

從減碳策略談脫碳供應鏈



國立清華大學 National Tsing Hua University, NTHU



董瑞安講座教授兼院長

國立清華大學 分析與環境科學研究所

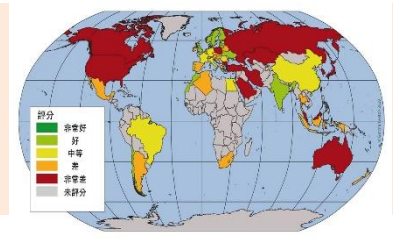
清華大學能源與環境研究中心

清華國際學院

目錄大綱

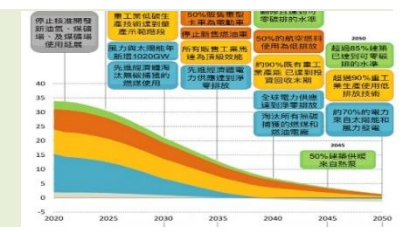
氣候變遷

1. 目前全球增溫已達 1.1°C
2. 增溫期望控制在 $<1.5^{\circ}\text{C}$



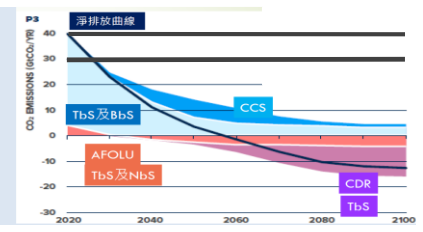
企業作為

治理 → 策略 → 風險管理術 → 目標發展



減碳策略

減緩/調適 → 減碳(CCSU) → 負碳技術 → 碳交易



脫碳供應鏈

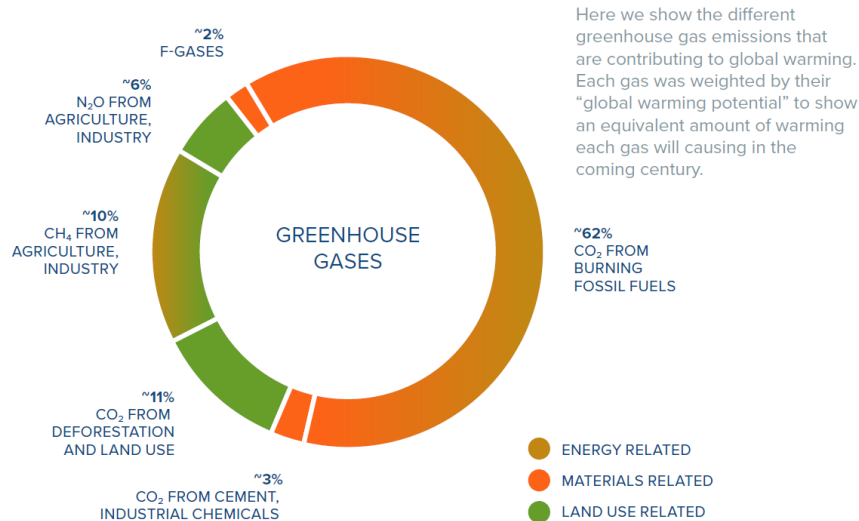
循環經濟 → 節能/效率 → 科技減碳 → 自然解方 → 碳捕獲封存



全球增溫趨勢

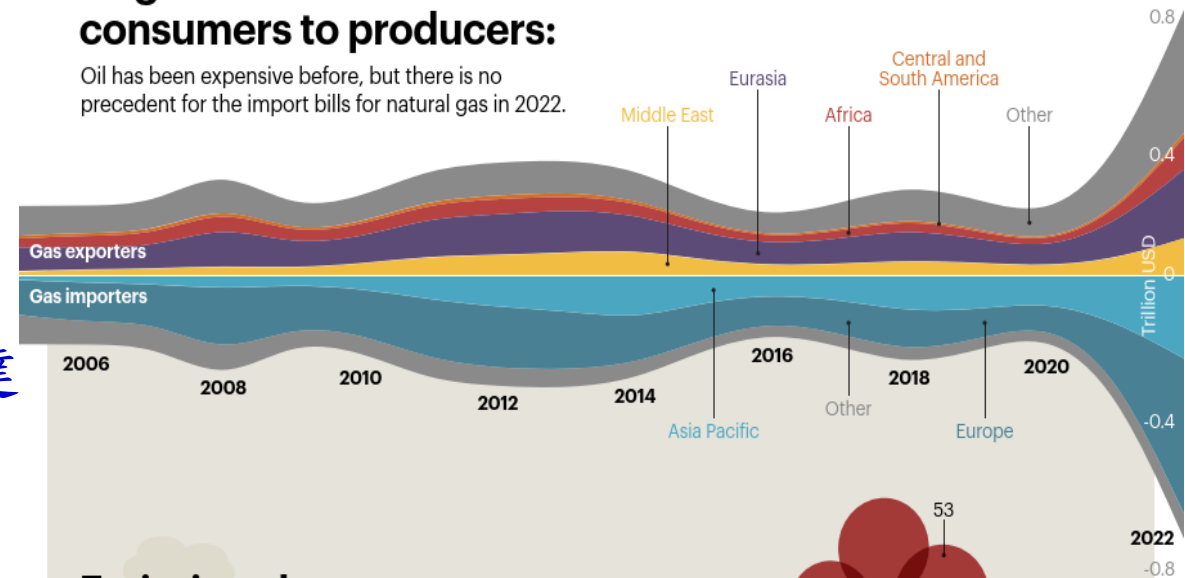
- 與1850 – 1900年相比較：
 - 目前全球已經增溫1.1 (0.9 – 1.2) °C。
- 二氧化碳年排放量在2020年為34 Gt，預估到2030年會增加到36 Gt
 - 預估到2100年全球的增溫有50%機率會達到2.7 °C。

Figure 1.1 — Greenhouse Gas Mixes — CO₂, CH₄, N₂O, and f-gases



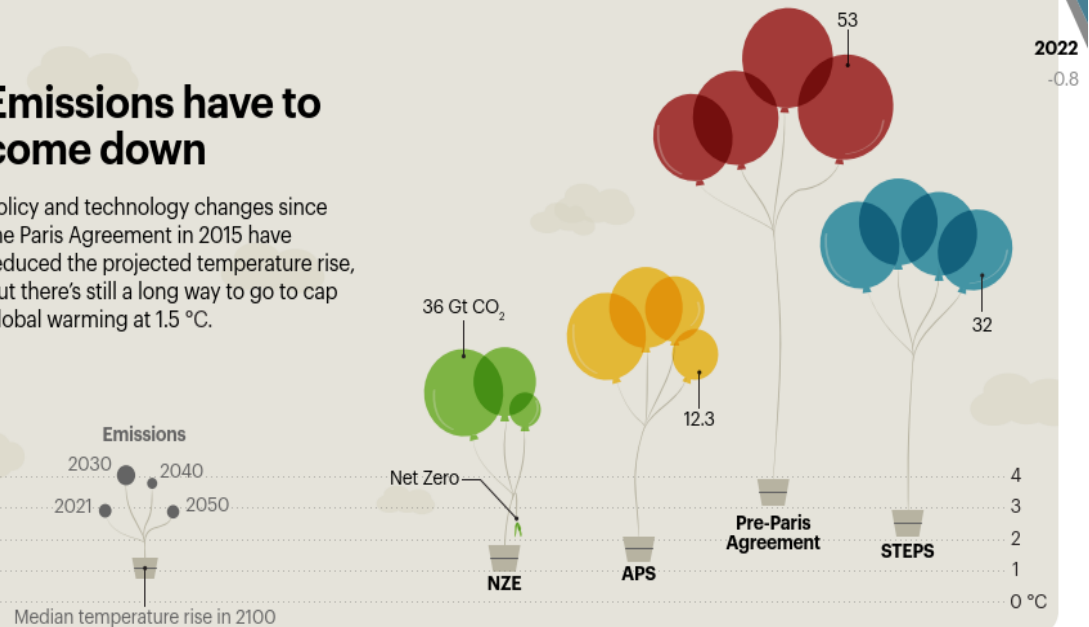
Huge transfers from consumers to producers:

Oil has been expensive before, but there is no precedent for the import bills for natural gas in 2022.



Emissions have to come down

Policy and technology changes since the Paris Agreement in 2015 have reduced the projected temperature rise, but there's still a long way to go to cap global warming at 1.5 °C.



