

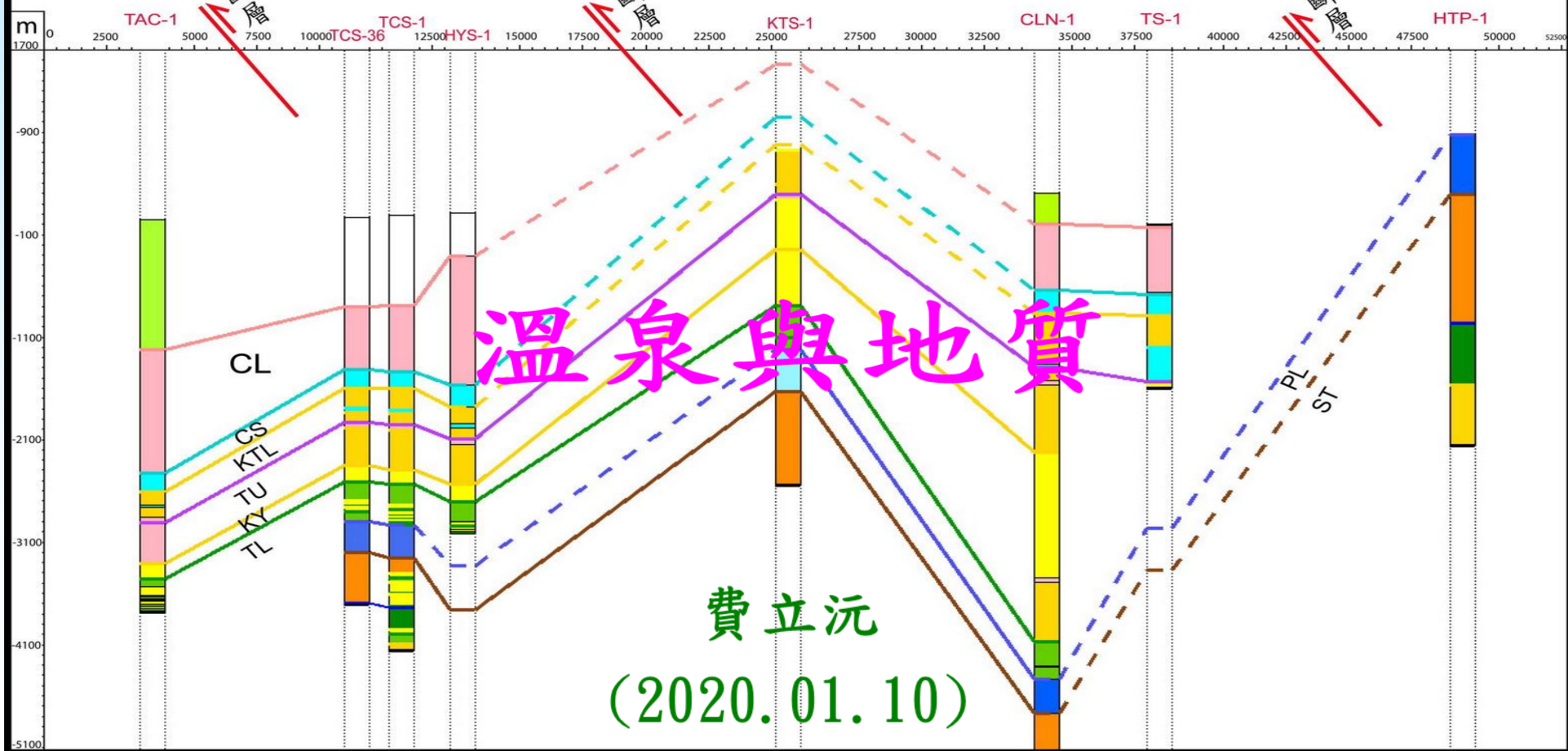


# 溫泉資源管理研討會

彰化斷崖

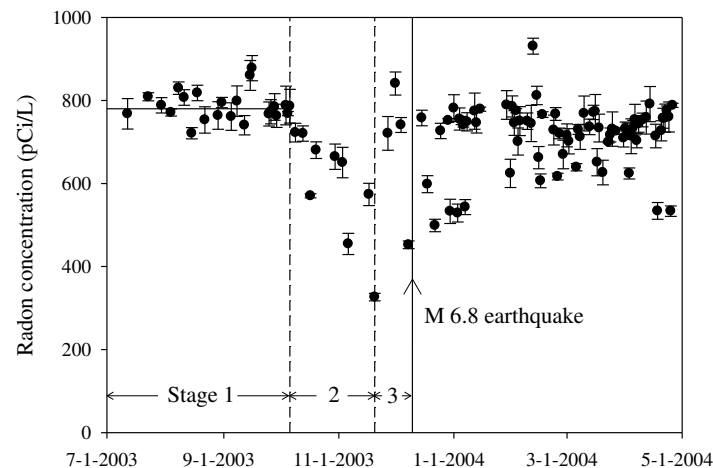
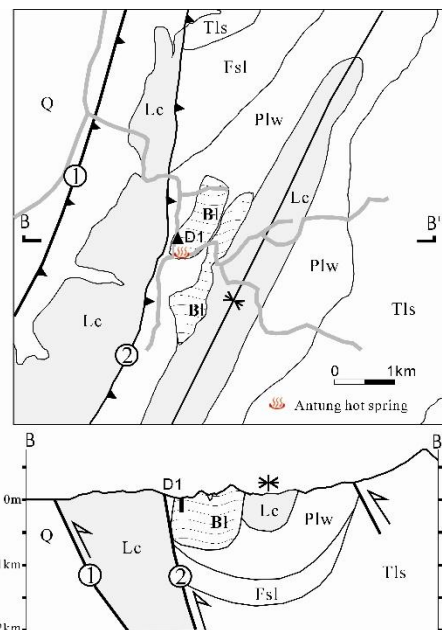
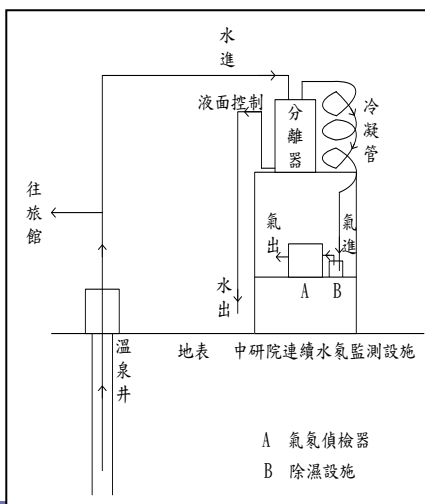
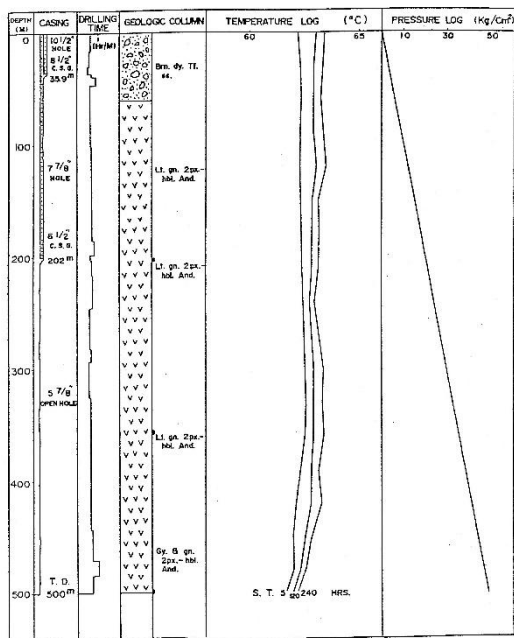
大板埤斷崖

大板埤斷崖



# 安通溫泉氡氣監測站

2003. 12. 10東臺灣M6.8成功地震前地下水氡濃度之異常變化—郭明錦教授

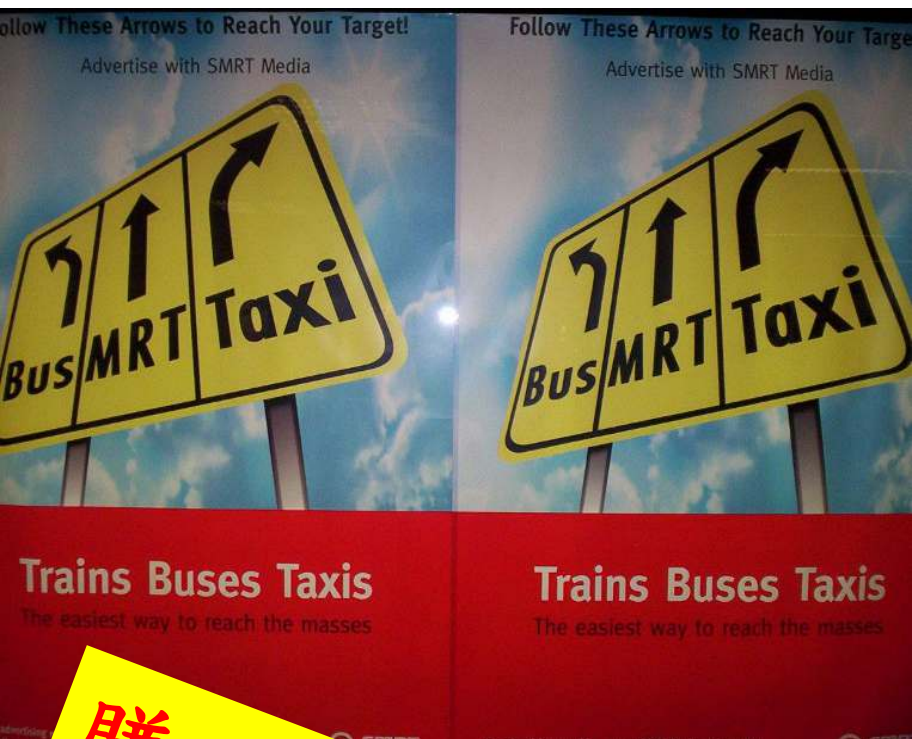


\* 監測站距離震央約20km



到處有溫泉

觀光倚溫泉



賺錢靠溫泉

承辦說：管理有夠頭痛！  
技師說：這錢真不好賺！  
委員說：審查像諜對諜。

人人泡溫泉

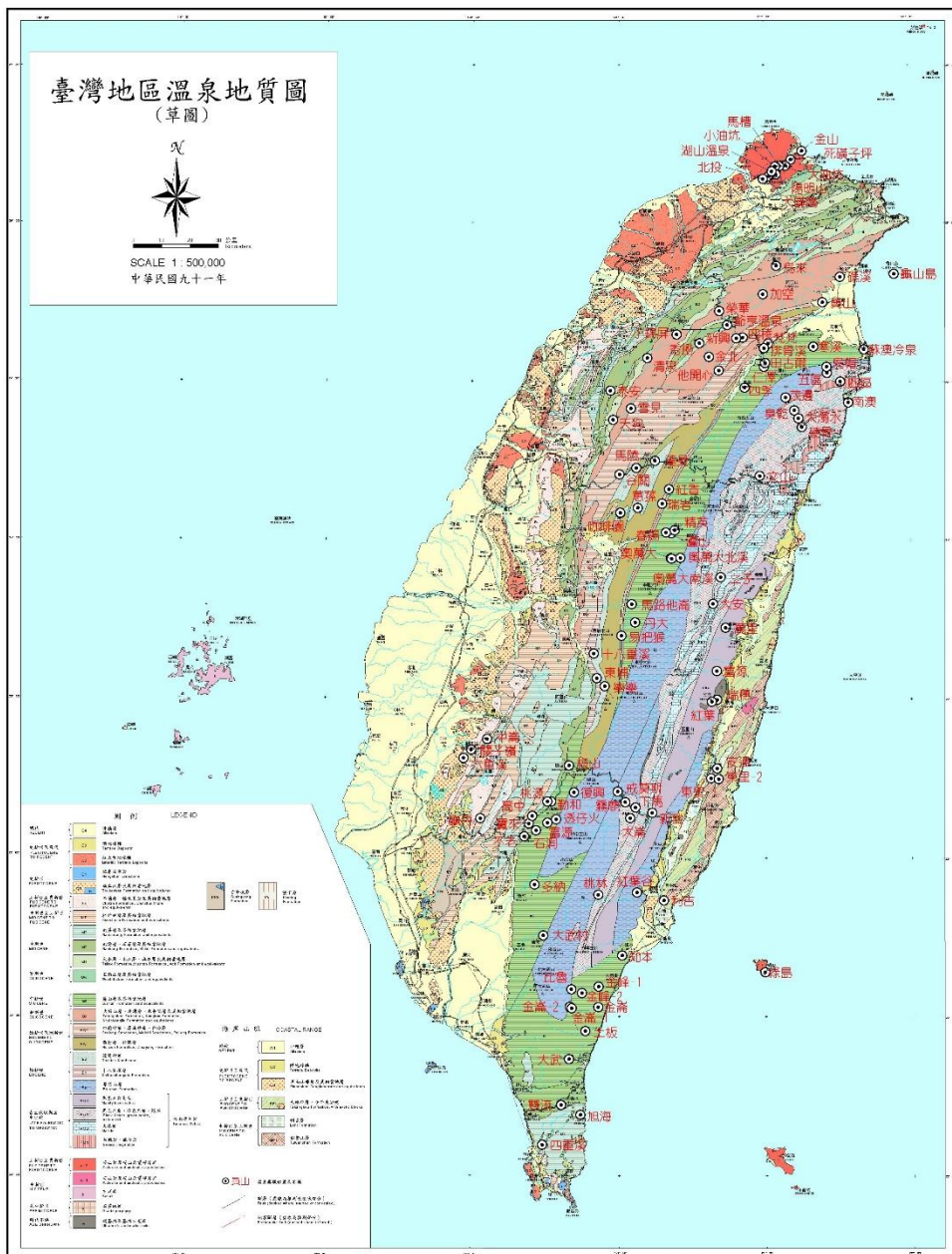
# 幾乎沒有標準答案的問題

- 1500~2000m 溫泉孔會造成什麼樣的環境衝擊？
- 溫泉如何探勘？
- 溫泉水如何補注？
- 溫泉孔之安全出水量如何估算？
- 溫泉孔間如何界定不會彼此干擾的距離？
- 溫泉區域如何監測水位變化？
- 溫泉可否用來做為地震警示？
- 溫泉可能永續經營嗎？
- 大量抽用溫泉水會造成地層下陷嗎？



