

出國報告（出國類別：實習）

參加歐盟執委會環境總署「國家專家專業訓練計畫(NEPT)」出國報告

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：梁喬凱薦任技士

派赴國家/地區：比利時/布魯塞爾

出國期間：110年9月26日至111年1月4日

報告日期：111年3月21日

摘要

歐盟執委會（European Commission）為提升歐盟會員國及第三國官員對歐盟政策及其組織運作之瞭解，並強化與臺灣雙方間交流及合作關係，於 2008 年起決議通過「國家專家專業訓練計畫」（下稱 NEPTs 計畫），透過 NEPTs 計畫實地深入了解歐盟相關政策、法令規範，及歐盟複雜之運作模式，藉機提升臺灣及歐盟間實質合作關係，並積極推動臺歐盟間環保事務之合作，以汲取歐盟國家有關環保法令、政策經驗，並進行雙邊交流及互動，以強化我國環保政策與歐盟等國際組織接軌。

本次核錄研習單位為環境總署(Directorate-General for Environment, DG ENV) - C.零污染處(Directorate C. Zero Pollution)-C.3 清淨空氣與都市政策科(Unit C.3 Clean Air & Urban Policy)，於 2021 年 10 月 1 日至 2021 年 12 月 31 日進行研習，研習期間進行(1) 甲烷的空氣污染影響及相關的健康和環境影響、(2)大型污染源和網格化數據排放清單調查、(3)空氣污染影響和成本文獻回顧、(4)第 3 期清淨空氣展望計畫評估及(5)西巴爾幹半島國家空氣品質模式模擬評估等 5 項工作任務。

經由此次研習機會，瞭解歐盟在空氣污染管制推動政策推動思維，配合「歐盟綠色政綱」到「零污染政策」2030 年至 2050 中長程健康及生態目標，設定出空氣污染物減量規劃，並透過綜合性模式評估工具，提出健康成本效益等貨幣化結果，將可做為未來臺灣環保署在推動空氣污染管制工作之借鏡，提升國內空氣污染改善工作，提供國人更優好的空氣品質環境。

目錄

壹、目的.....	1
貳、過程.....	2
一、實習機構介紹.....	2
二、實習內容.....	5
(一) 甲烷的空氣污染影響及相關的健康和環境影響.....	5
(二) 大型污染源和網格化數據排放清單調查.....	8
(三) 空氣污染影響和成本文獻回顧.....	12
(四) 第 3 期清淨空氣展望計畫評估.....	15
(五) 西巴爾幹半島國家空氣品質模式模擬評估.....	18
參、心得及建議.....	22

本文

壹、目的

歐盟執委會（European Commission）為提升歐盟會員國及第三國官員對歐盟政策及其組織運作之瞭解，並強化雙方間交流及合作關係，於 2008 年起決議通過「國家專家專業訓練計畫」（下稱 NEPTs 計畫），各總署（目前共計 33 個政務總署）得依其需求提供見習機會，惟每年需求名額均不盡相同。歐盟機構將視當梯次需求，決定參訓人員名額。每年約有 200-230 名訓練員額，優先遴選歐盟會員國官員（約占 80%），其餘名額開放予第三國（約占 20%）。而我國外交部係透過「臺歐盟雙邊諮商會議」平臺，主動向歐盟爭取名額，並獲其同意派員參加。

我國透過「台歐盟雙邊年度諮商會議」參加本計畫，自 2006 年起至 2021 年，共派有 52 人參訓。申請人除應具備專業知識與能力，亦應有良好之英語能力，倘能具備第三外語能力（法語優先，其他歐陸語言為次），將有助相關人員融入歐盟機構工作環境。此類國家專家(NEPTs)專業訓練期間由我國之派員機關支付薪資，除非專業訓練期間因工作任務需要，歐盟執委會將不補助任何費用（包括交通費）。NEPTs 計畫訓練期間為 3 至 5 個月，會員國、歐洲自由貿易國（EFTA，包括挪威、冰島、瑞士及列支敦士登）及土耳其等國申請人可於申請時選擇訓期長短（3 個月、4 個月、5 個月），非會員國（含我國官員）參訓期間一律為 3 個月。

透過 NEPTs 計畫實地深入了解歐盟相關政策、法令規範，及歐盟複雜之運作模式，藉機提升臺灣及歐盟間實質合作關係，並積極推動臺歐盟間環保事務之合作，以汲取歐盟國家有關環保法令、政策經驗，並進行雙邊交流及互動，以強化我國環保政策與歐盟等國際組織接軌。

貳、過程

一、實習機構介紹

本次申請時所填寫之參訓單位之優先順序為(1)環境總署(DG ENV)、(2)共同研中心(JRC)、(3)研究創新總署(DG RTD)，於 2020 年 4 月 7 日前透過外交部繳交申請資料給 DG HR，隨即展開媒合甄選程序，於 2020 年 6 月 2 日接獲環境總署(Directorate-General for Environment, DG ENV) - C.零污染處(Directorate C. Zero Pollution) - C.3 清淨空氣與都市政策科(Unit C.3 Clean Air & Urban Policy)意願郵件，並於 2020 年 8 月 6 日受歐盟執委會人力資源暨安全總署(DG HR)正式錄取通知，核錄 2021 年 10 月 1 日至 2021 年 12 月 31 日研習機會。

(一) 環境總署

本次受訓機構為環境總署 (DG ENV) 是歐盟執委會的其中一個總署，負責歐盟環境政策領域。環境總署的主要作用是發起和定義新的環境法規，並確保已商定的措施在歐盟成員國實際付諸實施。2005 年的總體使命宣言是：“為今世後代保護、保存和改善環境，促進可持續發展”。該署使命陳述如下：

- 通過高度保護我們的自然資源、有效的風險評估和管理以及及時實施共同體立法來維持和改善生活質量。
- 在生產、消費和廢物處理措施中提高資源效率。
- 將環境問題納入其他歐盟政策領域。
- 促進歐盟的增長，考慮到我們公民和子孫後代的經濟、社會和環境需求。
- 應對我們面臨的全球挑戰，特別是應對氣候變化和國際生物多樣性保護。
- 確保上述領域的所有政策和措施均基於多部門方法，讓所有利益相關者參與該過程並以有效方式進行溝通。

如圖 1 所示，環境總署設署長室、副署長室和 6 個處室：

- A 處：一般事務、知識和資源
- B 處：循環經濟
- C 處：零污染
- D 處：生物多樣性

- E 處：對成員國的執法和支持
- F 處：綠色外交及多邊合作

本次所分發部門在 C 處第 3 科清淨空氣與都市政策，該處主要執行零污染政策（如圖 2），主要目標 2050 達成願景即空氣、水和土壤污染減少到不再被認為對健康和自然生態系統有害的水平，並尊重地球可以容忍邊界，從而創造一個無毒環境。

