

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：蘇主任秘書金勝 陳視察芊妤

出國地區：紐西蘭

出國期間：107年3月10日至3月17日

報告期間：107年5月15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 28 含附件：是否

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

蘇金勝/經濟部能源局/主任秘書/02-27757702

陳芊妤/經濟部能源局/視察/02-2775-7632

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：107 年 3 月 10 日~ 3 月 17 日

報告期間：107 年 5 月 15 日

出國地區：紐西蘭

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

內容摘要：

紐西蘭自 1950 年代開始發展地熱，目前地熱發電量約占總發電量 17%。除了發電，地熱亦直接運用於紙業、奶製品業、農業、漁業、住家與商業大樓等。紐西蘭地熱發展，在政府組織、法規架構及推動策略均具有完整思維及成功落實之經驗，使民生、環境及經濟均得到平衡的發展，尤其從探勘、鑽井，甚至設計、專案管理、建造工程與營運，均已建置完整的地熱發電產業鏈。

紐西蘭商工辦事處(NZCIO)處長 Moira Turley 於 2018 年 1 月邀請本(能源)局林局長商討地熱參訪團事宜，會中敦請我方於 2018 年 3 月組地熱參訪團赴紐西蘭，並定調將以社會人文、政府法規、電廠投資、地熱科技及專業人才訓練為參訪要點。爰本(能源)局籌組「紐西蘭地熱發電考察訪問團」，由本局蘇主任秘書率國內相關單位，包括台電公司、台灣中油公司、財團法人工業技術研究院、財團法人金屬工業研究發展中心、和平電廠等，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	25

壹、出國行程紀要

一、出國目的

紐西蘭地熱已有 60 年成功發展經驗，超過 70 家地熱相關公司，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，並洽談地熱技術交流及合作可行性。爰本(能源)局籌組「紐西蘭地熱發電考察訪問團」，由本局蘇主任秘書率國內相關單位，包括台電公司、台灣中油公司、財團法人工業技術研究院、財團法人金屬工業研究發展中心、和平電廠等。本次參訪目的與議題主要包括瞭解紐西蘭地熱電廠發展加速原因、紐西蘭再生能源政策、法律制定與政府組織的變革、電廠申設差異與借鏡(申設法規程序與時程)、原住民法令衝突與合作議題、火山型地熱環保與酸性電廠實際操作與法規、火山型地熱開發技術之差異與引進策略等，期透過參訪紐西蘭地熱發電發展經驗與作法，建立臺紐雙方技術合作架構。

二、行程紀要

本次參訪透過紐西蘭貿易發展中心、紐西蘭商工辦事處及 GNS 等進行相關產、官、學研單位之研討，除拜會 GNS 參加 workshop 外，並參訪 Te Huka facility、Te Mihi facility、Ngatamariki geothermal power plant 等地熱發電廠、拜會 Waikato Regional council、Bay of Plenty Regional council 等區域委員會，以瞭解地方政府在地熱開發的規劃與民眾溝通扮演角色、拜會 Maori iwi groups (Tuwharetoa)、Transpower、NZ Export Credit Office、NZ Geothermal Association 等，以瞭解紐西蘭政府協助民間業者信用融資相關內容及紐西蘭地熱協會與政府單位之互動活絡效益。另拜會紐西蘭 Ministry of Business, Innovation and Employment (MBIE) Energy Section 瞭解紐西蘭能源策略推動現況與未來規劃，此外亦拜訪奧克蘭大學地熱研究所(The University of Auckland，Geothermal Institute)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
107.03.10(六)	啟程
107.03.11(日)	抵達紐西蘭陶波
107.03.12(一)	拜會 GNS 參加 workshop
107.03.13(二)	1.參訪 Te Huka facility, Te Mihi facility 地熱電廠
107.03.14(三)	1.拜會 Waikato 區委員會、Plenty 灣區委員會 2.拜會 Mercury Energy、Maori iwi 社團
107.03.15(四)	1.拜會 Transpower 公司, NZ Export Credit 辦公室, Contact Energy 公司 2. 拜會 Ministry of Business, Innovation and Employment
107.03.16(五)	1.拜訪奧克蘭大學地熱研究所 2. 返程
107.03.17(六)	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	主任秘書	蘇金勝
	視察	陳芊妤
台灣電力股份有限公司再生能源處	處長	陳一成
台灣中油股份有限公司	副執行長	陳大麟
	副處長	施輝煌
工業技術研究院綠能與環境研究所	所長	胡耀祖
	組長	顏志偉
	副組長	李奕亨
金屬工業研究發展中心	副處長	吳永成
	副處長	李月修
和平電力股份有限公司	處長	翁吉良
	經理	魏靖貴

*共 12 位團員

貳、參與活動及工作內容

一、拜會 **GNS** 參加 **workshop**

(一)時間：3 月 12 日(星期一)

(二)會議紀要

1. **GNS Science**：為紐西蘭政府認證之皇家研究所(**Crown Research Institute**)，員工人數約 390 人，其中 75%的員工在威靈頓、20%員工在陶波(**Taupo**)、5%員工在但尼丁(**Dunedin**, 南島)。約 85%員工直接參與科學研究。**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 4 個部門，地熱能源相關業務隸屬於能源與資源部門，包括地熱資源研究、地熱開發顧問。經費來源包括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%)及政府補助款(5-10%)。**GNS Science** 除參與紐西蘭國內地熱開發計畫外，亦協助國外擔任地熱開發顧問工作，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。

