

出國報告(出國類別：開會)

參加第 21 屆臺菲部長級經濟合作會議，
並參觀地熱發電廠及地熱發電公司

服務機關：台灣中油公司探採事業部、台灣中油公司探採研究所

姓名職稱：李茂全代處長、黃旭燦組長

派赴國家：菲律賓

出國期間：104 年 12 月 1 日至 104 年 12 月 5 日

報告日期：104 年 12 月 30 日

摘要

參加此次菲律賓地熱參訪團，最大以收穫為與 EDC 專業人員討論地熱能源發展的各項經驗，包括地熱地質、生產設備、鑽井議題、注水井的設置、電廠的工安等。

提出早期清水地熱電廠的問題進行討論，清水地熱電廠早期缺乏回注井之概念，導致地熱蒸汽及熱水愈來愈少，最後無法營運，這次參訪瞭解到督瑪庫特第一電廠的生產井有 26 口，注水井有 10 口，第二電廠有 19 口生產井，5 口注水井，注水井的生產井的比例相當高，而以前清水電廠注水井為零，只要增加清水地熱區的注水井數量則清水地熱電廠有可能復活。

地熱電廠的設置需有長達 5-6 年的民眾溝通，包括國家能源教育、地熱能源教育等並能深入社會的每一職業階層，以降低民眾的抗爭，這一點讓我們覺得我們做的比重上仍然太少。

另外值得一提，地熱能源的長期利用確實可以降低火山噴發及地震發生的頻率。

目 次

摘 要	I
目 次	II
圖目錄	III
壹、目的	1
貳、過程	2
參、心得	4
肆、建議事項	15

圖目錄

圖 1、菲律賓 EDC 公司擁有 1159MW 的地熱發電、150MW 的風力發電及 132MW 的水力發電。.....	5
圖 2、美國加州 CASA DIABLO 地熱田之案例，注水井的深度遠超過生產井，且必須位於注水的剪切帶內，套管的規模也遠大於生產井。.....	5
圖 3、督馬庫特地熱電廠的發電機組。.....	8
圖 4、督馬庫特地熱電廠的 35MW 之渦輪式發電機維護的情形。..	9
圖 5、參觀督馬庫特地熱電廠的控制室。.....	10
圖 6、解說地熱電廠的操控。.....	10
圖 7、督馬庫特地熱電廠的生產井系列之一，沿破裂帶分佈。	11
圖 8、督馬庫特地熱電廠的蒸氣與熱水分離器。.....	11
圖 9、督馬庫特地熱電廠的配置說明圖。.....	12
圖 10、參訪團員與電廠解說人員合影。.....	12
圖 11、督馬庫特地熱電廠的侷限空間作業的工安警語。.....	13
圖 12、督馬庫特地熱電廠的工安看板說明圖。.....	13
圖 13、第三天參加台菲經貿會議。.....	14
圖 14、第四天參加台菲部長級晚宴交流會議與菲律賓內閣祕書長(圖最右側)合影留念，最左側為李茂全處長。.....	14

壹、目的

參觀菲律賓地熱發電電廠，菲律賓為全球第二大地熱發電國家，發電規模已達近 2000MW 的規模，僅次於美國，加以其地理條件與台灣接近，均屬於東亞島弧上，對於地熱發電廠的設置及相關標準作業流程，皆可做為借鏡，對於未來中油公司投資地熱電廠，均有相當大的助益。

蒐集菲律賓地熱發電電廠之各項技術發展，以利擬定地熱電廠建置相關技術需求。期望討論地熱回注井的位置、地質裂隙條件及相關設施等，並討論地熱鑽井對應的井下高溫鑽井泥漿特性，參考其地熱鑽井高溫及防酸之套管水泥配方，以利後續進行鑽井成本評估、地熱電廠經濟評估及其投資報酬率、成本回收年限等之參考。

貳、過程

地熱參訪團的行程如下表：

參訪團的團員包括：工研院 1 人、中油公司 2 人、台灣大學 1 人、台灣環保聯盟 1 人、結元鑽井公司 1 人、蘭陽地熱公司 3 人。參訪行程共五天，前後兩天分別為啟程和返程，第二天參訪 EDC 的督瑪庫 (Dumagute) 電廠，第三天參加台北-菲律賓經濟文化交流協會 (TECO) 與馬尼拉經濟文化交流協會 (MECO) 之 MOU 會議，第四天參加中華民國與菲律賓部長級經濟交流晚宴會議。