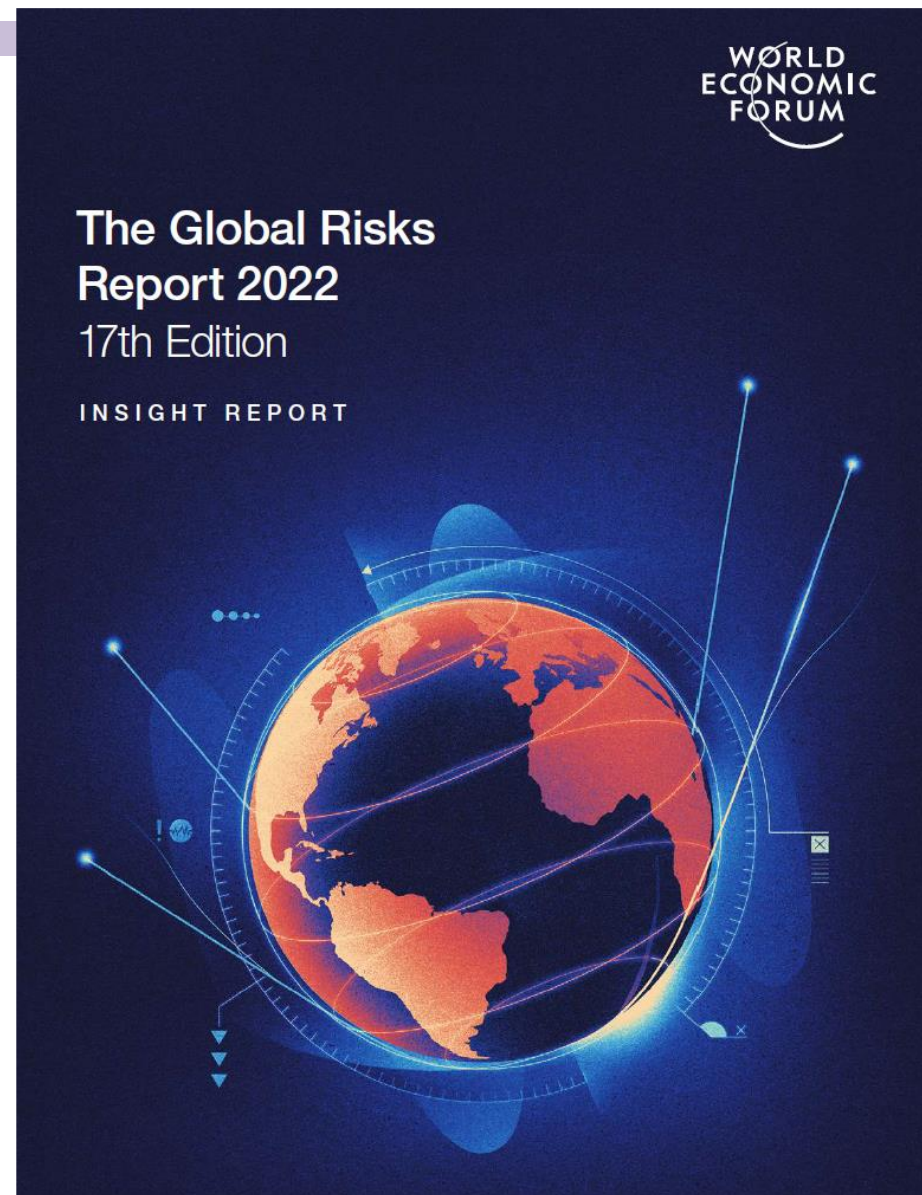
■ 世界經濟論壇

- 環境風險主導世界經濟發展。
- 氣候變遷及淨零碳排議題已成為全世界共通議題。

“Identify the most severe risks on a global scale over the next 10 years”