(1)討論議題：**Start to Steam highlights**

GNS 提示臺灣大屯山火山地熱開發，目前面臨的困境，包括來自公眾的不同聲音、國家公園勘探和開發的禁止法規、對於酸性問題、儲集層問題等。

(2)討論議題：**Geothermal Development stages–high level discussion**

A. 紐西蘭的地熱系統為大陸型的熱系統，熱源較深，矽質火山岩體，酸性流體較少；大屯火山為島弧型系統，規模較小且酸性流體為主，如菲律賓、印尼火山地熱區。在地質概念模型上，火山系統與變質岩區，因溫

度不夠高，無法形成熱水交換帶，因此在淺部並非可以找到蓋層。此裂隙系統的重要性遠比蓋層重要。

- B. 臺灣大屯火山之地質概念模型應建立重新整合地球化學的資料，或重新系統性檢討地球化學資料，以正確接近實際地質條件。地質概念模型的建立並非一蹴可及的事，可由初步調查逐漸增加研究資訊，並逐年加入鑽探驗證，以調整地質概念模型至接近實際之情況。地質概念模型後續工作，即是進行數值模擬，以數位化儲集層行為，提供地熱田操作管理及生產預測之用。以紐西蘭為例，一般場址調查期約 3-5 年、2 年的審核許可程序、6 個月經濟評估及 1 年建廠。
- C. 一個國家的地熱發展需要永續，因此專業人員的訓練是必需及重要的。目前以臺灣的現況，可規劃長期雙方針對場址或電廠開發合作，培養臺灣地熱專業人才。
- D. 紐西蘭的環評及審核單位為地方政府之環境法庭，在法令及政府機構的單一框架下進行。政府在早期提供國土全區足夠之調查及鑽探資料，建立透明資料庫及完全的區塊公告，提供設廠申請。紐西蘭政府先期投入之國土的熱潛能特徵包括熱流、磁力、遙測、重力、大地電磁探測法(Magnetotelluric Survey)及震測普查，並以能源資料、風險及適法性等，提供分級區塊圖。下圖為紐西蘭開發架構。

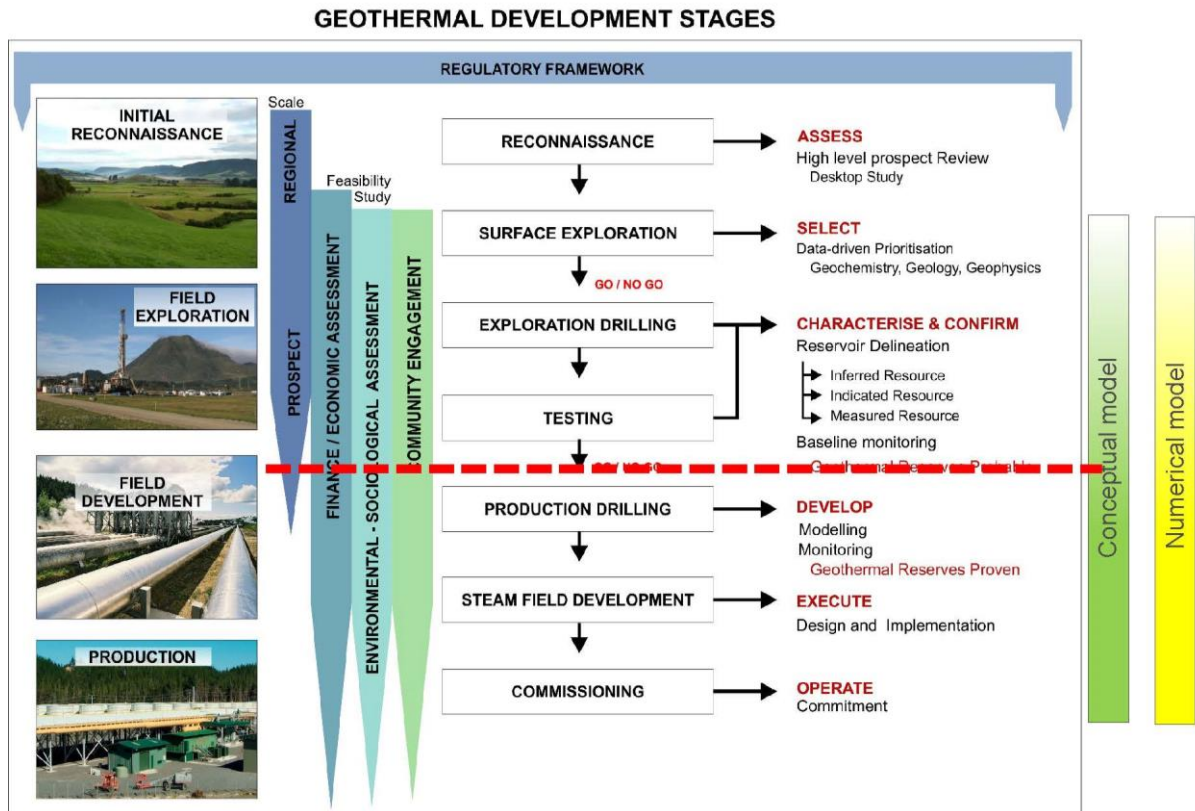


圖 1 紐西蘭地熱開發架構

(3)討論議題：Public/specialist education

關於公眾議題，紐西蘭地熱發展致力於原住民區之溝通合作主要因為，由於歷史因素，當地的毛利族群對地熱的發展扮演相當重要的角色，同時在資源管理法 (Resource Management Act, RMA)法案中的第 6-8 章，也認可了毛利族群的參與價值。而在北島中央的高溫地熱區，大都屬於毛利族群所擁有。解決之道大都以補償、信任合資(給毛利族群特定股份)、共同合資等方式。

A. 電廠應保持與原民溝通與參與的多樣性，包括公司、個人對原住民的持續溝通友好。目前的良好關係亦是透過多年之失敗與衝突，最後政府與原住民在區域議會或國家價值下逐漸改善。各地電廠參與情況不同，主要溝通與條件均由電廠開發商與原民社會溝通，基

礎於互信之下，定期召開會議協調，但並無制定契約。
這個過程長達 19 年。

- B. 水權審理，屬區域議會之審查權，成立專家科學委員會進行審查，開發商需要提出開發計畫，以科學數據證明對環境之影響，並提出觀測與問題發生之策略。
- C. 在紐西蘭地熱電廠開發案，一般地熱電廠開發由地主提出開發申請，可降低程序困難。