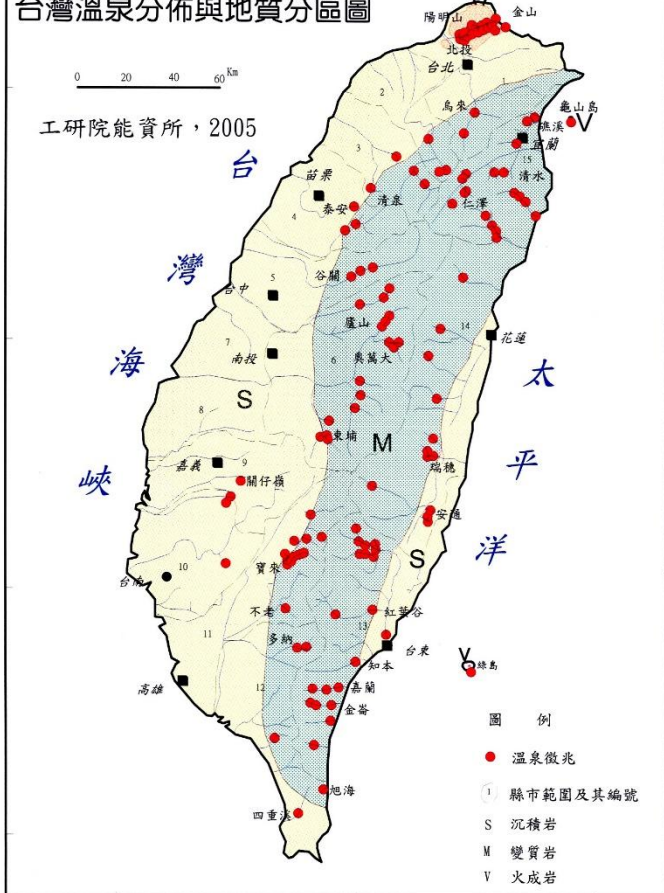
八仙樂園溫泉孔1100m

# 臺灣溫泉地質(分布)圖



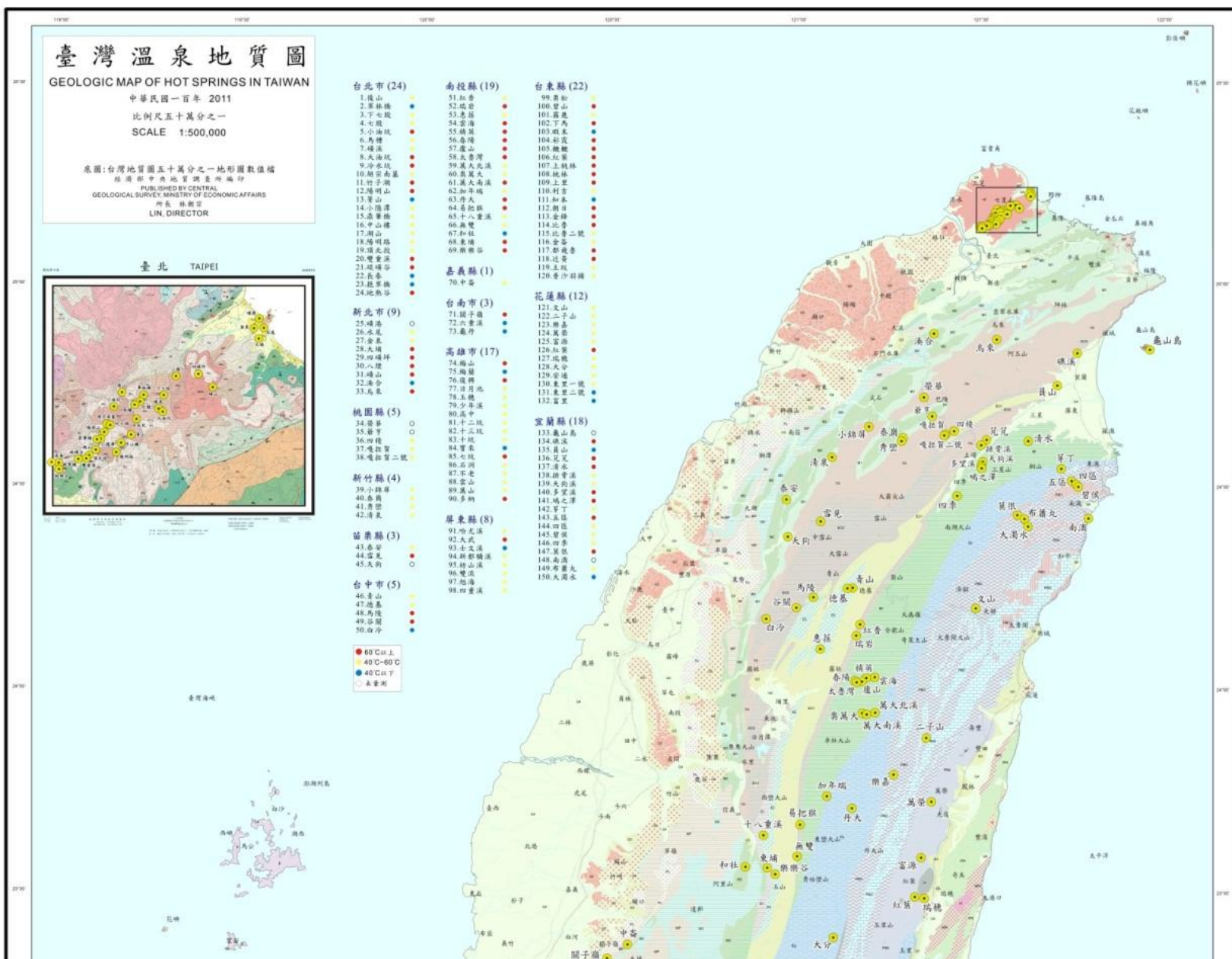
## 臺灣溫泉資源開發管理綜合計畫(周順安, 2011)

台灣溫泉分佈與地質分區圖



- (1)火成岩區的溫泉：約佔18%
- (2)沉積岩區的溫泉：約佔15%
- (3)變質岩區的溫泉：約佔67%

臺灣溫泉地質圖(陳柏淳, 二零一一)





# 台灣 溫泉 秘境

跨越山林野溪、漫步古道小徑，  
45條泡湯路線完全探索

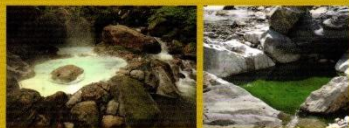
你知道嗎？台灣的溫泉資源與密度，在世界算得上是名列前茅！  
各式泉質分析、地理位置、探勘注意事項及裝備、溫泉的古往今來

跨領域真摯推薦

攝影作家 / 田定豐

台灣溫泉探勘服務網站長 / 阿貴

財團法人台北市開放空間文教基金會 執行長 / 黃浩德



陳柏淳 著



憧憬帶點刺激的旅程，那就不妨跋山涉水，一探書中介紹的山林秘境溫泉。  
築池調溫，體驗鷓鴣鳴鳥叫，調飛泉湧的灌頂難忘滋味。若只想輕鬆休閒渡假，  
文內也介紹多處開車或散步可達的溫泉，你可以沒壓力地在溫泉池內舒活筋骨，  
順道瞭解已逐漸褪滅的臺灣溫泉開發歷史軌跡，來趟知性感性的結合之旅。

建議採買書區：台灣版區



cite 城邦

00360

ISBN 978-957-51-1115-5

2016.01.04 定價：新台幣 350元 / 港幣 117元

# 台灣 溫泉 秘境

跨越山林野溪、漫步古道小徑，  
45條泡湯路線完全探索

粗長：

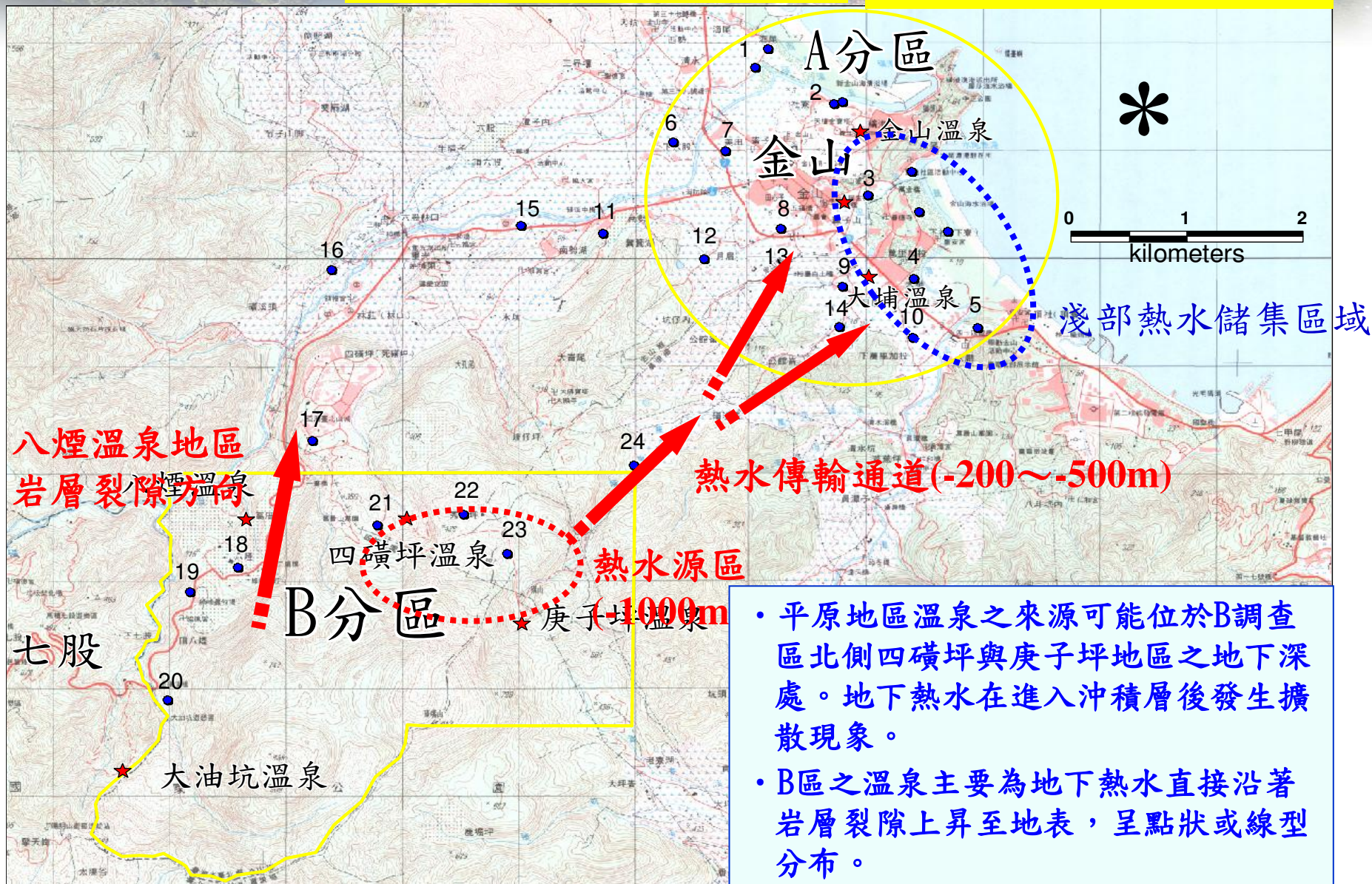
這本書最終成形，  
源頭便是你交辦  
我蒐集溫泉資料，  
謝謝一向的支持  
以及照料！

Chen Palmer  
2016.01.04  
柏淳

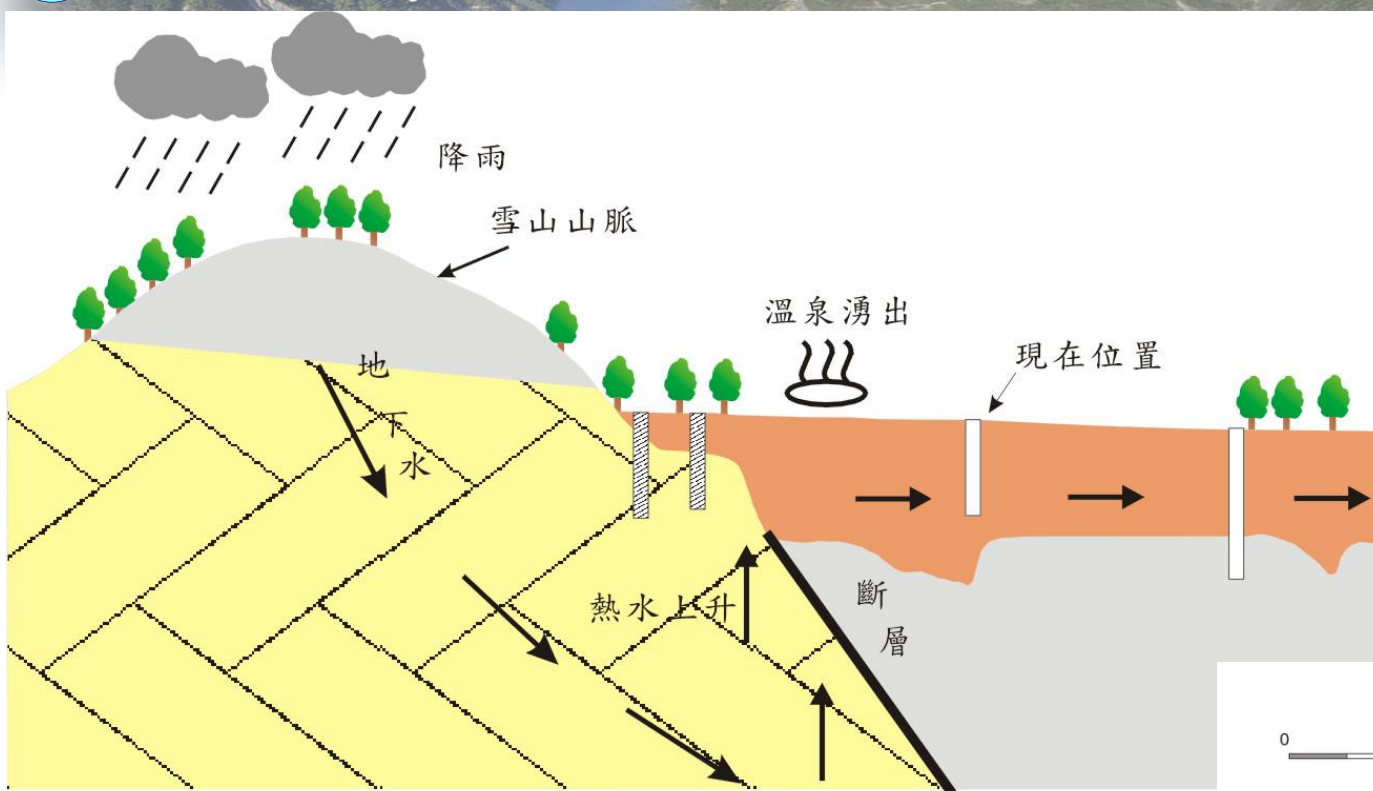
會涉足溫泉這個領域，實在是機緣巧合。記得多年前，臺灣的「溫泉法」通過不久，老闆吩咐我在業務有空之餘不妨蒐集溫泉相關資料，說是有備無患，或許將來派得上用場。當時的自己對溫泉其實並無多大興趣，講得出的溫泉屈指可數。礙於這是交辦的任務，我仍花了些時間上網，不過四處搜檢也沒個頭緒。直到於紛雜的資料訊息間瀏覽到「臺灣溫泉探勘服務網」，這才驚訝於臺灣原來在深山裏還藏有為數眾多、令人眼花撩亂的野溪溫泉，更進而認識網站的主人—林義貴先生，阿貴。

# 金山溫泉形成機制

臺灣溫泉資源開發管理綜合計畫(周順安, 2011)



- 平原地區溫泉之來源可能位於B調查區北側四磺坪與庚子坪地區之地下深處。地下熱水在進入沖積層後發生擴散現象。
- B區之溫泉主要為地下熱水直接沿著岩層裂隙上昇至地表，呈點狀或線型分布。

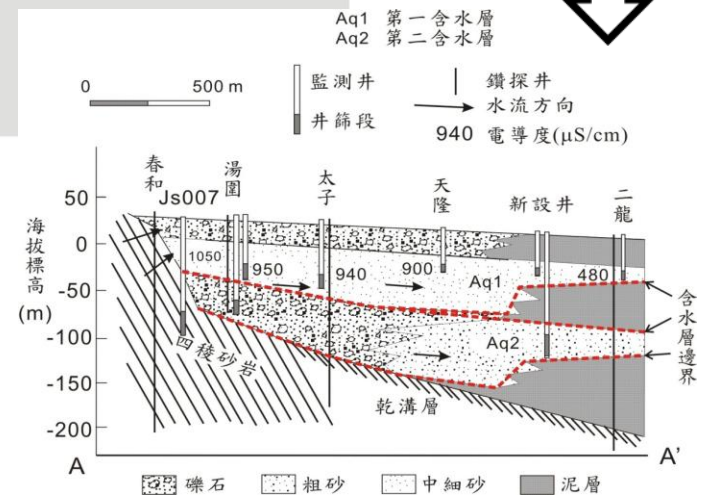


↑  
(陳文福)  
↓

圖例

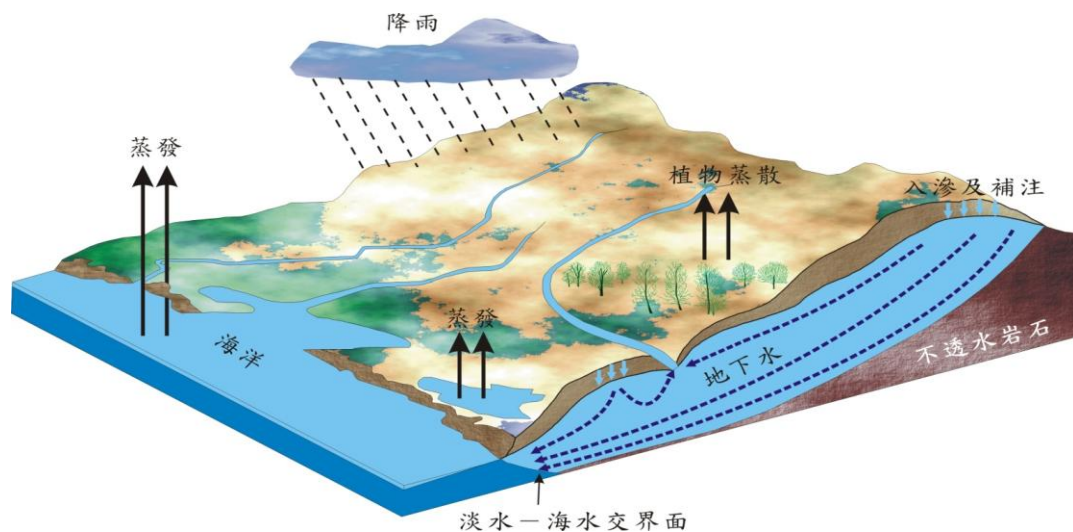
- |            |      |
|------------|------|
| 硬頁岩 (乾溝層)  | 觀測井  |
| 四稜砂岩 (裂隙多) | 溫泉井  |
| 礫石及砂       | 水流路徑 |

