

SIGNIFICANCE OF HIGH-ENERGY EVENT DEPOSITS FOUND IN THE GEOLOGICAL INVESTIGATION OF ARCHAEOLOGICAL TEST PITS ON HEPING ISLAND, KEELUNG

CHAO-MING CHUANG¹, KAI-SHUAN SHEA¹, SHIH-TING LU¹, CHENG-HWA TSANG²,
JOSE EUGENIO BORAO MATEO³, MARIA CRUZ BERROCAL⁴, PO-TSU CHEN¹, YEN-CHIU LIU¹,
ELENA SERRANO HERRERO⁴, SUSANA CONSUEGRA RODRIGUEZ⁵ AND MARC GENER MORET⁶

1. Central Geological Survey, Ministry of Economic Affairs, New Taipei, Taiwan, R.O.C.
2. Institute of History and Philology, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, R.O.C.
3. Department of Foreign Languages and Literatures College of Liberal Arts, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.
4. International Institute for Prehistoric Research of Cantabria, University of Cantabria, Cantabria, Spain.
5. Spanish National Research Council (CSIC), Madrid, Spain.
6. McDonald Institute for Archaeological Research, University of Cambridge, Cambridge, UK.

ABSTRACT

In order to look for the Spanish buildings on Heping Island, Keelung built in 1626, archaeologists excavated seven archeological test pits there recently. Each test pit had similar accumulative layers and succession (Unit 6 to Unit 1, in ascending order). It is worth noting that an erosional surface was found between Unit 3 (which contained marine bio-clasts) and Unit 4 (Qing Dynasty culture layer). The purpose of this study is to investigate the factors contributing to the formation of Unit 3 and its age.

Unit 3 was found to contain matrix-supported to grain-supported fabric and marine bio-clasts, which suggest that Unit 3 came from marine and was transported by high concentrated flow. Although occurrence of Unit 3 could be compared with modern storm surge deposits and tsunami deposits, marine meteorology and landform data in the Keelung area suggested that storm surge and tidal surge could be blocked by the landform of Heping Island. As mentioned above and from the dating results, this study suggests that Unit 3 was deposited by an extreme storm event or tsunami event. If Unit 3 was due to a tsunami event, it might be the Keelung tsunami event on December 18, 1867.

Key words: Heping Island, archaeological test pit, event deposits, Keelung tsunami event

1. Chao-Ming Chuang, e-mail: miller@moeacgs.gov.tw

基隆和平島考古探坑地質調查：文化層上覆 之高能量事件堆積層的意義

莊釗鳴¹、謝凱旋¹、盧詩丁¹、臧振華²、鮑曉鷗³、Maria Cruz Berrocal⁴、
陳柏村¹、劉彥求¹、Elena Serrano Herrero⁴、
Susana Consuegra Rodriguez⁵、Marc Gener Moret⁶

1. 經濟部中央地質調查所
2. 中央研究院歷史語言研究所
3. 國立臺灣大學外國語文學研究所
4. 西班牙坎塔布里亞大學國際史前研究所
5. 西班牙國家研究委員會(CSIC)
6. 英國劍橋大學麥當諾考古研究所

摘 要

為找尋西元1626年西班牙人於基隆和平島建立之堡壘，本研究於和平島社寮里停車場進行考古探坑試掘與地質調查。地質調查的結果可將考古探坑由下而上分為Unit 6至Unit 1等6個堆積層，其中Unit 3為一以海相生物碎屑為主之砂礫層，並與下覆Unit 4文化層呈侵蝕性接觸，此現象指示Unit 3為一高能量事件堆積層。本研究即利用岩相分析、碳14定年與文化層指示之年代，探究事件堆積層的成因與堆積時間。

岩相分析的結果顯示，Unit 3具塊狀、基質至顆粒支持的結構，以及含次角狀海相生物碎屑等特徵，暗示Unit 3為一源自海洋的高濃度洪流快速堆積之結果。Unit 3以一侵蝕面與下覆文化層接觸，其產狀可與砂礫質海嘯或風暴湧浪堆積物有相似的特徵，然而基隆地區的海象資料顯示，風暴時期產生的潮汐或波浪易受和平島的地形屏蔽，暗示Unit 3具發生頻率低與異常高能量的特性，研判為海嘯或異常風暴事件的產物。碳14定年與文化層鑑定的結果指示Unit 3為清代堆積層，本研究推測，若Unit 3為海嘯事件堆積物，此事件應可對比至西元1867年12月18日基隆海嘯事件。

關鍵詞：和平島、考古探坑、事件堆積層、基隆海嘯

1、緒 言

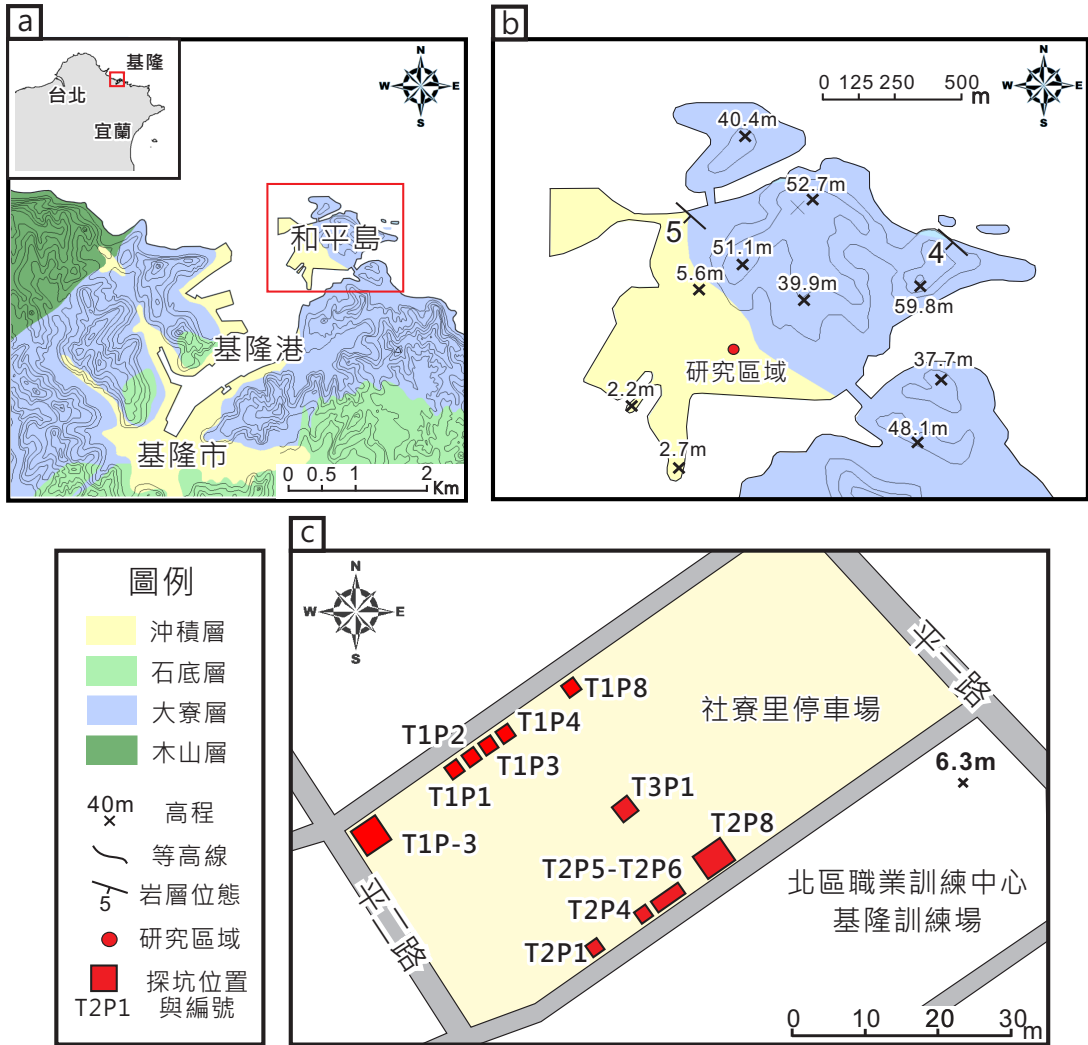
地質事件形成的堆積層又稱事件性堆積層，依據事件之發生規模、頻率與時間之長短，可形成不同廣度與厚度之堆積物。地質事件產生的堆積物可在物理、化學或生物等特徵與早先的堆積物有顯著差異。吾人除利用上述現象辨識過去發生的地質事件，更可藉此探究地質事件的成因、年代或再現性等議題。

