

# 解說資源調查及解說牌規劃研究-以龜山島與基隆嶼為例

許民陽

臺北市立教育大學環境教育與資源研究所教授

## 摘要

龜山島與基隆嶼為距離本島最近的兩個火山離島，由於早期的軍事管制，因開發建設所產生的破壞不多，至今仍維持良好的自然生態景觀。近年來開放登島後，成為熱門知性旅遊的好去處，但極需建立詳細的環境解說教育資源調查及解說牌規劃，盼能使一般民眾從走馬看花式的觀光轉型為知性的生態旅遊。

本研究目的是藉野外調查法詳細調查龜山島與基隆嶼兩島的環境解說資源，並加以分類，選擇適當的地點設立解說牌及初步規劃設計解說牌內容供遊客認識兩島的地質、地形、生物等環境資訊，從而由知性欣賞達到保護兩島環境資源的情操。

研究結果如下：

龜山島的環境解說資源包括：龜首下方的海底溫泉及硫氣孔，島上的各種火山噴發的塊狀熔岩、渣狀熔岩及火山碎屑岩、龜首及龜背錐狀火山、龜尾潭及砂嘴，適合設立解說牌的地點為龜尾潭、龜背(401 高地)、龜尾熔岩丘的安山岩露頭、沿龜尾湖步道及登山 401 高地步道的植物生態，遊客中心內可展示並解說火山噴發物。

基隆嶼的環境解說資源包括安山岩構造及節理，安山岩中的雲母、角閃石、長石、石英等礦物的斑狀結晶，島嶼四周的海崖、海蝕洞、海蝕溝地形，島上山崩形成的巨大崖錐及全島的受風吹襲的島嶼植物景觀。適合設立解說牌的地點為碼頭上方安山岩露頭各崖錐下方及沿步道各植物群落，建議設遊客中心展示各項景觀資源。

關鍵字：龜山島、基隆嶼、火山島、環境解說資源

## 一、前言

龜山島與基隆嶼是距離本島最近的兩個火山離島，龜山島位於頭城鎮東方外海約 10 公里處，全島面積約 2.7 平方公里，島軸東西長約 3 公里，南北寬約 2.2 公里，島的四周海岸線長約 10 公里，行政區隸屬於宜蘭縣管轄，但其生態旅遊由交通部東北角風景特定區管理，並訂定管理作業要點以維護島上自然生態、提供生態教育、研究、發展觀光遊憩等。

在地質上，龜山島是台灣四周諸多島嶼中，唯一確定是活火山的島嶼，7000 年以來至少噴發過四次(宋聖榮、楊燦堯，2000)，島嶼四周還有許多海底溫泉、硫氣孔等火山仍在活動證據，島上也有許多火山噴發的塊狀熔岩、渣狀熔岩、火山碎屑岩等火山噴發物。龜首及龜背兩火山錐地形、龜尾的熔岩丘、龜尾潭及砂嘴等地形景觀豐富。此外由龜尾至龜背(401 高地)的 1700 階步道以及環龜尾湖的環湖步道沿線植物相當豐富，有海岸植物如海欖果、山地次生林之筆筒樹與原生之蒲葵林及岩壁上眾多的蕨類等，均讓人目不暇給。

基隆嶼位於基隆東北方外海約 6 公里處，為東北-西南長約 1 公里，西北-東南寬約 450 公尺的火山島，該島面積含潮汐地約 26 公頃，島嶼四面皆斷崖，陡坡臨海(有九成的坡地坡度在 60° 以上)，最高點為 182 公尺。東側及東北側斷崖受強烈東北季風侵蝕及海浪衝擊影響，形成許多海蝕洞及海蝕地形，島嶼四周隨處可見海蝕溝；西、西南及南側由落石堆堆積成的沿海低地，為現今港口及步道所在。

