



出席第39屆紐西蘭地熱研討會出國報告

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：開會)

出席第39屆紐西蘭地熱研討會
出國報告

經濟部能源局

服務機關：經濟部能源局
姓名職稱：陳世南 科長
出國地區：紐西蘭(羅托路亞)
出國期間：106年11月20日至11月26日
報告日期：107年1月16日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：出席第39屆紐西蘭地熱研討會出國報告

頁數 89 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

經濟部能源局/陳世南/(02)27757789

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

陳世南/經濟部能源局/能源技術組/科長/02-27757789

出國類別：1考察2進修3研究4實習5其他(開會)

出國期間：106年11月20日~11月26日

報告期間：107年1月16日

出國地區：紐西蘭(羅托路亞)

關鍵詞：再生能源(renewable energy)、地熱(geothermal)、火山(Volcano)、GNS(Geothermal Nuclear & Science)機構、邊境觀測站地熱能研究計畫(FORGE)、深層地熱系統(EGS)、紐西蘭商業、創新與就業部(MBIE)、紐西蘭外交貿易部(MFAT)、紐西蘭貿易發展局(NZTE)

目 錄

	頁次
一、行程內容摘要	1
(一)目的	1
(二)參加人員	1
(三)行程記要(出國期間及主辦單位)	2
二、研討會項目及內容摘要	2
三、研討會重點摘述	4
四、紐西蘭公部門報告分享	5
五、心得	11
六、檢討及建議	11
七、致謝	12
八、相關附件資料	14
附件 1 美國深層地熱 FORGE 計畫猶他場址現況	14
附件 2 研討會議程及內容	21
附件 3 Keynote-1 紐西蘭韋斯特蘭市發現深部斷層鑽井計畫	23
附件 4 Keynote-2 超臨界條件案例-冰島深鑽計畫	29
附件 5 Keynote-3 發現探勘新地熱系統	31
附件 6 Keynote-4 未來地熱能創新與直接利用	38
附件 7 MBIE 在地熱部門扮演之角色	43
附件 8 MFAT 針對地熱能源之援助計畫	53
附件 9 NZTE 派駐日本協助推動地熱現況	60
附件 10 NZTE 派駐印尼協助推動地熱現況	68
附件 11 NZTE 派駐菲律賓協助推動地熱現況	75
附件 12 GNS 網頁	84
附件 13 會晤相關人員資料	85
附件 14 研討會贊助單位	88

一、行程內容摘要

(一)目的

本次出國主要目的係參加「第 39 屆紐西蘭地熱研討會」(39th NZGW New Zealand Geothermal Workshop)，以紐西蘭在熱水型地熱發電廠之成功經驗，作為國內推動地熱開發之參考，並期透過本次研討會研討，了解紐西蘭政府未來 10 年對於地熱能源發展之擘劃，以利我國在地熱電廠推展及獲得最新火山型地熱區之關鍵技術。藉由紐西蘭對下一階段地熱能源發展之擘劃，吸收紐西蘭未來在地熱開發之策略及環境共生經驗。

本次研討會另一目的是希望透過正式研討會技術合作架構，促進雙方技術單位合作。另外透過與 GNS(Geothermal Nuclear & Science)機構及奧克蘭大學地熱研究所專家會談，以紐西蘭地熱發電發展經驗，期能引進相關儲集層評估、電廠環控、環境友善及社會參與之技術及經驗。

紐西蘭懷拉卡(Wairekei)地熱電廠為全世界第一個熱水型地熱發電廠。目前共有超過七十家地熱相關公司，從法規、探勘、鑽井，甚至在設計、專案管理、建造工程和營運，已建置完整地熱發電產業鏈。我國自 2013 年起展開大屯火山區地熱資源探勘工作，並以開發中大型(≥ 50 MW)地熱電廠為目標。另期以紐西蘭地熱發電之發展經驗，引進相關儲集層評估、電廠環控、環境友善及社會參與之技術及經驗。

(二)參加人員

經濟部能源局 陳世南 科長

財團法人工業技術研究院 李奕亨 副組長

(三)行程記要(出國期間及主辦單位)

