從基礎研究到社會需要
地質圖野外測製的實務心得與展望

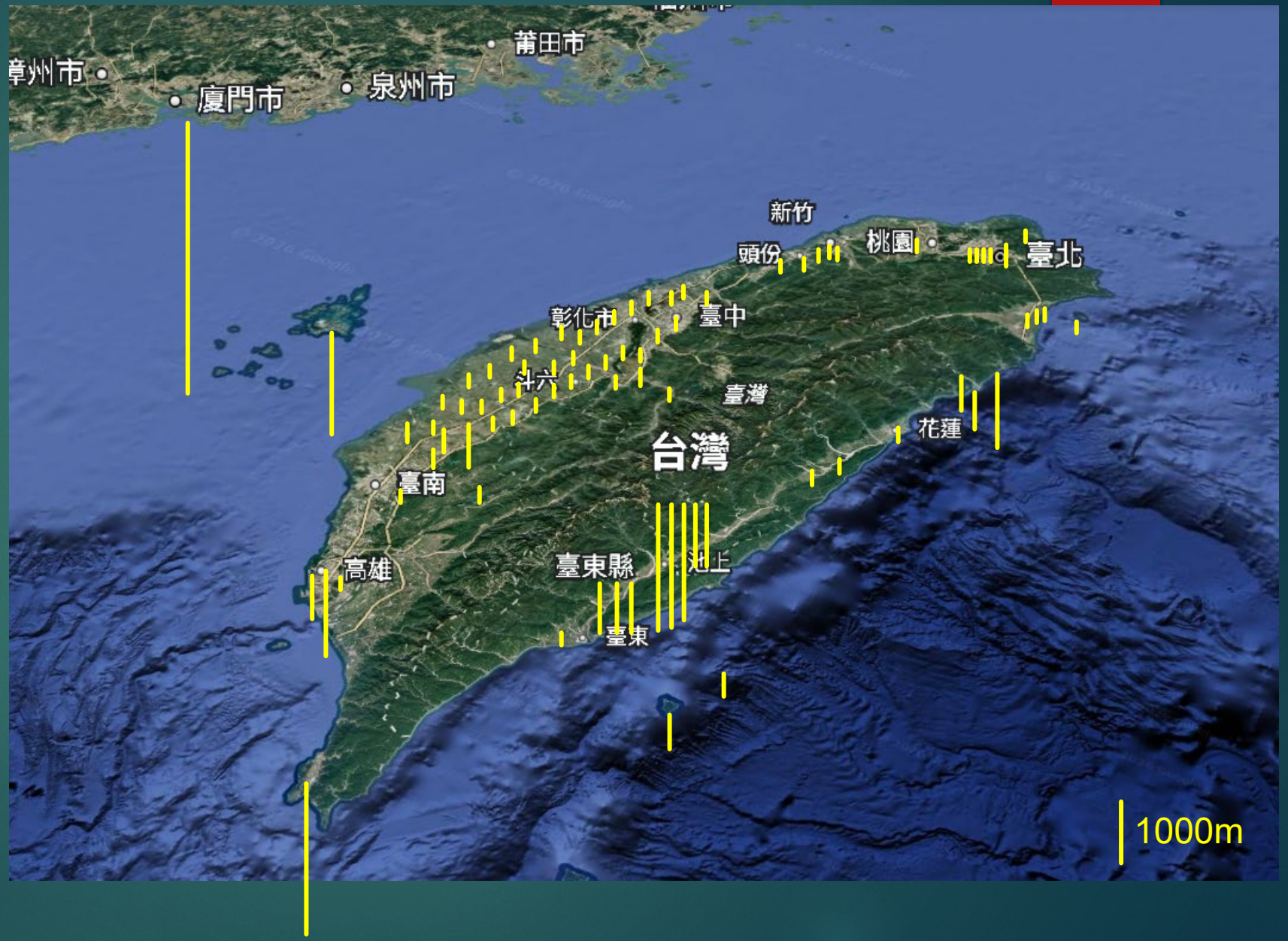
衣德成　應用地質技師[1]、兼任研究員[2]
黃振球　董事長[3]
[1]旺財應用地質技師事務所，[2]國立成功大學智慧水環境研究中心，[3]世其工程有限公司
115年11月11日

世其工程有限公司
SHIHCHI ENGINEERING CO., LTD.

講者簡介

黃振球 董事長

- ✓ 承攬案場遍布全台與離島
- ✓ 專長深孔slimhole drilling & coring
- ✓ 鑽探深度總計超過30公里



講者簡介

衣德成 應用地質技師

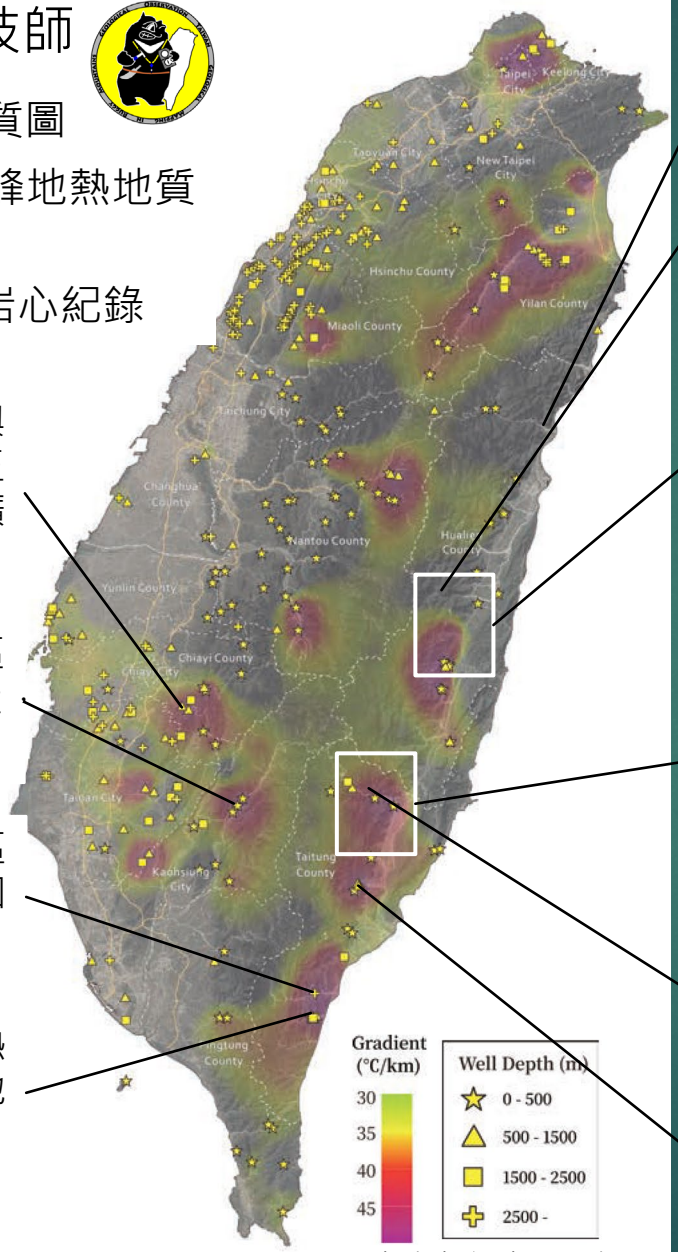
- ✓ 光復、關山基本地質圖
- ✓ 金崙溪、延平、金峰地熱地質圖
- ✓ 3口1000-2000m 岩心紀錄

112年臺南市關子嶺與嘉義縣中崙地區地下三維地質模型建置，地礦中心

112年高雄市寶來地區地下三維地質模型建置地礦中心

115年台東縣金峰地區地質調查與地熱地質圖繪製，工研院

111年金崙溪流域地熱地質調查計畫，中央地質調查所



地礦中心地熱平台

亞泥新城山礦場三方會談諮詢小組委員(部落推薦)

