

出國報告（出國類別：開會）

參加 2018 年「美國石油地質師學會年會」報告

服務機關：台灣中油股份有限公司 探採研究所

姓名職稱：蘇清全 地質師

派赴國家：美國

出國期間：107 年 5 月 16 日至 5 月 25 日

報告日期：107 年 6 月 20 日

參加 2018 年「美國石油地質師學會年會」報告

摘要

美國石油地質師學會(American Association of Petroleum Geologist, 簡稱 AAPG)年會為世界地質界的盛會，集結展現石油地質界最新探勘知識、技術、各地探勘成果及創新的探勘技術。世界各地各領域專家皆會前來參與研討會，藉著會議討論及交換油氣探勘經驗與探勘技術，並發表各類探勘相關主題的最新成果與技術，一年一度的 AAPG 年會是世界最重要的石油探勘交流場所。美國石油地質師學會年會從 5 月 22 日到 5 月 23 日為期 4 天，在美國鹽湖城 (Salt Lake City) 鹽宮會議中心舉辦第 101 屆年度大會與國際展覽會，本人並有參加大會所舉辦之會前地質調查課程。

本次會前調查課程觀察 Capitol Reef 國家公園境內之陸相之風成砂丘、河道堆積、氾濫平原；濱海相中具潮汐束構造之堰洲島堆積；及淺海相之海相泥岩，藉由觀察多樣的沉積環境標準露頭可大幅提升本人對於各類沉積營力與沉積環境的理論基礎與實務經驗。由於猶他境內州境內許多大型油田之儲集岩層，大部分都有在國家公園內出露，藉由觀察國家公園內出露之地層可瞭解石油系統中儲集岩的特性與成因，以及成岩及風化作用對於儲岩性質的影響。

年會之技術研討會展示當年度最新地質探勘成果與技術突破，宣讀 483 篇論文、論文海報刊登 600 篇。國際展覽會中也可見著名石油及探勘公司，如 Chevron、ExxonMobil Exploration Company、Saudi Aramco...等贊助及展示攤位，舉凡石油探勘相關之公司、研究機構、學校與其相關產業皆有設攤於此展示其研究成果與服務內容，國際展覽會可說是石油探勘工作者的年度盛事。

藉由參加本次會議瞭解最新穎之探勘技術，並得知業界探勘活動、學界研究方向，確保自我之研究方向能與世界接軌，在會場中所蒐集之資訊與知識，將應用於未來的工作之中，作為擬定與執行研究計畫的參考材料。

目錄

摘要.....	2
一、實習目的.....	4
二、實習過程.....	4
三、具體成效.....	21
四、心得與建議.....	22

參加 2018 年「美國石油地質師學會年會」報告

一、目的

美國石油地質師學會(American Association of Petroleum Geologist, 簡稱 AAPG)年會為世界地質界的盛會, 集結展現石油地質界最新探勘知識、技術、各地探勘成果及探勘技術的突破。世界各地各領域專家皆會前來參與研討會, 在會場討論及交換油氣探勘經驗與探勘技術, 並發表各類探勘相關主題的最新成果與技術, 一年一度的 AAPG 年是世界最重要的石油探勘交流場所。

職參與 107 年研究計畫「打鹿頁岩於錦水氣田及三湖構造油氣潛能評估」, 此計畫需密切關注探勘技術之發展, 層序分析、盆地構造演化、石油系統演化等, 本次年會舉辦於猶他州鹽湖城, 各大油公司於 AAPG 年會中皆有參與相關論文研討, 會場並有各大相關商展示先進實用的探勘資料解釋軟體, 資訊相當多元且豐富。並藉由參與年會了解石油地質界的新知、技術發展及世界各地探勘現況, 以作為國內外石油探勘開發之參考。

二、過程

出國行程如下：(以下為台灣時間)

5 月 16~5 月 17 日 起程 台北至鹽湖城

5 月 18~5 月 20 日 起程 參加會前地質調查課程

5 月 21 日 註冊、報到、大會開幕、展覽、頒獎

5 月 22 日 壁報張貼與評審、展覽、技術研討會(口頭發表、壁報展示)

5 月 23~5 月 24 日 展覽、技術研討會(口頭發表、壁報展示)

5 月 24~5 月 25 日 返程

美國石油地質師學會(American Association of Petroleum Geologist, 簡稱 AAPG)年會最主要的活動是技術研討會及國際展覽會。除此之外大會舉辦多個會前野外調查課程, 分別以猶他州境內各個國家公園作為調查之場域, 由於當地氣候乾燥植被稀少, 出露地表之岩層的內涵與形貌易於觀察, 極為適合地層學、沉積學...

