



EJ095199218193

師大地理研究報告
第18期 民國81年3月
Geographical Research
No.18, March 1992

台灣北部海岸沙丘之地形學研究 *

The Geomorphological Study of Sanddune in Northern Coast of Taiwan

石再添 ** 張瑞津 **

Tsai-tien Shih Jui-chin Chang

林雪美 *¹

Hsueh-mei Lin

張政亮 *²

Cheng-liang Chang

連偵欽 *³

Chein-chin Lien

Abstract

The study areas are from Suao to the boundary of Taoyuan-Hsinchu Hsien. The sanddunes are typically developed below the altitude of 30m between the shoreline and the highway. Based on air photo interpretation, geomorphometry, field excursion and grain size analysis. Many important sanddune characters such as their distribution, environment, classification, form, landuse, sand particle size have been discussed. The results can provide some references for further development.

Most of the sanddunes are distributed near estuaries of the study area. The four typical sanddune areas including Litse, Fulung, Fukeichiao and Tsaota are all parallel the shoreline. The sand size have a reducing tendency from shoreline to inland and from north to south by some processes such as wind, wave, current etc.. Local change of sand size is unregular where protected by plants and fences for sand hindering. The area and kind of sanddune development increase with years. Management should be reinforced in order to have ecological balance.

(Key words: Northern coast, coast sanddune, form, distribution, sand size, landuse)

* 本研究係國科會 80 年度補助專題研究計畫 (NSC 80 - 0202 - M 003 - 06) 成果，研究期間承鄧國雄、石慶得、黃朝恩、楊貴三、許民陽、曾正雄、沈淑敏、楊淑君諸系友參與研究工作，提供寶貴意見，本系阮琡婷、陳淑娟、曾文佐、陳美惠、白玉如、袁榮茂、姜莉文、黃純如、黃淑卿、陳威銘、王仁傑等十餘位同學協助野外調查、粒度分析、整理資料及繪圖，使研究工作得以順利完成，僅此一併申謝。

計畫主持人，* 協同主持人，國立台灣師範大學地理系教授 (Director and Co-director of the study project; Professor, Department of Geography, National Taiwan Normal University)

*1-3 兼任研究助理 (Part-time Research Assistant)

一、緒論

(一) 海岸沙丘研究的意義

風或波浪所搬運之泥沙，當其風速減低或受障礙物阻擋，在海岸地帶堆積而成的丘阜，通稱為海岸沙丘。一般而言，海岸沙丘常呈群狀分布，多位於大河流河口附近或緩和之彎曲海岸。其地形與灘面大小、供沙來源、沿岸流方向、天然植被、人為開發，乃至盛行風、降水量、氣溫、相對濕度等氣候條件有著密切的關係。因此，海岸沙丘的形成反應了各種地表事象的變化，所以透過沙丘的分布、形態、沙丘沙的粒度及沙中的花粉、腐殖質和礦物等分析，可以作為研究海岸環境和濱線變化的參考，並預測未來海岸的變遷或回探古氣候變化及往昔的地殼運動等。

近年來，在人口膨脹的壓力下，許多邊際土地，如山坡地、河川地、海埔地和沙丘地等已陸續開發，其中海岸沙丘則多闢為休閒場所、住宅用地和農工業區等。為了防止超限利用和不當經營所導致的環境惡化，對於沙丘各項特性的研究實為當務之急。

(二) 文獻探討

1. 海岸沙丘的研究概觀

有關沙丘的地形學研究，一向著重於營力、形態、演變及其利用等。營力方面：例如 R.A. Bagnold (1941)、河村龍馬 (1951)、S.A. Shu (1971, 1973)、Y.D. Shuisky (1986)、W.M. Marsh etc. (1987) 與 J.A. Loe (1987) 等，研究風速與沙粒移動及沙丘形成的關係，導出若干公式。形態方面：例如井關弘太郎 (1975) 研究日本沙丘的形態，提出沙丘形成期的分類指標。成瀨敏郎 (1989) 將沙丘分為原生沙丘 (primary dune) 及次生沙丘 (secondary dune) 二類，並依其形態，將前者再細分為濱堤沙丘、橫沙丘、新月丘及小沙丘四種；後者則細分為縱沙丘、拋物線沙丘、斜行沙丘、圓頂沙丘及吹上沙丘五種。演變方面：例如遠勝邦彥 (1969) 研究日本沖積世的沙丘，依據花粉和腐殖質的定年加以分期，並回探古氣候和古濱線。R. Dolan (1972) 研究美國北卡羅萊納州的沙丘，指出活動沙丘帶常因人為固化作用，使其地形和生態的演變失衡。C.H. Thampson (1981) 研究澳洲東部海岸的沙丘，依其灰壤堆積的時序和厚度，以判別新舊沙丘，回探第四紀晚期氣候的變遷。C. kidson etc. (1989) 比對英國 Deven 地區不同時期的地圖，依其 DTM 高度數化資料，發現其主要沙丘帶有增高及往西移動的現象。至於利用方面。例如田邊健一 (1946) 依據五萬分之一的地形圖，調查日本全國海岸沙丘的土地利用。H. J. Walker & J. Mossa (1986) 探討日本新建港口及工業區之沙丘地帶的海岸變化。立石友男 (1989) 調查

日本海岸沙丘在不同時期裡各種土地利用的變遷，並將其編成專書。H.F.Nordstorm & E.L.Lotstein (1989) 綜合學者的見解，視海岸沙丘為一動態體系，故認為需依其特性，因地制宜，永續利用。

2.台灣海岸沙丘的研究

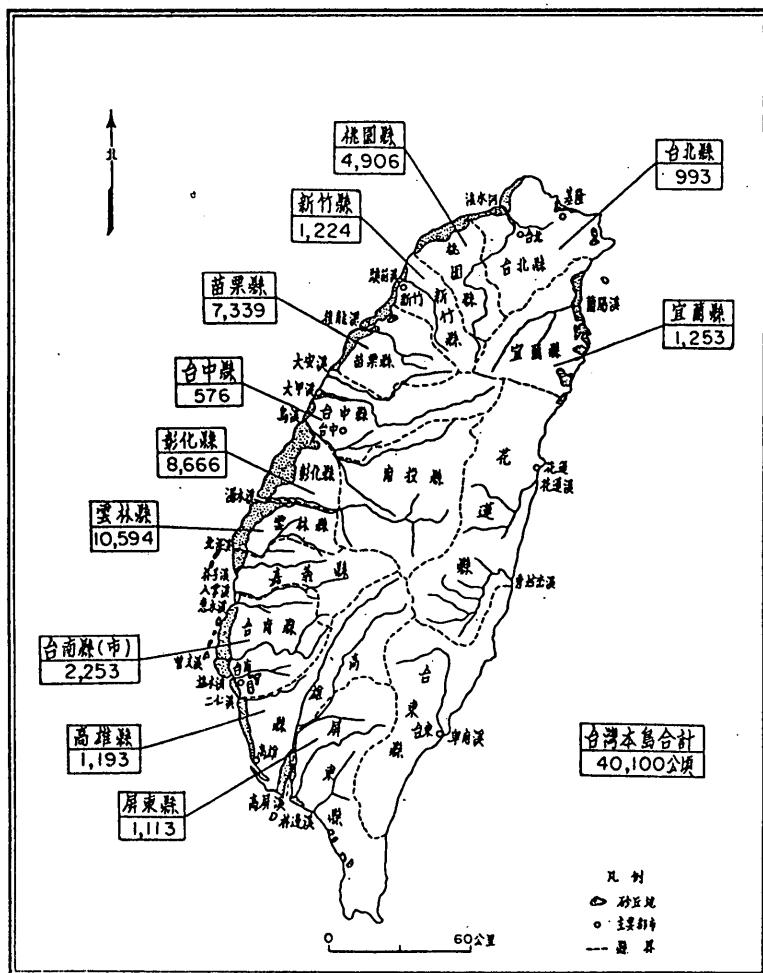
台灣地區四周環海，包括附屬島嶼，海岸線長達 1500 km 以上，因此海岸對於本區的經濟發展與人民生計而言十分重要。本島地勢陡峻，雨量豐沛，風力強勁，因此海岸地質軟弱處，常受海浪沖蝕形成灣澳，加上河流、波浪挾帶泥沙沈積形成沙灘，再經盛行風之吹積成為海岸沙丘。台灣東北部、西北部及西部海岸地帶沙丘發達，多平行海岸，呈帶狀分布。如康乃恭 (1962)、張劭曾 (1962)、湯麟武 (1962)、張石角 (1973)、石再添 (1970 ~ 1981)、孫宕越 (1987) 等，均提及沙丘的分布與規模。柳梧 (1975) 提及台灣西海岸沙丘的演育及生態的概念，並依其受植物影響之程度分為風成相 (eolian phase) 及洗出相 (elunial phase) 兩種沙丘。前者甚受風積影響，堆積作用大於植物生長速度，沙丘規模不斷增大；後者則相反，逐漸穩固而成緩起伏的波狀地。江永哲、張文詔 (1978) 研究台灣西部海岸的飛沙量，以風洞實驗導出一系列計量公式。台灣省水利局 (1980) 初步統計台灣海岸地區風積的沙性土壤面積約 4 萬公頃 (圖 1)。其中具有起伏地貌及飛沙災害現象者則僅約 3 千公頃，以西海岸分布最廣。石再添 (1981) 由海岸灘沙粒度變化統計分析，提及高潮線以上的後濱若受暴風浪影響常形成濱堤，其粒度則向濱堤增大，濱堤以上的地區，受風營力影響，粒度向沙丘減小。如沙丘規模能迫使丘前風束，集於丘頂，則粒度向丘頂增大。游繁結 (1986 ~ 1986) 探討台灣西部海岸的飛沙量、沙粒性質及防風定沙等與海岸沙丘之相關性。鄭瑞壬 (1991) 研究桃園沿海的沙丘群，依形態加以分類，並藉粒度分析，探討沙丘沙的粒度差異。

台灣自日據時期以來長久處於非常時期，海岸調查受到相當的限制，雖賴不少學者努力，一點一滴地研究，已有如上述的成果，但未知的部份仍多，尤以地形學觀點深入探討之研究亟待開展，目前雖然非常時期仍繼續，但已解嚴，海岸較以前開放，應把握時機加強研究。

(三)研究項目與目的

本研究依據 1/5000、1/25000 地形圖及約 1/20000 航空照片圖，透過航照判讀、地形計測、野外觀測及室內實驗等多種方法，探究沙丘的各項特性。進行的研究項目如下：

1. 沙丘的分布及生成環境：判讀及實察沙丘的分布與生成環境，包括附近的地形、盛行風向及風力、供沙來源等，以了解其形成條件。



資料來源：台灣省水利局（1981）

圖1 台灣沙丘地分布面積圖

2. 沙丘的分帶及其形態：測繪沙丘帶的縱深剖面，以了解其形態特色及空間差異。
3. 沙丘沙的粒度分析：採取沙丘沙，分析其粒度，以比較其縱深變化的趨勢。
4. 沙丘地的利用：調查沙丘地的植生分布及土地利用，以了解其開發現況。

二、本論

(一)研究區概況

本研究區東起蘇澳，經北海岸，西至桃、新縣界，海岸線總長約 238 km，經地形圖、航照圖判讀及野外實察後，了解本區沙丘分布之概況。本研究以海濱之新沙丘為探討對象，範圍概在濱線與濱海公路間，高度 30 m 以下的地帶（見圖 2）。

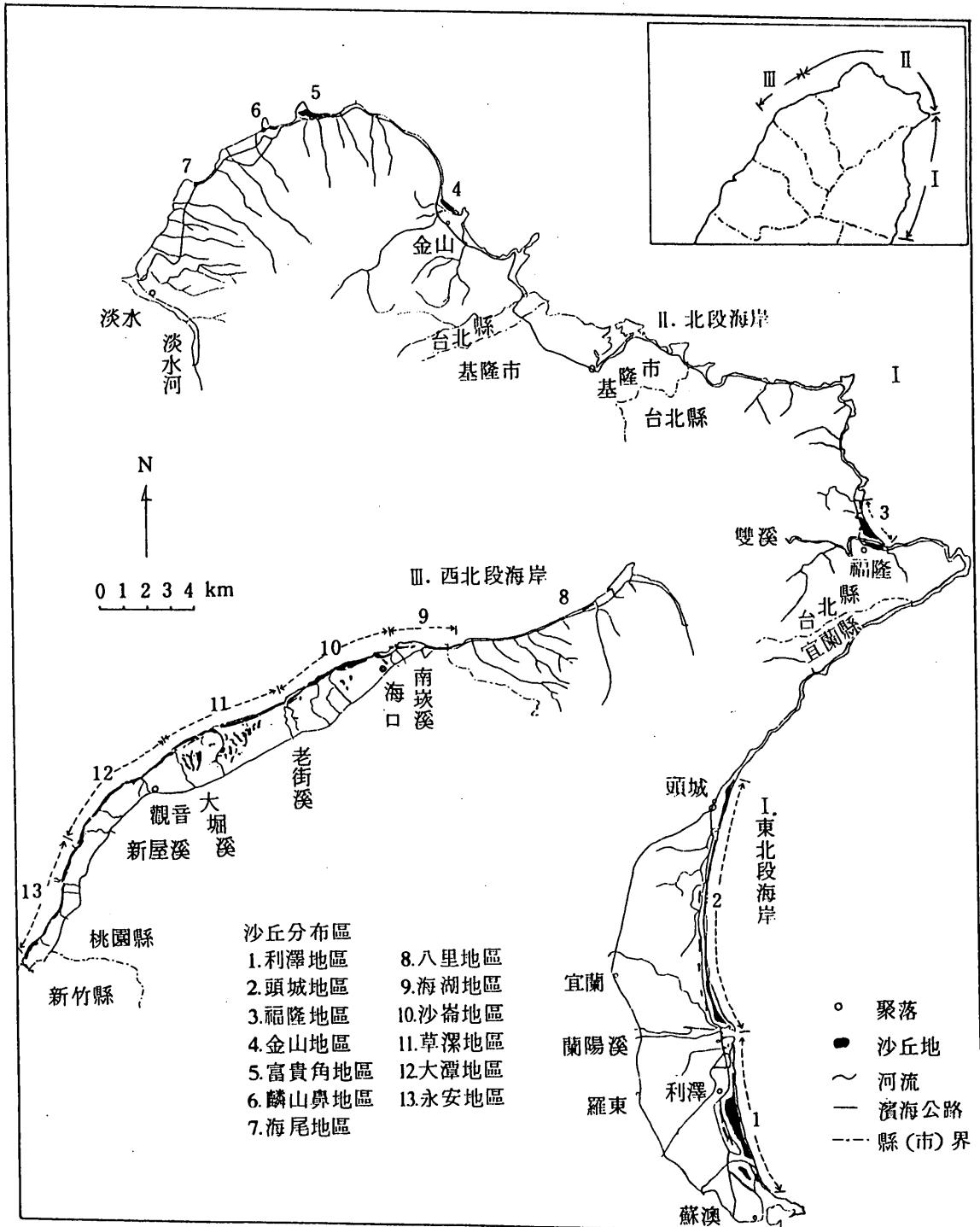


圖 2 台灣北部海岸沙丘分布圖

為探討不同地區之沙丘特性，特將研究範圍劃分為東北、北、西北三段海岸。其中東北段海岸北起三貂角南至蘇澳，主要為蘭陽平原海岸，由於坡降平緩、灘面寬廣，加上季節風強勁與蘭陽溪等河流挾帶之豐富泥沙，在海岸線一帶孕育出發達的沙丘，本研究則以規模及完整性較大的利澤地區沙丘為對象作深入的研究。北段海岸東起三貂角，西至淡水河口，因地質構造線相交，山地逼近海岸，岬灣反覆出現，又當東北季風首衝，風蝕、海蝕營力大，間有海灘及沙丘分布，以鹽寮—福隆、金山、富貴角、麟山鼻及其以西至淡水河間的海岸地區沙丘最為發達，其中除福隆、富貴角沙丘保持較完整外，其餘多遭破壞，故以上二者列為研究對象。西北段海岸北起淡水河口，南至桃、新縣界，北端為觀音火山及林口台地的北緣，往南與桃園台地西北緣相接，台地面向西北緩傾，其末端以寬約 3 公里至數百公尺之狹長平原與海銜接，本段海岸沙灘頗為發達，高潮線以上之沙灘高約 1 ~ 3 公尺，寬數十至百餘公尺，是以海灘內緣之沙丘帶十分發達，全段均有分布（水利局，1981），北起有海湖、沙崙、草漯、大潭及永安等沙丘。大園西方的草漯沙丘與新、苗海岸的後龍沙丘同列為台灣規模最大、最發達者，本研究特以草漯沙丘作為西北段之研究對象。

(二)利澤地區沙丘

1.沙丘的分布及生成環境

(1)沙丘的分布

蘭陽平原的海岸線因受海蝕影響，呈向內微凹的弓形海岸。唯蘭陽溪源高流長，沖刷力強，搬運物質極多，造成海岸線向東突出成尖嘴狀三角洲，其堆積作用十分旺盛且持續在進行，造成蘭陽平原甚為發達的沙丘，其延伸方向乃與海岸線平行呈長條狀分布，高度概在 20 m 以下，沙丘東坡較緩而西坡較陡。

沙丘的分布有由北向南漸增的趨勢，尤以蘭陽溪以南的利澤地區分布最廣，也最發達（圖 3），可見有 4 ~ 5 條沙丘脊並列，橫越濱海公路，向內陸延伸至 1.5 km 處，仍可見略為起伏的沙丘地貌與沙質土壤，但形態上仍以濱海公路以東較為明顯。由於海岸沙丘橫互，河流入海不易，因而在沙丘脊間的凹低處，常因排水不良積水成澤，形成背後濕地。

