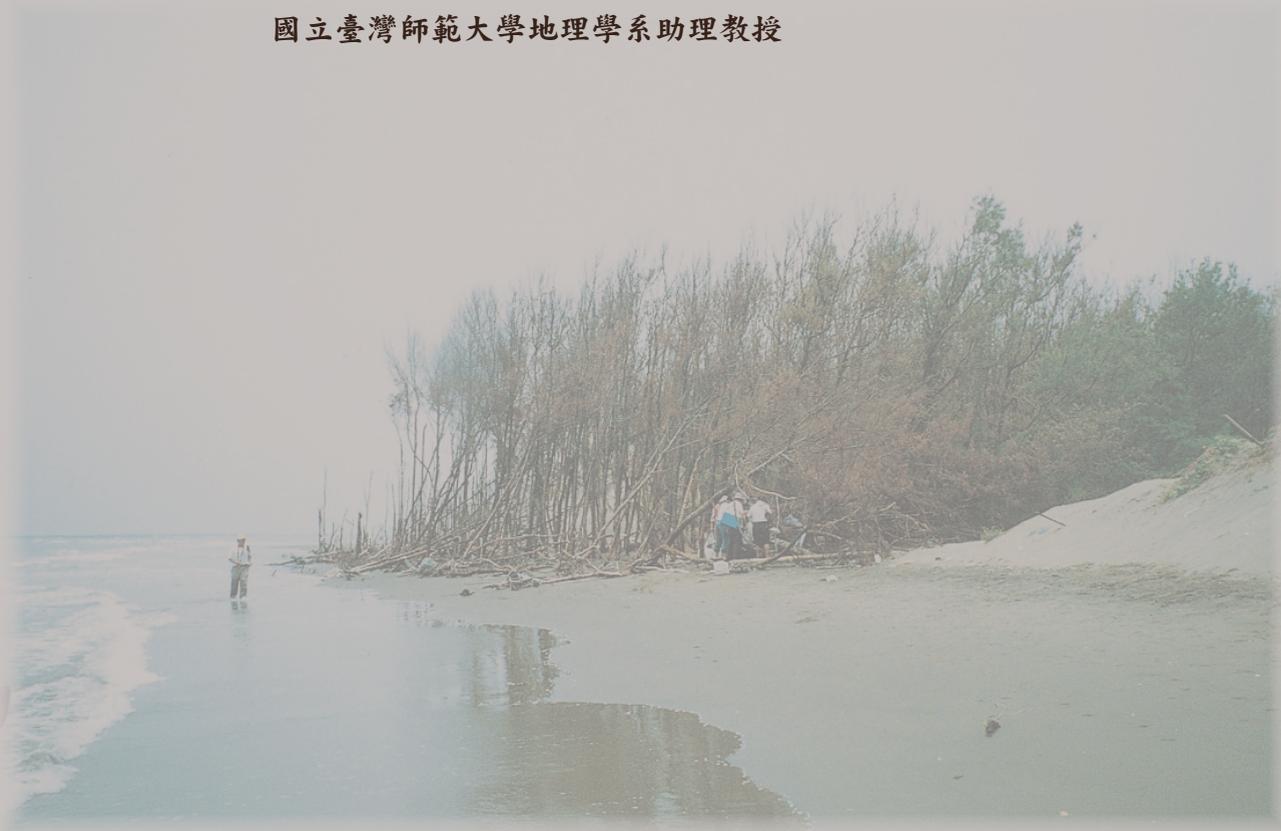


台灣西南海岸沙洲變遷與海岸災害*

林宗儀

國立臺灣師範大學地理學系助理教授



* 本文沙洲變遷部分內容曾在第29屆海洋工程研討會中發表，台南，國立成功大學，2007年11月。

摘要

分布於台灣西南部海岸的濱外沙洲島，是海岸防護的天然屏障。本文藉由航空照片、衛星影像及地面的地形剖面調查等資料，研究台灣西南部外傘頂洲和網子寮汕這兩個沙洲島近幾十年來的地形變遷，並探討這些變遷對海岸災害防護的可能衝擊。在雲嘉外海的外傘頂洲整個島往東南方向遷移，海峽側的濱線後退快速，前列沙丘幾被侵蝕消失，僅在島的西南段還有一些低矮沙丘殘存。全島高程下降、出露面積也縮小。而台南外海的網子寮汕，原細長狹窄，但近年卻有多次新潮口的形成與閉合，尤其北段前沙丘消失，整個高程下降形成一潮汐灘地，而南段的海岸線也後退百公尺以上，海灘消失，海岸防風林木倒塌，且出現明顯沙丘崖。兩者均有整個沙洲島沙量收支失衡的問題，追究其原因顯示，主要和近四分之一世紀以來，鄰近海岸的工程結構物建構直接相關，致使西南部沙洲島的侵蝕作用速率加快，沙量減損。這些變遷將減損沙洲對海岸的保護功能，致使未來西南部海岸因全球氣候變遷所引發的各種海岸災害潛勢增高。