等傳統地質的研究。以下分別敘述本人主要參加的地質調查課程、技術研討會及國際展覽會。

(一) 地質調查課程

本次大會共舉辦 6 個會前地質調查課程及 7 個會後調查課程，每個野外調查課程都有名額限制，筆者所參與的課程是 Capitol Reef 國家公園的地質調查，講師是 Brigham Young University 地質科學系的教授 Thomas H. Morris，課程主要藉由觀察三疊紀、侏羅紀及白堊紀數個砂岩層的標準剖面，得知當地沉積環境的變遷，並觀察各種營力(風、水)堆積產物的特性，這些砂岩層都是潛在的儲油岩，如 2007 年猶他州中部發現之 Covenant 油田，其儲油岩即是下部侏羅系砂岩層，厚度約 150 米，屬於風成堆積物。藉由此地質調查課程，實地探查石油系統中儲集岩的特性與生成機制，並了解沉積盆地的演化歷史。首先介紹 Capitol Reef 國家公園的地質概況，後續再詳述三天課程的勘查內容：

Capitol Reef 國家公園的地質背景

Capitol Reef 國家公園位處於猶他州南部(圖 1)，屬於北美大陸板塊的西緣，出露地表的 Waterpocket 褶皺作為 Capitol Reef 國家公園的主體，由於晚白堊紀以來北美大陸板塊與太平洋板塊聚合造成的 Laramide 造山運動，依據厚層構造模式，深部基盤受力產生近乎垂直的斷塊，造山作用持續至古近紀造成斷塊兩側約 7000 呎(約 2130 公尺)的落差，這段時間內上覆沉積岩為平衡斷塊的高度落差而受力變形，產生 Waterpocket 褶皺這類獨特的單斜構造(Monocline)。Waterpocket 褶皺之西翼屬於抬升區域，由於岩性及應力不均的現象，西側高區被 Teasdale 斷層區隔成北段之 Miners Mountain 抬升區及 Circle Cliff 抬升區，如圖 2 所示。

