

金門烈嶼海岸地質地形調查

內政部營建署金門國家管理處委託研究報告（九十六年度）

金門烈嶼海岸地質地形調查

內政部營建署

金門國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十六年十一月

(國科會 GRB 編號)
PG9603-0297

金門烈嶼海岸地質地形調查

受委託者：國立自然科學博物館

研究主持人：宮守業

協同主持人：林英生

研究助理：黃志遠

內政部營建署

金門國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十六年十一月

目次

表次	III
圖次	V
摘要	VII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起	1
第二節 自然環境與前人研究	2
第二章 研究方法與結果	7
第一節 研究方法	7
第二節 研究結果	8
第三節 解釋與討論	19
第三章 結論與建議	21
第一節 結論	21
第二節 建議	22
附錄一 標本位置及分析結果表	23
附錄二 野外考察圖片	25
附錄三 期中審查會議紀錄	27
附錄四 期末審查會議紀錄	31
參考書目	35

金門烈嶼海岸地質地形調查

表次

表 2-1 烈嶼西岸潮間帶沈積物粒度分析結果 . . . 15

圖次

圖 1-1 烈嶼地質略圖	2
圖 2-1 標本位置圖	8
圖 2-2 烈嶼海岸地形、地質分布	9
圖 2-3 採自烈嶼埔頭岩壁上的貓公石岩石薄片顯 微鏡照相	12
圖 2-4 青岐海岸風化玄武岩薄片顯微鏡照相	12
圖 2-5 烈嶼埔頭的貓公石 X 光繞射礦物分析	13
圖 2-6 烈嶼青岐的泥質砂岩 X 光繞射礦物分析	13
圖 2-7 (A)東崗海岸金門層中的暴雨形成的沉積構 造。(B)東崗海岸金門層中暴雨形成的沉積 構造描繪	14
圖 2-8 烈嶼西岸潮間帶沈積物粒度分析柱狀圖	16
圖 2-9 烈嶼黃厝海岸紅土鐵網紋崖壁鐵元素垂直分 布	18

摘要

關鍵詞：海岸地形、岩質鐵網紋、烈嶼、金門國家公園

一、研究緣起

金門烈嶼海岸地景地形甚富變化，藉本研究之深入調查了解金門烈嶼海岸地質地景形成之原因、地史，海岸侵蝕現狀和可能面對的問題，加以調查和規劃將有利於保護並提供金門國家公園作為海岸地景保育和海岸保護的參考。

二、研究方法及過程

本研究以野外調查、岩象學分析、X光繞射礦物分析、XRF元素分析等方法描述烈嶼海岸地形、地質，著重烈嶼重要之地景貓公石，並探討其成因。

三、重要發現

- (一) 烈嶼黃厝至埔頭一帶海岸分布的貓公石成因與古寧頭海岸的貓公石成因相同，都是由上覆紅土層中的鐵，向下淋溶到風化的火成岩或源自火成岩的長石質砂岩風化後的高嶺土質砂岩，再沈澱形成鐵網紋 (plinthite)¹，再進一步受海水沖刷移除高嶺土，由鐵網紋硬化為岩質鐵網紋 (petroplinthite)。
- (二) 黃厝、埔頭一帶的貓公石主要發育在火成岩風化而成的高嶺土層中，與古寧頭一帶的貓公石發育在火成岩先經過侵蝕、搬運形成的長石質砂岩再風化而成的高嶺土層中，二者經歷的過程有所不同。
- (三) 烈嶼海岸地形發育的主要控制因素為岩性，堅硬的岩石形成海岬，軟弱的岩石形成海灣；海浪侵蝕方向性差異不明顯。
- (四) 東崗附近海岸出露的金門層，有發育良好的暴雨所形成的沈積構

1 鐵網紋 (plinthite)：紅壤中發生的一種鐵鋁氧化物富集現象，因水份下滲流動不均勻，而形成紅褐色和灰白色的網狀斑紋，如果鐵氧化物固結而變硬，稱為岩質鐵網紋 (petro-plinthite)。

造，為前人所未報告者。此處金門層露頭與前人所描述的金門層頗為不同，在金門本島亦未見金門層有類似沈積構造。

四、主要建議事項

根據研究發現，本研究針對烈嶼的鄉土教學與地景保育，提出下列具體建議。以下分別從立即可行的建議、及長期性建議加以列舉。

立即可行之建議

建議一

埔頭海岸貓公石步道

主辦機關：金門國家公園

協辦機關：金門縣政府

埔頭—黃厝間海岸的平台狀貓公石是烈嶼的特色，但目前多數遊客多數只在埔頭貓公石海岸入口短暫停留觀賞崩落的塊狀貓公石而忽略了平台狀貓公石。似乎可考慮在自行車道旁現有的貓公石海岸入口（埔頭）和貓公石觀賞平台（埔頭—黃厝）之間設置步道，鼓勵遊客沿海岸步行一段，再回到自行車道。

建議二

東崗海岸步道

主辦機關：金門國家公園

協辦機關：金門縣政府

東崗—青歧間海岸的金門層露頭，出露了發育良好的風暴沈積構造，不僅在金門地區唯一可見者，在台灣也不多見。這是實施科普教育與鄉土教學的良好地點。此地接近東崗岬角，可由自行車道上近東崗之涼亭步行前往。目前多數遊客與金門本地學生還不知道這個地點。建議在自行車道涼亭處設置指引標誌，並在崖壁旁設置解說牌，說明風暴沈積構造形成的地質背景。

長期性建議

海岸保護與地景保育

主辦機關：金門國家公園

協辦機關：金門縣政府

烈嶼海岸的各處海岬主要為堅硬的火成岩或變質岩，唯一的例外是埔頭—黃厝間的貓公石海岸，可見貓公石抵抗海浪侵蝕的能力和火

成岩、變質岩接近。從海岸保護與地景保育的觀點，均應妥善保護埔頭—黃厝間的貓公石，而不需要防波堤或消波塊。

ABSTRACT

Keywords: coastal landform, petroplinthite, Lieyu, Kinmen

1. Purpose

The Lieyu, Kinmen has very diverse coastal landforms and landscape. This project studied the coastal landscape and coastal geology of Lieyu and their origin and geohistory to make available resources of public education for tourism. The project also investigate potential problem in coastal protection in order to provide the Kinmen National Park a reference in landscape conservation and coast protection.

2. Methods

This project performed field investigation and sampling, petrographical study, XRD mineralogy study and XRF elemental analysis to document the coastal landform, coastal geology with a focus on the famous “Mau-gong-shi” (petroplinthite) and discuss their origins.

3. Important results

- (1) The origin of “Mau-gong-shi” at Huangcuo and Putou of Lieyu is similar to that of Guningtou. Both were formed by iron leached from the overlying red soil and re-precipitated in the kaolinitic bed below the red soil, then developed into plinthite. The kaolinitic bed resulted from weathering of granitic rocks or arkosic sandstones derived from granitic rocks. Kaolinite in plinthite may further be washed away by waves and evolved into petroplinthite.
- (2) The “Mau-gong-shi” of Lieyu differs from that of Guningtou in geohistory of the host rock. At Guningtou, the kaolinitic bed resulted from weathering of arkosic sandstones that were derived from grduitic rocks, while at Huangcuo and Putou, the kaolinitic bed resulted from weathering of granitic rocks.
- (3) The main control of coastal development of Lieyu is lithology. Hard igneous or metamorphic rocks developed into headlands

while sedimentary or weathered igneous rocks developed into bays. The wave influence is not significant.

- (4) The Kinmen Formation outcrops along coast near Dong-gang reveals well developed sedimentary structures of storm deposition. This has not been reported before. The sedimentary characteristics of Kinmen Formation at this site are different significantly from other outcrops.

4. Suggested strategies

This project comes to the immediate and long-term strategies.

For immediate strategies:

- (1) Build a walking trail along the coast from the entrance to “Mau-gong-shi” at the bicycle trail near Putou to a sight-seeing platform is located at the bicycle trail about halfway toward Huangcuo. This walking trail will allow visitors to walk along the best part of the “Mau-gong-shi” coast, yet confine them stay in the trail and not to damage the landscape. Panels should be installed next to the trail to explain the origin of “Mau-gong-shi”.
- (2) Put a sign at a pavilion along the bicycle trail near Dong-gang to guide the visitors to see the beautiful outcrops of storm beds in the Kinmen Formation. Panels should be installed at to the site to explain the origin of the sedimentary structures.

For long-term strategies:

Preserve the “Mau-gong-shi” (plinthite and petroplinthite) along the coast from Putou to Huangcuo. Those iron-cemented formation serve as natural wave-breaker and has successfully protected the northeast coast of Lieyu for thousands years. Artificial levee or wave breaker is not necessary in this area as far as coast protection is concerned, and will only destroy the beautiful landscape at the site.

