

七股瀉湖潮間帶底棲多毛類群聚及其與環境因子之關係
Abundance and Species Diversity of Benthic Polychaetes in
Relation to Sediment Environmental Variables in the Intertidal
Zone of Cigu Lagoon, Taiwan

邱英哲¹ 沈子耘¹ 黃家勤^{2,*} 王一匡² 許晉榮¹ 葉信利¹

Ying-Jer Chiu¹, Tzu-Yun Shen¹, Chi-Chin Hwang^{2,*}, Yi-Kuang Wang²,
Jinn-Rong Hseu¹ and Shinn-Lin Yeh¹

¹ 行政院農業委員會水產試驗所海水繁養殖研究中心 台南縣七股鄉三股村海埔 4 號

² 國立台南大學生態科學與技術學系 台南市樹林街二段 33 號

¹ Mariculture Research Center, Fisheries Research Institute, Cigu, Tainan, Taiwan

² Department of Ecoscience and Ecotechnology, National University of Tainan, Tainan, Taiwan

* 通訊作者: nutn200@gmail.com

* Corresponding author: nutn200@gmail.com

摘 要

本研究於 2009 年 1 月至 10 月，在台南七股瀉湖地區 5 個不相連潮間帶，分別設置 5 個樣區共 25 樣點，對底棲多毛類的種類組成、群聚結構與棲地環境進行 4 次採樣研究。調查期間採得的多毛類共 748 隻，分 19 科 25 種，其中以沙蠶科(Nereidae)的腺帶刺沙蠶(*Neanthes glandicincta*)、錐頭蟲科(Orbiniidae)的尖錐蟲(*Scoloplos* sp.)、海稚蟲科(Spionidae)的印度海稚蟲(*Malacoceros indicus*)、小頭蟲科(Capitellidae)的小頭蟲(*Capitella* sp.)為主要優勢種，合占總數 72.2%。底質環境調查結果顯示，此一區域潮間帶底質特性受到海源與陸源作用交互影響，其中粒徑分布主要受到潮流影響，由南北兩個潮口往瀉湖中央區粒徑逐漸變小，各樣區間粒徑分布有顯著差異。與粒徑相關之因子如有機碳、有機氮與含水率等，在各樣區之間也有顯著差異。在空間分布上，位於河流端之樣區受到河川有機質輸入影響，其底棲多毛類之數量與多樣性都最高。在時間分布上，底棲多毛類數量也有顯著的季節性差異，族群總數量在 1 月處於高峰，往後月份逐漸下降，但小

頭蟲數量則有逐季上升的情況。位於七股溪口的七股溪樣站，受到河川陸源因子之顯著影響，其多毛類種類與數量之季節性變動尤為顯著。根據樣區環境因子相關數據，使用非度量多維尺度 (NMDS) 及典型相關分析 (CCA)，可將七股潮間帶區分為 4 個類群。結果顯示類群組成與環境因子具有相關性，如大寮外排潮間帶之類群組成主要受鹽度及底質有機質含量影響，七股溪潮間帶類群組成與有機質含量具有關聯性，低豐度、低物種數及低多樣性之龍山潮間帶類群組成則受底質顆粒粒徑影響較大。

Abstract

Benthic polychaetes and sediment data (temperature, conductivity, particle size, and contents of organic matters, total nitrogen, and total organic carbon) were collected seasonally at five stations in the intertidal zone of Cigu Lagoon in Tainan, Taiwan, from January to October 2009. A total of 748 individuals of polychaetes belonging to 25 species and 19 families were collected. *Neanthes glandicincta* (Nereidae), *Scoloplos* sp. (Orbiniidae), *Malacoceros indicus* (Spionidae), and *Capitella* sp. (Capitellidae) were dominant, occupying 72.2% of the total number of polychaetes collected. Sediment particle sizes and nutrient contents were apparently influenced by tidal actions and inputs from freshwater runoffs from Cigu River and Dalien Creek. Sediment particles were finest at the stations near convergent center of the lagoon and increased in size with distance toward each of the mouths of the drainages. Total organic carbon, total organic nitrogen and water contents were negatively correlated with particle sizes. Abundance and species diversity of polychaetes were highest at the stations situated at the mouths of the drainages. Also, there was an obvious seasonal cycle in polychaetes abundance with a peak density in January. An exception was Capitellidae that showed an opposite trend in the cycle, particularly at the stations near the mouth of Cigu River. Based on the analysis of dissimilarity in species composition and environmental variables using NMDS and CCA techniques, four groups (clusters) of polychaetes communities were identified. The results indicated that abundance and species diversity of the polychaete community in the area near Daliao Creek were influenced by sediment salinity and organic contents, while those in the area near Cigu River were affected only by organic contents. Also, small grain sizes of sediments caused lower the abundance and species diversity in the Longshan intertidal zone.

關鍵詞：多毛類、群聚結構、物種多樣性、七股瀉湖，潮間帶

Key words: polychaetes, community composition, species diversity, Cigu Lagoon, intertidal zone

收件日期：99年8月9日

接受日期：100年3月21日

Received: August 9, 2010

Accepted: March 21, 2011

緒 言

多毛類為環節動物門(Annelida)的一綱，一般棲息在 5-10 cm 深的沉積物中，在大多數海岸及河口底棲環境中皆可發現(Fauchald and Rouse 1997)，其數量可以占底棲無脊椎動物的 40-80% (Ruppert *et al.* 2004)。目前被發現與記錄之多毛類已超過 10,000 種(Minelli 1993)，是海洋環境中非常值得研究、開發利用及保育的生物資源。

多毛類分布範圍極廣，為移動性低或不移動之生物，其數量及組成與底質粒徑(Gambi and Giangrande 1986)及其他環境因子有高度相關性(Hutchings 1998)。多毛類對於環境之耐受度隨種類而異，因此其數量與組成可以反映海洋環境品質狀況。又由於多毛類為海岸底棲無脊椎動物之優勢物種，因此其種類與數量對於底棲動物豐度與群聚型態具有指標性意義(Hutchings 1998; Van Hoey *et al.* 2004)。

七股瀉湖面積約 1,600 ha，為台灣現存的最大瀉湖(許 2001)，其外側有沙洲圍繞，屬半封閉的沙洲型瀉湖。由於沙洲阻絕波浪，本瀉湖之水流循環以及物質交換主要受到潮汐影響。七股沿海近年來受沙源不足、海岸開發，以及海象變化等因素影響，羅列於瀉湖外側之沙洲以每年平均 11m 的速度內移，由水利署第六河川局整理製作之七股瀉湖沙洲百年變遷圖明確顯示此一趨勢(簡 2005)。若瀉湖外側沙洲流失，則波浪將直抵海岸，瀉湖底質將處於不穩定狀態，由於沉積物底質為底棲生物的食物來源與棲息環境，因此地形變動將改變底棲生物與環境的依存關係。

潮間帶受漲退潮影響，其環境條件變動激烈，屬於高度動態的生態系統。潮間帶沉積物提供生物餌料與棲息環境，其間底棲生物的種類與數量是生態健康的重要指標(Gray 2000)。多毛類為潮間帶之主要底棲生物，其種類分布與底質特性具有高度相關性(王等 2006)，可以

