

集魚燈下浮游動物趨集行為之調查研究

秦韶生* · 李嘉林 · 康偉福 · 廖學耕

行政院農業委員會水產試驗所 海洋漁業組

摘 要

本研究係探討浮游動物在火誘網漁船誘集魚群之過程中，在燈光下之趨集行為。實驗共分兩部分實施，第一部分係將水上及水下集魚燈之燈光功率均設定 8 Kw，利用可閉鎖式浮游生物網在集魚燈開啟後之第 5、35、65 及 95 min 等時段，依 0~10、10~20、20~30、30~40 及 40~50 m 等水層，垂直採集浮游動物標本；第二部分則係將水下集魚燈之燈光功率固定為 8 Kw，水上集魚燈燈光功率分別設定為 16、24、32、40 及 48 Kw，誘集 30 min 後，再依上述之水層分別進行浮游動物採集。研究結果發現，在固定水上及水下集魚燈燈光功率情況下，當集魚燈點亮開始集魚後，浮游動物會向燈光趨集，該種現象約於 35 min 時達到飽和；爾後，隨著時間之推移，會呈現離散之現象。另，在不同水上集魚燈燈光功率下，浮游動物中之毛顎類、糠蝦類、橈足類、端足類等之每立方公尺平均個體數，會隨燈光功率之增大而產生趨集較多之現象。

關鍵詞：集魚燈、浮游動物、趨集行為。

前 言

火誘網漁業為我國沿近海域的重要漁業之一，2003 年之年產量約 38,039 ton (漁業署, 2003)。近年來，由於該漁業作業漁船之集魚燈燈光功率不斷提高，因此與其他漁業所衍生之漁業紛爭屢有所聞 (中國時報, 1996; 民眾日報, 2002)，尤其高功率之集魚燈燈光是否會影響到海中微小生物或仔稚魚 (元田, 1975)，深為各界所重視，是故集魚燈下浮游動物之趨光行為，就成為不可避而須及早加以究明之課題與漁業管理上所必須具有之資訊。再者，就學術觀點來看，浮游動物不但是集魚燈下群集動物之一 (前田, 1951, 1952)，而且亦為魚類的重要餌料生物 (梶原, 1957; 山田, 1958; 近藤, 1969; 張等, 1972; 張和李, 1971; 楊, 1978; 胡, 1973; 李, 1978)，可誘使魚群為攝食而趨集，其重要性不言而喻。因此對該等生物之維護，亦是我國保育漁業資源範疇內的主要施政

目標之一。目前，有關浮游動物在自然海域中之趨光行為相關文獻尚付闕如，一切基礎資料亟待建立，緣此，積極投入並加強本項試驗研究是有其必要性。

材料與方法

一、浮游動物採集

本試驗係利用一領網口直徑 51 cm，圓筒部側長 40 cm，圓錐濾網部側長 150 cm，網布為 NGG 54，網目約 0.33 mm，網口結附一個流量計 (General Ocean, Model 2030 Series) 之可閉鎖式浮游生物網 (小久保, 1981)，於 1999 年 8 月 11 日至同年 9 月 2 日期間，利用本所海鴻號試驗船在臺灣北部海域從事固定集魚燈燈光功率下 (水上及水下燈各 4 盞，每盞 2 Kw，共計 16 Kw)，不同集魚時間內之浮游動物的趨集行為調查。於每網次開啟集魚燈後之第 5、35、65 及 95 min，操控海洋觀測絞機以每秒 1 m 之捲揚速度，採集 0~10、10~20、20~30、30~40 及 40~50 m 等水層之浮游動物，共進行 5 重複試驗。至於不同集魚燈

*通訊作者 / 基隆市和一路 199 號, TEL: (02) 2462-2101; FAX: (02) 2463-3110; E-mail: sschyn@mail.tfrin.gov.tw

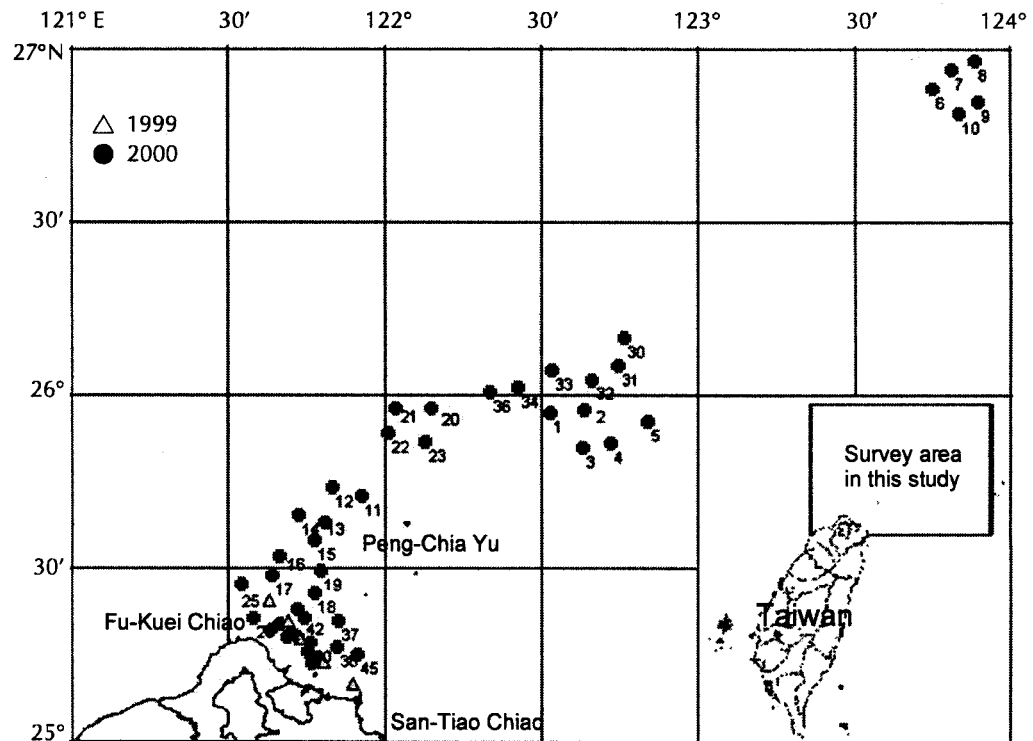


Fig. 1 Positions of the experimental stations in the northern waters of Taiwan during August 11~30, 1999 (△) and June 28~October 4, 2000 (●). Numbers beside the symbol are the haul number.

