

アリジゴクの棲息場所選択(予報)*

1. 環境密度

野外における動物の一定場所への集合状態は、その場所の条件いかんとともに近隣場所の条件とその棲息密度によっても影響されることが、ヒメアメンボ(森下, 1950) アブラムシ数種(伊藤, 1952) などについて知られている。著者はさきにこの関係をホシウスバカゲロウ (*Glenuroides japonicus*) 幼虫について実験的に調べた結果、棲息場所の価値を棲息密度に換算することによって、密度の高まりと場所選択との関係を数学的に処理し得る方法を見出した¹⁾。すなわち、かりに今、 A, B なる自由に選択し得る等面積の異質環境がならべて与えられた場合、最初に入れられたアリジゴクの A 側に営巣する確率を P とする。もし A 側に f 個体営巣した結果、次に入れられた個体の A, B に営巣する確率が等しくなれば、アリジゴクにとって営巣場所としての A, B 間の価値の差は、 A または B の面積を 1 とした場合の棲息密度 f をもってあらわすことができる。このことは A, B の価値自体をも棲息密度によって表現し得ることを示すものであって、このように換算された A の価値を E_A, B の価値を E_B とすれば、 $E_B - E_A = f$ (ただしこの場合の価値は、棲息場所としての不適の程度を示す)。今 $E_B / (E_A + E_B) = P, A$ に m 個体、 B に n 個体入った場合に次の個体が A に入る確率を $(E_B + n) / (E_A + E_B + m + n)$ と考えることによって得られた理論値と実測値とを比較した結果は、両者ははなはだよく一致し、棲息密度による環境評価が可能になるとともに、密度の高まりに応ずる個体の場所選択の状態も簡単に予測し得ることになった。そしてこのように棲息密度に換算された場所の価値 (E_A, E_B) を著者は環境密度と名づけたのである。

2. 環境密度理論の吟味

上記の理論を吟味するためにその後行なった実験およびその結果は次のと

おりである。実験容器……面積 $102 \times 8.8 \text{ cm}$, 2 cm の深さに砂を入れたもの。砂……細砂および粗砂²⁾, ならびに両者の等量の混合砂。実験期間……第1期 1951年8月。第2期 同年9月1日~10月25日。第3期 同年10月26日~11月5日。温度……室温。(第1期 $26 \sim 32^\circ\text{C}$, 平均約 29°C 。第2期 $19 \sim 28^\circ\text{C}$, 平均約 23°C 。第3期 $16 \sim 21^\circ\text{C}$, 主として 19°C 以下, 平均約 17°C)。第1期および第2期の実験結果には有意な差がなかったので両者を一まとめにして取り扱うことにする。

A 高温 (平均 $23 \sim 29^\circ\text{C}$) の場合

a 暗黒下においた場合

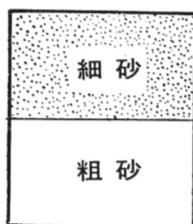
(i) 細砂粗砂の選択

細砂および粗砂を第1図のごとくに容器に入れ, その中央にアリジゴク³⁾ 1

第1表 細粗砂の選択 (高温, 暗所)

E. D. (環境密度) { I. 細砂=0.50, 粗砂=4.00
II. 細砂=0.40, 粗砂=3.20

個 体 数	細:粗	営 巢 個 体			営巢個体+非営巢個体		
		実測値	計 算 値		実測値	計 算 値	
			I	II		I	II
1	1:0	49	48.9	48.9	58	59.6	59.6
	0:1	6	6.1	6.1	9	7.4	7.4
	計	55			67		
2	2:0	67	64.0	62.3	83	87.3	85.0
	1:1	29	34.0	35.3	48	46.4	48.1
	0:2	3	1.0	1.4	4	1.4	1.9
	計	99			135		
3	3:0	13	17.1	16.2	19	28.2	26.8
	2:1	27	22.1	22.1	42	36.4	36.4
	1:2	3	3.8	4.6	9	6.3	7.6
	0:3	0	0.0	0.1	1	0.1	1.0
	計	43			71		



第1図 実験容器

個体を入れた場合、2個体の場合および3個体の場合に、細粗砂にそれぞれ入った個体数は第1表⁴⁾のとおりである。 $E_A=0.5$, $E_B=4.0$ において前記の方法で計算した値(I)と実測値との間には有意な差はない。ただしこの計算は片方に1個体入った場合の場の変化は他方には及ばないことになっているが、今一侧の環境密度は他側に入った個体によっても幾分高められるものと考え、その高まり方は、入った側1に対して反対側0.2と仮定し、最初の環境密度 $E_A=0.4$, $E_B=3.2$ において計算した結果は計算値(II)に示される。

