

工程地質研討會

水湳洞、金瓜石、九份 與會報導

朱晃葵* 詹佩臻** 黃柏鈞*** 丁禕****

一、前言

或許大家都知道臺灣被稱為「美麗島」，但很少人知道臺灣也曾被認為是東方的「金銀島」，臺灣是全球金礦單位面積產量最高的地方之一。其中，金瓜石-九份更是東亞最大的金礦床，已經生產的黃金將近六百公噸，估計還有五百公噸以上的純金潛力，堪稱是世界級的巨型金礦，因而曾有「亞洲金都」之譽。

目前在金瓜石-九份地區仍有許多黃金礦石存在，地工技術基金會帶領成員深入礦山一圓黃金夢，實際觸摸真正含有黃金的礦石；除了金礦，九份金瓜石一帶的岩石構造具有其特殊性，而東北角沿線多處的奇岩異石、海蝕地質景觀，更是臺灣其他地區少有，值得大地工程同好於風和日麗時一同踏青，盼於風光秀麗之九份山城、黃金礦中、以及波濤壯闊之東北角海崖下，各述己見、百家爭鳴。

二、活動行程與內容

大家都知道金瓜石黃金博物館中陳列著 220 公斤的黃金，以及模擬的坑道供遊客體驗，而九份更是國際著名的旅遊景點，因此「水金九」路線，不論從歷史、人文的角度來看，都是值得大家一遊的路線，基金會在民國 105 年 10 月 14 日舉辦的地工技術第 30 次工程研討會，在黃鑑水老師(前經濟部中央地質調查所)以及余炳盛老師(國立臺北科技大學材料及資源工程系)等專家帶領下，讓與會的夥伴們，除了能進一步了解九份地區地質概況及坡地穩定現況外，對於金瓜石地區的地質產狀也能有更深一層的體悟，更可從淘金熱潮至沒落的歷史故事中加深人文素養，了解我們這片土地。本次活動的行程如表一，停駐點如圖一所示。

三、九份地區地質概述

九份地區出露的地層包括中新世的大寮層、石底層及南港層，其分布、岩性及分層說明如下：

1. 大寮層

分布：侯硐背斜在基隆河北岸之傾沒部份，以及東南向瑞芳斷層以北之九份坡地地區。

分層：根據九份地區之地質調查成果，露布於九份坡地之大寮層包括三層塊狀至厚層細至中粒砂岩及夾於其間以暗灰至黑灰色頁岩為主或間夾砂頁岩薄互層的岩層。最底部的厚層砂岩僅上部出露於大竿林溪輕便路以下之溪床底部，並往下連接至汽車路以下；介於塊狀砂岩間為灰黑色以頁岩為主的岩層，偶常夾有砂頁岩薄互層或常夾有層狀砂岩，常含海相化石。

2. 石底層

分布：主要分布於九份坡地之北方下坡外圍及東北方與金瓜石交界附近，整合於大寮層之上。另外在侯硐背斜軸傾沒部份之小金瓜一帶至西翼亦有大面積分布。

分層：石底層之分層主要包括夾有三層厚層白砂岩，其厚度均在 10~30 公尺之間，由中粒白砂岩組成，淘選較佳。夾於這三層厚層白砂岩之間及上方的為三層以砂頁岩薄互層或薄紋層為主的岩層，常夾有煤層及豐富的炭質物。在九份通往金瓜石的三叉路口或分水嶺地方出露一層厚約 20 公分的煤層；此外，在大竿林溪上游的石底層上部以往曾開採過無烟煤。

