

3月下旬より4月上旬にかけて特に著しい。Cb池の中でも中央部の腐朽植物の浮ぶ部分に個体数が多いといふ傾向は認められた。¹⁾ しかし一方において、このような場所以外の部分に散在してゐるヒメアメンボの中にも、数日にわたつて殆んど同一地点ばかりで活動してゐた個体が少なくなかつたことから考えれば、さつき述べた定住性もどうしても認めなければならないようである。²⁾ これに関係した一例として次の事柄は少し興味がある。4月1日、私はCb池から5頭のヒメアメンボを捕へてきてこれをCa池に放した。Ca池にはこの時まで数日來ずっと1頭の居住者もみなかつたのである。ところが放した5頭の中3頭までが翌日もやはりCa池に滞在してゐて、その中の1頭は、4月12日どこかへ消失するにいたるまで、Ca池及びこれに続くCb池の端の水面にわたる範囲内だけに棲んでゐた。これから見ても、ヒメアメンボは一度移り棲めば生活における好適さは多少欠けてゐても、すぐには他の場所へ移動しない性質を持つてゐるもののように認められるのである。

さて、Ca+Cb池ではこのように分布も集中的であるし、またその上アメンボ自身にも定住性があるらしいといふことになった。さきの移動距離が理論値よりもずっと小さいといふことは、恐らくこの両者が共に働いた結果であらう。しかし分布が集中的であるといつた所で、その状態は日によつてかな

1) Riley*によれば、Gerris remigisは水面上、水辺等の固形物体に對する顯着な趨触性(Thigmotaxis)を示し、また各個体相互の間でも趨触性による密集群をつくるといふ。しかしヒメアメンボの集団は、このような個体間の趨触性による群とは認められない。

* Riley, C. F. C. Responses of the large water-strider, Gerris remigis Say, to contact and light. Ann. Ent. Soc. Amer. Vol. XIV, 1921, pp. 231-289.

2) これらの個体は、一点に静止し続けてゐるのではなく、頻繁にその附近で活動してゐるのであるから、ただに趨触性による結果であるとする説にはゆかないであらう。

りちがぶ可能性もあるし、またC池についても果して集中的分布をしてゐなかつたかどうかはまだはつきりいへない訳であるから、移動距離の短かかつたことが果して両方の影響によるものか、あるひは主として片方だけに作用されたものかをすぐに決めることができない。従つて定住性が認められるといった所でそれが相當強く、上記の移動距離の短少として表はれる程度に存在するものかどうか、まだはつきりしない訳である。これを分析するためには、先づ池内における毎日の個体分布状態が機会的であつたか集中的であつたかといふ点をもう少し数量的に確かめて行かねばならない。

このような場合に、分布状態が機会的であるかどうかを調べる方法として先づ普通に考へられるのは、池をいくつかの同じ面積の區劃に區切つて、ある瞬間にそれぞれの區劃にあらはれた個体数を数へ、それが0, 1, 2, ...等の場合の頻度を調べる方法である。その頻度がNewtonの公式を展開することによつて得られる頻度の理論値¹⁾に合致すれば、その分布は機会的であると認められる。ところがこの方法において注意を要すると思はれることは、區劃の大きさをどの程度にすればよいかといふ点であつて、區劃をもし大きくすれば、小さい集団が多くちらばつてゐてもその集団としての存在が計算において認められなくなるおそれがある。反對に區劃を小さくすれば大きな集団は細分されてその特徴は失はれ、更に區劃の目の大きさを各個体間の最小間隔以下に小さくしてしまへば、その區劃内への個体の出現

$$1) W(n) = \frac{N!}{n!(N-n)!} p^n q^m$$

但し $n = 1$ 區劃内への出現個体数

$N =$ 総個体数

$m = N - n$

$p =$ 1個体が1區劃内に入る確率

$q = 1 - p$

今の場合であれば $p = \frac{1}{L}$ 但し $L = 1$ 區劃の長さ

頻度は、機会分布も集中分布もあるひは分散分布も差別なく同じ値になつてしまふ。それ程極端にならなくても、區劃がこれに近い位非常に小さければ、分布状態の特徴は大いに失はれてしまふおそれは充分ある訳である。

そこで私はこれらの難点から免れるため、全然別の方法を考へることにした。大體色々の分布状態をそれぞれ特徴づけるものは、個体相互間の分布間隔がどうなつてゐるかといふことである。區劃を切つて一區劃内に現はれる個体数の頻度を見るといふのも、分布間隔の如何に應じて、それぞれの區劃内への出現状態がちがつてくるからといふのに他ならない。従つて、もし測定できるならば、直接分布間隔を測定し、それぞれの間隔値の頻度がどれだけであるかを調べる方が、より直接的でもあり、より正確でもあることになる。私の場合は、それぞれの個体の位置は既に図に記録されてをり、その間隔も容易に測定できるから、この直接的な方法を使ふのに甚だ好都合であつた。

さて、このように個体間のそれぞれの間隔値の頻度をそのまま用ひる場合に、機会分布の理論値はどのようにして求められるであらうか。私はさきに、個体が機会的な運動を行ふ場合に、ある個体が2回目の観察時において最初の観察時の位置より a なる距離以内にある確率を求める式を見出した。ところで、今ある長さの線分上に、多くの個体が機会的にちらばつてゐるとする時、ある個体の位置から、別の1個体の位置が a なる間隔以内にある確率は、やはり上記の運動の場合と同じ式、即ち

$$p = \frac{a(2l-a)}{l^2}$$

を以てあらはすことができるであらう。何故なら、1個体が移動する代りに、その移動点に他の個体が出現すると考へれば、運動の場合を分布の場合におきかへることができるからである。そこで今、いくつかの個体が機会的に分布してゐるとすれば、それぞれの個体間隔が a_1 以下である場合の確率 P_1 、 a_2 以下である場合の確率 P_2 、-----等は

$$P_1 = \frac{a_1(2l-a_1)}{l^2}$$

$$P_2 = \frac{a_2(2l-a_2)}{l^2}$$

$$P_3 = \frac{a_3(2l - a_3)}{l^2}$$

となる。今 n 個の個体が分布してゐる場合、個体間の間隔が a_1 以下の測定数を m_1 、 a_2 以下の測定数を m_2 、---- 等とし、

$$\frac{m_1}{S} = R_1$$

$$\frac{m_2}{S} = R_2$$

$$\frac{m_3}{S} = R_3$$

$$\begin{aligned} \text{但し } S &= (n-1) + (n-2) + (n-3) + \dots + 1 \\ &= \text{個体間隔の全測定数}^{1)} \end{aligned}$$

とする時、これらの個体の分布が機会的であれば

$$P_1 = R_1$$

$$P_2 = R_2$$

$$P_3 = R_3$$

となるであらう。従つて実測値 R_1, R_2, R_3 と理論値 P_1, P_2, P_3 ---- が合致するか否かによつて、われわれはその分布が機会的かどうかを知ることができる訳である。²⁾

1) もし A, B, C, D の 4 個体があるものとするれば、間隔数は $A \sim B, A \sim C, A \sim D, B \sim C, B \sim D, C \sim D$ の 6 となる。

2) 私はここでは場合を簡単にするため、さきの運動の場合と同じく、一線分上に個体が分布してゐる場合を考へ、実際の取扱いの際は池の長辺に對する個体位置の投影点の分布によつて、その分布状態を代表させた。 $C_a + C_b, C_c$ 池のように細長い池では、このような取扱いを行つても誤差は少ないと思はれるし、また運動の場合と直接比較するのにもこの方が便利である。但し一般の場合として、円形又は正方形に近い地域内の分布をこの種の方法によつて見るためには、投影点ではなく実際の個体間の間隔を用ひねばならない。その場合はもちろん式の形がちがつてくる。

もし分布が機会的でなく、集中的であるとすれば、全測定^定数に対する短距離の測定数の割合が、理論値よりも大きくなり、反対に隣り合ふ個体同士がある一定の間隔をおいてならばうとする傾向のある場合(分散分布¹⁾)の場合には、その間隔の長さ以下の長さの間隔数の全測定数に対する割合は理論値よりも小さくなる筈である。以上を簡単に示すと、 $a_1 < a_2 < a_3 \dots$ とする時、

$$\text{集中分布の場合} \quad R_1 > P_1$$

$$\text{分散分布の場合} \quad R_1 < P_1$$

となる傾向が見られるであらう。但しこの場合の R_1 は全測定数に対する短い間隔の測定数の割合を示すものである。

このような機会分布の理論値を $Ca + Cb$ 池 ($l = 2lm$) 及び Cc 池 ($l =$

1) これは Blackman (1935)*, Ashby (1935)**, Glasgow (1939)*** 等の分つた分布の三つの様式、即ち random dispersion, under-dispersion, over-dispersion の中の over-dispersion に當る。彌富氏 (1937, ****, 1939)***** は、寄生虫の寄主間における分布様式として四つの様式(完全分布, 中間型分布, 機会分布, 集中分布)を區別されたが、私が上に用いた分散分布は、彌富氏の完全分布及び中間型分布の二つを合せたものに當る。

* Blackman, G. E. A study by statistical methods of the distribution of species in grassland associations. Ann. Bot., Lond. Vol. 49: pp. 749-777. 1935.

** Ashby, E. The quantitative analysis of vegetation. Ann. Bot., Lond. Vol. 49, pp. 779-802. 1935.

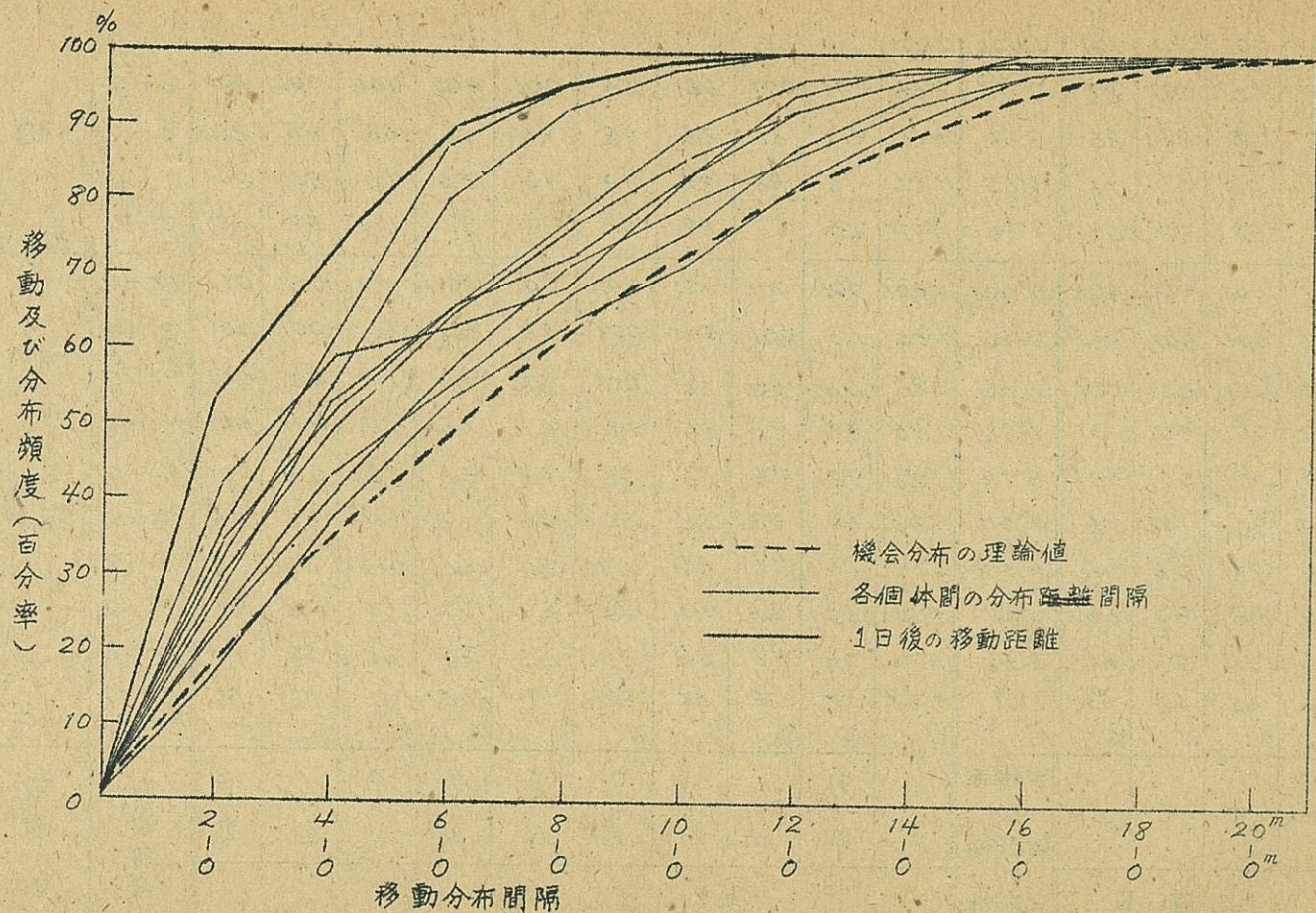
*** Glasgow, J. P. A population study of subterranean soil Collembola. J. Anim. Ecol. Vol. 8. pp. 323-353. 1939.

**** 彌富喜三, 寄生効率に就いて. 應用動物学雑誌第9巻, 173-174頁, 昭和12年.

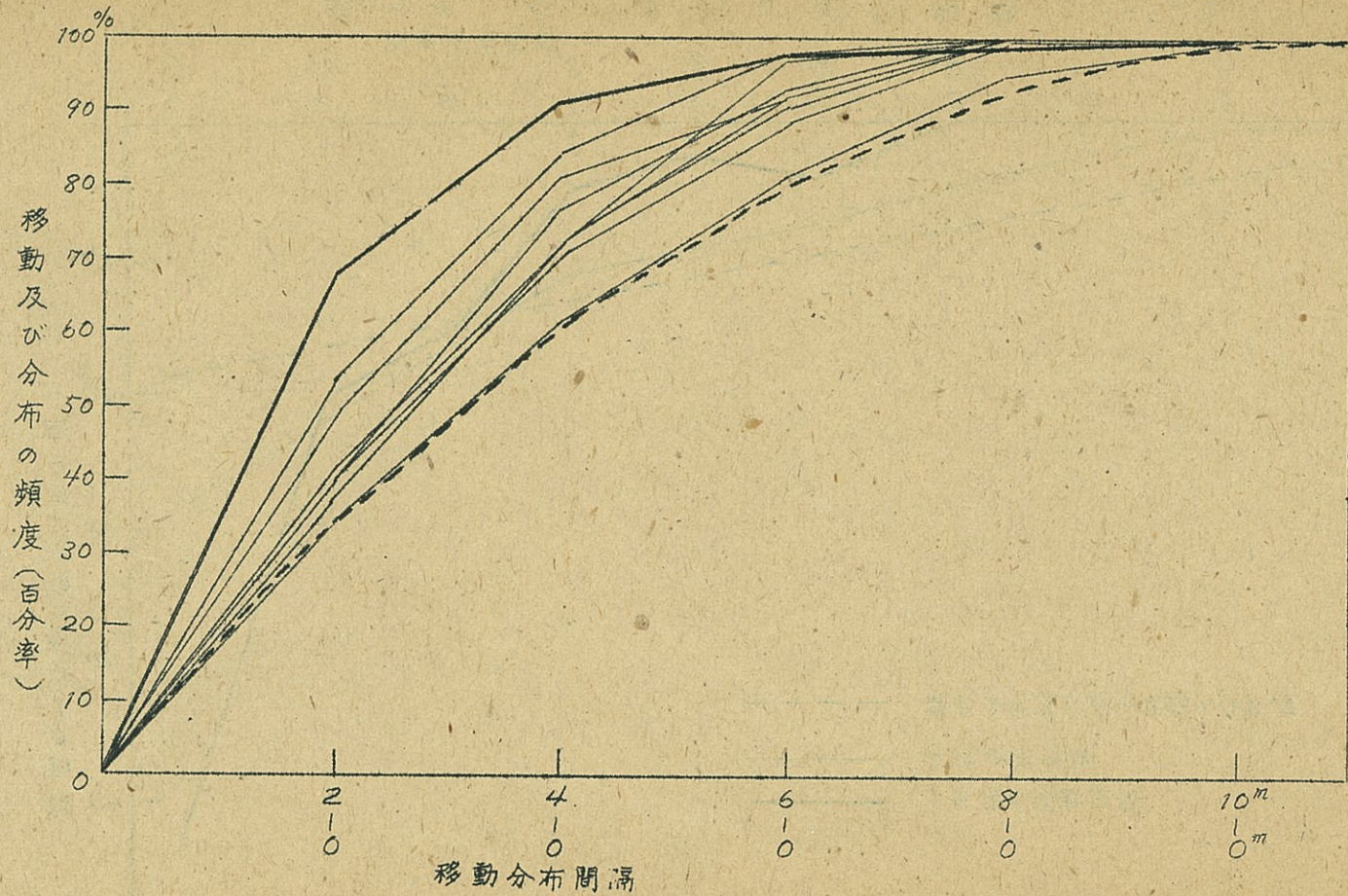
***** 彌富喜三, 栗野螟蛾の卵寄生蜂の寄生相に関する量的研究. 動物学雑誌, 第51巻, 393-406頁, 昭和14年.