(ii) 細砂または粗砂と混合砂の選択

E_A , E_B の値は(i)の場合のものをそのまま用い、混合砂の環境密度(E_C)としては、 $E_C=(E_A+E_B)/2$ を仮定して計算した結果(第2表)は、実測値とよく合っている。すなわち砂の粒度の段階的な変化に対しても環境密度理論はよく適用し得ることを示している。

第2表 細または粗砂と混合砂の選択(高温暗所)

E. D. { I. 細砂=0.50, 混合砂=2.25, 粗砂=4.00
 { II. 細砂=0.40, 混合砂=1.80, 粗砂=3.20

a. 細砂混合砂の選択

個体数	細:混	営 巢 個 体			営巢個体+非営巢個体		
		実 測 値	計 算 値		実 測 値	計 算 値	
			I	II		I	II
1	1 : 0	36	37.6	37.6	39	42.5	42.5
	0 : 1	10	8.4	8.4	13	9.5	9.5
	計	46			52		
2	2 : 0	7	10.8	10.1	10	12.3	12.0
	1 : 1	14	10.2	10.2	15	12.1	12.2
	0 : 2	0	0.5	0.7	0	0.6	0.8
	計	21			25		

b. 混合砂粗砂の選択

個体数	混:粗	営 巢 個 体			営巢個体+非営巢個体		
		実 測 値	計 算 値		実 測 値	計 算 値	
			I	II		I	II
1	1 : 0	27	26.9	26.9	30	32.6	32.6
	0 : 1	15	15.1	15.1	21	18.4	18.4
	計	42			51		
2	2 : 0	6	8.5	8.4	7	10.2	10.2
	1 : 1	15	12.8	12.8	18	15.5	15.5
	0 : 2	3	2.7	2.8	4	3.2	3.4
	計	24			29		

(iii) 等質環境の場合

$E_A = E_B$ とおくことによって、この理論はそのまま等質環境にも適用し得るはずである。細砂のみおよび粗砂のみの場合の実験結果(第3表)は、少なくとも計算値(II)においてはよくこれを実証している。

第3表 等質環境(高温暗所)(2個体を入れた場合)

E. D. { I. 細砂=0.50, 粗砂=4.00
II. 細砂=0.40, 粗砂=3.20

砂の種類	* 個体の 分け方	営 巢 個 体			営巢個体+非営巢個体		
		実測値	計 算 値		実測値	計 算 値	
			I	II		I	II
細 砂	2 : 0	18	16.0	19.2	31	20.5	24.6
	1 : 1	46	30.0	44.8	51	61.5	57.4
	計	64			82		
粗 砂	2 : 0	17	15.1	15.2	40	39.1	39.4
	1 : 1	17	18.9	18.8	48	48.9	48.6
	計	34			88		

* 1側に2個体入った場合は、どちら側であっても2:0として取り扱った。

b 明所⁵⁾に置いた場合

(i) 細砂粗砂の選択

細粗砂ともに環境密度の値を、暗黒の場合の2/5と置くことによって、計算値、実測値はよく一致する(第4表)。

第4表 細粗砂の選択(高温明所)

E. D. { I. 細砂=0.20, 粗砂=1.60
II. 細砂=0.15, 粗砂=1.20

個体数	細:粗	営 巢 個 体			営巢個体+非営巢個体		
		実測値	計 算 値		実測値	計 算 値	
			I	II		I	II
1	1 : 0	79	77.3	77.3	93	94.2	94.2
	0 : 1	8	9.7	9.7	13	11.8	11.8
	計	87			106		
2	2 : 0	33	33.5	32.2	41	40.6	39.0
	1 : 1	33	32.0	32.8	39	38.7	39.7
	0 : 2	0	0.5	1.1	0	0.6	1.2
	計	66			80		

(ii) 等質環境の場合

(i)の環境密度の値をそのまま用いた計算値と実測値とは、少なくとも計算値

第5表 等質環境(高温明所)(2個体を入れた場合)

E. D. { I. 細砂=0.20, 粗砂=1.60
 II. 細砂=0.15, 粗砂=1.20

砂の種類	個体の分れ方	営巣個体			営巣個体+非営巣個体		
		実測値	計算値		実測値	計算値	
			I	II		I	II
細砂	2:0	6	5.0	8.2	12	6.3	10.3
	1:1	29	30.0	26.8	32	37.7	33.7
	計	35			44		
粗砂	2:0	10	13.0	13.2	14	18.3	18.7
	1:1	24	21.0	20.8	34	29.7	29.3
	計	34			48		

(II) においてよく一致している(第5表)。

c 明暗の選択

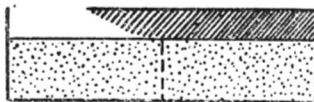
(i) 砂の等質な場合

容器を第2図のように黒紙でおおい、細砂を入れて、中央を境とする暗所側、明所側の選択状況を調べた結果(第6表)は、明るさの相違に対しても環境密度理論を適用し得ることを示している。ただし環境密度の値は、暗所側では

