

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

台灣西南海域之地熱與地磁研究 (I)

計畫類別：☐個別型計畫 ☒整合型計畫

計畫編號：NSC89-2611-M-002-016-ODP

執行期間：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

計畫主持人：徐春田

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- ☐赴國外出差或研習心得報告一份
- ☐赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- ☐出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- ☐國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立台灣大學海洋研究所

中華民國 八十九 年 十一 月 二十 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

台灣西南海域之地熱與地磁研究 (I)

Heat Flow and Magnetic Study off Southwestern Taiwan (I)

計畫編號：NSC89-2611-M-002-016-ODP

執行期間：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

計畫主持人：徐春田 國立台灣大學海洋研究所

參與人員：林嘉惠、陳育鍾 國立台灣大學海洋研究所

一、中文摘要

本計畫工作內容分為兩大項目：(一) 熱探針之研發與資料處理軟體之開發，(二) 對深海鑽探計畫 (ODP) 在台灣附近海域可能鑽點之地熱調查。第一部份有關熱探針之硬體與軟體的開發初步成果已於上年度之報告提及，經持續的研發改進下本期的成果更為顯著，包括溫度解析度超過 0.0001°C 以上，筆者根據 Carslaw 及 Jaeger (1959) 的公式所發展出來的軟體，僅需 25 分鐘的溫度資料便可求取沉積物背景溫度及熱導係數。第二部分的工作則是在 ODP 的預定鑽點即沖繩海槽的最西南端位於 $24^{\circ}48.24'\text{N}$, $122^{\circ}30'\text{E}$ 周圍 20 海哩內使用「海研一號」量測了 26 個測站，初步的結果顯示地溫梯度與熱流值偏低，平均值分別為 $56^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 及 $49.3 \text{ mW}/\text{m}^2$ ，尤其是槽之中央包括 ODP 鑽點更低 (平均約為 $33 \text{ mW}/\text{m}^2$) 這與一般推論認為弧後盆地張裂槽的中央應有較高的熱流質的結果不同，相反的在槽之兩側有較高的熱流值 (如 108.8 , 67.5 , 76.8 , $61.7 \text{ mW}/\text{m}^2$ 等)，與 Yamano 等 (1989) 在沖繩海槽中段所發現的情況相似，應是與沉積之厚度與速率有關，然而測區之最西端則有達 $145 \text{ mW}/\text{m}^2$ 之高熱流區，似乎又意味著沖繩海槽之熱源有向西延伸之趨勢。

關鍵詞：熱探針；資料處理；沖繩海槽西南端熱流

Abstract

The main accomplishments include (1) an upgrade of our own designed heat probes and heat flow data processing software and (2) an investigation of the heat flow on or in the vicinity of a drilling site proposed by Ocean Drilling Program (ODP). The resolution of our designed probe is better than $0.1 \text{ m}^{\circ}\text{C}$ which is believed from the literature information, to be the best one you can find in the world. Based on the formula given by Carslaw and Jaeger (1959), we have developed very efficient computer programs to calculate the ambient temperature and the thermal conductivity for the sediment from an approximate 25 minute temperature record. For the ODP site ($24^{\circ}48.24'\text{N}$, $122^{\circ}30'\text{E}$) in the southwestern Okinawa Trough, we have made heat flow measurements on 26 heat flow stations within 20 miles from the site aboard the R/V Ocean Researcher I in 2000. Preliminary results indicate the temperature gradients and heat flow values are $56^{\circ}\text{C}/\text{km}$ and $49.3 \text{ mW}/\text{m}^2$, respectively lower than normal value, specifically, in the middle of the trough (including the ODP site) which is $33 \text{ mW}/\text{m}^2$ on average. This is contrary to the general expectation that in the center of the backarc basin should have a higher heat flow. On the other hand, higher heat flows like 108.8 , 67.5 , 76.8 , and $61.7 \text{ mW}/\text{m}^2$ appear on the flank of the trough

which is similar to that found in the middle Okinawa Trough (Yamano, 1989). We interpret it as a result of high sedimentation rate and great thickness of the sedimentary layer in the center of the trough. The high heat flow of 145 mW/m^2 in the west most end of the trough implies that the westward extension of the backarc spreading is highly possible.