第一章 緒 論

第一節 研究緣起

金門四面環海，在長遠的地質時代裡受到自然的風化侵蝕，雕塑出獨特的海岸地質地景景觀。由於金門長期的軍事管制，一般的學術調查活動難及於海岸地帶，今管制放寬，我們才有機會窺知金門海岸的全貌，透過實地踏查研究，將使「金門海岸地質地景之美」呈現在世人面前。烈嶼是金門的離島，一般民眾對烈嶼的了解更少，因此本計畫以烈嶼為主題。

金門的地質史和台灣完全不同，對於習於台灣地形地貌的民眾而言，其地質與地形的特殊性，有很高的教育與旅遊價值。烈嶼位於金門與大陸之間，海岸地形受季風、波浪影響程度較低。另一方面，烈嶼各處海岸出露之岩石在不同地點有花崗片麻岩、柱狀玄武岩及沉積岩等不同，很適合研究、觀察不同的岩性在類似的波浪影響時，海岸地形會有什麼差異。以上這些金門烈嶼的地質與地形的特殊性，值得進一步深入探討與推廣。

同時為加強環境保育的觀念，避免因人為的不當開發或海岸活動，破壞了大自然歷經千百萬年所蘊育出的美麗景象，亟需喚醒全民對環境、地景的珍惜。

金門烈嶼海岸地景地形甚富變化，藉本研究之深入調查了解金門烈嶼海岸地質地景形成之原因、地史，海岸侵蝕現狀和可能面對的問題，加以調查和規劃將有利於保護並成為金門國家公園繼傳統聚落、閩南建築之外的一項重要特色及觀光資源，並提出本段海岸地景保育和海岸保護的因應建議。

本研究計畫預期達成下列目標：

- 1、金門烈嶼海岸地質地景田野調查。
- 2、金門烈嶼海岸各露頭岩石的標本採集及實驗室分析。
- 3、金門烈嶼海岸地景之分類評析。
- 4、深入探討烈嶼海岸地質地形成因，評估海岸地景保育課題。
- 5、結合傳統聚落、古蹟、軍事遺蹟等特色，提升鄉土資源的研究及旅遊品質。

第二節 自然環境與前人研究

壹、烈嶼的地理、地質背景

烈嶼島位於 24°24'—28'N, 118°12'—16'E, 面積 14.85 平方公里, 其東距金門本島約 2 公里, 西距廈門島約 7 公里 (圖 1-1), 為金門縣所轄之島嶼。烈嶼島向東可遠眺金門太武山, 東南則進入台灣海峽水域, 西面和北面則與大陸隔海相望, 其自古以來便有著重要的戰略地位。

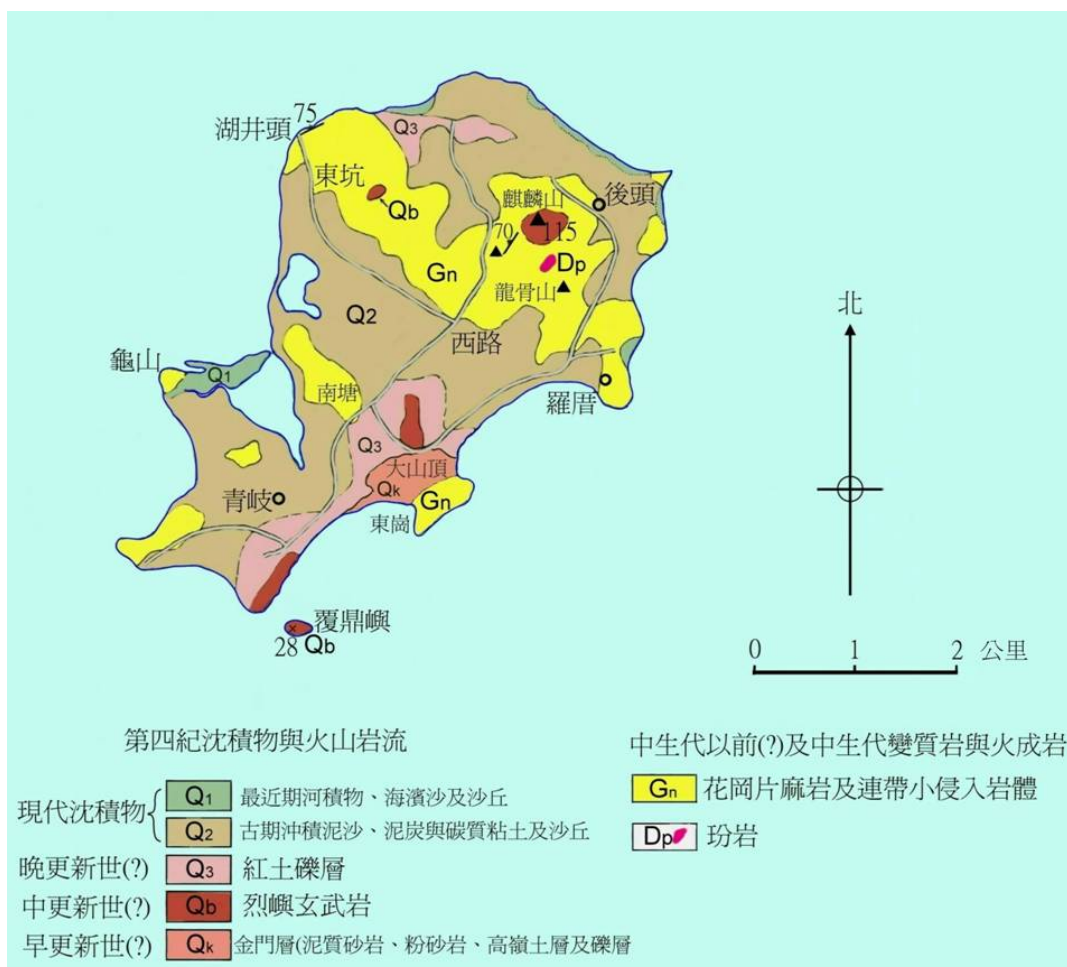


圖 1-1：烈嶼地質略圖。

(陳培源, 1965)

烈嶼的氣候屬於亞熱帶之海洋性氣候, 夏季時, 西南季風從南中國海吹來, 另一方面, 東南季風從太平洋吹來。冬季則盛行東北季風。此外, 夏秋之間亦常有颱風侵襲。依據金門農產試驗所 1954—1995

年統計資料顯示，金門地區年平均溫度為攝氏 22.8 度，而年雨量大約為 1050 公釐，但年蒸發量高達 1680 公釐，顯著大於降雨量。

金門地區在白堊紀時經歷過多次的岩漿活動。烈嶼的基盤為侏羅—白堊紀的羅厝片岩、青岐片麻岩和白堊紀的九宮花崗岩、將軍堡混合岩²，之後又有花崗岩、輝綠岩³、角閃岩⁴等侵入體和凝灰岩、火山碎屑岩噴發（林蔚，2001；林蔚、陳正宏，2005）。岩盤之上沈積古第三紀的金門層。中新世的玄武岩熔岩流覆蓋於已風化的花崗片麻岩⁵或金門層之上，紅土層與近代沖積層又覆蓋於各岩層之上。主要出露於烈嶼麒麟山、陽山與南山頭海岸（陳培源，1965、1970；王鑫，雷鴻飛，1996）。

金門層非整合覆於花崗岩基盤上，厚度變化甚大，根據鑽探資料，在古九龍江河道中最厚的地方可達六十尺以上（陳培源，1965）。但在烈嶼厚數公尺至十餘公尺，岩性為高嶺土質石英砂岩至礫岩、黏土層和砂礫層互層所組成。金門層又可分為上下兩段，下段為基底礫岩和黏土，上段為高嶺土質石英砂、礫岩。

紅土層厚數公尺至十餘公尺，不整合或假整合覆於金門層之上，岩性為紅土夾含砂礫，局部夾有褐鐵礦富集層。紅土礫石層分布不連續，局部缺失，則近代沖積層直接覆於金門層之上。陳培源（1965）和王鑫（2004）認為這些紅土大部分是移積紅土，王鑫（2004）並推

2 混合岩是一種因高度變質作用，而部份融熔為岩漿的岩石。簡化的說，是從片麻岩過渡到花崗岩之間的岩石。在巨觀上是由兩種（或兩種以上）不同岩性部份所組成，一種是受變質的圍岩，另一部份是花崗岩質、偉晶岩質或細晶岩質。具有不均勻的外觀，由淺色體和深色體構成，前者為花崗岩質，後者外觀類似變質岩，例如片岩或片麻岩等，含有較多的黑雲母和角閃石等。

3 輝綠岩為細粒至中粒、深灰至黑色的半深成侵入火成岩。其岩漿成份與玄武岩類似，但形成深度較深，其特性介於玄武岩與輝長岩（深成火成岩）之間。

4 角閃岩：主要由角閃石族礦物組成的一種岩石，由輝長岩、輝綠岩、或玄武岩，或者石灰岩及白雲岩等沉積岩經中—高度區域變質作用形成。

5 花崗片麻岩：外觀特性介於花崗岩與片麻岩之間、具有部份片麻狀構造的的岩石，通常為花崗岩受區域變質作用而形成。

論紅土化的時間在玉木冰期。

近代沖積層不整合或假整合覆於紅土礫石層之上，分布不連續，厚度不一，主要由風積、河積的砂質沈積物構成，分布於河谷或海邊的低地，如烈嶼龜山東側海岸。

貳、烈嶼的海岸地形

烈嶼東岸以火成、變質岩形成的岩岸為主，北岸的湖井頭一帶亦同，但埔頭一帶為貓公石分布的海岸。西側和南側的海岸以沙灘較為發達，但龜山、烏嘴尾、南山頭、東崗等岬角為岩岸，其中南山頭為玄武岩構成，其餘為火成岩或變質岩海岸（林英生、吳啟騰，2004）。

參、「貓公石」問題

在烈嶼埔頭和金門古寧頭一帶海岸，有一種俗稱「貓公石」的岩石分布，其外觀為紅褐色蜂窩狀多孔洞的鐵質膠結。由於景觀特殊，成為觀光的景點。王鑫（2004）認為「貓公石」是紅土層中的鐵質富集，混合黏土而形成。宮守業（2006）認為貓公石即是土壤學所謂的鐵網紋（plinthite）進一步變化形成。先在紅土層之下，金門層最上部高嶺土質砂礫岩中形成，當具有鐵網紋膠結的岩塊崩落後，進一步受海水中刷成為貓公石。陳培源（1965）曾經報告在尚義機場附近的紅土層台地表面之下十幾公分至數十公分之處常有褐鐵礦形成的鐵質硬磐，另外在金門層頂部紅土化部份也有小管狀、球狀或餅狀的鐵質結核，稱為「吳須土」。宮守業（2006）在古寧頭的紅土層之下也發現類似鐵質硬磐形成。這些現象符合前述對貓公石成因的解釋。

「貓公石」之名並非金門所特有，澎湖的桶盤等多處也有所謂「貓公石」出現。澎湖的「貓公石」一般認為是由玄武岩風化所造成，而烈嶼雖然有玄武岩分布。烈嶼的貓公石成因是否與澎湖相同？但是烈嶼的貓公石分布在埔頭、黃厝一帶的海岸，而玄武岩分布在烈嶼南山頭海岸，和「貓公石」出露地點不同。烈嶼、古寧頭和澎湖三處「貓公石」成因有何異同，還需要進一步釐清。

