

澎湖東南海域動物性浮游生物組成之季節變動

鐘金水、冼宜樂、陳律棋、黃文卿、林綉美、歐麗榛、鄭靜怡、林金榮

水產試驗所澎湖海洋生物研究中心

前言

浮游生物是食物鏈的基礎，可直接或間接作為棲息於海洋的大部分動物的食物。植物性浮游生物扮演基礎生產者的角色，當海域環境受到人為或天然因素影響而改變時，植物性浮游生物之種類組成及數量亦會產生明顯變化，連帶的整個生態系也會受到影響而產生變化（黃等，2000）。動物性浮游生物則在海域生態基礎環節的能量傳遞或物質循環上，扮演極為重要的角色，並直接或間接影響植物性浮游生物之組成及分布（黃等，2000）。

有關澎湖海域動物性浮游生物的相關研究，除蔡等（1987）針對澎湖外圍沿岸海域之調查外，目前尚少有動物性浮游生物群聚之研究。澎湖沿近海域在海洋生物孕育後代及攝食均扮演了相當重要的角色，因此無論是探討各種漁業之變動機制、漁業資源管理，或監控整體生態系之改變，均有必要對本海域海洋生物幼稚時期之食物—「動物性浮游生物」的分布與密度及其變動特性等進行較為詳盡之資料收集與分析。本研究記錄不同地點、時間之浮游生物組成及各項環境相關因子，利用歧異度指標、均勻度指標、

相似度分析、群聚分析、空間排序等方法探討其種類組成及群聚結構特性，並建立相關資料庫，以作為未來該海域生態管理之基礎資料。

材料與方法

一、樣本採集及測定

2009年4月至2010年3月期間，按月前往澎湖東南海域3測站（圖1）進行採集。

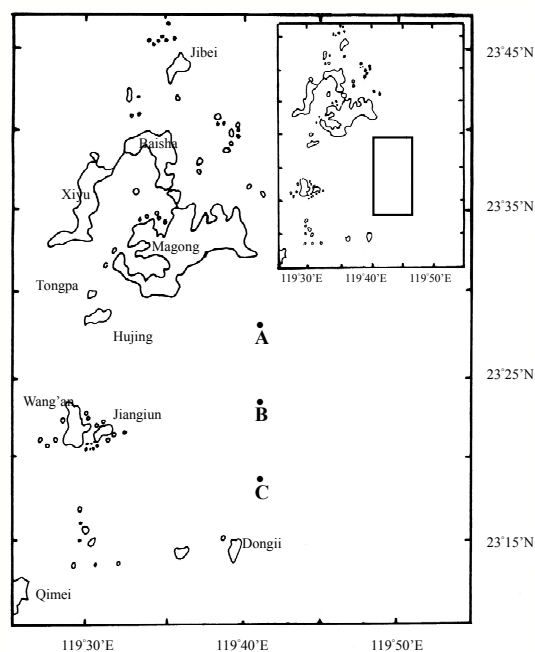


圖1 澎湖東南海域動物性浮游生物採樣地點圖

使用之網具為「北太平洋標準浮游生物採集網 NORPAC net」(網口直徑 45 cm、側長 180 cm、網目 335 μm)，採集時以 2 節之船速做水平拖曳 10 分鐘，網口結附流量計 (Hydro-Bios)，以記錄所過濾之水量，採集深度為 0—1.5 m。

二、資料分析

以各季月別平均值作為各季之豐度。另外，為了瞭解動物性浮游生物群聚結構及時空變化，在類別組成方面，採用歧異度 (diversity)、豐富度 (richness)、均勻度 (evenness) 指標來分析。上述各項指標之計算公式如下：

(一) 歧異度指標 (H') (Pielou, 1966)

主要用於比較同一地區群聚結構在不同時間上的變化，或在同一時期不同地區間魚種組成之差異，其計算式如下：

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log P_i$$

P_i ：第 i 種之個體數所佔百分比

S ：全部種類數目

(二) 均勻度指標 (Evenness, J') (Pielou, 1966)

係反應種數分布的均衡程度，其計算式：

$$J' = H' / H'_{\max}; H'_{\max} = \log S$$

其中 H' = 歧異度指標、 S = 種類數

(三) 豐富度指數 (Richness index, d)