熱源



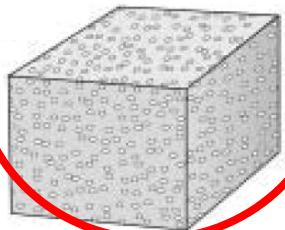
礁溪溫泉水文地質架構示意圖、水溫變化圖

# 地面水與地下水之水文循環概念圖

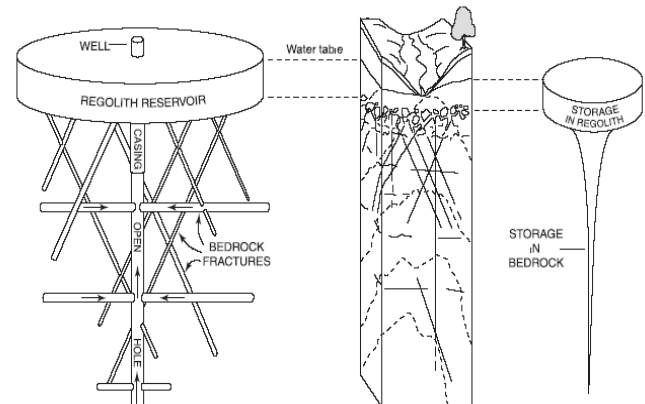
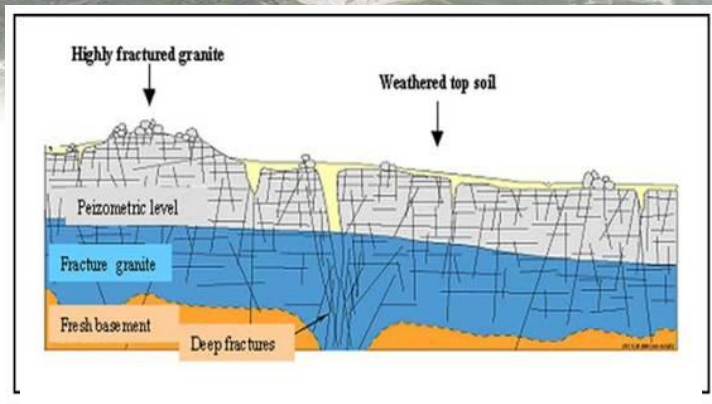
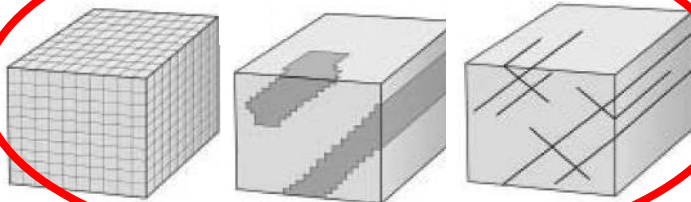


地下水自然流動的速度非常緩慢，在平原區每年數米至數十米；在泥層則每年不到1米。通常水平方向較垂直方向流動速度快。

孔隙介質含水層



裂隙(裂縫)介質含水層

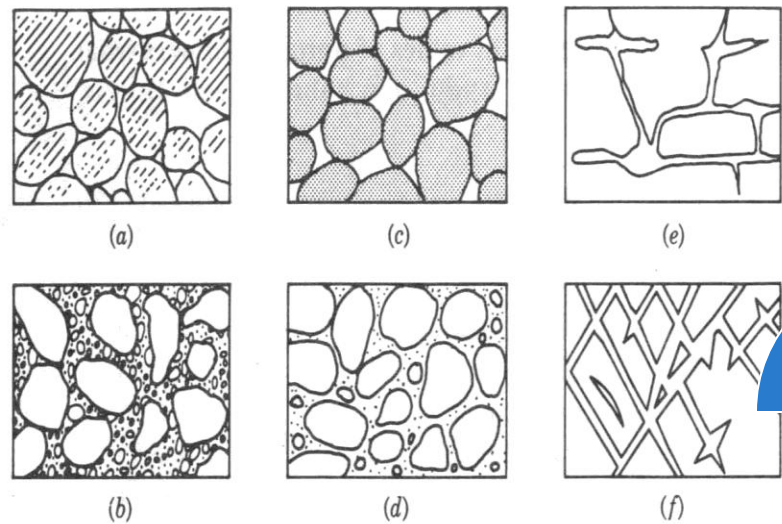


## 固結岩層中含水層之裂隙因子：

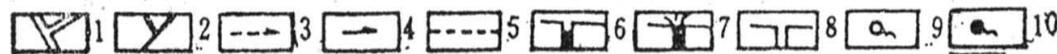
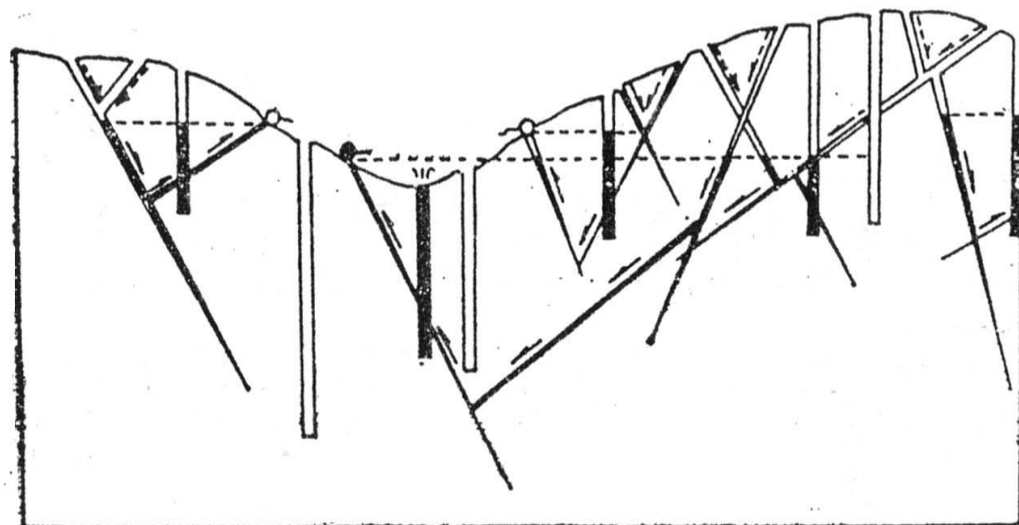
1. 密集或大數量的裂隙。
2. 裂隙間有良好之連通。
3. 裂隙的開口寬、延伸廣。
4. 裂縫面光滑乾淨、無填充物
5. 含水層有良好之補注來源。

# 裂隙水文地質(Fracture Hydrogeology) ⇒

地下水 + 含裂隙之地質 (引自李振誥教授資料)



破裂岩體 = 岩基 + 不連續面  
(岩石材料) + (節理或弱面)



地下水按其所在介質的主要  
空隙性質分成三種主要類型

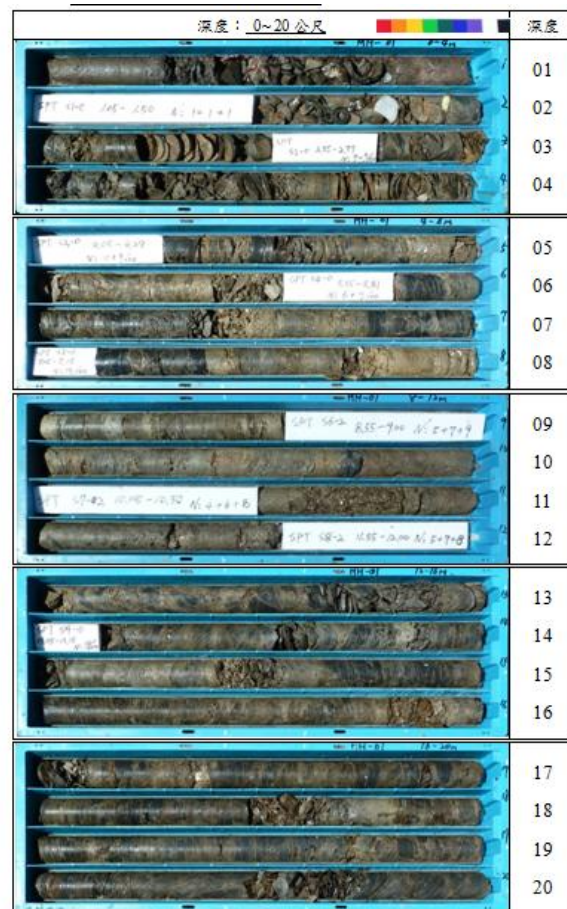
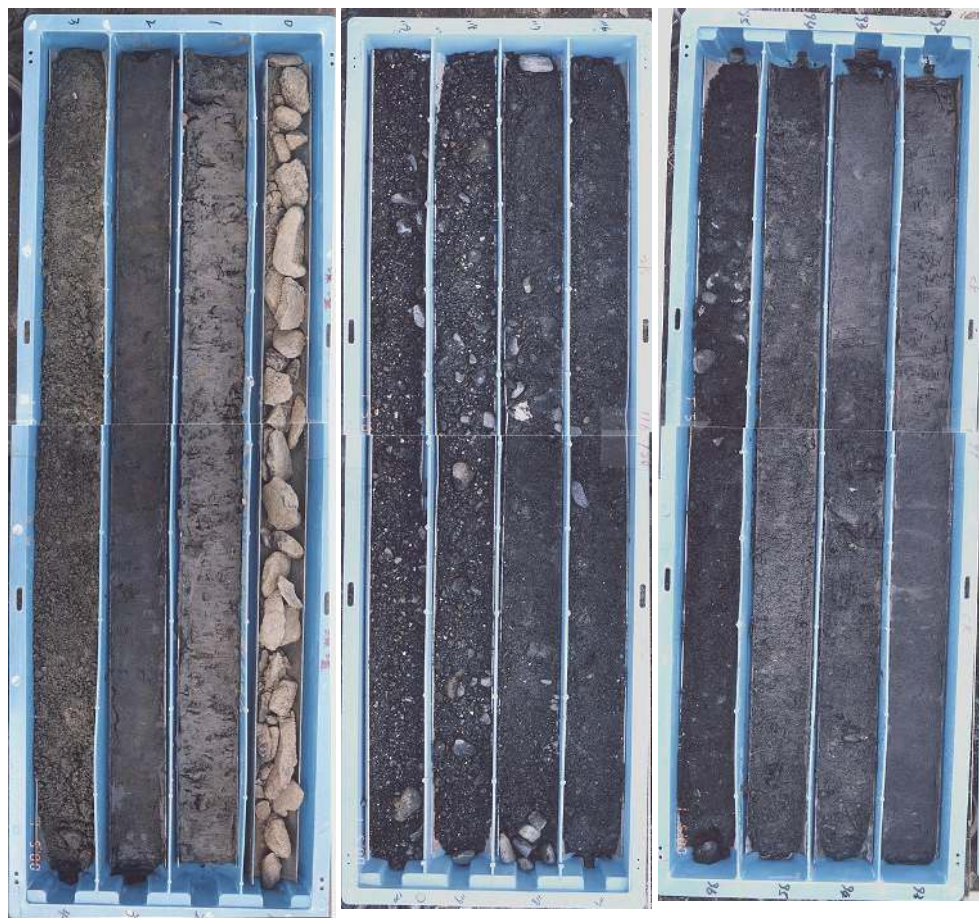
1、(a)(b)(c)(d)孔隙介質

— 孔隙水

2、(e)岩溶介質 — 岩溶水

3、(f)裂隙介質 — 裂隙水

飽和層(saturated zone) & 未飽和層(unsaturated zone) & 暫棲水層(perching groundwater)  
含水層(aquifer)：受壓含水層(confined aquifer) & 非受壓含水層(unconfined aquifer)  
滲漏含水層(leaky aquifer) & 阻水層(aquitard) & 絕水層(aquiclude)



水文地質鑽井岩芯(剖半)

輕度變質岩區地質鑽井岩芯

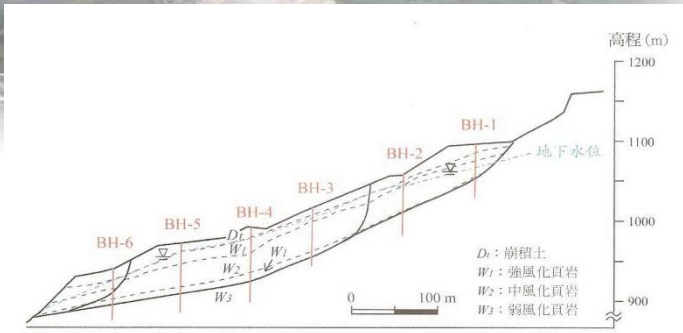


圖 6.5 日本靜岡縣某地滑地質剖面圖 (修改自: 中村浩之, 2011)  
(王文能, 2016)

## 濁水溪沖積扇水文地質概念模式

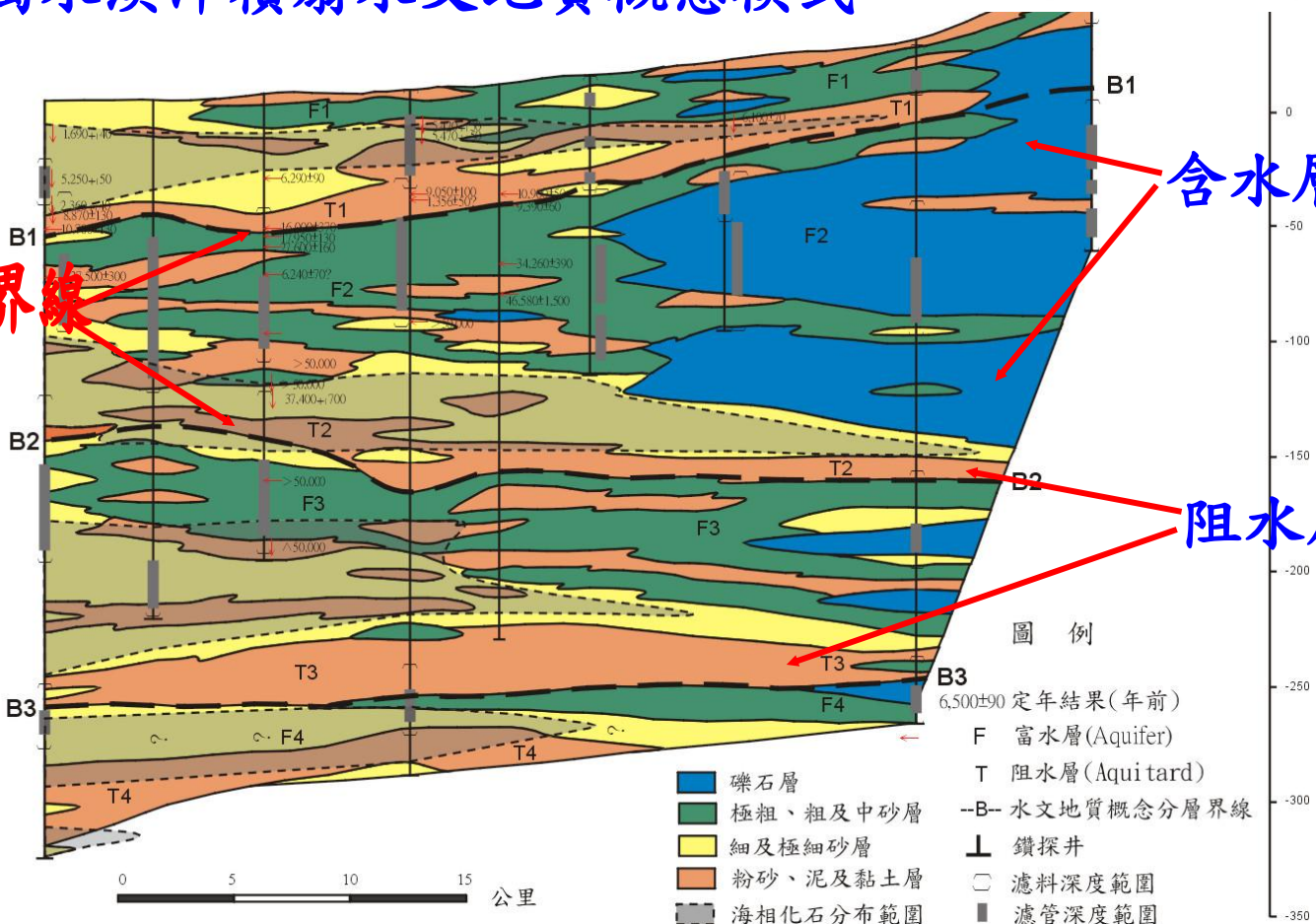
公尺  
100  
50  
0  
-50  
-100  
-150  
-200  
-250  
-300  
-350