關鍵字：沙洲島、地形變遷、工程結構物、氣候變遷、海岸災害

一、前言

台灣西部海岸，面臨台灣海峽，位處歐亞大陸板塊上的淺水陸棚環境，按板塊構造的海岸分類，¹屬板塊的尾隨端（trailing edge）海岸。再加上台灣島自第四紀（Quaternary）以來快速的造山抬升作用，使得來自中央山脈及西部麓山帶的大量沈積物在西部海岸堆積。在不斷的沙源供給及波浪、潮汐、海流等條件的配合之下，從最早的輿圖記錄，即顯示台灣西南部海岸自十七世紀以來即已呈現沙洲、潟湖羅列的景觀，比較大的潟湖自北而南分別為笨港、蚊港、倒風港、台江、堯港、打鼓港等，²這些潟湖的水域面積遠大於今日。十七、八世紀以來，由於漢人大量入墾，人類活動日益頻繁，地表破壞、土壤侵蝕也使河流輸沙增多，內海淤積，海岸線向外推移。當時內海海岸線大致與現今等高線5公尺的位置一致。十九世紀海岸線更向外推移，與今日等高線3公尺的位置相當。至二十世紀初繪製的臺灣堡圖集中，已顯示大部分的潟湖均被淤滿。僅從濁水溪河口往南延伸，到曾文溪河口間，仍有一系列的沙洲島分佈。³時空移轉到二十一世紀初的現在，這些離島沙洲，大部分因最近幾十年來的人為漁塭墾殖和鹽田開發，已和陸地相連接，只留下雲嘉外海的外傘頂洲和台南外海的網子寮汕還屬真正的「離島」沙洲，往返必須靠膠筏運送，也使得這兩處沙洲島較不受人為因素的干擾，有利於沙洲島自然地形作用與環境變遷之研究。

這些沙洲島在國外一般稱為堰洲障蔽島（barrier island），分佈在海岸的最外側，與陸地之間隔著潟湖，可以有效阻擋颱風波浪和暴潮的侵襲，是海岸地區災害防護的天然屏障。沙洲島背後的潟湖也因受到外側沙洲的保護，少有巨大波浪，相對是一個較安全的環境。再加上每日



台灣西南海岸沙洲變遷與海岸災害

- 1 Inman, D.L. and Nordstrom, C.E. (1971) : On the tectonic and morphological classification of coasts. *Jour. of Geology*, 79 : 1 - 21 .
- 2 張瑞津、石再添、陳翰霖（1996）「台灣西南部南海岸平原地形變遷之研究」，國立台灣師範大學地理系地理研究報告，26：19 - 56。陳翰霖（1999）「十七世紀以來台灣西南海岸平原地形變遷之研究」，中國文化大學地學研究所博士論文。
- 3 石再添（1979）「台灣西南部嘉南洲潟海岸的地形及其演變」，國立台灣師範大學地理學系地理研究報告，5：11 - 48。石再添（1980）「台灣西部海岸線的演變及海埔地的開發」，國立台灣師範大學地理學系地理研究報告，6：1 - 36。

潮水經由潮口 (tidal inlet) 帶來豐富的營養鹽，使得潟湖內的漁產豐富且多樣。漁民們在潟湖水域內除了行駛膠筏的幾條主要水道之外，均廣泛佈置蚵架和定置網罟，用來養蚵捕魚，日日豐收，是極具生產力的重要漁場。本研究即是針對上述二處沙洲島進行初步的地形變遷和地形動力的研究，以了解這二處離島沙洲近年來的地形與自然作用變遷之間的互動關係，並分析這二處沙洲之間因不同海岸環境空間所產生的異同。最後應用二處離島沙洲近數十年變遷的研究成果，來討論其對海岸防衛及潟湖環境所可能造成的衝擊。

二、沙洲島的地形變遷研究

地形動力學的研究，短期而言即是針對地貌形態的變化，研究其和牽涉沈積物搬運的流體動力間之相互關係；⁴就長期而言，一般泛指全新世 (Holocene) 以來的沙洲島演育和海水面變動的關係。⁵台灣早年對於沙洲島的地形變遷研究，⁶主要是利用不同時期的地圖進行比對和分析其海岸線的變動，侷限於整體沙洲外廓濱線隨年代所發生的變動及其變動速率等之描述，而少對沙洲上個別地形環境的變動、變動的動力機制及變遷演育的過程有進一步的分析和研究。近年由於台灣西部沙洲島附近近岸海域的海、氣象資料大增，對於影響洲潟海岸地形變遷的海岸作用各項因子，如波浪、潮汐、海流、風等資料有較多的資訊，再加上歷年沙洲島上地形高程的變化資料，將可對於西部洲潟海岸的地形動力學進行系統的研究。沙洲島有沙灘 (beach)、沙丘 (dune)、潮汐灘地 (tidal flat)、潮口等不同環境，且地貌形態的變化快速，本研究主要是針對這些沙洲島上各種地形環境的短期地貌形態變化與其地形動

4 Wright, L.D. and Thom, B.G. (1977) : Coastal depositional landforms : a morphodynamic approach. *Progress in Physical Geography*, 1 : 412 - 459.

5 Kraft, J.C. (1971) : Sedimentary facies patterns and geological history of a Holocene marine transgression. *Geol. Soc. of American Bulletin*, 82 : 2131-2158. Davis, R.A. Jr.. (1994) : Barrier island system - a geological overview. In : *Geology of Holocene Barrier Island Systems*, Davis, R.A. Jr., ed., Springer-Verlag, New York, 1 - 46.

6 同註3。

力進行探討。

沙洲島的生成，需要有沈積物的供應，⁷但其外表形貌的呈現，則是受到當地海岸的波浪和潮汐作用影響。一般在小或中潮差的海岸，⁸沿岸堆積的沙質沈積物會因波浪作用所引發的沿岸流而使整個沙體呈現長直或略呈弧形的外貌，而間歇性的波浪越洗作用，則在島的背側形成越洗扇（washover fan）的堆積。⁹台灣西部自濁水溪河口往南延伸，到曾文溪河口間的這一系列沙洲島，依其外形，可大致分成雲林和台南兩群。¹⁰屬雲林群的有統汕洲、箔子寮汕和外傘頂洲等外形較為粗短，狀似鼓槌的沙洲島，¹¹其分佈走向大致和台灣本島呈40度交角，其內側形成一個半開放的海灣。依據當地海岸作用的研究，¹²雲林海岸屬中潮差海岸，沙洲島外形呈現混合波浪與潮汐能量（mixed energy），但較偏向以波浪能量主導的海岸環境特徵。屬台南群的有海汕、王爺港汕、青山港汕、網子寮汕、頂頭額汕及新浮崙汕等，其外形屬狹窄、細長條的帶狀，呈現出典型的以波浪為主（wave-dominated）的海岸環境，根據其海岸作用之研究顯示這段海岸屬小潮差海岸。¹³



