

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

台灣西南部化石珊瑚礁的發育和衰退過程及其古海洋環境的研究(1)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC89 - 2611 - M002 - 036 -

執行期間： 89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

計畫主持人：戴昌鳳

共同主持人：王士偉

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：台灣大學海洋研究所

中 華 民 國 90 年 10 月 25 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

台灣西南部化石珊瑚礁的發育和衰退過程及其古海洋環境的研究(1)

計畫編號：NSC NSC89 - 2611 - M002 - 036

執行期限：89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

主持人：戴昌鳳 台灣大學海洋研究所

共同主持人：王士偉 國立自然科學博物館

計畫參與人員：呂麗娟、張睿昇、周郁翔 台灣大學海洋研究所

一、中文摘要

本計畫第一年之目標在於經由全面調查、採樣與產狀比較，驗證珊瑚礁在泥岩基底上最初發育機制的推論。綜合野外剖面調查與室內岩心觀察的結果，台灣西南部冷泉滲流碳酸鹽岩的產狀可區分為六大類型：(1)管狀構造岩體，(2)泥丘狀或生物堆狀岩體，(3)筒狀岩體，(4)蕈狀岩體，(5)層狀岩體，(6)泥岩礫。此六類碳酸鹽岩具有下列共同特徵：(1)均發育於較低能量環境所沈積的泥質岩地層中；(2)岩性與圍岩不同：成岩作用較為完全、遠較圍岩堅硬，並且有穿刺泥質岩層理發育的現象；(3)與圍岩相較，反映出沈積與成岩作用同時發生的現象；(4)所含化石種類少，並且均以 *L. goliath* 為主要組成；(5)發育位置鄰近斷層、背斜軸，或向斜軸等構造線；(6)附近地層未見大規模擾動現象；(7)鄰近地區至今仍有天然氣逸出。此外，根據對一百個以上標本的 X-ray 繞射分析結果，研究區域內冷泉滲流碳酸鹽岩的主要礦物組成為白雲石、含鐵白雲石、鐵白雲石、錳白雲石，以及石英；僅有少數標本的碳酸鹽礦物組成為方解石與霏石。綜合野外剖面與鑽探岩心的觀察，以及前人的研究結果，顯示台灣西南部的前陸盆地在地形高區形成至珊瑚礁開始發育之前，可能普遍有冷泉滲流，而礁灰岩的發育則可能是由於背斜高區的持續淺化所致。

關鍵詞：化石珊瑚礁，古海洋環境，長期變遷，台灣西南部

Abstract

We surveyed the fossil reefs in southwestern Taiwan to study the formation and transition

of coral reefs in turbid environment. Six types of cold-seep carbonates can be distinguished based on the results of field surveys and drilling-core analyses. They are column-like, mound-like or biohermal, plume-like, mushroom-like, lamellar structures, as well as pebbles, cobbles & boulders. These types of carbonates share the following characteristics: (1) all developed in low energy environment; (2) a harder structure indicating a more complete diagenesis; (3) sedimentation occurred simultaneously with diagenesis; (4) containing few fossils, mainly *L. goliath*; (5) developed near faults, clinal or anticlinal axes; (6) absence of large scale disturbances in nearby areas; (7) neighboring areas still rich in natural gas recently. In addition, the results of X-ray analyses showed that the major composition of these cold-seep carbonates are dolomite, dolomite (ferroan), ankerite, kutnahorite, and crystals although few samples contained calcite and aragonite. The results indicated that there were widespread cold-seeps before the development of coral reefs in southwestern Taiwan and the cold-seep carbonates provided the hardground for the formation of coral reefs during the shallowing of structural highs on the foreland basin.

Keywords: fossil reefs, paleoceanography, long-term changes, SW Taiwan

二、緣由與目的

近年來，由於人類對珊瑚礁的過度利用、環境污染和全球氣候變遷等的影響，全球各地的現生珊瑚礁都面臨了大量白化和快速衰退的危機；然而，對於生

命期和世代都很長的珊瑚而言，十年或數十年的變動，可能只是短期的震盪而已，並不足以代表其長期的趨勢；因此，若要瞭解珊瑚礁的長期變動趨勢，就必須從化石珊瑚礁中找尋證據，探討不同地質年代化石珊瑚礁的演變，解讀引起珊瑚礁興盛和衰退的原因，據以評估現生珊瑚礁所遭遇的危機，為珊瑚礁保育提供具體的建議。

