

蘭陽地質 見學之旅

Yilan Geological Discovery Tour

江協堂／著

這是一本由宜蘭在地的自然科學家，一生長期對自己故鄉進行研究，結合科學分析、地理知識與宜蘭人文故事的宜蘭地質旅行專書。

這也是一本結合宜蘭地質與水資源的專書，內容涵蓋地下水、地上水、靜水、動水、海水、淡水、溫泉水等等。

這更是一本涵蓋山、平原、海洋空間序列，展現科學研究與實體生活場域結合的地質旅行專書。

封面攝影 林明仁

蘭陽地質

見學之旅

Yilan Geological Discovery Tour

江協堂／著

出版序／開啟地方旅學專書的新典範 004

作者序／一起來探索蘭陽平原的地下風景 006

緒論 008



Part. 1 山巒之美 012

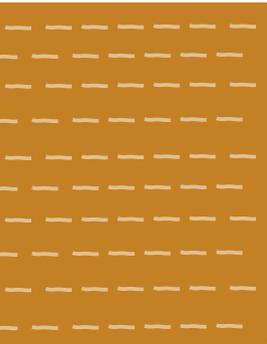
Chapter 1 深山中的捷徑 雪山隧道白皮書 016

Chapter 2 大自然的角力競爭 雙連埤的河川襲奪 028

Chapter 3 來自地下的禮物 乾淨的清水地熱能源 042

Chapter 4 石頭吃石頭 南澳溪的包裹體岩石 054

Chapter 5 空谷幽徑覓水源 澳花瀑布 062



Part. 2 平原之美 072

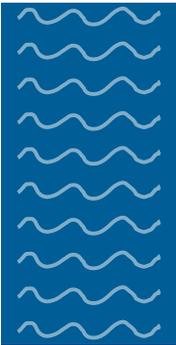
Chapter 6 七星墜地傳說 礁溪的土石流 076

Chapter 7 守護珍貴的地下資源 礁溪溫泉 092

Chapter 8 為有源頭活水來 平原湧泉 112

Chapter 9 神奇的水中沼氣 地下水水溶氣 124

Chapter 10 天然的氣泡水 蘇澳冷泉 132



Part. 3 海洋之美 144

- Chapter 11 宜蘭人的精神堡壘 龜山島 148
- Chapter 12 把守蘭陽第一關 北關地景解密 170
- Chapter 13 海邊的地質教室 外澳海灘 182
- Chapter 14 水漾漂沙結連理 南方澳陸連島 196
- Chapter 15 重溫石港春帆 走過風華的舊烏石港 212

- 附錄一 揭開蘭陽平原地下的神秘面紗 222
- 附錄二 傾聽龜山島的心跳聲 236
- 附錄三 蘭陽地質見學之旅路線規劃 250
- 附錄四 參考文獻 252

出版序／

開啟地方旅學專書的新典範

這是一本由宜蘭在地的自然科學家，一生長期對自己故鄉進行研究，結合科學分析、地理知識與宜蘭人文故事的宜蘭地質旅行專書。

這也是一本結合宜蘭地質與水資源的專書，內容涵蓋地下水、地上水、靜水、動水、海水、淡水、溫泉水等等。

這更是一本涵蓋山、平原、海洋空間序列，展現科學研究與實體生活場域結合的地質旅行專書。

作者江協堂老師長年針對宜蘭地下水進行研究，以其豐富的自然科學知識，經由高度社會實踐場域的社區大學授課講義，累積豐厚的地方性知識，讓這本地質旅行專書，充滿豐厚科學知識與真實生活場域的整合。

這本書其實已經醞釀許久，因為江老師是一位謙虛又謹慎的研究學者，所以對於各項數據資料總是要反覆的核校、重新繪圖，為了讓研究者有充分的時間處理，這本書就一年拖過一年，直到蘭博進行地質特展的籌備，規劃需要有一本結合自然科學地質研究與人文環境相對應的專書，江老師才又與蘭博同仁重啟調整專書架構、補充內容的工作。

