

• 研究报告 •

台湾海峡浮游翼足类群聚之季节动态

罗文增* 劳柏瑄

(*“中山大学”海洋生物科技暨资源学系, 台湾高雄 80424)

摘要: 本研究利用水产试验所研究船“水试一号”于2006年冬(1月)夏(7月)两季在台湾海峡海域进行水文探测及浮游动物采样, 以探讨浮游翼足类群聚组成与丰度之时空分布及其与水文环境的相关性。结果发现浮游翼足类夏季的丰度及多样性指数明显较冬季高, 而种类数则差异不大; 两季间优势种类组成相似但优势排名略有不同, 夏季主要优势种为棒笔帽螺(*Creseis clava*)、尖笔帽螺(*C. acicula*)和马蹄螺(*Limacina trochiformis*), 合占所有翼足类丰度的97%, 其中仅棒笔帽螺就占了总丰度的62%; 冬季主要优势种为胖螺(*Limacina inflata*), 占翼足类丰度的72%。翼足类丰度在空间上的分布亦有明显的季节差异, 夏季时以台湾海峡北部较高, 冬季则以南部较高。种类数与物种多样性指数则均以海峡南部较高。由水文站群分析及各站群生物及水文特征结果显示, 台湾海峡季节性水团的消长与翼足类群聚分布有十分密切的关联。

关键词: 台湾海峡; 翼足类; 分布; 季风; 水文环境

Seasonal dynamics of planktonic pteropods in the Taiwan Strait, western North Pacific Ocean

Wen-Tseng Lo*, Bor-Shiuan Lau

Institute of Marine Biotechnology and Resources, “Sun Yat-sen University”, Kaohsiung, Taiwan 80424,

Abstract: Zooplankton samples and hydrographic data were collected in the Taiwan Strait (TS) on Fishery Research I cruises during the winter (January) and summer (July) of 2006, to investigate the seasonal and spatial distribution of planktonic pteropods associated with hydrographic conditions. Pteropod abundance and species diversity were higher in summer than in winter, while species richness showed no difference between seasons. The pteropod community structure was similar between seasons, but the abundance ranked differently. *Creseis clava*, *C. acicula*, and *Limacina trochiformis* predominated in summer. Together they accounted for 97% of the total pteropod catches, and, *C. clava* accounted for 62% of the total catch. *Limacina inflata* was the most common species in winter, and accounted for 72% of the total catch. The spatial distribution of the abundance of pteropods showed seasonal differences. Higher abundance in the southern TS occurred in winter but in the northern TS occurred in summer. Greater species richness and diversity of pteropods was usually observed in the southern TS during both seasons. Based on our results of hydrographical station groups and their biotic and environmental characteristics, we propose that in the study area the distribution pattern of the pteropod assemblage was closely correlated with the seasonal succession of water masses driven by monsoons.

Key words: Taiwan Strait; pteropods; distribution; monsoon; hydrography

台湾海峡全长约400 km, 平均宽度200 km, 是连接东亚两大边缘海东海与南海的唯一通道(图1)。台湾海峡属于浅海陆棚(平均深度约60 m), 海水虽

浅但地形十分复杂。西南部为台湾浅滩, 浅滩北侧为澎湖列岛, 澎湖列岛与台湾本岛中间隔了一条澎湖水道; 北部则有东北–西南走向的观音凹陷, 海

收稿日期: 2015-10-21; 接受日期: 2016-07-14

基金项目: 台湾“科技部”(NSC 102-2611-M-110-005)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: lowen@faculty.nsysu.edu.tw

峡中间有来自台湾中西部沿海向西北延伸的云彰隆起(YunChang Ridge), 异质性高的地形结构造成复杂的海流系统与水文变化(Jan et al, 2002)。台湾海峡南部有南海及吕宋海峡, 属于水深较深的海盆地形, 深约200–1,000 m; 台湾海峡北部则有东海, 而海峡中北部都属于水深较浅的陆棚海域, 平均水深约为100 m。

台湾海峡的四周有多种不同的水团, 北方有中国沿岸流(China Coastal Current), 南方则有黑潮支流(Kuroshio Branch Current)及南海表层水(South China Sea Current), 这些水团共同支配着台湾海峡的水团特征。来自大陆北方的沿岸流属于低温低盐特性, 源自北赤道的洋流通过吕宋海峡为高温高盐的黑潮支流, 而南海表层水性质则介于上述两个水团之间(Chu, 1971)。台湾海峡的不同水团受到季风的影响而呈现明显的季节性消长(Lin et al, 2005)。冬季时黑潮支流穿越巴士海峡, 沿着台湾西南海域经过澎湖水道向北流动, 虽受东北季风和云彰隆起的阻挡, 但仍有部分逆风北流; 中国沿岸流则藉由东北季风驱动沿着大陆沿岸南下进入台湾海峡, 在台湾海峡的中部与黑潮支流形成东西向的盐度锋面(朱祖佑, 1961)。夏季则受到西南季风影响, 南海表层水取代黑潮支流进入台湾海峡, 在云彰隆起分为表层和深层两道支流, 表层流沿着台湾本岛向北流动, 而深层流绕过隆起地形向海峡西北部前进; 中国沿岸流则受到西南季风所阻局限于长江口外, 对海峡影响较小。总之, 台湾海峡受到季风操控而呈现复杂的水团季节消长(Fan & Yu, 1981; Jan et al, 2002, 2006; Hong et al, 2009), 并明显影响海域浮游动物及其他海洋生物的分布(Hwang & Wong, 2005; Hwang et al, 2006; Hsieh et al, 2011, 2012, 2013; Chou et al, 2012; Lo et al, 2012)。

翼足类分布范围十分广泛, 从寒带、温带到热带海域都有它们的踪迹, 但是大部分为暖水表层物种, 仅有少数种类分布于极区海域和深海。例如 *Limacina helicina* 和 *Clione limacina* 属于极区种(Lalli & Gilmer, 1989; 郑重等, 1991); *Cavolinia globulosa* 则属于大洋性暖水种, 栖息于高温高盐的海域; *Creseis clav* 常出现在低盐沿岸水和高温高盐大洋水团的交汇处, 属于大洋性暖水广布物种(戴燕玉, 1995); 而 *Limacina bulimoides* 喜于较低温的环境, 对于盐度适应范围较广, 是属于亚热带近海

