

出國報告（出國類別：開會）

## 參加 Goldschmidt 2017 國際地球化學 會議出國報告

服務機關：台灣中油公司探採研究所

姓名職稱：林殷田 地球化學探勘師

派赴國家：法國

出國期間：106 年 8 月 11 日至 8 月 20 日

報告日期：106 年 9 月 18 日

## 摘要

Goldschmidt 2017 國際地球化學會議於 8 月 13 日至 8 月 18 日在法國巴黎會議宮 (Le Palais des Congrès de Paris) 舉行，本會議為國際上地球化學最重要的會議，今年為第 27 屆，參與國家超過 50 國，人數 4,000 人以上，大會共收到超過 4,200 篇論文。

本會議包含許多領域，共有 24 主題以及 146 個議程，如早期地球、地函和地核、礦物和地質、奈米到地球化學的微觀過程、海洋地球化學、古氣候、環境地球化學、風化侵蝕與氣候、生物地球化學、污染地球化學、地球化學模式演算、社會礦產資源、創新地球化學技術等，不一一列舉。本次參加會議的主要目的主要為蒐集地化前端的研究發展及新技術，因此參加了創新地球化學技術的議程，並發表相關論文。

由於發表的論文多且領域廣，也因此大會將會議的議程及摘要整合，並提供手機應用程式 (app) 提供下載使用，筆者之經驗，這幾年參加國際會議，主辦方均有設計此類應用程式，讓持有行動裝置及智慧型手機的與會人員，能更有效率的瀏覽及安排自行的會議行程，也達到無紙化節能減碳的目的。且一年比一年進步，現在連會議地點周邊的食、衣、住、行都統整在程式中，使得與會人員在規劃行程時方便許多，節省許多時間。

筆者此次與會的重點在創新地球化學技術子題上，包括有生物地球化學在礦物中的角色、環境示踪劑在水文和地質流體中的方法和應用的發展 (此為筆者投稿的議程)、惰性氣體和微量氣體地球化學在自然系統中的應用、同位素和元素方法的創新等。且參加一短期訓練課程：「礦物流體反應：從岩石到原子。不同尺度下的電腦類比和模型」。研習內容非常豐富，聆聽各國學者的最新研究動態，覺得受益良多。

# 目次

摘要.....	1
圖目錄.....	3
一、目的.....	4
二、過程.....	5
(一) 出國行程.....	5
(二) 短期課程 8/12-8/13.....	7
(三) 專題研討會.....	12
(四) 壁報論文展示.....	17
三、心得及建議.....	18
四、參考文獻.....	20

## 圖目錄

圖 1、Goldschmidt 2017 短期課程教室.....	5
圖 2、Goldschmidt 2017 會場.....	6
圖 3、尺寸為 10×10×1cm 兩層石英 (SiO <sub>2</sub> ) 間的惰性介質填充 SrSO <sub>4</sub> 的反應介質.....	10
圖 4、顯示 SrSO <sub>4</sub> 反應層微觀結構關係的 SEM 圖像.....	11
圖 5、顯示 (a) Ba 和 (b) Sr，使用 μ-XRF 技術獲得的氯化鋇注射 300 小時後的位置 z2 處的反應介質的光學顯微鏡圖像 (左) 和相應的元素映射 (右側).....	12
圖 6、大會秩序冊封面。.....	14
圖 7、壁報論文發表。.....	18
圖 8、利用 App 安排研習場次及找尋當地的民生資訊。.....	19

## 一、目的

本計畫係配合本年度石油基金「高蠟份原油地球化學組成特徵及其在探採之應用」，以及研究專題「台灣西北部油氣水來源對比技術開發」之申請案。

由於儲集層岩石的微觀孔隙結構直接影響著儲集層的儲集與滲流能力，並最終決定油氣藏潛能的差異分佈。孔隙結構是指岩石所具有的孔隙和喉道的幾何形狀、大小、分佈及其相互連通關係。孔隙反映了岩石的儲集能力，而喉道的形狀、大小則控制了孔隙儲集和滲流能力。然而孔隙結構的非均質性造成開發過程中相繼出現了許多亟待解決的問題，如注水壓力高、含水上升快、啟動壓力大等，這些問題都在不同程度上影響著油田的開發效果。另外，儲層岩孔隙結構參數是評估儲集層油氣潛能的重要指標，如何客觀地確定這些參數，是很多石油學家一直致力解決的問題。因此，加強儲層微觀結構的研究，對於油氣的探勘與開發，具有十分重要意義。

