

公務出國或赴大陸地區報告（活動類別：進修）

113年因應氣候變遷調適及管理對策

國外研習報告書

服務機關：臺南市政府環境保護局

姓名職稱：陳幸芬副局長(德國團)

鄭華安科長、林佩瑩技正、呂靜瑋代理股長(韓國團)

派赴國家或大陸地區：德國、韓國

活動期間：

民國113年11月30日至113年12月7日(德國團)

民國113年12月 8日至113年12月14日(韓國團)

報告日期：

民國114年3月6日

目錄

目錄	I
圖目錄.....	II
表目錄.....	VI
壹、摘要.....	1
貳、活動人員名單.....	2
參、目的.....	3
肆、過程.....	5
伍、心得.....	114
陸、建議.....	121
柒、效益.....	123

圖目錄

圖 1 團員出發前於桃園國際機場合照	3
圖 2 Gino Van Begin 先生介紹 ICLEI 如何協助地方政府推動永續	7
圖 3 ICLEI 協助地方政府永續發展的五個路徑	7
圖 4 Olga Horn 女士介紹 ICLEI 全球循環經濟發展路徑	11
圖 5 ICLEI 研究與創新部主管 Pourya Salehi 先生講解氣候行動	15
圖 6 ICLEI 說明與高雄市的合作與未來發展	15
圖 7 ICLEI 全球倡導部 Yunus Arian 先生主講多層次治理課程	17
圖 8 團員參與 ICLEI 多層次治理課程合影	17
圖 9 德國市區隨處可見的電動共享滑板車	20
圖 10 可愛的卡通人物 BONNi 和 BO 是波昂市氣候教育的要角	22
圖 11 波昂市政府國際關係部 Susanne Nolden 女士分享及團長沈志修次長致贈紀念品	25
圖 12 團員與 ICLEI 專家交流情形	26
圖 13 團員與 ICLEI 交流後，於波昂舊市政廳前合影	26
圖 14 瑞曼迪斯利佩廠鳥瞰圖	27
圖 15 Loderbusch 先生介紹瑞曼迪斯利佩廠循環經濟理念	28
圖 16 於金屬渣類廢棄物回收金屬	29
圖 17 電子廢棄物回收貯存區	29
圖 18 廢木材回收運用於生質能發電	30
圖 19 塑膠循環再生相關設備	30
圖 20 廢舊鋰電池儲能系統	31
圖 21 Schneider 先生介紹瑞曼迪斯集團及未來展望	32
圖 22 團員於瑞曼迪斯大樓前合影	34
圖 23 團員參訪 EUREF Campus 園區合影	36
圖 24 Slodowy 介紹園區內之 GASAG SOLUTION+能源系統	37
圖 25 Weidner 介紹 DB ENCORE 公司鋰電池儲能系統	37
圖 26 參訪 DB ENCORE 公司鋰電池儲能系統	38
圖 27 團員於臺灣駐德國代表處門口合照	40
圖 28 張宇靖經理說明歐盟法規(ESPR、CSRD、CSDDD)	40
圖 29 搖籃到搖籃認證架構及永續產品生態設計規範	41
圖 30 團員與兩位德國碳定價專家交流	48

圖 31 Roland Geres 及 Philipp Geres 與團員合影	48
圖 32 分析碳定價在何種情況下最能發揮效益	49
圖 33 C2C 共同創辦人暨執行長 Tim Janßen 先生分享德國經驗	50
圖 34 從搖籃到墳墓及腐植質的流失	50
圖 35 被忽視的產品製造排放	51
圖 36 從搖籃到搖籃能使人類成為貢獻者	51
圖 37 積極的足跡能提升產品的效益	52
圖 38 螞蟻的生物質量是人類的 4 倍卻不會成為問題.....	52
圖 39 創新設計推動搖籃到搖籃	53
圖 40 物質護照是實現閉環模式的方法	53
圖 41 數位化的循環業模式及財務假設	54
圖 42 循環經濟的責任者與 C2C 認證	54
圖 43 Tim Janßen 為團員介紹 C2C 認證產品。左邊為吃薯條的小叉子，由植物 提煉製造，可生物分解。中間的購物籃是用超市的塑膠回收製成，單一材質可回 收再利用。右邊則是由單一	55
圖 44 資源循環署劉怡焜主任秘書分享我國資源循環的現況及未來.....	55
圖 45 團員與 Tim Janßen 先生交流循環經濟議題	60
圖 46 團員與德國 C2C NGO 成員一起合影	60
圖 47 參訪團與韓國環境部代表李東進博士合照	62
圖 48 韓國龍山區一般垃圾專用袋	64
圖 49 韓國推行重複使用容器	67
圖 50 韓國 2010 至 2019 年有機廢棄物增長情形	71
圖 51 麻浦資源回收設施參訪團合照	75
圖 52 麻浦資源回收設施建築外觀及全廠模型	76
圖 53 麻浦資源回收設施廢棄物傾卸平台及落地檢查作業區.....	77
圖 54 麻浦資源回收設施廢棄物進料貯坑及抓斗操作平台.....	77
圖 55 麻浦資源回收設施焚化處理設施剖面圖	78
圖 56 麻浦資源回收設施焚化底渣旋轉窯燒結爐	78
圖 57 韓國國家資源回收設施標準能源回收效率計算式.....	79
圖 58 麻浦資源回收設施半乾式反應塔、SCR 觸媒塔及二次袋濾集塵器配置圖	80
圖 59 麻浦資源回收設施焚化底渣及再利用產品（人行道磚）.....	80
圖 60 麻浦資源回收設施參觀廊道及環教導覽展示空間.....	82

圖 61 首都圈掩埋場環境介紹及問題交流	83
圖 62 首都圈衛生掩埋場分期掩埋區位置	84
圖 63 首都圈掩埋場滲出水處理廠	85
圖 64 首都圈掩埋場沼氣回收及捕捉設施	85
圖 65 首都圈掩埋場第二期掩埋區現況	86
圖 66 首都圈掩埋場第二期掩埋區下車實地參訪掩埋面.....	86
圖 67 首都圈掩埋場第三期(3-1)掩埋區域運作情形.....	87
圖 68 首都圈掩埋場參訪團合照	88
圖 69 忠北科技園區太陽光電模組資源回收中心	90
圖 70 廢太陽光電模組再利用系統介紹	90
圖 71 太陽光電模組組成	91
圖 72 廢太陽光電模組回收處理流程-鋁框架拆卸設備.....	92
圖 73 廢太陽光電模組回收處理流程-太陽光電板示範.....	93
圖 74 廢太陽光電模組回收處理流程-鋁框架收集流程.....	93
圖 75 廢太陽光電模組回收處理流程-背板示範	94
圖 76 鎮川太陽能板資源回收中心參訪團合照	94
圖 77 高陽生物質能源設施位置圖及設置成本	96
圖 78 高陽生物質能源設施建物外觀	96
圖 79 高陽生物質能源設施處理流程圖	97
圖 80 高陽生質能源設施前處理分離出異物展示區.....	98
圖 81 高陽生質能源設施中控室觀察進料情形及操作解說.....	98
圖 82 高陽生質能源設施參訪區展示資介紹設備圖.....	99
圖 83 高陽生質能源設施參訪區設備實際圖	99
圖 84 首爾市氣候環境本部組織架構圖	100
圖 85 首爾市廢棄物產生量來源分析	101
圖 86 首爾市桶裝廚餘清運(街道拍攝)	102
圖 87 首爾市試推行小型的家戶廚餘垃圾處理器	102
圖 88 首爾市一次性消耗用品規定現況	103
圖 89 首爾升級回收廣場外觀及入口處歡迎投影海報.....	105
圖 90 首爾升級回收廣場入口樓層說明	108
圖 91 首爾升級回收廣場進駐廠商辦公室區域	109
圖 92 首爾升級回收廣場木材升級與帆布升級回收應用公司.....	109
圖 93 首爾升級回收廣場 SUPer Market 陳列商品	110

圖 94 首爾升級回收廣場圖書館	110
圖 95 首爾升級回收廣場夢工廠櫃台及工具租借、縫紉區、木材加工及工具區	111
圖 96 首爾升級回收廣場升級再造屋體驗區、再造皮包及背包展示區	112
圖 97 首爾升級回收廣場回收資源材料牆	113

表目錄

表 1 臺南市政府出訪 113 年因應氣候變遷調適及管理對策國外研習名冊	2
表 2 瑞曼迪斯集團問題與答覆	32
表 3 FutureCamp Climate GmbH 議題及答覆對照表	44
表 4 Cradle to Cradle NGO 問題與答覆	55
表 5 韓國總體廢棄物產生量與處置方式	63
表 6 《資源循環基本法》與《循環經濟社會轉型促進法》比較	63
表 7 韓國能源回收設施數量與廢棄物處理費減免優惠比較	69
表 8 韓國 SRF 設施現況	69
表 9 韓國整體廢棄物管理政策議題及答覆對照表	72
表 10 麻浦資源回收設施介紹	75
表 11 高陽生物質能源設施介紹	95
表 12 首爾市廢棄物管理政策議題及答覆對照表	103
表 13 首爾升級回收廣場設施狀況	105

壹、 摘要

旨揭研習係由環境部主辦，分別於德國及韓國兩地進行研習。首先德國之研習，由環境部沈次長志修擔任團長，環境部綜合規劃司洪司長淑幸擔任副團長，並由環境部各司、署、院及6個地方政府科長級以上同仁共同參與，於113年11月30日至12月7日赴德國波昂、呂嫩、柏林等地與德國推動循環經濟及淨零碳排的地方政府、NGO 及企業進行交流，包括由超過124個國家及1,750個以上的地方與區域政府所組成的地方政府永續發展理事會(International Council for Local Environmental Initiatives, ICLEI)、德國瑞曼迪斯利佩廠(Remondis' Lippe Plant)、EUREF-Campus 環境創新園區、Cradle 2 Cradle NGO 等，同時也拜會我國駐德國代表處，與謝志偉大使及代表處同仁就德國近期在推動淨零減碳及循環經濟的作法交換意見。

另外，韓國之研習於113年12月8日至14日前往韓國首爾交流一般廢棄物管理制度及源頭減量推動成果，並參訪一般廢棄物處理、太陽能板資源回收、廚餘生質能源設施及源頭減量環教場所，研習一般廢棄物管理政策、處理設施操作管理及資源再造環教場域經營，並分享我國成果與經驗，雙邊互惠交流。

貳、 活動人員名單

本次出訪研習代表團由環境部及縣市環保局人員組成，本局德國團及韓國團成員分述詳列如表 1。

表 1 臺南市政府出訪 113 年因應氣候變遷調適及管理對策國外研習名冊

編號	中文姓名	英文姓名	職稱	研習國家
1	陳幸芬	CHEN,HSIN FEN	副局長	德國
2	鄭華安	CHENG,HUA AN	科長	韓國
3	林佩瑩	LIN,PEI YING	技正	
4	呂靜瑋	LYU,JING WEI	代理股長	

參、 目的

一、 德國團

因應氣候變遷挑戰與全球減碳的共同目標，循環經濟已成為各國推動永續發展的重要策略，而碳定價則是加速綠色轉型的關鍵政策工具。德國作為歐洲綠色經濟的領航者，不僅在建構循環經濟體系上有著豐富的成果，更有推動碳定價機制的執行經驗，促進資源循環利用與減少碳排放。本次透過規劃參訪德國與各單位交流，進而了解德國碳定價政策的規劃與實施、循環經濟的推動與實踐、企業及 NGO 參與政策建議及循環經濟落地運用的商業模式，作為我國政策規劃及執行的參考。



圖 1 團員出發前於桃園國際機場合照

二、 韓國團

韓國的廢棄物管理政策主要目的在減少廢棄物產生，最大化回收再利用，並確保廢棄物的環保處理和最終處置。政策上結合了法規措施、經濟激勵以及公眾參與，推動永續的廢棄物管理實踐。重要政策包括：

(一) 按量付費垃圾收費制度(VBWF)：

此制度於1995年實施，即我國的垃圾隨袋徵收制度，根據家庭或企業產生的垃圾量收取費用，鼓勵減少垃圾產生並增加回收率。居民需購買指定的垃圾袋來處理垃圾，垃圾袋的費用根據大小而有所不同。這種「按量付費」的模式顯著降低了垃圾產量並提高了回收率。

(二) 生產者責任延伸制(EPR)：

自2003年開始實施，該制度要求製造商對其產品及包裝材料的回收負責。生產者需回收一定比例的產品，促進環保設計並減少對環境的影響。

(三) 廢棄物能源化措施：

為了減少對掩埋場的依賴，韓國大力投資於垃圾焚燒發電設施，將城市固體廢棄物轉化為電力和熱能。此舉既解決了垃圾處理問題，又有助於能源安全和減少溫室氣體排放。

(四) 廚餘垃圾管理：

韓國針對廚餘垃圾實施了多項措施，包括強制分類、按重量計價、禁止直接掩埋，並推廣廚餘厭氧發酵生質能、堆肥和動物飼料的生產。

(五) 回收與資源再利用：

政府建立了全面的回收系統，包括可回收物的分類收集、公眾宣傳活動以及對回收行業的支持。目前韓國的回收率全球領先，約有86%的廢棄物被回收再利用。

(六) 一次用塑膠使用限制：

為應對塑膠污染問題，韓國對一次性塑膠用品（如一次性杯子和塑膠袋）實施了限制。政策包括禁止超市提供塑膠袋，並鼓勵使用可重複使用的容器，目標是減少塑料垃圾的產生。

韓國自2022年12月31日制定「循環經濟社會轉型促進法」，並於2024年1月1日實施，導入廢棄物管理新措施，目的為透過對產品生產、流通、消費等整體過程高效率的利用資源，將循環經濟的精神融入產品，使其經久耐用並得到適當的修復及評估循環使用的可行性，同時契合循環材料、循環利用及循環經濟三大策略，以達成減少廢棄物產生，促進廢棄物循環利用。

另外自2023年12月開始實施「沼氣法」，設定自2025年起公共部門、2026年起私人部門的沼氣生產目標，旨在將有機廢棄物（如污水污泥、食物垃圾、畜禽糞便等）轉化為可再生能源，擴大沼氣設施、推動從獨立設施轉型為整合設施，以及將沼氣廣泛應用於發電、供熱、交通燃料和氫氣生產，減少對傳統能源的依賴；因應太陽能發電衍生的廢棄太陽能板問題，亦建置回收處理再利用管道。

本次組團交流一般廢棄物管理制度及源頭減量推動成果，並參訪一般廢棄物處理、太陽能板資源回收、廚餘生質能源設施及源頭減量環教場所，研習一般廢棄物管理政策、處理設施操作管理及資源再造環教場域經營，同時也分享我國成果與經驗，雙邊互惠交流國際接軌，有助於研訂我國廢棄物管理再利用政策、環保設施操作營運、推動能源轉型及廢棄太陽能板回收處理借鏡參考。

肆、 過程

一、 德國團

(一) ICLEI 地方政府永續發展組織及推動策略研習

1. 背景介紹

地方政府永續發展理事會（ICLEI - Local Governments for Sustainability），簡稱為 ICLEI，是一個地方政府間國際組織，宗旨是追求永續發展並推動低碳、自然基礎、公平、韌性及循環發展方面的地方行動。ICLEI 於1990年9月在紐約成立，1995年 ICLEI 總部秘書處移設德國波昂。目前由超過125個國家及2500個地方與區域政府所組成的全球網絡，是個致力於協助地方政府推動城市永續發展的組織，在全球設有27個辦公室，500多個專業人員，全球目前共計超過2,500個地方及城市團體加入，每年有超過250個專案計畫跟地方政府合作推動執行。

臺灣目前已有12個縣市團體加入，包括臺北市、新北市、桃園市、新竹市、新竹縣、臺中市、雲林縣、嘉義市、臺南市、高雄市、屏東縣、花蓮縣。

2. 研習情形

(1) ICLEI 地方政府永續發展理事會介紹

A. 交流人員：ICLEI 秘書長 Gino Van Begin

B. 研習重點

- a. ICLEI 總部原本位於加拿大多倫多，2009年搬遷至波昂，選擇波昂作為總部的原因是該城市擁有超過20個聯合國機構，其中包括聯合國氣候變化綱要公約（UNFCCC）的總部。ICLEI 在波昂的全球秘書處負責全球協調工作，包括組織管理和主題方面。每層樓都設有一個會議室，供內部團隊或與外部合作夥伴開會使用。ICLEI 採取混合辦公模式，允許員工選擇在家線上工作或到辦公室實體工作，以節省通勤時間和減少碳足跡。但 ICLEI 並不會完全採用線上工作模式，因為在德國，面對面接觸仍然被視為建立信任和人際關係的重要方式。
- b. 為達成從地方到全球層級的永續發展，在地發起行動是更有效且具成本效益的途徑。ICLEI 作為全球領先的組織，致力於促進全球各地方政府在永續發展、環境保護及氣候變遷等領域的合作與行動，支持會員城市通過倡議、合作與交流，實現更具永續性的發展。
- c. ICLEI 治理結構：每三年召開一次會員大會，由九個區域分別

選舉出執行委員組成地區執行委員會(RexCom)，另由具有專業知識的成員組成全球執行委員會(GexCom)，由上述委員會設定永續發展策略與政策。

- d. ICLEI 在全球設有辦公室，包括：
 - 世界秘書處（德國波昂）
 - 東亞秘書處（韓國首爾、中國北京）
 - 大洋洲秘書處（澳大利亞墨爾本）
 - 東南亞秘書處（菲律賓馬尼拉）
 - 環境永續發展能力訓練中心（臺灣高雄）自2016年開始由世界秘書處的 Gino Van Begin 擔任秘書長，統籌規劃領導。
- e. 東亞地區有105個會員，2024年東亞秘書處執行32項計畫，包括：
 - I. 21項零碳發展活動（如城市交通去碳化實現永續移動、能源轉型促進計畫等）。
 - II. 6項自然基礎活動（如2030年打造韌性城市、清淨空氣城市計畫）
 - III. 3項循環發展活動
 - IV. 1項公平發展活動
 - V. 1項韌性發展活動。
- f. ICLEI 擬定了5條關鍵、策略性且相互關聯的發展路徑，可為城市制定和管理行動的指南並構成永續城市發展的基礎，透過路徑交匯可產生更大的效益。5條路徑為零碳排放發展路徑、以自然為基礎的發展路徑、公平發展路徑、公平發展路徑、韌性發展路徑。
- g. 零碳排放發展路徑；實現氣候中和，減少污染和排放，透過擺脫化石燃料並利用自然基礎解決方案來促進再生能源的發展，促進永續的客運和貨運移動，優先考慮步行、自行車、公共運輸和共享交通作為以人為本的解決方案。
- h. 以自然為基礎的發展路徑：保護並增強我們城市內外的生物多樣性和生態系統；在政策和規劃中優先考慮健康的在地環境，創造基於自然和生態系統服務的經濟機會；探索藍色和綠色基礎設施。
- i. 公平發展路徑：建立公正、安全和包容的社區，並解決系統性貧困和不平等問題；為所有人提供平等獲得城市基礎設施、商

品和服務的機會；維持文化多元且充滿活力的社區，在社會結構中融入多元與團結。

- j. 韌性發展路徑：預測、預防和從快速的環境變化帶來的衝擊與壓力中恢復：將韌性作為市政策略的核心，考慮到弱勢群體的權利和需求；透過透明的方式強化必要系統，以增進公眾對政府機構的信任。
- k. 循環發展路徑：建立一個在滿足發展需求的同時，採用可再生、可回收資源的社會；使城市經濟發展與資源消耗和環境退化脫鉤；發展閉環城市系統，並推廣可持續的廢棄物管理方案。



ICLEI – Local Governments for Sustainability

Gino Van Begin
2 December 2024

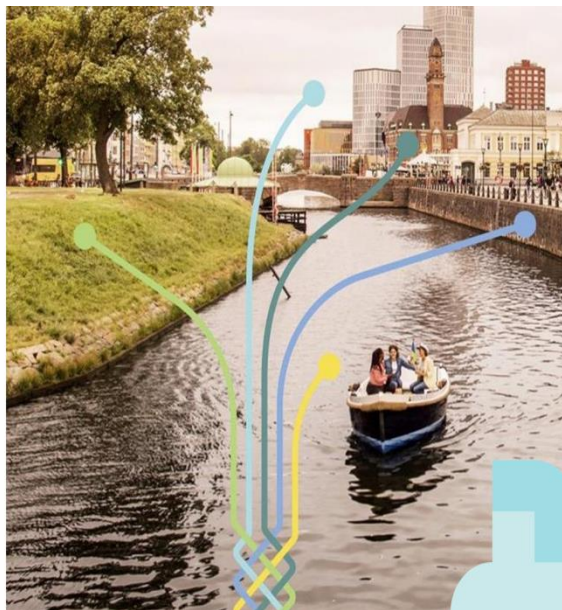


圖 2 Gino Van Begin 先生介紹 ICLEI 如何協助地方政府推動永續

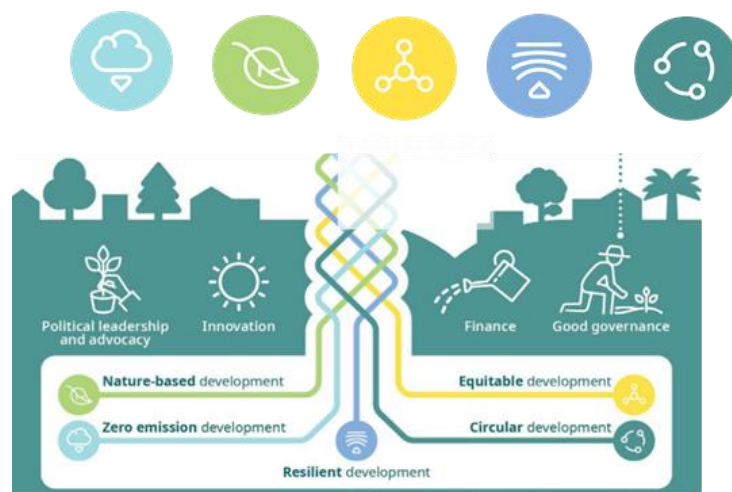


圖 3 ICLEI 協助地方政府永續發展的五個路徑

(2) ICLEI 推動循環城市發展的經驗

A. 交流人員：Olga Horn 女士（波昂市 ICLEI 全球秘書處）

B. 研習重點

- a. 循環發展作為可持續城市的途徑之一，通過循環發展路徑，經濟跟資源是共存的，資源透過各種再利用方式被再生或交換而不會被浪費。ICLEI 的全球循環發展途徑，透過堅實的團隊、配合各區域的專家來協助有意願的會員地方城市以公平等各項原則下達成可持續性的循環城市，而各城市可選擇各自強項來發展其循環城市，例如處理廢塑膠、或可重複的包裝材來發展，甚至協助其如何爭取經費。
- b. ICLEI 的循環城市發展路徑：提出了五個循環城市發展路徑，這些路徑內容涵蓋了循環採購、循環基礎、循環經濟、循環社區設施及循環學習等領域，旨在幫助以永續發展為核心的循環經濟模式。路徑的核心理念是重新思考產品和服務的設計，強調再生生產和減少產能，最終建立一個具有韌性的循環發展模式，其中，ICLEI 特別強調循環發展的概念，與各地形成合作，協助其實現循環發展目標。
- c. ICLEI 重點關注領域：在循環發展的工作中，特別關注以下幾個領域：食品、塑膠、時尚與紡織、建築環境、水資源、社會公平。創新技術的應用和循環經濟模式的推廣，有效減少資源的消耗並降低環境負擔。例如，在食品領域，ICLEI 則推動減少糧食浪費，提升糧食回收利用率；在建築環境方面，則強調建築材料的再利用和循環使用；而在水資源管理方面，ICLEI 則致力於提高水資源的回收和利用再利用。
- d. ICLEI 的工作方式：ICLEI 採取多種方式推動循環城市發展，以促進全球各城市的認知
 - I. 政策倡導：向政府官員提供資訊，例如在全球塑膠廢棄物處理談判中，ICLEI 向會議議員提供相關資訊。
 - II. 促進創新：重視市政府與產業合作，協助產業轉型。
 - III. 政策制定：協助地方和地區政府推出新的政策。
 - IV. 資金支持：協助地方政府取得相關的資金。
 - V. 城市交流：促進城市與城市之間的交流，分享最佳實踐經驗。
 - VI. 知識分享：建立相關知識平台，分享循環城市發展的知識和經驗。

- e. 循環城市實驗室：ICLEI 啟動了一個「循環城市實驗室」的計畫，旨在測試各種可重複使用的包裝系統。計畫期間從2023年1月到2025年12月。
- I. 可重複使用包裝是指設計目標僅限於同一用途使用的包裝，可以多次使用、清潔、重新裝填產品，符合循環經濟的目標。常見的可重複使用包裝例子包括：隨身杯、網購外送食品包材、化妝品包裝。
 - II. 循環城市實驗室的兩項重點實驗為測試新的包裝系統並評估其可行性；增強女性在循環經濟中的參與度。目標為減少廢棄物產生，降低二氧化碳排放。
 - III. 目前參與循環城市實驗室的城市包括：哥倫比亞的麥德林(Medellín, Colombia)、喬治亞的第比利斯(Tbilisi, Georgia)、阿爾巴尼亞的蒂拉娜(Tirana, Albania)、南非的一個城市（待定）
 - IV. 在循環城市實驗室項目中，ICLEI 與當地市政府和中小企業合作。中小企業提出相關的解決方案，並參與一個加速項目。ICLEI 會從中選出一個項目，並與當地市政府合作提供諮詢。
- f. ICLEI 也致力於促進城市間的交流，分享各城市在循環城市發展方面的成果和經驗。
- I. 策略與治理：如法國巴黎擬定分階段逐汰一次性塑膠的行動計畫，預計在2024年前逐步淘汰。
 - II. 獎勵措施：美國博爾德(Boulder)對當地企業的鼓勵措施，提供高達70%的退款(最高2,000美元)用於購買洗碗機及可重複使用餐具。
 - III. 法規與立法：德國慕尼黑1991年通過的商業廢物條例禁止在公共活動中使用一次性食品和飲料容器，如慕尼黑啤酒節的押金政策。
 - IV. 知識與意識的強化：韓國首爾宣示全市辦活動時將極力減少一次性塑膠容器或塑膠袋的使用。
- g. ICLEI 的其他循環經濟項目
- I. 最佳實踐手冊：收集整理全球各城市的最佳實踐案例，編制成手冊供會員參考。
 - II. 線上培訓材料：提供線上課程和教材，供教育活動使用。
 - III. 廢棄物消費與循環性空間：在聯合國環境規劃署

(UNEP) 的框架下，ICLEI 開展了“廢棄物消費與循環性空間”項目。

IV. 地方政府終結塑膠污染聯盟：在全球處理塑膠公約談判中，ICLEI 推出了“地方政府終結塑膠污染聯盟”。

V. 循環競爭與資源有效性全球聯盟：ICLEI 是循環競爭與資源有效性全球聯盟的戰略合作夥伴。

VI. 循環採購原則指南：ICLEI 制定了符合循環採購原則的指南。

VII. 地球可持續性公共採購計劃：ICLEI 是一個地球可持續性公共採購計劃”的領導者之一。

VIII. 建築領域的循環經濟：ICLEI 致力於在建築領域推廣循環經濟理念。

IX. 交通領域的循環經濟：ICLEI 計劃將循環經濟理念擴展到交通等其他領域。

h. ICLEI 與德國政府合作推動減塑的經驗

I. 在與德國政府合作推動減塑的過程中，ICLEI 主要與地方政府合作，並透過地方政府與民眾溝通。ICLEI 認為，減少原生塑膠的生產才是最有效的減塑方法，但這需要經濟部門的配合。ICLEI 在喬治亞的項目中，環保部門和經濟部門合作，環保部門制定相關規定，經濟部門提供補助，鼓勵中小企業使用可重複使用的產品。

II. 在與德國政府推動減塑的過程中，著重在如何制定相關目標，以及是否有公民參與的機制。ICLEI 的工作方式通常是先與地方政府合作，再由地方政府負責公民參與的部分。ICLEI 沒有直接與民眾溝通的機制，但所有工作都是透過地方政府進行。

III. ICLEI 也提到了臺灣在減塑政策上面臨的問題，環境部鼓勵民眾減少使用一次性塑膠產品，但更有效的做法可能是從源頭限制塑膠產品的生產，而這屬於經濟部的職權範圍。在德國，ICLEI 會與環境部門和經濟部門合作，共同推動減塑項目。環境部門制定相關法規，而經濟部門則提供補助，鼓勵中小企業多使用可重複使用的產品。



圖 4 Olga Horn 女士介紹 ICLEI 全球循環經濟發展路徑

(3) ICLEI 的氣候行動(高雄-ICLEI 氣候中和與智慧城市實踐)

A.交流人員：Mr. Pourya Salehi（ICLEI 研究與創新部主管）

B.研習重點

- a. ICLEI 在全球各地設置分會辦公室，主要協調該區域的相關計畫與行動，提供技術諮詢、資訊服務、教育訓練與國際接軌與交流等，高雄市位處 ICLEI 亞洲地區的主要分會之一，定位是要在永續發展與創新領域扮演領先角色，因此 ICLEI 提供一個平台協調幫助高雄市在全球環保與氣候變遷行動中，不僅讓高雄市提升國際形象，還能為其他城市提供可借鑒的解決方案。
- b. ICLEI 作為地方政府永續發展領域的先驅，對高雄市的發展具有極大的支持作用，ICLEI 氣候行動專案主要目的
 - I. 幫助高雄市實現其永續發展與氣候淨零目標
 - II. 促進夥伴學習和協作
 - III. 提升國際能見度
 - IV. 辨識高雄市挑戰與需求
 - V. 建立最佳實踐共同體
 - VI. 與全球其他城市交流與合作，共同應對氣候變遷帶來的挑戰
- c. 合作成果與發展
 - I. 高雄市與 ICLEI 的合作成果包括：深入調查與評估高雄市的現況、制定量身定制的調查方法，這一方法已經在