海園 和豐 安南 田洋 馬光 芳草 虎尾 虎溪

概念分層界線

含水層

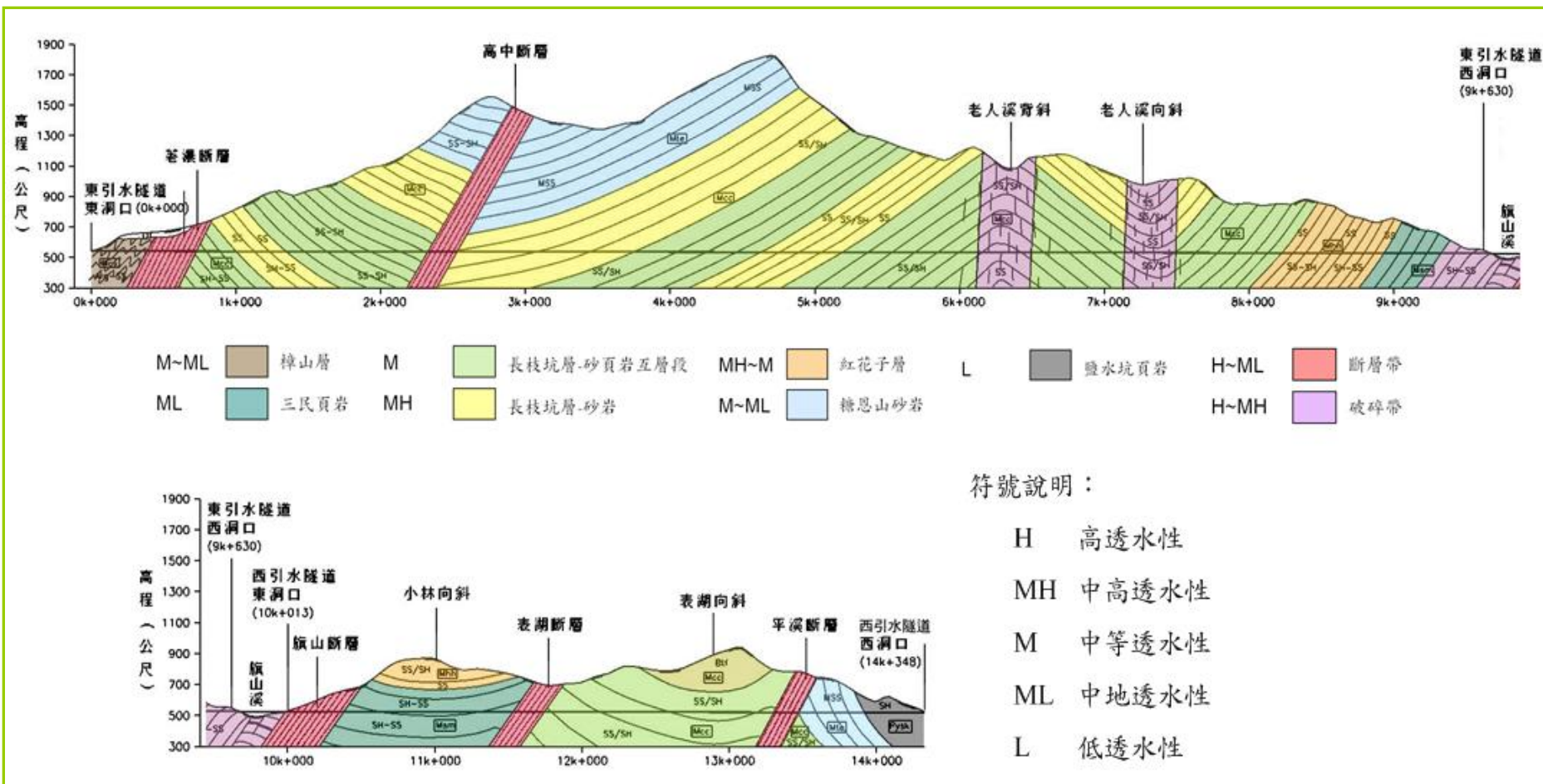
阻水層



- 礫石層
- 極粗、粗及中砂層
- 細及極細砂層
- 粉砂、泥及黏土層
- 海相化石分布範圍

- 圖例
- 6,500±90 定年結果(年前)
  - F 富水層(Aquifer)
  - T 阻水層(Aquifer)
  - B- 水文地質概念分層界線
  - ┆ 鑽探井
  - 濾料深度範圍
  - 濾管深度範圍

# 隧道剖面水文地質概念模式



(引自中興工程)



# 溫泉地質(與溫泉有關的地層特性)

- 1、地層的延展。
- 2、地層的厚度。
- 3、地層的岩性。
- 4、地層的含泥比例。
- 5、地層含水性。
- 6、地層孔隙率。
- 7、地層破碎性。
- 8、其他(含煤地層、凝灰岩)。



# 溫泉地質(與溫泉有關的構造特性)

- 1、地質構造的分布。
- 2、地質構造的延展。
- 3、地質構造的深度。
- 4、地質構造的寬度。
- 5、地質構造的活動性。
- 6、地質構造的含水或阻水性。

## 石油地質對於儲集岩之討論，考慮：

1. 砂岩層厚度。
2. 孔隙率(有效孔隙率)。
3. 成岩作用。
4. 沈積環境特性。
5. 埋壓深度。

## 石油地質對於成岩作用分析，考慮：

1. 岩層之礦物組成。
2. 原生孔隙被破壞的原因(壓密作用、膠結作用、自生性黏土礦物生成)。
3. 次生孔隙產生之原因(膠結物或不穩定礦物被溶解產生之次生孔隙、黏土礦物之脫水作用、裂縫作用、白雲岩化作用)。

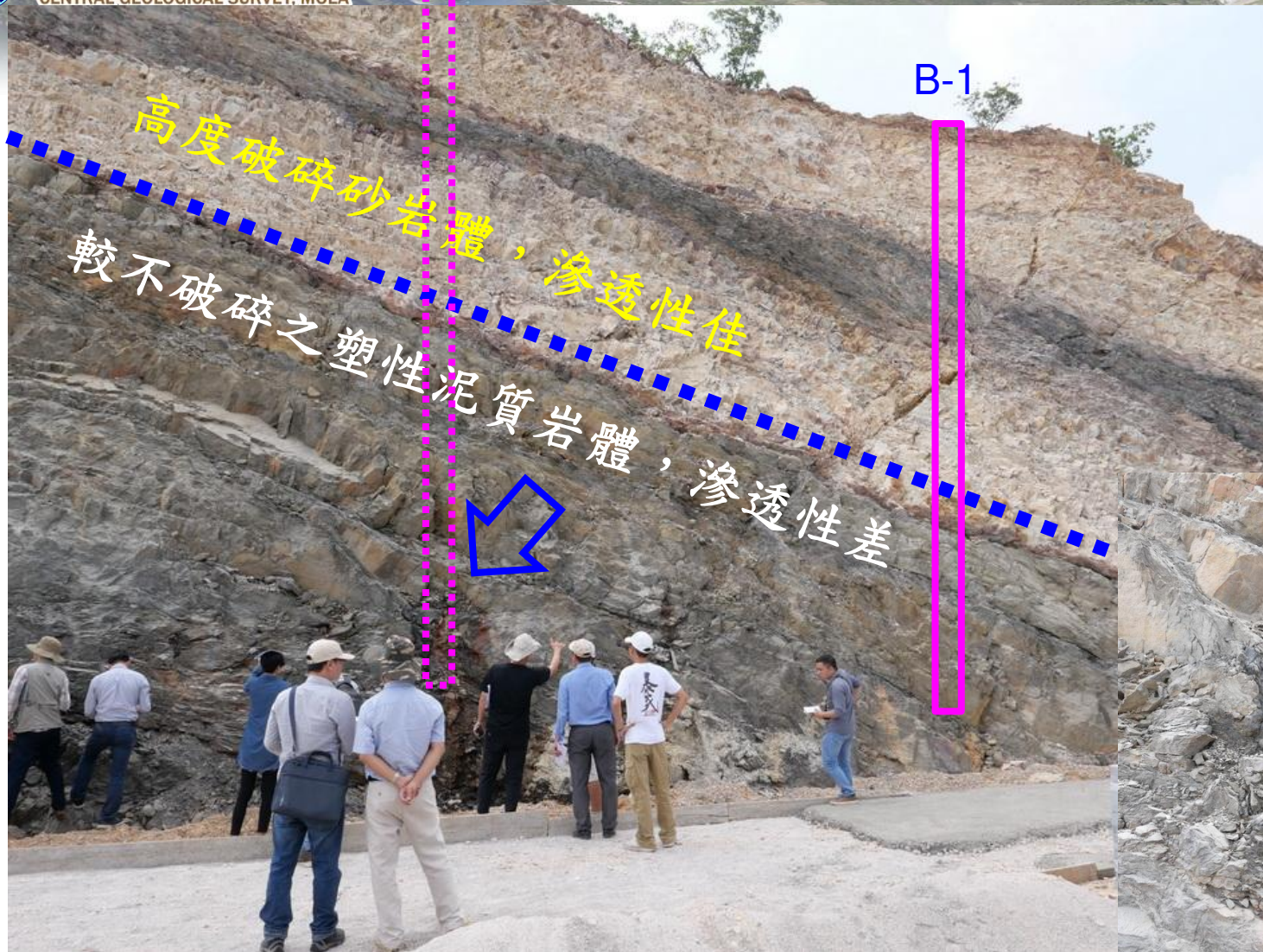
# 〔能環所清水地熱報告〕

- ◆(輕度變質岩)硬頁岩、變質砂岩、板岩孔隙率通常約低於2%。板岩的孔隙率約在0.5~2.0%間。
- ◆(沖積層)半固結地層的孔隙率約在10~30%間。
- ◆(沈積岩)砂岩的孔隙率約在0.5~26%間。

地層	有效孔隙率 $\eta$ (%)
錦水頁岩	12.88
桂竹林層	15.62
南莊層	20.19
湊合層及南港砂岩	12.35
石底層	19.81
大寮層	16.83
木山層	9.61



(清水四號井160CMH)



高度破碎砂岩體，滲透性佳

較不破碎之塑性泥質岩體，滲透性差

B-1



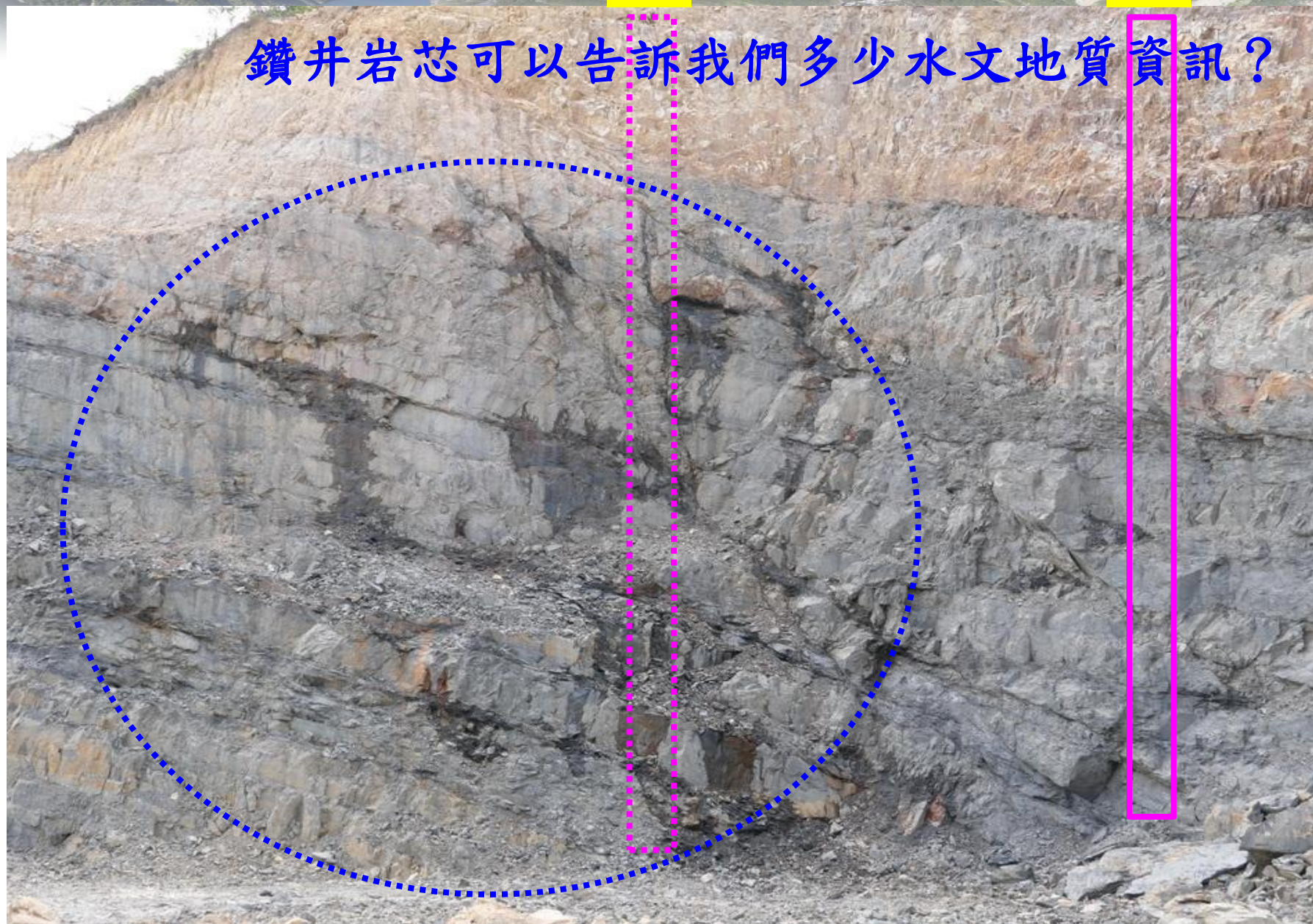
越南下龍灣高速公路旁邊坡



B-2

B-1

鑽井岩芯可以告訴我們多少水文地質資訊？





一般常應用於溫泉探測的地球物理方式包含地溫探測、自然放射能探測(例如地表量測鈾與鈾的放射性強度)、電阻探測(RIP、VES)、電磁探測、重力探測、震測(反射與折射)等方法。

地球物理探勘是一項重要的地質調查工具嗎？  
你真的相信地球物理探勘分析出來的結果嗎？  
溫泉孔深達上千公尺，地物探勘能有幫助嗎？  
哪一種地物探勘的方式能得到溫泉相關資料？

以目前投資的調查經費及溫泉孔選定的位置，幾乎沒有合適的地物探勘方法能獲得所需資料。  
那麼，為什麼還需要使用地物探勘調查溫泉？

# 電測與震測結果舉例

金山地區電測結果  
(張煥金, 2006)

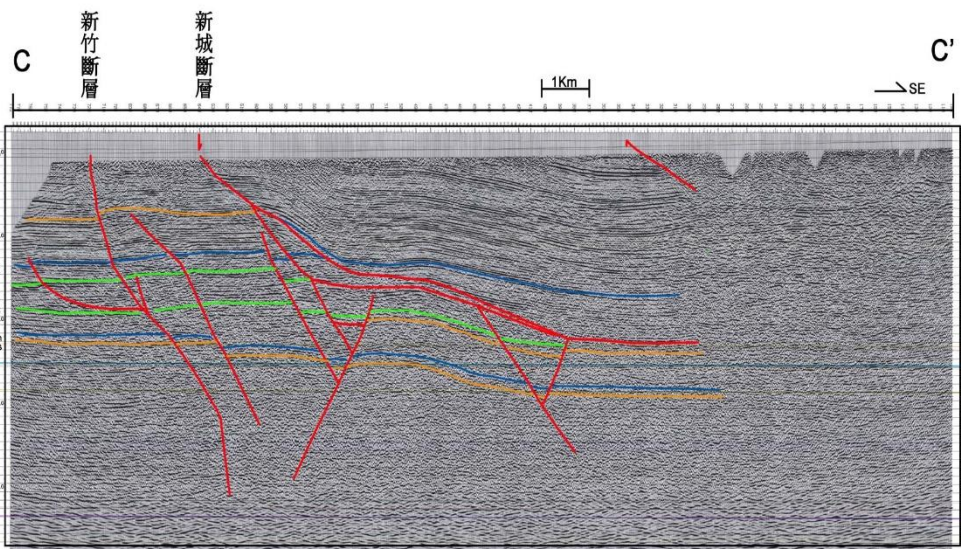
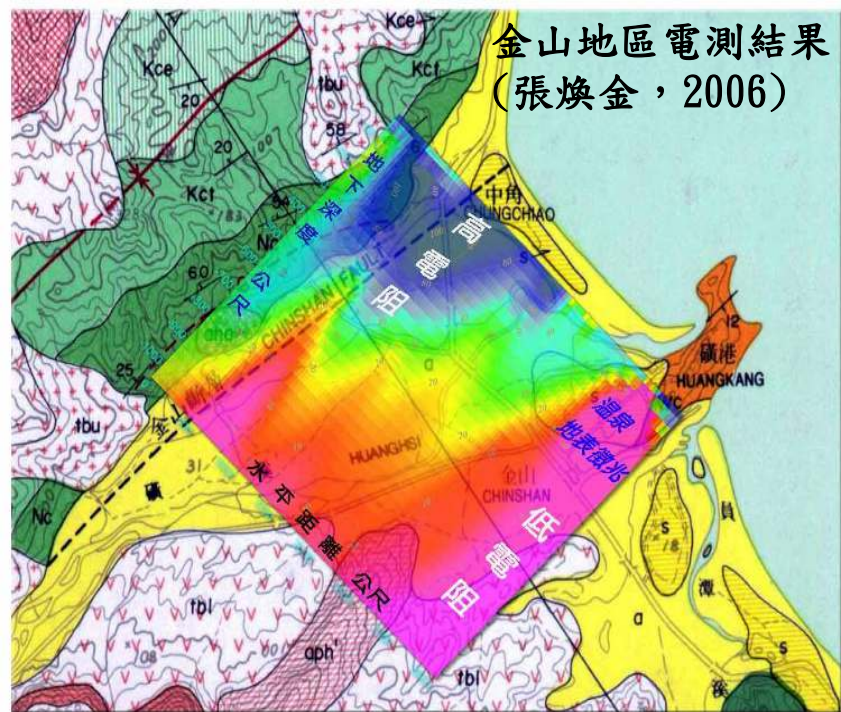
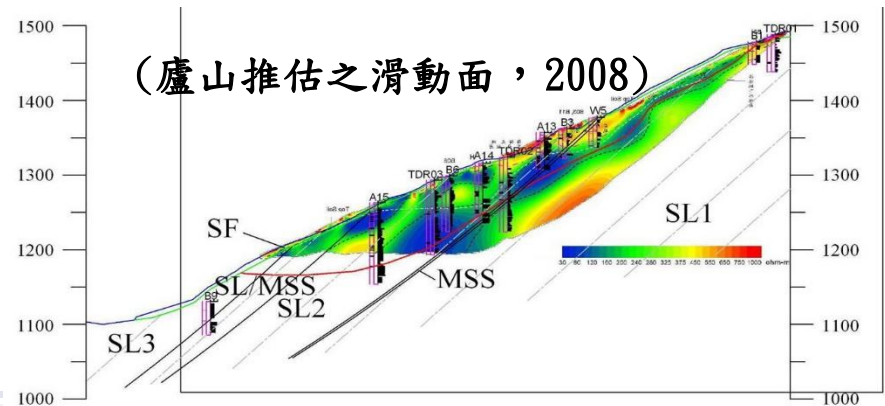
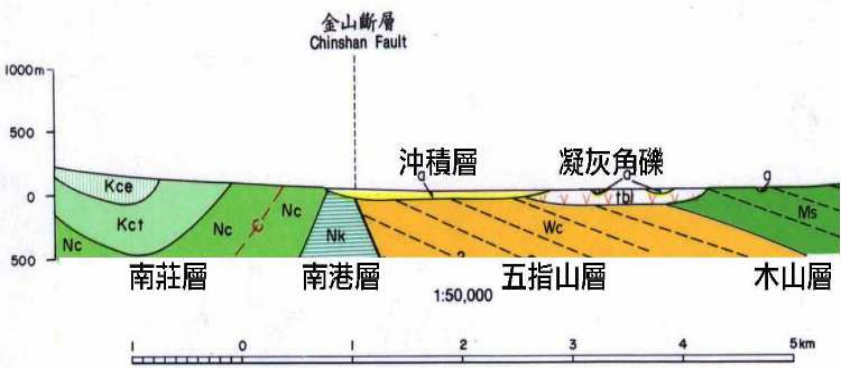


