

行政院及所屬各機關出國報告書

(出國類別：考察)

系統識別號：

**組團參訪菲律賓地熱發電設施出國報告**

出國人員 經濟部能源局 視察 陳世南

出國地區：菲律賓

出國期間：103年08月26日至08月30日

報告期間：103年10月24日



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 105 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) 2775-7789

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／視察／(02) 2775-7789

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：103 年 08 月 26 日至 08 月 30 日

報告期間：103 年 10 月 24 日

出國地區：菲律賓

分類號／

關鍵詞：地熱電廠、地熱田、地熱再生能源政策

內容摘要：

- 1、菲律賓 Leyte、Maibarara、Mak-Ban 地熱電廠與 Biliran 地熱場址：位置、裝置容量、發展歷史、儲集層管理、發電技術引進。
- 2、菲律賓 EDC 公司發展：發展沿革、現況說明、地熱資源開發、地熱開發技術、地熱田營運經驗。
- 3、菲律賓地熱發展：地理環境、地熱田開發、地熱電廠分布。
- 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、躉購電費政策、再生能源投資組合標準。

# 目次

壹、出國緣起 .....	7
一、任務 .....	7
二、緣起與目的 .....	7
三、行程 .....	8
貳、參訪內容與心得 .....	11
一、拜訪 DOE 與 BOI 及討論地熱政策 .....	11
二、參觀 Biliran 地熱場址 .....	19
三、參觀 Leyte 地熱電廠 .....	233
四、參訪 Maibarara 地熱電廠 .....	31
五、參訪 Mak-Ban 地熱電廠與地熱田 .....	33
參、感想與建議 .....	38
一、感想 .....	38
二、建議事項 .....	45
肆、附件 .....	50

## 圖 表

圖 1：菲律賓 DOE、BOI、EDC 與 ThermaPrime 公司討論會議	12
圖 2：菲律賓目前仍有 28 個地熱前期開發場址(菲律賓 DOE 提供)	14
圖 3：菲律賓地熱發電歷史(菲律賓 DOE 提供)	17
圖 4：菲律賓 DOE 組織架構圖(菲律賓 DOE 提供)	18
圖 5：參訪 Biliran 地熱公司與拜會 Biliran 首長 Gerardo J. Espina, Jr	20
圖 6：現地勘查 Biliran 地熱場址之鑽井場 (冰島 Geysirs 鑽井公司)	20
圖 7：現地勘查 Biliran 地熱場址之地熱井場	20
圖 8：Biliran 地熱場址位置	21
圖 9：Biliran 地熱場址之地熱井位置	21
圖 10：Biliran 地熱場址之地熱井溫度與壓力剖面	22
圖 11：Biliran 地熱場址之中性與酸性流體區	22
圖 12：參觀 KEITECH 職訓所	26
圖 13：Leyte 地熱電廠區之 5 座地熱電廠相對位置	26
圖 14：Leyte 地熱電廠區之 H <sub>2</sub> S 監測站與 H <sub>2</sub> S 分離系統(scruber)	27
圖 15：團員在 Tongonan 地熱電廠前合影	27
圖 16：參訪 Leyte 電廠 EDC 辦公室及討論	28

圖 17：菲律賓之地熱田分布(EDC 提供).....	28
圖 18：菲律賓電網併聯系統(摘自 National Energy Grid 菲律賓 Philippines).....	29
圖 19：EDC 公司在菲律賓之地熱發電與其他再生能源事業(EDC 提供).....	29
圖 20：EDC 公司之鑽井設備與能力 .....	30
圖 21：地熱資源開發風險與效益關係圖 (EDC 提供) .....	30
圖 22：參訪 Maibarara 地熱公司與電廠區.....	32
圖 23：Maibarara 地熱田景況.....	32
圖 24：Maibarara 地熱電廠區部分涵蓋 Makiling 森林保護區....	32
圖 25：Mak-Ban 地熱電廠簡介 .....	35
圖 26：參觀 Mak-Ban 地熱井場.....	35
圖 27：Mak-Ban 地熱電廠之教育展示中心 .....	36
圖 28：Mak-Ban 地熱區概念模型圖 .....	36
圖 29：Mak-Ban 一號井(1976~迄今).....	37
圖 30：菲律賓地熱田分布位置圖 .....	42
表 1：參訪行程表 .....	10
表 2：臺菲地熱交流會議議程表 .....	11
表 3：Leyte 地熱區 5 座電廠介紹.....	26
表 4：我國與菲律賓再生能源法規比較.....	39

## 壹、出國緣起

### 一、任務

結合國內產、關、學、研組團前往菲律賓參訪地熱發電設施，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，開發地熱與發電技術。

### 二、緣起與目的

- (一)100年9月12日至14日於亞太經濟合作會議(APEC)-運輸與能源部長會議上，我方代表團由時任經濟部施顏祥部長與時任交通部毛治國部長共同率團參與。會中施部長對菲律賓地熱發電裝置容量位居世界第二位印象深刻，責成能源局於當年12月5日至12月9日組團參訪菲律賓地熱發電發展及相關政策，亦與該國最大之能源開發公司(Energy Development Corporation, EDC)建立技術聯繫管道。
- (二)101年於臺北舉行第18屆臺菲部長級經濟合作會議，更定調雙方在大屯火山地熱區共同合作開發，並期透過定期互訪及技術合作會議加強雙邊之實質交流。
- (三)102年於菲律賓舉行第19屆臺菲(菲律賓)部長級經濟合作會議，菲律賓於會中表達願意提供地熱開發技術專長，共同與臺灣合作開發特定地熱區。其中在議題3.3 擴大臺灣和菲律賓地熱發電交流合作議題上達成雙方交流地熱投資相關之資訊與政策、地熱相關技術之交流與參觀菲律賓之地熱電廠，定調近期內由臺菲技術團隊工業技術研究院(ITRI)及EDC簽署地熱資源開發協議。
- (四)本參訪團除經濟部能源局外，共有來自國立臺灣海洋大

學、結元科技股份有限公司、三捷科技股份有限公司、大地資源工程有限公司及臺灣汽電共生股份有限公司等代表，團員共計 12 位，駐菲律賓代表處同仁亦全程陪同。本次參訪主要瞭解菲律賓地熱發展現況、火山型地熱電廠開發、地熱開發技術現況與管理經驗，並建立雙方技術合作管道，以提供我國未來地熱開發之參考。

(五)參訪內容概要：

- 1、拜訪菲律賓能源部(DOE)、貿工部國際投資署(BOI, DTI)、EDC 與 ThermaPrime 公司，瞭解菲律賓國家再生能源政策、地熱發電鼓勵措施、地熱發電歷史、火山型地熱探勘與鑽井經驗等。
- 2、與 EDC 洽談大屯山地熱開發合作議題。
- 3、考察開發中之比利蘭(Biliran)地熱場址，以了解火山型地熱區非酸性流體之開發。
- 4、參觀 EDC 經營之萊特(Leyte)地熱電廠與地熱田。
- 5、赴 Mak-Ban 及 Maibarara 地熱電廠與地熱田參觀，瞭解地熱田開發與運轉期間所遭遇問題及解決對策。

### 三、行程

(一)參訪日期：103 年 8 月 26 日至 103 年 8 月 30 日，共計 5 日。

(二)參訪單位：

- 1、菲律賓國家能源部(Department of Energy, Philippine)。
- 2、菲律賓貿工部國際投資署(Board of Investments, Department of Trade and Industry, Philippine)。
- 3、能源開發公司(Energy Development Corporation, EDC)。



- 4、ThermaPrime 鑽井服務公司(ThermaPrime Well Services Inc., ThermaPrime)
- 5、Biliran 地熱公司(Biliran Geothermal Inc., BGI)
- 6、Maibarara 地熱公司(Maibarara Geothermal Inc., MGI)
- 7、雪弗蘭地熱菲律賓控股公司(Chevron Geothermal Philippines Holding Inc.)