為找尋西元1626年西班牙人於基隆和平島建造之堡壘-聖薩爾瓦多城(San Salvador)，本研究於和平島社寮里停車場進行考古探坑試掘與地質調查工作。研究期間共試掘11個考古探坑，僅T2P1、T2P4、T2P5-T2P6、T2P8與T3P1等5個探坑出露原生堆積層。值得注意的是，上述原生堆積層皆出露一以海相生物碎屑為主之砂礫層，砂礫層與下覆文化層呈侵蝕性接觸，此現象暗示文化層受一源自海洋的地質事件所侵襲。為此，本研究針對考古探坑出露的堆積層進行分層與岩相分析，配合碳14定年與文化層指示之年代，探究事件性堆積層的成因與堆積時間。

2、探坑概況

和平島位於基隆港的北端(圖一a)，全島東北側為海拔40至60公尺的大寮層，西南側則為海拔2至10公尺的沖積層(圖一b)。實施地質調查的考古探坑位於和平島西南側的社寮里停車場中(圖一c)，包括T2P1、T2P4、T2P5-T2P6、T2P8與T3P1等5個探坑(圖二)。考古探坑長寬約2至5公尺不等，探坑間距為0.5公尺，試掘深度則視基盤上堆積層厚度約1.1至1.5公尺不等。由於上述探坑出露清代或更老的堆積層，此暗示社寮里停車場具殘存之原生堆積層。

為描述考古探坑出露之堆積層，本研究定義A牆、B牆、C牆及D牆分別代表探坑之東北牆、東南牆、西南牆與西北牆，並根據堆積層成份與幾何型態進行分層。分層的結果顯示各探坑有相似的堆積層與堆積序列，由下往上可依序分出Unit 6至Unit 1等6個堆積層(表一)：Unit 6覆蓋在固結的基盤上，為塊狀含海相生物碎屑的砂礫層，局部具水平層理；Unit 5與Unit 4皆為文化層，前者由褐色塊狀泥層組成，並在T2P4、T2P5-T2P6及T2P8探坑具人為夯實的現象(圖二a與圖二b)，後者由黑色塊狀泥質砂層組成，特別在T2P5-T2P6探坑出露許多代表人為活動的文化遺跡，包括骨灰罈及火堆



圖一、研究區域。圖a與圖b為基隆和平島地區之地質圖，圖b研究區域可放大至圖c以展示考古探坑位置。

Figure 1. Study area. Geological map of study area (Hoping Island, Keelung) is shown in Figure a and Figure b. Figure c is magnified from red circle (study area) in Figure b, shows archaeological test pits in red squares.

表一、堆積層分類。

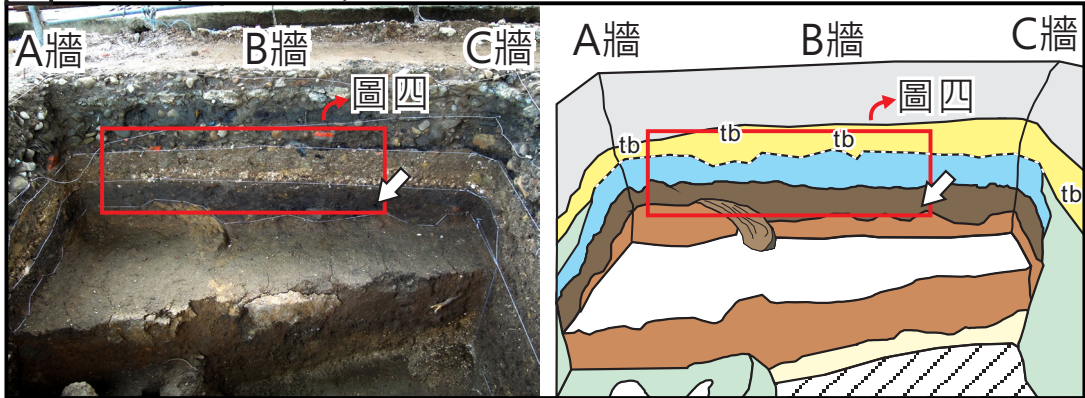
Table 1. Classification of accumulative layers.

堆積層	描述	重要成分	備註	
Unit 1	C	現代人造物回填。	礫石、磚塊、水泥塊、柏油塊。	人為擾動與回填層
	B	現代人造物回填，底部可與下覆堆積層之頂部相混合，交界不易辨識。	日式屋瓦、生物碎屑、粉紅色瓦片、磚塊。	
	A	長柱狀溝槽，底部鋪設一層礫石。	淘選佳的礫石層	
Unit 2	灰黑色塊狀砂礫層，具挖蝕回填之特徵。	海相生物碎屑、粉紅色瓦片、泥塊、火堆石。		
Unit 3	蓆狀或透鏡狀砂礫層，具基質至顆粒支持的沉積組構。	海相生物碎屑、粉紅色瓦片、泥塊、火堆石。	事件性堆積層	
Unit 4	黑色塊狀泥質砂層，具人為活動遺跡。	粉紅色瓦片、泥塊、火堆石、骨灰罈、生物碎屑。	文化層	
Unit 5	褐色塊狀泥層，在部分探坑有被入為夯實之特徵。	粉紅色瓦片。	文化層	
Unit 6	黃色塊狀砂礫層，局部具水平層理。	海相生物碎屑、粉紅色瓦片。	海階堆積層(?)	
基盤	已固結之灰色砂泥層。		大寮層	

