

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

海岸工程對沿岸淺灘生態影響評估與改善策略之整合性研究  
—利用生態整合模式探討海岸工程施作前後生態影響研究

研究成果報告(精簡版)

計畫類別：整合型  
計畫編號：NSC 96-2221-E-216-051-  
執行期間：96年08月01日至97年07月31日  
執行單位：中華大學休閒遊憩規劃與管理學系

計畫主持人：朱達仁

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：陳羿文  
碩士班研究生-兼任助理人員：林翰飛  
博士班研究生-兼任助理人員：施君翰

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

中華民國 97 年 10 月 31 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫  成果報告  
 精簡報告

利用生態整合模式探討海岸工程施作前後生態影響研究

**The study of application of integrated ecological model for  
evaluating the impact of before and behind seashore engineering**

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC96-2221-E-216-051

執行期間：2007年8月1日至2008年7月31日

計畫主持人：朱達仁

計畫參與人員：施君翰、陳羿文、林翰飛

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：中華大學休閒遊憩規劃與管理學系

中華民國九十七年七月三十一日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 利用生態整合模式探討海岸工程施作前後生態影響研究

### The study of application of integrated ecological model for evaluating the impact of before and behind seashore engineering

計畫編號：NSC96-2221-E-216-051

執行期限：97年8月1日至98年7月31日

主持人：朱達仁 中華大學休閒遊憩規劃與管理學系助理教授

計畫參與人員：施君翰 臺灣大學生科院漁業科學所博士候選人

陳羿文 中華大學營建管理所碩士

林翰飛 臺灣大學理學院海洋研究所碩士

#### 一、中文摘要

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2008年9月間計有三年十二季次的底棲生物生態調查，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。

關鍵詞：底棲生物，海岸工程，群聚組成，底棲生物整合性指標法，環境影響評估

#### 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 benthic, dating from May 2003 to September 2008, 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.

Keywords: benthic, coastal engineering, community structure, Benthic Index of

Biotic Integrity(B-IBI), environmental impact assessment

## 二、緒論

雖然台灣目前在海岸工法施作中防止海岸侵蝕工法、海岸保護工法及人工養灘的工法技術方面十分純熟，然而從海岸永續利用的觀點來看，海岸結構物不應以防災之單一目的而建造，所考慮之工程必須滿足多元性之需求，即海岸結構物應與海岸生態及人類生活並存，因此海岸景觀的美化、海岸結構的親水性及海岸生態的維持為海岸永續利用中不可或缺之考慮要素，其中尤以生態面的考量上仍然十分缺乏，針對底棲生物的群聚現象進行探討的研究報告，大部分僅以定性的物種描述（王，1997；劉及林，1995；謝，1997；陳，1997；劉，1998；邵，2000）為主。而針對定量的研究報告（劉，2001）曾提出大肚溪潮間帶地區大型底棲動物群聚現象的報告，其中運用多變量統計分布序列（Ordination）及集群分析（Cluster analysis）分析生物群聚與環境關係，但仍未有探討生物群聚與工程施作、或與工程關聯的相關分析，更遑論發展環境衝擊評估模式。

因此，在國內一般海岸工法之規劃設計尚未充分考慮生態機能情形下，本研究為延續計畫，彙整過去國科會前兩年計畫(2003-2005年)，安平港施工前、中之生態環境調查之數據評估施工完工後的三年後，第三年(2008年)進行生態環境監測，以評估生態環境在人工養灘工程施工完工後之生態狀態，並探討生物與工程整合性之問題。更進一步利用 B-IBI 指標，評估安平港養灘工程施工後恢復狀態，以提供國內未來相關工程計畫之參考。

## 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。

底棲生物調查方面，每區進行一個測點三個階層之水質及底棲生物之採樣。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。

