

出國報告（出國類別：實習）

因應智慧電表加速布建下之智慧電表數 據應用於智慧電網發展研習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：蕭智祥(系統程式設計專員)

派赴國家/地區：義大利、比利時、英國

出國期間：113年10月13日至113年10月24日

報告日期：113年12月20日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：因應智慧電表加速布建下之智慧電表數據應用於智慧電網發展研習

頁數 32 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司人力資源處/翁玉靜/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

蕭智祥 / 台灣電力公司 / 配電處 / 系統程式設計專員 / 02-23668663

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 開會 6 其他

出國期間：113 年 10 月 13 日至 113 年 10 月 24 日

派赴國家/地區：歐洲

關鍵詞：標準化測試、能源共享、能源系統整合、數據管理

內容摘要：

本次赴歐洲義大利、比利時及英國的技術交流，聚焦智慧電表、智慧電網及能源管理，參訪多家領先企業與項目，深入了解歐洲在減碳與能源數位化的實踐經驗。義大利的 DNV 智慧電網實驗室與 Gridspertise 展現了標準化測試與模組化電表設計的優勢；比利時的 Fluvius 及 N-SIDE 則在能源共享與靈活性市場應用上提供了啟發。

英國的 Energy Superhub Oxford (ESO) 和能源需求觀察與實驗室 (EDOL) 計畫展示了能源系統整合與用戶行為分析的重要性，透過混合儲能、電動車快充樞紐及用戶行為數據分析，為智慧電網的優化提供了實用範例。同時，Saint-Gobain 公司以高效節能建材及智慧建築技術，結合能源管理系統，助力低碳建築發展，為能源轉型提供多元解決方案。

此次參訪深刻體會到智慧電表與智慧電網技術在能源轉型中的關鍵角色，建議台灣借鑒歐洲經驗，推動智慧電網數位基礎建設，完善數據管理與市場機制，強化用戶參與，並結合智慧建築與節能材料，為邁向零碳未來提供有力支持。

本文電子檔已傳至公務出國報告資訊網
(<https://report.nat.gov.tw/reportwork>)

目錄

壹、出國緣起與目的.....	2
貳、出國行程	3
參、參訪單位	3
一、DNV.....	3
二、Gridspertise	8
三、Fluvius	13
四、N-SIDE	17
五、Saint-Gobain	20
六、牛津大學環境變化研究所.....	21
七、Toshiba Europe Limited.....	25
八、Energy Systems Catapult.....	28
肆、心得與建議.....	31

壹、出國緣起與目的

在歐洲能源市場，智慧電網和再生能源技術正處於快速發展的階段。歐洲在智慧電表部署、能源管理以及電動車基礎建設方面有著豐富的實踐經驗和創新技術。通過研究歐洲能源公司的成功案例，我們可以深入了解智慧能源管理的最佳實踐，從而優化我們在智慧電表部署與能源轉型中的策略，這對於台灣電力公司在應對未來電力需求和市場挑戰方面提供了寶貴的參考。

另一方面，台灣政府已明確規劃 2050 年淨零排放的路徑，並提出了具體目標，例如 2025 年太陽能光電達到 20GW、離岸風電達到 5.6GW，以及 2040 年全面實現新售車輛電動化。這些政策將導致大量分散式能源逐步併入電網，同時電動車充電需求快速增長，對電網的穩定性構成挑戰。在這樣的背景下，我們可以從歐洲的先進經驗中汲取靈感。歐洲已經在智慧電網整合、電動車充電設施的規劃與營運，以及能源數據數位化管理方面取得了顯著成果，這為我們在面對電力系統轉型時提供了實用的參考。

此外，歐洲電力市場已開放多年，電力公司間的競爭高度激烈。在這樣的市場環境下，如何利用創新技術和客戶服務提升用戶黏著度，已成為歐洲電力公司重要的經營策略。通過分析歐洲公司的客戶關係管理案例，我們可以學習其推動創新服務、提升用戶體驗以及增強用戶忠誠度的方式，這對於台灣電力公司應對未來市場競爭具有重要意義。

本次實習旨在通過參訪歐洲領先的能源公司和機構，包括義大利的 DNV 和 Gridspertise、比利時的 Fluvius 和 N-SIDE，以及英國的 Saint-Gobain、牛津大學環境變化研究所和 Energy Systems Catapult 等，深入了解以下領域的最佳實踐：

1. 智慧電表的部署策略與技術應用。
2. 再生能源與分散式能源整合技術。
3. 電動車充電基礎設施的營運與管理。
4. 能源數位化和數據管理策略。

這些交流活動為台灣電力公司提供了全面的國際視野，協助我們在面對能源轉型和市場變化時制定更加科學和具體的應對策略，為實現 2050 年淨零排放目標奠定基礎。

貳、出國行程

- 研習日期：113 年 10 月 13 日至 113 年 10 月 24 日，共計 12 天。
- 出國行程：

日期	地點	參訪機構
10/13(日)	往程	
10/14(一)	義大利米蘭	DNV
10/15(二)	義大利米蘭	Gridspertise
10/16(三)	比利時麥車倫	Fluvius
10/17(四)	比利時布魯塞爾	N-SIDE
10/18(五)	英國倫敦	Saint-Gobain
10/21(一)	英國牛津	牛津大學環境變化研究所(Environmental Change Institute)
10/22(二)	英國倫敦	Toshiba Europe Limited
10/23(三)	英國倫敦	Energy Systems Catapult
10/23(三)-10/24(四)	返程	

參、參訪單位

一、DNV

(一)DNV 簡介

DNV (Det Norske Veritas) 是一家全球領先的風險管理和質量保證機構，總部位於挪威，業務涵蓋能源、海事、石油天然氣、基礎設施等多個領域。DNV 的核心目標是透過技術創新與標準制定，確保各產業的安全性與可持續性。特別是在能源領域，DNV 為智慧電網、再生能源、分散式能源併網等提供全面的技術支持和解決方案。

DNV 位於義大利米蘭的智慧電網實驗室專注於為全球能源系統提供測試和認證服務，確保技術和設備的可靠性與互操作性。該實驗室的重點業務包括：

- **能源通信協議測試**：確保智慧電表及其他設備符合國際標準（如 IEC 61850 和 DLMS/COSEM）。
- **智慧電網解決方案驗證**：為分散式能源併網提供技術支持，提升電網穩定性。
- **再生能源併網測試**：針對風能和太陽能併網進行效能測試及影響評估。
















智慧電網與再生能源發展的挑戰 隨著全球對再生能源需求的快速增長，電網穩定性和效率面臨巨大挑戰，尤其是在：

- 分散式能源併網：再生能源的間歇性對傳統電網運作帶來壓力。
- 能源通信協議的標準化：多廠商設備間的互操作性問題日益突顯。
- 智慧電網數位化：需要更高效的數據處理與協同管理技術。

DNV 在上述挑戰中，通過提供專業測試與技術認證服務，協助全球電力公司應對電網數位化及再生能源發展的需求。

DNV 的技術創新與實踐 DNV 智慧電網實驗室的核心工作包括：

- 能源通信協議的測試與驗證：確保不同廠商設備間的互操作性。
- 智慧電網模擬與測試：提供全面的技術模擬，驗證解決方案的可靠性。
- 再生能源併網策略研究：針對分散式能源的技術應用提出建設性建議。

