

出國報告（出國類別：開會）

區域型油氣探勘研討會 出國人員報告書

服務機關：台灣中油股份有限公司

姓名職稱：楊天南（地質師）、林逸威（地球物理師）

派赴國家：緬甸

出國期間：107年11月12日至11月16日

報告日期：107年12月12日

摘要

本出國計畫為因應政府新南向政策及公司業務需要之 107 年度計畫內出國，前往緬甸仰光參加「區域型油氣探勘研討會」。藉參加此會議了解緬甸陸海域油氣礦區的探勘及生產開發經驗，有助於公司在台灣陸上及西南海域的探勘業務。

緬甸陸域傳統油氣產自中央盆地的背斜構造，新的探勘標的將為漸新世的同張裂沉積構造。海域礦區如馬達班(Moattama)盆地、安達曼(Andaman)盆地及若開(Rakhine)盆地以生物氣型天然氣為主，探勘標的是海下水道沉積的砂岩及溢堤的砂質粉砂岩，為不錯的儲集岩。

澳洲 Woodside 公司採用即時水下聲波收集器 (Real-Time Hydrophone) 於鑽井同時收集震測資料，進行震測資料處理時則運用全波形逆推，來求解出精細的速度模型，讓地下砂岩及頁岩的分布型態更加清晰。

法國 Total 公司擁有安達曼(Andaman)盆地東部的 Yetagun West Block (YWB) 礦區 100%的工作權益，預計明年(2019)一月進行讓出(Farm out)動作，本公司可參與該案及進行評估是否合適讓入。

緬甸自 2012 年被解除經濟制裁，經濟發展迅速，對油氣的需求日益增加，於是積極的對國際開放礦區投資案。影響所及，法令逐漸鬆綁以吸引外資，然仍需視實際合約內容為要。此外，在當地進行探勘活動也存在不便性風險。

除緬甸外，周遭國家如斯里蘭卡或印尼等國家，油氣礦區的工作權益或經營機會也可留意，為政府的新南向政策增添成長動能。

目次

| | |
|---------------|----|
| 摘要..... | 1 |
| 目次..... | 2 |
| 壹、 目的..... | 3 |
| 貳、 過程..... | 4 |
| 參、 具體成效..... | 11 |
| 肆、 心得及建議..... | 21 |

壹、目的

台灣中油公司除持續在陸上探勘新油氣礦區，對海域的礦區也積極地進行探勘活動，尤其 F 構造是重點開發礦區。此外，極力爭取得國外的油氣礦區之權益或經營權，也是本公司近年來極為努力的要務，以及為配合政府的新南向政策，前瞻性地為公司尋找緬甸及鄰近區域具油氣潛能礦區的購入預做準備。因此，藉參與在緬甸首都召開的區域型油氣探勘研討會，來了解及蒐集緬甸及鄰近國家有關油氣探勘及開發的資料，可對緬甸整體構造及盆地演化與油氣藏情形更加清楚，有利於未來對緬甸礦區進行評估時，可避免因誤判而沒能為公司獲取利益或造成公司鉅額虧損的發生。

緬甸是全球最老的產油國之一，也是亞洲重要的石油與天然氣生產國，其最早輸出第一桶原油時間可追溯至 1853 年，於 20 世紀初期原油產量更高居全球第 14 大產油國。自 2012 年起，美國及歐盟取消對緬甸的經濟制裁，該國開始積極招商及對國際石油公司開放競標陸海域油氣田礦區，引進國外新的探勘、鑽井及生產開發技術，促進該國的油氣產能。近幾年緬甸政治愈益開放，經濟改革及發展也突飛猛進，而緬甸的油氣探勘與開發已成為當今全球的熱點。本公司如能在緬甸的油氣礦區佔有一席之地，必有助於達成提升自有能源的目標。

今年 11 月(2018)進行之區域型油氣探勘研討會是第四度在緬甸仰光召開，由美國石油地質師學會(AAPG)、歐洲地球科學師與工程師學會(EAGE)及緬甸地球科學會(MGS)共同舉辦，會議主題為「緬甸：一個全球石油與天然氣熱點：釋放油氣系統潛能」。與會並發表研究成果的有緬甸電力及能源部、緬甸國營天然氣與石油企業、緬甸國立大學、緬甸地球科學會及國際知名的石油公司與服務顧問公司，如澳洲 Woodside、法國 Total、美國 Chevron、泰國 PTTEP、馬來西亞 PETRONAS、荷蘭 Shell、韓國 Posco Daewoo、中國 CNPC 及法國 CGG 和 Schlumberger 等。研討的主要議題有四大類包括，(1)海下水道砂體的探勘及生物氣的評估與開發；(2)緬甸陸上中央盆地礦區、淺水礦區及深水礦區的探勘與開發；(3)震測資料收集與處理所面臨的問題；以及(4)其他國家礦區探勘。

貳、過程

本次出國任務為期 5 天，主要行程為參加 11/12 至 11/15 舉行之「區域型油氣探勘研討會」。會議舉辦地點位於緬甸首都仰光市，詳細出國行程如表一所示。

表一、出國行程表

| 起迄日期 | 天數 | 到達地點 | 詳細工作內容 |
|--------------------------------|-----|----------|----------------|
| 107.11.12(一) | 1 | 台北-緬甸仰光 | 啟程 |
| 107.11.13—107.11.15 (二)~(四) | 3 | 緬甸 仰光 | 參加「區域型油氣探勘研討會」 |
| 107.11.16 (五) | 1 | 緬甸仰光-台北 | 返程 |
| 合計 | 5 天 | | |

1. 區域型油氣探勘研討會會議簡介

此一在緬甸仰光市舉辦的區域型油氣探勘研討會為亞太區域性油氣會議，今年(2018)是第四次召開。首次會議於 2014 年舉行，接著分別於 2015 及 2017 召開第二及第三次會議。前三次皆由美國石油地質師學會(AAPG)及緬甸地球科學會(MGS) 共同主辦，今年的主辦單位又增加歐洲地球科學師與工程師學會(EAGE)，四次會議地點都是在仰光市召開。會議的重點皆聚焦在緬甸的地質架構與油氣藏的關聯性，亦即探討緬甸的陸海域石油系統及風險和提升開發生產的議題。

出席此一區域型油氣探勘研討會的來賓約有 200 人。會議會場包含報到處、廠商展場、海報展示區及兩個演講會議廳。研討時間每天上午 8 點至下午 5 點半左右。第一天上午安排五場開幕主題演講，剩下的兩天半之五個場次，依全體性議題、陸域礦區及海域礦區之馬達班(Moattama)海及若開(Rakhine)盆地探勘現況來安排演講場次。其中，第二天之全體性議題與陸域礦區發表論文數較多，分別在兩個會議室同時進行議程。此次會議中以口頭發表的論文數達 44 篇，海報展示的論文共 17 篇。主辦單位於與會者報到時，提供含議程之論文短摘要集及論文長摘要電子檔以便參閱。

2. 區域型油氣探勘研討會議程簡介

本研討會雖主題眾多但都聚焦在緬甸陸海域的地質構造演化與石油系統關連。包括緬甸中央盆地及深水區的地質探勘與新震測資料解釋、深水區水下水道或峽谷砂體分布型式探討與鑽井位置選擇建議及生物氣富集機制與經濟開發評估等。

第一、三天的議程都在同一議場，因發表論文數多，所以第二天依主題區域分開在兩個議場同時進行，2 位派員分工合作，各自聆聽不同的議題。第二天下午還安排一個綜合交流論壇時段，讓各礦區經營人當場反映所面臨的問題及地主國的回應。以下為議程簡介：

- (一)開幕主題演講：共有五個面向之主題演講分別是，「緬甸之油氣探勘與生產景況和著手處理在緬甸出現的探勘挑戰」(Hydrocarbon Exploration and Production Landscape in Myanmar and Tackling the Exploration Challenges in Myanmar)、 「Total 在緬甸進行天然氣探勘與生產的承諾」(Total Commitment to Explore for and Produce Gas

in Myanmar)、「在緬甸三年成功的鑽井經驗，Woodside 的一個看法」(Three years of Successful Drilling in Myanmar, a Woodside Perspective)、「在緬甸成熟的中央緬甸盆地中一個未曾嘗試的油氣探勘標的概念」(An Unexplored Petroleum Play Concept at the Mature Central Burma Basin, Myanmar)及「從探勘到生產 PTTEP 如何解決緬甸地下的挑戰」(How PTTEP Resolved the Subsurface Challenges in Myanmar from Exploration Through to Production)；