种(Xu, 2008)。由于翼足类大多栖息于海表层, 故时常随海流分布或进入近海, 因此有些种类被作为海流或水团的指示种(van der Spoel, 1974)。例如, *Cavolinia inflexa* 会随着加州洋流季节性的消长呈现出不同的分布模式, 为加州洋流的指示物种(van der Spoel & Heyman, 1983); *Creseis virgula* 在南海受到不同季风的影响会出现不同的分布模式, 为南海季风的指示物种(邹祖怡, 1991); 而拟海若螺(*Paraclione longicaudata*)被认为是台湾暖流或黑潮流向的指示种(Xu, 2008)。在北极海域, 裸海蝶(*Clione limacina*)常大量繁殖造成海面变色, 它们的分布情况也被作为北极冷水团入侵的指示种(郑重等, 1991)。

在台湾海峡及邻近海域有关浮游翼足类的研究并不多, 仅戴燕玉(1989)在台湾海峡西部海域及黄等(1993)在闽南–台湾浅滩渔场海域进行过浮游翼足类种类组成及分布与水文关联之研究。另Chang和Hsueh (2005)也曾于台湾桃园近岸海域研究翼足类之季节变化, 发现主要的优势种为 *C. acicula* 与 *C. virgule* var. *conica*, 这两种在冬季繁殖期数量较多。不过这些研究大多局限于小的范围, 关于整个台湾海峡的研究资料仍十分缺乏。本研究目的则是想了解整个台湾海峡翼足类的种类组成及数量在不同季节的分布特征, 并探讨其与水文环境因子的关系。

1 材料和方法

1.1 调查采样及鉴种计数

本研究是利用台湾水产试验所“水试一号”研究船在2006年冬季(1月3–12日)及夏季(7月17–23日)于台湾海峡海域选定17个测站(图1)进行的水文数据与浮游动物采样。在每一测站进行浮游动物采样前, 均先以温盐深仪量测表层至离海底约10 m处的温盐度等相关水文数据, 叶绿素a浓度数据则是由台湾水产试验所提供。浮游动物采样使用ORI网(网口直径160 cm、网目大小为333 μ m), 由水深200 m(水深较浅者由实际水深离海底10 m处)以每秒1 m的速度上收至海表进行垂直拖网, 网口中央装有流量计来估算流经网口的海水体积, 以换算单位水体积翼足类的丰度。采得的浮游动物样本均在船上以5%中性福尔马林固定保存, 带回实验室再利用分样器视量分样后, 以解剖显微镜对翼足类样品进行挑拣并

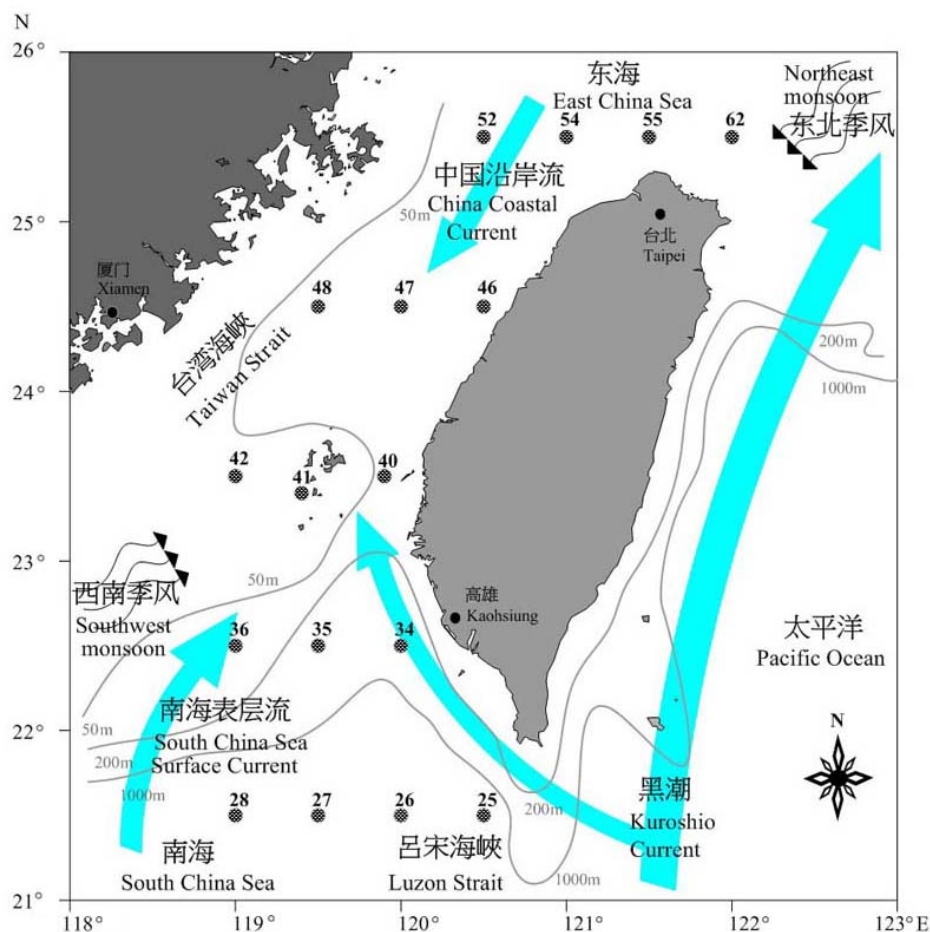


图1 台湾海峡浮游动物采样测站位置图
Fig. 1 Sampling stations in the Taiwan Strait

鉴种计数, 物种鉴定之依据参考书籍有: 张福绥(1964)、山路勇(1986)、Lalli和Gilmer (1989)以及千原光雄和村野正昭(1997)等编著的分类图鉴, 并尽可能鉴定至种。

1.2 数据处理及统计分析

首先将各个航次测站海表层至水深10 m处之温度、盐度与叶绿素 a 浓度平均值数据以Sufer 7.0软件绘制成水平分布图, 以探讨水团分布状况。生物参数则计算各测站之物种多样性指数(species diversity index, H') (Shannon & Weaver, 1949), 以了解翼足类物种多样性之时空分布。另以方差分析(ANOVA)检测不同季节及水团间的水文因子及生物参数是否有显著性的差异。我们亦将各测站海表层至水深200 m处之温度、盐度与叶绿素 a 浓度等水文数据利用统计软件SYSTAT 10.2转化为对数值并

标准化后以利用群集分析(Cluster Analysis)法来探讨冬夏两季台湾海峡的水团分布特征并比较各水团翼足类群聚组成数量的变异情形。

2 结果

2.1 水文环境特征

表层海水平均温度及叶绿素 a 浓度有显著的季节差异($P < 0.01$), 夏季水温较冬季高出 8°C 左右, 叶绿素 a 则以冬季时较高。但盐度差异不大, 仅介于33.62–33.82之间(表1)。冬季时测站间的水温差异较夏季时大, 并明显呈现东北至西南走向之峰面, 海峡南部水温明显较北部高; 海水盐度在冬季时以海峡西北部明显较南部低, 夏季时则可能由于降雨原因, 在台湾近海区出现较低盐度。叶绿素 a 浓度在冬夏两季均以澎湖群岛附近及海峡北部浓度较高, 海