顯示地理學上之不同棲息地類型(Olsgard *et al.* 2003)。多毛類對於不良環境的耐受度亦因種類而異，因此其種類與數量分布亦顯示底棲環境品質的空間差異(Pocklington and Wells 1992)。運用此等特性，多毛類可以做為環境品質變遷之生物指標。

本研究以七股瀉湖潮間帶底棲多毛類為對象，調查牠們的數量與群聚結構，以及其與沉積物特性，如顆粒大小、有機質與營養鹽含量等之關係。本研究將對七股瀉湖多毛類群聚分布與環境因子間之關係有進一步了解，同時也有助於瀉湖現階段環境基本資料之建立，做為往後相關研究之基礎。

材料與方法

一、樣區劃定

本研究以七股瀉湖不相連的 5 個潮間帶，分別為大寮外排(A)、台區(B)、龍山(C)、七股溪(D)、水試所(E)等樣區為調查對象，其中大寮外排樣區鄰近七股瀉湖北潮口，台區樣區位於七股瀉湖南、北潮口之間，而龍山(C)、七股溪(D)、水試所(E)等樣區則靠近南潮口，樣區分布如圖 1 所示，代號與經緯度列於表 1。為求樣品代表性，每樣區各採 5 個樣品，採樣位置包括位於潮間帶高程-0.6m 處之中心點，以及中心點左右兩側各兩點。各採樣點間距都為 1m，5 個樣區每次採樣共採集 25 個樣品。

二、採樣時間與方法

採樣於 2009 年 1、4、7、10 等月份之大潮時進行，底質樣品使用內徑 1.65 cm 的 PVC 採樣管，垂直採取表層 15 cm 的基質 2 管，裝入 PVC 材質封口袋封存，攜回實驗室分析。底質特性分析項目包括粒度(particle size)、底土鹽度(soil salinity)、含水率(water content)、全碳量(total carbon, TC)及有機氮(total nitrogen, TN)與有機碳(total organic carbon, TOC)含量



圖 1. 七股瀉湖潮間帶樣區分布(A,大寮外排; B,台區; C,龍山; D,七股溪; E,水試所)。

Fig. 1. Sampling stations in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan (A, Daliao Creek; B, Taiqu; C, Longshan; D, Cigu River; E, FRI).

表 1. 七股瀉湖潮間帶樣區位置與經緯度

Table 1. Sampling stations in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan

Sampling station	Longitude	Latitude
A. Daliao Creek	120°04'28.4"	23°10'21.0"
B. Taiqu	120°04'49.8"	23°08'39.8"
C. Longshan	120°05'08.5"	23°07'50.5"
D. Cigu River	120°05'13.7"	23°07'17.3"
E. Fisheries Research Institute (FRI)	120°05'50.6"	23°07'25.6"

A: 大寮外排樣區; B: 台區樣區; C: 龍山樣區; D: 七股溪樣區; E: 水試所樣區。

(謝 1995)。底棲多毛類使用內徑 9.4 cm 的採樣管採集，於每一樣點抽取表層 30 cm 的底土 5 管，總體積為 10.41L。樣品放置於 0.5 mm 網

目之篩網上以海水篩洗，檢出篩網上殘留的蟲體置於樣品瓶，加入麻醉劑 2-phenoxyethanol，再加入 95% 酒精保存，並於 2 天內進行鑑定、

分類與計數(謝 1995)，不完整之蟲體以頭部數量為計數依據。

三、底質分析

底質溫度使用 0-50°C 之水銀溫度計於現場測定。電導度使用 40g 之風乾土樣與二次蒸餾去離子水 40 ml，以 1:1 比例混合後，置於攪拌器連續攪拌 5 min，靜置 60 min 後，以濾紙過濾，取濾液使用 OAKTON PCD650 電導度計進行電導度測定(葉 2005)。粒度分析於實驗室使用雷射粒徑分析儀進行(Baxter International Inc., BY-9300H)，其結果使用沙—粉沙—黏土三角圖(Folk 1980; 蘇 2003)加以分類。

四、統計分析

物種豐度以 Margalef (1951) 指數表示，物種多樣性以香農—威納多樣性指數(Shannon-Weaver diversity index) (Shannon and Weaver 1963) 表示，並計算其均勻度指數(evenness index) (Pielou 1966)。優勢度等級依 Engelman (1978) 定義區分為高優勢種(eudominant)：個體數量占整個群聚之 100-32.0%、優勢種(dominant)：個體數量占整個群聚之 31.9-10.0%、亞優勢種(subdominant)：個體數量占整個群聚之 9.9-3.2%、劣勢種(recedent)：個體數量占整個群聚之 3.1-1.0%、亞劣勢種(subrecedent)：個體數量占整個群聚之 0.99-0.32%、偶見種(sporadic)：個體數量占整個群聚之 < 0.32%。環境因子時空差異之探討內容包括電導度、全碳、有機氮、有機碳、底質顆粒粒度等。調查數據先以單因子變異數分析(one-way analysis of variance, ANOVA) 檢驗，當差異之顯著性達 95% 以上信心水準時再以最小顯著差異法(least significant difference, LSD) 加以檢定。環境因子與多毛類生物特性間之相關性採用皮爾森相關分析(Pearson correlation analysis) 進行檢驗(Zar 1999)。

本研究並以典型對應分析(Canonical Cor-

respondence Analysis, CCA) (Oksanen *et al.* 2009) 探討多毛類群聚組成與環境因子間之關係，使用的統計軟體為 R (2006)，以 Vegan 程式分析群聚受環境因子變動之影響。為了解多毛類群聚的分群，本研究也進行非度量多維尺度分析(non-metric multidimensional scaling, NMDS) (McCune and Grace 2002)，同樣使用 R 軟體及 Vegan 程式。樣站之間的距離以 Bray-Curtis 群集不相似係數計算。

結 果

本研究各樣區底質性質列於表 2，各項調查結果說明如下：

一、底質環境因子

(一) 底質溫度與導電度

底質溫度介於 13.2-30.5°C 之間，其中以 7 月最高，1 月最低。各樣區底質之導電度因潮口水或溪河淡水影響的顯著性而有所差異，其值介於 15.53-30.45 ms/cm 之間(表 2)。大寮外排樣區鄰近北潮口，雖有淡水注入但很快與海水混合，導電度僅次於台區樣區；台區樣區遠離七股溪與大寮外排兩溪流，其導電度最高；七股溪樣區位於溪河注入口，導電度最低。

(二) 底質粒徑分布

樣區間底質粒徑有顯著差異($p < 0.01$)，粒徑結構可以由樣區與潮口距離加以區分，離南、北潮口較近的大寮外排樣區及水試所樣區底質粒徑明顯大於離潮口較遠的台區樣區與龍山樣區。

(三) 底質顆粒組成特性

以沙—粉沙—黏土三角圖(圖 2) 進行底質組成分類，調查區域底質可大致分為兩種不同類型，大寮外排、龍山、七股溪、水試所等樣區之底質屬粉沙質沙(silty sand)，台區樣區則為沙質粉沙(sandy silt)，如表 2 所示。樣區間

