

天然水域における動物プランクトンの 夜間投光による蝟集採集

小林 徹・根本守仁・臼杵崇広

Crowding Collection of Zooplankton by Night Lighting
in Natural Water Area

Toru Kobayashi*^{1,†}, Morihito Nemoto*^{1,‡}, and Takahiro Usuki*^{1,‡}

At the natural water area with reed community in Lake Biwa, we tried the crowding zooplankton as the living feed resources for fish larvae of cyprinid fishes by various conditions of fluorescent light irradiation. The light angles 20 degrees of toward *SUZUMENOHIE* weed vegetation resulted more crowding amount than to the vertical direction lighting. The best period for the collection was presumed to be in the end of May. The kind of useful light origin was light of 580-650 nm in wavelength, yellow red in color. The major water flea species crowded to the irradiation were *Bosmina Longilostris*, Cycropoidea, Calanoida, and *Bosminopsis deitersi*. Rate of crowding amount of 3 hours irradiation was 150-200 times for before the irradiation, 80,000 individ/5 l per one light origin was crowded. The species of water fleas crowded to the light in the *SUZUMENOHIE* weed vegetation were different from those in the *YOSHI* reed vegetation. In the *YOSHI* reed vegetation, we observed frequently *Chydorus* and *Camptocercus*.

Key words: water flea, plankton, living feed resources, fish nursery system, light wavelength

前報では餌料プランクトンの採集方法に関する検討として餌料培養実験池における夜間電照によるミジンコの蝟集実験を試みた¹⁾。しかし、実際の放流用種苗の生産は湖上に設置した生け簀で行われている場合が多く、前報の実験結果が天然水域の多様な動物プランクトンに普遍的に通用するとは限らない。また、天然水域に棲息するプランクトンのうち、蝟集効果の高い種類についても明らかにする必要がある。

そこで、本報告ではニゴロブナ仔魚の育成の場として重要なヨシ等植物群落²⁾を中心とした琵琶湖沿岸帯天然水域のうち、スズメノヒエ群落およびヨシ群落において、夜間電照による餌料生物の蝟集実験を行い、その効果と蝟集するプランクトン種について調べた。

実験方法

滋賀県近江八幡市牧町地先の離岸堤内側の天然スズメノヒエ群落前端部 (A地点) において、動物プランクトンの蝟集実験を行った (Fig.1)。前報¹⁾の蝟集実験に用いた5連装の蛍光灯ユニットをスズメノヒエ群落前面に設置し、同報の実験IIに用いた5種類の汎用蛍光灯を使って光源の種類による蝟集効果の差異について検討した。用いた蛍光灯は、松下電器産業³⁾製の三波長昼光色型FL20SS・EX-D/18、三波長電球色型FL20SS・EX-L/18、単波長純黄色型FL20S・Y-F、低誘虫性型FL20S・AI、フルホワイト昼白色広帯域型FL20SS・N/18のそれぞれの20W蛍光灯である。実験は1995年5月24日から6月23日にかけて5回行い、そのうち5月24日、26日および30日では、設置

脚注*1: 滋賀県水産試験場 (Shiga Prefectural Fisheries Experimental Station, Hassaka 2138-3, Hikone, Shiga 522-0057, Japan)

現所属

†: 近畿大学農学部 (Faculty of Agriculture, Kinki University, Nakamachi 3327-204, Nara 631-8505, Japan)

‡: 滋賀県庁農政水産部水産課 (Fisheries Section, Department of Agricultural Administration and Fisheries, Agency of Shiga Prefecture, Kyomachi 4-1-1, Otsu, Shiga 520-8577, Japan)

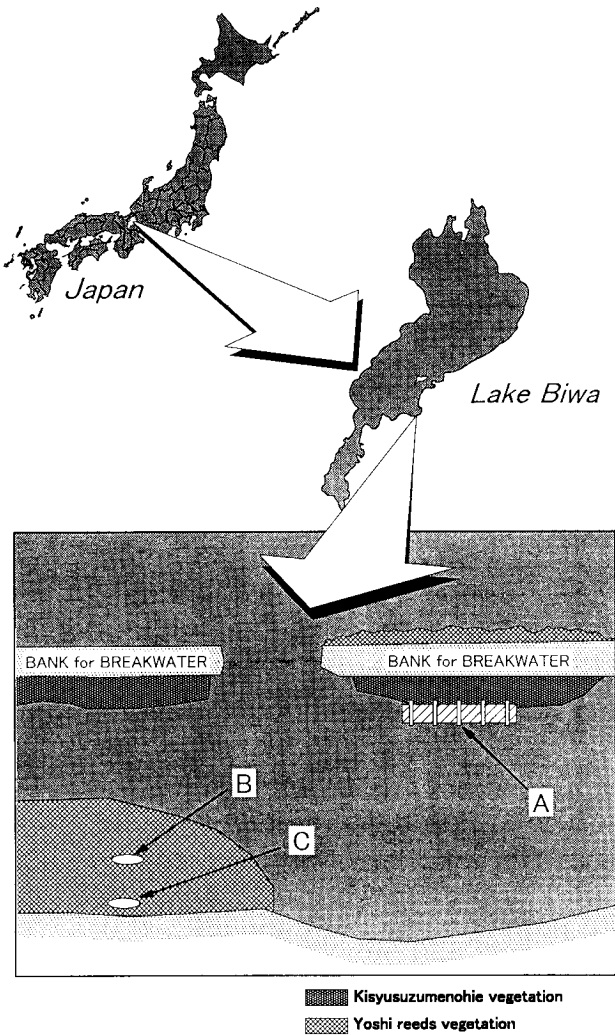


Fig.1 Location maps of station point for the experiment of crowding zooplankton.
A. station points in front of wild Kisyusuzumenohie weeds vegetation area (A), and of wild Yoshi reeds vegetation area (B, point on 20 m distance from the lake brink; C, on 0 m).

する光源の角度をスズメノヒエ群落内側へ 20° 、あるいは外側へ 20° 傾斜させた場合と水面に対して垂直方向に照射する場合の3つの方法での蝸集効果の差異について比較した。また、6月1日及び23日には傾斜角を内側 20° に固定して実験を行い、5月26日の実験と併せて、採集時期による蝸集効果の差異について検討した。いずれの場合も蛍光灯の中央部から水面までの距離を15cmとした。

また、蝸集適地の検討として天然ヨシ群落内中央部の岸壁から20mをB地点、0mをC地点とし (Fig.1)、それぞれに純黄色蛍光灯を一灯ずつ設置して、これにA地点の単波長純黄色型蛍光灯の実験区のデータを加え、湖岸からの距離が異なる三地点での動物プランクトンの蝸集状況を比較した。これらBおよびC地点それぞれの光源から水面までの高さはA地点と同様、約

Table 1 Environmental conditions in the experimental spots

Water Condition	Date	Start ^{*1}			End ^{*2}		
		A	B	C	A	B	C
Water temp. ($^\circ\text{C}$)	May, 24	18.3	19.3	18.9	17.8	18.5	18.7
	May, 26	19.1	19.8	19.0	17.2	19.2	18.0
	May, 30	20.5	21.0	21.3	19.7	20.7	19.9
	Jun., 1	21.7	21.1	21.5	21.1	21.4	19.2
	Jun., 23	22.4	-	-	21.4	-	-
DO (ppm)	May, 24	81.2	51.2	25.0	81.0	69.8	31.6
	May, 26	83.7	46.4	30.5	71.7	34.6	19.3
	May, 30	50.6	8.0	4.9	41.6	15.1	10.6
	Jun., 1	73.0	40.0	3.9	55.6	11.5	3.6
	Jun., 23	28.2	-	-	28.4	-	-
pH	May, 24	6.43	6.85	6.77	7.03	7.18	6.80
	May, 26	6.87	6.90	6.88	7.07	6.88	6.58
	May, 30	7.22	6.97	6.87	7.20	6.81	6.75
	Jun., 1	7.08	6.92	6.78	6.96	6.81	6.87
	Jun., 23	6.87	-	-	6.63	-	-

*1, At the start of irradiation.

