

鰲鼓海岸濕地浮游生物群聚之季節變化

Seasonal Variation in the Planktonic Community of Aoku Coastal Wetland

劉靜榆^{1,*} 吳萃慧² 李訓煌¹

Ching-Yu Liou^{1,*}, Tsui-Hui Wu² and Hsun-Hwang Lee¹

¹行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

²國家衛生研究院醫療保健政策研究組 台北市內湖區民權東路6段109號2樓

¹Endemic Species Research Institute, Chichi, Nantou, Taiwan

²Division of Health Policy Research, National Health Research Institutes, Taipei, Taiwan

*通訊作者

*Corresponding author

摘要

本研究是探討嘉義縣鰲鼓海岸濕地浮游生物群聚在不同環境及季節的分布特徵，於1995-1996年期間，在研究區設置14個固定測站，進行四季的浮游生物樣本採集及環境因子之測量。結果顯示，植物性浮游生物的組成於不同季節有明顯的變化，冬春兩季是其繁生的季節，在防風林內潮溝春季有大量的微藻；海岸潮間帶夏季有大量的洛氏角刺藻(*Chaetoceros lorenzianum*)；極大量的梭形菱形藻(*Nitzschia closterium*)出現在草澤之冬季。植物性浮游生物以矽藻類的梭形菱形藻、洛氏角刺藻及中型曲舟藻(*Pleurosigma intermedium*)出現樣點之頻度及數量較其他浮游生物高。動物性浮游生物的數量在季節間也有明顯的差異，春季是其繁生的季節，纖毛蟲類鐘形蟲(*Epistylis coronata*)之族群密度在春季的水塘及排水溝明顯高於其他測站。動物性浮游生物以橈腳類之幼生出現樣點及年總量最多。浮游生物群聚在不同環境及季節都有明顯差異，而季節的變化較測站間之差異更為明顯，溫度及降雨量所造成的鹽度變化對浮游生物群聚有極大的影響，而浮游生物種類及數量亦會影響pH值及溶氧量。

Abstract

This study was conducted at the Aoku coastal wetland, Chia-yi County, Taiwan to determine the

seasonal and environmental effects on the planktonic communities. Plankton samples were collected seasonally at 14 sampling stations, 1995-1996. Phytoplankton were primarily influenced by seasons; they were abundant in spring and winter. The diatoms *Nitzschia closterium*, *Chaetoceros lorenzianum*, and *Pleurosigma intermedium* were the most dominant species at all sampling stations. Zooplankton were also primarily influenced by seasons; they were abundant in spring with particular abundance of *Epistylis coronata* in ponds and ditches. Copepod larvae were common and their species compositions varied among sampling stations and more obviously among seasons. Seasonal variations in temperature and precipitation, resulting in severe salinity fluctuation among sampling stations, were found to be the most important environmental factors affecting the planktonic communities. The dissolved oxygen contents and pH were influenced by the abundance and the species composition of plankton.

關鍵詞：浮游生物群聚、環境因子、海岸濕地

Key words: planktonic community, environmental factors, coastal wetland

收件日期：93年10月13日

接受日期：94年1月31日

Received: October 13, 2004

Accepted: January 31, 2005

緒 言

鰲鼓地區位於嘉義縣西北側，隔北港溪與雲林縣相鄰，因北港溪及外傘頂洲外海波浪折繞射影響，近年來潟湖內側海岸向西拓展，且濱外沙洲內移(郭 1980)。台糖公司於1964年起圍堤造陸，經過十年來的土地洗鹽開墾，才圍築起1,030 hr的台糖東石農場，亦稱鰲鼓濕地，屬於封閉型海埔地。由於海堤及河堤的建設，潮水經由閘門漲退，加上農漁業施作更改地貌，使該處原有的水域環境改變，海潮漲退緩和，泥沙淤積，潟湖面積逐漸縮小，形成各種不同形式的鹹水濕地，部分地區水域相通，但有些則是獨立的水體，造成各種濕地之微環境不同，再加上季節變化，不同地點及不同時間均可能引起浮游生物群聚組成及數量之變動。

植物性浮游生物扮演基礎生產者的角色，當水域環境受到人為或自然天候改變時，植物性浮游生物種類組成及數量亦會產生明顯的變化，連帶的整個生態系也會受到影響而產生變化(黃等 2000)。動物性浮游生物在水域生態基礎環節的能量傳遞或物質循環上扮演極重要之角色，並直接或間接影響植物性浮游生物之組成及分布(黃等 2000)。近年來國外有許多相關之研究，包括動物性浮游生物群聚之時空分布與水團之相關性，或海岸河口交界地區動物性浮游生物群聚之變遷以及有些關於浮游生物與沉積物等棲地環境之研究(Hardy 1998; Padilla and Allen 2000; Johansson *et al.* 2001; Ray and Straškraba 2001; Reynolds *et al.* 2001; Straškraba 2001; Sharpe and Mackay 2000)。目前國內所進行的大多是侷限於地區性的調查，其所企圖瞭解

的問題可能包括當地生物種間和環境之相關性(劉 2002)，大型的整合性計畫中，生態調查部分或有浮游生物資料(羅 1998；林及邵 2001)，然而針對群聚之報導則較少見。

鰲鼓濕地區域廣闊，棲地又多樣化，每年都吸引大批的水鳥停棲覓食，此地也提供許多種底棲性動物棲息，其中不乏稀有及瀕危的物種，如白鶴、紅樹蜆(劉等 1999)等。浮游生物是食物鏈的基礎，可直接或間接提供大部分棲息於此的動物食物，然而目前尚未有浮游生物群聚的調查研究，為了解在不同棲地環境或季節對於浮游生物的組成是否有差異，以及其造成群聚變化的影響因子，本研究分不同測站及季節，記錄浮游生物及相關之環境因子，利用多變量分析方式，研析樣點間環境因子之個別差異及季節變化，並分析浮游生物群聚與環境因子之關係，以作為濕地保育應用之基礎資料。

材料與方法

一、研究樣點與固定測站設置

嘉義縣鰲鼓濕地之圍築面積約1,030 hr，若包括海岸低潮位時所顯露的堤外潮間灘地，面積幾可達2,000 hr。區內濕地環境可分為水塘、潮間帶、排水溝、紅樹林、木麻黃林內水道及草澤等六類不同的棲地類型，依棲地特性設置14個測站(圖1)，其中設於水塘的有C, D, E, J, L及N測站；設於海岸潮間帶的有B測站；設於排水溝的有H測站；設於紅樹林的有K測站；設於防風林內潮溝的有A及G測站；設於草澤的有F, I及M測站，每個測站以木樁或噴漆標示明確位置，作為長期採樣之依據。

