出國報告（出國類別：實習）

國外電業短（長）期負載及再生能源發電量預測方式研習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：聞人澂（電腦軟體工程師）

派赴國家/地區：日本

出國期間：113 年 12 月 15 日至 113 年 12 月 21 日

報告日期：114 年 2 月 7 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：國外電業短（長）期負載及再生能源發電量預測方式研習

頁數 18　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

聞人澂 / 台灣電力公司 / 業務處 / 電腦軟體工程師 / 02-23668449

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 12 月 15 日至 113 年 12 月 21 日

派赴國家/地區：日本

報告日期：114 年 2 月 7 日

關鍵詞：再生能源發展、電力預測(Forecasting)、再生能源發電量預測(RE-Forecasting)

內容摘要：（二百至三百字）

本次出國參訪日本電力廣域運營推進機關(OCCTO)、日本卸電力取引所(JEPX)、電力需給調整力取引所(EPRX)、三菱綜合研究所(MRI)、中部電力公司

及關西電力公司進行交流，為台電提供了寶貴的學習和啟示。

OCCTO、JEPX、EPRX 向我們展示日本電力交易市場如何運營、目前遇到的再生能源瓶頸、交易市場合約簽訂規則及各電廠如何提供計劃來匹配後續供需平衡等議題。MRI 對未來日本電力市場將遇到的問題及挑戰進行大量研究進行說明，另針對台灣議題提出看法，加深了解日本與台灣的電力市場差異性。中部電力及關西電力帶我們參觀電力調度間，針對行前提出問題另派調度員及子公司相關技術人員以執行面角度回答，能更迅速了解並獲得寶貴的經驗。

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

一、日本電力廣域運營推進機關(OCCTO).....4

二、日本卸電力取引所(JEPX).....6

三、電力需給調整力取引所(EPRX).....8

四、三菱綜合研究所(MRI).....11

五、中部電力公司.....13

六、關西電力公司.....16

肆、心得與建議.....17

壹、出國緣起與目的

因應再生能源迅速發展，改變原有用電習慣，在政策要求及市場環境轉變之下，如何安排電力資源的配置組合，以達到完善的購電策略，成為台電公司重要發展目標。無論是長期年度產銷計畫、機組最適發電量預估、中期電力採購，以及短期之日前排程等各項業務，同時配合交易平台成立後，再生能源將影響其他機組排程設定，因此再生能源發電量預測也需有準確的評估方式。然而，合適策略方向皆仰賴預測模型結果，其代表當負載預測及再生能源發電預測更具有準確性時，將對於台電公司之購電及佈署具有極大的助益。盼藉由研析國外業者相關應用案例，作為台電公司研擬並規劃具體可行之策略參考。

綜上，本次參訪目的，希望透過洽訪日本電力廣域運營推進機關(OCCTO)、日本卸電力取引所(JEPX)、電力需給調整力取引所(EPRX)、三菱綜合研究所(MRI)、中部電力公司及關西電力公司等機構，交流日本電力市場的再生能源發展、市場政策擬定及電力預測等方面成功案例，作為台電公司面臨能源轉型市場變化後，如何進行有效預測以提升電力資源的配置組合，以達到完善的購電策略。

貳、出國行程

- 研習日期：113 年 12 月 15 日至 113 年 12 月 21 日，共計 7 天。

- 出國行程：

日期	地點	參訪機構
12/15(日)	往程	
12/16(一)	東京	日本電力廣域運營推進機關(OCCTO)
12/17(二)	東京	日本卸電力取引所(JEPX)、 電力需給調整力取引所(EPRX)
12/18(三)	東京	三菱綜合研究所(MRI)
12/19(四)	名古屋	中部電力公司
12/20(五)	大阪	關西電力公司
12/21(六)	返程	

參、參訪單位

一、日本電力廣域運營推進機關(OCCTO)

（一）簡介

日本電力廣域運營推進機關（Organization for Cross-regional Coordination of Transmission Operators, OCCTO）隸屬於經濟產業省，是日本為強化電力系統穩定與效率而設立的機構，負責全國電力的廣域運營與調度。日本在 2011 年福島核災後進行大規模改革，政府希望透過電力自由化與電網整合來提高供電穩定性與市場競爭。由於日本電力系統分為多個區域（如東京電力、關西電力等），且東日本與西日本的電壓頻率不同（50Hz 與 60Hz），導致供電協調不易。為解決這些問題，於 2015 年 4 月 1 日正式成立。