2. 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)，其中 5 座地熱電廠包括 Waikato 地區的 Ohaaki 電廠 (70MW)、Poihipi Road 電廠(50MW)、Wairakei 電廠 (161MW)、Taupo 地區的 Te Huka 電廠(28MW)、Te Mihi 電廠(166MW)，裝置容量合計 468MW。目前正於 Taupo 附近的地熱電廠開發計畫(Tauhara stage 2)，目標裝置容量 250MW。該公司擁有紐西蘭歷史最悠久的地熱電廠 Wairakei 長期(60 年)運轉經驗(1958~迄今)，分為 Wairakei A 與 Wairakei B 等 2 座電廠，共 10 座蒸汽渦輪發電機組，裝置容量不均，約從 4~30MW 都有。Contact Energy 分享地熱電廠長期運轉經驗及以開發者角度，分享與原住民共同開發地熱經驗。

3. Mitchell Daysh 公司: 係由 Mitchell Partnerships(資源管理公司，成立超過 20 年)與 Environmental Management Services (環境管理公司，EMS 成立超過 20 年)於 2016 年合併成立的公司，主要業務為協助客戶處理環保相關議題。本次會議中該公司分享紐西蘭地熱電廠開發環境影響評估經驗。

4. MB Century Drilling & Energy Services (NZ) Limited：為紐西蘭唯一全方位(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。該公司為參與「紐西蘭地熱深井鑽探實行規範(Code of practice for deep geothermal wells NZS 2403:2015)」8 個編譯單位之一，並曾參與紐西蘭 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。本次會議中，該公司說明井套管內外腐蝕量測技術、地熱蒸汽田設計與建造技術及鑽井環境友善與追蹤紀錄、環境監控技術等。

二、參訪 Te Huka facility 地熱電廠

(一)時間：3 月 13 日(星期二)

(二)參訪目的/主題

- 1.中小型雙循環地熱發電廠
- 2.地熱蒸汽田供應與回注
- 3.地熱發電廠儲集層地熱資源控管方法。

(三)參訪紀要

1. Te Huka Geothermal Power Station 又稱為 Tauhara On，位於紐西蘭陶波附近，為裝置容量 23 MW 的雙循環地熱發電廠。
2. 由 Ormat Technologies 於 2008 年開始建造雙循環發電機廠，並於 2010 年建造完成開始運轉。
3. 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。
4. 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，再送到陶波配電網絡和國家電網。
5. 該發電廠由 Contact Energy 運營。為無人電廠，僅安全人員巡視維護。工作人員分為電廠操作及地熱田維護兩組技術人員。電廠監控中心對於地熱田井場供應熱水之溫度、噸數、壓力進行操作。而地熱田則對地下流體以各種地球物理/化學技術或監測井進行壓力、流體遷移監控及評估，其中包括數值模擬與預測。地熱電廠設計條件及生產維護，均視各電廠之條件進行調整。

三、參訪 Te Mihi facility 地熱電廠

(一)時間：3 月 13 日(星期二)

(二)參訪目的/主題

- 1.瞭解火山型地熱田開發營運模式。
- 2.瞭解酸性地熱田地熱井井體材料選取及管線、發電機組等設施防腐蝕設計規劃。
- 3.瞭解電廠運轉歲修、地熱井維護經驗及資源再確認方法。
- 4.瞭解地熱發電廠儲集層地熱資源控管方法。

(三)參訪紀要

- 1.Te Mihi 地熱電廠位於陶波(Taupo)火山區(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。
- 2.Te Mihi 電廠現有 2 台 83MW 雙閃發蒸汽渦輪發電機組 (steam turbine generators using dual-flash steam separation)，由位於 Wairakei 地熱發電廠之 Contact Energy 公司所建造營運，造價 7.5 億美元，於 2014 年 5 月完工。
- 3.Te Mihi 地熱田原僅是為距 5 公里遠之 Wairakei 地熱發電廠提供蒸汽，惟由於距離遠而造成能量損失，且 Wairakei 地熱儲集層蒸汽資源日漸衰竭，因此，於 Te Mihi 地熱田現地建立地熱發電廠。新設置之地熱發電廠配置了生物除硫(硫化氫)系統，使得冷卻尾水可直接回注地層，避免排放汙染。
- 4.Te Mihi 地熱發電廠規劃於 Wairakei 地熱發電廠(1963 年建成)2026 年除役後，增建第三台機組。目前 2 個電廠聯合輸出功率為 114MW，足以提供 11 萬戶家庭用電。

5. Te Mihi 地熱發電廠亦為無人電廠，僅安全人員巡視維護。工作人員分為電廠操作及地熱田維護兩組技術人員。電廠監控中心對於地熱田井場供應熱水之溫度、噸數、壓力進行操作。而地熱田則對地下流體以各種地球物理/化學技術或監測井進行壓力、流體遷移監控及評估，其中包括數值模擬與預測。地熱電廠設計條件及生產維護，均視各電廠之條件進行調整。

