

出國報告（出國類別：考察）

菲律賓地熱能源考察出國報告

服務機關：核能研究所

姓名職稱：施清芳 副研究員

派赴國家：菲律賓

出國期間：100 年 12 月 5 日~100 年 12 月 9 日

報告日期：100 年 12 月 15 日

摘 要

菲律賓是世界第二大地熱能源開發大國，根據 2003~2012 年之菲律賓能源計畫，地熱發電也是該國本土資源產生電力的最大來源，未來也會是最顯著的能源。該國地熱發電約佔總能源之 22.2%，除供應實質電力外，地熱發電也節省國外進口石油的大量費用。據估計，10 年內地熱能源每年將節省 5.884 億美元之進口石油。目前該國評估未開採之地熱潛能可達 2,600 MW，預估開採後將可達最大達 1,200 MW，地熱資源相當可觀。經濟部部長本(100)年 9 月 12 日出席亞太經濟合作會議(APEC)，與菲律賓能源部部長就我國籌組地熱發電考察團前往菲律賓進行經驗交流一事，達成共識。台灣目前尚無商業運轉之地熱發電廠，對地熱田開發及營運缺乏相關經驗。未來可藉助菲律賓地熱發展之經驗及技術，來加速國內地熱發電之進展，雙方並可進一步合作，共同發展深層地熱與發電的技術，增加自主能源比例，並為全球碳排放減量盡一份心力。本次菲律賓地熱出國參訪團由經濟部能源局蘇金勝組長帶隊，共有來自核能研究所、台灣電力公司及工業技術研究院等六位專家參與。拜訪單位包括：菲律賓國家能源部(DOE)、國家電力公司(National Power Corporation; NPC)、能源開發公司(Energy Development Corporation; EDC)等單位，並現地參訪位於呂宋島的 Makban 地熱電廠及 Negros 島的 Palinpinon 地熱電廠。核能研究所派員參加本次考察團赴菲律賓地熱能源考察，可有效提升我國對菲律賓地熱能源發展的瞭解，期對未來參與國內相關研究有所助益。

目 次

摘 要

(頁碼)

一、目 的	3
二、過 程	4
三、心 得	7
四、建 議 事 項	10
五、附 錄	11

一、目 的

僅次於美國，菲律賓是世界第二大地熱能源開發大國。據路透社報道，未來該國能源部地熱資源處將批准 19 個地熱能源項目。該國政府對可再生能源項目的大力支援和鼓勵政策，將大大促進地熱資源的開發利用。給予可再生能源項目的優惠政策包括賦稅優惠期和免稅政策。近期該國政府簽訂 87 個項目，推動替代能源的發展。根據菲律賓能源部的資料顯示，2008 年，地熱能源佔菲律賓總能源產出的 17%，總裝機容量約達到 2000 兆瓦。目前該國政府就 10 處地熱資源開發項目進行招標，同時還有 9 項合作正在與公司直接進行商討，這些合作總共將開發 620 兆瓦的地熱能源。

經濟部部長本(100)年 9 月 12 日出席亞太經濟合作會議(APEC)，與菲律賓能源部 Calendars 部長就我國籌組地熱發電考察團前往菲律賓進行經驗交流一事，達成共識。台灣目前尚無商業運轉之地熱發電廠，對地熱田開發及營運缺乏相關經驗。未來可藉助菲律賓地熱發展之經驗及技術，來加速國內地熱發電之進展，雙方並可進一步合作，共同發展深層地熱與發電的技術，增加自主能源比例，並為全球碳排放減量盡一份心力。

核能研究所（本所）派員參加本次考察團赴菲律賓地熱能源考察，可有效提升我國對菲律賓地熱能源發展的瞭解，期對未來參與國內相關研究有所助益。

二、過 程

(一) 行程

本次出國公差赴菲律賓地熱能源考察，行程說明如下表：

日期			內容
年	月	日	
100	12	5	台北赴菲律賓(馬尼拉)
100	12	6	地熱電廠參訪(一)：Mak-Ban geothermal power plant
100	12	7	地熱電廠參訪(二)：Palinpinon geothermal power plant
100	12	8	一、參訪 EDC 公司 (Energy Development Corporation) 二、參訪國家電力公司
100	12	9	一、參訪菲律賓國家能源部 二、菲律賓返回台北