綜觀以上所述，可知本區海岸沙丘十分發達，但因範圍甚廣，欲作全面而深入的研究實屬不易，故將本文研究焦點集中於沙丘規模與形態較為完整的利澤地區，其範圍北起冬山河南岸，南迄新城溪。

(2)沙丘的生成環境

(a)風的營力：地理位置的不同，往往會影響局部氣候的變化，因此本研究除參考中央氣象局在內陸平原所設的宜蘭氣象站的氣象資料外，並以台電於 1981 年在本

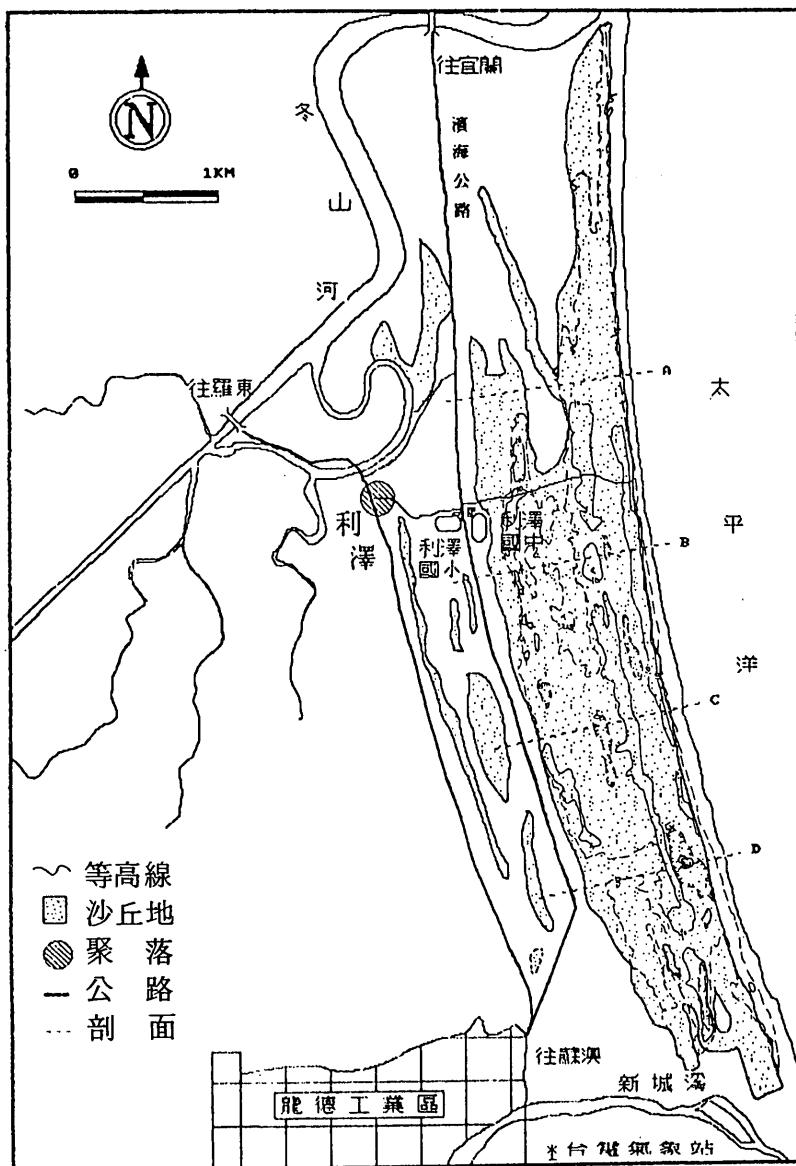


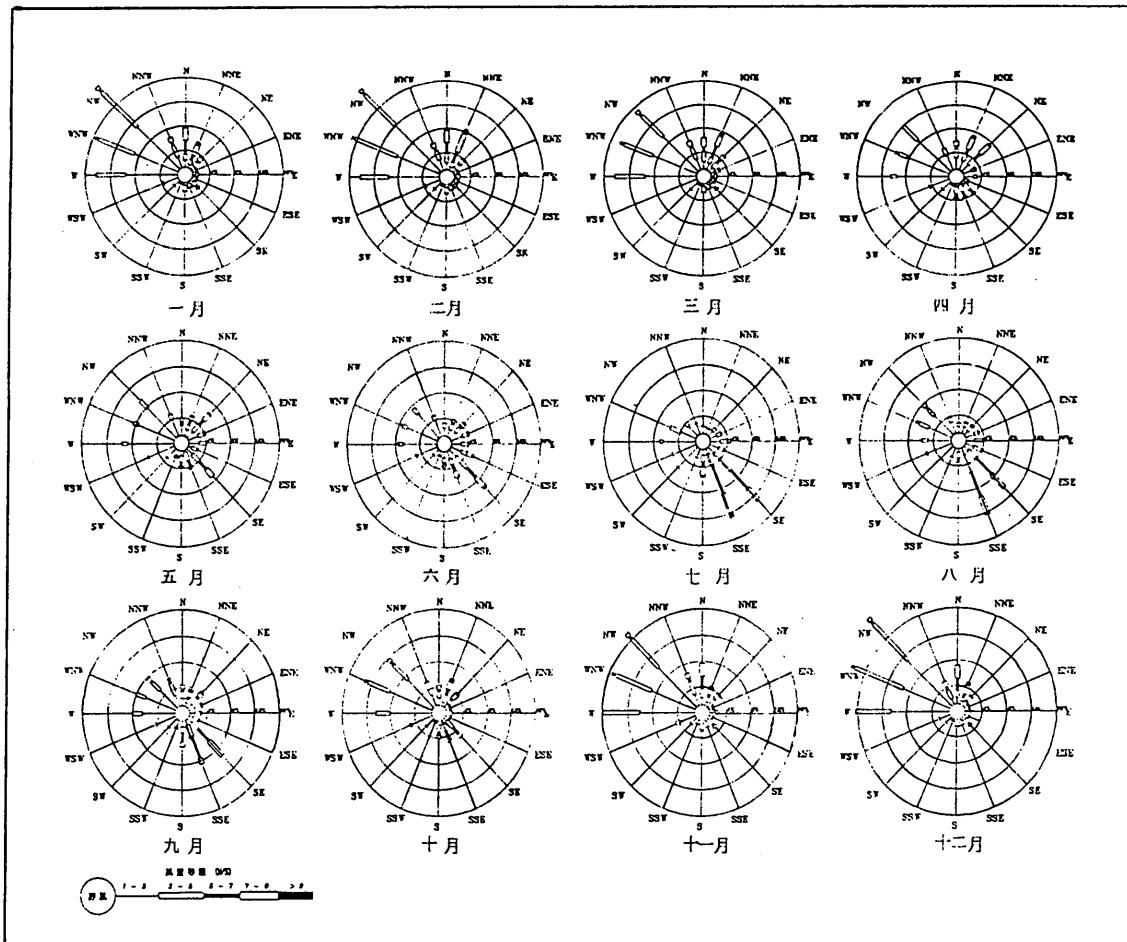
圖 3 利澤地區海岸沙丘分布圖

區南方澳仔角所設之氣象觀測站為依據，且配合短期的實際觀測資料加以探討。

由各月份風花圖（圖4）顯示，夏季（6～9月），來自太平洋的強盛氣流與海風，因受平原南方綿延山脈阻擋繞經西南走向之海岸邊緣直入本區，故盛行東南及南南東風，風速多在5～7 m/s（表1）。冬季（12～翌年2月）則在東北信風與東北盛行季風共同作用下，風力更形強勁，常可達7～9 m/s，然本區的冬季盛行風常受地形影響轉折而成西北風，因受地表摩擦而減弱，尤其夜晚山風由蘭陽溪河谷吹出，在陸風的加強影響下，致使西北風特別明顯（圖4），西北西風出現的機率亦很大。

。本研究經 1991 年 12 月 10、11 日及 1992 年 1 月 4、5 日實地觀測資料（表 2）顯示，大致冬季白天吹較強的東北及西北風，夜晚則吹較弱的西南及西北風。

根據 Miller 修改 Bagnold 的公式（Swan, 1981），並參考游繁結（1988）所計算飛沙移動與風速間的關係，推知本區之臨界風速約為 $4 \sim 5 \text{ m/s}$ ¹⁾。由表 1 中可



資料來源：台電公司（1988）

圖 4 澳仔角氣象站 1982 ~ 1987 年逐月平均風花圖

知風力 5 m/s 以上者以冬季的北風、東北風（占 44%）與夏季的東南風、南風（占 34%）所占比值最大，顯見季節風對本區沙丘的形成與移動，有著重要的影響。然冬

¹⁾ 游氏之研究區濁水溪與本研究之蘭陽溪沙土同屬粘板岩母質，沙粒特性相似。

表 1 利澤氣象站風速比率表

風向與風速	風速百分比	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
all winds	100.00	12.11	9.85	7.16	10.65	7.84	6.64	20.96	24.79
1 - 5 m/s	59.51	8.53	6.39	6.49	6.91	4.45	6.19	28.93	32.11
※5 - 7 m/s	7.98	19.61	15.23	2.38	29.27	17.04	0.75	3.07	12.65
> 7 m/s	8.78	30.52	22.67	2.85	11.84	10.48	5.47	2.74	13.43

※可能舉移沙粒的臨界風速（粒徑 > 0.25 mm）

資料來源：依據台電 1981 ~ 1986 年資料統計而得。（1981 年始設站）

表 2 利澤地區風向、風速觀測值

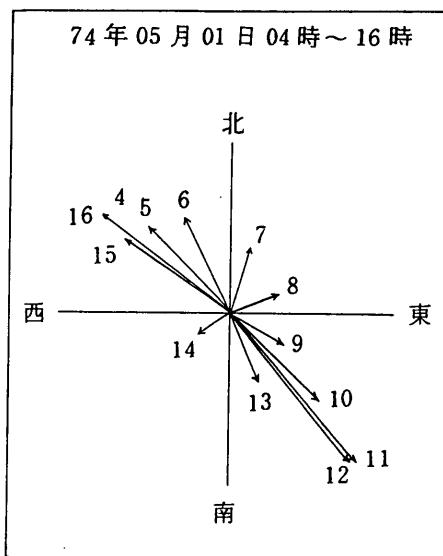
日期	時間	風向	風速 (m/sec)	日期	時間	風向	風速 (m/sec)
801210	13:00	S 65° E	5.0	810104	10:00	S 85° W	1.5
	14:00	S 55° E	6.0		11:00	N 80° W	1.5
	15:00	S 50° E	5.0		12:00	N 80° W	1.0
	16:00	S 35° E	4.5		13:00	S 80° W	3.5
	17:00	S 5° W	3.0		14:00	S 70° W	0
	18:00	S	0		15:00	N 65° E	10.5
	19:00	S 40° W	1.5		16:00	N 60° E	10.5
	20:00	W	2.0		17:00	N 60° E	7.0
	21:00	S 85° W	1.0		18:00	N 60° E	4.0
	22:00	S 80° W	2.0		19:00	N 80° E	3.5
	23:00	S 80° W	1.0		20:00	N 60° E	2.0
	24:00	S 80° W	1.0		21:00	S 80° E	0.5
801211	1:00	S 80° W	1.0	810105	22:00	S 85° W	0
	2:00	S 75° W	0		23:00	S 80° E	2.0
	3:00	S 80° W	0		24:00	S 55° E	3.5
	4:00	S 75° W	2.0		1:00	S 85° W	0.5
	5:00	S 85° W	2.0		2:00	S 80° W	1.5
	6:00	S 75° W	1.0		3:00	N 85° W	1.5
	7:00	W	2.0		4:00	W	1.5
	8:00	S 85° W	2.0		5:00	N 80° W	0
	9:00	N 85° W	2.0		6:00	S 85° E	2.0
	10:00	N 40° W	2.0		7:00	N 85° W	2.0
	11:00	N 45° E	2.0		8:00	N 80° W	1.5
	12:00	N 45° E	3.0		9:00	N 65° W	0.5

季的盛行風雖風力較強，但常受陰雨綿綿的持續雨日影響，致海灘及沙丘的沙粒固結，不易搬運及堆積；而夏季季風雖較弱，但雨水少，且陽光日照強，蒸發盛以致沙粒鬆動，則易移動沙粒及攜帶堆積，而改變沙丘形貌。

(b)水的營力：不論是河流挾帶或海岸淘蝕的泥沙，最後都沈積於海底，藉由波浪及潮流的攜帶，堆積於海岸，進而形成沙丘，故波浪與沿岸流等營力，對沙丘的產生亦有其相關性。

適度的波浪，易搬運沙粒至濱灘，有助於海岸沙丘的生成，然強烈的猛浪暴潮，往往會侵蝕沙丘，破壞其原貌。根據 1985 年台灣電力公司的調查，本區波浪特性相當一致，除颱風與東北強風外，波高皆小於 2 m，冬季波浪方向因盛行風的影響，主要來自東、東北方，夏季則來自東南、南等方向較多，因此本區波浪尚稱平穩，利於沙丘源的輸送。此外，根據海漂物與本區附近海域沿岸潮流的變化，其主要流向為西北—東南（圖 5），月平均流速以夏季為大，約 10 cm/s，冬季較小約為 5 cm/s（蘇澳火力發電廠址 A 暨港口附近海域海象 1987 年調查報告）。

沿岸流與波浪均會影響漂沙的運動與方向，本區主要的沙源來自蘭陽溪，根據水資會統計蘭陽溪年輸沙量為 8108 MT/km^2 ，其流域面積為 978.63 km^2 ，故本區年



資料來源：蘇澳火力發電廠址 A 暨港口
附近海域海象調查報告（1987）

圖 5 利澤地區附近沿岸潮流橢圖

漂沙量至少在 $790 \times 10^4 \text{ cm}^3$ 以上，而這些漂沙受波浪及沿岸流影響，其方向為由北往南，提供了本區沙丘豐富的沙源，此影響也解釋了蘭陽溪以南的本區其沙丘規模較溪北發達的原因；除了盛行的東北季風吹拂外，波浪與沿岸流的方面亦扮演十分重要

的角色。

2. 沙丘的分帶及其形態

沙丘形態的分類常因個人解釋和研究觀點之不同而有差異，且沙丘形態時有變化，其形成是侵蝕與堆積的複合，故實無截然不變的劃分，本研究僅以其裸露程度及植被多寡為依據，分為活動沙丘帶與安定沙丘帶兩類，並探討其形態差異。

本研究在利澤地區由北而南每隔 1 km 擇取縱深剖面（如圖 4 所示之 A ~ D 四道剖面），作地形、表沙採集與植被等觀測，並繪製對其剖面（圖 6）作進一步探討。

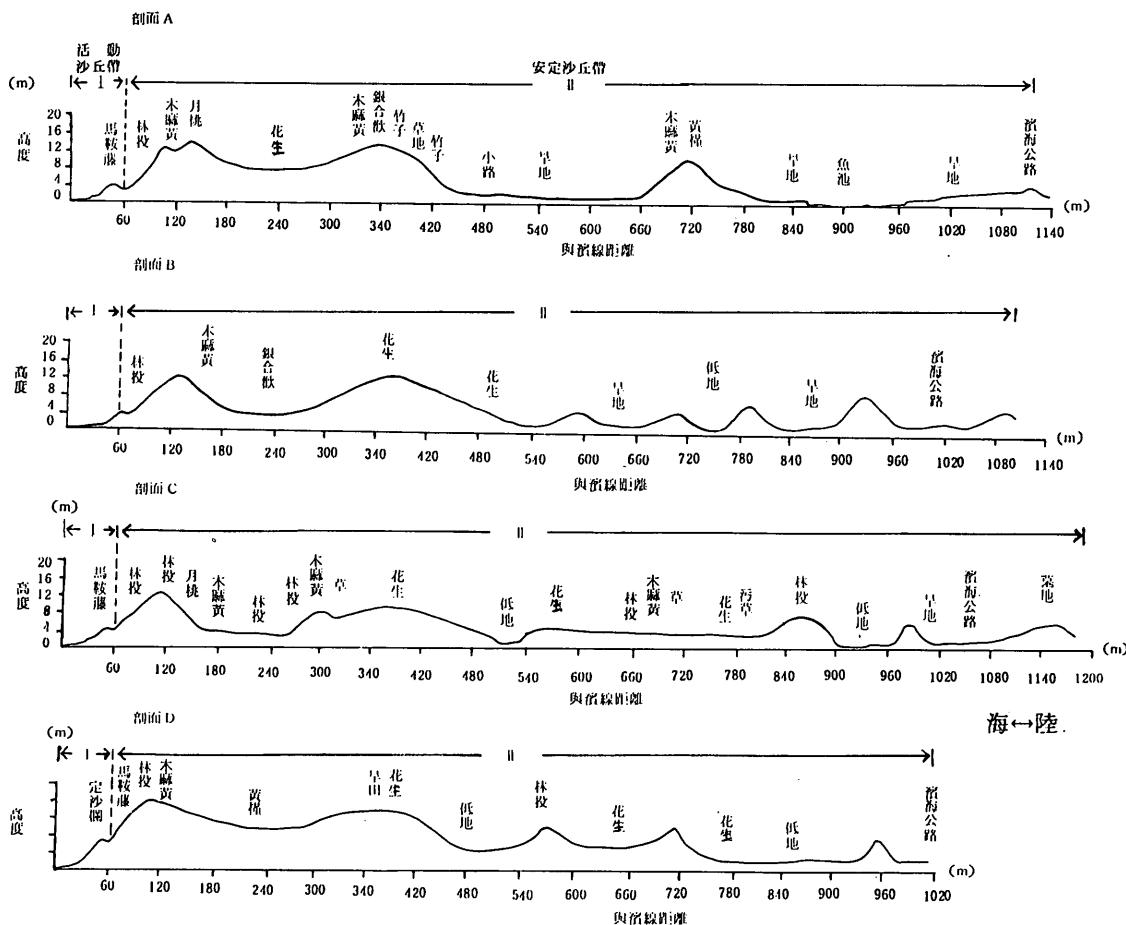


圖 6 利澤地區沙丘縱深剖面圖 (1991, 5, 11)