圖4-3 震測剖面C-C' 顯示新城斷層, 新竹斷層及附近地區構造及地層之特徵

新竹地區震測剖面顯示新竹斷層、新城斷層與地質構造(斷層活動性觀測與地震潛勢評估調查研究報告, 2000~2004)



(廬山推估之滑動面, 2008)



## 溫泉案中地物探勘扮演的角色

- 是唯一能在案前增加現地地質資料的方法。
- 是唯一能用以輔助驗證淺層地質條件的方法。
- 是一種不適合直接引用(抄襲)他案數據的方法。
- 是需要小小投資的調查方法(地質調查的責任)。

地物探勘過度解釋成果或是虛應故事都不可取。  
最好能施測合理數量、具體提出預期問題、忠實呈現成果、彙整地質資料做出綜合分析的結論。



大地電磁法(MT、AMT、CSAMT)：針對溫泉孔的溫泉地質調查，目前評估較為經濟、合理與較有助益的地球物理探勘方法唯大地電磁法。

**MT(大地電磁探測法，利用 低頻天然電磁場)**

**AMT(音頻大地電磁探測法，利用 高頻天然電磁場)**

**CSAMT(人控音頻大地電磁探測法，使用 人工補強電磁波源)**

**測深(利用現有設備；目標是得到較為有意義的數據)：**

1000~2000m深地質：**MT (?)**

50~1000m深地質：**MT + AMT(1套設備)**

**MT + CSAMT (2套設備)**

50~500m深地質：**CSAMT、AMT**



**測點(考慮經濟因素，且能得到較為有意義的數據)：**

5點構成2條相互垂直的剖面

越多測點當然結果更佳



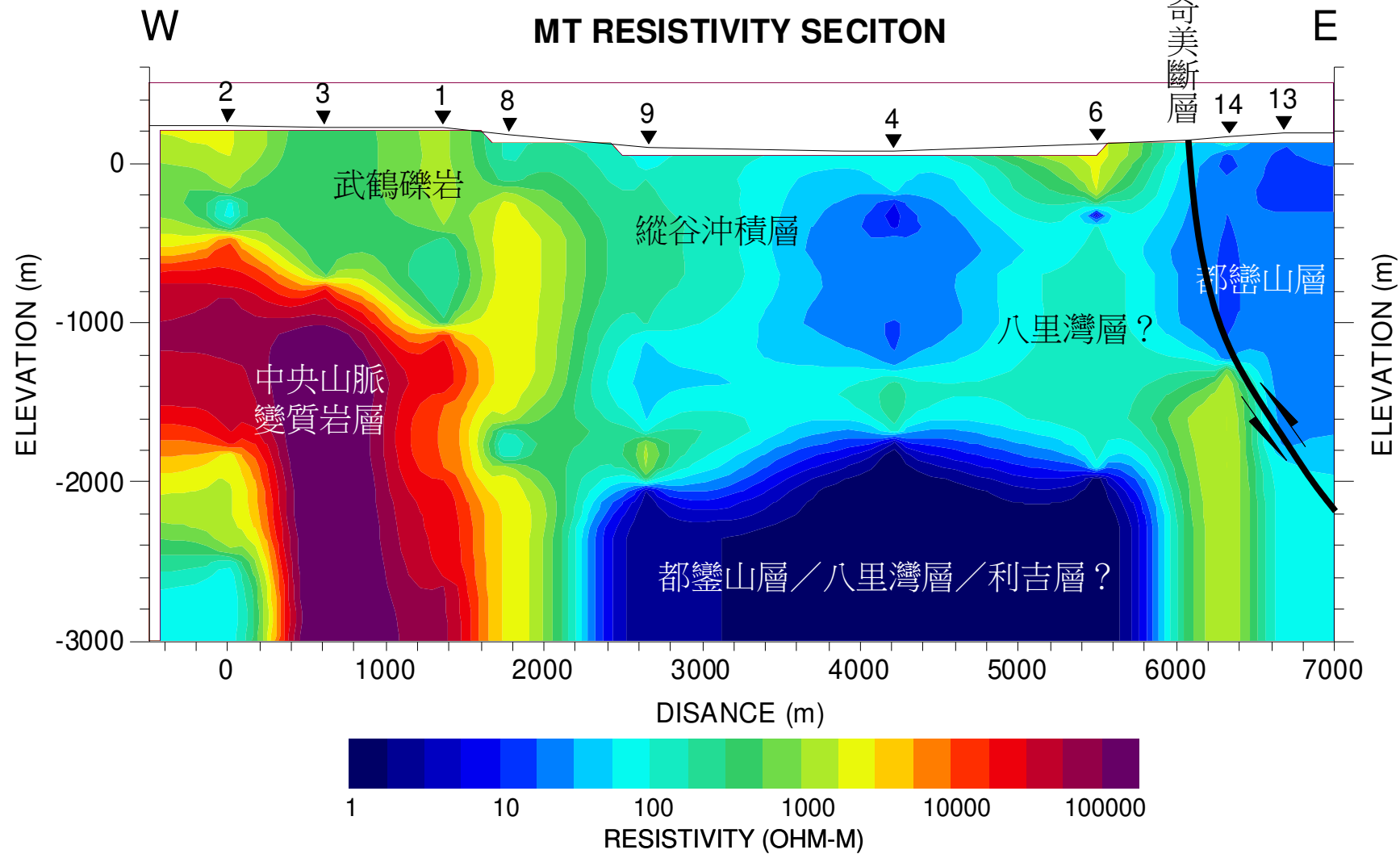


CM-TL03E CM-TL02E CM-TL04E

CM-TL01P

奇美斷層

# 大地電磁法(MT)獲得之東部電阻率剖面圖



(3) RIP-3 測線(410 公尺，地電阻剖面如圖 6.1-6，成果如表 6.1.4)

RIP-3 測線之電極間距為 10 公尺，三種電阻率影像剖面型態及解釋

結果敘述如下：

#### A. Pole-Pole array (P-P)

探測深度約為 360 公尺。其探測成果與 RIP-1 之 Pole-Pole array 類似。

剖面內電阻率分布可分為二層。

I 層：電阻率主要小於  $60 \Omega\text{-m}$ ，其厚度約 100-200 公尺；

II 層：電阻率主要為  $20\text{-}120 \Omega\text{-m}$ ，局部有  $60\text{-}120 \Omega\text{-m}$  區塊分布，於施測里程約 80~160 公尺、深度約 130~180 公尺處有一電阻率不連續現象，此不連續面東側為高電阻區 ( $>60 \Omega\text{-m}$ )，西側則為低電阻區 ( $<60 \Omega\text{-m}$ ) 分布。其中局部之  $60\text{-}120 \Omega\text{-m}$  區塊可能為粒徑較大之砂岩分布。其地層電阻率向西遞減，具不連續現象。

#### B. Pole-Dipole array (P-D)

探測深度約為 140 公尺。剖面內電阻率主要小於  $60 \Omega\text{-m}$ ，局部有  $60\text{-}100 \Omega\text{-m}$  區塊分布。其中局部之  $60\text{-}120 \Omega\text{-m}$  區塊可能為粒徑較大之砂岩分布。

#### C. Dipole-Dipole array (D-D)

探測深度約為 90 公尺。剖面內電阻率主要小於  $60 \Omega\text{-m}$ ，局部有  $60\text{-}200 \Omega\text{-m}$  區塊分布。其中局部之  $60\text{-}200 \Omega\text{-m}$  區塊可能為粒徑較大之砂岩分布，因 Dipole-Dipole array 其探測特性強調垂直構造電性，其較高電阻區塊分布與其他二種排列有所差異。

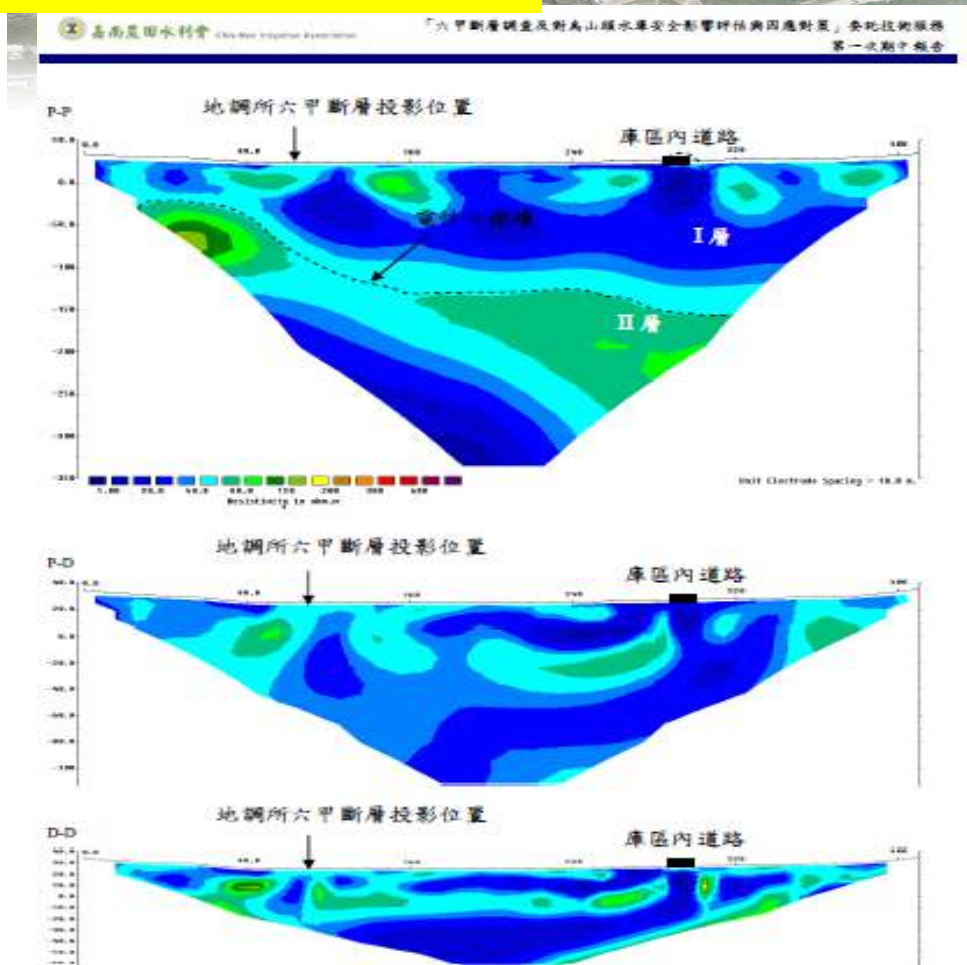
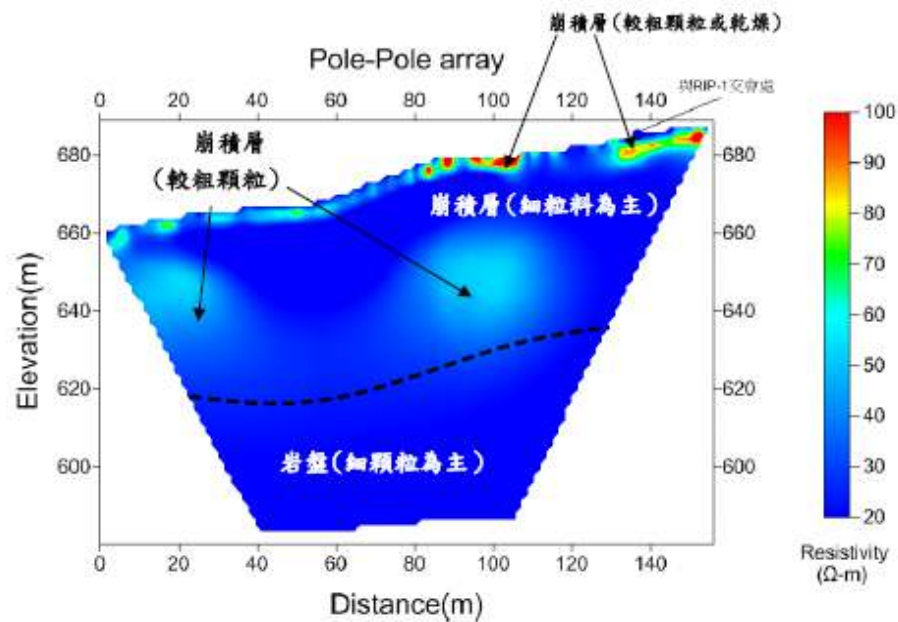
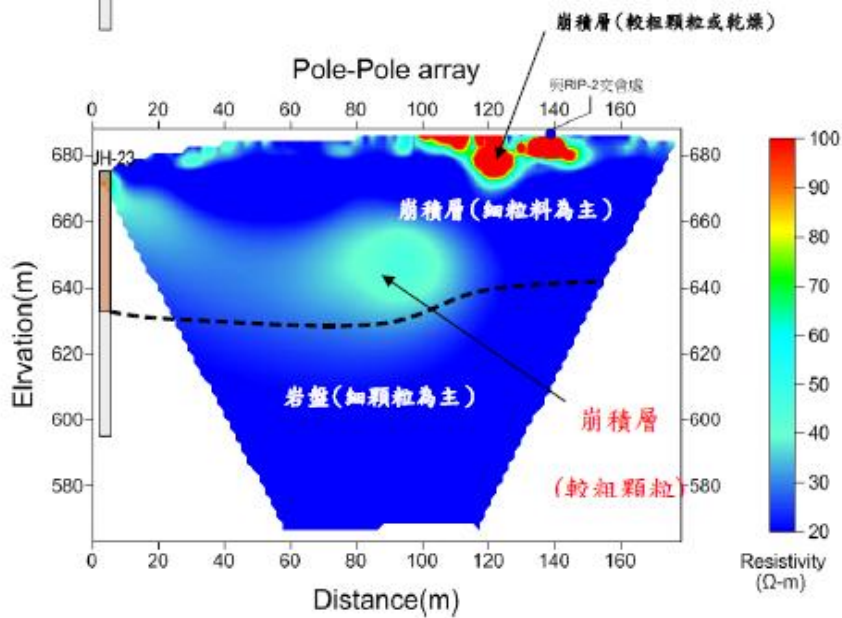
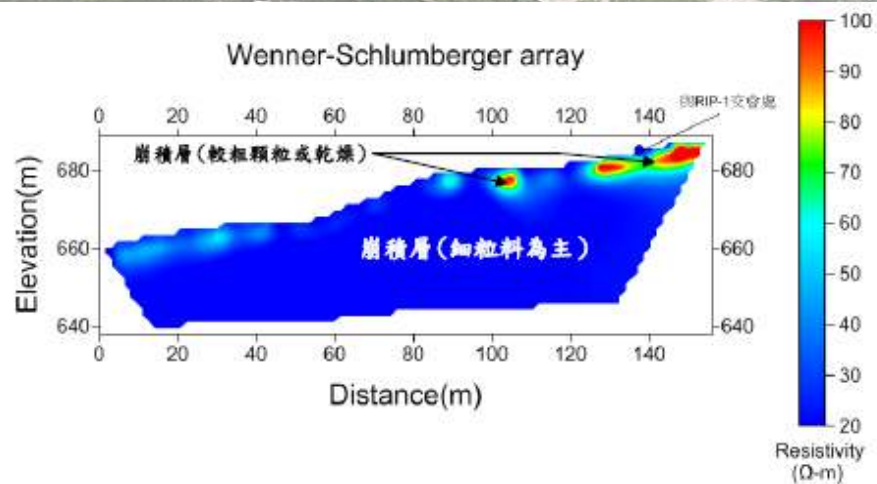
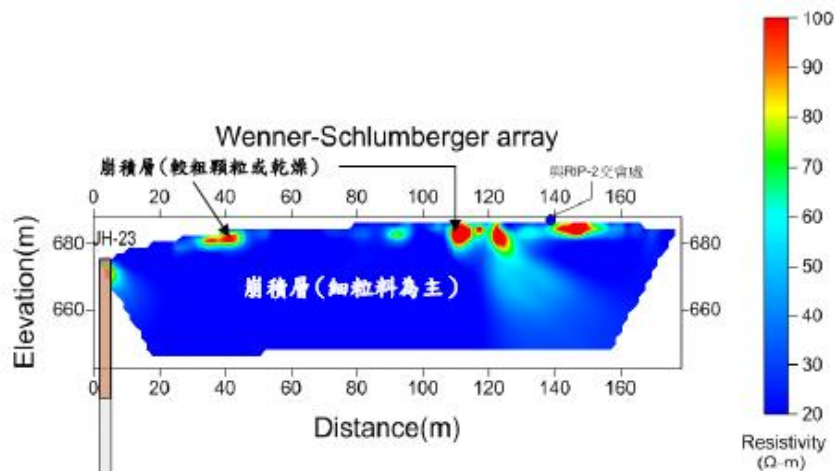
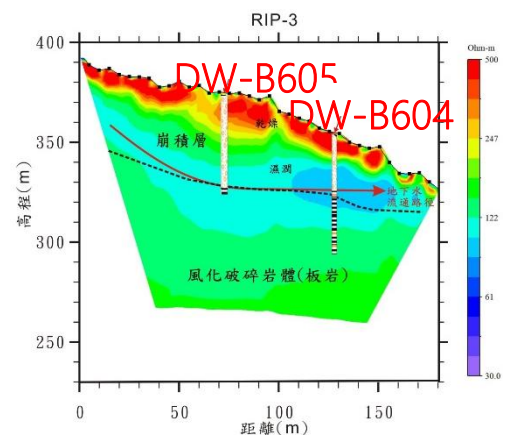
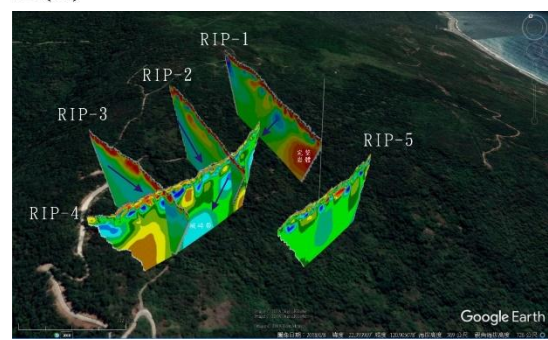
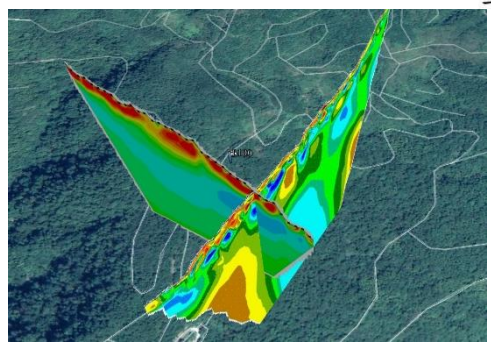
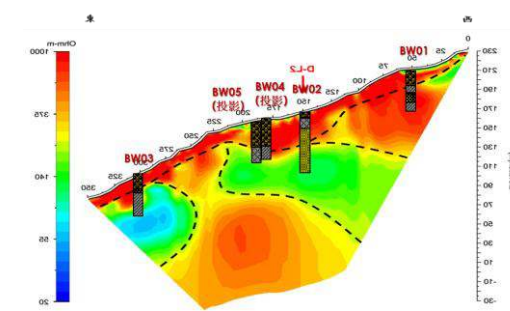
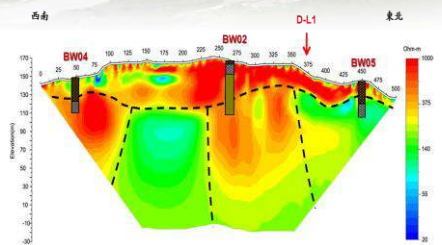
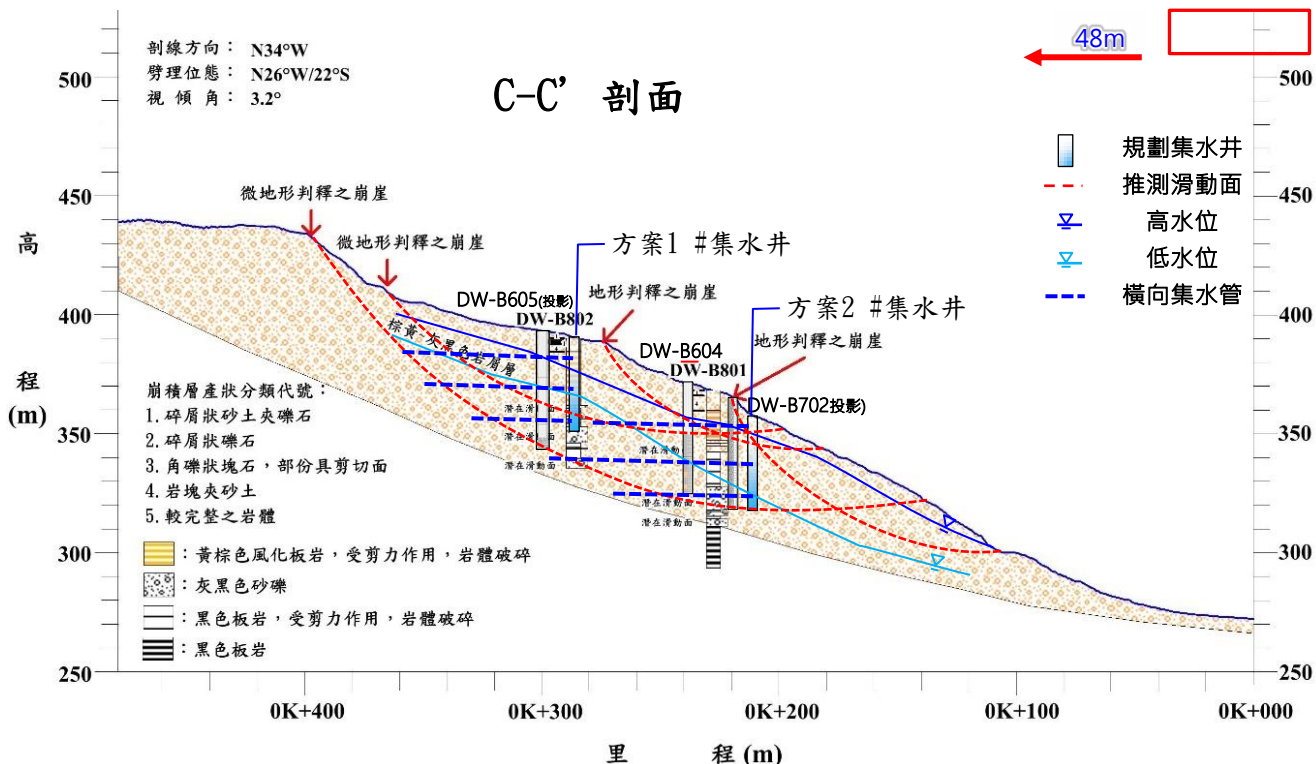


