

出國報告（出國類別：考察）

2025 紐西蘭地熱週研討會及參訪 出國報告

服務機關：經濟部能源署

姓名職稱：蔡秀芬組長

派赴國家：紐西蘭

出國期間：2025 年 7 月 26 日至 2025 年 8 月 2 日

報告日期：2025 年 9 月 2 日

內容摘要

臺灣近年與紐西蘭地熱產學業界往來密切，駐紐西蘭代表處經濟組及紐西蘭地熱協會（New Zealand Geothermal Association）積極邀請經濟部能源署派員參加「2025 紐西蘭地熱週（New Zealand Geothermal Week 2025）」研討會並擔任講者，介紹我國地熱政策與商機。研討會包括多場專題演講與對談，藉此機會可向國際說明我國地熱開發策略及未來將以深層地熱為主要開發方向。期間也拜訪奧克蘭大學工程學院教授及 GNS Science、MB Century，並參加陶波市地熱電廠實地參訪，深入討論並觀摩地熱能於發電與其他領域之應用。

目 錄

壹、目的及行程紀要.....	1
一、目的	1
二、行程紀要	1
貳、參訪行程及工作內容.....	2
一、參訪行程	2
二、參加人員	2
三、參訪紀要	3
(一) 參訪奧克蘭大學工程學院地熱研究所(114/7/28).....	3
(二) 參訪 Nga Tamariki 電廠(114/7/29)	5
(三) 參訪 Wairakei 電廠(114/7/29)	8
(四) 紐西蘭地熱週研討會(NZGA Winter Seminar 2025)(114/7/30)	12
(五) 紐西蘭資源部長 Shane Jones 早餐會 (114/7/31).....	19
(六) 參訪 Tauhara 地熱田 (114/7/31)	20
(七) 參訪 GNS Science (114/8/1)	23
(八) 參訪 MB Century (114/8/1)	26
參、心得及建議.....	31

圖目錄

圖 1、與奧克蘭大學 Mike O'Sullivan, John O'Sullivan, Angus Yeh 合影	5
圖 2、參訪 Nga Tamariki 電廠	8
圖 3、參訪 Wairakei 電廠	12
圖 4、NZGA Winter Seminar 議程總表	13
圖 5、Geothermal Energy in Taiwan 專題演講	16
圖 6、地熱週剪影	19
圖 7、早餐會後與投資部長 Shane Jones 合影	20
圖 8、參觀 Tauhara 電廠	23
圖 9、參訪 GNS 及其地化實驗室	26
圖 10、參訪 MB Century 及其鑽井設備、機組等	31

壹、目的及行程紀要

一、目的

臺灣近年與紐西蘭地熱產學業界往來密切，駐紐西蘭代表處經濟組及紐西蘭地熱協會（New Zealand Geothermal Association）積極邀請經濟部能源署派員參加「2025 紐西蘭地熱週（New Zealand Geothermal Week 2025）」研討會並擔任講者，介紹我國地熱政策與商機。研討會包括多場專題演講與對談，藉此機會可向國際說明我國地熱開發策略及未來將以深層地熱為主要開發方向。期間也拜訪奧克蘭大學地熱研究所、GNS Science、MB Century，並參加陶波市地熱電廠實地參訪，觀摩地熱能於發電與其他領域之應用。

地熱能為我國未來再生能源開發重點之一，紐國廠商具有在日本、印尼等地開發海外地熱資源經驗，可藉此研討會向外界說明我國地熱商機，邀請外商至臺灣投資地熱開發。活動期間可觀摩其地熱週邊應用技術及其由原民部落主導之共同開發地熱能機制進行交流，深入了解紐國在社會溝通、部落入股等經驗，做為我國於原民區推動地熱電廠之參考。

二、行程紀要

紐西蘭地熱週活動，最主要是參加 7 月 30 日「冬季研討會(NZGA Winter Seminar 2025)」發表台灣地熱專題演講外，亦參加當日地熱週晚宴(NZGA Winter Seminar Dinner 2025)及 7 月 31 日應紐西蘭資源部長 Shane Jones 邀請參加早餐會。地熱週期間，並安排參訪包含奧克蘭大學地熱研究所(Geothermal Institute, the University of Auckland)、Ngā Tamariki 電廠、Wairakei 電廠、Tauhara 地熱案場、GNS Science、MB Century 等。

貳、參訪行程及工作內容

一、出國行程

出國日期為 114 年 7 月 26 日至 8 月 2 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	住宿地點
7/26(六)	去程搭機(臺灣桃園→紐西蘭奧克蘭)	機上
7/27(日)	參觀奧克蘭博物館了解毛利族文化	奧克蘭
7/28(一)	參訪奧克蘭大學工程學院地熱研究所	奧克蘭
7/29(二)	搭機至陶波(奧克蘭→陶波)	陶波
	參訪 Nga Tamariki 地熱電廠	
	參訪 Wairakei 地熱電廠	
7/30(三)	參加紐西蘭地熱週研討會(NZGA Winter Seminar 2025)	陶波
	參加地熱週晚宴(NZGA Winter Seminar Dinner 2025)	
7/31(四)	參加紐西蘭資源部長 Shane Jones 早餐會	陶波
	參訪 Tauhara 地熱案場	
8/1(五)	參訪 GNS Science	奧克蘭
	參訪 MB Century	
	陶波返回奧克蘭	
8/2(六)	回程搭機(紐西蘭奧克蘭→臺灣桃園)	台北

二、參加人員

姓 名	單 位	職 稱
蔡秀芬	經濟部能源署 油氣發展及管理組	組長
韓吟龍	財團法人工業技術研究院 綠能與環境研究所	組長
魏嘉宏	財團法人工業技術研究院 產業服務中心	總監
余敏瑜	財團法人工業技術研究院 產業服務中心	副管理師

三、參訪紀要

(一) 參訪奧克蘭大學工程學院地熱研究所(114/7/28)

奧克蘭大學工程學院設有工程科學、化工與材料工程、土木與環境工程、電機與資工工程及建築規劃學院，擁有約 5,500 名學生(含研究生)、200 名學術人員及 150 名專業人員。紐西蘭為全球第二個開發地熱能源的國家，並已協助約 50 個國家進行地熱開發，擁有長期累積的國際經驗。

臺紐雙方已建立長期合作關係，過去 8 年間，奧克蘭大學團隊與臺灣單位(如 CPC、ITRI)合作，提供地熱數值模擬實機操作與授課等訓練，並與 ITRI 及中央研究院簽署多項合作備忘錄。雙方在人才培育、技術研發及國際研討會參與上保持密切交流，並獲得紐西蘭貿易與企業局(NZTE)支持。