天然氣和原油一樣與地層水常常是一個儲藏體系。分佈在盆地內不同層級構造中的油氣藏，都與盆地的承壓水（地層水）具有從屬關係，即不同程度地受到水文地質條件的控制。因此油、氣、水地化分析結果，及其地化特性對儲集層之油氣相關性研究有著關鍵作用。職欲利用參與世界性地球化學技術研討會加強技術，在日後進一步對於現有礦區資料數據進行歸納、整理與油、氣地化資料相互驗證，並與地質資料的結合，嘗試研究盆地油氣成藏的水文地球化學演化規律，以利後續應用於評估盆地含油氣遠景及預測油氣賦存好景區。

本項出國計畫即規劃參與此類世界性地球化學技術研討會，藉由此專業場合發表論文，不但可提高中油在國際上之能見度，且藉由各多專業意見，提昇本公司油氣田地球化學之技術能力。並希望藉由參加此類技術會議蒐集資料，快速累積經驗與技術，並應用於本公司未來油氣田之探勘作業。

## 二、過程

### (一) 出國行程

8/11 23:40 出發，8/12 8:00 左右抵達巴黎戴高樂場，旋即搭車前往短期課程會場（圖 1），開始本次出國任務，行程如下：

8/12~8/13 參加短期訓練課程：「礦物流體反應：從岩石到原子。不同尺度下的電腦類比和模型」；

8/13 短期訓練課程結束後，至巴黎會議宮註冊報到（圖 2）、熟悉會場、領取資料，並與各論文發表人相互交流；

8/14~8/18 參與會議議程，聆聽口頭報告及參與壁報論文討論、與學者討論交流、發表壁報論文（8/17，PM 5:00-7:30）；

8/19 11:20 離開巴黎；

8/20 6:30 抵達台灣。



圖 1、Goldschmidt 2017 短期課程教室：IPGP。



圖 2、Goldschmidt 2017 會場：巴黎會議宮（Le Palais des Congrès de Paris）。

## (二) 短期課程 8/12-8/13

礦物流體反應：從岩石到原子。不同尺度下的電腦類比和模型。

此短期課程是從 8/12-8/13，8：30-17：00，兩個整天的課程。主要由瑞士伯恩大學的 Paul Scherrer Institute 主辦，先由主辦方簡介課程大綱，再由邀集相關領域的專家，進行案例討論。

課程大綱及師資可由下列網頁查詢。

[http://www.geo.unibe.ch/research/mineralogy/workshop\\_goldschmidt\\_2017/index\\_eng.html](http://www.geo.unibe.ch/research/mineralogy/workshop_goldschmidt_2017/index_eng.html)

儲集層岩石的微觀孔隙結構直接影響著儲集層的儲集與滲流能力，並最終決定油氣藏潛能的差異分佈。孔隙結構是指岩石所具有的孔隙和喉道的幾何形狀、大小、分佈及其相互連通關係。孔隙反映了岩石的儲集能力，而喉道的形狀、大小則控制了孔隙儲集和滲流能力。然而孔隙結構的非均質性造成開發過程中相繼出現了許多亟待解決的問題，如注水壓力高、含水上升快、啟動壓力大等，這些問題都在不同程度上影響著油田的開發效果。另外，儲層岩孔隙結構參數是評估儲集層油氣潛能的重要指標，如何客觀地確定這些參數，是很多石油學家一直致力解決的問題。因此，加強儲層微觀結構的研究，對於油氣的探勘與開發，具有十分重要意義。

地球化學作用是影響岩土類多孔介質中流體流動、傳質、傳熱的重要因素之一。多孔介質內的溶解和沉澱現象廣泛存在於能源、環境和化工等領域，如石油的開採過程中、二氧化碳的捕集和地下埋存以及地下水資源污染等等均涉及到這類問題。隨著電腦硬體和軟體技術的迅速發展，以數值方法為基礎，運用電腦進行數值計算的方法成為了研究這類對流反應擴散問題的重要方法。

若將地球化學作用所產生的溶解/沉澱視為一個獨立相，在一定的假設基礎上，利用溶質濃度對介質孔隙度、含水率進行修正，從而建立原始反應物質與介質水力性質之間



過程的關係與變化，可改進傳統模型中傳質過程與流體密度、黏度之間單一的耦合關係。近年來發展起來的格子 Boltzmann 法 (lattice Boltzmann method, LBM)，以及蒙地卡羅法 (Monte Carlo) 為研究這類複雜問題提供了可行的解決方法，且已被廣泛應用於各個領域。並且可透過實驗室內對反應物質進行滲透實驗及圖像分析，其結果可對所建模型進行驗證。

在發展模式之前，需先選擇可反映儲集層特性的一種或幾種孔隙結構參數，進一步細分儲集層類型；例如，緻密泥頁岩儲集層滲透率低至微達西、納達西，以及以滲流為主非達西。經由實驗資料的對比和標定及數值模擬，開發和建立儲集層孔隙有效的識別和釐定之計算方法，把不同方法和尺度下獲取的資料結合起來。最後利用分子動力學和流體力學數值模擬技術，補足分析儀器很難實現的機制研究（如流體動力）。進而對儲集層孔隙結構進行三維定量分析，討論不同尺度下儲集層孔隙結構形態，油、氣儲集空間的構成，並提出儲集層儲集空間連通情況。

