

出國報告(出國類別：考察)

赴歐洲交流量子、淨零科技與公正轉型 訪查報告

服務機關：國家科學及技術委員會

姓名職稱：林敏聰副主委、羅夢凡處長、黃冠毓科長

派赴國家：芬蘭、荷蘭、英國、挪威

出國期間：2023年6月14日至7月1日

報告日期：2023年7月

目錄

壹、 訪查目的	3
貳、 訪查行程	4
參、 訪團成員名單	7
肆、 量子科技訪查成果	9
一、 IQM Quantum Computers	9
二、 荷蘭 Qutech 及相關新創公司	10
伍、 淨零科技訪查成果	11
一、 蘇格蘭電力公司	11
二、 格拉斯哥卡利多尼安大學-氣候正義中心	14
三、 蘇格蘭碳捕捉與封存研究機構	17
四、 蘇格蘭公正轉型委員會	20
五、 蘇格蘭政府	22
六、 亞伯丁能源轉型區	24
七、 蘇格蘭淨零技術中心	26
八、 亞伯丁大學	28
九、 亞伯丁市政府	30
十、 弗里喬夫·南森研究院	32
十一、 奧斯陸大學	34
十二、 Northern lights 計畫	36
十三、 TCM 碳捕捉示範驗證案場	38
十四、 挪威科技研究中心及挪威科技大學	40
陸、 心得與建議	43

壹、訪查目的

淨零碳排已為國際減緩氣候變遷的共識，我國亦訂定於 2050 年達成淨零轉型目標，並於去(2022)年 3 月由國發會偕同各相關部會公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，制定風電/光電、氫能、前瞻能源、碳捕捉利用及封存及公正轉型等「十二項關鍵戰略行動計畫」，以實際行動落實各項轉型。

為了解國際前瞻能源技術發展趨勢，交流淨零政策與科技研發推動經驗，並拓展我國與國際淨零科研合作機會，爰規劃本次赴蘇格蘭及挪威進行淨零科技訪查。蘇格蘭三面環海，地理環境、面積、人口數與我國相仿，其國際處境及著重於離岸風電、氫能、海洋能、及非核政策之能源轉型政策方向亦與我國相似，其推動淨零科技發展與整合及致力油汽產業公正轉型之經驗，值得參考借鏡；而挪威長期耕耘碳捕捉與封存技術，當前正在推動之 Longship 計畫將成為全世界最大 CCS 實證案場，亦投入淨零社會科學相關研究，值得交流學習。

本次訪查行程至蘇格蘭拜會蘇格蘭政府及其能源與氣候變遷局(Energy& Climate Change)、公正轉型委員會(Just Transition Commission)政策專家、亞伯丁市政府城市發展部門(Aberdeen City Council, City Development)，以及淨零社會科學及淨零技術產、學、研機構；至挪威訪查 SINTEF、挪威科技大學等重要淨零科研機構，並實地訪視 Northern lights、Technology Centre Mongstad 等 CCS 淨零技術設置案場。期藉由會議討論及案場實地訪查，深化我國與國際間技術、人才與資訊交流，使我國淨零科技研究與政策方向更多元、務實，並促進產學研國際合作之可能。

此外，本次出訪亦前往芬蘭及荷蘭交流討論量子科技研發，出訪芬蘭期間，除了參訪 IQM 量子科技新創公司(IQM Quantum Computers)，也會晤芬蘭外交與經濟相關部會官員。另也出訪荷蘭的量子技術研究機構 QuTech，和拜會其他在光量子計算、量子計算軟體上具有特殊技術的量子科技新創公司，了解荷蘭在量子科技的發展狀況並探詢臺荷未來在量子科研合作的可能。

貳、訪查行程

日期	上午	下午	晚上	宿	
6/14 (三)	-	量子團臺灣出發前往芬蘭 長榮航空(BR87) 23:40(TPE)→08:20 ⁺¹ (CDG) 芬蘭航空(AY1572) 10:50 ⁺¹ (CDG)→14:50 ⁺¹ (HEL)		機上	
6/15 (四)	交通移動	拜會芬蘭代表處		赫爾辛基	
6/16 (五)	IQM Quantum Computers	IQM 參觀			
6/17 (六)	工作進度會議	深度文化參訪			
6/18 (日)	交通移動 芬蘭→荷蘭 荷蘭航空(KL1166) 10:50 赫爾辛基(HEL)→12:25 阿姆斯特丹(AMS)			台夫特	
		淨零團臺灣出發前往蘇格蘭 長榮航空(BR87) 23:40(TPE)→08:20 ⁺¹ (CDG) 法國航空(AF1486) 15:25 ⁺¹ (CDG)→16:15 ⁺¹ (EDI)		機上	
6/19 (一)	09:00-12:00 QuTech	13:30-15:00 Single Quantum	15:30-17:30 orange quantum systems 林副主委、 羅處長荷蘭 出發前往蘇 格蘭 EASYJET EUROPE (EJU7837) 18:45 (AMS)→ 19:15 (EDI)	量子團返 回臺灣 長榮航空 (BR68) 21:40(LHR) → 20:00 ⁺¹ (TPE)	機上 / 愛丁堡

6/20 (二)	09:55-11:30 蘇格蘭電力公司	14:00-16:00 格拉斯哥卡利多尼安大學- 氣候正義中心 (GCU-Centre for climate justice)		愛 丁 堡
6/21 (三)	工作會議	13:30-15:00 蘇格蘭碳捕捉與封存研究機構(SCCS)		亞 伯 丁
		15:00-15:30 蘇格蘭公正轉型委員會		
		15:30-16:30 蘇格蘭政府		
6/22 (四)	10:00-12:00 亞伯丁能源轉型區(ETZ)	工作會議		
6/23 (五)	09:30-11:30 蘇格蘭淨零技術中心 (NZTC)	12:30-15:00 亞伯丁大學-能源轉型中心/公正轉型實 驗室		
		15:30-17:00 亞伯丁市政府		
6/24 (六)	工作會議	深度文化參訪		
6/25 (日)	交通移動 蘇格蘭出發前往挪威 洛根航空(LM3) 14:45 (ABZ)→17:20 (OSL)			奧 斯 陸
6/26 (一)	10:00-12:00 弗里喬夫·南森研究院(FNI)	13:30-16:30 奧斯陸大學研發創新&國際 合作部門(UiO)		
6/27 (二)	交通移動 奧斯陸→貝根 北歐航空(SK251) 08:00(OSL)→08:55(BGO)	11:00-15:00 Northern lights 計畫		貝 根
6/28 (三)	11:30-15:30 Technology Centre Mongstad 碳捕捉示範驗證案場		羅處長、 郭陳浩教 授返回奧 斯陸 北歐航空 (SK286) 19:30(BGO) → 20:20(OSL)	貝 根 / 奧 斯 陸

<p>6/29 (四)</p>	<p>交通移動 1.羅處長、郭陳濤教授 Oslo→Trondheim 北歐航空(SK332) 08:00(OSL)→08:55(TRD) 2.其他團員 Bergen→Trondheim 北歐航空(SK4154) 08:25(BGO)→09:25(TRD)</p>	<p>10:30-16:30 挪威科技研究中心(SINTEF) 挪威科技大學(NTNU)</p>	<p>交通移動 Trondheim →Oslo 北歐航空 (SK379) 19:55 (TRD) →20:50 (OSL)</p>	<p>奧斯陸</p>
<p>6/30 (五)</p>	<p>挪威出發返回臺灣 北歐航空(SK809) 15:05(OSL)→16:25(LHR) 長榮航空(BR68) 21:35(LHR)→21:15⁺¹(TPE)</p>			<p>機上</p>

參、訪團成員名單

編號	姓名	單位	職稱	參與行程
1	林敏聰 Minn-Tsong, Lin	國家科學及技術委員會 National Science and Technology Council	副主委 Deputy Minister	全程
2	羅夢凡 Meng-Fan, Luo	自然科學及永續研究發展處 Department of Natural Sciences and Sustainable Development	處長 Director	全程
3	果尚志 Gwo, Shangjr (Felix)	量子系統推動小組 Quantum Initiative program office	教授 Professor	芬蘭、荷蘭
4	張文豪 Wen-Hao Chang	量子系統推動小組 Quantum Initiative program office	特聘研究員 Distinguished Researcher	芬蘭、荷蘭
5	王明杰 Ming-Jye Wang	量子系統推動小組 Quantum Initiative program office	研究員 Researcher	芬蘭、荷蘭
6	高英哲 Ying-Jer Kao	量子系統推動小組 Quantum Initiative program office	教授 Professor	芬蘭、荷蘭
7	許世玄 Shyh-Shyuan Sheu	工研院電光所 Institute of Electro-Optics, ITRI	組長 Division Director	芬蘭、荷蘭
8	邱勁斌 Shao-Pin Chiu	國研院半導體中心 Taiwan Semiconductor Research Institute, TSRI	博士 Dr.	芬蘭、荷蘭
9	蕭子綱 Tzu-Kan Hsiao	國立清華大學 National Tsing Hua University	助理教授 Assistant Professor	荷蘭
10	李明旭 Ming-Hsu, Li	淨零科技推動小組 Taiwan Science and Technology Office for Net-zero Emission	副主任 Deputy Director	蘇格蘭、挪威
11	黃冠毓 Kuan-Yu, Huang	自然科學及永續研究發展處 Department of Natural Sciences and Sustainable Development	科長 Section Chief	蘇格蘭、挪威
12	葉麟 Lin, Yeh	自然科學及永續研究發展處 Department of Natural Sciences and Sustainable Development	科技研發管理師 Project Manager	蘇格蘭、挪威
13	劉芳君 Fang-Chun Liu	自然科學及永續研究發展處 Department of Natural Sciences and Sustainable Development	科技研發管理師 Project Manager	芬蘭、荷蘭
14	張美瑜 Mei-Yu, Chang	財團法人國家實驗研究院 National Applied Research Laboratories	主任 Director	蘇格蘭、挪威
15	戴興盛 Hsing-Sheng, Tai	國立東華大學 National Dong Hua University	教授 Professor	蘇格蘭、挪威