表 2. 七股瀉湖潮間帶樣區底質特性

Table 2. Sediment characteristics at 5 sampling stations (A-E) in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan, 2009

Parameters	A	B	C	D	E
Conductivity (ms/cm)	25.11 ^a ±1.66	26.47 ^a ±3.15	22.46 ^a ±3.68	17.22 ^b ±3.11	24.46 ^a ±3.80
Particle size (μm)	27.62 ^a ±6.30	12.44 ^b ±1.30	30.11 ^a ±3.71	49.56 ^c ±6.32	74.29 ^d ±15.60
Silt-clay ratios	6.71 ^a ±0.56	4.82 ^a ±2.14	6.25 ^a ±0.84	5.94 ^b ±4.93	2.43 ^b ±1.76
Organic content (%)	2.93±1.01	5.53±6.26	3.75±1.43	4.05±3.86	2.80±3.07
Total organic carbon (TOC) (%)	0.26 ^a ±0.06	0.37 ^b ±0.04	0.23 ^c ±0.04	0.24 ^a ±0.08	0.15 ^c ±0.04
Total nitrogen (TN) (%)	0.035±0.01	0.04±0.02	0.03±0.02	0.02±0.01	0.02±0.02
TOC/TN (C/N)	8.06±2.98	9.91±4.46	9.85±8.10	14.38±6.80	8.17±5.34
Textural classification	silty sand	sandy silt	silty sand	silty sand	silty sand

a, b, c: Values with same superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

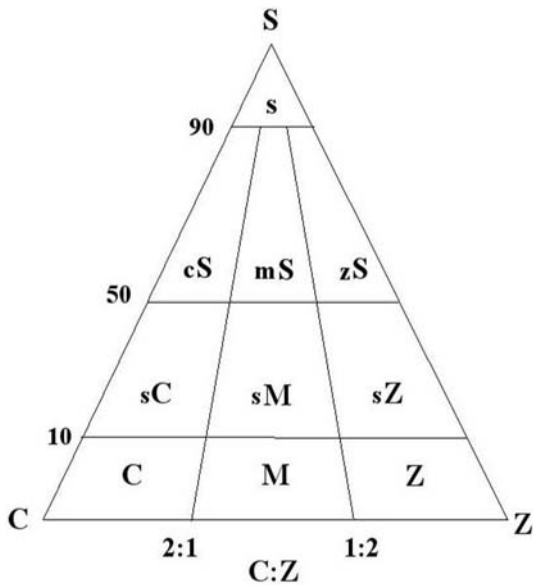


圖 2. 沙—粉沙—黏土之三角相關圖。(參考Folk 1980; 蘇 2003)

Fig. 2. A triangular diagram of interrelation among sand, silt and clay (Folk 1980; 蘇 2003) (S, sand; Z, silt; C, clay; M, mud; ZS, silt and sand; SZ, sand and silt; SM, sand and mud; mS, muddy sand; cS, clayish sand; sC: sandy clay).

的黏土/粉泥比例有顯著差異($p < 0.01$), 並與底質粒徑呈負相關(相關係數 $R = -0.784$)。

(四) 有機碳、有機氮及全碳量

各樣區底質有機碳、有機氮及全碳含量如表 2 所示。有機碳在樣區間有顯著差異($p < 0.01$), 最高值出現在台區樣區(0.37%), 其次依序為大寮外排樣區(0.26%)、七股溪樣區(0.24%)、龍山樣區(0.23%)、水試所樣區(0.15%)。有機氮含量最高值出現在台區樣區(0.04%), 其次依序為大寮外排樣區(0.035%)、龍山樣區(0.03%)、七股溪樣區(0.02%)、水試所樣區(0.02%), 惟其差異未達顯著水準($p = 0.190$)。全碳量最高值亦出現在台區樣區(5.53%), 其次依序為七股溪樣區(4.05%)、龍山樣區(3.75%)、大寮外排樣區(2.93%)、水試所樣區(2.80%), 但其差異亦未達顯著水準($p = 0.833$)。有機碳及有機氮與底質粒徑均呈顯著負相關, 全碳量與底質粒徑之相關性則未達顯著水準($p = -0.104$)。

(五) 有機碳與有機氮含量比值

各樣區有機碳與有機氮比值(C/N)以水試所樣區最低, 最高值出現在七股溪樣區, 惟各樣區間之差異未達統計之顯著性。C/N比呈現季節性差異, 其中以洪氾過後之變化最為顯

著，如 2009 年 8 月莫拉克颱風洪水過後，10 月份調查之有機碳與有機氮比值遽升，為 1、4、7 月平均值的 2.45 倍，且各樣區有機碳與有機氮比值皆超過 8，分別為 12.0、16.5、22.0、24.0、16.0，顯示陸源因子的顯著影響。

二、底棲多毛類群聚

(一) 多毛類物種組成

本研究調查共發現多毛類 25 種，分屬 19 科如表 3 所列。各樣區物種數為：大寮外排樣區 15 科 20 種、台區樣區 9 科 12 種、龍山樣區 6 科 6 種、七股溪樣區 11 科 16 種、水試所樣區 10 科 13 種。各物種數量以沙蠶科(Nereididae)之腺帶刺沙蠶(*Neanthes glandicincta*) 37.8%、錐頭蟲科(Orbiniidae)之尖錐蟲(*Scoloplos* sp.) 13.2%、海稚蟲科(Spionidae)之印度海稚蟲(*Malacoceros indicus*) 11.1%及小頭蟲科(Capitellidae)之小頭蟲(*Capitella* sp.) 10.1%，所占比例最高，4 種合占總數之 72.2%。各樣區優勢種互異，大寮外排樣區以印度海稚蟲、染毛蟲科(Poecilochaetidae)之染毛蟲(*Poecilochaetus* sp.)、尖錐蟲 3 種為優勢種，合占總數 65.3%，其中染毛蟲只在此區域形成優勢種。台區樣區以尖錐蟲、印度海稚蟲及腺帶刺沙蠶 3 種為優勢種，樣品數占總數 61.1%。龍山樣區只有腺帶刺沙蠶 1 種為主要優勢種，占總數 79.9%。七股溪樣區以腺帶刺沙蠶及小頭蟲兩種為優勢種，合占總數 71.4%，其中小頭蟲只在此樣區形成優勢種。小頭蟲被視為投機物種，其出現為此一區域環境受到污染之一項指標。水試所樣區以腺帶刺沙蠶及尖錐蟲兩種為優勢種，數量合占總數 62.7%。

圖 3 顯示主要群聚(數量占總數大於 1%之物種)之季節性消長。1 月優勢種為腺帶刺沙蠶、印度海稚蟲，4 月優勢種為腺帶刺沙蠶、尖錐蟲、印度海稚蟲，7 月優勢種為腺帶刺沙蠶、尖錐蟲，10 月優勢種為腺帶刺沙蠶、小頭蟲、印度海稚蟲。各季皆以腺帶刺沙蠶為主

要優勢種，其優勢度由 1 月至 10 月有隨季節逐漸下降之趨勢。尖錐蟲 4 月優勢度上升，7 月維持在高峰期，10 月下降。印度海稚蟲 7 月優勢度最低，10 月最高。小頭蟲僅於 10 月在七股溪樣區形成主要優勢種，且其在各樣區總數量占所有樣區總數之 19.8%。