主要職責如下：

1. **電力供需調整：**監測全國電力需求，確保電力供應穩定，避免區域性缺電。

2. **電網運營協調：**整合各區域電網，促進電力在不同地區之間有效流通，減少供電瓶頸。

3. **市場監管與改革推動：**支持電力市場自由化，確保新進電力業者公平競爭，提高市場透明度。

4. **緊急應對：**在自然災害或電力危機時，迅速調度電力資源，確保供應不中斷。

OCCTO 的成立促進了日本電力市場自由化，吸引更多業者參與，並提升電網靈活性。隨著再生能源的普及，OCCTO 也在調整電力系統以因應太陽能、風能等變動性能源的增加，確保日本能源轉型順利進行。

（二）參訪內容

1、再生能源輸電瓶頸

台灣再生能源發展面臨區域性問題，太陽能主要集中在南部，而北部則是主要用電區。台灣目前因法令規定無法執行再生能源削減機制，因此當發電過剩時，電力

無法適時調度將影響系統穩定性。

日本與台灣相像，太陽能主要集中在九州，而風力發電則以東北地區為主。然而，由於日本電網較為分散且具備較強的調度能力，當電力供應過剩時，OCCTO 與電力公司可透過削減（抑制發電）來平衡電網負載避免電力浪費。這使得日本在管理再生能源發電時擁有較高的彈性。

2、再生能源削減

削減順序依照發電成本與系統穩定性進行調整，通常優先削減火力發電，其次為再生能源，最後才是核能。這樣的順序主要考量環保因素與發電穩定性，盡可能降低碳排放並確保電力供應的安全。

電力調度並非隨意削減，而是會事先審查當前備轉容量，確保在削減發電量後，系統仍能維持穩定供電。

事後監管方面，輸電業者（TSO）需要提報削減執行狀況，並接受審查，以確保調度過程符合規範。如果 TSO 不配合削減計畫，甚至違反契約內容，則 OCCTO 有權與其解約，以維護電網穩定與市場秩序。

3、電力預測

OCCTO 本身並不進行預測，而是由 TSO 提供相關數據。這是因為 TSO 擁有最準確的發電資訊，能根據設備狀況、天氣變化等因素做出準確評估。此外因各家 TSO 皆有簽訂合約，OCCTO 能夠準確獲得每一台裝置的發電容量，再根據 TSO 提供的數據來進行電力調度，確保供需平衡。

電網運作仰賴即時調度，OCCTO 通常會無條件信任 TSO 所提交之報告，但若發現供應量不足，則會進一步與 TSO 協調，確保電力穩定供應。

此次參訪了解日本電力交易平台並非單獨運作，而是依賴 OCCTO 與 TSO 提供的數據進行調度與管理。未來若能進一步提升數據的即時性與準確度，將能讓電力供應更加穩定，有效應對市場需求變動。

圖 1 – OCCTO 參訪合照

二、日本卸電力取引所(JEPX)

（一）簡介

日本卸電力取引所（Japan Electric Power Exchange, JEPX） 是日本的電力交易市場，成立於 2003 年，並於 2005 年正式開始運營。JEPX 主要功能是提供一個市場，讓電力生產商（發電公司）與零售商（電力供應商）進行批發電力交易，以促進市場競爭，提高電力供應的效率與透明度。

主要交易類型如下：

1. **日前市場（Day-Ahead Market）**

   參與者可在前一天預測電力需求並進行交易，確保供需匹配。

2. **即時市場（Intraday Market）**

   允許參與者在當日進行即時電力交易，以應對突發供需變動。

3. **容量市場（Capacity Market）**

   保障未來電力供應穩定，發電業者能獲得適當的投資回報。

4. 非平衡市場（Imbalance Market）

由 OCCTO 負責調整市場內的電力供需不平衡，確保電網穩定運行。

隨著日本進一步推動電力市場自由化，JEPX 的交易量逐年增加，並逐步整合更多可再生能源。此外日本政府也計劃透過 JEPX 促進跨區域電力交易，提高電網彈性，進一步推動碳中和目標。