燈光功率下之浮游動物之趨集行為調查，則係於2000年6月28日至同年10月7日期間，利用海建號試驗船實施 (Fig. 1)。調查期間，該船共配備水上集魚燈 24 盞，水下集魚燈 4 盞，每盞均為 2 Kw；採集方法係將每一網次之集魚時間訂為 80 min，而每一網次之水下集魚燈燈光功率不變，均為 8 Kw；水上集魚燈則依 16、24、32、40 及 48 Kw 等不同燈光功率，按亂數排定試驗次序，於各網次開啟集魚燈後之第 30 min，開始採集 0~10、10~20、20~30、30~40 及 40~50 m 等水層之浮游動物，共進行 9 重複試驗。當標本採上船後，立即倒入標本瓶，並以 5% 濃度之福馬林溶液予以固定。

二、標本處理及資料分析

浮游動物標本攜回實驗室後進行分類，主要分為毛類 (chaetognatha)、螢蝦類 (lucifer)、糠蝦類 (mysidacea)、橈足類 (copepoda)、介形類 (ostracoda)、異足類 (heteropoda)、蝦蛄類 (squillinae)、其它甲殼類 (other crustacean)、水母 (medusa) 及仔稚魚 (fish larvae) 等十大類 (曾，

1970)，並計算每立方公尺水體各類之平均個體數，再利用 Duncan's multiple range test 方法，評估集魚燈下各類主要浮游動物之趨集實態。

結 果

一、固定燈光功率下不同集魚時間之影響

(一) 總體之趨光行為

經分析集魚燈開啟後，第 5、35、65 及 95 min 於各水層採集之浮游動物標本結果發現，在各時點中，以集魚燈開啟後第 35 min 所採集到浮游動物之每立方公尺平均個體數較多 (Table 1)，其中 0~10 m 水層約 $622.16 \pm 520.89 \text{ ind./m}^3$ ，10~20 m 水層約 $228.48 \pm 164.41 \text{ ind./m}^3$ ，而 20~30、30~40 及 40~50 m 等之水層，則分別約 324.04 ± 255.69 、 256.50 ± 211.71 及 $339.56 \pm 319.12 \text{ ind./m}^3$ 。經 Two-way ANOVA 檢定之結果顯示 (Table 2)，集魚時間對於每立方公尺採得之浮游動物平均個體數有顯著之影響 ($F = 4.88, p < 0.01$)，

Table 1 Luring time, depth layers, sampling numbers, and zooplankton individuals/m³ in the northern waters of Taiwan during August 11~30, 1999

Luring time of attracting fish lamps (min)	Depth layers (m)	Numbers	Individuals of zooplankton (ind./m ³)	
			Mean	Standard deviation
5	0~10	5	146.82	77.45
	10~20	5	146.82	92.73
	20~30	5	116.21	91.65
	30~40	5	144.20	110.09
	40~50	5	435.12	505.83
35	0~10	5	622.16	520.89
	10~20	5	228.48	164.41
	20~30	5	324.04	255.69
	30~40	5	256.50	211.71
	40~50	5	339.56	319.12
65	0~10	5	337.14	344.09
	10~20	5	184.92	132.89
	20~30	5	199.84	100.68
	30~40	5	117.18	81.33
	40~50	5	138.91	107.04
95	0~10	5	165.45	113.92
	10~20	5	109.23	43.38
	20~30	5	128.48	82.55
	30~40	5	114.87	94.44
	40~50	5	78.38	38.59

Table 2 Results of two-way ANOVA for zooplankton individuals/m³ among luring time and depth layers

Source	SS	MS	df	F
Luring time (A)	729594.04	243198.01	3	4.88**
Depth layers (B)	353603.38	88400.85	4	1.77
Interaction (A*B)	660737.60	55061.00	12	1.10
Model	1743935.03	91786.00	19	1.84*
Error	3990907.88	49886.35	80	
Corrected Total	5734842.91		99	

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

而採集水層對於浮游動物之每立方公尺平均個體數之影響並不明顯。另外，集魚時間與採集水層兩者之交互作用亦不明顯。

(二) 各類別之趨光行為

由上述結果顯示，在不同時間點所採集到浮

游動物之每立方公尺平均個體數有相當程度之影響，因此，對於各類別浮游動物之趨集行為，亦進一步加以探討之。將集魚燈開啟後之第 5、35、65 及 95 min 所採集到各水層之毛顎類、瑩蝦類、糠蝦類、橈足類、介形類、異足類、蝦蛄類、其它甲殼類、水母類、鯢仔稚魚、鯖仔稚魚等之每

Table 3 Duncan's multiple-range test for luring time of fish attracting lamps of 5, 35, 65 and 95 min based on the zooplankton individuals/m³ in the northern waters of Taiwan during August 11~30, 1999

Kinds of zooplankton	Luring time of attracting fish lamps (min.)				F-value	Pr>F
	5	35	65	95		
Chaetognatha	15.26	<u>32.19*</u>	19.98	15.65	3.59	0.0171
Lucifer	39.77	<u>55.49**</u>	23.96	20.30	5.05	0.0030
Mysidacea	4.24	<u>10.59*</u>	4.88	1.80	3.50	0.0191
Copepoda	144.34	<u>275.16*</u>	159.78	91.41	3.89	0.0119
Ostracoda	2.43	0.58	0.19	0.71	0.79	0.5005
Heteropoda	0.00	0.02	0.11	0.00	0.87	0.4593
Squillinae	0.39	0.05	0.11	0.16	1.46	0.2309
Other crustacean	5.22	<u>10.64**</u>	5.40	3.89	4.25	0.0077
Medusa	0.62	<u>0.52</u>	0.73	0.62	0.21	0.8916
Engraulidae	0.50	<u>0.32</u>	0.18	0.18	1.02	0.3896
Scombridae	0.34	<u>0.77</u>	0.25	0.21	1.71	0.1707