台灣西部麓山帶的更新世珊瑚礁，包括高雄大崗山、小崗山、半屏山，以及壽山的“高雄石灰岩”等，是在前陸盆地中，由逆斷層與背斜所形成的地形高區上，陸續發育而成；其形成年代約自一百萬至四十萬年前，這些珊瑚礁的基底都是泥底質，且都含有大量的陸源沉積物，各個礁體也呈現興衰更迭的發育歷程；其中，位於最北端的大崗山化石珊瑚礁，由於開挖剖面廣泛、層序完整，並且在其西北側與東側（分別位於背斜軸之兩翼）的水泥礦場均有為數不少穿過礁灰岩基底的鑽探岩心（各有 19 口），尤其是探討珊瑚礁長時間尺度演變歷程和古海洋環境的最佳材料。

本計畫透過：(1) 對大崗山化石珊瑚礁的研究，解析不同岩相中陸源沉積物淨累積量、化石珊瑚種屬組成，以及珊瑚形態變異之間的關聯，來探討沉積物對珊瑚礁發育的長期影響；並且基於大崗山化石珊瑚礁的研究結果，來重建臺灣西南地區高陸源沉積量環境中的的礁體發育模式；(2) 比較不同沉積環境的現生珊瑚群聚結構和珊瑚生長形態的差異，探討沉積物對珊瑚礁的生態效應。

三、材料與方法

野外調查地點包括大崗山西北側與東側、小崗山東側、半屏山、壽山等化石珊瑚礁的石灰岩礦場開挖面，以及高雄三民鄉紅花子『紅花子層』（中新世）、甲仙鄉班芝埔、崩坪溪、牛埔、白雲仙谷『鹽水坑頁岩』（上新世）、四德巷與葡萄田「糖恩山砂岩」（中質岩地層中的碳酸鹽岩出露剖面；並對玉井鄉走馬瀨烏山頭斷層以西『沱水溪層』（上

新世）中的碳酸鹽岩做了初步觀察與標本採集。室內工作方面，我們選取代表性標本製作 5 x 7 cm 透光岩石薄片、以 X-ray 繞射儀分析碳酸鹽岩的主要礦物組成，並且檢視國立自然科學博物館所蒐藏 45 口鑽到基底泥岩的岩心標本，包括大崗山西北側與東側石灰岩礦場各 19 口、半屏山石灰岩礦場 7 口，觀察重點則集中於基底泥岩與礁灰岩間岩相的變化。

四、結果與討論

綜合野外剖面調查與室內岩心觀察的結果，台灣西南部冷泉滲流碳酸鹽岩的產狀可區分為六大類型：(1) 管狀構造岩體：外形似煙囪，少數有分支或聚集為一複合的管狀構造；直徑 5~80 cm，管壁厚，中心為空洞或為方解石充填，外壁無表覆生物；這些構造大多穿刺泥質岩層理發育，見於大崗山與小崗山東側開挖面、紅花子、崩坪溪、牛埔、四德巷、走馬瀨等地，經常成群出露，推測為冷泉逸出之管道；(2) 泥丘狀(mound-like)或生物堆狀(biohermal)岩體：又可區分為略具層理(bedded)與塊狀(massive)兩大類，前者大型化石稀少，後者則多含有大量原地埋藏(*in situ*)的雙殼貝類化石 *Loripes goliath*；見於大崗山與小崗山東側開挖面、紅花子、崩坪溪、白雲仙谷等地；Hayasaka (1932)所描述壽山東南側的泥灰岩(marl)，可能即屬於此類；(3) 筒狀岩體(plume-like)：本構造穿刺泥質岩層理發育，而且大多含有 *L. goliath* 化石；小型者略具層狀，直徑小於 2 m，見於小崗山東側開挖面、紅花子、玉井走馬瀨；大型者直徑數公尺，見於四德巷與葡萄田；(4) 蕈狀岩體：其『蕈傘』沿層理發育，厚度約 4 m；『蕈柄』則穿刺泥質岩層理發育；僅見於四德巷；(5) 層狀岩體：岩體層厚度不一，大致沿層理方向發育，側向延伸範圍大者含有大量原地埋藏的 *L. goliath* 幼貝；僅見於紅花子；(6) 泥岩礫(pebbles, cobbles & boulders)：為外形圓至次圓形(rounded or subrounded)，且成岩作用良好的岩礫；見於大崗山東側石灰岩礦場剖面的含礫泥岩與泥質礫岩中，以及小崗山東側剖面基底泥岩的頂

