

經濟部暨所屬機關因公出國報告
(出國類別：開會)

參加國際地熱大會與東南亞地熱
研討會

服務機關：台灣中油公司探採事業部

姓名職稱：陳炳誠 地質師

派赴國家：德國

出國期間：107年2月26日至3月4日

報告日期：107年3月19日

摘要

為能提升地熱探採知識及蒐集國際地熱產業資訊，中油公司探採事業部派員參加國際地熱大會及產業博覽會，以了解國際間最新地熱探勘開採科技與地熱發電發展現況。希望能藉由參加國際地熱大會及產業博覽會，提升本公司地熱探採技術、了解國際最新地熱鑽井和生產技術及評估將設備或技術引進台灣的可行性。

此次國際地熱研討會及東南亞地熱研討會，是由國際地熱協會(International Geothermal Association, IGA)、國際能源協會地熱組(International Energy Association Geothermal, IEA Geothermal)主辦，並由德國聯邦政府贊助協辦。

目前東南亞各國的地熱產業發展，呈現兩極化，有大量的高溫火山地熱資源的國家，如日本、菲律賓及印尼，其地熱發電產業已發展至少 20 至 30 年，法規、技術及產業鏈皆已趨於健全。其它較缺乏高溫火山地熱資源的國家，則皆處於初期階段，地熱發電皆呈現尚未開展，仍要該國政府及國際間地熱已開發國家的協助。

國際地熱大會及博覽會主要分為淺層地熱，係以直接供熱及深層地熱係以發電兩個子議題及此兩類型的地熱廠商。台灣的地熱能源需求乃以發電為主。然地熱發電技術仍有很大的發展空間，其目標在降低鑽井成本、增加發電效率及延長發電廠可操作時間。目前以歐洲來說，仍需有補助固定電價的制度，才能吸引業者投資地熱發電。

台灣的地熱發電目前還屬於初期階段，為能加快開發速度，依國外的經驗，應從政府的策略、法規及引進成熟的技術為主。建議本公司可引進國際性的大型油氣及地熱資源服務公司，進行地熱開發規劃等服務，再從中學習，提升本公司自身的地熱能源探採能力。

目次

一、 出國目的	1
二、 出國行程	2
三、 心得與建議	8

一、出國目的

配合政府積極推動綠色能源發展，中油公司探採事業部負有推動地熱能源開發生產的使命。然中油公司自民國 82 年停止清水地熱電廠的營運後，至 101 年實際重啟地熱研究業務，有近 20 年未實際進行地熱探勘生產業務。

為能提升地熱探採知識，中油公司派員參加國際地熱大會了解國際間最新地熱探勘開採科技與地熱發電發展現況，希望藉由參加國際性的地熱研討會及產業博覽會，了解國際最新的地熱鑽井和生產技術，及評估將設備或技術引進台灣的可能，藉以提升本公司在地熱探採技術，並加快本公司在地熱能源生產的進程。

二、出國行程

此次東南亞地熱研討會及國際地熱研討會，是由國際地熱協會(International Geothermal Association, IGA)、國際能源協會地熱組(International Energy Association Geothermal, IEA Geothermal)主辦，並由德國聯邦政府贊助。

第一天: 東南亞地熱研討會

第一天的東南亞地熱研討會為今年 IGA 與 IEA Geothermal 特別舉辦的專題，特邀請東南亞各國地熱已長期開發、開發中及尚未有開發等國前來共同研討。其主要目的在於讓世界其它國家的科研單位及地熱開發公司、地熱技術服務公司等，可以了解東南亞地熱產業發展情況及相關法令，以促進當地的地熱投資。

會議前，IGA 主席致詞時表示，地熱能源與太陽能及風能相比，技術上的難度是較高的，因為迷你規模至大規模的地熱田，需要用到完全不同的技術，此是與太陽能及風能技術不同之處。而地熱的發展也要在學術界的「問題導向」及業界的「解決方案」導向的不同觀點中，找到平衡。

此會議的參加國家有日本、南韓、台灣、菲律賓、越南、印尼及印度等國，每國發表 20-40 分鐘的該國地熱發展概況。台灣由台灣大學的宋聖榮教授主講台灣的地熱資源及投資潛力。台灣除宋教授外，還有中央研究院的黃柏壽研究員及本公司派員與會。

除日本有大學研究機構及地熱服務廠商等較多人員參與此會外，台灣派員人數與其它東南亞其它各國參加人數相當。其它東南亞各國主要由該國的研究人員、地熱開發公司、地熱服務公司、各國主管地熱能源的政府部門派員參加。

