

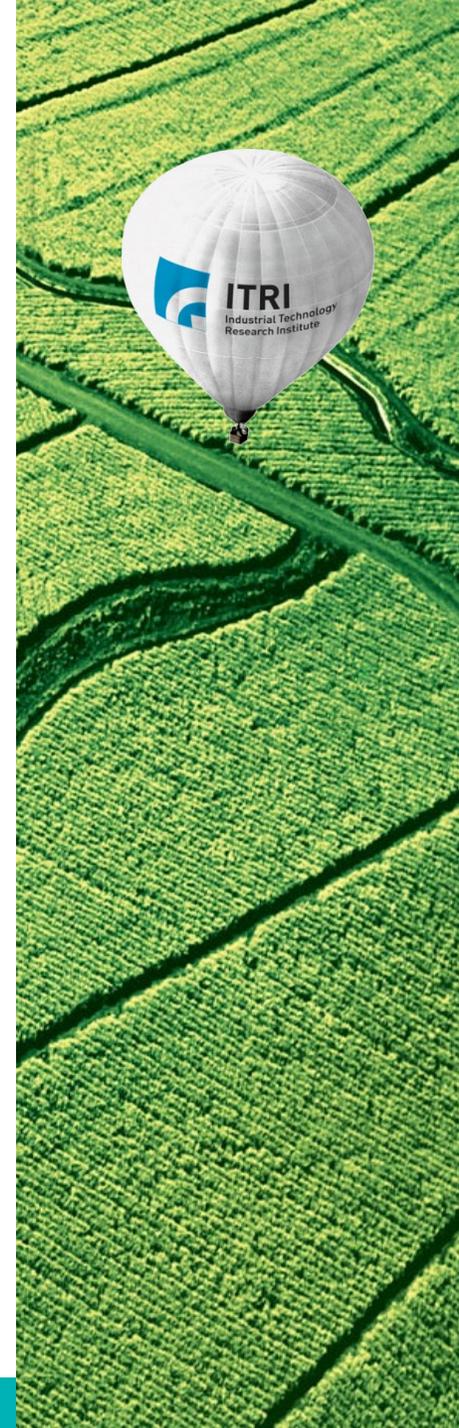
工業技術研究院

Industrial Technology
Research Institute

創建產業綠色低碳新未來- 產業低碳、循環、永續新技術

工研院材料與化工研究所 陳建明

2024.04.19



無可迴避的低碳責任

聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC, 1994生效)



1997年 COP 3，京都議定書，已開發工業國家(41)，無強制力



2015年 COP 21，巴黎協定，聯合國成員，自主減碳(NDC)，經法定程序通過，更具約束力



2021年 COP 26，格拉斯哥氣候公約，首次將「逐步減少化石燃料」寫入官方文本中



2022年 COP 27，氣候資金與損失彌補、糧食安全、雨林保護



2023年 COP 28，能源轉型脫離化石燃料、加速再生能源等碳減和除碳科技

未來世界銀行的合理碳定價建議為**40~80 USD/噸-CO₂**

淨零排放入法 (137國家宣示淨零排放目標、18國淨零碳排入法，39國形成政策)

歐盟	德國	英國	法國	美國	日本	韓國
2030減碳55% 2050淨零排放	2030減碳65% 2050淨零排放	2030減碳55% 2050淨零排放	2030減碳40% 2050淨零排放	2030減碳50-52% 2050淨零排放	2030減碳46% 2050淨零排放	2030減碳40% 2050淨零排放

