

# 出國報告審核表

出國報告名稱：紐西蘭地熱發電參訪

出國人姓名 (2人以上, 以1人為代表)	職稱	服務單位
陳一成	處長	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：107年3月10日至107年3月17日      報告繳交日期：107年5月7日

出國人員 自我審核	計畫主辦 機關審核	審核項目
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得及建議事項」)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3.無抄襲相關資料
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4.內容充實完備.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5..建議具參考價值
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6.送本機關參考或研辦
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.送上級機關參考
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8.退回補正, 原因:
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 不符原核定出國計畫
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(4) 抄襲相關資料之全部或部分內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(5) 引用相關資料未註明資料來源
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(6) 電子檔案未依格式辦理
<input type="checkbox"/>	<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"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 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"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 於本機關業務會報提出報告
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 其他 _____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.其他處理意見及方式:

總經理  
 特助助理  
 107.5.-9  
 陳正中

報告人： 陳一成 單位： 陳一成 主管： \_\_\_\_\_ 主管處： \_\_\_\_\_ 總經理： \_\_\_\_\_ 副總經理： 陳建益 鍾炳利

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「公務出國報告資訊網」為原則。



出國報告(出國類別：考察)

## 2018 紐西蘭地熱發電參訪

服務機關：台灣電力公司再生能源處

姓名職稱：陳一成 處長

派赴國家：紐西蘭

出國期間：107.3.10~107.3.17

報告日期：107.5.7

# 目錄

一、	緣起 .....	3
二、	目的 .....	4
三、	參訪行程表 .....	5
四、	參訪紀要 .....	6
4.1	GNS Science .....	6
4.2	Contact Energy.....	10
4.3	Mitchell Daysh Limited .....	11
4.4	MB Century.....	12
4.5	Te Huka and Te Mihi power plant .....	12
4.6	Waikato Regional Council .....	15
4.7	Bay of Plenty Regional Council .....	16
4.8	Mercury Energy .....	17
4.9	Ngatamariki power plant.....	17
4.10	Maori iwi groups(Tuwharetoa).....	19
4.11	Transpower.....	19
4.12	NZ Export Credit Office .....	20
4.13	NZ Geothermal Association.....	20
4.14	Ministry of Business, Innovation and Employment (MBIE), Energy Section .....	20
4.15	TheUniversity of Auckland (Geothermal Institute).....	21
五、	心得 .....	22



## 二、 目的

在福島核災爆發後，各國對核能安全之重視升級，國內反核聲浪亦日漸高漲，政府遂訂定 2025 年非核家園之目標，並設定能源配比以燃氣發電站比 50%；燃煤 30%；再生能源 20%之框架，規劃短、中、長期各項再生能源的開發量體目標，其中地熱發電於 2025 年設定量體為 200MW，對於本國目前尚無商轉電廠之情形，可說是極具挑戰性之任務。

紐西蘭地熱資源豐富，地熱發電之開發亦領先全球，早在 1958 年即設立第一座地熱發電廠(為全球第二座地熱電廠，第一座在義大利)，往後陸續開發其他電廠，迄 2017 年底該國共有 14 座地熱發電廠，總裝置容量為 854MW。為了解該國地熱開發歷程，包含技術、法規、程序及溝通等面向，以供本國(及本公司)參考，本次參訪目的包含：

- (1) 了解紐國地熱電廠發展加速原因及紐西蘭再生能源政策、法律制定與政府組織的變革
- (2) 電廠申設差異與借鏡(申設法規程序與時程)。
- (3) 原住民法令衝突與合作議題
- (4) 電廠設立融資與商業模式
- (5) 火山型地熱開發技術之差異與引進策略

## 一、緣起

102年我國於台北舉辦「2013 APEC 地熱研討會」，會中邀請紐西蘭 GNS 地熱專家 Greg Bignall (Geothermal Science Department Head) 來台介紹紐西蘭地熱發展。

104年由科技部主辦、工研院協辦之「2015 ICGE 地熱國際研討會」，邀請紐西蘭 GNS 地熱專家 Andrew Rae 及美國勞倫斯實驗室地熱專家 Patrick Dobson (時為我方地熱計畫顧問) 受邀與會並提供演講，會後 Patrick Dobson、Andrew Rae 與我方地熱團隊針對我國大屯火山地熱開發進行討論。由於我國大屯山地熱環境相當複雜，兩國專家建議我國於 106 年舉辦火山型地熱國際研討會，邀請具備酸性火山地熱環境系統的日本、印尼與紐西蘭地熱專家齊聚討論，以商討我國大屯火山地熱開發可行方案。

106年度工研院與紐西蘭 GNS 合辦「2017 火山型地熱系統國際研討會」，會議期間紐西蘭商工辦事處 (NZCIO) 處長 Moira Turley 表示，紐西蘭有超過七十家地熱相關公司，地熱產業成熟且積極推動國際合作，並邀請我方組團赴紐參訪並洽談地熱合作可行性。

紐西蘭貿易發展中心 (NZTDC) 邀請我方參加 106 年 11 月由紐西蘭地熱協會第三十九屆地熱研討會，並於會後接續辦理台紐地熱座談會。能源局局長原裁示於 12 月初組再生能源參訪團，因時程無法配合延至次年 3 月。

紐西蘭商工辦事處經濟組組長 Wilson Chau 於 106 年 12 月來信詢問我方 107 年 3 月組團赴紐西蘭事宜，局長指示於聖誕節後，與紐西蘭商工辦事處討論組團相關事宜。

107 年 1 月紐西蘭商工辦事處 (NZCIO) 處長 Moira Turley 邀請能源局局長午宴並商討地熱參訪團事宜，會中決議我方於 107 年 3 月組織紐西蘭地熱參訪團赴紐西蘭，並展開參訪團的行程安排事宜。

### 三、參訪行程表

日期	研習機構	參訪內容	接待人員
107.3.10	-	往程(台北-奧克蘭)	
107.3.11	-	前往陶波	
107.3.12	-GNS Science -Contact Energy -Mitchell Daysh -MB Century	<ul style="list-style-type: none"> <li>•地熱開發需要的調查工作內容及經濟效益評估</li> <li>•地熱電廠長期運轉經驗分享</li> <li>•地熱電廠環境影響評估分享</li> <li>•鑽井技術及經驗分享</li> </ul>	Diane Bradshaw Greg Bignall Andrew Rea Simon Bendall Marcel Manders
107.3.13	-Te Huka facility -Te Mihi facility	<ul style="list-style-type: none"> <li>•中小型雙循環地熱發電廠</li> <li>•火山型地熱田開發營運模式</li> <li>•地熱發電儲集層地熱資源控管方法</li> </ul>	Contact Energy employee
107.3.14	-Waikato Regional Council -Bay of Plenty Regional Council -Mercury Energy -Ngatamariki geothermal power plant -Maori iwi group	<ul style="list-style-type: none"> <li>•了解 Waikato 地方政府地熱資源特性研究與生產管理計畫的方法與內容</li> <li>•了解地方政府在地熱開發的規劃與民眾溝通扮演角色</li> <li>•電廠併網經驗分享</li> <li>•電廠開發歷程經驗分享</li> <li>•以毛利人角度看待地熱及發電業者共享共榮的經驗</li> </ul>	Katherine Luketina Penny Doorman Catharine Coutts Jaime Quinao
107.3.15	-Transpower -NZ Export Credit Office -NZ Geothermal Association -Contact Energy -MBIE, Energy section	<ul style="list-style-type: none"> <li>•了解紐西蘭電力市場生產、輸配銷售及客戶端之運作機制與相關政策推動進程</li> <li>•瞭解紐西蘭資源管理法在紐西蘭推動障礙與最新修法進度</li> <li>•地熱電廠開發計畫的財務介紹</li> <li>•了解紐西蘭在能源策略的推動現況與未來規劃,做為我國能源政策規劃的參考</li> </ul>	Laura Ackland Stephen Daysh Ted Montague Vince Smart
107.3.16	-The University of Auckland	<ul style="list-style-type: none"> <li>•尋求台紐國際合作之研究議題或技術訓練議題,加速臺灣國內地熱開發產業推動</li> </ul>	Prof. Rosalind Archer Prof. Golbon Zakeri
107.3.17	-	返程(奧克蘭-台北)	

