

出國報告（出國類別：考察）

紐西蘭地熱發電考察訪問團 出國報告

服務機關：經濟部能源局

姓名職稱：游局長振偉、鄭專門委員如閔

出國地區：紐西蘭

出國期間：108年7月20日至7月28日

報告期間：108年9月20日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：紐西蘭地熱發電考察訪問團

頁數 23 含附件：是否

出國人員姓名 / 服務機關 / 單位 / 職稱 / 電話

游振偉 / 經濟部能源局 / 局長 / 02-2775-7666

鄭如閔 / 經濟部能源局 / 專門委員 / 02-2775-7778

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：108 年 7 月 20 日 ~ 7 月 28 日

報告期間：108 年 9 月 20 日

出國地區：紐西蘭

分類號 / 關鍵詞：地熱發電、再生能源 (Geothermal Power, Renewable Energy)

內容摘要：

紐西蘭擁有多項可供發電的再生能源，包含豐沛的水力、地熱、風力等，已積極推動再生能源發展，依據紐西蘭商務、創新與就業局(MBIE)的統計資料，2017年紐西蘭發電量約為42.9TWh，約有82%的電力來自再生能源較，其中水力占58.1%、地熱占17.4%，地熱裝置容量約979MW。另在電力建設上，2010年的電力產業法案指明配電端將逐漸自由化，目前已有5家發電公司(其中兩家為完全民營)、1家輸電公司、29家區域配電公司，紐西蘭在再生能源及電力自由化的發展經驗，對我國電力開發、再生能源及地熱發展具備相當豐富的參考價值。

2019年5月紐西蘭商工辦事處(NZCIO)處長 Moira Turley 拜會能源局，洽談臺紐雙方在地熱合作議題，並邀請我方赴紐西蘭進行地熱參訪，以促進未來在地熱開發上的合作。

爰籌組「紐西蘭地熱發電考察訪問團」，率臺灣中油公司及財團法人工業技術研究院等單位共同參訪，赴紐西蘭參訪地熱電廠、拜會相關政府單位、原住民與區域議會，以瞭解紐西蘭再生能源政策、法律制定與政府組織的變革。

目 錄

壹、出國行程紀要	1
貳、參與活動及工作內容.....	4
參、結論與建議	23

壹、出國行程紀要

一、出國目的

紐西蘭積極推動再生能源發展，目前約有 80.8% 的電力來自再生能源，其中地熱發電約 979 MW。在電力建設上，2010 年的電力產業法案指明配電端將逐漸自由化，目前已有 5 家發電公司(其中兩家為完全民營)、1 家輸電公司、29 家區域配電公司，紐西蘭在再生能源及電力自由化的發展經驗，對我國地熱發展具備相當豐富的參考價值。

紐西蘭地熱已有 60 年成功發展經驗，從探勘、鑽井，甚至在電廠設計、專案管理、建造工程和營運已經建置完整的地熱發電產業鏈，地熱產業成熟且積極推動亞洲國家之國際合作。紐西蘭官方透過在臺商工辦事處，邀請我方組團赴紐西蘭參訪，爰本(能源)局籌組「紐西蘭地熱發電考察訪問團」，並由本局游局長率台灣中油公司、財團法人工業技術研究院等，洽談後續在地熱技術交流及具體合作方向。

本次參訪目的與議題主要包括紐西蘭地熱電廠發展現況及可共同合作內容、紐西蘭再生能源政策、法律制定與政府組織的變革、原住民法令議題、火山型地熱開發技術合作方向與策略等，期透過參訪紐西蘭地熱發電發展經驗與作法，促進臺紐雙方展開更密切合作，加速我國地熱發電產業發展。

二、行程紀要

本次參訪透過紐西蘭貿易發展中心安排，紐西蘭商工辦事處、紐西蘭地質與核子科學研究所 GNS 之協助，進行相關產、官、學研單位拜會進行意見交流與討論，並由財團法人工業技術研究院與 GNS 簽訂地熱合作契約，與地熱技術國際夥伴組織(IPGT)、紐西蘭地熱協會(NZGA)、奧克蘭大學、AECOM 及 Jacobs 等單位針對我國地熱發展及技術訓練等方面進行意見交換討論，在 GNS 與 Waikato Regional council 交流原住民區地熱開發議題，以瞭解地方政府在地熱開發的規劃與民眾溝通扮演角色。參訪 Te Huka facility 地熱電廠，了解地熱電廠長期運轉維護及環境監

測等議題。同時拜會紐西蘭政府管理再生能源的管理單位 Ministry of Business, Innovation and Employment (MBIE), Energy Section 瞭解紐西蘭電力市場自由化的發展經驗，及能源策略推動現況與未來規劃等。