Underlining indicates a significant difference; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

Table 4 Duncan's multiple-range test for the depth layers of 0~10, 10~20, 20~30, 30~40, and 40~50 m based on zooplankton individuals/m³ in the northern waters of Taiwan during August 11~30, 1999

Kinds of zooplankton	Depth layer (m)					F-value	Pr>F
	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50		
Chaetognatha	30.33	17.02	21.73	16.49	18.28	1.50	0.2090
Lucifer	24.26	23.35	34.34	43.40	49.06	2.02	0.1000
Mysidacea	<u>3.73</u>	4.02	3.82	5.70	9.63	1.27	0.2874
Copepoda	<u>280.68*</u>	133.26	146.22	100.32	177.88	2.48	0.0508
Ostracoda	1.06	0.13	0.54	0.10	3.08	0.99	0.4160
Heteropoda	0.00	0.00	0.14	0.00	0.03	0.90	0.4658
Squillinae	0.14	0.17	0.17	0.03	0.37	0.81	0.5227
Other crustacean	6.44	4.93	5.98	7.69	6.41	0.38	0.8232
Medusa	0.63	0.54	0.60	0.68	0.66	0.07	0.9908
Engraulidae	0.63	0.32	0.17	0.08	0.28	1.51	0.2066
Scombridae	0.34	0.66	0.17	0.20	0.59	1.01	0.4072

Underlining indicates a significant difference; * $p < 0.1$.

立方公尺個體數以 Duncan's multiple range test 檢定之結果，各類別浮游動物在集魚燈下之趨光反應可依集魚時間及分布水層兩方面來說明：

1. 集魚時間

毛顎類、螢蝦類、糠蝦類、橈足類、其它甲殼類等之平均個體數於集魚燈開啟後之第 35 min 有顯著增加之現象 (Table 3)，而後於 65 及 95 min 兩時點上，該 5 類浮游動物之平均個體數與第 35 min

時作比較，發現已明顯減少；其中又以螢蝦類較為明顯 ($F = 5.05$, $Pr > F = 0.0030$)。至於介形類、異足類、蝦蛄類、水母類、鯢科及鯖科之仔稚魚等，則未顯出有該種行為之特徵。

2. 分布水層

僅橈足類在 0~10 m 水層 (於 10% 顯著水準下) 之每立方公尺平均個體數顯著較高 (Table 4)，其餘各類浮游動物之每立方公尺平均個體數並

Table 5 Capacity of fish attracting lamps, depth layers, sampling numbers, and zooplankton individuals/m³ in the northern waters of Taiwan during June 28~October 7, 2000

Capacity of attracting fish lamps (Kw)	Depth layers (m)	Numbers	Individuals of zooplankton (ind./m ³)	
			Mean	Standard deviation
16	0~10	9	397.89	280.67
	10~20	9	450.32	301.65
	20~30	9	461.61	255.27
	30~40	9	418.35	352.80
	40~50	9	311.82	188.65
24	0~10	9	318.36	183.74
	10~20	9	340.04	129.64
	20~30	9	384.13	217.68
	30~40	9	275.57	192.09
	40~50	9	301.75	200.96
32	0~10	9	280.50	235.04
	10~20	9	322.18	223.22
	20~30	9	414.20	352.61
	30~40	9	362.96	259.33
	40~50	9	287.41	238.07
40	0~10	9	267.19	293.71
	10~20	9	263.38	309.72
	20~30	9	261.54	262.01
	30~40	9	240.31	154.98
	40~50	9	254.81	139.87
48	0~10	9	260.26	202.03
	10~20	9	244.09	289.76
	20~30	9	386.33	350.70
	30~40	9	258.44	223.67
	40~50	9	266.31	199.36

不因所採集水層之不同，而產生顯著之差異性。如不以模式檢視結果而僅以每立方公尺平均個體數作比較，毛顎類及橈足類在 0 ~ 10 m 水層所含之個體數較多，而瑩蝦類、糠蝦類、介形類及蝦蛄類等之個體數則以 40 ~ 50 m 水層較多。

二、不同燈光功率之影響

(一) 總體之趨光行為

將所採集之浮游動物，依集魚燈燈光功率及所採集水層之每立方公尺平均個體數來分析，發現以

水上集魚燈燈功率定為 16 Kw 時，所採集到之各水層浮游動物之個體數比較多 (Table 5)，即於 0 ~ 10 m 之水層，浮游動物之平均個體數約 $397.89 \pm 280.67 \text{ ind./m}^3$ ，於 10 ~ 20 m 水層，約 $450.32 \pm 301.65 \text{ ind./m}^3$ ，至於 20 ~ 30、30 ~ 40、40 ~ 50 m 水層，則分別約 461.61 ± 255.27 、 418.35 ± 352.80 、 $311.82 \pm 188.65 \text{ ind./m}^3$ 。經 Two-way ANOVA 檢定結果 (Table 6) (在 10% 顯著水準下)，顯示浮游動物之每立方公尺平均個體數，在不同集魚燈燈光功率間具有顯著差異，但在各水層間之差異則不顯著。

Table 6 Results of two-way ANOVA for total individuals/m³ among the power of fish attracting lamps and depth layers

Source	SS	MS	df	F
Capacity of attracting fish lamps (A)	594396.92	148599.22	4	2.39*
Depth layers (B)	241801.23	60450.31	4	0.97
Interaction (A*B)	184335.44	11520.96	16	0.19
Model	1020533.60	42522.23	24	0.68
Error	12444252.53	62221.26	200	
Total	13464786.13		224	

* $p < 0.1$.**Table 7** Duncan's multiple-range test for capacity of fish attracting lamps at 16, 24, 32, 40, 48 Kw based on zooplankton individuals/m³ in the northern waters of Taiwan during June 28~October 7, 2000