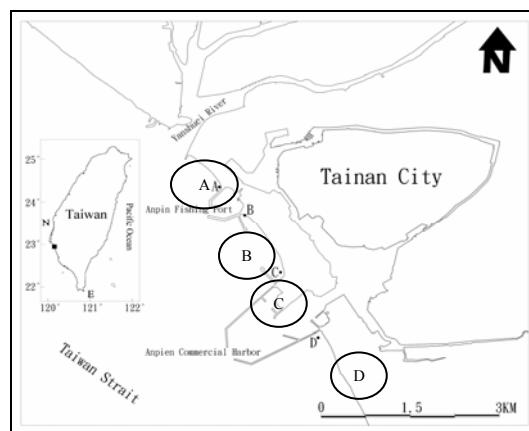


圖1 安平海域調查示意圖

#### 四、材料與方法

##### 4.1 安平人工養灘生態工法設計概念

台灣安平人工養灘計畫區位於安平商港北堤與安平漁港南堤之間的海域，工程主要目標乃是利用生態工法創造出生態保育區及生態緩衝區，以達到環境復育及生態平衡，主要之生態工法項目有生態潛礁、人工潮地、人工潮間帶，詳圖 2 所示，工法項目分述如下：

##### 1. 馬刺型突堤和生態潛礁

本計畫利用南、北兩座馬刺型突堤之硬性結構物配置來保護堤內的人工沙灘，該構造為拋石堤結構，設置水深約在-4m，堤頭主要設計成生態潛礁的方式，以粗糙度高的礁石拋入堤頭四周，以吸引附著性無脊椎動物或是附著藻類來附著（棲息），同時可保護堤腳避免沖刷侵蝕。

##### 2. 人工潮池區

安平商港及安平漁港之間的人工養灘目標區的南側馬刺型突堤內屬於較為穩定的水域，以人工潛礁塑造一寬度為 150m 之人工潮池。由於潮池主要的目標為棲地創建及物種復育功能，同時，為了減低長時間日照及浸泡不到水的不良影響，因此，人工潮池主要是設計位於水深較深處，其水位保持在 0.1~1.0 公尺(-1.0m~±0.0m)，並拋放糙度高的礁石以吸引魚類、無脊椎動物、底棲動物、大型海藻聚集、產卵及躲避天敵之用，使海中的動物、植物能在該環境中形成自然的循環而達到海洋生態圈的創造目標。此外，避免親水性的通道設計，以降低不必要的人為活動干擾。

##### 3. 人工潮間帶

人工養灘目標區的南側馬刺型突堤靠近陸域近岸屬於穩定水域，以人工沙腸工法分隔人工潮池區與人工潮間帶，設計概念主要考量安平商港鄰近海域其潮差約為 0.6m，因此，將人工潮間帶設置於水深約在低潮線至平均高

潮位線(±0.0m~+1.0m)附近，利用潮差使海水位高潮及低潮時大部份的生物都能避免長時間離水的狀況。

##### 4. 創造親水遊憩海岸帶

選取北側馬刺型突堤之內側受遮蔽之穩靜水域，供親水遊憩之用，該區域之沙灘寬度較大，並位於人工養灘區之進口位置，同時，於灘前創造原生物種中的蔓藤植物的棲地，主要目標可達到定砂目標以及景觀視覺上的美化功能。



圖 2 安平海域工程設計示意圖

##### 4.2 生物因子調查

採樣工作之進行係參考潮汐表，選定於大退潮期間於水位逐漸退去時，採集肉眼可以加以分辨之底棲動物標本，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窪中以 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麻醉，再加入福馬林固定後帶回實驗室，以 5% 中性福馬林溶液保存於實驗室中。

##### 4.3 環境及水質調查

本計畫為了解各海岸測站的水質及底質環境特徵對底棲生物的影響，遂進行季別調查，項目包括：氣溫、水溫、鹽度、溶氧、氫離子濃度及導電度、濁

度、BOD、COD、總磷、硝酸鹽、亞硝酸鹽、磷酸鹽等項目之測定，而底質調查則包含顆粒大小及有機質含量等。檢測方式分為現場操作部分與採樣後將樣品固定，於實驗室再行分析。