雖然本書涵蓋地質知識與旅學引導，在架構與閱讀上，是從空間的故事軸線來進行內容整編，並以目前眾人最有感的雪山隧道作為破題，將蘭陽平原地面下的種種地理現象，以地質科學研究者的精實態度，透過正確有趣的圖文編輯呈現在讀者眼前。然而江協堂老師與蘭博研究同仁對於研究知識與成果較難割捨，造成這本書從旅遊指南的方向來看，可能過於沈重，但在地方知識的探索角度來說，這本書的知識內涵卻遠大於一般旅遊專書的範疇。

以宜蘭地質作為基礎的主題，讓我們在觀察不同面向的宜蘭歷史發展、自然環境變遷，更能豐富各種歷史與背景知識的積累。

再次感謝江老師對宜蘭地質調研的執著與用心，搭配蘭博研究同仁共同的努力，將多年來研究成果無私奉獻出版，提供旅行愛好者與對宜蘭地質有興趣的朋友一本很實用的指南，相信這本書的出版，必將樹立地方旅學專業書籍的新典範。

蘭陽博物館館長 / 陳碧琳

作者序／

一起來探索蘭陽平原的地下風景

許多偉大的科學發現都是科學家的意外之舉，人生一些美麗的插曲往往都不在既定的劇本裡。十幾年前，因緣際會在宜蘭社區大學開了一門蘭陽地質旅行的課程，原本只想開一學年的課程就好，誰知上課的學員興趣無比濃厚，這門課就進行了七年，相同的景點去了好幾趟也不厭倦，七年下來，對宜蘭各地的地質景觀多認識了不少，每年編寫一本本上課講義，儼然快成教科書了。一次無意間，講義拿去參加全國課程評比，連續兩年獲得優良獎，課程內容受到肯定，一位在蘭陽博物館工作的朋友開玩笑的說，要不要整理一下，蘭博幫你出本書。出書不在我的人生劇本裡，不過我想這可能是我這輩子唯一出書的機會，趕緊二話不說整理出15章節的內容，在2012年就把文字稿交給蘭博，但之後大家都忙，文字稿就束之高閣。2018年蘭博規劃次年的地質展，又想起開展時如果能有一本相關的書籍同時出刊，將會更圓滿，於是這本書的文稿死灰復燃，終於有機會重現天日。

宜蘭是我的故鄉，從小到高中一直都生活在宜蘭，年輕那段歲月對宜蘭的地景沒有特別的感受，反正山就是山、海就是海，兩者哪會有什麼關係？上成大地球科學系就讀後才知道板塊運動、構造活動是怎麼一回事，原來地表上的山川、湖泊、平原、大海不是地

球形成時就長成這個樣貌，他們是會變化的，滄海桑田不僅是小說上的形容詞，更是現今生活上的動詞。這十幾年來，經常找時間去拜訪比較特殊的地質景點，並收集過去的研究文獻或當地耆老的口述，當資料越來越多後，覺得自己對家鄉的了解也越來越多，很喜歡這種感覺。

寫書對我來說是一個重大工程，記得初稿完成時，蘭博的朋友都覺得內容太過學術、格調不夠文藝，只好一改再改。期間很感謝臺灣大學劉聰桂教授、師範大學陳光榮教授、宜蘭大學張智欽教授幫忙文稿內容的審核，以防錯誤百出；另外蘭博陳碧琳館長、邱秀蘭組長、林正芳組長和其他同仁的協助，使文字敘述盡量趨於流暢，文圖編排盡量一致，非常感謝。能夠以本書把故鄉一些比較特殊的地質景點跟大眾分享，很令人興奮。

江協堂 于 2019年9月

緒論／

欣賞人文景觀和自然景觀都有宜人心性、擴展視野、豐富生活的功能，人文景觀擁有深厚的歷史淵源，緊扣人類在時間軸上各種事件的記憶，不管如今可考或不可考，都是一則則動人故事的結合。自然景觀來自上帝精心的創作，每一地區都有其特殊之處，就像每一個人都有不同的長相一樣，容貌各領風騷。然而若要深入理解這些景觀，如無專人導覽或專書介紹，恐怕容易入寶山而空手回。筆者曾在宜蘭社區大學開設地質旅行課程多年，每個週末帶領學員到宜蘭四周各景點旅遊，或一天或半天，除了讓學員放鬆心情，消除一個星期來的工作疲勞外，也介紹各處的地質景觀，提供知識饗宴。筆者發現參加的學員大多都喜歡到郊外不知名的地方隨意走走，雖說談不上什麼探險，但跟人潮如織的著名景點相比，少了吵雜的人聲，不見經傳的景點相對安靜、祥和，也是不錯的另一種旅遊行程。