(二)全體性議題 (General)：談及生物氣的聚集機制、控制因子及緬甸的潛能、薄層儲集岩的價值、多盆地資源評估與油氣系統模擬對緬甸地區未被發現之投資組合探討、深水域探勘經驗分享及安達曼海(Andaman Sea)和緬甸南部之新生代構造運動造成印度火山脈增積的演化；

(三)普遍性議題 (General/Myanmar + Moattama + Andaman)：探討在緬甸陸海域、馬達班盆地及安達曼海等處礦區的新震測資料解釋、砂體沉積模式、深水區天然氣水合物產狀和在 Zawtika 開發區尋找新探勘標的；

(四)緬甸陸域 (Onshore)：研究成果較發散，有討論天候對震測施測的影響、探討石灰岩微相與沉積環境、Salin 次盆地的生油岩潛能與油氣發現、Kyaukmyaung 地區地質構造與油氣產狀分布的關聯性及幾篇論文探討地質議題；

(五)緬甸若開盆地陸海域：從陸上、淺水區至深水區都有研究，發表的成果領域以地質探勘及地球物理震測測勘為主；

(六)論壇-未來探勘焦點區域的研究、科技、經營與商業化 (Focus Areas for the Future - Research, Technology, Operations and Commercial)。

3. 區域型油氣探勘研討會參與過程簡述

本次與會參與內容主要分為以下三個部分：

(一)參加開幕主題演講；

(二)至會議廳聆聽成果發表；

(三)赴石油公司展示攤位及海報區與作者進行意見交流。

本區域探勘研討會議召集人於開幕時介紹，緬甸近幾年經濟愈益開放及發展，人均消費油當量或天然氣的需求持續增加，開放陸海域油氣礦區的經營權益，已吸引國際知名石油公司的參與探勘與生產開發，也讓緬甸成為全球探勘熱點，特別是在緬甸外海區。今年的會議將展現探勘及鑽井成果與如何克服更多所面臨的挑戰。

緬甸政府的電力暨能源部部長致詞時，細數緬甸過去輝煌的油氣產能，而今對緬甸地區地層的瞭解，亦即儲油層及生油層的掌握更充分，以及震測施測範圍更廣，並提及緬甸的石油地質師也跟上潮流，運用新科技和知識來探討陸上西部的構造運動與石油系統關聯議題。

幾個主題演講的內容包括，陸上及海域礦區（分佈如圖一）探勘及生產開發現況介紹，陸上原油每天產約 6300 桶，天然氣產量約 5000 萬立方英尺，外海凝結油每天產約 3000 桶，天然氣產 19 億立方英尺。煤礦分佈於全緬甸，以西部的分佈較大，中部及東部較小。目前緬甸油氣探勘礦區劃分在陸上有 53 個、海域有 51 個。過去 10 年緬甸鑽井數在亞太區佔 2%，於緬甸海域鑽獲的 99% 為天然氣。近年緬甸鑽井數下降，發現的資源量也下降。然而因開放經濟發展，緬甸的天然氣需求每年成長 10%，促使緬甸政府更鬆綁新訂石油法規、更開放新的公開競標案。

Total 公司於 1975 年即開始在緬甸從事探勘活動，以 M5 和 M6 礦區（位置參照圖一）的 Yadana 氣田為成功案例說明，自 1993 年開始探勘、鑽野貓井及佐證井，於 1998 年開始產出天然氣。對緬甸而言，開發生產天然氣等同取得有價值的日用品。液化天然氣可作為供應緬甸需求日益增加的橋樑，外國主導的投資仍是必要的，而具長期價值的關鍵在於其負責任的投資，公平的對待所有利害關係者（Stakeholders）。

Woodside 公司持有若開盆地海域的經營權，過去五年鑽 7 口探井、發現 4 個氣田、鑽 3 口佐證井及實施 3 個 DST，以及收集 233,000 平方公里之三維震測資料。該公司引進新技術-即時水下聲波收集器（Real-Time Hydrophone），可於鑽井同時收集震測資料。進行震測資料處理時該公司也同時進行全波形逆推（Full Waveform Inversion）。該公司與利害關係者維持良好的關係，如施做震測時避開漁民捕魚作業時段、與養殖業溝通及必要的補償等。

中央緬甸盆地是被證實有油氣的盆地且成功鑽井進入開發生產的比例高達90%。1889年發現的Yenangyaung油田、1901年的Chank油田和1970年的Mann油田都屬於背斜探勘標的(Anticline Plays)，其中1970年發現的Mann油田更曾是二次大戰後最大的陸上油田。現存漸新世至中新世地層的構造探勘標的(Structure Plays)，在此盆地大小規模不等，從小於1百萬桶油至4億桶油，差異性很大。演講者進一步建議漸新世同張裂沉積構造是緬甸具潛能之新探勘標的，類似的探勘標的在南亞及亞洲地區皆已成功發現油田。

PTTEP公司自1989年開始在緬甸投資進行油氣探勘，與Total公司為合資夥伴(Joint Venture Partner)，共同探勘與開發許多海域礦區，如已於1998年開始產出天然氣的Yadana氣田(位於M5及M6礦區)。Zawtika氣田位在M9礦區(位置參照圖一)，已鑽超過150口探井，儲氣層為半固結砂岩，此礦區具高密度斷層將儲氣層分隔為非常多的小區塊。因此，開發策略是密集式地每小區塊鑽一口生產井，連結許多小區塊的生產井管串，合而為單一生產管輸出天然氣。

由於岩石物理參數的不確定性，往往產生難以準確預測高異質性的儲集岩分布。此次會議中，來自馬來西亞Petronas科技大學的研究員介紹運用類神經網路套用在井測資料上，可以成功地預測頁岩質儲集岩的孔隙率、水飽和度及確認沉積相，且比傳統方法還要好。

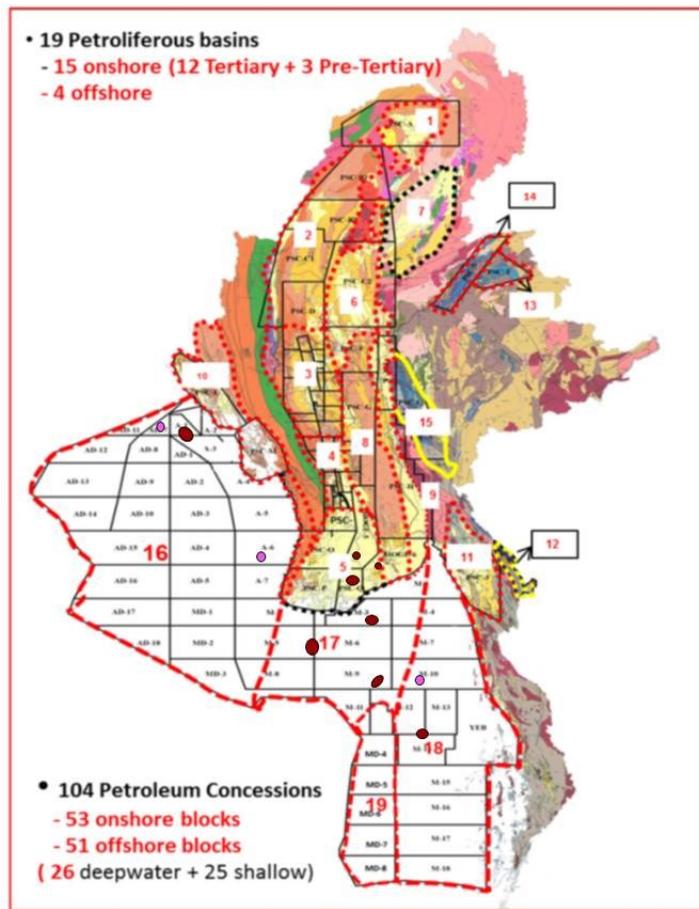
緬甸氣候分乾濕季，過去陸上震測施測時間只限於乾季，其原因為雨季面臨許多施測作業的困難，如洪水至河水氾濫到平原區造成路面泥濘，連震測車都難以行進、農夫會阻礙施測(因許多農田作物已熟成或正在耕作幼苗)及施測成本增高，在進行風險評估時，這些因素皆須被考慮。此外，與當地社區住民維持良好的關係也有助於施測作業順利進行。

