

## 要 目

- ❖ 港工材料海生物腐蝕研究  
第一部份 高雄港區之附著海生物
- ❖ 港灣形狀美觀評估
- ❖ 花蓮港港池不穩靜改善對策
- ❖ 臺灣地區船運貨櫃貨物種變遷之探討
- ❖ 殘差分析應用於迴歸模式檢定之介紹
- ❖ 亞太經合會海洋模式研討會通告

中華民國八十六年十月出版

## 目 錄

- 一、港工材料海生物腐蝕研究  
    第一部份 高雄港區之附著海生物 ----- 1  
    李賢華 國立中山大學海洋環境系教授  
    宋克義 國立中山大學海洋生物研究所教授  
    饒 正 港研所副研究員兼港工組組長
- 二、港灣形狀美觀評估 ----- 15  
    張憲國 國立交通大學土木工程系副教授
- 三、花蓮港港池不穩靜改善對策 ----- 17  
    簡仲環 港研所研究員兼數模組組長
- 四、臺灣地區船運貨櫃貨物種變遷之探討 ----- 23  
    朱金元 港研所研究員兼規劃組組長
- 五、殘差分析應用於迴歸模式檢定之介紹 ----- 27  
    謝幼屏 港研所助理研究員
- 六、亞太經合會海洋模式研討會通告 ----- 36  
    蘇青和 港研所研究員

# 港工材料海生物腐蝕研究

## 第一部分 高雄港區之附著海生物

李賢華  
宋克義  
饒 正

國立中山大學海洋環境系教授  
國立中山大學海洋生物研究所教授  
港研所副研究員兼港工組組長

### 壹、前 言

台灣為一四面環海之島國，沿海除了有海港碼頭、防波堤等港工設施外，鑽油平台、跨海大橋等皆處於海洋環境中。而近年來一遇颱風來襲則造成重大損失，如民國八十三年提姆、道格颱風過境，造成花蓮港、蘇澳港、龍洞遊艇港及高雄港等各港口，多處港工設施之破壞、沈陷等重大損害。顯示出相當部分的港工設施，已面臨或提早到達設計之年限，究其原因，各港工結構面臨險惡之海洋環境而被腐蝕、侵襲，造成材料之彈性疲乏，強度損失，以致使用年限大為縮短應為重要因素之一。港工結構所使用的材料，除了石料之外、主要為鋼構材料及混凝土或鋼筋混凝土材料為主。其中鋼構材料如鋼板樁、鋼管樁及配合使用之拉縴鋼纜等各種鋼料，材質均以碳鋼為主。而混凝土材料之使用則更為廣泛，其中如重力式碼頭結構包括各種混凝土塊、各種沈箱式結構，基樁式及棧橋式碼頭結構所使用之PC樁、RC樁等均為混凝土、鋼筋混凝土或預力混

凝土所組成。

就鋼構材料而言，其影響材料性質變化最重要者為材料之腐蝕，造成鋼構材料腐蝕的原因有許多，最主要的為電化學作用所形成的金屬鏽損。電化學作用則是陽極的金屬材料失去電子，形成正離子為氧化反應；而海水中或水面之氧則吸收此負離子，形成氫氧離子是為陰極反應。然後該金屬離子與氫氧離子結合為氫氧化合物或氧化物，沈澱於原金屬表面是為鏽損。鋼構材料腐蝕後，主要的影響造成構材斷面縮小，性質改變，整體結構變化以至最終強度損失，無法承擔外力的作用。另一造成腐蝕的原因則為海洋生物的附著作用，此部分的影響則是多方面的；其一，海生物附著將對構材造成局部性腐蝕，原因可能為海生物排放黏液中含酸性物質，或海生物附著下造成厭氧環境，厭氧菌釋出酸性物質等而造成腐蝕。其二，海生物附著於構材上，將增加構材之重量，在結構受力時，其慣性載重將相對增大，再加上海生物附著後構材半徑加大，其所留滯的水量(Trapped Water)，亦

將增加“外加質量”(Added Mass)之值。其三、海生物附著於構材上，將使構材表面之粗糙程度及表面積均增大，造成作用之拖曳力之增加。因此在力學分析上討論時，海生物附著之影響將是雙重的，也就是除了腐蝕造成斷面損失、強度降低之外，也將使得拖曳力及慣性作用力增大，以致整體結構之安全因子亦相對降低，對耐久性、安全性之負面影響顯而易見。

## 貳、海洋附著生物

海洋附著生物或稱為海垢生物或水垢生物(marine fouling organism)附著是所有海洋工程面臨的重要問題之一，在海洋環境中任何固體物質均可能被海垢生物所附著，而海洋工程的進行提供許多海垢生物可附著的底質，物體浸在海水中經由物理、化學及生物上的各種不同因子作用後，附著於底質形成複雜的海垢生物層。

一般最為常見的海洋附著生物有藤壺、管蟲、苔蘚蟲、海鞘及海葵等，這些著生性的生物都具有浮游性幼生，幼生受到水流的帶動散播後，著生於新的環境中。海垢生物的繁殖受海水深度、溫度、光度及滋養物影響，也因季節及潮汐變化而異，幼生的著生(settlement)或者是迴流(recruitment)在族群結構上扮演著重要的角色，而不同種間對底質的競爭及遭掠食者的掠奪，同樣也是影響族群結構的重要因素。

幼生在浮游期間需要一些適當的誘引(inducer)才會著生，這些誘引包括水流速度、底質表面的輪廓、光照及化學誘因，如果缺乏相關的誘引，幼生則可能會延後著生。許多幼生需直接接觸誘引物質才會著生，水流可以協助幼生靠近底質接觸到誘引物質觸發其著生；此外水流的快慢也會影響幼生著生，多毛類Phragmatopoma lapidosa的幼生在水流緩慢時會浮游於水體中，當水流快速時幼生則會落到底質上；藤壺的幼生則對於附著面的輪廓會有選擇性。許多誘引幼生著生的化學物質是從幼生著生後的底質上所發現的，這些物質有三個主要的來源：(1)同種個體。浮游幼生受到已著生成體釋放的誘引物質吸引，這種機制不僅能增加釋放於水中的配子受精的機率，也是一種有效的防禦機制；(2)微生物層。主要的有矽藻、細菌等；(3)食物。

不同的海垢生物其幼生的著生特性不盡相同，了解各種海垢生物的著生特性及幼生出現的時間，有助於海洋工程進行中減少海垢生物附生；而對於長久的港灣結構，在設計上也可以針對該海域海垢生物的特性而有不同的措施。在台灣沿岸港口曾經進行過的水垢生物研究不多，以海軍海洋測量局1981年在三個港口(左營、高雄、基隆)的研究為例，利用不同附苗板(包含不同防垢漆)，在不同季節的著苗種類、數量，以及短期生長有了初步資料。根據上述報告主要的附著

生物為多毛類、藤壺、牡蠣、苔蘚蟲。在這些附著生物中附苗的季節並非都是一致的，例如：旋管蟲 (*Spirorbis* sp.) 之主要附苗季節在夏季，半個月的附著數量即可達  $800\text{ind./}2\text{cm}^2$ ，一個月則可附著多達  $1600\text{ind./}25\text{cm}^2$ ，秋季著生數量降低，均在  $100\text{ind./}25\text{cm}^2$  以下，冬季為附苗最低潮，其附苗數量幾乎可以忽略，僅有零星的分佈。但多毛類中的管蟲 (*Hydroides norvegica*) 主要附苗季節在冬季。此外旋管蟲的著苗分佈在密度較高時與逢機分佈有顯著差異，傾向於均勻分佈 (海軍測量局1981)。在採樣板之兩面，附著生物之數量亦有顯著差異，向陽面之藻類附著較多，生長較快，且管蟲之生長及附著量亦較陰面為快且多；旋管蟲則在陰面之著生數量較多。附著生物之乾重受管蟲及藻類之數量左右，均為向陽面較重，相差可達70倍 ( $11.28 \sim 2.27$ )。季節變化，則在秋季達一次高峰 ( $0.65\text{g}/25\text{cm}^2$ )，冬季有一最高峰，重達2.4公克。

### 參、高雄港區海生物附著現場實驗

為實際瞭解高雄港區內海生物附著情形，由中山大學及港研所規劃了一系列的現場實驗及現場調查，並定時採樣分析。在現場實驗規劃中其所考慮的重點為，海生物的著苗特性，及長期附著對港工結構物的腐蝕所可能造成之影響如：影響層面與時間的關係，以及其形成

機制等。不同深度中海洋附著生物常有垂直分層的現象，這是否會造成腐蝕速率的差異，而在港灣設施材質或厚度上需有所調整？棧橋式碼頭的鋼板樁，靠外者受光較強，靠內者則長期處於比較暗的環境中，海垢生物的差異應很明顯，但對腐蝕速率是否造成差異有待實際比較。因此，本研究計劃針對高雄港定期採集不同地點、不同深度、不同材料試片之附著生物樣本，攜回實驗室，進行附著生物之歸類鑑定及豐度計量，以了解附著生物之種類差異，與各種附著生物之滋生速度，以期能完整了解高雄港附著生物之種類及其變化。以下為從民國八十五年起至八十六年五月，計連續約十七個月間，每隔三個月採樣分析調查所得之初步成果。其中針對海洋附著生物覆蓋面積、生物量、生物之種類及豐度、主要生物覆蓋面積等，相對於不同材質構材、不同調查地點、不同深度、向背光性等差異性分別說明。

#### 一、港內初步潛水調查

為對高雄港內海洋附著生物有初步瞭解，於八十五年一、二月在高雄港區以水肺潛水方式調查#33(三十三號碼頭)、#51(五十一碼頭)鋼板樁海洋附著生物，發現這些鋼板樁表面附著生物附著約1~3cm厚；且有大量的泥砂覆蓋其上；主要種類為藤壺 (*Balanus amphitrite*)、紫孔雀蛤 (*Sepeifer virgatus*)、多毛類、海鞘、苔蘚蟲。從#33

號碼頭不同水深之初步觀察，發現有明顯的差別，由淺到深主要的生物分別為藤壺、紫孔雀蛤、多毛類。

## 二、附著生物覆蓋於構材表面面積

於民國八十五年三月、五月、八月、十一月、八十六年二月、五月分別從高雄港#10、#14、#33及#51號等四處碼頭，位於0公尺、三公公尺、六公尺等三個水深，取回不同材質的試片，每片試片又以固定在試架上的方式，分為向光面和背光面，所得之覆蓋面積結果依照各不同水深之向光面及背光面，不同採樣時間之累積月分，繪製於圖一至圖十二中，其中現場放置之試片大小均為20cm×20cm。圖一至圖四為SS41碳鋼材質試片(SS)於四個碼頭被生物附著後之覆蓋面積，以百分比表示之。圖中顯示，於四座碼頭中之SS41碳鋼材質試片，其初期覆蓋程度都甚高，幾乎都超過百分之九十以上，甚至被完全覆蓋住。但在一年後重新檢視時發現，覆蓋著生之海生物有部分脫落或重新著生之現象，使得覆蓋面積減少。而在四個碼頭中則以#10及#14兩個碼頭之試片覆蓋面積最大；以#33碼頭之試片覆蓋面積較小。各個深度間試片覆蓋面積，除了#33及#51號碼頭在初期附著時，位於中間層之覆蓋面積較小之外，其他差異並不十分明顯。至於向背光面之影響則較明顯，在四個碼頭各個深度中，

向光面之覆蓋面積均有大於背光面之現象。

圖五至圖八為SS41碳鋼材質試片經陰極防蝕處理後(SS/CP)，於四個碼頭被生物附著後之覆蓋面積，同樣以百分比表示之。圖中顯示於四座碼頭中之SS41碳鋼材質試片經陰極防蝕處理後(SS/CP)，其初期覆蓋程度與未經陰極防蝕處理之SS41碳鋼材質試片比較有不同現象，如未經陰極防蝕處理之SS411碳鋼材質試片之覆蓋面積，以#10及#14兩個碼頭較大；但經陰極防蝕處理之SS41碳鋼材質試片之覆蓋面積，以#33及#51兩個碼頭較大，剛好是相反。一年後重新檢視時發現，覆蓋著生之海生物有部分脫落或重新著生之現象，同樣造成覆蓋面積之減少，此一現象於#10號碼頭較為明顯，但對#14及#51碼頭並不明顯。各個深度間試片覆蓋面積，#14號碼頭隨著水深增加覆蓋面積有增加現象，#33號碼頭六公尺水深處，於初期附著及十七個月後之附著均有顯著降低情形，其他則差異並不十分明顯。至於向背光面之影響則較明顯，在四個碼頭各個深度中，向光面之覆蓋面積均有大於背光面之現象。

圖九至圖十二則為混凝土材質試片(CM)，於四個碼頭被生物附著後之覆蓋面積，同樣以百分比表示之。圖中顯示於四座碼頭中之混凝土材質試片(CM)，其初期覆蓋程度與長期覆蓋面積均相當均勻，尤其初期覆蓋面積幾乎都達到100%。