本區現今之沙丘帶除近濱線的第一道沙丘脊，因保安林之種植和海防之需要未遭破壞外，其餘則或多或少遭受開墾和利用，而失去原貌，對比 1926 年的地形圖（圖 7），可知沙丘形態改變甚多。

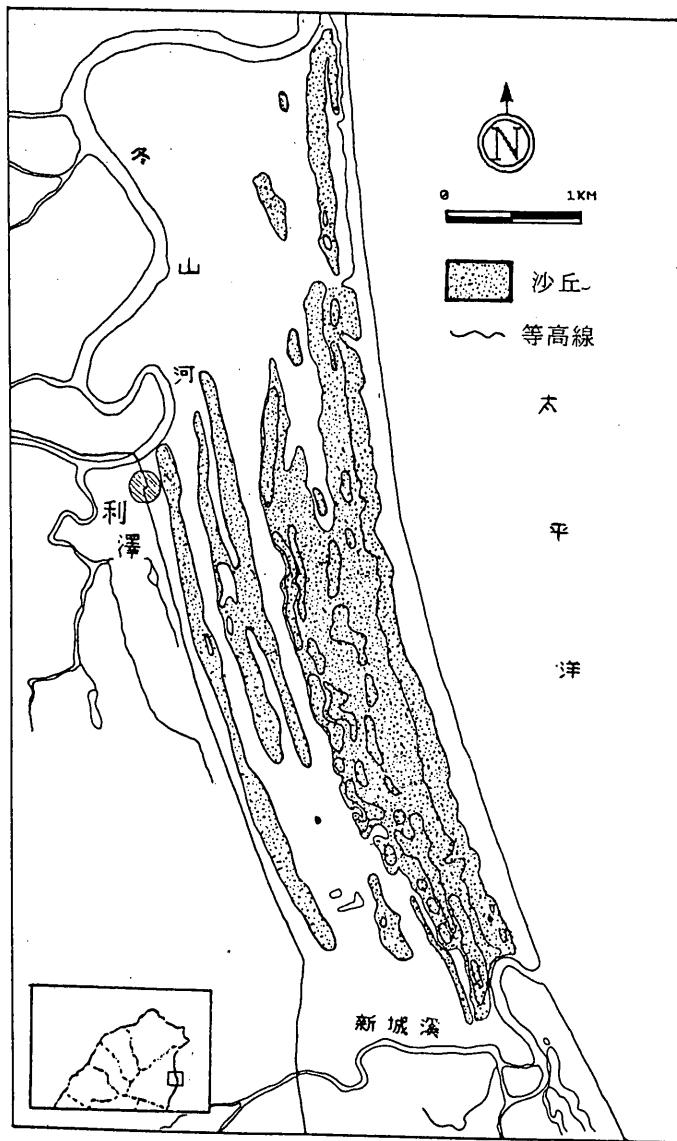


圖 7 1926 年利澤地區沙丘分布圖

本區沙丘形態依距海的遠近與植被多寡，形成頗有差異的二個分帶（照片 1）：

(1)活動沙丘帶：潮汐或暴風浪衝濺先在高潮線至暴風浪所及的濱線之間堆積，寬度甚窄，且非長久性存在，常受風的吹送搬運而消失，成為其後沙丘的供沙來源，有時則因潮位變化及波浪影響而再被侵蝕，改變其堆積地點。前濱灘及濱堤的沙經風再搬運至濱堤後方堆積而成，沙丘上常缺乏植被覆蓋，多為新堆積的裸沙丘，屬於不安定的活動沙丘；若沙源充足，仍可繼續堆積成長，反之，則承受風蝕作用形成風沙，甚而底部形成風蝕窪地。本區夏季可見在濱線處，沙粒經沿岸流搬運及衝濺堆積成濱

堤，夏季盛行的東南、南風亦會將裸露灘面的沙粒往內陸吹送，使濱堤沙丘逐漸增高擴寬，而在颱風或冬季強勁東北季風吹襲下，濱堤沙丘則會因淘蝕及風蝕作用而低緩或崩解消失（照片 2）。距濱線約 30 m 的後濱面，因攔沙籬的設置，攔截灘面飛沙，形成高約 3 ~ 4 m 與海岸線平行的一道條狀沙丘，蜿蜒起伏（如圖 7 之 I 帶）。此沙丘帶侵蝕與堆積仍繼續消長演替，常因沙量供應多寡、植被生長情況及人為活動或特殊天候，使其形態不斷改變，例如 1991 年 5 月 11、12 日調查時，本區攔沙籬前有大量飛沙堆積形成活動沙丘帶，然經過 9 月奈特颱風的刮蝕，造成海岸後退，活動沙丘亦被夷平，連安定沙丘帶坡前植被亦受波及，迫使林務局重新植被定沙（照片 3）。

(2) 安定沙丘帶：位於後濱最靠內陸地區，為較早形成的沙丘，已有植被覆蓋，依距海遠近，呈草生帶——灌木——喬木林之植生群落分布，此類沙丘的前緣如未妥善保護，遇強風時也可能在草生地或灌木林覆蓋的缺口產生風蝕窪地，使飛沙內移。如果植被生長的優勢，能夠承受由裸沙地區所搬運來的飛沙侵積，則此沙丘帶將持續安定，丘上植物群落趨向終極群落 (climax biome) 演替，安定沙丘帶會逐漸向海濱方向擴展；反之，如丘上植被受沙埋沒而枯死，則裸沙丘帶將擴張。本區位活動沙丘帶後方，聳高約十餘公尺，寬約百餘公尺的沙丘嶺脊，其上密布防風林，此道沙丘因安全理由未遭破壞，得以保持原貌並延伸整個海岸線，而其後的沙丘大致呈多道並列式的條狀沙丘排列，間有因風蝕吹穿或再次堆積，形成圓頂丘或台狀丘群散布其間（如圖 7 之 II 帶）。今內陸因人為開墾，高大沙丘多已被推平，僅見略為起伏的地貌。由於沙丘沿海岸線發育，阻擋河流入海，常迫使河流改道或積水於沙丘脊間的槽狀凹地，形成間歇性的小河或沼澤地，即為背後濕地，今則多利用為養鴨場所（照片 4）。

3. 沙丘沙的粒度分析

沙丘乃由各種不同粒度的沙粒所組成，沙粒的粗細、淘選情形，可反應出搬運營力的種類、搬運的能量、搬運的方向及堆積環境（張瑞津，1980）。本研究分別就 A ~ D 四條縱深剖面依地表起伏擷取灘面、丘前、丘頂及丘後的沙樣作分析，由於安定沙丘帶植被茂生，採沙不易，內陸沙丘亦多遭挖掘開墾，地貌與沙土均失原樣，故本研究以活動沙丘帶至濱線為主要採集範圍（參見圖 3 剖面位置）。

由表 3 及圖 8 可知本區沙丘沙粒徑中數 ($Md\phi$) 約介於 1.6 ~ 2.3，依 Atterberg 的粒徑分類屬粗沙級，標準差 ($\delta\phi$) 介於 0.35 ~ 0.50，淘選係數 ($S_0\phi$) 非常接近 1，顯示本區的沙粒整體而言淘選良好。

表 3 利澤地區灘沙與沙丘沙粒度統計表

剖面位置	Md ϕ	P84 ϕ	P16 ϕ	M ϕ	$\delta\phi$	$\alpha\phi$	S _o ϕ	K ϕ	樣本數
A	灘面	1.67	2.00	1.10	1.55	0.45	-0.27	0.81	1.67
	丘前	1.61	1.95	1.13	1.54	0.42	-0.18	0.82	1.61
	丘頂	1.83	2.14	1.41	1.78	0.37	-0.13	0.88	1.68
	丘後	1.90	2.23	1.51	1.79	0.37	-0.07	0.89	1.61
	平均	1.75	2.08	1.29	1.67	0.40	-0.16	0.85	1.64
B	灘面	1.65	2.05	1.08	1.56	0.48	-0.11	0.81	1.50
	丘前	1.79	2.08	1.34	1.71	0.37	-0.20	0.86	1.66
	丘頂	1.91	2.20	1.62	1.91	0.29	-0	0.92	1.93
	丘後	1.94	2.26	1.55	1.91	0.36	-0.07	0.89	1.77
	平均	1.82	2.15	1.40	1.77	0.38	-0.10	0.87	1.72
C	灘面	1.93	2.27	1.55	1.91	0.36	-0.09	0.89	1.73
	丘前	2.00	2.30	1.65	1.97	0.33	-0.04	0.89	1.74
	丘頂	2.05	2.35	1.67	2.02	0.34	-0.11	0.89	1.86
	丘後	2.03	2.39	1.58	1.99	0.38	-0.12	0.89	1.93
	平均	2.00	2.33	1.61	1.97	0.35	-0.09	0.89	1.82
D	灘面	1.95	2.26	1.35	1.91	0.35	-0.08	0.89	1.74
	丘前	2.07	2.37	1.72	2.06	0.34	-0.04	0.90	1.66
	丘頂	2.05	2.33	1.70	2.01	0.32	-0.13	0.87	1.78
	丘後	2.28	2.58	1.90	2.24	0.34	-0.12	0.90	1.46
	平均	2.09	2.39	1.67	2.06	0.34	-0.09	0.89	1.66
平均	1.92	2.24	1.49	1.87	0.37	-0.11	0.88	1.71	76(總計)

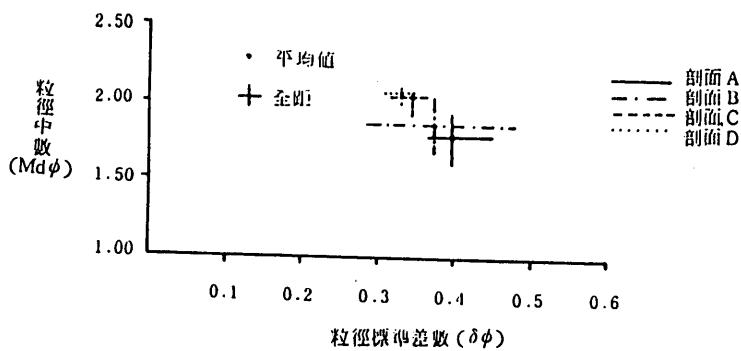


圖 8 利澤地區沙丘沙粒度統計圖

圖 9 為四條剖面縱深採集的粒度統計，由其迴歸分析得知，A～D 的樣本都有往南、向陸變細的趨勢（ r 值分別為 0.78、0.73、0.48 及 0.65），且愈往內陸沙丘帶淘選愈趨良好。這表示灘沙的粗細與沙源的位置及沿岸流的運動方向均有相關。表 2 中剖面 A 位置較北，灘面沙之 $Md\phi$ 為 1.67，而至丘頂為 1.83，剖面 D 在南，灘面沙 $Md\phi$ 已較細為 1.95，至丘頂則達 2.09。這表示沙丘沙的來源為海濱的灘沙，當風速在風速大於沙粒的抗剪力時，沙丘沙便會移動，而風的營力淘選十分良好，因此灘沙變細時，其後的沙丘沙更細且淘選愈好，丘後沙粒雖細，但常因植被、人為活動和丘頂崩塌，使其沈積物不若丘頂均質。

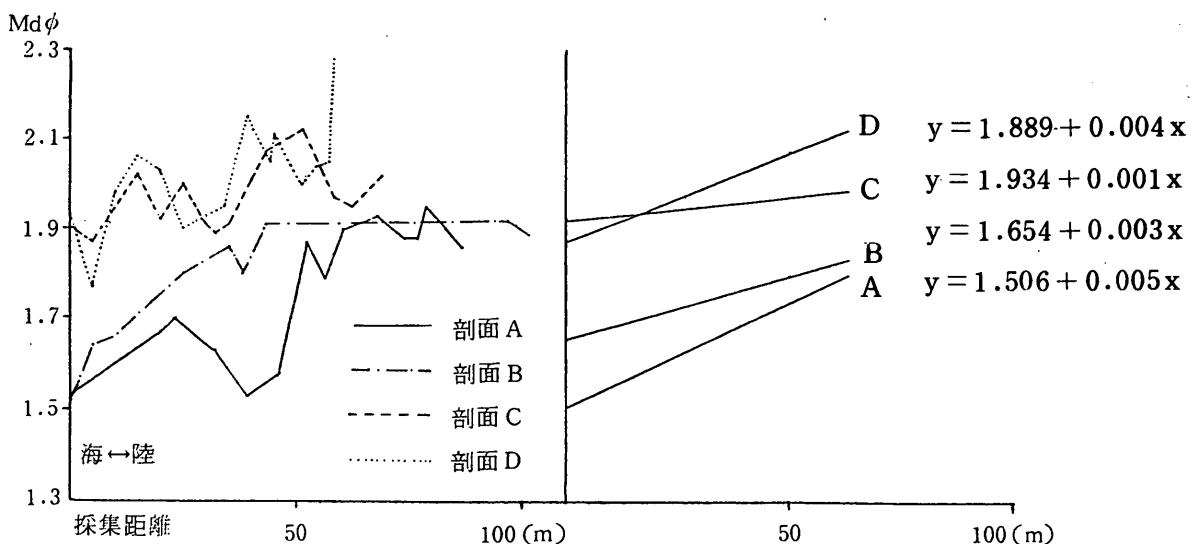


圖 9 利澤地區縱深沙丘沙粒度及其迴歸統計圖

4. 沙丘地的利用與變遷

沙丘地的土壤，一般而言乃具有質地粗、顆粒均勻、滲透性大、通氣良好、保水力低、乾燥、易受旱害、風蝕、地溫變化大及肥力差等特性，加上飛沙與鹽霧的侵襲，除耐旱的特殊植被外，實不利農業之經營。經本區植被調查發現在濱灘、活動沙丘帶與第一道安定沙丘前迎風坡多為天然的草本植物，餘有人工的植被和伴生植物散布其間，依其特性分為：(a)沙丘草本植物：以固定沙粒的濱海草本為主，如濱刺麥、馬鞍藤、海埔姜、天蓬草舅等。(b)沙丘灌木：林投為全省海岸第一道擋風灌木，亦是海岸線指標群落，本區林投常與其他海岸灌木混生，並有馬櫻丹、月桃、五節芒等散生其間。(c)沙丘海岸林：本區多以木麻黃為防風人工林，伴生植物有桑、銀合歡、黃槿等植物。

上述植被的多寡與種類，均會影響沙丘的移動與形態，早期本區海岸沙丘的經營

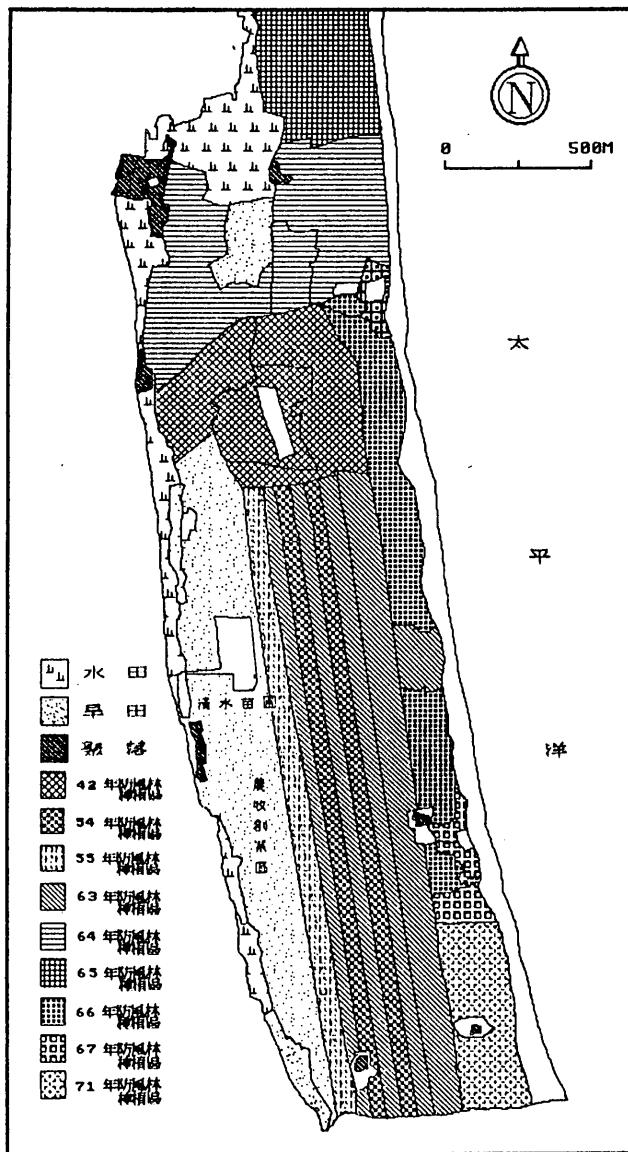


圖 10 利澤地區歷年沙丘地種植區變遷圖

重點在於防風定沙。光復以來逐年撥付經費從事防風造林的工作（圖 10），由於本區屬東北部溫暖濕潤型氣候（Cfa）全年降水豐富，適度的水分，有助於沙丘的固化，且利於植物生長，因而安定了沙丘，故本區飛沙之災害不若西部劇烈。而後，隨著灌溉技術的增進，品種的改良與政府的支助，內陸沙丘地漸闢成旱作地與苗種的培育處；低濕地則闢為養鴨場及魚塭，加上全省養鴨研究中心在本區設置，使本區成為蘭陽名產「鴨臘」的最佳供銷地。

