

渤海蓝点马鲛食物链结构的研究*

李 军

(中国科学院海洋研究所)

从 60 年代起,我国开始进行鱼类食性的研究(杨纪明、郑严, 1962; 杨纪明、林景祺, 1966), 并且开始以食性分析的方法,对特定海区内的鱼类食物关系进行研究(邓景耀等, 1986; 张其永等, 1981), 这为海洋食物链研究提供了初步资料。但至今尚未见有单种鱼食物链结构的研究报道。

蓝点马鲛 *Scomberomorus niphonius* (Cuvier et Valenciennes) 为暖水性、洄游性、中上层鱼类。通常每年 6 月进入渤海产卵, 11 月前后离开渤海, 向深海做越冬洄游(韦晟, 1980)。蓝点马鲛作为渤海的重要经济鱼类之一, 近些年来资源量一直保持相对稳定(韦晟, 1982; 朱德山、韦晟, 1983)。进行蓝点马鲛的食物链研究, 一方面有助于进行蓝点马鲛资源的预测、增殖及管理, 另一方面对阐明渤海生态系统中的能量转换也具有一定意义。本文试图对蓝点马鲛食物链结构问题进行讨论。

一、材料和方法

本文应用胃含物分析方法,从蓝点马鲛开始,按摄食方向逐级分析其食物组成,以重要食物种类得出蓝点马鲛的食物链结构。

1. 取样 在 1982 年至 1984 年渤海渔业资源调查中取得的蓝点马鲛标本, 夏季(6—8 月) 22 尾, 秋季(9—11 月) 158 尾; 1987 年取得补充标本, 夏季 27 尾, 秋季 172 尾。从上述标本中取出胃, 置于 10% 福尔马林中固定保存。

在 1984 年调查时,取得鲢鱼标本,夏季 138 尾,秋季 126 尾;黄鲫秋季标本 159 尾;青鳞鱼秋季标本 183 尾。将所取标本整体放入 10% 福尔马林中固定保存。

食物链低级的浮游生物样品是 1984 年渤海调查时,用中型浮游生物网(GG36 筛绢)水平拖网(5min)获得的,所得样品用 5% 福尔马林固定。

以上标本数以实胃数计。

2. 胃含物分析 解剖鱼胃,取出胃含物,用吸水纸吸去多余水分,然后用扭力天平或细刻度杆秤称重,获得食物团实际重量。而后,借助放大镜、双筒解剖镜,必要时使用显微镜,鉴定饵料种类,并按种类分别计数(杨纪明、郑严, 1962; 勃鲁茨基等, 1965)。共分

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1636 号。本文承导师杨纪明教授指导,谨此志谢。

收稿日期: 1989 年 5 月 3 日。

析蓝点马鲛、鲢鱼、黄鲫、青鳞鱼的胃含物样品 985 个。

将浮游动物放在载玻片上,滴上少量饱和次氯酸钠溶液,溶解至透明(约 3—5min),然后在双筒解剖镜下用解剖针分离出消化道,将消化道压片,并轻轻敲击盖玻片。最后,移至显微镜下鉴定食物种类,并分别计数 (Infante, 1978)。共分析浮游动物胃含物样品 628 个。

3. 数据处理方法 主要参数及其计算公式 (杨纪明、郑严, 1962; Hyslop, 1980) 如下:

$$\text{出现频率} = (\text{含有该成分的胃数} / \text{总胃数}) \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{个数百分比} = (\text{该种饵料总个数} / \text{饵料总个数}) \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{重量百分比} = (\text{该成分更正重量} / \text{食物总更正重量}) \times 100\% \quad (3)$$

食物链中各环节种类的营养级平均值,参照 Odum 和 Heald (1975) 方法,用下式计算:

$$\text{某种类营养级平均值} = \sum (\text{各种食料生物类群的营养级平均值} \times \text{其出现频率百分组成}) + 1 \quad (4)$$

此处的“出现频率百分组成”为“某一大类饵料在胃中出现的次数/所有各大类饵料在胃中出现的总次数”。

本文在计算杂食性浮游动物的营养级平均值时,应用公式 (4); 对于肉食性动物,在计算其营养级平均值时,则以“重量百分比”替代公式 (4) 中的“出现频率百分组成”。

二、食物链各环节种类的食物组成

1. 蓝点马鲛的食物组成 蓝点马鲛在渤海停留的 6—11 月间,以鲢鱼等小型中上层鱼类为主要食料。鲢鱼在蓝点马鲛胃含物中的重量百分比达 79.29%, 个数百分比为 78.17%, 出现频率是 74.68%。此外,还摄食少量的黄鲫、青鳞鱼及枪乌贼等(表 1)。

表 1 蓝点马鲛的食物组成

种 名	夏季 (6—8 月)			秋季 (9—11 月)			6—11 月		
	N*	W*	F*	N	W	F	N	W	F
双喙耳乌贼 <i>Sepiola birostrata</i>	—	—	—	3.29	0.09	2.35	1.65	0.05	1.18
日本枪乌贼 <i>Loligo japonica</i>	9.09	4.12	12.24	0.30	0.45	0.88	3.70	2.29	6.56
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	—	—	—	1.20	0.16	2.94	0.60	0.08	1.47
虾蛄幼体 <i>Alima larva</i>	3.41	0.33	6.12	0.20	0.16	0.59	1.81	0.25	3.36
鲢 鱼 <i>Engraulis japonicus</i>	79.55	88.03	73.47	76.79	70.55	75.88	78.17	79.29	74.68
黄 鲫 <i>Setipinna taty</i>	1.14	2.61	2.04	6.08	12.86	10.00	3.61	7.74	4.01
青 鳞 鱼 <i>Harengula zunasi</i>	4.55	2.15	4.08	2.29	11.46	4.41	3.42	6.81	4.25
大 银 鱼 <i>Protosalanx</i> sp.	—	—	—	0.80	0.09	0.29	0.40	0.05	0.15

