

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計劃三：應用底棲生物整合指標法評估在海岸淺灘的環境 衝擊及生態效果分析研究

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2218-E-216-003-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：中華大學營建工程學系

計畫主持人：朱達仁

計畫參與人員：施君翰、李宗儒

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 28 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

評估淺灘生態工法之整合性研究-子計劃三：應用底棲生物整合指標法
評估在海岸淺灘的環境衝擊及生態效果分析研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC93-2218-E-216-003-

執行期間：93年8月1日至94年7月31日

計畫主持人：朱達仁

計畫參與人員：施君翰、李宗儒

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：中華大學休閒系暨營管所

中 華 民 國 94 年 7 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告
評估淺灘生態工法之整合性研究-子計劃三：應用底棲生物整合指標法
評估在海岸淺灘的環境衝擊及生態效果分析研究
**The assessment of environmental impact and ecological effect on a
shallow water zone using benthic index of integrity**

計畫編號：NSC93-2218-E-216-003-

執行期限：93年8月1日至94年7月31日

總主持人：郭一羽 國立交通大學土木工程系教授

主持人：朱達仁 中華大學休閒系暨營管所助理教授

計畫參與人員：施君翰 國立台灣大學漁業科學研究所
李宗儒 中華大學營建管理研究所

一、摘要

生態工法在海岸工程之應用尚處起步階段，近年來隨著環境保護意識之提高，促使強調師法自然之生態工法受到廣泛注意與重視。台灣目前在海岸工法施作中，對於運用生態環境指數作為評估生態效果及環境衝擊影響的海洋工程案例仍然十分缺乏。安平商港北堤至漁港南堤之間海域已規劃為人工養灘區，因此本研究以養灘區及附近週遭海域作為研究區域，自2003年5月至2005年6月間計有八季次的附著生物及底棲生物生態調查，分析方法利用相關分析及多變量統計群集分析法，及多維尺度分析中非介量空間尺度藉以瞭解該區域底棲生物時空分佈，及其與其週遭環境之相關性。另應用底棲生物整合性指標法（Benthic Index of Biotic Integrity, B-IBI）進行整體性的環境影響評估之探討，並以此作為分析人工養灘生態品質之參考依據。

ABSTRACT

The work of ecological engineering in coastal area is still a starting stage in Taiwan. In recent years, owing to exaltation of the consciousness of the environmental protection, we have to consider the balance between social development and natural environment, and promote ecological engineering methods to suffer extensive attention and value. However, it still lack of a consideration by using an index to assess environmental impact and ecological

effect on coastal and ocean engineering. The area from the north dike of An-Ping commercial harbor to the south dike of An-ping fishery harbor has been planned to be an artificial shallow water zone. In this study we will investigate the abundance and distribution of sessile organisms and benthos, dating from May 2003 to June 2005, and these data were used to understand the spatial and temporal distribution of the benthos by using Clustering Analysis and MDS. In addition, the performance of Benthic Index of Biotic Integrity (B-IBI) will be used to evaluate the effects of ecological condition of whole studying area. Finally, these achievements will provide a useful consultation for other works on artificial shallow water zone

二、緒論

安平漁港位於台南市安平區之安平港內，鹽水溪南岸沿海地區，北距曾文溪口約10.6公里，南距二仁溪口約8.8公里。安平商港北堤至漁港南堤之間海域已規劃為人工養灘區，高雄港務局辦理「安平港鄰近海岸整治規劃及漁光橋設計服務工作」，欲於此計畫中加入生態機能之工法，配合原有計畫進行研發人工養灘及島堤之生態復育技術。

台灣的海岸直接面臨大海，海況嚴苛，築堤保護海岸需要利用消波塊才能充分達到效果，所以談到海岸結構物生態工法，探討消波塊的生態效果是首要之務（郭，2002）。近年生態工法的理念提倡所謂的 Mitigation，其意

義強調自然環境復原復育的觀念，首先是要求盡量減少環境被破壞，若有不可避免的破壞或開發而產生惡化的環境，因此進行生態工法的手段來復原減輕目前之狀態。這之間若要知道對當地的生態環境狀態，調查及評估是有必要的。而如果要對現有海岸或防波堤前置放的消波塊生態效果有充分瞭解，則需要進行環境評估或生態品質分析。

然而這些海岸防護工程大都以拋置消波塊或築堤等海岸結構物為主，但對於長年累月下海岸結構物上所附著的生物種類，數量及其與這些結構物間的關係，以及結構物設置的過程對海岸生物的影響，都並未有太多相關的研究，只有新竹海岸有底棲生物及附著生物研究（郭等，2002；葉，2003；張，2003；郭等，2003；張等，2004；郭及陳，2004），安平淺灘有施工前期之調查（郭等，2004；張等，2004；張等，2004），台灣西海岸漁港之附著生物（張等，2002），而這些研究都是針對各別生物進行研究，少有更完整的綜合評估分析。

國內、外海岸環境評估的工作已發展了數十年以上，尤其在國外，過去多探討建構在多樣性、優勢種、敏感性污染種、耐受性污染種的出現（Van Dolah et al., 1999），而最近則發展了以底棲生物群聚為基礎的評估技術及應用指標（Engle et al., 1994；Engle and Summers, 1999；Weisberg et al., 1997；Van Dolah et al., 1999）。其中以 Weisberg 等(1997)將 James Karr 博士(1981)所發展使用在溪流的棲地評估之分析矩陣，發展出海岸及河口可用之方法稱為「底棲生物整合指標法」（Benthic Index of Biotic Integrity, B-IBI）。

本法相當地完整，並提供研究出不同的海岸河口類型，其所需之矩陣及生物特性表。本方法藉由調查生物群聚的現況來綜合給分，最後累加積分並分列等級來做生態品質評估（Weisberg et al., 1997）。同時已經有一些被應用在港灣海域底棲生物棲地評估上成功的案例（如 Weisberg et al., 1997；Van Dolah et al., 1999；Llanos et al., 2002；Alden, et al.,

2002；Christman, et al., 2003），國內亦有嘗試使用之案例（郭及朱，2004；郭等，2004；張等，2004；張及朱，2004）。

安平商港北堤至漁港南堤之間海域已規劃為人工養灘區，其中養灘對保護海岸防止土地侵蝕發揮很大的功能，若能再將其加以善用更可繁榮海洋生態。因此除海岸生態的維持，進而談到海岸景觀的美化及海岸結構的親水性為海岸永續利用中不可或缺之考慮要素。所以在安平港北堤以離岸構造物之規劃來定砂，海堤向內規劃為人工養灘之生態復育區，希望未來能在養灘上能讓底棲動物及港灣週邊附著動植物等相關生物繁榮地生長。此即藉由安平港擴建所產生之工程剩餘土善加利用，同時將營造優質海岸，豎立生態、人文、景觀與防災共存之典範。

因此本研究以養灘區及附近週遭海域作為研究區域，於2003年7月至2005年7月間依季節進行附著生物及底棲生物生態監測調查，並進行種類與族群分佈的生態調查，並評估期間所產生生態機能與效果之變化。