Keywords: Heat Probe; Data Processing; Heat Flow in the Southwestern Okinawa Trough.

二、緣由及目的

由於向西北移動的菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊在台灣地區碰撞的結果，在台灣東北方產生了琉球弧系列及在台灣南方與東南方產生了呂宋弧系列的構造，後者的推擠更在台灣西南及其沿海形成了增積楔。琉球弧系列包含了琉球海溝、琉球弧及沖繩海槽（弧後盆地），而呂宋弧系列則包含了北呂宋海脊、台東及北呂宋海槽（弧前盆地）、花東海脊（增積楔）、南縱海槽（縫合海盆）、恆春海脊（增積柱體）及馬尼拉海溝。為了調查這些特殊的構造，多年來國內學者陸續收集了水深、磁力、震測及熱流資料，已有初步的成果。循此方向，本年度完成的主要研究包括：

1. 持續改進了以往設計製造之熱探針及處理地熱資料的軟體。
2. 為了配合深海鑽探計畫（ODP）的進行，提供預定鑽點的地熱資料，將原來預定在西南海域從事熱流探測的工作改在鑽點（ $24^\circ 48.24' \text{N}$, $122^\circ 30' \text{E}$ ）周圍 20 海浬內量測了 26 個測站的熱流值。

三、結果與討論

熱探針之製造與地熱資料處理軟體方面：

從圖（一）熱探針所收集到之溫度資料，便可以看出其解析度已經超過 0.0001°C ，是目前世界文獻上所知最高極限

（註：從縱軸之大格刻度間隔為 0.05°C 及觀察熱探針摩擦生熱（penetration）及脈衝放熱（decay of heat pulse）之溫度變化及穩定度便可了解）。量測海底沉積物之溫度梯度須待熱探針插入時摩擦所生之熱消失後始可測得，一般海底沉積物之熱導係數約為 $0.9 \text{ W/m}^\circ \text{K}$ ；若欲得小數點後三位之準確度；便需持續量測超過 3 小時以上的時間，極不經濟，筆者所研發之軟體僅需 10 分鐘之資料（圖（一）之 ○）便可外插至 3 小時後之溫度為 4.145°C （圖（一）之 —●—），其外插值均經過海上實際資料驗證過。

深海鑽探計畫（ODP）預鑽點附近之地熱：

圖（二）中之 #24（ $24^\circ 48.24' \text{N}$, $122^\circ 30' \text{E}$ ）為國際深海鑽探計畫預定鑽點，將鑽一口深約 450 公尺之井，以便了解古海洋在此之演化情形。在其周圍我們量測了 26 個熱流測站，在槽之中央（#17, 18, 20, 21, 6, 22 等站）其熱流值均非常低（一般海盆之平均地熱值約為 62 mW/m^2 ），主要是由於在此處之沉積厚度均超過 2,500 公尺，沉積速率約達 0.35 cm/yr （Chung 及 Chang, 1995），如根據 Townend（1997）之公式修正則其值應為現有之 3.66 倍，即除第 18 站為 31.5 mW/m^2 外其餘皆在 $81 \sim 161 \text{ mW/m}^2$ 之範圍內，即充分反應出弧後擴張之高熱流的特徵，如不做沉積層之修正則顯示出槽中央的熱流值較低而槽之周圍則有較高之熱流值，這與 Yamano 等（1989）在沖繩海槽中段所發現的情況相似，在較西之測站，由於沉積物較少所以反映出較高之熱流值（ 145 mW/m^2 ），與 Sibuet 等（1998）所推測之火山活動趨勢有關，倒是深海鑽探計畫預定之鑽點其溫度梯度及熱流值均偏低，應是理想的鑽點。