在地質上，基隆嶼為是一個火山島，屬於基隆火山群中四個(棉花嶼、花瓶嶼、彭佳嶼、基隆嶼)火山島之一，原來可能和基隆火山群的其他島嶼相連，因周圍的沉積岩被海水侵蝕而去，使本島嶼及其他島嶼相隔離。全島由含角閃石、黑雲母、石英等礦物的安山岩組成，但六角形的黑雲母斑晶比基隆山的還要大，最大可達一公分以上，其噴發年代距今約一百萬年左右(陳正宏，1970)。

基隆嶼上土壤稀少，環境嚴酷，夏季乾熱而冬季更受強烈東北季風吹襲，島上的植物大部分均為貼著地匍伏生長或受風修剪形成低矮群落，也因地質、風力及水資源的缺乏等因素，而呈現典型小海島植物生態，百合、金花石蒜、石板菜、木槿、彭棋菊、白花蠅子草、天南星、風輪花、林投等海濱植物，種類達一百餘種，所以這裡不但是座「火山公園」，也是生態豐富的「海濱植物花園」。

龜山島與基隆嶼由於早期的軍事管制，開發建設所產生的破壞不多，至今仍維持良好的自然生態景觀。近年來開放登島後，成為熱門知性之旅好去處，但亟需建立詳細的環境解說教育資料及解說規畫等，盼使一般民眾能從走馬看花式的觀光型態轉型為知性的生態旅遊。

## 二、解說資源調查

本研究採野外調查法調查龜山島與基隆嶼的解說資源，並與筆者歷年來在全世界各地考察的火山地質，如：夏威夷、冰島、紐西蘭、美國本土(黃石公園、聖海倫斯火山等)、日本相比較，並參考世界各國家公園的解說牌規劃與設計。

龜山島共登島六次進行踏查，並登上該島最高的 401 高地，此外也坐遊艇環島觀察活火山島地質，包括龜首旺盛的硫氣孔、海底溫泉，龜背下方海崖的熔岩層、龜尾的熔岩丘等。

基隆嶼共登島九次進行踏查，首先乘坐遊艇環島觀察島嶼四周的海蝕地形，特別是東北側的壯觀海崖與海蝕洞地形。登島後，沿著步道及兩側逐步踏查，並在各季節觀察不同時期的植物生態變化，和採集斑晶粗大的石英安山岩進行觀察，最後綜合評估後，才選擇適合的解說牌設置地點。

## 三、龜山島的解說資源與解說規劃

### (一)、火山噴發物質介紹

龜山島是個年輕的火山島嶼，一般而言，火山噴發時可以有液體、氣體和固體三種產物。

1. 液體：從火山口慢慢流出來的岩漿熔液叫做熔岩，是造成各類火山體最重要的物質。熔岩的溫度約在攝氏 900°C - 1000°C 之間，因熔岩流流經地區若有可燃物的樹林、房子等皆會起火燃燒。

火山噴出的熔岩按型態還可分為以下三類：

(1)塊狀熔岩：由厚層的熔岩流冷卻堆積而成。(照片一)

(2)渣狀熔岩：含氣孔多，好像煤渣或礦渣的礫狀熔岩，其英文發音為”aa”。為夏威夷土著因為赤腳踩在上面很痛，發出「啊啊」的聲音而得名。(照片二)



(3)繩狀熔岩：薄層熔岩流動快，氣體較多時常扭曲成繩狀或牛糞狀。(照片三)

2. 固體：火山噴發時造成大量的固體噴發物稱作火山碎屑，火山噴發時時常含大量氣體，壓力解除後，產生猛烈的噴發，炸碎已經凝固的熔岩，形成火山碎屑岩(照片四)。這些碎屑依大小可以分類如下：

表一、火山碎屑物的大小分類

名稱	直徑大小	形成的火山碎屑岩名稱
火山塵	<0.25 公厘	凝灰岩
火山灰	0.25 - 4 公厘	
火山礫	4 - 32 公厘	火山角礫岩
火山塊	>32 公厘	火山集塊岩
火山彈	>32 公厘 (兩端成尖形)	