*2, At the end of irradiation.

15cmとした。調査日は5月24日、26日、30日、および6月1日とした。6月23日はBおよびC地点は水位低下による干出のため実験できなかった。

採集操作はいずれの場合も日没 (本実験期間中では19:30~20:00) の後、20時に投光を開始し、3時間の電照蝸集の後に蛍光灯の直下に蝸集しているプランクトンを5 lの環境水とともに採集してNXXXのプランクトンネットで濃縮して、中性ホルマリンで固定した。投光の開始直前と完了時には実験時の環境条件として水温・DO・pHを調べた。

結 果

各水域における実験時の環境水のDO、pHおよび水温 実験日における環境条件をTable 1に示す。水温は5月24日では $17.8\sim 18.9^\circ\text{C}$ であったが、時期が進むごとに高くなり、6月23日には $21.4\sim 22.4^\circ\text{C}$ となった。いずれの場合にも蝸集操作開始前から終了時にかけて水温の低下が見られた。DOもA地点では時間の経過とともに低下したが、B、C両地点では増加する場合もあった。また、pHは $6.4\sim 7.2$ と中性もしくはやや弱酸性を示していたが、A地点では他に比べてわずかながらpH値の上昇が見られた。

棲息種 確認された動物プランクトンの種類をTable 2に示す。ミジンコ類はケンミジンコ2亜目を含み13分類群が確認された。蝸集操作前に採集されたのはネコゼミジンコ属 *Ceriodaphnia* やケンミジンコ亜目 *Cyclopoida* が多く、他にミジンコ属 *Daphnia* も確認された。また、投光操作ののちでは、ゾウミジンコ属 *Bosmina*、ヒゲナガケンミジンコ亜目 *Calanoida*、ケンミジンコ亜目およびゾウミジンコモドキ属 *Bosminopsis* 等が多く蝸集したほか、投光前にはみられなかったノロ *Leptodora kindtii* なども蝸集した。一

天然水域でのプランクトン蝸集

Table 2 List of observed zooplankton

Phylum	Class	Subclass	Order	Suborder	Family	Genus	Japanese Name
PROTOZOA	Ciliata	Spirotrichia	Hypotrichida		Euplotidae	<i>Euplotes</i>	Euplotes
TROCHELMINTHES	Rotatoria	Monogononta	Ploima		Synchaetidae	<i>Synchaeta</i> <i>Polyarthra</i>	Dorowamushi Haneudewamushi
					Notommatidae	<i>Monommatia</i>	Kataowamushi
					Trichocercidae	<i>Trichocerca</i>	Nezumiwamushi
					Asplanchnidae	<i>Asplanchna</i>	Fukurowamushi
					Brachionidae	<i>Brachyontus</i> <i>Keratella</i> <i>Anuraeopsis</i>	Tsubowamushi Kamenokouwamushi Nisekamenokouwamushi
					Buchlanidae	<i>Lepadella</i> <i>Euchlanis</i> <i>Colurella</i> <i>Mytilina</i> <i>Trichotria</i> <i>Lecane</i> <i>Monostyla</i>	Usagiwamushi Horiwamushi Chibiwamushi Sayagatawamushi Oniwamushi Sarawamushi Enagawamushi
					Filiidae	<i>Hexarthra</i>	Mijinkowamushi
					Testudinellidae	<i>Testudinella</i>	Hiratawamushi
					Proesomatidae	<i>Pompholyx</i> <i>Flossoma</i>	Awawamushi Sujiwamushi
ARTHROPODA	Crustacea	Ostracota					Kaimushirui(Kaimijinko)
				Copepoda	Cyclopoida		Kenmijinko
					Calanoida		Higenagakemijinko
			Branchiopoda	Branchioda	Sididae	<i>Diaphanosoma</i>	Onagamijinko
					Daphnidae	<i>Daphnia</i> <i>Scapholeberis</i> <i>Ceriodaphnia</i> <i>Moina</i>	Mijinko Aomukimijinko Nekozemijinko Tamamijinko
					Bosminidae	<i>Bosmina</i> <i>Bosminopsis</i>	Zoumijinko Zoumijinkomodoki
					Chydridae	<i>Camptocercus</i> <i>Alona</i> <i>Chydorus</i>	Hiratamijinko Shikakumijinko Marumijinko
					Leptodoridae	<i>Leptodora</i>	Noro

方、ワムシ類はTable 2にあげた19種が確認されたが、前報と同様、投光による蝸集効果は観察されなかった。

照射角度の違いによる蝸集効果の差異 照射角度以外の環境条件が類似している5月24~30日のデータを用いて蝸集効果を比較した。

投光を水面に対し垂直に照射した場合 (Fig.2[A]) は、単波長純黄色型蛍光灯に多くのミジンコ類が蝸集し、蝸集倍率は216倍であった。特にこの光源に蝸集したのはケンミジンコ亜目およびゾウミジンコ属であった (Fig.3-1)。しかし、類似の波長光源である低誘虫性型蛍光灯では使用した5種の光源のうち最も蝸集効果が低かった。蝸集量は単波長純黄色型、三波長電球色型、フルホワイト昼白色広帯域型、三波長昼光色型、低誘虫性型の順であった。

一方、投光をスズメノヒエ群落方向に20° 傾けた場合Fig.2[B]では

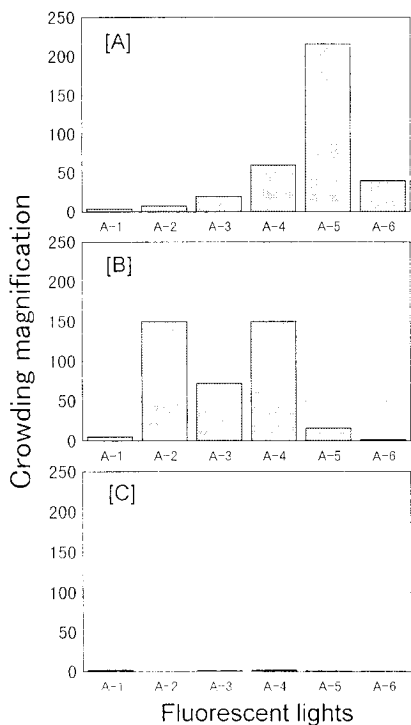


Fig.2 Influences on crowding of water fleas with light angles. [A], vertical direction; [B], 20 degrees of angles inside weeds; [C], 20 degrees of angles outside weeds. Light origin : A-1, no-irradiated; A-2, light for defend the insects (Orange yellow); A-3, three wave length day light color type; A-4, three wave length lump color type; A-5, mono wave length pure yellow type; A-6, full range white light old type.