表1 台湾海峡水文因子及浮游翼足类总丰度、种类数及多样性指数之季节差异(Mean±SE)

Table 1 Seasonal difference in hydrography and the abundance, species number, and species diversity (H') index of pteropods in the Taiwan Strait

	冬季 Winter	夏季 Summer
温度 Temperature (°C)	20.37±0.79***	28.56±0.35***
盐度 Salinity	33.82±0.12	33.62±0.07
叶绿素a Chlorophyll a (µg/L)	0.12±0.02***	0.05±0.01***
翼足类总丰度 Pteropods (ind./100 m ³)	36±14***	426±305***
种类数 Mean species no. (Total)	4±1 (16)	4±1 (17)
多样性指数 (H')	0.7±0.3	1.1±0.2

*** $P<0.001$.

峡南部海域的浓度普遍较低(图2)。

2.2 翼足类种类组成及丰度分布

冬夏两季共鉴定出翼足类9属22种，其中包含4个鉴定至属的未知种(表2)，发现的物种之中以龟螺科最多，蛎螺科次之。夏季翼足类丰度显著较冬季高出10倍之多，这主要是由于棒笔帽螺(*Creseis clava*)、尖笔帽螺(*C. acicula*)以及马蹄蛎螺(*Limacina trochiformis*)在夏季大量出现所致，此3种数量合计占夏季翼足类总丰度的97%，冬季则以胖蛎螺

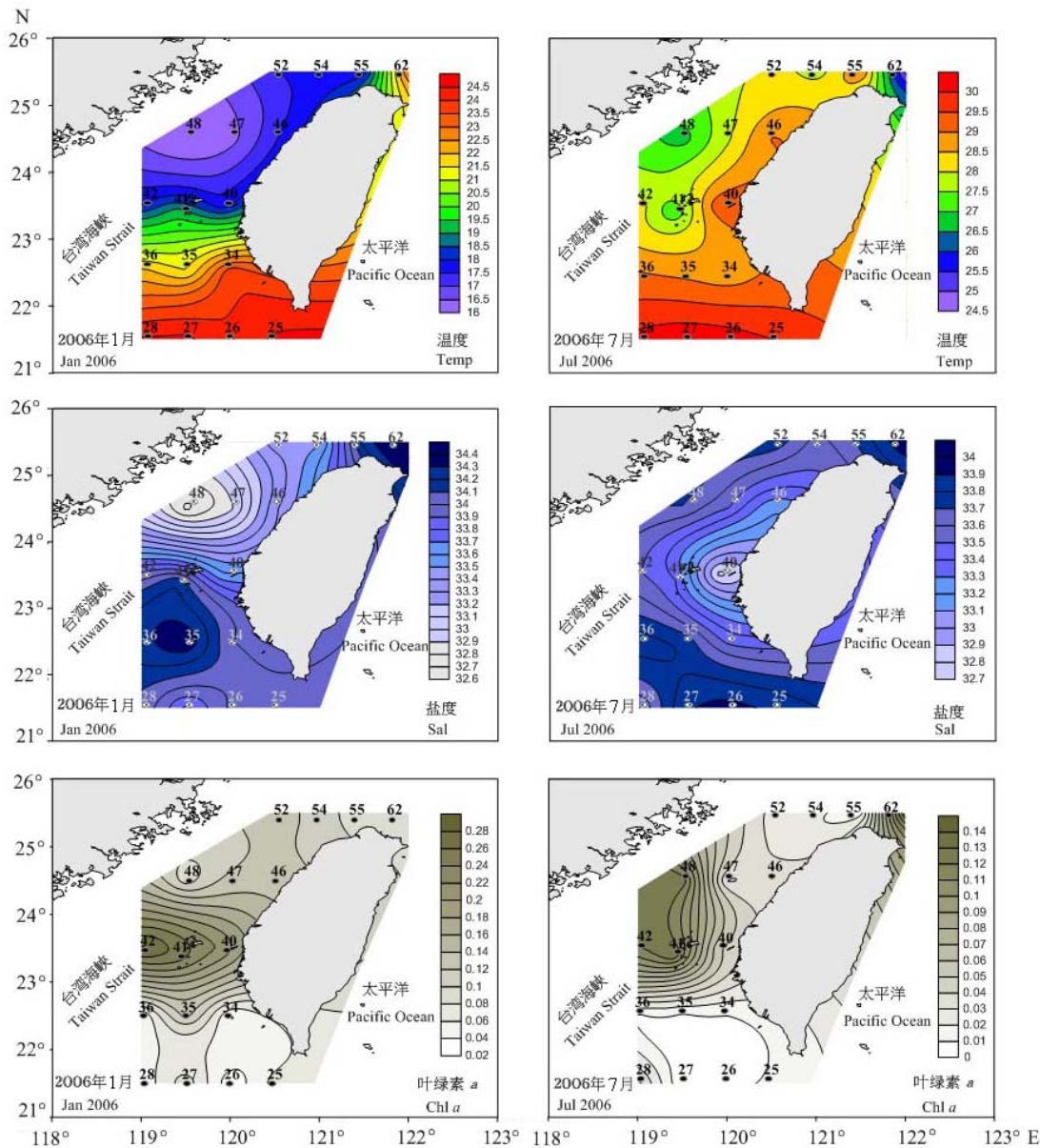


图2 台湾海峡冬季(2006年1月)及夏季(2006年7月)海水表层温度(°C)、盐度及叶绿素a (µg/L)之分布图
Fig. 2 Contours of sea surface temperature (°C), salinity (Sal), and chlorophyll a (Chl a) (µg/L) concentration in the Taiwan Strait during winter (January) and summer (July) cruises of 2006.