1、出國期間

日期	行程內容摘述
106 年 11 月 20(星期一) ~21 日(星期二)	去程(我國臺北→香港→奧克蘭(Auckland)→羅托路亞(Rotorua, New Zealand)
106 年 11 月 22(星期三)~24 日(星期五)	參加「參加第 39 屆紐西蘭地熱研討會」研討會舉辦地點為羅托路亞 Rotorua 千禧飯店會場
106 年 11 月 25 (星期六) ~26 日(星期日)	回程(羅托路亞(Rotorua, New Zealand)→奧克蘭(Auckland)→香港→我國臺北

2、主辦單位：**Geothermal Institute , the University of Auckland**

二、研討會項目及內容摘要

本次研討會將國際間目前及未來 10 年之地熱發展擘劃藍圖，無論在概念上之更迭及開發技術上之進展，均有詳實論述。本次研討會項目及內容摘述如下：

- 1、紐西蘭在文化及社會發展均十分重視**原住民文化**，由研討會過程及各項再生能源計畫之推展，均可以發現毛利文化及價值之尊重與展現，政府透過原住民協作組織進行溝通及共榮發展。
- 2、經由本次研討會得一窺世界各國之地熱發展及趨勢，各國政府皆主導資源探測、評估及基本數量之深鑽，以確定地熱資源。因地熱屬前期高風險高投資之產業，對於民間公司在無土地及法令的保障下進行開發，難度難以克服。
- 3、**新型態的地下熱源開發**：目前主要發展地熱國家大部分屬火山型地熱系統。未來將朝向中低溫板塊交界型地熱發展新熱源。澳洲已於部分斷層接觸帶滑移熱能之模擬及孔隙率研究(The Perth Metropolitan Area, PMA , Perth Basin)，針對板

塊邊界居之地熱孕熱機制，目前紐西蘭亦預定於南島板塊交界熱源，進行相關研究。

- 4、**FORGE** 計畫：美國能源部於 2014 年 2 月 27 日宣布推動一項名為「邊境觀測站地熱能研究」(Frontier Observatory for Research in Geothermal Energy, **FORGE**)計畫(如附件 1)，設想以 **FORGE** 作為一個專門地點，科學家和工程師將能夠開發、測試和加速深層地熱系統(**Enhanced Geothermal System, EGS**)技術開發和技術突破。在定義上 **FORGE** 係以溫度大於 **175°C** 小於 **225°C**；深度則在 **2,000~4,000** 公尺左右，目前在猶他場址 **Utah** 該項目分多個階段進行。第一階段和第二階段 **A** 包括計畫規劃和環境影響評估。第二階段 **B** 則進行包括鑽井 **2.1** 公里深，以確定儲層內的地層應力，滲透率，岩性和溫度。在後續將進行注水井生產及數值模擬等測試。整體而言，目前美國仍在試驗階段 **II**，尚未實際商轉。
- 5、類神經網路新興技術應用在電阻模型之逆推：此技術為儲集層地下電阻數值逆推與溫度場預測的新應用方法。近年數值方法日新月異，併合逆推與人工智慧及大數據之應用越來越廣。目前雖僅是測試階段，未來在大量資料庫的支持之下，新運算方法將可對地物儲集層行為預測之精確度及溫度場預測之可靠度更進一步。
- 6、新熱源系統之開發：美國目前已開發約 **670MW** 並非系統性的調查及建立概念模式，近年美國透過新的方法系統性的發展溫度大於 **130°C** 之地熱田。在內華達州的地熱潛能條帶案例，最初整合 **9** 個地質、地球化學和地球物理參數，重新對 **96,000** 平方公里繪製的地熱潛能圖。這些參數被篩選及利用地理資訊系統來評估地熱區及高滲透岩體區之排名。在這些潛能區採用了地質圖、第四紀斷層系統分析、淺層溫度徵兆、重力測量、雷射、地球化學研究、反射震測分析和三維建模