本次出國行程規劃及團員名單如表 1 及表 2 所示。

表 1 紐西蘭地熱發電考察訪問團行程

日期	活動主題
108. 07. 20(六)	啟程
108. 07. 21 (日)	抵達紐西蘭威靈頓
108. 07. 22 (一)	1. 拜會 MBIE 及 Electricity Authority 政府機關 2. 再生能源相關議題討論
108. 07. 23 (二)	1. 前往陶波 2. 拜會 Mercury Energy
108. 07. 24 (三)	1. 拜會 Waikato 區域政府及 GNS Science 2. 拜訪 MB Century 顧問公司 3. 工研院與紐西蘭 GNS 地熱國際合作簽約典禮
108. 07. 25 (四)	1. 參訪 Te Huka facility 地熱電廠 2. 拜會紐西蘭地熱協會(NZGA)
108. 07. 26 (五)	1. 與奧克蘭大學地熱研究所討論技術合作 2. 拜會 AECOM 公司 3. 拜會 Jacobs 公司 4. 拜會 Geothermal New Zealand 公司
108. 07. 27-28 (六-日)	返程

表 2 紐西蘭地熱發電考察訪問團團員名單

單位	職稱	姓名
經濟部能源局	局長	游振偉
	專門委員	鄭如閔
臺灣中油股份有限公司	副執行長	胡雅折
	地質師	杜開正
工業技術研究院綠能與環境研究所	所長	胡耀祖
	副組長	李奕亨
	經理	杜培欣

*共 7 位團員

貳、參與活動及工作內容

一、Electric Authority

(一)時間：7月22日(星期一)

(二)拜會目的/主題

瞭解紐西蘭高再生能源占比下，電力調度及市場規劃

(三)會談/參訪紀要

1. 背景

電力管理局(以下簡稱電力局)根據紐西蘭“2010年電力法”於2010年11月1日成立，為紐西蘭電業主管機關，主要責任為促進電力市場競爭、確保電力穩定供應及電力市場有效運作，負責紐西蘭電力市場管理機制的制定、實施和管理監控，可以自由訂定電力競爭機制，達到電力市場的可靠性和效率。

2. 考察內容

紐西蘭的電力市場屬自由競爭，但仍同時考量降低排放、創新技術、效率及公平性等議題。

南島水力發電佔全國能源供應76%，地熱發電約17%，在豐水期市場買方會增購低價水力發電，在枯水期市場賣方會有較高售價，年降雨量將直接影響電力公司售電利潤。故在乾旱天氣中管理好蓄水，並改善電力市場(尤其是零售市場)競爭為首要任務，該局利用程式每5分鐘追蹤一次電價，使電價雖然浮動但是具有即時性。電價高的時候，消費者可以選擇節電措施，也使得用電量降低而間接影響電價，形成一回饋機制使市場趨於平衡。



圖 1. 游振偉局長代表參訪團致詞

二、Contact Energy

(一)時間：7月22日(星期一)

(二)拜會目的/主題

瞭解地熱開發計畫經濟效益分析

(三)會談/參訪紀要

1. 背景

(1)Contact Energy 公司主要業務包括：電力供應、替代能源、天然氣供應等，目前為紐西蘭第二大的電力公司，共擁有 12 個電廠包含：地熱(5 座)、水力(2 座)及天然氣電廠(3 座)。

(2)地熱電廠：共 5 座裝置容量合計達 475MW 說明如下

➤Waikato 地區的 Ohaaki 電廠(70MW)

➤Poihipi Road 電廠(50MW)

➤Wairakei 電廠(161MW)：為紐西蘭歷史最悠久地熱電廠，運轉期間超過 60 年(1958 年迄今)，分為 Wairakei A 與 Wairakei B 兩座電廠，發電機組共 10 座蒸汽渦輪發電機組，發電機組的裝置容量約從 4~30MW。

➤Taupo 地區的 Te Huka 電廠(28MW)：Taupo 附近另有地熱電廠開發計畫(Tauhara stage 2)，開發目標裝置容量 250MW

➤Te Mihi 電廠(166MW)

2. 會議/訪談紀要

(1)電廠開發規模並非最重要，最重要的是環境影響評估、監測及管理計劃。

(2)一般的背景調查(Baseline Monitoring System)基本原則至少要有 3 點監測，包括：地表水、200~300 公尺淺層地下水、微震等環境因子。

(3)鑽井成本是地熱開發重要投資因子，如果沒有正確地質概念模式及探勘井鑽鑿等投資占比，將會過度增加成本，造成開發案失敗。

(4)當生產井或地層中結垢，若要以特定化學物質注入洗井，在不影響其他含水層或地表水質前提下，並需先取得政府與相關利關人同意。

(5)紐國地熱開發案投資報酬率通常約為銀行借款利率加 3-5%，非取得暴利開發案，前期鑽井成本為投資關鍵因素。

三、Ministry of Business, Innovation and Employment (MBIE), Energy Section

(一)時間：7月22日(星期一)