Kinds of zooplankton	Capacity of attracting fish lamps (Kw)					F-value	Pr>F
	16	24	32	40	48		
Chaetognatha	45.16	33.03	51.80**	26.66	37.04	2.84	0.0253
Lucifer	4.35	3.29	5.94	1.84	5.75	0.85	0.4952
Mysidacea	<u>28.21*</u>	23.40	19.64	10.12	12.73	2.32	0.0585
Copepoda	<u>292.68*</u>	224.75	222.05	205.26	194.67	2.22	0.0685
Heteropoda	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	1.00	0.4087
Amphipoda	4.86	<u>4.92**</u>	1.22	1.48	2.78	3.16	0.0150
Isopoda	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	1.36	0.2479
Pteropoda	28.44	30.13	27.99	19.96	16.49	0.98	0.4207
Tunicata	0.01	0.14	0.28	0.00	0.29	1.63	0.1681
Medusa	1.85	1.22	1.79	1.33	1.36	1.11	0.3509
Others	1.02	1.87	1.16	0.58	0.76	0.63	0.6387
Engraulidae	1.35	1.22	<u>1.44**</u>	0.81	0.63	3.04	0.0183

Underlining indicates a significant difference; * $p < 0.1$.

(二) 各類別之趨光行為

經檢視各類浮游動物在不同集魚燈燈光功率以及不同水層情況下所被採集到之每立方公尺平均個體數分布情形如下：

1. 依燈光功率區分

集魚燈燈光功率為 16、24、32、40 及 48 Kw 等 5 種情況下，各類浮游動物每立方公尺之平均個體數以 Duncan's multiple range test 檢定結果發現 (Table 7)，於集魚燈燈光設定為 16 Kw 時，糠蝦類及橈足類之每立方公尺平均個體數較在其他燈光功率誘集情況下為多 (其中，糠蝦類之 $F = 2.32$,

$Pr > F = 0.0585$ ；而橈足類之 $F = 2.22$, $Pr > F = 0.0685$)。而類似之趨光行為，如端足類係發生在燈光功率為 24 Kw 之情況下 ($F = 3.16$, $Pr > F = 0.0150$)，而毛顎類及鯷科仔稚魚則發生在燈光功率為 32 Kw 之情況 (其中，毛顎類之 $F = 2.84$, $Pr > F = 0.0253$ ；鯷科仔稚魚之 $F = 3.04$, $Pr > F = 0.0183$)。至於其他類別之浮游動物，則對於該項趨光行為之反應不顯著。

2. 分布水層

集魚燈燈光功率為 16、24、32、40 及 48 Kw 等不同燈光功率之情況下，由 0~10、10~20、20~30、30~40 及 40~50 m 等各水層所採集到之各類

Table 8 Duncan's multiple-range test for the depth layers of 0~10, 10~20, 20~30, 30~40, and 40~50 m based on zooplankton individuals/m³ in the northern waters of Taiwan during June 28~October 7, 2000

Kinds of zooplankton	Depth layers (m)					F-value	Pr>F
	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50		
Chaetognatha	38.66	36.52	51.19	40.71	30.68	1.43	0.2248
Lucifer	3.06	3.72	<u>8.90*</u>	3.01	2.47	2.01	0.0946
Mysidacea	15.82	23.10	21.27	17.26	16.65	0.42	0.7934
Copepoda	218.19	230.29	261.64	219.21	210.08	0.62	0.6506
Heteropoda	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	1.00	0.4583
Amphipoda	4.43	2.14	3.37	2.89	2.44	0.81	0.5230
Isopoda	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.91	0.4596
Pteropoda	21.44	23.51	30.83	27.19	22.03	0.53	0.7166
Tunicata	0.11	0.14	0.38	0.06	0.02	1.61	0.1719
Medusa	1.34	1.77	1.71	1.42	1.30	0.61	0.6526
Others	0.84	1.55	1.64	0.69	0.64	0.61	0.6582
Engraulidae	0.91	1.11	<u>1.58*</u>	0.86	0.99	2.06	0.0868

Underlining indicates a significant difference; * $p < 0.1$.

浮游動物之每立方公尺平均個體數，經以 Duncan's multiple range test 檢定結果 (Table 8)，各類別浮游動物依水層別所採集之量，並未因採集水層之不同而有顯著之差異。如以平均數值來看，毛顎類、瑩蝦類、橈足類等則以 20~30 m 水層之每立方公尺平均個體數較多，而糠蝦類、異足類等則以 30~40 m 水層較多。

討 論

集魚燈開啟後，常會有浮游動物以及幼小魚類逐漸趨集在燈光下 (黑木, 1972)，而魚類趨光除了光之因素外，就是餌料生物之趨集 (前田, 1951)，因此，影響魚類趨光行為之因素中，光與餌料兩項因素是無法完全予以分離的 (井上, 1972)。本次試驗係在連續集魚時間內之不同時點與不同燈光功率二種情況下，觀察浮游動物部分之趨集實況，僅就相關結果提出討論如下：

一、集魚時間之影響

依據 Table 3 之結果顯示，在集魚燈開啟之第 5 min 至第 35 min 期間，各類浮游動物之平均個體數有增加之趨勢，該種向光源逐漸趨集之現象，

應與魚類一樣，係屬趨光性 (phototaxis) (檜山, 1948)。而日本學者在觀察集魚燈下群集生物組成時，亦認為浮游動物向燈光下趨集並有增加之現象 (前田, 1952)，可被完全視為基於浮游動物之趨光性行為；但隨後由於食物位階之關係，群集因素會受餌料生物之影響，譬如在弱光情況下，浮游動物中之毛顎類經常會攝食橈足類 (鄭等, 1992)，而橈足類亦有部分種類是肉食性，因此，該等生物在燈光下趨集，似乎不僅是單純的趨光性問題，亦應是與魚類一樣，除了單純之趨光群集作用外，尚包括餌料生物存在之因素 (前田, 1952; 梶原, 1957)。另，在集魚時間之第 65 及 95 min，各類別浮游動物之平均每立方公尺個體數有較第 35 min 減少之現象，該種現象依據前人對魚類之行為觀察，應屬對燈光刺激習慣後之離散行為 (川本等, 1952; 井上, 1978)，因此，本項試驗之結果，似與魚類之行為相互吻合。至於離散行為是否會有敵害生物因素之影響，則有待以後之觀察印證。