1. 討論議題

(1) 技術與經濟挑戰

- a. EGS/AGS 技術困境：在地熱能源開發領域，EGS (增強型地熱系統) 與 AGS (先進型地熱系統)雖被視為長期潛力技術，但在實務推動上面臨顯著挑戰。此類技術不僅開發難度高，且投資規模龐大，此外 AGS 的熱能轉換效率相較傳統地熱系統亦較低，對於資本有限的小型新創公司而言，直接投入的門檻極高，難以承擔其技術與財務風險。
- b. 地熱井設計與運維：需精確控制生產井與回注井的深度及井距，以避免井間互相干擾並確保長期可持續性。此外，紐西蘭規範要求地熱流體必須 100% 回灌，以維護地層穩定與環境安全。
- c. 容量評估與國際標準：市場上仍存在部分業者誇大裝置容量的情況，此現象不僅影響投資判斷，也削弱產業公信力，需建立科學化的容量評估方法，並採用符合國際規範的報告與驗證機制。
- d. 土地所有權與取得問題：紐西蘭地熱場址的土地多由少數地主集中持有，便於協商與開發；反觀臺灣，土地所有權高度分散，且涉及多個與利益相關之族群，導致溝通與協調成本高昂，增加了開發時程延宕與計畫風險。

(2) 法規與管理制度

- a. 許可證管理與永續性：紐西蘭地熱資源管理採用「系統邊界」的管理模式，而非以固定距離作為限制，並要求開發雙方必須取得彼此的許可，同時公開使用數據，例如對特定排放量設有限制條件。由於紐西蘭於 1980 年代曾因過度抽取地熱資源，導致地熱景觀與小型溫泉消失，後續才透過廢水回注措施逐步改善並恢復地熱特徵，故許可證制度要求提供年度觀測報告，並由環境部門任命專家審查，透過科學評估確保合規與環境保護。
- b. 原住民族群參與的重要性與困難：紐西蘭在與毛利社區建立長期關係、信任和夥伴關係方面擁有豐富經驗，反觀臺灣在地熱開發上對於原住民族群的溝通策略尚不具體，缺乏清晰的參與程序與回饋機制，容易在開發過程中引發爭議與延宕，另專家審查制度的透明度及國際合作的深度仍有強化空間，特別是在建立符合多元族群與土地高度分散條件下的開發流程方面，需要更多的努力，以確保地熱資源開發的效率與社會接受度。

2. 後續合作與建議

建議臺紐雙方未來的合作與發展方向可聚焦於五大面向：

- (1) 建立跨國培訓與研發平台：可透過臺紐雙方共同設計課程、規劃實地訓練與技術交流，並明確指定責任單位，以確保計畫執行的持續性與成果落實。
- (2) 制定原住民族群參與策略：可借鏡紐西蘭與毛利族群建立長期合作關係的經驗，形塑完善的溝通流程與合作模式，降低社會阻力並提升在地支持度。
- (3) 強化年輕人才的吸引力：結合獎助學金、保證就業機制及企業合作專案，鼓勵學生投入地熱相關領域並提升留任意願。
- (4) 推動國際標準化管理：建立涵蓋容量評估、井距規範及回灌比例等標準作業程序，避免開發過程中出現誇大數據或資源使用爭議。
- (5) 發展多元化產業應用：促進地熱與高科技產業、農業及工業的結合，推廣直接利用及延伸附加價值的產業鏈，提升地熱資源的經濟與社會

效益。



圖 1、與奧克蘭大學 Mike O'Sullivan, John O'Sullivan, Angus Yeh 合影

(二) 參訪 Nga Tamariki 電廠(114/7/29)

Nga Tamariki 電廠由 Mercury Energy 所營運，是紐西蘭重要的地熱發電設施，其運作模式與技術選擇反映了對於效率、環境永續性及未來擴張的考量。

1. 發電技術與原理

Nga Tamariki 電廠採用 Ormat 設計的雙循環 (Binary) 系統，相較於傳統的閃發式(Flash)電廠，雙循環電廠的優勢在於其設計能更容易地捕捉並回注非凝結性氣體 (NCG)，此類電廠適用於溫度相對較低的地熱流體，而閃發式電廠則適合更高溫的地熱資源。

Nga Tamariki 電廠發電過程以一個中心發電機為核心，兩側各配置一個渦輪機。電廠使用液態戊烷(Pentane)作為工作流體，地熱的蒸汽和滷水在熱交換器中加熱戊烷，使其轉化為高壓氣體，進而驅動渦輪機，之後戊烷會進入冷卻塔，重新凝結成液態，在密閉迴路中循環。電廠透過汽水分離器將地熱流體分離為蒸汽和滷水，兩者都用於加熱戊烷，滷水主要

用於預熱過程，其進入電廠時的溫度約為 212°C，回注時則降至 90°C，過程中能有效地從鹵水中提取約 110°C 的熱量，以滿足其預熱需求。

2. 電廠規模與營運模式

Nga Tamariki 電廠發電量約為 86 MW，現階段電廠的總運作流量略高於每小時 2,000 噸，廠區內的生產水井分佈在不同距離，最遠約 1.5 公里，而回注區則獨立設置。

電廠日常營運主要透過遠端控制進行，考慮到地熱井無法直接關閉，故設有先進的安全排放系統(safety dump system)，這套系統可在電廠跳電或電網停機時，將所有蒸汽與鹵水導入熱池(thermal pond)，防止井口熱液突然停止所造成的熱衝擊，並管理分離器在高壓狀態下的安全風險，在逐步降產的過程中安全處理多餘的能量，根據現有紀錄，電廠在過去 2.5 年皆未曾發生緊急之跳電事件，但仍會定期測試所有安全系統以確保可靠性。

3. 儲集層管理

Nga Tamariki 的地熱儲集層被歸類為液體主導型，其焓值約為 1,200~1,300 焦耳/公斤，最高溫度為 290°C，地熱井的鑽探深度通常介於 2,000 至 3,000 公尺之間。目前 Nga Tamariki 電廠擁有四口生產井和五口回注井，回注井的鑽鑿深度通常比生產井更深。單口生產井的產量可高達每小時 1,000 噸，相當於至少 30 MW 的發電量，而回注井的接受能力也同樣可達每小時 1,000 噸，電廠要求 100%回注地熱流體，相較過去其他案場僅 70~80%的回注率，有了顯著的提升，而此一作法也有效控制抽水時的壓降(觀測到最大僅約 2 bar)，確保了地熱儲集層的永續使用。