調查期距共計三年，第一年為 2003 年 7 月至 2004 年 4 月；第二年為 2004 年 9 月至 2005 年 7 月；第三年為 2007 年 12 月至 2008 年 9 月間。

#### 4.4 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。

#### 4.5 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)。

#### 4.6 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)。

#### 4.7 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。

#### 4.8 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	≥2.1	1.3-2.1	<1.3
Abundance (#/m <sup>2</sup> )	≥116	20-116	<20
Biomass (g/m <sup>2</sup> )	≥9	5-9	<5
Biomass of pollution-indicative taxa (%)	≥1.0	0.4-1.0	<0.4
Abundance of pollution-sensitive taxa (%)	≥1.0	0.7-1.0	<0.7
Abundance of deep-deposit feeders (%)	≥2.3	1.5-2.3	<1.5

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、調查結果

### 5.1 底棲生物之種類組成

本研究在安平港週圍海域 12 個測

站進行十二季生物生態調查之採樣，所採獲之生物種類分三大類 10 目 25 科 54 種 17007 個生物個體。

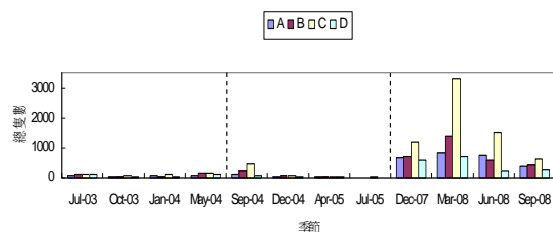


圖 3 安平港底棲生物總個體數

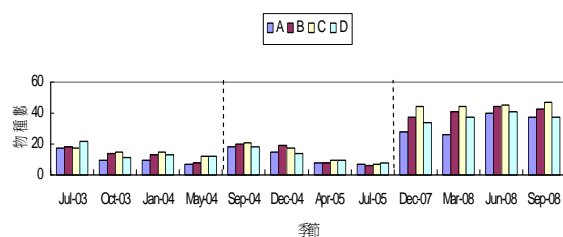


圖 4 安平港底棲生物物種數

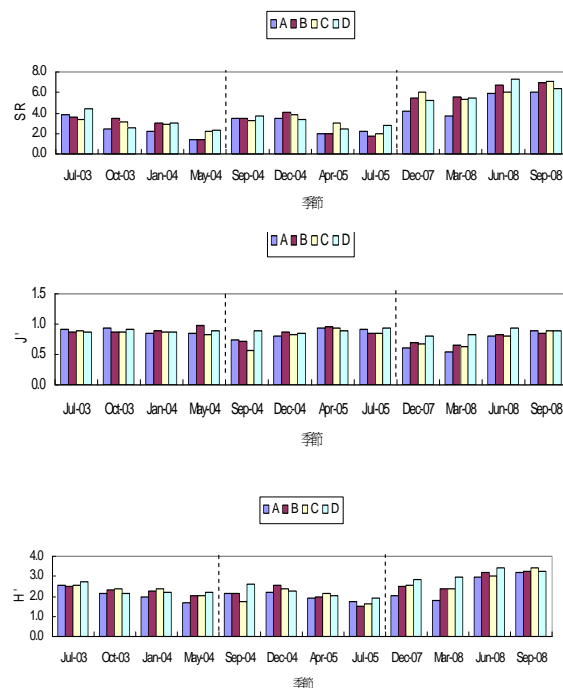


圖 5 安平港底棲生物多樣性指數

## 5.2 環境及水質調查結果

本研究分析生物與環境相關程度，

結果顯示芳苑潮間帶底棲生物總個體量與水溫、氨氮、總含水量 (TWC) 呈現正相關，亦即水溫、氨氮、總含水量越高底棲生物總個體量越高；底棲生物總個體量與 DO、pH、導電度 (COND)、鹽度 (SAL)、D<sub>50</sub>、總含泥量 (TSC) 呈現負相關，如表 4 所示。物種數與水溫、氨氮、總含水量呈現正相關；物種數與 pH、導電度、鹽度、D<sub>50</sub>、總含泥量呈現負相關。優勢度指數與總含水量呈現負相關。歧異度指數與氨氮、總含水量呈現正相關；歧異度指數與導電度、D<sub>50</sub>、總含泥量呈現負相關，如表 3 所示。

