台灣海域環境的現況及永續經營

報告人：國科會國家海洋科學研究中心主任　李遠輝

台灣海域的環境現況及永續經營

壹、前言

近三十年來的「台灣經濟奇蹟」使國民每人所得提升到今天的一萬三千美元，已和歐、美、日等已開發國家相距不遠（請見附錄圖表的表一），加上「台灣民主化」的成果，更值得國人自傲的。可是台灣地小人多，人口密度高達每平方公里五百九十人，是世界最高的（都市國家除外）。台灣每一　平方公尺的國民生產毛額（Gross National Product，GNP）也高達七點六　美元，僅次於日本的十二美元，及荷蘭的八點三美元。單位面積的GNP大致可以代表單位面積的環境惡化潛力。先進國家和台灣不同的是他們已設有完善的環境保護法規及執行管道。所以台灣環境實際遭受的人為污染與破壞程度，已可能是世界

數一數二的。台灣和荷蘭的面積、人口、單位面積GNP很相似，荷蘭的環保和開發政策實值得做我們的借鏡。另加一個有趣的統計是：每個台灣人只可以分到八公分的海岸線（請見表一）。所以廣大的海洋勢必是我們將來發展的重要活動空間。

目前台灣和海洋有關的經濟活動包括遠、近洋捕漁，沿海、沿岸養殖，休閒漁業及賞鯨，海砂採取，海埔地工業區的開發，各種港口、漁港、防波堤、突堤之興建，沿岸發電廠、飛機場、垃圾場、海洋放流管的興建，置放消波塊、人工魚礁等等。這些繁多的活動若事先不好好的瞭解海洋環境特性做適當規劃的話，則常造成生物、生態、及景觀等資源的嚴重破壞。海洋環境特性的瞭解則需靠長期的海象資料觀測及收集：如水深、海流、海水溫鹽、營養鹽、潮位、潮汐流、沿岸流、波浪、浮游及底棲動植物分佈、海底沉積物分佈等。甚至也

包括海上氣溫、氣壓、濕度、風速風向等；台灣海域這些海象資料的不周全或缺失，已影響到海況的預報、環境保護政策的訂立及海事工程的設計、規劃和施工。下面將利用附錄圖表分別說明我們對台灣海域環境的瞭解現況及盲點，並提出一些建議。

貳、台灣海域環境之現況

一、海底地形

請看附錄圖表的圖一，它是利用不同來源的水深資料（包括我國自行測量的）繪製的最新台灣周圍海域海底地形圖，海的深淺是用不同顏色表示。圖中清楚地顯示最深的琉球海溝及與它平行的琉球島弧，還有在台灣

島南方的馬尼拉海溝及呂宋島弧，挾在這兩個海溝之間的就是菲律賓海板塊。海溝是板塊隱沒到地函而形成的。菲律賓海板塊目前以每年七公分的速率向西北方移動而與台灣島碰撞。台灣島卻以每年四到五公厘的速率上升，造成台灣東部海岸陡峭的地形。

請看圖二甲的台灣海峽地形圖，它有水淺的台灣灘、雲彰隆起，及水深的澎湖水道、烏坵凹陷、觀音凹陷。如圖二乙所示，台灣海峽水深的海底常被細泥覆蓋。細泥覆蓋的澎湖水道是海峽南部運輸細泥到南海的主要管道。水淺的海底則是砂礫組成，有豐富的海砂資源。

請看圖三，它是中央大學接收的台灣灘人造衛星影像。平行線是海底的潮積砂波，這是泥砂在海床上受潮汐的來回搬運形成的。砂波間隔三百公尺到一千公尺，起伏有三公尺到三十公尺。繪製更精密的海峽地形圖是

國防、生態保護及各種工程必須的基本資料。目前我們正在收集南海的水深資料。

二、海流

請看圖四，它顯示台灣四周西南季風及東北季風季節，各測站在水深二十公尺的海流流速及流向（分別由箭頭長短與其方向代表）。台灣東邊有極強的黑潮洋流，速度可達每秒一公尺或每天八十六公里。黑潮有個分支由巴士海峽進入南海，並經由澎湖水道流向北，而在台灣東北部外海再與黑潮主流會合。北太平洋赤道海域是黑潮的起源地也是迴游魚類如黑鮪、日本鰻的產卵地。孵化後的黑鮪、日本鰻的幼魚，即隨黑潮北上到西太平洋邊緣海域或附近河川內成長。為永續經營這些寶貴的漁業資源，研究魚

群在黑潮上、下游的生活史及成長環境是重要的課題。台灣東部黑潮也是觀賞鯨豚的好地方。在台灣海峽尤其靠近大陸沿海的海流資訊奇缺，是將來需要補充的重點。

請看圖五，它顯示許多浮標在台灣東南海域釋放後的漂流路徑，浮標位置是用人造衛星定位系統測定的。一般浮標沿著黑潮向東北流移，但小部分浮標則偶爾漂入不同的漩渦。浮標是簡便的測海流方法，但若漁民不合作，就會遭受破壞。

請看圖六，它是一張美國國家海洋暨大氣署（NOAA）人造衛星傳送的冬天海面水溫分佈圖，水溫用不同顏色表示。目前我們每天接收一次，接收區域涵蓋渤海到南海北半部，由這些影像可以看到不同溫度的水團如何混合的動態。圖中綠色部分代表黑潮水（黃及綠棕色）與大陸棚水交互

混合而成的混合帶。此混合帶常是重要的漁場，尤其在台灣東北方的混合帶。用紫色代表冷的大陸沿岸水，它往南流移，是大陸沿海的重要漁場。黑色部分是雲蓋。利用遙測科技收集其他資料，如海面顏色分佈（包括葉綠素），海面風速、風向、海流，海面油污，海面懸浮物等等，將會越來越重要。

三、潮汐、風浪及沿岸流

精確地預報潮汐是國防、海運、漁業、工程上重要的基本資料。如第二次世界大戰諾曼地登陸的成功，部分靠正確的潮汐預報。

請看圖七，它們分別顯示台灣海峽乾、漲、滿、退潮時的潮流方向（用箭頭表示）及水位高低（用顏色表示），來回潮流速度可高達每秒一公尺。

台灣海峽一天有兩次潮汐。這些圖是我們研究中心的科學家做出來的數值模擬結果，希望不久能把颱風影響加入模式中，可預報沿岸暴潮。

請看圖八，它顯示台灣沿岸漲退潮的方向及在各港口的最大潮差。如台中港的最大潮差可達四公尺，有利於稀釋港灣及鄰近河口的污染物。沿岸潮流的南北反覆流動，可把污染物稀釋，但同時也把污染物限定在沿岸內，使污染區擴大。

圖九顯示台灣東北及西南季風及其造成的風浪方向，它常與台灣西部海岸線斜交，故風浪打到海岸時造成強大的沿岸流。一般而言，曾文溪口以北，沿岸流往南，以南往北。沿岸流與潮流是搬運沿海泥砂的主要動力。

四、海埔地和漂砂

沿岸流與潮流搬運從河川帶進沿海的泥砂，造成台灣西部沿岸的海埔地（也包括濕地、砂洲、砂丘、潟湖等），總共面積有五萬四千公頃（一公頃等於一萬平方公尺）。如圖十所示，在曾文溪口之北因沿岸流往南，海埔地亦形成在各大河口之南。在曾文溪口之南，海埔地則大致形成在河口之北。海埔地及河口是海岸生態系最豐富的地方。生育極多底棲動植物，也是幼魚成長的重要搖籃。各種珍貴稀有保育鳥類（包括許多候鳥）亦依靠海埔地覓食。保護海岸侵蝕的紅樹林及其生態系也在河口附近泥地形成。缺少泥砂的岩岸如台灣南北端、東岸及離島則成為重要的珊瑚礁成長地（請看圖十一）。為保護這些寶貴的海洋自然資源，政府亦劃定沿海自然保護區（如圖十二所示），可惜的是這些保護區又常與政府的濱海工業開發區重疊（請看圖十三），其計畫開發面積高達三萬八千公頃，佔海埔地的百

分之七十，不難想像對環境的衝擊。每個濱海工業區幾乎都設有專用港口，加上兩百五十多個大大小小的現有漁港，台灣海岸目前平均每六公里就有一個港口，實在不符合經濟效益原則，也對保護沿岸環境不利。設有專用港的工業區開發計畫，必定是偏重基礎工業及石油化學工業。但我國是否值得繼續支持這些高耗能源、水資源，又高污染的工業，實在值得商榷的。填海造成的濱海工業區及垃圾掩埋場，除整體地破壞當地海埔地的生物、生態、景觀資源外，各港口建築的突堤更會造成沿岸泥砂的重新分配。一般而言，面向沿岸流的突堤上游會造成漂砂堆積，下游則造成海岸侵蝕，使得海岸線變遷。把問題更複雜化的是：歷年大量開採河川砂石及水庫興建的結果，使河川運輸到河口的砂石量大減，而使海埔地普遍地受到侵蝕。台灣西海岸三、四百年來本是泥砂淤積的環境，在這一代就變成侵蝕環境。

為防止海岸侵蝕，大量任意放置的消波塊，則再一度地破壞景觀資源。並且常在大風浪下，許多消波塊及人工魚礁埋沒到砂裡不見，補不勝補。請看圖十四，它提供一個不甚瞭解海域環境任意建造漁港的負面例子。圖中一組虛線代表海波、箭頭代表海波打到海岸後形成的沿岸流方向。在和美漁港（位在台灣東北角）尚未建造前，沿岸流把砂匯集到金沙灣，形成良好的海水浴場（圖十四上）。但在民國八十年，興建漁港之後，其防波堤改變海灣內的海波方向，產生往北流的沿岸流，而把金沙灣內的砂帶入漁港中（圖十四下），造成經濟上及生態上的損失。有系統地觀測、調查及瞭解台灣海峽的海象、自然資源、及兩者之間的依附關係，應是任何經濟開發的基本依據。

