

出國報告（出國類別：開會）

「2023年德國能源轉型交流訪問團」

「2023年德國能源轉型交流訪問團」

出國報告書

服務機關：經濟部、經濟部能源局

姓名職稱：吳志偉參事、莊秀雲科長

派赴國家：德國柏林、漢堡、布萊梅

出國期間：2023年7月1日至7月9日

報告日期：2023年9月22日

中華民國
112
年
9
月

摘 要

經濟部能源局主辦「2023 年德國能源轉型交流訪問團」於今(2023)年 7 月 3 日至 7 日於德國進行交流訪問,以雙邊能源轉型政策規劃發展與實務推動近況、電網建設與擴大再生能源交流、整體國家氫能計畫發展與推廣、提升智慧電網與儲能發展等議題作為雙方交流重點,並參與於德國聯邦經濟事務和氣候行動部(BMWK)舉行之「臺德能源轉型圓桌論壇」。

本次交流訪問團由經濟部吳參事志偉率團,參與單位包括經濟部能源局、經濟部標檢局、經濟部技術處、行政院原子能委員會核能研究所、工業技術研究院綠能與環境研究所及材料與化工研究所、台灣電力公司、台灣綜合研究院及台灣經濟研究院等共計 13 位團員,並由駐德國台北代表處經濟組 3 位陪同參訪包含德國聯邦經濟事務和氣候行動部(BMWK)、德國能源署(dena)、德國能源與水資源產業公會(BDEW)、布蘭登堡邦經濟事務及勞動能源廳、50Hertz、德國工商總會(DIHK)、哈芬和物流股份公司(HHLA)、H&R 公司、北德綠氫倡議(HY-5)、漢堡風能發展機構(WAB)、布萊梅港 Fraunhofer 氫能實驗室(HLB)以及技術轉移中心(ttz)等 12 個單位。

本次交流訪問為具體落實 2016 年簽署之《臺德能源轉型領域合作意向共同宣言》下之合作活動,透過對話與實地參訪有助於強化兩國能源轉型政策、計畫及關鍵低碳能源技術發展趨勢,確認合作利基及潛力,以尋求推動各能源領域之實質合作機會,攜手邁向淨零轉型。

目 錄

壹、出國目的與行程概述.....	1
貳、參訪活動紀要.....	5
一、德國聯邦經濟事務和氣候行動部(BMWK).....	5
二、德國輸電系統營運商(50hertz).....	9
三、德國能源與水資源產業公會(BDEW).....	10
四、dena EUREF 新創綠能園區.....	10
五、布蘭登堡邦經濟事務及勞動能源廳.....	14
六、德國工商總會(DIHK)及德國能源儲能協會(BVES).....	15
七、哈芬和物流股份公司(HHLA).....	14
八、H&R Ölwerke Schindler.....	18
九、北德綠氫倡議 HY-5.....	19
十、漢堡風能發展機構(WAB).....	20
十一、布萊梅港 Fraunhofer 氫能實驗室(HLB).....	22
參、參訪心得與建議.....	24

壹、出國目的與行程概述

一、出國目的

經濟部能源局與德國在台協會於 2015 年及 2016 年連續兩年在臺合辦「臺德綠色能源政策論壇」及「臺德能源轉型論壇」，分別以「能源轉型」、「綠能融資」、「智慧電網」、「化石燃料電廠的潔淨科技」及「電力市場自由化」、「潔淨電力科技與儲能科技」為主題，邀集臺灣與德國能源專家與產官學研各界參與討論，以進行能源議題對話與交流。

在臺德雙方的積極推動下，於 2016 年 12 月 21 日上午在臺北分別由臺灣駐德國代表處代表謝志偉及德國在台協會處長歐博哲(Martin Eberts)代表簽署《臺德能源轉型領域合作意向共同宣言》，宣示進一步合作之意願。臺德雙方同意未來在此意向共同宣言基礎上，將持續在各項共同關切議題上進行合作，攜手尋求輔助雙邊能源轉型之機會。

在上開基礎下，2017 年我國籌組 2 次赴德訪問團，分別前往布萊梅及柏林進行「風能產業交流」與「能源轉型合作交流」，以具體落實《共同宣言》下之合作活動。2018 年於臺北舉辦「2018 臺德能源轉型論壇」。2019 年藉第 5 屆臺歐盟產業對話會議，期間拜會了德國外交部與國會議員 Klaus Mindrup。2020、2021 年因受疫情影響，皆採視訊方式舉行「臺德能源轉型論壇」。2022 年恢復在臺辦理實體論壇。爰此，雙方同意於今(2023)年安排臺灣訪問團訪德，計畫於 7 月 3 日至 7 日籌組訪問團赴德國進行一週之參訪，針對能源轉型與相關實務經驗、離岸風電發展之支持性措施、氫能供應鏈及儲能等與德方交流。

本次交流訪問團由經濟部吳參事志偉率團，參與單位包括經濟部能源局、經濟部標檢局、經濟部技術處、行政院原子能委員會核能研究所、工業技術研究院綠能與環境研究所及材料與化工研究所、台灣電力公司、台灣綜合研究院及台灣經濟研究院等，共計 13 位團員赴德國柏林進行參訪交流，並由臺北駐德國代表

處經濟組協助居中聯繫並陪同參訪，駐德國代表處漢堡辦事處亦提供協助。

本次交流訪問目的為強化兩國能源轉型政策與實務及新興能源發展趨勢之對話，期透過研析與討論雙方關注之能源議題，增進各能源領域之實質合作機會。德國身為能源轉型之全球領導先驅，其推動能源轉型經歷豐富且具備先進能源科技，對於正推動邁向能源轉型的我國而言，有許多可供借鏡與學習之處。在全球淨零趨勢脈絡下，雙方可以在能源轉型道路上相互合作，透過交流對話瞭解彼此推動進展、研析雙方之合作需求與利基，以攜手面對淨零挑戰與把握發展機會，共同邁向低碳經濟之未來。

二、行程概述

為了解德國能源轉型政策與新興能源發展情形的第一手資訊，本年度計畫團隊協助能源局籌組合作交流訪問團赴德國與相關產官學研機構進行訪問交流並交換推動經驗與課題，聚焦該國能源轉型政策與推動實務、離岸風電發展之支持性措施、氫能供應鏈及儲能等。訪問機構包含：德國聯邦經濟事務和氣候行動部(BMWK)、德國能源署(dena)、德國能源與水資源產業公會(BDEW)、布蘭登堡邦經濟事務及勞動能源廳、50Hertz、德國工商總會(DIHK)、哈芬和物流股份公司(HHLA)、H&R 公司、北德綠氫倡議(HY-5)、漢堡風能發展機構(WAB)、布萊梅港Frauenhofer 氫能實驗室(HLB)以及技術轉移中心(ttz)等 12 個單位。詳細行程安排與參訪重點說明如下表 1：

表 1 2023 年德國能源轉型交流訪問團行程表

日期	時間	單位	參訪重點摘要
7月3日 (一)	上午	德國聯邦經濟事務和氣候行動部(BMWK)	● 交流臺德能源轉型政策規劃與實務推動，並針對《國家氫能戰略》發展、離岸風能現況與目標、擴大再生能源與電網等議題深入探討。
	下午	德國輸電系統營運商(50hertz)	● 瞭解輸電系統營運業者如何協助國家建設與擴大再生能源使用，以達成公司目標：2032 年使用 100%再生能源於其電網運輸。