我國2023年1月通過《氣候變遷因應法》

台灣

2050淨零排放、碳定價及審議機制入法
上市櫃公司2024需完成ESG、2027完成GHG盤查

資料來源：工研院整理, 10/2022
Conference of the Parties (COP)：締約國會議

品牌商的要求

全球知名品牌廠已將碳中和列為公司政策目標，目前有**283家**要求供應鏈必須實現淨零排放，台灣外銷導向的產業將立即面臨衝擊。



2030年供應鏈與
產品實現碳中和



2030年
全面零碳能源

SAMSUNG

2025年前行動裝置
產品無塑包裝
廢棄物零掩埋



2030年負碳排放
推行內部碳稅政策
設立氣候創新基金



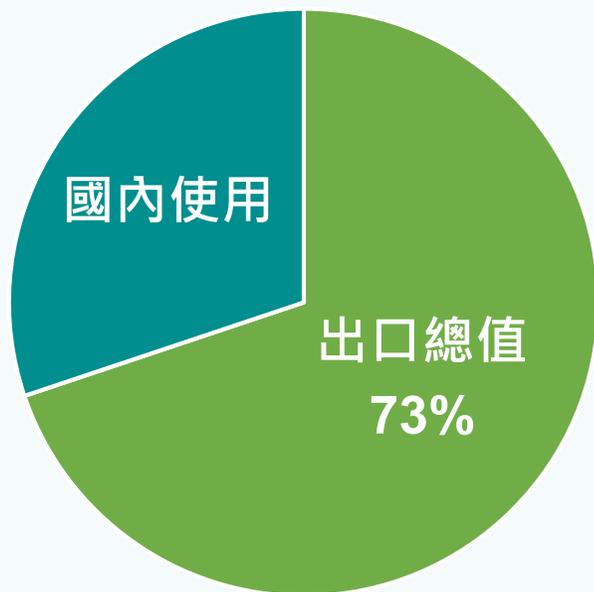
2030年
供應鏈體系減少**30%**
使用低碳材料

BASF

2030年排放量
減少**60%**(與1990相比)
以新技術替代化石燃料

2050淨零碳排對臺灣產業外銷將造成衝擊

- 臺灣出口值佔工業生產總值的七成
- 品牌商低碳零碳政策，將造成重大影響



- 工業生產總值：176,072億元
- 出口總值：129,730億元

台灣出口

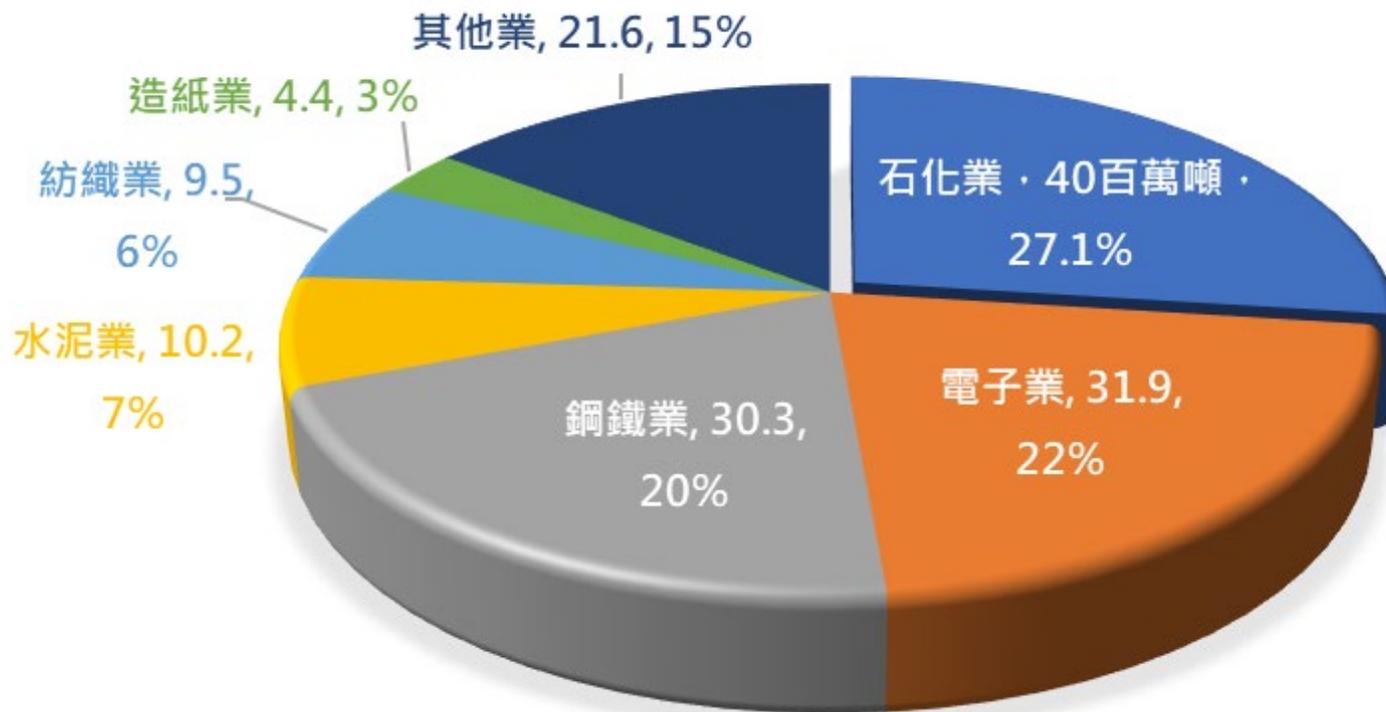
- 半導體
- 面板
- 塑橡膠製品
- 紡織品
- PCB
- 汽車零組件
- ...



