

彰化海岸地區潮間帶之生態調查與評估

馮正一^{[1]*} 蔣忠廷^[1] 莊育蓁^[1] 林信輝^[1] 劉敏梧^[2] 徐瑞宏^[2]

摘要 本研究調查彰化海岸潮間帶棲地的生態狀況，調查對象以潮間帶大型底棲無脊椎動物為主。利用生物群聚指數、底棲生物整合指數及棲地評價程序等生態評估方法建立彰化海岸潮間帶棲地適宜度指數之生態評估模式。此生態評估模式可提供科學量化之棲地生態「健康」資訊，可反應生態環境主要受何種環境因子所影響。本研究調查潮間帶底棲生物種類共有 70 種，其中僅有圍沙蠶（*Perinereis* sp.）一種多毛類，短指和尚蟹（*Mictyris brevidactylus*）位居數量之冠。根據本研究之 HSI 模式結果，顯示 H 點（二林溪口南岸）的潮間帶生態狀況明顯劣於其他調查點，並不適合大部分的底棲生物棲息。實務上本研究之調查結果可作為相關單位進行彰化海岸生態復育及棲地營造規劃之重要參考資料。

關鍵詞：彰化海岸、生態評估、潮間帶、棲地適宜度指數。

An Investigation and Ecological Evaluation of the Intertidal Zones of Changhua Coast

Zheng-Yi Feng^{[1]*} Chung-Ting Chiang^[1] Yu-Chen Chuang^[1] Shin-Hwei Lin^[1]
Min-Wu Liu^[2] Ruei-Hong Syu^[2]

ABSTRACT This study investigated the benthic ecology to understand the ecological condition of the intertidal zones of Changhua coast. The major investigative target was macrobenthos. The study applied the methods of the biological diversity index, Benthic Index of Biotic Integrity (B-IBI), and Habitat Evaluation Procedure (HEP) to establish the Habitat Suitability Index (HSI) for ecological evaluation model used for the intertidal zones of Changhua coast. The ecological evaluation model can be used to provide quantitative “healthy” information about the habitats and to reflect the influence factors of the ecological environment. There are seventy species of macrobenthos in this investigation. The only species of Polychaeta we found was *Perinereis* sp., and the largest-population specie was *Mictyris brevidactylus*. According to the result of the HSI model, the habitat in station H, at the south bank of Erlin River Estuary, is the poorest compared with other stations, and the area is not suitable for most macrobenthos. This investigation results can be an important reference for the government to organize the conservation works for the coast ecology and habitat establishment.

Key Words: Changhua coast, ecological evaluation, intertidal zones, habitat suitability index (HSI).

[1] 國立中興大學水土保持學系
Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan

[2] 經濟部水利署第四河川局
The 4th River Basin Management Office, Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs, Changhua 526, Taiwan

*Corresponding Author: E-mail address: tonyfeng@nchu.edu.tw

一、前言

彰化海岸擁有廣大的潮間帶泥灘地，其中孕育了相當豐富的底棲生態資源，包含環節動物的多毛類、節肢動物的甲殼類及軟體動物的貝類等（國立中興大學，2010）。甲殼類與貝類等大型底棲無脊椎動物由於移動能力較差，必須忍受棲地環境變遷所帶來的衝擊，故可良好反映棲地環境受外在因素干擾之程度。

生態系是由生物群落與棲地環境共同組成之精密系統，其中食物鏈上下階層間彼此數量的消長、生物與環境之交互作用等複雜機制，維持著一種微妙的動態平衡，使得生態系能夠生生不息（李美惠，2006；國立中興大學，2010）。生態系相當敏感，棲地環境的變遷、外來物種的入侵等外界干擾因素，都會改變原先的平衡狀態。生態系對於外來干擾有一定的忍受及恢復能力，可使其回復至原先狀態，或是藉由達到一個新的平衡來維持其穩定。

為了瞭解生態系功能是否正常運作，並評估其健康狀態，可利用「生態指標」進行評估。生態指標的特點是可測量、並具有直觀性意義，不僅限於描述生物特性，也可以是反映環境狀態的物理、化學參數（李美惠，2006），且為了因應不同目的，更可將兩種以上的指標進一步整合成爲各種指數，避免因使用單一指標而遺漏其他重要因子，同時也更容易理解與比較。本研究分別以「生物群聚指數」及「底棲生物整合指數」作爲潮間帶生態之評估標準，並透過「棲地評價程序」與環境因子相結合，建立潮間帶生態之「棲地適宜度指數」評估模式。此生態評估模式可提供科學量化的棲地生態「健康」資訊，可反應生態環境主要受何種環境因子所影響（田中章，1998）。實務上本研究之調查結果可作爲相關單位進行彰化海岸生態復育及棲地營造規劃之重要參考資料。

二、材料與方法

本研究共調查彰化海岸潮間帶十個點位，如圖 1 所示。其中附著性無脊椎動物、潮間帶底棲生物及水質從 98 年 7 月至 99 年 6 月，每月調查一次，累計 12 次之調查資料；而底質每兩個月調查一次，共有 6 次的調查紀錄。

