

# 淡水河口兩種銀帶鰈 *Encrasicholina punctifer* 及 *Stolephorus insularis* 仔稚魚之攝食策略—II 餌料生物選擇性與種間攝食競爭

陳 楊 宗<sup>1</sup>·曾 萬 年<sup>1</sup>

(1993年11月5日收件；1994年3月3日接受)

## 摘 要

布氏銀帶鰈(*Encrasicholina punctifer* Fowler, 1938)與島嶼銀帶鰈(*Stolephorus insularis* Hardenberg, 1933)屬於沿岸迴游性魚類，廣泛分佈於熱帶與亞熱帶太平洋與印度洋中。為瞭解紅樹林河口域浮游生物量與仔稚魚的攝食策略之關係，自一九八九年十月至一九九〇年十月，每月於淡水河口採集浮游性生物與仔稚魚，以出現法與計數法分析這兩種銀帶鰈的食性。結果發現，植物性浮游生物藻華分別出現於春至秋季，而動物性浮游生物則只出現在春、秋兩季。布氏銀帶鰈與島嶼銀帶鰈仔稚魚的大量出現時期為春、秋兩季與夏末秋初，與浮游性生物間存在食物利用依賴型關係。整體而言，兩種仔稚魚對橈腳類、枝腳類、磷蝦與軟體動物幼生為正向偏好選擇；而對輪蟲、藤壺幼生、原索動物幼生與多毛類幼生為逆向選擇。兩種銀帶鰈在秋季有明顯的食物利用的重疊現象。文中並探討種間攝食競爭及其如何適應問題。

**關鍵詞：**布氏銀帶鰈，島嶼銀帶鰈，仔稚魚，淡水河口，餌料生物選擇性。

## 前 言

大部份的沿岸表層魚類，在仔稚魚階段，為了滿足食物需求與躲避被捕食，常會主動迴游或藉著水流的輸送，進入平均生產力比外洋大約高出五倍的沿岸河口域生活(Mann, 1982; Miller et al., 1982; McGowan, 1986)，因此沿岸河口域在這些魚類的初期生活史階段，扮演著哺育場的功能。河口域浮游生物生產量的季節性變動與仔稚魚大量出現時間的配合與否，

極易影響魚類補充群的大小(Townsend, 1983)。當同位種魚類出現的時間及分布的空間重疊時，就會產生不同程度的種間攝食競爭。為了避免攝食競爭，有些魚類演化出特殊的選擇性覓食行為(Zaret and Rand, 1971)。因此，生活在同一生態棲所(Niche)的仔稚魚，為了有效利用共同的食物來源，通常會採取時空分割的方式(Laroche, 1982)或利用個體發生學食性轉移(Ontogenetic dietary shift)方式(Chern and Tzeng, 1993)來緩和餌料

<sup>1</sup> 國立臺灣大學動物學研究所，台北市，臺灣 106。

生物利用的重疊。

淡水河為臺灣第三大河川，主流流經大台北地區。下游的河道，中央比兩旁還淺，最深處約10公尺。因屬沉降型河口，河口域明顯地受潮汐影響，在河海的交界處，鹽度變化大(Lee and Chu, 1965)。在下游的竹圍附近，因河水流向由南北向轉變成東西向，於轉彎處的感潮帶附近有沙洲沉積，上面生長著一片面積約65公頃以上的水筆仔紅樹林(*Kandlia candel* (L.) Druce)。紅樹林可吸收上游來的營養鹽作為生長之用，其落葉分解為有機碎屑之後，為底棲動物及魚蝦的食物來源；同時，紅樹林可提供動物的隱避場所；因而成為河口域魚類極佳之哺育場(Tzeng and Wang, 1993)。

本水域，位於亞熱帶季風型氣候區，受季風與光照時間影響，生產力的季節性變化極為明顯。淡水河口地區的仔稚魚，據估計至少有百種以上(Tzeng and Wang, 1992)。布氏銀帶鰨與島嶼銀帶鰨為春、秋兩季之主要優勢種，其它月份亦偶有零星出現。因其廣泛分佈在熱帶與亞熱帶的太平洋與印度洋沿岸域(FAO, 1988)，在沿岸海洋生態系中，具有鏈結低階與高階營養層級之生態角色，所以其族群量的變動將左右生物能量的傳遞路徑，及高階營養層級魚類的族群變動。因此，研究本水域該兩種仔稚魚之季節性的攝食選擇性變化與食物競爭情形，將有助於瞭解亞熱帶紅樹林河口域仔稚魚適應季節生產力變動的攝食策略。本文的主旨在探討仔稚魚的腸胃內餌料生物變動，與外界浮游性生物之關係，以及種間的攝食競爭。

#### 材料與方法

#### 一、採集方法與試驗設計

自一九八九年十月至一九九〇年十月間，按月於淡水河口採集動、植物浮游性生物及仔稚魚，並進行水文資料測定(包括溫度、鹽度、流量及透明度等)。植物性浮游生物的標本，係從水表層取20 ml的樣水，加入Lugar溶液固定，保存於棕色塑膠瓶內，攜回實驗室後，以0.45  $\mu\text{m}$ 的濾紙過濾而得。然後，在光學顯微鏡400X倍率下，進行植物性浮游生物種類之鑑定及計數。動物性浮游生物，係以北太平洋浮游生物標準網(網口直徑為25 cm，網長為64 cm，網目為55  $\mu\text{m}$ )，置於水面下1 m深處，水平拖曳二分鐘，將所採得的動物性浮游生物標本裝入塑膠瓶，以10%海水緩衝福馬林溶液固定，並記錄網口之流量計轉數。攜回實驗室後，先均勻混合，再以1 ml移液管前後取3 ml均勻混合液置於血球計數板上，於光學顯微鏡100X倍率下，鑑定種類與計數。有關仔稚魚標本的採集、處理、解剖、餌料生物的鑑定及歸類，詳見Chern and Tzeng(1993)所述。

#### 二、資料解析

根據各月各發育階段仔稚魚的腸胃內餌料生物的分類與計數資料，分別計算出現頻度百分率(Percentage of frequency occurrence; FO%)、平均豐度百分率(Mean percentage of diet abundance; N%)、排序指數(Rank index; RI)及空胃係數，分析各月份仔稚魚的主要餌料生物與攝食狀況。再以皮爾曼等級相關係數(Spearman rank correlation coefficient;  $r_s$ )檢定各月仔稚魚餌料生物組成間及其與外界浮游生物間之相關性(Steel and Torrie, 1981)。然後以各

月間腸胃內餌料生物組成之排序指數的皮爾曼相關係數，做UPGMA (Unweighted pair-group using arithmetic average) 聚類分析，以瞭解各月腸胃內餌料生物組成的相似情形。