其次，在固定燈光功率之下，水中環境照度於 0~10 m 水層約 28.80~112.00 lux (Fig. 2)，10~20 m 水層約為 5.06~28.80 lux，至於 20~30、30~40、40~50 m 等水層，則分別約 2.12~5.06、1.17~2.12、

Fig. 2 Zooplankton mainly distributed at a luring time of 35 min in the waters of northern Taiwan during August 11~30, 1999. *Environmental illumination at depths of 40 and 50 m was calculated by the model of $\ln Y = 7.3965 - 1.8729 \ln X$, where Y is illumination (lux) and X is the depth (m); $F = 60.18$, Adj. $R^2 = 0.9521$.

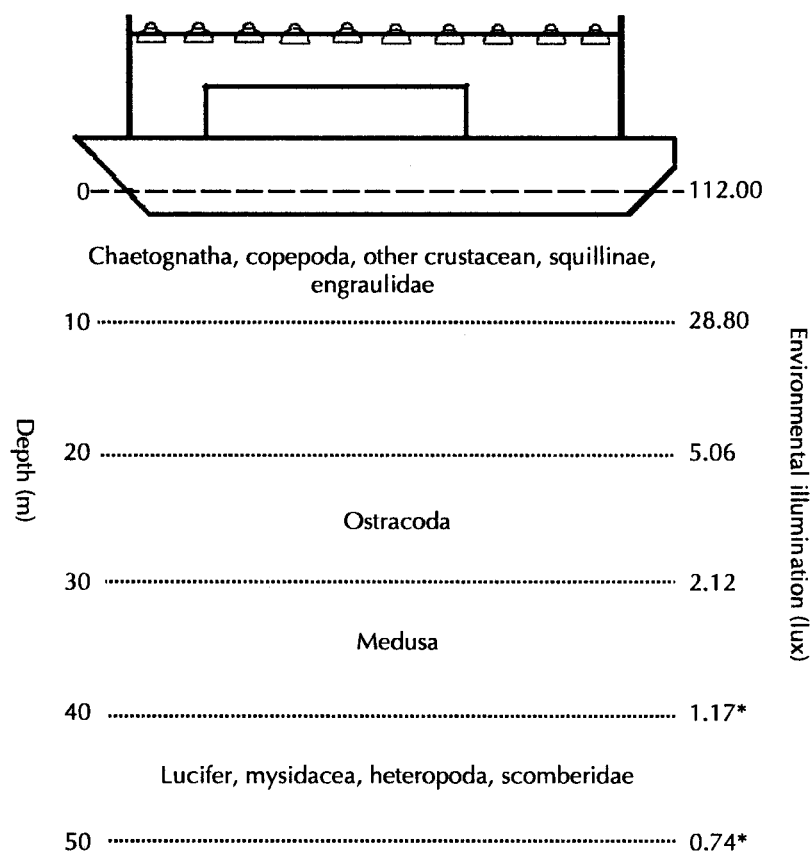
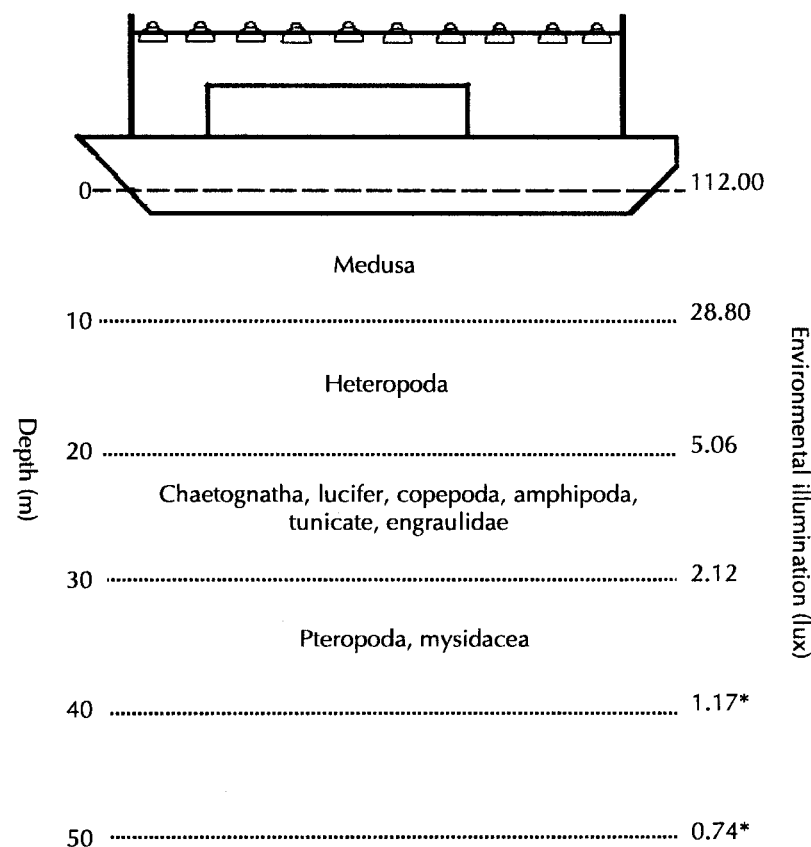


Fig. 3 Zooplankton mainly distributed under attracting fish lamps at 32 Kw in the waters of northern Taiwan during June 28~October 7, 2000. *Environmental illumination at depths of 40 and 50 m was calculated by the model of $\ln Y = 7.5764 - 1.7601 \ln X$ where Y is illumination (lux) and X is the depth (m); $F = 299.24$, Adj. $R^2 = 0.8791$.