綜觀東南亞各國的地熱發展情況，可分為已長期穩定開發的日本、菲律賓及印尼，還有正開發中的南韓、台灣、馬來西亞、越南及印度等國。其實地熱已開發國家及開發中國家的發展情況有相當大的落差。

如以地熱發電來說，日、菲及印尼等國的地熱發電都已至少 20-30 年以上，發電量皆為世界前 10 名。但東南亞的地熱開發中國家，屬於幾無商業運營的地

熱電廠，而僅有地熱能的直接利用。

此外，位在溫帶氣候的南韓，雖然沒有地熱發電廠，但其利用淺層地層進行熱交換，供應建築物空調應用，已有相當的發展。至 2016 年，南韓已有近 14 萬戶家庭，使用淺層地熱井的熱交換器進行房舍的空調。

東南亞地熱發電已開發的日、菲及印尼三國，皆有完整的地熱產業鏈。政府在地熱能源開發方面的法規、私人地熱開發公司及地熱服務公司這三方面皆已上軌道。

日本及菲律賓的主要問題在於地熱能源開發已久，目前的地熱發電量已達到高峰，日本從 2005 年起，地熱發電量即開始逐漸衰退。菲律賓目前為世界上地熱發電量的第二大國，但該國的地熱發電量於 2001 年後也已到達經濟可開發性的瓶頸，從 2007 年後至今只有新設立一個發電廠。

日本數個大型地熱發電廠因成立已久，發電量開始衰退。在福島核災後，日本的地熱發電朝向小型的獨立電廠發展，以追求可以進行小聚落獨立供電為目標，並朝向小型地熱發電技術發展。現今日本的國家公園範圍內與台灣相同，不能進行地熱探採，也是日本地熱資源開發沒有持續增長的原因之一。

菲律賓由於地熱沒有固定收購電價的優惠措施，以地熱發電的高初期投入資金及高風險來說，如沒有政策及法規的協助，與其它再生能源的發電廠相比，在初始興建階段是較沒有競爭力的。這也是 2007 年後至今，菲律賓只有一座新的地熱發電廠建造的原因。而這個一新增的地熱發電廠，也是前一個地熱探勘公司鑽完井後，無力開發，再由另一家公司接手開發的。故節省了大量的鑽井費用，才有辦法建造可商轉的地熱發電廠。

印尼目前為世界上地熱發電之第三大國，並擁有全球 40% 的地熱資源量。印尼有望在未來數年，地熱發電量超越菲律賓。印尼尚待開發的地熱潛能相當高，但其面臨的問題有二，一是地熱產業技術人員不足，技術人員缺口達 2 千人以上。另一問題是，印尼電力基礎設施不足及全國總發電量嚴重不足。現今印尼政府的主要目標在於提供普及的電力及提高全國總發電量。而地熱發電与其它傳統

發電方式相比，初期投資較高，且由探勘期進入開發期，需要較長的時間。印尼政府目標現今著重於供電的普及率及快速增加電力供應，故對於高投資成本的地熱發電減低了重視的程度，但仍強烈希望國外公司至印尼投資地熱資源。

在地熱開發中國家，南韓因沒有高溫的火山地質背景，故地熱主要直接利用於空調利用。印度的地熱能源也正在發展中，預計於 2021 年有 40 MW 的發電量。其主要的問題是該國地熱資源較佳處為喜馬拉雅山一帶，接近中國及巴基斯坦的邊界，由於政治問題，故探勘及開發較為困難。但該國與台灣相同，皆有明確的獎勵地熱鑽探及固定電價收購的措施，以獎勵地熱發電案的投資。

越南與台灣的情況在地熱地質的情況接近，雖然越南不像台灣有大屯火山，在其陸上跟台灣類似也有許多非火山型的溫泉，溫泉的溫度從攝氏 40 度到大於 100 度都有，目前都為觀光的用途。其也希望國際各國可以到該國協助地熱資源的探勘與開發。

台灣大學的宋聖榮教授，在大會上說明台灣位於板塊交界帶上，在小小的島上，就有火山型、張裂型及造山帶型的三種地熱地質區。在台灣也有許多的溫泉分佈，由台灣的地熱地質研究，可知台灣有一定的地熱資源量。但大屯火山有嚴重的酸蝕問題，非火山型地熱區有明顯的碳酸鈣結垢問題需解決。台灣為了積極發展地熱發電，已規劃提高固定收購電價、補助鑽井費用，簡化環評程序等方式，來提高業者的投資意願，也歡迎國外業者到台灣投資。

國際地熱研討會部分:

