アズキゾウムシとヨツモンマメゾウムシの 生態に関する比較研究

I. 豆のサイズと雌成虫の堆積穀層への侵入度

渡 辺 直

横浜植物防疫所

Comparative Studies on Ecology of the Adzuki Bean Weevil, *Callosobruchus chinensis* (L.) and the Cowpea Weevil, *C. maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). I. Effect of Seed Size on Creeping of Females into the Pile. Naoshi WATANABE (Division of Entomology and Nematology, Yokohama Plant Protection Station, Naka-ku, Yokohama 231, Japan). *Jap. J. appl. Ent. Zool.* 28: 223-228 (1984)

A pile of legume seeds (25 ml) were placed in a test tube (2.2 cm in diameter). Five pairs of the adults were released in the test tube. After all the adults had died, number of eggs deposited on the surface of seeds were counted. This test was done for five kinds of seed of different sizes, (*Pisum sativum* > large *Vigna angularis* > *V. unguiculata* > normal *V. angularis* > *V. radiata*) respectively. In *P. sativum* both species of beetle (*C. chinensis* and *C. maculatus*) distributed their eggs evenly on each seed. While in the pulses having relatively smaller size of seed, *C. maculatus* could deposit their eggs much more deeper than *C. chinensis*. The measurement of the length, width and thickness of the body indicated that *C. maculatus* had apparently slimmer and flatter body than *C. chinensis*. This might enable *C. maculatus* to creep into the pile more easily than *C. chinensis*.

緒 言

わが国で貯蔵豆類を加害するマメゾウムシ類として古くから知られているのはアズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis* (L.) のみであった。しかし、近年ヨツモンマメゾウムシ *C. maculatus* (F.) が関東以南各地の製あん工場などで発見され、その侵入定着が確認された(永易・松下, 1981)。

この両マメゾウムシに関しては、従来多くの研究が行われているにもかかわらず、それらの生活様式の全体像は必ずしも明確に把握されていない現状にある。そこで筆者は、両種の現実の生活環境の特徴をより単純化した模擬的な条件を室内で設定して、両種の生態的な比較研究を行った。

本報告は、両種について、堆積された穀層への侵入可能深度を、豆粒のサイズおよび両種の体型差の関連から調査した結果をとりまとめたものである。

本論に先だち、本稿のご校閲をいただいた京都大学名誉教授内田俊郎博士および材料を提供していただいた岡山大学教授吉田敏治博士に厚くお礼申しあげる。

材料および方法

1. 供試虫および供試豆

供試したマメゾウムシの系統は次のとおりである。

アズキゾウムシ (Fig. 1 A, B) は1981年10月に岡山県赤磐郡吉井町のアズキ畑で採集され、1983年5月まで岡山大学で、それ以降、当所の実験室内で累代飼育されてきた系統(CJO1)である。

ヨツモンマメゾウムシ (Fig. 1 C, D) は1977年7月に横浜植物防疫所において輸入検疫の際に発見されたタイ国産のもので、以降、農林水産大臣の特別許可の下で当所において累代飼育されてきた系統(MT1)である。

供試成虫は、累代飼育用として、1粒当たり平均3~5卵産卵させたアズキ *Vigna angularis* (日本産: 品種不明で、後述の普通アズキとはほぼ同等の豆サイズのもの) から羽化したものである。

実験にはサイズの異なる次記の5種類の豆粒を用いた。すなわち、エンドウ *Pisum sativum* (イギリス産, 品種: marrowfat), ササゲ *V. unguiculata* (日本産, 品種不明), アズキ *V. angularis* で大形のもの(日本産, 品種:

Fig. 1. Dorsal and lateral view of *C. chinensis* (A: ♀, B: ♂) and *C. maculatus* (C: ♀, D: ♂).