Source: World Economic Forum Global Risks Perception Survey 2021-2022



我國 2050 淨零路徑-關鍵部門減排路徑及階段里程碑

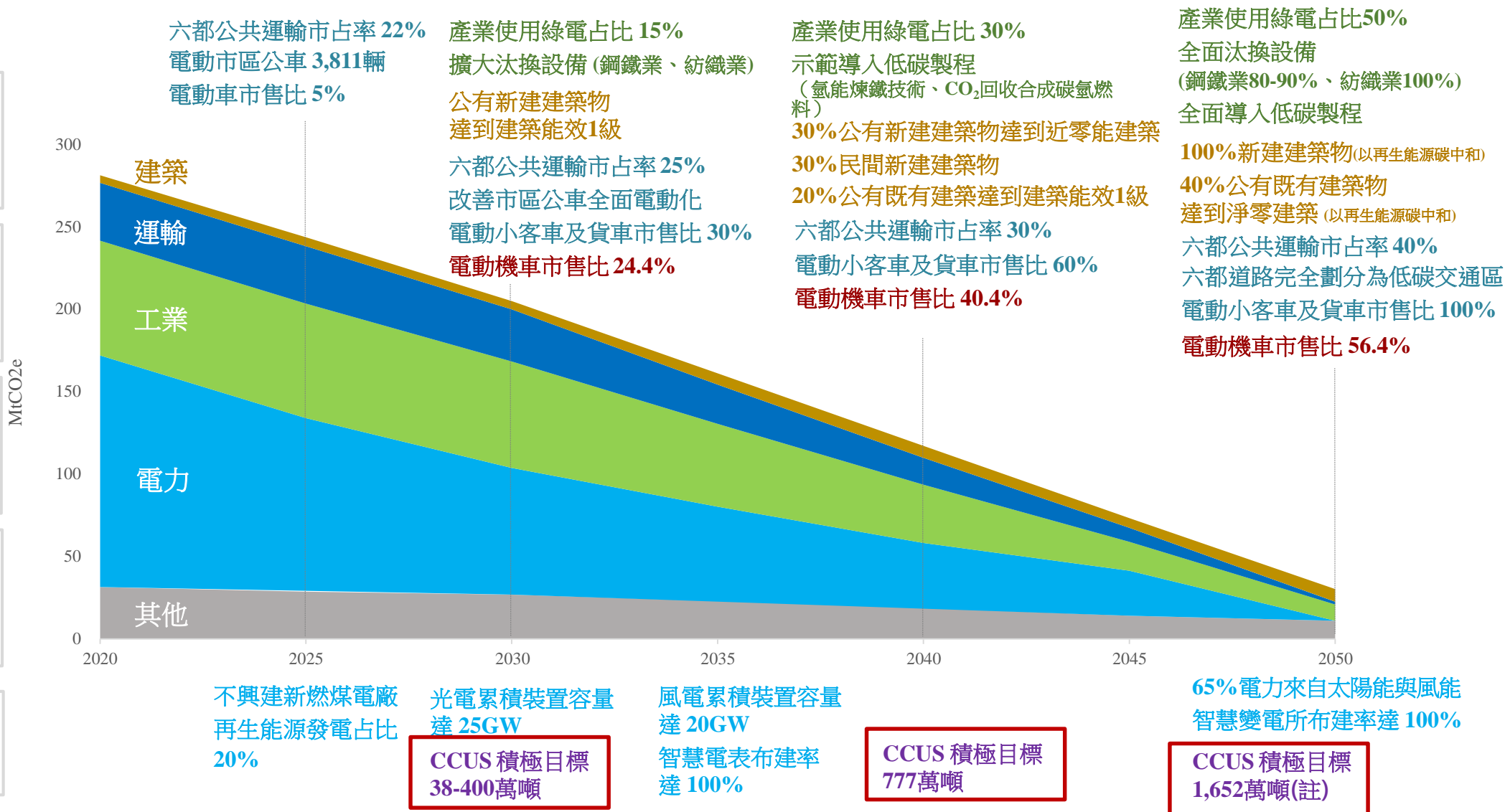
電力
再生能源持續擴大，發展新能源科技、儲能、升級電網

工業
提升能效，燃料轉換，循環經濟，創新製程

建築
提升建築外殼設計、建築能效及家電能效標準

運輸
改變運輸方式，降低運輸需求，運具電氣化

負碳技術
2030 進入示範階段
2050 進入普及階段

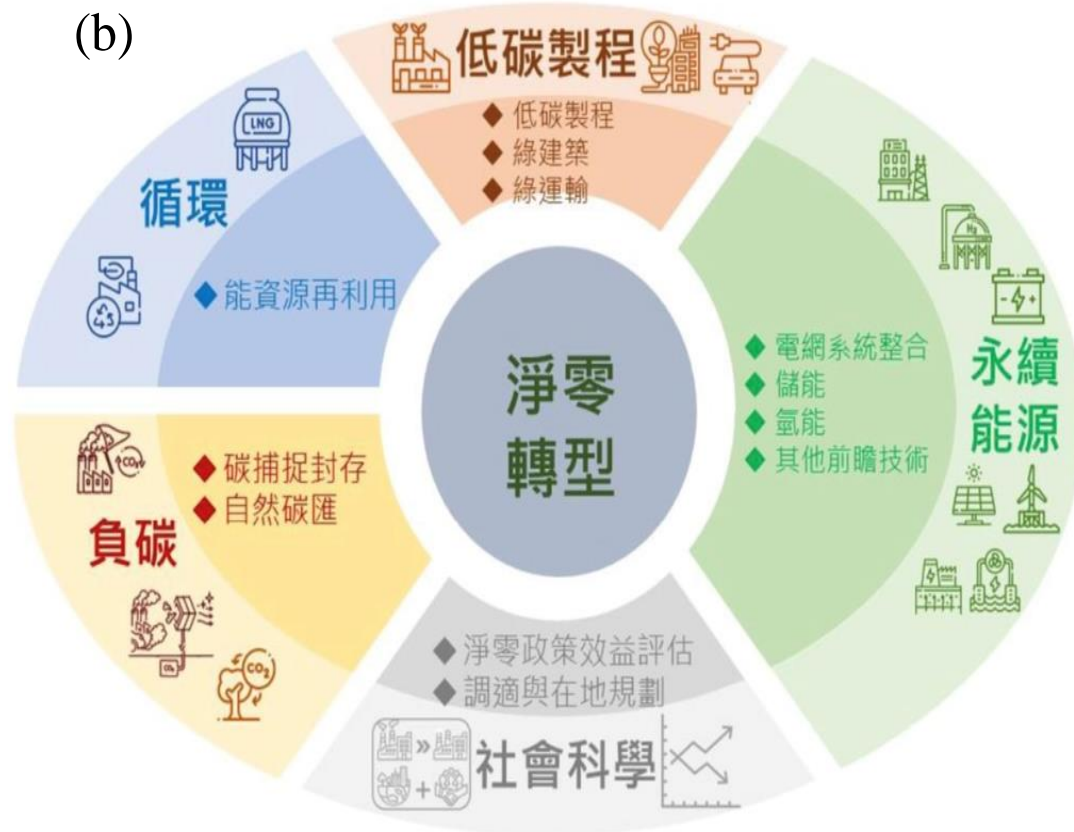


註：2050年CCUS積極目標1,652萬噸為參考溫管法以較基準年減少50%為目標，尚未考量2050淨零碳排之目標。

資料來源：環保署(2021) 09月15日「我國淨零排放目標期程及因應作為第8次研商會議」

國內淨零轉型布局與12項關鍵技術

- 經濟部：永續能源、負碳技術、循環經濟、低碳製程
- 農委會：減排、增匯、循環



淨零碳排的實務作法 - 碳策略

■ 科技發展

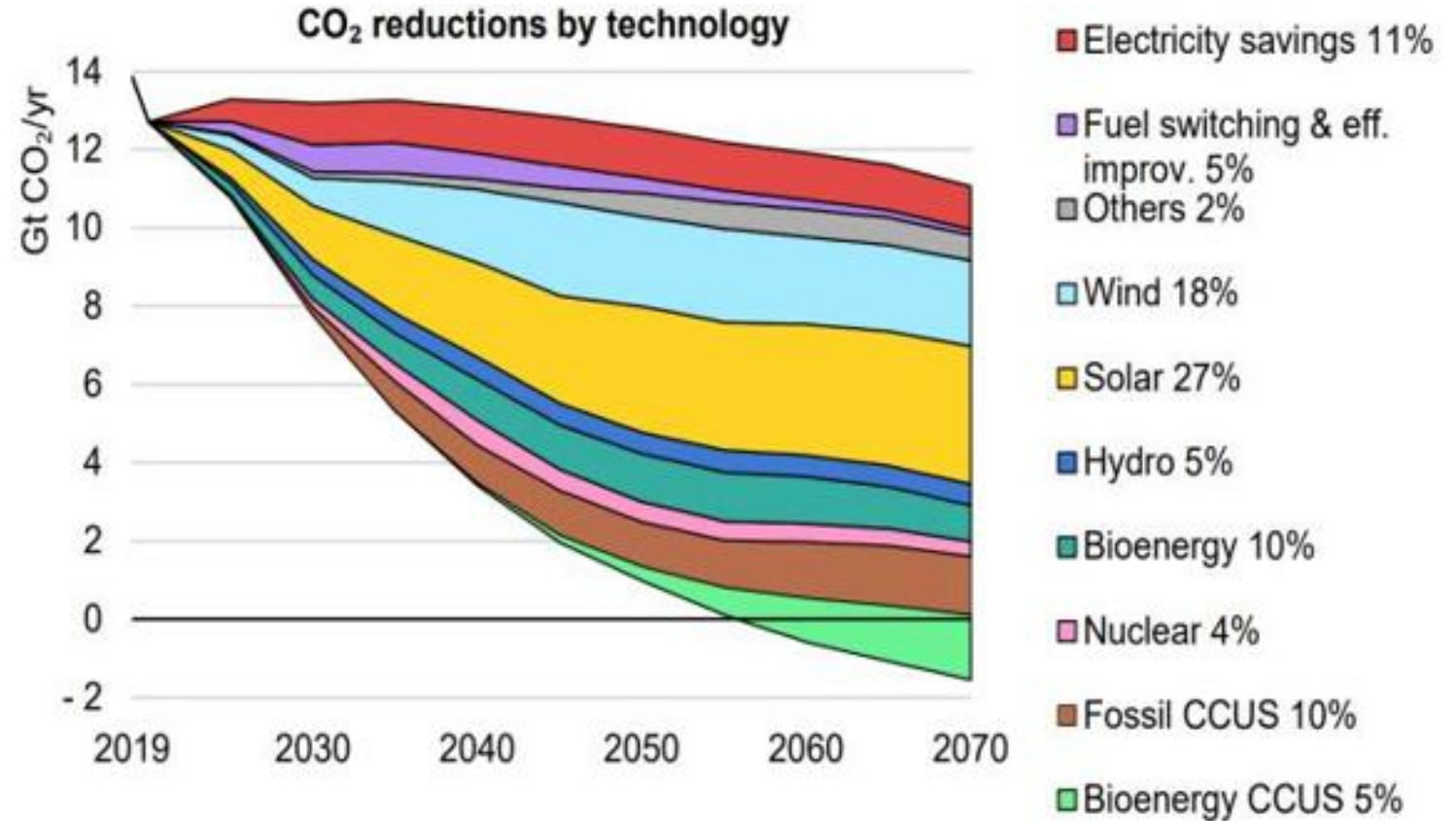
- 再生能源或綠能 (綠電)
 - 風光臺灣
- 節能技術
- 碳捕獲再利用(CCUS)
- 循環經濟(Circular Economy)

■ 師法自然

- 微藻固碳/海洋牧場
- 農碳法(Carbon Farming)

■ 個人自覺

- 由個人行為來進行減少能源使用與碳排放。



IEA, 2020

淨零排放的策略

碳盤查



能源系統
ISO50001
組織ISO14064
產品ISO14067

太陽能
儲能系統

減緩與調適

再生能源/綠電
節能/能源效率
個人行為

產業製程減碳
燃燒製程減碳
碳捕存 (薄膜技術)
碳再用 (電化學)

減碳技術(CCUS)

移除從產業及製程排放的CO₂
吸收法/吸附法/
薄膜法

師法自然
生質能(BECCS)
碳匯/生物炭
農碳法

負碳技術(CDR)

從大氣中移除CO₂
生物負碳
生質能負碳
碳匯 (carbon sink)

碳交易

碳交易平台
碳定價
碳稅
碳費

二氧化碳減量

企業/產業的因應作為

Q：不減碳會如何???