4. 未來擴建計畫

Mercury Energy 自 2024 年起正在積極建設 OEC5，是一個 50 MW 的模組化擴建機組，主要部件在海外製造，隨後在現場進行組裝，預計將於 2026 年年中投入使用。當 OEC5 擴建完成後，電廠的總流量將增加到每小時 3,000 噸以上，儘管流量增加，電廠仍需確保其總取水量不超過每小時 3,500 噸的最大獲准取水量，避免違規引發監管問題。



Mercury Energy 公司人員簡報說明



現場介紹電廠現況



圖 2、參訪 Nga Tamariki 電廠

(三) 參訪 Wairakei 電廠(114/7/29)

Wairakei 電廠由 Contact Energy 所營運，Contact Energy 是紐西蘭第二大發電商，佔全國發電市場的 25%，在地熱領域中則是全國最大的地熱發電業者，服務約 20%的客戶，該公司整合了發電與銷售業務，透過國有的 Transpower 電網進行電力交易。

1. Wairakei 電廠發展歷史

Wairakei 電廠的首次發電可追溯至 1950 年代，早期利用旋風分離器 (cyclone separator) 來處理濕蒸汽，將蒸汽送至發電站，而較重的流體則集中至桶子 (drum) 中進行進一步處理或回注。此外，電廠也採用了雙循環機組進行「二次利用」，在較低溫度條件下 (入口約 130°C ，排放約 85°C) 提取餘熱，透過加熱工作流體 (如戊烷) 來驅動渦輪機。Wairakei 電廠主要發電區域位於上游的 Te Miki，電廠約於 2010 年建成，地熱流體溫度介於 $260\sim 270^{\circ}\text{C}$ 之間，可產生 166 MW 的電力；另外 Poi Hu 電廠於 1990 年代末建成，額外提供 50 MW 的電力。

2. 地熱儲集層特性與管理

Wairākei 地區之儲集層屬於液體主導型，通常具有天然的高滲透性，因此不需要額外刺激來提高產能，因此電廠的容量因子相對較高，介於 95~97%之間，但也有部分生產井屬於乾蒸汽井，可以直接將蒸汽送至發電站，無需使用分離器。

Wairākei 電廠的總流體取用量約為每日 250,000 噸，可產生 350 MW 的電力，其焓值約為 1,050 焦耳/克。目前 Wairākei 約有 50 口生產井和 20 口回注井，平均每口生產井的發電量為 5~10 MW。

電廠的回注井位於特定區域，約有一半流體在現場直接回注，另一個回注區則位於南方，為了避免回注水冷卻生產中的儲集層，回注井通常比生產井更深，電廠也會利用冷卻系統附近的暫存池，在關閉井口時，將臨時排放的流體緩慢引導回注系統。除此之外，井監測是儲集層管理的重要環節，電廠會監測井下的壓力和溫度，而因為壓力變化最先發生，其次是化學變化，最後才是溫度變化，故壓力也被視為最主要的監測訊號。

3. 環境影響相關議題

(1)結垢問題：Wairākei 地熱電廠在運營中會遇到結垢問題，主要包括方解石和二氧化矽。方解石結垢在過去 15 年內開始出現，這是在流體回注活動開始後才發生的問題，與其地下水本身的特性(冷、富含方解石)有關。而二氧化矽在生產井中雖不是一個嚴重的結垢問題，但它卻與雙循環機組的排放溫度有關，為避免二氧化矽結垢，電廠需控制排放溫度為 85°C，當井中的二氧化矽濃度可能很高，排放溫度若低於此溫度，則可能使結垢問題更加嚴重，需另詢相關的技術服務公司(如 Western Energy)提供清理服務，也會進一步提高營運成本。

(2)二氧化碳(CO₂)排放管理：Contact Energy 積極管理其地熱發電的二氧化碳排放，自 2024 年起已成功在雙循環系統中成功捕獲二氧化碳並回注於地下；而閃發式系統的冷卻塔會引入氧氣，目前則尚未開發出將二氧化碳與伴隨氧氣分離的技術，仍是一個尚未解決的重大挑戰。針對二氧化碳含量最高的 Ōhaki 地熱田，公司規劃建立一家工廠來生產食品級二氧化碳，以解決紐西蘭對此類產品的進口依賴，也正在與毛利部落討論合作夥伴關係，可能在部落擁有的土地上建設二氧化碳處

理設施。

- (3) 硫化氫(H_2S)處理：Contact Energy 為應對地熱發電過程中的硫化氫(H_2S)排放問題，開發了一套創新的處理系統，該系統利用一條 370 公尺長的管道，內含嗜硫細菌，這些細菌能將排放冷凝水中的硫化氫轉化為毒性顯著較低的硫酸氫。此處理過程在排放前可達到 98%~99% 的高去除效率，並透過進出口的監測系統確認其有效性。這種細菌轉化過程迅速發生，甚至發現天然存在於下游的細菌也能促進硫化氫的去除，而現場建立的系統則加速了這一自然過程，確保在排放前完成處理。
- (4) 地層下陷(Subsidence)：地層下陷主要是由於壓力下降導致地下 50~300 公尺深處的岩石壓縮所引起的，進一步造成地表出現大型的下陷區域，其中一個區域在過去 70 年間的最大下陷量達到了 15 公尺，並且也影響了當地的城鎮(Tauhara)。為監測和管理地層下陷，電廠透過鑽井(geotechnical wells)與完整取芯，再將岩芯放入壓密設備(compaction rig)中進行測試以獲得土壤特性，所得數據則輸入地層下陷模型，進一步評估是否需要額外的緩解措施或加強監測實踐來應對潛在風險。

4. 在地溝通-與毛利社群合作

Contact Energy 與當地毛利社群(kiwi)的關係上經歷了顯著的轉變，從過去政府非協商式的做法，逐步發展出長達 20 年、積極且協作的夥伴關係，這種策略性的合作關係對於確保資源同意以及獲得專案支持至關重要。

目前，Contact Energy 與毛利社群的合作方式包含多個面向：

- (1) 慈善信託：提供資金支持並設立慈善信託以提供贈款，用於教育和毛利學院(wānanga)等專案撥款。
- (2) 土地復育：實施土地復育計畫，例如種植原生植被。
- (3) 潛在合作夥伴關係：積極討論在毛利部落擁有的土地上建立電廠和二氧化碳清潔設施的合作夥伴關係。

Contact Energy 已經建立了一套正式與當地居民的互動策略和框架，該框架涵蓋了公司營運範圍內約 30 至 40 個不同的毛利部落，這些框架中也包含了與 30 年資源同意書相關的減輕措施方案。