二、浮游生物取樣

自1995年4月至1996年4月，於春、夏、

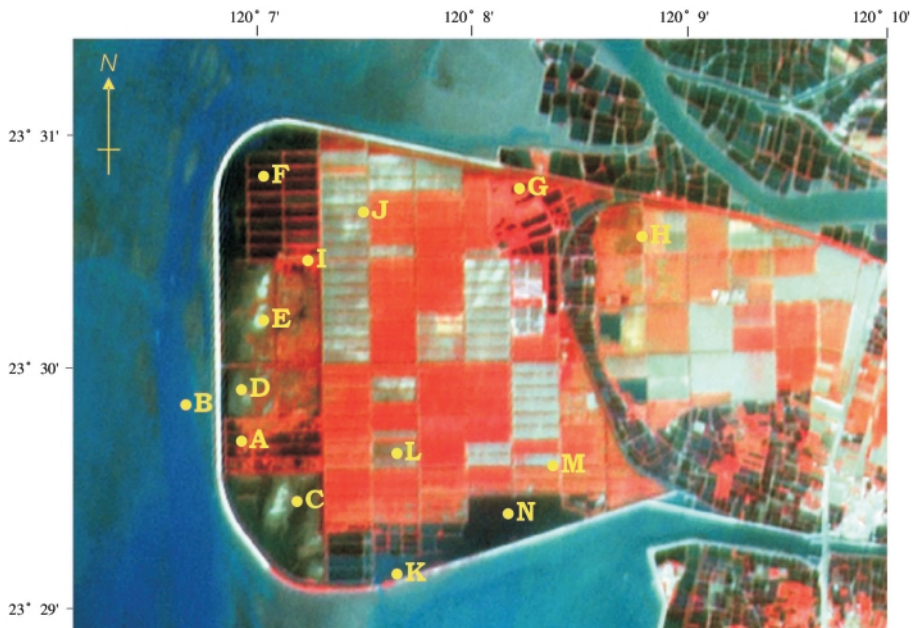


圖1. 鰲鼓海岸濕地浮游生物測站分布圖。

Fig. 1. Sampling stations (A-N) for planktons at the Aoku coastal wetland.

秋、冬四個季節各採集一次，每次在每一個測站內各採集2個樣本，此2樣本相隔10m。每樣本之浮游生物為於 50 cm 左右水深處採 10l 之表層水體，以63 μm 網目之篩網(Astm Mesh 230)收集而得。樣本在現場以3-5%福馬林溶液固定。回實驗室後，先以離心機分離，再以10 ml之75%酒精保存。由每一點之濃縮樣本抽取 4 ml鏡檢，將其中之浮游動、植物全數分類、鑑定及計數後，換算成隻數 / 10l，代表各樣點之浮游生物密度。每測站 2 樣本的密度再平均成為代表當季該測站生物群聚的密度。

三、環境因子檢測

調查期間在進行14個測站的浮游生物取樣同時，檢測與記錄每一測站的環境因子。環境變項包括氣溫、水溫、pH值(酸鹼度計：WTW pH 196T)、鹽度、電導度(電導度計：WTW LF 196T)、溶氧量(溶氧度計：WTW OX 196T)、濁度(濁度計：Lamotte 2020)及潮位變化等。每一測站之環境資料同樣於生物採樣位置檢測2點並平均代表之。

四、資料統計與分析

(一)浮游生物群聚分析

1. 物種歧異度分析：以夏農歧異度指數(Shannon's diversity index, H') (Shannon and Weaver 1963)計算各樣點之物種歧異度，並計算均勻度指數(evenness index, e) (Pielou 1966)，運算係以MVSP(Multi-Variate Statistical Package)程式(Kovach 1999)來進行。其計算方式如下：

$$H' = -\sum [(n_i / N) \cdot \log_e (n_i / N)]$$

n_i = 第 i 物種個體數

N = 所有物種個體數之總和

$e = H' / \log_e S$ S = 該樣點之全部種數

2. 浮游生物群聚分布序列：採用降趨對應分析(detrended correspondence analysis, DCA)

(Hill 1973, 1979; Hill and Gauch 1980)，運算以MVSP程式進行。

3. 樣點對應於浮游生物種類之序列分析：利用雙向指標種分析(two-way indicator species analysis, TWINSpan) (Hill 1979; Gauch and Whittaker 1981; Belbin and McDonald 1993)，將各樣點內生物種類及數量列表比較，運算以PC-ORD (McCune and Mefford 1999)來進行。各樣點之值以密度化為相對值(換算為以100%為基礎之值)，再以八分制級值(Octave scale)轉化為0 - 9級(Gauch 1982)。

(二)各樣點間之環境因子相關性分析

利用主成分分析(principal component analysis, PCA) (Jolliffe 1986)，資料經標準化(data standardized)後，計算各軸之固有值(eigenvalue)、變數負荷量(variable loading)，以檢視各個樣點之相關性，運算以MVSP程式來進行。

(三)浮游生物群聚與環境因子之關係

利用典型對應分析(canonical correspondence analysis, CCA) (Ter Braak 1986, 1987)各測站四季的資料，計算環境因子的權重及變異數膨脹係數(variance inflation factor)，由各軸之固有值及「種－環境因子」相關係數可知樣點或浮游生物種類對應於其環境因子之相關性，並在樣點或種的分布序列上標示環境因子之影響力，將樣點、物種排序及環境向量(environmental vectors)繪成分布圖，以研判浮游生物群聚受環境因子變動的影響，可解釋生物與環境變異之相關性，運算以MVSP程式進行。

結 果

本研究14個測站，全年進行4次採樣，其中B測站春季之採樣資料及F測站秋季之採樣資料毀損，共採得54筆樣點資料，採獲112種

或類群(以下簡稱種)之浮游生物，包括植物性浮游生物63種、動物性浮游生物49種。

一、物種歧異度

每樣點分別有8-37種不等的浮游生物種類(表1)，歧異度指數最高者為春季A測站的3.051；均勻度指數最高者為冬季G測站的0.860；而以冬季M測站的歧異度指數及均勻度指數為最低。

二、浮游生物群聚

表2為本研究中所採得的浮游生物之編號、學名、採獲次數及採獲隻數總合。第1-63種為植物性浮游生物，其中有41種已經鑑定到種，第64-112種為動物性浮游生物，其中有17種已經鑑定到種。

植物性浮游生物以矽藻類的梭形菱形藻(*Nitzschia closterium*, sp. 20)(species No. 20, 參見表2)、洛氏角刺藻(*Chaetoceros lorenzianum*, sp. 8)及*Bacillaria paradoxa* (sp. 4)採獲之頻度較其他浮游生物高，分別達52、34及24，其採獲之數量總和亦較多。中型曲舟藻(*pleurosigma intermedium*, sp. 27)採獲之頻度較高，達49，但個體數總和僅34,893隻。動物性浮游生物以纖毛蟲類的鐘形蟲(*Epistylis coronata*, sp. 70)採獲數量總和最多，橈腳類(Copepods)之幼生(sp. 101)出現頻度最多，採獲之數量總和次多。

原始資料矩陣經降趨對應分析後，變異軸代表主要的浮游生物群聚變異方向，各軸之固有值依次遞減。由降趨對應分析所計算的樣點分數(score)繪出第1軸與第2軸的樣點

表1. 鰲鼓濕地所有樣點之物種歧異度與均勻度指數

Table 1. Shannon's diversity (H') and evenness (e) indices and species number (N) of plankton at the sampling stations of the Aoku wetland in 1995-1996

