出國報告（出國類別：開會）

赴紐西蘭參加「第 45 屆紐西蘭地熱研討會(45th New Zealand Geothermal Workshop)」

服務機關：台灣中油股份有限公司 探採研究所

姓名職稱：李沅銘 地質師

派赴國家/地區：紐西蘭 奧克蘭

出國期間：112 年 11 月 13 日至 11 月 19 日

報告日期：112 年 12 月 01 日

摘要

本次出國計畫為參加第 45 屆紐西蘭地熱研討會，該會為一年一度的國際研討會，紐西蘭蘊含豐富的地熱資源並且在多年前即開始探勘、開發及生產，此研討會則在多年來扮演領導技術、產業發展和教育推廣等重要角色，截至 2023 年該國地熱裝置容量已超過 1,050 MWe，約占該國電力發電 18.1 %，持續朝該國淨零排放之目標邁進。第 45 屆紐西蘭地熱研討會為全球地熱產業工作者與相關研究人員的發表及交流平台，參與者包括各國地熱研究學者、工程人員、產業人士、政府官員以及金融機構代表等。此次研討會統計包含 4 個主講題目、105 個口頭發表和 8 篇海報發表，發表內容依領域可區分為產業現況、儲集層模擬、地熱地質、生產與管理、地球物理、地球化學、鑽井與井測、環境社會議題、結垢與腐蝕、直接利用和回顧與展望等領域。此次出國主要目的除了得知國際地熱發展現況、探勘技術、開發生產和環境社會議題之衝擊外，也藉由參加此次研討會與主辦單位奧克蘭大學相關研究人員交流地熱相關之技術，建立雙方連絡交流之窗口也尋求未來指導與合作之機會。具體成效詳述本次研討會所挑選出 4 個主題，分別為地熱探勘技術、地熱系統與地質架構類別、國外鑽井案例和回注井與熱交換之預測分析。透過此次研討會之參與，後續期能提升本公司對臺灣地熱探勘及開發之進展，另外現場還有世界各國地熱設備與技術之攤位展覽，可提供本公司引進地熱相關技術之參考。

目錄

一、出國目的.....4
二、過程.....5
（一） 出國行程.....5
（二） 研討會過程.....5
三、具體成效.....6
四、心得及建議.....17

圖目錄

圖 1、研討會場地圖.....5
圖 2、Great Basin 相關資訊圖 8
圖 3、Great Basin 地熱探勘資料公開平台.....9
圖 4、探勘技術示意圖.....10
圖 5、岩心掃描成果示意圖.....10
圖 6、Great Basin 地熱概念模型.....11
圖 7、地熱好景區決策圖.....11
圖 8、5 個地熱系統分布圖.....12
圖 9、Mak-Ban 地熱案場鑽井比較圖.....14
圖 10、Lumut Balai 地熱案場裝置容量計畫.....15
圖 11、回注井注入時間和回復地層原始溫度時間對比圖.....16
圖 12、空中俯瞰紐西蘭破火山口圖.....18

表目錄

表 1、本次研討會 4 個場次之主講人、主講題目與相關資訊表.....6

一、出國目的

本次出國計畫為參加第 45 屆紐西蘭地熱研討會，該會為一年一度的國際研討會，紐西蘭蘊含豐富的地熱資源並且在多年前即開始探勘、開發及生產，此研討會則在多年來扮演領導技術、產業發展和教育推廣等重要角色，截至 2023 年該國地熱裝置容量已超過 1,050 MWe，約占該國電力發電 18.1 %，持續朝紐西蘭淨零排放之目標邁進。

第 45 屆紐西蘭地熱研討會舉辦於 2023 年 11 月 15 日至 11 月 17 日共 3 日，舉辦地點位於奧克蘭大學工程學院大樓(Faculty of Engineering, the University of Auckland) (大樓外觀如圖 1(a))，講座會場分為三個區域，分別為會場編號 401.401 (圖 1(b))、401.439 和 423.342，此研討會為全球地熱產業工作者與相關研究人員的發表及交流平台，參與者包括各國地熱研究學者、工程人員、產業人士、政府官員、地熱開發業者、設備與技術服務廠商以及金融機構代表等。

此次研討會統計包含 4 個主講題目、105 個口頭發表和 8 篇海報發表，發表內容依領域可區分為 11 大項，分別為產業現況、儲集層模擬、地熱地質、生產與管理、地球物理、地球化學、鑽井與井測、環境社會議題、結垢與腐蝕、直接利用和回顧與展望等領域。

本所近年來致力於大屯山地熱資源評估，其地質架構、火山型地熱系統、地下流體性質、酸性腐蝕和環境影響評估，以上項目皆相似於紐西蘭之地熱探勘與開發的條件，透過此次研討會借鏡紐西蘭及各國專家學者，由探勘、鑽井、生產、井測、腐蝕問題、儲集層模擬、電廠營運和環境影響層面，重新檢視大屯山地熱資源之評估。

此次出國主要目的除了得知國際地熱發展現況、探勘技術、開發生產和環境社會議題之衝擊外，也藉由參加此次研討會與主辦單位奧克蘭大學相關研究人員交流地熱資源開發相關之技術，建立雙方連絡交流之窗口也尋求未來指導與合作之機會，透過此次研討會之參與，期能提升本公司對臺灣地熱探勘及開發之進展，另外現場還有世界各國地熱設備與技術之攤位展覽，可提供本公司引進地熱相關技術之參考。

(a) (b)

圖 1、研討會場地圖 (a) 研討會舉辦地點-奧克蘭大學工程學院大樓外觀圖 (b) 講座會場編號 401.401 室內部圖。

二、過程

（一） 出國行程

出國日期：2023 年 11 月 13 日至 11 月 19 日，共計 7 日。

出國行程：11 月 13 日至 14 日，啟程。

11 月 15 日至 17 日，參加第 45 屆紐西蘭地熱研討會(45th New Zealand Geothermal Workshop)，地點：The Faculty of Engineering at Waipapa Taumata Rau | the University of Auckland, New Zealand.