台灣西南海岸沙洲變遷與海岸災害

（一）研究方法

本研究主要蒐集包括外傘頂洲、網子寮汕近年的地形、圖像資料及附近地區風速、風向及波浪、潮汐、海流等各項海象資料，加上現場地形剖面調查及沈積物採樣等進行綜合分析，初步解釋地形變化及沈積物搬運的動力機制。現場剖面測量分別在沙洲的不同地形分段規劃橫越沙

7 Davis, R.A. Jr.. (1994) : Barrier island system – a geological overview. In : *Geology of Holocene Barrier Island Systems*, Davis, R.A. Jr., ed., Springer-Verlag, New York, 1-46.

8 小潮差海岸，指平均潮差小於2公尺的海岸；中潮差海岸，是指平均潮差介於2到4公尺的海岸

9 Hayes, M.O. (1979) : Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime. In : *Barrier Islands*, Leatherman, S.P. ed., Academic Press, New York, 1-29. Davis, R.A. and Hayes, M.O. (1984) : What is a wave-dominated coast? *Marine Geology*, 60 : 313-329.

10 Lin, T.-Y. (1998) : Controlling factors of barrier island morphologies along the western coast of Taiwan. *Eos Trans. AGU*, 79 (24) : W48.

11 因地形變遷緣故，這三個沙洲島現已合併統稱外傘頂洲。

12 林宗儀（2003）「雲林海岸漂沙研究」，華岡地理學報，16：25 - 41。林宗儀、高瑞棋、黃煌輝（1997）「雲林近岸海域之漂沙活動與海岸作用」，第19屆海洋工程研討會論文集，541 - 546。

13 林宗儀（1997）「頂頭額洲南北兩側之漂沙活動與海岸作用差異」，第19屆海洋工程研討會論文集，547 - 552。

洲的地形剖面，以顯示這些分段中的地形環境差異及幫助判識主要輸沙方向。沈積物的室內分析以顆粒度分析為主，討論沈積物之統計特性，以提供海岸作用營力機制推測之重要依據。

(二) 外傘頂洲的結果與討論

根據本研究海、氣象資料的分析成果顯示，雲林海岸屬混合波浪、潮汐能量，但以波浪能量為主導的海岸環境，早年外傘頂洲的外形狀似鼓棒槌，北寬南窄，北端隔著潮流口，另有呈粗短外型之二個小沙洲，即舊地圖中所稱之統汕洲、箔子寮汕。由於沙洲本身是一活動的沙體，隨時因應海岸輸沙及海岸作用的變化而調整。整個外傘頂洲在過去數十年間大致是往南及往內灣陸側方向遷移，¹⁴導致近年來北側二個小沙洲已漸和舊外傘頂洲合併，使沙洲島南北外形成一弓形，南端並且發育出一西北—東南向的沙嘴，和主體連接成一尾鈎狀的新外傘頂洲。在1962到2002的四十年間，西北側的灘線以平均每年65公尺的速率往後退縮，南側尾端亦以平均每年約88公尺的速率往東南方向遷移（圖1）。¹⁵但近幾年內的變化尤其快速，外海側海岸濱線嚴重侵蝕後退，致使沙洲島上原離開濱線至少一、二百公尺的重要建築結構物—氣象觀測塔和燈塔紛紛倒塌，必須在內灣側的灘地上另覓地立起新塔。而內灣側的濱線雖同時往海灣方向堆積外移，致許多在海灣側原先定置的蚵架，因而被埋。但內灣側的濱線堆積外移速率遠較外海側濱線侵蝕後退速率緩慢。因此整體而言，外傘頂洲露出水面部份的面積大量縮小，而依據本研究在2005年7月現場高程剖面的量測結果（圖2），比較1978年水利署水利規劃總隊所繪製的地形圖顯示今日整個外傘頂洲高程亦大大降低，全島地形低緩，僅在西南端有小規模的沙丘堆積，沙丘高程不超過3公尺（圖3）。大部分區域在外海側的海灘灘面與內側海灣的潮坪灘地之間，僅見狹窄的海灘平台地形。部份區域外海側灘面上有脊溝系統發育，內灣側的沙質潮坪灘地上則有許多淺潮溝分布（圖4）。

