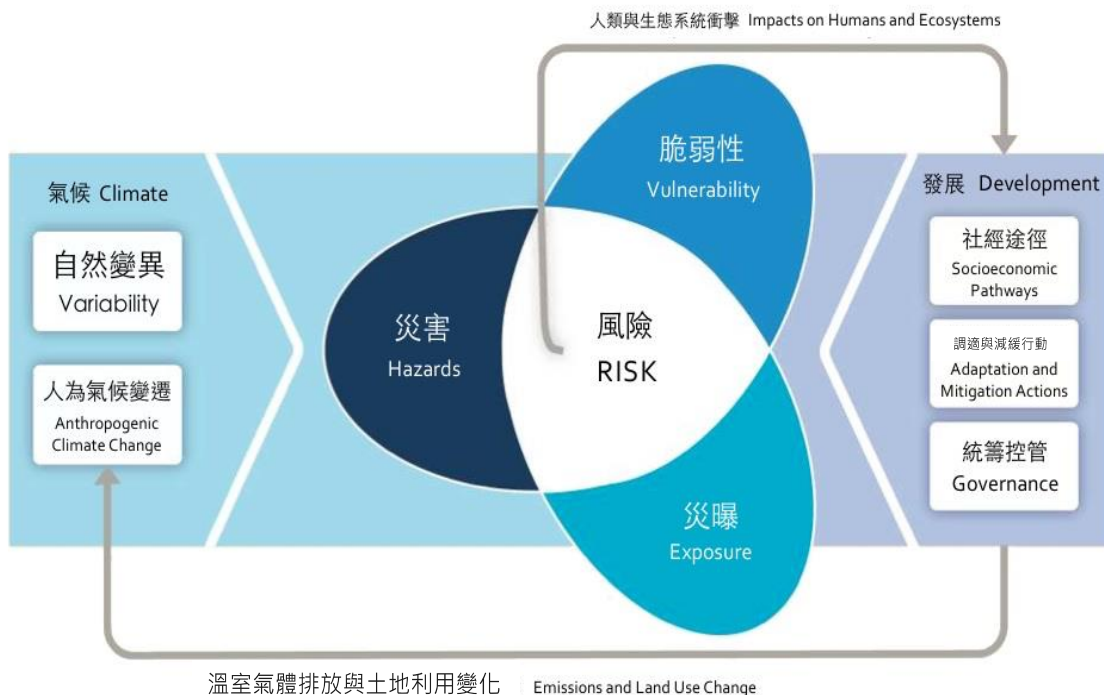
新領域

10 New Insights in Climate Science | #COP26 | Climate action

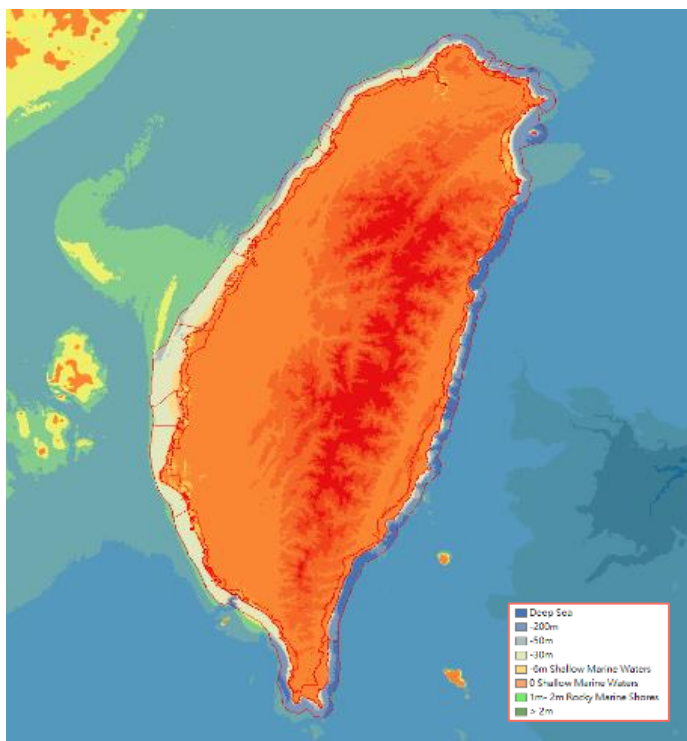
- 1 1.5°C Warming
- 2 CH₄ and N₂O Emissions
- 3 Extreme Impacts
- 4 Climate Tipping Elements
- 5 公正轉型
- 6 家戶行為改變
- 7 碳定價
- 8 自然為本的解決方案
- 9 海洋生態系統
- 10 健康

調適與減緩整合策略

- 巴黎協定有效且更具減碳企圖心之調適主題技術。
- 農業、林業、土地利用、居住地與基礎設施等與UNFCCC LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry) 相關調適行動之減緩共同效益。



保護、復育、保育海洋生態系統：海洋藍碳



Ref: 工研院 (2017, 2019)

生態系統類型	固碳效率 ($\text{gCm}^{-2}\text{a}^{-1}$)	文獻來源
紅樹林	226 ± 39	(Bird, Fifield, Chua, & Goh, 2004; Chmura, Anisfeld, Cahoon, & Lynch, 2003; Giri et al., 2011; Lovelock, Sorrell, Hancock, Hua, & Swales, 2010; Sanders, Smoak, Naidu, Sanders, & Patchineelam, 2010; Spalding, Kainuma, & Collins, 2010)
鹽澤	218 ± 24	(Chmura et al., 2003; C Middelburg Duarte, Middelburg, & Caraco, 2005)
海草林	138 ± 38	(Charpy-Roubaud & Sournia, 1990; Carlos M Duarte et al., 2010; C Middelburg Duarte et al., 2005; Green & Short, 2003; Kennedy et al., 2010)
河口	45	(Cai, 2011)
大陸棚	17	(Cai, 2011)
深海	0.018	(Nellemann & Corcoran, 2009)



宏觀面對技術領域研發與應用雙面向：

避開短視衝擊，挑戰長期研發項目，順應淨零路徑發展調整應用科技研發。

宏觀面對技術領域研發與應用

- 短視衝擊與長期研發
- 階段性產出與可行性創新
- 順應式破壞與慣性潮流
- 可塑性目標與歷史即未來

總結

- 氣候變遷議題橫跨**氣候科學、氣候政治、氣候經濟**的面向。資料來源與型態廣泛且雜異。
- **氣候緊急狀態**因應的議題，其所需之數據、資料，在**不同階段**皆有其意義，需進行**系統性分析**。
- **環境整合評估模型**可藉由**科學化**的討論，將不同等級的開放資料結合，協助預估長期變動下，所帶來的情境變化。
- 在不同情境下，藉由所獲得之評估路徑，得以設定**中長期整體國家政策的氣候發展策略**，進而回饋至數據與資料的開放完整性。
- 面對**宏觀系統整合**時，避免對立式否決，增加**整體關聯性**之成果產出，藉以發揮氣候變遷議題最大綜效。

Thank You

