



第一章 地質簡介

1.1 地質概況

綠島座落在台灣東南邊外海約 35 公里的一座火山島(圖 1-1)，地處於太平洋西北邊「花綵列島」的中段，與台灣東部海岸山脈相互對應。在板塊構造方面，晚漸新世到早中新世南中國海板塊隱沒到菲律賓海板塊之下，隱沒的板塊熔融形成岩漿後，在菲律賓海板塊上形成一系列的火山島嶼，大致呈現南北走向，稱為呂宋火山島弧 (Luzon Volcanic Arc)，包含海岸山脈、綠島、蘭嶼、小蘭嶼、巴丹群島 (Batan) 與巴浦耶 (Babuyan) 群島等(陳文山等人，1990)，目前菲律賓呂宋島東方的巴丹群島和巴浦耶群島都還有火山的噴發活動。火山島弧初期形成時屬於深海環境，產狀主要為火山熔岩流，當火山口高度淺於 400 公尺左右，噴發的產狀以火山角礫岩與凝灰岩為主(Fisher and Schmincke, 1984)，後期在火山四周的淺海區域有生物生長，或火山停止活動也會有大量的珊瑚礁形成(陳和王，1996)。利用海底的火山島弧演化過程來觀察岩象變化：火山熔岩流→火山角礫岩→再積性火山碎屑岩→石灰岩，與綠島地質大致相符(火山熔岩流→火山角礫岩或凝灰岩→珊瑚礁)。

自中新世以來菲律賓海板塊相對於歐亞大陸板塊移動，菲律賓海板塊上的火山島弧隨著板塊的運動(Seno and Maruyama, 1984)往西北方逐漸靠近大陸邊緣。一般相信，綠島是北呂宋島弧的一部份，在中新世晚期至上新世的蓬萊造山運動中，北側的呂宋火山島弧隨著板塊移動越接近大陸邊緣，部分的火山島弧脫離板塊隱沒帶而停止了火山的活動，且海岸山脈碰撞上歐亞大陸邊緣形成花東縱谷而失去舊有的地貌。綠島則因目前尚未碰撞上歐亞大陸邊緣，所以仍舊保有火山地貌 (陳正宏等，1994)。此島弧與歐亞大陸碰撞是漸進式的由北向南，目前菲律賓海板塊還是以每年 7 公分向西北運動，因此北邊先接觸，