三、研究區域及內容

為探討海岸淺灘進行生態工法時施工結構物與施工過程對附近海域底棲生物之影響與工程完成後之生態效果評估，調查海域包含二部分，一為目標養灘區域(B及C區)，如圖1所示。B區位於漁港的南堤旁，C區則位於安平商港北堤旁。目前已有疏浚後的砂堆置於北堤旁(C區)平行海岸線長約60公尺、縱深40公尺、高度1.5公尺左右之砂量，並採自然的潮汐力量沖刷帶入海裏。由於養灘區位於商港北堤至漁港南堤間，本區海域形成一個凹形半開放的水域淺灘，同時離岸約500公尺外、綿延平行於海岸線、水深10米處正興建兩座突堤。

另一部份是目標淺灘區外選擇兩處區域(A區及D區)，以作為目標養灘區的生態影響對照比較，如圖1所示。A區位於漁港北堤北側之海域，屬於最北端的區域，由於本區恰位於漁港北堤北側及鹽水溪之出海口南側，設立

本區的目的係希望了解鹽水溪溪水之注入及漂散是否會影響養灘區的生物生態，並藉此作一對照比較。最後 D 區位於安平商港南堤旁一公里半處之海域，屬於比較開放的海域型態，以做為非突堤影響之區域對照。

附著生物調查方面，每區進行一個測點三個階層之水質及附著生物之採樣。本研究在安平港北堤至漁港南堤原規劃之淺灘區附近海域分設四個測站。

底棲生物調查方面，每區進行水深 1m、3m 及 5m 三個測點之水質及底棲生物之採樣，以 A1、A2 及 A3 分別代表水深 1m、3m 及 5m 之測點，其餘依此類推。本研究在安平港北堤至漁港南堤原規劃之淺灘區附近海域分設十二個測站。

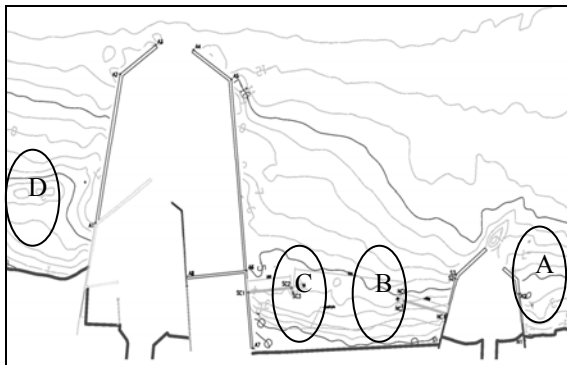


圖 1 安平海域調查示意圖

四、材料與方法

4.1 工程概述

根據交通部高雄港務局委託中華顧問工程司執行的「安平港鄰近海岸整治規劃、設計及漁光橋設計服務人工養灘方式專題研究」中指出，安平港養灘工程計劃在養灘區佈置人工潮間帶區、人工潮池區同時為確保人工養灘計畫的完善，減少沙源流失，利用人工岬灣的觀念，將於安平商、漁港防波堤外側各設置一座長三百五十公尺的馬刺型突堤，以減少養灘區沙量的流失，並且嘗試在兩座突堤外側拋放人工生態潛礁。而在本研究執行中，四個測站均有砂堆置的現象，其中，測站二及測站三的工作

程施作後，原先消波塊基質的型態被置換成人工生態潛礁、拋石，因此，對影響附著生物的群聚結構造成干擾。

4.2 生物因子調查

1. 附著生物部份

本研究針對安平漁港各測站消波塊上之附著生物分布情形，其中包含從上潮帶至低潮帶上的藻類、貝類及螺類等生物之種類調查，並估計各種類數量或覆蓋面積以推算其豐度。調查之進行，係參考潮汐表，選在大退潮時前往各測站，選定數個消波塊，觀察其結構物上之附著生物分布情形，觀測時由高潮位向低潮位方向，逐一記錄各生物種類的數量、出現位置及附著之基質，並於消波塊上中下各部位隨機選取 10cmx10cm 之方框大小採集數份樣本，經過刮取、裝袋及冷藏，將採樣之標本攜回實驗室鑑別其種類，鑑定時乃依據各類圖鑑及有關報告予以鑑定（邵等，1996；賴，1999；黃，2000；陳，2001）。另由現場拍照之記錄，輔以瞭解結構物附著生物之分佈及估算覆蓋面積。

2. 底棲生物部份

按季進行底棲生物之採樣。以租用民間漁船前往調查海域，航速以 2 節 (knots)，使用底棲生物採樣器進行拖網約五分鐘，岸上底棲生物的採樣與挑揀(sorting)的方法係參考淡水河生物相調查及生物指標手冊建立--基隆河指標生物調查方法實用操作(1998)。選定於大退潮期間於水位逐漸退去時，每站劃定十個 20cmx15cm 矩形平面，於此平面上挖取 10cm 深之土樣進行過篩，所採集之土樣於附近的水漕中以 0.94mm 之篩網淘洗篩濾底棲生物，過篩後進一步挑揀生物樣本，裝入保鮮袋並以麻醉劑(Propylene phenoxetol)麻醉，再加入 10% 福馬林固定後帶回實驗室。採得之生物以封口袋裝入並以福馬林固定及冰藏於冰箱，帶回實驗室進行種類之鑑定、鑑定時乃依據各類圖鑑及有關報告(楊&孫，1986；邵等，1996；賴，1999；陳，2001)。樣本之處理，藻類則測量濕重，貝類則測量殼長、體重等，其他生物則

測量體長、體重，並計算數量，以求得各種類的數量組成，求取豐度及生物量，藉以了解調查區域內的生物群聚結構。

4.3 環境因子調查

為了解各測站水質環境對附著生物的影響，按季進行水質及底質之調查，其項目包含：溫度、鹽度、電導度、溶氧、硝酸鹽、磷酸鹽、濁度、BOD、COD 等，而底質調查包含顆粒大小。檢測方式分為現場操作部分與採樣後於實驗室再行分析。

4.4 生物相似及多樣性分析

為探討兩兩測站間生物群聚之相似度 (Similarity)，以 Bray-Curtis Index (Bray & Curtis 1957) 相似度係數進行分析。生物多樣性以下列之指數進行分析，分別為優勢度指數 (Dominance Index, C)、Shannon 種歧異度指數 (Shannon diversity, H')、均勻度指數 (Evenness index, J') 及種數的豐富指數 (Species richness index, SR) 來進行分析 (Ludwing and Reynolds, 1988)。

4.5 群集分析

群集分析法是一種簡單的分類法，原理是依照觀測體間不同的特性予於分類。此法是根據變項間的相似性或相異性加以分類，將性質較相近的資料集結在同一個群中，換言之，在同一群集裡的樣本觀測值會有較高的同質性，不同群集裡的觀測值則有較高的異質性。衡量變數間相似性程度的方法有很多種，本研究使用最常使用的歐氏距離法 (Euclidean Distance)。

4.6 多維尺度分析 (MDS analysis)

以多維尺度分析 (MDS analysis) 中非介量空間尺度 (Non-Parametric Dimensional Scale) 探討各測點樣區生物群聚種類組成在空間尺度之分佈情形。