五、沿海污染

台灣西岸大小城市的家庭污水垃圾，工業廢水廢土，建築業棄土及畜牧業廢水等常直接排放或倒棄到各河川、港口及沿海。這些污染物被潮流、沿岸流沿著海岸搬運擴散，造成台灣西岸沿海的高度污染，這些已有許多污染報告。如各地牡蠣和蚵類含銅量遠超過背景值的百萬分之八十（80 ppm），有的甚至高達百萬分之四千以上（4000 ppm）（請看圖十五），形成所謂的綠牡蠣。近十年來幼魚與鰻苗在近海、沿海捕獲量有下降趨勢，其原因實在值得深入探討。各種廢棄物、塑膠製品、空罐等，佈滿各地海灘，也是有目共睹的常態。最近台十一線的公路拓寬工程造成大量泥砂倒入東部沿海，各種珊瑚已遭受不同程度的傷害，加上沿路消波塊林立，影

響景觀至巨，凸顯出各有關單位之間的協調不周。合理的開發和環保應可共存的，如何量化各種污染物進入沿海、沿海之自淨能力及生態的敏感度是重要的課題。

六、沿岸養殖與地層下陷

如圖十六顯示，近海、遠洋捕魚一直是台灣的主要漁業。近十年來遠洋漁業變為主角，另一方面內陸養殖（主要為沿岸養殖）生產量自民國六十三年一直增加到民國七十九年的頂峰，之後就平平或略減。這些沿岸養殖業抽取了大量的地下水，已在宜蘭、西岸中南部造成不同程度的沿岸地層下陷（看圖十七）。受地層下陷影響的總共面積高達十二萬公頃，約有海埔地的兩倍大。屏東沿岸累積最大下陷量已高達二點九公尺，海水入侵

地下水造成當地五公里內的井水嚴重鹽化。沿岸地層下陷已影響建築物的安全性，也造成暴潮海水的倒灌、土地鹽化、及西岸中南部海岸防風林的大量枯死。為防止暴潮海水之倒灌，台灣西岸從北到南幾乎全被海堤及河口堤圍堵。海堤的設計又常缺乏親水性的景觀考量，心理上它反變成新的「萬里長城」（已有五百三十公里長），即海堤外不屬於家園，被看成可任意破壞、亂倒廢棄物的無人地帶。一方面填滿海埔地為新陸地，一方面則由海岸侵蝕及地層下陷而失去寶貴的國土，得不償失，足見整體國土規劃的重要性。

參、結語

以上舉例說明了有系統地長期收集台灣海域各種海象、自然資源資料的重

要性。目前國內海象資料的觀測、收集主要是靠各大學研究單位、海軍海洋測量局、中央氣象局、各港務局、港灣技術研究所、水產試驗所、中油、台電等十幾個單位，但觀測項目、重點常不一，觀測頻率也不同，加上測量精確度良莠不齊，實在無法做有效的整合，更談不上資料的分析。

好資料的收集只是科學研究的初步，研究成果更須是訂立有關海域活動的法令及其執行辦法的重要依據之一。目前國內有關海域開發的法令繁多，管理單位也不少。如單一個濱海工業區的開發案就牽連到二十九個法令，八個管理單位（請看表二）。

我們真需要參考國外經驗，建立一個有實權的專責機構（如美國的「國家海洋暨大氣署」、日本的「海洋科學與技術中心」及「氣象廳」、南韓的「海洋研究發展中心」、中共的「國家海洋局」），來推動與協調國內各種海域資

料的觀測、收集及研究，並以研究結果為依據來訂定各種法令及管理辦法，又提供資訊服務，促進公民教育與社會共識。要不然無事實作根據的「開發」與「環保」之爭，只會兩敗俱傷。所有對海洋的開發認真的國家都具有完備的近海和遠洋研究船隊。目前台灣只有三艘近海研究船，我們實需添加一艘先進的遠洋研究船。海洋科學本來就是冷門，然而它又是國家社會不能或缺又花錢的學門。政府實需有一貫的鼓勵政策來培育優秀的海洋研究人才。目前台灣海洋學門出來的學生無太多就業選擇，來念的學生也就越少，程度也會越差。如果後繼無人，更談不上面對二十一世紀科技資訊世界的挑戰。最後附上美國國家海洋暨大氣署的組織架構以供參考。

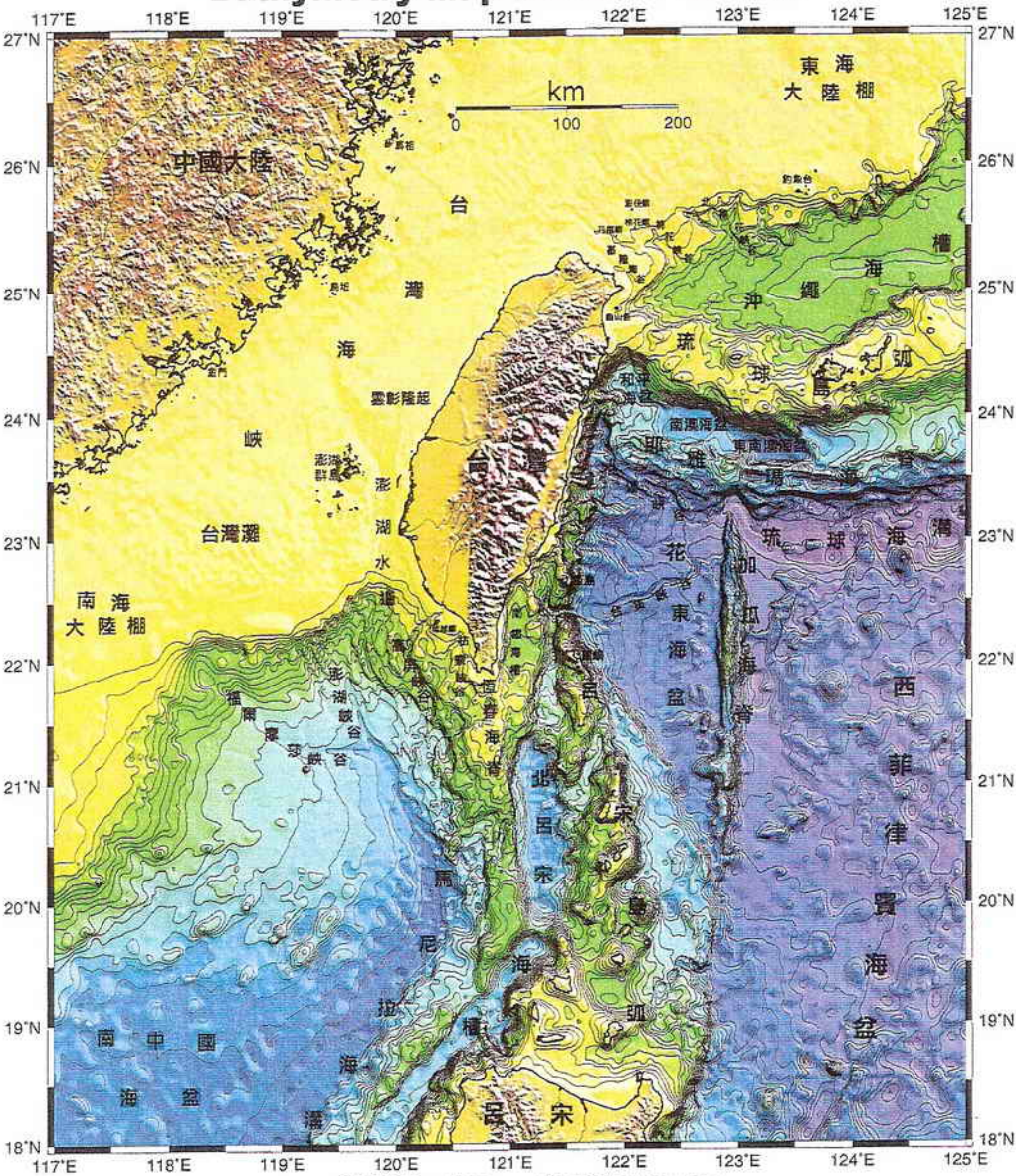
表一：歐、美、日、台統計

國名	面積 ($10^9 m^2$)	海岸線 ($10^3 m$)	人口 (10^6)	GNP ($\$ 10^9$)	人口密度 (人/km^2)	每人 GNP ($)	GNP/面積 ($\$ /m^2$)	每人海岸線(cm)
台灣	36	1,600	21	274	594	13,000	7.6	8
英國	244	8,900	59	1,172	241	20,000	4.8	15
法國	547	7,800	58	1,530	106	26,000	2.8	13
意大利	301	5,100	57	1,214	190	21,000	4.0	9
丹麥	43	6,500	5	182	116	35,000	4.2	130
瑞典	450	6,800	9	250	20	28,000	0.6	76
荷蘭	41	1,500	15	340	380	26,000	8.3	10
西班牙	505	3,000	39	581	77	15,000	1.2	8
美國	9,363	56,700	266	7,638	28	29,000	0.8	21
日本	377	33,100	126	4,560	334	36,000	12.0	26