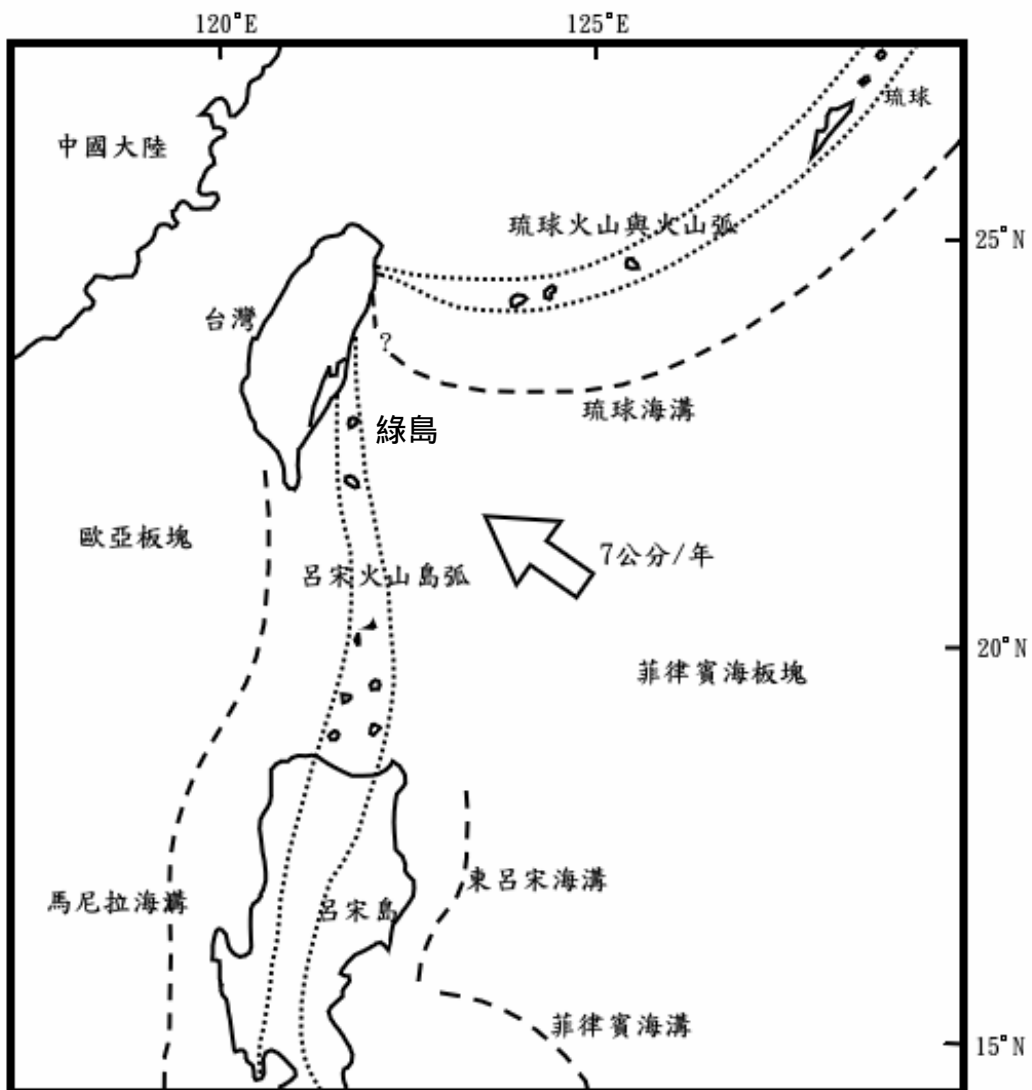


圖 1-1 台灣周圍歐亞板塊與菲律賓海板塊的相互作用，以及呂宋火山島弧所在的相關地理位置（修改自何春蓀，1997）。

再逐漸向南方伸延，連帶產生此一系列之安山岩噴出或安山岩島嶼，包括奇美火成岩體、綠島、蘭嶼、巴丹群島、巴浦耶群島，大致上來說北部的年代較老，而向南逐漸變為年輕 (Yang et. al, 1995 ; Yang et. al, 1996)。

綠島多為丘陵地，地形起伏不平，大致上區分為兩種地形，其一為火山狀的高聳地勢，主要由安山岩質的火山碎屑岩及熔岩流所組成，較高的地形區最高點火燒山 (281公尺) 阿眉山 (275公尺) 位於島的中部，北部則為牛仔山 (183公尺) 盤據。探討綠島的地質史，大致可從上新世晚期開始，以阿眉山為可能噴發中心的火山噴發物，分佈於全島底層 (表1-1)。

依據顏滄波博士指出之綠島安山岩可分為：橄欖石輝石安山岩、輝石安山岩、輝石角閃石安山岩、橄欖石輝石角閃石安山岩、橄欖石紫蘇輝石角閃石安山岩、橄欖石輝石紫蘇輝石安山岩、橄欖石角閃石安山岩、紫蘇輝石角閃石黑雲母安山岩、輝石紫蘇輝石角閃石黑雲母安山岩、角閃石黑雲母安山岩...等(Wang et. al, 1991)。Chen and Lin (1980) 比較綠島鄰近區域的安山岩，發現綠島安山岩的主要元素與海岸山脈相近似，但綠島安山岩的鉀含量較高；在微量元素方面以鋇和鈷較高，但鈷、鉻、銅和鎳含量較低，另外不共容元素與鋇同位素比有明顯增加的趨勢，推測是母岩漿與地殼物質交換或混染作用，由於板塊構造由隱沒過渡到碰撞的型態，使得此區的地殼厚度逐漸增加所造成的(莊文星, 1988)。一般而言，島弧安山岩 Sr^{87}/Sr^{86} 比值介於 0.7030 ~ 0.7040，綠島安山岩的 Sr^{87}/Sr^{86} 比值介於 0.7048 ~ 0.7051，而蘭嶼的輝石安山岩亦頗為相近 ($Sr^{87}/Sr^{86} = 0.70472$) (Lan, 1986)，數值明顯高出許多，頗不尋常。且中性火成岩中很少含有堇青石，綠島安山岩中有發現堇青石的存在，這兩者結果表示綠島安山岩的母岩漿可能曾經受大陸地殼物質混染而成(莊和陳, 1989)。