4.7 底棲生物整合指標法評估

本研究以底棲生物整合性指標法 (Benthic Index of Biotic Integrity, B-IBI) 來進行生態評估。由於安平附近海域屬於多鹽開放海域砂質

底質環境系統，因此 B-IBI 評估表棲地分級 (Habitat Class) 選擇多鹽砂環境系統 (PO sand)，表 1 顯示多鹽砂評估項目矩陣及配分標準。應用矩陣前必須參考生物的特性資料表，如污染性指標種、污染性感度種等提供作為分類對照 (Llanos et al., 2002)。

依上述矩陣給分標準予以給分，當給分完成後進行 B-IBI 分數之累加求取平均值，再由分數判斷環境狀況，環境狀況之分級列為四等，如表 2。

表 1 多鹽砂環境評估項目及評分標準

項目	5	3	1
Shannon-Wiener 種歧異度指數 (H')	≥ 1.5	1-1.5	< 1.0
單位面積之總種數豐富 (#/m ²)	≥ 10000 or ≥ 6000	3000-10000 or 3000-6000	< 3000
單位面積之總種類生物量 (g/m ²)	≥ 14	9-14	< 9
單位面積之污染指標種類之生物量百分比 (%)	≥ 100 or ≥ 67	67-100 or 38-67	< 67 or < 38
單位面積之污染源感種類 (易受影響的) 之豐富百分比 (%)	≥ 150	120-150 or 100-150	< 120 or < 100
單位面積之深溝沉積物中消費者之豐富百分比 (%)	≥ 230	150-230	< 150
單位面積之藻類種類生物量 (%)	≥ 23	1-23	< 1

表 2 B-IBI 評估等級及分數範圍

B-IBI	Benthic Community Condition	Habitat Class
≥ 4.0	Meets restoration goals	A
3.1-4.0	Marginal	B
2.1-3.0	Degraded	C
≤ 2.0	Severely degraded	D

五、結果與討論

5.1 水質調查

本研究分別於第一年：2003 年 7 月(夏季)、10 月(秋季)及 2004 年 1 月(冬季)、5 月(春季)；第二年：2004 年 9 月(秋季)、12 月(冬季)及 2005 年 4 月(春季)、7 月(夏季)，共計兩年八季在安平港週圍海域 4 個測站進行水質調查之採樣，結果如下：

在第一年所調查之結果顯示：氣溫介於 32.0°C~33.5°C；水溫介於 27.5°C~32.7°C；鹽度介於 32.65~34.85；pH 介於 7.28~8.53；DO 介於 6.40~8.83；BOD 介於 7.14~9.48；COD 介於 258~554。在 7 月(夏季)的調查中發現總磷濃度相當高，顯然有許多陸源物質藉由河川攜帶流滯安平海岸，造成相當大的耗氧量。氮氣濃

度較低，其原因應是受到植物吸收之結果，由溶氧皆過飽和狀態證明水體中光合作用旺盛，由上列各指數可以概括的認定此處擁有陸源注入之營養鹽，受到藻類的吸收而呈現相當高的生產力。10月(秋季)岸邊SS過高之現象是由於漂沙及採樣所激起之混濁程度有關。而B、C施工區仍未有明顯之工程施作，因此SS並沒有較其他高的現象，但整體水質透明度有較春夏為低情形。水體之總磷、BOD、氨氮皆較春夏有較低之現象，顯現此處水域受到陸域排放之水減少有關。此外由營養鹽分布情況可以了解，硝酸鹽、亞硝酸鹽及正磷酸鹽之分布也較春夏有較低之現象，亦顯現此處水域受到陸域排放之水減少影響。在2004年5月(春季)鹽度平均值為34.85，其中A1的海水鹽度較其他區低，顯示鹽水溪的注入致使本區海水鹽度下降。

在第二年調查結果中顯示：水溫介於22.3-32.8°C，25.5-27.6°C；鹽度介於31.0~34.3；pH各季範圍依序為7.43~8.25；DO為6.10~8.29；BOD5介於為1.29~3.21(mg/L)；COD介於0~8 mg/L；整體來看水溫受四季影響，在空間分佈上無甚大差異，鹽度與pH季節分佈均為夏秋明顯比春冬低，可能受颱風濠雨稀釋影響，在空間分佈上鹽度與pH也可看出A1站的趨勢明顯偏低，推斷可能是受北面陸源輸入淡水影響。另外由資料可以看出夏季與秋季磷酸鹽與無機氮鹽值都大於冬季及春季，與pH及鹽度趨勢加以比對，可推論夏秋營養鹽濃度增加係由陸源注入所致。

由環保署海域環境分類及海洋環境品質標準，可以對照得知本海域四季之環境屬於乙級至丙級環境品質。

5.2 底質調查

第一年(2003.7~2004.5)：各測站四季之底質粒徑分析所計算出中值粒徑，春季之中值粒徑呈現近岸顆粒較大，隨水深增加顆粒變細。其中A區之平均中值粒徑約為0.153mm-0.169mm，B區約為0.150mm-0.172mm，C區約為0.153mm-0.167mm及D區約為

0.177mm-0.188mm。其中位於海岸邊水深1m採樣處之測站A1、B1、C1及D1底質粒徑分佈相當類似，呈現細砂為主。而第二年(2004.9-2005.7)四個季節之粒徑則較前一年呈現稍有不同，各測站四季之底質粒徑分析所計算出中值粒徑，其中A區之平均中值粒徑約為0.195mm-0.364mm，B區約為0.210mm-0.289mm，C區約為0.193mm-0.327mm及D區約為0.227mm-0.319mm。

其整體趨勢皆呈現隨水深增加顆粒變細的情形，而各測點兩年間底質粒徑值均有提高的現象，尤其以施工區(B、C及D區)，推測粒徑之變化乃是由工程所造成的影響。

5.3 附著生物之種類組成

1. 附著生物部份

本研究依季節進行附著生物生態監測調查，兩年八季的調查結果顯示，附著動物共紀錄到2門8科19種；附著植物有3門3科3種，種類包括，(1)軟體動物門的笠螺科(Patellidae)的Cellana toreuma；蟹螺科(Neritidae)的Nerita chamaeleon、Nerita balteata；玉黍螺科(Littorinidae)的Granulilittorina exigua、Littoraria scabra、Granulilittorina millegrana、Nodilittorina pyramidalis、Littoraria undulata、Tectarius coronatus、Echininus cumingii f. spinulosus；骨螺科(Muricidae)的Thais clavigera、Drupina grossularia；牡蠣科(Ostreidae)的Crassostrea gigas、Saccostrea kegaki；殼菜蛤科(Mytilidae)的Perna viridis(2)節肢動物門的藤壺科(Chthamalidae)的Balanus amphitrite、Chthamalus pilsbryi、笠藤壺科(Tetradacus)Tetraclita formosana、Tetraclita squamosa。附著植物部分(1)綠藻植物門的腸蕨苔(Eenteromorpha intestinales)(2)紅藻植物門的縱胞藻(Centriceras clavulatum)(3)褐藻植物門的馬尾藻(Sargassum sp.)。