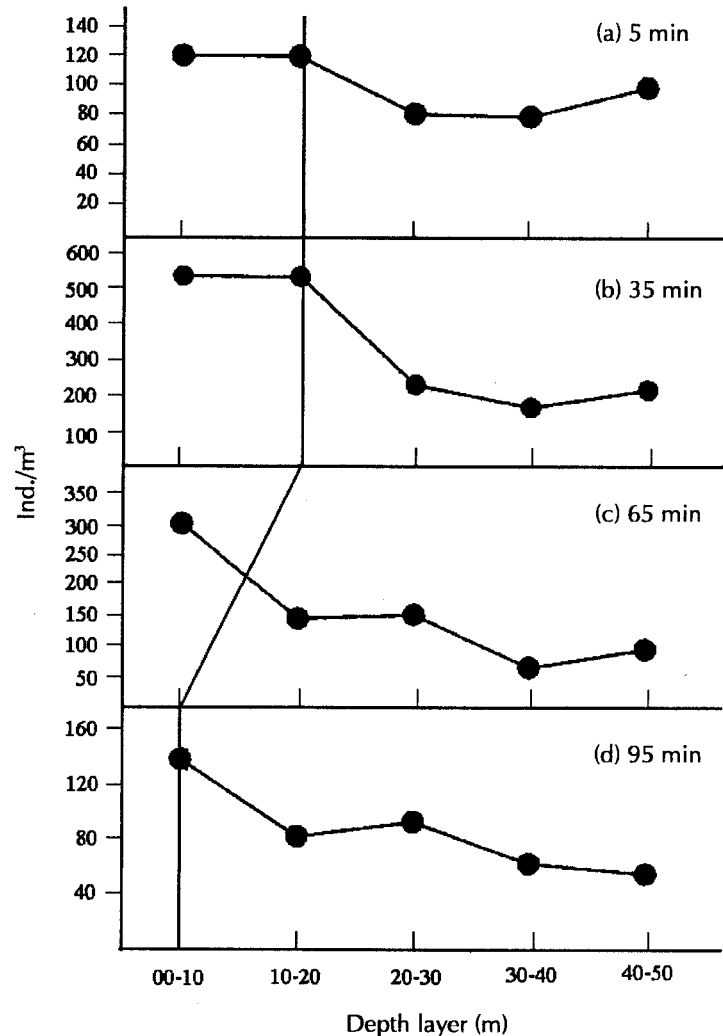


Fig. 4 Aggregating condition of copepoda (●) with various luring times of 5, 35, 65, and 95 min.

0.74 ~ 1.17 lux。又，依據 Fig. 2 顯示，在集魚燈點亮後之第 35 min，毛顎類、橈足類、其它甲殼類、蝦蛄類、鯢仔稚魚等之每立方公尺平均個體數，以 0 ~ 10 m 水層較高，顯示該等浮游動物群集之位置較接近燈光附近之淺水層。依據前田之觀察結果，浮游甲殼類是最先出現以及最接近燈源分布之生物，而橈足類多為毛顎類等其他類別浮游動物之餌料生物（前田, 1952），因此，橈足類及毛顎類等多分布在 0 ~ 10 m 水層，該種現象與前田之觀察結果，似乎一致。至於介形類及水母類之每立方公尺平均個體數於各水層間之差異不大，顯示該兩類生物對於環境照度之選擇較為廣泛。此外，螢蝦類、糠蝦類、異足類、鯖科仔稚魚等多趨集在 40 ~ 50 m 水層，顯示該等浮游動物所群集之環境照度較低。

二、燈光功率之影響

經以集魚燈燈光功率為 16、24、32、40 及 48 Kw 等之測試結果顯示，毛顎類、螢蝦類、糠蝦類、橈足類等每立方公尺平均個體數，並未對不同燈光功率呈現顯著之反應作用 (Table 7)。但在集魚燈燈光功率為 32 Kw 時，鯢科仔稚魚之每立方公尺平均個體數較高 (Table 7)，且，其被採集較多之水層為 10 ~ 20 m (Fig. 3)，於該水層之環境照度約 10.54 ~ 44.17 lux (Fig. 4)。在固定燈光功率下，鯢科仔稚魚是在 0 ~ 10 m 水層被採集到較多，是時於該水層之環境照度約 28.80 ~ 120 lux (Fig. 2)，該兩環境照度範圍之差異，是否屬於環境生物之不同，仍需要進一步再予後續究明。再者，於 Fig. 3 中顯示，毛顎類、螢蝦類、糠蝦類、橈足類、端

Table 9 Average individuals/m³ of chaetognaths, lucifers, mysidacea, amphipoda, pteropoda, and engraulida, and the average catch of stick-held nets at 16, 24, 32, 40, and 48 Kw of fish attracting lamps in the northern waters of Taiwan during June 28~October 4, 2000

Item	Capacity of attracting fish lamps (Kw)					F-value	Pr>F
	16	24	32	40	48		
Chaetognatha (ind./m ³)	45.16	33.03	51.80**	26.66	37.04	2.84	0.0253
Lucifer (ind./m ³)	4.35	3.29	5.94	1.84	5.75	0.85	0.4952
Mysidacea (ind./m ³)	28.21*	23.40	19.64	10.12	12.73	2.32	0.0585
Amphipoda (ind./m ³)	4.86**	4.92**	1.22	1.48	2.78	3.16	0.0150
Pteropoda (ind./m ³)	28.44	30.13	27.99	19.96	16.49	0.98	0.4207
Engraulidae (ind./m ³)	1.35	1.22	1.44**	0.81	0.63	3.04	0.0183
Catch of stick-held net (kg)	8.21	13.27	31.57	59.67	13.30	1.05	0.3918
Loliginidae (kg)	0.77	2.67	4.82	4.52	3.07	0.85	0.5035
Trichiuridae (kg)	6.48	9.67	8.84	11.29	6.70	0.11	0.9795

Underlining indicates a significant difference; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