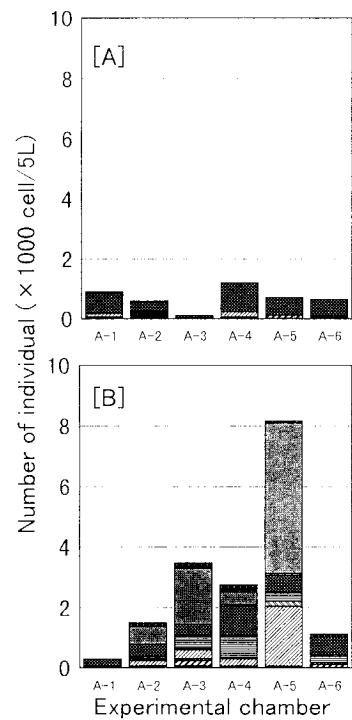


Fig.3-1 Species and amounts of water fleas crowded to the light irradiation at May 24th, 1995. [A], Before the irradiation; [B], After the 3 hours irradiation. Number from A-1 to A-6 are the kinds of light used for crowding experiment.(cf. Fig.2)

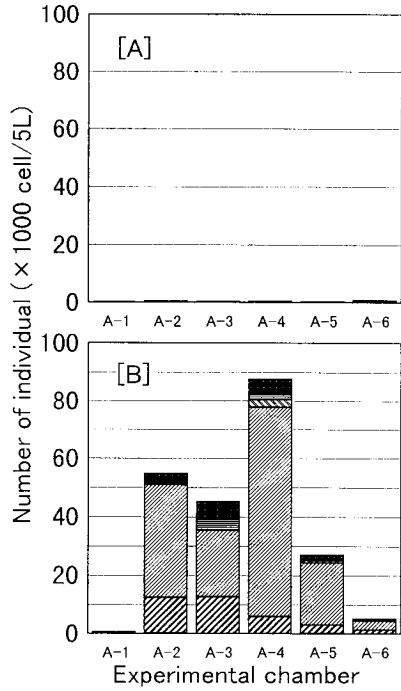


Fig.3-2 Species and amounts of water fleas crowded to the light irradiation at May 26th, 1995. [A], Before the irradiation; [B], After the 3 hours irradiation. Number from A-1 to A-6 are the kinds of light used for crowding experiment.(cf. Fig.2, and on the remarks of species see Fig.4-1).

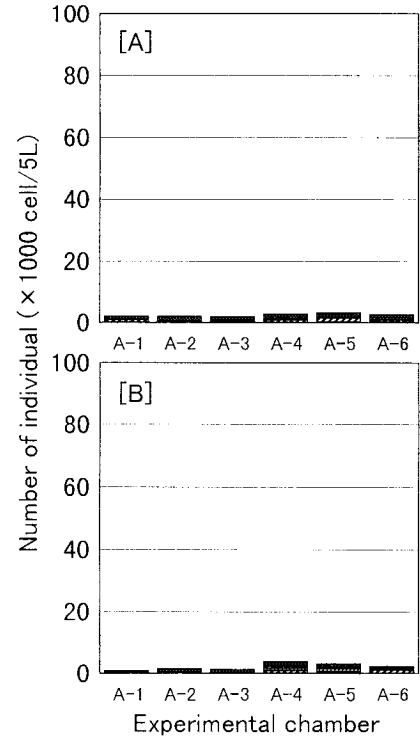


Fig.3-3 Species and amounts of water fleas crowded to the light irradiation at May 30th, 1995. [A], Before the irradiation; [B], After the 3 hours irradiation. Number from A-1 to A-6 are the kinds of light used for crowding experiment.(cf. Fig.2, and on the remarks of species see Fig.4-1).

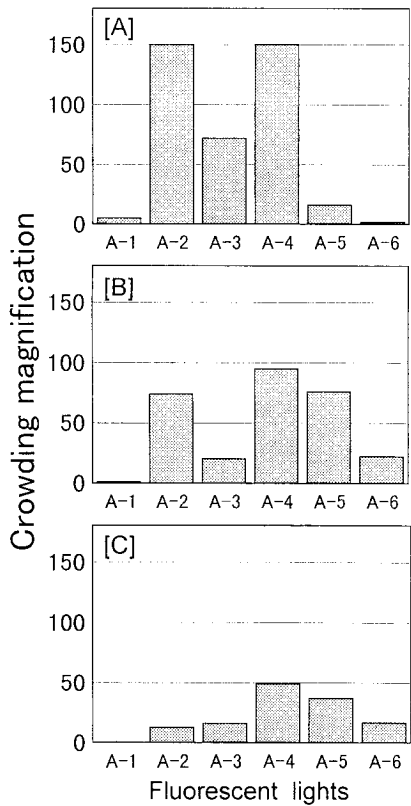


Fig.4 Influences on crowding of water fleas with the season. The angle of each light direction was 20 degrees inside the weeds in all cases at May 26th (A), June 1st (B), and June 23rd (C) in 1995. Light origin Number from A-1 to A-6 are the kinds of light used for crowding experiment.(cf. Fig.2)

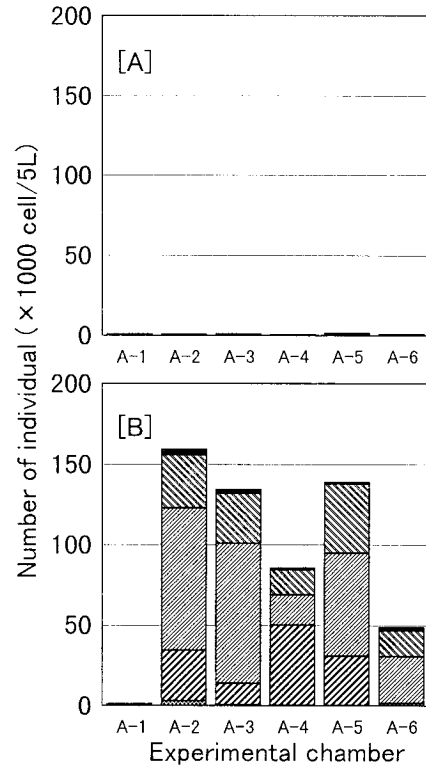


Fig.5 Species and amounts of water fleas crowded to the light irradiation at Jun. 1st, 1995. [A], Before the irradiation; [B], After the 3 hours irradiation. Number from A-1 to A-6 are the kinds of light used for crowding experiment.(cf. Fig.2, and on the remarks of species see Fig.4-1).

鉛直方向とは異なる結果となった。すなわち、集量が多かったのは、低誘虫性型および三波長電球色型であり、いずれも集倍率は150倍であった。鉛直方向照射の場合に集量の多かった単波長純黄色型の場合、この照射条件では16倍と集量が比較的少なかった。もっとも集量が少なかったのはフルホワイト昼白色広帯域型蛍光灯(1.90倍)であり、この量は無照射の場合の1/3であった。また、この三波長電球色型や低誘虫性型での高い集効果は、傾斜角20°の他の実験日においても同様の傾向がみられた。

多く集したプランクトン種は、鉛直方向照射ではヒゲナガケンミジンコ亜目、ネコゼミジンコ *C. sp.* が多く (Fig.3-1)、スズメノヒエ群落側20°方向照射ではゾウミジンコ *B. longilostris* およびケンミジンコ亜目が多かった (Fig.3-2)。

投光をスズメノヒエ群落とは反対方向に20°傾けた場合 (Fig.2[C], Fig.3-3) では、どの光源についても無照射の場合とほとんど同一の集量であり、投光の効果は全くなかった。

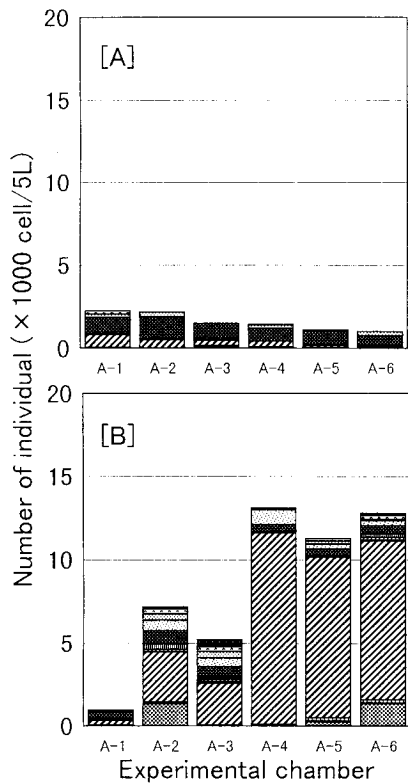


Fig.6 Comparison on species and amounts of water fleas crowded to the light irradiation among the experimental spots, Suzumenohie A, and Yoshi reeds vegetation (B, 20 m; C, 0 m from the lake shore) at Jun. 23, 1995. [A], Before the irradiation; [B], After the 3 hours irradiation. On the remarks of species see Fig.4-1.