(二) 多毛類群聚結構

表 4 顯示七股瀉湖潮間帶多毛類物種數與豐度以大寮外排樣區最高，再依序為七股溪、水試所、台區，龍山樣區最低。個體密度以七股溪樣區最高，大寮外排、水試所、台區次之，龍山樣區最低，其中七股溪樣區密度為龍山樣區的 2.93 倍。各樣區密度呈現季節性變化，七股溪樣區與大寮外排樣區由 1 月開始逐季下降，台區樣區與龍山樣區 1 月至 4 月上升，4 月至 10 月下降，水試所樣區 1 月至 4 月下降，7 月之後回升。全區多毛類密度由 1 月開始，往後各次調查有逐次降低之趨勢。1 月平均為 1,074 個體/m²，10 月下降至 784 個體/m²，減幅 27%。

多毛類多樣性高低與樣區離潮口之距離有一致之趨勢(表 4)，大寮外排樣區與潮口距離最近，其多樣性最高；龍山樣區與潮口距離最遠，其多樣性最低。季節性變化方面如圖 4 所示，大寮外排樣區多樣性之季節變化不大；台區樣區 7 月之多樣性最高，4 月最低。龍山與水試所樣區多樣性呈逐月上升趨勢，10 月達到最高；七股溪樣區在 10 月多樣性最高，7 月最低。

樣區物種之豐度與多樣性呈正相關(相關係數 $R = 0.935$, $p < 0.01$)，物種豐度與均勻度亦呈正相關(相關係數 $R = 0.464$, $p < 0.05$)。各樣區間多毛類之種數、數量、多樣性、豐度皆具顯著差異($p < 0.01$)，但均勻度之差異則未達顯著水準($p = 0.16$)。

(三) 多毛類群落分布與環境因子之關係

1. 潮間帶樣區相似性分析

此項分析以樣區季節群組進行分群分類，使用有機碳、有機氮、全碳含量、顆粒粒徑、

表 3. 七股瀉湖潮間帶樣區多毛類種類數量、優勢和優勢分類

Table 3. Number of individuals, dominance, and dominance classification of polychaetes taxa collected at five sampling stations (A-E) in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan, 2009

Species / Location	Dominance (%)	Classification ^{1/}	A	B	C	D	E
Nereididae							
<i>Neanthes glandicincta</i>	37.8	ED	8	9	54	144	72
<i>Dendronereis</i> sp.	0.2	SP	1			1	
Hesionidae							
<i>Hesionid</i> sp.	0.1	SP			1		
Glyceridae							
<i>Glycera</i> sp.	0.4	SR	3				
Goniadidae							
<i>Goniadid</i> sp.	1.1	RE	6	1		1	
Eunicidae							
<i>Marphysa</i> sp.	1.7	RE	2	4		2	4
Lumbrineridae							
<i>Lumbrinerid</i> sp.	3.0	RE	2	7		10	4
Orbiniidae							
<i>Scoloplos</i> sp.	13.2	DM	31	24	6	4	32
Spionidae							
<i>Prionospio</i> sp.	1.8	RE	1			7	5
<i>Malacoceros indicus</i>	11.1	DM	56	9		2	15
<i>Scolelepis</i> sp.	0.3	SP		3			
<i>Spio</i> sp.	2.5	RE	12	2		1	3
Poecilochaetidae							
<i>Poecilochaetus</i> sp.	5.7	SD	45				
Cirratulidae							
<i>Cirratulus cirratus</i>	0.9	SR	8				
Cossuridae							
<i>Cossurid</i> sp.	0.1	SP				1	
Capitellidae							
<i>Capitella</i> sp.	10.1	DM	4	4	4	50	9
<i>Mediomastus</i> sp.	1.9	RE	2	2		11	
Maldanidae							
<i>Maldane</i> sp.	0.5	SR	1	1		2	1
Arenicolidae							
<i>Arenicolid</i> sp.	0.5	SR	1	2			
Oweniidae							
<i>Owenia</i> sp.	0.6	SR	2	1	1	2	
Terebellidae							
<i>Terebellid</i> sp.	1.4	RE	7	3			1
Sabellidae							
<i>Sabella</i> sp.	0.3	SP				13	2
<i>Amphiglena</i> sp.	2.0	RE		1			1
Syllidae							
<i>Syllid</i> sp.	0.4	SR	3				
Nephtyidae							
<i>Nephtys</i> sp.	2.4	RE	7	1	2	1	4
Occurrence			202	72	68	252	154

^{1/} ED (eudominant), 100-32.0%; DM (dominant), 31.9-10.0%; SD (subdominant), 9.9-3.2%;

RE (recedent), 3.1-1.0%; SR (subrecedent), 0.99-0.32%; SP (sporadic), <0.32%.

表 4. 七股瀉湖潮間帶樣區多毛類群聚特性

Table 4. Community characteristics of polychaetes in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan, 2009

Component/Station	A	B	C	D	E
Number of species	10.75 ^a ±0.96	6.00 ^b ±1.41	2.75 ^c ±0.5	8.25 ^{ab} ±2.75	7.75 ^b ±2.06
Number of Ind./m ²	1222 ^a ±218	436 ^b ±236	417 ^b ±212	1524 ^a ±422	932 ^a ±218
Richness (<i>R</i>)	2.50 ^a ±0.26	1.79 ^b ±0.44	0.60 ^c ±0.32	0.63 ^b ±0.10	0.76 ^{ab} ±0.11
Shannon-Weiner index (<i>H</i>)	1.84 ^a ±0.10	1.55 ^{ab} ±0.28	0.64 ^b ±0.39	1.28 ^b ±0.33	1.53 ^c ±0.34
Evenness (<i>E</i>)	0.78±0.02	0.88±0.11	0.60±0.32	0.63±0.10	0.76±0.11

a, b, c: Values with same superscripts differ significantly ($p < 0.05$); Richness $R = \frac{(S-1)}{\ln N}$