在不同測站的生物的出現比較，各季種類數在3至22種間，但其中各測站在高潮線相較於低潮線出現的種類數較少，符合Doty

(1946) 所提出的臨界潮線假說 (critical-tide hypothesis) 中提及的生物的帶狀分佈理論。而就兩年間各測點低潮線生物種類比較，從圖 2 中可看出第二年的種類數相較於第一年增多，但從總生物個體數分析，則第二年的生物數量較第一年少。另 ST1 種類數及採樣個體數兩年間並無明顯差異。低、中潮位兩潮位線均以固著性藤壺之物種最多；而高潮位則以移動性的玉黍螺為最優勢。ST3 綠藻植物門的腸苔再第二年出現的面積相當優勢。

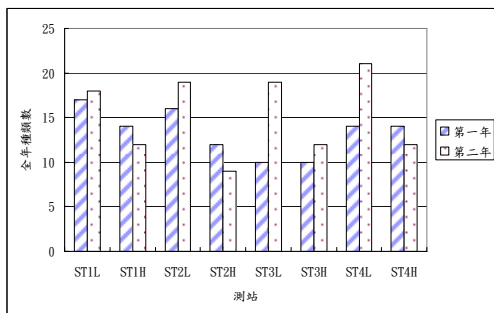


圖 2 兩年間各測站低、高潮位之種類數

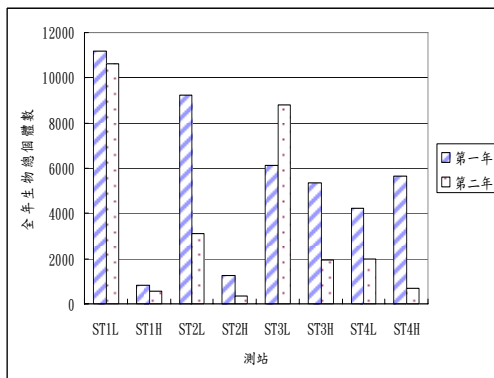


圖 3 兩年間各測站低、高潮位之生物個體

2. 底棲生物部份

第一年(2003.7~2004.5)四季所採獲之生物種類在排出魚類後，包含節肢動物 (Arthropoda)、軟體動物 (Mollusca) 及多毛環節動物 (Polychaeta) 等三大類 7 目 17 科 25 種 1551 個生物個體。春季所採獲之生物樣本計三大類 3 目 7 科 11 種，總個體數為 41 隻，採樣總個體數明顯較少。夏季計三類 5 目 14 科 18 種，

總個體數為 416 隻。種類的出現較春季為多。秋季總個體數為 223 隻，計四類 5 目 11 科 14 種。冬季所採獲總個體數為 288 隻，計四類 5 目 12 科 11 種。第二年(2004.9~2005.7) 四季所採獲之生物種類，包含節肢動物 (Arthropoda)、軟體動物 (Mollusca) 及多毛環節動物 (Polychaeta) 等三大類 6 目 15 科 20 種 1305 個生物個體。春季所採獲之生物樣本計三大類 3 目 5 科 7 種，總個體數為 123 隻。夏季計三類 5 目 14 科 5 種，總個體數為 68 隻，採樣總個體數明顯較少。秋季總個體數為 885 隻，計四類 4 目 7 科 16 種。冬季所採獲總個體數為 212 隻，計四類 4 目 8 科 12 種。

在不同區域的生物的出現比較，種類數都在 10 至 14 種間，但其中 A 區出現的種類數較少，且採樣個體數亦較其他區域少。而目標養灘區 (B、C 區) 與 D 區種類數及採樣個體數無明顯差異。在不同等深線的生物的出現比較，水深 1m 處種類較少。而水深 3m 及水深 5m 之測站比較，3m 水深出現的採樣個體數最多，而種類數與 5m 之測站無明顯差異。C 區等深線以二枚貝類之物種最多。

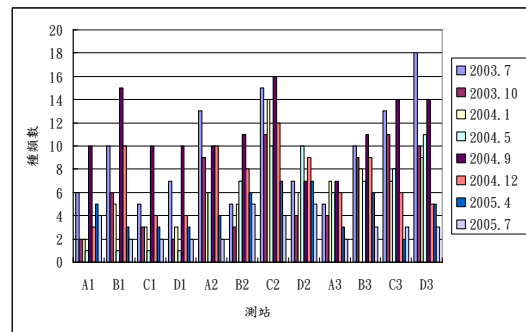


圖 4 兩年間各測站之種類數

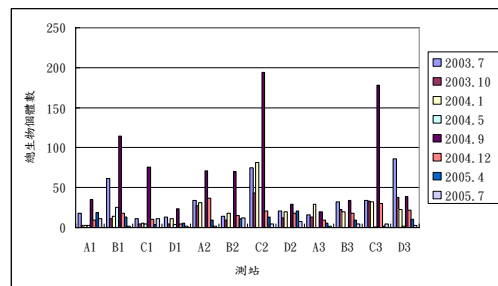


圖 5 兩年間各測站之生物個體

5.4 測站間相似度變化

1. 附著生物部份

為探討兩年間工程施做前後，各測站間附著生物種類空間分佈之相似性，以 Bray-Curtis Index 分析，結果如表 3、表 4 與圖 6、圖 7 所示。第一年各測站間的相似度介於 38.82~87.11% 之間，高於 70% (表示生物種類間個體數分佈的一致性) 以上的有測站一與測站二的低潮帶、測站三與測站四的高、低潮帶、測站二的低潮帶與測站四的高潮帶。

另外，第二年各測站間的相似度介於 27.37~68.92% 之間，各測站間的相似性不若第一年年高，探討原因為本研究區域內新設置之消波塊，生物的種類數也較少，空間的相似性受到了工程施作的影響。

表 3 第一年各測站附著生物低、高潮位相似性

	ST1L	ST1H	ST2L	ST2H	ST3L	ST3H	ST4L	ST4H
ST1L	1							
ST1H	51.63	1						
ST2L	87.11	50.21	1					
ST2H	43.00	56.70	49.80	1				
ST3L	40.47	43.29	44.18	47.79	1			
ST3H	59.07	47.02	63.24	40.71	63.17	1		
ST4L	42.38	63.02	38.82	43.54	76.61	61.39	1	
ST4H	69.44	57.18	71.27	44.24	52.58	80.79	56.26	1

表 4 第二年各測站附著生物低、高潮位相似性

	ST1L	ST1H	ST2L	ST2H	ST3L	ST3H	ST4L	ST4H
ST1L	1							
ST1H	35.74	1						
ST2L	62.25	42.46	1					
ST2H	27.37	61.75	37.75	1				
ST3L	40.54	29.90	54.70	28.82	1			
ST3H	46.71	46.46	64.80	41.14	51.74	1		
ST4L	49.65	42.81	68.92	39.62	54.77	68.53	1	
ST4H	42.07	51.76	54.80	56.18	42.60	63.85	52.85	1