	UFD – Grupo Naturgy	PRIME PLC Smart Meter Cyber Security Assessment	2022 - Present
 	Merytronic, ZIV and CIRCUTOR	Low Voltage Advanced Supervision devices (RTUs and LS cards) validation	2022 - Present
	Ingeteam and ZIV	Validation of substation gateways according to i-DE's SAS 61850 Gateway test book – mapping from IEC 61850 to IEC 60870-5-104	2021 - Present
 	Grupo Chilquinta and Grupo CGE	Initial Approval of SMMCs (Metering, Monitoring and Control Systems) as per Chilean Regulation	2021 - 2022
	i-DE Grupo Iberdrola	Definition of an IEC104 TestBook according to then Norwegian profile (NUC 104 rev1.2), considering the existing i-DE's 104 TestBook defined for the Spanish profile, valid for SPEN in UK	2021
	i-DE Grupo Iberdrola	DNP3 PID and TestBook definition to standardize and validate the DNP3 profile used by i-DE in their SCADA environments in Brazil (Neoenergia) and the US (Avangrid)	2020 - 2021
	i-DE Grupo Iberdrola	Test environment development for communication interfaces for Low Voltage Advanced Supervision (SABT)	2019 - 2022
	i-DE Grupo Iberdrola	Definition of detailed technical specifications to define the requirements for a SAS 61850 deployment: IEDs, SAS architecture, SCT, ICT and engineering process. Definition of test books for testing gateway devices by covering mapping from IEC 60870-5-104 to IEC 61850 and application of IEC 62351-3/-5 (security), in the context of a SAS 61850 deployment.	2018 - 2021
    	Multiple clients (30+)	Testing and verification of Smart Grid components for the following protocols: IEC 61850, IEC 60870-5-101/104, DLMS/PRIME/IDIS/OSGP, DNP 3.0, IEC 62351	2010 - Present

圖表 1 Relevant Project References

(二) 參訪內容

本次參訪由 DNV 能源系統銷售經理 Paolo Nicora 及團隊成員接待，針對智慧電網數位化的前瞻性研究，涵蓋數據通信優化和數據驅動管理決策進行交流討論，交流內容彙整說明如下

1、智慧電網通信標準的應用與挑戰

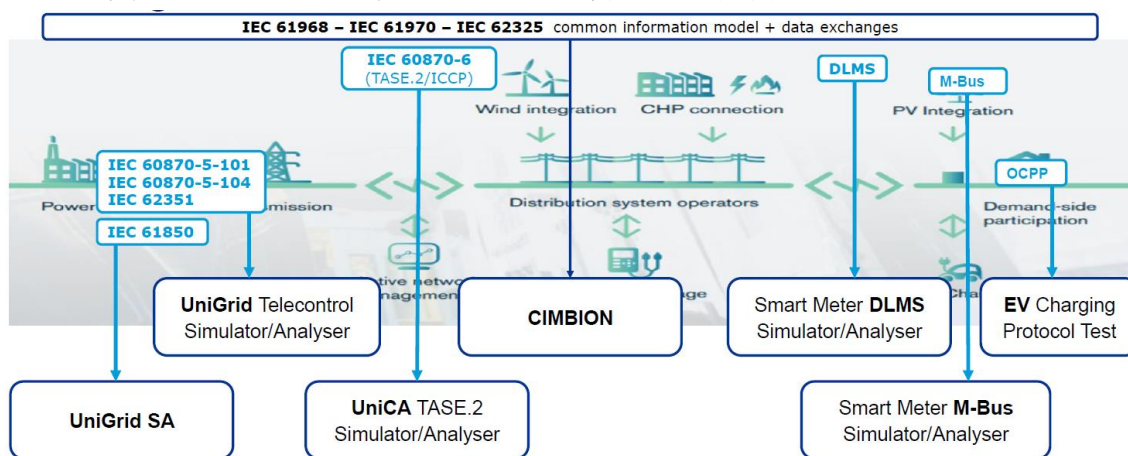
DNV 智慧電網實驗室在國際智慧電網通信標準的應用與驗證方面具有領先地位，其核

心業務之一是針對多協議、多設備的互操作性進行測試。隨著智慧電網數位化轉型的加速，通信協議的標準化變得至關重要，如 IEC 61850 和 DLMS/COSEM 等標準正被廣泛應用於智慧電網設施。

然而，標準化的實施並不簡單。不同廠商的設備即使遵循相同的標準，仍可能在實際操作中出現互操作性問題，例如：

- 數據模型差異：不同設備對標準的解讀和實現可能存在偏差。
- 工程設計與配置的多樣性：設備間的網路設置和工程流程需要高精度匹配。
- 安全性與性能要求：特別是在當前網絡安全威脅日益嚴重的背景下，如何平衡協議的靈活性與安全性是一大挑戰。

DNV 通過專業測試和定制化解決方案，為公用事業公司和製造商提供支持，確保其設備符合標準並實現高效互操作性。本次參訪中，深入了解了 DNV 在智慧電網通信協議測試中的應用實踐，並討論了未來面向再生能源併網的技術需求。



圖表 2：DNV Expertise in IEC Protocols and Capabilities in Testing tools

2、智慧電網技術測試的完整流程

DNV 實驗室的測試流程涵蓋了從設備設計階段到營運階段的全生命週期，確保設備在多變的網絡環境中穩定運行。該測試流程分為以下幾個階段：

- A. 設計驗證：對新設備的設計進行可行性分析，模擬可能的操作場景。
- B. 功能測試：驗證設備在各種負載條件下的功能，如遠程契約修改、負載管理等。

- C. 性能測試：包括響應時間、數據吞吐量和錯誤處理能力的測試。
- D. 安全測試：使用滲透測試和漏洞掃描技術評估設備的抗攻擊能力。

以 DLMS 協議測試 為例，DNV 的測試工具能模擬多種通信環境，從低壓監測到高壓傳輸，覆蓋了智慧電表的核心功能。本次參訪中，深入了解了測試工具的操作過程，並學習了如何將這些技術應用於台灣電力公司的智慧電網建設。

3、面向再生能源併網的技術驗證

再生能源的間歇性特性給傳統電網的穩定性帶來挑戰，如頻繁的負載波動、尖峰負載時間的轉移等。DNV 實驗室專注於開發和驗證針對再生能源併網的技術解決方案，包括：

- **分散式能源管理技術**：模擬分散式能源（如太陽能 and 風能）對電網的影響，提出優化策略。
- **頻率和電壓控制技術**：確保在高比例再生能源併網的情況下，電網仍能穩定運行。
- **儲能系統整合測試**：模擬儲能系統在高負載情況下的響應能力，驗證其對電網穩定性的增強效果。

本次參訪中，重點討論了如何運用 DNV 的測試設備進行分散式能源併網模擬，並探討了相關技術在台灣推廣的可能性。

4、電動車充電協議的互操作性測試

電動車充電設施的互操作性是智慧電網發展中的重要組成部分。DNV 的 OCPP（Open Charge Point Protocol）測試服務專注於驗證充電站與管理系統之間的協議一致性。通過測試，確保來自不同廠商的充電設備能在同一網絡中穩定運行，並滿足以下要求：

- **高可靠性**：避免因協議不一致而導致的充電失敗。
- **可擴展性**：支持充電設施的大規模部署和升級。
- **數據安全性**：保護充電過程中的用戶隱私和交易數據。

此次參訪深入了解了 OCPP 測試工具的應用場景，並探討了在台灣大規模推廣充電基礎

設施時的技術要求與挑戰。

5、智慧電網數位化與未來展望

智慧電網的數位化轉型是當前全球電力行業的重點方向，DNV 實驗室在這一領域的貢獻包括：

- **數據通信的優化**：通過模擬不同網絡環境，優化電網數據通信性能。
- **數據驅動的管理決策**：利用數據分析工具支持電網營運和調度的智能化。
- **新興技術的集成**：包括物聯網（IoT）、人工智能（AI）和區塊鏈等技術。

本次參訪中，學習了 DNV 在智慧電網數據通信和管理決策中的先進技術，為未來台灣電力系統數位化奠定基礎，並為國內智慧電網建設提供了具體的實踐參考。

(三) 小結

本次參訪 DNV 智慧電網實驗室提供了深入了解國際領先智慧電網測試技術與再生能源併網解決方案的寶貴機會。DNV 作為全球頂尖的風險管理與質量保證機構，在智慧電網通信協議測試、再生能源併網技術驗證以及電動車充電協議的互操作性測試方面展現了高度專業性。

在台電，智慧電表與通訊模組間雖訂有通訊協定，惟實際裝設後已發生多起相容性問題，造成現場困擾，為避免此問題目前皆須仰賴綜研所提供場地供電表商與通訊商進行交叉整合性測試，惟其測試時間短，未必能立即發現問題，因此若台灣能比照 DNV 成立專門之智慧電網實驗室，進行全公司各項智慧電網產品之相容性協議規範訂定，及整合性測試環境，應可大幅降低設備間不相容產生的風險。