各種の光源による集効果とプランクトン種の差異特に集量が多かったのはゾウミジンコとケンミジンコ類であり、光源種による集効果の差はあっても、特異的な集プランクトン種組成を示すことはなかった。

採集時期による集効果の差異 照射角度がスズメノヒエ側20°方向に設定した5月26日、6月1日、および6月23日の集試行結果を用いて時期による集効果の差異について検討した (Fig.4)。全体の集倍率の合計は、5月26日 (Fig.4[A])、6月1日 (Fig.4[B])、6月23日 (Fig.4[C]) の順で減少し、早い時期ほど高い集効果が得られた。いずれの場合も低誘虫性型、三波長電球色型、単波長純黄色型といった光源の波長が580~690nmの光源で、集効果が高い傾向があった。広い範囲の波長光 (フルホワイト昼白色広帯域型) や特定の狭い範囲の三種類の波長光 (三波長型) 等の場合も昼光色光源の場合は、他の黄赤色系

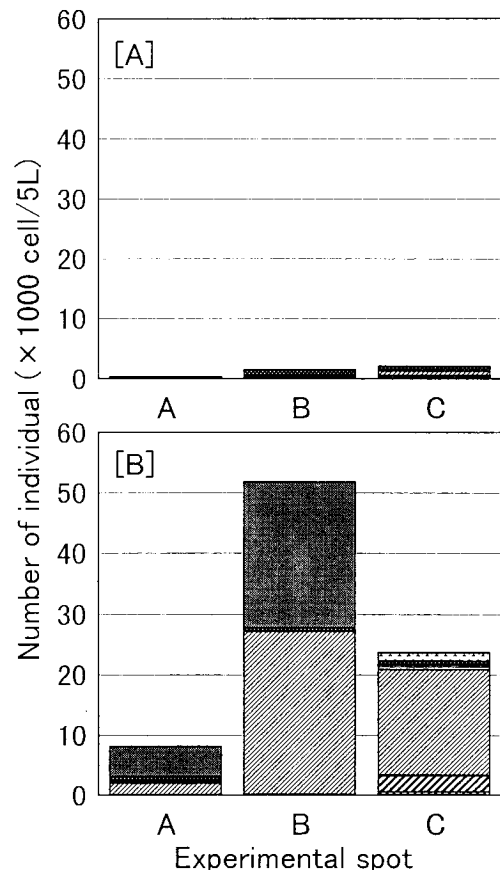


Fig.7-1 Comparison on species and amounts of water fleas crowded to the light irradiation among the experimental spots, Suzumenohie A, and Yoshi reeds vegetation (B, 20 m; C, 0 m from the lake shore) at May 24th, 1995. [A], Before the irradiation; [B], After the 3 hours irradiation. Used lights were pure yellow color monowavelength types in all cases. On the remarks of species see Fig.4-1.

の光（黄色や電球色）よりも蝟集効果が低かった。

蝟集プランクトンの優占種は、5月26日ではゾウミジンコ、ケンミジンコ類であったが（Fig.3-2）、6月1日では、これらに加えてゾウミジンコモドキ *B. deitersi* が増加した（Fig.5）。さらに6月23日では、ケンミジンコ類が激増し、ゾウミジンコやゾウミジンコモドキは減少した。また、このときにはアオムキミジンコ属 *Scaphoreberis* やノロも増加した（Fig.6）。

採集適地 5月24日の蝟集実験では（Fig.7-1）、スズメノヒエ群落（A地点）の蝟集総個体数8,160個体のうちヒゲナガケンミジンコ亜目、ゾウミジンコ属およびネコゼミジンコ属が多く、それぞれ4,980個体（61.0%）、1,980個体（24.26%）、および300個体（3.68%）であった。B地点では総蝟集個体数51,780個体とA地点の6.3倍であった。種別に見ると特にゾウミジンコ属が27,060個体（52.3%）とA地点の13.7倍量蝟集し、またヒゲナガケンミジンコ亜目は23,940個体（約60%）に増加し、この2分類群で蝟集個体数の98.5%を占めた他、C地点では総蝟集個体数23,760個体とB地点の約半数であるもののゾウミジンコ属が17,520個体と全蝟集量の73.7%を占め、3地点中もっともゾウミジンコが多く蝟集したが、総蝟集量はB地点の約半数（45.9%）であった。C地点ではA、B両地点に見られなかったマルミジンコ属が1,320個体（5.6%）確認された。

その他の調査日では、A、B、C地点の総蝟集量は5月26日（Fig.7-2）で、26,974、74,112、18,288個体、5月30日（Fig.7-3）で3,168、95,808、59,808個体であり、A地点は、5月26日はスズメノヒエ群落方向へ20°傾け、5月30日はその反対方向に20°傾斜させ

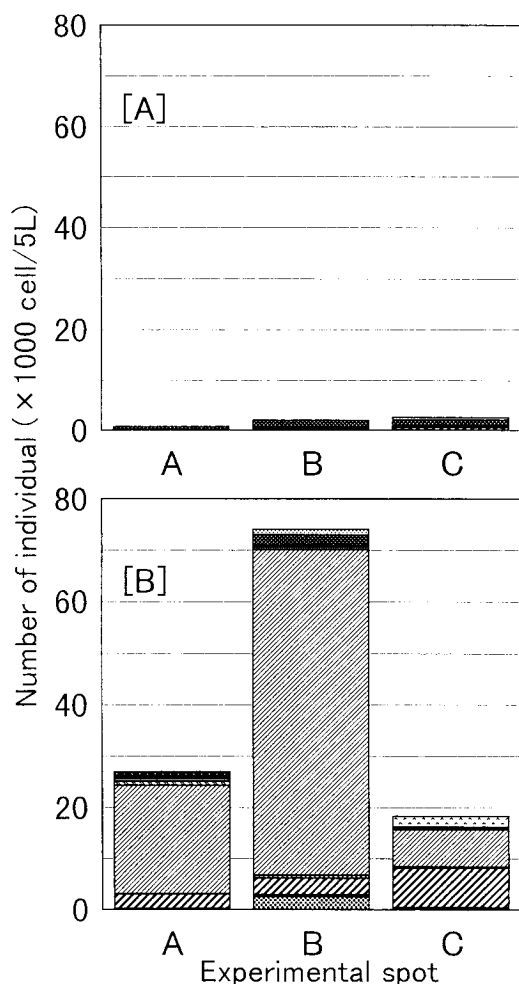


Fig.7-2 Comparison on species and amounts of water fleas crowded to the light irradiation among the experimental spots, Suzumenohie A, and Yoshi reeds vegetation (B, 20 m; C, 0 m from the lake shore) at May 26th, 1995. [A], Before the irradiation; [B], After the 3 hours irradiation. Used lights were pure yellow color mono-wavelength types in all cases. On the remarks of species see Fig.4-1.

