

出國報告（出國類別：考察）

2017 年德國柏林能源轉型 合作交流訪問團出國報告

服務機關：經濟部能源局

姓名職稱：林局長全能

葉專門委員維煜(經濟部技術處)

陳科長炯曉

莊科員正璇

派赴國家：德國柏林

出國期間：2017 年 6 月 24 日至 7 月 2 日

報告日期：2017 年 9 月 12 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：2017 年德國柏林能源轉型合作交流訪問團出國報告

頁數 31 含附件：是 否

出國計畫主辦機關 / 聯絡人 / 電話

經濟部能源局 / 莊正璇 / (02) 27757618

出國人員姓名 / 服務機關 / 單位 / 職稱 / 電話

林全能 / 經濟部能源局 / 局長 / (02) 27757600

葉維煜 / 經濟部技術處 / 專門委員 / (02) 23212200#170

陳炯曉 / 經濟部能源局 / 綜合企劃組 / 科長 / (02) 27757714

經濟部能源局 / 莊正璇 / (02) 27757618

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：106 年 6 月 24 日至 7 月 2 日

報告期間：106 年 9 月 12 日

出國地區：德國

分類號/關鍵詞：德國能源轉型、Energiewende、德國再生能源發展

內容摘要：

經濟部能源局於今(2017)年 6 月 26 日至 30 日組團赴德國柏林，針對能源轉型政策與相關實務經驗、再生能源發展之支持性措施、氫能與燃料電池、智慧電網與儲能等議題進行交流訪問，並首次拜會德國經濟暨能源部，合辦「臺德潔淨能源轉型工作坊」。德國在台協會與我國駐德國代表處於去(2016)年底簽署《臺德能源轉型領域合作意向共同宣言》，本次交流訪問團為此宣言下之具體合作活動。

本次交流訪問團由經濟部能源局林局長全能率團，參與單位包括經濟部技術處、行政院原子能委員會核能研究所、台電公司綜合研究所、工業技術研究院綠能與環境研究所及台灣經濟研究院等共計 12 位團員，並由臺北駐德國代表處經濟組陪同參訪包含德國復興信貸銀行 (KfW)、柏林能源機構 (BEA)、德國能源署 (dena)、氫與燃料電池科技國家組織 (NOW)、Agora Energiewende 智庫、德國聯邦經濟

事務暨能源部、西門子、50Hertz 等 8 單位。

德國為達成在 2022 年廢除核能之目標，積極發展再生能源，其 2016 年再生能源已達總發電量之 30%；我國近年亦積極推動能源轉型，並宣示於 2025 年前達成「非核家園」目標，同時提高再生能源發電占比(由 2016 之 4.76%提高至 20%)，以促進潔淨能源使用並強化能源安全。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。

本次交流訪問目的即為透過兩國針對能源轉型政策與實務及能源發展趨勢之對話，增進雙方各能源領域之實質合作機會。雙方在能源轉型道路上可以相互合作，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，以攜手共同邁向低碳經濟之未來。

目 錄

壹、出國目的與行程概述	1
貳、參訪活動紀要	5
一、德國復興信貸銀行(KfW)	5
二、柏林能源機構(Berlin Energy Agency, BEA)	7
三、德國能源署(Dena)	10
四、氫與燃料電池科技國家組織(NOW)	11
五、Agora Energiewende 智庫	13
六、德國聯邦經濟事務與能源部：「臺德潔淨能源轉型工作坊」	14
七、西門子股份有限公司	20
八、50Hertz 公司	23
參、參訪心得與建議	28

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前（2015）年及去（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各界產官學研，針對能源議題進行對話與交流。

去(2016)年在臺德雙方的積極推動下，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）於 12 月 21 日上午在臺北代表簽署《臺德能源轉型領域合作意向共同宣言》，雙方同意未來在此共同宣言基礎上，持續尋求共同關切議題，並進行能源轉型政策分享、資訊交流與人才互訪與培訓等合作，攜手推動能源轉型。此外，也期促成能源技術及商業合作，強化雙邊互補互利的伙伴關係，並擴大能源多元化、能源效率與潔淨能源之發展。

雙方同意於今（2017）年安排臺灣訪問團訪德，以具體落實《臺德能源轉型領域合作意向共同宣言》下之合作活動。經與德方協商後，今年度共籌組 2 次訪問團，第 1 團於 5 月 16 日至 19 日赴德國布萊梅，針對離岸風力議題、相關港口基礎建設及運籌產業等與德方交流。本團為訪德第 2 團，於 6 月 26 日至 30 日赴德國柏林進行考察，以能源轉型政策與相關實務經驗、再生能源發展之支持性措施、氫能與燃料電池及智慧電網與儲能等議題為雙方交流重點，並出席與德國經濟暨能源部合辦之「臺德潔淨能源轉型工作坊」。

本次交流訪問團由經濟部能源局林局長全能率團，參與單位包括經濟部能源局、經濟部技術處、行政院原子能委員會核能研究所、台電公司綜合研究所、工業技術研究院綠能與環境研究所及台灣經濟研究院等，共計 12 位團員赴德國柏林進行參訪交流，並由臺北駐德國

代表處經濟組陪同參訪。

德國為達成在 2022 年廢除核能之目標，積極發展再生能源，其 2016 年再生能源已達總發電量之 30%；我國近年亦積極推動能源轉型，並宣示於 2025 年前達成「非核家園」目標，同時提高再生能源發電占比(由 2016 之 4.76%提高至 20%)，以促進潔淨能源使用並強化能源安全。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。

本次交流訪問目的即為透過兩國針對能源轉型政策與實務及能源發展趨勢之對話，增進雙方各能源領域之實質合作機會。雙方在能源轉型道路上可以相互合作，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相關計畫的第一手資訊，本局針對我方想瞭解之議題，包含能源轉型政策與推動實務、再生能源發展之支持性措施、氫能與燃料電池、智慧電網與儲能等，安排訪問相關機構：德國復興信貸銀行(KfW)、柏林能源機構(BEA)、德國能源署(dena)、氫與燃料電池科技國家組織(NOW)、Agora Energiewende 智庫、德國聯邦經濟事務暨能源部、西門子、50Hertz 等 8 單位。詳細行程安排與參訪重點說明如下：

日期	時間	單位	參訪重點摘要
6 月 26 日 (一)	上午	德國復興信貸銀行(KfW)	● 瞭解 KfW 如何配合德國國家政策，協助提供大型與家戶綠能裝設融資，並分享其專案融資經驗與模式。

日期	時間	單位	參訪重點摘要
	下午	柏林能源機構 (BEA)	<ul style="list-style-type: none"> ● 瞭解 BEA 推動屋頂太陽能、建築能源效率及分散型熱電複合(CHP)之運作模式，及其重點活動和計畫推動成果，以思考我國未來可行發展模式。
6月27日 (二)	上午	德國能源署 (Deutsche Energie-Agentur, dena)	<ul style="list-style-type: none"> ● 探討 dena 如何協助德國近期能源轉型相關政策與計畫之推行，瞭解德國推動國際能源合作現狀與策略，並尋求臺德務實合作之契機。
6月27日 (二)	下午	氫與燃料電池科技國家組織 (National Organisation Hydrogen and Fuel Cell Technology, NOW GmbH)	<ul style="list-style-type: none"> ● 瞭解 NOW 目前主要職掌與其在協助德國聯邦交通與數位基礎設施部 (BMVI) 之角色。例如協助該部協調與管理「國家氫與燃料電池技術創新計畫」(NIP)，以及電動汽車示範區計畫等。 ● 藉由參訪瞭解德國在這些領域之技術與試驗進展，並尋求科研合作機會。
6月28日 (三)	上午	Agora Energiewende 智庫	<ul style="list-style-type: none"> ● 瞭解其目前執行重點計畫、其針對能源轉型之研究與擬定策略、以及相關計畫之實施經驗與成效。
	下午	德國聯邦經濟事務與能源部 (Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, BMWi)	<ul style="list-style-type: none"> ● 參與「臺德潔淨能源轉型工作坊」，以探討德國近期能源轉型相關政策與計畫之推行情形，側重再生能源、智慧電網與儲能等議題。 ● 藉由臺德官方對話交流，共同激盪能源轉型解決方案，並思考臺德合作潛力領域與策略。
6月29日 (四)	全日	西門子股份公司 (SIEMENS AG)	<ul style="list-style-type: none"> ● 瞭解其能源業務，包含天然氣渦輪機組發展、能源自動化與電網、再生能源等相關技術發展與實務經驗。

