

出國報告（出國類別：開會）

2024 ICERERA
第十三屆國際再生能源研究與應用大會

服務機關：台灣電力公司綜合研究所

姓名職稱：施政樟 資訊工程專員

派赴國家/地區：日本/長崎

出國期間：113年11月9日至113年11月14日

報告日期：114年1月3日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

2024 ICERERA 第十三屆國際再生能源研究與應用大會

頁數 37 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)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

施政樟/台灣電力公司/綜研所資訊工程專員/(02)2360-1235

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11月9日至113年11月14日

派赴國家/地區：日本/長崎

報告日期：114年1月3日

關鍵詞：再生能源系統(Renewable Energy System)、虛擬電廠(Virtual Power Plant)、機器學習(Machine Learning)、能源轉型(Energy Transition)

內容摘要：

國際再生能源研究與應用大會 (International Conference On Renewable Energy Research And Applications, ICRERA) 是一個年度性的重要國際研討會，由 International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)主辦，致力於促進再生能源領域的學術與技術交流。該會議匯集全球專家、學者和業界領袖，共同探討再生能源技術 (如太陽能、風能等)、儲能系統、智慧電網、能源管理策略及電動車應用等議題，並涵蓋政策制定、可持續性及能源經濟性等內容，本次出訪主要參與相關內容包含：(1)深入了解再生能源系統在能源轉型過程中的重要性及其影響。(2)蒐集再生能源系統、虛擬電廠、電動車在電力營運中的實際應用案例和經驗。(3)了解人工智慧和機器學習如何應用於電力行業，並將這些技術實施於能源管理和系統優化中。

本文電子檔已傳至出國報告資訊
(<http://report.nat.gov.tw/reportwork/>)

目錄

一、出訪目的及行程紀要.....	1
二、研討會內容.....	3
三、心得建議.....	35

圖目錄

圖 1. 功率電子學對於實現碳中和社會的貢獻.....	8
圖 2. 儲能系統與綠氫.....	9
圖 3. 高效逆變器技術.....	10
圖 4. 大容量逆變器技術.....	10
圖 5. 綠氫的需求.....	11
圖 6. SVCS 系統.....	11
圖 7. 日本鐵路公司邁向淨零碳排的挑戰.....	12
圖 8. 日本鐵路公司碳中和目標.....	13
圖 9. 節能列車技術.....	14
圖 10. 車站的再生能源應用.....	15
圖 11. 車站的逆變器應用.....	16
圖 12. 車站的儲能系統建置.....	16
圖 13. 高功率密度和高頻轉換器設計圖.....	17
圖 14. 先進電源產學技術聯盟.....	18
圖 15. 寬能隙材料.....	19
圖 16. 高效率充電技術應用.....	20
圖 17. 固態變壓器應用.....	21
圖 18. JEPX DA 市場出價預測和調度時間.....	22
圖 19. 電力需求和高峰時間預測.....	27

圖 20. 高峰時間預測精確度表現.....	27
圖 21. SMPB 概念的微電網圖.....	29
圖 22. 整合電力子系統和氫氣子系統的可再生直流地鐵電力系統.....	30
圖 23. 智慧充電與智慧電網的關聯圖.....	31
圖 24. 電動車充電監控系統示意圖.....	32
圖 25. 透過 PWM 控制 EV 電流上限和電流下限之間的功率流.....	33
圖 26. 硬體測試平台(HTB)原理圖.....	34
圖 27. 會場合照.....	36

表目錄

表 1. 大會專題演講.....	5
表 2. 口頭論文發表.....	5
表 3. 海報論文發表.....	7
表 4. 8種模型在四種評估指標的結果.....	24
表 5. 特徵說明.....	25
表 6. 模型效能比較.....	26

一、出訪目的及行程紀要

能源轉型已成全球趨勢，再生能源技術的應用是實現碳中和的關鍵。參與國際再生能源研究與應用大會（ICRERA）是公司提升國際視野與技術水準的重要契機。此次出訪的主要目的是了解再生能源技術在能源轉型中的核心作用，特別是在推動全球減碳目標方面的貢獻。會議涵蓋太陽能、風能、儲能系統、智慧電網及電動車應用等多領域，這些技術對電力行業未來發展具有深遠影響。通過交流與學習，能夠掌握先進技術動向，為公司長期戰略規劃提供科學依據。此外此行旨在蒐集再生能源應用的成功案例，如虛擬電廠與再生能源應用模式，這些經驗將為公司技術創新與業務拓展提供靈感，助力公司推動能源營運智慧化，提升競爭力。

本室目前專注於需求面管理和虛擬電廠的應用與研究，參加本次研討會旨在深入了解如何將這些能源系統有效整合至電網中，探索其實際應用及人工智慧在其中的關鍵角色。為達成此目標，透過篩選與業務最相關的議題，並設定具體學習目標，例如如何優化電網運營及擴展再生能源系統的應用。此外蒐集相關研究報告與文檔以便後續深入研究，亦是行程中重要的一環。本次研討會預期成果包括：深入了解再生能源系統在能源轉型中的重要性，蒐集再生能源系統、虛擬電廠及電動車的實際應用案例，以及人工智慧與機器學習在能源管理與系統優化中的應用經驗，這些都將為公司未來的策略規劃與實踐提供實質助益。

2024 國際再生能源研究與應用大會(ICRERA)，於 2024 年 11 月 9-13 日在日

本長崎舉行。

日期	行程內容	備註
113/11/09	往程	台北-長崎
113/11/10 至 113/11/13	研討會	參加2024國際再生能源研究 與應用大會(ICRERA)
113/11/14	返程	長崎-台北

二、研討會內容

國際再生能源研究與應用研討會 (International Conference On Renewable Energy Research And Applications, ICRERA) 是一個年度性的重要國際研討會，由 International Journal of Renewable Energy Research (IJRER) 主辦，致力於促進再生能源領域的學術與技術交流。該會議匯集全球專家、學者和業界領袖，共同探討再生能源技術（如太陽能、風能等）、能源儲存系統、智慧電網、能源管理策略及電動車應用等議題，並涵蓋政策制定、可持續性及能源經濟性等內容。透過學術論文發表、專題演講及討論會，ICRERA 提供一個展示研究與技術創新的平台，促進知識分享與國際合作，並推動再生能源的發展與普及，為全球能源轉型作出重要貢獻。

本次研討會於日本長崎舉辦，會議期間為 2024 年 11 月 9 日至 11 月 13 日，大會議程分為：Parallel Tutorials、專題演講、口頭論文發表、海報展示發表及廠商展覽部分。研討會議題涵蓋多元再生能源系統與應用，內容包括風能、水能、太陽能、生質能、生物燃料、氫能發電、燃料電池及能源儲存等綠能技術，並延伸至電動車與氫能源車輛相關組件、新興趨勢與技術、政策與策略以及能源系統到電網的轉換等。其他焦點議題包括再生能源轉換新研究、驅動電路與控制技術、混合型能源系統的互動與性能分析、智慧電網與再生能源系統的結合，以及工業應用的再生能源研究。除此之外，還探討碳中和港口、綠色數據中心、人工智慧與機器學習於再生能源的應用、分析方法與模型設計

等創新概念，並關注能源管理、虛擬電廠、能源資源整合業務、智慧城市應用及未來挑戰與方向。議題也涉及電力電子、車輛技術及電機控制的節能方案，再生能源馬達驅動、新型照明技術，以及系統的可靠性、安全性與維護等多方面內容，全面探索再生能源在現代與未來科技中的角色與應用。

本次大會除了許多國際專家學者進行與會，國內許多教授學者也應邀參加會議。在大會專題演講中，則邀請了台灣科技大學電機系邱煌仁教授進行研究成果分享，教授的研究內容包括高效率/高功率密度雙向 DC/DC 轉換器、PFC 拓撲、PV 逆變器和 DSP 再生能源應用中的控制，本次大會其分享的主題為「High Power Density and High Frequency Converter Design」，介紹其團隊在高效率電力轉換器上的研究成果。此外，國內多所大學的碩博士生也積極參與論文發表，參與院校包括台灣大學、清華大學、台灣科技大學及成功大學等，透過此學術交流平台分享最新的研究成果與應用。

本次會議主要的發表論文主題整理如表 1 至表 3：

表 1. 大會專題演講

議程	議題
大會專題演講	1: Next-Generation SiC/GaN Variable Speed Drive Systems — “How to Handle a Double-Edged Sword”
	2: Power Electronics Contribution to Achieving Carbon-Neutral Society
	3: High performance motor drive techniques by multiple inverters
	4: Trends of challenges to zero carbon by railway companies in Japan
	5: High Power Density and High Frequency Converter Design

表 2. 口頭論文發表

議程	議題
口頭論文發表	1: Recent research on Hydrogen Energies -From Hydrogen Generation to Its Use
	2: Emerging Technologies for Power Electronics Reliability: Online Monitoring and EMI, Heat, and Loss Reductions
	3: Energy Engineering in Renewable Energy, Electronics, and Communications -Power Converters for Grid Network
	4: Decarbonization Initiatives in the Railway Field
	5: Ocean Renewable Energy and Smart Fishery
	6: Integrated Technologies of Circuit, Device, and Control for High-Performance Solid State Transformers (SSTs)
	7: Green Chemistry & Carbon Neutralization

	8: Robots & Mobility with Sustainable Energy Systems
	9: Power Conversion Technologies that Contribute to the Modernization of Power Distribution Systems
	10: Advancements in Power Electronics for Flexible DC Transmission Systems
	11: Advancements DC Microgrids: Architecture, Topology, Control and Applications-1
	12: Innovations in Renewable Energy and Energy Efficiency: Advancing Control Systems and Optimization Techniques
	13: Advanced Power Conversion Technologies for Sustainable Energy Systems
	14: Control and Operation Techniques for Microgrids
	15-1: Advanced Power Conversion Techniques and Controls for High Performance and Efficiency
	15-2: Advancements DC Microgrids: Architecture, Topology, Control and Applications
	16: Report on Research Results of Renewable Energy at Aichi Institute of Technology Eco Power Research Center
	17: Energy Engineering in Renewable Energy, Electronics, and Communications - Power Network Management and Control
	18: Power Electronics for Highly Efficient Computing
	19: Emerging Technologies for Renewable-Rich Power Grids: Design, Modeling and Control
	20: Intelligence in Renewable Power Systems: Multi-Domain Perspective for Future Design and Analysis
	21: Energy Engineering in Renewable Energy, Electronics, and Communications - Power Electronics in Electronics and Communication

表 3. 海報論文發表

議程	議題
海報論文發表	1:能源轉換與電力系統
	2:電力電子與驅動技術
	3:能源儲存與電池技術
	4:人工智慧與機器學習應用
	5:再生能源產業應用
	6:環境與永續發展