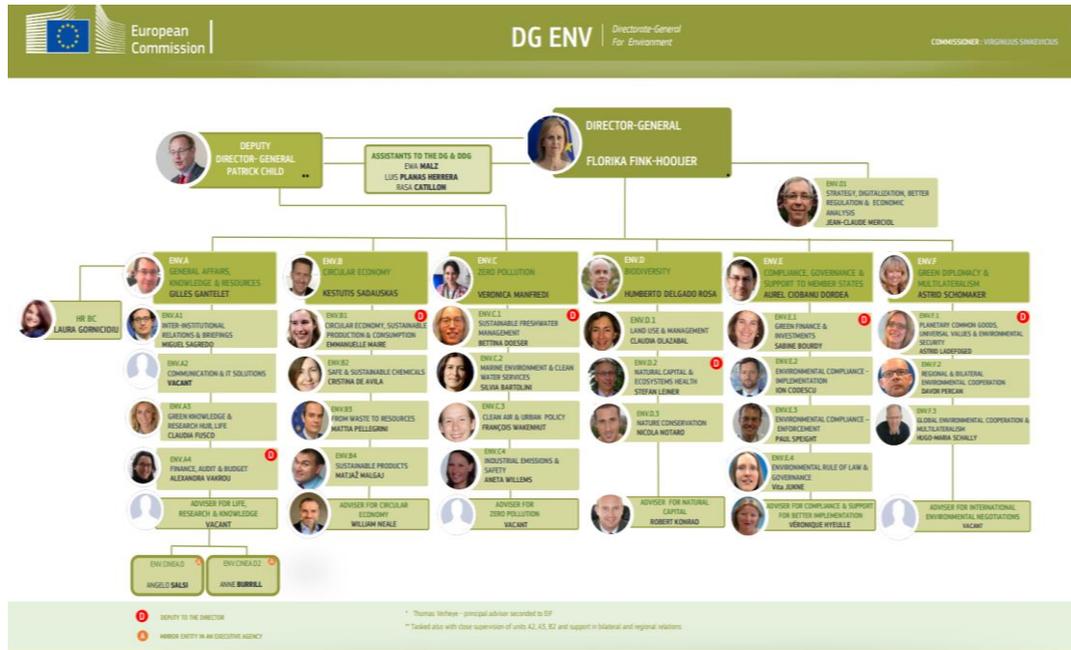


圖 1 環境總署組織圖

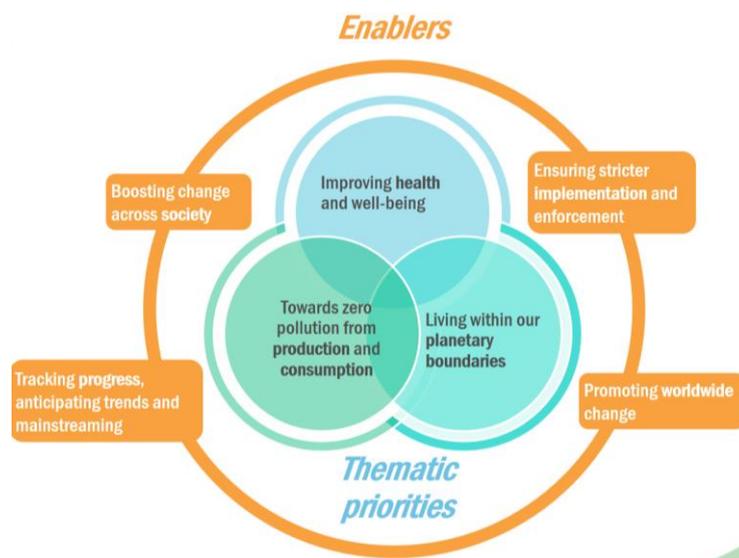


圖 2 零污染政策方針

在環境總署第 C 處第 3 科主要執行空氣品質管理，主要由環境空氣品質指引 (Ambient Air Quality Directive, AAQD)、國家排放減量承諾指引 (National Emission Commitment Directive, NECD) 及污染源排放標準 (Source-specific Emission Standards, SES) 為歐盟的空氣政策三大法規法律框架架構空氣污染管理工作：

- 環境空氣品質指引(AAQD)：清淨空氣對我們的健康和環境至關重要。為此，歐盟制定了空氣品質標準，以避免過度污染濃度的積累。作為歐洲綠色協議的一部分，歐盟正在修訂這些標準，以使其更符合世界衛生組織的建議（世界衛生組織最新的空氣質量指南已於 2021 年 9 月 22 日發布）。歐盟將透過 2019 年 AAQD 評估（適合性檢查）的經驗，以改進歐盟清淨空氣的整體立法。
- 國家減排承諾指引(NECD)：空氣污染可以遠距離傳播，跨越國界，對人類健康產生負面影響。為了限制空氣污染，空氣污染也是酸化、優養化和地面臭氧污染的罪魁禍首，歐盟制定了政策，限制主要污染物的各別來源及國家大氣排放總量。
- 污染源排放標準(SES)：歐盟立法直接從源頭控制污染例如工業排放、道路運輸、家庭燃燒和農業，在實現新 NECD 要求的減排方面發揮著重要作用。因此，重要的是保持對相關立法的整體架構，同時使歐盟執委會和成員國能夠回溯其有效實施。

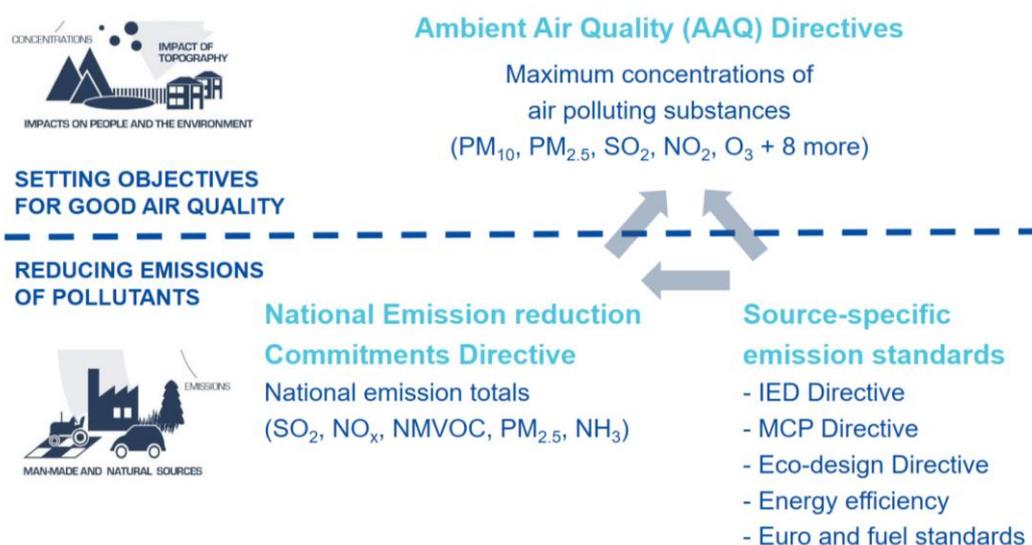


圖 3 歐盟清淨空氣政策

二、實習內容

擔任本人研習指導員(advisor)為環境總署第 C 處第 3 科國家排放減量承諾指引 (NECD) 組組長 ANDRE Viviane 女士 (如圖 4 從右第五位)，另該科科長為 WAKENHUT Francois (如圖 4 從右第四位)，副科長為 HENRICHS Thomas (如圖 4 從左第 3 位)。



圖 4 環境總署第 C 處第 3 科同仁合照

本次研習工作任務共有五項，分述如下：

(一) 甲烷的空氣污染影響及相關的健康和環境影響

本研究目的為探討歐盟立法目實現清潔空氣計畫 Clean Air Programme (CAP)2030 年目標的主要是靠減少某些大氣污染物的國家減排承諾指引(NECD)，該指引於 2016 年 12 月 31 日生效。然而，委員會表示打算將進一步評估降低歐盟臭氧濃度的方案，並在國際上促進甲烷減排。

1、甲烷對環境影響分析

甲烷(CH₄)不僅是一種強效溫室氣體，還是對流層臭氧形成的前體之一，導致地面臭氧，一種對健康和生態系統有害的空氣污染物。甲烷排放控制可以減少地表臭氧(O₃)污染，同時減緩溫室氣體變暖。甲烷是導致全球變暖的第二大溫室氣

體，僅次於二氧化碳(CO₂)，約佔全球變暖的 4 分之一。在 100 年的時間裡，甲烷的全球變暖潛力是二氧化碳的 28 倍。但是，在 20 年的時間裡，甲烷的全球變暖潛能值高達二氧化碳的 87 倍。依據估計，到 2050 年人為甲烷排放可能導致全球變暖約 0.5 攝氏度。不同於 CO₂ 在大氣中分解大約需要 100 年，甲烷在大約 12 年後分解。因此，減少甲烷排放將對溫度短期就可以有影響。

地面臭氧不會直接排放到空氣中，而是由揮發性有機化合物(VOCs) (包括甲烷) 和二氧化氮(NO_x)等污染物在陽光下轉化為臭氧時通過化學反應在大氣中形成。據估計，甲烷是對流層臭氧的第二大貢獻者。由於甲烷會在大氣中保留大約 12 年並在區域和半球尺度上傳播，因此它有助於在這樣的地理和時間尺度上形成臭氧，從而導致背景臭氧值升高。經甲烷排放後所生成臭氧會導致呼吸系統問題，降低肺功能（加重哮喘和其他肺部疾病）並使心臟病惡化。臭氧還會破壞植被，損害植物繁殖和生長並降低作物產量。它可以改變生態系統結構，減少生物多樣性並減少植物對二氧化碳的吸收。