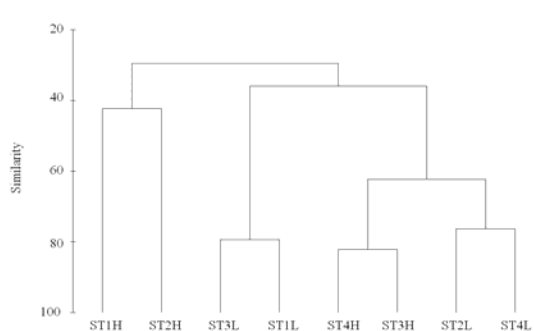
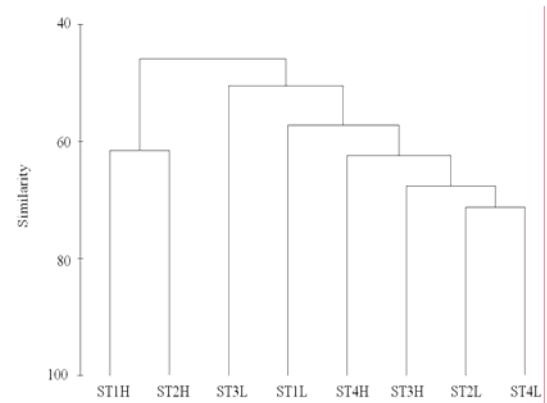


圖 6 第一年各測站附著生物低、高潮位相似性

圖 7 第二年各測站附著生物低、高潮位相似性



2. 底棲生物部份

為探討兩年間工程施做前後，各測站間底棲生物種類空間分佈之相似性，以 Bray-Curtis Index 分析，結果如圖 8、圖 9 所示。第一年各測站間的相似度介於 0~95.19% 之間，結果可看出，生物的分佈受到水位等深線的影響，依水深 1m、3m 及 5m 分佈成同一相似群，但比較值得注意的是，水深 3m 及 5m 間的生物，在群聚相似性上，呈現落在同一群。

另外，第二年各測站間的相似度介於 0~80.93% 之間，各測站間的相似性不若第一年年高，但仍可由結果可看出，生物的分佈受到水位等深線的影響很大，依水深 1m、3m 及 5m 分佈成同一相似群。

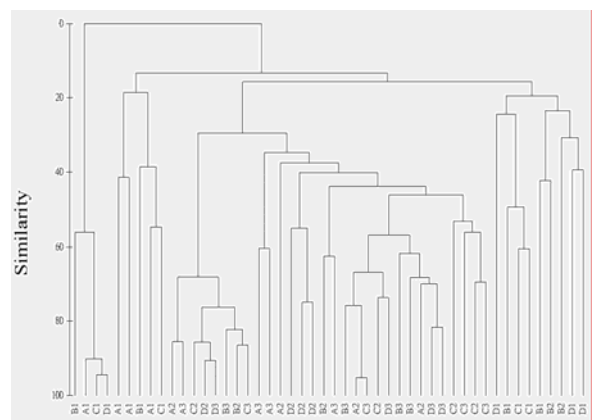


圖 8 第一年各測站底棲生物相似性

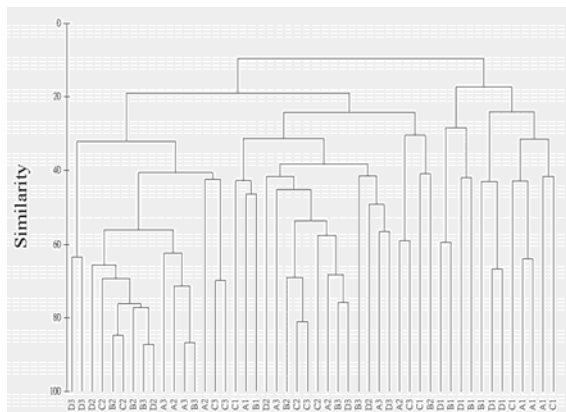


圖 9 第二年各測站底棲生物相似性

4.5 測站間生物多樣性變化

1. 附著生物部份

生物多樣性分析結果如圖 10 至圖 13。優勢度指數(C)之結果如圖 6 所示,隨各季節及各測站有不同之差異,數值愈大顯示該測站有明顯優勢種出現。各測點 A1 兩年八季間優勢度指數 (C=0.15-0.56)、A2 (C=0.13-0.50)、A3 (C=0.19-0.50) ; B1 (C=0.17-0.50)、B2 (C=0.18-0.36)、B3 (C=0.12-0.44) ; C1 (C=0.36-0.69)、C2 (C=0.12-0.36)、C3 (C=0.13-0.54) ; D1 (C=0.18-0.52)、D2 (C=0.12-0.31)、D3 (C=0.08-0.40)。第二年各測點的優勢值較第一年高,測點中又以第二年的 A 區及第二年的 C 區優勢度指數值較高,顯示有優勢種的存在。進一步分析發現 A、C 區文蛤類的物種的確有較優勢的情形。種歧異度指數(H')之結果如圖 7 所示,數值愈大顯示該測站有較豐富的種類出現,亦表示該測站具有生物多樣性,各測點 A1 兩年八季間種歧異度指數(H') ($H' = 0.64-2.08$)、A2 ($H' = 0.69-2.31$)、A3 ($H' = 0.69-1.80$) ; B1 ($H' = 0.69-2.01$)、B2 ($H' = 1.06-1.95$)、B3 ($H' = 0.95-2.25$) ; C1 ($H' = 1.01-1.71$)、C2 ($H' = 1.90-2.29$)、C3 ($H' = 0.69-2.31$) ; D1 ($H' = 0.67-2.0$)、D2 ($H' = 1.29-2.07$)、D3 ($H' = 1.10-2.67$)。第一年各測點的種歧異度指數(H')較第二年年高,測點中又以第一年的 D 區歧異度指數值較高。

均勻度指數(J')表示群聚內種間分配之均勻度,其值與 C 值相反, J' 值愈大則表示個體數在種間分配愈均勻。結果如圖 8 所示,各季中較低值出現在 2004 年 9 月,有幾個測站 (B1、A2、C2、C3) 出現均勻度值較低的現象,顯示群聚程度不均勻,其餘三季無明顯之差異,推測可能是受到文蛤相對於其它物種呈現高度優勢的影響。最後,種類數的豐富指數 (SR)表示群聚內種類數的豐富情形,SR 值愈大則群聚內生物種類數愈多,結果如圖 9 所示。各測點以 B2、C2 區豐富度變化最小,C3、D3 變動最大,岸上測點又相較海上測點豐富度值低。