全球46個城市進行過類似的調查。這些調查為高雄市提供了強有力的工具，有助於發現潛力與挑戰，並為未來的永續發展計劃提供基礎。

- II. 建立最佳實踐的共同體，這一共同體包括來自東亞及其他地區（如澳洲、歐洲等）的城市。2024年12月12日高雄市舉辦一個混合型工作坊，這將是與其他城市交流合作的重要起點，並專注於發掘高雄市的潛力與挑戰。同時，2025年3月高雄市將舉辦智慧城市高峰會，同步進行相應的工作坊，此工作坊的主要目的是深入了解高雄市在氣候變遷面臨的挑戰與需求，並開始探索如何進一步推動合作與行動。
- III. 高雄市在氣候行動的實踐：高雄市為氣候中和與智慧城市的實踐，設定了具體且挑戰性的目標。首要目標是到2030年減少30%的碳排放，並最終實現淨零碳排放。為此，高雄市已經提出了一些重要政策和措施
- IV. 高雄淨零城市發展自治條例：內容包括輔導產業盤查與減量、推動再生能源、開發行為溫室氣體增量抵換、建築物能效揭露及運具電動化，期望搭配法規，具體落實各項減碳目標及政策。
- V. 高雄淨零城市發展自治條例：內容包括輔導產業盤查與減量、推動再生能源、開發行為溫室氣體增量抵換、建築物能效揭露及運具電動化，期望搭配法規，具體落實各項減碳目標及政策，產業涵蓋鋼鐵、石化、電子、能源及循環經濟業，其中不乏中鋼、中油、台電、台塑、群創、長春等國內指標企業。除了產業淨零大聯盟，高雄訂定製程改善、循環經濟、能源轉換三大產業減碳策略，同時設定2025年全市汽電共生廠全面脫煤340萬噸及興達電廠燃煤機組除役等目標，協助國家能源轉型工作。長期則依產業特性，導入鋼鐵業氫能冶煉、石化業碳捕捉再利用等技術。
- VI. 高雄市訂定城市2050淨零路徑及策略：
 - i. 能源方面，成立綠電推動專案小組，設定 6 年 1.25GW 光電目標，列管 1000 餘棟公有建物屋頂、推動漁電共生、輔導私有住宅，年減碳量相當於 413 座都會公園。
 - ii. 住商方面，於今(103)年推出高雄厝 4.0，修改相關設

計及回饋辦法，加強建物通風、立體綠化、綠能屋頂。
未來更將由市府帶頭，揭露建築能效並逐步提升等級。

- iii. 交通運輸方面，目標於 2030 達成公車及公務機車電動化，2040 公務汽車電動化。同時推動輕軌成圓、捷運黃線及延伸線等建設，搭配 YouBike、共享運具，完善大眾運輸系統。
- iv. 資源循環方面，推動畜牧糞尿、焚化底渣再利用，逐步將污水處理率提升至 100% 並擴大再生水使用，長期將焚化廠轉型為高效率綠能發電廠，創造資源循環零廢棄環境。
- v. 為協助產業建構盤查、減碳能力，並了解國、內外淨零趨勢、法規，還成立了「高雄淨零學院」，以培育市政府、產業淨零人才，另外也以大南方治理、低碳供應鏈角度，與鄰近縣市合作，共同建構減碳生態圈，確保擁有所需的專業知識與技術支援。

d. 高雄市在國際會議的能見度

高雄市因應候變遷所提出的政策及措施，有助於高雄市在區域及全球氣候行動中建立起領導地位，並為其他城市提供有價值的經驗。在 COP 29 聯合國氣候變遷綱要公約 (UNFCCC) 全球創新中心，ICLEI 與高雄市合作舉辦了專門的活動，讓高雄市有機會向全球觀眾介紹其在氣候中和與智慧城市方面的努力與成就，由高雄市環保局副局長在會議上發表並分享高雄與 ICLEI 的合作成果。這不僅幫助提升了高雄市的國際形象，也讓其他城市對高雄的實踐經驗產生了極大的興趣，並取得了廣泛的國際認可，如聯合國氣候變遷綱要公約 (UNFCCC) 全球創新中心專案經理 Massamba Thioye 表示，對高雄市的努力高給予高度讚賞，並指出高雄的實踐為其他城市提供了寶貴的參考。另外來自使命創新淨零的執行長 Dennis Pamlin 也表示，高雄可能是世界上第一個將擴大氣候和創新議程納入旅遊和文化工作的城市。

e. 最佳實踐共同體社群的建立

- I. 為了協助高雄市及其他城市更好地應對氣候變遷，ICLEI 倡議建立一個「最佳實踐共同體」，這個社群將包括來自東亞、亞太地區以及其他地區的城市。這些城市通常面臨相似的氣候挑戰，如工業污染、碳排放等，因此，透

過合作，它們可以互相學習，共同尋找應對氣候變遷的有效解決方案。

II. 最佳實踐共同體的建立將聚焦於以下幾個方面：

- i. 分享成功的經驗與策略，特別是在減碳、智慧城市建設等領域。
- ii. 促進東亞及亞太地區的城市間的合作與互動，讓各城市在面對共同挑戰時能夠集思廣益，找到有效的應對策略。
- iii. 透過交流與合作，提升高雄在全球的氣候領導地位，並讓其他城市受益於高雄的經驗。

f. 臺灣及國際合作的機會

高雄市的合作模式和實踐在亞太地區，尤其是在工業城市和港口城市中具有示範作用。ICLEI 希望通過合作，能夠促進更多地方政府參與，並與國際機構及其他城市建立更為緊密的合作。在這個過程中，ICLEI 也會幫助高雄市和其他地方政府尋找與如國家環境研究院、國際機構及民間部門等合作的機會，進一步推動地方層級的氣候變遷應對。

g. 轉型行動計畫（TAP）

I. 轉型行動計畫是 ICLEI 為協助地方政府應對氣候變遷與永續發展挑戰而推出提供財務支持的全球倡議。這一計畫的主要目標是將地方政府的淨零排放與永續基礎設施概念轉化為成熟且可融資的專案，並幫助地方政府獲得所需的資金支持，並將其專案實現，進而在全球氣候行動中發揮更大作用。

II. TAP 計畫的運作機制包括三個主要步驟：首先是進行專業調查評估與專案設計，透過 TAP 平台展示，增加其吸引潛在投資者的能見度。其次是提供專業支持，協助其發展成為符合國際標準、能夠獲得資金支持的計畫。最後，向提供資金的機構介紹這些專案，幫助地方政府獲得必樣的財政資源。



圖 5 ICLEI 研究與創新部主管 Pourya Salehi 先生講解氣候行動



圖 6 ICLEI 說明與高雄市的合作與未來發展

(4)多層次治理與 ICLEI 全球倡議

A.交流人員：Yunus Arian 先生（ICLEI 總部全球倡導部）

B.研習重點

a.多層次治理簡介

I. 所謂「多層次治理」(multi-level governance)，係指跨疆界、跨層級的一種「多層次」結構運作，多層次治理包含垂直與水平面向，「多層次」意指政府的公共政策決策在各層級行政管轄領域的互動性與相互依存性增加，「治理」亦指政府與非政府行為者間在各行政領域的互

動性、相互依存性也愈來愈密集。多層次治理概念的提出，與國家及中央政府角色改變有密切關係，雖然國家或政府機關對社會的控制與管制角色不變，但是其他層次和其他行為者，包括非國家行為者、非政府行為者在政治舞台或是社會經濟領域也扮演重要角色。而所謂「治理」不再僅僅是中央政府獨占權力，而是由「多元管轄機構」所構成，並形成多層次治理型態，非國家行為者、非政府行為者也可以參與政府決策，參與制定公共政策並影響政府政策。

II. 近年來全球網絡關係的形成，強化了國家與國家、企業與企業，甚至人類彼此之間的相互連接與相互依賴，在政治、經濟、產業、科技、環境交流上有著愈來愈快速的交互影響。因為全球化時代的到來，國家（尤其中央政府）必須與國際或超國家組織、區域經濟整合組織、地方政府、企業及其他民間組織，在全球場域中進行競爭與合作。因此，多層次治理逐漸形成一種新治理型態的網絡關係，且多層次治理興起之後，國家的主權將不斷分散，而轉移到國際或超國家組織、區域經濟整合組織、地方政府，甚至企業或民間組織手中，國家（中央政府）僅為其中的某個行動者。亦即，「集體的決策」將是全球化時代的新治理模式，例如：企業會影響政府決策，而中央政府也可以引導企業或授權地方政府或民間團體執行政策，同時也會受區域整合機制及其他超國家組織的影響。

b. ICLEI 全球倡議主要計畫

I. 本次訓練安排 ICLEI 總部全球倡導部主管（Head of Global Advocacy）Yunus Arian 先生主講多層次治理，課程重點在於說明全球區域治理的各項倡議，包括聯合國各項環境公約，並介紹 ICLEI 於2024年至2027年所參與的全球倡議項目。

II. ICLEI 清楚勾勒出2024年至2027年間的全球倡議主要計畫，期望從地方行動來增進全球永續性，並說明 ICLEI 所參與之國際環境協定，特別是氣候變遷、生物多樣性和里約公約等。策略包括利用 ICLEI 作為這些公約的焦點角色、強化合作夥伴關係，並影響更廣泛的政治議程，

如 G7和 G20。同時也列出了一系列 ICLEI 後續將參與的國際活動，從聯合國峰會到各種 COP 會議及環境大會等。ICLEI 表示，透過多層次治理，以城市為主軸，從區域到國家再到全球層級，推動各項倡議行動，可實質影響決策並加速落實永續發展目標。



圖 7 ICLEI 全球倡導部 Yunus Arikian 先生主講多層次治理課程



圖 8 團員參與 ICLEI 多層次治理課程合影

(二) 波昂永續發展與氣候行動

1. 背景介紹

波昂有33萬餘居民，來自 170 個國家。興建於17世紀，當時主要由貴族儲侯及主教統治。市徽是由上半部的十字架及下半部的獅子組

成，分別代表歷史上受市府/法院及教會力量統治管轄的象徵。

有26 個聯合國組織（如：聯合國氣候秘書處、聯合國志願者計畫、聯合國系統職員學院以及永續發展目標行動運動等）在波昂設立，並開展 2030 年工作議程「塑造永續的未來」。聯合國主要會議如 COP 9 CBD (COP12 Pyeongchang) 和 COP 23 UNFCCC；學術團體波昂永續發展聯盟研究、IDOS 也在此設立。波昂有超過 150 個非政府組織、國際組織、科學機構以及非常活躍的民間社會。波昂市政府下設國際與地方永續事務部門，主責國際永續發展組織與會議之連繫、城市間夥伴關係、網路建構和永續發展目標的在地化。

2. 研習情形

(1)交流人員

單位：波昂市政府國際事務部及永續發展部

姓名：Susanne Nolden 主任

(2)研習重點

A.波昂的永續發展策略與執行成果

- a. 波昂的永續發展策略係基於「全球永續地方政府計畫架構」，於2019年2月由市議會通過，經過2年參與式討論完成制定。該策略整合串連多層級，縱跨全國、邦及城市的 OECD 目標，將 SDGs 具體落實到波昂行動的六個市政領域，包括：(一)交通運輸性、(二)氣候與能源、(三)自然資源與環境、(四)勞工與商業、(五)社會參與與性別及(六)全球責任與一個地球。波昂以 OECD 項目指標測量城市與區域 SDGs 進展（共135個指標，涵蓋17個 SDGs 面向），其執行成果達到/略高於 OECD 的平均水準，其中領先的施政指標包括：健康優勢、創新和進入綠色空間--清潔能源、空氣品質和運輸的潛力。
- b. 國家自願檢視報告(VNR)是各國提交的永續發展目標的監測工具，地方自願檢視報告(VLR)則是這項重要工具的在地化，促進對話並展現地方城市對國內和國際永續發展目標實施的貢獻。VLR 是永續發展報告推進的藍圖和進一步發展的起點，在市政永續預算規劃和政治決策中，VLR 成為行政部門施政的重要工具。
- c. 自2005年起，波昂採用永續指標來衡量永續性進展，第五次波昂永續發展報告(2016~2018)，使用了 55 個涉及 17 個 SDGs 的指標。波昂 VLR（2020、2022）係根據6個市政行動領域的發展，以現有的永續發展報告為基礎，連結城市永續發展策略

目標（使用46個指標）。波昂 VLR(2022)也成為德國永續發展委員會制定的「永續城市」標準化報告架構的試點(pilot)之一，報告中將定量和定性的指標結合，透過強烈、簡潔的視覺化圖表加以呈現，這份 VLR 也激發了全球合作網絡，與志同道合的城市、大學或公司，建立國際夥伴關係。

B. 波昂氣候計畫

- a. 波昂於1990年啟動氣候行動，2019年市議會通過宣布氣候緊急狀態，並將實現氣候中立的目標年訂在2035年，從2023年開始執行第一份氣候計畫，同時推動生物多樣性計畫2.0與整合氣候調適策略。
- b. 自2020年起啟動為期兩年的參與計畫「Bonn4Future--我們為氣候奮鬥」--由市民公眾合作參與，並由政府 and 轉型城鎮倡議共同實施，所需資金則由政府資助。“Bonn im Wandel”（轉型中的波昂）城鎮轉型倡議也是由公民提出，納入了Bonn4Future 願景、施政措施清單及所有回饋到氣候計畫的合作措施中，並以合作(Co-operation)、共同創造(Co-creation)、轉型(Transformation)及鼓勵(Encouragement)等原則推動。
- c. 2023年波昂第一個氣候計畫開始實施，邁向 2035 年氣候中和目標，該計畫並不斷更新和擴展，Bonn4Future 的成果也被納入氣候計畫。波昂氣候計畫得以順利推動的因素為：(一)政治意願與決定：市議會決定《氣候緊急宣言》和《2035年氣候中和承諾》，以及《2035年氣候計畫》；(二)人民和社區的參與權：在民間社會的推動下，Bonn4Future 制定了我們未來城市的願景；(三)推廣和激勵措施：補貼誘因使太陽能計畫在過去幾年中擴大了兩倍。以下簡要說明波昂氣候計畫的實施面向及具體措施：

I. 綠色交通運輸

- i. 交通運輸行動領域的策略有三：1、透過更少移動、更多共享和更短行程來避免機動車輛的交通載運；2、變換為步行、騎自行車或大眾運輸等環保交通方式；3、改用對氣候友善載運系統（電動運具）。

- ii. 透過擴大電動車裝載基礎設施、擴大自行車基礎設施（新路線、車道、標誌）、貨運車道路標、企業交通移動管理及推動通勤者共乘—包括大眾運輸、共享自行車和載貨自行車等，成為交通運輸方式組合的一部分等組方案達成目標。

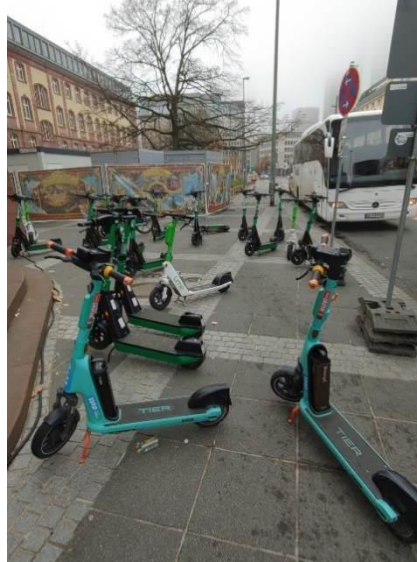


圖 9 德國市區隨處可見的電動共享滑板車

II. 改變建築能源結構及使用效率

透過提高建築能效標準及提供補貼誘因，提升建築能源效率和使用再生能源，目標到2035年將能源消耗減少42%，並使用100%再生能源。當業主出售建築房舍時，KfW 55（Kreditanstalt für Wiederaufbau, KfW【德國復興信貸銀行】）的建築能源效率標準即對投資者俱有約束力（符合者，政府補貼貸款金額5%，每個住宅單元最高補貼5,000歐元）。2021年起，對市政建設實施更嚴格的 KfW 40標準（符合者，政府補貼貸款金額10%，每個住宅單元最高補貼10,000歐元），其目的在實現建築的極低能耗。此外，透過能源機構協助私人業主為其建築物尋找最有效的能源解決方案，如利用再生能源發電：市政建築屋頂裝設太陽光電系統、污水沼氣用於發電、運用太陽能加熱公有游泳池池水。具誘因的補助政策也是重要工具之一，補助市民安裝太陽光電系統，裝置容量每千瓦補助 300 歐元；裝置太陽能供熱系統吸收器，每平方公尺補助150 歐元，租戶亦可申請。合理化插入式太陽能系統價格，讓低收入

市民也能安裝。

III. 波昂氣候指南針

- i. 首次應用波昂新城市數據資料平台 (Urban Data Platform, UDP)，設計並建構波昂氣候指南針 (Bonn Climate Compass) 儀表板，以圖形化的管理資訊，可以一目了然地顯示波昂氣候計畫實施狀況和進展。
- ii. 開放資料庫軟體 Superset 可以從 UDP 及外部來源（如天氣數據）提取相關數據資料，並以各類型的資訊圖表呈現。儀表板可以實現資料的視覺化，並且具備分析功能及包括時間在內的各種過濾器，可以連結現有和未來的儀表板，協助產出氣候行動規劃和永續發展報告。波昂氣候指南針接下來的目標是在平台上展示《2035 年波昂氣候計畫》的所有指標。

IV. 指定氣候區 (climate districts) 及強化社會凝聚力

指定波昂4個城區為氣候區 (climate districts)，加強民間社會參與，並支持社會變革以實現氣候中和。Beuel 和 Bad Godesberg 將於2024年投入營運。這些地區是在經過資料系統分析以及與利害關係人討論後選擇產生的，未來對試行區的優惠可以逐步轉移到其他地區。民間社會參與者可以在具包容性、參與性的空間中，共同努力推動實現氣候中和，從而刺激創新、網路和新行動。強化鄰里協會和永續發展倡議，並與資源和培訓機會連結網絡。這些活動是由城市、民間社會和公民組織發起，注重社區參與，並適合所有人親身參與實踐。新成立的兒童和青少年諮詢委員會也提出建議，各項計畫及活動，要確保兒童和青少年的利益足以獲得充分考量。

V. 教育和推廣範例

- i. 波昂能源日：自 2007 年起，一年一度的波昂能源日由波昂市政府、SWB Energie und Wasser（市政府能源和水供應商）、波昂消費者諮詢中心和波昂能源機構共同舉辦。2020 年能源日主題遠遠超出了節能、再生能源和補貼計畫等既定主題。展示的新面向包括新的住房形式、鄰里汽車共享、建築材料的資源方面、智慧家居。

- ii. 波昂氣候大使-小學生計畫：自 2012 年起由市長組成專家顧問委員會，主持推動「BONNi & BO 氣候認可計畫」，該計畫得到波昂儲蓄銀行和 Stadtwerke Energy & Water 的支持。將每年五月訂定為小學的氣候月，三年級學生會透過卡通人物 BONNi（波昂市徽上的獅子）和 BO（北極熊，象徵氣候難民）學習採取氣候行動，四年級學生的學習則跟進特殊日曆(Klima-Kalender)。2024 年有 45 所小學的 2,700 名兒童成為氣候大使，2012-2024 年間計有 22,000 名三年級學生成為氣候大使，氣候大使也進一步對家庭和社區氣候意識和行為的影響產生加乘效果。同樣的計畫也在多個城市複製，例如：姊妹市玻利維亞的拉巴斯。



圖 10 可愛的卡通人物 BONNi 和 BO 是波昂市氣候教育的要角

VI. 國際交流

- i. 以永續性和團結為動力，透過雙邊計畫以及共同參與網路進行宣傳，2022 年永續發展目標夥伴關係會議成功召開，邀集多個姊妹城市齊聚一堂。與諸多民間團體、非政府組織簽訂共同合作協議，包括對於關注永續議題或區域活躍的非政府組織、人道組織、文化機構、學術機構及學校和教育機構。
- ii. 波昂將 2025 年城市最佳實踐手冊，提供其他城市參考，如「循環採購指引」，為永續性消費及生產提供實踐目標與方向的引導。實例：慕尼黑啤酒節，不再使用一次性產品及飲料容器。
- iii. 波昂也積極與國際城市成為夥伴合作關係，例如：(1)

海岸角：潟湖復墾、環境教育、廢棄物管理。(2)布哈拉：永續旅遊業與旅館業、性別與平等。(3)拉巴斯：建立預警系統、再生能源、生態高效的市政、塑膠和紙張廢棄物回收、高效用水及支持建立門診醫療保健系統。(4)赫爾松：支持衛生部門，提供廢棄物管理和重建車輛。

- iv. 波昂自 1999 年起成為 ICLEI 會員，同時也是 ICLEI 全球秘書處所在地。在波昂主辦的全球城市聯席會議包括：韌性城市(Resilient Cities, 2010-2019)、大膽城市(Daring Cities, 2020-now)，波昂透過氣候、生物多樣性、循環經濟、復原力、綠色採購等不同的議題與各國夥伴城市合作。ICLEI 具備城市永續發展使命的獨特性，可直接接觸聯合國，作為全球工作小組與城市和地區的聯絡點。
- v. 波昂有一項與主要聯合國/國際會議連續召開市長會議的傳統（1999 年沙漠化、2003 年早期預警、2004 年再生能源、2008 年生物多樣性、2017 年氣候），讓地方政府的意見和聲音成為生物多樣性、氣候、土地、永續發展目標之全球辯論的一部分。
- vi. 國家目標需要與所轄地方策略保持一致--例如國家自主貢獻 NDCs，波昂透過多層次/多利害關係人形成合作，積極參與城市網絡（共同組成全球城市和地區工作小組）組織，特別是 ICLEI、CEMR 和 Eurocities，倡導國際合作和縱向一體化。
- vii. 2010 年在波昂舉行的韌性城市大會上啟動了「讓城市具有韌性能力」倡議，波昂市長成為第一位簽署者。波昂成為韌性城市模範城市，重點在於對洪水（萊茵河和溪流）和高溫的防治與應對。
- viii. 2020 年 UNDRR（the UN Office for Disaster Risk Reduction，聯合國減少災害風險辦公室）提出讓城市具有韌性能力(MCR)的計畫，在 2020 年大膽城市大會(Daring Cities)上啟動，2022 年波昂加入 MCR2030，並於 2023 年成為 MCR2030 的韌性中心(2023-2026)，為期 3 年的工作重點在於城市之間的溝通、學習和韌性策略方法。與 ICLEI 和許多合作夥伴共同主辦系列

網路研討會，探討如：高溫、洪水、土地復原力等議題，並整合氣候調適策略和其他策略中相關要素（例如生物多樣性）。

VII. 波昂抗災韌性行動

- i. 萊茵河及溪流洪水、大雨：波昂的防洪工作建立在準備、意識和技術保護的基礎上，除將防洪壩改造為第二道防線，同時添加額外的下水道，以減輕現有下水道和抽水站的壓力。繪製 3D 場景洪水地圖，提供建築和物業業主抗災指南，提高社區防災意識。建立網站「bonn-unter.de」可供評估家庭面臨的洪水和暴雨風險，並提供行動指導。臚列當地專業知識和諮詢的鏈接，並由波昂市政府提供暴雨風險地圖。發展以科技保護市民，透過直接來自上游的新萊茵河入口的攝影機監控，增加預警時間，繪製 3D 洪水及大雨地圖，災後河流重回自然化。
- ii. 高溫：以網站提供個人面對高溫危害補救及反應的資訊和指導，在城市中設置飲水機，強制屋頂綠化（面積>200 平方米），鼓勵外觀綠化。
- iii. 水敏型的海綿城市：推動雨水儲存與利用、建築外觀和屋頂綠化（以資助計畫刺激行動）等，提升民眾意識鼓勵城市園林綠化。
- iv. 基於自然的解決方案（Nature-based Solutions, NbS）：波昂是少數 2023 年榮獲德國「城市生態綠地管理」金質獎的城市，表彰其落實對城市綠地促進生物多樣性的承諾。獲獎特色：物種豐富的野生花草、永續森林管理和創新環境教育計畫。計有 50% 的波昂土地受到景觀或自然保護。

VIII. 宣教展覽活動是關鍵

- i. 聯合國日：約在 10 月 24 日左右的星期六，在舊市政廳前舉辦以永續發展目標為主題的年度聯合國日慶祝娛樂活動，由聯合國波昂、政府機構、非政府組織和學術機構等裡展示其作品，內容為包含永續發展資訊和音樂的舞台節目。
- ii. 波昂永續發展目標日：從 2018 年起，於每年 9~10 月間以 17 天的時間辦理當地年度永續發展目標活動。

舉辦如：SDG 酒吧測驗、小組討論、自行車之旅、夜間步行及城市園藝等專案及合作夥伴活動。



圖 11 波昂市政府國際關係部 Susanne Nolden 女士分享及團長沈志修次長致贈紀念品

3. 結論

- (1) 波昂市作為德國推動氣候行動的模範城市，其氣候政策與執行方式展現了高度的公民參與和政策整合能力。波昂市的行動包括綠色交通運輸、建築能源效能提升、氣候數據管理平台、指定氣候區與社會凝聚力計畫等。此外，其在國際合作與抗災韌性策略上也表現出對永續發展目標 (SDGs) 的全面承諾。特別是市民參與的「Bonn4Future」計畫，以及基於數據與視覺化的「波昂氣候指南針儀表板」，均為當代城市治理中的創新典範。
- (2) 相比之下，臺灣近年在推動節能減碳與淨零轉型方面也有顯著進展。例如，臺灣的《氣候變遷因應法》訂定2050零排放目標，各地方政府如臺北市、高雄市也推動低碳城市計畫。然而，在公民參與深度、數據應用與國際連結方面，可參考德國波昂的作法進一步來提升。



圖 12 團員與 ICLEI 專家交流情形



圖 13 團員與 ICLEI 交流後，於波昂舊市政廳前合影

(三) 參訪瑞曼迪斯利佩廠(Remondis' Lippe Plant)

1. 背景介紹

瑞曼迪斯利佩廠是歐洲最大的工業循環園區，佔地230公頃，前

身為製鋁工廠，有超過1,400位員工，每年處理140萬公噸廢棄物，循環後產生90萬公噸可用資源，每年減少碳排放量48萬8,000公噸，該廠榮獲地方及聯邦政府多個獎項。

瑞曼迪斯的核心理念是推動「循環經濟」，即通過回收和再利用減少資源浪費。他們的目標是建立一個更加可持續的社會，為環境保護和資源節約做出貢獻。作為歐洲最大的廢棄物處理和回收公司之一，瑞曼迪斯的技術和業務模式在全球具有重要影響力。他們積極參與多項環保倡議，與各國政府和企業合作，促進綠色經濟的發展。



圖 14 瑞曼迪斯利佩廠鳥瞰圖

2. 研習情形

(1) 交流人員

單位：REMONDIS Production GmbH

姓名：Silvio Loderbusch/ Michael J. Schneider

(2) 研習重點

A. 由瑞曼迪斯執行長及臺灣瑞曼迪斯董事長 Silvio Loderbusch 先生介紹瑞曼迪斯利佩廠(Remondis' Lippe Plant)，瑞曼迪斯利佩廠可處理涵蓋非常廣泛的廢棄資源，並設有環境監控實驗室，在廢棄物循環再利用的同時，做到對環境的保護，將空水廢土等污染處理到符合相關規範的標準。



圖 15 Loderbusch 先生介紹瑞曼迪斯利佩廠循環經濟理念

B. 瑞曼迪斯利佩廠可處理涵蓋非常廣泛的廢棄資源，包括從廢棄金屬渣中提取出高純度的鋼以及非鐵金屬顆粒；處理廢棄的動物屍體；處理排煙脫硫石膏，產製成工業用黏著劑；處理廢鋁酸鈉溶液(sodium aluminate)、濾餅及污泥，產製成工業用鋁酸鈉；運用流體化床鍋爐產生電力、蒸氣或壓縮空氣，提供園區設施使用；收集處理醫療廢棄物；具備木柴處理程序及生質能電廠；塑膠回收循環處理；收集廢棄車用鋰電池，經過品質測試，二次組裝作為儲能設施；回收處理電子電器廢棄物，分離出鐵金屬、非鐵金屬、玻璃及塑膠，作為二次使用等。其中幾項技術說明如下：

a. 金屬資源再生技術

I. 處理對象：鋼渣、銅渣。

II. 技術亮點：高溫處理分離金屬與非金屬成分，提取高純度鋼材及有色金屬顆粒。

III. 成果與效益：100%金屬資源回收率，有效替代原生金屬材料。減少礦石開採需求、降低生態破壞與能源消耗。



圖 16 於金屬渣類廢棄物回收金屬

b. 電子廢棄物回收

- I. 處理對象：電視、冰箱、手機等廢舊電子設備。
- II. 技術優勢：透過精密分選技術，將物質的回收率提升至95%以上。
- III. 應用範圍：回收貴金屬（如金、銀、銅）、塑料及玻璃，作為金屬加工廠、煉鐵廠、鋁廠、塑膠加工廠的原料。



圖 17 電子廢棄物回收貯存區

c. 廢木材回收與生物質發電

I. 處理對象：廢木材及生物質。

II. 成果與效益：運用園區內的生質能電廠來發電，每年為4.5萬戶家庭供應電力，剩餘能量供園區內工業使用，可充分利用廢木材，減少掩埋並促進能源效率。



圖 18 廢木材回收運用於生質能發電

d. 塑膠循環再生技術

I. 處理對象：工業廢塑膠、民生廢塑膠、冷藏設備回收塑料。

II. 產品：產製 PLANOLEN 高性能塑料顆粒。

III. 應用範圍：作為電子產品外殼、汽車零件、建築材料等多個領域的生產原料。

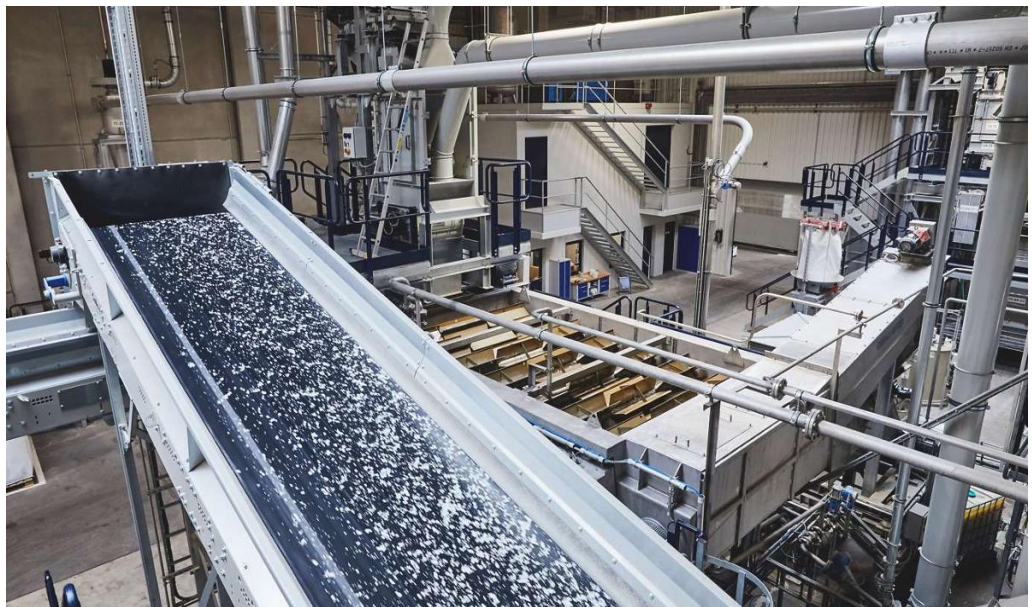


圖 19 塑膠循環再生相關設備

e. 廢舊鋰電池儲能系統

- I. 系統規模：該場址的電池儲能裝置於 2016 年首次投入使用，是世界上最大的電池儲能裝置之一，每年可處理約 1,000組退役電動車鋰電池。
- II. 功能：平衡園區內電網供需，提升可再生能源的利用率。