參訪中，我們學習到如何應用國際標準（如 IEC 61850 和 DLMS）提高設備的互操作性，並通過專業的測試流程確保電網在多變環境下的穩定性和安全性。此外，DNV 的再生能源併網模擬技術為解決台灣未來高比例再生能源併網帶來的挑戰提供了參考方向，而其電動車充電協議測試技術則為台灣推動充電基礎設施標準化與大規模部署提供了具體建議。

最後，DNV 對於智慧電網數位化的前瞻性研究，涵蓋數據通信優化和數據驅動管理決

策等領域，為台灣未來的智慧電網建設提供了創新思路。透過本次參訪，我們對智慧電網的技術發展和實踐應用有了更全面的認識，這將為台灣電力公司在實現能源轉型與市場變革目標中提供強有力的支撐。



圖表 3：DNV 義大利米蘭總部

二、Gridspertise

(一)Gridspertise 簡介

Gridspertise 成立於 2021 年，是由全球領先的能源集團 Enel 透過其子公司 Enel Global Infrastructure and Networks 所創立的全資子公司，總部位於義大利羅馬。該公司專注於為配電系統營運商 (DSO) 提供先進且可持續的解決方案，旨在推動電力網路的數位化轉型，提升電網用戶的體驗，並加速能源轉型進程。

在成立之初，Gridspertise 利用 Enel 在全球智慧電網營運方面的豐富經驗，為各種規模和地區的 DSO 提供經過實地驗證的解決方案。2022 年 12 月，Gridspertise 成為由 Enel 和全球領先的另類投資管理公司 CVC Capital Partners 共同控制的獨立公司，這一合作進一步支持了 Gridspertise 的使命，即透過尖端的雲端和邊緣可持續解決方案，數位化電力配電網路，加速電氣化未來的到來。

Gridspertise 的業務主要涵蓋三大領域：

1. 計量和電網邊緣數位化：提供智慧電表、資料管理系統等解決方案，實現用電資料的即時監控和分析，提升電網的可靠性和用戶參與度。
2. 電網基礎設施數位化：透過先進的感測器和自動化技術，提升電網基礎設施的監控和管理能力，確保電力供應的穩定性和效率。
3. 現場營運數位化：提供數位工具和平台，優化現場作業流程，提升營運效率，降低營運成本。

此外，Gridspertise 也積極拓展全球市場，除了在歐洲和拉丁美洲擁有穩固的市場地位外，還計劃進軍北美和亞太地區，這些地區對智慧電網的投資預計將在不久的將來推動基礎設施升級專案。

總而言之，Gridspertise 透過提供創新、靈活且可持續的解決方案，致力於加速電力配電網路的數位化轉型，滿足電網用戶和最終用電客戶不斷演變的需求，推動全球能源轉型的進程。

(二) 參訪內容

本次參訪由 Gridspertise 全球銷售主管 Gary Perez 及團隊成員接待，針對 AMI 技術在提升能源使用效率、電力管理效能及促進電網自動化方面等效益進行交流討論，交流內容彙整說明如下

1、智慧電表的整體功能與角色

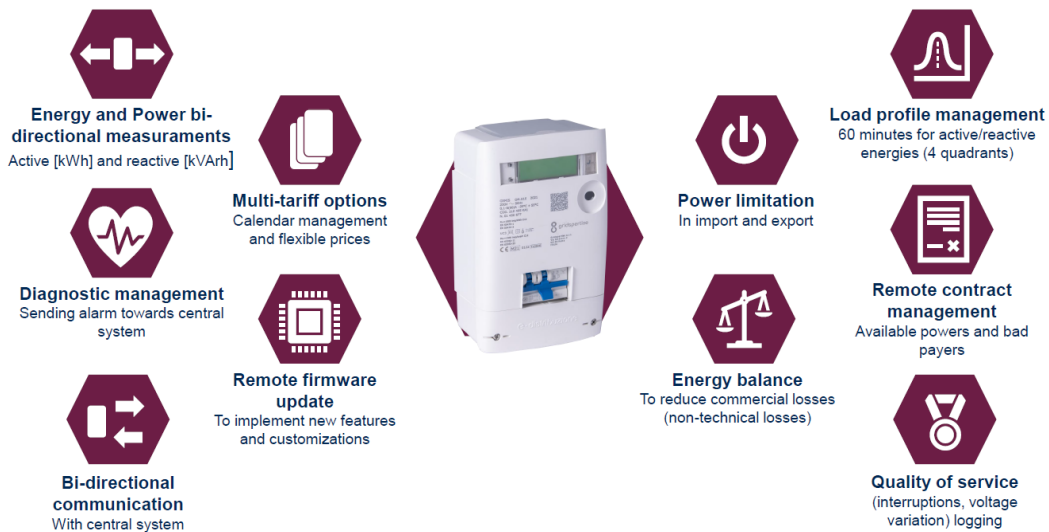
Gridspertise 的智慧電表系統旨在提升配電網絡的效率與互動性，支持數位化轉型和能源轉型。這些電表不僅限於自動讀表功能，還具備先進的數據管理能力，幫助分散式能源（如再生能源）和電動車充電設備的整合。此外，智慧電表還為用戶提供實時的能耗數據，改善客戶體驗並支持需求響應等能源管理服務。

智慧電表系統的一大特色是其雙向通信能力，通過支持多種通信技術（如 PLC、RF 和蜂窩網絡）和國際標準協議（如 DLMS/COSEM），實現了系統的互操作性和靈活性，有效解決了傳統單向電表的局限性。



- 1 Display**
It is used to show important information regarding the status of the meter and consumption data.
- 2 Consumption indicators**
Two LEDs to indicate the consumption. The blinking frequency is proportional to the consumption.
- 3 Push Button**
It is used to navigate through the screens of the display.
- 4 Relay switch**
It cuts the supply in case of a problem. It must be switched on again manually.
- 5 QR Code**
Exclusively used by Gridspertise for internal operations

圖表 3 : Gridspertise-The Open Meter Device



圖表 4 : Gridspertise-Smart Meter Functionalities

2、智慧電表的數據管理與應用

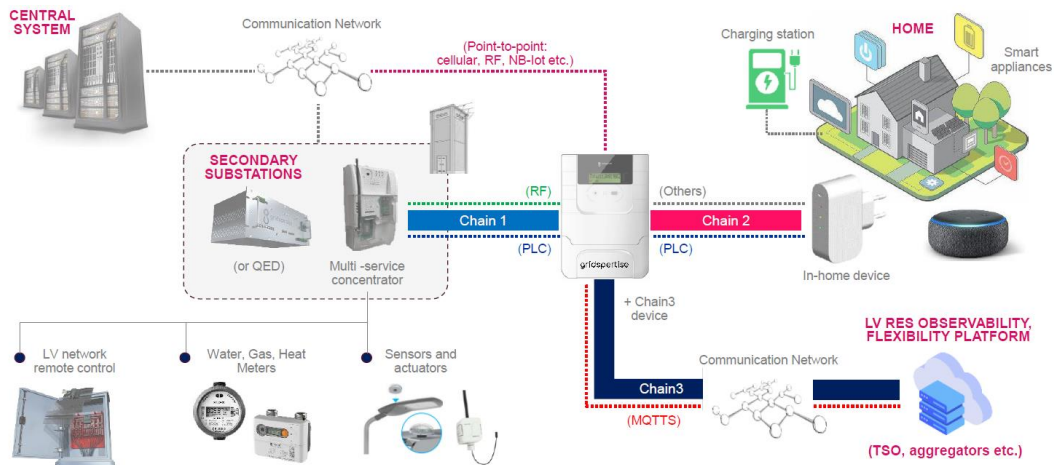
Gridspertise 的智慧電表支持高頻率的數據採集和管理，例如每 15 分鐘收集一次負載曲線數據，並通過其模塊化架構靈活適應不同客戶需求。這些數據不僅可用於電費計算，還能支援網絡規劃與管理。例如，透過監測變壓器的健康狀況和負載平衡，系統可以及時發現低壓網絡中的潛在問題並進行預防性維護。