16	曾重仁 Chung-Jen, Tseng	國立中央大學 National Central University	教授 Professor	蘇格蘭、挪威
17	許雅儒 Ya-Ju, Hsu	中央研究院 Academia Sinica	研究員 Researcher	蘇格蘭
18	郭陳浩 Hao, Kuo Chen	國立台灣大學 National Taiwan University	教授 Professor	蘇格蘭、挪威
19	林若蓁 Meg Jo-Chen, Lin	台灣經濟研究院 Taiwan Institute of Economic Research	副所長 Deputy Director	蘇格蘭、挪威
20	張家榮 Jean-Christophe, Chang	台灣經濟研究院 Taiwan Institute of Economic Research	專案經理 Project Manager	蘇格蘭、挪威
21	黃祉瑄 Chih-Hsuan, Huang	台灣經濟研究院 Taiwan Institute of Economic Research	專案經理 Project Manager	蘇格蘭、挪威

肆、量子科技訪查成果

一、IQM Quantum Computers

(一)時間：6/16 (五) 09:30-14:00

(二)地點：Keilaranta 19, 02150 Espoo

(三)與會人員：Ms Milja Kalliosaari

(四)訪查紀要

芬蘭 IQM 量子科技是由芬蘭阿爾托大學(Aalto University)和芬蘭 VTT 共同合作技轉而成立的新創公司。目前其技術為歐洲商用量子電腦的領導者，其募資規模已超過 7100 萬歐元，正著手建造芬蘭第一台商用 54 超導量子位元的量子電腦，由其主導的 Q-Exa 聯盟也正在德國建造量子電腦。

此次拜會 IQM 之目的，是希望能夠藉由與之合作來加速台灣量子電腦硬體系統，尤其是次系統部分的開發速度，與之合作之後，便可於國內量子位元部分研發出來之前，即先行驗證開發出之次系統。IQM 於整個參觀過程都非常的開放及友善，也積極表示與我們合作之意願，後續將會安排國內團隊與法人與之聯繫，確認合作方式與各種細節。



圖 1、林敏聰副主委與台灣駐芬蘭代表處張代表與台灣量子科技訪團與芬蘭 IQM 高層交流討論

二、荷蘭 Qutech 及相關新創公司

(一)時間：6/19 (一) 09:30-17:30

(二)地點：Qutech, Lorentzweg 1, 2628 CJ Delft

(三)與會人員：

1. Dr. Kees Eijkel/Director of Business Development – Qutech
2. Ms Pei-Yi Lin – Single Quantum
3. Prof. Kelvin Loh – Orange Quantum Systems

(四)訪查紀要

鑒於荷蘭在量子科技領域擁有豐富的研發生態，本次重點參訪荷蘭的量子技術研究機構 QuTech，同時我們拜訪 Quantware、Orange Quantum 與 Single Quatum 等其他量子科技新創公司。

QuTech 是荷蘭台夫特理工大學及荷蘭國家應用科學院於 2014 年共同創立的量子技術研究機構。目前於歐洲學研界具有開發量子科技技術領先的地位，其環繞的量子科技生態圈，充滿著各樣由裡面開發出來的技術，繼而因應而生的新創公司。Qutech 除了讓我們參觀他們研發的實驗室之外，也安排我們與各新創公司接觸和交流，並且進一步探詢及討論未來合作的可能性。後續我們將會邀請接觸的專家學者，於 11 月至台灣參加由我方主辦的量子電腦硬體次系統國際會議，並促使國內團隊與國際優秀團隊與公司的交流與合作。



圖 2、林敏聰副主委率台灣量子科技訪團參訪荷蘭量子重鎮 Qutech，了解荷蘭量子產官學研究新創生態圈

伍、淨零科技訪查成果

一、蘇格蘭電力公司(ScottishPower)

(一)時間：6/20 (二) 09:55-11:30

(二)地點：Moor Rd, Eaglesham, Glasgow G76 0QQ (Whitelee Windfarm Visitor Centre)

(三)與會人員

1. Jim Rijks, Engineering Manager (Iberdrola Renewables Taiwan)
2. Joe Mitchell, Head of Operations (ScottishPower Renewables)
3. John Rush, Department Manager Engineering Management
4. Andy Tsai, Foundation Package Manager

(四)訪查紀要

ScottishPower 成立於 1990 年，總部位於格拉斯哥的能源公司，於 2006 年被西班牙跨國公司伊比德羅拉(Iberdrola)收購，該集團是全球最大的綜合能源公司之一，並且是風能領域的世界領導者。ScottishPower 是英國首家產生 100% 綠色電力的綜合能源公司，其供電均由在英國的風發場直接產生，為 100% 的綠色電力。

該公司主要提供電力與燃氣服務。為英國最大電網運營商之一，在英國擁有多個發電站與供電網路並發展風力和家用太陽能等再生能源。該公司最主要之發展策略為極大化再生能源之建置，包含陸域風電及太陽能發電站，以及離岸風電將會是未來再生能源生產之主要來源。在氫能方面，該公司專注於綠氫之發展，目前在西班牙 Puertollano 及 Barcelona 已有兩座綠氫案場，分別提供綠色肥料製造以及市區氫能巴士應用。在氫氣利用方面，該公司認為須極大化能夠電氣化之部門，綠氫將提供難以減碳之部門，如工業製程、重型載具及部分區域型供熱等。

ScottishPower 於 2021 年 4 月 12 日宣布在英國最大的陸地風場 Whitelee 附近建造 20MW 的氫能電解槽，並預計擴建 40MW 之太陽能裝置，結合該案場之多餘再生能源，預計每天可產生高達 8 噸的綠色氫氣。本次訪團亦前往該案場與 ScottishPower 進行經驗交流與分享，並實地參訪該案場之能源基礎設施。在會議中，訪團提問到該公司在再生能源裝置逐漸提高時之管理策略，該公

司提到已及早布局分散式電網之運作模式以確保潔淨能源之應用效率，另該公司計劃在 2030 年前安裝 1.5GW 的電池儲能系統，以在邁向淨零過程中確保電網安全及穩定。

此外，綠氫亦為 ScottishPower 未來重點發展項目。英國國家氫能戰略預計於 2025 年達到 1GW，2030 年 5GW 之綠氫生產目標。除在 Whitelee 案場外，該公司亦在蘇格蘭發展數個綠氫計畫，預計於 2026 年正式開始生產綠氫。工作會議上，訪團與該公司討論到離岸風電結合綠氫生產之運作模式，該公司提到未來計畫在近離岸風電之港口建立區域氫能中心，利用離岸風電生產之綠氫製造綠氨或綠色甲醇，以調和再生能源生產高峰時可能超過電網負荷之問題未來隨著我國離岸風電建置量之提升，結合氫能電解槽生產綠氫方為提升再生能源使用效率重要方式之一，此作法值得我國未來氫能發展借鏡。

最後，訪團與該公司討論目前氫能技術發展進程。該公司表示目前綠氫技術仍於初步發展階段，整體產業及供應鏈仍未完善，該公司亦強調供給端如氫能電解槽及應用端如氫能車及燃料電池需同時發展，以致未來技術逐漸成熟時能達到供需平衡。訪團亦與該公司交流技術推動時之公正轉型議題，該公司表示未來在綠氫場域選址必須謹慎評估，並且在計畫推動時須與在地民眾進行相關溝通及討論，以利大眾明瞭綠氫在整體淨零轉型中之重要性。

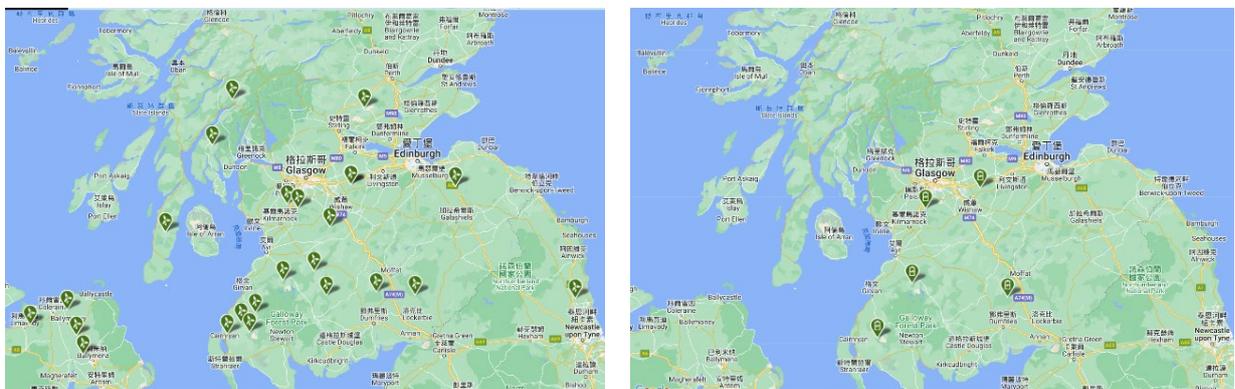


圖 3、ScottishPower 營運中的風電(左)、儲能(右)分布



圖 4、與 ScottishPower 會議交流情形



圖 5、實地參訪 ScottishPower 最大陸域風場 Whitelee，於風場及風機葉片前合影

二、格拉斯哥卡利多尼亞大學-氣候正義中心(Centre for climate justice, Glasgow Caledonian University)

(一)時間：6/20 (二) 14:00-16:00

(二)地點：Glasgow Caledonian University, Cowcaddens Road, Glasgow, G4
0BA (Britannia Building)

(三)與會人員

1. Professor Andrea Nelson, Provost and Deputy Vice-Chancellor
2. Professor Tahseen Jafry, Director of Mary Robinson Centre for Climate Justice (attending online)
3. Dr Sennan Mattar, Lecturer
4. Dr Malawi Ngwiram Lecturer
5. Dr Majek Makanjuola, PhD graduate
6. Sage Kuhens, PhD candidate

