

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計畫七：台灣西南外海之地熱研究()

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2611-M-002-011-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：國立臺灣大學海洋研究所

計畫主持人：徐春田

計畫參與人員：陳育鍾 江協堂 黃世興

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 12 月 28 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

台灣西南外海之地熱研究

Heat Flow Study off Southwestern Taiwan (II)

計畫編號：NSC 92-2611-M-002-011

執行期限：92年8月1日至93年7月31日

主持人：徐春田 國立台灣大學海洋研究所

計畫參與人員：陳育鍾 國立台灣大學海洋研究所

江協堂 國立台灣大學海洋研究所

黃世興 國立台灣大學海洋研究所

一、中文摘要

本研究使用台灣大學海洋研究所自行研發之熱探針，於台灣西南海域之增積楔收集了 39 個地熱資料。處理後得到熱流值為 23~122.8 mW/m²，平均值為 61.04 mW/m²，約與一般海盆的熱流值相當，如將沉積效應對熱流值的影響加以去除，則熱流值一定非常高，這是由於形成增積楔的過程中所受到的壓縮與磨擦生熱的結果。一般而言，本測區之熱流值或地溫梯度有隨水深增加的趨勢而在大陸隆起處達到最大值，但由於海床之溫度變化極大因此海底地形與熱流之等值線圖的吻合度並不好，震測剖面上所發現的仿擬反射層大多分佈於增積楔的斜坡至前緣處。如假定沉積物的密度為 1.7g/cm³則天然氣水合物的底部(BGHS)可以由地溫梯度線與天然氣水合物穩定曲線的交叉點決定。經由此法所推估之各地熱站底下之 BGHS 均註明於報告圖中，大都介於海底以下 200~400 公尺間，熱流值雖然有隨海水深度而增加但並未影響到 BGHS 的形成深度，而一般所認為 BGHS 的深度會隨海水深度的增加而增加的現象在本地區並不明顯，BGHS 的界面溫度約為 20 。為使所推估的 BGHS 更準確將來應使用較長且經過較精確校正過的熱探針。

關鍵詞：台灣西南外海、熱流值、天然氣水合物底部

Abstract

Thirty-nine heat flow values off Southwestern Taiwan on the accretionary wedge were acquired by the heat probe instrument which was developed by the Institute of Oceanography, National Taiwan University. The results show that the heat flow values are 23~122.8 mW/m² and the average is 61.04 mW/m² which is approximately equal to the heat flow of the normal sea floor. The heat flows would be much higher than the present values if the sedimentation effects were considered. It indicates that the high heat flows are induced from the compressional and frictional processing during the formation of the accretionary wedge. The heat flows or the temperature gradients increase with the water depth and reach to a maximum on the continental rise. Due to considerably varied temperature distribution beneath the ocean floor, the bathymetric map and the heat flow contours are inconsistent. BSRs are widely distributed in the accretionary prism from the toe region to steep slope. Assuming the density of sediment is 1.7g/cm³, the base of gas hydrate stability (BGHS) for each heat flow site is calculated at the intersection between the measured geotherm and the gas hydrate boundary phase curve. The depths of BGHS at measuring sites are shown in a figure and most of them are around 200~400 mbsf. Heat flow values increase with respect to the water depth and do not affect the depth of BGHS. Contrary to the common understanding that BGHS generally increases with water depth, this

relation is not evident in the present case. The maximum temperature of forming gas hydrate is about 20 °C. A further heat flow investigation with a longer and better temperature calibration probe is required to obtain a more accurate prediction of BGHS.