1. 潮間帶生態調查方式

潮間帶之蝦蟹及螺類各樣點爲選擇 50 公尺長之樣線，以樣線左右兩側各 1 公尺爲採樣樣區進行撈捕

及抓取，判定種類後放回，或取回實驗室鑑定。貝類及其他無脊椎生物則以直徑 20 公分的不銹鋼圓筒壓入泥中，再以 0.5 毫米篩網過濾其中的水與篩洗其中 20 公分深的泥，於每樣點進行 3 次，獲取之貝類以 75% 之酒精固定，記錄並帶回實驗室鑑定種類及計數。

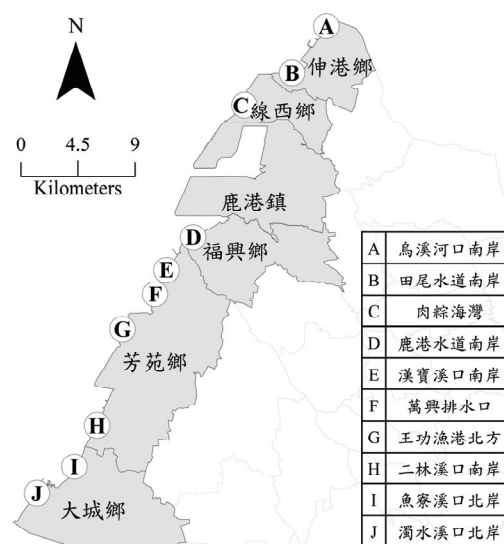


圖 1 彰化海岸潮間帶生態調查點位圖

Fig.1 Locations of the ecological investigation

2. 水質調查方式

水質採樣地點與潮間帶生態調查點相同，於滿潮時，在岸邊水深 1 公尺處，採取表面水，檢測方法主要以環保署環境檢驗所（1994）「環境檢測方法彙編」所公告的標準方法執行。檢測項目包括水溫、鹽度、溶氧量（DO）、酸鹼度（pH 值）、懸浮固體（SS）、生化需氧量（BOD5）、化學需氧量（COD）、氨氮、亞硝酸鹽、硝酸鹽、總磷及重金屬含量等。其中，生化需氧量（BOD5）、化學需氧量（COD）、氨氮、亞硝酸鹽、硝酸鹽、總磷及重金屬於現地採樣分送回實驗室進行檢測分析，其餘項目於現場以攜帶式儀器進行檢測。

3. 底質調查方式

底質採樣及保存方法係參考行政院環保署公告標準檢測方法-底泥採樣方法（NIEA S104.30C）。底質採樣點與潮間帶生態調查點相同，於乾潮時採集表層下 10 公分之底質，予以裝瓶保存，以塞滿碎冰之冰桶攜行，並儘速帶回實驗室在攝氏 4°C 冰櫃加以冷藏。

粒徑分析根據 CNS 486 (A3005)、5264 (A3093)、12385 (A3283) 規範進行篩分析與比重計分析；有機碳含量參考過氧焦硫酸鹽加熱氧化/紅外線測定法 (NIEA W532.51C) 進行測定；底泥需氧量 (sediment oxygen demand) 依據 Matlock (2003) 法測量底泥柱上方約 20 公分處溶氧變化情形來估計；底泥重金屬含量檢測則依據「環境檢測方法彙編」所公告之標準方法執行。

4. 生物群聚指數與底棲生物整合指數(B-IBI)

生物群聚指數，或稱為生物多樣性指數，主要是藉由物種數的多寡與物種間數量分布狀況，來表現棲地中生物多樣性的統計量值。一般所指的生物多樣性指數多為香農威納歧異度指數 H' (Shannon-Wiener's diversity index) (Shannon and Wiener, 1963)，本文將之簡稱為歧異度。歧異度具有物種數多寡及物種間數量分布均勻程度的雙重意義，若兩個棲地有相同的總物種數，則個體數量分布較均勻的棲地會有較高的歧異度；兩個棲地若物種間個體數量分布狀況一致，則總物種數較高的棲地，歧異度也較高。其計算公式(1)如下：

$$H' = -\sum \frac{n_i}{N} \times \ln\left(\frac{n_i}{N}\right), \quad (1)$$

其中 n_i 為第 i 物種的個體數， N 為總個體數。

利用歧異度等生物多樣性指數進行生態評估，雖可代表一定程度的生態狀況，卻可能忽略其他重要的生態特徵。Karr (1981) 提出以魚類為評估對象之生物完整性指數 (index of biotic integrity, IBI)，其概念為涵蓋、整合多項重要生物參數，以一個簡單的

數值表現整體生態狀況，包含生物多樣性、生產力、各物種對於污染的承受能力、遷徙及運動能力、棲息及攝食習性等，都可以是生物完整性指數的評量項目。Weisberg *et al.* (1997) 及 Llansó *et al.* (2002) 以生物完整性指數為基礎，將評估對象改為底棲生物，發展適用於美國切薩皮克灣 (Chesapeake Bay) 的底棲生物整合指數 (Benthic Index of Biotic Integrity, B-IBI)。

