

出國報告（出國類別：考察）

臺波氫能訪團 出國報告

服務機關：經濟部能源署

姓名職稱：吳志偉副署長、陳芊妤科長

派赴國家：波蘭

出國期間：2025年9月21日至2025年9月28日

報告日期：2025年10月27日

內容摘要

本次波蘭氫能訪團係延續臺波氫能合作工作小組之機制，旨在深化雙邊於氫能政策、技術與產業之合作交流。自 112 年簽署合作備忘錄後，雙方於 113 年 4 月召開首屆工作小組會議，本次赴波蘭參訪則為強化後續產業鏈結與第二次會議奠定基礎。訪團拜會波蘭能源部、經濟發展與科技部及氣候與環境部等單位，了解波方氫能政策推動架構及部會分工。波方能源部為臺波氫能合作之主要對應機關，聚焦氫能經濟及供應鏈建設；氣候與環境部則專注於研發與示範計畫。波蘭政府已啟動「氫能經濟計畫（H2E）」及「綠色交通計畫」，以融資與補助支持氫能應用與基礎設施建設。然而，波蘭目前氫能應用仍以工業製程（煉油、化工、肥料）及運輸載具為主，儲能與電網調節功能仍處於示範與規劃階段，尚未形成市場化機制。

在地方與產業面，波方採自下而上推動模式，已建立十一個氫能谷，促進地方政府、研究機構與企業合作。訪團與波蘭氫能協會（Hydrogen Poland）、下西里西亞氫谷協會（LSHVA）會晤，並參訪 Promet-Plast、ORLEN 及 ZE PAK 等企業。ORLEN 展示其綠氫與藍氫佈局及中歐加氫站網絡，預計 2030 年前建置超過百座加氫站；ZE PAK 則發展氫能巴士及電解槽製造，並提出與臺方在技術研發與氫能交通領域合作之可能。Promet-Plast 則以氫能結合風能、太陽能建構熱能、冷能、電力三聯產能源系統，展現工業能源自給模式。

波方表示氫能生產與儲存成本偏高，電解槽、高壓儲存與轉換效率技術尚未具成本競爭力。為縮小氫能成本與市場需求落差，波蘭政府結合歐盟資源，透過補助、融資支持及氫谷示範區推動產業化進程。對我國而言，波蘭經驗顯示，氫能發展需先建立產業基礎、法規環境與示範場域及補助機制。未來可借鏡波蘭跨部會協作及氫谷推動經驗，研議補助與誘因機制，以降低成本門檻並促進民間投入。

此行成功強化臺波雙邊政府與產業交流，深化氫能政策與技術合作，並為未來持續推動電解槽技術、氫能運輸及基礎設施等領域合作奠定長期發展基礎。波蘭於氫能發展中的制度化推動與地方創新經驗，對我國未來推動氫能政策、地方示範區與產業鏈布局具重要參考價值。

目錄

壹、目的及行程紀要	5
一、目的.....	5
二、行程紀要.....	5
貳、訪團行程及工作內容	6
一、參訪行程.....	6
二、我方代表團成員.....	7
三、參訪紀要.....	8
參、心得及建議	52

圖目錄

圖 1、臺灣訪團與波蘭能源部官員合影	11
圖 2、臺波氫能產業座談會合影	16
圖 3、訪團與波蘭波蘭經濟發展與科技部代表合影	20
圖 4、訪團拜會波蘭氣候與環境部	26
圖 5、Promet-Plast 公司利用多元綠能進行發電	31
圖 6、Promet-Plast 3D 列印設備及其產品碳足跡標示	31
圖 7、能源署吳志偉副署長與 Promet-Plast 創辦人合影	32
圖 8、Promet-Plast 推動農業型光電系統（Agro-PV）	32
圖 9、訪團與下西里西亞氫谷協會會議情形	40
圖 10、氫氣拖車及移動式加氫設施	42
圖 11、訪團於 ZE PAK 場內參觀	44
圖 12、團長與 ZE PAK 團隊合影	44
圖 13、訪團於 ORLEN 公司參訪合影	50
圖 14、PORTWEST 公司一次性防護服產品說明	51
圖 15、訪團於 Włocławek HUB 參訪合影	51

表目錄

表 1、拜會波蘭能源部關注議題重點	10
表 2、拜會波蘭能源部會議議程.....	12

壹、目的及行程紀要

一、 目的

本次出訪係由經濟部能源署吳志偉副署長率團，並邀集經濟部氫能推動小組重要成員及臺灣具代表性的產業及法人代表共同前往。此行主要目的在於拜訪波蘭能源部（Ministry of Energy）、經濟發展與科技部（Ministry of Economic Development and Technology）、氣候與環境部（Ministry of Climate and Environment），針對氫能政策推動、能源轉型規劃與未來合作機制進行意見交流；同時安排與波蘭具代表性的氫能產業協會及主要業者座談，分享雙方在技術研發、產業應用與市場發展上的經驗，並探討合作可能性。透過此行訪問，期能深化臺波雙邊氫能對話平台，強化官方與產業互動，增進彼此對氫能策略、制度設計與技術布局的理解，進而尋求具體合作模式，為未來臺波氫能合作奠定良好基礎，並提供我國氫能推動實務及政策發展的重要參考。

二、行程紀要

經濟部能源署吳志偉副署長率領產官學研代表團於 114 年 9 月 21 日至 9 月 28 日赴波蘭訪問。訪團拜會單位包含波蘭能源部、波蘭經濟發展與科技部、波蘭氣候與環境部、波蘭氫能協會（Hydrogen Poland）、下西里西亞氫谷協會（Lower Silesian Hydrogen Valley Association）、Promet-Plast 公司、ZE PAK 集團、波蘭國營石化能源公司 ORLEN 等，透過官方交流與產業參訪，深入瞭解波蘭氫能政策推動現況與產業發展成果。

其間，訪團在波蘭氫能協會的協助之下在波蘭當地召開「臺波氫能產業座談會」，邀集兩國氫能推動組織及相關產業代表參與。會中雙方就氫能產業應用、技術合作及市場布局等議題進行深入討論，促進雙邊產業鏈夥伴關係建立，並為 2025 年由波方主辦之第二屆臺波氫能合作工作小組會議奠定良好基礎。

貳、 訪團行程及工作內容

一、參訪行程

出訪日期為 9 月 21 日至 9 月 28 日，共計 8 日。詳細行程安排與參訪重點說明如下：

日期	行程內容摘述	
	訪問對象	住宿地點
114/09/21(日)至 114/09/22(一)	去程搭機(臺灣→波蘭) 拜會波蘭能源部、臺波氢能產業座談會	華沙
114/9/23(二)	拜會波蘭經濟發展與科技部、氣候與環境部	樂斯拉夫-
114/09/24(三)	參訪 Promet-Plast 公司、下西亞氫谷協會交流會議	樂斯拉夫
114/09/25(四)	參訪 ZE PAK 公司	弗沃茨瓦韋克
114/09/26(五)	參訪 ORLEN 公司	華沙
114/09/27(六)至 114/09/28(日)	回程搭機(波蘭華沙→臺灣)	-

二、我方代表團成員

代表團由經濟部能源署吳志偉副署長擔任團長，團員共 19 位。

機構		姓名	單位及職稱
1	經濟部能源署	吳志偉	副署長(團長)
2		陳芊妤	科長
3	駐波蘭臺北代表處	呂佩娟	組長
4		劉庭嘉	秘書
5	臺灣中油股份有限公司	林亞玄	副所長
6		鄭詠文	組長
7	工業技術研究院	梁佩芳	副所長
8		吳鴻森	副組長
9		潘育絜	專案經理
10	金屬工業研究發展中心	陳維德	處長
11	臺灣經濟研究院	賴彥鈞	專案經理
12	臺灣綜合研究院	陳建緯	副院長
13	台達電子工業股份有限公司	蔡文蔭	總經理
14		賴俊吉	資深業務經理
15		黃柏誠	業務經理
16	鐙鋒氫科技	周哲平	總經理
17		Jacek Gliniak	商務開發經理
18	氫豐綠能	林明憲	副總經理
19	氫谷動能	謝耀霆	執行副總

三、參訪紀要

(一)、波蘭能源部

■時間：09 月 22 日 14:30-15:30

■主席：

波方：Konrad Wojnarowski, Minister of Energy

臺方：經濟部能源署副署長 吳志偉

■波方會談人員：

單位	姓名	職稱
能源部 (Ministry of Energy)		
Minister of Energy	Konrad Wojnarowski	Undersecretary of State(常務次長)
Department of Electromobility, Fuels and Hydrogen Economy	Magdalena Jarkulisz	Director (司長)
Department of International Cooperation	Hubert Tadych	Director (司長)
Department of International Cooperation	Michał Góra	Chief Specialist
Department of Electromobility, Fuels and Hydrogen Economy	Robert Źabiński	Senior Specialist
波蘭投資貿易局 (Polish Investment and Trade Agency, PAIH)		
Investment Support Department	Tomasz Kopka	Expert

■會議紀要：

(1) 議題一：波方能源部主要職責及發展現況

- － 臺波氢能對話主要係以波方能源部為對應窗口，本次交流會議為我方能源署吳志偉副署長與波方甫上任之能源部常務次長 Konrad Wojnarowski 以及主責氢能的電動車、燃料及氫經濟部門 (Department of Electromobility, Fuels and Hydrogen Economy) 司長進行交流。

(2) 議題二：後續臺波氢能工作小組會議規劃

- 波方期望在未來的工作小組會議中，將討論從戰略層面深入到技術、產業化和財政支持的實務層面。
- 年度經貿諮商：臺灣經濟部次長預計於今年 11 月率團訪波，波方希望屆時能再次討論能源議題。
- 後續工作：雙方將透過郵件溝通，確認第二次工作小組會議的具體日期。

(3) 議題三：未來氢能對話討論議題建議

- 成本降低的實務經驗：包含技術和財政支持系統（補貼、Capex 攤提等方式），使綠氫/綠氨的成本具備競爭力。
- 技術解決方案：討論電轉氣、電解槽技術的創新，以及將電解槽與供熱系統結合等技術細節。
- 供應鏈與基礎設施：討論氫氣運輸網絡、進口設施和儲存設施的建設，以及物流和氨運輸經驗的交流。
- 產業投資與合作：尋求臺灣產業（如電解槽、燃料電池、加氫站）在波蘭的投資機會，以及如何在雙邊建立有競爭力的氢能供應鏈。
- 電網穩定與儲能：探討氢能技術如何用於長期儲能（數月）和提供電網調度服務。