第10表 分布間隔と移動距離

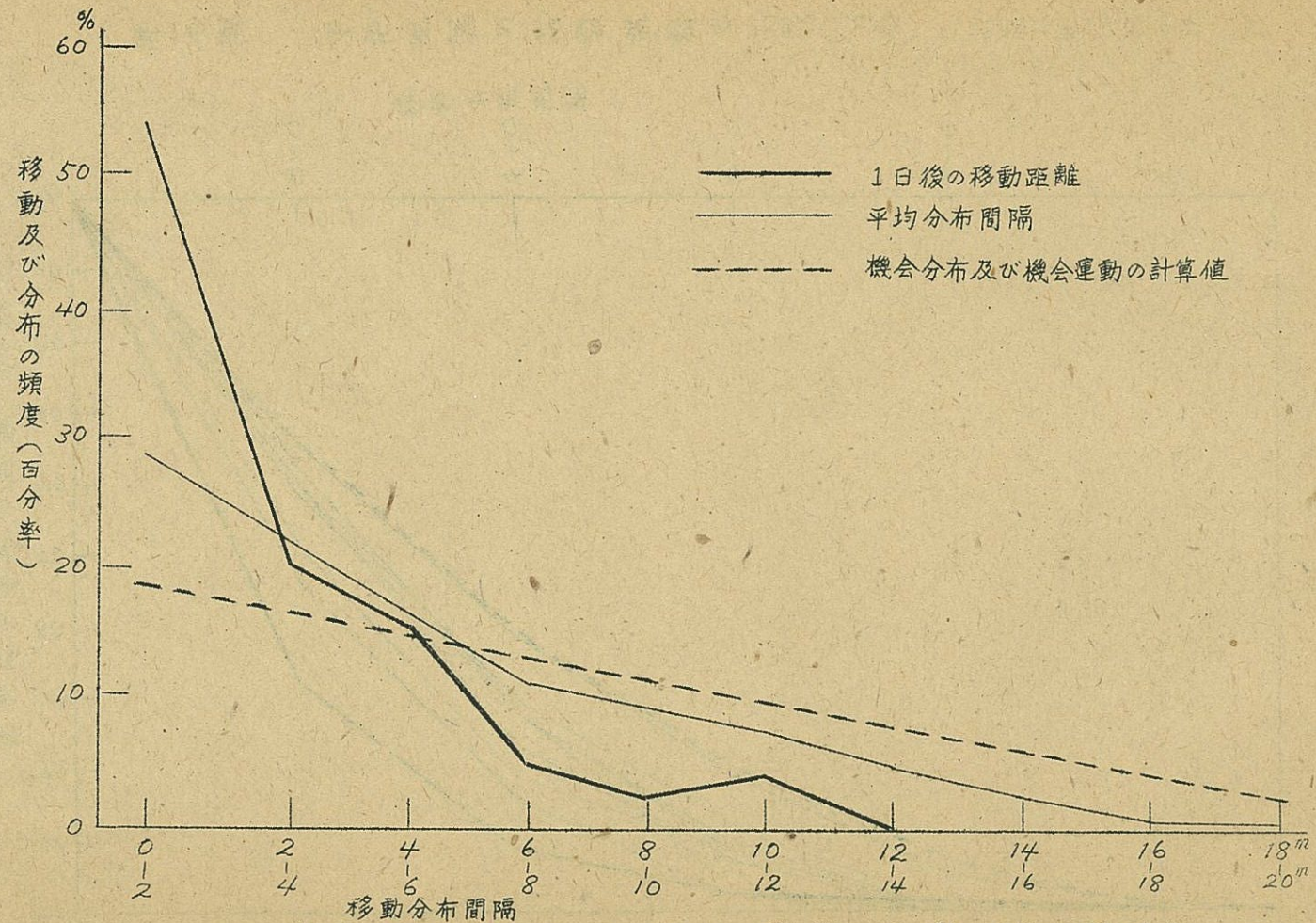
池の種類	距離間隔	分布間隔										機会分布及び機会運動の理論値	運動距離				
		Ⅲ | 31	Ⅳ | 1	Ⅳ | 2	Ⅳ | 6	Ⅳ | 8	Ⅳ | 10	Ⅳ | 11	Ⅳ | 12	Ⅳ | 16	平均		1 ^日	2 ^日	4 ^日	6 ^日	
	^m — ^m	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Ca+Cb	0-2	34	31	17	27	41	23	28	33	22	28.4	18.1	54	40	50	31	
	0-4	61	55	37	53	59	43	49	51	40	49.8	34.5	74	60	75	69	
	0-6	87	80	53	65	63	55	64	65	57	65.4	49.0	89	83	88	92	
	0-8	95	92	63	77	68	67	76	72	71	75.7	61.7	94	90	88	92	
	0-10	99	98	71	89	82	75	85	83	79	84.6	72.6	96	100	96	100	
	0-12	100	100	82	96	94	87	92	92	86	92.1	81.6	100	100	100	100	
	0-14	100	100	91	97	98	94	96	96	93	96.1	88.9	100	100	100	100	
	0-16	100	100	97	98	98	100	99	99	97	98.7	94.3	100	100	100	100	
	0-18	100	100	99	99	98	100	100	100	99	99.4	98.0	100	100	100	100	
0-21	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100.0	100.0	100	100	100	100		
Cc	0-2	39	39	41	38	38	34	38	53	48	40.9	33.1	67	55	58	37	
	0-4	70	76	71	72	71	61	72	84	81	73.1	59.5	91	77	79	84	
	0-6	88	93	97	91	91	81	92	98	92	91.4	79.3	98	93	91	84	
	0-8	100	100	100	100	100	95	99	100	100	99.3	92.6	98	100	97	100	
	0-11	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100.0	100.0	100	100	100	100	



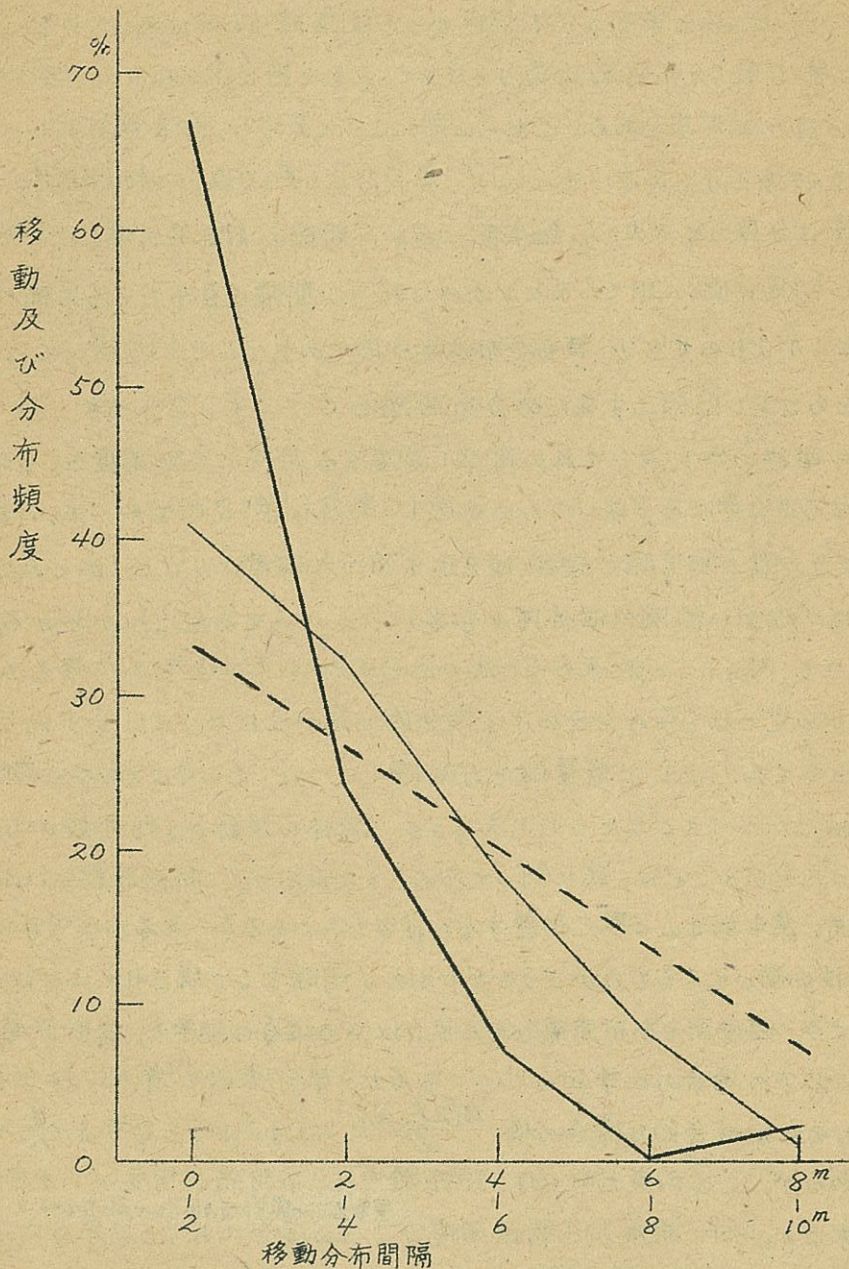
第15圖 分布間隔と移動距離の比較 (Ca+Cb池)



第16圖 分布間隔と移動距離の比較(Cc池) (説明は第15図と同じ)



第17圖 分布間隔と移動距離 (Ca+Cb池)



第18圖 分布間隔と移動距離 (Cc池) (説明は第17図と同じ)

17m) について計算した結果は第15図及び第16図の~~太線~~^破で示した曲線と

なつた。ところで実際の分布状態からの測定値はどうであったかといふと、これは第10表(分布間隔)の通りとなつて、これを図に示したものが第15図及び第16図の細実線である。これらの図によつて見ると、細実線の殆んどすべてが太破線より上の方に出てゐて、4月2日(第10表)の材料を除く他は両実線は合致してゐない。細実線が短い間隔の測定値の場合でも太破線より上方(高い値)に出てゐるといふのは短い間隔に分布してゐる個体が多いことを示すものであり、結局分布が集中的であつたことを物語つてゐる。この点をもう少し明瞭にするため分布間隔を0~2米、2~4米、4~6米---等の階級に分け、それぞれの階級に該当する間隔の実測頻度を、全測定数に對する百分率であらしたものが第17図及び第18図であつて、これで見るとさきの図で細実線が理論値を示す所の太破線よりも上に出てゐたのは、やはり短い間隔の個体同士が多かつたためであることがわかる。

さて、Ca+Cb池及びCc池でのヒメアメンボの分布は大体どの日の状態から見ても(4月2日だけは機会的と見られるが)ほぼ集中的な分布状態をしてゐたことが数量的にも明瞭になつた。ところで個体の移動状態はこれにくらべてどうだつたであらうか。個体の移動では短距離のものが多かつたといふことは、既に判つてゐることであるが、この短距離といふのが、分布の集中的なのと單に相應するだけのものであるか、あるひはそれ以上に定住性が働いてゐるものかどうかといふのが問題として残されてゐる訳である。所で今、個体間の分布間隔がある長さ以下の場合の比率と、運動距離が同じ長さ以下の場合の比率とを比べてみると(第10表及び第15、16図)、両方ともそれが機会的な場合の値 $\frac{a(2l-a)}{l^2}$ より高いことは今まであべだ通りであるが、この両者の中では、短距離内の分布間隔の頻度が示す率の方よりも大きい。特に観察の時間的間隔が1日の場合における2米以内の移動の頻度は、全移動数の54%(Ca+Cb池)及び67%(Cc池)であるのに對し、同じ距離内の分布間隔の頻度は最高41%(Ca+Cb池)及び53%(Cc池)、平均28.4%(Ca+Cb池)及び31%(Cc池)であつて、両者の差はかなり

顯著である。即ち、短距離の移動個体の多いことは、單に分布が集中的なためばかりではないことを明らかに示してゐる訳であつて、やはりヒメアメンボは、分布状態の如何にかかはらずそれぞれの存在場所から他へあまり移動しようとしな^い定住性を具へてゐることを物語つてゐる。この場合の定住の範圍といふのは第17, 18圖で見ると2米以内のものが機会的移動の理論値をはるかにこえて甚だ多数を占めをり、少くとも1日位でははじめの場所から2米以上も離れようとはしない傾向を示してゐるのである。¹⁾

以上の移動距離は、あるひは雌雄によつてちがひはしないであらうか。私は今まで雌雄を一緒にして取扱つてきたが、一應これも吟味してみる必要がありそうである。今標識個体の中、雌雄の別の明らかなものだけを取り出して、1日間隔の移動距離を比較してみると第11表の通りとなつた。これとみると、Ca+Cb, Ccの二つの池共、移動距離は雌雄によつては先づちがひはないと認めることができる。

今までのべてきた所によつて、われわれはヒメアメンボ各個体の池内の分布状態は集中的であつたと共に、ヒメアメンボ自身も相當な時間の間、それぞれの存在場所附近の狭い空間(特に2米以内の場所)に止まらうとする定住性を持つてゐることを確かめることができた。前にのべた→池内に長く滞在す

1) この圖は2米單位で示してあるが、もつと單位を小さくとればどうであらうか。今1米を單位とする移動の理論値を^{実測}とを比較してみると下の表の通りとなる(括弧内は機会的移動の理論値。数字はすべて%)。

移動距離(米)	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8
Ca+Cb池	30(9.3)	24(8.8)	11(8.4)	9(8.0)	9(7.5)	7(7.0)	4(6.6)	0(6.1)
Cc池	42(17.4)	28(15.7)	9(14.0)	15(12.4)	4(10.7)	2(9.1)	0(7.5)	0(5.8)

この表を見ると1米以内、及び1~2米の範圍の移動が機会的移動の理論値をはるかに抜き、それ以上の遠距離の移動は、上記理論値に近いが、またはそれ以下に落ちてゐる。即ち、ヒメアメンボの定住範圍はやはり2米程度の範圍内であることが判る。

第11表 雌雄による移動距離の比較

	Ca+Cb (%)		Cc (%)	
	♀	♂	♀	♂
^m 0~2	45	53	74	63
^m 0~4	73	65	89	90
0~6	91	82	100	95
0~8	95	88	100	95
0~10	95	94	100	100
0~12	100	100	-	-
0~14	100	100	-	-
0~16	100	100	-	-
0~18	100	100	-	-
0~21	100	100	-	-

る傾向といふのも、要するにこの
ような定住性のあらはれであつた
にちがひないのである。

ここでわれわれは定住性と集団
形成との関係について少し考へて
みよう。今のべた定住性は、個体
の分布状態の如何に拘はらず認
められるものであつた。このこと
は、定住性といふ性質が、本來ヒ
メアメンボに具はつたものであるこ
とを示してはゐるが、集団の形成

といふことに對して、定住性が何も無関係であるといふことにはならない。
なるほど、Cb池やCc池のように、密集群は一部分に集中してゐながら、池全
体としてもやはり一つの連続した集団と認められる所でも、個体はその連続
した集団の全部の地域を短時間では利用せず、一部分だけに止まる傾向
があつた。しかしそのような集団といふのも、実はその一部分づつに長く滞在
する個体が多く存在することによつて、はじめて作り上げられたものといへ
るのである。集団の大きさについて見ても、さきにH池で認められた集団が、
少なくともはじめの中は2米の一區劃内におさまる程度のものであり、後
になつて人口がずっと殖えた時でさへ、1集団の大きさは二つ以上が融合した
ものを除いて大体この程度のもので多かつたといふことは、定住の範囲が2
米以内のものが多いいふことに由来したものではないであらうか。もしさう
とすれば、われわれはここにヒメアメンボの基本的集団として直径2米以内
の小集団を考へることができらう。この基本集団の中においては、ヒメア
メンボはその占める地域の全部を活動空間として利用し、且つその地域の中
に永く止まらうとするであらう。H池の數個の個体で認められた部分的集団
内への定住の例は、この基本集団の存在を示すものではないであらうか。この

ような基本集団の形成は定住性に基づくとはいひながら、一度出来上つた基本集団においては、定住性もその集団の一つの属性と見做してもよいであらう。人口が増加すれば基本集団は数多く出来、隣接するものは融合して大集団が形成されるであらう。H池においてはすでにこの例を認めることができたが、Cb池やCc池の全体にひろがる連続集団といふのも、最初はこのようにしてできたものではないであらうか。しかもこのような大集団の中においても、個々のヒメアメンボの動きは、最初の基本集団地域を大体において守つてゐる所に、集団地域の一部のみの利用といふことが起つてきてゐると考へられるのである。このような集団と定住性との関係については、動物の種社会の本質を明らかにする上から云つても、將來更に研究すべき必要のある問題であらうと考へるのである。

附 ナミアメンボの定住性

ナミアメンボにもヒメアメンボと同じ意味の定住性が認められるかどうかは、まだはつきりとはしてゐない。しかし多少なりともこの傾向はやはり認めることができるようである。たとへば3月下旬にCa池に入った1頭のナミアメンボは、4月11日まで続けてこの池にだけ生活してゐたし、4月13日にCa+Cb池に現はれた11頭の中、6頭までは15日にも同じ池内で見ることができた。¹⁾ 但しこれらは1頭を除いて翌日にはすべて姿を消してしまつたのである。このように小池での滞在日数が割合に短いといふことは、前にものべた通り、これらの池がナミアメンボの活動空間としては狭すぎるからひがあつたためであらう。しかしはじめの例のCa池の1頭の場合は、遊び場所こそCa池全体を使つてゐたけれども休止する時は、大体定まつた同じ場所に歸つてゐたのであつて、やはり定住性を持つてゐることを暗示させるものがあつた。²⁾

1) これらのナミアメンボには、すべて標識をつけておいた。

2) オホミズスマシにもまた定住性が認められる。Ca池で標識をつけた1頭は(次頁※へ)

VIII. ヒメアメンボ集團員の交替

私はさきに、標識個体が4月中旬にいたつて、急にはじめから棲みついてゐる池から多く姿を消したことをのべ、これがこの時期における密度の上昇に基づくものであらうと推定しておいた。今私はこれが間違ひでないかどうかを少し吟味してみたい。先づ総個体数消長と、標識個体全体の消長の関係から見て行くことにする。

1. 総個体数消長と標識個体数消長との関係

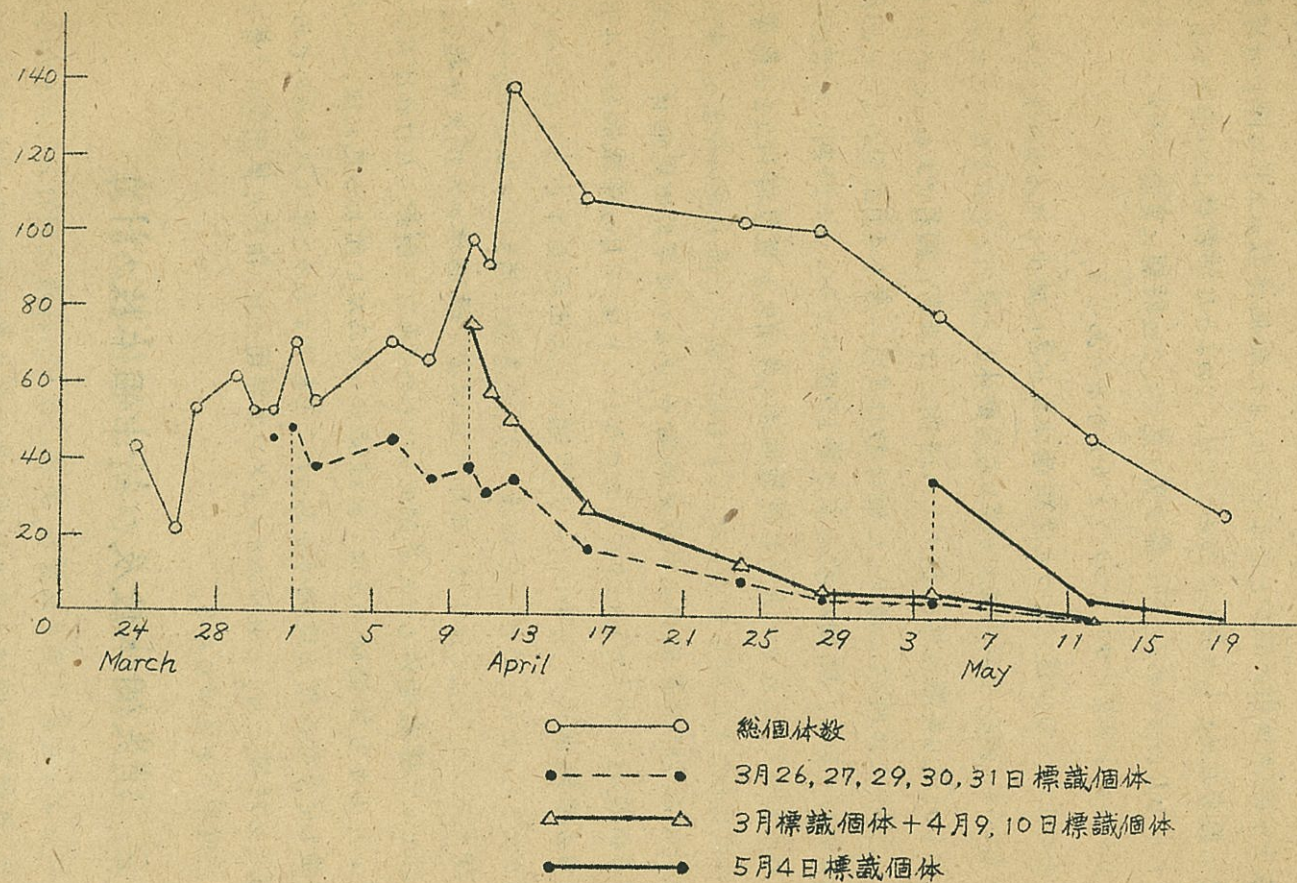
H池のものを除き、小池全体のヒメアメンボ総個体数と、同じく小池全体を通じて日々観察された標識個体数とを共に示すと第19図の通りとなる。

