

夏季網走湖に於ける甲殻類プランクトンの 晝夜垂直移動の観察

元 田 茂・石 田 昭 夫
(北大水産學部) (水産孵化場)

I 緒 論

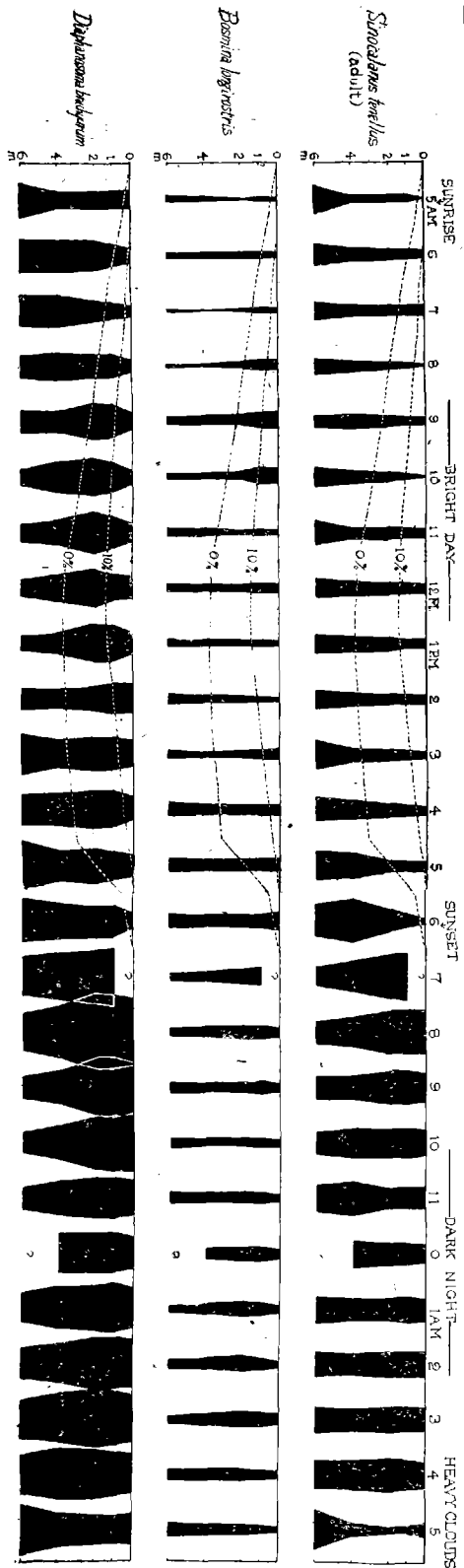
一般にプランクトン殊に甲殻類プランクトンはかなり著しい晝夜垂直移動の習性を有する事が知られて居るが何分1晝夜以上の繼續觀察は非常な勞苦を伴ふので湖沼又は海で行はれた實際の觀察は比較的少なく本邦では木崎湖(菊池, 1727, 1937)、琵琶湖、水月湖、日向湖及長野縣諸湖(菊池, 1930a)、支笏湖(田中館・小久保, 1914; 林・名取, 1932; 元田, 1943)、大平洋東方海上(下村, 1948)、オホーツク海南東部沿岸(元田・佐藤, 1949)等が挙げられる程度である。従つて更に異なる環境條件を具備する湖沼又は海洋に於ける觀察資料を蓄積して行く事は問題の解決のために有益であると信ずる。更にプランクトンの垂直移動の行動は湖の栄養を論ずる際にも一應知つておかなければならぬ事である。何故ならばプランクトン捕食魚類の營養環境はその索餌時刻と餌料プランクトンの晝夜垂直移動とが當然關連しているからである。單にプランクトンをプランクトンネットによる垂直採集で定量し湖の利用さるべき生産力を判断するのはあまりに粗雑に過ぎると云はなければならない。