3. 氣體：火山噴發時常有大量的氣體，其中百分之五十至七十五是水蒸氣，氣體由於比重最輕，常常是火山爆發時最先冒出的物質，也是造成火山猛烈爆發的主要原因，它的主要來源是雨水向地下滲透，被地下的岩漿加熱而形成的。除了水蒸氣外，其他的氣體有二氧化碳、硫化氫、二氧化硫等。岩漿中的水蒸氣和其他氣體就如同汽水瓶中封閉在瓶內的二氧化碳氣體，一旦打開瓶蓋，氣體就大量冒出來。火山口裂開後，壓力去除，火山口的氣體就猛烈噴出。

(二)、龜山島的火山噴發物質

龜山島是一個由各種熔岩和火山碎屑物層層堆積起來的層狀火山島(照片五)。登島可見到的火山噴發物質如下：

### 1. 塊狀熔岩

登島後，塊狀熔岩在龜山漁港附近及龜尾潭都可以看到，熔岩表面類似木板一樣層層相疊(照片六)，有時候底部可以看到因熔岩冷卻形成的像柱子一樣的線條和破裂面，龜尾潭觀音像後面的山頭就是很厚塊狀熔岩堆積而形成的熔岩丘。

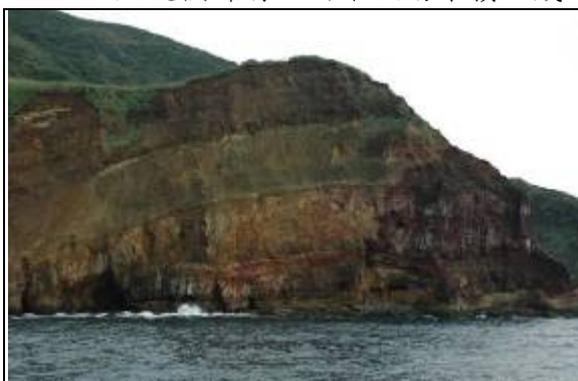
這些熔岩大部分是安山岩，在海邊礫石灘的安山岩礫經海水及礫之間互相磨蝕後，可以看到明顯的礦物，這些礦物都是岩漿冷卻時，包含在岩漿中的元素互相結合而成的。當岩漿由地下噴出時，也會把經過地方的岩石或礦物包進去，稱為捕獲岩，龜山島熔岩中最常看到的捕獲岩是砂岩和石英礦物(白色)，在礫石灘的大塊安山岩礫中最容易找到。

### 2. 渣狀熔岩

在龜山島的西北面，礫灘的盡頭海崖上，可以見到紅棕色的渣狀熔岩(照片七)，這些紅色渣狀熔岩是火山爆發時，溫度仍高，急速和空氣的氧起作用，氧化成紅色的渣狀熔岩，在礫灘上也可以見到黑色及紅棕色渣狀熔岩的圓礫。

### 3. 火山碎屑岩

火山碎屑岩是龜山島分布最廣的岩石，在上述海灘盡頭的西北面海崖上，就可以看見一層灰褐色，火山礫大小不一，混雜的堆在一起的火山碎屑岩(照片八)，沒有清楚的一層層堆積的現象，可能是火山大規模噴發碎屑時，形成大規模碎屑，向下流動堆積而成的。