長期覆蓋面積由於覆蓋著生之海生物有部分脫落或重新著生之現象，同樣造成覆蓋面積之減少，此一現象於#10號及#33號碼頭較為明顯，但對#10及#51號碼頭並不明顯，相較於碳鋼材質試片(SS及SS/CP)，其覆蓋情形較為均勻、隨時間之變化較小。混凝土材質試片於各個深度間之覆蓋面積幾乎沒有差異性。至於向背光面之影響亦不明顯，顯示混凝土材質有利於海生物之附著現象。

### 三、附著生物於構材表面之生物量

同樣於民國八十五年三月、五月、八月、十一月、八十六年二月、五月分別從高雄港#10、#14、#33及#51號等四處碼頭、位於0公尺、三公尺、六公尺等三個水深，取回不同材質的試片上所得之生物量，依照各不同水深之向光面及背光面，不同採樣時間之累積月分，繪製於圖十三至圖二十四中。其中圖十三至圖十六為SS41碳鋼材質試片(SS)置放於四個碼頭之附著海生物之重量，以公克表示之。圖中顯示於四座碼頭中之SS41碳鋼材質試片，其初期覆蓋程度雖然甚高，但生物量則不大，顯示出其覆蓋厚度較小；但隨著覆蓋時間之增加，其生物量亦相對增加，或者維持沒有減少現象。如果與覆蓋面積隨著覆蓋時間增加而減少比較，表示覆蓋海生物厚度亦隨著覆蓋時間增加而增加，且其速率大於生物量之增加速

率。而在四個碼頭中之生物量則以#14號碼頭較小，其他碼頭之生物附著量則相當。各個深度間試片之生物附著量，在#10、#14及#51號碼頭中，均顯示出位於最上層0公尺之生物附著量最大；但在#33號碼頭中則顯示位於六公尺水深之生物附著量最大。至於向背光面之影響亦可看出明顯差異，在四個碼頭各個深度中，向光面之生物附著量均有大於背光面之現象，如以#10、#14及#51號碼頭為例，0公尺水深之生物附著量位於向光面者均遠大於位於背光面者。

圖十七至圖二十為SS41碳鋼材質試片經陰極防蝕處理後(SS/CP)，於四個碼頭之生物附著量，同樣以公克表示之。圖中顯示於四座碼頭中之SS41碳鋼材質試片經陰極防蝕處理後(SS/CP)，其生物附著量與未經陰極防蝕處理之SS41碳鋼材質試片比較差異不大。隨著覆蓋時間之增加，除#10號碼頭之外，各碼頭之生物量亦顯示相對增加現象。各個深度間試片之生物附著量，在#10、#14及#51號碼頭中，均顯示出位於最上層0公尺之生物附著量最大，隨著深度增加而遞減；但在#33號碼頭中則顯示位於六公尺水深之生物附著量最大，此現象與未經陰極防蝕處理之SS41碳鋼材質試片結果類似。至於向背光面之影響亦可看出差異性，在四個碼頭各個深度中，除#10號碼頭較不明顯之外，向光面之生物附著量均有大於背光面之現象。

圖二十一至圖二十四則為混凝土材質試片(CM)，於四個碼頭被生物附著後之生物附著量，同樣以公克表示之。圖中顯示於四座碼頭中之混凝土材質試片(CM)，在淺水區之生物附著量均較高，如以#14、#33及#51三個碼頭在0公尺水深之生物附著量較其他水深大。隨著覆蓋時間之增加，所有四座碼頭之生物量亦顯示相對增加現象。向背光面之影響亦可看出其差異，在四個碼頭各個深度中，向光面之生物附著量均有大於背光面之現象。

#### 四、主要附著生物種類、豐度

在附著生物種類、豐度方面，由於附著生物之分離、檢出、鑑定與計算工作十分繁重與不易，目前僅就巨污生物，並以大類的方式進行比較。在高雄港區發現之主要附著海生物包括有管蟲、藤壺、貽貝、苔蘚蟲、海鞘、纓鰓蟲(多毛類

)、海葵等。其中又以管蟲、藤壺、貽貝等三種為最多。若以試片材質做比較發現，不同材質之試片上所附著之海生物種類亦有所差異，如管蟲則多附著於混凝土材質之試片上，藤壺亦有類似現象。至於SS41碳鋼材質試片其上之附著生物則較無顯著差異，貽貝對於不同材質試片之附著亦未顯示出喜好趨勢。