(四)訪查紀要

Glasgow Caledonian 大學成立於 1993 年，多次被評為最佳現代大學之一，名列 2020 年泰晤士高等教育排名全英前 100 名，提供世界領先和國際認可的研究、教學和創新。

氣候正義中心成立於 2019 年，致力透過研究、教育和社會參與實現氣候正義，以實證為基礎的研究(evidence-based research)深入理解及批判性洞察氣候變遷所致不公平影響，並提供建議以促進氣候正義解決方案納入全球及地方氣候變遷政策及行動框架。藉行動研究(action research)，確保針對氣候變遷影響相關的學術研究能切合政策及實際所需，包含：藉由氣候正義框架、利害關係人參與、社會網絡及地緣政治進程分析等，釐清社會不平等核心議題；與社區合作、參與漸進式行動研究及社區參與工作坊以尋求現實及具影響力的解決方案；該中心與歐洲、南非、南亞及中東的國際發展組織、政府及社會利害關係人密切合作，以發掘實務問題的解方並帶來改變。

該中心除提供氣候變化與社會公正相關課程及社區參與項目外，亦致力於建立合作夥伴關係以開展氣候正義研究、舉辦專題研討會及國際性氣候正義會議與論壇。

蘇格蘭公正轉型重要議題	
社會經濟面	<ul style="list-style-type: none"> - 克服經濟成長與化石燃料產業之依賴性(約占蘇格蘭 10%就業機會) - 去碳轉型之公正性(如在職訓練、綠色就業機會等) - 再生能源之經濟與社會成本(如燃料貧困問題，Fuel Poverty)
政策面	<ul style="list-style-type: none"> - 短期經濟成長須納入長期發展願景 - 缺乏對於更積極去碳政策之政治動力與/或公眾支持
技術面	<ul style="list-style-type: none"> - 合適淨零科技之成本、使用權以及可用性 - 地球工程(geoengineering)是否為解方之一 - 潔淨科技之外部性(externalities)
財政面	<ul style="list-style-type: none"> - 大量自然資源需求 - 缺乏誘因及處罰機制之共識 - 化石燃料產業去投資化

訪團本次拜會氣候正義中心討論在淨零轉型下公正轉型之三大議題：

1. 公正轉型政策面之推動，其涉及範圍可含地區、國家及跨國之不同尺度。該中心在這三個尺度皆有所涉略，並表示盡早定義出該地區淨零轉型可能遇到之關鍵議題，並一開始即與相關利害關係人進行溝通或是將其納入工作團隊極為重要。該中心分享其在不同尺度之公正轉型計畫皆以此模式執行，並將公眾參與及意見彙整後交至相關行政單位，與主責單位就蒐集資訊進行分享與討論，有利於確保公正轉型確實推動並符合當地需求；
2. 訪團與該中心就燃料貧困之問題及其對應方案進行討論。蘇格蘭或歐洲地區近年因俄烏戰爭導致能源價格高升，進而引發部分經濟弱勢族群之燃料貧困問題。而目前各國政府之因應對策大多為針對燃料價格進行補貼，以降低終端用戶所需支付之燃料費用。該中心表示燃料補貼政策雖為一快速解方，其他對應方式如社區能源計畫、地方政府協助社會住宅及其能源設施更新等為更長遠及有效之策略。我國目前雖無遇到此類問題，面對未來國際能源價格可能呈現持續上升之趨勢，此建議仍值得我

國借鏡；

3. 訪團與該中心討論到公正轉型之公眾參與機制及推動方式議題。該中心分享到英國政府在 2020 舉辦過氣候公民大會(Climate Assembly UK)，聚集超過 100 位來自不同年齡、教育背景、職業、地區之英國公民，針對英國 2050 淨零排放目標進行討論及提出具體建議。蘇格蘭政府亦在同一年舉行類似之氣候公民大會(Scotland's Climate Assembly)，同樣的公民大會亦在法國、加拿大等國舉行過。該中心表示公民大會有助於公眾教育及資訊分享與交流，提升大眾對於淨零轉型之認知與接受度，並且藉由聽取民眾之反饋，納入公正轉型之推動策略。此外，蘇格蘭亦成立公正轉型委員會，為獨立機構，目的為提供政府公正轉型策略建議及檢視推動情形，該委員會目前亦正在籌備蘇格蘭依據不同部門之公正轉型策略建議書。

針對本次訪談討論之具體議題，訪團將與氣候正義中心建立長期雙邊會議及對話平台，以在地需求為基礎推動淨零轉型：(1) 可透過臺灣永續棧(Taiwan Sustainability Forum)平台促進台蘇雙邊於淨零社會科學領域之專家學者進行交流及公正轉型推動經驗分享及對話；(2) 鏈結我國與蘇格蘭方之社會科學領域研究團隊，組成雙邊工作小組，針對公正轉型相關議題進行知識分享或建立共同研究計畫；(3) 邀請氣候正義中心專家學者參與本年度 9 月將舉辦之臺英淨零科技論壇，分享及討論公正轉型之相關議題。



圖 6、與 GCU 氣候正義中心會議交流情形



圖 7、實地參訪 ScottishPower 最大陸域風場 Whitelee，於風場及風機葉片前合影

三、蘇格蘭碳捕捉與封存研究機構(Scottish Carbon Capture & Storage, SCCS)

(一)時間：6/21 (三) 13:30-15:00

(二)地點：Infirmery Street & High School Yards, Edinburgh EH1 1LT
(Edinburgh Climate Change Institute)

(三)與會人員

1. Prof Bryne Ngwenya, Head of School of GeoSciences, The University of Edinburgh
2. Dr Willian White, Programme manager, Scottish Carbon Capture and Storage (SCCS)
3. Dr Romain Viguier, Business Development Manager, SCCS
4. Dr Andrew Cavanagh, CCS & Hydrogen Research Officer, SCCS
5. Dr Erika Palfi, CCS Research Officer, SCCS
6. Dr Monica Hoyos Flight, Communications Officer, SCCS
7. Richard LoBianco, Digital Communication Officer, SCCS
8. Virginia Marsh, Communications & Knowledge Exchange Executive, SCCS

(四)訪查紀要

成立於 2005 年，由蘇格蘭政府、補助委員會(Scottish Funding Council, SFC)及蘇格蘭企業協會(Scottish Enterprise)資助的研究中心，為全英國最大的 CCS 研究聯盟。該聯盟成員包含英國地質調查局(British Geological Survey)、愛丁堡赫瑞瓦特大學(Heriot-Watt University)、亞伯丁大學(University of Aberdeen)、愛丁堡大學(University of Edinburgh)、格拉斯哥大學(University of Glasgow)以及斯特拉斯克萊德大學(University of Strathclyde)。聯盟旨在鏈結各大學之能量，致力於研究和開發碳捕捉、利用及封存技術。除技術研發之外，該聯盟研究範圍亦涵蓋 CCS 對於社會面、環境面之影響及相關法規研究。

該機構擁有先進的實驗及分析設施，專業知識涵蓋領域研究、模型和模擬，以加快 CO₂ 運輸、捕捉和地下儲存技術的發展，也為工業、公共部門、政府機構和政策制定者提供建議，其最主要任務可分為以下：

- 建立和歐盟/全球產業合作計畫
- 蘇格蘭、英國和歐盟層面之政策建議
- 知識交流和公眾參與

- 教育與培訓

該聯盟近期研發項目摘述如下：

HyStorPor project：與愛丁堡大學合作開發大規模地質儲氫，調查英國潛力儲氫場址。本項目由英國工程暨物理科學研究委員會(EPSRC)資助。

PilotSTRATEGY：調查歐洲工業區 CO₂ 地質封存潛力場址，特別關注於深層鹽水層的封存潛能，並與當地居民及利害關係人進行溝通確保公眾參與。該項目由歐盟 Horizon 2020 資助，與法國地質調查局(The French Geological Survey, BRGM)及 7 個歐洲國家共 16 個夥伴合作。

REALISE CCUS project：致力於協助煉油產業減碳，推動其大規模應用碳捕捉、運輸、封存及再利用技術，並持續降低補集成本及提高效率。該項目由歐盟 Horizon 2020 資助。

本次訪團拜訪 SCCS 組織與多位來自氫能與 CCS 之專家學者針對減碳策略及技術研發等議題進行深度交流討論。在氫能方面，雙方討論到蘇格蘭及整體歐洲在氫氣之產、製、運、儲各項規劃、推動策略及技術發展進程，亦針對未來氫能之應用領域交換意見。另外，在 CCS 方面，SCCS 表示蘇格蘭在二氧化碳封存計畫已取得相當進展，目前有 4 個潛在場址正在進行最終評估，預計 5 年內會開始進行灌注。訪團亦特別針對灌注場址之長期安全性及永續性與該組織專家進行討論，SCCS 表示計劃執行方應當在申請資料中提出場址二氧化碳封存之效力及安全性相關科學證據始得開始灌注，而場址之長期監測則將由政府介入管理。

經此次拜會後，雙方亦同意後續針對確切議題建立長期合作關係，合作議題如地質資料庫建置、調查與監測、模擬、風險、氫能與 CCS 儲存場址規劃方式、社會溝通與教育、管理法規範、產業生態系統評估等，期借鏡蘇方之經驗，結合我國研發之能量，加速推動淨零轉型。



圖 8、與 SCCS 會議討論



圖 9、與 SCCS 專家交流意見

四、蘇格蘭公正轉型委員會(Just Transition Commission)

(一)時間：6/21 (三) 15:00-15:30

(二)地點：St Andrew's House, 2 Regent Rd, Edinburgh EH1 3DG

(三)與會人員

1. Colin Seditas, Just Transition Policy|Climate Change Division)

2. Lauren Begbie, Just Transition Commission Secretariat

(四)訪查紀要

蘇格蘭是唯一一個較早開始，以「公正轉型」進行國家整體社會經濟系統改造的例子，而不像其他國家或地區只是關注當地煤礦業的關閉與勞工公正轉型議題。也是第一個設立「公正轉型部長 Minister for Just Transition, Employment and Fair Work」，並提出國家公正轉型規劃架構 (National Just Transition Planning Framework)的國家