豐富度指數 (Margalef, 1969) 越高，表示物種種類越豐富，其計算式如下：

$$d = (S-1) / (\ln N)$$

N = 總個體數； S = 種類數

此外類別組成之差異則利用多變量統計軟體 Primer 6 (Clarke and Gorley, 2006)，將浮游動物之豐度 (x) 經 $\log(x+1)$ ，並經標準化後，再依 Bray-Curtis similarity 法，計算各次

採樣之相似程度，然後再進一步使用聚類分析法 (cluster analysis)、多元尺度分析法 (non-metric multi-dimensional scaling, NMDS)、相似程度貢獻分析法 (Similarity Percentages, SIMPER) 及相似度分析檢定 (Analysis of Similarities, ANOSIM) 來分析比較季節之浮游動物群聚結構及測站間之變異程度。

結果與討論

一、浮游動物類之組成與季節變化

本研究於 2009 年 4 月至 2010 年 3 月期間經一年度之採樣，共採得浮游動物 15 大類別，詳如表 1 所示。結果顯示澎湖東南海域的浮游動物豐度隨季節之不同而有差異，站別間之豐度高低亦隨季節而有所不同。

春季 (3—5 月) 之浮游動各測站豐度介於 10,029—21,731 ind./1000 m^3 之間，其中最大豐度 21,731 ind./1000 m^3 ，出現在測站 B，最低豐度 10,029 ind./1000 m^3 則出現在測站 A。夏季 (6—8 月) 之浮游動物各測站豐度介於 13,856—26,290 ind./1000 m^3 之間，其中最大豐度 26,290 ind./1000 m^3 ，出現在測站 C，最低豐度 13,856 ind./1000 m^3 則出現在測站 A。秋季 (9—11 月) 之浮游動各測站豐度介於 13,369—17,260 ind./1000 m^3 之間，其中最大豐度 17,260 ind./1000 m^3 ，出現在測站 B，最低豐度 13,369 ind./1000 m^3 則出現在測站 C。冬季 (12—2 月) 之浮游動物各測站豐度介於 40,723—63,916 ind./1000 m^3 之間，其中最大豐度 63,916 ind./1000 m^3 ，出現在測站 B，最低豐度 40,723 ind./1000 m^3 則出現在測站 A。

整體而言，澎湖東南海域浮游動物之豐度在冬、夏二季維持相當高的值，並以冬季總豐度達最高峰為 150,926 ind./1000 m³ 與夏季總豐度達最高峰為 60,652 ind./1000 m³，而春、秋二季豐度較低，春季豐度為 51,242 ind./1000 m³、秋季豐度為 45,061 ind./1000 m³ (表 1)。另由浮游動物之季節變化情形可見，各季節之主要優勢大類皆為橈足類，而次要優勢大類則除了在夏季之 A、B 及 C 測站為腹足類外，其他季節及測站均以毛蟲類為主；此外，就季別之優勢分析 (K-dominant plot) (圖 2) 來看，其浮游動物類群及豐度雖依季節之不同有排序上之差異，但整體而言，差

異並非很大。大多數海洋生態系中之浮游動物群聚皆以橈足類為主要之優勢種 (Chang

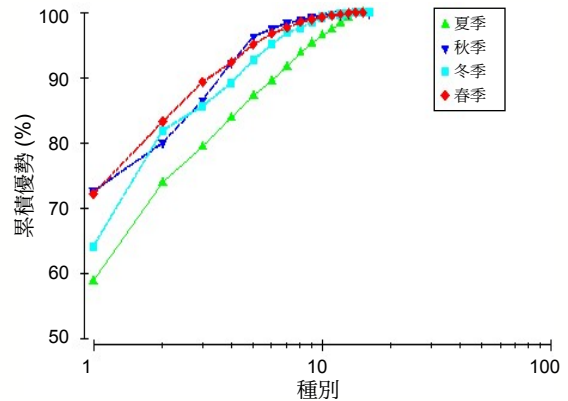


圖 2 澎湖東南海域四季之浮游動物類別優勢圖

表 1 澎湖東南方海域浮游動物豐度 (ind./1000 m³) 及生物量 (g/1000 m³)