等多種技術，來確定可能的高滲透率場址目標。此方法在美國西部成功再發現新熱源，在我國因複雜的地形及地質條件，應可部分利用適合我國本土之方法，重新以大架構的思考邏輯，重新篩選未發現地熱潛能區之可能性。

三、研討會重點摘述

(一)本屆研討會前一週為技術講座，提供技術團隊研習之基礎課程 (Pre-workshop-Geothermal Resource Decision Workshop : Volcano-hosted Conceptual Models)。

(二)地熱領域最佳案例實習，強調整合地球科學數據，建立地熱資源概念模型，做為在勘探和開發各個階段，進行潛能區資源評估的基礎。本次研討會針對地球科學家、研究人員、工程師和管理人員，希望能更了解傳統地熱概念模型如何構建，以及如何善用決策系統。

(三)研討會為期 3 天(議程詳如附件 2)，重點摘述如下：

1、前兩天上、下午各邀請專家學者進行 4 場次 Keynote Speech，內容包括：

(1)紐西蘭韋斯特蘭市發現深部斷層鑽井計畫(DFDP-2【THE DEEP FAULT DRILLING PROJECT-2】GEOTHERMAL DISCOVERY IN WESTLAND, NEW ZEALAND)(如附件 3)

(2)超臨界條件案例-冰島深鑽計畫(IDDP-2【THE ICELAND DEEP DRILLING PROJECT-2】DRILLING INTO THE SUPERCRITICAL AT REYKJANES)(如附件 4)

(3)發現探勘新地熱系統 (DISCOVERING NEW GEOTHERMAL SYSTEMS IN THE GREAT BASIN REGION, WESTERN USA : AN INTEGRATED APPROACH FOR ESTABLISHING GEOTHERMAL PLAY FAIRWAY)(如附件 5)

- (4)未來地熱能創新與直接利用(Initiating Maori Engagement -Included in this is Kaitiakitanga Future Geothermal Innovation and Direct Use)(如附件 6)
- 2、第 1 天及第 2 天為主要各領域技術論文發表及討論，依不同技術領域分別於 4 個研究室進行討論，共計發表論文 131 篇，每一論文發表時間及 Q&A 共 20 分鐘，包括地質、環境、社會溝通、數值模擬、結垢/腐蝕、地球化學、鑽井工程；生產、地球物理、直接利用等。
- 3、第 3 天議程分兩部分進行：
- (1)第一部分為紐西蘭公部門報告，包括：
- A、商業、創新與就業部(Ministry Of Business, Innovation & Employment, MBIE)在地熱部門扮演之角色。
 - B、外交貿易部(Ministry Of Foreign Affairs & Trade, MFAT)針對地熱能源之援助計畫。
 - C、貿易發展局(New Zealand Trade & Enterprise, NZTE)派駐印尼、菲律賓及日本等國，協助推動地熱發展與未來趨勢之報告。
 - D、外交貿易部(MFAT)提供經費援助非洲地熱設施(Africa Geothermal Facility, AGF)之推動報告。
- (2)第二部分則為各研究機構及贊助廠商最新之地熱技術發展及計畫現況。

四、紐西蘭公部門報告分享：

(一)MBIE 在地熱部門扮演之角色(如附件 7)

- 1、MBIE 為紐西蘭公共服務部門，成立於 2012 年 7 月 1 日，是由建築與房屋部、勞工部、經濟發展部及科學與創新部合併而成。

- 2、**MBIE** 在紐西蘭地熱部門扮演之角色，係致力於朝向低碳經濟轉型，紐西蘭政府亦認知發展地熱能源經濟將有機會成為市場的領導者。
- 3、**MBIE** 認知地熱部們對於區域經濟成長和發展是非常重要的，**MBIE** 亦扮演**奮進基金(Endeavour Fund)**投資者角色，奮進基金已自 2017 年起 4 年內投資 2 億 4,800 萬美元從事研究，其中 **MBIE** 自 2017 年起 4 年內亦接受 8,190 萬美元基金，自 2017 年起 4 年內推動研究，包括地熱在內。

(二)**MFAT** 針對地熱能源之援助計畫(如附件 8)

