

出國報告（出國類別：實習）

參加歐盟執委會「國家專家專業訓練計畫(NEPTs)」

服務機關：環境部資源循環署

姓名職稱：黃佑榮技正

派赴國家/地區：義大利/伊斯普拉

出國期間：112年9月28日至113年1月6日

報告日期：113年4月6日

摘要

歐盟國家專家專業訓練(National Expert in Professional Trainings, NEPTs) 是依據執委會2008年11月12日第 C(2008)6866號決定(Commission Decision)相關規定及2010年1月29日第 C(2010)544號決定修正條文辦理。歐盟執委會相關總署及歐盟對外事務部可依其需求，開放歐盟會員國及其他第三國官員依其專業背景申請見習，有助於提升第三國官員對歐盟政策及歐盟機構運作方式之瞭解，亦將促進雙方機構之交流與合作。

本次受訓係分發至歐盟執行委員會聯合研究中心(DG-JRC)之永續資源組(Directorate Sustainable Resources, Dir. D)轄下的土壤資源及供應鏈評估部門供應鏈評估部門(D3)，訓練期間自112年10月1日起至112年12月31日止，受訓地點於義大利伊斯普拉 (Ispra, Italy)。

藉由本此參訓，得了解歐盟機構運作模式、歐盟資源循環相關政策及其形成之過程，期間參與部門內各計畫團隊討論，分享我國經驗，參加各研討會、工作坊等，與當地同仁之交流，汲取歐方經驗，期建立未來持續交流管道。

目次

摘要.....	1
目次.....	2
壹、目的.....	3
貳、過程.....	4
參、心得及建議	24

壹、目的

一、NEPTs 背景介紹¹

歐盟國家專家專業訓練(National Expert in Professional Trainings, NEPTs) 是依據執委會2008年11月12日第 C(2008)6866號決定(Commission Decision)相關規定及2010年1月29日第 C(2010)544號決定修正條文辦理。歐盟執委會相關總署及歐盟對外事務部可依其需求，開放歐盟會員國及其他第三國官員依其專業背景申請見習，有助於提升第三國官員對歐盟政策及歐盟機構運作方式之瞭解，亦將促進雙方機構之交流與合作。

該計畫每年約提供200名員額，我國係在「台歐盟雙邊諮商會議」架構下，爭取歐方同意接受我政府官員參與，為少數獲得參訓名額之非歐盟會員國，亦將有助促進台歐盟專業交流與人脈網絡之建構。

二、參訓過程及目的

歐盟執行委員會人力資源暨安全總署於112年8月1日以電子郵件通知，獲核錄並分發至歐盟執行委員會聯合研究中心(DG-JRC)之永續資源組(Directorate Sustainable Resources, Dir. D)轄下的土壤資源及供應鏈評估部門供應鏈評估部門(D3)，訓練期間自112年10月1日起至112年12月31日止，工作內容係與化學品、材料、塑膠供應鏈小組合作，加強政策理解及模組建構能力，例如永續產品生態設計法案，及化學品及材料之永續安全設計等，受訓地點於義大利伊斯普拉(Ispra, Italy)。

本次有機會獲派至歐盟受訓，主要目的希能了解歐盟機構運作模式、歐盟資源循環相關政策及其形成之過程，並藉由與當地同仁之交流，汲取歐方經驗，並分享我國執行情形，建立未來持續交流管道。

¹外交部歐盟執委會國家專家專業訓練(NEPTs)計畫簡介。

貳、過程

一、聯合研究中心(Joint Research Center, JRC)簡介

聯合研究中心(Joint Research Center, JRC)是歐盟執委員會的總署(Direcoterate-General)之一，其任務是提供獨立、基於科學知識之證據來支持歐盟政策，以對社會產生積極影響。JRC 作為科學思維與政策思維的連結，保持政策中立，並沒有自己的政策立場。

JRC 總部位於布魯塞爾，另有5個研究中心座落於不同歐盟國家，分別是比利時的 Brussels 和 Geel、德國 Karlsruhe、義大利 Ispra、荷蘭 Petten 及西班牙 Seville。JRC 員工總數約為2,800人，義大利 ISPRA 中心就佔了其中半數，是 JRC 底下最大的研究中心。JRC 的主要任務如下：

- (一) 建立及管理知識，以獨立證據支援歐洲政策
- (二) 開發創新工具並提供決策者
- (三) 參與歐盟新興議題並了解政策環境
- (四) 與歐盟國家、科學界和國際合作夥伴分享專業知識
- (五) 為地平線2020的總體目標做出貢獻
- (六) 進行歐洲原子能共同體的核安研究，為零碳經濟轉型做出貢獻。



圖 1、JRC 研究中心

JRC 主要研究主題涵蓋下列領域：農業與食安、經濟和貨幣聯盟、能源與交通、環境與氣候變遷、健康與消費者保護、資訊社會、創新與成長、核能安全、安全與保全、標準。

JRC 提供科學證據支援歐盟政策，歐盟約有30%的法規包含了 JRC 的工作成

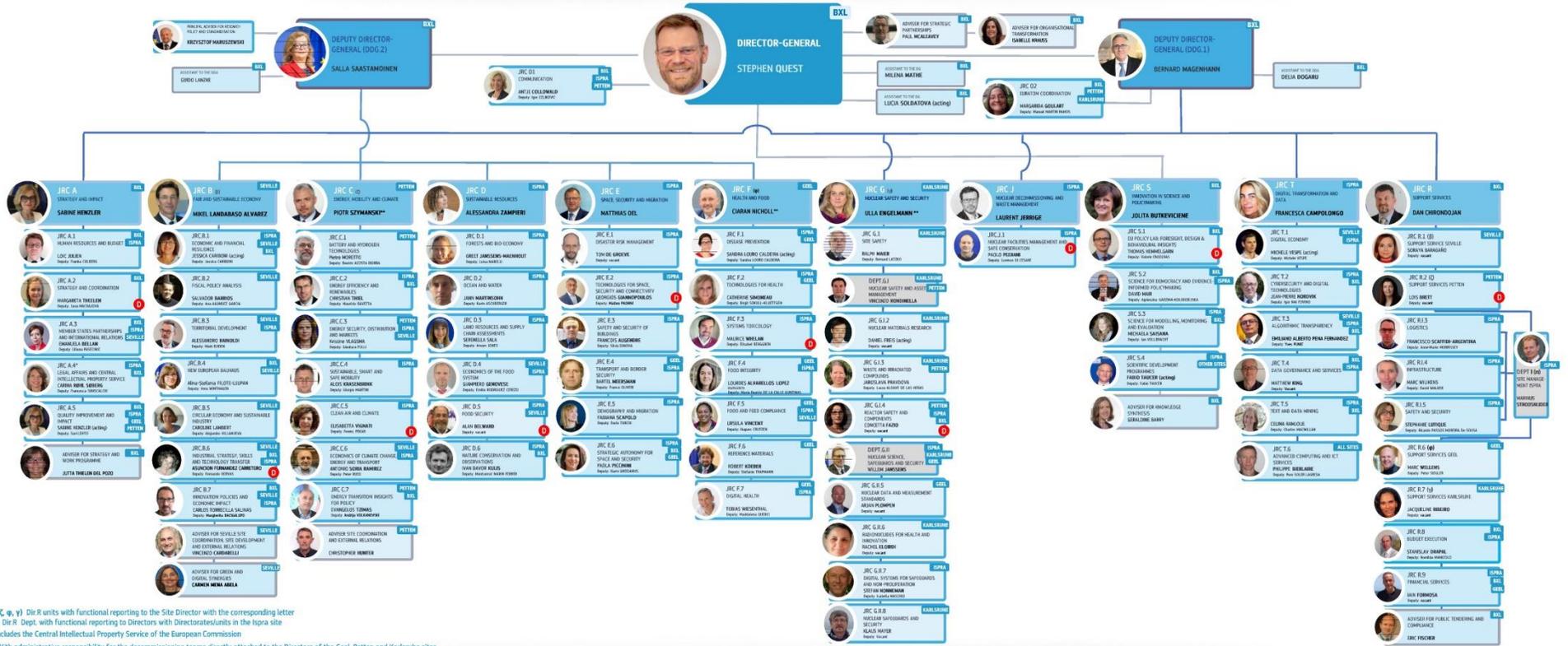
果。JRC 科學研究提供最多相關政策的總署依序為成長總署(DG-GROW)、研究創新總署(DG-RTD)、能源總署(DG-ENER)、氣候總署(DG-CLIMA)、環境總署(DG-ENV)、就業總署(DG-EMPL)。