		德國能源與水資源產業公會(BDEW)	<ul style="list-style-type: none"> ● 瞭解目前德國發展再生能源相關產業發展現況，以及探討國際趨勢對於臺德發展能源轉型影響等相關議題。
7月4日 (二)	全日	dena EUREF 新創綠能園區	<ul style="list-style-type: none"> ● 瞭解目前德國針對能源轉型、離岸風電、智慧電網、儲能與氫能議題發展以及未來規劃。
7月5日 (三)	上午	布蘭登堡邦經濟事務及勞動能源廳(波茲坦)	<ul style="list-style-type: none"> ● 瞭解布邦政府針對內部能源議題發展以及雙邊交流。
7月6日 (四)	上午	德國工商總會(DIHK)及德國能源儲能協會(BVES)	<ul style="list-style-type: none"> ● 瞭解目前德國在電力、氫能以及儲能市場發展現況，並針對相關議題進行雙邊交流。
	下午	哈芬和物流股份公司(漢堡)	<ul style="list-style-type: none"> ● 瞭解港務以及物流產業如何運用氫能及相關能源轉型策略協助產業達成國家淨零目標。
		H&R Ölwerke Schindler(漢堡)	<ul style="list-style-type: none"> ● 透過參訪化學產品企業如何以示範規模 PtL 電轉液工廠發展氫能技術。
7月7日 (五)	上午	北德綠氫倡議 HY-5(布萊梅)	<ul style="list-style-type: none"> ● 瞭解漢堡區域在能源轉型以及氫能發展現況，以及氫能計畫與相關能源議題交流。
	下午	WAB(布萊梅)	<ul style="list-style-type: none"> ● 瞭解德國境內風電網絡業者推動風能下綠色氫能生產及雙邊風能發展交流。
		布萊梅港 Fraunhofer 氫能實驗室(HLB)	<ul style="list-style-type: none"> ● 瞭解該單位風機與電解製氫相關計畫，以及雙邊氫能發展議題交流。
		技術轉移中心 ttz	<ul style="list-style-type: none"> ● 瞭解布萊梅當地氫能計畫，參觀當地技術發展單位並交流雙邊氫能議題。

三、代表團名單

本次交流訪問團成員含 13 名自臺赴德國交流團之各單位代表及 3 名臺北駐德國代表處經濟組代表，名單如下表 2。

表 2 2023 年德國能源轉型交流訪問團名單

編號	單位	姓名	職稱
1	經濟部	吳志偉	參事
2	經濟部能源局	莊秀雲	綜合企劃組科長
3	經濟部標準檢驗局	吳國龍	第六組副組長
4	經濟部技術處	吳奕廷	技正
5	行政院原子能委員會核	葛復光	綜合計畫組組長
6	駐德國代表處	龔榮男	經濟組組長
7		張智萍	經濟組秘書
8		何忠龍	經濟組秘書
9	工業技術研究院	萬皓鵬	綠能與環境研究所副所長
10		張文昇	綠能與環境研究所組長
11		張哲瑜	綠能與環境研究所研究員
12		張文師	材料與化工研究所資深工程師
13	台灣電力公司	吳信德	系統規劃處專員
14	台灣綜合研究院	陳建緯	副院長
15	台灣經濟研究院	林毓玲	研究五所副研究員
16		李佳容	研究五所助理研究員

貳、參訪活動紀要

一、德國聯邦經濟事務和氣候行動部(BMWK)

原德國聯邦經濟事務和能源部(Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, BMWi)，於 2021 年 12 月改組為聯邦經濟事務和氣候保護部(Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action, BMWK)。該部門首要任務為促進社會及市場經濟適應未來，以成功因應 21 世紀主要變化與趨勢，包含全球化、數位化、人口變化、歐盟內部發展及能源轉型等重大挑戰並解決問題。在能源議題方面，BMWK 則著重於合理設計與推動成功的能源轉型，除了權衡氣候變遷與環境永續議題，並確保可負擔、安全且環境友善的能源供應。本次造訪德國聯邦經濟事務和氣候行動部參與「2023 年臺德能源轉型論壇」，分別就雙邊之(1)氣候與能源政策關鍵能源；(2)氫能領域；(3)再生能源系統整合及(4)離岸風能進行交流。

(一) 德國氣候與能源政策概述

歐盟於 2020 年 12 月發布「歐洲綠色新政」(European Green Deal)，宣誓帶領全歐洲於 2050 年實現氣候中和。在該區域發展淨零目標下，Beatrix Massig 副組長表示德國已制定中長期氣候和能源目標，近期歐盟「55 套案」(Fit for 55 Package)及德國十多年來德國最大的能源政策法修正案《再生能源法 2023》(EEG 2023)均顯示該區域及德國能源轉型的決心，德國亦將在未來加速能源轉型進程。其亦強調歐盟「55 套案」中，包括歐盟排放交易計畫(EU Emission Trading Scheme, ETS)、碳邊境調整機制(Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)、減量責任分配規則(Effort Sharing Regulation, ESR)等三大重點措施，將為全球經濟發展帶來深刻影響。

Massig 副組長表示，再生能源已成為德國的主要電力來源，推動能源轉型有助於國家實現能源獨立。2022 年德國再生能源使用占總用電量 45%，其中則以陸域風能占比最高(18%)，德國並規劃 2030 年將該占比提升至 80%。未來德國亦將

針對以下領域採用相關措施，以達成 2045 年碳中和目標，包含：(1)推出「加速太陽能套案」(Solar acceleration package)，實現 2030 年太陽能裝置容量達 215GW 之目標；(2)工業「碳差價合約」(Carbon Contracts for Difference, CCfDs)，加速工業轉型同時確保經濟層面可行性；(3)供熱、建築及基金計畫，以實現 2030 年以碳中和方式產生 50%的熱能，包括：住宅去碳化應用與能源效率、建築節能改造、修訂《建築能源法》(Gebäudeenergiegesetz, GEG)、2025 年起新安裝的供暖裝置必須使用 65%的再生能源等規範；(4)自 2025 年起，所有新建築均須符合 Efficiency House (EH)-40 能源效率標準；(5)氫能目標將比過往增加一倍，期望 2030 年電解槽裝置容量達到 10GW。目前政府正在修訂《國家氫能戰略》，未來將針對氫能生產與應用等層面設計輔助政策及創新計畫。

為了確保短中期的天然氣穩定供應，並從俄羅斯的天然氣(LNG)進口中完全獨立，德國目前正在積極擴大進口 LNG 基礎建設，規劃建置 9 個 LNG 接收站，包含 6 座浮動式天然氣接收站(Floating Storage Regasification Units, FSRUs)¹與 3 座地面型接收站。2022 年 12 月，德國第一座 FSRU 在威廉港(Wilhelmshaven)啟動；2023 年 1 月，2 座 FSRU 分別在布倫斯比特爾(Brunsbüttel)及盧布明(Lubmin)投入營運。上述基礎設施暫時僅用於 LNG 進口，但以中長期規劃，此些基礎設施將用於進口綠氫等再生氣體。在歷經烏俄戰爭所帶來的能源安全議題下，該政府亦透過抑制能源價格劇烈變動之措施提升德國能源發展韌性。

