

研 究 簡 报

渤、黄海浮游生物个体重量的测定*

水产部海洋水产研究所

白雪娥 王为祥

浮游动物是经济鱼类的重要饵料组成部分。在研究鱼类摄食习性的时候，除了要鉴别其所摄食的种类外，还要了解其摄食强度（胃肠饱满指数）的昼夜和季节变化，洄游分布和生长肥育等，与外界饵料供应数量和质量好坏的关系。由于摄食强度是用食物团重和鱼体重的万分比表示的，特别是一些在饵料中占比重较大的种类，还需要单独表示（分饱满指数）。而在这些种类中，其个体大小、轻重和营养价值高低的差别经常是很不一致的，如果用饵料种类的个数来阐明鱼类的摄食习性，则往往不够客观，也难以阐明饵料基础与渔业资源之间的关系。因此，1960~1963年在进行渤、黄海小黄鱼仔、幼鱼摄食习性的研究和黄海竹筴鱼饵料分析的时候，曾收集了1960~1963年渤、黄海与小黄鱼仔、幼鱼有关的饵料种类，其中包括少数几种圆筛藻和作为竹筴鱼主要饵料对象的太平洋磷虾和细长脚蛾的样品，按季节和发育阶段进行了个体重量的测定。前后共测定了10个类群（包括27种个体，10种幼体和4种圆筛藻）和2种卵子的重量。

材 料 和 方 法

测定用的材料是在1960~1963年进行渤、黄海定点调查时，用大型（网口直径80厘米，网目每吋35孔）、中型（上、中圈直径分别为50、72厘米，网目每吋95孔）和小型（上、中圈直径分别为37、50厘米，网目每吋173孔）浮游生物网采集的，经5%的福尔马林固定的样品。测定方法是根据浮游动物个体大小分别用重量法和体积法进行。

体长大于0.5毫米的种类如大型桡足类(*Macro-copepoda*)、磷虾类(*Euphausiacea*)、端足类(*Amphipoda*)、毛颚类(*Chaetognatha*)……等多用直接称量测定。测定时，按种类、性别和季节划分体长组。有的种类如哲水蚤(*Calanus*)已有发育期的划分，则按已定的发育期划分组别，然后以组为单位，每组挑选50~100个完整的个体，用滤纸吸去其体表的水分，用已知重量的称量瓶直接置于万分之一的分析天平上称其总量。为了使测定的重量尽可能接近于实际的情况，每组样品一般重复称量2~3次，并掌握重复称量的误差(干湿程度)，使其不超过总量的 $\pm 2.5\%$ 。

体长小于0.5毫米不能直接称量的小型种类，如浮游硅藻、纤毛虫、卵子、无节幼体、各种早期桡足幼体和小型成体桡足类……等多用简单的几何图形体积间接测定。即把生物个体的主要部分，按一个简单的或“分割”成为几个简单的几何图形公式，在显微镜下用测微尺或描绘器进行一定数量的测量，计算出其平均体积，再乘以生物平均比重(1.04)^[2]，即个体平均重量^[1]。如小型拟哲水蚤，我们把它自额部前端至腹部生殖节，作为近似圆柱形体积来测定，其余超出图形外的肢体则作为填补体积空隙的部分(图1A)。(有的作者^[3]根据桡足类身体分前、后体部的特点，将它“分割”成椭圆形和圆柱型两个近似体积之和进行测

* 本文承朱树屏所长审阅原稿，特此致谢。

表 1 渤、黄海主要浮游动物和四种圆筛藻夏季的个体重量

Table 1 Individual weights of the chief species of zooplankton and 4 species of Coscinodiscus collected from Bo-hai and Yellow Sea in summer (1960~1962)