(4) 議題四：波蘭氢能政策發展現況

- 波蘭能源部的政策核心是確保可負擔且永續的能源供應，並積極推動能源轉型，以應對氣候變遷和成本壓力。能源部負責能源政策，同時需與氣候部（Minister of Climate and Environment）合作，共同應對氣候問題。
- 脫碳成果顯著：波蘭在能源轉型上已取得進展，電力主要來源從幾年前的 92%煤炭降至現在的低於 50%，並計劃到 2030 年進一步降至 30%以下。
- 氢能的關鍵角色：氢能被視為能源轉型中的關鍵要素。波蘭的氢能戰略（Polish Hydrogen Strategy）指導投資和支持方向。優先應用至產業和運輸（交通）部門，以減少碳排放。

- 電網平衡：氫能，特別是 Power-to-Gas (P2G) 技術和電解槽，將在短期平衡電網中發揮作用，有助於吸收可再生能源的過剩產能，並提供調度服務和備用電力。
- 核能發展：波蘭正積極推動核能發電廠計畫，目前正在開發第一座核電廠，並計畫盡快啟動第二座。
- 確保能源負擔得起：能源部近期通過多項法案，包括設定能源價格上限 (Energy Cap) 和提供供暖補貼，以協助波蘭家庭和產業控制能源成本。
- 波方認為最關鍵的議題是如何解決綠氫成本高昂和規模化供應鏈的問題，整理如下表所示。

表 1、拜會波蘭能源部關注議題重點

議題類別	波方關注的重點
成本與永續性	降低綠氫/綠氨的生產成本是首要任務。波蘭的補貼和支持系統旨在彌補成本與終端用戶支付意願之間的差距。
供應鏈與基礎設施	發展專用的氫氣運輸網路（非現有管網）是長期目標，以連結國內產能、進口來源和儲存設施（如 Tom-Wawko 項目）。需要發展基礎設施來進口氫氣及其衍生物（如氨和甲醇），並建設儲存設施。
技術與應用	討論將涵蓋 Power-to-Gas (P2G) 技術、電解槽在吸收過剩電力中的作用，以及氫能在長時間能源儲存中的應用（可達數月，以應對季節性波動）。
政府支持	波蘭已經啟動氫能經濟計畫（H2E）和綠色交通計畫，提供貸款和部分免償還性撥款來支持創新和基礎設施建設（不包含燃料補貼）。

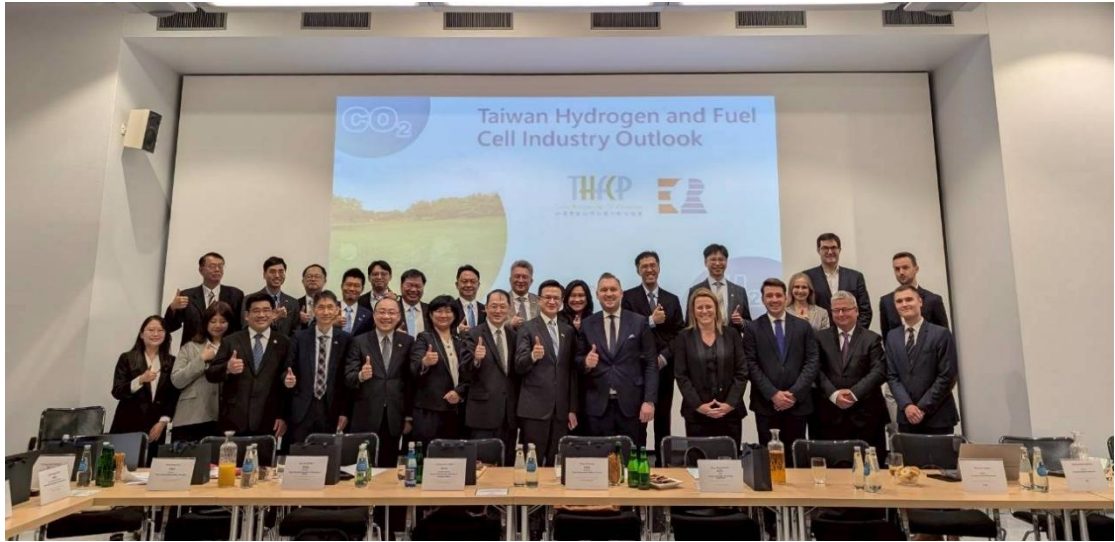


圖 1、臺灣訪團與波蘭能源部官員合影

表 2、拜會波蘭能源部會議議程

Time	Agenda
14 :30 14 :40	Opening Remarks • PL: Konrad Wojnarowski, Undersecretary of State, Minister of Energy • TW: WU Chih-Wei, Deputy Director General, EA, MOEA • TW: Remarks by Ambassador LIU (Yeong-Jainn Liu, 劉永健)
14 :40 15 :20	Technical Discussion (Proposed Topics & Questions)
15:20 15:30	• Gift Exchanges and Group Photo

(二)、臺波氫能產業座談會

■時間：09 月 22 日 15:40-17:30

■主席：

- － 波方：Hydrogen Poland 創辦人暨執行長 Tomoho Umeda
- － 臺方：經濟部能源署副署長 吳志偉

■波方會談人員：

單位	姓名	職稱
波蘭商會 經濟政策辦公室	Przemyslaw Ruchlicki	副主任
Enea 電力公司	Piotr Andrusiewicz	投資與能源轉型管理委員會 主席
	Robert Witek	投資與能源轉型管理委員會 副主席
	Maciej Krakowiak	能源轉型部部長
波蘭氫能協會 Hydrogen Poland	Tomoho Umeda	Founder & CEO (創辦人暨執行長)

■會議紀要：

(1) 議題一：ENEA 電力公司減碳規劃

A. 公司整體減碳規劃及其背景

- － 隨著波蘭乃至歐盟 AI 資料中心持續擴建，電力需求也隨之提升。ENEA 作為波蘭關鍵電力供應商過去也高度依賴燃煤火力發電順應各界能源減碳需求，以每 MWh 對應 550 公斤碳排放作為目標上限值。該公司現規劃於 2028 年前使低碳電力裝置容量達 9~10MW。

B. 燃煤火力電廠導入混氫發電技術

- － 該公司規劃將採用日本廠商技術，如三菱重工或日立機組，與其進行技術合作燃煤混氫火力，並於部分電廠執行試點項目。然其技術專家指出燃煤混氫的另一項減碳關鍵在於如何取得綠氫。

C. 燃煤混氨技術及成本課題

- 在補助政策及成本方面，波蘭政府部門針對綠氨的規範及標準亟需盡快建立，且目前也尚未對此規劃相應補助資源。
- 而在技術方面，該公司技術人員指出現行的氣體重組產製氨氣的作法不論出於未來的需用量或減碳需求都顯然難以滿足。此外，大規模的氨氣儲存、運輸也是目前仍待解決的議題。
- 該公司亦表示目前其已投入資源針對此項目完成可行性評估，雖然技術證明可行但大規模應用下，綠氨產製及儲存的成本問題則仍待解決。對此 Hydrogen Poland 的 Umeda 執行長則回應認為未來波蘭將可藉由本土綠氨製造商赴海外具成本競爭力地區投資綠氨生產案場進口回波蘭做為解方。

(2) 議題二：波蘭氢能及綠氨產業發展概況

- 背景與挑戰
 - 波蘭長期以來依賴燃煤發電約占六成電力供應，使其成為中東歐最大溫室氣體排放國，2022 年碳排放量達 4 億噸，又歐盟自 2025 年起將全面限制高排放燃煤機組，將使 2028 年後多數燃煤機組被迫退役，使波蘭面臨能源轉型壓力。
- 綠氨與氢能共燃策略
 - 鑒此，波蘭提出以燃煤混氨轉型方案，透過在超臨界（SC）與超超臨界（USC）燃煤機組中混燒 30%綠氨，使每單位排放控制在歐盟規範的 550 kg CO₂/MWh 以下。此技術之可行性已由日本驗證，如在 Hekinan 電廠已實現 20~40%綠氨共燃，並規劃在 2040 年達 100%。
 - 據其研究，單座 1000MW 機組每小時需氨約 150 公噸，預估 2029 年需用量將達 530 萬噸綠氨，使波蘭面臨儲存與運輸壓力。然目前波蘭缺乏完善補助制度，技術推進需仰賴國際合作與財務支持。
- 產業應用與市場潛力

- 除了電力部門外，氫能與綠氨在波蘭另有兩大核心應用市場：
- 區域供熱與熱電聯產（CHP）
 - 波蘭擁有逾 400 套區域供熱系統，冬季嚴寒使供熱成為民生必需。2026 年起，官方將僅允許低碳或再生能源接入供熱系統；至 2030 年則須符合歐盟《能源效率指令》標準。轉型壓力也將為氫氨氣應用帶來 300~400 億歐元的投資需求。
- 化肥產業
 - 波蘭現為歐盟肥料生產重鎮，年產能逾 220 萬噸。而據歐盟《再生能源指令 III》規定，2030 年起，工業生產至少需使用 32%非生物再生燃料(RFNBO)，若加上鄰國需求，至 2040 年中東歐地區綠氨需求將逾 1,100 萬噸(相當於 2000 萬噸以上氫氣)，形成超過 20GW 電解槽需求。
 - 此外，隨著 AI 與高效運算快速發展，數據中心也將拉高電力需求。波蘭現正規劃將退役燃煤機組轉為氨基燃料的獨立電源供應資料中心，創造低碳應用場景。
- 基礎設施與物流網絡
 - 面對氨氣儲輸課題，現該國化工龍頭 Grupa Azoty 正在擴建波羅的海 Police 港口，打造綠氨進口與轉運樞紐，初期年處理量可達 20 萬噸，並有望擴展至百萬噸規模。結合專用鐵路，可將綠氨輸送至內陸如 Kozienice 等大型電廠與工業區。此模式將會是歐洲輸入中東、北非低廉綠氨的主流。
- 國際合作與三海倡議
 - 波蘭推動成立三海氫能理事會（3 Seas Hydrogen Council）聯合中東歐九國促進氫能在歐盟政策中的重要性以避免東歐在資源分配上被邊緣化，同時也積極拓展亞洲合作。Hydrogen Poland 與臺灣氫能與燃料電池夥伴聯盟（THFCP）於 2025 年簽署合作備忘錄，期望能媒合臺灣技術與設備開發專長與