頁岩因緻密性高而為非常好的蓋層，阻擋油氣不使之繼續往上移棲，然因礦物組成差異、裂隙或斷層作用及高壓頁岩層等因素，造成鑽井時發生不穩定現象，甚至容易造成危險。為克服頁岩之黏土礦物組成中高膨潤土(smectite)吸水膨脹所造成的高壓不穩定難題，研究者提出兩種頁岩抑制劑來解決，(1)添加硫酸化瀝青(sulphonated Asphalt)可避免泥漿中流體與膨潤土起化學反應；(2)添加氯化鉀泥漿來浸入頁岩中裂隙或孔隙，或加入重晶石(Barite)升高泥漿比重來穩定地層。

總結來說，主題演講內容介紹緬甸的豐富油氣資源，包含陸上及外海的礦區，前者以產油為主，後者到目前為止只發現有天然氣。Yadana 氣田已生產 20 年，供應緬甸的民生需求。Zawtika 氣田因受到斷層系統作用影響，被分隔成許許多多小區塊，經營人的開發生產策略是每小區塊鑽井再併聯同時生產出天然氣。陸上中央緬甸盆地油礦區除已知的背斜構造探勘標的，也可考慮漸新世時期發生的同張裂沉積構造為新探勘標的。近幾年緬甸鑽井數下降，發現的資源量也下降。

探勘技術日新月異，如結合類神經網路對儲集岩的特性如孔隙率、滲透率、水飽和度及純砂岩比例(net to gross)等，可有效判斷含油氣層資源量及擬定生產開發之因應措施。緬甸陸上震測施測與資料收集，也會面臨不利的氣候及當地人的干擾等問題。會場之成果發表也分享如何克服鑽井或遇到的高壓頁岩層難題。這樣的經驗分享與本公司在台灣陸上實施震測作業與資料收集，以及在龍船構造地區鑽井曾遇到的古亭坑層泥岩高壓時，所面臨的情況相同，可引為借鏡。未來如有機會評估緬甸礦區、成為經營人時，震測作業時間和成本的考量，以及鑽井計畫中泥漿成分設計等，皆不能輕忽。除探勘風險外，經營人與礦區當地的利害關係者需維持良好的關係，是投資者必須考慮到的風險。

Petroliferous Basins & Petroleum Concessions



| No | Basin | Province |
|----|----------------------|---------------------|
| 1 | Hukaung | Central Low Land |
| 2 | Chindwin | |
| 3 | Central | |
| 4 | Pyay | |
| 5 | Ayeyarwady | |
| 6 | Shwebo-Monywa | |
| 7 | Myitkyina-Katha | |
| 8 | Bago Yoma | |
| 9 | Sittaung | |
| 10 | Rakhine Coastal | Rakhine Coastal |
| 11 | Mawlamyine | Southern Peninsular |
| 12 | Mepale | |
| 13 | Namyau | Eastern Highland |
| 14 | Hsipaw-Lashio | |
| 15 | Kalaw | |
| 16 | Rakhine Offshore | Bay of Bengal |
| 17 | Moattama Offshore | Andaman Sea |
| 18 | Tanintharyi Offshore | |
| 19 | East Andaman | |

Yellow: Oil and Gas Prone
 Orange: Oil Prone
 Green: Gas Prone

圖一、緬甸陸海域油氣礦區分佈。海域之紅色橢圓為生產中生物氣田，陸域之紅色橢圓為小規模生物氣田，海域之粉紅橢圓為重要發現的生物氣田。(修改自 Zaw et al., 2018)

參、具體成效

參與此次會議得到具體的成效在於，緬甸海域礦區的天然氣田之成功探勘與開發經驗，可讓我公司引為借鏡參考。以下內容呈現幾個探勘經驗來分享，如深水區濁流岩之生物氣發現、棚折(shelf break)三角洲沉積系統及震測施測遇到的問題等。此外，緬甸鄰近國家的油氣潛能及探勘活動現況，如斯里蘭卡及印尼的爪哇東部，也藉由此次會議獲得許多寶貴的資料。

(1) 海下水道砂體的探勘及生物氣的評估與開發

Assessment of Controlling Factors in Economic Biogenic Gas Accumulation in Late Pliocene Deep Water Turbidite, Offshore Northwestern Myanmar

Seunghyoun Lee, Soyoun Kim, Namdae Jo, and JhoonSoo Jho, POSCO DAEWOO Corp., Korea

浦項大宇(POSCO DAEWOO)公司於 2004 至 2006 年期間，在若開盆地北端發現 Shwe、Shwe Phyu 及 Mya 三個生物氣之天然氣田(圖二)，其證實及推定蘊藏量(2P reserves)可達約 4 Tcf。該天然氣為乾氣，超過 99 %由甲烷組成，較輕的碳同位素比值顯示為生物氣。此儲氣層含砂量高，導因於其上覆在類型一的層序邊界，相對應於快速的海平面下降時期。該儲層平均純砂岩比例為 35 ~ 85 %，孔隙率為 22 ~ 24%，氣層厚度 20 公尺至 45 公尺。此儲層被解釋為疊置的扇體沉積以及自然堤—溢岸沉積(圖三)。

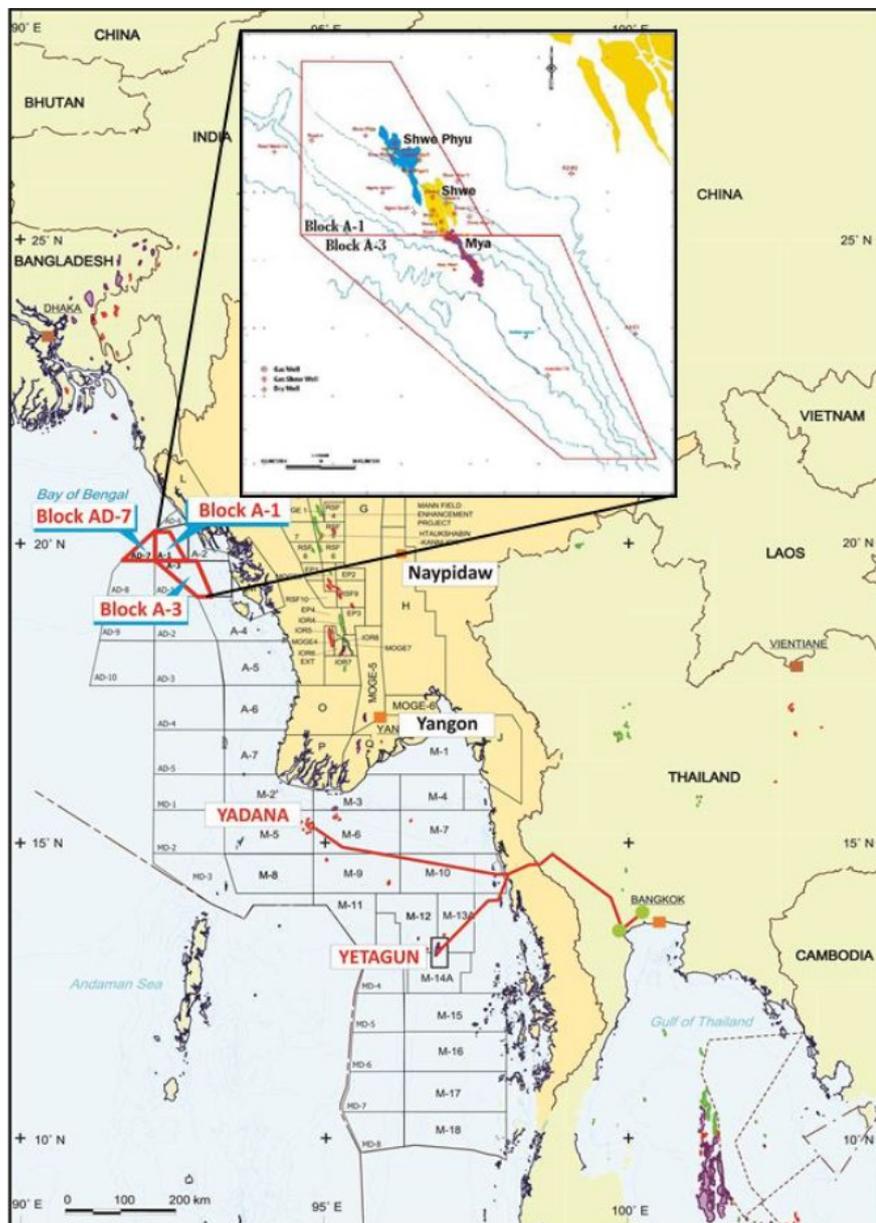
在探勘過程常常會發現生物氣，但是能夠讓生物氣累積達到經濟效益，有以下幾個控制因素：