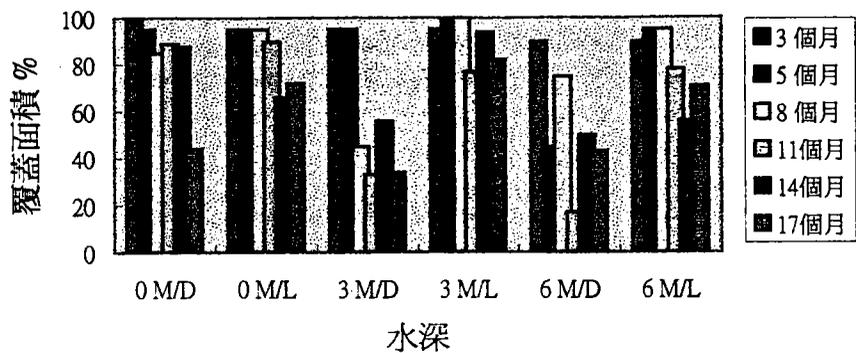
#### 肆、謝誌

本研究之進行承省交通處港灣技術研究所之經費支持，港研所港工材料組全力配合，及高雄港務局工務組組長楊義忠兄之幫忙，謹此致上最大謝意。

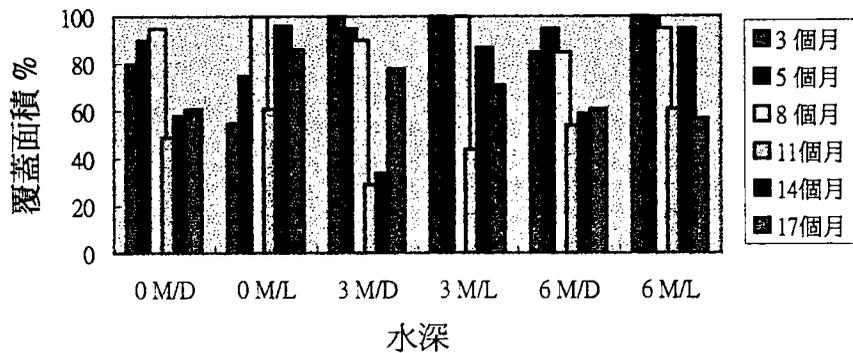
#### 伍、參考文獻

「高雄港港工結構材料海生物附著與對策研究計畫報告」，中山大學海洋環境系，1997年六月。

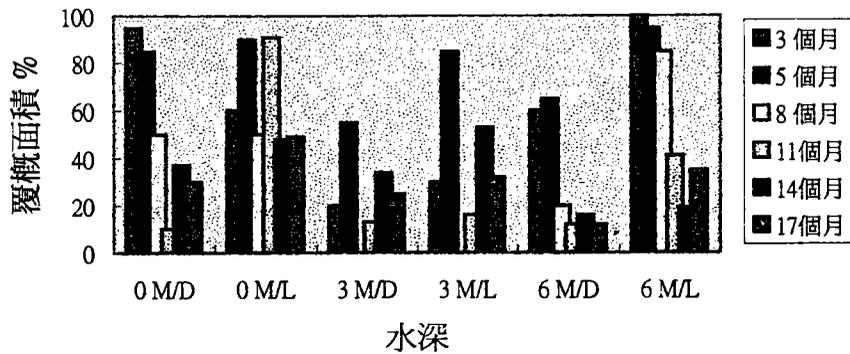
圖一 SS 試片, #10 碼頭



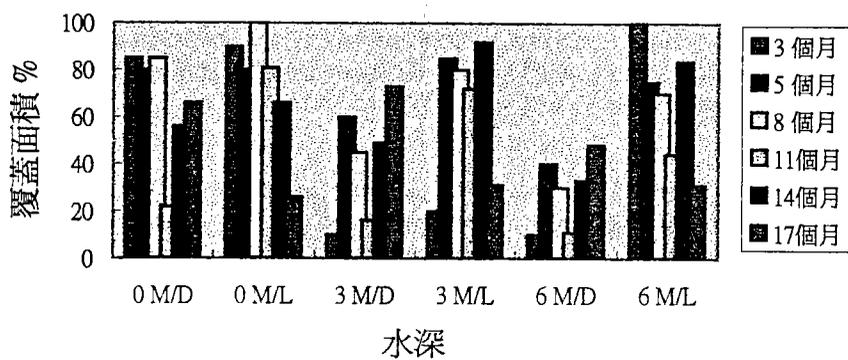
圖二 SS試片, #14 碼頭



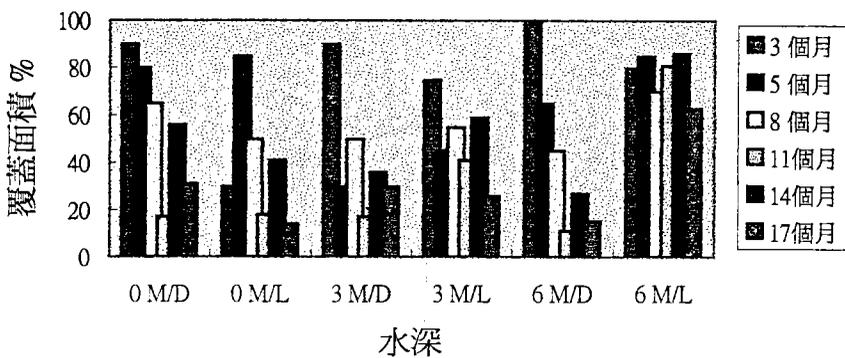
圖三 SS試片, #33 碼頭



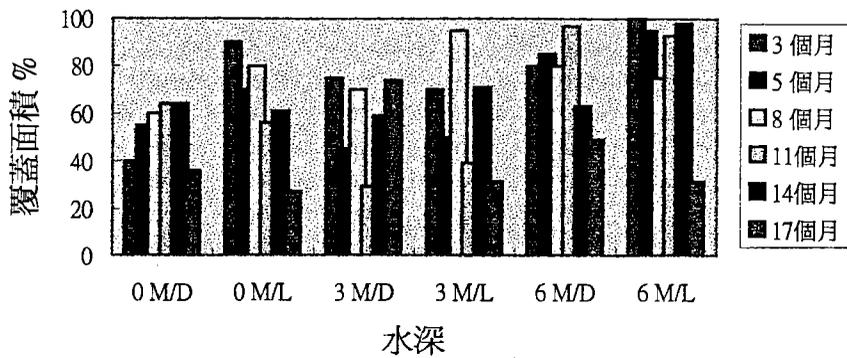
圖四 SS試片, #51 碼頭



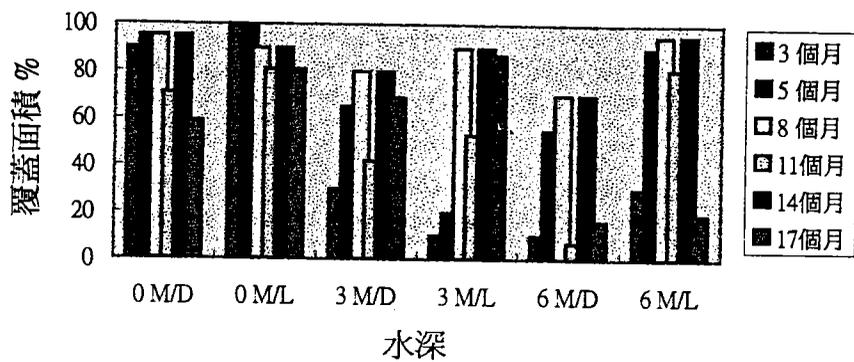
圖五 SS/CP 試片, #10 碼頭



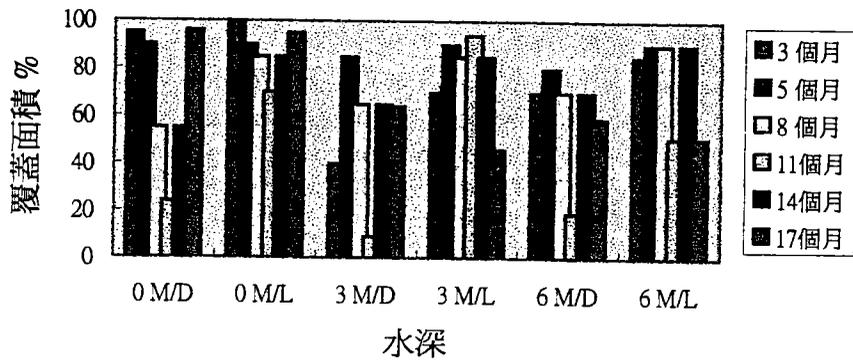
圖六 SS/CP試片, #14 碼頭



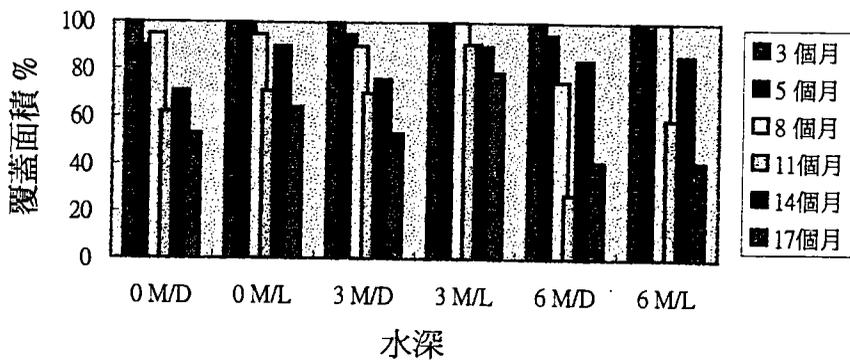
圖七 SS/CP試片, #33 碼頭



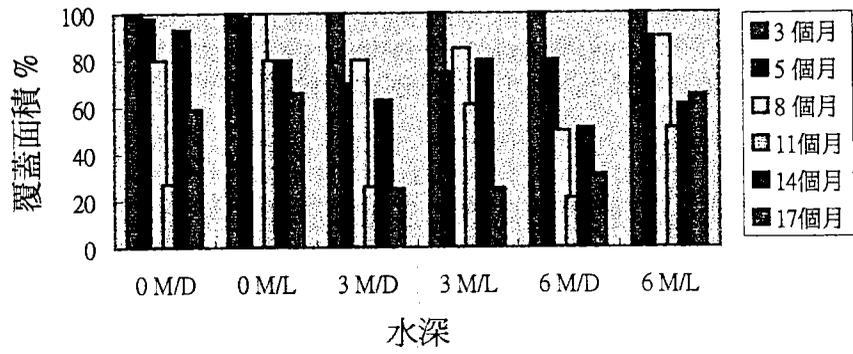
圖八 SS/CP試片, #51 碼頭



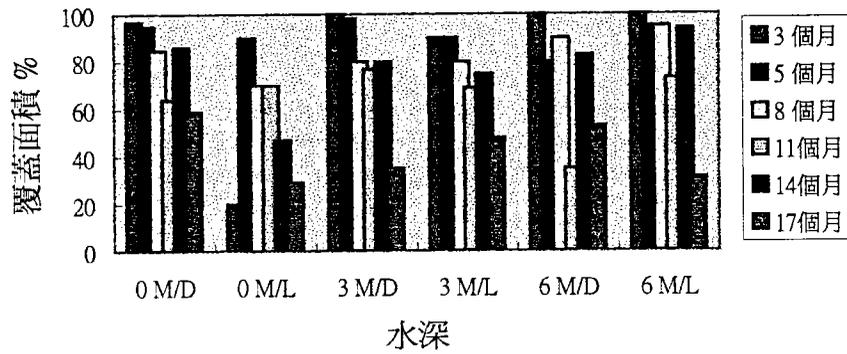
圖九 CM 試片, #10 碼頭



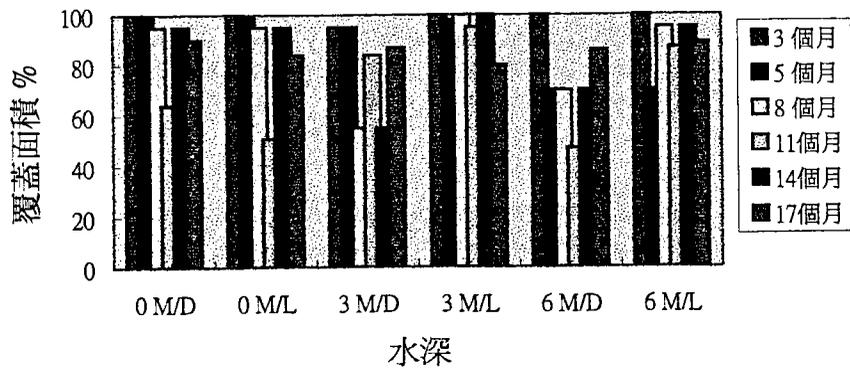
圖十 CM 試片, #14 碼頭



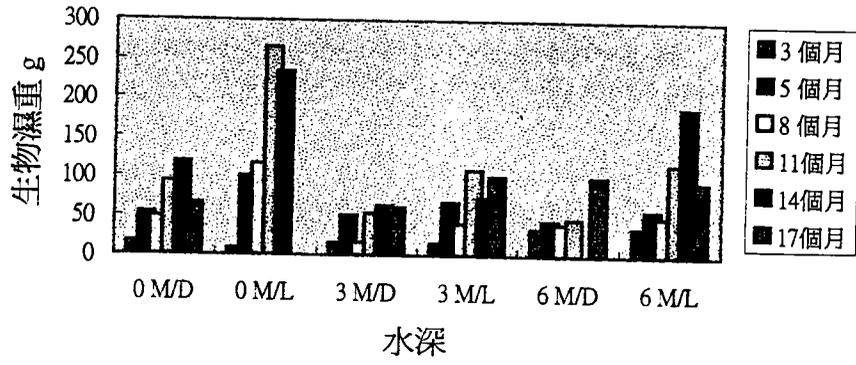
圖十一 CM 試片, #33 碼頭



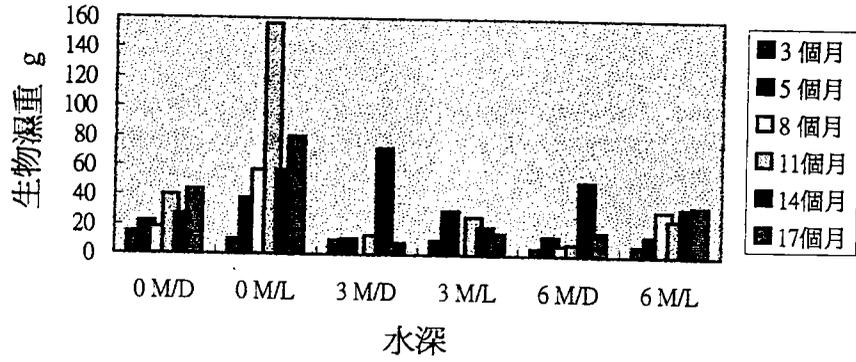
圖十二 CM 試片, #51 試片



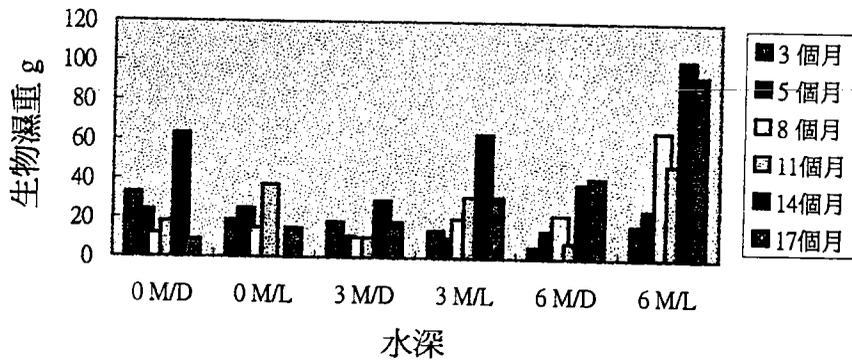
圖十三 生物量,SS試片,#10碼頭



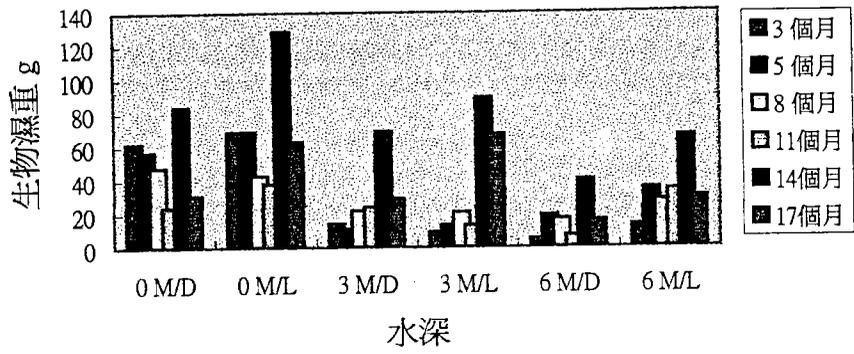
圖十四 生物量,SS試片,#14碼頭



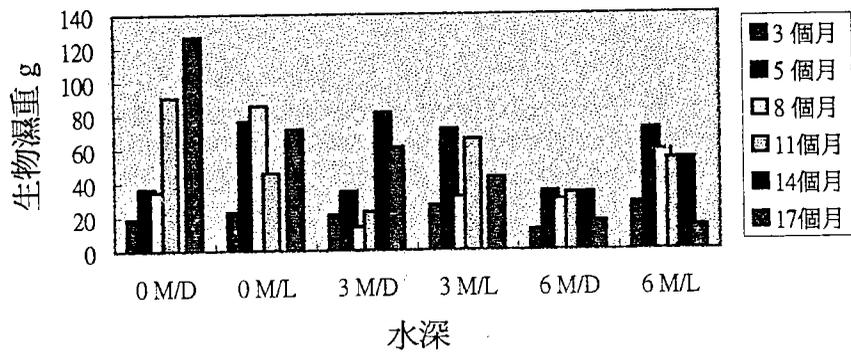
圖十五 生物量,SS試片,#33碼頭



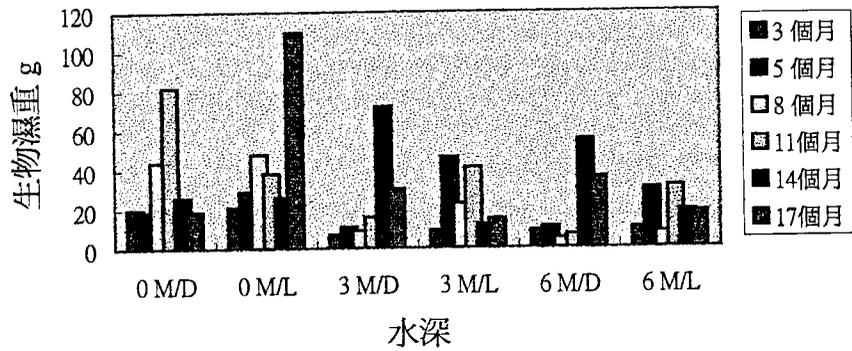
圖十六 生物量,SS試片,#51碼頭



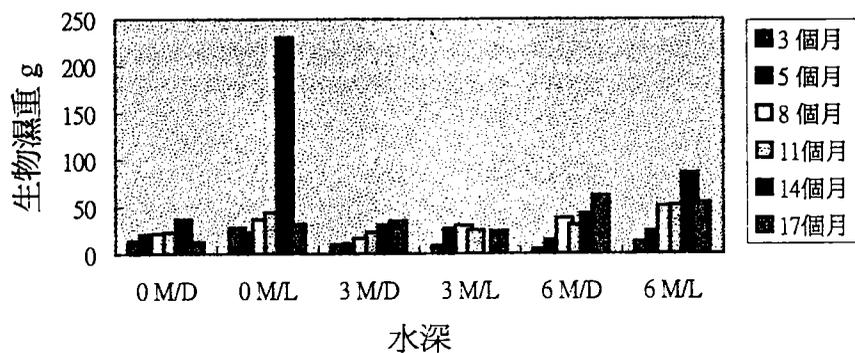
圖十七 生物量,SS/CP試片,#10碼頭



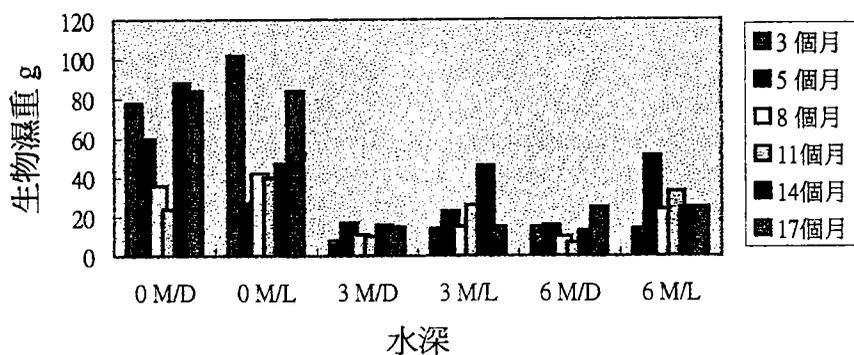
圖十八 生物量,SS/CP試片,#14碼頭



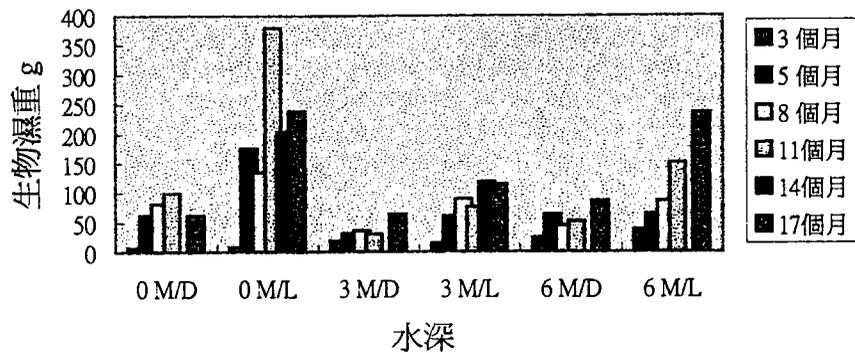
圖十九 生物量,SS/CP試片,#33碼頭



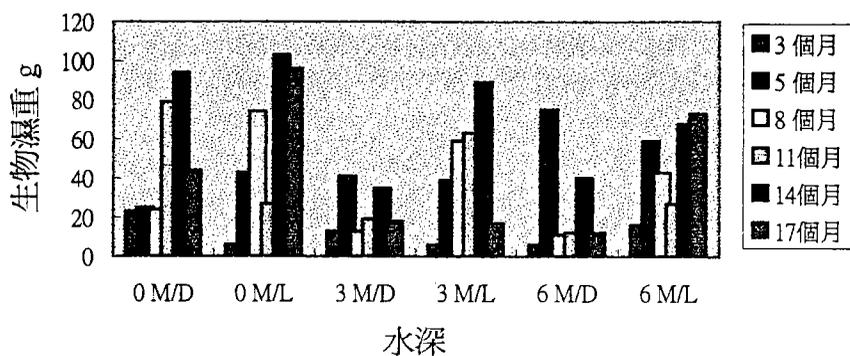
圖二十 生物量,SS/CP試片,#51碼頭



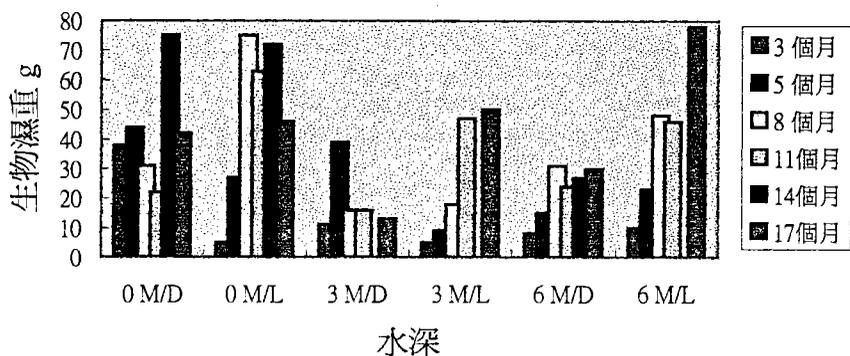
圖二十一 生物量,CM試片,#10碼頭



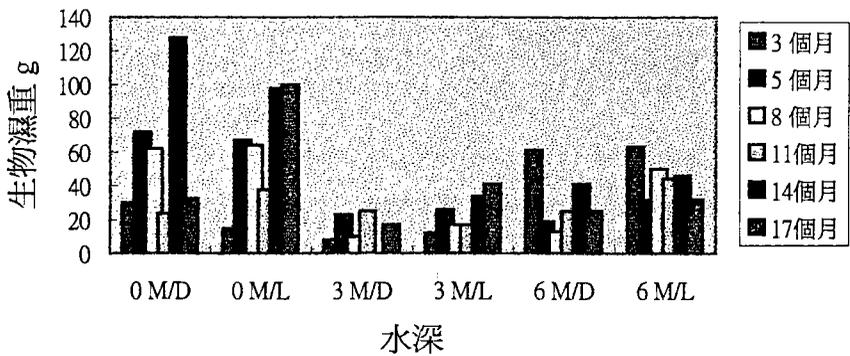
圖二十二 生物量,CM試片, #14 碼頭



圖二十三 生物量,CM試片, #33碼頭



圖二十四 生物量,CM試片, #51 碼頭



# 港灣形狀美觀評估

張憲國 交通大學土木工程系副教授

## 一、前言

台灣自蘆溝橋事件後，曾修復基隆、高雄及花蓮等港，建港經驗已近六十年的歷史，至今建設過的大型商港及漁港已有 250 個以上。目前台灣已培養相當多的規劃設計港灣的人才及港灣施工的實務經驗，如湯(1988)所言「中國築港工程始於台灣」是台灣的建港成就與資源。然而，隨著台灣經濟大幅成長，人民所得增加及生活休閒型態逐漸改變的今天，人們對於親近海岸及港灣的需求增加，且有重視海岸及港灣景觀的觀念，以致往昔已建築的港灣之規劃沒有顧及人們目前的需求，故舊港擴建時或新建港灣時應做評估其景觀及親水性功能的工作，以配合人們對海岸港灣的景觀親水性之需求，方能提升港灣（含漁港）的功能再興。

景觀或者親水性的喜好與個人的主觀意識、美學修養和社會環境的“流行”趨勢有關。然而，美學有部分明確可度量的，例如彎曲的形狀比直線給人較柔順的感覺，紅色給人較藍色有溫暖的感覺。所

以，從美學的角度，景觀做量化評估是可行的。本文主要介紹日本目前評估港形美學的研究，期望台灣能自行發展港形美觀評估方法，由分析港灣形狀美學的評估結果做為未來港灣工程規劃中景觀考慮的依據。

## 二、港灣形狀美度評估法

在港灣景觀評估的項目中港灣形狀是一項考慮的景觀因子。港灣形狀的美度指標(M, aesthetic measure)考慮港灣形狀的複雜度(C, complexity)及秩序度(O, order)。