3. 南港層

分布：僅局部份布於欽賢國中一帶，分布之東界及北界分別為甲脈斷層及瑞芳斷層。本層整合於石底層之上。

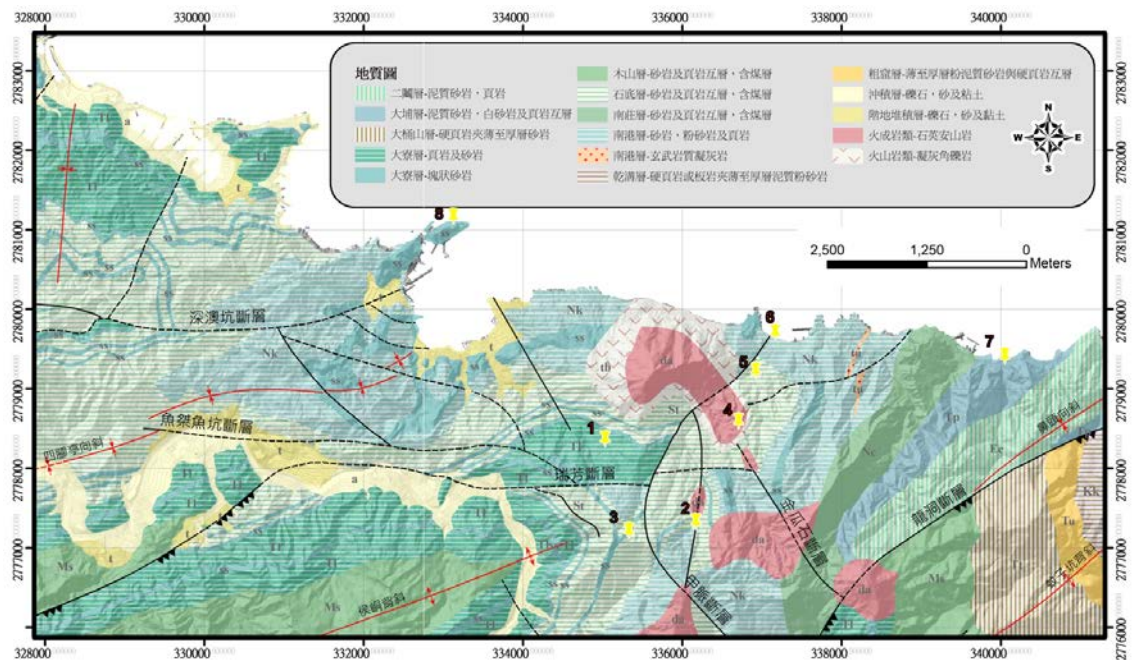
* 中央大學應用地質研究所 ** 臺灣大學土木系 *** 聯興工程顧問公司 **** 中興工程顧問社大地工程研究中心

表一 工程地質研討會(30)~水金九地質參訪行程表

停駐點	時間	地點	考察交流重點
-	07:30	土工技術基金會集合出發	
1	08:30	九份-台陽停車場	九份地質調查成果簡介、集水井、砂岩露頭、八番坑道口
2	09:30	金瓜石地質公園(大金瓜)	本山露天礦場、矽化砂岩
3	10:40	小金瓜露頭	甲脈斷層、遠眺九份聚落地貌
4	13:30	勸濟堂上邊坡停車場	金瓜石礦山、火山地形、砂岩無襯砌隧道、斜坡索道、巨龍煙囪
5	14:10	黃金瀑布	黃金瀑布、基隆山
6	14:30	水涵洞停車場	陰陽海、13層遺址、單面山
7	15:00	南雅奇岩	沉積地層(交錯層、霜淇淋岩)、沉積構造及工程地質
8	16:00	番仔澳	岩象鼻岩、生痕化石、南港層、壺穴
-	17:30	晚餐與會後交流	



圖一 停駐點衛星影像圖(Google Earth)



圖二 停駐點區域地質圖

分層：本層以厚層至塊狀灰至淡灰色細粒泥質砂岩間夾厚層暗灰色頁岩為主，偶夾有部份層狀砂岩與頁岩之互層。由於露頭出露有限，尚無法將南港層再細分岩層。在欽賢國中東南方之登山步道上可觀察到若干南港層露頭。