2、與臭氧相關的歐盟法規

歐盟環境空氣品質指引(AAQD)設定了空氣品質標準值和長期目標，分別用於保護人類健康和環境免受臭氧影響。與此同時，在國際層面上，世界衛生組織(WHO)制定了臭氧空氣品質指引，而歐洲經委會下的長距離越境空氣污染公約(CLRAP)則定義了保護森林的臭氧濃度值。2017 年，17 個歐盟會員國臭氧濃度監測數值超過歐盟目標值 25 次以上，有 20%測站的臭氧顯示濃度高於保護人類健康的目標值。此外，只有 18%的測站實現了長期目標。總體而言，87%的測站是高於長期目標值，尤期這些測站所影響的最有可能就是甲烷所導致背景臭氧濃度升高。與世界衛生組織關於臭氧的空氣質量指南值相比，只有 5%的歐盟空氣質量監測站達到了標準。在植被保護方面，2000 年以來，根據年份（2006 年最高，2016 年最低），15% 至 69% 的歐洲農業區超過了歐盟目標值。73%到 98%的農業用地超過了相關的長期目標（2016 年最低，2006 年最高）2016 年，歐盟 28 國

62%的森林面積超過了國際公約森林保護的瓶頸負荷。

3、甲烷納入國家排放承諾指引(NECD)重要性

大氣中的甲烷監測數值顯示大幅增加。自 2007 年以來，甲烷濃度再次顯著上升，2007 年 (1,781ppb) 至 2020 年 (1,879ppb) 的增長率約為 7.5 ppb，並在 2014 年 (1,822ppb) 至 2020 年 (1,879ppb) 迅速加速至 9.5 ppb，另外，最近針對全球 27 個分佈的偏遠地區所進行的一項長期甲烷濃度監測計畫，觀測發現自 1995 年在南北半球都有濃度增加趨勢約在每十年增加 0.5 至 2ppb 範圍內。這種不斷增加的全球甲烷濃度趨勢與世界上大多數偏遠地區的 O₃ 濃度增加趨勢一致，由大部份大氣模式研究所預測甲烷濃度增加會導致全球臭氧濃度上升來看，此一增長趨勢若不再控制，大氣背景 O₃ 值會再升高。

過來模式研究顯示，甲烷減排可以導致對流層 O₃ 濃度下降。JRC 模式估計，人為甲烷排放可貢獻歐洲 6 個月移動平均最大小時臭氧濃度(6mDMA1) 為 9%~16% (5~8 ppb) 及全球 7%~18% (3~8ppb)。因此，經過甲烷減排讓 O₃ 濃度下降是可以讓更多歐盟測站達到長期臭氧目標值。

此外，氣候及清淨空氣聯盟(Climates and Clean Air Coalition, CCAC)最近的報告發現，通過減少每百萬噸(Mt) 甲烷和貨幣化效益，可以帶來多項效益，如下所列。當考慮到這些效益時，將近 85%的改善措施的效益超過了所投資的成本：

- 在 2015 年的條件下，全球甲烷減少 50%可避免 99, 000(62,000~132,000)和 92,000(28,000~50,000)人因臭氧暴露導致的呼吸道疾病及心血管死亡，相當於約 1,400 人每百萬噸甲烷減排的死亡人數。
- 臭氧因甲烷排放量減少而減少，也導致與哮喘相關的事故和急診就診次數減少，每百萬噸(Mt)約有 4,000 次與哮喘相關的事故和急診就診和 90 次住院治療甲烷減少。
- 可避免全球因極端高溫每年損失大約 4 億小時工作時數，大約 18 萬年。
- 每排放百萬噸(Mt) 甲烷，就會損失 145(90-200)千噸小麥、大豆、玉米和大

米。

- 此外，通過評估與上述影響相關的市場和非市場成本，所有市場和非市場影響的全球貨幣化效益約為每噸甲烷可減少 4,300 美元。

除了此處量化的效益之外，減少甲烷措施還有助於實現多個永續發展目標 (SDG)，包括氣候行動 (SDG13)、零飢餓 (SDG2)、良好健康和福祉 (SDG3)。此外，它們還能降低私營部門的成本和提高效率，創造就業機會並刺激技術創新。在經濟活動及能源策略一切照舊的情況下，依模式估計，到 2050 年，全球人為甲烷排放量可能會比 2010 年增加 35-100% (約 350Tg~1,000Tg)。相比之下，更永續的情境，例如那些以 2°巴黎協定為目標，預計到 2050 年甲烷排放量最多可減少 50%。如果什麼都不作為，到 2050 年與目前的情況相比，可能會導致全球 40,000 至 90,000 人過早死亡。但如果採取一致行動減少排放，每年臭氧死亡人數最多可減少 40,000 人。規範甲烷不僅可以幫助歐盟履行全球甲烷承諾，到 2050 年將全球變暖至少降低 0.2°C，還可以建立完整甲烷排放清冊。

(二) 大型污染源和網格化數據排放清單調查

根據國家減排承諾指引(NECD)，每個成員國都有義務每 4 年報告一次大型污染源(Large Point Sources, LPS)和網格化數據清單，然而這些大型污染源(LPS)和網格化數據清單並不是歐盟執委會作為評估各成員國申報，就目前得知是因空氣品質模式 (例如 EMEP、FAIRMODE、CAMS 等) 需求，是否這些申報資料非常重要或沒有這些資料空氣品質模式也能夠完成模擬工作，因此，本研究為探討 NECD 法規下 LPS 和網格化數據排放清單是否需繼續納入未來申報義務。

1、各成員國申報義務

根據國家減排承諾指引(NECD)，每個成員國都有義務申報減少引起酸化、優養化和臭氧 (O₃)五種污染物的排放 (即氮化物(NO_x)、二氧化硫(SO₂)、非甲烷揮發性有機化合物(NMVOC)、細顆粒物(PM_{2.5})和氨(NH₃)，並每年向歐盟委員會報告其

排放清單。成員國還必須向歐盟執委會申報 2020 年和 2030 年的排放量每兩年一次。此外，必須提供一份信息清單報告(IIR)，描述趨勢、基礎數據和方法。此外，NECD 指引要求成員國每 4 年報告一次大型污染源(LPS)和網格化數據清單含上述五種污染物及黑碳（非必要）、PM₁₀、CO、重金屬和 POPs（後者是與 NECD 指引下的減排承諾無關的污染物）。成員國根據 NECD 指令報告的數據通過 European Environmental Agency (EEA) 數據服務網站(<https://reurl.cc/aNAE07>)進行編譯和申報。為確保報告協調一致的排放信息，NECD 指令要求成員國使用 EEA/EMEP 指引中公佈的方法建立排放清冊，該指引是根據 UNECE 空氣公約制定的。歐盟及其成員國還根據與 NECD 指令相同的時間向空氣公約(<https://reurl.cc/aNAE07>)報告排放清單，以及排放預測、網格數據和 LPS 數據。從 2017 年起每四年，締約方應報告第 x-2 年更新的匯總部門通用報告命名法 (GNFR) 網格排放和 LPS 排放。另一個重要模式使用資料是歐洲污染物排放和轉移登記系統(E-PRTR)，提供來自歐盟成員國及冰島、列支敦士登和挪威的工業設施的環境數據。該系統包含每年大約 30,000 個工業設施報告的數據，涵蓋歐洲 65 項經濟活動。對於每個設施，提供了 200 年以後空氣、水和土壤排放的污染物數據以及廢水處理採離地處理的廢棄物及廢水數據，包括 91 種污染物，其中包括所有 NECD 法規下要求污染物種另重金屬、殺蟲劑、溫室氣體和戴奧辛也包括在內。E-PRTR 中還提供了一些有逸散源排放數據。E-PRTR 第一個報告年度是 2007 年，數據於 2009 年 6 月公布。自 2010 年以來，成員國在每年 3 月底之前向 E-PRTR 報告數據，並說明信息是否是基於測量、計算或估計。此後，該系統每年都會更新。

2、模式與申報資料關係

EMEP-grid 和 CAMS-grid (即 CAMS-REG) 是歐洲地區用於空氣污染和空氣品質模式的兩個最重要的空間解析空氣污染物排放清冊：

- EMEP-grid 主要使用締約國在空氣公約下申報的數據及 NECD 法規下歐盟成員國申報數據（即國家排放清冊、網格化數據和 LPS），並使用 E-PRTR 申報資