5. 未來計畫

Contact Energy 針對其地熱資產制定了清晰的未來發展藍圖，包括現有電廠的退役、新產能的擴建以及其他再生能源投資。

- (1)Wairākei 電廠的退役：Wairākei A 和 B 電廠於 1958 年首次投入運營，至今已超過 65 年，Contact Energy 規劃在 2027 年部分關閉，並於 2031 年全面停止運營。
- (2)新產能擴建：Contact Energy 未來將在更靠近熱源的 Tamehi 區域分階段開發並取代退役的電廠，除此之外，另也已完成 Tauhara 電廠的擴建，已於 2024 年 5 月啟用新的 174 MW Fuji 渦輪機組，預計每年可產生 1,450 GWh 的基載電力；而 Te Huka 3 之雙循環發電廠(51 MW)，也已安裝並將額外增加約 400 GWh 的發電量。
- (3)其他能源專案投資：Contact Energy 亦積極投資其他項目，包含 100 MW 的電池儲能專案、太陽能專案、二氧化碳捕獲、收購 Western Energy 並提供地層化學清理服務等。





圖 3、參訪 Wairakei 電廠

(四) 紐西蘭地熱週研討會(NZGA Winter Seminar 2025)(114/7/30)

我方經濟部能源署與地熱推動單位代表受邀出席「2025 地熱週」，並於 7 月 30 日「冬季研討會」由能源署油氣發展及管理組蔡秀芬組長及地熱發電單一服務窗口(工研院)魏嘉宏副主任共同擔任講者發表專題演講，分享臺灣地熱政策規劃與開發經驗，聚焦於深層地熱開發方向的策略布局。

地熱週自 2021 年開始，首屆主題為「Beyond Electricity」，其後每年更換主題。

WEDNESDAY 30TH JULY 2025

Presented by

 New Zealand Geothermal Association

NZGA WINTER SEMINAR
 GREAT LAKE CENTRE, TAUPŌ

GEOTHERMAL:
 New Zealand's Global Opportunity

08:00 Registrations open, expo open & complimentary coffee cart

09:00 Karakia & Mihi

09:15 Welcome and NZGA updates

09:40 Innovate. Scale. Lead: Seequent's global impact on geothermal.
Clare Baxter, Seequent

09:55 **Keynote Address:**
 New Zealand Geothermal – for the world and to the world
Rachael McGuckian, New Zealand Trade & Enterprise

The Globes New Zealand Opportunity - Investment in New Zealand's Geothermal Sector
Hayden Mackenzie, Invest New Zealand

10:30 Morning tea

11:00 How Much Heat Does New Zealand Need? Introducing The Geoheat Business Guide
Oliver Howitt, Energy Efficiency & Conservation Authority

11:20 **Session 1: Global Opportunities**

11:25 Geothermal Energy in Taiwan
Hsiu-Fen Tsai, Ministry of Economic Affairs

11:45 Geothermal in Indonesia
Gigi Udi Atmo, Ministry of Energy & Mineral Resources & Ahmed Subarkah Yuniarto, PINZ

12:05 Indonesia-Aotearoa New Zealand Geothermal Energy Programme
Rosalind Archer, Griffith University & Greg Ussher, Jacobs

12:25 Samoa's Geothermal Potential
Victor Vito, Mamana Energy

12:40 Lunch

13:30 **Session 2: New Zealand Geothermal Industry knowledge-building and leadership**

13:35 Staying Ahead: Innovation in Geothermal Energy.
Dorian Devers, Contact Energy

13:50 Geothermal Power Plant Project Design Stages - What to expect
Halger Zipfel, MTL

14:00 Thought leadership Chief Executive 1:1
Stew Hamilton, Mercury NZ

14:20 **Session 3: The Regional Growth Opportunity**

14:25 Powering the AI Revolution
Vince Hawksworth, Datagrid

14:45 Hydrogen from Geothermal Energy! – A journey of a joint venture between Tuaropaki & Obayashi
Aya Inagaki, Halcyon Power

15:05 Ara Ake, New Zealand's National Energy Innovation Centre; how can we help?
Jonathan Young & Evelien Wallace, Ara Ake

15:15 Vocational Pathways in to Geothermal
Dan Taylor, Toi Ohomai

15:20 Afternoon tea

15:50 **Session 4: Ministerial Address: Launch of the Draft New Zealand Geothermal Strategy**
Hon. Shane Jones, New Zealand House of Representatives