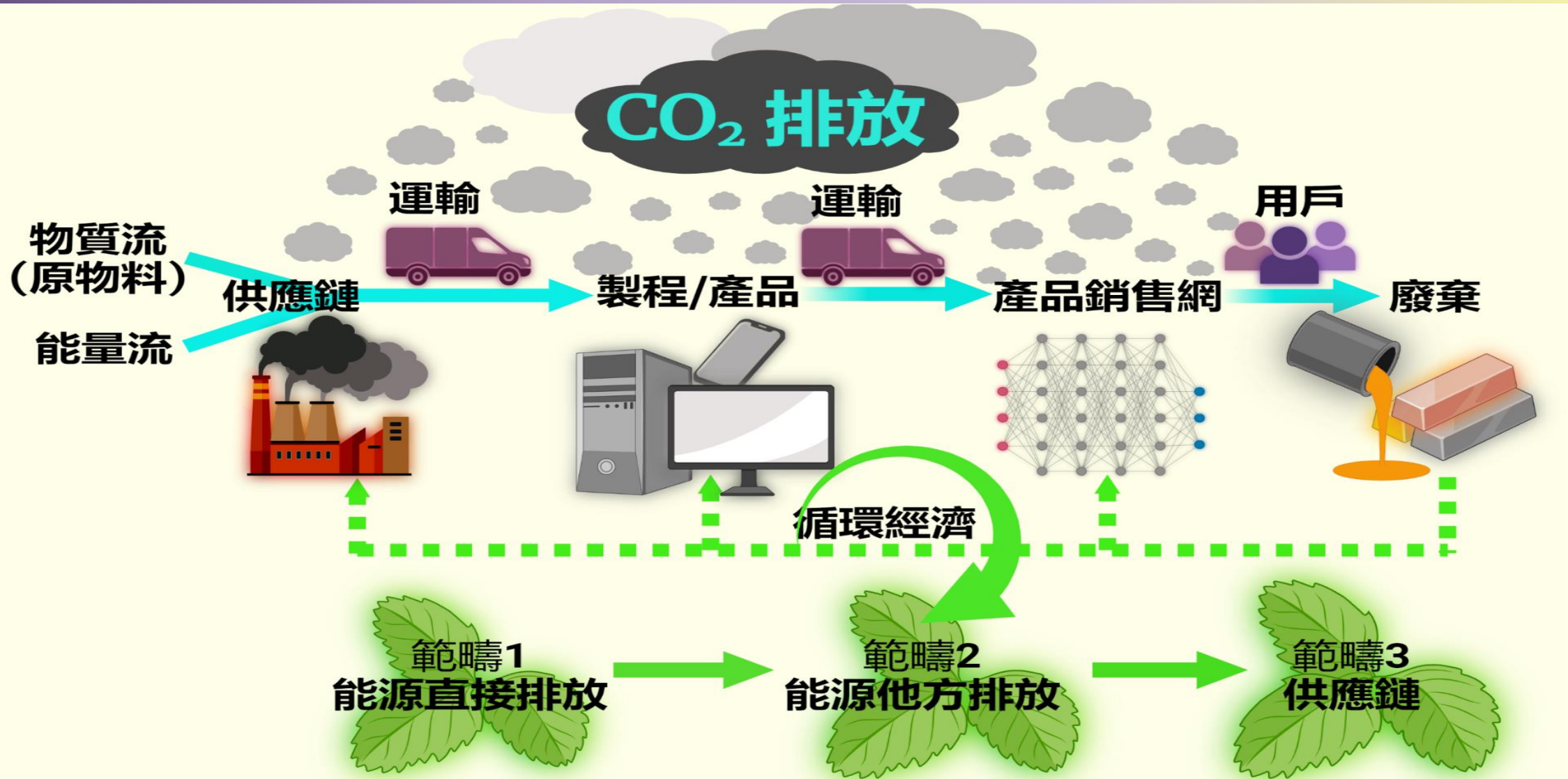
Q：公司治理階層知道公司要減多少碳嗎？

進行碳盤查就是減碳了嗎？

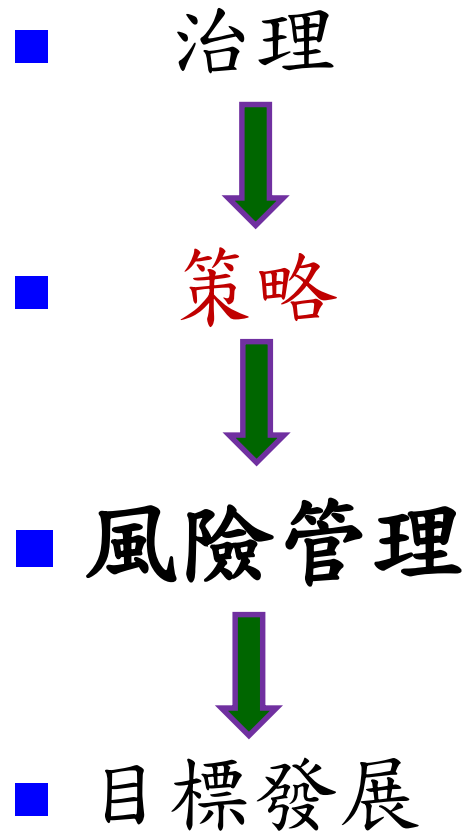
請會計師事務所認證後就達減碳目標了嗎？

減碳還是漂綠

企業可能排碳量與碳揭露期程

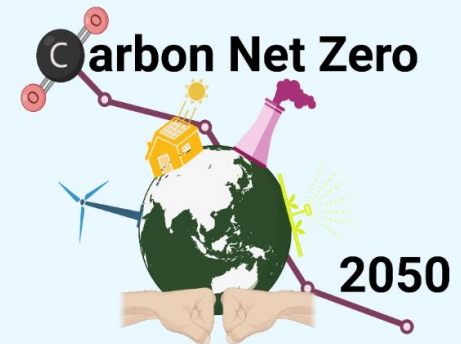


企業在20250可採用的淨零碳排策略



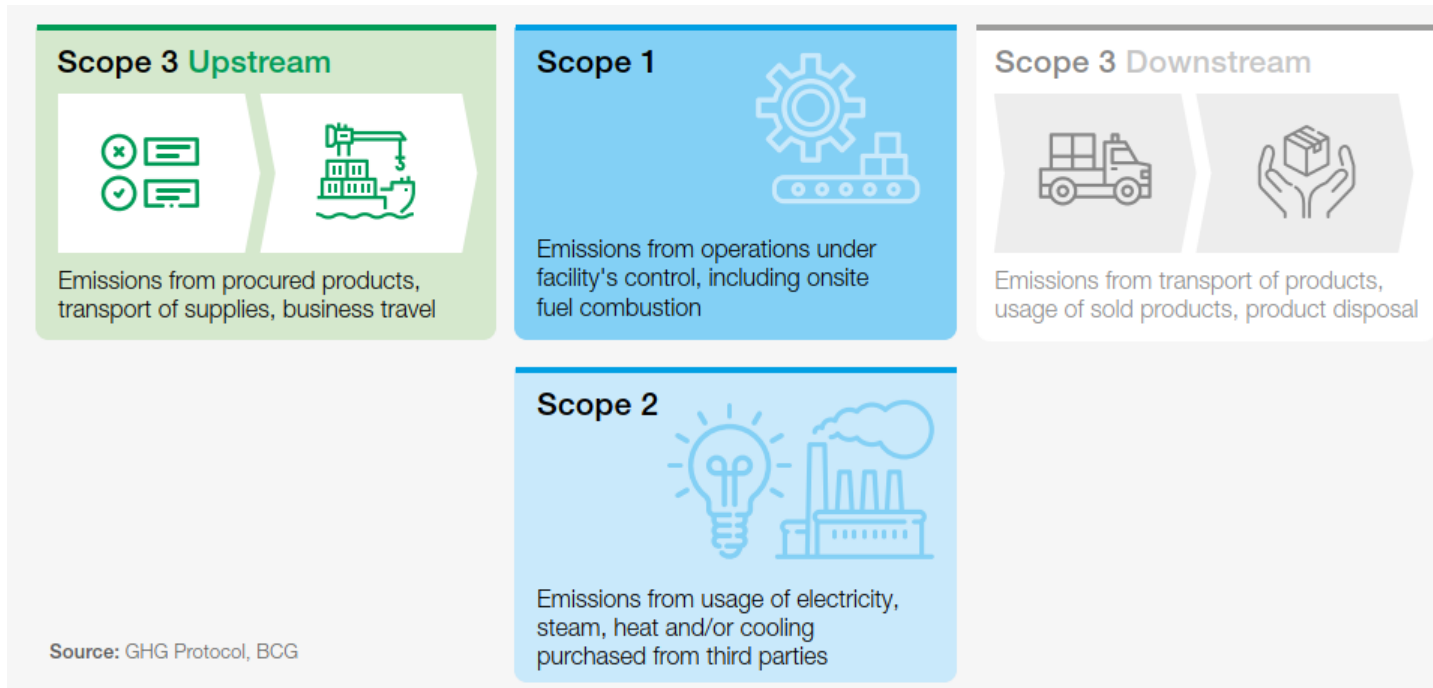
碳揭露目標

1. 國際認證
2. 淨零排放
3. 脫碳供應鏈



WEF的脫碳供應鏈建議

- 供應鏈的碳排放量，平均比本身企業的碳排放量高出11.4倍。



WEF, Net-Zero Challenge: The supply chain opportunity, 2021



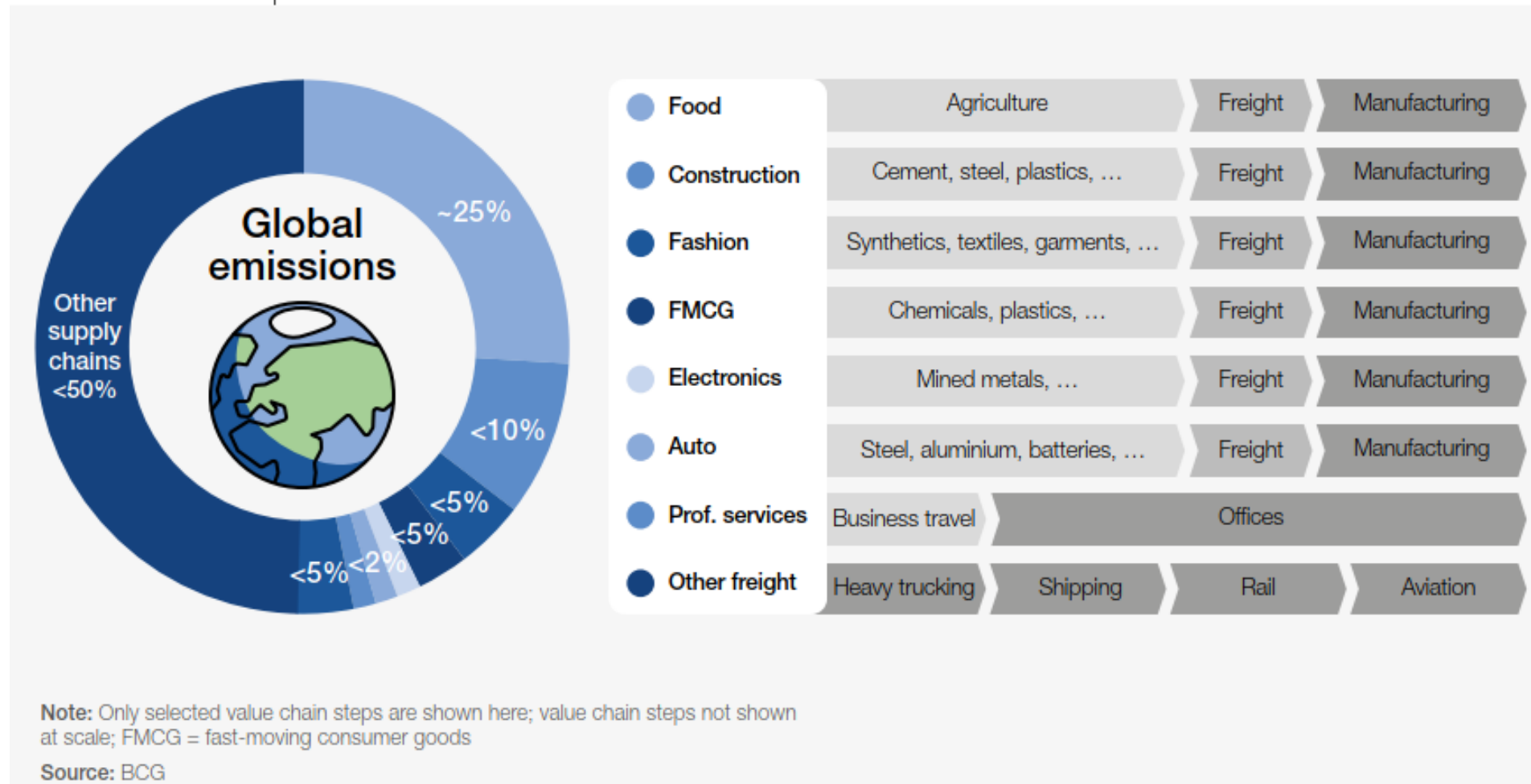
電子業脫碳供應鏈建議方案

- 10/5-6 2022循環經濟綜合創新解決方案國際會議
 - 建置碳盤查資料庫,利用物聯網技術,強化決策功能
 - 實施綠色化學原則,建構綠色脫碳供應鏈
 - 推廣環境足跡節能技術,提升能源與材料效率的綠色產業
 - 考慮水及廢棄物減量,使用永續能源
 - 導入低碳製程,發展低碳清潔生產技術
 - 產業減碳與減廢,加強永續生產與消費



【八大行業】的排碳量

FIGURE 5 Eight supply chains are responsible for more than 50% of global emissions



- 食品業
- 建築業
- 時裝業
- 快速消費品
- 電子產品
- 汽車
- 專業服務
- 貨運

八大行業價值鏈的排放源

Split of emission sources by value chain (%)

● Land use ● Heavy industry ● Transport ● Other








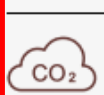


Note: FMCG = fast-moving consumer goods

Source: BCG

降低供應鏈排放的可能策略

- 循環經濟
- 材料/程序效率
- 再生能源
- 節能新程序
- 再生熱能
- 自然解方
- 燃料轉換
- 碳捕獲

			Average costs	Maturity