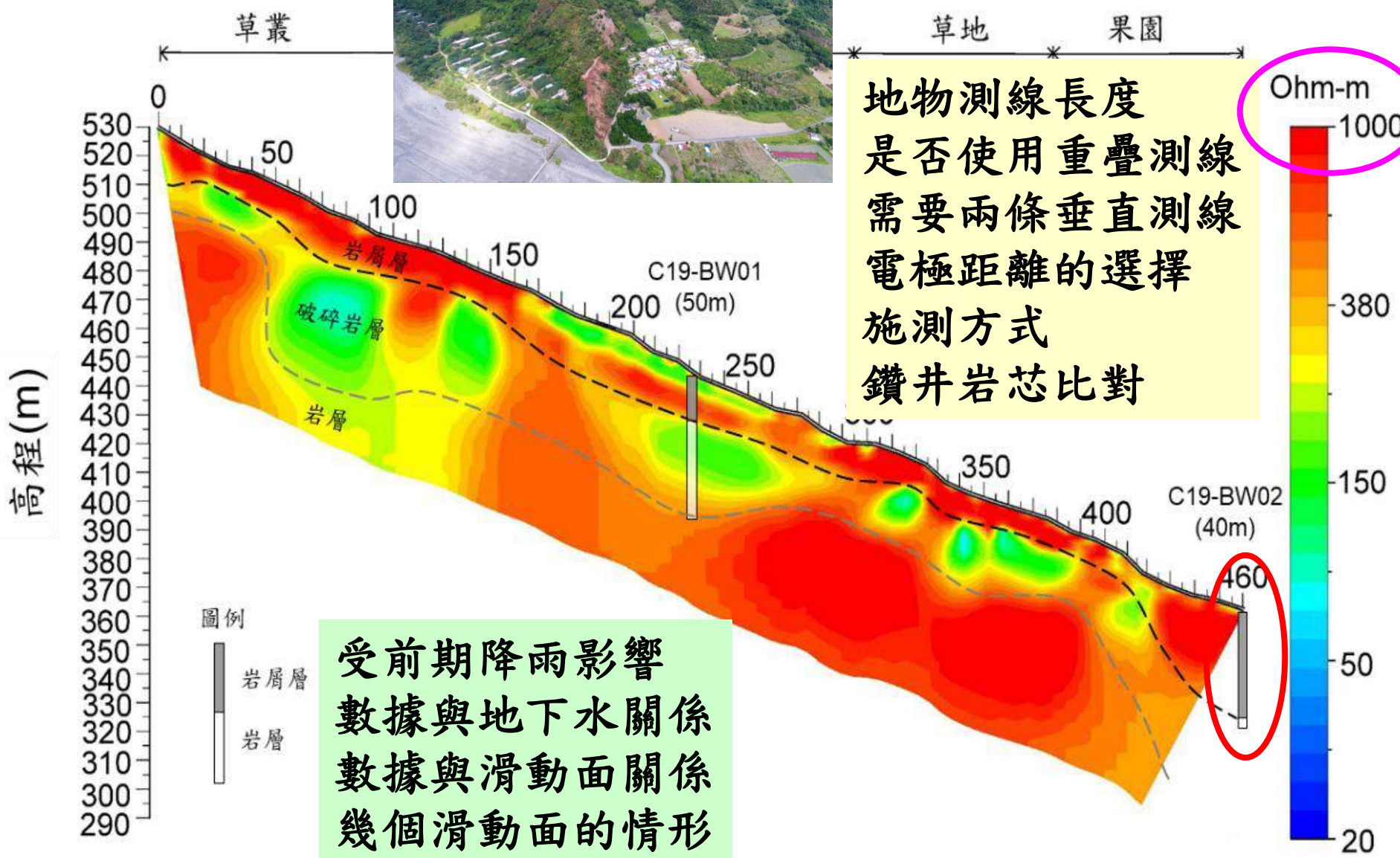
圖 6.1-6 地球物理測線 RIP-3 施作成果



推估岩盤面  
 崩積層  
 岩盤

推估岩盤面





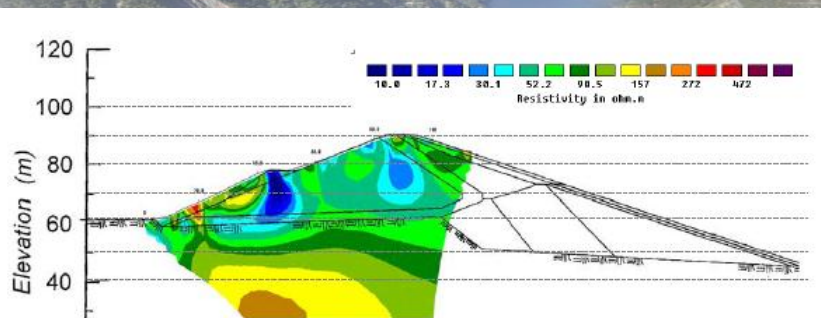


圖 2-17 電阻率影像剖面圖 (新山水庫實績)

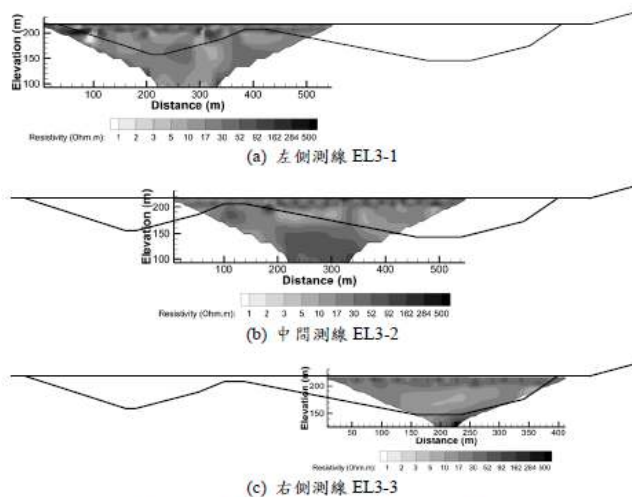


圖 3-19 湖山壩壩頂定案測線 EL3 補充施測結果

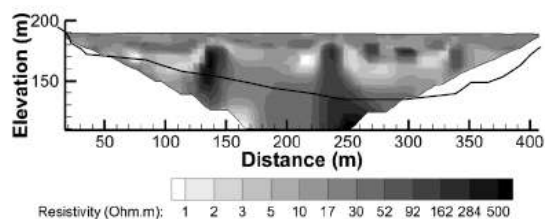
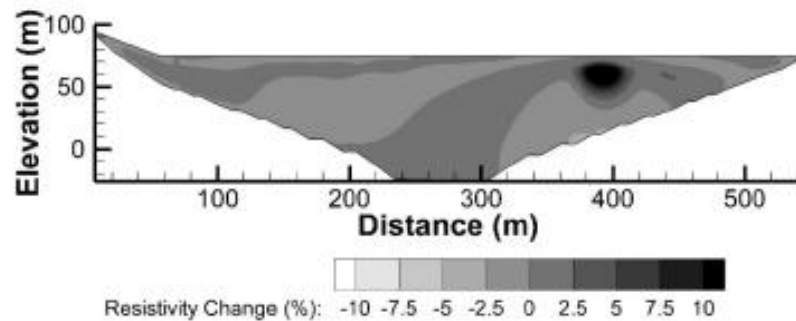
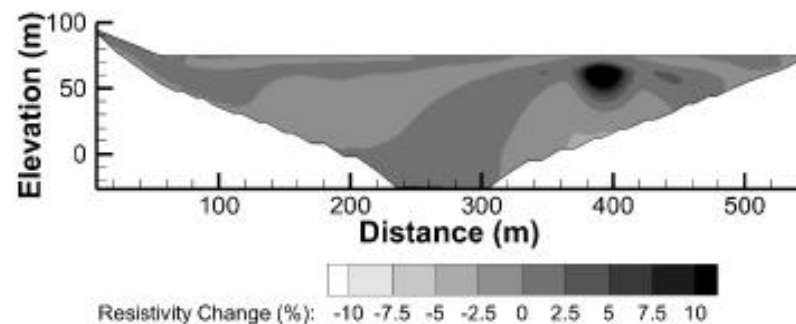