波蘭的大規模市場需求與應用場域，共建綠氫綠氨合作平台。

- Umeda 執行長也提出「波蘭-臺灣氨港計畫」的構想，分別在兩國建立氨進口樞紐，串聯日、韓需求打造跨洲供應鏈。



- 小結
 - 波蘭的氫能與綠氨策略如：退役燃煤機組再利用、高耗能產業（如化工、鋼鐵）導入氫能、港口發展氨能進出口樞紐、建立跨國區域合作關係等，都可為我國所借鑒。
 - 在能源轉型趨勢下，氫氨不僅是波蘭煤電退場的過渡關鍵，更是促進產業減碳、能源安全、區域合作的重要工具。透過政策支持、建設基礎設施、國際合作，波蘭將逐步轉型為氫能新興市場，促進臺灣與波蘭的合作未來也將有助於我國在全球氫能供應鏈中取得戰略位置。

圖 2、臺波氫能產業座談會合影

(三)、拜會波蘭經濟發展與科技部

■ 時間：2025 年 9 月 23 日

■ 波方會談人員：

單位	姓名	職稱
經濟發展與科技部	Michał Jaros	Secretary of State (政務次長)
	Maciej Falkowski	Deputy Director (副司長)
	Maciej Konarski	Counselor (參事)
Grupa Azoty	Henryk Kubiczek	Department Director, Corporate Strategy and Development
	Piotr Mikusek	Director, Regulatory affairs office, Department of Corporate Governance

■ 會議紀要：

(1) 議題一：Jaros 科技部政務次長致詞

- Jaros 次長表示，非常高興能透過實體會議與臺灣代表團面對面交流。本次會議對於深化雙邊科技與產業合作具有重要意義，期望成為台波長期合作的墊腳石，促進雙方共同進步。
- 雖然半導體產業對台波兩國皆具關鍵地位，但氫能產業同樣不可忽視。Jaros 強調兩國在能源轉型與技術創新方面面臨共同挑戰，應藉由交流與研發合作，共同尋找解方。在商業科技研發方面，希望雙方能有更多實質討論與成果導向合作。
- 波蘭與臺灣在建立經濟韌性與推動能源轉型上有許多共同點。波蘭正積極尋求前所未有的能源供應方案，以取得更便宜與穩定的能源來源，推動國家進步。Jaros 表示，希望透過本次討論，能為波蘭找到具經濟效益的綠能與儲能解決方案。
- 波蘭目前已有眾多電池產業聚落，急需導入儲能技術與綠能應用。期盼臺灣企業能前往波蘭設廠投資，共同開發電池、儲能、再生能源與回收等產業。波蘭的長期願景是成為歐洲綠能樞紐（Green Energy Hub），涵蓋發電、儲能、製造與回收等全產業鏈。

- 波蘭將指派一位經濟相關大使在歐盟層級推動與臺灣有關的貿易與技術合作事務。Jaros 表示，台波雙方應持續強化經貿與科技部門的直接溝通機制，推動共同研究與產業示範計畫。

(2) 議題二：吳副署長致詞

- 代署長與大使關係良好，未來經濟相關事務可透過大使管道直接聯繫與協調。波蘭重申對臺灣的友好與支持，並感謝 Jaros 大使長期促進雙邊交流。
- 臺灣為高度工業化國家，能源對經濟發展具關鍵性影響。臺灣屬於能源進口國，目前供應鏈主要以建立國內自製與自給為核心策略。能源價格對臺灣極為敏感，甚至可視為政治議題，因此致力尋求可穩定價格的再生能源（RE）與儲能技術。臺灣近年積極發展儲能系統，技術成熟度高，具有後續合作潛力。
- 臺灣在技術研發投入龐大，本次與會之台達電等企業代表即具氢能技術發展實力。雙方可就儲能技術（Energy Storage Systems）、離岸風電（Offshore Wind）、太陽光電（Solar PV）及氢能技術應用與供應鏈發展持續探索合作機會。經濟與技術層面均可持續透過既有交流平台進行深度合作與定期對話。
- 波蘭為歐盟中經濟表現亮眼國家，現為全球第 20 大經濟體。為保持成長動能，波蘭強調需專注於能源轉型，取得更便宜且穩定的能源來源。雙方在「能源轉型」與「低碳經濟發展」議題上具有高度共通性，後續可就產業鏈轉型、能源市場穩定化及綠能投資模式進一步磋商。
- 以大使館為溝通橋樑，建立台波能源與技術合作工作小組。優先聚焦於「儲能技術」與「離岸風電供應鏈」合作模式研議。規劃半年內召開後續線上工作會議，確認合作方向與試點項目。

(3) 議題三：Grupa Azoty 公司代表報告

- 該單位報告的緣由在說明波蘭在以下主題的資訊，包括：化工/肥料產業減碳與氫氨策略、能源轉型與進口氨路徑。與會的 Grupa Azoty 公司為波蘭化工龍頭，說明目前該公司的重點資訊：自產氫

現況、綠氫/綠氨佈局、進口氨與港口基礎設施、歐盟政策（REPowerEU、RED III/RFNBO）對營運之影響等。

- Grupa Azoty 公司為波蘭化學領導者，最大資本投入於化工領域；核心產品涵蓋肥料、塑膠、尿素等。規模約 13,000 名員工。產品銷售至 100+ 國家且持續新建工廠持續投產。目前氫能現況為每年自產氫約 30 萬噸（多為自用，外售僅少量）。在基礎設施部分，波蘭境內可用三個港口（含天然氣接收站與氨接收站），支援氨/氣體進出口與國內運輸，對國家經濟關鍵。在電力與能源策略上則提到甲烷/氨混燒，另波蘭規劃 2035 年第一座核電廠落成。
- 波蘭政策與市場環境重點說明：REPowerEU / EU 氫策略：歐盟設定 2030 年 40 GW 電解槽目標而俄烏戰爭推升天然氣價格，加速提高目標但也使氨產品成本控管具挑戰。
- RED III / RFNBO 說明：RFNBO（非生物來源再生燃料）須以再生電力驅動電解槽（常見為直接/時序性對應）。現行核能不屬於 RFNBO 範疇（屬低碳，但非「再生」）。而工業部門的 RFNBO 使用占比目標是關鍵；氨/肥料減碳可被視為工業部門目標的一部分。
- 波蘭供給擴張現況：目前電解槽約 8 MW（至 2025 年），中長期目標 2,000 MW（含低碳氫與 CCU 設施）。成本差距：電解製氫約 20 歐元/kg，天然氣重組（SMR）約 3 歐元/kg；形成大幅經濟性落差。
- 進口綠氨與藍氨態度：氫運輸昂貴，氨是可行載體；推估短中期需依賴進口氨以補足供應。公司不考慮藍氨；對綠氨抱持期待，但目前供應有限，2027 年起可望逐步可得（亦提到印度綠氨報價約 USD 600/噸作為市場訊號）。
- 技術與營運挑戰：綠氫占比偏低且成本高：既有規劃如 100 MW 綠氫在整體中占比仍小，CAPEX/OPEX 及電價為主要瓶頸。法規複雜度高：RFNBO 計量、額度核算、邊界條件（直接連結、時序匹配）與產地保證/追溯需要嚴謹合規。供應鏈安全：進口氨依賴帶

來地緣與價格風險，需配合港口儲運能力與安全規範。電力結構轉型：如何在核能、再生能源、化石燃料（甲烷）與氨混燒間取得經濟且合規的最佳組合。

- 可能的應用與路徑：肥料/尿素減碳：以綠氨替代灰氨、導入 CCU（流程 CO_2 回收再利用）以降低產品碳強度。電力系統：燃煤機組退場後，評估以高比例氨混燒或氨作為備援電力以維持系統安全。工業氫替代：在化工單元製程逐步以 RFNBO 氫替代現有灰氫。

圖 3、訪團與波蘭波蘭經濟發展與科技部代表合影



(四)、拜會波蘭氣候與環境部

■ 時間：2025 年 9 月 23 日

■ 波方會談人員：

單位	姓名	職稱
波蘭氣候與環境部		
Department of Electromobility and Innovations	Ewa Hajdukonis-Sadowska	Director
Department of Electromobility and Innovations	Elzbieta Piskorz	Head of Innovation Unit
Department of Electromobility and Innovations	Kajetan Szymaszczyk	Senior Expert
Department of Electromobility and Innovations	Jan Cieplak	Senior Expert in Hydrogen Market Unit
ien (Institute of Power Engineering – National Research Institute)		
ien	Mariusz Mazur	Director
LRN (Łukasiewicz Research Network)		
Instytut Elektrotechniki	Marcin Parchomiuk	Director
Innovation and Commercialization Department	Magdalena Sliwinska-Bartel	Chief Specialist for Research and Innovation Research
Intelligent Electric Vehicle Research Group	Artur Moradewicz	Area Leader

■ 會議紀要：

(1) 議題一：波蘭氣候與環境部簡報重點

- 波蘭的目標是增加綠氫 (green hydrogen) 在其能源結構中的比例。
- 供給面策略強調能源安全優先，儘管國內生產 RFBNBO (非生物來源的可再生燃料) 的成本可能較高，但確保能源安全的戰略重點放在國內生產上，因為國內 RFBNBO 被視為更可靠。進口則作為補充部分 RFBNBO 供應可能來自進口綠氨 (imported green ammonia)。
- 氫能產能提升計畫與資金支持：為實現產能擴張，波蘭政府啟動了具體的資金支持和部署計畫，相關策略如下：
 - ✓ 電解槽部署支持：波蘭開發銀行 (BGK Program) 提供對電解槽部署的支援。
 - ✓ 資助性質與預算：該計畫提供可不償還的資金 (Non-repayable funding)，用於包括電解槽建設在內的氫能技術。總預算為 7.5 億美元，資金來源於歐盟基金。
- 產能目標與應用重點：目標在波蘭各地建立至少 315 兆瓦 (MW) 的新電解槽容量。資金的重點在於氫能生產、儲存和運輸，特別是針對工業和運輸應用。
- 區域發展動能：氫谷。氫谷發展超越國家預期，波蘭氫能策略最初規劃到 2030 年設立 5 個氫能谷。區域參與：由於強勁的區域參與，這一自下而上 (bottom-up) 的運動截至去年底已成立了 11 個氫能谷。環境部目前正致力於協調和調整這些氫谷的活動，使其與國家目標保持一致。