(三)出國行程：

參訪行程請參閱表 1。

表 1 參訪行程表

日期	參訪單位	活動內容	接洽人員
103/08/26	DOE, BOI, EDC, ThermaPrime Inc.	1. 去程 2. 菲律賓 DOE、(BOI、EDC) 與 ThermaPrime Inc. 拜訪，了解菲律賓再生能源政策與地熱發電經驗。	Rafaelita M. Aldaba (Assistant Secretary, BOI) Lilian Fernandez (Division Chief, Energy Cooperation & Coordination Division DOE) Ariel D. Fronda (Geothermal Energy Management Division)
103/08/27	Biliran Geothermal Inc. and ORKA Geothermal Holding	1. 飛程(馬尼拉-讀魯萬(Tacloban)) 2. Biliran 地熱場址與公司參觀	Nilo A. Apuada (Manager, ORKA)
103/08/28	EDC, ThermaPrime Inc.	Leyte 地熱電廠與地熱田參觀	Raymond Jarque, Jr. (Manager, EDC) Romerico C. Gonzalez (Coordinator, ThermaPrime)
103/08/29	Maibarara Geothermal Inc., PetroEnergy Resources Corporation, PetroGreen Energy Corporation, Philippine Geothermal Production Company, Inc.	1. 飛程(讀魯萬-馬尼拉) 2. Maibarara 地熱電廠與公司(MGI)參觀 3. Mak-Ban 地熱電廠與公司(PGI)參觀	Pedro G. Callos Jr. (Manager, MGI) Loit T. Batac (Specialist, PGI)
103/08/30		返程(馬尼拉-臺灣)	

## 貳、參訪內容與心得

### 一、拜訪 DOE 與 BOI 及討論地熱政策

(一)由貿工部國際投資署助理次長 Rafaelita M. Aldaba 能源部地熱科長 Ariel D. Fronda 與能源合作科長 Lilian Fernandez 等 3 人負責接待，討論議題包括：國家再生能源政策、地熱發電鼓勵措施、EDC 發展經驗、火山型地熱探勘與鑽井開發經驗等，議程如表 2所示，討論會議如圖 1所示。

表 2 臺菲地熱交流會議議程表

- **Presentation Proper (BOI, DOE, EDC, ThermaPrime)**
  - A. **Geothermal Development in the Philippines**
  - B. **Policy Formulation (Renewable Energy Act)**  
E. A. Fronda, Chief, Geothermal Energy Management Division, DOE
- **Geothermal Development Experience**
  - A. **Company experience - EDC**  
T. A. Manipon, Business Development, EDC
  - B. **Geothermal Exploration and Development**  
J. A. Caranto, Geosciences Head, EDC
  - C. **Drilling Operations**  
R. C. Gonzalez, ThermaPrime
- **Taiwan Geothermal Development Experience**
  - A. **Geothermal Development in Taiwan**  
B. H. Lee, ITRI
  - B. **Geothermal Energy Opportunities in Taiwan**  
P. K. Lin, Jie Yuan Technology Co., Ltd
  - C. **Taiwan i-Geothermal Energy System**  
C. S. Lee, National Taiwan Ocean University
- **Closing Remarks**  
Speaker: Lilian Fernandez, Chief, DOE  
S. N. Chen, Chief, BOE  
H. M. Leng, Director, TECO



圖 1 菲律賓DOE、BOI、EDC與ThermaPrime公司討論會議

(二)菲律賓地熱相關法規主要由菲律賓總統頒布相關法令：

1、總統命令(Presidential Decrees, PD)

(1)PD 334 & PD 927:建立菲律賓國家石油公司  
(Philippines National Oil Corporation, 簡稱 PNOC)下的  
油田探勘與開採團隊稱為 PNOC-EDC。