竹澤等(1993, 1994)認為港灣之複雜度包括構成要素率(E, element index)，偏平率(A, aspect ratio)，及屈曲率(I, irregularity)等三項。要素率為調查港灣各構成要素數與全體構成要素數平均值之比值。偏平率為港域內接橢圓之短軸與長軸之比值。屈曲率定義為港域內岸線總長與內接圓直徑之比值。此三者所構成的複雜度為

$$C = E + A + I \quad (1)$$

至於秩序度方面，由問卷調查

分析線條中，直線、圓及橢圓各種銜接長度比例及夾角之量化好感度（評點），來計算港灣構成要素數之評點，而港灣秩序度定義為

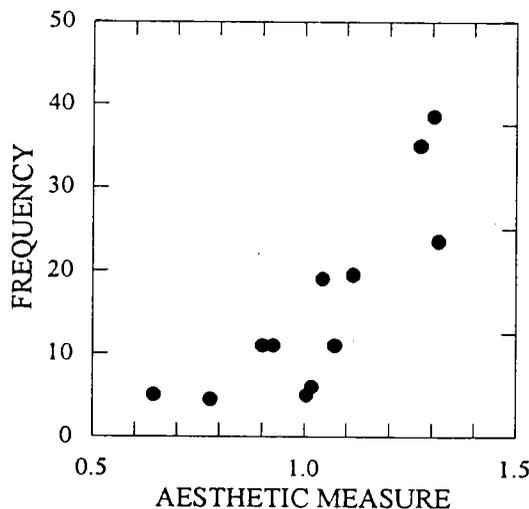
$$O = \frac{\sum_{n=1}^N [P_n(L_n + L_{n+1})]}{\sum_{n=1}^{N+1} L_n} \quad (2)$$

式(2)中， $P_n$ 為構成要素的評點， $L_n$ 為港灣構成要素之各線段長度，港灣構成要素之線段數為 $N+1$ 個。

竹澤等(1993)依港形之複雜度及秩序定義為

$$M = C / O \quad (3)$$

竹澤等(1993)利用15個漁港之平面圖及航照圖調查各漁港整體美觀順位。各漁港美觀得票數與以式(3)之美度評價值示如圖1。從圖1中發現美觀與美度有良好正比之關係，即一般認為較好看的港形，其美度值較高。竹澤等(1993)說明度評估具有歷史性及地域性，亦即式(3)之美度評估方法並不是絕對美學，而相對美學。



## 結論

當台灣人們對於港灣親水性及景觀逐漸重視的今天，港灣的規劃不應再單純從工程及經濟成本的角度來決定港灣配置，應再加入港形美學的考慮，使新建的港灣或者擴建的港灣不僅成爲一個“俗格有力”的港灣，反而成爲一個“好看、好用又受歡迎”的港灣。

## 參考文獻

竹澤三雄，前野賀彥，土川孝雄，潼澤幸一郎(1993)，「漁港形狀美觀定量評價法之研究」日本海岸工學論文集，第40卷，第1141~1145頁。

竹澤三雄，前野賀彥，宮下薰，松井義臣，日山泰明(1994)，「港灣形狀美觀開發設計影響之有關考察」，海洋開發論文集，第10卷，第147~152頁。

# 花蓮港港池不穩靜改善對策

簡仲璟 港研所研究員兼數模組組長

## 一、計畫背景與目的

花蓮港四期擴建完成後於夏季颱風侵襲期間常發生港池不穩靜而造成港內泊靠船隻斷纜的現象。爲了安全上的考量有時港內船隻需出港錨泊，以避免斷纜後船隻於港內自由漂流造成災害。不過颱風來襲時港外波浪巨大，船隻即使下雙錨仍可能因流錨而發生擱淺的事故。因此颱風來襲前船隻出港躲避港池不穩靜的作法並不是一個最好的方式，只能當作是減輕較大災害的不得已措施。國外某些港口雖有類似作法，但颱風來襲船隻不但不能進港避難，反而要出港至錨泊地或駛往他港。此種情況與一般民眾的認知剛好相反，這對身爲國際港的花蓮港形象實有負面影響，至於對使用本港的航商或業者其影響則更不可言喻。

花蓮港舊東堤目前已超過一般混凝土使用年限又終年受颱風、地震及東北季風波浪之侵襲，堤體有淘空、下陷之害，故自民國69年起每年均列有維修經費，且有逐年昇高趨勢。因此在相關研究計畫中曾建議將舊東堤拆除，並於外海側另

築新堤，同時一併解決內港航道寬度不足的問題。由於舊東堤的拆除與新東堤的興建會改變目前港池形狀，對前述港池不穩靜的問題將有所關連，因此在研究的考量範圍與目標下，舊東堤改建與港池不穩靜兩者需同時加以探討。

花蓮港務局基於本所曾進行一序列有關花蓮港之海氣象現場觀測調查、數值模式計算及水工模型試驗。對於本計畫之背景與目標有深入瞭解，因此委託本所辦理「花蓮港整體規劃及未來發展計畫—長浪與漂沙防制研究」。本計畫將對長浪的防制研擬各種可行之堤線配置方案，並藉由水工試驗的結果評比各方案的優劣，以建議較佳的堤線佈置，以供花蓮港務局於後續的港灣設施改善工程中作爲參考。

## 二、水工模型試驗

本試驗於港灣技術研究所第二試驗場棚進行，利用本所向加拿大新購之可移動推移式不規則造波機，模擬各種波浪條件及波向。根據花蓮港務局提供之83年10月港內水深圖及80年10月港外水深圖，依1/150之等比縮尺製作固定床之花蓮

港及鄰近海域模型。

本試驗分前後兩階段，第一階段為預備試驗，其目的為探討依花蓮港現有港形，其港內波浪不穩靜情況及發生原因。第二階段為改善試驗是根據第一階段的試驗結果及配合本所八十三年度基本研究「台灣四周海象調查研究」花蓮港南濱近岸海域波浪場的模型試驗結果、八十五年度本所「花蓮港港灣設施改善計畫之研究」及八十四年度本所「花蓮港整體規劃及未來發展計畫」的研究成果，研擬可能的各種佈置方案，進行試驗，並將結果與第一階段作一比較，以研選較佳的方案。

### 三、結果分析與探討

在「花蓮港港灣設施改善計畫之研究」中，本所曾研擬幾種改善港池不穩靜的佈置進行水工模型試驗並獲得幾點初步成果。不過在該次試驗中的波浪條件皆是不規則波，而未進行長週期規則波試驗，此乃受限於舊造波機的造波能力（1985年向丹麥DHI購買）。本所今年初向加拿大DAVIS購置的新造波機，因造波能力的提昇，故能模擬長週期的規則波。事實上在造波機所模擬的不規波包含各種週期的成份波，當然也包含長週期波。不過以不規則波進行試驗時，由於各種週期成份波夾雜在一起，因此各成份波對於港池共振所呈現出來的反應特性也變得糾纏不清，若再考量波浪間的非線性交互作用，則情況就