(二)拜會目的/主題

瞭解紐西蘭能源策略的推動現況與未來規劃，特別是地熱方面規劃與資源投入，以作為我國推動再生能源(地熱)之參考。

(三)會談/參訪紀要

1. 背景

- (1)創立於2012年7月，由前經濟發展部(Ministry of Economic Development)、前科學與創新部(Ministry of Science and Innovation)、前勞工部門(Department of Labour)和前建築與住家部門(Department of Building and Housing)等四個政府單位組合而成，成立宗旨以促進所有紐西蘭人更好生活品質的經濟成長為目標。
- (2)MBIE願景為使紐西蘭商務活動更有競爭力、促進所有人就業機會，及確保更負擔得起的高品質居住環境。
- (3)能源與資源部隸屬MBIE「商務、科學與創新」下行政部門，主管紐西蘭能源事務，管理項目包含能源策略、能源數據與模型、發電效率與環境、能源安全、電力市場、液體燃料市場、天然氣市場、國際關係及執行紐西蘭能源部門的回顧與諮商活動。
- (4)紐西蘭氣候變遷策略主要由環境部(Ministry for the Environment)負責，能源主要執行機構為經濟發展部(Ministry of Economic)，其中能源效率則由能源效率和節能管理局(Energy Efficiency and Conservation Authority, EECA)專責，電力部份則由電力管理局(Electricity Authority)專責。
- (5)EECA為紐西蘭之能源效率及節能的主管部門，工作範圍為通過獎勵、促進與支持能源效率與節約能源，並以再生能源的使用來改善並提高人們對於能源使用的選擇性。政策制訂是為了滿足社會各層面的需求，包括工業、產品、住宅及運輸等各方面。EECA的主要職責包括：訂定產品最低能源效率標準、於校園開

設能源管理課程、表揚能源管理優秀人員、提高一般民眾及產業之節能、幫助政府發布有關節能之最新動態。

2. 會議/訪談紀要

- (1) MBIE 在紐西蘭地熱發展扮演極關鍵角色，紐西蘭能源政策以多目標利用為主，再生能源政策一直持續滾動修正，除推動 2017 - 2022 之 5 年期紐西蘭能源效率及節約能源策略(NZ Energy Efficiency and Conservation Strategy)，已訂定 2030 年 100%再生能源目標。惟能源政策持續性，可能會受政黨更換及地方政府開發方針之影響。
- (2) 目前正在進行政策制定方向，是研究解決再生能源設施發展障礙，包括：資源管理架構突破、電力傳輸併接問題、缺乏投資動力等。
- (3) 紐西蘭政府自 1950 年開始對地熱開發投入資源，進行大規模的地質普查及、資料收集經彙整公開探勘資訊，透過公開徵詢開發提案，再由政府提供經費或資助開發。一般開發以十年為期限，前期結束後檢核執行成效以決定下一階段是否投入資金。紐西蘭政府每年提供約 350 萬紐幣支援學校或業界，進行相關儲集層調查、生產技術、健康環境、地熱地質模式等研究。



圖 2. 游振偉局長代表參訪團與 MBIE 官員合影

四、International Partnership for Geothermal Technology

(一)時間：7月22日(星期一)

(二)拜會目的/主題

蒐集地熱技術國際夥伴組織(IPGT)國際合作計畫資訊，作為我國地熱國際合作之參考。

(三)會談/參訪紀要

1. 背景

地熱技術國際夥伴組織於2008年8月28日在冰島凱夫拉維克(Keflavikurflugvöllur, Iceland)，由澳洲、冰島和美國代表簽署“地熱技術國際夥伴關係憲章協定”，IPGT成立目的是通過國際合作加速地熱技術的發展。瑞士與紐西蘭分別於2010年10月、2011年11月加入IPGT組織。

2. 會議/訪談紀要

投資運營評估經理Kennie Tsui說明紐西蘭政府共有6個單位進行研發投資，補助與否要依據計畫內容(50%)及產業效益，研究計畫需要企業參與，2019年已有11項國際合作計畫獲得補助，包括：氣候變遷、高溫鑽井、地熱二氧化碳排放、地熱抽注行為誘發地震與萃取稀有礦物應用等研究。

五、Mercury Energy

(一)時間：7月23日(星期二)

(二)拜會目的/主題

瞭解紐西蘭地熱電廠開發歷程，作為我國地熱推動策略之參考

(三)會談/參訪紀要

1. 背景

(1)Mercury Energy 是紐西蘭一家電力生產與售電公司，員工有 800 人，51%以上的股權為紐西蘭政府所有，CEO 非政府派任。其電力產生來源 100%來自再生能源，其中包括 9 座水力發電站與 5 座地熱發電廠，2017 年全年售電量占紐西蘭國內總售電市場 19%。

(2)Mercury Energy 公司所屬的 5 座地熱發電廠如下表，均位於紐西蘭北島中部，主要在陶波境內，地熱發電具備基載特性，穩定提供國家電力，營運效率高達 95%，光 Kawerau、Nga Awa Purua 與 Ngatamariki 三家電廠年發電量就可穩定提供紐西蘭約 33 萬戶家庭使用：