(二) 參加人員

本次參訪考察參加人員合計 6 人，包含

1. 經濟部能源局蘇金勝組長
2. 核能研究所副研究員施清芳
3. 台灣電力公司賴一桂組長
4. 工業技術研究院：胡耀祖副所長、柳志錫副組長與郭泰融經理

(三) 議程

1. 全程

日期			內容
年	月	日	
100	12	5	台北赴菲律賓(馬尼拉)；參訪行程討論
100	12	6	參訪地熱電廠 (一) Mak-Ban geothermal plant 1. Mak-Ban 地熱電廠介紹 2. 地熱儲集層管理技術 3. 地熱酸處理技術
100	12	7	參訪地熱電廠 (二) Palinpinon geothermal power plant 1. Palinpinon 電廠簡介 2. 結垢抑制技術與尾水回注技術 3. 鑽井與產能試驗技術 4. 地熱酸處理技術
100	12	8	一、參訪 EDC 公司 1. 菲律賓地熱發電開發經驗分享 2. 菲律賓地熱田介紹 3. 地熱田經營與管理 4. 台、菲雙邊地熱技術可合作項目研討 二、參訪國家電力公司 1. 電力網路管理 2. 地熱電廠發電並聯相關規定
100	12	9	一、參訪菲律賓國家能源部 1. 菲律賓促進地熱發電之獎勵措施 2. 菲律賓能源政策與相關法案 3. 台灣促進地熱發電的策略建議 二、返回台北

2.參訪 Mak-ban 地熱電廠

- (1>Welcome (5 mins)
- (2)Safety Moment (5 mins)
- (3)Chevron 101 (10 mins)
- (4)Geothermal 101 (15 mins)
- (5)Background of Mak-Ban Field, Reservoir Management, Q&A (20 mins)
- (6)Personal protection Equipment (5 mins)
- (7)Field Tour
- (8)Base Camp Wells
- (9)Satellite Station 1
- (10)COC Room, Plant Station A
- (11)Power Plant / Science Centrum

3.參訪 Palinpinon 地熱電廠

- (1)Briefing & Presentation
- (2>Welcome Note –DWIGHT A. MAXINO
- (3)Safety Orientation – Marcus M. Langcoyan
- (4)Briefing on Geothermal Operations – Joan M. Ilanga
- (5)History of Southem Negros Geothermal Project
- (6)Overview of drilling and production process
- (7)Waste Management
- (8)Briefing on Calcite Inhibition System – Dennis R. Sanchez
- (9)Briefing on Power Generation – Carlo Melchiades R. Borromeo
- (10)Question and Answer

三、心得

1. 台灣地熱菲律賓參訪團由經濟部能源局蘇金勝組長帶隊，共有來自台電、核能研究所及工研院等六位專家參與。拜訪單位包括：菲律賓國家能源部(DOE)、國家電力公司(National Power Corporation)、能源開發公司(Energy Development Corporation)等單位，並現地參訪位於呂宋島的 Makban 地熱電廠及 Negros 島的 Palinpinon 地熱電廠。
2. 菲律賓目前共有 19 座地熱發電廠，總發電裝置容量達 1966MW，約佔全國發電容量之 12%；每年由地熱發電所供應之電量佔約 10 TWh，佔全國發電供應量之 15%。
3. 菲律賓之地熱田主要分布於菲律賓斷層帶兩側之火山區，屬火山型地熱田。地熱儲集層溫度在 250~330℃，地熱生產井之平均產能在 4.5 ~ 7 MWh 之間。
4. Mak-Ban 地熱電廠：位於馬尼拉市南方約 60 km 處，由美國 Chevron 石油公司負責地熱田之開發與營運，共有五個電廠 16 部發電機組，閃發式發電機組 10 組，雙循環發電機組 6 組，總裝置容量達 426 MW。開發初期共鑽鑿 11 孔探勘井，僅 2 孔探勘井具地熱發電潛能，其餘 9 孔探勘井不具地熱開發潛能，地熱水水質 pH 值 4.5~6 之間，無結垢問題。第一孔生產井於 1975 年完成之後持續生產超過 35 年，目前產能 110 klb/h。(附錄：圖 1~圖 4)
5. Palinpinon 地熱電廠：位於 Negros 島南側，由菲律賓能源開發公司(EDC)負責地熱田之開發及營運，共有 4 部閃發式發電機組，總裝置容量達 192 MW。地熱生產井鑽鑿深度在 2800 ~ 3200 公尺之間，地熱儲集層溫度在 250 ~ 320 °C 之間，蒸汽量約佔 40%。地熱田的二氧化碳結垢問題早期使用人工修井(Work-over)的方法進行，修井後的產能約可維持 4~6 個月。近年來改採用結垢抑制系統，可將修井的時間有效延長至二年。(附錄：圖 5~圖 10)
6. 能源開發公司(EDC)[附錄：圖 11]：成立於 1972 年，成立初期之人力、技術、機具、資產主要是轉移自(Philippines National Oil Corporation，簡稱 PNOC)下的油田探勘與開採團隊，主要業務為地熱田之開發與營運，2009 年民營化成為獨立公司。除了 Tiwi 和 Mak-Ban 兩個地熱田之外，菲律賓其他地熱田的經營權和尚未開發地熱田的探勘契約都是屬於 EDC 所擁有資產。在地熱電廠營運下所培養的技術團隊，技術已佔國際領先地位，目前已在印