* N: 个数(%); W: 重量(%); F: 出现频率(%). 以下同。

夏季, 鲱鱼作为蓝点马鲛的主要饵料种类, 其重量百分比达 88.03%; 而黄鲫、青鳞鱼及枪乌贼在蓝点马鲛的胃含物中的重量百分比很小, 三者总和不足 10%。秋季, 鲱鱼依然是蓝点马鲛的主要摄食对象, 但其重要性较夏季有一定幅度的下降, 重量百分比下降为 70.55%; 而黄鲫和青鳞鱼的重量百分比分别上升为 12.86% 和 11.46%, 成为蓝点马鲛的重要摄食对象; 此外, 蓝点马鲛还少量地摄食小带鱼、黑鳃梅童鱼、枪乌贼等(表 1)。

2. 下一级种类的食物组成

(1) 鲱鱼 (*Engraulis japonica*): 作为蓝点马鲛主要摄食种类的鲱鱼, 是以浮游动物为主要摄食对象。其主要食物种类是中华哲水蚤、真刺唇角水蚤和强壮箭虫, 这三种浮游动物在鲱鱼胃含物中的重量百分比分别为 29.84%, 21.51% 和 14.95%; 另外, 胃含物中还有相当数量的小拟哲水蚤和瓣鳃类幼体(表 2)。

表 2 鲱鱼的食物组成

种 名	夏 季			秋 季			6—11 月		
	N	W	F	N	W	F	N	W	F
圆 筛 藻 <i>Coscinodiscus</i> sp.	—	—	—	5.25	0.02	13.84	2.63	0.01	6.92
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	32.41	45.37	48.86	1.06	14.30	19.24	16.74	29.84	34.05
小拟哲水蚤 <i>Paracalanus parvus</i>	38.50	8.09	55.84	14.62	7.39	71.16	26.56	7.74	63.50
墨氏胸刺水蚤 <i>Centropages mcmurricchi</i>	1.12	0.03	1.45	0.04	0.02	3.33	0.58	0.03	2.39
海洋伪镖水蚤 <i>Pseudodiaptomus marinus</i>	—	—	—	0.03	0.05	1.56	0.02	0.03	0.78
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>	1.29	3.34	7.28	10.06	39.67	60.83	5.68	21.51	34.06
双刺唇角水蚤 <i>Labidocera bipinnata</i>	0.33	0.74	4.08	0.87	1.16	16.56	0.60	0.95	10.32
太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>	—	—	—	15.81	2.35	13.33	7.91	1.18	6.67
刺尾歪水蚤 <i>Toriansus spinicaudatus</i>	—	—	—	0.16	0.24	6.67	0.08	0.12	3.34
大眼剑水蚤 <i>Corycaeus affinis</i>	4.46	0.63	19.82	1.64	0.29	33.33	3.05	0.46	26.58
小毛猛水蚤 <i>Microsetella norvegica</i>	—	—	—	0.04	0.02	3.17	0.02	0.01	1.59
细长脚蛾 <i>Themisto gracilipes</i>	2.08	1.66	13.14	—	—	—	1.04	0.83	6.57
其他端足类 other Amphipoda	0.40	0.30	2.90	0.06	1.62	3.01	0.05	0.96	2.96
糠 虾 Mysidacea	2.62	4.25	10.31	0.12	0.86	5.72	1.37	2.56	8.02
涟 虫 Cumacea	0.22	0.10	2.20	—	—	—	0.11	0.05	1.10
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	—	—	—	0.16	4.30	3.30	0.08	2.15	1.65
长尾类幼体 <i>Macruran larva</i>	—	—	—	0.12	0.55	3.22	0.06	0.28	1.61
磁蟹蚤状幼体 <i>Porcellana zoea larva</i>	0.60	2.94	2.72	0.09	0.48	4.17	0.35	1.71	4.45
瓣鳃类幼体 <i>Lamellibranchia larva</i>	0.48	0.11	5.49	44.99	16.66	47.57	22.74	8.39	26.53
翼 足 类 Pteropoda	—	—	—	1.37	3.58	12.17	0.69	1.79	6.09
强壮箭虫 <i>Sagitta crassa</i>	20.32	28.15	16.40	0.92	1.74	4.89	10.62	14.95	10.65

鲱鱼在夏季主要摄食中华哲水蚤和强壮箭虫, 还较多地摄食小拟哲水蚤。秋季, 真刺唇角水蚤、瓣鳃类幼体和中华哲水蚤是其重要摄食种类; 此外, 小拟哲水蚤是其次要摄食种类(表 2)。

(2) 黄鲫 (*Setipinna taty*): 蓝点马鲛在夏季很少摄食黄鲫, 而在秋季则以此作为重要饵料种类。因此, 本文只对黄鲫的秋季标本做胃含物分析。

黄鲫是浮游动物食性的鱼类(表 3), 其秋季的重要摄食种类有真刺唇角水蚤和中国毛虾等。真刺唇角水蚤在其胃含物中占总重量的 56.81%, 是最主要的食物种类。此外, 黄

表 3 黄鲫、青鳞鱼的食物组成(秋季)