B-IBI 在近年的海岸生態環境評估方面得到了很大的應用及進展 (Salas *et al.*, 2006; 周曉蔚等, 2009; 郭一羽和施君翰, 2009)。本研究參考彰化芳苑地區所進行之潮間帶生態評估研究 (國立交通大學, 2007)，並根據 Llansó *et al.* (2002) 之評量項目，制定 B-IBI 評分表 (表 1) 進行彰化海岸潮間帶生態之評估，其中低耐汙及高耐汙物種如表 2 與表 3 所示。評分表的制定以及低耐汙、高耐汙物種的定義請詳見馮正一等 (國立中興大學, 2010) 之相關研究。

5. 棲地評價程序(HEP)

棲地評價程序 (habitat evaluation procedure, HEP) 是由美國漁業暨野生動物管理局 (U.S. Fish and Wildlife Service, USFWS, 1980) 所發表，係藉由一特定的目標物種狀態作為棲地環境品質的標準，並建立目標物種狀態與影響因子函數關係的預測模式。目標物種狀態可以是單一物種或多物種的實際監測數據，如指標物種的數量、棲地中物種的種類數，或是透過計算所得到的指標，如歧異度、均勻度等 (林楷為, 2008)。而影響因子可以是生物性或非生物性的參數，如指標物種天敵的數量、外來入侵物種的數量、各種物理及化學的自然環境因子。

表 1 底棲生物整合指數 (B-IBI) 評分表

Table 1 Evaluation table of the Benthic Index of Biotic Integrity (B-IBI)

評分項目	多鹽砂 (含泥率≤40%)			多鹽泥 (含泥率>40%)		
	5分	3分	1分	5分	3分	1分
歧異度 H'	≥2.78	≥2.33 & <2.78	<2.33	≥2.53	≥2.2 & <2.53	<2.2
生物密度 (總個體數/ m^2)	≥2.04 & <3.15	≥1.51 & <2.04	<1.51	≥2.37 & <3.39	≥1.52 & <2.37	<1.52
低耐汙物種 個體數量百分比	≥44.83	≥3.15 & <4.7	≥4.7	≥25.09	≥3.39 & <4.29	≥4.29
高耐汙物種 個體數量百分比	≤25.42	≥15.17 & <44.83	<15.17	≤44.67	≥1.16 & <25.09	<1.16
		>25.42 & ≤48.76	>48.76		>44.67 & ≤61.42	>61.42

表 2 低耐污物種排序表

Table 2 List of low tolerant species

低耐污物種 (排序最小的為耐污值最低)			
1	中華沙蟹	14	遠海梭子蟹
2	白紋方蟹	15	擁劍梭子蟹
3	棘牡蠣	16	豆型拳蟹
4	綠殼菜蛤	17	鵝茗荷
5	太平洋障泥蛤	18	正織紋螺
6	小眼花簾蛤	19	南美白蝦
7	茗荷	20	雙扇股窗蟹
8	黑肋蜆螺	21	短指和尚蟹
9	粗肋織紋螺	22	肉球近方蟹
10	結毛蚶	23	齒石扇蟹
11	瘤突斜紋蟹	24	環文蛤
12	勝利黎明蟹	25	下齒細螯寄居蟹
13	韓國文蛤		

表 3 高耐污物種排序表

Table 3 List of high tolerant species

高耐污物種 (排序最小的為耐污值最低)			
1	小唐冠織紋螺	14	白脊管藤壺
2	清白招潮蟹	15	燒酒海蜷
3	牡蠣	16	大玉螺
4	弧邊招潮蟹	17	小灰玉螺
5	黑蛹筆螺	18	鋸緣青蟬
6	扁跳蝦	19	台灣招潮蟹
7	圍沙蠶	20	台灣厚蟹
8	疣織紋螺	21	字紋弓蟹
9	短身大眼蟹	22	伍氏螻蛄蝦
10	無刺槍蝦	23	屠氏招潮蟹
11	隆背大眼蟹	24	擬穴青蟬
12	雨絲蜆螺	25	草對蝦
13	栓海蜷		-

影響因子參數經過模式轉換後成為適宜度指數 (suitability index, SI), 其值介於 0~1 之間, 0 所對應的是最差目標物種狀態的影響因子值, 1 所對應的則是最佳目標物種狀態的影響因子值。影響因子通常不只一種, 整合多項影響因子的 SI 後, 最終可得到一量化的棲地環境品質指標: 棲地適宜度指數 (habitat suitability index, HSI)。HSI 是將目標

物種狀態無因次化的值, 代表根據影響因子所預測之目標物種狀態, 其值介於 0 (最差狀態)~1 (最佳狀態)。HEP 除了進行生態評估, 其最主要的功能在於: 一自然棲地因人為開發遭受破壞後, 利用人為控制影響因子, 使目標物種儘可能恢復到原來的最佳狀態, 作為棲地復育的補償措施。本研究分別以潮間帶底棲生物之歧異度及 B-IBI 作為目標物種狀態參數建立彰化海岸地區之 HSI 模式, 如表 4、5 所示。