蘇格蘭政府於2018成立的獨立諮詢機構，旨在為政府提供淨零碳排之經濟轉型建議，並確保低碳經濟轉型惠及社會各階層。該委員會成員來自商界、公會、環保組織、學界以及社區組織。

其主要工作包含：獨立於行政部門，向蘇格蘭政府提出公正轉型的建議、對內閣大臣 Cabinet Secretary for Net Zero and Just Transition 與部長 Minister for Just Transition, Employment and Fair Work 報告、對蘇格蘭政府領導的公正轉型計劃(Just Transition 的發展提供審查和建議，包括公正轉型規劃框架 National Just Transition Planning Framework) 的應用、提出適合的監測和評估方法建議、與最有可能受到過渡影響的群體進行有意義的接觸，聽取廣泛的代表聲音，並就如何確保這些聲音能夠塑造和促進蘇格蘭的公正過渡規劃工作提出建議，以及與其他專業知識來源進行接觸和合作，包括相關的蘇格蘭政府諮詢機構和相關的政策工作計劃。2021 年提出蘇格蘭淨零公眾參與策略框架及行動方案，其戰略目標包含傳達氣候變化資訊、促進民眾參與及鼓勵蘇格蘭家庭因應氣候變化採取行動。

本次訪團與公正轉型委員會會議中針對蘇格蘭公正轉型推動所遇到之困難與挑戰，以及未來進行方向討論。委員會表示蘇格蘭公正轉型推動仍處於初步起飛階段，自 2019 起年委員會致力於建立公正轉型之確切定義及其推動框架，其定義包含轉型之目的及過程皆須符合公平性，並且解決不公正和不平

等之問題，以達成符合淨零及氣候韌性之社會。委員會亦表示目前所遇到最大之挑戰為落實共同設計(co-design)之理念，因公正轉型委員會包含來自商界、公會、環保組織、學界以及社區組織等跨部門之委員，會議中尋找共識為一大挑戰。此外，在推動框架下，委員會正在籌備針對各部門之公正轉型計畫，如建築、農業、運輸等，其中將包含淨零轉型對於經濟、社會、就業機會等影響及轉型之公正性。

會議中訪團亦提出我國與蘇格蘭的公正轉型委員會組成並不同，蘇格蘭著重委員會之超然獨立性，我國的委員會除各界專家代表，亦包含各部會政府官員，具政策執行力之優勢。訪團與公正轉型委員會基於本次交流會議，規劃後續將就具體議題，如淨零公正轉型框架、社會參與機制、永續包容及增進公眾支持等進行更詳細討論，並建立長期雙邊會議及對話平台，促進雙邊委員會之交流與合作。



圖 10、與公正轉型委員會會議交流



圖 11、與公正轉型委員會合影

五、蘇格蘭政府(Scottish Government)

(一)時間：6/21 (三) 15:30-16:30

(二)地點：St Andrew's House, 2 Regent Rd, Edinburgh EH1 3DG

(三)與會人員

1. Andrew Hogg, Deputy Director Energy Industries, Directorate of Energy & Climate Change
2. Colin Robertson, Deputy Director, Trade and Investment Delivery Division, Directorate of International Trade and Investment
3. Jan Robertson, Global Head of Trade, Scottish Development International

(四)訪查紀要

蘇格蘭政府已宣布於 2045 年達成淨零碳排的目標，自 1990 年以來，蘇格蘭溫室氣體排放量減少 47%；相較全英國範疇，相較 1990 年水準排放量減少 44%。其自 2016 年 3 月關閉最後一個燃煤電廠起即不再用燃煤生產電，並制定 2030 前新增再生能源裝置容量 20GW；氫能發電 5GW 或能源占比達 15% 等階段性目標，並以最大化能源轉型的益處並且讓社會共享的公正轉型願景為核心推動轉型工作。

蘇格蘭能源及氣候變遷局(Energy and Climate Change Directorate)隸屬於淨零與公正轉型內閣大臣(Cabinet Secretary for Net Zero and Just Transition)，旨在幫助蘇格蘭成為一個繁榮的低碳經濟體，提供安全可負擔及可持續的能源，並在國際上推廣蘇格蘭的氣候變化、清潔能源與能源效率計畫。業務包含推動可再生能源的發展與應用、改善能源效率、制定低碳產業政策、參與國際氣候變化協商等事務。

本次訪團拜訪蘇格蘭政府官員，就該政府淨零政策、科技研發、公正轉型、社會需求與產業發展交流意見與推動經驗進行深度會談。淨零政策方面，蘇格蘭預計至 2030 年新增至少 20GW 之再生能源裝置，其中將以陸域及離岸式風力發電為大宗。此外，氫能將在蘇格蘭能源轉型中扮演重要角色，該政府預計在 2030 年達到 5GW 低碳氫之生產，或達 2030 年總體能源需求之 15% 之目標，並預計到 2045 年可達到 25GW 低碳氫之生產。會議中雙方亦就整體能源淨零轉型之政策制定過程與方法學、提升能源自主性及安全等議題進行交

流，蘇方表示其訂定之政策目標非常積極，惟仍尚待更完整供應鏈之建立以及量測、報告與驗證機制與工具之確立。此外，在技術研發方面，雙方亦針對能源前瞻技術進行討論，其中離岸浮動式風機以及未來如何結合綠色氫氣生產為雙邊未來共同重點發展方向。爰此，雙方亦就未來整體科學研究目標及補助方式交換意見，期推動雙邊長期科研合作計畫，加速淨零科研落地。

此外，在加速推動淨零轉型之過程中，蘇格蘭政府將公正轉型訂定為重要指導原則，其重要推動目標包含 (1) 確保所有人都可取得負擔得起之潔淨能源；(2) 確保所有地區和社區皆能參與淨零能源轉型；(3) 發展綠色就業機會及勞工訓練，並且提升國內供應鏈及綠色產業在地生產之能量等。會談中雙方就淨零公正轉型框架、社會參與機制、永續包容及增進公眾支持等議題進行意見交流，並討論落實公正轉型可能會遇到之困難與挑戰，蘇格蘭產業結構及經濟現況雖與我國有所不同，惟透過此次交流與討論，了解蘇方在社會與產業於淨零推動的同時，分別強化在地特色與公正轉型之推動力與核心價值，值得我國後續公正轉型推動借鏡。



圖 12、與蘇格蘭政府會議交流情形

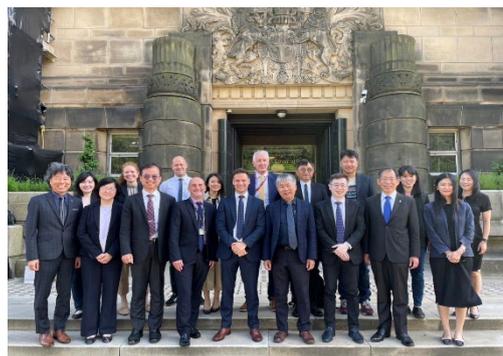


圖 13、與蘇格蘭政府官員合影

六、亞伯丁能源轉型區(Aberdeen Energy Transition Zone, ETZ)

(一)時間：6/22 (四) 10:00-12:00

(二)地點：ETZ offices, Blenheim Gate, Blenheim Place, Aberdeen, AB25 2DZ

(三)與會人員

1. Jacqui Watt, Internationalisation Programme Manager
2. Freda Miller, Energy Supply Chain Programme Manager
3. Amy Perry, Project Development Manager - Hydrogen
4. Andy Rodden, Director Offshore Renewables (TBC)
5. Neil Young, Land & Planning Director (TBC)
6. Toby Collins, Managing Director, LienHwa New Energy

(四)訪查紀要

ETZ Ltd 成立於 2021 年 4 月，由英國和蘇格蘭政府以及 Opportunity North East 資助，旨在將蘇格蘭東北部打造成淨零能源轉型全球領導者，並推動產品、服務、技術出口。重點關注可再生能源、氫能及碳捕捉技術等領域，與新創公司、大型企業及研究機構合作推動蘇格蘭能源轉型，如投資 160 萬英鎊支持 Xodus 公司發起的 X Academy 計畫，協助勞工技職調整以轉型淨零產業；另與 ORE Catapult 公司合作堆動 F4OR programme，支持再生能源供應鏈發展等。

亞伯丁能源轉型區為 ETZ Ltd 開發項目之一，占地約 40 公頃，其亮點在於將氫能、漂浮式海上風電及太陽能等可再生能源技術與能源儲存和轉換技術結合，實現可持續的能源發展，吸引新投資同時為當地經濟發展帶來新的機遇，其重點發展目標如下：

- 吸引高價值製造業之投資
- 建立前瞻氫氣生產、儲存及分配之配套基礎設施
- 落實供應鏈公正轉型之路徑及能源轉型挑戰基金
- 海洋工程、製造產品之國際化

能源轉型區在推動前瞻技術落地同時也將與在地社區共同協作，為在地人才創造就業機會，配合蘇格蘭政府訂定之公正轉型先導計畫及公正轉型基金，建立全蘇格蘭第一個先進製造技能中心(Advanced Manufacturing Skills Hub, ASMH)，提供產業轉型之勞工訓練。

本次訪團與 ETZ Ltd 會談包含技術研發、產業轉型、地方工作機會公正轉型與建置經驗。技術研發方面，離岸風電結合綠氫生產將會是能源轉型區未來重點發展項目，ETZ 將建立相關廠房及案場提供氫能電解槽生產、氫能供應鏈相關設施以及綠氫驗證與示範設施，整合整體氫能價值鏈進行示範驗證中心。ETZ Ltd 亦在會談中提到，離岸風電(含固定及浮動式)為當今須積極發展之再生能源，而未來也會納入其他前瞻能源，如海洋能、地熱等。除技術廠房及示範案場外，ETZ 也計畫建立能源新創中心(Energy Incubator and Scale Up Hub, EISH)，旨在協助能源新創產業擴大規模，並建立新創能源產業生態系，將其技術逐步朝向商業化發展。