	Circularity/recycling	Less virgin material production	< €10/t CO ₂ e	<div style="width: 80%;"></div>
	Material and process efficiency	Less material usage and energy consumption	< €10/t CO ₂ e	<div style="width: 80%;"></div>
	Renewable power	Power from renewable sources (e.g. solar, wind)	< €10/t CO ₂ e	<div style="width: 80%;"></div>
	Renewable heat	Heat from renewable sources (e.g. biomass, power)	€10-100/t CO ₂ e	<div style="width: 60%;"></div>
	New processes	New production processes (e.g. H ₂ -DRI for steel)	€10-100/t CO ₂ e	<div style="width: 50%;"></div>
	Nature-based solutions	Avoiding deforestation, more sustainable agriculture	€10-100/t CO ₂ e	<div style="width: 40%;"></div>
	Fuel switch	Transport: switch to green fuels, batteries, hydrogen	> €100/t CO ₂ e	<div style="width: 20%;"></div>
	Carbon capture	Capture carbon and recycle or store it underground	> €100/t CO ₂ e	<div style="width: 10%;"></div>

Ready in 5-10 years
Ready today

Source: BCG

如何選擇最適化的減碳策略

■ 碳盤查是瞭解排碳熱點

- 組織或產品的”健康檢查”程序

■ 碳交易/碳金融

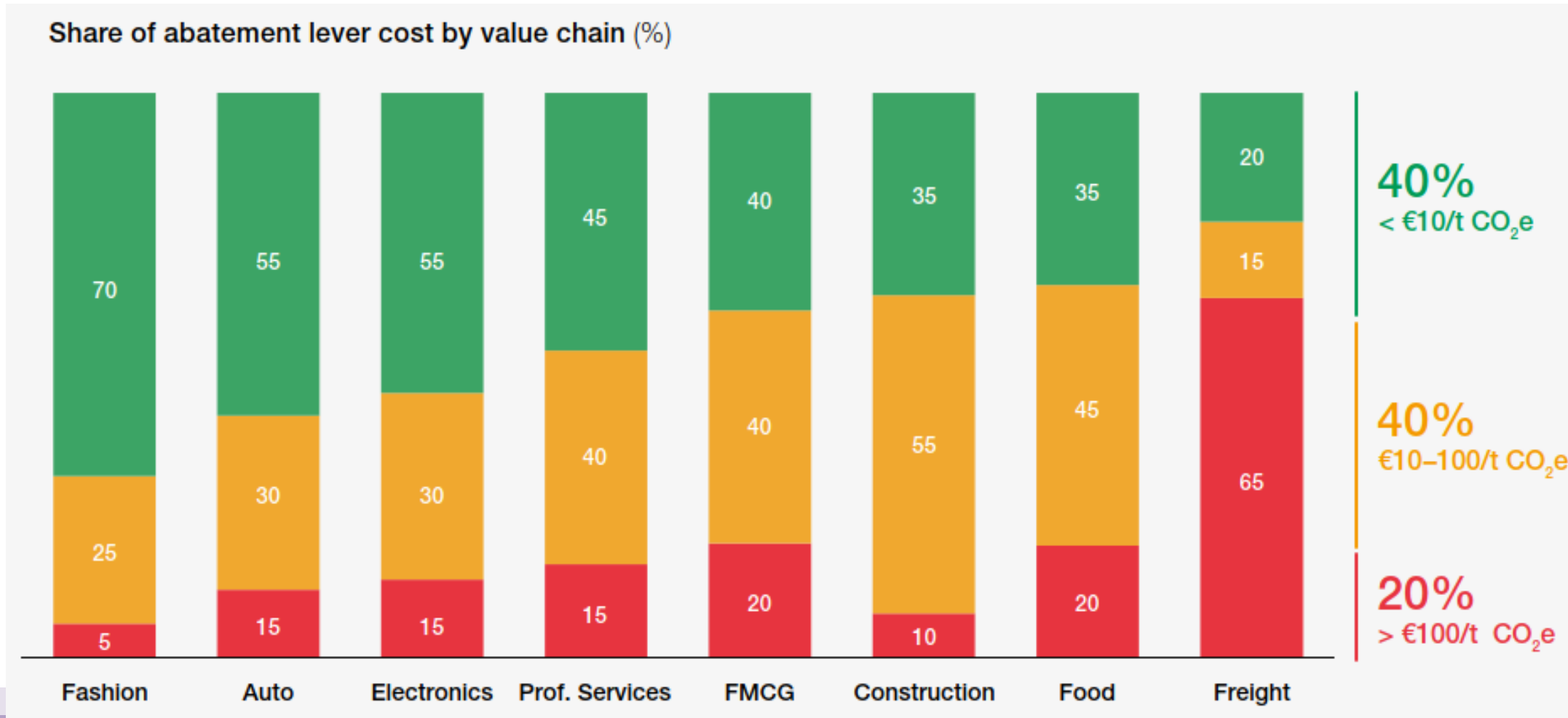
- 淨零排放的最後一哩路

■ 碳策略

- 公司治理重要方針，緊密結合ESG（減碳非漂綠）
- 各公司治理與產品不同，排碳量及熱點也不同，無法copy & paste
- 需要**total solution**