16:50 Closing remarks

NZ GEOTHERMAL WEEK 2025 proudly brought to you by







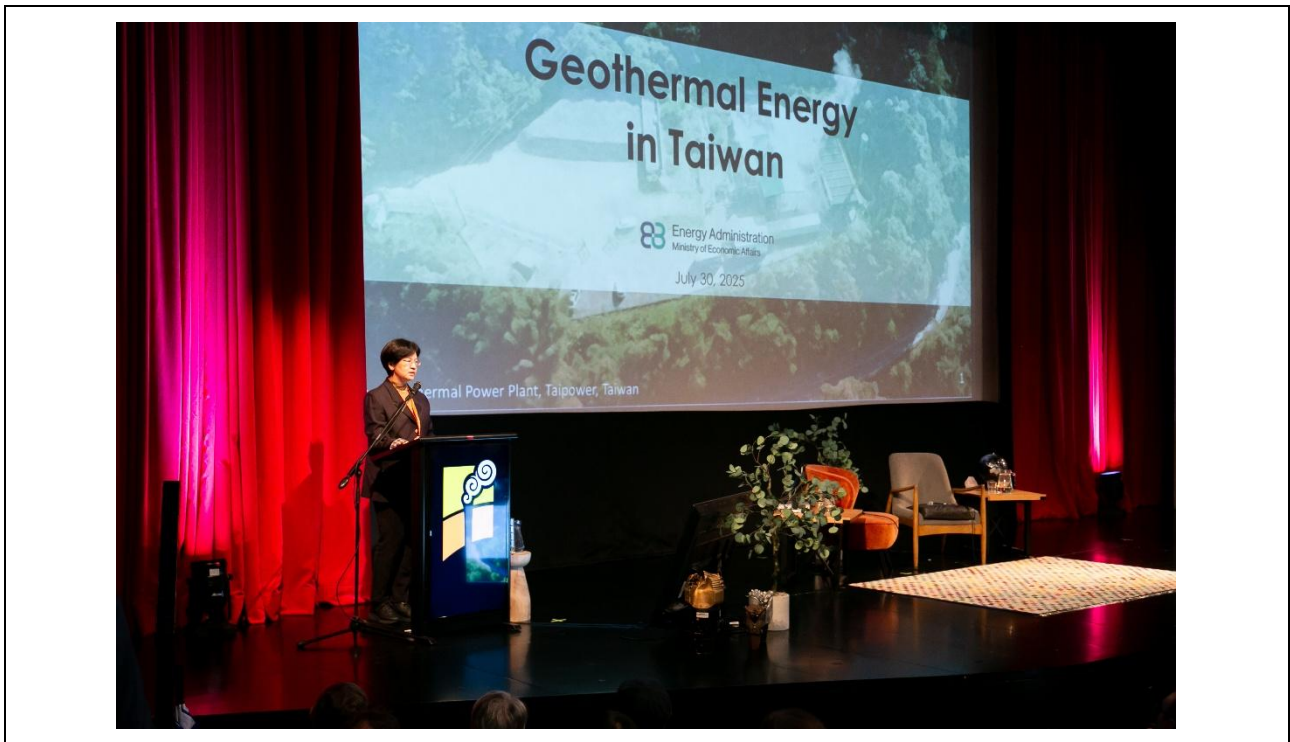

We would like to acknowledge all of our sponsors for NZ GeoWeek 2025

www.geothermalweek.co.nz

圖 4、NZGA Winter Seminar 議程總表

蔡組長於大會論壇中以"Geothermal Energy in Taiwan"為題，向全場超過 350 位來自世界各國的產官學研代表介紹台灣 2050 淨零排放關鍵策略、推動路徑、策略及未來精進作法，獲得與會人士讚賞，紐西蘭毛利議會 (Maori Council) 秘書長-Donna Hall 主動跟我們分享毛利人與地熱開發商共榮合作的精神，並邀約本團同仁於晚上的 Gala Dinner 與其同桌用餐。

晚宴中，Donna Hall 秘書長團隊同仁 Hone 及 Iris 也分享毛利族、政府及地熱開發商的合作機制，其基本精神為-利益共享、風險共擔。在探勘階段，政府從毛利基金出資 50%，部落得自籌或向外部單位(例:開發商)籌措剩餘費用，土地則由毛利族提供；進入開發階段後，一樣由政府出資 50%，地熱商出資 50%，毛利部落提供土地；進入營運期時，收益(或虧損)由開發商獲得 50%，剩餘 50%的一半回到國庫，一半回到部落。上述比例為原則性規範，每個案子都會有不同狀況。以目前位於 Rotorua 之探勘井為例，毛利部落向 Shane Jones 部長爭取到 100%由政府出資。



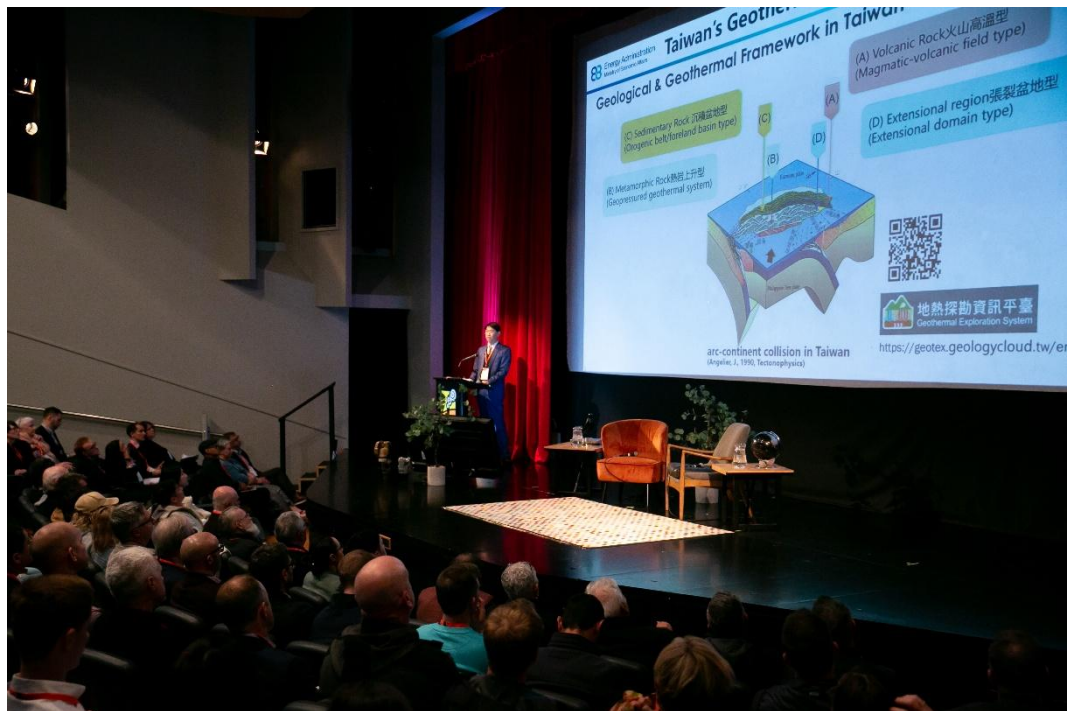




圖 5、Geothermal Energy in Taiwan 專題演講

1. 2025 紐西蘭地熱協會冬季研討會摘要：

開場談到毛利人與陶波地熱資源的深厚文化與歷史連結，提及祖先故事與世代與土地的關係。對毛利人而言，地熱是珍貴的資源，連結著他們的土地(whenua)、大地之母 Kapat ū anau 及祖先。祖先 Ng ā Toroirangi 在從 Te Arawa 獨木舟登岸後往內陸行進時，將地熱熱能帶到此地，至今已有超過 30 代的歷史。

地熱被視為跨世代的珍貴資源，並非交易性的資產，而是基於連結而非開採。這種觀點在此類論壇中正越來越被聽見、理解並重視。

提及《原住民地熱人民宣言》(Indigenous Geothermal People's Declaration)，這是一項由多位在場人士共同推動的重要成果，於去年在夏威夷舉辦的紐西蘭地熱週完成。該宣言全球性地表達了地熱能源的重要性，以及原住民族群與地熱環境間的深厚文化連結。其核心訊息很明確：守護優先於商業，且永遠是這個順序。