在產業與公正轉型方面，ETZ Ltd 表示未來推動能源轉型之企業或廠商因新型技能及人才之需求，將會負起勞工訓練及為在地居民創造就業機會之責任，並且進行相關社會溝通以增加大眾對新型技術之接受度，除了推動技術研發外，創造綠色工作機會及促進地方經濟發展為 ETZ 的一項重大任務。

推動能源轉型示範驗證中心為我國未來重要發展項目之一，亞伯丁能源轉型區之推動概念與架構值得我國參考借鏡，可思考國內是否進一步與產業界合作尋找資源成立類似地方轉型推動平台，由需求端提供資金，該公司或平台可協助進行政府政策建議、地方民眾與產業需求調查與溝通，並積極協助各項示範計畫商業化與落地。



圖 14、與 ETZ 會議交流情形



圖 15、與 ETZ 合影

七、蘇格蘭淨零技術中心(Net Zero Technology Centre, NZTC)

(一)時間：6/23 (五) 09:30-11:30

(二)地點：Net Zero Technology Centre, 20 Queens Road, Aberdeen, AB15 4ZT

(三)與會人員：

1. Martyn Tulloch, Director of Energy Transition

2. Gillian King, Director of Business Development (Growth)

(四)訪查紀要

蘇格蘭淨零技術中心成立於 2017 年，前身為蘇格蘭油氣技術中心(Oil and Gas Technology Centre, OGTC)，於 2021 年更名為淨零技術中心。該中心在亞伯丁城市協定下成立，由英國及蘇格蘭政府出資 1.8 億英鎊，加上產業投入約 2.1 億英鎊，進行油氣產業減碳相關科技之研發。

該中心為致力於幫助蘇格蘭實現淨零排放目標的非營利性技術研究中心，旨在加速開和應用前瞻減碳技術，並與產業共同投資開發技術、再生能源新創產業、國際合作、提供技術與決策建議，以幫助能源和工業部門實現淨零排放。目前該中心主要推動三大方向：減少溫室氣體排放(含案場規劃、運作及除役等)、能源系統整合(重點領域包括碳捕捉利用和儲存、再生能源、氫能、數位化技術和智慧網路等)、與離岸能源 4.0(如智慧化技術、自動化、遠端遙控等系統)。

本次訪團拜會蘇格蘭淨零技術中心主要針對以下三個議題與該單位進行深度討論：

1. 碳捕捉與封存技術(CCS)研發經驗與挑戰：NZTC 參與許多在蘇格蘭及歐洲 CCS 及 DAC 相關計畫推動，該中心表示未來 CCS 發展關鍵要點為推動整體產業鏈之投資，而該中心目前也朝向此方面努力。另外，雙方亦針對碳儲存案場之地質探勘及震盪等風險交換意見，因我國整體屬於地震帶，與蘇格蘭情況較為不同，雙方亦同意後續在此議題上進行更深入討論與合作；
2. 氫(運儲)及氫能與離岸風電及其他再生能源整合技術發展經驗與挑戰：NZTC 目前參與數個跨歐洲之氫能計畫，旨在建立泛歐氫能供應網絡。該中心表示未來結合離岸風電與綠氫生產及供應網絡基礎設施建置，目標建立完整氫能供應鏈，將協助加速歐洲整體淨零能源轉型。雙方亦針

對淨零能源轉型能夠提升整體能源自主、安全性以及創造新興就業機會及人才培育的議題交流，期在推動淨零轉型同時亦將加強國防安全及確保公正轉型；

3. 淨零技術研發與驗證之國際合作：該中心係針對政府所訂定之淨零政策目標進行所需之技術研發，如離岸風電、氫能、CCUS 與國際合作進行技術研發與驗證。雙方於會談後同意將規劃進一步之合作，合作方向如由需求導向之整體淨零科技計畫布局及方法學、長期氫能政策與科技研發方向、供應鏈建立與學研機構合作、建立跨國合作架構及科研計畫等。爰此，未來亦將透過簽訂合作意向書等方式，搭建雙邊長期溝通模式同為淨零目標努力。



圖 16、與 NZTC 會議交流情形



圖 17、與 NZTC 合影

八、亞伯丁大學(University of Aberdeen)

(一)時間：6/23 (五) 12:30-15:00

(二)地點：Bedford Rd, Aberdeen, AB24 3AA

(三)與會人員：

1. MProfessor Karl Leydecker, Senior Vice-Principal
2. Professor John Underhill, Director, Interdisciplinary Centre for Energy Transition
3. Professor Tavis Potts, Personal Chair, Dean for Environmental Sustainability & Coordinator of the Just Transition Lab
4. Dr Heather May Morgan, Dean for Enterprise & Innovation, Senior Lecturer (Applied Health Sciences)
5. Professor Clare Bond, Personal Chair, School of Geology and Geophysics & Coordinator of the Just Transition Lab
6. Dr John Bone, Senior Lecturer, School of Sociology & Coordinator of the Just Transition Lab
7. Professor Astley Hastings, Personal Chair, School of Biological Sciences
8. Dr Daria Shapovalova, Senior Lecturer, School of Law & Coordinator of the Just Transition Lab
9. Dr Alfonso Martinez-Felipe, Senior Lecturer, School of Engineering & Coordinator of the Just Transition Lab
10. Dr Barbara Gorgoni, Industry Partnership Development Officer, Research and Knowledge Exchange

(四)訪查紀要

亞伯丁大學於1495年在蘇格蘭亞伯丁創立，為全英國校齡第五長的大學。其是著名的教育和研究中心，該校有五位諾貝爾獎得主，包括諾貝爾化學獎、物理學獎、醫學獎及和平獎等。本次參訪主要由該校能源轉型中心(Centre for Energy Transition)及公正轉型實驗室(Just Transition Lab)接待。

亞伯丁大學能源轉型中心主要針對尋求減碳、達淨零排放目標之能源轉型過程中遭遇之挑戰進行相關研究及課程訓練，致力於能源安全、可負擔性及環境可持續性三個層面，即能源供給須穩定不間斷並兼顧環境永續，同時確保所有國民於經濟上可負擔。在本次拜訪中，該中心安排許多進行淨零轉型

及公正轉型相關研究的學者專家與訪團進行交流，分享包含提升再生能源效率系統開發、利用再生能源生產永續材料、油氣層探勘、監測技術與封存潛力、石油及天然氣產業轉型等研究項目。亞伯丁大學也分享其和蘇格蘭淨零技術中心(NZTC)共同組建國家退役中心(The National Decommissioning Center)，藉跨學科研究與技術開發，致力解決石油和天然氣、核能和可再生能源相關設備及管理除役與轉型相關問題(如水下切割回收、場景模擬、環境評估等)，該中心近期也投入浮動離岸風電技術項目研發。

此外，本次會議也與該校公正轉型實驗室交流推動淨零公正轉型作法與研究。亞伯丁大學公正轉型實驗室為跨學院的研究小組，涉及地球科學學院、法學院、社會科學學院及商學院，致力於推進關於公正轉型的跨學科影響驅動研究，以行動及參與式研究，促進政策分析與利害關係人參與；與政策制定者、企業及政府合作多項研究，以實現邁向低碳經濟的公正轉型。在與訪團交流時，該實驗室表示，淨零轉型可為當地創造機會與利益，在實現目標過程中，公正轉型必須被納入國家政策，在制定淨零政策時即思考此行動帶來的效益應公平分配，建立公民參與及社會溝通機制，並賦與社區及民眾轉型所需技能。此外，其以案例方式分享衡量蘇格蘭地區勞工及社區推動公正轉型之框架，雙方也於會議中討論公正轉型關鍵面向與挑戰，並達成應以核心價值驅動淨零轉型之共識。

亞伯丁大學也向訪團分享，英國碳排僅占全球 2% 以下，因此其除了推動英國能源轉型外，更期待能匯集大學優勢與資源，藉人才培育及國際合作等方式助力其他地區的轉型。基於本次會議交流，雙方也規劃建立長期交流與合作模式，訪團也初步邀請該校於後續將規劃辦理之臺英論壇分享公正轉型研究經驗與成果。



圖 18、與亞伯丁大學會議交流



圖 19、與亞伯丁大學合影

九、亞伯丁市政府 (Aberdeen City Council)

(一)時間：6/23 (五) 15:30-17:00

(二)地點：Marischal College, Broad St, Aberdeen, AB10 1AB (Room 2-N-01)

(三)與會人員：

1. Jim Johnstone, Service Manager, City Development
2. Jen Lawie, Senior Project Officer, International Trade
3. Euan Alexander, Project Officer, International Trade

(四)訪查紀要

亞伯丁訂定 2045 年達成淨零排放之目標，並基於此目標制定淨零路徑圖，其中包含 6 項啟動戰略(enabling strategies)，分別如下：

- 交通移動戰略(Mobility Strategy)
- 建築物和供熱策略(Buildings and Heat Strategy)
- 循環經濟戰略(Circular Economy Strategy)
- 能源供應戰略(Energy Supply Strategy)
- 自然環境戰略(Natural Environment Strategy)
- 權力建構戰略(Empowerment Strategy)

作為能源產業的核心城市，能源轉型是亞伯丁的淨零轉型之重要核心。爰此，亞伯丁市府大量投資於淨零排放技術、建設低碳基礎設施以及技能再培訓和技能提升等，以支持淨零公正轉型。