(2) 議題二：波蘭能源研究所-氫技術中心(CTH2)

- CTH2 的組織定位與技術基礎
 - 組織背景：CTH2 隸屬於波蘭電力工程研究所 (IPE-NRI)，該研究所成立於 1953 年。CTH2 團隊擁有 60 位氫能技術專家。該中心扮演著技術、知識和經驗的整合者，在氫能技

術領域中擔任智庫的角色。CTH2 擁有中東歐獨一無二的研究基礎設施。

- CTH2 管理著與固態氧化物燃料電池 (SOFC) 和固態氧化物電解槽 (SOE) 相關的多項國家和國際專利及待審專利。
- 產業化基礎：IPE-NRI (電力工程研究所—國家研究機構) 擁有半工業化的固態氧化物電池 (SOC) 生產線，並設有專門生產先進陶瓷的陶瓷部門 (CEREL)。該研究所 94% 的收入來自市場。
- 核心技術焦點：固態氧化物電化學電池 (SOC)
 - CTH2 的技術研發重點集中在固態氧化物電池的整個價值鏈上，強調其高效能和多功能性，包括固態氧化物燃料電池 (SOFC)、高溫電解槽 (SOE) 以及系統的設計、建構與運行，特別是 Power-to-X (P2X) 系統。研發內容涵蓋材料設計、先進電極、電化學特性分析、新的製造和生產技術 (包括規模擴大)、常壓和高壓下的電解 (SOE/co-SOE)，以及化學和電化學反應器 (P2X 系統)。
 - 應用模式分為電解模式與燃料電池模式：電解模式 (SOE)：用於 Power-to-H₂、Power-to-Gas、Power-to-Liquid 或 Power-to-Ammonia 等，可利用水/蒸汽、二氧化碳、一氧化碳或氫氣等產生合成燃料。燃料電池模式 (SOFC)：用於零排放發電、熱電聯供 (co-generation) 或三聯供，以及以氫氣或合成燃料為動力的高效率推進系統。
 - 先進製造工藝：採用高壓注射成型 (HPIM) 陶瓷工藝 (已在波蘭及國外獲得專利)，可將製造時間縮短約 10 倍，減少 24% 的材料浪費，並提升參數的可重複性。應用增材製造 (3D 列印) 技術製造複合 (玻璃-陶瓷) 密封件 (已獲專利)，將製造時間縮短 4.5 倍，減少 67% 的廢料，並消除人工定位的錯誤。
- 重點研發項目與商業化應用

- HYDROGIN：示範在真實工業條件下運行可逆式固態氧化物電池（rSOC）模組，將其與生物質單元整合，用於生產和現場儲存氫氣（SOE 電力為 10 kW，儲存壓力 200 bar）。
- VETNI：利用固態氧化物電解槽（SOE）和再生能源電力生產零排放氫氣（30 kW 電力），目標是達到 ISO-19880-1 汽車級別的純度，並整合至 ORLEN 的煉油廠。
- MEGA-SOE：大型電解項目，旨在開發低能耗的零排放製氫機。該計畫分為多階段，目標是開發和建造一個 400 kW 級別的原型（具備 rSOC 功能），最終部署 5 MW 級別的示範 SOE 系統（預算 2,580 萬歐元，電解效率目標 >92%）。
- Hy-Spark：波蘭第一個由歐盟清潔氫夥伴關係資助的氫能谷項目，由 ORLEN 和 IPE-NRI 協調，旨在實現機場服務和工業脫碳。
- 微型熱電聯供(Micro-CHP)：使用 SOFC 技術，電力範圍 1-5 kW，電效率≥52%。該系統具有 0-100% 的燃料靈活性，可使用氫氣、天然氣或兩者的混合物。
- 氫能利用與燃燒技術的多元發展
 - CTH2 不僅專注於電化學，還致力於氫能在燃燒、供熱和工業過程中的廣泛應用：
 - 其他活動領域：包括生物質氣化、熱化學水分解，以及氫氣在燃燒過程中的利用（工業、供熱、發電）。
 - 多燃料燃燒器：開發混燒、多燃料燃燒器，包含改造旨在改造燃煤鍋爐以燃燒生質燃料（biomass）和可生物降解廢棄物（biodegradable waste）。
 - 工業脫碳：參與了將 Syngas 與天然氣共燃的 320 kW 燃燒器設計。
 - 微型燃氣輪機：正在開發用於微型燃氣輪機的增壓燃燒室，設計用於純氫氣或氫氣/天然氣混合物(300-1,000 kW 功率)，

具有 0-100% 的燃料靈活性，並實現低排放（NO_x 低於 60 ppm）。

- 多燃料供熱系統：開發高達 20 MW 的多燃料供熱廠，燃料靈活性高（可燃燒生物質、廢棄物、天然氣、氨氣等），並可實現多聯產（供熱、製冷、建材骨料生產，並可選配使用熱化學水分解循環（TWSC）製氫）。

- 參與國家策略與國際合作

- 參與「波蘭氫能策略」及「波蘭氫能經濟發展部門協議」，該協議涉及 64 個關鍵績效指標（KPI），並明確聚焦於電解技術，目標是達成 2 GW 的低或零排放氫氣產能。
- 國際組織參與：CTH2 積極參與多個國際氫能相關組織，包括歐洲委員會的 FCH-JU（燃料電池和氫氣聯合企業）、Hydrogen Europe Research、歐洲能源研究聯盟（EERA）以及國際氫能協會（IAHE）。

(3) 議題三：Łukasiewicz Research Network，ŁRN

- ŁRN 的組織定位與策略規模：歐洲領先的研究網絡：Łukasiewicz 研究網絡是歐洲最大的研究網絡之一，也是中歐和東歐領先的研發市場參與者。擁有超過 4,500 名工程師和科學家，在全國營運 440 個實驗室，並擁有約 4,000 件研發設備的一流研究基礎設施。策略重點領域包含能源（智慧電網和氫能）移動性 (Mobility)。
- 能源與智慧電網技術應用
 - ŁRN 在電力傳輸、電網穩定以及新興能源載體（如氫氣和氨氣）方面的具體技術開發包含岸對船供電系統 (S2SP)、混合式變壓器、綠色氨能生產
- 氫能資金挹注：在國家重建計畫和歐盟項目下，ŁRN 獲得了資金支持，用於加強國家創新體系，特別是在氣候變遷韌性、綠色經濟和智慧移動性等關鍵領域。其中，氫能資金約為 400 萬歐元 (2024-2026 年)，而能源和移動性領域的資金總計約為 1,660 萬歐元。

- 移動性與電動車技術整合：LRN 在電動車 (EV) 相關部件和系統集成方面的研發活動，強調高效率和整合設計。
 - 電動車相關技術：移動性領域的重點包括電動車 (EVs)、電動車的電力電子驅動裝置(如逆變器、車載充電器、轉換器)、即插即用充電系統、無線充電系統、電動驅動系統和軟體開發等。
 - 整合驅動系統：LRN 正在開發一項名為「整合驅動系統」的項目，其理念是將驅動系統和車載充電器整合在單一外殼中。該系統計劃使用電機繞組來提高導電性，並將車載充電器的充電功率提升至 22 kW。系統設計採用 800 V 的工作電壓，適用於私人汽車及輕型商用車。該系統的技術成熟度為 TRL 6。
 - 國際合作：Łukasiewicz 於 2025 年與 ITRI（工業技術研究院）在智慧電網和移動性領域持續進行合作。



圖 4、訪團拜會波蘭氣候與環境部

(五)、拜會 Promet-Plast 公司

■ 時間：2025 年 9 月 24 日

■ 波方會談人員：

單位	姓名	職稱
Promet-Plast	Andrzej Jeżewski	CEO
Promet-Plast	Adam Wąsiewicz	Chief financial officer and Business development manager
Lower Silesian Hydrogen Valley Association	Szymon Płoński	Vice-President
Marshal Office of the Weilkopoiska Region	Blanka Blajer-Kujawa	Chief Specialist of Department of Economy

■ 會議紀要：

- (1) 會議開始首先由 Promet-Plast 的總裁致詞，歡迎臺灣參訪團到來，此次臺灣參訪團大都是能源相關單位，有別於西班牙及歐盟其他國家，波蘭的綠能主要從氫能切入，希望能透過此次交流，雙方可以在發展氫能、燃料電池、電解技術等互相討論。
- (2) 當地下西里西亞省長政府代表致詞，西里西亞省鼓勵創新，在本地產業以創新為主，連結學研等單位，培養了許多專業高階人才，並促進產業、研發等多方交流，創造一個創新研發的氛圍，當地政府更大力投入七項創新領域的發展，再生能源、綠能及氫能即是其中重要的一環，並制定了能源發展戰略，支持再生能源各項發展、產業聯盟及合作社，以達成降低石化相關能源的使用佔比。當地政府除了鼓勵創新，更積極在公共建設發展上導入新的綠能應用，例如在九月導入氫能火車的測試，當地政府鼓勵創新，希望未來和臺灣有創新研發的合作。
- (3) 吳副署長致詞：下西里西亞省是一個 IT 產業快速發展的地區，未來其能源需求會越來越高，再生能源的發展從政府的政策規劃、執行策略的制定及推動，才能有效實現，此次參訪團包含臺灣氫能發展相關產業代