晚近，隨著科技文明的提昇與都市化的擴張，土地資源的規劃與利用便相對提高，在利澤工業區的開發中，濱海公路以東至海岸原為台塑六輕石化廠之預定地（面積

約 297 公頃），然因諸如因素延宕未決，使本區目前呈閒置狀態。

目前本區海岸沙丘面臨海岸線後退而侵蝕的問題，除地質構造、潮流、颱風、溫室效應等自然因素影響外，人為因素之影響更為劇烈，由於養殖業超抽地下水引起之地盤下陷，蘭陽溪上游治山防洪工程和下游土石超採所導致的沙源不足等現象，已使本區沙丘產生侵蝕與移動。由於沙丘乃為海岸第一道天然防線，一旦受損，恐將造成內陸與聚落重大的災害。

(三) 福隆及富貴角地區沙丘

1. 沙丘的分布及生成環境

(1) 沙丘的分布

(a) 福隆地區：由本區海岸沙丘分布圖（圖 11）顯示，沙丘主要在濱海公路與濱線之間的沿海地區呈帶狀分布。除雙溪河口沖積階地、海濱沙灘之外，沙丘以多樣的形態分布其間，面積有由南側向北側漸窄的現象。鹽寮抗日紀念碑一帶的沙丘高度大都不超過 10m，縱深寬度概在 300m 以內。雙溪河兩側的沙丘規模較大，高度可達 25m 以上，縱深寬度約 1200m。

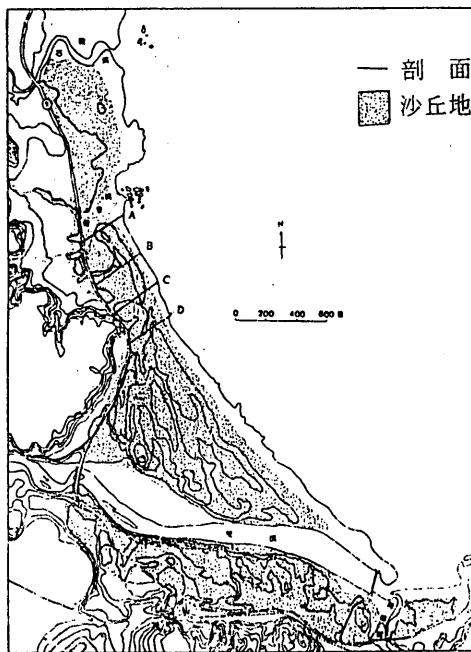


圖 11 福隆地區海岸沙丘分布圖

(b) 富貴角地區：由海岸沙丘分布圖（圖 12）顯示，沙丘概在公路北側與岬角的海防基地之間，南北縱深在 1 km 以內，東西橫寬約 1.5 km。大多為圓頂小丘，高度不超過 10 m，而接近岬角脊線的沙丘，高度逐漸升高，可達 30 m。脊線東側沙丘的分布範圍遠大於脊線西側，規模亦較為寬廣。

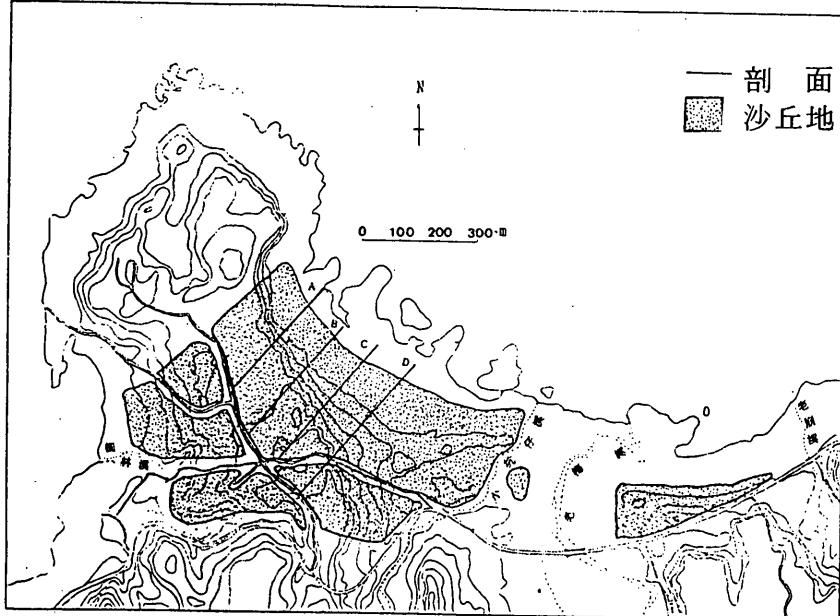


圖 12 富貴角地區海岸沙丘分布圖

(2) 沙丘的生成環境

a. 福隆地區：本區位處三貂角和鼻頭角兩岬角間海灣的最內側，地形開闊平緩，平均坡度大都在 15° 以下（石再添，1970），提供良好的堆沙環境，有助於沙丘的生成與發育。

(a) 風的營力：沙丘的形成與盛行風關係至為密切，風向和風力決定沙粒移動堆積的方向。本區無中央氣象局的測站，而依據台電鹽寮測站（ 25.03°N ， 121.55°E ）1980～1989年十年間的逐月風頻表（表4）及風花圖（圖13）顯示本區以北、西北東和東北風最具優勢，佔31.4%的高頻率，且風速多在 5 m/s 以上（表5）。西北風和西北西風的頻率雖達20%左右，但風速較小，對沙丘的生成發育影響不大。經實地計測，本區沙丘走向在 $N 38^{\circ}\text{W}$ 到 $N 48^{\circ}\text{W}$ 之間，概與盛行風直交。另據1991年10月與1992年1月的風向風速24小時觀測資料（表6），顯見盛行風有如上述的特性，對沙粒的搬運和沙丘的成長有很大的助力。

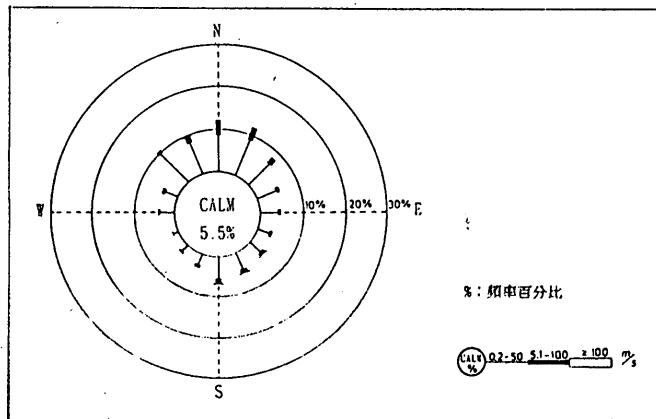
(b) 水的營力：依據台電鹽寮測站1966～1990年的雨量記錄（表7），本區的年平均降水量 3210.9 mm ，各月平均雨量變化不大。豐富的雨量，有助於岩層的沖蝕與風化。區內有石碇溪、鹽寮溪和雙溪等三條主要河川，雙溪河主流長度約 26.8 km ，流域面積 116 km^2 ；石碇溪主流長度約 8.5 km ，流域面積為 7.6 km^2 ；鹽寮溪流量小，流域面積僅 1 km^2 。本區測站無輸沙量之資料，依據1989年台灣水文年報推估，本研究區的年輸沙總量約為83萬公噸。

河流入海的輸沙經沿岸流搬運，形成漂沙。漂沙受海流和潮流攜帶、沖積而停留在沙灘上，成為沙丘的重要沙源。根據台電公司電源勘測隊1983年4月至1984年3月之探測，本區的海流為恆流（黑潮）與潮流組合而成，流向主要是與海岸平行，漲

表 4 鹽寮氣象測站 1980 ~ 1989 年逐月風頻表

月份	C	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSE	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
一月	3.7	18.2	17.1	11.3	5.5	3.7	2.5	2.5	2.9	2.9	1.9	1.5	1.2	3.1	3.7	8.8	9.5
二月	3.9	17.0	16.9	10.1	4.7	3.2	1.9	2.4	3.0	3.7	2.0	1.7	1.4	3.4	5.0	9.0	10.9
三月	4.4	13.4	9.6	7.1	3.9	3.9	3.2	4.4	3.7	5.0	3.1	2.5	1.9	4.2	4.6	10.5	14.7
四月	5.3	11.8	7.7	7.1	4.1	3.1	2.3	4.2	6.1	7.8	3.7	3.2	2.0	3.7	5.0	12.3	10.6
五月	8.1	9.6	9.5	6.3	4.5	3.8	4.0	4.2	5.9	7.4	3.2	2.6	2.0	4.9	4.9	10.8	8.2
六月	8.6	7.6	5.6	5.6	4.6	4.2	4.1	5.0	5.9	9.9	4.5	4.3	2.2	6.0	4.3	10.5	7.3
七月	8.1	4.1	3.5	3.7	4.4	5.2	3.9	5.7	8.0	12.7	7.3	6.2	2.8	6.0	4.1	8.3	5.7
八月	9.4	5.4	4.7	4.3	5.6	5.9	4.4	5.5	6.8	8.9	3.6	3.6	2.4	5.6	4.5	11.3	7.8
九月	5.2	7.9	10.8	8.6	5.2	4.7	3.9	4.9	6.8	8.5	2.9	2.3	1.7	3.2	3.2	10.5	9.6
十月	4.3	12.4	17.8	11.6	6.2	4.2	3.7	3.3	4.4	5.7	2.3	1.6	1.0	1.5	2.1	10.1	7.7
十一月	2.5	16.7	16.9	9.9	5.1	3.9	3.6	4.5	4.3	4.8	2.7	1.7	0.9	1.8	1.9	8.6	10.0
十二月	2.4	17.7	17.8	11.9	6.5	3.0	1.7	1.9	2.2	2.7	1.4	1.6	0.9	2.2	3.2	11.1	11.5
全年	5.5	11.8	11.5	8.1	5.0	4.1	3.2	4.0	5.0	6.7	3.2	2.7	1.7	3.8	3.9	10.1	9.6

資料來源：台電公司電源勘測隊



資料來源：台電公司，(1990)年。

圖 13 鹽寮氣象測站風速比率表

表 5 鹽寮氣象測站風速比率表

風向 風速 (%)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSE	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0.2-5.0m/s	10.51	10.76	8.51	5.76	4.76	3.63	4.01	5.13	6.88	3.75	3.25	2.00	4.51	4.51	12.14	9.89
> 5.0 m/s	23.45	20.00	8.97	2.76	2.07	5.52	6.21	8.28	1.38	0.69	0.69	1.38	2.07	2.76	11.72	

資料來源：依據台電公司電源勘測隊資料再經整理。

表 6 福隆地區風向風速觀測值

日	期	時	間	風	向	風速 (m/sec)	備註	日	期	時	間	風	向	風速 (m/sec)	備註
801010		11:00		N	20° W	6.0		810104		10:30		N	10° E	4.5	
		12:00		N	5° E	9.0				11:00		N	45° E	8.5	
		13:00		N	20° E	7.0				12:00		N	70° E	10.0	
		14:00		N	20° E	10.0				13:00		—	—		下雨
		15:00		N	15° E	6.0				14:00		N	80° E	8.5	
		16:00		N	10° E	6.0				15:00		E		9.5	
		17:00		N	25° W	5.0				16:00		S	80° E	7.75	
		18:00		N	15° W	5.0				17:00		S	80° E	8.5	
		19:00		N	45° W	4.0				18:00		S	70° E	10.25	
		20:00		N	30° W	2.0				19:00		S	80° E	8.0	
		21:00		N	35° E	6.0				20:00		N	85° E	8.0	
		22:00		N	35° E	6.0				21:00		S	87.5° E	6.5	
		23:00		N	80° W	2.0				22:00		—	—		下雨
		24:00		S	70° W	1.0				23:00		S	64° E	5.5	
801011		1:00		N	70° W	3.0				24:00		—	—		下雨
		2:00		N	80° W	1.0		810105		1:00		S	40° E	7.0	
		3:00		N	75° W	1.0				2:00		S	30° E	4.0	
		4:00		N	85° W	2.0				3:00		S	45° E	7.0	
		5:00		W		1.0				4:00		—	—		下雨
		6:00		N	45° W	1.0				5:00		S	40° W	0.75	
		7:00		N	15° W	3.0				6:00		N	85° W	3.0	
		8:00		N	10° E	4.0				7:00		S	20° W	0	
		9:00		N	20° E	4.0				8:00		W		1.5	
		10:00		N	30° E	7.0				9:00		N	80° W	0.2	

表 7 鹽寮氣象測站 1966 ~ 1990 年逐月平均降水量

單位 : mm

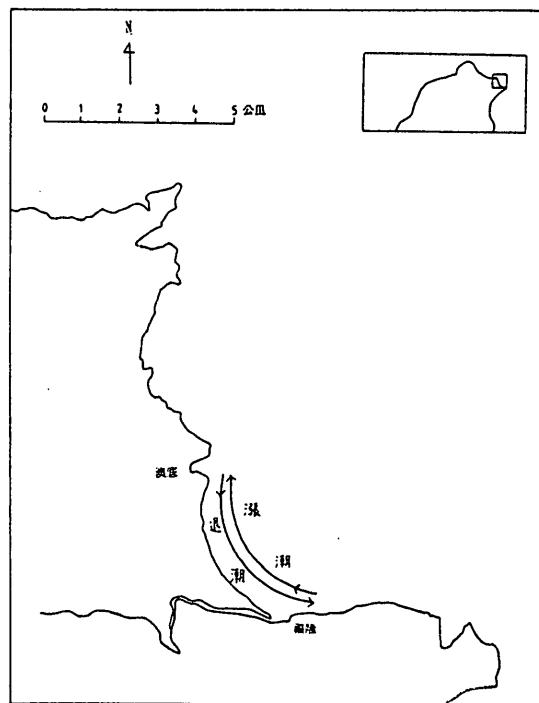
月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	年平均雨量	備註
測站														

鹽寮 295.6 362.2 276.2 181.7 231.5 270.8 138.6 184.3 358.9 297.3 317.6 295.7 3210.9

資料來源：台電公司電源勘測隊，1991 年。

潮時潮流沿著海岸向北走，退潮時則反之（圖 14），潮差約 1 m（表 8）。冬季東北季風風浪造成較多的懸浮質，且季風抵消北向潮流使其流速減弱，因此漂沙的沈積率高於夏季（成功大學，1985），並造成南側沙丘發育較具規模。雙溪河口沙嘴的南向移積，推測亦受東北季風風浪的沖積所成。

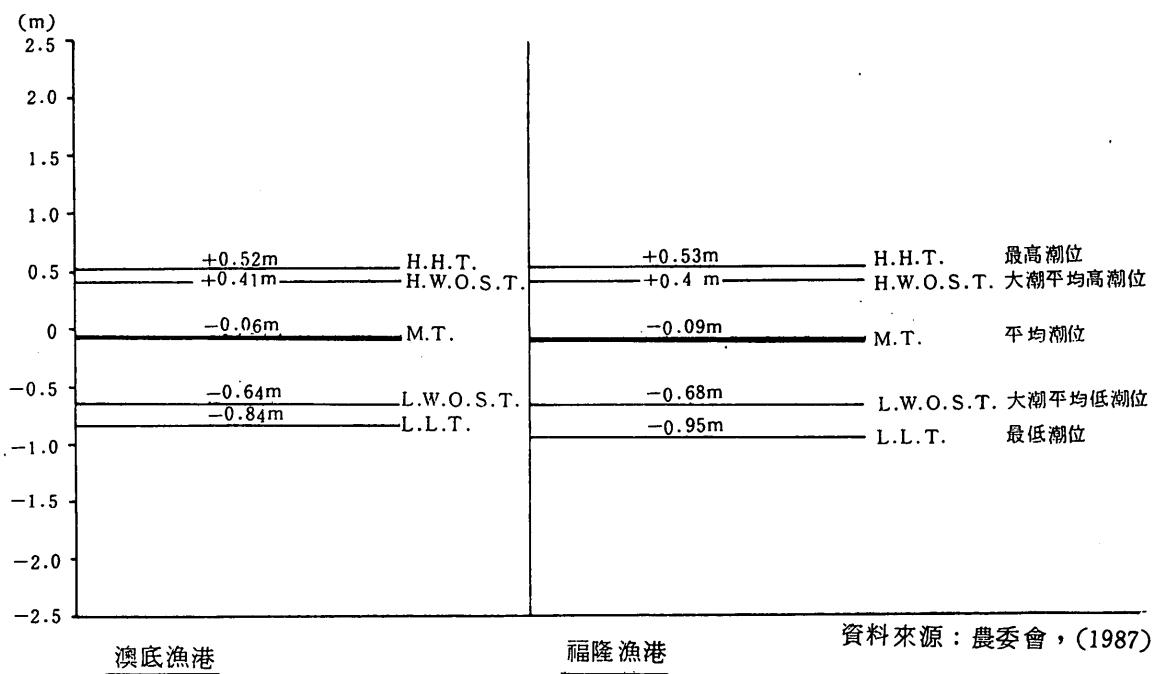
(b) 富貴角地區：本區位於富貴角岬灣內側，灣內有石門溪、石崩溪、老崩溪、老梅溪、小坑仔溪和楓林溪為發源於大屯火山彙北坡的溪流，河長概不超過 10 Km，流量亦小。上游山坡地的火山熔岩碎屑和風化物經搬運入海，提供本區沙丘的主要沙源。由地形圖等高線判讀，岬灣至公路一帶的坡度在 10° 以下，且灣內寬廣開闊，為