## 四、 參訪紀要

### 4.1 GNS Science

GNS Science 為紐西蘭政府認證之皇家研究所(Crown Research Institute)，員工人數約 390 人，其中 75%的員工在威靈頓、20%員工在陶波(Taupo)、5%員工在但尼丁(Dunedin, 南島)，約 85%員工直接參與科學研究。其中要研究部門包含：地球科學、能源與資源、自然災害、環境與材料等四個部門，地熱能源相關業務隸屬於能源與資源部門，相關業務包括地熱資源研究、地熱開發顧問等工作。

該研究所之經費來源包含：標案及政府研究計畫(40-45%)、公私營機構委託技術與顧問服務(20-30%)、地質與地震災害監測(15-20%)、中央(或地方)政府顧問(5-10%)及政府補助款(5-10%)。除擔任政府部門的專業顧問外，亦協助民間公司相關開發工作，與本國工研院所扮演角色類似。

參與紐西蘭國內地熱開發計畫包括：Rotokawa 地區的 Mokai, Ohaaki, Kawerau, Nga Tamariki 等電廠及 Wairakei 地區 Contact Energy, Mighty River Power 等公司之開發案。除協助國內地熱電廠開發外，亦協助國外擔任顧問工作，協助的國家包括：智利、斐濟群島、印尼、日本、馬達加斯、太平洋群島、巴布亞新幾內亞、菲律賓及烏干達等國。

本次行程第一位講者為 GNS 地熱探勘地質學家 Andrew Rae 博士，他首先提到在在去(2017)年 3 月中 GNS 與工研院合辦之「2017 火山型地熱系統國際研討會」，非常成功，感謝台灣熱情參與。其中主要探討大屯火山區之地熱潛能與特性，在簡報中提出首先提出一個基本的問題：「在大屯火山底下，是否存在地熱儲集層？」他認為要先了解幾項基本地地參數後，上述問題才有解答，其參數包含地下溫度、地層滲透率、是否有足夠的流體等。有了上述參數後，在根據相關地質、地球物理、地球化學等調查，建立有信心的「概念模型(Conceptual Model)」，有了概念模型後，再據以執行後續工作，如井位勘選、鑽井、電廠設計等等。

地熱開發從探勘、調查、鑽鑿探勘井、產能測試、...最後到電廠商轉，歷經多個階段，其整體架構如圖 1。另外投資者最關心就是此項投資是否能回收，雖電業是資本密集的產業，然地熱探勘及開發的風險會隨著各項探研確定後，逐步