表 3 安平海岸底棲生物多樣性指數與環境因子相關分析

	N	S	C	H	J	SR
WT	.336(**)	.283(**)	-0.046	0.13	-0.084	.226(*)
BOD	-0.046	0.078	-0.179	0.192	0.161	0.17
NH <sub>4</sub>	.307(**)	.295(**)	-0.173	.226(*)	0.064	.261(*)
DO	-.256(*)	-0.187	0.042	-0.062	0.035	-0.152
pH	-.235(*)	-.260(*)	0.042	-0.11	0.073	-0.196
COND	-.424(**)	-.428(**)	0.13	-.208(*)	-0.001	-.377(**)
SAL	-.376(**)	-.381(**)	0.09	-0.164	0.033	-.336(**)
D <sub>50</sub>	-.442(**)	-.438(**)	0.167	-.239(*)	-0.03	-.365(**)
TOC	0.004	0.106	-0.12	0.109	0.169	0.185
TWC	.392(**)	.301(**)	-.213(*)	.245(*)	0.136	.264(**)
TSC	-.458(**)	-.441(**)	0.142	-.221(*)	0.005	-.368(**)

\*\* 在顯著水準為 0.01 時 (雙尾)，相關顯著。\* 在顯著水準為 0.05 時 (雙尾)，相關顯著。

## 5.3 底棲生物整合性指標評估結果

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) Degraded 「生態受破壞難以平

衡」-(D)Severely degraded 級「生態受嚴重破壞需進行復育工作」的評價結果，其中，第一季(92年7月)各樣點 (B-IBI=2.33~3.67) 評價上屬於 (B)Marginal「已達需復育標準」至 (C) Degraded 級「生態受破壞難以平衡」，第二季(92年9月)各樣點 (B-IBI=1~3.33) 評價上屬於 (B)Marginal「已達需復育標準」至 (D)Severely degraded 級「生態受嚴重破壞需進行復育工作」，第三季(93年1月)各樣點 (B-IBI=1~3.67) 評價上屬於 (B)Marginal「已達需復育標準」至 (D)Severely degraded 級「生態受嚴重破壞需進行復育工作」，第四季(93年5月)各樣點 (B-IBI=1.67~3.29) 評價上屬於 (B)Marginal「已達需復育標準」至 (D)Severely degraded 級「生態受嚴重破壞需進行復育工作」，第五季(93年9月)各樣點 (B-IBI=2.33~3.67) 評價上屬於 (B)Marginal「已達需復育標準」至 (C) Degraded 級「生態受破壞難以平衡」。第六季(93年12月)各樣點 (B-IBI=1.33~3.67) 評價上屬於 (B)Marginal「已達需復育標準」至 (D)Severely degraded 級「生態受嚴重破壞需進行復育工作」。第七季(94年4月)各樣點 (B-IBI=1~3.0) 評價上屬於 (C) Degraded 級「生態受破壞難以平衡」至 (D)Severely degraded 級「生態受嚴重破壞需進行復育工作」。第八季(94年7月)各樣點 (B-IBI=1~2.33) 評價上屬於 (C) Degraded 級「生態受破壞難以平衡」至 (D)Severely degraded 級「生態受嚴重破壞需進行復育工作」，如圖 6。綜合而言，結果顯示 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。第九季(96年12月)各樣點 (B-IBI=2.6~3.7) 評價上屬於 (B)Marginal「已達需復育標準」至 (C) Degraded 級「生態受破壞難以平衡」。