II 觀察時刻並に天候と湖水の環境

今回の研究を行つた網走湖は北海道北見海岸にある富栄養湖で湖の概況に就ては高安・飛島兩氏(1930)、元田・石田(1948, 1949)の報告を参照され度い。觀察は昭和22年8月24日午前5時から25日午前5時までの1晝夜間を1時間毎に網走湖内呼人灣頭水深7mの處で0, 1, 2, 4, 6m各層より夫々20立中のプランクトンをプランクトン定量採集器(元田・石田, 1949, p. 1)を以て採集し算定したものである。觀察地點に於ては24日午前5時4分太陽が現はれその後午後2時頃まで快暗無風, 3時少し前より薄く雲がかゝつて來た。午後6時5分日没となり6時30分頃から黄昏の状態で7時には薄闇の中に月齡9日の月が空にあつたが間もなく雲にかくされ、午後10時雲がはれて月が現はれたが午後11時10分月は没し以後は全くの暗黒が続いた。25日午前3時30分頃より闇は薄くなり4時30分頃までは薄明状態で日の出に當る5時頃は前日の朝と異なり満天厚い雲に覆はれてゐて太陽はみられなかつた。

前日(8月23日)湖心近傍水深16.6mの處で行つた觀測の結果(元田・石田, 1948, p. 10)によれば *Synedra*, *Aphanizomenon flos-aquae* 等の夥しい繁殖のため水は甚しく濁り透明度僅に1.2mである(24日午前7時觀察現場では透明度1m)。又6m以淺の範圍では全層表水層に相當し水温(22.0—23.5°C), 鹽分(330—360mg/lCl), 溶存酸素(4.8—5.0^{cc}/l)等は上下の差極く僅少である。7mでは溶存酸素が3^{cc}/l位に減つてゐる様に見えたが他の條件は上層と殆ど變らない。今回の觀察場所は之と位置及水深が違つてゐるが同じ深さに就ては條件は大差ないと思はれるから大体表面から底層7mまで水温, 鹽分, 溶存酸素等の條件は變化が少いとみてよからう。

更に8月24日の日中濱野氏(1949)がこの觀察現場に於て沃度加里法により測定した水中光度の値を第1圖に挿入してみた(濱野氏1949の文中昭和23年8月23日測定とあるのは昭和22年



8月24日の誤記である)。第1圖に挿入した2つの
 點線は午前11時乃至正午の間の表面直下の水中光
 度を100とした時の10%に相當する光度及0%に相
 當する光度の深さを結んだものである。

III 觀察結果とその考察

各回各層夫々20立中に含まれる甲殻類プランク
 トンの個体数を稀釋法によらず全数を算定した
 結果は表1の如く又之等の中比較的少量に採れ
 た *Sinocalanus tenellus*, *Bosmina longirostris*,
Diaphanosoma brachyurum の3種を選んで球曲
 線法で圖示すると第1圖の様になる。遺憾な事に
 最も興味ある時刻即ち黄昏から闇が濃くなつて行
 つた午後7時の表面採集の標本が瓶の破損のため
 失はれてその時の分布は觀察する事が出来なかつ
 た。

第1圖に於て出現個体数が多くて分布圖に最も
 信賴の於ける *Diaphanosoma brachyurum* の移
 動傾向をみると午前6時乃至7時に表面に少く下層
 に多く表層の減少は尙明るくなつた午前8時以後
 になつても顯著に示されてゐる。之は夜間中光の
 刺戟のない暗黒状態におかれたものが朝になつて
 甚しく敏感に光に反應し表層を避けたのではなから
 うか。 *Sinocalanus tenellus* では前種より少し
 遅れ午前8時になつて表層を逃れ午前10時までは
 表層を避けてゐる。 *Bosmina longirostris* では
 特に朝方表面を避けなければ午前8—10時頃
 と比べると午前5—6時は表層の分布率が減つてゐ
 る。斯の如くに朝方が最も下降してゐるのが共通
 の現象の様である。次に *Diaphanosoma* は午前
 8時から正午まで大体光度0—10%の内の層に最多
 集合がみられ、10%以上の光度の層には相當減少
 してゐるが午後2時以後は様子が變つて光度10
 %以上の淺層にもかなり多數昇つて來た。即ち同
 じ日中でも午前より午後の方が分布層が淺くなつ
 て來る。この現象は Clarke (1934) 及 菊池氏
 (1937) の研究にも述べられてゐる様に動物の光
 に對する適應現象で、朝から晝迄光の刺戟をうけ