表及研發法人，希望能夠與波蘭方能深入交流，交換經驗，更希望能夠逐步形成台波雙方多方合作。

- (4) **President of lower Hydrogen valley Mr. Symon Plonski** 致詞：下西里西亞省是波蘭乃至歐洲發展最迅速的地區之一，憑藉其開放的營商環境、高度工業化的產業基礎與完善的交通網絡，成為中歐重要的經濟與物流樞紐。該地區政府積極推動由企業、學術機構及非政府組織（NGO）共同參與的創新生態體系，透過長期的跨界對話與協作機制，形成以省政府為核心的治理模式，強調人才培育、技術研發及產業領導力的整合發展。以 **Promet-Plast** 公司為例，其與區域科研機構緊密合作，成功由傳統醫療器材製造商轉型進入綠色能源領域，涵蓋陸域風電、太陽能及氫能技術等，展現該區「產學研一體化」的創新成效。在綠色轉型政策上，下西里西亞省於 2020 年 1 月 5 日通過最新版《區域創新戰略》（**Regional Innovation Strategy**），明訂七大智慧專業化領域（**Smart Specializations**），其中「**Green Deal**（綠色協議）」為核心支柱，聚焦低排放與零排放技術發展，特別強調氫能技術、再生能源與儲能系統的創新應用。該戰略目標是使下西里西亞成為波蘭首個制定能源戰略的地區，並在 2050 年實現氣候中和與碳中和。其長期策略包括推進能源結構轉型、逐步淘汰化石燃料、減少溫室氣體排放、促進公民能源（能源合作社與社區能源集群）以及加強能源科技研發與社會參與。整體而言，下西里西亞省透過制度創新與產業導向雙軌並行的模式，展現出在歐洲能源轉型與綠色經濟發展中的前瞻性與示範性角色。

- (5) 緊接著由臺灣廠商代表進行簡報，臺灣強調氫能是能源轉型中最關鍵的議題，目標同樣指向 2050 年能源結構轉型與再生能源發展。政府逐步建立配套措施與制度，並由相關主管單位協助推進合作框架。台波雙方在氫能、燃料電池與電解槽等技術上具有高度共通性，期望透過此次交流深入了解雙方量能及市場機會，與下西里西亞省建立具體合作契機。此次出席之臺灣團隊涵蓋多元產業：中油-氫能基礎設施、台達電-太陽能與光電技術、氫豐-氫氣回收與氫冷技術與氫谷動能-氫能車輛及關聯系統製造。

- 中油：
中油介紹臺灣氢能近期發展與基礎設施規劃，著重於加氫站設計、安全制度與應用推廣。目前採模組化加氫站系統，具佔地小、安裝快與成本低之優勢，氫氣經壓縮至 900 bar 儲存後供應車輛使用。加氫流程中，氫氣預冷至 -40°C；乘用車加氫壓力為 700 bar，公車及卡車為 350 bar，並研議提高至 700 bar 以提升兼容性。法規面由能源署審查，目前屬「特定危險作業場所」階段，預計年底可營運。安全設計包括氫氣偵測器、火焰與地震感測系統，並依 ISO 標準進行風險評估。政府並補助氢能公車導入，預計明年投入多輛氢能公車並配合加氫站運行。
- 台達電
台達電年營收約 130 億美元，全球員工 5.5 萬人，研發支出佔營收約 8%。公司積極布局氢能技術，與英國 Ceres Power 合作，取得**SOFC（固態氧化物燃料電池）與 SOEC（電解槽）**授權，並於台南建立生產線，預計明年底於北臺灣量產。現階段燃料電池需求高，電解槽合作仍評估中。台達提供整合式能源解決方案，結合 SOFC/SOEC、儲能與能源管理系統（EMS），以支援工業能源轉型。公司同時積極尋求歐洲、中東及非洲（EMEA）區域合作夥伴，開放研究機構與企業洽談技術與投資合作。
- 氫豐綠能
該公司展示其自研燃料電池與氢能儲能系統，強調技術的獨特性與高度模組化，具彈性擴充能力。氫豐邀請波蘭企業進行技術合作與投資交流，展現臺灣在氢能裝置開發上的自主實力。
- 氫谷動能
介紹其氢能巴士設計與道路測試進展，車輛具高效率與低排放特色，現正進行實地驗證。公司亦開放與波蘭企業洽談技術合作，推動氢能運輸應用國際化。

(6) Promet-Plast 公司簡介：

- 公司概况與能源轉型理念：Promet-Plast 原為醫療器材與塑膠轉型技術專業公司，近年積極投入綠色能源與氫能應用，朝向「自給自足能源島（Energy Island）」發展，目標是打造完全脫離外部電網、依靠自產綠電與氫能運作的智慧工廠。
- 再生能源整合與農業光電技術：公司推動農業型光電系統（Agro-PV），在農地上結合太陽能板與水資源管理系統，不僅能蓄水、灌溉作物，亦能同時發電。此設計靈感源自歐洲綠色農業政策，使有限土地可同時進行農業生產與能源產出，兼具環境保護與經濟效益。
- 氫能技術與三能聯供系統：Promet-Plast 建立自有氫能三聯供系統（Trigeneration），以水電解製氫後用於發電、供熱與製冷。工廠氫氣由自有電解槽產生，部分以低壓直接供應生產設備，減少壓縮與儲存成本。公司以氫氣燃燒發電，而非燃料電池方式，能靈活調節夜間或無風時的電力需求。整個生產區域已能獨立供應電、熱、冷三種能源，形成封閉循環系統。
- 研發與製造創新：公司擁有波蘭最大之一的 3D 列印設備（2.5 公尺級），可製造光伏與儲能系統結構件、浮動式太陽能模組與氫儲槽等產品。其創辦人具 46 年塑膠配方經驗，自行開發複合材料配方，降低原料成本並提升耐候與可回收性。
- 循環與零碳策略：Promet-Plast 逐步從醫療製造轉型為循環型綠能企業，利用工廠餘能種植工業大麻（hemp）以取得天然纖維，再製成複合材料結構件，形成「種植—製材—製品」閉環模式。全廠運作以自產綠氫與再生能源支撐，碳足跡極低。公司產品（如容器與結構件）已吸引北歐客戶，主要因其使用綠能生產、符合 ESG 要求。



圖 5、Promet-Plast 公司利用多元綠能進行發電，最大風機達 3MW，並結合綠電
產氫與燃料電池系統，並以氫氣供應供應電、熱、冷三種能源

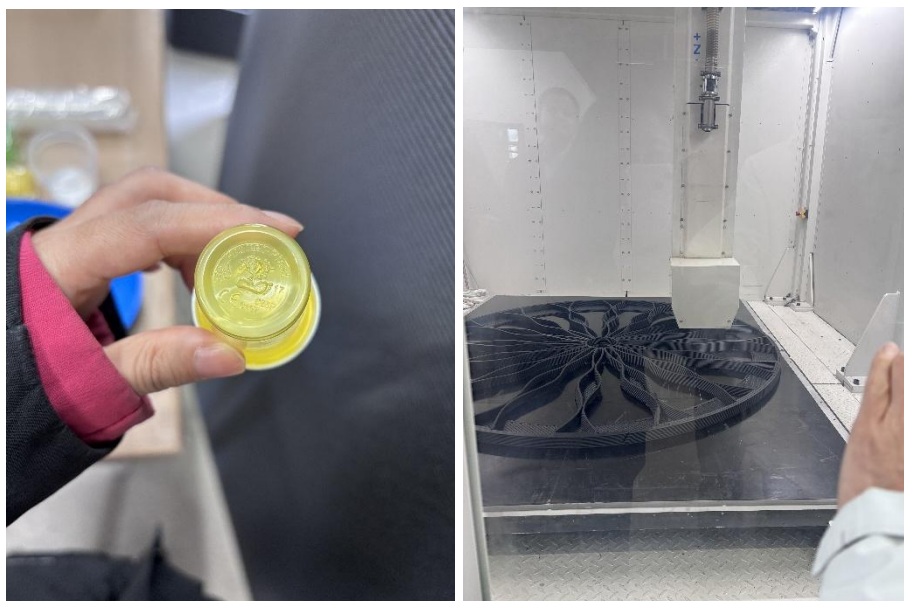


圖 6、Promet-Plast 本頁為醫療器材與塑膠轉型技術專業公司，並擁有波蘭最大
3D 列印設備(上圖右)。其一次性使用之塑膠醫材產品於產品本身皆有標示碳足
跡(上圖左)。



圖 7、能源署吳志偉副署長與 Promet-Plast 創辦人(CEO) Andrzej Jeżewski 先生
合影



圖 8、Promet-Plast 推動農業型光電系統（Agro-PV），在農地上結合太陽能板與
水資源管理系統，不僅能蓄水、灌溉作物，亦能同時發電。上圖藍色裝置即為蓄
水容器。

(六)、下西里西亞氫谷協會交流會議

■ 時間：2025 年 9 月 24 日

■ 波方會談人員：

單位	姓名	職稱
下西里西亞省政府 經濟發展部	Michał Frycz	代表
下西里西亞省氫谷協會	Szymon Płoński	主席
	Andrzej Białowiec	副主席
ALVA 科技	Łukasz Kilian	執行長
樂斯拉夫科技大學 氫能及再生能源技術中心	Prof. Halina Pawlak-Kruczek	主任
LINDE	Marek Jaśkiewicz	商務開發部長
MEITILL SOLUTIONS	Dr. Łukasz Lelek	共同創辦人暨執行長

■ 會議紀要：

(1) 議題一：下西里西亞省經濟發展概況

- 區域概況
 - 下西里西亞省面積約 19,947 平方公里，人口 286.8 萬，2023 年 GDP 為 2,825 億 PLN，占全國 8.3%，人均 GDP 約 96,826 PLN，達歐盟平均的 89%。
 - 工業占 GDP 比例高達 34%，主要城市包括弗羅茨瓦夫（Wrocław）、瓦烏布日赫（Wałbrzych）、萊格尼察（Legnica）、耶萊尼亞古拉（Jelenia Góra）。
- 經濟與產業
 - 該地區為波蘭經濟發展最快速的區域之一，產業結構多元，包含：批發零售與汽車維修、建築、房地產、專業與科學技術服務、工業製造。下西里西亞是波蘭第三大出口地區，主要出口企業含 LG Energy Solution、KGHM Polska Miedź、Mercedes-Benz、Toyota、Volkswagen 等。
- 能源轉型戰略