14 吳啟南、吳哲榮、李元炎（1996）「雲林海岸五十年來的變遷分析」，第18屆海洋工程研討會論文集，666 - 674。

15 林宏仁、許泰文、曾以帆（2003）「外傘頂洲海岸變遷機制之研究」，第25屆海洋工程研討會論文集，735 - 742。

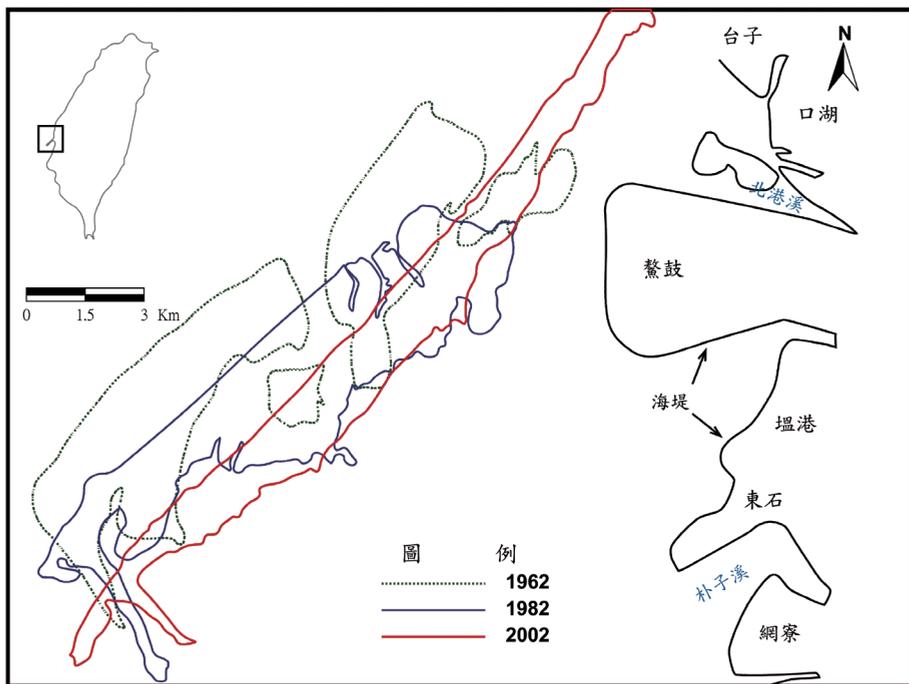


圖1、外傘頂洲在1962 - 2002年之間的遷移 (修改自Hsu et al., 2007)

外傘頂洲現地測量位置圖



圖2、外傘頂洲現場地形剖面量測位置圖 (底圖為1978年水利署水利規劃總隊所繪製的地形圖)

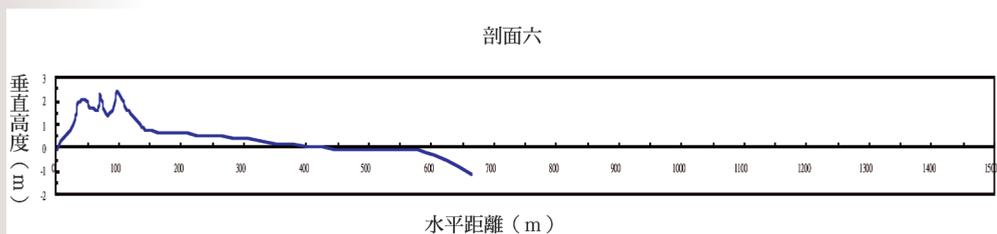


圖3、外傘頂洲2005年時南段代表性地形剖面圖（剖面六），仍有局部沙丘存在

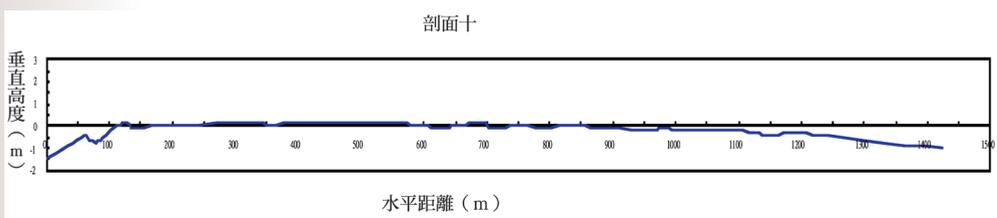


圖4、外傘頂洲2005年時中、北段代表性地形剖面圖（剖面十），地形普遍低緩

從本區的波浪調查顯示，冬季從北方入射的波浪能量較強，也使得其優勢沿岸流方向向南，沙體的往南移動主要即是這個波浪所引起的南向優勢沿岸流所致。¹⁶而往內的遷移則牽涉到波浪的越洗作用及風沙的搬運。沙洲島上除了燈塔、氣象站等固定建物及少數漁民臨時搭建之海上高腳屋外，幾無其他阻礙物和植物的生長，因此風沙少有積聚，僅在陣風停歇之際，稍做停留。強風再起時，則繼續順風搬移，直至沒入水中。至於波浪越洗作用則是在風暴或颱風期間，水位因暴潮而上漲，再加上強大的波浪能量，可能在較低矮之沙丘處，衝破沙丘線而把所攜帶的沈積物，往後堆積在沙丘後側或灣側的潮汐灘地。若在沒有良好沙丘發育的情況下，類似的越洗作用，在結合波浪、大潮的情況，亦可能在寬闊的沙洲島上發生，把前灘的沈積物逐漸往後搬運。因此外傘頂洲地形地貌改變的主要營力機制包括：（一）往南的優勢沿岸流，（二）向內陸方向的波浪越洗輸沙作用，和（三）向南或西南的風沙搬運作用。

外傘頂洲沙源的供給，主要來自北側的雲林海岸，但近年來受濁水溪河川整治及過度開採沙石的影響，河川輸沙對海岸沈積物的供給減少；再加上濁水溪以南近岸的各種工程建設，如以填海造陸方式興築的

16 同註15。



雲林離島工業區及工業港之防波堤等工程結構物的阻攔，而使外傘頂洲北段漸因沙源補充不足，而漸趨低緩，濱線亦迅速後退。南段雖有北段提供的沿岸輸沙，並因風沙的停積作用而在西南端仍保有小規模的沙丘堆積，但其沙丘高程亦急劇降低。而其最南尾端往外延伸為一水下陡坡，沿岸輸沙有部分就順此陡坡，進入澎湖水道的海底峽谷內而永遠無法再回到沙洲系統，導致嚴重的沈積物收支失衡。雖有部分沿岸輸沙隨著波浪的繞射作用，繞過沙洲尾端，並發育出一大致和原沙洲延伸方向垂直的西北－東南向沙嘴。但沙洲島整體的高程降低，則進一步促使風暴期間或大潮高潮位時，波浪越洗作用的發生。越洗作用的發生頻度增加，將更使島上原有的沙丘地形消失，而越洗作用將沈積物往內陸側搬運的結果，也使沙洲島大半地區高程持續降低，這又反過來更增加越洗作用的發生頻度，這種正回饋的地形作用造成整個外傘頂洲持續的向陸遷移。島的內灣側有許多被沙掩埋的養殖蚵棚，就是最直接的證據（照片1）。此外，沙丘植生的消失，高程的下降，也使冬季退潮期間，有廣大的灘地出露，在強勁北風吹送之下，也造成大量的風沙向南搬運，並部分助長了沙洲島的向陸遷移。外傘頂洲全島總沙量銳減，平均高程逐漸降低，露出水面的面積亦大大縮減。使全島有大半區域在大潮漲潮時，已被海水淹沒，退潮時的潮汐灘地上可見許多淺潮溝分布。