大納言, 以後「大形アズキ」と称する), アズキでふつうの大きさのもの(同上, 以後「普通アズキ」と称する), およびリョクトウ *V. radiata* (中国産, 品種不明)である。

2. 計測

供試豆粒の体積：供試した豆の各種について, それぞれ100粒を適量の水を入れたメスシリンダーに投入し, 水面の上昇によってそれらの体積を測った。その結果は Table 1 の左列に示したとおり, エンドウ>大形アズキ>ササゲ>普通アズキ>リョクトウの順となっ

Table 1. Volume of 100 seeds measured and number of seeds equivalent to the apparent volume of 25 ml

Pulse	Volume (ml)	Number
<i>Pisum sativum</i>	27.4	56
<i>Vigna angularis</i> (large size)	14.5	100
<i>V. unguiculata</i>	11.5	140
<i>V. angularis</i> (normal size)	8.1	196
<i>V. radiata</i>	4.3	340

Fig. 2. Measurements of adult body.

た。最大のエンドウは最小のリョクトウの約6倍であった。

供試虫の計測：供試したマメゾウムシと同世代の成虫の死体を多数保管しておき, その中から, 雌雄各50個体を無作為に抽出し, Fig. 2 に示したように, 頭部を除いた体長 (L), 体幅 (W), 体の厚み (T) を実体顕微鏡下で個体別にマイクロメーターを用いて計測した。

3. 試験方法

5種の豆をそれぞれメスシリンダーに入れ見かけ容積で25 ml になるようにした。この場合の各種の豆粒数は Table 1 の右列に示した。これをそれぞれペトリ皿 (内

Fig. 3. Five kinds of pulse placed in petri dishes. A: *Pisum sativum*, B: *Vigna angularis* (large size), C: *V. unguiculata*, D: *V. angularis* (normal size), E: *V. radiata*.

Fig. 4. Five kinds of pulse placed in test tubes.
A-E: same as in Fig. 3.

径 7.6 cm, 深さ 1.8 cm, 以下, 「ペトリ皿区」とする), および試験管 (内径 2.2 cm, 深さ 12 cm, 以下「試験管区」とする) に入れたものを用意した (Fig. 3, Fig. 4)。ついで, 羽化後 6 時間以内の成虫 5 対ずつを投入した。試験管区は, 成虫の投入と同時に周囲を黒紙で被った (Fig. 4 F)。

実験開始後すべての成虫が死亡してから豆粒上の産卵数を調査した。試験管内から豆を取り出す際に, 垂直に 4 等分した穀層当りの産卵数がわかるようにした。

実験はすべて 24°C, 16 L-8 D の日長条件の室内で行った。実験はリョクトウを用いたペトリ皿区のヨツモンマメゾウムシの場合のみ 2 反復しかできなかったほかはすべて 3 反復した。

結 果

1. 成虫の体型

成虫の体長 (L), 体幅 (W), 体の厚み (T) について計測した結果は Table 2 に示した。体全体の大きさを表わす指数 (B) を以下のような考えにもとづいて算出し, 同表に示しておいた。

一般に楕円体の体積を求めるには, 次の式が用いられ

る。

$$V = \frac{3\pi}{4} abc \quad (V: \text{体積}, a, b, c: \text{主半径})$$

頭部を除くマメゾウムシの体を楕円体と見なせば, $L = 2a$, $W = 2b$, $T = 2c$ となりその体積は次の式で与えられる。

$$B = \frac{3\pi}{32} LWT$$

B 値は現実のマメゾウムシ成虫の体積を正確に表わすものではないが, 近縁種間における相対的な比較には有効と判断した。 B 値は雌雄ともヨツモンマメゾウムシのほうがアズキゾウムシよりもきわめて有意に小さいことがわかった。さらに体型についてみると, Table 2 の数値は, 雌雄ともヨツモンマメゾウムシのほうが明らかに扁平細長であることを示している。とくに雌では, 体長はヨツモンマメゾウムシのほうがより長いにもかかわらず, 体の厚みでは明らかに薄いことがわかった。