表2 台湾海峡浮游翼足类各种类之平均丰度(Mean±SE, ind./100 m³)、相对丰度(RA, %)及出现率(OR, %)之季节差异
Table 2 Seasonal difference in the abundance (Mean±SE, ind./100 m³), relative abundance (RA, %), and occurrence (OR, %) of pteropods in the Taiwan Strait

种类 Species	冬季 Winter			夏季 Summer		
	平均丰度 Abundance	相对丰度 RA	出现率 OR	平均丰度 Abundance	相对丰度 RA	出现率 OR
马蹄蛸螺 <i>Limacina trochiformis</i>	0.44±0.2	1.22	35.29	35.92±19.9	8.42	76.47
泡蛸螺 <i>L. bulimoides</i>	1.37±0.55	3.85	35.29	0.39±0.23	0.09	17.65
胖蛸螺 <i>L. inflata</i>	25.73±11.1	72.24	52.94	5.62±3.05	1.32	47.06
蛸螺属 <i>Limacina</i> sp.	0.05±0.05	0.14	5.88	0	0	0
强卷螺 <i>Agadina stimpsoni</i>	1.32±0.73	3.7	35.29	0.13±0.1	0.03	11.76
强卷螺属 <i>Agadina</i> sp.	0.04±0.04	0.12	5.88	0.32±0.12	0.08	35.29
芽笔帽螺 <i>Creseis virgula</i>	0.69±0.55	1.95	23.53	0.09±0.05	0.02	17.65
锥笔帽螺 <i>C.virgula</i> var. <i>conica</i>	0.64±0.43	1.8	17.65	2.65±1.61	0.62	23.53
尖笔帽螺 <i>C. acicula</i>	2.6±1.57	7.3	35.29	111.16±91.41	26.06	41.18
棒笔帽螺 <i>C. clava</i>	1.69±1.11	4.74	23.53	266.42±259.33	62.46	70.59
帽螺属 <i>Creseis</i> sp.	0.09±0.06	0.26	11.76	0.2±0.14	0.05	11.76
锥棒螺 <i>Styliola subula</i>	0.7±0.4	1.97	29.41	0	0	0
棒螺属 <i>Styliola</i> sp.	0	0	0	0.07±0.07	0.02	5.88
蛆状螺 <i>Cuvierina columnella</i>	0	0	0	0.03±0.03	0.01	5.88
尖菱蛸螺 <i>Clio pyramidata</i>	0.02±0.02	0.06	5.88	0	0	0
三齿驼蛸螺 <i>Cavolinia tridentata</i>	0.05±0.03	0.13	11.76	0	0	0
长吻龟螺 <i>C. longirostris</i>	0	0	0	0.03±0.03	0.01	5.88
角长吻龟螺 <i>C. longirostris</i> var. <i>angulata</i>	0	0	0	0.1±0.1	0.02	5.88
球龟螺 <i>C. globulosa</i>	0.14±0.1	0.39	11.76	0.03±0.03	0.01	5.88
宽弯龟螺 <i>C. labiata</i>	0.04±0.03	0.11	11.76	0	0	0
长轴螺 <i>Peraclis reticulata</i>	0	0	0	0.06±0.06	0.01	5.88
蝴蝶螺 <i>Desmopterus papilio</i>	0	0	0	3.3±2.09	0.77	58.82

(*Limacina inflata*)为主要优势种, 占冬季翼足类总丰度的72%(表2); 而种类数及多样性指数在季节之间差异并不大(表1)。冬季时翼足类的丰度、种类数及物种多样性指数均是呈现海峡东南部海域较西北部高的趋向, 尤其是较近岸海域物种数及丰度均较高; 夏季时在海峡北部海域出现较高的丰度, 种类数与物种多样性指数则是相反趋势, 呈现南高北低的情况(图3)。

2.3 水团分析及翼足类群聚特征

水文站群分析结果显示, 台湾海峡冬夏两季大致上均可分为海峡北部及海峡南部两大站群, 不同站群之间的生物及水文特征都有明显的差异。冬季时(图4), 可以发现台湾东北角的测站62也被归类于以南部8个测站为主的6W1站群, 具相对较高高温高盐低营养盐的特征, 由温盐度图分析可了解, 此站群应是属于南海水及黑潮水的水团范围; 6W2测站群则有9个测站, 分布于海峡北部及中部, 温盐度

较6W1站群低但具较高的叶绿素a浓度, 主要是受到中国沿岸流的影响。6W1站群的翼足类平均丰度、种类数及物种多样性指数均大于6W2站群, 在优势种组成方面, 两大站群皆是以胖蛸螺为最多, 尖笔帽螺也十分常见, 但其他优势种则显现不同。

夏季时(图5), 6M1站群主要为海峡东南部的测站及1个北部测站, 水文呈现高温的特征, 这可能与受到西南季风吹送而进入海峡北部的南海表层流有关, 但偏东部区域测站也有受到黑潮水的影响。6M2站群包括海峡西部及北部的7个测站, 平均水温较6M1站群低, 但有较高的叶绿素a浓度, 两站群的盐度则是差异不大。6M2站群的翼足类平均丰度比6M1站群高出约60倍, 但物种多样性则明显较低; 6M2站群的主要优势种为棒笔帽螺及尖笔帽螺, 两种数量合占该站群总丰度的90%, 而6M1站群则以胖蛸螺(51%)为最优势种, 马蹄蛸螺(15%)及棒笔帽螺(12%)则分居第二及第三优势量。