照片1、外傘頂洲內灣側有許多被沙掩埋的養殖蚵棚，是波浪越洗作用使沙洲島向陸遷移的證據

（三）網子寮汕的結果與討論

台南外海的網子寮汕，大致以北北東向南南西方向，呈長條狀延伸，原長約六公里，寬則約數十至數百公尺不等，其外形屬狹窄、細長條的帶狀，呈現出典型的以波浪為主的海岸環境，根據當地海岸潮、

波、流的觀測資料顯示這段海岸的平均潮差小於2公尺，屬小潮差海岸，波浪及其所引致的沿岸流輸沙為沙洲地形變動之主導營力。¹⁷網子寮汕北以七股瀉湖原有之北潮口（現已淤淺閉合）與青山港汕相隔，南以瀉湖之南潮口與頂頭額汕相鄰。其地形景觀在南、北二端有明顯差異。北段地形平坦低緩，臨海側是沙灘的灘面及海灘平台，後側靠近瀉湖的部分是潮汐灘地，退潮時出露，漲潮時被潮水漫淹。網子寮汕南段，則有較寬的海灘及廣泛的連續沙丘地形發育。沙灘地形除了灘面及海灘平台外，部分有脊溝系統的發育。¹⁸但近年來由於輸沙來源供給產生變化，地形變遷的結果，也導致網子寮汕沙洲多次的潮口變動，新潮口因颱風波浪作用而形成，使長條狀沙洲島因而斷裂成數段，但部分新潮口也因接續的沿岸輸沙和風沙作用而閉合，但部分則因整體的輸入沙量不足，數年來仍維持新潮口的存在。

依據歷年影像圖資的分析，網子寮汕沙洲長期以來有漸往南和往東（往內陸）遷移的趨勢（圖5），¹⁹但最近十年來地形上的變化尤其劇烈。首先是南段的沙灘，開始有海岸線後退的情形，在1996至2000年的四年間，大約後退了數十公尺。致南段原有的寬廣灘面和海灘平台及連續沙丘地形逐漸消失。濱線快速後退的結果，也導致原人工種植，離岸約上百公尺的防風林木，亦紛紛倒塌（照片2）。另外整個沙洲島在中段比較狹窄平坦的低地處，亦在1999年10月初的一次秋颱期間，沖出二道新的潮口，使原來的網子寮汕斷成三截。這二道新潮口在2000年的颱風季後，開口更見擴大，至2001年6至7月間連續的幾次颱風過後，中間的一小截沙洲已完全消失，二道潮口合成一道寬潮口，一直維持至今（暫稱為1999新潮口），退潮時在潮口的瀉湖側可看到漲潮潮汐三角洲（flood-tidal delta）的發育。而原先全島最北端與青山港汕分隔的七股瀉湖北潮口也逐漸淤淺，使原網子寮汕北段漸併入北側

17 同註13。

18 林宗儀（2001）「台南七股的海岸環境」，七股、琵鷺、鄉土情（三）—人文地理篇，台南縣黑面琵鷺保育學會，3-39。林宗儀、溫進丁、曾鈞敏、張國強（2001）「台灣西南部海岸海灘斷面調查」，第23屆海洋工程研討會論文集，487-493。

19 Hsu, T.-W., Lin, T.-Y., and Tseng, I-F. (2007) : Human impact on coastal erosion in Taiwan. *Jour. of Coastal Research*, 23 (4) : 961-973.



台灣西南海岸沙洲變遷與海岸災害

的青山港汕，而原七股潟湖北潮口的功能也被1999年維持至今的新潮口所取代，整個潟湖內部的潮水流動，物質循環模式均產生變化。而舊北潮口和1999新潮口之間的沙洲，近十年來地形變動劇烈，經常維持著一至二道較淺的小潮口，在夏季颱風波浪作用後形成，但在冬季又因沿岸輸沙及風沙的搬運作用而淤淺閉合。2004年間水利署第六河川局為保護沙洲，曾在1999年新潮口北側以自潟湖抽沙的方式人工養灘，但養灘區也已發生嚴重侵蝕，靠海側因此形成侵蝕陡崖（照片3）。

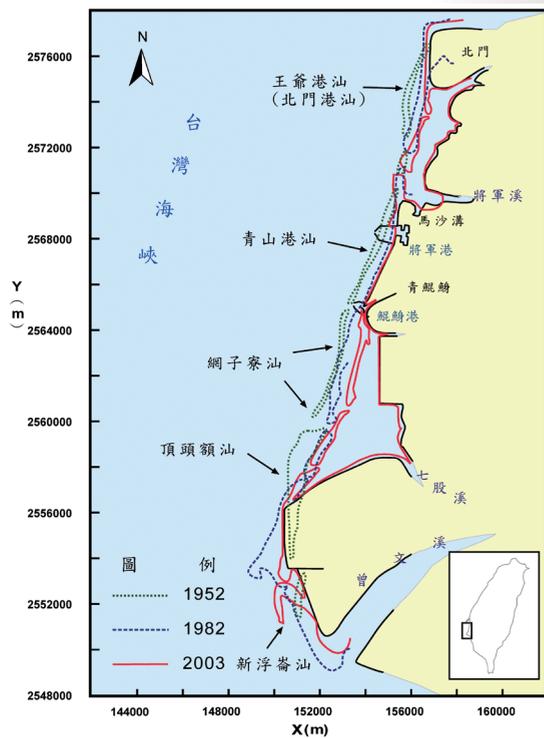


圖5、網子寮汕1952 - 2003年間的遷移變化圖
（修改自Hsu et al., 2007）



照片2、網子寮汕海岸侵蝕，濱線後退使後側防風林紛紛倒塌（2000年8月拍攝）



照片3、2004年網子寮汕上的人工抽沙養灘區，因海岸侵蝕而出現陡崖。崖前成排的竹架是原先人工養灘區內的格區欄柵，用以防止抽沙填入的沈積物流失（2006年7月拍攝）