また, 変異係数 (V) の値をみると, いずれの場合も, ヨツモンマメゾウムシのほうが, アズキゾウムシに比べてはるかに大きい値となった。このことは供試したアズキゾウムシの個体の大きさが比較的均一だったのに対し, ヨツモンマメゾウムシのそれは個体変異がより大きかったことを示している。

2. ペトリ皿区の産卵分布

結果は Table 3 に示したように, 産卵数においては, エンドウの場合を除き, ヨツモンマメゾウムシのほうがアズキゾウムシよりもやや多かった。豆粒当りの産卵分布の一樣度指数, H' (MORISITA, 1959) を求めたところ, 両種ともすべての場合 1 より小さく, 均一分布的であることがわかった。

3. 試験管区の産卵分布

試験管内の全部の豆に対する産卵分布を見るために, Table 3 と同様の集計を行った結果を Table 4 に示した。産卵数においては, 同一条件下でも反復間の差異が大きい場合が多く, 明らかな種間差は見られなかった。

Table 2. Measurements of body size in *C. chinensis* and *C. maculatus*

Part	Male				Female			
	<i>C. chinensis</i>		<i>C. maculatus</i>		<i>C. chinensis</i>		<i>C. maculatus</i>	
	<i>m</i>	<i>V</i>	<i>m</i>	<i>V</i>	<i>m</i>	<i>V</i>	<i>m</i>	<i>V</i>
<i>L</i>	2.45	0.036	2.28	0.057	2.74	0.028	2.82	0.061
<i>W</i>	1.65	0.026	1.32	0.067	1.75	0.025	1.54	0.067
<i>T</i>	1.51	0.034	1.10	0.060	1.58	0.029	1.24	0.058
<i>B</i>	1.79	0.091	0.98	0.181	2.24	0.072	1.60	0.178

m: mean value of 50 individuals randomly sampled (in mm).

V: coefficient of variation. *L*, *W*, *T*: see Fig. 2. $B = 3/32 \cdot LWT$.

Table 3. Number of eggs deposited by five pairs of the bruchids on seeds placed in petri dish

Pulse	Repli- cates	<i>C. chinensis</i>			<i>C. maculatus</i>		
		<i>N</i>	<i>m</i>	<i>H'</i> _s	<i>N</i>	<i>m</i>	<i>H'</i> _s
<i>Pisum sativum</i>	1	320	5.71	0.27	237	4.23	0.40
	2	266	4.75	0.34	239	4.26	0.41
	3	237	4.23	0.33	280	5.00	0.39
<i>Vigna angularis</i> (large size)	1	276	2.76	0.14	280	2.80	0.19
	2	275	2.75	0.21	311	3.11	0.27
	3	252	2.52	0.15	313	3.13	0.26
<i>V. unguiculata</i>	1	222	1.59	0.37	314	2.24	0.48
	2	269	1.92	0.38	354	2.53	0.60
	3	204	1.46	0.52	258	2.14	0.57
<i>V. angularis</i> (normal size)	1	275	1.49	0.10	311	1.69	0.31
	2	298	1.62	0.18	331	1.79	0.26
	3	263	1.43	0.04	313	1.70	0.27
<i>V. radiata</i>	1	223	0.66	0.46	368	1.08	0.27
	2	282	0.82	0.32	308	0.91	0.23
	3	270	0.79	0.13			

N: number of eggs deposited, *m*: *N* per seed, *H'*_s: index of uniformity of egg distribution per seed after MORISITA (1959).