(二) 臺灣氣候與能源政策概述

台綜院陳建緯副院長分享我國 2050 淨零政策及相關能源轉型計畫。因應國際淨零排放趨勢，蔡英文總統已於 2021 年 4 月 22 日世界地球日，正式宣布臺灣將在 2050 年實現淨零排放目標，即至 2022 年 3 月國發會發布「2050 淨零排放路徑」，並擬定 2050 淨零目標下的 12 項關鍵戰略，以極大化再生能源為主軸，並導入氫能發電、燃氣加裝 CCUS 等零碳火力，同時強化儲能設備，逐步邁向淨零排放。我國能源轉型將持續朝「展綠、增氣、減煤、非核」等四面項推動。(1)

¹ 德國政府租用其中 5 座 FSRUs，另一座 FSRU 則為私有。

展線：以風電與光電為主，規劃風電於 2050 年達 40-55GW，朝大型化與浮動式離岸風機發展外，規劃 2050 年光電達 40-80GW，將透過土地多元化應用擴大光電設置場域，並汰換更新為次世代高效率光電。(2)增氣：目前正擴建 2 座既有接收站(永安、台中)及新建 1 座新接收站(觀塘)。(3)減煤：停止增建任何新的燃煤機組，並將現役燃煤機組陸續除役，改為燃氣機組。(4)非核：核電廠按照進度陸續進入除役階段，預計 2025 年可達成非核家園目標。另針對前瞻能源技術，將朝地熱、海洋能及生質能擴大發展研究計畫。陳副院長亦介紹我國氫能發展規畫，短中期以進口綠氫為主，長期將搭配國內再生能源產氫，逐步布建氫能之接收、輸儲等基礎建設。

(三) 德國《國家氫能戰略》

德國《國家氫能戰略》於 2020 年 6 月出版，目標為建立相對應的供應鏈、支持發展氫能技術的國內市場、建立氫能的國際市場與合作、改善政策環境、使氫能成為具競爭力的選項並強化運輸和配送的基礎設施等。Christine Falken-Grosser 博士介紹自《國家氫能戰略》發布後之氫能相關策略之發展脈絡與推動進程，並針對生產、運輸、工業以及國際合作等 4 大發展領域進行說明。德國預期 2030 年氫能需求量達 95-130 TWh，進口需求量則預計達 45-90 TWh，故為因應未來德國進口氫能計畫，博士認為應先整合國內尚未發展完全之氫能市場。

Falken-Grosser 博士表示氫能未來發展應持續針對創新與研發邁進。德國已啟動 62 項氫能歐洲共同利益重要計畫(Important Projects of Common European Interest, IPCEI)，並預計投入研發資金約 130 億歐元，促進聯邦與邦政府(德國北部海岸和德國煤炭地區)在氫能研發計畫的持續發展。各項計畫領域包括：海運港口氫能應用以及離岸風能製氫、建設、工業及運輸應用等。而 Falken-Grosser 博士表示針對無法於短中期時間減排的產業，例如：鋼鐵、水泥、化工等)，政府將進一步透過輔助計畫發展協助產業去碳，例如：工業「碳差價合約」(Carbon Contracts for Difference, CCfDs)，透過建置成本(CAPEX)與營運成本(OPEX)中間提供氣候友

善的管道。最後，Falken-Grosser 博士強調國際合作對於氫能發展重要性不言而喻，故德國亦將持續發展國際氫能夥伴關係，並藉由 H2Global 國際貿易合作機制，擴大全球綠氫生產投資合作，進一步完善全球氫能交易機制。另德國預計於今年更新《國家氫能戰略》²，主要目標含：(1)2031 年前以多輪招標形式支持發展氫能電解槽計畫，目標為每年新增裝置容量至少 500MW，並於 2024 年執行首次大型海上電解槽招標案；(2)氫能進口基礎建設擴張、融資與監管；(3)發展針對歐洲及國際市場的綠(藍)氫及其衍生物產品之認證系統。

(四) 德國電力部門能源轉型-再生能源系統整合

Nils Saniter 博士表示在烏俄戰爭以及日益嚴重的氣候危機背景下，擴大再生能源使用已成為區域及國家安全議題。2021 年德國再生能源總裝置容量達 132GW，且再生能源已成為德國主要電力供應來源，德國電力供應安全高於如：美國、英國、加拿大、日本等其他先進國家。且 2023 年 4 月德國已正式成為非核國家，未來將持續朝 2030 年廢煤目標邁進。此外，其亦提出「需求、儲存、再生能源」三大彈性解決方案以應對再生能源間歇性之挑戰，擬透過電轉液(PtL)技術、電池及抽蓄式發電等儲能方式及再生能源規範等措施提升電力彈性。未來德國將透過電價差額補貼(Feed-in Premium, FIP)制度，使得再生能源電力供應商可直接透過服務提供商交易電力，並透過政府給予的額外溢價(Premium)補貼獲得保障。Saniter 博士亦簡介德國電力市場運作模式，主要透過擴大能源交易時間空間彈性以維持電力市場交易平衡。展望未來德國電力供應規劃，至 2030 年再生能源將搭配天然氣成為用電主力；2040 年至 2050 年陸域及海上風能則將搭配太陽能成為主要供電來源，氫能將在必要時提供備援。

(五) 離岸風能-德國經驗與觀點

Jonas Brost 專家表示，在風場評估機制(例：海洋空間規畫)持續發展下，德國於 2022 年 4 月提出「復活節套案」(Das Osterpaket)改革電力法制，未來離岸風能目標為至 2030 年裝置容量達到 30GW，在 2035 年達 40GW、2045 年達 70GW。

² 按德國已於 7 月 26 日發布《國家氫能戰略》更新。

除了提升發展目標外，德國政府亦發布 2023 年《離岸風能法案》，改變招標制度及推動更具效率化之行政流程。Brost 專家亦說明德國 2023 年離岸風能北海區域規劃圖，及其新招標設計理念。該新計畫亦設計生產綠氫(目前規劃為 1GW)區域，並預計於 2024 年招標。

二、德國輸電系統營運商(50hertz)

50hertz 是德國四大輸電系統運營商之一，公司總部位於柏林，擁有德國東部及漢堡周邊地區的高壓電網網絡。該公司建造、擁有及運營最高電壓電網，分別為 380 kV_{AC} 和 525 kV_{DC}，且其電網系統保持世界一流的穩定性。該公司目標為 2032 年使該公司負責之電網區域一年內的總用電量皆使用再生能源。



專案總監 Markus Graebig 先生說明 50hertz 主要業務為電網系統管理、電網開發、市場發展以及作為政府信託基金機構等。在發展再生能源方面，該公司亦為德國領先者，於 2021 年電網整合中之再生能源已達 56%。有鑑於歐盟及德國具雄心的氣候政策目標，在能源轉型方面，該公司涉及電網地區在陸域風能及風能上發展特別顯著：2022 年太陽能達到 1800 MW，陸域風能達 550-650 MW。Graebig 先生並表示，由於再生能源發展稟賦，德國東北部已開始工業化新時代，故未來該公司需面對更多大型企業新設備的大規模增長，電網成長的重要性也日益提升。此外，因越來越多電力客戶和大公司希望確切地掌握其綠電供應來源，故該公司未來將透過數位化服務提升綠電供應服務項目品質，現已研發追蹤軟體

Green Tracking 並正進行測試中。未來該公司策略目標為 2032 年使該公司負責之電網區域一年內的總用電量皆使用再生能源，以應付德國東北部工業對綠電需求的增加。