模式的建立流程參考林楷為 (2008), 首先透過文獻、專家意見或隨機選取等方式選定數個較重要的影響因子, 藉由目標物種狀態值 (如歧異度) 與影響因子 (如懸浮固體 SS) 的資料散佈點繪出一條包絡趨勢線, 構成此線的方程式即為 SI 模式, 代表兩者間的函數關係, 如圖 2 所示。將各影響因子的 SI 值進行適當的整合, 即可得到棲地適宜度指數 HSI。整合的方式通常有算數平均法、幾何平均法、限定要因法及加算要因法四種 (田中章, 1998), 選擇一種方法使模式結果最能與實測資料相符, 本文選擇以算數平均法進行整合。

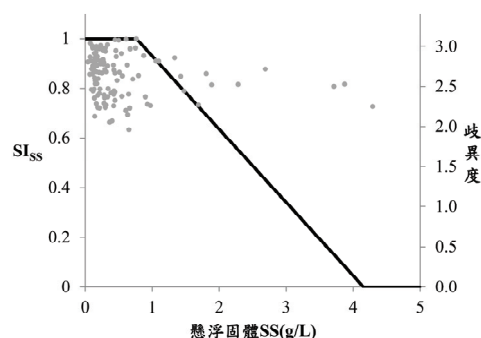


圖 2 SI 模式示意圖 (以歧異度-懸浮固體 SS 為例)
Fig.2 The diagrammatic sketch of SI model (an example of diversity - suspended solids, SS)

三、結果與討論

1. 潮間帶生態棲地及生物組成

依據行政院環保署 (2001) 「海域環境分類及海洋環境品質標準」中酸鹼值、溶氧量、生化需氧量、氨氮及總磷五項檢測項目, 可將研究調查點位水質分為甲、乙、丙三個等級, 甲類最佳而丙類最差, 如圖 3 所示。其中 H 點 (二林溪口南岸) 在 12 次調查中, 有 9 次水質屬丙級, 污染最為嚴重。而底質粒徑分析結果顯示, I 點 (魚寮溪口北岸) 的平均含泥率 (粒徑

小於 62 μm 的泥砂重量百分比) 高達 90 % 以上 (圖 4)，其底泥多為粉土與極細小的黏土所構成。

附著性無脊椎動物共調查到 3 科 6 種，由茗荷科的茗荷與鵝茗荷，藤壺科的紋藤壺與白脊管藤壺，以及牡蠣科的牡蠣與棘牡蠣所組成，優勢物種為白脊管藤壺 (*Fistulobalanus albicostatus*) (表 6)。潮間帶底棲生物共調查到 4 綱 13 目 29 科 70 種，可分為雙殼綱、腹足綱、軟甲綱及多毛綱四大類，多毛綱僅發現圍沙蠶 (*Perinereis* sp.) 一種；優勢物種為軟甲綱的短指和尚蟹 (*Mictyris brevidactylus*)、萬歲大眼蟹 (*Macrophthalmus banzai*)、奇異海蟑 (*Ligia exotica*)，以及腹足綱的粗紋玉黍螺 (*Littoraria scabra*) 等 (表 7)。

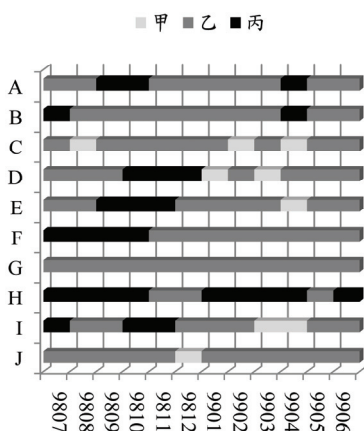


圖 3 各調查點位水質等級時間趨勢變化

Fig.3 Water quality grade vs time in the investigative locations

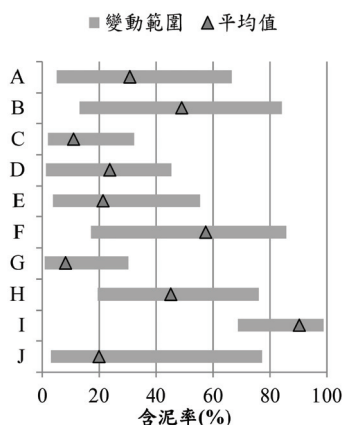


圖 4 各調查點位之平均含泥量與變動範圍

Fig.4 Average and variation of fine content in the investigative locations

2. 潮間帶生態狀況及評估

由於本研究只有 6 次的底質粒徑調查，因此以內插方式補足其他 6 次的含泥率資料。根據本研究潮間帶生態 (包含潮間帶底棲及附著性) 現地調查分析結果 (圖 5)，H 點 (二林溪口南岸) 的歧異度約在 2.5 以下，B-IBI 則在 3 以下，皆明顯低於其他調查點位，顯示位於二林溪口南岸潮間帶的棲地生物多樣性較貧乏，生態狀況較不佳。