即ち、4月上旬には、標識個体数は標識の日以後次第に減少はしてゐるけれども、その減少率は至つて小さい。ところが4月10日を過ぎてからは標識個体の減少はかなり急になつてゐるのである。但しこの消長曲線は、池の上に居る個体数によつて画かれたものであるから、ある日の観察の際眼にふれなかつた個体の中には、斃死したものもあらうし、また全然別の池へ移動したものもあらうが、その他にも、その池の岸辺に上つて休止してゐたため見逃した個体も含まれ

※ 4月15日から24日まで同じ池に滞在し、しかも休む時はいつも大体同じ場所に歸つてゐた。またH池ではSt.12で標識をつけた5頭の中、1頭は4月11日から24日まで、同じ場所に定住し、残りの4頭も下表のような滞在状態を示した。

観察月日 \ 個体番号	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
4. 11 ^日	St. 12	St. 12	St. 12	St. 12
4. 12	St. 12	St. 12	St. 12	St. 12
4. 13	St. 12	St. 12	St. 7	?
4. 15	St. 12	St. 12	St. 12	St. 4
4. 16	St. 7	St. 7	St. 12	St. 12

但しこの4頭は、24日にはもはや何所にも姿を見出し得なかつた。



第19圖 + 総個体数消長と標識個体数消長との関係

てゐるであらうことをここにお断りしておかねばならない。4月上旬の標識個体の減少が総個体数の減少とほぼ平行し、また総個体数の上昇の際には標識個体数も幾分なりとも上昇してゐることは、このような活動休止の個体がゐたためにちがひないのである。前の第9図を見てもこの時期に実際に消失してしまつたといふ個体が非常に少なかったことがわかるであらう。

ところで4月10日以後になつて標識個体数が急に減少してゐるのは、これと少し誤がちがつてゐる。この急減少が單なる活動休止に基づくものでないことは、第9図に示した通り實際の消失数もこの時期には非常に顯著であることから知られるし、第一この時期に減少した個体数は其後一度も4月上旬のように回復してゐないのである。総個体数の方は第19図のようにこの時期に大増加してゐるのであつて、これから見ても標識個体の急消失が氣象條件などの影響によるものでないことは明らかである。しかも前に述べた通りその原因が、壽命一定説による早期出現個体の早期死滅論や、あるひは早期出現個体の高温に對する抵抗性の弱さなどによるものでないことは、3月の標識個体も4月9、10日の標識個体(この中には一部早期からの出現個体が含まれてゐるであらうが)も、ともに4月10日以後一致して急激に消失してゐる所からも知られる誤であつて、ここではやはり4月10日以後一般個体の大消失が起り、その一部として標識個体もまた急消失したものであると解釈しなければならぬであらう。しかも総個体の方はこれ程減少してゐない所から見れば、この消失と前後して多数の新出現個体があつたことを示すものと思はれるのであつて、結局この時期には、これらのヒメアメンボ集団では、頻繁な集団員の交替があつたと推察されるのである。

2. 消失個体数及び新出個体数の計算

今のべたような集団員の交替が、実際にはどの程度に行はれたかを知らうと思ふと、無標識の個体も含めた消失個体数や新出個体数を確めなければならぬ。ところがこの調査では毎日現はれてくる個体の全部には到底印し

をつけることができなかったから、消失、新出の実数は直ぐには判り兼ねる。しかしさきにのべたように標識個体の消失が、一般個体の消失に伴ふ結果であるとする、両者の消失はほぼ同じ割合で行はれたと考へてよいから、前者を基にして消失数や新出数を計算することは不可能ではない。尤も毎日池に残つてゐる標識個体数が全個体数にくらべてあまり少なすぎると、このような比例による計算では誤差が多くなりすぎて役に立たないことになるが、この調査の場合には、3月末から4月末までの間を通じて、日々池に残つてゐた標識個体数は総個体数21~139に對して7~93であつて、多くの日は標識個体数が総個体数の半数近く又はそれ以上を占めてゐたから、このような簡単な比例計算でも先づ大した間違ひはなからうと考へられるのである。

この計算は次の通りに行つた。今ある日第I回の觀察をし、別の日第II回の觀察を行つたとして

第I回の総個体数を	N_I
第II回の総個体数を	N_{II}
第I回の日々の残存標識個体数を	n_I
第II回の日々の残存標識個体数を	n_{II}
第I回より第II回までの間に消失した総個体を	D
第I回より第II回までの間に消失した標識個体数を	d
第I回より第II回までの間に新しく出現した個体数を	A

とすれば

$$D = \frac{d}{n_I} N_I$$

$$A = N_{II} - (N_I - D)$$

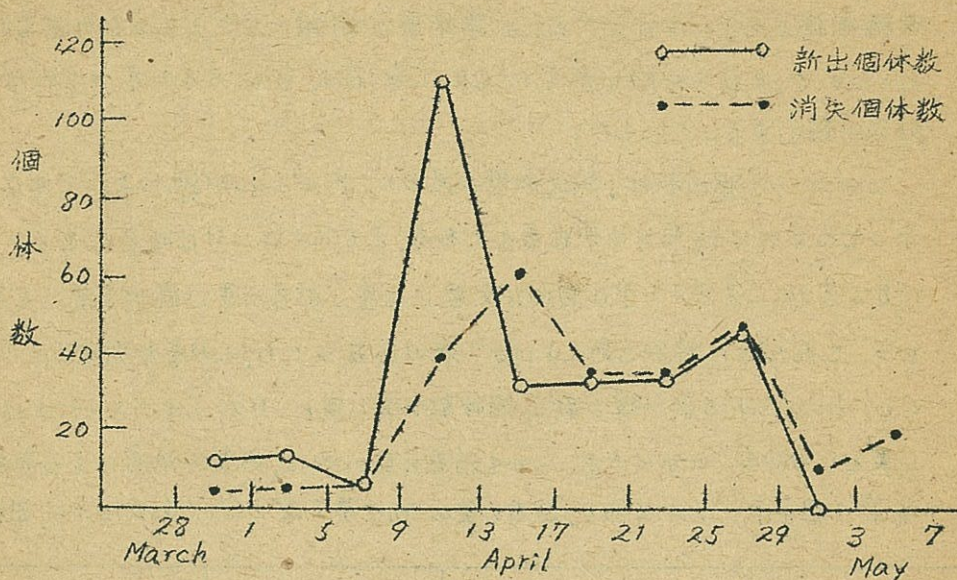
この二つの式によつて消失数、新出数は計算できることになる。

ところで、ここに一寸断つておかねばならないことは、残存標識個数としたもの内容であつて、これは單にある時に觀察された標識個体数ではなくて、その時にそれらの池又は池の附近で生存してゐることが確實な個体数である。即ち、それまでずっと見られてきたある一個体がある日池の中に見えなくなつてゐたとして

も、その翌日になつて再びここで見出されたならば、これは前日の残存標識個体の中に加へるのであつて、その取扱ひの仕方といふのは第10図をつくる場合に行つたのと同じである。消失個体といふのも同様に、ある日を最後として再びこれらの池では見られなくなつた個体をその日の消失個体とした。このように、実際にその日その日に見出された個体数を用ひずに、今のべたような方法を用ひた理由は、氣象條件などの違ひによつて活動個体数に多寡を生ずることの影響を除くためであつて、たとひ寒さのために標識個体の一部に一時的活動休止を行ふものができても、これを消失個体とするのは不合理だからである。従つてある日に総個体数や標識個体数が減少してゐたとしても、消失標識個体がなければ、その減少は一時的活動休止と見做して、全消失個体数は0と考へることにした。この場合、その翌日総個体数に増加があつたとすれば、前日の総個体数をそのまま N_t として計算すると活動再開個体と新出個体とを混同することになるから、その日の新出個体数の計算には前々日の総個体数を N_t として行ひ、もし教目前より引続いて消失標識個体のない場合には、それらの日の総個体数中の最大総個体数を N_t とすることによつて、新出個体数を計算することにしたのである。

このようにして小池全体のヒメアメンボに對して算出した毎日の新出数及び消失数を4日分ずつ合計して図示すると第20図の通りとなつた。尤も4月16日から24日までは觀察が缺けてゐるため、止むなくその間の新出、消失数を2分して、それぞれ17~20日、21~24日の各4日分にあてることにした。

第20図を見ると、新出数は3月下旬から4月上旬にかけては割合に少ないけれども、4月9日から12日の間に著しい極大があり、それ以後には幾分衰へを見せてはゐるが、それでもまだかなりの数を持續して4月末まで及び、5月に入つてから漸く全然現はれなくなつてゐる。一方消失数の方も大体これに近い状態ではあるが、極大の時期が少しおくれて4月13日~16日の間になつてをり、5月に入つてからもなほ消失を續けてゐる。前にのべた4月10日以後の集団員の頻繁な交替は、この図において明らかに示されてゐるのであるが、



第20圖 小池總計の新出消失数

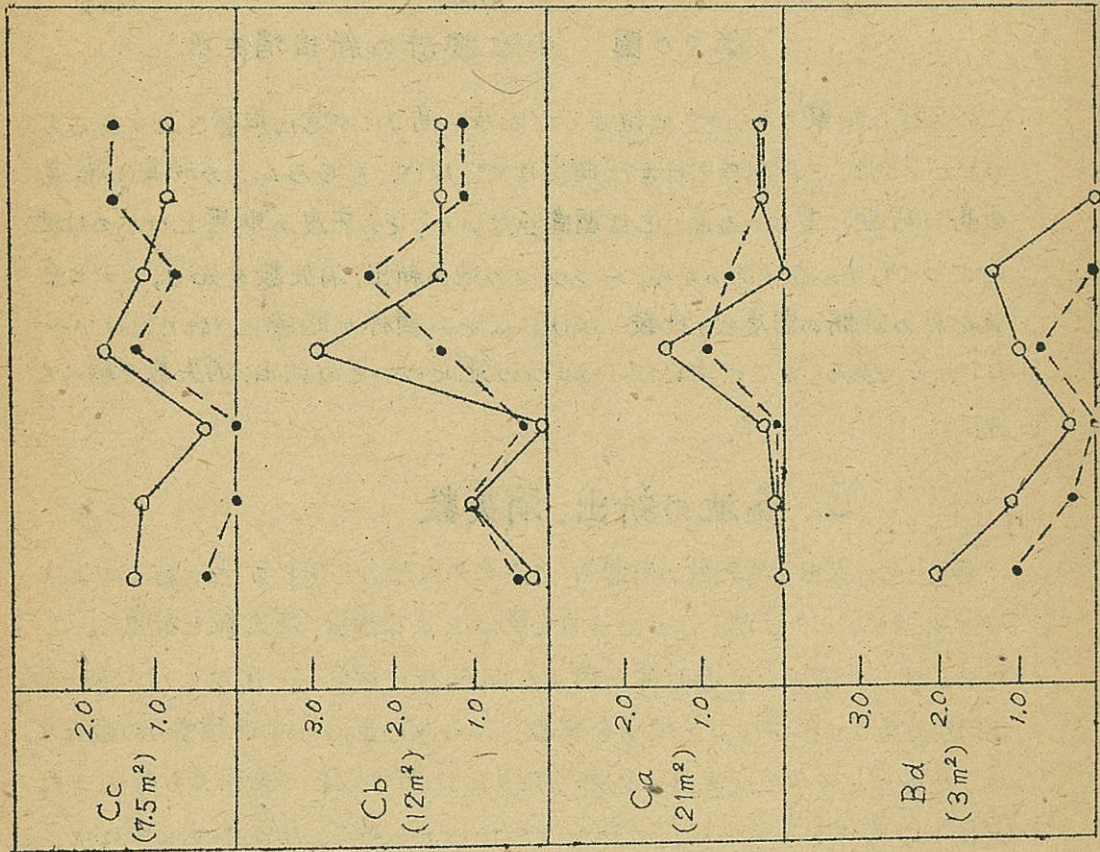
この交替の頻繁さが、さきに推定した密度の高さに本當に影響されてゐるものかどうかは、これだけではまだ確定はできない。もちろんこの時期が密度の高い時期に當つてゐることは間違ひないが、その密度の状態といふのは池によつてちがふ誤であるから、一つづつの池の新出、消失数を知り、これとそれぞれの時期の密度とを比較しなければその關係が明瞭にされたとはいへないからである。そこで次には一つづつの池についての新出、消失数を調べてみよう。

3. 各池の新出、消失数

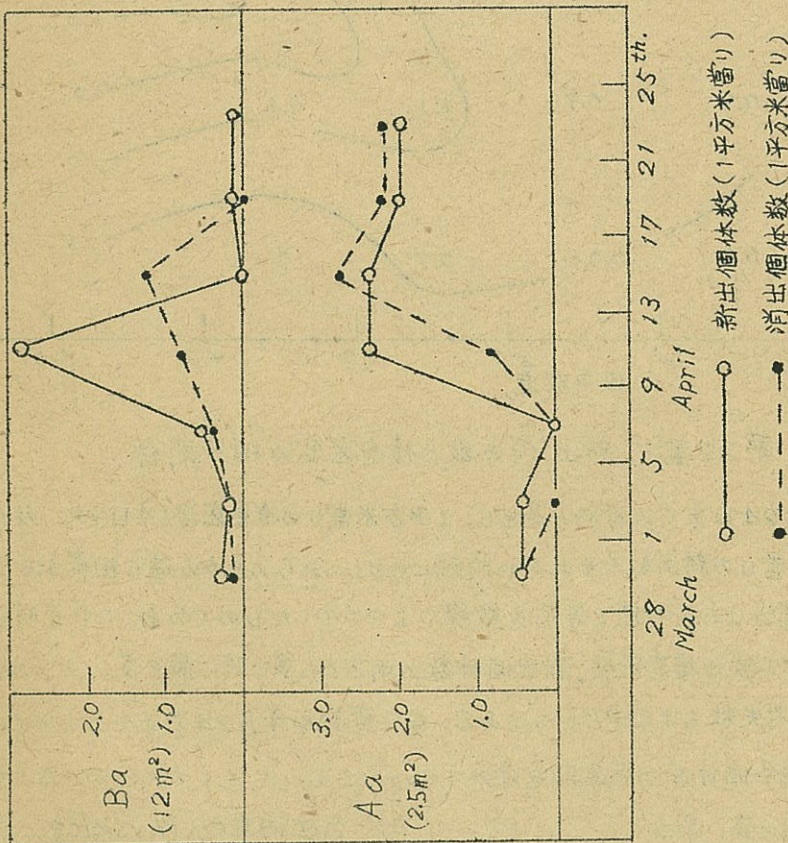
各小池の新出、消失数の計算も、さきにのべたのと同じ方法で行へばよい誤であつて、この方法によつて4日を單位とする新出、消失数を計算し、これを1平方米當りの水面面積に對する個体数に換算して図示した結果は第21圖の通りとなつた。この場合実数によらずに單位水面面積當りの数になほしたのは、ちがつた大きさの池を相互に比較する上に便利でもあり、また密度との關係を見る上にも必要だつたからでもある。なほ小池の中には、

標識個体あまり少なすぎて、計算結果が粗雑にすぎるおそれがあるものもあつたので、それらを除いた Cc, Cb, Ca, Bd, Ba, Aa の六つの池だけの結果を図示することにした。

この六つの池の新出、消失状態を見ると、先づそれが池によつてかなりちがつてゐるのに注意をひかれるのである。尤も Bd 池だけは垂直のセメント壁にかこまれ、ヒメアメンボの自由な交替には甚だ都合の悪い条件を具へてゐるから、これだけは特別と見てよいが、残りの五つでも、これを大別すると Cc, Cb, Aa の4月13日以後も新出個体数の多い型と、Ba, Ca のようにそれが少ない型とに分けることができる。しかも前者の型の池は、密度の消長による分類では第II型を示した池であり、後者の型の池は第I型の池であつたから、密度の



消長によって分けた型は、集団員の交替状態の相違をも同時に示してゐることになるのである。ところでここに興味があるのは、第II型の池は、棲息密度の点では4月10日前後でも大して著しい上昇は示してゐないのに拘はらず(第10図)、新出個体数の点では第I型の池と同じような大増加を行つてゐることであつて、これは明らかにヒメアメンボにとって飽和状態に近い池でも新らしい個体の侵入を妨げるものではないことを示してゐる。このことは、さきに各個体の一池内へ定住といふ点からも推定したのであつたが、今ここにおいてこれを確かめることができた訳である。飽和状態に近い池でもアメンボの侵入を妨げないといふことは、いふまでもなくアメンボが高密度の池でも入るのに躊躇しないといふことであるが、その結果はこれより高密度の池は人口過剰を來して、その一部