11 月 18 日至 19 日，返程。

（二） 研討會過程

第 45 屆紐西蘭地熱研討會召集人皆為奧克蘭大學之教授學者，分別為 Sadiq J. Zarrouk、John O’ Sullivan、Bridget Lynne、Mike O’ Sullivan 和 Michael Gravatt，其研究領域主要為地熱系統之地下流體模擬、地球化學和岩石礦物研究。此次研討會統計包含 4 個主講題目(表 1)、105 個口頭發表、8 篇海報發表、83 篇公開之技術論文、21 個

表 1、本次研討會 4 個場次之主講人、主講題目與相關資訊表

場次	主講人	主講題目與相關資訊	
1	 Bridget Ayling	題目	區域性地熱探勘及資源評估的最新進展，以釋放美國西部大盆地及其他地區之地熱潛能 (Recent advances in regional scale geothermal exploration and resource evaluation to unlock hydrothermal potential in the Great Basin region, western USA and beyond)
		現職	Contact Energy Ltd
		經歷	University of Nevada, Reno
		專長	Paleoclimate and environmental geochemistry
2	 Denis Voskov	題目	提高地熱能源產能：考慮不確定性的正演建模和資料同化 (Improving Geothermal Energy Production: Forward Modelling and Data Assimilation with Consideration of Uncertainty)
		現職	TU Delft / Stanford University
		經歷	Rock Flow Dynamics (t.Navigator) / YUKOS EP / Russian Acdemy of Sciences
		專長	Applied mathematics
3	 Penny Doorman	題目	地熱資源管理-地方政府對改變中的關係和責任之看法 (Managing geothermal – a Local Government perspective on changing relationships and responsibilities)
		現職	Bay of Plenty Regional Council
		經歷	Local Government
		專長	Environmental science
4	 Jim Randle	題目	紐西蘭人在國際地熱產業中所扮演之角色 (The Role of Kiwis in the International Geothermal Industry)
		現職	Consultant, GT Management
		經歷	Supreme Energy / SKM
		專長	Geothermal project development and management

產業現況更新和超過 350 個來自世界各國之與會人，發表內容依領域可區分為 11 大項，分別為產業現況、儲集層模擬、地熱地質、生產與管理、地球物理、地球化學、鑽井與井測、環境社會議題、結垢與腐蝕、直接利用和回顧與展望等領域。

由研討會所邀請之主講題目可以得知，紐西蘭先天具備豐富的地熱資源不僅是成熟發展的產業，著重點除了資源探勘和開發之技術性研究發表，也注重地熱開發對當地人文、生態和環境的影響，並隨著時空背景的不同調整地方之政策探討，在經濟發展和環境影響之間取得平衡與共識，此外，由於紐西蘭之地熱探勘與開發技術已經發展許久，除了應用於紐西蘭國內之地熱產業外，這幾十年來也透過國際合作的方式，外派紐西蘭地熱領域之專家學者協助他國之地熱產業發展，並每年開設國際地熱資源相關之培育課程，特別是和紐西蘭簽立合作關係之國家，例如菲律賓或是印尼，也因此這幾十年來合作國家也有蓬勃之地熱產業的發展。

本次研討會挑選出 1 個主講題目和 3 個口頭報告，從地熱探勘技術、地熱系統與地質架構類別、鑽井技術和回注井與熱回復之預測分析，探討共計 4 個地熱產業中之領域，並詳述於具體成效中。

三、具體成效

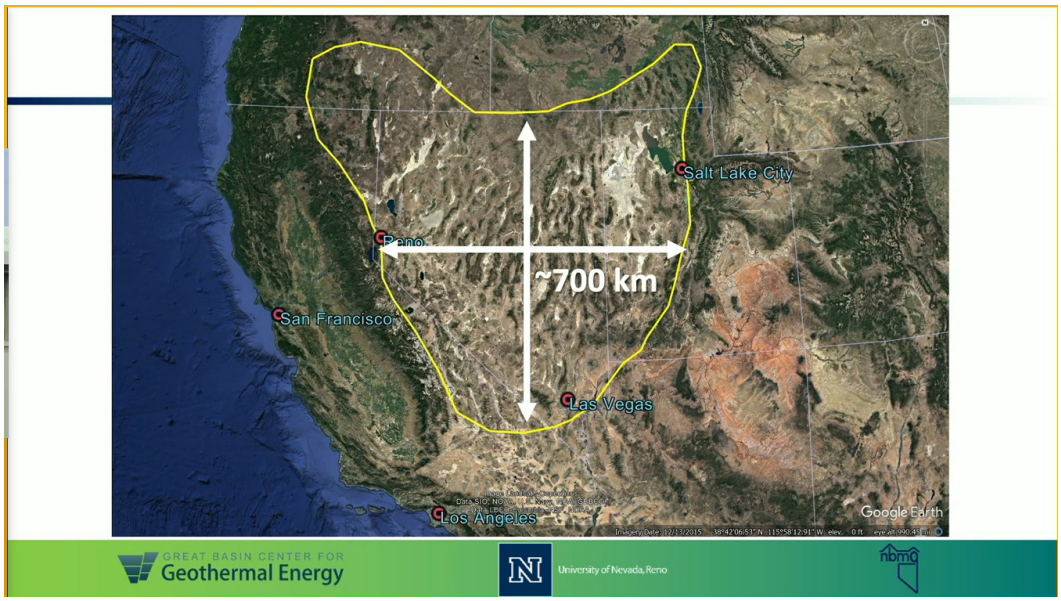
具體成效詳述本次研討會所挑選出 4 個主題，分別為地熱探勘技術、地熱系統與地質架構類別、國外鑽井案例和回注井與熱交換之預測分析。