日期	時間	單位	參訪重點摘要
6月30日 (五)	全日	50Hertz Transmission GmbH	<ul style="list-style-type: none"> ● 該電網公司為 WindNODE 計畫之主導廠商，我方希望瞭解德國東北部智慧能源整合計畫之推動策略與進程規劃。 ● 瞭解 50Hertz 如何因應再生能源之間歇性，並維持其電網之穩定，以及德國能源政策如何影響電網規劃與輸電業發展。

貳、參訪活動紀要

一、德國復興信貸銀行(KfW)

本次會談由 KfW IPEX-Bank 之電力、再生能源與水力組組長 Peter Schäfer 先生應邀至臺北駐德國代表處進行簡報，說明 KfW 在德國國內外以融資推動能源轉型，特別是再生能源之發展經驗。德國復興信貸銀行(KfW)集團由德國聯邦政府於 1948 年創立，為德國最大的銀行，設立之目的在透過 KfW 辦理協助促進國家發展之投融資業務，並推動環境與氣候保護。該集團目前由聯邦政府持股 80%，各邦政府持股 20%，銀行總部位於德國法蘭克福，並在柏林、波昂及科隆設有分支，而其代表辦公室遍布世界各地，如在新加坡及亞洲許多開發中國家。

KfW IPEX-Bank 係該銀行集團下一獨立的商業銀行(commercial bank)，專注於國際計畫與出口融資，協助政府從事開發中國家推廣能源轉型計畫，惟其資助的計畫中必須有「德國元素」之存在，亦即要有德方/商參與其中，進行出口或從事商業活動。KfW IPEX-Bank 下亦設立運輸、再生能源等不同子部門，推動相關融資業務。

Schäfer 先生簡述德國能源轉型之主要目標包含：(1)2022 年前核能除役；(2)長期轉換至一個以再生能源為主的能源系統；(3)大幅減少家戶、工業及運輸等部門之能源消費。德國對於再生能源目標的推動與達成正在穩定軌道上，2015 年再生能源佔總電力消費達 32%。在支援措施方面，主要為 2000 年德國《再生能源法》(EEG)，引進躉購費率(Feed-in Tariff, FIT)制度，規範電網公司將再生能源裝置優先併網之義務，並保證再生能源電力 20 年收購費率，然實際推動後，近年來因成本增加、再生能源市場漸趨成熟、產電成本降低，並且急需整合再生能源進入電網與維持電網穩定等因素考量，2017 年修正版的《再生能源法》已針對大型風能、太陽光電及生質能融資計畫改推行全面競爭性拍賣制度(Auction System)，將有助於降低再生能源發電補貼金額，並利於區域電網與再生能源推廣之整體規劃。今年透過

競標制度離岸風力已有得標金額為 0 元之案例，其代表競標者認為建置該風場即使完全不需要額外的政策補貼，也可以順利營運及獲利。

2012-2016 年間，KfW 投入 1030 億歐元用於能源效率及再生能源產熱發電等融資計畫，以支援德國政府達成能源轉型及氣候保護目標。KfW 並推行「離岸風電計畫」，目標為協助德國政府加速離岸風電之布建、市場建置與能源改革。KfW 的離岸風電計畫運用專案融資 (project finance) 模式，提供長期穩定的資金，作為國際聯合貸款的一部分，根據不同的融資方案，放貸金額可達到計畫借款之 50% 或 70%，其特色為無追索權融資 (Non-recourse financing)，且授信條件與市場條款一致 (如保證金、服務費及抵押品等)。Schäfer 先生亦介紹該銀行之「再生能源計畫」，為再生能源電力裝置投資之貸款，分別針對再生能源發電、再生能源產熱、太陽能儲能電池系統、及前述離岸風電等設有不同融資方案，特色是透過轉借 (on-lending) 的方式提供其他融資夥伴具彈性的還款期限，以及通常低於市場利率的融資資金，以協助促進再生能源發展，並維持 KfW 之放款中立性。

最後 Schäfer 先生分享 KfW IPEX-Bank 從事歐洲離岸風電融資業務之經驗，他表示要鼓勵綠能融資，強力的政治支持與穩定的政策架構扮演重要角色，他以西班牙為例，該國初期亦採用躉購費率，由政府財政支出補貼，但推行不久後就因龐大財政負擔而政策轉向減少保證收購價格，這對相關投融資業者造成極大的傷害；制度設計的細節與投資計畫的架構，如確定的併網規劃與可獲利的電力購買契約，也是影響融資評估的關鍵。躉購費率制度適合啟動離岸風力市場之發展，透過該制度，歐洲風電計畫之資金成本顯著降低，並帶動發電成本之降低。目前也觀察到離岸風電計畫融資限期延長、資金放貸槓桿加大、債務成本也顯著降低。

對於我國推動離岸風電目標 Schäfer 表示樂觀，臺灣已設立 20 年保證購買之躉購費率 (FIT)，雖然一開始必需付出較高的裝置成本，但隨著相關產業習得離岸風電建置經驗，每單位 (MW) 裝置成本將逐

漸降低，而其中關鍵在於(1)地方基礎建設必須建立，併網規劃需要事先確認；(2)確保計畫可以持續流暢推動，除了建置風場及營運可能的風險外，執造、許可證、土地使用權及保證購買費率等不應是風險來源；(3)計畫必須最佳化資金成本，降低資金成本的方式包括發行債券及股本投資(equity capital)。此外目前觀察到臺灣的銀行放貸期間通常少於 7 年，較長的還款期限也是最佳化資金成本的要件；(4)融資與計畫回饋使用貨幣不一致是待解的問題，因風電計畫回饋採台幣計價，然而長期的融資債務則是以外幣計價，造成匯差風險，未來也許可思考結合地方金融機構與國際風險承擔機構(如出口信貸機構)以消彌貨幣風險，KfW 曾經運用此方式為臺灣陸域風力提供融資。



二、柏林能源機構(Berlin Energy Agency, BEA)

1992 年在德國政府的倡議下，柏林眾議院同意由柏林邦政府(Federal State of Berlin)、Vattenfall 歐洲電力公司(Vattenfall Europe Wärme AG)、GASAG 德國柏林天然氣集團(GASAG Berliner Gaswerke Aktiengesellschaft)、德國復興信貸銀行集團(KfW Bankengruppe)等均分股份合組柏林能源機構 (BEA)，以關注永續性議題，並將政府政策落實於經濟社會與群眾之中。其主要業務包含開發與實施現代能源管理理念；公司部門客戶的能源管理與節能策略諮詢；挖掘節能潛力；承包服務；國際知識 (know-how) 移轉等。其重點活動和計畫則包括熱電聯產、再生能源、節能照明系統、節能夥伴關係、培訓措施等，以及如何開發這些計畫，以降低客戶的能源成本和碳排放。