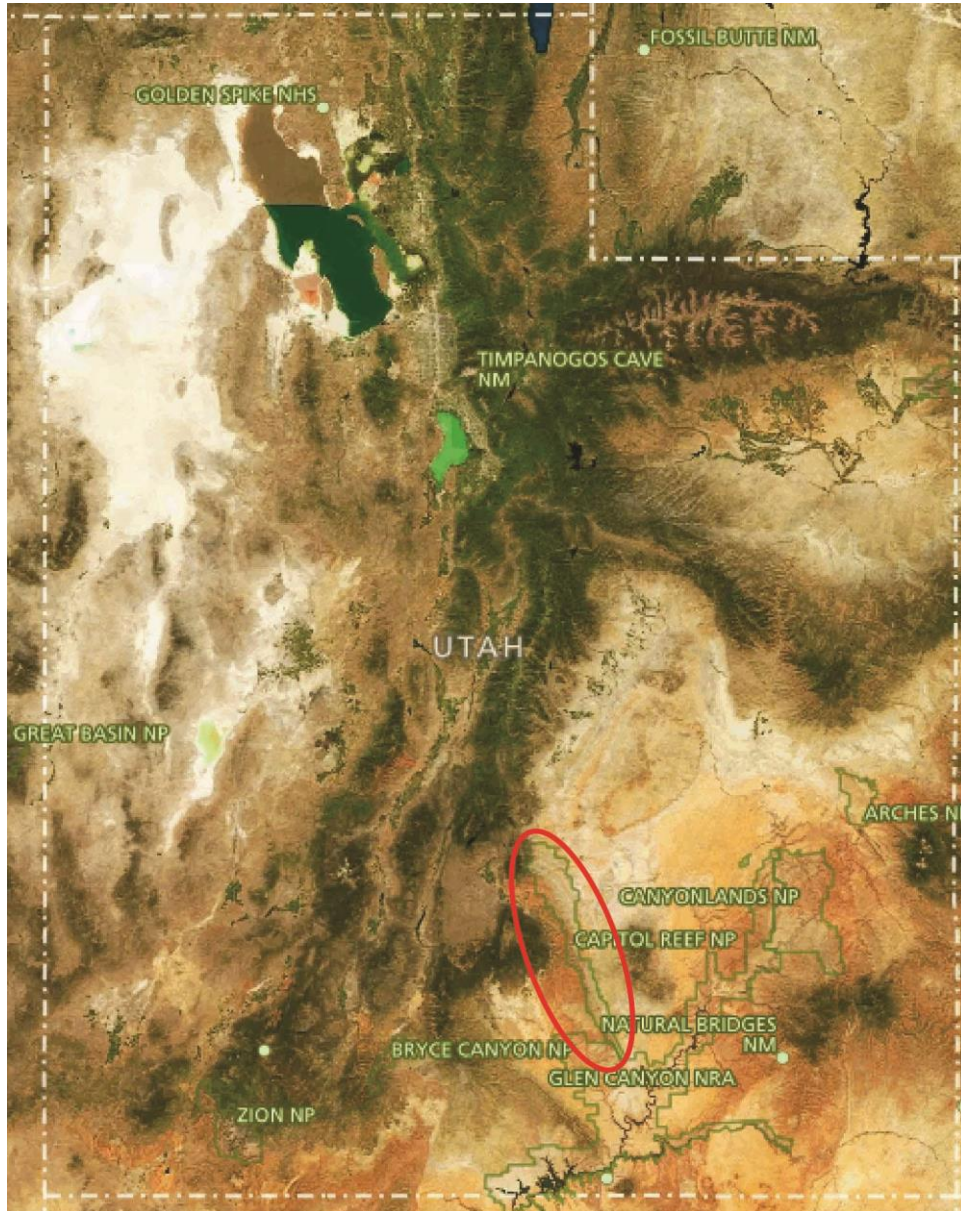


圖 1、南猶他州境內有多個國家公園，紅線表示 Capitol Reef 國家公園位置。

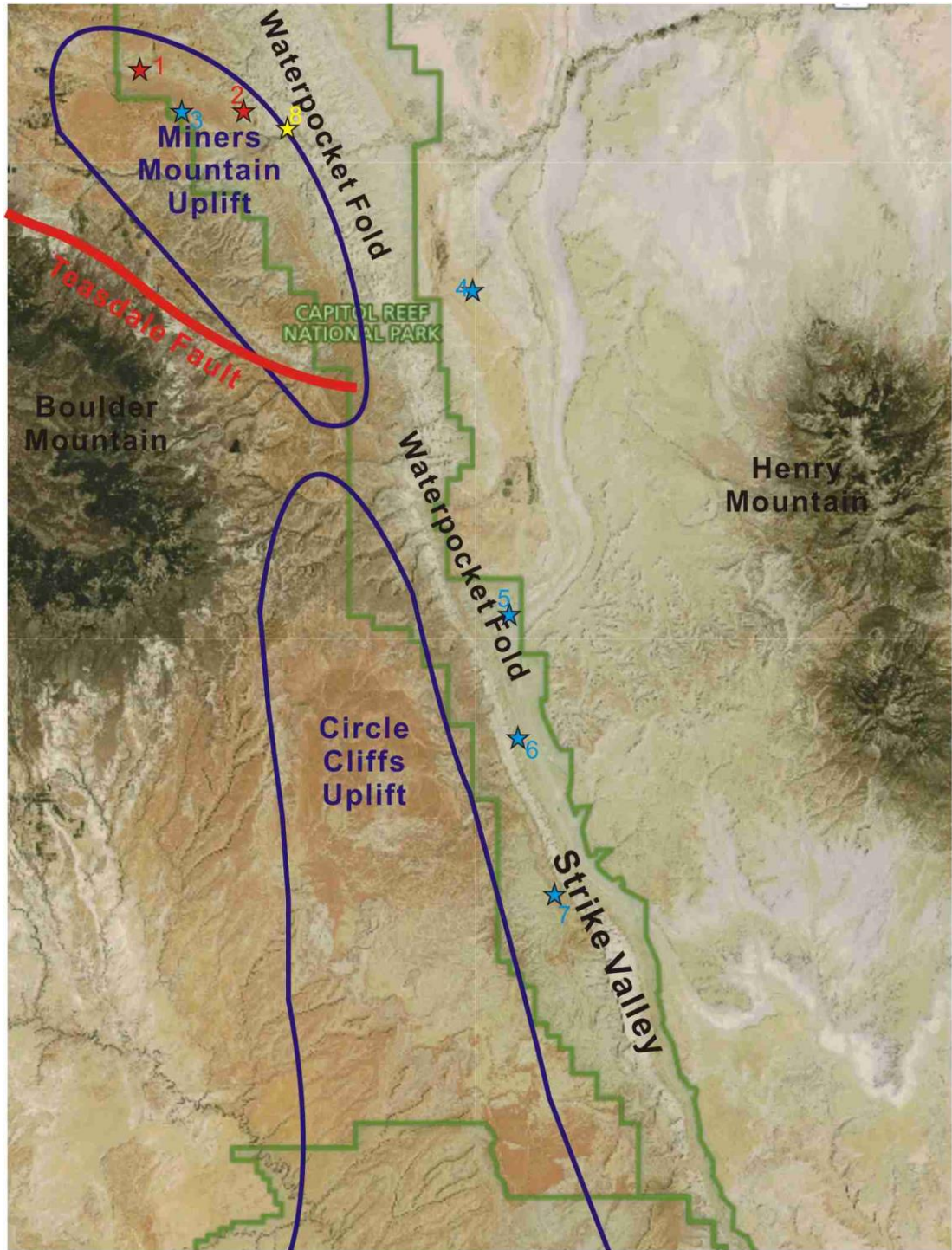