种 名	黄 鲫			青 鳞 鱼		
	N	W	F	N	W	F
圆 筛 藻 <i>Coscinodiscus</i> sp.	—	—	—	6.43	+	30.77
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	4.70	5.65	19.48	15.11	24.97	72.12
小拟哲水蚤 <i>Paracalanus parvus</i>	0.32	0.01	2.77	31.46	12.38	58.52
墨氏胸刺水蚤 <i>Centropages mcmurrici</i>	—	—	—	0.01	+	1.10
海洋伪镖水蚤 <i>Pseudodiaptomus marinus</i>	0.13	0.03	1.32	0.53	0.15	10.57
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>	70.10	56.81	81.87	13.01	33.39	63.81
双刺唇角水蚤 <i>Labidocera bipinnata</i>	8.53	3.83	13.38	6.64	5.29	39.65
太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>	0.19	+	1.39	0.18	0.08	4.80
刺尾歪水蚤 <i>Tortanus spinicaudatus</i>	—	—	—	0.24	0.86	5.60
捷氏歪水蚤 <i>Tortanus derjugini</i>	0.06	0.02	0.69	—	—	—
钳歪水蚤 <i>Tortanus forcipatus</i>	—	—	—	0.25	0.10	7.77
汤氏长足水蚤 <i>Calanopia thompsoni</i>	0.63	0.34	2.41	11.52	9.20	30.30
大眼剑水蚤 <i>Corycaeus affinis</i>	8.40	0.20	0.69	—	—	—
端 足 类 Amphipoda	0.52	1.34	4.86	0.10	0.63	10.57
涟 虫 Cumacea	0.07	0.17	0.63	—	—	—
糠 虾 Mysidacea	1.57	4.49	12.12	—	—	—
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	8.25	23.54	32.99	1.51	7.78	6.67
细 螯 虾 <i>Leptochela gracilis</i>	0.63	1.91	3.50	0.01	0.07	0.60
长尾类幼体 <i>Macruran larva</i>	—	—	—	1.60	0.84	8.52
短尾类蚤状幼体 <i>Brachyuran zoea larva</i>	—	—	—	0.08	0.20	2.43
虾蛄幼体 <i>Alima larva</i>	0.25	0.50	1.90	—	—	—
介 形 类 Ostracoda	—	—	—	0.01	0.01	1.10
多 毛 类 Polychaeta	—	—	—	0.02	0.14	1.52
翼 足 类 Pteropoda	—	—	—	0.62	0.15	6.10
瓣鳃类幼体 <i>Lamellibranchia larva</i>	0.11	0.88	0.57	1.13	0.05	6.08
强壮箭虫 <i>Sagitta crassa</i>	4.12	1.89	3.86	3.65	1.54	17.69

* “+”表示重量百分比不足 0.01 %。

鲫还较多地摄食中华哲水蚤、糠虾等。

(3) 青鳞鱼 (*Harengula zunasi*): 由于青鳞鱼只是在秋季才作为重要食物种类被蓝点马鲛摄食, 本文只对其秋季标本做胃含物分析。

从表 3 可见, 秋季青鳞鱼的重要摄食种类是真刺唇角水蚤、中华哲水蚤和小拟哲水蚤。其中以真刺唇角水蚤为最重要, 其重量百分比为 33.39%。另外, 被摄食的次要种类有汤氏长足水蚤、中国毛虾和双刺唇角水蚤。

3. 食物链其它环节种类的食物组成 浮游动物的食性按其食物种类可分为植食性、杂食性和肉食性三类 (郑重等, 1984; Lebour, 1922)。这里所指其他环节种类包括鳀鱼、黄鲫、青鳞鱼的重要饵料种类, 肉食性浮游动物的重要饵料种类以及杂食性浮游动物的重要动物性饵料种类。共分析了 628 个浮游动物胃含物样品 (实胃), 其食物组成见表 4—7。

(1) 强壮箭虫 (*Sagitta crassa*): 为典型的肉食性浮游动物, 其食物全部由浮游动

物组成,主要食物种类是小拟哲水蚤,其次是双刺唇角水蚤(表4)。

强壮箭虫在夏季除摄食小拟哲水蚤、双刺唇角水蚤外,还较多地摄食墨氏胸刺水蚤、钳歪水蚤等;在所分析的54个标本中,真刺唇角水蚤、中华哲水蚤、细长脚蛾均出现一次,应属偶然性食物种类。在秋季主要摄食小拟哲水蚤。

表4 强壮箭虫的食物组成

种 名	夏 季			秋 季			6—11 月		
	N	W	F	N	W	F	N	W	F
<i>Calanus sinicus</i>	1.23	12.18	1.85	—	—	—	0.83	9.91	1.27
<i>Paracalanus parvus</i>	55.56	20.82	72.22	95.00	76.66	96.00	68.60	31.32	79.75
<i>Centropages mcmurricchi</i>	12.35	8.64	11.11	—	—	—	8.26	7.03	7.59
<i>Labidocera euchaeta</i>	1.23	8.79	1.85	—	—	—	0.83	7.15	1.27
<i>Labidocera bipinnata</i>	9.88	28.38	11.11	—	—	—	7.44	23.08	7.59
<i>Tortanus forcipatus</i>	2.47	5.86	3.70	—	—	—	1.65	4.77	2.53
<i>Corycaeus affinis</i>	12.81	3.16	14.81	2.50	1.14	4.00	10.74	2.77	2.53
<i>Themisto gracilipes</i>	1.23	4.78	1.85	—	—	—	0.83	6.02	1.27
<i>Sagitta crassa</i>	1.23	4.78	1.85	2.50	22.19	4.00	1.65	8.03	2.53

(2) 真刺唇角水蚤 (*Labidocera euchaeta*): 从表5—7可见,真刺唇角水蚤为杂食性浮游动物。在所分析的126个胃含物样品中,小拟哲水蚤的出现频率为78.57%,无疑它是主要的摄食种类之一。另外,真刺唇角水蚤还摄食大量的浮游植物,较重要的有: 条纹小环藻、翅甲藻、四角网骨藻和琼氏圆筛藻;并且还较多地摄食梭角角藻、柱状小环藻。

真刺唇角水蚤在夏季主要摄食小拟哲水蚤、四角网骨藻、翅甲藻、梭角角藻;在秋季则主要摄食小拟哲水蚤、条纹小环藻、翅甲藻和琼氏圆筛藻。

(3) 双刺唇角水蚤 (*Labidocera bipinnata*): 为杂食性浮游动物,其主要摄食对象为小拟哲水蚤,其次为鸟喙尖头蚤等浮游动物;此外,还较多地摄食柱状小环藻、条纹小环藻、四角网骨藻、翅甲藻等浮游动物(表5)。