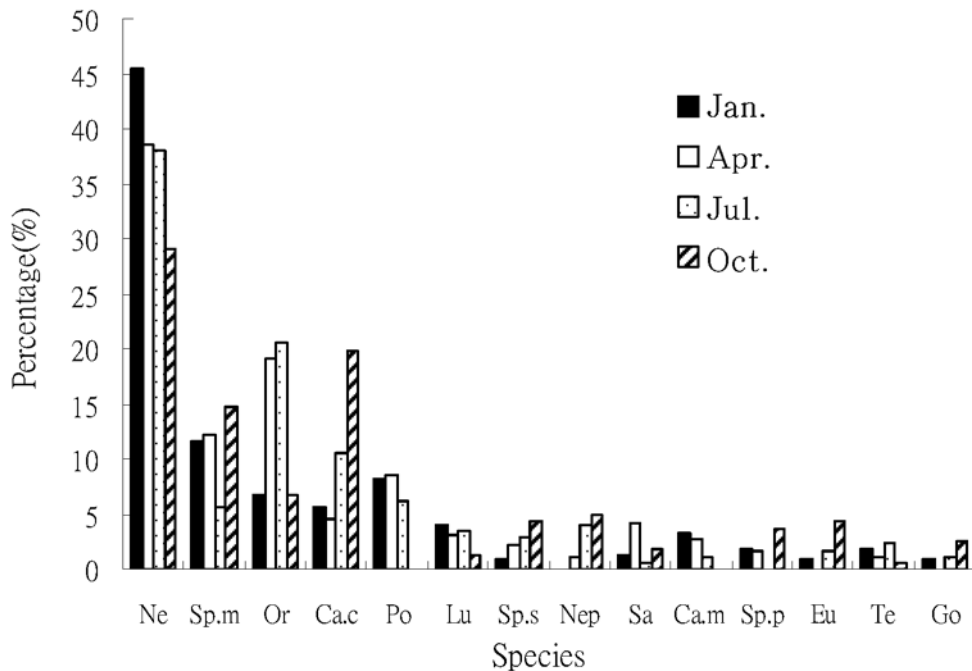


圖 3. 七股瀉湖潮間帶多毛類物種群聚組成之季節變化(部分顯示占總數 1% 以上之物種)。

Fig. 3. Seasonal variation in the species composition of polychaetes communities (species > 1% of the total number collected) in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan, 2009. (Taxa abbreviations: (abbreviation of Family). (abbreviation of Genus). Ca.c, *Capitella* sp.; Or, *Scolopios* sp.; Ca.m, *Mediomastus* sp.; Po, *Poecilochaetus* sp.; Eu, *Marphysa* sp.; Sa, *Amphiglena* sp.; Go, *Goniadid* sp.; Sp.m, *Malacoceros indicus*; Lu, *Lumbrinerid* sp.; Sp.p, *Prionospio* sp.; Ne, *Neanthes glandicincta*; Sp.s, *Spio* sp.; Nep, *Nephtys* sp.; Te, *Terebellid* sp.)

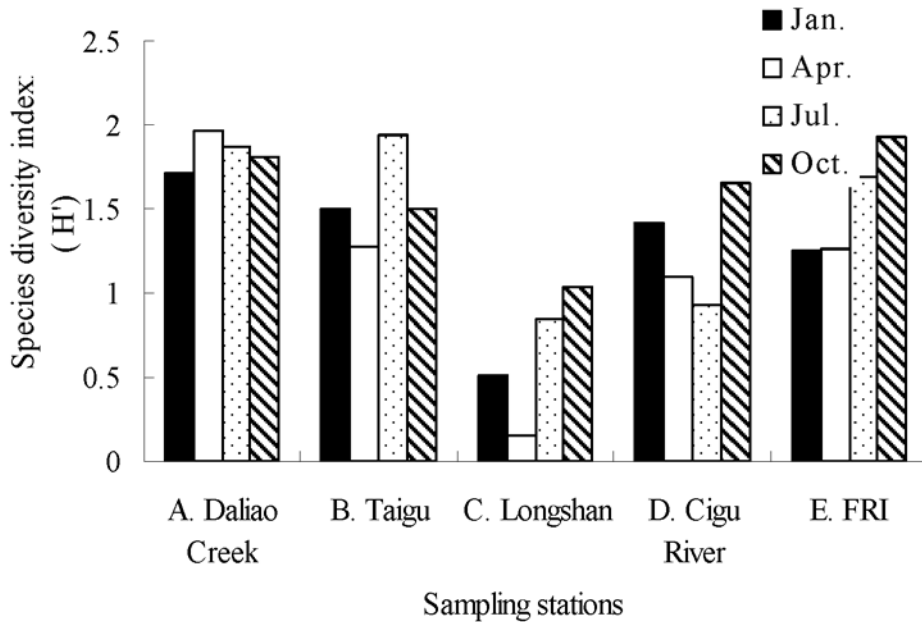


圖 4. 七股瀉湖潮間帶多毛類多樣性之季節變化。

Fig. 4. Seasonal variation in species diversity indices (H' -values) of polychaetes at five sampling stations (A-E) in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan, 2009.

含水率及導電度作為關係檢驗因子，採用群集分析如圖 5 及非度量多維尺度(NMDS)分析如圖 6，以顯示各樣站之間的二維構面構形的距離關係($k=6$)。七股瀉湖潮間帶樣區可分成 4 類群組，第 1 類：A1、A4、A7、A10、B4、B7 等樣區；第 2 類：B1、C7、E1、E4、E7、E10 等樣區；第 3 類：B10、C10、D10、D7 等樣區；第 4 類：C1、C4、D1、D4 等樣區。

2. 多毛類群聚與環境變數之相關性分析

選擇數量占總數 1% 以上之多毛類 14 種，與潮間帶樣區季節群組進行環境變數典型相關分析(CCA)。圖 7 顯示多毛類時空分布與有機質含量、電導度、粉泥/黏土含量、粒徑、溫度及季節等因子之關係(累積 eigenvalue=0.730, $F=2.01$, $p<0.01$)。三個環境梯度軸特徵值(eigenvalues)依次遞減，第一軸為 0.416，第二軸為 0.188，第三軸為 0.126。由 CCA 顯示有

機質含量與小頭蟲 *Capitella* sp. (Capitellidae) 正相關，顆粒粒徑與腺帶刺沙蠶、中引蟲 *Mediomastus* sp. (Capitellidae)、纓鰓蟲 *Sabella* sp. (Sabellidae)、稚齒蟲 *Prionospio* sp. (Spionidae) 呈正相關，電導度與印度海稚齒蟲、尖錐蟲呈負相關，角吻沙蠶(Goniadidae)、齒吻沙蠶 *Nephtys* sp. (Nephtyidae)、索沙蠶(Lumbrineridae)等與季節、溫度等具有相關性。

討 論

一、七股瀉湖潮間帶底質環境

七股瀉湖潮間帶底質顆粒粒徑由潮流會合的區域往南、北潮口增大，即台區樣區及龍山樣區粒徑最小，往南之七股溪樣區與水試所樣區，以及往北之大寮外排樣區其底質粒徑較大，與謝(1997)及 Jan *et al.* (2001)所做的觀察

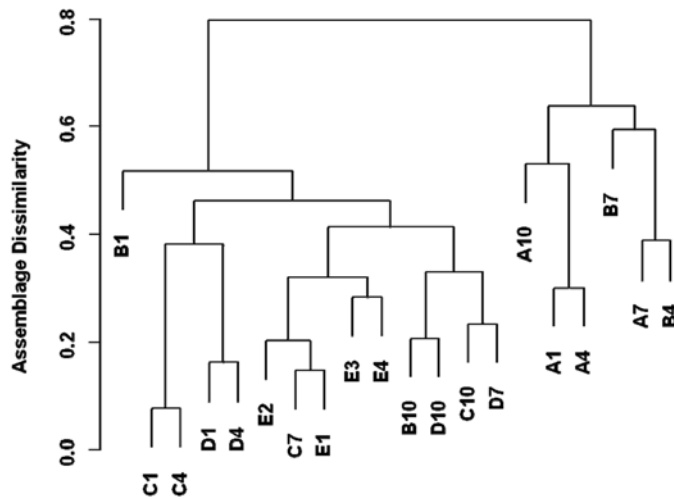


圖 5. 七股瀉湖潮間帶樣區多毛類群聚分析的結果 (樣品代號: Ai = i 月於圖 1 所示之 A 測站所採之樣品)。

Fig. 5. The results of cluster analysis of polychaete communities in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan, 2009 (sample codes: Ai = sample taken at A stations as denoted by Fig. 1 on i-th month of the year).