(一) 地熱探勘技術

地熱探勘技術選自主講場次 1，作者為 Bridget Ayling，題目為「區域性地熱探勘及資源評估的最新進展，以釋放美國西部大盆地及其他地區之地熱潛能」。在口頭演講中介紹 Great Basin Center for Geothermal Energy, GBCGE 計畫，此計畫於 2000 年 5 月在內華達大學雷諾分校麥凱礦業學院 (Mackay School of Mines at the University of Nevada, Reno)內發起，研究區域為美國西部大盆地，其範圍長與寬各約 700 公里，主要坐落於美國內華達州，根據美國地質調查所(United States Geological Survey, USGS)評估此區塊

有 7,500 MWe 的地熱潛能，而目前此區域有 28 座地熱發電廠，目前總裝置容量約為 1,250 MWe，且主要採用雙循環式發電機組，目前每口井地熱產能平均為 5 MWe，地下儲集層溫度約為 100-260˚C，除了利用地熱來發電外，部分也有直接利用地熱能來供應屋內供暖或是農業用途 (圖 2)。

(a)



(b)

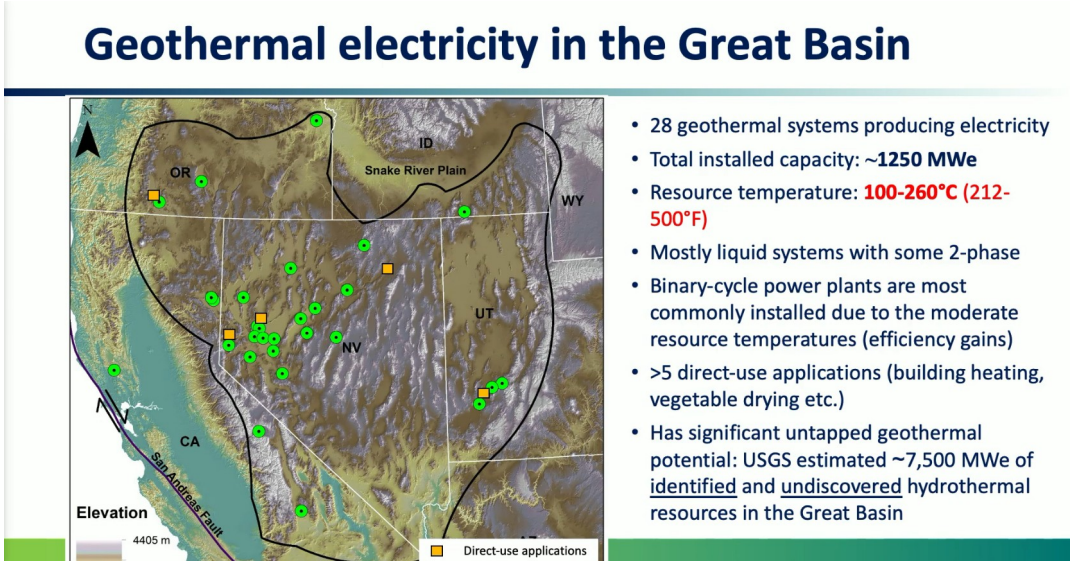
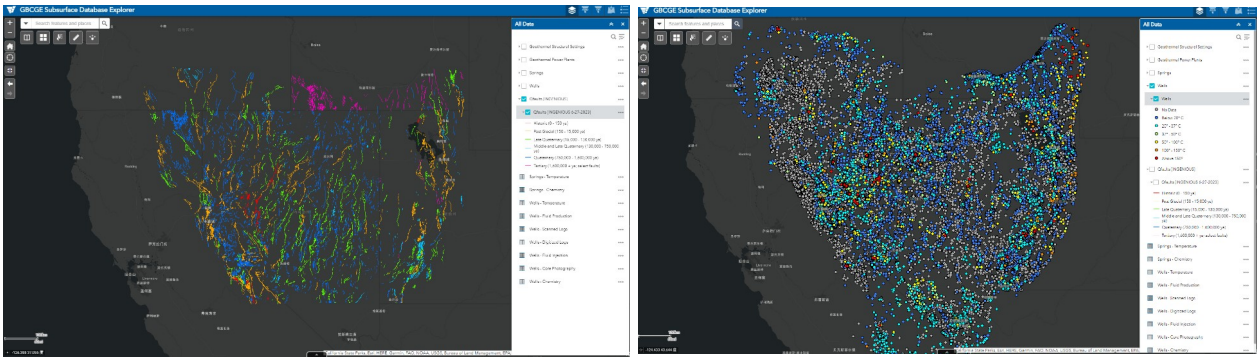


圖 2、Great Basin 相關資訊圖 (a) Great Basin 範圍示意圖 (b) Great Basin 目前地熱發電廠分布與其相關資訊。

GBCGE 的成立是為了響應美國國會加速發展再生能源之新倡議，資金主要由美國能源部提供，並支持地熱勘探和開發以及教育的許多方面的研究，目標為將地熱產業打造為可持續性、環境友善且具有經濟效益之能源。在此計畫中所要達成的任務包含提供公開且即時之地熱探勘資訊(圖 3)、政策法規、經濟層面、社會文化與環境影響之議題、導入新的科學技術與發展。研究領域包含開發和完善技術來識別和評估地熱系統、驗證勘探和儲層徵兆的新方法、發展不同類型地熱系統的概念模型、了解地熱系統有利的構造型態與數值建模、斷裂和不確定性分析、儲層流體及熱流建模、使用地質統計與機器學習工具和開發進階勘探工作流程。

(a) (b)



(c) (d)