依據核飛跡定年、鈷鋇同位素法及鉀氫法分析所測得的年代頗為

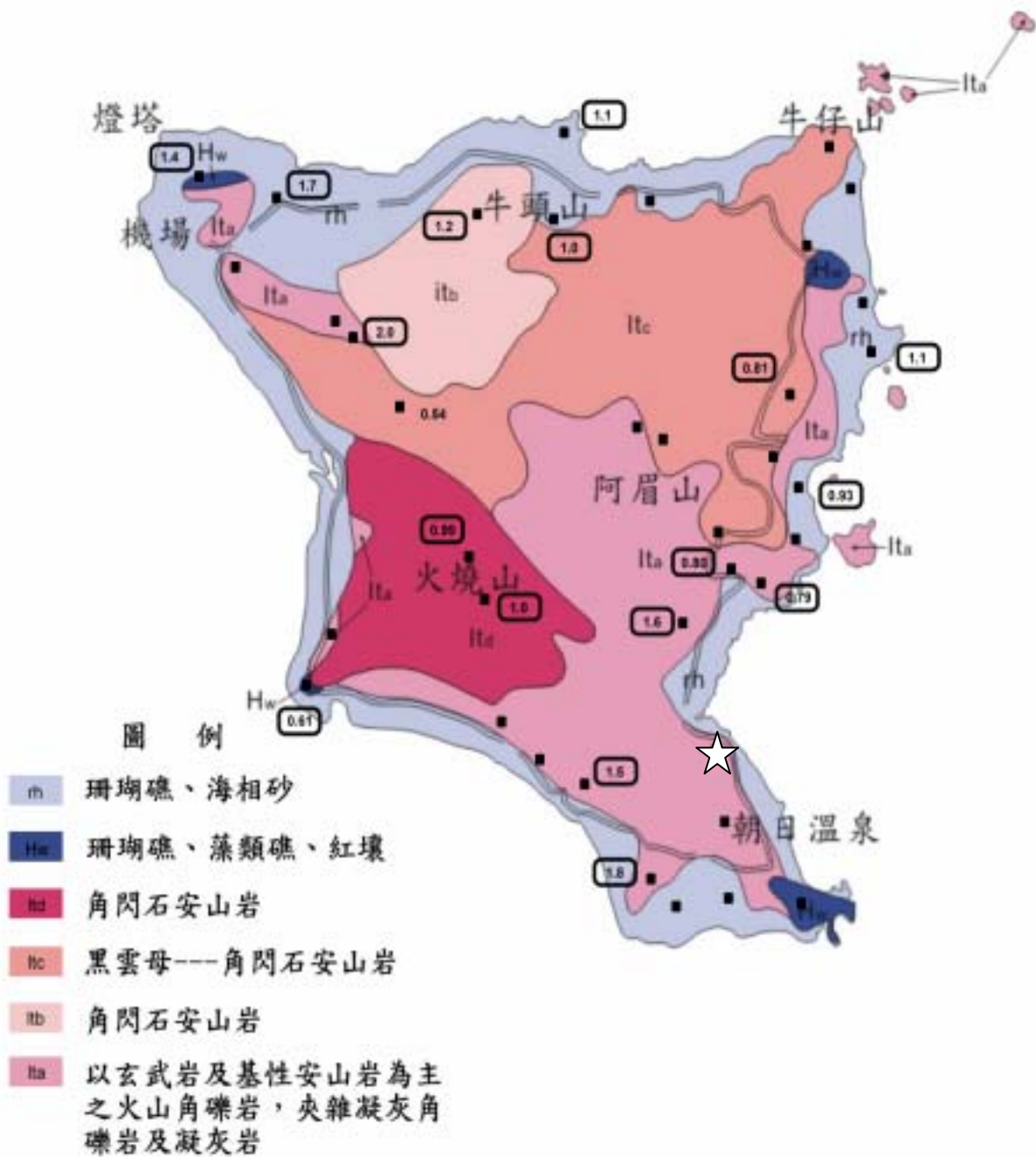



圖 1-2 綠島的岩性分布與核飛跡定年的相關結果 (修改自陳正宏等, 1994; Yang et al. 1992; 揚和陳, 1990)。圖中的數字代表核飛跡定年, 單位為百萬年。  表示本實驗採樣地點。

表 1-1 綠島火成岩岩性與地質年代 (取自陳正宏等, 1994)。

	年 (Ma)	可能噴發中心	噴發產物	分布區域	備註
第五期	0.4 ~ 0.2	火燒山	角閃石安山岩	南半部	
第四期	1.8 ~ 0.54	公館、海參坪、油子湖等海邊	含黑雲母之角閃石安山岩	北部及東部	部分富含不共容元素
第三期	~ 1.2	牛子山	角閃石安山岩	東北部	含堇青石巨晶
第二期	2.0 ~ 1.4	阿眉山	玄武岩及基性安山岩	南部	綠島底層之主要岩性
第一期	> 2.0	?	角閃石安山岩	?	常被後期火山活動擄獲至地表