紐西蘭中央政府重新關注地熱發展，尋求策略合作，降低參與門檻。鼓勵多元創新，兼顧深層超臨界技術與其他機會，結合產業專業與大膽思維。

在這一週的活動中將發佈三份重要文件：From the Ground Up、NZ Geothermal Companies Directory、Geoheat Business Guide，是紐西蘭地熱產業成熟的重要指標。其中 From the Ground Up(紐西蘭地熱策略草案)由資源部長 Shane Jones 公布，這是 MBIE 與部會團隊經過 4 個月密集合作的成果，也是過去 75 年來的重要里程碑。重點摘要如下：

- (1)成就表揚：Amplify 公司 獲頒「最佳合作實踐獎」，肯定其貢獻。
- (2)2025 地熱週亮點：包括學生能源職涯體驗、羅托魯瓦開幕活動、地熱技術工作坊、產業早餐會、全球機會論壇、技術論壇、安全文化工作坊、「女性在地熱」慶祝等。
- (3)會議資源取得：與會者可透過名牌 QR Code 獲得議程、講者簡介、出版品資訊與 Q&A 系統（使用 Slido 與行動麥克風）。
- (4)未來能源與創新領袖：介紹 20 位新世代人才，鼓勵與會者交流互動。
- (5)展覽攤位：本屆設有 9 個攤位，提供互動與交流機會。
- (6)出席情況：參與人數達 350 人，創下紀錄，另有 20 人候補。
- (7)特別來賓：前全黑隊球員 Victor Vito 分享其對地熱的熱情。
- (8)一對一對談：Mercury 執行長 Stuart Hamilton 談領導力與職涯。
- (9)三大成果發表：①NZ Geothermal Companies Directory《紐西蘭地熱公司名錄》、②《GeoHeat Business Guide》（聚焦技術選項與資源管理，與 ICA 合作開發）、③From the Ground Up《紐西蘭地熱策略草案》
- (10)From the Ground Up 地熱策略草案：由部長 Shane Jones 公布，此草案為過去 75 年紐西蘭地熱的重要里程碑。
- (12)閉幕：會議持續至 17:00，最後由主持人總結並致閉幕詞。



場外展示攤位



蔡組長與地熱計畫同仁與毛利議會秘書長 Donna Hall(左三)及其同仁合影



投資部長 Shane Jones 公布 From the Ground Up 地熱策略草案

圖 6、地熱週剪影

(五) 紐西蘭資源部長 Shane Jones 早餐會 (114/7/31)

由紐西蘭投資局(Invest New Zealand)所召開，邀請來自臺灣、日本、美國、印尼等各國參加紐西蘭地熱週的與會者約 20 人，會中介紹紐西蘭新成立之投資局、深化與各國之交流等。紐西蘭投資局為紐西蘭政府推動外來投資的主要機構，隸屬於 New Zealand Trade and Enterprise (NZTE，紐西蘭貿易與企業發展局)。



圖 7、早餐會後與投資部長 Shane Jones 合影

(六) 參訪 Tauhara 地熱田 (114/7/31)

Tauhara 電廠由 Mercury Energy 與 Contact Energy 共同開發，本次參訪中介紹了 Tauhara 地熱電廠的營運、維護和與在地社區族群的互動，以及其獨特的地熱資源管理方式，工程設計針對 Tauhara 儲集層的地質與溫度條件進行調整。

1. Tauhara 背景資訊

Tauhara 地熱儲集層是由液體主導的，溫度範圍從 50~280°C。地熱流體在井內上湧過程中，由於壓力降低會沸騰，產生更多的蒸汽和更少的液體。儲層流體的 pH 值呈弱鹼性，通常在 7.5 至 8.5 之間。

Tauhara 地熱電廠由 6 口生產井打造發電容量為 100 MW 之地熱電廠，該電廠每小時約利用 3,000 噸地熱流體，其中約 1,000 噸為蒸汽、2,000 噸為液體，為了最大化能量提取，電廠採用三階段閃發分離程序，分別在高壓(16 bar)、中壓(7 bar)和低壓(1.3 bar)下進行。

2. 電廠設計與營運

- (1)蒸汽發電系統設計：電廠使用蒸汽渦輪機，轉速為每分鐘 3,000 轉(即每秒 50 次)，當蒸汽發電系統中若含水量過高，會對渦輪機葉片造成磨損而降低發電潛力。因此電廠會利用高壓蒸汽管道上的滴水罐(drop pot)收集蒸汽中的水分，防止其進入渦輪機，再透過液位測量系統控制排放閥，確保水分排出而不浪費蒸汽，從而優化發電效率。
- (2)管線設計與材料：因為生產管線需處理蒸汽和液體的兩相混合物，而回注管線則輸送密度較大的全液體流體，故生產管線之管徑通常較回注管線大。而為了適應熱膨脹和收縮，管線設計中包含了大量的 U 形彎管，在冷熱轉換時每公里可移動約 1.5 公尺，這些彎曲設計可防止管線因膨脹或收縮而損壞設備。冷卻水系統則廣泛使用玻璃纖維管線，因其抗腐蝕性強，且比不鏽鋼更具成本效益，然而材料的選擇最終仍是取決於壓力和特定要求，故也可能使用 316 不鏽鋼或雙相不鏽鋼等特殊材料。
- (3)儲集層管理：地熱水和凝結水經分離後會被回注，電廠內設有三口回注井用於分離後的地熱水，另有一口回注井專用於凝結水，回注溫度約為 125°C，深度至少需達 3 公里，理想情況下應更深，以確保流體能到達熱源並重新加熱，避免淺層回注造成生產儲集層溫降，此外，鑽井作業產生的廢水也會被收集到鑽井池中，並盡可能回注。
- (4)氣體排放處理：Tauhara 電廠設有氣體抽取系統，利用三個液體循環真空冷凝器(liquid ring vacuum condenser)來維持壓縮機運行，並管理二氧化碳壓力，防止氣體積聚，這些從冷凝器中提取的酸性不凝結氣體，會隨水蒸氣一同排放到冷卻塔中，而氣體會被顯著稀釋，成分與天然地熱地表特徵中的氣體相同，故被認為沒有影響可以直接排放，與 Tohuka 電廠將氣體回注之作法不同。

3. 地方溝通(毛利族群)

