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

II. 雌成虫の体サイズの違いと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 Azuki Bean Weevil, *Callosobruchus chinensis* (L.) and the Cowpea Weevil, *C. maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae). II. Relation between Female Body Size and Degree of Creeping into the Stored Pile of Seeds. Naoshi WATANABE (Division of Entomology and Nematology, Yokohama Plant Protection Station, Naka-ku, Yokohama 231, Japan). *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.* **29** : 107-112 (1985)

Experiments were done under the laboratory condition of 24°C and 16L-8D photoperiod. Female individuals of different body size were sampled from the culture keeping low population density condition. Males having same or smaller body size than each female were paired. Each single pair was released on a pile of 100 seeds of *Vigna radiata* made in the test tube (1.4 cm of radius and 16 cm of depth). Number of eggs deposited on the surface of the seeds were counted after all the adults had died. *C. maculatus* laid its eggs much deeper than *C. chinensis* did, and even a largest female of *C. maculatus* could oviposit deeper than a smallest female of *C. chinensis*. This might be due to that *C. maculatus* had much slimmer and flatter body than *C. chinensis*. In *C. chinensis* the oviposition in a pile was limited to relatively upper zones irrespective of the body size. While, in *C. maculatus* smaller female oviposited deeper than larger one. In *C. maculatus* the proportion of abdominal length to body width and the relative fecundity to body size increased with absolute decrease of body size. While, in *C. chinensis* the correlations were vice versa.

緒 言

筆者は、前報告において、ヨツモンマメゾウムシ *Callosobruchus maculatus* の雌成虫のほうが、アズキゾウムシ *C. chinensis* のそれよりも堆積穀層により深く潜入り産卵できることを明らかにし、これが両者の体つき(体形)の差に起因しているものと推察した(渡辺, 1984)。

この体形の問題もさることながら、成虫の体サイズ自体も穀層への潜入の難易を決定するおもな要因と想定できる。この点を解明しておくことは、植物検疫等においてサンプリングの精度を向上するうえできわめて重要である。また、この問題は貯穀害虫一般の堆積穀層への適応という観点からも過去に論議されている(吉田, 1958; 桐谷, 1959)ので、これに再検討を加えることも意図した。このため、本試験では、できるだけ体サイズの異なる個体を供試し、その体形・増殖力の相違等についても調べてみた。

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に厚くお礼申しあげる。さらに種々有益なご指摘をいただいた当所札幌支所室蘭出張所早瀬猛技官に深謝する。

材料および方法

1. 供試虫の系統および供試豆

供試したアズキゾウムシ(以下「アズキゾウ」と称す)およびヨツモンマメゾウムシ(以下「ヨツモン」と称す)はいずれも前報告(渡辺, 1984)で使用したものと同一系統のものである。なお、ヨツモンは、6年間の累代飼育中、飛ぶ型(内田, 1954)の出現は確認されていない。

産卵実験に用いたリョクトウ *Vigna radiata* も前報告で使用したものと同じで、100粒の体積が約4mlのものである。

2. 供試虫の準備

両種とも好適な寄主であるアズキ *V. angularis* (品種不明: 100粒体積約9ml)を与え低密度条件下(1粒あたり平均1~2個の産卵)で、24°C, 16L-8Dの日長条

Fig. 1. One hundred seeds of *V. radiata* placed in a test tube (1.4 cm of radius and 16 cm of depth)(A). B : covered with black paper.

Fig. 2. Measurement of abdominal length.

Fig. 3. Frequency distribution of body size (B) in *C. chinensis* and *C. maculatus*. Thirty individuals of each sex were randomly sampled from the culture keeping low population density. B : index of body size ($B = (3\pi/32) \cdot LWT$, L : body length, W : body width, T : body thickness).