顧問主管 Achim Neuhäuser 先生針對德國與柏林能源效率及能源服務之架構進行簡報說明。其表示，德國能源效率法規以歐盟框架為指導準則。歐盟〈2030 年氣候及能源框架〉(2030 Climate & Energy Framework)中明訂減少溫室氣體排放量、再生能源之最終能源占比、能源效率提升之目標。歐盟〈能源效率指令〉(Energy Efficiency Directives)則明訂公部門採購能效商品與服務之義務及相關能效標準，更於 2016 年底的修正版中，更新能源效率目標為在 2030 年前總初級能源供給較 2005 年減少 30%。德國政府則以〈能源概念〉(Energy Concept)作為國家準則，以 1990 年為基期，訂定至 2020 年二氧化碳量減少 40%，2025 年減少 80%至 90%；初級能源消費部份以 2008 年為基期，2020 年減少 20%，2050 年減少 50%。配合 2022 年全面廢核的能源轉型政策，2011 年將有 8.5GW 的核能裝置容量除役，2022 年剩餘的 11.5GW 除役，為了彌補缺少的核能發電(約佔原發電容量之 20%)，因此能源效率的提升尤為重要。在市場架構方面，目前德國的能源市場，包含發電、傳輸、配電，已全面自由化。

Neuhäuser 先生並分享柏林的能源服務案例。柏林城市人口正膨脹成長中，預定在 2020 年前達成德國碳排減少 40%的減碳目標，但該市並不適合風力和水力發電，太陽能則有很大的發展潛力。且因推動能源效率措施常見空間、資訊、動機等之缺乏、投資成本高等障礙，更需要能源服務業(ESCO)的介入，藉由第三方提供能源效率知識之應用與財務風險移轉，來協助推動整體能源效率之提升。目前德國的能源服務業有 3 種模式，含能源營運承包(Energy Operation Contracting, EPC)、能源供應承包(Energy Supply Contracting, ESC)及能源績效承包(Energy Performance Contracting, EPC)，市占率分別為：

- (1)能源營運承包(Energy Operation Contracting, EPC)：針對顧客現有的能源設備，由能源服務公司負責能源供應相關之營運、維護及管理，以達到最佳化能源供給成本之承包方式，能源服務公司收取提供能源的相關費用，EPC 之德國市占率約

5%。

(2)能源供應承包 (Energy Supply Contracting, ESC)：由能源服務公司負責提供顧客所需之能源供應(如冷、熱系統、電力)，並包辦能源生產系統之規劃、融資、設置、營運及後續維護等，透過結合高效率的技術，以 BEA 為例是熱電聯產(CHP)，提供顧客穩定且價格合理之能源供應。ESC 之德國市占率約 85%。

(3)能源績效承包 (Energy Performance Contracting, EPC)：能源服務公司針對顧客現有之能源供應系統提出節能措施計畫，並依據節能計畫執行，升級顧客之能源系統。此種模式的好處是，顧客不需投入額外成本以達成供應系統升級，雙方將利用契約期間節省能源減少之支出以支應系統升級成本，並提供能源服務公司報酬。EPC 之德國市占率約 10%。

Neuhäuser 先生並分享該公司在 ESC 有關熱電共生與太陽能的應用於歷史建築住宅群 (GeWoSüd) 計畫、醫院、公共建築、批發市場、一般住宅等成功案例。在 EPC 方面，其主要客戶為公部門 (如行政單位、學校、運動設施、監獄、文化中心) 及醫院等。目前 BEA 運用技術包括微型熱電共生(Micro-CHP)、三聯產(Trigeneration)，並發展太陽能冷卻(Solar Cooling)，目前 CHP 技術在德國市場已成熟，而太陽能冷卻目前成本雖比壓縮式冷卻高，但他認為太陽能冷卻在長期具有太陽能源供應之低(邊際)成本優勢。

國際合作方面，該公司已執行墨西哥市能源管理合作計畫，並在布宜諾艾利斯一公立醫院中建置熱電共生廠的試驗計畫。Neuhäuser 先生並表示(1)能源服務是克服節能投資限制的重要工具；(2)能源服務可以顯著降低能源消耗，提高能源安全；(3)根據當地情況進行定制廣泛的能源服務是可行的；(4)ESC 因較易實施，是最常見的能源服務類型；(5)推動能源服務需要強大的法律和融資支持；(6)ESCO 創造新的工作/確保就業。

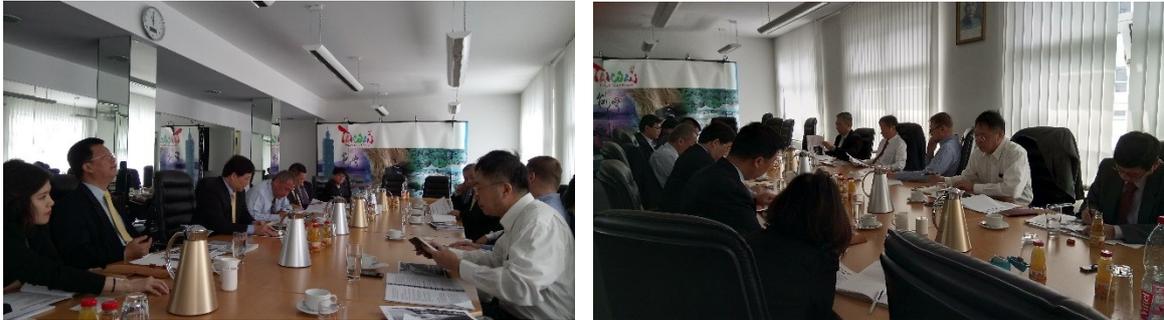


三、德國能源署(Dena)

德國能源署作為「能源轉型的職能機構」，在德國本土和國際上制定並落實解決方案，以為達到能源轉型和氣候變化政策的目標作出貢獻，因此跨越各行業界別，匯集德國政治和經濟界的合作夥伴進行合作。該署專注於建築、電力、交通等能源消耗部門，與能源生產、儲存、聯網及數位化等能源議題。工作項目包含推行試驗計畫，為利害關係者提供諮詢，為推廣機構提供培訓，為消費者提供資訊，搭建關係網絡，鼓勵國際交流與研究未來情境等。

再生能源及能源效率移動性資深專員 Thomas Wenzel 先生應邀至臺北駐德國代表處簡介 Dena 之組成與工作任務，該機構為德國聯邦政府持有 50% 之股份，主要由經濟暨能源部主導，並與其他政府部門合作，其他股東包含 KfW Group，Allianz SE，Deutsche Bank AG 及 DZ Bank AG 等。該機構組成包含 4 大支柱：能源效率、智慧能源系統、利害關係者溝通平台及國際活動。Wenzel 先生並逐一簡介該機構推動之計畫，包含提供德國經濟暨能源部能源政策顧問服務、彈性電網研究、整合能源轉型試驗計畫、電轉氣策略平台、生質能源夥伴、能源轉型對話、能源解決方案計畫、中國能源效率建築、烏克蘭能源效率住宅等。其並總結該機構提供的服務：(1) 在能源效率建築方面，提供不同商用與住宅建築物試驗與改建服務、專家諮詢、溝通與人脈網絡連結，並且推動能效建築與生態城等國際合作案。(2) 在能源系統及能源服務方面，則關注能源市場、基礎建設及基本條件與整合性

開發；提供融資策略服務、能效產品及彈性的終端能源消費；開發跨部門系統解決方案；促進能源產業之數位化。(3)在再生能源及能源效率移動性方面，則藉由創新來形塑能源轉型、開發市場、建立示範計畫及技術移轉。