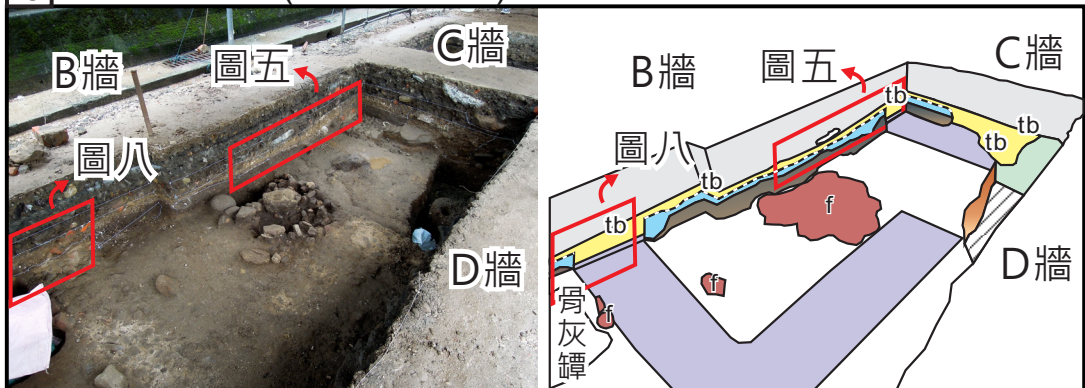
石(圖二b)；Unit 3覆蓋於一侵蝕面之上，為一塊狀具海相生物碎屑的砂礫層，除T2P1探坑被擾動外，其餘探坑皆有出露；Unit 2為灰黑色塊狀砂礫層，在各探坑皆有顯著的挖蝕與再充填特徵(圖二)，推測是人為擾動的結果；Unit 1為回填層，可次分出Unit 1A、Unit 1B與Unit 1C等三個次層，分別代表三個不同的回填或擾動事件：Unit 1A為長柱狀溝槽，其底部覆蓋一層淘選良好的礫石；Unit 1B厚約5至50公分不等，成份由磚塊、粉紅色瓦片、日式屋瓦及生物碎屑組成；Unit 1C為最頂部的堆積層，由礫石、磚塊、水泥塊及柏油塊等現代人造物組成。

圖三展示各探坑堆積層側向與垂直的接觸關係：在側向上，各堆積層之厚度變化未有顯著的趨勢，僅Unit 3在厚度與粒度均有朝東北向變薄與變細的現象。垂直的堆積序列則顯示，研究區域自Unit 6堆積後，除在Unit 3時期出現大量的海相堆積物外，其它時期皆以陸相堆積層為主。

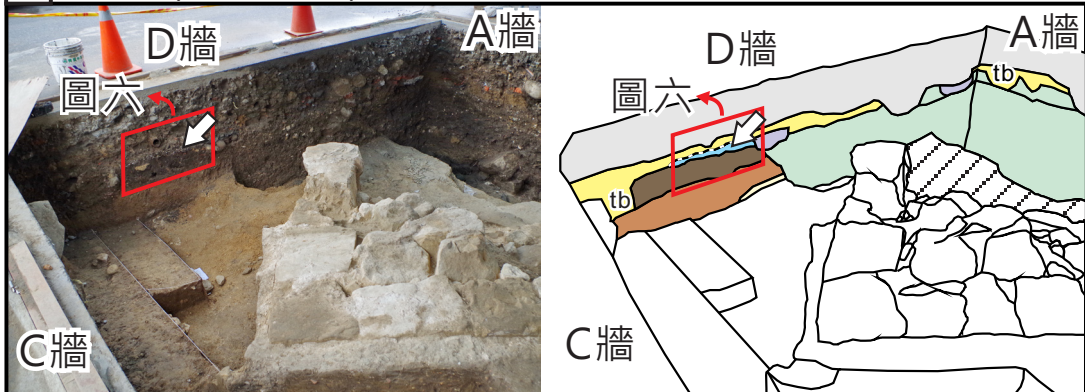
a) T2P4(2m X 2m)

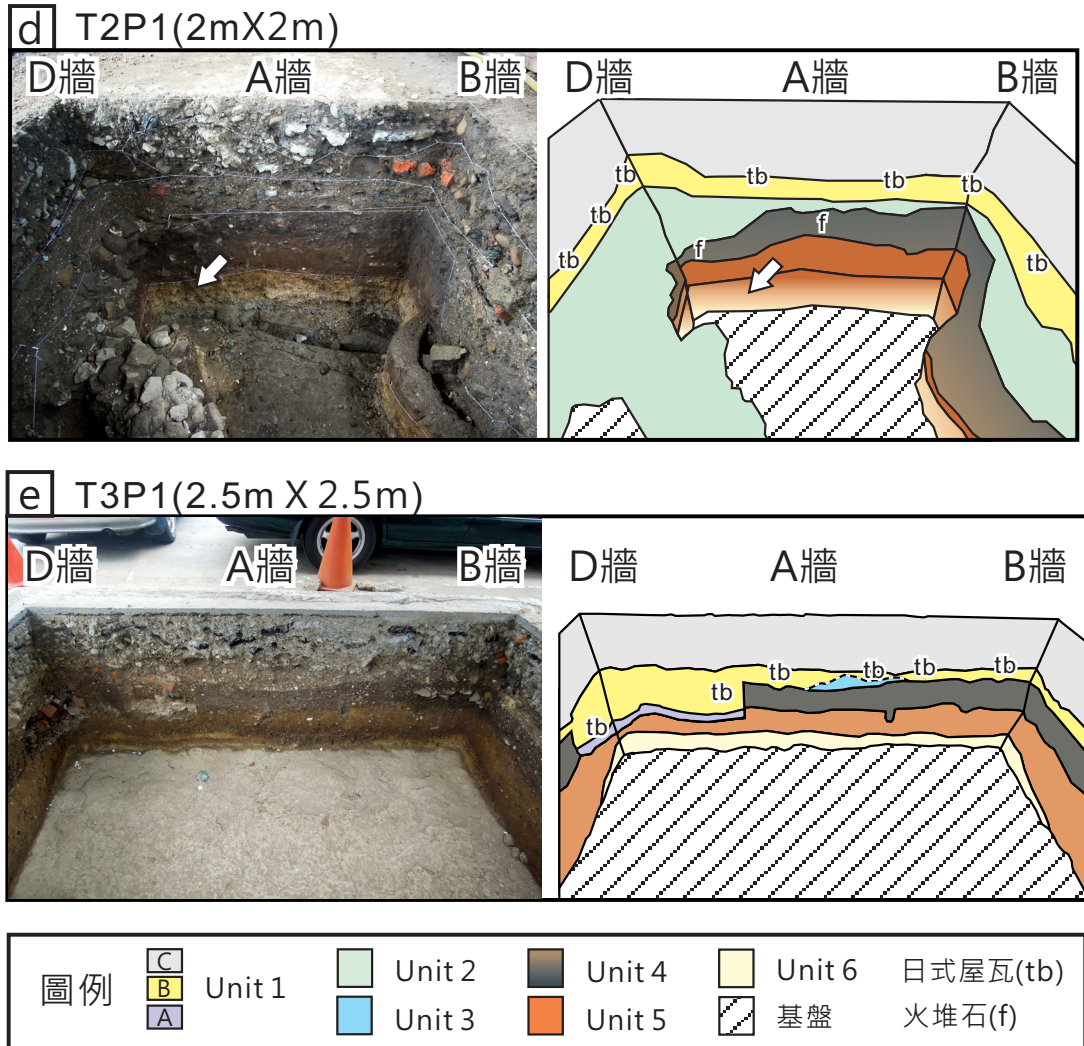


b) T2P5-T2P6(4.5m X 2m)