料來填補缺口。

- 由於 LPS 和網格化數據屬粗網格且時間序列有差距，CAMS-grid 僅依使用 E-PRTR 和 LCP 資料。

在這兩種情況下，當各國沒有提交數據或報告不完整或包含錯誤時，EMEP-grid 和 CAMS-grid 會採用不同的填補方法。填補空白後，不同行業污染排放用於空間尺度以編輯空氣品質模式所需網格化排放數據。

圖 5 說明了主要成員國各項申報數據與空氣品質模式使用之間的關連性。本研究探討了使用上述兩個 EMEP-grid 和 CAMS-grid 網格化排放清冊的幾種常見模式應用種類：

- EMEP-grid 網格化排放清冊用於：
 - JRC 在 TF-HTAP 模型社區開發的 TM5 模型
 - AeroCom 項目
 - 由 IIASA 開發的 GAINS 模型
 - EMEP 模型
- CAMS-grid 網格化排放清冊用於：
 - JRC 在 TF-HTAP 模型社區開發的 TM5 模型
 - AQMEII

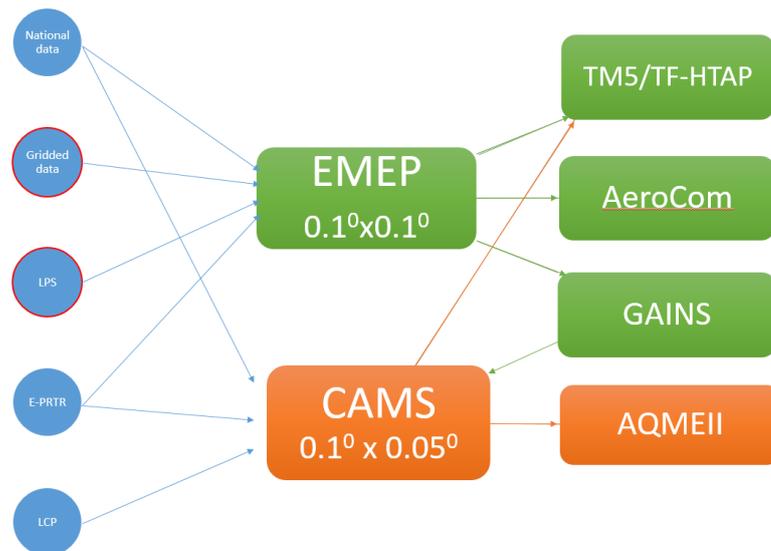


圖 5 各種申報資料與空氣品質模式之關連性

3、要求成員國繼續申報大型污染源(LPS)和網格化數據清單之情境

如需保留成員國繼續申報大型污染源(LPS)和網格化數據清單，仍有以下方面需改進：

- 儘管申報的 LPS 和網格數據的質與量在完整性、一致性和及時性方面多年來有所提高，但並非所有成員國都提供空間分列排放清單數據的完整時間序列。雖然大多數歐盟成員國申報的 LPS 和網格排放數據質量良好，但其中一些國家和大多數非歐盟國家提交了不完整或錯誤的數據（例如，趨勢中無法解釋的年度跳躍，多年的數據丟失，無法理解的行業別分類）或根本沒有數據。例如，2021 年 NECD 對 LPS 和 2017 年根據 NECD 法規申報的網格數據清單的審查報告顯示，某些成員國報告的 PM₁₀、PM_{2.5} 和 BC 排放量突然下降和上升，這可能表明時間序列不一致。
- 對於 LPS，2021 年 NECD 清單審查結果經常與 IRD 工業報告數據庫中 LPS 報告和數據的差異、報告坐標中發現的問題以及某些污染物的缺失有關。反復出現的問題還包括申報 PM₁₀ 排放量低 PM_{2.5} 排放量、缺少 LPS（排放量高於申報閾值）和資料如何來的透明度也差。
- 對於網格化數據，2021 年 NECD 清單審查結果經常與空間分配問題、用於生成網格化數據的方法和假設缺乏透明度、網格化數據與 LPS 數據或清單數據之間的不一致。反復出現的問題還包括某些 GNFR 行業別特定污染物的排放缺失。
- 2021 年 NECD 清冊審查還表明，對於所有評估的污染物，最高和最低人均排放量和人均 GDP (PPP)與平均值顯著不同（有時相差幾個數量級）。這是相關的，因為在 EMEP 模擬下，人口和 GDP/PPP 已被選為標準化各自國家總排放量的指標。這些指標中的異常值可能表明國家經濟存在差異，但也可能表示計算中的錯誤。一些成員國的人均和國內生產總值(PPP)排放量低也可能表明國家清單不完整，特別是在 PM 和 POPs 數據方面。

- 在 E-PRTR 數據庫，一些設施提供其主要辦公室（總部）的坐標而不是排放的實際位置，因此更好地檢查這些問題會有所幫助。此外，在某些情況下，E-PRTR 申報的位置（緯度、經度）中使用的小數位數僅為 1，這使得 LPS 的實際位置不夠清晰（例如，lat = 49.5 可以是 49.45 和 49.55）。因此需要製定明確的指引，例如要求至少 3 位小數。最後，出於模式的目的，煙囪高度、直徑、排放溫度和速度等源資料是經常缺失的重要參數。然而，雖然 E-PRTR 報告義務不要求這些資料，但強烈建議在申報時將它們包括在內。
- 由於 NECD 法規和空氣公約的重點主要是減少國家總排放量，因此它們的排放清冊要求並不完全適合空氣模式應用程序的需要，這需要精細尺度的排放清單。事實上，NECD 法規和 EMEP/EEA 指引對 LPS 和網格數據清單的要求不夠具體如在空間和時間上，以及在技術分解方面，仍需要提供高解析度資料。

4、停止成員國繼續申報大型污染源(LPS)和網格化數據清單之情境

如果 LPS 和網格數據不再根據 NECD 法規申報，這將主要影響 CEIP 單位製作 EMEP 網格化排放清冊的作業，這將需要尋找其他方法，最有可能應用相同的技術，例如 CAMS-grid 網格化排放清單製作程序（僅使用 E-PRTR 和 LCP 數據）。其它 EDGAR、IIASA-GAINS、CEDS（在 AeroCom 中使用）等替代排放清冊也可用於填補空白或替換申報不足的數據。

（三）空氣污染影響和成本文獻回顧

EEA 於 2020 年 11 月發布的「歐洲空氣品質-2020 年報告」顯示，儘管近幾十年來歐盟大多數空氣污染物的排放量有所下降，但空氣污染仍然是一個重大問題。總體而言，空氣污染每年導致歐盟約 40 萬人過早死亡，歐盟約三分之二的生態系統區域面臨優養化。空氣污染還會導致醫療費用增加、生產力降低（例如工作日損失）和農業產量降低，從而導致可觀的經濟成本，本研究將探討空氣品質污染如何影響經濟成本。

1、健康影響評估

如果成員國所有政策得到全面實施，預計 PM_{2.5} 導致的過早死亡人數在 2005 年至 2030 年之間將減少約 55%；這意味著 2020 年至 2030 年期間這些過早死亡的估計數量將下降 28%。國家適應計劃中宣布的措施將在 2020 年至 2030 年期間加速這一下降，從而減少 31%。如果採取最大限度的空氣污染控制措施，2020 年至 2030 年間過早死亡人數將下降 44%。然而，僅由於 PM_{2.5} 污染，歐盟每年仍有超過 130,000 人過早死亡。從 PM_{2.5} 污染造成的壽命損失年數來看，整體情況還是一樣（如圖 6）。除了氣候措施帶來的重要協同效益外，額外的清潔空氣措施也有望帶來顯著效益。

2、生態系統影響

最近在空氣污染對生態系統影響方面的改善預計在未來所有情景中都會繼續。然而，儘管取得了這些積極進展，但情況仍然令人擔憂，因為氮沉積水平仍遠高於臨界負荷並威脅到生物多樣性，尤其是在 Natura 2000 地區。隨著所有通過的立法的實施，Natura 2000 超過富營養化臨界負荷的區域將在 2020 年至 2030 年間減少 8%；如果成員國在其 NAPCP 中宣布的所有措施也得到實施，則減少 15%。然而，這仍會使超過一半(58%)的 Natura 2000 區域處於優養化的威脅之下。如果所有技術上可行的空氣污染控制措施都到位，到 2030 年這一比例將下降到 46%，顯示出相當大的改進潛力（如圖 7）。空氣污染影響所有生態系統，包括農作物和森林，它們都將從通過減少優養化和過量臭氧量來減少空氣污染中受益。對於所有這些威脅，清潔空氣與能源和氣候措施的結合將在 2050 年提供最大的好處。