第6表 明暗所の選択(高温細砂)

E. D. { I. 明所=0.23, 暗所=0.50
 II. 明所=0.17, 暗所=0.40

個体数	明:暗	営巣個体			営巣個体+非営巣個体		
		実測値	計算値		実測値	計算値	
			I	II		I	II
1	1:0	38	33.6	34.4	42	37.7	38.6
	0:1	11	15.4	14.6	13	17.3	16.4
	計	49			55		
2	2:0	9	6.5	7.9	12	8.5	10.2
	1:1	23	25.1	23.1	29	32.7	30.1
	0:2	1	1.4	1.8	2	1.8	2.3
	計	33			43		



第2図 明暗場所

前記のまま（たとえば計算Ⅱでは0.4）とし明所側においては一部分おおわれている影響のため幾分増加するものと考え、たとえば計算（Ⅱ）では0.17とした。

(iii) 異質の砂を与えた場合

上記の装置で明所に粗砂，暗所に細砂を与えた。細砂の環境密度は前記のまま，粗砂側は，たとえば計算（Ⅱ）では， $1.20 \times 0.17 / 0.15$ としてあらかじめ計算される。実測値はこの計算値を十分に満足させている（第7表）。

第7表 明暗所の選択（高温）（砂の異質な場合）

E. D. { I. 明所（粗砂）=1.84, 暗所（細砂）=0.50
 { II. 明所（粗砂）=1.36, 暗所（細砂）=0.40

個体数	明 : 暗 粗 : 細	営 巢 個 体			営巢個体+非営巢個体		
		実 測 値	計 算 値		実 測 値	計 算 値	
			I	II		I	II
1	1 : 0	11	12.8	13.6	11	13.7	14.8
	0 : 1	49	47.2	46.4	54	50.3	50.2
	計	60			65		
2	2 : 0	1	1.0	1.5	3	1.3	1.9
	1 : 1	16	17.1	17.5	19	22.5	23.0
	0 : 2	15	13.8	13.0	20	18.2	17.1
	計	32			42		

第8表 細粗砂の選択（高温面積 1/2）

E. D. { I. 細砂=0.25, 粗砂=2.00
 { II. 細砂=0.20, 粗砂=1.60

個体数	細 : 粗	営 巢 個 体			営巢個体+非営巢個体		
		実 測 値	計 算 値		実 測 値	計 算 値	
			I	II		I	II
1	1 : 0	20	20.4	20.4	20	20.4	20
	0 : 1	3	2.6	2.6	3	2.6	3
	計	23			23		23
2	2 : 0	5	5.5	5.7	5	7.7	8.0
	1 : 1	5	4.4	4.1	9	6.2	5.8
	0 : 2	0	0.1	0.2	0	0.1	0.2
	計	10			14		
3	3 : 0	4	4.9	6.0	6	9.8	12.0
	2 : 1	15	12.3	11.1	27	24.6	22.1
	1 : 2	1	2.8	2.9	6	5.5	5.7
	0 : 3	0	0.0	0.1	1	0.0	0.1
	計	20			40		

d 面積を変えた場合

空間の広さそのものの影響のない場合は、面積 n 倍となれば、環境密度の値も n 倍となるはずである。細粗砂ともに面積 1/2 としたときの結果 (第 8 表) では、計算値は一応実測値を満足さす。ただし計算 (II) では、片方に 1 個体が入った場合、箱全体の環境密度の増加を 1 と考えこれを分割して、入った側では 0.8、反対側では 0.2 の増加が行なわれるものとして計算した。

第 9 表 低温 (16~19°C) の場合

a. 細砂混合砂の選択 (暗所)

E. D. { I. 細砂=1.00, 混合砂=4.50
II. 細砂=0.80, 混合砂=3.60

個体数	細:混	営巣個体			営巣個体+非営巣個体		
		実測値	計算値		実測値	計算値	
			I	II		I	II
2	2:0	10	7.4	7.2	10	7.4	7.2
	1:1	3	5.3	5.4	3	5.3	5.4
	0:2	0	0.4	0.4	0	0.4	0.4
	計	13			13		

b. 粗砂混合砂の選択 (暗所)

E. D. { I. 混合砂=4.5, 粗砂=8.0
II. 混合砂=3.6, 粗砂=6.4

個体数	混:粗	営巣個体			営巣個体+非営巣個体		
		実測値	計算値		実測値	計算値	
			I	II		I	II
2	2:0	6	3.8	3.8	7	4.6	4.5
	1:1	4	5.0	5.0	5	6.0	6.0
	0:2	0	1.2	1.2	0	1.4	1.5
	計	10			12		

c. 細粗砂の選択 (暗所, 面積 1/2)