三、德國能源與水資源產業公會(BDEW)

BDEW 總部位於柏林，為德國能源產業和水利業的商業組織。目前有超過 2000 位會員及 850 家企業會員，其中包括大型及中小型企業會員。德國內部能源產業私有化特性促使公會發揮協助能源商業合作功能，並進一步協助推動德國整合歐盟能源市場。該公會表示其也積極建立公私部門溝通管道，例如：該公會協助政府執行電價差額補貼(Feed-in Premium, FIP)制度。透過委員會組成與政府部門建立溝通機制，使雙方能更加瞭解目前能源企業所面臨的挑戰，最佳化公私部門合作，並特別點出需全盤考慮能源、交通、供熱和水等領域之議題。該公會代表分享對德國內部能源發展之看法：(1)德國購電協議 (power purchase agreements, PPA)：該計畫欲使大型電力用戶無須透過購電協議即能降低能源開支，公會表



示雖然計畫受烏俄戰爭影響，然綠電市場將持續發展。(2)氣候變遷政治承諾：公會提出德國能源安全問題(例：關鍵能礦、再生能源技術元件依賴單一國家進口)，並認為政府應提出符合經濟及政治成本平衡的相關措施。

四、dena EUREF 新創綠能園區

德國能源署(Deutsche Energie-Agentur, dena)為透過眾多公共和私營利投資者提供資金支持的能源轉型機構，負責協助政府推動能源效率、再生能源和智慧能

源系統發展等，其主要關注之能源議題含：能源消耗，生產、儲存、電網及數位化等。該組織為驗證能源轉型運作可行性及可負擔性，發展 EUREF 園區，其主要為能源、永續與汽車等相關產業創新發展中心，涉及包括：智慧電網、能源效率建築、氣候中和能源供應、相關研究計畫(例：汽車產業研發)測試平台等議題。

Carolyn Krolík 資深專家透過說明該中心發展與沿革，使訪團進一步了解其策略諮詢以及研究學習等服務項目。該單位於 2000 年成立，在 60 多個國家執行能源相關計畫，已執行超過 1500 項計畫。涉及合作的公共部門單位包括：BMW、聯邦食品及農業部(BMEL)、聯邦環境、自然保育、核安全及消費者保護部(BMU)以及聯邦數位及運輸部(BMDV)。

Lena Hamacher de Segovia 專家主要介紹德國能源轉型的監管架構。在政府設立減碳目標發展下，專家認為應採取更多行動以實現該目標。藉由再生能源法案、設立風力、太陽能、能源效率以及氫能等發展目標下，專家相信全面性政策可幫助綠電的高效性及安全部署。而德國《再生能源法》(EEG)制定能促進再生能源加速發展的相關措施，其中包括擴大風力與太陽能發展，並且引入拍賣制度來降低太陽光電的支持成本，並防止陸域風電拍賣出現投標不足的情況。



Laurence Green 資深專家介紹德國擴大離岸風電的目標與挑戰。專家表示德國的離岸風電目標提高了長期投資的規劃安全性，並提及離岸風電拍賣機制發展進程，政府預估到 2045 年，德國的離岸風電裝置容量至少達到 70GW。而在規劃海域空間部分，德國提升了在北海和波羅的海的離岸風電容量目標。此外，專家表示公開財政資助的電網連接和預先選定的離岸風力開發區可降低計畫發展

中的潛在風險。

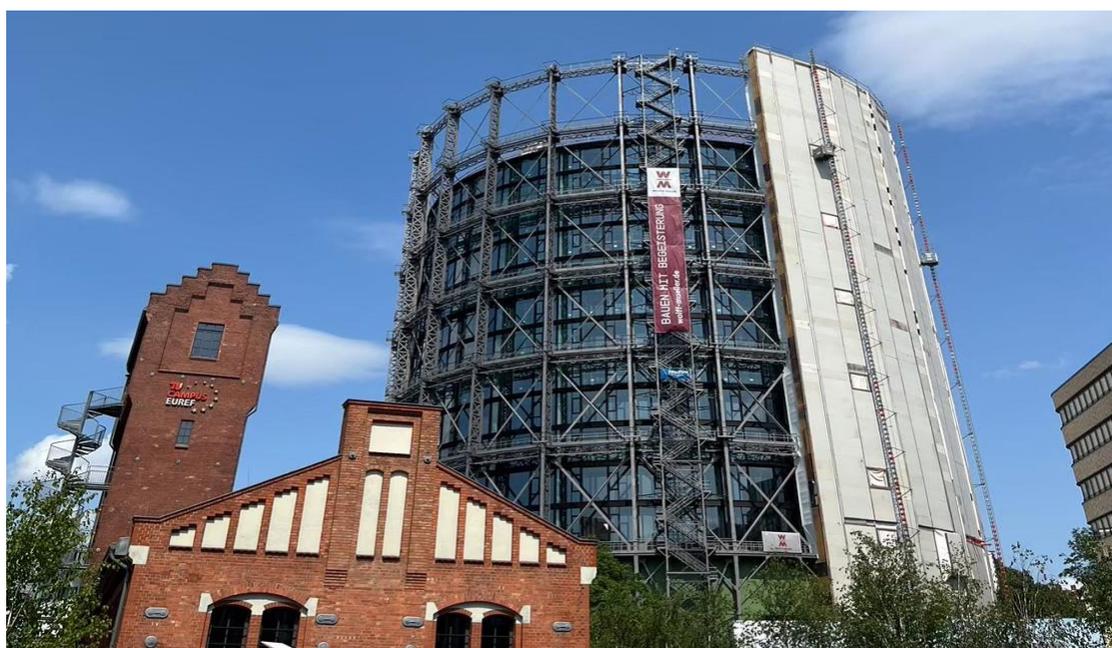
Katerina Simou 專家分享智慧電網作為安全高效的電力網絡基礎。專家認為如何定義智慧電網為討論基礎。而在碳中和目標下德國發展能源發展目標，也進一步帶動電網應用發展的多元，例如：光+儲的家用市場以及電網提供輔助服務等)。專家表示未來德國將從 2016 年至 2026 年期間，投資智慧電網基礎設施增加至 236 億美元，投資項目包括分散式電網和電池儲能計畫，含：儲能與電網相關之先進感測器、通訊和軟體等。

Jeannette Uhlig 組長則分享如何德國碳中和目標下國內氫能發展，表示在能源去中心化發展、電力儲能等領域皆需使用氫能來協助發展。德國目前正積極針對遠程運輸產業(例如：公共運輸及航空海運等)開發氫能應用相關計畫。德國政府在亦強調氫能市場機制發展的重要性，認為須持續透過研發合作發展氫能市場。未來德國在藍氫方面主要以運輸為目的與他國合作貿易進口。最後展望德國再生能源使用占比提高的發展下，期望能持續發展綠氫生產的目標。

我方簡報包括：工研院張哲瑜研究員以及台電公司吳信德系統規劃處專員，分別針對「我國能源轉型計畫及能源技術發展現況」以及「我國電網以及電池儲能發展現況」進行簡報說明。