ITINERARY

Taiwan Geothermal Delegation

Dec 1 to 5, 2015

Taiwan Geothermal Delegation (TGD):

1. Industrial Technology Research Institute: 1 pax
2. Chinese Petroleum Corporation: 2 pax
3. National Taiwan University: 1 pax
4. Taiwan Cogeneration Co.: 3 pax
5. Jie Yuan Technology Co., LTD: 1 pax
6. National Taiwan Ocean University: 1 pax
7. Lan Yang Geothermal Resources Inc.: 1 pax

Taipei Economic and Cultural Office in the Philippines (TECO)

Philippine Energy Development Corporation (EDC)

Philippine Department of Trade and Industry (DTI)

Philippine Board of Investments (BOI)

Philippine Department of Energy (DOE)

TIME	ACTIVITY	PARTY RESPONSIBLE
Day 1 : Dec 1, 2015 (Tuesday)		
17:30 PM	Meeting and check-in at "One Pacific Place Hotel", ACI Group Building, H.V. Dela Costa, Makati, 1227 Metro Manila, Philippines	TGD
Day 2 : Dec 2, 2015 (Wednesday) Geothermal Power Plant		
4:40 AM – 5:00 AM	Travel to Airport: Terminal 3	TGD
7:00 AM – 8:25 AM	Air Travel to Dumaguete: Flight 5J 625 via Cebu Pac	TGD
10:30 AM – 14:30 PM	Safety and Security briefing EDC Plant visit EDC – Taiwan delegation discussion and meeting	EDC (TCC won't participate the visit) EDC to provide airport pick up and host lunch
15:20 PM – 16:40 PM	Air travel to Manila: Flight Philippine Airline PR 2544	TGD
1700 - 1800	Travel back to hotel	TGD
Day 3 : Dec 3, 2015 (Thursday)		
11:40 AM – 14:00 PM	PT-21 st JEC Day 1- side meeting MECO – TECO discussions on proposed MOU Audio Visual Room@6F@DTI building	DTI , BOI, DOE, TECO Only Liu, Chih-Hsi (ITRI) participate
Day 4 : Dec 4, 2015 (Friday)		
8:00 AM – 18:00 PM	Standby for PT-21 st JEC Proper Day 2	DTI , BOI, DOE, TECO Only Liu, Chih-Hsi (ITRI)
18:40 PM – 21:00 PM	21 st JEC Dinner Ball Room@ The Peninsula Manila	DTI, TGD
Day 5 : Dec 5, 2015 (Saturday)		
	Return flight to Taipei	TGD

參、心得

此地熱參訪團由經濟部能源局舉辦，邀請台灣地熱相關業者參加，由工研院綠能所柳志錫副組長領隊前往菲律賓 EDC 公司的電廠參訪有關地熱發展業務。菲律賓 EDC 公司擁有 1159MW 的地熱發電、150MW 的風力發電及 132MW 的水力發電(圖 1)。

第二天心得：

- 一、第二天由馬尼拉搭機前往 EDC 公司的 Dumagute 地熱發電廠，該電廠位於馬尼拉市東南方約 600 公里處。該地熱電廠再細分為兩廠，我們主要參觀第一廠。
第一廠的發電約 100 MW，共有四部渦輪式發電機組，平常有三部運作，一部進行維修保養。第一電廠共有 26 口生產井，10 口注水井。在簡報中提到菲律賓政府對有關地熱能源的要求為 20 年內增加一倍的產值，達到 2000 MW。這一點值得我們借鏡及努力。
- 二、針對中油公司以往經營的地熱礦區的問題提出討論，美國加州 Casa Diablo 地熱田之案例(圖 2)，對於地熱礦區的注水井問題之解決。注水井的基本條件為必須 1、在破裂帶內 2、而且其井深必須大於生產井 3、另外的條件為注水井或生產井必須介於 5-7 公里之間。注水井又可分為兩種包括熱水回注井，冷水回注井。
- 三、此外參觀的發電機組(圖 3)、渦輪發電機組之維修情形(圖 4)、發電機控制室(圖 5)、發電控制室操作情形(圖 6)、一系列生產井的設備(圖 7)、生產井之蒸氣與熱水分離器(圖 8)、電廠設置全圖(圖 9)等，最後與解說人員合影留念(圖 10)。