Keywords: offshore southwestern Taiwan, heat flow, BGHS

二、緣由與目的

台灣南部至呂宋之間由於歐亞大陸板塊之南海向東擴張並隱沒於菲律賓海板塊之下而產生了呂宋弧系統，兩板塊擠壓的結果在馬尼拉海溝與北呂宋海槽間形成了增積楔（增積岩體）（Hayes and Lewis, 1984; Liu et al., 1997），在台灣西南沿海的增積楔同時也受到西邊中國大陸前緣的擠壓，許多事實顯示海底增積岩體內含有超壓的液體，這種液體一旦釋出流動會使得固化或半固化的沉積物產生變形，例如泥火山及泥貫入體的構造，而這種構造的驅動機制自然會引起熱流或溫度的異常現象（Henry et al., 1990; Camerlenghi et al., 1998），除此之外與增積岩體有關的斜坡或隆起的區域往往也會在震測剖面的資料上發現海底仿擬反射層（BSR）即一般所謂的天然氣水合物（又稱甲烷氣水合物），是由不同比例的甲烷（通常含90%以上）、乙烷、二氧化碳及海水等所組成，BSR及其底下之甲烷氣是價值極高的可能替代能源，理論上如能量測海床表面及其以下數公尺之溫度便能根據溫度梯度線與形成甲烷氣水合物的穩定曲線之交會點推知甲烷氣水合物的底部界面（BGHS）位置（Kvenvolden and McMenamin, 1980; Matsumoto et al., 2004），因此對本區域地溫的了解便可幫助推估BSR形成的可能性及其厚度，是對該資源評估的重要參考因素之一。所以本計畫的主要目的是（1）向台灣西南海域擴大收集地熱資料，以探討熱作用與沉積岩體的關係及（2）從沉積物中溫度的分布狀況推估天然氣水合物底下天然氣的最大或最小的存在深度並統計熱流值與天然氣水合物的分布關係。

三、研究方法

本研究分析過去數年間在西南海域收集到的39個測站資料，測站位置如圖一所示，為了解測站所在海床下的地層構造，測站的選擇大部份均沿著震測線分佈。施測所使用的工具為台灣大學海洋研究所所研發之高解析度 pogo-type 型熱探針，探針之長度為4.5公尺溫度之解析度為0.1 mK，探針之針管內除含有7顆熱敏電阻外（每顆間隔0.67公尺）並平行置放可發熱之電阻絲，當探針插入海底沉積物後可利用其在短時間內所收集到的資料經摩擦熱的修正後便可求取沉積物穩定狀況時的溫度，然後通短暫電流（脈衝波）視其溫度衰減曲線計算熱導係數，熱導係數與溫度梯度之乘積便得熱流值，該式熱探針經過十多年不斷的測試與改良已成功在台灣周圍海域收集過許多地熱資料，資料處理所用的軟體亦是由台灣大學海洋研究所自行研發的。BGHS的推算則是根據海床表面溫度、地溫梯度及天然氣水合物穩定曲線之交會點而定（圖二）。

四、結果與討論

39個測站資料經處理後，得到各測點之地溫梯度、沈積物熱傳導係數、熱流值（圖三）及BGHS值（圖四），從熱流值及BGHS的等值線圖（圖三及四）可得到以下幾個初步結論：

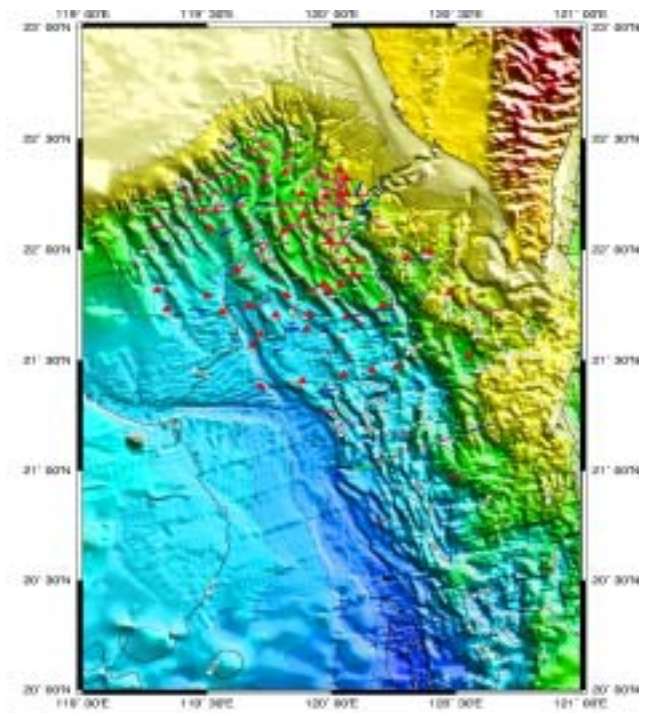
1. 增積岩體前緣即緊鄰之大陸隆堆之熱流值普遍較高，除有一站為59.3 mW/m²外其餘均介於67.6至122.8 mW/m²之間，如去除沉積速率的影響熱流值將更高，即表示增積岩體前緣區域所受到的擠壓程度最為劇烈。
2. 在西北角有一條帶狀熱流偏低區（23.3至41.0 mW/m²），此區之西北邊為中國大陸被動式邊緣（passive margin）而東邊則為活動式邊緣（active margin）是一轉型地帶，不會累積能量，另一造成低熱流的原因就是此區域的高沉積速率遮蔽了應有的熱流值。
3. 整個區域的熱流分佈趨勢與地形等深線的相似度較差，幾乎是切過等深線，表示海床底下之熱源甚為混亂，與擠壓時產生