本研究分別利用歧異度 H' 及 B-IBI 所建立的兩種 HSI 模式，進行彰化海岸潮間帶生態之評估。以歧異度 H' 所建立之 HSI 顯示 (圖 6)，H 點 (二林溪口南岸) 的 HSI 值偏低，其原因有三：(1) 該點之懸浮固體平均值為 1388 mg/L，(2) 水體汞含量平均值為 0.0003 mg/L，(3) 氨氮平均值為 1.38 mg/L，皆為全部樣點之冠；而以上三種物質對於水中生物都有不良影響，也造成該點生態狀況為所有調查點位中最差的情形。至於 I 點 (魚寮溪口北岸) 的狀況則是懸浮固體及含泥率過高所致，其懸浮固體平均值為 847 mg/L，有偏高的跡象；平均含泥率為 90.31%，遠遠超出其他調查點。底棲生物偏好在一定粒徑組成的底質環境中棲息，影響粒徑的因素相當複雜，包含河川上游輸砂狀態及潮流強度等，而過高的含泥率將使許多底棲生物難以生存。

四、結 論

本研究的調查資料中，潮間帶底棲生物種類共有 70 種 (表 2)，其中僅有圍沙蠶 (*Perinereis* sp.) 一種多毛類，而短指和尚蟹 (*Mictyris brevidactylus*) 位居數量之冠。根據本研究之 HSI 模式結果，顯示 H 點 (二林溪口南岸) 的潮間帶生態狀況明顯劣於其他調查點，除了該點的水體中有機汙染較為嚴重外，其泥砂粒徑的主要組成為淤泥及黏土，排水性不佳，容易造成有機物的堆積而形成缺氧的底棲環境，並不適合大部分的底棲生物棲息。然而目前該模式尚有較為主觀、對於生物專業知識要求較高等缺點及不便，雖有一定的參考價值，仍須仰賴日後各領域專家學者的修正及驗證。

至今國內仍無一套標準的潮間帶底棲生物調查規範，過去雖有不少的生態調查資料，但調查方法各異或不甚明確，因此限制了彼此間的互通性與比較性。而並無一項調查方法適用於所有的底棲生物或棲息地，如軟底質潮間帶 (沙灘或泥灘地等) 適合以挖掘

方式來採集生物，但不適用於硬底質（礁岩海岸）或紅樹林棲地，也不適合用來調查底棲魚類及附著性生物。生態評估工作必須根據大量標準化的調查資料作

為基準，才能有效地判斷真實的生態狀況，因此建議主管機關儘早制定相關詳細規範或準則，以供調查或研究人員使用。

表 4 以歧異度 H' 建立之 HSI 模式

Table 4 HSI model established by the diversity index (H')

影響因子	影響因子範圍	SI、HSI 模式設定
懸浮固體 SS(g/L)	$SS < 0.76$	$SI_{SS} = 1$
	$0.76 \leq SS \leq 4.15$	$SI_{SS} = -0.297 \times SS + 1.235$
	$SS > 4.15$	$SI_{SS} = 0$
硝酸鹽 Nitrate(mg/L)	$Nitrate < 0.34$	$SI_{Nitrate} = 2.422 \times Nitrate + 0.183$
	$0.34 \leq Nitrate \leq 1.37$	$SI_{Nitrate} = 1$
	$Nitrate > 1.37$	$SI_{Nitrate} = -0.675 \times Nitrate + 1.926$
水體汞含量(w)Hg(μg/L)	$(w)Hg \leq 0.56$	$SI_{(w)Hg} = -1.937 \times 10^{-6} \times e^{23.694 \times (w)Hg} + 1$
	$(w)Hg > 0.56$	$SI_{(w)Hg} = 0$
含泥率 MP(%)	$0 \leq MP \leq 100$	$SI_{(w)Hg} = -7.226 \times 10^{-6} \times e^{0.118 \times MP} + 1$
HSI 模式 (歧異度 H')		$HSI = (SI_{SS} + SI_{Nitrate} + SI_{(w)Hg} + SI_{MP}) / 4$

表 5 以 B-IBI 建立之 HSI 模式

Table 5 HSI model established by the Benthic Index of Biotic Integrity (B-IBI)

影響因子	影響因子範圍	SI、HSI 模式設定
懸浮固體 SS(g/L)	$SS < 0.36$	$SI_{SS} = 1$
	$0.36 \leq SS \leq 3.46$	$SI_{SS} = -0.322 \times SS + 1.117$
	$SS > 3.46$	$SI_{SS} = 0$
溶氧量 DO(mg/L)	$DO < 2.4$	$SI_{DO} = 0$
	$2.4 \leq DO \leq 8$	$SI_{DO} = 0.179 \times DO - 0.429$
	$DO > 8$	$SI_{DO} = 1$
氨氮 NH ₃ N(mg/L)	$NH_3N > 0.16$	$SI_{NH_3N} = 1$
	$0.16 \leq NH_3N \leq 2.88$	$SI_{NH_3N} = -0.368 \times NH_3N + 1.059$
	$NH_3N > 2.88$	$SI_{NH_3N} = 0$
含泥率 MP(%)	$MP < 61.36$	$SI_{MP} = 1$
	$MP \geq 61.36$	$SI_{MP} = -0.008 \times MP + 1.479$
HSI 模式(B-IBI)		$HSI = (SI_{SS} + SI_{DO} + SI_{NH_3N} + SI_{MP}) / 4$