圖 1、菲律賓 EDC 公司擁有 1159MW 的地熱發電、150MW 的風力發電及 132MW 的水力發電(引用自網站資料)。

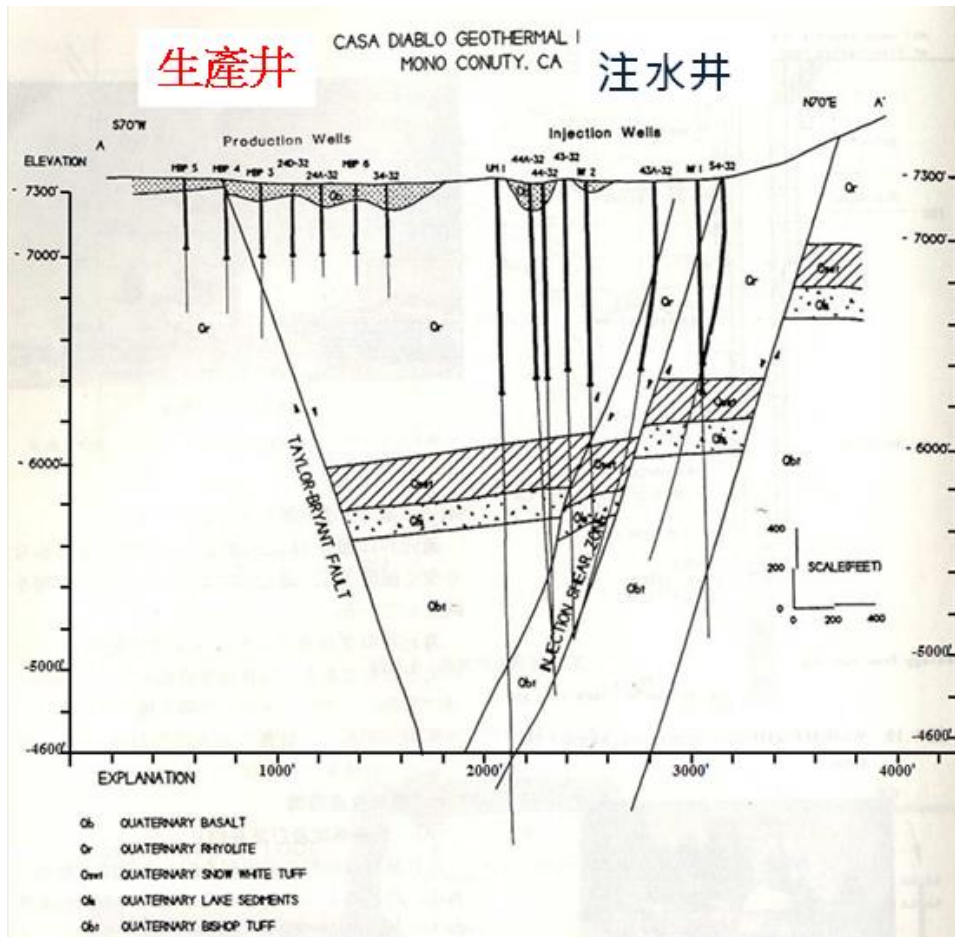


圖 2、美國加州 CASA DIABLO 地熱田之案例，注水井的深度遠超過生產井，且必須位於注水的剪切帶內，套管的規模也遠大於生產井。(藤森誠二等，1996)

四、EDC 的地熱鑽井方面，地熱探井用傳統的泥漿鑽井法，在地熱生產井則用空氣鑽法，對於生產層會有較佳的保護作用。有關空氣鑽井法的基本資料引述自 2011 年中國石油新聞中心資料如下：