物 種	2009/夏季			2009/秋季			2009/冬季			2010/春季		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
橈足類 (Copepoda)	10,907	9,392	10,787	12,212	13,648	10,600	21,959	40,959	29,670	6,219	17,352	13,578
毛顎類 (Chaetognatha)	343	596	344	710	593	361	2,623	3,687	1,591	624	1,109	812
海 桶 (Thaliacea)	26	245	30	68	139	430	595	1,405	1,320	34	99	381
毛蟲類 (Appendicularia)	596	721	703	143	1,374	935	12,565	13,351	10,145	1,972	1,425	2,775
多毛類 (Polychaeta)	4	13	21	39	16	35	43	69	52	9	27	38
水 母 (Medusa)	285	1,724	1,162	344	287	302	741	562	428	129	359	792
蝦類幼生 (Shrimp larvae)	22	51	37	13	28	5	271	397	471	35	460	233
蟹類幼生 (Crab larvae)	2	174	55	49	0	26	24	266	225	38	428	74
端腳類 (Amphipoda)	29	35	20	178	44	40	24	415	400	10	14	13
腹足類 (Gastropoda)	738	4,046	10,462	104	513	150	670	659	653	100	17	47
翼足類 (Pteropoda)	292	855	507	101	161	115	270	374	436	55	101	73
頭足類 (Cephalopoda)	3	506	192	117	105	114	0	2	51	25	2	77
魚 卵 (fish eggs)	301	2,117	1,949	340	305	245	669	1,286	550	752	309	567
仔稚魚 (fish larvae)	86	7	16	5	8	2	1	44	44	7	5	9
其 他	220	24	6	10	40	9	267	439	251	21	22	13
總 計	13,856	20,506	26,290	14,432	17,260	13,369	40,723	63,916	46,287	10,029	21,731	19,482
生物量 (wet wt)	5.92	5.39	5.56	5.95	8.59	5.55	8.487	8.807	7.23	11.17	9.87	8.34

and Fang, 2004), 本研究橈足類在站別之種類及豐度分布亦有類似之情形。

二、東南海域浮游動物多樣性分析

表 2 乃本研究各次採樣浮游動物類別數 (S)、豐度 (A)、豐富度 (d)、均勻度 (J') 及歧異指數 (H')。由表顯示，東南海域各季所出現之浮游動物類別數為 14–15 大類，豐度最高值 127,841 出現在 2009 年夏季的測站 B；最低值 20,069 出現在 2010 年春季的測站 A，就整體而言，各測站浮游動物豐富度除少數幾次採樣外，一般變化不大。豐富度最高值 1.615，出現在 2011 年春季的測站 A；最低值則有 1.327，出現在 2009 年冬季的測站 A，就整體而言，各測站浮游動物豐富度季節性及各測站之變化不大；而均勻度則介於 0.5449 (2009 年夏季的測站 B) 和 0.3777

(2009 年秋季的測站 A) 之間，且各季節及各測站的均勻度變化不大；再物種歧異度指數方面，最高則為 1.544 (2009 年夏季的測站 B)，最低為 1.070 (2009 年秋季的測站 A)。

三、澎湖東南海域浮游動物之聚類分析

本海域浮游動物組成經聚類分析法結果顯示，大致上可以區分成 Group A、Group B 二個群聚 (圖 3) (取 86% similarity level)；多元尺度分析 (圖 4) 亦反應出此群聚分析所得之結果，(Stress = 0.14)，SIMPER 分析顯示 (表 3)，Group A 主要構成浮游動物大類依序為橈足類、毛蟲類及毛顎類，Group B 群主要由橈足類、毛蟲類、毛顎類及魚卵所貢獻而得。另造成 Group A 群與 Group B 群之差異 (表 4) 的主要浮游動物依序為橈足類、毛蟲類、毛顎類及腹足類所構成的。