資料來源：成大台南水工試驗所

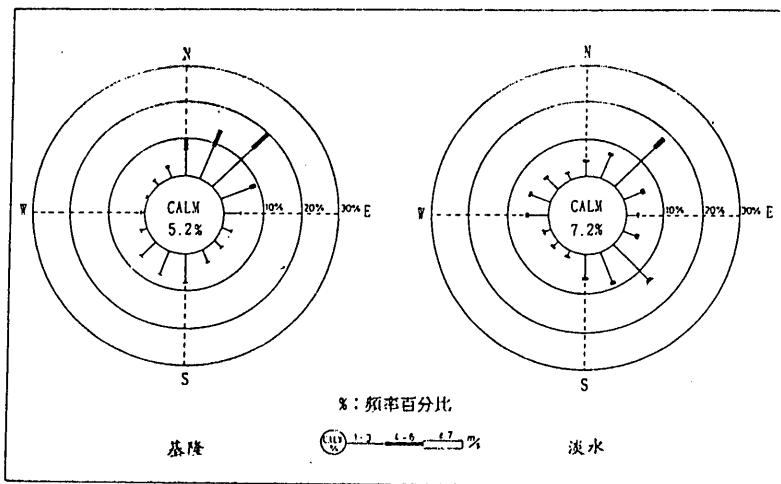
圖 14 福隆地區海域潮流流向圖

表 8 澳底、福隆漁港潮位表



良好的沙積環境。

(a)風的營力：本區位於基隆、淡水氣象測站之間，由兩站的觀測資料，應該可以涵蓋富貴角地區的風場狀況。依全年風花圖（圖 15）來看，全區以東北風佔最大的頻率，淡水測站風頻居次的南南東及東南風，係受盆地地形之影響，風由台北盆地經關渡吹向淡水所形成。由表 9 可看出兩站之平均風速概在 3 m 以上，以季風而言，冬季的季風風速大於夏季季風，本區位處海岸地區，由於海面摩擦效應小於地面摩擦效應，風速應大於內陸地區的風速。經 1991 年 10 月及 1992 年 1 月 4、5 日實地風向風速 24 小時觀測（表 10），風速強勁，且部分時間有明顯迴旋現象，風標呈 360° 旋轉，推測是受岬角灣側地形牽制，並造成本區沙丘呈現圓頂的沙丘群，遠觀如饅頭



資料來源：彙整氣象局資料並繪圖

圖 15 基隆、淡水測站風花圖 (1961 ~ 1990)

狀地散布在海岸一帶（照片 5），可見風營力影響之劇。本區內側的沙丘多以堅硬的安山岩為結核體堆積，在沙源減少、風力強勁吹拂時，可見出露的風稜石，濱灘上更可見許多蝕蝕的礫石。

(b)水的營力：依氣象局基隆、淡水測站 1962 ~ 1991 年 30 年的年平均降水量資料統計得出各為 3,675 mm 和 2,412 mm（表 11），而水利局在富貴角計測的年平均降水量為 2,697 mm，顯見雨量充沛，助長岩層的沖蝕，並經河流搬運入海形成漂沙。

表 9 基隆、淡水氣象測站 1962 ~ 1991 年風向風速統計表

風速單位：m/s

月份	基				隆				淡				水	
	平均	最多風	最	大	平均	最多風	最	大	備	備	註			
	風速	風向	風速	風向	風速	風向	風速	風向						
一月	3.9	N	17.0	NNE	3.0	NE	16.7	SE			風速單位：			
二月	3.7	N	18.0	N	3.1	NE	15.3	SE			公尺/秒			
三月	3.3	N	17.5	NNE	2.9	NE	14.0	SE						
四月	2.7	NE	15.0	NNW	2.6	NE	16.7	NE						
五月	2.5	NE	18.3	SSE	2.4	SSE	14.5	SE						
六月	2.5	S	18.5	NE	2.5	SSE	16.3	SSE						
七月	2.9	S	33.3	NW	2.8	WNW	29.3	SE						
八月	3.1	S	31.0	N	2.9	WNW	35.2	E						
九月	3.5	NE	35.0	NE	3.0	WNW	27.3	ESE						
十月	4.0	NE	22.1	ENE	3.2	NE	22.0	NE						
十一月	4.2	NE	18.0	NNE	3.5	NE	19.2	ENE						
十二月	4.0	NE	16.0	NNE	3.1	NE	18.8	SE						
計	3.4				2.9									

資料來源：依據氣象局資料統計而得。

表 10 富貴角地區風向、風速觀測值

日	期	時	間	風	向	平均風速 (m/s)	備	註	日	期	時	間	風	向	平均風速 (m/s)	備	註
801019	15:00	N	80° E	14.0					80104	10:00	N	20° E	9.0				
	16:00	N	85° E	13.5						11:00	N	40° E	7.5				
	17:00	N	80° E	15.0						12:00	N	55° E	11.0				
	18:00		E	15.0		801019/22:00				13:00	N	45° E	12.0				
	19:00	S	10° E	14.0		至				14:00	N	50° E	9.0				
	20:00		E	13.0		801020/05:00				15:00	N	40° E	11.0				
	21:00	S	20° E	12.0						16:00	N	35° E	8.0				810104/16:00
	22:00	迴	旋不定	12.0		風				17:00	N	45° E	6.0				至
	23:00	迴	旋不定	11.0		速				18:00		W	5.5				810105/02:00
	24:00	迴	旋不定	17.0		大				19:00		S	4.5				風
801020	1:00	迴	旋不定	19.0		,				20:00		E	8.0				有迴
	2:00	迴	旋不定	20.0		迴				21:00	S	40° E	4.0				旋現象
	3:00	迴	旋不定	17.0		旋				22:00	S	30° W	5.5				
	4:00	迴	旋不定	17.0		現				23:00		S	4.5				
	5:00	迴	旋不定	18.0						24:00	S	20° E	4.0				
	6:00	N	80° E	17.0					810105	1:00	S	40° E	4.0				
	7:00	S	10° E	15.0						2:00		E	1.5				
	8:00	S	20° E	17.0						3:00	S	50° E	2.0				
	9:00	S	20° E	13.0						4:00	S	75° E	1.0				
	10:00	S	10° E	16.0						5:00	S	60° W	1.5				
	11:00	S	20° E	14.0						6:00	S	70° W	2.5				
	12:00		E	14.0						7:00	S	60° W	4.5				
	13:00		E	16.0						8:00	S	40° W	6.0				
	14:00	S	10° E	16.0						9:00	S	45° W	5.5				

表 11 基隆、淡水、富貴角氣象測站年雨量統計表

單位：mm

一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	年平均 雨量	備註
基 隆	367.6	379.9	324.9	211.5	269.6	301.3	139.9	197.3	409.9	375.8	346.2	350.8	3674.7 1962 ~ 1991 年
淡 水	133.6	153.7	189.1	152.9	204.6	237.6	147.6	210.5	278.1	189.1	138.4	106.3	2141.5 1962 ~ 1991 年
富 貴 角	154.5	299.6	336.4	248.2	295.8	248.5	141.1	179.0	330.9	153.7	172.0	136.6	2696.9 1982 ~ 1990 年

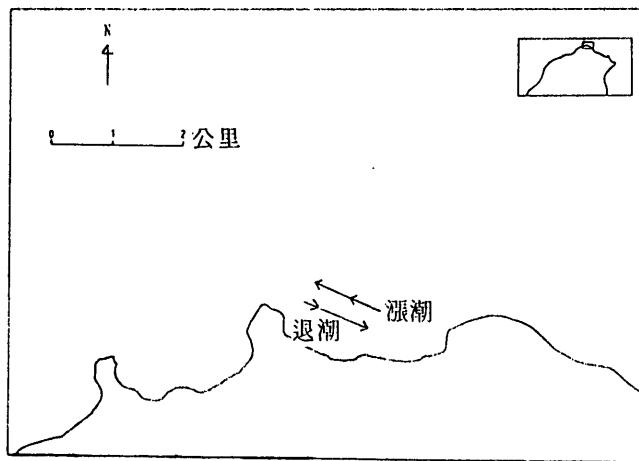
資料來源：依據中央氣象局資料再經統計整理

依據中央研究院環境科學委員會調查，本區海域為黑潮海流迴旋、緩衝地帶，加上海岸線曲折變化，海底地形複雜，潮流特別顯著。漲潮時流向為西北，退潮流為東南向（圖 16），潮差則約 2 m（表 12）。富貴角岬灣內的漂沙受迴旋流及岬角地形之影響，又面迎強勁的北及東北盛行風，在潮汐漲落與風浪的進退之間，沙粒乃逐漸在濱灘堆積，成為本區沙丘的重要沙源。

2. 沙丘的分帶及其形態

(1) 福隆地區

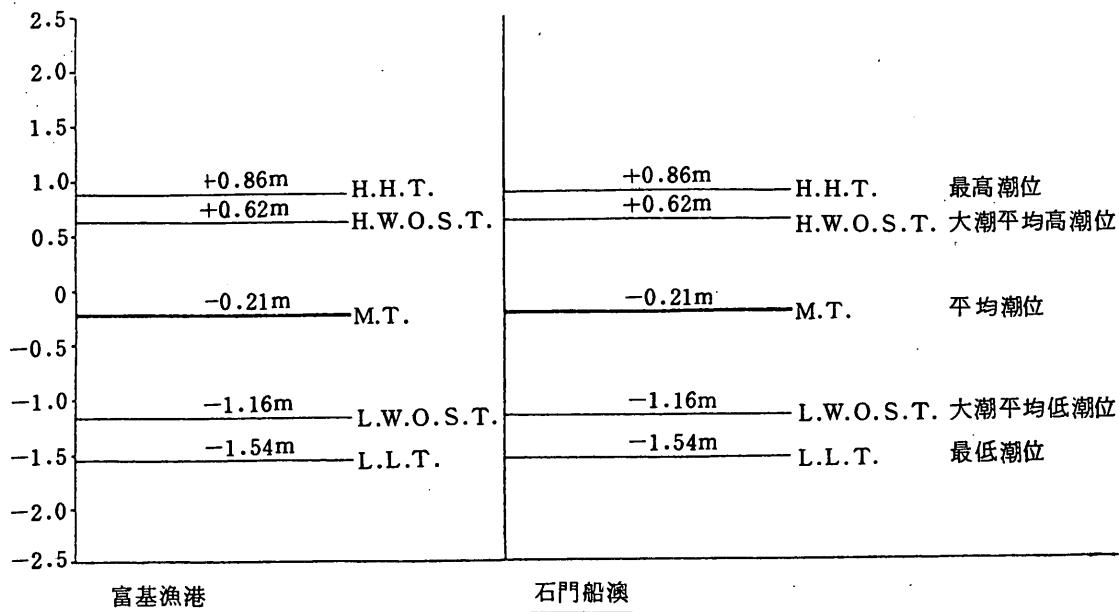
(a)活動沙丘帶：本區海岸濱線走向約為 N 40° W，近濱線地區大都為條狀的沙丘，和海濱平行排列，其走向和東北季風直交。靠近雙溪河口北側缺乏植被的地區，散布低矮的新月丘，但在攔沙籬大批設置之地則變形為條狀橫沙丘，並有草本植物附生（照片 6），使活動沙丘漸趨安定。更北地區鹽寮附近沙丘帶因植被增多，更趨安定，據實測的四道剖面（圖 17）可知，在距濱線約 40 m 處概為沙丘的前緣，55 m 左右則為第一道沙丘脊。一般而言，裸露的新月丘背風坡坡度概在 30° ~ 40°，大約 2



資料來源：中研院環科會

圖 16 富貴角地區海域潮流流向圖

表 12 富基漁港、石門船澳潮位表



資料來源：農委會，(1987)

倍於迎風坡，植被較多的沙丘，兩者差異則較不明顯（照片 7）。

(b) 安定沙丘帶：大都仍與海岸平行，但沙丘形狀較不規則，部分經人為改造成格子排列。據調查（朱子豪等，1992）「本區植物概為多年生宿根性，常成蔓狀匍匐，葉肥厚，表面被臘質或絨毛，根系或地下莖發達，莖節長不定根，以抗乾旱、風害、鹽害及沙埋。分布於丘前的海米、小海米、絨毛飄浮草、濱刺麥、白茅、濱容草、馬鞍藤、濱旋花、濱防風、濱若菜、蔓荆和單花鬚蝶菊等，為典型的沙地植物。丘後為林投、車桑、海桐、馬櫻丹、木麻黃、黑松等灌叢景觀和人工營造的海岸林。」整體而言，坡度概在 $10^\circ \sim 20^\circ$ 之間。

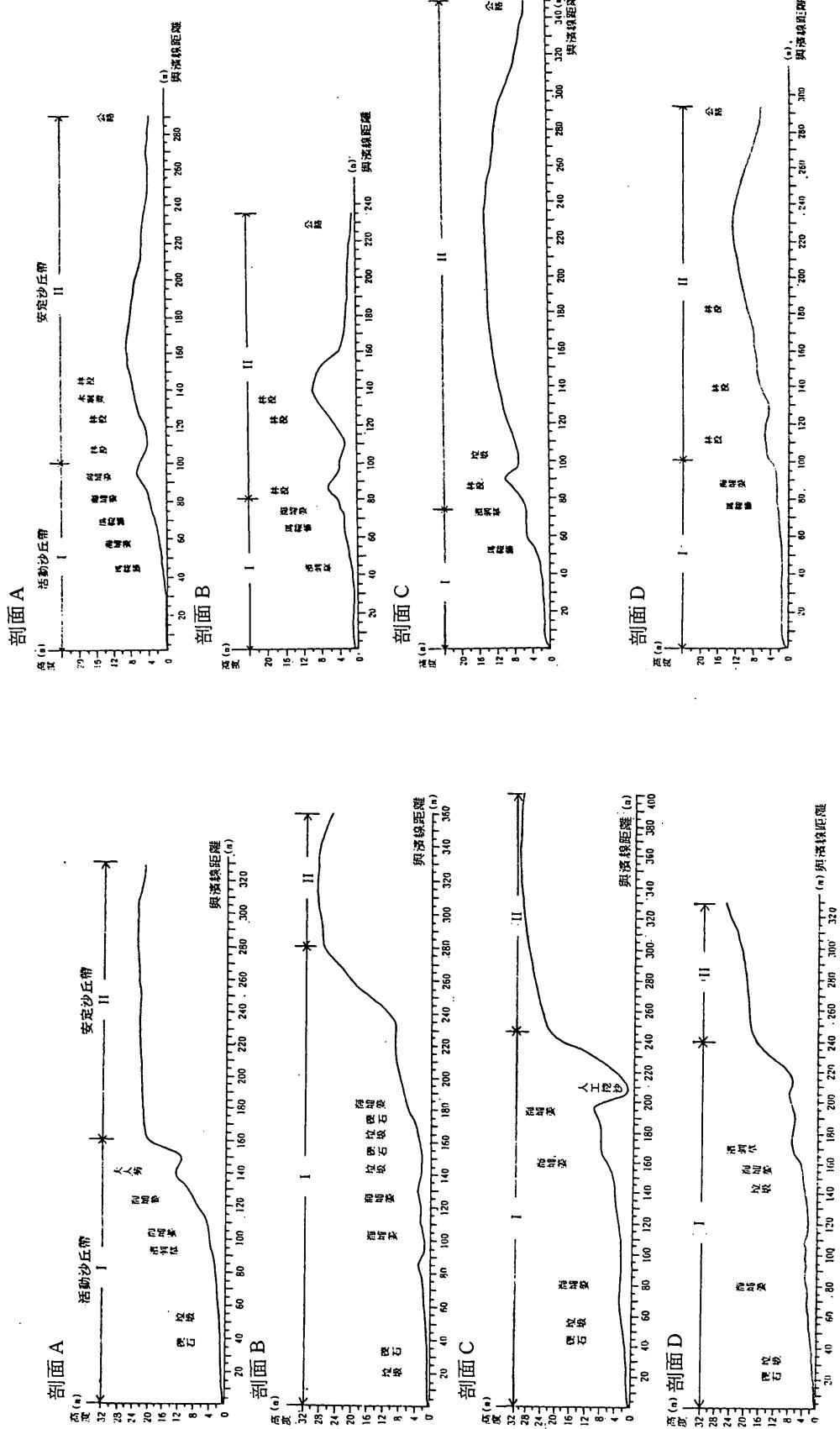


圖 17 福隆地區沙丘縱深剖面圖 (1991, 7, 18)

圖 18 富貴角地區沙丘縱深剖面圖 (1991, 7, 23)

(2) 富貴角地區

(a) 活動沙丘帶：散布有不規則的圓頂沙丘群，近濱線區域因沙源較少，圓頂沙丘規模也較小。盛行風旺盛時，則有礫石出露。愈往內陸，圓頂沙丘規模較大且數量較多（照片 8），另有少數的新月丘。由實測的沙丘剖面（圖 18）可知，距濱線約 60 m 處出現沙丘堆積的前緣，往內的圓頂沙丘，由航照判讀與野外實察其植被覆蓋率不及一成，且大都為低矮的草本植物，在強勁的盛行風吹拂下，圓頂沙丘的堆積高度可達 5 m 以上，坡度約 20°。

(b) 安定沙丘帶：本帶形成於熔岩流岬角階地上，與北部其他地區有顯著的不同，前有陡崖，頂部平坦，迎風坡有風稜石出現，顯示本區裸露，強風及多沙的自然條件，高大防風林範圍較小，故安定沙丘帶僅能泛指沙粒覆蓋在高度 20 m 以上之堅硬岩層上的沙丘地，其沙粒仍不甚安定，不斷移積，甚至越嶺，吹往岬角另一側海岸。

3. 沙丘沙的粒度分析

(1) 福隆 地區

由表 13 觀之， $Md\phi$ 的平均值在 $2.37 \sim 2.41$ 之間屬於中沙粒級，以 $\delta\phi$ 觀之，概在 $0.33 \sim 0.36$ 間，可謂十分均勻，屬於淘選甚好。由縱深方向 $Md\phi$ 統計圖（圖 19）觀之，其 $Md\phi$ 概在 $1.91 \sim 2.65$ 之間，屬中沙粒級。一般言之，濱堤之後，粒度主要受到風營力的控制，粒徑向內陸逐漸減小。圖 20 顯示粒徑隨距離增大有漸細的趨勢。