攝食選擇偏好與食物種間及種內重疊度，乃根據各月的腸胃內含物平均豐度百分率與野外浮游動物相之相對豐度百分率，分別依Ivlev (1961)與Chesson (1978)的攝食偏好選擇性指數及Schoener (1970)的食物重疊指數之計算結果，加以評估。

族群的攝食策略及餌料生物重要性，則根據Costello (1990)的圖解分析法，判別魚類族群攝食為同質性 (Homogeneity)或異質性(Heterogeneity)，所謂同質，乃指魚類族群中的每個個體利用相同的餌料生物來源；異質則指魚類族群中的每個個體利用不同的餌料生物來源。

## 結 果

### 一、環境因子、浮游生物與仔稚魚豐度之月別變化

一九八九年十月至一九九〇年十月間，淡水河口的表層水溫、鹽度及透明度之月別變化，分別如Fig. 1所示。年最低溫度為15.8°C(三月)，最高為28.9°C(八月)，平均為23.1°C，年溫差在13°C以上，季節性變化非常明顯。鹽度的變化範圍在23.4‰至33.5‰間，鹽度較低的月份為一九八九年十月(23.4‰)與一九九〇年二月(27.1‰)及四月(27.7‰)，其餘月份在32.0‰左右，年平均為30.5‰，透明度平均為1.7 m，除了一九八九年十二月(3.7.m)與一九九〇年四月(3.3 m)較高及九月(0.5 m)較低外，其餘月份的透明度

約在1.1 m至2.1 m之間。雖然鹽度與透明度之月別變化無規律，但兩者之間有明顯的時間性同步變化現象。鹽度與透明度之變化與採樣時的漲落潮及河川流量變化有關。淡水河因流經大台北地區帶來很多懸浮顆粒，所以落潮時透明度較低。反之，漲潮時海水透明度相對升高，外海透明度可高達4 m。因此採樣點的鹽度與透明度之變化與漲落潮及淡水與海水的混合情形有關。

植物性浮游生物在春、夏及秋三季都各有一個高峰(peak)，其中以夏季的豐度較高，此與夏季日照時間較長、光合作用旺盛有關；冬季水溫較低時，豐度亦較低(Fig. 1)。植物性浮游生物種類組成，以海星矽藻科的海星矽藻屬(Thalassiosira)為最多，佔總組成的58.0%，全年皆出現，為此水域之主要優勢種。

動物性浮游生物，春秋兩季各出現一個高峰，而以春季的峰較高(Fig. 1)。就主要優勢種的月別豐度而言，橈腳類為各月的最主要優勢種(除四月外)，佔全年總數的55.0%。四月主要為多毛類幼生，其數量佔當月組成的62.8%。其餘種類只有少量出現或僅在部份月份出現一個較高峰(Fig. 2)。

全部種類的仔稚魚在春夏秋冬四季各出現一個高峰(Fig. 1)，其中秋季及春季的高峰主要由布氏銀帶鯨所構成，夏季為隆背小砂魷(*Sardinella gibbosa*)\*，夏至秋季為島嶼銀帶鯨。布氏銀帶鯨與島嶼銀帶鯨，除在春秋兩季大量出現外，其它各季也偶爾出現，其尾數佔總組成的24.4

\* 註：*Sardinella gibbosa*為Tzeng and Wang (1992 and 1993)所鑑定的*Sardinella melanura*的同種異名。

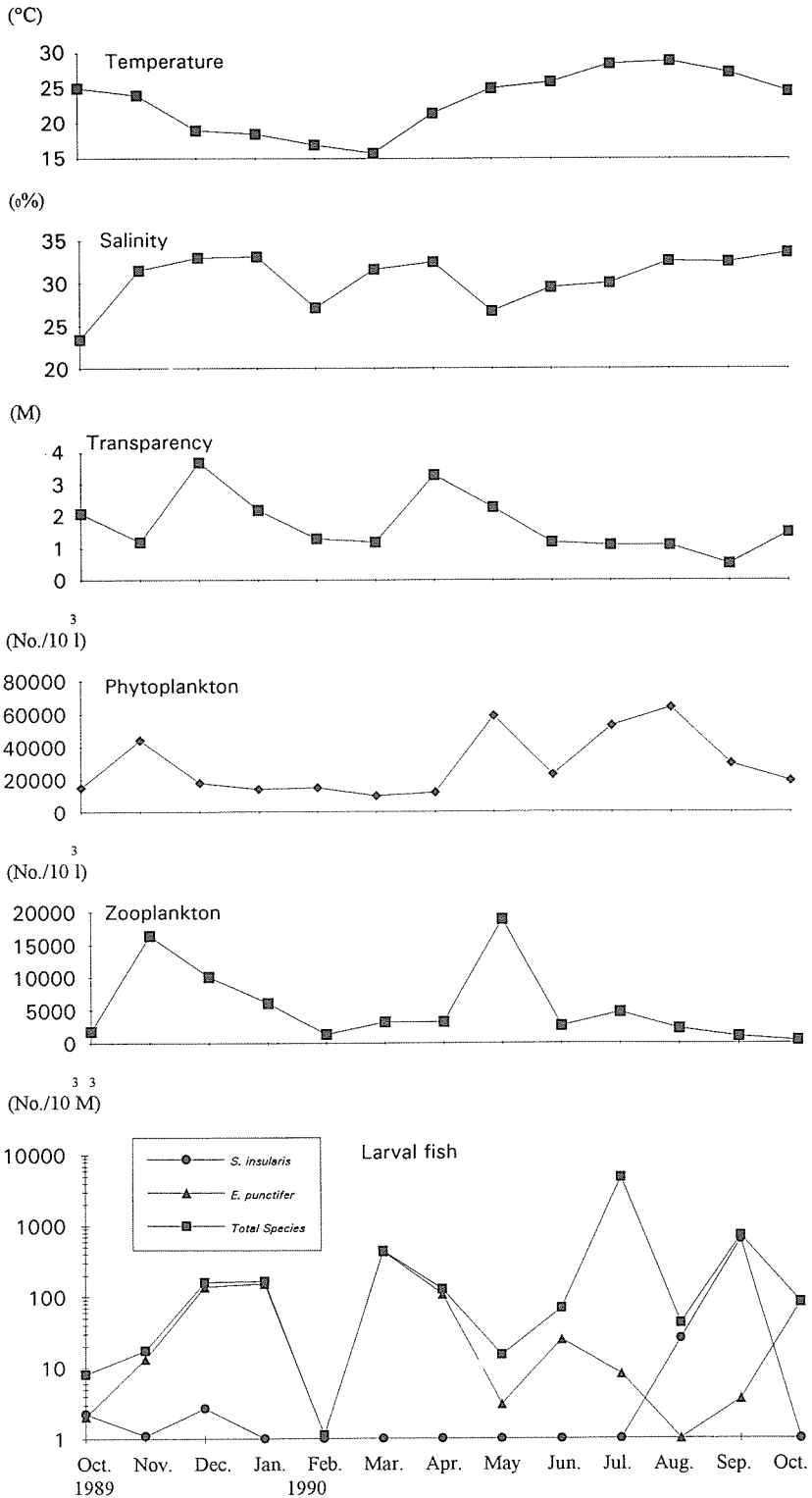


Fig. 1. Monthly variation of temperature, salinity, transparency, and phytoplankton, zooplankton and larval fish abundances.