圖 20 廢舊鋰電池儲能系統

- C. 由瑞曼迪斯公共關係部發言人 Michael J. Schneider 先生介紹瑞曼迪斯集團的成員、經營理念及未來展望，重點如下：
- a. 瑞曼迪斯集團擁有超過40,000名員工，業務範圍廣泛，包括環境與工業服務（回收、城市和商業服務、水資源管理）、物流服務（空運與海運）、生物工業（再生能源生產、動物副產品加工）及交通服務（城市公共運輸、大眾軌道運輸）。2023 年集團營業額達75億歐元。
 - b. 預估至2050年，全球人口將達100億，每年原材料需求預計達1800億噸，衍生的環境問題（如氣候變化和塑料污染）將更加嚴峻。「地球資源透支日」持續提前，目前的消費模式已經遠超地球的承載能力。
 - c. 良好的循環經濟，是創造永續經濟活動的先決條件，瑞曼迪斯能夠從回收各項材料並透過成熟的技術，提供市場需要的再生材料或再生產品，進而減少對土地的消耗及對環境有危害的開採。
 - d. 瑞曼迪斯主張「處理前先回收」。以優良的技術，將原物料依需求多次回收，製造出與原生物料品質相當的再生物料，減少

國內產業對進口的依賴，不受世界市場價格影響，提高產業韌性。

- e. 為了盡可能提高所有能回收廢棄物的回收率，必須實施嚴格的生態設計法規。製造商在設計新產品時需要考慮其產品的回收處理路徑。目前歐盟的生態設計法規僅與能源效率有關，未來的生態設計法規必須考量可回收性、永續性和資源效率。



圖 21 Schneider 先生介紹瑞曼迪斯集團及未來展望

(3) 議題交流

表 2 瑞曼迪斯集團問題與答覆

議題	回覆
資源循環署陳俊融組長： 在德國，固體再生燃料 (SRF) 是否為再生能源？ 德國民眾對於使用 SRF 作為煤炭的替代燃料，看法為何？	1. SRF 在「一定的前提下」可以視為再生能源。而所謂「一定的前提」，是指若使用原生材料製造 SRF 作為燃料，則不可視為再生燃料；若是由回收後的廢棄物作成的 SRF，則可視為再生能源。SRF 主要的目的，是作為替代石化燃料。若屬再生能源，將依德國再生能源法，保證提供一定的躉購電費。 2. 德國氣候秋冬天氣嚴寒，為調節室內溫度，民眾生活普遍需要熱能。在過去能源的原料主要為煤，天然氣等。但大量煤礦開採、產製、運輸，

	造成環境很大的負荷。所以德國訂定再生能源法，鼓勵開發或使用再生能源，作為替代石化燃料，以降低開採天然資源對大自然所造成的衝擊。政府這樣的再生能源政策符合民眾的利益，普遍得到德國民眾的認同，況且，瑞曼迪斯公司地點位處偏遠，對於民眾直接的影響不大。
資源循環署陳俊融組長：德國政府對於 SRF 是否有管制標準？或是以 ISO 為產品的品質標準？	在德國，SRF 是以產品品質來規範，有嚴格的要求，包括熱值，也應達一定標準，以和焚化廢棄物有所區別。

(4)結論

- A. 瑞曼迪斯利佩廠充分實踐了循環經濟的核心理念，即將「廢棄物」視為一種寶貴的資源，該廠處理廢棄物項目廣泛，除核廢料外，幾乎所有廢棄物皆可資源化。每年可處理140萬噸廢棄物，產生90萬噸可用資源。在 SRF 部分，利佩廠可處理來自一般廢棄物、事業廢棄物及大型廢棄物計18萬噸/年，產製出5萬噸/年的 SRF。
- B. 該廠通過創新科技和精細管理，將廢棄資源價值最大化，不僅減少了對自然資源的依賴，還為能源供應提供了永續的替代方案。
- C. 循環經濟不僅是解決當前資源與環境問題的方法，更是因應氣候變遷的重要環節。透過瞭解利佩廠多樣化的經營方式，成功展示了廢棄物處理如何超越傳統的「清理」思維，轉而成為「創造價值」的過程。從瑞曼迪斯集團的案例得知，通過創新科技與全局視野，可以在環境保護與經濟發展之間找到平衡，也可作為我國推動循環經濟的借鏡。
- D. 在德國因為能源轉型，逐漸從石化燃料轉向再生能源。導致越來越多燃煤電廠關閉，從而副產石灰也越來越少。副產石灰與礦場開採的天然石膏相比，具有減少天然石膏開採所造成環境衝擊，及減少碳排放的優勢。國內火力燃煤電廠也產生大量之副產石灰，如能進一步瞭解其再利用技術，有助於國內之副產石灰之資源化再利用。
- E. 瑞曼迪斯公司的沼氣發電是該公司特色技術之一，歐洲的畜牧糞尿處理除了收集多種的畜牧糞尿還有其他的農業廢棄物一起

共消化，沼氣的產量較多且穩定，而臺灣畜牧糞尿處理場目前多為畜牧場附屬設施，為單一料源，加上含水量高，沼氣產量相對較少，較不利循環經濟。歐洲幅員遼闊，畜牧糞尿經厭氧處理產生的沼液沼渣，有足夠的土地資源回歸農地循環使用，而臺灣地狹人稠，農地資源較少，去化較不易。臺灣如果能集中處理共消化畜牧糞尿及其他的農業廢棄物，產生的沼氣量較多且穩定，沼液沼渣有機肥分全量澆灌農地作物，廢水零排放，相信對於臺灣畜牧糞尿資源化循環經濟及環境品質會有很大的幫助。



圖 22 團員於瑞曼迪斯大樓前合影

(四)參訪 EUREF-Campus 環境創新園區

1.背景介紹

EUREF-Campus 是位於德國柏林的創新型園區，由一個百年歷史的煤氣廠改建而成，園區改建時是以「碳中和」的理念進行規劃及整建，除於新建築物採用相關策略實現碳中和，並針對既有建築利用新科技節省能源。

園區面積約5.5萬平方公尺，以氣候變遷調適、生產數位化與智慧運輸等產業，吸引德國及國際知名企業和研究機構入駐，園區不僅是辦公場所，亦是一個實驗室，一個展示永續發展和創新技術的平台。

EUREF Campus 具有包括「能源轉型」、「智慧城市」、及「綠色交通」等特色。是德國致力於能源轉型和可持續發展的創新園區，象徵著德國從傳統化石燃料轉型為永續綠能的決心，同時自2014年以來該園區皆持續符合聯邦政府的2045氣候目標。該 EUREF Campus 創新園區的主要

特色包含以下幾點：

- (1) 綠能示範：將園區內之能源生產與消費進行整合，除於園區設置屋頂太陽能板、地面太陽能發電場和小型風力發電機等方式，產生潔淨能源園區內的能源供應實現100%碳中和，展示了未來城市能源供應的可能性。
- (2) 儲能系統：園區內亦設置儲能系統，將多餘的能源儲存，以便在用電高峰期或天氣惡劣時使用，提高能源利用效率。此外，透過物聯網技術收集園區內之能源數據，利用大數據分析，優化能源使用，實現能源的智慧化管理。
- (3) 建築節能：園區內建築採用高效隔熱材料等高性能建築技術減少能源消耗，採用 LED 燈具等照明系統，結合智能控制系統，並採用節水設備，注重水資源回收利用，減少用水量。
- (4) 智慧交通：園區內測試和展示了多種智慧交通解決方案，包括電動車充電基礎設施和自動駕駛技術。
- (5) 創新社群：園區內聚集了超過150家企業、機構和新創公司，涵蓋能源、交通和永續等領域，形成了一個活躍的創新生態系統。

2. 研習情形

- (1) 參訪 EUREF-Campus 內的 GASAG solution+的能源供應系統
- (2) DB ENCORE 公司的舊鋰電池轉型儲能設備的技術及推廣

A. 交流人員

單位：EUREF-Campus / DB ENCORE

姓名：Carola Slodowy/Lucas Weidner

B. 研習重點

a. 園區碳中和及能源系統

I. 園區外畜牧產生生物沼氣 (Biogas)，運送至園區發電及提供熱能，可以大幅降低傳統化石燃料產生溫室氣體排放，供應園區及附近居民使用，加上設置屋頂太陽能板、地面太陽能發電場和小型風力發電機等方式，產生潔淨能源，園區內的能源供應實現碳中和能源園區。

II. 設置 AI 能源監調控系統，介接氣象資料、電價資料，依據以往大數據，決定電及熱能量提供，並依據時間電價決定聯網供電或儲電。

b. DB ENCORE 公司的舊鋰電池轉型儲能設備技術

I. DB ENCORE 公司於2021年成立，為德國國鐵 DB(Deutsche Bahn)之子公司，車用鋰電池汰役後之再利用是歐盟目前

正在推廣之政策目標，現行多數電動車汰換下來的鋰電池，多尚有70%以上的效能。DB ENCORE 公司於收到電動車汰換下來的鋰電池後，進行效能測試，包括：將電池完全充電及完全放電，以檢測其效能，當電池效能有60%以上時，該電池才會進行後續之處理，若電池效能未達60%，則予以返還。

- II. DB ENCORE 公司合作夥伴包括 KIA 汽車及其他歐洲企業等，該公司於2022年7月於 EUREF Campus 內設置第1套由電動車汰役下來之24個鋰電池模組安裝組成之儲能設備系統，可提供 72瓩之供電能力，該系統包括由 KIA 汽車汰換下來的鋰電池，此儲能設備系統亦是 EUREF Campus 之智慧電網的一環，可串連園區內產生之再生能源及供電。
- III. DB ENCORE 公司生產之儲能設備之目標客群，主要為耗電量大之生產工廠，以達到能源調控的目的；另 DB ENCORE 公司之母公司德國國鐵 DB 亦已於萊比錫 (Leipzig)火車維修站、圖賓根(Tübingen)加氫站及措爾訥丁(Zorneding)火車站建置3套電池儲能系統，以取代傳統的柴油緊急發電機。
- IV. 本儲能設備系統可支援電力傳輸，其電力來源可為風力發電、太陽能等再生能源，並可結合公共電網，作為高低峰電力之調配，達到能源轉型以及循環經濟之目標。



圖 23 團員參訪 EUREF Campus 園區合影



圖 24 Slodowy 介紹園區內之 GASAG SOLUTION+能源系統

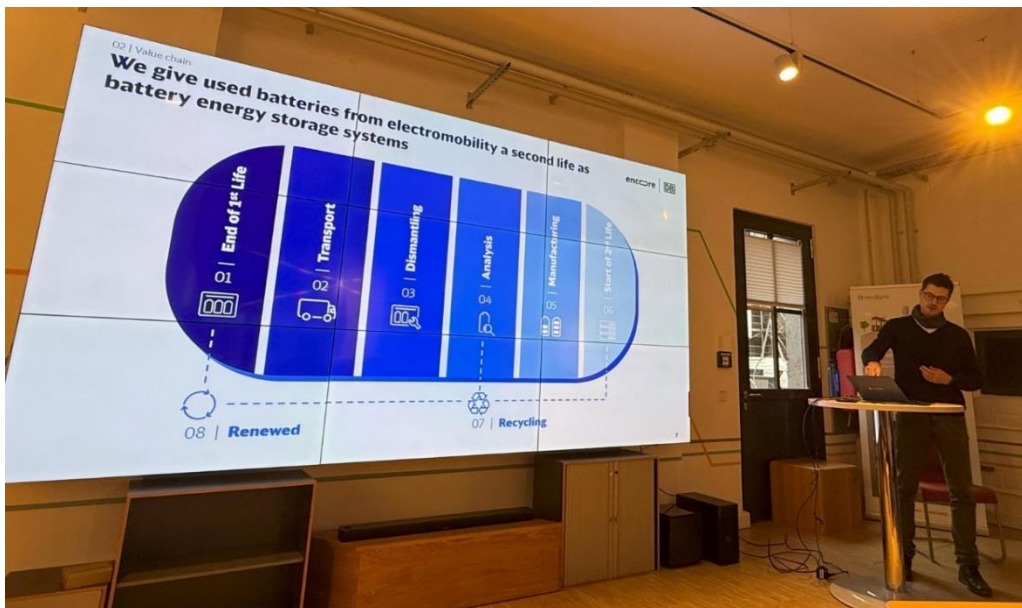


圖 25 Weidner 介紹 DB ENCORE 公司鋰電池儲能系統



圖 26 參訪 DB ENCORE 公司鋰電池儲能系統

(五)歐盟法規如何引領循環經濟和搖籃到搖籃轉型（聚焦歐盟 ESPR、CSRD、CSDDD 最新趨勢）

1. 背景介紹

EPEA 德商搖籃到搖籃設計顧問有限公司其創辦人即「搖籃到搖籃」設計創始者，透過該公司的專案經理說明循環經濟與搖籃到搖籃設計理念概述及歐盟法規在循環經濟與搖籃到搖籃發展方面如何扮演關鍵角色，並分享該公司如何協助企業重塑產品設計及搖籃到搖籃的認證。

2. 研習情形

(1) 交流人員：

單位：EPEA 德商搖籃到搖籃設計顧問有限公司

姓名：張宇靖經理

(2) 研習重點

A. 搖籃到搖籃（Cradle to Cradle, C2C）之起源及其精神

"搖籃到搖籃"是一種可持續設計理念，這一概念最早由德國化學家和美國建築師於2002年提出，強調產品的生命週期應該是一個閉環過程。在這一理念中，產品設計不僅要考慮產品的功能與美學，還要確保其在使用過後可以回收再利用，並且能夠以可持續的方式進行循環。這一理念將人類與自然的關係視為共生的模式，並力求達到材料和資源的最大化價值。

B. 歐盟循環經濟政策的重要法規

隨著全球對環境問題的關注日益增加，歐盟積極推動循環經濟，

制定了一系列相關法規，旨在促進企業的永續發展，並強化對環境和社會責任的重視。以下是三項重要的法規：

- a. 企業永續報導指令(CSRD):此法規要求企業披露其永續表現，並確保信息的透明度。通過公開披露企業的環境、社會和治理(ESG)績效，CSRD 希望提高企業的社會責任感，促進永續發展。
- b. 企業永續性盡職調查指令(CSDDD):該指令強調企業在供應鏈中的社會與環境責任。企業必須在其供應鏈中確保所有環節都符合永續發展的要求，這對於減少全球範圍內的環境破壞和促進社會公平，具有重大意義。
- c. 生態設計永續產品法規(ESPR):此法規要求企業在產品設計階段就必須考慮環保性和循環性。產品在設計之初便應該考慮到其生命週期內的回收和再利用問題，這不僅有助於環保，也能促進資源的高效利用。歐盟從紡織品及鋼鐵開始，透過三項關鍵措施，包括“數位產品護照”，以便於追蹤產品的生命週期和回收；“處理未售出產品銷毀的規則”以及“綠色公共採購”強化推動，以及產品循環資料庫指南計畫，將企業社會責任擴展至產品全生命週期與供應鏈的環境與社會影響。
- C. 搖籃到搖籃認證：搖籃到搖籃認證對產品進行全方位的檢測與評估，涵蓋以下五個主要方面：
 - a. 材料健康性：確保所有組成材料對人體及環境無害、剔除有毒物質，推動材料的健康化設計。
 - b. 產品循環性：確保產品結束使用後的材料可以再利用或安全分解、推動設計階段考慮材料回收效率。
 - c. 空氣品質及氣候對策：生產過程需使用可再生能源，減少碳足跡、鼓勵企業致力於實現碳中和。
 - d. 水土管理：強調製造過程中的水資源保護和污染減少、確保水的高效使用，並保護當地生態系統。
 - e. 社會公平：生產過程需符合社會責任，包括勞工權益和公平交易。
 - f. 申請流程：企業需與提交產品數據，經過全面審核後授予認證。認證每三年更新一次，要求持續改進設計及生產流程。

3. 議題交流

- (1)透過公司協助認證標章的經驗交流，了解企業在永續產品及認證上可能遇到的瓶頸及困難，另分享臺灣環保標章的制度，討論認

證之後市場管理機制，其認證採用每三年的重新認證中，獲取資料進行驗證。

- (2) 歐盟的循環經濟政策涵蓋了公正轉型的概念，強調在推動循環經濟的同時，應該考慮到公平性，確保那些被取代的傳統產業能夠得到合理的支持和幫助，另外地方政府可賦予更多資源與權限，以因地制宜地推動政策。



圖 27 團員於臺灣駐德國代表處門口合照

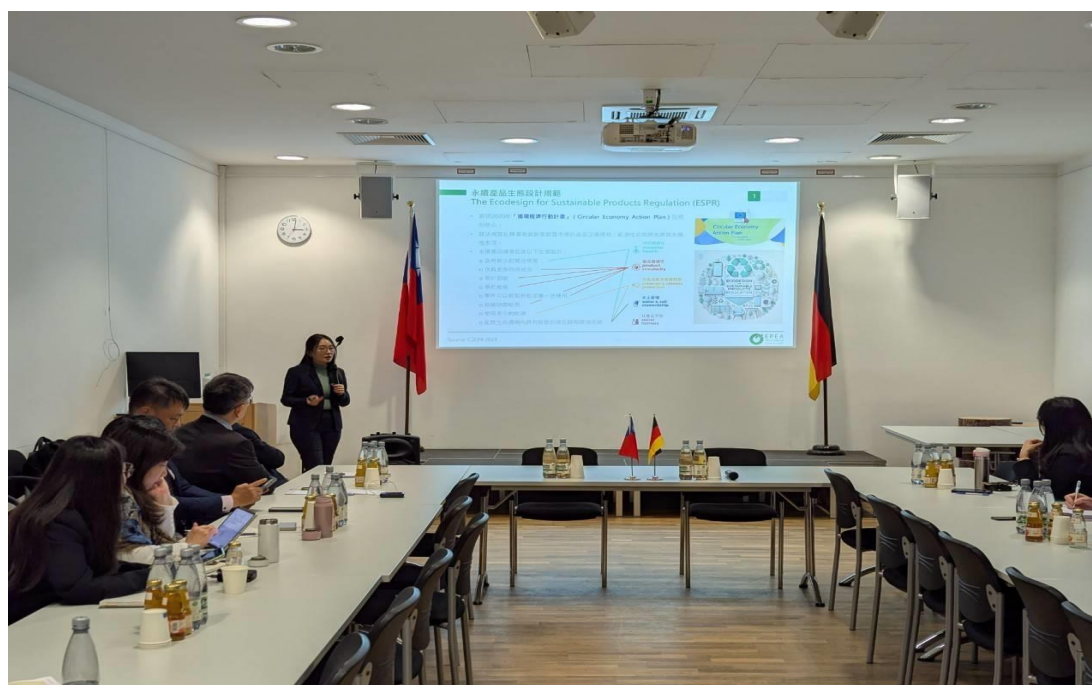


圖 28 張宇靖經理說明歐盟法規(ESPR、CSRD、CSDDD)

搖籃到搖籃® 認證架構



永續產品生態設計規範

The Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR)

- 實現2020年「循環經濟行動計畫」(Circular Economy Action Plan)目標的核心。
- 該法規旨在顯著改善銷售歐盟市場的產品之循環性、能源性能和其他環境永續性表現。
- 永續產品通常包含以下生態設計：
 - 含有較少的關注物質
 - 含有更多回收成分
 - 易於回收
 - 易於維修
 - 零件可以輕鬆拆卸並進一步使用
 - 持續時間較長
 - 使用更少的能源
 - 在其生命週期內具有較低的碳足跡和環境足跡

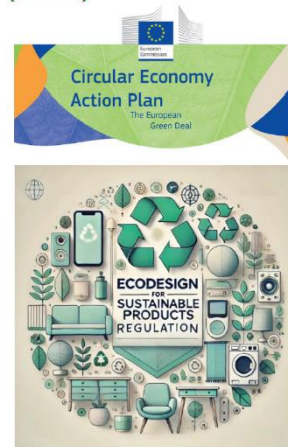


圖 29 搖籃到搖籃認證架構及永續產品生態設計規範

(六)碳定價在實現歐盟和德國淨零排放目標的作用

1. 背景介紹

碳定價被視為推動溫室氣體減量的有效工具之一。碳定價的核心理念是將溫室氣體的排放成本內部化，促使企業和個人採取低碳行為，達到淨零排放目標。歐盟排放交易系統(European Union Emission Trading System, EU ETS)是全球首個且規模最大的碳市場，作為歐盟氣候政策的核心支柱及框架，對於推動低碳轉型具有深遠意義。德國則在此基礎上，進一步實施國內碳定價政策，針對建築和交通等未涵蓋於EU ETS的領域進行補充（歐盟預計於2027年實行的新制 ETS 2中亦將擴展至建築和交通部門）。碳定價不僅有助於實現氣候目標，也為永續投資與創新提供了強有力的驅動力。

2. 研習情形

(1)交流人員

單位：FutureCamp Climate GmbH

姓名：Dr. Roland Geres 及 Philipp Geres

(2)研習重點

- A. 歐盟與德國的氣候政策在全球氣候治理中處於領導地位。歐盟於2019年推出了《歐洲綠色政綱》(The European Green Deal)，將氣候中和作為長期戰略目標，並於2021年通過《歐洲氣候法》(The European Climate Law)，將2050年溫室氣體零排放目標納入法律框架。該法規要求各會員國採取行動，並為2030年設定至少比1990年減少55%排放的中期目標。此外，德國作為歐盟內的經濟大國，通過《聯邦氣候變遷法》設立2045年淨零排放目標，比歐盟整體目標更提早5年。德國特別強調能源轉型，逐步淘汰核能與煤炭，並大幅提升可再生能源的占比。整體而言，歐盟與德國的氣候政策不僅包括排放目標，還涵蓋碳定價、再生能源支持、能源效率提升等多元政策工具，構建了一個全面的減碳框架。
- B. 歐盟的碳排放政策有一個清晰的框架，其中包括了排放交易系統（ETS）以及其他相關的規範。在這個框架中，ETS 是一個關鍵工具，也是核心的政策工具之一，歐盟的排放交易系統成立於2005年，是以設置總排放量上限並逐步減少的「總量管制與交易」機制為基礎。該系統初期涵蓋能源發電和大型工業設施，後來逐步擴展至航空業和海運業等更多領域。EU ETS 的核心在於通過市場拍賣方式提供碳排放許可證，企業根據自身需求購買或減排。自2013年起，電力生產完全實施拍賣機制，對工業逐步取消免費配額，這種設計促使企業在成本與效益的權衡中更積極採取減排行動。
- C. 碳排放交易機制進行二氧化碳定價是德國實現氣候目標重要工具，在2022年德國光是從此機制就已經獲得超過130億歐元的國家收入，這些收入將直接納入「氣候與轉型基金」（KTF），作為支持氣候相關政策之資源，例如：支持電動車與氫能產業發展、運用於提升能源效率措施等，是德國支持這個政策主要的資金來源。除了碳交易的收入外，稅收也是一個很重要的資金來源，因為稅收也是會進到支持永續環境等議題的資金需求裡面，用來執行相關的政策補貼。
- D. 碳定價在那些情況下最有效？將各種減排努力及減排成本結果分為三個區域(圖 a)，分別說明如下：

- a. 在負成本區域，經濟因素和價格並非唯一的驅動因素，即使沒有碳定價，這些減排措施也在經濟上是合理的。例如：
 - I. 更換車輛類型：從 SUV 或重型汽車換成小型汽車、摩托車或自行車。在此情況下，生活方式、身份象徵或舒適性比單純的價格更重要。
 - II. 租賃與擁有的差異：房東投資於熱泵，而租戶則享受較低的供暖/製冷成本。由於擁有權結構不同，投資成本與經濟效益分屬不同群體，房東可能沒有動力進行此類投資。
 - III. 缺乏知識：企業內部可能存在減排潛力，但尚未被認知到，例如能源和排放在總成本結構中不顯著。
 - IV. 法律/行政障礙：法律或官僚程序可能阻礙了減排措施的實施。
- b. 在低至中等成本區域，碳定價的效果最佳，且通常無需額外的政策干預。例如：
 - I. 能源效率措施：通過節約能源使用降低能源消耗。碳定價直接提高了化石能源的使用成本，並在自由化的電力市場中推高來自化石能源的電價，因此推動了更高效的能源利用。
 - II. 燃料替代：當二氧化碳價格足夠高時，燃料替代變得有吸引力，尤其是從煤轉向天然氣。如果二氧化碳價格高到足以超過燃料成本的差異，這種替代就會發生。在 2022 年之前，歐洲的煤轉向天然氣發電的價格門檻約為每噸 30-40 歐元。根據二氧化碳價格和能源價格，轉向生物質或電力也可能屬於此類。
- c. 在高成本區域，避免每噸二氧化碳排放的成本非常高，因此單靠碳定價可能不足以推動這些措施，還需要額外的支持措施和政策協調。例如：
 - I. 新興技術：這些技術通常需要全新基礎設施，面臨高額投資成本，且目前的學習和規模效益有限，例如碳捕捉與封存(CCS)、碳捕捉與利用(CCU)及直接還原鐵(DRI)等新生產工藝。
 - II. 昂貴的燃料或原料：如綠色氫氣、綠色氨等。
- d. 碳定價和 ETS 能為所有這些措施提供激勵，並且在低至中等減排成本的措施中效果最佳。然而，對於負成本和高成本

的措施，可能需要額外的支持，如補助金、法規、框架條件以及促進不同行動者間的協作等。

- E. 歐盟與德國在碳定價基礎上構建了多元化的政策工具，以支持不同部門的減排需求。例如，歐盟的創新基金（Innovation Fund）利用 EU ETS 的拍賣收入，支持高成本減排技術的研發與應用，包括氫能、碳捕捉與封存（CCS）等。德國則採用碳差價合約（Carbon Contracts for Difference, CCfD），通過補貼保障新技術的商業化運行。此外，碳邊境調整機制（Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM）是另一項建立在碳定價基礎上的創新工具，要求進口碳密集產品支付相應的碳成本，防止碳洩漏（Carbon Leakage）並維護公平競爭環境。這些工具不僅增強了碳定價的政策效能，還為行業轉型提供了有力支持。
- F. EU ETS 通過逐步提高碳價，傳遞明確的價格信號，激勵市場參與者進行長期投資。這一措施不僅推動了能源部門的可再生能源轉型，也促使高碳密集行業採取更清潔的生產技術。在面對碳洩漏風險時，歐盟採取了免費配額的過渡性政策，為高碳密集與高貿易密集行業提供支持，減少產業外移的可能性。
- G. 歐盟和德國在碳定價實施過程中積累了豐富的實務經驗。首先，EU ETS 展現了市場靈活性對於激勵企業減排的重要性，企業可選擇自行減排或購買許可證，以最低成本達成合規。同時，逐步提升的碳價提供了明確的價格信號，推動能源部門加速向可再生能源轉型。在德國，針對建築與交通的補充性碳費政策不僅提升了整體覆蓋率，還促進了節能技術的應用。另外，碳定價收入用於支持綠色技術與基礎設施，能有效緩解政策對弱勢群體的影響。整體而言，歐盟與德國的實務經驗展示了碳定價政策的可行性與靈活性，為其他國家提供了值得參考的實施範例。

3. 議題交流

表 3 FutureCamp Climate GmbH 議題及答覆對照表

議題	回覆
在 EU ETS 中會不會發生 A 公司把碳權賣給 B 公司，B 公司又拿到 ETS 上去賣這種 double counting 或 triple counting 的問題？	在 EU ETS 不會發生這個問題！因為歐盟會監管這件事，不管在任何一個階段碳權的賣或買都有總量的限制，所以可以從監控系統裡面去治理這件事情，而且做出這樣的行為是會有嚴重的罰則，目前的罰則包括(1)該行為會被公開(2)每噸碳費從100歐元起跳

議題	回覆
	(3)必須交出交易權等。若某公司有意做出這樣的行為，該公司會被訴訟，進入法院訴訟程序，它是會有追溯的罰則，所以到目前為止在歐盟沒有任何一個這樣的案件發生。
ETS 系統作為有力的工具，德國政府如何一方面保護高碳產業的國際競爭力，同時持續推動減排？核心困難是，在推動減排的過程，德國重工業還是必須生存，能夠在國際競爭。	➤ 這種氣候保護與競爭力之間的矛盾，常以「碳洩漏」來描述。根據歐盟委員會 2024 年《碳市場報告》(Carbon Market Report 2024) 第 10 頁的定義：碳洩漏可能發生於歐盟碳排放交易系統(ETS)管制的活動被移至氣候政策較不積極的非歐盟國家，導致全球溫室氣體排放總量的增加。為減少碳洩漏風險並平衡國際競爭中的成本劣勢，德國和歐盟採取了以下三項工具： ① 免費分配排放權：高碳產業可獲得部分所需的碳排放配額 (EU Allowances, EUA) 免費分配。這些分配基於基準值 (Benchmarks)，而基準值參考歐盟內最有效率的設備（各產業前 10%最低碳排放密度的設備平均值）。高效率設備可獲得充足的免費配額，甚至能滿足大部分需求。低效率設備只能獲得不足需求的配額，需額外購買市場上的配額。此機制鼓勵企業投資於高效率、低排放的技術，同時減少競爭劣勢。 ② 電價補償：在歐盟自由化電力市場中，煤炭與天然氣發電的碳成本會轉嫁到電價上，增加能源密集型企業的用電成本。為減少此影響，歐盟允許成員國對這些企業提供「電價補償」(Strompreiskompensation)，德國便採用了此措施。補償機制基於基準值計算，高效率設備的補償比例較高，低效率設備則較低。德國在國內燃料排放交易系統（適用於交通與供熱燃料）中，

議題	回覆
	也設立了類似補償系統。這與臺灣的碳費制度有相似之處，因德國目前以固定價格運行其碳交易系統。這一補償制度或可作為臺灣設計減少能源密集型企業負擔的參考模式。 ③ 碳邊境調整機制(CBAM):採取了一種逆向的碳洩漏保護策略，措施是將歐盟 ETS 碳價延伸至部分進口產品，對進口商品的「隱含排放」(embedded emissions)徵收相應的碳價，以平衡歐盟內外的碳成本差異。CBAM 將逐步取代免費排放配額分配，長期目標是讓所有企業完全透過市場購買所需的排放配額。然而，目前尚未解決出口產品可能面臨的競爭劣勢問題。 這三項工具為德國在 ETS 框架下平衡氣候政策與產業競爭力提供了具體路徑，也為臺灣在制定類似政策時提供了參考範例。
低排碳、減碳是德國政府輔導企業轉型的目標。請問國家如何掌握整體企業轉型的速度？	➤ 德國政府透過設定清晰的目標和多層次的策略，調控企業低碳轉型的進度。德國及歐盟均為特定年份設立了階段性減排目標(Emissionsziele)，並監控實現目標的進度。在 2024 年德國《氣候保護法》(Klimaschutzgesetz)修訂後，減排目標從各部門（如交通、工業等）監測轉為跨部門追蹤，確保全國減排目標的一致性。如果進度過慢，政府可以採取新的補助措施或規定來加快轉型進程。為解決轉型過程中的障礙，德國政府與科學家、企業及協會定期交流，並制定解決方案。對於冗長的審批流程，政府簡化了行政程序；對於高額的減碳投資成本，提供減碳技術投資補助金；對於高額運營成本推行氣候保護合約(CCfD)，保障企業在減碳措施實施

議題	回覆
	期間的收入穩定並透過降低稅費及附加費用減少電力成本；對於基礎設施不足，為重要減碳基礎設施（如 CO₂ 運輸設施、氫氣管道）投資提供保障，完善必要的配套基礎設施。 ➤ 德國的氣候保護與企業轉型始終依循歐盟立法框架，因此德國的國內政策在設計時需與歐盟政策保持一致。這種多層次的策略不僅幫助德國企業在轉型過程中克服挑戰，也為確保氣候目標的實現提供了靈活的調控手段。 同時，團員也分享臺灣目前的碳費制度，說明臺灣是用排放量訂定每一噸排碳要繳的費用，實施的方式是讓它成本疊上去減少排放。臺灣2025年才正式開始以排放量做課徵碳費，初步訂定的碳價一噸約10美金，如同 EU ETS 是逐漸減少核配量，我們是在遞出明年度的碳費之後，預告大概2030年會讓碳費價格漲到4-6倍(40-60美元)，透過這樣的機制讓廠商(排放源)預期它後端要付出很高的減量成本，所以在這之前廠商會積極投資去減少排放量，當然臺灣知道用總量管制排放交易，對整體國家或歐盟的減量目標會是最明確，也希望在三、四年後能規劃推出臺灣的 ETS。

4. 結論

- (1) 歐盟與德國的碳定價政策為全球氣候治理提供了寶貴經驗。EU ETS 以市場機制為基礎，成功實現了經濟效率與環境效益的平衡，促進了企業減排和技術創新。同時，德國因地制宜地針對國內需求制定補充政策，例如對建築與交通部門的碳費安排，展示了靈活性與適應性。
- (2) 這些政策不僅為溫室氣體減排提供了有力支持，還展示了如何在不同經濟結構和政策環境中平衡利益相關方的需求。通過合理的

政策設計和國際合作，歐盟與德國成功為其他國家和地區樹立了榜樣。



圖 30 團員與兩位德國碳定價專家交流



圖 31 Roland Geres 及 Philipp Geres 與團員合影

Where does carbon pricing work?

