

行政院及所屬各機關出國報告書
(出國類別：考察)

菲律賓地熱參訪考察報告

服務機關： 台灣電力公司
姓名職稱： 賴一桂/再生能源處組長
派赴國家： 菲律賓
出國期間： 100年12月5日至12月9日
報告日期： 101年2月4日

出國報告審核表

出國報告名稱：菲律賓地熱參訪考察報告		
出國人姓名(2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
賴一桂	12等一般工程監	再生能源處
出國類別	<input checked="" type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他 _____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：100年12月5日至100年12月9日		報告繳交日期：101年2月4日
出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4.內容充實完備. <input checked="" type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input checked="" type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正,原因: <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 9..本報告除上傳至出國報告資訊網外,將採行之公開發表: <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會),與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式:	

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報告人		審核人		主管處		總經理		副總經理	
-----	---	-----	---	-----	---	-----	--	------	---

QP-08-00 F06

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：菲律賓地熱參訪考察報告

頁數 36 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話 台灣電力公司/陳德隆/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

賴一桂/台灣電力公司/再生能源處/組長/(02)2366-6857

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：100 年 12 月 5 日至 12 月 9 日

出國地區：菲律賓

報告日期：民國 101 年 2 月 4 日

分類號/目：

關鍵詞：地熱電廠、地熱田、地熱再生能源政策

內容摘要：

1、參訪菲律賓 Mak-Ban 地熱電廠：

2、參訪菲律賓 Palinpinon 地熱電廠：

3、菲律賓地熱電力管理：地理環境、地熱田開發、地熱電廠分布、
電網、併聯管理。

4、菲律賓地熱政策：再生能源政策、地熱發電鼓勵措施、稅收優惠措施、制度框架制訂、躉購電費政策、再生能源投資組合標準。

目次

壹、出國緣起.....	1
一、任務.....	1
二、緣起與目的.....	1
三、行程.....	2
貳、參訪內容與心得	
一、參訪菲律賓 Mak-Ban 地熱電廠.....	4
二、參訪菲律賓 Palinpinon 地熱電廠.....	8
三、EDC 公司拜訪與討論.....	11
四、NPC 公司拜訪與討論.....	14
五、DOE 拜訪與地熱政策討論.....	19
參、感想與建議	
一、感想.....	23
二、建議.....	32
三、誌謝.....	36

圖 表

圖 1：Chevron 公司 Mak-Ban 地熱電廠參訪討論	6
圖 2：Mak-Ban 地熱田參訪	7
圖 3：Mak-Ban 地熱廠 Aboitiz 發電廠參訪	7
圖 4：Aboitiz 發電廠參訪	8
圖 5：Palinpinon-1 地熱田參訪	10
圖 6：Green Core Geothermal Inc. Palinpinon 發電廠參訪	10
圖 7：EDC 總部參訪討論	13
圖 8：EDC 公司在菲律賓的地熱發電與其他再生能源事業(EDC 提供)	13
圖 9：地熱資源開發風險與效益關係圖(EDC 提供)	14
圖 10：NPC 參訪討論	16
圖 11：菲律賓之地熱田分布(EDC 提供)	17
圖 12：菲律賓電網併聯系統(摘自 National Energy Grid Philippines)	18
圖 13：菲律賓 DOE 拜訪討論	22
表 1：參訪行程表	3
表 2：菲律賓地熱田資訊及民營化現況(NPC 提供)	18
表 3：我國與菲律賓再生能源法規比較	23

壹、出國緣起

一、任務

赴菲律賓參訪以了解菲律賓地熱發展之經驗及技術，加速國內地熱發電之進展，洽詢雙方可合作議題，開發地熱與發電的技術。

二、緣起與目的

(一) 亞太經濟合作會議(APEC) 於 9 月 12 日至 9 月 14 日在美國舊金山首度舉辦運輸與能源部長會議，我方代表團由經濟部施顏祥部長與交通部毛治國部長共同率團參與。會中施部長與菲律賓能源部 Almendras 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。為考察菲律賓地熱發展之經驗及技術，加速國內地熱資源開發，責成經濟部能源局擬組團赴菲參訪，請本公司派員參團。

(二) 參訪團由能源局蘇組長金勝擔任團長，尚有來自核能研究所及、工研院及本公司等六位，此外，駐菲律賓代表處亦全程陪同。參訪團名單如下：

蘇金勝	經濟部能源局/組長	團長
施清芳	核能研究所/副研究員	團員
賴一桂	台灣電力公司/組長	團員

胡耀祖	工業技術研究院/副所長	團員
柳志錫	工業技術研究院/副組長	團員
郭泰融	工業技術研究院/經理	團員
蔡偉淦	中華民國駐菲律賓代表處/秘書	團員

(三) 參訪內容概要：實地參訪 Mak-Ban 地熱電廠，實地參訪 Palinpinon 地熱電廠，拜訪 EDC 公司，進行合作可行性之討論。參訪 NPC 公司獲得菲律賓電網介紹與併聯管理等資訊。拜訪 DOE 與地熱政策討論，瞭解菲律賓國家再生能源政策、地熱發電鼓勵措施等。

三、行程

(一) 參訪日期：100 年 12 月 5 日至 100 年 12 月 9 日，共計 5 日。

(二) 參訪單位：

- (1) Mak-Ban 地熱電廠(Mak-Ban Geothermal Plant)。
- (2) Palinpinon 地熱電廠(Palinpipinon Geothermal Plant)。
- (3) 菲律賓國家能源部(Department of Energy, Philippine)。
- (4) 菲律賓國家電力公司 (National Power Corporation, Philippine)。
- (5) 能源開發公司 (Energy Development Corporation, EDC)。

