

マメゾウムシ類の比較生態学的研究

II 開放環境における成虫の脱出行動と種間関係 および増殖率におよぼす影響

梅 谷 献 二

横浜植物防疫所調査課

Studies on the Comparative Ecology of Bean Weevils

II An Interspecific Comparison of the Escaping Behaviors of Adult and the Reproduction Ratio in a Semi-open Cage

By

Kenji UMEYA

Research Division, Yokohama Plant Protection Station

マメゾウムシ類のうち、完熟した豆類だけで生活を取りかえすことのできるいわゆるクロス型（桐谷；1956）の種類は一般に生育期間が短かく、飼育も容易であるため、従来生物学的な実験材料としてよく使われ、主要な種類については基本的な性質や、種間関係に関する研究も数多くおこなわれている。しかし、これらはいずれも成虫が脱出不可能な容器を用いた閉鎖環境下での実験にもとづくもので、実際に野外や、半開放的な倉庫などにおける成虫の行動などについてはほとんど明らかにされていない。

筆者はアズキを加害する3種のマメゾウムシについて、自然状態での成虫の餌場からの離脱行動を知る目やすとして、半開放的な容器を用いて成虫の脱出行動、増殖率におよぼす影響などについて調査をおこなった。もちろん、この実験装置は倉庫などの環境と比べて大きなへだたりはあるが、一応の傾向は知ることができたので、その結果をここに報告する。

材料および方法

材料：実験に用いたマメゾウムシはアズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis* L., および日本未定着のヨツモンマメゾウムシ *Callosobruchus maculatus* F., ブラジルマメゾウムシ *Zabrotes subfasciatus* BOH. の3種で、前報（梅谷；1966）と同じく横浜植物防疫所調査課において累代飼育中のものである。

アズキは北海道産の大納言で、2種のふるい（4および5メッシュ）で選別して粒の大きさを揃えたもの（10粒重 1.98 ± 0.1 g）を使用した。

実験装置：直径20 cm、高さ27 cm、ふたの中央に直径4 cmの穴のある円筒形の大型ガラス容器（以下“外容器”とする）の中に、直径10 cm、高さ4 cm、ふたの中央に直径3 cmの穴のある腰高シャーレ（以下“アズキ容器”とする）にアズキ20 gを入れたものを置き、外容器の穴だけガーゼでおおった装置を30個用意した（第1図）。

調査方法：上記の装置のアズキ容器の中に、羽化24時間以内の各マメゾウムシ成虫を入れ、24時間ごとにアズキ容器のふた穴から外容器に脱出した個体数を記録した。供試した成虫の個体数は各種類とも15, 30, 60対で、それぞれ単独および2種以上を組合せて実験をおこなった。

脱出個体数の調査はアズキ容器内に生存個体が残留しなくなるまで続け、外容器に脱出した個体は調査のたびに除去した。

上記の調査終了後はアズキ容器から供試成虫の死亡個体を除去し、ふた穴を濾紙でふさぎ、調査中にアズキに産みつけられた卵を飼育して次代の羽化成虫数を調べた。

以上のほか、比較のために各マメゾウムシについてアズキがない場合の外容器への脱出傾向を15, 30対の例について、アズキを実験前に汚染（あらかじめ成虫によ

って歩行、産卵させたもの)させた場合を各種類とも30対の例についてそれぞれ調査した。また、増殖率の比較のために、前記実験のそれぞれの成虫密度と対比させて密閉した容器による飼育もおこなった。

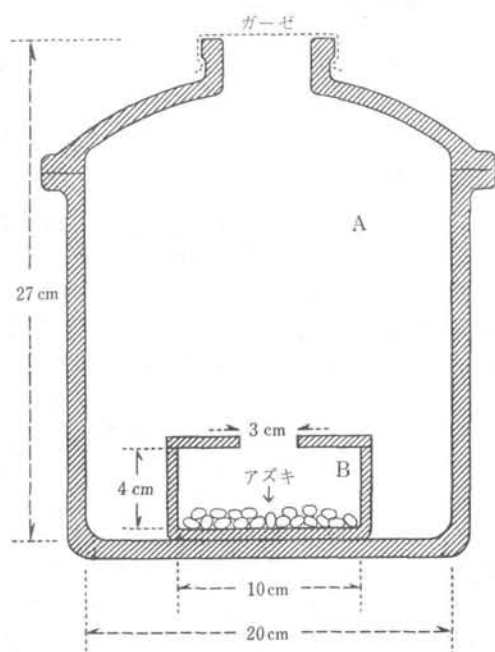
実験はすべて3回反覆し、25°C、湿度75%に調節したバイオトロン内において暗黒条件下でおこなった。