的不規則裂痕可能有關。

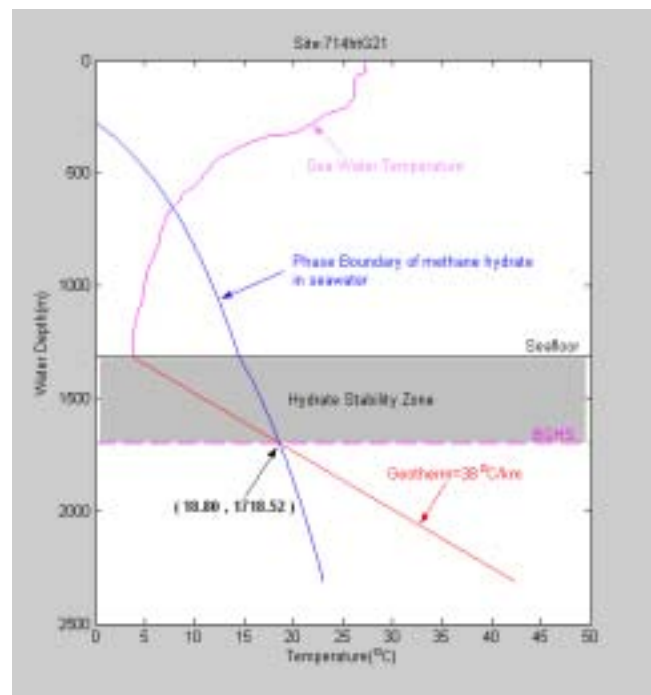
4. 這一帶天然氣水合物的底部 (BGHS) 深度大部份在海底以下 200~400 公尺處(圖五), 籍此亦可估計含有天然氣水合物沉積物的體積, 只是筆者認為如無孔隙率、飽和度等參數而且目前的測站太少又分佈不平均, 尚不適合估算天然氣水合物的蘊藏量。
5. 測區之 BGHS(mbsf)並不隨水深的增加而增加, 也不太受熱流值大小的影響, 但卻明顯的受地溫梯度的影響即 BGHS 的深度隨地溫梯度的增加而變淺。