從地質的觀點來看宜蘭，宜蘭四周的山脈來自板塊運動的作用，把地底下深數千甚至上萬公尺的地層抬升到地表面上來，這些曾被深埋在地下的變質岩有其特殊的岩性和結構，造就現今如蘇花公路及各種山川走向的地景。連接山脈的宜蘭平原位在一個擴張性海槽的西端，平原現今還受此擴張作用影響而逐漸變寬、變深，平原上的溫泉、湧泉、冷泉、地震等自然現象都跟這個作用有關。板塊作用和海槽擴張的地質構造運動，使宜蘭的自然景觀有其獨特性，值得慢慢去品嚐。

本書共有15個章節，參考蘭陽博物館以山、平原、海有次序的展示方式，15個章節也大致分成山、平原、海三篇，每篇5個章節，每篇之前有一簡短前言，說明該篇各景點所介紹的內容及其相關性，以方便讀者分類閱讀或安排旅遊行程。閱讀本書不一定要按照章節的先後順序，基本上每一章節都是獨立的。

第一篇介紹雪山隧道、雙連埤、清水地熱、南澳的岩石和澳花瀑布，這些景點都位在山區裡，青翠的綠山都是美麗的，為呼應蘭陽山地之美，因此篇名取名「山巒之美」。

第二篇收錄礁溪的七星墜地傳說、礁溪溫泉、平原湧泉、地下水水溶氣和蘇澳冷泉，這些景點都位在平原區或平地，平地溫泉和冷泉都是國內少有的，地下水水溶氣更是非常特殊，因此篇名取名為「平原之美」，以表示在靜謐的宜蘭平原上隱藏著耐人尋味的秘境。

第三篇包括龜山島、北關、外澳、南方澳和烏石港，這些景點都位在海邊或海上，宜蘭海邊沙岸和岩岸長度比約3：7，宜蘭的海岸同時擁有平緩的沙灘和高峻的岩壁特色，外海又有顯著的龜山島地標，景色宜人，因此篇名取名為「海洋之美」。

書末的附錄一收集一些探測地下構造的地球物理方法，使讀者了解地質學家是如何探索地底下的構造。附錄二介紹國內科學家監測龜山島火山的情形，提供探索火山的入門知識給有興趣的讀者。附錄三建議四條旅遊路線，供讀者參考。附錄四則為編寫時使用的參考文獻。若讀者對本書內容有存疑之處，歡迎來信（stchiang@niu.edu.tw）指導。

入的塊狀岩體如果尚未被融化掉，便被包裹在岩體內，形成石頭吃石頭的特殊景象，有如麥芽糖纏裹餅乾或蜜餞一樣，這種被包裹在其他岩體內部的岩石碎塊稱為包裹體（inclusion）。南澳北溪一帶的河谷常可見直徑達數十公分以上的包裹體，是此區岩石景觀的一大特色。

石頭如何吃石頭

南澳北溪為南澳溪的北支流，在碧候村與南澳南溪匯流成南澳



▲ 碧候溫泉。

溪，向東流入太平洋，位在南澳北溪的碧候溫泉是觀察包裹體良好的地點。到碧候溫泉可從台九線在南澳鐵路平交道前，右轉宜55線，過金岳一號橋後，右轉產業道路再繼續往前到底（從台九線至碧候溫泉約5.2公里）。從溫泉浴室路旁可以下到河床，這裡的河床上到處是包裹體，包裹體的大小從數公分至公尺以上都有，在碧候溫泉可同時觀察河岸岩層裡的包裹體和河床上從上游沖刷下來的包裹體，非常適合野外地質教學。

早在1939年，日本人宇佐美衛即發現南澳北溪的包裹體；這裡的包裹體大都是一種包裹在片麻岩裡的角閃岩，少數為石英岩，角閃岩的顏色呈暗灰黑色，中間有白色的石英岩脈，石英岩脈厚度中間較厚，約有數公分，兩側漸薄終至尖滅，岩脈長度約數十