1. 生油岩品質：上新世至更新世沉積物主要以陸源有機物為主(類型三)以及缺硫的孔隙水環境讓微生物能夠產生甲烷。生油岩 TOC 達 0.72%。
2. 地化環境：緬甸西北外海於上新世至更新世的低地溫梯度也加深了產生生物氣的氣窗深度。
3. 有效的地層封閉、蓋層的形成：在埋藏歷史的前期，有效的地層封閉，對於捕捉生物氣的貢獻很顯著。深海頁岩的性質以及高沉積速率所形成上覆的蓋岩厚度，都提供足夠封阻能力。
4. 儲層的幾何形狀：在沉積前期低角度的儲層，以及在後期因為構造運動而儲層傾斜(圖四)，都被視為有效的生物氣累積機制。因為在沉積早期，儲層

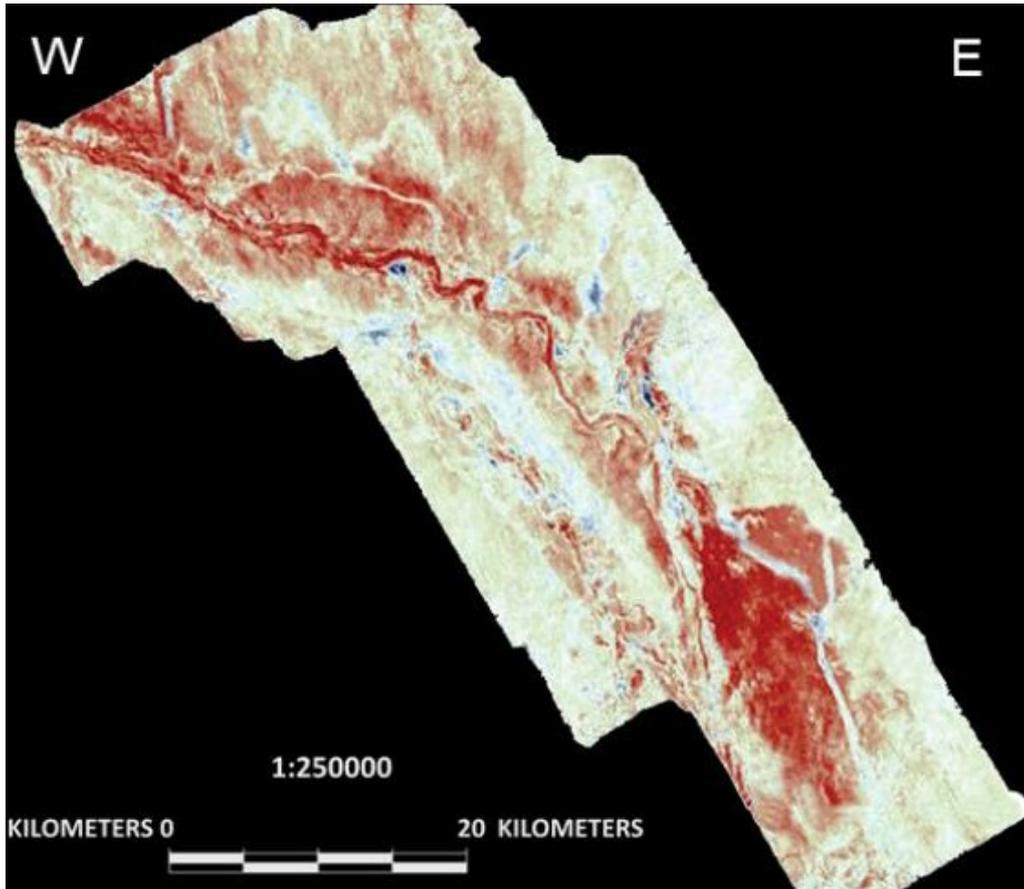
因為構造運動傾斜，會造成氣柱增加以及較高的浮力，以至於破壞早期封阻能力較低的蓋岩。

5. 天然氣水合物的穩定環境：古代的天然氣水合物能夠讓生物氣累積在深海的環境。天然氣水合物在前期可以防止生物氣脫逃至地表，從 P-T 穩定帶下方釋放之游離氣移棲至早期形成的圈閉構造。

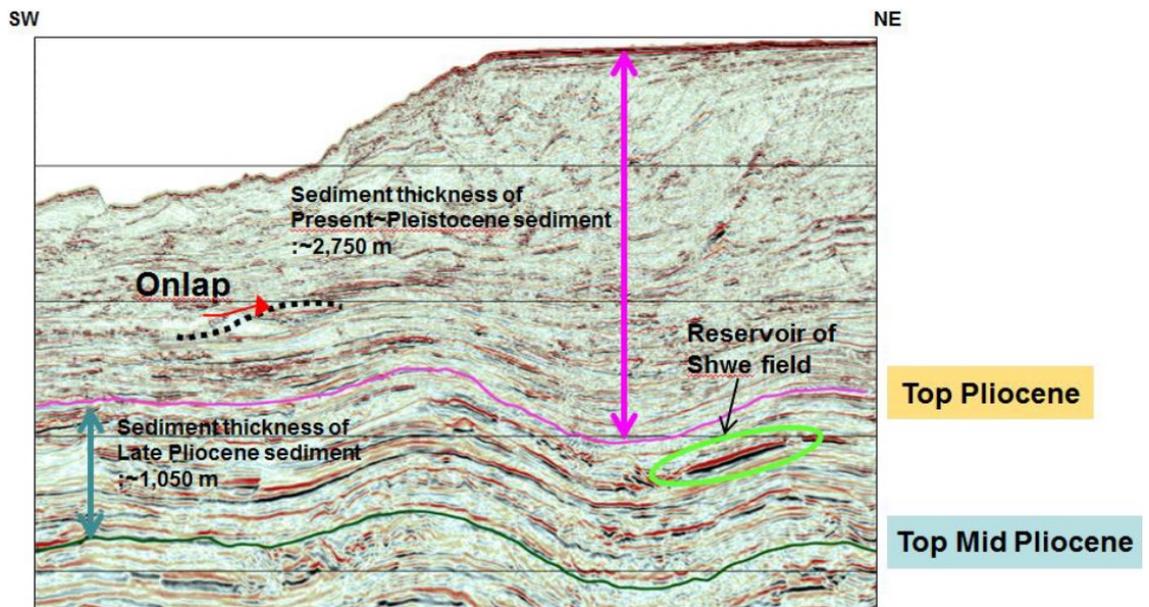
6. 低溫環境：古氣候的變遷，也被視為重要的影響因素之一。在上新世至更新世冰河時期的低溫狀態，是天然氣水合物形成以及生物氣聚集的不錯條件。