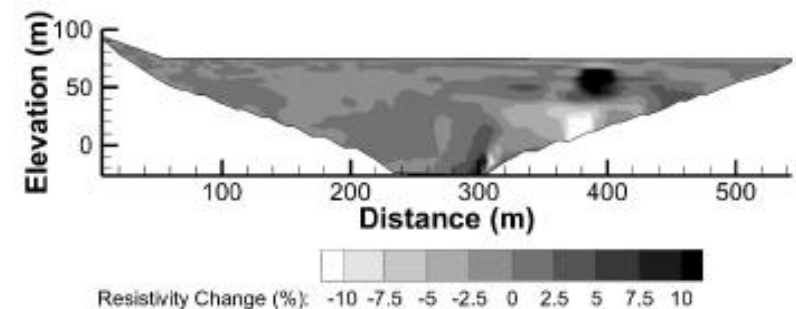
圖 3-20 湖山壩下游測線 EL2 補充施測結果



(a) 偏上游測線

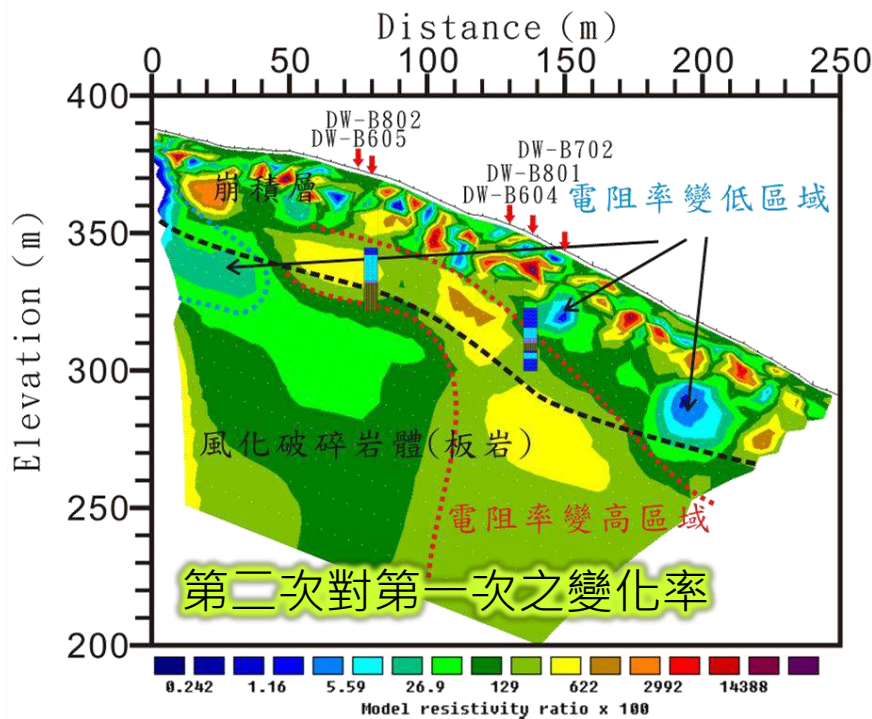
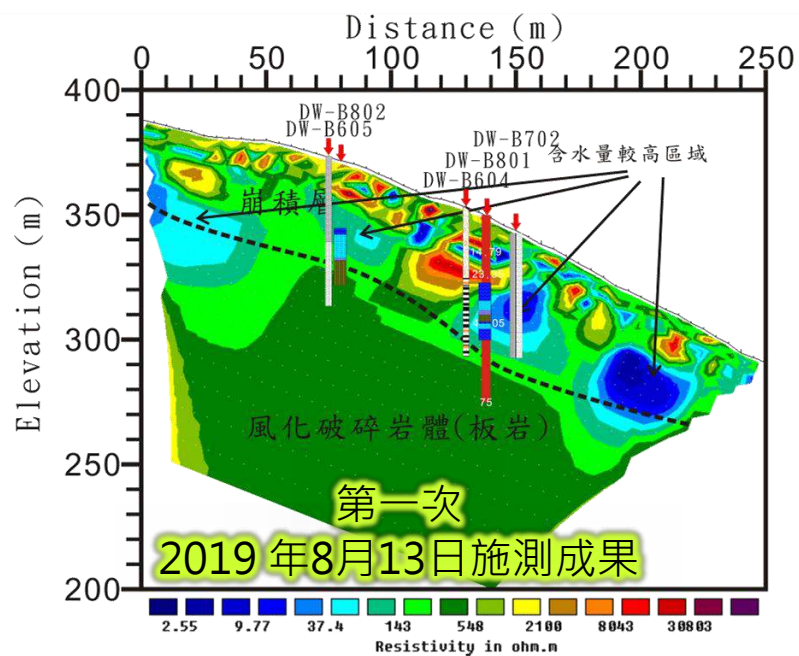
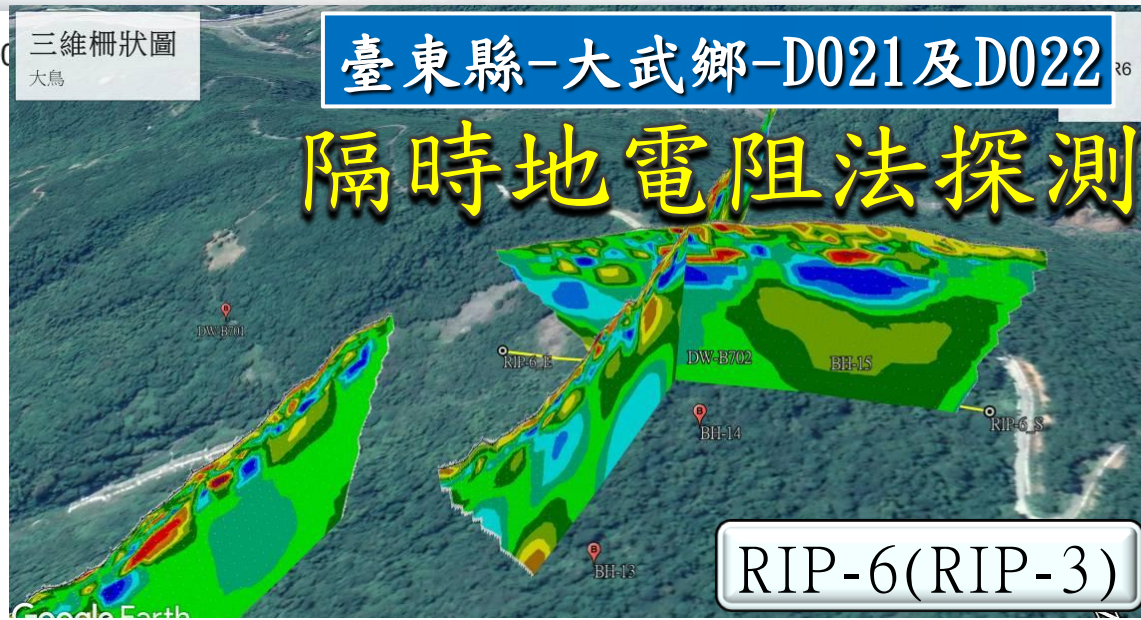
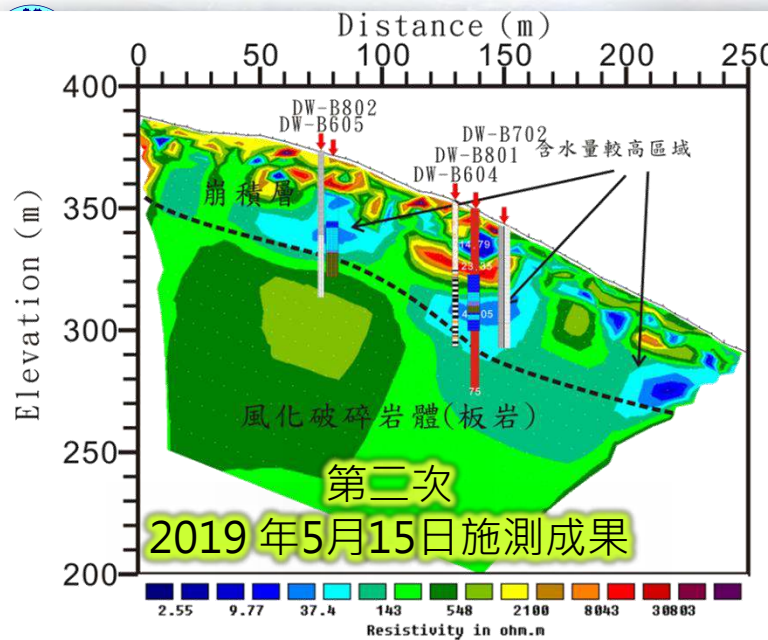


(b) 道路中央測線



(c) 偏下游測線

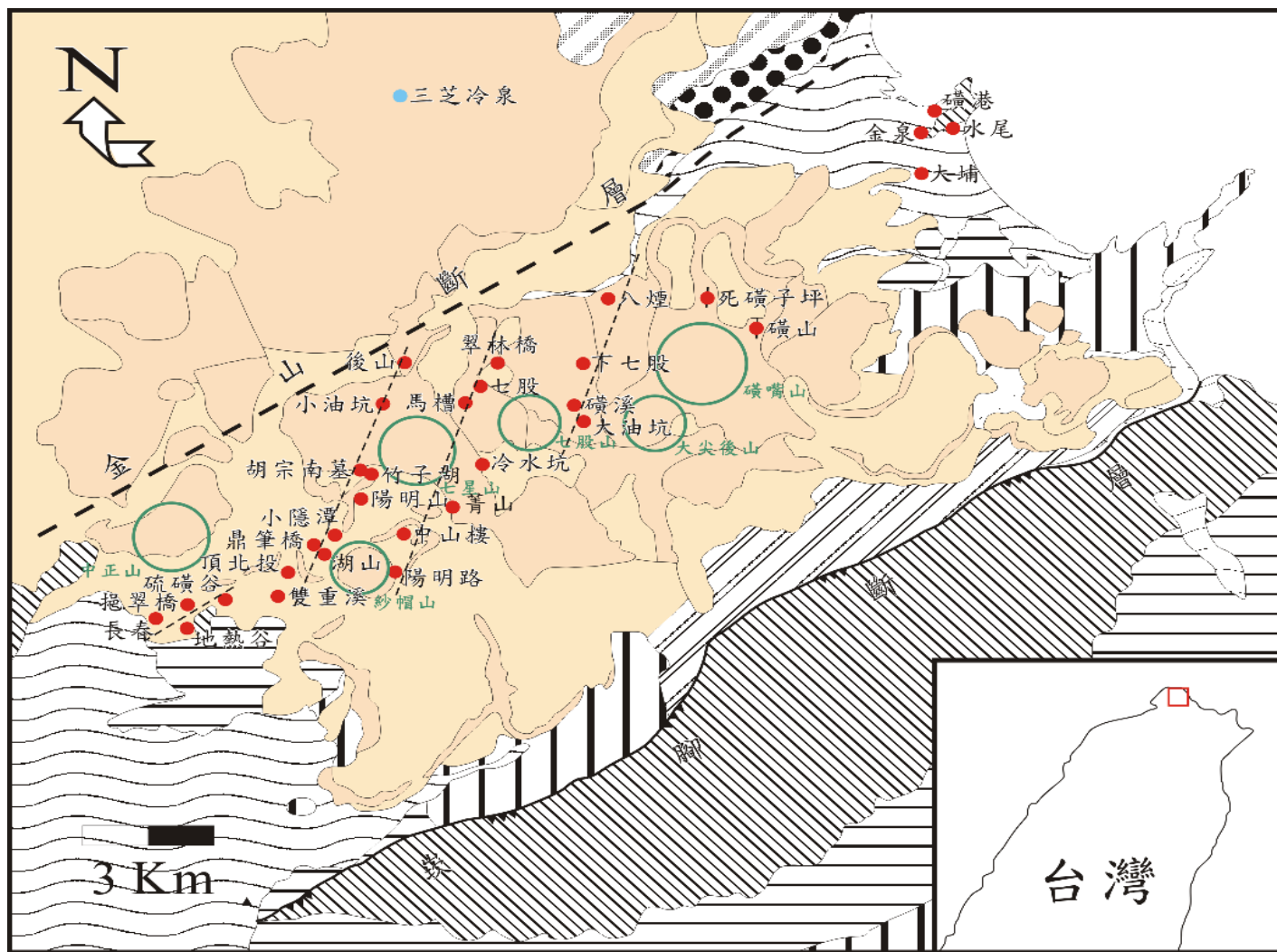
圖 3-14 壩頂測線數值評估異常掏空情境 (異常區域發展至濾層)



# 溫泉水質考量

- 陳肇夏(1975)臺灣地區溫泉與地下熱水的化學組成(單位： $\text{mg/l}$ ；分析35個溫泉露頭水樣，取各成分最高與次高數據)：Na(3734；2480)、K(659；360)、Mg(1447；467)、Ca(509；360)、Al(324；145)、Fe(18270；936)、Cl(33070；5720)、 $\text{HCO}_3$ (10750；5429)、 $\text{SO}_4$ (12110；2680)、B(141；136)、 $\text{SiO}_2$ (1180；570)。
- 中油甲仙2000m深鑽井水質之碘偏高。
- 溫泉之水質分析內容，建議增加鉛、鎘、汞、鉻、砷等5種有毒物質及有毒硫化氫( $\text{H}_2\text{S}$ )、放射性氦【氦氣( $^{222}\text{Rn}$ )常沿著破碎帶自地球深部上升至地表，造成地表氦的子放射性元素如**鉍**( $^{214}\text{Bi}$ )、**鉈**( $^{208}\text{Tl}$ )等的濃度增加】等，逐步累積相關之基礎資料。

# 火成岩區溫泉水質特性

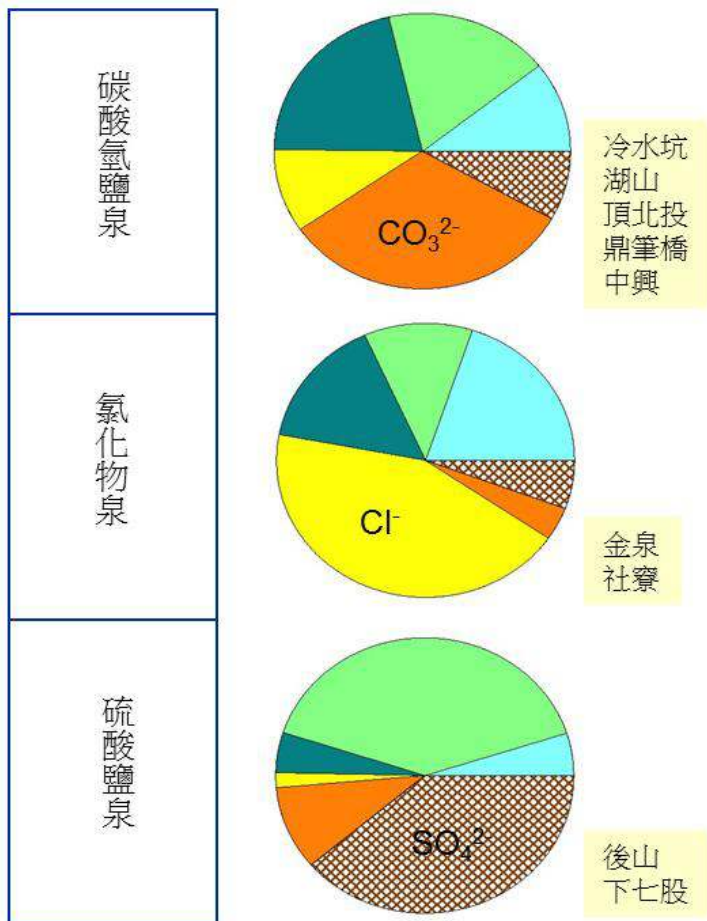


- 全新世堆積物
- 火山碎屑岩
- 火山熔岩流
- 桂竹林層
- 南莊層
- 石底層
- 大寮層
- 木山層
- 五指山層

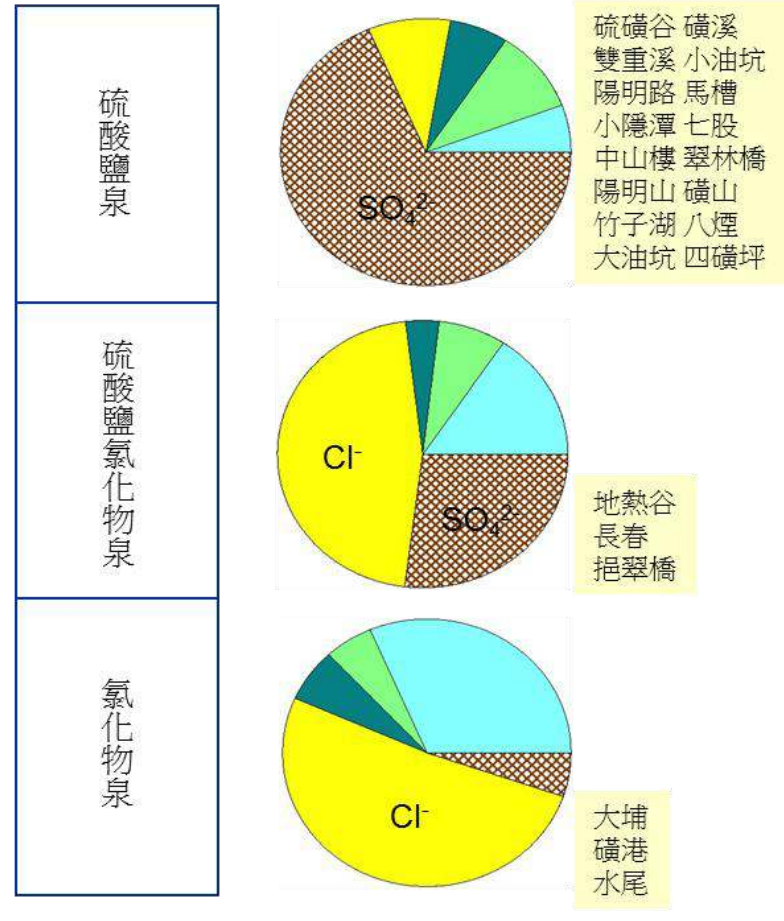
1. 地熱谷
2. 長春
3. 挹翠橋
4. 硫磺谷
5. 雙重溪
6. 頂北投
7. 陽明路
8. 湖山
9. 鼎筆橋
10. 小隱潭
11. 中山樓
12. 菁山
13. 陽明山
14. 竹子湖
15. 胡宗南墓
16. 冷水坑
17. 大油坑
18. 磺溪
19. 小油坑
20. 馬槽
21. 七股
22. 下七股
23. 翠林橋
24. 後山
25. 磺山煙
26. 八煙
27. 死磺子坪
28. 大埔
29. 金泉
30. 水尾
31. 磺港