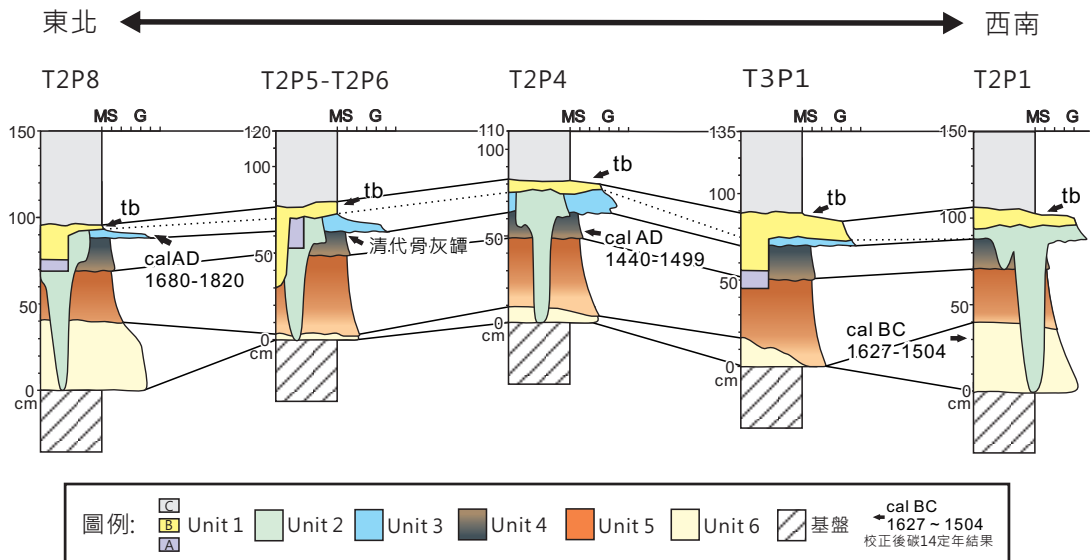
c) T2P8(5m X 4m)





圖二、各探坑堆積層概況。白色箭頭指示碳14定年採樣位置，定年結果見圖三。

Figure 2. Accumulative layers in the archaeological pits. White arrows indicate locations where samples for C-14 dating were taken. See Figure 3 for dating results.



圖三、各探坑堆積層對比與碳14定年結果。定年樣本採集位置見圖二。
Figure 3. Correlation and the results of C-14 dating. See Figure 2 for sample locations.

3、Unit 3的產狀

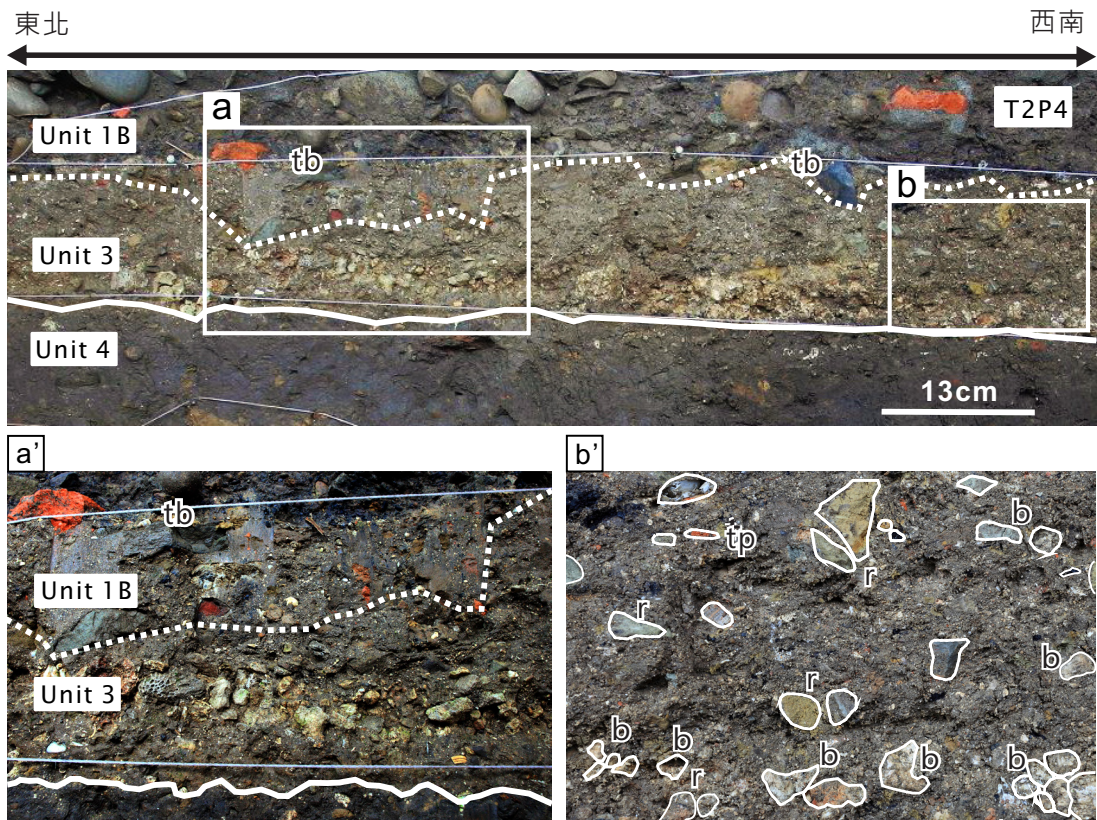
在研究區域中，由於Unit 3經常受後期人為擾動，使得原始的堆積特徵不被完整地保存，故本研究僅針對T2P4、T2P5-T2P6、T2P8與T3P1等探坑殘存之Unit 3進行細部的描述：

3.1 T2P4探坑：

Unit 3厚約20公分，出露於探坑之A牆、B牆及C牆，其底部與Unit 4呈侵蝕性接觸，頂部被Unit 1B擾動及覆蓋，側向為Unit 2所截切(圖二a)。Unit 3由黃色塊狀礫層組成(圖四)，呈顆粒支持至基質支持，並具次角狀之海相生物碎屑、泥塊、粉紅色瓦片及火堆石等堆積物。