115年馬太鞍溪大規模崩塌地質調查





114-115年霧鹿地區鑽探記錄作業及核實辦理簽證，工研院
110年海端鄉志地理篇，海端鄉公所

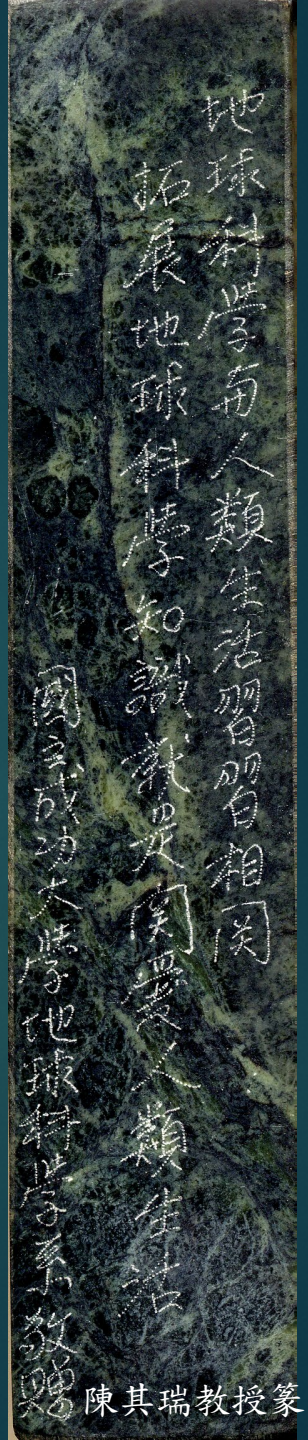
110年台東地熱地質圖更新資料蒐集與現地測勘，工研院

命題

一. 長久以來，文獻慣用起手式：「臺灣位處歐亞板塊與菲律賓海板塊交界，山高水急、調查不易...」
必要性：國土資訊是國家發展的根本，不該讓地理條件侷限國土調查。

二. 地質爭議往往起於地質剖面
必要性：一旦地質剖面脫離現實，後續分析與對策隨之偏誤，徒生爭議。

三. 面對社會需要，如地熱、碳封存、關鍵礦物、核廢、大規模崩塌、堰塞湖等議題，首先須充實、更新地質資訊
必要性：國家生存發展



範疇界定

- 臺灣變質岩區 - 尚未完成基本地質圖
- 2000米Slimhole小口徑鑽心取樣

核心概念

- 經得起折騰，就得去折騰：溪降調查
- 複雜不等於困難：逐期觀察，D0->D1->D2 etc.
- 回到基本：構造脈絡
- 公共政策：正當、必要 (價值)，合理、可行 (價格)

1/3 山高水急、調查不易?

解決方案：地質與戶外專業分工，「上山下溪」之溪降調查



大崙溪上游
關山地質圖

地質調查工具精進，效率、安全 1/2

~2010年	~2020年
野帳本	數位筆記，可檢核、回溯、加值應用 防水觸控筆手機或平板，如Samsung Ultra、iPad mini
地質傾斜儀	iPhone[2]搭配地質傾斜儀app，如Stereonet、FaultKin
地形圖	離線地圖
GPS	手機、GPS手錶
數位相機	數位相機、UAV
地質鎚	地質鎚、電動鎚鑽
放大鏡	放大鏡、數位顯微鏡
類比無線電	數位無線電、InReach

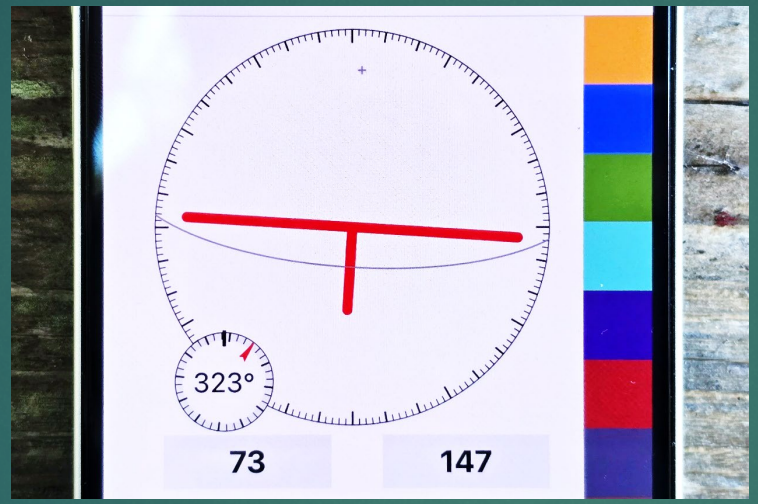
註1：機械地質羅盤、紙圖仍不可或缺，應攜帶備用。
註2：同一平面，Android姿態解算不穩定，iPhone則一致。
註3：地質調查是高耗損工作，上述設備應視為耗材。

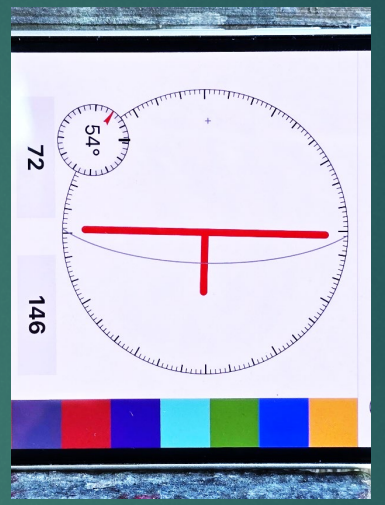
地質調查工具精進 2/2

同一平面，Android姿態解算不穩定，切勿使用。

每趟野外前，應使用機械羅盤檢核手機app，測量時注意走向是否飄移。

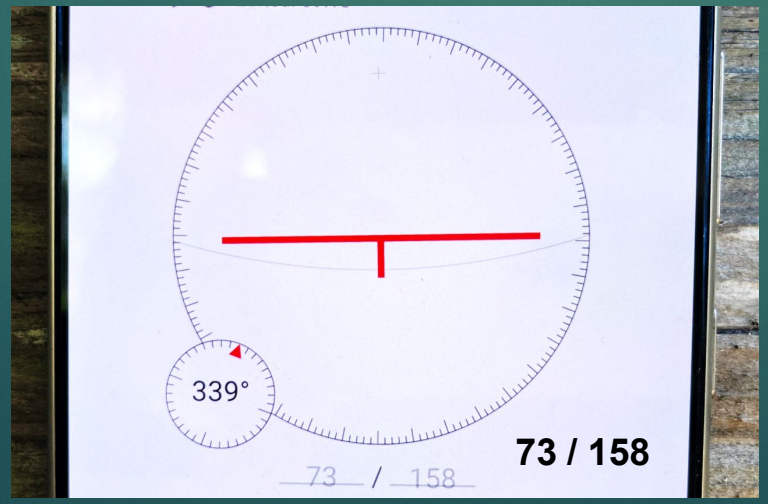
iphone 13 mini 直立





iphone 13 mini 橫放

Samsung S24 Ultra 直立

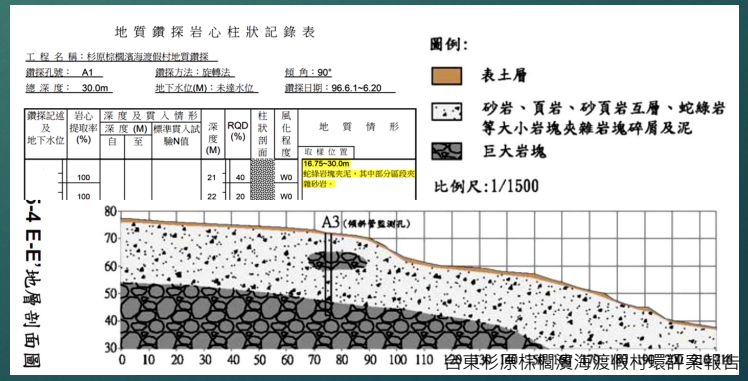




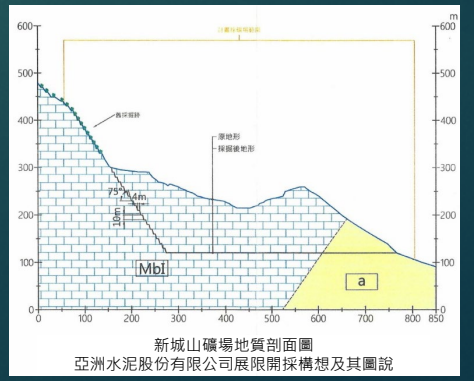
Samsung 24 Ultra 橫放

2/3 地質剖面脫離現實

- 解決方案：扎實的地表地質調查與地下鑽探
- 金峰地熱案：地表調查與既有井下資料的整合製圖
- 關山圖幅與霧鹿地熱案：地表與地下地質交互驗證精進



台東杉原棚濱海渡假村環評報告



新城山礦場地質剖面圖
亞洲水泥股份有限公司展限開採構想及其圖說

基本概念

- 地質調查：觀測地質材料從成形(form)到變形(deform)的時空分布與變化，及其伴隨的物理、化學及生物作用。
- Deformation=Translation + Rotation + Distortion + Dilation
- 根據構造相似性原理，串聯不同尺度地質現象。