世界地熱研討會分為淺層地熱及深層地熱兩個子議題分別討論。

由於地熱資源在溫帶地區，可直接利用地熱能於房舍的空調。淺層地熱鑽井深度最多僅數百公尺，大部份約 100 公尺左右，用來進行地面上與地底恆溫層的熱交換，在寒冷的天候下，提高房室內的溫度。與位處亞熱帶的台灣，目前希望利用地熱來發電的情況不同。本次與會著重在地熱發電、地熱探勘、地熱鑽井、完井、修井及開發等議題。

歐洲地質學家協會主席主題演講，其預測地熱產業未來發展，可能的問題與

機遇，其一是技術的問題。如何創新，提高地熱開採的效益，是一大問題。例如在開採的地熱流體時，常有重金屬沉澱在管道中的問題。如果可以在開採時，將這些重金屬從地熱流體中分離出來並加以利用，此就成為地熱及礦業的結合。對於地熱產業的發展有很大助益。

其次是社群的關係，地熱產業如何利用社群網路，提高社會的認識與支持，是很重要的。例如油氣產業的液裂生產技術，在歐洲由於社會民眾的不支持，雖然技術成熟可行，但在歐洲部分國家，已被禁止使用液裂技術。今日在會場外也有民眾聚集抗議地熱發電，故加強與社群的溝通，也是地熱產業可以發展的重要因素。

其三是氣候變遷的議題，由於全球暖化的問題，世界各國在可見的未來一定會採取措施來減低溫室氣體的排放量，這也是地熱發電產業未來可以發展的契機。

大型國際油氣行業服務公司 Schlumberger 法國研究團隊，利用油氣行業常見的儲集岩靜態及動態建模的流程，對法國的深層地熱研究鑽井的結果，作儲集岩的模擬，顯示油氣探採的技術，部分可利用於地熱探採上。

未來台灣的地熱田開發，在鑽井完成至開發前，應進行開發及儲集岩管理的規劃。地熱儲集層的成功佐證與開發有賴於了解地下環境及減低因對地下地質不了解而產生的不確定性風險。

由於鑽井費用高，確認資源是否存在及確定資源量，才能知道計劃是否有經濟效益。資源的開發方式也要最佳化，以確保開發及營運的成功。對地下地質的不確定性，需要靠對地下地質的瞭解來降低。

舉例來說，地下地熱系統模型的建立，應包含測井解釋資料及構造背景知識，建立自然裂縫網路的模型。經由震測資料反演取得岩石性質。如有測試或生產的歷史資料，則可經由生產歷史的擬合，來預測長期可能的生產行為，以確保未來可以穩定的生產。

這些預測模型也應與地下應力的模型相結合，以了解在生產過程中可能發生

的應力變化與地層破壞，及鑽井過程中可能的工程風險，例如井孔的穩定性。還有了解電廠營運期間可能的地表變型及斷層的再活動及觸發的微地震情況。

建立整合模型，在探勘階段，對於風險的預測、減輕及觀測，是很好的方法。在地熱電廠的開發及營運過程中，也是很好的改善經濟效益及社會觀點的方式。

會議中，亦有發表德國南部巴伐利亞地區的深層地熱發展情況。巴伐利亞的 Molasse 盆地是歐洲很重要的地熱盆地。因為此盆地目前的地熱鑽井成功率高，且水質良好，接近淡水的水質，而且德國有一度 0.25 歐元的固定電價收購制度，使廠商投資鑽井，建設地熱發電廠的意願增加。但由於沒有明顯的地溫異常，要達到適合發電的地熱溫度，只能經由鑽至較深的地層才能獲得，這也代表了較高的鑽井及開發費用。在此情況下，發電機的效率最大化及可以長期穩定的發電成為地熱計畫可以獲利的主要原因。

以世界上最大的地熱雙循環發電機組製造商 Turboden 公司，在 Molasse 盆地的經營情況來說，在過去幾年，該公司在此地區建造了 4 個地熱發電廠，其中 1 個 5 MW 等級，2 個 5.6 MW 及 1 個 4.1 MW 等級。而 4.1MW 之發電廠同時生產 12 MW 的熱能供予家庭使用。

這些地熱雙循環發電機組的全年可操作時間，達 94-97% 間。這種高運轉時間，可以有效的增加地熱發電的產量及獲利。

廠商博覽會部分

此次來參展的廠商達數十家，有約半數為地下淺層地層熱泵浦家戶供暖相關的服務廠商。有半數是與較深層的地熱發電有關的鑽井服務商、水泥、鑽頭、套管及發電廠建置等供應商。本公司也希望可以找尋對到台灣投資感興趣的地熱服務公司。