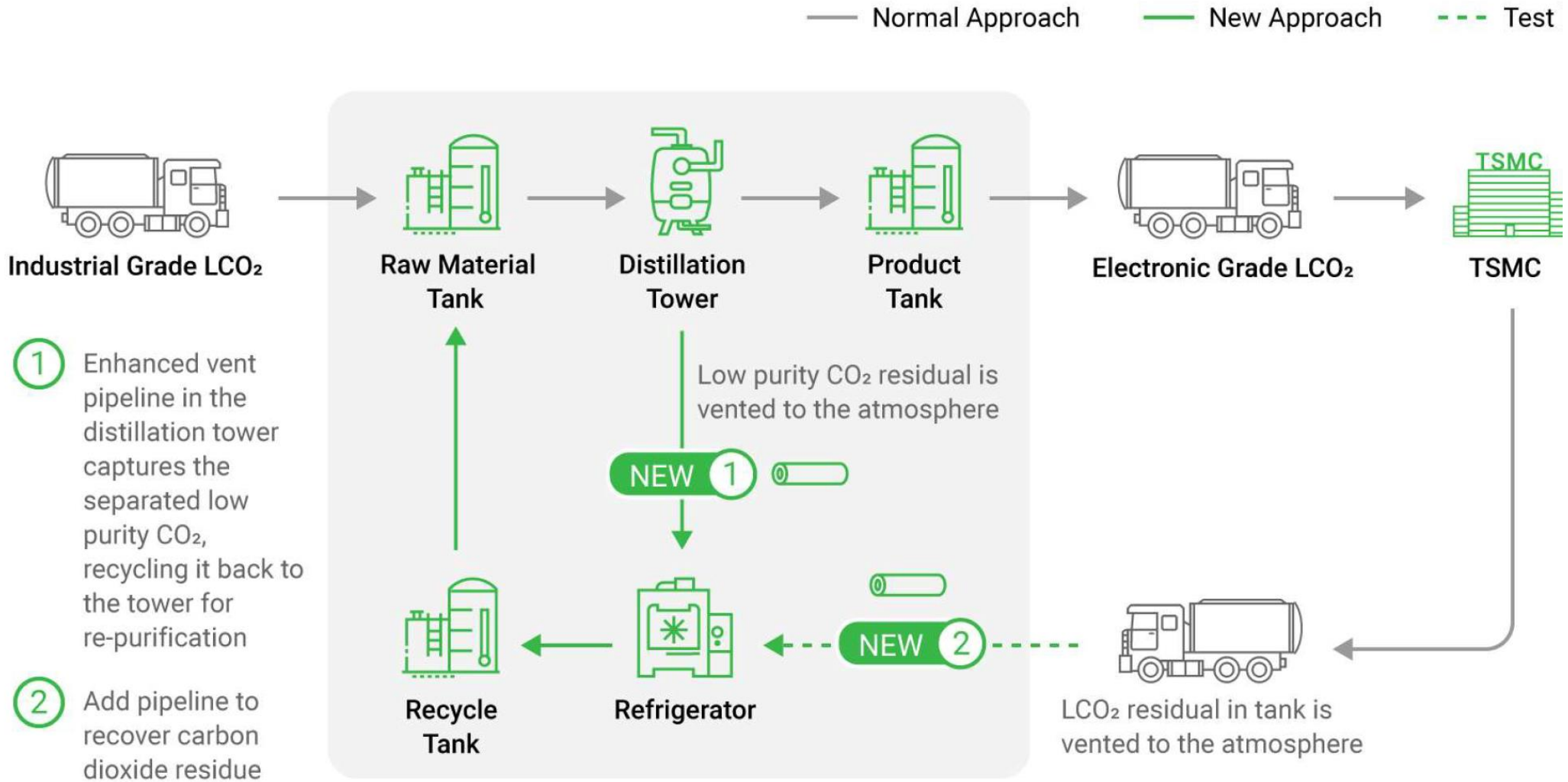
八大行業價值鏈排碳量去除成本比較

■ 40%的價值鏈碳排可以用低成本技術加以去除



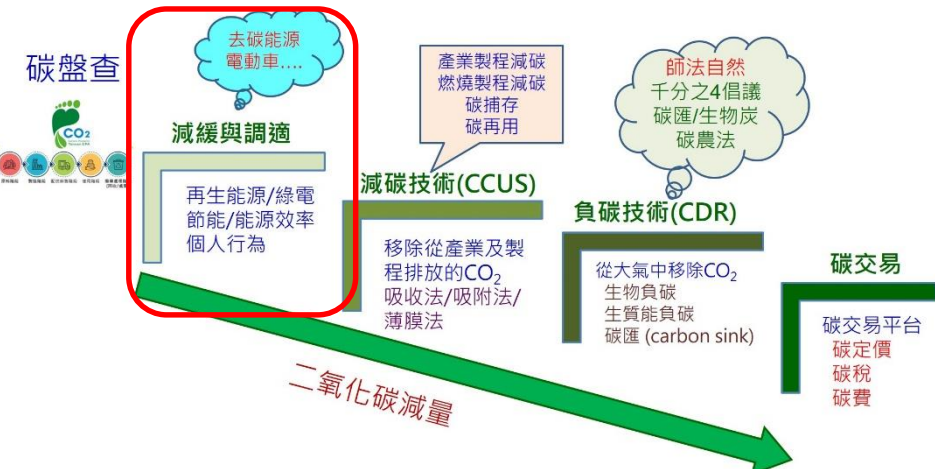
低成本技術-循環經濟(TSMC LCO₂回收)

Diagram of TSMC Supplier's Carbon Capture Process



低成本技術 - 去碳能源 (綠能)

- 從能源轉型來進行淨零碳排。
- 從科技面來進行再生能源開發



- 太陽光電
- 風力發電
- 其他再生能源
- 儲能系統
- 微電網與系統整合

■ 臺灣的綠能比例偏低



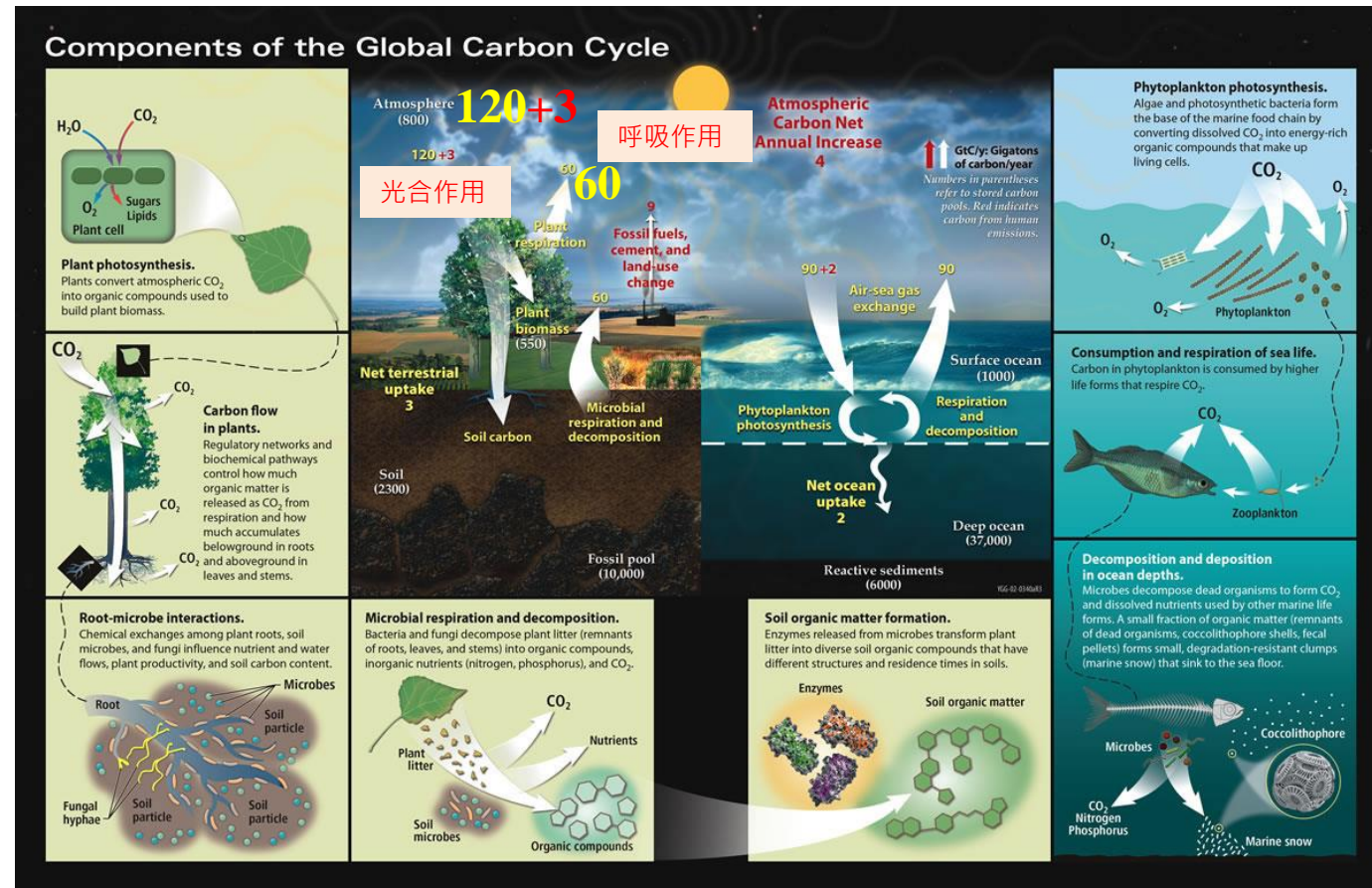
中成本技術 - 碳匯 (Carbon Sink)