電廠	運轉年度 (西元)	裝置容量 (MW)	年均發電量 (億度)
Mokai	2000	112	926
Rotokawa	2000	33	270
Kawerau	2008	100	831
Nga Awa Purua	2010	140	1,132
Ngatamariki	2013	82	687

(3)地熱發電廠開發過程說明：以 Ngatamariki 電廠為例，該電廠位於 Taupo 北方約 17 公里，2000 年取得探採開發權，於 2004 完成 MT 地物探測確認潛能區範圍，2008 年起完成 9 口鑽井工程(最深 3500 公尺)，自取得探採權經 13 年，於 2013 年 8 月正式併網商轉(有 4 部發電機組)。

(4) Mercury Energy 公司持續發展，紐境內正在 Te ia a Tutea 正在進行探勘中，同步進行境外地熱發電擴展計畫，包括美國加州 5MW 地熱發電廠、智利與德國地熱探勘計畫。

2. 會議/訪談紀要

(1)地熱能源開發之風險最主要在前期探勘階段：紐西蘭、菲律賓及印尼，在發展初期均由國家進行潛能普查及發展策略規劃。

(2)地熱發展需要穩定的能源政策及方針：

- 紐西蘭第一階段(1950-1990 年)之開發期之潛能評估、鑽井、社會及環境法令的衝突之風險及失敗，均由國家承擔。
- 一般地熱田探勘井的規畫數量，每個場址最少 3~4 口，須交由專門的地熱鑽井公司執行，而後再進行 3 口生產井規劃、完鑽並進行生產。平均每口鑽井費用為 1000~1500 萬紐幣，井深為 2000-3000 公尺。
- 地下地質掌握不易：紐國現行開發生產的地熱田，均由政府進行先期挹資鑽探勘井，惟因地下地質掌握不易，早期發現探勘潛能區仍有失敗案例。

(3)該公司未使用空氣鑽井，以清水泥漿避免儲集層污染。

(4)紐西蘭地熱電廠重視保持與原住民溝通與參與多樣性：包括公司、個人對原住民持續友好溝通，以 Mokai 地熱田為例，開發實際是由毛利部落發起，Mercury 電力公司提供技術支持。

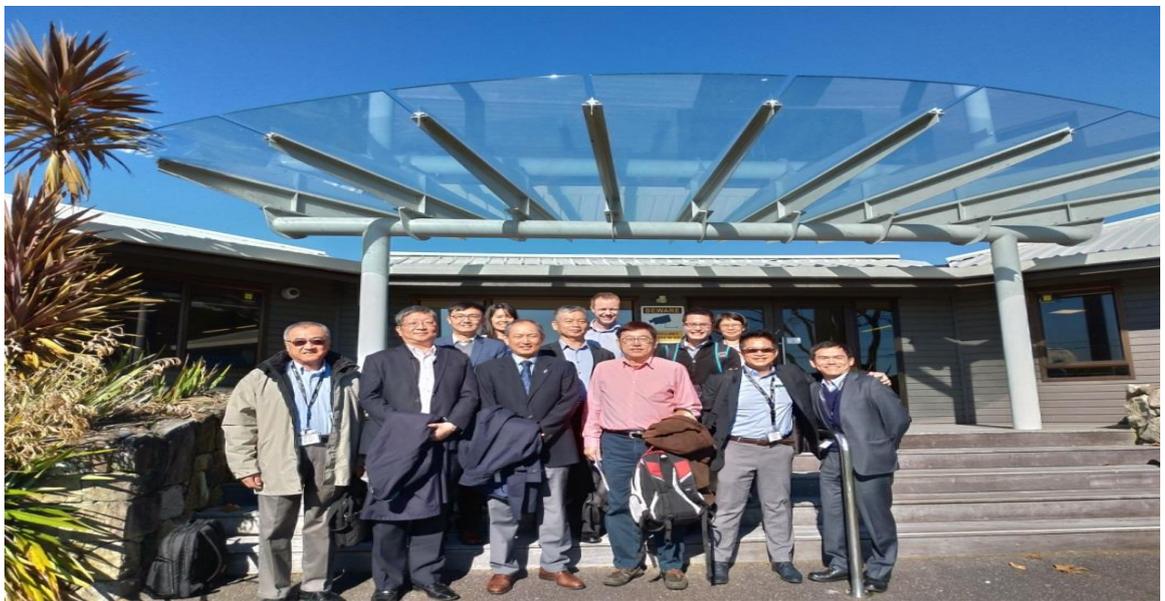


圖 3. 地熱參訪團於 Mercury Energy 合影

六、Waikato Regional Council

(一)時間：7月24日(星期三)