(2)PD 1442:制定地熱服務合約法，提供探勘開發獎勵，目前仍有 2 處地熱探勘場址執行中(圖 2)。

## 2、總統公告(Presidential Proclamations, PP)

PP 1112, 1413, 2036-A, 853：為 EDC 保留 Luzon, Negros, Leyte & Mindanao 之地熱區開發。

## 3、行政命令(Executive Orders, EO)

(1)EO 215：制定私人融資、電廠營運與建造國家政策。

(2)EO 661：建立其他地熱開發保留區。

## 4、共和國法令(Republic Acts, RA)

(1)RA 6957：制定 BOT 法，開放私人企業參與。

(2)RA 9136：通過電力工業改革法案(Electric Power Industry Reform Act, EPIRA)，電價自由化。

(3)RA 9513：通過再生能源法，鼓勵再生能源，目前有 26 個地熱探勘場址執行中(圖 2)。

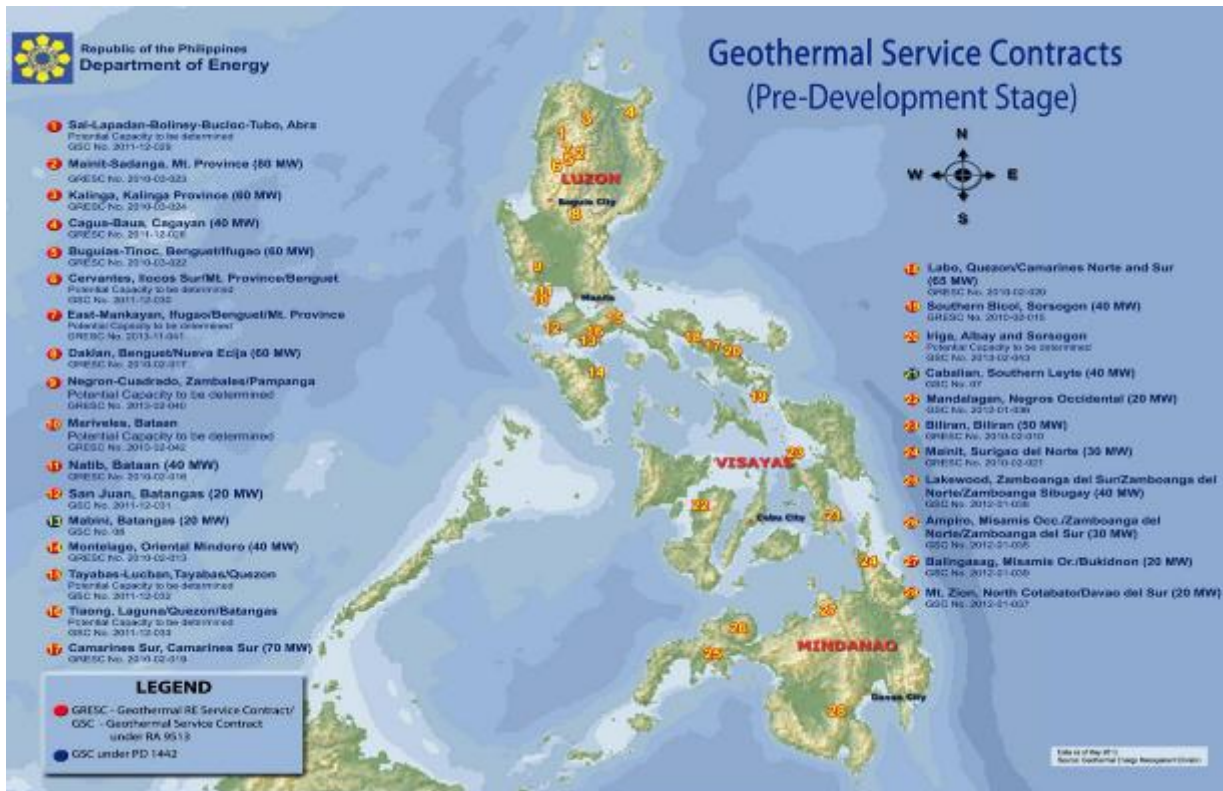


圖 2 菲律賓目前仍有28個地熱前期開發場址(菲律賓DOE提供)

### (三) 菲律賓地熱發電推動歷史(圖 3)：

- 1、1967 頒布地熱法條-RA 5092，1969 建立 2.5 kW 示範廠
- 2、1976-1984 由 PNOC-EDC 第 1 波地熱發電 981 MW。
- 3、1990-2001 建立 BOT 制度，第 2 波地熱發電 924 MW。
- 4、2001 通過 EPIRA，電業私有化，降低電價。
- 5、2008 頒布再生能源法 RA9513 及其獎勵制度。

(四) 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，主管機關為 DOE，其組織如圖 4 所示。法案包括：1、地熱法(1978 年)；2、小型水電法(1991 年)；3、海洋能、太陽能與風能法(1997 年)；4、電力部門

改革法(2001年)；5、再生能源政策框架(2003年)；6、生物柴油法(2006年)；及7、2008年12月頒佈的「促進再生能源開發、使用和商業化法」。該系列法案被聯合國有關機構稱為東南亞相關立法之良好範例，為東南亞國家中首部綜合性再生能源立法，其主要內容說明如下：

## 1、稅收優惠措施

(1)再生能源開發者可享受之稅收優惠：

- 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%公司所得稅。
- C.自取得開發證書起，免除10年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，稅率為1.5%。
- E.商業運轉前3年未抵減之運營損失，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之兩倍加速折舊。
- G.再生能源生產的燃料或電力免徵增值稅。
- 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之再生能源機器設備和材料，100%補貼其增值稅與關稅。
- J.開發者自用或離網免費提供之電力，免繳《電力部門改革法》所規定之費用。

(2)再生能源設備與材料製造商和供應商可享受之稅收優

惠：

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

(3)對種植生質能作物（麻瘋樹、甘蔗、椰子等）之農民，進口或購買肥料、殺蟲劑和農用機器設備，免徵進口稅和增值稅。

## 2、制度框架制訂

(1)以歐美先進國家推動再生能源發展經驗為借鏡，制訂以下幾項政策：

- A.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之再生能源電力。
- B.躉購電費政策（Feed-in Tariff，FIT）：政策保證再生能源開發商以特定價格出售電力，同時要求電力公司必須購買。
- C.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價格，自安裝再生能源發電技術用戶買回多餘電力，或從消費帳單上扣除用再生能源發電數量。

(2)為推進這些政策之實施，該系列法案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使用等。

(3)RETF 之資金有法律保障，主要用於資助再生能源研發和推廣。該法還在能源部內設立了再生能源局（REMB），從事再生能源開發之企業，須在 REMB 註冊以獲得許可證，並至貿工部投資署（BOI）登記，以享受該法規定之優惠政策。

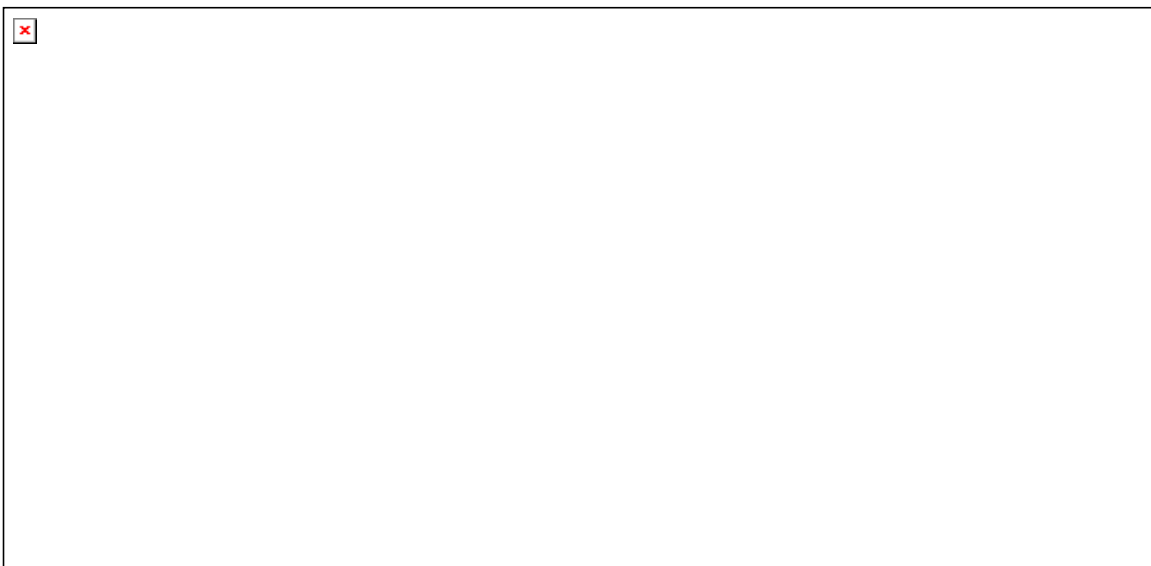


圖 3 菲律賓地熱發電歷史(菲律賓DOE提供)