足類等也以在 20 ~ 30 m 水層較多，是故鯷科仔稚魚與其餌料生物亦是鄰近的。而 Fig. 3 亦顯示，水母類在靠近燈源之 0 ~ 10 m 水層較多，這也許就是鯷科仔稚魚未再接近燈源附近活動原因之一。

三、浮游動物趨集量與棒受網漁獲量之關係

浮游動物是集魚燈下群集生物之一 (前田, 1951, 1952)，亦為趨光性魚類之餌料生物 (梶原, 1957; 山田, 1958; 近藤, 1969; 張與李, 1971; 張等, 1972; 胡, 1973; 李, 1978; 楊, 1978)。本調查採集量較多之浮游動物為毛顎類、糠蝦類、端足類、翼足類，而在仔稚魚方面，則以鯷科魚類為主。其中毛顎類以及鯷科魚類係在集魚燈燈光功率 32 Kw 時採集量較多 (Table 9)。該項結果與其同一燈光功率以及誘集時間所從事棒受網漁獲試驗之結果顯示，鎖管之平均漁獲量亦以燈光功率為 32 Kw 時較多。對於該種現象，日本學者梶原在研究真鯷 (*Trachurus japonicus*) 生態時，同時發現集魚燈下之鎖管，其胃內含物具有少量日本鯷 (*Engraulis japonicus*) (梶原, 1957)。而後，近藤於研究日本鯷資源時，亦說明日本鯷在後期仔稚魚時期，係以橈足類為餌料生物，稚魚期時則含括

毛顎類、瑩蝦類等 (近藤, 1969)。而圓花鯷之胃內含物則包括橈足類、端足類、蝦蛄類、異足類、腹足類、魷類等 (張與李, 1971)。因此，浮游動物在集魚燈燈光下之群集量，與棒受網漁獲量之多寡是有關連性。

四、燈光下浮游動物之垂直洄游

由本次試驗結果顯示，在開啟集魚燈之初始，每立方公尺浮游動物之平均個體數係於水深 40 ~ 50 m 水層處較多，約 435.12 ind./m³ (Table 1)；而在集魚時間為 35 min 時，每立方公尺浮游動物之平均個體數，則以 0 ~ 10 m 水層較多，約 622.16 ind./m³；對於該種趨集量在水層方面之變動，亦即浮游動物在調查時間內，於集魚燈下之垂直洄游 (元田, 1972)，於此提出進一步之討論。Fig. 4a ~ d 分別為集魚時間 5、35、65 及 95 min 時，橈足類 (圖中之●) 之每立方公尺平均個體數之變動情形。橈足類於集魚燈開啟後 5 min 時之峰值橫跨 0 ~ 10 及 10 ~ 20 m 二水層，於該二水層之每立方公尺之平均個體數均為 122.67 ind./m³ (Fig. 4a)。當集魚時間為 35 min 時，橈足類之峰值仍橫跨 0 ~ 10 及 10 ~ 20 m 二水層，於該二水層之每立方公尺平均個體數均已提昇為 546.72 ind./m³ (Fig. 4b)。當集魚時間分別為 65 及 95 min 時 (Fig. 4c & d)，橈足類每立方公尺平

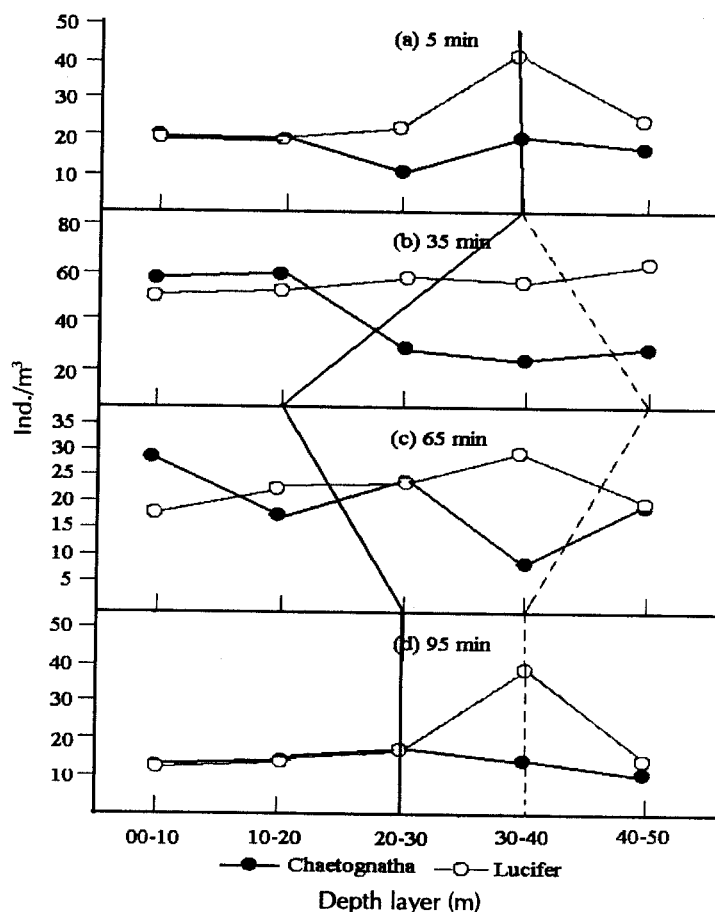


Fig. 5 Aggregating conditions of chaetognaths and lucifers with various luring times of 5, 35, 65, and 95 min.