3.2 T2P5-T2P6探坑：

Unit 3厚約3至15公分不等，出露在探坑之A牆、B牆及C牆(圖二b)。Unit 3底部與

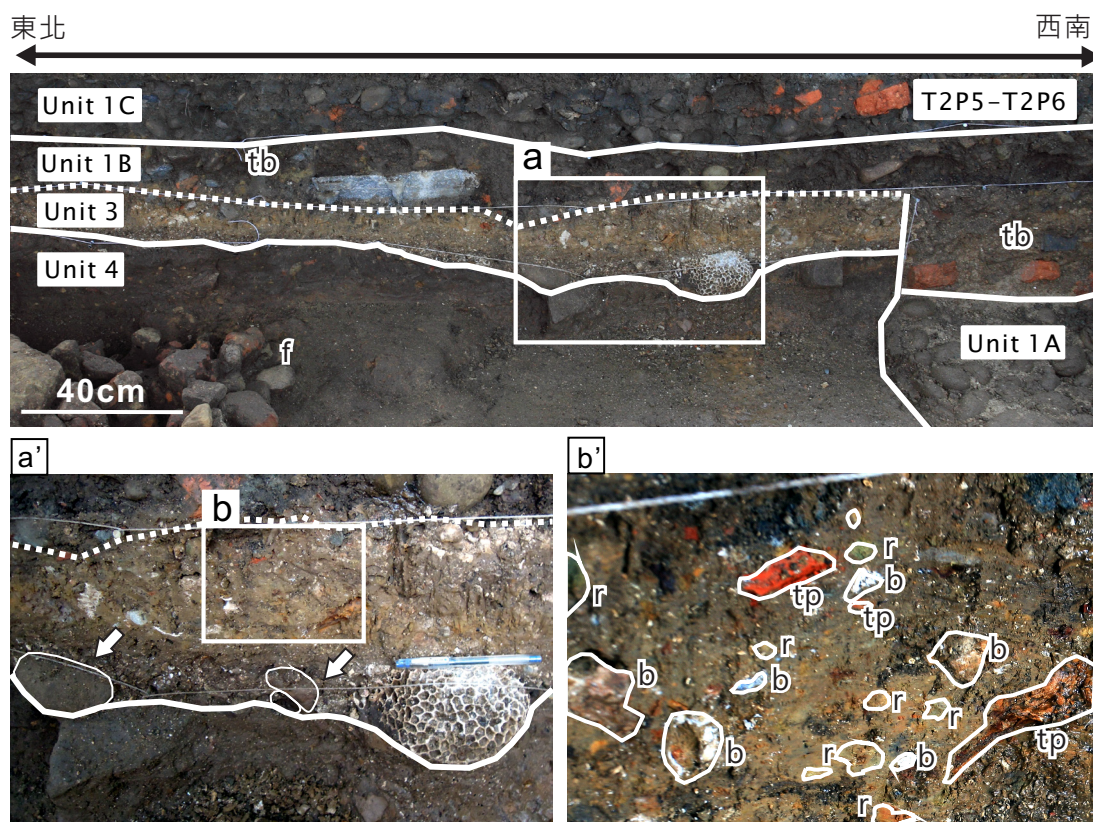


圖四、T2P4探坑B牆剖面。上圖視野a與b分別對應至a'與b'，展示Unit 3的沉積組織與成份。圖中英文字母代表日式屋瓦(tb)、火堆石(f)、生物碎屑(b)、泥塊(r)與粉紅色瓦片(tp)。
Figure 4. Cross-section of test pit T2P4 in Wall B. View a' and b' correspond respectively to square a and b in upper photo, displaying the sedimentary texture and composition in Unit 3. Letters stand for: tb: Japanese tile; f: boiling stone; b: marine bioclast; r: mud clast; tp: pink tile.

Unit 4呈侵蝕性接觸(圖五)，並具直徑約15公分的珊瑚轉石及朝西南傾斜的疊瓦狀礫石，頂部受Unit 1B擾動與覆蓋。在側向上，Unit 3有朝A牆逐漸變薄或轉為透鏡狀的現象，局部可被Unit 1A、Unit 1B或Unit 2所截切、擾動與覆蓋。Unit 3為黃色塊狀砂質礫層，整體呈基質支持至顆粒支持，成份則與T2P4探坑類似。

3.3 T2P8探坑：

Unit 3厚約3至10公分不等，以透鏡狀的幾何型態出露在B牆、C牆以及D牆(圖二c)，其中B牆與C牆之Unit 3約3公分厚，D牆可達10公分(圖六)。Unit 3底部與Unit



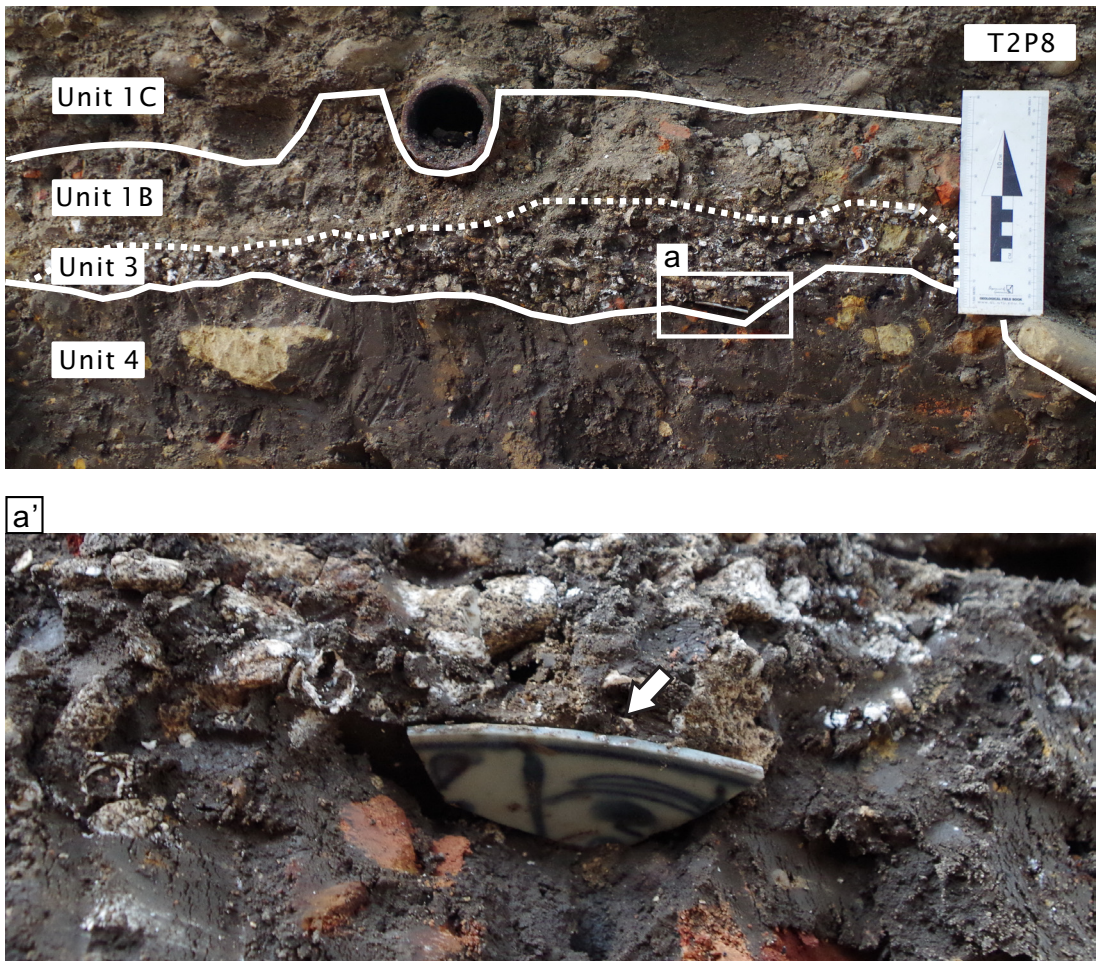
圖五、T2P5-T2P6探坑B牆剖面。上圖視野a可放大至a'，白色箭頭指示朝西南傾斜的疊瓦狀礫石。視野b可放大至b'，展示Unit 3的沉積組織與成份(英文代號見圖四)。

Figure 5. Cross-section of test pit T2P5-T2P6 in Wall B. View a' is a magnified view of a, in which the white arrow points towards south-west inclined imbricated gravels. View b' is a magnified view of b (shown in a'), displaying sedimentary texture and composition (Letters with same meaning as in Figure 4).

4呈侵蝕性接觸，頂部與側向分別被Unit 1及Unit 2截切、擾動與覆蓋。在沉積組織與成份上，Unit 3皆由顆粒支持之海相生物殼體組成。

3.4 T3P1探坑：

T3P1探坑各牆面皆出露一層厚約20公分的塊狀海相生物碎屑層，其底部與Unit 4呈侵蝕性接觸。由於此海相生物碎屑層普遍有受擾動的現象，並含有磚塊、水泥塊或日式瓦片等現代人造物，故本研究將上述海相生物碎屑層區分為Unit 1B，少數未擾動且未夾雜現代人造物的部分則區別為Unit 3 (圖二e)。



圖六、T2P8探坑D牆剖面。上圖視野a可對應至a'，展示Unit 3的沉積組織與成份。白色箭頭指示一出露於Unit 3與Unit 4交界之瓷片。

Figure 6. Cross-section of test pit T2P8 in Wall D. View a corresponds to view a', displaying the sedimentary texture and composition in Unit 3. The white arrow shows a piece of broken porcelain sandwiched between Unit 3 and Unit 4.