# DEPARTMENT OF ENERGY

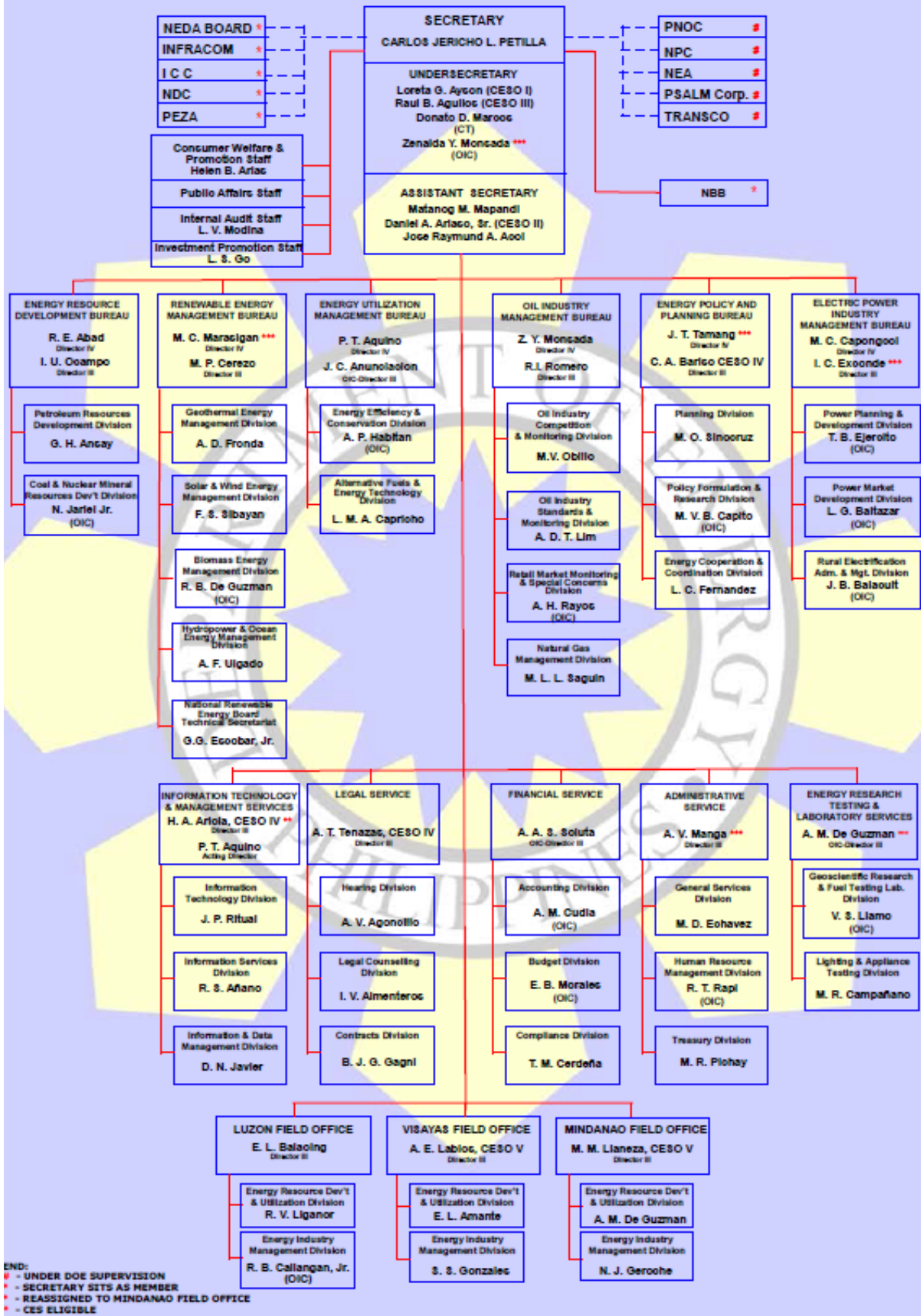


圖 4 菲律賓DOE組織架構圖(菲律賓DOE提供)

## 二、參觀 Biliran 地熱場址

此次參觀由 Biliran 地熱公司(BGI)之主要股東 ORKA 控股(ORKA Geothermal Holding)之經理 Nilo A. Apuada 負責接待，內容包括 Biliran 地熱場址參觀(圖 5~圖 7)、開發歷史、火山區非酸性流體區之鑽鑿、合作公司之介紹。

- (一)參與 Biliran 場址開發公司：菲律賓 BGI、新加坡 ORKA、菲律賓 FEDCO (Filtech Energy Drilling Corporation)與紐西蘭 Contact Energy 公司。
- (二)鑽井執行：由 Contact Energy 公司負責，鑽井作業台區為冰島 The Geysir Drilling Rig。
- (三)鑽井數：Biliran 地熱區位於萊特島北邊(圖 8)，目前共鑽掘 7 口地熱井(圖 9 與圖 10)，其中 BN-1~3 等 3 口為 1979~1982 年間由 PNOC-EDC 與 KRTA 執行地質研究所鑽鑿。
- (四)最高溫：1981~1982 年間所鑽鑿之 BN-3 井，井深 2400 m，最高溫 330°C，流體酸鹼度為 pH~3，當時技術無法克服而放棄此地熱區。
- (五)狀態：1991~1993 年間，PNOC-EDC 再次進行地質、地化與地物調查後，認為 Biliran 地熱區有開採價值。2004 年 DOE 開始尋找投資開發商，2008 年 BGI 獲得 DOE 開採許可，核准開採面積為 555km<sup>2</sup>，DOE 目前准許第一階段 50MW 地熱電廠建置，目前已確認 25MW 之蒸氣可提供發電，預計 2016 年確認提供 50MW 電廠之蒸氣。第二階段預計在開採較酸之熱液區，預計裝置量為 50MW。
- (六)潛能：此地熱區之主要地熱異常面積約 20km<sup>2</sup>，預估有

200MW 之發電潛能。

(七)特色：火山口內導向鑽探至中性流體區(圖 11)。



圖 5 參訪Biliran地熱公司與拜會Biliran首長Gerardo J. Espina, Jr



圖 6 現地勘查Biliran地熱場址之鑽井場 (冰島Geysirs鑽井公司)