以頁岩氣為例，現今大多認為其賦存方式是以吸附或游離狀態為主。卻難以解釋美國 Barnett 頁岩的高產氣量。由於頁岩具有多微孔、孔徑小、低滲透率特點，造成孔隙度和孔徑分佈的測量十分困難，使得對頁岩氣資源難以準確評估。實驗室內對多孔隙物質進行滲透實驗主要有 3 種方法。即圖像分析法 (Image Analysis)、流體注入法 (Intrusive Method) 及非流體注入法 (Nonintrusive Method)。

圖像分析技術是利用顯微鏡、透射電子顯微鏡 (TEM)，掃描電子顯微鏡 (SEM)，原子力顯微鏡 (AFM) 等微區觀察技術對泥頁岩中的孔隙進行觀察，獲取圖像並進行分析，以獲得泥頁岩中的孔隙大小、形狀、分佈及顆粒的接觸情況等訊息。此技術最為直觀，結合統計學方法還能獲取孔隙度、孔徑分佈等定量資訊。SEM 是目前最常用的圖像學研究工具，由於泥頁岩主的孔徑組成為奈米孔隙，高解析度場發射掃描電鏡 (FESEM) 和聚離子束刻蝕和場發射掃描電鏡雙束聯用系統 (FESEM/FIB) 是目前主流的圖像學研究手段。Curtis 等 (2012)，利用 FESEM/FIB 對美國的典型頁岩氣儲層建立了三維結構模式。流體注入法則是使用汞等非潤濕性流體及氮氣和二氧化碳等氣體在不同的壓力下注入樣品並記錄注入量，利用不同的理論方法計算以獲取孔徑分佈、比表面積等資訊，

實驗過程相對簡單，獲取的資料相對全面，因而在目前頁岩氣儲層孔隙研究中應用最為廣泛。非流體注入法則有(1)核磁共振技術(NMR)，在基本不受岩石成分影響的情況下獲得關於岩層孔隙度及孔隙流體的多種資訊，為重要的儲層評估方式，實驗室 NMR 主要應用在於測定孔隙度和孔徑分佈特徵;(2)小角散射(Small-Angle Scattering, SAS)，小角散射技術是利用探測射線照射樣品，檢測射線束穿過樣品後發生在小角度範圍內(一般  $2\theta$  不超過  $3^\circ$ )的散射來獲取樣品微結構資訊的方法，主要包含中子小角散射(SANS)和 X 線小角散射(SAXS)，兩者分別利用中子射線與 X 射線探測核散射截面變化及電子密度變化以獲取樣品微結構資訊;(3)電腦斷層掃描(Computed Tomography, CT)電腦斷層掃描是利用射線(X 射線或  $\gamma$  射線)穿過物質後強度的衰減作用，研究物質內部結構的分析技術。

在此課程中，介紹了一系列的相關方法與結果。茲就以主辦團隊的案例介紹如何進行此項研究。為了觀察在宏觀和細孔尺度上檢查礦物溶解/沉澱過程。在填充有由石英砂組成的兩個多孔層之間的反應性多孔層，將氯化鋇溶液注入流動池中，導致  $\text{BaSO}_4$  快速溶解和替換原本的  $\text{SrSO}_4$  (celestite) (圖 3)。由於與  $\text{SrSO}_4$  相比， $\text{BaSO}_4$  的摩爾體積較高，反應層中的孔隙率降低。研究了孔徑尺度(10-100  $\mu\text{m}$ )下的溶解/沉澱機理，以及反應層中發生礦物轉化的順序演變(圖 4)。結合掃描電子顯微鏡和同步加速器 X 射線微繞射/微螢光，可發現小  $\text{SrSO}_4$  晶粒部分迅速溶解形成奈米晶  $\text{BaSO}_4$  填充孔隙空間，而大的  $\text{SrSO}_4$  顆粒被微晶  $\text{BaSO}_4$  形成的薄邊包圍(圖 5)。此機制涉及  $\text{BaSO}_4$  沉澱的兩個不同的成核機制：均勻成核(孔隙空間中  $\text{BaSO}_4$  成核)和異相成核(固體基底表面上的成核)。最後利用  $\text{BaSO}_4$  成核的估計參數(例如有效介面張力)來解釋系統中發生的礦物學變化。