第十至十二季(97年3月-97年9月)各樣點 (B-IBI=2.6~3.7) 評價上屬於 (B)Marginal「已達需復育標準」至 (C) Degraded 級「生態受破壞難以平衡」。，如圖 6。綜合而言，結果顯示 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。

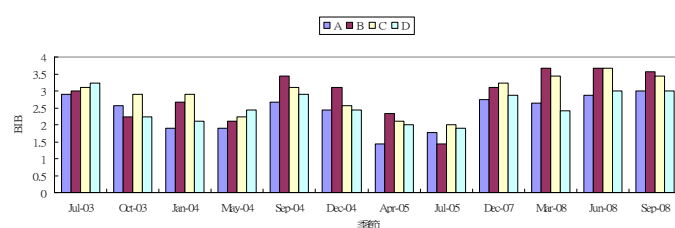


圖 6 安平海岸各季間 B-IBI 評價結果

#### 5.4 安平港養灘不同期距變異數分析

本研究分析安平港養灘三年十二季之變異數分析結果顯示受工程影響底棲生物物種數在不同時期間有差異  $F=14.05(p<0.01)$ ，而在四個測站間沒有顯著差異  $F=0.82(p>0.01)$ 。底棲生物的總各體量在不同時期間有差異  $F=25.67(p<0.01)$ ，而在四個測站間也有顯著差異  $F=5.17(p<0.01)$ 。底棲生物的豐富度在不同時期間沒有差異  $F=5.26(p>0.01)$ ，且在四個測站間沒有顯著差異  $F=1.50(p>0.01)$ 。底棲生物的群落均勻度在不同時期間有差異  $F=7.69(p<0.01)$ ，而在四個測站間沒有顯著差異  $F=1.17(p>0.01)$ 。底棲生物的 Simpson 指數在不同時期間沒有差異  $F=2.33(p>0.01)$ ，且在四個測站間沒有顯著差異  $F=0.42(p>0.01)$ 。底棲生物的歧異度指數指數在不同時期間沒有差異  $F=5.55(p>0.01)$ ，且在四個測站間沒



有顯著差異  $F=0.47(p>0.01)$ 。底棲生物的優勢度指數在不同時期間有差異  $F=4.12(p>0.01)$ ，且在四個測站間沒有顯著差異  $F=0.62(p>0.01)$ 。詳如表 4。

綜合而言，由變異數分析顯示在馬刺型突堤施工後，測點 B、C 間底棲生物總個體量與 A 及 D 測點有差異，進一步瞭解觀察到台灣文蛤 (*Meretrix meretrix*) 及黑線車輪螺 (*Architectonica perspectiva*) 總個體量有增加現象。

表 4 生物變項之變異數分析

	df	MS	F	p
<b>物種數</b>				
期距	2	146.81	14.05	<0.0001
測站	12	8.55	0.82	0.6317
期距*測站	15	36.20	3.46	0.0002
誤差	80	10.45		
<b>總個體量</b>				
期距	2	12360.19	25.67	<0.0001
測站	12	2488.32	5.17	<0.0001
期距*測站	15	4462.69	9.27	<0.0001
誤差	80	481.58		
<b>豐富度</b>				
期距	2	2.81	5.26	0.0023
測站	12	0.30	0.56	0.8687
期距*測站	15	0.80	1.50	0.1258
誤差	80	0.53		
<b>均勻度</b>				
期距	2	0.08	7.69	0.0001
測站	12	0.01	1.17	0.3177
期距*測站	15	0.03	2.48	0.0049
誤差	80	0.01		
<b>歧異度指數</b>				
期距	2	1.46	5.55	0.0016
測站	12	0.12	0.47	0.9279
期距*測站	15	0.39	1.48	0.1313
誤差	80	0.26		
<b>優勢度指數</b>				
期距	2	0.16	4.12	0.0091
測站	12	0.02	0.62	0.8181
期距*測站	15	0.05	1.32	0.2098
誤差	80	0.04		