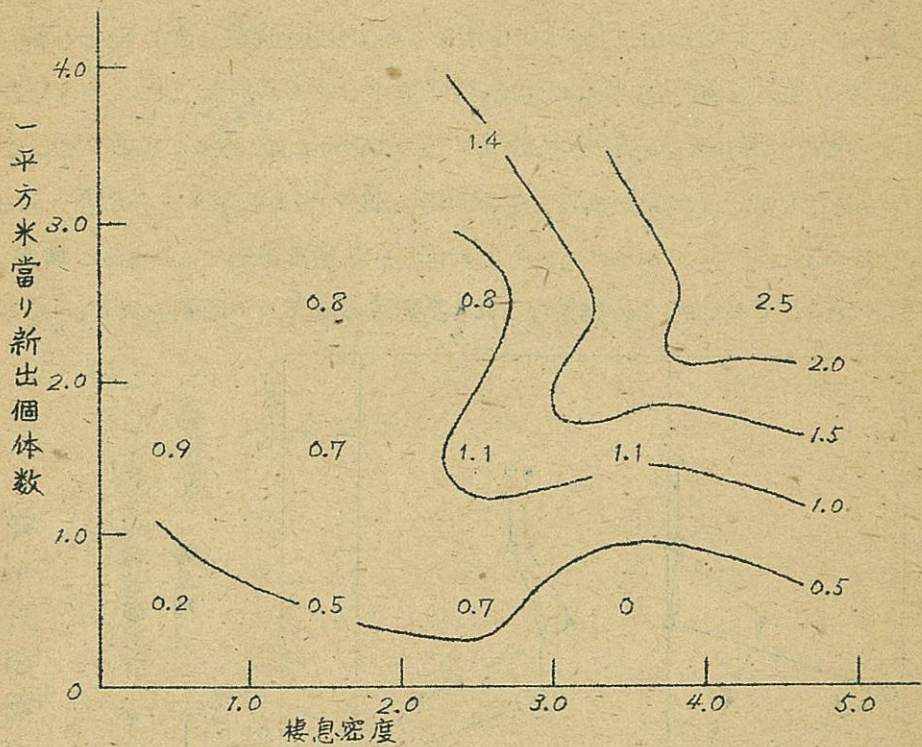


第21圖 各小池の新出消失数

26
外

分が外へ飛び出さなければならなくなるであらう。そしてこれが4月10日以後の集
団員交替を頻繁にした主要な原因であらうと考へることが出来る。

このことをもう少し明らかにするために、新出、消失数と棲息密度の相互関係を一
つの図にあらはして見よう。第22図がこれであつて、この図はAa, Ba, Ca, Cb,



第22圖 新出、消失数と棲息密度の相互関係

Cc池の4月24日までの資料を基とし、1平方メートル当りの棲息密度(4日平均)及び同
じく1平方メートル当りの新出数をそれぞれ両軸にとり、これらの夫々の値に相應する消失
数(1平方メートル)の平均値を等消失数線によつて示したものである。これで明らか
なように、消失数は棲息密度、新出個体数の両方とも多い時に最も多く、どちらかが
少なければ消失数もまた少ないのである。なほ資料を4月24日までのものに止め
た理由は、越冬個体数の衰退期を除外するためであつて、もしこれを加へるとする
と、この時期に多い筈の 生理的壽命(Physiological

longevity)の盡きることによつて起る自然死もしくは老衰による溺死¹⁾のための消失が、上記の消失数の中に多く加はる可能性があり、しかもこれらに基く消失は、棲息密度や新出個体数の多少とは直接何の関係もなく行はれる筈であるから、衰退期の資料を除外することによつて、その影響の混入を防ぐ必要があつたのである。尤も4月24日以前でも、このような溺死や自然死による消失がなかつたとはいへないが、これは割合に少なかつたであらうといふのは、Bd池の消失状況からも推察されるのである(第12表参照)。この池は屢々のべた通り垂直のセメント壁にかこまれ、ヒメアメンボの脱出がかなり困難であつた関係上、この池の消失個体数によつてある程度まで斃死個体数の状況を察知できる筈である。ところで第12表に

第12表 Bd池での標識個体消失状況

観察月日	総個体数	マーク個体数	消失マーク個体数	
			移 転	消 失
3.28 ^日 ~ 3.31 ^日	6 ~ 12	6 ~ 12	2	1
4. 1 ~ 4. 4	9 ~ 10	9 ~ 10	0	1
4. 5 ~ 4. 8	10 ~ 11	9	0	0
4. 9 ~ 4. 12	11 ~ 12	8 ~ 10	1	1
4. 13 ~ 4. 16	13 ~ 16	8	0	0
4. 17 ~ 4. 20	13 ~ 17	8	0	0
4. 21 ~ 4. 24				
4. 25 ~ 4. 28	10 ~ 17	8	0	2
4. 29 ~ 5. 2	10	6 ~ 5	0	1
5. 3 ~ 5. 6	10 ~ 0	5 ~ 0	0	5
5. 7 ~ 5. 11				

よると、消失標識個体の中、後になつても他の池で見出せなかつたものの数は、4月25日以後に多く、それ以前には3月末、4月初に少数認められるだけである。しかもこの初期においては、他の池に実際移転してゐる個体もあることであるから、消失個体の

1) アメンボが老衰すると、肢は体を空中に保つ力がなくなり、体の下面は水に接するにいたる。従つて体の下面は水に濡れ、次に体の表面は水に全く浸潤せられ、体は水中に没して溺死し屍は水底に横はる(高橋, 1921)*。即ち高橋氏は、この死は溺死であつて自然死ではないとのべてゐる。

* 高橋良一。アメンボ類の観察(第二報)。昆虫世界、第25巻、8-12頁。大正10年。

中には他の末調査の池に移ったものが含まれてゐる可能性もあり、結局4月24日以前の實際の斃死数は非常に少なかったことと推定されるのである。もちろんこの池の材料は数も少いことであるから、この結果をすぐ他の池すべてにそのままおし広げる訳にも行かないが、とにかく活動最盛期の頃の消失は、斃死よりも移転によるものがずっと多かつたであらうとは想像できるであらう。

要するにヒメアメンボがある池に侵入する場合、もしもその池の棲息密度が既に高くなつてをれば、侵入に伴つて他へ移轉する個体を生じ、これによつて密度の平衡状態が維持されることになる。又もしその池の棲息密度が低ければ、侵入に伴ふ移轉個体はあまり現はれないが、その反面、次々と侵入してくる個体が集まることによつて次第に密度が高まり、それにつれて消失個体も増加するようになって、最後に平衡^の状態にまで達すると認められるのである。但しこれは全個体数の衰退期に入る以前の機構であつて、衰退期に入れば斃死による消失個体が、密度や新らしい侵入個体数とは関係なく大いに増加することであらう。

4. 消失個体の行方

さきののべた通り、ヒメアメンボ密度が平衡を保つてゐる時期、あるひはそれ以前の時期には、斃死個体数が割合に少ないものとするれば、それぞれの池から消失した多数の個体は一体何処へ行つたのであらうか。この点について私の資料は甚だ不充分であるが、小池同士の間では実際にある程度の移動が認められてゐる所から判断すれば、これらの時期の消失個体の大部分は他の諸池に移転したにちがひないと考へられるのである。ところで移転先の池が同じように高密度の状態にあるものとする、再びここから新らしく他へ移轉する個体が現はれなければならぬことになるから、このように高密度の池が近くなつて幾つか存在してゐると、これらは互に作用し合つて、個体の入れ代りを益々頻繁にして行くものと考えられる。小池全部の場合あるひはCc, Cb,

Aa池などで、4月下旬になつてもなほかなり多数の新出個体が見られてゐるのは、今いった池から池への相互移転の結果であらうと思はれる。そしてもしもこの附近に低密度の池があれば、このような移転の相互促進の結果として、この池に對する殖民も急速に行はれ、密度は急激に増大するにちがひないのであつて、現に第Ⅲ型の池において4月中旬密度が急上昇してゐるのは、冬眠より覚めた個体の増加とともに、この移転の相互促進も大いに影響してゐるものと見られるのである。

5. 集團員交替に關係する他の諸要因

私は今まで、ヒメアメンボの池から池への移転がどのような状態において特に盛に行はれるかを調べ、その結果池の中の棲息密度と新しい侵入者の数の多少とが、この移転の盛衰に對して重要な關係を持つてゐることを大体明らかにすることができた。ところでこの移転、あるひは集團員交替に對して關係してゐる要因は果してこの二つだけであらうか。もつと別に、この二つと同様の本質的關係を持つてゐるものがありはしないであらうか。われわれは一應この点について吟味してみなければならぬであらう。

今まで見てきた所から考へると、池の状態、その廣さや内部の棲息場所としての諸條件は、この交替に對して無關係といへないことは明らかである。ヒメアメンボは先づ好適な場所へ集まり棲息密度を増大させて交替を惹き起す一つの素因をつくつてゐる。しかし一方から考へると、如何に好適な場所であつてもその附近のヒメアメンボ活動数が少なければ棲息密度は増大しないであらうし、従つてまた交替も頻繁には起らないであらう。逆にあまり好適とは思はれない場所でも、他の場所の密度の状態如何によつては、ここも高密度になる可能性があり、交替もまた頻繁になり得ると思はれるのである。このような關係は、すでに4月10日頃以前の集團員交替状態と以後の状態との比較でも示されてゐるし、また活動後期の第Ⅱ型の池と第Ⅲ型の池の棲息密度の比較からでも推定することができる。従つて池の状態が集團員交替に關係してゐ

ることが確かとしても、その関係は間接的なものであり、そこに集るヒメアメンボ集団内部あるいは集団相互の関係を通ずることによつて、はじめて集団員交替と結ばれてゐるのである。ただ棲息場所としての條件が不適當な場所へあらはれた個体は、自ら定住性を持つてゐるのに拘はらずその場所の不適當さを嫌ひ、やがてここを立去つてよりよい場所に赴くといふこともないではないであらう。この場合は集団員の交替とはいへないにしても、場所的條件が移轉の直接原因となつてゐると認めてよい訳であつて、小さい水瓶に現はれた個体が翌日にはもう姿を消すといふこともその一例と見られるのである。しかし一般的に見て少くともある程度定住性を發揮できる場所における交替は、やはり集団の働きを通じて行はれるものであり、これが集団員の移轉又は交替といふ点からいつてより本質的あるいはより本筋に當るものと考えることができるのである。

4月10日以前と以後とで交替の頻度がまるでちがふといふことは、われわれにもつと別の要因の働きを示すものではなからうか。私は今までこの二つの時期の主要なちがひとしてヒメアメンボ活動数、あるいは棲息密度のちがひを取り上げてきたのであつたが、第8回を見る時、われわれはこれらの差異以外にもなほ温度のちがひ、あるいはナミアメンボの個体数のちがひといふ二つの顯著なちがひを認めることができる。これらは果して集団員交替に関係してゐないであらうか。

温度の相違が集団員交替に決して無關係でないといふことは、われわれは二つの点から認めることができるであらう。その第一は越冬個体の活動開始に及ぼす影響であつて、4月上旬以後活動個体数が急に増したといふのは、恐らくこの温度の上昇によつて冬眠より覚めた個体が増加したことを示すものと見て間違ひないであらう。そしてその結果は池の棲息密度を増大させ、あるいは池への新らしい侵入個体を増加させることによつて、集団員の交替を惹き起したと見られるのである。第二の点は、それぞれのヒメアメンボ個体の活動状態に及ぼす影響であつて、温度が低ければその活動は鈍り、温度が高け

れは活動が旺盛になるといふのは、ヒメアメンボでも他の昆虫と同じ様に観察することができる。すると高温の場合には、それぞれのヒメアメンボ個体は、低温の場合より広い水面にわたって活動しようとする傾向が見られはしないであらうか。私の今の材料はこの点を立証するにはまだ不十分である。しかしこのようなことがもしもあるとすれば、一つの池の高温時のヒメアメンボ収容力は低温時よりも低下し、従つて低温時の場合よりも低い棲息密度で平衡状態に達して集団員交替が頻繁に行はれるといふことが考へられるのである。その上、活動が盛になれば、池から池への移轉行動も割合に容易に行はれるであらうから、この方面からも温度の相違が集団員交替の頻繁さに関係する可能性も認めよであらう。

ところで温度の相違が集団員交替に對するこの二つの関係の仕方、越冬個体の活動開始に對するものと、個体の活動状態に對するものといふこの二つは、何れも交替と関係してあるとはいふものの、その関係はやはり直接的といふよりもむしろ集団の棲息密度を通じての間接的なものと認められるのである。第一の点はいふまでもないこと、第二の^{点の}個体の活動が旺盛になつた場合でも、棲息密度が低ければ交替は少ないままで止まるであらう。畢竟高温の作用といふのも棲息密度を通じて、交替を促進さす程度と見てよいと考へられる。

それではナミアメンボの出現についてはどうであらうか。この種類の主な活動空間は前にのべたように大きな池ではヒメアメンボの空間よりもより池心部に近い所を占めてをり、両者の間には一種の棲み分け関係が見られてゐた。しかしこの棲み分けは完全な地域分割ではなくて、ナミはヒメの生活空間にも侵入し、其所をもまた自分の生活空間の中に包含して、ヒメとの間に地域を重複さしてゐたのである。このような重複的棲み分け関係の下では、ヒメの集団は屢々ナミの侵入をうけ、その群は攪乱をうけるおそれがあつた。また小さい池においても、池によつてはナミはその活動最盛期に教頭姿をあらはし、ヒメの群の中にまじつて活潑な滑走を試みてゐた。このようなナミの出現数が多くなつた時期は、第8図や第10、12図にも示されてゐる

通り、やはり4月10日以後であるから、この中型種による集団攪乱の、ヒメアメンボ移転に及ぼす影響もしくはこれが移転の機縁となる可能性は當然考へられてもよいのである。

ところでこのような可能性は十分に認められながらも、実際のヒメアメンボ集団員交替は必ずしもナミアメンボの出現を必要としないことが実例で示されてゐる。たとへばA₀池の場合がそれであつて、この池には一度もナミアメンボが現はれなかつたのに拘らず、4月10日以後の集団員交替はやはり顯著に行はれてゐるのである。してみると、ナミアメンボ出現はそれによつてヒメ集団員の移転を促進する効果は假りに挙げてゐるとしても、ヒメ交替にとつて欠くことのできないものではなく、本質的に重要なものであるともいへないのである。尤も、ナミが現はれると、ヒメの利用可能水面を狭くし、従つて一つの池の中のヒメ收容可能数を減少させるといふ可能性は充分認められるであらう。H池などで4月12、13日頃一度激増したヒメの個体数が、16日になつてかなり急に低落したといふことは、恐らくその頃のナミの大増加による影響の結果と見ていいのではないかと思はれる。しかしそれにしてもナミ出現の、ヒメ交替に對する影響は、やはりヒメ集団棲息密度を通じての間接的のものであるといはなければならない。

以上のように、ヒメアメンボ集団員交替に重要な關係を持つと思はれる池の状態、温度やナミアメンボ出現等について吟味した結果は、何れも交替にかなりの影響を及ぼしてゐるといふ点は間違ひないと思はれるが、その影響は大體においてヒメアメンボ集団の棲息密度を通じて働く所の間接的影響であつた。従つてヒメアメンボ集団員交替といふのは、集団自らがこれら影響を受けながら、棲息密度の平衡保持のために行ふ、自律的な機構であるといふことができる。そしてこれはまた自然における生物集団の持つ、集団としての独特な一機能ではないかと思はれるのである。

IX. 結 び

ヒメアメンボの棲息密度と移動との関係を中心とした私の観察調査結果の記述は以上で終る。しかし私は最後にこの観察の跡を今一度簡単にたどつてみて、そこから注意されてよい問題をいくつか拾ひ上げてみたいと思ふのである。それらはあるひはアメンボの世界における特殊現象であると思ふされるかもしれない。しかしその特殊性といふのも、実は特定の動物に対する一般性の具体的なあらはれであると考へるならば、われわれはそれらの問題の中から、動物集団の構造機能の内容の一端をさぐり出し、一般生態学の立場からこれを意味づけ評價することも、あながち行き過ぎとはいへないであらうと思ふのである。

先づ生物社会における地位かいへば、ヒメアメンボは肉食者だけから構成される水面同位複合社会の一員であつた。この社会内においてヒメアメンボはナミアメンボの生活空間の一部に自らの生活空間をもち、自らの集団を形成することによつて逆にナミアメンボと拮抗し、これと地域を分ち合ふ。たとひその集団の中には、時として僅かの *Gerris sp.* やオホミスズマシが混つてゐたにしても、その集団は大体において純粋な一種のみの社会集団であると思ふべきであつた。そしてまたこの故にこそ、ヒメアメンボ集団はナミアメンボの侵入に對して、多少なりとも抵抗力を持ち得たのであらう。これら水面生活者相互間の地域関係から押し広めて、私は一般同位複合社会内においても、少なくともその中のある層にはアメンボ類の間に見られるような重複的棲み分け現象が行はれてゐるのではないかと推定したのであつた。しかしその當否の決定は、一般生物社会の社会構造的な研究が今少しよく行はれるようになるまで待たねばならないであらう。

ところでヒメアメンボ集団が、このような純粋性を比較的よく保つてゐたといふことは、野外集団の集団としての特徴をとらへる上からいつて誠に好都合といふべきであつた。私は一先づいくつかの小さい池を單位とし、それぞれの棲息密度の消長を比較することによつて、棲息場所條件の相違に應ずる集団形

成状態の相違を見ようとした。池を別にすることによつて集団形成は一應相互独立的に行はれるものと考へられたからである。その比較の結果、私は池を單位とする棲息密度消長に三つのちがつた型を見出すことができた。低密度型ともいふべき第I型と、飽和型ともいふべき第II型と、そして特別の高密度時期を持つ第III型とがこれである。そしてこれらの型の相違といふのは、單に棲息場所の條件によつて一義的に最初から定められてゐるものではなくて、むしろ近接する集団相互の關係を通じて、集団棲息密度の相互作用の結果としてもたらされたものであると考へることができた。このことは一般の動物密度調査においても、單に一地点の密度消長だけでその地域全体の消長を代表させることが甚だ危険であることを示すものといへるのであつて、更にそれら密度の相互影響の及ぶ範圍、動物がその中で相對的に最適場所を選ぶ一つの地域の拡がりを見出すことがいかに必要であるかを示すものであらう。この地域に對して私は「密度地域」といふ名稱を與へたが、このような意味の地域は、人が便宜上任意に分ち得る地域ではなくて、動物の種類により、生活様式や習性の如何により、また土地の狀況の如何によつて、自づから異つてゐる地域であると思はれる。それは今まで具体的には殆んど注意されずに來てゐるけれども、自然における動物の生活の理解のためには無視できない單位地域の一つをなしてゐるものではないかと思はれるのである。

さて、私がさきに見出した棲息密度の三つの型の中には、密度の取扱ひにおいて、必ずしも同じ基準から求められたものとはいへないものが含まれてゐる。他の型に對する第I型がそれであつて、他の型はとにかく池全体がヒメアメンボの生活空間をなしてゐる小池から得られたものであるのに對し、第I型はヒメアメンボ非生活空間を含む所の大池から得られたものであつた。Eltonに従へば、¹⁾前者の密度は最高密度(Highest density)と呼べるのに對し、後者の

1) Elton, C. Territory among wood ants (*Formica rufa* L.) at Picket Hill. J. Anim. Ecol. Vol. 1. pp. 69-76. 1932. (次頁 ※へ続く)

密度は経済密度 (Economic density) の中に入るものであつて、両者は密度を見るための単位地域のとり方がはじめからちがつておたのである。してみると後者の中には、更に最高密度を呈する場所が含まれてゐる筈であつて、これを取り出して比較してこそ、比較は単位を同じうし満足に行ひ得るものといへるかもしれない。実際においても、私は第I型のH池の内部において、「最高密度」を示す部分的な小集団を多く見出すことができた。そしてそれら小集団の棲息密度消長には、小池の場合と同じ型の相違を見ることができたのである。このことは集団の性質を知る上に重要であると思はれる。部分的な小集団と比べた場合、前者は自由な交通を許す水面によつて連絡され、後者は陸地によつて相互に切り離されてはゐるけれども、集団形成にとつてはそれは本質的なちがひとはななかつた。大池の部分同士は丁度小池同士と同じように相互に一應独立し、しかもその形成維持には相互の密度が関係し合つてゐたのである。このことはまた集団の地域的広がりやを決定するものは何かといふ点にも自づから觸れた問題となつてくる。小池の場合は外的條件—特に池の形状、大きさが内部集団の大きさ形態を決定したかのようにも一應見える。しかし大池の部分的な集団の形成状態からみれば、集団の広がりやを決定するものは、外的條件よりもむしろ集団自身である。勿論場所的條件の相対的価値が、ここに個体を集合させるための一つの契機となつてゐるといふのは間違ひないにしても、一集団が大體2米以内の直径を以て形成されるといふのはむしろヒメアメンボ自身の働きであると思はれる。人口が増えれば集団はそれ以上広がりやを増す代りに内部の棲息密度を増大さす。棲息密度が一定の限度に近くなれば、過剰人口のはけ口として別の場所に新しい集団が形成されるのである。

28
内
※ Elton, C. The Ecology of Animals. London. 1933. p. 51-52.