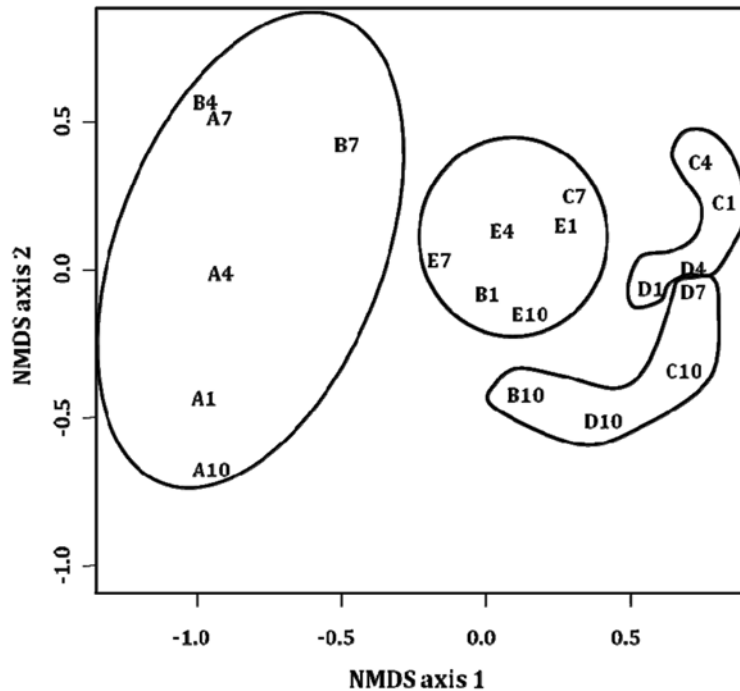


圖 6. 七股瀉湖潮間帶樣區 NMDS 二向度排序分布圖 (樣品代號如同圖 5)。

Fig. 6. The NMDS biplot of polychaetes communities in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan (Sample codes denoted as those in Fig. 5).

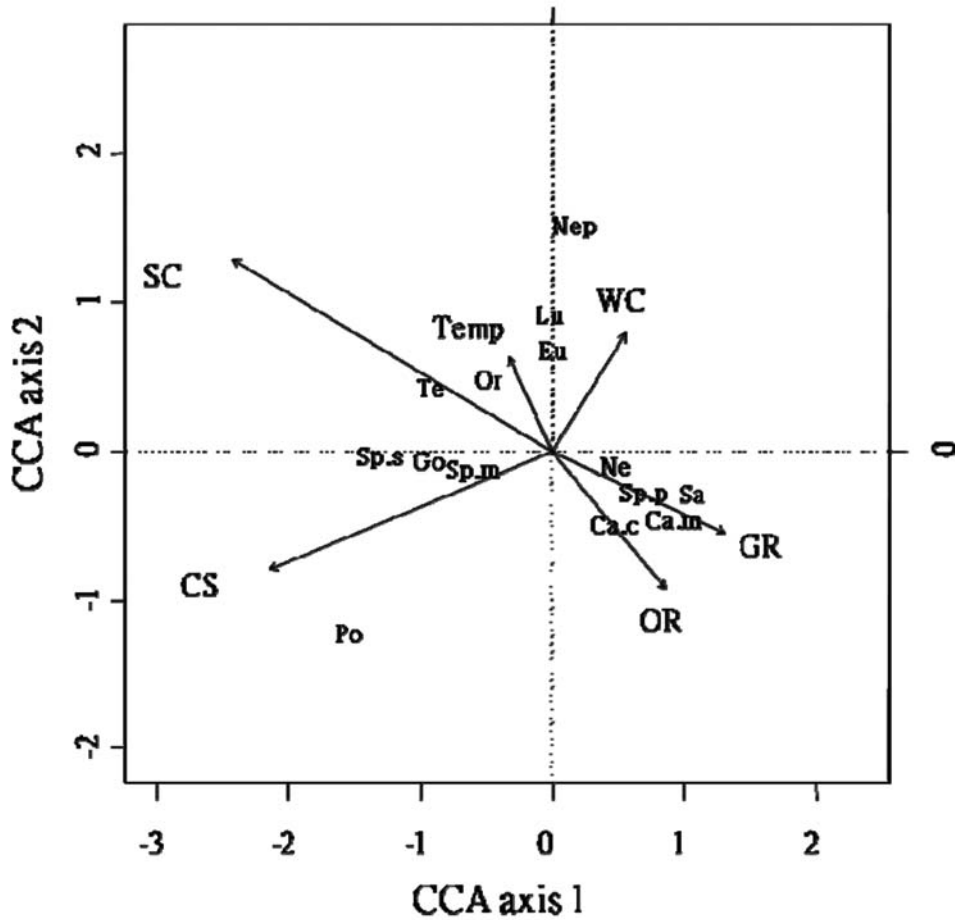


圖 7. 七股瀉湖潮間帶多毛類群集與環境因子之正典相關分析之二向度排序圖(物種代碼如圖 3)。

Fig. 7. The ordination biplot of CCA of polychaetes communities and environmental variables in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan, 2009 (WC, water content; Temp, temperature; CO, conductivity; SC, silt-clay ratio; OR, organic content; GR, grain size; species denoted by those in Fig. 3).

結論一致。林(2007)針對七股瀉湖地形與沉積物相關性所做的分析亦顯示，主要潮口周邊沈積物顆粒大小呈扇狀分布，潮流中央流速較強，沈積物顆粒粗，並往兩側變細，本研究調查結果，底質顆粒粒徑大小與距離潮口之遠近亦顯示這樣的相關性。

底質顆粒粒徑組成對於多毛類群落的密度、豐度與多樣性等具有決定性的影響(Hutchings 1998)。粒徑大小決定顆粒間隙，並影響

底質保水性、物質流通速率與含氧量。粒徑小則底質間隙小，有較佳的保水性，但間隙流通率低，易形成缺氧現象，影響生物的生存條件。本研究之台區樣區與龍山樣區屬於小顆粒底質，其環境特性造成較低之生物多樣性。反之，大顆粒底質保水性不佳，物質積存率低，易造成生物間對食物的競爭，會產生低生物量與低物種數的現象，如本研究之水試所樣區。大寮外排潮間帶雖與台區、龍山潮間帶底質同

屬粉沙質沙，但因其接近北潮口，受到潮汐漲落影響，底質流通性佳，加上大寮外排輸入適量的有機物，形成此一區域較高密度的生物群落。

二、海陸源物質輸入對潮間帶底質之影響

七股潟湖海源物質透過潮汐及海流經由沙洲間潮口與外海進行交換，陸源物質則主要由潟湖東側北邊的大寮外排與南邊的七股溪注入。Bordovsky (1965)及謝(1997)認為，當底質C/N值大於8時，該區域受陸源物質之影響顯著。七股潟湖潮間帶底質C/N值因區位而有差異，位於河流出口之潮間帶，例如七股溪樣區以及台區與龍山樣區，因溪道所攜帶之陸源物質的滯留與沉積，其C/N值大於其他樣區。在時間變動上，2009年1、4、7月3次調查，河川低流量期間C/N值偏低，10月河川豐水期各樣區底質C/N值皆大於8，顯示各潮間帶皆受到陸源物質的較大影響。