本次大會議題多元，以下紀錄摘述部分研究成果：

(一)大會專題演講：

1. Power Electronics Contribution to Achieving Carbon-Neutral Society^[1]

- Mr. Masayuki Tobita Vice President of TMEIC, Japan

此演講主題是「功率電子學對於實現碳中和社會的貢獻」，由 TMEIC 日本公司的副總裁 Masayuki Tobita 先生主講，如圖 1。他從東京工業大學畢業後便專注於功率電子學領域，並於 2021 年起擔任功率電子系統部的副總裁。

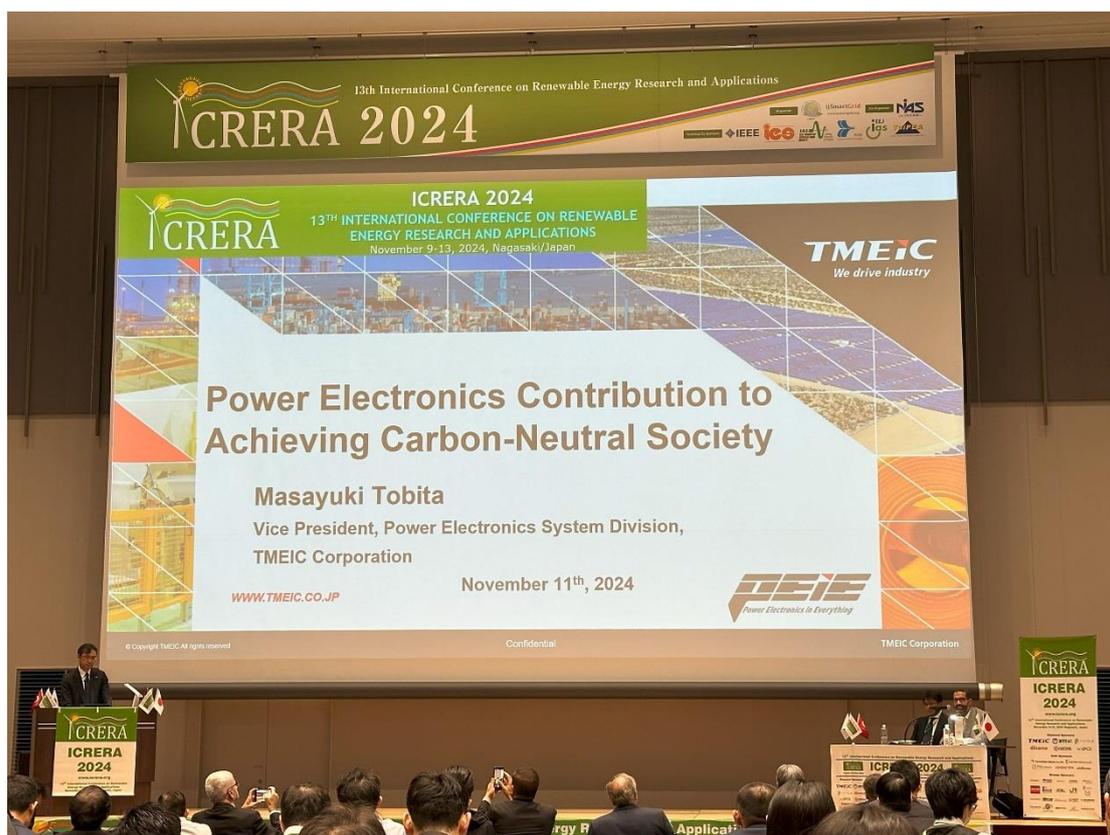


圖 1. 功率電子學對於實現碳中和社會的貢獻

在實現碳中和的過程中，功率電子學擔當了重要角色，尤其是在促進再生

能源發展和提升能源效率方面。根據 Masayuki Tobita 先生的演講，COP28(2023 年聯合國氣候變化大會)已確立以再生能源為主的未來能源網路框架中，再生能源將成為主要能源來源，而儲能系統（ESS）和綠氫則為其穩定運行提供支援，如圖 2。