双刺唇角水蚤在夏季的重要摄食对象是小拟哲水蚤、四角网骨藻、条纹小环藻、柱状小环藻以及翅甲藻;在秋季,除四角网骨藻外,上述其他种类仍然是双刺唇角水蚤的重要摄食种类(表6,7)。

(4) 中国毛虾 (*Acetes chinensis*): 中国毛虾在秋季被黄鲫大量摄食,也较多地出现在青鳞鱼的胃含物中。胃含物分析结果表明(表7),中国毛虾为杂食性浮游动物,其秋季的主要摄食对象为小拟哲水蚤、条纹小环藻、三角角藻、长角角藻及星形圆筛藻。

(5) 中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*): 从胃含物分析来看,中华哲水蚤的重要摄食种类是翅甲藻和离心圆筛藻(表5),此外,还较多地摄食柱状小环藻、多甲藻、琼氏圆筛藻、四角网骨藻、线形圆筛藻和裸甲藻。夏季,翅甲藻和柱状小环藻是中华哲水蚤的重要摄食种类;秋季则离心圆筛藻、琼氏圆筛藻、线形圆筛藻和翅甲藻的数量在胃含物中占优势(表6,7)。

(6) 小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*): 小拟哲水蚤为植食性浮游动物,其重要食物种类是条纹小环藻、离心圆筛藻、翅甲藻和波状辐辏藻,其中以条纹小环藻占主要地位。

表 5 浮游动物的食物组成 (6—11 月)

种 名	中华哲水蚤		小拟哲水蚤		瓣鳃类幼体		真刺唇角水蚤		双刺唇角水蚤	
	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F
辐射圆筛藻 <i>Coscinodiscus radiatus</i>	4.73	12.53	2.96	5.82	—	—	3.88	7.33	—	—
星形圆筛藻 <i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	+	2.11	—	—	—	—	4.58	6.22	1.28	1.22
线形圆筛藻 <i>Coscinodiscus lineatus</i>	6.47	14.89	+	0.54	+	2.54	1.39	3.71	—	—
虹彩圆筛藻 <i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	1.20	1.73	+	0.69	—	—	—	—	—	—
琼氏圆筛藻 <i>Coscinodiscus jonesianus</i>	7.40	15.21	—	—	—	—	14.63	11.69	—	—
离心圆筛藻 <i>Coscinodiscus eccentricus</i>	10.20	20.14	18.02	23.52	8.32	13.37	2.58	3.99	+	1.22
整齐圆筛藻 <i>Coscinodiscus concentricus</i>	2.53	7.36	+	1.23	—	—	+	1.95	1.93	3.66
细弱圆筛藻 <i>Coscinodiscus subtilis</i>	+	0.71	2.14	2.99	+	0.85	1.89	3.89	—	—
条纹小环藻 <i>Cyclotella striata</i>	3.20	7.68	29.03	31.59	15.32	27.23	10.94	13.82	23.44	22.17
柱状小环藻 <i>Cyclotella stylorum</i>	8.58	32.25	6.86	5.48	1.37	5.09	6.56	9.37	23.91	22.17
波状辐射藻 <i>Actinoptericus undulatus</i>	2.20	7.60	13.02	19.08	2.69	11.67	3.65	14.65	+	1.22
舟形藻 <i>Navicula</i> sp.	+	0.71	—	—	+	4.69	—	—	—	—
佛氏海毛藻 <i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	—	—	1.15	1.37	+	2.57	2.80	2.04	2.11	2.36
菱形藻 <i>Nitzschia</i> sp.	—	—	—	—	+	2.13	+	1.02	—	—
其他硅藻 other Diatom	+	2.11	2.64	4.30	7.76	22.10	—	—	—	—
翅甲藻 <i>Dinophysis</i> sp.	30.75	28.02	13.61	18.97	19.34	47.28	17.91	23.38	15.02	27.94
裸甲藻 <i>Gymnodium</i> sp.	5.86	17.85	4.86	8.22	1.84	7.24	—	—	—	—
多甲藻 <i>Peridinium</i> sp.	8.71	20.43	1.72	2.06	+	1.69	—	—	2.84	4.80
三角角藻 <i>Ceratium tripos</i>	—	—	—	—	—	—	+	1.02	—	—
长角角藻 <i>Ceratium macroceros</i>	+	0.71	—	—	—	—	4.68	8.99	3.76	6.02
梭角角藻 <i>Ceratium fusus</i>	+	0.71	—	—	—	—	6.42	10.49	3.30	5.85
四角网骨藻 <i>Dicotyocha fibula</i>	6.59	15.42	2.63	5.28	39.40	44.79	16.83	19.76	19.78	29.51
小拟哲水蚤 <i>Paracalanus parvus</i>	—	—	—	—	—	—	—	78.57	—	47.06
大眼剑水蚤 <i>Corycaeus affinis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.35
鸟喙尖头蚤 <i>Penilia avirostris</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.88

* “+”表示个数百分比不足 1% (以下同)。

小拟哲水蚤的夏、秋季食物组成变化不大,重要食物种类相似,只是波状辐辏藻在秋季成为次要食物种类(表 5—7)。

(7) 瓣鳃类幼体 (*Lamellibranchia larva*): 所分析的瓣鳃类幼体大小在 0.3—0.8mm 范围内,胃含物分析结果表明(表 5),其重要食物种类有四角网骨藻、翅甲藻、条纹小环藻,另外,还较多地摄食离心圆筛藻。