表 13 福隆地區沙丘粒度平均值統計表

剖面	$Md\phi$	$P_{95}\phi$	$P_{84}\phi$	$P_{16}\phi$	$P_5\phi$	$Q_3\phi$	$Q_1\phi$	$M\phi$	$\delta\phi$	$\alpha\phi$	$k\phi$	$S_0\phi$	樣本數
A	2.38	2.81	2.67	1.96	1.62	2.59	2.09	2.32	0.36	-0.18	1.64	0.90	22
B	2.41	2.80	2.68	2.03	1.69	2.61	2.16	2.36	0.33	-0.16	1.60	0.91	26
C	2.37	2.77	2.65	1.96	1.69	2.10	2.11	2.31	0.35	-0.19	1.57	0.90	20
D	2.41	2.85	2.69	1.98	1.69	2.61	2.12	2.34	0.36	-0.21	1.64	0.90	18
平均	2.39	2.81	2.67	1.98	1.69	2.48	2.12	2.33	0.35	-0.19	1.61	0.90	86 (總數)

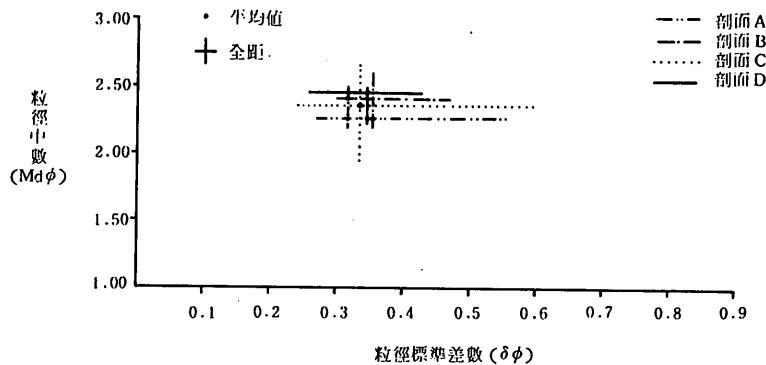


圖 19 福隆地區沙丘沙粒度統計圖

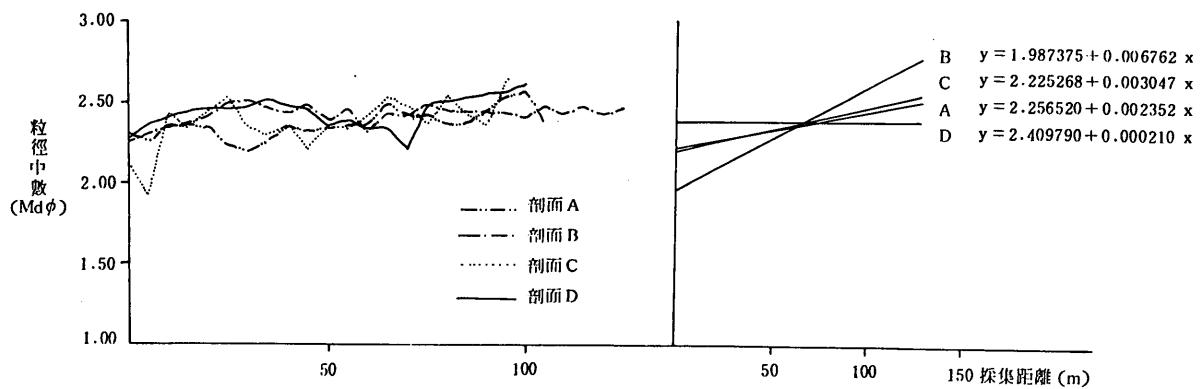


圖 20 福隆地區縱深沙丘沙粒度及其迴歸統計圖

表 14 富貴角地區沙丘粒度平均值統計表

剖面	$Md\phi$	$P_{95}\phi$	$P_{84}\phi$	$P_{16}\phi$	$P_5\phi$	$Q_3\phi$	$Q_1\phi$	$M\phi$	$\delta\phi$	$\alpha\phi$	$k\phi$	$S_0\phi$	樣本數
A	1.82	2.31	2.12	1.36	1.02	2.03	1.55	1.74	0.37	-0.21	1.73	0.87	30
B	1.76	2.32	2.09	1.20	0.83	1.97	1.42	1.64	0.45	-0.24	1.69	0.85	28
C	1.75	2.29	2.07	1.24	0.88	1.92	1.42	1.66	0.42	-0.21	1.69	0.85	41
D	1.67	2.23	2.01	1.12	0.66	1.91	1.33	1.56	0.45	-0.23	1.71	0.82	40
平均	1.75	2.29	2.07	1.23	0.85	1.96	1.43	1.65	0.42	-0.22	1.71	0.85	139 (總數)

(2) 富貴角地區

本區採樣沙粒的 $Md\phi$ 在 $1.67 \sim 1.82$ 之間（表 14），屬於粗沙粒。 $\delta\phi$ 概在 $0.39 \sim 0.45$ 之間，相當均勻，亦屬淘選良好。由 $Md\phi$ 統計圖（圖 21）觀之，其 $Md\phi$ 概在 $1.25 \sim 2.08$ 之間，亦屬粗沙粒級，其粒徑有向內側趨細之勢，如圖 22。

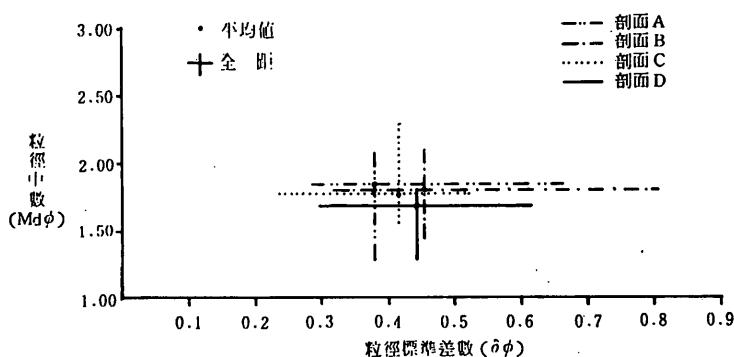


圖 21 富貴角地區沙丘沙粒度統計圖

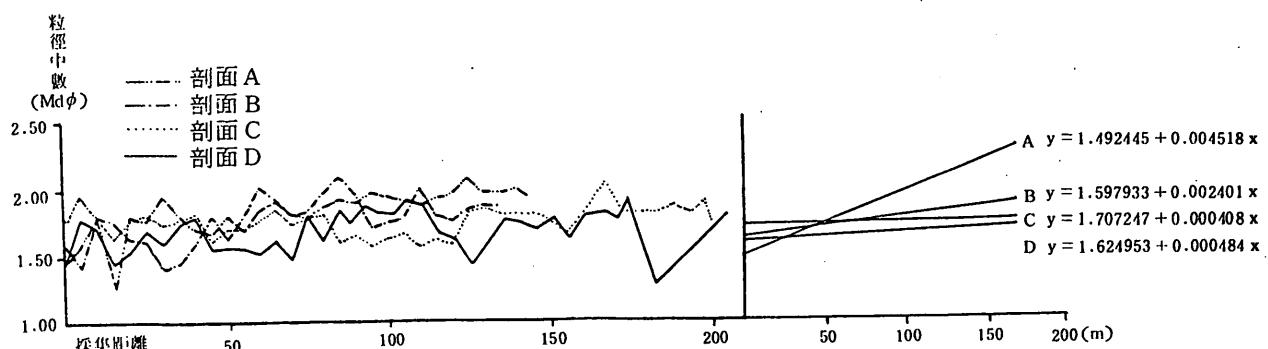


圖 22 富貴角地區縱深沙丘沙粒度及其迴歸統計圖

4. 沙丘地的利用

(1) 福隆地區

在北濱公路未拓建前，鐵路是主要的聯外通道，交通不甚便利，人口的成長緩慢，經濟活動並不旺盛，待北濱公路完成後，遊客漸增，才有規劃性的管理與大規模

的開發，就土地利用的現況（圖 23）而言，可分下列幾類：

(a)種植地：本區沙丘前緣架設數排平行海岸線的攔沙籬，遍植馬鞍藤、海埔姜等草本植物，其後則遍植木麻黃、林投、黃槿等防風固沙植物，再後則有小規模的農地開發，以旱作為主。

(b)建地：沙丘的背後有農舍聚落，範圍漸向沙丘林地擴張。福隆海水浴場有利用沙丘規劃的露營區、海岸自然公園等遊憩用地，附近地區則有小型商店街的設立，其中有幾家小型加工廠，以種苗繁殖中心和木業工廠為主。

(c)墓地：雙溪河口北側有零散的墓地，貢寮鄉公墓設置在內陸的沙丘地上，成為本區特殊的土地利用景觀。

(d)垃圾場：交通的改善與旅遊區的設立帶來了人潮，垃圾隨之而至。地方政府在本區海岸沙丘後背設置垃圾場，集中垃圾就地掩埋，目前仍在使用中（照片 9）。

(2)富貴角地區

富貴角地區的沙丘群大都為裸露地，早期使用以軍事營地、農業用地為主，近期則有休閒用地的開發（圖 24），其利用類型如下：

(a)種植地：本區風沙強勁，林木不易栽種，沙丘後背才有零星的林地藉以防風固沙；農地則在背風側利用為菜園，規模不大。

(b)建地：風沙造成本區生活的不便，住宅與店舖分布於沙丘後背的濱海公路沿線，但住宅多已老舊，門窗窄小，工廠則僅有一家小型造船廠設於富基港東側。本區內側沙丘高地視野良好之處，建有展望台及其他遊憩設施，例如圖 24 中央之建地為老梅公園。

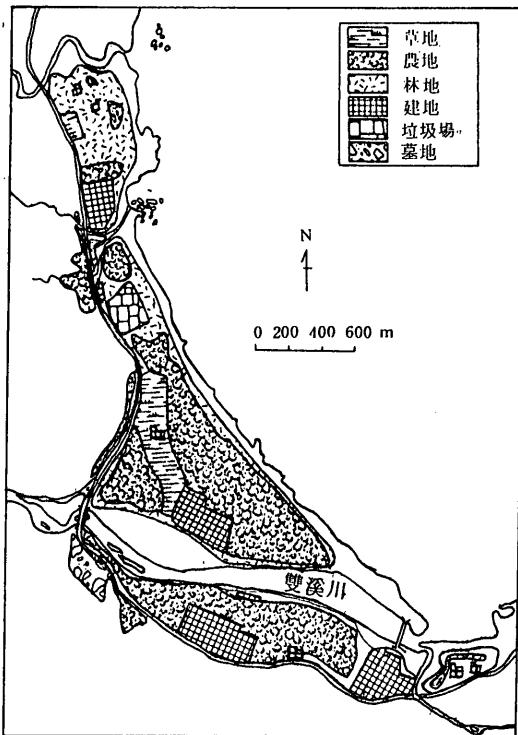


圖 23 福隆地區沙丘地土地利用圖

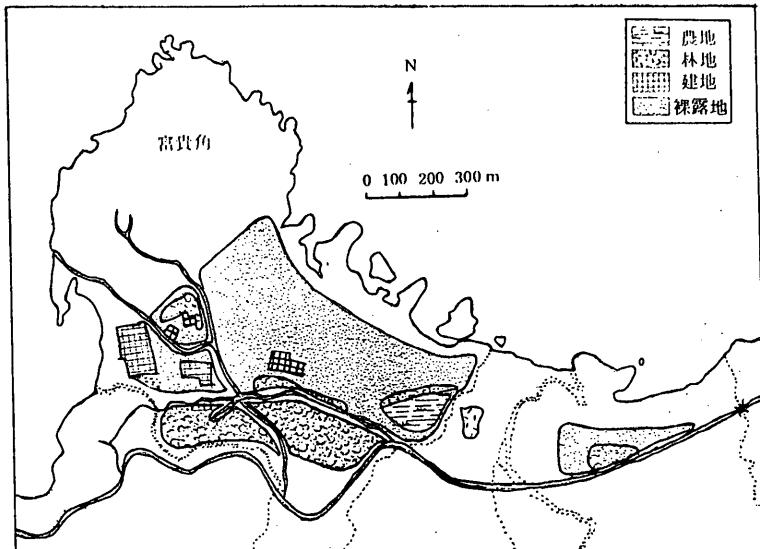


圖 24 富貴角地區沙丘地土地利用圖

(四) 草漯地區沙丘

1. 沙丘的分布及其生成環境

(1) 沙丘的分布

草漯地區沙丘分布在老街溪至大堀溪之間的濱海地區，長約 10 km（圖 25），海岸線為東北東—西南西走向，與冬季季風成 30° 斜角。本區昔日為低窪沼澤地，由於海退及古大嵙崁溪出海口的北移，飛沙大量堆積而形成沙丘，故沙層深厚，可厚達 25 m 以上，目前排水溝渠大多獨流入海，致使沿岸沙丘被分為七段（鄭瑞壬，1991）。

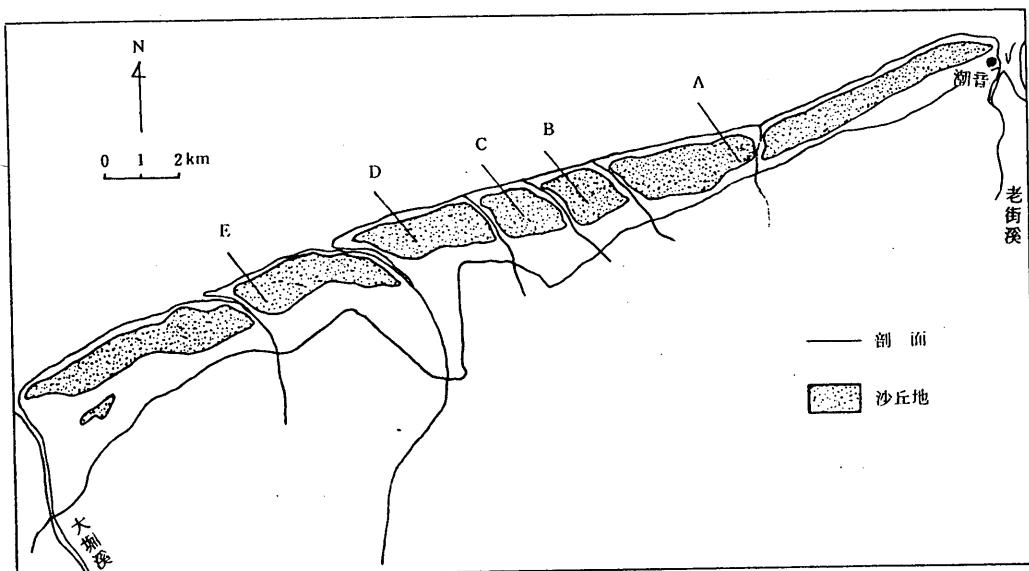


圖 25 草漯地區海岸沙丘分布圖

(2)沙丘的生成環境

(a)風的營力：依據鄰近中正機場氣象站觀測資料加以分析得知，全年風向頻率（表 15 及圖 26）以東北季風為主，盛行於每年九月至翌年五月（表 16），東北、北北東及東北東風合佔風向頻率近 50%，此盛行風造成寬廣高大的內陸新月丘群及濱海沙丘群。沙丘受冬季盛行風的吹拂往西南移積，致使各河口亦隨之位移，而夏季西南季風的營力較小，對沙丘反方向的改變甚微。據 1992 年 1 月 4～5 日及 2 月 29 日～3 月 1 日實測資料（表 17）顯示各月盛行風與上述情形大致吻合，而在東北季風強盛的冬季，風向的日變化顯得較無明顯趨勢。

表 15 中正機場氣象站 1979～1989 年
風向頻率與風速統計表

風 向	頻率 (%)	風速 (m/s)
N	3.9	3.7
NNE	8.8	6.1
NE	20.8	7.6
ENE	16.6	7.4
E	9.6	6.0
ESE	3.5	4.3
SE	2.8	2.1
SSE	4.8	1.8
S	5.1	2.0
SSW	3.1	2.7
SW	4.1	4.4
WSW	5.4	6.2
W	3.9	5.1
WNW	3.3	3.3
NW	2.2	2.9
NNW	2.1	3.0
平均		5.6

註：機場於 1979 年啓用設站

表 16 中正機場氣象站 1979～
1989 年逐月平均風向、風
速統計表

月 份	風 向	風 速
1.	NE	6.4
2.	NE	6.4
3.	NE	5.7
4.	NE	4.7
5.	NE	4.5
6.	WSW	4.8
7.	WSW	4.7
8.	WSW	4.8
9.	NE	5.3
10.	ENE	6.6
11.	ENE	7.1
12.	NE	6.7
平均		5.6

註：同表 15

表 17 草漯地區風向、風速觀測值

(風速單位：m/s)

日期	時間	風 向	平均風速	日期	時間	風 向	平均風速
810104	10:00	E	10.0	810229	15:00	N 20° E	0+
	11:00	N 70° E	9.5		16:00	N 22.5° W	0+
	12:00	N 30° E	8.5		17:00	N 10° E	0+
	13:00	N 34° E	10.4		18:00	—	0
	14:00	N 60° E	10.0		19:00	—	0
	15:00	N 60° E	10.5		20:00	—	0
	16:00	N 75° E	10.5		21:00	—	0
	17:00	N 50° E	10.5		22:00	—	0
	18:00	N 50° E	10.5		23:00	—	0
	19:00	N 60° E	9.0		24:00	—	0
	20:00	N 70° E	8.0	810301	1:00	S 50° E	0
	21:00	N 75° E	7.5		2:00	—	0
	22:00	N 70° E	7.5		3:00	—	0
	23:00	N 75° E	6.5		4:00	—	0
	24:00	N 60° E	8.5		5:00	N 10° W	5.0
810105	1:00	N 65° E	6.5		6:00	N 10° E	5.0
	2:00	N 72° E	0		7:00	N 50° E	4.5
	3:00	N 72° E	0		8:00	N 55° E	4.5
	4:00	N 65° W	0+		9:00	N 50° E	4.5
	5:00	N 35° E	0+		10:00	N 25° E	4.0
	6:00	N 30° W	0+		11:00	N 35° E	4.0
	7:00	N 20° W	0+		12:00	N 15° W	5.5
	8:00	N 80° W	1.5		13:00	N 10° E	5.5
	9:00	N 50° W	4.5		14:00	N 40° E	1.5
					15:00	N 70° E	1.5