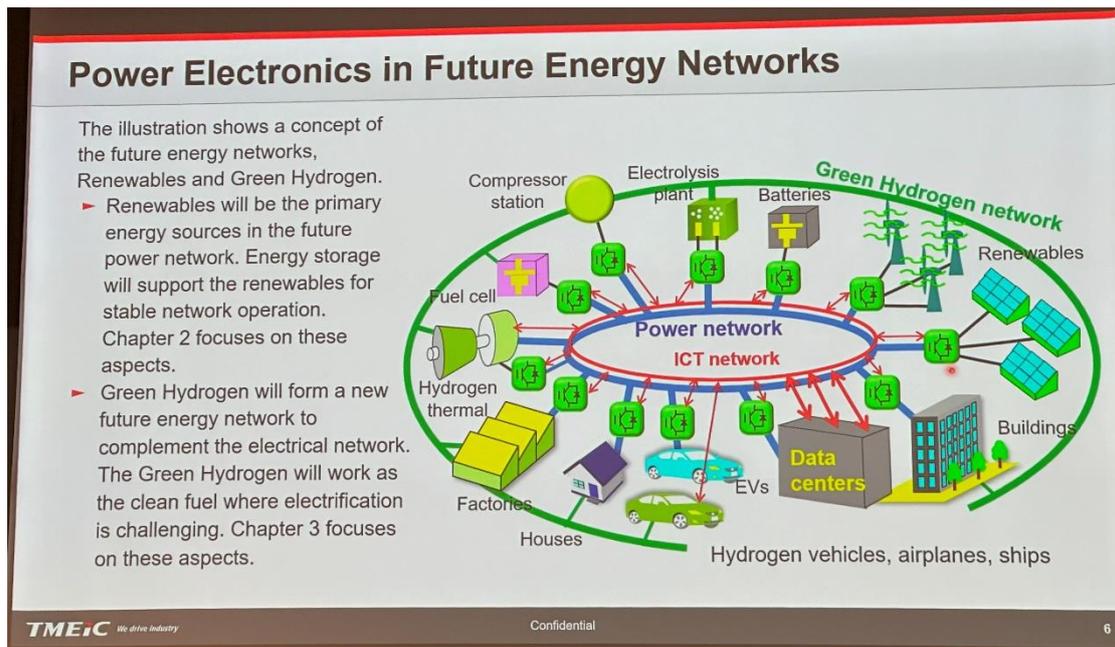


圖 2. 儲能系統與綠氫

以下為 Masayuki Tobita 先生所提及未來之關鍵技術介紹：

(1) **高效逆變器技術**：提升太陽能發電系統的效率是關鍵，透過高效能的 MPPT 技術和三層電路設計，實現了轉換效率高達 99.1%，如圖 3。

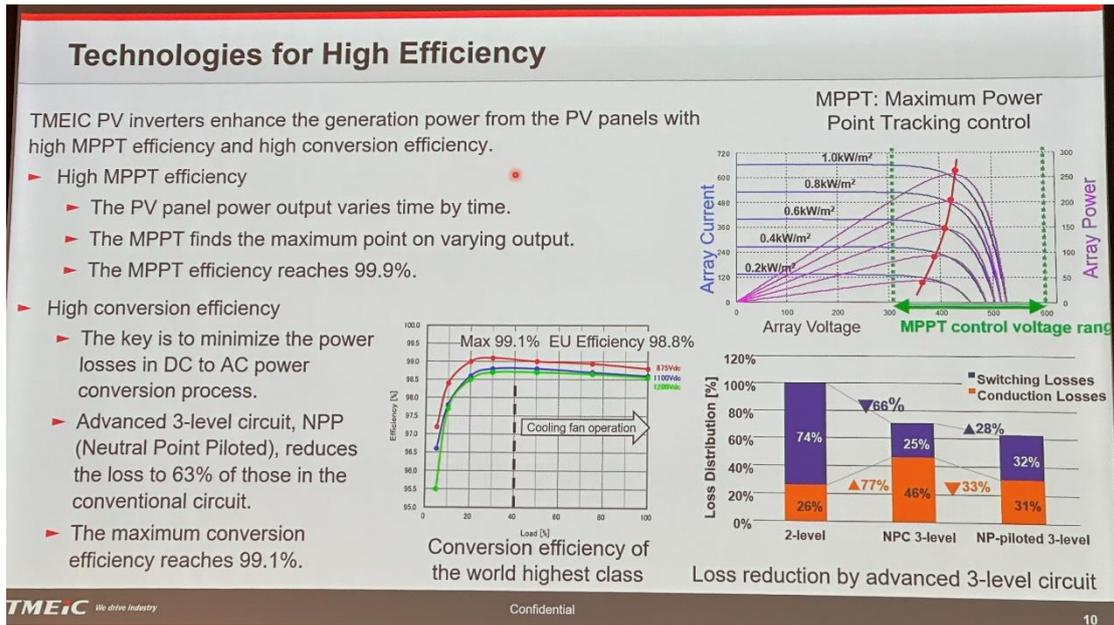


圖 3. 高效逆變器技術

(2)儲能技術：ESS 在穩定電網波動方面發揮關鍵作用，其大容量逆變器技術可用於動態平衡電力需求與供應，如圖 4。

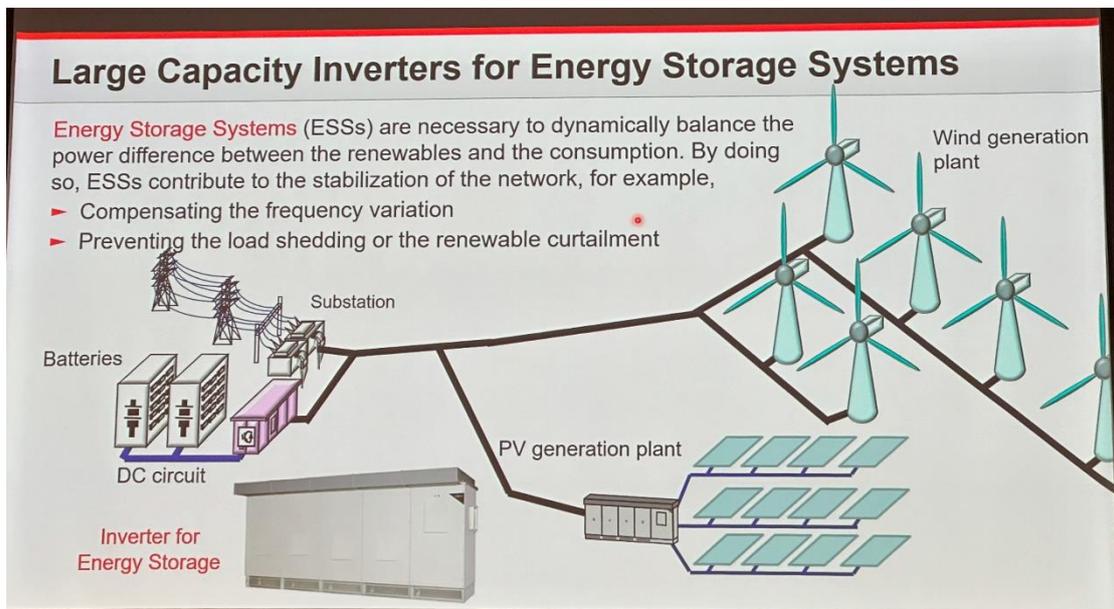


圖 4. 大容量逆變器技術

(3)綠氫生產：以電解槽為核心的綠氫技術，在未來能源結構中扮演重要角色，預計到 2050 年全球需求將達到 530 百萬噸，如圖 5。

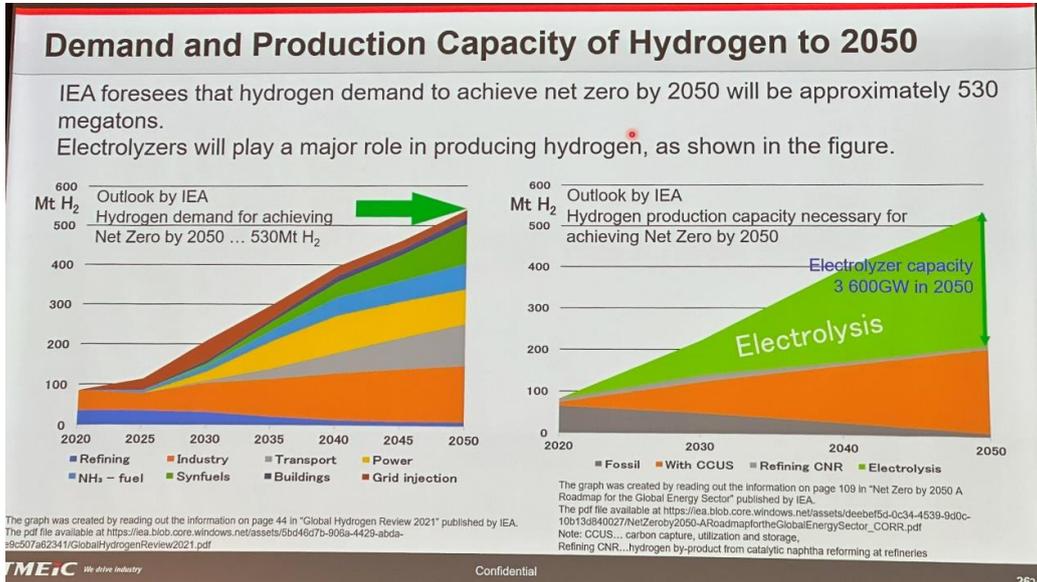


圖 5. 綠氫的需求

(4)工業電氣化：針對鋼鐵等高能耗產業，透過 SVCS 系統消除電弧電流所造成的功率波動，以應對其對電網穩定性的影響，如圖 6。

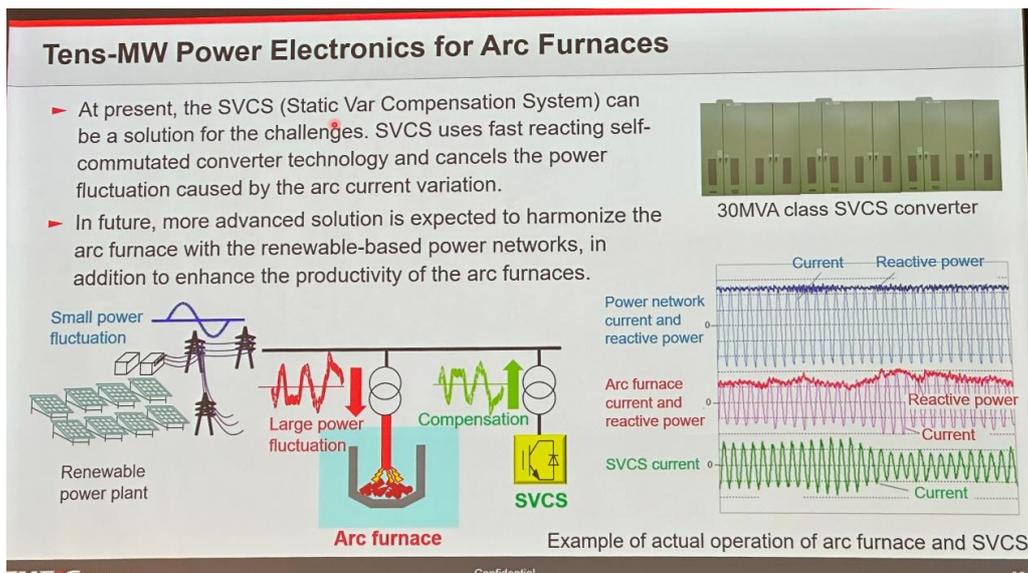


圖 6. SVCS 系統

而在演講中 Masayuki Tobita 先生也分享了幾項應用案例。例如，在日本北海道島與英國倫敦附近的儲能系統項目中，成功應用了 ESS 來平衡風能與太陽能的供應。而綠氫技術則應用於工廠氫能站，作為燃料替代品，有助於能源結構轉型。最後，Masayuki Tobita 先生認為，未來的電力電子學應用將更加廣泛，從電動車到海上船舶電氣化，電力電子技術的創新將大幅減少碳排放，推動全球能源轉型。

2. Trends of challenges to zero carbon by railway companies in Japan^[2]

- Dr. Hitoshi Hayashia East Japan Railway Company, Japan

此演講主題是「日本鐵路公司邁向淨零碳排的挑戰」，由東日本旅客鐵道公司（JR East）的 Hitoshi Hayashia 博士主講，如圖 7。內容探討的是日本鐵路公司為實現零碳排放所面臨的挑戰和趨勢，包括節能技術、再生能源的應用等。



圖 7. 日本鐵路公司邁向淨零碳排的挑戰

首先，Hitoshi Hayashia 博士回顧了日本鐵路的歷史。日本的第一條鐵路於 1872 年開始營運，一開始由蒸汽機車驅動。1890 年，東京上野展覽會上進行了首次鐵路電氣化的展示，1904 年完成了首條全面電氣化的鐵路。1958 年，日本國鐵啟動主幹線的全面電氣化，這不僅是交通現代化的重要一步，也是日本經濟快速成長的重要基礎。

依據簡報資料內容指出，鐵路被認為是最具環保效益的交通方式之一，鐵路運輸的二氧化碳排放僅為汽車的六分之一，是飛機的五分之一。即使如此，鐵路的電力能源消耗總量仍然很大，占日本總電力消耗約 2%。為應對這一挑戰，日本的主要鐵路公司，包括 JR 東日本、西日本和九州鐵路公司，都制定了 2050 年實現碳中和的長期目標，如圖 8。例如，JR 東日本計劃引入再生能源、節能列車和儲能技術來減少碳排放。

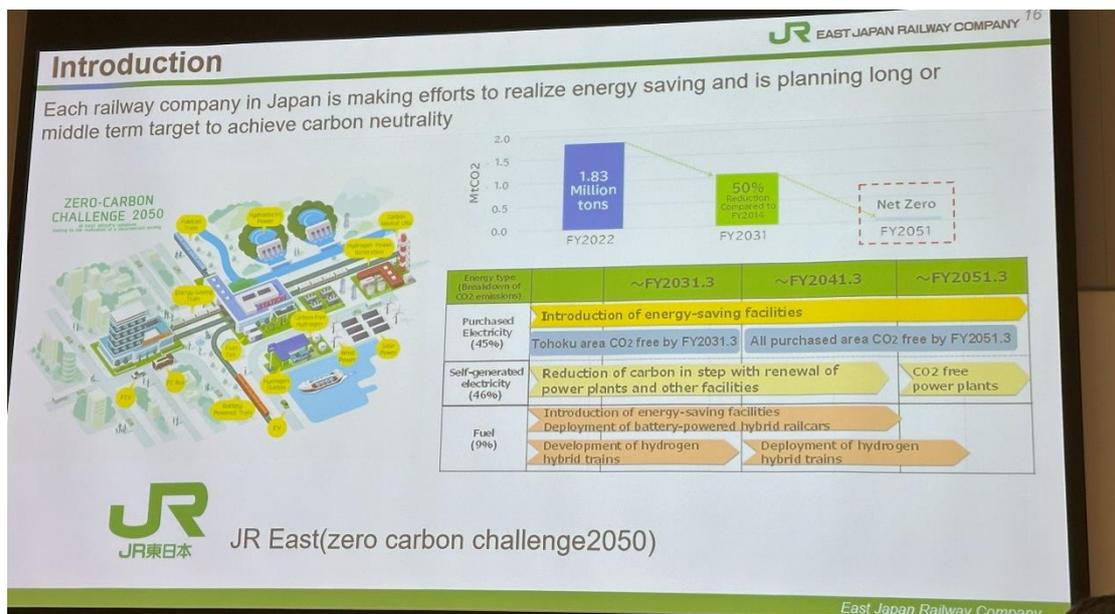


圖 8. 日本鐵路公司碳中和目標

以下為 Hitoshi Hayashia 博士所介紹之相關技術與應用：

(1) 節能技術與應用：目前 99% 的 JR 東日本列車已更新為具備 VVVF (Variable Voltage, Variable Frequency) 逆變器和節能型列車。例如，E235 系列的列車採用了碳化矽 (SIC) 技術，與 60 年前的列車相比，能耗降低了約 50%。而高速列車的能耗也比早期型號降低了約 40%。此外在東京山手線進行的節能行駛測試顯示，透過縮短加速時間和延長滑行時間，可實現 10% 的節能效果，如圖 9。