第1圖 代表的な3種の一晝夜間の垂直分布の變化
 (點線は正午の表面を100とした場合の光度)

續けてゐたため光に対する感受性が鈍くなつたによるのではないかと考へられる。同じ傾向は *Sinocalanus* の午前と午後との分布を比較しても幾分頷けるところである。

夕刻黄昏後の午後7時の表面の分布は標本亡失のため判らないけれども1m以深の分布型からみると3種とも午後6時から7時までの間に頗る急激な上昇を行つたと推定される。この時刻は在來度々論ぜられてゐる薄光に対する強い正の趨向性による薄明移動 (twilight migration) といふには少々暗くなりすぎてゐる様に思ふ。恐らく動物が日中の強い光の刺戟から解放されたときに負の趨地性が現はれるのであらう。*Diaphanosoma* は午後10時まで上層に多数が止まつてゐるが其後は夜間中他2種と同じく大体上下の差の少ない殆ど均等に近い分布型を示す。夜間の上下均等分布は重力に対する趨地性が消失したためと考へられる。菊池氏 (1938) の實驗によれば *Diaphanosoma brachyurum* の趨地性の傾向は大體 *Holopedium gibberum* と同じで暗黒中において暫くすると趨地性が正負何れでもなくなると推定されてゐる。

25日朝 (午前5時) は甚しい曇天であつたが、前日の晴れた同時刻と比べると *Sinocalanus*, *Diaphanosoma* 共に表面に分布するものの割合が多く殊に前種では前日の朝には一つも表面に現はれなかつたのが25日朝には49個体 (20立中) も表面に出現した。即ち光が弱いため朝の下降が不顯著だつた譯である。

茲に氣の付く事は3種共各時間に於ける全量 (0—6mの總計) が變動してゐる事で特に *Sinocalanus* と *Diaphanosoma* では0—6mに分布する數量が夜間が日中に比べ甚しく多くなつてゐる。之は日中多数が6m以深湖底 (7m) までの間に潜伏してゐる事を思はせるものであつて若しも湖底直上の層から採集を行つたならば恐らく日中には大量に採れるのではなからうか。表1に示した他の種類もこの傾向を示し就中 *Mesocyclops hyalinus* 成体, *Ectinosoma curticorne*, *Pseudodiaptomus japonicus* 成体, *Leptodora kindtii* 幼体, *Neomysis intermedia* 等は殆ど夜間だけしか6m以淺に現はれ來らず日中は全部6m以深に潜んでゐるものと思はれる。然し乍ら第1圖に於て *Diaphanosoma* が日中6m以淺に於て中膨みの分布型を示し殊に午前9時乃至正午には2m層にかなり顯著な最大分布が存在する。若しこのとき6m以深に多量の潜伏個体が存在したとすれば最多層が2つある事になり2m層の大量分布はどういう理由で形成されたものか不可解である。或は動物を發生階段に分けて分布數を算定したならばこの事が解決されたかも知れない。*Sinocalanus* ではこの時刻に成体は大體6m層に最多數があるのに幼体最多層は2mである。