JRC 現任署長是英法籍的 Stephen Quest，Quest 署長自2020年擔任 JRC 署長後開始推動 JRC 的轉型，並以重置(Reset)、重新想像(Re-imagine)、重新注入活力(Re-energise)作為轉型的重點過程，並預期達到6項目標：

- (一) 找到策略性合作夥伴提升能見度。
- (二) 具備前瞻性及世界級的研究。
- (三) 具備科學卓越性並與政策連結。
- (四) 與相關利害關係人關連性、使內部知識符合外部需求。
- (五) 確保同仁未來發展性，無論未來待在 JRC 或轉往業界、學界。
- (六) 打造良好工作環境。

JRC 近年制訂了橫跨不同科學領域的2023-2024年的工作計畫 (Joint Research Centre work programme 2023-2024)²。在計畫中列出33項 JRC 的重點項目以及其對應的歐盟工作計畫。這些項目包含了綠色轉型、永續能源、氣候中和、淨零排放、生物多樣性、永續物質及循環、數位轉型、經濟、教育、人工智慧等不同領域。JRC 目前在33個重點項目中，有約400個研究計畫，其中半數與環境及氣候變遷有關。其他主要項目包含社會經濟、能源交通、農業食安、健康及消費保護、核子安全等。

² https://joint-research-centre.ec.europa.eu/document/download/6270fbce-f350-44b8-88c2-c6d4117eaba7_en



(B, C, F, Y) Dir 8 units with functional reporting to the Site Director with the corresponding letter
 (a) Dir 3 Dept. with functional reporting to Directors with Directorates/units in the Ispra site
 * Includes the Central Intellectual Property Service of the European Commission
 ** With administrative responsibility for the decommissioning teams directly attached to the Directors of the Geel, Petten and Karlsruhe sites

1 Deputy to the Director

圖 2、JRC 組織圖

二、受訓單位簡介

JRC 底下共計11個研究組，本次受訓分發的部門是永續資源組(Directorate Sustainable Resources, Dir. D)轄下的土壤資源及供應鏈評估部門(Land Resources and Supply Chain Assessments, D3)。永續資源組下共有6個部門，分別為森林及生物經濟、海洋及水體、土壤資源及供應鏈評估，糧食系統經濟、食品安全、自然保育及觀察等。

本次分發的土壤資源及供應鏈評估部門(D3)，其工作主要分成四大領域：土壤資源(Land Resource)、生態系統(Ecosystem，包含水、空氣等環境介質)，生命週期評估(LCA，包含環境足跡、生態設計等)以及原物料資訊系統(raw materials information, RMIS)。

本次受訓期間適逢年底，在單位部會議上亦總結了部門的年度執行成果，簡述如下，可大致瞭解部門的研究領域及目前發展重點：

- (一) 土壤小組：協助制定了土壤監測法案，開發土壤中農藥、生物多樣性及DNA的分析技術，辦理歐盟土壤觀測利害關係人論壇，辦理歐盟土壤週與其他單位合作出版了亞洲土壤圖集(Soil Atlas of Asia)。
- (二) RMIS 小組：與成長總署及貿易總署合作制定關鍵原物料法案(Critical Raw Material Law)，啟動 RMIS 3.0版，進行關鍵科技及戰略產業的供應鏈分析，分析歐盟特定物質的供應風險，完成 RMIS 新的系統模組、非洲及拉丁美洲國家的概況，草擬2024年 RMIS 路徑及進度報告，辦理 RMIS 工作坊。
- (三) 關鍵原物料循環：協助2項電動運輸基本法規制定（電池法規及車輛法規的提案），出版數篇期刊論文，與單位內其他單位、JRC 其他中心及學術單位持續合作。
- (四) 生命週期評估：持續發展環境足跡方法及數據，協助政策實施（歐盟綠色聲明指令），與利害關係人及科學小組保持聯繫。成果包含生態設計、電動車電池的政策報告、塑膠廢棄物生命週期評估、消費足跡及國內足跡評估，協助歐盟農場到餐桌戰略(Farm to Fork Strategy)、制定安全及永續設計(Safe and sustainable by design)指引。
- (五) 生態小組：提供自然復育法草案(Nature Restoration Law)技術報告、生態系統會計(ecosystem accounting)的科技政策報告、強化與生物多樣性戰略儀表板(Biodiversity Strategy Dashboard, KCBD)及綜合自然資本會計(Integrated Natural Capital Accounting, INCA)平台之合作。

三、實習及訓練內容

本次受訓主要工作內容係主要參與部門內各計畫團隊討論，分享我國經驗，參加各研討會、工作坊等。以下就受訓期間參與之會議及蒐集各項計畫內容作重點說明。

(一) 原物料資訊系統(raw materials information system, RMIS)³

RMIS 是由 JRC 與歐盟成長總署(DG-GROW)共同開發的系統，是歐盟非燃料、非農業原料的網路知識平台，主要目的是提供歐盟原料政策和服務所需知識，確保其可用性、一致性和品質，並彙整從歐洲內外的知識庫取得關鍵原料資訊。尤其因應綠色新政，開發再生能源如風力發電、太陽能及電動車等所需的關鍵物質為目前關注之焦點。這幾年受到 COVID-19、俄烏戰爭、中國實施鍍、鎳出口限制等因素，更突顯歐盟對關鍵物質研究之重要性。

受訓期間 JRC 與衛生與數位執行機構(Health and Digital Executive Agency, HaDEA)共同舉辦工作坊，主題為「將歐洲專案的知識導入 RMIS」，著重於關鍵、戰略及先進物質或材料。工作坊除了 JRC 和 HaDEA 以外，亦邀請 RMIS 相關單位亦共同參與並報告，包含歐盟執委會成長總署(DG-GROW)、研究暨創新總署(DG-RTD)、國際夥伴總署(DG-INTPA)、貿易總署(DG-TRADE)、聯合國歐洲經濟委員會(UNECE)、歐洲環境署 (European Environment Agency)等。工作坊上各單位分享有關 RMIS 重點整理如下：