資料來源：2023年經濟部工業生產統計；海關進出口統計；工研院產科國際所整理(2024/04)

臺灣製造業碳排放量(Scope 1 & 2)

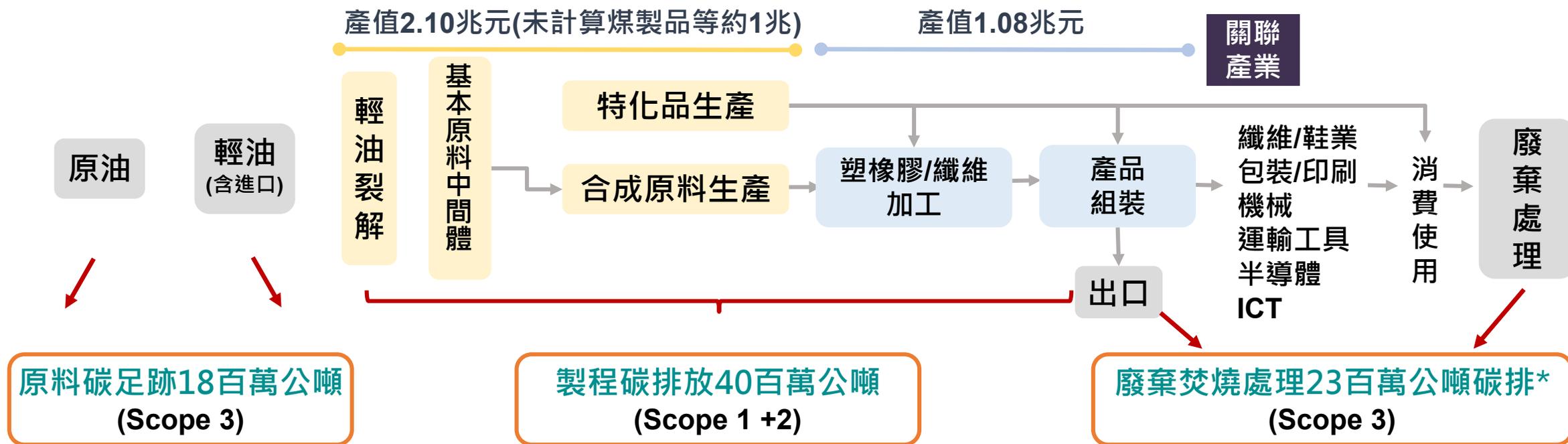
- 2019年全國溫室氣體排放量287.5百萬噸
- 2019年製造業溫室氣體排放量147.8百萬噸
- 製造業占全國比51%



Scope 1：製程直接產生的碳排 & **Scope 2**：外購的電力/蒸氣等能源利用之間接碳排

臺灣石化產業鏈-碳足跡

Scope 1 + Scope 2 = 40百萬噸碳排；Scope 3 = 41百萬噸碳排

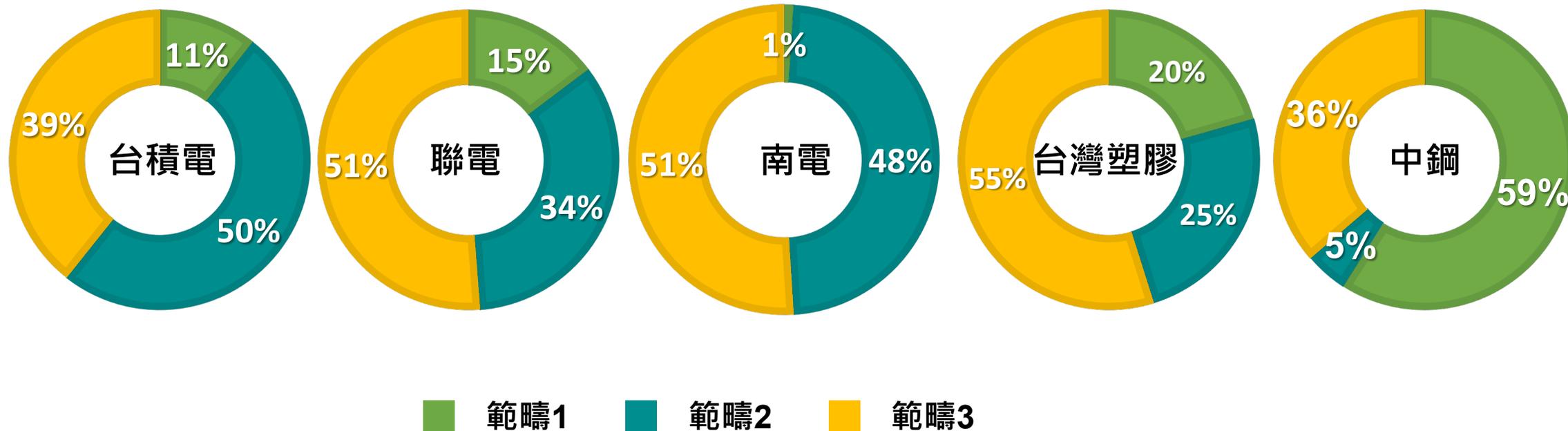


- Scope 1：製程直接產生的碳排；Scope 2：外購的電力、蒸氣等能源利用之間接碳排
- Scope 3：包含原料、使用、廢棄、運輸及活動等產生的間接碳排