變得更加複雜，若無適當的解析方法，將無法確切的掌握各成份波的共振機制。本次試驗由於新造波機的造波能力改進，使得不規則波中的各個週期成份波能以單一週期的規則波加以模擬，而進行試驗。此種作法的好處是可以將原本複雜的共振現象單純化。換句話說，對於某一特定週期的波浪其港池共振的特性反應能以較清晰的面貌呈現出來，使我們對於港池共振問題的解決有較明確的切入方向。將不規則波視為各個不同週期規則波所組成，這會牽涉到非線性的問題，不過以規則波進行試驗時所呈現出來的港池共振現象將變得較單純，甚至以目視觀察就能看出端倪，因此在本次試驗中規則波試驗是重點之一。試驗過程中以目視發現長週期的規則波在南濱海岸形成類似緣波後（如照片1）。沿著海岸向港口推進（如照片2），進入港內後在外港池產生約東西向的港池共振現象（如照片3），在某些試驗波浪條件下甚至於22號碼頭處發生波浪湧上碼頭面的情況（如照片4），但此時外海的入射波波高依目視觀察仍很微小。對於此種現象本次試驗已將其以V8攝影記錄，以供日後查看。（內港池與外港池之區分是以內港航道北側港池為內港池，而南側為外港池）。

本次研究除了前述的規則波試驗外，另外也進行不規則波試驗，因此在資料分析上依據試驗目的對此兩種波浪的試驗結果以不同的分

析觀點進行處理。在規則波部份將以港內測點的波高與外海入射波高的比值，作為港池共振程大小的衡量依據，並對不同的波浪週期、模型佈置及入射波向進行比較，以明瞭何種改善佈置對於長浪防制或港池共振減輕具有較佳的效果。至於不規則波部份，除了進行一般的波高、週期統計分析外，並對港池的遮蔽效果以 $K_0$ 值作一檢視，此外利用頻譜分析的方法處理，以考察各頻率區間的波浪能量於不同佈置、不同測點的變化情形，藉此評比各佈置的改善港池共振效果。

#### 四、結論與建議

本研究利用物理模型針對所研擬的由各種不同的防波堤堤線配置方案所組成之各種港池形狀，進行港內長波的水工試驗。根據完整的試驗資料經由各種分析方法所得之結果，來探討各方案的優劣及可行性。初步獲得以下幾點結論與建議：

##### 4-1 結論

1. 由規則長週期波的試驗中於南濱海岸的波場中發現類似緣波的水理機制，而此緣波進入港內後在外港池區發生東西向的明顯振盪，而此共振現象於原型週期約140秒時最明顯。
2. 由現有港池形狀（佈置A）的外港波浪頻譜型態或長週期規則波的共振模態，與以往之現場觀測結果，或數值模擬計算皆相當一

致，此表示本次試驗的物理模型能適當將現場實際的共振特性以近真實的模擬效果重現，因此對於試驗結果的信賴度能有所保證。

3. 本試驗研究所研擬各佈置方案對長浪防制（港池共振）皆具有或多或少的改善效果，其中又以佈置Q最佳（如圖1）。此外由於該佈置是將舊東堤拆除而往外海另築新堤，如此除了改善港池不穩靜的現象，同時也解決了舊東堤因年代久遠而產生的老化問題，並且也一併解決了內港航道寬度不足的安全顧慮。另外美崙溪口的導流堤延長對於南濱海岸的侵蝕與港口的淤積也有正面的效益。因此該佈置方案可謂一舉數得，值得採用之。
4. 試驗佈置J（如圖2）的長浪防制效果與佈置Q很相近，但由於佈置J是於25號碼頭及24號碼頭的交界處另築一長約105公尺的突堤，此對泊靠上述兩個碼頭的船隻而言可能會造成不便，因此本佈置暫不列入建議方案中。

##### 4-2 建議

1. 港池共振問題將以延長美崙溪口水利處興建之原導流堤（東南向）至水深15公尺全長約650公尺為改善方案，以期破壞南濱海岸波場及阻絕長週期緣波進入港內，使港內共振現象減輕，同時避免港口的淤塞。工程經費約十一億元。

2. 舊東防波堤堤基老舊淘空問題為求一勞永逸建議將舊東堤拆除長約1100公尺(OK+230~1K+330)，工程經費概約二億七千萬元。另外在舊東堤外側與新東堤堤線平行重新築堤長約1300公尺，其與漁港海堤間形成一寬約200公尺缺口，使港內長波波能得以宣洩，以期同時降低共振程度。本項工程經費概約三十二億五千萬元。
3. 港池共振與舊防波堤改善工程總經費合計約四十六億二千萬元，在新建東堤未完成前舊東堤不拆的原則下擬分兩階段儘速編列預算進行細部設計與施工。
4. 美崙溪口的導流堤延長工程，需注意該堤區附近水域於颱風波浪侵襲時，由於波高巨大再加上波浪碎波，堤體所受外力的影響於設計時須謹慎考量以研擬較佳之堤體斷面型式。新東堤與漁港海堤間的缺口於東北向波浪入射時會造成內港航道波高偏大，在考量耐波力較差的小型漁船筏的航行安全因素下，對於缺口處的消波設施宜再加強。



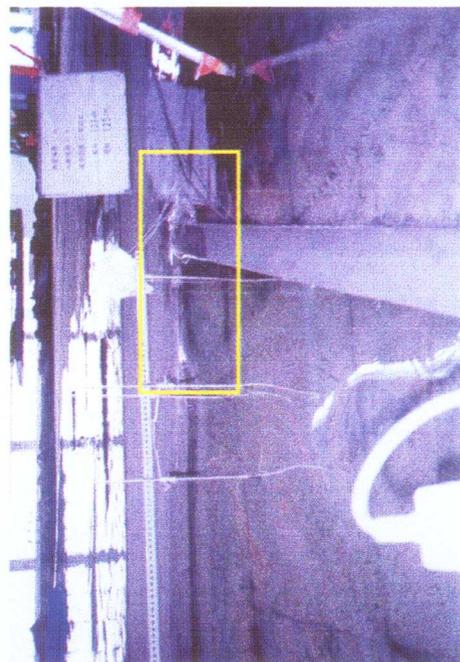
照片 1．南濱海岸類似緣波形成



照片 2．緣波沿海岸行進



照片 3．緣波向港口入射



照片 4．外港區共振波湧上碼頭面

圖1. 佈置方案 Q

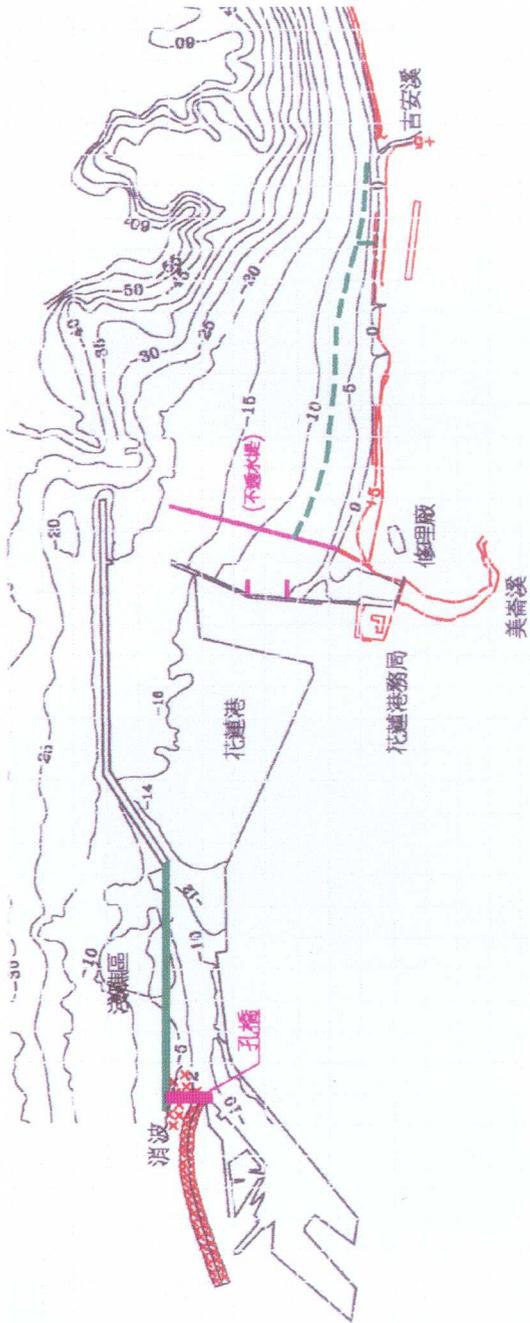
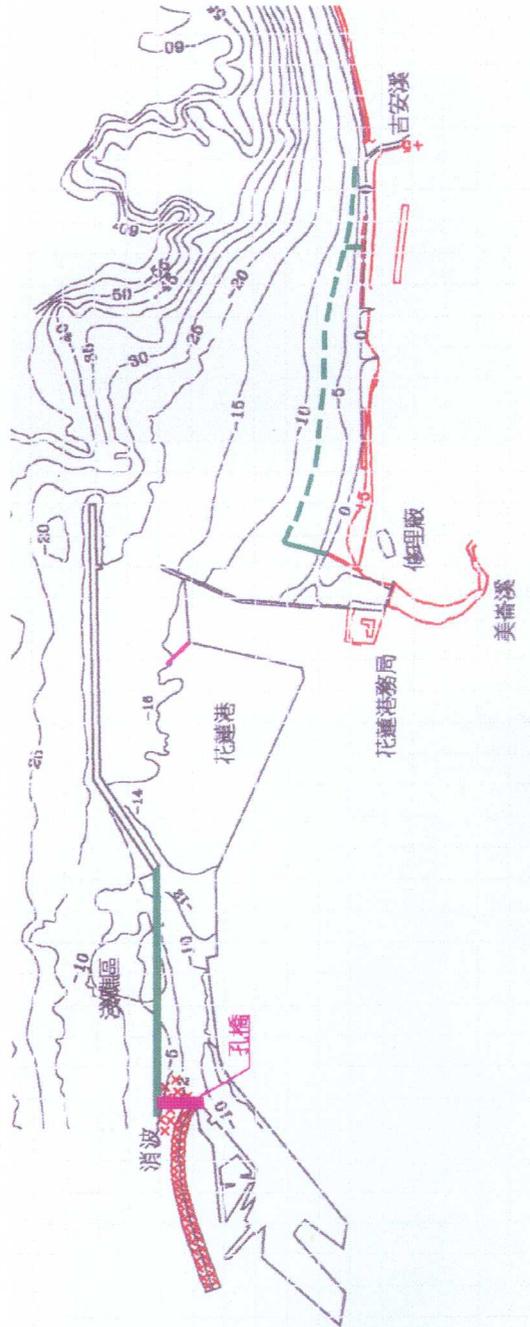


圖2. 佈置方案 J



# 臺灣地區船運貨櫃貨物種變遷之探討

朱金元 港研所研究員兼規劃組組長

## 一、前言

近年來台灣地區整體國際港埠進出口貨櫃運量成長發生遲滯現象，其原因眾說紛紜，最普遍的說法是：「台灣由於產業轉型，以往質低量高的傳統產業陸續外移或停工；而新興的高科技產品，輕薄短小，價值雖然很高，數量卻不多，而且由於時間的關係大多利用空運。因此造成台灣地區船運進出口貨運量成長的遲緩」。

但是台灣地區產業結構的變遷，到底對於進出口貨櫃運量之成長有多大之影響，各地區之產業發展對於各港埠之貨櫃運量又有多大之影響，以往之報告並未作深入探討。本文所要敘述的乃是最近幾年來，台灣地區以及基、中、高三港主要貨櫃貨物種的變化，以供未來欲作進一步運量預測之參考。

## 二、台灣地區進出口貨櫃貨物種分析

### (一)出口貨櫃貨

近十年來台灣地區船運出口貨櫃貨運量，從民國75年之

8,076,679公噸成長至民國84年13,841,250公噸，十年間成長約6百萬公噸，平均每年成長約5.5%。如表1及圖1所示。近年來最重要的物種是特殊商品，佔了所有出口貨櫃貨運量的四分之一強，其次是化學材料，再其次是紡織品。在所有物種中，重要性越來越高的物種，比較明顯的有特殊商品、化學材料、紡織品、電機及電器、紙漿、紙、紙製品、印刷、機械、基本金屬、化學製品、皮革毛皮及其製品，這些物種其出口運量也都有明顯增加，其中以皮革、毛皮及其製品運量增加最為快速。而重要性每況愈下的則有其他製品、橡膠及塑膠製品、金屬製品、加工食品、非金屬礦物製品、木竹藤製材及製品等，這些物種其出口運量也都明顯衰退，尤其是其他製品與木竹藤製材及製品。