▲ 岩壁上的包裹體。



▲ 包裹體的大小從數公分至數十公分都有，形狀有長條形、圓形、塊狀等等。

1.2平方公里，泉水溫度的分佈以湯圍溝（溫泉溝）為中心，最高溫位於湯圍溝源頭春和日式大浴池附近，溫度約 58°C ，往南北兩側溫度遞減，低溫泉水分佈在外圍區，溫度多在 40°C 以下。

在溫泉產狀方面，可分為自然湧出和人工鑽井取水，自然湧出的溫泉以溫泉溝為主，另有位於玉石澡堂、游泳池、林務局、奇立丹幾處，早期（1973年以前）自然的湧出量可高達27,000噸/天，到2004年大約只有5,000—6,000噸/天，近幾年來礁溪的土地大規模開發後，具筆者觀察，至2013年，除了下雨過後，水位突然升高外，溫泉已不會自然湧出了。

以地質構造而言，這些自然湧出的溫泉分佈在扇面上的侵蝕溝（溫泉溝露頭）和沖積扇的邊緣（除侵蝕溝以外的其它溫泉露頭），高溫的泉水從地下岩盤湧出後，在沖積扇內向上、向外流動，最後從邊緣流出地表，由於湧泉量以湯圍溝最大，因此其兩側成為早期溫泉旅館分佈的主要區域，目前仍有一男性公共浴池設置在湯圍溝上。



▲ 湯圍溝上的男性公共浴池。

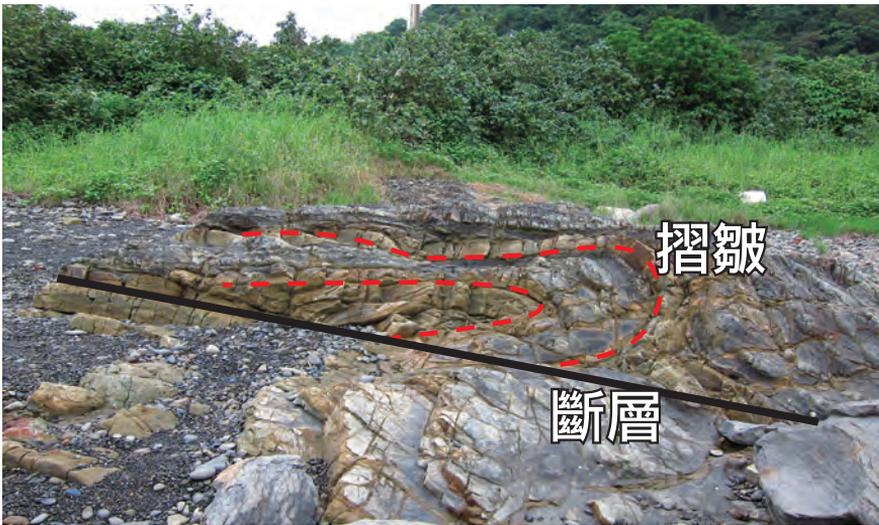
Point 3. 地層摺皺

沈積的層面為水平向，野外常看到一層一層的結構即為沈積岩的層面，這種層理構造是沈積岩的主要特徵，水平向的地層若受到地殼運動的外力擠壓，則地層會發生扭曲變形的現象，稱為摺皺。