1. 歐洲地平線 2020計畫(Horizon 2020)是 RMIS 最重要知識來源。工作坊的目的是促進將計畫成果整合到 RMIS 中，有助於達成 RMIS 的發展優先事項，同時使成果具有更高的能見度。
2. HaDEA 是2021年新成立之機構，主要任務是在健康、食品安全、數位科技和網路、工業能力和太空領域加強歐洲的行動，提供高品質、以服務為導向的支持，旨在使歐洲社會更加健康、韌性及公平，使歐洲工業更具競爭力。
3. 歐盟對先進材料(Advanced materials)相當重視，研究發展總署(DG-RTD)代表分享未來歐盟對先進材料的重點，將加強創新研發、加速從實驗室到實場(lab to fab)的進程、確保業界實施(uptake of industries)、持續國際合作等。2024年的工作計畫目標是發展先進材料達到技術可行，以替代關鍵原料。

³ <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/>

4. 目前歐盟在關鍵戰略物質已與一些非洲（莫三比克、贊比亞）及南美洲（智利、巴西、墨西哥）國家合作，國際合作總署(DG-INTPA)未來的合作將著重於提供更詳細產業鏈資訊，並規劃關鍵物質的 ESG 相關標準。另外貿易總署(DG-TRADE)則表示未來將強化供應方的多樣性（尤其是與中國和俄羅斯的脫鉤）、發展互惠夥伴關係、促進貿易與投資。聯合國的代表也分享其資源架構分類的發展重點：環境-社會-經濟可行、技術可行，實施可信度，並強調資源管理需由政府、產業、學術、民眾共同合作。
5. RMIS 原先已彙整了非洲國家資料建置（貿易、政策、投資、地理圖資、環境指標、社會指標等），今年度亦已完成拉丁美洲國家資料，均可於系統上查詢。
6. EIT RawMaterials 是歐盟關鍵物質的重要機構。該機構於 2015 年成立，旨在推動歐洲轉型為永續經濟，其首要任務是透過推動原材料價值鏈的創新來支持確保歐洲工業關鍵原材料的供應。致力於支持歐洲循環經濟、綠色和數位經濟轉型，同時增強其全球競爭力。
7. 由 ERA-NET 基金共同補助的 ERA-MIN 是一個全球性、創新型和靈活的泛歐洲研究組織網絡。該網絡旨在協調參與的歐盟成員國、地區在材料研究和創新方面的研究工作，主要關鍵目標：支持和促進歐洲的研發合作；減少歐洲及全球非燃料、非食品原料領域研發資金的分散；提供泛歐支援網絡和財政資源，以改善協同、協調和協作；提高原物料領域研發活動中人力和財力投資的效率和影響力；提高非燃料、非食品物質的競爭力以及環境、健康安全。
8. RMIS 協助多項歐盟法規之訂定，如2023年8月生效的電池法規。該法規將確保未來電池具有低碳足跡，使用最少的有害物質，需要更少的來自非歐盟國家的原材料，並且在歐洲得到高度收集、再利用和回收。這是歐盟第一次考量全生命週期方法的立法，其中採購、製造、使用和回收均在單一法律中得到解決和體現。這項法規將支持向循環經濟轉型，增強原材料和能源供應安全，並增強歐盟的戰略自主權。該法規規範了2025及2027年廢電池的回收目標，尤其是鈷、鋰、鎳等關鍵原料。另自2027年開始，消費者將能夠在電子產品生命週期的任何時間拆卸和更換可攜式電池。
9. JRC 的能源、交通及氣候部門2023年3月出版「歐盟戰略技術和部門的供應鏈分析和原料需求預測—前瞻性研究(Supply chain analysis and

material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study)」。該研究對產業鏈（從原材料和加工材料到零件、組件和系統）進行了詳細的系統性分析，涉及五個戰略領域（再生能源、電動汽車、工業、數位和航空/國防）的15項關鍵技術。並預測了 2050 年歐盟、其他經濟地區和世界的原料需求，提供了前瞻基礎，幫助確定關鍵技術和應用的策略性原料、找出瓶頸及供應鏈中需要加強的部分。該研究為《關鍵原料法案(Critical Raw Material Act)》提供了科學證據，並與法案同時發表。



圖 3、RMIS 工作坊

(二) 車輛再生塑膠含量目標研究

歐盟於2023年7月13日發布關於車輛設計循環要求和報廢車輛管理法規的草案(Proposal for a Regulation on circularity requirements for vehicle design and on management of end-of-life vehicles)。草案中建議新車中所使用的塑膠必須至少有25%從消費後之塑膠廢棄物中回收。此外，至少25%的回收塑膠必須來自報廢車輛。本草案預計將取代原有的廢車輛指令（Directive 2000/53/EC on end-of-life vehicles (ELVD)）以及在關於機動車輛在型式認證時的再使用性、回收用性和循環性指令（Directive 2005/64/EC on the type-approval of motor vehicles with regards to their reusability, recyclability and recoverability (3RTA)）。該草案在訂定期間，JRC 執行實現新型客車和輕型商用車的再生塑膠含量目標：針對廢車輛指令之技術建議及衝擊分析 (Towards recycled plastic content targets in new passenger cars and light commercial vehicles: Technical proposals and analysis of impacts in the context of the review of the ELV Directive)⁴，提供詳細的評估結果及建議，作為該法案之政策

⁴ <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC129008>

參考。有關該研究的重點整理如下：

1. 報告針對在歐盟市場的新型客車和輕型商用車，評估在 Directive 2000/53/EC 以及 Directive 2005/64/EC 下，達成車輛中再生塑膠含量目標的可行性。報告內容主要是以文獻回顧、公眾諮詢、利害關係人諮詢和研討會為基礎。並可提供利害關係人和歐盟成員國相關資訊。
2. 歐盟汽車產業每年消耗510萬噸塑膠，約佔10% 的塑膠需求量，在所有產業中排名第3。歐盟 27 國生產 1,350 萬輛乘用車，其中約 650 萬輛出口。據統計塑膠約佔車輛總重量的 12% 至 16%，包含 PP、PUR、PA、PE、ABS 和 PET 等材質。預期未來的車輛往往會更重，塑膠的比例也會更高。
3. 歐盟2017年共產生1,100 萬輛報廢車輛，其中650萬輛汽車被送往認證處理機構(Authorised treatment facility, ATF)，約377萬輛汽車下落不明。收集的廢棄車輛會產生約 100萬噸的塑膠廢棄物需要處理，其中僅有約 19%被回收， 2018 年歐盟於廢棄車輛約產生 14萬噸至20萬噸的回收料。
4. 報告提出了8項評估車輛塑膠再生料使用及達成目標的關鍵重點及建議：
 - (1) 再生料種類（消費前回收或消費後回收）：建議僅將消費後塑膠納入再生料使用之範疇。
 - (2) 封閉式循環或開放式循環：建議廢車輛以外之回收塑膠可納入範疇，但建議至少25%之回收塑膠來自廢車輛。
 - (3) 回收技術：目標中不涉及回收種類（物理回收或化學回收）。
 - (4) 歐盟市場塑膠及再生料的進口：目標適用於歐盟市場所有新車（包含境內或境外生產）。歐盟生產或自第三國進口之塑膠再生料均納入範疇，但建議應建立認證制度。
 - (5) 塑膠原料及聚合物種類：再生料目標應納入所有熱塑性塑膠和泡綿，但生物基質塑膠應排除。
 - (6) 應用範疇：建議目標應用於車輛或車型（而非零件或車廠）。
 - (7) 目標計算單位：建議目標車輛中的回收成分與塑膠質量之百分比來表示（而非絕對質量）。
 - (8) 時間範圍：建議初期可先採試辦，並且輔以經濟獎勵機制。更積極的目標可設定於長期推動。
5. 報告提出了3項政策選項：軟性規範、法令規範、強化法令規範。各選項提供不同的實施策略及再生料添加要求。
6. 報告主要針對下列3項進行影響評估：塑膠再生料的供需平衡、潛在環