- 1、紐西蘭援助計劃係紐西蘭政府提供經費對發展中國家的正式支持，並在**非洲、拉丁美洲和加勒比海地區**設有方案，通過向國際機構提供資金和專業知識幫助全球援助。援助的目的在發揮太平洋地區及其他地區共同繁榮與穩定，並充分利用紐西蘭的知識和技能，支持發展中國家可持續發展，以減少貧困。
- 2、目前 **MFAT** 針對**加勒比海地區**，包括聖露西亞、格瑞那達、多明尼加、聖基茨和尼維斯、聖文森特和格林納丁斯群島等國家，提供地熱開發技術協助，並分階段案部同計畫規模從事地表調查、鑽井調查、生產井等計畫，已自 2014 年起分別進行 3-5MW 至 30MW 不同規模大小之地熱開發計畫。其中多明尼加已於 2017 年完成地表調查、鑽井調查、生產井等工作，將於 2018 年完成電廠建置，2019 年開始運轉。
- 3、**AGF** 援助**非洲**地熱設施
 - (1)非洲地區約有 611MW 至 3,610MW 地熱潛能。
 - (2)**ZA-AGF** 提供 5 年超過 1,000 萬美元基金，向東非 11 個國家提供技術協助計畫。

(三)**NZTE** 派駐日本、印尼及菲律賓協助推動地熱發展之現況

- 1、紐西蘭貿易發展局(New Zealand Trade & Enterprise, NZTE) 成立於 2003 年 7 月 1 日，是紐西蘭推動國際商業發展機構。NZTE 的作用是幫助紐西蘭企業在國際市場上做大、做強，做得更好、更快。
- 2、NZTE 在紐西蘭有 10 個辦事處，全球有 50 個分支機構，包括日本、印尼、菲律賓和我國。NZTE 除協助紐西蘭企業建立戰略聯盟並發展商業關係外，亦幫助國際投資者確定紐西蘭的機會，並媒合政府和私部門之接觸。
- 3、派駐日本協助推動地熱現況(如附件 9)
 - (1)日本政府於 2016 年提供 25 Billion 日圓(相當於 350 Million 紐西蘭幣)投入地熱產業發展。
 - (2)地熱為基載電力，日本實施地熱能躉購費率，按規模大小有不同的費率，其中 15MW 以上者 JTY 26(=NZ\$0.34)/每度；不足 15MW 者 JTY 26(=NZ\$0.34)/每度，並保證收購 15 年。
 - (3)日本 2013 年再生能源發電占比為 3.2%，其中地熱僅占再生能源發電之 0.3%，目前推出第 3 波地熱計畫，將有超過 50 項計畫進行中，預計 2030 年地熱占再生能源發電之比例將增加至 1%，計成長 3 倍。
 - (4)NZTE 將於 2018 年 2 月在紐西蘭位於東京之大使館舉行「New Zealand Geothermal Seminar in Tokyo」。
- 4、派駐印尼協助推動地熱現況(如附件 10)
 - (1)印尼全國地熱潛能約 29,000MW，依據能源及礦物資源部 (Ministry of Energy & Mineral Resources, MEMR)發布，截至 2017 年 8 月份止地熱發電裝置容量為 1,698.5MW，目前更訂定雄新目標(Ambitious Target)，預計每年裝置容量增加 550MW，2025 年目標為 7.2GW，共有 71 個地熱場址，其中 19 個現存場址，新增 52 個場址。

(2)推動地熱面臨之挑戰：

- A、經濟挑戰-價格是地熱發展重要因素之一。
- B、場址挑戰-地熱場址多位於山區，基礎建設之進入條件變成挑戰。
- C、資源挑戰-地熱地質探勘風險極高。
- D、社會挑戰-發展地熱活動，公共教育仍須改進。

(3)NZTE 將於 2018 年 3 月在雅加達舉辦「New Zealand Renewable Energy Roundtable Series 2018, Jakarta, Indonesia」。

5、派駐**菲律賓**協助推動地熱現況(如附件 11)

(1)菲律賓截至 2016 年 10 月底止，地熱發電總裝置容量為 1,906MW，世界排名第二位，全國共有 8 座地熱發電廠，電廠規模自 20MW 至 722.68MW 不等。

