

臺灣西南海域甲烷水合物潛存之分析

劉家瑄 徐春田

臺灣大學海洋研究所
台北市10764羅斯福路4段1號

史菲利 傅式齊 宣大衡

中國石油公司探探研究所
台灣苗栗市36010文山里文發路達園1號

摘 要

本研究針對台灣西南海域既有震測資料進行分析，期望確認甲烷水合物之存在並擬定下一階段之測勘步驟。

本研究重新解釋該區部分資料，結果顯示，台灣西南海域之震測資料明顯具有類似甲烷水合物之特徵，且其散佈範圍甚廣，頗值得展開進一步研究。

甲烷水合物之潛能需根據其分佈面積、厚度及其孔隙率或飽和度等因素推算，本研究重新設計資料處理程序，期能降低複反射等雜波干擾，此外並嘗試應用震波特性和振幅一支距分析及飽和度分析等解釋技術於品質較佳之一測線，研究結果顯示，高解析度之震測資料為潛能估計之必備條件。

關鍵詞：台灣西南海域，甲烷水合物，潛能分析，海床模擬震測反射面，BSR

一、前言

甲烷水合物是在水的冰晶格架中吸附有固態甲烷分子，被發現已有二十餘年之歷史，初期僅認為是一種凍結之天然氣；對石油探勘業者而言，過去對甲烷水合物之印象多為負面的，例如管線輸送障礙，鑽井中可能形成噴井，以及大量甲烷水合物噴出可能造成海嘯、地震

及環保問題等；能否利用成為能源多採保留態度。

近年來由於地質學家之持續研究，對於甲烷水合物逐漸有較深層之認識，各大石油公司相繼投入鉅資研究，許多人皆寄望此成為下一世紀之新能源，Chi(1998)等及Shyu(1998)等分別來自加州大學、佛羅里達大學、聖荷西大學及台大海洋研究所之學者所發表之論文顯示在

台灣西南海域具有類似甲烷水合物之分佈，其範圍甚廣，中國石油公司探採研究所、台灣大學海洋研究所、工研院能資所三單位共同合作進行相關研究，期能進一步了解甲烷水合物在台灣發展之可行性以爲政府擬定能源政策之參考。

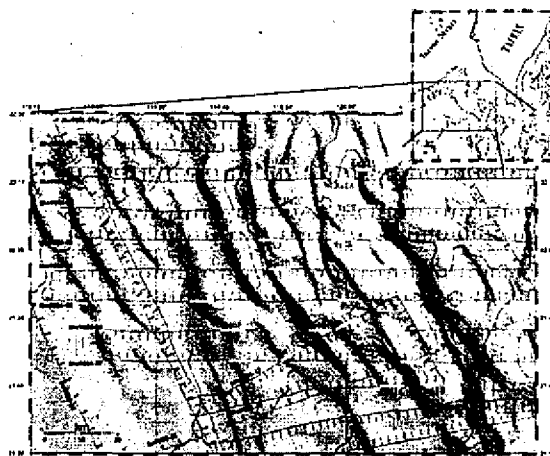
第一期研究係由中國石油公司探採研究所與台灣大學海洋研究所針對既有資料進行分析，除確認甲烷水合物之存在外，亦希望藉以擬定下一階段之測勘步驟。

二、台灣西南海域甲烷水合物之分佈

地層中由於甲烷水合物之存在使得地層物性傾向均質化而無明顯反射，此地層中震波傳播速度較高，由於其下常有被封存之天然氣，因而在甲烷水合物底部界面上形成高阻抗對比而造成震測資料上之強反射現象，此強反射與海底反射信號形貌類似但相位相反，且隨著水深增加，此反射信號距海底之深度亦增加，一般稱之爲BSR(Bottom Simulating Reflector)，目前所推測之甲烷水合物分佈多是依此原理而得。