(二)拜會目的/主題

了解 Waikato 地方政府在地熱資源特性研究與生產管理計畫方法與內容，做為我國推動地熱參考。

(三)會談/參訪紀要

1. 背景

紐西蘭地熱發電大部分來自 Waikato 區域，預計 2030 年地熱能源供應量將會提升至 30%。

Waikato 區域委員會於 2016 年 12 月制訂 Waikato 區 4 年計畫指導方針” Waikato Regional Council’ s Strategic Direction 2016-2019” ，做為 Waikato 區域發展重要依據。

Waikato 區域委員會針對地熱資源運用，從地熱資源源保育與有效利用兩個面向著手，主要工作內容包括：

- 地熱資源特性研究。
- 地熱資源分類及最佳管理策略。
- 地熱流體回注與長期生產管理。
- 透過分階段生產與開發管理計畫，促進地熱資源永續利用。

2. 會議/訪談紀要

(1)Waikato 區域政府代表 Katherine 表示，地熱資源探勘早期由政府主導進行大規模潛能調查，並劃定可開發區、保護區、有限開發區、研究區(資料不足)及其他小型區；地熱資源不屬於政府或任何人，地主只擁有使用權，定向井須取得鑽井路徑經過的所有地主同意。

(2)資訊公開：區域政府鼓勵私人電力公司將調查資料應儘量公開有助地方溝通，包括詳細調查工作、可能影響以及定期環境監測資料等，區域政府得邀請專家進行同儕評審，交叉檢視監管資料；此外，政府每 10 年檢討開發策略，調整各地熱區域的範圍。

(3)開採者：

- 單一開採者(single-tapper)政策是目前區域政府共識，一般當地政府較喜歡單一開發商。
- Kawerau 則是共同開發案例：至少有 4 個同意持有者(consent holders)來開採地熱流體，同意持有人必須共同製定資源管理計畫，交由區域政府委員會審查。準備整合資源管理計畫是同意過程一部分，即使在獲得同意後也會定期進行審核。此區域政府審查每一階段(探勘、開發、生產)所需時間為 7 個月，並且設有聽證會讓人民有上訴機會。
- 注水行為通常會形成環保議題：非回注不可，同時要監測回注對地表和地下水質影響。

七、GNS Science

(一)時間：7月24日(星期三)

(二)拜會目的/主題

- 1.地熱開發需要調查工作內容及經濟效益評估，以作為我國規劃地熱潛能評估參考。
- 2.工業技術研究院與 GNS Science 簽訂「大屯山火山群地熱系統資源評估」合作案。

(三)會談/參訪紀要

1.背景

- (1)紐西蘭政府認證之皇家研究所(Crown Research Institute)：
員工人數約 390 人，75%的員工在威靈頓、20%員工在陶波、5%員工在但尼丁，約 85%員工直接參與科學研究。
- (2)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、地熱開發顧問等。
- (3)經費來源：
 - 標案及政府研究計畫(40-45%)
 - 公私營機構委託技術與顧問服務(20-30%)
 - 地質與地震災害監測(15-20%)
 - 中央(或地方)政府顧問(5-10%)
 - 政府補助款(5-10%)。
- (4)參與紐西蘭國內地熱開發計畫：包括 Rotokawa 地區的 Mokai, Ohaaki, Kawerau, Nga Tamariki 電廠及 Wairakei 地區 Contact Energy 的 Te Huka facility 電廠。
- (5)協助擔任地熱開發顧問國家：包括：智利、斐濟群島、印尼、日本、馬達加斯加、太平洋群島、巴布亞新幾內亞、菲律賓及烏干達等國。

2.會議/訪談紀要

由資深地熱地質師 Andrew Rae 進行地熱資源探勘、開發與管理專題報告。所有地熱資源都具有直接勘探和開發的特徵，及其他不利的特徵，而地球科學是降低開發風險的工具，經由資源數據整合來分析地熱系統，進而建立科學策略協助決策決定。

地熱系統是獨一無二的地質構造，在一個水文環境中適當的探勘方法，可能在其他地方不會成功；地質概念模型很有用，但可能很複雜或具有誤導性；通過整合各種技術來萃取大量的資訊，可以降低開發風險；儘早判識與資源相關的風險，尤其是環境面與法規面的限制條件。



圖 4. 能源局游局長振偉與駐紐西蘭台北經濟文化代表處陳克明代表，共同見證工業技術研究院與 GNS Science 簽訂「大屯山火山群地熱系統資源評估」合作案。

八、MB Century Drilling & Energy Services (NZ) Limited

(一)時間：7月24日(星期三)

(二)拜會目的/主題

- 1.瞭解避免地層汙損之地熱鑽井技術，包含清水或空氣鑽井技術。
- 2.瞭解清水或空氣鑽井技術在不同地質環境之適用條件、應用限制及技術引進可行性。

(三)會談/參訪紀要

1.背景

唯一提供世界級全方位(one-stop-shop)的地熱與能源生命週期解決方案供應商，擁有熱能擷取、井測、地熱蒸汽田設計、施工與維護等相關技術，並實質參與「紐西蘭地熱深井鑽探實行規範(Code of practice for deep geothermal wells NZS 2403:2015)」修訂工作。