圖 7 現地勘查Biliran地熱場址之地熱井場

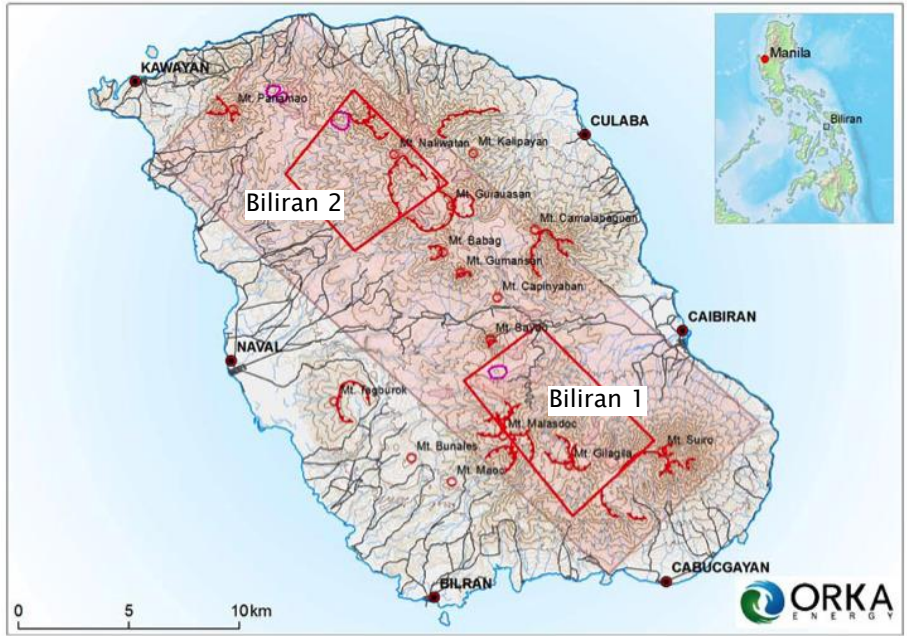


圖 8 Biliran地熱場址位置

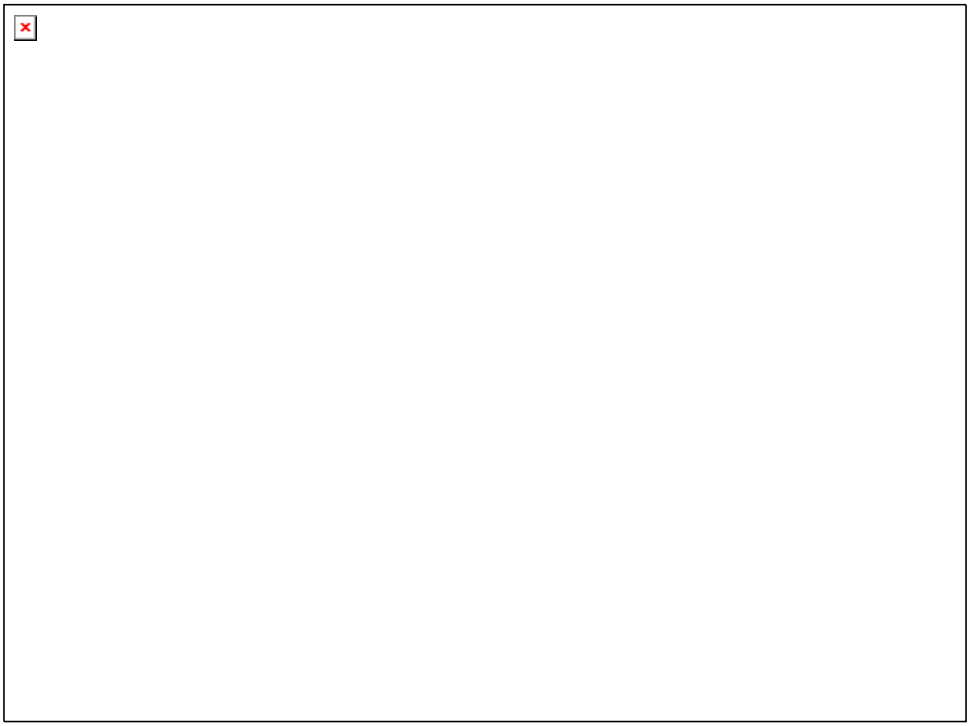


圖 9 Biliran地熱場址之地熱井位置

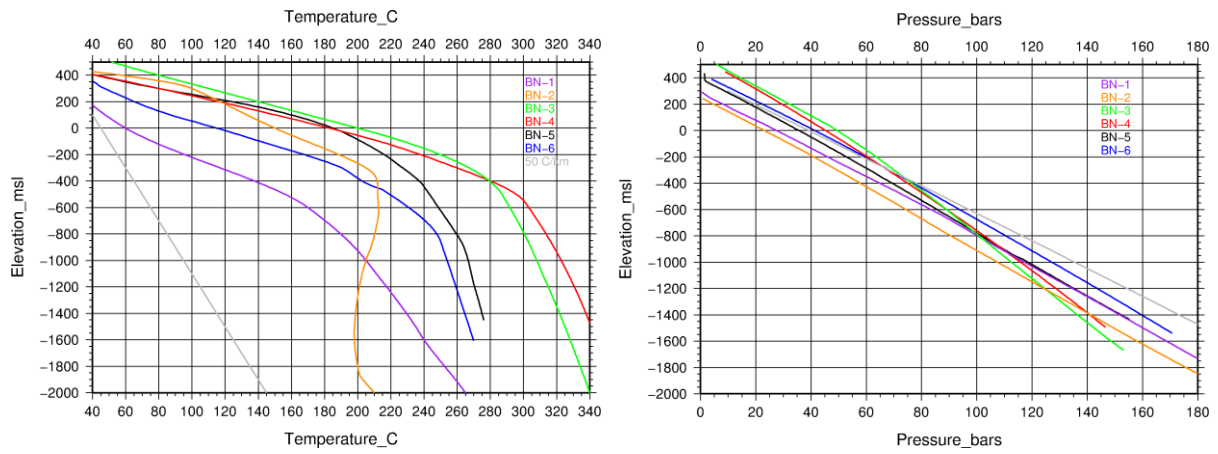


圖 10 Biliran地熱場址之地熱井溫度與壓力剖面

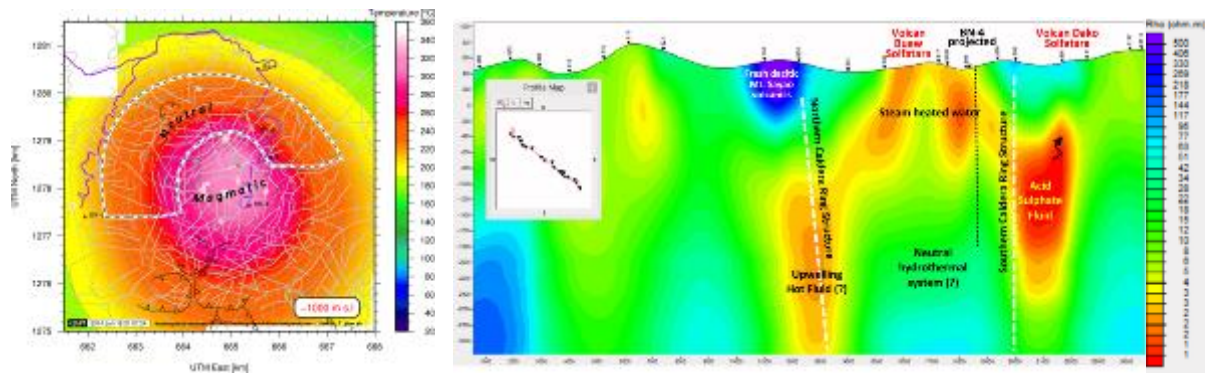


圖 11 Biliran地熱場址之中性與酸性流體區

### 三、參觀 Leyte 地熱電廠

(一)營運公司：EDC。

(二)裝置容量：DOE 核准開發面積 503.61km<sup>2</sup>，目前地熱電廠裝置容量 700MW。

(三)發電機組：Fuji, Mitsubishi, Ormat

(四)特色：世界最大濕蒸氣田，涵蓋蒸氣型與雙循環發電，贊助 Kananga-EDC 職業訓練所(Kananga-EDC Institute of Technology, KEITECH)(圖 12)、社區照護。

由 EDC 公司經理 Raymond Jarque, Jr. 及 ThermaPrime 公司合夥人 Romerico C. Gonzalez 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、地熱田營運經驗及 Leyte 地熱電廠區參觀(

表 3 與圖 13~圖 16)，並就近期大屯山合作議題進行討論(圖 16)。

菲律賓境內的火山約有 120 餘座，雖對鄰近居民的生命財產和環境帶來威脅，但火山熱源卻也造就了地熱發電產業發展。自 1990 年代起，菲律賓全國的地熱電廠總裝置容量即已達約 1800 MWe，是世界第二大地熱發電國。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 17)。

在地熱電廠民營化之前，地熱蒸氣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；在地熱蒸氣田的營運管理方面，除 Mak-Ban、Tiwi 兩座電廠之蒸氣由 CGPHI 所經營外，其餘電廠的蒸氣田都是由 EDC 負責營運管理。