部；另外，也分別在大崗山西北側、東側石灰岩礦場，以及半屏山石灰岩礦場，各 6、5、3 口鑽探岩心的基底泥岩頂部發現類似岩礫。上述六類碳酸鹽岩具有下列共同特徵：（1）均發育於較低能量環境所沈積的泥質岩地層中；（2）岩性與圍岩不同：成岩作用較為完全、遠較圍岩堅硬，並且有穿刺泥質岩層理發育的現象；（3）與圍岩相較，反映出沈積與成岩作用同時發生的現象；（4）所含化石種類少，並且均以 *L. goliath* 為主要組成；（5）發育位置鄰近斷層、背斜軸，或向斜軸等構造線；（6）附近地層未見大規模擾動現象；（7）鄰近地區至今仍有天然氣逸出。此外，根據對一百個以上標本的 X-ray 繞射分析結果，研究區域內冷泉滲流碳酸鹽岩的主要礦物組成為白雲石（dolomite）、含鐵白雲石（dolomite ferroan）、鐵白雲石（ankerite）、錳白雲石（kutnahorite），以及石英；僅有少數標本的碳酸鹽礦物組成為方解石與霰石。

上述調查結果顯示，在台灣西南地區，冷泉滲流碳酸鹽岩不僅發育於上新-更新世時期（前陸盆地）的各個構造線附近，在中新世時期的張裂型盆地中也有相同的地質現象（ex. 紅花子層）；若考慮台灣地區獨特的地質背景，冷泉滲流碳酸鹽岩的分布可能相當廣泛，而其在台灣地區的地層記錄也極可能早於中新世晚期。

在珊瑚礁與其基底泥岩接觸關係的研究方面，共辨識出七種類型（圖一），由下向上的岩相遞變依序為：（1）泥岩 含化石砂岩 生物碎屑石灰岩：不同岩相間均以沖蝕（scouring）面接觸；其中含化石砂岩相略具層理，所含化石大多有磨損或碎裂現象，在岩心中所見多為此種接觸關係；（2）泥岩 生物碎屑石灰岩：二者以沖蝕面接觸，泥岩頂部的直管狀生痕化石多在接觸面處被截斷；（3）泥岩 生物碎屑石灰岩：與（2）不同，為石灰岩早期沈積後崩移所導致的非沈積式接觸；（4）含碳酸鹽煙柱（carbonate chimney）的泥岩

？ 生物碎屑石灰岩：野外未見二者之接觸面，但由附近岩層出露狀況推斷，應以沖蝕面相接觸；（5）塊狀冷泉滲流碳酸鹽岩 無節珊瑚藻表覆生長 生物碎屑石

灰岩：白雲石質泥岩出露侷限，但含有大量原地埋藏的 *L. goliath* 貝類化石；（6）塊狀冷泉滲流碳酸鹽岩 生物碎屑石灰岩：白雲石質泥岩出露侷限，外形為穹窿狀，僅含有少量原地埋藏的 *L. goliath* 貝類化石，其上以沖蝕面直接與生物碎屑石灰岩相接觸；（7）含礫泥岩 泥質礫岩 生物碎屑石灰岩：不同岩相間均以沖蝕面接觸，岩礫均為外形呈次圓形（subrounded）的白雲石質泥岩。

綜合野外剖面與鑽探岩心的觀察，以及前人的研究結果（Hayasaka, 1932；紀，1989），顯示臺灣西南部的前陸盆地在地形高區形成至珊瑚礁開始發育之前，可能普遍有冷泉滲流，而礁灰岩的發育則可能是由於背斜高區的持續淺化所致。