圖二、位於 A-1 及 A-3 之三天然氣田平面圖。



圖三、海下水道及扇系統的沉積體系之振幅分佈圖。



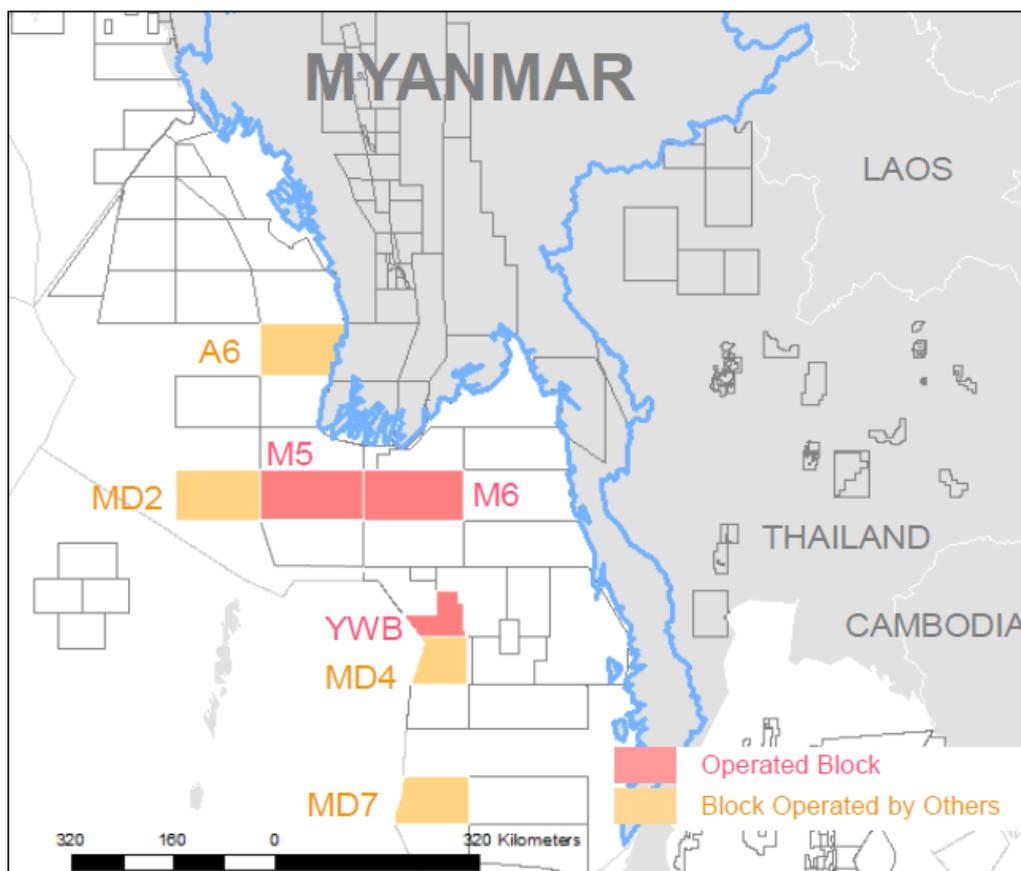
圖四、A-1 及 A-3 區塊三維資料剖面，儲層位置以及解釋之層面與構造特徵。

(2) 緬甸陸上中央盆地礦區、淺水礦區及深水礦區的探勘與開發

What is Happening Beyond the Irrawaddy Shelf Break? Insights from New 3D Seismic on the Delta Slope in the Northern East Andaman Basin.

K. Ryan; T. Vandenabeele; K. Pander; S. Bandal; S. Van De Beuque; J-L Montecat; A. Azraei; J-P Thiriet. Total E&P, Singapore

Total 公司在安達曼盆地東側擁有三個礦區，分別是 M5、M6 及 Yetagun West Block (YWB)，其中 YWB 是 Total 公司 100%經營的區塊(圖五)。由目前所採集三維資料的結果顯示，此區塊可能發育了有利於生成及封閉大量油氣的石油系統。

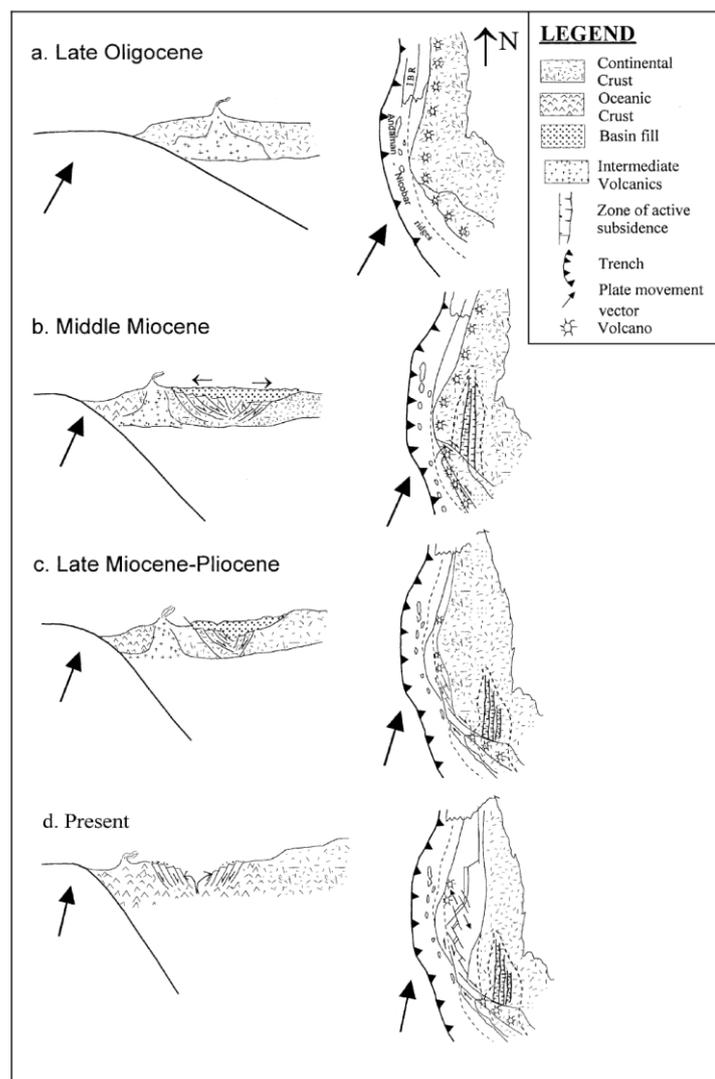


圖五、目前 Total 公司於緬甸所經營及非經營礦區。

進一步了解 YWB 區塊探勘潛能的關鍵因素包括，了解此區域主要影響沉積的因素以及儲層和生油岩系統的地層與空間分布。關於這些問題，目前 YWB 區域的震測資料採集，很明顯地能夠提供幫助。

從喜馬拉雅山腳至馬達班外海，沉積了由伊洛瓦底江(Irrawaddy River)所供應的巨厚新生代碎屑沉積物，要歸因於以下幾個因素：

1. 更新世至早中新世的弧後張裂及其所導致的熱沉降，形成了南北向的「槽」沿著現今的安達曼盆地東側延伸，也就是在現今馬達班盆地的下方以及其往北的陸上(圖六-a)。
2. 印緬山脈(Indo-Burman range)持續往西移動，加上巽他(Sunda)高區持續往東，形成一個軸對稱的雙邊流域系統，容納沉積物輸入此南北向的盆地(圖六-b)。
3. 印度碰撞所造成顯著的抬升與侵蝕產生了大量的沉積物，因此持續的填充此一容納空間，使得整個體系快速地往南進積。這個現象因陸上盆地受到持續抬升作用，造成較老沉積物被侵蝕掉而更加放大。



圖六、安達曼海從晚漸新世至今之構造演化示意圖。(Khan & Chakraborty, 2005)

上述沉積系統的棚折正位於 Total 公司所經營 YWB 的北側，此區塊從中新世開始，是三角洲前緣的低水位深水碎屑濁流系統及東安達曼盆地的匯流點。先前

施測之二維測線顯示，此區塊於海床上有許多下切峽谷，以及在上新世至更新世的地層，有許多大型的疊置侵蝕或建設性的水道－自然堤複合體，往南延伸至安達曼海的深海平原。依盆地及沉積幾何形貌研判，中至上部中新統沉積物可能包含在坡腳的遠端濁流系統沉積之內。

大面積採集的三維資料，可辨識上述之儲集層屬於構造封閉或地層封閉，其震波振幅分析指出，於陸坡到遠端濁流系統遍佈的沉積物存在於整個中新世。中新統主要為分散的水道及扇體，而較淺的地層則是以規模較廣之側向補償水道－自然堤系統為主。從棚折侵蝕以及震測振幅顯示於中新世，東部陸棚有許多沉積物的入口，指示除了依洛瓦底三角洲系統之外，還有第二個儲層砂體的來源。

講者以期待口吻說，待三維資料處理完成後，現今沉積系統的分析，包含其與東安達曼盆地構造上演化的關係，將可以證實可行的石油系統存在，也可以利用直接油氣指徵(Direct Hydrocarbon Indicators)標出及確認在這個區塊有油氣潛能的構造。