境衝擊、經濟（包含社會）衝擊評估。



圖 4、汽車供應鏈再生料添加評估關鍵⁵

受訓期間針對本計畫與研究團隊進一步討論資訊如下：

1. JRC 自2018年起開始研究車輛相關議題，目前主要遭遇的問題包含缺少循環考量的設計及製造、廢棄車輛處理品質不佳、高度依賴進口稀有原物料、約有三分之一車輛去向不明（並非所有車輛以廢均需進行登記，有些車輛是送往非法處理機構）。
2. 2019年有610萬噸之廢棄車輛，其中100萬噸的塑膠廢棄物被收集。但其中只有約19%廢塑膠被回收。主因是缺少利於回收的設計以及經濟誘因。
3. 在塑膠部份，JRC 主要針對法規適用對象、再生料含量、再生料來源、實施時間等提出分析報告。而針對車輛中的關鍵原物料則因其大部分無法被分類、回收，也尚未建立回收體系及網絡，故法規僅要求廢棄物處理業者應去除車輛馬達及嵌入式電子零件，並要求車輛製造商應導入易於拆除或替換的設計，並應揭露相關資訊。而未規範再生料或回收率。但希望能先由收集分類開始，後續再推動回收及回收料含量。
4. JRC 後續的相關工作包含：持續發展對關鍵原物料的要求（回收料含量、標示）、發展建塑膠回收料及驗證方法、以及更科學性的提升科學政策工作。其中計畫人員特別強調建立驗證制度會是法規實施之後的重要關鍵。

⁵ Towards recycled plastic content targets in new passenger cars and light commercial vehicles, ISSN 1831-9424, 2023

5. 本研究是受環境總署委託，前後歷時約一年半，JRC 提供不同情境的物質流、環境衝擊、社會可行性、經濟可行性及再生料來源之分析，並研擬法案條文的建議，包含應納入的要件、時間、目標、及名詞定義等。並依環境總署的需求，增加利害關係人的溝通及評估情境。
6. 歐盟塑膠再生料的推動，包裝是第一個產業部門，而車輛是第二個，研究團隊已意識到這樣的推動方式可能會造成產業間對再生料來源的競爭，目前已有業者反應車商多為大企業，在再生料的取得上會較包裝產業更有優勢，法案若通過可能會對包裝產業部門塑膠再生料造成排擠。對此，JRC 亦已有另一團隊著手進行末端部門競爭(end-of-section competition)的研究。而 JRC 建議業者的作法是向再生料供應商討論，使塑膠廢棄物供應業者可取得一定比例的再生料優先購買權，以保障業者的再生料來源。
7. 驗證為目前遇到的主要問題，主要是因為驗證機構為數眾多、良莠不齊，如何確保驗證可信度為一大重點。目前 JRC 規劃的作法是設計一套標準作業流程，如驗證機構的執程序符合該流程，則可採認該機構出具之驗證報告。

(三) 「安全及永續設計訓練營」(Safe and sustainable by design bootcamp)⁶

JRC 及歐洲化學品風險評估夥伴(Partnership for the Assessment of risks from Chemicals, PARC)共同主辦「安全及永續設計訓練營」(Safe and sustainable by design bootcamp)。本訓練營之目的是讓參加解瞭解安全及永續設計(Safe and sustainable by design, SSbD)之基礎框架，並邀請各領域之專家介紹在 SSbD 各步驟之概念和評估方法（危害評估、暴露評估、風險評估、環境永續性評估以及社會和經濟永續性評估）。訓練營共開放30人報名參加，參加人員來自業界、學界、官方等不同單位。

「PARC」是在歐洲地平線基金(Horizon Europe)資助下所成立的7年計畫，總經費達4億歐元，其中50%由歐盟資助，另外50%由會員國資助。PARC 的主要目標是促進歐洲合作、推進研究、增加化學品風險評估知識並培訓相關方法技能，並輔助歐盟化學品永續策略(Chemicals Strategy for Sustainability)，以到到綠色新政中的零污染目標。其研究結果將可協助制定歐洲和國家策略，以減少化學品對健康和環境造成的風險。

⁶ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/events/upcoming-events/safe-and-sustainable-design-bootcamp-2023-10-25_en

化學品及物質的 SSbD 是歐盟綠色新政之下，達到氣候中和、循環經濟及無毒家園之重要關鍵。歐盟執委會在2022年12月針對化學品及物質的 SSbD 框架發布了建議書，將安全及永續兩個面向思維結合。框架中提出了應納入考量的面向和指標，以及在不同步驟中使用的方法和工具，並含蓋了源頭的創新研發及整體生命週期等面向。

SSbD 的基礎框架，可用來評估原本使用之化學品/物質與其替代之化學品/物質。SSbD 框架包括兩個階段：1) 設計 (或重新設計) 階段，提出指導設計原則以支持安全和永續化學品和物質的開發；2) 安全和永續性評估階段。本階段主要分為4個步驟，最終綜合上述4大步驟之分數，可綜合評估替代化學品/物質是否能達到更安全、更永續之效益。4大步驟簡述如下：

1. 步驟1：化學品/物質的危害評估，其中化學品的固有特性或對物質進行評估以了解其潛在危險；包含致癌性、致突變性、生殖毒性、內分泌干擾等人體毒性項目，以及持久性、生物蓄積性和毒性(PBT)、高持久性和高生物蓄積性(vPvB)、水體急毒性、水體慢毒性等環境毒性、以及爆炸性、可燃性、氧化性等物理特性進行評估。並依據上述特性將物質分為三類給分 (最具危性物質、關注物質、其他毒性物質)。由於本階段需在每項數據取得資料才能進行評估，訓練營中除分享資料取得來源以外，亦舉例可藉由定量結構活性關係(Quantitative Structure-Activity Relationship, QSAR)及交叉參照(READ-ACROSS)等方式來取得缺少之數據。
2. 步驟 2：化學品/物質在生產和加工階段的健康與安全風險面向評估；此步驟包括的方面與化學品或材料生產和加工過程中的職業健康和 safety 有關。風險應根據化學物質或材料危害、不同流程中的暴露以及現有的風險管理措施進行評估。對於這部分評估，主要是確定所有生產和加工程序、使用的物質、加工過程中可能產生的物質等，並確定其對勞工的危害和風險。在此階段是使用地圖(Use Map)導入 ECHA 開發的評估和報告工具(Chesar)，並將化學物質在每個程序之曝露量與其無效應劑量(derived no-effect level, DNEL)，計算其人體之風險特性比率(Risk Characterization Ration, RCR)；或以預測環境濃度(Predicted Environmental Concentration, PEC)與其預測無效應濃度(Predicted No Effect Concentrations, PNEC)，計算環境之 RCR。最終以各程序之 RCR 綜合評估給予步驟2之評分。
3. 步驟 3：「最終應用」階段的人類健康與環境風險問題，考量應用/特定