* 300萬噸碳排來自於國內150萬噸廢塑焚化；2,000萬噸碳排為外銷產品廢棄後以焚化方式處理產出之碳排，亦計入我國產品scope 3範疇

臺灣指標公司2022年碳足跡分佈

範疇3(材料)為製造業碳足跡的重要來源



半導體業碳足跡(例)-台○○公司

主要指標	民國 109 年	民國 110 年	民國 111 年
溫室氣體排放 (公噸-二氧化碳當量) (包括範疇一與範疇二 市場係數法)	9,464,696	10,304,344	11,599,089
範疇一 (公噸-二氧化碳當量) ^{註1}	2,004,841	2,151,937	2,018,789
台灣廠區	1,710,677	1,808,427	1,669,770
子公司 ^{註2}	294,164	343,510	349,019
範疇二 (公噸-二氧化碳當量) (市場係數法)	7,459,856	8,152,497	9,539,765
台灣廠區	7,429,951	8,116,440	9,510,082
子公司 ^{註2}	29,905	36,057	29,683
範疇二 (公噸-二氧化碳當量) (區域係數法)	8,282,509	9,196,964	10,887,145
範疇三 (公噸-二氧化碳當量) ^{註3}	5,511,486	6,049,256	7,502,136
碳抵減 (公噸-二氧化碳當量)	4,125	241,577	616,271
含氟溫室氣體 (公噸-二氧化碳當量)	1,311,530	1,369,478	1,102,353

資料來源：111年度永續報告書(台○○公司)

工研院的低碳材料發展推動

民生·石化

- PET與織物循環
- 塑膠材料解聚循環路徑與技術建構
- 碳捕捉封存CCUS
- 低碳水循環
- 爐石、渣循環設計與應用

電子·綠能

- 易拆解PV模組設計及循環技術
- 面板循環應用技術與設計
- 可循環熱固材料與複材設計
- 電子級酸、鹼循環
- 製程副產物循環再生

農林漁牧

- 高效沼氣技術示範模場
- 檸檬皮與豆渣等生質物循環再應用
- 生物合成化學品
- 鈣循環高值化設計與生產技術

其他

- 衣服、塑膠智慧辨識分選技術
- 循環材料驗證與媒合平台
- 廢棄物智能存量管理與排清



石化產業低碳化轉型

低碳排放新料源取代石化原料，減少原油開採；生分解，回歸自然。

低碳材料與製程

CCU

觸媒轉化

基礎化學品：甲醇、甲烷、乙烷、丙烷、醋酸、多元醇、醛...

燃料油：汽柴油、航空燃油... 建材：碳酸鈣、碳酸鎂...

工業：發泡、乾冰、滅火劑、超臨界晶圓清洗/紡織染整、...

循環回收再製

熔融再製

加熱裂解

解聚再製

易拆解

塑膠粒/聚合物：PET、PU、PE、PP、EVA...

裂解物料：石油腦、寡聚物、單體、可燃混合氣

光電產品：物料/零組件 (PV、電池、面板)

生質原料

精煉純化

加熱裂解

生物工程

生分解材料

改質加工

特化品：中間體、色料、添加劑...

農作：養藻、植物工廠、生分解農膜...



二氧化碳捕捉與未來再利用-台電

燃煤電廠捕捉CO₂驗證

1. 場域：台中火力發電廠，2019年底啟動，
已運轉 > 20,000小時
1. 自煙道氣捕捉CO₂(醇胺捕捉劑)，每年可捕捉7噸
2. 將再建置年捕捉2千噸CO₂的CCU驗證(招標中)
3. 捕捉劑：立體阻胺捕獲劑配方，具高吸收捕獲效率及低脫附耗能

CO ₂ capture	2020	2030
Eng. Consum. (GJ/ton)	3	< 2.5
Cost (\$/ton)	50	< 35
Scale (kw)	1→300	> 50 Mkw



工研院 實驗室級觸媒與製程技術

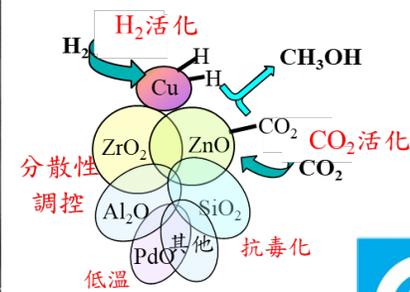
1. 運用台電-台中火力發電廠捕捉的CO₂氣源轉化甲醇，
反應溫度 ≤ 220°C (國際現況250°C)
2. 甲醇產量：3 公斤/日
3. 已與國內石化業者簽約進行開發
4. 觸媒技術：改質參雜修飾，銅鋅系觸媒材料