从表 5, 6 可以看出,瓣鳃类幼体夏、秋季重要食物种类的变化,在数量组成上是,夏季优势种比较明显,仅四角网骨藻一种即占总个数的 53.68%,秋季则数量较接近,优势种不明显;在种类组成上,在秋季离心圆筛藻成为瓣鳃类幼体的重要食物种类。

三、蓝点马鲛食物链结构

蓝点马鲛一般在 5 月中、下旬进入渤海产卵,10 月底、11 月初开始离开渤海进行越冬洄游。蓝点马鲛有两个强摄食期——产卵后索饵期和越冬前索饵期。本文对蓝点马鲛食物链结构的研究即主要分为这两个摄食期,也就是相对应的夏、秋两季。

通过对蓝点马鲛、鲢鱼、黄鲫、青鳞鱼及处于食物链低级的浮游动物的胃含物分析,本文将其食物种类分为重要食物种类、次要食物种类和偶然食物种类。以上所述的鱼类及

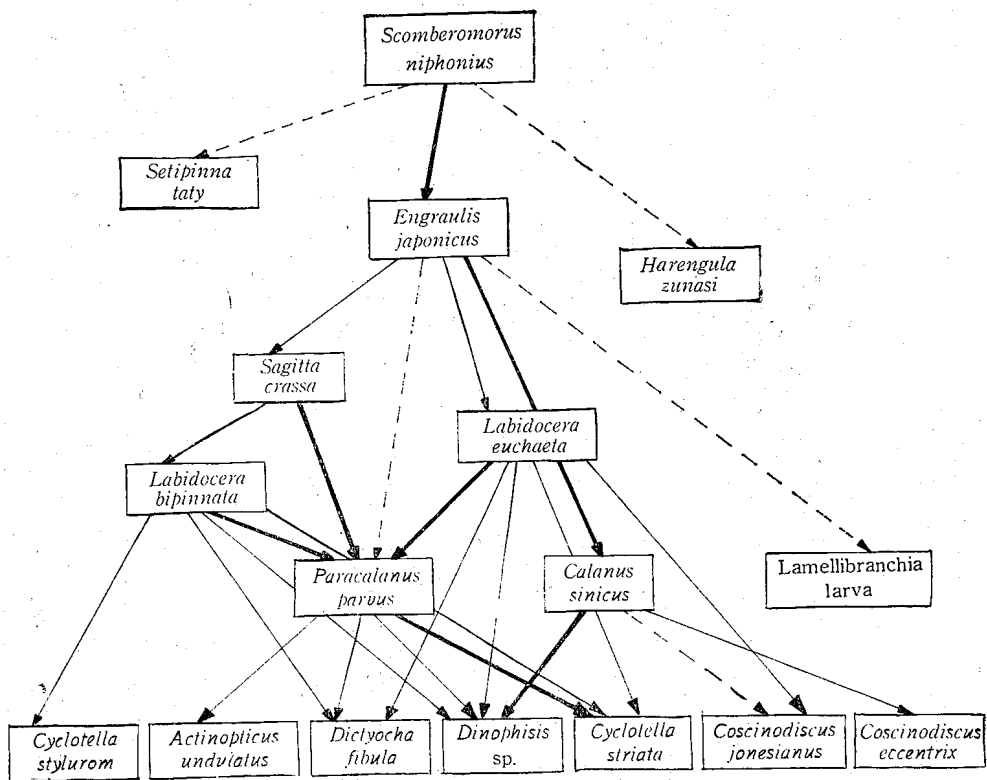


图 1 蓝点马鲛食物链结构 (6—11 月)

粗线箭头: 主要摄食途径(所应用的重要性指标大于 25%); 实线箭头: 重要摄食途径; 虚线箭头: 次要摄食途径, 以下同

肉食性浮游动物强壮箭虫的食物种类之间的重要性比较,是以重量百分比作为衡量参数,重量百分比大于10%的为重要食物种类,小于5%的为偶然食物种类,介于5%和10%之间的为次要食物种类。对于植食性浮游动物,如小拟哲水蚤,由于缺少浮游植物个体重量资料,其食物种类之间的重要性比较所依据的参数是个数百分比,个数百分比大于10%的为重要食物种类,介于5%和10%之间的为次要食物种类,小于5%的为偶然食物种类。由于浮游动物的个体重量远远大于浮游植物,对杂食性浮游动物的胃含物分析,若单纯依据个数百分比,必将减弱浮游动物在营养中的作用。因此,在资料处理过程中,将食物团中的浮游动物单独处理,以出现频率衡量其重要性,出现频率大于10%的为重要食物种类,介于5%与10%之间的为次要食物种类,低于5%的为偶然食物种类;其余的浮游植物之间则按个数百分比衡量其重要性。蓝点马鲛的食物链结构是依据重要食物种类推出的。