註：0+ 表示有風，但無法讀數。

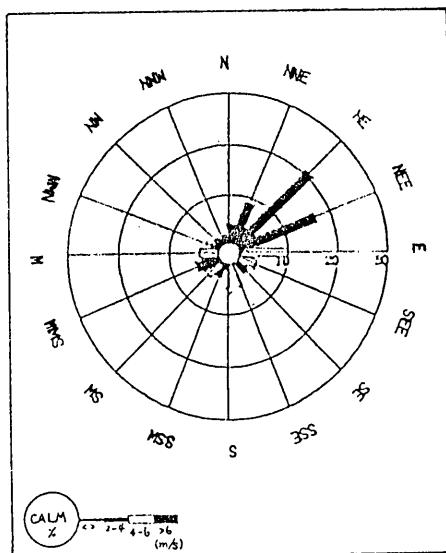


圖 26 中正機場氣象測站風花圖

由表 15、16 可看出中正國際機場之平均風速為 5.6 m/s ，較之其北的淡水測站 (2.7 m/s) 或南方的新竹測站 (2.5 m/s) 同一時期之平均值要大得多。而本區的風速由於海面摩擦效應小於陸地摩擦效應，造成沿岸地區的風速大於內陸地區，有助於濱海沙丘的發達，此可由表 17 實測之晝吹海風大於夜吹陸風之風力得到佐證。若以季風而言，冬季季風風速大於夏季季風，本區冬季較大的 $4.5 \sim 7.1 \text{ m/s}$ 風力對沙丘堆積及移動更有明顯的影響。

(b) 水的營力：本區海流主要受潮流影響，台灣西海岸漲潮時，北部漲潮流往西南向，落潮時往東北向，流速約 $20 \sim 30 \text{ cm/s}$ (鄭瑞壬，1991)。季風亦能增強潮流流速，冬季季風期間流速可達 1 m/s ，對海岸漂沙影響甚鉅，因風浪及沿岸流之推動可造成漂沙運動，本區西南方向之漂沙遠大於流向東北的量，又因本段海岸大致與東北季風呈 30° 交角，風浪斜向進入海岸，使海底漂沙發生擾動而向沿岸堆積，提供充分的沙源。

依據水資會大園測站 ($25^{\circ}04' \text{ N}$, $121^{\circ}11' \text{ E}$) 三十年 (1959 ~ 1988 年) 之資料統計 (表 18)，顯示本區降水分配較不均勻，乾雨期較明顯，此條件有利於沙丘的發育 (鄭瑞壬，1991)，就整體而言，降水分布以 10 月至翌年 1 月雨量較少，降水強度較弱，此時期適逢強勁的東北季風，促進了沙丘的生成與移動；2 至 4 月雨量漸增，雨日亦多，時為沙丘上植被繁衍期，加上雨水的固沙作用，沙丘的穩定性提高，梅雨期的 5、6 月更是如此；6 月下旬至 9 月較為乾旱，雨日稀少，尤以 7 月為甚，此時期植被最易乾枯，影響沙丘植被覆蓋，在強風吹拂下，容易造成沙丘移動，若逢颱風來襲，沙丘更易削減夷平。

表 18 大園氣象站 1959 ~ 1988 年雨量及雨日統計表 (雨量: mm)

月 份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
雨 量	101.2	147.9	192.4	143.2	226.6	239.3	113.6	144.9	162.7
雨 日	10.4	11.9	13.9	11.0	11.6	9.7	5.4	7.3	7.4
雨量/日	9.7	12.4	13.1	13.0	19.5	24.7	21.0	19.9	22.0
月 份	10 月	11 月	12 月	年平均值	中位數	標準差	極小值	極大值	年雨量變率%
雨 量	85.5	81.5	84.4	1713.0	1665.7	345.1	1088.7	2255.7	17.11
雨 日	6.6	9.3	9.7	114.3	114	19.97	78	155	
雨量/日	13.0	8.8	8.7	15.0					

資料來源：吳何鴻儒 (1991)

2. 沙丘的分帶及其形態

(a)活動沙丘帶：大堀溪以北的沙丘群明顯地分為內、外二列沙丘，外列的活動沙丘帶較內列的安定沙丘帶發達，二列沙丘脊相距 100 ~ 300 m 不等，其間有寬約 100 m 的平緩沙野，局部地區僅有外列沙丘而內列沙丘不明顯（鄭瑞壬，1991），本研究限於高大植被覆蓋之外列沙丘以內無法計測，僅以活動沙丘帶所計測之五條剖面作探討（圖 27）。

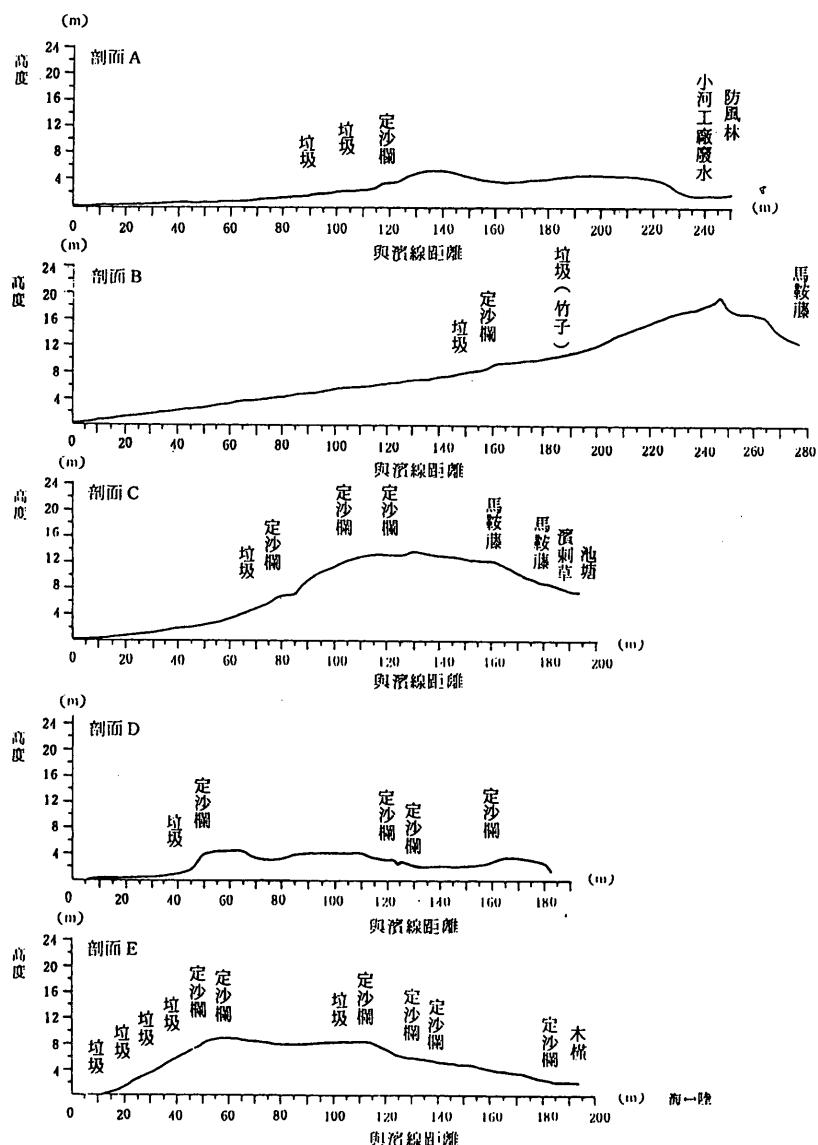


圖 27 草漯地區活動沙丘帶沙丘縱深剖面圖 (1991, 10, 13)

活動沙丘帶寬度由北向南漸窄，平均高度都在 15m 以下，除剖面B 沙丘脊較內陸，且高度約 20m，其餘剖面均平緩且有數道起伏的沙丘脊。沙丘受風的吹拂，沙粒隨季風往內陸西南側移動，迎風坡較緩，約 $10 \sim 15^\circ$ ，而在沙丘西南背風側末端，則飛沙堆積的規模較迎風端高大，其下風側坡度約 $20 \sim 25^\circ$ 。整體而言，本帶沙丘群寬廣而起伏不大，沙層甚厚，其上覆蓋之草本植物稀疏（照片 10），故沙的移動性很強，設有明顯的防沙網籬（照片 11），攔截沙粒的移動，使沙丘的形態隨之改變。

(b) 安定沙丘帶：自日據時期至今，此帶一直列為保安林地，中央、省及地方政府投下鉅資加強造林，穩固沙丘頗有成效，故此沙丘群在林投、木麻黃等防風林保護下，沙丘平均高度均在 12m 以下，顯較活動沙丘帶低緩。

本區自從桃園台地上各河川上游興建水庫、攔沙壩及大量採抽沙石後，河口沙源供應減少，因此不足以補充沙丘受波蝕及風蝕的沙源。加上目前人類在沙丘上的活動增加，如工業區引進大量從業人員、交通網路的改善及海岸巡防之頻繁等原因，沙丘上植被遭受破壞，地表起伏有了變化，均改造了今日的沙丘形態。

3. 沙丘沙的粒度分析

由五道剖面（位置參見圖 25）採集的 150 袋沙丘沙粒度分析結果（表 19 及圖 28），可知本區沙丘沙粒徑 $Md\phi$ 介於 $1.99 \sim 2.33$ ，平均值 2.20，屬於粗沙粒級； $\delta\phi$ 在 $0.35 \sim 0.41$ 之間，平均值 0.38，顯示淘選良好，除剖面 C 者外，其餘粒度分布都較集中，可推之剖面 C 高大的沙丘，加上三道攔沙籬阻擋，使淘選作用減弱所致。

表 19 草漯地區沙丘沙粒度統計表

剖面	$Md\phi$	$P84\phi$	$P16\phi$	$M\phi$	$\delta\phi$	$\alpha\phi$	$S_0\phi$	$K\phi$	樣本數
A	2.30	2.64	1.90	2.27	0.37	0.005	0.89	1.57	29
B	2.33	2.64	1.93	2.43	0.38	-0.06	0.93	1.70	44
C	1.99	2.42	1.73	2.26	0.41	0.10	0.95	1.84	27
D	2.23	2.56	1.85	2.20	0.35	-0.09	0.90	1.65	27
E	2.16	2.50	1.74	2.12	0.38	-0.11	0.89	1.62	23
平均	2.20	2.55	1.83	2.26	0.38	-0.03	0.91	1.68	150（總計）

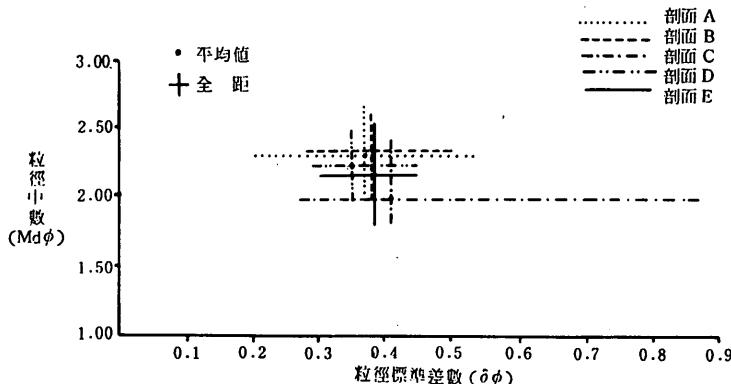


圖 28 草灘地區沙丘沙粒度統計圖

由圖 29 觀之，丘前、丘頂、丘後的粒度變化並非規則，由此情況推之與植被及攔沙籬有關，因其有攔截風沙、減低風速使沙粒沈積的功能。不過配合圖 25 可知，粒度有由濱線的沙丘往內陸、由北往南，粒度漸細的變化趨勢，雖然相差不大，但此趨勢或多或少與沿岸流流向及飛沙移動的方向吻合。

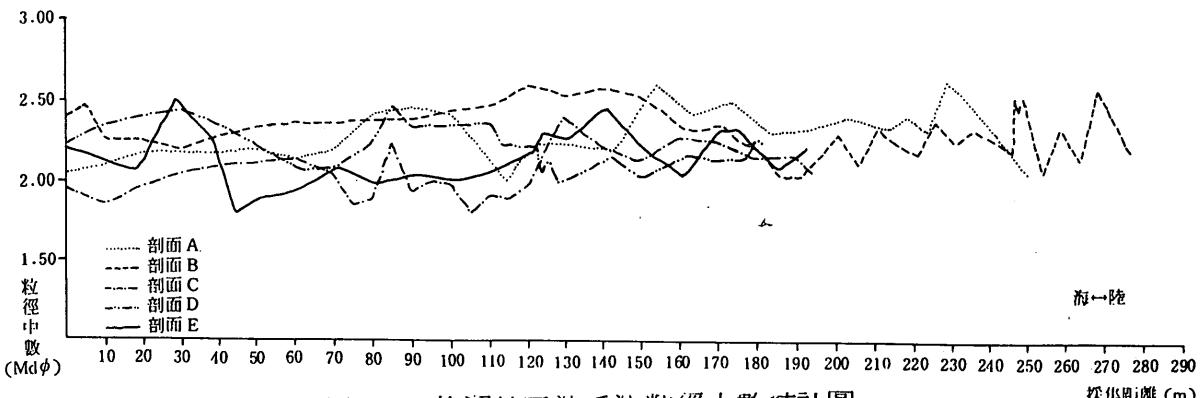


圖 29 草灘地區沙丘沙粒徑中數統計圖

4. 沙丘地的利用

自 1969 年起本區海岸防風林大量枯萎死亡，造成內陸農作物嚴重受害，1971 ~ 1981 年間，國際機場、大園工業區等陸續開發，加上都市住宅不斷擴張，使廣大良田消失，沿海山丘保安林因開發剷平，更加深季風對內陸作物的為害，使整個區域生態環境因此發生劇烈改變。政府對本區數度開發利用與海防設施等，使本區沙丘地目前的土地利用呈現多樣性（圖 30），其主要類別有：

(a) 種植地：海岸林地面積雖逐年縮減，但政府重新造林的工作仍具成效，使沙丘地之危害漸有改善，大體而言，南段海岸林地面積較北段為廣，因北段受季風及飛沙影響較大（照片 12），生長較差之故。沙丘後側多開闢農田，以沙丘及防風林為天然的屏障，農舍周邊常墾為菜圃或畜養區，造成沙丘內緣的侵蝕。

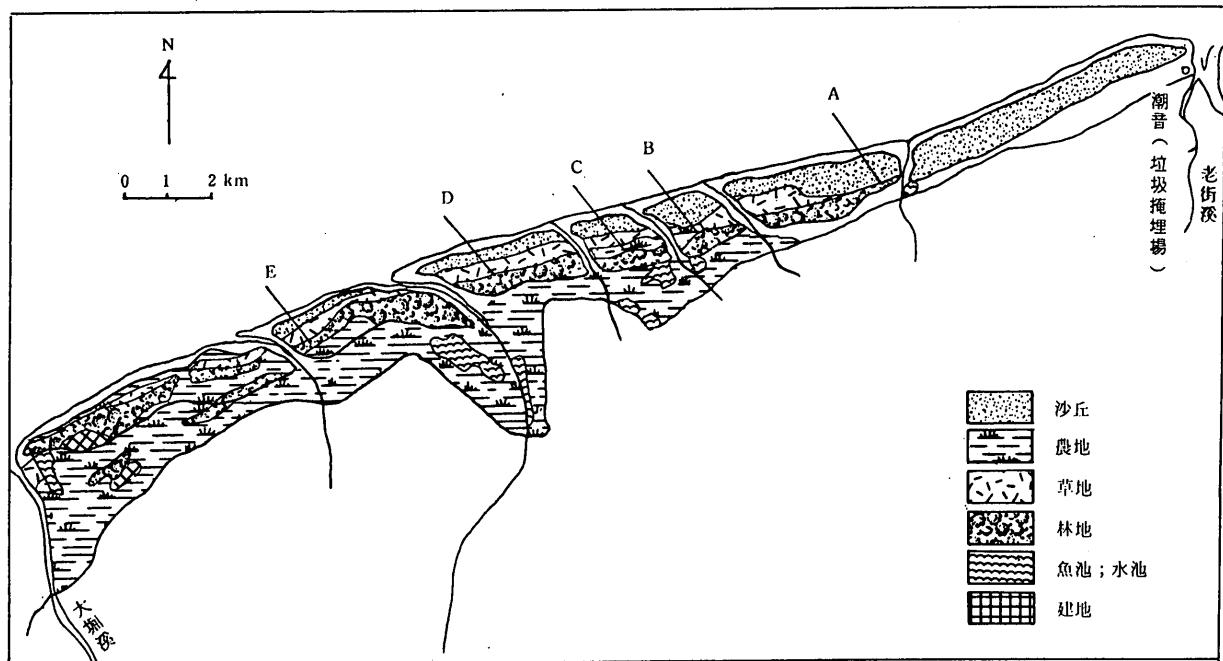


圖 30 草漯地區沙丘地土地利用圖

(b)水池：沙丘地的漁業開發與經營，在本區分為潮埔地與沙丘內緣養殖二種，潮埔地養殖大多利用潮曲流廢棄河道開挖為魚池，沙丘內緣以廢棄農地等開發成魚塭，在本區佔有頗大的面積。