得到掃描圖像後，再利用不同的數學方法對岩石三維孔隙網絡進行類比，建構出岩石立體孔隙的結構。隨著不斷發展的電腦分析技術被應用到孔隙網路建模，並與實際實驗數據相互驗證，達到精準模擬之目的。此次介紹了兩種模擬方式。Boltzmann 法與蒙地卡羅法(Monte Carlo)。由於數值模擬非職之專長，僅簡單介紹其原理與應用作為日後參考。Boltzmann 法多應用於流動與熱傳導，微尺度，多相組成，多孔介質，及奈米

流體等。起使於離散模型，應用最根本的質量守恆定律，在分子運動學和統計力學的基礎上建構起宏觀與微觀、連續與離散之間的橋樑，用以詮釋流體運動的本質問題。而蒙地卡羅法則是利用實驗的方法，得出 A 事件出現的頻率，以此估計出 A 事件出現的概率。優點是採用隨機抽樣的方法，較真切的模擬粒子輸運的過程，不受系統多維、多因素等複雜性的限制，是解決複雜系統粒子傳輸問題受推崇的方法之一。

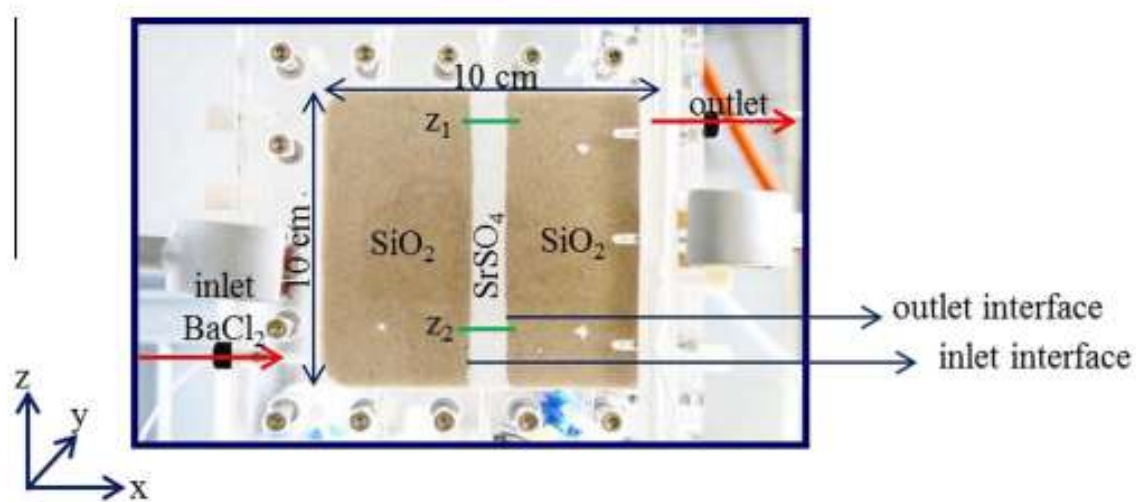


圖 3、尺寸為 10×10×1cm 兩層石英 (SiO<sub>2</sub>) 間的惰性介質填充 SrSO<sub>4</sub> 的反應介質。並注射 BaCl<sub>2</sub> 參與反應。(z<sub>1</sub> 和 z<sub>2</sub> 是反應介質的採樣位置)