(3) 震測資料收集與處理所面臨的問題

Risks Associated with Seismic Acquisition Onshore Myanmar During the Monsoon Period, and how to Mitigate Them

Jan de Bruin, JdB, Philippines

緬甸氣候分乾濕季，過去陸上震測施測時間只限於乾季(圖七)，其原因為雨季面臨許多施測作業的困難，如洪水至河水氾濫到平原區造成路面泥濘(圖八)，連震測車都難以行進、農夫會阻礙施測(因許多農田作物已熟成或正在耕作幼苗，圖九)及施測成本增高，在進行風險評估時，這些因素皆須被考慮。此外，與當地社區住民維持良好的關係也有助於施測作業的順利。這樣的經驗分享與本公司在台灣陸上實施震測作業與資料收集時面臨的情況相同，未來如評估緬甸礦區、成為經營人時，震測作業時間和成本的考量皆不能輕忽。



圖七、乾季時期實施震測收集資料。



圖八、雨季時河川氾濫情形。



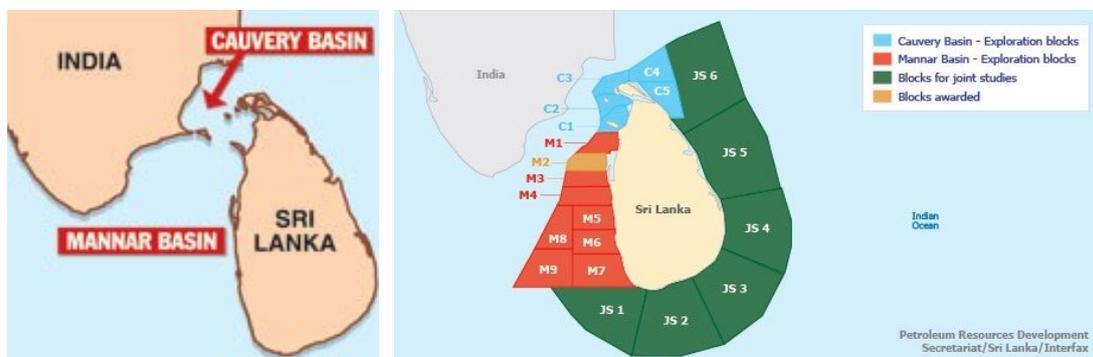
圖九、雨季時期農夫忙著作物耕種與採收。

(4) 其他國家礦區探勘

Sri Lanka as an Emerging Hydrocarbon Province

C. Kularathna, D.A. Weerasinghe, C. Senevirathne, Petroleum Resources Development Secretariat (PRDS) Sri Lanka

斯里蘭卡於 1960 年代開始在海域的 Mannar、Cauvery 及 Lanka 三個沉積盆地進行油氣探勘，共收集 13900 公里長的二維震測資料及 2350 平方公里的三維震測資料，在 Mannar 盆地鑽了 5 口探勘井，Cauvery 盆地已鑽 6 口井，而 Lanka 盆地為超級深水區，雖劃分 6 個區塊，然探勘工作非常有限，所以還無法討論油氣潛能。Cauvery 盆地水深很淺，被劃分為 5 個探勘區塊，而 Mannar 盆地是個深水盆地，被劃分為 9 個探勘區塊。於 2011 年，該盆地的 Dorado 和 Barracuda 兩口井發現有具經濟開發潛力的天然氣與凝結油，證實該盆地為一可行的石油系統。在始新世時期，Mannar 盆地和 Cauvery 盆地發生熱沉降之同張裂沉積事件與反轉。具潛力的生油岩沉積於白堊紀，高品質的碎屑性儲集岩及良好蓋層在第三紀期間有幾次的堆積發育。雖有成功氣井鑽獲，但探勘工作及範圍仍有很大的努力空間。

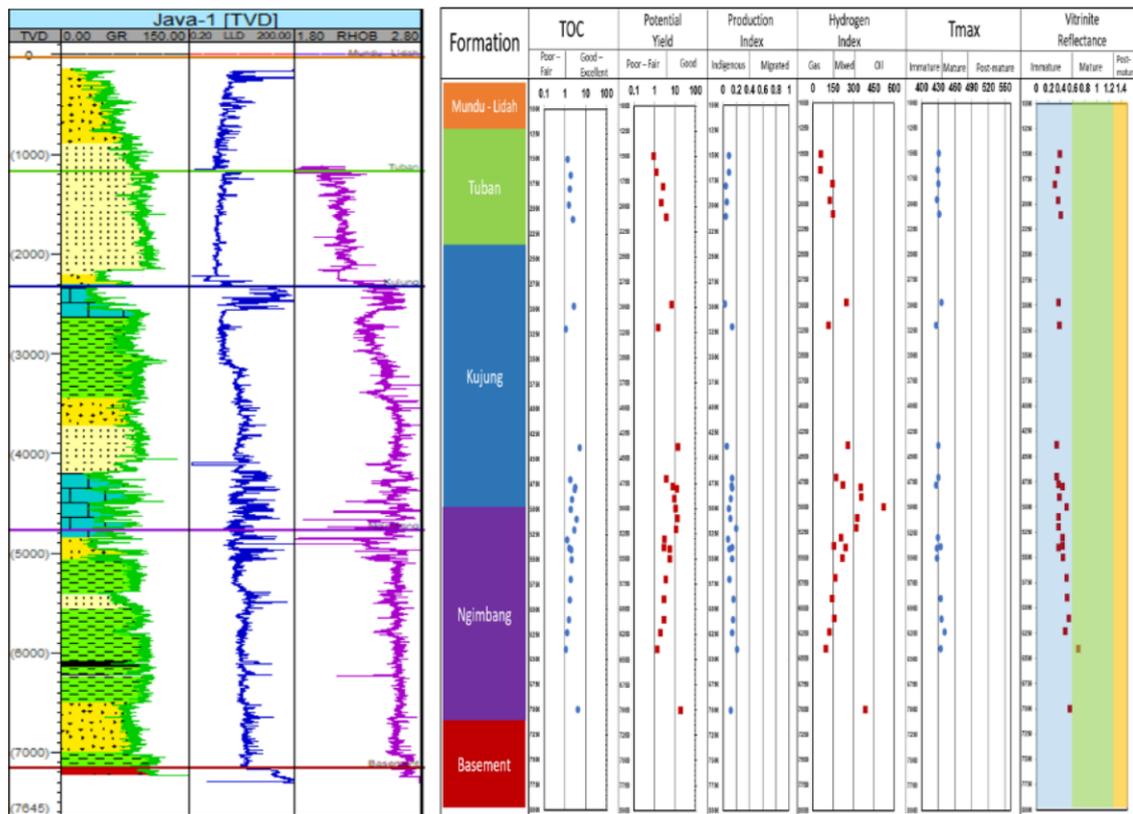


圖十、斯里蘭卡海域 Mannar 盆地、Cauvery 盆地和 Lanka 盆地位置。

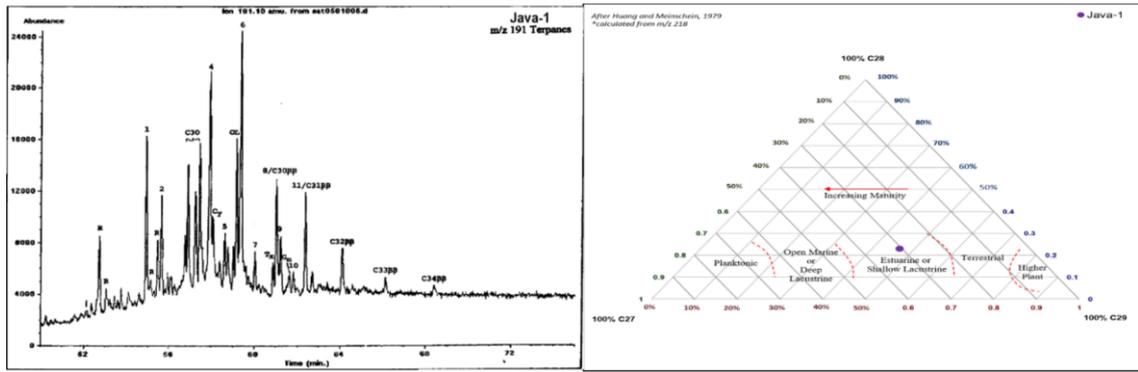
Basin Modeling and Hydrocarbon Source Rock Potential of Middle Eocene Ngimbang Formation in East Java Basin, Indonesia