种 类 名 称 ⁽¹⁾	海 区 ⁽²⁾	体 长 ⁽³⁾ (毫米)	重 量 ⁽⁴⁾ (毫克)
硅藻类 Diatoms			
星形圆筛藻 <i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	渤海 ⁽⁵⁾		0.00029*
离心圆筛藻 <i>Coscinodiscus excentricus</i>	渤海 ⁽⁵⁾		0.00003*
虹彩圆筛藻 <i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	渤海 ⁽⁵⁾		0.00044*
辐射圆筛藻 <i>Coscinodiscus radiatus</i>	渤海 ⁽⁵⁾		0.0002*
纤毛虫类 Ciliata			
运动铃虫 <i>Codonellopsis mobilis</i>	渤海 ⁽⁵⁾	0.10	0.0003*
拟铃虫 <i>Tintinnopsis</i> sp.	渤海 ⁽⁵⁾	0.18	0.0018*
桡足类 Copepoda			
双刺纺锤水蚤 <i>Acartia bifilosa</i>	渤海 ⁽⁵⁾	♂ 0.93 ♀ 0.80	0.012
克氏纺锤水蚤 <i>Acartia clausi</i>	渤海 ⁽⁵⁾	♂ 1.24 ♀ 1.09	0.042
太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>	渤海 ⁽⁵⁾	♂ 1.01 ♀ 0.95	0.028
汤氏长脚水蚤 <i>Calanopia thompsoni</i>	渤海 ⁽⁵⁾	♂ 2.10 ♀ 1.90	0.36
腹针胸刺水蚤 <i>Centropages abdominalis</i>	渤海 ⁽⁵⁾	♂ 1.69 ♀ 1.59	0.058
瘦尾刺水蚤 <i>Centropages tenuiremis</i>	渤海 ⁽⁵⁾	♂ 1.68 ♀ 1.56	0.056
日本大眼剑虫蚤 <i>Corycaeus japonicus</i>	渤海 ⁽⁵⁾	♂ 1.13 ♀ 0.99	0.017
双刺唇角水蚤 <i>Labidocera bipinnata</i>	渤海 ⁽⁵⁾	♂ 2.66 ♀ 2.45	0.23
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>	渤海 ⁽⁵⁾	♂ 3.15 ♀ 2.90	0.57
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>	黄海中部 ⁽⁶⁾	♂ 2.45 ♀ 2.12	0.36
大同长腹剑水蚤 <i>Oithona similis</i>	渤海 ⁽⁵⁾	♂ 0.71 ♀ 0.68	0.007*
壮额拟哲水蚤 <i>Paracalanus crassirostris</i>	渤海 ⁽⁵⁾	♂ 0.66 ♀ 0.60	0.014*
小型拟哲水蚤 <i>Paracalanus parvus</i>	渤海 ⁽⁵⁾	♂ 0.96 ♀ 0.92	0.030
火腿许水蚤 <i>Schmackeria poplesia</i>	渤海 ⁽⁵⁾	♂ 1.90 ♀ 1.82	0.14
钳形歪水蚤 <i>Tortanus forcipatus</i>	渤海 ⁽⁵⁾	♂ 1.35 ♀ 1.05	0.12
刺尾歪水蚤 <i>Tortanus spinicaudatus</i>	渤海 ⁽⁵⁾	♂ 1.81 ♀ 1.65	0.19
磷虾类 Euphausiacea			
中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>	黄海南部 ⁽⁷⁾	6.1~7.0	1.59
中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>	黄海南部 ⁽⁷⁾	7.1~8.0	2.36
中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>	黄海南部 ⁽⁷⁾	8.1~9.0	3.26
中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>	黄海南部 ⁽⁷⁾	9.1~10.0	4.41
中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>	黄海南部 ⁽⁷⁾	10.1~11.0	5.87