用途的化學品/物質之暴露；使用條件將決定化學品潛在的暴露途徑（所有相關途徑）以及對人類健康的相關毒性影響。會中提到可參考特定消費者暴露決定因素（Specific Consumer Exposure Determinants, SCEDs）來瞭解使用情境，SCED 亦是使用地圖(Use Map)的一部分，亦可參考步驟2之方法進行評估。惟因使用階段情境變化較大，對於評估的流程都還需要進一步的討論及確認。此外由於使用情境通常並非是接觸單一物質，對於混合物的評估亦未考量。本步驟最終以暴露量與每日耐受攝取量(tolerable daily intake, TDI)計算 RCR 並給予步驟3之評分。

4. 步驟 4：環境永續性評估，此步驟涵蓋整個生命週期（從原料提取到廢棄物管理）的環境影響，並透過生命週期評估 (Life Cycle Assessment, LCA) 來評估環境足跡 (EF) 方法。LCA 的4個步驟包含目標和範疇界定、生命週期清單、生命週期影響評估和解釋。本步驟評估了16項影響指標，可分為4大類：毒性（人體毒性、生態毒性等）、氣候變遷、環境污染（臭氧層消耗，粒動污染物、酸化、優養化等）及資源使用（水、土壤等）。最終並以原本使用之化學品/物質作為基準，評估替代化學品/物質之影響指標，並給予評分。

由於 SSbD 目前仍為自願性實施，與會人員提問目前是否有誘因讓業者導入使用，歐盟人員回覆因目前 SSbD 是在歐洲地平線基金下發展，該基金主要目標是要建立知識，現階段 SSbD 的評估成本相對較高，但希望能藉由推廣過程納入更多工具，降低成本讓更多業者能更容易導入 SSbD。

會中亦提供目前實施 SSbD 的主要挑戰包含 SSbD 與創新製程的整合、數據取得、品質及不確定性、考量權衡的適當決策系統、透明性及一致的專業用詞、與利害關係人的溝通。

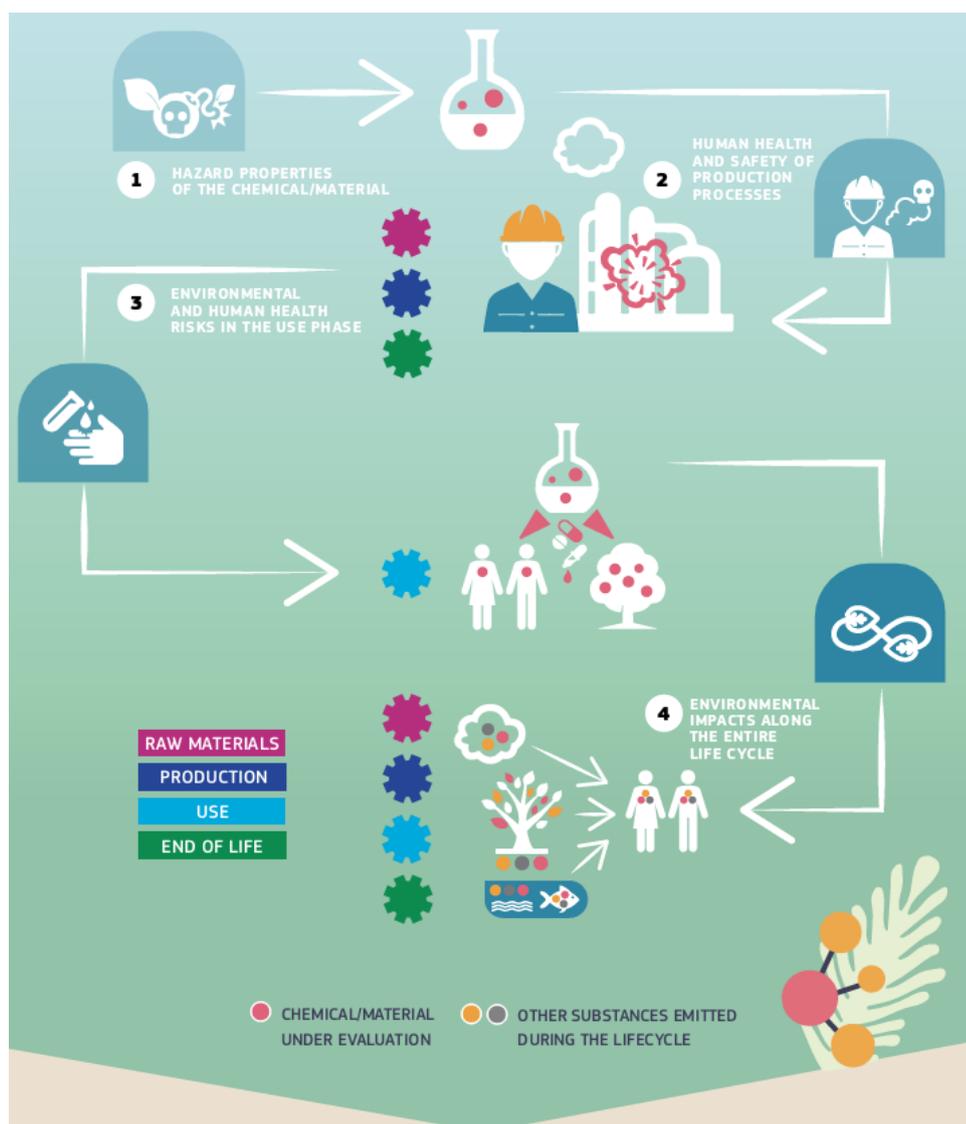


圖 5、安全及永續評估⁷

(四) 歐盟生命週期評估平台(European Platform on Life Cycle Assessment, EPLCA)⁸

該平台是 JRC 與環境總署共同建立之知識庫，目的是在提供永續生產及消費之政策及產業需求。該平台亦提供 LCA 方法的開發，可用於分析供應鏈和廢棄物管理，並可提供其他歐盟政策使用，如循環經濟行動計畫(Circular Economy Action Plan)、農場到餐桌策略(Farm2Fork Strategy)、生物多樣性策略(Biodiversity Strategy)、化學品策略等(Chemical strategy)。平台要分為4大部分：

1. 環境足跡(Enviromental Footprint)：產品和組織環境足跡的數據、指南和工具。
2. 國際生命週期數據參考系統(The International Reference Life Cycle Data

⁷JRC, Safe and Sustainable by Design Framework, 2022

⁸ <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/>

System, ILCD)：該系統為 JRC 和環境總署自2005年開始的計畫，目的是為更一致性及品質的 LCA 提供指引及標準。

3. 生命週期計畫：彙整歐盟許多生命週期評估計畫的成果，這些專案應用於不同部門和系統的分析，如塑膠、消費足跡、糧食系統等。
4. 常用工具及數據：提供 ILCD 及環境足跡開發人員常用工具及指南。