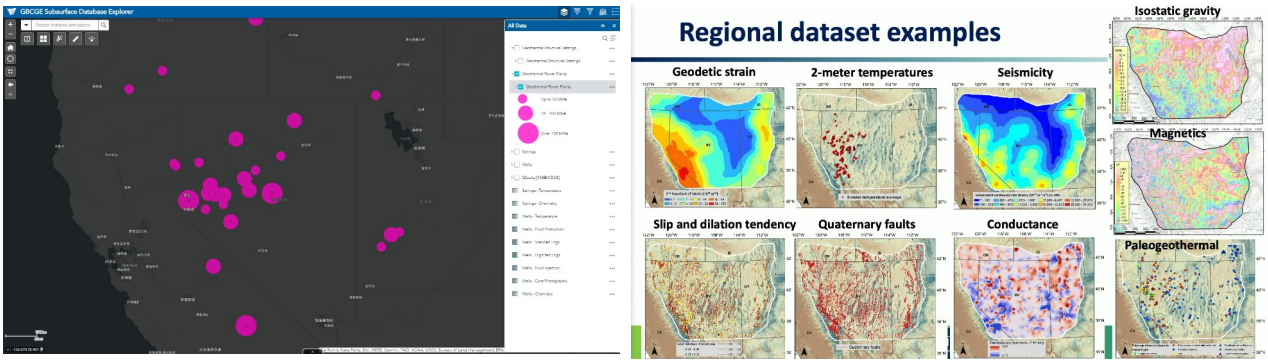


圖 3、Great Basin 地熱探勘資料公開平台 (a) 構造、斷層或是線型之分布依顏色區分構造活動年代 (b) 鑽井分布圖依顏色區分井下溫度 (c) 地熱電廠分布圖依大小區分裝置容量規模 (d) 地熱探勘資料包含地質與地球物理之資料。Great Basin 地熱探勘平台網站：https://gbcge.org/current-projects/subsurface/

GBCGE 計畫主持人即是本次主講人特別提出以下 4 項關鍵技術：

1. 地表調查(地下 2 公尺溫度調查(圖 4)、溫泉露頭、構造分析、遙測應用)

2. 地下資料分析(岩心分析(圖 5)、流體地化分析、2 維及 3 維模擬)

3. 地熱系統概念模型(圖 6)

4. 地熱好景區分析(圖 7)、地質統計

(a) (b)

圖 4、探勘技術示意圖 (a) 地下 2 公尺溫度調查技術與設備示意圖 (b) 調查成果依顏色區分溫度。

(a) (b)

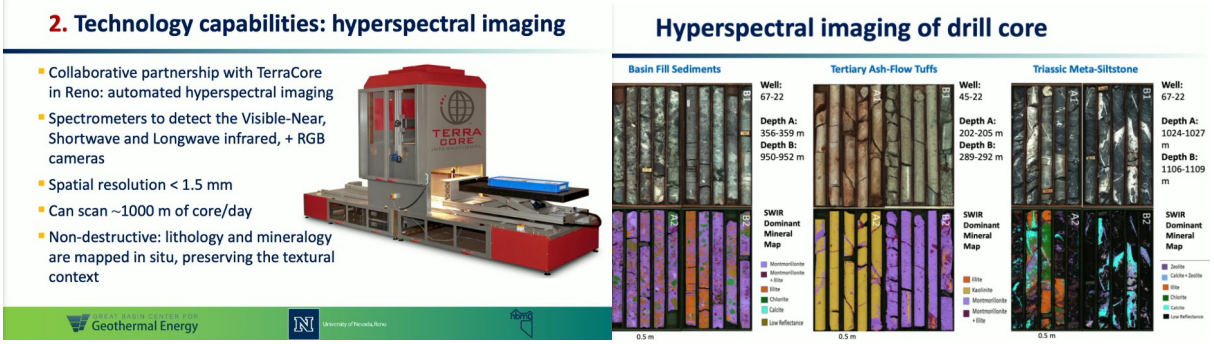


圖 5、岩心掃描成果示意圖 (a) 岩心高光譜影像掃描機 (b) 高光譜影像成果依顏色區分不同之礦物組成。

(a) (b)

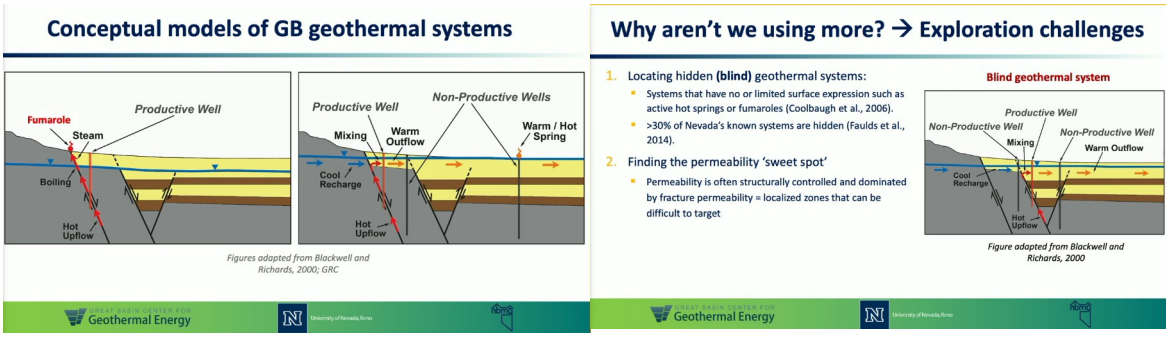


圖 6、Great Basin 地熱概念模型 (a) 利用地表地熱徵兆結合構造分布找出生產最佳井位 (b) 資料綜合評估後，找出地表未具有地熱徵兆但地下具有構造之可能地下流體通道位置。

(a) (b)