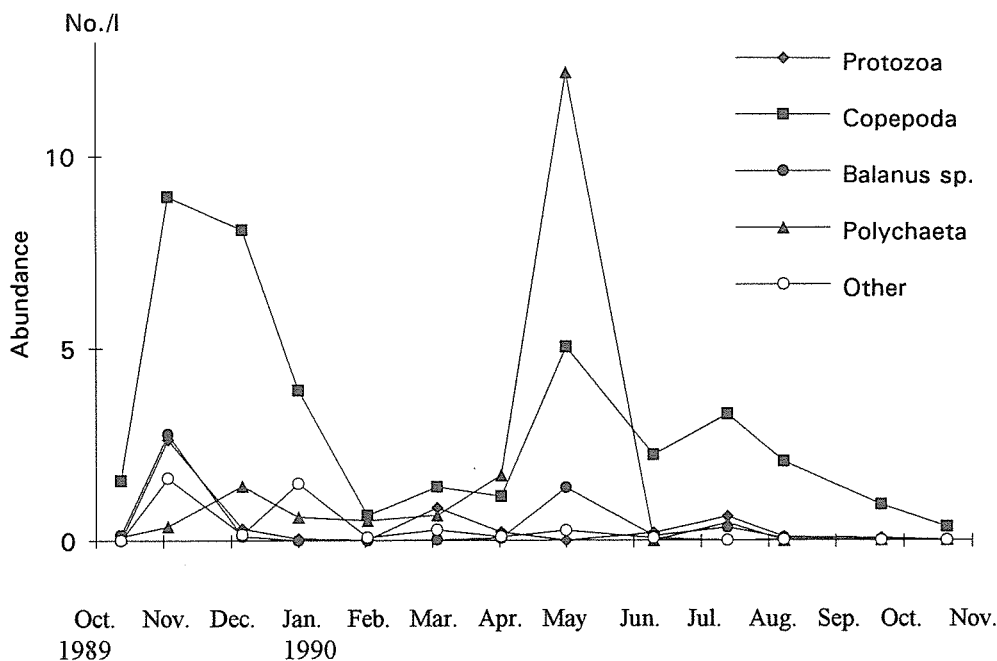


Fig. 2. Monthly change of category composition in abundance of zooplankton.

%。布氏與島嶼銀帶鯨，七月外，各月皆為該水域之主要優勢種。

## 二、腸胃內餌料生物種類組成之月別變化

布氏銀帶鯨腸胃內的主要餌料生物種類為哲水蚤科(Calanidae)、海星矽藻科(Thalassiosiraceae)、盤狀矽藻(Coscinodiscaceae)、橈腳類幼生(Nauplius)、真哲水蚤科(Euchaetidae)、大眼劍水蚤科(Corycaeidae)、擬哲水蚤科(Paracalanidae)、十腳目(Decapoda)、端腳類(Amphipoda)、二枚貝幼生(Veliger larva) (Table 1)。而島嶼銀帶鯨的主要餌料生物為海星矽藻科、哲水藻科、盤狀矽藻科、擬哲水蚤科、真哲水蚤科、長腹劍水蚤科(Oithonidae)、大眼劍水蚤科、橈腳類幼生、十腳目、單脊溝矽藻科(Achnanthaceae) (Table 2)。整體而言，這兩種魚的仔稚魚主要餌料生物之組成極為類似，皆以浮游矽藻與橈腳類為主。

布氏銀帶鯨，各月的腸胃內餌料生物組成，以排序指數(RI, Table 1)做皮爾曼等級相關測試後，發現月別間有顯著差異；經聚類分析結果，發現布氏銀帶鯨仔稚魚大量出現的春(三月、四月與五月)秋(十月)兩季，其餌料生物組成較相似；而冬季群(十一月、十二月與二月)的餌料生物組成，則與春秋兩季較不相似(Fig. 3)。同理，島嶼銀帶鯨腸胃內餌料生物的月別組成，僅在夏末秋初形成一個高峰，而由聚類分析結果，發現在仔稚魚補充群開始進入本水域與快接近結束時餌料生物組成較相似，而與高峰時期較不相似(Fig. 4)。

## 三、腸胃內與環境中動、植物性浮游生物種類組成之相關性

環境中植物性浮游生物組成，不論月份，皆以海星矽藻科之海星矽藻屬為最多。而布氏銀帶鯨與島嶼銀帶鯨仔稚魚攝食最多的植物性浮游生物種類，也是海星矽藻科。由此可見，仔稚魚腸胃內餌料生



Table 1. (Continued)

Food items	1990												
	Apr. 1		Apr. 30		May 29		Jul. 12		Sep. 20		Oct. 19		
	N%	FO%	RI	N%	FO%	RI	N%	FO%	RI	N%	FO%	RI	
Chroococaceae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Oscillatoriaceae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Hydrodictyaceae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Thalassiosira	73.0	82.0	5,981.4	77.4	83.3	6,451.6	67.2	69.0	4,631.5	90.0	7.857.0	75.0	7,500.0
Coscinodiscaceae	0.5	1.6	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	12.5	125.0	25.0
Nitzschia	0.0	0.0	0.0	1.1	5.6	6.0	1.0	3.4	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Achnanthes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rhizosoleniaceae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Chaetoceraeae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Chromonada	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.7	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Ciliata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sarcodina	14.1	18.0	253.4	6.5	11.1	71.7	10.3	17.2	177.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Calanidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Candaciidae	1.1	3.3	3.5	1.1	5.6	6.0	2.0	5.2	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Euchaetidae	3.8	9.8	37.2	3.2	5.6	17.9	2.0	6.9	13.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Paracalanidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pontellidae	0.5	1.6	0.9	0.0	0.0	0.0	1.0	3.4	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Corycaetidae	5.9	18.0	107.2	2.2	11.1	23.9	2.0	5.2	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Oithonidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Harpacticoidae	0.5	1.6	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Euphausiidae	0.5	1.6	0.9	3.2	11.1	35.8	2.0	5.2	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Nauplius	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hatocypridae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Decapoda	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Anthropoda	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Balanus sp. nauplius	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vliger larva	0.0	0.0	0.0	5.4	22.2	119.5	12.3	25.9	316.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Sagittidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Oikopleuridae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Number fish examined	90			19			60			13			5
Number fish with stomach empty	32			5			13			38			0