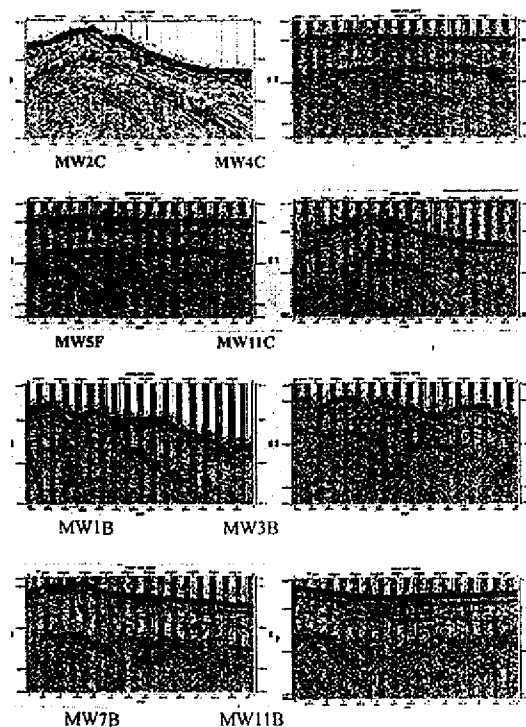
根據Chi(1998)等所描述台灣西南海域甲烷水合物之分佈，其面積達數萬平方公里，圖一爲本研究區域測線圖，其中包括十餘條1991年測線(Mona-Wave船所測，爲6波道記錄)及一條1996年所作深部測勘之測線(160波道記錄)，前者資料限於記錄波道數較少，本研究重新處理部分測線，但其效果類似，高屏狹谷以東，自水深750公尺至2000公尺可清晰確定BSR之存在，但強烈之複反射使得進一步資料解釋不易。

中國大陸邊緣及台灣造山運動帶至研究區域內之陸相岩層中之有機質可能是提供甲烷水合物之生成來源，典型之BSR位於背斜頂部或



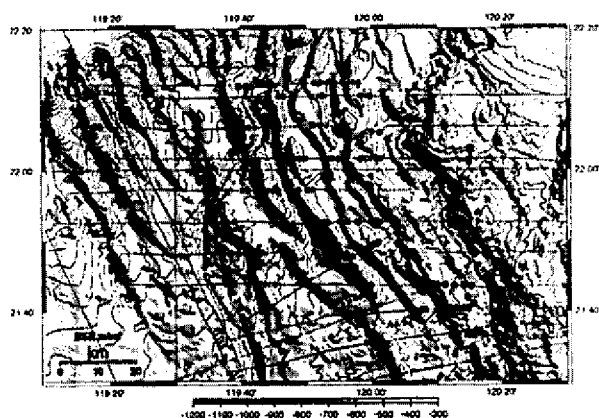
圖一 本研究區域測線圖

沿著海溝斜坡分佈之泥火山附近，北呂宋槽附近BSR分佈較少，可能是由於甲烷水合物飽度較低之故。圖二爲本研究中較爲典型之BSR例

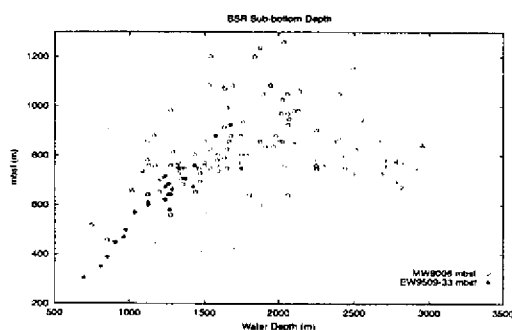


圖二 本研究中典型BSR震測剖面

子，圖四爲本研究發現BSR之位置，由此可知台灣西南海域確有廣泛之甲烷水合物分佈。造



圖三 本研究中BSR分佈情形



圖四 本區BSR發現處之水深與BSR距海底深度圖

成甲烷水合物生成之因素甚多，一般而言以壓力及溫度之影響最為明顯，如欲推測甲烷水合物可能生成厚度必需建立甲烷水合物之穩定曲線 (Stability Curve)，此資料需要綜合當地沈積物之熱傳導性、水深、海底地溫及其梯度、構造演變及沈積等資料，依Shyu(1998)表示，此區之地溫梯度變化範圍甚大而取樣點不足

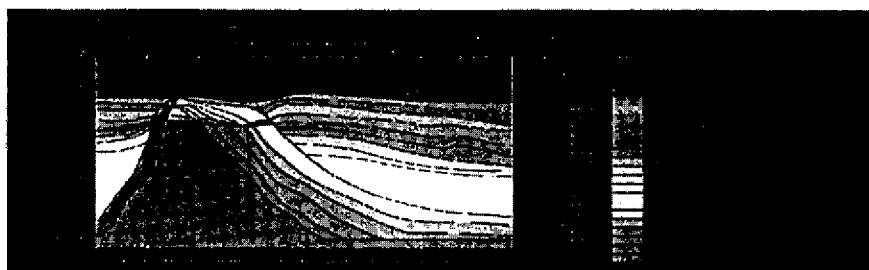
，日後需增加取樣與測定工作。

圖四為本區MW及Rouse33測線中所發現BSR處之水深與BSR距海底深度圖，此圖顯示：水深愈淺之處，由於壓力較低，所可能形成之甲烷水合物較薄，因此其底部之BSR距海底之深度亦較淺。據推測大部分之甲烷水合物多以薄層形態存在，這將是影響開發價值之重要因素。