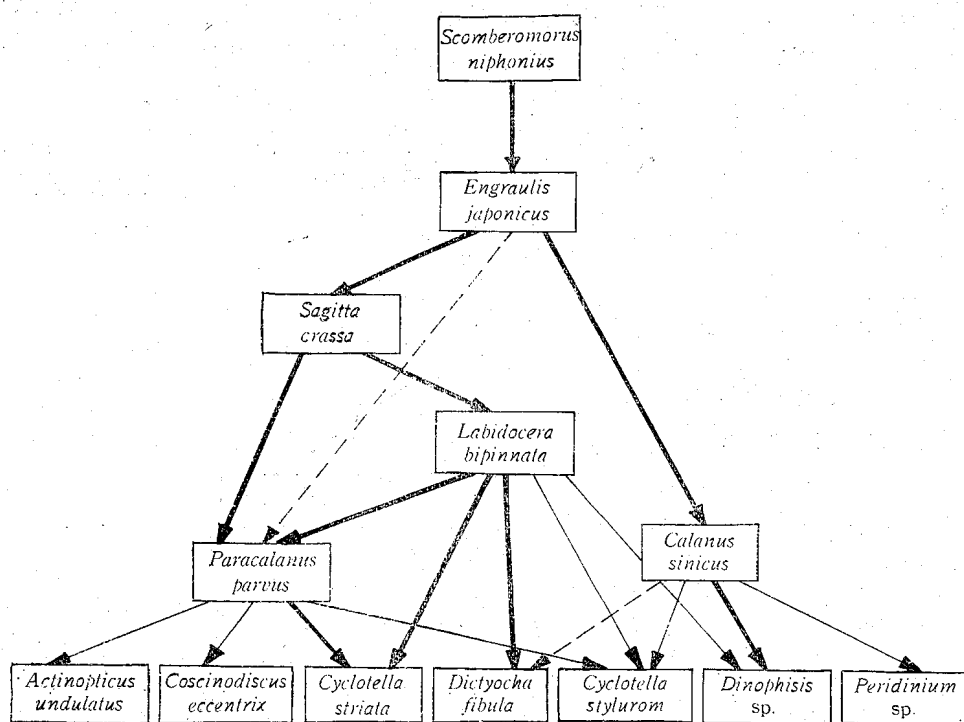


图2 蓝点马鲛食物链结构(夏季)

如图1所示,蓝点马鲛食物链是占有四个营养级的三级转换结构,转换路径基本符合“浮游植物→浮游动物→低级肉食性鱼类→高级肉食性鱼类”这一模式。在第一营养级到第二营养级的第一级转换中,起重要作用的浮游植物有7种:翅甲藻、四角网骨藻、条纹小环藻、离心圆筛藻、琼氏圆筛藻、柱状小环藻和波状辐辏藻,它们共占浮游植物转换个数的60%强。在第二级转换中,中华哲水蚤、真刺唇角水蚤和强壮箭虫起着重要的作用,这三种浮游动物,若以重量百分比计占第二级转换的66%。鲱鱼是在第三级转换中起重要作用的唯一一种,作为联系第二级转换和第三级转换的关键性鱼类,鲱鱼在第三级转换中占总重量的近80%。在蓝点马鲛食物链中,小拟哲水蚤占着一个较特殊的位置,它既是鲱

鱼等的经常性食物种类, 又是真刺唇角水蚤、箭虫等与浮游植物相联系的不容忽视的中间环节。

蓝点马鲛食物链, 自低级到高级, 为一聚合式结构 (Odum, 1983)。

蓝点马鲛食物链结构在夏季比较简单, 转换较集中。从种类组成方面看, 在第二级转换中起重要作用的只有中华哲水蚤和强壮箭虫, 在第三级转换中起重要作用的是鳀鱼; 从转换重量方面看, 中华哲水蚤和强壮箭虫共占第二级转换的 83%, 鳀鱼则在第三级转换中占转换重量的 87% (图 2)。

蓝点马鲛秋季的食物链结构较复杂, 同时也最能体现从低级到高级的聚合式食物链。从图 3 可以看出, 从低级到高级起重要作用的种类数量依次是 9, 5, 3, 1, 即以种类数量多的低级生物, 供养种类数量少的高级生物。在秋季的食物链中, 执行第二级转换的重要种类数量由夏季的 2 种增加到 5 种, 其中真刺唇角水蚤为最重要。通过加权平均, 真刺唇角水蚤在第二级转换中占总重量的 39%; 其次是中华哲水蚤, 占 13.68%, 其他 3 种重要种类是瓣鳃类幼体、中国毛虾和小拟哲水蚤。在第三级转换中起重要作用的种类除鳀鱼外, 还有黄鲫和青鳞鱼, 鳀鱼仍然是这一层次的最重要种类。

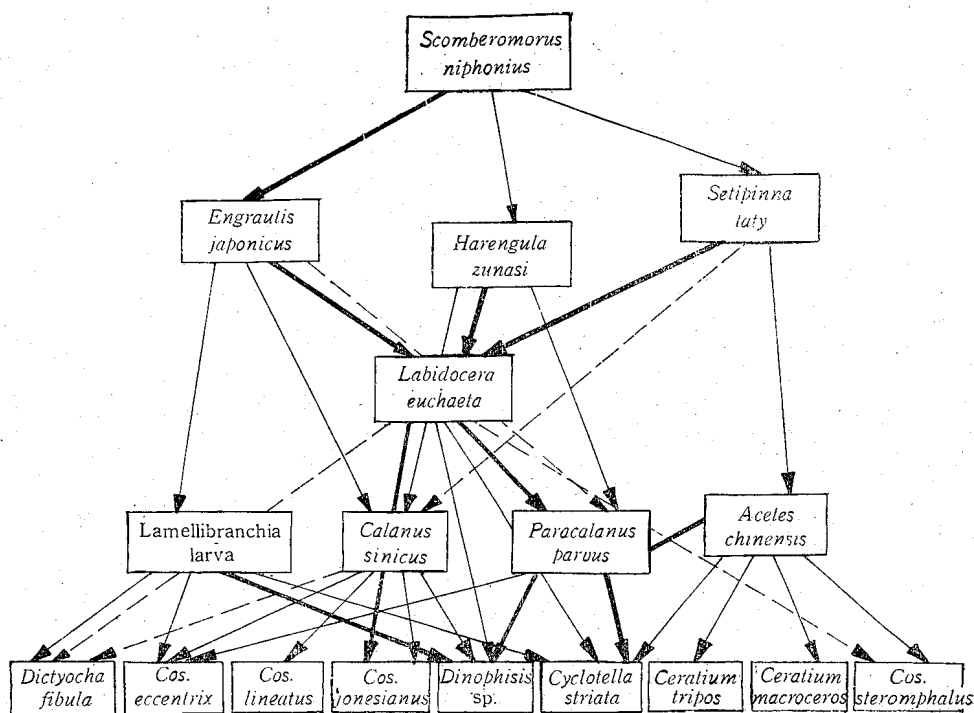


图 3 蓝点马鲛食物链结构(秋季)