四、氫與燃料電池科技國家組織(NOW)

亞洲區計畫經理 Lucia Seißler 分享德國氫與燃料電池科技國家組織(National Organisation Hydrogen and Fuel Cell Technology, NOW GmbH)推動運輸部門能源轉型之實務經驗。NOW 為 100%由德國政府獨資成立之機構，主管單位為德國聯邦交通和數位基礎設施部。該機構目前主要任務為協助德國政府執行「氫與燃料電池國家創新計畫」(National Innovation Programme for Hydrogen and Fuel Cell Technology, NIP)第 1 期及第 2 期、「區域電動車模型計畫」(Electromobility Model Regions programme)及協調發展替代燃料基礎建設(電池與氫能電動車)。其組織目標在於為市場進行準備，在執行上述兩個計畫時除了進行研發工作，主要著重於支援實證計畫。主要研究領域為氫能及燃料電池科技、氫能移動(Hydrogen Mobility, 含各式氫能交通工具等)、加氫站網絡發展、燃料電池的熱電技術及燃料電池發電系統、電動車電池技術、充電站基礎建設等。

在氫與燃料電池科技資助方面，NIP 第 1 期計畫(2007-2016 年)是為了市場作準備整合型策略，投入 14 億歐元從技術面(元件、子

系統、系統和產品)、應用(成本、可靠性、耐用性)、市場(客戶接受度、安全性、核可與認證)等方面推動氫能與燃料電池技術，且藉由 NOW 的推動與協調，已完成 4 個大型展示計畫，包含(1) CEP：運用 FCEV 燃料電池電動車(公車及汽車)與布建 50 個加氫站；(2) callux：於住宅區設置近 500 燃料電池加熱裝置；(3) e4ships：於船隻上測試燃料電池電力供應系統；(4) clean power net：特別市場之建置，於 250 處地點確保連網/離網電力供應系統。第 2 期計畫(2016-2026 年)將從研發與市場啟動兩方面並行推進。研發包含基礎研究、應用研究及示範計畫，目標要達成成本下降；市場啟動方面則著重氫能運輸、再生能源產氫、氣電共生等裝置量與規模經濟，期望能創造領導市場與領導廠商。預期公司部門將分別投入 14 及 20 億歐元推動第 2 期計畫，目前正處於在公開徵求相關計畫申請案件之程序中。此外，為補助燃料電池研究亦有 KfW 第 433 號新計畫，以協助燃料電池加熱系統進入市場作準備。

在電動車資助方面，2015 年德國聯邦交通暨數位基礎建設部(BMVi)已制訂相關規範，針對電動車輛購買、充電基礎建設、研究開發等計畫進行補助。在協調發展替代燃料基礎建設方面，德國政府訂有加氫站建置時程表，2020 年前期達成 100 座加氫站之目標，2025 年前達 400 座，2030 年前達到 1000 座，開發商業市場，目前由 H2 Mobility 組織協助加氫站建置之推動。亦推行風力轉氫能計畫、漢堡電轉氣計畫等。BMVi 亦推出「充電基礎建設資助計畫」(2017-2020 年)，目前亦接受計畫案申請中。

此外，NOW 亦協助政府推動政治與規範架構，以達成運輸部門終端能源消費減量及減少碳排之目標，故推動替代燃料的使用與氣候友善運輸選擇方案。BMVi 並已提出氣候友善重型運輸發展藍圖，希望推動氫能燃料電池、LNG 及以電力為燃料之運輸技術發展。Seißler 並表示，展望未來，為了推動一個整合型的能源系統，必須深入研究現行規範，並大力革新，故該機構將協助開建構以再生能源為基礎的

〈2050 整合性能源概念〉(Integrated Energy Concept 2050, IEC 2050)，並且在 NIP 項下推動水電解質工業化研究，以使用氫能作為永續的交通、能源、熱能來源。



五、Agora Energiewende 智庫

Agora Energiewende 由 Stiftung Mercator 基金會及歐洲氣候基金會 (European Climate Foundation) 設立，旨在協助德國電力部門進行能源轉型，亦密切觀察其與歐洲、暖氣部門及運輸部門的互動情形。此智庫組織為各種發展再生能源的途徑提供有效的科學分析，並清晰指出各個選項可能產生的結果，提供予德國政策決策者參考。Agora 議會 (Agora Council) 提供選定之政策決策者、私部門及公眾部門的策略性人物、研究者及其他意見領袖對話平台，透過公開及可信的討論凝聚共識，以研討達成能源轉型的具體任務及其執行次序。

Philipp Godron 先生簡報對德國能源轉型見解。其表示，德國能源轉型意味著從根本改變電力系統，目標為廢除核能、減少溫室氣體排放、發展再生能源並提高能源效率。且在 2016 年 5 月 8 日下午 1 點德國創下最高再生能源發電占比達 86.6% 之紀錄。德國能源轉型第一階段 (2000-2016 年) 期間，再生能源已成長為 5 倍，核電減半，化石燃料能源 (煤，天然氣) 保持不變。2016 年電力占比中，再生能源為 29.5% 位居第一，天然氣發電成長中，但褐煤和硬煤合計仍占 40%。目前德國正處與穩定達成其再生能源目標的軌道上。2016 年溫室氣體排放較 1990 年排放減量 27%，過去兩年碳排放微量上升是由於產熱、運輸及工業部門減排不足。先前電價雖有顯著成長，但自

2013 年以後，住宅用電價相對穩定無波動。對於工業部門，能源成本平均僅占其產值的 2%。德國能源轉型立基於全民共識，公眾會討論探討如何具體推動能源轉型實務。

近來，特別是風力和太陽能發電技術成本已大幅下降，與其他新建電廠相較具價格競爭力，未來立基於風力與太陽能的新電力系統將有很大的改變，且因可採用具有彈性的需求面管理、儲能科技、電熱運輸部門等整合策略，故將不再需要基載容量。未來德國將建設北(風)電南送之系統。此外，分散式發電 (decentralization) 亦為重要的結構性元素以確保彈性。Godron 先生特別提到為了達到減排目標，德國需要廢除燃煤電廠，而燃煤的發電占比將由太陽能、風力、天然氣所補足。為了讓廢除燃煤電廠造成的結構性改變帶來最小的影響，德國政府推動相關的公眾討論，預計將在 2040 年前完成所有燃煤電廠的除役。Godron 先生並簡述歐盟能源及氣候相關政策目標，Agora 亦提出 2030 年能源政策目標 (永續性、競爭力及能源供應安全) 的提案，期於 2030 年前至少減碳 60%、工業和住宅部門能源成本、系統平均停電時間指標 (SAIDI) 維持在 20 分鐘以內與減少 10% 及降低能源進口依存度。



六、德國聯邦經濟事務與能源部：「臺德潔淨能源轉型工作坊」

德國聯邦經濟事務與能源部 BMWi 為德國政府部門之一，組織宗旨在振興社會市場經濟，保持創新及強化德國社會結構。BMWi 具備必要的立法、行政及協調授權能力。在經濟事務方面，BMWi 致力於促進公私部門投資、建立適於領導市場及尖端科技之工業政策及科學性基礎建設、確保德國基礎建設未來的適用性、協助德國企業

國際化並吸引國外投資、整合勞工及各專業技能；在能源方面，BMW則著重於能源改革，除了平等衡量氣候變遷與環境永續議題，也確保能源供給及可負擔性，兼顧成本效能與經濟效率。BMW管轄能源轉型、再生能源、傳統能源資源、電網及電網擴張、未來電力市場、能源效率、能源研究、歐洲與國際能源政策，以及建築部門之能源轉型等 9 項能源事務。