觀察結果は以上の如くであるが著者 (石田) の其後の研究によれば湖沼のプランクトンの分布はかなり一般的に極く近接する場所でも甚だしく異なる場合がある事が判つた。殆ど同一場所でも同一方法により採集を繰返してみても採集されるプランクトンの量は勿論組成迄が違つてゐる事がある。恐らくは生物學的要因によつてプランクトン各種の分布に極く狭い範圍に於ても不均等性があるのではないかと考へられる。然りとすれば採集器具の誤差に加へて採集場所が一寸でも (數mでも) 變れば異つた量と組成のプランクトンを探る事になり1回の採集だけでは他との比較價値が極く低いものと思はなくてはならぬ。更に分布の不均等性は定常的でなく絶へず變化しつゝあるものと考へられるから今回の如く時をを置いて1回づつ採集したものは譬ひ全く同一場所で行つたとしても毎回の比較考察はかなりの無理を含み要するに觀察結果は大體の傾向を知るに過ぎないといふ事になる。在來殆どすべてのプランクトン研究は1回の採集を以て代表値として扱つてゐるか少くとも湖沼プランクトンに於ては水平分布の不均等性を考慮しなければならぬと思ふ。

さてプランクトンの垂直移動の要因はプランクトンの光や重力に対する趨向性の轉換現象を始め様々に分析が試みられて来たが尙未だ説明に困難な點が少なからず残されてゐる (Russell, 1927; 菊池, 1930; Clarke, 1934b; Welch, 1935, pp. 226—235 等の綜合論説参照)。先に観察結果と共に若干の考察を述べたが緒論に記した如く今回の観察の結果は資料として記録し移動の要因に就ては之以上の論議は差控へる事とする。

次に本湖で著者 (石田, 1949) がワカサギの食性を研究した結果によれば昭和23年9月初めには *Sinocalanus tenellus* がワカサギの最も主要な餌料で *Neomysis intermedia*, *Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum* も幾分捕食され, *Pseudodiaptomus japonicus* も少量撮られてゐる。通常ワカサギは晝間沿岸部の曳網によつて漁撈され夜間は罹網しないと云はれるからその游泳索餌活動は主に日中に限られるのであらう。今回6m以深湖底直上の採集を逸した事は遺憾であつたが前述の様にその深さに日中上記餌料プランクトンが多数潜伏してゐるものと想像された。従つてワカサギが沿岸湖底近くを游泳するならば日中は夜間よりも豊富な餌料プランクトンに遭遇出来る譯である。つまりワカサギの營養環境としての天然餌料の量はこの場所に関する限りプランクトンネットの垂直採集で定量された餌料プランクトンの量よりもつと大きく見積つてよい事となる。

終りに本研究に要した經費は文部省科學研究費によつた事を明らかにし, 更に網走臨湖實驗所の使用を許された北海道水産孵化場並に晝夜に互る採集に多大の勞力を提供された當時北大農學部水産學科學生諸君に對し深甚なる感謝を捧げる次第である。

Ⅲ 摘 要

昭和22年夏晴天の日に1晝夜間に互り網走湖に於て甲殻類プランクトンの0—6m層を通ずる晝夜移動を観察した。観察した種類は9種であるが, その中多量に出現した *Diaphanosoma brachyurum*, *Sinocalanus tenellus*, *Bosmina longirostris* の3種に就て考察を試みた。

3種共朝最も著しく下降し又午後は午前よりも一般に分布が浅い。之は朝最初に光の刺戟を最も強く感じて之を逃がれ午前中光の刺戟を繼續的にうけるため午後は適應して感受性が鈍くなつたものと想像される。夕刻暗くなつたときに急激に上昇し夜間は上下均等に近い分布を示す。即ち夕刻光の刺戟から解放されると負の趨地性を生じ暗黒が續くと趨地性が消失して重力に無關係の分布を來すのであらう。

