

菲律賓、日本與冰島地熱能發展現況簡析

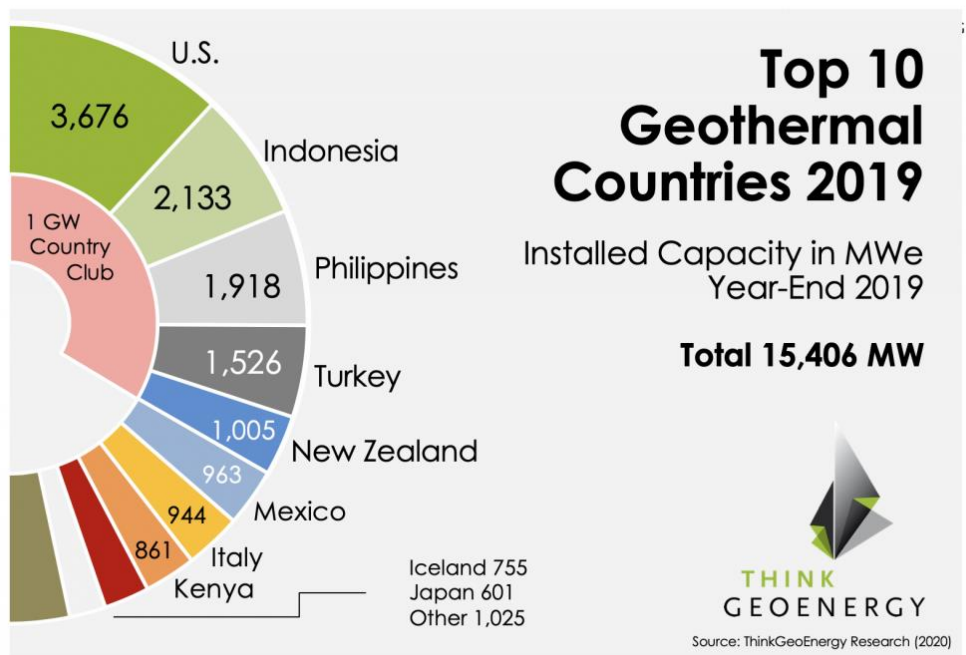
109.05.29

摘要

- (一)、菲律賓自先進國家引進技術，並採 BOT 方式吸引外資投入該國地熱能開發，其後則移轉予政府經營使其成為國營事業，未來將持續進行地熱能之開發。
- (二)、日本在開發地熱能初期遭遇相當大之困難，其後透過組織改組，以國家資源扶植民間產業，同時強化民眾溝通，使地熱發展計劃能夠執行的更加順暢。
- (三)、冰島因其得天獨厚之地理環境，加上政府制定能源長遠政策計畫(Master Plan)，已成功開發地熱能使其成為基載電力；在地熱能源開發的過程中，冰島政府初期以國家資源推動地熱開發，而後順利導入成功之商業模式，使得產業界願意投入，對我國極具參考價值。

一、前言

過去地熱能的應用多以淺層、較易開採之地熱來源為主，隨著技術的進展，可探勘、開採的地熱田與電廠逐年增加中，各國逐漸重視地熱能的開發。根據再生能源政策智庫 REN21 所發表的《2017 全球可再生能源狀況報告》，在 2016 年，全球約有 400 MW 的新地熱發電裝置容量上線，相當於現行台灣所有種類發電機組總合(42,132.5MW)的百分之一，全球總地熱發電裝置容量也來到 15,406 MW 的新高，足以撐起三分之一個台灣的用電。截至 2019 年底，地熱發電裝置容量前十名的國家如下：美國(3,676 MW)、印尼(2,133 MW)、菲律賓(1,918 MW)、土耳其(1,526 MW)、紐西蘭(1,005 MW)、墨西哥(963 MW)、義大利(944 MW)、肯亞(861 MW)、冰島(755 MW)和日本(601 MW)。