续表 1

种 类 名 称 ⁽¹⁾	海 区 ⁽²⁾	体 长 ⁽³⁾ (毫米)	重 量 ⁽⁴⁾ (毫克)
中华假糠虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>	黄海南部 ⁽⁷⁾	11.1~12.0	8.01
中华假糠虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>	黄海南部 ⁽⁷⁾	12.1~13.0	10.32
糠虾类 Mysidacea			
长额刺糠虾 <i>Acanthomysis longirostris</i>	渤海 ⁽⁵⁾	4.1~6.0	0.56
长额刺糠虾 <i>Acanthomysis longirostris</i>	渤海 ⁽⁵⁾	6.1~8.0	1.11
长额刺糠虾 <i>Acanthomysis longirostris</i>	渤海 ⁽⁵⁾	8.1~10.0	4.20
长额刺糠虾 <i>Acanthomysis longirostris</i>	渤海 ⁽⁵⁾	10.1~12.0	8.10
儿岛囊糠虾 <i>Gastrosaccus kojimaensis</i>	渤海 ⁽⁵⁾	6.1~8.0	0.75
儿岛囊糠虾 <i>Gastrosaccus kojimaensis</i>	渤海 ⁽⁵⁾	8.1~10.0	3.80
儿岛囊糠虾 <i>Gastrosaccus kojimaensis</i>	渤海 ⁽⁵⁾	10.1~12.0	6.63
长尾类 Macrura			
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	渤海 ⁽⁵⁾	8~10	2.1
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	渤海 ⁽⁵⁾	16~18	14.8
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	渤海 ⁽⁵⁾	26~28	78.0
有尾被囊类 Appendicularia			
住囊虫 <i>Oikopleura</i> sp.	渤海 ⁽⁵⁾	2	0.018
幼 体 Larvae			
虾蛄幼体 <i>Alima</i> larva	渤海 ⁽⁵⁾	6~8	1.4
虾蛄幼体 <i>Alima</i> larva	渤海 ⁽⁵⁾	14~16	13.9
短尾类蚤状幼体 <i>Brachyuran zoea</i> larva	渤海 ⁽⁵⁾		0.96
长尾类幼体 <i>Macruran</i> larva	渤海 ⁽⁵⁾	2~4	0.34
短尾类大眼幼体 <i>Megalopa</i> larva	渤海 ⁽⁵⁾	4~6	1.82
太平洋哲水蚤无节幼体 <i>Nauplius</i> of <i>Calanus pacificus</i>	黄海中部 ⁽⁶⁾	0.20~0.26	0.047*
太平洋糠虾无节幼体 <i>Nauplius</i> of <i>Euphausia pacifica</i>	黄海中部 ⁽⁶⁾	0.4~0.5	0.371*
磁蟹幼体 <i>Porcellana</i> larva	渤海 ⁽⁵⁾	4~6	0.96
腹足类后期幼体 <i>Gastropoda</i> post-larva	渤海 ⁽⁵⁾		0.0045
瓣鳃类后期幼体 <i>Lamellibranchia</i> post-larva	渤海 ⁽⁵⁾		0.006
多毛类幼体 <i>Polychaeta</i> larva	渤海 ⁽⁵⁾	2~4	0.20
卵 Eggs			
太平洋哲水蚤卵 Egg of <i>Calanus pacificus</i>	黄海中部 ⁽⁶⁾	(内径)0.16~0.20	0.025*
太平洋糠虾卵 Egg of <i>Euphausia pacifica</i>	黄海中部 ⁽⁶⁾	(内径)0.3~0.4	0.165*

注：有“*”号者为体积换算重量。

Explanation, (1) Species, (2) Area, (3) Body length (m.m.), (4) Weight (mg), (5) Po-hai, (6) Central part of Yellow Sea, (7) Southern part of Yellow Sea.

定的)。

关于早期无节幼体、卵子和圆筛藻我们分别按球形和圆柱形体积计算(图1B)。对于壳面凸出的圆筛藻,测定时,以其环面观中央长轴和边缘短轴之和的1/2作为圆柱体的高度计算。至于运动铃虫,我们是采用分割方式,将其颈部、体部和底部分别作为圆柱形(ABCD)、鼓形(CDEF)和圆锥形(EFG)的体积进行测定(图2)。

归纳起来,用体积法测定浮游生物的个体重量(G)可以公式简单表示如下:

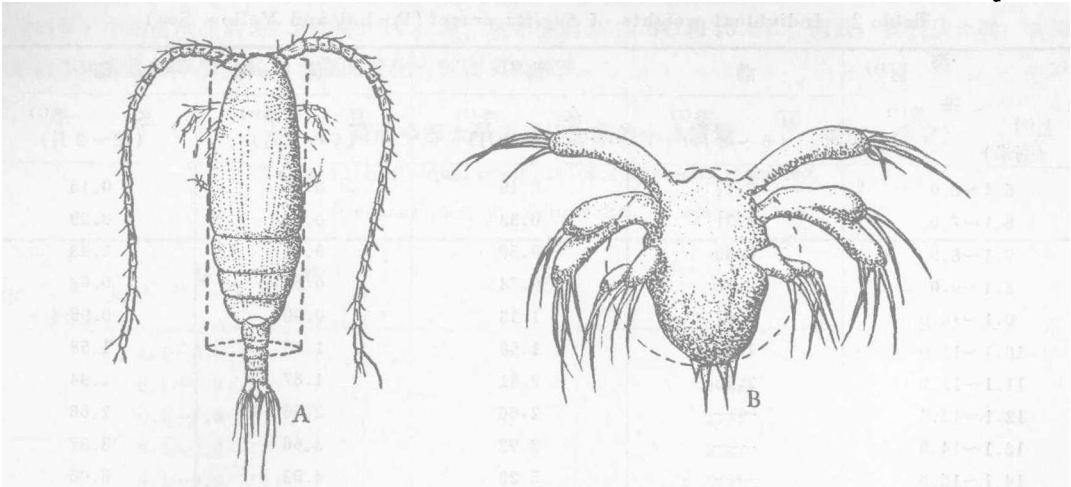


图 1 小型桡足类(A)和无节幼体(B)体积测量示意图

Fig.1. Diagram illustrating the measurement of the volume for microcopepoda (A) and nauplius (B)

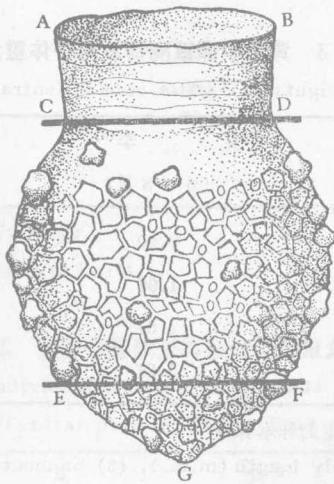


图 2 运动铃虫 *Codonellopsis mobilis* 体积测量示意图

Fig.2. Diagram illustrating the measurement of the volume for *Codonellopsis mobilis* by three parts of cleavage(ABCD、CDEF、EFG)

$$\bar{G} = \sum_{i=1}^n V_i \cdot Z^*$$

式中: V ——平均体积

n ——“分割”后体积个数, (不进行“分割”时 $n=1$)

Z ——生物比重(1.04)

“*” 由普通重量公式 (体积 × 比重 = 重量) 推广而得, 也适用于一般小型浮游生物重量的计算。

表 2 渤、黄海强壮箭虫的个体重量 (单位: 毫克)

Table 2 Individual weights of *Sagitta crassa* (Po-hai and Yellow Sea)

体 长 ⁽³⁾ (毫米)	海 区 ⁽¹⁾	渤 海 ⁽⁴⁾		黄 海 中 部 ⁽⁵⁾	
	季 节 ⁽²⁾	夏 季 ⁽⁶⁾ (6~8月)	冬 季 ⁽⁷⁾ (12~2月)	夏 季 ⁽⁶⁾ (6~8月)	冬 季 ⁽⁷⁾ (12~2月)
5.1~6.0		0.17	0.19	0.15	0.15
6.1~7.0		0.31	0.33	0.29	0.29
7.1~8.0		0.49	0.50	0.46	0.48
8.1~9.0		0.76	0.74	0.61	0.68
9.1~10.0		0.97	1.13	0.90	0.96
10.1~11.0		1.47	1.58	1.46	1.58
11.1~12.0		2.05	2.31	1.87	1.94
12.1~13.0		—	2.66	2.56	2.66
13.1~14.0		—	3.92	3.66	3.87
14.1~15.0		—	5.22	4.92	5.06
采 集 时 间 ⁽⁸⁾		1961年 6 月	1961年 2 月	1962年 6 月	1963年 2 月

Explanation: (1) Sea area. (2) Season, (3) Body length (m.m.), (4) Po-hai, (5) Central part of Yellow Sea, (6) Summer, (7) Winter, (8) Date of collection.

表 3 黄海中郎百陶箭虫的个体重量 (单位: 毫克)

Table 3 Individual weights of *Sagitta bedoti* (Central part of Yellow Sea)

体 长 ⁽²⁾ (毫米)	季 节 ⁽¹⁾	夏 季 ⁽³⁾ (6~8月)	冬 季 ⁽⁴⁾ (12~2月)
	10.1~12.0		0.90
12.1~14.0		1.99	2.13
14.1~16.0		4.61	4.67
16.1~18.0		5.57	5.74

注: 根据1962年6月和1963年2月采集的标本称量。

Explanation: (1) Season, (2) Body length (m.m.), (3) Summer, (4) Winter.