殆どすべての種類は日中6m以深湖底(7m)までの間に多数潜伏してゐる様に思はれワカサギは日中湖底近くを游泳して之等餌料プランクトンを捕食してゐると想像される。

文 献

- Clarke, G., 1934a. Further observations on the diurnal migration of copepods in the Gulf of Maine. Biol. Bull. Vol. 67, No. 3, pp. 432-455.
- 1934b. Factors affecting the vertical distribution of copepods. Ecol. Monogr., Vol. 4, No. 3, pp. 530-540.
- 濱野 繁, 1949. 網走湖に於ける水中光度の日週變化. 日本水産學會誌, Vol. 15, No. 8, pp. 419-424.
- 林碩二郎・名取武光, 1932. On the vertical distribution of *Diaptomus denticornis* Wierzeisky var. *yezoensis* Kokubo in Lake Shikotsu. Trans. Sapporo Nat. Hist. Soc., Vol. 13, pt. 2/3, pp. 86-92.
- 石田昭夫, 1949. 網走湖に於けるワカサギの食性に關する研究. 水産孵化場試験報告, Vol. 4, No. 2, pp.

- 47-56.
- 菊池健三, 1927. Notes on the diurnal migration of plankton in Kizaki Lake. Jour. Coll. Agr. Imp. Univ. Tokyo, Vol. 9, No. 3, pp. 177-197.
- , 1930a. A comparison of the diurnal migration of plankton in eight Japanese lakes. Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ., Ser. B, Vol. 5, No. 1, pp. 27-74.
- , 1930b. Diurnal migration of plankton crustacea. Quart. Rev. Biol., Vol. 5, No. 2, pp. 189-206.
- , 1937. Studies on the vertical distribution of the plankton crustacea. I. A comparison of the vertical distribution of the plankton crustacea in six lakes of middle Japan in relation to the under-water illumination and the water temperature. Rec. Oceanogr. Wks. Japan, Vol. 9, No. 1, pp. 61-85.
- , 1938. Studies on the vertical distribution of the plankton crustacea. II. The reversal of phototropic and geotropic signs of the plankton crustacea with reference to the vertical movement. Rec. Oceanogr. Wks. Japan, Vol. 10, No. 1, pp. 17-41.
- , 1939. 動物性プランクトンの垂直分布. 動物學雜誌, Vol. 51, No. 5, pp. 302-312.
- 元田 茂, 1943. 夏孝支笏湖に於ける浮游甲殻類の周日垂直移動に就て (講演要旨). 動物學雜誌, Vol. 55, No. 2, pp. 68-69.
- 元田茂・石田昭夫, 1948. 網走湖の研究特にプランクトン相に就て (第1報). 水産孵化場試験報告, Vol. 3, No. 1, pp. 1-12.
- , 1949. 網走湖の研究特にプランクトン相に就て (第2報). 水産孵化場試験報告, Vol. 4, No. 1, pp. 1-9.
- 元田茂・佐藤重勝, 1949. 北海道知床半島西岸沖に於ける動物性プランクトンの晝夜移動. 北海道水産試験場研究報告, No. 2, pp. 72-75.
- Russell, F. S., 1927. The vertical distribution of plankton in the sea. Biol. Rev., Vol. 2, pp. 213-262.
- 下村敏正, 1948. 洋上 (N39°, E153°) に於けるプランクトンの日夜變化 (第1報). 水産學會報, Vol. 10, No. ½, pp. 14-17.
- 高安三次・飛鳥貫治, 1930. 湖沼調査報告 (網走湖). 水産調査報告, 22冊, pp. 1-61.
- 田中館秀三・小久保清治, 1919. 北海道の火山湖 (6), 支笏湖 (2). 地學雜誌, Vol. 31, No. 371, pp. 608-616.
- Welch, P. S., 1935. Limnology. 471 p., N. Y. & London.