然而這些廠商有部分為中小型的服務商及設備商，目前服務地點僅限歐洲大陸地區，在東南亞沒有服務據點，經詢問，對他們來說到台灣服務有一定的困難。

有經驗及有能力進行國際服務的，仍以由油氣服務行業跨足到地熱廠業的服

務商為主，例如 Schlumberger、Baker Hughes 及 Wellperform 等公司。

本次在展覽中，主要找尋的是具有地熱田開發設計經驗的公司，且有能力在台灣服務的廠商。設計激勵生產，儲層管理，泵浦等設備。

Baker Hughes 為知名的國際油氣工業及地熱服務商，其有生產地熱井使用的來參展的為 Baker Hughes 德國分公司的，其在印尼有地熱服務工作，故在東南亞區及台灣可以進行地熱服務。

另一家有國際地熱能源開發顧問能力的公司為丹麥之 Wellperform 公司，其原本亦是油氣行業之服務公司，主要的服務地點為北海油氣田，現今跨足至地熱產業。該公司在丹麥近期也完成了一個地熱鑽井、完井及設廠之服務案。

其在地熱產業方面的技術設計服務包含建立計畫、設計、規劃、營運及最後的關廠都有包含。在地下資源量方面，其也提供尋找及定位好景區、鑽井和營運規劃及儲層管理的服務。

Wellperform 及 Baker Hughes 皆為國際油氣及地熱服務公司。此種類型的公司之資金及技術能力較能支持跨國遠距的服務。

三、心得與建議

(一)出國心得

此次在德國奧芬堡由 IGA 及 IEA Geothermal 舉行的國際地熱大會及東南亞地熱研討會，可觀察到三個現象。

其一是對地熱尚未開發的國家進行技術、財務支援及宣傳推廣。世界上不管是經濟上已開發、開發中或未開發國家，只要是地熱資源尚未被重視的國家，都是 IGA 及 IEA Geothermal 輔導的對象。

其二是國際地熱產業的推動發展。由於歐洲位處中高緯度，有龐大的建築及農業溫室的供暖需求。利用淺層地熱進行熱交換，把淺層地熱能用以供暖上，發展的已十分良好。在會場上可看到有許多淺層鑽井設備商、材料商及鑽井服務商。顯示歐洲的地熱產業已有完整的產業鏈。

其三是利用深層地熱發電的推動。在這次的會議中，可以看出，即便是淺層地熱開發已十分良好的歐洲，在利用深層地熱發電的技術上，仍有其困難。主要的原因是深層地熱的探勘、鑽井費用等費用皆高，目前仍需有足夠的電費補貼，才能吸引廠商投入。但鑽探失敗的風險，仍然不能避免。故歐洲目前一般私人公司願意投資的，乃集中在探勘成功率較高的德國南部 Molasse 盆地。而且銀行對於探勘失敗的保險賠償，也是讓廠商願意投入探勘的原因之一。歐洲其它地區的深層地熱鑽探多半仍屬政府資助的實驗或半實驗性質之鑽探。歐洲在深層地熱推動上的困難，有另一原因是對於民眾對於液裂增產技術的不瞭解與不信任。這也是地熱產業界、地熱研究單位、政府及社會間仍需溝通的地方。

(二)台灣地熱需突破的三大面向

本次全球地熱會議的三大討論面向，也是台灣地熱發電推動的三個需突破的面向如下：

1. 目前台灣的地熱能利用主要皆是觀光用途，對於地熱發電，並還沒有完整自有的技術；

2. 除了少數溫泉地熱鑽井服務商及設備商外，尚沒有完整的地熱發電的產業鏈。
3. 對於地熱生產開發必要的工程，民眾並不瞭解，在發展地熱發電時，可能造成社會大眾的疑慮。

雖然台灣在經濟上，已非落後國家，但目前地熱能源利用，仍還在努力開發中。雖然政府對於法規及制度都對地熱發電極力的支持，但地熱管理及獎勵法規的訂定與修改，還在逐漸調整中。

（三）建議

中油公司探採事業部，正由油氣探勘生產產業進入地熱探勘開發產業中。因這兩種產業有類似性，較易進入地熱探勘開發產業，也較易了解地熱探採的實務問題。但地熱開發與油氣開發，還是有許多技術不同，需要從國外引進已成熟的地熱探勘生產技術。

由於不同國家的地熱地質條件可能有很大的不同，如果不是已在國際間有許多不同地質區服務經驗的公司，可能只有當地地熱地質的開發經驗，而不適用於台灣。這方面也是未來在尋找服務公司需要注意的地方。然參加國際地熱產業博覽會，了解國外地熱技術的發展，及設法引進適合台灣的地熱設備商及服務商，對於台灣地熱產業的發展會很有幫助。