\*\* 在顯著水準為 0.01 時 (雙尾)，相關顯著。

\* 在顯著水準為 0.05 時 (雙尾)，相關顯著。

## 5.5 底棲生物空間分布 (n-MDS analysis)

### 1. 安平港海岸人工養灘工程底棲生物空間分佈

本研究針對安平海岸三年各測站生物分佈之 MDS 分析圖，其中可明顯區分為三大群，其中第一年及第二年間可分為兩群，刺馬突堤及人工養灘施工前、中期為一群，測點間較不群聚，屬於自然狀態，明顯受到水深或其他物化因素影響。第二群為刺馬突堤及人工養灘施工後，明顯看出刺馬突堤的閉鎖效應產生，第三群為完工後群，明顯看出整體底棲生物的豐富量皆成長很多。另外，第二年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。進一步分析十二季間空間分佈，由非介量多元尺度分析結果顯示，有數個 A 測站的點在空間分佈上與其他測點相似程度低，推測可能是受到鹽水溪輸入的淡水影響。另外，南、北刺馬突堤工程施作完工後，新的推砂工程於 2004 年 9 月開始進行，結果顯示造成後續季節間(2004 年 12 月-2008 年 9 月)底棲生物群聚發生顯著改變，如圖 7。

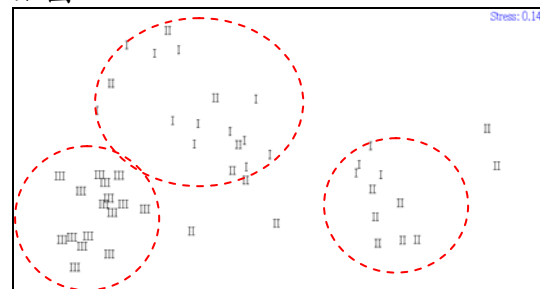


圖 7 安平港三年十二季間底棲生物空間分佈 MDS 結果

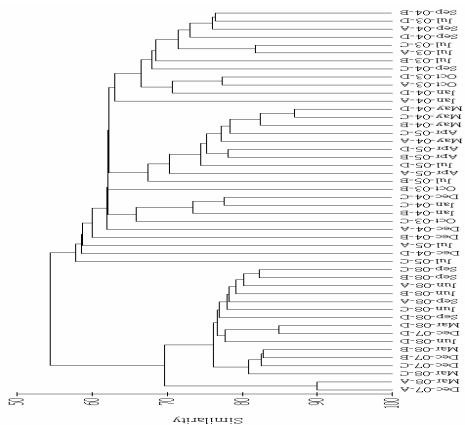


圖 8 安平港三年十二季間底棲生物集群分析 (Cluster analysis) 結果

## 六、討論

1. 利用底棲生物群聚結構的改變評估養灘工程影響:

非介量多元尺度法 (Non-Parametric Dimensional Scale) 在國內、外經常作為各種生物如魚類、浮游藻類、浮游動物、底棲動物等生物，在時間、空間群聚變遷上使用 (Mucha *et al.*, 2003; Su *et al.*, 2004; Saunders *et al.*, 2007)。此外，國外已有相當具體研究認為養灘所造成的環境有害影響的往往被視為暫時的 (U.S. Army Corps of Engineers, 2001)，但亦有研究認為，尚有很多微妙或複雜的影響應該被重視 (Gibson & Looney, 1994; Rakocinski *et al.*, 1996; Gibson *et al.*, 1997)。而本研究為了探討人工養灘工程與南北馬刺型突堤施做前、後，對生物群聚種類組成在空間之分佈情形，也同樣運用非介量多元尺度法進行統計分析，結果顯示推砂工程對於底棲生物有高度的影響，同時，進一步進行 Spearman 相關探討生物因子與各水質環境因子相關分析發現鹽度、懸浮固體、化學需氧量、總有機碳、溶解性無機氮、溶解性無機磷分別與底棲生物物種數、總個體量、均勻度、豐富度、歧異度、優勢度等呈現顯著相關。