Stations	Spr.			Sum.			Aut.			Win.		
	H'	e	N	H'	e	N	H'	e	N	H'	e	N
A	3.051	0.845	37	1.992	0.592	29	2.202	0.684	25	0.449	0.175	13
B	-	-	-	0.219	0.081	15	1.581	0.659	11	1.255	0.489	13
C	1.554	0.560	16	2.213	0.716	22	1.755	0.586	20	1.215	0.489	12
D	2.031	0.690	19	2.161	0.721	20	1.237	0.413	20	1.328	0.490	15
E	1.245	0.460	15	1.945	0.661	19	1.862	0.621	20	0.997	0.352	17
F	1.875	0.754	12	2.056	0.639	25	-	-	-	1.282	0.500	13
G	0.481	0.163	19	1.884	0.572	27	2.356	0.800	19	2.531	0.860	19
H	0.642	0.309	8	1.341	0.523	13	1.377	0.508	15	1.938	0.808	11
I	0.462	0.175	14	2.284	0.719	24	0.745	0.241	22	0.777	0.269	18
J	2.190	0.758	18	1.445	0.468	22	1.418	0.524	15	0.978	0.361	15
K	2.470	0.777	24	0.728	0.216	29	2.079	0.734	17	1.611	0.672	11
L	2.141	0.811	14	1.692	0.681	12	1.215	0.474	13	1.027	0.371	16
M	1.105	0.390	17	2.118	0.696	21	1.876	0.782	11	0.145	0.061	11
N	2.026	0.701	18	2.104	0.728	18	1.576	0.717	9	1.384	0.577	11

表2. 鰲鼓濕地之浮游生物種類及密度

Table 2. The species composition and density of planktonic taxa collected from the Aoku wetland

Species No.	Scientific names	Number of samples	Number of individuals (Σ ind./10l)
Phytoplankton			
1	<i>Achnanthes angustata</i> Grev.	19	8756
2	<i>Amphiprora alata</i> (Ehr.) Kütz.	23	1179
3	<i>Amphora</i> sp.	2	225
4	<i>Bacillaria paradoxa</i> Gmelin	24	106537
5	<i>Biddulphia regia</i> (M. Schultz.) Ostenfeld	3	59
6	<i>Catacombas</i> sp.	5	331
7	<i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs.	5	12300
8	<i>Chaetoceros lorenzianum</i> Grunow	34	269677
9	<i>Chaetoceros pendulum</i> Karsten	1	10
10	<i>Coscinodiscus</i> sp.	10	1351
11	<i>Cyclotella</i> sp.	4	210
12	<i>Fragilaria oceanica</i> Cleve	1	10
13	<i>Gyrosigma</i> sp.	20	2839
14	<i>Gyrosigma kuetzingii</i> (Grun.) Cl.	1	90
15	<i>Licmophora</i> sp. #1	3	113
16	<i>Licmophora</i> sp. #2	8	660
17	<i>Melosira granulata</i> (E.) Raif. var. <i>angustissima</i> mull.	2	120
18	<i>Melosira</i> sp.	4	720
19	<i>Navicula</i> sp.	1	320
20	<i>Nitzschia closterium</i> W. Smith	52	548192
21	<i>Nitzschia obtusa</i> W. Smith	15	3198
22	<i>Nitzschia sigma</i> W. Smith	20	27385
23	<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kütz.) Grunow	2	50
24	<i>Nitzschia</i> sp. #1	17	3746
25	<i>Nitzschia</i> sp. #2	1	10
26	<i>Nitzschia</i> sp. #3	2	180
27	<i>Pleurosigma intermedium</i> W. Smith	49	34893
28	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>hiemalis</i> Grunow	1	10
29	<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey (Hensen) Gran	4	60
30	<i>Streptotheca</i> sp.	1	20
31	<i>Synedra</i> sp.	22	4306
32	<i>Dinophysis homunculus</i> Stein	1	10
33	<i>Gonyaulax tamarensis</i> Lobour	15	5858
34	<i>Gonyaulax turbynaei</i> Murray & Whitting	5	4079
35	<i>Peridinium quinquecorne</i> Abe	4	238
36	<i>Proto-peridinium</i> sp.	7	252
37	<i>Proto-peridinium nipponicum</i> Abe	4	152

表2. 鰲鼓濕地之浮游生物種類及密度(續)

Table 2. The species composition and density of planktonic taxa collected from the Aoku wetland

Species No.	Scientific names	Number of samples	Number of individuals (Σ ind./10l)
38	<i>Protoperidinium pellucidum</i> (Bergh) Schutt.	1	280
39	<i>Carteria</i> sp.	3	510
40	<i>Crucigeniella crucifera</i> (Wolle) Kom.	2	70
41	<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	1	100
42	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Breb.	4	94
43	Green algae	1	160
44	<i>Chroococcus turgidus</i> (Kütz.) Näg.	2	490
45	<i>Lyngbya birgei</i> G. M. Smith	14	4908
46	<i>Merismopedia elegans</i> A. Br.	4	450
47	<i>Merismopedia</i> sp.	1	10
48	<i>Microcystis flosaquae</i> (Wittr.) Kirchn.	4	195
49	<i>Oscillatoria amphibia</i> Ag.	26	9405
50	<i>Oscillatoria princeps</i> Vaucex Gom.	23	2039
51	<i>Oscillatoria</i> sp.	32	31627
52	<i>Oscillatoria tenuis</i> C.A. Agardh ex Gomont	24	4631
53	<i>Phormidium</i> sp.	4	350
54	<i>Phormidium tenue</i> Gomont.	2	150
55	<i>Pseudoanabaena schmidlei</i> Jaag	2	40
56	<i>Spirulina platensis</i> (Nordst.) Geitl.	1	10
57	<i>Spirulina subsalsa</i> Oerst.	29	4001
58	Blue green algae	4	80
59	<i>Euglena pisciformis</i> Klebs	12	8607
60	<i>Euglena proxima</i> Dangearo	3	550
61	<i>Phacus polytrophos</i> Pochm.	1	20
62	Microalgae	20	207442
Zooplankton			
63	<i>Chilostomella ovoidea</i> Reuss.	1	20
64	<i>Globigerina</i> sp.	7	148
65	<i>Globigerina quinqueloba</i> Natlano	7	197
66	<i>Foraminifer</i> sp.	2	60
67	<i>Coxiella longa</i> (Brandt.)	3	50
68	<i>Coxiella</i> sp.	6	413
69	<i>Dinidium</i> sp.	9	583
70	<i>Epistylis coronata</i> Nusch	15	23190
71	<i>Euglypa</i> sp.	1	10
72	<i>Euplotes charon</i> (O. F. Muller) Stein	3	163
73	<i>Euplotes</i> sp.	8	2700
74	<i>Eutintinnus</i> sp.	1	10

表2. 鰲鼓濕地之浮游生物種類及密度(續)

Table 2. The species composition and density of planktonic taxa collected from the Aoku wetland