本次造訪德國德國聯邦經濟事務與能源部參與「臺德潔淨能源轉型工作坊」，就能源轉型事務進行經驗分享與交流。

（一）我國能源政策與措施概觀

陳炯曉博士簡述我國能源政策與措施。臺灣因缺乏自產能源，98%能源依賴進口、能源結構化石能源占比達 90%、電力為獨立系統，面臨民眾對核安疑慮及核廢料處理爭議，臺灣能源轉型將更為迫切。2015 年我國通過「溫室氣體減量及管理法」，訂定 2050 年國家溫室氣體排放量較 2005 年減少 50%以上，同時亦也宣布我國溫室氣體國際減量承諾為，2030 年排放較 BAU 下降 50%(相當較 2005 年下降 20%)。2016 年以「能源安全」、「綠色經濟」、「環境永續」與「社會公平」四大核心思維，全面推動包含節能、創能、儲能及智慧系統整合之能源轉型政策，以期實現 2025 年非核家園目標。

此外，為建構安全穩定、效率運用、潔淨環境之能源供需體系，並因應國際減碳趨勢，我國政府亦訂定提升能源效率及溫室氣體減量之目標，以系統性、結構性之架構全面推動節能減碳，經近 10 年積極推動，能源(含電力)使用已逐步與經濟成長相對脫鉤，能源密集度顯著改善。

我國並成立行政院能源及減碳辦公室推動能源轉型相關事務並進行部會之間的協調，目前已建立跨部會之主題工作組進行合作。為加速推動能源轉型，我國規劃重點策略措施包含：

1. 節能：推動節能極大化，推動包括全面性之車輛及用電器

具能源效率管理、強制性能源密集產業能源效率管理、指定能源用戶節能規範、啟動全民節約能源-智慧節電計畫等，全面性及強制性之節能。

2. 創能：全力發展再生能源(現階段發展重點為太陽光電、風力發電等)。自 2010 年已四度調高再生能源目標，訂定 2025 年再生能源裝置容量累計達 27,423MW、發電量占比達 20% 之目標；同時，擴建 LNG 輸儲設施擴大天然氣使用，穩定開源並擴大需量管理，確保供電穩定。
3. 儲能與智慧系統整合：建構完善多元化電力系統與發展之基礎設施，如推動智慧電網布建計畫、發展儲能系統等。
4. 電業改革：完成電業法修法，已於 2017 年 1 月 24 日公布實施，建立「綠能先行、多元供給」的電業制度，開放再生能源電力市場以及引進消費者購電選擇，以提供有利再生能源等綠電快速發展外，也提供綠能產業相關的投資、研發與就業能夠蓬勃發展的法制條件。

(二) 德國能源轉型簡介

Martin Schöpe 博士說明德國為了減少對能源進口的依賴、推動經濟成長和就業創新、減少碳排放量並達到氣候保護目標、追求永續性和經濟層面的雙贏、與逐步淘汰核能發電，故而推動能源轉型。德國自推動能源轉型以來，再生能源的擴張使用已成功降低該國能源進口依存度，而強調能源效率第一、再生能源的直接使用與部門耦合構成能源轉型最重要的核心三角要素，需要市場及系統整合、能源研發及相關能源氣候政策之支持來推動。德國的能源轉型制訂明確的目標，並且是根據公眾接受度的透明、長期策略。在能源效率及能源生產力方面，在 2050 年前，期提高 2.1%最終能源生產力；以 2008 年基準，減少 50%初級能源需求；以 1990 年基準，碳排放量降低 50%。採用能源效率措施將有助於經濟成長與能源消費的脫鈎，故德國制訂「能

源效率國家行動計畫」(National Action Plan on Energy Efficiency, NAPE)以推動能源效率之提升。

而德國能源轉型在政治層面上有完整的組織架構負責推動與督導，在聯邦政府與各邦政府間進行協調合作，實際負責主導單位則為聯邦經濟暨能源部，下設 5 個利害關係人平台（包含電力市場、能源效率、能源電網、建築、研發）以利充分對話交流、凝聚共識。此外，並藉由發佈每年度監管能源轉型報告提供能源轉型成果之佐證概況。2017 年版《再生能源法》(EEG) 引進新設發電裝置的競標制度，以期達到成本效率、多元化提供者及數量管控之目標。目前風力和太陽光電裝置容量都穩定成長，未來迫切的挑戰是如何讓電力市場可以整併高占比的再生能源發電，並提高電力市場的彈性。

在減碳方面，Schöpe 博士提到全球化石燃料資源豐富，各國的碳預算則非常有限，經由科技的創新有助於碳排放的減量，德國 NAPE 節能措施的推行將有助於減少能源的使用，其並特別強調資訊、支援措施與法規設計三者間的平衡，才能有效推動節能政策。其並非常看好建築能源效率的提升有助於住宅用戶節能與節省能源成本。此外，目前德國再生能源使用在電力、產熱及製冷、交通運輸部門皆有成長，但以電力部門成長最速，連結供應端與需求端的電力傳輸則為一大挑戰。除了要確保有更多的彈性外，亦要確保整個能源系統的供應安全。

（三）德國再生能源來源

Konrad Hölz 先生簡介德國再生能源電力現狀，2016 年總發電量 650TWh 中，再生能源占比已達 30%，取代傳統燃料成為最大宗電力來源。德國持續藉由政策支援措施的開發來推動再生能源穩定成長：如 1990 年「千屋太陽能計畫」、1991 年電力 FIT 法案、2000 年《再生能源法》(EEG)、2010 年〈能源概念〉、2014 年《再生能源法》修正、2017 年《再生能源法》再修正。

在 2013-2017 年德國執政黨任期院會中執行「10 點能源計畫」，其一便是 EEG 之修訂。2017 年版 EEG 改推競標制度，包含陸上及離岸風電、PV、生質能等再生能源來源，並已針對不同來源分別制訂期程與裝置目標。在第一輪拍賣中，陸上風電共有 256 標案投標總計達 2137MW 裝置容量，最後 70 案得標，裝置容量達 804MW。特別值得注意的是地方性市民合組之能源公司成功得標高達 67 案，完成期限為 2.5-4.5 年。在今年 8 月和 10 月會再推出 1000MW 的兩輪競標。而 4 月份結束的離岸風電拍賣有 4 案得標（3 案為 1380MW、1 案為 110MW），平均得標價格為 0.44ct/kWh，顯示風電成本之競爭力。去年試行多輪 PV 拍賣制度，每輪約有 150-200MW 之裝置容量釋出，投標量則約為 3-6 倍，目前去年 4 月中旬第一次的試行競標得標案件，已近 100% 實現屢約運作。預期 2018 年至 2020 年間每年將開放 400MW 不限科技（再生能源種類）之試驗拍賣計畫；2019 年至 2020 年間，每年則將推行 75MW 創新試驗拍賣計畫。

（四）數位化之重要性：智慧電網與智慧電表

Andreas Holzamer 先生認為數位化與能源轉型有密不可分的關係，能源轉型所面臨的挑戰需要現代化與數位化以輔助解決問題，尤其是針對需求供給數據的通訊部分，需將所有利害關係人連結到智慧電網中，並且需要智慧電表來支援智慧電網，以確保彈性、供需平衡、需量管理、能源效率、網絡監視、管理用電計量與計價。故德國推動能源轉型法案的數位化，期建造一個標準化的通訊基礎設施、設計確保資料安全與保護、創造投資誘因並確保消費者接受度。因此德國聯邦資訊安全辦公室（Federal Office for Information Security, BSI）負責與重要利害關係者進行對話，以推動數位化資料保護並建立技術準則，創建智慧電表閘道（Smart Meter Gateway）可作為一安全的通訊平台，整合自動化讀表、節能、彈性電價、智慧電網功能、智慧家庭應用程式等服務。且在資料通訊方面，要確保無歧視性/差異性的資料取得，並且將根據不同任務性質制訂資料回傳的時間間隔。