尼(Indonesia)、巴布亞新幾內亞(Papua New Guinea)、肯亞(Kenya)等國協助地熱發展。EDC 掌管 60%的菲律賓地熱發電廠(約 1200MWe)，在超過 30 年的電廠營運中，不管在探勘鑽井技術、儲集層工程技術及電廠營運管理等方面皆具世界級能力。

7. 國家電力公司：掌管菲律賓境內各種發電設施及電力輸配業務。早期菲律賓地熱電廠大部分都是國家電力公司的財產，2009 年以後地熱陸續開放民間經營，目前僅位於 Leyte 島的 Lyete A & B 電廠及位於民答那峨島的 MT. APO I & II 電廠仍屬國家電力公司之財產。(附錄：圖 12)
8. 菲律賓的地熱探勘始於 1960 年代，至 1970 年代後，由菲律賓政府邀請 Unocal (Union Oil of California) 組成 Philippine Geothermal, Inc. (簡稱 PGI)，再以契約委託方式先進行全國地熱能源的普查與探勘。1974 年再由國家電力公司，以契約委託方式 Chevron Geothermal Philippines Holding Inc.)，負責 Tiwi 和 Mak-Ban 兩個地熱田的細部探勘以及供氣設施的設置與營運。成立初期之地熱鑽井、經營等相關技術來源來自於紐西蘭、美國、日本、冰島，甚至於當時台灣的中國石油公司亦曾參與過該國的地熱井鑽探。1974 年成功引進外國資金以及技術之後，其國內的其他地熱田也同時由菲律賓國營石油公司進行探勘活動。基於培植本土能力的需要，PNOC 乃於 1976 年成立能源開發公司(Energy Development Corporation，簡稱為 EDC)專責地熱田的探勘、開發與日後的營運。
9. 地熱田探勘與生產井鑽鑿為地熱發電開發之最重要課題，初期探勘階段由於對資源的掌握度不足，導致探勘井失敗之機率相當高。以菲律賓 Mak-Ben 電廠為例，在開發初期鑽鑿 11 孔探勘井，僅 2 孔探勘井具地熱發電潛能，由於有國家經費支持，累積技術及資源的掌握度後，地熱發電廠裝置容量超過 400 MW，運轉時間迄今已超過 35 年，是相當值得投資的再生能源。對私人企業投資地熱發電而言，因為開發初期對資源掌握度不足，導致投資裹足不前的例子屢見不鮮。菲律賓發展地熱成功案例可以成為我國開發地熱的參考，先期以國家的資源投入地熱田的探勘與評估，並有條件開放外國技術進入本國進行相關的探勘與研究，待地熱田評估具商業運轉的潛能後，再將電廠轉給民間經營。
10. 菲律賓地熱發展成功除政府大力投資與資源優厚外，高電價(11 Peso/kwh，約 9 NT/kwh)使地熱發電更具經濟誘因，亦是今日菲律賓地熱發電的蓬勃發展的重要因素之一。
11. 根據另一份菲律賓能源部(附錄：圖 13)資料顯示，在 2003~2012 年之菲律賓能源計畫，地