Species No.	Scientific names	Number of samples	Number of individuals (Σ ind./10l)
75	<i>Favella ehrenbergii</i> Claparède et Lachmann	13	1720
76	<i>Mesodinium</i> sp.	11	803
77	<i>Podophrya</i> sp.	1	10
78	<i>Stylonychia pustulata</i> Ehrenberg	7	2283
79	<i>Tintinnopsis aperta</i> var. <i>tocantiensis</i> Brandt.	1	10
80	<i>Tintinnopsis brasiliensis</i> Kofoid & Campbell	1	10
81	<i>Tintinnopsis brevicollis</i> Hada	1	50
82	<i>Tintinnopsis</i> sp. #1	1	40
83	<i>Tintinnopsis</i> sp. #2	6	221
84	<i>Tintinnopsis</i> sp. #3	2	23
85	<i>Vorticella campanula</i> Ehrenberg	5	452
86	<i>Vorticella microstoma</i> Ehrenberg	2	30
87	<i>Zoothamnium</i> sp.	2	270
88	<i>Asplancha priodonta</i> Gosse	1	9
89	<i>Brachionus plicatillis</i> Mueller	18	2904
90	<i>Philodina roseola</i> Ehrenberg	6	123
91	Pseudocella sp. #1	10	463
92	Pseudocella sp. #2	5	145
93	Mite	2	50
94	<i>Cypridina noctiluca</i> Kajiyama	7	179
95	Cladocera	1	40
96	Barnacle larva	9	194
97	Amphipod sp. #1	2	35
98	Amphipod sp. #2	2	30
99	<i>Apocyclops royi</i> Lindberg	22	1663
100	<i>Tigriopus</i> sp.	1	20
101	Copepod larva	47	18467
102	Flatworm #1	18	718
103	Flatworm #2	1	20
104	Flatworm #3	1	34
105	Flatworm #4	2	99
106	Polychaete larva #1	9	1164
107	Polychaete larva #2	21	1235
108	Polychaete larva #3	1	1060
109	Gastropod larva #1	3	60
110	Gastropod larva #2	13	514
111	Unidentified zooplankton #1	2	50
112	Unidentified zooplankton #2	7	380

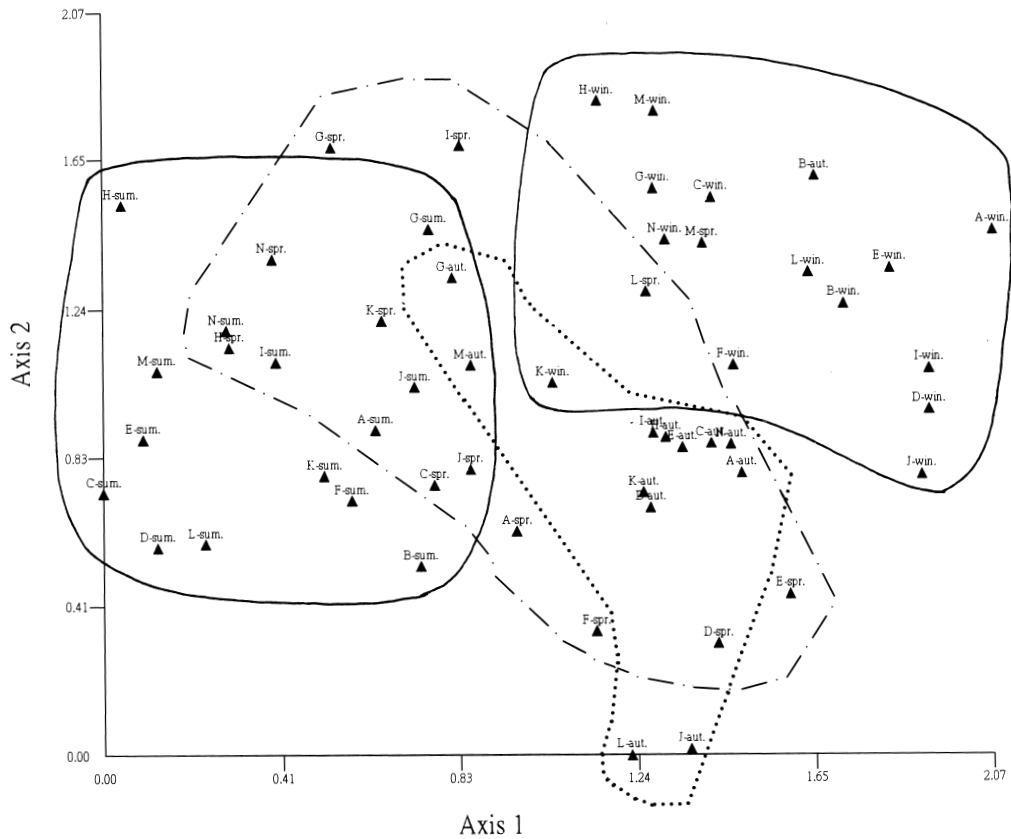


圖2. 鰲鼓濕地不同測站每季浮游生物群聚以降趨對應分析之分布序列(樣點編碼：前碼英文字母為測站，後碼英文為季節)。

Fig. 2. Ordination of 54 samples plotted against the first two axes of detrended correspondence analysis (A - N, sampling station; spr, spring; sum, summer; aut, autumn; win, winter).

分布序列圖(圖2)，第1軸之變異程度占13.4%，第2軸之變異程度占9.9%。由圖可看出樣點分布可以在第1軸上約1.0處概分為兩群，圖右邊樣點主要為秋、冬季；圖左邊樣點多為春、夏季，夏、冬群聚有明顯不同，春、秋群聚較為接近，且介於冬夏之間。而同一測站之四個不同季節的樣點，並沒有在分布序列圖上聚集，大致上可看出季節的區別明顯，而樣點間之差異則不若季節可明顯分群。

上述之分析主要顯示在不同測站四季之

樣點於分布序列軸上的位置，但仍無法明確表達樣點之物種及密度之關係，因此再使用雙向指標種分析法 (Hill 1979; Gauch and Whittaker 1981; Belbin and McDonald 1993)，所得結果 (表3)顯示樣點的排序對應於浮游生物種類可與上述的降趨對應分析相呼應，表3中呈現各樣點內每一物種的數量，同時將組成類似的樣點聚集，又將較有關連性的種聚集，可將樣點和種分別歸群。表3之最右側欄位及最下側欄位即顯示分群結果。可以清楚得知導致樣點歸群之種及使種歸群的樣點，