しかし、卵分布の一様度には明らかな差が見られた。すなわち、アズキゾウムシにおいては、卵分布が均一的と (*H'*_s が 1 より小さく) なったのは大形の 2 種の豆のみで、その他の場合は非均一的分布となったが、ヨツモンマメゾウムシにおいては、もっとも小形のリュクトウで非均一的分布となったのを除き他はすべて均一的な分布となった。

このように、ベトリ皿区では、すべての場合で卵分布が豆粒に対し均一的であったのに対し、試験管区の全部の豆に対する卵分布は非均一的となる場合があり、明らかな違いが見られた。この原因を解明するために、豆の深さを I～IV の 4 段階に区分し、各層当りの産卵数比率

Table 4. Number of eggs deposited by five pairs of the bruchids on seeds placed in test tube

Pulse	Repli- cates	<i>C. chinensis</i>			<i>C. maculatus</i>		
		<i>N</i>	<i>m</i>	<i>H'</i> _s (<i>I</i> _s)	<i>N</i>	<i>m</i>	<i>H'</i> _s (<i>I</i> _s)
<i>Pisum sativum</i>	1	328	5.86	0.37	262	4.68	0.50
	2	328	5.86	0.52	175	3.13	0.77
	3	304	5.42	0.37	276	4.93	0.51
<i>Vigna angularis</i> (large size)	1	207	2.07	0.73	310	3.10	0.17
	2	280	2.80	0.89	330	3.30	0.29
	3	273	2.73	0.89	339	3.39	0.26
<i>V. unguiculata</i>	1	238	1.70	(1.38)	222	1.59	0.72
	2	282	2.01	(1.04)	209	1.49	0.52
	3	273	1.95	(1.22)	215	1.54	0.31
<i>V. angularis</i> (normal size)	1	261	1.33	(2.01)	269	1.37	0.48
	2	290	1.56	(1.72)	244	1.25	0.59
	3	223	1.14	(1.82)	236	1.20	0.49
<i>V. radiata</i>	1	245	0.72	(2.32)	330	0.97	(1.15)
	2	312	0.92	(2.32)	287	0.84	(1.57)
	3	280	0.82	(2.22)	235	0.69	(1.55)

N: number of eggs deposited, *m*: *N* per seed, *H'*_s (or *I*_s): index of uniformity (or congregation) of egg distribution per seed after MORISITA (1959).

を 3 反復をこみにして求めた結果を Fig. 5 に示した。もっとも大きいエンドウでは、両種とも深度による差異は認められなかった。しかし、それよりも豆サイズが小形化するに従って、アズキゾウムシのほうがより上層にしか産卵しなかったことがわかった。もっとも小形のリュクトウでは両種とも最下層の豆には産卵しなかったが、アズキゾウムシでは産卵がⅡ層にまでしか及ばなかったのに対し、ヨツモンマメゾウムシではⅢ層にまで及んでおり、明らかな差が見られた。

ここで、Table 4 に示した試験管内の全部の豆に対する卵分布の一様度 (集中度) と Fig. 5 を比較して見ると、豆およびマメゾウムシの種類によって、より一様度

Fig. 5. Vertical distribution of eggs deposited in the pile of seeds placed in test tube.

が低い（集中度が高い）場合は産卵がより上層の豆に片寄っていることがわかり、卵分布の穀層における垂直的な片寄りと卵分布の一様度の低下（集中度の増大）との間には相対的な関連が見られた。

さらに豆の層を4段階に区分した各区分ごとの卵分布の一様度 (H') または集中度 (I_s) を求めた結果を Table 5 に示した。アズキゾウムシでは、豆サイズが最大のエンドウの場合はⅠ～Ⅳ層を通じ H' の値は 1 より小さく、均一分布的であったが、より小形の豆では、産卵の及んだ下限の層、場合によってはそのすぐ上の層を含んで非均一的分布となった。しかし、それより上層では均一分布的となった。

ヨツモンマメゾウムシではもっとも小形のリョクトウを除いたすべての豆で、各層を通じ均一分布的な産卵が行われたことがわかったが、リョクトウでは産卵の及んだ下限の層のみ非均一的分布になった。