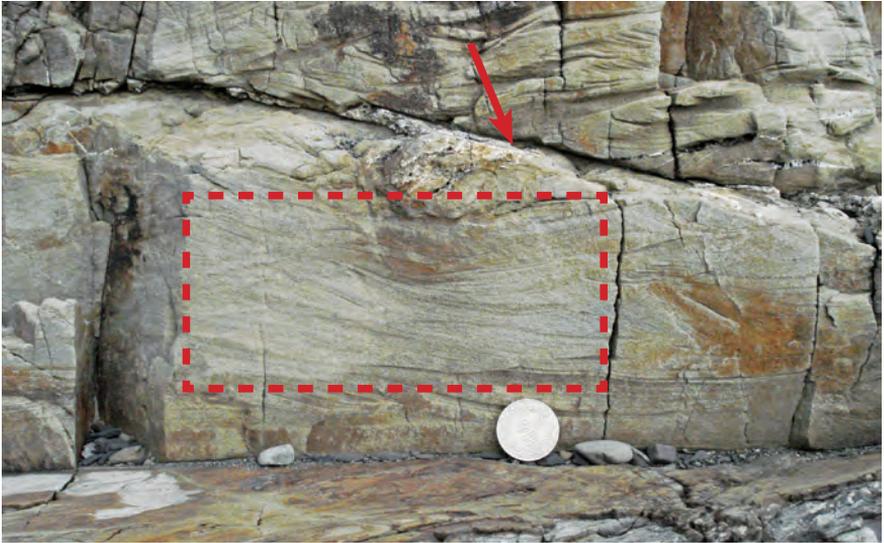
在火成岩脈北邊約700公尺的海蝕平台上可看到寬度約十餘公尺的摺皺岩層，摺皺岩層為砂頁岩的互層，土黃色為砂岩，灰黑色為硬頁岩，砂岩較硬，突出於地層中，在砂頁岩地層中常用來確定層面的指示層（key bed）。

指示層

地層中某一岩層的岩性、構造、成分、組織等非常特殊，只要有這一岩層出現就可以辨識地層，這個岩層就稱為指示層。



▲摺皺地層的岩性為砂頁岩的互層，土黃色為砂岩，灰黑色為硬頁岩。圖中線條為構造的指示線。



▲儲存在地層中的水流訊息-交錯層構造 (cross bedding) (方框內線條為構造的指示線) 以及岩層受擠壓產生的小型斷層 (箭頭處)。

摺皺岩層砂岩厚度約10~20公分，受岩層擠壓的推力，岩層斷裂呈覆瓦狀堆疊排列之小型斷層，這是因為砂岩較堅硬，不易彎曲，故斷裂形成局部性小斷層，反觀頁岩因較鬆軟，可以變形來因應外力，故較少斷層發育。

在砂岩剖面可看到與地層層面斜交的條痕，這是砂岩沈積時水流造成的交錯層構造 (cross bedding)，斜面方向代表水流的方向。這些斜面的方向有些向左，有些向

交錯層構造 (cross bedding)

沈積物在堆積的過程中，如果受潮汐、海浪、河水等水流作用的影響，其堆疊的方向會與水流一致，當水流速度或方向改變時，其堆疊的角度或方向也會發生改變，因而在堆積的過程中會有角度不同的紋路，像一道道的刮痕，由於刮痕的方向常與地層堆積的層面成一個斜交角度 (常見約20~30度)，因此稱為交錯層。

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

蘭陽地質見學之旅/江協堂作. --宜蘭縣頭城鎮：宜縣蘭陽博物館，民108.11

面：公分

ISBN 978-986-5418-04-5 (平裝)

1.地景保育 2.天然公園 3.生態旅遊 4.宜蘭縣

733.9/107.6

108016429

蘭陽地質見學之旅

指導單位 | 文化部、宜蘭縣政府

出版單位 | 宜蘭縣立蘭陽博物館

協辦單位 | 經濟部、中央地質調查所

發行人 | 陳碧琳

作者 | 江協堂

攝影 | 林明仁、林欣億、陳碧琳、莊雅惠、許智邦、葉朝清、齊柏林

審訂 | 林正芳、張智欽、陳光榮、劉聰桂、蘇美如

策畫 | 邱秀蘭

製作單位 | 上旗文化事業股份有限公司

總編輯 | 陳照旗

文字編輯 | 陳曉慈

圖片編輯 | 陳昱倫

執行編輯 | 蔡雨君

美術設計 | 陳盈璇

印製統籌 | 張瑞美

發行單位 | 宜蘭縣立蘭陽博物館

地址 | 宜蘭縣頭城鎮青雲路三段 750 號

網址 | www.lym.gov.tw

出版日期 | 108 年 11 月

ISBN | 978-986-5418-04-5

定價 | 450 元



江協堂

宜蘭縣人，成功大學地球科學學士，臺灣大學海洋研究所碩士和博士，曾任中國石油公司地球物理探勘師，現任宜蘭大學兼任助理教授、江協堂地質技師事務所負責人，專長溫泉、地熱與石油探勘。

ISBN 978-986-5418-04-5



9 789865 418045

定價 450 元