Aug. 24, 1947

表 I. 各種甲殻類プランクトンの一晝夜間の0-6m

hour	5:00 A. M.	6:00 A. M.	7:00 A. M.	8:00 A. M.	9:00 A. M.	10:00 A. M.	11:00 A. M.	12:00 M.	1:00 P. M.	2:00 P. M.
Mesocyclops hyalinus adult			1							
Mesocyclops hyalinus juvenile		6	2			4	4	1		6
		4	2	2	2	2	2	3	4	4
		4	2		1	1	2		1	8
		3	5	5	2	1	12	6	10	7
		6	13	3	10	13	11	21	12	8
Limnoncaea genuina		1	3			3		2	1	5
		5	5		5	5	2	3	1	4
		2	3		5	6	1	3	5	6
		1	5	2	3	7	2	6	4	5
		4	1	1	3	1	5	1	2	2
Ectinosoma curticorne		3	3	1						
		1	3	2						
		2	2	4						
		1	3							
		3		1				1	1	
Sinocalanus tenellus adult		8	12	16	14	32	33	43	39	47
		15	11	14	14	32	33	43	39	47
		11	39	28	35	52	41	23	56	69
		417	231	145	77	19	141	322	115	142
Sinocalanus tenellus juvenile		4	4	2	1	3	5	10	24	11
		15	27	8	13	14	11	14	28	24
		3	20	7	17	36	32	34	29	29
		4	27	32	16	10	13	9	10	19
		15	19	21	4	3	12	25	14	25
Pseudodiaptomus japonicus adult							1			
								1		
									1	
						1			2	2
Pseudodiaptomus japonicus juvenile		2					1		1	
		1	1	2	1	1	1	1	2	1
						1				
		1	2	1				1	1	3
		6	5	3	1		2	4	7	4
Bosmina longirostris		2	4	2	21	104	71	4	16	2
		5	3	4	22	64	78	5	22	9
			2	1	7	12	8	2	6	4
		1	5	1	1	5	7	11	6	5
		2	4	1	1	7	2	7	10	8
Diaphanosoma brachyurum		98	59	28	45	117	75	151	218	245
		108	248	61	258	721	573	666	317	910
		92	485	223	291	971	1089	1283	1044	947
		97	656	598	463	231	518	269	353	200
		794	664	570	220	221	92	93	106	74
Leptodora kindtii adult					1	5				
					8	10		4	4	1
			2		3	3		4		2
			3	2	1	2			1	1
						1		1		
Leptodora kindtii juvenile										
				1						
				1						
Neomysis intermedia adult										
		1								
Neomysis intermedia juvenile										

間垂直分布 (20立中の個体数)