Cos.: Coscinodiscus

生态系统中生物成员之间的最重要联系是通过营养, 即通过食物链联成一个整体。水体生态系统中的食物链如: 浮游植物→浮游动物→低级肉食性鱼类→高级肉食性鱼类, 其中的一个环节称为营养级。根据 Odum 和 Heald (1975) 的方法并参考 Yang

Jiming (1982) 的文章, 本文计算了蓝点马鲛食物链中各个环节的种类营养级的平均值。从图 4 可以看出, 第一营养级是自养营养级, 全部是浮游植物 (平均值为 1); 第二至第四营养级是异养营养级, 海洋动物属于这些营养级。在蓝点马鲛食物链中, 植食性浮游动物如小拟哲水蚤等及杂食性的如真刺唇角水蚤等位于第二营养级 (2.0—2.9), 肉食性浮游动物强壮箭虫也属于这一营养级。位于第三营养级的低级肉食性鱼类有黄鲫、鲢鱼和青鳞鱼 (3.1—3.3)。蓝点马鲛作为高级肉食性鱼类, 处于食物链营养级的最高级——第四营养级 (4.2)。

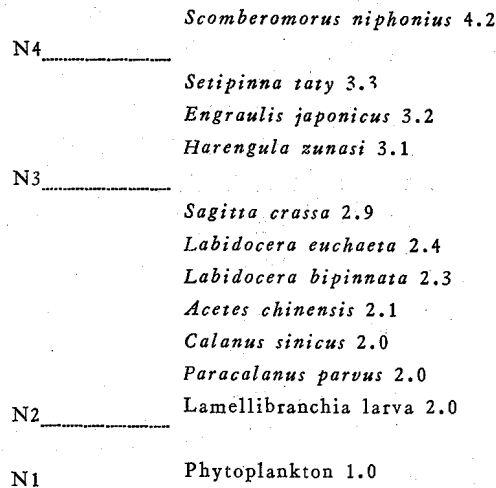


图 4 营养级平均值示意图

N: 营养级

本文在计算营养级平均值的过程中, 由于: (1) 中华哲水蚤和瓣鳃类幼体, 按胃含物分析结果, 本文将其定为植食性浮游动物, 营养级平均值为 1。按郑重等 (1984) 的结论, 这些种类应为杂食性浮游动物。(2) 杂食性浮游动物如真刺唇角水蚤等的营养级平均值的计算所应用的指标是出现频率, 相对于应用重量百分比, 这无疑减弱了浮游动物性饵料的重要性。因此本文所得的营养级平均值较实际情况偏小。因为对结果影响不大, 加之缺少资料, 所以本文没有进行修正。

四、结语与讨论

1. 渤海是我国内海, 为一半封闭水体, 具有典型的中纬度水域的生物群落特征, 即多样化程度低。与我国其他海域比较, 渤海生物种类少, 种类个体数量大, 生物间联系较简单, 因此这里有利于开展食物链和食物网的研究。另外, 渤海是许多经济鱼类的产卵场, 在这里开展食物链研究, 有利于这些鱼类资源的保护、增殖和合理利用。

蓝点马鲛是一种洄游距离长、分布范围广的暖水性中上层鱼类, 是渤海中上层鱼类中产量较高、个体较大的经济种之一。近年来, 由于带鱼等重要经济鱼类资源量的急剧衰退, 蓝点马鲛的经济价值, 即重要性相对地提高了。根据渤海水产资源增殖调查报告, 蓝

点马鲛在中上层鱼类渔获量中占不小的比例(杨纪明, 1986)。根据有关资料, 我国蓝点马鲛产量占世界产量的 60—80% (朱德山、韦晟, 1983)。因此, 在渤海进行蓝点马鲛的增殖研究, 具有重要的意义, 而资源增殖工作的重要依据之一就是食物链结构的研究结果。

2. 鲱鱼不仅是蓝点马鲛食物链中连结第二、第三级转换的中间生产者, 而且在整个渤海食物网中占着非常重要的位置(邓景耀等, 1986)。它以浮游动物为食料, 同时本身又是牙鲆、蛇鲻、真鲷、鲈鱼等很多大型经济鱼类以及蓝点马鲛的重要饵料。鲱鱼在中上层水体食物联系中起着举足轻重的作用。所以, 从浮游植物到鲱鱼这一段食物链, 不仅是蓝点马鲛食物链不可缺少的一部分, 而且在渤海食物网中也是一个不容忽视的重要环节。

鲱鱼同黄鲫、青鳞鱼均为渤海的优势种, 根据杨纪明等 (1986) 对 1983 年夏季渤海上层鱼类生物量的估计, 在重量方面, 鲱鱼居第一位, 黄鲫、青鳞鱼也占相当大的比例。由此可知, 蓝点马鲛有着非常雄厚的饵料基础, 它的自然生产力和增殖潜力很大。

为提高渔业资源的质量, 可将直接开发利用鲱鱼资源, 改变为间接地利用鲱鱼资源, 即通过食物链直接利用蓝点马鲛资源(杨纪明, 1986)。蓝点马鲛食物链研究为此提供了重要的科学依据。

3. 在蓝点马鲛食物链的第二营养级, 有 4 种非常重要的浮游动物, 即中华哲水蚤、真刺唇角水蚤、强壮箭虫和小拟哲水蚤。中华哲水蚤无论在夏季或秋季, 在第二级转换中均起着非常重要的作用。真刺唇角水蚤在秋季是食物链中的一个关键性种类, 它同为 3 种鱼——鲱鱼、黄鲫和青鳞鱼的重要食物种类, 占它们胃含物重量的 30% 以上, 在黄鲫胃含物中占 56% 强; 若按第二级转换整体计算, 真刺唇角水蚤占转换重量的 39%。强壮箭虫是夏季食物链中的重要种类之一, 占第二级转换重量的近 30%。小拟哲水蚤在食物链中处于一个较特殊的位置, 它以浮游植物, 特别是小型浮游植物为食, 同时本身又是鲱鱼等浮游动物食性鱼类的重要食物种类; 不仅如此, 大型浮游动物如箭虫、真刺唇角水蚤等又多以小拟哲水蚤为重要食物。所以, 小拟哲水蚤是杂食性浮游动物、肉食性浮游动物、低级肉食性鱼类与浮游植物之间食物联系的重要环节。