JRC 研究團隊在瞭解我的背景之後，提供幾份過去研究團隊之報告，並與我分享報告執行之過程與內容，主題均與本署目前推動之政策相關，可提供未來執行參考。

其中一份報告是塑膠生產替代原料之生命週期評估(Life Cycle Assessment (LCA) of alternative feedstocks for plastics production)，本報告是 JRC 因應歐盟2018年的歐洲循環經濟塑膠策略所開發的 LCA 方法，目的是一致地評估來自不同原料的塑膠產品的潛在環境影響，同時考慮到不同原料的生物降解性能可能存在的差異。塑膠 LCA 方法基於最新的產品環境足跡 (PEF) 方法並建立評估架、邏輯和方法/建模規則，並補充具體規則，以涵蓋與塑膠產品相關面向。JRC 並以該方法應用於數個 LCA 的示範案例來證實方法之可行性。報告中以飲料瓶作為其中一個案例，針對 PET、HDPE、R-PET(24%)、R-HDPE(16%)、Bio-PET(30%)、Bio-HDPE、PEF 等七種材質進行評估，並以「在歐盟使用 0.5 公升一次性瓶子運送 1,000 公升飲料，在運輸過程中不會破裂，並確保產品的保專期限」作為功能單位 (functional unit)。範疇包含原料供應、原料提造、產品製造、運輸、廢棄等，評估結果則包含氣候變遷、環境、毒性及資源消耗等各項衝擊項目。以氣候變遷評估結果為例，以 R-HDPE、R-PET 之環境衝擊最低，其次為 HDPE、PET；而生質塑膠 Bio-PET、Bio-HDPE 相較於原生料塑膠之環境衝擊皆更高，PEF 則是項目之最高。本署亦曾針對 PET 寶特瓶碳足跡進行盤查，結果亦與歐盟相近。

報告中另一個評估案例是農膜，報告中針對 LDPE、R-LDEP(35%)、澱粉基塑膠、PLA 等4種材質進行評估，並以「在歐盟境內種植1公頃園藝作物，於農田中提供覆蓋和相關農藝功能，持續時間為平均生長季節（四到五個月）」作為功能單位。範疇包含原料供應、原料提造、產品製造、運輸、廢棄等，評估結果則包含氣候變遷、環境、毒性及資源消耗等各項衝擊項目。以氣候變遷評估結果為例，PLA 之環境衝擊最低、R-LDPE 及 LDPE 次之，而以澱粉基塑膠為最高。

JRC 研究團隊提供之另一份報告是建立歐洲產業鏈之塑膠物質流(Modelling plastic flows in the European Union value chain)⁹。本研究的目的是建立 2019 年歐盟

⁹ <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC130613>

27 國塑膠產業鏈的物質流分析(Material Flow Analysis, MFA)，從粒料生產到廢塑膠管理和回收料生產，報告的成果包含了9個特定部門之 MFA（包裝、建築、交通、電子電器設備、農業、紡織、衛生保健、漁業、其他）。依據分析結果歐盟總共生產了 547萬噸回收材料，其中總共 446萬公噸回收材料在歐盟 27 國境內消耗（18%用於出口），回收率約為19%，所有部門的塑膠總損失達211萬公噸，佔總產量的 4%。這些估計損失包括使用階段損失佔39%（如輪胎磨損或洗滌合成紡織品產生的微塑膠排放）、焚燒和垃圾掩埋產生的微塑膠排放佔21.5%、塑膠廢物亂丟造成的損失佔20%、塑膠廢棄物亂丟造成的損失佔17%、未回收廢棄物管理不善而造成的損失，以及消費前微塑膠排放佔 2.5%。

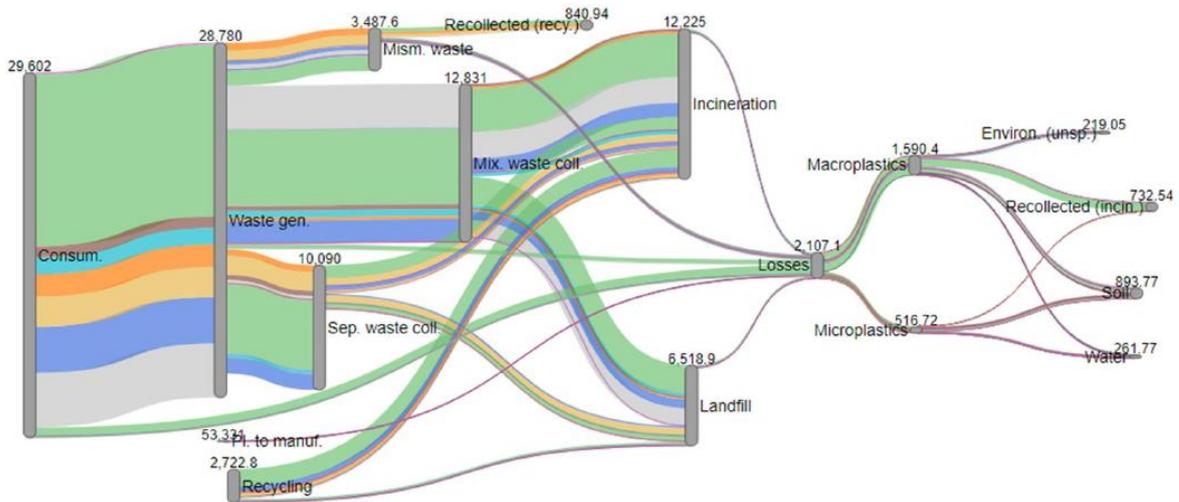


圖 6、歐盟塑膠物質流圖¹⁰

該報告中物質流有以下四個步驟：

1. 藉由文獻回顧蒐集物質流模型的相關數據及節點。
2. 進行數據調整使數據具共同參考性。
3. 估算不同部門（如包裝、建築、交通等）的塑膠物質流。
4. 自上面步驟挑選特定結點採由上而下方式(top-down approach)估算其聚合物（如 PP、PE、PVC 等）分布情形。

另外在物質流建立則是採以下三步驟：

1. 定義物質流分析的系統邊界及評估部門。
2. 基於文獻資料及特定假設，產生各部門的轉移係數(Transfer Coefficients, TCs)矩陣。
3. 依建立的價值鏈建立塑膠物質流。

這份報告中各部門的產品製作、消耗、貿易等數據除了來自文獻蒐集外，有

¹⁰ JRC, Modelling plastic flows in the European Union value chain, 2022

許多是來自 Eurostat 的資料，團隊將資料庫中的產品分類至各部門，另團隊亦估算了各階段的損失（如釋放至環境中的塑膠微粒、或處理不當的塑膠廢棄物）等。

(五) 進階研究與探索研究中心工作坊(Centre for Advanced Studies and Exploratory Research Annual Workshop 2023)

進階研究與探索研究中心主要任務是探索和調查新的研究主題，以提高 JRC 的量能，並為解決歐盟面臨的新興社會挑戰所需的監管框架提供最佳的資訊和影響。受訓期間該中心辦理了線上工作坊，該工作坊為利害相關者和決策者之間提供平台，討論如何預測即將到來的挑戰甚至衝擊，以及如何應對。工作坊討論主題涵蓋該中心的研究領域，包含流行病防範、社會正義、數位轉型、環境污染以及全球市場和供應鏈等不同議題。以下摘述幾項與環境議題有關之研究。