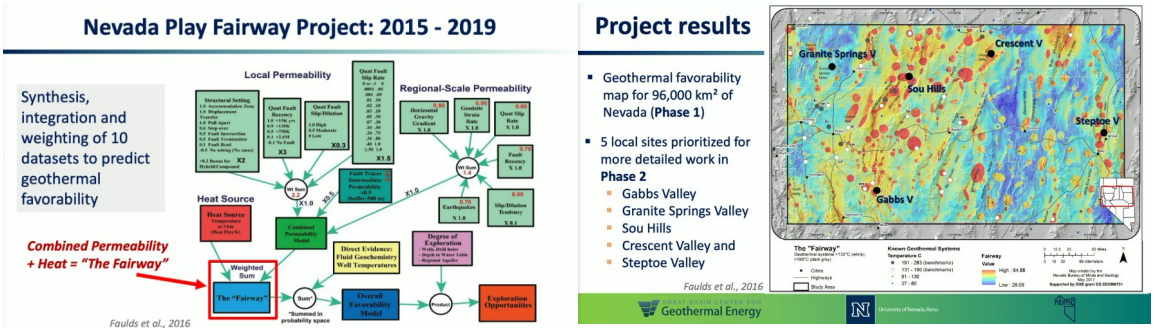


圖 7、地熱好景區決策圖 (a) 地熱好景區決策流程圖 (b) GBCGE 計畫執行成果圖。

即便 Great Basin 之地熱系統是在沉積盆地中探勘具有地熱發電潛能之點位，不像國際上傳統之火山型地熱，溫度條件也不如火山型地熱，但其優勢在於可開發之腹地足夠廣大，而要在如此廣闊之土地上尋找及開發具發電經濟價值之地熱資源，仍需要具備系統性的探勘調查。從 Great Basin 這項計畫可以得知國際上的專家學者如何透過地表地質地熱調查，勾勒出區域性具有地熱發電潛能的區塊，再由地球物理資料和構造活動的資料進一步找出潛藏在地下，尚未被發現的地熱儲集層，再依據地質、地物、地化和鑽井的資料排序地熱場址開發的優先順序，以降低地熱資源開發前期所需要面臨的探勘風險。

(二) 地熱系統與地質架構類別

地熱系統與地質架構類別選自 11/15 口頭場次 1.3 其中一場，作者為 Irene C. Wallis，題目為 Geological Controls on Geothermal System Location and Type。作者透過評估比較 5 個具有高產能之地熱區塊，並比對其區域之地質架構，包含東非裂谷系統、印尼蘇門答臘斷層系統、冰島裂谷系統、紐西蘭陶波火山帶和美國大盆地(圖 8)。

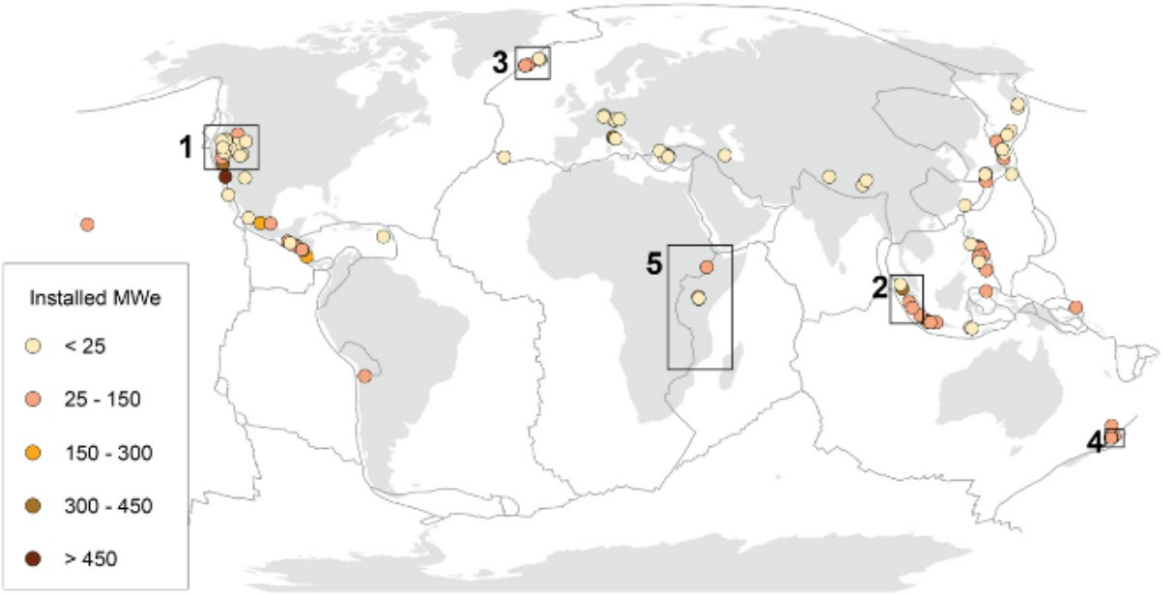


圖 8、5 個地熱系統分布圖，分別為 1. 美國大盆地、2. 印尼蘇門答臘斷層系統、3. 冰島裂谷系統、4. 紐西蘭陶波火山帶和 5. 東非裂谷系統。

美國大盆地為一個橫移拉張的盆地(Pull-apart basin)，盆地的邊緣有部分的火山活動，噴發年代主要分為 2 個，較老約為 20 Ma，以及較年輕的小於 8 Ma。目前已被證實有超過 71 個儲集層溫度超過 150℃，熱源主要為局部構造抬升造成之較高的熱流或是侵入岩體，而此區塊的構造活動形成之斷層系統成為最主要之熱液通道，也主導了地熱儲集層的分布位置，每一個地熱發電廠之裝置容量最小為 4 kWe，最大為 143 MWe。

印尼蘇門答臘斷層系統為一個長達 1,600 公里之走向滑移段層系統(Strike-slip fault system)，斷層切穿中新世之沉積地層或是更早之輕度變質沉積基盤，同時伴隨著強烈且分布廣闊之火山活動，這些火山活動從漸新世後期開始並且在晚上新世達到最高峰。

在這些斷層系統伴隨火山作用所形成的地熱儲集層大約有 30 個，其中 9 個目前已經在開發階段，且地熱系統皆屬於安山岩質火山島弧之地熱系統。

冰島裂谷系統為一個活躍的中洋脊所形成的沉積裂谷，並將歐亞板塊與北美板塊分開，形成原因為深達 200-300 公里之地函熱柱比相鄰溫度高 150-200℃，因而形成向上湧之熱點(Hotspot)，其構造活動所形成的構造變形帶也伴隨著火山活動，目前已證實 24 個火山活動與其構造活動相關，並且多集中在中洋脊之裂谷軸上，構造以拉張斷層和正斷層為主。目前有約 33 個地熱高溫儲集層，並且分為兩種地熱系統，分別為與淺部火山活動相關之系統，以及構造交界或是變形帶所形成之高滲透率通道系統，而目前世界上裝置容量最大之地熱電廠便是位於此地熱系統中，裝置容量高達 303 MWe。