### (二)進口貨櫃貨

船運進口貨櫃貨運量略高於船運出口貨櫃貨運量，從民國75年之9,454,350公噸成長至民國84年之14,437,797公噸，十年間成長約5

百萬公噸，平均每年成長約4.3%，稍低於船運出口貨櫃貨之年平均成長率，示如表2及圖2。近年來最重要的物種是紙漿、紙、紙製品、印刷，自民國78年以來就躍居台灣地區船運進口貨櫃貨物的第一位。在所有物種中，重要性越來越高的物種，比較明顯的有加工食品、特殊商品、金屬製品、其他製品、非金屬礦物製品、電機及電器、木竹藤製材及製品、橡膠及塑膠製品，這些物種其進口運量也都有明顯增加，尤其是橡膠及塑膠製品成長最為快速，十年來增加十倍有餘。而重要性每況愈下的則有運輸工具、基本金屬、農產品、林產品等，尤其是運輸工具，運量明顯下降。

### (三)各港承運出口貨櫃貨比例

台灣地區船運出口貨櫃貨運量，自民國75年至民國84年，各港承運比例，示如表3，以基隆港最高，其次是高雄港，接著是台中港。但是基隆港及高雄港之承運比例，都有下滑的趨勢，尤其是基隆港下滑得最明顯，由55.2%下跌至43.72%，十年來減少了約12%；同期間高雄港也由43.02%下跌至41.49%，減少了約2%。而台中港則成長迅速，由1.78%上升至14.79%。在各主要出口貨櫃貨種中，以民國84年為例，基隆港承運之主要貨種依次為紡織衣著及紡品、電機及電器、非金屬礦物製品、紡織品、化學製品，其承運比例分別是79.55%、73.95%、72.59%、

71.99%、60.43%。高雄港承運之主要貨種依次為基本金屬、加工食品、特殊商品、化學材料、金屬製品，其承運比例分別是84.24%、67.01%、62.40%、60.72%、46.53%。由台中港出口之主要貨種依次為皮革毛皮及其製品、其他製品、紙漿紙紙製品印刷、機械，其承運比例分別是93.45%、45.24%、38.76%、29.68%。

### (四)各港承運進口貨櫃貨比例

台灣地區船運進口貨櫃貨運量，自民國75年至民國84年，各港承運比例，示如表4，基隆港由47.02%增加至51.95%；台中港由0.95%增加至5.33%；高雄港則由52.04%下滑至42.72%，十年來減少了約10%；同期間基隆港、台中港則各約5%。在各主要進口貨櫃貨種中，以民國84年為例，基隆港承運之主要貨種依次為電機及電器、金屬製品、紡織品、橡膠及塑膠製品、木竹藤製材及其製品、非金屬礦物製品，其承運比例分別是86.69%、84.05%、83.08%、82.93%、68.73%、64.23%。高雄港承運之主要貨種依次為林產品、基本金屬、運輸工具、農產品、紙漿紙紙製品印刷、化學材料，其承運比例分別是96.37%、78.39%、56.27%、56.13%、55.44%、52.32%。由台中港進口之主要貨種則幾乎只有其他製品，其承運比例是90.12%。

### 三、各港主要進出口貨櫃貨物種分析

#### (一)基隆港

##### 1. 出口貨櫃貨

基隆港出口貨櫃運量由民國75年之4,066,810公噸，增加至民國84年之6,046,132公噸，十年間增加了約2百萬公噸，平均年增率約為4%。各主要物種中，最重要的是特殊商品，而橡膠及塑膠製品之重要性則每況愈下如圖3及表5所示。除了橡膠及塑膠製品、其他製品、木竹藤製材及製品、加工食品等之運量有減少趨勢外，其餘主要物種均呈成長趨勢。

##### 2. 進口貨櫃貨

基隆港進口貨櫃運量由民國75年之4,275,549公噸，增加至民國84年之7,475,104公噸，十年間增加了約3.2百萬公噸，平均年增率約為5.7%。各主要進口貨櫃貨物種歷年運量變化情形示如圖4及表6。民國75年最重要的化學材料、運輸工具，如今已被金屬製品、加工食品所取代，而原來較不重要之電機及電器、橡膠及塑膠製品、非金屬礦物製品、紡織品等則運量成長迅速。

#### (二)台中港

##### 1. 出口貨櫃貨

台中港出口貨櫃運量由民國75年之125,357公噸，增加至民國84年之2,082,036公噸，十年間增加了約2百萬公噸，平均年增率約為

32%。各主要出口貨櫃貨物種歷年運量變化情形示如圖5及表7，除了其他製品之重要性以及運量持續保持第一以外，皮革毛皮及製品則在近年來竄升速度很快，為僅次於其他製品之物種。

##### 2. 進口貨櫃貨

台中港進口貨櫃運量由民國75年之93,338公噸，增加至民國84年之816,199公噸，十年間增加了約72萬公噸，平均年增率約為24%。近年來運量集中在其他製品、紙漿紙製品印刷。而原來進口運量最多的紙漿紙製品印刷，其運量則是急速減少，各主要進口貨櫃貨物種歷年運量變化情形示如圖6及表8。

#### (三)高雄港

##### 1. 出口貨櫃貨

高雄港出口貨櫃運量由民國75年之3,133,561公噸，增加至民國84年之5,713,369公噸，十年間增加了約2.6百萬公噸，平均年增率約為6%，各主要物種歷年運量變化情形示如圖7及表9，其中以特殊商品及化學材料之運量及重要性成長最為顯著。而加工食品、其他製品、木竹藤製材及製品則運量持續減少，特別是後二者之運量明顯萎縮。

##### 2. 進口貨櫃貨

高雄港進口貨櫃運量略高於出口貨櫃運量，由民國75年之4,892,014公噸，增加至民國84年之6,123,282公噸，十年間增加了

約1.3百萬公噸，平均年增率約為2.2%，低於出口貨櫃運量之成長率，最重要的物種是紙漿、紙、紙製品、印刷，各主要進口貨櫃貨物種歷年運量變化情形示如圖8及表10，運輸工具、基本金屬、非金屬礦物製品等，近年來之運量呈下滑情形，而其餘主要物種均呈成長趨勢，尤其是特殊商品成長明顯，但是能源礦產品之運量成長並不穩定，起伏變化很大。

#### 四、結語

近十年來台灣地區產業結構之轉型，導致台灣地區以及各國國際商港之進出口貨櫃運量與主要貨櫃貨物種都有變化，整理如下：

1. 台灣地區出口貨櫃貨重要性越來越高的物種有特殊商品、化學材料、紡織品、電機及電器、紙漿紙紙製品印刷、機械、基本金屬、化學製品、皮革毛皮及其製品等。而重要性每況愈下的則有其他製品、橡膠及塑膠製品、金屬製品、加工食品、非金屬礦物製品、木竹藤製材及製品等。
2. 台灣地區進口貨櫃貨近年來最重要的物種是紙漿、紙、紙製品、印刷。重要性越來越高的物種有加工食品、特殊商品、金屬製品、其他製品、非金屬礦物製品、電機及電器、木竹藤製材及製品、橡膠及塑膠製品等。而重要性每況愈下的則有運輸工具、基本金屬、農產品、林產品等。
3. 基隆港出口貨櫃物種，最重要的是特殊商品，而橡膠及塑膠製品之重要性則每況愈下；至於進口貨櫃貨物種，民國75年最重要的化學材料、運輸工具，如今已被金屬製品、加工食品所取代。
4. 台中港進出口貨櫃貨物種，以其他製品最為重要。
5. 高雄港出口貨櫃貨以特殊商品及化學材料之運量及重要性成長最為顯著；而進口貨櫃貨最重要的物種則是紙漿、紙、紙製品、印刷。

# 殘差分析應用於迴歸模式檢定之介紹

謝幼屏 港研所助理研究員

## 一、引言

迴歸分析法在各領域上被廣泛地運用，幾乎遍及任何科學與人文的領域，在港埠規劃方面亦不例外，最常被運用以進行港埠運量預測。大部份人都知道迴歸分析法，知道它是用來研究變數間關係，以便建構模式來預測和進行其他統計推論的統計方法，它可以處理兩變數或多變數的數據。不過，許多人在運用迴歸分析法時，常忽略了一項重要的工作——查證模式的合宜性。這項工作相當重要，因為迴歸分析如同其他的統計推論或檢定，有其基本假設，必須在基本假設符合的情況下，這樣所做的推論才正確，而建立的模式也才能用來做預測。本文之主要目的即在介紹查證模式合宜性的重要方法「殘差分析」，經由殘差分析以偵測出是否誤差項不具有常態性、不符獨立性假設，或沒有定值的變異數，若發現不合宜之情形，如何尋找更為適切的模式。以下在第二節首先就迴歸分析的基本假設做說明，第三節介紹殘差分析，第四節提出當發現模式不

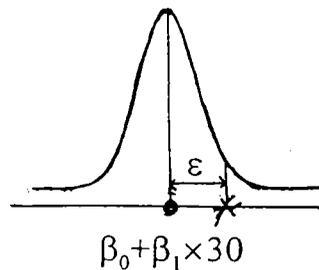
合適時修定模式的方法，最後第五節做一個簡單的小結。

## 二、基本假設

在進行迴歸分析做統計推論或建立模式之前，必須考慮基本假設是否符合，這樣所做的推論才正確，而建立的模式也才能用來做預測。迴歸分析的基本假設有三項，包括：1. 資料的常態性。2. 共同的變異數。3. 誤差項的獨立性。

第一項假設「常態性」，它要求給定每一個預測變數  $x$  值後， $y$  值的分配具有常態性（如圖一所示）。就像一般  $t$  檢定或變異數分析

圖一 常態性



的  $F$  檢定一樣，但是迴歸分析對常態分配也與  $t$  檢定、 $F$  檢定一樣具有穩健性 (Robust)，也就是說資料偏

離常態分配不很嚴重時，沒有太大關係。不過，再次強調所謂常態分配的要求，是給定x值後y的分配是常態，至於全部(不分x)的y值分配是否常態就不重要了。

第二項假設「均質性」，也就是不論什麼樣的x值，y的分配變異數都相等，以圖形來看(如圖一)，每一個鐘形的形狀都一樣(但中心點不同)，均質性的假設對於以最小平方方法做迴歸係數的估計是重要的，如果各組變異數差別很大時，必須利用變數變換，或是加權最小平方方法處理。

第三項假設「獨立性」，表示上一個誤差不會影響下一個誤差，這個假設與一般一組樣本的t檢定要求資料隨機取樣一樣，也就是資料具有相同分配且獨立 iid(Identical and Independent)。當設定線性模式

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i, \quad \varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$$

$$i=1, 2, \dots, n$$

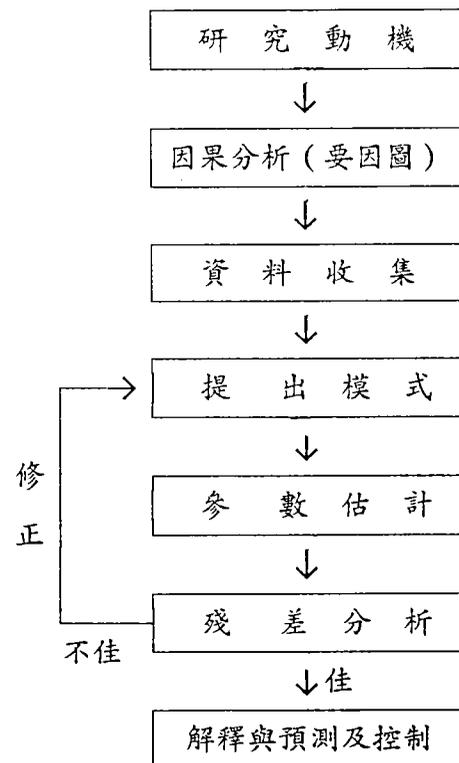
並算出參數估計 $\beta_1, \beta_0$ 得到迴歸式後，必須檢查此迴歸模式是否滿足我們的基本假設。通常檢查的項目包括：

- (1)  $\varepsilon_i$  是否常態分配。
- (2)  $\varepsilon_i$  是否有相同的分配，即變異數是否相等。
- (3)  $\varepsilon_i$  是否獨立。
- (4) 線性關係 $y = \beta_0 + \beta_1 x$ 是否正確。

如何做這些檢查工作呢？主要工具是利用殘差值 $e_i$ (或標準化殘差 $e_i/\hat{\sigma}$ )，我們以畫殘差值對x(或殘差

值對預測值 $\hat{y}$ )的散佈圖(以下簡稱殘差圖)當做評量方法。基本上，如果模式正確，則殘差圖應“很亂”，即找不出有任何圖案(Pattern)。否則，如果有圖案存在時，表示模式不好，需要做適當的修正。為什麼殘差圖要“很亂”才表示模式正確呢？這是因為我們將觀察值 $y_i$ 分解成兩部份：可解釋部份與不可解釋部份。不可解釋部份即殘差項，它是所有“噪音”的整合體，不能有圖案，否則應再將它抽離放在可解釋部份。值得注意的是，必須等到評估模式正確時(或更貼切的說法是模式認為合適時)，才能進行解釋與預測工作。一般迴歸分析的流程圖如下：