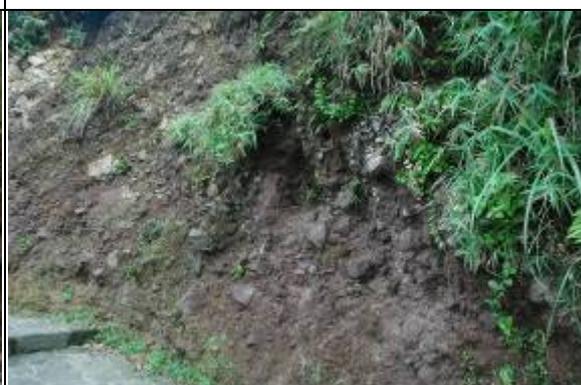
照片五、龜山島由熔岩和碎屑層堆積而成。



照片六、龜山島龜尾的塊狀熔岩。



照片七、龜山島北岸碼頭附近海崖中的紅色渣狀熔岩



照片八、龜山島的火山碎屑岩。

### (三)、龜山島的地形

#### 1. 龜首：

由 401 高地下眺龜首，可看見龜首及其與 401 高地間的鞍部(龜頸)後方的植被，樹林向下生長成長條狀，也就是當地人所稱的龜髮(照片九)，若乘船繞行龜首前方，可見龜首這座火山主要由層層碎屑堆積而成，由於下方硫氣孔噴發產生的強烈的風化及換質作用，加上強烈波浪的侵蝕，龜首這座火山已崩毀一半以上，產生的坡度極陡的崩崖，現今每年都在後退之中(照片十)。

#### 2. 龜首的陰陽海：

由於龜山島仍為活火山，龜首下方仍不斷湧出溫泉及噴發地熱，隨著溫泉順便帶出的泉華使得海水成為淺藍色及粉藍色，隨著沿岸流逐漸漂移及擴散出來(照片九)，形成難得一見與深藍色海水截然區隔的陰陽海。

#### 3. 龜尾潭或稱龜尾池

位龜甲和龜尾的交接處，呈長方形，東西長約四百公尺，南北寬約兩百餘公尺，原為礫灘圍築而成的小海灣，為龜山海港所在，後因靠海港出口側山崩阻塞出口而成一湖泊。龜尾池的水以海水為主，但較淡，水面高度與海水面一致，因此湖水應經由龜尾池與海之間的礫石灘相連通。

#### 4. 礫灘

登島可見的礫灘包括西北角及龜尾的海灘(照片十一)，這些礫灘主要為崩落海中的安山岩塊，受海浪及礫之間互相磨擦而成圓礫，礫徑粗大，沒有細礫及沙灘存在，這些顯示龜山島海域的波浪能量大，較細的沙及礫均被波浪帶走，無法停留堆積，與台灣東部花東海岸的特性類似。在波浪的沖擊之下，此兩段礫灘經常可見到礫灘的最外側礫石排列成向外突出的三角形，形成「灘尖地形」

礫灘也是最佳的岩石及礦物教學觀察場所，五彩繽紛的圓礫(照片十二)被海浪磨蝕後，特性更為清楚可辨，顏色越白顯示所含的石英質較多，越黑代表所含鐵質較多，紅棕或紅褐色代表受氧化作用的影響，就像普通鐵窗生鏽一樣。一般而言，安山岩礫中黑色的礦物大部分為「角閃石」，白色部分則稱為「長石」。

#### 5. 龜尾及砂嘴

龜尾位於龜山島西邊，為一長達一公里的礫石灘所構成的「砂嘴」地形。海中的沙粒(礫)受海流影響，隨海流方向堆積，露出地面就稱為沙洲。例如台灣西部的許多沙洲(如外傘頂洲)。這些沙洲若一端與陸地相連而固定，另一端伸入海中自由發展形態，則稱「砂嘴」。海拔最高四公尺礫灘的顆粒大小不一，但隨著遠離龜山島而變小。此長條型的砂嘴會隨著冬夏兩季時潮流和東北季風的變化而向南(冬天)、向北(夏天)堆積改變而看起來有擺動，形成傳說中的「靈龜擺尾」現象。