除地熱田蒸氣供應與電廠營運分成不同公司負責外，在電力輸配與並聯方式亦由不同公司負責電力的調度，分工相當地仔細。主要的並聯網包括：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 18)。

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 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 1200MWe)，規模為僅次於 Chevron 公司世界第二大的地熱田營運公司。除地熱田開發經營以外，EDC 公司亦開始從事水力及風能發電等再生能源的開發事業(圖 19)。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。EDC 擁有 9 組鑽井設備，913 口鑽井經驗、累計進尺超



過 120 萬公尺。地熱井 862 口、油氣井 28 口、其它 23 口 (圖 20)。

本次參訪亦就臺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關係圖 (圖 21)。早期資源探勘階段成本最高，失敗風險也相當高，但隨著資料蒐集完整度愈高，所投資金額隨著降低、風險亦顯著降低。以 EDC 為例，早期曾有鑽鑿 9 孔探勘井僅 2 孔具地熱開發潛能之案例，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之投資案總裹足不前，EDC 人員建議地熱資源開發應可借鏡菲律賓成功之作法，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局面。

EDC 公司對臺灣地熱資源開發深具信心，也有嚐試失敗之決心，未來如何透過雙方合作，共同承擔開發初期風險及成功開發地熱，為臺灣地熱資源開發之重要課題。



圖 12 參觀KEITECH職訓所

表 3 Leyte地熱區5座電廠介紹

Plant	Produc. Wells	Reinj. Wells	Pipe Network	Generation	Capacity
Tongonan 1	27	6	13.2 km	Single flash/Mistubishi	112.5 MW
Upper Mahiao	29	10	28 km	Single flash+ Binary/GE+ORMAT+ KATO	125 MW
Malitbog	30	12	16.3 km	Double flash/Fuji	232.5 MW
Mahanagdong A/B	30	14	30.3 km	Double flash/Toshiba	180 MW
Optimization				Binary/ORMAT+ KATO	50.9 MW



圖 13 Leyte地熱電廠區之5座地熱電廠相對位置



圖 14 Leyte地熱電廠區之H<sub>2</sub>S監測站與H<sub>2</sub>S分離系統(scruber)



圖 15 團員在Tongonan地熱電廠前合影



圖 16 參訪Leyte電廠EDC辦公室及討論



圖 17 菲律賓地熱田分布(EDC提供)

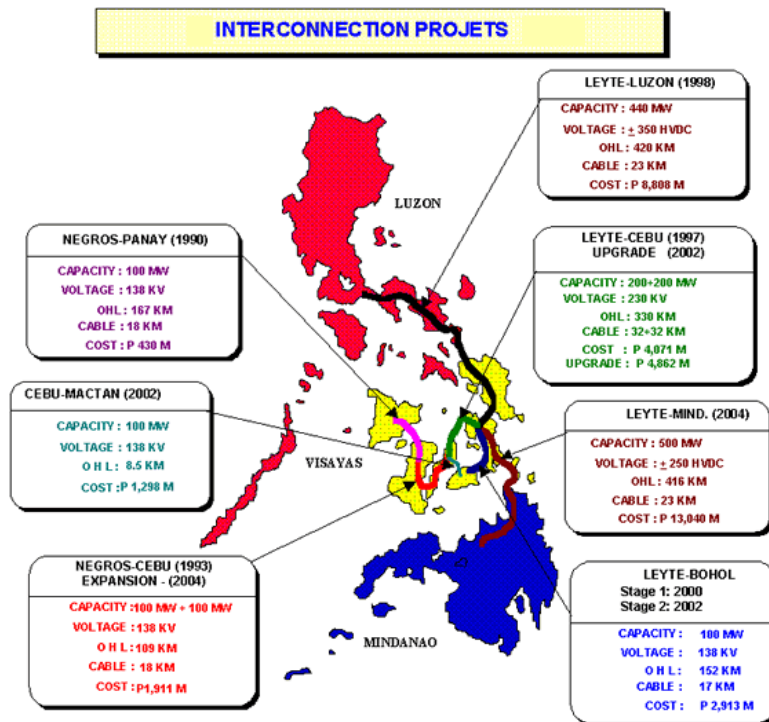


圖 18 菲律賓電網併聯系統(摘自 National Energy Grid Philippines)

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



圖 19 EDC公司在菲律賓之地熱發電與其他再生能源事業(EDC提供)

Rig	Make/Model	Type of Rig	HP Rating	Depth Rating, meters
3	Ideco 725	Mechanical	700	27,887
4	National 610	Mechanical	750	34,121
5	National 610	Mechanical	750	34,121
8	Conemasco D-3	Electric	1,000	39,370
10	Ideco E2100	Electric	2,000	68,898
12	Romanian F200	Mechanical	1,350	39,370
14	NOV	Electric	1,500	37,730
15	AMC	Electric	2,000	NEW
16	AMC	Electric	2,000	NEW

圖 20 EDC公司之鑽井設備與能力

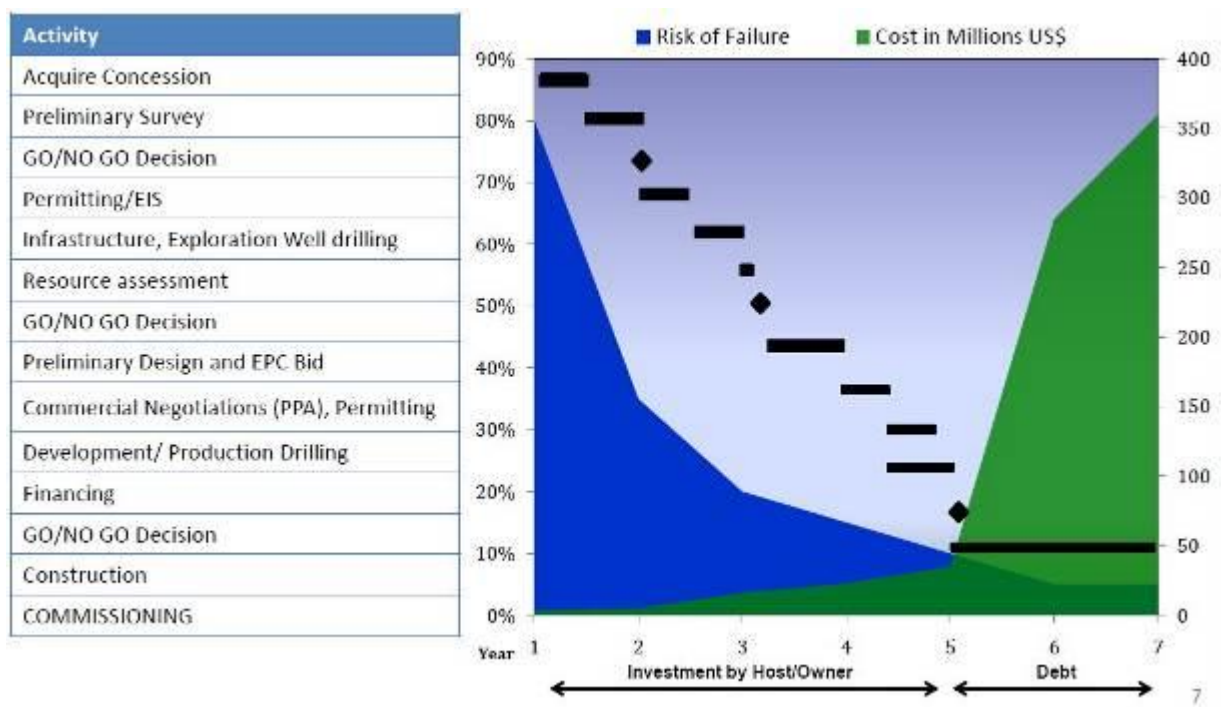


圖 21 地熱資源開發風險與效益關係圖 (EDC提供)