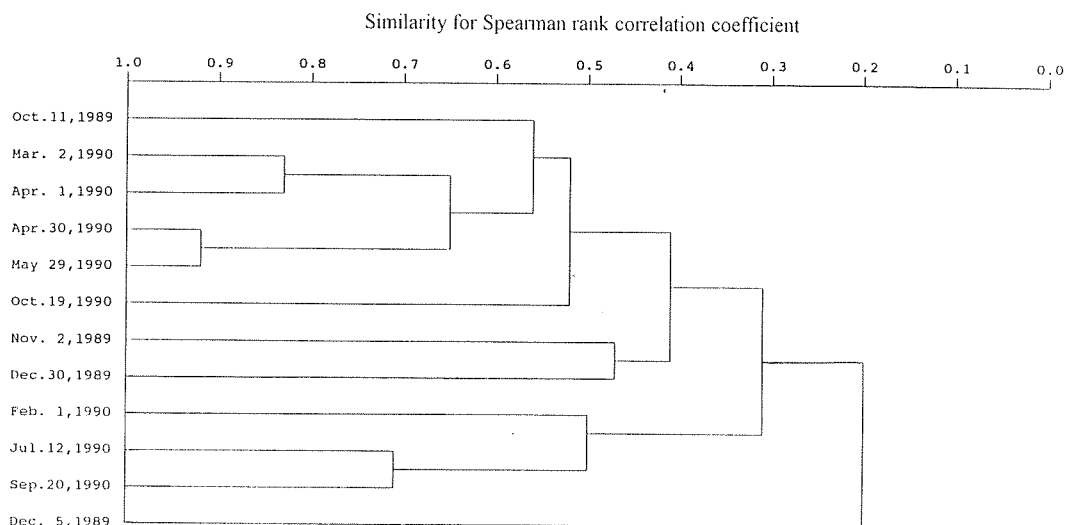


Fig. 3. Clustering phenogram of diet composition of *Encrasicholina punctifer* according to monthly variation of Spearman rank correlation coefficient.

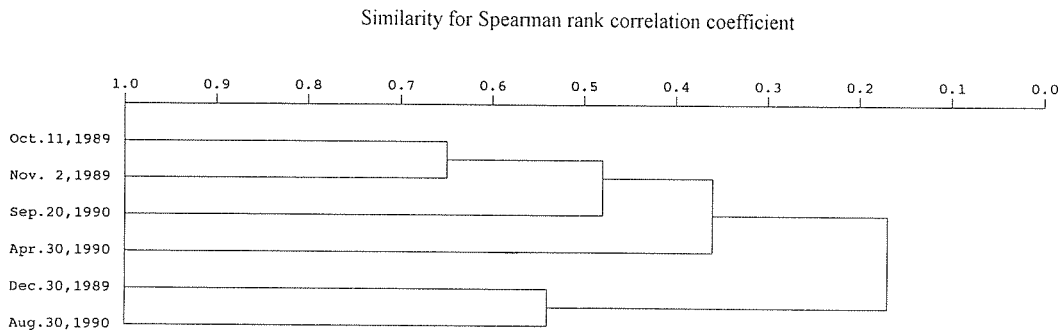


Fig. 4. Clustering phenogram of diet composition of *Stolephorus insularis* according to monthly variation of Spearman rank correlation coefficient.

物組成與環境中植物性浮游生物數量的多寡有關。進一步分析如下：

布氏銀帶鯨腸胃內動物性浮游生物的平均豐度百分率與環境中所對應的動物性浮游生物的豐度之關係，除四月（四月一日與四月三十日）外，皆有顯著相關（Table 3）。四月之不相關現象，可能與當月出現之魚苗大部份為後期仔魚有關，因後

期仔魚腸胃內餌料生物主要為浮游矽藻類而非動物性浮游生物，故與環境中的浮游動物相的豐度無關。

島嶼銀帶鯨腸胃內動物性浮游生物平均豐度百分率與環境中動物性浮游生物的豐度之相關，在六次標本中有三次（一九八九年十月十一日、十一月二日與一九九〇年九月二十日），有顯著相關，其餘三

**Table 3.** Spearman rank correlation between the species composition of zooplankton, calculated by mean percentage of diet abundance, in the stomach content of *Encrasicholina punctifer* and *Stolephorus insularis* larvae, and the relative abundance of zooplankton in the environment. N: Number of fish examined. r: correlation coefficient. \*\*: P<0.01. \*: P<0.05. Nc: Not caught.

Sampling time	<i>Encrasicholina punctifer</i>			<i>Stolephorus insularis</i>		
	N	r	P	N	r	P
1989						
Oct. 11	67	.9932	.0000**	72	.9897	.0000**
Nov. 2	30	.9203	.0000**	12	.9052	.0000**
Dec. 5	30	.5974	.0311*	Nc	—	—
Dec. 30	30	.9165	.0000	3	.2404	.4288
1990						
Feb. 1	7	.7592	.0026**	Nc	—	—
Mar. 2	30	.7815	.0016**	Nc	—	—
Apr. 1	90	.5047	.0786	Nc	—	—
Apr. 30	19	.2578	.3950	2	.3063	.3088
May 29	60	.8263	.0005**	Nc	—	—
Jul. 12	13	—	—	Nc	—	—
Aug. 7	Nc	—	—	30	.0342	.9116
Sep. 20	1	—	—	28	.9926	.0000**
Oct. 19	5	.9978	.0000**	Nc	—	—

次(十二月、四月及八月)則不顯著(Table 3)。十二月與四月,因捕獲數量太少,其代表性較低。而八月相關不顯著原因,可能也是如同上述四月之布氏銀帶鯨一樣,其後期仔魚腸胃內含物大都為浮游矽藻類,因此與環境中的動物性浮游生物量無關。

#### 四、餌料生物選擇性

一般而言,布氏銀帶鯨與島嶼銀帶鯨的仔稚魚,對植物性浮游生物採取濾食方式。但對於體型較大,活動力較強的動物性浮游生物則採取追逐捕食的方式,因此仔稚魚可能會有餌料生物選擇現象。由每月腸胃內餌料生物種類組成的平均豐度百分率與環境中動物性浮游生物的豐度資料,根據Ivlev選擇指數(Ei)與Chesson的修正指數( $\alpha_i$ )加以計算,得知仔稚魚對

餌料生物,有不同的選擇性存在(Table 4,5)。

布氏銀帶鯨對橈腳類(Copepoda)(除十二月五日與七月二十九日外)、枝腳類(Daphnia)(除五月二日外)、軟體動物幼生(Mollusca)(除二月一日與四月一日外)與磷蝦(Euphausiidae)為正向偏好選擇性。而對輪蟲(Rotatoris)、箭蟲(Saggitta spp.)、藤壺幼生(Balanus sp.)(除十二月三十日外)、十腳目(Decapoda)的短尾類與長尾類幼生(除十二月三十日外)、原索動物幼生(Protochordata)與多毛類幼生(Polychaeta)為逆向偏好選擇性(Table 4)。

島嶼銀帶鯨對橈腳類(除一九九〇年八月)、枝腳類、端腳類(Amphipoda)、磷蝦與軟體動物幼生為正向偏好選擇性。

**Table 4.** Dietary preferences of *Encrasicholina punctifer* at different month. Ei: Ivlev' electivity index.  $\alpha_i$ : chesson' electivity index. m: Number of food items.