因此有助於瞭解浮游生物之群聚現象。

表3中的樣點可粗略分為二大群 (I, II)，第一大群 (I)為所有夏季採樣點及部分春季採樣點，其中藍綠菌的兩栖顫藻(*Oscillatoria amphibia*, sp. 49)、渦鞭毛藻類的膝溝藻(*Gonyaulax tamarensis*, sp. 33)、輪蟲類的須足輪蟲(*Brachionus plicatilis*, sp. 89)及纖毛蟲類的鐘形蟲(sp. 70)大致上規律出現本群之樣點中，可以作為指標種。第二大群(II)所出現的種多為本研究區內廣泛分布的種，如橈腳類的幼生(sp. 101)、矽藻類的洛氏角刺藻(sp. 8)及中型曲舟藻(sp. 27)。本群可再分為二亞群 (II-1, II-2)，第II-1群以秋季的樣點為主，Polychaete larva #2 (sp. 107)及*Synedra* sp. (sp. 31)較常出現於本群之樣點中，第II-2群以冬季的樣點為主，鈍形菱形藻(*Nitzschia obtusa*,

sp. 21)大致上規律出現本群之樣點中，另梭形菱形藻(sp. 20)雖廣泛分布於各樣點中，但仍以本群出現的量最多。

三、環境因子

利用主成分分析54樣點之環境因子(圖3)，由所繪製第1軸與第2軸的分布序列圖，顯示各樣點之相關性，可研析測站間之差異及季節變化情形。其中第1軸之變異程度占43.3%，第2軸之變異程度占30.4%。第1軸與水溫、濁度、pH值及溶氧量有正相關，與電導度呈負相關，第2軸與pH值及溶氧量皆有正相關，並可看出樣點受溫度及電導度影響可粗分為2大群，右下方主要為夏季之採樣點，與水溫有正相關，左上方為冬季之採樣點，與電導度有正相關，春秋兩季則介於兩

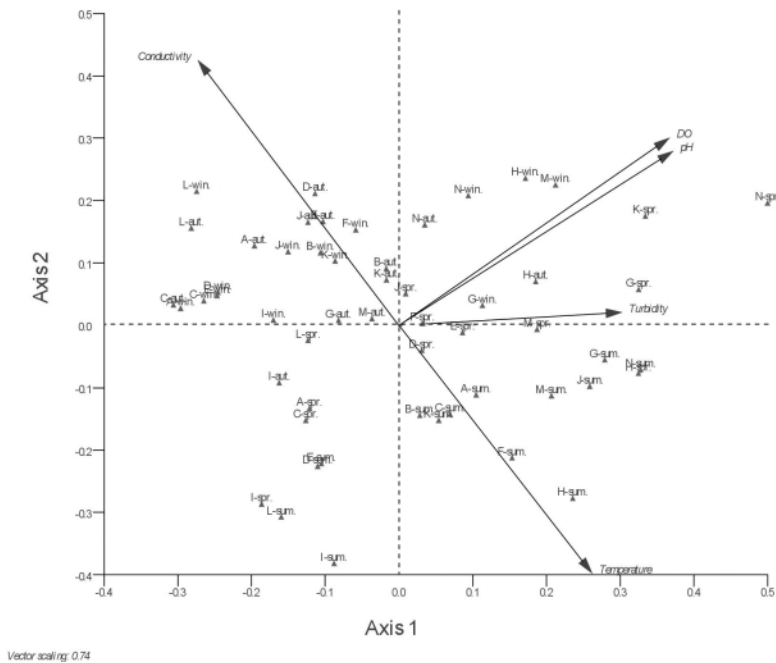


圖3. 鰲鼓濕地不同測站每季利用主成分分析各樣點環境因子之分布序列。

Fig. 3. Ordination of environmental variables among samples against Axis 1 and Axis 2, by Principal Components Analysis.

者之間。

表4為54次採樣之環境因子值，調查期間內水溫最高值為35.2°C、最低值為19.1°C。pH

值介於7.6至9.5之間，平均8.4，與一般海水表面pH值相當，分析環境因子間之相關性，通常pH值較高的樣點，其溶氧量的值亦較

表4. 鰲鼓濕地不同測站每季環境因子之值

Table 4. Seasonal water quality at stations A - N at the Aoku wetland

Stations	Spr.					Sum.				
	Temperature (°C)	pH	Conductivity (ms/cm)	DO (mg/l)	Turbidity (NTU)	Temperature (°C)	pH	Conductivity (ms/cm)	DO (mg/l)	Turbidity (NTU)
A	31.5	7.7	50.7	7.6	8.7	35.2	8.6	44.1	8.4	3.3
B	-	-	-	-	-	33.4	8.3	45.4	6.5	12.6
C	33.2	7.9	51.6	5.6	5.4	34.7	8.4	44.6	6.8	9.5
D	31.3	8.5	48.7	7.5	7.8	32.1	8.2	43.6	1.3	3.0
E	31.0	8.5	47.4	9.8	9.0	31.1	8.2	42.1	1.5	2.4
F	29.2	8.7	49.1	6.6	9.6	34.6	8.6	36.1	6.1	15.8
G	29.3	8.7	46.9	10.6	58.0	35.1	8.9	39.8	12.3	10.8
H	32.2	8.6	41.7	8.3	58.9	31.1	8.6	27.4	3.5	41.9
I	26.1	7.6	35.4	2.6	7.1	33.5	7.8	33.4	2.6	4.9
J	26.8	8.6	49.6	8.4	6.4	34.8	8.9	36.1	11.3	4.0
K	29.6	9.0	47.6	16.6	22.9	32.8	8.4	43.3	5.6	15.6
L	33.6	7.8	64.1	7.0	19.7	32.5	7.7	40.6	2.6	1.9
M	30.1	8.3	41.7	15.1	14.9	32.3	8.3	40.5	10.1	34.6
N	31.6	9.5	45.0	16.9	32.7	35.0	8.9	40.5	10.2	32.4
Mean	30.4	8.4	47.6	9.4	20.1	33.4	8.4	39.8	6.3	13.8
S.D.	2.2	0.6	6.7	4.3	18.8	1.5	0.4	5.0	3.7	13.2

Stations	Aut.					Win.				
	Temperature (°C)	pH	Conductivity (ms/cm)	DO (mg/l)	Turbidity (NTU)	Temperature (°C)	pH	Conductivity (ms/cm)	DO (mg/l)	Turbidity (NTU)
A	19.7	8.4	57.1	4.2	9.8	20.5	8.0	55.5	2.9	4.4
B	19.7	8.1	50.9	7.3	41.2	19.7	8.2	52.2	8.3	15.2
C	20.3	8.1	57.2	0.9	8.7	19.6	8.0	53.1	3.7	3.8
D	19.4	8.6	57.1	7.5	5.1	20.3	8.1	54.1	4.1	4.0
E	22.3	8.5	58.3	7.6	9.7	20.3	8.1	54.5	3.7	7.6
F	-	-	-	-	-	23.9	8.6	55.6	9.3	2.1
G	19.1	8.4	42.8	4.5	17.2	26.0	8.6	45.7	8.3	27.3
H	25.8	8.7	43.7	11.0	25.6	23.0	8.9	48.5	15.2	8.6
I	24.1	7.8	48.4	3.6	22.7	22.2	8.2	49.7	4.2	5.2
J	21.8	8.6	57.6	6.4	4.0	22.5	8.5	56.1	5.7	1.6
K	22.1	8.2	51.1	7.5	31.7	20.9	8.3	52.1	7.4	15.8
L	22.1	8.1	65.6	5.1	2.0	26.7	8.1	76.2	6.8	3.4
M	22.1	8.1	44.1	8.7	15.2	24.2	8.7	48.7	17.6	16.5
N	22.4	8.9	52.2	7.4	17.9	22.5	8.8	53.1	10.6	22.0
Mean	21.6	8.3	52.8	6.3	16.2	22.3	8.4	53.9	7.7	9.8
S.D.	2.0	0.3	6.8	2.6	11.6	2.3	0.3	7.1	4.4	8.1