件下で多数の個体を飼育し、羽化した成虫を産卵試験に供試した。

この試験に先だち、両種の平均体サイズとその変異幅を把握しておくために、羽化成虫のなかから無作為に雌雄それぞれ30匹を抽出し、自然死亡後、個体別に、頭部を除いた体長 (L)、体幅 (W) および体の厚み (T) を実体顕微鏡下でマイクロメーターを用いて計測した。 L 、 W 、 T の測定部位については前報告 (渡辺, 1984) に図示したとおりである。

3. 試験方法

実験は、すべて 24°C 、16L-8D の日長条件の室内で行った。

リョクトウ100粒を試験管 (内径1.4 cm, 深さ16 cm) に入れ (Fig. 1, A), 試験管の殻層部の外側を黒紙で被った (Fig. 1, B)。

羽化後16時間以内の雌成虫多数のなかから、兩種につき体サイズが異なるものを作為的に選び、それぞれの雌に、これと同サイズまたはより小形の雄成虫を組み合わせ対にし、上述の試験管に1対ずつ投入し、全成虫が死亡するまで放置した。

次に豆を上層から20粒ずつ吸管で吸い取り、1粒あたりの産卵数を数え記録した。死亡供試虫については、個体別に頭部を除いた体長 (L)、体幅 (W)、体の厚み (T)、さらに腹長 (A) (Fig. 2) を前述と同様の方法で計

測した。

結 果

1. 両種の平均体サイズとその変異幅

計測結果から、体サイズ係数 (B) を次式により求めた

$$B = \frac{3\pi}{32} LWT \quad (\text{渡辺, 1984})$$

この B の値の頻度分布を求めたのが Fig. 3 で、アズキゾウのほうがヨツモンよりも体サイズ変異の幅が狭く、とくに雌においてこの傾向が顕著であった。

2. 産卵分布

試験後の雌成虫の計測結果から体サイズ係数 (B) を求め、体サイズの小さいものから順に、その産卵数の垂直分布の様子を示したのが Fig. 4 である。なお、兩種につき供試した成虫のうちで体サイズの最大・最小のものを Fig. 5 に示した。

Fig. 4 を見ると、まず全体的にヨツモンのほうがアズキゾウよりもより深層にまで産卵したことがわかる。次

Fig. 4. Vertical distribution of eggs deposited in a pile of seeds placed in a test tube. B: index of female body size (see the legend of Fig. 3).

Fig. 5. Dorsal view of the smallest (A, C) and largest (B, D) females intentionally sampled for the oviposition test. A, B: *C. maculatus*, C, D: *C. chinensis*.

に体サイズの大小に注目すると、アズキゾウムシでは体サイズに関係なく産卵がほぼⅡ層にまでしか及ばなかったが、ヨツモンでは小形個体がより深層にまで産卵する傾向が見られた。なお、アズキゾウムシでは1対が産卵しなかったもので、これをデータから除外した。

さらに、Fig. 6 はすべての豆 (100 粒) に対する卵分布の一樣度 (集中度) を産卵雌成虫の体サイズとの関連において示したものである。アズキゾウムシでは1例を除いて他はすべて I_{δ} 指数が1より高く、豆粒に対する産卵が非均一分布的に行われたのに対し、ヨツモンでは、小形個体に均一的な産卵分布の例が多く見られた。

3. 成虫の体形の相対変異

産卵試験に用いた成虫の計測結果をもとにし、体幅 (W) と他の形質間の関係を調べた¹⁾。

1) 生物個体の2形質の大きさを x および y としたとき、その相対変異を知るために、通常 $y = bx^a$ の関係式が用いられる。この式の両辺の対数をとると、 $\log y = \log b + a \log x$ となり、この関係式の成立は両対数のグラフにおける直線性によって確かめられる (HUXLEY, 1932)。

Fig. 6. Relationship between female body size (B) and I_{δ} value for egg distribution per seed placed in test tube. B: see the legend of Fig. 3. I_{δ} : MORISITA's (1959) index of congregation.