參與紐西蘭境內 Kawerau、Wairakei、Rotokawa、Mokai、Ohaaki、Ngawha 等地熱電廠蒸汽田設計與施工服務。另境外有菲律賓、印尼、巴布亞新幾內亞及智利等國家之地熱電廠蒸汽田設計與施工服務。服務範圍包含地熱/油氣鑽井(Geothermal & Oil/Gas Drilling)、地熱蒸汽田設計與工程(Steam field Design & Engineering)、地熱儲集層井測(Reservoir Data Logging)、水利工程與顧問(Hydro Engineering/Consultancy)、地熱與水力電廠維護(Geothermal & Hydro Power Station Maintenance)、重工製造(Heavy Fabrication)、精密加工(Precision Machining)、工業塗料(Industrial Coatings)、地化與水質分析(Water & Geothermal Sampling Analysis)、環境監測(Environmental Monitoring)、土木施工(Construction)等。

地熱管線屬於高溫高壓環境，焊接施工須以最高標準為準則。MB Century 擁有一群高素質且經驗豐富的焊接團隊。地熱鑽井方面，MB Century 擁有淺、中、深等現代化地熱鑽井機具，有紐西蘭目前鑽先進之鑽機。機械維護保養方面，以水力電廠為主；地熱電廠維護保養則包含地熱發電渦輪機組檢修、維修中心與團隊。

地熱儲集層井測服務，包含井套管內外腐蝕量測設備、鑽井測量設備、井測、完井測試、生產回注試井、儲集層工程、井下攝影

技術、徑向水泥固結量測、先進鋼纜鏈結技術、示蹤試驗、地化採樣分析、環境監測、現場尺度實驗室測試技術等外，也提供地熱蒸汽田設計與建造服務。

2. 會議/訪談紀要

鑽井服務經理 Richard Adams 提供紐西蘭地熱鑽井工程的相關資訊：2,000~3,500 公尺，工期 40~60 天，每口井單價約紐幣 8~10 million；深度 2,000 公尺。

套管在高溫環境下容易變形、水泥不易固封，要循序漸進穩扎穩打，要不然容易前功盡棄(例如熱水汽從套管與裸孔間溢流，不僅無法順利生產，亦造成公安危險而導致封廢井)。鑽井公司鑽進率不高，平均一天鑽進 55 公尺。鑽井泥漿採用清水，未使用空氣鑽井，而產注井建議彼此至少相隔數公里(日本有相隔 1 公里失敗經驗)，與 Mercury Energy 公司所述一致。



圖 5. MB Century 鑽井公司參觀

九、Te Huka facility

(一)時間：7月25日(星期四)

(二)拜會目的/主題

參訪中小型雙循環地熱發電廠，並了解營運方式及地熱蒸汽田供應與回注。

(三)會談/參訪紀要

1. 背景

Te Huka Geothermal Power Station 又稱為 Tauhara On，是位於紐西蘭陶波附近的一座 23 MW 的雙循環地熱發電廠，目前由 Contact Energy 運營，為無人電廠，僅安全人員巡視維護。

本電廠由 Ormat Technologies 於 2008 年開始建造，於 2010 年開始運轉。本電廠地熱蒸汽由 Tauhara 蒸汽田供應，發電尾水回注至 Tauhara 蒸汽田的邊緣，以確保資源永續利用。發電廠所發電力透過 33 千伏電源線將電力連接到 Transpower 的 Wairakei 變電站，再送到陶波(Taupo)配電網絡和國家電網。

2. 會議/訪談紀要

本電廠於 2010 年運轉，建置時間約 21 個月，係屬於 Tauhara 地熱田，電廠發電入口流體溫度約 230°C，發電機組為 Binary cycle 系統，工作流體採用戊烷(沸點約 38°C)。透過監控中心對的熱田井廠供應熱水溫度、噸數及壓力進行操作。

十、Te Mihi facility

(一)時間：7月25日(星期四)

(二)拜會目的/主題

參觀並蒐集火山型地熱田開發營運模式、酸性地熱田井體材料選取及管線、發電機組等設施防腐蝕設計、運轉歲修、地熱井維護經驗及資源再確認方法等，作為我國推動火山型地熱規劃參考；

(三)會談/參訪紀要

1. 背景

Te Mihi 為位於陶波火山區 (Taupo Volcano Zone, TVZ) 的火山型地熱田，以蒸汽為主，蒸汽壓達到 20~25 Bar，儲層最高溫度

260 °C。電廠位於紐西蘭 Taupo 市鄰近，由 Contact Energy 公司負責建造，於 2014 年 5 月完工，電廠規模為 166 MW，造價 7.5 億美元。