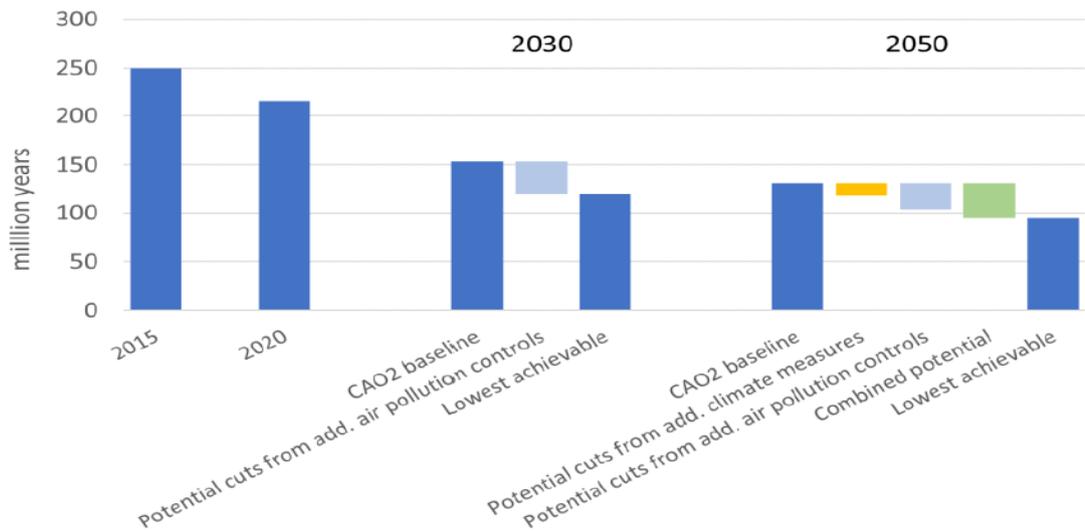


圖 6 歐盟-27 因暴露於 PM_{2.5} 而損失的生命年數

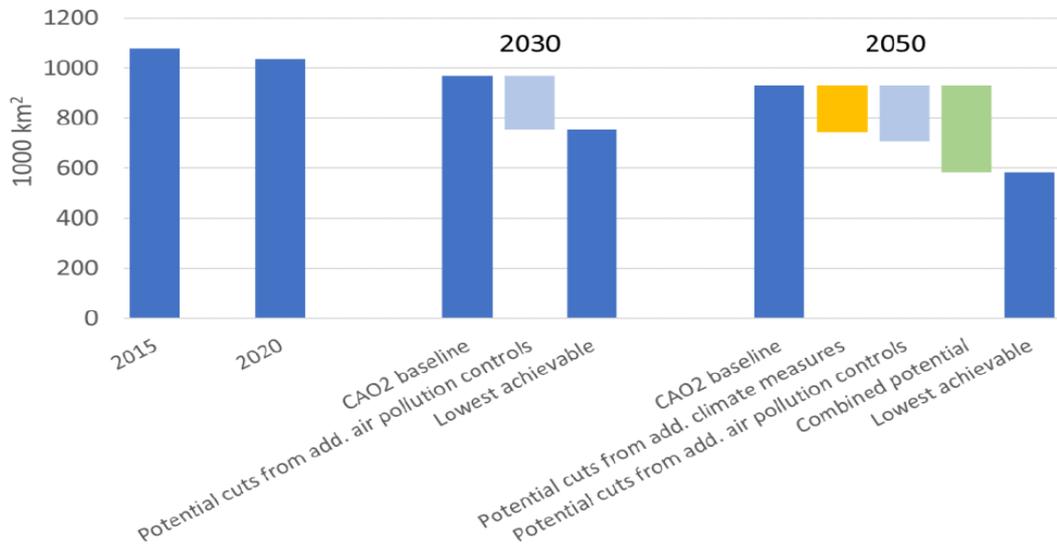


圖 7 歐盟-27 中氮沉積超過優養化臨界負荷的陸地生態系統區域（單位：1000 平方公里）

3、經濟影響

雖然空氣污染直接損害人類健康並對農作物、森林產量、生態系統和建築產生負面影響，但它也對經濟產生間接影響，例如由於健康狀況不佳而損失工作日。在所有分析過的案例中，減少污染的額外措施總是會給社會帶來淨收益，清潔空氣的好處總是超過這些措施的成本。圖 8 顯示，僅成員國的國家空氣污染控制方案(Nation Air Pollutant Control Plan, NAPCP)措施實施就會在 2030 年每年為歐盟帶

來約 70 億歐元的額外淨收益。如果所有技術上可行的措施都得到實施，到 2030 年，這些淨收益可能達到每年約 210 億歐元。避免死亡（此依減少 PM_{2.5} 影響進行估計）是迄今為止清潔空氣措施最重要的效益，其次是通過避免發病。總體而言，實施前幾年的健康效益較高，但在 2030 年後保持穩定，而措施的成本在 2030 年後下降。

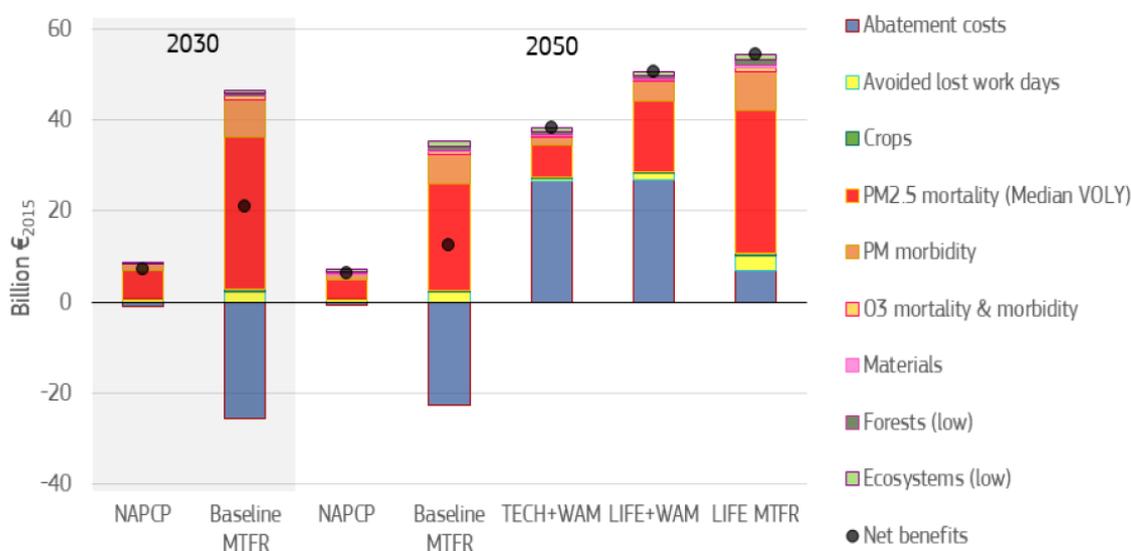


圖 8 與基線相比，各種空氣和氣候政策情境下清淨空氣措施的淨效益變化，以每年 10 億歐元為單位，基於對所有影響的保守估值

在所有分析的案例中，更積極的清淨空氣和氣候措施將增加社會的淨收益。如果實施更積極的氣候政策（在 2050 年實現氣候中和），與基線相比，減少空氣污染的措施花費將是免費的。在最有利的情況下，這些誘發的成本節約，加上清淨空氣措施的市場效益，將使歐盟 GDP 在 2050 年提高 0.15%。在這種情況下，如果考慮到最近關於通過清潔空氣獲得的生產力收益的實證研究，與基線相比，2050 年的 GDP 甚至會增加 1.3%。

（四）第 3 期清淨空氣展望計畫評估

2013 年歐洲清潔空氣計畫 (COM(2013)918) 規定每兩年更新一次針對 NECD 指令(2016/2284/EC)影響評估分析（即清淨空氣展望計畫 (Clean Air Outlook, CAO)），另包含未來減少排放污染物的潛力和如何達到歐盟的目標。本期為第 3 期清淨空