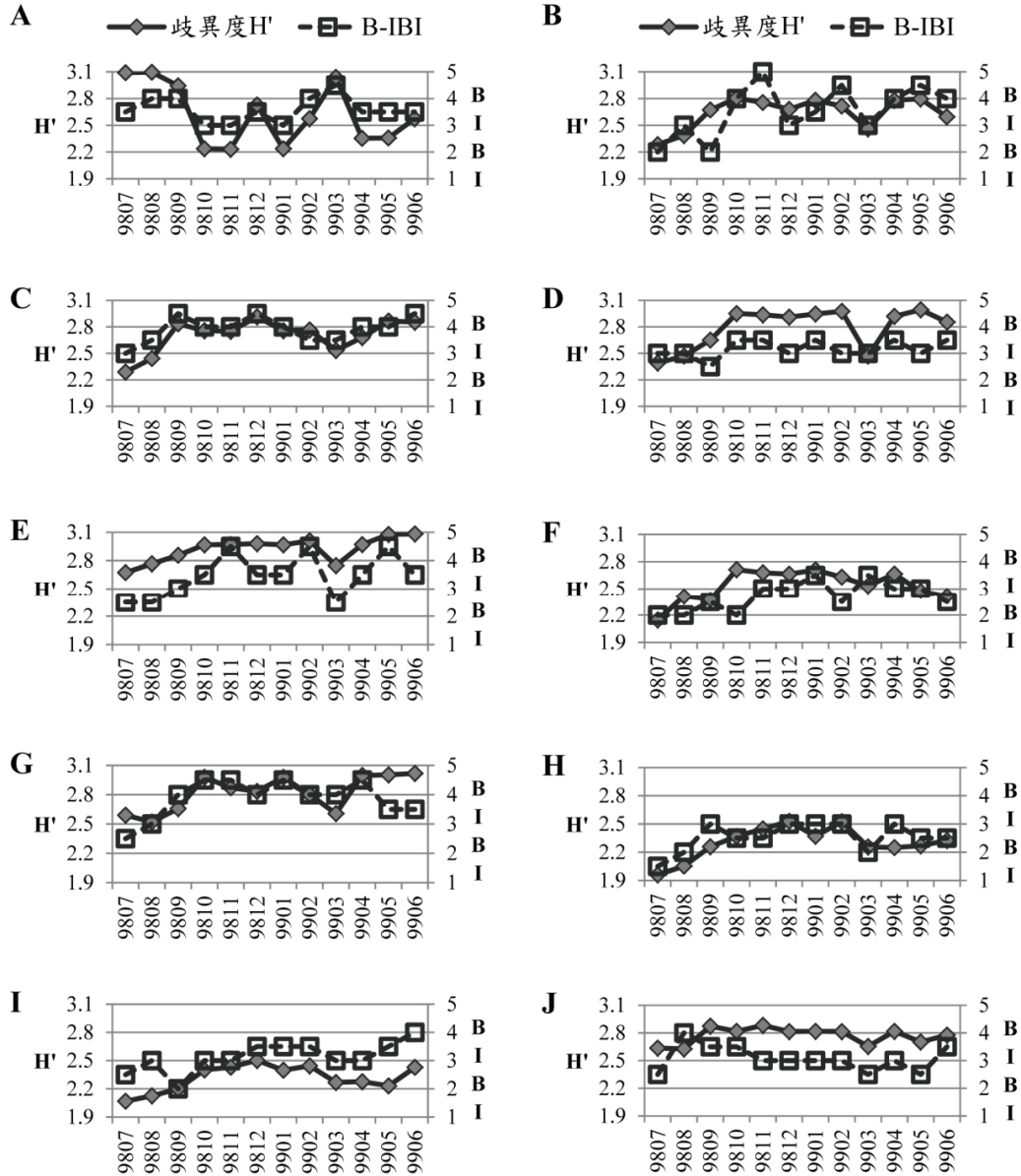


圖 5 各調查點位之歧異度 H'與 B-IBI 趨勢

Fig.5 Diversity index (H') and B-IBI trends of each investigated intertidal zone

表 6 彰化海岸附著性生物之組成與豐度

Table 6 Composition and abundance of marine sessile fauna of Changhua Coast

種類		豐度 (ind./100m ²)
茗荷科	茗荷	0.550±13.0
	鵝茗荷	2.308±18.0
藤壺科	紋藤壺	15.033±47.0
	白脊管藤壺	44.625±79.5
牡蠣科	棘牡蠣	0.017±1.0
	牡蠣	18.033±22.5

表 7 彰化海岸潮間帶底棲生物之組成與豐度

Table 7 Composition and abundance of intertidal zone macrobenthos of Changhua Coast