(c)建地：除農宅向沙丘內緣擴張外，濱海工業區的開發所使用的土地面積更是廣大，工業區的設立剷除部份沙丘，並對低窪地填土整平，改變了沙丘群的地形。交通的設施，如車道或人行步道的闢建，更使沙丘分離，缺口處形成風口；產生空氣擾流而造成沙丘的吹蝕。而海岸地區崗哨、軍事設施等利用，亦對沙丘地形的演育產生影響。

(d)垃圾場：垃圾的堆積散見於潮間帶甚或沙丘上，規模較大者為潮音地區在活動沙丘帶所設置的垃圾掩埋場，垃圾堆棄後就地以沙掩埋，上層再覆紅土，形成高大的人造沙丘，強風吹拂下，垃圾飛散下風側防風林區及濱線附近，與工業區的空氣、廢水排放，形成海岸的嚴重污染。

三、結論

本島地勢陡峻，雨量豐沛，風力強勁，海岸地區常因風或波浪搬運大量泥沙堆積，海岸沙丘相當發達，尤以北部及西部為最。本年度研究東起蘇澳，西至桃、新縣界以濱線和濱海公路間高度 30 m 以下的沙丘為範圍，並選擇其中最具典型的利澤、福隆、富貴角及草漯四個地區的海岸沙丘進行研究。透過航照判讀、地形計測、野外觀測及室內實驗等多種方法，探究上述地區沙丘的各項特性，提供沙丘地區開發利用之參考。研究結果綜合如下四項：

1. 沙丘的分布及生成環境：蘭陽溪南側的利澤地區平行海岸線分布有 4 ~ 5 道的沙丘，並列於濱海地帶寬約 1.5 km 間，因為蘭陽溪等河搬運之豐富泥沙受強勁的冬季東北盛行風及南向沿岸流影響，使本區沙丘大規模發育，並具東緩西陡的形態。福隆地區的沙丘分布於鹽寮至雙溪口間，因雙溪挾帶出海的泥沙受北～東北東合佔 50 % 風向頻率及南向沿岸流的影響，南側沙丘較具規模，寬約 1.2 km，長 4 km 以上。富貴角地區具有寬廣的岬角灣測沙積條件，但因沙源較少，沙丘規模不若福隆，寬度在 1 km 以內，長度約 2 km，主要因承受強烈東北盛行風與特有的迴旋風影響，形成平行海岸的沙丘列及特殊的圓頂沙丘形態。至於規模最大的草漯地區，在桃園台地沿海有連續七段的沙丘發育，總長約 10 km，本區北北東～東北東合佔達 50% 的風向頻率，加上東北～西南向沿岸流的推動，造成與盛行風呈 30° 交角的寬廣高大濱海沙丘群。綜合言之，北部海岸在東北信風及季風的雙重效應下，風力更形強勁，吹拂灘沙堆積成群狀分布的沙丘，但因沙積環境的不同，沙丘規模有所差異。

2. 沙丘的分帶及其形態：利澤地區受強勁盛行風吹拂，由濱線向陸約 30 m 間為活動沙丘帶，高約 3 ~ 4 m；近內陸的安定沙丘帶高 10 餘 m，密布防風林，原為多道並列的條狀沙丘，因風蝕或人為開發成圓頂狀或平台狀。福隆地區的活動沙丘帶散布有低矮的新月丘，在攔沙籬設置後，部份變形為條狀沙丘，漸趨安定；內側的安定沙丘帶則因植被的固沙作用而呈局部隆起，高度約在 20 ~ 30 m。富貴角地區除有其他三區的條狀沙丘外，圓頂丘為其活動沙丘帶的特殊形態，而形成於熔岩流岬角階地的安定沙丘帶，高度達 20 m 以上，因植被覆蓋率較低，仍有風沙移積。草漯地區活動沙丘帶規模遠較前三區寬廣高大，沙層甚厚，可達 25 m 以上，沙粒移動性很強，向陸延伸的安定沙丘帶在高大植被防沙保護下，沙丘則較低緩。綜合言之，由於地形的影響，造成積沙空間的廣狹。而植被的固沙作用可阻擋沙粒的移動致沙丘變形，故

植被的多寡使沙丘有不同程度的安定性，惟因強風，多沙等條件，富貴角、草漯地區沙丘仍不甚安定。

3.沙丘沙的粒度分析：由利澤地區四條縱深 76 袋的粒度分析可知， $Md\phi$ 介於 $1.60 \sim 2.30$ ($0.33 \sim 0.20$ mm)，平均為 1.92，屬粗沙級，以丘後沙最細，次為丘頂、丘前。福隆地區由四條縱深 86 袋的分析，得 $Md\phi$ 為 $2.27 \sim 2.41$ ，平均 2.37 ，屬粗—中沙級。富貴角地區四條縱深 139 袋 ($0.21 \sim 0.19$ mm) 的沙丘沙，其 $Md\phi$ 介於 $1.64 \sim 1.82$ ($0.32 \sim 0.28$ mm)，平均值為 1.72，屬粗沙級。草漯地區五條縱深 150 袋沙粒度分析， $Md\phi$ 在 $1.99 \sim 2.33$ ($0.25 \sim 0.20$ mm)，平均值 2.20，屬粗沙粒。以上四個地區沙丘沙均屬淘選良好，粒度變化均有自濱線向內陸變細的趨勢，唯在良好植被覆蓋及攔沙籬設置處，其粒度受到干擾而有較大的變化。

4.沙丘地的利用：沙丘地原為海岸良好的天然沙堤，具有保護內陸的作用。由於邊際土地的利用增加，目前沙丘地的開發以農、林、草地為主，尤以防風林之種植面積為廣。目前隨著邊際土地的開發，海岸沙丘提供為休閒場所、住宅、工商業區等多樣利用，如利澤、草漯地區的魚塭、水池、養鴨場等闢建；福隆、草漯地區的垃圾處理使用；利澤工業區與大園、觀音工業區的工廠設置，及海防崗哨或軍事設施等利用。沙丘地形為十分脆弱之動態體系，常受自然與人為作用的共同影響而變化，有關機構宜對沙丘地區全面管理，因地制宜，以防沙丘災害之發生。



照片 1.以距海遠近與植被多寡將海岸沙丘分為形態頗有差異的二帶，前方沙粒移動大者為活動沙丘帶，右上方茂盛植被處為安定沙丘帶。



照片 2.在暴潮吹襲下，濱堤沙丘因淘蝕及風蝕作用而低緩或崩解消失。



照片 3.奈特颱風過後，沙丘遭破壞，林務局在利澤安定沙丘帶迎風坡上重新修建攔沙籬並栽植林投幼苗。



照片 4.利澤沙丘後背濕地的土地利用——養鴨。



照片 5.因岬角灣側地形的牽制，迴旋的強風吹拂沙粒，堆積成富貴角特殊的圓頂狀沙丘群。



照片 6.福隆的海岸沙丘，在攔沙籬設置之後，植被附生，沙丘日趨安定。

照片 7.福隆海岸植被密布的沙丘，坡度較裸露沙丘平緩。



照片 8.富貴角的圓頂丘群，愈靠近內陸，數量愈多，規模也較大。

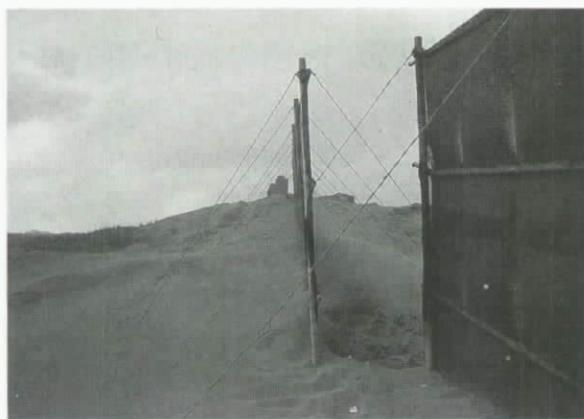




照片 9. 福隆海岸沙丘後背設置垃圾場，破壞景觀並污染環境。



照片 10. 草灘的沙丘群，沙丘層厚度甚厚，其上植被稀少，常易移動。



照片 11. 草灘地區用以截阻飛沙的高大攔沙鐵網。



照片 12. 草灘地區北側沙丘受季風及飛沙影響較大，造成防風林的掩埋與枯萎。

參考文獻

一、中文部分

1. 王 鑑 (1980)：台灣的地形景觀，渡假出版社，pp. 42 ~ 45。
2. 王 鑑 (1982)：北海岸風景特定區生態資源調查，台大地理系，p. 25。
3. 石再添 (1974)：台灣北部海岸的地形學計量研究，pp.8 ~ 11。
4. 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，pp. 19 ~ 20。
5. 江永哲，張文詔 (1978)：海岸飛沙量估算之風洞試驗，中華水土保持學報，vol. 9, no. 2, pp. 53 ~ 58。
6. 朱健一等 (1981)：砂丘地灌溉農業技術手冊，農發會水利特刊，no. 3, pp. 33 ~ 54。
7. 李建堂 (1986)：台灣沿海地區的環境問題，中國地理學會會刊，no. 13, pp. 39 ~ 56。
8. 林信輝、江永哲 (1979)：沙體含水率與飛沙量之關係試驗，中華水土保持學報，pp. 50 ~ 50。
9. 柳 楷 (1975)：台灣西海岸沙丘生態之研究，台灣省林業試驗所試驗報告，no. 66, pp. 1 ~ 14。
10. 孫宕越等 (1987)：台灣淡新走廊環境評估及其土地利用研究，台灣省政府經濟建設動員委員會，188 pp.。
11. 康乃恭 (1962)：台灣海埔地之河川與河口，台銀季刊，vol. 13, no. 2, pp. 156 ~ 172。
12. 張石角 (1973)：曾文溪三角洲之沈積作用，國科會會報，no. 6, pp. 99 ~ 119。
13. 張劭曾 (1962)：台灣海埔地之地形變遷，台銀季刊，vol. 13, no. 2, pp. 70 ~ 99。
14. 張長義 (1984)：台灣沿海地區自然環境保護之研究（後續計劃），中華民國自然生態保育協會，87 pp.。
15. 張瑞津 (1980)：粒度分析在地學研究的意義，中等教育，vol. 31, no. 2, pp. 16 ~ 38。
16. 游繁結 (1986)：台灣海岸飛砂量推估之初步研究，中華水土保持學報，vol. 17,

- no.1 , pp. 107 ~ 117 。
- 17.游繁結 (1988): 濁水溪河口飛砂量研究與調查，第四屆水利工程研討會論文集，國立中興大學，pp.513 ~ 532 。
- 18.湯麟武 (1962): 台灣海埔地之波浪漂沙，台銀季刊，vol.13 , no. 2 , pp.189 ~ 214
- 19.廖進雄 (1985): 環境敏感地使用規劃與管制之研究，國立中興大學法商學院研論，pp.189 ~ 214 。
- 20.鄧國雄 (1974): 台灣北端富貴角海岸風稜石計量研究，嘉新水泥公司文化基金會，pp.18 ~ 24 。
- 21.鄭瑞壬、鄧國雄 (1991): 桃園台地海岸沙丘形態與沙粒分析，中國地理學會刊，no.19 , pp.21 ~ 32 。
- 22.鄭瑞壬 (1991): 桃園台地海岸沙丘及其土地利用之研究，文大地學碩論，pp.6 ~ 45 。
- 23.賴一桂等 (1988): 蘇澳火力計劃廠址區高空氣流之分析研究，台灣電力公司，pp. 13 ~ 18 。
- 24.台塑公司 (1990): 籌建烯烴廠暨相關工業計劃環境影響評估報告專題之二「環境現況調查」，pp.12-89 ~ 12-96 。
- 25.經建會 (1982): 台灣北海岸使用及環境保護之研究，經建會住宅及都市發展處規劃研究報告，pp.120 ~ 122 。

二、日文部分

- 1.川崎敏 (1942): 鳥取縣に於ける海岸沙丘の開拓，地理學評論，vol.18, no. 4 , pp.1 ~ 21 。
- 2.田邊健一 (1941): 日本の海岸沙丘の形態的分類並に土地利用，vol.17 , no. 5 , pp.41 ~ 69 。
- 3.立石友男 (1989): 海岸沙丘の變貌，大明堂發行，pp.29 ~ 48 。
- 4.成瀬敏郎 (1989): 日本の海岸沙丘，地理學評論，vol.62 , no.A- 2 , pp.129 ~ 144 。

三、英文部分

1. Bagnold, R.A. (1941): The physics of blown sand and desert dunes, Chapman & Hall, pp. 8-20.
2. Bauer, B.O. (1991): Aeolian decoupling of beach sediments, A.A.A.G. vol. 81, no. 2, pp. 290-303.

3. Borowka, P.K. (1980): Present day dune processes and dune morphology on the Leba Barrier, Polish coast of the Baltic, *Geografiska Annaler*, vol. 62A, pp. 75-82.
4. Day, P.A.E. (1928): Pipes in the coast sandstone of syrie, *Geology Magazine*, pp. 412-425.
5. Davies, J.L. (1972): Coastal dunes, *Geographical vanation in coastal development*, Charpt X, pp. 152-168.
6. Dolan, R. (1972): Barrier dune system along the outer banks of North Carolina: A Reappraisal, *Science*, vol. 176, pp. 286-288.
7. Finkel, H.J. (1959): The barchans of southern peru, *Journal of Geology*, vol. 67, pp. 614-647.
8. Hall, K. (1983): Sorted stripes on sub-antarctic Kerguelen Island, *Earth surface processes and landforms*, vol. 8, pp. 115-124.
9. Hsu, S.A. (1971): Measurement of shear stress and roughness length on a beach, *Journal of geographical research*, vol. 76, no. 12, pp. 2880-2885.
10. Hsu, S.A. (1973): Computing eolian sand transport form shear velocity measurements, *Journal of geology*, vol. 81, pp. 739-743.
11. Jungerius, P.D. and Verheggen, A.J.T. (1981): The development of blowouts in 'De Blink', a coastal dune area near Noordwijkerhout the Netherlands, *Earth surface processes and landforms*, vol. 6, pp. 375-396.
12. Kenyon, N.H. (1970): Sand ribbons of European tidal seas, *Marine geology*, pp. 25-39.
13. Kidson, C., Collin, R.L. and Chisholm, N.W.T. (1989): Surveying a major dune system-braunton burrows, North-west devon, *The geographical journal*, vol. 155, no. 1, pp. 94-105.
14. Logie, M. (1981): Wind tunnel experiments on dune sands, *Earth surface processes and landforms*, vol. 6, pp. 365-374.
15. Lancaster, N. (1982): Dunes on the skeleton coastal, Namibia(South West Africa): Geomorphology and gain size relationships, *Earth surface processes and landforms*, vol. 7, pp. 575-587.
16. Lee, J.A. (1987): A field experiment on the role of small scale wind gustiness in aeolian sand transport, *Earth surface processes and landforms*, vol. 12, pp. 331-335.
17. Lancaster, N., Greeley, R. and Christensen, P.R. (1987): Dune of the gran desierto sand-sea, Sonora, Mexico, *Earth surface processes and landforms*, vol. 12, pp. 277-288.

18. Macintyre, I.G. (1970): Sediments off the west coast of Barbados: Diversity of Origins, *Marine geology*, pp. 5-23.
19. Miller, M.C., McCave, I.N. and Komar, P.D. (1977): Threshold of sediment motion under unidirectional currents, *Sedimentology*, no. 24, pp. 507-527.
20. Mitchell, J.K. (1984): Hazard Perception Studies: Convergent concerns and divergent approaches during the past decade, *The university of Chicago department of geography research paper*, no. 209, pp. 33-59.
21. Marsh, W.M. and Marsh, B.D. (1987): Wind erosion and sand dune formation on high lake superior Bluffs, *Geografiska Annaler*, vol. 69A, pp. 379-391.
22. Nordstrom, K.F. and Lotstein, E.L. (1989): Perspectives on resource use of dynamic coastal dunes, *The geographical review*, vol. 79, pp. 1-12.
23. Oison, J.S. (1958): Lake michigan dune development: 1. Wind velocity profiles, *Journal of Geology*, vol. 66, pp. 254-263.
24. Okagbue, C.O. (1987): Stability of waste spoils in an area strip mine-geological and geotechnical considerations, *Earth surface processes and landforms*, vol. 12, pp. 289-300.
25. Pye, K. (1982): Morphological development of coastal dunes in a hurrid tropical environment, Cape Bedford and Cape Flattery, North Queensland, *Geografiska Annaler*, vol. 64A, pp. 213-227.
26. Pye, K. (1986): Coastal dunes, *Progress in physical geography*, no. 4, pp. 531-550.
27. Spit, D.B. (1979): Australian landform example, *Australian geographer*, vol. 14, no. 35, pp. 248-251.
28. Swan, B. (1981): Dunes of Friday Island, Torres Strait, North Queensland, Singapore *Journal of Tropical Geography*, pp. 114-128.
29. Shuisky, Y.D. (1986): Studies of aeolian processes on seashores of the Sovlet Union, *Geografiska Annaler*, vol. 68A, pp. 33-40.
30. Thompson, C.H. (1981): Podzol chronosequences on coastal dunes of eastern Australia, *Nature*, vol. 291, pp. 59-61.
31. Toy, T.J. (1983): A linear erosion/elevation measuring instrument (Lemi), *Earth surface processes and landforms*, vol. 8, pp. 313-322.
32. Walker, H.J. and Mossa, J. (1986): Human modification of the shoreline of Japan, *Physical Geography*, vol. 7, no. 2, pp. 116-139.
33. Wasson, R.J. and Hyde, R. (1983): A test of granulometric control of desert dune geometry, *Earth surface processes and landforms*, vol. 8, pp. 301-302.

34. Yair, A. (1990): Runoff generation in a sandy area—the Nizzana Sands, Western Negev, Israel, *Earth surface processes and landforms*, vol. 15, no. 7, pp. 597-609.