なお、最上層の豆においては、両マメゾウムシとも全種類の豆で均一的な卵分布となった (Table 5) とはいえ、アズキゾウムシの場合は、ペトリ皿区での卵分布 (Table 3) に比べいじりしく均一度が低下しており、この点でもヨツモンマメゾウムシとの間に差が見られた。

考 察

アズキゾウムシやヨツモンマメゾウムシが一定の卵密度に達するまでは、豆粒に対し卵を均一的に産卵するこ

とはすでによく知られている (UTIDA, 1943; 吉田, 1961; IWA0, 1968; UMEYA and KATO, 1970)。とくにアズキゾウムシでは、雌成虫が産卵した豆に産卵抑制物質を残すことが知られており、その物質の構造も解明されている (山本ら, 1980)。

しかし、この習性が現実の貯蔵庫などでどのように発揮されているかについては、ほとんど研究されていない。各豆に対して均一に産卵するという性質は増殖に有利だとしても、もし雌成虫が堆積穀層内に潜入できなければ、この習性は、穀層の表層にある豆に対してしか発揮されないことになる。

この問題は、両マメゾウムシの現実の貯蔵豆上での増加率の推定や豆の被害査定のためのサンプリングをどのように行うかという観点からも解明しておく必要があった。

まず、従来行われてきたように豆をペトリ皿内に平面に並べた場合の結果については、両マメゾウムシとも豆粒に対し均一的に産卵することが再確認された。

次に豆を試験管に入れた場合の結果について考えてみる。豆が大粒になればその間隙も大きく、もっともサイズの大きいエンドウには両種とも最深層まで一様に産卵した事実は、成虫が通過可能な間隙さえあれば、両種とも穀層の深部の豆粒を含めて、均一に産卵しようとする性質を本来的にそなえていると考えてよいであろう。ところが、豆が小形になり、その結果間隙が小さくなると両マメゾウムシの間に差が見られた。

Table 5. Value of H' (I_s) indicating the degree of uniformity (congregation) for egg distribution per seed in each vertical zone dividing a pile of seeds

Pulse	Replicates	<i>C. chinensis</i>				<i>C. maculatus</i>			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
<i>Pisum sativum</i>	1	0.31	0.08	0.37	0.49	0.31	0.15	0.47	0.87
	2	0.55	0.17	0.61	0.81	0.54	0.51	0.10	0.58
	3	0.75	0.25	0.15	0.23	0.41	0.46	0.18	0.58
<i>Vigna angularis</i> (large size)	1	0.50	0.52	0.41	0.61	0.38	0.33	0.33	0.36
	2	0.47	0.56	0.51	0.99	0.39	0.30	0.24	0.26
	3	0.45	0.17	0.41	(1.67)	0.29	0.25	0.25	0.21
<i>V. unguiculata</i>	1	0.84	0.92	(1.21)	—	0.44	0.57	0.61	0.28
	2	0.80	0.77	0.96	(1.66)	0.69	0.62	0.51	0.27
	3	0.89	0.84	(1.05)	(1.91)	0.47	0.19	0.29	0.32
<i>V. angularis</i> (normal size)	1	0.74	(1.26)	(5.35)	—	0.35	0.40	0.57	0.55
	2	0.74	(1.12)	(2.29)	—	0.28	0.60	0.59	0.57
	3	0.66	(1.13)	(3.27)	—	0.36	0.30	0.66	0.28
<i>V. radiata</i>	1	0.50	(2.21)	—	—	0.44	0.70	(1.14)	—
	2	0.65	(1.52)	—	—	0.60	0.97	(2.94)	—
	3	0.67	(2.14)	—	—	0.42	0.87	(3.70)	—

I—IV: vertical zones dividing a pile of seeds (see Fig. 5).

H' (I_s): after MORISITA (1959).