表 2 澎湖東南海域各測站浮游動物之類別數 (S)、豐度 (A)、豐富度 (d)、均勻度 (J') 與歧異度 (H') 分析表

測站 \ 年別/季節	類別數(S)	豐度(A)	豐富度(d)	均勻度(J')	歧異度(H')
2009-Sum.-A	15	27,717	1.564	0.4136	1.172
2009-Sum.-B	15	41,017	1.506	0.5449	1.544
2009-Sum.-C	15	52,585	1.472	0.4878	1.382
2009-Fall-A	15	28,870	1.558	0.3777	1.070
2009-Fall-B	14	34,529	1.435	0.4148	1.150
2009-Fall-C	15	26,743	1.570	0.4082	1.156
2009-Win.-A	14	81,454	1.327	0.4772	1.323
2009-Win.-B	15	127,841	1.361	0.4553	1.290
2009-Win.-C	15	92,580	1.399	0.4565	1.293
2010-Spr.-A	15	20,069	1.615	0.4613	1.307
2010-Spr.-B	15	43,473	1.498	0.3999	1.133
2010-Spr.-C	15	38,972	1.514	0.4444	1.259

結語

本報告分析澎湖東南海域動物性浮游生物組成之季節變動及空間分布差異，結果顯示，在空間分布上均以橈足類為主，東南海域三站間豐度值之高低則隨季節之不同而有排序上之差異；另由浮游動物優勢類別之季節變化情形可見，各季節之主要優勢大類皆

為橈足類，而次要優勢大類則除了在夏季之 A、B 及 C 測站為腹足類外，其他季節及測站均以毛蟲類為主，此外就季別優勢分析來看，夏季之多樣性最高，其餘三季多樣性差不多，且四季的主要優勢大類都以橈足類為主，佔有 $> 60\%$ 以上之比例，其中秋季甚至佔將近 80% 的數量。

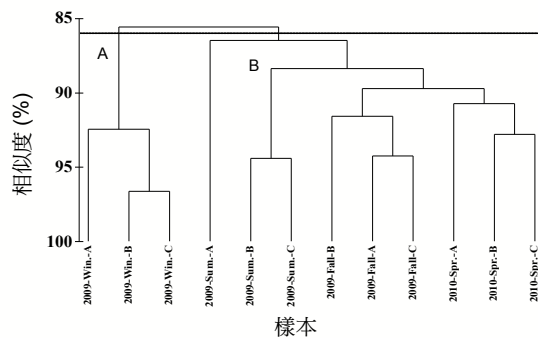


圖 3 澎湖東南海域浮游動物不同時間、地點之聚類分析樹狀圖

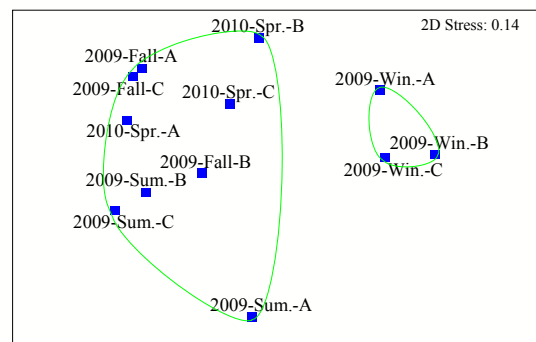


圖 4 澎湖東南海域浮游動物空間排序圖(MDS)

表 3 澎湖東南海域浮游動物群聚各群間之關鍵種類 (以 SIMPER 物種貢獻度至 90%)

物 種	平均相異度	相異度	貢獻度 (%)	累計 (%)
Group A				
橈足類	48.76	7.97	59.53	59.53
毛蟲類	21.91	7.17	26.75	86.29
毛顎類	3.85	3.58	4.70	90.99
Group B				
橈足類	57.04	4.57	80.03	80.03
毛蟲類	4.23	1.48	5.93	85.97
毛顎類	2.76	2.81	3.87	89.84
魚 卵	2.21	1.67	3.10	92.93

表 4 澎湖東南海域浮游動物群聚兩兩群間之關鍵種類 (以 SIMPER 物種貢獻度至 90%)

物 種	平均相異度	相異度	貢獻度 (%)	累計 (%)
Groups A & B				
橈足類	27.67	2.88	50.88	50.88
毛蟲類	16.28	5.42	29.94	80.83
毛顎類	2.95	2.65	5.42	86.25
腹足類	2.52	0.62	4.63	90.88