工研院張哲瑜研究員表示我國在風能部分以在地化為核心，持續發展供應鏈中關鍵零件生產以及新興關鍵技術(例：浮動式離岸風能)。而光+儲技術將為我國未來發展太陽能的目標之一，並持續針對太陽能可回收/再生性技術發展。未來亦將隨著擴大再生能源聚焦穩定電網之相關軟硬體技術。氫能發展部分亦將持續與國際合作發展相關研究計畫。台電公司吳信德系統規劃處專員表示越來越多由集中式風力和太陽能發電所產生的電力透過電力網絡分配給多個最終用戶，故須針對再生能源發電的間歇性問題提升電網穩定性。其表示透過「分配、強化以及保護」宗旨來解決電網集中產生的脆弱性、亦能協助國家因應極端氣候所帶來的間歇性問題。未來將藉由降低高度集中的電網風險、更換設備以及改善從發電廠到電網間各級別的保護設置等措施提升電網與儲能穩定發展。

下午於導覽人員 Ralf Wollheim 先生園區介紹中，訪團參觀曾為 Schöneberg 煤氣廠的歷史建築。EUREF AG 自 2008 年收購園區廠址以來，一直致力於將儲氣罐(Gasometer)周圍開發為面向再生能源轉型的現實實驗室。從過去傳統燃料象徵的工業場址，在該組織的翻修與更新下將成為該園區的指標綠建築，Wollheim 先生表示預計於 2024 年夏天竣工。該園區之能源供應為碳中和的，能源工廠(Energiewerkstatt)可提供園區所需百分百的供暖，其核心為一熱電聯廠。此外，該園區透過人工智慧(AI)進行控制，並使用電轉熱/電轉冷技術儲存再生能源。透過實際走訪園區 zeeMobase、永續建築、智慧運輸系統、電動車共享機制等新創能源發展技術等應用與實踐，有助於深入了解該園區能源轉型研究與發展進程。



五、布蘭登堡邦經濟事務及勞動能源廳

布萊登堡邦為德國能源生產邦之一，位處東北部樞紐。本次拜會源自駐德代表處謝大使志偉年初應邀訪問該邦後之牽成，由主管維持當地能源部門的生產和就業之經濟事務及勞動能源廳廳長 Jörg Steinbach 博士接待訪團，並介紹該邦能源轉型之整體規劃。布邦自然稟賦豐富有充足之能源，然發展再生能源發展需面對許多挑戰，如：陸域風能發展即受限於當地民眾接受程度。且該邦施維特(Schwedt)煉油廠發展深受烏俄戰爭影響，亦突顯出布邦推動能源轉型之急迫性。該邦政府並以引進外資推動當地能源轉型為首要發展目標，近期該邦政府高度重視再生能源系統整合、儲能技術發展及電網擴張計畫等。Steinbach 廳長並分享個人看法，認為 (1)應以化學應用發展氫能為主，而非相較於氫氣共燒。(2)在航空業及運輸業應用上 E-fuel 合成燃料帶來的問題應設計規範來管理。



布萊登堡經濟發展署(WFBB)經理 Sebastian Saule 簡介該署組成及執掌業務。該署以波茲坦為中心並設置 5 分部，負責協助提供私部門所面臨的問題與挑戰之各項解決方案，如：作為直接投資和擴張投資、創新及技術移轉、技術勞動力之公司基地、創新新創企業等之窗口；為在地公司提供廣泛的開發服務並執行國際化策略；提供有關能源有效利用的所有事宜的全面建議。該邦經濟發展政策指導原則為「強化長處」，聚焦 9 個成長創新集群(cluster)以鏈結經濟和科學，從而強化企業之創新能力和競爭力。9 個集群中含能源技術集群，其關注領域為能源效率、能源網絡及儲存、再生能源。該署歡迎臺方興趣單位之諮詢與合作。

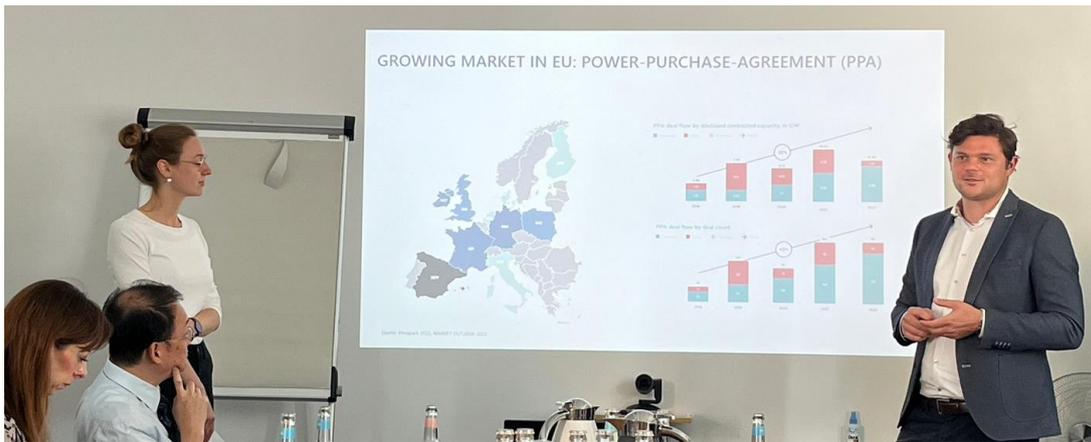
布萊登堡經濟發展署能源技術主管 Klaus Henschke 接續介紹柏林-布萊登堡能源技術集群下的創新技術，其主要業務為媒合集群中約 6500 家企業與相關組織之產業相關合作，提供資訊、促進網絡連結並提供計畫支援。因有布蘭登堡科大(btu)、弗勞恩霍夫太陽能系統研究所(Fraunhofer ISE)、德國太空中心(DLR)、能源密集產業減緩氣候變遷能力中心(KEI)、能源创新中心(eiz)等學研單位作為該邦能源轉型技術發展之堅實後盾，故該集群透過媒合平台連結企業與研究單位發展各項關鍵能源技術計畫。Henschke 主管並依序簡述氫能、電池技術、供暖、分散式再生能源等之發展重點與現狀，並側重氫能之討論。該邦目前已有 4 家氫能生產商供應商、5 家 H2-Systems 製造商、5 項進行中之氫能計畫，並有氫能啟動者網(Hydrogen Starter Net)，在柏林-布蘭登堡間規劃以需求為導向且具成本效益的輸送管線外，亦依目標導向整合跨區域網路，即「歐盟氫骨幹」(EU Hydrogen Backbone)。



六、德國工商總會(DIHK)及德國能源儲能協會(BVES)

德國工商總會氫能、熱能和替代驅動能源總監 Louise Maizières 首先介紹該組織現況與業務。DIHK 作為德國境內 79 個地方工商會(IHKs)之上層組織，並擔任在 93 個國家約 150 個外國商會、代表團和德國企業代表處(AHKs)之協調者。

德國工商總會電力市場設計與再生能源總監 Niclas Wenz 指出再生能源受市場驅動（如公司氣候策略）而迅速擴張，並分享透過新購電合約(Power Purchase Agreement, PPA)之設計，能有效加速再生能源之布建。