4、討論與結論

綜觀而論，Unit 3與Unit 4文化層呈侵蝕性接觸、具基質支持至顆粒支持的海相生物碎屑，以及堆積物朝東北側變薄與變細等現象。上述特徵皆顯示Unit 3為一源自海洋的高濃度洪流(Dawson and Stewart, 2007)快速堆積之結果。

近岸的海洋營力包括潮汐、波浪與海嘯，為釐清Unit 3為何種海洋營力所致，本研究即蒐集基隆港的海象與地形資料，並討論現生砂礫質風暴湧浪堆積層(storm surge deposits)及海嘯堆積層與Unit 3產狀之異同，最終綜合碳14定年與文化層的年代，推求Unit 3的成因與沉積時間。

4.1 Unit 3的成因

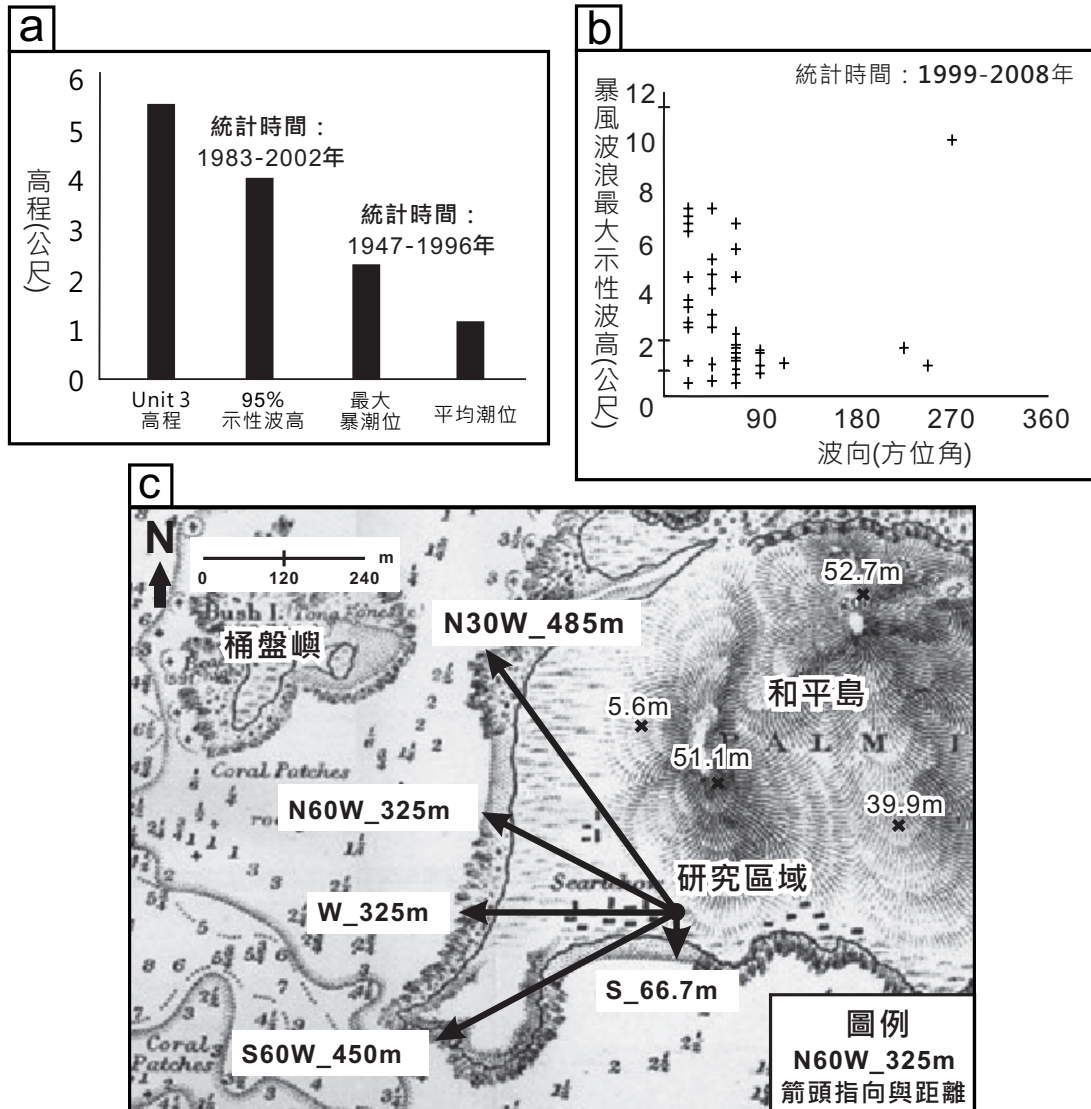
4.1.1 海象與古地形資料

基隆港自光復後即進行長時間的潮位與波浪監測，西元1947-1996年的潮位資料顯示港內平均潮位為1.16公尺(圖七a)，風暴時期產生的暴潮可達2.31公尺(莊文傑與江中權，2003)。在波浪的監測上，港外波浪95%平均示性波高均小於4公尺(莊文傑與江中權，2003)，風暴時期最大示性波高可達12公尺(圖七b)，波向以北或東北方為主(蘇清和等，2009)。我們進一步將五千分之一像片基本圖與1858年和平島地區的航海圖(Blakeney, 1902)相比對(圖七c)，其結果顯示和平島的地形並未有顯著的變化。綜合上述海象與地形資料，本研究認為正常天候或風暴時期產生的潮汐或湧浪，可被和平島的地形所屏蔽。

4.1.2 砂礫質風暴湧浪堆積物

風暴期間，海水受低氣壓與強風作用而朝陸側上湧，上湧的海水可伴隨巨浪而在濱海地區發生侵蝕與堆積作用，其堆積物稱為風暴湧浪堆積物(storm surge deposits)。現生研究顯示，砂礫質風暴湧浪堆積物可由濱海地區朝陸側延伸數百公尺，堆積物之厚度與粒度朝陸側逐漸變薄變細，並具單次或數次向上變細或變粗序列。在沉積組構與構造上，風暴湧浪堆積物與下覆堆積層經常呈侵蝕性接觸，並具有良好的淘選度、交錯層理、平行層理或朝海側傾斜的疊瓦狀礫石等特徵(Reading and Collinson, 1996; Nanayama *et al.*, 2000; Morton *et al.*, 2007; Kortekaas and Dawson, 2007; Phantuwongraj *et al.*, 2013)。

將現生砂礫質風暴湧浪堆積物與Unit 3相對照，我們認為Unit 3呈塊狀及淘選度差的特性與現生風暴湧浪堆積物有極大的差異。儘管仍有少數研究報導風暴湧浪堆積物可呈塊狀與淘選度差的現象(Blair, 1999; Lopes *et al.*, 2008)，然而上述產狀乃發生在風暴湧浪直接衝擊的地區，此與研究區域之風暴湧浪受地形屏蔽的狀況截然不同，推測



圖七、和平島海象與航海圖。圖a與b展示Unit 3與基隆港海象資料與Unit 3的高程。圖c為1858年航海圖，高程與研究區域投影自五千分之一像片基本圖，箭頭指向與長度分別代表研究區域至各方位海岸線之距離。

Figure 7. Marine meteorological and nautical chart of Hoping Island in Keelung Harbor. Figure a and b displays Unit 3 data: tidal level, significant wave height, storm surge height and altitude of Unit 3. Figure c comes from an 1858 nautical chart, in which details of altitude and study area are projected from a 1:5000 geographic map. The direction and length of the arrows indicate the distances of the study area from the different shorelines.