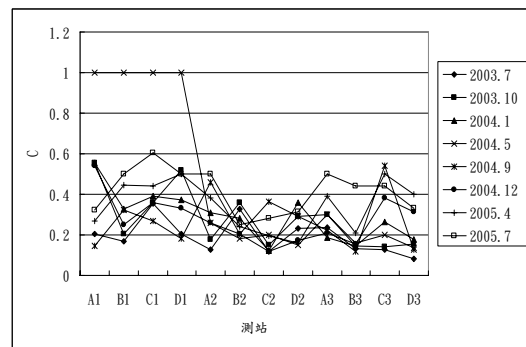


圖 10 各測站之優勢度指數分佈圖

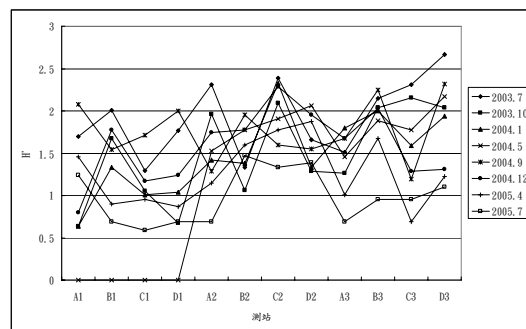


圖 11 各測站之種歧異度指數分佈圖

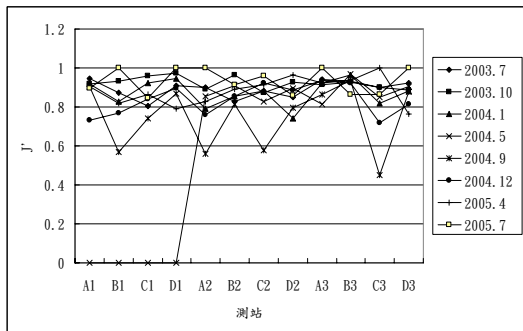


圖 12 各測站之均勻度指數分佈圖

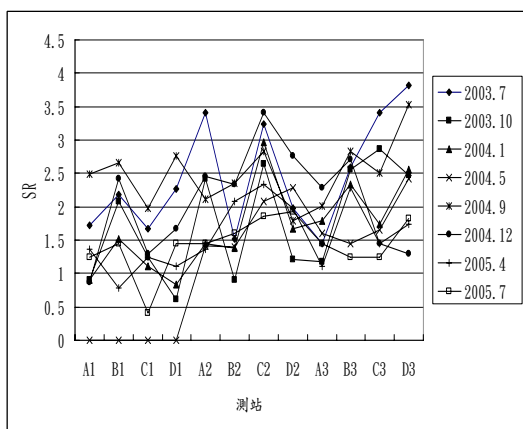


圖 13 各測站之豐富度指數分佈圖

2.底棲生物部份

生物多樣性分析結果如圖 14 至圖 17。優勢度指數(C)之結果如圖 14 所示，隨各季節及各測站有不同之差異，數值愈大顯示該測站有明顯優勢種出現，各季中以夏季整體數值較高，次之為春季，再次之為夏季。其中測站 3 及測站 4 的數值有逐漸下降的趨勢。種歧異度指數(H')之結果如圖 15 所示，數值愈大顯示該測站有較豐富的種類出現，亦表示該測站具有生物多樣性，各季中較大值出現在夏、秋季二季，春季則在四季的比較中數值較穩定。另比對養灘區與非養灘區，除 ST1 較低外，可能受溪水匯流注入的影響，顯示目前進行養灘的工作仍無明顯影響。

均勻度指數(J')表示群聚內種間分配之均勻度，其值與 C 值相反，J' 值愈大則表示個體數在種間分配愈均勻。結果如圖 16 所示，

各季中較低值出現在秋季，顯示群聚程度不均勻，其餘三季無明顯之差異。最後，種類數的豐富指數 (SR)表示群聚內種類數的豐富情形，SR 值愈大則群聚內生物種類數愈多，結果如圖 17 所示。各季中秋季各測點的變動最大。比較各測站季節之差異，顯示這些部分測站生物受到季節環境影響而導致指數上升或下降。

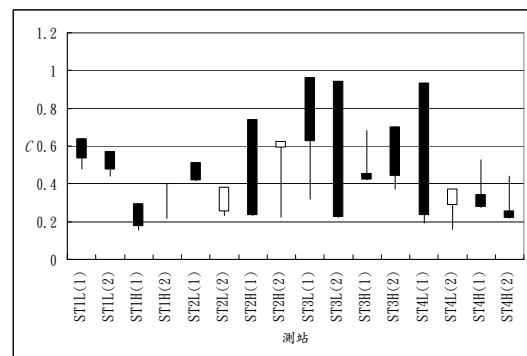


圖 14 各測站之優勢度指數分佈圖

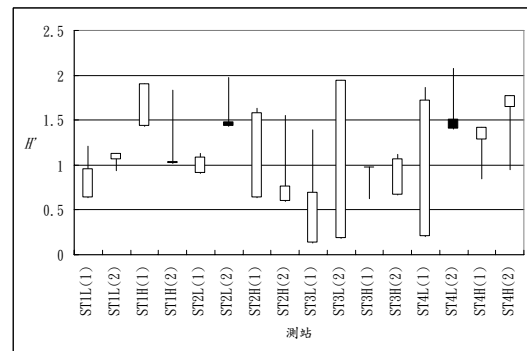


圖 15 各測站之種歧異度指數分佈圖

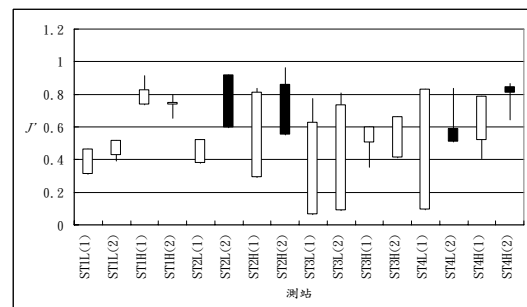


圖 16 各測站之均勻度指數分佈圖

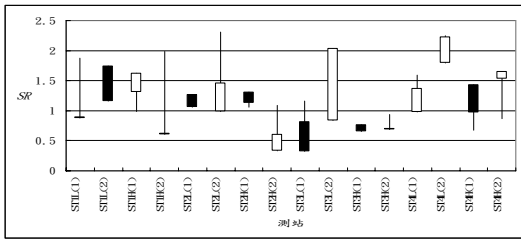


圖 17 各測站之豐富度指數分佈圖

註：□表示指數有逐季提高趨勢 ■表示指數有逐季下降趨勢
 ▭表示指數無上升下降趨勢

(1)表示第一年 2003.7-2004.5；(2)表示第二年 2004.9-2005.7；(L)表示低潮位；(H)表示高潮位

4.6 MDS 分析結果

1. 附著生物部份

本研究針對安平海岸兩年各測站生物分佈之 MDS 分析圖，如圖 18、圖 19 所示。其中第一年可看出生物的分佈受到水位潮位等深線的影響很大，呈現帶狀分佈，依潮位分成高、低潮位，在非介量空間尺度上兩兩距離分佈成兩個相似群，但生物在群聚的分佈上有相似的狀況。而第二年仍可看出水位潮位對於生物的群聚分佈影響，在非介量空間尺度上兩兩距離分佈成兩個相似群，但相似距離較第一年大，推估可能是受到馬刺型突堤，新拋消波塊或塊石影響，使得生物可分佈的空間與範圍較大，因此，可以明顯呈現兩種分群。