(2)菲律賓 2017 年至 2040 年地熱戰略方向：

- A、確保能源安全
- B、擴大能源進入
- C、提昇低碳未來
- D、加強所有投入能源政府機構間之合作
- E、執行、監測、整合部門和技術路線圖與行動計畫
- F、擁護能源部通過之立法議程
- G、加強消費者福利和保護
- H、促進更強大之國際關係和夥伴關係

(3)菲律賓預計至 2040 年增加地熱裝置容量達 **3,330MW**。

(五)研討會議程內容如下：

<p>Wednesday 22 November 2017 上午</p> <p>Keynote Speech 1 - Rupert Sutherland</p> <p>DFDP-2 (THE DEEP FAULT DRILLING PROJECT-2) GEOTHERMAL DISCOVERY IN WESTLAND, NEW ZEALAND</p> <p>紐西蘭韋斯特蘭市發現深部斷層鑽井計畫</p>			
<p>議程 1.1 地質模式(包含 5 項議題)</p>	<p>議程 1.2 地質條件(包含 5 項議題)</p>	<p>議程 1.3 環境議題(包含 4 項議題)</p>	<p>議程 1.4 其他(包含 5 項議題)</p>
<p>下午</p> <p>Keynote Speech 2 - Gudmundur Fridleifsson</p> <p>IDDP-2 (THE ICELAND DEEP DRILLING PROJECT-2) DRILLING INTO THE SUPERCRITICAL AT REYKJANES</p> <p>超臨界條件案例-冰島深鑽計畫</p>			
<p>議程 2.1 地質模式(包含 5 項議題)</p>	<p>議程 2.2 結垢與防蝕工程(包含 5 項議題)</p>	<p>議程 2.3 地球化學(包含 4 項議題)</p>	<p>議程 2.4 鑽探工程(包含 5 項議題)</p>
<p>議程 3.1 地質模式(包含 5 項議題)</p>	<p>議程 3.2 結垢與防蝕工程(包含 5 項議題)</p>	<p>議程 3.3 地球化學(包含 5 項議題)</p>	<p>議程 3.4 Taupo Volcanic Zone (TVZ) 紐西蘭火山系統(包含 3 項議題)</p>
<p>Thursday 23 November 2017 上午</p> <p>Keynote Speech 3 - James Faulds</p> <p>DISCOVERING NEW GEOTHERMAL SYSTEMS IN THE GREAT BASIN REGION, WESTERN USA : AN INTEGRATED APPROACH FOR ESTABLISHING GEOTHERMAL PLAY FAIRWAY</p> <p>發現探勘新地熱系統</p>			
<p>議程 4.1</p>	<p>議程 4.2</p>	<p>議程 4.3</p>	

地熱生產工程(包含 5 項議題)	地球物理(包含 5 項議題)	其他(包含 5 項議題)
<p>下午</p> <p>Keynote Speech 4 - Initiating Maori Engagement - Included in this is Kaitiakitanga Future Geothermal Innovation and Direct Use</p> <p>未來地熱能創新與直接利用</p>		
議程 5.1 地熱生產工程(包含 5 項議題)	議程 5.2 地球物理(包含 5 項議題)	議程 5.3 直接利用專題(包含項議題)
Friday 24 November 2017 全天		
一、紐西蘭公部門報告		
(一)MBIE(Ministry Of Business,Innovation & Employment)商業、創新與就業部在紐西蘭地熱部門扮演之角色		
(二)MFAT(Ministry Of Foreign Affairs & Trade)外交貿易部針對地熱能源援助計畫		
(三)NZTE(Zealand Trade & Enterprise)紐西蘭貿易和企業派駐日本機構報告地熱推動現況		
(四)NZTE(Zealand Trade & Enterprise)紐西蘭貿易和企業派駐印尼機構報告地熱推動現況		
(五)NZTE(Zealand Trade & Enterprise)紐西蘭貿易和企業派駐菲律賓機構報告地熱推動現況		
(六)AGF(Africa Geothermal Facility)非洲地熱進程報告		
二、各研究機構計畫報告		
三、地熱開發產業公司計畫報告		
四、大會結束		