下降，如圖 2 所示。

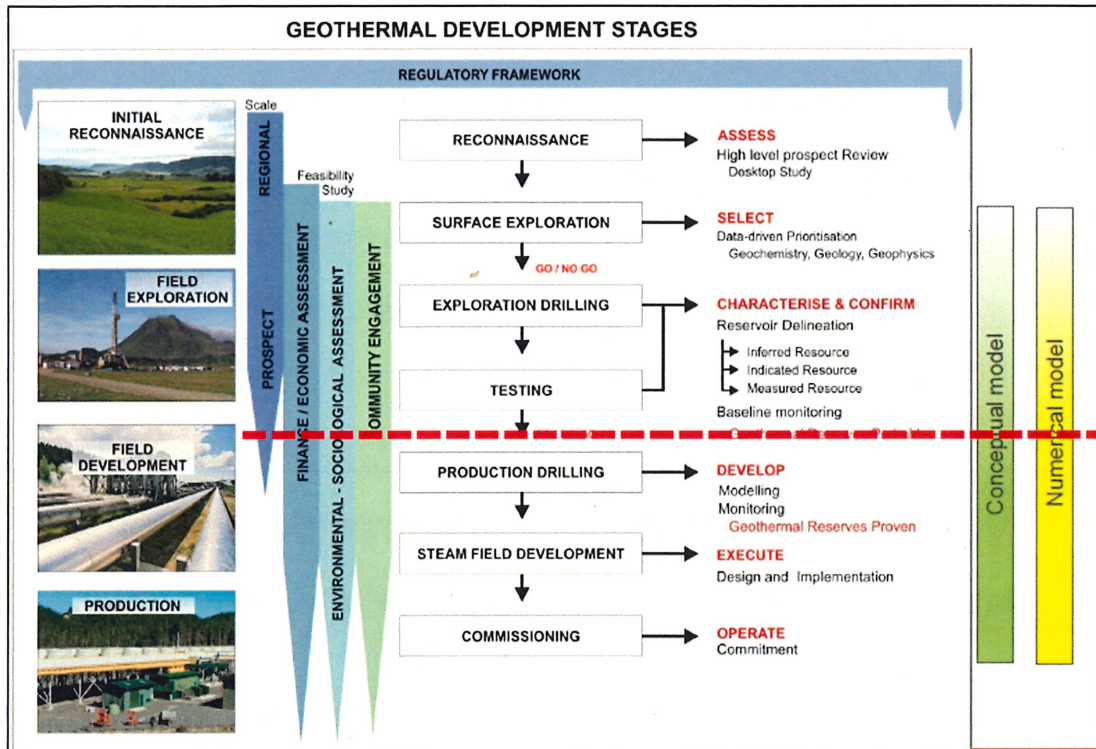


圖 1 地熱開發歷程之架構

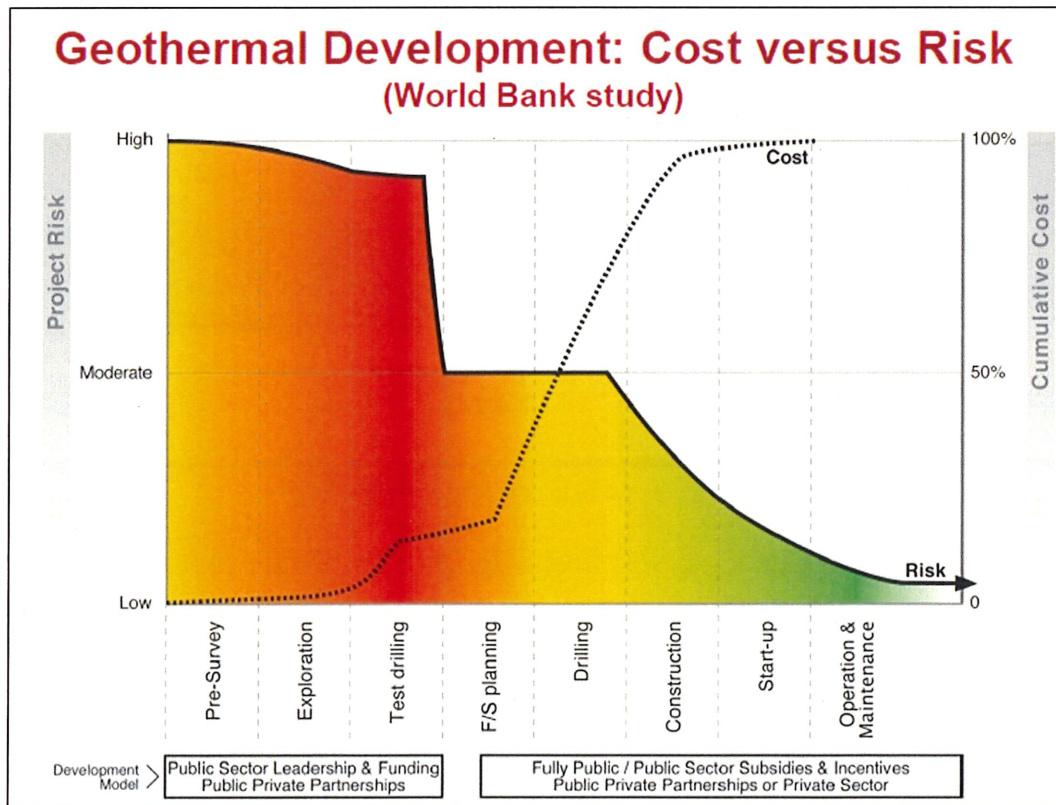


圖 2 地熱開發投資成本與風險



Andrew 提到，台灣地區地熱資源分為兩種，即火山型地熱及非火山型(變質岩型)地熱，在台灣僅大屯火山區為底下為火山形地熱，其餘中央山脈地區皆為變質岩型地熱，如圖 3。火山型地熱系統的熱源主要來自地底岩漿，一般在火山活動的地區，地底下有岩漿庫可提供大量的熱源。而火山噴發時所形成的火山碎屑岩，或是火山劇烈活動對岩層產生爆破作用，形成豐富的裂隙和斷層；此時若有地表水，就可能滲入地下深處，被加熱而形成高溫的溫泉或蒸氣。非火山型的地熱系統的熱源來自高的地溫梯度，一般來說平均地溫梯度為 30°C/公里，在此地熱區，地溫梯度可達 45~60°C/公里。

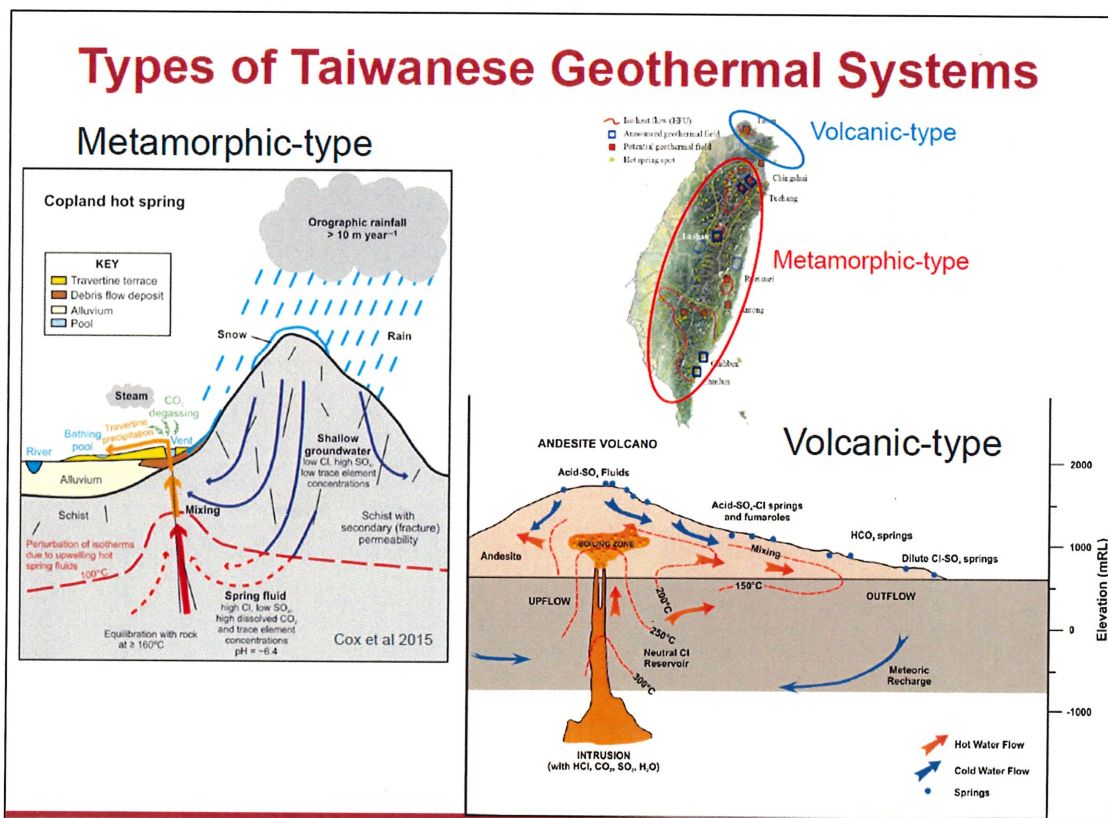


圖 3 台灣地熱型態及概念模型

先前提及地熱探勘為一個綜合領域調查工作，包含地質、地球物理、地球化學等領域，並建立概念模型。然在各完成個階段調查，可以建立出不同階段的觀念模型(如圖 4)：

- (1) 完成地表地質探勘：建立主要地質構造，初步溫度及熱水化學性質，並概估出地熱儲集層的範圍。
- (2) 完成地球物理探勘：強化初步概念模型，推斷生產層深度。