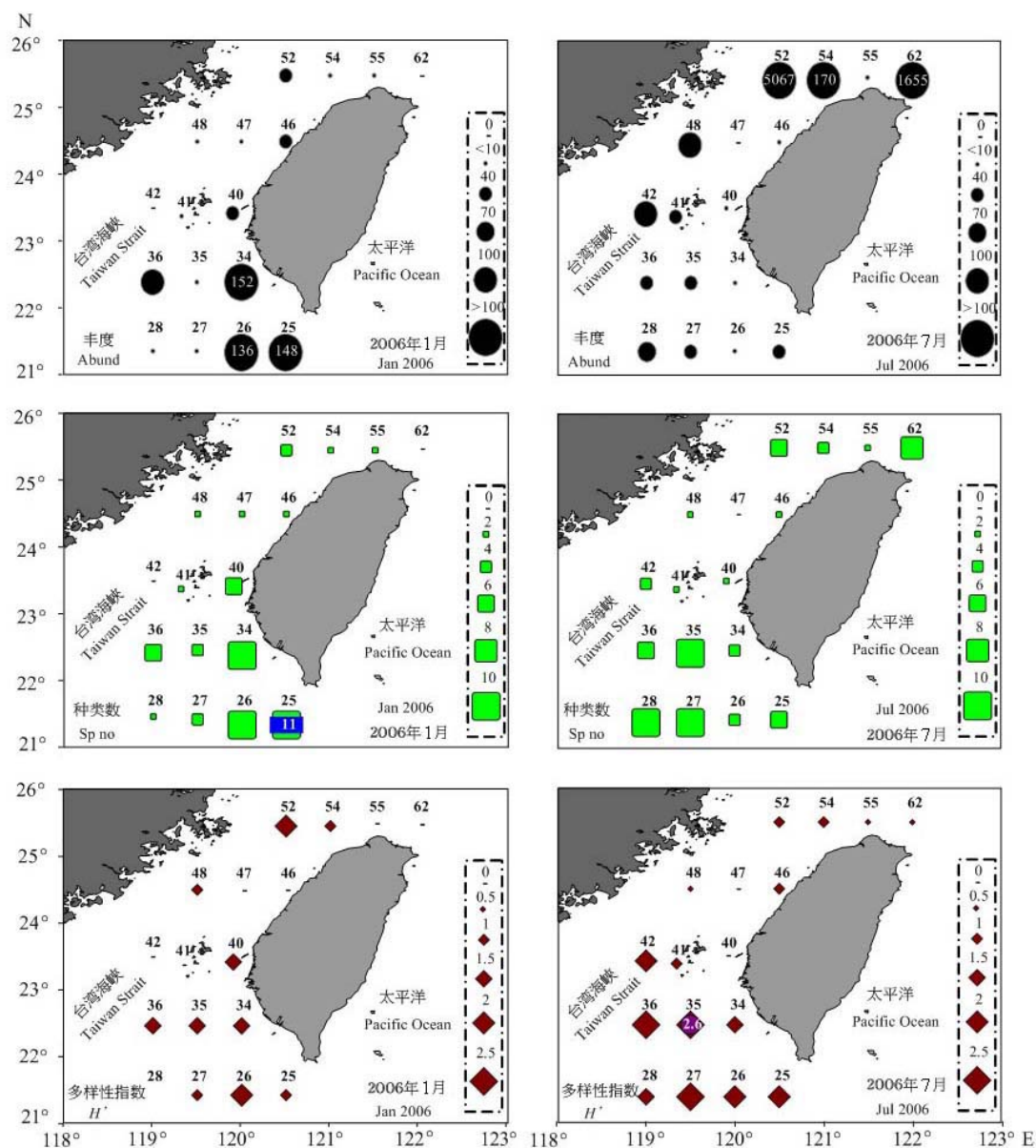


图3 台湾海峡冬季(2006年1月)及夏季(2006年7月)浮游翼足类丰度(ind./100 m³)、种类数及多样性指数之分布图

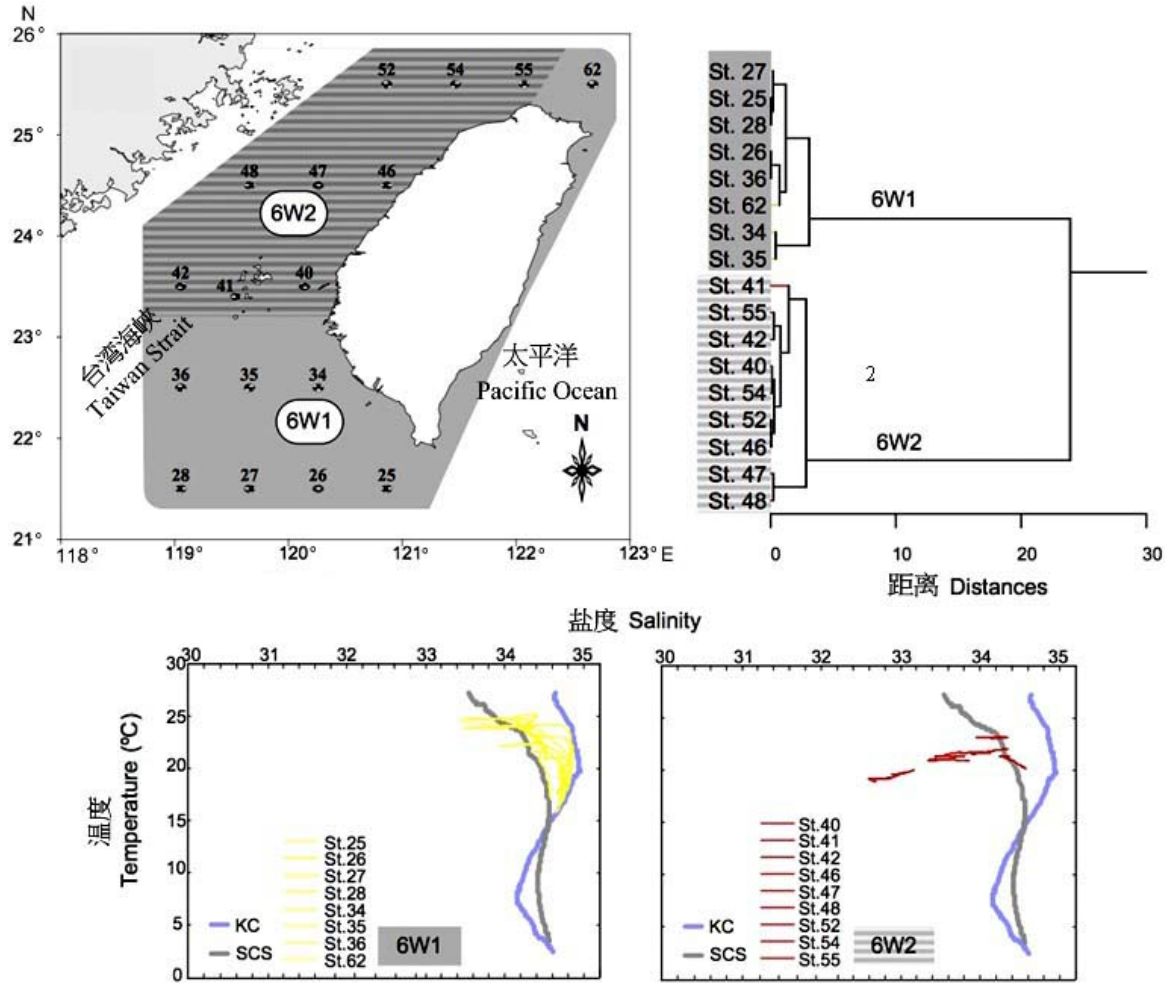
Fig. 3 Distribution in abundance (ind./100 m³), species richness (sp no), and species diversity index (H') of pteropods in the Taiwan Strait during winter (January 2006) and summer (July 2006) cruises of 2006.