黃鑑水老師在台陽停車場分享九份地質調查的經驗後，大家步行至縣道旁的砂岩露頭進一步解說地質羅盤量測地層位態的使用的方式，接著前往位於下邊坡的土地公廟，該位置亦有一處集水井，集中排除九份地區部份的地下水，而廟宇旁即為八番坑道口，係九份保存的最完整，也是最美麗的一個礦坑，這座百年歷史的礦坑，曾經是臺灣黃金產量最多的坑口，仍完整的屹立於此，安山岩砌成的坑口，外壁有盤根錯節的老榕樹根，坑口上方的紅磚牆早已褪色。



圖三 王鑑水老師解說九份地區地質環境
(攝影：黃柏鈞)

四、金瓜石地質公園(大金瓜) 與小金瓜

金瓜石為基隆山火山群之熱液換質礦床區，其岩石主要為第三世紀的沉積岩與第四世紀的安山岩，而安山岩礦床主要產金及銅，含金礦物通常為自然金，含銅礦物則是硫砷銅及呂宋銅礦。金瓜石礦區的採金歷史最早的紀錄為清朝初年諸羅知縣季麒光在「臺灣雜記」(康熙 22 年，西元 1684 年)紀錄「金山在雞籠山三朝溪後山，土產金，有大如拳者，有長如尺者。」不過當時並未積極開發。近代金瓜石礦區金礦的開發，起自清末劉銘傳巡撫 1890 年

建築臺北至基隆鐵路，來自美國加州的廣東籍工人，在八堵附近基隆河發現砂金，開始湧入大批人潮，沿基隆河自五堵至大粗坑淘洗砂金，而後 1893 年溯源到九份南邊小金瓜，開啟山金的開採，1895 年更往東發現本山的大金瓜礦體。根據官方黃金產量統計，臺金公司共生產約 63 公噸，臺陽公司約 26 公噸，而南邊的瑞三公司等約 5 公噸。金瓜石礦區除了黃金之外，也曾生產共約 180 餘公噸的銀，以及約 12 萬公噸的銅。這些礦產主要產自自然金、銀金礦、碲金礦、輝銀礦、硫砷銅礦、呂宋礦及法馬丁礦等礦物。金瓜石礦區於西元 1987 年停止開採，但是許多調查資料均顯示，金瓜石礦區仍有豐富金礦蘊藏的可能性(臺灣地質知識服務網地質百科，2012)。

金瓜石本山火山體分布於基隆火山群之中心，高度 660 公尺，附近之火成岩沉積岩受礦化作用影響而產生矽化現象，使岩石變的十分堅硬，在長期風化後突出地表成為顯著的地形，如無耳茶壺山和金瓜山。金瓜石地質公園位於本火山體因產豐富的金礦，故俗稱大金瓜或金瓜石。在金瓜石礦床範圍內的地層，基本上是第三紀中新世砂砂、頁岩互層組成的沈積地層，其間有斷層經過，在之後的火山運動中，岩漿循斷層線侵入，同時也造成附近若干的小斷層或破碎帶，提供因侵入作用產生的礦液上升的通路，也促使礦化作用順利進行，這樣的過程可稱為熱液作用，金、銅礦物便是藉熱液換質的作用而礦化形成的。露出地面的侵入石英安山岩體中，以瀕臨海岸，形似雞籠的雞籠山(又稱基隆山)為代表，海拔約 580 公尺高，可惜未經熱水變質作用，而不含自然金等重要礦物，反而本山、新山、武丹山等四座石英安山岩侵入體為生產金、銅礦的所在，礦石中除含金外，還可見到黑色的礦砷銅礦、金黃色結晶的黃鐵礦、片狀帶透明感的重晶石。

離開金瓜石地質公園後，移動至小金瓜，小金瓜為九份-金瓜石地區最早發現金礦之處，主要為矽化砂、頁岩層，為角礫岩礦筒；常見自然金，曾經發現最大者為 63 台斤；常見礦物有黃鐵礦、赤鐵礦、褐鐵礦、硫砷銅礦等。