肆、烈嶼的傳統聚落、古蹟、軍事遺蹟

雖然曾經戰亂的破壞，烈嶼仍然保存不少傳統聚落和民居，如上庫的吳秀才厝，以及東林、上林、上庫、青岐等村的民宅，極具歷史

紀念意義，也是觀光旅遊的良好景點，並有將軍廟、烈女廟等人文史蹟（吳啟騰等，1990；洪曉聰，1994）。烈嶼發現的考古遺址有青歧遺址（陳仲玉，1997；陳仲玉、劉益昌，2001）。島上還有環島轍車道、湖井頭戰史館、將軍堡、四維坑道等軍事史蹟（戚常卉，2003）。

第二章 研究方法與結果

第一節 研究方法

壹、烈嶼的地理、地質背景

首先進行野外調查，先確定烈嶼一帶海岸地形的形態與分布，測繪海崖、海濱平台的分布。其次調查海岸與潮間帶沈積物的分布，以詳細區分烈嶼一帶海岸的地形地景單元。對於海崖和海濱平台，將特別注意岩性與地形的關係。

本計畫將調查「貓公石」在野外的分布與產狀，同時對烈嶼埔頭一帶的「貓公石」進行野外調查，以便和金門本島比較其異同。本計畫亦將調查青歧—東崗之間海岸出露的金門層風暴堆積。

對潮間帶部份，將利用退潮時調查泥灘、沙灘的分布，以了解海岸侵蝕與沈積的相對強弱與分布。

貳、實驗室分析

本計畫將採集烈嶼海岸岩石與沈積物的標本，進行岩象學實驗室分析。對海岸與潮間帶沈積物，在顯微鏡下觀察、分類，並進行粒度分析，以了解其組成。

對「貓公石」及風化玄武岩標本進行岩象學分析，以了解其岩象組織；對玄武岩、紅土與「貓公石」標本進行 X 光繞射儀分析，以了解其礦物成份；對紅土與「貓公石」標本進行 X 光螢光分析儀元素分析，以了解其元素組成。綜合以上分析結果，以研判紅土、「貓公石」的成因。

參、綜合研判

綜合野外調查、實驗室分析的結果與前人研究，深入探討烈嶼海岸地質地形成因，海岸侵蝕與沈積的分布，海岸地形發育和岩石的關連，並且評估烈嶼海岸地景保育課題。

第二節 研究結果

壹、野外調查與標本採集：

本計劃已於 96 年 5 月至 96 年 9 月，共 23 天完成野外調查，採集岩石與沈積物標本共 23 件，其分布位置見圖 2-1，標本經緯度與各項分析結果見附錄一。

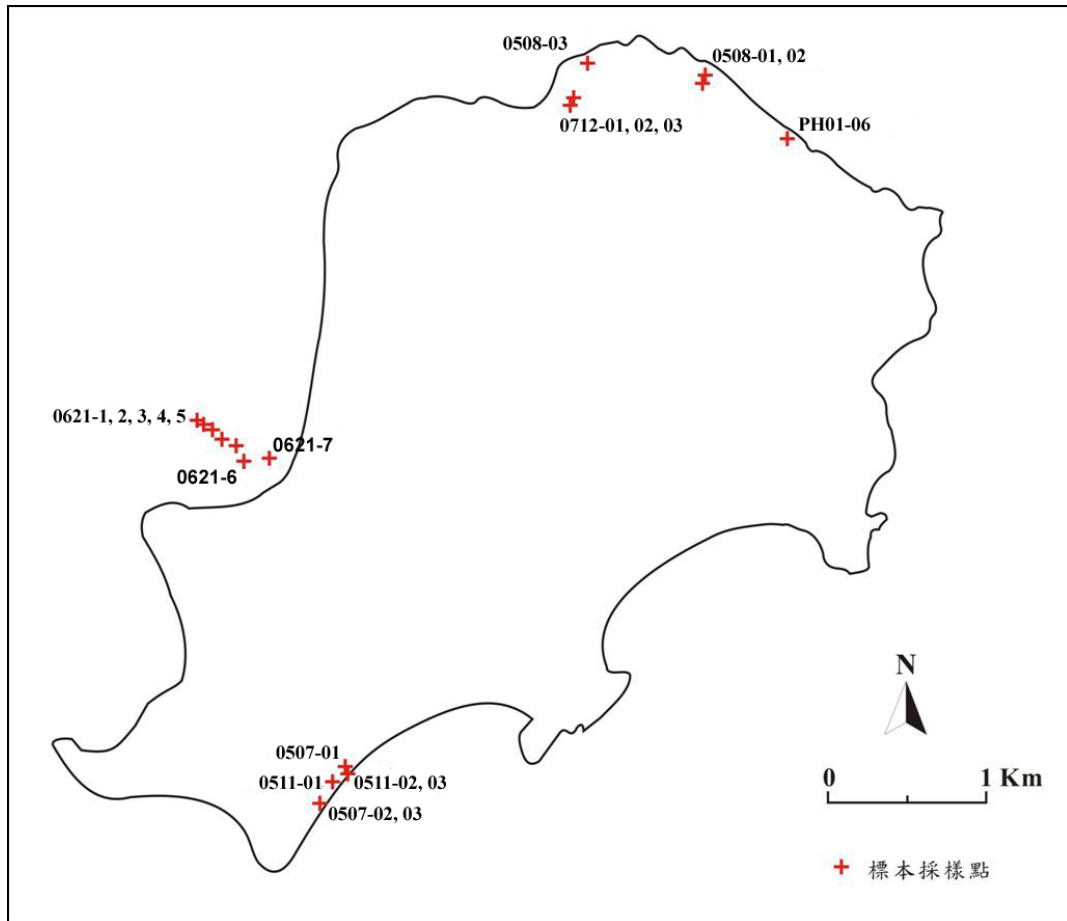


圖 2-1：標本位置圖。

(本研究)

海岸地形調查結果說明如下：

1、海岸地形與地質

烈嶼海岸地形主要為沙岸及岩岸，其中海岬主要為由火成岩或變質岩構成的岩岸，海灣則為沙岸，顯示烈嶼的海岸形態主要是受到地質因素的影響。堅硬的岩石較能抵抗海浪侵蝕，軟弱的岩層地抗海浪

侵蝕能力較低，在漫長的地質年代中，堅硬岩石所在之處逐漸形成海岬，軟弱岩石所在的地點逐漸形成海灣。烈嶼海岸地形分布如圖 2-2。

以下分別敘述烈嶼海岸地形的分布。岩岸分佈在東崗、九宮碼頭、湖井頭、龜山（貴山）、鳥嘴尾、將軍堡、后頭、南山頭、埔頭等地之岬角，其中東崗、九宮碼頭、湖井頭、龜山（貴山）、鳥嘴尾等地出露花崗岩及花崗片麻岩；將軍堡、后頭一帶出露岩石為混合岩；南山頭出露之岩石為玄武岩；埔頭、黃厝之間的海岸出露岩石為貓公石。

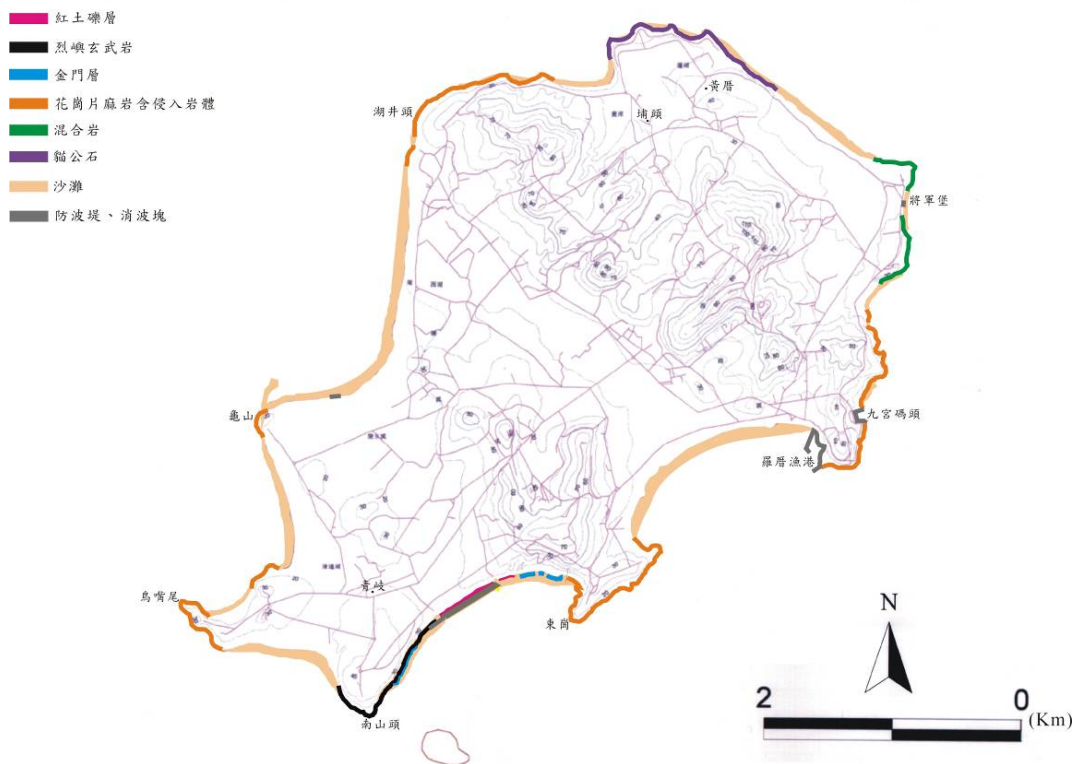


圖 2-2：烈嶼海岸地形、地質分布。

（本研究）

如前述以及圖 2-2 顯示，烈嶼海岸岬角與海灣的分布受岩性控制的現象非常顯著。岬角主要由堅硬的火成或變質岩海岸構成，如羅厝、將軍堡南方、將軍堡北方、湖井頭、龜山、鳥嘴尾、東崗等岬角出露的岩石主要為花崗岩、花崗片麻岩、混合岩形成，南山頭則由玄武岩構成；而海灣則主要是金門層或紅土礫石層分布的地方。