資料來源：TGE Research (2019)。

圖 1、全球地熱發電裝置容量

二、菲律賓、日本與冰島地熱能發展現況檢析

菲律賓、日本與冰島在發展地熱能上具不同背景。菲律賓在 30 年前發展地熱發電，透過美國、紐西蘭、冰島等國家之技術引進，並採 BOT 方式吸引外資投入，30 年後移轉給政府經營，由國營石油公司轉投資成立（Energy Development Corporation, EDC）負責管理經營，目前地熱電廠之裝置容量約為 1.9GW，為世界第二大之地熱發電國家。

日本國內的能源自給率不到 4%，能源仰賴進口，政府急需尋找具可替代性之天然能源；同時，日本蘊藏之地熱資源量為世界排名第三，然受限於資金、民眾溝通、地方政府協調等因素，現行的地熱發電裝置容量卻僅有約 522 MW，排名世界第十。為此日本透過創立新組織並建立民眾溝通管道，企圖加速日本國內之地熱能開發。

冰島地處高緯，火山活動十分旺盛，得天獨厚的環境使其十分適合地熱資源開採，現行的地熱發電裝置容量共 665MW，年發電量約為五十億度，佔冰島總發電量的 26.6%；地熱發電已成功成為冰島的基載電力。除此之外，冰島的地熱電廠還能將發電

後的溫水送入家庭，代替煤氣提供溫暖來滿足民生使用，減少化石燃料的使用。

本文針對此三國在地熱能上之發展進行相關研究與資料蒐集，相關成果則分述如下：

1. 菲律賓地熱能發展現況

菲律賓地熱開發可以追溯回 1970 年代，菲律賓國家電力公司(National Power Corporation, NPC)開始與外國石油公司合作進行探勘計畫，並且於 1977 年建立了菲律賓第一個商轉地熱發電廠。為了管理並有效開採地熱資源，1978 年菲國總統馬可仕頒布了編號 1447 總統命令(Presidential Decree No. 1442)，規範了政府與私人公司以 BOT 形式合力開發地熱資源的合約框架，其中內容包含限制地熱開發公司的外國持股額度必須在 40%以下，但因成效不彰，因此菲律賓國會在 2008 年通過新的再生能源法案：第 9513 號共和國法，又稱為「再生能源法」，該政策為再生能源的發展、利用提供優厚的獎勵及鼓勵制度，除了免除大量稅務外，更是制訂強制電力公司收購一定比例且保證售價的再生能源電力的主動政策，另外也鼓勵電力用戶端增設再生能源發電設備以減少電力開銷，並且助長了地熱發電的發展。同時政府也與民間簽訂了超過四十份的地熱投資契約，透過與民間合作的方式減少政府財政負擔同時持續發展地熱資源。



資料來源： Geothermal Development in the Philippines (2015)

圖 2、2013 年菲律賓地熱發電位置及地熱合約發展階段圖

目前菲律賓境內共有八座地熱發電廠，為了滿足經濟發展所需與日俱增的電力需求，新建及擴增的計畫也在持續進行中，菲國政府制訂了 2013-2030 的階段性地熱發展計畫，其中在 2013-2015 年間規劃新增加 50 MW、2015-2020 年間加入 1,180 MW、2020-2025 年間增加 155 MW、在 2025-2030 年間增加 80 MW 的裝置容量，最後完成增加共 1,465 MW 的目標，相較於現行的 1,900 MW 提升 75%。除了將地熱用於發電，菲律賓民間也有直接利用地熱能的例子，除了最常見的溫泉以及私人 SPA 泳池的地熱利用，菲律賓人民更將地熱用於乾燥蔬果、製鹽等其他豐富的領域。

2. 日本地熱能發展現況

日本國內的能源自給率不到 4%，能源仰賴進口，而在經歷過 2011 福島核災後，日本的能源供應策略迎來十分重大的改變，積極推廣再生能源的政策也燃起部分民間企發展地熱資源的興趣，同時也已經開始進行地熱資源的探勘及開發技術的研究，可是如今還未有顯著的成果。不僅僅是因為地熱資源的探勘週期長，在開發、建設地熱電廠的前期就必須需要投入大量的時間及金錢成本，與當地居民的溝通及協調也成為發展地熱資源的一大阻力，甚至不少當地的溫泉業者也擔心地熱資源的開採會對溫泉資源帶來衝擊。在管理層面上，地熱資源開發業者與地方政府之間對於地熱開採的技術以及相關知識的掌握也有相當大的代溝。這導致了地方政府對這項新興能源的管理能力不足，常會陷於商業發展與地方居民權益保護的兩難議題之中。為此，JOGMEC 在 2016 年成立了地熱資源開發諮詢委員會(Advisory Committee for Geothermal Resources Development)，協助政府針對地熱發展制定法規、計畫，提專業知識諮詢服務並促成業者與地方政府的溝通協調，使地熱發展計劃能夠執行的更加順暢。