種	類	豐度 (ind./100m ²)	種	類	豐度 (ind./100m ²)
多毛綱	圍沙蠶	0.600±2.5	軟甲綱	刀額新對蝦	6.358±9
軟甲綱	扁跳蝦	0.450±11		寬溝對蝦	3.042±7
	愛氏槍蝦	4.175±4.5		草對蝦	0.033±0.5
	無刺槍蝦	0.058±1		擁劍梭子蟹	0.642±2.5
	下齒細螯寄居蟹	0.958±3		遠海梭子蟹	0.908±4.5
	猶豫寄居蟹	0.250±2		擬穴青蟬	0.008±0.5
	齒石扇蟹	0.042±0.5		鋸緣青蟬	0.267±4.5
	白紋方蟹	0.017±1		鈍齒短槳蟹	2.117±3.5
	台灣厚蟹	0.158±3.5		伍氏螻蛄蝦	0.083±1
	絨毛近方蟹	0.083±2.5		奇異海蟑螂	20.450±21
	方形大額蟹	2.325±3.5	雙殼綱	結毛蚶	0.042±1
	神妙擬相手蟹	3.025±3		綠殼菜蛤	0.017±0.5
	雙齒近相手蟹	2.383±2.5		公代薄殼蛤	3.550±9.5
	瘤突斜紋蟹	0.050±0.5		太平洋障泥蛤	0.350±3
	字紋弓蟹	0.125±2		方形馬珂蛤	0.517±1
	豆型拳蟹	0.192±1		環文蛤	1.517±4.5
	勝利黎明蟹	1.258±8		花蛤	0.400±2
	短指和尚蟹	28.100±175		韓國文蛤	0.058±0.5
	肉球近方蟹	0.008±0.5		台灣文蛤	0.992±2
	台灣泥蟹	1.700±2.5		小眼花簾蛤	0.117±1.5
	短身大眼蟹	2.700±12	腹足綱	石蟹螺	0.600±2
	萬歲大眼蟹	21.833±25.5		黑肋蟹螺	0.033±1.5
	隆背大眼蟹	1.950±4		雨絲蟹螺	0.067±1
	角眼沙蟹	2.742±8.5		黑草蓆鐘螺	0.258±3
	中華沙蟹	0.192±2.5		小灰玉螺	0.167±1
	雙扇股窗蟹	1.008±2.5		大玉螺	0.017±0.5
	圓球股窗蟹	7.117±11.5		粗紋玉黍螺	22.775±22.5
	弧邊招潮蟹	7.533±17		燒酒海蝨	0.508±1.5
	北方招潮蟹	1.183±3		栓海蝨	0.975±3
	屠氏招潮蟹	0.425±3		黑蛹筆螺	0.433±2
	台灣招潮蟹	0.350±6		蚵岩螺	14.075±19.5
	清白招潮蟹	14.592±22.5		粗肋織紋螺	0.183±2
	糾結清白招潮蟹	0.908±6		疣織紋螺	0.700±4.5
	鋸齒長臂蝦	8.300±12.5		小唐冠織紋螺	3.833±13
	白蝦	0.125±1		正織紋螺	0.308±6

謝 誌

本研究承蒙經濟部水利署第四河川局支持 (MOEAWRA0980240)，並提供海堤與相關工程資料，謹此誌謝。行政院環保署提供區域環境影響評估與水質調查相關資料，使本研究得以順利完成，在此一併誌謝。

參考文獻

- 田中章 (1998) 「生態系評価システムとしての HEP」，環境アセスメント—ここが変わる，環境技術学会，pp.81-96。
- 行政院環境保護署環檢所 (1994)，「環境檢測方法彙編」，行政院環境保護署環檢所，台北市。