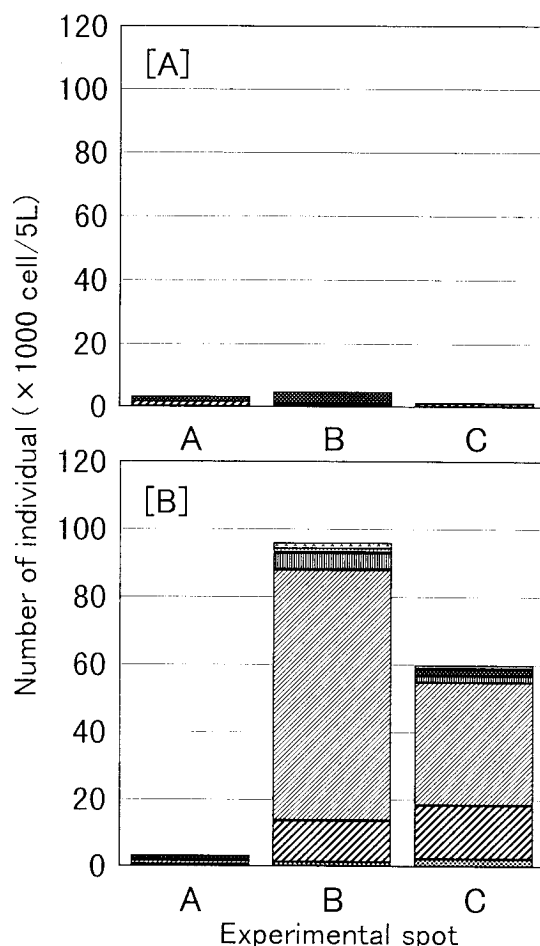


Fig.7-3 Comparison on species and amounts of water fleas crowded to the light irradiation among the experimental spots, Suzumenohie (A), and Yoshi reeds vegetation (B, 20 m; C, 0 m from the lake shore) at May 30th, 1995. [A], Before the irradiation; [B], After the 3 hours irradiation. Used lights were pure yellow color mono-wavelength types in all cases. On the remarks of species see Fig.4-1.

考 察

での集実験であったためその日のBおよびC地点とは直接比較できないが、これらの両日とも、5月24日と同様にC地点よりB地点の方が集効果は高かった。また、6月1日 (Fig.7-4) も5月26日と同様、スズメノヒエ群落側に20° 傾斜させた場合であるが、それぞれ139,008、137,760、74,337個体と、A地点とB地点での集個体数はほぼ同様に高く、C地点よりも高かった。集優先種は5月24、26、30日、および6月1日のいずれの調査日においてもゾウミジンコが最も多く、ケンミジンコ類がそれに次ぐほか、5月には少なかったゾウミジンコモドキが6月1日のA地点に増加したり、A地点に見られなかったマルミジンコ属がB、C地点に増加した。これらの結果から、同じヨシ群落であるB、C2地点での集効果はB地点の方が高く、またスズメノヒエ群落であるA地点はヨシ群落とは多少異なった集プランクトン種組成であることが観察された。

本実験において、照射角度の違いによる集効果の相違が見られたが、それはおそらく投光の到達範囲の違いによるものと判断された。照射した3つの角度のうち、水面の反射による光の減耗がもっとも少なく水中における光の到達距離がもっとも長いのは鉛直方向への照射であると考えられた。しかし、天然水域においては環境水の濁り等によって到達する距離が著しく限定されることが考えられる。また、夜間のスズメノヒエ群落内では底層のDOが植物群落による呼吸作用で激減することが予想されるため、動物プランクトンは比較的上層に浮遊、あるいはスズメノヒエ基部や根茎部に付着しているものと考えられる。また、照射光に浮遊懸濁物質が乱反射する。このためほとんどの光源で、鉛直方向よりも光源を傾斜させ照射光がより面積の広い範囲に届いた方が集効果が高い結果となったのではないかと考えられた。しかし、それにも関わらず、黄色単波長型蛍光灯で220倍もの集効果がみられたのは、前報でも述べたように、他の光種に比べ、この光種の水中伝搬性が優れているためかもしれない。

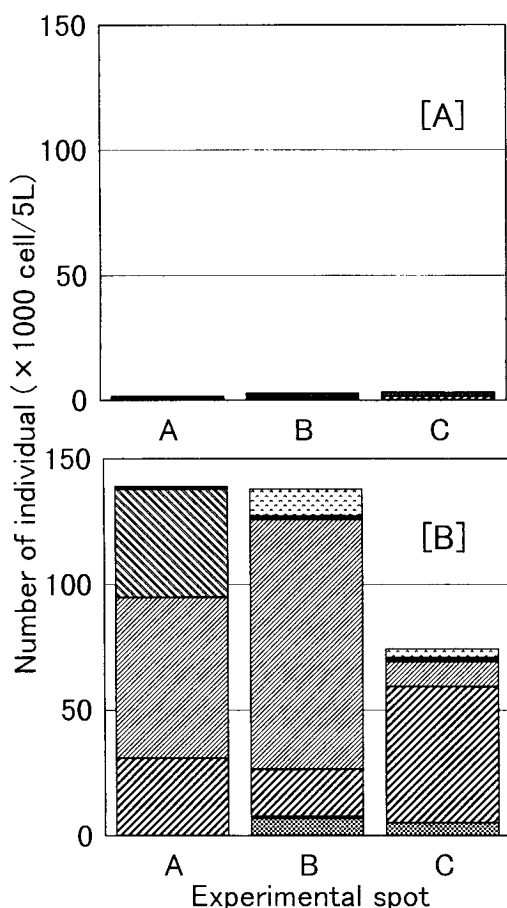


Fig.7-4 Comparison on species and amounts of water fleas crowded to the light irradiation among the experimental spots, Suzumehie (A), and Yoshi reeds vegetation (B, 20 m; C, 0 m from the lake shore) at 1st June, 1995. [A], Before the irradiation; [B], After the 3 hours irradiation. Used lights were pure yellow color monowavelength types in all cases. On the remarks of species see Fig.4-1.

今回の実験では、異なる光源を同一場所で点灯したため、たとえば一種のみの光源に集する場合でも、プランクトンの量はその光源を中心にして周囲に減少してゆくという形態をとるため、集効果の低かった光源間での集量の比較は厳密には行えない。しかし、Fig.2[B]のように明らかに2つの実験区でほとんど同一の高い集倍率を示した場合は両実験区の影響による集効果は同一の効果で高いといえる。

また、スズメノヒエ群落の内側と外側といった傾斜方向によって集効果に大きな差が生じたのはミジンコ類の棲息域が外界ではなく、スズメノヒエ群落内に限られていたためであったものと考えられる。

集効果の高い波長光については、今回用いた蛍光灯ではフルホワイト昼白色広帯域型よりも低誘虫性型や三波長電球色型の蛍光灯での集効果が高かったことから、紫外光から赤外光までの光が広く混合されている光源よりも、波長が580~650nm付近に限定されるような黄赤色系の光源が集光として適しているものと考えられた。このことは前報」と一致する結果である。