所謂矽化作用是指岩石的礦物成份被二氧化矽(或石英質)礦物所取代。這些二氧化矽(或石英質)礦物包含石英或石髓通常發生在礦液通道的中心及其附近。受矽化作用後的岩石，除了原有的石英及鋯石等穩定性高的礦物留下來以外，其餘的鐵鎂礦物，例如角閃石，黑雲母、輝石等，以及其他如長石、白雲母、方解石等等礦物，均會被熱液所溶蝕帶走，並且在原有的孔隙中沈澱二氧化矽的礦物。有的時候二氧化矽礦物未能將原有孔洞充滿，還會保留原來晶體的形狀，例如受矽化的石英安山岩中，便常具有原來黑雲母、角閃石或長石礦物外形的空洞。矽化作用在石英安山岩、砂岩及頁岩中均可發現。矽化後的岩石由於主要的成份為二氧化矽，硬度高達 7，因此非常的堅硬，用鐵鎚敲起來聲音非常清脆。矽化的岩石非常堅硬，而碎塊通常也具有相當銳利的邊緣。在美國西部許多金礦地區也有許多矽化的岩石，余炳盛老師說早期印地安人還曾利用這種堅硬銳利的矽化岩石打造箭頭充當武器。

在金瓜石地區，矽化的岩石除了常形成重要礦體外，也經常是地形上凸出的地標，並且成為現在重要的景觀區域。例如著名的茶壺山(獅子岩)、粗石山、半平山及小金瓜等登山地點，他們的山頭便是矽化的岩石所組成。而金瓜石地名來源的大金瓜石，也是一個蘊育於矽化石英安山岩內的富礦體，它原來聳立在現在的本山礦場底層約 200 公尺的位置，但如今已被採礦挖光了。

在小金瓜原先預期可往東北方向眺望九份地區及陰陽海，但由於飄雨起霧未能如願，黃鑑水老師表示這區域為甲脈斷層通過的位置，約以北微偏東之方向沿九份與東側金瓜石地區交界的一條小侵蝕溪溝發展，為一西側相對下降的正斷層，向北延伸進入基隆火山岩體及向南進入武丹坑火山岩體後，其延展不明。根據金瓜石地區之礦床研究，近南北向的甲脈正斷層約發展於上新世以後的臺灣主要造山運動的較後期，其後約 90~100 萬年前成礦熱液入侵形成金瓜石及九份地區之金銅礦床，甲脈斷層沿線即屬九份地區富礦聚集之地區。



圖四 金瓜石地質公園露天礦場(攝影：高秋振)



圖五 愚人金 (攝影：高秋振)



圖六 余炳盛老師於小金瓜露頭討論矽化砂岩 (攝影：黃柏鈞)



圖七 矽化安山岩(攝影：余炳盛)

五、勸濟堂上邊坡與黃金瀑布

活動進行到徐徐涼風的午後，一行人來到茶壺山西南側的勸濟堂，其高程約 370 公尺，靠近停車場觀景台，由西向東可陸續眺望基隆山、無極索道、陰陽海及巨龍煙囪。

1985 年日人統治臺灣，並將金瓜石九份

地區以基隆山為界，區分為東西兩大礦權區，爾後陸續輾轉接手，由台陽礦業股份有限公司(簡稱台陽公司)，接管以西的瑞芳礦權；由台灣金屬礦業股份有限公司(簡稱台金公司)，接管東側的金瓜石礦區，於 1978 年露天開採本山、樹梅與第三長仁等礦體。1979 年建立禮樂煉銅廠，並建造了數條巨龍煙道，興建當時為了排放煉銅廠的廢毒氣，設置數條煙道直通山頂，煙道因為年久失修且內部累積有毒金屬，目前已經嚴禁民眾靠近，唯煙道的外貌連綿至山頭的景象，依然可以令人聯想，金瓜石礦廠曾有過的風光榮景。

茶壺山步道入口處的停車場旁有一隧道，該隧道的進出口外觀維持良好，當時為人行聯絡道，因為位於厚砂岩地區，隧道內中段採無襯砌支撐，可以試用雙手感受砂岩顆粒的質地與節理面的平整裂面，也因為節理發育，隧道內裂隙滲水，地面易有積水。