A. Pradono, Bow Energy Ltd, Indonesia; D. Rakasiwi, Sele Raya Energi, Indonesia

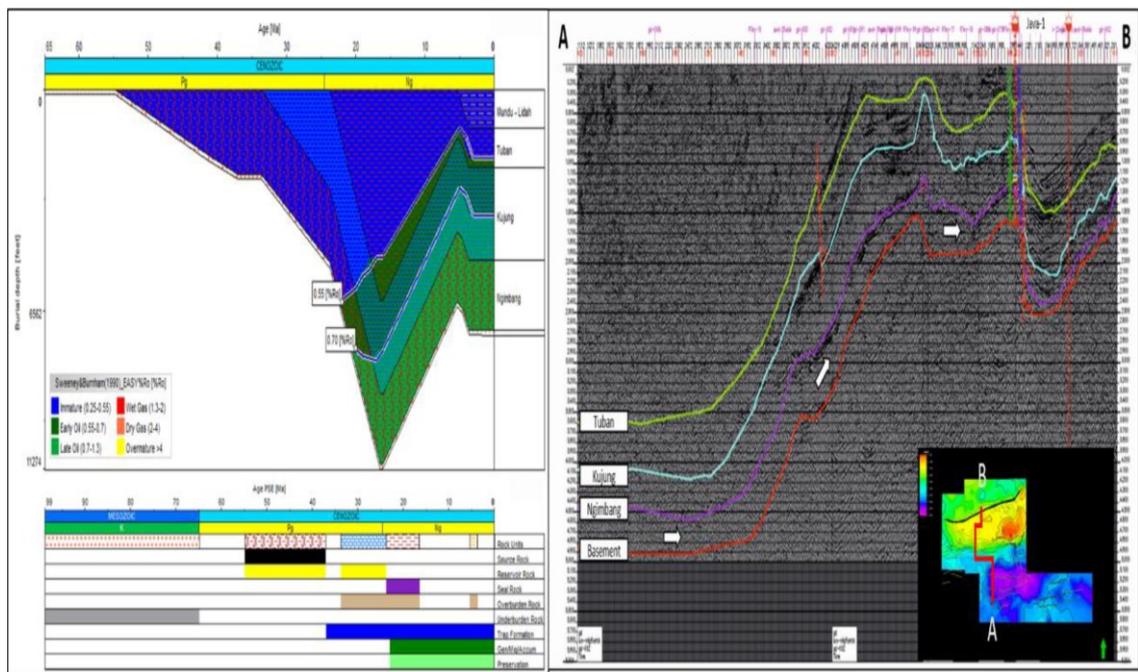
印尼東爪哇盆地是印尼境內多產的油氣產地之一，該盆地是印度板塊與巽他微板塊碰撞形成的弧後盆地。由砂岩、粉砂岩、石灰岩、頁岩及珊瑚塊體組成的中始新世 Ngimbang 層為主要的生油岩。綜合解釋井測和地化資料(圖十一)，顯示該生油岩 TOC 含量 0.4%至 4.31%和油母質為第二及第三型油氣，加上 m/z191 圖譜出現齊墩果烷(Oleanane)指示出過度帶沉積環境；而 m/z216 圖譜顯示有機物組成以 C₂₇、C₂₈ 及 C₂₉類固烷(Sterane)為主，意謂河口或淺湖環境沉積 (圖十二)。油氣之生成、移聚和保存時間發生於早中新世，也就是約二千三百萬年前開始，研究區地塊抬升時間約於一千六百萬年前發生，由南往北移棲(圖十三)。



圖十一、左圖為井測資料；右圖是地化井測資料。



圖十二、左圖為 m/z191 圖譜；右圖是 m/z216 圖譜解釋出有機物沉積環境。



圖十三、左圖是一維盆地模擬結果，右圖是移棲路徑。

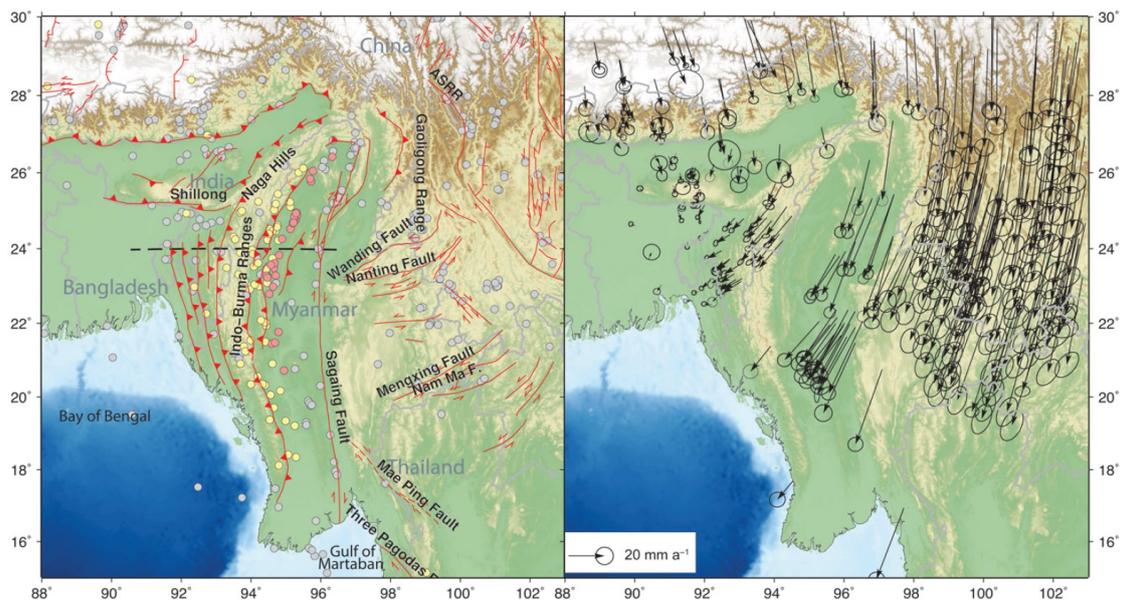
肆、心得及建議

受到印澳板塊向北碰撞歐亞板塊影響，緬甸的地體構造運動演化產生最顯著的地質景觀，就是形成褶皺逆衝斷層的山脈系統，自中生代至今仍持續在進行著(圖十四)。緬甸的海域礦區，因喜馬拉雅山造山運動持續進行，風化侵蝕速率快，加以地區性季風降雨豐沛，搬運大量沉積物快速堆積在其周邊海域，凡此現象促成海域礦區發現生物氣型天然氣，至於油只在印度海板塊隱沒於緬甸陸域西側的邊界上發現。台灣島的隆起之造山運動受到菲律賓海板塊撞擊歐亞陸板塊而起，台灣的西南外海也因大量沉積物快速沉積很厚的年輕地層，如 F 構造中較年輕地層也發現生物氣。台灣與緬甸因地質構造演化模式的相似性，可能形塑相同的石油系統模式，緬甸海域的探勘標的如海下水道砂體及溢堤砂的探勘經驗，應可作為中油公司借鏡。其他具體心得分述如下：