(1) 体幅に対する体長および体の厚み

結果は Table 1 に示したとおりである。いずれの場合も強い相関 ($r > 0.9$) が見られた。まず体幅 (W) と体長

Table 1. Values of coefficients of regression lines for logarithm of body length (L) against logarithm of body width (W) and for logarithm of body thickness (T) against logarithm of body width (W)

	<i>C. chinensis</i>			<i>C. maculatus</i>		
	a	$\log b$	r	a	$\log b$	r
(1) Female	1.131	0.157	0.983	0.839	0.288	0.966
Male	0.903	0.187	0.978	0.681	0.274	0.925
(2) Female	0.993	-0.044	0.978	0.776	-0.052	0.952
Male	0.970	-0.039	0.985	0.981	-0.075	0.952

Regression line : (1) $\log L = \log b + a \log W$,

(2) $\log T = \log b + a \log W$. r : coefficient of correlation.

Fig. 7. Logarithmic relation between body width (W) and abdominal length (A).

Fig. 8. Logarithmic relation between female body size (B) and number of eggs deposited (E). B : see the legend of Fig. 3.

(L) との関係を見ると, a 値はアズキゾウの雌で 1 より大きい。すなわち, 小形個体ほど体形がずんぐりする。しかしその他の場合はいずれも 1 より小さく, 小形個体ほど細長となり, この傾向はヨツモンの雌雄に顕著であった。

次に体幅と体の厚み (T) との関係を見ると a 値はヨツモンの雌では 1 以下となり, 小形個体の T/W 比が大きくなるが, 他の場合はほぼ 1 で, T/W 比は体幅 (W) の値によってほとんど変化しない。

(2) 体幅と腹長

結果は Fig. 7 に示したとおりで, 雌雄ともヨツモンのほうが回帰直線が上方に位置し, 腹長/体幅 (A/W) 比がより大きい。次に a 値を見ると雌雄とも, ヨツモンで 1 よりきわめて小さいのに対し, アズキゾウでは 1 より大きい。すなわち, 前者では小形個体ほど腹長が相対的に長いのに対して後者ではその逆である。

なお, このような同種内の個体の大小による体形差があったとはいえ, 前報告 (渡辺, 1984) で指摘したように, ヨツモンのほうがアズキゾウよりも明らかに扁平細長であることに変わりなかった。

4. 雌成虫の体サイズと産卵数

雌成虫の体サイズ (B) とその産卵数 (E) についても, 両者の対数を取り, Fig. 8 にその相関関係を示した。この図を見ると, 体サイズの減少に対する産卵数の低下が, ヨツモンではゆるやか ($a < 1$) であるのに対し, アズキゾウではより急 ($a > 1$) であった。

考 察

1. 平均体サイズとその変異幅

無作為抽出標本の計測結果では、アズキゾウのほうがヨツモンよりも、とくに雌において、体サイズ変異の幅が著しく狭い (Fig. 3)。これは、低密度条件で羽化した個体の計測結果であるから、ほぼ内在的な遺伝的変異を反映していると見てよいであろう。

いっぽう堆積穀層への産卵試験に用いた個体は、できるだけ体サイズの大小が生じるよう意図的に選出したものである (Fig. 4, 5)。

このような選出方法をとったのは、たんに両個体群をそのまま比較することよりも、体サイズの大小と穀層への侵入の難易を、典型的な個体を用いたモデル実験により把握することを意図したためである。

そのため、アズキゾウでは、Fig. 5 に示したような極小・極大個体を得るにあたり、約 6,000 個体の点検を要したが、ヨツモンでは約 600 個体しか要しなかった。

なお、両種の平均的な傾向を知ろうとするのであれば、Fig. 3 に示した体サイズの頻度分布を、Fig. 4 の B 値に対応させて見ればよい。

2. 穀層への潜入行動とその制限要因

Fig. 4 に示した結果に見られるように、アズキゾウの小形の個体が大形のものより、より深層へ産卵できないという点は予期せぬことであった。

マメゾウムシの穀層に対する潜入行動を観察すると、表層では豆の間隙をこじあけて進んでいくが、より深部に進行するに従って、豆の重力が加算され、豆を動かすのが困難になっていく様子がわかる。