在氫能方面，Maizières 總監表示未來德國將成為舉足輕重的氫能進口國。氫能技術是德國大幅減少碳排放的重要工具，預定 2023 年 7 月更新《國家氫能戰略》旨在進一步擴大德國氫能市場，以於 2045 年實現氣候中和並加強能源供應安全。根據更新之戰略，到 2030 年德國氫能需求將達 95-135TWh，故目標提升綠氫產能至 10GW 外，將於短中期過渡階段內支持進口藍氫，並將在 2023 年提出進口及碳管理策略。在氫能網絡布建方面，目標於 2032 年以德國為中心發展網絡及連結包含大型工業用戶、氫能、發電廠、氫能儲存設施及電轉氣廠等，並成為歐盟氫能骨幹之一部分。其並援引該會〈能源轉型晴雨表-2022〉報告（energiewende-barometer-2022）點出當前氫能發展仍面臨諸多商業挑戰亟需克服，如對所有企業而言，高度同意的優先事項包含：(1)應加速氫能相關發展計畫規劃和許可流程；(2)降低國家對於電價的附加費用；(3)能效措施之指導原則為經濟性、自願性和技術的開放性；(4)排除再生能源擴張發展遭遇的阻礙等。

德國能源儲能協會 Simon Steffgen 資深專家表示，因受烏俄戰爭影響導致電價飆漲，卻也因此推動儲能需求市場，故德國近期儲能市場發展相對穩定。其指出，為確保基於再生能源的能源系統和能源需求，更需關注彈性，而儲能則能解決再生能源間歇性問題，確保綠能利用不被時間所限制。其簡介當前數種包含電力儲存、化學能源儲存及地熱能儲存之儲能型式外，並指出儲能明確的應用實例將決定儲能系統之技術與經濟配置。2022 年儲能產業市值 121 億歐元，較前年成長 32%。民用儲能系統成長超乎預期，2022 年民生用儲能市值 71 億歐元，較前

年成長 61%。最後，其點出法律框架及缺陷問題，多項技術已成熟但卻無合適的法律框架進行相關規範，此即為發展儲能之最大阻礙，特別是：儲能作為最終消費者之分類方式；延長授權程序；電網連接條件與不切實際的計量和計費概念；現行規則缺乏透明度等。

七、哈芬和物流股份公司(HHLA)

HHLA 是歐洲領先的港口和物流公司，其業務範圍從漢堡港延伸至其他歐洲地區，並持續與相關企業合作開發數位化物流中心。該企業期望透過發展永續運輸和物流解決方案設計，實現氣候與土地友善營運和資源保護。而在企業創新發展下，氫能被視為主要開發領域，其領域開發包括：氫能為燃料的裝載車(H2LOAD)、清潔港口與物流及氫運輸等。

Monja Grote 經理表示該企業期望於 2040 年實現氣候中和，而氫能可協助企業達成目標並創造就業機會。HHLA 於 2020 年啟動 HHLA 氫網絡計畫，該計畫被視為 HHLA 所有發展氫能計畫的主要架構。而其中 H2LOAD 代表氫物流應用和分配，主要協助貨櫃運輸去碳目標，未來將在各個碼頭安裝加氫站並投入 100 多輛燃料電池運輸機具，包括卡車、廂型運輸車、空箱堆高機等。此外，為推動裝卸和運輸過程的去碳目標，與合作研究機構共同針對如何使用氫氣來供應港口技術和物流進行研究和實際測試。



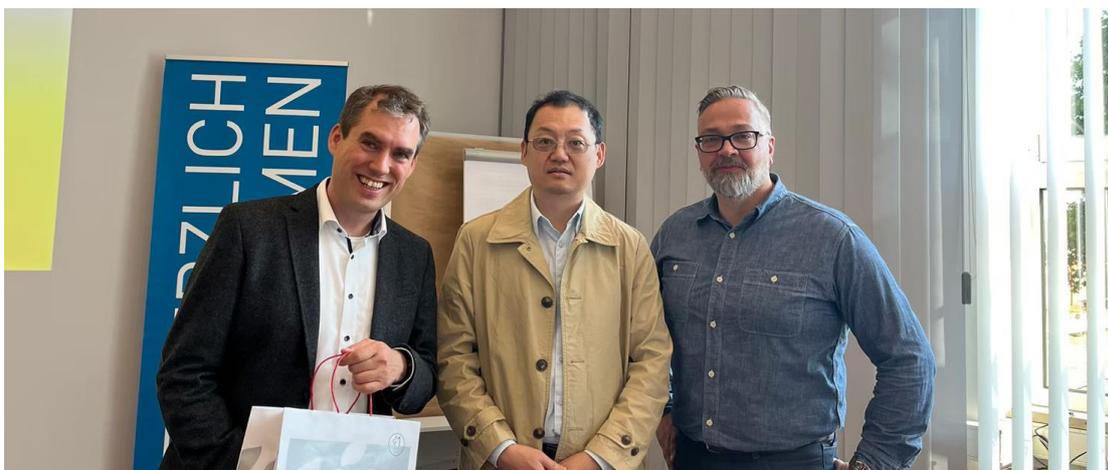


八、H&R Ölwerke Schindler

H&R 集團目前旗下有約 2000 名員工，於全球約分布 50 間子公司。而旗下之 H&R Ölwerke Schindler 主要於漢堡經營煉油廠。該煉油廠建於 1920 年，主要生產汽車與工業用油，而目前在漢堡港物流優勢發展條件下，發展成輪胎產業相關塑膠用品生產的全球領導者。



Frederik Jahnke 技術主管表示目前在其生產過程中已使用氫氣來提取特殊產品，例如石蠟以及精煉油等，並進一步精煉成口紅、印刷油墨或汽車輪胎等產品。該公司於 2017 年啟用全球最大的動態氫電解裝置，其特殊性在於氫電解裝置可利用最終電力生產的激增，例如風力渦輪機產生的電力來生產氫氣，並用來作為精煉過程中的使用。透過原料分解過程中的電解與碳捕捉以及 PtX 應用等，Frederik Jahnke 技術主管表示未來將繼續開發碳中和發展計畫，包括電轉液(PtL)計畫等。



九、北德綠氫倡議 HY-5

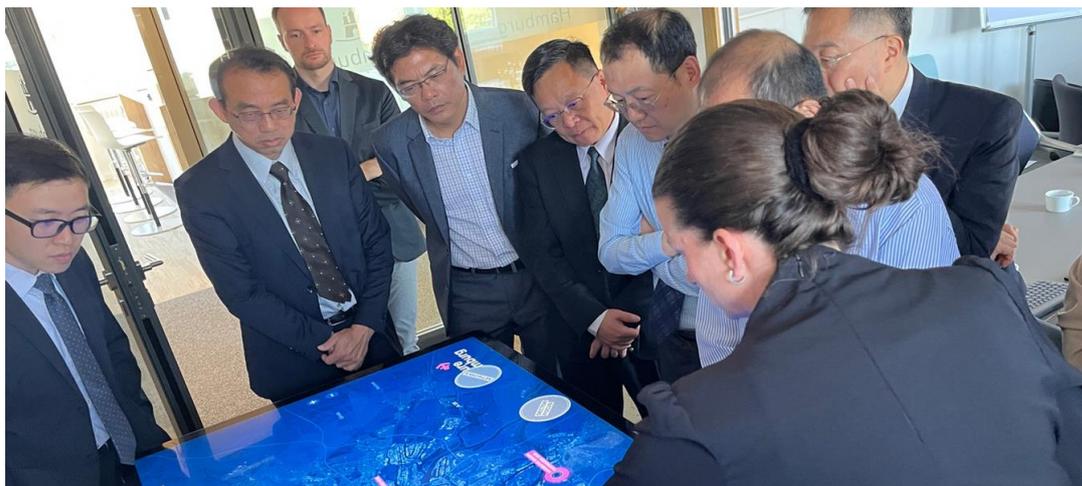
該倡議為該地區布萊梅邦、漢堡邦、梅克倫堡-西波美拉尼亞邦 (Mecklenburg-Vorpommern)、下薩克森邦(Niedersachsen)和什列斯威-霍爾斯坦邦 (Schleswig-Holstein)等 5 邦政府共同成立的氫能計畫。以各邦作為經濟據點，旨在使德國北部成為歐洲未來綠色氫能的領先地區，並完善綠氫之價值鏈，故積極推動各界合以帶動當地氫能生產與商業發展。北德被視為未來歐盟發展氫能的重點區域之一，推估未來發展產值約有大於 6 千億歐元 GDP。