（二）參訪內容

1、FIT 與 FIP 制度

在再生能源發展過程中，各國採取不同的電力制度來鼓勵再生能源發展，其中最常見的兩種制度為 FIT（Feed-in Tariff，躉購制度）與 FIP（Feed-in Premium，補助獎勵制度）。這兩者在電價機制與市場運作方式上有所不同，各自適用於不同的發展階段與市場環境。

FIT 制度指政府以固定價格向再生能源發電業者收購電力，並簽訂長期合約，以確保業者能穩定回收投資成本。這種方式降低了投資風險，吸引更多業者進入市場，適合再生能源發展初期。然而，隨著再生能源比例提升，固定收購價格可能導致財政負擔加重，且缺乏市場競爭機制，影響電力價格的合理性。

FIP 制度則採取市場導向的補助方式，業者電價由市場決定，政府再依據市場價格提供額外補助，確保再生能源發電仍具有經濟誘因。此制度能讓業者適應市場價格波動，提高競爭力，並減少對政府補助的依賴。

日本自推動電力自由化以來採用 FIP 制度，以市場導向方式補助再生能源發電，取代傳統的 FIT（躉購制度）。這種制度鼓勵業者根據市場需求調整發電策略，提高整體電力系統的靈活性與穩定性。

透過電力自由化與 FIP 制度，日本成功推動了再生能源市場化，並提升電力供應的效率與穩定度。這樣的經驗對台電具有參考價值，特別是在能源轉型與市場機制設計方面，提供了一個可借鑒的發展方向。

2、電力預測

JEPX 是一個電力交易仲介市場，並不需要負責供需預測，發電業者和零售電力公

司根據市場價格進行電力交易，而 JEPX 負責促成交易並確保市場運作順暢。

由於 JEPX 不進行預測，為了維持電力系統的穩定，TSO 會介入調整，確保電力供應與需求的平衡。市場運作過程中可能會出現供需偏差的情況，特別是當再生能源發電出力與預測不符，或是發電設備發生故障時。

當供需偏離預測，TSO 會向相關發電業者或電力使用者收取額外費用，以補償系統調度的成本。這項機制鼓勵業者提高發電預測的準確度，並確保電網穩定運作。

圖 2 – JEPX 參訪合照

三、電力需給調整力取引所(EPRX)

（一）簡介

電力需給調整力取引所（Electric Power Reserve Exchange, EPRX）是日本於 2021 年 4 月 設立的電力調整力交易市場，負責協調供需平衡，確保電網穩定運行。EPRX 主要提供電力調整力（即電力系統的備用容量），讓電力公司、發電商與其他市場參與者能夠靈活應對電力需求的變化。

隨著日本電力市場自由化，傳統的供需平衡機制受到挑戰，特別是再生能源（如太

陽能、風能）的普及，使電力供應變得更加不穩定。為了應對這些變動，經濟產業省與 OCCTO 共同推動 EPRX 成立，讓市場參與者透過競標機制提供調整力資源，以提高電網的靈活性與穩定性。

主要交易類型如下：

1. **即時調整力（Fast Response Reserve）**

   在極短時間內（如數分鐘）快速增加或減少發電量，應對突發的電力需求變動。

2. **短期調整力（Short-term Reserve）**

   短時間內（如數小時）的供需變動進行調整，以確保電網穩定。

3. **長期調整力（Long-term Reserve）**

   長期電力供應規劃，確保有足夠的備用電力應對未來需求變化。

EPRX 提升了日本電力市場的靈活性，透過調整力可以讓市場機制確保供需平衡，降低系統不穩定的風險。隨著再生能源的發展，EPRX 在未來將扮演更關鍵的角色，幫助日本實現低碳化與能源轉型目標。

（二）參訪內容

1、OCCTO、JEPX 與 EPRX 的比較

OCCTO 主要負責未來電力的交易，確保中長期電力供應穩定。發電業者與零售電力公司可以提前規劃與購買電力，減少市場波動帶來的風險。JEPX 則是針對實際發出的電力進行交易，讓發電業者與電力零售商根據供需狀況進行競價交易，確保電力的即時調度與利用效率。