渤海是浮游动物种类少, 优势种个体数量多的海域¹⁾。上述 4 种浮游动物均为渤海的优势种。真刺唇角水蚤夏、秋两季数量特别大; 强壮箭虫终年占优势, 在夏季达到高峰; 小拟哲水蚤为广分布沿岸种, 在渤海三个湾中数量特别多, 夏、秋为全年高峰期; 中华哲水蚤在夏季达到高峰。所以, 以这些浮游动物作为主要食料的鲱鱼、黄鲫、青鳞鱼有着充分的食物保障, 资源增殖潜力很大。

4. 生态系统中, 由于各种原因, 诸如动物食性的阶段性变化及季节性变化等, 以及自然食物条件改变而引起的主要食物组成变化, 食物链结构都可能有所变化, 食物链往往具有暂时性, 但是居于生物群落的核心, 数量上占优势的种类, 其食物关系是比较稳定的。因此, 作为渤海水域特定季节优势种的鲱鱼、黄鲫、青鳞鱼以及中华哲水蚤、真刺唇角水蚤等所形成的食物联系, 应是比较稳定的, 同时, 这一食物联系应是渤海食物网中最重要的部

1) 白雪娥, 庄志猛, 1987. 渤海浮游动物与渔业增殖关系的研究。渤海增殖环境调查报告。黄海水产研究所编 (内部资料)。

分之一。

蓝点马鲛食性比较单一，它与鲰鱼等之间长期形成的食物联系比较稳定（韦晟，1981）。因此，在渤海这一特定水域里，蓝点马鲛食物链结构应是比较稳定的。

参 考 文 献

- 韦晟，1980。蓝点马鲛在黄、渤海的渔场、渔期与环境的关系。海洋湖沼通报 2: 34—40。
- 韦晟，1982。渤、黄海蓝点马鲛资源现状和合理利用。海洋水产研究丛刊 28: 11—17。
- 朱德山、韦晟，1983。渤、黄、东海蓝点马鲛渔业生物学及其渔业管理。海洋水产研究 5: 41—62。
- 邓景耀、孟田湘、任胜民，1986。渤海鱼类食物关系的初步研究。生态学报 6(4): 356—364。
- 张其永、林秋眠等，1981。闽南—台湾浅滩渔场鱼类食物网研究。海洋学报 3(2): 275—290。
- 杨纪明、郑严，1962。浙江、江苏近海大黄鱼的食性及摄食的季节变化。海洋科学集刊 2: 14—28。
- 杨纪明、林景祺，1966。烟台及其附近海区鲈鱼的摄食习性。太平洋西部渔业研究委员会第七次全体会议论文集。科学出版社，10—15 页。
- 杨纪明等，1986。1983 年夏季渤海上层鱼类生物量的估计。海洋科学 10(1): 63。
- 杨纪明，1986。人工增殖蓝点马鲛作为利用鲰鱼资源另一途径的分析。海洋科学 10(4): 44—45。
- 郑重、李少菁、许振祖，1984。海洋浮游生物学。海洋出版社，379—383 页。
- 勃鲁茨基等，曾炳光译，1965。天然水域鱼类营养研究指南。科学出版社。
- Cushing, D. H. 1968. Introduction of pelagic food chains. In: Marine Food Chains. (Edited by J. H. Steele) p. 167.
- Hyslop, E. J., 1980. Stomach contents analysis—a review of methods and their application. *J. Fish Biol.* 17: 411—429.
- Infante, A. D., 1978 A method of the study of foods herbivorous zooplankton, *Trans. Amer. Micros. Soc.* 97(2): 256—258.
- Lebour, M. V., 1922. the food of plankton organism. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 12: 644—677.
- Odum, H. T., 1983. Systems Ecology. pp. 223—226. Wiley-Interscience Publication.
- Odum, W. E. and E. J. Heald, 1975. The detritus based food web of an estuarine mangrove community. *Estuarine Research* 1: 265—286.
- Yang Jiming, 1982. A tentative analysis of the trophic levels of North Sea fish. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 7: 247—352.

THE FOOD CHAIN STRUCTURE OF JAPANESE SPANISH MACKEREL IN THE BOHAI SEA*

Li Jun

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

ABSTRACT

This paper is an attempt to get the food chain structure of Japanese Spanish mackerel, *Scomberomorus niphonius* (Cuvier et Valenciennes), in the Bohai Sea. The major part of samples were obtained from investigation of fishery resource in Bohai Sea from 1982 to 1984. The stomach content of Japanese Spanish mackerel and the important food species were analyzed grade by grade. The parameters including weight percentage, number percentage and frequency were used to compare the importance among the food items. The important food species in

* Contribution No. 1636 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.

every trophic level were obtained from stomach-content data. These species constitute the food chain structure of Japanese Spanish mackerel which includes four trophic levels. The changes of food chain structure between Summer (May to August) and Autumn (September to November) were discussed. The conclusion was reached that the structure in Autumn is most complicated. The mean trophic level of the important species were evaluated with the method developed by Odum and Heald. Japanese Spanish mackerel whose mean trophic level is 4.2 occupied the highest trophic level of the food chain, and the mean trophic levels of others are: carnivore 3.1—3.3, plankton 2.0—2.9, phytoplanton 1.0.