CO ₂ to CH ₃ OH		ITRI
Rxn. Temp.(°C)	250	< 220
H ₂ /CO ₂	3	3
Prod.*	630	> 1,000

*Productivity (g MeOH/g catal.h)



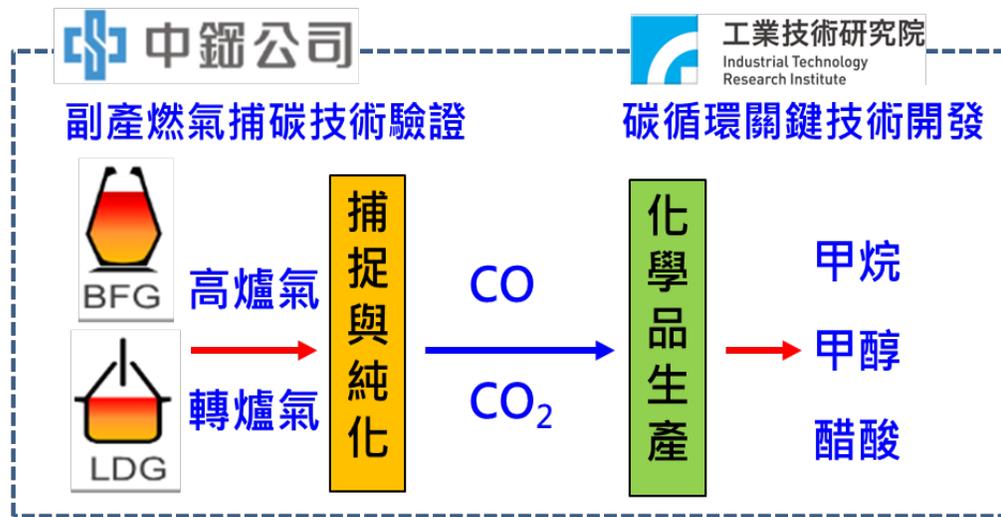
觸媒設計



碳循環技術-鋼化聯產跨域資源整合減碳

- 與中鋼合作啟動國內首座鋼化聯產先導工場(減碳4900噸)：結合工研院驗證系統包括CO₂捕獲/純化、電解製氫以及CO₂再利用轉化甲醇/甲烷系統
- 2040年成立「鋼化聯產」碳循環經濟園區，鏈結中油、中石化..等下游化工廠，以二氧化碳化學品創造永續循環