當市場出現供電不足情況時，EPRX 則負責補足缺口。EPRX 確保當發電量低於預期或用電需求超出預測時，能夠透過額外交易獲得足夠的電力，以維持電網穩定。

目前日本政府有嘗試規劃將三個機構進一步整合，提高市場運作效率，減少重複管理，並提升整體電力系統的靈活性與穩定性。這樣的改革有助於電力市場進一步發展，並確保未來供電安全與經濟效益的平衡。

2、用戶機制與電力預測

EPRX 本身不進行電力預測，而是透過交易狀況分析市場需求進行即時調度，以確保電網穩定。

EPRX 對參與者設有門檻，僅開放給資本額達 1000 萬日元以上的法人機構，並且主要針對火力發電或抽蓄發電業者。EPRX 採取控管用戶人數的方式，以確保市場運作的穩定性。

市場監管方面，EPRX 懲罰機制為個案處理，依據違規程度決定處罰，最嚴重的情況可能導致業者被除名。若市場參與者發現有不公平行為，可以向電力瓦斯協會舉報，由協會進一步調查並回報，以維護市場公平性。

整體而言，EPRX 透過嚴格的參與資格與靈活的監管機制，確保市場的公正與穩定，同時強化了電網的可靠性與競爭機制。

圖 3 – EPRX 參訪合照

四、三菱綜合研究所(MRI)

（一）簡介

三菱綜合研究所（Mitsubishi Research Institute, MRI） 是日本知名的綜合性智庫與研究機構，成立於 1970 年，總部位於東京都千代田區。MRI 主要提供政策研究、戰略規劃、科技研發與企業諮詢服務，涵蓋領域廣泛，包括能源、環境、數位轉型、醫療、金融等。該機構由三菱集團成員公司共同出資成立，並擁有獨立的經營運作。

與電業有關業務如下：

1. **政策與經濟研究：**協助政府與企業分析經濟趨勢、社會變遷，並提供政策建議。
2. **數位轉型（DX）與 AI 研究：**支援企業導入數據分析、人工智慧與數位技術，提高競爭力。
3. **能源與環境解決方案：**推動再生能源、碳中和與環保技術發展，應對氣候變遷。

作為日本領先的智庫之一，MRI 在政策規劃、產業發展與科技創新方面發揮重要影響。未來 MRI 將持續關注數位經濟、可持續發展與全球趨勢，為政府與企業提供更具前瞻性的解決方案，助力日本在國際競爭中保持優勢。

（二）參訪內容

1、再生能源對電力公司的衝擊

日本 2022 年再生能源占總發電量的 22%，其中太陽能 9.2%、水力 7.6%，顯示出再生能源在日本電力結構中已逐步擴展。日本政府設定的 2030 年目標為 36-38%，其中太陽能需提升至 14%，這對於日本來說是一項重大挑戰。

推動再生能源的主要困難之一是地理因素，由於日本可用的平地有限，大型太陽能與風力發電設施的建設受到限制。部分居民對於再生能源設施表達反對意見，也增加了開發難度。

經費與技術方面，再生能源的發展仍需大量投資，特別是儲能技術與電網調整，以應對再生能源發電的間歇性問題。為了推動目標達成，日本政府擬提高再生能源附加費（3.49 円/kWh），以支撐再生能源產業發展。同時，政府也對汽車、鋼鐵、半

導體等特定產業提供優惠措施，鼓勵企業採用再生能源，提高整體能源轉型的進度。

2、因應再生能源的衝擊實施辦法

為了推動能源轉型與減碳政策，日本制定了多項法規，包括《再生能源特別措施法》、《能源供給高度化法》以及《地球溫暖化對策推進法》。這些法律的目標是促進再生能源發展，提高能源供應效率，並減少溫室氣體排放，以實現碳中和目標。

能源削減政策方面，日本採取階段式削減順序，以確保電網穩定。首先，優先調整可調整力能源與抽蓄發電，利用可調節的發電方式平衡電力供需。接著，進行現場調整與跨區送電，透過區域間的電力調度降低削減需求。若仍需進一步削減，則會依序減少生質能發電、再生能源發電，最後才會考慮削減燃煤發電，以盡可能維持低碳電力供應。