圖一：

台灣周圍海域海底地形圖

Bathymetry Map Offshore Taiwan



Dataset: TaiDBMv6　　色階單位：公尺　　等深線間距200公尺

-6000　-5000　-4000　-3000　-2000　-1000　0　1000　4000

國家海洋科學研究中心海洋資料庫　　1997年8月1日 成立

網址：http://duck2.oc.ntu.edu.tw/core/center.html

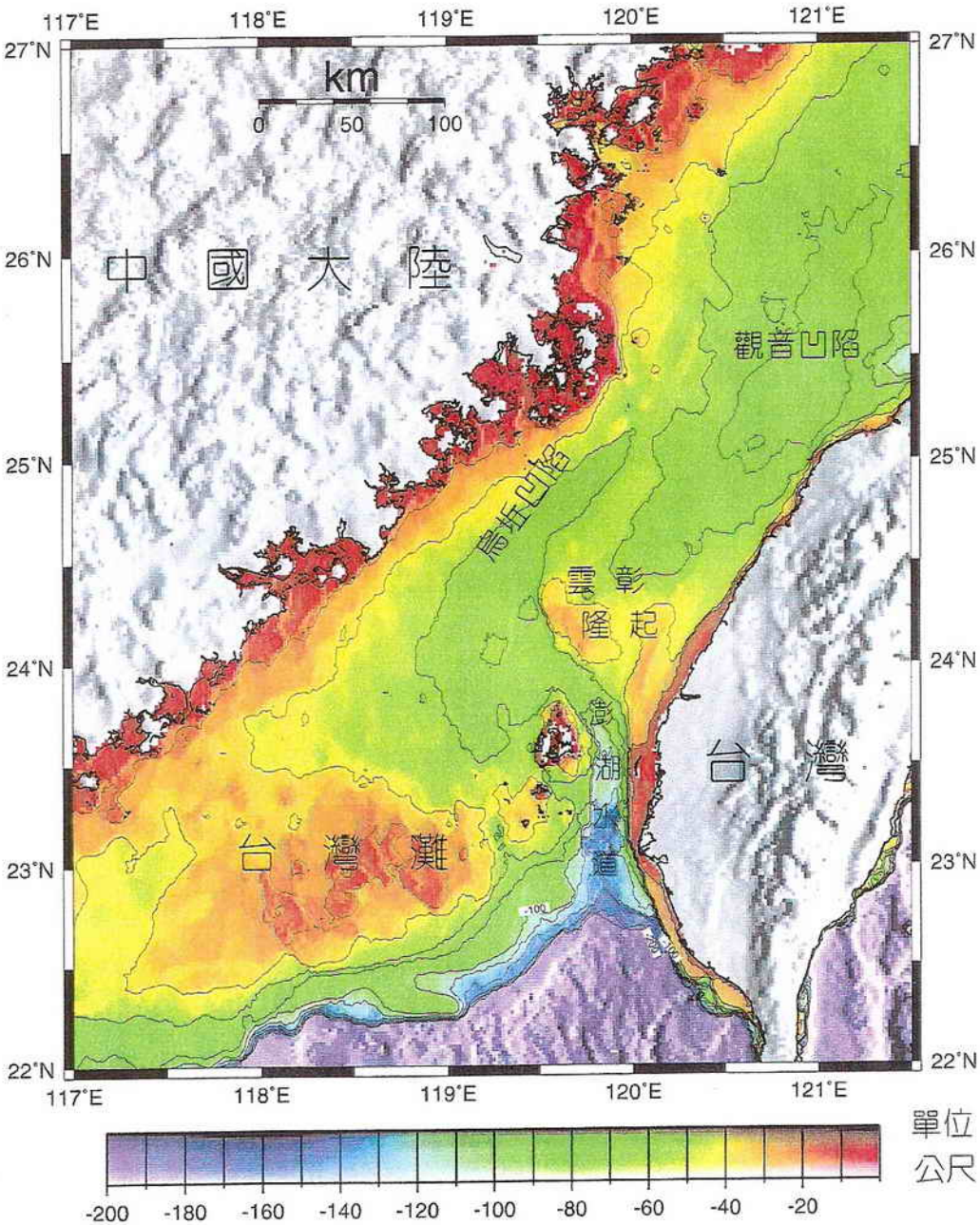
專線電話：(02)23640921　　傳真：(02)23644049

分機電話：(02)23655671轉109

海洋資料庫製 1998.12

圖一十・

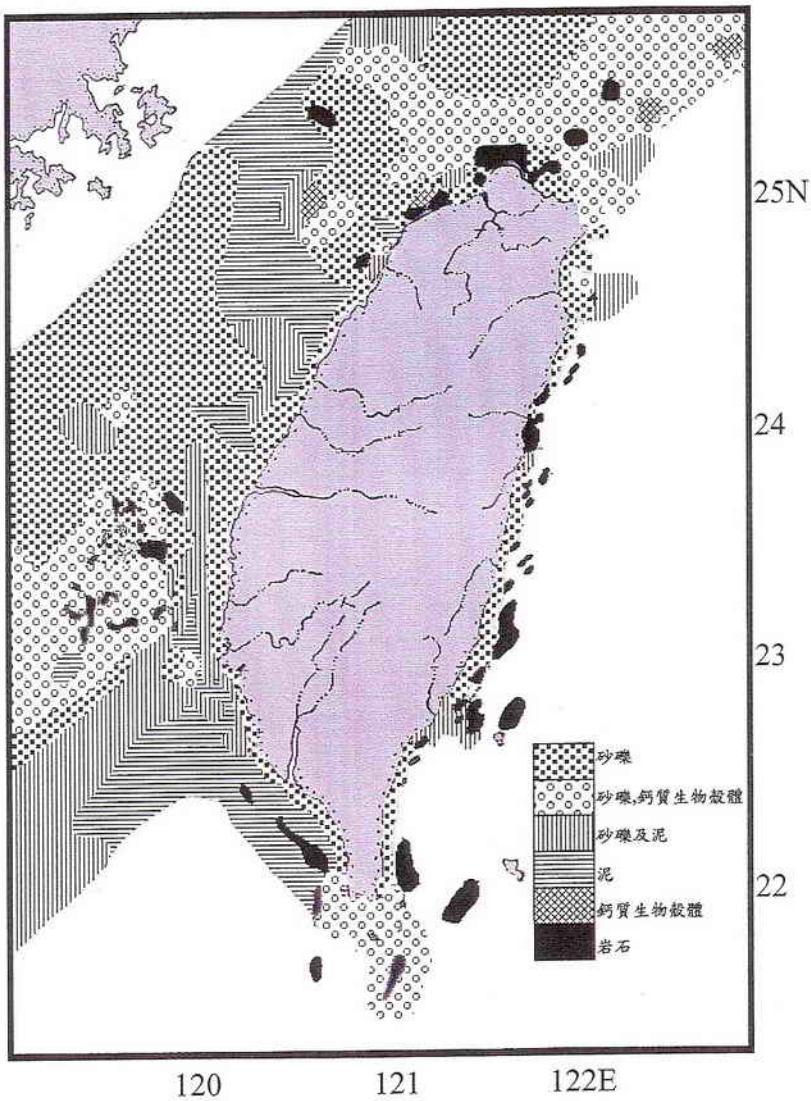
台灣海峽海底地形圖



國家海洋科學研究中心海洋資料庫
Ocean Data Bank, National Center for Ocean Research
URL: http://duck2.oc.ntu.edu.tw/ TEL: +886-2-23640921 FAX: +886-2-23644049