空氣鑽井是一種特殊的欠平衡鑽井技術。它是將壓縮空氣既作為迴圈介質，攜帶岩屑，又作為破碎岩石的能量。空氣鑽井的優勢在於：1.顯著提高機械鑽速，縮短鑽井週期；2.井底清洗及冷卻條件好，延長了鑽頭使用壽命，節省了鑽頭用量；3.使用空氣錘鑽頭鑽壓小、轉速低、扭矩小，防斜效果更加良好；4.可有效避免井漏等井下複雜情況的發生，有利於環境保護。空氣鑽井的缺點主要在兩個方面：一是空氣鑽井是欠平衡鑽井，因而當遇到地層出水、油氣侵顯示時，便不能夠平衡地層壓力，要立即轉換成鑽井液鑽井方式。所以即使在空氣鑽井時也要配置好壓井泥漿，隨時準備轉換鑽井方式。二是空氣鑽井費用高，空氣鑽井每天耗油量是 8 噸至 10 噸。空氣鑽井時可用三牙輪鑽頭，也可以用 PDC 鑽頭鑽進，但一般採用空氣錘鑽頭鑽進，效果更佳。氣錘鑽頭是由空氣錘和空氣鑽頭兩部分組成，高壓氣體通過鑽桿進入空氣錘鑽頭，一部分高壓空氣從空氣錘中心通孔到鑽頭水眼吹出，用於攜帶岩屑，另一部分高壓空氣進入空氣錘環形空間氣室用於推動空氣錘內活塞上下運動做功，從而對井底岩石進行高頻衝擊，使岩石發生體積破碎，實現旋轉衝擊式快速鑽進。空氣鑽井時，鑽臺上的立壓、懸重、扭矩、轉盤這些工程參數可正常採集。而泵衝、電導、溫度、密度、池體積、流量等這些與鑽井液鑽井相關的感測器均無法安裝、無法採集。

五、工安問題之觀摩

督瑪庫特電廠也非常注重工安的問題，除了電廠內需有一廢水集中池外，設有風向儀器及員工配戴硫化氫濃度偵測器，設有緊急救護車，並常常舉辦工安演習，此外，許多地方均有看到提醒員工注意安全，以免被燙傷或是墜落之警語(圖 11 及圖 12)。在電廠內參觀，護目鏡、耳塞等均需配戴。

六、民眾溝通問題

EDC 公司也時常注意民眾溝通，對一個電廠設立而言，約需表達 5 至 6 年的時間包括各行業領導階層的國家能源教育，地熱能源民眾教育、提供社區小學、提供就業機會等。

第三天心得：

第三天的會議由菲律賓投資部執行長 Nestor Arcansalin 及經濟部祕書長李君禮主持，會中討論台灣與菲律賓之間互相投資的事宜，台灣目前的專業是太陽能電廠的整廠設置，菲律賓的強項則是地熱電廠的設置等。雙方均有合作的空間(圖 13)。

會中並與 ECD 公司 Bayrante 及 Santos 先生交換地熱發電及地熱地質的一些心得。

第四天心得：

第四天的晚宴會議的菲律賓內閣祕書長 Jose Rene D. Almendras(圖 14 最右側)與我國經濟部鄧振中部長聯合主持。我國經濟部長鄧振中率台灣的經貿團體(包括電子業、機械業、雜貨業、生化產品業等)參加，地熱參訪團亦是其中一團(圖 14)。菲國政府展現其大誠意與台灣經貿團交流。菲國是非常需要台灣中小企業的幫忙，