氣展望計畫，將於 2022 年公布使用成員國 2021 年申報資料進行評估，如同第 1 期和第 2 期清淨空氣展望計畫，包括空氣品質、健康和經濟影響及與氣候政策的協同作用分析，仍由國際應用系統分析機構 (International Institute for Applied Systems Analysis, IIASA) 承攬計畫，本研究將進行該機構所提報計畫下列各項任務合理性評估建議：

- 任務 1：提供最新的模式建立架構和基準年情境
- 任務 2：與成員國協商基準年情境
- 任務 3：開發和運行政策方案並分析其結果
- 任務 4：評估空氣污染的成本和減少空氣污染的效益
- 任務 5：參加會議並為提交最終報告提供支持

1、研究方法

- 所提出的方法論總體上清晰、結構合理、完整，非常適合需求和現實。計畫非常合理的反映了對歐盟的需求及任務的規劃。它在任務之間以及與相關正在進行的工作和政策發展之間建立了相當適當的聯繫。
- 模式架構（任務 1）所有更新元素都進行了非常詳細的描述，涵蓋了契約範圍中提到的所有方面。預測模式更新工作包括可凝結顆粒懸浮微粒、關鍵負載和農業 NO_x 和 NMVOC 排放相關的分析，但建議本計畫可以提供更具體的內容來說明如何做到這一點。此外，對於任務 1 中模式更新的描述需要進一步澄清，因為它沒有說明將會完成什麼，而只是要做什麼。
- 對成員國就其排放清冊基準年（任務 2）進行磋商的方法的描述不夠詳細，並且沒有提供關於如何在每個會員國找到合適的對話者以及如何達到時間表定期程。情境模擬（任務 3）的方法論的描述涵蓋了契約範圍的所有要素。然而，不清楚為什麼提到零污染行動計劃中的目標超出了與空氣污染直接相關的兩個目標。
- 關於成本效益評估（任務 4），在按社會群體和地理區域進行分析的擬議方法

很合理。但需要注意的是，在宏觀經濟影響中，所有情境都應該重新評估，不僅僅是各子集合而已，鑑於本計畫影響評估將會已完成的 AAQD 影響評估作比較。

- 任務 5 和 6（會議及管理）的方法很明確，並符合契約範圍的要求。

2、工作安排

- 工作的組織被清楚地描述為每個任務、每個（分）承包商和每個工作人員，並且任務和工作日的分配都很合適。主承包商承擔了大部分工作（佔人工天數的 65%），五個分包商負責明確定義的工作包。然而似乎缺少一些分包商，應予以澄清以避免任何誤解。
- 計畫提供了非常明確的任務和可交付成果的時間安排，完全遵循契約範圍。然而，計畫還依賴於一些其他項目，這些項目的時間安排對於確保完成該項目的計劃時間很重要。
- 除了參與所有任務的項目經理外，建議所有員工都有後備人員。缺乏後備人員可能會引發工作任務如時正確交付的風險。

3、品質控制

- 品質控制針對每項任務和整個合同的特定部分進行了解釋，並根據需求量身定制。尤其涵蓋了可交付成果的檢查，並且提到是由主要承包商工作中與建模相關的貢獻彙整，都由檢驗都主要由主持人完成，然而應有經更多人檢驗以達品質控制。
- 一些可能對工作任務交付產生重要影響的風險幾乎沒有被提及到。尤其是以下情況：成員國未及時回覆評論其排放清冊基準年的問題、任務所依賴的其他項目的交付延遲，例如更新的關鍵負載數據庫，更新 PM_{2.5} 的可凝結性數據等。這些工作流程中的任何延遲都會導致計畫的交付延遲，因此應該制定替代方案來滿足此類延遲的情況。

(五) 西巴爾幹半島國家空氣品質模式模擬評估

加入歐盟的過程目前分為三個階段，候選、正式談判和完成後加入。西巴爾幹島國家 Western Balkan (以下簡稱 WB) 共同參與加入歐盟期程已超過 15 年，但它們處於這一進程的不同階段。在第 27 章環境與氣候變化，是歐盟 35 章中規模最大、要求最高的章節，包括 200 多項立法法案，其中，本研究將針對目前 WB 空氣品質模式模擬進行評估。

1、WB 大氣污染物排放情形

1990-2017 年 WB (不含科索沃(Kosovo)) NECD 污染物排放趨勢及與 1990 年相比的相對變化如圖 9 所示。SO₂、NO₂ 和 NMVOC 排放量下降幅度最大的是 1994。2017 年 WB 地區 SO₂ 總排放量估算近 720kt，比 1990 年減少 33%。同年 NO₂ 排放量為 259kt，比 1990 年減少 20%。2017 NH₃ 的排放量估計為 123 千噸，比 1990 年的水平低 26%。NMVOC 排放量，估計 2017 年為 279 kt，與 1990 年的水平相比減少了 23%。2017 年 PM₁₀ 排放量估計達到 146kt，比 1990 年下降 60%，而 PM_{2.5} 排放量接近 82kt。

2、WB 地區的空气品質模式

圖 10 說明了使用空氣質量數據集成模型 (DIMAQ) 結合地面測量模擬的 2016 年年度平均 PM_{2.5} 濃度。模型和測量的結合提供了一張地圖，可以觀察到該污染物在 WB 地區和位於該地區中心的濃度最高的地區的空間分佈，特別是在 Sarajevo 和 Skonie 超過 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的地區。PM_{2.5} 濃度高於推薦空氣質量限值並超出 WHO 限值的區域遍布所有國家。