Eltonによれば、種動物の密度をいふ場合、一地方全体を単位とする密度は最低密度 (Lowest density) であり、実際の棲息場所における密度は経済密度、更にその中で特に動物が密集してゐる場所の密度が最高密度である。

尤もこの場合集団は全然大きさを变化させないといふのではない。内部の密度増大につれてやはり多少の拡大が行はれることはH池の例でも認めることができた。しかしヒメアメンボの場合はそれはある小さい範囲の拡大であつて、人口増加に應じて空間の許す限りいくらでもその大きさを広げるといふ性質のものではなかつたのである。大集団はできるにしても、それは隣接集団の融合によるものであつた。一集団は自律的に自らの大きさと密度と、そしてその地域とを限定する働きを持つてゐたのである。

これらは小池の場合でも同様にあてはまることであるにちがひない。尤もA池やB池は池の大きさ自身が二個以上の独立集団の形成を許さない事情にあつた。しかし細長いC池では少なくともその長辺方向には二個以上の集団が形成されてもよい筈であつた。そして実際においてもヒメアメンボの集合状態は部分的に集団状をなしてをり、それは統計的取扱ひにおいても集中的分布状態として現はれてきてゐたのである。しかしCb, Cc池では早くからそれらの集団はすべて融合した状態にあり、水面はすべてヒメアメンボの利用空間となつてゐた。その融合が集団数が非常に多くなつたためであるか、あるひはそれぞれの集団の少しづつゝの拡大によるものかは今決定できないにしても、そのような融合状態にあつたことが、これらを私が一集団的に取扱つてきた理由であり、また池全体の密度を一つの最高密度と認める上に少しも差支へを生ぜしめなかつたのである。¹⁾ところで、「最高密度」と「経済密度」とはこのように一應區別して考へる必要があるにしても、この両者は果して劇然と分けられるものであらうか。私は今まで一つの池の中でも新らしい集団が形成され旧い集団と融合し、また融合しなくても新らしい場所を集団の場所として占有することをのべた。これらははじめの非利用空間の利用空間化であり、池全体を単位にとるならばその密度は経済密度から最高密度への移行である。

2) 値し連続してゐるCa+Cb池ではCa部分とCb部分では明らかに別個の集団を形成してをり、私が本文でとり扱つてきたように、Ca池とCb池とに分けて考へることが必要であつた。

その移行は池全体の個体数増加に関係し、それはまた他の池をも含めた一池域全体(密度地域)の個体数に関係する。池がある程度以上大きければ、個体数の如何に拘はらず池心部にヒメアメンボ非生活空間が残されることは考へられるが、それ以下の程度の池であれば、他の池との密度関係如何に應じて、集団数やその占める地域は増減し、池全体の密度はある場合は最高密度となり、ある場合は経済密度となるであらう。單なる密度といふ一般的名稱で片づけるのに比べて、最高密度、経済密度等の區別を行ふことは、野外の動物密度取扱ひとしてはその具体的生活に一層よく觸れたものであり、それだけほかに進んだ考へ方を示すものであるが、これら概念の實際への適用に當つては、なほこのような注意すべき点が多くひそんでゐるのである。

さて私は、さきに小池の集団はもとより、大池の部分的集団においても、集団同士はその形成持続の点において相互に関係し合ひながら、一面において相互に應獨立してゐることをのべた。ところでこのような集団の獨立性といふことは一体何によつて認められるものであらうか。われわれが集団を集団として認めるのは、普通個体の集合の度が他の部分に比べてより密であり、いはゆる集団的形態をとつてゐるといふ点に基く。しかし集団の獨立といふこと、もしくは一集団がそれ自身としてある機能を営む一つの統一体であるかどうかといふようなことは、單なる集団の外的形態だけからは判断されないであらう。われわれはここで一集団内における各個体の関係、集団をつくることによつて起る経済的、生理的の各種の影響、あるひは集団同士の相互関係といった問題に當面する。これらは何れも集団の機能に觸れた問題であり、個体の現実の生活がその中で営まれる社会の特質に関係した問題として、われわれの注意を促すのである。私の試みた集団内部あるひは集団から集団への個体の動きの觀察は、これらの問題に立ち入るための第一歩的な試みであつた。しかも集団のもつ内部的諸機能は、現象的には常に集団を形成する個体の動きとして現はれるであらうことを考へるならば、これらの動きにおいてこそ、われわれは集団の持つ機能的特質を外面的ではあるけれども総合的にとらへることができ³のではないかと思

はれたのである。

さて、ヒメアメンボ集団においては、それが一つづのく小池を単位とするものであると或ひは一池内の部分的集団であるとを問はず、一集団の成員は少なくともある期間集団内に止まり或ひは止まらうとする傾向が見られた。いひかへるならば、集団は個体が單に一時的に立ち寄り直ぐまたどこかへ行ってしまふといった偶然的な運動の集積による群集ではなくて、それ自身その内部で個体の生活の一時期もしくは一期間を継続維持させるに足る所の一つのまとまりであつた。近接する集団同士の間では、個体は屢々一方から他方へと移動する。しかしその移動は單なる機会的運動による移動ではなくて、一方の集団における生活の好適さを欠くようになったための、よりよき生活場所を求めての止むを得ない移動であると考へられたのである。もしも事情さへ許せば、集団員は永く一集団に止まりそこを生活の場所として過すことであらう。もしも集団が大きければ、それぞれの集団員はその内部でもある一定の範囲、ヒメアメンボで私が確めた所ではほぼ2米程度の範囲の中に定住しようとする。かくて一集団は、それ自身として他の集団から離れた空間的の独立形態を作るのみならず、それはまたその内部をのみ生活の場としようとする傾向の集団員によつて構成せられ、しかもさきにのべたように自律的に自らの大きさと地域とをその集団員の密度までを限定する働きをもつ一個の統一体であり、それは同時に他の集団に對する一個の独立体であつた。もちろんその独立といふのは集団相互が全然關係をもたないといふ意味の独立ではない。反對に集団同士は、互に關係し合ふことによつて形成され持続される。即ち、集団は相互に關係し合ふことによつて独立し、逆に独立することによつて互に結ばれ合つてゐるのである。

さて、Ca+Cb池やCc池で見られたヒメアメンボの定住範囲が、ほぼ2米程度であるといふ点において、大池の部分的集団の大きさの範囲とほぼ一致するといふことは、集団の大きさと定住範囲との間に何等か特別の關係が存在するであらうことを、われわれに感じさせずにおかない。私はここからヒメアメンボの世界における基本集団としての小集団を考へた。大池の部分的集団

といふのが、これに當る訳であり、C₀池やC₁池の集団はいくつかの基本集団の融合によつてできたものと考へられたのである。基本集団は今のべた自律性を具へた独立集団としての最小の單位であり、その大きさはほぼ個体の定住範囲によつて決定されるであらう。このことはまた、基本集団においては、各集団員の定住範囲はすべてのものに共通であり、各員はその共同の集団地域内において活動することを意味する。このような基本集団は、ある広がり地域の中において、土地の状況と全活動数の如何によつて、相互に關係し合ひながらいくつか形成せられ、全活動数の変化に應じて、あるひは消滅しあるひはその数を増し、あるひは接近して発生したものが融合して大集団を形成するであらう。そしてこれらの大小諸集団全体を含む大地域集団は、更にいくつか並存することによつて一地方のヒメアメンボ社会を形成するであらう。このようにして種社会としてのヒメアメンボ社会の内部構造は理解されるのではないかと思はれる。種社会における各個体の生活は現実には集団の一員として集団の中で営まれるが、その集団の最小の單位は即ち基本集団であると考へられるのである。

基本集団に對するこのような考へを導く経路として、私は先づ集団の集団的形態をとらへ、次いでその形成持続における集団相互の關係、及び自らの形態、密度、地域占有における自律的な機能的側面を見、そしてその自律性に關係する個体の動きと、集団員による空間共有の關係から、集団形態維持の内部機構の一端にふれた。これらの諸点を通じて、最も私の注意したい所は、集団を集団として認めるためには單なる外部形態だけから取り上げられるべきものではなくて、むしろその集団的統一を示す所の機能、その機能を發揮させる所の内部機構により多くの重点をおくべきではないかといふ点である。集団的外部形態といふのは要するに個体集合の疎密の度によつて決定せられるものであるが、いづれを疎としいづれを密とするかといふことはヒメアメンボの場合には比較的はつきりしてゐるが一般には結局相對的の問題であり、どれだけの集結状態を以て集団とするといつた所で、それは單なる人為的の區分であつて、動物の生

活單位としての集団を意味することにはならないであらう。むしろ形態的には疎開していても、その内部の個体同士が特殊の關係で結ばれ、それらの關係を通じて機能的に集団的統一を保持してある場合には、われわれはその一団を集団として認めて毫も差支へないと思はれる。このような集団は必ずしも哺乳類の群 (Horde) や、哺乳類、鳥類の家族集団、蟻や蜂などの所謂社会性昆虫の家族集団などの場合のように、強固な集団心理的紐帶によつて結ばれてはゐないであらうし、またそれだけ明瞭な集団組織をもつてゐないであらう。しかしそれだけにまた、一般昆虫類や下等動物社会における、地域社会及びその上に形づくられる種社会の基本構造として、また個体の生活を営む上の基本的社会單位として廣く認められるのではないかと考へられるのである。¹⁾

さて、私は最後にヒメアメンボで見られた集団の棲息密度保持又は限定の機構について、簡單にとりまとめたのべることにしよう。ヒメアメンボに定住性があることから知られるように、それぞれの集団は、これに加はつた集団員をできるだけ長くその中に保有しようとする働きがある。しかも集団自身は自律的に自らの大きさを限定し、その拡大によつて集団員増加による増加密度を緩和しようとはしないのである。そこでもしも、一集団に次々と新しい加入者があらはれたならば、そのままでは集団の棲息密度は限りなく増大して行かうとするであらう。しかし實際においては、第II型の消長状態から知られるように、一池内の集団の棲息密度がある程度まで達すれば、自律的に密度増加は停止し、そこに一種の密度の平衡状態があらはれてきてゐる。ここでわれわれには、集団のもつこの一機能、自律的な密度限定が内部的にどのような機構を以て行はれてゐ

1) 集団自体の成立は、必ずしも個体分布の疎開的であるか集結的であるかによらないことは、すでに今西氏(1939)^{*}によつて述べられてゐる。しかしこの今西氏の場合には、集団(疎開集団、集結集団を含めて)は種社会と同義であり、種社会を構成する独立單位としては、まだ取り上げられるにはいたらなかつた。

* 今西錦司、動物の社会、あきつ、第2巻、93-116頁、昭和15年。

るかが問題となるのである。これに對する私の調査結果では、少なくとも越冬個体衰退期に入る以前においては、それぞれの池から消失するヒメアメンボの数は、密度が高く且つ新らしい池へ侵入する個体数が多い場合に最も多数となることを明らかにした。しかもこの消失した個体といふのは多くは他の池へ移転したものであらうと推定することができた。そしてこれらから、棲息密度の平衡維持は主として集団員の交代によつて行はれること、すなはち密度が平衡状態に達した池では、新らしい侵入者がどれほど多数現はれても、これに伴つて他の池へ入れ代りに移転してしまふものがやはり多数現はれるために、一池の集団密度は一定の値に保たれ、ここに平衡状態が現出するものと認められたのである。いひかへるならば棲息密度の増大は集団員の移動を促がし、一部のものの移動によつて密度の平衡が保たれるといふこととなる。尤も越冬個体衰退期に入つてからは少し條件がちがつてきて、この場合には移動の他、死亡者数の増加による密度低下も大いに考慮されなければならないのはいふ迄もない。

さて、動物を一定條件の下で増殖させる時、密度の増大と共にその増加率は次第に低下し、遂に密度はある値で以て平衡状態に達し、それ以上にはもはや増えないといふことは、猩々蠅 (*Drosophila*) やコクヌストモドキ (*Tribolium*) あるひはザウリムシ (*Paramecium*) などの他の動物を材料とする多くの人の室内実験で認められてゐる。¹⁾ 尤も平衡状態での

1) Peart, R. The growth of populations. *Quart. Rev. Biol.* Vol. 2, pp. 532-548. 1927.

Chapman, R. N. The quantitative analysis of environmental factors. *Ecology*. Vol. 9, pp. 111-122. 1928.

Gause, G. F. *The struggle for existence*. Baltimore, 1934.

其他.

密度は、必ずしも最初からすぐにそれ以上増えも減りもしない安定密度 (Steady density) になつてしまふのではなく、むしろ動物の種類によつては、平衡状態において密度は増加と減少を規則的にくり返しながら、次第に安定密度に近づいて行くといふ、所謂減衰振動 (damped oscillation) 状態の存在を主張する人々もある。¹⁾ しかし何れにせよ動物の密度は一定条件の下では、幾何級数的、鼠算式の増加をするのではなく、一定のS字形曲線 (logistic curve) をえがいて増加し、最後にある平衡状態が現出するといふ点では、何れの実験もほぼ一致してゐるのである。そして私の野外での観察結果も、たとひ室内実験の場合の子孫の増加に對して、私の場合は他の場所からの新個体の加入によつて密度が増加するといふ点のちがひはあるけれども、とにかくある状態の環境の下では、密度の増加は自律的に制限せられ、遂には平衡状態に達するといふ所では一致してゐるといふことができる。ところで密度の平衡維持の機構についてはどうであらうか。室内実験はこれに對しても多くの分析を試みてゐる。密度増加を抑制し平衡状態をもたらす直接的な原因は、あるひは高密度における生殖力の低下である。

1) 例へば

Utida, S. Studies on experimental population of the Azuki Bean Weevil, Callosobruchus chinensis (L.). I. The effect of population density on progeny populations. Mem. Coll. Agr. Kyoto. Imp. Univ. No. 48. 1941. pp. 1-30.

Utida, S. Studies on experimental population of the Azuki Bean Weevil, Callosobruchus chinensis (L.). V. Trend of population density at the equilibrium position. Mem. Coll. Agr. Kyoto Imp. Univ. No. 51. 1941. pp. 27-34.

内田俊郎. 害虫の発生消長を支配する要因としての棲息密度. 教育農藝. 第10巻. 昭和16年. 1070-1080頁.

り、あるひは卵孵化率の減少であり、あるひは幼虫死亡率の増大其他色々であり、またはこれらが共に働いた結果である。¹⁾ として更にこれらを引き起す要因としては、個体の衝突頻度の増大による機械的もしくは生理的・心理的悪影響や、少量の食物に対する競争や、共喰ひや、動物自身の出す有害物質の蓄積—環境の条件づけ (conditioning) やその他種々なものが分析され指摘されてゐる。²⁾ これらはもちろん、個々の実験動物群の密度増加抑制の

1) Pearl, R. The influence of density of population upon egg production in Drosophila melanogaster. J. Exp. Zool., Vol. 63, pp. 57-84. 1932.

Winsor, C. P. Controlling factors in Drosophila population growth. Quart. Rev. Biol., Vol. 12, pp. 348-351. 1937.

MacLagan, D. S. & E. Dunn. The experimental analysis of the growth of an insect population. Proc. Roy. Soc. Edinb., Vol. 55, pp. 126-139. 1936.

Utida, S. Studies on experimental population of the Azuki bean weevil, Callosobruchus chinensis (L.). III. The effect of population density upon the mortalities of different stages of life cycle. Mem. Coll. Agr. Kyoto Imp. Univ. No. 49, 2 pp. 21-42, 1941.

Ford, J. Research on populations of Tribolium confusum and its bearing on ecological theory: A summary. J. Anim. Ecol. Vol. 6, pp. 1-14. 1937.

Gause, G. F. The struggle for existence. Baltimore. 1934.

其他等参照

2) Holdaway, F. G. An experimental study of the growth of populations of the flour beetle Tribolium confusum Duval, as affected by atmospheric moisture. Ecol. Monogr., Vol. 2, pp. 261-304.

Park, T. Experimental studies on insect populations. Amer. Nat. Vol. 71, pp. 21-33.

Utida, S. Studies on experimental population of the Azuki bean weevil, Callosobruchus chinensis (L.). IV. Analysis of density effect with respect to fecundity and fertility of eggs. Mem. Coll. Agr. Kyoto Imp. Univ. No. 51, pp. 1-26. 1941. VII. Analysis of the density effect in the preimaginal stage. Ibid. No. 53, pp. 19-31. 1942.