E. D. { I. 細砂=0.5, 粗砂=4.0
II. 細砂=0.4, 粗砂=3.2

個体数	細:粗	営巣個体			営巣個体+非営巣個体		
		実測値	計算値		実測値	計算値	
			I	II		I	II
1	1:0	31	32.0	32.0	39	42.7	42.7
	0:1	5	4.0	4.0	9	5.3	5.3
	計	36			48		
2	2:0	20	22.0	22.3	31	33.0	33.5
	1:1	14	11.7	11.2	20	17.5	16.8
	0:2	0	0.3	0.5	0	0.5	0.7
	計	34			51		

B 低温 (平均約 17°C) の場合

この場合はすべての環境密度の値を高温の場合の 2 倍とすることによって、一応満足すべき結果を示している (第 9 表)。もっとも厳密には、各温度について正確に測定して比較すべきである。

3. 環境密度係数 (E. D. 係数)

上記の結果は、環境密度理論が種々異なった環境条件下においても適用し得ることを示している。これらをまとめた第 10 表から知り得ることは、それぞれの環境要素を a, b, c, \dots とするとき、環境密度 (E. D.) の値は

$$E. D. = a_i b_j c_k d_l \dots K = a_i b_j c_k S K$$

としてあらわされる⁶⁾。ただし、 a_i, b_j, c_k, \dots は、 a, b, c, \dots 環境要素がある一定の値をとるときの係数を 1 とし、それぞれの環境要素の値の変化に応じて環境密度が何倍になるかによって定めた係数である。これを環境密度係数と名づけることにしたい。 K は動物の一定の生理的狀態によって定められる恒数、 a_i, b_j, c_k, \dots 一定の場合には E. D. から逆算した K によって生理的狀態の変化を推察し得る。 S は $d_l \dots$ 以下の環境密度係数の積、分析されていない環境要素の係数は総合的にそれらの積である S で示される。

今温度変化に伴う係数の変化の場合のように、もしすべての環境要素の値の

第 10 表 環境密度係数と環境密度との関係 (計算値 II)

	環 境 条 件			E. D. 係 数				E. D. (環境密度)
	砂	光	温 度	a (砂)	b (光)	c (温度)	SK	
1	細	明	高	1	1	1	0.15	0.15*
2	細	明	低	1	1	2	0.15	0.30
3	細	暗	高	1	2.67	1	0.15	0.40*
4	細	暗	低	1	2.67	2	0.15	0.80*
5	混	明	高	4.5	1	1	0.15	0.68
6	混	明	低	4.5	1	2	0.15	1.35
7	混	暗	高	4.5	2.67	1	0.15	1.80*
8	混	暗	低	4.5	2.67	2	0.15	3.60*
9	粗	明	高	8	1	1	0.15	1.20*
10	粗	明	低	8	1	2	0.15	2.40
11	粗	暗	高	8	2.67	1	0.15	3.20*
12	粗	暗	低	8	2.67	2	0.15	6.40*

* 実験による検証を行なったもの (ただし 8 については不十分)。

変化に対する係数の変化を別々に一定の函数関係としてとらえることができさえすれば、 K 一定の場合、多くの環境要素の任意の値の組合せの下での E. D. は容易に計算され、棲息場所としての価値の比較が直ちに行ない得るとともに、したがってまたそれぞれ任意の条件をもつ 2 つの場所に対する棲息場所選択の状態も、少なくともアリジゴクの自由な選択が可能なせまい空間の場合は、確率的に予言することが可能となろう。これらの点についてのなお一層の吟味や、いくつかの異なった棲息場所条件が与えられた場合などについては今後の研究によって明らかにして行きたい。

註

- 1) [25頁] 1951年10月、日本動物学会大会・生態学総合討論会講演(広島市)、森下正明(1952) 棲息場所選択と環境の評価(印刷中)[本書3—23頁に収録]を参照。
- 2) [26頁] 粒度については森下(1952, 前掲)を参照されたい。大体において細砂0.25mm, 粗砂0.5—1.0mm。
- 3) [26頁] 実験個体は実験前2日以上細砂暗所で飼育したもの、体長9—12mm。
- 4) [27頁] 共ぐいによる死亡個体があった場合は、本報告では材料の中に加えなかった。
- 5) [28頁] この場合の明所とは、24時間照明の意味ではなく室内の自然的な照度変化の下に放置した場合である。
- 6) [32頁] 森下(1952, 前掲)では明所での E. D. として細砂=0.06, 粗砂=0.59の値を得たが、この値の代わりに、細砂=0.05, 粗砂=0.46として、計算Ⅱにより再計算した結果は、実測値によく合致した。この値が、本報告の値とかなり相違するのは、明るさの程度に依ずるちがいが、実験前の飼育条件によるちがいが、あるいは他の原因によるものか未だ明らかでない。

* 日本動物学会九州支部会報, 6:1—5 (1952) 掲載。