紐西蘭陶波火山帶為一個 300 公里長，東北-西南走向之火山島弧構造裂谷，裂谷所形成之沉積盆地深度最深可達 3,000 公尺，由於裂谷系統導致地殼變薄形成一系列的火山活動，目前證實約有 23 個高溫地熱系統，並依照大地電磁之地下電阻資料尋找低電阻之蓋層形貌，主要的地熱儲集層仍為火山活動噴發所覆蓋於沉積地層上之火成岩體。

東非裂谷系統為一系列大陸地殼張裂所形成的構造，和上述之裂谷系統相似，在地殼減薄的情況下產生一系列的火山活動，且多發生於裂谷中心發育的區塊，也是地熱資源潛能最高之處，目前肯亞在地熱開發上已具備約 900 MWe 的裝置容量。

從上述 5 個地質架構類別與地熱系統之間的關係，可以得知構造活動與型態和火山活動之間屬於相互影響，並非單純由構造活動而產生火山活動，抑或是火山活動產生構造活動，而火山活動也不能保證地熱資源的形成，仍需要搭配水文循環、具規模之裂隙通道和適合的溫度條件，並找尋到局部熱液上湧的區間，以達到具有經濟開採價值的地熱開發。

(三) 國外鑽井案例

國外鑽井案例選自 11/16 口頭場次 4.2 其中一場，作者為 Aira Aspiras，題目為

Collaborative and Holistic Applications Drive Record Drilling Performance in Mak-Ban Geothermal Field, 2020-2022。菲律賓從 1971 年開始發展地熱產業，並在近年來成為東南亞地熱資源開發最大的國家之一，而菲律賓其中一家地熱生產公司 Philippine Geothermal Production Company, Inc (PGPC)目前正在經營 Tiwi 和 Mak-Ban 地熱田，目前已在這兩個地熱田鑽超過 300 口地熱鑽井，而 Mak-Ban 地熱田的總裝置容量為 682 MWe。此發表主要藉由 2020-2022 年之鑽井活動和 2002-2004 年鑽井活動之比較，相比過去的鑽井之成功與進步，包含鑽探天數與實際達到深度、鑽進率、目標深度與計畫深度之比較。

其中 Mak-Ban 地熱田之鑽井井深過去最深可達 3,000 公尺，於 2020-2022 年間執行 11 口鑽井，包含 9 口深的生產井和 2 口回注井，其中 7 口深度達 3,000 公尺，此次鑽井計畫紀錄到最快僅需要 23.9 天便可以完井深度 3,611 公尺，每天最快的鑽進速率為 523 公尺，而在 2002-2004 年間最快需要 26.2 天達到完井深度 3,109 公尺 (圖 9)。

(a)

Well Name	Total Depth, m	Drilling Days	ROP, mpd	Planned Depth Reached?
A-1	3424	49.0	70	✓
A-2	3117	44.4	70	✓
A-3	3012	38.4	78	✓
A-4	2844	45.0	63	✓
A-5	3109	46.2	67	✓
A-6	2900	34.4	84	95%
A-7	3109	26.2	119	✓
A-8	3170	55.6	57	✓
A-9	3347	33.1	101	✓
Average:	**3115**	**41.3**	**79**	

(b)

Well Name	Total Depth, m	Drilling Days	ROP, mpd	Planned Depth Reached?
B-1	2878	47.4	61	86%
B-2	3254	47.7	68	✓
B-3	3214	35.2	91	✓
B-4	3264	37.8	86	✓
B-5	3222	31.4	103	✓
B-6	3548	30.3	117	✓
B-7	3506	28.8	122	✓
B-8	3353	24.3	138	✓
B-9	3611	23.9	151	✓
Average:	**3317**	**34.1**	**104**	

圖 9、Mak-Ban 地熱案場鑽井比較圖 (a) Mak-Ban 地熱田 2002-2004 年 9 口井鑽深、鑽井天數和鑽進率比較圖 (b) 2020-2022 年 9 口井鑽深、鑽井天數和鑽進率比較圖

2002-2004 年平均鑽進率為 79 mpd，而 2020-2022 年平均鑽進率為 104 mpd，從鑽井比較可以得知近年的鑽進速率提升約 32%。儘管面臨到這 20 年來管理階層、鑽井團隊和資源部門的人員更換，但菲律賓 PGPC 仍可以以優異的鑽井速率順利完成鑽井活動，其歸功於鑽井團隊之間的合作以及每次事件發生或是完成一口井後，皆有進行檢

討並吸取經驗避免再次遇到同樣的問題，鑽進過程中也增加隨鑽壓力(Pressure-while-drilling, PWD)之技術隨時校正和改進參數，也提到使用空氣鑽進的技術，避免遇到卡鑽或是地層大量露泥的情況發生。地熱探勘、生產和開發花費最多經費與時間成本的階段即是鑽井，即便此區塊具有豐富的地熱資源，若是無法有效率的鑽井或是順利完成鑽井，皆會形成地熱資源開發計畫的一大阻礙。

(四) 回注井與熱交換之預測分析

回注井與熱交換之預測分析選自 11/15 口頭場次 2.2 其中一場，作者為 Erwandi Yanto，題目為 Analysis of Heat Recovery Time Predictions for Multiple Periods of Temporary Reinjection in Geothermal Well Production at Lumut Balai Field。位於印尼 Lumut Balai 地熱案場，地下高溫可達 250-300˚C，從 2017 年開始進入到地熱生產階段，目標從 2024 年達到 55 MWe，至 2026 年達到 95 MWe，再到 2030 年達到 335 MWe (圖 10)。