(3) 完成試驗井鑽鑿：已完成生產前基本的概念模型，若後續有更多資料，可不斷強化模型。

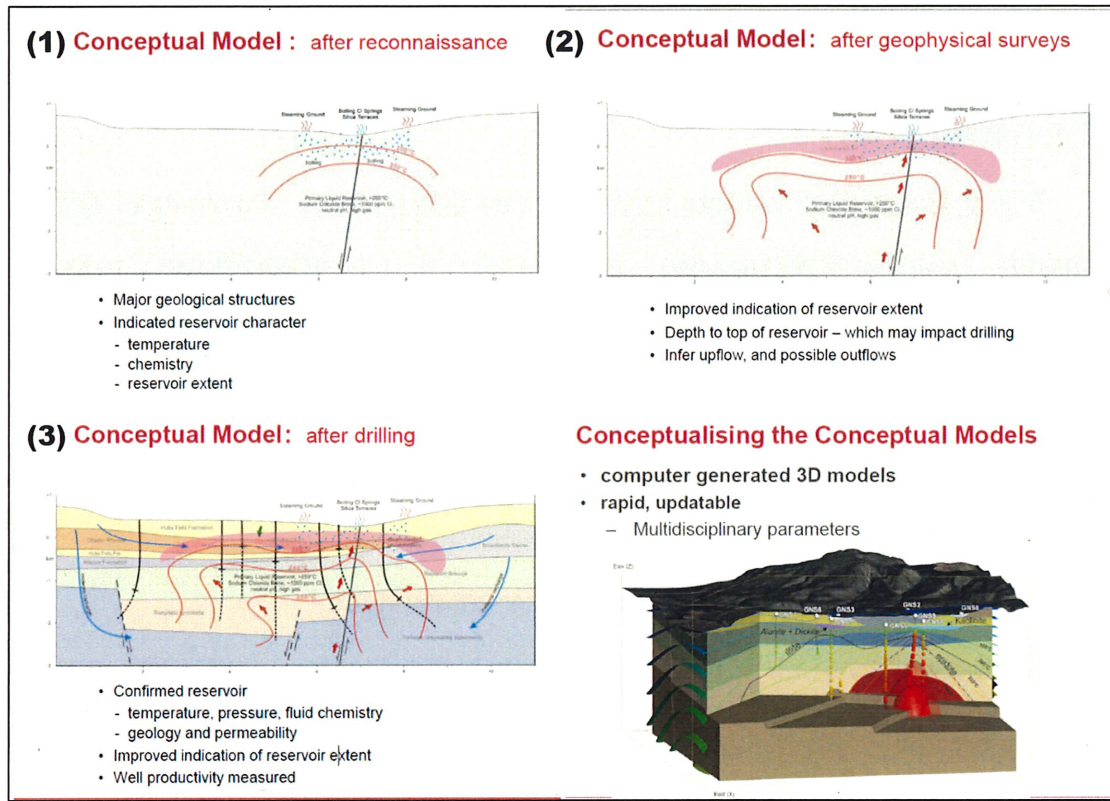


圖 4 不同階段完成之概念模型

在完成數值模型後，為了進一步了解地熱儲集層的特性，下個階段即是要製作數值模型(Numerical Model)，有了數值模型，我們就能進行模擬，包含電廠設計容量、後續運轉及維護策略、未來產能衰減模擬等。基本上數值模型需建模，另外需要地底岩石性質、生產及回注流量等參數，以及用以驗證模型的資料數據。

第二位講者為 GNS 地熱團隊主任 Greg Bignall 博士，他提到培養地熱開發人才領域廣泛，包含地球科學、化學、工程學、環境科學、材料科學、公共關係等領域，且需要投入資金及時間，並非能短期完成。GNS 與當地多所大學合作，提供研究獎學金，也定期舉辦教育訓練課程，並出版專業期刊，可說教育體系相當完整。



## 4.2 Contact Energy

Contact energy 公司主要業務包括:電力供應、替代能源、天然氣供應等，是目前為紐西蘭第二大的電力公司，共擁有 12 個電廠包含:地熱(5 座)、水力(2 座)及天然氣電廠(3 座)。

5 座地熱電廠包括:Waikato 地區的 Ohaaki 電廠(70MW)、PoihipiRoad 電廠(50MW)、Wairakei 電廠(161MW)、Taupo 地區的 Te Huka 電廠(28MW)、Te Mihi 電廠(166MW)地熱電廠裝置容量合計達 468MW。目前正有一個位於 Taupo 附近的地熱電廠開發計畫(Tauhara stage 2)，開發目標裝置容量 250MW

該公司擁有紐西蘭歷史最悠久的地熱電廠 Wairakei 長期(60 年)運轉經驗(1958~迄今)，分為 WairakeiA 與 Wairakei B 兩座電廠，發電機組共 10 座蒸汽渦輪發電機組，發電機組的裝置容量不均約從 4~30MW 都有。

Contact Energy 公司也分享與原住民共同開發地熱經驗。在紐西蘭人口中，約 15%為毛利人，是該國最大的原住民族群，該族群相信土地如同母親一般養育萬物，所以與西方社會對土地的價值觀有所不同。故開發當地天然資源來發電，須與當地族群合作開發，並進用一定比例該族人當員工，以永續發展為目標，並設定三大主軸之開發策略(如圖 5)，包含開發目的、原則及承諾。

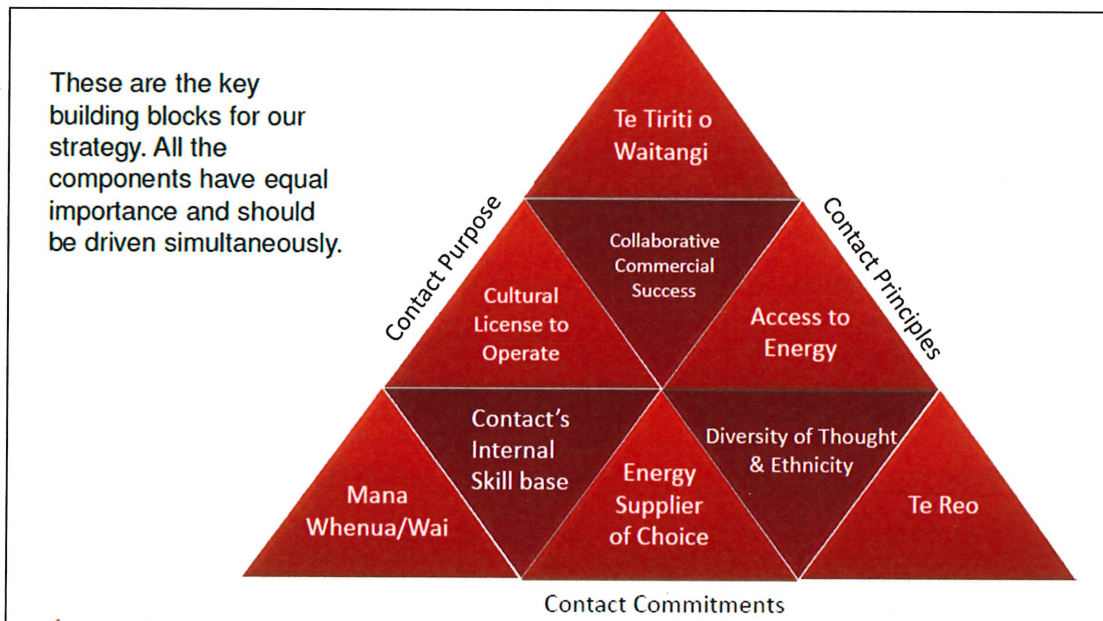


圖 5 Contact Energy 與當地族群合作開發策略



### 4.3 Mitchell Daysh Limited

Mitchell Daysh 有限公司由 Mitchell Partnerships(資源管理公司，成立超過 20 年)與 Environmental Management Services (環境管理公司，EMS 成立超過 20 年)在 2016 年合併成立的公司，主要業務為協助客戶處理環保相關議題、協助政府制定地熱開發政策等。該公司提到，在地熱開發相關法規制定方面，主要成功的要素有三，包含確保資源開發權、資源的永續性及環境保護。在地熱開發政策方面，有幾個事項需特別注意，政策的制定須經嚴謹及周全的思考，並且要能適應新的訊息，以期能彈性調整並有效率的執行，當然必須要與其他相關法規配合，避免造成競合現象。

在政策或法規制定前，有幾項議題可以先思考：

1. 在立法時是否將「地熱發電」及「地熱直接利用」分別訂定相關規定。  
(此情況台灣可能不適用，目前台灣地熱皆考量發電使用)
2. 在制定使用許可時，地熱開發者擁有的是熱權?水權?或是其他權力?
3. 是否所有地熱徵兆區皆開放開發?還是有部分區域須有所限制。
4. 開發許可是永久性還是有效期性?
5. 如何管理在同個地熱區有多家開發商進行開發?
6. 開發許可的核發及管理由中央政府或授權地方政府管轄?
7. 開發許可為包裹式許可或分為不同型態或階段的許可?