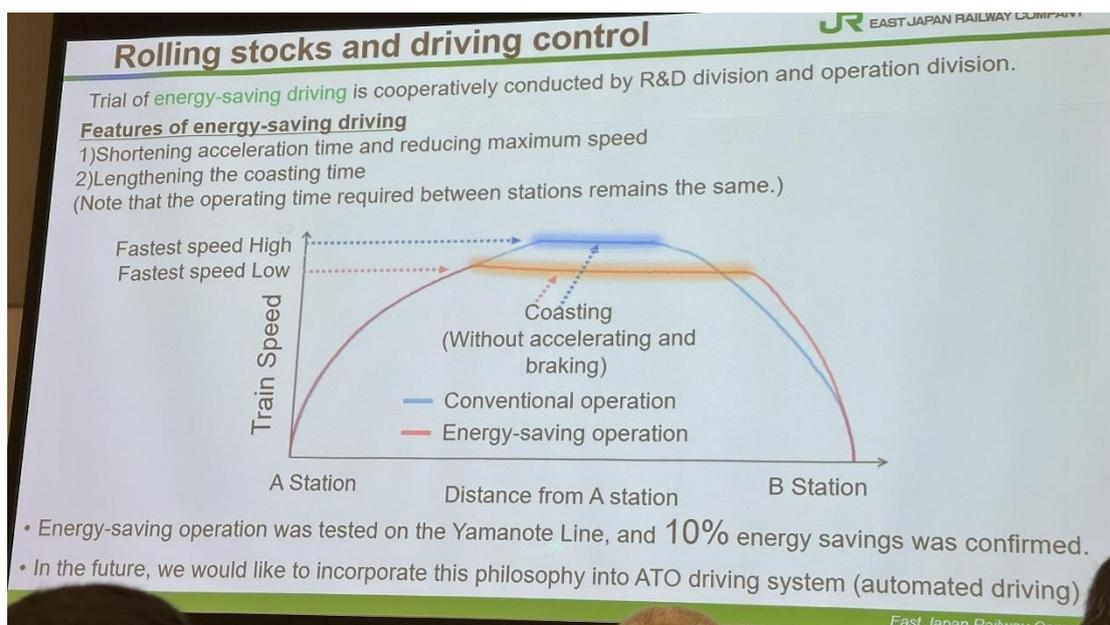


圖 9. 節能列車技術

(2) 再生能源的應用：再生能源系統正逐步整合至鐵路基礎設施。例如，在平泉站安裝了 200 千瓦的太陽能面板和鋰電池系統，實現了完全自給自足的零碳排放車站。在神奈川縣溝口站，太陽能板生成的氫氣用於燃料電池，提供緊急

電力。同樣，JR 東日本在北部地區的小型風力發電設備，也為當地的電動車提供充電服務。如圖 10。

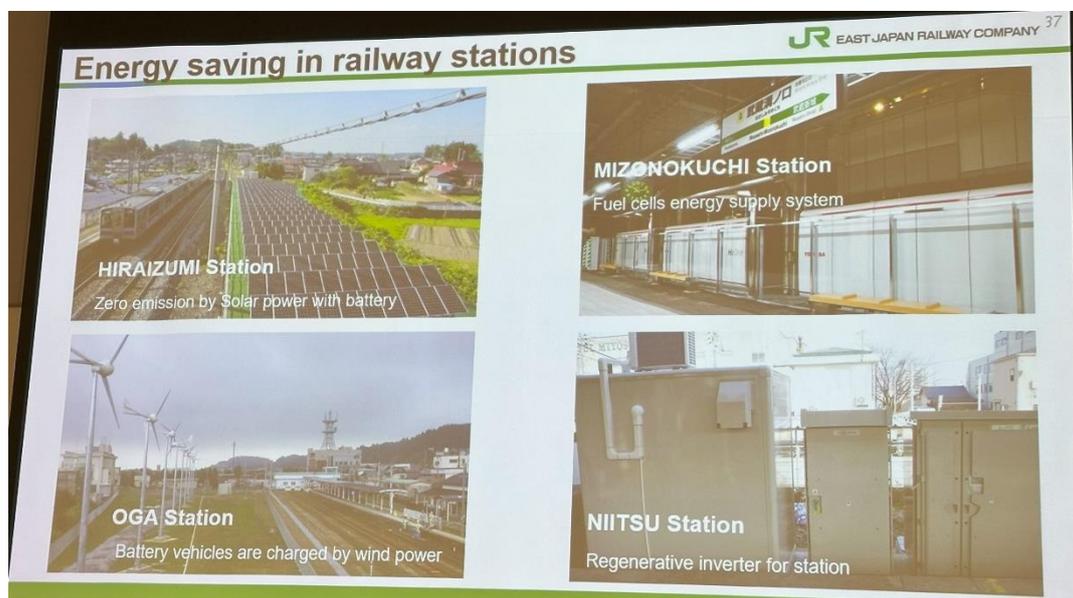


圖 10. 車站的再生能源應用

(3) ESS 與 Inverter 應用：透過能源儲存系統（ESS）和逆變器(Inverter)技術，

列車剎車產生的再生電力可以有效地回輸至電網，或者供應車站使用，如圖 11。在一些地區，如東京中央車站，逆變器將直流電轉換為交流電，以支援車站周邊的用電。

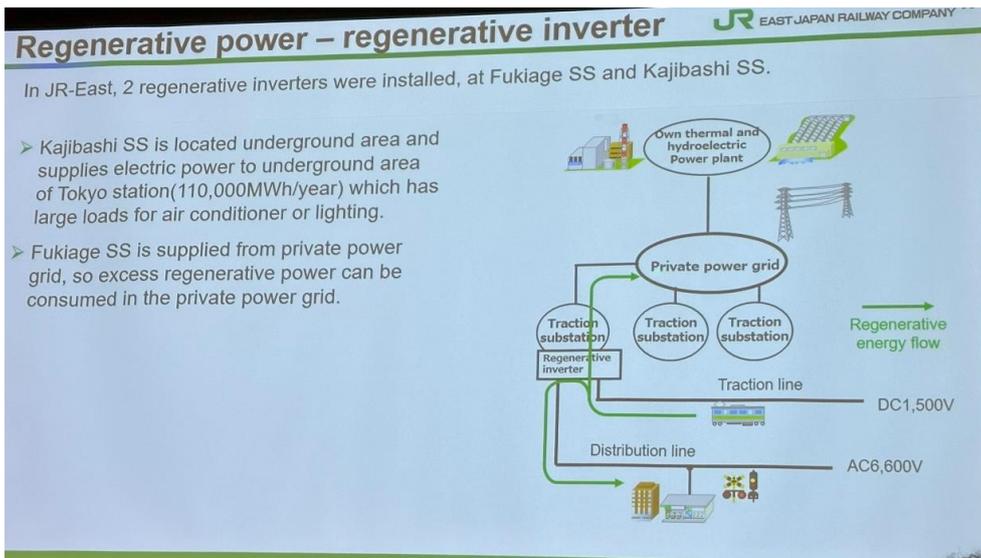


圖 11. 車站的逆變器應用

(4)儲能系統建置：透過在車站建置儲能系統，並與電力公司合作，以因應需求反應(Demand Response)和虛擬電廠(Virtual Power PInet)之應用。例如，在大阪東花園站建置了 3000kWh 的儲能系統，並進行 DR 和 VPP 的應用驗證，如圖 12。

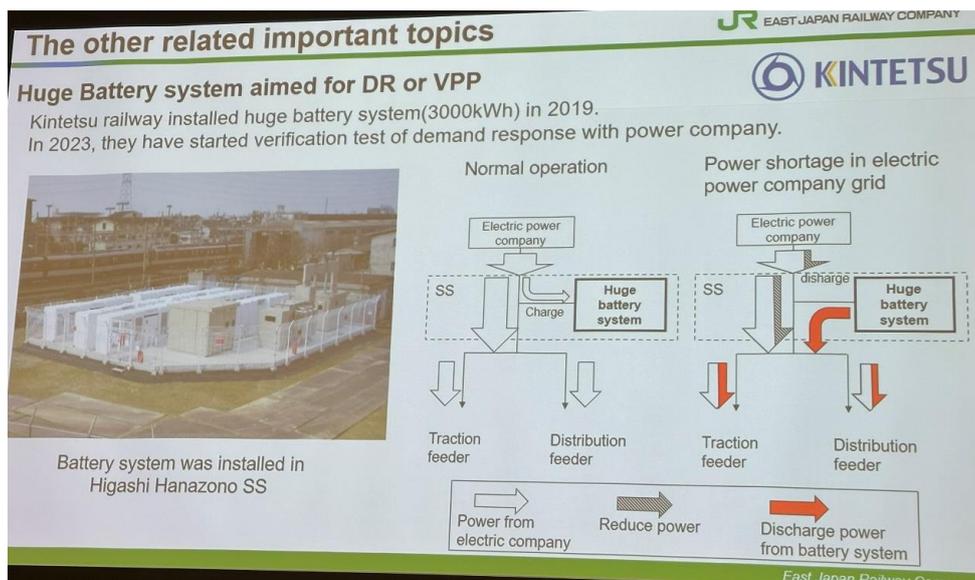


圖 12. 車站的儲能系統建置

最後，Hitoshi Hayashia 博士說明日本鐵路公司正透過節能技術、再生能源的應用和創新儲能系統，為實現淨零碳排而努力，期望為全球交通行業提供了一個節能並永續發展的榜樣。

3. High Power Density and High Frequency Converter Design^[3]

- Professor Huang-Jen Chiu National Taiwan University of Science and Technology, Taipei

此演講主題是「高功率密度和高頻轉換器設計」，由台灣科技大學的邱煌仁教授主講，如圖 13，介紹了其研究團隊在高效能電力電子技術上的最新成果，內容涵蓋高頻率、高密度的電力轉換器設計與多領域應用，展現了台灣在全球電力電子技術領域的領導地位。



圖 13. 高功率密度和高頻轉換器設計

教授首先談到台灣在電力電子產業中的重要角色，尤其是在開關元件及電源供應器製造領域的優勢。他指出全球十大開關元件製造商中有多家位於台灣，這使得學術機構與業界建立緊密的合作關係，如圖 14。他的學生團隊更是在 IEEE 國際競賽中屢獲殊榮，展現出創新設計能力和高效率轉換技術的卓越成果。



圖 14. 先進電源產學技術聯盟

演講主題聚焦於高功率、高頻率轉換器設計，並探討使用寬能隙材料（如氮化鎵和碳化矽）元件的前景。這些材料因其能在高效率、高頻率條件下運行而備受關注，未來更可能取代傳統的 IGBT 和 MOSFET 元件，如圖 15。他分享了團隊在高頻變壓器設計上的創新，包括降低耦合損耗、減少熱能損耗，以及透過高頻率磁芯材料和最佳設計提升功率密度等技術突破。