上述的原則只有一處例外，即黃厝—埔頭一帶的海岸，雖然是紅土以及風化的火成岩或變質岩（此地層是否應視為紅土礫石層之一部

份或視為花崗岩尚待釐清)分布的地方,但由於紅土中形成堅硬的岩質鐵網紋(貓公石),抵抗海浪侵蝕的能力與火成岩或變質岩相仿,因此仍然形成海岬。這和古寧頭雖然為金門層和紅土礫石層分布地區,但因鐵網紋之發育,仍然形成海岬的情形相似(宮守業,2006)。至於貓公石成因將在後文探討。

沙岸則分布在各處海灣,其中大部份沙岸在沙灘之上無崖壁發育,如:將軍堡至黃厝間海灣,湖井頭至龜山間海灣,龜山至烏嘴尾間海灣,烏嘴尾至南山頭間海灣,東崗至羅厝間海灣。少部份沙岸在沙灘之上有崖壁發育,多為較軟弱的岩石如青岐沙岸崖壁為風化之玄武岩構成;黃厝至埔頭之間的崖壁為紅土構成;青岐至東崗之間崖壁為金門層之沉積。只有九宮碼頭至將軍堡之間海灣,以及埔頭至湖井頭之間海灣,崖壁為花崗岩或混合岩構成。但此二處花崗岩較為風化,抵抗侵蝕能力較弱,其沙灘發育之規模也相對較小。

在龜山至湖井頭之間的沙灘之外的潮間帶,有一片砂泥質灘地形成,其範圍由湖井頭至龜山約長 2.6 公里,在龜山附近的灘地由低潮至高潮寬約 700 公尺,此區域的泥灘含泥量在 5%到 35%之間,略低於古寧頭的泥灘(宮守業,2006),但大致仍然為低能量沈積環境,並為適于養殖牡蠣之處。此一灘地形成於烈嶼西側,與古寧頭地區灘地主要形成於岬角西側的情形相同,顯示就波浪因素而言,東北季風對沈積物分布的影響大於西南季風,沿岸流的影響因缺乏水文資料,無法討論。

2、貓公石問題

烈嶼北側海岸埔頭至后頭一帶的貓公石其野外產狀與古寧頭南山、北山一帶相當類似。經由「貓公石」標本的 X 光繞射儀分析及岩象分析其組成礦物,大部分貓公石主要是由石英砂粒、高嶺土及其他黏土礦物,以及氧化鐵所構成(圖 2-3 與圖 2-5)。推論其成因同樣是由上層紅土層中的鐵質向下淋溶至含高嶺土、石英之岩層,形成鐵網紋膠結,並進一步受海水沖刷移除高嶺土,由鐵網紋硬化為岩質鐵網紋。但是兩地仍有不同之處。

古寧頭當地岩層主要分為三層,下方為高嶺土質砂礫岩,可見明顯的交錯沉積構造,中層為具有鐵網紋的高嶺土質砂礫岩,最上方為

紅土層。中層的鐵網紋的高嶺土質砂礫岩比海平面高出數公尺，因此下方的高嶺土層被侵蝕後，中層的鐵網紋崩落而成貓公石岩塊。但是在烈嶼埔頭、黃厝一帶，紅土之下的鐵網紋岩層高度接近海平面，因此往往在海岸形成平台狀貓公石，這些貓公石平台較周圍岩石堅硬，形成突出的小岬角。

其次，古寧頭的鐵質網紋主要形成於風化的長石質砂礫岩，崖壁仍可見明顯的沉積構造，而烈嶼的鐵質網紋主要形成於風化的火成岩，其中仍可見火成岩原始構造，如岩脈等。僅在埔頭崖壁發現局部有礫石堆積。再者，古寧頭的貓公石中礫石具沈積構造，且磨圓程度較高；而烈嶼埔頭的貓公石中的礫石，則無沈積構造，且多呈角礫狀。因此推測烈嶼鐵質網紋的母岩主要為風化的火成岩，僅有部分為火成岩風化後殘留地表的礫石。

本研究發現，紅土礫石層、紅土化之金門層與紅土化之基盤火成岩在野外往往不易區分，除海岸崖壁外，露頭也不連續。舊有地質圖之金門層與紅土礫石層之分布可能需要再檢討之處。

烈嶼青岐海岸所謂的貓公石產狀明顯與古寧頭及烈嶼西北側海岸埔頭的貓公石有所不同，青岐海岸上的紅褐色多孔狀岩石為玄武岩風化之結果，因玄武岩的氣孔受海水的侵蝕，及玄武岩本身所含鐵質氧化（圖 2-4 與圖 2-6），造成海邊形成許多多孔、顏色深紅的富鐵質岩層。此產狀與澎湖桶盤的貓公石相似。

3、金門層

青岐—南山頭海岸的金門層泥質砂岩中含濱海相生痕化石（林英生、吳啟騰，2004），顯示當時沈積環境烈嶼沈積環境與現代類似。

在青岐到東崗之間，有一處高約 4—5 公尺之金門層露頭，出露礫石與粗至中砂互層之地層，並具有發達的交錯層理（圖 2-7）。各砂、礫層之厚度不規則，沿水平方向急劇變化甚至尖滅而呈透鏡狀（見圖 2-7 與附錄二附圖 6）。多數礫石在數公分到十數公分之間包含多種火成岩、變質岩，如偉晶花崗岩⁶、片麻岩、輝綠岩等，常呈角礫狀而

6 偉晶花崗岩：花崗岩中，結晶顆粒粗大，常在 1 公分以上者，稱為偉晶花崗岩。其成因是某些岩漿結晶後期，含較多水分及氣體，黏滯性低，離子流動容易，所以可形成較大結晶。

並未磨圓，淘選度非常差。其中並可見上層的礫石陷入下伏砂層之荷重構造以及下伏砂層中孔隙水向上排出所造成的脫水構造，顯示沈積速率很快，前次沈積之砂層尚未固結，後續的礫石就已經堆積。

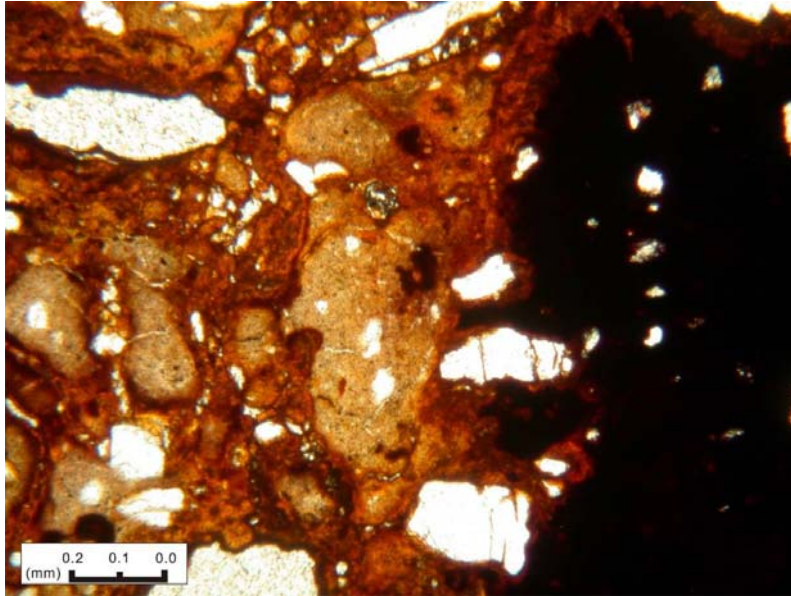


圖 2-3：採自烈嶼埔頭岩壁上的貓公石岩石薄片顯微鏡照相，
圖片右側為紅褐色鐵網紋部份，左側為淺色黏土部分。
(本研究)

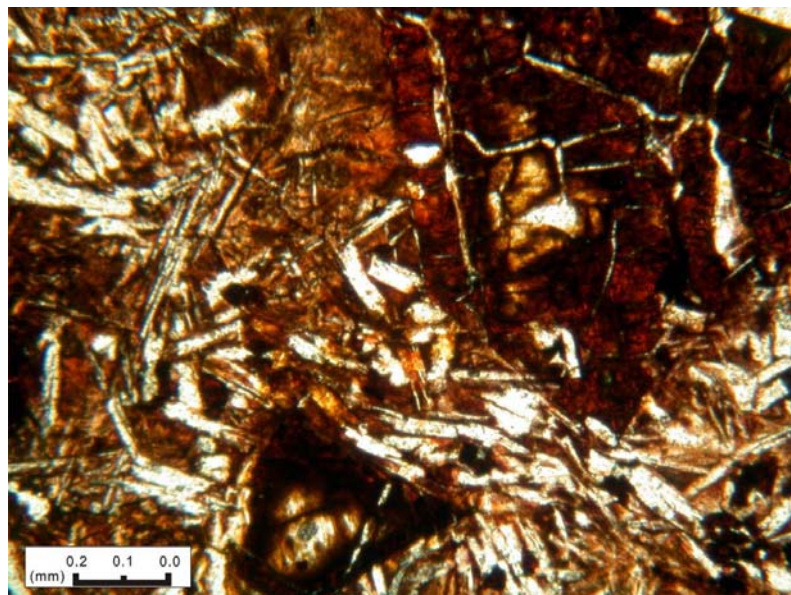


圖 2-4：青岐海岸風化玄武岩薄片顯微鏡照相。
(本研究)