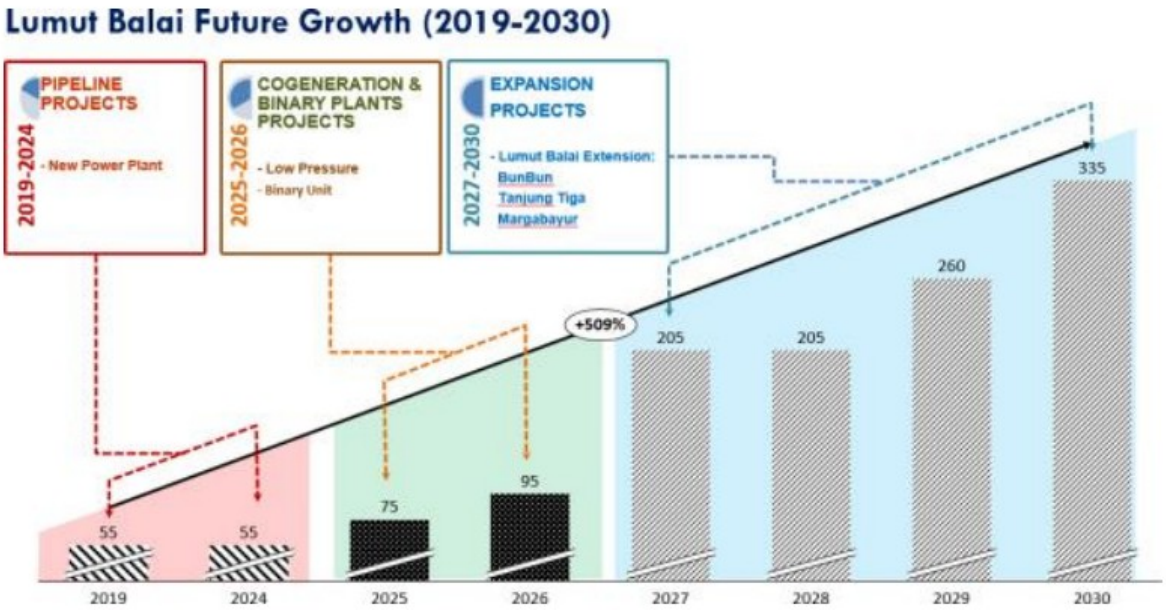


圖 10、Lumut Balai 地熱案場裝置容量計畫。2024 年達到 55MWe、2026 年達到 95MWe、2030 年達到 335MWe。

Lumut Balai 儲集層深度在海平面上 500-1,400 公尺，地層壓力約為 50-60 bar，然而自 2022 年開始監測以來，其產量每年衰退 0.5%，地層壓力每年減少 0.25-0.38 bar，若要維持現有的發電量，即需要在 2027 年再鑽井以維持產量。目前仍缺乏適合的回注井，

由於電廠營運規劃進入投產的需求緊迫，儘管在有風險的情況下，仍需臨時將熱水回注至高溫井中，因此後續規劃的回注井模擬對井下恢復至平衡狀態則是相對重要的議題。

在此地熱案場中 A 區有 3 口井，分別為 LMB-A1、LMB-A2 和 LMB-A3，在 Unit-1 開始營運時暫時先被當作回注井使用，但在後續的 unit-2 開始規劃後，有新的區塊進行回注井，A 區的 3 口井則會由回注井轉為生產井，因此將透過監測井的升溫條件來評估這 3 口井的地下溫度回復成可用來發電的溫度，透過這 3 口井進行回注，並透過監測最近的 LMB-1 井是否受到干擾，經過長時間的回注和監測，其溫度皆回復到原始地層溫度狀態，但需要多少時間才能回復到地層溫度狀態，在此研究中則是透過模擬的方式進行評估，由模擬的結果指出此區域若分別持續注入 3 個月、6 個月和 12 個月，其分別需要 10 個月、20 個月和 40 個月，地層才能回復成可以用來地熱發電的溫度，模擬結果同時指出若關閉回注井則僅需要 3.5 個月即可回復至足夠地熱發電的溫度。因此由此案例可以得知若回注井要轉為生產井之可行性規劃，透過模擬的方式提供熱電廠之生產決策。