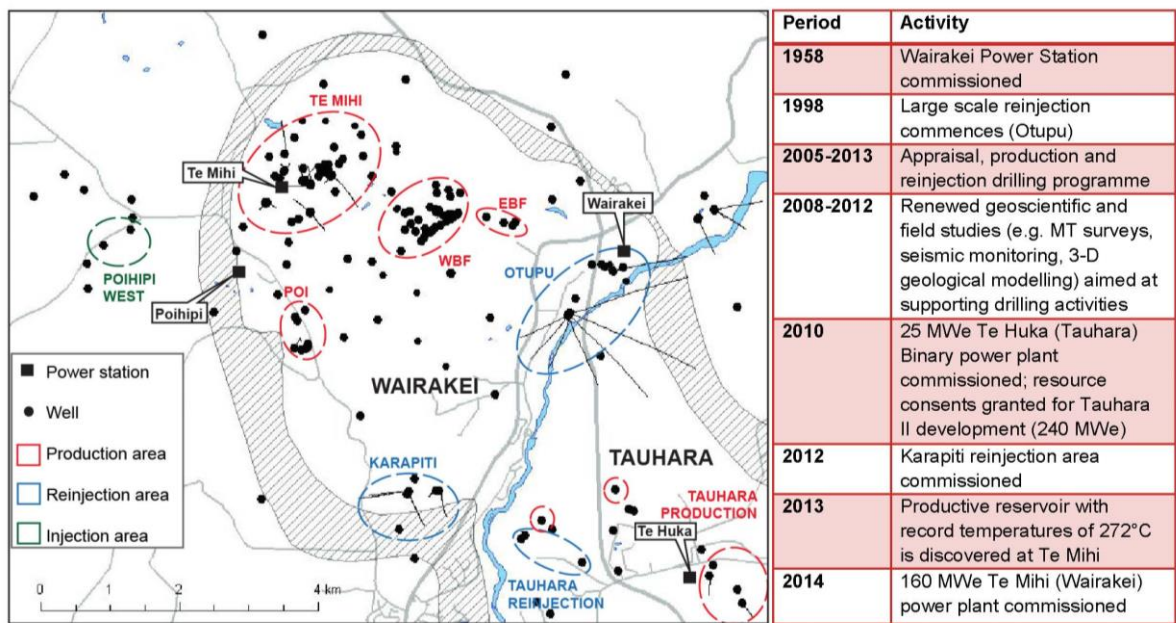


圖 2 Wairakei 全區自 1958 年開始電廠開發順序及相對關係

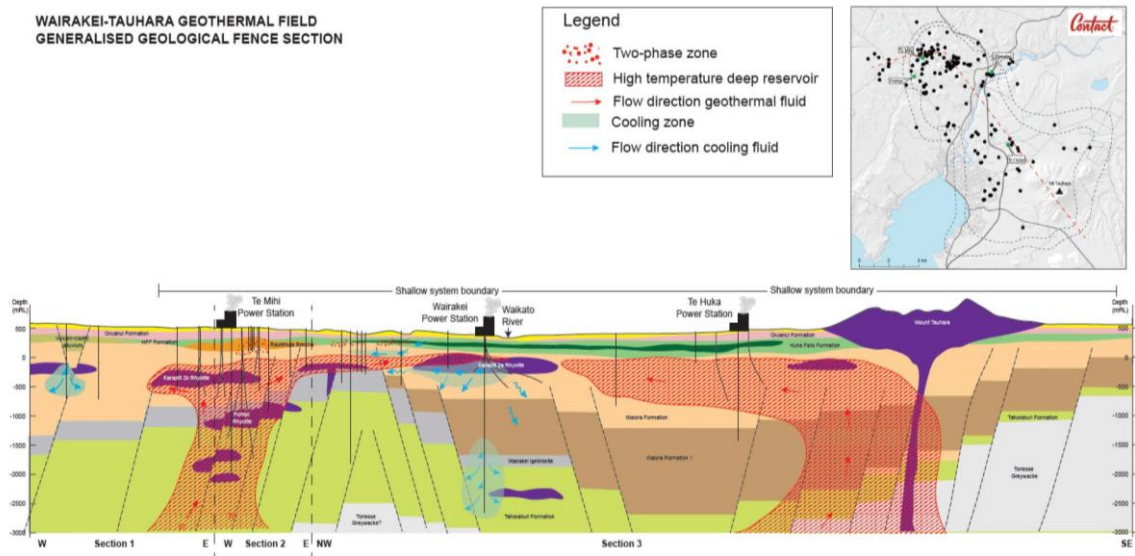


圖 3 Wairakei 地熱區地下地質概念模式

6. 回注與地震問題

- (1) 關於紐西蘭地熱井的回注歷史，早期地熱廢水都排放至 Taupo 湖中，1998 年才第一次回注，主要受到環保方面的限制，規範地熱廢水的排放，自此，紐西蘭也漸漸學習回注技術。地熱生產回注方式並非一體適用，需針對每一地熱田的特性來處理回注的方式。回注地點的選擇十分重要，回注地點選擇高、低溫會帶來不同的效能。
- (2) 回注與微地震方面關係；紐西蘭在 Wairakei 及北部的 Ohhaki 均設立微地震追蹤網路，結果顯示 Wairakei 本身就有很多微地震，Ohhaki 較少，在 Wairakei 偶而會發生 2~3 級。紐西蘭本身即為地震頻繁的地區，民眾對這些地震的反應並不在意，電廠也未因此而改變回注或生產的節奏。

四、拜會 Waikato 區委員會與 Plenty 灣區委員會

(一)時間：3 月 14 日(星期三)

(二)拜會目的/主題

- 1.瞭解 Waikato 地方政府於地熱資源特性研究與生產管理計畫的方法與內容，做為我國開發地熱參考。
- 2.瞭解地方政府在地熱開發的規劃與民眾溝通扮演角色。

(三)會談紀要

1.Waikato 區委員會

- (1)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 區域發展的重要依據。
- (2)紐西蘭 19%的能源供應來自地熱，其中大部分來自 Waikato 區域，預計 2030 年地熱能源供應量將會提升至 30%。
- (3)Waikato 區委員會從地熱資源源保育與有效利用等 2 方面，進行地熱資源特性研究、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、分階段生產與開發管理計畫等，以促進地熱資源永續利用。

2.Plenty 灣區委員會

- (1)1991 年「資源管理法」(RMA 1991)中列出委員會的職責，其政策聲明包含地熱開發總體目標與政策、水與土地利用規劃、羅托魯瓦(Rotoura)地熱區域規劃等。
- (2)Plenty 灣區委員會已制定地熱工作計畫，包含科學、地方同意、開發合意與政策等，重點在於居中協調業者開發與在地居民利益分享的平衡點，以創造發電、居民與環保永續利用三贏的局面。
- (3)Plenty 灣區的地熱資源由 10 多個地熱系統組成，包括 Waimangu，Rotorua，Tauranga 及 Kawerau 地熱系統。本區域有 8,000 人從事地熱相關工作，不同地熱