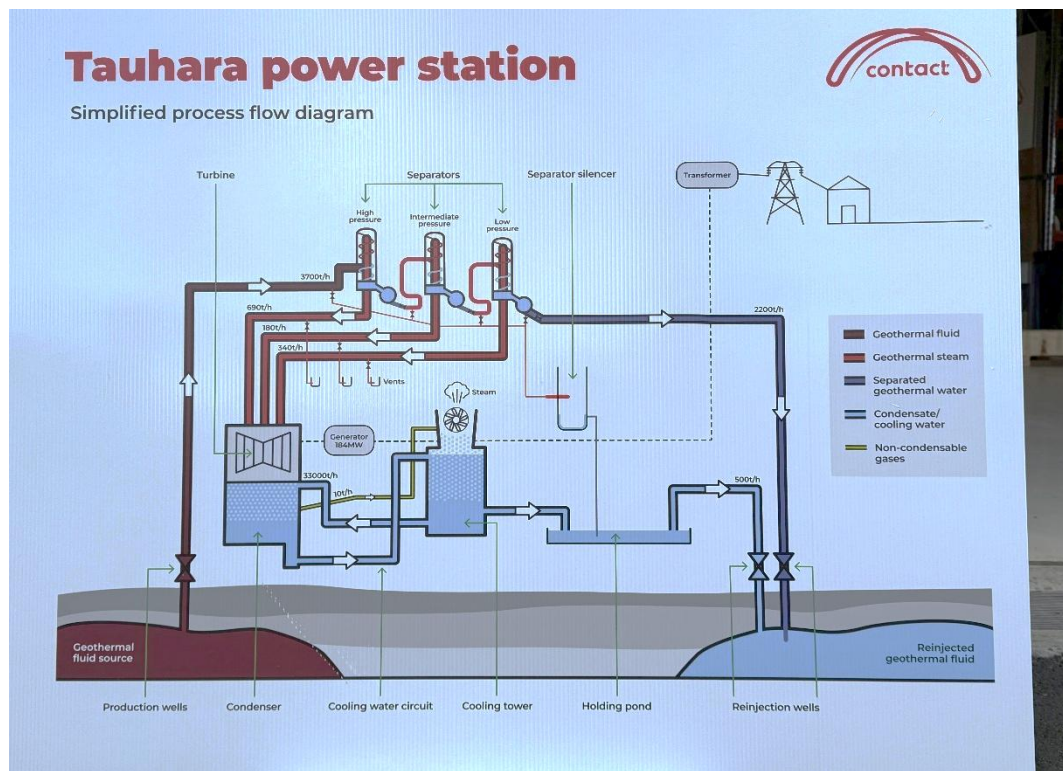
開發商與當地毛利族群(Tōhara Hapū)及社區進行長期溝通，歷時多年，當中包含在許可申請階段即針對儲集層取用與合作模式展開討論，並與多個 hapū (Ngāti Tahu、Ōhaki 等)保持合作關係。



Tauhara 電廠外圍



外場説明



Tauhara 電廠流程圖

圖 8、參觀 Tauhara 電廠

(七) 參訪 GNS Science (114/8/1)

GNS Science 為紐西蘭政府設立的皇家研究機構(Crown Research Institute)，專責地球科學、能源資源、天然災害與環境研究等領域，為紐西蘭地熱研究與顧問服務的核心機構。全機構約有 500 名員工，分布於威靈頓、陶波、但尼丁等地，其中超過八成專職於科學研究與應用開發。

GNS Science 主要研究部門包括:地球科學、能源與資源、自然災害、環境與材料等四個部門，地熱能源相關業務隸屬於能源與資源部門，相關業務包括地熱資源研究、地熱開發顧問。

參與紐西蘭國內地熱開發計畫包括: Rotokawa 地區的 Mokai, Ohaaki, Kawerau, Ngā Tamariki 電廠及 Wairakei 地區 Contact Energy, Te Huka facility 等。除協助國內地熱電廠開發外，該研究所也協助國外擔任地熱開發顧問工作如印尼、日本、菲律賓等國。

本次參訪 GNS Science，分為三個主題，第一項主題是介紹紐西蘭超臨界地熱計畫進度、技術挑戰與國際合作現況，並尋找合作契機，由超臨界

地熱系統研發團隊 Isabelle 主講；第二項主題為地化實驗室參觀；第三項主題聚焦於地熱系統比較、探索策略，以及臺灣與紐西蘭在地質條件與開發經驗上的異同，由 Andrew Rae 博士所主講。

1. 地熱超臨界項目研究與國際合作紐西蘭與臺灣造山帶地熱系統比較及勘探策略

有關超臨界地熱項目，紐西蘭政府已建立地熱策略，並資助了 6,000 萬美元，用於該國第一個超臨界地熱勘探井的鑽鑿，目標是到 2040 年提供 2 GW 的電力，這將超過目前紐西蘭 1.2 GW 的發電量。超臨界地熱項目的成功標準包括鑽井和維護、部署井下工具進行測量和取樣，以及實現超臨界流動。講師也提到，臺灣的超臨界地熱目標溫度約 400°C，而目前常規系統運行在 270~320°C，現有操作在 1,000 米深度為 250°C。

在國際合作方面，雙方皆表示願意在增強型地熱系統(EGS)和超臨界技術方面進行技術合作和知識共享，紐西蘭方也建議臺灣在大規模 EGS 部署前，應進行小規模測試並充分了解地下地質狀況。

2. 地化實驗室參觀

紐西蘭地熱實驗室是全球僅有的兩家經認證的地熱實驗室之一，具備模擬地熱系統條件，可模擬高溫高壓條件(壓力 500 bar 和溫度 600~700°C)的能力，該實驗室正在進行超臨界地熱系統研究，並建立礦物溶解度和熱力學數據庫，此外，他們還開發了阻垢劑測試方法(Anti-Scalant Testing Methodology)，並與業界合作以優化用量，強調即使使用 1%的劑量，其變化也能為開發商節省數十萬美元。然而，紐西蘭超臨界地熱鑽探的具體地點仍未決定，且超臨界地熱條件下阻垢劑的有效性和最佳劑量仍未經證實。國際合作的實施細節、鑽探技術計畫以及社區接受度與環境風險等問題，仍有待釐清。

3. 紐西蘭與臺灣造山帶地熱系統比較及勘探策略

臺灣與紐西蘭的山脈(臺灣玉山、紐西蘭庫克山)都是板塊構造、碰撞和抬升的結果，因此也表現出高地溫梯度的特徵，然而，臺灣的板塊聚合和抬升速率更快，講師推測臺灣板塊縫合區之地熱區應比紐西蘭更廣、更熱。