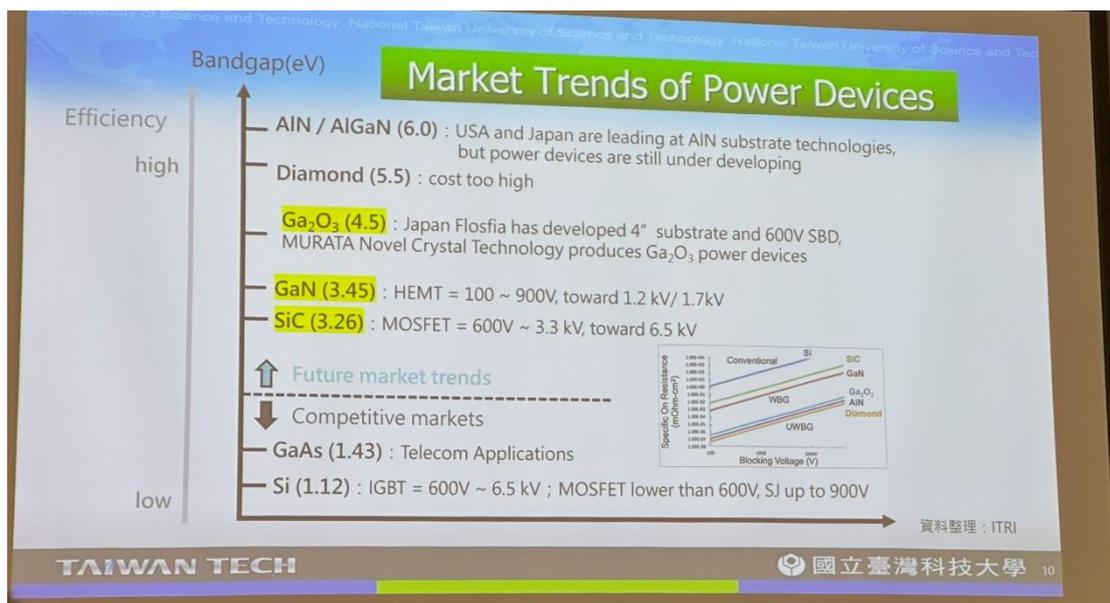


圖 15. 寬能隙材料

此外，他深入探討了這些技術在多個領域的應用，例如資料中心的伺服器電源、電動車充電系統和工業用機器人的無線充電技術。在資料中心應用中，團隊提出了基於 48V DC 的電源解決方案，成功降低傳導損耗，並提升系統效率。而在電動車雙向充電技術（V2G、V2L）方面，他們的設計不僅實現了高效率充放電模式，並符合國際標準，適應廣泛的電壓範圍，如圖 16。



圖 16. 高效率充電技術應用

教授也展示了在固態變壓器(SST)領域的研究進展。他提到固態變壓器不僅能顯著提升能源效率，還能大幅減小設備體積，適用於再生能源整合及智慧電網應用。其團隊與台灣電力公司合作，開發出一款碳化矽的固態變壓器，具備功率因數校正 (PFC)、總諧波失真改善及不平衡負載校正等多種功能，展現了該技術智慧電網能源管理中的應用潛力，如圖 17。此外，他也提到了台達電也透過了 SST 技術在電動車充電的應用，達成 500A 充電電流與電網到車 96.5% 高效率的能源轉換。

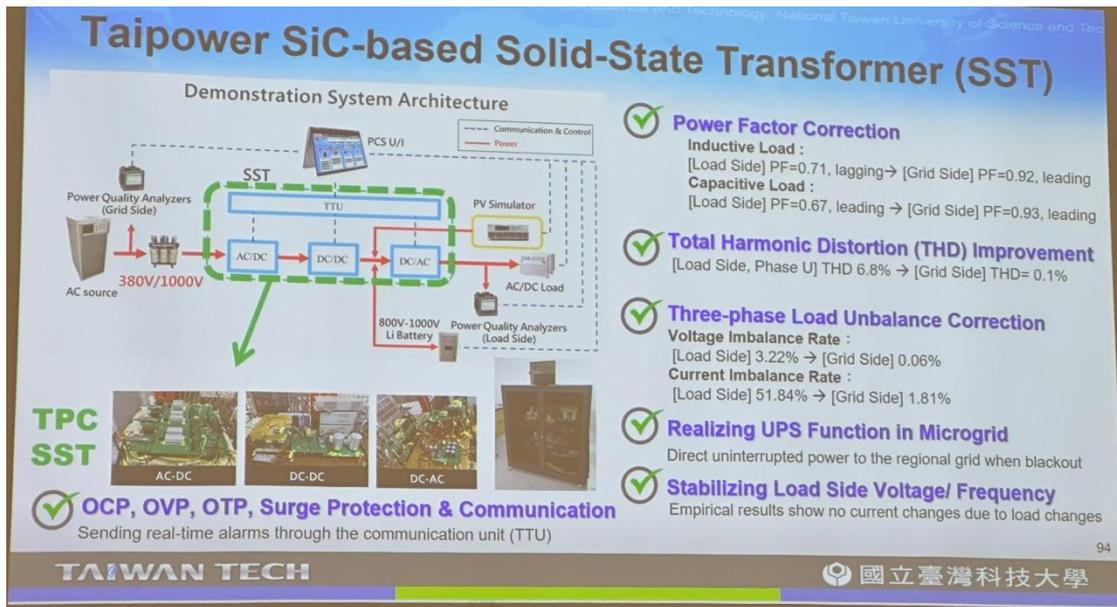


圖 17. 固態變壓器應用

最後，教授認為隨著市場對高效率、高功率密度轉換技術需求的增加，電力電子領域將持續快速發展，而多功能、高整合的解決方案將是未來的主流方向。他也呼籲業界和學術界攜手合作，共同推動技術進步，以應對不斷變化的市場需求。

(二)口頭論文發表

1. Enhanced Virtual Power Plant Generation Forecasting in Japan Using Fuzzy Decision Support and Bidirectional Long Short-Term Memory Models^[4]

此研究發表的主題是「使用模糊決策支援和雙向長短期記憶模型增強日本虛擬電廠發電預測」。本研究的核心在於將模糊決策支持系統（FDSS）與雙向長短期記憶（BiLSTM）模型相結合，以提升虛擬電廠的發電預測準確性。FDSS 的引入有助於模型能夠在不確定性和不精確資訊的條件下作出決策，這在能源預測中尤為重要，因為發電量受多種因素影響，如天氣變化、設備狀況等。而標準的 LSTM 模型是以單一方向處理訊息，僅利用過去的資料來進行預測，而 BiLSTM 模型則可以向前和向後處理資料，允許在每個時間步驟合併過去和未來的資訊，從而提高預測的準確性。這種結合不僅提升了模型的性能，還為虛擬電廠的運作提供了更為可靠的數據支援，如圖 18。

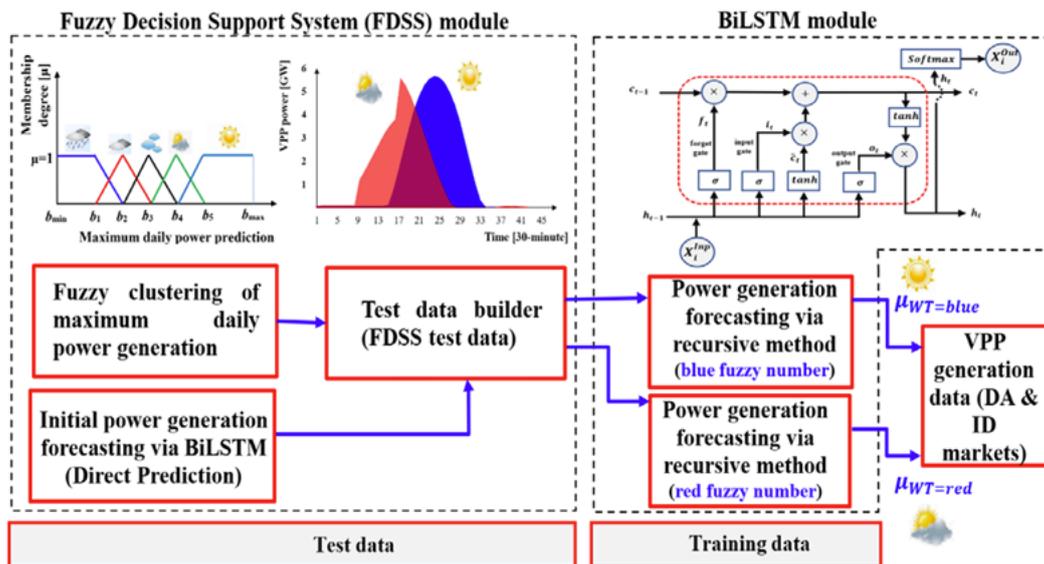


圖 18. JEPX DA 市場出價預測和調度時間

在本研究中，使用了 K-Means 聚類演算法結合最小平方法最佳化來產生 FDSS 測試資料。FDSS 可以根據 VPP 的最大日發電量對天氣類型進行分類，特別是雨天、陰天、多雲、晴時多雲和晴天。透過將資料劃分為不同的分類，模型能夠針對每個分類進行專門的預測，從而提高整體預測的準確性。在資料集的部分，則使用來自東京電力公司網站提供的日本東京都會區的 VPP 發電資料。此資料集跨越兩年（2022 年 1 月 4 日至 2024 年 3 月 21 日），解析度為 30 分鐘，包括風能和太陽能。而前兩年的資料用於 K-Means 聚類，最後一年的資料用於訓練 LSTM 和 BiLSTM 模型。

本研究進行了提前 1、2、7 和 38 小時中 8 種不同模型的預測。結果顯示，BiLSTM 模型在 38 小時的預測中達到了 49% 的對稱平均絕對百分比誤差 (sMAPE)，此一結果顯示其在預測準確性方面的顯著優勢。sMAPE 是一種常用的評估指標，能夠有效反映預測值與實際值之間的差距。由表 4 中顯示相較於傳統的 LSTM 和 BiLSTM 模型，這一結果顯示出 FDSS 與 BiLSTM 的結合能夠更有效地挖掘發電資料中的複雜模式，從而提高預測的可靠度。

表 4.8 種模型在四種評估指標的結果

Prediction Model	sMAPE [%]				MAE [GW]				MSE [Unitless × 1012]				RMSE [GW]			
	1hr	2hrs	7hrs	38hrs	1hr	2hrs	7hrs	38hrs	1hr	2hrs	7hrs	38hrs	1hr	2hrs	7hrs	38hrs
AR	61	66	110	162	0.34	0.36	1.42	2.07	0.65	0.66	5.40	7.87	0.80	0.81	2.32	2.81
ARMA	59	64	113	157	0.33	0.36	1.46	2.05	0.65	0.68	5.69	8.36	0.81	0.83	2.39	2.89
ARIMA	59	64	113	157	0.33	0.36	1.46	2.05	0.65	0.68	5.69	8.36	0.81	0.83	2.39	2.89
SARIMA	49	53	121	165	0.32	0.34	1.54	2.52	0.65	0.67	6.41	11.44	0.80	0.82	2.53	3.38
SARIMAX	50	53	121	165	0.32	0.34	1.54	2.52	0.65	0.67	6.38	11.44	0.80	0.82	2.53	3.38
LSTM	44	54	62	64	0.22	0.22	0.39	0.45	0.14	0.14	0.59	0.81	0.37	0.38	0.77	0.90
BiLSTM	42	56	61	62	0.21	0.23	0.39	0.48	0.13	0.15	0.61	0.87	0.36	0.38	0.78	0.93
FDSS-BiLSTM	41	42	46	49	0.19	0.19	0.29	0.31	0.15	0.14	0.33	0.40	0.39	0.38	0.58	0.63