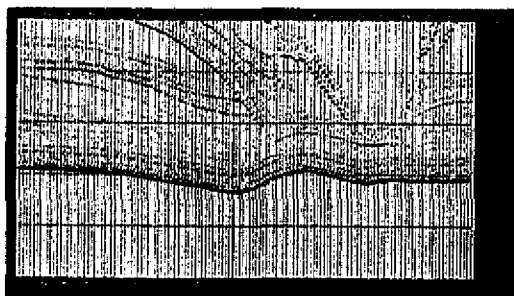
三、資料處理及特性分析

以BSR辨識甲烷水合物之存在與否仍有許多問題待克服，在資料處理階段之振幅控制及複反射干擾之消除影響最大，圖五為一甲烷水合物地質模型，海床某一深度下存在甲烷水合物，頂部地層高區下方封存有天然氣，圖六為此模型之合成震波剖面，在地層高區下方因阻抗對比而形成BSR現象，海底下因漣波波列產生平行於海底之反射，此現象常造成解釋上之困擾。本研究乃針對此問題設計一整體資料處理流程，圖七為Rouse-33測線經此流程處理後之震測剖面，圖中顯示漣波波列產生之干擾已顯著降低。

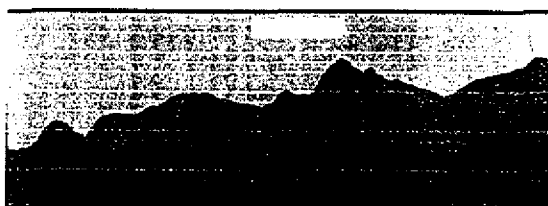
本研究另將處理後之移位剖面進行震波特性和分析，亦即擷取隱含在震測資料中之各類訊息如反射振幅、相位、頻率及阻抗等資料如圖八至圖十二所示，由於此部分僅針對Rouse-33測線處理，如能全面性分析，當可將BSR之各



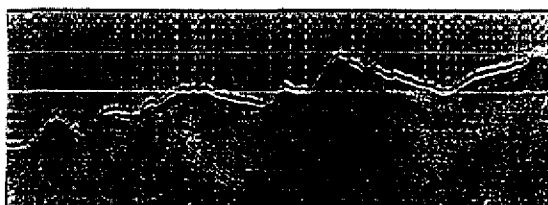
圖五 甲烷水合物地質模型



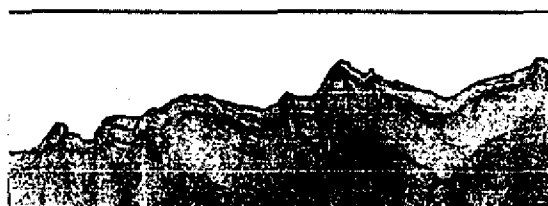
圖六 甲烷水合物模型之合成震波剖面



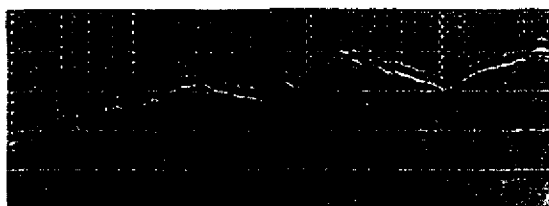
圖七 Rouse-33測線移位後剖面



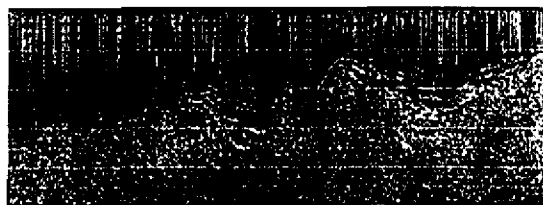
圖八 Rouse-33測線阻抗剖面



圖九 Rouse-33測線反射強度剖面



圖十 Rouse-33測線瞬相剖面



圖十一 Rouse-33測線瞬頻剖面



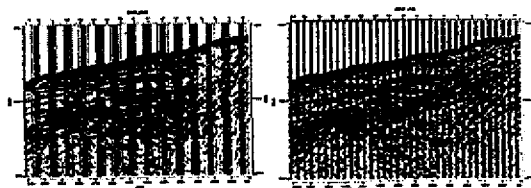
圖十二 Rouse-33測線視極性剖面

類特性統計、分類或可得到進一步之訊息。

四、振幅—支距變化分析

震測資料重合前尚包含了其他訊息，而此類訊息在重合後將難以判讀；當震波經過地下地層，其反射信號將隨著入射角不同而有差異，其差異為上、下地層上密度及P、S波速度之函數，而此因素可反應地層岩性及其孔隙中流體之特性，因此可經由振幅—支距變化分析推測地層中P、S波之速度進而推測地層及其中孔隙流體之性質。本研究亦嘗試進行振幅—支距變化分析（AVO），在測線Rouse33上亦發現數處具有類似之現象，