一致，其定年結果為 2.0 ~ 0.54 百萬年 (Yang et. al, 1992; Lan, et.al, 1986)。然而綠島並未發現到與蘭嶼朗島南方所出露的中新世阿啟坦期相同的石灰岩(圖 1-2)，故認為這些火成岩為綠島最老的岩石 (林朝榮, 1967)。剩餘的 1 / 3 平坦地形面共劃分出七個海階面，這些地形面由海邊往內陸，依序是珊瑚礁平台、礁後海灘斜坡、陸相沖積平原以及崖錐斜坡 (陳正宏等, 1994)。

1.2 研究目的

現今呂宋火山島弧的最北端為綠島，再加上地化分析觀察，綠島安山岩適合進行結晶分化的探討，本研究主要透過實驗控制溫度來模擬岩漿庫的物理條件，以便研究綠島安山岩岩漿的演化過程。利用一大氣壓下高溫爐，經由實驗得知岩漿在不同溫度下所生成礦物的結晶順序，並且分析各種礦物相的溫度分佈範圍及化學成份上的改變，藉以討論岩漿結晶分化的趨勢。

1.3 採樣地點

依據 Chen and Lun (1980)所做的綠島火山岩的地化分析,把 MgO 對 SiO₂ 作圖分析(圖 1-3)，發現綠島安山岩有結晶分化的趨勢。選定綠島東南邊的安山岩作為研究題材。陳汝勤教授也提供編號 13、15、31、32 的樣本，經化學成分之比較、岩石之新鮮度且自行採樣的標本中有出現橄欖石斑晶，故選定自行採樣的標本作為實驗對象。

本研究採樣地點台灣東部外海島嶼—綠島，沿著綠島環島公路由南邊環島，經過朝日溫泉往北走，在路旁有整片連續露頭延伸出露地表，主要辨認顏色深黑且具有多孔性的岩石特徵。野外採樣使用 GPS 定出確切位置為北緯 22 ° 38' 606" 東經 121 ° 30' 108" ，距海平面 12 公尺高的公路旁。

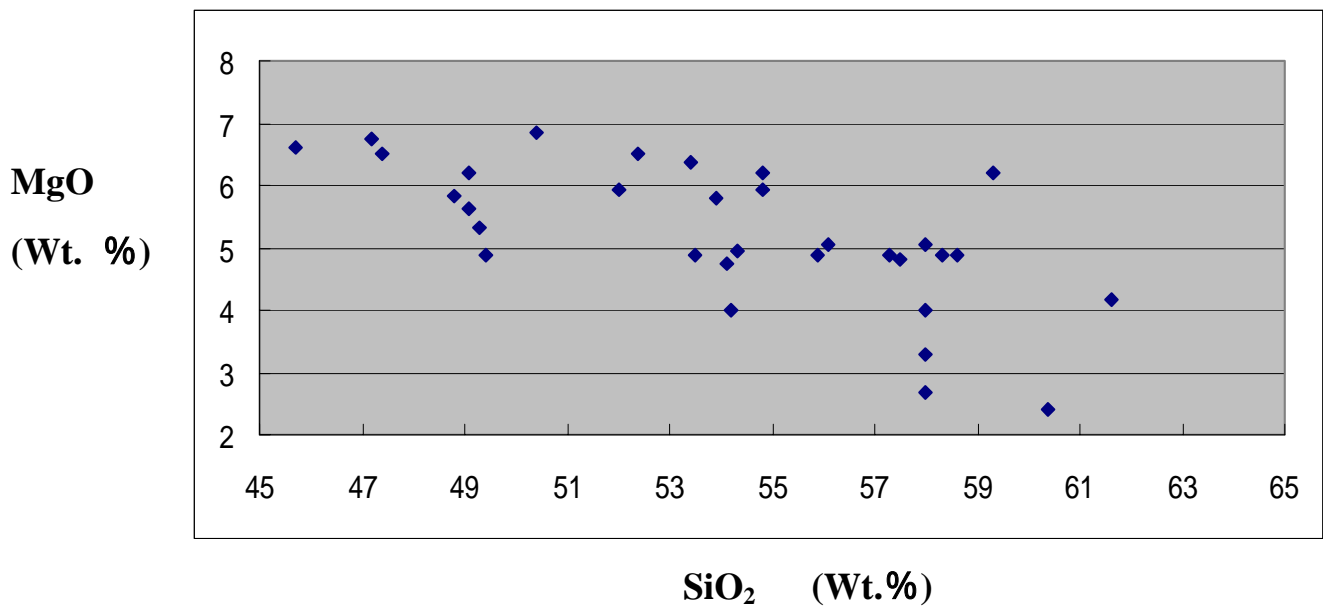


圖 1-3 MgO - SiO₂ 作圖，依據 Chen and Lin (1980)所做的全綠島火山岩的地化分析，發現綠島安山岩有結晶分化的趨勢。