蝸集時期については、さらに今回の実験期間以外の時期も検討すべきではあるが、今回の実験期間中では5月下旬が蝸集時期として適当であると考えられる。この時期はフナ稚魚の摂餌が活発になる時期でもあり、種苗生産のための初期餌料の集積には極めて利用価値が高い。

ヨシ群落中の蝸集量はC地点よりB地点の方が多かった。しかし、この水域における動物プランクトンの分布調査では²⁾、湖岸から0 mのC地点の方がミジンコ類の生息個体数が多いと報告されている。これは、C地点の水深が10~20cmであったのに対して、B地点では40~60cmと深くより広い範囲に照射光が伝搬したことと、環境水の濁度がB地点の方がC地点よりも低かったためではないかと考えられた。

また、A地点(スズメノヒエ群落)とB地点(ヨシ群落)との蝸集量の比較は、全光源の数等が異なっていて厳密な比較はできないが、蝸集する種類において、スズメノヒエ群落にあまり見られなかったマルミジンコやヒラタミジンコがヨシ群落には比較的多く確認されたことが両者の違いとしてあげられる。特にマルミジンコは体形が小さいため、より小型の仔魚の餌料として利用できることも考えられるが、今後この観点で、各主要なミジンコ類の栄養価の評価も必要となろう。また、大形のヒラタミジンコやノロは稚魚育成用の効率的餌料となると予想されるが蝸集数が少なく、あまり利用できないものと考えられる。

今回の投光操作に蝸集した種類はゾウミジンコ属とケンミジンコ類が最も多くそのほとんどを占めたが、これらを餌料として投与したニゴロブナは良好な成長を示すことが事業的に確認されている。冒頭にも述べたように、種苗生産の場での初期生物餌料の確保は魚類の初期育成にきわめて重要かつ深刻な課題であり、これが電照によって蝸集されたプランクトンによって賄われることで労力と経費が大幅に低減され、かつ餌料生物を人工的に培養するのではなく天然に大量に産するこれらのプランクトンを利用することは、環境保護の観点からも大いに推奨されるものと思われる。

摘 要

天然水域における餌料プランクトンの電照灯光によ

る蝸集操作を様々な条件下で試行した。照射角度はスズメノヒエ群落内側に向かってやや傾けた方が蝸集量が多く、時期としては5月~6月では5月下旬が蝸集効果が高かった。光源は580~650nmの黄赤色系の蛍光灯が有効であった。蝸集する主な種はゾウミジンコ、ケンミジンコ、ゾウミジンコモドキが多く、照射前に対する3時間投光操作後の蝸集倍率は150~200倍で、一灯あたり約8万個体/5 lが蝸集した。スズメノヒエ群落とヨシ群落では蝸集するミジンコの種がやや異なり、ヨシ群落ではマルミジンコ属やヒラタミジンコも採集された。

文 献

- 1) 小林 徹 (2000) : 照射蛍光灯の光波長の違いによるミジンコ蝸集効果の差異, 滋賀水試研報, 48, 27-31.
- 2) 藤原公一・白杵崇広・小林 徹・水谷英志 (1995) : 琵琶湖の固有種ニゴロブナ *Carassius auratus grandoculis* を育む場としてのヨシ等植物群落の重要性, 環境システム研究, 23, 414-419.
- 3) 川前政幸 (1991) : フナ, コイの産卵場としての水生植物帯の機能について, 茨城内水試研報, 27, 135-166.
- 4) 浜田篤信・河崎 正・外岡健夫・喜多 明 (1991) : 霞ヶ浦抽水植物帯の水質特性, 茨城内水試研報, 27, 73-88.
- 5) 倉沢秀夫・手塚泰彦・小堀和夫・青山莞爾 (1962) : 印旛沼白井地区におけるプランクトンおよび大型水生植物の生産量 (I), 資源科学研究所彙報, 58-59, 21-36.
- 6) 倉沢秀夫・青山莞爾・白石芳一・手塚泰彦・本谷勲・小堀和夫・沖野外輝夫 (1967) : 日光菅沼の生態学的研究 I. 水質とプランクトンの生産量 (2), 資源科学研究所彙報, 69, 76-86.
- 7) 佐々木道也 (1972) : 光利用養魚に関する研究-I, 動物プランクトンの集積について, 水産増殖, 20(2), 93-108.
- 8) 杉目宗尚・里見至弘・松島昌大 (1969) : ミジンコの利用に関する二, 三の実験, 水産増殖, 17(1), 19-25.

Appendix table 1. Data of species and number crowded by electric irradiation
24 May, 1995

Species	Japanese name	Before irradiation (Cell/5L)						After 3 hours irradiation (Cell/5L)					
		A-1 NI	A-2 IH	A-3 3D	A-4 3L	A-5 Y	A-6 FW	A-1 NI	A-2 IH	A-3 3D	A-4 3L	A-5 Y	A-6 FW
<i>Scapholeberis</i> sp.	Aomukimijinko	60											
<i>Diaphanosoma</i> sp.	Onaganijinko									60			
OSTRACOTA	Kaimushi					180					60		
Cyclopoida	Kenmijinko	60	60	60	120	180	540		60	180		120	
<i>Aloea</i> sp.	Shikakumijinko									60			60
<i>Bosmina longirostris</i>	Zoumijinko	120	60	180		240	240		180	300	240	1980	60
<i>Bosminopsis deitersi</i>	Zoumijinkomodoki											180	27060
<i>Molna</i> sp.	Tamamijinko									60			
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	Nekozenijinko						60			60			60
Larva of water flea	Nauprius	660	300	118	960	1380	1140		240	420	960	540	540
<i>Leptodora kindtii</i>	Noro										60		
Calanoida	Higenagakennijinko								600	1860	420	4980	23940
<i>Camptocercus rectirostris</i>	Hirataimijinko										60		
<i>Chydorus</i> sp.	Marumijinko					540					60		
<i>Daphnia</i> sp.	Mijinko	60	60						120	180	120	120	60
<i>Panpholys</i> sp.	Awawamushi												
<i>Lepadella</i> sp.	Usegiwamushi												
<i>Monocystis</i> sp.	Enagawamushi												
<i>Trichotria</i> sp.	Ontiwamushi												
<i>Monomata</i> sp.	Kataowamushi				60								
<i>Keratella cochlearis</i>	Kamenokouwamushi	300	120		180	120	300		300	120	760	420	180
<i>Keratella quadra</i>	Koshibutokamenokouwamushi				240	60			60	60	240		
<i>Mytilina</i> sp.	Sayagatawamushi			177									
<i>Lecane</i> sp.	Sarawamushi						120				60		
<i>Ploesoma</i> sp.	Sujiwamushi										120	120	240
<i>Colurella</i> sp.	Chibiwamushi	120	60	177	180	540	60		480	360	240	60	420
<i>Brachyonus</i> sp.	Tsubowamushi					120			60	60			60
<i>Synchaeta</i> sp.	Dorowamushi					60							
<i>Anuraeopsis</i> sp.	Nisekamenokouwamushi								60				
<i>Trichocerca</i> sp.	Nezumiwamushi												
<i>Euchlanis</i> sp.	Haoriwamushi												
<i>Polyarthra</i> sp.	Haneudewamushi	120	480	59	180	480	480		300	60	480	120	1800
<i>Testudinella</i> sp.	Hiratawamushi												
<i>Asplanchna</i> sp.	Rukuwamushi	60	120	59	60	60			120	60	60	120	
<i>Hexarthra</i> sp.	Mijinkowamushi												
Gammaridae	Gammarus(Yokoebi)												60
Vorticellidae	Tsuriganemushi												
<i>Euplores</i> sp.	Euplores	60											60
<i>Tintinnidium flaviatile</i>	Fudetsutsukaramushi												
Larva of crucian carp	Funa Shigyo												
<i>Glaucocoma scintillans</i>	Hoshinemizukemushi											60	
Chironomidae	Yusurika yousei(Larvae)												
Larva of fish	Shigyo												60

NI, no irradiation; IH, light for defend the insect; 3D, three wave length day light type; 3L, three wave length lump color type; Y, pure yellow; FW, full white wide range type.