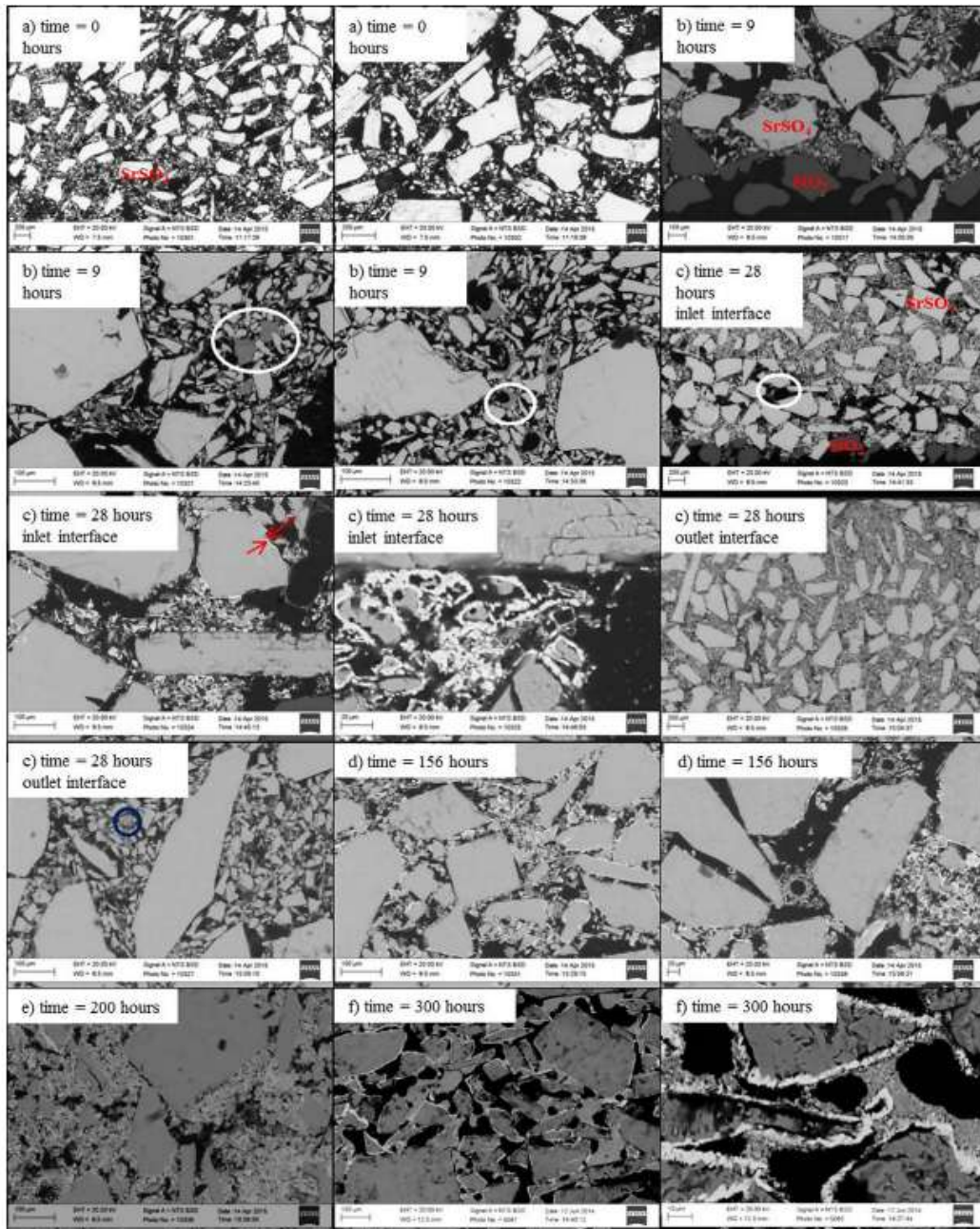


圖 4、顯示  $\text{SrSO}_4$  反應層微觀結構關係的 SEM 圖像：(a) 原始反應層的  $\text{SrSO}_4$  分佈。(b)  $\text{BaCl}_2$  注入 9 小時後的反應層，優先在圓形“孔”周圍形成奈米級細晶沉澱。(c)  $\text{SrSO}_4$  晶體上生長的薄外延邊緣（可能是  $\text{BaSO}_4$ ）的外觀，以及在反應性介面中的斷裂晶體中的相同化合物的填充。細粒沉澱物由明亮和較暗斑點的混合物組成。亮點可能對應於新生成的  $\text{BaSO}_4$ ，黑點可能是小溶解  $\text{SrSO}_4$  晶體的殘留物。在下方的石英- $\text{SrSO}_4$  介面，只能看到細粒沉澱。(d) 156 小時後，外延邊緣普遍存在。(e) 200 小時後，細粒填充和外延邊緣是無處不在的。(f) 反應介質 300 小時後。在位置 z2 拍攝 SEM 照片為“b, c, d, e 和 f”；“a”則是在位置 z1 拍攝的照片。

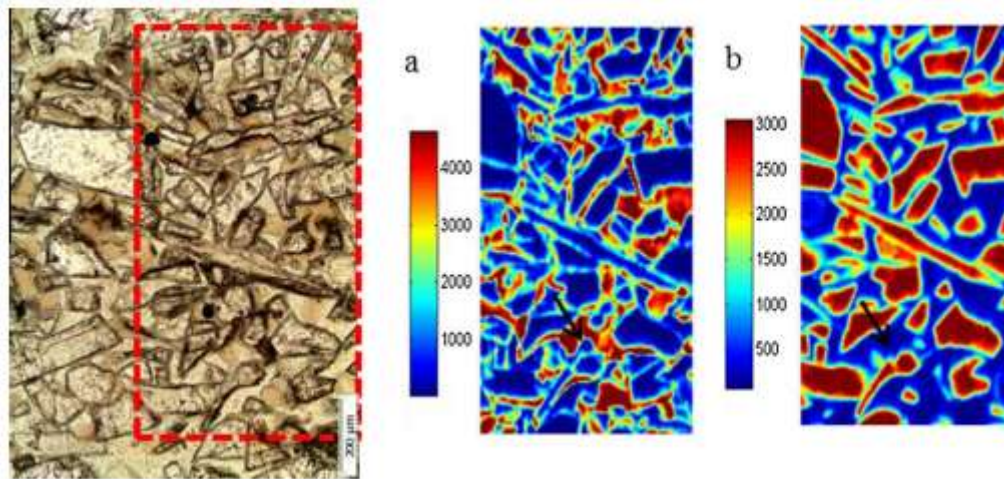


圖 5、顯示 (a) Ba 和 (b) Sr，使用  $\mu$ -XRF 技術獲得的氯化鋇注射 300 小時後的位置 z2 處的反應介質的光學顯微鏡圖像（左）和相應的元素映射（右側）。彩條刻度表示螢光檢測器計數。