1. 環保干預措施的協同作用及其對行為外溢效應的影響：這項研究是透過評估兩種組合政策措施與單一政策措施的比較，來調查措施之間的潛在協同作用。這些措施包含行為經濟的認知傳達（資訊提供、溝通、宣傳）、非金錢動機（規範、訂定目標、審查）及傳統經濟的金錢動機（稅費、補貼）等。結果顯示組合措施比單一措施效果更佳。單獨的金錢獎勵或其與規範引導相結合的推動措施可有效促進正向的社會行為。但規範引導可降低單純金錢獎勵所帶來的負面外溢效應。
2. 奈米塑膠檢測技術平台：目前對於微塑膠及奈米塑膠的檢測方法仍然缺乏，導致對於這些塑膠的組成、分布、及可能造成的危害仍有知識上的空白。該平台開發了一些檢測方法，包含特定螢光胜肽、塑膠在生物體內的特定鍵結等方式來檢測環境樣本中的奈米塑膠。
3. 塑膠微粒在海洋食物鏈的流布：據估計目前海洋中約有超過1.5億噸塑膠，其中有90%的塑膠是<5mm 的塑膠型態。這項研究主要是想建立海洋生物攝取微塑膠的資料，並分析在地中海及黑海的海洋生物中，微塑膠的轉移途徑。結果顯示底棲生物及中上局的消費者是微塑膠分布的主要族群：十足目蝦、雙殼類、腹足類及小型的中上局魚類，如鳳尾魚、鯡魚和沙丁魚，是微塑膠轉移到更高級消費者的關鍵族群。會中有對微塑膠(microplastics)和奈米塑膠(nanoplastics)的定義有些討論，與會專家表示目前並沒有明確的定義，但普遍上認為 microplastics 是指小於0.5mm 的塑膠，而 nanoplasticst 指100 nm 以下的塑膠，而 microplastic 並不包含 nanoplasitc，但使用時仍應視檢測方法、對人體的影響或使用情境給予明確定義。

4. 循環經濟—更多策略自主權的秘訣：「Bounce4ward（反彈循環經濟向前）」介紹該計畫的執行成果。該計畫主要是依據綠色協議、循環經濟行動計畫和新工業戰略的目標，探討未來情境和政策選擇，以提高歐盟的環境和經濟彈性。該計畫特別著重如何利用循環經濟戰略（即減少、再利用、回收）來促進歐盟的戰略自主權，減輕供應鏈風險並減少碳排放。該計畫與 JRC 的多個單位及歐盟環境總署、成長總署均有合作。計畫研究包含質化及量化方法如物質流、生命週期評估，投入產出分析、全球性政策及利害關係人分析等。研討會中分享了幾個計畫執行的重點，包含歐盟循環經出版品及政策回顧、關鍵原料的循環經濟技術研發分析、歐盟鈦金屬的循環現況及未來、太陽光電板循環分析（貿易流、地緣政治動態、循環商業模式、歐盟政策）等。未來該計畫將持續追蹤歐盟關鍵原料法案、循環經濟行動計畫、太陽能模組及風機葉片的綠色設計及法規等。
5. 下一代太陽能電池的特性及回收技術：2022年全球太陽能光電發電已超過1兆度門檻，在綠色新政的淨零排放目標下，於計在2030年前每年會有25%的成長率。目前市場上還以矽基太陽能電池為主，本研究介了鈣鈦礦太陽能電池 (Perovskite solar cells, SPV)，相較於傳統矽基電池具有更高效率、製程容易、低成本特性，但缺點是穩定性較低，且含有毒性物質（鉛）。本研究嘗試以不同結構以電流來提高電池穩定性。另外使用丙酮取代原本處理過程中使用的二甲基甲醯胺，丙酮雖然需要較長處理時間，但仍可達到與二甲基甲醯胺同樣的鉛移除效率，且具有成本較低、毒性較低等優點，後續亦可用薄膜或離子捕捉方式再將丙酮純化。

(六) SEMINAR 分享台灣資源循環政策與發展

為了讓單位同仁更進一步瞭解我的背景及臺灣資源循環政策推動情形，單位主管特別安排 seminar 讓我與同仁介紹台灣資源循環政策與發展。在 seminar 中簡單介紹環境部下的幾個附屬機關，接續說明台灣的資源循環架構與現況，並以塑膠為例，說明我國塑膠資源循環推動措施，並自本署執行成果中，列舉一些和 JRC 相關的項目，如塑膠物質流分析、再生商品碳足跡分析、生命週期評估、再生商品驗證系統等與 JRC 同仁做進一步的討論。討論時同仁的建議及回應簡述如下：

1. 同仁對於台灣自2002年起推動塑膠源頭減量政策表示印象深刻，稱許台灣在這方面領先歐洲。此外由於台灣有許多推動的概念如綠色設計或數

位護照等是參考歐盟的作法，同仁想瞭解除了資循環以外，對於台灣2050淨零排放路徑，其他各項關鍵戰略是否有參考歐盟的執行措施，或是否有與歐盟的比較。

2. 在簡報中我分享了台灣的塑膠物質流，其中出口比例相當高，有同仁提問未來是否有考量減少進口量來減少整體塑膠的使用。本署目前藉由源頭減量、淘汰替代、加強回收、循環再生等措施推動國內塑膠資源循環，未來也將持續關注國際塑膠公約的進展，未來條文中可能也會有進出口的規範，我們亦會參考調整國內作法。
3. 對於塑膠再生料的驗證系統，有請職進一步說明目前的驗證情形，目前再生料推動為自願性方式，去年剛已針對非填充食品之塑膠再生商品通過作業要點，今年度已完成9式商品審查。日前亦已公布回收清除處理費率優惠，預估明年能吸引更多廠商申請。本署有在討論與現行的環保標章系統結合，並視推動情形考量未來是否擴大驗證產品範疇。
4. 對於物質流的分析，相較於 JRC 的成果，台灣的物質流目前僅有基本的概況，尚缺少各節點詳細的數據，未來將持續進行產業調查，並建立相關的數據推估方式進一步的數據來源及斷點，感謝 JRC 的相關研究，可供台灣進行物質流分析時參考。

(七) 穆拉諾：玻璃升級回收(MURANO: UPCYCLING GLASS)」特展。

在受訓期間利用假期至威尼斯旅遊，在威尼斯著名的玻璃島—穆拉諾島(Murano)上參觀了玻璃博物館(Museo del Vetro di Murano)。該展覽展出40件以回收玻璃製成的展品，並將現場布置為一個現代家庭的房間，展品包含玻璃飾品、器皿、咖啡壺，吊燈、座椅、吊椅、展風等。展覽主要目的是提高公眾對回收的認知，並增加對原生材料和永續性問題的認知。該展覽是由穆拉諾促進聯盟籌辦，展品是由當地15位玻璃工匠大師所製作，原料是從義大利各地玻璃廢棄物製成之再生料，透過大師的專業知識及工藝技術，將玻璃廢棄物提升為藝術品。以下是展場中提到一些義大利玻璃回收的資料：