(三) 出國行程：

共參訪 Mak-Ban 地熱電廠、Palinpinon 地熱電廠、國家能源局、能源開發公司及國家電力公司等，詳細行程請參閱表 1。

表 1：參訪行程表

日期	參訪單位	活動內容	接洽人員
12 月 5 日		去程	
12 月 6 日	Mak-Ban Geothermal Plant	參訪 Mak-Ban 地熱電廠	Victor E. Dugan Edgardo A. Anacay
12 月 7 日	Palinpinon Geothermal Plant	參訪 Palinpinon 地熱電廠	Vicente D. Omandam, jr. Pio Diomedes B. Manalo
12 月 8 日	Energy Development Corporation	上午 EDC 公司拜訪與合作可行性討論	Richard B. Tantoco (President)
12 月 8 日	National Power Corporation	下午 NPC 公司參訪與電力管理討論	Froilan A. Tampinco, CESO IV (President)
12 月 9 日	Department of Energy	上午 DOE 拜訪與地熱政策討論 下午返程	Atty. Marissa P. Cerezo (OIC-Assistant director, Renewable Energy Management Bureau)

貳、參訪內容與心得

一、參訪 Mak-Ban 地熱電廠與討論

菲律賓目前共有 19 座地熱電廠，總裝置容量達 1,966MW，約佔全國發電容量之 12%；每年由地熱發電所供應之電量約 10 TWh，佔全國總發電量之 15%。

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°C，地熱生產井之平均產能在 4.5 ~ 7 MW 之間。

參訪 Mak-Ban 地熱電廠行程，由 Chevron 公司公共事業部主任 Victor E. Dugan 及運轉經理 Edgardo 負責接待，討論內容包括：Chevron 101 地熱電廠發展沿革與現況說明、地熱廠安全守則、Chevron 101 地熱電廠及 Chevron 101 地熱井資源開發介紹、Mak-Ban 地熱電廠背景，地熱井營運管理經驗(圖 1)，並參訪 Chevron 101 地熱田生產井(圖 2)，氣水分離設備及 Aboitiz 地熱發電廠參訪 (圖 3、圖 4)等。

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。

Chevron 公司自成為菲律賓政府合作夥伴後，即伴演該國地熱資源商業開發之先鋒，所轄之 Tiwi 及 Mak-Ban 地熱井輸送約 637MW 潔淨地熱能源至呂宋島電網，該公司之地熱專家提供專業技術及經驗，已訓練培育不少地熱人才，使得菲國在世界上僅次於美國成為第二大地熱發電國家，在地熱發電工業上佔舉足輕重地位，迄今仍屹立不搖。

Chevron 公司開發之地熱井所產生地熱蒸汽予 Albay 省之 Tiwi 電廠，Laguna 及 Batangas 省之 Mak-Ban 廠合夥之 Aboitiz 發電廠產生電力供應至呂宋島電網，總裝置容量約 660MW，自 1979 年商轉截至 2011 年 8 月底止累積發電量 114.7GWh 相當於 213 百萬桶石油發電量。自啟用低廉且可靠之本土化地熱能源後，多年來業已明顯改善 Filipino 地區 1.3 百萬家庭生活，在 1990 年初，菲國首府馬尼拉面臨電力短缺及限電之困境，Tiwi 及 Mak-Ban 地熱電廠提供 40%以上電力，曾立下汗馬功勞。

Chevron 公司對社區經營投資睦鄰工作非常重視，透過直接對話溝通協調方式，承諾管制運轉後潛在之沖擊影響，參與社區

工作建立良好關係，長期對社區投資以增進居民之支持。包括提供青年職業技術訓練並用人在地化，協助 Mak-Ban 之 Mahabang Parangay 小學建造單層模式教室，解決教室缺乏之困境，執行 Mak-Ban 地熱地區 6 所公立小學營養餐食計畫，提供營養午餐學生體重 100% 增加，學生到校率及表現均顯著提昇。支持 Mak-Ban 地區道路安全計畫，修復人行道排水溝渠加蓋，增進行人交通安全。提供小型財務計畫，支持 Mak-Ban 社區婦女團體之企業家發展，提供訓練及財務服務、業務顧問、保險及獎學金等，已造就 3,000 女企業。統合地熱教育負擔公立學校地熱教育課程，培育年輕人成為地熱資源管理人，該公司睦鄰工作值得借鏡。



圖 1：Chevron 公司 Mak-Ban 地熱電廠參訪討論



圖 2：Mak-Ban 地熱田參訪



圖 3：Mak-Ban 地熱廠 Aboitiz 發電廠參訪



圖 4：Aboitiz 發電廠參訪

二、參訪 Palinpinon 地熱電廠與討論

參訪 Palinpinon 地熱電廠行程由 Southern Negros Geothermal Project 公司現場運轉經理 Vicente D. Omandam, jr. 及 Pio Diomedes B. Manalo Edgard 負責接待，內容包括：歡迎詞、地熱廠安全訓練、SNGP 公司發展沿革與現況說明、地熱井鑽掘及生產過程簡介，廢棄物管理，結垢防止系統，發電系統簡介等。並參訪地熱生井、Upper Pad West 氫水分離站(圖 5)，及 Green Core Geothermal Inc. (GCGI) Palinpinon-1 發電廠(圖 6)。

Palinpinon 地熱電廠：位於 Negros 島南側，Dumaguete 市

東北方 26 公里，全廠區所佔面積達 133,000 公頃，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 192.5 MW，其中 Palinpinon I 生產井 28 口，回注井 10 口，管路 19.5 公里，電廠總容量 112.5MW；