Allee, W. C. Animal aggregations. Chicago. 1937. 等参照。

機構を説明するものであると共に自然における動物密度に對しても、ある程度まではそれらの要因の働きを認めることができるであらう。しかし私はここに室内実験の場合と自然における場合との間の、普通に考へられる自然の複雑性といふこと以外の、今一つ重要な條件的相違に注意を拂ひたいのである。それは簡単にいへば自然における動物の自由性といふ言葉で表現できるであらう。

今まで行はれてきた棲息密度に関する室内の動物実験は、空間の大きさと密度との関係自体を目的とする場合は勿論のこと、すべての場合において動物群を狭い空間内にとちこめて行つてきたのであつた。それは温度や湿度や食物の量やその他の條件を一定に保つ上に必要だからであつたばかりでなく、動物の脱出による実験の混乱を防ぐ上からいつても止むを得ない阻置であつた。

しかしその結果、その中で生活する動物が、あるひは食物の缺乏を感じ、あるひは空間の狭小さに窮屈を覚えたとしても、彼等はいはば本質的に自由であり、望む所へ居を移すことができるのである。もちろん自然においても、動物は森林や草地や山地や平地といふ一定の棲息場所に結びついてをり、そこから他へ離れないのは事實である。しかしそれは彼等が見えない檻にとちこめられてゐるといふよ

ところで自然における動物の場合はどうであらうか、自然では彼等は一般に狭い動きのとれない空間の中にとちこめられてはゐない。たとひかなりの例外¹⁾はあるにしても、彼等はいはば本質的に自由であり、望む所へ居を移すことができるのである。もちろん自然においても、動物は森林や草地や山地や平地といふ一定の棲息場所に結びついてをり、そこから他へ離れないのは事實である。しかしそれは彼等が見えない檻にとちこめられてゐるといふよ

1) アツキザウムシの幼虫の場合のように、一度もぐりこんだ一粒粒内だけで成長するものなどは、この例外に入れるべきであらう。しかしアツキザウムシでも成虫は自由な移動と産卵が可能である。

りは、むしろ彼等がそこを好んで住んでゐるのであり、もしも彼等がそこで生活に快適さを失へば、他の地域の好い場所を求めて飛び出すこともできるのである。これら冒険家のある者は無事新らしい地域での好適な棲息場所を発見しそこで新生活を確立することができるであらう。あるものは冒険に失敗し、野垂死の悲運に遭遇することであらう。われわれはこのような顕著な例を大発生後の集団移動の場合などに見ることができる。¹⁾たとひそれほど顕著でなくても目立たない分散は普通の場合にもいくらでも行はれてゐるであらう。新らしく輸入されたり侵入したりした動物が人為的媒介を経なくても次第に分布範囲を拓げるのはその一つの證左と見ることができるであらう。

動物にこのような移動能力があり、しかも自然においては必要に応じてその能力を発揮できる状態におかれてゐるといふことは、自然状態での動物集団の密度平衡維持が実験室の場合と自から異なつた機構で営まれる可能性を示すものである。果してヒメアメンボの場合は、新らしい集団員の加入と旧集団員の一部の移動とが、集団密度の平衡維持に重要な役割を演じてゐることが明らかとなつた。これは自然における動物を特徴づける行動の自由性の発現であり、従つてまた野外集団一般の持つ特質の一つのあらはれであると見ることが出来る。尤も私の観察は小さい基本集団もしくは集団群を単位として、これらの関係を見てきたものであつた。地域を非常に廣くとれば、移動分散といった所で、多くはその地域内の小さな動きに還元され、地域全体を単位とする集団の密度は、やはり生まれるものと死ぬもの間の数的関係の上に主として成立することになるかもしれない。しかし地域を廣くとれば

1) Elton, C. *Animal Ecology and Evolution*. London. 1930.

Chapman, R. N. *Insect population problems in relation to insect outbreak*. *Ecol. Monogr.* Vol. 9, pp. 261-269.

川村多実二、動物生態学、岩波講座生物学、昭和6年、等参照。

とるだけ、その内部には条件の異なつた場所を多く含むことになり、その中の動物は、全体がまとまつた一つの自律的集団をなすといふよりは、棲息場所の不連続やその他の関係に伴ふ、相互関係の程度の低い多くの小地域集団の單なる総和になり終るおそれがあるであらう。すなはち任意にひろげた地域内の統一のない動物群の密度を、はじめからそのまま一まとめに取り扱ふことは、現実の動物生活から遊離した方法であり、それを以ては動物の具体的生活を理解することは困難であらう。尤もわれわれは小さい単位集団以上のものと大きい単位、たとへば密度地域を単位とする集団を見出し得るであらう。そしてこの集団は統一のない任意的な動物群であるとはいへないことは勿論であるが、しかしこの場合でも、これら集団が外の世界から全然隔絶されてゐるのでない以上は集団外への個体の移動は充分可能である。人口増加の場合は、集団自身は内部の基本集団の増加によつてできる限りそれらを包容しようとするであらう。しかしそれがある限度に近くなれば、各個体毎にあるひは大量的に集団外への移動が行はれるであらうことは、さきの大移動の例からも考へられるのである。

以上、私は自然の動物集団の密度平衡の問題は、実験室の場合と異つて、集団員の移動を特に重要視しなければ理解できないであらうといふことをのべた。これらは常識的にも判断される所ではあるけれども、実際に野外においてこれを詳細に取扱つた研究といふのは大発生の場合のような特殊な例を除いて、殆んど見當らない現状である。従つてそこにはまだ多くの実証されるべき問題が含まれてゐる。移動の直接動機となるものも大発生時の集団移動のような、多分に集団心理的問題が含まれてゐる場合と、私の取り扱つたような個体の拡散現象(Diffusion)¹⁾的な移動とは必ずしも同一には論じられないかもしれない。また実験的に移動問題を取扱つた例として注

1) Nicholson, A. J. The balance of animal populations. J. Anim. Ecol. Vol. 2, pp. 132-178. 1933. p. 139.

目に値する Voûte¹⁾の仕事では、穀象(*Calandra oryzae*)の高密度の場所から新らし場所への移動率は、低密度の場所からの移動率にくらべてより大きいことが示されてをり、ヒメアメンボの場合と同様の一種の集団圧力(Pressure of population²⁾, 又は Pressure of numbers³⁾)が移動を促進させることを物語つてゐるが、これと反對に個体の拡散は棲息密度の大小とは無関係に行はれるとのべてゐる者も見られるのである。われわれはこれらの関係を更に多くの種類の動物集団について調べなければならぬであらうし、更に一種の動物についても集団単位の如何で個体の移動状態がどのように違ふかといふ問題、その他多くの問題を解かなければならぬであらう。しかし何れにせよ、自然集団の成立維持にとつて個体の移動が極めて重要な関係をもつてゐることだけは確言できると考へるのである。

私は最後に移動の問題と關聯して、實驗室集団と自然集団の相違について少しつけ足しを行つておきたい。さきに私はある環境において密度の平衡状態が現出するといふ点では、野外のヒメアメンボ集団は實驗室集団と一致することをのべた。しかしそれは平衡状態の現出といふ点についてであつて、平衡状態そのものの内容から云つたものではなかつた。實驗室集団の場合は、平衡状態の成立が生れるものと死ぬものの釣合ひに立つてゐる限り、それはそれ以上の増加は死をもたらす所のざりざり一杯の飽和点とも見做すことができる。しかし野外集団の平衡状態はそれ程切迫した状態とはいへないのである。集団員は恐らく死の危険がせまるずつと以前に、生活の不快を感じて集団から脱出移動を試みるであらう。従つて野外集団の収容力飽和点といふのも、實驗室集団の飽和点にくらべて、より低い密度の、より多く動物の心理

1) Voûte, A. D. Bevolokingsproblemen II. Emigratie van *Calandra oryzae* L. Naturk. Tijdschr. Ned.-Ind. 97. pp. 210-213.

但し、この仕事については、私は抄録によつて知つただけで、原著にまだ接する機会を得ないので、詳細については不明である。

2) Elton, C. The ecology of animals. London. 1933. p. 72.

3) Nicholson, A. J. 前掲. p. 139.

的狀態に支配された飽和点であると考へられる。してみれば、野外集団は、たとひ密度の平衡状態に近くなつても個体の收容力余力の程度において、実験室集団の場合より一層融通性に富んでゐるであらうし、また実験室集団の人口増加に對して致命的である諸種要因も、野外集団ではそれ程甚だしい影響力を持たないかもしれないのである。

これらの点は、集団研究が單にその棲息密度の観点だけからいつても、実験室内におけると同様野外においても將來盛に行はれる必要のあることを示してゐる。むしろ野外集団は、單に実験室集団からの類推からでは捕捉し難い諸種の特性をもつてゐる。はじめにのべた集団の自ら大きさや地域、密度を限定する自律性、これと關係した集団員移動の問題、多くの集団同士の間、機能的・地域的の相互關係、これらのものは自然における集団を忍耐強く調べることによつてのみ、はじめて明らかにすることができると考へられるのである。それは自然における條件の複雑性といふ点からだけでなく、むしろそれ以上に、自然こそ動物の自由性、あるひは主体的行動がありのままに發揮されてゐる舞台と見ることができるところからである。

X. 要 約

1. 京大植物園内の池の水面生活者社会は、肉食者だけからなる同位複合社会を形成してゐる。これらの中、相互に生活形を異にする種類(オホミススマシとアメンボ類)は混在するが、生活形の比較的似たアメンボ類同士及びイトアメンボの間では、池辺部から池心部へ向つて、イトアメンボ→ヒメアメンボ→ナミアメンボ→オホアメンボの順で、同心円的な水面の棲み分けが行はれてゐる。これは体の大きさと行動力の大小に應ずる地域分割であるが、それはまた單なる地域分割ではなく、大動物の地域内に小動物の地域が包容されながら、しかもなほ互に相拮抗する所の、いはば重複的棲み分けともいふべき關係であつた。このような地域關係は、單に水面生活者社会にとどまらず、一般同位複合社会をつくる層にもまた見出されるであらうと推定

された。

2. 上記数種の昆虫類の中、特にヒメアメンボの春の活動時における棲息密度を、いくつかの小池について調べた結果、密度消長には相互に異なる三つの型があることが見出された。即ち第Ⅰ型(低密度型)、第Ⅱ型(飽和型)及び第Ⅲ型(特殊型)である。このうち第Ⅱ型はヒメアメンボにとって好適な環境条件をもつ池にあらはれ、活動期のはじめから密度が高くなり平衡状態を維持する^のに對し、第Ⅲ型はヒメアメンボにとって比較的好適でない池にあらはれ、最初は殆んど住みつくものはなかつたのに拘はらず、活動の最盛期になつて急に高密度となつた。これは他の好適地域が飽和状態であるために行はれた過剰人口のための新しい殖民であると認めることができた。第Ⅰ型は池が大きく、内部に種々の異なつた場所的條件をもち、且つ中央部にヒメアメンボにとっての非利用空間(ナミアメンボの利用空間)を残してゐる池にあらはれたものであり、その密度は、前二者が「最高密度」を示すのに對し「経済密度」として考へるべきものであつた。

これら密度型の相違(特に第Ⅱ、第Ⅲ型の相違)が存在することから、一つの池の密度消長曲線は必ずしもその地域の活動数(または個体数)の消長をそのまま示すものではなく、むしろ棲息場所の條件と、近傍の他の池の(即ちある一定範囲の地域内の)棲息密度の大小との、相互關係の結果としてつくられるものであると考へられた。

3. 上記の關係は第Ⅰ型の太池の内部の諸部分の密度を比較することによつて一層明らかとなつた。すなはちこれらの諸部分は、水面によつて互に連絡してゐるのに拘はらず、なほ一つづつの小池と同じような密度消長型の相違を示した。それぞれの部分集団は、大体直径2mを^限度とする^限拡がりを持ち、人口がふえればその拡がりを増すかほりに内部の棲息密度を増大さす。かくて密度が一定の限度に近くなれば、過剰人口のはけ口として全然別の場所に新しい集団が形成される。これらは標識個体の動きからも知ることができた。すなはちこれら集団は、相互に關係し合ひながら相互に独立し、且

つ自律的に自らの広がりと密度を限定する機能をもつといふことができた。

4. 標識個体の動きによつて確かめ得た所では、大池の部分集団、小池集団双方を通じて、それぞれの集団員はその集団内(あるひは一定場所)に長く止まらうとする傾向を見ることができた。一集団から他集団への移動は、一方における生活が好適さを欠くようになったための止むを得ない移動と考へられた。たとへ隣接数集団が融合し一集団の形態をとつてゐる場合でも、その内部の個体の動きは、大体2m以内の範囲にある場合が多いことが、機会分布および機会運動の場合の理論値との比較によつて示された。この理論値は、この目的のために新しくつくられた確率計算の式によつて算出されたものである。

このような定住性が見られることは、これら集団が單なる偶然的な運動の集積による群集ではなく、さきにのべた独立性と自律性をそなへた統一体であることの一面を示すものである。大池の部分集団は、このような統一体の最小単位(基本集団)とみなされる。そしてこれら多くの基本集団によつて地域集団がつくられ、そして地域集団が集まつて更に種社会がつくられるものと考へられる。

5. 集団の密度がある限度に達すれば、自律的に増加を停止し平衡状態が現出するのは、いかなる内部機構によるものであるかを知るために標識個体の消失状況から、集団全体の消失数及び新出数の計算を行つた。その結果は高密度における集団員の交替といふ現象が見出された。すなはちそれぞれの集団は新しく侵入する個体を拒まないけれども、もし密度が高くなれば、侵入に伴つて集団外へ出る個体があれば、密度は一定に保持される。新しい侵入者の数が多く、且つ密度が高ければ高いたけ集団からの消失数は多くなることが示された。

6. これらの野外集団と、今まで多くの人々によつて研究された多くの動物の実験室集団とを比較する時、集団が自律的に自らの密度を制限し平衡状態があらはれるといふ点では双方同じであるが、実験室集団の平衡状態が、生れるものと死ぬものとの数の釣合ひといふ極限的な状態の上に立つてゐる

のに對して、野外集團では動物自身の比較的自由的な移動が平衡状態の維持に大きな役割を演じてゐるといふ相違が見出される。このことは、野外集團の密度の飽和点そのものも、實驗室集團にくらべてより低く、多分にはは動物の心理的状态ともいひ得られるものに支配される飽和点であり、はるかに融通性に富んだ高さを持つ飽和点であらうことを推定せしめるものである。

第二部

1. 分布の集中と定住^性の吟味 (第一部73~75頁)

第一部において私は、一つの池内でのヒメアメンボの分布が集中的であるかどうか、および池内での運動が機会的でなく一定場所に止まらうとする傾向があるかどうかを、新らしくつくった分布間隔頻度確率の式

$$p = \frac{a(2l-a)}{l^2} \dots\dots\dots (1.7)$$

によつて求めた機会分布の理論値との比較によつて確かめようとした。その結果、殆んどすべての日において、理論値よりも短い分布間隔数が多く、即ち分布は集中的であり、一方移動距離の方は、それより更に短いものが多くて定住性を示してゐることが見出された。しかしながら短い分布間隔の頻度の平均値が、理論値よりも大きい。あるひいその頻度が理論値よりも大きい日が多かつたといった所で、そのちがひが果して偶然的なちがひではなかつたかどうかの吟味がなければ、その結論は必ずしも正しいとはいへない。このような吟味のためには今少し推計学的の取扱ひが必要である。

今、第一部第17, 18図に示したような分布間隔の頻度の平均値の代りに、それぞれの日の値をそのまま表示すると第13表のようになる。

この表によれば、Ca+Cb池で、0~2mの分布間隔の頻度が、機会分布 (random distribution) の理論値よりも多かつた回数(日数)は、全観察回数9回中8回である。

今、「分布間隔の頻度は理論値よりも多いこともあり少ないこともある(平均より多い時の母百分率は50%)」を帰無假設とすれば、

$$\begin{aligned} F_0 &= n_2 g / (n_1 p) \\ n_1 &= 2(N - k + 1) \\ n_2 &= 2k \end{aligned}$$

において $N=9 \quad k=8, \quad p=g=\frac{1}{2}$

第 1 3 表

池の種類	間隔	分布間隔の頻度 (%) ¹⁾									機会分布の理論値	理論値以上の値の日数	移動の頻度(日後)	移動頻度の値以下の日数
		III | 31	IV | 1	IV | 2	IV | 6	IV | 8	IV | 10	IV | 11	IV | 12	IV | 16				
Ca + Cb	0~2	34	31	17	27	41	23	28	33	22	18.1	8	54	9
	2~4	27	24	20	26	18	20	21	18	18	16.4	9	20	3
	4~6	26	25	16	12	4	12	15	14	17	14.5	5	15	4
	6~8	8	12	10	12	5	12	12	7	14	12.7	1	5	0
	8以上	5	8	37	33	42	33	24	28	29	38.7	1	6	1
Cc	0~2	39	39	41	38	38	34	38	53	48	33.1	9	67	9
	2~4	31	37	30	34	33	27	34	31	33	26.4	9	24	0
	4~6	18	17	26	19	20	20	20	14	11	19.8	4	7	0
	6以上	12	7	3	9	9	19	8	2	8	20.7	0	2	0

従つて

$$F_0 = 16/4 = 4$$

今、N回中k回以上起る確率を α とし、

2) Ca池とCb池では、池の幅がちがふために(前者は後者の約2倍、第1回参照)長辺への投影点の間隔を測定する際に、同じ取扱ひをするのは不都合であるとも考へられるが、実際には、Ca池の個体数が、かへつて非常に少なかつたこと、しかもその存在場所が、ほぼCb池と同じ幅の範囲内にゐたものが大部分であつたこと、などの点から見て、大きな誤差はないと考へられる。もしもCa池の幅を計算に入れるならば、定住性及び分布の集中は、かへつてもう少し顕著なものとしてあらはれるであらう。(第14表参照) ほぼ分布間隔頻度の測定の際に用ひた個体数は、その日のその池の全個体数にくらべて少し少ない日がかかなりある。両者の割合は、III-31(21:18, 18:18), IV-1(29:23, 23:22), IV-2(16:15, 12:12), IV-6(19:15, 30:26), IV-8(23:19, 21:21), IV-10(46:42, 26:26), IV-11(40:40, 27:27), IV-12(51:51, 24:24), IV-16(39:39, 27:24)。但し括弧内のはじめの割合はCa+Cb池、あとの割合はCc池。これは図上に記録してから後で見出されたものを全個体数の中に入れてからである。しかしその差は少なく偶然的な変動の陰にかくれる程度であつて、図上個体数だけで検定を行つても、特に問題となる程の誤差は生じないであらう。

$$\alpha = 0.05, \quad n_1 = 4, \quad n_2 = 16$$

における F の値を F -分布表によつて求めると $F = 3.06$, 従つて $F_0 = 4$ 以上になる確率は 0.05 以下である。すなはち 5% 以下の危険率を以て、分布間隔 $0 \sim 2m$ の頻度は、機会分布の頻度よりも大きい日が多いと認めることができる。同様に分布間隔の頻度の値が、移動の頻度の値より小さかつたのは、 9 回中 9 回であるから、もちろんこれも有意である。すなはち $0 \sim 2m$ の分布間隔の頻度は、機会分布の理論値より大きい日は多かつたが、移動の頻度よりは小さい日が多く、そのちがひは偶然とは考へられないと結論することができる。起る回数がこれより少ない場合、たとへば 9 回中 7 回であれば、 $F_{14}^6(0.05) = 2.85$, $F_0 = 2.33$ で、有意でなくなる。但し $t = 1$ 及び $t = 0$ の場合は、大小関係を逆にすれば有意となる。