圖二乙：

台灣四周海域底質型態分佈圖



台灣大學海洋研究所
陳民本 教授提供

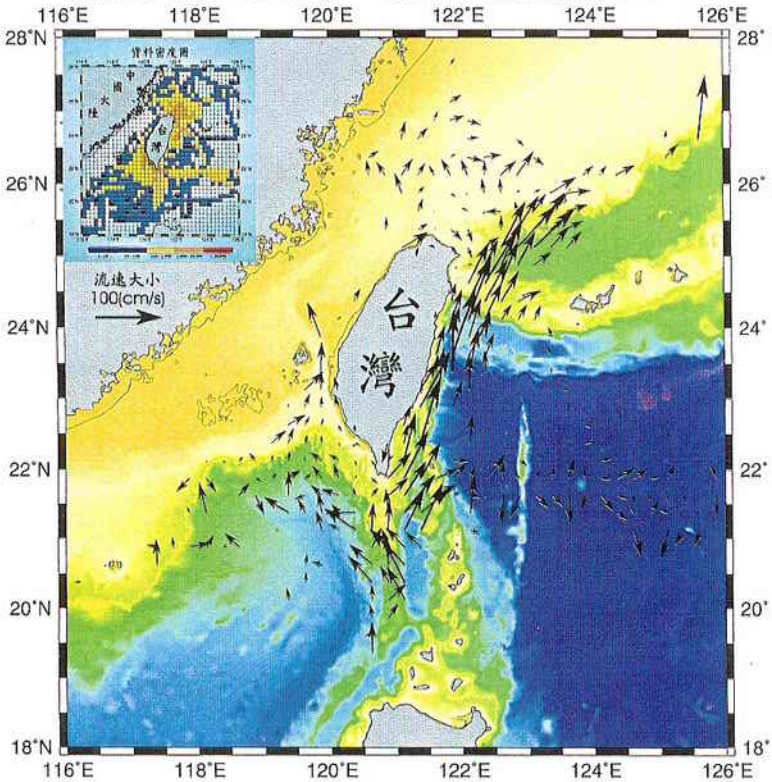
圖三：台灣灘遙測影像。平行的是砂丘

海洋大學海洋系
許明光 教授提供

圖四： **台灣周圍海域水深20m流矢圖**

西南季風（4-10月）1985/01-1998/12

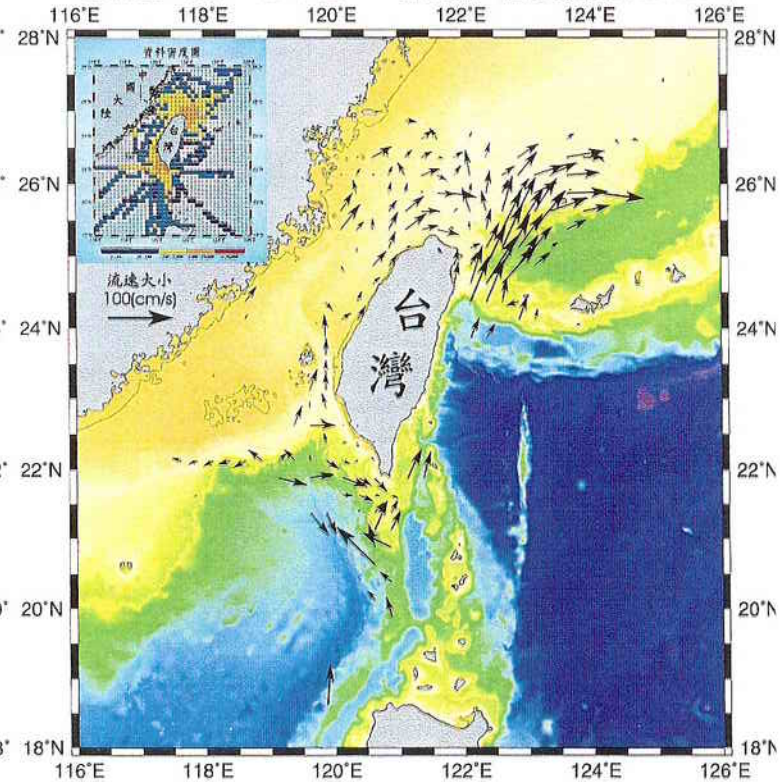
資料來源：海研一、二、三號　　資料種類：船錨式流剖儀（Sb-ADCP）



台灣周圍海域水深20m流矢圖

東北季風（11-03月）1985/01-1998/12

資料來源：海研一、二、三號　　資料種類：船錨式流剖儀（Sb-ADCP）



水深色階（M）

-8000　-5000　-3000　-2000　-1000　-100　0

國家海洋科學研究中心海洋資料庫　　1997年8月1日 成立

網址：*http://duck2.oc.ntu.edu.tw/core/center.html*

專線電話：*(02)23640921*　　傳真：*(02)23644049*

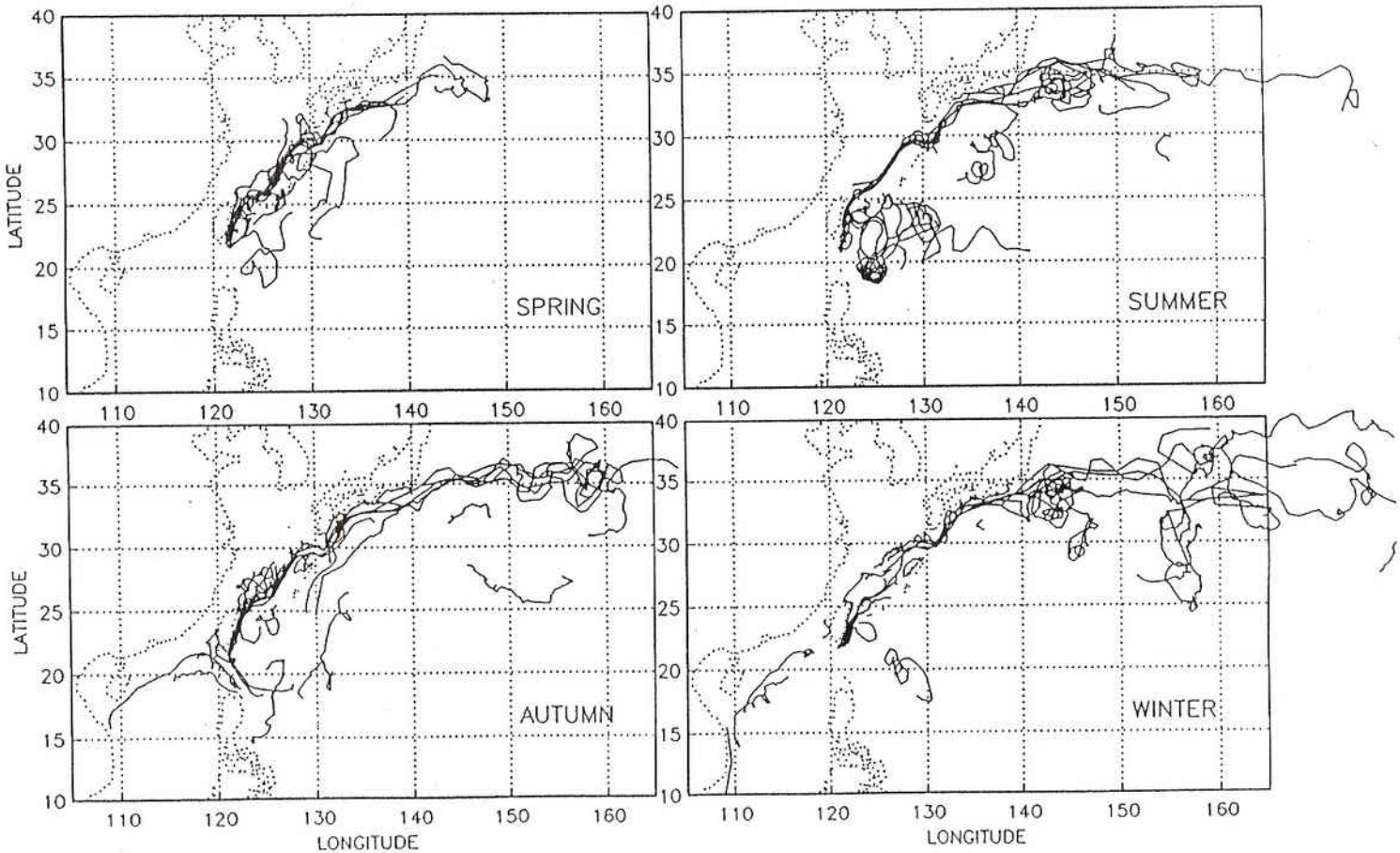