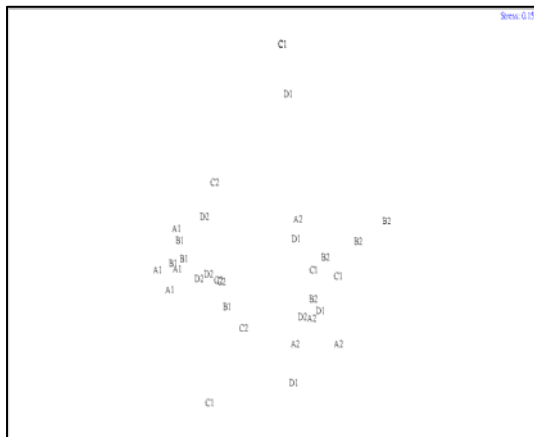


圖 18 各測站第一年生物分佈之 MDS 分析圖

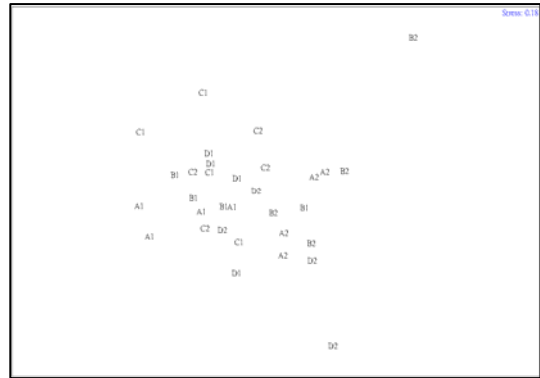


圖 19 各測站第二年生物分佈之 MDS 分析圖

2. 底棲生物部份

本研究針對安平海岸兩年各測站生物分佈之 MDS 分析圖，如圖 20、圖 21 所示。其中第一年可看出生物的分佈受到水位等深線的影響很大，依水深 1m 及 3m、5m 在非介量空間尺度上兩兩距離分佈成兩個相似群。水深 3m 及 5m 間的生物，在群聚相似性上，呈現落在同一群。而第二年仍可看出水深對於生物的群聚分佈影響，依水深 1m、3m 及 5m 分佈成同一群，但相似距離較第一年大，推估可能是受到馬刺型突堤，形成內灣型態，使得生物可分佈的空間與範圍較大。另外，推測可能是由於受到養灘區大量堆沙的影響，海水潮汐將砂逐漸帶離，而造成生物的生存群聚形成不均勻的分佈。



圖 20 各測站第一年生物分佈之 MDS 分析圖

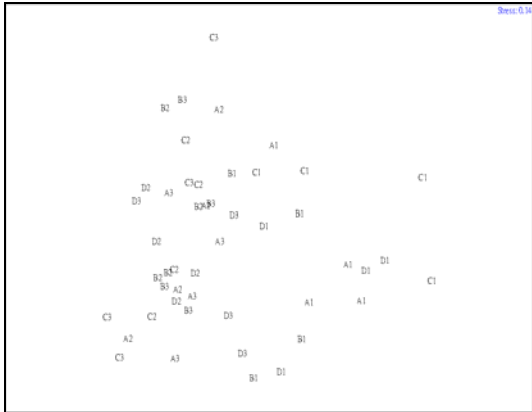


圖 21 各測站第二年生物分佈之 MDS 分析圖

4.7 生物指標的評價用於海岸工程

Larry (1998) 曾指出環境影響評估的方法有相當多。過去國外海岸環境評估的工作已發展了數十年以上，尤其國外多探討建構在目標生物 (target species)、多樣性 (species diversity)、優勢種 (species dominance)、敏感性污染種 (pollution-sensitive species)、耐受性污染種 (pollution-tolerant species) 的出現 (Van Dolah et al., 1999)。在生物指標的評價方法上，目前在國外已經有幾個發展中之評估指標，可區分為定性模式分析及定量模式分析，其中定性的部分主要是考量生物特性及生態習性分析；而定量部分則有棲地適合度評價法 (Habitat Evaluation Procedure, HEP)，此模式將生物特性當作主變數，棲息條件作依變數，模式利用環境因子 (如水質、水溫等) 及所調查之生物種數算出棲地適合地指數 H S I (Habitat Suitability Index) (郭及陳，2004)。

另外定量方法中，最近則發展了以底棲生物群聚為基礎的評估技術及應用指標 (Engle et al., 1994; Engle and Summers, 1999; Weisberg et al., 1997; Van Dolah et al., 1999)。其中以 Weisberg 等 (1997) 所發展之底棲生物整合指標法，Benthic Index of Biotic Integrity, B-IBI)，相當地完整，並提供研究出不同的海岸河口類型，其所需之矩陣及生物特性表。同時已經有一些被應用在港灣海域底棲生物棲地評估上成功的案例 (如 Weisberg et al.,

1997; Van Dolah et al., 1999; Llanso et al., 2002; Alden, et al., 2002; Christman, et al., 2003)，國內亦有嘗試使用之案例 (郭及朱，2004; 郭等，2004; 張等，2004; 張及朱，2004)。本研究分別針對附著生物及底棲生物進行 B-IBI 分析及評價，分別如下：

1. 附著生物部份

由張等 (2004) 研究結果顯示，砂質的海域環境，因港阜設施如突堤、防波堤、附近環境變化等 (例如：新拋消波塊) 均會影響及改變環境特性而影響生物群聚結構。因此，本研究針對兩年八季的資料進行 B-IBI 指數評價後，各測點高潮線大多呈現 D 級的評價結果，僅 ST1 及 ST4 評價後有出現 C 級的狀態，其中，ST1 B-IBI 值落在 C 級 (38%)、D 級 (62%)；ST4 B-IBI 值落在 C 級 (25%)、D 級 (75%)；進一步分析發現兩測點 C 級評價大多出現在第一年。而針對各測點低潮線 B-IBI 指數評價後，ST1 的低潮線 B-IBI 值落在 C 級 (25%)、D 級 (75%)；ST2 的 B-IBI 值落在 B 級 (12.5%)、C 級 (12.5%)、D 級 (75%)；ST3 的 B-IBI 值落在 B 級 (12.5%)、C 級 (25%)、D 級 (62.5%)；ST4 的 B-IBI 值落在 B 級 (12.5%)、C 級 (62.5%)、D 級 (25%)。進一步分析後發現，ST2 及 ST4 的 B-IBI 值相對其他兩站較好，且大部分評價 B 級結果都在第二年，而邵 (1998) 曾提及干擾 (disturbance) 或稱擾動是自然界普遍的現象，它能破壞群聚的平衡狀態，特別是人為的干擾，如漁業、污染、築堤、建港等等。干擾的結果會使連續的群聚產生空隙 (gaps)，而提供後繼者一個入侵的機會。如後繼者並非原來的物種，而是競爭力更強的其他物種，則可能會使整個群聚的結果為之改變，因此，本研究研究結果發現，雖然在總生物個體數 ST2 低潮線第二年相較於第一年並未提高，但工程干擾的結果呈現種類增多的現象，尤其以藤壺、玉黍螺等物種的幼苗為主，因而有相對較好的 B-IBI 評價。而針對養灘工程對於附著生物的生態效益，未來仍需進一步的調查研究。建立長期性的資料，進一步分析環境與生物適應性等問題。