Food Items	Oct. 11		Nov. 2		Dec. 5		Dec. 30		Feb. 1	
	Ei	$\alpha_i$	Ei	$\alpha_i$	Ei	$\alpha_i$	Ei	$\alpha_i$	Ei	$\alpha_i$
Protozoa	-1.00	0.00	-0.79	0.05	0.89	0.97	0.47	0.36	-1.00	0.00
Rotatoris			-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00
<i>Sagitta</i> spp.			1.00		-1.00	0.00				
Copepoda	0.06	1.00	0.26	0.80	-0.31	0.03	0.16	0.18	0.33	1.00
<i>Balanus</i> sp.	-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00	0.55	0.46	-1.00	0.00
Daphnia	1.00		1.00				1.00			
Amphipoda							1.00			
Decapoda							1.00			
Mollusca					1.00				-1.00	0.00
Euphausiidae										
Protochordata			-0.53	0.14	-1.00	0.00	-1.00	0.00		
Polychaeta	-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00
Other			-1.00	0.00			-1.00	0.00	-1.00	0.00
1/m		0.20		0.11		0.13		0.10		0.14

**Table 4.** (Continued)

Food Items	Mar. 2		Apr. 1		Apr. 30		May 29		Oct. 19	
	Ei	$\alpha_i$	Ei	$\alpha_i$	Ei	$\alpha_i$	Ei	$\alpha_i$	Ei	$\alpha_i$
Protozoa	-0.87	0.03	-1.00	0.00			-0.68	0.01	-1.00	0.00
Rotatoris	-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00				
<i>Sagitta</i> spp.			-1.00	0.00			-1.00	0.00		
Copepoda	0.39	0.97	0.46	1.00	0.48	1.00	-0.17	0.02	0.05	1.00
<i>Balanus</i> sp.	-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00		
Daphnia	-1.00	0.00								
Amphipoda									-1.00	0.00
Decapoda	-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00				
Mollusca			-1.00	0.00	1.00		0.94	0.97		
Euphausiidae			1.00							
Protochordata			-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00		
Polychaeta	-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00			-1.00	0.00
Other	-1.00	0.00	-1.00	0.00			-1.00	0.00	-1.00	0.00
1/m		0.13		0.09		0.14		0.14		0.20

**Table 5.** Dietary preferences of *Stolephorus insularis* at different month. Ei: Ivlev' electivity index.  $\alpha_i$ : Chesson' electivity index. m: Number of food items.

Food Items	Oct. 11		Nov. 2		Dec. 30		Apr. 30		Aug. 7		Sep. 20	
	Ei	$\alpha_i$	Ei	$\alpha_i$	Ei	$\alpha_i$	Ei	$\alpha_i$	Ei	$\alpha_i$	Ei	$\alpha_i$
Protozoa	0.83	0.91	-1.00	0.00	-1.00	0.00			0.90	0.61	-1.00	0.00
Rotatoris			-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00				
<i>Sagittia</i> spp.												
Copepoda	0.02	0.09	0.24	1.00	-0.44	1.00	0.58	1.00	-0.86	0.00	-0.04	1.00
<i>Balanus</i> sp.	-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00
Euphausiidae												1.00
Daphnia	1.00		1.00								1.00	
Amphipoda					1.00				1.00		1.00	
Decapoda	1.00						-1.00	0.00			1.00	
Mollusca					1.00				0.84	0.38	1.00	
Protochordata			-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00			1.00	
Polychaeta	-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00	-1.00	0.00
Other			-1.00	0.00	-1.00	0.00			-1.00	0.00		
1/m		0.17		0.13		0.11		0.17		0.14		0.10

而對輪蟲、藤壺幼生、原索動物幼生與多毛類幼生為負向偏好選擇性。對原生動物(Protozoa)之選擇偏好趨向,十月與八月為正向,十一月、十二月及九月為逆向。對橈腳類之選擇偏好趨向,五月為正向,十二月與九月為逆向。對十腳目的短尾類與長尾類幼生選擇偏好趨向,十月與八月為正向,五月為逆向(Table 5)。

Chesson (1978)之修正指數( $\alpha_i$ )的計算結果與Ivlev選擇指數(Ei)計算結果,除布氏銀帶鯨對原索動物幼生(一九九〇年十一月)與島嶼銀帶鯨對橈腳類(一九八九年十一月與十二月及一九九〇年九月)的攝食選擇偏好,有所不同外,其餘皆相同(Table 4,5)。此一不同現象的產生,與原索動物幼生與橈腳類在這幾個月於環境中所佔的相對豐度比率較高有關。

大體而言,這兩種銀帶鯨對餌料生物的偏好選擇行為很類似,其皆對橈腳類、

枝腳類、磷蝦與軟體動物幼生有正向偏好選擇。而對輪蟲、藤壺幼生、原索動物幼生與多毛類幼生為逆向選擇(Table 4, 5)。

##### 五、種內與種間之食物重疊性

布氏銀帶鯨與島嶼銀帶鯨仔稚魚,在不同發育階段的食物重疊指數( $\alpha$ )皆小於0.60(Table 6)。 $\alpha$ 小於0.6時,表示個體之間沒有食物競爭(Schoener, 1970),因此不同發育階段利用不同餌料生物,可避開種內食物競爭。

可是,一九八九年十月至一九九〇年十月間,所採獲的布氏銀帶鯨與島嶼銀帶鯨,兩種之間的腸胃內餌料生物種類之出現頻度百分率(FO%),有62.5%相同(Table 1,2)。FO%只要大於25%,就會產生種間競爭(Johnson, 1977)。

又,兩種之間在春、夏及冬三季,布氏銀帶鯨與島嶼銀帶鯨之食物重疊指數分

**Table 6.** Diet overlap of *Encrasicholina punctifer* and *Stolephorus insularis* at different developmental stage.  $\alpha$ : Schoener's diet overlap index. N: items of prey in stomach content.

	Post-flexion larva vs. juvenile		Post-flexion larva vs. young		Juvenile vs. young	
	N	$\alpha$	N	$\alpha$	N	$\alpha$
<i>Encrasicholina punctifer</i>	23	.5650	20	.0846	29	.3471
<i>Stolephorus insularis</i>	22	.4501	16	.0903	23	.5200

**Table 7.** Diet overlap Between *Encrasicholina punctifer* and *Stolephorus insularis* in different seasons.  $\alpha$ : Schoener's diet overlap index. N: items of prey in stomach content.