三、潮間帶多毛類群聚分布

腺帶刺沙蠶為七股潟湖潮間帶多毛類唯一之全年優勢物種，數量占區域多毛類總數之45%，其數量多寡明顯影響各樣區的多樣性指數。腺帶刺沙蠶具有多年生之生物特性(曾等1995)，並且對環境變化有較高的容忍度，得以維持全年的優勢度，不似一年生多毛類，在繁殖期變體為異沙蠶型，受精排卵後即死亡，其子代必須經過數月的成長期才發展成為成蟲。腺帶刺沙蠶在本研究調查之各樣區都有出現，屬於廣布種，在底質顆粒粒徑較小之台區、龍山樣區或粒徑較大的水試所樣區，皆形成優勢狀態。但腺帶刺沙蠶優勢度也會因環境改變受到抑制，例如七股溪樣區豐水期受溪流輸入之大量陸源物質影響，呈現有機質累積的污染狀態，此一環境適合小頭蟲發展並形成優勢，腺帶刺沙蠶優勢度因此受到抑制。隨著旱季的來臨，陸源物質減少，底質環境改善，腺

帶刺沙蠶恢復成為此樣區之優勢種，其趨勢與先前研究結果一致(徐及盧2006)。

本研究之調查結果顯示，除腺帶刺沙蠶呈相對穩定之優勢外，其他種類之優勢度有空間與時間上之變化。印度海稚蟲只在大寮外排潮間帶形成優勢種，七股溪樣區少發現，龍山樣區則從未出現；尖錐蟲只在大寮外排及水試所潮間帶形成優勢種；小頭蟲只在七股溪樣區形成優勢種。印度海稚蟲、尖錐蟲兩者優勢度由潟湖南北兩端往中央區遞減，其趨勢與導電度梯度相似。多毛類優勢種的消長受到其生活史及對於污染的耐受性影響，如何運用多毛類此一特性做為養殖漁業及海域環境監控之生物指標，為未來值得探討的主題。

物種多樣性為群聚結構的重要指標，此一生物參數可顯示群聚對於環境變遷之適應程度與穩定性，多樣性高之生物群聚因物種互補性，對於環境改變之適應能力佳，有較大的穩定性。七股潟湖潮間帶多毛類群聚之多樣性由南北兩端之溪道潮間帶往中央區遞減，大寮外排樣區有較高的物種豐富度、均勻度及多樣性，生物群聚穩定。而龍山樣區豐富度、均勻度及多樣性等3項指數均較低，主要受到樣區單一優勢種腺帶刺沙蠶消長的影響，因此樣區生物群聚結構穩定性低。

四、多毛類群聚分布與環境因子之關係

特殊環境條件對生物造成單向壓力，由於不同物種對環境適應能力上的差異，物種出現與否反應群聚對此壓力的適應結果(Pearson and Rosenberg 1978)。七股潟湖為半封閉水域，兩條溪流注入其間，屬於淡水與海水匯合之感潮區，環境因子變動劇烈，生存其間之多毛類對棲息環境之適應能力更顯重要。Michael *et al.* (2001)的研究指出，鹽度對於物種數量和多樣性具顯著影響，其原因在於不同物種對於鹽度有適應上的差異。大寮外排樣區一邊為溪流出口，另一邊為潟湖之北潮口，由於陸源與海源

因子的交互作用，其多毛類之物種數、豐度及多樣性高於其他樣區，物種的出現頻率與其他樣區也有不同。染毛蟲、絲鰓蟲、裂蟲、吻沙蠶等僅在此樣區出現，其中染毛蟲更爲此區之優勢種，此一現象與謝(1997)在曾文溪口南北兩側潮間帶所做的多毛類調查結果類似。曾文溪口南北兩側潮間帶，屬於無沙洲屏障之開闊型潮間帶，雖然有曾文溪之淡水注入，但海水更換快速，該水域鹽度範圍接近海水。大寮外排樣區受鄰近北潮口潮流海水快速更換的影響，水域得以保持近似海水的鹽度範圍，多毛類生物群聚囊括淡、海水物種，爲樣區多毛類群聚多樣性高的原因之一。

Wieking and Kroncke (2005)的研究顯示，底棲生物功能群結構可反映不同質量的食物供給情況。水試所樣區爲砂質底質，顆粒粒徑較大，物質留存量少，造成物種間對食物的競爭，導致多毛類物種數量有隨底質顆粒粒徑增大而減少的現象。

潮間帶底質有機質含量有明顯的季節性變化，位於河口之樣區受溪流輸入的影響，雨季之後底質有機質含量顯著增加。七股溪樣區受到莫拉克颱風洪水輸入影響，10月份調查發現底質有大量有機物沉積，形成另一類型群聚的生存空隙，迎合投機物種的棲息環境，小頭蟲得以發展成爲優勢種，此期間樣區生物密度與豐度提高，但物種多樣性降低。此一物種群聚結構變化，反映七股溪樣區有機質含量之季節性變動結果。Beukema (1991)的觀察發現，優養化造成底棲群落的生物量提升與群聚結構變化，小型碎屑物種數量的增加顯示群聚對於棲地高有機質、高食物供應量的適應結果。其他研究報告亦指出，在高有機質含量沉積底質中最常發現小型屑食物種，如小頭蟲科(Fauchald and Jumars 1979; Zajac and Whitlatch 1982)，本研究發現七股溪樣區也顯示相同的關聯性。

低豐度、低物種數及低多樣性之群聚特徵

出現於顆粒細緻的底質環境。細顆粒底泥表面積大，得以吸附大量有機質，加上通透性不佳，容易形成缺氧狀態，在此環境生存之物種須對溶氧的變動有高容忍度，尤其是對於低溶氧的耐受性(Rhoads 1970)。龍山樣區底質以細密粉泥爲主，其C1及C4的豐度、多樣性、物種數都爲七股潟湖潮間帶中最低，顯示細密底質低溶氧環境對於群聚結構造成的影響。

Samuelson (2001)依據環境特性與多毛類群聚種類之關係，將環境干擾程度畫分爲4種屬性：1.受嚴重干擾區：幾乎沒有多毛類出現；2.受干擾區：投機物種密度增加；3.略受干擾區：物種多樣性增加。4.無干擾區：物種多樣性中等。本研究區域屬半封閉性潟湖潮間帶，其底質有機物之積存大於開放型潮間帶，提供多毛類豐富的食物來源，其多毛類密度(906.2個體/m²)爲曾文溪口北岸潮間帶(16.7個體/m²)的54.3倍，以及南岸潮間帶(193.0個體/m²)的4.7倍(謝1996)。七股潟湖潮間帶雖然降雨期間因溪流輸入大量陸源物質而有短暫之局部有機質污染，但環境條件隨著豐水期結束迅速恢復，屬於略受有機質干擾的區域，其多毛類群落多樣性及豐度高。