Te Mihi 電廠現擁有兩台 83MW 之雙閃發蒸汽渦輪發電機組。Te Mihi 地熱田原先僅提供蒸汽給遠在 5 公里外的 Wairakei 地熱發電廠使用，但由於距離遠造成能量損失嚴重，且 Wairakei 地熱儲集層蒸汽資源日漸衰竭，因此在 Te Mihi 地熱田現地建立地熱發電廠。新設置之地熱發電廠也配置了除硫系統，使得冷卻尾水可直接回注地層，避免排放汙染。

Te Mihi 電廠計畫在 2026 年 Wairakei 地熱發電廠除役後，增建第三台機組，目前兩個電廠聯合輸出功率為 114MW，足以供應 11 萬戶家庭電力使用。

2. 會議/訪談紀要

本電廠於 2014 年運轉(166MWe;Flash plant; Contact Energy)，建置時間約 30 個月，屬於 Wairakei 地熱田，兩部機組滿載共發 166MW，為低壓發電系統，發電機組為 Flash steam 閃發發電渦輪系統，工作流體採用戊烷，沸點約 38°C。每日熱水供應約 4000 噸，以蒸汽發電熱水輸送至下游 ORC 機組。

十一、NZ Geothermal Association

(一)時間：7月25日(星期四)

(二)拜會目的/主題

瞭解紐西蘭地熱協會與政府單位之互動與紐西蘭資源管理法在紐西蘭推動障礙與最新修法進度，蒐集紐西蘭地熱產業可協助臺灣地熱開發項目。

(三)會談/參訪紀要

1. 背景

紐西蘭地熱協會(NZ Geothermal Association)為包含科學、教育與文化等相關非政府與非營利組織，為國際地熱協會(International Geothermal Association, IGA)與紐西蘭皇家學會的附屬成員，目前約有340個會員。服務範圍包含地熱相關政策制訂、地熱資源行銷、定期舉辦研討會等。會員資格包含個人、學生、附屬成員、公司、機構、名譽等。

協會協助政府制定紐西蘭資源管理法，也會因應實際開發情況提供政府修法內容參考。

2. 會議/訪談紀要

協會董事 Stephen Daysh 說明紐西蘭地熱協會(New Zealand Geothermal Association, NZGA)在紐西蘭和海外開發地熱政策、地熱可行性及計畫管理方面擁有25年的經驗，境外則已協助日本專家制定地熱新政策，促進日本可持續的開發地熱。

在紐西蘭地熱開發不“消耗”水，必須將每日抽取熱水量補注回環境，各地區域政府熟悉當地條件，會擇定適合對環境持續監測方法，透過「區域資源管理計劃」規範地熱資源利用的政策和詳細規則。

十二、The University of Auckland

(一)時間：7月26日(星期五)

(二)拜會目的/主題

蒐集台紐可能進行國際合作之研究或技術訓練議題

(三)會談/參訪紀要

1. 背景

紐西蘭奧克蘭大學地熱研究所(Geothermal Institute, University of Auckland)為世界領先的地熱研究和培訓中心，自1978年起一直致力於為國際地熱產業提供研究開發，實驗室測試與服務，以及商業諮詢和教育培訓。

奧克蘭大學地熱研究所最主要專長與貢獻，包括(1)開發新一代的地熱儲集層數值模擬工具；(2)地表工程設施優化；以及(3)地球科學勘探方法等。這些技術已在國際不同場址進行測試與驗證，並與印尼、菲律賓等海外研究人員或產業專業人員定期進行國際合作且數量持續增加中。該研究所為世界少數針對地熱研究設立學位的大學，通過修習後獲得地熱技術碩士學位，包含 Geothermal Resources and their Use、Geothermal Exploration、Geothermal Energy Technology、Geothermal Project、Geothermal Engineering 等。

地熱研究所亦針對產業界需求，設立短期進修課程(Short courses)，包含「政策與規劃」、「地球科學」、「儲集層模擬」、「儲集層工程」、「地表設施工程」等領域。

2. 會議/訪談紀要

所長 Rosalind Archer 介紹奧克蘭大學有四萬名學生，一萬名研究生，6000位國際學生來自世界80個國家，為包含工程、地球科學、法律、社會學等跨系所研究教學單位，主要研究領域如下：

- (1)高溫高壓全岩石反應與物理特性研究
- (2)建立熱水超級模型軟體
- (3)儲集層不確定量化預測
- (4)最佳化複合校準模型
- (5)增強型地熱系統研究
- (6)二相流體分離器設計

可提供地熱顧問服務及客製化訓練課程。

十三、AECOM

(一)時間：7月26日(星期五)

(二)拜會目的/主題

瞭解 AECOM 建置地熱電廠實務經驗、針對臺灣集中式酸性地熱電廠建廠可行性建議、電廠建置整體輸出合作可行性方案。

(三)會談/參訪紀要

1. 背景

AECOM 的命名為建築、工程、諮詢、運營和維護 (Architecture, Engineering, Consulting, Operations and Maintenance) 縮寫，是世界知名頂級建築工程顧問公司，提供專業技術和管理服務的全球集團，業務涵蓋交通運輸、基礎設施、環境、能源、水務、政府服務等領域，業務遍及全球 150 多個國家。