Season	Fall		Winter		Spring		Summer	
	N	$\alpha$	N	$\alpha$	N	$\alpha$	N	$\alpha$
$\alpha$	20	.7182	21	.2008	13	.1181	19	.3878

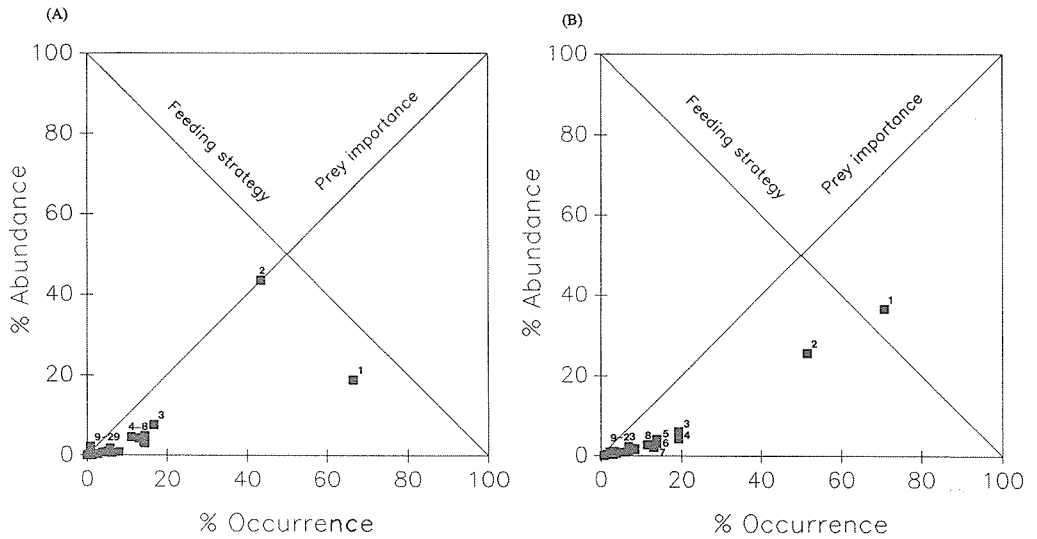
別為0.12、0.39與0.20，均遠低於0.60，顯示兩種之間沒有顯著的食物重疊現象 (Table 7)。但秋季兩種之間的食物重疊指數 (0.71) 大於0.60，顯示秋季有食物競爭現象發生。

#### 六、攝食策略及餌料生物之重要性

布氏銀帶鯨仔稚魚族群的攝食策略及其餌料生物之重要性，如Fig. 5A所示，各餌料生物種類之分布均接近主要餌料生物 (Prey importance) 軸，顯示布氏銀帶鯨仔稚魚族群，個體之間有利用相同餌料生物來源的現象。再由圖中各餌料生物種類的分散情形來看，除了第1、2兩種比較分離外，其它各餌料生物種類皆集中分布在圖的左下角；這兩種餌料生物出現頻度百分率較高，但平均豐度百分率卻低，表示這兩種餌料生物，有不足現象。這兩種餌料生物，分別是哲水蚤科與海星矽藻

科，其對布氏銀帶鯨的重要性較其它種類為高。其它數量少的餌料生物種類 (位於圖左下角的點)，則分別出現在布氏銀帶鯨族群中的部份個體中。

同理，島嶼銀帶鯨仔稚魚族群的攝食策略及其餌料生物之重要性亦如Fig. 5B所示。圖中各餌料生物種類也都分布在主要餌料生物軸底下，顯示島嶼銀帶鯨仔稚魚族群個體之間也是利用相同的餌料生物來源。再由圖中各餌料生物種類分散的情形來看，也是兩種特別偏離，其它各種皆集中分布在圖的左下角。由此可知，島嶼銀帶鯨的腸胃內餌料生物種類中，也是以哲水蚤科與海星矽藻科所佔比例較高，雖然出現頻度百分率高但平均豐度百分率低，顯示著該種餌料生物有不足現象；其它餌料生物種類，亦如布氏銀帶鯨一樣，也只出現在島嶼銀帶鯨族群中的部份個體。



**Fig. 5.** Diagram showing prey importance and feeding strategy of *Encrasicholina punctifer* (A) and *Stolephorus insularis* (B). Numerals in the diagram representing prey taxon, (A): 1. Thalassiosiraceae, 2. Calanidae, 3. Coscinodiscaceae, 4-8. Nauplius, Paracalanidae, Decapoda, Euchaetidae and Corycaeidae, 9-29. Chroococcaceae, Oscillatoriaceae, Hydrodictyceae, Nitzschaceae, Achnanthaceae, Rhizosoleniaceae, Chaetoceraeae, Chromonadea, Ciliata, Sarcodina, Candaciidae, Pontellidae, Oithonidae, Harpacticoidae, Euphausiidae, Halocypridae, Amphipoda, Oikopleuridae, *Balanus* sp. nauplius, Veliger larva and Sagittidae; (B): 1. Thalassiosiraceae, 2. Calanidae, 3. Coscinodiscaceae, 4. Paracalanidae, 5. Euchaetidae, 6. oithonidae, 7. Nauplius, 8. Corycaeidae, 9-23. Halosphaera, Hydrodictyceae, Nitzschaceae, Biddulphiaceae, Achnanthaceae, Chromonadea, Ciliata, Sarcodina, Candaciidae, Euphausiidae, Halocypridae, Decapoda, Amphipoda, Veliger larva and Fish egg.

## 討 論

### 一、餌料生物與仔魚出現時序之關係

河口域因受潮汐、上游營養鹽注入與水溫變化的影響，基礎生產量與次級生產量的季節性變化非常明顯。一些河口域依存的海水魚類(Estuarine-dependent marine fishes)為適應此劇烈變異的嚴苛環境，其繁殖策略大都採r-選擇(能勢等, 1988; Day et al., 1989)，以便成功地繁殖下一代。臺灣北部之淡水河因地處亞熱帶季風型氣候區，乾濕兩季河川流量明顯不同，營養鹽的注入也有顯著差異，水溫年變動在12°C以上，(Anon., 1988-1990)，基礎及次級生產量，只在春秋兩

季出現高峰(Fig. 1)。布氏與島嶼銀帶鯨，屬於r-選擇的沿岸多獲性魚類(Blaxter and Hunter, 1982)，一年有兩個生殖高峰，分別發生在春秋兩季；顯示其生殖週期與亞熱帶的生產量季節性循環模式有互相吻合的情形。

r-選擇的魚類之仔稚魚，不論是全年或季節性出現(Drake and Arias, 1991)，對外界餌料生物密度的依賴性都很高，所以，仔稚魚存活率的高低與餌料生物適時出現有絕對的關係。布氏與島嶼銀帶鯨仔稚魚大量出現的時期，一般約在浮游藻類藻華出現後一個月(Fig. 1)。Odate (1992)發現在北海道噴火灣次級生產量的高峰出現時期，其與藻華之間存在著時