系統會針對個別價值來使用，亦針對不同價值實施及特殊目的管理。

- (4)自 1900 年後，Plenty 灣區是圍繞地熱中心開始發展市鎮，由於 1960-70 年間過度使用，每天 3 萬噸大量抽水及地面排放，造成地表徵候消失。因此法令修改，於 1987 年以公權力關閉 300 口民井，是一段政府與民眾非常艱辛的衝突過程。
- (5)1991 能源管理法(RMA)，開始關注永續管理，在 RMA 法案前，地熱開發需要無數的法律同意或限制，且沒有統一的原則，同意和授權機構的複雜與牽涉相關部會間不協調及無法整合。1979 年國家發展法案，受到廣泛的反對、環保團體及憲政體制阻礙。故政府開始進行整體策略思考及改造，終於促成 1991 環境立法資源管理法(Resource Management Act 1991,RMA)，制定單一明確的總體目標，以確保對環境改變為低限度開發及效率。地熱的基本政策為區域地熱可持續管理資源。
- (6)以 Regional Policy 區域政策方針為例，其要求回注、僅取熱之部分及傳統原住民之適用。目前該區域大部分利用後尾水回注，僅 1,000 噸地表排放。環境及地表徵候受到良好控制，政策目的已顯現效果。

五、拜會 Mercury Energy 與 Maori iwi 社團

(一)時間：3 月 14 日(星期三)

(二)拜會目的/主題

- 1.地熱電廠到電網的併網經驗分享
- 2.以毛利人角度看待地熱開發及與發電業者共享共榮經驗

(三)會談紀要

1.Mercury 電力公司

(1)背景

A.Mercury Energy 是紐西蘭一家電力生產與售電公司，員工 800 人，51%以上的股權為紐西蘭政府所有，其產生電力 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%。

B.Mercury Energy 公司所屬的 5 座地熱發電廠均位於紐西蘭北島中部，主要在陶波境內，包括 Kawerau 電廠(2008 年運轉，裝置容量 100MW，年均發電量 831GWh)、Mokai 電廠(2000 年運轉，裝置容量 112MW，年均發電量 926GWh)、Nga Awa Purua 電廠(2010 年運轉，裝置容量 140MW，年均發電量 1132GWh)、Ngatamariki 電廠(2013 年運轉，裝置容量 82MW，年均發電量 687GWh)、Rotokawa 電廠(2000 年運轉，裝置容量 33MW，年均發電量 270GWh)。

C.目前 Mercury 仍持續發展地熱發電，Te ia a Tutea 電廠正在探勘中。此外，未來一年將再打 4 口 3,000 米以上地熱井(2 口在 Rotokawa，2 口在 Kawerau)，以確保電廠的穩定發電。除了發展紐西蘭境內地熱發電外，Mercury Energy 還有境外地熱發電擴展計畫，

包括在美國加州設置的 5MW 地熱發電廠，在智利與德國都有地熱探勘計畫在執行。

- (2)區域探勘至少需要 3 口井。整體需釐清場址高低溫帶之關係。原則上需整體電阻均佈調查(<500m)及大地電磁探測法(Magnetotelluric Survey, MT)，以繪製潛能區與深度情況。
- (3)數據模型與調整，對於地熱開發是非常重要的過程。由初期有限資料開始建置概念圖，逐漸依據鑽井資料及試驗結果，逐漸調整概念模型及數據模式預測運算。
- (4)最後生產階段之定期觀測，如熱流、微震、微重力等，向區域議會提出報告，以確保永續開發及應變調整。
- (5)對於弱勢的原住民組織，無法有能力提出更好的利用或開發，開發商具專業上優勢，主動協助提出建議方案。圖 4 為 Ngatamariki 地熱田之發展時程，由兩個地熱田的經營，均由 1960 年代開始投入探勘、鑽井、政策修訂及電廠發展模式建立等，長期有計畫來規畫國家能源發展。