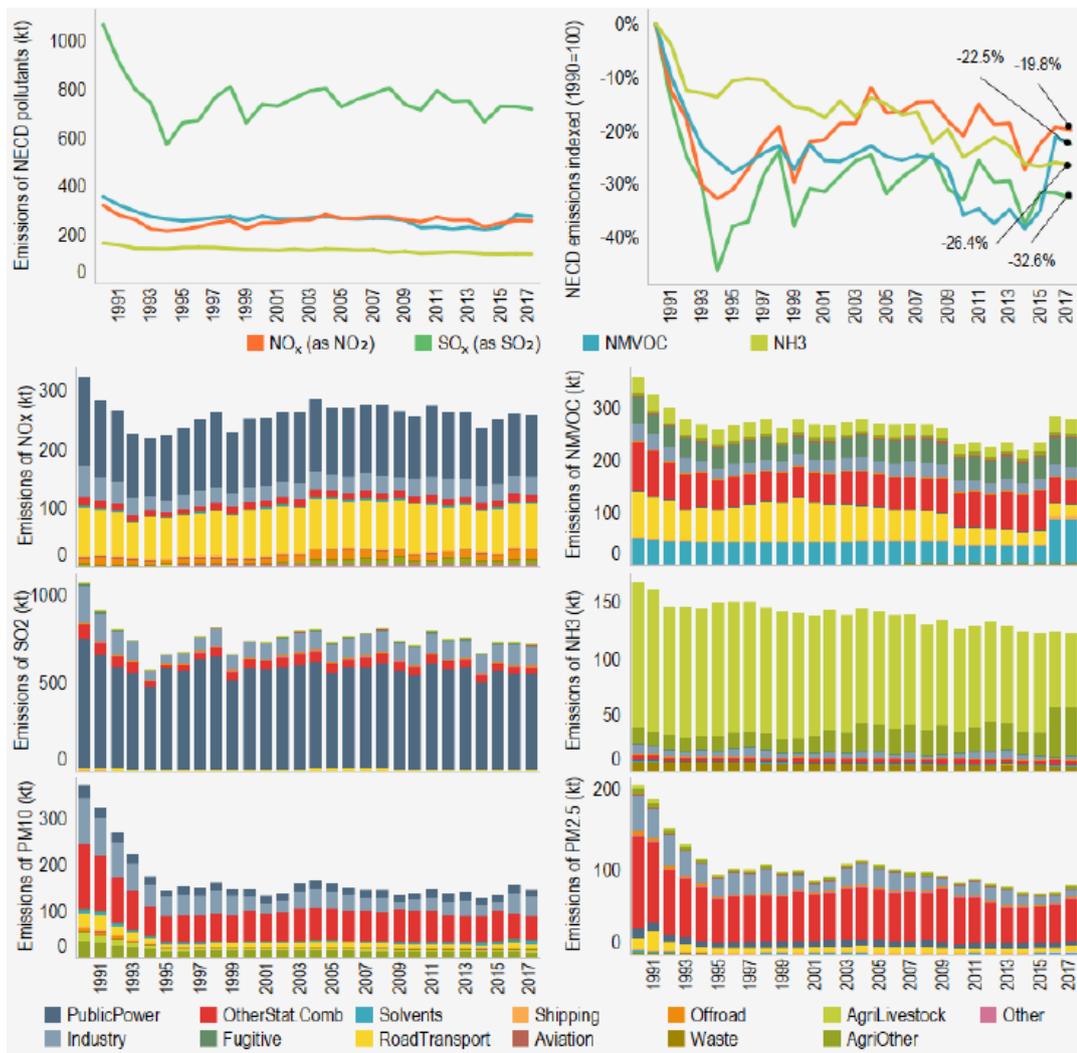


圖 9. WB 地區的 NECD 污染物排放量和相對變化與 1990 年（上）-按行業別（下），1990-2017

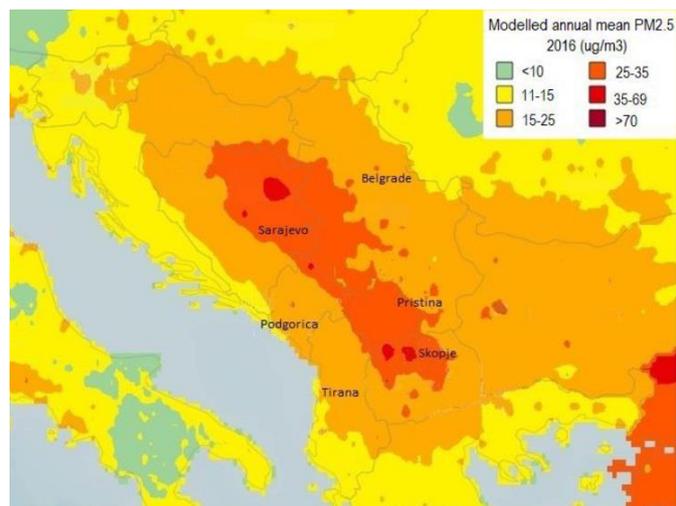


圖 10 2016 年 WB 地區模擬的 PM_{2.5} 年平均濃度

源分配是一種將特定區域的污染物濃度分配給其排放源的技術。WB 地區中的源

分配只有針對有限時間尺度且特定區域內的模擬資料。在 WB 地區最大的 13 個城市中，排放源和地理區域對 PM_{2.5} 的貢獻是使用 SHERPA 工具，是基於 2014 年跨界污染的 EMEP 模型估算的，平均而言，PM_{2.5} 的主要來源為城市(40%)，其中是城市 and 通勤區(FUA)、自有排放(19%)和全國排放(16%)，如圖 11 所示。這些結果表明城市擁有自己的空氣污染排放，在製定減排措施時應予以考慮。此外，城市之間在地方排放源的份額方面存在相當大的差異，這表示沒有一套是適合於所有城市的措施。國家排放對研究城市的影響以 Serbia 和 Bosnia and Herzegovina 最高（圖 12）。在所研究的兩個 Serbian 城市(即 Kragujevac 和 Novi Sad)和 Sarajevo，這一比例在 20%到 30%之間。相反，Pristina 和 Podgorica 這兩個小國的國家排放量貢獻不到 5%。

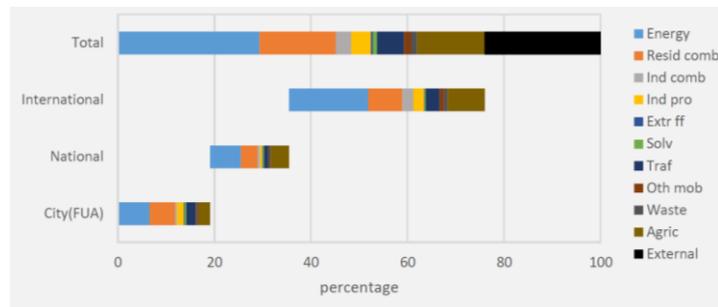


圖 11 WB 主要城市 PM_{2.5} 來源和區域的平均影響百分比

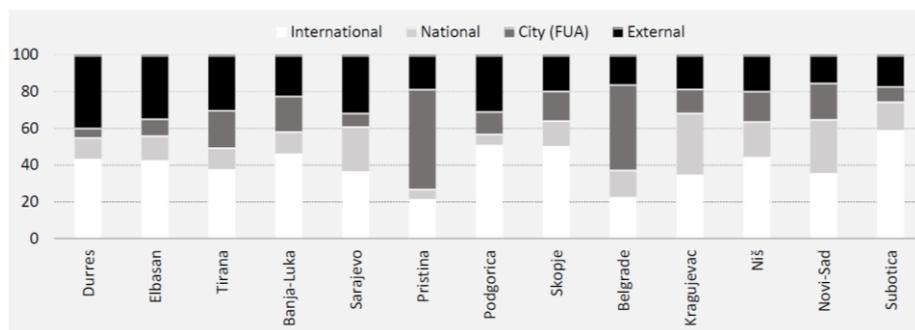


圖 12 13 個研究城市中各地區對 PM_{2.5} 的影響百分比

Subotica 的 Serbian 城市跨境 PM_{2.5} 污染最嚴重，原因是其位置非常靠近匈牙利邊境。外部部分(24%)包括模式外的污染源和未分配給特定污染源的影響。由於國際海上交通的影響，它僅在 Albanian 城市引人注目。如圖 13 所示，對 WB 各城市 PM_{2.5} 水平影響最大的活動行業是能源生產 (29%)、住宅燃燒 (16%) 和農業 (19%)。僅這三個來源就佔模擬 PM_{2.5} 總量的近 60%。道路交通影響平均為 6%，

而其餘確定的來源僅佔所研究城市模擬 PM_{2.5} 總量的 10%。圖 13 顯示了 13 個城市中最重要活動來源的相對影響。在 Serbia、Kosovo 和 Bosnia and Herzegovina 觀察到能源部門的相對影響最大。在 2010 年至 2015 年期間，煤炭佔這三個國家能源供應燃料總組合的 50%至 58%。這一來源的影響幾乎達到了 Pristina PM_{2.5} 的 50%，其次是三個 Serbian 城市（Belgrade、Novi Sad 和 Kragujevac）和 Sarajevo，其範圍從 30%到 40%。

受住宅燃燒影響最大的城市是 Podgorica 和 Niš，均超過 20%。相反，Bosnia and Herzegovina 城市的住宅燃燒影響下降到 10%。將這些估計與基於測量（受體模式）的源分配技術的估計進行比較，生物質燃燒是住宅部門使用的主要燃料，由於排放清單的限制，該來源的貢獻可能被低估。工業燃燒和工業過程的影響在 Skopje 和 Subotica 最高（11%）。Subotica 的公路運輸影響最高，為 9%，Pristina 的影響最低，為 2%。農業的影響範圍從 Podgorica 的 9%到 Banja Luka 的 21%。在西南部(Albania, Montenegro 和 Kosovo)，該來源的影響最小，其貢獻率低於 12%。在絕對值($\mu\text{g}/\text{m}^3$)中觀察到相同的模式，表明與其他來源相比，它不依賴於該來源的相對重要性。一種可能的解釋是來自意大利北部、瑞士和德國南部等 NH₃ 排放量高的地區的氣溶膠遠程傳輸的影響