漢堡投資 Aresa Brand 專案經理表示漢堡被譽為「德國的通往世界的大門」，以及全球企業紛紛進駐發展可見其國際港口的貿易地位與經濟發展重要性。漢堡亦在物流、分銷和供應鏈領域占有國際地位，經理表示其提供世界級基礎設施，先進的技術和優質的物流服務。而在創新發展領域部分，漢堡港被分成四大發展區域，分別為：(1)西區 (Altona)：生命科學、奈米技術和新材料；(2)西南區

(Finkenwerder)：航太產業；(3)南區(Harburg)：綠色科技、醫療技術、新材料、航空、數位化等，以及(4)東區 (Bergedorf)：儲能系統、風能技術、能源網絡/網絡整合及光學技術等。而我國與漢堡合作緣起於 1980 年代，漢堡港與高雄港亦為姊妹港關係，故經理表示期望未來雙邊合作能藉由漢堡港深化合作基礎。



漢堡投資 HY-5 倡議 Heike Tipmonta 主管表示在再生能源發展優勢(離岸以及陸域風電)以及出色的交通運輸和基礎設施條件下，北德區域是歐洲氫能岸邊發展絕佳位址，可被視為未來歐洲氫能中心(hub)。該倡議為德國氫能發展提供科研平台，產官學單位透過該倡議合作研究計畫，計畫領域涉及：(1)船舶新進技術；(2)航空煤油；(2)汽車、卡車、巴士及火車的燃料電池；(3)去碳和產業部門耦合。針對科研計畫部分，北德目前有 27 項 IPCEI 氫能計畫，主要針對生產、基礎建設、工業使用以及運輸應用等領域進行研究，而其分別點出 4 項計畫凸顯漢堡在北德區域氫能發展進程，包括(1)HyPerLink－基礎建設計畫；(2)ENERGY H2HUB－改造威廉港 (Wilhelmshaven) 為氫能運輸港；(3) GREEN GAS FOR BREMERHAVEN－氫能應用測試以及(4)HYTechHafen Rostock－波羅的海區之歐洲氫能中心。



十、德國風力能源協會(WAB)

德國風力能源協會是離岸風電產業和西北陸域網絡的全國聯絡單位，主要致力於促進風電綠氫生產。該協會成員組織包括約 250 家大型與中小型企業及來自風能、海事以及氫能相關研究機構，此外其會員代表亦包括大約 160,000 名技術工人。

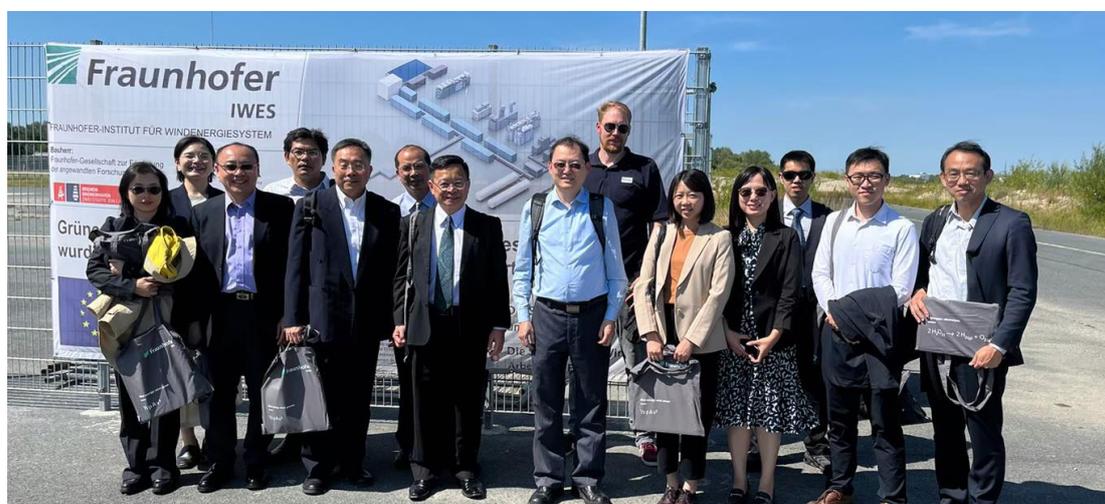
Heike Winkler 女士自 2019 年 11 月擔任該協會經理，其表示隨著離岸風電擴建目標不斷成長，供應業的國內間以及國際場域合作變得越來越重要。在國內發展部分，透過 WAB 內部發展的工作小組，提供技術與經驗分享平台予企業會員，使用知識服務協助會員，涉及領域包括：數位化轉型、市場以及價值創建、風能與氫能等。國際發展合作部分，針對德國與波蘭等鄰國執行的波羅的海計畫中，該協會亦扮演協調與促進跨國合作的重要角色。此外，Heike Winkler 女士更邀請到代表該協會駐點於我國的同仁連線分享兩國在離岸風電合作的現況與展望。



十一、布萊梅港 Fraunhofer 氫能實驗室(Hydrogen Lab Bremerhaven, HLB)

弗勞恩霍夫風能和能源系統技術研究所(Fraunhofer IWES) 為能源應用研究機構，其研究主要與風能相關發展有關，而本次參訪之氫能實驗室是弗勞恩霍夫研究機構設立的三個實驗室之一，該實驗室主要聚焦於(離岸氫能生產)，其他實驗室分別為 Görlitz 氫能實驗室(聚焦氫能價值鏈之基礎設施測試)以及 Leuna 氫能實驗室(聚焦化學產業)。

HLB 主要服務項目包括：(1)生產：對單位在幾百萬瓦特範圍內的電解裝置進行測試；(2)儲存和轉換電力：在低壓條件下進行固定式儲能，以及在高壓條件下進行半移動式儲能；(3)進口和分配：透過移動儲能裝置進行儲存和運輸，並提供加油系統；(4)移動性：進行(固定式)燃料電池測試，目前正執行與當地航運業合作計畫；(5)數位整合：系統模型驗證，並最佳化營運預測和潛在挑戰，整合海水淡化測試平臺。