若沒有制定完善的法規，可能會出現開發商之間惡性競爭，或者根本沒廠商有意願開發。在紐西蘭，地熱法規的架構於 1990 年代重整，完整考量環境面、社會面及文化價值面，隨後使該國的地熱發展出現顯著的成長。針對上列議題，以下列出目前紐國地熱法規執行概況(標號並無對應關係)。

1. 並無將「地熱發電」及「地熱直接利用」分列規定。
2. 管理地熱“水”的使用，並不關心“熱”如何使用。且開發商並未擁有“水權”，而僅是擁有水的“使用權”。
3. 規定抽取的地熱水需水注。
4. 所有的開發許可在國家層級的母法“資源管理法(Resource Management

Act)”規範，其餘相關細節由地方政府規範，並由地方政府就近管轄。

5. 開發許可分為不同型態之許可，雖然在程序上較複雜，但可以確保對環境面的衝擊到最小。

講者有信心地說，該國地熱法規系統已發展超過 50 年，且確實幫助 1990 後地熱的突飛猛進。基於上述原因，應可給予處於地熱法規制定階段國家相當的參考價值。

#### 4.4 MB Century

該公司為紐西蘭唯一世界級全方位(one-stop-shop)的地熱與能源生命週期解決方案供應商，擁有熱能擷取、井測、地熱蒸汽田設計、施工與維護等相關技術。參與「紐西蘭地熱深井鑽探實行規範(Code of practice for deep geothermal wells NZS 2403:2015)」之八個編譯單位之一。

服務範圍相當廣泛，包含地熱/油氣鑽井、地熱蒸汽田設計與工程、地熱儲集層井測、水利工程與顧問、地熱與水力電廠維護、重工製造(Heavy Fabrication)、精密加工、工業塗料、地化與水質分析、環境監測、土木施工等。

參與紐西蘭 Kawerau、Wairakei、Rotokawa、Mokai、Ohaaki、Ngawha 等地熱電廠蒸汽田設計與施工服務。亦有菲律賓、印尼、巴布亞新幾內亞、智利等國家之地熱電廠蒸汽田設計與施工服務之實績。

#### 4.5 Te Huka and Te Mihi power plant

紐西蘭再生能源發電量佔全國約 85%，其中水地占比最大約 60%，地熱約占 15%(如圖 6)，宗裝置容量約 850MW，其中 Contact Energy 公司地熱裝置容量為 431MW，占全國地熱的 50%，各電廠及其裝置容量詳列於圖 7。

# 85%

## renewable generation

### New Zealand electricity supply (% of generation)

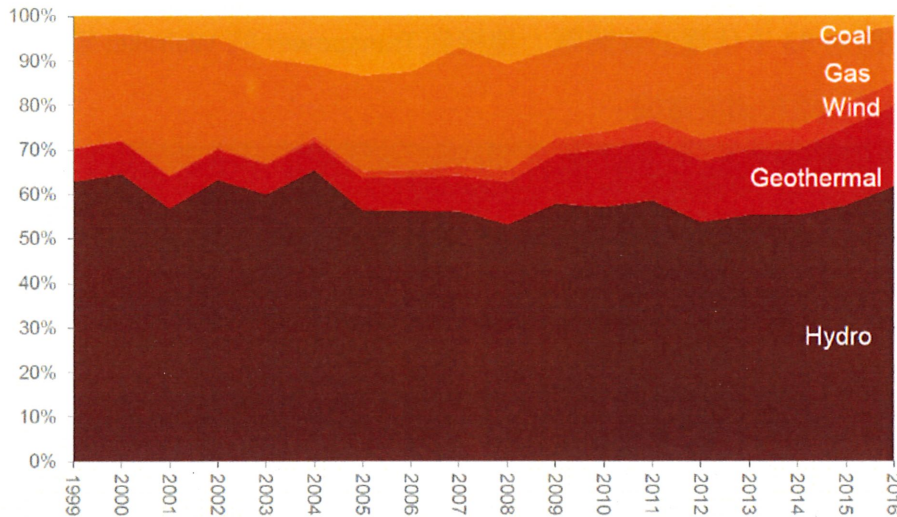
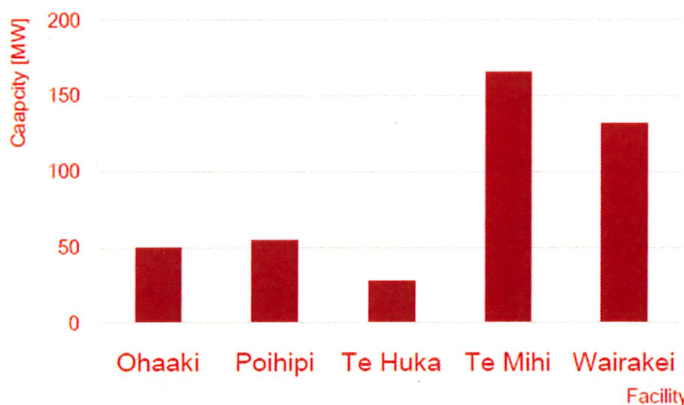


圖 6 紐西蘭歷年能源配比

#### Contact's Geothermal Generation

Name	Commissioned	Type	Field	Capacity (MW)	2017 Generation (GWh)
Ohaaki	1989	Flash steam	Ohaaki	50	336
Poihipi	1996	Flash steam	Wairakei	55	403
Te Huka	2010	Binary cycle	Tauhara	28	189
Te Mihi	2014	Flash steam	Wairakei	166	495
Wairakei	1958, 2000	Flash steam/binary cycle	Wairakei	132	1,121



**Total  
431 MWe  
installed  
capacity**



圖 7 Contact Energy 地熱發電廠資料

本次參訪的 Te Huka Geothermal Power Station 又稱為 Tauhara On(如照片 1)，是位於陶波附近的一座 28 MW 的雙循環(Binary cycle)地熱發電廠。此電廠由美國 Ormat Technologies 於 2008 年開始建造雙循環發電機廠，並於 2010 年商轉。地熱蒸汽由 Tauhara 蒸汽田供應，發電尾水回注至 Tauhara 蒸汽田的邊緣。發電廠所發電力透過 33 千伏電源線將電力連接到 Transpower 的 Wairakei 變電站，再送到陶波配電網絡和國家電網。