數據管理系統還集成了欺詐檢測功能，例如通過大數據分析和能量平衡算法識別非法用電行為。這些功能有助於減少技術和商業損失，提高系統的營運效率。

3、智慧電表的客戶交互功能

智慧電表通過直連客戶的專用通信通道，提供幾乎實時的能耗數據，支持家庭自動化和需求響應服務。用戶可通過連接電表的家庭設備，實時查看用電情況並設置節能計劃，例如定時啟動智慧家電或實現消峰填谷。

此外，智慧電表還支持創新的合同類型，如動態能源定價和預付費功能，讓客戶根據實時電價靈活調整用電模式，從而實現個性化和高效的能源管理。



圖表 6：義大利 AMI 架構

4、智慧電表在智慧電網中的作用

智慧電表通過直連客戶的專用通信通道，提供幾乎實時的能耗數據，支持家庭自動化和需求響應服務。用戶可通過連接電表的家庭設備，實時查看用電情況並設置節能計劃，例如定時啟動智慧家電或實現峰值削減。

此外，智慧電表還支持創新的合同類型，如動態能源定價和預付費功能，讓客戶根據實時電價靈活調整用電模式，從而實現個性化和高效的能源管理。

5、Gridspertise 智慧電表的創新與未來展望

Gridspertise 的智慧電表設計具有模塊化和可擴展性，支持不同地區和行業的需求。其產品包括多樣化的硬體設備（如開放式電表和混合數據集中器）以及軟體平台（如 Meter Data Management 系統和 Head End 系統）。這些解決方案提供高安全性、可擴展性和靈活性，支持從小型試點到大規模部署的所有場景。

未來，Gridspertise 將持續開發新一代智慧電表，進一步提升用戶參與度和電網效率，並加速全球能源轉型。

(三)小結

本次參訪 Gridspertise 公司提供了全面了解其智慧電表技術與解決方案的機會。作為全球領先的智慧電網技術提供商，Gridspertise 的智慧電表系統在提升電網效率、支持再生能源整合和增強客戶參與方面發揮了關鍵作用。其模塊化設計和多協議支持確保了電表的互操作性，滿足不同地區和行業的多樣化需求。

Gridspertise 的智慧電表不僅限於自動讀表，還支持實時能耗監測、動態電價設計和需求響應等先進功能，為用戶提供個性化的能源管理體驗。同時，其高頻數據採集和分析功能提升了配電網絡的規劃與營運效率，並支持分散式能源和電動車基礎設施的無縫整合。此外，智慧電表內置的防篡改功能和大數據欺詐檢測算法，有效保障了電力系統的收入和營運安全。

此次參訪還展現了 Gridspertise 在支持智慧城市建設和多用途數據基礎設施方面的潛力。透過創新的技術應用，該公司不僅推動了電網數位化轉型，還為能源轉型提供了強有力的支撐。這些經驗為台灣在智慧電網和能源管理領域的發展提供了寶貴參考。



圖表 7：與 Gridspertise 全球銷售主管 Gary Perez 合影

三、Fluvius

(一)Fluvius 簡介

Fluvius 成立於 2018 年 7 月 1 日，由比利時法蘭德斯地區的兩大配電系統營運商 Eandis 和 Infrac 合併而成。作為最大的公用事業公司，Fluvius 的成立旨在整合資源，提升電力和天然氣分配網絡的效率和服務品質。Fluvius 的主要業務涵蓋以下領域：

1. 電力和天然氣分配：Fluvius 負責建設、管理和維護法蘭德斯地區所有 300 個市鎮的電力和天然氣分配網絡，確保穩定和可靠的能源供應。
2. 公共照明管理：公司負責管理這些市鎮的公共照明系統，提升能源效率並確保公共安全。
3. 污水系統建設與維護：在 86 個市鎮，Fluvius 承擔污水系統的建設和維護工作，促進環境保護和公共衛生。
4. 區域供熱網絡建設：公司參與區域供熱網絡的建設，推動可再生能源的利用和能源轉型。
5. 社會能源供應商職責：Fluvius 承擔社會能源供應商的職責，確保能源的公平和可及性。
6. 促進能源和水的合理使用：公司致力於推廣能源和水資源的合理使用，支持法蘭德斯地區地方當局提高能源效率，實現氣候目標。

Fluvius 的股東為 11 家市政間公司，這些公司完全由法蘭德斯地區的市鎮擁有。

Fluvius 還持有多家公司的股份，包括 Atrias (50%)、De Stroomlijn (62.17%)、Synductis (34.38%) 和 Wyre Holding (33.2%)，共同組成 Fluvius 系統營運集團。

作為法蘭德斯地區最大的多功能公用事業公司，Fluvius 在實現歐洲氣候和能源目標方面發揮著戰略性作用。公司積極參與能源轉型，致力於可持續發展，並將可持續發展目標 (SDGs) 置於企業社會責任戰略的核心。

總而言之，Fluvius 自成立以來，通過整合資源和擴大服務範圍，成為法蘭德斯地區

關鍵的公用事業服務提供者，為當地社區的可持續發展和能源轉型做出了重要貢獻。

(二) 參訪內容

本次參訪由 Fluvius 測量與通訊技術全球業務主管 Stefan Goeman 及團隊成員接待，針對比利時智慧電表部署、整合應用、通信技術及成本效益等議題進行交流討論，交流內容彙整說明如下。

1、智慧電表的部署與功能

自 2019 年 7 月起，Fluvius 開始大規模部署智慧電表，覆蓋低壓電力用戶和天然氣用戶。智慧電表具備雙向通信功能，能實時提供用電數據，並支持用戶參與能源管理。例如，智慧電表每 15 分鐘記錄一次數據，用於分析用戶的能源使用模式，支持動態定價和用戶行為調整。同時，這些電表支持遠端啟動和關閉功能，簡化操作並提升營運效率。



圖表 8：Fluvius 單相(左)及三相(右)智慧電表

2、智慧電表在能源共享中的應用

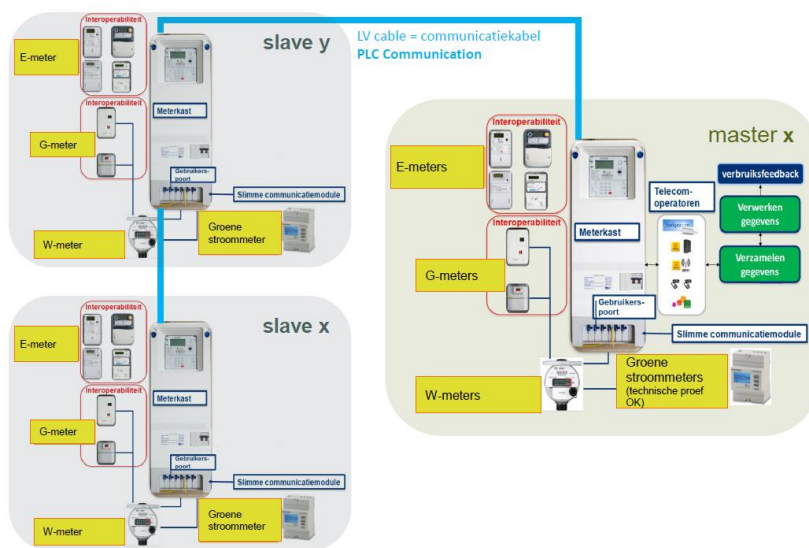
Fluvius 的智慧電表支持能源共享，允許用戶將多餘的再生能源（如太陽能）分享給鄰居或家庭成員，甚至可以參與能源社區進行能源交易。能源共享需要智慧電表的高頻數據支持，確保能夠準確記錄能量的產生與使用數據，為實現再生能源的廣泛普及提供了技術基礎。

3、智慧電表與智慧電網的整合

智慧電表在智慧電網中的作用至關重要。它們不僅能實時監測電網的電壓和功率質量，還能協助快速定位電網故障。例如，Fluvius 使用智慧電表數據結合 On Demand Reads 應用，快速診斷電纜缺陷並改善電網穩定性。此外，智慧電表的數據還能支持配電網絡的優化規劃，通過調整變壓器設置來延遲昂貴的基礎設施投資。