圖二 迴歸分析流程圖

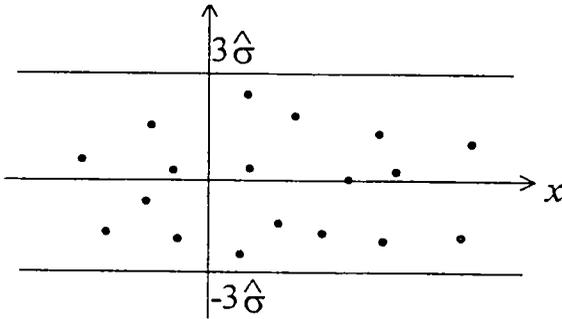


有時殘差分析發現不良時，有可能是要因未抓到，需要重新思考模式，尋找其他要因，並重新收集相關資料後再做分析。

### 三、殘差分析

殘差圖讓我們對「提出的模式是否正確」做一判斷，如果模式正確，殘差圖會散佈的“很亂”，很沒有規則，如圖三所示，顯示可能提出的模式是正確的。

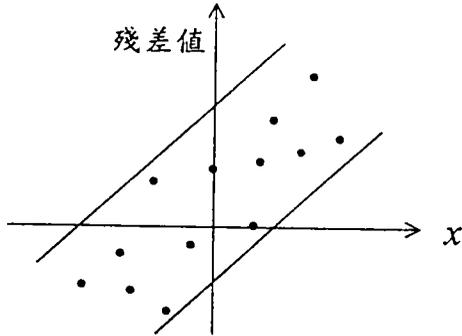
圖三 模式擬合值的殘差圖(標準型)



如果提出的模式不正確，則殘差圖之“圖案”會有下列述的幾種情形。

#### 1. 殘差項有趨勢存在 (如圖四所示)

圖四 模式有趨勢的殘差圖

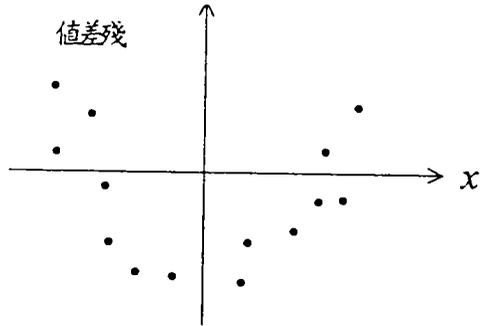


這種情形最常遇到的是預測變

數是時間，這表示資料有趨勢存在。

#### 2. 殘差項為二次型

圖五 殘差圖呈現二次型



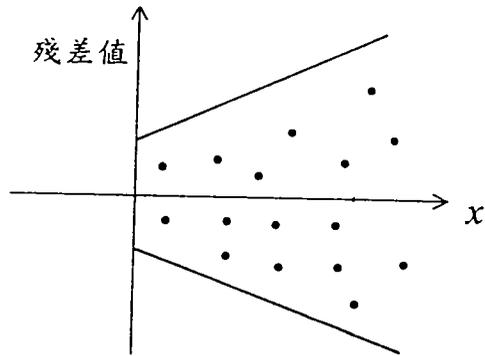
如果殘差圖像圖五，表示模式  $B_0 + B_1x$  尚不能完全解釋  $y$ ，殘差項  $\epsilon$  中有

$$y = B_0 + B_1x + B_2x^2$$

#### 3. 殘差的變異數隨 $x$ 而改變

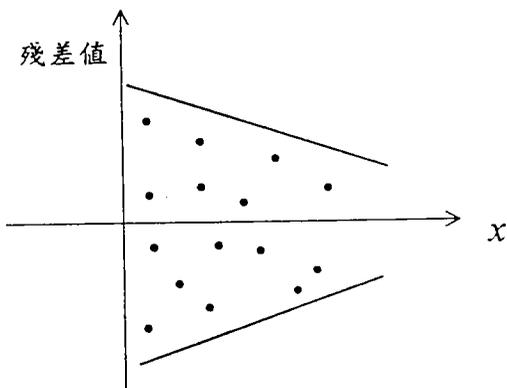
有時殘差值  $\epsilon_i$  的變異數  $x_i$  值的增大也變大 (即  $\epsilon_i$  的變異數  $\sigma_i^2$  隨碼  $i$  改變)，即給定  $x_i$  時  $y_i$  的分配不具有均值性，違反了基本假設中  $\epsilon_i$  有共同變異數  $\sigma^2$ ，則其散佈圖可能如圖六所示。

圖六 殘差的變異數隨  $x$  增大而增大



另一種情形是  $x_i$  增大，殘差值的變異數反而變小，則其殘差如圖七所示。

圖七 殘差的變異數隨  $x$  增大而變小



在  $\sigma^2$  不是一致的情況下，解決方式是利用變數變換(如令  $y' = \sqrt{y}$  等)或利用加權最小平方法 (Weighted Least Square)

#### 4. 自我相關存在的迴歸式

當資料收集是縱切面(即隨時間改變)時，很可能上一筆資料大小會影響下一筆，在這種情形下  $\varepsilon_i$  就不是獨立的，而是有相關，此種相關因為兩個變數  $y_{i-1}$  與  $y_i$  都是變數  $y$ ，只是時差問題(而非一般相關係數在計算時不同的兩個  $x, y$  變數)，我們稱這種變數自我之間的相關為“自我相關”(Auto-Correlation)，但因時段相差一階，因此更正式的名稱是“時差1的自我相關”；如果討論  $y_{i-2}$  與  $y_i$  的相關，則稱時差2的自我相關。

量測時差1的自我相關大小以  $r_1$  表之，統計學家坦賓-華生(

Durbin-Watson) 提出 DW 統計量 (DW Statistics)

$$DW = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

它與  $r_1$  的關係是

$$DW \approx 2 - 2r_1$$

檢定是否有時差1的正自我相關是否存在，即檢定

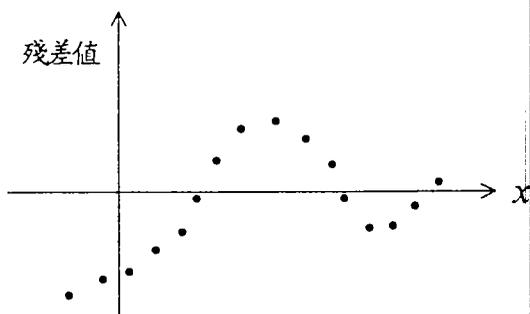
$$H_0: \rho_1 = 0$$

$$H_1: \rho_1 > 0$$

其中， $\rho_1$  表示母體時差1自我相關，當  $DW > D_{U,\alpha}$ ，則  $H_0$  不顯著。當  $DW < D_{L,\alpha}$ ，則  $H_0$  是顯著；若  $D_{L,\alpha} \leq DW \leq D_{U,\alpha}$ ，則無法下結論。 $D_{U,\alpha}$ ， $D_{L,\alpha}$  可查 DW 表(它與樣本數  $n$  及顯著水準  $\alpha$  有關)。

圖八顯示殘差有不獨立的現象。

圖八 殘差項有自我相關現象

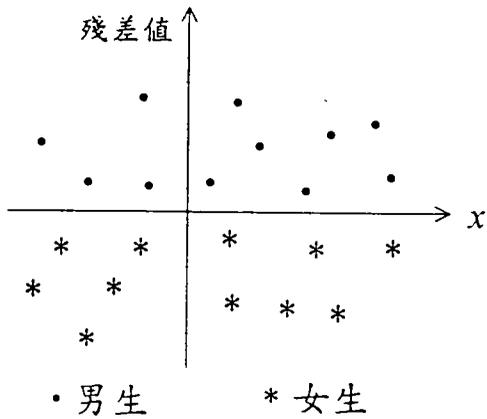


#### 5. 可能需加入其他重要變數(如：性別等)

有時殘差圖中，第三個變數在

殘差值的表現有不同的現象，如圖九所示。

圖九 殘差值與其他變數(性別)

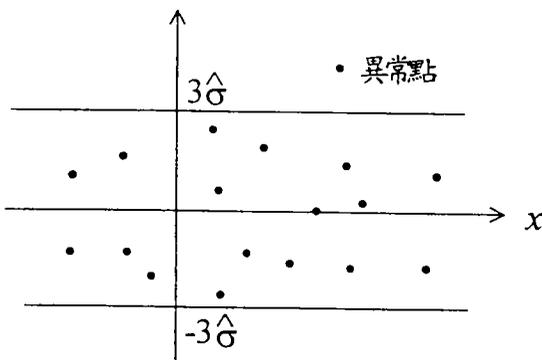


男生的殘差都在  $x$  軸上方，女生殘差都在下方，表示  $y$  對  $x$  迴歸並不能完全解釋兩者之間的關係，有必要再加入性別因素而成複迴歸分析。

### 6. 異常點

有時資料點離迴歸線很遠(也就是殘差值大)，這可由檢查殘差圖看它是否超過3個標準差。

圖十 殘差圖中有異常點



圖十中有一點超過3個標準差，此種點稱為異常點(Outlier)。

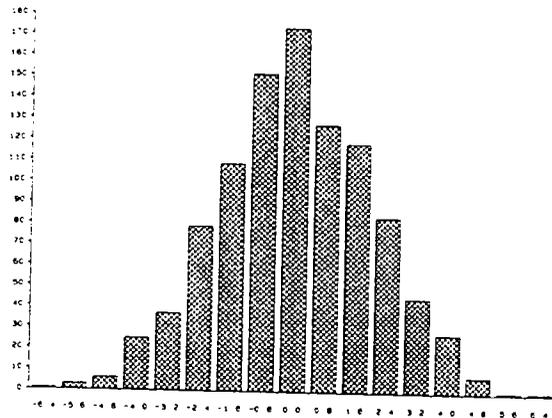
遇到異常點時要小心處理，首先要檢查看看有無人為疏忽，如有則更正後再分析，若無則需找出異常的原因，做為下一次研究的起點，所以異常是“危機”但也是“轉機”。

在迴歸模式中有關信賴區間及檢定問題都是假設殘差是常態分配，如何對此假設做驗證。常用檢定常態分配的方法有K-S法(Kolmogorov-Smirnov)及卡方檢查法( $\chi^2$  test)，但都要用較複雜的理論，另外有兩種利用圖形判斷常態分配的方法，一是畫直方圖，一是畫常態機率圖，分述如下：