照片 1 Te Huka 地熱電廠廠區

Te Mihi 地熱發電廠位於陶波火山區 (TVZ) 之火山型地熱田，以蒸汽為主，蒸汽壓達到 20~25 Bar,儲層最高溫度 260 °C。電廠規模為 166 MW，造價 7.5 億美元，於 2014 年商轉。該電廠現擁有兩台 83MW 之雙閃發蒸汽渦輪發電機組。Te Mihi 地熱田原先只是為 5 公里遠之 Wairakei 地熱發電廠提供蒸汽，但由於距離遠而造成能量損失，且 Wairakei 地熱儲集層蒸汽資源日漸衰竭，因此於 Te Mihi 地熱田現地建立地熱發電廠為可行性方案。新設置之地熱發電廠也配置了生物除硫(硫化氫)系統，使得冷卻尾水可直接回注地層，避免排放汙染。此電廠計畫於 Wairakei 地熱發電廠 2026 年除役(1963 年建成)後，增建第三台機組。目前兩個電廠合計足以為超過 110,000 戶家庭提供電力。



## 4.6 Waikato Regional Council

Waikato 區委員會於 2016 年 12 月制訂了 Waikato 區 4 年計畫指導方針 (Waikato Regional council's strategic direction 2016-2019)，做為 Waikato 區域發展的重要依據，並從地熱資源保育與有效利用兩個方面著手進行，具體作法包含以下四項：

1. 地熱資源特性研究
2. 地熱資源分類及最佳管理策略
3. 地熱流體回注與長期生產管理
4. 透過分階段生產與開發管理計畫，促進地熱資源永續利用

在資源管理法(Resource Management Act ,RMA)制定前，資源開發所遵循的法規凌散，並無統一性，使開發者難以遵循，反對團體紛紛要求制訂新法統一管理，最終於 1991 年催生 RMA。其核心概念為“在可容忍情形下，提升的自然資源及物質資源的使用管理”，以提昇自然及物理資源的永續經營為目標，邀請許多公民團體參與法令的制定，並將環境管理相關工作下放授權於地方委員會管轄，分層制定管理計畫(如圖 8)。

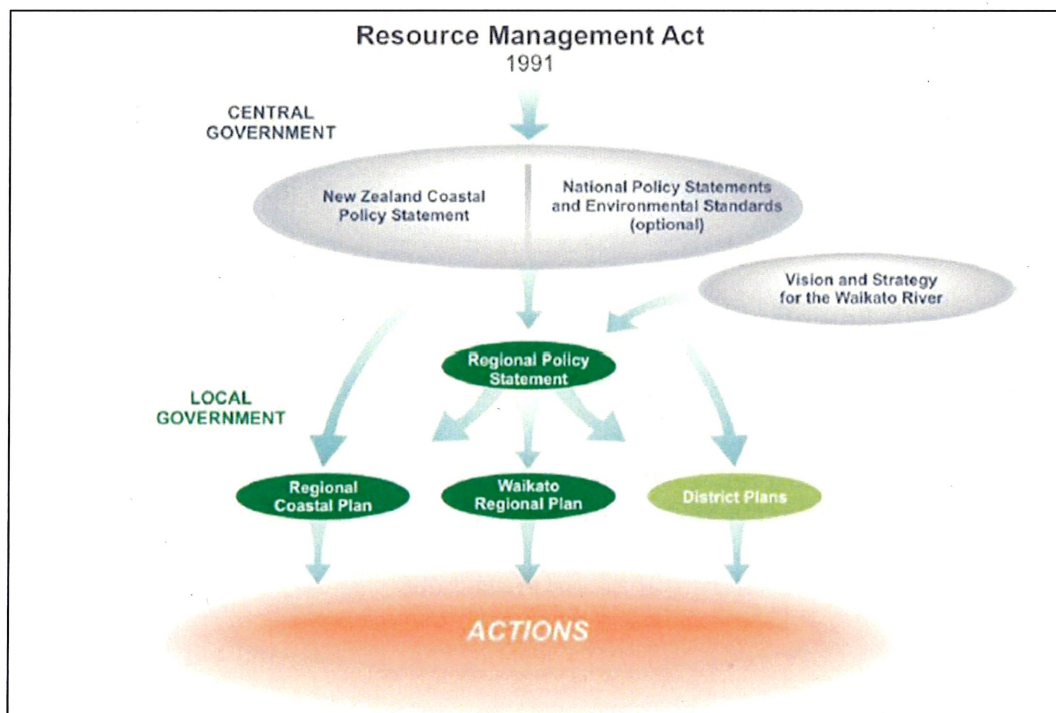


圖 8 RMA 基本運作概要

在 Waikato 地區，地熱資源相當豐富，共有 15 個高溫地熱系統，占全國地熱資源的 70%。該地方政府以永續資源的角度管理地熱，同時兼顧開發及保護，對危害採取必要的先期預防，並盡量避免破壞地表樣貌及環境。政府在過去的研究中，以探明的地熱系統為管理單位，並依據地熱資源的大小、既存使用型態及地表易受破壞等因素，將其分為 5 個系統，分別為：

1. 開發系統(7 個)：容許開發
2. 限制開發系統(2 個)：容許地熱使用，但禁止地表及環境的破壞
3. 研究系統(1 個)：僅容許研究使用
4. 保護系統(5 個)：禁止開發
5. 小型系統(30 個)：小規模使用

他們認為地熱雖然可以大量使用，但是有限資源，必須透過良好的管理手段使其能永續發展。同時地熱開發也面臨許多挑戰，大量開發與自然資源價值保育存在矛盾，所以必須透過政府與公民團體合作，制定良好的政策來限制對資源的惡性競爭及負面影響。

#### **4.7 Bay of Plenty Regional Council**

豐盛灣區委員會為制定豐盛灣區的發展計畫的主要單位，目標為確保豐盛灣區永續發展、經濟成長及把資源留給後代子孫。主要工作重點監測豐盛灣區的水資源、土地與海岸變遷的影響。該地區的地熱資源由 10 多個地熱系統組成，包括 Waimangu，Rotorua，Tauranga 和 Kawerau 等地熱系統。

有關 Rotorua 的地熱系統，當地毛利民族已經利用地熱好幾個世代，甚至連整個城市都是圍繞地熱資源逐步建立起來的。然而在 1960 年代時，地熱資源被過度利用，地表地貌也被破壞得相當嚴重，使政府開始重視此問題，制定相關的法規及保護措施，包含 1987 年的停井計畫(約 300 口井被迫停用)及 1991 年的資源管理法(RMA，特別強調永續利用)。而在地方資源政策方面，主要強調地表形貌的維持，具體的做法包含要求回注地熱水、在特定區域限制開發、要求相關監測等。在這些法規及政策的執行下，有些被破壞的地表形貌逐漸回復原狀，地下

水的水位也有回升的趨勢。

## 4.8 Mercury Energy

MercuryEnergy 是紐西蘭一家電力生產與售電公司，員工有 800 人，51%以上的股權為紐西蘭政府所有，其電力產生來源 100%來自再生能源，其中包括 9 座水力發電站與 5 座地熱發電廠，2017 年全年售電量占紐西蘭國內總售電市場 19%。該公司所屬的 5 座地熱發電廠均位於紐西蘭北島中部，詳列於下表：

電廠名稱	商轉年度	裝置容量(MW)	年發電量(百萬度)
Rotokawa	2000	33	270
Mokai	2000	112	926
Kawerau	2008	100	831
Nga Awa Ppurua	2010	140	1,132
Ngatamariki	2013	82	687