3 讨论

3.1 台湾海峡水文环境特征

台湾海峡水文环境受到季风交替的影响明显呈现季节的变化。当冬季东北季风盛行时,中国沿岸流会随季风南下扩展范围至云彰隆起以北,海峡中部以北呈现低温低盐的水文特性,而北上的黑潮支流受到云彰隆起的阻隔停留于澎湖群岛附近,使得海峡南部呈现高温高盐的水文特性而与海峡北

部截然不同的情形(Jan et al, 2006)。夏季台湾海峡西南季风盛行,南海表层水取代了黑潮支流进入台湾海峡西南部,并经过澎湖水道扩及台湾海峡东侧一半以上的海域(Jan et al, 2010)。本研究的海表层水文分布图(图2)和水文站群分析(图4, 5)均印证了台湾海峡水团季节性消长的说法。从地理位置来看,台湾海峡可分成南部海域和北部海域,南部海域主要受到高温高盐之南海表层水及黑潮支流彼此间

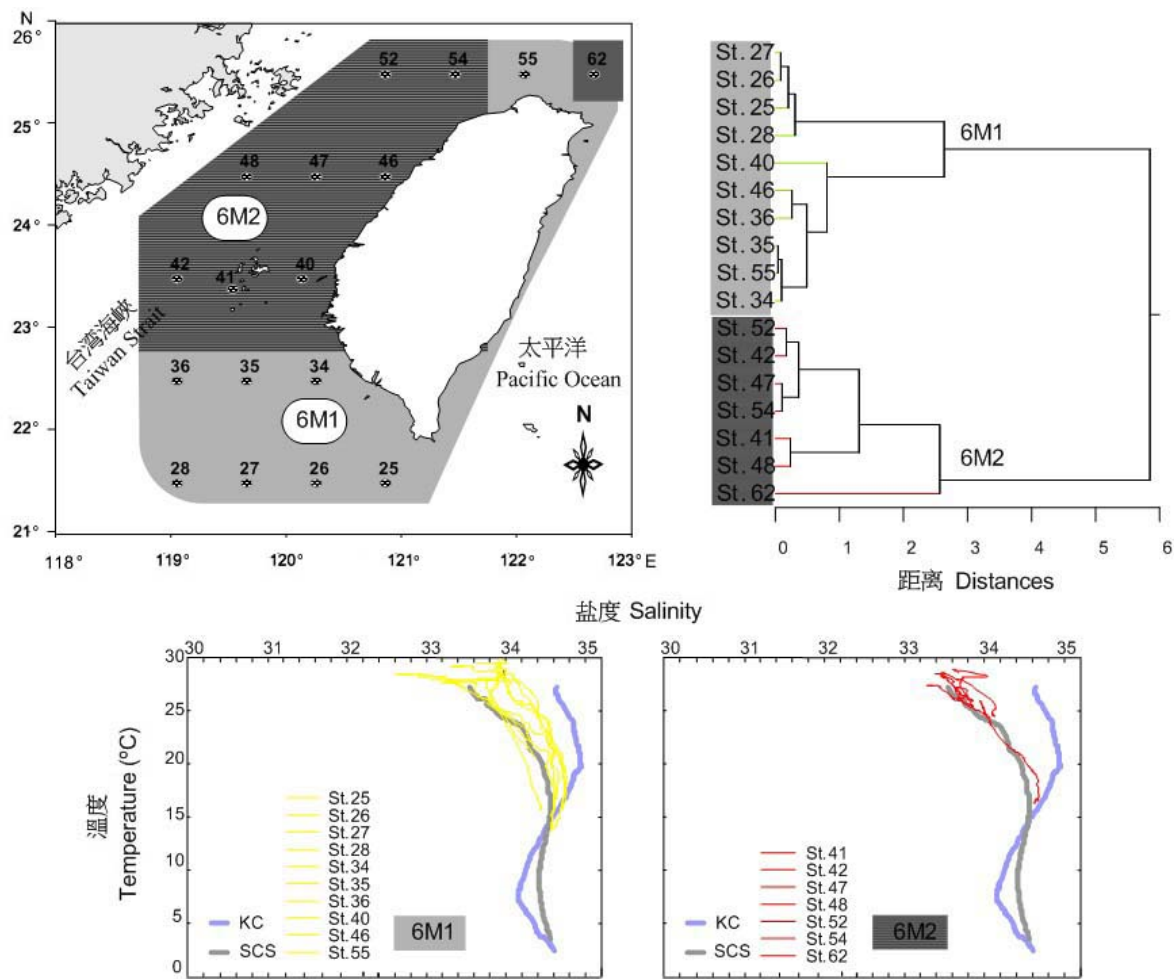


6W1				6W2			
测站 Station		25 26 27 28 34 35 36 62		测站 Station		40 41 42 46 47 48 52 54 55	
优势种 Dominant species	Mean±SE	RA		优势种 Dominant species	Mean±SE	RA	
胖蜆螺 <i>Limacina inflata</i>	51.87±20.27	76.61		胖蜆螺 <i>Limacina inflata</i>	2.49±1.57	35.18	
尖笔帽螺 <i>Creseis acicula</i>	3.97±3.00	5.87		强卷螺 <i>Agadina stimpsoni</i>	2.44±1.29	34.47	
棒笔帽螺 <i>Creseis clava</i>	3.59±2.24	5.30		尖笔帽螺 <i>Creseis acicula</i>	1.38±1.38	19.5	
泡蜆螺 <i>Limacina bulimoides</i>	2.79±0.95	4.12		马蹄蜆螺 <i>Limacina trochiformis</i>	0.28±0.19	3.96	
锥棒螺 <i>Styliola subula</i>	1.49±0.77	2.21		笔螺属 <i>Creseis</i> spp.	0.18±0.12	2.48	
总丰度 Total pteropods (ind./100 m ³)	67.7±25.44*			总丰度 Total pteropods (ind./100 m ³)	7.08±2.77*		
种类数 Species number (Total)	5±1(14)*			种类数 Species number (Total)	2±1(8)*		
多样性指数 Species diversity index	0.89±0.23			多样性指数 Species diversity index	0.54±0.22		
温度 Temperature (°C)	23.56±0.41***			温度 Temperature (°C)	17.54±0.32***		
盐度 Salinity	34.13±0.08*			盐度 Salinity	33.54±0.18*		
叶绿素 a Chl a (µg/L)	0.07±0.01**			叶绿素 a Chl a (µg/L)	0.16±0.02**		

RA, 相对丰度 Relative abundance. * $P<0.05$; ** $P<0.01$; *** $P<0.001$.