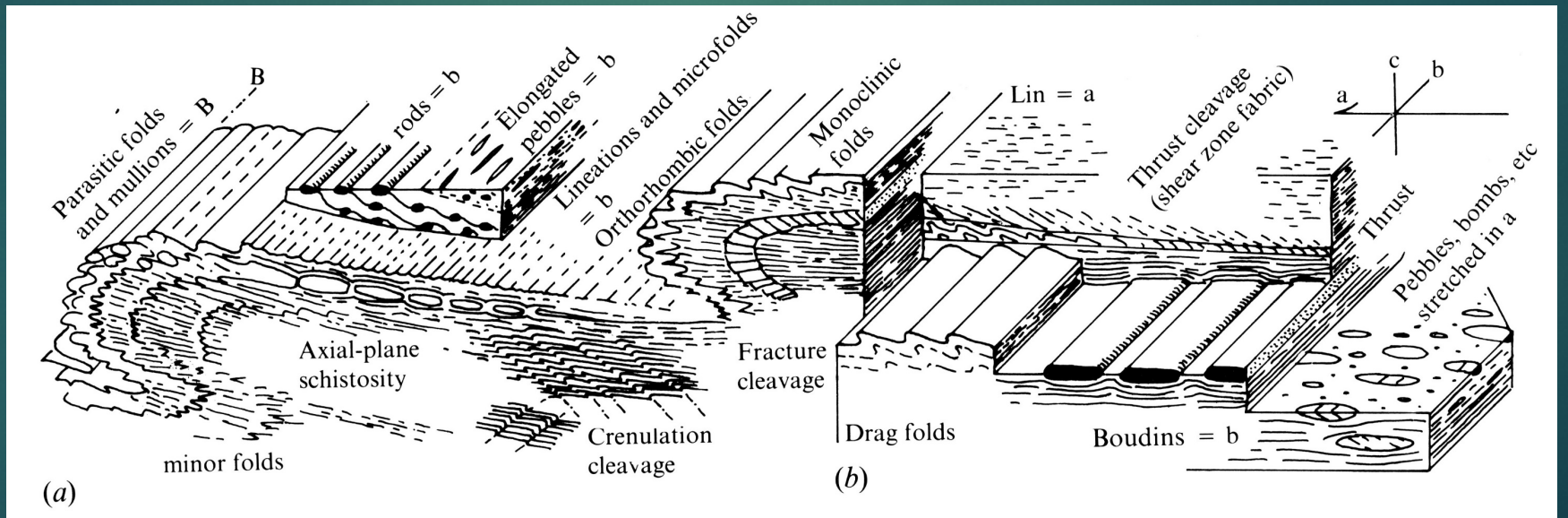


Fig. 18.42. The relationships of minor structures to the large-scale structures. (*a*) Recumbent fold structures, based on the general structure found at A'Mhoine, N. Sutherland, Scotland. (*b*) An area of flat thrust tectonics, based on the Tintagel area, Cornwall, England. (After Wilson, 1961.)