# 火成岩區溫泉水質特性

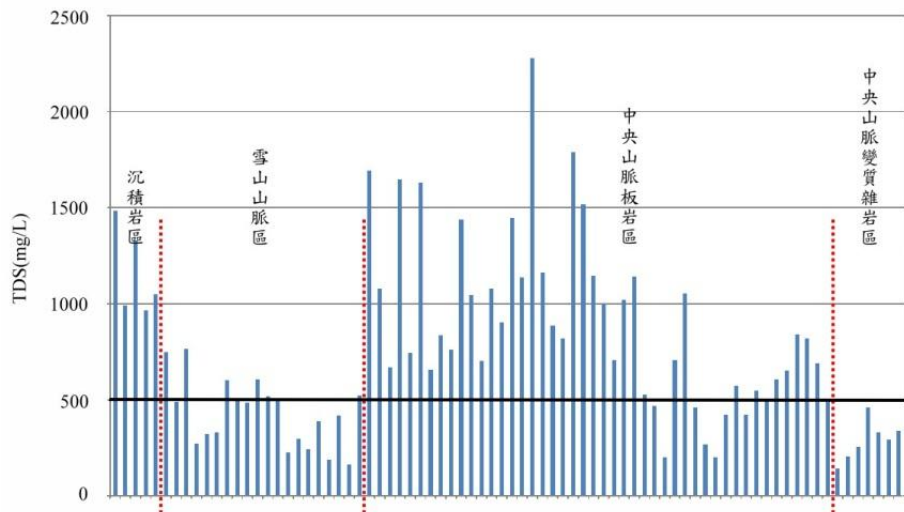
## 中性溫泉 (Neutral Hot Springs)



## 酸性溫泉 (Acid Hot Springs)



# 泉質與地質分區關係

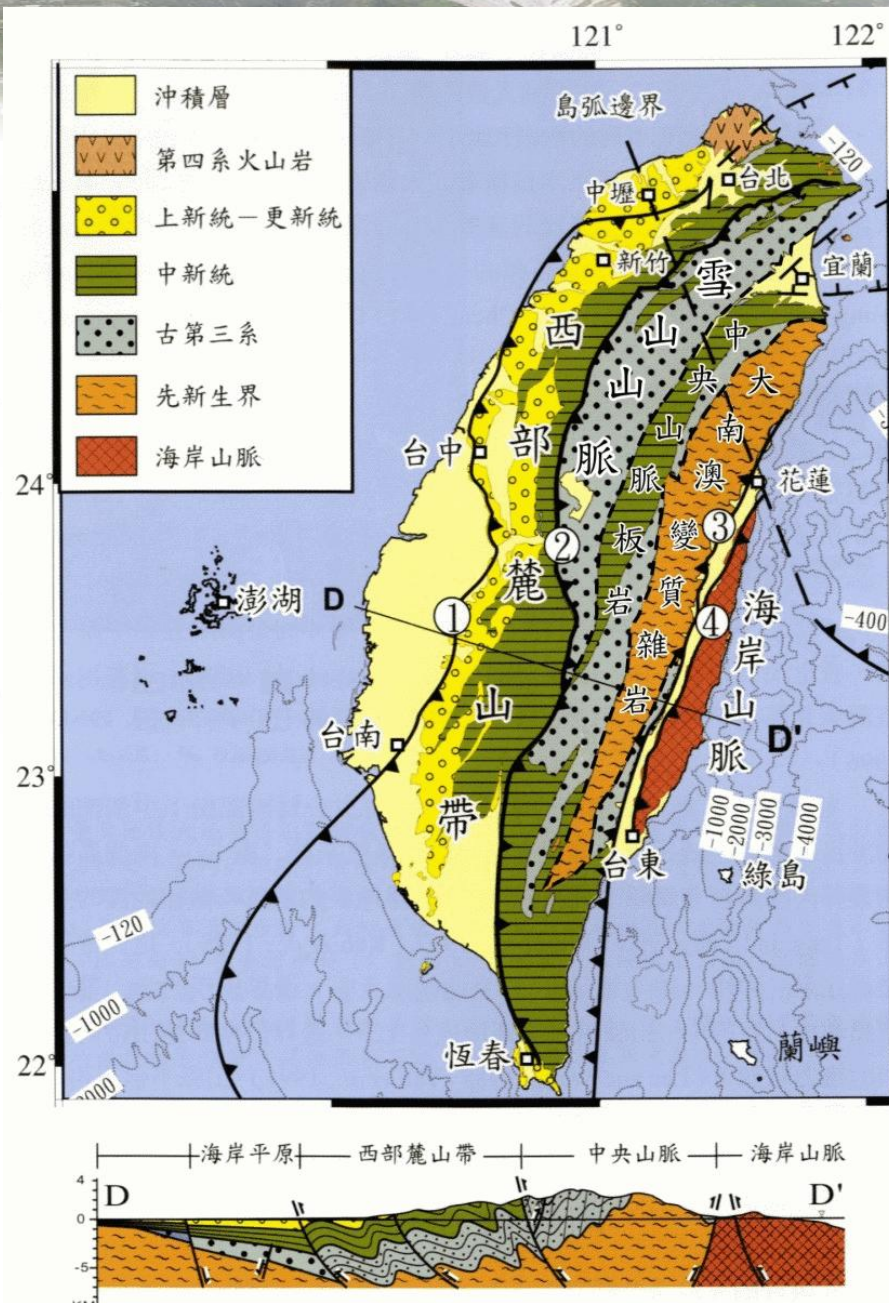


## ✳ 沉積岩區 (16)

1. 西部麓山帶北部
2. 西部麓山帶南部
3. 恒春半島
4. 海岸山脈

## ✳ 變質岩區 (101)

1. 雪山山脈區
2. 中央山脈板岩區
3. 中央山脈變質雜岩區





# 臺灣西部沉積岩地層厚度



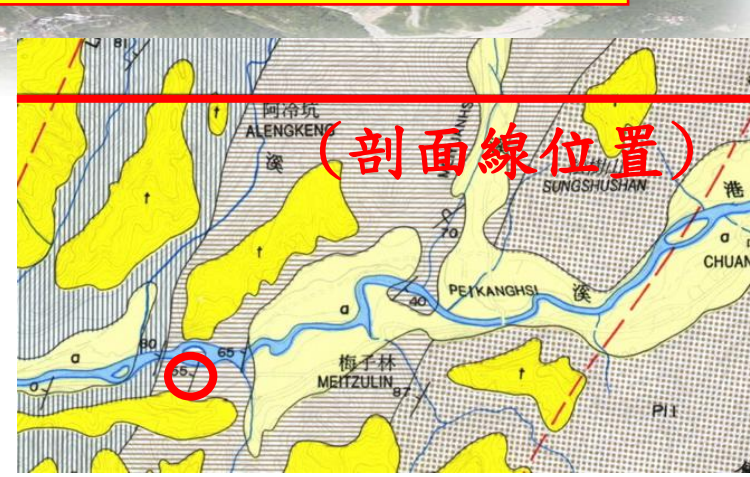
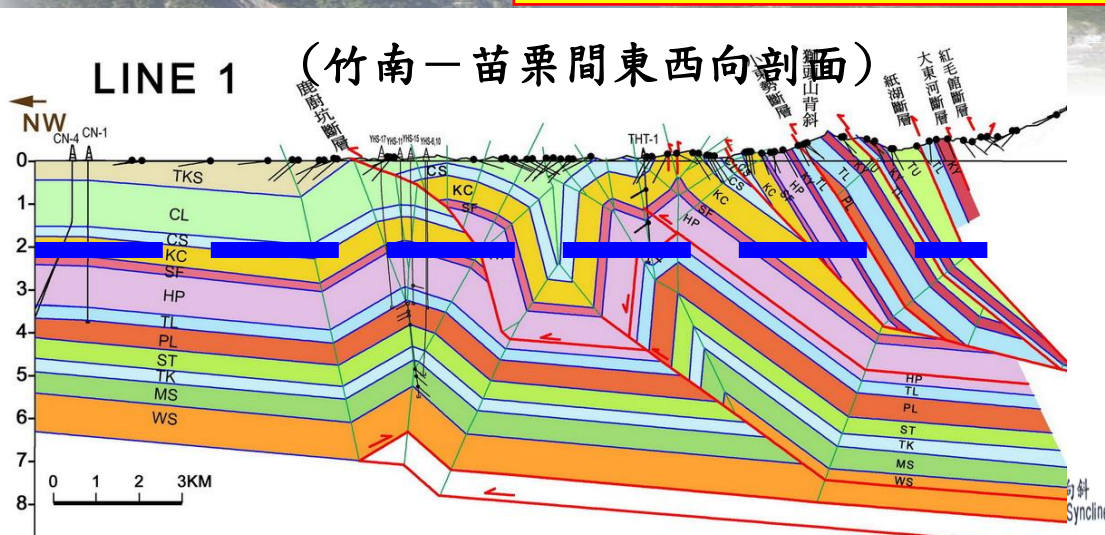
地層	依據							
	A	B	C	D	E	F	G	H
卓蘭層					1500-2500			
錦水頁岩					400		230	270~300
二鬮層					400-600			
大埔層					300-400			
桂竹林層					800		680	
上福基砂岩							70	60~150m 102m
東坑層							600	550~750
南莊層	500+	800	720-750	600+	600-700			
上段	400±							
暖暖砂岩段	90-105							
下段	180							
南港層		500-700	710-760	600-750	700-750	750		
四腳亭段	150-160				150-160			
八斗子段	160				160			
石底層		320-400	300-400	350-400	600(南莊煤田)	400		
上段	160							
野柳砂岩段	50-60							
下段	280							
公館凝灰岩		0-200			0-200			
大寮層		350-650	400-500	350-700	(350) 500-550	500		
木山層	650	440-600	420-450	400-450	450-700	500~ 700		
五指山層	875+	1000+	350+	300+	900-1000			
大桶山層						550~ 600+		
粗窟砂岩層						330		
乾溝層						550~ 1300+		
四稜砂岩層						300+		



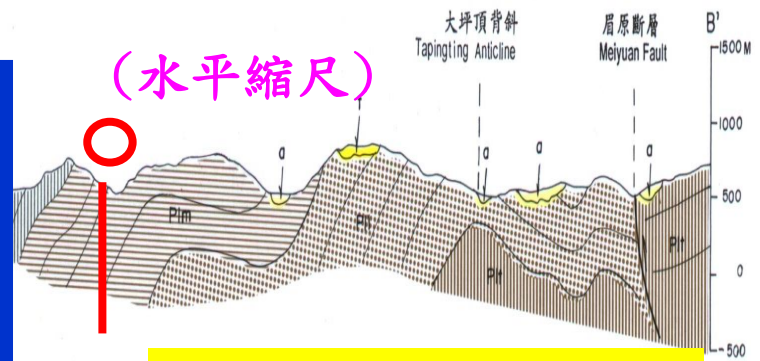
# 新竹苗栗地區石底層儲集特性(中油)

構造特性	B地區	鐵鈷山構造	錦水構造	永和山構造	出磺坑構造	細道邦構造	寶山構造	青草湖構造
儲集砂層層數	4	3	7	6	4	3	6	—
砂層百分比(%)	60~81	58~69	40~60	50	50~64	50	47~55	48
地層厚度(m)	300	500	500	500	600	800	500	400
砂層厚度(m)	138~288	204~476	228~398	271	270~557	660	186~386	151
孔隙率(%), 範圍 <b>5~25%</b>	19~28	6~17	7~17	2~15	4~35	2~17	4~13	15~18
滲透率(md)	19.6(K-4)	0.61 (TCS-34)	2.1 (CS-52)	0.06 (YHS-10)	0.14~7	—	—	0 (CTH-14)

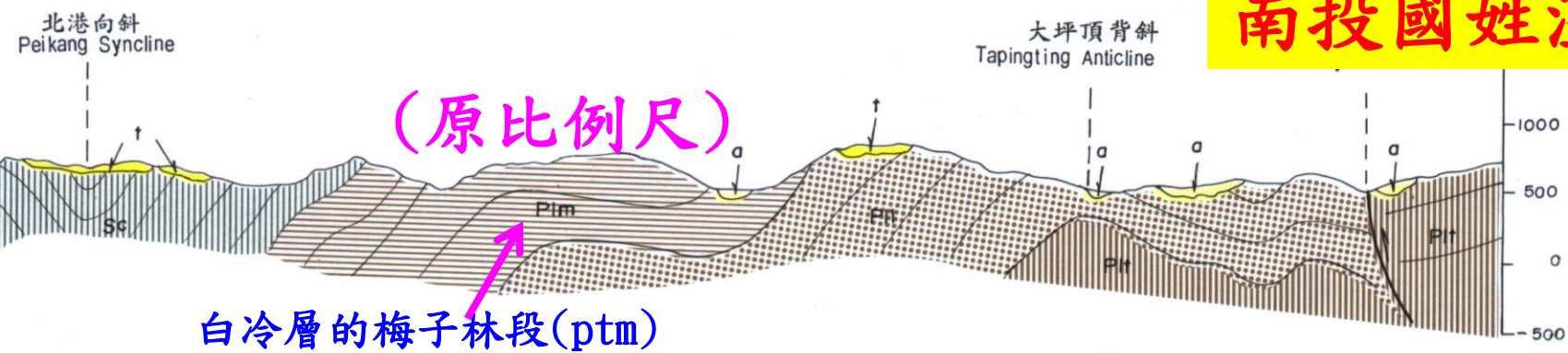
# 1000~2000m深的溫泉孔鑽在什麼位置最好？



考慮因素：溫度(足夠深度)、地層(選擇厚砂岩層、極破碎變質砂岩)、向斜位置(地下水補注)、斷層(避免鑽井困難)、高壓氣體(甲烷、二氧化碳氣體可能引起工安問題)。



## 南投國姓溫泉



白冷層的梅子林段(ptm)

八仙樂園&臺北  
青年公園井測成果

Well Name: 育  
Location: 台北  
Reference: G

Metres

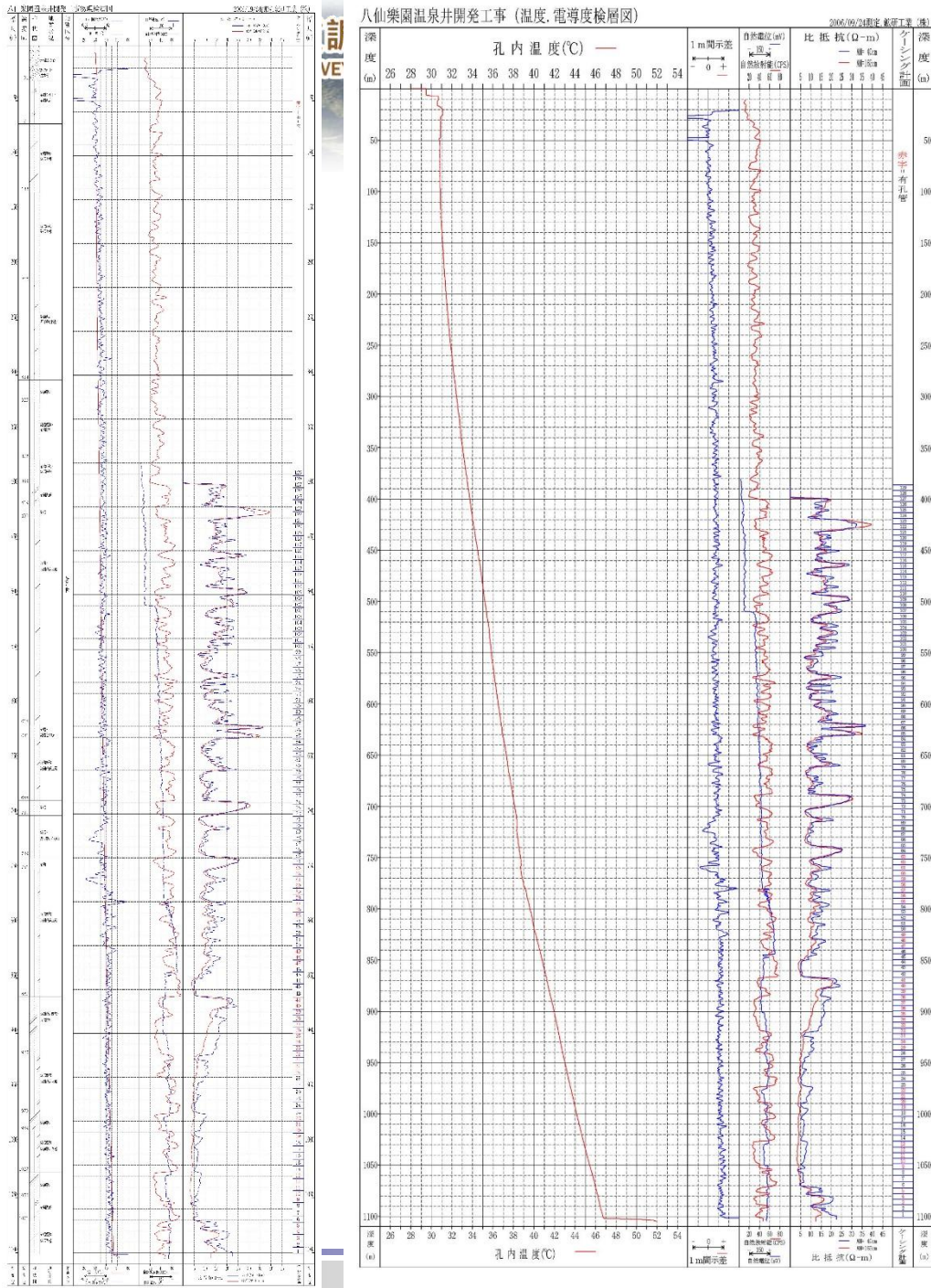
GAMM

20

RES

0

0





風調

雨順

國泰

身體

健康

萬事

民安

如意

適度開發  
適量抽汲  
適法管理

十分國小天燈造型圍牆