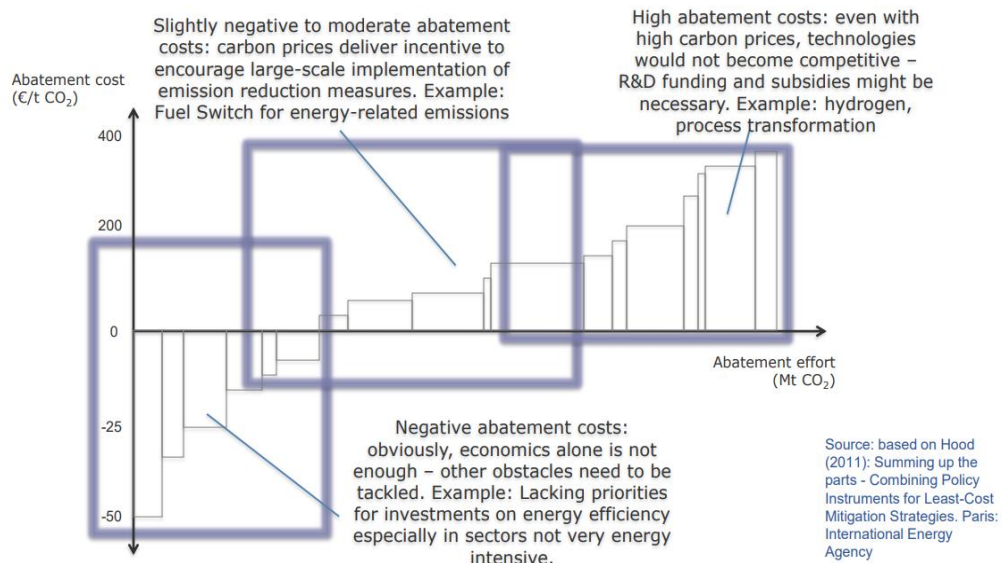


圖 32 分析碳定價在何種情況下最能發揮效益

(七)參訪 C2C NGO 與循環經濟交流討論

1.背景介紹

德國搖籃到搖籃協會在2012年成立，以提倡多樣性、運用潔淨能源、製造健康可循環的創新產品及材料，並追求完整的社會架構以及健康的工作環境為願景。希望藉由 C2C (Cradle to Cradle) 概念對世界產生正向效益，而不是成為地球的負擔。為了達到目標，協會透過教育活動，集結人們共同思考，並連結許多來自經濟、科學、教育、政治及社會的 C2C 行動家。協會約有500位 C2C 行動家，組織了超過30個區域團體，每天在德國各地舉辦說明會及教育活動。其中較為重要者有：

- (1) 建立資訊網：成立「C2C 聯盟諮詢委員會」，有各領域專家提供專業知識以及決策方面的諮詢協助，並運用 C2C 典範企業積極影響社會。由此一認同 C2C 的夥伴及專家所構成的網絡，一同支持經濟轉型為 C2C 經濟模式。
- (2) 全球 C2C 平台：已連續四年在德國呂訥堡大學(Leuphana Universität Lüneburg)舉辦 C2C 大會，是全球最大的 C2C 交流平台，整合教育、宣傳和交流活動，由永續和 C2C 等領域的專家帶來豐富的主題性講座和工作坊，每年吸引了來自世界各地 1000多人參加。

2.研習情形

(1)交流人員

單位：Cradle to Cradle NGO

姓名：C2C 共同創辦人暨執行長 Mr. Tim Janßen

(2)研習重點

A. 參訪開始，由 C2C 共同創辦人暨執行長 Mr. Tim Janßen 為團員進行簡報，內容包含 C2C 概念的緣起、概念內容、C2C 認證制度及產品案例、德國 C2C 推動情形及 C2C NGO 的組織與工作。



圖 33 C2C 共同創辦人暨執行長 Tim Janßen 先生分享德國經驗

茲將其簡報中較重要的部分，摘錄如下：

- a. 以往人類消費地球（產品製造使用）是從搖籃到墳墓，從地球採取資源，最後變成廢棄物，造成許多的環境問題，如塑膠濫用及海洋廢棄物；並提及25公分的腐植質方能使土壤足夠肥沃，適合糧食生產的使用，但每年我們流失的腐植質卻是我們積累的4000到6000倍。



圖 34 從搖籃到墳墓及腐植質的流失

- b. 全球碳排放中，製造**主要**產品所佔的比率約45%，其他為能源使用；而製造**主要**產品的碳排中約45%可以透過循環經濟

來減少，剩下的55%則靠新興技術、碳補捉及封存與飲食改變來減少。

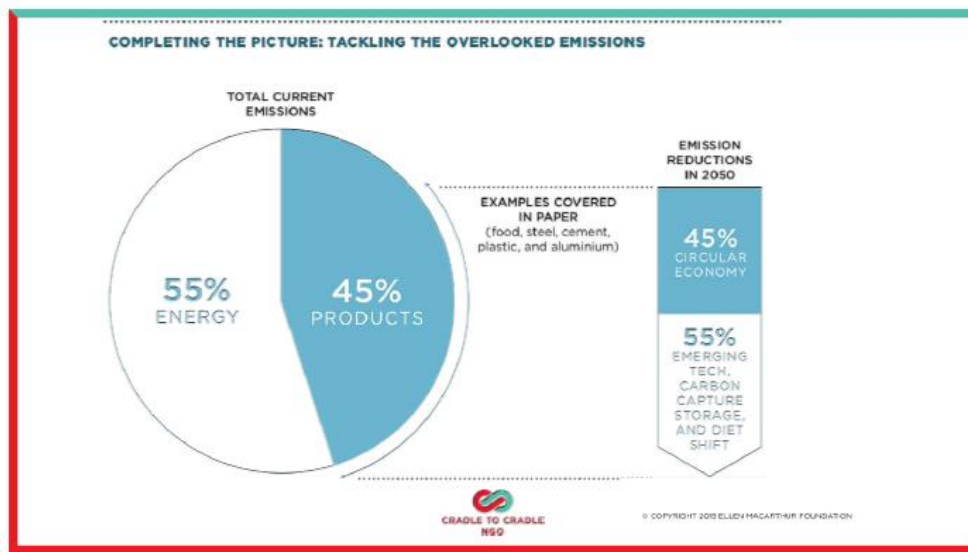


圖 35 被忽視的產品製造排放

- c. 現在該反思「地球沒有人類會不會更好？」原有的(碳)足跡的概念並沒有考慮到生態，且若持續以「從搖籃到墳墓」的觀念，我們會是這地球的「害蟲」，但若改為「搖籃到搖籃」的觀念，我們就能成為「貢獻者」。



圖 36 從搖籃到搖籃能使人類成為貢獻者

- d. 傳統的觀念是減少(碳)足跡(Reducing Footprints)，透過減少排放、降級再造(Downcycling)，提高產品的效率(Efficiency)；現在該提倡的是一種積極的足跡(Positive Footprints)，透過重新思考(Rethink)、再利用(Reuse)和升級再造(Upcycling)，來提高產品的效益(Effectiveness)。因此，螞蟻的生物質量是人類的4倍，為什麼螞蟻並不會是地球的害蟲？因為它們所有的「產品」都對地球有效益，所以人類的數量不會是問題，而是人類有沒有用腦袋思考。

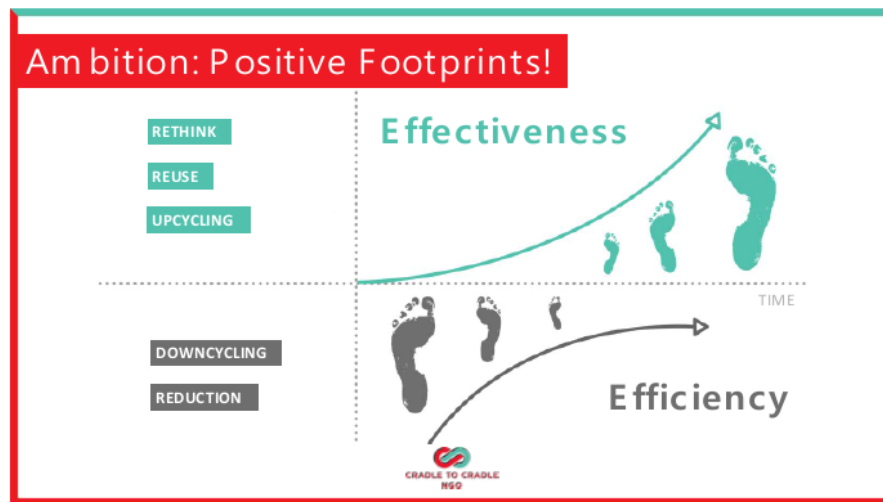


圖 37 積極的足跡能提升產品的效益

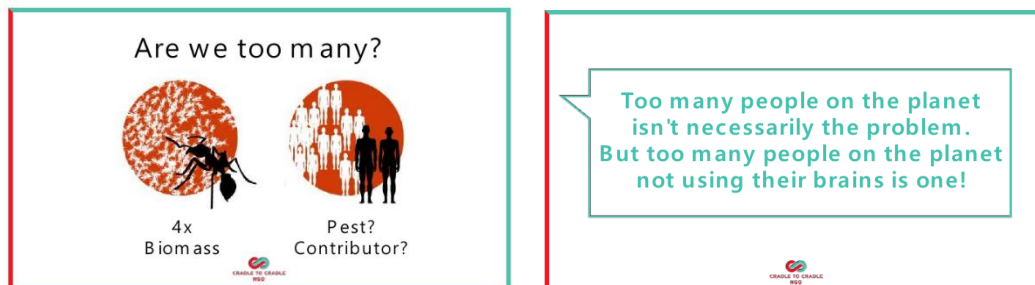


圖 38 螞蟻的生物質量是人類的 4 倍卻不會成為問題

e.C2C 可以分為兩種循環系統：生物循環及工業循環。生物循環：產品由生物可分解的原料製成，最後回到生物循環提供養分；工業循環：產品材料則持續回到工業循環，將可再利用的材質同等級或升級回收，再製成新的產品。所以我們要運用創新設計，重新定義材料，它必須是對人類和環境都是健康的，不再只是說它「不含什麼」。



圖 39 創新設計推動搖籃到搖籃

f. 閉環模式 (closing the loop): 不同於傳統供應鏈的從製造到銷售的正向物流，閉環模式是一個逆向物流，即使用後回收以服務替代擁有，並建立物質銀行。同時建立物質護照 (Material Passports)，建立每一個原物料、再利用物料、化合物、代謝物、供應鏈...的資訊，透過數位化的平台形成生物或科技的循環圈。

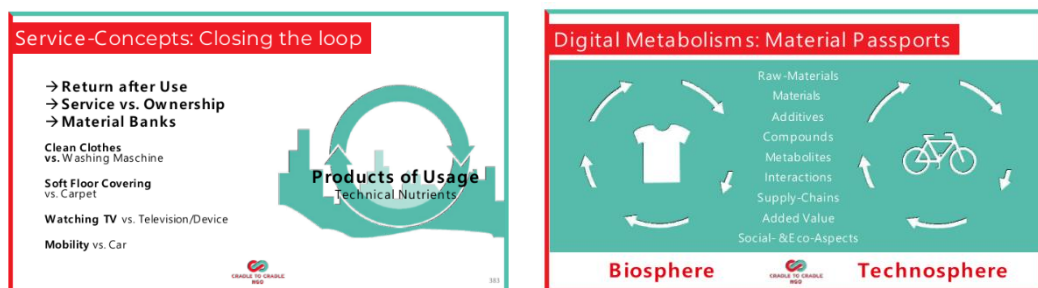


圖 40 物質護照是實現閉環模式的方法

g. 逆向回收是一種新與市場，運用數位化的方式建立一種迴圈以及商業模式，其中財務的可行性是非常重要，它的假設是在外部成本內部化的嚴格市場經濟下，迴圈內產品的數量和質量等於當前的市場價格，建立一個循環市場，資料具安全性及可信任，有從小產品到建築均可提供的材料銀行。

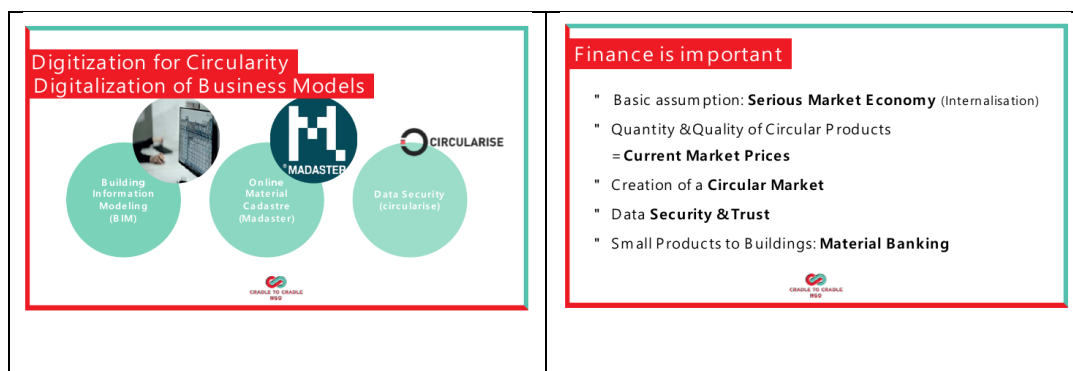


圖 41 數位化的循環業模式及財務假設

h. 推動循環經濟是消費者、製造者及政府都有的責任，目前有一個民間的 C2C 認證，必須符合五大指標面向：材料健康性、產品循環性、空氣品質及氣候對策、水土管理及社會公平性。已經有超過300家公司及8000個產品取得了認證，可供各界選擇。



圖 42 循環經濟的責任者與 C2C 認證

- B.簡報結束後，由 Mr. Tim Janßen 為團員進行 C2C Lab 導覽及 C2C 認證產品介紹。「Cradle to Cradle Lab (C2C Lab)」建於 1980 年代的東柏林公寓，於 2019 年 9 月正式開幕，是第一個完整依照 C2C 概念執行的建築翻新工程，證明既存的房屋也可以改造成健康和環保的建築物。翻新所使用的材料全被 Digital Material Scout 建材數據庫一一記錄下來，使 C2C Lab 就像一個材料儲存設施，未來如果建築用作他途、整修或拆除，材料都可以被善加重複使用。其他特色如下：
- 污水管採用易回收的 PE 材料製成。
 - 電路線架設在鋁製表面的導管中，方便維修拆卸。
 - 門窗不用發泡膠，而是插入絕緣材料。
 - 磁磚鑲嵌在特殊的砂漿。

e. 使用了來自全球27個品牌獲得 C2C 認證的多種系列產品。



圖 43 Tim Janßen 為團員介紹 C2C 認證產品。左邊為吃薯條的小叉子，由植物提煉製造，可生物分解。中間的購物籃是用超市的塑膠回收製成，單一材質可回收再利用。右邊則是由單一材質

3. 議題交流

由環境部資源循環署主任秘書劉怡焜分享我國資源循環的現況及未來，包含推動資源回收的歷程與成果、循環經濟的構想、未來的政策方向等。



圖 44 資源循環署劉怡焜主任秘書分享我國資源循環的現況及未來

表 4 Cradle to Cradle NGO 問題與答覆

問題	回覆
綜合規劃司洪淑幸司長：剛才提到的把音樂會跟搖滾樂一起結合，去提倡環保的觀念，在這過程中用什麼樣的方式來提醒大家要注意環保？	1. 首先我們規劃了很久，花了兩年的時間，因為如果要符合 C2C 這個觀念，我們需要跟很多的企業溝通，要改變他們，然後我們需要了解這些供應商願不願意改變他們的作業方式。因為參加音樂會的人他喝了

問題	回覆
	啤酒後，他就覺得製造出垃圾，要找地方丟。 2. 我們有幾場是2022年舉辦，有幾場是2024年，所以2024年的時候我們已經有2022年的經驗。到了2024年人們更關心這個搖籃到搖籃的概念，所以會有更多的需求。 3. 2022年有一個環節是失敗的，我們想要用多次使用的餐具，但我們需要在現場清洗，但我們沒有做到。到了2024年有些企業觀念已經進步了，大量使用可重覆的餐具，也不需要我們音樂會的現場來清洗，會帶回去在一個地方集中清洗。 4. 雖然大型文藝活動的做法還在起步，但是我們這個專案已經進行了五年，透過我們音樂會有很多的相關的單位或公司共同參與，他們現在更重視這個 C2C 的觀念，從這一點來看，我認為音樂會成功的。
監測司鄭春菊簡任技正：在簡報中有提到 Rethink，就是在設計產品的時候，就考慮他將來的用途。但是有些產品可能還是要拆解、要回收，再去生產製造出有用的產品，但廠商可能有技術但卻沒有規模，想知道我們怎麼去幫助這些廠商來達成這個目的？	1. 一方面產品的設計可以改變，就是用比較容易回收拆解的組成，會需要用到一些成本比較高的原材料，或者不要再用一些塑膠跟金屬混合的產品，這樣可以創造更多的附加價值，因為這樣的材料比較容易回收再生。 2. 印刷的部分或者我們筆用的油墨，這個部分需要改進，很多的油墨都是有毒性的，所以我們要分開處理。目前我們推出了三個指引：公共採購、公共營造和大型音樂會。我們有一個比較大的網絡，和城市地方政府交流，全國大約有30,000個公家採購的部門，有一些部門他們已經在調整他們採購的方式。
循環署劉怡焜主任秘書：之前有一本書叫 Cradle to Cradle，印象中它是沒有減量	1. 第一個問題，我們的立場是我們要用的物質就是要實現循環經濟，但是減量也是必要的。剛好昨天德國政府通過了一個國家

問題	回覆
的想法，書中認為所有的廢棄物都是資源，越多越好，我想請問從這本書到現在已經經過1、20年，對於減量的看法是否還是跟這本書一樣？還是已經做了改變？另外這邊有介紹一些 C2C 產品的認證，但這些應該都是民間的做法，有沒有跟政府機構的一些政策或者是做法有一些連結？政府如果要推廣這一些做法或是政策，包含德國或歐盟的國家，他們對於 C2C 認證的產品的意見或是看法是如何？是有很多的標章或是認證，然後 C2C 是其中的一種嗎？	循環經濟的策略，他們有一個概念就是叫做 R 的這個策略，其中一個 R 就是 Refuse 拒絕，我買一個商品時不需要那個包裝，所以我可以拒絕；R 也可以代表 Redesign，就是產品可以重新設計；第三個 R 就是 Reuse 就是重複使用，剩餘的產品應該要能實踐循環經濟。 2. 關於標章的部分，目前還沒有看到有國家機關推出全面的標章，我們這個標章他是考慮到社會面，友善水資源、土壤、空氣且對人們無害，符合循環經濟的概念，還沒有看到官方有這樣的標章。 3. 最近有見到聯邦環保局局長，他最近想要推出這樣的一個標準，但是沒有成功，因為這樣的標準需要考慮到非常多的因素。現有的標章是基於民間社會的倡議。我們現在面對的問題就是很多的企業在進行所謂的 green washing，就是會對外宣傳他們這個是綠色產品，可是其實他們沒有很認真的去做。
綜合規劃司洪淑幸司長：請問公共採購指引的範圍？	公共採購部門最重視的是價格成本，就是想用最底的花費採購。我們想要讓這些公共採購部門改變他們的觀點，因為公共採購部門在德國有很大的影響力，總體的預算非常龐大，所以如果改變他們的採購政策，會對整個市場有影響。比如德國北萊因邦是德國人口最多的一個邦，這個邦的法律就是如果他們在營建的時候，考慮到 C2C 的觀念，按照這個新的法律制度會對他們的預算有附加的作用，就是可以多一點預算。
大氣環境司孫忠偉簡任技正：C2C 產品理論上還是比較貴，臺灣也有環保標章產品，遇到相同的問題，所以所謂希望民	我們有準備一個國家循環經濟的策略提供給現在的政府，因為德國快要大選了，新的政府也可以參考。國家可以採用一些機制來調控市場，比如說德國有一個所謂的能源稅，

問題	回覆
眾要有理想跟熱情，但是民眾其實考慮的比較是荷包。所以我想請問也延續之前的問題，就是我們今天的成員都是政府環保機關，有中央跟地方，那假設我們就是德國聯邦的環保部的部長跟地方環保局的人，您會給我們這些官方的代表什麼樣的建議，希望我們要做些什麼能夠加速民眾去使用這些產品？	但是這個能源稅有一些例外的情況，如果是生產原生材料的塑膠可以享有優惠，我們認為這樣的機制應該要改，因為這樣會鼓勵對環境有害的物質使用，所以公家機關可以透過徵稅的方式來調控市場。至於 C2C 產品比較貴，不一定是這樣，可能一開始廠家需要做一些投資，但是不一定會造成產品比較貴，很多 C2C 的產品其實都不會比傳統的產品貴。
大氣環境司孫忠偉簡任技正：剛剛在參觀的時候，提到很多次所謂使用的生物可分解的塑膠，但事實上我們很擔心它是完全會被生物分解消化成自然的物質，還是只是把大的塑膠變成小的塑膠粒，就是所謂裂解。最近塑膠議題、塑膠微粒的問題大家都在重視，所以剛剛提到的到底是哪一種的生物可分解？	這要分成兩種材質，像我們剛才看到的吃薯條的那個小叉子，那個完全可以在家裡當作生物垃圾，就可以當作一般的堆肥。有一些其他的材質那就是需要用工業的手段進行分解，用那些分解這些材質的設備。有一些可以生物分解的材質，他可能會需要比較多的時間，那個薯條的小叉子他可能一個月就分解掉了，有一些可能需要一年兩年或者甚至四年的時間，但是跟我們現在傳統的塑膠相比，這樣已經好太多了，因為現在大自然有很多微塑膠，可能需要幾個世紀才能分解。
水質保護司邱國書簡任技正：請問剛提到在音樂會中有把廁所的糞尿收集去做肥料，有固液分離嗎？是怎麼做的？	馬桶內的東西會把固體的部分跟液體的部分經過幾個小時的過程分開，固體的部分是指糞便，會跟木屑或者草進行混合，然後有一個通風的過程。這個回收尿液跟糞便的公司，剛完成了一個多年的研究計畫，他們在離柏林不遠的一個地方，跟柏林工業大學研究，結果是液體的肥料符合健康的標準，這個肥料裡面不會含一些荷爾蒙或者藥品的殘留物。
C2C NGO 人員：我是從事教育工作，我沒有看到好像教育部在其中扮演的角色，因為這個	循環署劉怡焜主任秘書回答：我們都是跨部會在做，從小學、國中、高中、大學甚至研究所其實都有，各個部會都

問題	回覆
涉及到成人要改變他們的思維，應該也可能需要從教育做起，所以想請問臺灣有沒有進行一些溝通教育的部分？	有各部會的一個執掌，所以這個是在整個我們剛剛講到的推動循環經濟策略底下的分工執行。另臺南市環保局陳幸芬副局長及新北市環保局朱益君副局長，也分享地方政府推動環境教育工作的作法，會融入小學、中學甚至於大學的課程中，從小培養環境教育的理念。

4. 結論

- (1) C2C 的概念已引進我國多年，環境部前身環保署於100年即完成「資源循環政策規劃」，推廣搖籃到搖籃設計理念。100年起並建置「臺灣搖籃到搖籃平台」，101年協助民間成立「臺灣搖籃到搖籃策略聯盟」，開始推廣各項工作。
- (2) 我國推動搖籃到搖籃政策有五大面向，分別為「促進產業鏈結與資源循環」、「產品設計輔導」、「編撰設計指引手冊」、「專業人才培育及校園推廣」與「加強宣傳推廣」等，與 C2C NGO 推動之方向相同。
- (3) 德國政府目前在推動 C2C 的設計或產品亦無強制性的法令規範，大致與我國的推動的方向相同。據 C2C NGO 執行長表示，在德國北萊因邦有新的法律規定，若營建建築考慮到 C2C 的觀念，則可以編列較高的預算。
- (4) 德國目前廣泛採用的 C2C 認證與我國一樣，均是由 EPEA (Environmental Protection Encouragement Agency) 所推動的「Cradle to Cradle Certified」，惟它僅是民間的認證，故在德國及我國均無法以法令強制採用或購買認證產品。



圖 45 團員與 Tim Janßen 先生交流循環經濟議題



圖 46 團員與德國 C2C NGO 成員一起合影

二、 韓國團

(一) 行程概要

- 113.12.08 啟程，出發至首爾及研習準備
- 113.12.09 韓國一般廢棄物管理制度及源頭減量推動成果交流-環境部
國立環境科學院交流研習
- 113.12.10 韓國一般廢棄物處理廠參訪-麻浦資源回收設施、首都圈衛生
掩埋場(Sudokwon Landfill)
- 113.12.11 鎮川太陽能板資源回收中心(Jincheon Solar Panel)參訪
- 113.12.12 高陽生質能源設施參訪及首爾市一般廢棄物管理制度及源頭
減量成果與交流
- 113.12.13 韓國一般廢棄物源頭減量環境教育場所參訪-首爾升級回收
廣場(Seoul Upcycling Plaza)
- 113.12.14 返程，回到臺北

(二) 研習參訪內容

1. 韓國一般廢棄物管理制度及源頭減量推動成果交流

(1) 前言

韓國近年來積極推動環境永續發展，並以多部重要法規為基礎，系統性地改變廢棄物管理模式，實現碳中和目標。1995年，韓國率先推行垃圾隨袋徵收制度，依污染者付費原則，要求民眾使用專用垃圾袋處理垃圾與廚餘，以價制量，促使民眾減少垃圾產生並提升資源回收率。此制度的實施，不僅有效降低垃圾總量，還從源頭減少了碳排放，為資源循環利用奠定了堅實基礎。

2018年，《資源循環基本法》正式生效，確立了向資源循環型社會轉型的法律框架，進一步完善廢棄物管理政策。此法規聚焦資源的高效利用，推動廢棄物循環再生，並強化政策規範，系統性地提升韓國在廢棄物管理上的國際競爭力。2021年，韓國通過《應對氣候危機的碳中和與綠色增長基本法》（簡稱：碳中和基本法），為碳中和目標提供法律依據，要求在廢棄物部門設立明確的溫室氣體減排目標，並推動源頭減量、高價值回收及技術創新。此法規與其他資源循環相關法規相輔相成，成為韓國推動綠色經濟的重要支柱。

2022年底，韓國制定了《循環經濟社會轉型促進法》，並於2024年正式實施，進一步提升資源利用效率，從產品設計、流通到消費全過程減少廢棄物，並融入循環經濟精神，推動產品設計更具耐用性與修復性，提升循環利用的可行性。

2023年底，韓國開始實施《利用有機廢棄物促進沼氣生產與使用法》（簡稱：沼氣法），明確設定公共部門（2025年起）和私人部門（2026年起）的沼氣生產目標，將污水污泥、食物垃圾及畜禽糞便等有機廢棄物轉化為再生能源，應用於發電、供熱、交通燃料與氫氣生產。韓國政府透過財政與技術支持，並鼓勵擴大沼氣設施規模，推動整合式設施建設。

韓國透過上述多部重要法規，從垃圾管理到資源循環，形成了一套系統性策略，成功促進線性經濟向循環經濟的轉型，以淨零碳排為目標。這些經驗不僅展現了韓國在環境永續發展上的決心，也為臺灣提供了寶貴的政策參考，有助雙方未來在碳中和及廢棄物管理上的合作與進步。



圖 47 參訪團與韓國環境部代表李東進博士合照

(2) 內容：

A. 韓國的碳中和目標與策略：

韓國設定在2030年將溫室氣體排放量較2018年減少40%，並將再生能源在能源結構中的比例提高到21.6%。在廢棄物部門，目標是將2018年的1710萬噸二氧化碳當量（CO₂e）減少到2030年的910萬噸 CO₂e。為實現這些目標，韓國採取以下策略：

- a. 循環經濟模式：推動廢棄物能源化技術及資源再利用，降低碳排放並促進能源結構多元化。
- b. 電力結構優化：協調核電與再生能源的發展，實現穩定供應與減碳同步推進。

- c. 產業結構轉型：涵蓋原料、製程、產品到回收全流程，推動傳統產業向低碳化、環保型經濟轉型。
- d. 國家低碳化行動：加強建築能源管理，推廣無污染交通工具，發展環保農牧漁業，並擴大森林和濕地等碳匯能力。