準確的發電預測對虛擬電廠的盈利能力至關重要。隨著可再生能源的比例不斷增加，發電量的波動性也隨之加大，這使得準確的預測變得更加重要。透過提高預測的準確性，虛擬電廠能夠更有效地調度資源，降低運營成本，並在市場中獲得競爭優勢。此外，準確的預測還能幫助營運商更好地應對市場需求的變化，從而提高整體的經濟效益。這一研究不僅強調了發電預測的重要性，還為虛擬電廠的永續發展提供了理論支持。

2. Time and Day-Based Peak Electricity Demand Forecasting: A Comparative Analysis of Machine Learning Models for Peak Cut and Decarbonization^[5]

此研究發表的主題是「基於時間和日期的高峰電力需求預測：削峰和脫碳的機器學習模型的比較分析」。這項研究旨在透過使用機器學習模型預測尖峰電力需求來解決日本的尖峰電力削減和移轉問題。主要的重點是使用一種排除氣象資料並僅利用基於時間的特徵方法。這種方法可以提前一個月進行中期預

測，並且可以在不依賴天氣預報的情況下進行營運規劃。

本研究使用的資料集來自東京電力公司(TEPCO)每小時的用電量資料，資料時間涵蓋 2020 年至 2024 年，並分為訓練資料集和測試資料集，並使用中長期預測所需的最少資料來測一天中的尖峰時段。並加入了觀察年份及節日旗幟等特徵來提高預測的準確性和相關性，用來提高電力需求的預測模型的全面性和精度。表 5 為模型的特徵說明。

表 5. 特徵說明

Feature	Description
Hour of the Day	Captures the diurnal patterns in electricity usage.
Day of the Week	Accounts for weekly usage patterns.
Month of the Year	Reflects seasonal variations in electricity demand.
Day of the Month	Identifies day-specific effects on demand.
Is Weekend	Binary feature for weekend vs. weekday
Year of Observation	Captures long-term yearly trends.
Holiday Flag	Identifies public holidays for special demand.

本研究中使用了多種機器學習演算法來進行模型的表現比較，包含 Random Forest、XGBoost、KNN、Decision Tree 和 LightGBM 等。這些演算法各有其特點，具有不同處理資料的能力和預測任務的適用性。透過比較這些演算法的表現，使用不同的評估指標，例如 MAE（平均絕對誤差）、MSE（均方誤差）和 R^2 Score 等，找出最適合電力需求及高峰時間預測的模型。

表 6. 模型效能比較

Model	MAE(10^6 kW)	MSE(10^{12} kW ²)	R ² Score
Random Forest	3.03	19.44	0.723
XGBoost	2.92	16.43	0.766
KNN	3.21	20.14	0.714
Decision Tree	3.58	28.21	0.599
LightGBM	2.71	13.77	0.804

如表 6 分析結果顯示，LightGBM 是預測高峰時間和電力需求的最可靠模型。其表現出低 MAE、低 MSE、高 R² Score 以及電力高峰時間預測的高準確度。這些優勢使得 LightGBM 適合用於高峰削減和負載轉移等能源管理策略，對於緩解電力短缺至關重要。透過圖 19 和圖 20 說明了 LightGBM 在電力需求及高峰時間的預測表現良好，而圖則說明了在高峰時間預測精確度在整體上也比其他模型表現較為出色，例如在 1 月（67.74%）、3 月（77.42%）和 7 月（74.19%）的準確率很高。相比之下，隨機森林模型雖然在某些情境下表現良好，但其變異性較高，且 MAE 高於 LightGBM。而 KNN 和決策樹的效率明顯較低，不僅峰值時間預測準確度不足，且 MAE 偏高，因此在應對複雜預測任務時表現較差。XGBoost 的整體表現不及其他模型，在所有評估指標中表現最低，這可能表明需要進一步優化其參數或改進資料預處理方法。

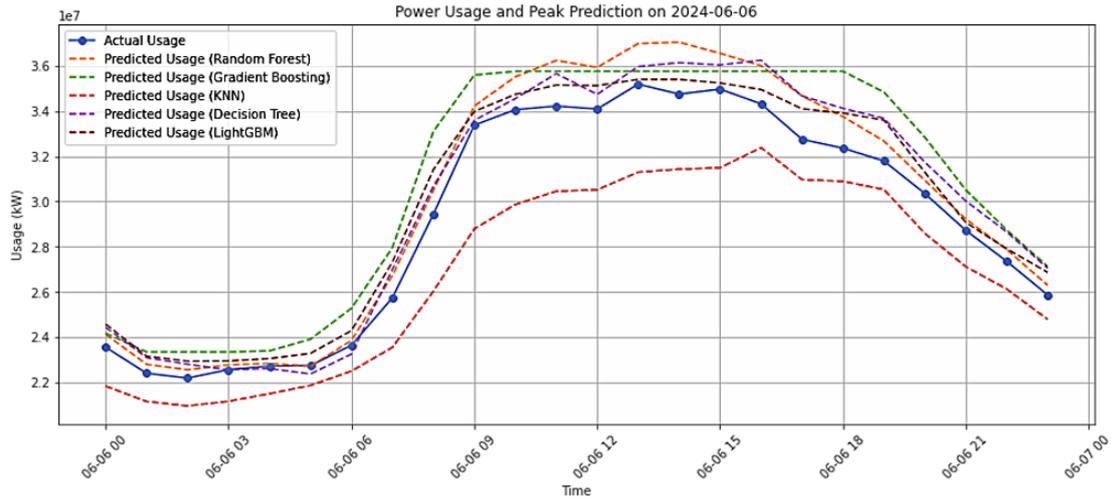


圖 19. 電力需求和高峰時間預測

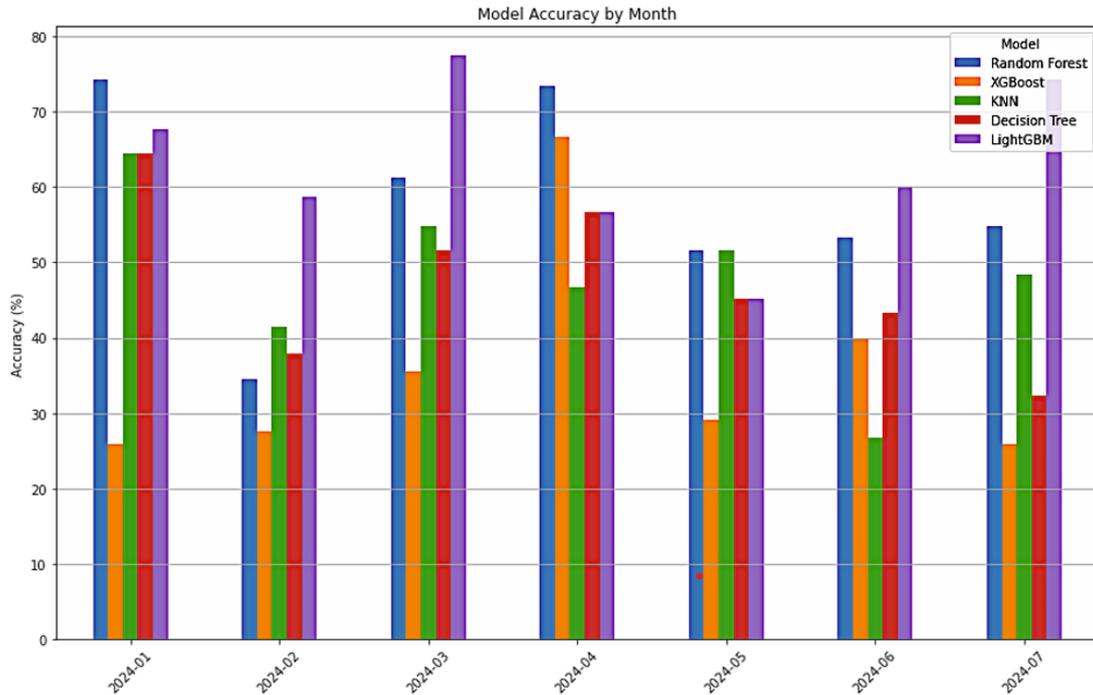


圖 20. 高峰時間預測精確度表現

在日本市場，容量貢獻費是根據每個宏觀區域在月高峰時段的總用電量向電力零售商徵收的。透過準確預測每日一小時的高峰需求，零售商可採取提供電力或進行客戶節約能源的措施，以降低高峰負載，減少支付額度。這些行動

不僅可幫助零售商在市場中保持競爭力，還能每年節省數十億日圓的成本（具體數字未公開）。本研究的成果強調了選擇正確模型以實現準確預測和優化能源管理實踐的重要性。

3. Renewable Microgrid Technology for Electrified Transportation: A Review^[6]

此研究發表的主題是「用於電氣化交通的可再生微電網技術」，本研究的核心理在於探討了電氣化交通中的可再生能源微電網技術和基於能量路由器的綠色電氣化交通技術。本研究除了回顧了用於電氣化交通的可再生微電網的組成和發展，也探討了能源路由器的概念及其在電氣化交通系統中實現高效、靈活的能源管理方面的作用。最後，討論了面臨的挑戰以及未來的研究趨勢。

可再生微電網技術在電氣化交通系統中扮演著關鍵角色，因其能夠有效整合多種可再生能源，如太陽能和風能，為電動車輛提供穩定的電力來源。這些微電網系統不僅能夠減少對傳統化石燃料的依賴，還能提高能源的使用效率，降低碳排放。隨著電動車需求的增加，微電網技術的應用將成為未來城市交通系統的重要組成部分。本研究提出了一個名為 SMPB 概念的微電網技術如圖 21。透過 DC-DC 轉換器整合 ESS、太陽能面板和燃料汽車等成為直流微電網的形式。並以不同的模式運行，包括電網供電模式、電網支援模式、固定孤島模式和移動孤島模式。並且透過再生燃料汽車的高普及率來提高電網的安全性、靈活性和經濟效益。