Aug. 25

3:00 P. M.	4:00 P. M.	5:00 P. M.	6:00 P. M.	7:00 P. M.	8:00 P. M.	9:00 P. M.	10:00 P. M.	11:00 P. M.	0:00 A. M.	1:00 A. M.	2:00 A. M.	3:00 A. M.	4:00 A. M.	5:00 A. M.
	1			—	11	12	11		2		3	12	2	
	1			8	18	7	5	1	2	3	7	6	2	1
			1	9	14	16	5	2	3	5	3	5	1	1
	1		1	18	6	8	9	4	2	4		7	2	1
	2			8	13	7	2	4	—	1	1	2	13	5
2	4	4	2	—	100	64	71	30	42	44	57	35	58	19
5	4	4	4	81	84	100	66	53	42	85	52	76	46	8
5	10	6	16	65	111	53	68	37	37	64	54	71	61	10
5	34	11	35	55	55	22	36	31	36	51	29	27	47	11
21	65	32	36	25	51	22	21	21	—	12	26	26	46	159
1	3	7	3	—	4	3	1	1	3	4	3	6	8	6
7	10	10	1	7	4	2	1	3	4	2	1	6	7	8
6	3	2	4	5	8	3	4	7	4	2	2	4	5	4
3	2	4	4	3	3	6	4	5	2	2	2	4	2	2
12	4	9	6	3	3	2	3	2	—	3	5	1	1	6
				—	17	39	32	14	6	12	5	8	2	3
				3	23	43	53	20	10	12	8	4	4	1
1				6	23	34	49	19	16	11	8	8	4	2
			2	19	31	48	21	12	17	19	6	9	4	2
	2		1	22	44	42	16	16	—	8	9	4	3	2
9	13	25	5	—	1686	531	328	178	128	224	354	485	392	49
14	25	15	39	2298	1977	655	436	185	194	301	381	609	497	5
24	39	34	172	1519	1548	687	404	142	240	210	296	655	626	10
54	129	299	1492	437	466	258	490	753	372	226	222	574	431	54
369	246	405	612	108	190	223	256	311	—	347	386	601	468	1382
17	7	8	5	—	9	7	15	10	12	13	14	6	16	5
33	25	16	13	33	26	17	16	12	11	9	9	16	11	15
10	29	12	17	22	26	23	16	12	19	6	15	12	14	6
10	31	8	16	6	6	2	4	14	15	6	6	12	6	11
35	6		5	2	2	6	2	7	—	10	14	28	11	20
				—	13	10	2		2	1	2	9		
				6	6	2	4		5	5	4	5	2	
				4	18	8	6	1	5	1	2	10	4	
			2	11	17	4	4	2	1	1	4	4	5	
				11	8	1	1	3	—	1	1	6		
	1	2	—	—	19	6	4	5	1	4	3	3		
	2	4		10	27	12	5	5	2	4	1	13	3	
1	3	1		13	13	4	14	2	37	4	8	13	7	
1	1	2	3	14	13	5	6	13	4	6	7	7	7	
17	2	9	23	4	8	3	7	5	—	3	5	16	4	
14	27	30	108	—	15	10	5	10	19	12	10	19	17	5
13	15	28	39	137	59	71	12	24	65	44	29	54	22	12
40	19	18	29	56	62	25	17	27	52	54	60	46	40	17
2	35	23	37	15	23	14	8	16	22	30	19	33	39	18
16	52	39	45	10	7	20	23	20	—	11	13	13	24	49
362	266	187	85	—	6242	2456	3755	963	654	1218	2124	2069	1155	652
653	773	407	576	3478	7672	3773	3732	1335	1263	2075	2911	3458	1670	404
657	907	686	541	2673	8316	3174	2699	1258	1314	1694	2949	3725	2393	450
385	611	459	817	2196	2872	663	730	988	1222	1411	1219	2241	2439	577
1227	544	2240	1558	928	1009	220	159	251	—	521	615	981	1373	2382
5	6	1	2	—	3	14	2	4	3	4	1	2	6	
4	1			4	7	11	3	1	3	7	4	6	15	2
1				5	4	4	2	2	6	2	3	12	9	
1		1	1	1	1	1	4	1	2	5	1	1	3	
				1	4	1			—	1	1			1
				—	13	7			5		1			
				13	12	20	17		9		1	6		
1				13	12	20	1	7	11	7			7	
				11	14				—				9	
				—					1		1		1	
									2		3		2	
									—				2	
				—		2	1		1	2				
				1	2				3	1				2

An observation on the diurnal migration of
plankton crustaceans at Lake Abashiri,
Hokkaido, in summer of 1947.

by

Sigeru Motoda and Teruo Ishida

-Summary-

Of the nine species of plankton crustaceans belonging to daphnids, copepods and mysids, three species, *Diaphanosoma brachyurum*, *Sinocalanus tenellus* and *Bosmina longirostris*, were sufficiently collected for the study of the diurnal movement.

They escape from the surface water just after the day break and then the majority of them are distributed at under surface layers during the beforenoon. The layer of maximum distribution, however, locates shallower in the afternoon than in the beforenoon, notwithstanding the bright sun shines throughout.

The animals exposed to the light during a few hours in the beforenoon probably become insensitive to the light stimulus, and ascend to the shallower layer in the afternoon. The advent of night darkness forces the animals to make a abrupt upward migration. They may have a negative geotropism in darkness at first free from the light stimulus. During the night time the animals are distributed almost evenly throughout the vertical range observed, showing neutral condition to the geotropism.

It is highly probable that the plankton crustaceans are concentrated near the bottom during the daytime in which the pond-smelts migrate deep to feed them.