B. 韓國廢棄物產生與處置現況：

- a. 韓國在2018年至2022年間的廢棄物產生量與處置方式顯示出資源循環政策的成效及持續進展。以下是各類廢棄物的統計數據與處置狀況整理：

表 5 韓國總體廢棄物產生量與處置方式

年份	總廢棄物產生量 (噸/天)	家庭廢棄物 (噸/天)	回收比例 (%)	焚化比例 (%)	掩埋比例 (%)
2018	446,110	56,027	86.1	5.9	7.8
2022	510,822	63,123	87.6	5.0	5.1

- b. 掩埋場及焚化設施現況：2022年掩埋場剩餘掩埋容量為272,696,444m³。焚化設施方面，2022年共有340座焚化爐，處理容量32,424噸/天。

韓國的廢棄物管理體系逐漸強調回收利用，降低焚化與掩埋比例，並通過擴建公共設施和提升處置效率推動廢棄物資源化的進程。

C. 韓國的循環經濟及資源循環推動方向：

韓國正積極推動從線性經濟向循環經濟的轉型，資源循環政策以法規為基礎，涵蓋源頭減量、資源利用效率提升以及未來廢棄物資源化等多個方面，展現了其在資源管理與經濟永續發展上的高度決心。

為提供資源循環社會的發展堅實基礎，韓國建立了相關法律，如下表：

表 6 《資源循環基本法》與《循環經濟社會轉型促進法》比較

法規	《資源循環基本法》	《循環經濟社會轉型促進法》
生效時間	2018年1月	2024年1月1日
目標	建立資源循環型社會的法律框架，重點在廢棄物管理與再利用	推動從線性經濟向循環經濟的全面轉型，提升資源利用效率

法規	《資源循環基本法》	《循環經濟社會轉型促進法》
內容重點與特色	➤ 提供「減量、再利用、再生」的整體循環框架 ➤ 規範廢棄物的產生、回收及處理過程，提升廢棄物管理效率 ➤ 操作層面的廢棄物管理為核心，支持垃圾分類與資源回收系統，注重廢棄物減量與處理方式的改善	➤ 強調產品全生命周期管理 ➤ 涵蓋生產設計、流通、消費及廢棄物處理全過程，推動產品更加耐用、可修復及可循環使用 ➤ 從經濟結構角度制定綜合性策略，將循環經濟理念融入國家經濟政策，涵蓋製造業與消費行為的全面轉型

韓國積極推動循環經濟，不僅制定相關法律，更將源頭減量、資源再利用及廢棄物管理納入政策核心，其源頭減量的具體措施如下：

a. 隨袋徵收政策：

- I. 實施時間：1995年起，依污染者付費原則實施全國垃圾隨袋徵收。
- II. 經濟誘因：銷售不同容積垃圾袋，垃圾及廚餘皆需付費，引導民眾減少垃圾及廚餘量並提升資源回收率。
- III. 違規罰則：未使用專用垃圾袋，最高可罰100萬韓元。

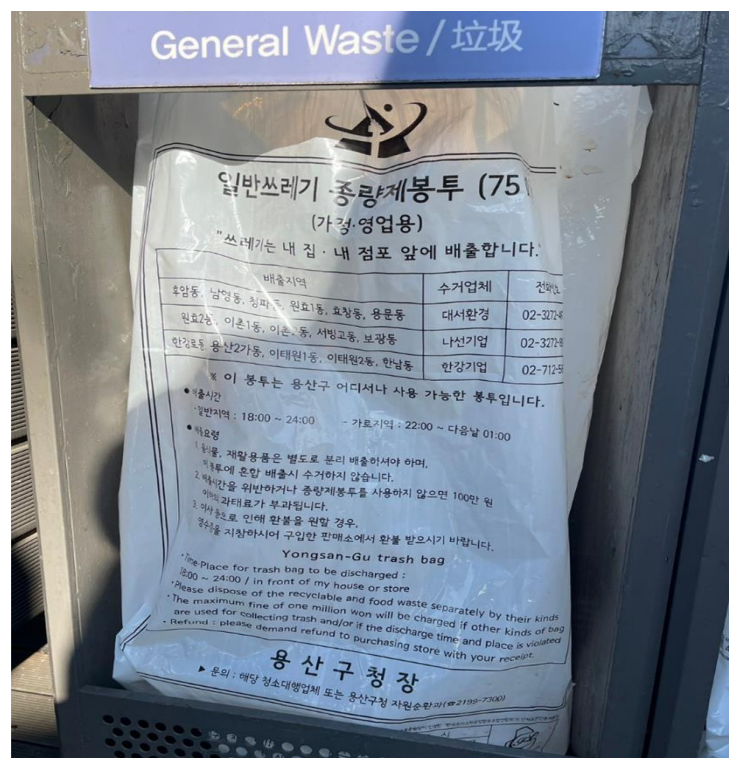


圖 48 韓國龍山區一般垃圾專用袋

b.強化生產者責任：

- I. 法規要求產品設計納入資源循環考量，生產者需考慮產品的回收和再利用性，超越性能或外觀的關注。
- II. 法規要求產品設計納入資源循環考量：生產者需在設計階段考慮產品的資源循環利用性，包括回收和再利用，而不僅僅關注性能或外觀。
- III. 擴大產品循環利用評估範圍：評估範圍從僅考慮處置階段擴展到產品的整個生命週期，涵蓋生產、流通、消費及廢棄處理全過程，全面考量產品的環境影響。
- IV. 加強產品設計評估項目：評估項目由材料、結構和回收容易度擴展到厚度、顏色及重量比等細緻方面，確保設計更環保。根據回收難易度，將產品分為「最佳」、「良好」、「普通」和「困難」四個等級，並對難以回收的產品強制要求在外包裝上標示「難以回收」的警語。
- V. 鼓勵設計易於回收的產品與包裝：鼓勵生產者設計和製造易於回收、可使用再生材料的產品與包裝材料，從源頭減少廢棄物。定期調查大型經銷商的包裝材料使用狀況，推動易於回收的包裝材料研發，並制定相關標準。根據包裝材料的回收難易度，實施差異化的回收費用，鼓勵使用易於回收的材料。
- VI. 維修權利的保障：保障消費者的維修權利，包括提供備件供應和維修資訊，延長產品壽命，減少因產品損壞而產生的廢棄物。

c.再生原料的推廣與使用：

- I. 產品包裝標示再生材料比例：為了提高消費者對再生材料的認知，韓國要求在產品包裝上標示再生材料的使用比例，以此鼓勵企業使用再生材料。
- II. 設定再生原料使用目標：政府設定明確目標，逐步提高PET瓶等產品中的再生原料使用率，例如2023年目標為3%，2025年為10%，2030年為30%，以確保再生材料有穩定的市場需求並帶動相關產業發展。
- III. 再生原料使用獎勵措施：韓國對使用再生原料的企業提供減免措施，鼓勵更多企業加入再生材料的使用行列。
- IV. 針對塑膠原料生產商的目標：針對年產量超過1萬噸

PET 的塑膠原料生產商，韓國制定再生原料使用目標，進一步促進循環經濟的落實。

V. 透明 PET 瓶的推廣：為提高回收效率，韓國推動透明 PET 瓶作為飲料和礦泉水瓶，並實施透明 PET 瓶的單獨收集和處理制度。

d. 提高塑膠附加費率：

I. 逐步提升至歐盟水準：韓國計劃逐步提高塑膠附加費率，使其達到歐盟水準，展現透過經濟手段減少塑膠使用的決心。

II. 加強豁免標準管理：在提高費率的同時，韓國加強豁免標準管理，確保政策有效執行。

III. 對塑膠生產者徵收費用：韓國對塑膠生產者徵收費用，並鼓勵使用回收塑料，促使製造商在設計階段考慮回收與再利用的可能性。

e. 限制一次性用品使用：

I. 擴大限制品項和場所：韓國擴大限制使用的物品，如紙杯、塑膠吸管和攪拌棒等，並擴展限制場所至住宿設施和殯儀館。

II. 鼓勵使用可重複使用替代品：透過法規與政策推動可重複使用替代品的應用，從源頭減少塑膠廢棄物的產生。

III. 具體實施時間：部分限制措施已於2022年11月開始實施。

f. 其它相關措施：

I. 標準化外送容器：韓國將規範外送食物塑膠容器的厚度、材質（單一材質）和顏色（半透明或透明），以減少不必要的浪費；同時建立最大厚度標準，減少材料使用，並推動使用單一材質的塑膠容器，以方便回收再利用。

II. 支持中小企業：韓國政府提供支援，幫助中小企業建立廢棄物減量和回收設施，鼓勵企業共同參與廢棄物管理；針對中小企業依據其年銷售額提供不同比例的廢棄物處理費用減免，年銷售額低於10億韓元的中小企業可完全免除。

III. 推廣可重複使用容器：韓國鼓勵在餐飲及流通領域使

用可重複使用的容器，減少一次性塑膠的使用；同時需要建立完善的收集系統，以確保重複使用容器的回收和清潔。

- IV. 應對未來廢棄物資源化：針對未來可能出現的廢棄物資源（如廢電池、太陽能板），韓國分享了相關規劃，包括建立評估中心，制定私人銷售價格計算方法，支援電池分離、儲存和運輸的技術開發；引入生產者責任回收制度，支持相關技術研發，並成立由政府 and 回收企業參與的回收委員會。



圖 49 韓國推行重複使用容器

D. 韓國轉廢為能政策方向：

a. 政策背景與目標：

- I. 核心概念：韓國轉廢為能政策的核心是將廢棄物視為可利用的資源，而非單純的垃圾。目標是透過技術將廢棄物轉化為能源或有價值的產品，作為實現零廢棄目標和碳中和承諾的重要一環。政策透過減少廢棄物掩埋與焚燒，將廢棄物轉化為能源，有效減少溫室氣體排放。具體包括將可燃廢棄物轉化為熱能、電力或燃料，以及透過厭氧消化技術將有機廢棄物產生的沼氣作為再生能源

使用。

II. 廢棄物管理優先順序：韓國採用階層式管理模式，按照減少產生、再利用、回收、轉廢為能、安全處理的順序推進，並由傳統的3R（減少、再利用、回收）升級為包含「能源回收」的4R原則。

III. 溫室氣體減量目標：韓國設定2030年溫室氣體排放量相較於2018年減少40%的目標，並將再生能源占比提升至21.6%。廢棄物部門則聚焦於減少甲烷等溫室氣體的排放，通過轉廢為能的方式實現減排目標。

b. 轉廢為能的技術與分類：

I. 可燃廢棄物能源化：韓國針對可燃廢棄物採用焚燒、固體再生燃料(SRF)及熱裂解三種方式進行能源化處理。焚燒廢棄物可產生熱能，用於發電或供熱；SRF 通過加工製成燃料，可替代煤炭等傳統燃料；熱裂解則將塑膠廢棄物分解為油或氣體，再利用於化工原料或燃料生產。

II. 有機廢棄物能源化：針對有機廢棄物，韓國透過沼氣化技術將其轉化為沼氣，沼氣可作為熱能、電力或運輸燃料使用，同時減少溫室氣體排放，促進資源循環。

c. 焚化設施能源回收推動情形：

I. 焚化處理現況：2018年至2022年間，韓國焚化處理量維持在每日2.4萬至2.7萬噸之間，約佔總處理量的5%左右。

II. 焚化設施分類：韓國焚化設施主要分為三類：

i. 公有焚化設施：由政府或公共機構運營，處理都市廢棄物。2022年共有183座。

ii. 自用焚化設施：由企業或工廠自行設置，處理自身產生的廢棄物。2022年共有81座。

iii. 中間處理業者：提供廢棄物處理服務的私人企業。2022年共有76家。這些設施共同構成了韓國的焚燒處理網絡。

III. 焚化設施回收的熱能可以內部使用，或是供應為外部熱源，這些熱能可以轉化為電力、蒸汽或熱水等形式，以滿足不同的能源需求。

IV. 韓國政府鼓勵業者提升焚化爐的效能，將廢棄物中的熱能轉換為可利用的能源，透過減免廢棄物處理費來獎勵高效能設施。其中符合特定條件的設施定義為「能源回收設施」，這些設施必須達到每小時處理量200公斤以上，並使用低熱值3,000 kcal/kg 以上的廢棄物，能源回收效率達到75%以上，所有回收熱均自行使用或作為熱源提供，將享有最高的廢棄物處理費減免優惠，與一般焚化爐有所區別。

表 7 韓國能源回收設施數量與廢棄物處理費減免優惠比較

能源回收效率範圍	廢棄物處理費減免比例	2024年設施數量
75%以上	75%	31
60% - 75%	60-70%	28
50% - 60%	50-60%	6
50%以下	30%(回收效率>30%者)	10
總計		75

d. 固體再生燃料(SRF)推動情形：

I. 韓國 SRF 分為一般 SRF 和生物質 SRF(BIO-SRF)兩大類：

i. 一般 SRF：來自廢合成樹脂類、廢合成纖維類、廢橡膠類、生活廢棄物（不含廚餘）、廢輪胎等。2023 年的總產量 1,797,789 噸。

ii. 生物質 SRF(BIO-SRF)：來自農業廢棄物、廢紙類、草本類廢棄物、廢木材類及植物性殘渣等。2023 年的總產量 2,907,399 噸。

II. SRF 的使用主要集中在發電廠，其次為水泥窯及工業鍋爐，生產設施及使用設施現況如下：

表 8 韓國 SRF 設施現況

年份	2022年	2023年
SRF 生產設施數量	282間	285間
SRF 使用設施數量	144間	146間
SRF 製造量	454萬噸	470萬噸
SRF 使用量	455萬噸	464萬噸

- III. 品質標準：韓國對 SRF 制定了嚴格的品質標準。一般 SRF 需符合 10 項品質檢測標準，生物質 SRF 則需符合 12 項品質檢測標準，並由韓國環境公團負責管理和檢測。SRF 製造商需每年至少進行 4 次品質檢測。高熱值廢棄物的熱值一般約為 3,500 Kcal/kg，而 SRF 的熱值可達 5,000 Kcal/kg。
- IV. 管理政策：韓國實行 SRF 生產與使用許可制度，禁止小型設施使用 SRF。此外，政府加強了 SRF 使用設施的排放標準，以減少空氣污染。
- e. 熱裂解技術推動：
- I. 熱裂解技術的應用與發展：韓國將熱裂解技術作為處理塑膠廢棄物的重要方法，並視其為生產清潔能源的有效途徑。此技術主要應用於混合塑膠廢棄物的處理，能生產油品、蠟及烯烴等產品。乳化裂解是韓國熱裂解技術的主要應用方式之一。相較於傳統焚燒，熱裂解在減少空氣污染物排放方面具有顯著優勢。韓國的熱裂解設施數量和處理量逐年增加，例如，乳化裂解廠從 2020 年的 13 家增加到 2023 年的 23 家，處理量也從 14,728 噸增加到 67,103 噸。
- II. 熱裂解產氫的整合應用：韓國利用高溫熱裂解（ $\geq 1100^{\circ}\text{C}$ ）技術產生氫氣（ H_2 ），作為清潔能源，廣泛應用於燃料電池車輛等領域，以減少對化石燃料的依賴。同時，韓國正推動綠氫的生產與應用，並將熱裂解視為潛在的綠氫生產途徑之一。根據韓國氫能發展路線圖，預計到 2022 年，國內氫氣供應將佔總供應量的 2.8%，其中綠氫生產將佔 13.8%。
- f. 沼氣化技術推動：
- I. 沼氣化政策推動背景：
- i. 政策緣由與經濟考量：韓國推動沼氣化的主要原因是應對有機廢棄物掩埋和海洋傾倒的禁令，同時作為發展再生能源的重要途徑，將廢棄物轉化為能源。隨著廢棄物處理成本上升以及減少二氧化碳排放的需求增加，沼氣化被視為更經濟、環保的處理方式。
- ii. 生物質能源轉型：韓國將有機廢棄物視為生物質能源的重要來源，並制定生物質能源行動計畫，推動廢棄物向

能源的有效轉化。

II. 沼氣政策推動措施：

i. 法規支持：2023 年 12 月正式實施的《利用有機廢棄物促進沼氣生產與使用法》（簡稱：沼氣法），進一步推動沼氣設施的擴張及多元化應用，加速政策落實。

ii. 生產目標制度：沼氣法實施，韓國建立沼氣生產目標制度，為公共部（2025 年起）與私人部門（2026 年起）分配沼氣生產量，目標的設定基於有機廢棄物總量、收集率及生產係數，計算出可進行沼氣化的資源量與最大生產能力，進而確定生產者必須達到的目標比率。

III. 有機廢棄物來源與總量：韓國的沼氣化來源包括廢木材、農業殘留物（如穀物）、農、畜、水產殘留物、畜產糞便、污水污泥及食物垃圾等多種有機廢棄物。

2019 年，韓國的有機廢棄物總量達到 6,721 萬噸，較 2010 年增加 14.7%。

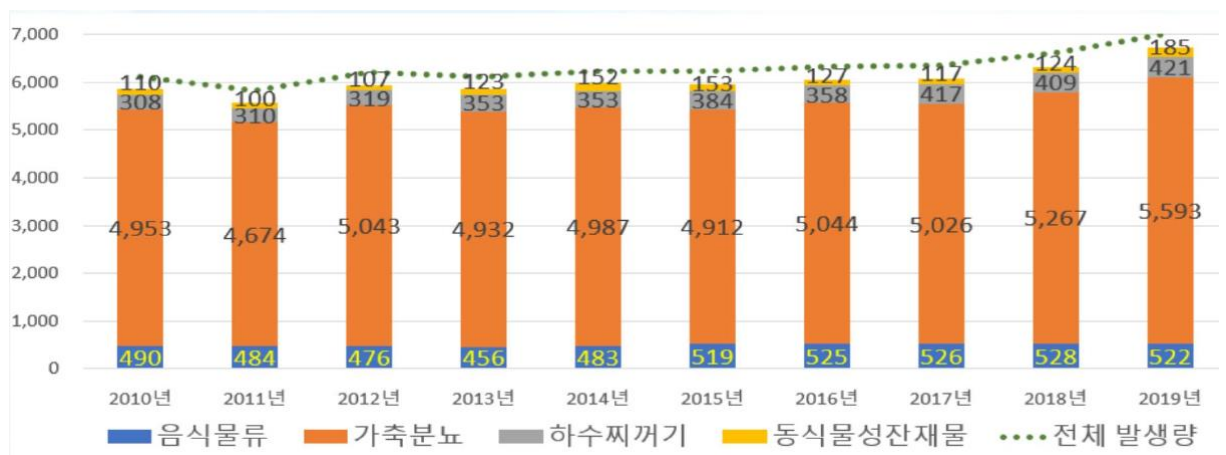


圖 50 韓國 2010 至 2019 年有機廢棄物增長情形

IV. 沼氣產量與處理現況：韓國的沼氣產量在 2010 年至 2020 年間增加了兩倍以上，至 2021 年達到 3.8 億立方米。然而，沼氣化在整體有機廢棄物處理中的比例仍然偏低。2019 年僅有 5.7% 的有機廢棄物透過沼氣化處理，大部分仍以飼料化或堆肥化為主。其中，食物垃圾的沼氣化處理比例為 12.5%，畜產糞便僅為 1.6%，污水污泥則高達 51.7%。

V. 沼氣技術的應用：沼氣具有多元用途，可作為汽車燃料、發電及供熱，並進一步應用於綠氫生產。韓國正在積極推動相關技術，若每年將 1 億噸的沼氣轉化為氫

氣，約可生產1.3萬噸綠氫，這對於減少化石燃料依賴具有重要意義。

VI. 沼氣設施現況與整合型推動：截至2022年，韓國共有110個沼氣生產設施。韓國正在推動整合型設施建設，結合多種有機廢棄物來源以提高處理效率和產能，進一步發揮沼氣的生產潛力。

VII. 面臨技術挑戰：韓國的沼氣設施在運作中面臨多項挑戰，包括消化槽溫度控制不穩定（尤其冬季效率下降）、消化槽負荷過重、儲存與精煉設備容量不足、硫化氫（H₂S）處理不足，以及輸送管道與幫浦運行問題等。

VIII. 技術改進方向：針對這些問題，韓國提出改進措施，包括重新計算熱交換器設計以提升冬季效率、重新確定有機負荷率（OLR）優化消化槽運行、增加沉澱物排放閥門以減少沉積物影響，並強化對沼氣產量與硫化氫處理的監測，確保沼氣品質穩定。

IX. 未來發展方向：韓國計畫擴大沼氣設施規模，逐步從獨立設施轉向整合型設施，以提高處理效率與產能。同時，將沼氣的應用範圍多元化，例如供應城市燃氣並開發更多新應用場景。此外，韓國正加速推進將沼氣轉化為氫氣的技術，期望將其作為綠氫的主要來源之一，支持國家氫能發展戰略，實現永續能源目標。

E. 議題交流：與韓國環境部代表李東進博士交流諸多廢棄物管理政策議題，彙整如下：

表 9 韓國整體廢棄物管理政策議題及答覆對照表

議題	韓方答覆
韓國推動固體再生燃料（SRF）的原因？	韓國推動 SRF 的主要原因是難以找到焚化爐的設置地點，為了盡可能利用現有設施，才將一般垃圾轉製成 SRF。儘管如此，韓國仍然有很多將垃圾回收再利用的方式，並非所有垃圾都會直接製成 SRF。在製作 SRF 之前，許多物品會先進行回收再利用。
韓國製作 SRF 的原料來源？	韓國主要使用一般生活垃圾來製作 SRF，而商業場所產生的廢棄物如木頭等，因容易回收再利用，通常不會用於 SRF 的製作。此外，廚餘也不會做成 SRF。韓國法律還規定水泥公司必須使用20%的 SRF 作為燃

議題	韓方答覆
	料。
韓國民眾在丟垃圾時，是否需要將 PVC 這類物品做分類？PVC 的分類是否困難？	PVC 的分類相對容易，因為用肉眼就可以分辨出來。韓國主要回收的 PVC 物品是水管或農用管，這些物品分類簡單且可行。
韓方與臺灣交流用廚餘養豬之相關問題？(如非洲豬瘟?)	臺灣：將廚餘製作成豬飼料，需經過高溫蒸煮及連續攪拌處理。 韓國：農業部門不允許將廚餘作為豬飼料，但韓國環境部檢測全國3000個以上廚餘樣本，未驗出非洲豬瘟。此外，韓國關注堆肥可能造成的土壤鹽化或其他土地污染風險，並採取預防措施。
韓國的焚化稅和掩埋稅，地方政府如何與中央政府分攤這些稅收？繳交收受對象？	韓國實施焚化稅和掩埋稅，按重量計價。處理者為地方政府，但地方政府需繳納焚化稅及掩埋稅給中央環境部。此稅制的目的在於減少垃圾焚燒量和掩埋量，促使地方政府更積極地推動垃圾減量與資源回收。
能源回收整體效率達到75%以上會被定位成回收設施，這個部分是否刻意與焚化廠做區隔？	是的。韓國大型製造業如造紙業的焚化爐，若能源回收率達到75%以上，則被視為再活用設施，與一般焚化廠有所區隔。在法律制度、補助及資源分配上，這類設施享有不同待遇。地方政府的焚化爐若符合規定，也可被認定為能源回收設施；若未達標，需重新申請為焚化設施。
韓國計算進入再活用設施或資源回收設施的量是否算在資源回收率裡？回收率87.6%中是否包含能源回收量？	是的。在計算回收率時，進入這些再活用設施或資源回收設施的量會被包含在內。回收率87.6%中不僅包含物質本身的回收量，也包含能源回收量，這些都計算在 recycle ratio 中。
韓國的沼氣獎勵制度交流	➤ 韓國設有沼氣獎勵制度，並將沼氣發電納入再生能源認證體系，例如 RPS (Renewable Portfolio Standard, 再生能源配額制度) 和 FIT (Feed-in Tariff, 固定價格收購制度)。沼氣發電所產生的電力由電力公司以較高的價格收購，以鼓勵業者投入。

議題	韓方答覆
	➤ 韓國的沼氣獎勵制度由產業部負責，但目前尚未提高獎勵，因此參與業者數量有限。相比之下，歐洲的沼氣獎勵制度更為完善，例如德國的制度非常高效，沼氣發電設施約三年即可回本，吸引超過11,000家業者投入。
韓國是否有其他事業類別參與廢棄物處理和再利用？	是的，除了造紙業和食品加工業之外，其他參與廢棄物處理和再利用的產業包括： ➤ 造紙業和食品加工業：產生的廢水可用於沼氣生產。 ➤ 汽車產業和鋼鐵業：主要再利用廢紙和廢鐵。 ➤ 小型企業：主要處理塑膠廢棄物。此外，韓國每年舉行兩次沼氣論壇，參與單位包含大型建築公司、小型產品公司，以及專門從事沼氣處理的企業。
韓國廚餘能資源化技術的挑戰？	相較於歐洲，韓國的廚餘技術難度較高，因為廚餘中常含有骨頭、貝殼等難以處理的雜質。為了解決這些複雜的家庭廢棄物，韓國在廚餘分類和處理方面投入了大量資源。而外國的生質能料源主要來自百貨公司或大型連鎖餐廳，這些地方的廢棄物較為單純。
韓國塑膠回收的責任歸屬？	韓國採行「生產者責任延伸 (EPR)」政策，對塑膠原料生產商徵收附加費，生產商若使用回收塑膠，可根據使用比例減免附加費。此外，產品製造商須負責回收其產品的塑膠包裝，例如飲料製造商需回收產品的塑膠包裝。此制度實施多年，顯著減少垃圾量。
韓國垃圾隨袋徵收制度是否先試辦再推廣？	韓國的垃圾隨袋徵收制度已實施25-30年以上，最初以試點方式推動，後迅速擴展至全國。此制度有效減少垃圾量，因為民眾需依垃圾量付費。雖然垃圾處理費僅佔整體處理成本的30%，但費用敏感性促使民眾更仔細地檢查垃圾量並進行分類。
韓國 SRF 的品質檢驗為何一年僅檢驗四次？	韓國的 SRF 檢驗頻率較低，但產品一旦不符合標準，相關設施將立即停止運作。韓國環境部定期檢查 SRF 產品品質，並參考歐盟等國家的標準來強化管理，確保整體品質達到國際水平。
韓國電子產品的回收	在韓國，電子產品的回收責任在於銷售商。銷售商有

議題	韓方答覆
方式？如蘋果手機？	義務回收消費者購買的電子產品，這使得韓國的電子產品回收率高達95%。

2. 麻浦資源回收設施參訪

(1) 前言

參訪韓國首爾特別市-麻浦資源回收設施，了解韓國一般廢棄物處理設施營運過程如何回收能源及有效利用剩餘物料，將傳統焚化廠提昇至資源回收設施。



圖 51 麻浦資源回收設施參訪團合照

(2) 內容：

A. 概況說明：該設施自2005年啟用，以處理一般廢棄物（生活垃圾）為主要任務，服務範圍包括首爾特別市轄下鐘路、中區、龍山、西大門、麻浦等5個自治區。本廠原設計處理量750公噸/日，近期因運作多年設備老化，委託營運廠商經首爾特別市政府同意，目前處理量下修為600公噸/日。

表 10 麻浦資源回收設施介紹

設施名稱	麻浦資源回收設施
地址	麻浦區天空公園路86號(上岩洞)
設計處理量	750噸/天（250噸/天×3爐）
管理單位	首爾特別市氣候環境本部資源循環課
施工期	2001.11.5~2005.5.21（43個月）

工程造價	1,665.47億韓元
佔地面積	58,435平方公尺（17,677坪）
總建築面積	30,558平方公尺（9,244坪）
設計施工廠商	GS 工程建設、漢拿產業開發、現代摩比斯、現代工程建設
操作營運廠商	韓中產業開發

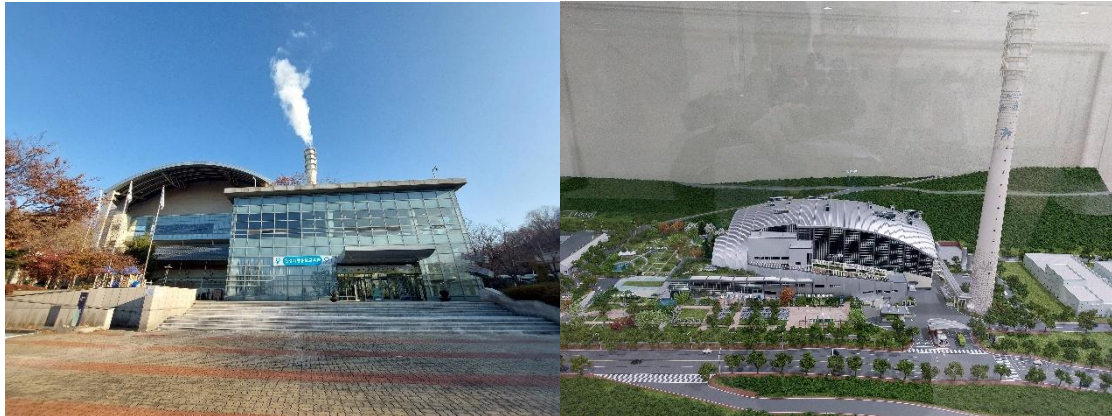


圖 52 麻浦資源回收設施建築外觀及全廠模型

- B. 處理設施概要：本廠主要設施包括廢棄物接收設施、廢棄物貯存與前處理設施、焚化處理設施、能源回收及發電設施、空氣污染防治設施、焚化底渣處理設施等六大部分。
- a. 廢棄物接收設施：進廠道路落實動線區隔，廢棄物清運車輛不與一般民用車輛共用聯外道路，並限制廢棄物清運車輛於每日0時～8時進廠，減少對週邊民眾干擾。廠區入口設置RFID卡識別地磅，登錄進廠車輛、廢棄來源及重量，進廠車輛完成過磅登錄後，進入廢棄物傾卸平台將廢棄物傾倒至貯存設施，傾卸平台位於室內並採負壓設計避免異味逸散，工作人員於傾卸平台執行進廠廢棄物落地抽查，確保未夾帶不得進廠之廢棄物；一旦查獲違規夾帶，即核予禁止進廠處分。



圖 53 麻浦資源回收設施廢棄物傾卸平台及落地檢查作業區

- b. 廢棄物貯存與前處理設施：本廠共設有二座貯坑，進廠車輛先將廢棄物傾卸至進料貯坑（容量2,000噸，約3日處理量），廢棄物以抓斗攪拌、抓取投入破碎機，經破碎均質化前處理成廢棄物衍生燃料(PRF, Processed Refuse Fuel)後，暫存於 PRF 貯坑，後續再依操作需求投料至焚化爐，透過進料破碎均質化前處理，以達成較好的燃燒條件、提昇燃燒效率。