Unit 3並非一般風暴湧浪可形成之堆積物。

4.1.3 砂礫質海嘯堆積物

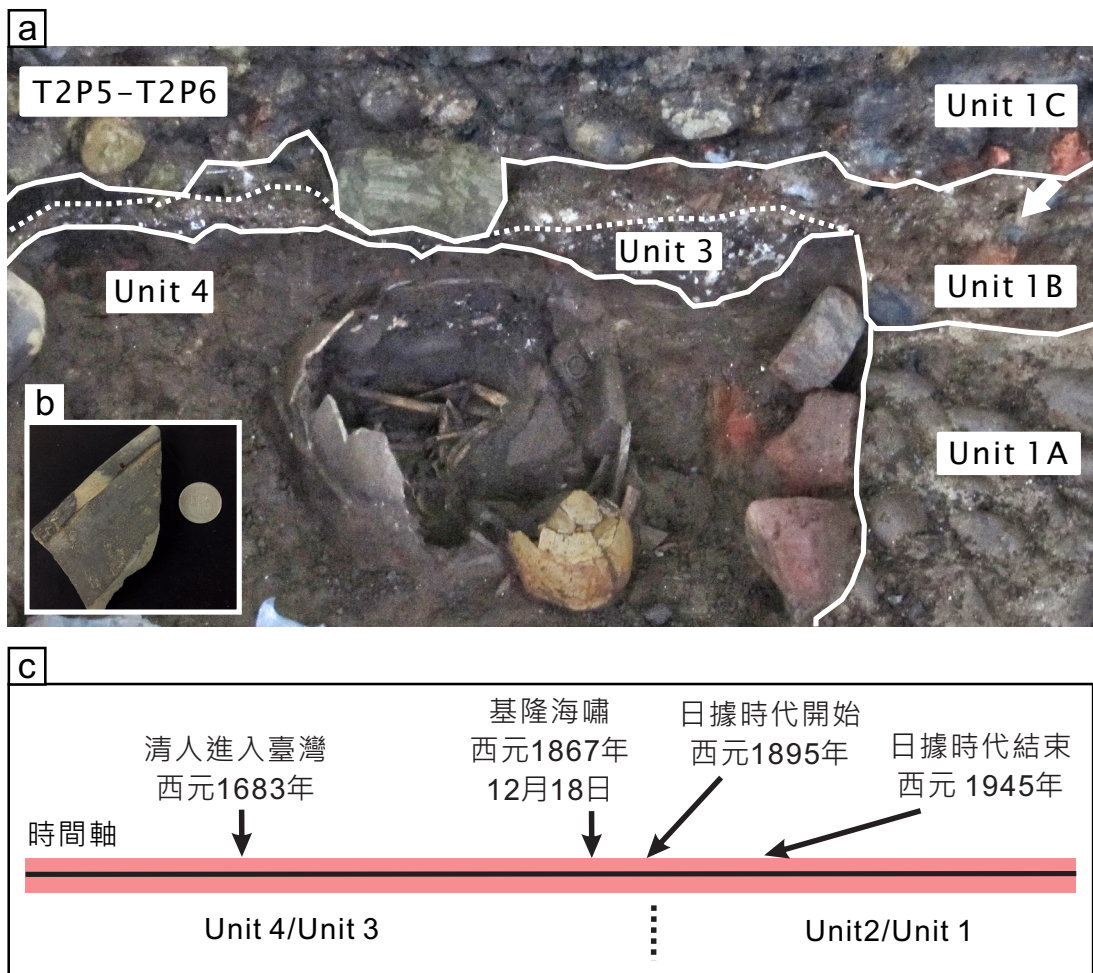
現生砂礫質海嘯沉積物研究指出，海嘯沉積物普遍具顯著的侵蝕面，侵蝕面之上具單次或多次向上變細或變粗的砂礫層，砂礫層可為塊狀、各式交錯層理、平行層理，基質至顆粒支持的沉積組構以及極佳至極差的淘選度(Dawson and Smith, 2000；Morton *et al.*, 2007；Higman and Bourgeois, 2008；Peters and Jaffe, 2010)。儘管如此，上述海嘯沉積物與砂礫質風暴湧浪堆積物的特徵非常相似，如何有效地與風暴湧浪堆積物區別，為研究人員目前努力的方向。Nanayama *et al.* (2000)、Fujino *et al.* (2006)、Nanayama and Shigeno (2006)以及Fujiwara and Kamataki (2007)等研究曾報導海嘯的沉積模式，並指出海嘯波浪之高能量、長週期以及海嘯水流數次週期性朝陸地溯上(inflow)、停滯(stagnation)與回退(outflow)等特性，其生成之堆積物可與低能量短週期的風暴湧浪堆積物有所區別。這些顯著的差異包括：高能量海嘯水流可朝陸側數公里遠處堆積沉積物；海嘯水流在停滯時期，細顆粒沉積物懸浮沉降，形成薄砂泥紋理；海嘯水流溯上與回退形成之堆積物可具雙方向交錯層理或雙方向疊瓦狀礫石。儘管如此，上述堆積模式並未適用於各地現生的海嘯堆積物，顯見海嘯堆積物可依不同地形或水流特性而具多變的產狀。各探坑Unit 3並未有顯著反映水流靜止或朝海側回退等特徵之岩相，然而Unit 3底部具顯著的侵蝕面、普通至差的淘選度，以及顆粒支持至基質支持的沉積組構等特性，可與現生砂礫質海嘯堆積物的產狀(Nanayama *et al.*, 2000；Nichol *et al.*, 2003；Nanayama and Shigeno, 2006；Fujiwara and Kamataki, 2007)相比對。

本研究歸納出以下幾點結論：1. 堆積層的垂直與側向關係指示Unit 3具異常低發生頻率與高能量的特性；2. 海象與地形資料顯示一般風暴時期之潮汐與風暴湧浪不易影響至研究區域；3. Unit 3的產狀可與海嘯沉積物相對比。綜上所述，我們推測Unit 3為海嘯或異常風暴事件的堆積物。

4.2 Unit 3的年代

堆積層中的碳質物、貝類殼體與文化遺物隱藏重要的年代資訊，透過碳14定年與文化遺物鑑定等方法，使我們得以評估Unit 3的堆積時間。碳質物採集於Unit 6、Unit

4與Unit 3 (圖二與圖三)，其碳14定年的校正年代分別為BC 1627-1504、AD 1440-1499與AD 1680-1820。在出土的文化層中，T2P5-T2P6探坑(圖八a) Unit 4中發現一薄殼陶甕，其頂部被Unit 3截切與覆蓋，陶甕內裝有原住民孩童的骨骸，研判為原住民使用漢人燒製的甕作骨灰罈。根據文獻記載，基隆地區直至滿清時期始有大量漢人進入，故推測Unit 4為清代文化層。另一方面，Unit 1B回填層在各探坑皆覆蓋在Unit 3之上，



圖八、Unit 3與文化層的年代關係。圖a為T2P5-T2P6探坑B牆剖面，白色箭頭指示的日式瓦片可放大至圖b。圖c綜合各項年代資訊，展示基隆地區的歷史紀錄與堆積層可能的年代。

Figure 8. How age of Unit 3 correlates with cultural layers. In the cross-sectional view a:T2P5-T2P6, Wall B. Figure b correspond white arrow which displays a Japanese tile. Figure c shows the relationship of historical events in Keelung area to the inferred ages of accumulative layers.