變質岩構造形式

1. 劈理與層理角度關係系用以判斷構造位置。
2. 用局部現象解釋區域地層分布，易以偏概全。
3. 尊重自然事實，找出內在一致的解釋，以建構區域地質構造形式。

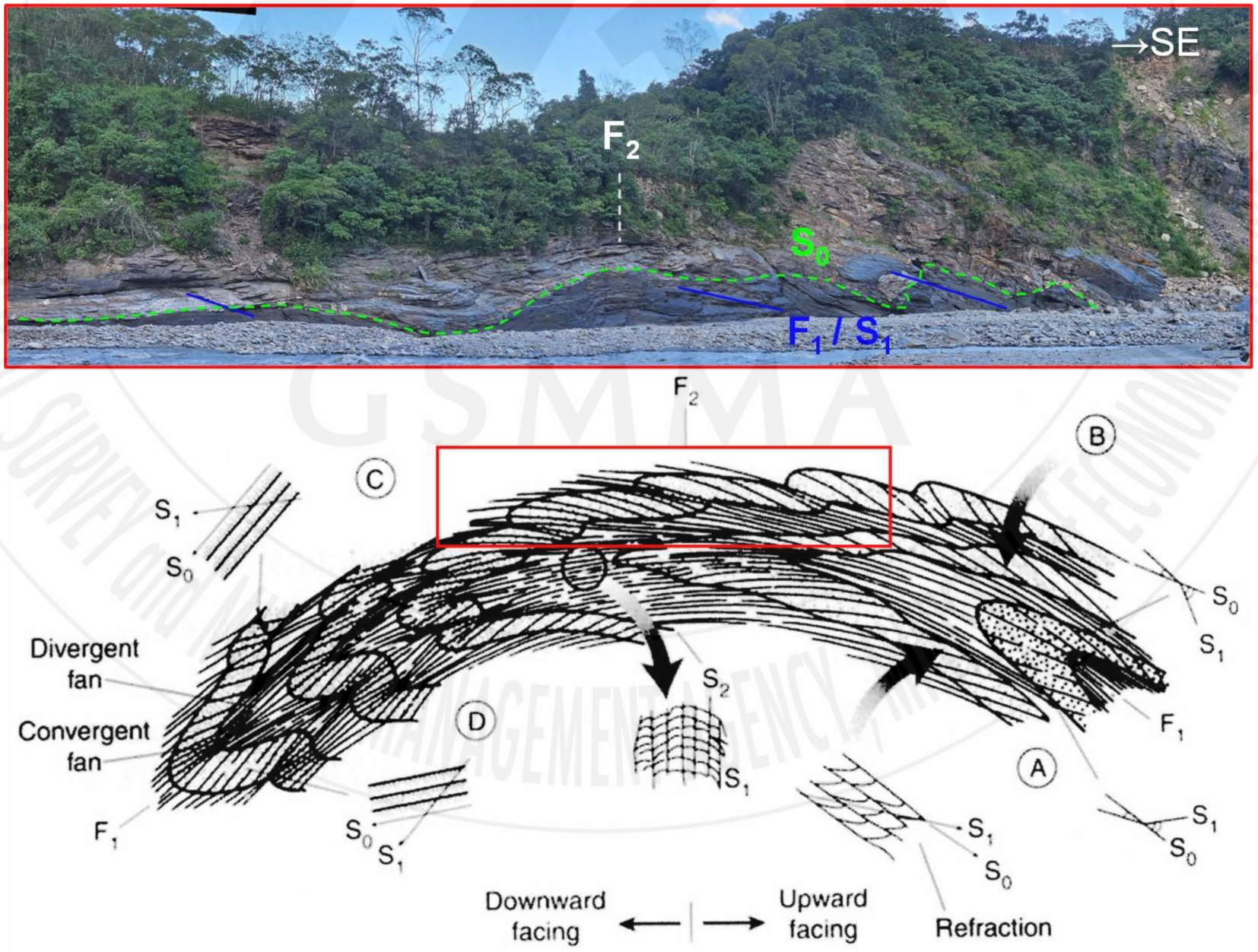


圖 2.1-8：金峰溫泉東岸之兩期背斜構造及構造形式示意圖

註：上圖為金峰溫泉東岸之兩期背斜構造照片，下圖為構造形式示意圖(Van Der Pluijm and Marshak, 2004)。

資料來源：地熱潛力場域地質模型建置 成果報告書—金峰調查區，2026

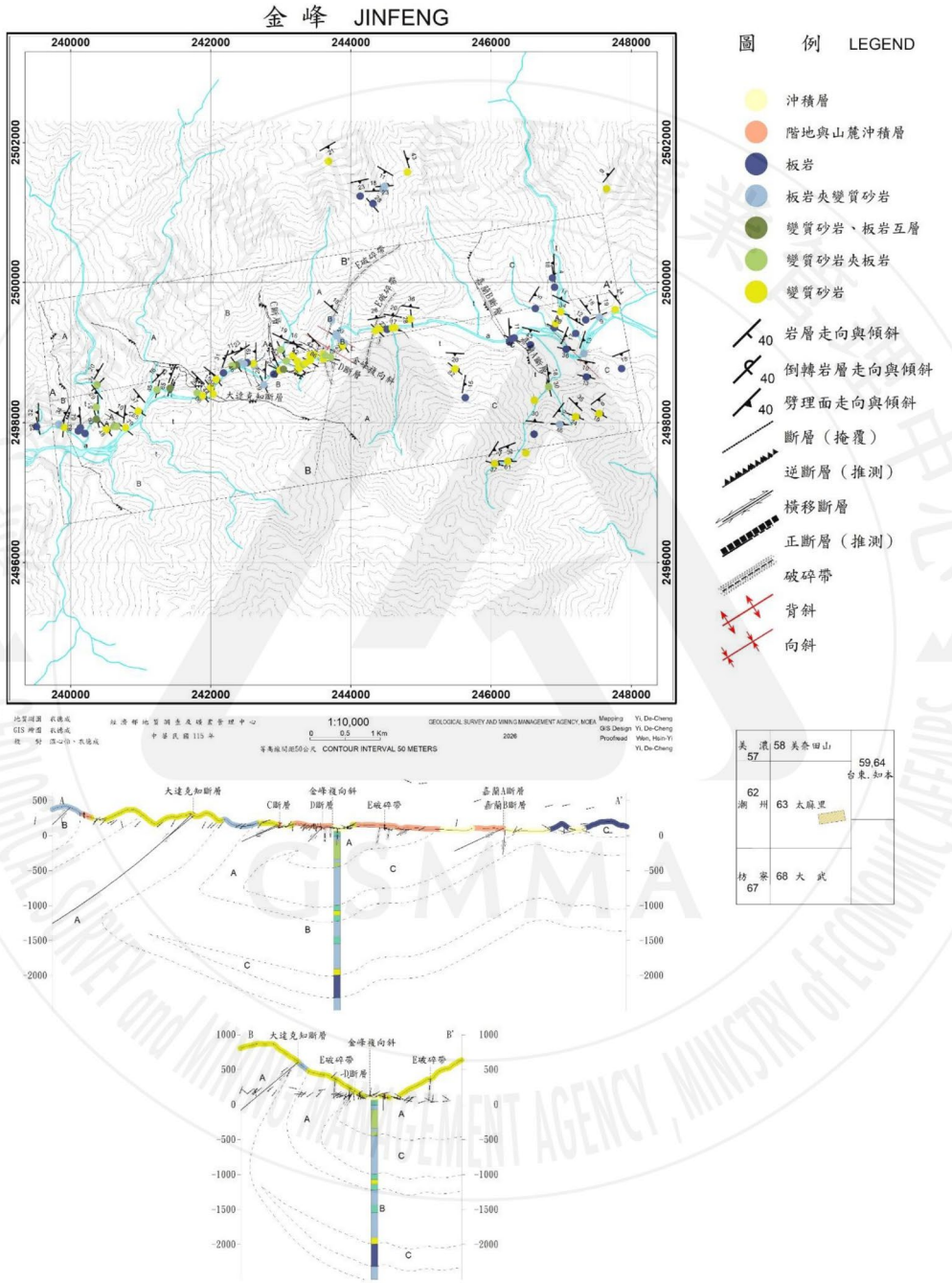


圖 2.1-1：臺東金峰地熱區地表與地下岩性分布圖

註：剖面之箭號為 S0 層理之視傾斜。

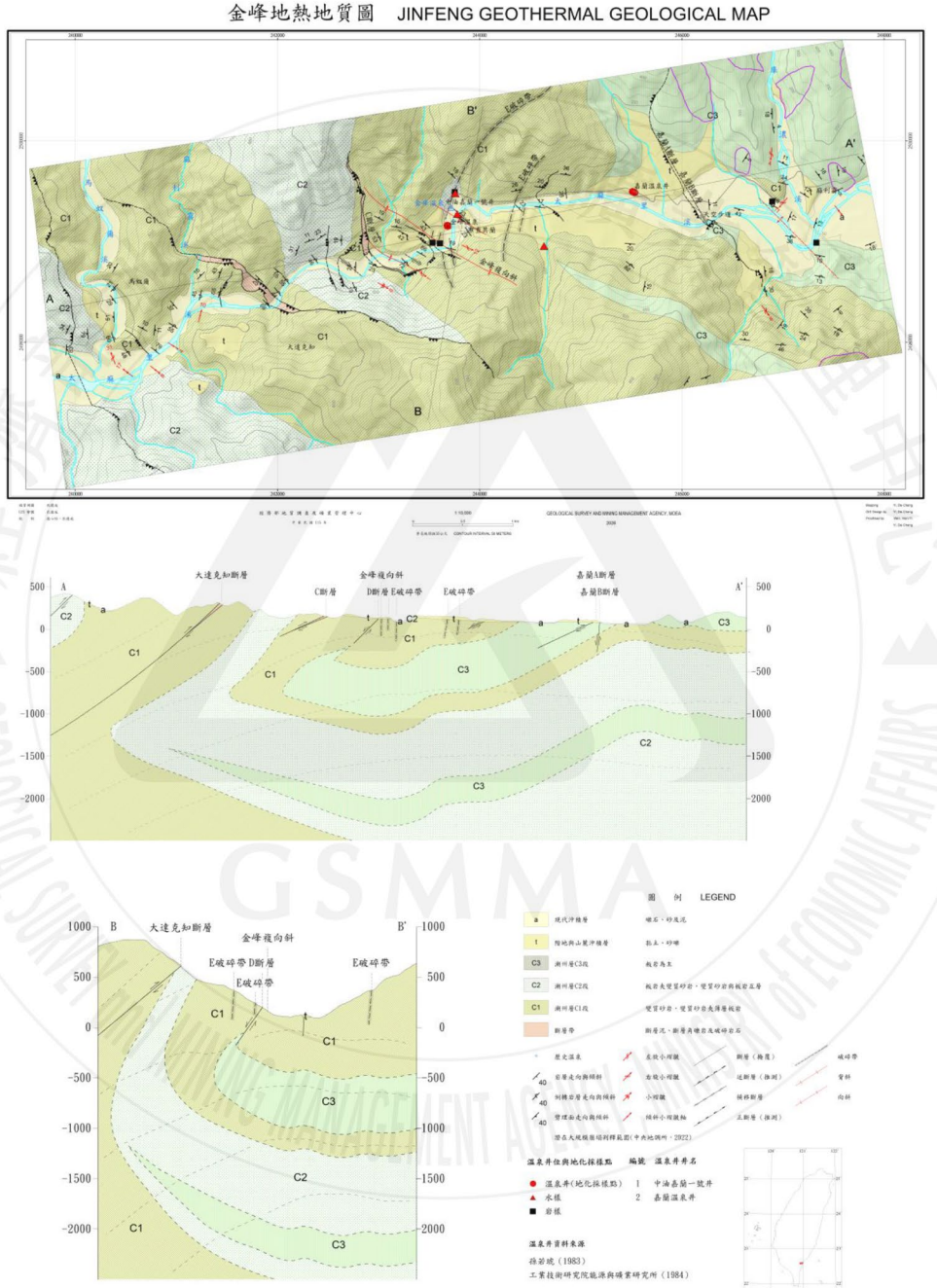