五、參考文獻

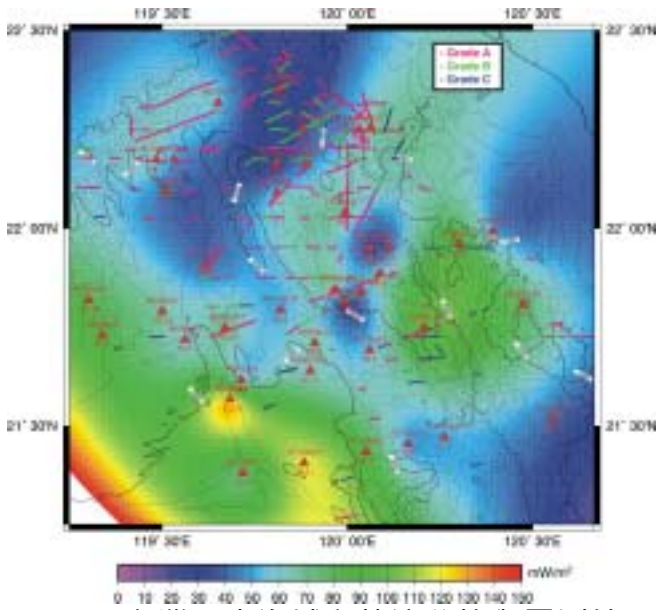
1. Camerlenghi, A., M. B. Cita, B. Della Vedova, N. Fusi, L. Mirabile and G. Pellis (1995) Geophysical evidence of mud diapirism on the Mediterranean Ridge accretionary complex, *Mar. Geophys. Res.*, 17:115-141.
2. Hayes, D. E. and S. D. Lewis (1984) A geophysical study of the Manila Trench, Luzon, Philippines, 1. Crustal structure, gravity and regional tectonic evolution, *J. Geophys. Res.*, 89:9171-9195.
3. Henry, P., X. LePichon, S. Lallemand, J. P. Foucher, G. Westbrook and M. Hobart (1990) Mud volcano field seaward of the Barbados accretionary complex: A deep-towed side scan sonar survey, *J. Geophys. Res.*, 95:8917-8929.
4. Liu, C. S., I. L. Huang and L.S. Teng, 1997 Structural features off southwestern Taiwan, *Mar. Geol.*, 137:305-319.
5. Kvenvolden, K. A., and M. McMenamin (1980) Hydrates of Natural Gas. A review of Their Geologic Occurrence, US Geological Survey Circular, 825.
6. Matsumoto, R., H. Tomaru, and H. Lu (2004) Detection and evaluation of gas hydrates in the eastern Nankai Trough by geochemical and geophysical methods, *Resource Geology*, 54:53-67.



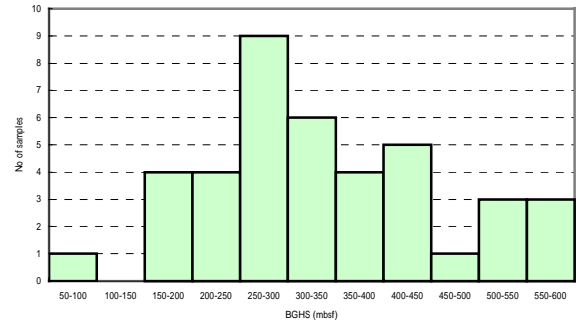
圖一、熱流測站位置(●)及震測測線(—: BSR 極明顯 —: 明顯 —: 不甚明顯)。



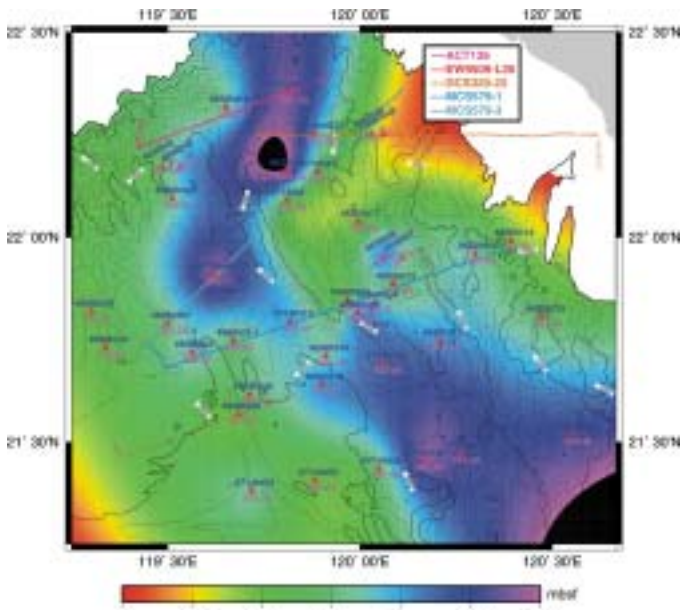
圖二、理論上若已知海床表面溫度則海床底下之地溫梯度線與甲烷(天然氣)水合物之穩定曲線交叉點即為 BGHS。



圖三、台灣西南海域之熱流分佈與震測線(—, —, —)。—, —, — 分別代表震測剖面中有強至弱之BSR徵候處，測站位置()下方標有熱流值(mW/m^2)



圖五、各BGHS深度範圍內的熱流數。



圖四、BGHS深度(mbsf)之對比。水深之等深間隔為200 m。