（五）德國的儲能

Nico Heinemann 先生表示現今能源儲存技術種類眾多且適合不同的個案應用，並能支援再生能源整合與系統轉型。儲能不但有助於提高彈性，更可彌補電力生產高峰與低峰間的電量落差，作為輔助服務以平衡電力、調節電頻及電壓，減少因地區電網壅塞而必須消減再生能源生產高峰之情形，並加速再生能源電力直接行銷。因此，需要全面性最佳化電力系統，未來的儲能將高度依賴電網擴張、彈性發電與彈性電力需求/需量管理，且因儲能技術與其他彈性選項有成本上的競爭，故需要政策支援相關研發。

短期內，市場環境不利於儲能發展，發展儲能成本不如其他提供彈性供電的選項，因此短期內德國不需要額外的儲能容量。然而要降低儲能成本，投入研發扮演重要角色；長期來看，因再生能源將占電力生產極高占比，將需要儲能技術來提供彈性與供應安全，儲能科技將扮演關鍵角色，故市場面將有利儲能發展。總結來說，為了發展儲能科技，必須確保儲能與其他彈性選項間無歧視的競爭條件才行。

（六）德國儲氫

Jochen Seier 博士介紹德國氫能發展現況，其表示，目前氫和燃料電池技術是一些研發計劃的重點，且德國聯邦部門間投入高達 0.8-1 億歐元，在此重要的技術領域進行強力合作，第一代的燃料電池應用已在市場上銷售，然而，現今發展，儲氫尚無法作為長期儲能的選項。Seier 博士並提及地下或地質氫儲存的可能性，如洞穴儲存（鹽或岩石）、多孔地層儲存等，需要仔細研究機械完整性和可能的化學反應，亦需爭取公眾的接受度。其並簡介德國目前進行中的幾個儲氫計畫，包含 InSpEE/InSpEE-DS、H2Store/HyINTEGER、ANGUS+/ANGUS II、HYPOS、Energiepark Maize、2023 年加氫站藍圖等等。而「氫能與燃料電池技術國家創新計畫」（National Innovation Programme on Hydrogen and Fuel Cell Technologies）為最重要的項目，支援氫氣生產和燃料電池技術的研究、開發與示範計畫，家用電器燃

料電池（微型 CHP）已可供商用，且自 2016 年以來受到家戶顧客支持而有利市場引進，預期 2017 年底前德國第一輛燃料電池車將可進入市場。

七、西門子股份有限公司

西門子股份公司是德國的一家跨國公司，其在電機和電子領域是全球業界先驅，並活躍於能源、醫療、工業及基礎建設與城市業務領域。西門子股份公司在能源領域涉足相當多層面，從壓縮機、渦輪、發電機到實體電廠、再生能源、電力傳輸、智慧電網管理、及創新能源儲存等都是西門子的業務範圍。

臺灣西門子總裁 Erdal Elver 先生首先就臺灣訪團來訪表示感謝之意，並簡介西門子公司現狀，該公司為專注於電動化、自動化與數位化等領域，以企業對企業（B2B）模式營業之巨匠。該公司關注永續議題，期於 2030 年前達到氣候中和，並對大趨勢、電子化、全球化、城市化、人口變遷及氣候變遷等議題持續表達關注，故推動永續能源、工業 4.0 及智慧基礎建設等項目。



（一）德國能源轉型中西門子的貢獻與推動心得

Hans-Peter Boehm 博士則介紹德國能源轉型中西門子的貢獻與推動心得。首先提及對於全球發電趨勢之觀察，因世界各國對於因資源稟賦之不同，皆面對不同的能源挑戰，但能源供應安全和可負擔性皆為關注重點，且分散式發電的重要性日益提升。COP 21 目標推動需

要強烈的轉型，例如用再生能源替代煤炭和低碳技術。停用燃煤、轉用天然氣電廠將促使碳排放量減半，但需將碳價訂超過 25 歐元/噸或等值法規才能協助推動。而長期低天然氣價格有利於天然氣發電和降低投資風險。而針對分散式能源系統的推動方面，目前天然氣和非傳統燃料之低成本與減碳目標、新技術（PV1、風力、儲能、CHP、燃氣機、水解器）競爭力、優惠的規範（補貼再生能源發電和節能措施）、再生能源取代化石燃料成為新建容量。而在能源轉型的推動過程中，西門子視低碳化為一大商機，並藉由提供現代化能源系統創新科技，如具彈性且高效率之 CCPP 電廠、零碳排放之風力發電技術、經由 HVDC 有效率及可靠之輸電、HVAC 再生能源連網、離岸電網連結、電轉氣設備、運輸電動化等技術、商品與服務，為能源轉型之推動盡一份心力。

此外，Boehm 博士並提及德國目前面臨的諸多挑戰。能源轉型補貼雖有效刺激對再生能源設施的投資，目前再生能源發電雖已超過 30%，但減排方面卻顯示停滯的狀態。且因不同再生能源來源不平衡的擴張已導致地方層次整合問題。電網需要大量擴建並且現代化，如果電網擴張不能跟上再生能力的擴張速度，則可能導致再生能源擴張延期。針對傳統電廠之投資急需退役補貼機制。而再生能源產量的成長也對化石燃料電廠之經濟收益及供應安全造成威脅等等。低電力批發價格（少於 30 歐元/MWh）不能為電廠運營商提供足夠的收入來源及激勵熱電廠之投資。

（二）西門子柏林燃氣渦輪機工廠

Christoph Suchanke 先生則介紹西門子電力與燃氣、電力生產部門與西門子在柏林 Huttenstrasse 的燃氣渦輪機工廠。該公司在此領域已累積超過 65 年之經驗，2015 年成立潔淨能源中心以測試元件；2016 年已輸出第 1000 架燃氣渦輪機組，在韓國、美國、澳洲、阿布達比等地皆有實績，各地多有合資夥伴。其並帶領訪團進行簡短的實地廠區參訪，觀看生產中、組裝中及測試中的渦輪機組元件。該柏林工廠

建立於 1904 年，為西門子氣渦輪機發電設備之主要組件生產與組裝工廠，見證德國渦輪機械技術衰敗與復興。該廠區內並設置西門子氣渦輪機測試設施，針對該公司各型渦輪發電機設計驗證或產品驗證測試，以保證發電性能符合設計。參觀過程中禁止錄音攝相。



（三）智慧電網

西門子能源管理部門 Eckardt Gunther 先生分享新能源思維。政治目標、突破性的技術發展、消費者行為改變等都帶動了能源系統的革新，如數位化和自動化、電力供應成長、分散式發電系統的增加與再生能源的擴張，目前仍處於革新起步階段。全球風電和太陽光電裝置容量成長，而再生能源價格迅速下降，對於電網商機部分，亦造成影響，未來更需擴張電網、整合再生能源、確保電力品質與供電穩定、強化網路安全，也因此帶來新的商業模式、解決方案與顧客群。西門子在此創新領域方面推動能源管理，應用 EnergyIP 執行從生產到消費的能源整合。該公司並執行動態電網控制中心研究計畫，Gunther

先生總結表示未來將會有更多風光、PV、電氣化與分佈式能源系統；部門耦合(sector-couplings)和能源存儲日益重要；數位化將是推動模擬、運營與市場整合的重要關鍵。