Palinpinon II 生產井 16 口，回注井 5 口，管路 20.5 公里，電廠總容量 80MW。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。

SNGPF 公司將在 Nasuji 地區再增加開發 20MW 地熱田，其估計地熱田容量增為 212.5MW，發電總容量可達 192.5MW。

SNGPF 公司為 EDC 公司之子公司，EDC 核心業務為地熱資源探勘、開發及生產，主要核心工作為地熱蒸汽之生產及電力產出，提供 20 個地熱電廠裝置容量為 1,199MWe 之蒸汽，擁有 61%地熱發電產能，佔全國總裝置容量 8%，總發電量 18%。



圖 5：Palinpinon I 地熱田參訪



圖 6：Green Core Geothermal Inc. Palinpinon-1 發電廠參訪

三、EDC 公司拜訪與討論

由 EDC 公司總裁 Richard B. Tantoco 負責接待，內容包括:EDC 公司發展沿革與現況說明、菲律賓地熱資源開發介紹、EDC 公司地熱開發技術及地熱田營運經驗，並就未來可能合作方式進行討論(圖 7)。

EDC 公司成立於 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稱為 PNOC-EDC，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。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 1,199MWe)，規模為僅次於 Chevron 公司(約 1,273 MWe)，為世界第二大的地熱田營運公司。除地熱田開發經營以外，EDC 公司亦開始從事水利及風能發電等再生能源的開發事業(圖 8) 在超過 35 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。

本次參訪亦就台灣地區地熱資源開發進行討論，EDC 簡報中提及在不同階段地熱資源開發所需成本與風險的關係圖（圖 9）。在早期資源探勘階段的成本最高，失敗的風險也相當高，但隨著資料蒐集完整度愈高，所投資的金額隨著降低、風險也顯著降低。以 EDC 為例，早期曾有鑽鑿 11 孔探勘井僅 2 孔具地熱開發潛能的例子，但探測成功之後，地熱發電生產可超過 30 年，使其具有市場競爭力。一般私人企業對風險度較高的投資案總裹足不前，EDC 人員建議地熱資源開發應可借鏡菲律賓成功的作法，在早期探勘階段由政府出資進行，待確認潛能區具可商業發電運轉規模後，再以 BOT 方式將開發權轉移給民間進行，達到政府與民間雙贏的局面。

EDC 公司對台灣地熱資源開發深具信心，也有嘗試失敗的決心，未來如何透過雙方的合作，共同承擔開發初期的風險及成功開發地熱，是台灣地熱資源開發的重要課題。



圖 7：EDC總部參訪討論



圖8：EDC公司在菲律賓的地熱發電與其他再生能源事業

(EDC提供)