在本次交流會議中，亞伯丁政府向訪團介紹該城市實現淨零排放之路徑，以及包含低碳能源、節能建築、低碳運輸、以自然為本的解決方案及循環經濟等各面向之推動策略，以實現在 2045 年達淨零之目標，並與訪團就淨零路徑及推動策略交流規劃經驗。其中，亞伯丁市政府城市發展部門的 Jim Johnstone 和訪團分享，蘇格蘭針對淨零轉型訂定很高的目標，各部門基於此目標積極推動各項技術發展，亞伯丁用了約 1 年時間訂定自己的淨零路徑圖，以依地方優勢及需求推動轉型策略。

在淨零排放技術之中，氫能為該市重點推動項目之一，並早於 2013 年即提出 H2 Aberdeen 計畫，期於亞伯丁市區實現氫能經濟，究其目的除為配合政府政策，也為支持蘇格蘭東北地區石油及天然氣等產業轉型為低碳能源產業。基於此目標，亞伯丁投入氫能載具、加氫站及氫運儲設備建置，目前亞伯丁

市區內共有 2 座加氫站，可供公共氫能巴士(共 25 輛)、氫能車(共 85 輛，預計未來將加速成長)、大型氫能貨車和中型車隊補充氫燃料。該城市亦投入將公部門用車替換為氫能車，並且建置 MW 等級之定置型燃料電池供電。

該單位也和訪團交流未來氫能發展規劃，將朝氫能中心發展，第一階段將擴大氫能產業量能，提供具成本效益的綠氫以滿足既有及計畫中的氫能載具需求；第二階段將擴大氫能應用規模，投入如火車、卡車及船舶等運輸工具；第三階段將持續發展低碳及再生能源，並強化技職基礎訓練以支持地方供應鏈擴展，促使亞伯丁成為能源生產及貿易中心，推動氫氣出口。我國目前尚未有氫能樞紐示範場域，亞伯丁市政府的氫能推動架構與經驗值得我國參考，以促進我國氫能產業鏈發展。



圖 20、與亞伯丁市政府會議交流



圖 21、與亞伯丁市政府合影

十、弗里喬夫·南森研究院 (Fridtjof Nansen Institute)

(一)時間：6/26 (一) 10:00-12:00

(二)地點：Fridtjof Nansens vei 17, 1366 Lysaker, Norway

(三)與會人員

1. Mr Lars H. Gulbrandsen, Deputy Director, Research Director Climate and Energy
2. Mr Iver Neumann, Director
3. Mr Jørgen Wettestad, Research Professor
4. Ms Gørild Heggelund, Research Professor
5. Mr Tor Håkon J. Inderberg, Research Professor
6. Ms Anna Valberg, Head of information

(四)訪查紀要

弗里喬夫·南森研究院(FNI)挪威獨立研究機構之一，研究主題為國際環境、能源、資源管理等及相關法律。成立於 1958 年，總部位於奧斯陸郊外貝魯姆市(Bærum)。其研究領域可歸類為：

- 全球環境治理與法規
- 氣候變遷
- 海洋法與海洋事務
- 生物多樣性及基因資源
- 歐洲能源及環境事務

其資金來源包括挪威研究委員會、各種挪威公共機構、商業協會和私營公司、歐盟委員會和國際研究基金會等，其年預算約為 4000 萬挪威克朗(約 1.1 億台幣)。

本次拜會弗里喬夫·南森研究院，與其院長、副院長及氣候變遷與環境、能源轉型研究領域專家交流雙方淨零轉型政策，並就風電、氫能、碳捕捉及封存及社會科學等淨零科技發展與研究經驗聚焦討論。挪威計劃在 2030 年前，以 1990 年為基準，降低溫室氣體排放量至少 55%，以符合歐盟的目標。FNI 向訪團說明，現行挪威幾乎所有電力皆來自再生能源，由於其國境遍布溪流、峽灣和瀑布，非常適合發展水力發電，水力發電已成為挪威主要電力來源，占比達全國發電量 90%以上；風力發電次之，約占整體發電 8%。

挪威石油及天然氣蘊藏量豐富，為北歐最大石油與天然氣生產國，其碳排組成以石油及天然氣產業、工業及採礦業為大宗，因應淨零轉型之趨勢，油汽等高碳排產業面臨轉型及減碳壓力；另因獨特的狹長地形，長程交通需求所致碳排放也是減碳關鍵之一，為此，挪威積極發展離岸風電、碳捕捉及封存及，氫能技術，以協助產業減碳及支持產業、載具電氣化所產生之電力需求。在風電部分，FNI 分享挪威在風電發展困境包含民眾反對及政治等因素，使風電建設在選址上困難重重，尤其涉及民眾活動範圍的陸域風電，會中雙方並就淨零公正轉型策略進行交流，也談及離岸風機布建及浮動式離岸風機之展望；在氫能部分，挪威投入結合再生能源、碳捕捉技術發展綠氫、藍氫，我方也就氫能未來應用領域及角色向其請益，FNI 表示其綠氫生產將以滿足國內需求為主，藍氫則規劃出口創造經濟效益，未來氫能可能是挪威運輸部門及能源密集工業減碳的重要工具。

此外，雙方也針對其他淨零技術及工具分享推動經驗，包含挪威自 1991 年即針對石油生產推動碳稅制度，及歐盟排放交易系統(EU's Emissions Trading System, EU ETS)等，並討論到自然碳匯及海洋能等皆是極具潛力但仍有待發展之課題。



圖 22、與 FNI 會議交流



圖 23、與 FNI 合影

十一、奧斯陸大學 (University of Oslo)

(一)時間：6/26 (一) 13:30-16:15

(二)地點：Smiths Hus, Hannah Ryggen-rommet (room 1004, 10th floor),
Problemveien 7, 0316 Oslo

(三)與會人員

1. Professor Bjørn Stensaker, Vice-Rector for Education
2. Professor Svein Stølen, Rector(15:30~16:15)
3. Professor Per Gunnar Røe, Department of Sociology and Human Geography
4. Professor Taran Mari Thune, Centre for Technology, Innovation and Culture
5. Professor Øystein Prytz, Department of Physics
6. Sabrina Sartori, Professor, Department of Technology Systems
7. Sofia Elamson, Senior Adviser, Department of Research and Innovation Administration

(四)訪查紀要

奧斯陸大學設立於 1811 年，為挪威最大、歷史最悠久的大學，是一所包含文理工學的綜合型研究大學，亦是北歐最具聲望的大學之一，目前共設有數理、社會科學、人文、教育等 8 個學院，十分重視國際合作，已與我國臺灣大學、清華大學、政治大學及臺灣師範大學等 7 校分別簽署合作協約。

訪團本次主要拜訪的研發創新及國際合作部門負責研究和創新的外部資助、研究領域的國際合作，以及學術和發展戰略優先順序擬定，並提供跨學科計劃的機構協調領域支持與建議，其主要任務摘述如下：

- 提供歐盟研究框架計劃、主要國家資助計劃（例如卓越中心和研究型創新中心）、歐洲經濟區、美國資助等支持和建議
- 協調國際合作項目和優先國家
- 協調研究協議和戰略合作協議

本次拜訪主要由奧斯陸大學副校長 Prof. Bjørn Stensaker 接待，並與社會科學、氫能及相關技術與研發創新等領域教授分享我國及挪威雙方淨零轉型策略與技術發展經驗。而會後奧斯陸大學校長 Prof. Svein Stølen 也邀請林副主委、羅處長、淨零推動小組李明旭副主任及科研專案召集人戴興盛教授續就相關議題進行深度會談。

在交流會議中，我方簡要分享我國淨零排放目標與關鍵戰略，說明臺灣能源大量仰賴進口等背景、再生能源與氫能等發展現況及對社會科學與淨零科技轉型之重視。奧斯陸大學亦分享其氫能生產與儲存等淨零技術研究計畫，包含正在開發中的太陽光電電解水產氫等再生能源產氫技術，及船舶、火車、卡車等重型運輸載具儲氫材料開發等。而針對我方提出挪威在規劃風電、太陽能及氫能等技術發展項目及其功能定位之問題，技術系統部門的 Sabrina Sartori 教授表示，僅靠風電可能不足以支持挪威電氣化轉型的電力及電網需求，因此須配合發展太陽能結合電池儲能，以及氫能等新能源作為季節性、長期儲能解決方案。

此外，奧斯陸大學也投入產業綠色與智慧轉型，及智慧城市社會影響研究，談及未來歐洲整體再生能源裝置容量將逐步提高，部分時段將產生再生能源過剩問題，對電價及再生能源利用率造成影響，配套技術發展與部署非常重要，同時也須重視民眾認知與社會接受度，並與產業發展相互配合，其中，既存產業轉型至關重要，但目前許多產業仍缺乏轉型動機與誘因，從根本上改變社會及經濟結構為永續轉型之關鍵。



圖 24、與奧斯陸大學會議情形



圖 25、與奧斯陸大學專家學者交流意見

十二、Northern lights 計畫

(一)時間：6/27 (二) 11:00-13:00

(二)地點：Ljøsøyvegen 97, 5537 RONG

(三)與會人員：Geir Grøttveit, Operations manager

(四)訪查紀要

Northern lights 計畫是挪威碳捕捉和封存項目 Longship 的重要部分。該計畫將開發建置二氧化碳運輸儲存基礎設施，包括將 CO₂ 以槽車、船舶運輸至專用接收站，以管線運輸、永久封存在北海北部海床下 2,600m 儲層中(如圖 26)，藉由提供 CO₂ 運輸及封存服務，協助降低歐洲難減碳產業的碳排放。