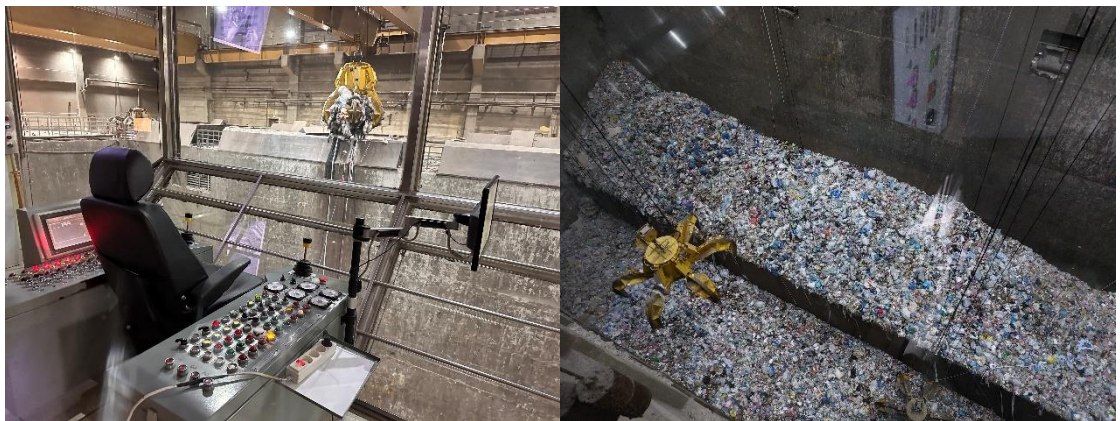


圖 54 麻浦資源回收設施廢棄物進料貯坑及抓斗操作平台

- c. 焚化處理設施：本廠除傳統焚化廠的廢棄物一次燃燒爐（五階段機械床式、 $1000^{\circ}\text{C} \sim 1050^{\circ}\text{C}$ ）及焚化氣體二次燃燒室（ 850°C 以上、氣體停留時間6秒）之外，與我國常見廢棄物焚化廠設計最大的不同點，在於一次燃燒爐後端另設置旋轉

窯燒結爐（900℃、轉速6 rpm，底渣停留60分鐘），用以燒結穩定焚化底渣中重金屬成分，可確保固體廢棄物完全燃燒、殘渣中重金屬溶出污染獲得控制。此外，二次燃燒室氣體停留時間長達6秒，遠高於一般廢棄物焚化廠設計值，可將一次燃燒過程產生的戴奧辛前驅物質破壞分解，減少於後續空氣污染防制處理程序中戴奧辛再生成的機率。

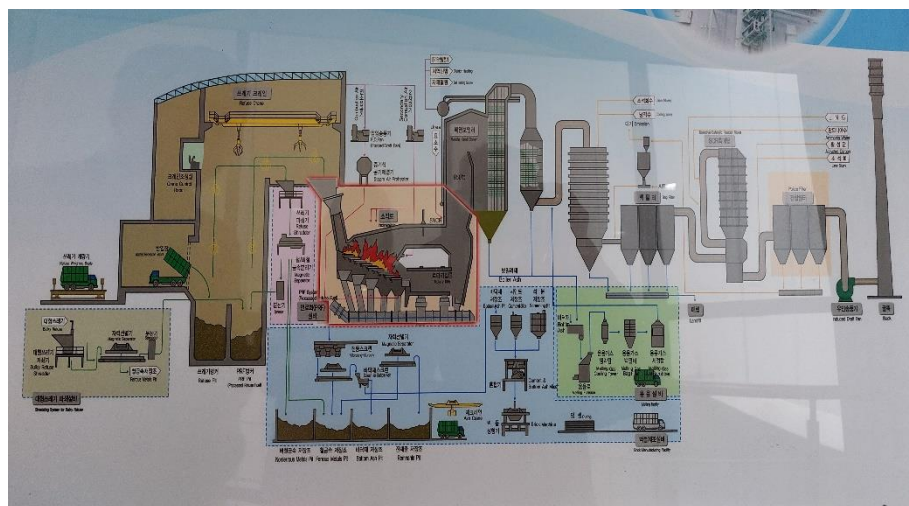


圖 55 麻浦資源回收設施焚化處理設施剖面圖



圖 56 麻浦資源回收設施焚化底渣旋轉窯燒結爐

- d. 能源回收及發電設施：二次燃燒室排出的焚化氣體以驟冷方式降溫至200℃，避免戴奧辛再生成，驟冷塔交換熱透過廢熱鍋爐產生蒸氣並以汽輪機發電(5,000 kW，50%自用、50%售電)，發電後剩餘蒸氣再以熱交換器生產中溫水供應給

區域供暖公司，作為週邊民生供暖回饋配套措施。透過多階段熱交換/能源回收措施，整廠燃燒熱能回收效率達75%以上，符合韓國國家資源回收設施標準並獲得認證，依韓國國家規定不再歸類為焚化設施，並可獲得減免75%應繳納焚化處理費的獎勵。

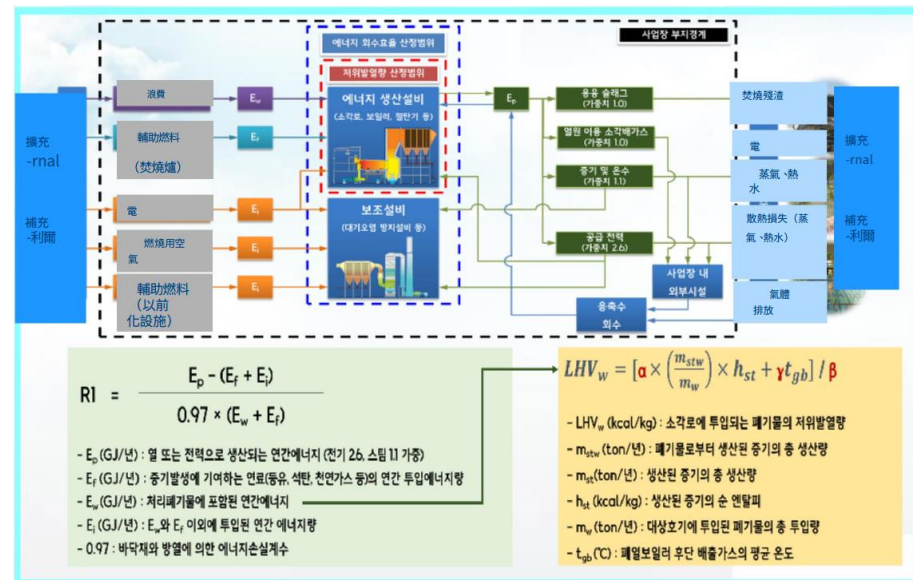


圖 57 韓國國家資源回收設施標準能源回收效率計算式

e. 空氣污染防制設施：本廠設有完整的空氣污染防制設備，依序為半乾式反應塔、袋濾集塵器、SCR 觸媒塔、二次袋濾集塵器等四個單元，有效處理硫氧化物（SO_x）、氮氧化物（NO_x）、氯化氫（HCl）、戴奧辛及粉塵等空氣污染物。與我國同期（2005年）完工之廢棄物焚化廠設計相較，本廠設計時即納入 SCR 觸媒塔與二次袋濾集塵器，對於氮氧化物（NO_x）控制更為完善；而本廠營運階段戴奧辛排放值皆能控制低於0.01ng/Nm³，較韓國國家標準嚴格10倍，令人印象深刻。

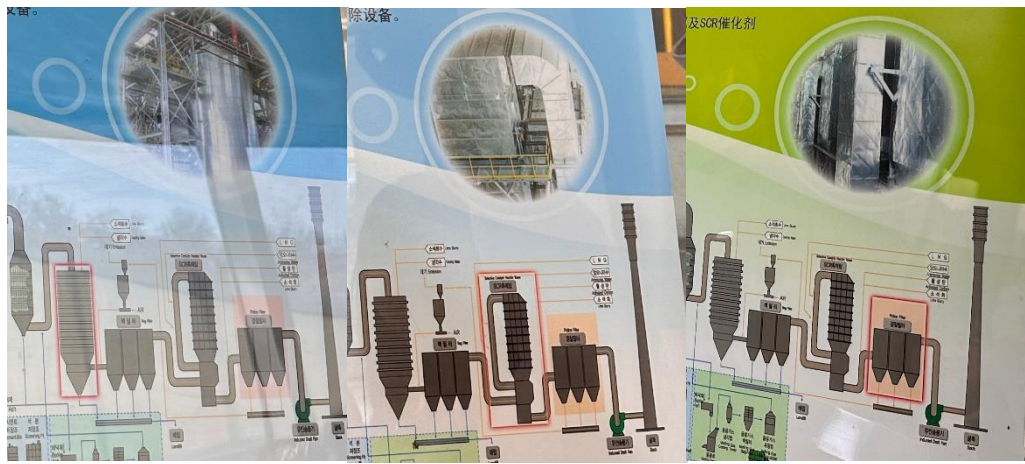


圖 58 麻浦資源回收設施半乾式反應塔、SCR 觸媒塔及二次袋濾集塵器配置圖

f. 焚化底渣處理設施：廠內設有製磚設備，焚化底渣經旋轉窯燒結穩定化，分離金屬和粒度篩分後，可於廠內直接壓製成人行道磚，或外送做為道路級配、水泥等原料進行回收利用；惟目前因成本考量，已停止於廠內製磚，改採委外處理。另空氣污染防治設備收集之飛灰，則委外處理作為指定廢棄物掩埋。



圖 59 麻浦資源回收設施焚化底渣及再利用產品（人行道磚）

C. 環境教育與回饋措施：廢棄物處理於世界各國均屬鄰避設施，麻浦資源回收設施雖為韓國最先進的廢棄物焚化處理設施，仍面臨民眾的質疑與反彈，本廠營運單位透過回饋與教育宣導活動，積極營造友善環境與形象，持續加強社會溝通與化解反對意見，同時作為首爾特別市政府宣導資源循環理念的環境教育

場域。

- a. 回饋金：依照韓國政府規定，廢棄物處理廠建廠初期應對週邊300公尺範圍內居民提供回饋金，本廠則與在地民眾協議，擴大回饋金發放對象至週邊800公尺內之居民；未來規劃於現址旁增設一座處理（焚化）設施，亦將與在地民眾重新協議回饋與補償措施。
- b. 環教導覽設施：主體建物內設置簡報室、展覽廳、參觀廊道，並製作多國語言導覽影片及聘任環境教育專業認證解說員，專責接待登記參訪的民眾，參訪民眾年齡層全面涵蓋幼齡兒童至年長者；此外亦定期舉辦回收廢棄物裝置藝術競賽，並將成品於廠內陳列展示，作為資源循環教育推廣使用。本廠附設環保愛心促進中心（環境教育展示場所）佔地280坪，由韓國環境公社轄下回收促進中心負責營運，共分為五個展區：展覽館介紹（首爾市資源循環政策）、了解資源循環（回收流程介紹、資源循環體驗中心）、世界盃公園資源循環環境（麻浦資源回收設施介紹）、資源回收設施與資源回收資訊（回收技術產業介紹）、環境先進國家，繁榮未來（21世紀環境先進國家），該中心作為資源回收學習體驗場域，旨在提高公眾對抑制廢物產生和促進對回收產品需求的興趣，提高民眾促進資源循環型社會的意識。
- c. 敦親睦鄰設施：本廠於戶外開放空間設置公共藝術造景，另於緊鄰之蘭芝島衛生掩埋場封閉復育場址建置生態主題公園，提供附近居民作為日常休閒遊憩的場域。

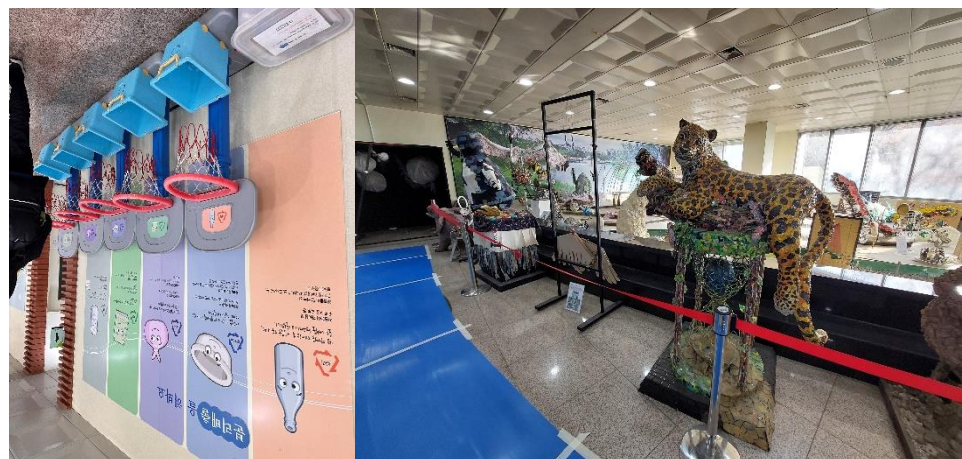




圖 60 麻浦資源回收設施參觀廊道及環教導覽展示空間

3. 首都圈衛生掩埋場 Sudokwon Landfill

(1) 前言

參訪韓國首都圈衛生掩埋場 Sudokwon Landfill，是全世界規模最大的垃圾掩埋處理設施，處理韓國1/2的垃圾量，了解如何從填海造地後設置衛生掩埋場、韓國環境公社(KECO)營運模式及營運中能源再利用、封閉區塊轉型友善空間等內容，讓衛生掩埋場與周邊環境、民眾共存共榮，達到環境永續發展的目的。

當日參訪分成4個階段進行，首先在觀察館觀賞環境介紹影片(6分鐘)及專人說明掩埋處理設施運作情形和進行問題交流，搭乘巴士至分期掩埋區塊進行現地參訪，並在其中第二期掩埋面區塊下車進行更深入導覽、經驗交流及問題提問，最後回到觀察館完成整體首都圈衛生掩埋場的參訪行程。



圖 61 首都圈掩埋場環境介紹及問題交流

(2)內容

- A. 概況說明：首都圈衛生掩埋場1992年啟用，主要處理首爾特別市、仁川廣域市、京畿道2,600萬人口的垃圾，約全國1/2的垃圾量，起初為企業填海造地後由政府購買作為衛生掩埋場使用，規模為1,618萬平方公尺（約2,300個足球場），收受家戶和商業型兩種垃圾，垃圾日處理量為5,500~12,000公噸，限制垃圾車進場時間為早上6時至下午4時，據統計每日進場處理垃圾約3,500公噸(約300車次以上)，並分為4期掩埋區分段執行垃圾處理作業。
 - a. 第一期掩埋區：1992年~2000年10月間使用，共計處理6,400萬噸垃圾，已飽和封閉，目前觀察高度下降7.2公尺，轉型成夢想公園(Dream Park)及高爾夫球場。

- b. 第二期掩埋區：2000年10月~2018年10月間使用，共計處理8,100萬公噸垃圾，已飽和封閉，目前進入穩定階段，尚未決定後續使用用途。
- c. 第三期掩埋區：2018年9月~迄今使用中，分為3-1區及3-2區，目前使用3-1區，使用量達61%，採金字塔堆疊法掩埋，設計堆疊8層、每層5公尺(4.5公尺垃圾、0.5公尺覆土)，總計堆疊高度為40公尺，目前已堆疊達第5層。
- d. 第四期掩埋區：目前尚未啟動開發使用，且周圍居民認為韓國政府應積極推動垃圾減量，不應繼續延長掩埋場使用期限，確保周邊居民的環境居住權利。



圖 62 首都圈衛生掩埋場分期掩埋區位置

- B. 掩埋分區現況及重點設施說明：本衛生掩埋場掩埋分區及設施包含 Dream Park 高爾夫球場(第一期)、滲出水處理廠、垃圾填埋氣發電廠(50MW)、第二期掩埋區、第三期(3-1)掩埋區、資源循環能源小鎮(含污泥回收設施、食品廢水生物氧化設施)、智慧地磅、野花花圃等八大部分。
- a. Dream Park 高爾夫球場(第一期)：場域面積409萬平方公尺，掩埋區205萬平方公尺，垃圾填埋量6,425萬公噸，封閉掩埋後頂部建造為公共高爾夫球場(36洞)，並以環保友善的方式開發及經營，每年約有16萬名市民使用該高爾夫球場，而球場的所有收益均用於垃圾填埋場的居民。其中此場地也是2014年仁川亞運的賽事場域，包含高爾夫球、水球及近代舞等運動。
 - b. 滲出水處理廠：安裝費用668億韓元，設計設施處理規模6,700m³/天，每日平均滲出水處理量為7,725 m³(包含還原淨

化設施注入量2,495 m³)，是一個整合垃圾填埋場滲出水、食物廢水和資源循環能源小鎮廢水的處理廠，滲出水被運送到處理廠後，首先會使用微生物進行生物處理，再經過化學處理過程後，使最終放流水低於法規規定許可排放標準的1/4數值以下。



圖 63 首都圈掩埋場滲出水處理廠

- c. 垃圾填埋氣發電廠(50MW)：垃圾掩埋面內廢棄物分解產生沼氣(甲烷含量45~50%)，透過自沼氣回收設施捕捉，再轉化進行發電，該廠自2007年3月開始營運運作，每日發電量為640MW/h，日平均發電收入5,130萬韓元，累計至2021年碳信用額度為882萬噸 CO₂(韓國無提供至2024年的最新數據))，是一個阻擋異味(減少甲烷逸散)及減少溫室氣體的設施，也對碳中和推動有所貢獻。



圖 64 首都圈掩埋場沼氣回收及捕捉設施

- d. 第二期掩埋區：場域面積378萬平方公尺，掩埋區262萬平方公尺，垃圾填埋量8,018萬公噸，於2018年10月結束垃圾處理掩埋作業，目前正在討論後續使用用途，仁川市民初步傾

向選擇轉型為森林(暫定名稱)、公共高爾夫球場和太陽能發電廠等，但都尚在徵求相關居民的意見階段。



圖 65 首都圈掩埋場第二期掩埋區現況



圖 66 首都圈掩埋場第二期掩埋區下車實地參訪掩埋面

- e. 第三期(3-1)掩埋區：場域面積103萬平方公尺，掩埋區83萬平方公尺，是韓國第一個將生活垃圾及建築垃圾分開的掩埋場，並積極處理減少了硫化氫的排放，目前仍持續進行垃圾掩埋處理作業，惟隨著推動各項源頭減量政策，廢棄物產生量逐步降低，預計將比原設計使用年限(2025年)延長可使用的年限。



圖 67 首都圈掩埋場第三期(3-1)掩埋區域運作情形

f. 資源循環能源小鎮：主要建立污泥回收設施及食品廢水生物氧化設施，其中污泥回收設施分為三期設施，並三期都在運作中，第一期回收設施建造時間為2008年12月，主要做為將污水污泥與固化機混合後再產生出可作為掩埋場覆蓋材料使用；第二期回收設施建造時間為2012年1月，主要是做為將污水污泥乾燥以製造固體燃料使用，而產生的固體燃料可出售給火力發電廠使用；第三期回收設施建造時間為2020年，主要用途跟第二期相同，唯一不同處是處理未消化的污泥。另有關食品廢水生物氧化設施，透過微生物(專利)進行淨化處理，並產生天然氣電力供應污泥回收設施使用，建置以來因更換燃料節省超過300億韓元。

g. 智慧地磅：廢棄物進入垃圾掩埋場的第一道程序，使用尖端的 IT 技術，可以即時檢查進場廢棄物類型、產生廢棄物區域及重量/噸數。

h. 野生花園：此花園建置在過去堆置煤灰的場域上，花園面積共計46萬平方公尺，耗時4年完成建置，造價為73億韓元，花園由4個區塊組成，包含主題植物區、野草區、濕地生態區和複合文化區，現場種植超過3萬棵樹及175萬朵花，且以亞生花種為主，綠意盎然四季綻放，是市民朋友喜歡的休憩去處。

C. 掩埋場營運模式及回饋：

首都圈衛生掩埋場由環境部所轄韓國環境公社(Korea

Environment Corporation, KECO)負責營運，取代原先由首爾、仁川、京畿道等3個城市共同管理模式，員工則由各政府機關派駐，模式轉型後管理更具效率，同時整體營運可提供1,700人就業機會，10%的收入均作為民眾補償使用，包含健康檢查及獎學金使用。此外，也努力開展文化、體育專案，開辦多元課程如：書法、瑜珈或西式刺繡等，積極培養當地人才，已獲得周邊居民對衛生掩埋場維護及營運的支持。而為了讓市民更加了解首都圈衛生掩埋場處理過程，管理單位也設計了2個掩埋場吉祥物，一為 Filly 象徵意義為吃垃圾後開花、一為 Landy 象徵意義為吃垃圾後發電，希望透過可愛的吉祥物和環境教育方式傳達正確的垃圾處理資訊，也讓民眾更加了解及體諒垃圾處理的不容易。



圖 68 首都圈掩埋場參訪團合照

4. 鎮川太陽能板資源回收中心參訪

(1)前言

隨著全球溫室氣體減排目標推展，各國對再生能源的需求增加，太陽光電發展日益普及，韓國政府亦藉由能源政策協助國家邁向2050碳中和。於太陽光電蓬勃發展之際，如何以資源循環角度思考，且有效地處理除役後之廢太陽光電模組為一大挑戰。

太陽光電模組係由玻璃、鋁框架、電池、導電帶(ribbon)、EVA、背板(backsheet)、J-box 等複合材料組成，因此回收處理具一定困難度，因此多以降階再利用為主，如何高值化再利用為重要課題；然而，如欲使廢太陽光電模組處理後衍生資源物投入具經濟價值與功能之高值化再利用產品，則於拆解、分類等前處理行為時，將各組成資源物分類越精細單一，可提升回收效率，使各材質更易於導入循環利用，同時降低環境負擔。

本次參訪太陽光電模組回收中心，隸屬韓國忠清北道政府轄下的忠北科技園區(Chungbuk Technopark)，位於韓國忠清北道鎮川郡，是一家致力於將廢棄太陽光電模組回收處理後循環再利用之處理機構，其成功經驗不僅可為全球提供參考，也對臺灣廢太陽光電模組之處理現況具有借鑒價值。

(2)內容

A. 中心概述

- a. 首爾鎮川郡太陽光電模組資源回收中心於西元2021年12月底啟用，係韓國環境部及首爾市為了因應廢太陽能板的處理而成立的資源化處理機構，中心同時也是次世代能源中心，負責支援忠清北道的企業，中心也負責資源回收及氫氣的相關研究。
- b. 韓國太陽光電政策是在2018年10月1日由環境部發表針對廢太陽光電模組進行回收，中心正式啟用後，韓國於2023年1月1日正式把太陽光電模組生產者加入延伸生產者責任制度(Extended Product Responsibility, EPR)裡，完整落實太陽光電模組回收政策，中心肩負功不可沒的責任，除了執行回收，同時也不斷研發開展新的處理技術。
- c. 目前中心具備自動化分離技術，能有效提取板材中的高價值材料，如矽片、銀、鋁等，並將塑膠和玻璃進行分類處理，以實現資源的最大化再利用。



圖 69 忠北科技園區太陽光電模組資源回收中心



圖 70 廢太陽光電模組再利用系統介紹

B. 簡報與介紹

- a. 說明韓國太陽光電模組回收的政策及相關技術開發研究，並介紹回收中心業務執行重點及太陽能板回收政策，在環境保護及資源循環中的關鍵作用。
 - I. 核心理念：以「循環經濟」為指導，透過「延伸生產者責任制度」推展，落實回收再利用，減少天然資源的開採，並增加資源再利用的價值。
 - II. 運營模式：建立合法運輸回收網絡，減少長程運輸收

集，確保完整收集全國廢太陽光電模組，進行集中處理提取回收有價物，並提供處理業者補助金，促進廢太陽光電模組資源回收再利用。

- b. 太陽光電模組的處理介紹：太陽光電模組主要包含太陽能電池、玻璃、Back-sheet、電源接線盒及鋁框架在電池的上下有 EVA 包覆，可以回收再利用的有鋁框架、電池、玻璃、Back-sheet，其中玻璃重量占60%~70%，鋁框架重量占15%，剩下的包含電池、導電帶、EVA 及電源接線盒只會占重量20%，有價金屬的回收包含銀跟銅。在回收程序裡涵蓋了拆卸、拆除、分離的部分，法規規定拆卸下來的物品要有80%的回收率才符合回收規定，然而，回收最大的挑戰就是把所有的層層界面進行分離個別收集，這樣才能達到回收的價值。

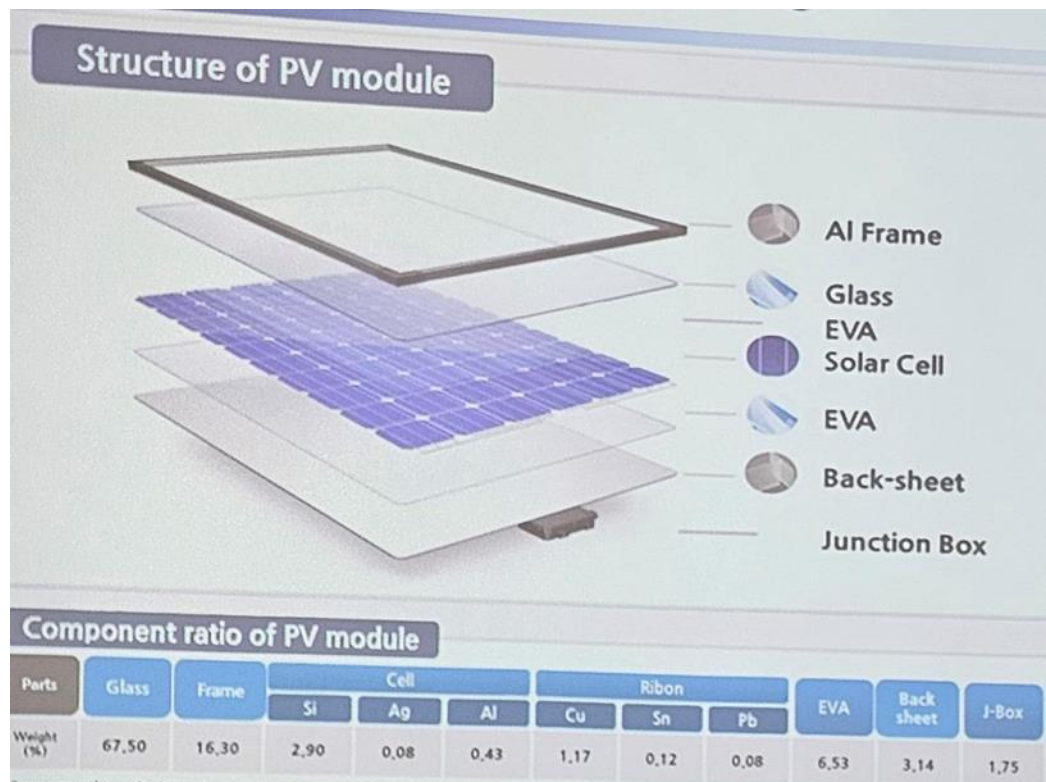


圖 71 太陽光電模組組成

- c. 主要技術與流程：中心擁有多項領先的回收處理技術，參訪過程中，依序介紹以下關鍵環節：
- I. 收集與檢測：廢太陽光電模組被送入中心後，首先進行初步檢查，篩選仍可維修使用的板材，避免資源浪費。
 - II. 拆卸與分離：
 - i. 外框拆除：移除鋁框。

- ii. 玻璃分離：利用切割或震動分離玻璃層。
 - iii. 矽片提取：剝離矽片與 EVA（封裝層）。
- III. 材料提取與再加工：
- i. 從矽片中提取高純度矽，用於新太陽光電模組的生產。
 - ii. 銀與鋁被純化後，供應至其他高科技產業。
 - iii. 回收的玻璃則被粉碎並用於建築材料或道路工程。



圖 72 廢太陽光電模組回收處理流程-鋁框架拆卸設備



圖 73 廢太陽光電模組回收處理流程-太陽光電板示範

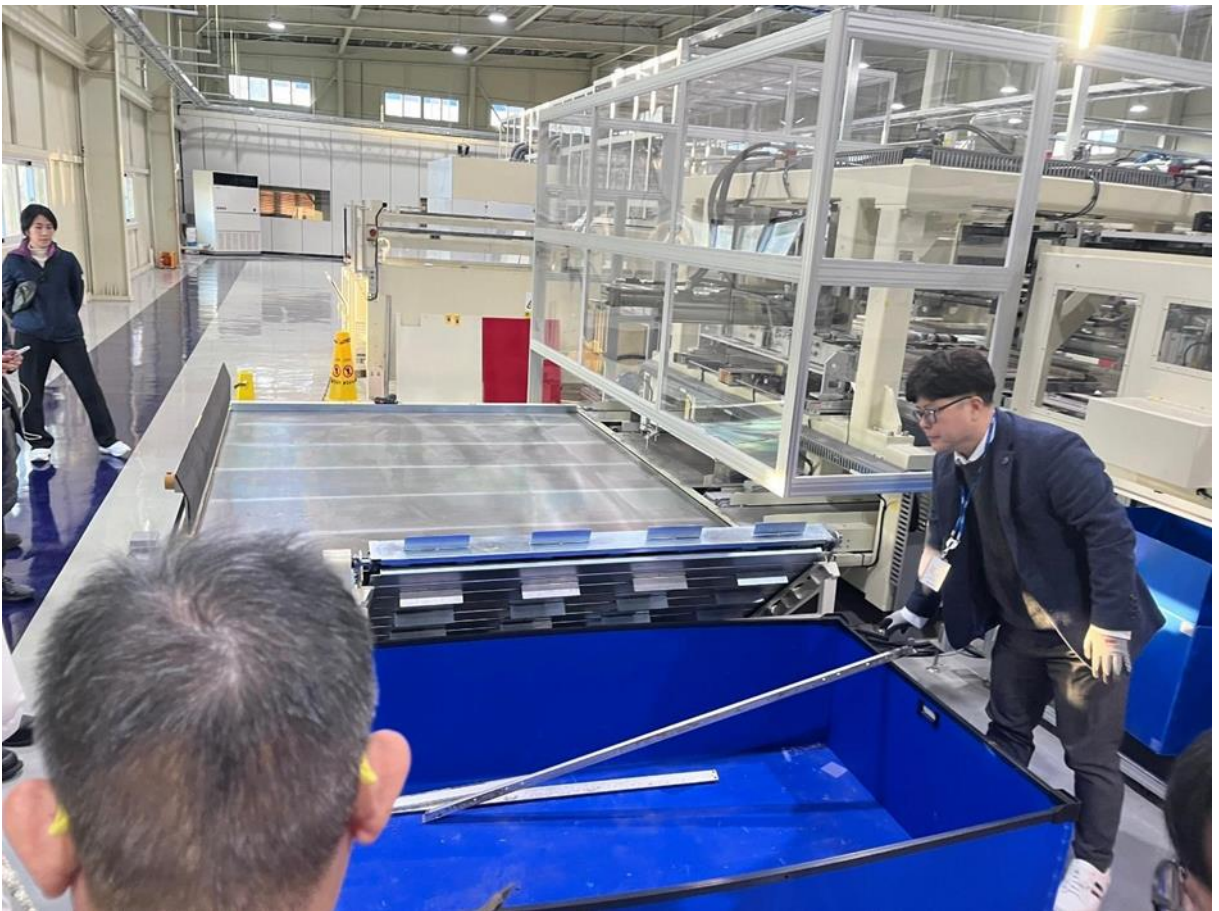


圖 74 廢太陽光電模組回收處理流程-鋁框架收集流程



圖 75 廢太陽光電模組回收處理流程-背板示範



圖 76 鎮川太陽能板資源回收中心參訪團合照

5. 高陽生質能源設施參訪

(1)前言

參訪高陽生物質能源設施，了解韓國廚餘及生物質之處理與能源回收現況。

(2)內容

- A. 參訪目的：實地參訪高陽市生物質能源設施，了解廚餘沼氣發電之實際運作情形，作為我國發展生質能源參考借鏡。
- B. 概況說明：韓國自2013年開始，禁止將廚餘隨意棄置或排入海洋，於是改以製成飼料或堆肥的方式處理，廚餘處理是韓國社會上一個很重要的課題，高陽生物質能源設施廠進料內容以廚餘為主，亦有收受牲畜糞便，與我國目前廚餘沼氣發電設施進料內容略有不同，其處理量較臺中外埔綠能園區設計製程(約162噸/日)高，高陽廠之沼渣製成堆肥，沼液則經過處理後進入廢水處理設施處理；目前該廠朝向沼液減量的目標前進，此也可以作為我國生物質沼氣發電的參考。
- C. 設施簡介：高陽市建造了一座生物質能源設施用於處理食物垃圾，該設施能夠每天處理250噸廚餘和10噸禽畜糞便，所有處理單元均位於地下，設施包含垃圾進料預處理單元、厭氧消化單元、消化氣體利用單元、消化污泥處理單元、廢水處理單元以及除臭單元，建置成本692.17億韓元。