大夥在勸濟堂簡單用餐後，便驅車前往下個參觀點-黃金瀑布。在前往黃金瀑布的路上，余炳盛老師先簡單的說明黃金瀑布的成因，乃因雨水滲入礦區後，與黃鐵礦和硫砷銅礦接觸，經過「氧化還原」與「鐵菌催化」，使瀑布水呈現金黃偏橘色的酸礦水，後人美其名為「黃金瀑布」。黃金瀑布是來水金九之旅的遊客們必駐留拍照的景點，當大夥一下車親眼看見黃金瀑布的真面貌實無不發出讚嘆之聲，太特別了，與一般我們所見的瀑布大不相同。今日我們也很幸運，因前幾日有下雨，今日所見黃金瀑布水量充沛，大大滿足了大家一睹為快之癮。

黃金瀑布對面為海拔達 580 公尺的基隆山，形貌與單面山差異極大，山體並無明顯的陡坡側或緩坡側，坡面上未被植生覆蓋的裸露部份，亦能看出顏色較深的火成岩出露，其風化特性、地層分布與節理形貌和沉積岩顯著不同。若時間允許，在基隆山腳下可見崩落的火成岩，根據黃(2012)說明此地可觀察到新鮮的石英安山岩，具有明顯粗粒的黑雲母與角閃石斑晶等礦物；部份安山岩巨石則有流動紋理及擄獲之包裹體，這些包裹體多以石英岩、角閃岩、閃長岩為主，可能是岩漿擄獲的地殼物質或岩漿庫堆晶的產



圖八 余炳盛老師說明無極索道作業方式
(攝影：黃柏鈞)



圖九 巨龍煙道(攝影：何樹根)



圖十 黃金瀑布(攝影：黃柏鈞)

物；而有些較為風化易碎的安山岩，可由其中挑取出具有完整晶形的黑雲母斑晶。大夥在這停留了約莫 15 分鐘，或觀賞，或與黃老師、余老師討論，或約同伴一起留念拍照，便前往下個景點-水滴洞停車場(陰陽海)。

六、水滴洞停車場

水滴洞停車場隔著省道臺 2 線，就是陰陽海。關於陰陽海的形成眾說紛紜，很多說法也認為是因為開採黃金與重金屬而導致海

水污染，但余老師提出一個問題問大家：金瓜石早已停止開採很久了，這附近流入海水的溪流也都是清澈的溪水，那為什麼到現在陰陽海還是存在？為什麼陰陽海仍沒有逐漸消失的趨勢？

為了解答這個問題，余炳盛老師拿出了自備的實驗材料與工具，現場表演魔術給大家看。首先在第一根試管中倒入食鹽水（海水環境）+雙氧水（代表氧化環境）用以模擬海水，接著，在第二根試管中倒入硫酸亞鐵離子溶液（代表由上游帶來的礦水），這時候，兩根試管中都是清澈透明的液體，再將第二根試管中的硫酸亞鐵離子溶液倒入第一根試管的食鹽水中，輕輕晃動，神奇的事情發生了，鐵離子溶液接觸到食鹽水及雙氧水溶液後發生化學反應，變成了鐵鏽色的氧化鐵及氧化亞鐵，因為氧化鐵及氧化亞鐵的密度比食鹽水小，故大家可以看到試管中的液體變成了兩層，鐵鏽色的氧化鐵、氧化亞鐵溶液，輕飄飄地浮在透明無色的食鹽水上層。



圖十一 陰陽海(攝影：何樹根)



圖十二 余炳盛老師以簡易實驗說明陰陽海成因(攝影：黃柏鈞)

這個實驗證明了一件很重要的事，姑且不論舊時的金瓜石開採廢水是否污染了海水（應該是有的），但今日的陰陽海依舊在海面上漂著一層黃棕色，這是因為周邊流入海中的溪水中，本身就含有大量的鐵離子，鐵離子在淡水中是透明無色的，一旦入海接觸海水後產生氧化反應，變成了鐵鏽色的氧化鐵、氧化亞鐵並漂浮在海水上。這就是陰陽海一直到現在都還是陰陽海的原因。