底棲多毛類與環境條件之關聯性在時間與空間上是穩定和可預測的(趙等2009)，因此其群聚特性可提供海岸環境保護及永續經營策略擬定之參考。本研究結果顯示，七股潟湖潮間帶之底質特性、鹽度以及污染程度差異，造成多毛類群聚結構的時空變化。透過這一帶多毛類物種分布與群聚結構之持續探討，可了解七股潟湖的環境變遷，作爲潟湖生物資源保護、利用與管理策略擬定之參考。

謝 誌

本文感謝前行政院農業委員會水產試驗所秘書徐崇仁博士在多毛類鑑種上的指導與建議，以及3位審查委員對於文章內容提供寶貴

的意見。

引用文獻

- 王金寶、李新正、王洪法、于海燕、李寶泉。2006。膠州灣多毛類環節動物數量分布與環境因子的關係。應用與環境生物學報 12 (6): 798-803。
- 林宗儀。2007。台南七股潟湖之地形與沈積物特性研究。國立台灣師範大學新任教師專題研究計畫成果報告 95091007。國立台灣師範大學。
- 徐崇仁、盧民益。2006。不同環境與底棲生物相間相互關係之探討。水產試驗所 94 年度年報。
- 許榮中。2001。台南縣的海岸沙洲及潟湖。台南縣政府。
- 曾忠漢、楊森林、王子賢。1995。腺帶刺沙蠶的早期發育。熱帶海洋 14(2): 83-89。
- 葉秋好。2005。台灣沿海溼地草澤之植群生態研究。國立中山大學生物科學系碩士論文。
- 趙永強、陳全震、曾江寧、高愛根、黃逸君、壽鹿、廖一波。2009。椒江口潮間帶多毛類動物時空分布與環境因子的關係。中國水產科學 16(4): 580-586。
- 謝蕙蓮。1995。台灣多毛類研究回顧及其在環保應用之展望。生命科學 33: 19-33。
- 謝蕙蓮。1996。曾文溪口海岸地區陸海交互作用之研究—曾文溪沿岸漂散系統中干擾對無脊椎動物群聚之效應。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 NSC85-2621-P001-002。
- 謝蕙蓮。1997。七股潟湖及潟湖外海海域生態調查。國立海洋生物博物館籌備處期末報告。237-255 頁。
- 蘇曉音。2003。大肚溪口南岸半封閉圍堤灘地內外底質組成與螃蟹及多毛類群聚差異之研究。私立東海大學環境科學研究所碩士

論文。

- 簡仲和。2005。七股潟湖保護對策研究。經濟部水利署第六河川局。高雄縣。
- Beukema, J. J. 1991. Changes in composition of bottom fauna of a tidal-flat area during a period of eutrophication. *Marine Biology* 111: 293-301.
- Bordovsky, O. K. 1965. Accumulation and transformation of organic substances in marine sediments. *Marine Geology* 3: 3-114.
- Engelmann, H. D. 1978. Zur dominanten Klassifizierung von bodenarthropoden. *Pedobiologia* 18: 378-380.
- Fauchald, K. and G. W. Rouse. 1997. Polychaete systematics: Past and present. *Zoologica Scripta* 26: 71-138.
- Fauchald, K. and P. A. Jumars. 1979. The diet of worms: A study of polychaete feeding guides. *Oceanography and Marine Biology: Annual Review* 17: 193-284.
- Folk, R. L. 1980. *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Co., Austin, Texas. 182 pp.
- Gambi, M. C. and A. Giangrande. 1986. Distribution of soft-bottom polychaetes in two coastal areas of the Tyrrhenian Sea (Italy): Structural analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 23: 847-862.
- Gray, J. S. 2000. The measurement of marine species diversity, with an application to the benthic fauna of the Norwegian continental shelf. *Marine Biology and Ecology* 250: 23-49.
- Houwing, E. J. 1999. Determination of the critical erosion threshold of cohesive sediments on intertidal mudflats along the Dutch Wadden Sea Coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 49: 38-55.

- Hutchings, P. A. 1998. Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. *Biodiversity and Conservation* 7: 1133-1145.
- Jan, S., S.Y. Chao and J. J. Hung. 2001. Circulation and brackish water dispersal in a coastal lagoon of southwest Taiwan. *Journal of Oceanography* 57: 647-661.
- Margalef, R. 1951. Diversidad de especies en las comunidades. *Publnes. Inst. de Biologia Aplicada* 9: 5-27.
- McCune, B. and J. B. Grace. 2002. Analysis of ecological communities. MjM Software Design, Gleneden Beach, OR, USA.
- Michael, J. A., H. Jonathan, M. L. Elizabeth, R. L. Glenn, E. M. Anne and J. B. Bruce. 2001. The effect of body size on digestive chemistry and absorption efficiencies of food and sediment-bound organic contaminants in *Nereis succinea* (Polychaeta). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 263 (2): 185-209.
- Minelli, A. 1993. *Biological Systematics: The state of the art*. Chapman & Hall, London.
- Oksanen, J. R., K. P. Legendre, B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. H. H. Stevens and H. Wagner. 2009. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 1.15-4. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Olsgard, F., T. Brattegard and T. Holthe. 2003. Polychaetes as surrogates for marine biodiversity: Lower taxonomic resolution and indicator groups. *Biodiversity and Conservation* 12: 1033-1049.
- Pearson, T. H. and R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology: Annual Review* 6: 229-311.
- Pocklington, P. and P. G. Wells. 1992. Polychaetes: Key taxa for marine environmental quality monitoring. *Marine Pollution Bulletin* 24: 593-598.
- Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection. *Journal of Theoretical Biology* 13: 131-144.
- Rhoads, D. C. 1970. Mass Properties, stability, and ecology of marine muds related to burrowing activity. *Journal of the Geological Society, Special Issue* 3: 391-406.
- R Development Core Team. 2006. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, ISBN3-900051-07-0, <http://www.R-project.org>
- Ruppert, E. E., R. S. Fox and R. D. Barnes. 2004. *Invertebrate zoology: A functional evolutionary approach*. 7th ed. Australia, Thomson-Brooks/Cole. pp. 440.
- Samuelson, G. M. 2001. Polychaetes as indicators of environmental disturbance on subarctic tidal flats, Iqaluit, Baffin Island, Nunavut Territory. *Marine Pollution Bulletin* 42: 733-741.
- Shannon, C. E. and W. Weaver. 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana, IL.
- van Hoey, G., S. Degraer and M. Vincx. 2004. Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments at the Belgian Continental Shelf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 59: 599-613.
- Wiekling, C. and I. Kroncke. 2005. Is benthic trophic structure affected by food quality? Refuges disturbance and community structure: A marine soft-bottom example. *Ecology* 59 (2): 274-284.
- Zajac, R. N. and R. B. Whitlatch. 1982. Response

of estuarine infauna to disturbance. Spatial and temporal variation of succession. *Marine Ecology Progress Series* 10: 15-27.

Zar, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4th ed. Prentice Hall International, Inc., Upper Saddle River, NJ.