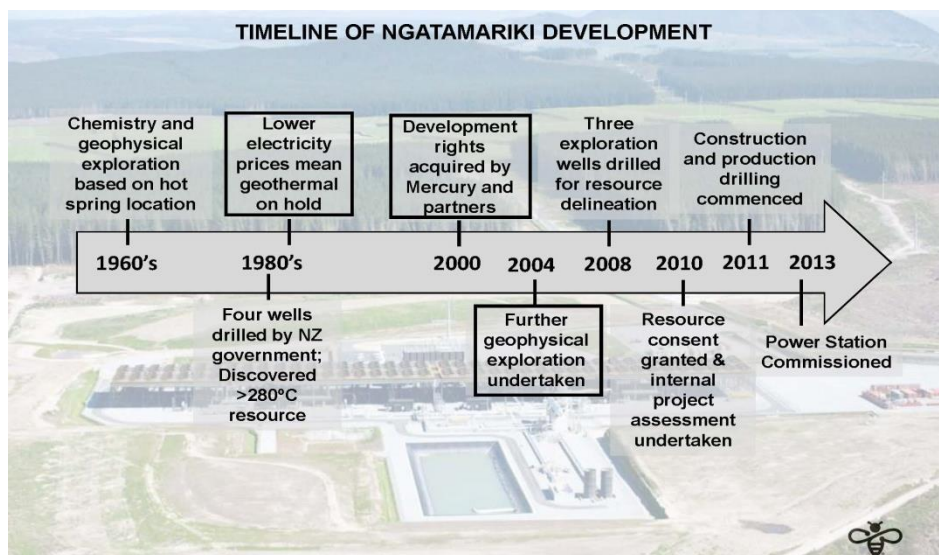


圖 4 Ngatamariki 地熱田之發展時程

2. Maori iwi group

(1) 背景

A. iwi groups 由毛利人組成，是紐西蘭最大的社會組織。
iwi groups 擁有政治權利、維護毛利人土地權益及資產維護管理。

B. Tuwharetoa 為 **Kawerau** 地區紐西蘭皇家認證的毛利人信託組織，主要任務為維護及發展 **Ngati Tuwharetoa** 的資產。

C. Ngati Tuwharetoa 為地熱資產公司，是一家批發蒸汽和地熱流體供應業務，目前提供 **Kawerau** 地區多種工業客戶使用。

D. IWI Te Arawa 原住民之地熱資源參與促進各毛利族與各政府部門之合作。

(2) 對於開發合約，並不是政府部門都有共同看法。政府認為毛利族不懂開發價值，但毛利族希望政府及開發者瞭解其文化，對環境文化的尊重。目前雖然仍有歧異，但是持續討論及照顧所有的人是一致的信念。原住民溝通共榮的工作，需非常深入，並與地方談話，加入討論溝通。

六、拜會 Transpower 公司及 NZ Export Credit office

(一)時間：3 月 15 日(星期四)

(二)拜會目的/主題

- 1.瞭解 Transpower 如何配合再生能源發電開發與營運之特性，建構電網與相關政策推動進程。
- 2.瞭解紐西蘭電力市場生產、輸配、銷售及客戶端之運作機制與相關政策推動進程。
- 3.瞭解紐西蘭政府協助民間業者信用融資相關內容。
- 4.瞭解紐西蘭資源管理法推動障礙與最新修法進度。
- 5.藉由與紐西蘭地熱協會討論，提出臺灣地熱開發技術需求，及紐西蘭地熱產業可協助臺灣地熱開發效益。

(三)會談/參訪紀要

1.Transpower

(1)背景

A.Transpower 成立於 1987 年，原是紐西蘭電力公司 (ECNZ)的全資子公司。1994 年與 ECNZ 分離並成立為擁有自己董事會和部長級股東的國營企業，資本額 10.6 億紐幣，總部位於威靈頓。

B.Transpower New Zealand Limited(TPNZ)為國家電網的擁有者，負責紐西蘭電力輸配及電力市場營運，使消費者可以從各種管道獲得不同發電形式所產出的電能，並且建構可自由競爭的電力批發市場。再者，其扮演系統操作員角色，負責管理電網的操作與電力市場的實際運作。

(2)紐西蘭電網及再生能源如何納入電網管理系統。

A.風力大部分在威靈頓等地方，而水力發電大部分在南島，目前主要電力是從南島 DC 傳輸至北島供電。直流電網可以降低長距離之傳輸消耗。地熱可提供電力調度，成為讓電網穩定重要基礎因素。太陽能在紐

西蘭是比較少的，電網的管理主要在於頻率控制、電壓控制及電網穩定。紐西蘭電網資訊是公開、即時的，一般人均可至公司網站下載電力資料，例如年度報告。

B.電力儲存系統是未來發展重點，對於 PV 如何讓電池系統很快併網，仍是個挑戰。倘紐西蘭太陽能可以提供穩定調度，紐西蘭幾乎可完全以再生能源供電。

2. New Zealand Export Credit Office (NZECO)

(1)背景

New Zealand Export Credit Office 屬紐西蘭財務部財務營運部們，具備協助民間公司向銀行取得貿易融資、風險管理和信用分析方面的專業技能。**NZECO** 為紐西蘭官方出口信貸機構，與一般銀行貸款業務不一樣，**NZECO** 僅支持 **NZ** 出口項目，並不執行其他商業業務，且不提供直接融資。所提供之擔保業務，仍需收取與風險相關的費用。

(2)案例 1：臺灣客戶購買 **NZ** 大機械設備項目，作為買方投資需多年建造才能開始經營，故需要多年融資。作為企業主需要 **NZ** 可提供一個擔保，以方便融資。一般融資年限為 5 年，若融資年限需更長期，則必須提供長期必要擔保。在擔保提供買方前，會先進行信用評估，提供買方銀行必要之擔保，透過信用擔保辦公室，一般可獲得長期融資，**NZ** 與買方之契約一般最長可提供約 10 年貸款。

A.政府、個人、公司均可申請此項服務。信保額度約為總項目 85%的 90%進行擔保。最高可擔保至 1 億元紐西蘭幣。

B.地熱產業是否提供專案貸款？可以，但需要資格審查公司三方公證。各種貨幣均可操作。臺灣有 **ANG** 澳盛服務據點，買方銀行由賣方提出申請。若是與他

國共同參與開發計畫，歐洲也有相同提供融資擔保服務，可透過歐洲與 NZ 共同出口信用辦公室合作，再保險以分散風險，提供三方服務。若臺灣企業在第三國執行計畫需要向 NZ 採購項目，可以向臺灣銀行提供信用擔保。

(3)案例 2:買方企業有足夠資金，買方若想保護因 NZ 賣方造成問題可申辦履約保險。

A.NZECO 通常提供履約擔保之授信。例如擴大信用額度。

B.政府是否可以為國營企業提供擔保？例如 NZ 國外競標機場工程計畫，因機場為政府資產，一般由國內施工。但 NZ 經驗管理可提供更好的服務，因此 NZECO 可提供擔保。

3.Contact Energy

(1)Contact Energy 以地熱當基載電力，水力為第二基載，控制流量及調節，最後調度為燃氣電廠，可快速應變。

(2)井的成本是地熱重要投資因子，如果沒有正確的概念模式及研究鑽井投資占比，將會過度增加，造成開發案失敗。以臺灣大屯山為例，目前依據探勘井及調查成果，概念模型仍須再修正及補充資訊，尤其是地球化學模式的導入整合解釋。

七、拜會 Ministry of Business, Innovation and Employment

(一)時間：3 月 15 日(星期四)