臺灣艾奕康工程顧問股份有限公司(AECOM Taiwan Corporation)為該集團在臺灣設立之子公司，營業項目偏向專業區開發、廢(污)水處理、環境保護工程專業營造業等。

AECOM 協助印尼 Wayang Windu Powers 公司在西瓜哇萬隆開發地熱資源，是印尼最大的地熱發電廠，總造價約 2 億美元，該地區也是世界上最大地熱田之一。1999 年竣工的第 1 號機組(110MW)，是當時世界上最大的地熱渦輪機，自 2000 年以來一直滿負荷生產(可用率超過 98%)，AECOM 為第 1 號機組提供工程服務、設計、備標和施工監督。

2. 會議/訪談紀要

該公司說明地熱推動之四大步驟：

- 學習：初步概念模式建立及可行性研究、場址佈置、初步廠區規劃、電力規劃、社會/環境評估、影響分析和許可證協助等
- 工程：前端工程設計、投標/細部設計、投標計畫準備/分析、質量保證/控制、供應商協調等
- 計畫管理：業主、銀行家及融資方工程師溝通、採購服務、規劃及安排、成本估算與成本控制、培訓和能力建設等
- 施工管理：合約管理、環境、健康及安全、檢驗和加快作業、施工管理和現場監督、啟動/測試和調整測試等。

另分享美國井下泵多應用於低溫大流量淺層地下水抽水井，若要用於地熱生產井需克服高溫障礙。

十四、Jacobs NZ

(一)時間：7月26日(星期五)

(二)拜會目的/主題：蒐集技術能量與未來可能合作事項

(三)會談/參訪紀要

1. 背景

Jacobs NZ 為全球 Jacobs Engineering Group 之一員。Jacobs Engineering Group 為財富 500 大排名的公司之一，公司經營十分多元。該公司因在肯亞奧爾卡裡亞(Olkaria, Kenya)地熱區進行 280 MW 地熱電廠開發工作，榮獲肯亞發電公司(KenGen in Kenya)頒發卓越貢獻獎(Gold Award of Excellence)。

2. 會議/訪談紀要

首席顧問 Scott Henderson 介紹該公司為全球第二大工程顧問服務公司，工業服務領域超過 20 項，自 1970 年投入地熱開發技術服務，協助紐西蘭、卡達、印尼等國家之地熱開發，參與全球 35% 地熱電廠計畫之建置。可針對各種地熱田型式進行發電設計，創新技術包括：開發低溫地熱抽水井、儲集層改變之電廠因應對策、低成本結垢控制系統、MT/3D 成像技術、低成本 Forked wells(叢式鑽井)技術。

針對我國仁澤鑽井現況，建議若進一步使用示蹤元素法可取得更可靠資料。

十五、New Zealand Geothermal

(一)時間：7月26日(星期五)

(二)拜會目的/主題：蒐集技術能量與未來可能合作事項

(三)會談/參訪紀要

1. 背景

New Zealand Geothermal (GEONZ)是一個獨立的非營利組織，由紐西蘭商業貿易部(New Zealand Trade and Enterprise, NZTE)支持所成立。該公司提供地熱開發不同階段顧問推薦工作，內容包括：資源調查、探勘井鑽鑿、發電潛能評估、電廠設計、建置與運轉等不同階段的顧問服務。

2. 會議/訪談紀要

Mike Allen 教授建議未來地熱產業專業人員之訓練及技術培養為穩定關鍵因素之一，可提供協助整合訓練之規劃。

參、結論與建議

- 一、紐西蘭成功發展地熱，除因得天獨厚的地熱資源外，進行先期大規模潛能調查，確定並劃分潛能及開發屬性為關鍵因素之一。我國目前已有中油、台電及數家民營業者投入地熱開發，為達 114 年 200MW 地熱推動目標，參考紐國作法，透過示範獎勵方式，短期先推動調查資料較齊全的潛能區，並持續補充驗證調查資料，以降低潛在開發風險；另中長程可朝分年分區進行地熱資源調查及地質鑽探工作，並將相關成果公開以吸引業者投入，促進我國地熱發電發展。
- 二、紐西蘭地熱開發審核原則是要有效使用資源、再回注及整合資源管理，鼓勵漸進開發，以對環境的影響程度限制電廠開發量。至於資源管理與審查授權給最了解地方資源之區域政府，透過在地居民參與開發審核與溝通協調，達到環保與發電共榮的目標，可供我國借鏡。
- 三、藉由本次活動，我國已與紐西蘭地熱產官學研建立合作溝通的管道，未來可透過技術訓練或引薦紐方地熱技術團隊，協助國內業者開發地熱的技術缺口，建立地熱開發技術本土化。