至於生物礁在泥質基底上發育的機制，則可能是由於冷泉滲流所導致的早期成岩作用，使得原先鬆軟的底質逐漸改變為堅硬底質，而促成後來的生物礁發育（如 Hovland, 1990）；然而，我們也注意到下列特殊現象：（1）大崗山東側剖面二個位置鄰近的塊狀冷泉滲流碳酸鹽岩，其中一個有厚達 20 cm 之無節珊瑚藻直接表覆生長，並有許多鑽孔貝類；另一個則是以沖蝕面直接與上方之生物碎屑石灰岩相接觸；（2）在大崗山與小崗山的東側開挖面，以及大崗山西北側、東側石灰岩礦場、半屏山石灰岩礦場的鑽探岩心中，均在基底泥岩的頂部位置發現白雲石質泥岩礫，大崗山東側剖面也發現由相同岩礫所形成的泥質礫岩；這些岩礫的成因很可能與大量甲烷氣的逸出有關（Hovland & Judd, 1988）；（3）半屏山（Chen *et al.*, 1994）與大崗山東側均有泥岩與生物碎屑石灰岩間的非沈積式接觸，這些現象顯示在礁灰岩發育早期，泥質岩的基底可能處於不穩定狀態；（4）泥岩相頂部的直管狀生痕化石在沖蝕面處被截斷，其內充填與其上方地層類似之生物碎屑；而且在野外剖面所見泥岩相之頂部，未見脫水與沉積變形現象；顯示部份接觸面的基底泥岩在其上方地層沈積時，可能已成為穩固底質（firm unlithified substrate）；（5）大崗山與小崗山化石珊瑚礁位於同一個構造線上，距離又近，但是地質時間卻有差異，往往造成區

域地質構造研究在結果詮釋上的困擾 (Deffontaines *et al.*, 1997) ; (6) 通常石灰岩體中超微化石的豐度、種數或保存度，均較其基底泥岩為低；然而，二次化石分析的結果 (李, 1990)，卻顯示在壽山與小崗山南端地層的泥岩與石灰岩接觸面附近，其含量有突然增加的現象。上述諸現象顯示，在泥岩與化石珊瑚礁的接觸面至少曾經發生一個大的事件。根據 McDonnell *et al.* (2000) 對台灣西南海域氣體水和物 (gas hydrate) 的探討、Lerche & Bagirov (1998) 對氣體水和物穩定性的討論，以及對氣體水和物不穩定導致沈積物崩移現象的研究 (e.g., Maslin *et al.*, 1998) 等相關文獻推測：這個地質事件可能與氣體水和物不穩定導致大量甲烷氣逸出 (degassing) 的事件有關。

五、參考文獻

- 王士偉, 戴昌鳳 (2000) 非碳酸鹽環境中的珊瑚礁發育。中國地質學會八十九年年會暨學術研討會摘要, 360-362 頁。
- 李妍慧 (1990) 高雄附近石灰岩區之超微化石生物地層、年代對比與古沈積環境研究。國立中山大學海洋地質研究所碩士論文, 84 頁。
- 紀立民 (1989) 高雄壽山南部石灰岩之沉積學研究。國立中山大學海洋地質研究所碩士論文, 86 頁。
- Chen HW, Wu LC & Tsien HH (1994) Conformable contact relationships between the early Pleistocene limestones of Panpingshan and the Gutingken Formation in the Kaohsiung Area, Southern Taiwan. *Centr. Geol. Surv. Spec. Publ.* 8:101-119. (in Chinese, with English abstract)
- Deffontaines B, Lacombe O, Angelier J, Chu HT, Mouthereau F, Lee CT, Deramond J, Lee JF, Yu MS & Liew PM (1997) Quaternary transfer faulting in the Taiwan Foothills: evidence from a multisource approach. *Tectonophysics* 274:61- 82.
- Hayasaka I (1932) On the mode of occurrence and distribution of *Loripes goliath* Yokoyama. *Taiwan Tigaku Kizi* 3(4):1-5. (in Japanese, with English abstract)
- Hovland M (1990) Do carbonate reefs form due to fluid seepage? *Terra Nova* 2:8-18.
- Hovland M & Judd AG (1988) Seabed pockmarks and seepages. Impact on Geology, Biology and the Marine Environment. Graham & Trotman, London, 293 p.
- Lerche I & Bagirov E (1998) Guide to hydrate stability in various geological settings. *Mar. Petrol. Geol.* 15:427-437.
- Maslin M, Mikkelsen N, Vilela C & Haq B (1998) Sea-level- and gas-hydrate-controlled catastrophic sediment failures of the Amazon Fan. *Geology* 26:1107-1110.
- McDonnell SL, Max MD, Cherkis NZ & Czarnecki MF (2000) Tectono-sedimentary controls on the likelihood of gas hydrate occurrence near Taiwan. *Mar. Petrol. Geol.* 17:929- 936.