鋼化聯產第一階段：先導工場

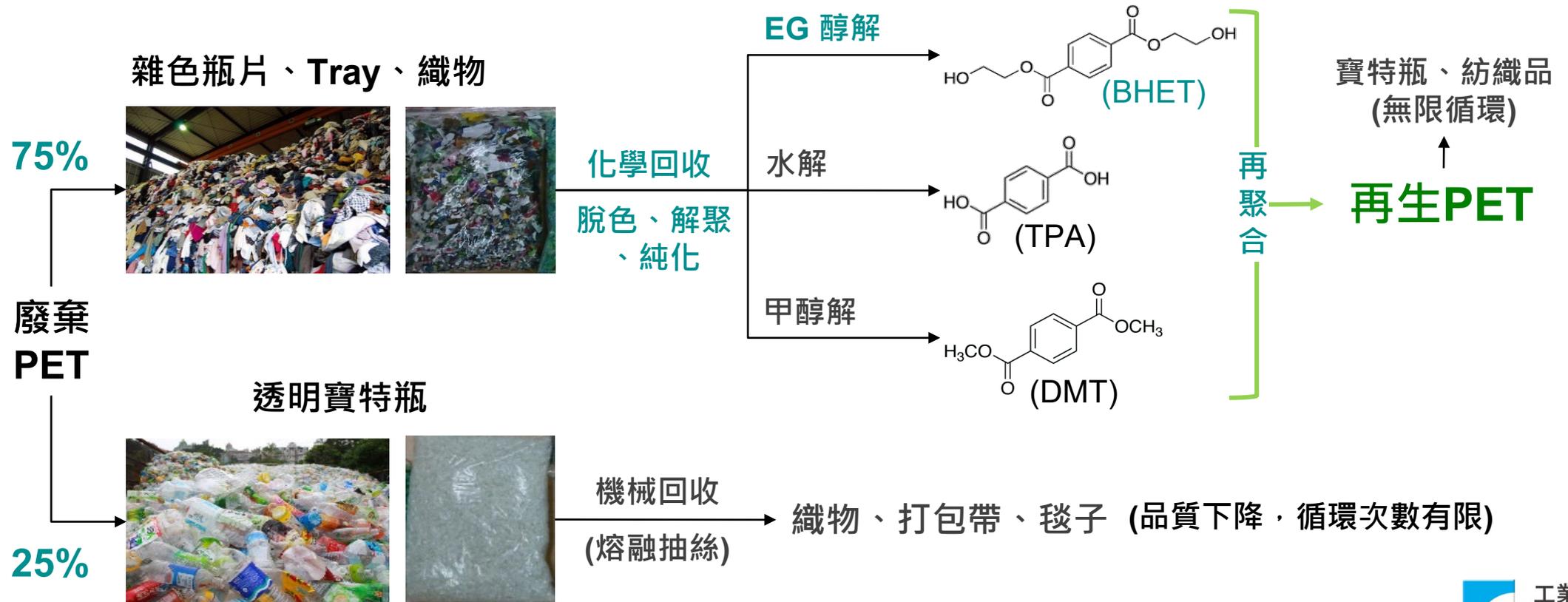


鏈結化學產業高值應用



低碳料源-解聚再生全新PET織品技術

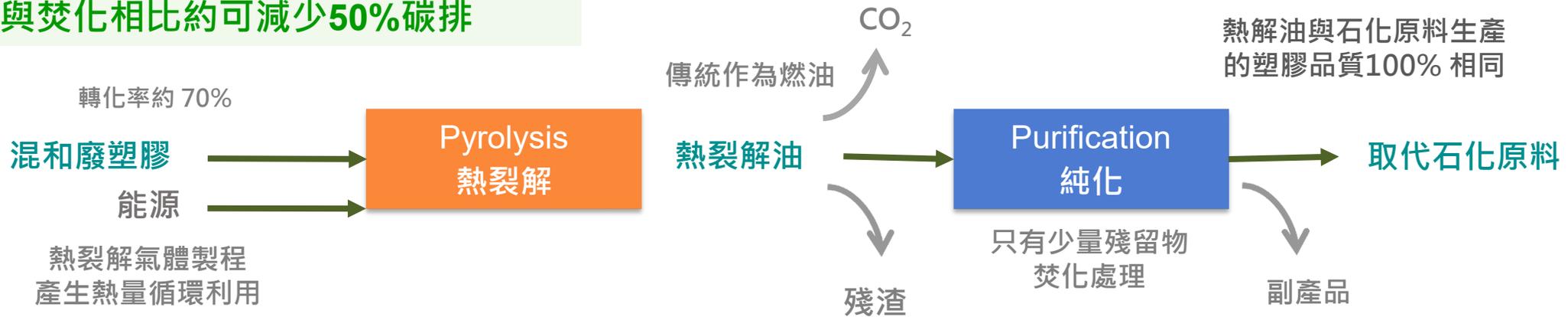
- 台灣 PET：320萬噸/年(纖維：包裝~6：4)，衍生產值~4千億，七成外銷
- PET再生：回收瓶片價格 0.9 USD/kg，PET新料價格0.78 USD/kg
- 生產能耗：與原生PET(vPET)相比，生產再生PET(rPET)所需能源少了59%