目前日本境內共有 18 座地熱發電廠，大都分佈在九州及東北地區，其中位於九州的八丁原地熱電廠為全日本最大地熱電廠，擁有兩組發電機組共 110 MW 的裝置容量。透過尾水回注的技術應用，將發電後的冷卻水藉由注水井重新注入地層，補助地層流體以保持熱水產量，同時可以幫助去除管線內的結垢碎

片，達到環保以及延長電廠受命的功效。



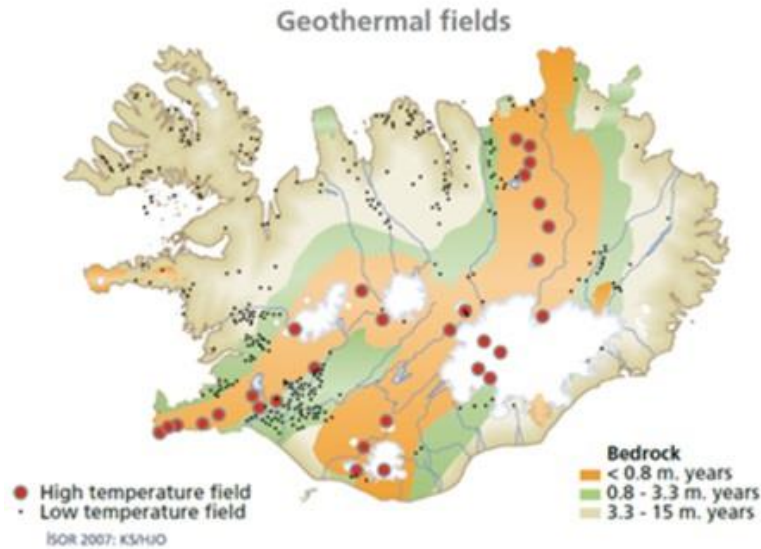
資料來源：九州電力 (2019)

圖 3、日本八丁原電廠實景

此外，日本民間對於地熱能的利用早已融入了生活之中。除了我們所熟知的泡湯、SPA 等遊憩領域，日本也將地熱能應用於清除道路融雪。他們將源自地下的熱水抽至地表，打入埋在柏油路面下的管線，以此加熱柏油路面，使道路不再積雪。

3. 冰島地熱能發展現況

冰島地處高緯，火山活動十分旺盛，境內共兩百餘座活火山，沿著中洋脊形成一個由北到南貫穿冰島火山活動帶。火山的存在同時也為冰島提供了許多的地熱資源，火山岩漿所帶來的極高的地溫梯度，使得在地下一千公尺深的地層就能發現攝氏兩百多度的高溫，十分適合地熱資源開採。



資料來源：ORKUSTOFNUN (2010)

圖 4、冰島地熱場分布

冰島現行的地熱發電裝置容量共有 665MW，年發電量約為五十億度，佔冰島總發電量的 26.6%，地熱發電已成功成為冰島的基載電力。除此之外，冰島的地熱電廠還能將發電後的溫水送入家庭，代替煤氣提供溫暖來滿足民生使用，減少化石燃料的使用。

在不久的將來，等相關技術、產業發展完備後，冰島也有可能開始對外輸出「地熱」能源，過去冰島曾與鄰國英國計畫建造長達 1000 公里的海底電纜—IceLink，由冰島輸電至英國，計畫提供 160 萬戶英國家庭民生所需，雖然如今因為英國脫歐而導致該計畫暫時停擺，不過英國也已經發表聲明證實將會繼續進行這項輸電計畫，並且計畫在 2020 展開第一期建設。若能成功實施，冰島在未來必將成為再生能源出口大國。除了輸出潔淨的地熱電能，穩定且成本低廉的供電也使冰島的資訊產業快速崛起，由於得天獨厚的低溫天氣，冰島的資訊產業在冷卻電腦機組成本僅需要其他地區的五到七成，種種因素讓冰島成為歐洲及具潛力的數據重鎮。