4. 智慧電表通信技術與挑戰

Fluvius 採用了多種通信技術，包括 PLC（電力線通信）、GPRS、WiFi 和 LTE NB-IoT，確保智慧電表的高效連接性。然而，過去的試點項目顯示，實現穩定的通信網絡需要克服許多挑戰，如干擾過濾和設備互操作性問題。Fluvius 強調通信技術標準化的重要性，例如採用國際認證的 DLMS/COSEM 標準，提升了設備的互操作性。



圖表 9：智慧電表通訊技術示意圖

	Availability
PLC communication – SCM in slave mode	97,08%
GPRS communication – SCM in master / stand-alone mode	> 99 %
WiFi communication – SCM in master / stand-alone mode	95 – 99 %
Ethernet – dedicated modem – SCM in stand-alone mode	> 99 %
Ethernet – use of end-user (customer) modem – SCM in master / stand-alone mode	> 99 %
Totaal	> 98 %

圖表 5：智慧電表通訊技術成功率

5. 智慧電表的成本效益分析與未來展望

Fluvius 歷經多次成本效益分析 (CBA)，以確保智慧電表的經濟可行性。最新的 CBA 顯示，透過分段滾動部署智慧電表 (例如優先部署給生產者和高能耗用戶)，可實現顯著的經濟效益。此外，Fluvius 計劃在 2024 年底前完成 80% 的智慧電表部署，並於 2029 年完成全面部署，為實現歐盟能源目標提供支持。

(三) 小結

本次參訪 Fluvius 公司深入了解其在智慧電表與智慧電網領域的實踐經驗，為我們提供了寶貴的參考。Fluvius 自 2019 年起推動大規模智慧電表部署，涵蓋電力與天然氣用戶，並以雙向通信技術實現即時數據採集，支持動態定價、需求響應等多種創新能源管理應用。智慧電表的能源共享功能，允許用戶將多餘的再生能源分享或交易，促進了再生能源的高效利用和普及。

此外，智慧電表在提升電網管理效率方面的應用尤為突出。例如，透過 On Demand Reads 應用，Fluvius 利用智慧電表數據快速定位電網故障並改善穩定性。其多樣化的通信技術 (如 PLC、WiFi、LTE NB-IoT) 保證了智慧電表的高效連接，同時克服了部署中的互操作性挑戰。這些技術經驗對於提升電網營運效率和支持再生能源整合具有重要啟示。

Fluvius 的成本效益分析顯示，分段部署策略顯著提高了智慧電表的經濟可行性，並

計劃於 2024 年完成 80%的部署目標。整體來看，Fluvius 的經驗展示了智慧電表與智慧電網結合的巨大潛力，為我們未來在能源數位化轉型中的策略規劃提供了深刻啟示。



圖表 6：與 Fluvius 接待團隊合影

四、N-SIDE

(一)N-SIDE 簡介

N-SIDE 成立於 2000 年，是一家總部位於比利時的深科技公司，專注於為生命科學和能源領域提供創新軟體和諮詢服務。公司致力於運用先進的數學模型和人工智慧技術，協助客戶在資源管理和決策制定方面實現最佳化，從而提升營運效率並推動可持續發展。

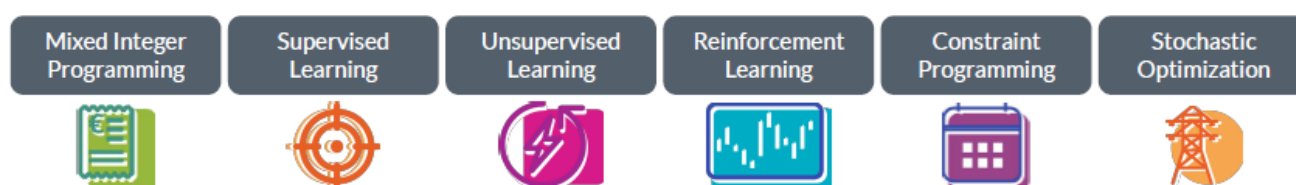
在生命科學領域，N-SIDE 提供解決方案以優化臨床試驗供應鏈，確保藥物開發過程中的資源配置更為高效，縮短上市時間，並降低浪費。這些工具和服務幫助製藥公司在複雜的臨床試驗環境中做出更明智的決策，從而加速創新療法的引入。

在能源領域，N-SIDE 的軟體和服務旨在優化電力市場運作，促進可再生能源的整合，並提升電網的穩定性和效率。公司開發的演算法被應用於電力市場的價格設定和供需匹配，協助能源供應商和系統營運商在動態市場環境中有效管理資源。

為了拓展全球業務，N-SIDE 於 2024 年 1 月在東京開設了其在亞太地區的首個辦事處，

旨在加強對該地區能源和生命科學行業客戶的支持。此前，公司已與日本卸電力交易所（JEPX）達成合作，提供電力匹配演算法，以優化日本電力市場的價格和交易量計算，促進市場的可持續增長。

N-SIDE 擁有一支由來自 30 多個國家的工程師、計算機科學家和商業專家組成的團隊，致力於解決客戶面臨的複雜挑戰。公司以其在應用數學和人工智慧領域的專業知識，為全球客戶提供定制化解決方案，推動生命科學和能源行業的數位化轉型和可持續發展。



圖表 7：N-SIDE 核心業務技術

(二) 參訪內容

1、電力市場設計與最佳化

N-SIDE 在全球範圍內為電力市場提供優化演算法，包括歐洲統一日內市場（SIDC）和日本電力交易所（JEPX）的清算演算法。這些解決方案幫助市場營運商在供需快速變化的情況下實現資源最佳配置。例如，在平衡市場中，N-SIDE 的技術支持動態儲備需求設計和容量拍賣清算，確保在資源緊張時提供即時的系統響應。

2、電網擁堵管理與靈活性市場

N-SIDE 開發了針對電網擁堵管理的解決方案，如「LocalFlex」靈活性採購平台。該平台允許分佈式能源和其他靈活資產參與市場交易，提供網絡約束下的最佳化服務。通過結合傳輸與分配系統營運商的協作，N-SIDE 的解決方案有效緩解了網絡擁堵，並推動了分散式能源的廣泛應用。



圖表 8：「LocalFlex」靈活性採購平台

3、 風險預測與動態儲備管理

隨著再生能源比例的增加，電網不平衡風險顯著提高。N-SIDE 通過其先進的預測模型和蒙特卡洛模擬技術，支持系統營運商實現動態儲備需求設計，降低風險期間的儲備成本。

4、 未來展望與創新應用

N-SIDE 的創新應用不僅限於當前的電網管理和市場設計，還包括未來高效電網擴展規劃。例如，通過多目標優化模型，公司能夠在儲能設施和需求靈活性應用方面提供投資建議，以延緩傳輸基礎設施建設並降低成本。N-SIDE 的方法強調可持續性，致力於幫助系統營運商在能源轉型中實現社會效益最大化。

(三) 小結

本次參訪 N-SIDE 公司深入了解其在能源優化與電力市場解決方案領域的專業技術，為我們提供了寶貴的參考。N-SIDE 作為一家專注於應用數學和人工智慧的科技公司，透過強化學習、隨機優化等技術，為電力市場設計、電網管理及風險預測提供先進的解決方案。

N-SIDE 在電力市場設計中扮演重要角色，其開發的清算演算法被應用於歐洲和日本的電力市場，幫助市場營運商在動態環境中實現資源配置的最佳化。其靈活性市場平台

「LocalFlex」則推動了分散式能源的廣泛應用，為解決電網擁堵提供了創新方法。此外，

N-SIDE 的風險預測技術和動態儲備需求設計有效降低了因再生能源比例增加而導致的不平衡風險，並提升了市場效率。

展望未來，N-SIDE 將持續在電網擴展規劃和儲能設施優化方面發揮領先作用，為能源系統的可持續發展提供支持。本次參訪提供的技術經驗，對於我們在推動台灣能源轉型和智慧電網建設中制定具體策略，具有重要的啟示和借鑒價值。



圖表 9：與 N-SIDE 業務開發專員 Jean Gillain 合影

五、Saint-Gobain

(一) Saint-Gobain 介紹

聖戈班 (Saint-Gobain) 成立於 1665 年，由法國國王路易十四的財政大臣柯爾貝爾 (Colbert) 創立，最初名為「皇家鏡廠」，專為凡爾賽宮的鏡廊製造鏡子。隨著時間的推移，聖戈班逐漸擴展其產品線，成為全球領先的建築材料和高性能材料製造商。