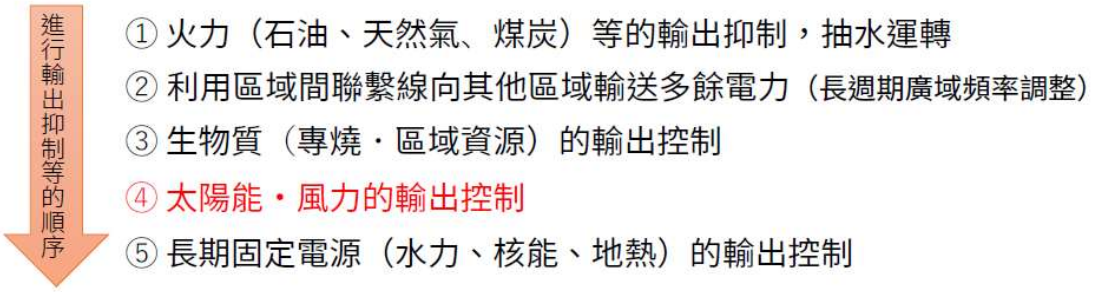

圖 4－ 日本再生能源削減順序

儲能系統（ESS）方面，日本 2023 年的新增容量達 2.7GWh/年，目前總裝置量已達 10GWh。隨著再生能源占比提升，儲能技術將成為關鍵，以解決發電間歇性問題並提升電網穩定性。

圖 5－ 日本十大電力公司儲能電池發展概要

圖 6 – MRI 參訪合照

五、中部電力公司

（一）簡介

中部電力公司（Chubu Electric Power, CEPCO） 是日本五大電力公司之一，成立於 1951 年，總部位於名古屋市，主要負責日本中部地區的電力供應，涵蓋愛知、岐阜、三重、靜岡與長野等縣。

近年來，中部電力面臨電力市場自由化、核能發電安全性與再生能源發展等挑戰。為因應這些變化，公司積極轉型，成立負責送配電業務的中部電力能源網絡；以及負責電力、瓦斯販賣的中部電力 Miraiz。中部電力負責發電業務，並轉型為持股公司。

中部電力計劃進一步強化再生能源發展，並推動數位技術應用，如 AI 與 IoT，提升電力供應效率及預測準確度。隨著全球能源轉型的趨勢，該公司正朝向低碳化與能源多樣化的方向發展，以確保競爭力與永續經營。

（二）參訪內容

1、電力預測

在長期預測方面，電力調度部門設有 25 位計劃人員，負責規劃未來的電力供需，以確保整體電力系統的穩定運行。短期隔日電力預測，則由調度間領隊負責，參考調度間面板上的修正數據與氣象廳提供的天氣資訊，進行細部調整，以應對可能的氣候變化與電力需求波動。為了確保預測準確度，系統會在一天內進行四次滾動調整，根據最新數據不斷修正供需狀況。

2、再生能源發電量預測

再生能源發電量預測方面，中部電力擁有一套專門的太陽光照測量系統，並將中部地區劃分為 14 個區域，分別進行預測最後加總得出整體發電量預估值。為了提高預測準確度，於 14 個區域設置了 36 個日照偵測設備，並搭配來自 8 個氣象廳日照設備，即時掌握氣象與發電資訊。預測系統採 30 分鐘為一個單位，每天進行 48 次滾動預測，確保電力供應能夠即時調整。預測範圍可達 D+3 。