余炳盛老師又提到，距離水湳洞東邊約 2.5 公里的禮樂煉銅廠，從前被指為是污染陰陽海的元凶，但老師請大家理性思考，禮樂煉銅廠下方的海水顏色是正常的，假如陰陽海是禮樂煉銅廠造成的，那麼該處海水也應該也變成陰陽海才是，禮樂煉銅廠距離水湳洞 2.5 公里，沒道理自家門口的海水不污染，卻去污染遠處的海水。這番論點，為禮樂煉銅廠早年所背負的污名，做了理性的平反。

七、南雅奇岩

離開水湳洞陰陽海，沿著臺 2 線向東徐行，很快來到位於臺 2 線約 81.5K 靠海岸處的南雅奇岩。南雅是古時候平埔族三豹四社其中一支部落，舊稱南仔吝，據說是由湳仔轉名而來，湳仔的意思是豪大雨淋水之意，表示每年 9 月到次年 3 月秋冬時節，受東北季風的影響，大都瀰漫在煙雨濛濛之中。豐沛的雨水，造就了南雅地區的砂岩由氧化鐵浸染而成彩色大地的特殊景觀。

此處出露地層為中新世晚期大埔砂岩(或桂竹林層大埔砂岩段)，地層年代約相當於 10.0~5.3 百萬年前。南雅奇岩最重要的特色為形狀各異且顏色繽紛的砂岩。形狀各異，指的是此處的砂岩常呈尖狀或柱狀的岩塊或岩峰，成因乃是因為大地應力所造成的垂直節理甚多，風化與侵蝕作用順著節理運作，久而久之造成這些獨立的岩塊。顏色繽紛，指的是岩層中的氧化鐵結核長期受到雨水浸潤，帶有氧化鐵的液體滲透到岩石層理中，將岩石染成黃、橙、橘、紅、棕、金等不同的顏色，黃鑑水老師站在岩石前，帶領大家認識沉積岩的層面與沉積構造。在沉積岩中，如何分辨什麼是地層層面，什麼

是沉積構造呢？大抵來說，地層層面，會與當時的水平面和地形面有關，不管沉積環境是河或湖或海都是，水平面可以視為沉積作用的基準面，地形面則是影響沉積物的堆積。一次的沉積事件，會形成一個沉積層面，而隨著時間累積，沉積層就會堆疊得越來越多。這種能代表某個時間某個沉積事件的地層，就是沉積層。

而沉積構造，則是一個沉積層中的細緻構造，沉積構造的形狀與特徵與沉積當時的水流大小、水流方向、生物擾動有關。例如在南雅奇岩中最常見的交錯層，其力學原理是水流流動的水平力與顆粒本身的重力，兩者加總變成傾斜的方面，就像是沙粒沿著海邊的波浪或沙丘前進，沿沙波的向風坡向上到達波峰後，在較陡而背向風的一側或下坡方向向下崩落堆積所造成般。一個沉積層裡面，可能會有無數個細緻的交錯層。

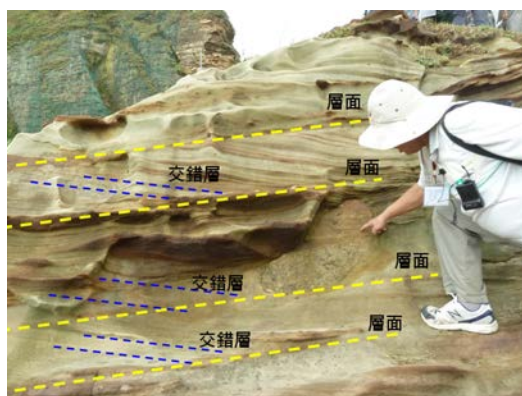
余炳盛老師此時在旁邊靠近溪畔的滾石上，找到有趣的生痕化石，招呼大家一起來看。在南雅這個地區，因為屬於水流強勁的沉