#### 四、參訪 Maibarara 地熱電廠

此地熱電廠參觀由 Maibarara 公司(MGI)與其主要股東 PetroEnergy Resources 公司及 PetroGreen Energy 公司共同接待，主要接待者為 Maibarara 公司經理 Pedro G Callos Jr.。參訪場址如圖 22 及圖 23 所示，重要資訊簡介如下：

- (一)位置：如圖 24 所示，Maibarara 地熱電廠位於馬尼拉南邊，鄰近 Makiling 森林保護區。
- (二)營運公司：由 PetroGreen 公司、泛亞洲石油與能源發展公司(Trans-Asia Oil and Energy Development Corporation, TAOEDC)與菲律賓石油公司附屬再生能源公司(PNOC-RC)所組成的 MGI。
- (三)裝置容量：20MW
- (四)重要時程：2010/2/1 拿到 DOE 開發許可；2010/8/11 拿到環保法規認證 (Environmental Compliance Certificate, ECC); 2010/12/8 BOI 批准 R.A. 9513; 2011/2 買進 TADANO 修復 3 口井； 2014/2/8 開始商業運轉發電。
- (五)特色：菲律賓第一個 R.A. 9513 獲准；菲律賓最先進地熱電廠； Makiling 火山保護區外圍之中性流體。



圖 22 參訪Maibarara地熱公司與電廠區



圖 23 Maibarara地熱田景況



圖 24 Maibarara地熱電廠區部分涵蓋Makiling森林保護區



## 五、參訪 Mak-Ban 地熱電廠與地熱田

由 Chevron geothermal Philippines Holding Inc. (CGPHI) 在 Mak-Ban 地熱田的 Edgardo A. Anacay (Operations manager) 負責接待，參訪內容包括: Mak-Ban 地熱田開發介紹 (圖 25)、CGPHI 公司介紹、Mak-Ban 地熱蒸氣田參觀 (圖 26)、Aboitiz 公司 Man-Ban 發電廠參觀 (圖 27) 等，討論地熱田開發與運轉期間所遭遇問題及解決對策。

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 MWe。

早在 1971 年菲律賓地熱公司 (Philippine Geothermal Inc., PGI) 公司即與國家電力公司 (National Power Corporation, NPC) 簽定地熱田探勘服務合約，1973 年開始進行地表探勘及探勘井鑽鑿供作，開發初期共鑽鑿 11 處地熱潛能區，僅 Bulalo 及 Maibarara 兩區具商業開發潛能 (圖 28)。1974 年 PGI 公司獲得 Mak-Ban 地熱區之探勘採礦權，並進行地熱生產井鑽鑿作業。第一孔生產井編號 MKB-WHB001 (圖 29) 於 1975 年完成之後持續生產超過 35 年，目前產能 110 klb/h 蒸氣 (相當於每小時 50 噸)。在 1976 年底，在 Bulalo 地區已陸續完成 12 孔生產井，驗證地熱發電潛能達 110 MWe。6 年後，完成 74 孔新增生產井鑽鑿，可發電量再增加 220 MWe。截至今日為止，地熱田驗證區範圍為 7 km<sup>2</sup>，共鑽鑿 113 孔地熱探勘井，其中

生產井有 69 孔，回注井 22 孔(17 孔熱水、5 孔冷水)，鑽井深度在 2,000 ~ 3,000 公尺之間。地熱儲集層溫度在 230 ~ 290°C 之間，平均產能約 46 噸/小時。早期地熱回注井利用井場周圍的生產井進行，目前重新鑽鑿地熱田範圍外之回注專用井，地熱電廠總裝置容量達 426 MWe。地熱流體水質 pH 值 4.5~6 之間，呈現微酸性，蒸汽含量約 46%，並無結垢問題。

Mak-Ban 電廠已運轉超過 35 年，該地熱田目前約有 25%之地熱生產井之產能不穩定，使地熱蒸汽供應面臨相當大的挑戰。造成產能不穩定的原因，目前推測為部分冷水進入淺部地熱儲集層中，重新鑽鑿新的回注井或修復舊生產井並將套管加深至淺部儲集層下方，為目前可能的解決方案，但這些尚待時間與經費去解決。

Mak-Ban 地熱電廠之地熱田與電廠營運分由不同公司負責，地熱田蒸汽供應由 CGPHI 公司運轉維護，地熱電廠部分由 Aboitiz 公司運轉維護。Mak-Ban 電廠之 16 部發電機組全部採用日本三菱重工所生產之機組，菲律賓本國並無製造發電機組之能力，目前僅負責電廠運轉與維護。



圖 25 Mak-Ban地熱電廠簡介



圖 26 參觀Mak-Ban地熱井場



圖 27 Mak-Ban地熱電廠之教育展示中心



圖 28 Mak-Ban地熱區概念模型圖



圖 29 Mak-Ban一號井(1976~迄今)

## 參、感想與建議

### 一、感想

#### (一)臺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，菲國能源部已先後與企業簽訂 206 個再生能源服務合同，吸引國內外投資超過 20 億美元。我國再生能源發展條例亦在 2009 年中頒布，兩者之比較請參閱表 4。

就法規觀點而言，菲律賓之「再生能源法」與我國「再生能源發展條例」兩者差異不大，對地熱資源開發影響亦不明顯。

表 4 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。
法律限制	開放外人投資	限制僑外人投資電力供應業
躉購方式	電力自由化	固定價格收購制度(FIT)
地熱發電成本	2-3 NTD/kWh	4 NTD/kWh
民生電價	9 NTD/kWh	2-3 NTD/kWh
經濟工具	<ol style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>2. RETF 資金主要用於資助再生能源的研發和推廣。</li> <li>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。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>2. 允許政府在必要時由預算編列撥充。</li> <li>3. 除再生能源發展基金外，尚有石油基金、農業發展基金。</li> </ol>
配套措施	<ol style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>2. 免徵生產的燃料或電力增值營業稅及碳排放交易稅。</li> <li>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增值稅。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>2. 提供關稅減免、免申請雜照、放寬併聯與用地取得條件等。</li> <li>3. 設有爭議強制調解機制。</li> </ol>

## (二)臺灣與菲律賓地熱資源

地熱資源主要分布在以菲律賓斷層兩側非活動火山帶上(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 2,000~3,000 公尺，蒸氣含量約 45%、平均產能 5~7 MW/井(圖 30)。

已開發地熱田 7 處，共有 19 座地熱電廠，總裝置容量約 1,800 MWe，位居全世界第 2 位；開發中地熱田尚有 28 處。地熱發電裝置量容量約佔菲律賓總發電裝置容量之 12%，年總發電量約 10 TWh，佔全國發電供應量 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 1,000 公尺~2,000 公尺，蒸氣含量<20%，平均產能 0.3~0.8 MW/井。過去曾在宜蘭清水地熱區造 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。