以協助其經濟發展。自從 1971 年以來，地熱發電一直是菲國重要科技之一。有成熟的設廠技術，並投資到紐西蘭、印尼、智利等國家。

在 5 月 4 日晚宴上，菲律賓內閣祕書長提到菲律賓政府自從開發地熱發電以來，的確可以減少火山的噴及地震的發生。



圖 3、督馬庫特地熱電廠的發電機組。



圖 4、督馬庫特地熱電廠的 35MW 之渦輪式發電機維護的情形。



圖 5、參觀督馬庫特地熱電廠的控制室。



圖 6、解說地熱電廠的操控。



圖 7、督馬庫特地熱電廠的生產井系列之一，沿破裂帶分佈。



圖 8、督馬庫特地熱電廠的蒸氣與熱水分離器。

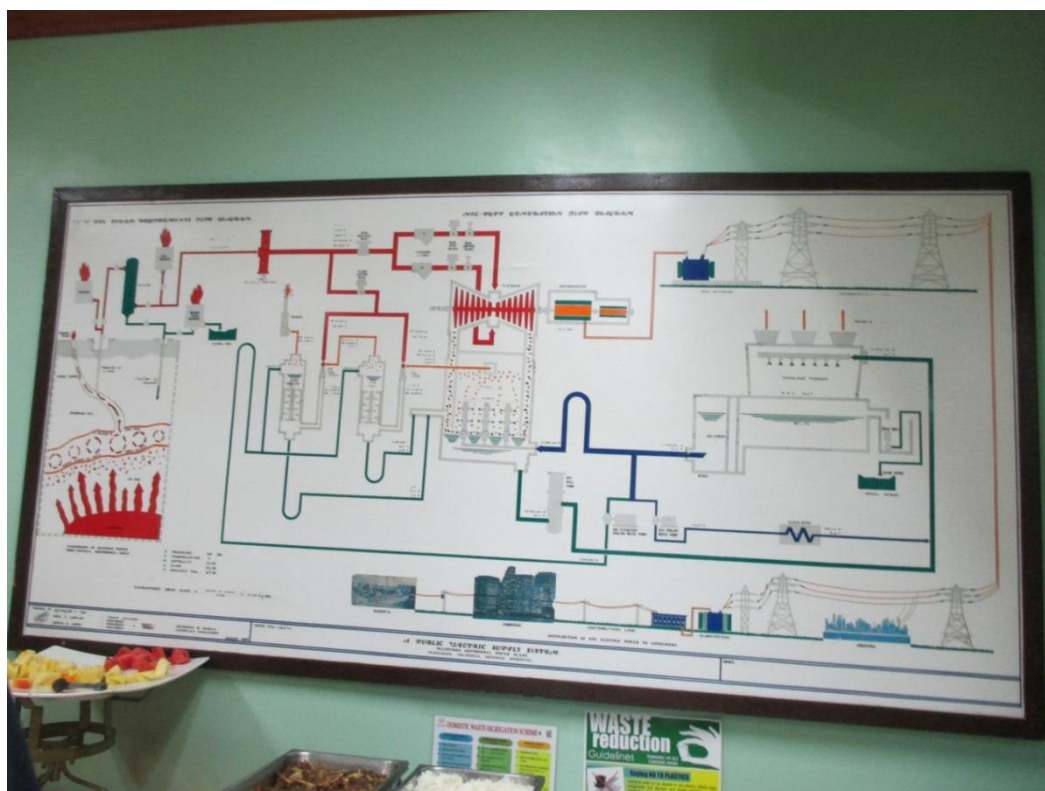


圖 9、督馬庫特地熱電廠的配置說明圖。



圖 10、參訪團員與電廠解說人員合影。



圖 11、督馬庫特地熱電廠的局限空間作業的工安警語。



圖 12、督馬庫特地熱電廠的工安看板說明圖。



圖 13、第三天參加台菲經貿會議。



圖 14、第四天參加台菲部長級晚宴交流會議與菲律賓內閣祕書長(圖最右側)合影留念，最左側為李茂全處長。

肆、建議事項

太平洋火環帶的國家有類似的島弧地質條件，火成岩的存在是共同的特徵，有豐富的地熱資源。一個火成岩區的地熱電廠生命約為 50 年，因此地熱電廠擁有可觀的利潤。

今年十一月份的巴黎議定書已決定了未來世界節能減碳抵抗地球暖化的方向，以減緩地球暖化而帶來的危害。目前台灣地區減核聲浪高漲，發展持續性運動地熱綠能的方向更是迫切需要。台灣是火環帶的國家之一，突破建立一個能商轉的地熱電廠是國家重要指標之一，也就是打破零地熱電廠的紀錄。

菲律賓地熱發電作全世界第二位，僅次於美國，其地熱發電科技從 1971 年開始至今，已相當成熟，具有設計整個地熱電廠的能力，並積極拓展海外投資。菲律賓的 EDC 能源公司與台灣氣電公司及工業技術研究院訂有策略聯盟，歡迎台灣的地熱參訪團前往參觀。這次我參加此參訪行程，收穫良多，以後若有此機會鼓勵年輕的同仁盡量參加，能與國際專家詳細地討論地熱地質、地熱會議、地熱生產、地熱發電等問題，開啟視野，拓展國際交流及國際市場。

菲律賓 EDC 非常注重當地民眾溝通的問題包括各行業領導階層的國家能源教育、地熱能源教育、興辦社區小學及活動中心、提供就業機會。此溝通時程長達五至六年。有關這方面長期性及整體性溝通的作法值得我們學習。