Stefan Mariel 先生則介紹該公司智慧電網應用與電網控制平台。該公司能源管理在 2017 財政年度中區分高壓產品、轉化器、傳輸解決方案、中壓及系統、低壓及產品與數位化電網。該公司投入許多研究人力於能源管理軟體及解決方案之研發，並認為數位化可以帶來無限商機，敏捷性更是成功的關鍵。整合平台策略的出現，將有助於減低風險並提高成本效益，並可無縫整合電網控制端與智慧電網應用程式，並提供電網控制和智慧電網應用程式使用之聯合（combined）雲端系統。因此該公司提供其客戶終端至終端的數位化服務。其並簡介該公司之雲端開放物聯網營運系統 MindSphere，及 EnergyIP 之應用，並強調全球皆有實證採用其服務。此外，西班牙 gasNatural fenosa 公司採用其先進分散式管理系統。

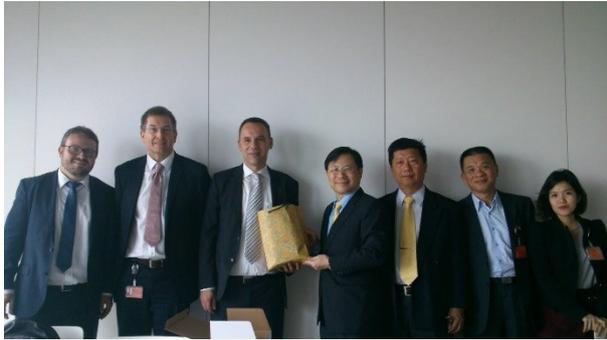
八、50Hertz 公司

50Hertz 公司負責德國北部和東部 380/220 千伏輸電網的運作、維護，規劃和擴建工作，其電網覆蓋面積大於 109,360 平方公里，長度約為 10,000 公里，提供 1800 萬人電力。

（一）Elia Grid International 公司簡介

Ricardo Barreto 先生說明 Elia Grid International（簡稱 EGI）為 50Hertz 和 Elia 之合資顧問服務公司，提供電力部門決策者如何管理與應對能源轉型諸多複雜性議題之諮詢，在全球各地已有實績，並且於近幾年內曾造訪臺灣，與工業技術研究院、能源局、台電公司、台灣經濟研究院等單位進行交流活動。其表示了解臺灣面臨能源轉型之諸多挑戰，如能源供應需求上升、電力供應安全日益受到關注、不同再生能源整合併網、需要發展能源效率計畫、重新建構能源部門，以

及解決融資問題。該公司對臺灣市場深感興趣。



(二) 歐盟市場整合及德國能轉型：50Hertz 公司經驗

Dirk Biermann 博士簡介該公司發展經驗。歐洲的電力供應 (ENTSO-E) 共分成 5 個同步 (地) 區，包含歐洲大陸、斯堪地那維亞半島、英國、愛爾蘭與波羅的海國家，合計 35 國、42 輸電系統營運商。50Hertz 為德國輸電系統營運商 (TSO)，供給德國東北部 1800 萬人用電。德國 TSO 主要任務即包含擁有輸配電網、營運系統、開發市場和管理因《再生能源法》(EEG) 而產生的現金流。而德國電力市場即使在短期商品項目也提供相當高流動性。

德國能源轉型核心要素包含：(1)2022 年前廢核；(2)動態發展再生能源 (EEG 2.0)，目標在 2025 年前，再生能源佔總用電量的 40-45%，到 2050 年前為 80%；(3)溫室氣體排放減量；(4)能源效率提升：到 2050 年前電力效率提高 50%；(5)電網擴張以傳送再生能源到德國南部的大型工業中心。再生能源在 50Hertz 電網服務區域內越來越重要，在 2016 年達到 48%，相較於德國全國才為 30%。故在電力系統中，面臨到許多挑戰：(1)因再生能源和分散式發電進一步增長導致了整個電力系統基本結構的改變；(2)需要提供電價競爭力，並彌補以前規定的無效率；(3)當前市場條件降低了傳統電廠的盈利能力；(3)需要採用法律架構和程序以跟上再生能源成長；(3)目前電網發展與再生能源成長間仍然存在差距；及(3)一般大眾對於能源轉型影響接受度有限 (如採用新基礎設施、提高成本等等)。然而，為了整合再

生能源，電網擴張是迫切的問題，德國立法機構已採取措施發展發展法治架構來推動並支持電網擴張。50Hertz 並有負責北海及波羅的海的離岸風場電網連結計畫，且在德國經濟暨能源部的支持下，由50Hertz 作為主要協調者執行 WindNODE 計畫，目標要以實際且可擴展的解決方案，有效整合 100%、甚至更高比例的再生能源電力，提高電網內部的彈性。



(三) 解鎖再生能源潛力

Barreto 先生和 Daniel Baumgartner 先生皆強調電力部門需要進化以將再生能源納入電力系統，而為了達到再生能源的整合與併網，需要明確的政策與目標、法律制度規範、電網及基礎設施、系統營運、市場設計、融資與新商業模式等多方面相輔而成，故需訂立策略目標、進行電力系統結構性改革與電力系統轉型。

首先，在策略目標方面，需要為建立一個具成本效益且以再生能源為主的電力系統量身打造相關政策，近期德國再生能源電力已越來越有競爭力，但仍需要大量資金投資來帶動綠能發展。第二，在電力系統結構性改革方面，從生產、輸配到零售電力等各層面應需引進競爭、提高電網的效率、允許私有化及新投資者、開放新進入市場者並且引進新的科技。整條能源部門的價值鍊都要進化與自由化，歐盟從1996年開始、2003年、2009年逐步推動電力部門改革，近期將推動第4次的改革，確保全面的電力市場設計與彈性、完善監測系統與客戶管理、建立區域型的營運中心、強化國家監管機構（National

Regulatory Authorities, NRAs) 及能源監管者合作機構 (Agency for the Cooperation of Energy Regulators, ACER) 之權力與角色。最後，在電力系統轉型方面，針對再生能源不同的滲透階段量身定做系統轉型方案，以確保電力供應安全穩定，如當再生能源電力占比小於 10% 時，應學習發展並運用預測技術、開發再生能源之資訊交換、計價與計算過程；但如再生能源電力超過 40% 成為主要電力來源時，則應開發需量反應機制、強化 TSO 和配電系統運營商 (DSO) 間的實時協調與合作。

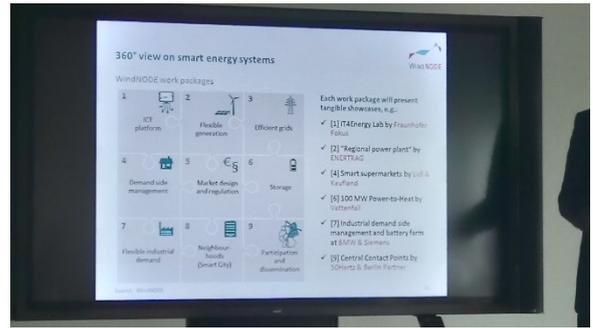
隨後 Fabian Georges 先生並安排帶領訪團參訪該公司之儲備控制中心，藉由完整清楚的面板顯示目前該公司服務地區範圍內的電力生產與輸送之即時數據與情形，以利清楚一覽當下各子調節中心與整個電力系統之運作，亦方便即時介入控制與干預。