由前菲律賓及臺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，臺灣地區地熱生產井除少部分深井外，大部分小於 1,500 公尺，與菲律賓地熱生產井深度差異 500~1,000 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供的經驗來看，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，而我國地熱開發中斷近 15 年；(2) 菲律賓石油公司之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之重要因素，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之生產管線腐蝕等問題。

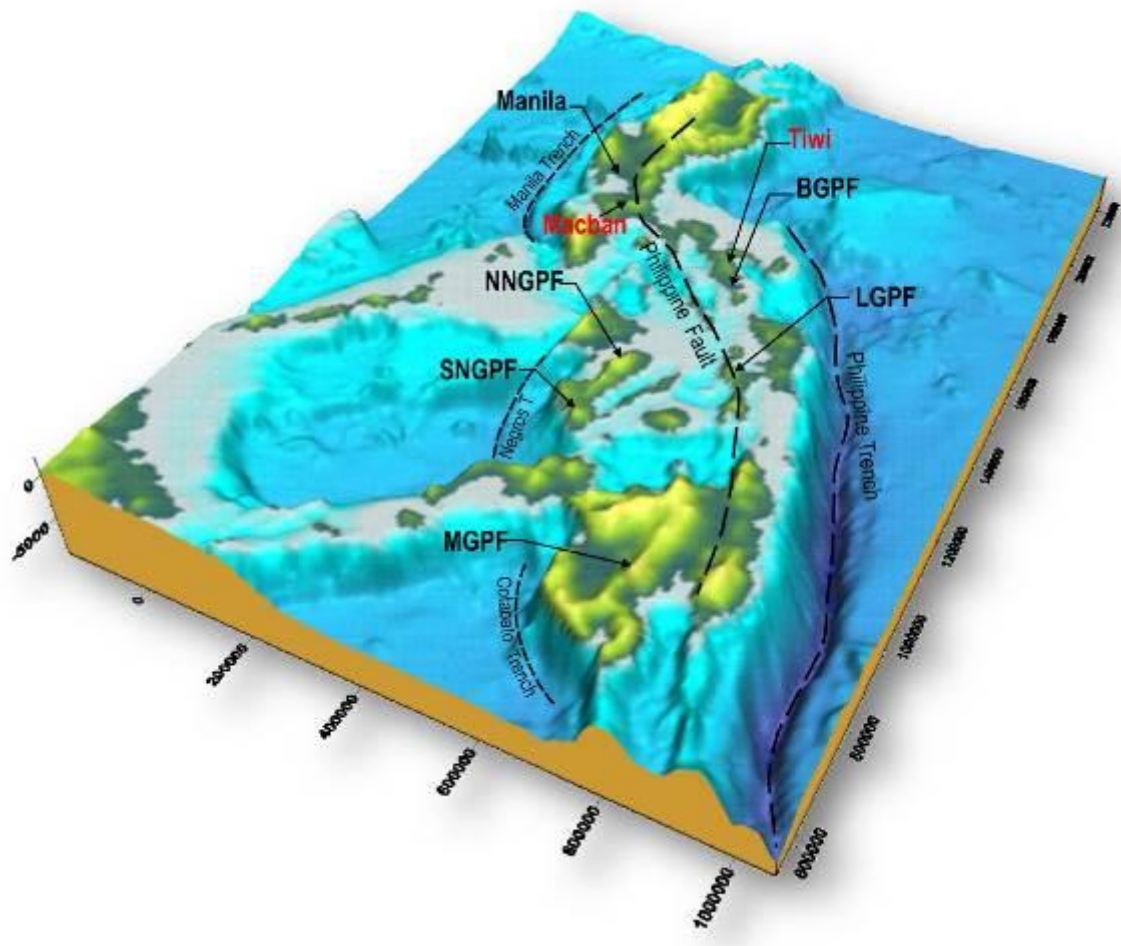


圖 30 菲律賓地熱田分布位置圖

### (三) 臺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 5 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織運轉測試。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。

地熱井之產能對地熱電廠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之技術人員擔任，並適時引進國外石油公司鑽探技術，生產井鑽鑿深度在 2,000~3,000 公尺之間，平均產能在 5~7 MWe 之間，為菲國地熱開發成功之重要因素。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

團隊之協助，地熱資源開發仍面臨相當大挑戰。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之重要課題。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之主要通道，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 2 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，由於對資源掌握度不足，導致探勘井失敗之機率相當高。以菲律賓 Biliran、Maibarara 與 Mak-Ban 電廠為例，在開發初期所鑽鑿探勘井，均由國家經費支持，累積技術及資源掌握度後，進行地熱發電建廠與營運，運轉時間至少超過 20 年。

## 二、建議事項

(一)針對如何促進我國地熱發電事業發展，本參訪團提出以下建議，俾供我國政府未來發展地熱發電之參考。

### 1、政策面

(1)地熱探勘為地熱資源開發風險最高之一項，初期探勘階段由於對資源掌握度不足，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，導致投資裹足不前之案例屢見不鮮。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。

(2)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，應儘速展開地熱資源探勘調查，以確認地熱異常區之範圍。

### 2、法規面

(1)可參考菲律賓作法，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。

(2)地熱開發在法規上牽涉土地、環評、礦權、能源、工程等議題，菲律賓設有地熱開發申請單一窗口，減少

管理機構間衝突，可加速進行地熱開發之進程，值得我國學習。

### 3、技術面

- (1)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。
- (2)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(12 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蓬勃發展之重要因素之一。國內 103 年度地熱能躉購費率訂為 4.9315 元/度，若能再適度調高，將更具誘因，以吸引國內、外之投資及開發者。
- (3)早期宜蘭清水地熱區遭遇之嚴重結垢問題，於菲律賓 Palinpinon 地熱電廠亦有同樣現象，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應可解決，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。
- (4)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，以落實地熱資源開發。

- (5)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，對臺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模式，以大屯火山為對象，透過台灣汽電共生等大型企業與 EDC 簽訂地熱田開發共同承攬(Joint Venture)契約，借重其技術與資金，開發我國地熱發電資源，除可將 EDC 之資金與技術引進臺灣外，共同承攬可降低地熱田開發失敗之損失，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。
- (五)地熱井鑽鑿技術係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之重要關鍵。因此，修訂地熱開發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之問題。

- (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，且前期此一部份工作與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。
- (九)菲律賓 EDC 之火山型地熱開採經驗豐富，與國內正值潛能評估中之大屯山條件相近。103 年度雖已與美國 LBNL 合作進行評估潛能，為提升信心，建議再與菲律賓 EDC 合作進行鑽井場址篩選。在與菲律賓 EDC 合作為前提下，建議今(103)年度邀請對方來臺參加 12 月臺美大屯山地熱會議，期使菲方了解大屯山地熱資源與臺灣地熱投資環境。



### 三、誌謝

本次組團參訪菲律賓地熱電廠，除感謝經濟部國際合作處張專員玉燕協助與菲律賓方溝通事宜外，特別感謝中華民國駐菲律賓代表處經濟組冷前組長新銘與荀秘書玉蓉協助參訪團行程安排及隨團參訪，致使本參訪團得以順利成行。