五、心得

- (一)第 39 屆紐西蘭地熱研討會為一次重要里程碑，除 10 年展望外，主要地熱發展國家均參與此次盛會，出席者將近 250 位，依不同技術領域分別於 4 個研究室進行討論，共計發表論文 131 篇，提出各國重要的成果。此類型研討會，著重地熱各領域之技術分項，無論對技術、政策及電廠營運人員，均可以在各議題項目獲得深入之資訊。尤其第三天議程為主要國家地熱發展管理及各廠商營運現況報告，對趨勢及實質地熱能源電力操作，為極其難得之重要經驗。
- (二)紐西蘭在國際地熱支援及技術合作上，是非常開放的國家，很值得我國借鏡。其地熱以 GNS 研究機構與奧克蘭大學技術支援，負責相關技術之研發，與我國工研院類似，應可加強雙方在地熱發展及國際合作上之連繫。

六、檢討及建議

- (一)我國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、原住民之共生共榮，十分值得我國借鏡。紐西蘭具有原住民協調協會組織，實質參與開發之建議與協調，應比我國以傳統之原民法在部落研討會後介入較具可行性及原住民參與精神，建議爾後國內如舉辦相關國際性地熱研討會時，似可考慮邀請紐西蘭毛利民族代表與會，以期經驗分享及傳承。
- (二)我國在地熱發展上應實質加入太平洋火環之地熱國際合作組織，如日本、印尼、菲律賓，甚至非洲，均加入類似 NZTE 的互助組織，可以加速密集進行技術之交流、專業人員訓練及開發場址技術參與。在我國的商業電廠推動及技術產業(如深鑽、地質評估、生產管理及電廠系統等)可實質加快達到國家目標。
- (三)我國在能源投資分配上，地熱的投資占比與國際政府投入經費規模相對較低。地熱發展過程涉及開發技術、土地、環境、人

文、教育等議題，且地熱開發成功的關鍵，則在早期之調查、反覆評估與鑽探之決策，期程相當冗長。類似我國同一時期開發地熱之菲律賓，目前地熱發電已然成為該國本土資源產生電力的最大來源，除裝置容量在國際間排名第 2 位外。由各國地熱發展之實例可知政府的決心及持續是重要關鍵。建議我國應加強與紐國之技術交流及實質合作。

(四)紐西蘭為發展地熱發電相當先進的國家，目前地熱發電裝置容量在國際間排名第 5 位，有關推動地熱發電之策略，或協助其他國家發展地熱及提供技術、經費支援，均不遺餘力，值得我國效法，本次僅單純參與國際地熱研討會，建議未來可組團前往紐國拜會相關主管機關及參訪相關再生能源發電設施，以期吸取紐國開發地熱經驗供參。

(五)我國再生能源發展政策目標，已宣示 2025 年地熱發電裝置容量為 200MW；惟在相關國際性研討會中並未適時宣示，本屆紐西蘭地熱研討會與會人士共發表 131 篇，逕相發表各國推動地熱之現況。爾後如參加相關國際性地熱研討會，建議爭取於會中發表論文，說明國內發展目標，期能吸引國外廠商之關注，適時投入經費或技術支援引進，加速完成我國推動地熱發電之政策目標。

七、致謝

(一)參加本次出席第 39 屆紐西蘭地熱研討會，首先要感謝主辦單位奧克蘭大學地熱機構(Geothermal Institute , the University of Auckland) Dr. Andrew Rae 及 GNS 地熱研究團隊給予地熱儲集層模式建立的細節分享及技術合作建議，GNS 亦建立網頁供參(如附件 12)。

(二)其次，感謝紐西蘭商工辦事處 Wilson Chau 組長及同仁，於研討會前及會議期間之協助連繫，並引見或會晤相關人士(如附件

13)及研討會贊助單位(如附件 14),分享紐西蘭於地熱開發技術之成果,以及協助日本、印尼、菲律賓及非洲國家定熱開發之經驗。