分機電話：*(02)23655671轉109*

海洋資料庫製 1999.03.29

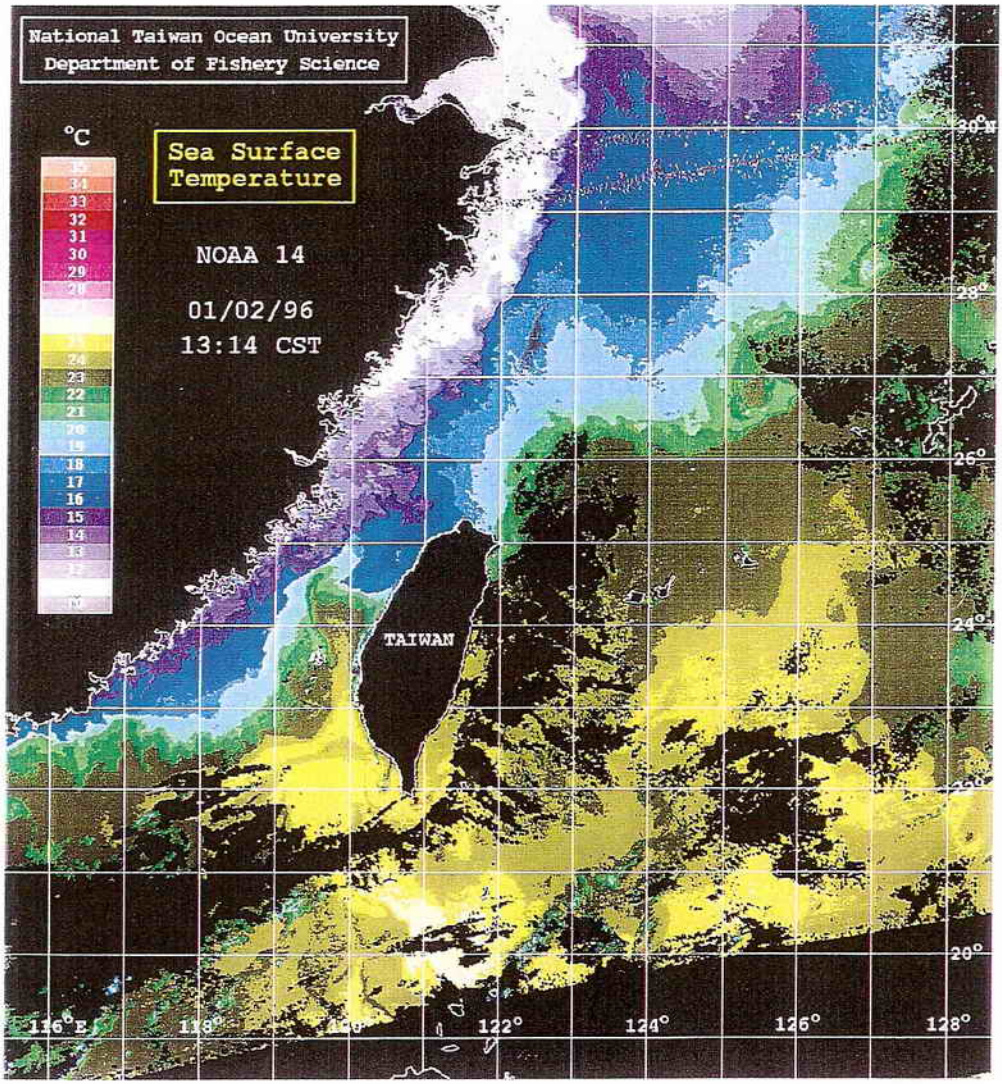
圖五：黑潮浮標放流實驗

1991–1993 Kuroshio drifter experiments

海洋大學海洋系
胡健驊 教授提供



圖六：台灣海域表水溫度（一九九六年，一月二日）



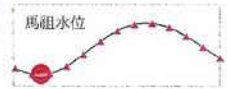
海洋大學海洋生物所
李明安 教授提供

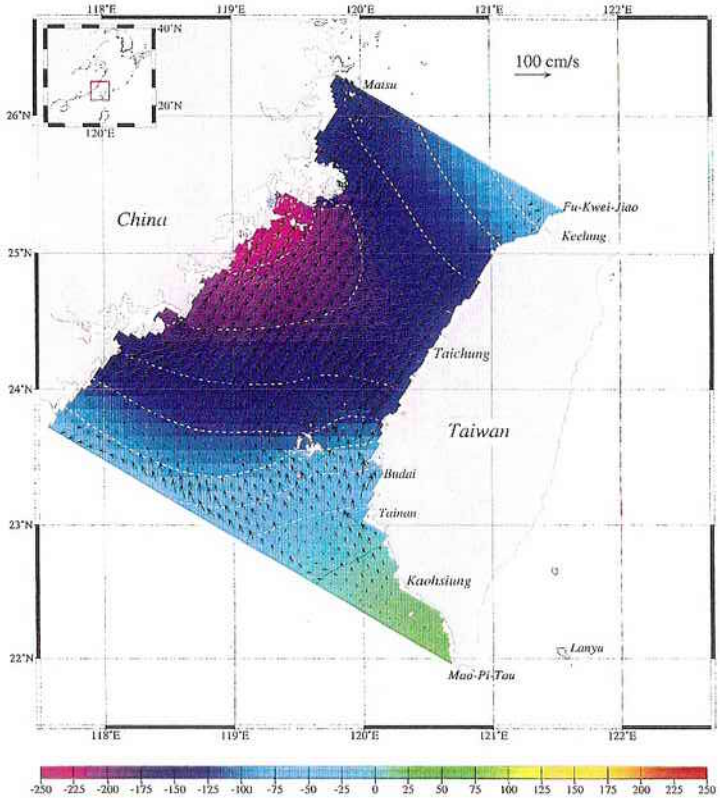
圖七： 臺灣海峽 潮汐模擬(一)

國家海洋科學研究中心
詹森、王玉懷 研究員提供

乾潮

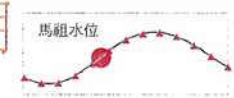
1998/11/30 0100

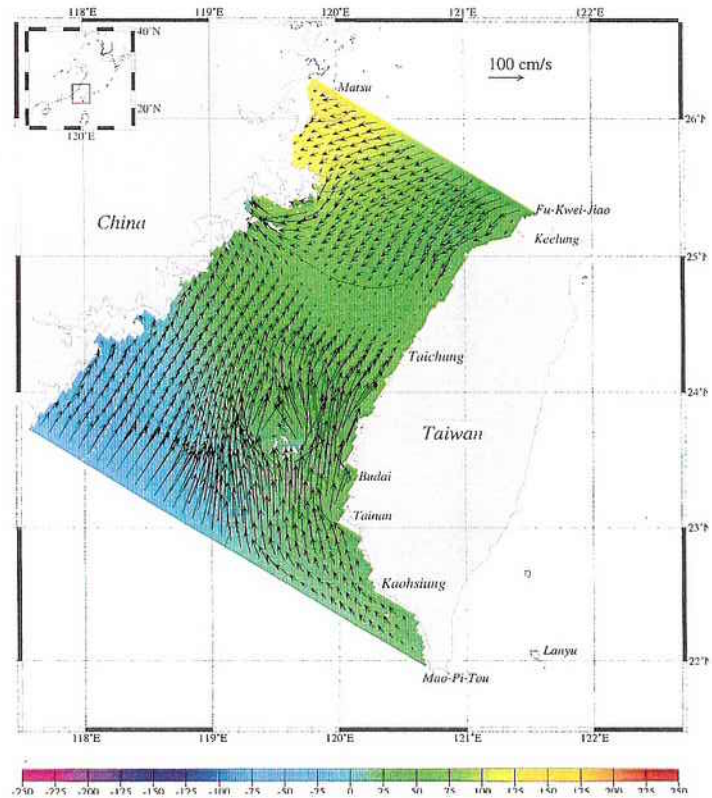




漲潮

1998/11/30 0400

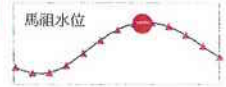


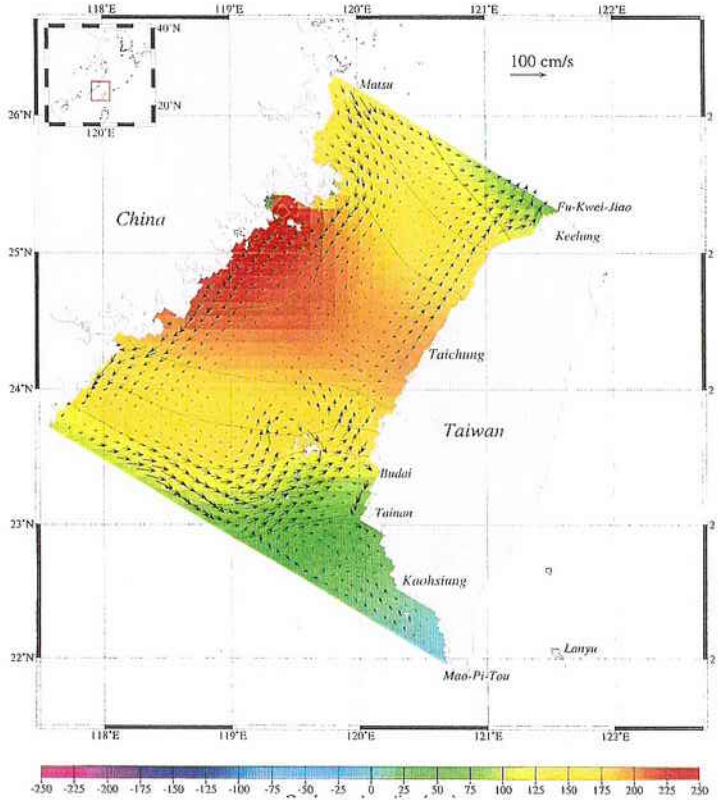


圖七：臺灣海峽 潮汐模擬(二)