- A. 下西里西亞提出 2050 年氣候目標，核心策略包含：改善空氣品質（減少化石燃料使用、落實反霾計畫）
- B. 發展能源研發與創新（含氫能與儲能技術）
- C. 提升能源效率（建築、運輸、企業等）
- D. 擴展再生能源與儲能基礎設施
- E. 發展社區能源（能源合作社、分散式能源）
- F. 強化能源安全與多元化供應
- G. 推動資訊教育，提升公眾參與與專業人才培育
- 知識與創新
 - 該地區擁有多所重點大學，包括 弗羅茨瓦夫理工大學、弗羅茨瓦夫大學 等，在工程、自然科學領域學生比例高，具備科研優勢。研發支出與從業人口持續增長，在歐盟創新指標中具良好表現。
- 小結
 - 下西里西亞省以強勁的工業基礎與多元產業結構，結合出口導向企業與高等教育資源，正邁向以 創新與能源轉型 為核心的可持續發展路徑。其 2050 年氣候戰略凸顯區域在歐洲能源轉型與氫能應用上的潛在合作價值。

(2) 議題二：下西里西亞省氫谷協會簡介

- 協會定位與目標
 - 下西里西亞氫谷協會（LSHVA）成立於 2022 年，運作區域涵蓋 下西里西亞省、奧波萊省及奧得河流域。其使命為推動氫能經濟發展，透過整合 政府、企業、學術單位、研究機構、投資者與社會大眾，形成跨域合作平台。目標是在 2030 年以前，使下西里西亞成為波蘭 再生能源與低碳氫的主要消費地。
- 發展方向與願景
 - 協會願景強調氫能經濟的全面與跨學科發展，兼顧技術、環境、教育、經濟與社會面向。主要工作方向包括：

- A. 研發與創新：促進電解槽、燃料電池等技術進步
- B. 產業應用：推廣氫能於交通、工業及能源領域
- C. 基礎建設：發展輸氫管線、儲存設施與供應鏈
- D. 合作與夥伴關係：強化國內外技術與知識交流
- E. 教育與社會：培育綠氫與能源轉型人才
- 主要計畫與成果
 - A. 波羅的海氫谷計畫：與九國 34 個夥伴合作，聚焦氫能物流與供應鏈。
 - B. 北歐—波羅的海氫能走廊：規劃跨境輸氫管道與儲能設施。
 - C. 鐵路領域應用：推動氫能列車、貨運與儲運系統。
 - D. 氫能產業金融工具：協助設計差額合約（CfD）與投資方案。
 - E. 國家能源獎項：2024 年獲波蘭氣候與環境部肯定。
- 核心合作夥伴
 - 協會成員涵蓋國際與在地企業，如 Toyota Motor Manufacturing Poland（氫能測試與混氫燃燒）、Arthur Bus（氫能巴士）、波蘭燃氣公司 PSG（氫混輸管網）、能源研究院（電解槽研發）、以及弗羅茨瓦夫大學（氫能教育與綠色化學）。
- 小結
 - 下西里西亞氫谷已成為波蘭氫能經濟轉型的領導者，不僅推動地方產業升級，更透過國際合作與基礎設施規劃，積極打造波蘭—波羅的海區域氫能樞紐。其模式對於其他國家（包含臺灣）在氫能發展與區域合作策略上具高度參考價值。

(3) 議題三：ALVA 科技簡介

- ALVA 科技介紹
 - ALVA 科技，成立於 2018 年，主力核心產品為可連接家戶型光電電力來源，並結合家戶用(小規模)電解產氫設施、低壓固

態金屬儲氫設備、燃料電池的多元化儲能系統(ALVA Blue Line)，可用做住宅備援電力及熱能來源。

- 核心產品及其衍生解決方案
 - 其產品模組採模組化設計，具備 3kg 儲氫量可供 120kwh 的電力，單組價格為 60,000 歐元，並可視需求並連擴充。而據此產品，該公司也衍生提出四大類可並聯組合的解決方案：
 - A. 住宅與小型商業（分散式 / 微型系統）：其可與屋頂光電串聯利用再生電力產氫並儲存，在夜間利用燃料電池發電釋放熱能供家戶使用。
 - B. 基礎設施 / 公共建築 / 關鍵設施備援：利用 ALVA Blue Line 為醫院、通訊站、政府建築、充換能站等提供低碳、可靠的備援電力與熱源。
 - C. 製造業備援：可供企業工廠或大型設施的負載緩衝，降低需量費用並促進電網穩定。
 - D. 智慧能源建築規劃：提出「綠色社區／能源自給自足社區」方案（以 PV + 儲能 + 住宅能源管理為核心），顯示公司也向整體開發與場域整合延伸。此構想預計將在 2026 年於波蘭南部兩處省份開始建設，第一期預計建設規模為 4 英畝。

- 其他氫能相關技術
 - 除上述產品及其相應解決方案、規劃構想外，該公司也表示其具備建置大規模儲氫設施之技術量能，儲量可達 100~1000kg 儲氫壓力為 300~1000 bar。

(4) 議題四：樂斯拉夫科技大學（WUST） 氫能及再生能源技術中心 技術研發重點簡介

- 氫能及再生能源技術中心介紹
 - WUST 現有約 22,000 名學生，14 個學院與 2,192 位教師，涵蓋 60 個學科，其中 35 個可用外語授課。校內設有 119

棟研究與教學建築，包含 253 個研究實驗室及 791 間教學實驗室。

- 氫能相關研究
 - 主要參與學院包括機械工程學院、動力與機械學院、化學學院及電子與光子學院。研究重點涵蓋：
 - A. 氫氣製備：PEM/AEM 電解、水煤氣化、廢棄物氣化、催化與電漿裂解
 - B. 氫能儲存：高壓儲氫槽設計與測試、活性碳與複合材料
 - C. 氫能利用：氫氣燃燒（含超臨界 CO₂ 燃燒）、氫燃料內燃機、甲醇合成、分散式 CHP 系統
 - D. 電漿應用：廢棄物處理、合成氣淨化、甲烷乾重整、活性炭改質，用於氫儲存、土壤改良及超電容器製造
- 重要設施與技術
 - A. 氫能儲存實驗室：可進行低壓與高壓儲氫測試
 - B. Ballard Nexa PEMFC 系統：測試不同工況下的發電效率
 - C. 微波電漿與非熱電漿反應器：用於廢棄物轉化、甲烷裂解與合成氣淨化
 - D. 氫燃燒內燃機技術(H₂ICE):藉由雙噴油器與預燃室設計，提升燃燒控制與效率
- 國際計畫與合作
 - WUST 參與多項歐洲與挪威計畫，包括：
 - A. Horizon Europe – HERMES：高效氫燃燒與零排放系統研究
 - B. POLNOR CCS：負排放氫能氣電廠概念
 - C. CETP 計畫：生物氫合成氣應用於鋼鐵產業
 - D. HyStor：新型氧化塗層提升氫儲存效率
 - E. ROAD TRHYP：輕量化氫能運輸車廂設計
- 應用示範

- WUST 已建置 零排放太陽能—氫能 CHP 廠，結合 8MW 太陽能、PEM 電解槽、氫儲存及混合熱泵。另推動建築級別的「太陽能＋儲存＋氫能」整合專案。

- 小結

- WUST 在氫能研究涵蓋 製備、儲存、利用、電漿應用與示範場域，並透過國際合作推動前沿計畫。其研究能量使其成為波蘭氫能科技發展的核心學術機構，對歐洲氫能技術商業化與產業鏈發展具有重要影響。

(5) 議題五：LINDE 發展策略簡介

- 公司背景

- 過去氫氣多用作太空燃料，但現在有更多不同應用及發展。LINDE 做為全球知名的工業氣體供應商，過去長期供應如食品、製造等多種工業部門做為燃料。而當今不單是在製造部門，如運輸、能源部門氫氣皆多有應用。

- 氫氣相關業務策略

- 為滿足各部門需求，LINDE 在氫氣生產、處理方面的服務也逐步涵蓋了氫氣生產、儲存、運輸、液化等中上游價值鏈活動。其技術多利用蒸氣甲烷重組(SMR)產製灰氫，並持續試驗結合 CCUS 技術生產藍氫及電解產綠氫，並可視終端用戶需求規劃相應的解決方案。

- 波蘭氫氣相關業務發展

- LINDE 於波蘭亦設有產氫廠區，現階段主要用戶為鋼鐵及金屬加工業。LINDE 為此類產業專門另闢產線，協助其將氫氣用於鍍鋅及退火等製程。

(6) 議題六：MEITILL SOLUTIONS 發展策略簡介

- 公司簡介

- MEITILL Solution 總部位於波蘭卡托維茲，核心使命是支持能源與環境保護領域的投資與研發，特別聚焦於氫能技術與電池儲能系統。

- 服務內容
 - MEITILL Solutions 提供全方位顧問與工程服務，包括：
 - A. 市場分析：評估氢能與儲能市場及趨勢。
 - B. 技術經濟評估：進行成本優化與投資可行性研究。
 - C. 前期投資規劃：協助取得環境許可、建築許可及達到「Ready-to-Build」階段。
 - D. 基礎工程設計：涵蓋氢能經濟、能源儲存與環境保護。
 - E. 專案投資執行：包含氢能與儲能設備的建置與商業化推動。
- 氢能專案與技術
 - A. 氫氣製備：主要透過電解技術（PEM、AEL、AEM）及氣化方式，並搭配再生能源供電或長期電力購售協議（PPA）。
 - B. 應用方向：氢能可用於銷售分銷，或自用於 CHP 系統與燃料電池。
- 合作與網絡
 - 公司積極參與氢能產業組織，包括 西里西亞—小波蘭氫谷（Śląsko-Małopolska Dolina Wodorowa），以建立區域與國際合作平台。
- 結論
 - MEITILL Solutions 以「顧問服務＋技術工程」雙軌推動氢能與儲能專案，從前期投資到商業化落地，提供完整解決方案。其定位有助於連結研發成果與市場應用，並推動波蘭及歐洲氢能經濟的發展。



圖 9、訪團與下西里西亞氫谷協會會議情形

(七)、拜會 ZE PAK 公司

■ 時間：2025 年 9 月 25 日

■ 波方會談人員：

單位	姓名	職稱
ZE PAK	Waldemar G. Roszak	Head of Fuel and Energy Departament
ZE PAK	Sobierajska Katarzyna	Vice-President of the management board
ZE PAK	Koński Maciej	Vice-President of the management board