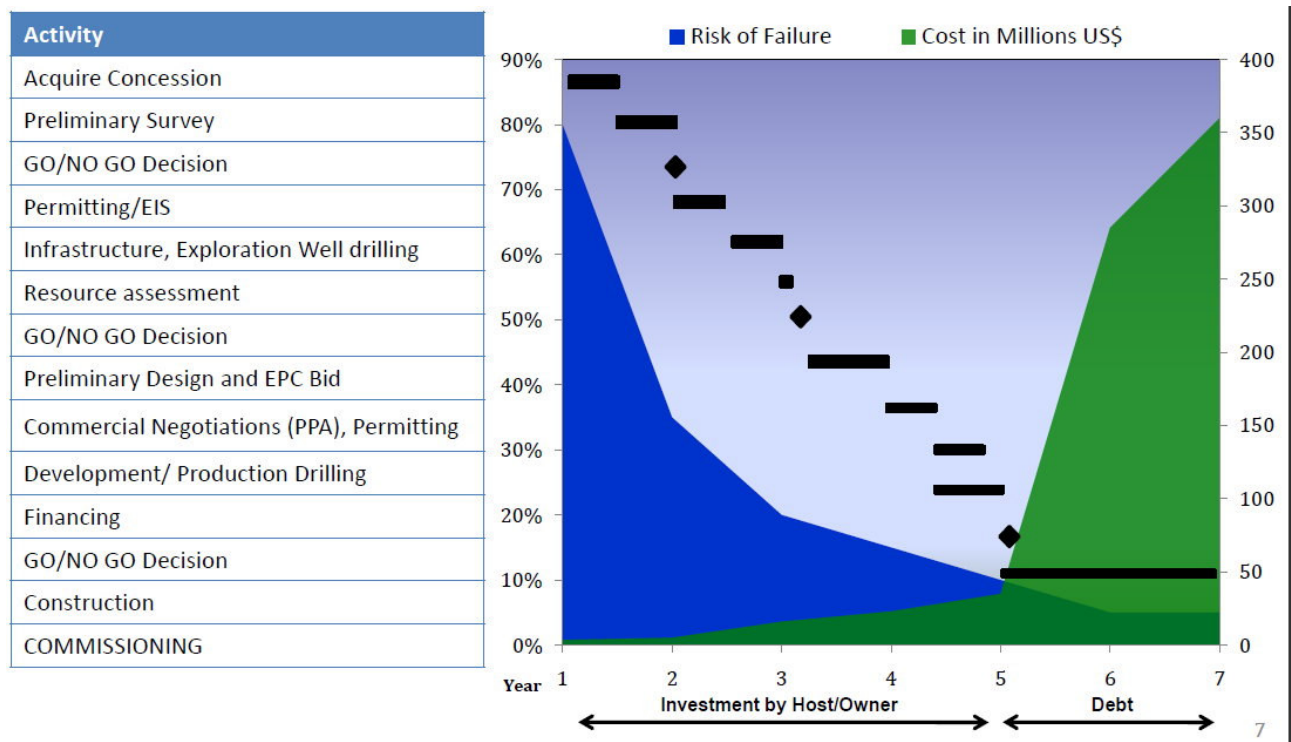


圖 9：地熱資源開發風險與效益關係圖（EDC提供）

四、NPC 公司參訪與電力管理討論

由 NPC 公司總裁 Froilan A. Tampinco, CESO I 負責接待，內容包括：菲律賓地熱田開發介紹、菲律賓電網介紹與併聯管理等（圖 10）。

菲律賓境內的火山約有 120 餘座，計有 22 座仍為活火山。這些活火山在 20 世紀期間噴發次數超過 140 次。活躍的火山活動雖然對鄰近居民的生命財產和環境帶來了慘烈的傷害，但是炙熱的火山熱源卻也造就了蓬勃發展的地熱發電產業。自 1990 年代

起，菲律賓全國的地熱電廠總裝置容量即已達 1970.06 MWe，是世界第二大地熱發電國，目前仍穩站全世界第二的地位。全國計有 7 個地熱田已被開發且商業運轉中，7 個地熱田將陸續於近年開發完成，許多潛能區則在地表探勘調查階段(圖 11)。

在地熱電廠民營化之前，地熱蒸汽田及電廠之擁有權分別屬於國家電力公司及 EDC 公司所有，目前已有 Bac-Man、Mak-Ban、Tiwi、Tongnan、Palinpinon I 及 Palinpinon II 等地熱發電廠已民營化；在地熱蒸汽田的營運管理方面，除 Mak-Ban、Tiwi 兩座電廠之蒸汽由 CGPHI 所經營外，其餘電廠的蒸汽田都是由 EDC 負責營運管理(表 2)。

除地熱田蒸汽供應與電廠營運分屬不同公司負責外，在電力輸配與併聯方式亦由不同公司負責電力的調度(圖 12)，分工相當地仔細。主要的併聯網包括：Negros-Panay, Cebu-Mactan, Negros-Cebu, Leyte-Bohol, Leyte-Mind, Leyte-Cebu, Leyte-Luzon 等電網組成電力供應系統。



圖 10：NPC參訪討論



圖 11：菲律賓之地熱田分布(EDC提供)

表 2：菲律賓地熱田資訊及民營化現況(NPC 提供)

電廠	區域	發電量 (Mwe)	蒸氣供應者*	地熱田擁有者	地熱電廠擁有者	民營化現況
Bac-Man	呂宋	150.00	EDC	EDC	NPC	電廠民營化
Mak-Ban (整修)	呂宋	442.0	CGPHI	NPC	NPC	電廠及蒸汽田均民營化
TIWI (整修)	呂宋	277.69	CGPHI	NPC	NPC	電廠及蒸汽田均民營化
MT. APO I	民答那峨	54.24	EDC	EDC	EDC	電廠尚未民營化
MT. APO II	民答那峨	54.24	EDC	EDC	EDC	電廠尚未民營化
Leyte A & B	Visayas	610.00	EDC	EDC	EDC	電廠尚未民營化
Tongonan	Visayas	112.50	EDC	EDC	NPC	電廠民營化
Palinpinon I	Visayas	112.50	EDC	EDC	NPC	電廠民營化
Palinpinon II	Visayas	80.00	EDC	EDC	NPC	電廠民營化

*EDC: Energy Development Corporation

NPC: National Power Corporation

CGPHI: Chevron Geothermal Production Holding Inc.

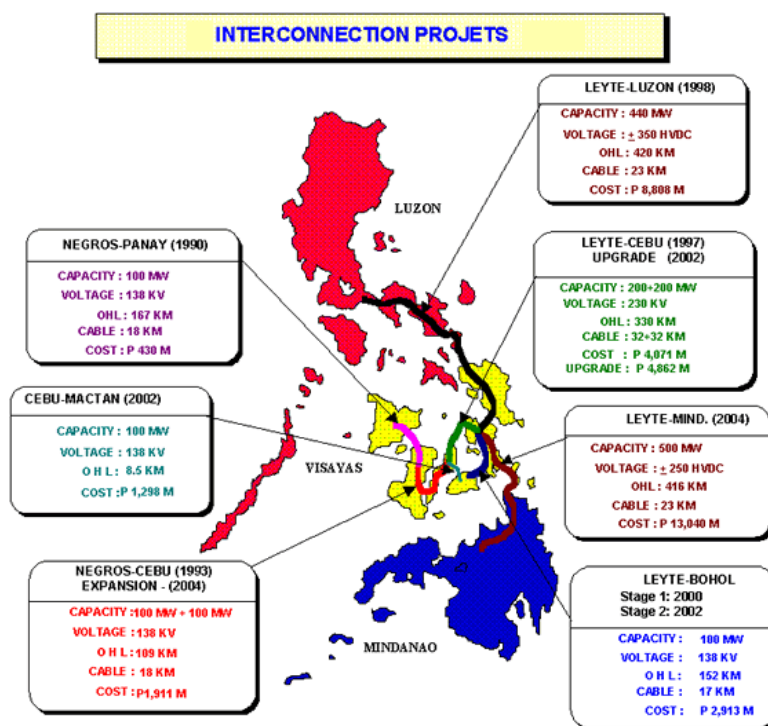


圖 12：菲律賓電網併聯系統(摘自 National Energy Grid Philippines)