圖 2.1-2：臺東金峰地熱區地熱地質圖及剖面圖

13

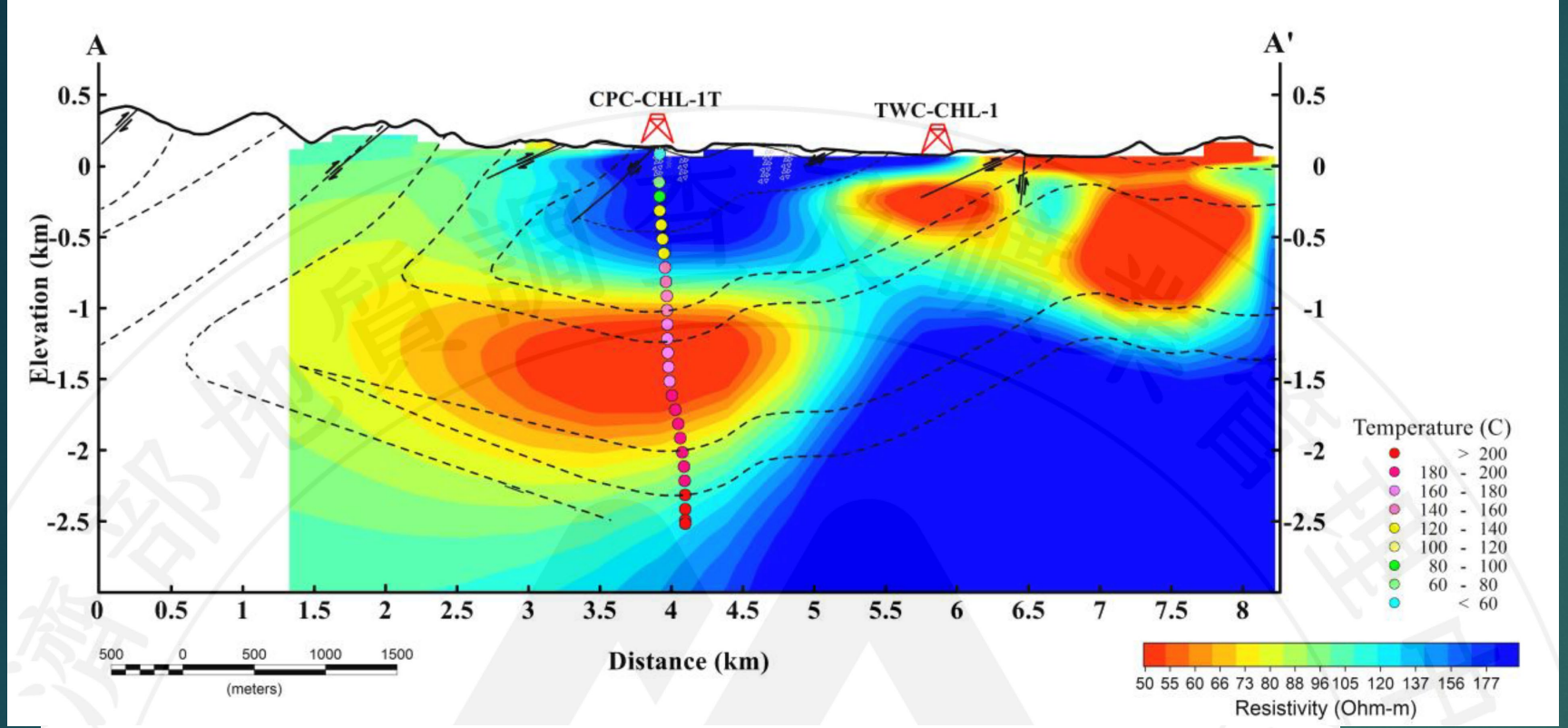
從路線地質調查到地質圖

金峰地熱地質圖

1. 構造地質學實習好好做
2. 善用視傾斜投影程式，如QGIS外掛qProf

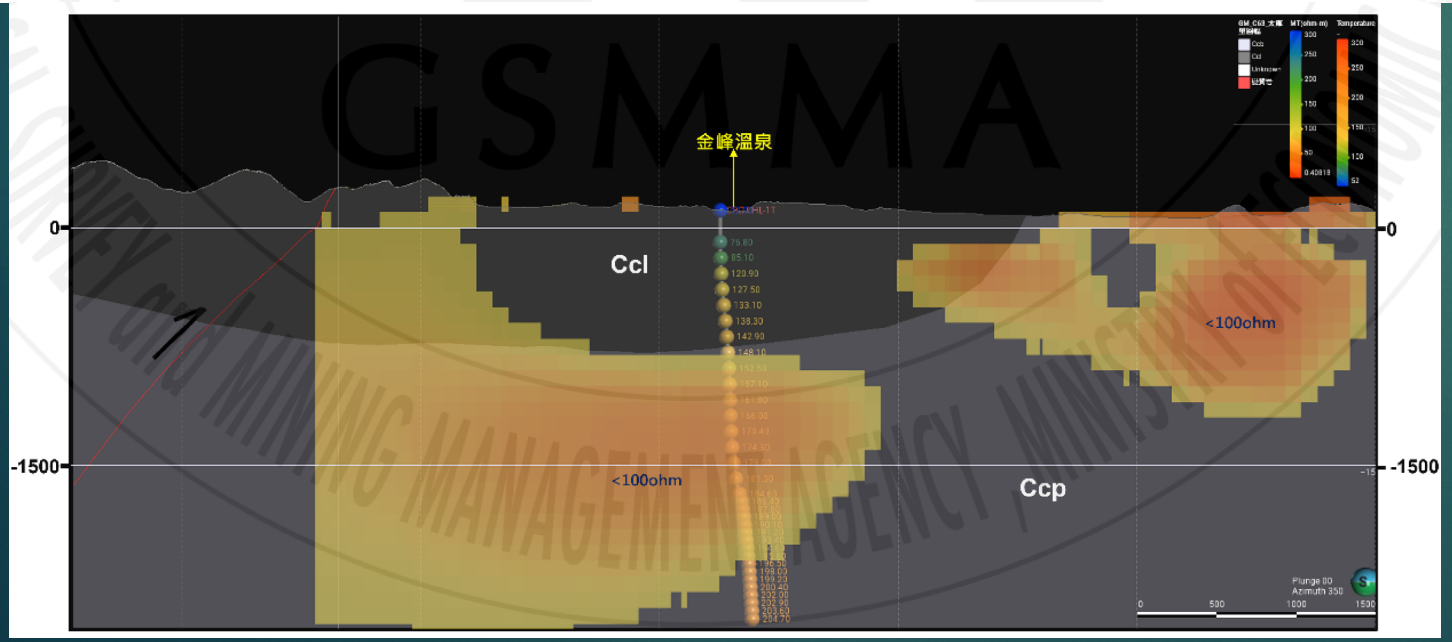
資料來源：地熱潛力場域地質模型建置 成果報告書—金峰調查區，2026

地質剖面套疊地電阻



AA’ 剖面電阻、井下溫度與地質構造比較

註：虛線為AA’ 剖面之岩性地層邊界 (金峰地熱地質圖，衣德成，2026)



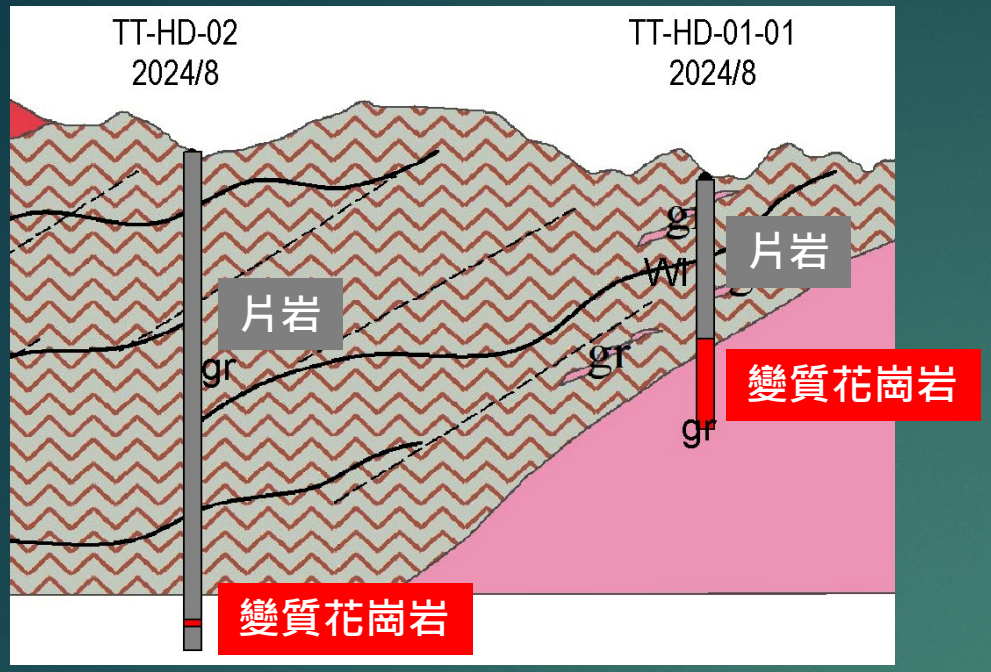
代表性剖面AA’

註1：岩性地層參考太麻里圖幅建置
註2：剖面左側中小尺度逆斷層為太麻里圖幅所定義 (林啓文，2025)