Appendix table II Data of species and number crowded by electric irradiation
26 May, 1995

Species	Japanese name	Before irradiation (Cell/5L)						After 3 hours irradiation (Cell/5L)							
		A-1 NI	A-2 IH	A-3 3D	A-4 3L	A-5 Y	A-6 FW	A-1 NI	A-2 IH	A-3 3D	A-4 3L	A-5 Y	A-6 FW	B Y	C Y
<i>Scapholeberis</i> sp.	Aomukimijinko	60	180	60	60	192	2544	336							
<i>Diaphanosoma</i> sp.	Onagamijinko	60													
OSTRACOTA	Kaimushi					96	48	96					384	48	
Cyclopoida	Kenmijinko	60	120	240		384	48	192	12240	12660	5820	1344	3216	7680	
	Shikakumijinko					96							528	240	
<i>Aloxa</i> sp.	Zoumijinko		180		60	720	336	720	38520	22620	71860	3024	63408	7296	
<i>Bosmina longirostris</i>	Zoumijinkomodoki								600	60	2640	432	48	336	
<i>Bosminopsis deltersi</i>	Tamamijinko								1020	4140	2100	192	288	48	
<i>Caridophinia</i> sp.	Nekozemijinko								360	60	60	96	2064	144	
Larva of water flea	Nauprius	60	180	180	420	180	624	864	768	768	60				
<i>Leptodora kindtii</i>	Noro														
	Higenagakenmijinko														
<i>Camptocercus rectirostris</i>	Hirataimijinko					48	48	96					1152	48	
<i>Chydorus</i> sp.	Marumijinko					48	144	48	2220	5700	4680	144		2112	
<i>Deplania</i> sp.	Mijinko					48									
<i>Pompholyx</i> sp.	Awawamushi														
<i>Lepadella</i> sp.	Usagiwamushi					48	48	48			60		48	48	
<i>Morosyla</i> sp.	Enagawamushi					48									
<i>Trichotria</i> sp.	Oniwamushi														
<i>Moromata</i> sp.	Katawamushi														
<i>Keratella cochlearis</i>	Kamenokouwamushi	240	120	60	120	420	384	144	240	240	180	96	1296	48	
<i>Keratella quadrata</i>	Koshibutokamenokouwamushi	60	60	180	240	240	48	144	120	120	180	96	48	48	
<i>Mytilina</i> sp.	Sayagatawamushi														
<i>Lecane</i> sp.	Sarawamushi														
<i>Ploesoma</i> sp.	Sujiwamushi						48								
<i>Colurella</i> sp.	Chibiwamushi	1500	420	1500	1260	780	96	48	780	60	120				
<i>Brachyonus</i> sp.	Tsubowamushi		60												
<i>Synchaeta</i> sp.	Dorowamushi														
<i>Anuraeopsis</i> sp.	Nisekamenokouwamushi														
<i>Trichocerca</i> sp.	Nezumiwamushi					120	144						48		
<i>Euchlanis</i> sp.	Haoriwamushi					60									
<i>Polyarthra</i> sp.	Hanetuwamushi	360	600	600	720	840	1248	1104	780	120	120	144	1968	96	
<i>Tetradinella</i> sp.	Hiratawamushi					96							48	48	
<i>Asplanchna</i> sp.	Fukurawamushi	120	300	300	240	300	336	336	120	240	240		144		
<i>Hexarthra</i> sp.	Mijinkowamushi														
Gammaridae	Gammurus														
Vorticellidae	Tsurigamemushi														
Euplotes sp.	Euplotes														
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	Fudetutsukaramushi														
Larva of crucian carp	Funa Shigyo														
<i>Glaucocoma scintillans</i>	Hoshimemizukemushi						48	48					192		
Chironomidae	Yusurikayousei						1344	48					48		
Larva of fish	Shigyo														

NI, no irradiation; IH, light for defend the insect; 3D, three wave length day light type; 3L, three wave length lump color type; Y, pure yellow; FW, full white wide range type.

Appendix table III Data of species and number crowded by electric irradiation
30 May, 1995

Species	Japanese name	Before irradiation (Cell/5L)										After 3 hours irradiation (Cell/5L)									
		A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	B	C	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	B	C				
		NI	IH	3D	3L	Y	FW	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y				
<i>Scapholeberis</i> sp.	Aonukimijinko	144	144	144		96	144							96	1216	2160					
<i>Diaphanosoma</i> sp.	Onagamijinko					48								48	128	144					
OSTRACOTA	Kaimushi	816	288	432	960	1440	768	672	896	192				624	12160	15888					
Cyclopoida	Kennijinko									48					320	240					
<i>Alona</i> sp.	Shikakumijinko	48		96				576						192	73984	36288					
<i>Bosmina longirostris</i>	Zoumijinko									96				384	256	48					
<i>Bosminopsis deltersi</i>	Zoumijinkomodoki													144	4608	1872					
<i>Moina</i> sp.	Tamamijinko		48			48	48	48								240					
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	Nekozenijinko	1056	1344	1152	1632	1488	1488	3360	64	480	864	1140	912	528	512	1584					
Larva of water flea	Nauprius																				
<i>Leptodora kindtii</i>	Noro																				
Calanoida	Higagakemijinko																				
<i>Camptocercus rectirostris</i>	Hirataimijinko	144	144	48	48	48	48	48	64	48				1024	480						
<i>Chydorus</i> sp.	Marumijinko	96	96	96	96	96	96			192	96	60	96	1600	816						
<i>Daphnia</i> sp.	Mijinko										48	300	96	144	48						
<i>Pompholyx</i> sp.	Awawamushi																				
<i>Lepadella</i> sp.	Usagwamushi					48			192							96					
<i>Monostyla</i> sp.	Eragwamushi		48		48				192												
<i>Trichotria</i> sp.	Oniwamushi																				
<i>Monocamata</i> sp.	Katawamushi																				
<i>Keratella cochlearis</i>	Kamenokouwamushi	48	192	48	144	144	288	48		96	384	600	384	192	48						
<i>Keratella quadrata</i>	Koshibutokamenokouwamushi	48	192	96	144	384	48	48			144	300	48	64							
<i>Mytilina</i> sp.	Sayagawamushi																				
<i>Lecane</i> sp.	Sarawamushi		144							48		60									
<i>Ploesoma</i> sp.	Sujiwamushi																				
<i>Colurella</i> sp.	Chibiwamushi					48		48													
<i>Brachyonus</i> sp.	Tsubowamushi																				
<i>Synchaeta</i> sp.	Dorowamushi																				
<i>Anuraeopsis</i> sp.	Nisekanenokouwamushi																				
<i>Trichoocerca</i> sp.	Nezumiwamushi			48					128			60									
<i>Euchlanis</i> sp.	Haoriwamushi									48											
<i>Polyarthra</i> sp.	Haneidewamushi	480	816	480	1056	768	1200	816	64	1056	1200	2340	816	672	64	192					
<i>Testudinella</i> sp.	Hiratawamushi					144		48													
<i>Asplanchna</i> sp.	Fukurowamushi																				
<i>Fesarthra</i> sp.	Mijinkowamushi		48																		
Gammaridae	Gammarus															144					
Vorticellidae	Tsuriganemushi																				
Euploates	Euploates																				
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	Fudetsutsukaramushi																				
Larva of crucian carp	Funa Shigyo																				
<i>Glaucocoma scintillans</i>	Hoshimemizukemushi																				
Chironomidae	Yusurikayousei																				
Larva of fish	Shigyo							48								256					

NI, no irradiation; IH, light for defend the insect; 3D, three wave length day light type; 3L, three wave length lump color type; Y, pure yellow; FW, full white wide range type.