在滲透率方面，講師強調了斷層和褶皺構造(如背斜褶皺)對於頁岩和板岩等不滲透岩石的流體流動至關重要，可作為探勘的目標。此外，山體的巨大重量會產生地形壓力，形成陡峭裂縫並增強高海拔地區下方的滲透率，而根據過去研究表明，山區的根部溫度低但滲透性高，而山谷地區較熱，但滲透性較低，這項研究結果對地熱勘探策略產生了重要啟示，即指出鑽井探勘應鎖定穿越山谷的構造，而不是直接在山脈下方鑽井，而在此種非火山地熱環境中，因為此類地熱系統的熱源並非來自深層的導體(deep conductor)，不預期有過往大地電磁(MT)方法能夠辨識的目標，故探勘方式有所侷限。而鑽探方面，因為需鑽穿斷層帶和石英片岩等堅硬岩層，故可能存在技術困難，如鑽頭控制和鑽孔穩定性問題。此外，在山谷中建立地熱發電廠也被認為難度較高，因此有關造山帶地熱系統之開發仍需進一步研究。



介紹 GNS 及服務等



GNS 研究員介紹高溫高壓地化實驗



井下測量探測設備

圖 9、參訪 GNS 及其地化實驗室

(八) 參訪 MB Century (114/8/1)

MB Century 為紐西蘭唯一世界級全方位(one-stop-shop)的地熱與能源生命週期解決方案供應商，提供從地熱鑽井、蒸汽田設計、施工到維護與環境監測等完整服務。並參與過紐西蘭 Kawerau、Wairakei、Rotokawa、Mokai、

Ohaaki、Ngawha 等地熱電廠蒸汽田設計與施工服務。亦有菲律賓、印尼、巴布亞新幾內亞、智利等國家之地熱電廠蒸汽田設計與施工服務。

地熱鑽井方面，MB Century 擁有淺、中、深等現代化地熱井鑽機，其中，Drillmec HH350 鑽機為紐西蘭目前最先進之鑽機。機械與保養服務方面，主要以水力電廠為主，地熱電廠方面包含地熱發電渦輪機組檢修、維修中心與團隊。

本次參訪 MB Century 主要討論核心主題包含地熱開發的合作與技術交流及地熱井工具技術、操作、培訓與安全實踐。

1. 地熱開發的合作與技術交流

MB Century 自 1950 年起在地熱業務領域累積了長達 75 年的豐富歷史，並擁有經驗豐富的跨國團隊，在鑽探、維護和水力專案方面展現出強大的能力。MB Century 表達了對於支持臺灣積極地熱發展計畫的濃厚興趣，目的是希望了解臺灣的需求與挑戰，以便提供更為適切的協助，並且也積極參與與臺灣中油公司(CPC)相關的招標專案。在國際參與方面，MB Century 不僅參與了在美國的鋰提取專案(lithium projects)，其業務足跡更遍及全球多地，包括新幾內亞、肯亞、南美、墨西哥、日本和印尼，累積了豐富的國際專案經驗。

2. 地熱井工具技術、操作、培訓與安全實踐

- (1)地熱井測試程序與數據分析：MB Century 運用 Pressure-Temperature- Spinner tool (PTS)工具量測溫度、壓力與流量，並強調數據解讀對提高效率與辨識進水區的重要性。流量估算可透過旋翼速度與線速進行，並可利用交叉繪圖進行工程分析。
- (2)主要地熱井工具與技術：MB Century 為全球少數五家製造商兼營運商之一，可自行設計和製造 PTS 工具，該工具可供銷售並提供操作員支援，這些工具部署於印尼、菲律賓、日本、臺灣、巴布亞新幾內亞和紐西蘭，並曾在近期會議中展示。
- (3)數據監測與設備管理：MB Century 具備即時數據監測能力，能夠即時收集深度、速度、張力和壓力等數據，並可在電腦上即時顯示，甚至能跨國進行遠端監測。

(4)培訓計畫：MB Century 已有為國際團隊提供培訓之經驗，如巴布亞新幾內亞、印尼、菲律賓，時長從幾天到數週或數月不等。後續亦可為臺灣設計客製化培訓計畫，亦可為中油公司(CPC)針對實際鑽探、井測試和固井等提供工程培訓。



介紹 MB Century 公司歷史及服務項目等



介紹地熱井設備工具



說明地熱井監測設備



隨車鑽井設備



Rig32

參、結論與心得建議

- (一) 截至 2024 年底，紐西蘭的地熱發電裝置容量達到 1.207 GW，在全球排名第五，僅次於美國、印尼、菲律賓和土耳其。地熱能在紐西蘭的電力結構中扮演重要角色，約佔全國總發電量的 18%，是繼水力之後的第二大再生能源來源。
- (二) 過去十年間，紐西蘭新建約 0.9GW 的再生能源發電容量，其中約三分之一來自地熱。強調地熱不僅具備發電容量，還是穩定的基載能源、不受天候影響。紐西蘭在地熱方面領先全球，當地公司、科學家與工程師已將技術、人才與信任輸出至太平洋、亞洲、非洲與歐洲等地。
- (三) 紐西蘭每年需新增 0.5GW 發電容量，以應對自然增長，這還未計入電氣化或新工業需求。現有發電商雖可應付人口成長、電動車普及與有限電氣化，但若出現大規模新需求，將面臨供應短缺，問題在於「供應不足」，而非「需求過高」。能源及產業布局為「能源跟著需求走」策略，發展共地配置能源樞紐。
- (四) 紐西蘭投資局於本次研討會中，致力介紹投資紐西蘭之創新優勢，尤其在地熱領域，紐西蘭是全球技術試驗、優化與擴展的平台，結合在地創新與社區共益的商業模，並成為全球機會：國際企業可參與新型地熱發電（閃蒸式、二元式、低溫系統）、投資溫泉與觀光設施、在紐西蘭場址進行超臨界地熱研究、建構綠色工業、或生產供應綠色航運的低排放燃料。紐西蘭在自然資源、政策穩定與工程能力方面具備優勢。此次研討會上鼓吹投資紐西蘭部分值得我們學習。
- (五) 在參訪地熱電廠及奧克蘭大學、GNS、MB Century 方面，奧克蘭大學的國際地熱人才培育，GNS 在地質資料的蒐集與資料庫建立，MB Century 在鑽井設備不斷開發精進，電廠場域面積大卻乾淨，遠端監控(可跨國)技術成熟等，皆讓人印象深刻。
- (六) 本次參訪，能源署代表臺灣在紐西蘭地熱週發表” Geothermal Energy in Taiwan” 演講，介紹臺灣發展地熱能的政策方向與決心，會後獲得

不少詢問與聯繫，紐西蘭毛利議會(Maori Council)秘書長-Donna Hall 主動跟我們分享毛利人與地熱開發商共榮合作的精神，並邀請參觀毛利村。後續雙方已建立聯繫管道，未來在與臺灣原民共享機制之建立，可直接與其進行交流洽詢。此次參訪，於未來地熱國際招商已踏出成功第一步。