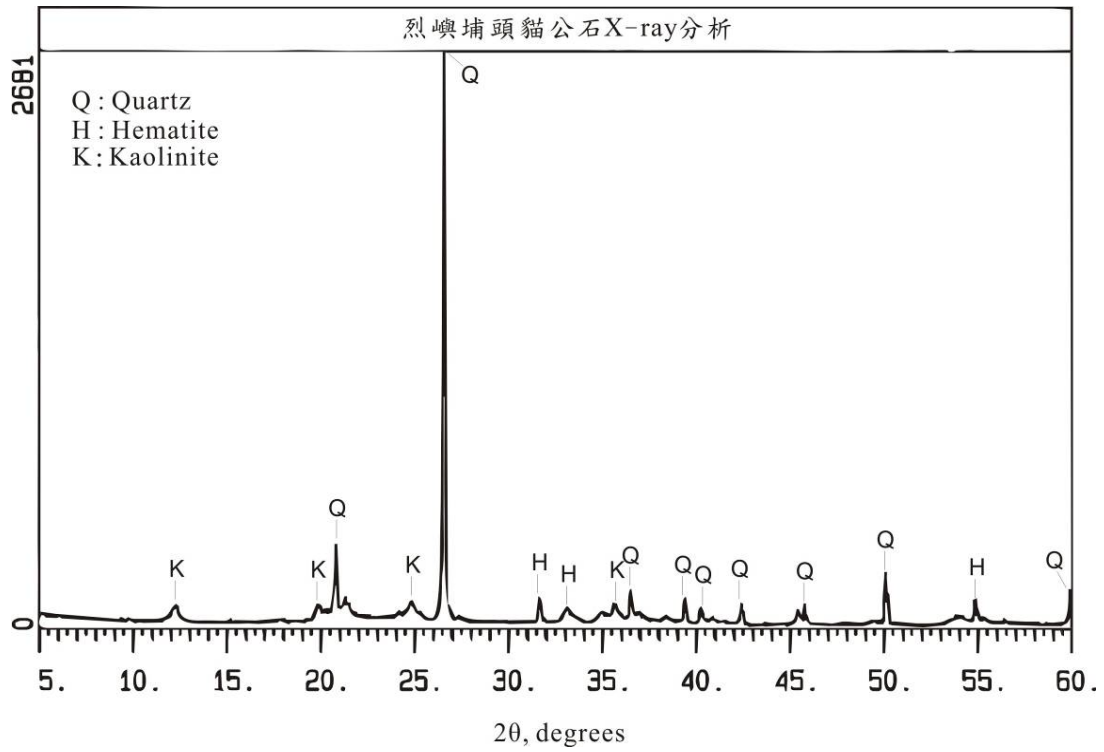


圖 2-5：烈嶼埔頭的貓公石 X 光繞射礦物分析。
(本研究)

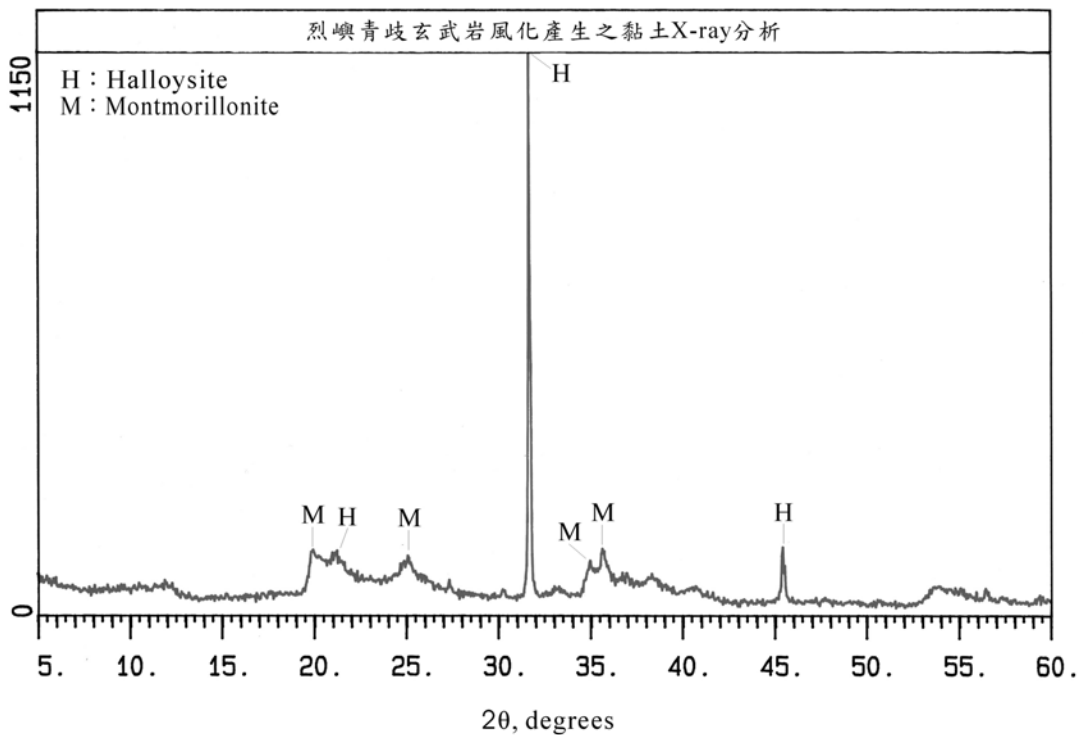


圖 2-6：烈嶼青岐的玄武岩風化產生之黏土 X 光繞射礦物分析。
(本研究)

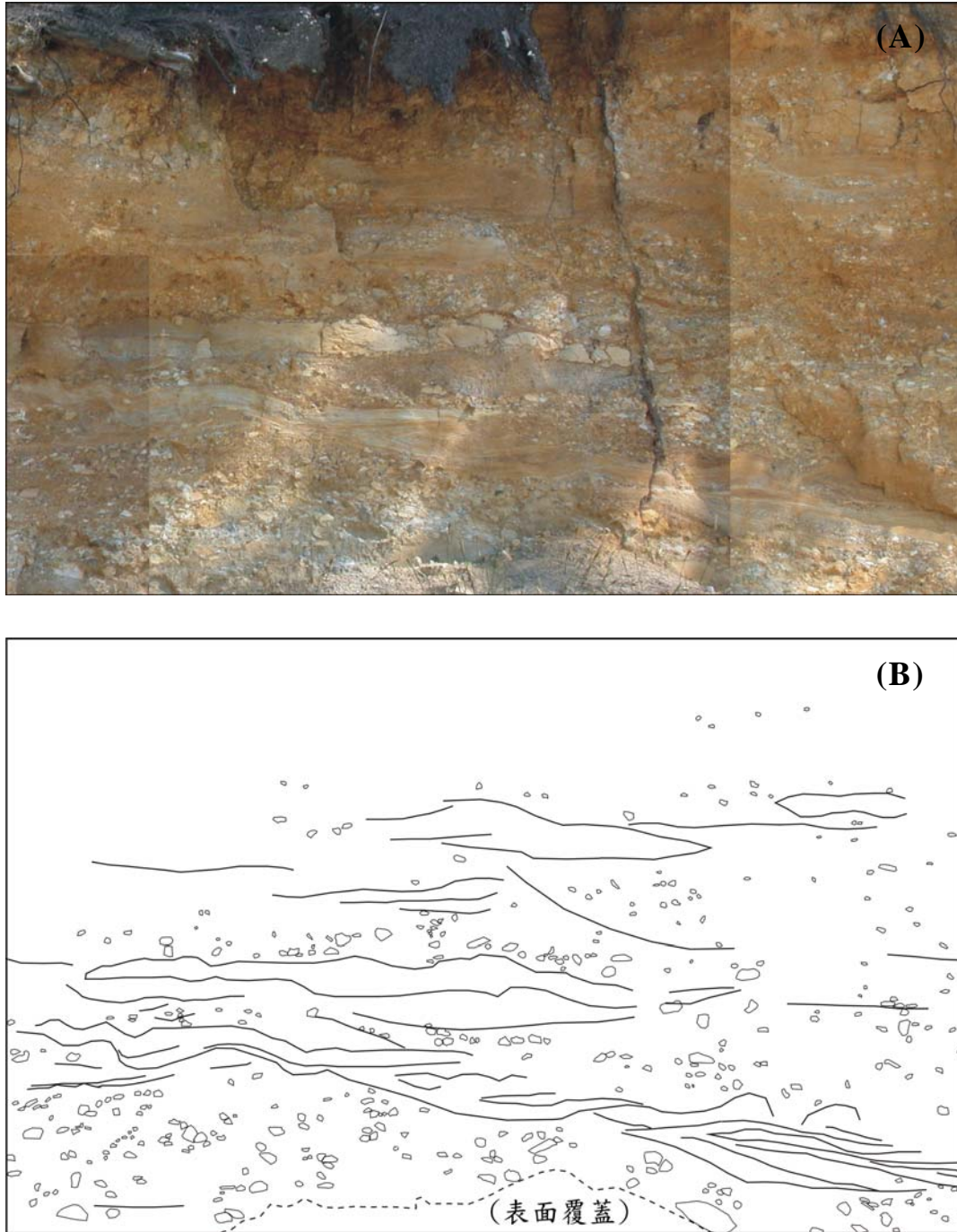


圖 2-7：(A)東崗海岸金門層中的暴雨形成的沉積構造。(B)東崗海岸金門層中的暴雨形成的沉積構造描繪。(本研究)

前述諸特徵顯示，這一段地層可能為大雨過後在河道或沖積扇中形成，且與源岩距離很近，因此最可能是沖積扇的近源部份。這一套沈積序列之底部為一侵蝕面，侵蝕面之下大體為細沙至粉砂岩，但亦

含礫石。此處之地層，伏於玄武岩之下，應為金門層之一部份，但與金門層標準地點尚義機場的金門層有很大的不同。

貳、實驗室分析

1. 海岸潮間帶沈積物粒度分析

本計畫於烈嶼西側海岸潮間帶取 7 個標本，先以弱酸除去貝殼碎屑後，進行沈積物粒度分析，標本位置詳見附錄一，分析結果如表 2-1 及圖 2-8。結果顯示沈積物粒度呈現雙峰分布，其中一個族群的粒度峰值在低潮線附近為 0.25mm，向高潮線方向增加到 1mm 或 2mm；另一個族群為粒度<0.0625mm 的泥質沈積物，出現在所有標本，含量以中潮間帶較多，可達 30% 以上。由泥質沈積物的含量，此地大致為低能量的沈積環境。