照片九、龜髮及海底溫泉擴散情形(陰陽海)。



照片十、乘船可發現龜首由火山碎屑流堆積而成，此火山已崩毀一半以上。



照片十一、龜尾的礫灘及砂嘴



照片十二、龜尾礫灘五彩繽紛的圓礫。

#### (四)、生物環境教育資源

矮化的森林植被—龜山島首當東北季風之衝，強勁的風勢使得植物無法按其特性分層生長分化，除了低層的地被植物外，全島大致只有一個林層，植被可以分成：

##### 1. 海岸植被

分布在於海岸附近及龜尾湖四周植物能適應海岸強風及多塩份的環境，常見植物有海檬果、石板菜(照片十三)、海蒲姜、過江藤、印度鞭藤(照片十四)、山黃柿及毛柿等。

##### 2. 山地次生林

分布於島嶼西北部海拔 260 公尺以下之人工干擾後恢復的林相，主要常見樹種有山黃麻、筆筒樹、相思樹及桂竹等。

##### 3. 風衝林

海拔 260 公尺以上至 401 高地止，因受強列東北季風吹襲，植物有矮化、灌木化的現象，並出現暖、溫帶植物，稱為風衝林(郭城孟，2000)。主要植物有金平氏冬青、馬醉木、粗糠柴等，植物族群未受嚴重干擾，保存龜山島原有之特色，斷崖區可見到天然蒲葵族群，是全台唯一可天然生長蒲葵的地方。

總之，龜山島具有全台灣離島，甚至是全台灣低海拔地區碩果僅存的原生林，植物資源保存良好，具有成為生態保護區的優越條件。



照片十三、春天開星狀花的石板菜。



照片十四、印度鞭藤葉端會捲起。

### (五)、龜山島的解說牌規劃



圖一、龜山島解說規劃點位置分布示意圖

基於上述龜山島的豐富環境教育解說資源，再衡量遊客的易達性，龜山島適合設立解說牌的地點有下列數處：

#### 1. 北岸碼頭登島處

北岸碼頭登島處可以見到裸露的海蝕崖(照片十五)，亦可清楚地看到安山岩質黑色塊狀熔岩和紅色渣狀熔岩的剖面，下船附近的海灘就可看到紅色的渣狀熔灘礫、灰色安山岩質灘礫中並可見到白色石英包裹體，因此此處適合做一個解說牌，解說內容以火山現象的形成、火山噴發物質及特性、火山地形等為主。遊客中心內也可以擺設各種火山噴發物讓遊客觸摸及觀賞。

#### 2. 登山步道入口

在步道入口可以做個步道入口標示及綜合解說牌，用來說明步道的沿線位置及可見到的主要景觀，包括地質、地形及植被介紹等。

### 3. 401 高地觀景台

401 高地觀景台是絕佳眺望地點，向北可看到龜首及右側的淡藍色海底溫泉擴散情形，及龜首後面生長成條帶狀的樹林（俗稱龜髮），以及龜首與龜背相交會的低矮鞍部（照片九），被礫灘圍繞之龜首湖亦清晰可見；向南可見龜尾饅頭狀的熔岩丘，龜尾湖及長條形的礫灘（龜尾），因此可在向北及向南觀賞處（lookout）設立一個與可見景觀相對照解說的解說牌，解說內容以上述地質及植物景觀為主。