结 果

有关渤、黄海不同季节, 不同性别和不同发育阶段的浮游动物个体重量的测定结果列表附于文后以供参考。从表中看出:

1. 雌性个体较雄性个体大而重, 如黄海中部 (34°00'~37°30'N) 春季太平洋哲水蚤雌性个体平均重量为1.13毫克, 雄性个体为0.85毫克(表6)。又如同海区春季太平洋磷虾体长12.1~13.0毫米的雌性个体平均重量为9.64毫克, 而同季节同体长的雄性个体只有9.57毫克(表4)。

2. 个体重量有较明显的季节变异, 一般冬季(12~2月)体重较大, 春季(3~5月)次之, 夏季(6~8月)和秋季(9~11月)体重较小。从总的趋势来看可以归纳为冬、夏季两个基本类型, 如黄海中部冬季太平洋哲水蚤雄性个体平均重量为1.11毫克, 春季为0.85毫克, 夏、秋季分别为0.60和0.61毫克。另外如同海区冬季细长脚蚧体长达7.1~8.0毫米的个体, 平均重量为7.70毫克, 而夏季同体长的个体平均重

量仅7.26毫克(表5)。这个现象恰与有关海区温度的季节变化一致。如黄海中部冬、春季底层多年(1959~1963年)平均温度分别为7.8℃和8.6℃,夏、秋季分别为13.8℃和15.3℃。因此,我们认为渤、黄海浮游动物个体重量的季节变异与水温的变化有较密切的关系。

表 4 黄海中部太平洋磷虾春季的个体重量 (单位:毫克)

Table 4 Individual weights of *Euphausia pacifica*
(Central part of Yellow Sea in spring)

体长 ⁽²⁾ (毫米)	性 别 ⁽¹⁾	
	♂	♀
4.1~5.0		0.57
5.1~6.0		1.02
6.1~7.0		1.52
7.1~8.0		2.21
8.1~9.0		3.38
9.1~10.0		4.06
10.1~11.0		5.53
11.1~12.0	7.42	7.48
12.1~13.0	9.57	9.64
13.1~14.0	12.38	12.41
14.1~15.0	16.47	16.53
15.1~16.0	23.54	22.66
16.1~17.0	27.26	28.01
17.1~18.0	34.55	33.36
18.1~19.0	—	38.80
19.1~20.0	—	45.00

注:根据1962年和1963年5月采集的标本称重。

Explanation: (1) Sex, (2) Body length (m.m.).

表 5 黄海中部细长脚蛾的个体重量 (单位:毫克)

Table 5 Individual weights of *Themisto gracilipes*
(Central part of Yellow Sea)

体长 ⁽²⁾ (毫米)	季 节 ⁽¹⁾	
	夏 季 ⁽³⁾ (6~8月)	冬 季 ⁽⁴⁾ (12~2月)
1.1~2.0	0.20	0.23
2.1~3.0	0.47	0.61
3.1~4.0	1.08	1.28
4.1~5.0	2.10	2.18
5.1~6.0	3.50	3.58
6.1~7.0	5.06	5.08
7.1~8.0	7.26	7.70
8.1~9.0	9.60	9.74
9.1~10.0	—	13.90

注:根据1962年6月和1963年2月采集的标本称重。

Explanation: (1) Season, (2) Body length (m.m.), (3) Summer, (4) Winter.

表6 渤海、黄海太平洋哲水蚤的个体重量

Table 6 Individual weights of *Calanus pacificus* (Po-hai and Yellow Sea)