ここで強調したいのは両種の体形の違いである。その差はそれらを側面から見たときにきわめて明瞭である。Fig. 1 に示したように、両種は体の厚みをいちじるしく異にする。この体の厚みは、従来昆虫の形態学においては軽視され、通常昆虫の記載には体長と体幅は明記されているが、多くの場合体の厚みにはまったく言及されていない。なによりも体の厚みを示す適当な用語が日本語にないことがこのことを如実に物語っている。

しかし、何かの間隙に潜るような生活様式をもった昆虫にとっては、この体の厚みがきわめて重要な適応的意義をもつにちがいない。

上記の実験結果で見られた両マメゾウムシの堆積穀層への侵入の難易の差が両者の「体つき」の差に由来するという直接的な証明はできなくとも、それを反映したものであることは容易に推定できる。すなわち、扁平細長いヨツモンマメゾウムシのほうが、現実の穀層中での活動にとってきわめて有利な体形をしているといいうる。

さらに、成虫の堆積穀層への侵入の難易には体形もさることながら、体の大きさ自体も当然関与するであろう。

本試験では、供試した成虫の幼虫期の密度条件を厳密に問題としなかったが、リョクトウ（本試験に使用したものと同一品種）に、豆 1 粒当たり 1 卵産卵させた最低密度条件下でも、雌成虫の体幅の変異幅はヨツモンマメゾウムシのほうがアズキゾウムシよりも約 3 倍ときわめて大きい（渡辺、未発表）。本試験でも供試したヨツモンマメゾウムシのほうが、アズキゾウムシよりも体の大きさの変異が大きく（Table 2）、そのなかの小形の個体が穀層への侵入により大きな役割を果たしたことも推測できる。

この体の大きさと穀層への侵入の難易という問題についてはすでに実験結果を得ているが、その報告およびこの問題に関する詳しい論議は次の機会にゆずりたい。

なお、両種とも産卵分布の均一性は、野外において適応的に発達した性質であることは確かであろうが、この

前決定されていた性質を、そのまま貯蔵豆における生活上の有利性に短絡することには問題があろう。なぜならば、野外ではありえない堆積した穀層においては、たとえ高密度になっても物理的に侵入不可能な深部の豆粒は温存され、豆粒全体としては卵分布が一様性を示さない場合がある（Table 4, Fig. 5）からである。おそらくは倉庫中の被害豆における卵分布は従来のペトリ皿を用いた実験結果とはまったく異なる様相を示すであろう。梅谷によれば、大型容器に大量のアズキを入れ多数のアズキゾウムシを放飼した場合、その卵分布が非均一的であったという（梅谷, 1982, 私信）。この事実は上記の事情を物語るものではなかろうか。

引用文献

- Iwao, S. (1968) A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations. *Res. Popul. Ecol.* **10** : 1—20.
- MORISITA, M. (1959) Measuring the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. *Mem. Fac. Kyushu Univ. Ser. E (Biol.)* **2** (4) : 215—235.
- 永易正男・松下慶三郎 (1981) 雑豆類の加工工場等におけるマメゾウムシ類の発生調査. 植防研報 **17** : 87—92.
- UMEYA, K. and T. KATO (1970) Studies on the comparative ecology of bean weevils. V. Distribution of eggs and larvae of *Acanthoscelides obtectus* in relation to its oviposition and boring behaviour. *Res. Popul. Ecol.* **12** : 35—50.
- UTIDA, S. (1943) Studies on experimental population of the azuki bean weevil, *Callosobruchus chinensis* (L.). VIII. Statistical analysis of the frequency distribution of the emerging weevils on beans. *Coll. Agr. Kyoto Imp. Univ.* No. 54 (Entomological Series No. 10) : 1—22.
- 山本 出・本田 博・大沢貫寿 (1980) 害虫行動の化学生態学的研究. 害屋害虫 No. 7/8 : 8—15.
- 吉田敏治 (1961) アズキゾウムシとヨツモンマメゾウムシの産卵行動と種間関係. 宮崎大学芸紀要 **11** : 41—65.