表 2-1 烈嶼西岸潮間帶沈積物粒度分析結果

標本編號	總重(g)	粒徑(mm)							
		4.0	2.0	1.0	0.5	0.25	0.125	0.062	<0.062
#1	1381.20	27.2	225.2	160.0	240.8	337.2	265.0	19.0	106.8
#2	1715.60	39.4	142.4	328.0	291.6	377.2	326.6	25.2	185.2
#3	1444.60	15.2	152.0	188.4	181.2	325.2	269.8	22.8	290.0
#4	1644.40	28.6	224.4	186.4	274.4	335.2	219.6	46.6	329.2
#5	1621.10	22.8	272.4	345.2	228.4	100.4	56.7	32.2	563.0
#6	1489.40	125.2	581.2	389.6	81.2	117.6	46.4	13.2	135.0
#7	1445.10	93.8	419.6	428.0	296.4	99.6	33.4	1.6	72.7
	百分比%								
#1	100	2.0	16.3	11.6	17.4	24.4	19.2	1.4	7.7
#2	100	2.3	8.3	19.1	17.0	22.0	19.0	1.5	10.8
#3	100	1.1	10.5	13.0	12.5	22.5	18.7	1.6	20.1
#4	100	1.7	13.7	11.3	16.7	20.4	13.4	2.8	20.0
#5	100	1.4	16.8	21.3	14.1	6.2	3.5	2.0	34.7
#6	100	8.4	39.0	26.2	5.5	7.9	3.1	0.9	9.0
#7	100	6.5	29.0	29.6	20.5	6.9	2.3	0.1	5.0

附註：標本#1最靠近低潮線，依序向內，標本#7最靠近高潮線。

(本研究)

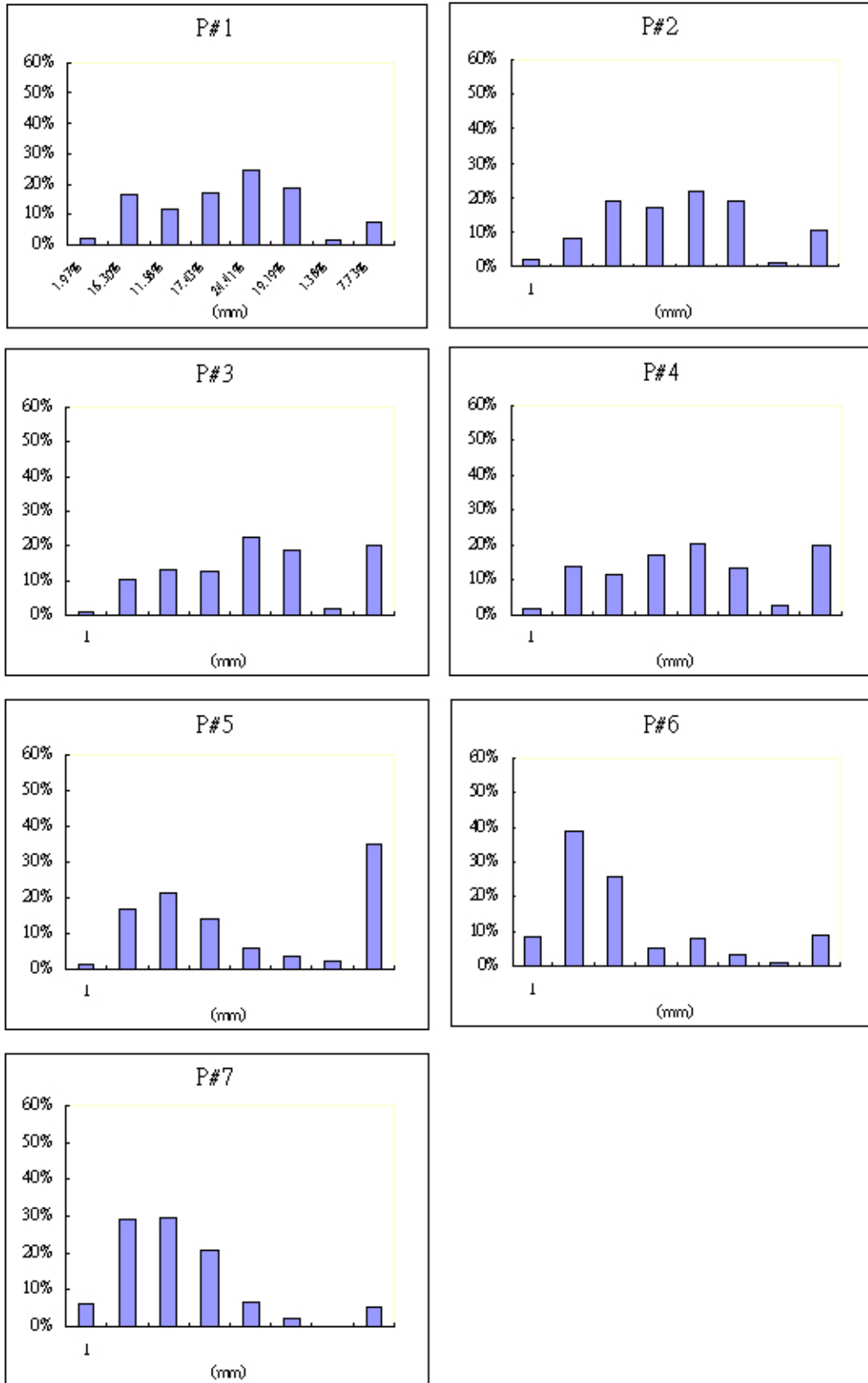


圖 2-8：烈嶼西岸潮間帶沈積物粒度分析柱狀圖。
(本研究)

2. 烈嶼「貓公石」標本岩象學分析結果

本研究將埔頭海岸以及青岐海岸貓公石標本做成岩石切片，於偏光顯微鏡下觀察其岩象組織，結果顯示埔頭的貓公石標本，其組成顆粒以石英為主，外觀為灰色或黃色的部份為高嶺土，外觀為紅褐色的部份為氧化鐵。這和去年所做古寧頭貓公石結果相同。

青岐的紅褐色、多孔狀岩石標本，其礦物組成雖因風化因素而無法鑑定，但岩象組織仍然保留大量斜長石礦物的針狀外型，為典型的玄武岩組織（圖 2-4）。

3. 岩石標本 X 光繞射擊礦物分析結果

岩石標本磨成粉末，於 X 光繞射儀分析礦物組成（見圖 2-5 與附錄一），結果表示埔頭與黃厝之貓公石（鐵網紋）中主要成分為石英顆粒，其中顏色灰白色的部分主要為高嶺土，應由花崗岩中所含長石礦物風化而來，而紅褐色部份含赤鐵礦（圖 2-5）。但比較岩石薄片和 X 光繞射儀分析結果，薄片中所見氧化鐵含量甚高，而 X 光繞射譜中顯示赤鐵礦含量甚低，可知鐵質主要以非晶質的氧化鐵（amorphous iron oxide）形式出現。

青岐外觀類似貓公石的風化玄武岩分析結果其中含蒙脫石以及經常與蒙脫石一同出現的禾樂石（圖 2-6），顯示其由玄武岩風化而來。此與岩象學觀察結果相同。花崗岩風化產物應為高嶺土，而非蒙脫石。尤其風化產物可知，青岐的紅褐色、多孔狀岩石之母岩和埔頭一帶貓公石之母岩不同。

4. 紅土與「貓公石」標本 X 光螢光分析儀元素分析結果

本計畫於黃厝斷崖，由上至下，每隔 1 公尺左右垂直取樣，共採取 6 個標本做 X 光螢光分析儀進行鐵含量分析，其中下層高嶺土層除取全岩樣之外，另分別針對紅色斑紋與灰色斑紋採樣分析。標本處理依照 NIEA S322.60C 標準程序，分析結果如附錄一，並繪於圖 2-9。由圖可見，鐵元素分布由紅土層向下增加，在中層底部含量最高，然後到崖壁底部又減少。此關係顯示鐵元素係由紅土層向下淋溶至高嶺土質砂岩中富集。但崖壁底部的高嶺土層中分布較疏的紅色斑紋，紅色部份的鐵元素含量與中層相近。野外觀察也顯示，在崖壁中層鐵網