2. 工法造成物理環境的改變進而影響底棲生物群聚與種組成

國外研究顯示海岸棲地形態由於各種物理環境的差異例如砂泥比例、底質組成、粒徑、水溫、酸鹼度、鹽度等因子差異可能會影響底棲生物的種類、豐度及地理分佈上的差異 (Grebmeir *et al.*, 1988)。而安平港內測營造雙刺馬突堤，影響底棲生物的群聚組成，本研究針對安平港三年調查結果混合比較各測站生物分佈之 MDS 分析圖，結果顯示，安平港的底棲生物在期距上有差異，顯示施作工法的結果使安平港形成閉鎖型及開放型兩種類型環境，導致在底棲生物在時間的組成上面有所差異，生態效果的空間分佈群聚上亦有所差異。此外，結果亦顯示安平海岸有部分測點與所有測點分離開來，亦即，相似程度較低，而本研究進一步深入探討，發現安平港的離群點多為鄰近河口測點，而 Mann (1976)、Levinton (1972) 曾指出，底質中有機物、營養鹽、鹽度含量之多寡，與某些生物種類之出現與否關係密切，當底質中有機物、營養鹽較多時，直接攝取底質以獲取食物是較有利之營生方式，在本研究區域中，結果顯示底質有機質、營養鹽的確與總個體量呈現正相關，其中，安平港海岸的離群點還包含受堆砂工程影響的岸上測點，如圖 10 所示。

## 七、結論與建議

1. 安平海岸潮間帶底棲生物空間群聚分佈的確受環境物理條件差異影響，生物量及豐度有所差異。
2. 安平人工養灘過程搭配雙刺馬突堤可形成閉鎖型棲地，對於底棲生物的營造總個體量有相當顯著的效果。
3. 堆砂工程對於底棲生物有高度的影響，同時，進一步進行 Spearman 相關

探討生物因子與各水質環境因子相關分析發現鹽度、懸浮固體、化學需氧量、總有機碳、溶解性無機磷、溶解性無機氮分別與底棲生物物種數、總個體量、均勻度、豐富度、歧異度、優勢度等呈現顯著相關，底棲生物群聚結構可作為人工養灘工程施做前、後評估的方法之一。

4. 閉鎖型的棲地型態較適合底棲生物，人工養灘後底棲生物族群量恢復需要至少一到二年時間。

5. 人工養灘工程是屬於柔性的海岸防護工法，在國外已經相當流行，然而安平人工養灘是台灣第一個案例，本研究具體結論認為人工養灘工程的確會對於底棲生物的群聚結構造成衝擊影響，建議未來相關養灘工程在設計規劃階段應多方考量各種環境控制以及最低工程影響設計方法，以減低工程對於生態的衝擊。

6. 生態模型的建立對於工程施工後的復育是相當重要的參考依據，建議未來施工前應進行施工地之棲地生態模型建立，以供施工前設計階段、施工中最低施工干擾方法、施工後復育條件建立等三階段之參考。

2. 郭一羽、陳盈曲（2003）「海岸結構物附著生物 HEP 棲地模式研究」，第一屆生態工程學術研討會。

3. 郭一羽、李麗雪（2005）「海岸景觀與生態設計」，田園城市文化事業，第 214-250 頁。

## 八、計畫成果自評

(A) 執行本計畫已完成：

1. 已完成生物與環境之相關性，可作為未來沙質海灘之底棲生物的棲地評價 (HEP) 模式之生物指標依據。
2. 本研究已將具提成果準備投稿提交於國外生態復育期刊及海洋工程研討會等，並計畫國外環境評估期刊。

## 參考文獻

1. 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。