### (三) 專題研討會

Goldschmidt 2017 會議於 8 月 13 日至 8 月 18 日在法國巴黎會議宮舉行，本會議為國際上地球化學最重要的會議，今年為第 27 屆，大會收到超過 4200 篇論文。大會主辦及資助者為 EAG (The European Association of Geochemistry) 以及 GS (Geochemical Society)。

此次 Goldschmidt 2017 大會共有 24 個主題：

1. Plenary sessions
2. Early Solar system
3. Making of planets (session for exoplanet exploration, impacts)
4. Early Earth
5. Earth's Mantle and Core
6. Crust to Mantle - Mantle to Crust
7. Crustal differentiation and specialization
8. Minerals and Geomaterials

9. Nano to microscale processes in geochemistry
10. Weathering, erosion and climate ( past, present and future )
11. Chemistry of ocean ( past present and future )
12. Environmental geochemistry ( groundwater, rivers, lakes aerosols, particulates, aerosols etc. )
13. Geochemistry and culture ( archeology, forensic, agriculture, paleo )
14. Geochemistry of contaminants and pollution
15. Geobiology of the Past ( mass extinction, fossils, origin of life )
16. Geobiology of the Modern
17. Climate and Atmosphere of the Anthropocene
18. Paleoclimate
19. Mineral resources for society
20. Energy resources for society
21. Geo-omics meets Organic Geochemistry
22. Innovation in geochemical methods
23. Models and data in geochemistry
24. Education, Outreach and Career Opportunities

大會秩序冊共 500 頁 (封面影本如圖 6)，大會提供手機應用程式 (App)，不但可節能減碳，且方便安排及自訂個人議程，惟此次大會並無提供秩序冊及論文摘要電子檔下載。摘要僅可由手機應用程式瀏覽，亦不提供下載，同時會場禁止照相。



圖 6、大會秩序冊封面。

本次會議，由於時間及人力有限，職主要著重於和本公司相關的主題進行學習及研討，主要重心在惰性氣體與穩定同位素在地下流體的原理與交互關係與應用，茲將心得敘述如下：

稀有氣體由於其化學惰性使其不容易與其他元素發生化學反應，使其成為一種接近於理想氣體的單原子氣體。通常稀有氣體與自身及其他元素作用主要是由於凡德瓦爾力及電極化效應產生的擴散力而作用。稀有氣體分子量越大越不遲鈍，其原子大小取決於（1）電子雲的強度（2）低溫時，其結晶原子及原子間的距離（3）凡德瓦爾半徑（4）物理特性..如：黏度等。吸附作用是稀有氣體與其他物質相互作用非常普遍的機制，在地球化學家感興趣的溫度範圍內，其吸附作用是一種很微弱的作用，但卻重要，在許多情況下，吸附與溶解是並行的，要區分兩者並不太容易。一般而言，天然水體中的稀有氣體是來自於空氣，且與空氣的平衡濃度相接近，所以，稀有氣體在水體中的溶解度相

當重要。稀有氣體在水中的溶解度與其他不與水發生化學反應的氣體一樣，並具有相同的量級，尤其是氫，與其他大氣氣體相同；其溶解度（純水中，0°C），為氮的 2.26 倍，氧的 1.09 倍。其溶解度隨著原子量的增加而增加，與溫度的關係亦很密切。通常其飽和異常的控制因素有四：

- (1) 壓力效應：其效應對所有稀有氣體的改變是均一的。
- (2) 溫度效應：分子量越大，對溫度便所造成的異常越大。
- (3) 氣泡：通常會造成過飽和，分子量越小，溫度越高，其異常越明顯。
- (4) 混合：由於溫度所造成的異常效應，使得不同溫度的水團混合所造成的異常現象。