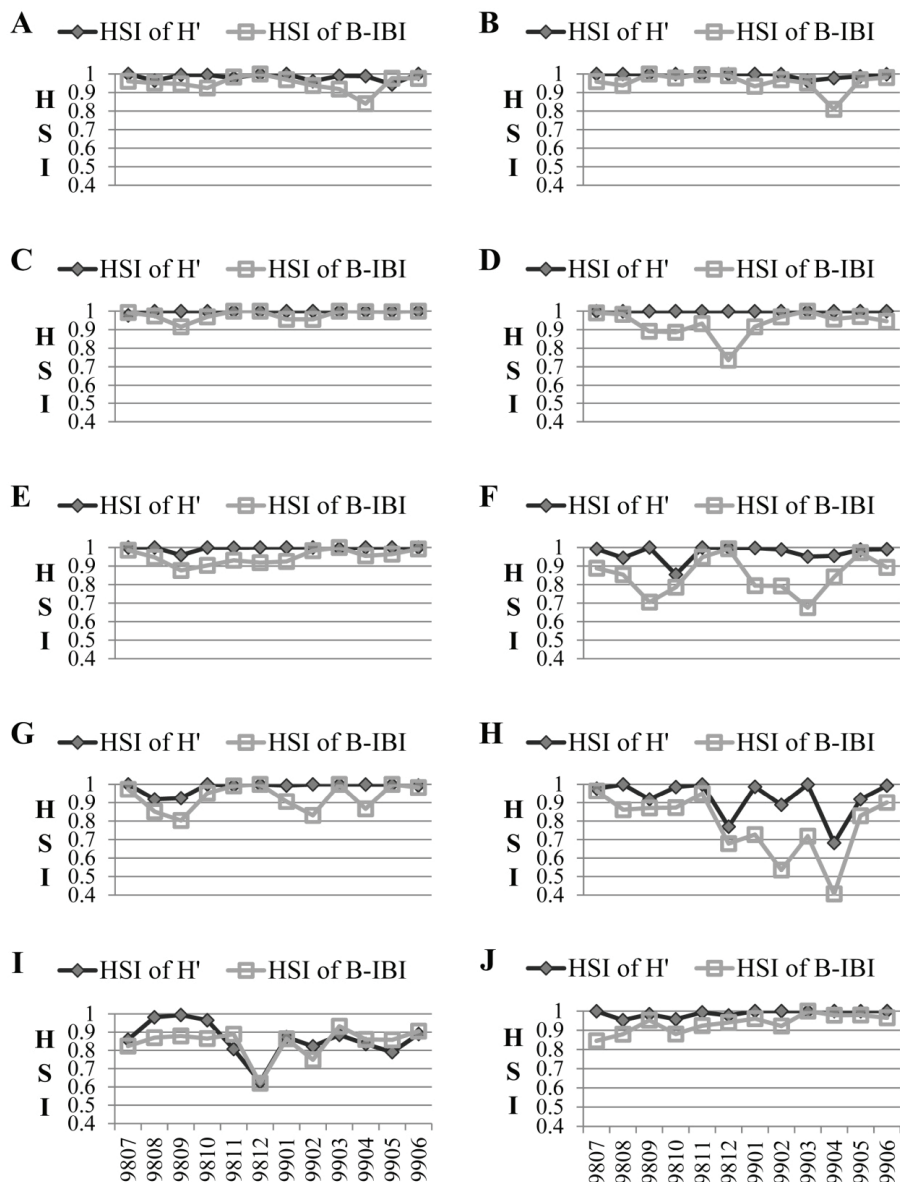


圖 6 各調查點位潮間帶生態 HSI 趨勢

Fig.6 HSI trends of each investigated intertidal zone

行政院環境保護署 (2001), 「海域環境分類及海洋環境品質標準」, 行政院環保署, 台北市。

李美惠 (2006), 「生態監測概論」, 明文書局, 台北市。

周曉蔚、王麗萍、鄭丙輝、劉彙三、付青 (2009), 「基於底棲動物完整性指數的河口健康評價」, 環境科學第 30 卷第 1 期, pp.242-247。

郭一羽、施君翰 (2009), 「海岸生態工程棲地復育評估模式之研究-以安平港為例」, 第 31 屆海洋工程研

討會論文集, pp.591-595。

林楷為 (2008), 「應用資料分析技術於國家公園棲地環境評估」, 國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文, 高雄市。

國立交通大學 (2007), 「芳苑海岸潮間帶生態工法之研究總報告」, 經濟部水利署第四河川局, 彰化縣。

國立中興大學 (2010), 「彰化海岸生態調查計畫成果報告書」, 經濟部水利署第四河川局, 彰化縣。

- Karr, J. R. (1981), "Assessment of biotic integrity using fish communities," *Fisheries*, 6(6):21-27.
- Llanos, R. J., L. C. Scott, and F. S. Kelley. (2002), "Chesapeake Bay Water Quality Monitoring Program: Long-Term Benthic Monitoring and Assessment Component," *Level 1 Comprehensive Report (July 1984 - December 2001)*, Technical report prepared by Versar, Inc. for the Maryland Department of Natural Resources, Annapolis, Maryland, pp.101.
- Matlock, M. D., K. R. Kasprzak, and G. S. Osborn (2003), "Sediment oxygen demand in the Arroyo Colorado river," *Journal of American Water Resources Association*, 39(2): 267-275.
- Salas F., C. Marcos, J. M. Neto, J. Patricio, A. Pérez-Ruzafa, and J. C. Marques (2006), "User-friendly guide for using benthic ecological indicators in coastal and marine quality assessment," *Ocean & Coastal Management*, 49: 308-331.
- Shannon, C. E. and W. Weiner (1963), *The Mathematical Theory of Communication*, University of Illinois Press, Urbana, USA. 117p.
- U.S. Fish and Wildlife Service (1980), *Habitat Evaluation Procedures*, Workbook.
- Weisberg, S. B., J. A. Ranasinghe, D. M. Dauer, L. C. Schaffner, R. J. Diaz, and J. B. Frithsen (1997), "An estuarine benthic index of biotic integrity (B-IBI) for Chesapeake Bay," *Estuaries*, 20:149-158.
-
- 2010年10月30日 收稿
2010年11月26日 修正
2010年12月23日 接受
(本文開放討論至2011年9月30日)