圖 2、Capitol Reef 國家公園的區域背景，星號表示地質調查點之位置。

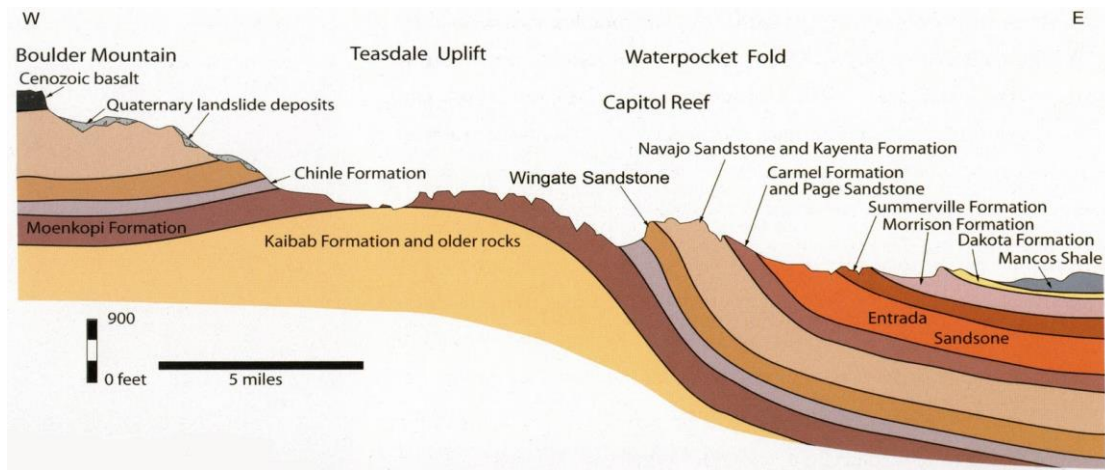


圖 3、Capitol Reef 之構造形貌與地層分布

(資料來自 Capitol Reef 國家公園導覽中心)