資料來源：National Energy Grid Philippines 網頁 (2011) , http://www.geni.org/globalenergy/library/national_energy_grid/philippines/philippinenationalelectricitygrid.shtml

五、DOE 拜訪與地熱政策討論

由國家能源部再生能源局副局長 Atty. Marissa P. Cerezo (OIC-Assistant director)負責接待，討論議題包括：國家再生能源政策、地熱發電鼓勵措施等(圖 13)。

為加強再生能源開發利用、提高能源自給率，菲律賓政府制定了一系列法案，包括：(一)地熱法(1978 年)；(二)小型水電法(1991 年)；(三)海洋能、太陽能與風能法(1997 年)；(四)電力部門改革法(2001 年)；(五)再生能源政策框架(2003 年)；(六)生物柴油法(2006 年)；及(七)2008 年 12 月頒佈的《促進再生能源開發、使用和商業化法》 該法被聯合國有關機構稱為東南亞相關立法的良好範例，是東南亞國家中首部綜合性的再生能源立法。主要內容說明如下：

(一) 稅收優惠措施

(1) 再生能源開發者可享受的稅收優惠：

- A. 自商業運轉後，免除 7 年所得稅；
- B. 7 年免稅期滿後，僅扣徵 10% 的公司所得稅；
- C. 自取得開發證書起，免除 10 年的機器設備和材料進口關稅；

- D. 對硬體機器設備實施優惠不動產稅率 1.5%；
- E. 商業運轉前 3 年未抵減的運營損失可在後 7 年中從應稅收入中扣除；
- F. 固定資產可按正常速度的兩倍加速折舊；
- G. 再生能源生產的燃料或電力免徵營業稅；
- H. 對碳排放交易所得免徵任何稅收；
- I. 購買菲律賓國內生產的 再生能源機器設備和材料，100%補貼其營業稅與關稅；
- J. 開發者自用或離網免費提供的電力，免繳《電力部門改革法》所規定的費用。

(2) 再生能源設備與材料製造商和供應商可享受的稅收優惠：

- A. 進口生產材料和零件免稅；
- B. 購買菲律賓國內生產的 再生能源機器設備和材料，100%補貼其營業稅與關稅；
- C. 免徵 7 年所得稅；
- D. 交易免徵營業稅。

(3) 對種植生質能作物（麻風樹、甘蔗、椰子等）的農

民，進口或購買肥料、殺蟲劑和農用機器設備，免徵進口稅和營業稅。

(二) 制度框架制訂

以歐美先進國家推動再生能源發展的經驗為借鏡，制訂了以下幾項政策：

- (1) 再生能源投資組合標準 (Renewable portfolio standard, RPS) 政策強制要求電力公司必須購買一定比例的再生能源電力。
- (2) 躉購電費政策 (Feed-in Tariff, FIT) :政策保證再生能源的開發商以特定的價格出售電力，同時要求電力公司必須購買。
- (3) 電費結算協議 (Net Metering) :是一種電價結算政策，要求電力公司以一定的價格從安裝了再生能源發電技術的用戶買回多餘的電力，或從消費帳單上扣除用再生能源發電數量。

為了推進這些政策的實施，該法設立了國家再生能源委員會 (NREB) 和再生能源信託基金 (RETF) NREB 已於 2009 年 9 月由政府有關部門 (能源部、貿易工商部、財政部、環境和自然資源部等) 、國營企業 (國家電力公

司、國家電網公司、國家石油公司、電力市場公司等）、再生能源開發企業、金融機構、非政府組織和民營企業等的代表組成，由前能源部長佩雷茲擔任主席，主要任務為制訂 RPS、FIT 標準，制定和執行菲律賓再生能源規劃、監督再生能源信託基金的使用等。

RETF 的資金有法律的保障，主要用於資助再生能源的研發和推廣。該法還在能源部內設立了再生能源局

（REMB）從事再生能源開發的企業須在 REMB 註冊以獲得許可證，並在貿工部投資署（BOI）登記以享受該法規定的優惠政策。



圖 13：菲律賓DOE拜訪討論

參、感想與建議

一、感想

(一) 台灣與菲律賓再生能源政策比較

菲律賓政府在 2008 年底頒布《再生能源法》以來，菲能源部已經先後與企業簽訂 206 個再生能源服務合同，吸引國內外投資超過 20 億美元。我國的再生能源發展條例亦在 2009 年中頒布，兩者之比較請參閱表 3。

就法規的觀點來看，菲律賓的「再生能源法」與我國「再生能源發展條例」兩者差異不大，對地熱資源開發的影響亦不明顯。

表 3：我國與菲律賓再生能源法規比較

項目	菲律賓再生能源法	我國再生能源發展條例
頒布時間	2008 年 12 月	2009 年 6 月
推廣目標	2030 年裝置容量達 1,060 萬瓩	獎勵裝置容量達 650-1,000 萬瓩
躉購期間	20 年	20 年
再生能源種類	地熱能、生質能、水力、風力、太陽能、海洋能	太陽能、生質能、地熱能、海洋能、風力、非抽蓄式水力、國內一般廢棄物與一般事業廢棄物等直接利用或經處理所產生之能源，或其他經中央主管機關認定可永續利用之能源。
熱利用獎勵		太陽熱能利用、生質能燃料及其他具發展潛力之熱利用技術。
躉購方式	採固定價格收購制度	強制併聯躉購