海 区 ⁽⁴⁾	季 节 ⁽¹⁾ 体长与重量 ⁽²⁾ 发育期 ⁽³⁾	春 ⁽⁸⁾ (3~5月)		夏 ⁽⁹⁾ (6~8月)		秋 ⁽¹⁰⁾ (9~11月)		冬 ⁽¹¹⁾ (12~2月)	
		毫米	毫克	毫米	毫克	毫米	毫克	毫米	毫克
		渤 海 ⁽⁵⁾	采集时间 ⁽¹²⁾	1961年3月		1961年7月		1961年10月	
	VI ♀	3.2	1.24	2.9	0.90	2.8	0.68	3.2	1.25
	VI ♂	2.9	0.87	2.7	0.61	2.7	0.60	2.9	0.98
	V	2.7	0.55	2.3	0.42	2.3	0.43	2.6	0.59
	IV	2.0	0.27	1.7	0.17	1.8	0.20	2.0	0.24
	III	1.5	0.10	1.4	0.07	1.4	0.09	1.5	0.10*
黄 海 北 部 ⁽⁶⁾	采集时间 ⁽¹²⁾	1961年3月		1961年7月		1961年10月		1961年12月	
	VI ♀	3.3	1.37	2.9	0.74	2.9	0.75	3.2	1.22
	VI ♂	3.2	1.16	2.8	0.62	2.8	0.63	3.1	1.07
	V	2.7	0.70	2.3	0.40	2.4	0.44	2.7	0.65
	IV	2.0	0.32	1.8	0.19	1.8	0.19	2.0	0.24
	III	1.6	0.14	1.4	0.08	1.4	0.08	1.5	0.10
黄 海 中 部 ⁽⁷⁾	采集时间 ⁽¹²⁾	1962年5月		1961年7月		1961年10月		1961年12月	
	VI ♀	3.2	1.13	2.9	0.73	2.9	0.74	3.1	1.04**
	VI ♂	3.0	0.85	2.8	0.60	2.8	0.61	3.1	1.11
	V	2.6	0.59	2.4	0.41	2.4	0.41	2.8	0.78
	IV	1.9	0.22	1.8	0.18	1.8	0.18	2.0	0.31
	III	1.4	0.08	1.4	0.06	1.4	0.06	1.5	0.11

注: * 该期冬季在渤海出现很少, 其重量为体积换算重量。

** 冬季黄海中部雌性个体有大、小两种类型。(1) 大型: 体长达3.4毫米, 平均个体重量为1.37毫克, 约占46%; (2) 小型: 体长为2.7毫米, 平均个体重量为0.76毫克, 约占54%。该个体平均重量系取大、小型混合平均值。

Explanation: (1) Season, (2) Body length and weight, (3) Developmental stage, (4) Sea area, (5) Po-hai, (6) Northern part of Yellow Sea, (7) Central part of Yellow Sea, (8) Spring, (9) Summer, (10) Autumn, (11) Winter, (12) Date of collection.

参 考 文 献

- [1] 都宗岳编, 1953年。重量之计算。龙门联合书局出版。
 [2] H. U. Sverdrup, Martin W. Johnson and Richard H. Fleming, 1946. The Ocean. P. 764.
 [3] Боруцкий. Е. В., 1960. Определитель свободноживущих пресноводных веслоногих раков СССР и сопредельных стран по фрагментам в кишечниках рыб. Изд. АН, СССР. Стр. 175~176.

MEASUREMENTS OF THE INDIVIDUAL WEIGHT OF PLANKTON IN PO-HAI AND YELLOW SEA

Marine Fisheries Research Institute, Ministry of Fisheries

BAI XUE-E WANG WEI-XIANG

ABSTRACT

Plankton samples were collected in 1960~1963 from Po-hai and Yellow Sea for the purpose of studying mainly the marine zooplankton and the feeding habits of economic marine fishes. The individual weight of those species of zooplankton and a few species of diatoms which might serve as food for economic fishes had been measured in various seasons and at different stages of development (or at different lengths). Species more than 0.5 mm. in size were measured by weight. Those less than 0.5 mm. were measured by volume and then the average volume multiplied by the specific gravity (1.04). Ten groups of zooplankton were measured, including 27 species, 10 kinds of larvae, 2 kinds of eggs and 4 species of *Coscinodiscus* (Tabs. 1~5).

The results of the individual weight measurements of zooplankton in Po-hai and the Yellow Sea showed that, (1) The female is always larger in size and heavier in weight than the male in all species. (2) There exists a marked seasonal variation in individual weight of zooplankton, i. e. the largest in weight always appeared in winter (Dec.-Feb.), the medium in spring (March-May), and the smallest in summer (June-Aug.) and autumn (Sept.-Nov.).