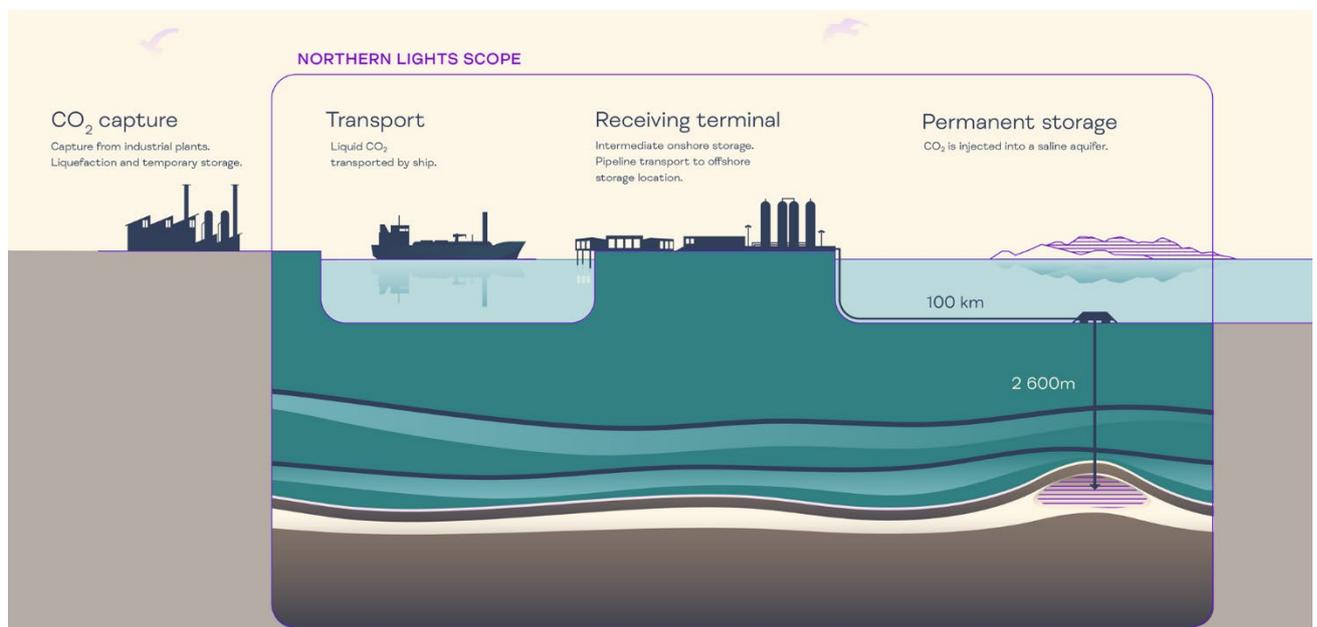


圖 26、Northern lights 計畫示意圖

本次參訪規劃先以會議方式由 Northern lights 說明其運輸及封存推動規劃、設施設置及技術發展現況、營運方式等，再帶領訪團實地訪視該計畫刻正建置中的設備與案場。會議中 Northern lights 分享其計劃執行方式分為三個階段，第一階段獲得政府補助建置 CO₂ 儲存相關基礎設施及相應之運輸設備，規劃將於 2024 年完工；第二階段則將持續發展擴大商業模式；第三階段則期許能滿足市場需求，預計將成為歐洲第一個跨境 CCS 網絡，並建立二氧化碳封存市場。

會議中訪團針對海域碳封存場址調查經驗、封存潛能、技術及安全性等議題與 Northern lights 進一步討論與交流，對方也分享由於挪威石油與天然氣蘊

藏量豐富，油汽產業發展蓬勃，地質調查資料及相關探勘分析資源也相對豐富，而目前評估選定的封存場址，於第一階段開發之封存量可達每年 150 萬噸 CO₂，並將協助位於 Brevik 的一個水泥工廠和 Fortum Oslo Varme 的一座廢物能源廠封存約每年 80 萬噸的 CO₂；而第二階段評估可將封存能力提升至每年 500 萬噸，並持續與歐洲其他碳排放業者合作。訪團也於交流會議後實地前往 Northern lights 第一階段開發中的案場訪視其設施設備建置現況。

Northern lights 是首個將二氧化碳運輸和儲存作為商業服務的公司，挪威政府也發展二氧化碳捕獲與封存相關許可制度，推動企業投入 CCS 產業與技術發展，創造新市場與商機。碳捕捉、封存及再利用亦為我國淨零關鍵戰略之一，也積極進行潛力場址調查與安全性等評估及相關分析與監測技術開發，挪威在此領域的發展與商轉模式值得我國參考。



圖 27、與 Northern lights 會議交流



圖 28、實地參訪開發中之碳運輸及封存案場

十三、TCM 碳捕捉示範驗證案場(Technology Centre Mongstad, TCM)

(一)時間：6/28 (三) 11:30-15:30

(二)地點：Mongstad 71, 5954 Mongstad, Norway

(三)與會人員

1. Muhammad Ismail Shah, Managing Director
2. Rune Teigland, BD Account Lead
3. Blair MacMaster, Deputy Technology Manager

(四)訪查紀要

TCM 於 2012 年開始運作，由國營企業 Gassnova 與工業夥伴 Equinor, Shell 及 TotalEnergies 共同運營，為全球最大二氧化碳捕及技術開發測試中心，旨在測試、驗證及示範具有成本效益及工業應用規模的碳捕捉技術，並提供相關諮詢服務，以促進碳捕捉技術發展與跨產業布署。備有大型碳捕捉基礎設施以供研發單位或企業進行技術測試驗證；該案場亦與挪威工研院、奧斯陸大學及麻省理工學院進行合作以解決大型商業化設施可能遇到之技術或運作方面困難。

本次拜訪由 TCM 總經理 Muhammad Ismail Shah 接待，並安排以會議方式討論交流，及實地訪視技術測試案場。其於交流會議中向我方說明，TCM 藉由提供設備測試場域、混和廢氣及監測數據等，實際評估捕捉效率、技術經濟成本及環境排放風險，並依據測試情形提供專業技術發展建議，協助已具一定發展成熟度之碳捕捉技術，藉由實廠驗證擴大規模並朝商業化發展。

由 TCM 協助測試之企業或研究機構包含 Shell Cansolv、日本三菱重工、美國 FLUOR、非營利組織 RTI International 等，測試技術項目主要包含吸收劑及薄膜技術，如以乙醇胺(Monoethanolamine, MEA)作為碳吸收劑，可捕獲高達 98%CO₂，並降低 14%捕捉成本；新型醇胺類吸收劑 CESAR1(2-amino-2-methylpropan-1-ol, AMP+piperazine, PZ)；近期則獲得歐盟 Horizon 2020 資助展開 MOF4AIR project，與比利時蒙斯大學、SINTEF 等合作開發測試金屬有機框架(Metal Organic Frameworks, MOF)固體吸附材料。Ismail 也帶領訪團前往運行中的技術測試案場實地參訪，並詳細介紹各項測試設備功能、廢氣流向與吸脫附劑測試之操作及數據監測方式。

會議中我方也向 TCM 簡要說明我國碳捕捉技術發展現況，提及目前包含

台塑、台泥及長春石化共有 3 座碳捕捉示範案場，需專業評估與技術建議，雙方也就未來在碳捕捉之技術測試合作可行方式進行討論，規劃後續可先藉由線上會議方式提供產業及學研機構諮詢服務與知識分享，並明確未來合作模式與項目，未來臺灣發展較為成熟之技術也可藉 TCM 測試能量協助擴大規模，逐步推動碳捕捉技術商業化。



圖 29、與 TCM 會議交流



圖 30、實地參訪碳捕捉技術驗證案場，於設施前合影

十四、挪威科技研究中心 (SINTEF) 及挪威科技大學(Norwegian University of

Science and Technology, NTNU)

(一)時間：6/29 (四) 10:30-16:30

(二)地點：Richard Birkelands vei 3, 7034 Trondheim

(三)與會人員：

1. Mr. Eirik Falck da Silva, Research Manager at SINTEF
2. Ms. Hanna Knuutila, Professor, NTNU
3. Ms. Ane Lothe, Senior Research Scientist, SINTEF
4. Ms. Ragnhild Skagestad, Senior Research Scientist, SINTEF
5. Ms. Sina Prestmo, Advisor ECCSEL ERIC

(四)訪查紀要

SINTEF 為一非營利性獨立研究機構，研究涉及技術、自然科學及社會科學等領域。其為挪威最大能源及技術研究機構，開發技術和工業解決方案以應對全球環境和氣候挑戰，研究項目包含再生能源、氫能、能源效率及碳捕捉、運輸及封存等。旨在實現挪威的氣候目標並推動全球減碳。

SINTEF 與政府、學校及其他企業合作投入氫能產製運儲及應用、再生能源如風電、波浪能、智慧電網與能源系統整合等多項淨零技術研發，期提供更高效、低污染之能源解決方案。此外，SINTEF 長期與挪威科技大學(NTNU)合作，設有多個研究實驗室研發淨零相關技術，並致力於推動碳捕獲、運輸及封存整體價值鏈研究，開發如富氧燃燒、燃燒後碳捕捉、煙道廢氣處理、碳吸收劑、封存(如岩心通流試驗、數值與分析模型等)、監測等技術。

挪威科技大學成立於1996年，其總院位於特隆赫姆(Trondheim)，是挪威全國最頂尖的工程學與工業技術的研究中心。其與科研機構如挪威工研院 SINTEF 以及工商界緊密合作，專注科學與科技相關創新及創業，亦與歐洲其他知名工業學院建立合作聯盟。其關鍵研究領域包含海洋研究(資源、能源等)、能源研究(含氫能、CCUS、智慧電網等)、及永續社會轉型。

本次會議與 SINTEF 及挪威科技大學之學研專家就碳捕獲與封存交流發展經驗與推動策略。SINTEF 與多國學研機構及企業如 SCCS、TCM、Shell 等形成夥伴關係，建立 CCUS 零排放網絡(CCUS Zero Emission Network, CCUS ZEN)，致力於加速 CCUS 技術發展、推動歐洲 CCUS 整體部署及價值鏈。在

碳捕捉技術方面，SINTEF 及挪威科技大學致力於碳吸收、吸附劑、薄膜、低溫分離等技術開發及捕捉過程條件控制、監測、模擬等相關研究，其中以吸收劑發展最為成熟，有大規模部署潛能。其並向我方介紹其研究團隊與大型實驗及分析設備，並談及歐洲為加強歐盟及各成員國的研究基礎設施合作，成立「歐盟研究基礎設施聯盟」(European Research Infrastructure Consortium, ERIC)，ECCSEL ERIC 合作夥伴包含研究機構、產業及學校，囊括歐洲各地多個碳捕獲、利用、運輸與封存基礎研究設施，強調資源共享以促進歐洲在 CCUS 相關領域之發展。