(二)拜會目的/主題

- 1.瞭解紐西蘭在能源策略的推動現況與未來規劃，做為我國能源政策規劃的參考。
- 2.瞭解「紐西蘭能源效率與節約策略」(New Zealand Energy Efficiency and Conservation Strategy, NZECS)執行現況與遭遇困難，作為我國推動再生能源政策的借鏡

(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)及前建築與住家部門(Department of Building and Housing)等 4 個政府單位組合而成，以促進所有紐西蘭人更好生活品質的經濟成長為目標。Ministry of Business, Innovation and Employment (MBIE)的願景為使紐西蘭商務活動更具競爭力、促進所有人的就業機會，以及確保更負擔得起的高品質居住環境。
- (2)能源與資源部係屬 MBIE 「商務、科學與創新」下的行政部門之一，主管紐西蘭能源事務，包含能源策略、能源數據與模型、能效與環境、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。能源部分，主要執行機構為經濟發展部(Ministry of Economic)，其中能源效率由能源效率和節能管理局(Energy Efficiency and Conservation Authority, EECA)專責，電力部分由電力管理局(Electricity Authority)專責。EECA 為紐西蘭之能源效率及節能的主管部門，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。工作範圍為通過鼓勵、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。

(3)紐西蘭氣候變遷策略主要由環境部(Ministry for the Environment)負責。

2.MBIE 在地熱的角色

紐西蘭能源政策以多目標利用為考量，以促進商業發展，增進毛利觀光，尤其是直接利用是未來能源推動的重點，致力低碳政策經濟導向之綠能為能源目標。

(1)紐西蘭政府對地熱投入始於 1950 年，大規模地質普查、資料蒐集及整合。後續並公開召集提案，依據提案計畫目標，由政府提供經費或支助開發。計畫經費依據溝通協調，調整經費規模。一般開發策略以 10 年為期，屆期後，再檢核下一階段資金提供及成效。

(2)紐西蘭地熱開發是由國家決定最重要的 10 個議題之一，一般每年提供 350 萬元紐幣支援學校、工業等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。政府及研究機關於推動研究之根基下，推動各種計畫案。

八、拜訪奧克蘭大學地熱研究所

(一)時間：3月16日(星期五)

(二)拜訪目的/主題

尋求臺紐國際合作之研究議題或技術訓練議題，加速推動臺灣地熱開發。

(三)會談紀要

1.背景

紐西蘭奧克蘭大學地熱研究所(Geothermal Institute, the University of Auckland)，自1978年起作為世界領先的地熱研究與培訓中心，為國際地熱產業提供研究開發，實驗室測試與服務，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開發新一代的地熱儲集層數值模擬工具，地表工程設施優化，以及地球科學勘探方法等。此等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。

2.奧克蘭大學地熱研究所為世界少數針對地熱設立學位的單位，通過修習後獲得地熱技術碩士學位(PGCertGeothermTech)，包含 Geothermal Resources and their Use、Geothermal Exploration、Geothermal Energy Technology、Geothermal Project、Geothermal Engineering 等。針對產業界需求亦設立短期進修課程(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，提供的課程主題包含 Geothermal Reservoir Engineering(4天)、Role of a Geoscientist(3天)、Sustainability from a Geoscience Perspective(1天)、Environmental Impacts: Natural or Induced(1~3天)、Hydrothermal Alteration(2天)、Geothermal Surface Activity(4~7天)等。亦可根據需求進行客制化設計，地點可在紐西蘭本地或海外公司或大學進行。

- 3.地熱技術最重要的是建立準確的地熱三維地質模式，透過數值軟體進行儲集層量體及能源儲存計算，第二階段校正後續地熱系統行為，最後為利用數值計算，對地熱系統未來行為預測。奧克蘭大學地熱中心發展之數值模式 (**Waiwera” supermodels Code**)具更快的運算、強大的功能校準至真實的溫壓，可達到對地熱田之不確定性之量化目標，例如長時生產之變化量化。此數值模擬之軟體為公開語言碼(**Open code**)，未來免費提供使用者進行模組開發及應用。
- 4.**New simulator –Waiwera** 可以模擬不同物質及超臨界之模型，其特性為高平行化 **10E6** 運算單元、自動模型校正，為 **Open source**。對模式不確定性量化之預測與逆向建模均可勝任。此項工作為進行地質探勘調查與地球化學研析後之重要工作，準確可信度高的模式，可避免鑽探的浪費與風險。建議我國地熱建模及可靠預測技術，可由此切入及合作如何推估未來之不確定性，持續建構不同資料之整合與建構，並與 **leapfrog 3D** 專家 **GIS** 系統整合轉化成滲透率模型。
- 5.關於 **EGS** 系統應用研發，微震與回注生產之間的關係，為深層地熱開發之關鍵技術。紐西蘭成功案例，是基礎於之前政府探測的探勘工作，降低鑽井風險。鑽井風險管理，資料整合非常重要，每一口鑽井的目標須明確，確認資源或是產能。
- 6.風險的降低是需要累積多年開發經驗，才能瞭解地質架構地熱模式和所有可能風險。當鑽井完成，需進行與重新檢討環境、生產、溫度。永續之目的亦要釐清。
- 7.地熱能源開發之成本最主要為前期探勘。紐西蘭自 **1950-1990** 年，評估及鑽井所有前期風險及失敗，均由國家承擔。