小形の個体は間隙を進む際の抵抗が小さい反面、これを排除する (豆を動かす) 活力も小さいが、大形の個体は受ける抵抗が大きい反面、これを排除する活力も大きいといえよう。

したがって、アズキゾウでは、個体の大小にかかわらず、このつり合い点が一定の深度に一致したが、ヨツモンでは、より小形の個体でこのつり合い点がより深くなったと見なせる。

このような両種間の結果の差には、両種の体形差および行動活力の差が関与しているものと推察される。

さらに相対変異に見られたように、雌成虫では、ヨツモンの小形の個体がより円筒状になるのに対し、アズキゾウの小形のものはやや球形に近くなるというような特性も、多少ともこのことに影響したかもしれない。

前報告を含めていえば、貯穀害虫の穀層への侵入の難

易には、穀粒の形状・サイズと虫の体形・体サイズ・行動活力という五つの主要素が複雑に作用するといえる。

したがって植物検疫における検査や、倉庫内での被害査定を行うにあたって、より精度を向上するには、この 5 要素を十分考慮したサンプリング方法を確立する必要がある。

3. 個体の大小による特性の違いと体サイズの変異幅

ヨツモンにおいて、小形の個体のほうが穀層により侵入しやすいということは、小形個体ほど密度効果による悪影響を回避しやすいことを示している。また小形の個体はその増殖力の絶対的低下を補うように産卵数/体サイズ比が増加する (Fig. 7)。ところがアズキゾウではこのような面がなく、産卵数/体サイズ比に至っては逆に低下してしまう。

このことは、遺伝的に小形という形質がヨツモンでは温存されやすく、アズキゾウでは淘汰されやすいことを示唆している。

両種の体サイズ変異のあり方を見ると、ヨツモンでは変異幅が大きいのにに対しアズキゾウでは小さく (Fig. 3)、後者では、体サイズの平均値が、発現しうる変異幅 (Fig. 4, 5) のほぼ上限に近い。

これは、上述の両種の小形個体の特性の差と対応しているように見える。

栽培化前の豆を考えると、梅谷 (1981) が指摘したように、豆サイズがきわめて小さく、その変異も大きい。そこでは、リスク分散として、栄養要求量の少ない小形形質の存在価値はより高かったかもしれない。とくに雌のアズキゾウでは、元来体サイズが現状のように斉一ではなかったとも想像しうる。本データがこの推測に明確な根拠を与えるものではないが、問題点として留意しておく必要があろう。

4. 体サイズと貯穀への適応と前適応

貯穀への潜入と体サイズの関係については、古くから論議されているが、ここで再検討を行っておきたい。

吉田 (1958) は「貯穀害虫は一部の例外を除き一般に小形であり、体の小さいことは集積された穀物内への侵入に便宜である」と論じ、さらに桐谷 (1959) は吉田と同様の指摘をしたうえで「体形の矮小化は貯穀害虫において見られる重要な適応現象である」と述べている。

確かに本試験の対象としたマメゾウムシは甲虫一般に比べて小形である。しかし、これは、大部分の種が 1 粒の豆内で育つ (SOUTHGATE, 1979) ため寄主の豆よりは大きくなれないというマメゾウムシ科の特性である。さらにマメゾウムシ科に限っても、貯穀加害種と野生種と

の間に、体の大小に関する関連性はまったくない。

次に問題となるのは、このような「前適応」が契機となって体サイズがさらに矮小化するというような真の「適応」現象が貯穀害虫一般に起こっているかどうかという点である。

この点に関しては、過去コクゾウ類 *Sitophilus* spp. で興味ある研究が行われている。まず HOWE (1951) は、コクゾウ類では小形のもののほど穀層へよく潜入できることを報告した。さらに里見 (1955, 1957) は、コクゾウ *S. zeamais* およびコクゾウ *S. oryzae* のそれぞれで地理的系統間の比較を行い、コクゾウでは、より小形の系統ほど貯蔵環境に適した増殖型の生理・生態的特性をもつことを明らかにし、貯穀への依存度の進行とともに体の矮小化が起こったのではないかと推測した。しかし、コクゾウではこれとまったく逆の現象が見られ、それがどのような理由によるものか説明がつかないとしている。