■ 會議紀要：

(1) ZE PAK 公司簡介

ZE PAK 公司有超過 60 年的能源生產經驗，本次參訪之科寧（Konin）電廠，原來使用褐煤（lignite）做為原料，但由於褐煤發電之碳排放量很高，該公司將其轉換為生質能（Biomass），目前主要原料為碎木屑（Wood Chips），而運作中的生質能發電裝置已成為 Konin 區域的綠色熱能來源。

科寧電廠的生質能機組也用於生產綠色氫氣，目前已安裝質子交換膜（PEM）電解槽，容量為 2.5MW，每天可生產約 1,000 公斤綠色氫氣，約可供應 30-40 台氫能巴士。透過氫氣拖車（hydrogen trailers）可方便氫氣運輸，ZE PAK 已從德國 Hexagon 購買了 10 輛氫氣拖車，拖車使用第四代複合材料氣瓶（fourth generation cylinders / composite material），每次運輸可載運超過 1 噸的氫氣，壓力為 380 bar。

(2) ZE PAK 公司的氫氣拖車及移動式加氫站

ZE PAK 強調，在整個氫能鏈中，壓縮機（compressors）是他們觀察到的最薄弱環節，因此建議將重點放在尋找優良的壓縮機供應商。此外，在氫氣領域，一切都與壓力和壓力差有關，如何可靠地管理氫氣從電解槽到儲槽再到車輛的壓縮過程是一項巨大的工程挑戰，真正的挑戰不僅在於技術的突破，而是如何有效掌握整個系統運作的高風險來源：高壓管線。

而此種氫氣拖車係作為移動式加氫站，這類加氫站由兩個貨櫃組成（一

個裝載氫氣，另一個裝有壓縮機、冷卻站和高壓儲存），移動式加氫站的作用並非為了市場擴張，而是為了擴張市場，供應韌性策略中不可或缺的重要關鍵。公共基礎設施不容許故障。如果固定加氫之場站因維護或技術故障而停運，確保城市公共交通不會中斷，移動車輛可以在數小時內部署到位，確保城市公車隊持續運作。



圖 10、氫氣拖車及移動式加氫設施

而被問及是否有建造加氫站或運輸氫氣的地方規範時，該公司說明波蘭政府有發布了建造加氫站或運輸氫氣時應遵守的指導方針（guidelines），而這些指導方針通常參考歐洲標準（European standards）和美國消防標準（American fire standards），並建議不鼓勵制定任何特定的當地法規（any specific local regulations），因為要求生產商遵循當地標準會增加額外成本，建議與歐洲或美國標準保持一致，以提高靈活性

在參訪時該公司亦提及 ZE PAK 的綠色氫氣生產投資項目是波蘭東部大波蘭省能源轉型和公正轉型過程的一部分。其集團（Polsat Plus）正在持續實施「2023+」策略，致力於打造零排放、低排放電力來源以及綠色氫能經濟的完整價值鏈。集團成功利用太陽能 and 風能等綠色能源（再生能源裝置容量為 338 兆瓦）來生產綠色氫氣。

此外，針對氫能價值鏈之使用者部分，ZE PAK 自行生產氫能公車，其品牌名稱為「Neso」，該字源於波蘭語 NIE EMITUJĘ SPALIN, OCZYSZCZAM 之縮寫詞，意思是「我不排放廢氣，我淨化空氣」。公司已

向波蘭城市售出約 100 輛巴士，巴士車頂裝有五個氫氣瓶，總共可攜帶 37.5 公斤氫氣。現階段採用氫燃料電池公車的最大障礙是成本，一輛氫燃料電池公車的コスト約為 80 萬美元，幾乎是傳統柴油公車 40 萬美元價格的兩倍。

為了解決這個問題，他們創建了「氫能即服務」營運模式。城市無需承擔巨額的資本支出（CAPEX），而是按行駛里程付費，里程是一個可預測的營運成本（OPEX），而 ZE PAK 承擔其他責任，包含：運送巴士、生產和提供綠色氫氣、營運加氫站、處理所有維護和技術風險等。城市的唯一職責就是提供司機。這種模式透過減輕公共部門的財政和技術負擔，加速市場化，可使清潔交通的轉型成為一個可操作的營運模式。

(3) 加氫站或運輸氫氣的地方規範

而被問及是否有建造加氫站或運輸氫氣的地方規範時，該公司說明波蘭政府有發布了建造加氫站或運輸氫氣時應遵守的指導方針（guidelines），而這些指導方針通常參考歐洲標準（European standards）和美國消防標準（American fire standards），並建議不鼓勵制定任何特定的當地法規（any specific local regulations），因為要求生產商遵循當地標準會增加額外成本，建議與歐洲或美國標準保持一致，以提高靈活性

其他應用部分，該公司購買了 150 輛氫能小客車（豐田 Mirai 和現代 Nexa）。公司認為氫氣更適合長距離和重型運輸，並已測試了豐田重型卡車以及由波蘭公司 PESA 設計的氫能列車。氫能列車對於非電氣化鐵路來說是一個很好的解決方案。

ZA PAK 展示了從煤炭生產商到低碳能源轉型之歷程，與提供具體可行的路徑及藍圖，其成功關鍵包含擁有綠色能源生產手段、核心轉換技術、以及代表客戶承擔營運風險，使得 ZA PAK 創新、低風險的商業模式不僅可行，而且受到歐盟與地方政府的支持。



圖 11、訪團於 ZE PAK 場內參觀



圖 12、團長與 ZE PAK 團隊合影

(八)、參訪 ORLEN 公司

■ 時間：2025 年 9 月 26 日

■ 波方會談人員：

單位	姓名	職稱
ORLEN	Grzegorz Józwiak	Director Hydrogen and Synthetic Fuels
ORLEN	Dominika Niewierska	Director Hydrogen Projects Coordination and Settlements Department
ORLEN	Sebastian Głobinski	-
ORLEN	Tomasz Jarmicki	Director Gas Technoloies Development and Implementation Office
ORLEN	Krzysztof Grzegorzewski	-
ORLEN	Paulina Kaleja	Junior Specialist
ORLEN	Bartosz Pietrzak	-
ORLEN	Magdalena Kujawa	-
ORLEN	Przemysław Żukowski	-

■ 會議紀要

(1) 公司概况及氢能發展策略

ORLEN 係波蘭國營能源集團，為中東歐地區（CEE）能源轉型的領導者，業務範圍涵蓋煉製、石化、探勘、電力、天然氣及零售業，橫跨 7 個國家，擁有約 3,500 座加油站及 5 座煉油廠，2024 年 Global 500 排名為 132。

ORLEN 致力於實現 2050 年氣候中和目標，將氢能視為淨零排放和能源轉型的核心支柱，其氢能生產技術多元化，包括電解裝置和廢轉氢 (Waste-to-Hydrogen) 技術，以支援循環經濟，解決廢棄物問題。

ORLEN 預計到 2035 年可再生或低碳氫氣需求約為 350 千噸，規劃自行生產、海運進口及管輸進口三種方式達成，其中自行生產產能預計擴建電解製氫至 0.9 GW（其中 0.7 GW 在波蘭），應用在煉油廠脫碳、化肥脫碳、永續航空燃油（SAF）及汽車燃料，同時目標是降低 55%碳排放。

(2) 氢能於交通運輸推動

ORLEN 配合歐盟氣候策略推動氢能交通運輸業務，2022 年時在切比尼亞(Trzebinia)便已建置移動式加氫站以及提供氫氣供克拉科夫(Kraków)部份公共運輸巴士進行加氫服務；而 ORLEN 執行由歐盟 CEF（Connecting Europe Facility）計劃共同資助的 Clean Cities 交通計劃，規劃三階段建設氫氣生產中心（HUB）及加氫站，到 2030 年在波蘭、捷克和斯洛伐克預計建設超過 100 座公共加氫站，採取市場導向策略，先與公共交通運營商簽訂長期協議以確保氫氣需求，再建設基礎設施，從市場需求出發建立完整的車用氫氣價值鏈。其中波蘭規劃共建設約 24 座公共加氫站與多個氫氣生產設施（HUBs），第一期於 Włocławek 建立低排放氫氣 Hub 與 3 座 24 小時加氫站；第二期新增 5 座加氫站；第三期於 Szczecin 建立新的氫氣 Hub 及 16 座公共加氫站。

而在 24 小時的公共加氫站推動方面，ORLEN 陸續於 2022 年在波茲南（Poznań）以及 2024 年在卡托維茲（Katowice）營運啟用 2 座加氫站，其中波茲南為波蘭首座且最大站點，提供 3 台加氫機（2 台 350 bar、1 台 700 bar），日容量 2050 公斤，12 小時內可服務 34 輛氢能巴士。ORLEN 與波茲南市交

通公司(Solaris)簽署 15 年協議，預計供應 180 萬公斤低碳排氫氣，為 25 輛城市巴士提供燃料。

除此之外，ORLEN 與鐵路車輛製造商 PESA Bydgoszcz 共同開發氫燃料電池火車，2023 年 ORLEN 採購首輛氫能曳引火車頭（型號 SM42-6Dn）於 Gdynia 路線上行駛進行測試，該火車頭的氫氣儲罐可儲存約 175 公斤氫氣，並配備兩組 85 kW 的燃料電池系統，可實現 24 小時運行。

(3) 氫能於工業脫碳目標推動

ORLEN 規劃導入再生能源以及低碳氫技術應用於集團在煉油、化工及電力生產的業務中，以達成整個工業脫碳目標，其中包含了再生能源的佈局以及氫谷的推動。ORLEN 目前擁有約 1.3 GW 的再生能源裝置容量，包括陸上風電、離岸風電及太陽光電廠等，依據 ORLEN 的《Strategy 2025–2035》規劃，2035 年將達 13 GW。其中較具規模的執行計畫為 Baltic Power 離岸風電場，由 ORLEN 與 Northland Power 合作開發，位於波羅的海專屬經濟區，將建造 76 座風機，總裝置容量高達 1,140 MW，預計於 2026 年全面完工。