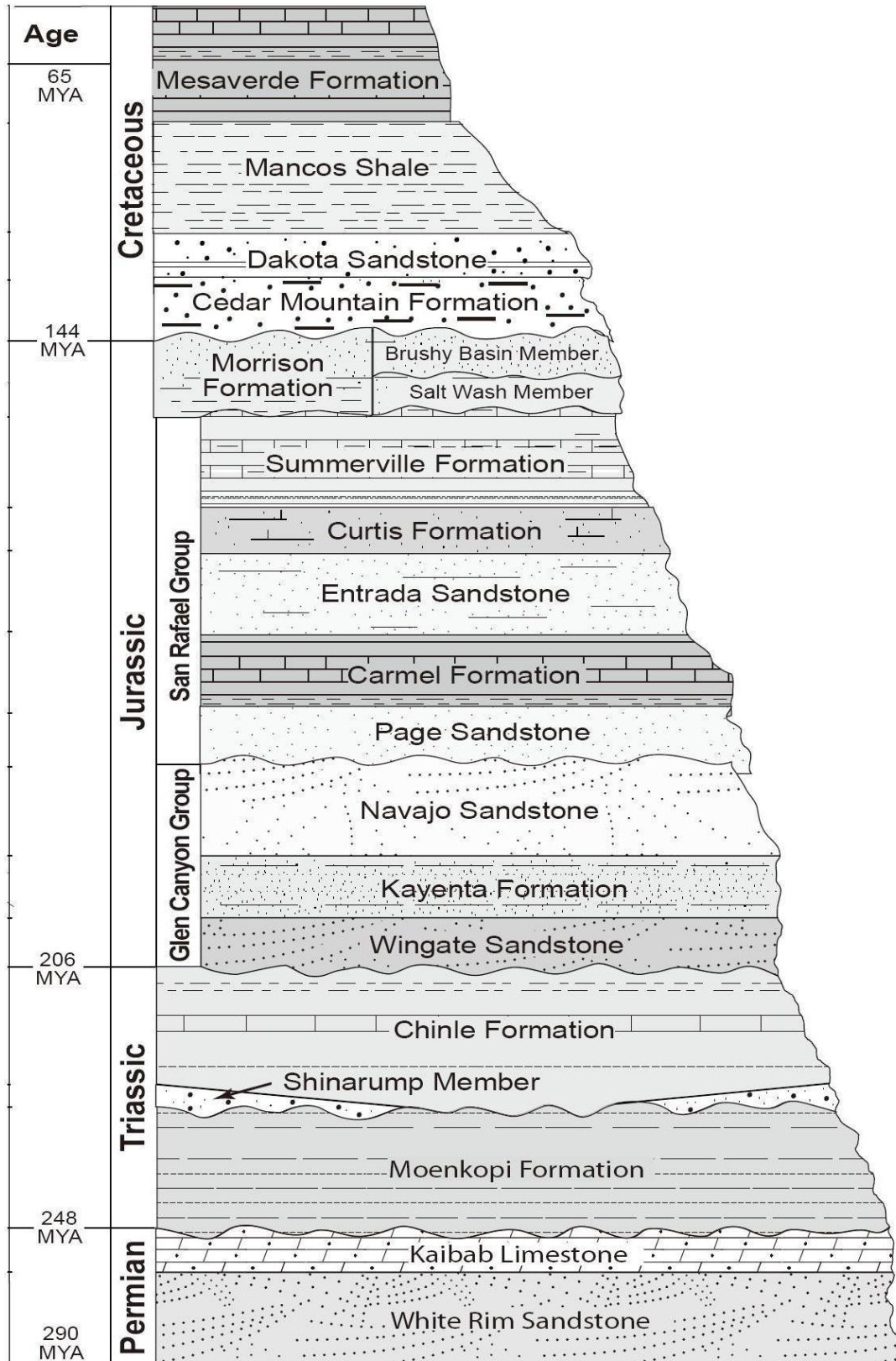


圖 4、Capitol Reef 之地層序列(資料來源自猶他地質學會)

調查地點 1：Moenkopi 層與 Chinle 層

Twin Rock 巨石即是出露地表之 Chinle 層底部礫岩，此礫岩層稱作 Shinarump 礫岩，由圖 5 可見礫岩不整合覆蓋在呈砂頁互層的 Moenkopi 層之上，Moenkopi 層砂頁互層極具規律的現象指示沉積環境可能為潮坪，所以可知三疊紀中期陸相河流侵蝕近濱之潮坪，並在不整合面之上堆積 Shinarump 礫岩。

觀察 Moenkopi 層中 Torrey 段的地層沉積構造，可見 Torrey 段屬於具交錯層理的巨厚砂岩(圖 6)，由交錯層理指示之水流方向判斷其為由東向西之河流堆積(圖 7)，並可見陸上大型動物渡河所遺留之生物活動痕跡(圖 8)。

調查地點 2：Spring 峽谷之 Navajo 砂岩

白色巨厚之 Navajo 砂岩常形成球狀之高丘或「圓頂丘」，Capitol Reef 國家公園即是以境內常見之「圓頂丘」命名。Navajo 砂岩是具大型交錯層理的巨厚砂岩，其交錯層理角度高且波長甚長(圖 8)，沉積物為淘選極佳之細砂至中砂，判斷應為風成作用堆積，由大型風成砂丘構成 Navajo 砂岩。