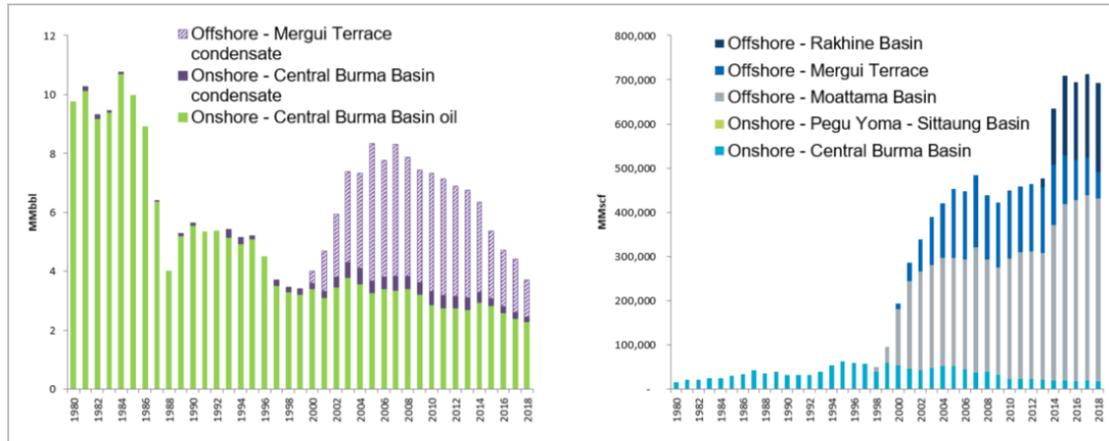
1. 緬甸若開外海，因盆地十分年輕，約於漸新世後才形成，但此處由於位於孟加拉灣裡，由恆河及布拉馬普特拉河持續帶著大量沉積物沉積於若開外海，進而形成 Shwe 等生物氣田。台灣西南外海位於變形前緣，在海床的採樣也發現以生物氣為主之天然氣，因此探勘標的可以參考緬甸海域 Shwe 等氣田，以尋找上新世至更新世之海下水道或扇體為目標。
2. 緬甸陸上礦區，處於褶皺逆衝帶，與苗栗的構造類似，油氣會透過逆衝斷層上至地表成為油苗或氣苗，生產油井也多半在褶皺逆衝的背斜上。約在蒲甘王朝(西元 849 - 1297 年)就有石油開採的紀錄，與苗栗同樣很早就發現石油。若利用台灣於褶皺逆衝帶上探採的經驗，如平衡剖面等，克服複雜地質，或許可以再有所斬獲。緬甸於 1988 年開放國外企業投資開採石油，近年來因緬甸政府轉型，社會漸趨進步，政治風險也漸趨降低(關鍵評論，2018)。
3. 在此會議中，看到 Woodside 公司利用全波型逆推(Full Wave Inversion, FWI)，求解出精細的速度模型。研究人員甚至可以直接在模型中進行地質解釋，找出低速的沉積扇體。此精細的速度模型，對於震波資料重合也有很大的助益。全波型逆推往年的缺點是由於缺乏低頻資料，因此在疊代的過程中，很難收

斂；由於資料採集的進步，許多服務公司都提供寬頻的震測資料採集，這可以幫助全波型逆推達到收斂。目前如 CGG、Schlumberger 等服務公司，都提供 FWI 的運算求解服務。Woodside 公司可能是使用 Amazon 或 google 等雲端計算機，達到快速建立平台，快速完成計算任務的目標，並且不用再後續維持該設施。台灣目前的礦區也有進行寬頻的震測資料採集，在地質複雜(含有正斷層、逆斷層、水道)的區域，可以嘗試進行 FWI，以得到更好的震波重合品質，提高解析度。

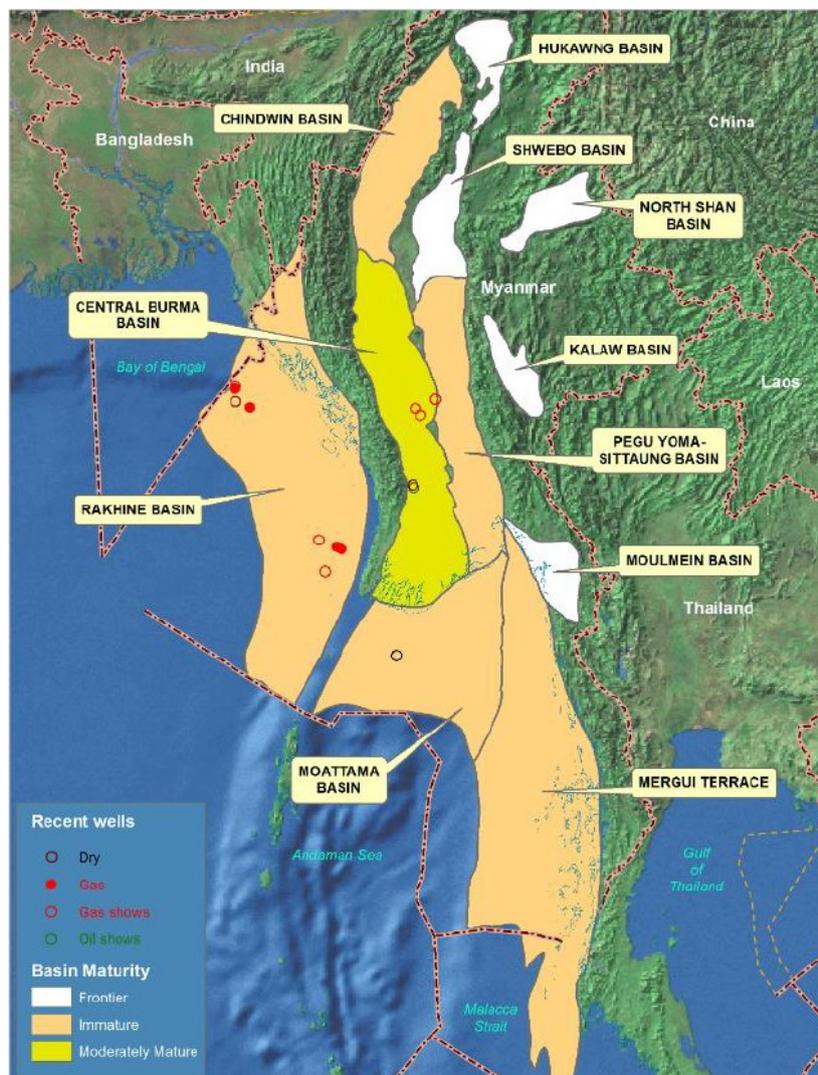
4. 由 IHS Markit 掌握的緬甸油氣生產資料顯示，原油及凝結油產量自 2015 年大幅度減少，至於天然氣產量在同期間則增加不少，主要產自海域礦區(圖十五)，此油氣生產趨勢或許與近幾年鑽井成功情形有關(圖十六)。未來緬甸如有釋出礦區經營投資機會，除檢視既有鑽井資料外，還有相當多區塊的探勘資料，可研討出新探勘標的，做為評估關鍵。
5. 在會場得知 Total 公司有意讓出(Farm-out)YWB 區塊的經營權，預計於 2019 年 1 月在該公司網頁公告讓出之合約細節，是此次會議唯一在會場中尋找合作夥伴的公司。中油公司可從該公司網路下載公布的資料，先進行初步評估後，再考慮做進一步動作查閱現有的震測資料及鑽井報告等。



圖十四、緬甸的逆衝斷層系統(左圖)及全球地位系統顯示緬甸地區相對於印度的運動模式。(Sloan et al., 2017)



圖十五、緬甸 1980 至 2018 油氣產量趨勢。(Lee et al., 2018)



圖十六、緬甸自 2015 至 2018 新鑽野貓井位置及鑽獲油氣結果，以及盆地油氣成熟度分區。(Lee et al., 2018)

伍、參考資料

關鍵評論 (2018). 世上最古老石油工業國，緬甸能源發展曲折路.

<https://asean.thenewslens.com/article/96547>

Khan, P. K., & Chakraborty, P. P. (2005). Two-phase opening of Andaman Sea: a new seismotectonic insight. *Earth and Planetary Science Letters*, 229(3-4), 259-271.

Lee, H. S., Intrieri, E., Hashim, N., Barker-White, C., Dimabuyu, A. & Mair, D. (2018) Potential of Myanmar's upstream energy sector: What could be done better? AAPG/EAGE/MGS 4th Myanmar Oil & Gas Conference, 13-15 November 2018, Yangon, Myanmar. Session 2 P2.

Sloan, R.A., Elliott, J.R., Searle, M.P & Morley, C.K. (2017) Active tectonics of Myanmar and the Andaman Sea. In: Barber et al. (eds). Myanmar: Geology, Resources and Tectonics. *Geological Society, London, Memoirs*, 48, 19-52.

Yang, S. Y., & Kim, J. W. (2014). Pliocene basin-floor fan sedimentation in the Bay of Bengal (offshore northwest Myanmar). *Marine and Petroleum Geology*, 49, 45-58.

Zaw, K., Swe, W., Barber, A. J., Crow, M. J., & Nwe, Y. Y. (2017). Introduction to the geology of Myanmar. *Geological Society, London, Memoirs*, 48, 1-17.