而會中我方提出包含 SINTEF 及挪威科技大學等近日參訪單位之研究方向似乎多著重碳捕捉及封存，再利用部分則較少提及之疑問，對此，SINTEF 方表示，挪威現行國家政策著重補助推動碳捕捉及封存，主要考量二氧化碳再利用能處理的量較少，規劃未來應會以捕獲後封存為主要處理方式。因此，除碳捕捉技術外，挪威也因應後端封存需求，投入如管線、船舶及貨車等 CO₂ 運輸技術與基礎設施布建，其中貨車及船運為碳捕獲後送往港口及封存接收中繼站點之重要運輸工具，因應增長之捕獲量及封存需求，SINTEF 致力於槽體材料及儲存條件等研究，以提升運輸量能；另挪威 Snøhvit 到 Melkøya 的 CO₂ 管線早於 2008 年開始運作，其亦持續投入管線材質及安全性之研究，期能降低建置及運行成本；挪威科技大學也提出零碳運輸之重要性與我方交流，其針對船舶及貨車開發替代燃料如氫能或電動化，也投入船舶上的碳捕捉研究。

此外，本次會議中，我方由國家實驗研究院張美瑜主任代表說明我國淨零科技發展策略，並與 SINTEF 初步達成建立合作夥伴關係之共識，後續將持續以線上會議方式交流技術發展經驗，並明確雙邊在 CCS 以及其他可能領域(如氫能)之合作項目，研議簽署院級合作協議之可行性，建立實體交流並共同研商進行雙邊或多邊合作計畫。



圖 31、與 SINTEF 及 NTNU 交流情形



圖 32、與 SINTEF 及 NTNU 合影

陸、心得與建議

一、開啟量子科技國際合作

整體而言，此次拜訪參觀的對象對於更進一步合作都表示高度意願。我們也將安排此次接觸的芬蘭及荷蘭的專家學者 11 月至台參加屆時舉辦的量子電腦硬體次系統國際會議。期望未來能建立量子國家隊與國際的聯盟。

二、啟動淨零轉型議題國際交流

本次淨零參訪團由國科會林敏聰政務副主委偕政策、技術與社會科學等跨域專家學者，拜會蘇格蘭與挪威政府與淨零社會科學及技術相關機構，目標開啟與國際淨零轉型之先驅國家之對話，借鏡其淨零轉型之推動經驗，加速我國淨零轉型之落實。

蘇格蘭政府已訂定 2045 年淨零目標，比多數國家 2050 年目標提早 5 年，並已訂定淨零技術及公正轉型之藍圖，以顯示其淨零轉型的決心與其宏觀全局規劃之優勢。挪威政府亦積極推動淨零轉型，其自 1996 年起開始推動碳封存計畫，並接續於 2012 年起投資建設碳捕捉、運輸及大型封存示範案場。此外，該國亦積極推動電動車政策並已取得相關成效，挪威現今約八成左右之新售車為電動車。

本次訪團與蘇格蘭政府及其能源與氣候變遷局(Scottish government's Energy and Climate Change Directorate)政策專家、亞伯丁市政府城市發展部門(Aberdeen City Council, City Development)、挪威研究委員會(Research Council of Norway)官員等進行深度會談，就政府淨零政策、科技研發、公正轉型、社會需求與產業發展等議題交流意見與推動經驗分享。

在整體淨零轉型策略推動方面，本次參訪藉與蘇格蘭及挪威政府相關單位對話，了解蘇格蘭及挪威以在地需求為導向積極推動能源轉型之模式，同時鏈接國際與各產、學、研單位之能量，兼顧公正轉型同時帶動國家整體產業與經濟發展。蘇格蘭與挪威產業結構及經濟現況雖與我國有所不同，惟透過此次交流與討論，反思在推動社會與產業於淨零轉型的同時，分別強化在地特色與公正轉型之推動力與核心價值，能夠更有效地增加公眾認知及接受度，有利於淨零轉型及相關技術之落地，值得我國後續公正轉型推動借鏡。

此外，在推動淨零技術及社會科學研究方面，訪團亦與蘇格蘭及挪威政府相關單位就研究目標及補助方式交換意見，並達成強化在淨零轉型議題之國際合作共識，後續將就各項議題之具體面向推展雙邊長期合作，加速淨零科研落地。

三、建立淨零技術雙邊合作研發及落地機制

為了解國際淨零技術科學研究現況與進程，訪團拜訪蘇格蘭碳捕捉封存組織(Scottish Carbon Capture & Storage)、挪威奧斯陸大學(Universitetet i Oslo)、挪威科技研究中心(SINTEF)與挪威科技大學(Norwegian University of Science and Technology)，就減碳、碳捕捉、利用及封存(CCUS)與氫能議題之策略、技術研發等議題進行深度交流；此外，訪團亦參訪蘇格蘭政府成立之淨零科技中心(Net Zero Technology Centre)，該中心係針對政府所訂定之淨零政策目標進行所需之技術研發，如離岸風電、氫能、CCUS 與國際合作進行技術研發與驗證；

另外，為了解淨零技術落地及產業推動作法，訪團實地參訪蘇格蘭電力公司(Scottish Power)位於英國最大之陸域風場 Whitelee，了解整合風電與電解產氫設備之作法，作為未來我國建立本土綠氫之技術以及整體生態圈之借鏡；此外，訪團亦前往挪威碳捕捉示範驗證案場(TCM)及歐洲最大碳封存計畫案場(Northern Lights)，了解該國 CCS 產業鏈整合之作法，作為未來我國建立本土 CCS 之技術以及整體生態圈之借鏡。

本次訪團透過拜訪以上技術研究機構與相關示範案場，了解到蘇格蘭與挪威政府訂定明確淨零政策目標，相關技術研究方向及示範案場之建立則扣合此目標逐步推行，而推動方式為一開始需要政府大量資金投入，以帶動技術機構與產業共同加入投資，建立示範驗證案場。而示範驗證案場之建立皆為大型共用基礎設施，如挪威 TCM 建造不同類型之碳捕捉設施，可供各技術機構或企業將其氣體於該案場測試捕捉效率，而 Northern Lights 計畫未來也預計成為泛歐洲之碳封存案場之一。

會談中蘇格蘭與挪威方亦強調建立整體供應鏈及生態圈為淨零技術未來擴大落地之一大關鍵，技術研究機構及產業目前亦正朝向此方面努力。其中，蘇挪雙方亦表示國際合作亦為整體發展之重要方針，目前許多計畫皆為跨歐洲或與美國等國家進行策略或技術研究合作。爰此，訪團亦在會談中與以上

各技術研究機構與相關示範案場分享我國學研、產業現況及發展方向，未來將規劃進一步之合作，搭建雙邊長期溝通模式及相關技術研究及示範驗證合作，期推動我國科研機構加入國際淨零技術研究團隊及我國關鍵零組件產業與國際淨零供應鏈之鏈結。

四、推動社會需求驅動之淨零與公正轉型

為確保淨零「不遺落任何人」之社會價值，蘇格蘭政府於2009年通過氣候變遷法(Climate Change Act)及納入公正轉型之概念，確保淨零轉型同時支持永續就業機會、低碳基礎設施之創建、解決社會不平等與貧窮問題、並且將公民及所有利害關係人納入政策發展討論，以取得社會共識。蘇格蘭政府進而於2018年成立公正轉型委員會，為獨立機構，針對蘇格蘭政府之公正轉型政策提出建議及反饋。本次訪團實際拜訪公正轉型委員會，了解其組織架構及運作模式，以及未來蘇格蘭公正轉型推動之方向與重點項目。會談中雙方亦針對兩國公正轉型委員會設置目的及架構之差異討論：蘇格蘭著重委員會之超然獨立性，我國的委員會除各界專家代表，亦包含各部會政府官員，具政策執行力之優勢。爰此，針對公正轉型之具體推動目標及策略，將建立長期雙邊會議及對話平台，促進雙邊委員會之交流與合作。

此外，訪團亦前往 Glasgow Caledonian 大學氣候正義中心(Centre for Climate Justice)、Aberdeen 大學公正轉型實驗室(Just Transition Lab) 挪威 Fridtjof Nansen Institute (FNI)等社會科學相關學研機構交流。本次訪團與過程中了解到為了扣合國際淨零趨勢，以社會需求為出發點，進而驅動相關淨零與公正轉型之推動理念，並且成立相關技術及社會科學研究組織，並且社會公民及利害關係者包括產業、政府及學研單位，積極主動參與淨零轉型之作法，如在蘇格蘭、英國及其他歐美國家曾舉辦之氣候公民大會，有助於公眾教育及資訊分享與交流，提升大眾對於淨零轉型之認知與接受度，並且藉由聽取民眾之反饋，納入公正轉型之推動策略。

訪團與前述單位除交流公正轉型策略與挑戰，亦就淨零公正轉型框架、社會參與機制、永續包容及增進公眾支持等議題進行討論，後續將就具體議題建立長期雙邊會議及對話平台，以在地需求為基礎推動淨零轉型。

最後，訪團拜會亞伯丁能源轉型區(Aberdeen Energy Transition Zone)，該平台除推動氫能、風電、光電等綠能技術研發及整合外，亦積極推動產業轉型、

創造地方工作機會、以確保公正轉型，可謂是落實淨零轉型的同時，強化在地特色與公正轉型之推動力與核心價值之範例。能源轉型區之推動概念與架構值得我國參考借鏡，可思考國內是否進一步與產業界合作尋找資源成立類似地方轉型推動平台，由需求端提供資金，該公司或平台可協助進行政府政策建議、地方民眾與產業需求調查與溝通，並積極協助各項示範計畫商業化與落地。