高，圖3顯示pH值與溶氧量有正相關。各測站之間的溶氧量有明顯的差異，最高為M測站的17.6 mg/l，而且該測站各季的測值皆頗高，最低值為C測站的0.7 mg/l，各測站之季節性水域溶氧量變化並不明顯，反而是各測站間的差異較大。電導度之值介於27-76 ms/cm，較內陸之水塘或潮溝在不同的季節間有比較大的差異，各測站之環境溫度(水溫)與電導度呈負相關(圖3)。樣點間之鹽度差異頗大，大部分樣點之值多介於29-38 ‰，偶測得高鹽度值，如第L測站就出現53.2 ‰的值。各測站間濁度有明顯的差異，最高值為58.9 NTU，最低值為1.6 NTU，濁度值以G及H測站的春季採樣點測得較高的值，此2測站為防風林旁之土哇溝，底棲動物數量多。

四、浮游生物群聚與環境關係

生物群聚與環境關係之研判是運用典型對應分析，利用54筆採樣資料中112種浮游生物的數量及5項環境因子檢測，繪出樣點及浮游生物對應於其環境之相關性(圖4、5)，樣點與環境因子間之相關性極高。

圖4是探討樣點群聚與環境之相關性，圖中標示影響樣點分布環境因子的向量值。主要影響的環境因子為鹽度及溫度，且彼此間呈負相關，當溫度增高時，鹽度降低。其原因為春夏季的降雨量較大，致使水中之鹽度降低，秋冬季為乾季，水分蒸發量較大，水中之鹽度增高。由分布圖4中得到的訊息，顯然於第一軸即可將樣點區分成兩大群，分布序列圖右側主要是春夏季採樣的資料，而左側則是秋冬季的採樣資料。

112種浮游生物對應於環境因子的分析顯示於圖5，普遍出現各採樣點的種分布在序列圖的中心，而分散在外圍的物種，在生態上或許有其較為特殊之處，如鐘形蟲(sp. 70)分布於第1軸的最右邊，主要因為於樣點H(排水溝)之春夏季採樣值偏高，參考環境因子的向

量值，與第1軸呈現正相關者為溫度；鈍形菱形藻(sp. 21)及polychaete larva #1 (sp. 106)則分布於第1軸的最左邊，與第1軸呈現負相關者為電導度；而微藻類(microalgae, sp. 62)分布於第2軸的最上邊，與第2軸呈現正相關者為溶氧量、濁度及pH值，本種主要因為在樣點G中(木麻黃水道)的春季採樣時大量取得。

五、浮游生物群聚的季節性差異

本研究分析結果發現，研究區內浮游生物在測站間有差異，但季節性差異較測站間之差異更為明顯。若依照每一測站將浮游生物分為植物性及動物性兩大類分別統計，可看出浮游生物在季節上的變動。

在同一測站植物性浮游生物的組成於不同季節有明顯的變化(表5)，尤其在春季G站、夏季B站及冬季M站之族群密度較高。經合計各季之總數占全部樣本數之比例，春季占36%、夏季占13%、秋季占6%、冬季占45%，顯然冬春兩季是植物性浮游生物繁生的季節。分析造成不同季節間明顯變化的因素(表3)，在春季G站有大量的微藻類(sp. 62)；夏季B站有大量的洛氏角刺藻(sp. 8)；極大量的梭形菱形藻(sp. 20)出現在冬季M站。兩栖顫藻出現在數個測站的春夏兩季，冬季則幾乎不出現；洛氏角刺藻在冬季之族群密度顯然較其他季節低，梭形菱形藻幾乎出現在各個測站的不同季節，可說是普遍種，但各樣點族群密度的差異大，冬季之族群密度顯然較高，微藻的出現沒有明顯的季節偏好，卻有測站間的差異，主要分布在木麻黃林內之水道，推測可能是水域內有機質含量高。

動物性浮游生物的體型較植物性浮游生物大得多，因此族群密度顯然較低，整體而言，動物性浮游生物的數量在季節也有明顯的差異，特別在H測站的春季有較高的數量(表6)。經合計各季之總數占全部樣本數之比

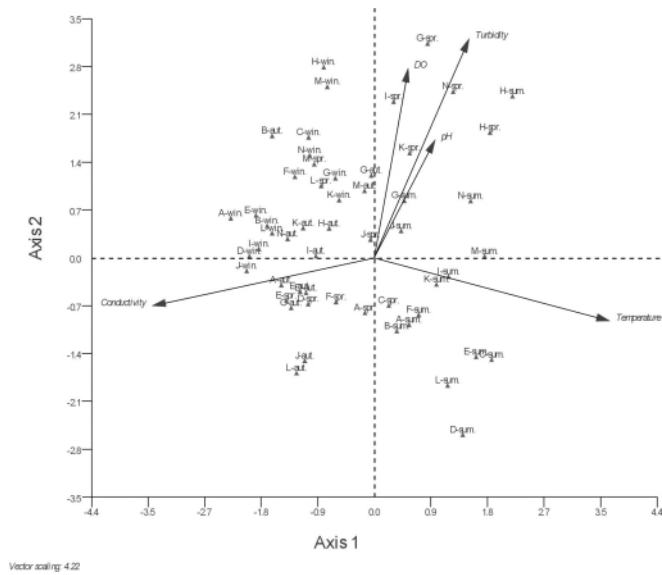


圖4. 鰲鼓濕地不同測站每季浮游生物群聚之分布序列(以典型對應分析54筆樣點群聚組成與其所含的112種浮游生物的數量對應於5項環境因子，箭頭表示環境因子變異趨勢的方向)。

Fig. 4. Ordination of 54 samples and planktonic species identified to 5 environmental variables against the first two axes of canonical correspondence analysis (arrows, trends of variation in the environmental variables).

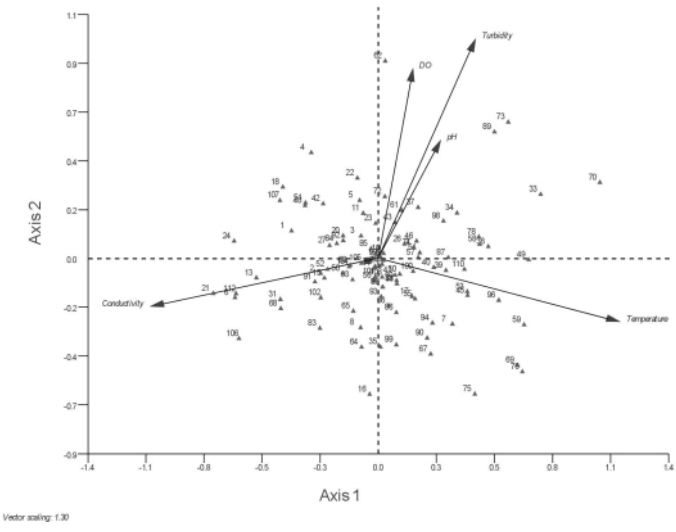


圖5. 鰲鼓濕地浮游生物種類與環境向量在CCA前2軸的分布序列(三角形所指的數字為相對於表2的浮游生物種類)。

Fig. 5. Ordination of 112 planktonic species identified in relation to 5 environmental variables against the first two CCA axes (solid triangles with numbers, species numbers denoted to those in Table 2).