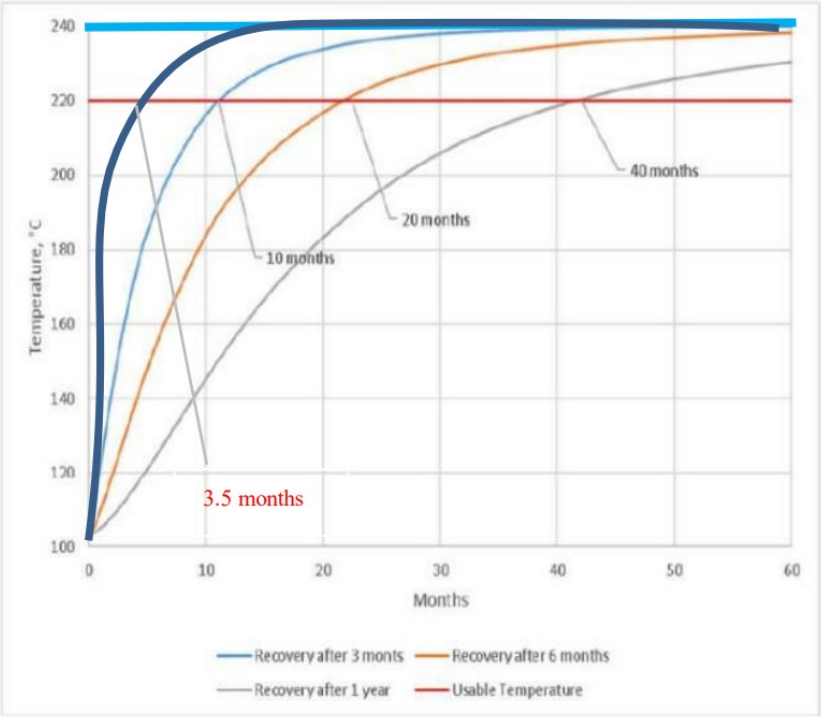


圖 11、回注井注入時間和回復地層原始溫度時間對比圖。

四、心得及建議

此趟赴紐西蘭參加「第 45 屆紐西蘭地熱研討會(45th New Zealand Geothermal Workshop)」之出國計畫，從研討會中得知該國對於地熱資源開發以及發展於技術層面上已經有豐富的經驗與技術，地熱資源的探勘、生產、開發、回注、模擬、監測或是多元應用層面皆有相當多的探討。紐西蘭奧克蘭大學則在其中扮演重要的角色，從學術上的理論應用到實際的地熱案場，再從現場所收集到的資料進行分析與檢討，一步步邁向最大化資源開採也同時保有資源的永續性，這些技術發展都是台灣可以用來借鏡之處。

除了技術層面的發展，紐西蘭也和多個國家有合作交流，透過國際合作的方式，外派紐西蘭地熱領域之專家學者協助他國之地熱產業發展，並每年開設國際地熱資源相關之培育課程，特別是和紐西蘭簽立合作關係之國家，例如菲律賓或是印尼，也因此這幾十年來合作國家也有蓬勃之地熱產業的發展，紐西蘭在發展地熱資源的初期同樣面臨到種種未知的地下條件及因素，導致初期的地熱資源開發不如預期，隨著技術、知識和經驗上的進步，紐西蘭也逐年增加地熱在能源上的占比，並持續朝著淨零排放的目標前進，也藉由本身的技術與經驗協助他國之地熱發展，現今台灣地熱發展仍處於萌芽階段，產業若期望快速成長並成熟，借助他國豐富的經驗和技術也可以避免走向他人已證實失敗的道路。

在地熱資源開發與環境影響層面，與外國學者交流過程中得知，紐西蘭同樣面臨是否會對當地的自然景觀、原始生態或是原住民(毛利人)傳統領域開發的阻礙，解決方法則是開發方與環境保護方進入法庭，雙方皆會有專業的人員對該案場進行影響評估，同時法官的背後也會有至少 3 個專家學者檢視雙方評估的結果，最後交由法官來決定此案場的開發與否或是開發區塊與範圍。此時模擬便扮演重要的角色，因為開發對地表生態或是地下地層所造成之影響，僅能在開發前透過模擬的方式評估，以客觀且科學的角度進行案場的開發，或許是台灣值得學習之處。

由於本身是地質相關科系背景，對於資源探勘技術、地質和地球化學較熟悉，而在工程、鑽井技術或是模擬的方面則相對陌生，因此在技術層面的討論或是演講過程中會相對比較吃力。建議後續研討會能夠派不同領域的人員一同參與，除了能夠更清楚掌握相關領域的嶄新技術外，也可以當場進行交流互相學習不同領域之專業知識。

紐西蘭和台灣同樣位於大平洋火環帶上，於地表皆有明顯的地熱徵兆如溫泉、噴氣孔，也保留下許多火山作用後所遺留之破火山口(圖 12)，紐西蘭地熱在國家能源占比上約 18.1%，因此台灣仍有許多進步與發展的空間，增加地熱能在能源上的占比，同時作為一個穩定之基載電力，與國際接軌共同朝向淨零排放的目標前進。

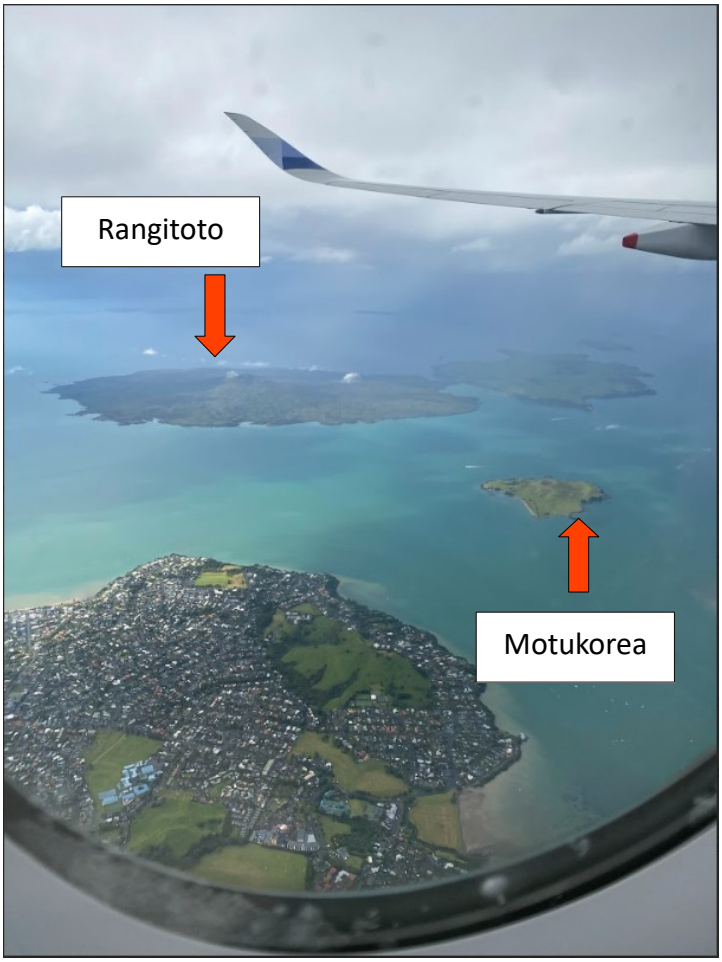


圖 12、空中俯瞰紐西蘭破火山口圖。圖片左側 Rangitoto 噴發年代為 1,400 年前而右側 Motukorea 噴發年代則為 25,000 年前。