參、結論與建議

- 一、紐西蘭自 1950 年代開始開發地熱，目前地熱發電量約占總發電量 17%。高溫地熱場域與發電廠多集中於 Taupo Volcanic zone (TVZ)，位於北島的中央。除了發電，也直接將地熱運用於紙業、奶製品業、農業、漁業、住家與商業大樓等。目前總發電量超過 1GW，但由於電業市場自由化與發電量過剩，目前對於地熱發電的需求逐漸降低。
- 二、紐西蘭之礦產、水資源與地熱資源等所有權與土地所有權分開。礦產權由 1991 年的皇家礦物法案規範；地熱資源由 1953 年的地熱能源法案與 1961 年的地熱能源法規共同規範；水權則由 1967 年水與土壤保護法案所規範。1991 年通過的資源管理法(Resource Management Act,RMA)，對所有天然資源有更高的規範與管理。對任何資源的探勘，只需要地主的同意即可，但探勘式的鑽井則需取得許可。整合資源的管理，大都授權給區域當局負責。單一開採機制(single-tapper)政策是目前區域政府的共識。
- 三、紐西蘭 2013 年再生能源占總發電量 75.1%，其中水力 54.6%，地熱 14.5%，風力 5%。至 2025 年，預估每年電力需求成長 1~1.5%。紐西蘭電力公司(ECNZ)負責發電與電力公共建設，國營企業 Transpower 負責電網與輸電。2010 年的電力產業法案主要規範電產業的運作，指明配電端將逐漸自由化，目前有 5 家發電公司(其中 2 家為完全民營)、1 家輸電公司、29 家區域配電公司。
- 四、紐西蘭地熱已脫離礦業法，改由 Resource Management Act (RMA 1991)管制，其要求相關能源部門必須規範能源使用對環境的影響，同時各項政策必須要有公民參與。RMA 明確地將最重要的決策權下放給地方政府，並為地熱與其他資源開發，提供一個明確的框架與開發許可程序。RMA 的另一個重要效能是制定法定的時間，明確規定開發同意的最短處理時間，並要求地方議會遵守這些時限。紐西蘭將地熱發展區分

為 5 個類別，分別是大規模開發區(3 個)、小規模開發區、有限開發區、研究區、與保護區(5 個)。雖然申請許可流程可能涉及不同層級之政府機關單位，惟紐西蘭設有單一窗口之整合流程，方便開發商申請各項許可證。

- 五、由於歷史的因素，毛利族群對地熱的發展扮演相當重要的角色，同時在 RMA 法案中第 6-8 章，也認可了毛利族群的參與價值。而在北島中央的高溫地熱區，大都屬於毛利族群所擁有。解決之道大都以補償、信任合資(給毛利族群特定股份)、共同合資等方式。
- 六、目前紐西蘭地熱開發，大都由私人企業進行。在電力市場自由化下，政府的支持程度大幅下降，既有的地熱開發商逐漸減緩地熱的投資。政府為了強化地熱發電，大量釋出政府所擁有的相關地熱地質資料，並鼓勵石油公司在國家的經濟特區中發展地熱發電。
- 七、環境及永續的議題非受制於非專業之 NGO 及立法委員。環境影響評估係由地方議會組成專家委員會及「環境法庭」(Environment Court)進行審議。總體決策策略性環境評估過程可清除許多與環境有關的問題，並在個別過程開始之前，解決當地社區的擔憂，從而大大降低開發的不確定性。
- 八、地熱能源開發之風險最主要為前期探勘，各成功國家如紐西蘭、美國及印尼，在發展初期均由國家進行潛能普查及發展策略規劃。以紐西蘭為例，1950-1990 年潛能評估、鑽井、社會及環境法令的衝突風險及失敗由國家承擔。
- 九、紐西蘭地熱電廠均為無人電廠，僅安全人員巡視維護。工作人員分為電廠操作及地熱田維護 2 組技術人員。電廠監控中心對於地熱田之井場供應熱水之溫度、噸數、壓力進行操作。而地熱田維護人員則對地下流體以各種地球物理/化學技術或監測井進行壓力、流體遷移監控及評估，其中包括數值模擬與預測。

十、地熱生產回注方式並非一體適用，需針對每一地熱田的特性處理回注的方式。回注地點的選擇十分重要，回注地點選擇高、低溫會帶來不同的效能。

十一、回注與微地震方面關係；紐西蘭在 Wairakei 及北部的 Ohhaki 均設立微地震追蹤網路，結果顯示 Wairakei 本身就有很多微地震，Ohhaki 就較少微地震，在 Warakei 偶而會發生 2~3 級，惟紐西蘭本身即為地震頻繁的地區，民眾對這些地震的反應並不在意，電廠也未因此改變回注或生產的節奏。由於回注決定未來電廠運作成功與否，建議我國未來開發電廠前，對生產井探勘及回注井的位置均需同樣重視，尤其是回注可有效處理尾水避免環境衝擊問題。

十二、紐西蘭在 RMA 法案制定前，地熱開發需無數的法律依據同意或限制且無統一的原則，授權機構的複雜與相關部會間不協調及無法整合，民眾反對、環保團體及憲政體制阻礙。此經驗與我國目前之困境類同。臺灣與紐西蘭地質環境與人文環境類似，紐西蘭在地熱發展與環境、原住民之公生共榮，區域議會扮演協調角色，以專家環境議會為基礎，實質參與開發之建議與協調，似較我國目前以傳統之原民法在部落會議後介入較具可行性，值得我國借鏡。

十三、目前於再生能源目標壓力下，無論政府或開發商，宜避免在未有足夠調查資料及精確地熱地質模式(包括熱流、地球化學模型及地球物理模型)下進行鑽探，以降低資源浪費及政策受阻。我國未來可投入完整區域地熱調查及鑽探，並在政策面進行分區劃設，以降低開發風險及健全國家地熱發展長遠之計。

十四、鑽井的成本是地熱重要投資因子，我國對深部地質(> 2km)的地球科學信息相對不足，未來可逐步有計畫地依照重要開發順序，進行普查，並加強建立大屯山及各開發區之資料完整度及 3D 等模型。

十五、檢視我國地熱能源發展，未來在專業人員訓練(如地質學家、探勘、鑽井、金融法規等)，是非常重要的。我國可透過地熱開發案場之計畫項目或專有目的，與紐西蘭相關地熱單位共同合作進行技術交流及訓練，同時培養我國地熱發技術與人才。