图4 台湾海峡冬季(2006年1月)水文站群分析及各站群之生物参数及水文特征

Fig. 4 Hydrographic station groups and its biological and hydrographic characteristics in the Taiwan Strait during winter (January) cruise of 2006



6M1				6M2			
测站 Station 25 26 27 28 34 35 36 40 46 55 (黑潮群)				测站 Station 41 42 47 48 52 54 62 (南海表层水群)			
优势种 Dominant species	Mean±SE	RA		优势种 Dominant species	Mean±SE	RA	
胖蜆螺 <i>Limacina inflata</i>	8.63±5.00	50.55		棒笔帽螺 <i>Creseis clava</i>	644.15±628.58	63.68	
马蹄蜆螺 <i>Limacina trochiformis</i>	2.54±0.84	14.88		尖笔帽螺 <i>Creseis acicula</i>	269.18±216.88	26.61	
棒笔帽螺 <i>Creseis clava</i>	2.01±0.59	11.75		马蹄蜆螺 <i>Limacina trochiformis</i>	83.6±43.8	8.27	
蝴蝶螺 <i>Desmopterus papilio</i>	1.08±0.42	6.35		蝴蝶螺 <i>Desmopterus papilio</i>	6.47±5.02	0.64	
泡蜆螺 <i>Limacina bulimoides</i>	0.67±0.37	3.93		锥笔帽螺 <i>Creseis virgula</i> var. <i>conica</i>	6.36±3.59	0.63	
总丰度 Total pteropods (ind./100 m ³)	17.07±5.9*			总丰度 Total pteropods (ind./100 m ³)	1,011.46±711.95*		
种类数 Species number (Total)	5±1(15)			种类数 Species number (Total)	4±1 (8)		
多样性指数 Species diversity index	1.45±0.3*			多样性指数 Species diversity index	0.7±0.2*		
温度 Temperature (°C)	29.47±0.21***			温度 Temperature (°C)	27.27±0.46***		
盐度 Salinity	33.6±0.12			盐度 Salinity	33.64±0.08		
叶绿素 a Chl a (μg/L)	0.02±0.01**			叶绿素 a Chl a (μg/L)	0.09±0.02**		

RA, 相对丰度 Relative abundance. * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

图5 台湾海峡夏季(2006年7月)水文站群分析及各站群之生物参数及水文特征
Fig. 5 Hydrographic station groups and its biological and hydrographic characteristics in the Taiwan Strait during summer (July) cruise of 2006

的消长所影响; 相比之下, 北部海域的水文特性就北台湾海峡之低温低盐的中国沿岸流之外, 还会受到不同季风时期而入侵的南海表层水与黑潮支流两大水团的交互影响。从叶绿素 a 浓度分布图(图2)来看, 台湾海峡中部至北部一带属于陆棚海域, 受到大陆沿岸流的影响较大, 呈现叶绿素 a 浓度高的特性, 与海峡南部一带的南海水团明显不同。这是由于黑潮支流或南海表层水在流经云彰隆起时, 水流会先转往西边, 再继续向北边流动, 进而产生涌升现象, 提供营养盐, 而大陆的淡水也会为大陆沿岸海域带来丰富的营养物质(Jan et al, 2002)。谢志豪(2001)^①也指出台湾海峡南北水团交会的锋面区叶绿素 a 浓度最高, 锋面的形成会使水体产生扰动, 提供丰富的营养盐, 使浮游植物大量繁殖。

3.2 翼足类群聚分布特征与水团的关联

台湾海峡浮游翼足类丰度呈现明显的季节变化(表1)。夏季丰度显著较冬季高, 而两季测站之间的丰度分布情况也十分不同, 冬季时以海峡南部测站丰度较高, 夏季丰度则以北部及西部显著较高(图3), 这种分布的趋向与水文分布特征(图2, 4, 5)十分吻合, 显现浮游翼足类群聚分布与水团消长有密切的关联。

浮游翼足类丰度及物种多样性呈现明显夏季高冬季低的季节变化趋向, 许多相关的研究观察也提出相似的论证(戴燕玉, 1989; 黄加祺等, 1993; 凌顺天, 1999^②; 陈勇志, 2006^③; 林滢雯, 2008^④)。综合比较台湾附近海域翼足类的研究发现, 浮游翼足类种类组成相似度颇高, 但会随着研究海域不同而产生些许的差异, 这主要是受到不同季风所牵动海流水团消长之影响。一般来说台湾海峡南部属于黑潮与南海表层水交互影响的海域, 种类数相对比较多样化, 物种多样性指数高, 而海峡中北部属于地形浅的陆棚海域, 种类数相对要少了许多, 台湾海峡因为受到大陆沿岸流以及台湾本岛河口所带来丰富营养盐的影响, 浮游生物的丰度都会比台湾东部及南部海域高。这些空间上的变化, 由本研究水文

比南部复杂, 除了会受制于顺着中国大陆沿岸进入站群分布及翼足类特征差异分析结果(图4, 5)均可以得到验证。

海峡南部站群分布范围大多是台湾西南海域以及澎湖群岛以南的海域, 受到黑潮支流与南海表层水的影响, 海水温盐度高而叶绿素 a 浓度较低, 翼足类的丰度低但是种类数和物种多样性指数高, 种类组成大多是以胖蛸螺及马蹄蛸螺等为主, 此结果与黄加祺等(1993)在台湾浅滩和Xu (2008)在东海的研究相同。海峡北部站群以受到中国沿岸流影响较大的西北海域为主, 海水呈现低温低盐高叶绿素 a 浓度的特性, 翼足类丰度普遍较高而种类数与物种多样性指数较低, 种类组成以尖笔帽螺及棒笔帽螺等较占优势。戴燕玉(1989)研究发现, 尖笔帽螺是中国东海与南海数量最丰富的浮游软体动物之一, 在台湾海峡西部海域也是最优势物种; Xu (2008)也认为尖笔帽螺几乎可以在东海任何海域出现, 认为它是一种亚热带外海种, 具有广温广盐的特性。

综合言之, 台湾海峡水文环境十分复杂, 多种不同特性的水团包括黑潮支流、南海表层水以及中国沿岸流, 均受到不同季风的交互影响, 呈现明显的季节性消长。这些水团的消长分布特征, 均是影响浮游翼足类群聚及其他海洋生物季节及空间分布模式的重要因素。

参考文献

- Chang CY, Hsueh PW (2005) Species composition and seasonal abundance of pteropods (Mollusca; Gastropoda) in nearshore shallow waters of northwestern Taiwan. *Journal of the Fisheries Society of Taiwan*, 32, 311–316.
- Chihara M, Murano M (1997) *An Illustrated Guide to Marine Plankton in Japan*, pp. 567–598. Tokai University Press, Kanakawa. (in Japanese with English and scientific nomenclature)
- Chou C, Tseng LC, Ou CH, Chen QC, Hwang JS (2012) Seasonal succession of planktonic copepods in bight environments of northeastern Taiwan. *Zoological Studies*, 51, 1380–1396.
- Chu TY (1971) Environmental study of the surrounding waters of Taiwan. *Acta Oceanographica Taiwanica*, (1), 15–32.
- Dai YY (1989) Distribution of pelagic mollusca in the oceans west to the Taiwan Strait. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 8, 54–59. (in Chinese with English abstract)
- [戴燕玉 (1989) 台湾海峡西部海域浮游软体动物的分布. 台湾海峡, 8, 54–59.]
- Dai YY (1995) A preliminary study on pteropods and heteropods in central South China Sea. *Acta Oceanologica*

① 谢志豪 (2001) 台湾海峡北部桡脚类与仔稚鱼群集组成受水文因子之影响. 台湾大学动物学研究所硕士学位论文, 台北.