### 4. 環湖步道湧泉處

在涼亭湧泉池附近可設立一個解說湧泉及蒲葵林的解說牌，解說內容以湧泉的形成、龜山島的植物生態特色及蒲葵林相等，在此可見到全台唯一天然蒲葵林。

### 5. 觀音像平台

觀音像平台後方為全島安山岩板狀節理出露最好的地方，至此環湖步道已至中點，在此也可以見到湖底偶爾出現的大鱸鰻，因此此處適合在此做一個大型解說牌內容包括：

- (1). 環湖步道的植物生態
- (2). 安山岩板狀節理的形狀及成因（照片十六）
- (3). 大鱸鰻的生態

### 6. 軍事坑道口

坑道口附近為龜尾熔岩丘安山岩質熔岩最緻密之處（照片十七），可在此設立解說牌，解說內容為介紹安山岩熔岩丘的形成，安山岩中的礦物如何辨認及其成份等。

### 7. 觀音像對岸的龜尾湖湖畔

此處為展望整個龜尾湖最佳地點（照片十八），可設解說牌，解說內容為龜尾湖的形成及此處可見的龜尾熔岩丘及附近的林投、海蒲姜、過江藤、馬鞍藤等耐旱、耐鹽等海岸植被。



照片十五、北岸碼頭登島處海崖前可作介紹或火山噴發物的解說牌。



照片十六、觀音像平台旁山壁的板狀節理。



照片十七、坑道口的安山岩可設牌解說安山岩中所含礦物。



照片十八、觀音像對岸的龜尾港湖畔為展望龜尾湖最佳地點，適合作解說牌。

#### 四、基隆嶼的解說資源與解說牌規劃

##### (一)、安山岩中的礦物結晶組織

基隆嶼的安山岩為基隆火山群出現的標準石英安山岩(照片十九)，常見的礦物有石英(玻璃質)雲母(六角柱狀體)長石(白色圓點狀)角閃石(黑色長方形)及輝石(黑色方形)呈現標準的斑狀結晶構造，其中最大的雲母斑晶直徑達一公分左右，最顯而易見。

##### (二)、安山岩板狀節理

在小基隆嶼海防崗哨後方均可看到安山岩板狀節理構造(照片二十)。

##### (三)、石英安山岩中的捕獲岩

石英安山岩中，常帶有輝石角閃安山岩、橄欖石輝石角閃安山岩等捕獲岩(照片二十一)(後期岩漿噴發包裹前期噴發物或是其他物質)，這些捕獲岩顏色較深，抗蝕力較佳，在海岸常形成突出的差別侵蝕地貌，在小基隆嶼和跳石海岸附近最顯著。

##### (四)、海蝕隙與海蝕洞(照片二十二)

乘船環島一周，繞至島的東北方海面時，可見到東北風挾帶海水沿安山岩節理侵蝕形成的許多大型海蝕隙及海蝕洞，形態大部份成直立長條狀，千變萬化，洞內幽邃，因海蝕洞形成之多為懸崖地區，故僅能搭船一窺全貌。

##### (五)、跳石海岸

基隆嶼西側海岸，風浪較小，由崖壁掉落之岩塊經風浪侵蝕，形成直徑約一至二公尺的巨礫灘(照片二十三)，在沒有鋪設步道前，行走其上，必須一顆跳過一顆，故稱之為跳石海岸區，在此處觀看小基隆嶼及基隆、野柳地區海岸，景色絕佳。

##### (六)落石堆(崖錐)

基隆嶼西南側海崖由於被東北季風的海浪侵襲，山崩下來或早期海軍艦炮射擊崩落的岩石向下掉落，形成四至五個大型的落石堆(崖錐)地形(照片二十四)，乘船繞至西南海岸觀賞時，綠草如茵的三角形落石堆特別顯著。



照片十九、基隆嶼安山岩中的斑晶組織。



照片二十、安山岩的板狀節理。



照片二十一、安山岩中顏色較深的捕獲岩。



照片二十二、基隆嶼東北側海崖下方的海蝕隙。



照片二十三、基隆嶼西側跳石海岸的巨礫灘。



照片二十四、基隆嶼有許多三角錐的落石堆。

### (七)、植物的景觀

基隆嶼土壤稀少，環境嚴酷，夏季乾熱而冬季更受強列東北季風吹襲，島上的植物大部分均為貼著地匍伏生長或受風修剪形成低矮群落（照片二十五），也因地質、風力及水資源的缺乏等因素，而呈現典型小海島植物生態，例如島上最常見的榕樹，就與台灣本島高度在四公尺以上的大不相同，另外還有海桐、麝香百合、金花石蒜、石板菜、木槿、彭棋菊、白花蠅子草、天南星、風輪花、林投等海濱植物，種類達一百餘種，春末五月間，百合及石板菜盛開，為一年中最美的季節，夏季則為白花蠅子草（照片二十六）、木槿、海蒲姜（照片二十七）盛開的季節，金花石蒜則在秋季十月左右怒放，所以這裡不但是座「火山公園」，也是生態豐富的「海濱植物花園」。

## (八)基隆嶼的解說牌規劃



圖二、基隆嶼解說規劃點位置分布示意圖

基隆嶼島幅較龜山島小，可步行的平地亦不多，但島上仍有數處可供解說規畫地點，舉例如下：

### 1. 遊船碼頭內側

遊船碼頭內側防波堤防旁（照片二十八），有一片裸露的安山岩壁，是觀察安山岩班狀結晶及辨認安山岩內各種礦物的絕佳處所，此處的安山岩六角形雲母結晶直徑約一公分左右（照片十九），非常清楚易認，故碼頭內側可設立一個綜合解說牌，解說內容為基隆嶼火山島的成因、全島的景觀簡介及安山岩礦物如何辨認等。