	(Feed-in Tariff, FIT) ,要求電力公司必須購買一定比例電力。	
經濟工具	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成立國家再生能源委員會 (NREB) 及再生能源信託基金 (RETF) , 負責制訂 RPS、FIT 標準和再生能源規劃, 監督信託基金使用。 2. RETF 資金來源有法律保障, 主要用於資助再生能源的研發和推廣。 3. 能源部設立再生能源管理局 (REMB) , 從事再生能源開發及管理。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成立基金, 由電業及設置自用發電設備達一定裝置容量以上者, 按其不含再生能源發電部分之總發電量, 繳交一定金額充作基金; 用於補貼台電收購再生能源電能費用與迴避成本之價差及其他獎助, 繳交基金之費用可以附加反映至電費上, 由電力消費者負擔。 2. 允許政府在必要時由預算編列撥充。 3. 除再生能源發展基金外, 尚有石油基金、農業發展基金。
配套措施	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提供開發業者稅收優惠, 免除 10 年內設備進口關稅及商轉後 7 年所得稅。 2. 免徵生產的燃料或電力營業稅及碳排放交易稅。 3. 免徵種植生質能作物農民進口或購買肥料、殺蟲劑及農用機器設備之進口稅與營業稅。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提供設備補貼, 以及補助再生能源發電示範與推廣, 並未針對特殊產業。 2. 提供關稅減免、免申請雜照、放寬併聯與用地取得條件等。 3. 設有爭議強制調解機制。

(二) 台灣與菲律賓地熱資源

菲律賓境內火山約有 120 座, 其中 22 座仍為活火山。

地熱資源主要分布在以菲律賓斷層兩側的非活動火山

帶上(Inactive volcano), 屬於火山型地熱區。地熱儲

集層溫度在 250~320°C 之間，鑽井深度 2000~3000 公尺，蒸汽含量約 45%、平均產能 5~7 MW/井(圖 1)。已開發地熱田 7 處，共有 19 座地熱電廠，總裝置容量 1966 MWe，位居全世界第二位；開發中地熱田尚有 7 處，預計於 2013 年後逐漸商業運轉。地熱發電裝置量容量約占菲律賓總發電裝置容量之 12%，年總發電量約 10 TWh，占全國發電供應量 15%。

我國主要地熱潛能區除大屯火山區外均為變質岩型地熱田，地熱儲集層之溫度在 150~220°C 之間，鑽井深度 1000 公尺~2000 公尺，蒸汽含量<20%，平均產能 0.3~0.8 MW/井。過去曾在宜蘭清水地熱區設置 3 MW 電廠，清水地熱區因地熱產量逐年衰減以致發電量亦隨之遞減，而於民國 82 年 11 月停止發電試驗，累計運轉時間長達 12 年有餘。另民國 74 年經濟部能源局委託工研院在宜蘭縣土場地熱區，進行地熱多目標利用示範計畫。為有效利用地熱水所含熱能，裝置 260 KW 雙循環 (Binary) 發電機組，進行地熱發電試驗，經數年運轉試驗証實，發電效率頗佳，地熱產能在適當調節控制下並無衰減現象，結垢問題也獲得適當控制。民國 83 年由於該計畫

已完成階段性任務而終止。

由前菲律賓及台灣之地熱資源與開發歷史來看，兩國地熱儲集層的溫度差異約在 100°C 左右；其次，台灣地區地熱生產井除少部分深井外，大部分小於 1500 公尺，與菲律賓地熱生產井深度差異 500~1000 公尺，上述兩項差異使地熱井平均產能相差 10 倍以上。地熱探勘井鑽鑿為地熱資源開發之必要手段，開發早期之鑽探井失敗風險極高，導致民間對投資地熱發電事業裹足不前。以菲律賓地熱資源開發成功的經驗來看，探勘初期由政府出資進行，待確認地熱開發規模後，商業效益即可吸引相關業者投入開發，建議我國可借鏡菲國政府的方式，開放國外地熱探勘資金與技術進入，以加速地熱發電事業發展。

對地熱發展而言，我國與菲律賓的差異包括：(1) 菲國已持續開發地熱資源近 40 年，而我國的地熱開發中斷近 15 年；(2) 菲律賓石油公司的深井定向鑽井技術成功地轉型為地熱鑽井技術，我國中油公司早期的地熱鑽井團隊已退休殆盡，呈現人才技術斷層現象；(3) 國外技術與資金投入開發為菲律賓地熱資源開發的重要因素，我

國目前僅清水地熱區辦理 ROT 中；(4)大屯火山區為我國初步評估地熱開發潛能最高的區域，但需克服國家公園土地使用、環境影響評估及酸性熱液造成的生產管線腐蝕等問題。