② 凌顺天 (1999) 高雄及小琉球附近海域有壳翼足类之时空分佈. “中山大学”海洋资源研究所硕士学位论文, 高雄.

③ 陈勇志 (2006) 台湾四周海域翼足类群聚之时空分布及其与水文环境之相关性研究. “中山大学”海洋资源研究所硕士学位论文, 高雄.

④ 林滢雯 (2008) 台湾南部海域浮游翼足类群聚之季节动态研究. “中山大学”海洋生物科技暨资源研究所硕士学位论文, 高雄.

- Sinica, 17(6), 111–116. (in Chinese) [戴燕玉 (1995) 南海中部翼足类和异足类生态的初步研究. 海洋学报, 17(6), 111–116.]
- Fan KL, Yu CY (1981) A study of water masses in the seas of southernmost Taiwan. *Acta Oceanographica Taiwanica*, (12), 94–111.
- Hong HH, Zhang C, Shang S, Huang B, Li Y, Li X (2009) Interannual variability of summer coastal upwelling in the Taiwan Strait. *Continental Shelf Research*, 29, 479–484.
- Huang JQ, Zhu CS, Li SJ (1993) Distribution of planktonic mollusca in Minnan-Taiwan Shoal Fishing Ground. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 12, 164–170. (in Chinese with English abstract) [黄加祺, 朱长寿, 李少菁 (1993) 闽南-台湾浅滩渔场浮游软体动物的分布. 台湾海峡, 12, 164–170.]
- Hsieh HY, Lo WT, Wu LJ (2012) Community structure of larval fish from the southeastern Taiwan Strait: linked with the seasonal monsoon-driven currents. *Zoological Studies*, 51, 679–691.
- Hsieh HY, Lo WT, Wu LJ, Liu DC, Su WC (2011) Comparison of distribution patterns of larval fish assemblages in the Taiwan Strait between the northeasterly and southwesterly monsoons. *Zoological Studies*, 50, 491–505.
- Hsieh HY, Yu SF, Lo WT (2013) Influence of monsoon-driven hydrographic features on siphonophore assemblages in the Taiwan Strait, western North Pacific Ocean. *Marine and Freshwater Research*, 64, 348–358.
- Hwang JS, Souissi S, Tseng LC, Seuront L, Schmitt FG, Fang LS, Peng SH, Wu CH, Hsiao SH, Twan WH, Wei TP, Kumar R, Fang TH, Chen QC, Wong CK (2006) A 5-year study of the influence of the northeast and southwest monsoons on copepod assemblages in the boundary coastal waters between the East China Sea and the Taiwan Strait. *Journal of Plankton Research*, 28, 943–958.
- Hwang J-S, Wong CK (2005) The China Coastal Current as a driving force for transporting *Calanus sinicus* (Copepoda: Calanoida) from its population centers to waters of Taiwan and Hong Kong during the winter northeast monsoon period. *Journal of Plankton Research*, 27, 205–210.
- Jan S, Wang J, Chern CS, Chao SY (2002) Seasonal variation of the circulation in the Taiwan Strait. *Journal of Marine Systems*, 35, 249–268.
- Jan S, Sheu DD, Kuo HM (2006) Water mass and throughflow transport variability in the Taiwan Strait. *Journal of Geophysical Research*, 111, C12012, doi: 10.1029/2006JC003656.
- Jan S, Tseng YH, Dietrich DE (2010) Sources of water in the Taiwan Strait. *Journal of Oceanography*, 66, 211–221.
- Lalli CM, Gilmer RW (1989) The thecosomes: shelled pteropods. In: *Pelagic Snails: the Biology of Holopanktonic Gastropod Molluscs* (eds Lalli CM, Gilmer RW), pp. 58–209. Stanford University Press, Stanford, California.
- Lin SF, Tang TY, Jan S, Chen CJ (2005) Taiwan strait current in winter. *Continental Shelf Research*, 25, 1023–1042.
- Lo WT, Kang PR, Hsieh HY (2012) Siphonophores from a transect off southern Taiwan between Kuroshio Current and South China Sea. *Zoological Studies*, 51, 1354–1366.
- Shannon CE, Weaver W (1949) *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Champaign.
- van der Spoel S (1974) Geographical variation in *Cavolinia tridentata* (Mollusca, Pteropoda). *Bijdragen tot de Dierkunde*, 44, 100–112.
- van der Spoel S, Heyman RP (1983) *An Comparative Atlas of Zooplankton: Biological Patterns in the Oceans*, Springer-Verlag, New York. pp. 35–125.
- Xu ZL (2008) Identification of ecotype with pelagic pteropoda species in the East China Sea. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 39, 381–387.
- Yamaji I (1986) *The Plankton of Japanese Coastal Waters*, pp. 419–424. Hoikusha Publishing Co. Ltd., Osaka. (in Japanese)
- Zhang FS (1964) Pelagic mollusca in China seas. I. Classification of pteropods, heteropods, and pelagic snails. *Studia Marina Sinica*, 5(1), 125–226. (in Chinese) [张福绥 (1964) 中国近海的浮游软体动物. I. 翼足类、异足类及海蜗牛类的分类研究. 海洋科学集刊, 5(1), 125–226.]
- Zheng Z, Li SJ, Xu ZZ (1991) Marine Plankton, pp. 468–500. The Sueichan Press, Keelung. (in Chinese) [郑重, 李少菁, 许振祖 (1991) 海洋浮游生物学, pp. 468–500. 水产出版社, 基隆.]
- Zhu ZY (1961) Study on the current in the East China Sea and near Taiwan. *Acta Meteorologica Sinica*, 7(4), 7–17. (in Chinese) [朱祖佑 (1961) 中国东海及台湾附近海流之研究. 气象学报, 7(4), 7–17.]
- Zou ZY (1991) Distribution of pteropods and heteropods in the Nansha Islands. In: *Proceedings of the Researches on Marine Biology in the Nansha Islands and Adjacent Seas*, pp.123–133. Ocean Press, Beijing. (in Chinese) [邹祖怡 (1991) 南沙群岛海区翼足类和异足类的分布. 见: 南沙群岛及其邻近海区海洋生物研究论文集(二), pp.123–133. 海洋出版社, 北京.]

(责任编辑: 孙军 责任编辑: 时意专)