表5. 植物性浮游生物於各測站每季之密度變化(隻數 / l)

Table 5. Seasonal changes in abundance of phytoplankton in the Aoku wetland (number / l)

Station	Spr.	Sum.	Aut.	Win.
A	45.5	526.0	231.7	1572.4
B	-	11509.5	47.2	117.5
C	188.0	149.0	377.0	74.7
D	123.0	112.0	186.6	157.0
E	272.0	88.0	299.3	205.1
F	74.0	220.5	-	33.5
G	11793.0	2755.1	115.6	74.7
H	11.0	12.0	151.8	26.6
I	5691.7	353.0	1105.5	1059.6
J	169.5	774.9	126.3	102.2
K	100.0	1593.2	80.5	26.5
L	76.5	147.5	306.5	145.8
M	499.0	157.5	62.0	21069.2
N	125.0	72.5	6.4	216.7
Mean	1474.5	1319.3	238.2	1777.2
S.D.	3459.9	3030.3	283.4	5570.9

表6. 動物性浮游生物於各季節及測站之豐度變化(隻數 / l)

Table 6. Seasonal changes in abundance of zooplankton in the Aoku wetland (number / l)

Station	Spr.	Sum.	Aut.	Win.
A	35.5	24.5	22.4	2.1
B	-	4.0	0.5	3.6
C	61.0	97.5	13.0	1.6
D	64.0	98.0	7.0	4.8
E	51.0	55.5	13.8	4.3
F	87.0	49.5	-	7.0
G	33.0	70.0	33.0	5.5
H	1201.0	123.0	21.1	3.0
I	17.0	25.0	5.5	9.0
J	47.0	27.5	91.9	7.5
K	110.0	44.0	6.5	10.0
L	15.5	44.5	22.5	22.4
M	11.0	16.0	38.5	19.2
N	245.0	31.5	66.2	4.6
Mean	152.2	50.8	26.3	7.5
S.D.	321.0	34.8	26.4	6.2

例，春季占64%、夏季占22%、秋季占11%、冬季占3%，顯然春季是動物性浮游生物繁生的季節。纖毛蟲類之鐘形蟲(sp. 70)之族群密度在C站、H站及N站之春季明顯高於其他測站(表3)，其中H測站夏季樣點仍有大量族群，冬季則完全不出現；輪蟲類的須足輪蟲(sp. 89)主要出現在數個測站的夏秋兩季，冬季僅偶而出現；橈腳類的幼生(sp. 101)普遍出現在各個測站的不同季節，但族群數量在春季明顯較高。上述之鐘形蟲、須足輪蟲及橈腳類的幼生在H測站常大量出現，此測站為排水溝，兩岸為泥灘，有多種螃蟹棲居，水域中浮游動物數量很多，肉眼明顯可見。多毛類的幼生分布在有植生的水塘或紅樹林水道的測站，以秋季的數量較高。

討 論

嘉義縣鰲鼓海岸濕地的浮游生物群聚在不同環境及季節都有明顯差異，而季節的變化較測站間之差異更為明顯。

在環境因子方面，各測站間的溶氧量有明顯的差異。一般而言，在相同壓力下，水中溶氧量與溫度呈負相關，所以溶氧量應會隨溫度呈季節性變化，但本研究中各測站之季節性水域溶氧量變化並不明顯，反而是各測站間的差異較大，若對照浮游生物群聚種類及數量推論，水域中浮游生物活動，如光合作用或呼吸作用，與溶氧量變化有較直接的關聯。受日照程度較高之測站，其植物性浮游生物之光合作用較旺盛，因此水中溶氧量較高(例如測站G, K, M及N)，而高pH值亦應與較旺盛的光合作用有關(圖3)。而受地形、人工建物及植被阻撓致使水流較緩慢的區域，水中溶氧量較低(例如測站C, D, H及I)。

各測站之溫度(水溫)與鹽度呈負相關之原因是受氣候影響，鰲鼓位於台灣西南部沿

海，屬於典型的夏雨集中型氣候，夏季每月約有500 mm左右的雨量，冬季極度乾旱，水塘或潮溝等不直接受潮汐影響的水域，水中含鹽濃度就會因降雨量有比較大的差異，因此位於潮間帶的B測站鹽度較為穩定，水位越淺的水體差異越大，如屬於淺水塘之L測站，冬季(乾季)時水分蒸發，鹽度極高，而這個差異，剛好與氣溫的變化形成負相關。

若分析整體環境因子間之相關性(圖3)，在分布序列圖上，同一季節不同測站的相似性相對較不同季節高，除了上述之降雨因素外，推測因為相同季節時，大部分看似獨立水體的測站，仍接受相同來源的水，使其受來源水所帶入的浮游生物群聚影響，故無法建立區域特性的浮游生物群聚，因此總體的季節性差異可能是由於季節性來源水及氣候上的不同，造成浮游生物群聚的變動。

植物性浮游生物部分，各測站中依季節及環境的不同，其數量有頗大的差異。據黃等(2000)之報導，核一廠及核二廠附近海域植物性浮游生物豐度之季節性變化頗大，最高和最低的植物性浮游生物豐度曾達到二、三百倍之巨。而在優勢種組成上，每年出現的主要優勢種大致相同，但在季節性的消長十分明顯。根據林及邵(2001)所調查北部核能電廠附近海域中有關提到植物性浮游生物之群聚可明顯分為冬春季及夏秋季，而與環境因子相對照顯示，磷酸鹽、矽酸鹽與鹽度變異之組合最能解釋植物性浮游生物群聚種類組合之時空變異。

本研究中矽藻類的種數及出現量皆多，如梭形菱形藻(sp. 20)是出現樣點頻度及數量最高的種，然其族群量依季節及水域環境變化而有明顯的變化，於冬季M測站之樣點大量出現，推論為耐高鹽度的種。此外，中型曲舟藻(sp. 27)亦為研究區內常出現頻度高的優勢種，但各測站的環境因子及不同季節也有明顯的數量消長，這兩種在北部核電廠調

查資料也是優勢種之一(黃等 2000)。

鰲鼓堤防外側海域之B測站於夏季採樣分析發現大量的洛氏角刺藻(sp. 8)，比較黃等(2000)之北部核電廠調查資料，雖亦有出現洛氏角刺藻，但以旋鏈角刺藻(*Chaetoceros curvisetus*)為主要優勢，亦出現在夏季。另於木麻黃林內畦溝所取的第G測站發現有大量的藍綠菌、矽藻類及微藻，尤其在春季樣點中大量出現。有些物種的出現有其規則性，或許可以進一步進行試驗，分析其作為環境指標生物之可行性，如藍綠菌的兩栖顫藻(sp. 49)，穩定出現在夏季的樣點，而不出現在冬季樣點，而其出現的樣點溫度介於31-35°C，相反的鈍形菱形藻(sp. 21)則主要繁生於冬季，而不出現在夏季的樣點，其出現的樣點溫度介於19-25°C。