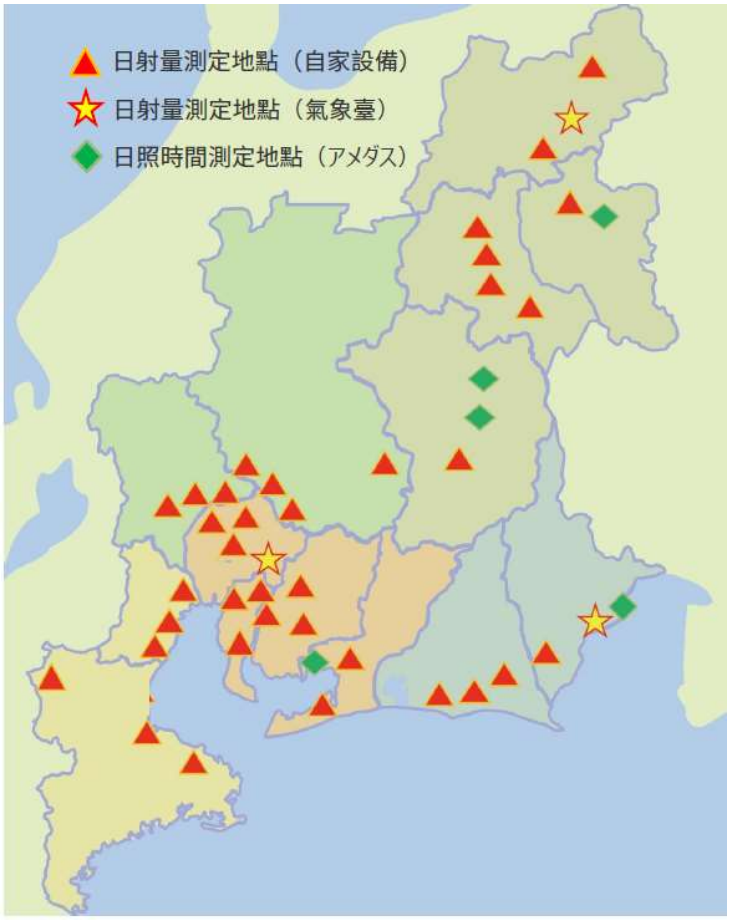

圖 7 – 太陽能設備位置圖

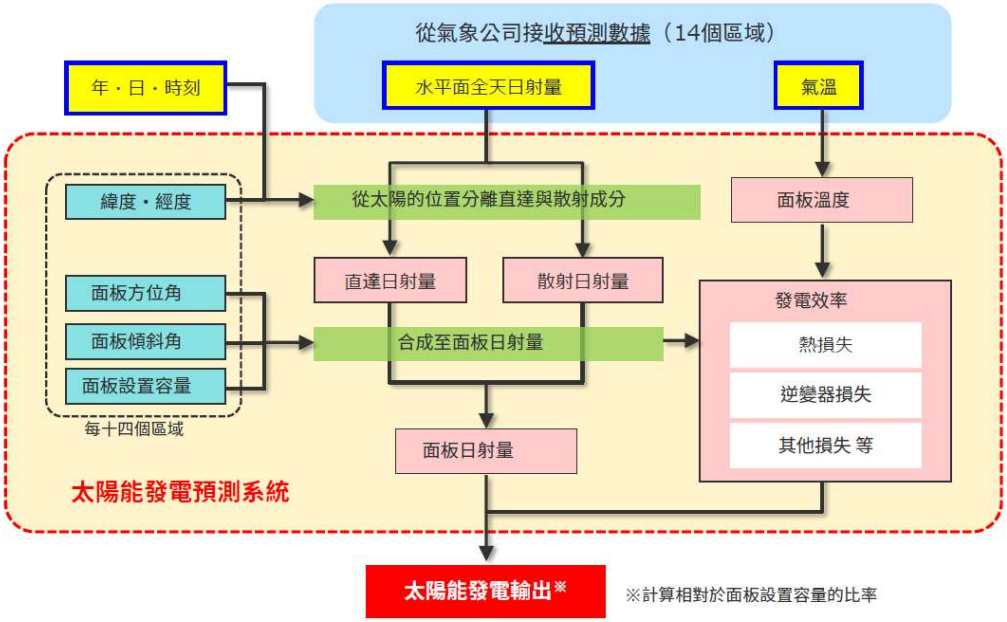

圖 8– 太陽能發電預測系統概要圖

與台電公司相比，雖然刻度單位較台電公司而言（15 分鐘為一單位）較長，但滾動次數卻增加許多，因應氣候變化，可以更即時性的調整，透過這套機制，特別是在再生能源佔比日益提升的情況下，更能發揮儲能與調度的優勢。

圖 9– 中部電力參訪合照

六、關西電力公司

（一）簡介

關西電力公司（Kansai Electric Power Company, KEPCO） 是日本五大電力公司之一，成立於 1951 年，總部位於大阪市，負責關西地區（大阪府、京都府、兵庫縣、奈良縣、滋賀縣、和歌山縣、福井縣等）的電力供應。因應電力市場自由化，成立子公司關西電力送配電株式會社。