熱發電也是該國本土資源產生電力的最大來源，未來也會是最顯著的能源。地熱發電約佔總能源之 22.2%。除供應實質電力外，地熱發電也節省國外進口石油的大量費用。未來 10 年地熱能源每年將可取代 25 MMBFOE (Million barrels of fuel oil equivalent)，約等於每年節省 5.884 億美元。目前，評估未開採之地熱潛能可達 2,600 MW，預估開採後將可達最大達 1,200 MW，其中 610MW 將屬於政府所屬的 Philippine National Oil Corporation-Energy Development Corporation (PNOC-EDC) 契約範圍內。為了達到開採需求，目前平均每年將開採 36 座探測井，其中 25 座由 PNOC-EDC 進行，11 座則由私人機構進行。在 10 年計畫期間，預估從 2003 年之 14.1TWh 到 2012 年之 15.1TWh 之發展，目前地熱開採量將可達每年 0.8% 之電力增長。此亦等同從 2003 年之 23.5 MMBFOE 發展到 2012 年之 25.2 MMBFOE，節省約 62 億美元。目前菲律賓正進行二項重要地熱計畫，其一為 PNOC-EDC 於 2005 年開始之 Northern Negros plant 80-MW 計畫，另一則為 2006 年啟動之 Palinpinont plant 40-MW 最佳化計畫。此外，PNOC-EDC 也於 2003 年開始積極啟動在 Southern Leyte 之 Lobi 山與 Cabalian 山區之地熱探查，期待該處會有很大開採量。

12. 為了加強地熱發電的發展，菲律賓政府將持續透過菲律賓能源契約回合 (Philippine Energy Contracting Round, PECR) 提供潛在的地熱地點，並有效管理現存的地熱能源礦區，及建立小規模及地熱應用指導方針。

13. 參訪實錄請見附錄。

四、建議事項

- 1.菲律賓 EDC 公司已具備國際級之技術能力，該公司總裁 Tantoco 先生亦表達對台灣地熱資源開發之意願。建議我國可循菲律賓早期開發地熱資源的模式，以大屯火山為對象，透過台電或中油等國營企業與 EDC 簽訂地熱田開發共同承攬（Joint Venture）契約，借重其技術與資金，開發我國的地熱發電資源。此舉除可將 EDC 之資金與技術引進台灣外，共同承攬可降低地熱田開發失敗的損失，協助我國之地熱發電事業開發，並可從開發中累積相關之技術與經驗，加速國內地熱電廠設置與技術能力建立。欲發展地熱發電，我國應該有配套措施與法令，此舉可以讓投資者獲得該有的利益，否則投資者只承擔地熱田開發失敗的損失，投資誘因則可能不大。EDC 公司總裁提到影響地熱開發的關鍵是早期之調查、反覆評估與鑽探之決策，我國對於較深(2000~3000 公尺)鑽探的決策可考慮組成一決策委員會行之。
- 2.目前台灣地區之傳統發電潛能以大屯火山區最具商業運轉之吸引力，但該區域緊鄰國家公園，除酸性地熱水處理之技術問題外，土地取得、環境影響評估等議題將成為開發與否的重要關鍵。國內如欲開發地熱發電，如何修訂地熱開發的相關法規及環境影響評估等配套措施，使地熱發電得以在國家公園區進行開發，為未來政府亟需解決的問題。
- 3.欲朝地熱能源之有效發展，台灣需要結合法規、經濟(經費)、整體評估(資源與效益)、開採、系統整合(地熱與發電或儲電)等相關研究或機構/單位進行之。國外已商業化之合作管道亦可考慮為可行方式之一。

五、附 錄

圖 1：Mak-Ban 地熱電廠之地熱產生井群



圖 2：Mak-Ban 地熱電廠之地熱汽/水分離廠



圖 3：Mak-Ban 地熱電廠地熱回注井之熱水停滯池



圖 4：Mak-Ban 地熱電廠渦輪發電機



圖 5：Palinpinon 地熱電廠參訪廠方人員之說明與我方人之聆聽



圖 6：Palinpinon 地熱電廠地熱生產井區遠覽



圖 7：Palinpinon 地熱電廠地熱汽/水分離區遠覽



圖 8：Palinpinon 地熱電廠地熱生產井



圖 9：Palinpinon 地熱電廠地熱汽/水分離設備



圖 10：Palinpinon 地熱電廠渦輪發電機



圖 11：參訪 EDC 公司之討論



圖 12：參訪菲律賓國家電力公司之討論



圖 13：參訪菲律賓國家能源部該部人員之說明