圖 5、照片頂部之白色含礫粗砂岩為 Chinle 層底部，下伏之砂頁互層地層為 Moenkopi 層頂部。



圖 6、Moenkopi 層之 Torrey 段



圖 7、交錯層理指示 Torrey 段由東向西的沉積流向，照片右側為東。



圖 8、Torrey 砂岩底部大型動物渡河遺留之生痕構造，照片中箭頭指示上流方向。



圖 9、Navajo 砂岩，照片中明顯可見之大型交錯層理作為風成砂丘的重要特徵。

調查地點 3：Sulphur 溪之 Goosenecks 曲流

俯瞰 Sulphur 溪之 Goosenecks 曲流(圖 9)，明顯可見曲流下切作用劇烈，較值得討論的是國家公園境內僅有此段河道呈曲流型式，其上游或下游皆為直流河，原因可能是此段河床地層較為軟弱易於下切，當地殼變動使得其河道坡度改變，其它段河道由曲流河轉變為直流河，但 Sulphur 溪在 Goosenecks 仍順著原先之曲流河道持續進行下切作用，屬於先成河。

調查地點 4：Entrada 層之淨砂岩體

Entrada 層之中的淨砂岩透鏡體，屬於近濱砂丘的沉積(圖 10)。Entrada 層為沖積平原堆積，在其東緣其沉積環境為沖積平原外緣，沉積物岩性由砂轉變為粉砂至極細砂之泥質堆積物，在此泥質堆積物之中仍夾有之淨砂岩體是濱海地區風成砂丘的遺留，觀察淨砂岩體之內部構造判斷其為 Dune 和 Inner dune 的堆積，此類侷限分布於濱海泥岩相中的淨砂岩(sand trap)常為儲集油氣之地層封閉儲岩。

調查地點 5：Dakota 砂岩牡蠣富集層(圖 11)

白堊系 Dakota 砂岩中富集的牡蠣殼及其破片，指示其為近濱的海進砂體。在 Dakota 砂岩之上沉積物以海相頁岩為主，表示在白堊紀早期堆積 Dakota 海進砂體之後，海水位快速上升，沉積環境快速由海岸環境轉為淺海。

調查地點 6：Carmel 層、Navajo 砂岩 (圖 12)

在 Strike Valley 地區之地層收 Circle Cliff 抬升區影響，Carmel 層與 Navajo 砂岩地層高角度向東傾斜，地層走向與河谷邊緣平行，白色 Navajo 砂岩與其上覆之紅色 Carmel 層岩性較堅硬抵抗風化能力較強形成懸崖，岩性較為軟弱之 Entrada 層受侵蝕形成谷地。



圖 9、Sulphur 溪的 Goosenecks 曲流(藍線表示河谷位置)，下切作用使得 Moenkopi 層出露地表。



圖 10、Entrada 層之中的淨砂岩透鏡體，屬於近濱砂丘的沉積。



圖 11、Dakota 砂岩中富集的牡蠣殼及其破片，指示其為近濱的海進砂體。



圖 12、地層高角度向東傾斜，走向與河谷流向平行，紅色 Carmel 層上覆在白色 Navajo 砂岩之上。

調查地點 7：Navajo 砂岩之潮汐束構造(Bounding surfaces)

潮汐束構造(Bounding surfaces)是指示潮汐作用的沉積構造，常見於堰洲島環境中，在 Navajo 砂岩的底部觀察到潮汐束構造(圖 13)表示 Navajo 砂岩的沉積環境由濱海之堰洲島向上轉變為風成砂丘。

調查地點 8：Kenyata 層之河道沉積物(圖 14、15)

國家公園境內最著名之景點 Hickman Bridge 由 Kenyata 層之河道砂岩構成，Kenyata 層屬於河流沖積環境，常見河道切蝕氾濫平原的現象 (圖 15)，河流刮蝕氾濫平原之泥質物，刮蝕產生之泥塊堆積於河道底部。由於河道砂岩較氾濫平原之泥岩抗侵蝕，因此河流向源侵蝕作用大多僅能將泥岩，而頂部堅硬的砂岩遺留下來常形成類似 Hickman Bridge 的地質景觀。



圖 13、Navajo 砂岩中指示堰洲島環境之潮汐束構造(Bounding surfaces)



圖 14、Kenyata 層中的河道砂岩，向源侵蝕砂岩之底部，僅剩頂部較堅硬之砂岩形成 Hickman Bridge 地景。



圖 15、Kenyata 層河道砂岩底部近照，可見河流刮蝕下伏泥岩形成泥塊，並將泥塊堆積於切蝕河道之底部。

(二) 技術研討會

技術研討會展示當年度最新地質探勘成果與技術突破。今年的技術研討會共宣讀 483 篇論文、海報看板刊登部份共 600 篇，分成 108 個不同的場次，以兩種方式發表：口頭報告、壁報展示。