網子寮汕的現地剖面測量位置，如圖6所示，剖線編號由北往南順序編列。剖面調查的成果顯示在1999年新潮口（剖面10）以北的網

子寮汕，地勢低平，僅在冬季時因風沙搬運作用在局部地區形成胚胎沙丘。大潮期間，部分低地的潮水前後連通，形成穿越沙洲的淺潮溝，退潮時則可涉水橫渡。冬季的風飛沙作用有助於迅速填淤這些小潮口。但在2006年5月珍珠颱風過境後，在沙洲島最狹窄的剖面06、07附近又出現一道水深較深，寬度較寬的潮流口。剖面08是養灘區，靠海側的陡崖仍持續後退中（圖7），台南縣政府在2006~2007年冬季又再度抽沙養灘，希望能減緩濱線的後退。

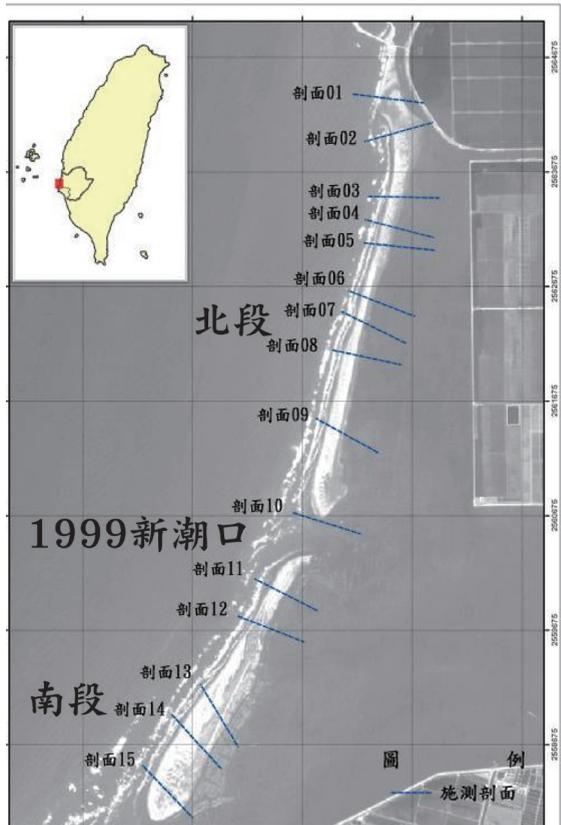


圖6、網子寮汕現場地形剖面量測位置圖（底圖為2004年12月9日福衛二號拍攝的影像，拍攝當時附近將軍港潮位高程記錄為0.347m）

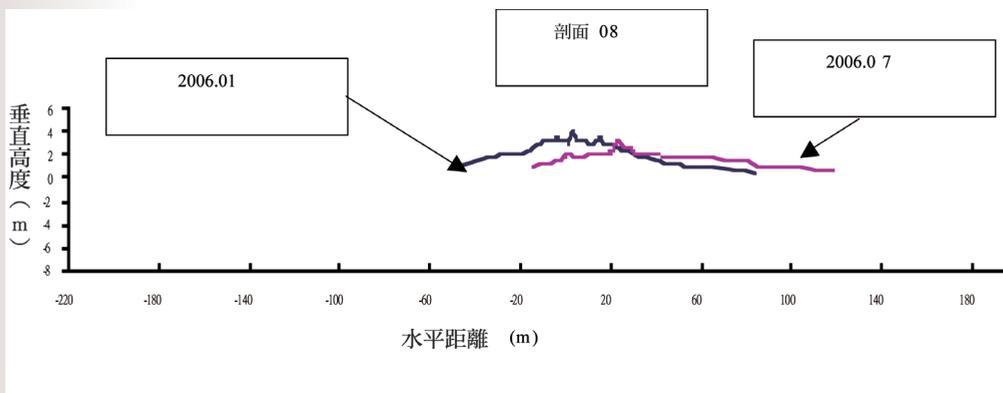


圖7、網子寮汕地形剖面08在2006年1月和7月的比較，當地靠海側（圖中左側）濱線約後退30公尺



這段海岸輸沙的營力作用機制，主要仍為由北往南的沿岸輸沙和冬季時盛行的風沙搬運，是長期以來沙洲往南遷移的主要動力。而夏季颱風波浪的越洗作用，則是近年新潮口不斷出現的主要原因。然而探討這些地形變動的原因主要仍和沿岸輸沙供給的沙源被人工結構物攔截有密切關聯。本段海岸沿岸輸沙及風沙搬運的優勢方向都是由北往南，但北側一個新的漁港（將軍漁港）防波堤建設及一條舊航道（青鯤鯓西南航道）導流堤的加長延伸，使得沿岸輸沙對這段海岸的沈積物供給量急遽下降，導致沙洲島的沙源不足，海岸發生侵蝕，高程也逐漸降低的情形。網子寮汕的整體外廓由一原細長條狀的沙洲島而漸轉變成由三到四個較粗短紡錘形小島的組合。南段則因1998年時曾利用人工圍籬聚沙並進行防風林的擴大種植，目前仍是風沙堆積的環境，沙丘地形完整。