低碳料源-廢塑膠回收熱裂解再利用

- 聚烯熱裂解技術可以處理難以分類的廢塑膠並做為原料重新使用

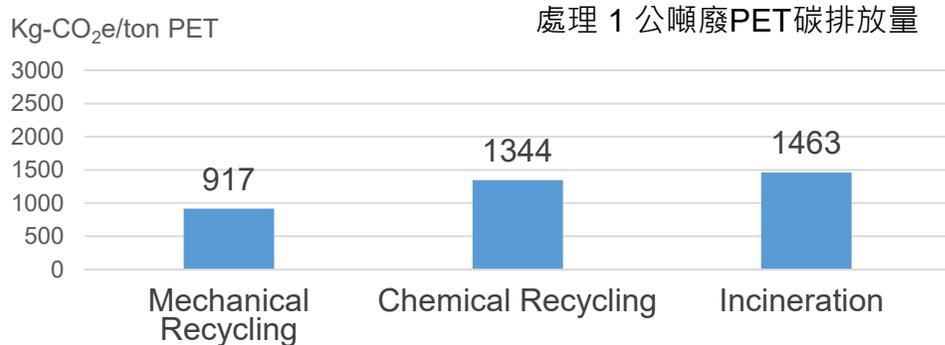
與焚化相比約可減少**50%碳排**



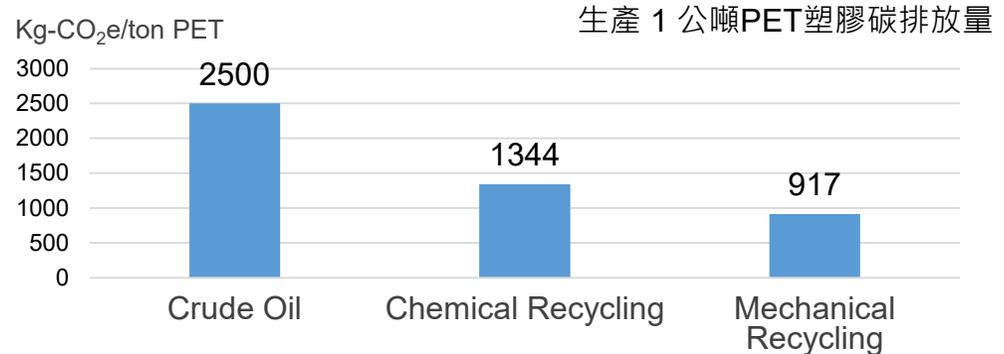
- 聚酯回收技術處理、生產具有減碳效益

物理回收可減碳**40~70%**; 化學回收減碳**20~50%**

廢塑膠處理方式減碳效益評估



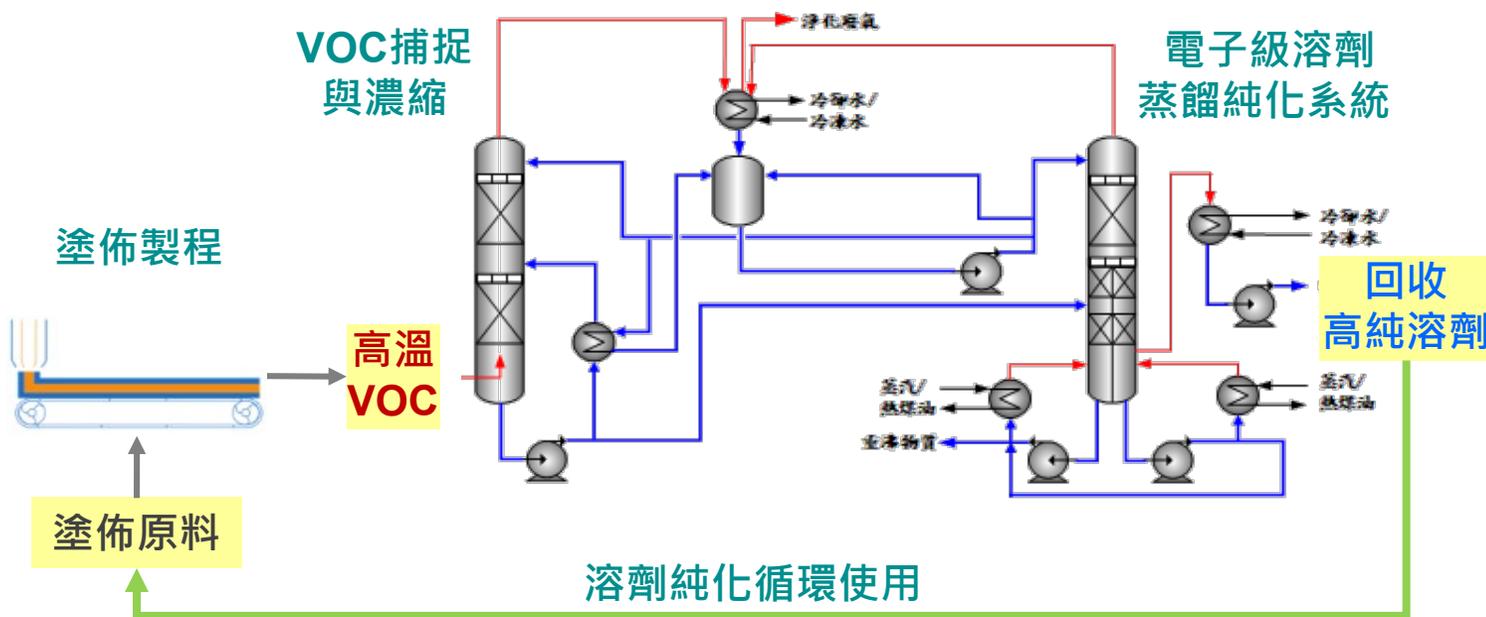
塑膠生產原料差異減碳效益評估



揮發性有機化合物(VOCs)綠色循環資源化技術

- 塗佈製程往往會產生大量VOC，ITRI結合捕捉濃縮及蒸餾純化技術(如變壓破共沸、分壁式蒸餾)將有價溶劑循環利用，取代傳統焚化處理法
- 以PI軟板大廠達邁為例，2022年回用7,200噸有價溶劑，可節省約1,000萬美金，並減少碳排2萬噸

	處理技術	VOC回收率	溶劑再利用
ITRI	捕捉濃縮(patented) + 蒸餾純化	>99%	電子級回廠內使用
Traditional	吸附/冷凝 + RTO燃燒	~85%	廢液委外