積環境，實體化石或生痕化石較不容易保留下來，這顆有生痕化石的滾石，是溪流從別處帶過來的。這個生痕化石層層疊疊，可以想見當時的底棲生物構築了綿密的覓食網，四通八達地生活著。余老師特別強調，看到這樣的滾石是機緣，也許明年一場颱風過後，這塊石頭便再也不復見，於是大家紛紛拿起相機，把這個機緣好好紀錄成影像來珍藏。

八、番仔澳

活動來到最後一個景點-番仔澳。番仔澳為深澳岬角之舊稱，位於臺灣新北市瑞芳區深澳漁港旁的海岬。大夥在深澳漁港下車沿著南邊之海岸線向東北行進，即可到達番仔澳另一著名景點-象鼻岩。在沿著海岸線行走至象鼻岩的路上，大家發現這邊的地層中有著豐富的生痕化石及生物化石。

黃鑑水老師在這段路途上跟大家解說本處地層的特性。這一帶出露地層皆為南港層(Nk)，



圖十三 黃鑑水老師解說沉積層與沉積構造 (攝影：丁禕)



圖十五 黃鑑水老師實地說明南港層之成因及特性 (攝影：黃柏鈞)



圖十四 具有漂亮攝食生痕化石的砂岩滾石 (攝影：丁禕)



圖十六 南港層中的海膽化石 (攝影：黃柏鈞)

年代為中新世早中期，南港層主要由青灰色厚層至薄層細至中粒石灰質砂岩及深灰色頁岩或粉砂岩構成。南港層屬淺海相之沈積環境，故在此可見豐富的生物化石。生痕化石為生物在當時的環境下，種種活動、行為遺留下的痕跡(如尋找食物、築巢居住、逃避攻擊等)，如果沒有受到破壞，且再受到後來沙、泥、沉澱物等的沉積、膠結，被保存在地層內所形成的化石。就外型而言，生痕化石之分類，如豎管型、U型、分叉型、螺旋型、星型、橢圓形…等。就其生物的運動行為可分為居住構造、攝食構造、覓食痕跡、休息痕跡、匍匐痕跡、脫逃痕跡等六種。

到達象鼻岩後，由余炳盛老師為本次活動做最後的回顧與結尾，提供了數樣極具紀念意義的獎品(蘇聯鑽、藍寶石、陽起石等)



圖十七 余老師搶答及贈送禮品帶領大家回顧今日行程 (攝影：黃柏鈞)



圖十八 水金九工程地質研討會大合照 (攝影：高秋振)

以搶答的方式讓大家回味今日所有的行程。而今日野外的行程也在大家的歡笑聲及充滿地質知識中劃下完美的句點。

九、結語

本次研討會雖以地質專業知識為主軸，並配合水金九人文史蹟及大自然美麗風光亦點綴其中，整體交織出一次人生難忘的旅程。最後感謝地工技術基金會、黃鑑水老師與余炳盛老師不遺餘力的賣力講解，及與會人員之辛勞付出，共同為此次工程地質研討會奏成一篇文章完美之樂章。活動大合照如後所列。

參考文獻

- 王鑫、許珊瑚、許玲玉、杜慧音 (2005)，「金瓜石地質之旅」，*地質*，第24卷，第1期，第48-57頁。
- 臺灣地質知識服務網 (2012)，「地質百科--金瓜石礦區--余秉盛」，<http://twgeoref.moeacgs.gov.tw/GipOpenWeb/wSite/ct?xItem=141077&mp=105&ctNode=1233> (2017年4月6日)。
- 黃克峻 (2012)，「金瓜石、九份岩石與礦床之旅」，*地質*，第31卷，第3期，第32-38頁。
- 黃鑑水、余炳盛、曹恕中 (2008)，「臺灣地質旅遊」，科技圖書，臺北。
- 新北市立黃金博物館 (2017)，www.gcp.ntpc.gov.tw/ (2017年4月6日)。
- 新北市政府農業局 (2011)，「補充大地工程調查分析計畫成果報告」，九份地層滑動監測與評析第六期計畫與補充大地工程調查分析。