間的延遲現象。這些現象，顯示仔魚的大量出現時期是在餌料生物大量繁殖之後。仔魚與餌料生物的依存關係亦可由仔魚腸胃內含物與其環境中的潛在餌料生物之密切相關，得到佐證 (Table 3)。在調查期間，除一九九〇年四月布氏銀帶鯨仔稚魚的腸胃內餌料生物與環境中餌料生物相關程度不顯著外，其餘大部份時間皆存在極顯著的相關。推測造成四月不相關的因素，可能是由春季的布氏銀帶鯨大量出現的時期，發生在春季的藻華之前所造成；另一個原因，可能與多毛類幼生在四月大量出現 (佔當月環境中的浮游生物相對豐度百分組成之62.8%) 有關，因為布氏銀帶鯨對多毛類幼生為負向選擇。因此，由布氏銀帶鯨仔稚魚之出現時序，及其腸胃內餌料生物和環境中餌料生物數量之相關情形來看，魚類的產卵策略與外界餌料生物數量的季節性變動有極密切的關係 (Cushing, 1969)。

## 二、種間與種內食物競爭

布氏與島嶼銀帶鯨仔稚魚皆為嗜浮游生物食性，兩種之間的餌料生物組成有62.5%相同 (Table 6)，如前所述，FO%只要大於25%，即表示有種間競爭情形 (Johnson, 1977)。且其攝食策略同屬於同質性 (Fig. 5)，因此布氏與島嶼銀帶鯨在本水域扮演著同位種的角色。兩種銀帶鯨在秋季同時出現，加上秋季的外界動物性浮游生物豐度較低 (Fig. 1)，及彼此間的食物重疊度高 (Table 7)，對餌料生物競爭的結果，其種群數量勢必減少，這可能就是布氏銀帶鯨秋季群的出現豐度相對於春季群較少的原因。Zaret及Rand (1971) 發現熱帶溪流魚類，外界餌料生物豐度較小時，會擴大攝食競爭。Gause (1934) 認為相同生態角

色 (Ecological niche) 的種類競爭結果，最後只可能存在一種生物。因此兩種銀帶鯨想要同時活存下來，就必須調整產卵期，長期演化適應的結果，布氏銀帶鯨則主要選擇在春季，而島嶼銀帶鯨主要在秋季產卵；可是因一部分的布氏銀帶鯨在秋季產卵，所以島嶼銀帶鯨產卵時間會稍提前，而布氏銀帶鯨產卵時間則稍延後，因此，產卵期隔離的方式，使得兩種銀帶鯨後期仔魚在淡水河口出現的時序不同，藉此可減緩種間競爭，因而使相同生態角色的兩種魚能並存於同一水域內。

當環境中餌料生物多時，布氏與島嶼銀帶鯨之攝食量增加；反之則減少 (Table 3)；兩種魚類與餌料生物間，存在食物利用密度依賴的關係 (Density dependence of food exploitation)。Crawford (1987) 發現對南非所產的鯉魚與砂魷魚，其胃內含物的量與種類，受環境中的餌料生物變動影響很大。所以這兩種銀帶鯨應屬於機會攝食主義者，其量的變動將受環境中餌料生物的種類組成變動所影響。又因為兩種銀帶鯨族群，皆利用相同餌料生物來源 (Fig. 5)，所以有種內的攝食競爭情形。但是利用發育階段不同，餌料生物種類組成不同的資源區隔利用方式 (Chern and Tzeng, 1993)，可減緩種內攝食競爭。因此，仔稚魚進入河口域後，其食性隨本身發育階段變化而改變的現象，正是同種或同位種在同一時間利用相同地區的食物時，避免食物競爭的最有效方法。

## 三、攝食選擇性

布氏與島嶼銀帶鯨仔稚魚，對餌料生物偏好選擇性很類似，橈腳類在這兩種銀帶鯨的腸胃內所佔的比例，比環境中所佔的相對比例大 (Fig. 1)，顯示對橈腳類有正向偏好選擇。Blaxter (1965) 與Blaber

(1979)在研究其它鯀科仔稚魚時，也發現類似的情形。另一方面，環境中發現有很多的多毛類幼生(Fig. 2)，但這兩種銀帶鯀仔稚魚的腸胃內，卻沒發現多毛類幼生，顯示對多毛類幼生為負向偏好選擇。但是，體長與多毛類幼生相同的磷蝦，卻為正向偏好選擇。推測其可能與多毛類幼生長有剛毛，可躲避被攝食有關。

此外，在其餌料生物組成方面，尚有以下幾個較特殊的現象：(一)布氏銀帶鯀腸胃內含物中偶爾會出現底棲性橈腳類的猛水蚤，可能是因為漲潮時強烈的水塊混合攪動，將其帶至水表面而被布氏銀帶鯀所捕食；顯示底棲生物之食物鏈也能傳遞至表層。(二)島嶼銀帶鯀腸胃內含物中，曾發現少數魚卵，是否會因魚卵被食而影響到族群量？則有待進一步研究！(三)布氏銀帶鯀的前腸道中，曾發現過一隻箭蟲。箭蟲的體型大、游泳速度快，照理是不易被攝食到的；其原因可能是捕獲時，在袋網內的二次捕食所致。

#### 四、淡水河口的餌料生物量

淡水河口布氏與島嶼銀帶鯀族群中，個體間有利用相同餌料生物來源的現象，其中橈腳類與星狀矽藻為共同的餌料生物種類，雖然橈腳類在腸胃內的比率，比在環境中的相對比率高；但由這兩種銀帶鯀族群的主要餌料生物分析結果，發現橈腳類的平均豐度百分率(N%)仍有偏低的現象(Fig. 5)，這表示環境中的橈腳類，豐度並不高(Hyslop, 1980; Costello, 1990)。從空胃率的月變化來看，布氏銀帶鯀平均為24.1%，二月更高達71%(Table 1)；島嶼銀帶鯀平均為3.7%，四月高達50%(Table 2)；可知大部份的銀帶鯀仔稚魚是處於饑餓狀態。因此儘管淡水河口的紅樹林可提供豐富的餌料生物，

但是冬季生產力低及仔稚魚大量出現的春季(Tzeng and Wang, 1992)，淡水河口的餌料生物仍有不足之現象！

## 謝 辭

本研究受國科會研究計畫(NSC79-0421-B002-07Z與NSC80-0421-B002-05Z)之經費贊助，為陳楊宗在臺灣大學漁業科學研究所碩士論文之一部份。並承蒙張文炳博士提供浮游生物之原始資料，王友慈先生、陳永誠先生與施美吟小姐協助野外與實驗室內工作，及已故雷淇祥博士之參與。謹此一併，深致謝忱。