資料來源：地熱潛力場域地質模型建置 成果報告書—金峰調查區，2026

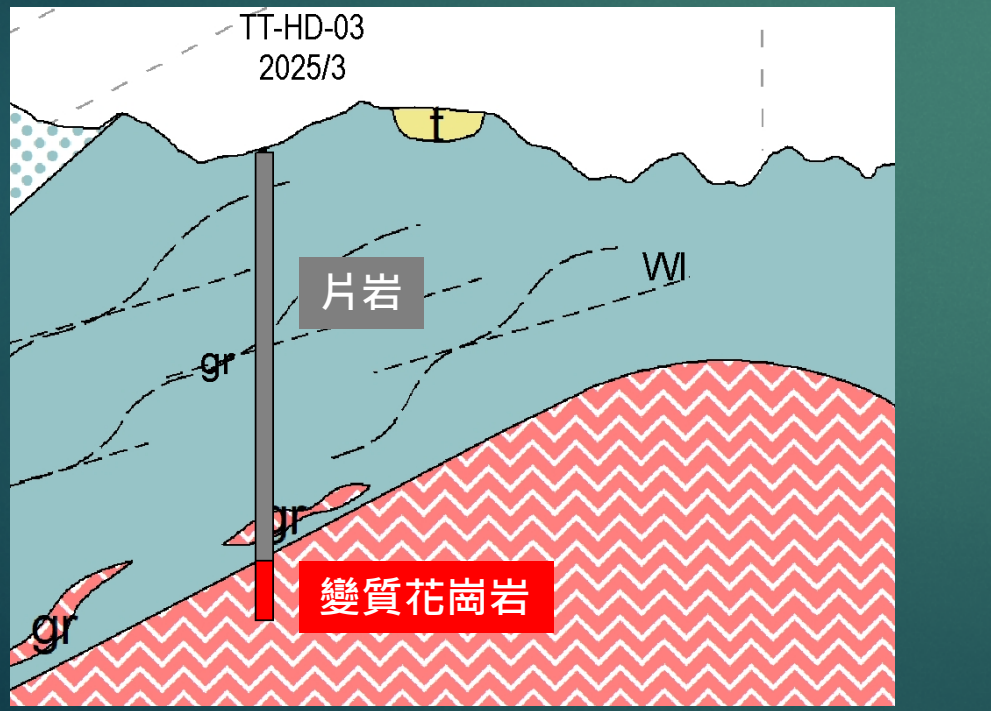
關山圖幅與霧鹿地熱案

由於調查大崙溪上游，得以描繪變質花崗岩整體形貌，供後續鑽探評估。



霧鹿一號井(TT-HD-01-01)鑽遇之片岩/變質花崗岩界面與
關山圖幅草圖(衣德成等，2022)之推估深度
差距約100公尺

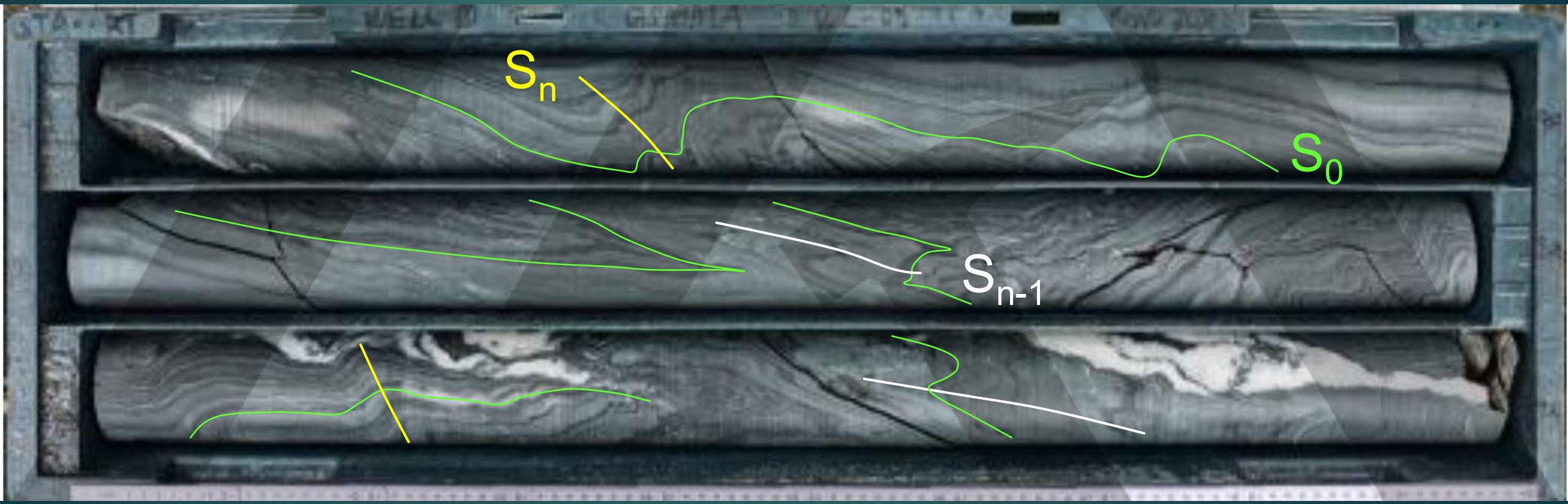
將鑽探成果回饋至關山圖幅，據以修正地質剖面，後經霧鹿三號井驗證具可信度。



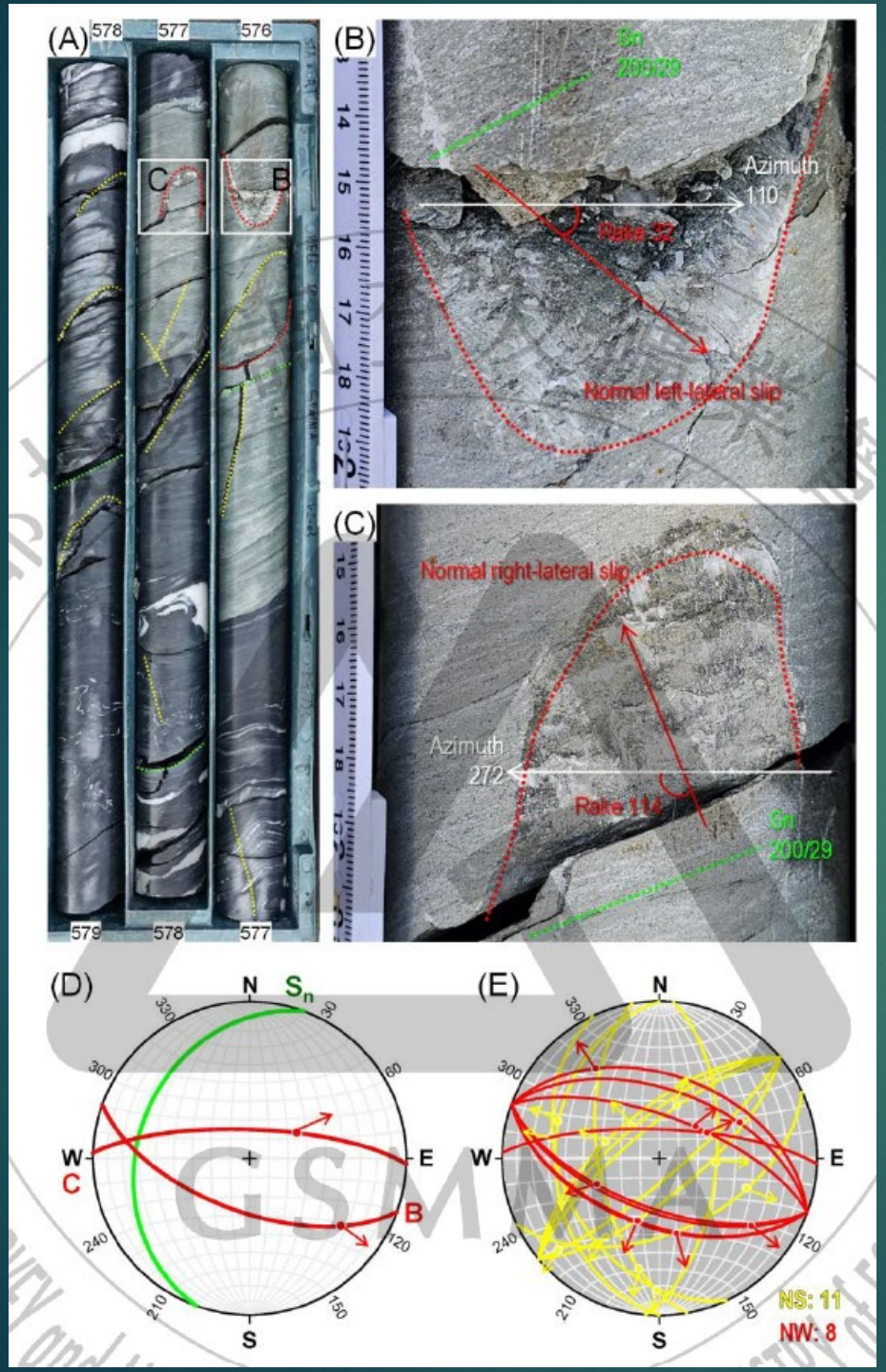
霧鹿三號井(TT-HD-03)鑽遇之片岩/變質花崗岩界面與
修正後關山圖幅草圖(衣德成等，2024)之推估深度
幾乎相符

岩心有助於詳細觀察岩石變形
地表調查有助於解讀岩心之區域地質意義

- ✓ 旋轉岩心，使劈理走向垂直岩心箱，成為半定向岩心
- ✓ 以區域劈理Sn為參考面，觀測岩層、構造與Sn的夾角及截切關係
- ✓ 用構造脈絡串起巨量岩心資料



霧鹿三號井 石英片岩與綠泥石片岩 921-924 m。資料來源：東部地質探勘井鑽探與地下資源評估精進期末報告，2025



以區域劈理為參考面，當給定劈理位態，即可推定各構造之相對位態

霧鹿三號井
(A) 三種高角度破裂面: 沿劈理發育 (綠線)、走向平行或斜交劈理 (黃線)、正交劈理 (紅線)
(B) 左移正斷層
(C) 右移正斷層
(D) 西北西走向正斷層(紅線)與劈理(綠線) 之下半球投影圖
(E) 斷層擦痕之下半球投影圖