1.口頭報告：

483 篇宣讀之論文共區分成 13 個主題，從 5 月 22 日到 5 月 23 日，分為上、下午兩個時段，共 108 場次於 8 個研討室中舉行，共分成以下 12 個主題如下：

- (1) 矽酸碎屑沉積岩
- (2) 碳酸岩與蒸發岩
- (3) 非傳統油氣資源
- (4) 地球化學、盆地模擬與石油系統
- (5) 構造地質與地體動力學
- (6) 地球物理
- (7) 湖相沉積岩
- (8) 能源與環境
- (9) 新能源開發與技術創新
- (10) 沉積地質學會(SEPM)論文宣讀
- (11) 學生論文宣讀
- (12) 特辦講座

本次主要針對與台灣較為相關的(1)矽酸碎屑沉積岩主題，以及沉積學相關的(10)沉積地質學會(SEPM)論文宣讀部分，研討會發表論文內容豐富，以下重點描述聽講之內容。

沉積地質學會(SEPM)論文宣讀

Source-to-Sink Sediment Routing and Environmental Signal Propagation in an Uplifted Foreland Basin, Lower Cretaceous Alberta Basin, Canada. W.A. Matthews; S. Hubbard; B.G. Daniels; G. Quinn; B. Guest

在一些大陸張裂系統中深水湖相可作為重要之油氣儲層，但仍有許多未被開發。東非的Malawi湖泊張裂系統中，中央盆地包含複合之粗粒碎屑堆積物及湖下沖積扇，2015年於水深最深的斷塊密集施測的震測資料，已獲得之高解析震測剖面，大幅提升深水沖積扇地層堆疊形貌的理解，並利用鑽井資料得知地層的岩性與年代資訊。

主要有兩個河流系統供應沉積物來源，南邊的Rukuru河(流域面積11900平方公里)及東邊的Ruhuhu河(流域面積17230平方公里)，藉由岩芯或得知地層年代得知河流發育的時間在晚新生代之張裂活動之前，分布廣泛的斷層系統、高頻且變化劇烈的湖面變化造就獨特的粗顆粒沉積序列，其層序堆疊的形貌受控於水文、氣候與斷層行為。

由震測剖面觀察到大量的沉積物集中堆積在湖泊最深的地區(深度大於700公尺)，厚層沉積物之覆載使得深部地層過壓密產生泥貫入體，並在同張裂區觀察到深水沖積扇的河道與自然堤系統，由此可見數百萬年以來，河流-同張裂區-深水區的沉積環境變遷主要以Source-to-Sink模式運作。

2.壁報展示：

本屆主辦單位在展覽會場內劃定公佈欄區，分成 11 個主題共 600 篇論文，於大會展覽期間全天進行展示。並排定場次由發表人在規定時間內進行報告及問題答覆，大會評審員也會與報告者進行討論。在 11 個主題中，(1)矽酸碎屑沉積岩有 139 篇論文、(2)碳酸岩與蒸發岩有 42 篇論文、(3)非傳統油氣資源有 96 篇論文、(4)地球化學、盆地模擬與石油系統有 44 篇論文、(5)構造地質與地體動力學有 43 篇論文、(6)地球物理有 34 篇論文、(7)湖相沉積岩有 49 篇論文、(8)能源與環境有 30 篇論文、(9)新能源開發與技術創新有 28 篇論文、(10)AAPG 學生研究成果有 55 篇論文、(11)SEPM 學生研究成果有 38 篇論文。

在(1)矽酸碎屑沉積岩分類所張貼之論文中，發現國外油公司、學校發表許多

關於空拍機、3D 沉積模型的應用研究，研究人員依據空拍機拍攝之影像，經由衛星定位系統校正並計算所拍攝地層的地理空間位置，並將地層形貌、沉積構造、地層傾角和地層堆疊型式...等判釋成果與地層的地理空間資訊整合成 3D 沉積模型，將野外調查之成果整合成清楚易懂之 3D 沉積模型，此方法極有利於盆地分析、儲岩對比，並大幅提升地質調查的效率與品質。