冰島的再生能源發電佔比為百分之百，除了豐富的地熱發電，近年來氣候暖化造成了冰川融化，也使得冰島水力發電興盛，佔總發電量的七成以上。而冰島除了將地熱用於發電、供應熱水、暖氣外，也有將其特殊的地熱資源發展成觀光景點，像是

著名的溫泉旅店「藍湖(Blue Lagoon)」，冰島地熱聚落(Iceland Geothermal Cluster)強調應該要加強再生能源的教育，同時要打造品牌以及平台來加強政府、民間以及企業之間的溝通。冰島政府也立下目標，希望在 2050 年能夠達到全國零碳排放的創舉，無疑在節能減碳以及再生能源的發展上，冰島已經領先全世界。

三、小結

菲律賓自 30 年前展開地熱能開發，除透過當時地熱先進國家如美國、紐西蘭、冰島等國家引進技術外，並採 BOT 方式吸引外資投入，其後澤移轉予政府經營使其成為國營事業，加上菲律賓擁有世界上最大的未開發火山熱能之一，隨著經濟蓬勃發展，自 2002 年起地熱發電量相對穩定，未來為擺脫煤炭、石油等石化能源之限制，將持續進行地熱能之開發。

日本國內的能源自給率偏低需仰賴進口，對再生能源的發展不遺餘力；很久以前便開始進行地熱資源的探勘及開發技術的研究，但需投入龐大時間、金錢及人力，初期遭遇了相當大的困難。而後透過 JOGMEC 成立，以國家資源扶植民間產業，同時透過地熱資源開發諮詢委員會協助政府針對地熱發展制定法規、計畫，提專業知識諮詢服務並促成業者與地方政府的溝通協調，使地熱發展計劃能夠執行的更加順暢。未來，日本經產省將持續大量開發再生能源，同時也將地熱能之開發規劃設定為 1GW。

冰島因具備得天獨厚之環境，加上政府制定能源長遠政策計畫(Master Plan)，已成功開發地熱能使其成為基載電力，除了地熱外，在冰島的能源供應中有 85%來自再生能源，其中有 65%是來自地熱發電，並以順利進行地熱能開發的其他面相如供應熱水、暖氣。在地熱能源開發的過程中，冰島政府初期以國家資源推動地熱開發，而後順利導入成功之商業模式，使得產業界願意投入，對我國極具參考價值。

四、參考文獻

1. 經濟部能源局(2019)，2017年能源產業技術白皮書。
2. 經濟部能源局(2018)，地熱及其他再生能源推動方案。
3. 經濟部能源局(2018)，地熱能發電系統示範獎勵辦法。
4. 宋聖榮(2010)，臺灣地熱能源發展的現況、展望與困境。
5. 林子耕(2018)，國際間地熱發展現況(五)：日本的能源困境與地熱發展
<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sg2M.htm>
(最後瀏覽日期：2019年12月18日)
6. 經濟部能源局(2019)，地熱發電資訊網
<https://www.geothermal-taiwan.org.tw/>
(最後瀏覽日期：2019年12月18日)
7. Egill Benedikt Hreinsson(2015)，ICELAND' S ENERGY RESOURCES AND MASTER PLAN WITH ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC CONSTRAINTS
8. Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation(2019)，Wasabizawa Geothermal Power Plant for which Toshiba Energy Systems & Solutions Constructed Power Generation System Goes into Operation
https://www.toshiba-energy.com/en/info/info2019_0520.htm
(最後瀏覽日期：2019年12月18日)
9. Japan Oil, Gas and Metals National Corporation(2014)，Current Situation of Geothermal Power Generation in Japan
10. APEC 能源國際合作資訊網，菲律賓重點能源發展趨勢
<https://apecenergy.tier.org.tw/energy2/philippines.php>
(最後瀏覽日期：2020年5月20日)
11. Agnes C. de Jesus，The Geothermal Story of Philippines