在英國，聖戈班的業務涵蓋多個領域，主要包括建築材料的生產和分銷。公司提供各種產品，如玻璃、石膏板、絕緣材料和管道系統，廣泛應用於建築和工業領域。此外，聖戈班還致力於為客戶提供創新解決方案，滿足可持續建築和能源效率的需求。

聖戈班在英國的歷史可以追溯到 19 世紀，當時公司開始在英國市場拓展業務。如今，

聖戈班在英國擁有多家子公司和生產基地，為當地市場提供高品質的建築材料和服務。公司還積極參與英國的基礎設施建設和可持續發展項目，為當地經濟和社會發展做出貢獻。

作為一家擁有超過 350 年歷史的企業，聖戈班始終秉持創新和可持續發展的理念。公司在全球 76 個國家開展業務，擁有超過 170,000 名員工。聖戈班連續多年被評為全球最具創新力的企業之一，致力於為客戶提供高性能材料和解決方案，應對當前和未來的挑戰。

總而言之，聖戈班在英國的業務涵蓋建築材料的生產和分銷，並積極參與可持續建築和能源效率項目。公司憑藉其悠久的歷史和創新能力，為英國市場提供高品質的產品和服務，並為當地經濟和社會發展做出重要貢獻。

(二) 參訪內容

英國辦公室負責人亦為 IEA Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS)、Solar Heating and Cooling Programme (SHC)、Technology Collaboration Programme 的主要成員，近年該公司也投入建築節能與減碳、以及建築產業數位化等。因此希望與我們交流台灣智慧電網以及此行訪歐對智慧建築、建築節能與產業數位化的心得與經驗。我方主要分享智慧電表系統、家庭能源管理系統以及針對不同緯度調整的太陽光電建築整合系統。

六、牛津大學環境變化研究所 – (Environmental Change Institute, University of Oxford)

(一) Environmental Change Institute (ECI), University of Oxford 簡介

牛津大學環境變化研究所 (Environmental Change Institute, ECI) 成立於 1991 年，隸屬於牛津大學地理與環境學系。自成立以來，ECI 一直致力於應對全球環境變化的挑戰，通過跨學科研究、教育和政策參與，推動可持續發展。

ECI 的研究方向涵蓋多個領域，主要包括：

- 氣候變化與能源：研究氣候變化的科學基礎、影響和適應策略，並探索可再生能源和能源效率的解決方案。
- 生物多樣性與生態系統：分析人類活動對生物多樣性和生態系統的影響，尋求保

護和恢復自然環境的方法。

- 食物系統與可持續性：探討全球食物系統的可持續性，研究農業、生態和社會經濟因素之間的相互作用，尋求減少溫室氣體排放的途徑。
- 水資源管理：研究水資源的可持續利用和管理策略，應對氣候變化和人口增長帶來的挑戰。
- 城市化與環境：分析城市化進程對環境的影響，尋求可持續的城市發展模式。

ECI 通過與政府、企業和非政府組織的合作，將研究成果應用於政策制定和實踐中，為全球環境挑戰提供創新解決方案。同時，ECI 還致力於培養下一代環境領域的領袖，提供多樣化的教育和培訓項目，推動可持續發展的全球議程。

(二) 參訪內容

本次參訪由 Tina Fawcett 教授接待，進行交流討論，了解分散式能源系統 Energy Superhub Oxford 與能源需求觀察與實驗室(Energy Demand Observatory and Laboratory, EDOL)，內容彙整說明如下：

➤ Energy Superhub Oxford (ESO) 計畫背景與目標

Energy Superhub Oxford (ESO)是英國推動減碳與智慧能源管理的重要示範計畫，於 2019 年 4 月啟動，並於 2023 年 3 月完成，總投資約 4,100 萬英鎊。該計畫由牛津大學、地方政府及 EDF 等單位攜手合作，透過智慧能源基礎設施，協助牛津市實現 2040 年前的淨零碳排放目標，主要著重於電力、交通及供暖系統的減碳。

1、儲能系統：

- 建置一套混合式儲能系統，包含 48MW/50MWh 的鋰電池及 2MW/5MWh 的鈦液流電池，並連接英國國家電網輸電線路。
- 鋰電池負責提供快速短期電力支援，而鈦液流電池則具有長壽命和穩定性能。兩者結合以優化儲能系統效能、平衡電網需求並支援再生能源併網。

2、電動車快充樞紐：

- 在牛津 Redbridge Park & Ride 設置 42 座快速與超快速充電站，總容量達 10MW，由 Tesla 和 Fastned 等廠商共同參與。
- 透過 EDF 私有電纜連接國家電網，支援牛津電動計程車隊、104 輛電動巴士及社會企業車隊充電需求。

3、低碳供暖：

- 在牛津郊區 Blackbird Leys 安裝 57 套地源熱泵系統，並於南牛津郡 Sonning Common 試驗 5 套結合儲熱電池的地源熱泵系統，旨在取代傳統電暖器，測試其減碳成效並降低用戶初期投資成本。

4、智慧能源管理：

- Habitat Energy 開發 OTE (Optimisation and Trading Engine) 智慧管理平台，運用機器學習進行最佳決策，協調電力、交通及供暖系統。
- 此平台控制儲能系統，參與電力市場交易與頻率反應，提供國家電網輔助服務，提升系統整體經濟效益。

➤ 能源需求觀察與實驗室 (EDOL) 計畫背景與目標

能源需求觀察與實驗室 (EDOL) 是由英國工程與物理科學研究委員會 (EPSRC) 資助，並由倫敦大學學院 (UCL) 與牛津大學共同領導的研究計畫。該計畫旨在深入分析英國家庭的能源使用行為，為實現零碳未來提供科學數據與資訊支持。由於家庭能源消耗約占全國碳排放的五分之一，掌握家庭行為特徵有助於制定更有效的減碳政策。

1、觀察站 (Observatory)：

- 成立一個由 2,000 戶具代表性的英國家庭組成的長期追蹤小組，透過安裝感測器，記錄家電使用狀況與住戶行為所帶來的能源消耗情形。

2、實驗室 (Laboratories)：

- 針對部分用戶進行實驗，測試新技術、政策與商業模式，並評估其對能源使用的實際影響，例如智慧電表或新訂價策略的實驗效果。

3、Shift-0：MCSCF 熱泵實驗室：

- 著重於熱泵技術在家庭中的測試與應用評估，推動更高效的供暖系統。
- **能源需求觀察與實驗室（EDOL）研究方法與資訊應用**
 - ◇ **資訊收集：**安裝感測器於家庭內，收集高解析度的能源使用資訊，涵蓋電力、瓦斯等能源形式。
 - ◇ **行為觀察：**記錄用戶的日常活動，分析不同行為模式對能源使用的影響。
 - ◇ **實驗干預：**透過新技術與政策實驗，驗證對能源使用行為的影響，促進節能措施的落實。
- **能源需求觀察與實驗室（EDOL）目標與成效**
 - ◇ **科學研究：**深入剖析家庭能源使用模式，為能源需求預測與模型分析提供數據基礎。
 - ◇ **政策制定：**提供政府與相關機構實證資訊，支持制定有效的能源政策及減碳策略。
 - ◇ **技術開發：**協助企業與研究機構獲取數據支持，推動新技術的研發與應用，促進智慧家庭與能源管理系統發展。

EDOL 重視參與者的隱私，所有資訊均經匿名處理並遵守相關法律規範，確保個人資訊安全。同時，參與者透過參與實驗，能了解不同措施對自身能源使用的影響，進而促進更環保的生活習慣。此外，EDOL 與英國 Energy Systems Catapult 推動的 Living Lab 類似，提供新興技術的測試場域，了解用戶反應，加速創新技術落地應用，為政府與產業提供實證支持，推動有效的能源政策與零碳未來發展。