本試験では、このような系統間の体の大小ではなく、個体間の大小の差を比較したわけであるが、ヨツモンの小形の個体にコクゾウの小形の系統と類似の増殖型の特性が見られること、これに対しアズキゾウの小形の個体とコクゾウの小形の系統に逆の特性が見られることが注目される。

さらに、前2者と後2者には互いに共通性がある。すなわち、供試したヨツモンが飛ばぬ型しか生じない系統であるのに対しコクゾウも飛ばし力を持っている(原産地と目されるネパール産のもののみ飛ばし力を持つ)。いっぽう、コクゾウとアズキゾウは飛ばし力を持っておらず、野外の未熟種子にも寄生する。つまり、前2者のほうが後2者よりも貯穀への依存度が高い。

このような諸特性を見ると、ヨツモンでは貯穀への依存度の進行とともに小形化という適応が生じているかもしれないが、アズキゾウではむしろ逆の傾向があるかもしれない。両マメゾウムシに対しても、里見 (1955, 1957) がコクゾウ類で試みたような地理的系統間の比較を行えば、この点がより明確になるであろう。

結論的にいえば、桐谷 (1959) の論じた貯穀害虫の「体の矮小化」ということは一般論としてはいえず、特定の種に対して、その形態的・生態的諸特性、貯穀側の諸条件とその歴史の変遷を十分吟味したうえで、種内変異・個体変異に注目して、むしろ「体の大形化」にも留意し検証すべき問題であろう。

摘 要

アズキゾウムシおよびヨツモンマメゾウムシについて

24°C, 16 L-8 D 日長条件下で試験を行った。両種を低密度条件下で飼育し羽化した多数の成虫のなかから雌の体サイズの違ったものを選び出し、これと同サイズか、より小さい雄と対にした。試験管(内径 1.4 cm, 深さ 16 cm)にリョクトウ 100 粒を入れ、対にした成虫を 1 組ずつ放飼した。その結果、ヨツモンのほうがアズキゾウよりも穀層のより深部に産卵し、前者の最大サイズの個体ですら、後者の最小サイズのものよりもより深層に産卵した。アズキゾウでは体サイズにかかわらず産卵深度は一定の深さに留まったが、ヨツモンでは小形の個体が大形のものよりより深層にまで産卵した。ヨツモンでは雌が小形になるに従って腹長/体幅比および産卵数/体サイズ比が大きくなる傾向が見られたが、アズキゾウではこの逆であった。

以上の結果をもとにマメゾウムシの貯穀への潜入の難易には、穀粒の形状・サイズと虫の体形・体サイズ・行動活力が複雑に作用することを指摘した。

引 用 文 献

- HOWE, R.W. (1951) The movement of grain weevils through grain. Bull. Entomol. Res. 42: 125—134.
- HUXLEY, J.S. (1932) Problems of relative growth. London: Methuen & Co., 312 p.
- 桐谷圭治 (1959) 貯穀害虫の研究における諸問題. 大阪植防 7(1/2): 1—44.
- 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.
- 里見綿生 (1955) 産地を異にするコクゾウ類の生理生態的特性について. 防虫科学 20: 55—61.
- 里見綿生 (1957) 産地を異にするコクゾウ類の生理生態的特性について II. 応動昆 1: 106—111.
- SOUTHGATE, B.J. (1979) Biology of the Bruchidae. Ann. Rev. Entomol. 24: 449—473.
- 梅谷敏二 (1981) マメゾウムシの生物学 9. 原野から畑へ. インセクトリウム 18: 14—19.
- 内田俊郎 (1954) ヨツモンマメゾウムシに見られた“相”に似た二型. 応動 18: 161—168.
- 渡辺 直 (1984) 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. 応動昆 28: 223—228.
- 吉田敏治 (1958) 貯穀害虫の起源とその害虫化. 生物科学 10: 60—68.