表 11 高陽生物質能源設施介紹

設施名稱	高陽生物質能源設施
地點	高陽市德陽區高陽大路1804-46
施工期	2010. 6. 14 ~ 2014. 5. 7
設施規模	260噸/天【糧食（250噸/天）+牲畜糞（10噸/天）】
項目總成本	692.17億韓元（政府經費30%、省經費35%、市經費35%）
主要設施	進口及預處理設施、厭氧消化設施、消化氣體利用設施、消化污泥設施、廢水處理設施、除臭設施



圖 77 高陽生物質能源設施位置圖及設置成本



圖 78 高陽生物質能源設施建物外觀

- a. 垃圾進料預處理單元：為了穩定後續的處理，經過粉碎及垃圾去除系統，該預處理系統非常高效，能夠處理食物垃圾並

移除異物（如塑膠、餐具和動物骨骼）。它還能去除魚骨、蛤蜊殼、硬鋼和陶瓷等。

- b. 厭氧消化過程：厭氧消化過程通過微生物分解將有機物轉化為甲烷。該設施的厭氧消化槽為流體型槽體，消化氣體送入附近能源集團（三松集團）的能源設施利用，這些氣體會被應用於暖氣公司用於加熱水或暖氣供應，約可供應3,000戶家庭使用。
- c. 消化污泥處理過程：經過消化後的生物質可根據後續處理過程（如發酵、碳化、脫水等）製成多種形式。設施還處理廢水污泥並將其進一步用於堆肥設施。
- d. 廢水處理過程：食物垃圾的滲濾液和廢液含有大量有機物，需經過多步處理以達到排放標準。該過程利用厭氧槽、曝氣槽以及其他系統來去除有害物質。
- e. 除臭過程：食物垃圾在處理過程中會產生強烈氣味。除臭過程包括氣味收集和去除系統，並通過多重清洗塔和活性炭吸附塔進行處理。

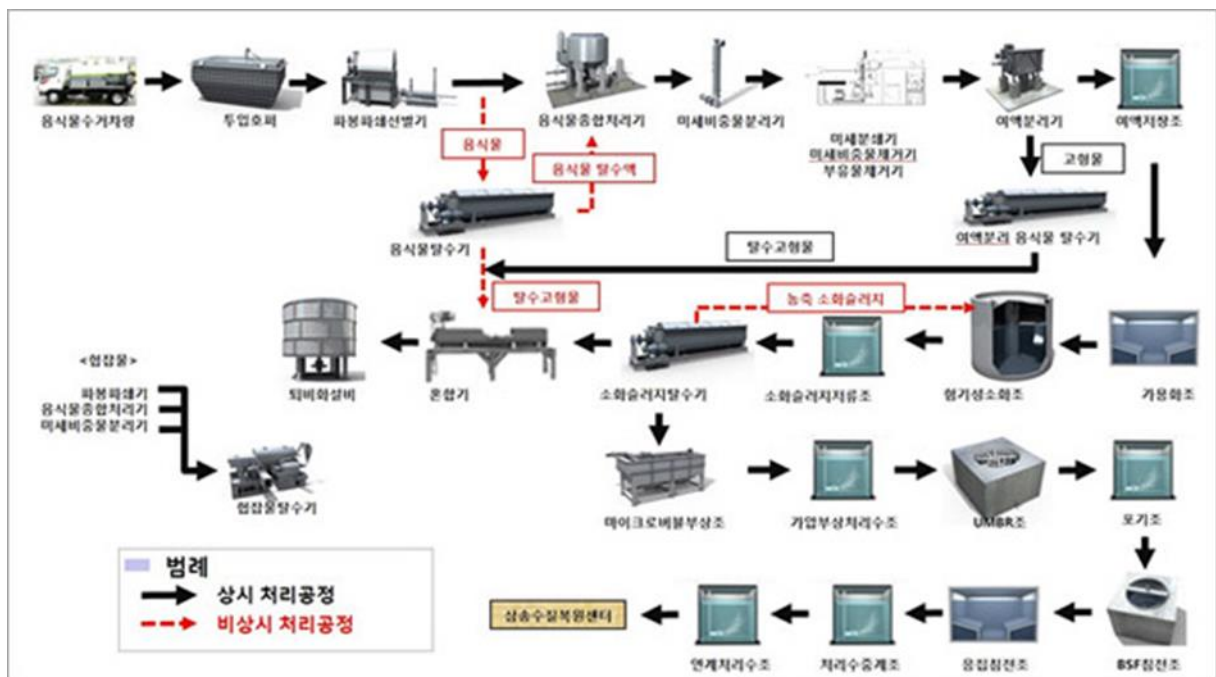


圖 79 高陽生物質能源設施處理流程圖

- D. 操作人力及時間：目前組織共有39位現職人員（包含總監1位、管理部門10人及營運部門28人），設施採24小時連續運作，工作人員輪班作業，投入有機物的儲存量上限為2天，原則上當日投入就會進入處理流程，在2023年的處理量為6萬2601噸，日平均209噸，經營投入費用125億韓元，2023年在高

陽市產生廚餘量為8萬839噸，其中6萬噸由本生質能設施處理，處理率高達74.4%，剩餘26%則是交由另外兩間私人處理設施處理。

E. 沼氣銷售再利用：目前一天可以生產的沼氣量為1萬8,000m³，販售給附近暖房公設使用，年收可達2.2億韓元，另外作為臭味防制設備 RTO 燃料，每年節省1.9億韓元。



圖 80 高陽生質能源設施前處理分離出異物展示區



圖 81 高陽生質能源設施中控室觀察進料情形及操作解說



圖 82 高陽生質能源設施參訪區展示資介紹設備圖



圖 83 高陽生質能源設施參訪區設備實際圖

6. 首爾市一般廢棄物管理制度及源頭減量成果與交流

(1)前言

拜會首爾市氣候環境本部代表，就首爾市源頭減量及廢棄物資源循環政策與我國現況相互交流學習。

(2)內容

A. 首爾市氣候環境本部組織



圖 84 首爾市氣候環境本部組織架構圖

B. 廢棄物種類：主要分為生活廢棄物及事業廢棄物，在生活廢棄物又分為一般廢棄物、廚餘廢棄物及回收利用廢棄物，事業廢棄物則會在細分為企業廢棄物、建築廢棄物及指定廢棄物，以首爾市目前產生廢棄物現況來看，2022年每日產生4萬3,573噸垃圾，其中66%為建築廢棄物、18%為生活廢棄物，依統計數據來看，在2013年廢棄物總量有略為減少，之後緩慢的逐年增

加。

- 人口：9,635,445人(截至2024年4月)
- 面积：605.2 km²
- 行政區劃：25 個自治區
- 廢棄物產生量：43,573噸/日

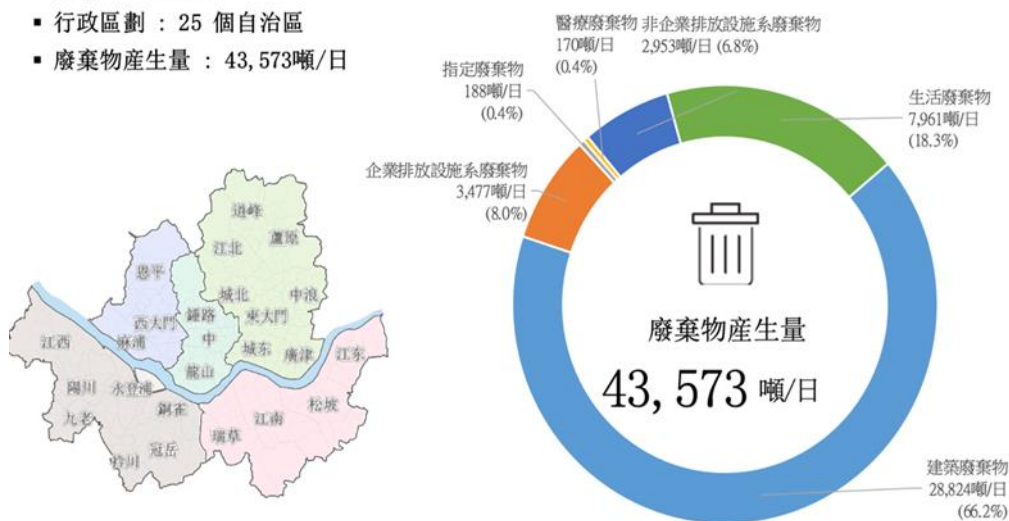


圖 85 首爾市廢棄物產生量來源分析

- C. 處理設施：包含5座資源回收(焚化)設施、33座生活廢棄物中轉站、15座公共分揀中心、4座公共廚餘廢棄物處理設施和1座金屬回收中心。資源回收(焚化)處理量為2,898噸（約佔首爾市垃圾量的70%），所焚燒後產生的熱能可為25萬家戶供暖。另外在首都圈的仁川掩埋場規模為1,618萬平方公里，自1992年開始掩埋垃圾，目前總共有4個掩埋場，其中2個已經飽和，目前在使用的是3-1掩埋場，以數據上趨勢來看，目前所接收到的垃圾量逐漸下降中，尤其是2022年首爾市所產生需要進入掩埋場的廢棄物有大幅減少。
- D. 隨袋徵收：以購買垃圾袋方式付費處理垃圾。
- E. 清運模式：由政府指定對象在街上辦理清掃作業，收集垃圾的部分則由私人公司承包營運，不同區域有不同收運時間，有23個區域是在夜間作業、2個區在白天作業。
- F. 廚餘處理：廚餘來自公共集合式住宅、獨戶住宅或小型餐廳，自2005年1月起採廚餘垃圾計量制，廚餘垃圾丟棄的途徑分為三種：第一種是計量設備(RFID)，以重量計算處理費用、第二種是將事先付款的標籤紙貼在桶裝廚餘上清運、第三種是使用標準化垃圾袋的隨袋徵收計費的方式。目前為了促進家戶減少廚餘垃圾，首爾市正在推行使用小型的家戶廚餘垃圾處理

器。



圖 86 首爾市桶裝廚餘清運(街道拍攝)



圖 87 首爾市試推行小型的家戶廚餘垃圾處理器

- G. 金屬回收中心及升級回收廣場：在金屬回收中心會根據廢家電材質類型進行回收，升級回收廣場則主要是提倡綠色消費、進行教育宣導零廢棄文化的部分，同時也有在幫扶環保企業及補助相關綠色產業。
- H. 源頭減量：針對拋棄式產品生產的產業進行規定及管制，像是大型連鎖餐廳及餐飲業目前是禁止使用拋棄式餐具及水杯，另外為了減少外賣容器廢棄物，目前正在推廣重複使用的餐盒及器具，現況是首爾市25個自治區內有15個自治區加入循環外送餐盒計畫，2025年將在全市推行；另外因應韓國獨特的喪禮宴席文化，目前也有推動賓儀館使用循環餐具，由公家的大型醫院附設賓儀館開始推行，計畫往私人醫院部分推進，在棒球場等特定場域也與廠商簽約推動使用循環容器；首爾市目前也有

推動一次性水杯押金制度，施行範圍由光化門至重禮門間的辦公區域及生態區域作為示範項目。

行 業	物品種類	規 定
大型餐廳、餐飲	一次性餐具、一次性塑料杯	限制使用(禁止)
	一次性塑料吸管	推遲(至2024年12月31日)
	一次性紙杯	不限制
批發零售	一次性塑料袋及購物袋	限制使用(禁止) - 超市等綜合零售商業體
		禁止免費提供 - 不包括綜合零售商業體
大型商場	一次性傘套、一次性塑料袋及購物袋	限制使用(禁止)
體育設施	合成樹脂一次性助威道具	限制使用(禁止)
住宿・沐浴	一次性刮鬍刀、牙刷、牙膏、洗發露、護發素	禁止免費提供

圖 88 首爾市一次性消耗用品規定現況

I. 議題交流：與首爾市氣候環境本部資源循環課資源循環政策組金東奐組長交流廢棄物管理議題，彙整如下：

表 12 首爾市廢棄物管理政策議題及答覆對照表

議題	韓方答復
首爾市對廢棄物總量自2014年起垃圾量逐漸上升的原因推估是什麼呢？另外如果統計資料是公開資料，韓國民眾會不會有疑慮？像在臺灣通常會認為推行隨袋徵收後垃圾量應該要下降，這部份該如何對外解釋呢？	垃圾量增加應該是因為經濟成長時期消費量增加所導致，同時網路購物興起導致垃圾量增加。 資訊是由環境部統計後公開，不過不會特別由首爾市政府向民眾說明。
公用的垃圾袋（藍色）主要用途是什麼？	主要是街道清掃隊所使用（公共區域使用）的意思，最大會到75公升。
在首爾塔附近有看到街上公用垃圾袋上印製三家公司的名稱跟電話，是不是由政府發包給不同清運公司所以印製不同的電話呢？	上面印製電話號碼應該是某某區公所的电话，如果有問題就可以打給區公所處理。
臺灣也有在臺北市推行循環杯使用，想請問首爾市對循環杯的清潔是否定有相關的安全衛生規範？在推動時如何	一次性押金制度所回收的杯子（紙杯）是會回收再制成新的杯子，所以跟循環杯制度不太一樣。

議題	韓方答復
促使店家提升配合意願？在一次性押金制度有補貼回饋100韓元，還有沒有其他補貼或推動促進的方式？	在推動外送可重複使用的餐具尚會有專門清洗的工廠負責餐具清洗，目前檢查標準遠低於日本的安全規範，是非常嚴格的。

7. 首爾升級回收廣場(Seoul Upcycling Plaza)參訪

(1)前言

許多世界級都市正引領升級再造的時代，在紐約有人把垃圾包裝為觀光商品販賣、瑞士的 Freitag 品牌用廢棄的防水布與安全帶、自行車廢輪胎等製成的「手工包」，成為了升級再造的先驅者、友善企業的象徵。韓國也期許會誕生像瑞士「Freitag」與西班牙「vaho」這種世界性的再設計(re-design)公司，打造升級回收廣場成為世界性的循環利用觀光景點，並將首爾作為頂尖的升級再造、循環利用都市屹立於世界。

環境部刻正推動「資源循環促進法（草案）」，將扭轉過去只被動收費、補助循環產業之作法，新增源頭管理與綠色設計等規定，期推動資源永續循環。另為切合本次廢棄物管理及資源循環主題，研習行程在環境教育面向為參訪首爾升級回收廣場（Seoul Upcycling Plaza, SUP），是全球規模最大的升級再造文化綜合空間，涵蓋多種功能，是首爾致力於環境教育規劃和資源循環城市的重要據點。

首爾升級回收廣場(Seoul Upcycling Plaza, SUP)作為據點，連結二手車流通中心、水再生中心現代化工程、下水道博物館的建立、都市礦產化事業等，同時透過建立可持續的獨立系統以及活化升級再造產業，創造2萬個新的工作機會，讓交換市場成為日常生活之一，捐贈與分享文化扎根，再利用文化變得生活化的都市，首爾升級回收廣場是一個值得參訪及學習的地點。

(2)內容

A. 廣場簡介

- a. 首爾升級回收廣場位於首爾市城東區汽車市場街49號，約16,530 平方公尺（地上五層，地下兩層），是首爾市「零浪費」綠色產業計畫的一部分，目標是到2030年成為資源循環城市，市內垃圾再生率達到75%，廢棄的垃圾能夠就地產生新價值，無需再運往首爾之外的其他地方進行處理。

- b. 以資源循環和創意設計為核心，不僅是一個推動升級再造文化的平台，還是一個教育和展示的中心。廣場內設有設計工作室、展覽空間、教育中心及研討會場地，為公眾和創意設計師提供支援，鼓勵他們將廢棄物重新設計成更具價值的產品。不僅提高了公眾的環保意識，也促進了當地綠色經濟的發展，成為城市可持續發展的典範。首爾升級回收廣場不僅推動著市民環保意識的提高，還激發了社群的創意潛力，促成了一個具有轉型意義的資源循環經濟模型。



圖 89 首爾升級回收廣場外觀及入口處歡迎投影海報

表 13 首爾升級回收廣場設施狀況

地點	城東區汽車市場街49號
完成日期	2017年5月19日 (2017年9月5日營業)
面積	23,265平方公尺 (總建築面積16,679平方公尺/ 占地面積6,943平方公尺)
建設金額	499億韓元 (約11億新臺幣) (市預算399億韓元/國庫100億韓元)

B. 簡報及交流

- a. 首爾升級回收廣場參與人員以車康熙執行長為代表，另外有首爾市市政府張之薰主務官共同參加，現場簡報介紹首爾升級回收廣場，是一個致力於資源升級利用和推廣循環經濟的設施。
- b. 該廣場是首爾市在資源再利用領域的重要基地，旨在將傳統回收概念 (Recycling) 提升至更高價值的再造概念 (Upcycling)，標榜 ZERO WASTE SEOUL Forward Bases，主管部門為首爾市氣候環境本部資源循環課，以非營利為目

的，委託予首爾設計基金會經營。

- C. 首爾升級回收廣場是全球規模最大的升級再造文化綜合空間，致力於推動「升級再造」(Upcycling) 理念，即透過設計創新或改變廢棄資源的使用方式，賦予其新價值。這種方式不僅延長了資源的使用壽命，也讓廢棄物品在環保與自然的思考中變得有意義，實現從線性經濟到循環經濟的轉變。升級回收將傳統的廢棄觀念升華為環境保護與資源永續利用的重要實踐，是實現「零廢棄文化」的重要途徑。
- D. 廣場的核心理念是透過創新設計和工藝，將廢棄資源轉化為更具價值的商品，不僅開放產業進駐，還提供學習機會，並扮演回收資源媒合與展示商品的角色。這一模式有效地將回收材料轉化為高價值產品，為推動循環經濟提供了示範場域。SUP 的運作展示了如何結合產業、教育與文化，創造一個鼓勵創意、實現環境永續的生態系統，進一步將升級再造理念深入人心，為全球環保事業提供寶貴的參考。
- E. 首爾升級回收廣場 以創新設計為主導，致力於推動重點為：
 - I. 企業支持：促進本地企業參與升級回收，提供設計與資源管理解決方案。
 - II. 價值產業市場拓展：建立高附加價值產業鏈，吸引市場投資。
 - III. 資源循環：實現社會對廢棄物的可持續利用。
 - IV. 文化傳播與實踐：推廣「零廢棄」理念，形成全民參與的文化。
- F. 從 Upcycling 到 ZeroWaste 的影響擴展過程，這是一個以為核心的推廣模型，從個別企業支持到社會文化變革，逐步形成規模化的循環經濟生態系統。
- G. ZERO WASTE 為業務重點：
 - I. 零廢棄文化傳播：推廣可持續發展理念，提升公眾環保意識。
 - II. 零廢棄支持產業：為升級再造及 ESG（環境、社會與治理）企業提供資源與技術支持。
 - III. 首爾 Zero Market：建立零廢棄市場，推動無包裝與環保消費。
 - IV. 設施營運安全服務：提供訪客與租戶完善的設施管理與

服務。

H. 針對不同族群提供不同之服務。

I. 民眾與學生：通過教育和觀光，吸引大眾參與零廢棄文化。

II. 升級再造公司與 ESG 公司：提供創新材料支持，促進行業發展。

III. 小型企業：鼓勵加入 Zero Market，擴大影響範圍。

IV. 訪客與租戶：規劃並執行多樣化的活動計劃，增強參與感。

I. 設定營業目標：

I. 教育與觀光：參與人數約 1.8 萬人。

II. 升級再造材料使用：每年處理與利用 9,100 公斤材料。

III. 支持小型企業：目前已有 100 家企業參與 Zero Market(為推動大幅減少包裝材料、環保消費商店。

IV. 活動規劃與執行：制定完善的活動方案，提升設施運營效率。

J. 首爾升級回收廣場為了讓首爾市民了解如何永續，期許環保教育擴散到民眾，環教的資源回收很重要，發展出升級再造的模式，升級再造的特徵就是使用廢棄物作為原料來製作產品，生產產品過程中的剩餘材料及垃圾都可以作為在活用的素材，在這裡可以再設計重複利用回到市場。

K. 為提高民眾之環保認知，首爾升級回收廣場透過辦理比賽、活動或提供獎勵機會等多元化經營，辦理首爾零廢棄物教育和旅遊導覽，截至2024年11月共501次解說員巡演，共13,216人次參加、教育課程,7,173人次，總計20,389人次，透過解說員培訓擴大業務並加強與外部公司和機構的合作，教育民眾認識資源回收重要性，課程也包含廢棄物重新製作為生活用品，增強社會對資源回收再利用的認識與實踐。

L. 支持零廢棄產業，改革升級回收流程並精進，建立 ESG 支援體系建設，啟用“材料銀行”和“夢工廠”，辦理材料協助媒合及加工共1,912件，夢工廠設備使用申請1,331次，並辦理2次設備安全使用培訓。

M. 循環經濟要能推動成功的關鍵是建立完整的產業體系，將上、中、下游產業串連起來，達到供需平衡。就經濟面而言

- 包括兩項，一是生產成本，次為回收再利用之市場價值。
- N. 升級再造產業是屬於小型製造型產業，它的發展和振興是由生產資源、技術和資金三要素決定的。當入駐的廠商具備技術和資金時，穩定的生產材料資源就顯得格外重要，首爾升級回收廣場(SUP)的材料銀行就扮演這樣的角色，材料銀行建立了再生材料供應者和消費者的聯繫，創造一個公平的交易平台，並且能發揮銷售作用的良性生態循環系統，同時提供了價格低廉的工作空間和產品展示平台，參觀遊客不僅可以直接購買產品，還能以工作坊的形式參與體驗生產過程。
- O. 推廣升級再造材料，展現了明顯的減碳效果，分析其碳排放削減成果，從過去累積提供企業材料約12,000公斤，減碳量約為 23,454,788 公克；在2024 年流行皮革及布料的回收應用，預估可減碳5,150,000 公克。

C. 現場參訪

- a. 首爾升級回收廣場共地上五層，地下兩層。五樓為餐廳、教育室、會議室、營運辦公室；四樓及三樓為進駐廠商辦公室、休息區；二樓為圖書館、SUPER Market；一樓為夢工廠、升級再造屋；B1為材料銀行、貨物裝卸區；B2為停車場、機房、倉庫。



圖 90 首爾升級回收廣場入口樓層說明

- b. 進駐廠商辦公室介紹：首爾升級回收廣場約有30家中小企業進駐，最大可容納40家，入駐需經過申請與資格審查，進駐時間為1年，可延長至2年，租金僅為市場價格的十分之一。大部分入駐企業為小型新創事業，也有與外部設計師合作，透過創新設計將廢棄資源轉化為充滿創造性和設計感的

商品。這些產品種類多元，包括浴室瓷磚製成的椅子、廢棄廣告橫幅做成的配飾、用過的牛奶盒製成的名片夾、回收汽車門板製成的桌子、壓扁的酒瓶變成的盤子，以及塑料瓶打造的吊燈等，展現了升級再造的無限可能。除了商品製作與販售，廣場還提供多樣服務，例如將即將丟棄的舊衣服重新整理並改造成新衣服，進一步延長其使用壽命。廣場的規劃者希望這裡能成為孕育新興生活方式的溫床，吸引更多年輕創業者與藝術家入駐。同時，為了提高年輕人對環保的認知，廣場也透過比賽、獎勵計畫以及補助外部環保相關產業，持續推動環境教育，讓升級再造的理念深入更多人的生活。



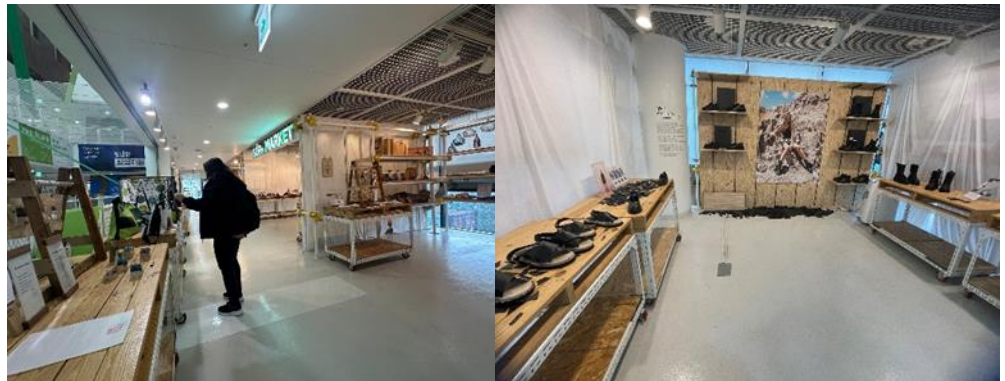
圖 91 首爾升級回收廣場進駐廠商辦公室區域



圖 92 首爾升級回收廣場木材升級與帆布升級回收應用公司

d. SUPER Market 介紹：升級回收應用公司將升級改造後的產品，展示及販售，並且導入設計理念，讓回收資源再製商品高價值化，提供入駐的廠商來經營販售的商店，但因 COVID-19 疫情的關係，沒有繼續營業，改成為陳列展覽的地方，其實現在人們消費習慣改變，很少到實體商店購物，所以除了實體展示也同步在線上販賣，目前主要都是用網路販

售的方式進行。另外現在也會舉辦活動及企劃，如：嘉年華、慶典、時裝秀、Zero Market 等，Zero Market 是無包裝店家，約有100店家參與，會協助支援相關宣傳及廣告，例如：販賣洗髮精、洗衣精或洗碗精的商店，若採用無



包裝，則可申請補助。

圖 93 首爾升級回收廣場 SUPER Market 陳列商品

- d. 圖書館介紹：這是一座以資源回收與再造為主題的特色圖書館，整體建築採用回收木材設計而成，充滿自然與環保的氣息。館內不僅收藏了豐富的環保與再生資源相關書籍，還設有專區展示由回收材料製作而成的創意物品，從再生木家具到舊物改造的藝術品，充分展現出廢棄物品的嶄新生命力。明亮的木質空間搭配綠色植物點綴，讓讀者在閱讀之餘，也能感受到環保設計的美感與價值。這裡不僅是一個學習的場域，更是一個鼓勵民眾參與永續生活的靈感基地。



圖 94 首爾升級回收廣場圖書館

- e. 夢工廠介紹：

- I. Dreaming Factory 是首爾升級回收廣場中充滿創意的特色空間，以座右銘 "Upcycle Fab Lab" 傳達升級再造與原型製作的核心理念。這裡不僅提供廢棄材料的供

應與改造，更是一個賦予廢棄資源新價值的創意平台。作為支援設計者活動的綜合空間，夢想工廠整合了先進設備、專業技能培訓和全流程生產服務，打造一個實現靈感的理想舞台。

- II. 廠商還可以使用夢工廠的各種設備來創造自己的想法，生產及宣達理念及環境教育。廠商使用流程包括搜尋所需材料、訂購材料、預約設備、預約工廠。
- III. 夢工廠使用資格，至少符合1項：A. 完成首爾升級回收廣場主辦的設備安全及使用訓練的人員；B. 已完成設備安全及使用外部培訓並有證明(空間培訓證書等)C. 首爾升級回收廣場可使用設備的企業。使用費用每日1萬韓元，月租(會員)為5萬韓元。

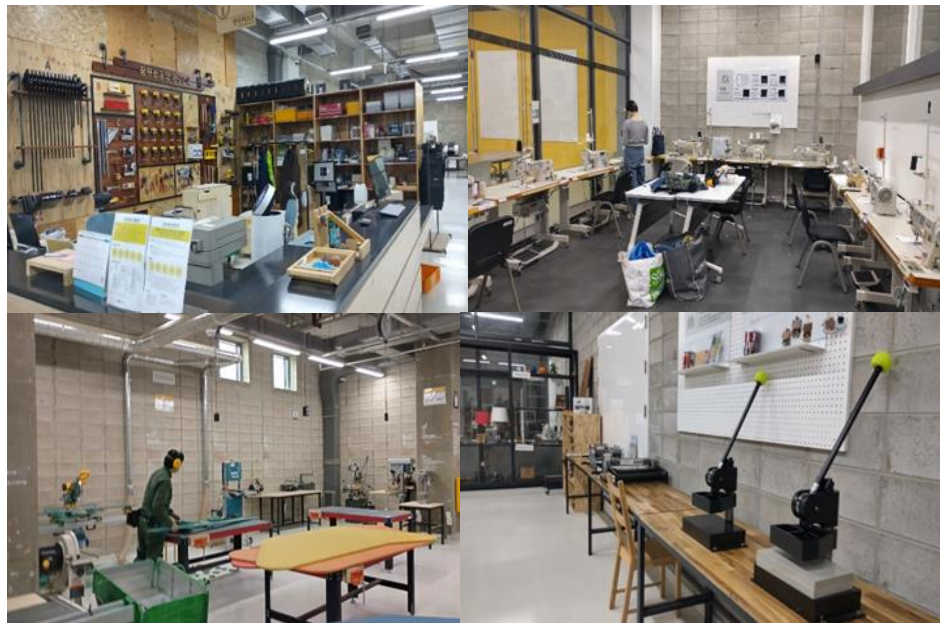


圖 95 首爾升級回收廣場夢工廠櫃台及工具租借、縫紉區、木材加工及工具區

- f. 升級再造屋：它是展示衣、食、住、玩等與日常生活相結合的升級再造作品的展示和表演成果以及公民參與工作坊活動的文化空間，展示主題會定期更換，吸引不同群體的關注。