十二、ttz 布萊梅港技術轉移中心 (ttz Bremerhaven)

ttz 布萊梅哈芬港技術轉移中心地理位置近港口，主要與布萊梅哈芬港經濟促進局(Bremeninvest)合作交通運輸領域相關之研究計畫。ttz 布萊梅港技術轉移中心與政府合作發展之「氢能-布萊梅港綠氣」計畫為這座港口城市發展氢能經濟基礎。ttz 布萊梅港技術轉移中心主要聚焦於氢能應用，主要開發和測試氫氣應用相關設備，藉由參訪該中心研究室可見中碳捕捉、碳儲存、E-fuel 以及甲醇相關設施。此外，亦與鄰近離岸風能結合應用於研究計畫。ttz 在造船應用中，透過模擬設施發展未來以氢能作為動能所需之船隻零件，藉由相關研究以確保未來氢能與運輸技術穩定發展。該中心在國際合作上，亦與鄰國(如：西班牙)進行相關計畫合作。



參、參訪心得與建議

2023 年 4 月德國已正式成為非核國家，歷經 2022 年烏俄戰爭所帶來的能源安全危機，德國以邁入非核行動、穩定能源價格、擴大再生能源目標入法等舉措，證明其 2045 碳中和與能源轉型決心。隨著全球再生能源及氫能持續發展，為使德國成為推動能源轉型之領導國家並於國際場域擁有氣候與能源議題之話語權，其積極帶動全球風向與推動國際合作。因此在推動我國與德國的合作需持續建立在實質意涵上，以務實推展雙方在能源政策、技術、產業等各面向之交流，立基於既有官方與民間平台，擴大雙邊能源領域合作。持續在《臺德能源轉型領域合作意向共同宣言》之架構下，維持臺德雙邊定期交流機制，並擇定優先合作項目推動合作。

一、預見能源轉型與能源安全權衡議題：以德國因應烏俄戰爭之配套措施及相關政策與法規調整為鑑，持續強化我國能源轉型韌性

德國於 1970 年代為了應對石油危機與核能爭議，開始發展再生能源。隨後透過 2000 年發佈《再生能源法》(EEG)、2010 年發佈《能源概念 2050》(Energy Concept 2050)、2014 年實施《氣候行動計畫 2020》以及 2016 年《氣候行動計畫 2050》等政策與法規發展強化德國發展能源轉型及碳中和目標基石。由上述可知，在面臨能源危機與挑戰時，加速催化德國檢視與調整國家整體能源政策與法規發展。2022 年 2 月烏俄戰爭爆發，也強化德國能源獨立的決心，政府以各項政策與法規發展開啟德國能源轉型新里程，隨即於當年 4 月提出「復活節套案」改革電力法制，訂定 2035 年再生能源發電占比 100% 的目標；EEG 2023 被視為十多年來德國最大的能源政策法修正案，德國更將 2030 年再生能源占總耗電之比例將至少升至 80%。為使能源轉型目標穩健執行，德國亦針對能源安全部分執行相關舉措，例如：增建 LNG 接收站以多元化進口能源來源，擴大氫能市場佈建以因應未來氫能內需市場。故參考德國經驗，國家政策在立定明確願景與制訂長期穩定和傳導性的制度與市場框架條件過程中，須彈性調整相關配套措施及降低能源與相關資源來源依賴，強化能源轉型韌性。另為達成淨零目標預作準備，推動住宅部門

的去碳化，德國政府已透過規劃 2025 年後新建建物不設置天然氣管線方式以使住宅部門供熱基礎設施全部電氣化。此提前布局基礎設施作法亦可作為我國未來制度設計規劃之參考。

二、參考德國公私部門的合作與連結模式，促進與私部門對話及提升全民淨零轉型參與，並推動公正轉型

2022 年由於國際政治衝擊因素，促使德國能源價格飆漲。除了政府部門祭出一系列能源轉型相關政策及緩衝能源價格相關措施外，與私部門及民眾對話機制的運作以及提升民眾支持淨零轉型亦是德國政府所重視的區塊。以布蘭登堡邦政府為例，其表示再生能源發展過程中與開發當地再生能源基礎建設時，透過補助當地民眾幼兒教育補助等措施，開啟與當地民眾溝通管道並持續跟進與改善該機制。德國能源與水資源產業公會則指出，公會協助促進公私部門溝通同時，意識到整合大型企業與中小型企業意見與訴求差異的挑戰以及必要性。透過北德綠氫倡議 HY-5 參訪，可見透過邦政府建立氫能集群的合作模式，透過漢堡國際港阜貿易發展優勢，進一步帶動當地氫能生產與商業發展。綜上所述，企業與民眾對於淨零轉型的支持可成為政府協助國家朝淨零與再生能源轉型方向前進的重要基石。然從德國模式可知，擴大布建能源基礎建設以及佈局未來能源市場時，須持續考量當地民眾溝通平台建置以及整合內部企業因規模不同而提出的訴求，期藉由上述反映及需求納入淨零政策更新。

三、以具穩定電網之電力部門與儲能發展作為國家淨零轉型後盾，持續穩健擴大再生能源使用占比

德國能源轉型長期目標為轉換至一個以再生能源為主的能源系統，減少對化石燃料的依賴，自 1990 年代開始進行電力市場改革。BMWK 於交流中表示目前再生能源為德國主要電力供應來源，且電力供應安全高於其他先進國家(如：加拿大、美國、日本及英國等)；德國輸電系統營運商(50hertz)表示德國購電協議(PPA)雖受烏俄戰爭影響，然鼓勵更多企業投入綠電市場，並透過數位化服務提升綠電供應品質。為提升電力供應韌性，BMWK 於交流中提出「需求、儲存、再生能

源」三大彈性解決路徑，透過電轉液技術、電池及抽蓄發電等儲能方式以及再生能源規範等措施提升電力彈性，輔以電價差額補貼(FIP)制度提升電力市場交易穩定性。儲能部分，德國儲能系統產業協會於交流中表示在烏俄戰爭影響下電價飆漲影響下，刺激儲能的需求市場，2022 年民生用儲能市值 71 億歐元，較前年成長 61%。我國針對再生能源併網穩定性及儲能發展部分皆透過 12 項關鍵戰略訂定相關目標，未來我國將持續透過分散中心化電網風險、強化硬體設備穩定性以及預防斷電措施等強化電網韌性。期透過具穩定電網之電力部門與儲能發展作為國家淨零轉型後盾，持續穩健擴大再生能源使用占比。

四、展望未來氫能供應來源及應用多元化，持續跨部會/跨公私部門整合科研量能以布局及規劃氫能整體發展

藉由本次交流，可見德國欲發展氫能以協助國家淨零轉型的決心。BMWK 表示今年將修訂《國家氫能戰略》，規劃於 2031 年內以多輪招標支持發展氫能電解槽計畫，目標為每年建置至少 500MW 裝置容量，並於 2024 年執行首次大型海上電解槽招標；氫能進口基礎建設擴張、融資與監管；針對歐洲及國際市場的綠(藍)氫及其衍生物產品發展認證系統。此外，透過與哈芬和物流股份公司、H&R Ölwerke Schindler、北德綠氫倡議 HY-5、WAB、布萊梅港 Fraunhofer 氫能實驗室以及技術轉移中心 ttz 等單位交流，預見德國布局氫能應用技術涉及產業廣泛，其將持續透過整合公私部門科研量能迎接未來國內氫能需求市場，BMWK 表示預期德國未來 2030 年氫能需求量將達到 95-130 TWh，進口需求量則預計達到 45-90 TWh。故我國可持續關注德國《國家氫能戰略》更新動態，透過德國發展其氫能整合模式為借鏡，檢視我國可發展之氫能整合路徑，以生產、運輸、工業以及國際合作 4 大發展基礎方向，持續支持氫能科研發展。