圖十三為此測線上具有AVO異常之震測剖面，此種分析常用於確認震波測勘時之”亮點”效應是否具有探勘意義，甲烷水合物在地層中可



圖十三 具AVO異常之震測記錄



能形成一良好蓋層，如有油氣移棲並有構造條件配合，其下亦可能形成天然氣儲聚，此為形成AVO異常原因之一；但此種解釋需配合許多其它資料進行，本研究仍在極初步階段，結果僅供參考而已。

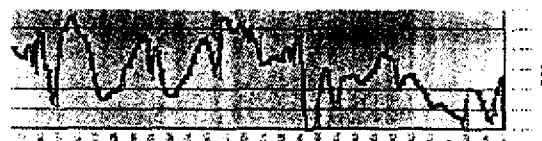
五、甲烷水合物飽合度分析

由ODP鑽探結果得知甲烷水合物以薄層狀不均勻散佈在甲烷水合物穩定區域內 (gas hydrates stable zone, GHSZ)，其間並夾雜其他地層 (Froelich et al.,1993)。Lee等人(1993)認為此種甲烷水合物之不均勻散佈性 (含甲烷水合物百分比) 反應於GHSZ區域內反射振幅之反白 (blanking) 程度。反白程度越大，GHSZ區域平均反射振幅越小，含甲烷水合物比例亦越高，其研究中模擬GHSZ區域內各種不同甲烷水合物飽合度之震波反應，顯示含甲烷水合物百分比與GHSZ區域內平均間隔速度相關。依據震測剖面上海床至BSR反射中點時間深度至BSR以上之視窗內實際分析平均間隔速度及反射振幅比例，可由上述兩種關係圖推算出震測剖面上GHSZ區域內對應之含甲烷水合物百分比甲烷水合物飽合濃度的範圍。GHSZ區域內甲烷水合物全部體積所佔百分比可由上述估算參數值之乘積而得，此為估算甲烷水合物蘊藏量之重要依據。本研究此部分屬測試性質，僅進行GHSZ內甲烷水合物含量之定性研究。圖十四及圖十五為Rouse33測線自海床—BSR反射中點深度至BSR以上視窗內之平均間隔速度及平均反射振幅分佈。視窗內平均反射振幅隨著平均間隔速度向西側海盆方向增加而遞減，亦即振幅反白 (blanking) 效應隨之增加，顯示甲烷水



圖十四 BSR以上地層平均速度變化

物濃度向西側海盆方向漸增。圖十六為GWSZ測線上BSR反射點最大振幅值分佈圖，最大振幅分佈之平均基準值差異不大，但最大振幅值常存在於背斜構造頂部，此現象極可能為GHSZ區域內含甲烷水合物地層隨背斜之抬高而使淨水壓減低，底部因而分解出天然氣而與其上甲烷水合物間呈高阻抗差異，因而具高反射振幅 (Pecher et al.,1994)。



圖十五 BSR以上地層平均振幅變化



圖十六 BSR以上地層平均振幅變化

六、未來發展

甲烷水合物雖已被視為下一世紀之主要能源，但依今日技術而言，仍有許多瓶頸待突破：

- (一)蘊藏量之詳細估算以推測其開發效益
- (二)相關鑽井技術以確保鑽井過程中之安全性並可達成各項探勘目標 (電測、取樣等)
- (三)輸儲問題

日本政府在1995年至1999年投入之研究費用已達9000萬美元，美國能源部預計在今後之五年中投入5000萬美元費用資助各項研究，並預計於2015年達成生產目標，印度政府之投資與美國DOE之規模類似。我國因起步較晚，除進行西南海域高解析度震測，期能進一步確認甲烷水合物之分佈情形外，可先針對第一項瓶頸進行研究，下述方向之研究將有助於降低其

不確定性。

- 甲烷水合物之來源
- 甲烷水合物之移棲與生成
- 海底水溫、鹽度與地溫研究
- 甲烷水合物之震測特徵及相關處理分析技術
- 甲烷水合物之生成厚度與溫度、壓力之關聯
- 重大構造運動與甲烷水合物分佈之關聯