滿潮

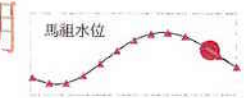
1998/11/30 0700

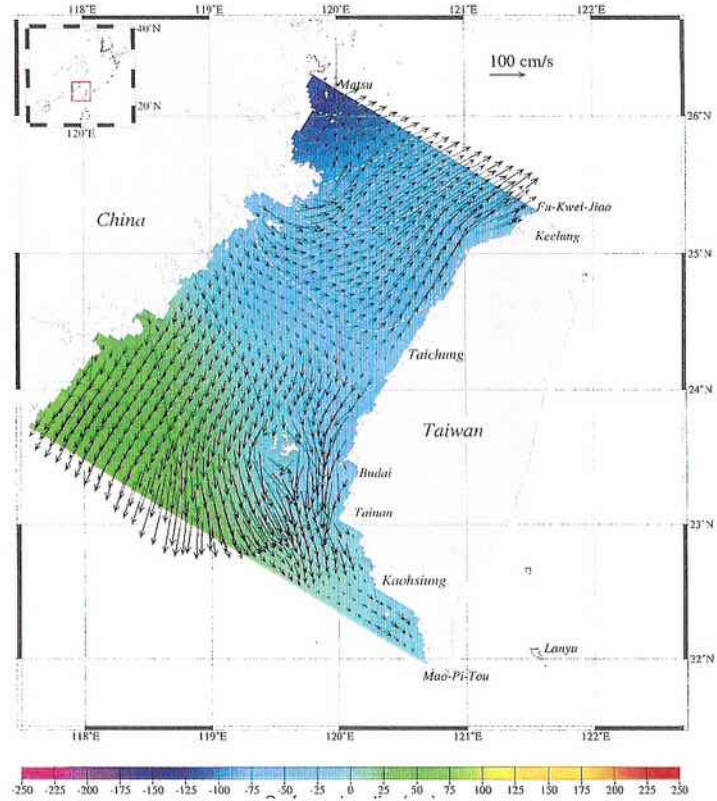


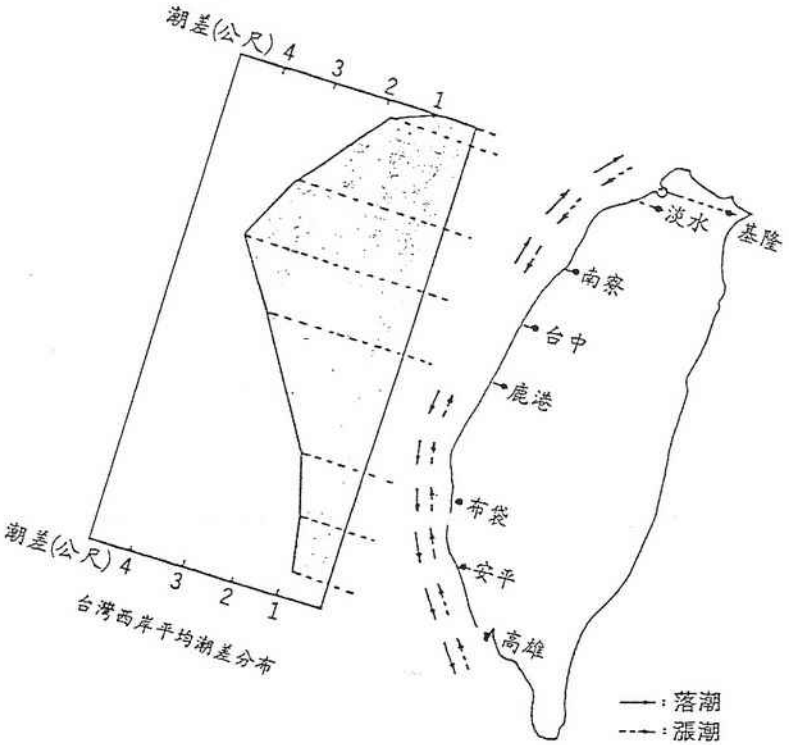


退潮

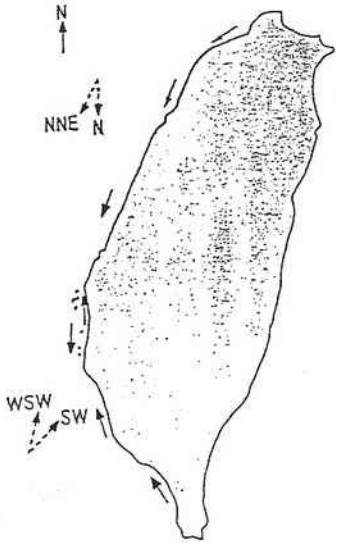
1998/11/30 1000



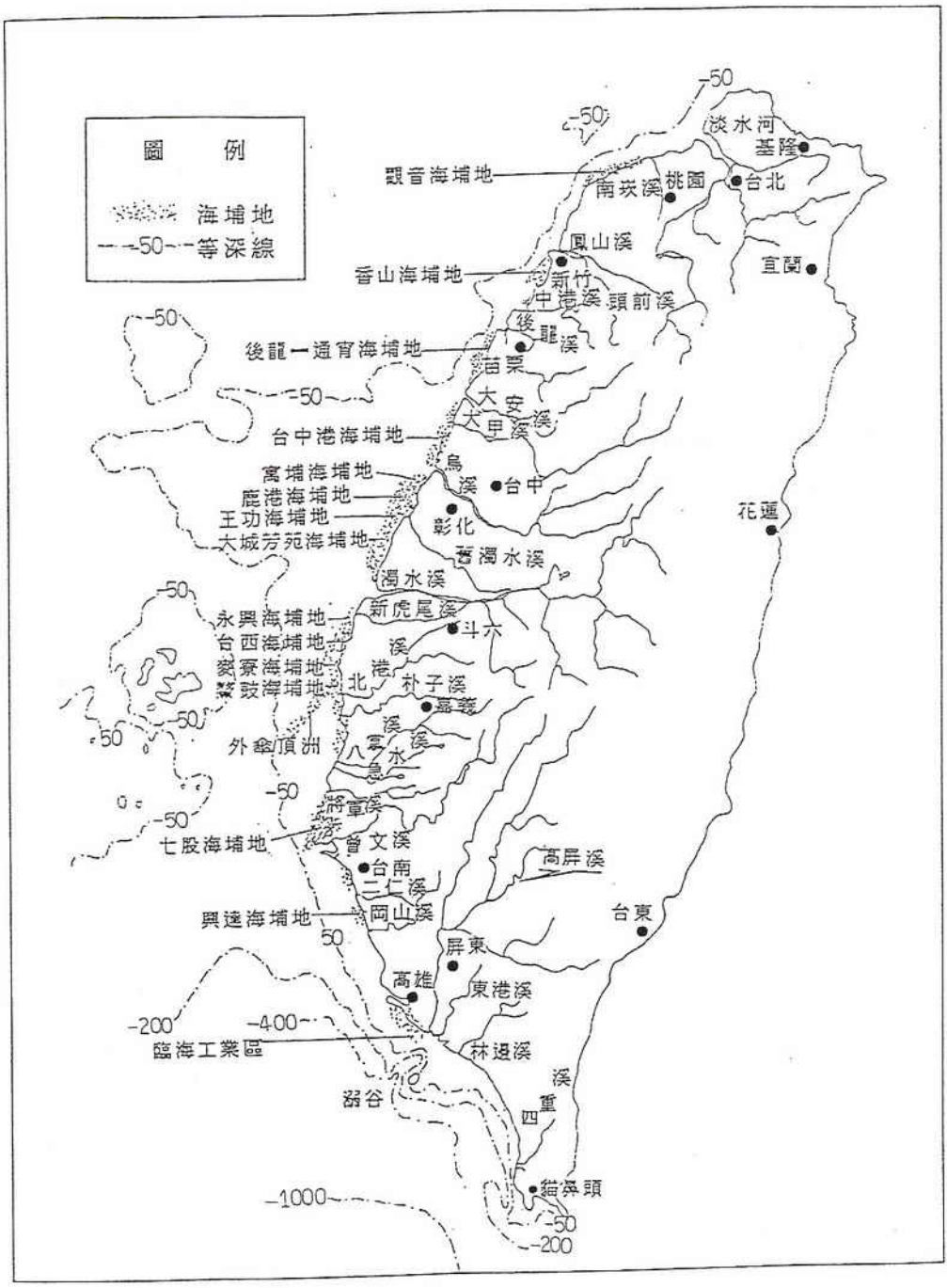




圖八： 台灣西部沿海一般漲、落潮流流向



圖九： 台灣西岸的主要風向（---►）及一般漂沙方向（—►）



圖十： 台灣西部海岸等深線、海埔地簡圖

圖十一：

台灣地區珊瑚礁的分布

台灣位處世界珊瑚分布的中心地帶「印度——太平洋羣」上，珊瑚資源非常豐富。台灣本島北部及東部的珊瑚種類、數目並不多，西部因爲是沙岸，珊瑚不易附著，幾乎沒有珊瑚的蹤跡。南部墾丁沿海，是台灣本島珊瑚礁最發達的區域，至於蘭嶼、綠島、小琉球、東沙羣島等離島，珊瑚資源就更豐富了。澎湖羣島海域的珊瑚種類和數量稍遜，但部分地區的珊瑚景觀很特殊。

● 野柳／蜂孔珊瑚／水深10公尺

● 基隆和平島珊瑚羣／水深10公尺

● 台灣北部

主要分布在富貴角到鼻頭角附近的岩石海岸區，幾乎是造礁珊瑚分布的北界。因水溫較低，沿岸海床均爲砂岩和頁岩構成，在東北季風盛行季節，海蝕作用強烈，水質混濁，沉積物多，加上海床不穩固，珊瑚生長不佳。

● 台東三仙台珊瑚羣／水深10公尺

● 澎湖羣島

澎湖羣島雖無隆起的珊瑚礁，但岩石前端附近皆爲珊瑚礁，有些地方自海岸向外延伸至十餘公里，造成沿岸甚淺的現象。

● 東沙羣島／蜂孔珊瑚／水深5公尺

● 台灣東部

東部沿海有黑潮主流經過，水質清澈，溫度適宜，但由於海底坡度陡，海床較不穩定，且部分地區海流過於強勁，因此珊瑚的生長情形頗不一致。據調查，較佳的地區在蘇澳、龜庵、三仙台附近沿海。

● 綠島珊瑚羣／水深20公尺

● 東沙羣島

是一個面積百餘平方公里的環礁（呈環狀的珊瑚礁，中央部分爲水域）。其珊瑚礁的生物相與恆春半島及小琉球皆甚相近，由珊瑚生物地理學的觀點來看，可能是我國海域中珊瑚種類歧異度最高的地區。

● 小琉球珊瑚羣／水深5公尺

● 琉球嶼（小琉球）

海岸爲隆起的珊瑚礁圍繞，高度約7公尺，寬度達100公尺，末端與海面下的現生珊瑚連接。整體而言，小琉球的珊瑚種類與恆春半島相似。

● 蘭嶼／蜂孔珊瑚／水深20公尺

● 蘭嶼和綠島

沿岸皆有隆起的珊瑚礁，其高度不一，皆與海面下的現生珊瑚礁相連。此二島皆位於黑潮流域，沿岸水質清澈、水溫適宜，珊瑚的生長甚佳。

● 墾丁海岸／熱鬧軟珊瑚／水深8公尺

● 台灣南部

恆春半島沿海是台灣本島珊瑚生長最佳的地區。沿岸雖係紅麗的隆起珊瑚礁景觀和海底豐富美麗的珊瑚礁生態相互輝映。在貓鼻頭至大佬鼓之間，是台灣沿海僅見的大型軟珊瑚羣聚，成成可見直徑1公尺以上的軟珊瑚羣體。