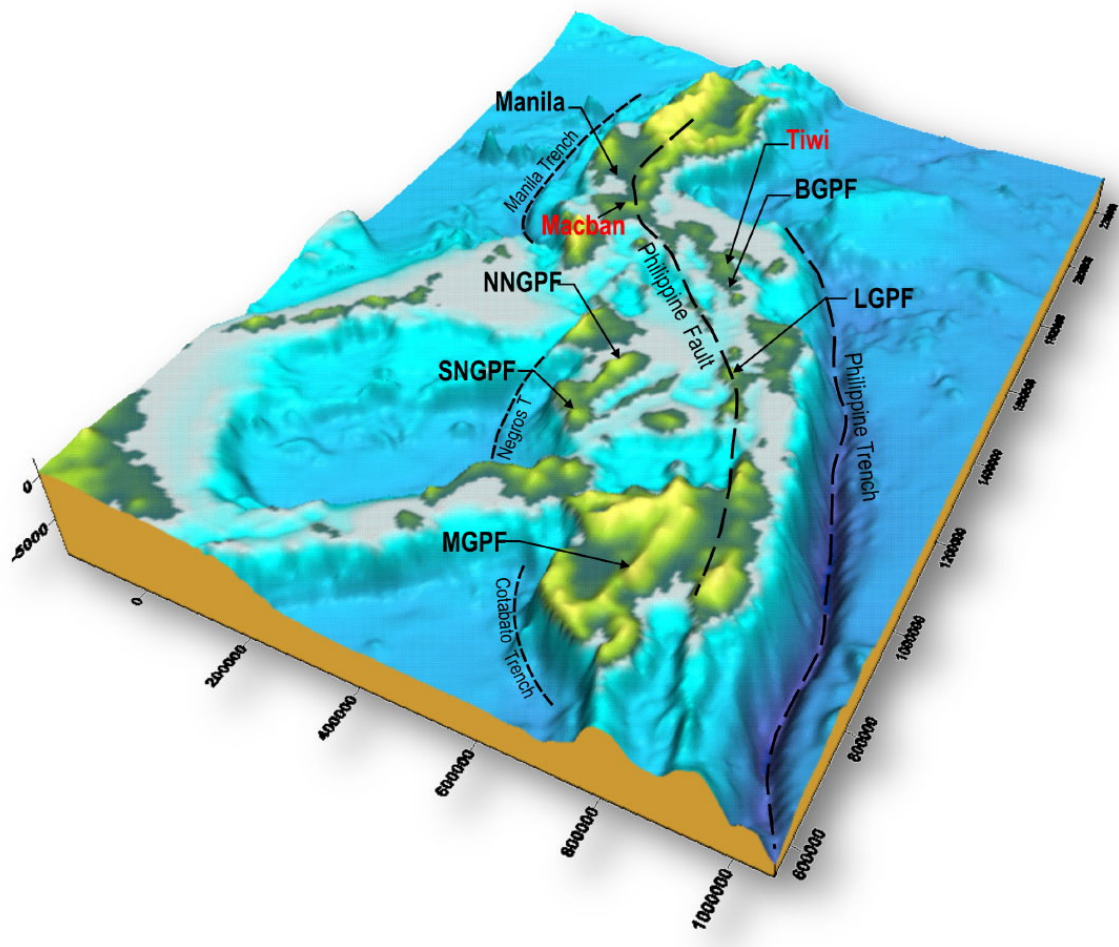


圖 1：菲律賓地熱田分布位置圖

(三) 台灣與菲律賓地熱開發技術比較

地熱發電技術可分為地熱田探勘、地熱田開發、發電廠

建置、地熱田營運及發電廠經營等五項。菲律賓地熱開發之成功因素包括：(1)自 1971 年起展開地熱資源探勘及開發工作，地熱井探勘鑽鑿工作由菲律賓石油公司之技術人員轉任至子公司能源開發公司（今日 EDC 之前身），將石油探採常使用之定向鑽探技術應用於地熱探勘上，以傳承經驗並提升地熱井之開採技術；(2)大量派遣地熱相關之技術人員至先進國家如冰島、紐西蘭等國進行技術訓練，進行技術紮根工作；(3)開放國外資金及技術進入國內地熱市場，加速地熱資源的開發並可同時培養在地人才。

我國早期雖也有中油公司投入地熱井鑽鑿行列，但自民國 80 年代中斷以後中油即無地熱探勘相關計畫執行，導致地熱鑽井技術中斷。工研院早期亦曾培養專業之地熱鑽井人才，但早期之探勘目標僅在淺層(500~1000 公尺)且未開發定向鑽探技術，近 10 年來工研院之鑽探團隊亦解散，鑽鑿技術並未傳承。民國 94 年起經濟部能源局陸續委託工研院進行地熱資源探勘、評估、地熱田儲集層管理等相關技術研發，並進行小型發電機組運轉測試。由於地熱探勘鑽鑿技術中斷已久，近幾年之新地

熱探勘井鑽鑿工作由民間接手，由於缺乏深井定向鑽鑿設備及經驗，使新地熱探勘井工作遭遇許多困難。除鑽鑿技術之外，國內在地熱資源探勘、發電潛能評估、產能試驗、機械修井、結垢抑制技術及生產模擬技術等方面，均已建立良好之技術基礎。

地熱井的產能對地熱電廠的開發與否具有決定性的影響因素，菲國地熱鑽探工作由石油公司轉型的技術人員擔任，並適時引進國外石油公司的鑽探技術，生產井的鑽鑿深度在 2000~3000 公尺之間，平均產能在 5~7 MWe 之間，為菲國地熱開發成功的重要因素。未來國內要發展地熱資源，勢必面臨用地取得不易且鑽鑿深度較大的問題，若無石油公司(如中油)或國外深井與定向鑽鑿技術團隊的協助，地熱資源開發仍面臨相當大的挑戰。如何適時將國外深層且定向之鑽鑿技術引進，為我國地熱資源開發的重要課題。菲律賓境內活火山多地層中熱能豐沛，菲律賓大斷層縱切南北形成熱液上湧的主要通道，加上屬於熱帶雨林氣候，降雨豐富使得補注水源源源不絕，造就其優越之天然地熱條件；在菲國政府策略性支持及國外資金技術挹注下，帶動其地熱發電產業蓬勃

發展，目前裝置發電容量居世界第二位，許多地熱田開發及電廠經營技術均已本土化，已具備技術輸出之條件。

(四) 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-Ban 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 MWe，運轉時間迄今已超過 35 年，是值得投資的再生能源。