地熱發電具備基載特性，穩定提供國家電力，營運效率高達 95%，光 Kawerau, Nga Awa Purua 與 Ngatamariki 三間電廠年發電量就有約 2,800GWh，穩定提供紐西蘭 33 萬戶家庭使用。除了目前 5 座地熱發電廠在運轉外，Mercury 仍持續發展地熱發電，Te ia a Tutea 電廠正在探勘中。此外，未來一年將再打 4 口 3000 米以上之地熱井，2 口在 Rotokawa，2 口在 Kawerau，以確保電廠的穩定發電與超過 20 年的營運期。

除了發展紐西蘭境內地熱發電外，Mercury 還有境外地熱發電擴展計畫，包括在美國加州設置的 5MW 地熱發電廠外，在智利與德國都有地熱探勘計畫在執行。

## 4.9 Ngatamariki power plant

此地熱田早在 1960 年代就有些地球化學及物理的相關研究，並於 1985-1986 年間由紐西蘭政府進行 4 口探勘井鑽鑿，這 4 口井編號 NM1、NM2、NM3 及 NM4，

深度分別為 1300、2403、2194 及 2749 公尺。NM4 為紐西蘭最早鑽到深層岩體的地熱探勘井。後續經過地球物理探勘，於 2008 年新增 3 口探勘井(NM5、NM6、NM7)，經過產能測試，NM7 為最具產能之井位，溫度高達 286°C，地熱流體流量高達 800 噸/時，並建立概念模式如圖 9。

在進入開發階段前，大量的監測工作必須進行，包含每月觀測地熱特徵，每年觀察熱流、重力及地表高程變化等，及連續觀察特定的地熱徵兆及微震觀測等，以確保電廠開發後的安全性及永續性。

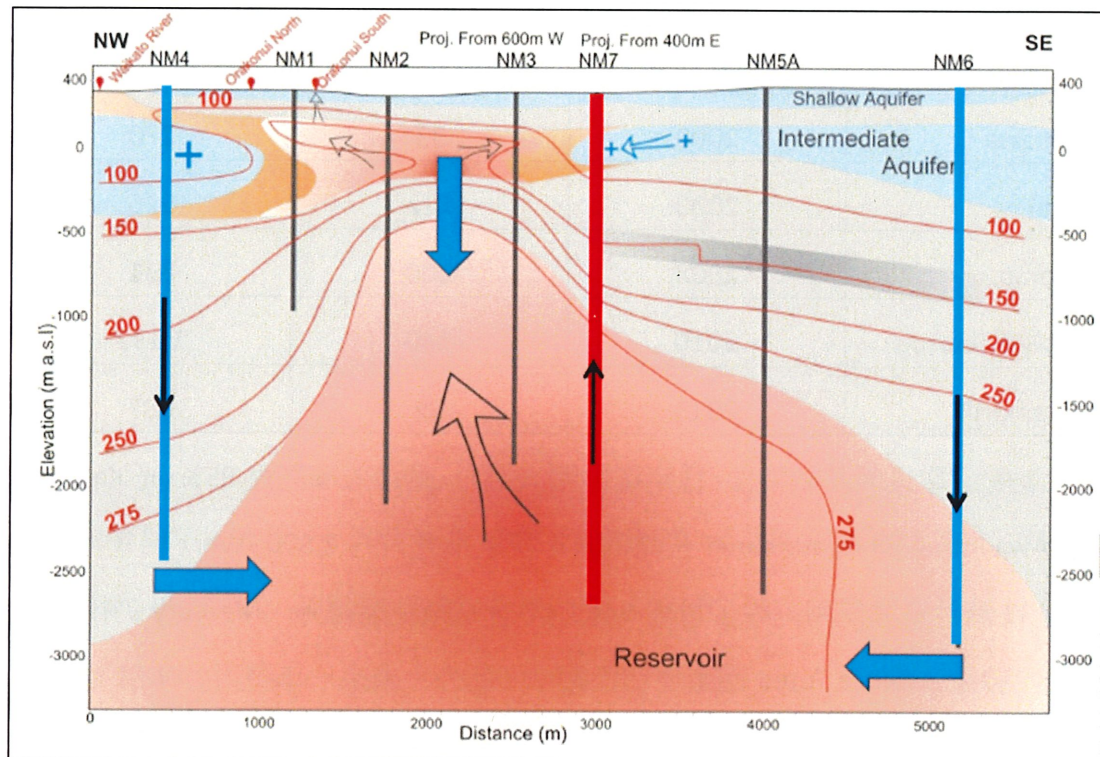


圖 9 Ngatamariki 地熱系統概念模式

在 2011 年持續鑽鑿 3 口回注井(NM8、NM9、NM10)及 1 口生產井(NM11)，以及數口監測井。從 2011 年至 2013 年完成 82MW 電廠的建置，目前共有 7 口地熱井(3 口生產、4 口回注)，其整體開發歷程如圖 10。



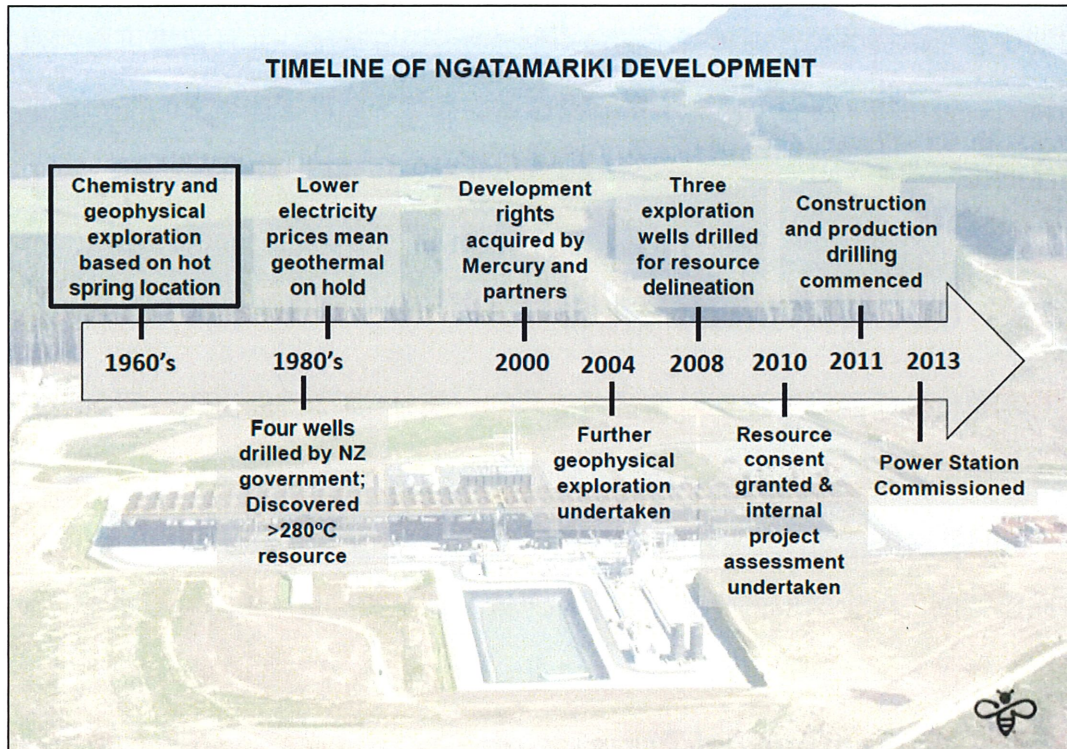


圖 10 Ngatamariki 電廠整體開發歷程

#### 4.10 Maori iwi groups(Tuwharetoa)

iwi groups 由毛利人組成，是紐西蘭最大的社會組織。iwi groups 擁有政治權利維護毛利人土地權益及資產維護管理。

Tuwharetoa 為 Kawerau 地區紐西蘭皇家認證的毛利人信託組織，主要任務維護及發展 Ngati Tuwharetoa 的資產。

Ngati Tuwharetoa 地熱資產公司是一家批發蒸汽和地熱流體供應業務，目前提供 Kawerau 地區多種工業客戶使用。

#### 4.11 Transpower

Transpower 成立於 1987 年，原是紐西蘭電力公司（ECNZ）的全資子公司。1994 年，它與 ECNZ 分離並成立為擁有自己董事會和部長級股東的國營企業，資本額 10.6 億紐幣，總部位於威靈頓。