(三) 小結

Energy Superhub Oxford (ESO) 和能源需求觀察與實驗室 (EDOL) 分別針對城市與家庭的能源管理與減碳目標，提供智慧儲能、電動車充電、低碳供暖及能源行為觀察等綜合解決方案。ESO 透過智慧基礎設施支援牛津市的淨零碳排放目標，而 EDOL 則藉由高解析數據收集、行為分析及實驗干預，為政策制定和技術發展提供科學支持。兩者皆強調技術

創新、數據驅動與用戶參與，促進減碳效益並加速智慧能源轉型。



圖表 10：牛津大學環境變化研究所

七、Toshiba Europe Limited

(一) Toshiba Europe Limited 簡介

東芝 (Toshiba) 是一家總部位於日本東京的跨國企業，成立於 1939 年，由芝浦製作所與東京電氣合併而成。該公司在全球範圍內提供多元化的產品和服務，涵蓋電力開發、工業生產、環境保護、商業辦公、半導體等領域。

在英國，東芝透過其子公司 Toshiba Europe Limited 開展業務，專注於可持續能源解決方案、半導體與儲存解決方案、量子技術和數位轉型等領域。具體而言，東芝在英國的業務包括：

1. 可持續能源解決方案：東芝為歐洲及全球市場提供綜合能源解決方案，涵蓋電力生成技術、碳捕獲利用與儲存 (CCUS)、電力分配和 SCiB™電池等，致力於建設可持續的未來。
2. 半導體與儲存解決方案：東芝在英國市場提供硬碟和半導體產品，滿足各行業對高性能儲存和電子元件的需求。
3. 量子技術：東芝積極開發量子安全通信和 SQBM+等量子技術，推動英國在量子資

訊領域的發展。

4. 數位轉型：東芝透過數位技術的應用，協助英國企業實現業務流程的數位化轉型，提升營運效率和競爭力。

總而言之，東芝在英國的業務涵蓋能源、半導體、量子技術和數位轉型等多個領域，致力於為當地市場提供創新和可持續的解決方案，推動英國科技和經濟的發展。

(二) 參訪內容

本次參訪由 Toshiba Europe Limited M2M Solutions Division 營運長 Thomas Cunliffe 以及總裁助理島崎寬及團隊成員接待，針對智慧電表通信技術與智慧電網中的數據安全與系統可靠性等議題進行交流討論，交流內容彙整說明如下

1、Toshiba Europe Limited 的智慧電表通信樞紐解決方案：

Toshiba Europe Limited 作為智慧電網和智慧電表技術的領導者，專注於為英國智慧電表計劃 (Smart Metering Implementation Programme, SMIP) 提供通信樞紐 (Comms Hubs) 和網絡服務。該技術是英國能源零售市場的核心組成部分，支持能源零售商和配電網營運商進行高效的數據管理。Toshiba 的通信樞紐支持 SMETS2 智慧電表的數據傳輸，提供穩定、安全的雙向通信功能，保障家庭能源數據的即時監控和配置。

2、通信樞紐升級計劃與技術過渡：

隨著 2G 和 3G 技術逐步退役，Toshiba 主導了 4G 通信樞紐的設計與部署計劃，確保智慧電表系統的連續性和未來可擴展性。該計劃旨在替代過時的技術，同時支持下一代智慧電表設備技術規範 (Smart Metering Equipment Technical Specifications, SMETS2) 及未來的智慧電表設備。通信樞紐升級不僅提升了數據傳輸的速度和可靠性，還通過靈活的商業模型實現成本效益最大化。

3、通信樞紐的功能與應用場景：

Toshiba 的通信樞紐技術包括多重功能區塊，如韌體下載、問題解決、遠程配置以及設備壽命管理。這些功能使能源公司能夠實現高效的智慧電網營運，例如故障診斷和修復、

動態費率設置，以及跨供應商間的數據互操作性。此技術還支持減少電子設備浪費，提升能源系統的可持續性。

4、智慧電網中的數據安全與系統可靠性：

Toshiba 的通信樞紐系統特別注重數據安全，採用了先進的加密技術和網絡監控工具來防範數據洩露與網絡威脅。此外，通過嚴格的設備管理和網絡性能監控，Toshiba 的解決方案確保了智慧電表通信的可靠性和穩定性，為用戶提供無縫的能源服務體驗。

5、智慧電表計劃的價值與未來展望：

Toshiba 的解決方案不僅支持英國現有的智慧電表網絡，還為未來的能源轉型奠定基礎。通信樞紐升級計劃將持續到 2033 年，並逐步推動 5G 和其他新興技術的應用，進一步提升系統性能。Toshiba 的技術為減少電子廢棄物、推進能源效率提升和實現英國政府的減碳目標提供了關鍵支持。

(三) 小結

本次參訪 Toshiba Europe Limited 深入了解其在智慧電表通信樞紐和智慧電網技術方面的創新成果，為我們提供了重要的啟示。Toshiba 作為英國智慧電表計劃的重要技術合作夥伴，其通信樞紐技術支持 SMETS2 智慧電表的雙向數據通信，保障了能源數據的安全傳輸與精確管理。同時，通信樞紐升級計劃成功應對了 2G 和 3G 退役的挑戰，採用了 4G 技術，並為未來的 5G 和新一代技術應用提供了可能性。

Toshiba 的通信樞紐技術功能強大，包括動態費率設置、遠程配置、固件更新等，顯著提升了智慧電網的營運效率。此外，其數據加密與網絡監控技術保障了智慧電網的安全性與可靠性，滿足用戶對穩定能源服務的需求。

未來，Toshiba 將繼續推動智慧電網技術的發展，特別是在提升系統可擴展性、減少電子廢棄物以及支持英國政府減碳目標方面發揮關鍵作用。本次參訪為我們了解先進的智慧電表技術與應用場景提供了寶貴經驗，為未來智慧電網建設與能源管理策略制定提供了具體的參考。



圖表 11：與 Toshiba 團隊合影

八、Energy Systems Catapult

(一)Energy Systems Catapult 簡介

Energy Systems Catapult(ESC) 於 2015 年由英國創新署 (Innovate UK) 成立，總部位於伯明翰。作為獨立的研究與技術組織，ESC 的使命是加速淨零能源創新，推動英國能源系統的轉型。

ESC 匯聚了超過 250 名專家，涵蓋技術、工程、消費者行為、商業、孵化、數位和政策等領域。這支多元化團隊致力於為能源系統的各個層面提供技術、商業和政策專業知識，推動創新。ESC 的業務範疇廣泛，涵蓋技術研發、商業模式創新和政策建議等。其獨立且技術中立的立場，使其在提供前瞻性研究、協作研發和商業委託方面建立了值得信賴的聲譽。ESC 的工作重點包括：

- 能源創新：透過技術、商業和政策專業知識，推動能源系統的創新，支持清潔技術創新者的發展。
- 測試與加速家庭能源創新：透過 Living Lab 等設施，為企業提供在真實環境中測試和推廣智慧能源創新的平台。

- 協助地方實現淨零行動：與地方當局合作，制定和實施淨零排放策略，推動地方層面的能源轉型。
- 為能源領導者提供淨零未來的準備：透過培訓和諮詢，協助能源行業領導者為未來的淨零挑戰做好準備。

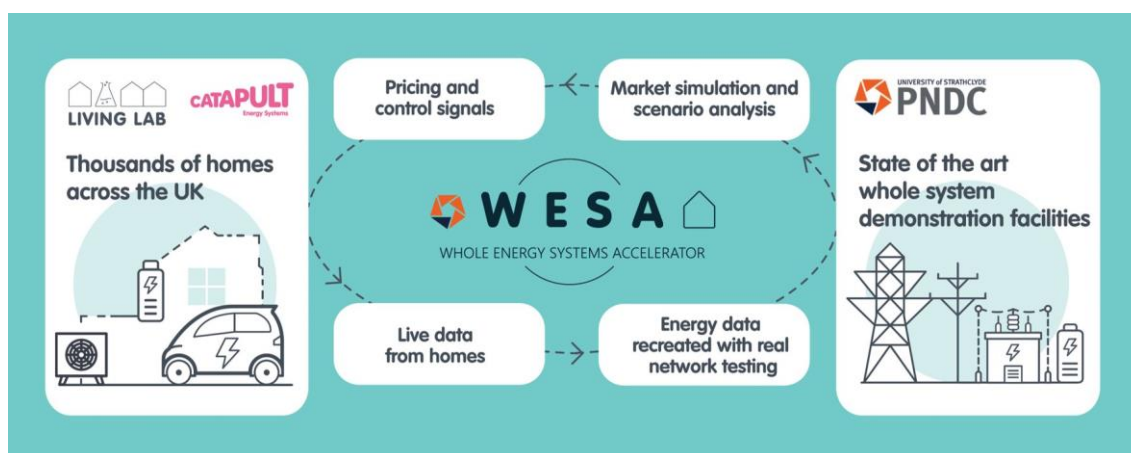
ESC 的獨特之處在於其全系統方法，結合技術、商業和政策專業知識，推動能源系統的創新和轉型。透過與政府、企業和學術界的合作，ESC 致力於實現英國的淨零目標，並確保英國企業和消費者在清潔增長和向淨零經濟轉型中受益。