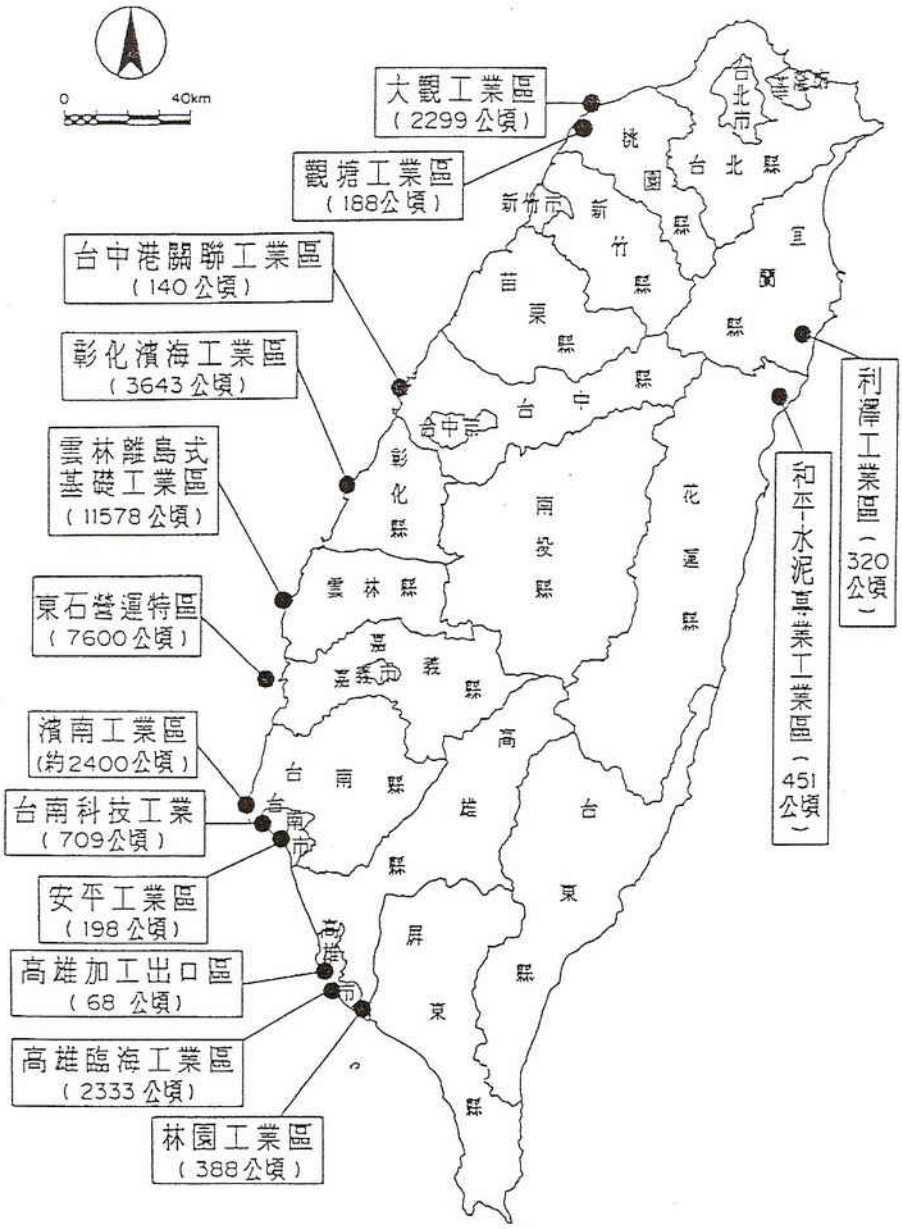
珊瑚礁分布區

地圖繪製／裴情那

資料來源：參考內政部營建署，民國73和76年，「台灣沿海地區自然保護計畫」報告第七頁圖四

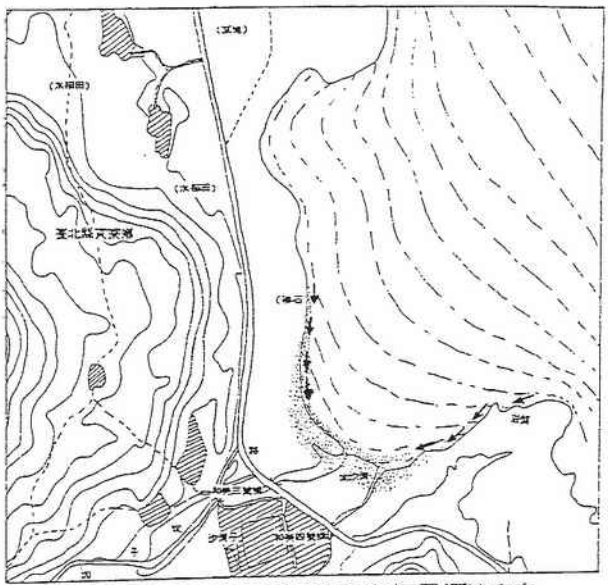
「註」東北角、墾丁及東部海岸三區風景特定區未繪出

圖十二：台灣沿海自然保護區位置示意圖



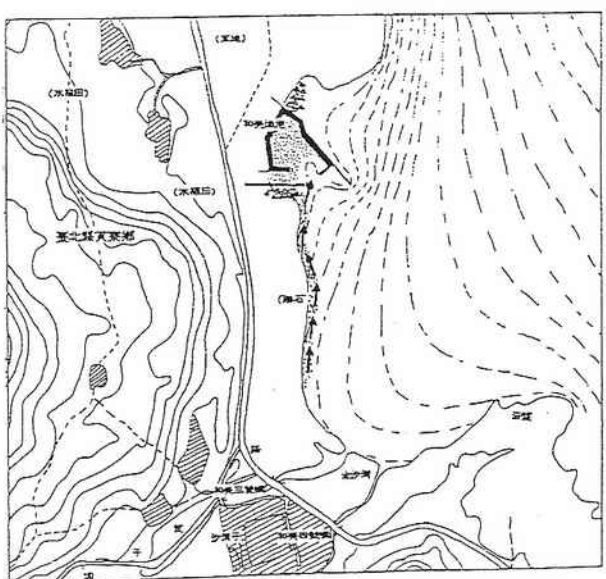
圖十三： 台灣濱海工業區開發圖

圖十四：



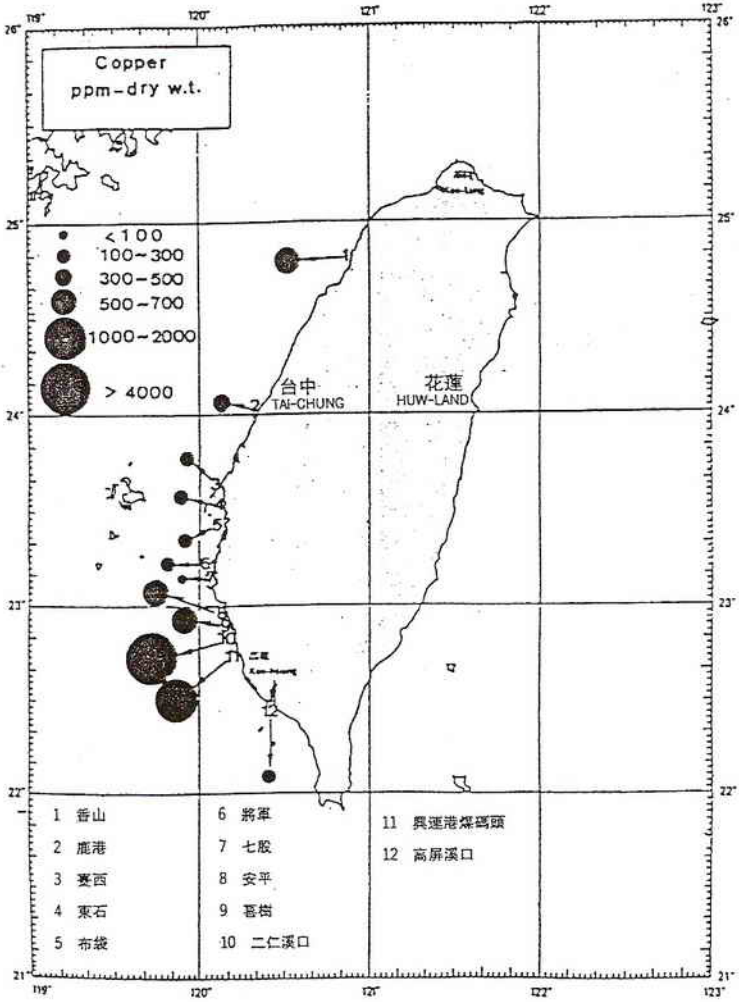
和美漁港興建前波浪繞射情況及漂沙方向

scale
0 50 100 150 m



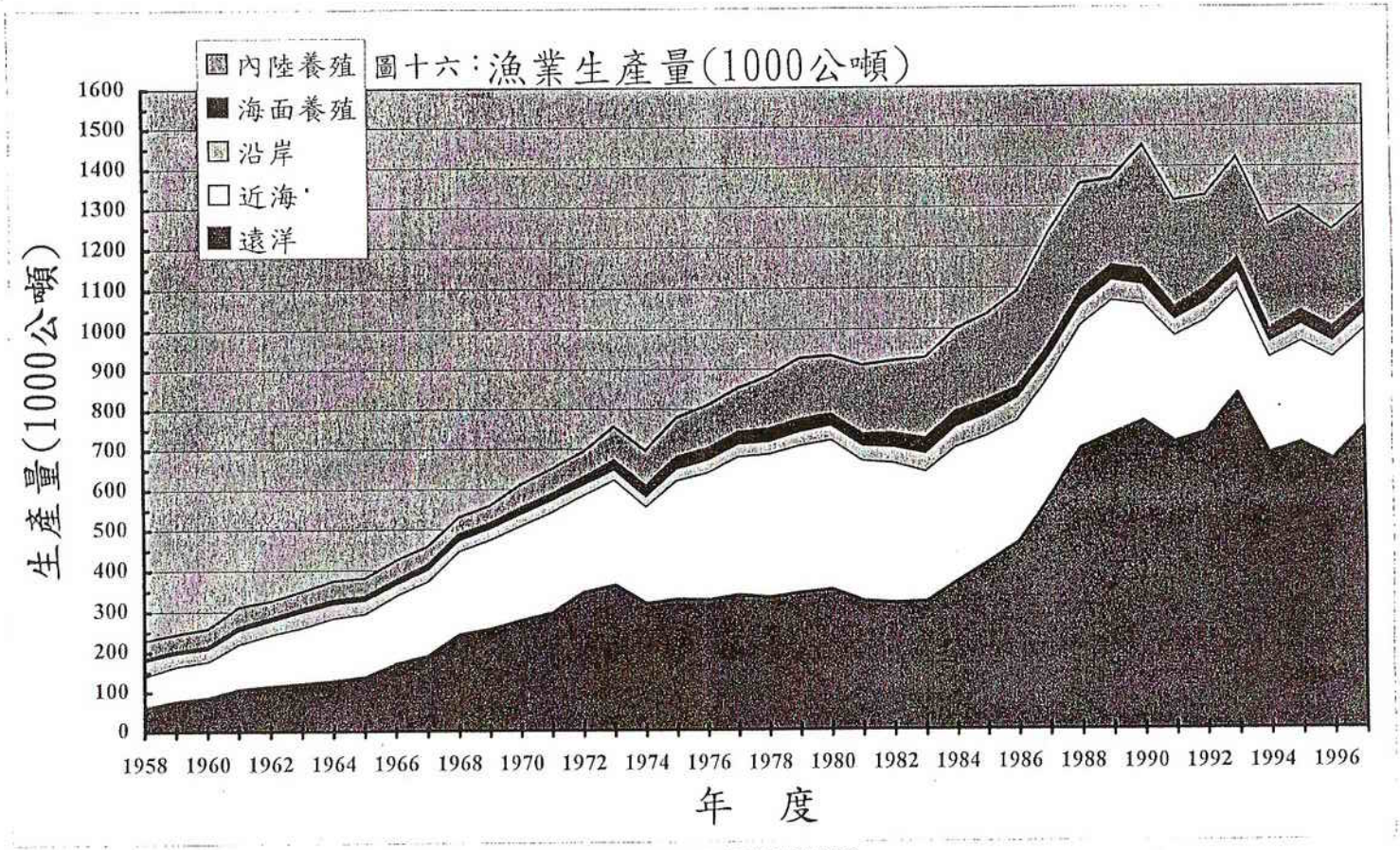
和美漁港興建後波浪繞射
情況及漂沙方向之改變

台灣大學地理系
張石角 教授提供



圖十五：台灣西部沿海牡蠣養殖區之蚵含銅量

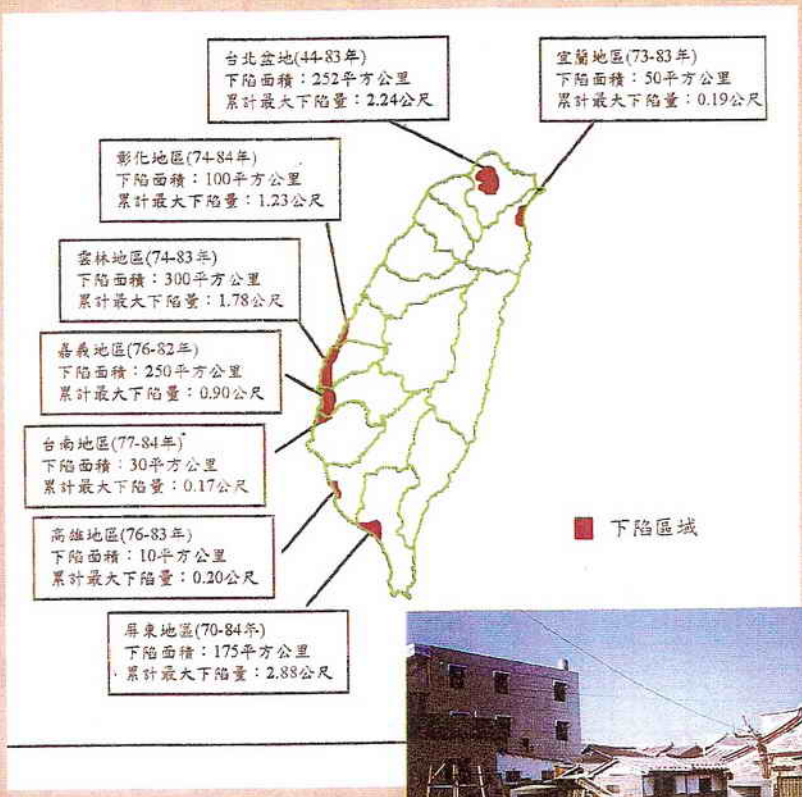
台灣大學海洋研究所
林曉武 教授等提供



台灣大學海洋研究所
許建宗 教授提供

圖十七：台灣哪些地區的地層會下陷？

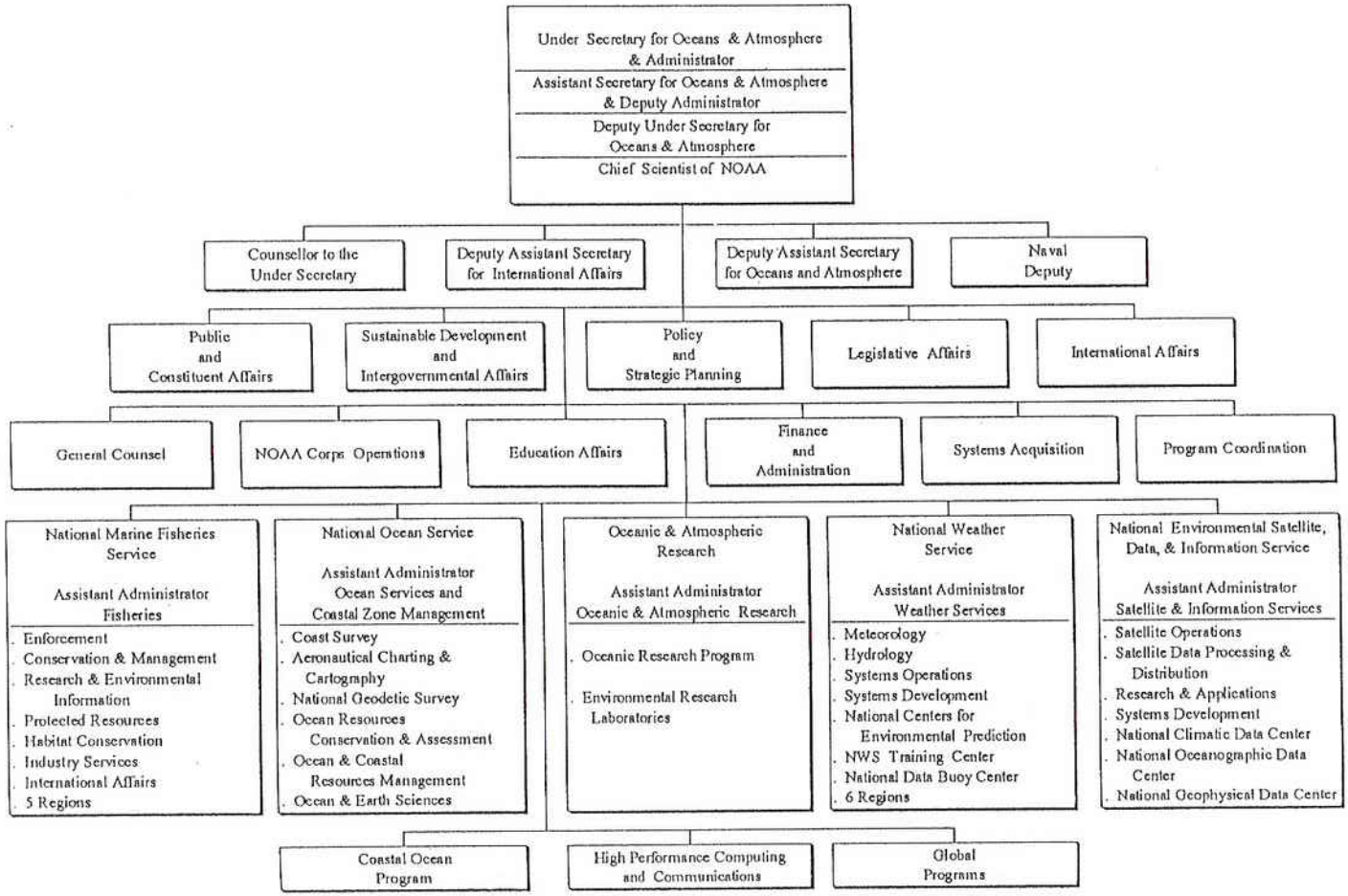
台灣地區的地層下陷主要發生於台北、宜蘭、彰化、雲林、嘉義、台南、高雄、屏東等縣市，地層下陷的面積總計達1057平方公里，約佔平原地區面積的十分之一之多，其中台北盆地的地層下陷已漸趨緩和，但西南及南部濱海地區仍在持續下陷中。



大雨過後，地層下陷區較低窪的民宅浸泡在積水之中，積水久久無法消退。