(四) WindNODE 計畫介紹

Markus Graebig 先生表示德國能源轉型第一階段(2000年-2015年)已獲得極大成功，再生能源發電占比成長迅速，下一階段的挑戰便是整合更多間歇性的再生能源電力，因此德國聯邦政府在 Smart Energy - Digital Agenda for the Energy Transition (SINTEG) 計畫下，投入高達 6 億歐元、分別於 5 大地區、跨部會合作執行能源轉型數位化行動，執行間為 2016-2020 年，目標在電能、熱能和交通之間建立高效的再生能源聯動生產，未來 20 年實現 100% 再生能源使用。在 5 個智慧能源示範區計畫中，其一便是德國東北區的 WindNODE 計畫，由 50Hertz 作為主要協調者負責推動再生能源的併網，其他整體策略

規劃單位包括 Siemens 及 Stromnetz Berlin。此 WindNODE 計畫涵蓋 6 個邦、由單一 TSO（即 50Hertz）供應 1600 萬人電力，2016 年該區再生能源發電占比已超過 48%。此計畫包含 70 多個合作夥伴機構，以共同推動並處理大規模間歇性的再生能源發電問題，目標要提高整個電網的彈性、有效將再生能源電力整合進入能源市場 2.0、帶動擴散效應。



參、參訪心得與建議

德國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，積極帶動全球風向與推動國際合作，因此在推動與德國的合作需建立在實質意涵上，以務實推展雙方在能源政策、技術、產業等各面向之交流。

一、能源轉型之推動應建立穩定的政策與法治架構，配合訂立務實的階段性目標並彈性調整配套措施

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。2000 年發佈《再生能源法》(Renewable Energy Sources Act)，以躉購電價制度 (FIT) 刺激再生能源技術及市場的發展，至 2010 年發佈《能源概念 2050》(Energy Concept 2050)，作為德國能源轉型的基礎。2014 年實施《氣候行動計畫 2020》，訂定 2015 年至 2020 年的減碳行動；2016 年《氣候行動計畫 2050》則設定德國於 2050 年建立低排放的能源供給系統、以再生能源為主要能源，並預計於 2018 年調整各部門之減碳目標。過去德國各別處理再生能源、電力市場、能源效率、電網及數位化等能源政策，直至德國國會於 2016 年 7 月完成《再生能源法》修訂 (EEG 2017)、《電力市場法》(The New Electricity Market Act) 及《能源轉型數位化法》(The Act on the Digitisation of the Energy Transition) 等法案之修法，才以一個全面性架構整合能源政策的各個面向，進而開啟德國能源轉型新里程。

參考德國經驗，國家政策應有明確願景並制訂長期穩定和傳導性的制度與市場框架條件，逐步訂立階段性目標，並彈性調整相關配套措施，建立相關能源技術之投資的誘因，以創造經濟成長機會。尤其在階段性措施的彈性調整，需綜合考量階段目標達成情形與國內產業、市場發展成熟度，以德國而言，考量其再生能源市場已趨成熟，2017 年其由 FIT 模式轉為競標制度，這需要對國內再生能源發展完整的掌握與評估，這也是我國未來需注意的重點。

二、應重視公私部門的合作與連結，強化基層的溝通與全民參與

德國經驗顯示能源轉型成功的關鍵不僅限於各層政府的合作，亦須廣納產業團體與社會大眾之意見，更需要全民的認同與參與。因此政府部門需與利害關係者保持密切對話，藉以創造高透明度的政策與輔助措施，並藉由宣導與教育促進民眾對能源轉型的接受度，以鼓勵全民實際投入參與能源轉型事務。故 BMWi 持續透過高階能源轉型平台（High-level Energy Transition Platform）與各邦政府、工商業、社會、學研等各界代表進行意見交換，更於 EEG 2017 中增加公民能源倡議特別規範。近期，在第一輪陸上風電標案中，由地方性市民合組之能源公司成功得標高達 67 案，足見民眾的高度認同與參與性。而我國政府推動能源轉型，已於今年 4 月 24 日核定「能源發展綱領」修正案，正研議擬撰「能源轉型白皮書」作為行動計畫，因此在訂定能源轉型白皮書的過程中，藉由預備會議、共同協作、公民對話等 3 階段擴大公民參與，營造政府跨部會、跨地方與民間共同協力氛圍，將有助於凝聚全民共識與所有利害關係者的連結與合作，以成功推動我國能源轉型。

三、確保能源安全與電力部門與市場之應對，減少能源轉型過程之衝擊

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，去年 7 月德國國會更通過新電力市場法案，將原有電力市場提升為電力市場 2.0(Electricity Market 2.0)，以適應整合不斷成長的再生能源占比，並發展連結生產者與消費者之數位化基礎建設。確保德國在再生能源占比逐漸增加的過程中，持續享有可靠又具成本效益的電力。

我國為穩定過渡至低碳永續之能源系統，未來發電將以天然氣和再生能源（以太陽能及風電為主）作為兩大主軸，且因能源轉型之推動勢必改變國內電力產銷架構與運作，我國於今年初已通過《電業法》修正案，進行市場改革，確定「綠電先行」的架構。然而，再生能源

目前尚不足以提供穩定基載電力，在轉型過渡期中，傳統的燃氣發電仍然是可靠的電力供應來源，故傳統電廠應朝向智慧電廠轉型，藉由相關數位化技術與管理進一步提升能源效率、提高電廠營運能力，未來並配合傳統集中型電網系統順利過渡至高再生能源占比之分散式電網系統。此外，智慧電網為確保能源轉型成功之基礎建設，故未來應加速開發，藉由資訊科技即時監控、全面整合分析供應端及需求端資訊，達到資源最佳利用配置，提升電網的穩定性、效率與可靠度，以確保能源供需之安全。

四、研發補助資源與重點配置應具前瞻性並兼顧現實，確保融資的可及性

在能源轉型的架構下，德國以明確能源政策訂定各項節能目標，其藉由提升能源效率並降低能源消費以實現長期願景，故鼓勵科研發展，並提供廠商及消費者財務誘因與能效資訊，有效刺激能效市場需求，亦以技術創新獎勵、研發補助、貸款優惠及融資政策成功來發展再生能源產業，且政策與措施在公權力與市場機制之間取得良好平衡。其研發與獎勵資源不但兼顧現實（如傳統電廠），亦投入大量經費於該國前瞻重點領域如氫能方面之研究。另如「德國國家能源效率行動計畫」(NAPE) 在建築能效方面提出系列措施，藉由擴展地方建築能源效率的能源諮詢服務、改善財稅誘因、增加相計畫資金等等，鼓勵民眾參與改善建築效率，便利地取得相關能源效率低利貸款或能效改善補貼。而大型再生能源融資案亦有相關政策性銀行推動計畫進行。德國相關政策制度凝聚、制訂與推動的過程值得我國參採，以研擬符合我國情勢之政策及市場架構與輔助措施、整合相關資源、創造理想投資環境並確保綠能融資之可及性，鼓勵與促進私部門投入能源轉型技術研發與實務操作。

五、持續與德國保持密切對話與經驗交流，尋求務實合作之推動

我國與德國皆有推動能源轉型之決心，即便正於不同的推動階段，相關經驗與資訊之交流十分重要，有助於彼此借鏡、學習與合作。未

來我國可持續與德國交換再生能源推動、電業改革、節能與能效、智慧電網及儲能技術等議題之經驗，深入探討執行議題與解決方案。建議在《臺德能源轉型領域合作意向共同宣言》之架構下，建立臺德雙邊定期交流機制，並就離岸風力、太陽能、生質能、氫及燃料電池、智慧電網、LED 照明等具合作利基之領域，擇定優先推動項目，促成技術面及市場面之合作，如關鍵技術之引進及合作研發，以持續推動減碳目標，邁向高效率低碳的能源轉型與經濟。臺德雙方並宜持續就能源投資與融資議題發展持續交換意見，以利我國推動並建立良好的綠能融資制度及開放的市場架構，以帶動能源產業之發展與引領能源轉型。