二、建議

(一) 地熱資源開發在探勘初期需投入相當大財力但風險極高，菲律賓以國家的資源投入地熱資源先期探勘，待可開採資源較確認後，採用 BOT 的方式吸引國外資金、設備及技術進入開發，使其地熱發電站穩世界第二的地位。在本年日本 311 大地震引發核電廠危機之後，世界各國紛紛重新檢視其再生能源政策，地熱發電(或深層地熱)由於具備穩定且可自主的特性，使其成為未來國家再生能源發展的重要一環。針對如何促進我國地熱發電事業發展，本參訪團提出以下數個建議，供我國政府未來發展地熱發電的參考。

(1) 政策面

地熱探勘為地熱資源開發風險最高的一項，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。對私人企業投資地熱發電而言，因對資源掌握度不足，導致投資裹足不前的例子屢見不鮮。建議可制訂地熱探勘相關補助辦法，內容應包括：協助地熱探勘用地使用取得、地熱探勘井鑽鑿補助、地熱探勘用定向鑽井設備免稅及提供銀行低利貸款等，以創造有利之投資條件，吸引國內外

資金投入。

在地熱電廠開發方面，短期建議以宜蘭清水為目標，中期(3~5年)以大屯火山及綠島為目標，長期則以發展深層地熱為主軸。宜蘭清水地熱之發展可配合宜蘭縣政府地熱電廠 ROT 時程，設立地熱發電廠以建立國人對地熱發電之信心。大屯火山區為我國地熱發電潛能最高之區域，應盡速展開地熱資源探勘調查，以確認地熱異常區之範圍。綠島地區僅需小型發電機組(約 2 MWe)即可提供居民日常生活之所需，若地熱發電開發成功有機會成為一個再生能源島，除可降低發電之成本外(目前約 8~9 NT/度)，亦有助於我國國家形象之提升。

深層地熱為世界各國積極發展之再生能源，若可成功發展深層地熱，除可提升對國外資源的依賴度外，亦對節能減碳具有莫大貢獻。

(2) 法規面

可參考日本最近的作法，針對特定地熱發電潛能高區(如大屯火山區)修訂土地相關法規與環境影響評估等相關法規，以加速地熱發電之發展。

(3) 技術面

A. 地熱井鑽鑿技術是地熱開發最關鍵之技術，國內

地熱深井定向鑽鑿技術發展中斷已久，建議適度引進菲律賓或國外石油公司(如 Chevron)之技術人才，借重其技術經驗提高國內地熱鑽井之成功率。

- B. 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 8 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。國內目前地熱躉購電價訂為約 4.81 NT/kWh，若能適度提供其他政策誘因，則可吸引國內外之投資及開發者進行開發。
- C. 早期宜蘭清水地熱區遭遇的嚴重結垢問題，在菲律賓的 Palinpinon 地熱電廠也有同樣現象，但其應用二氧化碳結垢抑制 (Calcite Inhibition System, CIS)技術已可克服。以現今之技術條件而言，舊清水地熱電廠所遭遇之問題已可解決，建議應更積極協助宜蘭清水地熱電廠之重啟，以帶動國內地熱發電產業。
- D. 在菲律賓地熱產業發展初期，除了國家投入資源

帶動之外，亦選派數十技術人員赴紐西蘭、冰島等地熱先進國家實地培訓專業技術，這些人才後來均成為該國地熱發展之種子，奠定其本土技術生根之關鍵；國內應規劃具體培育地熱技術人才計畫，以落實地熱資源的開發。

E. 菲律賓政府對於地熱產業之管理已有相當多的經驗，並建立系統性之管理模式。建議初期考慮引進其地熱管理模式，再參考國內之條件修改，以加速相關法規之建立。

(二) 建議我國地熱發展短期以宜蘭清水為目標，中期(3~5年)

以大屯火山及綠島為目標，長期則以發展深層地熱為主軸。

(三) 菲律賓政府對於地熱產業之管理已有相當多的經驗，並

建立系統性之管理模式。建議初期考慮引進其地熱管理模式，再參考國內之條件修改，以加速相關法規之建立。

(四) 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，開放 EDC 等國際公司來台進行地熱資源投資開發，除可將國外之資金與技術引進台灣外，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。

(五)地熱井鑽鑿技術是地熱開發最關鍵之技術，國內技術發展中斷已久，建議適度引進菲律賓之技術與人才，借重其經驗提高國內地熱鑽井之成功率。

(六)菲律賓除了地熱開發外，整體經濟及建設開發相對我國落後，對於土地取得及環評問題之困難度較低，但這些議題將成為國內開發與否順利的重要關鍵。目前台灣地區之地熱發電潛能以大屯火山區最具商業運轉之吸引力，惟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。因此，國內如欲開發地熱發電，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。

(七)菲律賓政府對於地熱產業之管理經驗豐富，並已建立完整之管理系統。建議可考慮引進其地熱管理模式，再參

考國內之法規條件修改，以加速地熱發電相關法規之建立。

(八)根據菲律賓 EDC 公司之開發經驗，地熱開發從資源探勘到營運發電之期程約 7 年，前 4~5 年主要進行資源探勘及風險評估，且前期這一部份工作跟區域地質條件息息相關，國外專家與技術之協助相當有限，需要借重本土之團隊與技術，因此建議政府應積極針對國內之地熱潛能區進行更深入之探勘及評估，並鼓勵及開放民間業者共同參與地熱探勘工作，以利早日重振國內地熱發電產業。

三、誌謝

本次出國特別感謝中華民國駐菲律賓 代表處經濟組蔡偉淦秘書協助參訪團行程安排及隨團參訪，使本參訪團得以順利成行。