紋最發達，與分析結果符合。黃厝剖面鐵元素的垂直分布與古寧頭北山剖面呈現相同的形態（宮守業，2006）。

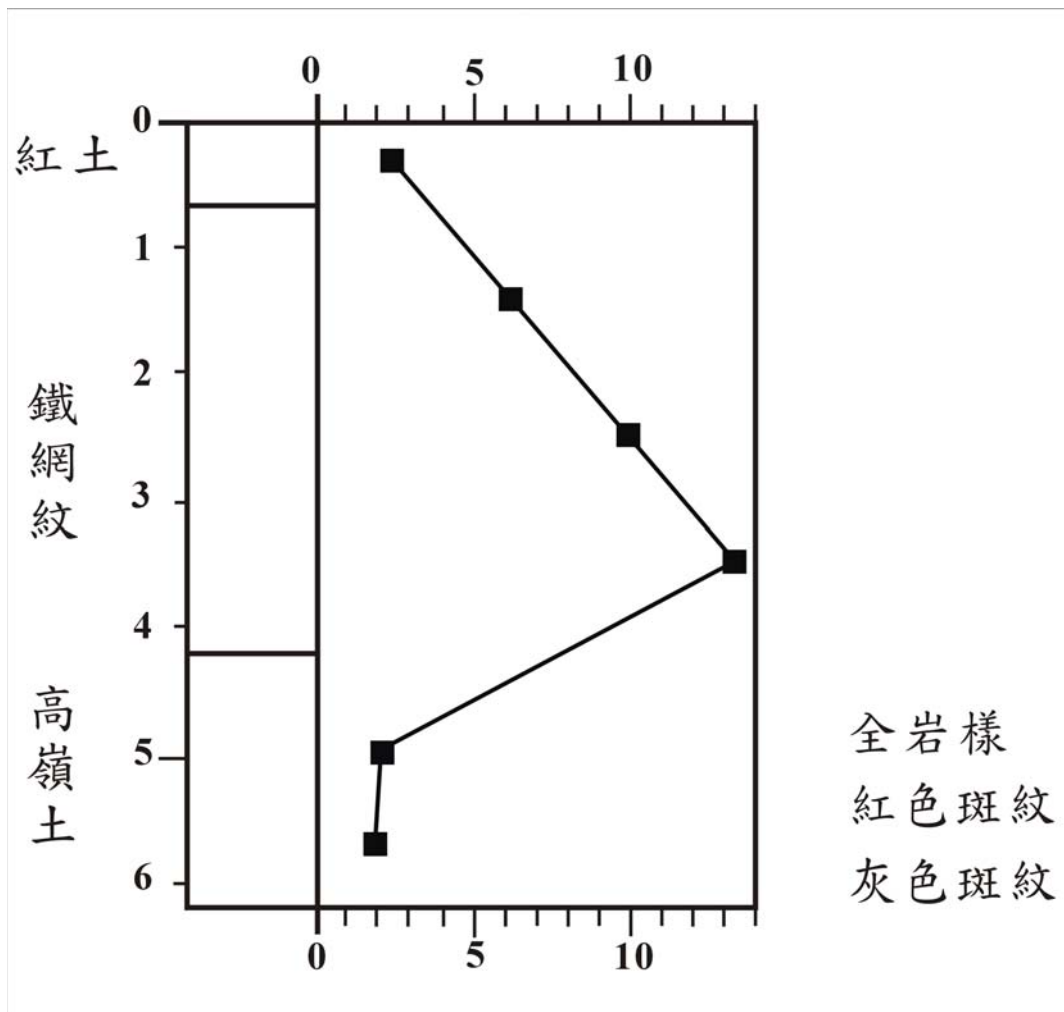


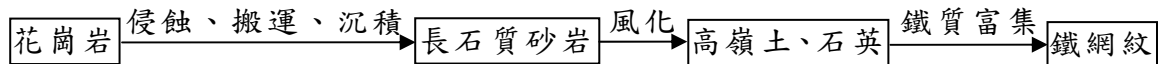
圖 2-9：烈嶼黃厝海岸紅土鐵網紋崖壁鐵元素垂直分布。
(本研究)

第三節 解釋與討論

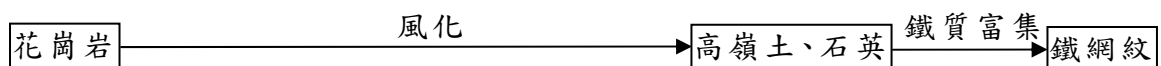
壹、埔頭、黃厝貓公石的成因

由前節所述，埔頭、黃厝一帶海岸分布之貓公石（鐵網紋），成因與古寧頭之貓公石相同，都是由上方紅土中的鐵質向下淋溶而形成，但亦有不同之處。古寧頭海岸出露的鐵網紋之下的高嶺土質砂岩中有多處可見交錯層、河道等沈積構造；鐵網紋層中亦多見磨圓的礫石；而埔頭、黃厝海岸則未見上述沈積岩特徵，反而觀察到風化殘餘的岩脈，顯示埔頭、黃厝一帶的鐵網紋層和含石英之高嶺土層係直接由火成岩風化而來，並未經過搬運、沈積後再風化。

古寧頭之鐵網紋形成過程：



埔頭、黃厝之鐵網紋形成過程：



青歧海岸類似貓公石之紅褐色、多孔之岩石，從野外產狀、岩象組織、風化產生的黏土礦物判斷，應為玄武岩風化所形成，成因與古寧頭、埔頭之貓公石不同，而可能與澎湖桶盤的所謂貓公石相同。

貳、埔頭岬角的成因

烈嶼各處岬角均為較堅硬的火成岩或變質岩構成，而沈積岩構成的海岸則為海灣之沙岸。此岩性與海岸地形的關係非常明顯，僅有一處例外，即埔頭—黃厝一帶，雖為紅土構成之海岸，但仍然形成突出的海岬，而此處正是貓公石分布之處。貓公石中富含鐵質膠結，使得原本較軟弱的紅土變得十分堅硬，抵抗波浪侵蝕的能力大為提高。

無獨有偶，金門本島也有類似的情形。金門東北方、東南方與西南方的岬角均為火成岩或變質岩構成，僅有古寧頭海岬為屬於沈積岩的金門層和紅土礫層構成，此處也恰好是貓公石分布之處。而金門本島與烈嶼的金門層分布地區如無貓公石形成，則均為海灣地形。由大金門與烈嶼的貓公石分布和海岸地形的關係看來，貓公石對海岸的保護是古寧頭和埔頭可以形成海岬的原因。

第三章 結論與建議

第一節 結論

- 一、烈嶼黃厝至埔頭一帶海岸分布的貓公石成因與古寧頭海岸的貓公石成因相同，都是由上覆紅土層中的鐵，向下淋溶到風化的火成岩或源自火成岩的長石質砂岩風化後的高嶺土質砂岩，再沈澱形成鐵網紋構造(plinthite)，再進一步受海水沖刷移除高嶺土，由鐵網紋硬化為岩質鐵網紋構造(petroplinthite)。
- 二、黃厝、埔頭一帶的貓公石主要發育在火成岩風化而成的高嶺土層中，與古寧頭一帶的貓公石發育在源自火成岩的長石質砂岩風化而成的高嶺土層中，經歷的過程有所不同。
- 三、青歧海岸的紅褐色、多孔狀岩石，係由玄武岩風化而來，成因與黃厝、埔頭、古寧頭的貓公石均不同。
- 四、東崗附近海岸出露的金門層，有發育良好的風暴沈積構造，為前人所未報告者。此處金門層露頭與前人所描述的金門層頗為不同，在金門本島亦未見金門層有類似沈積構造。
- 五、烈嶼海岸地形發育的主要控制因素為岩性，堅硬的岩石形成海岬，軟弱的岩石形成海灣；海浪侵蝕影響不明顯。
- 六、泥質灘地形成於烈嶼西側，與金門本島類似，顯示烈嶼海岸沈積受東北季風影響略大於西南季風。

第二節 建議

建議一

埔頭海岸貓公石步道：立即可行建議

主辦機關：金門國家公園

協辦機關：金門縣政府

埔頭—黃厝間海岸的平台狀貓公石是烈嶼的特色，但目前多數遊客多數只在埔頭貓公石海岸入口短暫停留觀賞崩落的塊狀貓公石而忽略了平台狀貓公石。似乎可考慮在自行車道旁現有的貓公石海岸入口（埔頭）和貓公石觀賞平台（埔頭—黃厝）之間設置步道，鼓勵遊客沿海岸步行一段，再回到自行車道。

建議二

東崗—青歧海岸步道：立即可行建議

主辦機關：金門國家公園

協辦機關：金門縣政府

東崗—青歧間海岸的金門層露頭，出露了發育良好的風暴沈積構造，不僅在金門地區唯一可見者，在台灣也不多見。這是實施科普教育與鄉土教學的良好地點。此地接近東崗岬角，可由自行車道上近東崗之涼亭步行前往。目前多數遊客與金門本地學生還不知道這個地點。建議在自行車道涼亭處設置指引標誌，並在崖壁旁設置解說牌，說明風暴沈積構造形成的地質背景。

建議三

海岸保護與地景保育：中長期建議

主辦機關：金門國家公園

協辦機關：金門縣政府

烈嶼海岸的各處海岬主要為堅硬的火成岩或變質岩，唯一的例外是埔頭—黃厝間的貓公石海岸，可見貓公石抵抗海浪侵蝕的能力和火成岩、變質岩接近。從海岸保護與地景保育的觀點，均應妥善保護埔頭—黃厝間的貓公石，不需要防波堤或消波塊。

附錄一 標本位置及分析結果表

採樣地點	標本編號	標本位置	礦物組成	鐵含量(mg/kg)	岩性
青岐	0511-01	E118°13'45.5" N24°24'35.7"	Quartz Kaolinite		沉積岩
	0511-02	E118°13'48.4" N24°24'39.3"	Halloysite Beidellite		風化玄武岩
	0511-03	E118°13'48.9" N24°24'39.9"	Halloysite Montmorill Sudoite		風化玄武岩
	0507-01	E118°13'45.5" N24°24'35.7"	Halloysite Hematite		風化玄武岩
	0507-02	E118°13'42.9" N24°24'33.3"			金門層礫石
	0507-03	E118°13'42.8" N24°24'32.3"			沉積岩
埔頭	0712-01	E118°14'40.0" N24°26'56.9"	Quartz Kaolinite Hematite		貓公石
	0712-02	E118°14'40.7" N24°26'58.6"	Quartz Kaolinite		貓公石
	0712-03	E118°14'43.6" N24°27'05.7"	Quartz Hematite		貓公石
	0508-03	E118°14'44.1" N24°27'06.3"			貓公石
黃厝	PH-01	E118°14'44.9" N24°27'07.0"	Quartz Kaolinite	24750	紅土
	PH-02	E118°14'44.9" N24°27'07.0"	Quartz Kaolinite Hematite	60300	鐵網紋
	PH-03	E118°14'44.9" N24°27'07.0"	Quartz Kaolinite Hematite	97030	鐵網紋
	PH-04	E118°14'44.9" N24°27'07.0"	Quartz Kaolinite Hematite	130410	鐵網紋
	PH-05	E118°14'44.9" N24°27'07.0"	Quartz Kaolinite	全岩樣 19650 紅色斑紋 94300 灰色斑紋 7600	高嶺土質砂岩

	PH-06	E118°14'44.9" N24°27'07.0"	Quartz Kaolinite	全岩樣 18230 紅色斑紋 80900 灰色斑紋 7230	高嶺土質砂岩
將 軍 廟	0621-1	E118°13'14.9" N24°25'51.7"			潮間帶沈積物
	0621-2	E118°13'16.4" N24°25'50.9"			潮間帶沈積物
	0621-3	E118°13'14.9" N24°25'49.8"			潮間帶沈積物
	0621-4	E118°13'20.6" N24°25'47.9"			潮間帶沈積物
	0621-5	E118°13'23.9" N24°25'46.6"			潮間帶沈積物
	0621-6	E118°13'25.7" N24°25'43.4"			潮間帶沈積物
	0621-7	E118°13'31.6" N24°25'44.0"			潮間帶沈積物

(本研究)

附錄二 野外考察圖片



附圖 1：東崗的火成岩岩岸



附圖 2：南山頭的玄武岩岩岸



附圖 3：埔頭的貓公石平台



附圖 4：埔頭貓公石中殘存的岩脈



附圖 5：青歧金門層中的生痕化石

(本研究)