近年來，由於國際情勢導致的能源市場不穩定、脫碳趨勢以及數位技術的進一步發展等因素，未來幾年將聚焦於「實現零碳排放」、「轉型為服務商」和「改革為有韌性的企業結構」三大支柱，以「建立治理和促進合規」為目標。

關西電力計劃增加再生能源與氫能投資，並透過智慧電網技術提升供電效率。

（二）參訪內容

1、電力預測及再生能源發電量預測

關西電力的電力預測系統結合傳統發電與再生能源發電，透過即時數據與氣象資訊來提升預測準確度，以確保電力供需的穩定。

傳統機組預測方面，由發電業者負責提供即時發電資訊，每 30 分鐘更新一次數據，讓調度單位能夠掌握各機組的發電狀況，進行適當的電力調度。

再生能源發電量預測方面，氣象廳從衛星接收每平方公里為單位之日照量數據到資料庫，再從氣象廳資料庫透過專線傳送至關西電力自有資料庫，整個過程約需 2.5 分鐘。系統每 15 分鐘獲取一次未來 3.5 小時的預報資料（共 20 筆）。同時每 3 小時也會從氣象廳獲得未來 72 小時的預報資料（共 24 筆）。

短期預測主要透過公司內部與氣象廳合力開發的系統進行分析，長期預測方面，則會委託專業氣象單位協助預測。

圖 10 – 關西電力參訪合照

肆、心得與建議

此次拜訪日本電力廣域運營推進機關（OCCTO）、日本卸電力取引所（JEPX）、電力需給調整力取引所（EPRX）、三菱綜合研究所（MRI）、中部電力公司及關西電力公司，讓台電公司對日本電力市場在再生能源發展與電力預測技術方面的現況與挑戰有了更深入的理解。隨著日本推動碳中和（Carbon Neutrality）目標，再生能源的發展已成為重要課題，而電力預測及再生能源發電量預測則是提升電網穩定性與能源效率的關鍵。

日本政府積極推動再生能源發電，以降低對傳統火力與核能的依賴。在 OCCTO 的訪談中，了解到該機構負責全國電力的廣域調度，確保不同地區的電力供需平衡。隨著再生能源的發電量逐年上升，如何在天候不穩定的情況下確保供電穩定。OCCTO 透過跨區域電網互通與儲能技術的發展，來減緩再生能源發電波動帶來的影響。

JEPX 在市場機制上也發揮了重要作用，透過電力自由化，讓發電業者與零售商可以更靈活地進行交易，促進再生能源併網。然而，由於再生能源發電具有高度間歇性，EPRX 針對此問題，提供電力調整力交易，確保電網在短時間內能夠應對供需變動，減少再生能源發電不穩定對整體電力系統的衝擊。

在 MRI 進一步了解到日本在能源政策與技術研發方面的前瞻性研究。MRI 正在開

發更準確的電力預測模型，並透過 AI 和大數據分析，提升再生能源發電的可預測性。

電力預測技術對於提升再生能源的利用率至關重要。在參訪中部電力和關西電力時，兩間公司都嘗試導入 AI 技術，以提高電力需求與發電量預測準確性。例如，中部電力開發的太陽光照測量系統，透過機器學習技術預測太陽能發電，從而更有效地調配電網資源。關西電力則極投入資源與氣象廳協力開發預測系統，以提高再生能源發電量準確度。

然而，即使有先進的電力預測技術仍然面臨一些挑戰。首先，日本的地理環境使得大規模風力發電受到限制，因此再生能源的發電來源仍以太陽能為主，但太陽能的日夜變化導致電力調度的難度增加，這點與台灣極其相似。其次，由於不同區域的電力頻率不同（東日本 50Hz、西日本 60Hz），電力的跨區域調度仍然受到物理限制，這對於電力預測的準確度與應用範圍帶來挑戰。

此次拜訪讓台電公司深刻體會到，日本在再生能源發展與電力預測技術上的努力與挑戰。未來，日本將進一步發展智慧電網、儲能技術與加大再生能源的應用，以提高再生能源的利用效率，並減少對傳統化石燃料的依賴。這些經驗不僅對日本自身的能源轉型至關重要，也提供台電公司寶貴的經驗。