動物性浮游生物的季節性消長亦十分明顯，多毛類幼生及扁蟲(flatworm)在單一樣點出現數量不多，但各樣點間分布頗平均；橈腳類的哲水蚤(Calanoida)之幼生採獲最多，出現的樣點數也最多；而猛水蚤(Harpacticoida)出現數量就很少。根據羅(1998)於曾文溪口海岸地區的調查，亦認為動物性浮游生物群聚之豐度在季節的變化及測站上有很大的差異，其在季節上的差異經常達四倍左右，其中以春季的數量較高，而夏、秋季較低，有幾個優勢種群有明顯的季節消長，此論述與本研究結果相同。報告中亦提到哲水蚤為最常見的優勢種群，在動物性浮游生物總數量所占的百分比介於28 - 74%之間，同樣的在北部核能電廠附近海域調查中亦顯示哲水蚤為最優勢種(黃等 2000)。

本研究所採樣的H測站，位於道路旁的排水溝，棲居於此之螃蟹數量極多，水域中以動物性浮游生物為優勢，其春季有大量的鐘形蟲(sp. 70)，橈腳類之幼生，以哲水蚤目為主，每季都有出現，但數量仍以春季明顯較多。而輪蟲類的須足輪蟲(sp. 89)普遍出現

在夏季的樣點。此外*Favella ehrenbergii* (sp. 75)、*Mesodinium* sp. (sp. 76)、*Stylonychia pustulata* (sp. 78)、*Vorticella campanula* (sp. 85)及螺類的幼生亦在春夏兩季出現較多，幾乎不會出現在冬季的樣點。林及邵(2001)認為溫度與pH值之組合變異與動物性浮游生物群聚之時空變異最為吻合，其中pH值之變化與該海域之藻類基礎生產量有密切相關，因此動物性浮游生物群聚之變化似乎受可攝食之植物性浮游生物生產量影響。據黃等(2000)之報導，若整合分析各項生物群聚資料與同時間同地點之環境因子資料，會發現影響水域浮游生物群聚之環境因子常是多種環境因子之綜合效應，且影響每種生物群聚之環境因子組合皆不相同。羅(1998)認為台南沿岸海域及七股潟湖區動物性浮游生物之種類組成及數量差異十分明顯。林及邵(2001)認為季節性溫度、鹽度與pH值為影響此海域生物群聚時空變異最主要之環境因子。而天候及海流等物理性作用對海域浮游生物之分布也可能十分地重要(黃等 2000)。本研究認為季節性降雨量所造成的鹽度變化，對浮游生物群聚變化有極大的影響，而浮游生物種類及數量會影響pH值及溶氧量。

結 論

鰲鼓地區海岸濕地的浮游生物的群聚於不同季節有明顯的變化，此類消長現象應與梭形菱形藻、洛氏角刺藻或鐘形蟲等主要優勢種的大量繁生有關。若與環境因子相對照，其變化為夏季至冬季水溫的趨降或鹽度的漸增等環境變化對浮游生物群聚造成影響。本研究主要針對野外調查結果分析浮游生物群聚與不同類型的濕地環境及季節變化之現象，研析其所代表的生態意義。對於個別物種是否嗜鹽性或與溫度之關係，可據此結果進一步進行生理實驗，來確認物種與特

定環境因子間的相關性。

引用文獻

- 林幸助、邵廣昭。2001。台灣北部核能電廠附近海域生物的群聚變化。台電工程月刊第635期，52-62頁。
- 郭金棟。1980。台灣海岸地形變化及其未來之開發利用。成功大學水利及海洋工程研究所。
- 黃將修、邵廣昭、程一駿、胡健驊、扈治安、方天熹、羅文增。2000。北部核能電廠及核能四廠附近海域之生態調查89年年報。台灣電力股份有限公司。
- 劉靜榆、曾彥學、吳萃慧、李訓煌。1999。台灣西南沿海生物資源調查。特有生物保育研討會論文集，16-47頁。
- 劉靜榆。2002。大肚溪口潮間帶地區大型底棲動物群聚現象與相關重金屬含量分析。特有生物研究 4(2): 9-29。
- 羅文增。1998。曾文溪口及沿岸海域浮游動物群聚時空分布之研究。曾文溪口海岸地區陸海交互作用之研究(三)。台灣地區大氣環境變遷之研究成果發表研討會，164-211頁。
- Belbin, L. and C. McDonald. 1993. Comparing three classification strategies for use in ecology. *Journal of Vegetation Science* 4: 341-348.
- Gauch, H. G. J. and R. H. Whittaker. 1981. Hierarchical classification of community data. *Journal of Ecology* 69: 135-152.
- Gauch, H. G. J. 1982. *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge University Press, New York.
- Hardy, T. B. 1998. The future of habitat modeling and instream flow assessment techniques. *Regulated Rivers: Research and Management* 14: 405-420.
- Hill, M. O. 1973. Reciprocal averaging: An eigenvector method of ordination. *Journal of Ecology* 61: 237-249.
- Hill, M. O. 1979. DECORANA-A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Cornell University, Ithaca, New York.
- Hill, M. O. and H. G. Jr. Gauch. 1980. Detrended correspondence analysis: An improved ordination technique. *Vegetatio* 42: 47-58.
- Johansson, H., M. Lindström, L. Hakanson. 2001. On the modelling of the particulate and dissolved fractions of substances in aquatic ecosystems-sedimentological and ecological interactions. *Ecological Modelling* 137: 225-240.
- Jolliffe, I. T. 1986. *Principal components analysis*. Springer-Verlag, New York.
- Kovach, W. L. 1999. *MVSP-Multi-Variate Statistical Package for window, ver. 3.1*. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, U.K.
- McCune, B. and M. J. Mefford. 1999. *PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4*. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Padilla, D. K. and B. J. Allen. 2000. Paradigm lost: Reconsidering functional form and group hypotheses in marine ecology. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 250: 207-221.
- Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection. *Journal of Theoretical Biology* 13: 131-144.
- Ray, S. and M. Straškraba 2001. The impact of

detritivorous fishes on a mangrove estuarine system. *Ecological Modelling* 140: 207-218.

Reynolds, C. S., A. E. Irish and J. A. Elliott. 2001. The ecological basis for simulating phytoplankton responses to environmental change (PROTECH). *Ecological Modelling* 140: 271-291.

Shannon, C. E. and W. Weaver. 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana.

Sharpe, S. and D. Mackay. 2000. A framework for evaluating bioaccumulation in food webs. *Environmental Science and Technology* 34(12): 2373-2379.

Straškraba, M. 2001. Natural control mechanisms in models of aquatic ecosystems. *Ecological Modelling* 140: 195-205.

Ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.

Ter Braak, C. J. F. 1987. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* 64: 69-77.