大氣降水中的稀有氣體與空氣處於一溶解的平衡狀態，一般而言研究大氣降水主要是要更進一步瞭解地下水，特別是地熱水中稀有氣體組成的特徵，大部分的地下水均來自於天水，而原生水的特徵則還不清楚。其中天水的稀有氣體組成是不變的，但原生水中含有放射成因的稀有氣體，其組成是可變的。幾乎所有的研究均顯示地熱水來自於天水，仍存在著原生水供給的可能性。而在有地熱噴發，即地函源物質的  $^3\text{He}/^4\text{He}$  比值大約是大氣比值的 8 倍。地函之稀有氣體並無法直接的測量，所以必須藉一些間接的測量來瞭解地函中稀有氣體分佈之情形。故利用地函所衍生的物質來分析，如 Volcanic rocks、Volcanic gases、Mantle xenoliths、Diamonds 的分析可幫助瞭解地函之稀有氣體的分佈與歷史變化。對於較近代的(中生代以後)，可利用 Volcanic rocks、Volcanic gases、Mantle xenoliths 等三種物質的分析結果來推求。但由於岩漿一定由地函而來，故火山噴氣一定具有地函源之鈍氣，但卻少有證據證明（除了 He）。而其稀有氣體同位素組成亦很難分辨，因為大部分為天水（70%~100%），地函源完全被覆蓋掉了。但 He 同位素卻可以應用於地函的示蹤劑，特別是島弧環境。而火山噴器口與地熱水便可藉由  $^4\text{He}$ 、 $^{40}\text{Ar}$  (radiogenic)； $^{21}\text{Ne}$  及  $^{22}\text{Ne}$  (nucleogenic) 的分析提供地函源資訊。另一方面表水中因



人為產生(核爆試驗)的  $^3\text{H}$  富集很高。衰變為  $^3\text{He}$  將使  $\delta^3\text{He}$  比值達到百分之幾的異常。可應用於測量水體的年齡，水體與空氣隔離的時間間隔及水體混合過程。

在含水層的系統中，測定  $^4\text{He}$ 、Ra、Rn 可求得  $^4\text{He}$  的通量及年代。稀有氣體在含水層中測得的濃度通常較預期的高，這是由於過量氣體 (excess air) 所造成的誤差。一般而言，若有過量氣體，則所換算而得的稀有氣體溫度以 Ne 最低，Xe 最高，這個問題可由 Ne、Ar、Kr、Xe 的一系列的測量值來進行校正。其中 He 不能作為稀有氣體溫度計，因為它可由 U、Th 的衰變而產生，並持續累積，但也由於此特性，使得  $^4\text{He}$  可進一步提供年代的資訊。在 Paris Basin 甚至利用  $^4\text{He}$  的累積而發現了 70Ma 沉積成因的古封存水，即地下水和含水岩層同時形成，未經水交替而一直保存至今的同生水。雖然  $^{14}\text{C}$  年代亦可提供 1000~40000 年的資訊，但若有強烈的化學作用或同位素交換過程 (如死碳的影響)，則會影響  $^{14}\text{C}$  年代的測定，而必須以  $\delta^{13}\text{C}$  做進一步的校正，且無法提供 40000 年以上的資訊。

眾所皆知， $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta\text{D}$  由於溫度效應的影響，高度越高、溫度越低亦會使得  $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta\text{D}$  的值偏輕，進入地下水後可保存當時溫度所造成的改變，亦可成為古氣候的指標。其他的化學離子濃度亦可提供一參考資訊，所以在 Paris Basin 發現稀有氣體溫度與  $\delta\text{D}$  有良好的線性相關 (Kloppmann and Dever, 1998)。但在 Maryland Aquia aquifer 其  $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta\text{D}$  並沒有靈敏的反映出氣候變化造成的影響，反而是氯離子的濃度與稀有氣體溫度有較好的相關性，因為氯離子反映了上次冰期時較低的海平面。

因此在一複雜的體系中，若能藉由多重示蹤劑間相互的消長關係來補足彼此間的不足，則可將地下流體的形貌、年代以及移棲的路徑及過程做一較完整的詮釋。

#### (四) 壁報論文展示

職於會中發表壁報論文一篇，題目為“Domestic Gas Field Formation Water Repository Establish And Improved Production Feasibility Study”(圖7)。壁報主要展示台灣西北部氣田地層水之地化分析及模擬結果。本公司國內陸上之油氣田大多已進入生產末期，均面臨因出水或氣層壓力降低而停產，導致產量逐年下降。這些停產的生產井部分是因出水而停產，如經處理，應仍具再生產之潛能。因此，為增加舊氣田之產氣量、提高整體油氣田之採收率，本研究在油氣增產技術上進行相關研究，試圖延長國內現有油氣田之生產年限。中油公司陸上氣田礦區部分氣井採共串生產，以致無法釐清出水層位，最終導致關井停產，間接喪失非出水層位之產能，若能釐清其出水層位，阻止地層水流入井內，則可使此井再行復產。