資料來源：東部地質探勘井鑽探與地下資源評估精進期末報告，2025

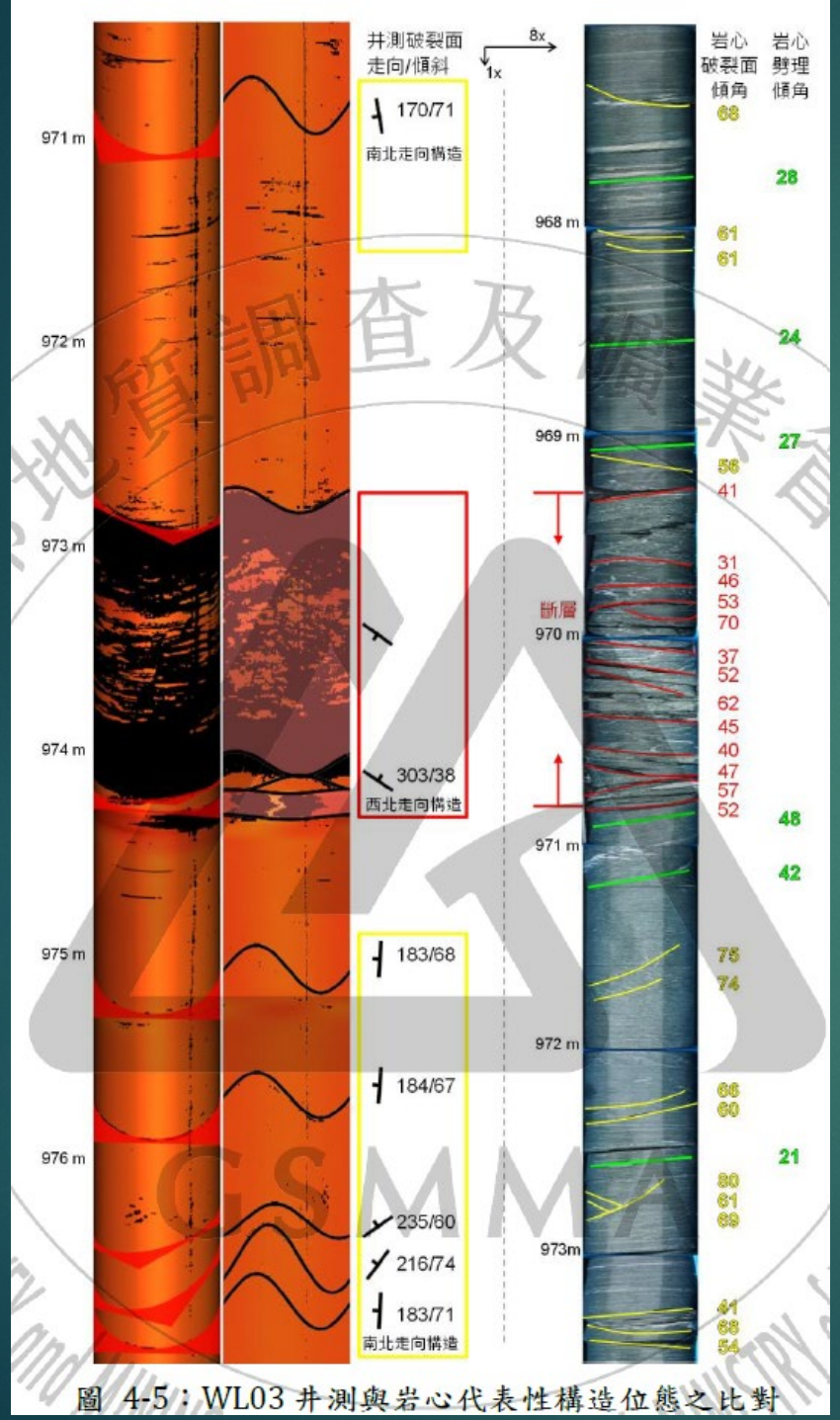


圖 4-5：WL03 井測與岩心代表性構造位態之比對

井測與岩心互相搭配

井測影像可測量絕對位態而數量少
實體岩心可測量相對位態但數量多

霧鹿三號井
井測影像與破裂面位態(左)
南北走向構造(黃框)
西北走向構造(紅框)

資料來源：東部地質探勘井鑽探與地下資源評估精進期末報告，2025

地表地質調查與地下鑽探之成本分析

	地表地質調查	地下鑽探
專業價值	◘ 地質師知識、經驗、判斷	◘ 操作手知識、經驗、判斷
有效工時	◘ 總日數 - 進出山區日數=實際調查日數 ◘ 每日工時 - 行進、休息時數=調查工時 (~4 hr/day)	◘ 非24小時鑽探 每日工時 - 循漿工時 = 鑽進工時 ◘ 24小時鑽探可省去循漿工時
不可抗力風險	◘ 墜落、落石、疾病、蜂螫、山洪	◘ 地方協調 ◘ 卡鑽、漏漿、垮孔 ◘ 颱風、地震、斷層、地滑
安全管理	◘ 職業安全衛生管理計畫 ◘ 留守人 ◘ 意外險 (失蹤及重大傷殘)	◘ 職業安全衛生管理計畫 ◘ 意外險
營運維持	嚮導協作因身體損傷或缺案而轉行	閒置機具人員之維持費、短工期帶來高風險成本

3/3 社會需要：完成國家基本地質圖資

一、目的與依據

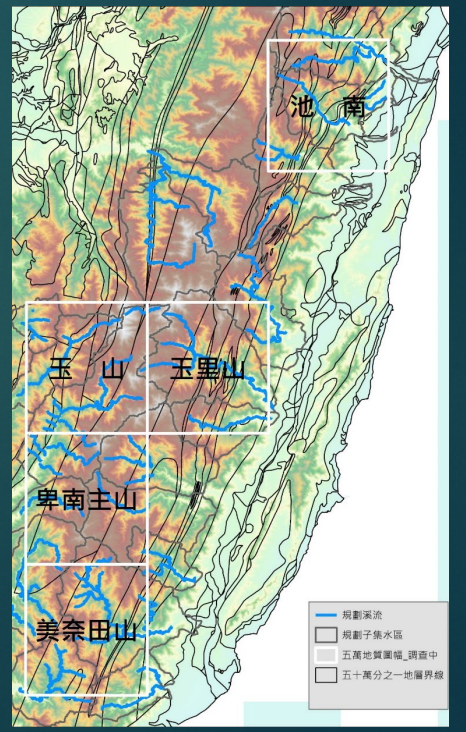
地質資訊是目的，地質圖是乘載地質資訊的媒介。

依據中華民國112年5月16日經濟部地質調查及礦業管理中心組織法附帶決議，略以：「為因應地震斷層活動與極端氣候產生的山崩與地滑之調查，與相應之永續國土規劃利用，應落實地質敏感區調查與審查制度，並於10年內完成全臺五萬或十萬分之一比例尺之區域地質圖等國家基本圖資之**調查與製圖**。」

二、必要性

1. 透過地質探勘才能取得更新、更準的實地資訊，使政策更合理可行，提高人民生活品質與經濟活力，例如美國USGS National Cooperative Geologic Mapping Program。
2. 地質專家養成無法僅靠學校教育，必須施以實務訓練，例如美國USGS EDMAP，目標是透過製圖計畫訓練次世代地質製圖師。

三、公共利益：提供偏鄉工作機會、建置並維持地質探勘能量、增補國家永續發展所需之情報、提高人民生活品質與經濟活力。



為什麼要野外調查製圖而不是編圖?

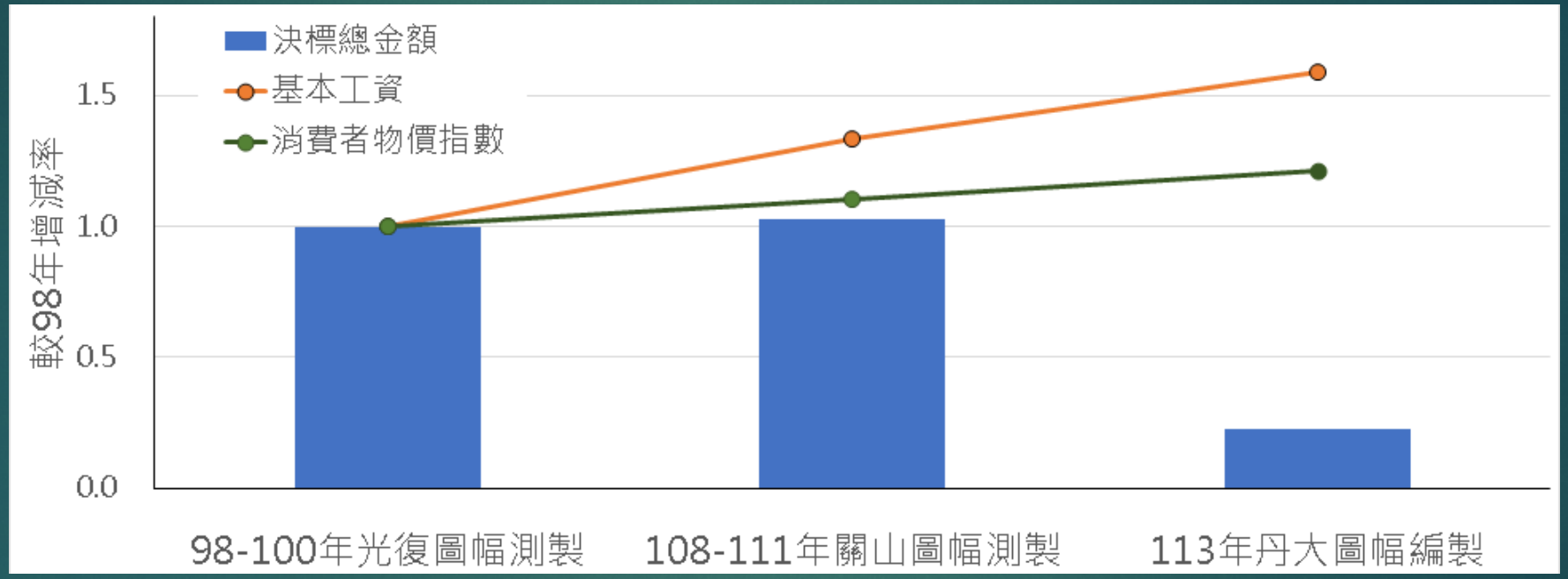
編製與測製地質圖，技術面沒有對錯，政策面與效果有好壞

	野外調查	室內彙編
效果	1.可在立院決議之期限內完成全國基本地質圖 2.有助於發現新事實。	1.可在立院決議之期限內完成全國基本地質圖 2.對發現新事實，有其侷限。
速度	2圖/3年、3圖/4年、4圖/5年	1圖/年
公共利益	1.建置與維持地質與戶外人才庫 2.訓練把關公共建設品質的公務員 3.在地有機會協同調查，增加工作機會、了解在地環境，促進政府與人民在環境治理的互信。	1.野外製圖人才斷鏈 2.「沒有自辦的經驗，連偵錯的能力都沒有」從基層做起的經濟部次長賴建信擔心，一旦養成斷鏈，未來的公共建設品質將無人把關# 3. 地質圖生命週期動輒數十年計。以彙編方式出版地質圖的地區，不易再進行廣域地質調查，對在地不盡公平。