其中的黑色瓦片(圖八b)為日據時期的屋瓦, 故推測Unit 1B應於日據時代或日據時代之後堆積。

綜合上述年代資訊, 研判Unit 3為清代堆積層(圖八c)。本研究認為, 若Unit 3為海嘯事件之堆積物, 此事件應可對比至陳培桂(1871)、Mackay(1896)以及岡本要八郎(1913)等文獻報導之「西元1867年12月18日基隆海嘯事件」。

誌 謝

感謝陳文山教授與林俊全教授給予本文諸多建議與指正。研究期間承蒙太田陽子教授與鄧屬予教授提供寶貴意見, 顏一勤先生協助採樣, 特此一併申謝。和平島考古發掘工作始於國科會(NSC)與西班牙國科會(CSIC)的福爾摩沙計劃(Formosa Program), 本研究於2011年由福爾摩沙計劃與地質調查所(CGS)資助的經費下執行。2013至2016年的調查經費由蔣經國國際學術交流基金會(Chiang Ching-kuo Foundation for International Scholarly Exchange)授予María Cruz Berrocal博士及臧振華研究員執行。其他經費源自臧振華研究員, 以及María Cruz Berrocal博士個人獲自下列項目的經費:

- the Spanish Ministry of Culture in its program Excavaciones Arqueológicas en el Exterior in 2011 and 2012
- the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness Acciones Complementarias program (HAR2011-16017-E)
- the University of Konstanz through its Anschubsfinanzierung-EU call
- the EU FP7 Marie Curie Zukunftskolleg Incoming Fellowship Programme, University of Konstanz (grant no. 291784)
- the program STAR2-Santander Universidades and Ministry of Education, Culture and Sports, in the frame of the Program Campus de Excelencia Internacional, call CEI 2015 of the project Cantabria Campus Internacional

參考文獻

岡本要八郎 (1913) 同治年間金包里附近的地變。臺灣博物學會會報, 第三卷, 第12號, 168-169頁。(日語)

- 莊文傑與江中權 (2003) 臺灣四周海域海流數值模擬研究(三)：基隆港海域潮汐與潮流之數值模擬研究。交通部運輸研究所，共262頁。
- 陳培桂 (1871) 淡水廳誌。重收錄在臺灣文獻叢刊(第一輯，第172種)。臺灣銀行經濟研究室，共484頁。
- 蘇清和、廖慶堂與徐如娟 (2009) 基隆港觀測波浪資料專刊(1999年至2008年)(上、下冊)。交通部運輸研究所，共416+514頁。
- Blair, T.C. (1999) Sedimentology of gravelly Lake Lahontan highstand shoreline deposits, Churchill Butte, Nevada, USA: *Sedimentary Geology*, vol. 123, p. 199-218.
- Blakeney, W. (1902) Ke-lung harbour Map. In *On the coasts of Cathay and Cipango forty years ago* (Edited by Blakeney, W.), p. 82, Elliot Stock, London.
- Dawson A.G. and Stewart, I. (2007) Tsunami deposits in the geological record: *Sedimentary Geology*, vol. 200, p. 166-183.
- Dawson, S. and Smith D.E. (2000) The sedimentology of Middle Holocene tsunami facies in northern Sutherland, Scotland, UK: *Marine Geology*, vol. 170, p. 69-79.
- Fujino, S., Masuda, F., Tagomori, S., Matsumoto, D. (2006) Structure and depositional processes of a gravelly tsunami deposit in a shallow marine setting: Lower Cretaceous Miyako Group, Japan: *Sedimentary Geology*, vol. 187, p. 127-138.
- Fujiwara, O. and Kamataki, T. (2007) Identification of tsunami deposits considering the tsunami waveform: An example of subaqueous tsunami deposits in Holocene shallow bay on southern Boso Peninsula, Central Japan: *Sedimentary Geology*, vol. 200, p. 295-313.
- Higman, B. and Bourgeois, J. (2008) Deposits of the 1992 Nicaragua Tsunami. In *Tsunamiites- Features and Implications*, 1st Edition (Edited by Shiki, T., Tsuji, Y., Yamazaki, T. and Minoura, K.), p. 81-103, Elsevier.
- Kortekaas, S. and Dawson, A.G. (2007) Distinguishing tsunami and storm deposits: An example from Martinhal, SW Portugal: *Sedimentary Geology*, vol. 200, p. 208-221.
- Lopes, R.P., Buchmann, F.S.C. and Caron, F. (2008) Taphonomic analysis on fossils of Pleistocene mammals from deposits submerged along Southern Rio Grande Do Sul

- Coastal Plain, Brazil: *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro*, vol. 66, p. 213-229.
- Morton, R.A., Gelfenbaum, G. and Jaffe, B.E. (2007) Physical criteria for distinguishing sandy tsunami and storm deposits using modern examples: *Sedimentary Geology*, vol. 200, p. 184-207.
- Mackay, G.L. (1896) From far Formosa: the island, its people and missions, 2nd Edition (Edited by Macdonald, J.A.). F.H. Revell, New York, 346 p.
- Nanayama, F. and Shigeno, K. (2006) Inflow and outflow facies from the 1993 tsunami in southwest Hokkaido: *Sedimentary Geology*, vol. 187, p. 139-158.
- Nanayama, F., Shigeno, K., Satake, K., Shimokawa, K., Koitabashi, S., Miyasaka, S. and Ishii, M. (2000) Sedimentary differences between the 1993 Hokkaido-Nansei-Oki tsunami and the 1959 Miyakojima typhoon at Taisei, southwestern Hokkaido, northern Japan: *Sedimentary Geology*, vol. 135, p. 255-264.
- Nichol, S.L., Lian, O.B. and Carter, C.H. (2003) Sheet-gravel evidence for a late Holocene tsunami run-up on beach dunes, Great Barrier Island, New Zealand: *Sedimentary Geology*, vol. 155, p. 129-145.
- Peters, R. and Jaffe, B.E. (2010) Identification of tsunami deposits in the geologic record; developing criteria using recent tsunami deposits. U.S. Geological Survey Open-File Report (No: 2010-1239), U.S. Geological Survey, 39 p. <http://pubs.usgs.gov/of/2010/1239/of2010-1239.pdf> (accessed, July 10, 2012)
- Phantuwongraj, S, Choowong, M., Nanayama, F., Hisada, K.I., Charusiri, P. Chutakositkanon, V., Pailoplee, S. and Chabangbon, A. (2013) Coastal geomorphic conditions and styles of storm surge washover deposits from Southern Thailand: *Geomorphology*, vol. 192, p. 43-58.
- Reading, H.G. and Collinson, J.D. (1996) Clastic coast. In *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, 3rd Edition (Edited by Reading, H.G.), p. 154-231, Blackwell Science, Oxford.