(二) 參訪內容

本次參訪由 Energy Systems Catapult 國際業務領導 Andrew Stokes 接待，針對全能源系統加速器、Living Lab、能源數據以及數位骨幹可行性研究與智慧電網的未來，進行交流討論，交流內容彙整說明如下：

1、全能源系統加速器（WESA）在智慧電網中的應用：

全能源系統加速器（Whole Energy Systems Accelerator, WESA）是由英國能源系統加速器（Energy Systems Catapult）開發的平台，旨在加速能源系統創新。WESA 提供一個數位化的模擬環境，允許企業和研究機構測試和驗證智慧電網技術，包括智慧電表的整合與應用。透過 WESA，使用者可以模擬不同技術和政策對能源系統的影響，評估智慧電表在能源管理和需求響應中的角色，從而推動智慧電網的發展。



圖表 17：The Whole Energy Systems Accelerator feedback loop

2、Living Lab 的智慧電表測試與用戶行為研究：

Living Lab 是一個由 100 多個連網家庭組成的試驗平台，專為測試和優化智慧能源產品和服務而設計。在 Living Lab 中，智慧電表被廣泛應用於監測家庭能源消費，並提供即時數據以支援需求響應策略。這不僅有助於評估智慧電表的技術性能，還能深入了解用戶行為和接受度，為智慧電網的用戶導向設計提供寶貴的見解。

3、能源數據工作組報告對智慧電網的影響：

能源數據工作組（Energy Data Taskforce）發布的報告強調，數據開放和數位化對現代能源系統至關重要。該報告建議建立「數位骨幹」（Digital Spine），以促進數據共享，提升智慧電網的效率和可靠性。智慧電表作為數據收集的關鍵節點，其數據的開放和標準化對智慧電網的優化營運具有重要意義。

4、能源數位化工作組的智慧電網數位化策略：

能源數位化工作組（Energy Digitalisation Taskforce）致力於推動能源系統的數位化轉型，提出了多項建議以加速智慧電網的發展。這些建議包括建立數位平台，促進智慧電表數據的共享與應用，並強調數位基礎設施對實現淨零目標的重要性。這些策略為智慧電網的數位化提供了明確的路徑。

5、數位骨幹可行性研究與智慧電網的未來：

數位骨幹可行性研究（Digital Spine Feasibility Study）旨在評估建立統一數位基礎設施的可能性，以支援智慧電網的數據需求。該研究探討了如何整合智慧電表和其他智慧設備的數據，建立一個高效、安全的數位骨幹，為智慧電網的未來發展奠定基礎。

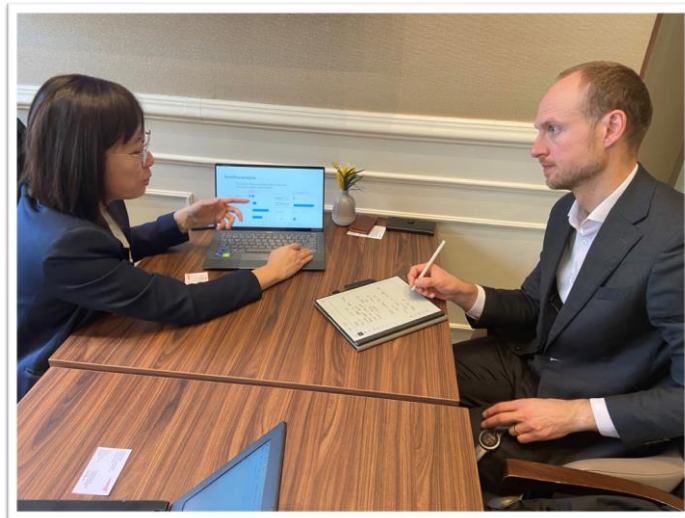
(三) 小結

本次參訪 Energy Systems Catapult 提供了深入了解其在智慧電表和智慧電網領域創新成果的機會，展示了其在推動英國能源系統轉型中的重要角色。透過 Whole Energy Systems Accelerator(WESA)，該公司創建了一個高效的數位模擬平台，用於測試智慧電表的整合應用及其在智慧電網中的價值。同時，Living Lab 為能源創新者提供了一個以消費

者為中心的測試環境，實現了智慧電表技術性能的驗證以及用戶行為的深入研究。

此外，能源數據和數位化工作組的建議強調了數據共享和開放標準的重要性，並指出智慧電表數據是未來智慧電網營運的基石。數位骨幹可行性研究（Digital Spine Feasibility Study）更進一步探討了統一數位基礎設施的可能性，為智慧電網的長期發展提供了具體方向。

整體而言，Energy Systems Catapult 的技術和策略展示了如何結合創新技術、用戶行為洞察和政策規劃來構建高效、靈活的智慧電網。本次參訪為台灣在智慧電表數據管理和智慧電網規劃方面提供了寶貴的經驗和啟示，助力未來能源系統的數位化與可持續發展。



圖表 18：與 Energy Systems Catapult 國際業務領導 Andrew Stokes 交流合影

肆、心得與建議

本次赴歐洲義大利、比利時及英國的技術交流行程涵蓋智慧電表、智慧電網及能源管理等多個核心領域，並參訪多家在能源轉型中領先的公司與項目。其中，Energy Superhub Oxford(ESO)與能源需求觀察與實驗室(EDOL)提供了深入了解英國在智慧能源與減碳領域的實際成果。此次交流，不僅讓我更清楚智慧電網技術在能源數位化與可持續發展中的角色，也為台灣智慧電網發展提供了寶貴啟示。

在 ESO 計畫中，牛津市透過建置混合儲能系統、推動電動車快充樞紐及試驗低碳供暖技術，實現能源系統的全面升級。其儲能系統結合鋰電池與鈦液流電池，充分發揮快速支援與長期穩定供電的優勢，同時以智慧管理平台提升能源利用效益。此外，電動車快充樞紐與地源熱泵的應用，充分展示了電力、交通與供暖系統間的協同減碳成效。這些跨領域整合經驗，值得台灣在推動電網升級及電動交通基礎建設時參考。

EDOL 計畫則專注於家庭能源行為的深入分析與實驗。通過對 2000 戶家庭的行為觀察與新技術測試，EDOL 為英國政府提供了科學數據支持，以制定更精準的減碳政策。其針對用戶行為與技術應用進行的實驗，展現了用戶參與在能源管理中的潛在價值。這提醒我們，智慧電表的推廣應不僅關注技術層面，也需重視用戶的參與與互動，以實現數據與能源行為的有機結合。

此外，義大利的 DNV 智慧電網實驗室與 Gridspertise，以及比利時的 Fluvius 與 N-SIDE 等企業，也展示了從標準化測試到靈活性市場應用的全鏈條解決方案。尤其是比利時在能源共享模式上的成功經驗，以及英國 Energy Systems Catapult「Living Lab」的用戶端技術測試平台，對台灣智慧電網的數位基礎建設與創新技術落地應用提供了啟發。

綜合這次交流所得，我們建議台灣應加速建置本地化智慧電表與電網測試平台，完善數據管理與市場機制，並引入跨領域整合方案提升能源使用效率。同時，應強化用戶端參與，通過技術實驗與數據支持，促進更智慧化、可持續的能源管理系統發展，為台灣邁向零碳未來奠定基礎。