附圖 6：近東崗金門層中的風暴沈積構造

附錄三 期中審查會議紀錄

「金門烈嶼海岸地質地形調查」期中審查會議紀錄

- 一、時間：96年7月18日（星期三）上午九時
- 二、地點：本處第一會議室
- 三、主持人：黃處長文卿 林副處長義野代理 紀錄：陳淑靈
- 四、出席單位：
 - 呂秘書志廣
 - 企劃經理課：柯逢平
 - 工務建設課：莊鎮忠、蔡秀雲
 - 觀光遊憩課：楊恭賀
 - 解說教育課：黃子娟
 - 保育研究課：邱天火
 - 東區管理站：陳玉成
 - 西區管理站：李錫慶
 - 烈嶼管理站：張清忠
- 五、列席單位人員：國立自然科學博物館宮守業、黃志遠
- 六、簡報：(略)
- 七、會議討論（本處相關課室意見）

（一）烈嶼部份地點如湖井頭、貴山一帶容易造成淤積現象，其原因為何？

烈嶼與廈門僅有一水之隔，廈門部分地區亦有淤積現象，其地質景觀有何差異性？惠請說明以提供本處研究之參考。

（二）有關柱狀玄武岩及玄武岩洋蔥狀風化其形成原因為何？惠請說明。

（三）請考量金門潮汐作用、海岸線變化等因素與烈嶼地質形成之影響。

（四）有關期中報告書中之年平均降雨量及蒸發量數值，由於近年來氣候變

化劇烈，因此請加以註明為那幾年之平均值。

- (五) 玄武岩由於受風化影響近年來持續崩塌，其崩塌速度是否會對當地居民的安全造成影響？惠請說明以釐清民眾疑慮。

八、結論

- (一) 有關報告書中建議事項第一點，於車轍道或海邊適當地點增設解說牌事宜，請解說課參酌辦理。
- (二) 各與會人員相關意見請受託單位參考辦理。
- (三) 本案期中報告通過，請受託單位依合約續辦。

九、散會：10 時 10 分

審議意見修正說明

- 一、由衛星影像初步判斷，廈門附近之淤積主要發生在廈門島對岸海滄地區，可能是因為受廈門島的遮擋而波浪能量較低之故。但廈門附近海域島嶼、水道較多，影響沿岸流因素較複雜。
- 二、柱狀玄武岩之成因係岩漿在地表冷卻凝固時，因體積收縮產生的節理，通常與岩漿表面垂直，所以側面常呈柱狀。洋蔥狀風化的成因是岩石的節理造成的，因為水通常沿著岩石的節理滲入，所以沿著節理風化速率較大，而節理往往把岩石切割成一個個的立方塊。當風化作用先在每個立方塊周圍發生時，岩石外觀看起來就呈現球狀一層一層不同風化程度的同心圓，像洋蔥一樣。
- 三、金門為典型的半日潮，但因為台灣海峽的地形因素而潮差較大，可達 5 公尺。但是因為金門的面積和侵蝕速率都不大，因此沈積物供應量不大。相對台灣海峽東岸的彰化、嘉義海岸，雖然金門的潮差更大，但潮浦、潮渠規模卻小的多，因此潮汐作用並不是影響金門海岸地形發育的主要因素。
- 四、依據金門農試所 1954-1995 年記錄，金門平均年降雨量為 1047mm，年蒸發量為 1684mm。
- 五、玄武岩崩塌速度須較長時期觀察，而本研究期間為時一年，固無法提供玄武岩定量之崩塌速度。但野外觀察，除了南山頭岬角崩落之玄武岩較為新鮮之外，岬角東側崖壁上玄武岩風化程度很高，顯示崩塌速度很慢，以致於玄武岩有充分時間在崖壁上風化。因此崩塌速度不致於影響居民安全。

附錄四 期末審查會議紀錄

「金門烈嶼海岸地質地形調查」期末審查會議紀錄

一、時間：96年11月27日（星期二）下午14時

二、地點：本處第一會議室

三、主持人：黃處長文卿 曾副處長偉宏代理

紀錄：陳淑靈

四、出席單位：

吳委員啟騰：請假（書面資料）

呂秘書志廣：呂志廣

企劃經理課：黎明儀、蔡明松

工務建設課：莊鎮忠

觀光遊憩課：楊恭賀

解說教育課：黃子娟

保育研究課：邱天火

東區管理站：陳玉成

西區管理站：薛祖貴

烈嶼管理站：許丕祥

五、列席單位人員：國立自然科學博物館宮守業

六、簡報：（略）

七、會議討論

（一）吳委員啟騰（書面資料）

- 1、本研究對金門地質之成因及分佈之敘述甚為詳細，但對「貓公石」之成因及分佈，研究文稱：「貓公石」係紅土中形成堅硬的岩質鐵網紋，但是否與原發性之火山灰之沉積凝結及沉積有關，建議能做進一步探討與研究。根據澎湖研究地質者多稱其多孔貓公石係火山灰所形成與

金門是否相同可再深入探究。

- 2、對沙泥灘沉積物之形成敘述以東北季風影響大於西南風，是否與海流或潮流之沖積有關，可列入探討研究之內容。
- 3、金門隴口海岸之大片鐵質結核層與古寧頭、埔頭之貓公石之成因是否雷同？或是屬整塊大形之鐵網紋，但形成碎塊後亦與古寧頭、埔頭貓公石類似，其成因亦可列入研究範圍。

(二) 本處相關課室意見

- 1、本案研究內容豐富可作為未來各項解說教育之參考，惟部份專業詞彙艱深，一般民眾閱讀不易，建議部分專有名詞宜作註釋。
- 2、有關東崗附近金門層露頭所呈現之沉積構造，目前尚無相關解說資料，未來將有解說牌設置規劃，請提供建議。
- 3、有關玄武岩由於受風化影響近年來持續崩塌，是否會危急居民安全？是否有何保育策略？惠請說明。
- 4、貴山附近一帶淤積嚴重，是否會影響未來的地形？惠請說明。

八、結論

- 1、各與會人員相關意見請受託單位參考辦理。
- 2、報告書中所提之各項建議，請相關課室規劃辦理。
- 3、本案期末報告通過，請受託單位依合約續辦。

九、散會：15 時 10 分

審議意見修正說明

- 一、由種種跡象看來，貓公石之成因與火山灰之沈積並無關連。古寧頭地區並無火山灰分布，烈嶼后頭雖可能有凝灰岩分布，但其地質年代為中生代。而古寧頭以及烈嶼的貓公石形成於金門層、紅土礫石層之後，年代相差甚遠。據查澎湖之貓公石係指表面多孔之風化玄武岩，成因與青岐海岸出露的紅褐色、多孔岩石較接近，但風化程度、孔洞之成因也不完全相同。
- 二、沿岸流與潮流之作用與波浪的作用係彼此獨立，可以同時存在，其中波浪的作用受風的影響，而沿岸流與潮流並不受風的影響。本計畫僅就泥灘之分布推論，東北風造成的浪足以將泥質沈積物沖走，而西南風造成的浪無法將泥質沈積物沖走。但這不表示沿岸流與潮流不發生作用。
沿岸流與潮流之對金門地區海岸地形的影響為何，因缺乏水文資料不易探討。但就地理位置初步判斷，金門地區漲潮時的潮水應來自台灣海峽，因此面向台灣海峽的方向有更好的機會沈積潮流帶來的沈積物，如同台灣西部海岸的潮浦。但金門地區的泥灘（可視為小型的潮浦）並不發育在面向台灣海峽的方向。
- 三、野外可見古寧頭北山紅土斷崖以及崖壁上的岩質鐵網紋（petroplinthite）的高度向東南方向逐漸降低，因此推測隴口海岸的貓公石和古寧頭北山的貓公石應該是同一層，成因也相同。
- 四、已在期末報告註釋中補充說明。
- 五、詳細資料將於光碟片中另外提供。
- 六、南山頭岬角東側的玄武岩崖壁因風化影響而崩塌，係自然之現象，如果在崖壁上有民宅的確可能有安全顧慮，但如果只是農地或雜林，則危害不大。因為玄武岩本身有柱狀節理，又加上風化影響，如僅以表面噴漿與土工織物處

理，即使釘岩錨也不易著力，不僅破壞景觀也無法阻止崖壁上方地面的雨水下滲，仍然會崩塌。如果當地地價不高，工程費用可能都超過土地價值，不建議以工程手段解決。

七、貴山的沙洲是否持續發育仍需要較長時期的觀察才能確定，如果這是最近幾年才生的現象，則可能與人為因素有關。如果沙洲發育持續下去，會向北延伸，並有利於烈嶼西側泥灘的發育。局部或許可能妨礙漁民出入，但整體而言，沙洲形成對海岸保護是有利的。

參考書目

- 王鑫，雷鴻飛，1996，金門地質地形簡介。金門國家公園管理處。
- 王鑫，2004，台灣的特殊地景－北台灣，遠足文化，頁 164~189。
- 李增德等，1997，金門人文風采，金門國家公園管理處。
- 林英生、吳啟騰，2004，金門海岸地景資源，金門縣政府建設局。
- 林蔚，2001，華南沿海地區晚燕山期侵入岩漿運動即大地構造意義，國立台灣大學地質學研究所博士論文。
- 林蔚、陳正宏，2005，金門地質及其與鄰近福建沿海地區之初步對比，中國地質學會九十四年年會摘要，第 219 頁。
- 吳啟騰、林英生，1998，金門地質地貌，稻田出版社。
- 吳啟騰等，1990，烈嶼生態與人文史蹟，金門縣政府。
- 洪曉聰，1994，烈嶼傳統聚落之研究，國立成功大學建築研究所。
- 宮守業，2006，金門海岸地質地形調查(一)－古寧頭。金門國家公園管理處，52 頁。
- 陳培源，1965，福建省金門島第四紀地層之黏土與黏土礦物，台灣礦業，17 卷，66-92 頁。
- 陳培源，1970，金門島及烈嶼地質說明書。
- 陳仲玉，1997，金門島考古遺址調查研究，金門國家公園管理處。
- 陳仲玉、劉益昌，2001，台閩地區考古遺址普查研究計畫第六年年度報告。
- 戚常卉，2003，金門戰事記錄及調查研究，金門國家公園管理處。