(三) 國際展覽會

本屆國際展覽會有超過 220 家公司及學術社團參與。參展廠商主要類型有：國際石油公司、地層學會、美國各州地質學會、探勘儀器、電腦軟體與技術支援、岩芯資料分析、岩芯影像資料庫、探勘資料分析與建模服務、商業金融服務、顧問及承包商。全世界許多著名石油及探勘公司，如 Chevron、ExxonMobil Exploration Company、Saudi Aramco、Shell、Conoco Phillips、bp、Schlumberger、Total 等均有贊助及攤位展示。許多著名大學與研究中心，如 AAPG 學會、SPEM 學會、休士頓地質學會及當地之 Brigham Young 大學...等均有攤位展示。舉凡石油探勘相關之公司、研究機構、學校與其相關產業皆有設攤位於此，此國際展覽會可說是探勘從業年度人員的年度盛事。

本次會場更展示 Total 公司 2015 年於 Uinta 盆地所鑽探之岩芯，鑽探地層為中新世湖相地層 Green River 層，為 1600 英尺連續取樣岩芯，此岩芯資料已捐贈給猶他地質調查所岩芯研究中心。會場內並展示安哥拉外海、內華達州、科羅拉多、奧克拉瑪及新墨西哥州鑽探之岩芯。

三、具體成效

藉由參加本次會議瞭解最新穎之探勘技術，並得知業界探勘活動、學界研究方向，確保自我之研究方向能與世界接軌，在會場中所蒐集之資訊與知識，能應用於未來的工作之中，提供擬定與執行計畫的參考材料。

行前的野外課程很有效提升本人對於陸相沉積環境的體悟，由於台灣已成岩之陸相沉積物不似猶他州種類豐富，並受限於台灣氣候潮濕植被茂盛，良好的陸相沉積岩露頭種類不多，本次野外調查課程觀察陸相之風成砂丘、河道堆積、氾濫平原；濱海相中具潮汐束構造之堰洲島堆積；及淺海相之海相泥岩，藉由觀察多樣的沉積環境標準露頭可大幅提升本人對於各類沉積營力與沉積環境的判讀能力與經驗。由於猶他境內州境內許多大型油田之儲集岩層，大部分都有在國家公園內出露，藉由觀察國家公園內出露之地層可瞭解石油系統中儲集岩的特性與成因，以及成岩及風化作用對於儲岩性質的影響。

四、心得及建議

此次奉派赴美國鹽湖城參加美國石油地質師年會 American Association of Petroleum Geologist(簡稱 AAPG)國際研討會，與國際知名油氣探勘業者、研究學者及相關從業人員齊聚一堂，會中得知的探勘新知、技術突破與發展趨勢對於往後的研究工作有很大的幫助。

此次野外課程觀察之地層與台灣有相當大之差異，地層在空間上之延續性與厚度皆大於台灣，多樣且保存良好之陸相沉積岩也與台灣不同，猶他州當地構造較台灣單純，地層延續性良好，乾燥的氣候使得植被稀少適合觀察地層沉積相，由於地層年代跨距較長，非常適合觀察不同沉積營力在各個時代受全球海水位變化的影響，本次觀察到陸相之風成砂丘、河道堆積、氾濫平原；濱海相中具潮汐束構造之堰洲島堆積；及淺海相之海相泥岩。雖然國家公園內多數地層為陸相地層並遠離濱海地區，但仍可見其受大尺度之全球海水位變化影響，本次地質調查課程大幅提升層序地層的理論基礎與實務經驗，本人獲益良多。

在此次研討會中，發現各大油公司對於空拍機、3D 沉積模型的應用已達純熟，依據沉積學的概念剖析空拍機拍攝之影像，研究人員可將地層判識資料與拍攝地層的地理空間資訊整合成清楚易懂的三維地質模型，便利用於盆地分析、儲

岩對比，並可將地質調查成果系統性的建構至電腦資料庫。若本公司能熟悉空拍機、3D 沉積模型的建構與應用，則能大幅提升地質調查的效率與品質，減少時間成本與人員風險。地質調查的原始資料與解釋成果整合至三維地質模型後，往後資料的流通與資料庫的建構將更為便利。

本次會場除展示各地所鑽探之岩芯，並有許多岩芯服務廠商及岩心研究中心展示岩芯描述作業、岩芯掃描服務、岩芯數位資料庫及岩心採樣分析服務的內涵與作業流程。由此可知近年來探勘業者對於岩芯的保存已有不同的思維，除了過去常見的岩芯實體典藏，更加重視岩芯資料後續的分析與解釋、數位化建檔與管理、岩芯資料庫的建構。希望往後本公司鑽取之岩芯資料能仿效國外岩心研究中心的流程處理、分析岩芯，並將岩芯資料數化建檔，必能提升岩相分析工作之效率與準確性。