Appendix table IV, Data of species and number crowded by electric irradiation
1 Jun., 1995

Species	Before irradiation (Cell/5L)										After 3 hours irradiation (Cell/5L)									
	A-1 NI	A-2 IH	A-3 3D	A-4 3L	A-5 Y	A-6 FW	B Y	C Y	A-1 NI	A-2 IH	A-3 3D	A-4 3L	A-5 Y	A-6 FW	B Y	C Y				
<i>Scapholeberis</i> sp.	144	48			48		576													
<i>Diaphanosoma</i> sp.					48															
OSTRACOTA																				
Cyclopoida																				
<i>Aloea</i> sp.	240	96	50	240	432	278	96	277	240	31198	13344	49795	30576	18600	54154					
<i>Bosmina longirostris</i>	48	144		48			288	1385	48	50				180	49					
<i>Bosminopsis deltersi</i>	48	48			48		480	46	240	88553	86976	18648	64080	99300	10043					
<i>Moina</i> sp.	48	48							32962	31200	15574	43056	15936	60	49					
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	48								655		202	384	144	180	738					
<i>Larva of water flea</i>	48								403	1008	504		912	240	98					
<i>Leptodora kindtii</i>	482	240	298	432	720	418	1104	1154	672	353	432	151	384	480	900					
Calanoida									50				48							
<i>Camptocercus rectirostris</i>																				
<i>Chydorus</i> sp.	96	48	99		240	93	48	231	48				48	192	345					
<i>Daphnia</i> sp.			198			93	144	92	48					10680	3446					
<i>Pompholyx</i> sp.							48		48	2167	960	403	240	336						
<i>Lepadella</i> sp.							48	600							98					
<i>Monostyla</i> sp.							144	831						60	148					
<i>Trichotria</i> sp.																				
<i>Monomastix</i> sp.																				
<i>Keratella cochlearis</i>	192	192	446	192	240	46	48	46	144	101	384	101	144	60	60					
<i>Keratella quadrata</i>		192	50	96	96	93	240	46	192	101	192	50	96	288	60					
<i>Mytilina</i> sp.																				
<i>Lecane</i> sp.									48	100				48						
<i>Pleuromma</i> sp.	48		50	48	192	46	48		48											
<i>Colurella</i> sp.											144									
<i>Brachyontus</i> sp.																				
<i>Synchaeta</i> sp.																				
<i>Anuraeopsis</i> sp.	48																			
<i>Trichocerca</i> sp.																				
<i>Euchlanis</i> sp.																				
<i>Polyarthra</i> sp.	3216	2784	1290	1152	960	742	336	46	2016	605	1248	454	1008	960	120					
<i>Testudinella</i> sp.	96		50	48		46	48	646	144					48						
<i>Asplanchna</i> sp.	96	192	50	96	240	325			144	101										
<i>Hexarthra</i> sp.																				
Gammaridae																				
Vorticellidae																				
Euplotes																				
<i>Tintinnidium fluviale</i>																				
Larva of crucian carp																				
<i>Glaucocoma scintillans</i>																				
Chironomidae																				
Larva of fish									144						180					

NI, no irradiation; IH, light for defend the insect; 3D, three wave length day light type; 3L, three wave length lump color type; Y, pure yellow; FW, full white wide range type.

Appendix table V. Data of species and number crowded by electric irradiation
23 Jun., 1995

Species	Japanese name	Before irradiation (Cal/5L)										After 3 hours irradiation (Cal/5L)										
		A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	B	C	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	B	C					
<i>Scapholeberis</i> sp.	Annukimijinko	50		50	48		50											1335	49	244	1344	
<i>Diaphanosoma</i> sp.	Onegamijinko			50														95	96	244	240	
OSTRACOTA	Kaimushi			50	48	49																
Cyclopoida	Kenmijinko	794	540	347	336	146	101											288	2538	11520	9552	
<i>Alona</i> sp.	Shikakumijinko	50	60	50														48	98	49	48	
<i>Bosmina longirostris</i>	Zoumijinko																		146	49	144	
<i>Bosminopsis deitersi</i>	Zoumijinkomodoki																					
<i>Moina</i> sp.	Tanamijinko																		334	49	48	240
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	Nekozemijinko																		98			
Larva of water flea	Nauprius	942	1260	942	768	830	605											432	586	432	390	480
<i>Leptodora kindtii</i>	Noro																	620	537	912	293	288
Calanoida	Higenagakenmijinko																					
<i>Camptocercus rectirostris</i>	Hirataimijinko	198	300		192	98	252											48	382	390	195	96
<i>Chydorus</i> sp.	Marumijinko	198			48													96	286	293	146	240
<i>Dephnia</i> sp.	Mijinko																	143	439	96	144	
<i>Pompholyx</i> sp.	Awawamushi	99	60	99														48	98			
<i>Lepadella</i> sp.	Usagiwanushi	149	120	99	48	98	50											96	96	98		
<i>Monostyla</i> sp.	Enagawamushi	99		99	48													96	49			
<i>Trichotria</i> sp.	Oniwanushi				48																	
<i>Monocamata</i> sp.	Kataowamushi																					
<i>Keratella cochlearis</i>	Kamenokotowamushi		120																			
<i>Keratella quadrata</i>	Koshibutokamenokowamushi		60	50			50												49		48	
<i>Mytilina</i> sp.	Sayagatawamushi																					
<i>Lecane</i> sp.	Sarawamushi	99	120	248	48													48				
<i>Ploesoma</i> sp.	Sujiwanushi		60															48				
<i>Colurella</i> sp.	Chibiwamushi		60															48		48		
<i>Brachyonus</i> sp.	Tsubowamushi		60	50														48				
<i>Synchaeta</i> sp.	Dorowamushi																					
<i>Anuraeopsis</i> sp.	Nisekamenokowamushi																					
<i>Trichocerca</i> sp.	Nezumiwamushi		60															48		49		
<i>Euchlanis</i> sp.	Haoriwamushi	50	60															95		98		
<i>Polyarthra</i> sp.	Hanaudewamushi	248	420	149		49	50											334	537	144	144	
<i>Testudinella</i> sp.	Hiratawamushi	397	1140	744	912	586	454											336	732	192	342	240
<i>Asplanchna</i> sp.	Fukurawamushi																					
<i>Heurthra</i> sp.	Mijinkowanushi																					
Gammaridae	Gammarus																					
Vorticellidae	Tsurigawamushi																					
<i>Euploes</i> sp.	Euploes																					
<i>Tintinnidium flavatile</i>	Fudetsutsukaramushi																					
Larva of crucian carp	Funa Shigyo																					
<i>Glaucocera scintillans</i>	Hoshimimizukemushi																					
Chironomidae	Yuturikayousei	99	240			49	101													49		
Larva of fish	Shigyo																				48	

NI, no irradiation; IH, light for defend the insect; 3D, three wave length day light type; 3L, three wave length lump color type; Y, pure yellow; FW, full white wide range type.