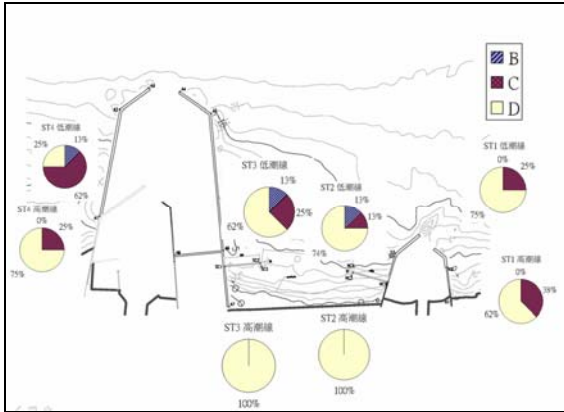


圖 22 安平兩八季應用 B-IBI 評估項目及配分結果

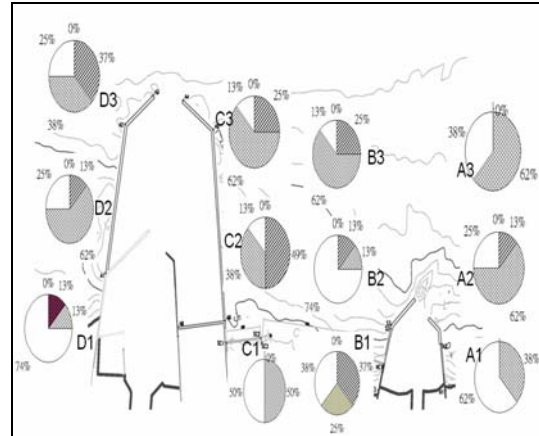


圖 23 安平兩八季應用 B-IBI 評估項目及配分結果

2. 底棲生物部份

本研究針對安平漁港兩年八季的資料進行各測點 B-IBI 指數評價，大多呈現 C-D 級的評價結果，其中，A1 B-IBI 值落在 C 級 (38%)、D 級 (62%)；A2 B-IBI 值落在 B 級 (13%)、C 級 (62%)、D 級 (25%)；A3 B-IBI 值落在 C 級 (62%)、D 級 (38%)；B1 的 B-IBI 值落在 B 級 (37%)、C 級 (25%)、D 級 (38%)；B2 的 B-IBI 值落在 B 級 (13%)、C 級 (13%)、D 級 (74%)；B3 的 B-IBI 值落在 B 級 (25%)、C 級 (62%)、D 級 (13%)；C1 的 B-IBI 值落在 C 級 (50%)、D 級 (50%)；C2 的 B-IBI 值落在 B 級 (50%)、C 級 (38%)、D 級 (12%)；C3 的 B-IBI 值落在 B 級 (25%)、C 級 (62%)、D 級 (13%)；D1 的 B-IBI 值落在 B 級 (13%)、C 級 (13%)、D 級 (74%)；D2 的 B-IBI 值落在 B 級 (13%)、C 級 (62%)、D 級 (25%)；D3 的 B-IBI 值落在 B 級 (37%)、C 級 (38%)、D 級 (25%)。結果發現 B、C 區的 BIBI 評價相較於其它兩區落 B 級 (Marginal) 較多，較適合生物棲息。而針對養灘工程對於底棲生物的生態效益，未來仍需進一步的調查研究。建立長期性的資料，進一步分析環境與生物適應性等問題。

五、結論與建議

1. 安平港沿岸人工結構物附着生物的調查，提供該海域生態評估之基礎資料，建議未來應再持續推動基礎生態調查工作。
2. 研究結果發現，兩年八季間的物種數及生物個體數呈現不同的狀況，物種的組成在工程的干擾後有所不同，初級附着生物及原先的物種對於環境調控的適應性，也需進一步分析。
3. 研究結果發現附着生物的種類與分布會受到其週邊環境改變的影響，而有不同的演化差異。
4. 兩年八季間的水質變化，顯示有季節變化並受河川陸源物質攜帶入海之影響。底質底質粒徑近岸區有較粗的分布現象，應是工程拋置新砂所致。因此對生物的影響表現在生物空間的相似性差異、各測站生物多樣性差異、並由 Cluster analysis 及 MDS 分析結果顯示出來。
5. 由 BIBI 評估之結果發現 B、C 區的評價相較於其它兩區，落於 B 級 (Marginal) 較多，表示 B、C 區的生態評價較其他區域好。此結果顯示，目前所施工之馬刺型突堤的確可有效營造內灣型棲地環境，預期可達到養灘之功效。
6. B-IBI 可作為海岸結構環境的評價指標，並可作為分析人工養灘生態效果之參考依據。該海域生態評估之基礎資料，建議未來應再持續推動基礎生態調查工作。

六、計畫成果自評

(A)執行本計畫已完成：

1.本研究探討淺灘生態環境創造之研究。經由結果之比較，認為研究內容已達到原計畫之預期成果，且具有高度之應用價值。本研究已發表於第27屆海洋工程學術研討會兩篇文章、中華建築學刊2篇文章及港灣報導季刊第72期，同時目前也將具體結果投稿國外科學性期刊。(期刊)

朱達仁、郭一羽、施君翰(2005)，“安平海岸淺灘生態效果評估之研究”，中華建築學刊，第1卷，第3期，第35-46頁。

朱達仁、郭一羽、施君翰(2005)“消波塊附著生物的生態演化與生態評估—以新竹漁港為例”，中華建築學刊，第2卷，第1期。(已接受)

郭一羽、李英周、朱達仁、施君翰、陳盈曲(2005)“應用底棲生物整合指標發展海岸生物棲地評估模式”，港灣報導季刊第72期。(已接受)

(研討會)

朱達仁、郭一羽、施君翰(2005)，“安平漁港港灣結構物上附著生物生態效果評估”，第二十七屆海洋工程研討會論文集。(已接受)

朱達仁、郭一羽、施君翰(2005)，“應用底棲生物整合指標法評估安平海岸淺灘的環境衝擊及生態效果分析研究”，第二十七屆海洋工程研討會論文集。(已接受)

(B)協助本計畫的人員，習得許多研究海岸生態工程所具備的知識和技術。

4.謝蕙蓮、王豫煌、劉弼仁(1999)"基隆河指標生物調查方法"，淡水河系生物相調查及生物指標手冊建立：p4-1~4-44。

5.郭一羽等(2001)"水域生態工程"，中華大學水域生態環境研究中心。

6.陳育賢(2001)"海岸生物(一)-台灣潮間帶生物700種(一)"，渡假出版社有限公司。

7.郭一羽、朱達仁、葉明典(2002)"新竹海岸消波塊之生態調查研究"，中華民國第二十四屆海洋工程研討會論文集，第477-484頁。

8.郭一羽、朱達仁(2004)"漁港生態工法應用類別之探討"，第一屆營建管理研討會論文集，P3-155~3-164。

9.Doty, M. S. (1946) "Critical tide factors that are correlated with the vertical distribution of marine algae and other organisms along the Pacific coast. Ecology, 27: 315-328.

10.Ludwig, J. A. and J. F. Reynolds (1988) "Statistical".

參考文獻

- 1.戴昌鳳(1989)"臺灣的珊瑚"，臺灣省政府教育廳，195頁。
- 2.邵廣昭等(1996)"台灣常見魚介貝類圖說(上)-海藻與無脊椎動物"，台灣省漁業局。
- 3.賴景陽(1999)"貝類(一)"，渡假出版社有限公司，200頁。