■ 藉由植物的光合作用，將大氣中的二氧化碳轉換為生質能。

- 造林是大家普遍的認知，但
 - 但不同物種及生長期對CO₂的吸收能力不同
 - 植物死亡後依舊會將吸收的CO₂釋出

■ 千分之四倡議

- 由法國在2015年COP21提出
- 每年提高土壤碳素含量4%，就有機會逆轉全球暖化危機。

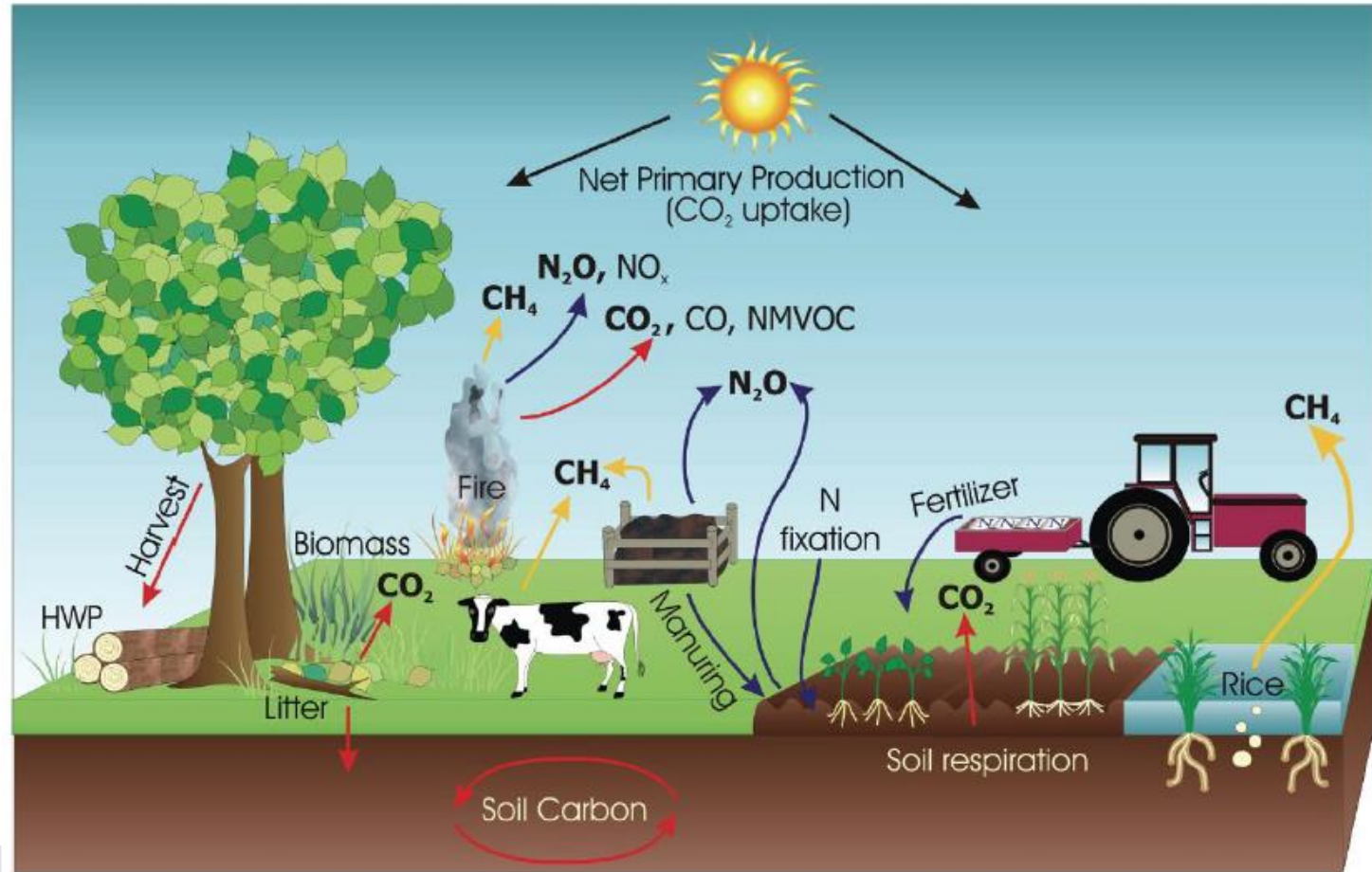


碳農法 (Carbon Farming)

- 藉由自然生態環境的運作，達到淨零排放甚至負碳效果。

- 碳農法

- 藉由管理的方式，瞭解生態環境中溫室氣體的排放及流向(碳平衡)。
- 為長期自然的負碳技術，歐盟及加州積極推動。
- 符合循環經濟與千分之四倡議。



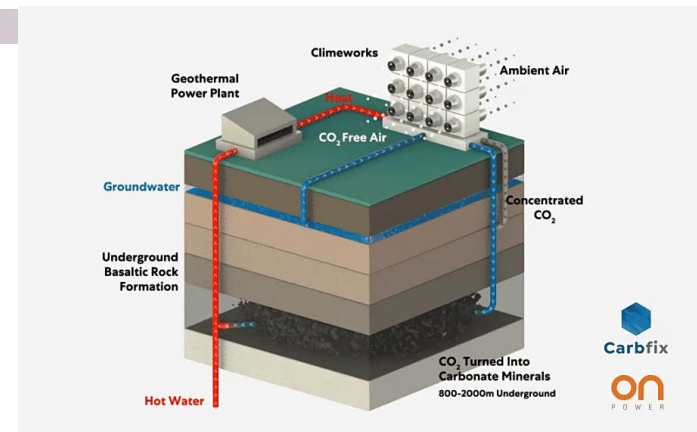
中/高成本技術 – 師法自然之負碳技術

■ 中成本負碳技術

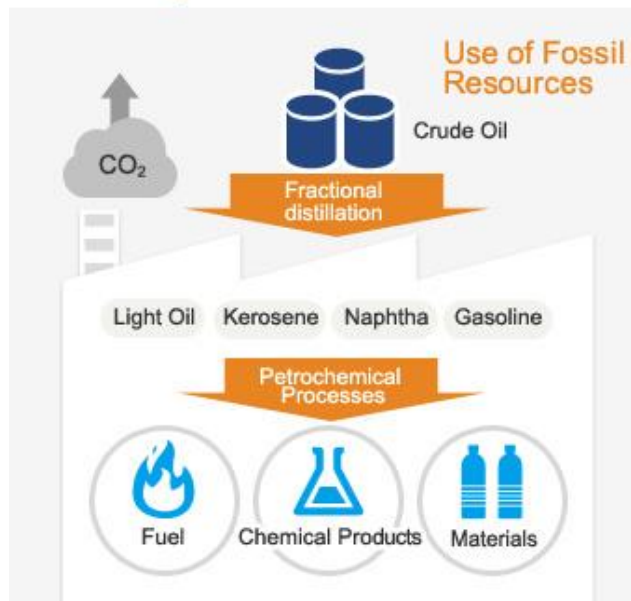
- **生質能除碳(BECCS)**：使用生質能產生能量，並藉由碳捕獲再利用技術去除產生的二氧化碳。

■ 高成本負碳技術

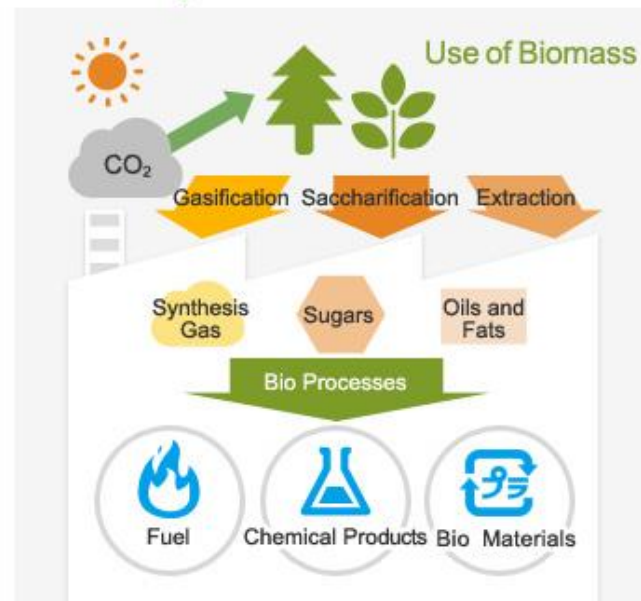
- **直接去除(DACCS)**：使用綠電及控制產業的排碳(CCUS)後，仍需要大氣環境中去除二氧化碳。