このようにして検定した結果は、 $0 \sim 2$, $2 \sim 4m$ 間隔では、 $Ca + Cb$, Cc 池共に分布間隔頻度が理論値より大きい日が多く、 $6m$ 以上の間隔の場合はその逆である。移動頻度は両池とも、 $2m$ 以下の場合が多く、 $6m$ 以上 ($Ca + Cb$ 池) 及び $2m$ 以上 (Cc 池) ではその逆となつてゐる。すなはち分布の集中性、及び定住性を裏書きしてゐるのである。¹⁾ なほ 4 月 2 日の分布だけが、ほぼ機会的になつてゐるのは、前日の夕方人工的に 5 頭を Cb 池より Ca 池にうつしたために、分布の集中が破られたためと考へられる。したがつてこれを除けば、機会分布との差は益々有意となる。

1) この方法よりもそれぞれの日の理論間隔数と実測間隔数の差の有意性を検定する方がより直接的ではあるが、後の検定法をこの確率式に適用する場合の方法には、まだ種々の問題が残つてゐるので、稿を改めてのべることにし、ここでは一應触れないでおく。

2° 分布の集中が特定場所(好適棲息場所)に對するものか、または社会性によるものかの問題

ヒメアメンボの一池内での分布は、集中的な場合が多いといふことは、1°での吟味によつて明らかになつた。しかし單に分布が集中してゐるといふだけでは、その集中が特定の好適場所に對するものであるか、あるひは場所に関係のない群¹⁾を形成してゐるものであるか、まだ明らかにされてゐない。しかもこの問題は動物の集合現象を取扱ふ場合の、最も重要な問題の一つである。この点は二項分布

$$F_N(n) = \frac{N!}{(N-n)!n!} \sum_{k=0}^{N-n} p^k \dots \dots \dots (2.1)$$

1) 自然界においては、もちろん全然場所に関係しない群などといふものは存在しないであらうが、しかし場所のとり方如何によつては、特定の小地域に限定されない群は見出される。ここではそのような、いはは個体間の引力(社会性)が、場所的條件の直接的影響にくらべて、より大きく表面にあらはれてゐる群をさして、場所に関係しない群といつたのである。なほ私はこのような集合体を「群」(むれ)と呼び特定場所に對する集合体を「集団」という言葉であらはして、両者の區別をつけることにしたいと考へる。但しこの區別はもちろん絶對的なものではなく、何れの要素がより大きく表面にでてゐるかによつて區別されるにすぎない。

2) 最近では梅棹氏(個体間の社会的干渉, 生物科学第1巻第1号, 1949年, 19-30頁)もこの式を用ひ、オタマジヤクシの個体の集合を、機會分布の理論値からのずれによつて示すことにより、社会性の表現を行はうとする実験を試みた。嚴密にいへば、この場合も、特定の實驗區劃に多くの個体が集まつたのでないかどうかの吟味が必要であるが、それぞれの實驗區劃は生物学的に等分されてゐるといふ予備實驗があるから、ここでは一先づ差支へないであらう。このような集合体は、上記の「場所に関係のない群」をなすわけである。これらと反對に、機會的な分布及び運動の理論値に合致した例としては、棠口から遠くはなれて食物探索活動を行ふクロヤマアリ職蟻の場合がある。(森下, 運動性の大きな動物の密度調査に對する框法の適用, I, 生態学研究, 第7巻, 第2号, 昭和16年(63-73頁), なほ86頁脚註参照。

や Poisson 分布

$$P(k) = \frac{e^{-m} m^k}{k!} \quad (2.2)$$

などの公式を使って機会分布の頻度を算出して比較する場合でも同じである。ヒメアメンボの場合は、一般観察や運動自体が機会的でなく、一定地域に止まろうとする傾向が多いといふことから、分布の集中は場所と結びついてゐることが察知されたが、次の方法によれば一層明らかにこれを分析することができる。今 Ca+Cb 池を図上で等間隔に 10 に区切り、それぞれの区劃内に見られたヒメアメンボ数(図の記録による)を数へると次の表の通りになつた(第 23 図参照)。

第 14 表

区劃 (V) 月日 (B)	Ca					Cb					計	風
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
III—31	0	0	0	0	1	1	3	7	3	3	18	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
IV—1	0	0	0	0	0	3	4	7	2	7	23	
2	1	1	1	1	1	1	1	5	1	2	15	
6	0	1	0	0	2	3	4	3	0	2	15	
8	3	0	0	1	6	7	1	0	1	0	19	
10	8	1	3	1	6	6	8	8	1	0	42	
11	2	2	2	2	6	2	12	9	1	2	40	
12	7	3	1	0	9	19	5	6	0	1	51	
16	5	1	0	4	5	5	9	6	2	2	39	
計	26	9	7	9	36	47	47	51	11	19	262	

1) 風向は眞の方角ではなく池に對する角度であらした。○の場合には池の長辺に沿ひの X から 1 の方向への風であり、⊙ は池の長辺に對して直角の方向に吹く風である。記号は氣象学での慣行に従つた。

なほこれだけの資料から判断すれば、この程度(7~8 m/sec 以下)の風では、この池のアメンボの分布位置を特に左右するほどの影響は認められない。この点は植物園内の他の池についての記録でも同じであつた。但し風速は正確な測定によるものではない。

今第14表のそれぞれの数字を下のような文字でおきかへると

B^v	1	2	.....	j	.....	v	横計	横平均
1	x_{11}	x_{12}	.....	x_{1j}	.....	x_{1v}	$T_{1.}$	$\bar{x}_{1.}$
2	x_{21}	x_{22}	.....	x_{2j}	.....	x_{2v}	$T_{2.}$	$\bar{x}_{2.}$
.....
i	x_{i1}	x_{i2}	.....	x_{ij}	.....	x_{iv}	$T_{i.}$	$\bar{x}_{i.}$
.....
b	x_{b1}	x_{b2}	.....	x_{bj}	.....	x_{bv}	$T_{b.}$	$\bar{x}_{b.}$
縦計	$T_{.1}$	$T_{.2}$	.....	$T_{.j}$	.....	$T_{.v}$	T	.....
縦平均	$\bar{x}_{.1}$	$\bar{x}_{.2}$	.....	$\bar{x}_{.j}$	.....	$\bar{x}_{.v}$	.....	\bar{x}

全変動 $S_{BV} = \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^v (x_{ij} - \bar{x})^2 = 961.3$

日変動 $S_B = v \sum_{i=1}^b (x_{i.} - \bar{x})^2 = 152.3$

区割変動 $S_v = b \sum_{j=1}^v (\bar{x}_{.j} - \bar{x})^2 = 313.3$

誤差変動 $S_{Bxv} = \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^v (x_{ij} - \bar{x}_{i.} - \bar{x}_{.j} + \bar{x})^2$
 $= S_{BV} - S_B - S_v = 495.7$

分散分析表をつくらんと、

要因	変動	自由度	不偏分散	分散比	α
B	152.3	9-1	19.04	19.04/6.87	< 0.01
v	313.3	10-1	34.81	34.81/6.87	< 0.01
Bxv	495.7	8x9	6.87		
計	961.3	70-1			

Bの分散比 $F_0 = 19.04/6.87 = 2.83$ に対して $n_1 = 8, n_2 = 72$ とした時の $F(0.01)$ の値は < 2.77 、同様に v の分散比 $F_0 = 34.81/6.87 = 5.07$ は

1) 増山元三郎、少数例の纏め方と実験計画の立て方、63頁参照。

對して $n_1=9$, $n_2=72$ とした時の $F(0.01)$ の値は < 2.67 で、日による個体数の差異とともに、區劃による個体数の差異も、有意水準を 0.01 としてもほぼ明らかに有意と認められる。¹⁾ すなはち、ヒメアメンボの分布が集中的であつたといふことは、單なる偶然や、あるひは場所に関係しない相互接近のためといふよりは、²⁾ むしろ特定の場所への集中が大きく働いたためであると見ることができるのである。

3. 交尾による分布の集中についての吟味

上記 2° の結論は、必ずしも場所に関係しない群の存在を全然否定してゐる訳ではない。少なくとも、ヒメアメンボの池上で交尾してゐることは、二個

1) 尤もここでは、観察日が割合に接近してゐるため、定住性の影響が強くあらはれ、それぞれの日の分布が、互に独立でないために、このような有意性が強く認められたためではないかといふ疑がある。これを防ぐために、日の間隔を大きくとり、相つづく 2 回の観察の間に同一區劃内での同一個体の残留をなくして検定を試みても、結果はほぼ同様であつた。たとへば、III-31, IV-10, IV-16 の 3 回については、池内の残留は少数あつたが、同一區劃内での残留は少なくとも標識個体では 0 である。^{*} 今この分散分析表をつくらせ

要因	変動	自由度	不偏分散	分散比	α
B	34.2	2	17.10	4.33	< 0.05
V	139.0	9	15.44	3.91	< 0.01
B×V	71.1	18	3.95		
計	244.3				

すなはち、特定區劃に對する集中が、やはり顕著に認められる。

2) 場所に関係しない群であれば、もしも群ができて、その場所は日によつて一定しない訳であり、従つてその変動はここでは誤差変動の中に含まれる。しかもこれらの変動にくらべて、場所の相違による変動の方がより大きな比重を占めてゐることが、上の分析によつて示されてゐるのである。

※ 3月31日に位置を記録された Ca + Cb 池の 18 頭 (無標識個体数は 0) の中、~~4~~ 4月10日の観察時に同池に見出されたもの (生残り総数ではない) は 5 頭。しかして 3月31日の場合と同一の區劃内に見出されたものは 0 である。また 4月10日に見られた標識個体 26 (総数 42) 中、4月16日にも同池で見られたものは同じく 5 頭であるが (4月16日の Ca + Cb 池総数は 39)。これまた 4月10日の場合と同一區劃内に見出されたものは 0 である。したがつて、この 3 回の観察においては、各小區劃の回毎の個体数は、相互に殆んど独立であると認めて差支へないであらう。

体による最も簡単な群の存在を示してある訳であるが、しかしそれ以上に場所による集団が顕著であるといふだけである。かりに今、上記の分布の集中性が場所に関係のない群の存在だけに基いて起されたとしたならば、どれだけの群のを考へなければならぬかについては、⁴群分布 (Contagious distribution)¹⁾ の一つのあらはし方として、最近 Cole (1946)²⁾ によって提唱された式を用ひることができる。

今いくつかの群からなる母集団から N 個の試料をとり、それぞれの試料の中に含まれる群数の平均 (一試料當り) を次のようにあらはす。

$$m_1 = \text{単独個体数の平均}$$

$$m_2 = \text{2個体の群数の平均}$$

$$m_3 = 3 \quad " \quad "$$

$$m_x = x \text{ 個体の群数の平均}$$

$$m_g = \frac{n_g}{N} = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_x \quad (3.1)$$

$$(\text{但し } n_g = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_x)$$

$$n_1, n_2, \dots, n_x \text{ は } 1, 2, \dots, x \text{ 個体からなる総群数})$$

今 $n_1, n_2, n_3, \dots, n_x$ がそれぞれ独立に Poisson 分布をしてゐるとすれば、³⁾

$$\text{個体数 } 0 \text{ の試料数 } N_0 = Ne^{-m_g} \quad (3.2)$$

1) G. Pólya (Ann de l'Inst. Henri Poincaré 1, 117-162, 1931) によつて名づけられ、J. Neyman (Ann. Math. Stat. 10, 35-57, 1939) や G. Beall (Ecology 21: 460-474, 1940) によつて生物学に適用せられた分布。生態学的には、一試料單位中の一乃至多数個体の生物の存在が、その試料中への他の個体の出現確率に影響を及ぼす場合の分布に、おてこの言葉を用ひることができる (Cole, 1946, 後出)。なほ訳語は傳播分布とすべき所であるが、むしろ群分布と呼ぶ方が内容的にふさわしいので、後者を用ひることにした。

2) Cole, LaMont C., 1946. A theory for analyzing contagiously distributed populations. Ecology, Vol. 27, No. 4, pp. 329-341.

3) 厳密にいへば、池内のヒメアメンボ分布に對しては、このような Poisson 分布としての檢定を試みるのは適當ではないけれども、今の場合は一定區劃への出現確率 $P = \frac{1}{29}$ (後出) で比較的小さいから、近似的に Poisson の式を適用しても大した誤りはないと思はれる。

個体数 1 の試料数 $N_1 = m_1 N_0$ (3.3)

" 2 " $N_2 = N_0 (m_2 + \frac{m_1^2}{2})$ (3.4)

従つて

$m_1 = \frac{N_1}{N_0}$ (3.5)

$m_2 = \frac{N_2}{N_0} - \frac{m_1^2}{2}$ (3.6)

$m_3 = \frac{N_3}{N_0} - m_1 m_2 - \frac{m_1^3}{6}$ (3.7)

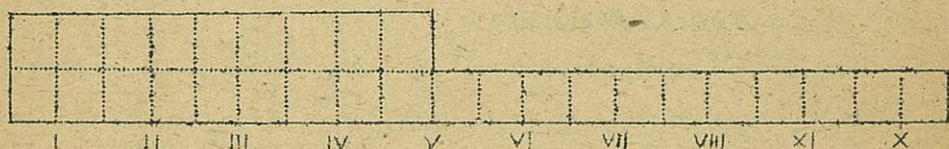
なほまた

$m = m_1 + 2m_2 + 3m_3 + \dots + x m_x$ (3.8)

$\sigma^2 = m_1 + 4m_2 + 9m_3 + \dots + x^2 m_x$ (3.9)

これらの式から、群の分析が可能である。

今 Ca + Cb 池を等面積に次図の様に 29 等分し、それぞれの區割に見出さ



第 23 図

れた個体数頻度を表にすると第15表の通りになつた。この表の値から(3.1), (3.2)及び(3.8)式¹⁾によつて m_1 及び m_2 の値を計算し $N (=29)$ を乗じて、単独個体数及び2個体群数(交尾数)を算出すると第16表の通りである。ところが実際にこの池で、これら観察時に交尾してゐた数は、第16表最後の欄に挙げた通りで、交尾数の計算値と実測値の差は、全体として偶然とは考へられない程大きい。すなはち交尾のための集合といふだけでは、この池の集中分布は説明することができないことを示してゐるのである。も

1) (3.5), (3.6)式によつて算出することもできるわけであるが、この方が誤差が大きくなる。尤も(3.1), (3.2), (3.8)式による場合でも、相當の誤差が予想されるが、これについての吟味は Cole もまだ行つてはゐない。

第 1 5 表

観察月日 区劃當り 個体数	III	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
	31	1	2	6	8	10	11	12	16
0	19	20	17	19	20	14	10	15	12
1	5	3	10	5	5	5	14	5	6
2	4	4	1	5	1	2	0	2	5
3	0	0	1	0	1	3	1	3	3
4	0	0	0	0	1	1	0	0	2
5	1	1	0	0	1	4	3	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	0	1	0	0	0	0	0	2	0
8	0	0	0	0	0	0	1	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	1	0
10	0	0	0	0	0	0	0	1	0
10以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0

第 1 6 表

観察月日	群分布としての計算値				観察交尾数 (對)
	m_1	単独 個体数	m_2	交尾数 (對)	
III-31	0.225	6.5	0.198	5.8	2
IV-1	-0.051	-1.5	0.422	12.2	0
2	0.796	23.1	-0.139	-4.1	0
6	0.324	9.4	0.097	2.8	1
8	0.086	2.5	0.285	8.3	0
10	0.006	0.2	0.722	20.9	1
11	0.749	21.8	0.315	9.2	0
12	-0.439	-12.8	1.099	31.9	1
16	0.399	11.6	0.473	13.7	0

第 1 7 表

一區劃當り 個体数	III — 31			IV — 16		
	ポアンソン 分布	実測 値	群分 布	ポアンソン 分布	実測 値	群分 布
0	15.6	19	19.0	7.5	12	12.0
1	9.7	5	4.3	10.1	6	4.8
2	3.0	4	3.8	6.8	5	6.6
3以上	0.7	1	1.9	4.6	6	5.6

らるんこの場合、観察交尾数の中に数へられなくても、交尾するために接近してゐる個体の存在も一應は考へられるが、それだけでは分布の集中は特定の場所には限らないわけであつて、さきに分析した特定の場所への集中を説明で

さないことはやはり同じである。ところで興味あることは、Coleの式によつて計算した m_1, m_2 を用ひて N_0, N_1, N_2, \dots を算出してみると、第17表¹⁾に例示したように甚だよく実測値に合致する。したがつて、分布場所に関する吟味なしに、いきなりこの式だけで群の分析を行ふと、たとひ特定の場所に対する集中²⁾中であつても、まるで群分布であるかのような印象が與へられることになり、この式の m_1, m_2, \dots などを用ひることにより、誤まつた結論に到達する可能性があることに注意しなければならない。両者は統計集団としても根本的な相違^(実際は)を持つてゐるのである。しかも両者が一見同一の分布様式であるかのように見えるのは、單に同一區劃について一回の觀察あるひは採集によつて、分布形式を見出さうとする場合におこる誤りである。Coleの考察はこの点について、まだ充分とはいへないのである。

4. 分布間隔頻度確率の式とその適用 (第一部78-93頁)

既に第一部においてのべたように、分布が集中的か分散的かをいふためには、その基準ともなるべき機会分布の理論値が與へられなければならない。この理論値は一般に、前記の通り二項分布の確率、又はPoisson分布の確率の形で與へられてゐる。自然における生物個体の分布を調べる場合、もしもその分布が機会的ならば、Poisson分布の式が適用される場合が多いであらう。

ところでこれらの方法では、既にのべたように、分布空間をいくつかの區劃に分け、それぞれの區劃への出現個数の頻度によつて、分布を示すといふ原則の上に立つてゐるために、區劃の分け方如何によつて、同一分布でもちがつた分布状態としてあらはされる場合が生ずる。たとへば、區劃の目が粗ければ、いくつかの小集団があつてもこれを検出することができない。また逆に目

-
- 1) 第17表には、3月31日及び4月16日の分だけを例示したけれども、他の日についても結果はほぼ同様である。実測値がPoisson分布と一致してゐないのは勿論である。
- 2) この分布を集団分布と呼ぶことにする。即ち、集中分布 $\left\{ \begin{array}{l} \text{集団分布} \\ \text{群分布} \end{array} \right.$ 、あつまりの面からいへば、群集 $\left\{ \begin{array}{l} \text{集団} \\ \text{群} \end{array} \right.$ 。

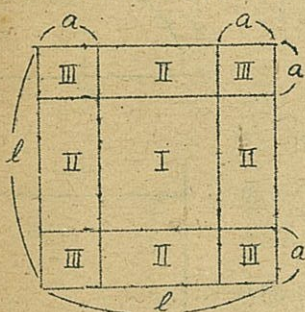
を細かくすれば、大集団は細分され、集団としての特徴を示すことができない。かりにそれ程まででなくても、区劃のとり方如何によつて生ずる分散の相違を、どう取扱ふかについて、かなり面倒な問題がおこる (Bliss, 1941)¹⁾。すべてこれらの難点の生ずる原因は、これら区劃法が、それぞれの区劃を互に切り離し、独立なものとして取扱ふからである。あるひは人工的な切りはなされた区劃によつて統計量を求めようとする統計法そのものの欠陥ともいへるであらう。

第一部の中で用いた分布間隔頻度確率の式 (84頁)

$$p = \frac{a(2l-a)}{l^2} \quad \text{は以上の難点を免れるために考へ出されたものであつた。}$$

しかも、もともと区劃法における区劃そのものも、分布する点相互の間隔を示す一つの便宜手段であつたはずであるから、この間隔法の方が、分布のあらはし方としては、区劃法よりもむしろ本筋ともいふべきであらう。

しかし第一部において示した上記の式は、ただ線分の上での分布の場合に適用される式であつて、一般の平面上の分布の場合にはまだ直接には適用できなかつた。そこで一般に用ひるためには、一定面積中の任意の2点がある距離以内にある確率を求めることが必要であつた。その確率は次のようにして求めることができた。



$a \leq l/2$ として左の正方形の中で、任意の1点Aが面積Iの中に見出される確率は

$$(l-2a)^2/l^2$$

同じく任意の他の1点BがI内のAよりa以内の距離に見出される確率 P_I は

$$P_I = \frac{(l-2a)^2 \pi a^2}{l^2}$$

1) Bliss, C.I., Statistical problems in estimating populations of Japanese Beetle larvae. Jour. Econ. Entom. 34(2): 221, 1941.