1. 玻璃回收是由 CoReVe (Consorzio Recupero Vetro)所主導，該組織成立於1997年，旨在促進和支援玻璃廢棄物的分類和回收。CoReVe 透過與地方議會或其代表達成自願協議，並向參與議會支付廢棄物收集的費用。2021年，CoReVe 共計支付了1.11億歐元。
2. 製作1公斤的回收玻璃，需要1公斤的原料；而製作1公斤的新玻璃，需要1.2公斤的原料。2022年玻璃回收率為80.8%，因回收玻璃而減少的原

生料為420萬噸，約為2座競技場體積。2022年因回收玻璃減少的 CO₂排放約為250萬噸，約為1,500萬輛歐盟五期小型車一年內行駛1.5萬公里的排放量。所節省的燃氣用量可供應160萬都市居民使用，規模比米蘭人口數（130萬）還要多。

3. 展覽本身也透過資助二氧化碳捕捉計畫來達成碳中和，該計畫主要是在保育威尼斯瀉湖的生態系統。展覽本身預計回收350公斤的玻璃。該展覽減少了127公斤 CO₂排放，展覽本身及玻璃製品製作的 CO₂排放約為7公噸亦已計入抵消。

(八) 歐盟針對塑膠公約第3次政府間協商委員會(INC-3)發布新聞

塑膠污染迅速增加已是嚴重的全球環境問題，對於環境、社會、經濟和人類健康均帶來負面影響。為了遏止塑膠污染惡化，聯合國環境大會於2022年3月通過第5/14號決議「終結塑膠污染：往具國際法律約束力工具邁進」，成立政府間協商委員會(Intergovernmental Negotiating Committee, INC)，委員會由聯合國環境規劃署(United Nations Environment Programme, UNEP)的193個會員國及歐盟指派代表團建構，其主要任務為制定關於塑膠污染的國際法律約束工具(International legally binding instrument、ILBI)。

本署目前亦密切關注塑膠公約之討論進度。受訓期間適逢第3次政府間協商委員會於肯亞召開，歐盟亦發布了針對 INC-3的新聞，其中提到歐盟在全球塑膠問題行動中扮演領導角色，它支持建立「終結塑膠污染雄心聯盟(Members of the High Ambition Coalition (HAC) to End Plastic Pollution)」就證明了這一點。該聯盟是一個政府聯盟，由挪威和盧安達擔任共同主席，匯集了想法接近的國家，主張制定一項具有遠大志向且有效的條約，並涵蓋整個塑膠生命週期，以便在2040年消除塑膠污染。該聯盟目前有64個成員，涵蓋約三分之一的聯合國會員。歐盟執委會環境、海洋和漁業執行副總理 Virginijus Sinkevičius 表示：「塑膠污染正在逐漸污染我們的地球，且不限於國界。惟有國際社會齊心協力採取遠大志向的措施，塑膠危機才能被制止。在肯尼亞舉行的會議的成果是朝著達成全球協議邁出的重要一步，這將有利於歐洲和全世界的自然環境、生物多樣性和公共衛生。」

此外，歐盟執委會根據綠色新政下的歐盟循環經濟行動計畫，提出了處理塑膠和塑膠包裝以及微塑膠廢棄物的新規則。歐盟在近期有兩項關於塑膠微粒的新措施：

1. 2023年9月在 REACH 底下規範禁止塑膠微粒的販賣，並限制有意添加到產品中的塑膠微粒。塑膠微粒包含了所有小於5mm的有機、不可溶和抗

降解的合成聚合物顆粒。常見的產品包含運動場上的粒狀填充物（最主要的來源）、化粧品、清潔劑、玩具等。

2. 2023年10月提出防止塑膠微粒污染的提案，要求業者應採取必要的預防措施，並預計減少74%的塑膠微粒排放量。這些措施包含要求業者採取最佳作法、強制性認證或自我聲明、估算塑膠微粒損失的一致性方式，並對於中小企業有較為寬鬆的要求。

新聞當中亦整理了有關歐盟包裝廢棄物之統計資料，簡述如下：

1. 歐盟2021年的包裝廢棄物大幅度上升，是過去10年以來的最大增幅，較前一年度上升10.8公斤。這是過去10年來的最大值，相較於2011年增加了32公斤。
2. 歐盟2021年產生了8,400萬噸包裝廢棄物，相當於每個歐盟民眾產生188.7公斤，其中40.3%為紙類、19.0%為塑膠、18.5%為玻璃、17.1%為木材、4.9%為金屬。
3. 歐盟2021年每人製造35.9公斤塑膠包裝廢棄物，其中回收14.2公斤。相較於2020年，產生量增加1.4公斤(+4%)，回收量增加1.2公斤(+9.5%)。
4. 在2011至2021年間，每人塑膠包裝廢棄物產生量增加7.6公斤(+26.7%)，回收量增加3.9公斤(+38.1%)。
5. 歐盟塑膠包裝回收率自41.1%(2009年)下降至37.6%(2020年)，而2021年再上升至39.7%。斯洛維尼亞（50.0%）、比利時（49.2%）和荷蘭（48.9%）的回收率為最高，相較之下，馬爾他（20.5%）、法國（23.1%）和瑞典（23.8%）只有不到四分之一的塑膠包裝廢棄物被回收。根據歐盟包裝及包裝廢棄物指令，塑膠包裝回收目標2025年為50%、2030年為55%。

參、心得及建議

本次有幸獲派至歐盟 JRC 進行為期3個月之訓練，在受訓期間可實際參與歐盟執委會機關工作情形，並與當地同事進行交流。以下就參加訓練之心得及建議綜整如下：

- 一、受訓期間認識的同仁或是同期受訓的夥伴來自德國、法國、義大利、比利時、英國、葡萄牙、西班牙、奧地利、希臘、烏克蘭、羅馬尼亞、芬蘭等不同的國家，有著不同文化與專業背景，從 JRC 長官的分享中亦能感受到非常重視組織的多元性，在這樣環境下同碰撞出的討論能尊重及容納更多不同意見。
- 二、受訓期間需和許多團隊進行討論，並參加不同議題的會議，JRC 又是偏研究型機關，語言能力不僅是必備條件之一，專業領域的語言能力亦有所要求，對於不同口音的適應能力亦將有助溝通。此外 JRC 所在的伊斯普拉是較小型的城鎮，在 JRC 以外遇到的多數居民僅能以義大利文溝通，若能培養第二外語能力將更夠快速適應當地環境。
- 三、歐盟在疫情期間實施的辦公模式如視訊會議、彈性工時、居家辦公等，在後疫情時代仍然維持較為彈性的辦公模式，也讓員工更能兼顧工作與生活間的平衡。歐盟機關組織較為相對扁平化，會議間主管均相關鼓勵同仁勇於發言並提出意見，對於同仁的工作也相當信任。
- 四、JRC 的角色不同於其他歐盟執委會機關，因其為政策提供科學證據的角色，JRC 與許多機關有合作關係。受訓期間接觸到的研究計畫及會議等均涉跨機關之業務，均由 JRC 與許多機關共同研商或籌辦，相當強調機關間之橫向合作機制。
- 五、在 JRC 實習的過程，能更進一步了解法案背後所需科學證據的形成過程。尤其這次接觸到研究車輛再生料目標的研究團隊，亦與本署目前之政策相關，可從當中學習許多歐盟的經驗。本署目前亦在推動塑膠再生料使用及建立塑膠物質流，歐盟的經驗幫助政策的制訂及完善國內物質流建置。