- I. 互動展示：升級再造屋內的產品均可供參觀者觸摸與體驗，也有環境教育的教具，現場有一瓶蓋池，瓶蓋是重點回收項目，但瓶蓋可能來自各個區域，就會混合在一起材質不相同，必須要分類，以把這邊變成小孩子玩樂空間，讓他們去分類體驗資源回收。

- II. 製作升級再造產品需要精細技術，例如將廢棄物經過處理與設計，轉化為實用產品，每件作品均附有 QR Code，掃描後即可了解產品的生產商資訊，並進行線上購買。
- III. 工廠採用環境友善的經營方式，包括：使用潔淨能源。運輸方式考量碳排放量，盡可能減少碳足跡；在社會責任上，業者也會優先僱用退休後仍需工作的勞工，或因結婚生子而中斷職業生涯的女性，為其提供再就業機會。
- IV. 本期展示主題為包包，展出的產品均來自升級再造企業，充分展現廢棄物的再利用價值，如使用廢棄汽車皮革座椅、廢棄帆布所製作的皮包，因原料來源充足，可大量生產相關產品，賦予設計後，即是一件受人喜愛的產品。

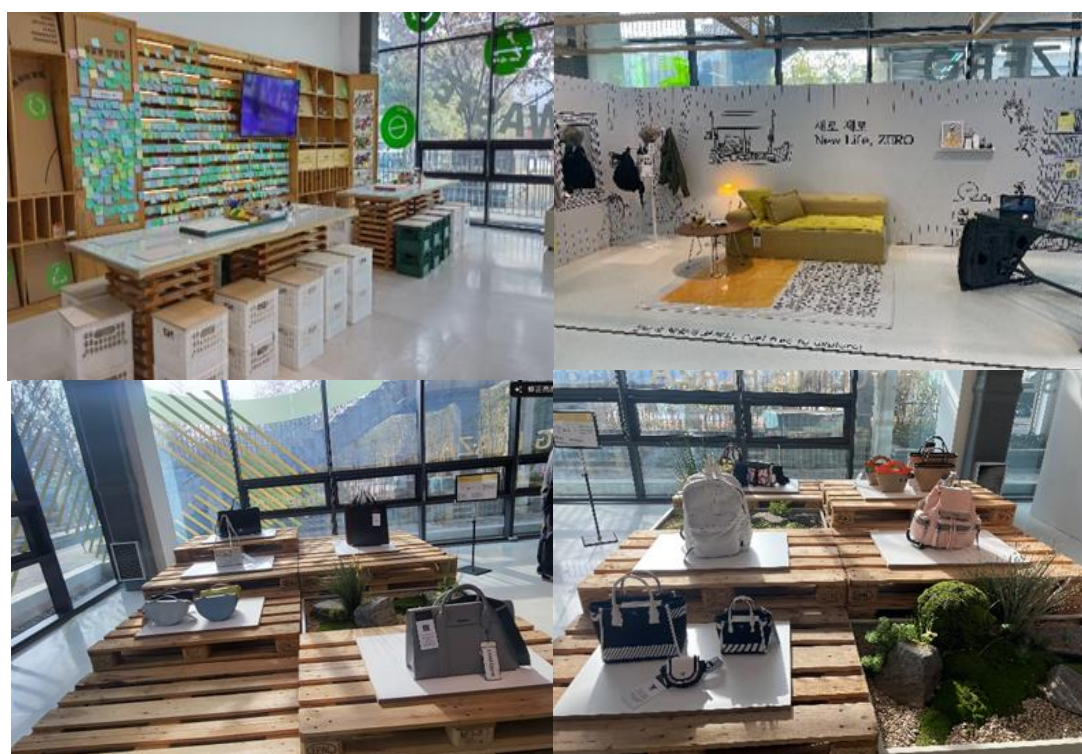


圖 96 首爾升級回收廣場升級再造屋體驗區、再造皮包及背包展示區

g. 材料銀行及展示牆：

- I. 首爾升級回收廣場設有材料庫與展示牆，展示各式各樣的回收材料，包括塑膠、木材、織物、玻璃、陶瓷、紙和金屬等，供設計師、廠商及普通民眾使用。設計師可親臨現場，直接與材料互動，了解其特性、色調與質

感，進一步提升設計過程的效率與精準度。部分材料可現場購買，滿足設計師或廠商的急需需求；若現場無法提供所需材料，廣場亦協助媒合合適的業者，提供後續採購服務，促進供需間的有效連結。

II. 對於展示牆上的樣本有額外需求，也會提供業者聯繫資訊，方便設計師和廠商快速建立合作，材料銀行亦提供網頁平台，進一步實現資源循環與共享。普通市民亦可透過這裡觀察廢棄物升級再生為可重複使用產品的過程，從中獲得靈感，並實踐資源回收的創新用途。廣場還提供環境教育，讓參觀者親身體驗資源再利用材料的豐富性，增進對環保理念的理解。



圖 97 首爾升級回收廣場回收資源材料牆

伍、心得

一、德國團

(一) ICLEI 地方政府永續發展組織及推動策略研習

1. ICLEI 認為要達成從地方到全球層級的永續發展，由在地發起行動是更有效且具成本效益的途徑，而 ICLEI 則提供技術諮詢、教育訓練、資訊服務、國際接軌與交流。我國環境部與地方政府齊力共識推動永續發展，環境部為了促進地方推動永續發展，對地方政府的政策指導、技術諮詢、教育訓練等亦不遺餘力。如高雄市在 ICLEI 的支持下成立高雄環境永續發展能力訓練中心，積極參與全球氣候變遷應對行動，並致力於成為氣候中和與智慧城市的典範。通過建立「最佳實踐共同體」和舉辦系列工作坊，並於國際會議中發表永續發展及淨零排放的作為及成果，確實提升了我國在國際社會中的能見度。
2. 由於全球都市化程度愈來愈高，透過多層次治理方式，以城市為主軸，從區域到國家再到全球層級，多方面執行推動各項倡議與環境政策，可以實質影響決策並加速落實永續發展目標。ICLEI 定位自身不僅是參與者，更是領導者，這點值得讚賞，ICLEI 積極連結地方行動與全球政策制定，該策略的核心原則認知到多層次行動對於實現永續發展至關重要，而 ICLEI 將作為連接地方、國家和全球努力的關鍵促進者。不過，ICLEI 雖然介紹各層級的倡議行動，但對於這些行動如何反饋給地方政府加以落實，提及甚少，而這對於確保各項計畫真正轉化為地方實質改變至為關鍵。儘管各層級治理策略多元，但地方政府是否能在高度政治化的現實環境中發揮影響力不無疑問。也就是說，這些倡議行動可能忽略了來自國家政治或政府機構官僚慣性等潛在挑戰，導致無法有效解決地方的即時環境問題。此外，所有參與的政府是否都有同等能力或意願參與永續目標實踐，將是全球倡議行動能否真正有助於地方永續的關鍵。
3. ICLEI 對永續發展的五大策略路徑中之零排放發展，重點有減少污染物和排放、減少化石燃料和發展再生能源、大眾運輸和貨運流通性 (freight mobility)，而我國目前對氣候行動的推動似乎在貨運流通性部分較少行動計畫，物流行業在貨物流動性方面會考慮運輸成本及時間、物流管理、然對於可持續性，選擇低碳和高效的運輸方式似乎缺乏共識，貨物流通性與氣候行動的連結與發展策略應該被重視。
4. 循環經濟是未來發展的趨勢，臺灣作為一個資源有限的海島，更應該積極推動循環經濟，以減少資源浪費，促進經濟的可持續發展。本次

參訪考察讓我們深入了解了國際城市在循環經濟領域的最新進展和最佳實踐，也為臺灣推動循環經濟提供了寶貴的經驗和啟示。

(二) 波昂永續發展與氣候行動

1. 推動公民參與與共創：波昂以「Bonn4Future」為核心，結合市民與民間組織共同制定未來城市願景，透過公民參與提升政策支持度與創新性。建議我國於推動地方氣候行動時，採用更多參與式的公民論壇，吸納居民及企業的意見，並透過合作機制將這些建議納入實際政策。
2. 綠色交通運輸：波昂透過通勤及貨運的規劃管理，減少交通載運，強化低碳交通運輸基礎建設，推廣自行車及電動運具，以及發展共享交通等，達成其推動綠色交通運輸的目的。我國交通部門及地方政府也推行類似的綠色運輸改善工程或計畫，然而多屬點、線的計畫推動，尚未能達到全面性的普及，特別就私有傳統內燃機運具的汰換，需要更多的政策誘因，始能改變民眾的消費選擇；另低碳大眾運輸的普及化仍明顯有城鄉差距；如何提高民眾對於大眾運輸、共享運具的利用率，也可透過強制性法規與稅費課徵提高私有運具使用成本，以及有感補貼，鼓勵民眾轉換運具的使用。
3. 強化氣候數據平台與透明度：波昂的「氣候指南針」以數據視覺化技術呈現計畫進展，並供市民與政府即時追蹤，未來並將持續擴大結合外部資料（如：氣象資料），提供分析與決策功能運用範疇。我國已建立類似的氣候數據公開平台（如：環境部氣候變遷署「氣候公民對話平台-Climate Talks」），整合全國與地方的碳排放數據與政策進展，但就提升透明度與決策科學性，以及如何善用 AI 技術協助判讀科學數據提供對策，可以有更多的發揮。
4. 建築能效提升與再生能源普及：波昂以嚴格能效標準及補助政策，大幅提升建築節能與太陽能利用。我國雖已逐步透過立法要求一定規模以上之新建築，但對於廣大既有建築屋頂太陽光電的推展則仍有待強化。此外，如何強制或鼓勵建築能效之提升，或甚擴大對綠建築與太陽能系統的補貼政策，強化既有建築的節能改造補助機制，應可更進一步促進建築能效的提升與提高可再生能源的利用。
5. 深化國際合作與城市間交流：波昂作為 ICLEI 全球秘書處所在地，促進了多層次的國際合作。我國地方政府應更加積極參與國際城市網絡，分享氣候行動經驗，並爭取更多國際資源與技術支持。

(三) 參訪瑞曼迪斯利佩廠

1. 參訪 REMONDIS 集團利佩廠的過程，讓團員對於循環經濟的實踐與潛力有了更深刻的認識。作為歐洲最大的工業廢棄物回收中心之一，利

佩廠的成功不僅在於其先進技術與高效率的營運模式，更在於它以實際行動回應了當前全球資源短缺與氣候變化的挑戰。

2. 首先，利佩廠充分體現了循環經濟的核心理念，即將「廢棄物」視為一種寶貴的資源，通過創新科技和細緻化管理將其價值最大化。透過簡報介紹，利佩廠每年通過回收金屬渣，生產出高品質的鋼材與非鐵金屬，不僅取代了傳統礦藏的開採，也降低了對環境的衝擊影響。
3. 再者，利佩廠的營運模式在因應氣候變遷影響上做出了貢獻。據簡報顯示，該廠每年減少約48.8萬噸二氧化碳排放，這相當於約2.5萬公頃森林的碳吸收量。此成就源自於廠內高效率的能源利用系統，例如將化學廢料、污泥和動物副產品轉化為電力與蒸汽，進一步提供廠內能源需求，甚至可供應外部使用。這種資源循環的範例，呈現了利佩廠對減碳目標的承諾，也為全球的廢棄物處理提供了良好的示範。
4. 除了環境效益外，利佩廠還對社會發展帶來正面的效益。該廠不僅創造了約1400個直接就業機會，還透過教育與培訓計畫提升員工的技能，為當地經濟發展做出貢獻。同時，利佩廠透過生產如 RETERRA 品牌的堆肥產品和 ecoMotion®品牌的生物柴油，將回收與永續產品推銷給市場，增強了社會大眾對循環經濟的認識與參與，也可做為我國的政策推動參考。
5. 瑞曼迪斯循環園區的成功，受惠於其得天獨厚的條件，包括該集團為家族企業，資金財務健全，無需政府補助；園區面積廣大，除了放射性廢棄物之外，可以處理幾乎所有的廢棄物；部分協力廠商進駐園區，縮短運距降低碳排；周遭幾無民宅，減少民眾抗爭。
6. 環境部刻正向行政院爭取「氣候科技循環園區推動計畫」，如何促成集中式循環園區，建構具規模的循環經濟商業模式，瑞曼迪斯的經營方式可以借鏡，但臺灣地小人稠，在用地取得上就面臨很大的挑戰，需要各部會及地方政府的共同支持。

(四) 參訪 EUREF-Campus 環境創新園區

1. 未來臺灣2050年達到淨零排碳，能源轉型是非常重要一環，除加速設置再生能源外，生物沼氣（Biogas）的收集運用，也應有整體推動計畫，才能在多元乾淨能源推動上分進合擊，淨零排碳達到目標。
2. 再生能源發電無法成為基載電力，乾淨能源供電必須搭配區域儲能設施規劃，未來勢必結合 AI 能源監調控系統，推動微電網系統規劃，進而與整體電網連結，提高整體供電穩定及安全性。
3. 車用鋰電池汰役後之再利用是歐盟目前正在推廣之政策目標，EUREF Campus 園區內之 DB Encore 公司為德國國鐵子公司，該公司利用汰

換下來的車用鋰電池組裝成儲能設備系統，並納入 EUREF Campus 園區之智慧電網；在瑞曼迪斯利佩廠參訪時，亦有將汰換的車用鋰電池轉型作為儲能設備的規劃，此種作法可提供國內汰換之車用鋰電池去處之參考。

(五) 歐盟法規如何引領循環經濟和搖籃到搖籃轉型及碳定價在實現歐盟和德國淨零排放目標的作用

本次德國行程之參訪公司交流會場、辦公室、餐廳、飯店所提供的瓶裝飲料一律為玻璃瓶，餐具亦無見一次性產品，充分展示歐盟循環經濟政策於德國的實踐情形，該政策如何透過認證促進綠色設計與永續生產及其公正轉型的方式值得後續了解及學習。

二、韓國團

(一) 韓國一般廢棄物管理制度及源頭減量推動政策、成果交流

1. 韓國環境部分享韓國自2022年12月31日制定「循環經濟社會轉型促進法」，並於2024年1月1日實施，導入廢棄物管理新措施，目的為透過對產品生產、流通、消費等整體過程高效率的利用資源，以達成減少廢棄物產生，促進廢棄物循環利用。
2. 韓國環境部說明「循環經濟社會轉型促進法」亮點之一為將循環經濟的精神融入產品，使其經久耐用並得到適當的修復及評估循環使用的可行性，同時也有契合循環材料、循環利用及循環經濟三大策略。
3. 韓國環境部說明，韓國政府自2023年12月開始實施「沼氣法」，設定自2025年起公共部門、2026年起私人部門的沼氣生產目標，旨在將有機廢棄物（如污水污泥、食物垃圾、畜禽糞便等）轉化為可再生能源，減少對傳統能源的依賴。目標產量的設定基於廢棄物資源量、收集率、生產係數和目標率，並提供財政與技術支持，包括國家資助和沼氣設施的初步可行性分析免除。政策方向包含擴大沼氣設施、推動從獨立設施轉型為整合設施，以及將沼氣廣泛應用於發電、供熱、交通燃料和氫氣生產。試點計畫如昌原市和忠州市的氫氣設施，也進一步探索沼氣的應用潛力。設施運營需遵循技術標準，確保效率與環保效益，為實現碳中和與環境保護的目標鋪路。
4. 韓國環境部分享國內管理固體再生燃料(SRF)的作法，特別提到針對SRF 產品的品質標準均有定期由環境部轄下單位查察檢測，並持續蒐集如歐盟等各國品質標準相關規定，納入強化管理之參考。
5. 韓國大部分都還是一般生活廢棄物在做 SRF，因為如果是商業場所產生的廢棄物，例如木頭或其他材料等，將之回收及再利用是很容易的，而廚餘則無做 SRF。並分享例如韓國水泥公司，韓國的法律有規

定其使用 SRF 的燃料要達到20%。

6. 相較於臺灣的廚餘會製作為豬隻飼料或堆肥（經高溫攪拌過程），韓國農林部則未許可此作法，韓國環境部採檢國內廚餘樣本均未驗出非洲豬瘟，並與我方交流諸如堆肥造成土壤鹽化，或其他土地污染等風險及防止措施。
 7. 韓國環境部現階段政策目標為零掩埋，並定有焚化稅及掩埋稅，以重量計價，處理者為地方政府，但由地方政府繳納焚化稅及掩埋稅至中央（環境部），目的為減少垃圾焚燒量及掩埋量，並由地方政府做起。
 8. 韓國一些大型製造業有自己的焚化爐，比如說造紙業。如果這些設施的能源回收率達到75%以上，這類設施會被定位為再活用設施（與一般焚化廠有所區隔），並有很多法律上的制度依據、補助或資源的不同，地方政府之焚化爐亦可依此規定認定。
- (二) 參訪韓國首爾特別市一般廢棄物處理設施-麻浦資源回收設施，該設施自2005年啟用，設計處理量750公噸/日，因運作多年設備老化，委託營運廠商經首爾特別市政府同意，目前處理量下修為600公噸/日。該廠主要服務範圍包括首爾特別市轄下鐘路、中區、龍山、西大門、麻浦等5個自治區，設施概要如下：
1. 廢棄物接收設施：廠區入口設置 RFID 卡識別地磅，登錄進廠車輛、廢棄來源及重量，廢棄物傾卸平台採室內負壓設計避免異味逸散，另限制廢棄物清運車輛於每日0時～8時進廠，減少對周邊民眾干擾。
 2. 廢棄物貯存與前處理設施：廢棄物進料貯坑、廢棄物衍生燃料 (Processed Refuse Fuel, PRF)貯坑、破碎機，進料經破碎均質化前處理成廢棄物衍生燃料後，暫存於 PRF 貯坑，後續依操作需求投料至焚化爐，以提升燃燒效率。
 3. 焚化處理設施：機械床焚化爐(1000℃～1050℃)、旋轉窯燒結爐（底渣900℃停留60分鐘）及焚化氣體二次燃燒室（850℃以上停留6秒），確保固體廢棄物完全燃燒、分解排放氣體中大部分戴奧辛，並透過燒結穩定焚化底渣中重金屬成分。
 4. 空氣污染防制設施：半乾式反應塔、袋濾集塵器、SCR 觸媒塔、二次袋濾集塵器，處理硫氧化物(SO_x)、氮氧化物(NO_x)、氯化氫(HCl)、戴奧辛及粉塵等空氣污染物，其中，戴奧辛排放值低於0.01ng/Nm³，較韓國國家標準嚴格10倍。
 5. 能源回收及發電設施：焚化氣體經驟冷至200℃後，經蒸汽鍋爐產生蒸汽並以汽輪機發電(5,000 kW)，發電後蒸汽再以熱交換器生產中溫水供應給區域供暖公司。整廠燃燒熱能回收效率達75%以上，符合韓

國國家認證資源回收設施（非焚化設施）。

6. 焚化底渣處理設施：焚化底渣經旋轉窯燒結穩定化，分離金屬和粒度篩分後，可作為人行道磚、道路級配、水泥等原料進行回收，惟目前已停止於廠內製磚，改採委外處理；空氣污染防治設備收集之飛灰，則委外處理作為指定廢棄物掩埋。
7. 環境教育設施：設施主體建物設置簡報室、展覽廳、參觀廊道作為資源循環教育推廣使用，另於戶外空間及緊鄰該廠之蘭芝島衛生掩埋場封閉復育場址設置公共藝術造景及生態主題公園，提供附近居民休閒場域。

(三) 參訪韓國首都圈衛生掩埋場(Sudokwon Landfill)，該場自1992年啟用，處理韓國2,600萬人口的垃圾，約全國1/2的垃圾量，規模為1,618萬 m²，收受家戶和商業型垃圾，共分為4期掩埋區，說明如下：

1. 第一期掩埋區：1992年~2000年間使用，共計處理6,400萬公噸垃圾，已飽和封閉，轉型成夢想公園(Dream Park)及高爾夫球場。
2. 第二期掩埋區：2001~2008年間使用，共計處理8,100萬公噸垃圾，已飽和封閉，目前進入穩定階段，尚未決定後續使用用途。
3. 第三期掩埋區：2009年~迄今使用中，分為3-1區及3-2區，目前使用3-1區，使用量達61%，採金字塔堆疊法掩埋，設計堆疊8層、每層5公尺（4.5公尺垃圾、0.5公尺覆土），總計堆疊高度為40公尺，目前已堆疊達第5層。
4. 第四期掩埋區：目前尚未啟動開發使用，且周圍居民認為韓國政府應積極推動垃圾減量，不應繼續延長掩埋場使用期限，確保周邊居民的環境居住權利。

(四) 參訪首爾鎮川太陽能板資源回收中心，主要為廢太陽能光電板進行回收及再利用，致力於太陽光模組從搖籃到墳墓，考慮整個生命週期至廢棄回收的政策，藉由導入「生產者責任回收制度」，將太陽光電模組生產業者業投入參與制度之中，其重點內容包括：

1. 先進的回收技術：鎮川中心使用高效設備，將廢棄太陽能板分解為玻璃、金屬、矽等可回收材料，達到資源循環再利用。
2. 政策支持與綠色發展：韓國政府提供法規和補助支持，促進回收中心與企業合作，共同推動綠色能源產業的永續發展。
3. 教育推廣與國際合作：中心舉辦公眾參觀活動提升環保意識，並與國際夥伴分享回收技術與經驗，增強全球資源回收影響力。

(五) 參訪首爾升級回收廣場(Seoul Upcycling Plaza, SUP)，該設施由首爾市氣候本部資源循環廳出資，交由首爾設計基金會（非營利為目的）經

營，主要目的是透過資源的升級再造，將回收材料轉化為具價值的商品，開放產業進駐，提供學習機會，同時扮演著回收資源媒合與展示商品角色。為提高民眾之環保認知，SUP 透過辦理比賽、活動或提供獎勵機會等多元化經營，113年吸引2萬人參與 SUP 教育活動，教育民眾認識資源回收重要性，課程也包含廢棄物重新製作為生活用品，增強社會對資源回收再利用的認識與實踐。全世界有很多跟設計比賽相關之獎項，SUP 經營之首爾設計基金會每年辦理「首爾設計獎」，是少數以永續發展及解決環境問題為主之獎項，並將升級再造(Up-Cycling)的概念注入，激發創意產出實用產品，積極實踐環境教育，並提升民眾共鳴及開放全球參與。

陸、 建議

一、 德國團

- (一) 為達成2050淨零目標積極進行氣候計劃，除了政治上的決心與決策外，民眾及社區的參與亦為目標重要關鍵。波昂結合市民與民間組織共同制定未來城市願景，透過公民參與提升政策支持度與創新性。建議本市於推動地方氣候行動時，採用更多參與式的公民論壇，吸納居民及企業的意見，並透過合作機制將這些建議納入實際政策。
- (二) 波昂市政府努力讓市民瞭解低碳淨零的成果是可以造福市民，比如讓民眾了解，淨零永續的推動可以創造綠色工作及補助機會。就我國來說，近幾年來氣候變遷引起的極端氣候相信民眾已有感並了解威脅的存在，惟讓民眾了解淨零轉型驅動下，淨零和綠領相關的工作需求亦會增加，利益共享的論述可以再加強呈現，提升社會大眾對淨零轉型的共識及行動力。
- (三) ICLEI「循環城市實驗室」在城市中測試可重複使用的包裝系統，並且加強婦女對當地循環經濟的參與。這兩項行動做法值得我們思考學習，在包裝材方面，徹底評估可重複使用的包裝系統的經濟可行性、有效性、耐用性和實用性，才能提升實際上的使用度；另考量家庭採購確實大部分是由婦女負責，應加強婦女的參與，也應被視為知識傳播者和決策者。
- (四) ICLEI 對永續發展的五大策略路徑中之零排放發展，重點有減少污染物和排放、減少化石燃料和發展再生能源、大眾運輸和貨運流通性(freight mobility)，物流行業在貨物流動性方面會考慮運輸成本及時間、物流管理、然對於可持續性，選擇低碳和高效的運輸方式似乎缺乏共識，本市率先全國補助外送業購買電動機車及電池月租費的補助，實可謂創新且具效益的氣候行動計畫，如何更進一步透過促進計畫讓貨物流通性與氣候行動連結應該被重視。
- (五) 聚焦抗災韌性與基於自然的解決方案(NbS)：波昂透過水敏型城市設計、基於自然的洪水與高溫應對方案，增強城市抗災能力。我國已由環境部推動雨水花園示範推廣計畫，地方政府也已運用海綿城市概念進行都市基礎建設，未來應在現有防災系統中，結合更多自然解決方案，如推廣都市綠化、強化沿海防災植被，並融入地方社區的參與。
- (六) 技術創新是循環經濟推動過程中的關鍵。利佩廠在金屬渣回收、生物柴油生產等方面的創新技術已經提供了成功範例。我國下一步應繼續投入資源於新技術的研發，以應對更加複雜的廢棄物類型與日益增長

的處理需求。例如，如何處理電子垃圾、塑膠廢棄物等難解的廢棄物，以及如何進一步提升能源回收的效率，將成為未來的重要課題。

- (七) 車用鋰電池汰換後之再利用是歐盟目前正在推廣之政策目標，德國新創公司利用汰換下來的車用鋰電池組裝成儲能設備系統，並納入園區之智慧電網，此種作法可提供國內汰換之車用鋰電池去處之參考。

二、韓國團

- (一) 韓國將有機物（如廚餘、農廢等）通過厭氧發酵，生成沼氣（甲烷），進一步轉化為電力或熱能。本市有機廢棄物、有機廢水若能配合中央政策擴大推動厭氧處理沼氣發電，可增加生質能源產量，兼具污染減量及能源轉型效益。
- (二) 韓國自1995年全國實施垃圾費隨袋徵收制度，引導民眾減少自身家戶垃圾產生量，可作為評估本市未來推動垃圾減量方案之借鏡。另韓國民眾需上網申請並繳費後，方能排出大型廢棄物交付清運，未來亦可參考韓國作法訂定大型廢棄物排出規定。
- (三) 麻浦資源回收設施具備垃圾破碎均質化前處理設備，以提升垃圾燃燒效率，並進行底渣再利用。後續本市焚化爐更新，可參考評估處理量能及增設前處理破碎、分選設備，提升資源回收及焚化處理效能，並持續進行底渣再利用。
- (四) 參訪韓國生質能中心時，發現有許多不屬於生質來源的物質（如足球、鍋碗、泡菜壓石等）被投入機器導致設備損壞，參考韓國經驗，強化廚餘回收宣導民眾正確分類，有助於後端的再利用資源化作業及提升產品品質。
- (五) 首爾市建置「升級回收廣場」，以優惠價格提供回收新創產業申請進駐，並提供新創產業所需回收物料、機具等，亦規劃民眾參觀瞭解循環經濟。後續本市亦可配合中央政策或與企業共同合作，建構循環經濟示範場域，鼓勵全民投入循環經濟產業。

柒、 效益

一、 德國團

- (一) ICLEI 對地方政府的實質幫助應該是在提升地方政府的國際能見度，地方政府透過 ICLEI 的會議參與、行動計畫發表等，以城市身分展現成果，讓我國各城市的低碳永續成果與行動力有讓國際矚目的機會。
- (二) 針對波昂永續發展與氣候行動之推動公民參與與共創、綠色交通運輸及強化氣候數據平台與透明度，有利於制定未來城市願景，透過公民參與提升政策支持度與創新性。
- (三) 藉由參訪瑞曼迪斯利佩廠，我們了解其對於金屬渣處理、高風險動物副產品轉化、有機廢棄物堆肥與生物柴油生產等多項廢棄物循環技術。不僅減少了對自然資源的依賴，還為能源供應提供了永續的替代方案。
- (四) 臺灣可依據德國經驗，規劃淨零創新示範區，作為推動各項淨零示範項目，藉由過程經驗，滾動修正，逐步推廣全國，讓淨零推動有序並加速。
- (五) 臺灣剛開始實施的碳費制度可從歐盟和德國的碳定價經驗中學習相關的策略規劃及運作邏輯，如政策混合與免費配額的過渡時期設計，對特定行業（如鋼鐵、水泥、半導體），提供補貼與政策支持，促進低碳技術（如氫能和碳捕捉）的應用並逐步建立排放交易市場等。雖然目前臺灣以碳費徵收為主，但可借鑒歐盟的碳排放交易市場設計，未來引入排放交易市場機制，進一步提升市場的靈活性與減排效率。

二、 韓國團

(一) 提升轉廢為能及循環利用技術

本次藉由參訪麻浦資源回收廠及鎮川太陽能板資源回收中心等廢棄物處理場域，與韓方交流廢棄物處理、空污防制及能源回收技術，可作為本市相關焚化設施或廢棄物處理廠精進參考，提升轉廢為能、資源循環利用之能力。

(二) 推廣環境教育理念，增進企業與民眾對資源循環之參與

參訪中可見韓國頗為重視環境教育，不論是麻浦資源回收廠或是首爾升級回收廣場皆提供公眾參訪與互動之空間，且受眾涵蓋各年齡層，向下紮根環境教育觀念。本市相關場所或可借鏡韓國經驗，規劃民眾參訪體驗空間，增進市民環教認知並提升環保行動參與感。

(三) 有機廢棄物多元處理，能源轉型新契機

韓國將廚餘及農業廢棄物等有機物透過厭氧發酵，生成沼氣（甲烷）進一步轉化為電力或熱能，透過法律規範有機物能源化比例，大

規模應用於區域性集中供電與供熱，建立能源聯網。未來有機廢棄物、有機廢水若能配合中央政策持續推動厭氧處理沼氣發電，可增加生質能源產量。

(四) 處理設施再升級，提升廢棄物焚化效率

參訪韓國焚化爐垃圾進料經破碎均質化前處理，後續依操作需求投料至焚化爐以提升燃燒效率，焚化底渣並經廠內旋轉窯燒結穩定化，分離金屬和粒度篩分後，作為工程材料回收再利用。後續本市焚化爐更新，可參考評估處理量能及增設前處理分選、破碎設備，增加資源回收及焚化處理效能。

(五) 提升新興廢棄物處理技術，政府輔導業者成立共同處理機構

韓國由中央單位及地方政府合作成立資源化處理機構，研究處理技術，同時規範生產者生產之太陽能板拆卸後須有80%回收率，並以延伸生產者責任制度推展，生產者需加入會員並負擔部分處理費用，可提升生產者改善產品之意願，韓國超前部屬太陽能板處理技術的模式，亦可作為本市處理其他廢棄物時之參考。