三、沙洲島與海岸防災

海岸地區常見的天然災害，依致災的原因可以分成來自陸側和海側的災害。來自陸側的災害，主要發生在豪大雨時，河口的氾濫平原區可能因為河水溢堤或破堤而造成淹水及泥沙淤塞等災害。但在某些地層下陷嚴重的海岸低窪地區，也可能因為直接降下豪大雨，雨水不及宣洩入河或入海而造成淹水。來自海側的天然災害類型，除海嘯之外，主要是在颱風期間，因波浪所造成的海岸侵蝕破壞和颱風暴潮所引發的海水越堤溢淹、海水倒灌等災害。

台灣西南海岸的一系列沙洲島，是由沙粒堆積而成的長條狀沙體，其外型輪廓及地形面貌常順應當地的各種海岸營力作用而變動，具有消波減浪防風抗潮等多項功能。沙洲島形成的位置，常大致與陸地的海岸線平行，中間隔著海灣或潟湖，是防護來自海側災害的天然屏障。海灣或潟湖也因為受到沙洲遮蔽的保護，一般少有風浪，是生物生產力極高的環境，在外傘頂洲內側海灣及網子寮汕內側的七股潟湖均有高密度的養蚵及定置漁網捕撈等漁業活動。

但最近一、二十年來，隨著工、商、漁業經濟的高度發展，在海岸地區常見進行各種大規模的工程建設，如外傘頂洲北側在濁水溪口的填海造陸計畫及網子寮汕北側的大型漁港建設等。此等人為開發和建設因為干擾了天然的沿岸輸沙平衡，常常在短期內造成許多地區的沙洲島出現海岸侵蝕，濱線急劇後退的現象，使原具海岸防護功能的天然沙洲島沙量減損，也使未來西南部海岸因氣候變遷所引發的各種海岸災害的潛勢增高。預料一旦外側沙洲島的沙體逐漸流失，沙洲島平均高程下降，露出水面的面積漸漸縮小，再加上現在全球暖化所導致全球海面上升的效果，西南沿海地區的這些沙洲島最終可能無法繼續保護海灣、潟湖及內側的陸地，屆時不但地區性的漁業生產型態要產生大改變，颱風波浪及暴潮的長驅直入，也將帶來沿海地區嚴重的災損，海岸受到波浪侵襲及海水倒灌的災害將更頻繁。潟湖也會從潮汐作用為主的環境，轉而受到較多波浪作用的影響，原本安全且具生物多樣特徵的高生產力環境也因為不再有沙洲的保護而產生極大衝擊，因此如何有效維護西南部海岸濱外沙洲的存在，將是未來海岸防災最重要的課題。

四、結論

本文主要藉台灣西南部外傘頂洲和網子寮汕這兩個沙洲島近幾年來的地形變遷研究，探討地形變遷原因及其對海岸災害防護的可能衝擊，以期能事先採取適當策略來因應，防止災難的發生。

外傘頂洲地形地貌的變遷，主要受往南的優勢沿岸流、向內陸方向的波浪越洗輸沙作用和向南的風沙搬運作用所控制。由於外傘頂洲北側雲林海岸的沙源，受河川輸沙減少及工程結構物的阻攔，而使外傘頂洲北段因沙源補充不足，而漸趨低緩，海峽側濱線迅速後退。南段則因風沙的停積形成部分沙丘，另外因波浪的繞射作用而發育出新的沙嘴，但海岸線仍因部分輸沙掉入尾端往外延伸的水下陡坡，進入澎湖水道的峽谷內上無法回返，而使海岸線嚴重侵蝕後退，舊燈塔倒塌。波浪越洗作



用雖將沈積物往陸側搬運，造成整個沙洲島向陸遷移，但因全島沙量的銳減，全島平均高程及露出水面的面積亦逐漸縮減。全島有大半區域在大潮漲潮時，已被海水淹沒，潮坪灘地上則有許多淺潮溝分布。

網子寮汕的地形變遷，受由北往南的沿岸輸沙、風沙搬運和颱風波浪的越洗作用影響，長期以來有漸往南和往東（往內陸）遷移的趨勢。但最近的十年來，則呈現海側海岸線快速的後退的情形，前沙丘被侵蝕，地形高程下降，海岸防風林木亦大量倒塌。另外在地形狹窄低平處，則容易在大潮或颱風暴潮期間，因波浪的作用而形成新的潮口，使原長條狀的沙洲島斷成數截。自1999年以來，潮口已有數次的開闢變動，也促使整個七股瀉湖內部的潮水流動產生變化。整體的外廓由一原細長條狀的沙洲島而漸轉變成由三到四個較粗短紡錘形小島的組合。南段則因1998年時有人工圍籬聚沙及防風林的擴大種植，目前仍是風沙堆積的環境，沙丘地形完整。

比較網子寮汕與外傘頂洲，兩者所處海岸的營力環境條件不同，在形態外貌及地形變遷的內容上亦略有差異，但變遷的趨勢和原因卻又雷同。主要都是因為鄰近地區近期的大規模工程建設，導致天然輸沙的收支失衡，進而引起許多地區的海岸侵蝕、濱線急劇後退、防風林倒塌，甚至燈塔、氣象塔等都必須後移重建。比較過去百年來的海岸變遷，最近二十年內因人為因素所產生的地形變化，無論在速率或規模上，可能都較其他任何時期來的更快、更大，這也使得分佈在西南沿海的這些沙洲島正面臨著消失的危機，尤其現在全球又受到海平面上升的潛在威脅，其原先對於內陸海岸的保護功能將漸失，也使得海岸受到波浪侵襲及海水倒灌的災害將更頻繁。因此台灣西南部未來的海岸防災工作，首重濱外沙洲島沙量的維護，可以人工輸沙側渡法（sand bypassing，或稱迂迴供沙法）或人工養灘（beach nourishment）補充外來沙源的方式，來改善原來因為天然輸沙供給受阻所導致沙洲島總沙量減損的問題。根據美國東岸對於沙洲島演育的研究發現，一旦整個沙洲島系統的沙量能夠維持，當全球海平面上升時，整個沙洲島將隨著海進（transgression）而往陸地方向遷移（landward migration），但不致