同様にAがIIにある時の確率は $4a(l-2a)/l^2$, BがII内のAよりa以内の距離に見出される確率は

$$P_{II} = \frac{4a(l-2a)}{l^2} \frac{2/a \int_0^a S dx + \pi a^2/2}{l^2} \quad 1)$$

但し

$$S = \int \sqrt{a^2 - x^2} dx = \frac{1}{2} x \sqrt{a^2 - x^2} + \frac{a^2}{2} \sin^{-1} \frac{x}{a}$$

これを計算すれば

$$P_{II} = \frac{1}{l^4} 4a^3(l-2a) \left(\pi - \frac{2}{3} \right)$$

同様にAがIIIに見出される確率は $4a^2/l^2$, BがIII内のAよりa以内の距離に見出される確率は

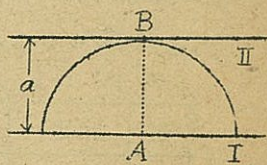
$$P_{III} = \frac{4a^2}{l^2} \frac{1}{l^2 a^2} \left(\int_0^a \int_0^{\sqrt{a^2 - y^2}} S_A dx dy + \int_0^a \int_{\sqrt{a^2 - y^2}}^a S_B dx dy \right) \quad 2)$$

但し

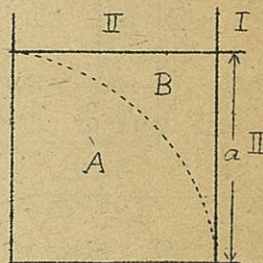
$$S_A = \frac{a^2}{2} \left(\frac{3}{2} \pi - \cos^{-1} \frac{x}{a} - \cos^{-1} \frac{y}{a} \right) + xy + \frac{a}{2} \left\{ x \sin \left(\cos^{-1} \frac{x}{a} \right) + y \sin \left(\cos^{-1} \frac{y}{a} \right) \right\}$$

$$S_B = \pi a^2 + a \left\{ x \sin \left(\cos^{-1} \frac{x}{a} \right) + y \sin \left(\cos^{-1} \frac{y}{a} \right) \right\} - a^2 \left(\cos^{-1} \frac{x}{a} + \cos^{-1} \frac{y}{a} \right)$$

1) $\frac{2}{a} \int_0^a S dx$ は半円の中心が右図AよりBまで移動した時、半円面積中正方形内に残る部分の平均値。



2) $\frac{1}{a^2} \int_0^a \int_0^{\sqrt{a^2 - y^2}} S_A dx dy$ は、右図A内の一点を中心とし、半径aの円をえがく時、正方形によって切られた部分の面積の平均値。 $\frac{1}{a^2} \int_0^a \int_{\sqrt{a^2 - y^2}}^a S_B dx dy$ は、同じくB内の一点を中心とする半径aの円が、正方形によって切られる部分の面積の平均値。この計算に當つては梶谷敬君より有益な示唆が與へられた。ここに同君に對して厚く謝意を表す。



これを計算すれば

$$P_{III} = \frac{4a^2}{l^2} (\pi - \frac{29}{24}) a^2$$

従って正方形内の任意の一点Bが他の一点Aよりa以内の距離にある確率Pは

$$P = P_I + P_{II} + P_{III} = \frac{a^2}{l^2} (\pi l^2 - \frac{8}{3} al + \frac{1}{2} a^2) \quad (4.1)$$

(但し $a \leq \frac{l}{2}$)

この式によって求めた値と比較することによって、われわれは正方形内の点の分布、あるいはその運動が機会的であるかどうかを知ることができるであらう。

たとへば無風の際の雨滴の落下は、小面積をとつてみれば、ほぼ機会的であらうとは常識的にも考へられる所である。1949年7月29日18時30分糠雨の際に、30×40cmの板に紙をはり、約5秒間雨滴を紙面に落下させた後直ちに裏がへし、室内に運んで、雨滴の落下点に印をつけ、~~125cm~~^{25cm}の面積を区切って、中の雨滴跡の間隔を調べてみた。¹⁾ 今の場合 $l=25$ であるから

$$P_{0.5} = \frac{(0.5)^2}{(25)^2} \left\{ \pi(25)^2 - \frac{8}{3} \times 0.5 \times 25 + \frac{1}{2} \times (0.5)^2 \right\} = 0.00124$$

第 18 表

分布間隔	確率(P)	予測間隔数	実測間隔数
0 ~ 0.5 ^{cm}	0.00124	69.5	71
0.5 ~ 1.0	0.00362	203.9	207
1.0 ~ 2.0	0.01412	794.8	785
2.0 以上	0.98102	55211.8	55217
計	1.00000	56280.0	56280

1) 測定の際には必ずしも個々の点の間隔を一々測らなくても、それぞれの点からaなる距離をコンパスでとりながら、その中に入る点の個数を勘定し、これらを加へて行けばよい。この際一度円の中心にした点は、それ以後の勘定の際を除いて行けばよいから、かうして測定値を出すのはそれほど面倒ではない。

$$P_{1.0} = 0.00486$$

従って $P_{1.0-0.5} = 0.00486 - 0.00124 = 0.00362$

以下同様にして $P_{1.00-2.00}$, P_{200} 以上を求め総測定数56280に乗じて予測度数を計算し、実測度数と比較した結果は、上表のように非常によく一致してゐる。

なほ試みに上記框を(1.25cm)²の

第19表

小區劃に分け、雨滴跡が0, 1, 2, ...
と見出されたそれぞれの區劃数を
表示すると第19表のようになった。

この分布は機会的であれば Poisson
の分布をするはずであるから

$$F(k) = Ne^{-m} \frac{m^k}{k!} \dots (4.2)$$

但し $F(k) =$ 予測度数

$$N = \text{框数} = 400$$

$$m = \frac{N_0}{N} = \frac{336}{400} = 0.84$$

$$k = \text{框内雨滴数}$$

框内 個数	予測度数 (F)	実測度数 (f)	$\frac{(f-F)^2}{F}$
0	172.7	169	0.08
1	145.1	148	0.06
2	60.9	63	0.07
3以上	21.3	20	0.08
計	400.0	400	$0.29 = \chi^2$

$$D.F. = 2, \quad 0.8 < \alpha < 0.9$$

として予測度数 $F(k)$ を算出して、上記の実測度数と比較した結果も、 χ^2 の
 α の値 0.80 ~ 0.90 (自由度 = 2) で有意なる差は認められない。すなはち、ど
ちらの方法によつても、この雨滴跡の分布は機会的であるといふことができる。

なほ框が正方形でなく矩形の場合は、間隔法による確率の式は次の通り
となる

$$P = \frac{a^2}{l_1^2 l_2^2} \left\{ \pi l_1 l_2 - \frac{4}{3} a(l_1 + l_2) + \frac{1}{2} a^2 \right\} \dots (4.3)$$

(但し l_1, l_2 はそれぞれの辺の長さ, $l_1 \geq l_2 \geq 2a$)

第20表

この式を用ひ、Ca池の資料の
一部について計算すると、右表の
ように、やはり集中性を示して
ゐる。この池では、隅にかたま

分布間隔	IV - 12		IV - 16	
	実測数	予測数	実測数	予測数
0 ~ 0.5m	17	3.0	5	2.2
0.5 ~ 1.0	8	7.8	7	5.7
1.0 以上	66	90.2	54	58.1
個体数	14		12	

つた小集団があつたため、 $0.5m$ 以下の間隔数が、予測数よりも多くなつてゐるのである。なほそれら予測数、実測数の差の有意性の検定については、稿を改めて別にのべることにする。

5° 新出数, 消失数の計算値の吟味 (第一部99頁)

第一部では集団員の交代状況を知るために比例計算によつて、集団内の新出数, 消失数を計算したが, これら比例計算による新出, 消失数の算出の際の誤差は, 標識個体の絶対数が小さければ小さいだけ, また大きくなる。従つて, 前記の各池毎の新出, 消失数の計算値は, 標識個体数が比較的少ないため, どの程度に信用してよいかが問題となるであらう。

今ある時ある池の標識個体数を m ; その次の観察時までには消失した標

	残存数	消失数	計	識個体数を d , はじめの時の無標識個体数を C , その次までに消失した無標識個体数を x とし, 左の四分表をつくれば,
標識	$m-d$	d	T_m	$\chi^2 = \frac{\{(m-d)x - d(C-x)\}^2 T}{T_1 T_2 T_m T_c} \dots\dots (5.1)$
無標識	$C-x$	x	T_c	
計	T_1	T_2	T	

尤も今の場合には各組の度数が比較的小さいため, Yatesの補正を加へて

$$\chi^2 = \frac{\{(m-d)x - d(C-x) \pm \frac{T}{2}\}^2 T}{T_1 T_2 T_m T_c} \dots\dots (5.2)$$

とし,¹⁾ 有意水準 $\alpha = 0.01$ とした時の χ^2 の値 6.64 (自由度 = 1) を用ひて

$$\frac{\{(m-d)x - d(C-x) \pm \frac{T}{2}\}^2 T}{T_1 T_2 T_m T_c} \leq 6.64 \dots\dots (5.3)$$

と置けば, この不等式を解いて得られる x の値の範囲外に消失無標識個体数が存在する確率は, ほぼ 0.01 以下である。すなはち危険率を 1% とした時の消失無標識個体数の棄却限界がこの x の値によつて近似的に示される(増山元三郎, 少数例の纏め方と実験計畫の立て方, 増訂版 28頁, 131頁参照)。従つて, ある日の全消失個体数の棄却限界は,

1) 括弧の中の符号は χ^2 の値が小さくなるように定める。

36
内

下限 = $d+x_1$, 上限 = $d+x_2$

(但し、 x_1, x_2 はそれぞれ x の値の下限及び上限とする) となり、またその次の観察時の総個体数を n_{II} とすれば、新出数の棄却限界は

下限 = $n_{II} - \{m+C-(d+x_2)\}$,

上限 = $n_{II} - \{m+C-(d+x_1)\}$

となる。実際の消失及び新出数はこれら上下両限の間にあると、2%以下の危険率を以ていふことができる。

以上の方法によって、各池についてのそれぞれの日の新出数、消失数の棄却限界を求め、4日毎に合計し、水面面積で割って密度に換算して表示すると第21表の通りになった。¹⁾

第21表をもとにし、密度、新出数のそれぞれの値に對する消失数の平均値を求め、相関表をつくると第22表の通りとなる。

1) B_d池だけは既述のように條件を異にしてをり、他の池と同じように取扱ふわけに行かないので、ここでは省くことにした。

表 2 1

期 間	Aa			Ba			Ca			Cb			Cc		
	平均密度 (1m ² 當)	新出数 (1m ² 當)	消失数 (1m ² 當)	平均密度 (1m ² 當)	新出数 (1m ² 當)	消失数 (1m ² 當)	平均密度 (1m ² 當)	新出数 (1m ² 當)	消失数 (1m ² 當)	平均密度 (1m ² 當)	新出数 (1m ² 當)	消失数 (1m ² 當)	平均密度 (1m ² 當)	新出数 (1m ² 當)	消失数 (1m ² 當)
III-28-31	2.6	0.4	0.4	0.4	0.3	0~0.3	0	0	0	1.9	0.3~1.0	0.2~1.3	1.9	1.3~2.1	0.4~1.2
IV-1-4	1.9	0~0.6	0~0.2	0.5	0.1~0.4	0.1~0.6	0.1	0~0.0	0.1~0.1	1.4	0.9~1.3	0.7~1.2	2.4	1.1~2.1	0~1.3
5~8	2.0	0~0.6	0~0.6	0.5	0.3~0.6	0.3~0.5	0.1	0.2~0.3	0.2~0.2	1.5	0.1~0.6	0.1~0.5	3.4	0.5~0.9	0~0.9
9~12	2.4	2.4~2.8	0.8~1.2	1.3	2.6~3.7	0.5~1.6	0.6	1.0~1.7	0.5~1.2	2.5	2.7~4.0	1.1~2.4	3.4	1.3~2.1	1.6~2.0
13~16	4.1	2.0~4.0	1.2~3.2	1.2	0	0.3~2.3	0.7	0~0.5	0.1~0.7	2.5	0.8~1.8	1.7~2.7	3.5	1.5~1.9	1.1~1.5
17~20	4.2	0~2.0	0.4~2.2	0.4	0.1~0.2	0~0.2	0.6	0.1~0.3	0.1~0.3	2.5	0.4~1.3	0.1~1.1	2.8	0.5~0.9	1.2~1.7

第 2 2 表

新出数 (1m ² 当り)	0~2.0	2.0~4.0
平均密度		
0~1.0	0.16~0.46	—
1.0~2.0	0.28~1.12	0.50~1.60
2.0~3.0	0.57~1.30	0.95~1.80
3.0以上	0.78~1.65	1.20~3.20

すなはち、第一部第22図に示したのと同じく、密度、新出数の値の高い場合に、消失数もまた多いといふ傾向をうかがふことができる。

なほこれら棄却限界は危険率1%として求めたものである

から、もし危険率を5%とすれば、上下両限の間の幅はもつと狭くなり、上記の傾向はもつと明瞭となるであらう。

6. その他

(1) 複合同位社会

第一部第2章で用いた同位複合社会といふ言葉は、今西錦司氏(生物の世界 76~140頁)に従ったものであるが、同氏は最近この言葉を「複合同位社会」に改めた(今西, 生物社会の論理, 昭和24年, 118頁)。重複した同位社会といふ内容からいへば、同氏の訂正通り返者の方がより適當と考えられるので、本篇で私の用いた同位複合社会も、複合同位社会に訂正する。同氏は更に複合同位社会の概念を整理し、~~類縁的な大きなグループのある同位社会の構造の問題、高次の複合同位社会、たとえば哺乳類社会と昆虫類社会のちがひは、単なる階級のちがひで~~ ^{同位社会の構造の問題、高次の複合同位社会} (草木社会~~と~~ 橋木社会など) ~~と~~ 順位ある同位社会などの新しい考へ、~~階級社会の概念規定とそのほかに、両者は全然異なる生活形社会に属するものであり、したがって同一の内部構造、階級社会による土地評価の問題などを取り扱うことにより、また複合同位社会を構成しないものとし、更に進んで社会水準なる概念まで~~ ^{階級社会の概念規定とそのほかに、両者は全然異なる生活形社会に属するものであり、したがって同一の内部構造、階級社会による土地評価の問題などを取り扱うことにより、また} 導入することによつて、前の著書(生物の世界)で比較的漠然と取扱はれてきた複合同位社会¹⁾の内容を明確にすることと共に、理論の着しい発展と体系の整備とを試みた。形式社会学的傾向の強い今西氏の体系には、なほ検討の余地が多いとはいへ、現在の生物社会学においてはやはり最も独創

1) この点は第一部第2章で既に指摘した。

的にすぐれた一つの体系であるといはなければならない。

(2) 重複的棲み分けと順位ある同位社会

私の名づけた重複的棲み分け(第一部第2章参照)に近い内容をもつものとして、今西氏は「順位のある同位社会」といふ言葉を新らしく用ひた(今西、生物社会の論理、131頁)。同氏によれば、草本社会の種同士の間においては、好適環境ではそれぞれの定着の確率に従って優占の順位が定まる。立地条件が悪化すれば、脱落者があらはれて逆に今までの少数者でも優占種となる。かくて環境条件の相違に従って、いくつかの異なつた優占種による棲み分けが見られる。これらは草本社会が順位のある同位社会の複合よりなることをあらはすものであり、同様な複合構造は、木本社会においても認められるといふのである。しかしアメンボ社会の場合には、池の縁辺部におけるナミアメンボ数の多少は、その場所のヒメアメンボ数の多少に關係し、両者は更にその近傍に存在する他の池での人口密度に影響されると考へられるから、これらの優占の順位は固定的な「定着の確率」を以てしては理解することができないであらう。更に今西氏の場合には、逆に考へれば、同じ環境条件では優占順位が要求されることになるけれども、アメンボ社会ではかりに同じ環境条件をもつ場所であつても、近傍の密度状態が異なれば、優占の順位もまたちがってくる場合も生ずるであらう。これらは結局重複的棲み分けの重複部分は、今西氏の考へる複合構造のような予め環境条件で優劣を定められた種の單なる重なり合ひといつたものではなく、それら相互の密度關係を通じての集団圧力により、優占順位もまた変化する重複であることを示すものといふことができよう。植物と動物のちがひや取扱ふ地域の大きさによるちがひはあるとしても、重複必ずしも非對立のみを示すものではなく、對立必ずしも明瞭單純な棲み分けとしてのみあらはれるものでないことは、充分注意してよいことと思はれる。今西氏の順位ある同位社会の場合には「もちろん彼らが同位社会として存在する以上、そこにはなんらかの形において、對立といふことも含まれていなければならない」(生物社会の論理135頁)

と述べながら「しかし----」として以下その對立はそれ以上内容的に取り上げられることなく、そのまま見捨てられてしまつてゐるのは遺憾である。何故ならば「同位社会として存在する以上は、對立ということも含まれていなければならぬ」といふよりは、むしろそれらの種が「相對立し相補う」立場にあることが充分認められたればこそ、今西氏もこれを同位社会として取扱つたといふのが實際の順序であつたはずであるから、もしもその對立相補的立場を、
生かして考へれば、順位ある同位社会的現象も実は今西氏の説明よりも、むしろ重複的棲み分け的内容のものとして理解されるのではないかとも思はれるからである。

京都市左京區北白川小倉町三八
印刷所 夕バ夕膳寫堂
電話(特)吉田(7)3434番