Transpower New Zealand Limited（TPNZ）負責紐西蘭電力輸配及電力市場營運，它有兩項主要功能。首先，它是國家電網的擁有者，提供電力傳輸基礎設施，

使消費者可以從各種管道獲得不同發電形式所產出的電能，並且建構可自由競爭的電力批發市場。再者，它扮演系統操作員的角色，負責管理電網的操作和電力市場的實際運作。

#### **4.12 NZ Export Credit Office**

本單位為紐西蘭財務部財務營運部門的一部分，具備協助民間公司向銀行取得貿易融資、風險管理和信用分析方面的專業技能。亦為紐西蘭官方出口信貸機構，目的是提供貿易信用保險和財務擔保，支持新西蘭出口和出口商的國際化。協助紐西蘭民間企業取得產品財務擔保，擔保總金額高達 7.4 億紐西蘭幣。

#### **4.13 NZ Geothermal Association**

紐西蘭地熱協會(NZ Geothermal Association)為包含科學、教育與文化等相關非政府與非營利組織，為國際地熱協會(IGA)與紐西蘭皇家學會的附屬成員，目前約有 340 個會員。服務範圍包含政治影響、地熱資源行銷、定期舉辦研討會等。會員資格包含個人、學生、附屬成員、公司、機構、名譽等。

在公司會員部分分為金牌、銀牌、銅牌等三種階級。其中，金牌共有 Tuaropaki 電力公司、Mercury NZ、GNS Science、ContactEnergy、Top Energy 等 5 家公司；銀牌只有 Ngati Tuwharetoa 地熱資產公司(販售地熱流體：蒸汽與熱水)；銅牌部分包含 MB Century、SGS、Halliburton、奧克蘭大學地熱研究所(Geothermal Institute)、地美特新能源(華人公司)等共 20 家公司。

紐西蘭資源管理法(RMA)為地熱資源管理之主要法源依據，此法主要由紐西蘭地熱協會協助制訂與修法。

#### **4.14 Ministry of Business, Innovation and Employment (MBIE), Energy Section**

創立於 2012 年 7 月，由前經濟發展部(Ministry of Economic Development)、

前科學與創新部(Ministry of Science and Innovation)、前勞工部門(Department of Labour)和前建築與住家部門(Department of Building and Housing)等四個政府單位組合而成，以促進所有紐西蘭人更好生活品質的經濟成長為目標。MBIE 的願景為使紐西蘭商務活動更有競爭力、促進所有人的就業機會，以及確保更負擔得起的高品質居住環境。

能源與資源部屬 MBIE 「商務、科學與創新」業務下的行政部門之一，主管紐西蘭能源事務，管理項目包含能源策略、能源數據與模型、能效與環境、能源安全、電力市場、液體燃料市場、天然氣市場、國際關係及執行紐西蘭能源部門的回顧與諮商活動。

紐西蘭氣候變遷策略主要由環境部(Ministry for the Environment)為主要負責機關，在能源部份，主要執行機構為經濟發展部(Ministry of Economic)，其中能源效率則由能源效率和節能管理局(Energy Efficiency and Conservation Authority, EECA)專責，電力部份則由電力管理局(Electricity Authority)專責。

EECA 為紐西蘭之能源效率及節能的主管部門，工作範圍為通過鼓勵、促進與支持能源效率與節約能源，並以再生能源的使用來改善並提高人們對於能源使用的選擇性。政策制定是為了滿足社會各層面的需求，包括工業、產品、住宅及運輸等各方面。EECA 的主要職責包括：訂定產品最低能源效率標準、於校園開設能源管理課程、表揚能源管理優秀人員、提高一般民眾及產業之節能、幫助政府發布有關節能之最新動態。

#### **4.15 The University of Auckland (Geothermal Institute)**

自 1978 年起，紐西蘭奧克蘭大學地熱研究所(Geothermal Institute, the University of Auckland)，作為世界領先的地熱研究和培訓中心，一直致力於為國際地熱產業提供研究開發，實驗室測試與服務，以及商業諮詢和教育培訓。

該大學地熱研究所最主要專長與貢獻在於包括開發新一代的地熱儲集層數值模擬工具，地表工程設施優化，以及地球科學勘探方法等。此等技術已在國際不同場址進行測試與驗證，並與印尼、菲律賓等海外研究人員或產業專業人員定

期進行國際合作且數量持續增加中。

奧克蘭大學地熱研究所為世界少數針對地熱設立學位的單位，通過修習後獲得地熱技術碩士學位(PGCertGeothermTech)，包含 Geothermal Resources and their Use、Geothermal Exploration、Geothermal Energy Technology、Geothermal Project、Geothermal Engineering 等。

針對產業界需求亦設立短期進修課程(Short courses)，亦可根據需求進行客制化設計，地點可在紐西蘭本地或海外公司或大學進行。上述課程包含「政策與規劃」、「地球科學」、「儲集層模擬」、「儲集層工程」、「地表設施工程」等領域，提供的課程主題包含：

- Geothermal Reservoir Engineering(4 天)
- Role of a Geoscientist(3 天)
- Sustainability from a Geoscience Perspective(1 天)
- Environmental Impacts: Natural or Induced(1~3 天)
- Hydrothermal Alteration(2 天)
- Geothermal Surface Activity(4~7 天)

## 五、心得

本次前往紐西蘭參訪，對於地熱發電開發及相關法令、政策及執行策略有更深層的認知，所謂博采眾長，對於我國地熱正要起步的階段，應有相當大的幫助，在政策及法規的制定方面，希望政府能逐步完善目前國內不足之處，包含如何制定相關獎勵機制以降低開發商前期風險、地熱資源與土地相關權利、探勘權保護等。本公司作為開發商，亦有責任就開發商角度，給予政府相關執行面的回饋。

因為台灣地區許多地熱潛能區皆在原住民傳統領域內，因此與原住民溝通或如何共同開發就成為相當重要的課題。過去本公司發電廠皆以回饋金回饋地方民眾，建立友好關係。面對社會轉型，對能源議題日益重視，似乎亦可構思朝向與民眾合作開發的方式，以降低電力建設的阻力。

最後感謝能源局主辦本次參訪團，邀請產、官、學、研共同出訪學習，相信

能使台灣地熱發展穩健並順利地進行。

附錄-

各會議簡報資料