## 參考文獻

- Anon. (1988-1990). Monthly reports of oceanic condition survey at the stationary locations. *Taiwan Fish. Res. Inst.* 1988-1990.
- Blaber, S. J.M. (1979). The biology of filter-feeding teleosts in Lake St. Lucia, Zululand. *J. Fish Biol.*, 15: 37-59.
- Blaxter, J. H. S. (1965) The feeding of herring larvae and their ecology in relation to feed. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.*, 10: 79-88.
- Blaxter, J. H. S. and J. R. Hunter (1982). The biology of the clupeoid fishes. *Adv. Mar. Biol.*, 20: 1-223.
- Chern, Y. T. and W. N. Tzeng (1993). Feeding strategy of *Engrasicholina punctifer* and *Stolephorus insularis* larvae in the estuary of Tanshui River, Taiwan — I. ontogenetic dietary shifts and morphological correlates. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 20(4): 313-328
- Chesson, J. (1978). Measuring preference in selective predation. *Ecol.*, 59: 211-215.
- Costello, M. J. (1990). Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *J. Fish Biol.*, 36: 261-263.
- Crawford, R. J. M. (1987). Food and population variability in five regions supporting large stocks of anchovy, sardine and horse mackerel. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 5: 735-757.
- Cushing, D. H. (1969). The regularity of the spawning season in some fishes. *J. Conseil*, 33: 81-97.



- Day, J.W., Jr., C.A.S. Hall., W. M. Kemp and A. Yanez-Arancibia (1989). Estuarine ecology. John Wiley & Sons, New York. 558pp.
- Drake, P. and A. M. Arias (1991). Composition and seasonal fluctuations of the ichthyoplankton community in a shallow tidal channel of Cadiz Bay (S. W. Spain). *J. Fish Biol.*, **39**: 245-263.
- Gause, G. F. (1934). The struggle for existence. William & Wilkins, Baltimore. 163pp.
- FAO (1988). FAO species catalogue - Vol. 7 Clupeoid fishes of the world. FAO, Rome. 579pp.
- Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis - a review of methods and their application. *J. Fish Biol.*, **17**: 411-429.
- Ivlev, V. S. (1961). Experimental ecology of the feeding of fishes. Moskva (in Russian), English translation: Scott, D., Yale Univ. Press, New Haven. 302pp.
- Johnson, F. H. (1977). Responses of walleye (*Stizostedion vitreum*) and yellow perch (*Perca flavescens*) populations to the removal of White Sucker (*Catostomus commersoni*) from a Minnesota Lake 1966. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **34**: 1633-1642.
- Laroche, J. L. (1982). Trophic pattern among larvae of five species of sculpins (Family: Cottidae) in a Maine estuary. *Fish. Bull. U. S.*, **80**: 827-840.
- Lee, C. W. and T. Y. Chu (1965). A general survey of Tanshui river and its tributary estuaries-salinity and temperature. *Rpt. Inst. Biol. MOEA & NTU*, **2**: 34-44.
- Mann, K. H. (1982). Ecology of coastal waters: a systems approach. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 322pp.
- Miller, J. M., J. P. Reed and L. J. Pietrafesa (1982). Patterns, mechanism and approaches to the study of migrations of estuarine-dependent fish larvae and juveniles. In *Mechanisms of migration in fishes* (J. D. McCleave, G. P. Arnold, J. J. Dodson and W. H. Neill eds.). Plenum Press, New York, 209-225.
- Mcgowan, M. F. (1986). Northern anchovy, *Engraulis mordax*, spawning in San Francisco Bay, California, 1978-79, relative to hydrography and zooplankton prey of adults and larvae. *Fish. Bull. U.S.*, **84**: 879-893.
- Odate, T. (1992). Production ecology within the lower trophic levels in marine ecosystems. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **22**: 1-82.
- Schoener, T. W. (1970). Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. *Ecol.*, **51**: 408-418.
- Stell, R. G. D. and J. H. Torrie (1981). Principles and procedures of statistics. Yi Hsien Publishing Co., Taipei. 633 pp.
- Townsend, D. W. (1983). The relations between larval fishes and Zooplankton in two inshore areas of the Gulf of Maine. *J. Plankton Res.*, **5**: 145-173.
- Tzeng, W. N. and Y. T. Wang (1992). Structure, composition and seasonal dynamics of larval and juvenile community in the mangrove estuary of Tanshui River, Taiwan. *Mar. Biol.*, **113**: 481-490.
- Tzeng, W. N. and Y. T. Wang (1993). Hydrography and distribution dynamics of larval and juvenile fishes in the coastal waters of the Tanshui River estuary, Taiwan, with reference to estuarine larval transport. *Mar. Biol.*, **116**: 205-217.
- Zaret, T. M. and A. S. Rand (1971). Competition in tropical stream fishes: support for the competitive exclusion principle. *Ecol.*, **52**: 336-342.
- 能勢幸雄・石井丈夫・清水誠(1988)。水産資源學。東京大學出版會，東京。217pp。

Feeding Strategy of Two Larval Anchovies,  
*Encrasicholina punctifer* and *Stolephorus insularis*,  
in the Tanshui River Estuary, Taiwan — II  
Prey Selectivity and Interspecific Feeding Competition

Yarng-Tzung Chern<sup>1</sup> and Wann-Nian Tzeng<sup>1</sup>

(Received November 5, 1993; Accepted March 3, 1994)

*Encrasicholina punctifer* Fowler 1938 and *Stolephorus insularis* Hardenberg 1933 are widely distributed in tropical and subtropical Indian and Pacific Ocean. To understand the adaptable feeding strategy of larval fish in relation to seasonal production cycle of plankton in subtropical mangrove estuary, fish larvae and plankton were monthly collected around one year from Oct. 1989 through Oct. 1990. Feeding habits of the fish were analyzed by occurrence and numerical methods. Three bloom periods of phytoplankton in spring, summer, and autumn and two for zooplankton in spring and autumn were found, respectively. The larvae of *Encrasicholina punctifer* occurred in large number in spring and autumn, while *Stolephorus insularis* in late summer and early autumn. The food exploitation of the larvae are density dependent. The larvae of these two species have similar prey selectivity; positive selection for copepoda, branchiopoda, euphausiidae, and mollusca larvae; negative selection for rotifer, *Balanus* sp., and larvae of protochordata and polychaeta. Diet overlap was found among these two anchovies larvae in autumn. Adaptation for same habitat between these two species is discussed.

**Key words:** *Encrasicholina punctifer*, *Stolephorus insularis*, Larvae, Tanshui River estuary, Prey selection.