#### 1. 直方圖

將所有殘差值畫出其直方圖，如果直方圖成鐘形，表示資料是常態分配，如圖十一所示。

圖十一 殘差直方圖



顯示殘差直方圖呈現鐘形，也就是沒有證據說原來準則變數的資料不是常態分配。

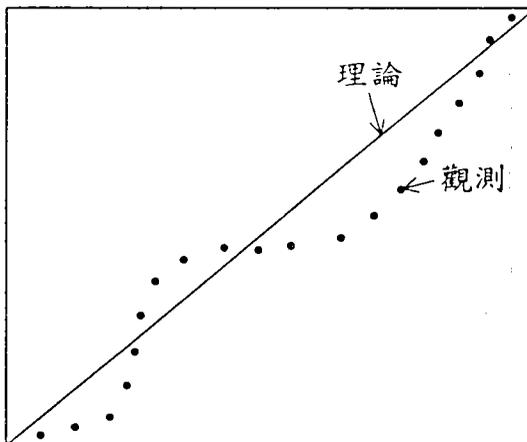
另一種檢查資料是否常態分配的方法是利用常態機率圖，也稱為

Q-Q 圖，基本上它是樣本百分位對理論百分位的散佈圖。如果此散佈圖很接近一直線，表示資料是常態分配。

## 2. 常態機率圖

吾人可以利用常態機率圖 (Normal Probability Plot) 檢查殘差是否常態分配，其圖形基本上如下圖的散佈點：

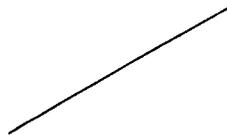
圖十二 殘差的常態機率圖



如果散佈點與一直線很靠近，表示殘差是常態分配，否則表示資料不是常態，如上圖所示資料不滿足常態分配。

下面是常遇到的常態機率圖圖案。

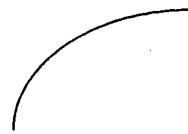
(i) 資料常態分配，Q-Q圖呈直線



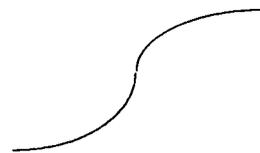
(ii) 資料右偏，Q-Q圖呈凹向上



(iii) 資料左偏，Q-Q圖呈凹向下



(iv) 資料薄尾(如t分配)，Q-Q圖由凹向上轉凹向下



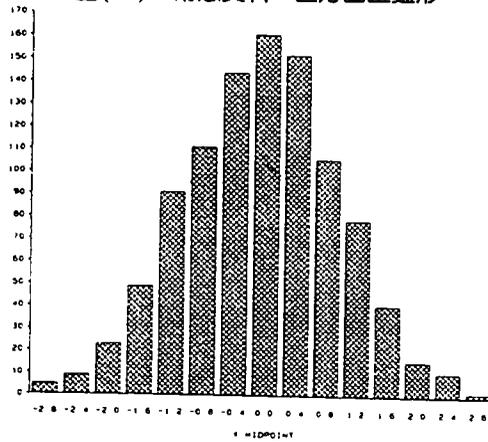
(v) 資料厚尾，Q-Q圖由凹向下轉凹向上



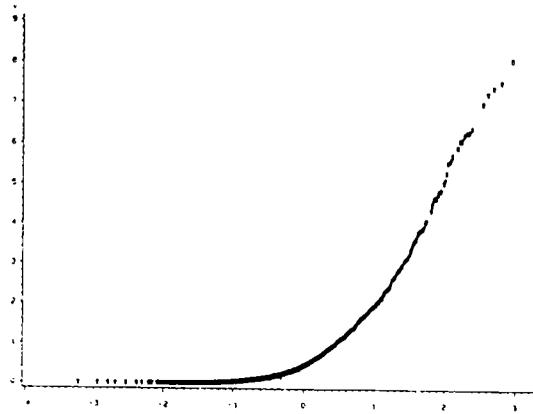
例如，下面四種不同分配：

圖十三 各種分配及其對應之常態機  
率圖

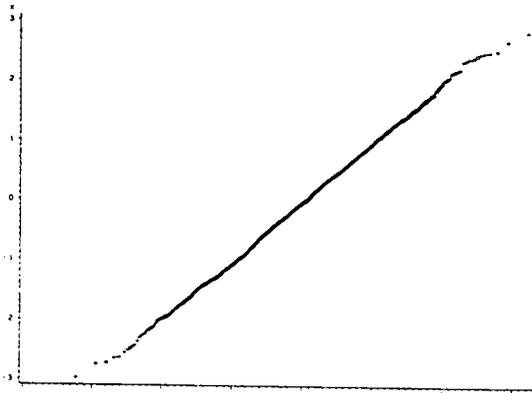
圖(a) 常態資料—直方圖呈鐘形



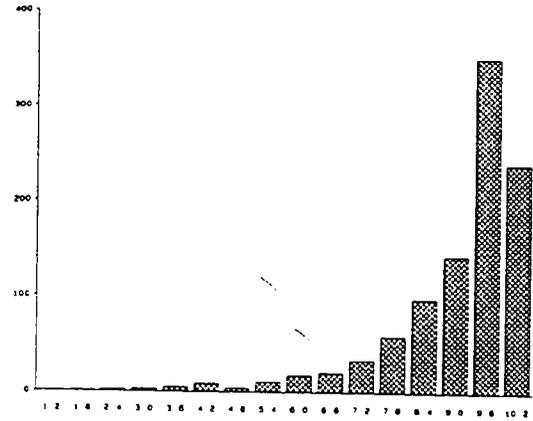
圖(d) 卡方分配—常態機率圖呈凹向上



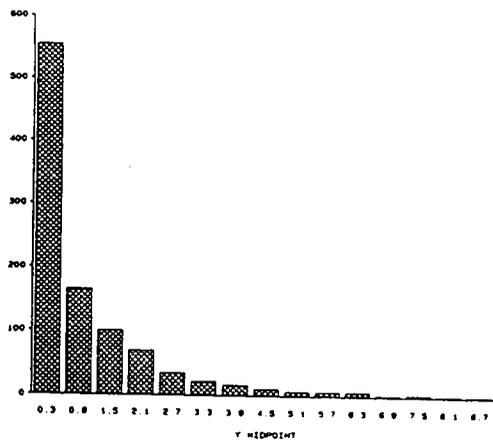
圖(b) 常態資料—常態機率圖呈直線



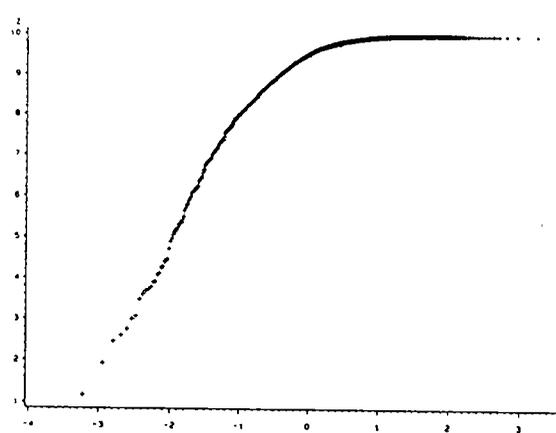
圖(e) 負卡方( $\alpha - X^2$ )—直方圖呈左偏



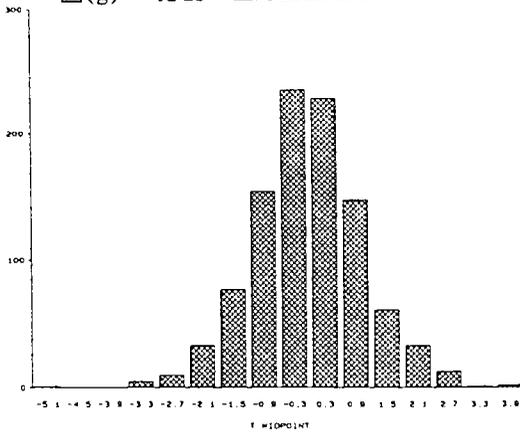
圖(c) 卡方分配—直方圖呈右偏



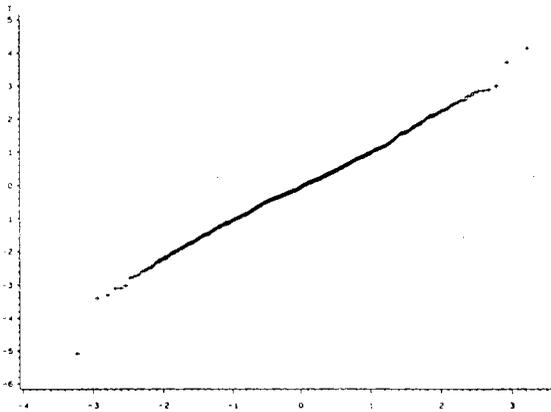
圖(f) 負卡方—常態機率圖呈凹向下



圖(g) t分配一直方圖呈鐘形但薄尾



圖(h) t分配一常態機率圖呈S形



#### 四、模式修訂

當由殘差分析中發現模式不合適時，採取的補救方法主要有：1. 變數變遷。2. 加入其他變數。3. 改用非線性迴歸。

##### 1. 變數變換(Variable Transformation)

最常使用的應變數  $y$  的變換有下列幾種：

##### (1) 對數變換 (Log Transformation)

$$y_i^* = \ln y_i$$

##### (2) 倒數變換 (Inverse Transformation)

$$y_i^* = \frac{1}{y_i}$$

##### (3) 開方變換 (Root Transformation)

$$y_i^* = \sqrt{y_i}$$

##### (4) 平方變換 (Square Transformation)

$$y_i^* = y_i^2$$

也可考慮預測變數  $x$  的變換，如

##### (1) 對數變換 $x_i^* = \ln x_i$

##### (2) 倒數變換 $x_i^* = \frac{1}{x_i}$

##### (3) 開方變換 $x_i^* = \sqrt{x_i}$

##### (4) 平方變換 $x_i^* = x_i^2$

然後再做  $y_i^*$  對  $x_i^*$  的線性迴歸模式：

$$y_i^* = \beta_0^* + \beta_1^* x_i^* + \varepsilon_i$$

或是  $y_i$  對  $x_i^*$  的線性迴歸模式

$$y_i = \beta_0^* + \beta_1^* x_i^* + \varepsilon_i$$

也可同時考慮  $x$ 、 $y$  都做變換。

在變數變換時以 Box-Cox 所提出的次方變換最為普遍。令

$$y^* = y^\lambda$$

其中  $\lambda$  是給定指數，決定  $\lambda$  後，對模式做迴歸分析，然後再回轉

$$y_i^* = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i$$

到原來  $y$  與  $x$  關係式。至於到底要採用那一種  $\lambda$  較好？一般以 SSE 愈

小愈好。除了 Box-Cox 變數轉換外，其他常用的迴歸模式有四：

(1) 倒數模式： $y = a + b \frac{1}{x}$

(2) 指數模式： $y = a \cdot e^{bx}$

(3) 乘冪函數模式： $y = a \cdot x^b$

(4) 經過原點的迴歸模式： $y = bx$

2. 加入其他變數，如迴歸式中加入性別、年齡、教育程度等變數，而成複迴歸模式。
3. 放棄線性迴歸模式，改用非線性迴歸或其他方式，如時間數列分析等方法。

## 五、結語

我們對統計推論程序的信心完

全根植於假設條件的有效性，如果不顧假設是否成立，只是盲目機械式地操作運算，所得到結果很有誤導的可能。所謂「garbage in, garbage out」，就是這個意思。殘差的查証工作是迴歸分析的重要部份，因為它可以協助偵測出任何數據和假設模式之間的不一致性。假若在這個程序中未發現任何不正常的情況，則可認為該模式已合宜，並可據以進行相宜的推論，否則，當由殘差分析中發現模式不合適時，應採用變換變數、加入其它變數或改用非線性迴歸或其他方法尋找更為適切的模式。

## 亞太經合會海洋模式研討會通告

目 標：促進亞太會員國家在有關應用海洋模式於海洋資源保護及經濟發展之技術交流

主辦單位：行政院環保署

協辦單位：港灣技術研究所、台灣大學

地 點：台北圓山大飯店

時 間：1997年12月9日至12月12日

議 程：如下

**The First APEC Ocean Models Workshop**  
**Time: December 9 to 12, 1997    Venue: Chinese Taipei**

### Agenda

#### December 9 (Tuesday)

09:00 Registration

09:30 Opening Remarks

10:00 Coffee Break

10:30 Briefing on the Ocean Model and Information System in the APEC Region of OMISAR

11:00 Introduction of Ocean Models for the APEC Region of OMISAR

12:00 Lunch

13:30 Keynote Speech: Wave Models for Marine Resources Conservation and Economic Development

14:10 Panel Section: Application of Wave Models in APEC Member Economies

15:40 Coffee Break

16:00 Discussion and Summary of the Section Report: Application and Cooperation of Wave Models in APEC

17:00 Meeting Adjourned

18:00 Welcome Reception Hosted by the Project Overseer, Dr. Chea-Yuan Young

**December 10 (Wednesday)**

- 09:00 Keynote Speech: Hydrodynamic Models for Marine Resources Conservation and Economic Development
- 09:40 Panel Session: Application of Hydrodynamic Models in APEC Member Economies
- 11:10 Coffee Break
- 11:30 Discussion and Summary of the Section Report: Application and Cooperation of Hydrodynamic Models in APEC
- 12:30 Lunch
- 13:30 Keynote Speech: Transport and Ecological Models for Marine Resources Conservation and Economic Development
- 14:10 Panel Session: Application of Transport and Ecological Models in APEC Member Economies
- 15:40 Coffee Break
- 16:00 Discussion and Summary of the Section Report: Application and Cooperation of Transport and Ecological Models in APEC
- 17:00 Meeting Adjourned
- 18:30 Dinner

**December 11 (Thursday)**

- 09:00 Round Table Discussion: Application for Ocean Models in the APEC Region
- 10:00 Coffee Break
- 10:30 Round Table Discussion: Cooperation Activities for Ocean Models in the APEC Region
- 12:00 Lunch
- 13:30 Round Table Discussion: Planning of Joint Action on Ocean Models in 1998
- 15:30 Coffee Break
- 16:00 Summary of the Round Table Discussion: Planning and Cooperation Activities of Ocean Models in APEC Member Economies
- 17:00 Meeting Adjourned
- 18:30 Dinner

**December 12 (Friday)**

- 08:30 Leave Hotel to the Field Trip
- 10:30 Visiting the Application and Research Institute for the Ocean Models
- 12:00 Lunch
- 13:30 Visiting the Application and Research Institute for the Ocean Models
- 15:30 Back to Hotel
- 16:30 Meeting Conclusion
- 17:00 Meeting Adjourned
- 18:30 Farewell Banquet Hosted by the Project Overseer, Dr. Chea-Yuan Young

[註] 詳細請洽臺灣技術研究所 數學模式組 蘇青和先生  
電話：04-6568020  
傳真：04-6571329