台灣大學地質系
賈儀平 教授提供

表二　濱海工業區相關管理法規與管理機關一覽表

相關法規		農委會	內政部	經濟部	交通部	財政部	國防部	環保署	台灣省政府
1	土地法及其施行法		V						
2	區域計畫法		V						
3	都市計畫法		V						
4	非都市土地使用管制規則		V						
5	建築法		V						
6	促進產業升級條例			V					
7	文化資產保存法	V							
8	國有財產法					V			
9	國安法						V		
10	森林法	V							
11	漁業法	V							
12	漁港法	V							
13	水利法			V					
14	礦業法			V					
15	商港法				V				
16	台灣沿海地區自然環境保護計畫		V						
17	水污染防制法							V	
18	廢棄物清理法							V	
19	環境影響評估法							V	
20	野生動物保育法	V							
21	水土保持法	V							
22	農業發展條例	V							
23	海域石油礦探採條例			V					
24	海埔地開發管理辦法		V						
25	國有非公用海岸土地放租辦法					V			
26	台灣地區地下水管制辦法			V					
27	台灣省河川管理規則								V
28	台灣省海堤管理規則								V
29	土石採取規則			V					

U. S. DEPARTMENT OF COMMERCE
NATIONAL OCEANIC & ATMOSPHERIC ADMINISTRATION