均個體數之峰值雖仍維持在 0~10 m，不過，趨集量均已降低。另，Fig. 5a~d 則分別為毛顎類（圖中之●）及螢蝦類（圖中之○）於集魚時間 5、35、65 及 95 min 時之每立方公尺平均個體數之變動情形。Figure 5a 顯示，毛顎類之峰值係在 30~40 m 水層，但當集魚時間經過 35 min 後，該項峰值隨之上浮，位在 10~20 m 之水層間 (Fig. 5b)，而集魚時間為 65 及 95 min 時，毛顎類之每立方公尺平均個體數之峰值，則下降至 20~30m 處 (Fig. 5c & d)。至於螢蝦類之垂直洄游情形則完全迥異，於集魚燈開啟 5 min 時，其每立方公尺平均個體數之峰值係在 30~40 m 水層 (Fig. 5a)，當集魚時間為 35 min 時，該項峰值下降至 40~50 m (Fig. 5b)，而集魚時間為 65 及 95 min 時，則又回升至 30~40 m (Fig. 5c & d)。至於糠蝦類在集魚燈下之垂直洄游情形，則與螢蝦類相似。有關浮游動物受光作用後，其種群間所產生之攝食與逃避等之交互行為模式，以及其對燈火漁業漁獲量之影響等，則有待日後作進一步探討。

謝辭

本文於實驗期間，承前所長廖一久博士之支持與鼓勵；而在資料整理及撰寫過程中，又蒙所長蘇偉成博士之指導與提供寶貴意見。另，承海洋漁業組吳前組長純衡與簡代組長春潭等之協助與斧正，以及計畫實施期間承海鴻號及海建號之王船長與全體船員之協助，得以順利完成，在此一併敬致謝忱。

參考文獻

- 小久保清治 (1981) 海洋・湖沼プランクトン実験法。恒星社厚生閣, 115-124.
- 山田鐵雄 (1958) 大村灣内小アジの魚群組成。長崎大學水產學部研究報告, 6: 60-67.
- 川本信之, 尾崎久信, 小林 博, 小西治兵衛, 宇野寬 (1952) 集魚方法の基礎研究。水產研究會報, 4: 263-291.

- 元田茂 (1972) 動物プランクトンの生態特に日周鉛直移動の習性について. 日本海洋學會誌, 28: 278-292.
- 元田茂 (1975) 動物プランクトンの生態と適應. 海洋プランクトン, 海洋科學基礎講座 6, 東海大學出版會, 211-220.
- 井上實 (1972) 魚類の對光行動その生理. 昭和 47 年度日本水產學會春季大會シンポジウム, 日本水產學會誌, 38(8): 907-912.
- 井上實 (1978) 魚の行動と漁法. 恒星社厚生閣, 85~98.
- 中國時報 (1996) 聚魚燈光太強-漁民視力受損. 5 月 16 日第 14 版.
- 民眾日報 (2002) 高屏漁業大戰一觸即發. 1 月 15 日第 5 版.
- 李信徹 (1978) 瘦帶 (*Trichiurus japonicus*) 與肥帶 (*Trichiurus lepturus*) 之食性研究. 中央研究院動物研究所集刊, 17(2): 117-124.
- 近藤惠一 (1969) カタクチイワシの資源學的研究. 東海區水產研究所報告, 60: 29-81.
- 前田弘 (1951) 集魚燈動物の群集生態學的研究 I - 相互の食性と驅逐關係. 魚類學雜誌, 1(6): 349-359.
- 前田弘 (1952) 集魚燈動物の群集生態學研究 II - 魚群の構造とその變化. 魚類學雜誌, 2(2): 51-59.
- 胡興華 (1973) 台灣產土托鱈 (*Scomberomorus commersoni*)・馬加鱈 (*Scomberomorus niphonius*) 食性研究. 台灣省水產試驗所水產生物系研究報告, 24: 45-55.
- 梶原武 (1957) 若年マイワシの生態學研究 - 行動 食性について. 長崎大學水產學部研究報告, 5: 13-22.
- 張崑雄, 李信徹 (1971) 台灣產圓花鯉之食性研究. 中央研究院動物研究所集刊, 10(2): 47-57.
- 張崑雄, 巫文隆, 林忠 (1972) 臺灣產扁紅鯪與紅瓜鯪消化系統及胃內容物研究. 台灣水產學會刊, 1(1): 10-20.
- 曾文陽 (1970) 臺灣近海動物性浮游生物量的分佈 - I. 台灣省水產試驗所試驗報告, 16: 133-158.
- 曾文陽 (1971) 台灣東北部鯖漁場動物性浮游生物之研究. 台灣省水產試驗所試驗報告, 17: 95-121.
- 黑木敏郎 (1972) 火光利用之漁業. 昭和 47 年度日本水產學會春季大會シンポジウム, 日本水產學會誌, 32(8): 928-929.
- 漁業署 (2003) 中華民國台灣地區漁業年報. 行政院農業委員會漁業署, 台北, 128-129.
- 鄭重, 李少菁, 許振祖 (1992) 海洋浮游生物學. 水產出版社, 522-523.
- 檜山義夫 (1948) 魚類實驗生態論. 鳳林書林, 東京, 58-73.

Study on the Aggregating Behavior of Zooplankton under Fish Attracting Lamps

Shaur-Sheen Chyn*, Chia-Lin Lee, Wei-Fu Kang and Shyue-Geng Liao

Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the aggregating behavior of zooplankton under fish attracting lamps using a commercial stick-held net fishing boat. The experimental design was divided into 2 parts. The first part used fixed power at 8 Kw for fish attracting lamps both above and under the water level. Zooplankton specimens were sampled by a closing net (with a 51-cm mouth diameter) at depth layers of 0~10, 10~20, 20~30, 30~40, and 40~50 m, after the fish attracting lamps were turned on at 5, 35, 65, and 95 min, respectively. In the other part, the power for lamps under the water was maintained at 8 Kw, but power for lamps above the water varied at 16, 24, 32, 40, and 48 Kw. Zooplankton specimens were sampled at the same depth layers as used in the first part, while the luring time was up to 30 min.

Based on the 2 factors of luring time and the power of fish attracting lamps in this study, zooplankton slowly aggregated when lights were turned on, and it took about 35 min to complete this aggregating procedure, and then the zooplankton gradually dispersed. The results also showed that the average numbers of individuals/m³ of the chaetognatha, mysidacea, copepoda, amphipoda, etc. were affected by the power of lamps.

Key words: fish attracting lamp, zooplankton, aggregating behavior.

*Correspondence: Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute, 199 Hou-lh Road, Keelung 202, Taiwan.
TEL: (02) 2462-2101; FAX: (02) 2463-3110; E-mail: sschyn@mail.tfrin.gov.tw