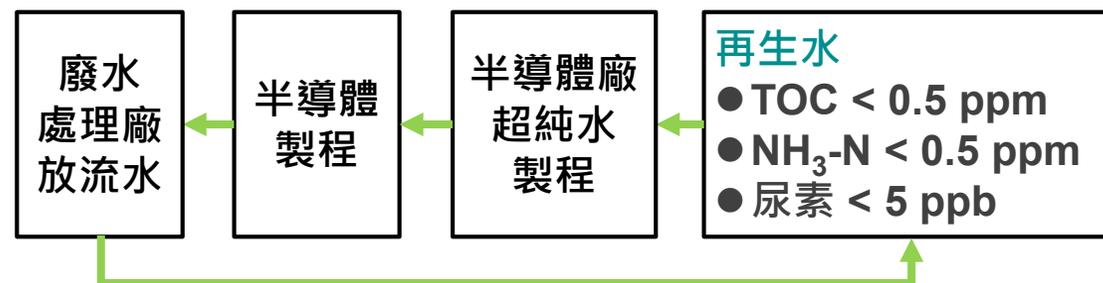


PI膜廠	 達邁科技股份有限公司 TAIMIDE TECH. INC.	~7200噸/年
DMAC NMP	 台虹科技	~300噸/年
面板廠	 群創光電	~6000噸/年
PGME PGMEA		
鋰電池廠	 Amita Technologies, Inc.	560kg/hr
NMP	 長庚國際能源	400kg/hr

水資源循環技術 半導體製程用水

- **tsmc南科再生水廠**，以南科園區污水處理廠放流水為原水，處理後作為**半導體製程用水**，為**世界第一個應用案例**
- 合作單位：**tsmc**、**工研院**及**中鼎公司**，**2022年9月19日**完成通水，每日產出**2萬噸**再生水
- 主要單元及功能：

- **BioNET**：去除 NH_4^+ 、TOC及尿素
- **FBC**：去除Ca、Mg、 PO_4^{3-}
- **AFB**：去除 NO_3^-



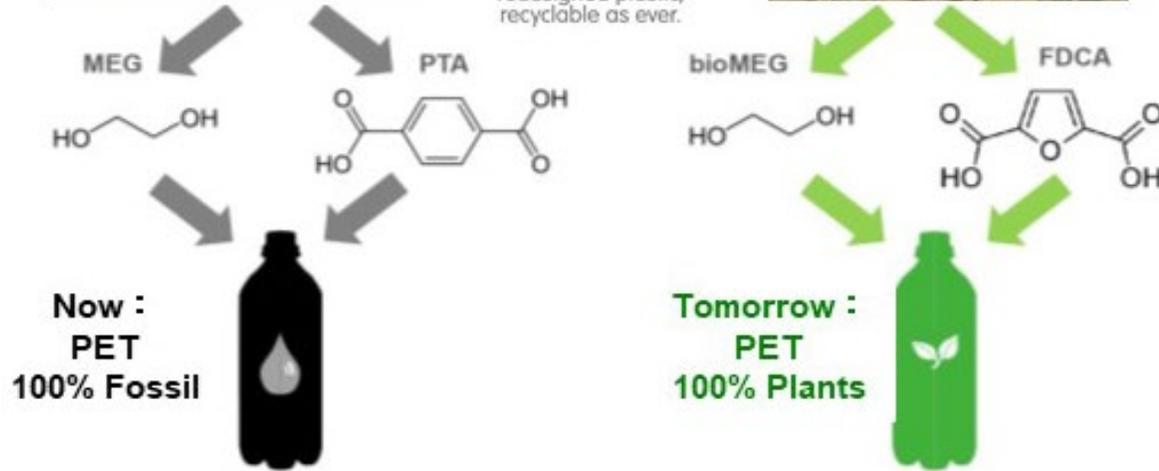
生物質材料導入降低碳排放量

- 生物質材(塑)料替代石化系塑料，可減少44~80%碳排放量。

來自石化系



來自生物質



生物質材(塑)料與其替代的石化系塑料比較



生分解材料於農膜應用

全球農膜年消耗**500萬噸**，回收成本高，殘留土壤難分解

- **常溫土壤分解農膜**：導入生質改質劑(生分解trigger)於PBAT結構，進行試量產吹膜
- 草莓園場域驗證(覆蓋8個月/崩解4個月)：① 草莓栽種(6個月) ② 轉作菜筍 (2~3個月) ③ 翻土掩埋(3~4個月)。PBATX農膜耐用佳，優於市售生分解農膜(耐用性不到3個月)。
- 配合雲林縣政府，推動生分解農膜試行(大於20公頃)，解決PE農膜需人工回收且焚化問題