本研究首先蒐集研究區域各井之井下地質資料、生產資料、穿孔資料、井況、修井資料及近年來生產報表，挑選不同層位之生產中氣井，採集其伴產水進行分析。但由於從礦區生產井拿到的地層水樣品，往往是在產油的層位所取得，故水體中會溶有大量油品所含有機物。因此本研究成功建立了固相萃取油水分離技術，不但使地層水之水相部分分析時不受有機物干擾外，同時其分離出之有機相部分亦可進行氣相層析質譜分析。利用地層水這些水文化學資料建立不同生產層位之地層水文特性資料，協助建置國內氣田地層水之氫氧同位素、主要離子及微量元素資料庫。利用地層水不同分層之端成分參數，建立二維典型地質模型，用以模擬地層水之出水混合情形，並針對共串生產井進行堵水增產效益敏感度分析。最後採取共串生產井之地層水樣，進行共串生產氣田之地層水來源辨識，嘗試釐清國內氣田，因出水停產之共串生產井之出水層位，提供現場工程單位針對國內氣田進行後續修井規劃，作為提升國內氣田產能增產執行上之依據。

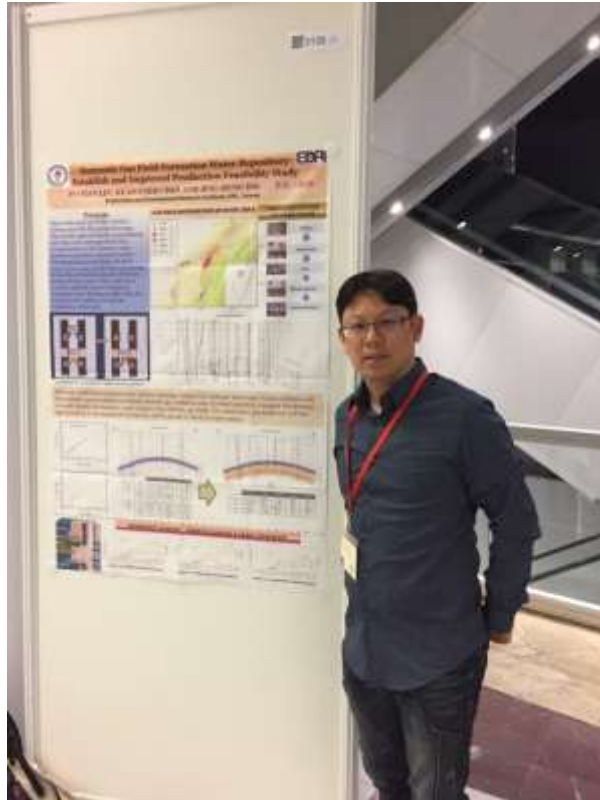


圖 7、壁報論文發表。

### 三、心得及建議

職很榮幸能代表中油探採研究所參加第 27 屆 Goldschmidt 2017 國際地球化學會議，內容非常豐富，除了聆聽各國學者的最新研究動態之外，也結識了許多地化界的專家，覺得受益良多。在研究發展方面，由於公司為事業單位，並不會投入太多學術研究的精力，主要的方向在為公司創造利基。由這次大會的研發內容來看，大多仍在發展階段。但確實又是對未來探勘極有幫助的方向（例如儲集岩的地化模型及惰性氣體方面的應用），本公司並無如此多的人力及精力可供投入，建議可以在未來多與學術單位合作，讓學術單位去做基礎的研發工作，而公司則可將這些研發完成之新技術結合傳統的觀念及方法加以整合應用。

此外，此次與會除了對地化探勘的前端研究有更深入的了解外，也對會議的舉辦方式有深刻的體認。國內許多研討會仍然沒有進入到電子化、無紙化，甚至連報名費都還要劃撥再上傳證明。然而現在的國際會議從會前的通知、註冊、繳費幾乎採用全電子化

模式，也有手機的 App 提供下載，並提供最新的訊息，真正達到節能減碳，且可以更精準地控制本身的行程。而 App 除了提供這些與會議相關的資訊外，另結合議場當地的觀光、交通、飲食等資訊，真正落實辦理國際研討會對於當地民生的邊際效益。我國可以學習這些會議的模式辦理（圖 8）。



圖 8、利用 App 安排研習場次及找尋當地的民生資訊。

#### 四、參考文獻

- Curtis, M. E., Sondergeld, C. H., Ambrose, R. J., and Rai, C. S., (2012). Microstructural investigation of gas shales in two and three dimensions using nanometer-scale resolution imaging. [J]. AAPG Bulletin, 96, 665-677.
- Kloppmann, W. and Dever, L., 1998. Residence time of Chalk groundwaters in the Paris Basin and North German Basin: a geochemical approach. Applied Geochemistry. Vol.13, pp593-606.
- Poonosamy, J., Curti, E., Kosakowski, G., Grolimund, D., Van Loon, L. R., and Mader, U., (2016). Barite precipitation following celestite dissolution in a porous medium: A SEM/BSE and  $\mu$ -XRD/XRF study. GEOCHIMICA ET COSMOCHIMICA ACTA, 182, 131-144.