### 2. 海防部隊左側海崖

此處的安山岩板狀節理十分發達，層次清晰（照片二十），可設立一個小型解說牌，解說內容為板狀節理的形成及特性。

### 3. 跳石海岸區

跳石海岸區即位於數個大型落石堆下方，此處可設立一個大型解說牌，解說內容為落石堆形成、落石堆上生長的植物群落主要種類及主要特色、跳石海岸巨礫上捕獲岩的特徵等。

4. 西北側環島步道末端（照片二十九）

此處面對海蝕崖，可設解說牌說明海蝕崖、海蝕洞等地形的形成過程與特性。

5. 登山步道頂部

登上步道頂部為觀賞四周景觀最好地點，可設立解說牌對照說明四周的地景及其特徵。



照片二十五、基隆嶼受風剪形成的低矮榕樹。



照片二十六、夏天為白花繩子草盛開季節。



照片二十七、海埔姜夏天綻放紫色花朵。



照片二十八、遊船碼頭內側防波堤旁的安山岩壁附近可設解說牌介紹礦物。



照片二十九、步道末端可設解說牌介紹海蝕地形。



照片三十、基隆嶼全貌，基隆嶼幅員不大，可以以生態特色，發展島嶼觀光。

## 五、結論與建議

台灣許多風景特定區均「過度開發」，許多天然地景與植被遭破壞，不容易看到該

區原始生態面貌，長期管制下的龜山島與基隆嶼顯得特別幸運，至今還能維持大部份的原始面貌。如何繼續在適度管制下，維持目前良好的生態面貌，又能改變遊客僅止於到此一遊的嘗鮮心態，環境資源解說牌的設置扮演著相當重要的角色。適當的設置環境資源解說牌不僅能夠加強遊客對生態環境資源的認識，更不辜負大自然盛情賜予這無限美景的美意。

上述的解說牌規劃在兩島分屬的東北角管理處及基隆市政府管轄下，若給予相當的規劃及施工費，相信是可行的，尤其是東北角管理處經營多年，大部分的地區已有很完善的規劃解說及導覽系統，對孤懸外海尚待解說規劃的龜山島，除消極管制外，仍應投入積極的規劃解說設施，讓大家共享難得的火山島地質與生態資源。

相對於龜山島，基隆嶼沒有季節及人數的管制，易達性也高，島的幅員也不大(照片三十)，遊客出入的人數可以更多，基隆市政府更應投入適度的財力與行政力量來建設解說設計，如此也可提升整個基隆市的遊憩水準與特色。

但由於兩島四周皆由海水圍繞，東北、西南季風及颱風的吹拂和侵襲常帶來嚴重的鹽霧，因此解說牌的材質建議以耐久性為主要考量，國外常見的與大自然調和的木頭材質不一定適用，因此，以不鏽鋼為材質再鍍上與大自然相調和的顏色，再貼上用塑膠片印刷的解說內容，以易貼易換的方式應是最適合的做法。

## 六、參考文獻

- 宋聖榮、楊燦堯(2000)來自地底的活力，台灣活火山-龜山島。大自然，68：14-25。
- 基隆市政府(2002)基隆嶼自然生態之旅。基隆：基隆市政府建設局觀光課。
- 郭城孟(2000)蒲葵之鄉，龜山島的綠色資源-植物。大自然，68：26-31。
- 郭富雯(2001)龜山島海底熱液活動初步調查。國立中山大學海洋地質及化學研究所碩士論文。(未出版)
- 陳正宏(1990)台灣之火成岩。台北：經濟部中央地質調查所。
- 許民陽(2004)龜山島的地質生態解說。龜山島導覽人員永續旅遊訓練手冊。交通部東北角管理遊憩課：90-92。