消失，因此其對內側陸地的保護功能就得以維持。當然在內陸側的海岸濱線將會因海水面的上昇而後退，但若能事先預留海岸緩衝帶，限制在緩衝帶內的開發和使用，將可減少未來在人命財產上的損失。

謝誌

本論文係依據國科會自然處專題研究計畫「台灣西部海岸洲潟系統之地形動力學研究（I）（II）」（編號NSC 93 - 2116 - M - 003 - 005；NSC 94 - 2116 - M - 003 - 003）之研究成果，加以應用討論改寫而成，承蒙國科會經費之補助使本研究得以順利完成，謹致謝忱。

參考文獻

- 石再添 (1979) 「台灣西南部嘉南洲瀉海岸的地形及其演變」，國立台灣師範大學地理學系地理研究報告，5：11 - 48。
- 石再添 (1980) 「台灣西部海岸線的演變及海埔地的開發」，國立台灣師範大學地理學系地理研究報告，6：1 - 36。
- 林宏仁、許泰文、曾以帆 (2003) 「外傘頂洲海岸變遷機制之研究」，第25屆海洋工程研討會論文集，735 - 742。
- 林宗儀 (1997) 「頂頭額洲南北兩側之漂沙活動與海岸作用差異」，第19屆海洋工程研討會論文集，547 - 552。
- 林宗儀 (2001) 「台南七股的海岸環境」，七股、琵鷺、鄉土情 (三) - 人文地理篇，台南縣黑面琵鷺保育學會，3 - 39。
- 林宗儀 (2003) 「雲林海岸漂沙研究」，華岡地理學報，16：25 - 41。
- 林宗儀、高瑞棋、黃煌輝 (1997) 「雲林近岸海域之漂沙活動與海岸作用」，第19屆海洋工程研討會論文集，541 - 546。
- 林宗儀、溫進丁、曾鈞敏、張國強 (2001) 「台灣西南部海岸海灘斷面調查」，第23屆海洋工程研討會論文集，487 - 493。
- 吳啟南、吳哲榮、李元炎 (1996) 「雲林海岸五十年來的變遷分析」，第18屆海洋工程研討會論文集，666 - 674。
- 張瑞津、石再添、陳翰霖 (1996) 「台灣西南部台南海岸平原地形變遷之研究」，國立台灣師範大學地理系地理研究報告，26：19 - 56。
- 陳翰霖 (1999) 「十七世紀以來台灣西南海岸平原地形變遷之研究」，中國文化大學地學研究所博士論文。
- Davis, R.A. Jr. (1994) : Barrier island system - a geological overview. In : Geology of Holocene Barrier Island Systems, Davis, R.A. Jr., ed., Springer-Verlag, New York, 1-46.
- Davis, R.A. and Hayes, M.O. (1984) : What is a wave-dominated



- coast? *Marine Geology*, 60 : 313–329.
- Hayes, M.O. (1979) : Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime. In : *Barrier Islands*, Leatherman, S.P. ed., Academic Press, New York, 1–29.
- Hsu, T.-W., Lin, T.-Y., and Tseng, I-F. (2007) : Human impact on coastal erosion in Taiwan. *Jour. of Coastal Research*, 23 (4) : 961–973.
- Inman, D.L. and Nordstrom, C.E. (1971) : On the tectonic and morphological classification of coasts. *Jour. of Geology*, 79 : 1–21.
- Kraft, J.C. (1971) : Sedimentary facies patterns and geological history of a Holocene marine transgression. *Geol. Soc. of American Bulletin*, 82 : 2131–2158.
- Lin, T.-Y. (1998) : Controlling factors of barrier island morphologies along the western coast of Taiwan. *Eos Trans. AGU*, 79 (24) : W48.
- Wright, L.D. and Thom, B.G. (1977) : Coastal depositional landforms : a morphodynamic approach. *Progress in Physical Geography*, 1 : 412–459.

Geomorphic Changes of the Barrier Islands and Their Implications of Coastal Hazards in Southwestern Taiwan

Tsung-Yi Lin

ABSTRACT

Barrier islands along the southwestern coast of Taiwan usually provide the natural protection to their backbarrier lagoons and mainland shorelines. Analyses of aerial photographs, satellite images and the ground surveys reveal that two barrier islands, the Waisanding Barrier and the Wantzuliao Barrier, have undergone dramatic geomorphic changes in recent decades. The Waisanding Barrier tends to migrate in a south-east direction. The ocean-side shoreline retreats at a very fast rate. The foredunes were washed away, and the elevation of the whole island is lowered. The overall land area has also shrunk-en. The Wantzuliao Barrier, a long and narrow barrier with lower elevation in the northern part tends to be vulnerable to the storm waves that the island had been breached several times in recent years. The foredunes were disappeared, and the elevation is lowered to form a wide sandy tidal flat. The shoreline has retreated over one hundred meters in the southern reach, and some erosional dune cliffs have formed in front of an artificial forest. All these changes are mainly due to the large negative balance on the sediment budget of the barrier islands. Although both islands remain natural, the geomorphic changes on both islands are enhanced by the human agents. In comparison to the coastal erosion trend in the last century, the human interfer-



台灣西南海岸沙洲變遷與海岸災害

ence of the coastal processes by the engineering structures in recent couple decades may induce faster shore erosion and affect larger area. Higher vulnerability of the barrier islands may result in more coastal hazards, especially those associated with the future global warming.

keywords : barrier island, geomorphic change, engineering structure, climate change, coastal hazard