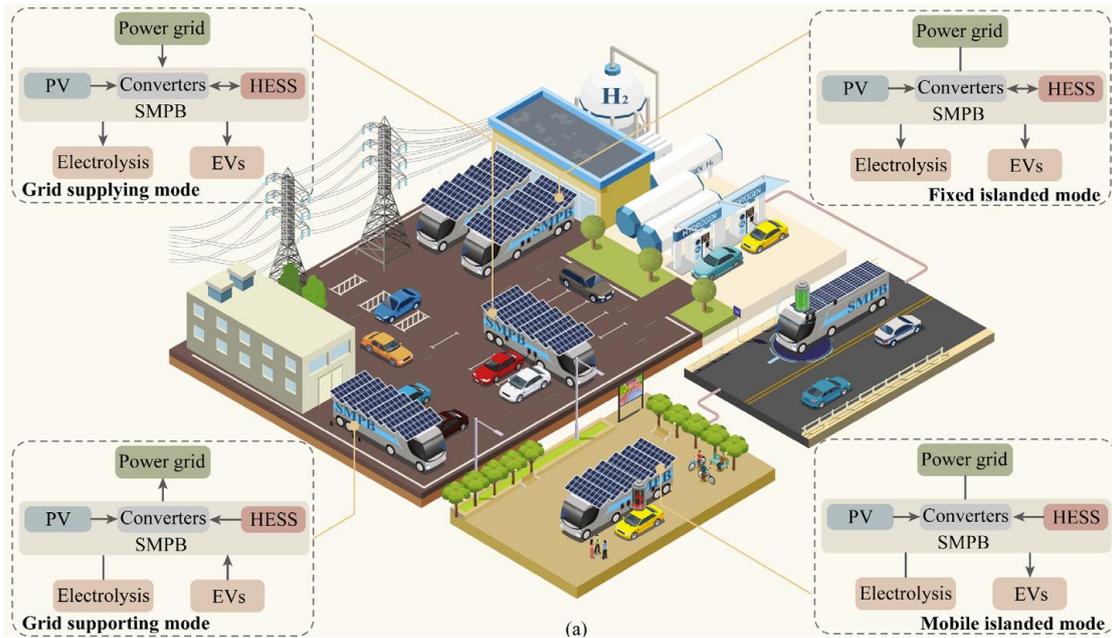


圖 21. SMPB 概念的微電網圖

本研究說明了在再生能源整合的背景下，能源路由器技術的發展，使得可再生微電網能夠更有效地管理和分配能源，提升電氣化交通的可靠性。這些路由器能夠根據需求和供應情況，智慧地調整能源流向，確保電動車輛在需要時能夠獲得足夠的電力。這不僅提高了系統的靈活性，還能降低運營成本，促進電動車的普及。圖 22 所示為基於三重主動橋接器（TAB）轉換器的能源路由器（MER）實現的再生電力氫電一體化牽引電力系統的系統圖。MER 連接電力子系統、氫氣子系統和直流牽引電力系統。

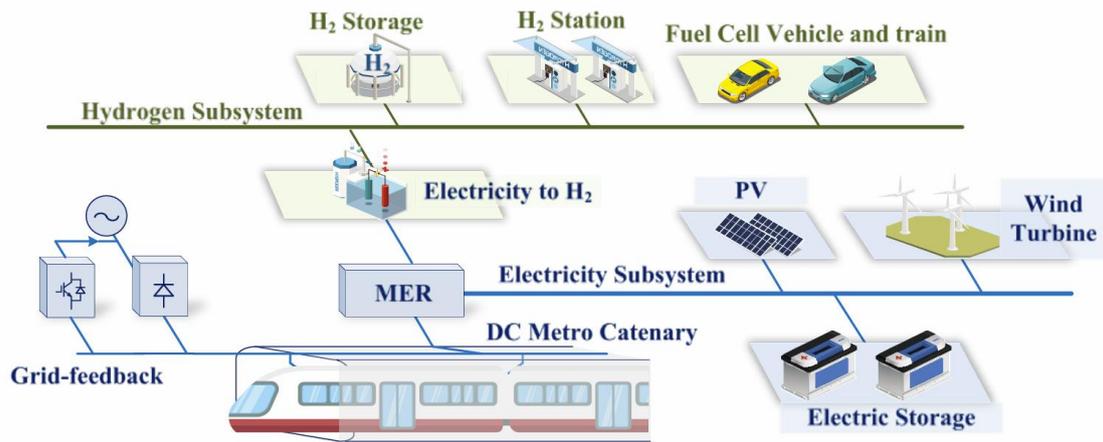


圖 22. 整合電力子系統和氫氣子系統的可再生直流地鐵電力系統

整合可再生能源進入城市能源系統，能夠促進可持續發展，特別是在電氣化交通領域。透過使用太陽能、風能等可再生資源，城市能夠減少對傳統能源的依賴，降低環境影響。這種可持續的能源模式不僅有助於減少溫室氣體排放，還能提升城市的能源安全性和韌性。

未來的研究將集中於提升可再生微電網系統的穩定性和經濟可行性。這包括開發更先進的能源管理系統、提高儲能技術的效率，以及探索新的商業模式來支持可再生能源的整合。隨著技術的進步，這些研究將有助於推動電氣化交通的發展，實現更可持續的城市交通系統。

4. Smart Systems Employing IoT Devices for Monitoring and Control of Electric Vehicle Residential Charging^[7]

本研究發表的主題是「智能系統利用物聯網設備監控與控制電動車住宅充電」，核心在於導入電力監控系統即時回饋用戶的電動車充電狀態，並透過智慧

充電和負載管理，降低尖峰用電需求，進而提升電網的穩定性。

隨著環保意識的提高和技術的進步，電動車（EV）的普及率逐年上升。根據市場研究，預計未來幾年內，電動車的銷售將顯著增加，這將直接導致電力需求的上升。電動車的充電需求主要集中在夜間，這可能會對電網造成壓力，特別是在高峰時段，導致電力供應不足或電價上漲，圖 23 說明了電動車充電與電網的關聯圖。因此如何有效管理電動車的充電需求，成為當前電力系統面臨的一大挑戰。

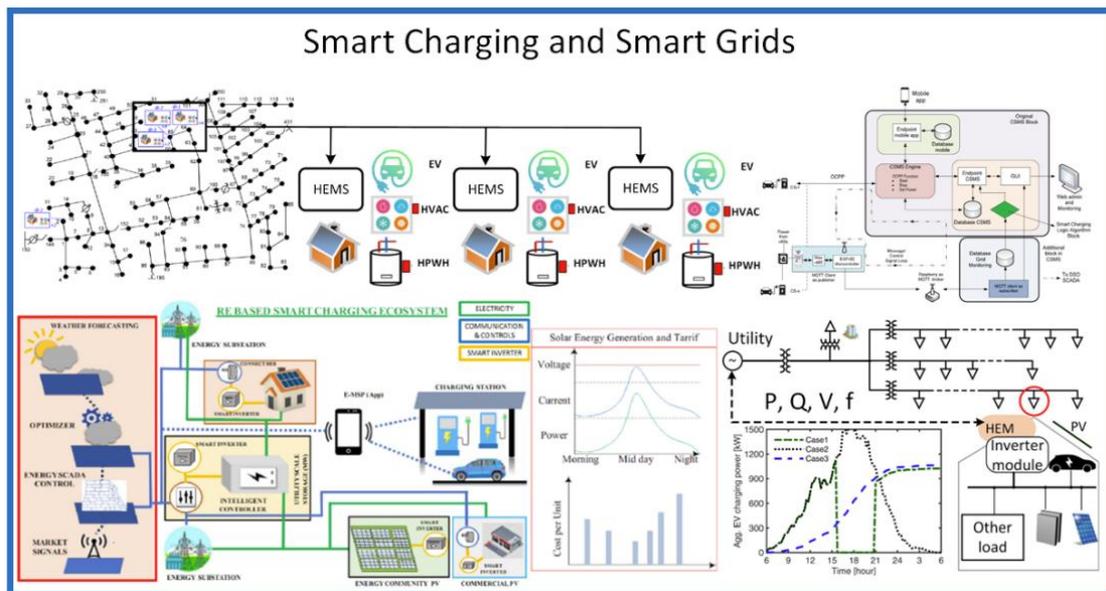


圖 23. 智慧充電與智慧電網的關聯圖

為了解決電動車充電對電網的影響，提出了一種基於物聯網（IoT）的電力監控系統，如圖 24。該系統專為高解析度的 J1772 標準二級充電系統設計，能夠實時監控充電過程中的電力消耗。通過收集和分析數據，系統能夠提供充電狀態的即時回饋，幫助用戶更好地管理充電時間和成本，從而減少對電網的負

擔。

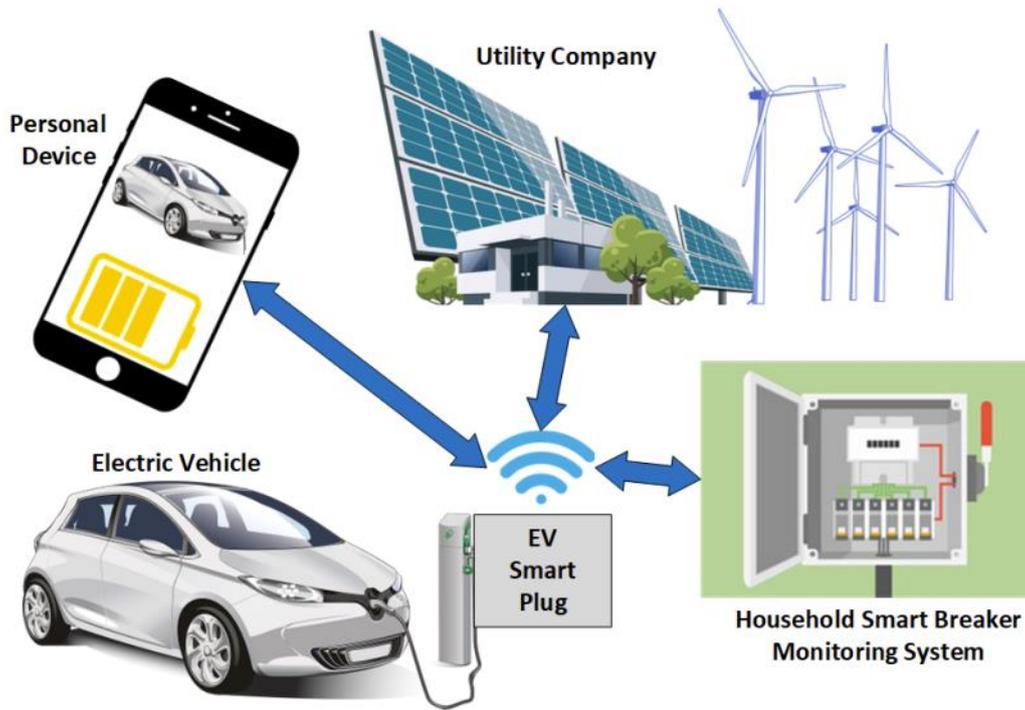


圖 24. 電動車充電監控系統示意圖

該物聯網電力監控系統不僅能夠進行實時監控，還具備智慧充電和負載管理的功能。智慧充電技術可以根據電網的實時狀況，自動調整充電功率，避免在高峰時段過度消耗電力。負載管理則能夠根據用戶的需求和電網的負載情況，合理安排充電時間，從而優化整體充電過程，降低高峰需求，提升電網的穩定性。例如透過脈寬調變(PWM)來調整電動車的功耗是控制功率輸出的有效方法，可在較長時間內分散充電負載，從而簡化電動車在當前電網基礎設施中的整合，如圖 25。