另一個 ORLEN 在整個歐洲氫能價值鏈上最具雄心和規模的旗艦項目為 Hydrogen Eagle 計畫，此計畫獲得歐盟 5.11 億歐元重點資助。該項目的核心目標是建立從生產、運輸到應用的綜合網絡，包括部署 54 個加氫站，氫氣供應將涵蓋公路運輸、鐵路運輸和海事部門。氫氣來源將透過多樣化方式，從可再生能源（RES）、市政廢物及低碳電力中提取，旨在實現大規模低排放和零排放氫氣的生產，確保 ORLEN 在中東歐地區的氫能市場領先地位。

在煉油業務的氫能推動部份，ORLEN 計畫以再生能源產氫來取代煉油產業的灰氫，預計建置的電解產能為 400MW，其中包括 Green H2 專案採用 AEL 與 PEM 電解水產氫技術，計畫於 2030 年全面運轉，年產 8,500 噸綠氫，並配備 20 MWh 儲能系統；另外 ORLEN 也規劃以綠氫生產航空燃油 (SAF)，這個 HyFly 專案將使用水電解(~230 MW)綠氫以及碳捕捉二氧化碳(~240-260 kt)為進料，以 Fischer-Tropsch 製程技術生產一系列綠色碳氫化學品，包含 e-SAF。因此，ORLEN 有許多研發技術及示範專案都在陸續執行

中，包含 Green H2 Pilot（示範電解專案）、RSOC（可逆式固態氫化物電池系統）、Multi-Fuel Engine（多燃料引擎技術）、Offshore Electrolyzer（海上電解平台）等，期望能突破現階段技術瓶頸，早日達成脫碳目標。而其中 InGrid Power to Gas 也是 ORLEN 執行重點，此專案核心為未來能源將圍繞電力及氫氣作為應用，因此電轉氣的應用是能源轉型是否成功的重要因素，ORLEN 以位於 Odolanów 的電解水製氫設施將再生能源電力轉化為氫氣，生產出來的氫氣將與天然氣混合後，注入一條研究用配氣管網，用以評估氫氣與天然氣混合氣體對基礎設施各元件及終端使用設備的影響。

(4) 氫氣灌裝示範場域(hydrogen fuel terminal plant)及加氫站參觀

此次參觀的氫氣灌裝示範場域及加氫站位於 ORLEN 子公司 Anwil 轄下的化肥工廠場域，ORLEN 對於氫氣安全採取非常嚴謹的保護措施，除了場域的硬體設備如防爆高牆、感測器外，對人員的保護也十分注重，此安全規範值得臺灣產業學習。當日參訪時 ORLEN 工作人員穿著具靜電及化學防護工作服，也為每位參訪來賓準備具安全防護的安全帽、護目鏡、一次性防護服及鞋套，其中防護服為 PORTWEST 公司產品(產品說明如附圖)，具抗化學物、抗輻射以及防靜電功能。

當天參訪的加氫站其氫氣來源為弗沃茨瓦韋克 (Włocławek) 氫氣生產中心位於化肥工廠內設置的氫鹽電解設施，氫氣產量達每年 2500—4500 噸，該設施具模組化設計，可隨需求擴充產能。搭配生產中心內的氫氣純化及灌裝設施，可滿足氫能交通工具的需求。高壓灌裝設施負責將氫氣壓縮並裝入 500 公斤的 MEGC 拖車中，壓力可達 350 bar，流速約 170 kg/h，填充一輛拖車約需 3.5 小時。ORLEN 已建立符合 ISO14687 氫氣分析以及設備檢測的專業實驗室，可確保所有產出氫氣純度達 "Hydrogen 5.0" (99.999%)，並能測試 ppb 級污染物。

位於 ORLEN 加油站旁的移動式加氫站採單槍 700 bar 設計，當天由 ORLEN 員工使用 Mirai 車輛示範，當日氫氣售價為 69 波蘭幣/公斤，相當於 577 台幣。移動式加氫站的優勢在於部署速度快，使 ORLEN 能夠在永久性加氫站仍在建設期間，迅速滿足地方政府的零排放交通需求，並支持公共交通車隊的轉換。

(5) 氫能業務交流

- 有關氫氣燃料價格是否補貼，ORLEN 回應因歐盟規定相關計畫補助為設備硬體建置並採使用者付費機制，因此氫氣以生產成本訂定價格，又因目前歐洲電費價格較高所以對於氫氣燃料推動相對上較為可行。
- 氫氣品質分析及相關設備檢測的頻率，ORLEN 回應相關感測設備如壓力計、流量計等為每年檢測一次，氫氣品質則是在產氫及槽車灌裝處會採樣檢測，加氫站以及加氫槍口目前無抽檢氫氣品質，ORLEN 分享相關氫氣設施如管線、槽車鋼瓶勿使用水洗否則會不易移除而造成氫氣品質問題，ORLEN 曾發生類似事件幸好及時發現後緊急以氫氣吹洗設施而沒有造成後續加氫服務問題。
- 有關加氫站的建置推動是否遇到社會溝通議題，ORLEN 以波茲南公共加氫站為例，因波茲南當地推行 LPG 加氣車已行之有年，因此民眾普遍認同加氫站的建置，所以推動上非常順利。

- 有關以綠氫規劃生產航空燃油，因目前綠氫成本仍偏高，ORLEN



是否考慮發展其他技術如 ATJ(Alcohol-to-Jet)來生產 SAF，ORLEN 表示 ATJ 技術也是生產 SAF 的評估技術之一，但因 ATJ 技術所生產的 SAF 只算低碳燃料而非綠色燃料，因此 ORLEN 以綠氫搭配 FT 技術生產 SAF 為目標，同時也可以生產其他不同碳鏈的綠色碳氫化合物做為化學品使用。

圖 13、訪團於 ORLEN 公司參訪合影

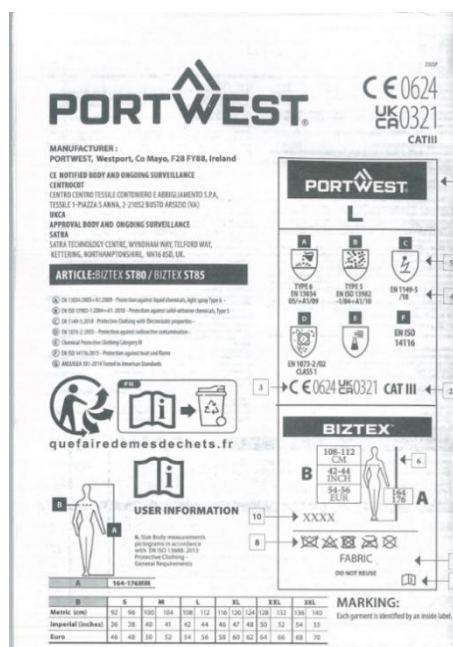


圖 14、PORTWEST 公司一次性防護服產品說明



圖 15、訪團於 Włocławek HUB 參訪合影

參、 結論與心得建議

此行赴波蘭主要目的在於強化臺波雙邊於氢能政策、技術與產業之合作交流，透過拜會波蘭能源部、經濟發展與科技部及氣候與環境部等政府單位，並實地參訪波蘭氢能協會（Hydrogen Poland）、下西里西亞氫谷協會（LSHVA）、ORLEN 與 ZE PAK 等產業代表機構，深入了解波蘭在氢能政策推動、基礎設施建置及產業應用上的具體作法。

波蘭政府在推動氢能發展上展現高度戰略規劃與制度化推動力道。能源部與氣候與環境部分工合作，前者聚焦氢能經濟與供應鏈建設，後者則著重於研發、示範。同時，波方亦認知氢能未來在長期儲能及電網平衡中的戰略角色，並啟動「氢能經濟計畫（H2E）」及「綠色交通計畫」，透過貸款與補助支持企業投入氢能應用與基礎設施。然而，波蘭目前氢能實際應用仍以工業製程（煉油、化工、肥料）與運輸載具為主，氢能作為儲能與電網調節資源仍處於示範與規劃階段，尚未形成市場化或大規模併網機制。

波方並採自下而上的模式推動地方參與，已建立十一個氢能谷，促進地方政府、研究機構與企業形成區域創新網絡。在企業層面，ORLEN 與 ZE PAK 積極布局綠氫與藍氫生產、佈局波蘭本地乃至於中歐地區的加氫站建設、氢能巴士關鍵零組件及整車生產；Promet-Plast 則以氢能結合風能、太陽能建構三聯供（電、熱、冷）系統示範工業能源自給模式。此顯示波蘭雖高度重視氢能的儲能與電網韌性價值，但在技術成熟度與經濟性仍有限下，現階段以工業替代與運輸應用為主要推動方向，並逐步累積進入電力系統調度的能力與條件。

在成本面，氢能製造與儲存所需之電解槽、高壓儲存與轉換效率仍屬高成本技術，缺乏與天然氣或煤電競爭的條件。波蘭能源部表示，降低綠氫/綠氨的生產成本是首要任務，因此波蘭政府結合歐盟資源，以補貼各項氫應用與基礎設施以觀的資本支出方式力圖彌補成本與終端用戶支付意願之間的差距，相關措施包含融資支持與氫谷試驗區的方式，先行建立示範場域，降低產業投入風險。

對我國而言，波蘭的經驗顯示，氢能若欲未來納入能源系統調節角色，需先建立產業基礎、法規環境與示範場域。臺灣目前氢能仍處於示範與試行階段，市場規模小、法規尚未完備，且尚未納入備轉容量或輔助服務市場。未來若欲

使氫能在電網缺電、高負載或再生能源波動時發揮作用，需評估氫能與現有燃氣機組協作轉換、建立儲氫調度標準，以及研議是否比照波蘭與歐盟提供補助或投資誘因，降低氫能儲能之成本門檻。

展望未來，臺波雙方已建立穩固對話機制，預計透過工作小組持續深化交流合作，交流重點包括電解槽技術、氫能運輸及加氫基礎設施等。波蘭自能源轉型中所展現的系統規劃、跨部會協同與區域氫谷推動經驗，為我國未來推動氫能政策、地方氫能示範區及產業鏈布局提供具體借鏡，亦提醒我國在發展氫能儲能與電網應用時應同步強化技術、法規、經濟性與市場機制之連結。