七、結語與建議

近年來甲烷水合物相關之各類發展頗為蓬勃，許多人對它可能成爲下一世紀之新能源皆寄以厚望。

本研究嘗試將石油探勘之分析技術應用於甲烷水合物探勘，唯過去已有震測資料皆非針對此目標設計，當務之急乃是先規劃高解析度震波測勘工作，精細之震測資料將有助於進一步之分析工作，對於甲烷水合物存在之厚度乃致其蘊藏潛能之估算皆將大有幫助。

中華民國能源短缺，絕大部分化石能源仰賴進口，其他資源開發所占比例不高且皆有瓶頸待突破。台灣西南海域之震測資料明顯具有類似甲烷水合物之特徵，且其散佈範圍甚廣，頗值得展開進一步研究。建議政府應投入資源進行相關研究，以了解甲烷水合物在未來開發之可能性，以爲國家能源發展與規劃之依據。

八、參考文獻

1. 奧田義久，1997，甲烷水合物特集：Chishitsu News, No. 510, P. 6-11.
2. Chi, W. C., Reed, D. L., Liu, C. S. and Lundberg, N., 1998. Distribution of the bottom-simulating reflector in the offshore Taiwan collision zone : TAO, Vol. 9, No. 4, P. 779-794.
3. Ecker, C., Dvorkon, J. and Nur, A., 1998. Sediments with hydrates : Internal structure from seismic AVO : Geophysics, Vol. 63, No. 5, P. 1659-1669.
4. Froelich, P. N., Kvenvolden, K. A. and Torres, M., 1993. Evidence for gas hydrate in the accretionary prism near Chile Triple Junction - ODP leg 141 (abstract) : EOS Transactions of the American Geophysical Union Supplement, Fall Meeting, American Geophysical Union, P. 369.
5. Geological Survey of Japan, 1998. Methane Hydrates as an Energy Resource in 21st Century.
6. Lee, Myung W., Hutchinson, D. R., Dillon, W. P., Miller, J. J., Agenna, W. F. and Swift, B. A., 1993. Method of Estimating the amount of in situ gas hydrates in deep marine sediments : Marine and Petroleum Geology, Vol. 10, P. 493-506.
7. Max, M. D. and Dillon W. P., 1998. Oceanic methane hydrates : the character of the Blake Ridge hydrates stability zone and the potential for methane extraction : Journal of Petroleum Geology, Vol. 21, No. 3, P. 343-357.
8. Pecher, I. A., Minshull, T. A., Singh, S. C., and Huene, R. Von, 1994. The formation of free gas beneath the hydrate stability zone offshore Peru : Evidence from reflection seismic data : Eos, Trans, AGU, Fall Meet. Suppl., Vol. 75, No. 44, P. 672.
9. Shyu, C. T., Hsu, S. K. and Liu, C. S., 1998. Heat flows off southwest Taiwan : measurements over mud diapirs and estimated from bottom Simulating reflectors : TAO, Vol. 9, No. 4, P. 795-812.



作者簡介：

宣大衛

國立中央大學博士

現任中國石油公司探採研究所地球物理組組長

傅式齊

國立臺灣大學博士

現任中國石油公司探採研究所物探師

史菲利

巴黎第大學博士

現任中國石油公司探採研究所物探師

劉家瑄

美國Scripps海洋研究所博士

現任臺灣大學海洋研究所教授

徐春田

博士

現任臺灣大學海洋研究所教授

Analysis of Exploration Potential of Methane Hydrate in Southwestern Offshore Taiwan

Ta-Heng Hsiuan*, Shi-Chic Fuh**, Philippe Schnurle**,
Exploration & Development Research Institute, Chinese Petroleum
Corporation, Miaoli, Taiwan, R.O.C.

Char-Shine Liu and Chuen-Tien Shyu***

³ Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

Seismic data acquired in the past has been analyzed in this study to confirm the existence of methane hydrate in southwestern offshore Taiwan and purpose procedures for future methane hydrate exploration. Based on results of reinterpretation of seismic data, seismic characters reflecting methane hydrate distribute extensively in the study area. It is worthwhile to proceed exploration of methane hydrate in the area in the future.

Exploration potential of methane is assessed by related area distribution, thickness and porosity of strata containing methane hydrate, and saturation of methane hydrate of pore fluid. Better understanding of these parameters depend on quantitative or qualitative analyses of high quality of seismic data. To accomplish this goal, seismic processing flows were re-designed to avoid interference of multiple. Seismic character analysis, amplitude-offset analysis and analysis of methane hydrate saturation were applied on a high-resolution 160 channels seismic profile. Study results show that high-resolution seismic data are criterion for assessment of exploration of methane hydrate in the future.

Keyword : methane hydrate, BSR

* Manager, Geophysical Dept. EDRI

** Geophysicist, EDRI

*** Professor, NTU