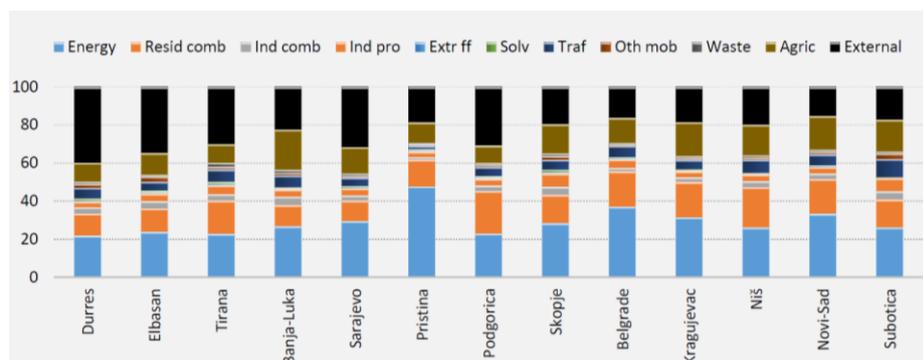


圖 13 各行業別對 13 個研究城市 PM_{2.5} 的影響百分比

參、心得及建議

- 一、雖然 C.3 科主要業務領域為空氣污染防治，但觀察 C.3 科同仁學經歷背景，僅有 2 位有環境科學或工程領域背景，仍有絕大部分為公共行政、經濟學或法律等學歷，因歐盟每 5 年可讓同仁申請轉調部門機會，因此，在歐盟內部同仁學經歷與部門負責領域相關性非為主流，仍與是否能自主學習為主，基本上歐盟鼓勵同仁多接觸學習不同領域工作，雖然 C.3 科同仁非有大氣污染防治工作相關學經歷，但仍可看出對於自身業務熟悉，也能提出重要問題。
- 二、歐盟執委會每週將最新重大業務推動情形以內部通訊方式寄給所有同仁參考；另環境總署亦有內部通訊，每週由總署每位同仁將最新工作亮點陳報後，由總窗口編審後寄給全總署同仁知悉。內部資訊較為流通透明，也比較容易瞭解其它處的業務推動情形。
- 三、歐盟文官體制相當尊重專業與員工意見表達，各階層主管均非常歡迎同仁貢獻想法及表達不同意見，且重視員工為重要人力資源，歐盟執委採用彈性的工時制度，讓同仁兼顧工作及生活平衡並養成自律習慣。此外，歐盟亦鼓勵員工進行職務歷練與參與研習訓練，歐盟深知好的政策來自於最佳的人才，故不論培養文官所需能力或提供人性化的組織文化，整個體制對投資優秀的文官不遺餘力。
- 四、歐盟員工升遷制度採每 3 年進行考核，依考核結果可在原本職位持續升等，無需占高職等職位才能升等，依個人喜好選擇是否申請擔任主管職位，此一升遷制度可避免因個人職位而無法升等困境。
- 五、在 C.3 科研習過程中，主要挑戰性除了語言上克服外，在每項工作皆必需進行歷史瞭解，在蒐集資料過程，除需要瞭解歐盟法規外，並把歐盟實際所遇到問題釐清，所幸透過指導員幫助及每星期會議討論，讓職能夠有效率針對問題提出正確資料說明，報告也能作為 C.3 科往後決策參考，對於能夠為 C.3 科業務上有所貢獻備感榮焉。
- 六、許多短期氣候污染物 (Short-Lived Climate Pollutants, SLCPs) 對暖化影響遠勝於二氧

化碳（評估未來 20 年之影響）。由於這些污染物除了造成全球暖化，亦是造成空氣污染影響人體健康危害性。因此，聚焦改善短期氣候污染物排放，等於同時減緩暖化與保護健康。臺灣近年重點改善粒狀污染物（特別是 PM_{2.5}）之後，原生性粒狀污染物（燃燒直接排放）在固定源（主要工廠、電廠）和移動源（交通運輸）都有改善，應對黑碳亦有所改善。在甲烷方面，臺灣排放量相較低且也較提早起步推動甲烷減量，2019 年總溫室氣體排放量 2 億 8706 萬噸碳當量（MtCO_{2e}），甲烷僅占 1.67%，甲烷排放量從 2005 年的 950 萬噸，逐步減少到 2019 年剩下 478 萬噸，減幅已達 50%。進一步分析我國的甲烷排放源，垃圾掩埋及污廢水處理排放占 43.9%，畜牧腸胃發酵及糞尿則占 40.6%，由於台灣沒有開採石油及天然氣，僅有 5.4%來自天然氣逸散排放，而燃氣發電所造成的直接排放更僅占 0.005%。然而，在食品製造業、紡織業、紙漿及造紙業之廢水及污泥處理，從 2005 年的 526 增加為 2018 年的 939 千公噸二氧化碳當量，增幅達 1.78 倍，若以 1990 年為基期則成長約 2.3 倍，顯見工業廢水與污泥的甲烷排放一直在增加，這是臺灣甲烷排放少數不減反增的項目，應建立細緻的排放係數，研擬改善方案，進而推行政策加以改善。

七、為全面改善國內空氣污染問題，環保署啟動「空氣污染防制方案」(109-112 年)，預計 4 年投入 511 億元，從源頭及管末同步著手改善污染源，以期達到 112 年 PM_{2.5} 全國年平均濃度降低至 15 微克/立方公尺以下之目標，並兼顧臭氧改善，在「空氣污染防制方案」(109-112 年) 規劃下劃分北部、竹苗、中部、雲嘉南及高屏空品區針對 PM₁₀、PM_{2.5}、NO_x、SO_x、VOCs 各年度減量目標，此一規劃方向與歐盟 NECD 要求成員國減量目標方式大致相同，但除了減量污染物缺少 NH₃ 污染物外，在分配減量比例方式也不太相同，歐盟採用 Bottom-Up 方式，即依現有及未來各種空污減量策略上針對不同減量情境來規劃未來可能達成目標，目前歐盟清淨空氣政策以 2030 達到減少 50%健康危害，在可達成這目標下情境再要求成員國承諾減量目標，相較我國作法採用 Top-Down 方式，是以目標年即 2023 年達 PM_{2.5} 全國年平均濃度達 15 微克/立方公尺以下之目標推估各空品區所需減量，此一方式

並非經由盤查各種目標及未來可能空污策略，再加上因模式不確定性，因此目前造成會有縣市提出「空氣污染防制計畫」減量目標過程，無法提出達到目標之減量數據而採用滾動檢討方式來尋求更多減量空間，在未來下一期「空氣污染防制方案」(113-116年)規劃方式，應可參考歐盟經驗採用 Bottom-Up 方式進行各縣市污染物減量目標，並考量降低健康危害角度制定未來中長程目標。

八、臺灣空氣污染物排放量清冊簡稱 TEDS(Taiwan Emission Data System, TEDS)，收錄了全國各不同種類污染源排放至大氣之空氣污染物。TEDS 為每三年發佈一次，範疇涵蓋固定污染源（點源、面源）及移動污染源（線源），原始資料來源主要基於各級環保機關及主計單位記錄及提供之數據，由環保署經分類綜整後收載並公布，反觀，歐盟空氣污染物排放量清冊的建立是由各成員國依規範申報排放量，並經過嚴格委員會審查確認機制，再申報後可以新的技術或政策改變仍有機會提出修正排放量，此一嚴謹制度一方面也是該空氣污染物排放量清冊檢視各成員國是否有達 NECD 減量目標依據，相較我國蒐集各級環保機關及主計單位記錄及提供之數據後即進行估算，審查過程較為簡易，然而，因歐盟清冊是建立在各國家所申報結果，我國清冊建立應較適合以成員國如何建立清冊較有參考依據，此外，我國 TEDS 為每 3 年發佈一次，而歐盟為要求成員國每年申報，在時間分布上，我國應可強化 TEDS 系統採公布每年數據，以加強在時間上更正確解析空氣污染物排放量分布。

九、空氣品質模式模擬在環境空氣品質分析及管理上扮演非常重要的角色，各國空氣污染防制目標擬定皆仰賴空氣品質模式模擬預測結果，相較美國及歐盟，我國空氣品質模式的發展仍有待加強，相較歐盟在制定清淨空氣政策使採用空氣品質模式工具，包含排放量推估、健康效益、經濟成本、生態影響等模式，提出了在制定清淨空氣政策的目標過程，所需花費投入成本，可減少死亡人數、減少就醫人數、生態危害減少面積，並可瞭解到當這些所減少的效益換算成經濟數字後，即可解投入空氣污染防制工作所獲得經濟效益遠大於投入成本概念，然而，我國「空氣污染防制方案」(109-112年)僅有空氣品質模式得知 PM_{2.5} 均濃度降低數值，並無完整的效益評估，但也是鑑於臺灣沒有完整的健康流行病流調查、各種管制策略

成本分析及社經參數等前端資料，未來環保署若要強化空氣污染防制效益評估工作，則需要加強這些基礎資料建立，以全面性探討空氣污染防制工作對整體國家效益評估。