Oil Refinery



Biorefinery



<https://www.nipponpapergroup.com/english/research/organize/biomass.html>

高成本技術 - CCUS的技術成熟度

- 國內預估至2030年前，將降低460萬噸CO₂當量
 - 再利用30萬噸CO₂當量
 - 封存430萬噸CO₂當量

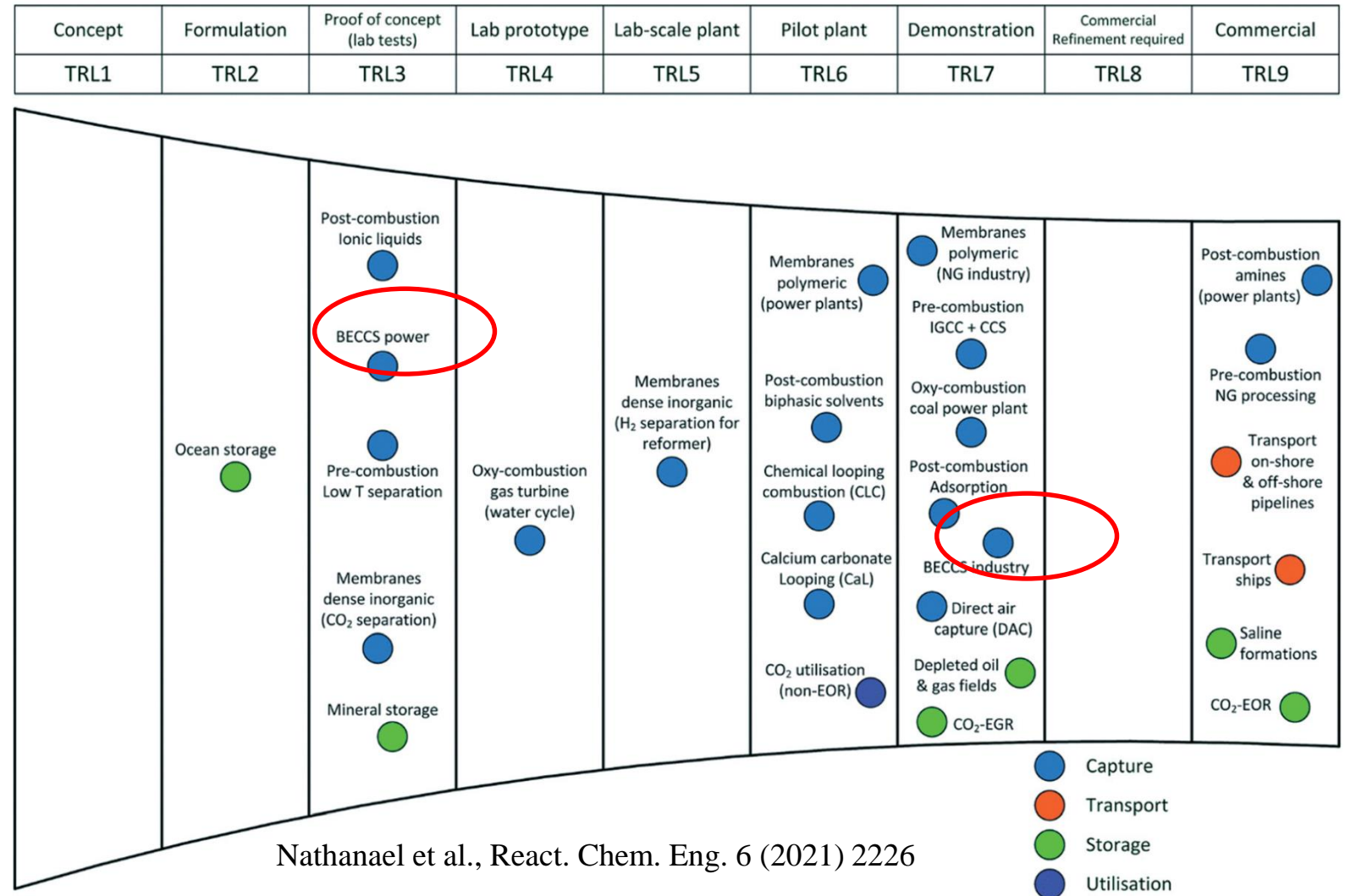
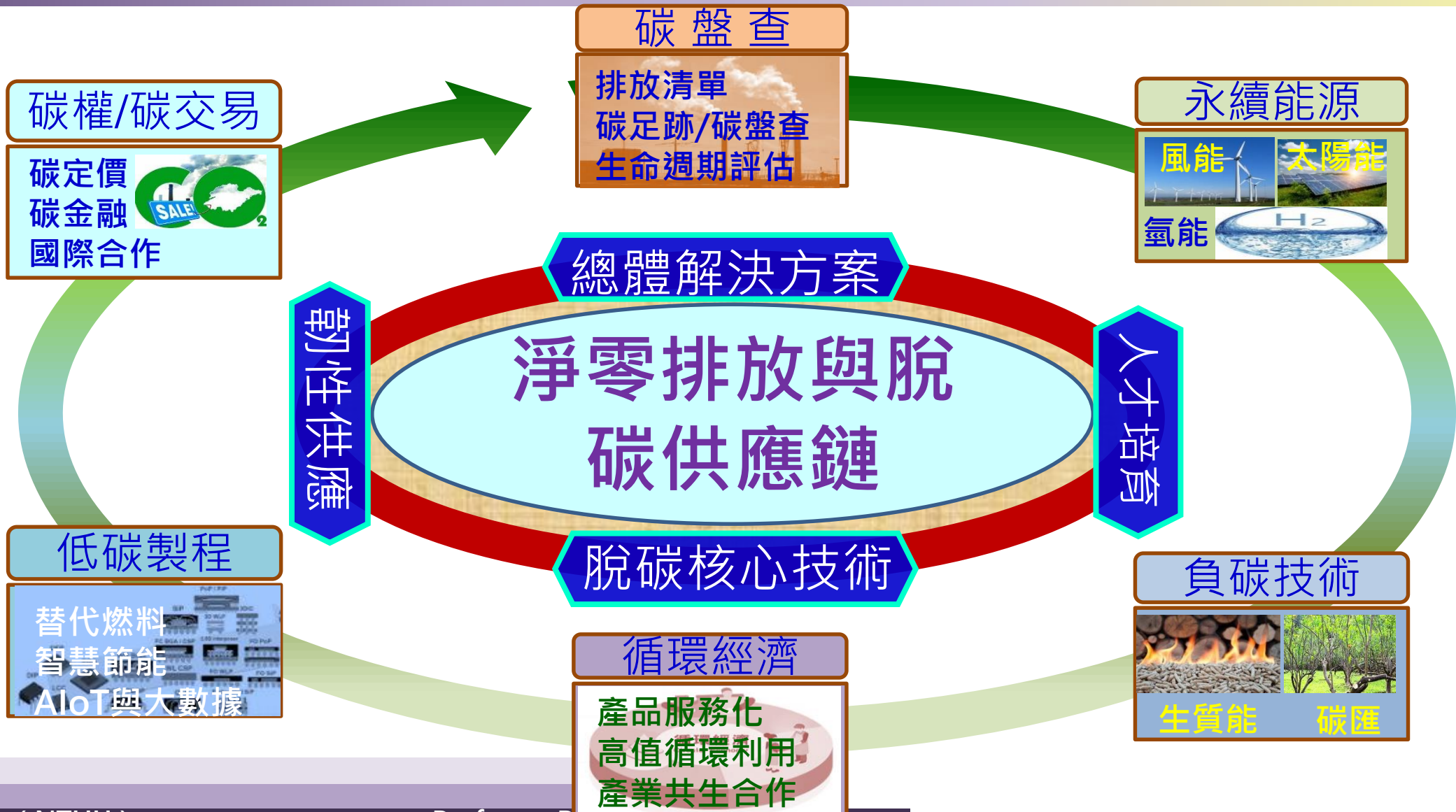


Fig. 3 The recent progress and TRL levels of various CCUS technologies.⁶ Reproduced from ref. 6 with permission from the Royal Society of Chemistry, copyright 2018.

脫碳供應鏈的合作



企業界對淨零碳排策略的建議作法

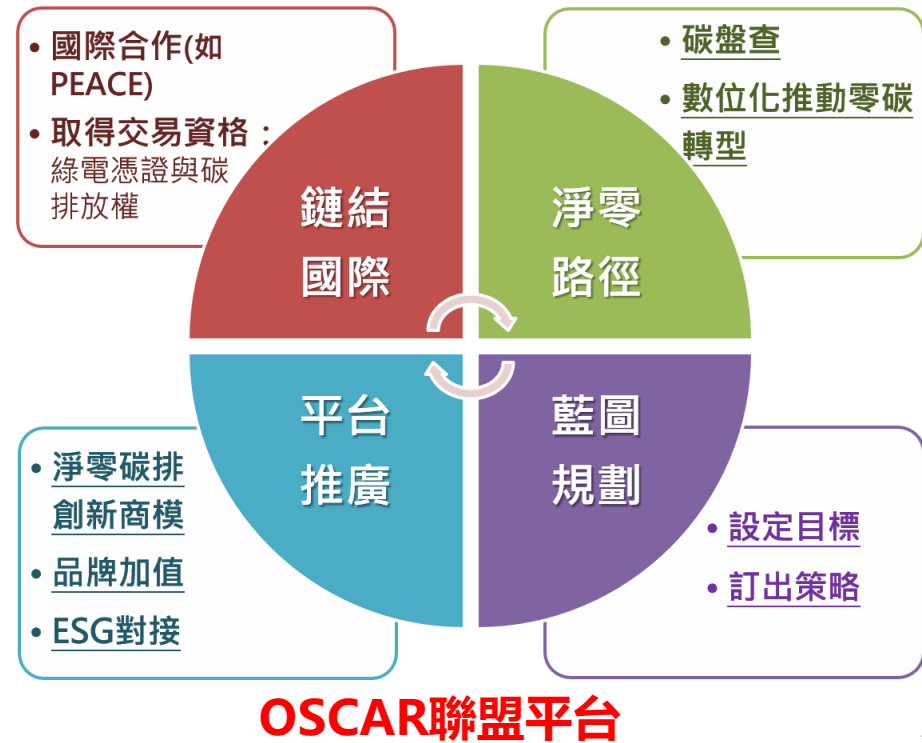
- 對大企業而言
 - 可以自行發展碳策略。
- 中小企業：
 - 大企業模式可參考，但不見得適用
 - Find the own niche
 - 需聯盟合作發展適合的 Total solution



- 淨零減碳國際趨勢與碳盤查分析
 - 目前坊間已有許多訓練課程
 - 工研院及臺灣永續聯盟課程
- 碳策略管理與策略
 - ?
 - 4/12及4/19清華大學課程

結語

- 淨零排放是國際議題，也是重要經貿與風險議題，將會觸動國際供應鏈重構與韌性發展。
- 淨零排放宜由科技面，藉由碳盤查→減緩與調適→減碳→負碳→碳交易等流程，來瞭解與規劃組織與產品的減碳策略。
- 能源轉型是起步，碳盤查/生命週期評估是手段，碳策略是減碳治理方針，而綠能、節能、循環經濟與農碳法都是現階段中小企業可採取的減碳策略與商機。
- 眾志成城，聯盟倡議，提供total solution，才能具備競爭力與時效性進行淨零碳排與供應鏈重構。



謝謝聆聽，惠請指正！