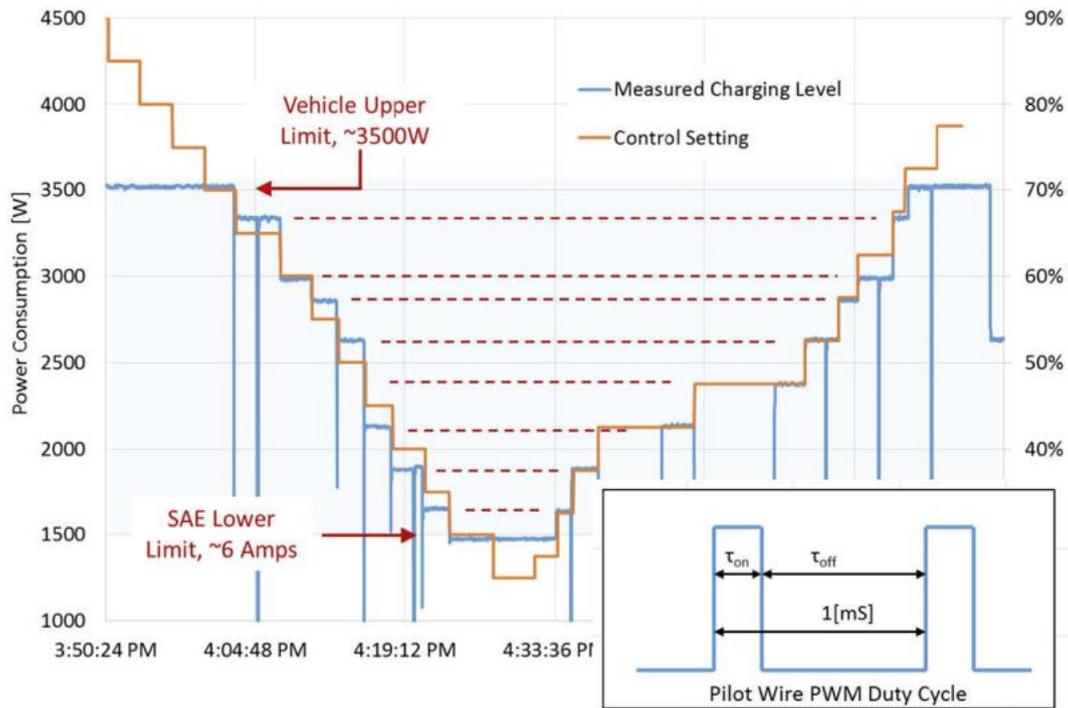


圖 25. 透過 PWM 控制 EV 電流上限和電流下限之間的功率流

為了支援該系統的實施，開發了一個硬體測試平台(HTB)，用於收集實驗數據，如圖 26。這個平台能夠模擬不同的充電場景，並測試系統在各種條件下的性能。通過這些數據，研究人員可以進一步優化系統設計，並為未來的電網整合研究提供有力的數據支持，確保系統的可靠性和有效性。

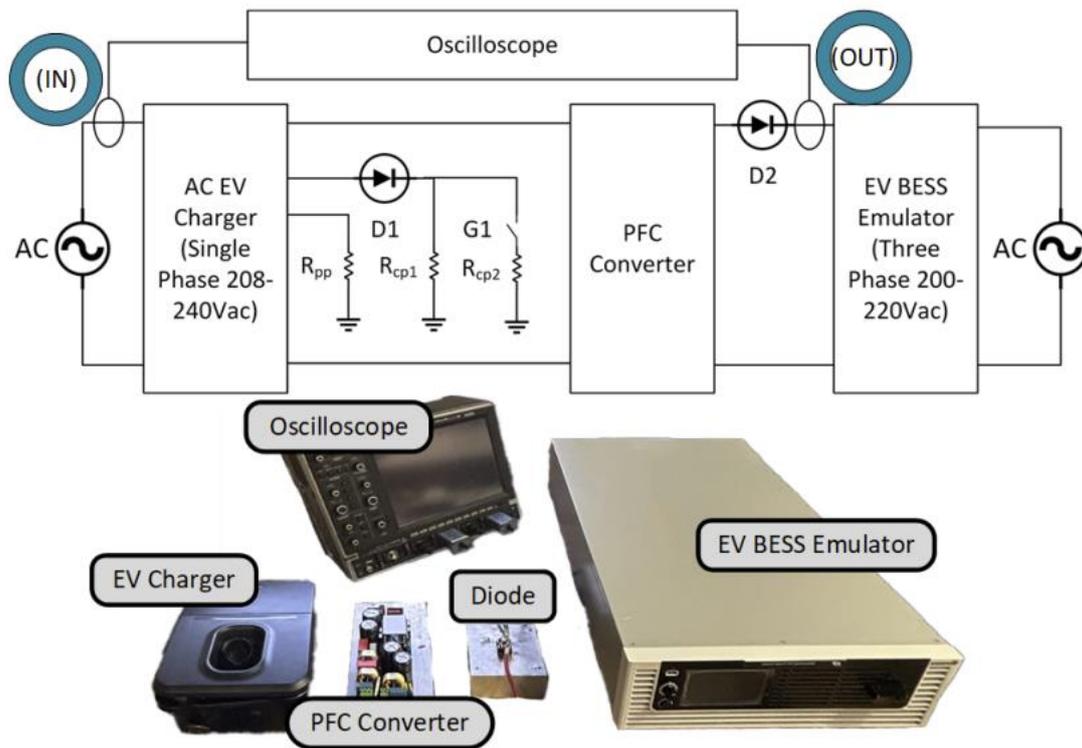


圖 26. 硬體測試平台(HTB)原理圖

未來透過電力監控系統，用戶可以根據自己的需求進行電動車充電模式制定，從而提高充電的便利性和效率，進一步推動電動車的普及。電力公司也可透過該系統了解區域性的充電行為，進而透過負載管理措施制定，引導用戶至離峰充電，分散用電充電負載。也可透過再生能源預測結合智慧充電系統，來優化和安排電動車充電排程，進而確保電網的穩定性和可靠性。

三、心得建議

本次大會以多元主題為核心，吸引了來自世界各地的學者與業界代表，共同聚焦於能源轉型與淨零碳排的目標。這個國際性的平台促進了產學交流，不僅分享了最先進的研究成果，還展示了各產業如何透過創新技術實現減碳的目標。

本次會議的議題涵蓋廣泛，但聚焦於四大核心方向：第一，高功率高效率逆變器技術的開發與應用；第二，儲能系統的應用及其對電網穩定的貢獻；第三，電動車與電網之間的協同互動，特別是在電網平衡與能源利用率方面的研究；第四，機器學習與人工智慧模型在能源領域的創新應用，例如電力需求預測與智慧調度策略的優化。這些主題反映了當前能源產業的發展重點，也顯示了全球對於加速能源轉型的緊迫性。

透過本次大會的演講與論文發表，感受到不同產業在實現淨零碳排目標上的積極投入。例如，鐵路業者採取多項創新措施，包括儲能設施的建置、節能列車的導入以及燃料電池技術的應用，這些技術不僅提升了能源利用效率，也為交通運輸領域的減碳目標做出貢獻。這也說明了跨領域的協作與創新對於達成全球能源轉型的目標至關重要。

總體而言，本次大會的主題緊扣能源轉型與未來發展，包括以下四個核心方向：能源轉型的策略與挑戰、綠色能源的應用與推動、電網穩定性的提升以

及能源轉換效率的優化。在各場次的發表中，發表者深入探討了電子電力技術的創新以及能源產業的市場應用等，並提出了多種可行的方案。通過這些交流，參與者不僅加深了對能源轉型的需求，也為未來的技術發展與國際合作奠定了基礎。

此次參加研討會收穫良多，無論是在技術層面還是視野拓展方面，都為未來的研究與應用提供了寶貴的啟發。透過與全球專家的交流，能夠更全面的了解世界能源產業的發展趨勢。未來期望能多參與更多國際研討會，並藉由發表研究成果與世界學者交流，不僅能提升自身在能源領域的專業能力，也能為國內電力產業的創新發展提供借鑒與支持。



圖 27. 會場合照

參考資料

- [1] "Power Electronics Contribution to Achieving Carbon-Neutral Society "; Masayuki Tobita; 2024 ICRERA – Nagasaki, Japan,2024.
- [2] "Trends of challenges to zero carbon by railway companies in Japan"; Hitoshi Hayashia; 2024 ICRERA – Nagasaki, Japan,2024.
- [3] "High Power Density and High Frequency Converter Design"; Huang-Jen Chiu; 2024 ICRERA – Nagasaki, Japan,2024.
- [4] "Enhanced Virtual Power Plant Generation Forecasting in Japan Using Fuzzy Decision Support and Bidirectional Long Short-Term Memory Models"; Reza Nadimi, Mika Goto; 2024 ICRERA – Nagasaki, Japan,2024.
- [5] "Time and Day-Based Peak Electricity Demand Forecasting: A Comparative Analysis of Machine Learning Models for Peak Cut and Decarbonization"; Difei Miyao, Masaki Nakamura; 2024 ICRERA – Nagasaki, Japan,2024.
- [6] "Renewable Microgrid Technology for Electrified Transportation: A Review"; YuYang Wan, Yanbo Wang, Pengcheng Han, Xiaoqiong He, Zhe Chen; 2024 ICRERA – Nagasaki, Japan,2024.
- [7] "Smart Systems Employing IoT Devices for Monitoring and Control of Electric Vehicle Residential Charging"; Grant M. Fischer, Steven B. Poore, Rosemary E. Alden, Donovan D. Lewis, Dan M. Ionel; 2024 ICRERA – Nagasaki, Japan,2024.