#「工程師像逃難一樣離開」　馬太鞍搶修人力潰堤：做到得憂鬱症、裝心臟支架。天下雜誌
https://www.cw.com.tw/article/5140137?gift=ffc1cc0c52696315402f19bbbda9c1fdac042d6ce9419fef77d00920f62e321a&utm_medium=website_share_gift&utm_source=copylink_&utm_campaign=copylink_-website_share_gift-icon-np

歷年地質圖決標金額與執行成本比較

1. 從光復到關山圖幅，基本工資與物價指數分別增加約34%與10%，經費增加不到3%
2. 圖幅由測製改為編製，經費大幅降低，徒增人才斷鏈風險



	98-100年 光復地質圖測製	108-111年 關山地質圖測製	113年 丹大地質圖編製
決標總金額 (千元)	6360 (3年)	6540 (3年)	1420
基本工資 (元/月)	17280 (98年)	23100 (108年)	27470
消費者物價指數	89.07 (98年)	98.3 (108年)	107.81

基本工資
https://www.mol.gov.tw/1607/28162/28166/28180/99861/28184/29016/?cprint=pt
消費者物價指數 (民國110年=100)
https://www.stat.gov.tw/Point.aspx?sid=t.2&n=3581&sms=11480

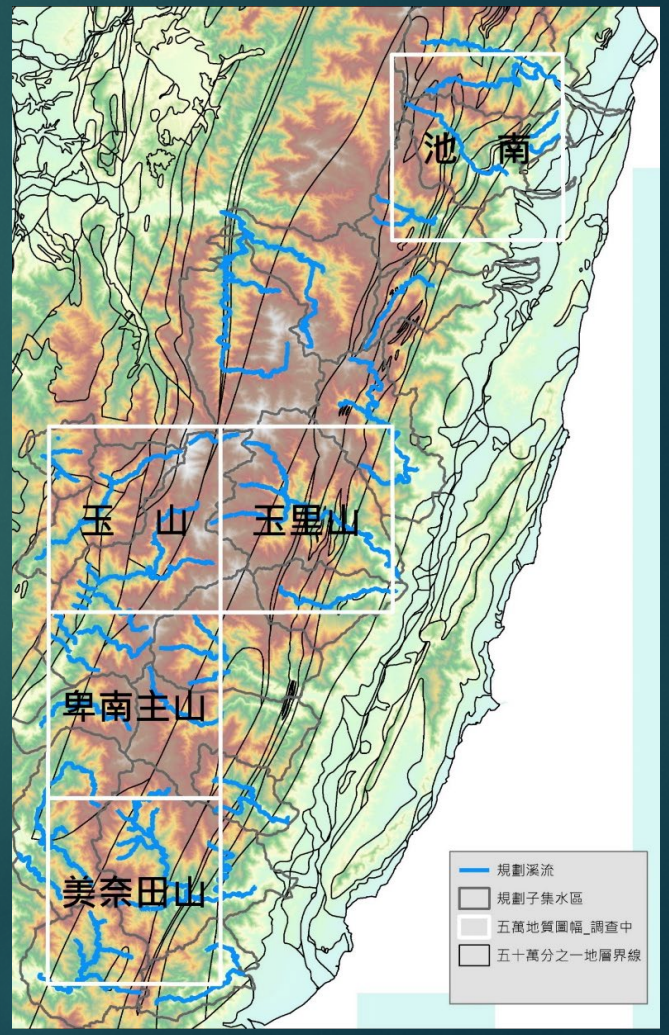
野外調查製圖規劃原則

一. 地質調查以溪流為單位，地質圖出版以圖幅為單位，可使資源部署更合理。

二. 盤點待釐清之地質問題，優先探勘前人未調查之溪流。

三. 善用科技提高效率，地質與戶外專業分工，落實職業安全衛生管理，合理估算經費。

四. 甲方視需要隨隊品管，事後利用數位筆記檢討，以訓練有能力把關品質之公務員。



結論與建言

一. 臺灣「山高水急、調查不易」

A. 透過地質與戶外專業分工，「上山下溪」之溪降調查模式，編制合理經費，可克服臺灣山高水急的困難。

二. 地質爭議往往起於地質剖面

A. 可靠、有效的地質模型來自誠實、確實的地表調查與地下鑽探。

B. 岩心判讀與地表調查兩者互補。建議探勘井取定向岩心，用精準位態改進地質剖面；落實地表調查，以精進岩心判讀能力。

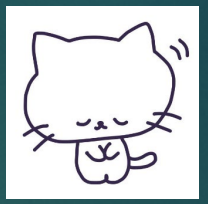
三. 面對社會需要、國家生存發展，須充實、更新地質資訊

A. 積極培養地質人才，大步往深層地質邁進。探得更深、看得更遠。

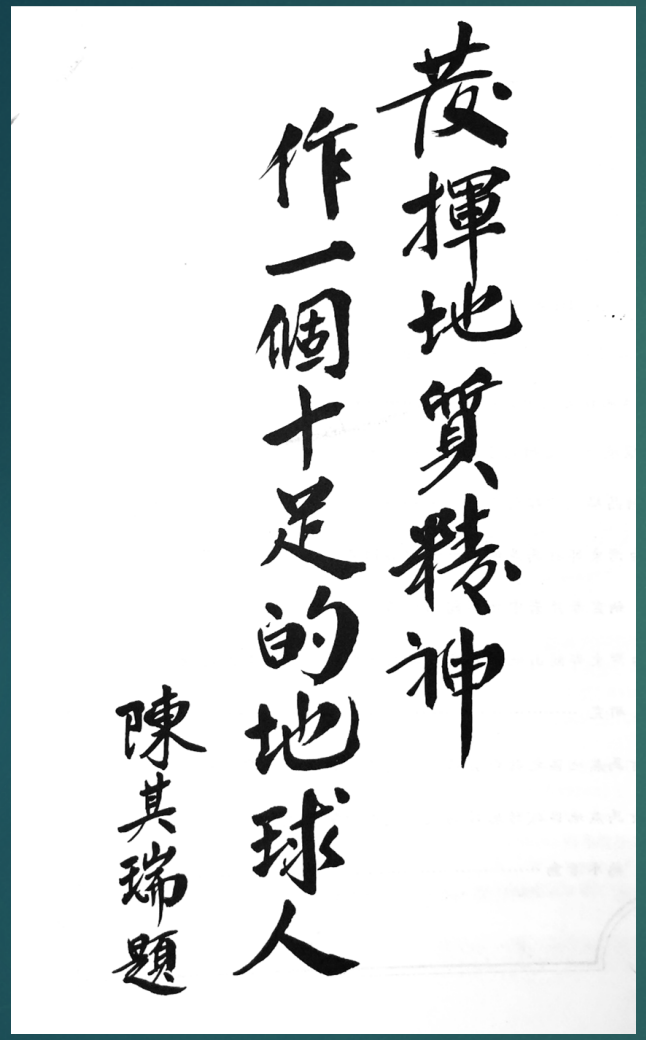
B. 地質調查人才培養的最佳途徑是透過岩心訓練基礎觀察力，再藉由野外調查測製地質圖累積經驗，8-10年成為獨立作業之製圖地質師。

C. 臺灣地質作用活躍、複雜，但市場規模小，宜輸出地質產業，將經驗延伸至友邦。

地質學尊老敬古
誠摯感謝 (依年齡排序)



- 徐基建先生　工業技術研究院綠能與環境研究所退休工程師
  世其工程深孔鑽探導師
- 魏友仁先生　花蓮縣卓溪鄉卓溪部落獵人
  帶領地質師進入崇山峻嶺調查，指導山林之道
- 林慶偉博士　國立成功大學地球科學系退休教授
  為臺灣變質岩野外調查留一個人
- 林啓文博士　經濟部地質調查與礦業管理中心退休組長
  長期致力培養製圖地質師，維繫臺灣地質調查能量
- 林振國博士　工業技術研究院材料與化工研究所退休副組長
  領導工研院材化所與世其工程執行高放計畫鑽探取心試驗
- 謝佩珊博士　工業技術研究院材料與化工研究所經理
  領導世其工程執行多項代表性小口徑地熱鑽探取心試驗



謝謝聆聽