四、計畫成果自評

1. 熱探針之設計製造完全由主持人及台大海洋研究所張弘毅技正所完成，解析度超過 0.0001°C 是目前世界上同型儀器中最精良的機種，即將提出申請專利。

2. 由筆者所開發之軟體，能將熱探針在極短時間內（約 25 分鐘）所量取的溫度資料推算出沉積物之背景溫度及熱導係數，相當有效及準確，已將其相關之運算步驟書寫完成，將發表於國際期刊中。
3. 沖繩海槽係少數現今正進行分裂熱作用盛行的弧後海盆，是世界性的研究題材，地熱的研究更不可缺，這次能在國際深海鑽探計畫中對鑽井位置及其周圍及時量測出熱流值，對將來從事鑽井工作的進行極有幫助。

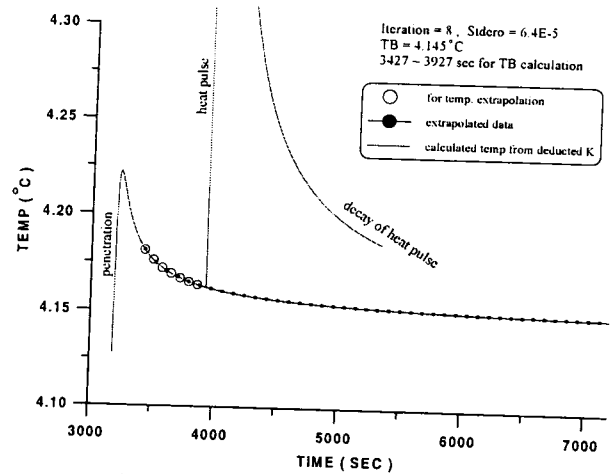
五、參考文獻

Carslaw, H.S., and Jaeger, J.C.(1959) Conduction of heat in Solids, 2nd ed., Oxford University Press, London, 510pp

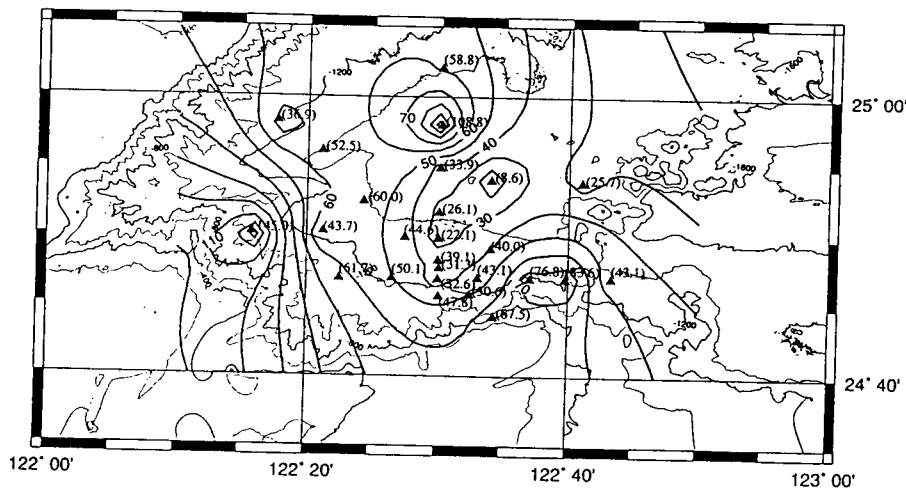
Sibuet, J.-C., Deffontains, B., Hsu, S.-K., Thureau, N., Le Formal J.-P., Liu, C.-S., and ACT party (1998) Okinawa through backarc basin : early tectonic and magmatic evolution, J. Geophys. Res., 103 : 30245-30267.

Townend, J., (1997) Estimates of conductive heat flow through bottom-simulating reflectors on the Hikurangi and southwest Fiordland continental margins, New Zealand, Mar. Geol., 141 : 209-220.

Yamano, M., Uyeda, S., Foucher, J.P., and Sibuet, J.-C.,(1989) Heat flow anomaly in the middle Okinawa Trough, Tectonophysics, 159 : 307-318.



圖（一）利用量測十分鐘之溫度資料外插至 3 小時後之背景溫度 T_B



圖（二）沖繩海槽西南端（ODP）鑽點附近之熱流值