その他の方法について各項で記述する。

実験結果

1 アズキがない場合の成虫の脱出

第1図の装置のアズキ容器の中にアズキを入れないで

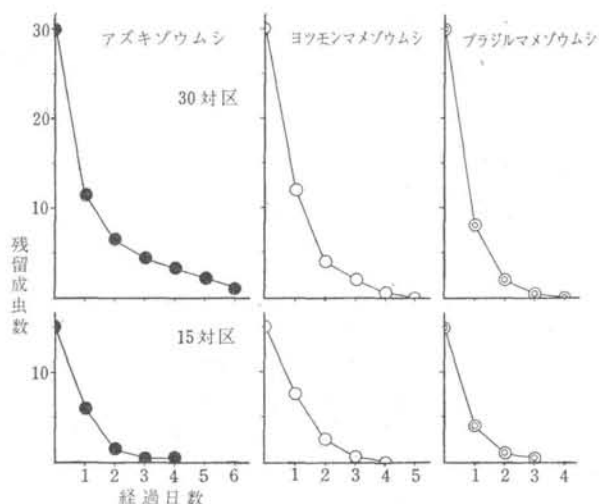


第1図 成虫の脱出行動調査用装置
A: 外容器, B: アズキ容器

成虫を放した場合、初期の少数の死亡個体を除けばいずれの種類も短期日ですべて外容器へ脱出した。第2図はその結果を示したものである。いずれも雌雄によって脱出傾向に有意差が認められなかったので、この図はその平均値によって示した。

この図からいずれの種類も放虫後24時間以内の脱出数をもっとも多く、以下漸次脱出数が少なくなり、その残留個体数曲線は等比数列の理論値とよく適合する(第1表)。また種間による脱出傾向にもほとんど差がなく、わずかにブラジルマメゾウで脱出期間がやや短かったにすぎなかった。

第2図の一部で実験終了後に残留個体がみられるが、これは初期の死亡個体によるものである。



第2図 アズキがない場合の成虫の脱出

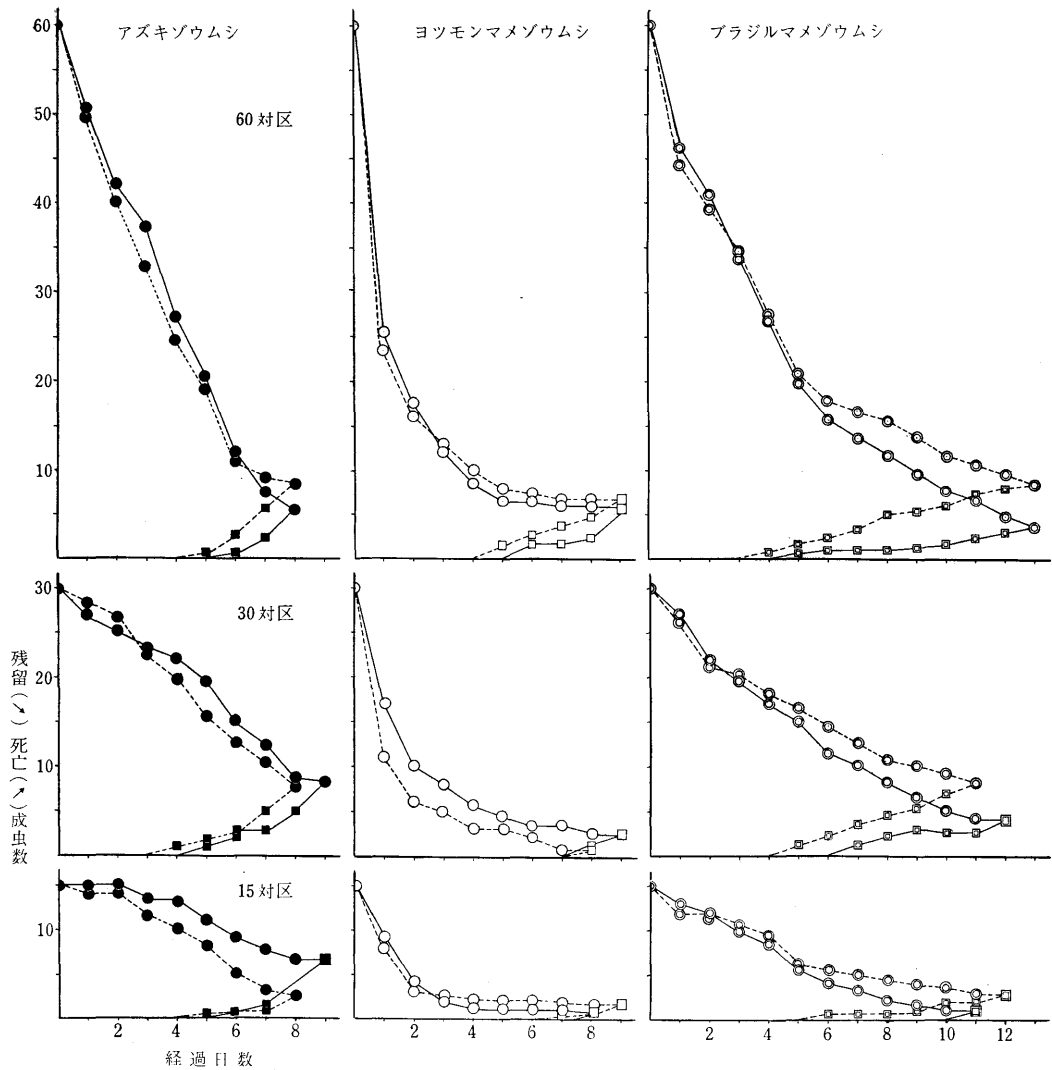
各プロットとも雌雄平均値をさらに3例について平均したもの。

第1表 アズキがない場合の残留曲線の数式への適合(第2図より)

種名	最初の成虫密度	残留曲線型	χ^2 -検定
アズキゾウムシ	15	(等比級数) $l=14.92 \times 0.370^{n-1}$	$n=2$ $\chi^2=0.30$ $\alpha>80\%$
	30	(等比級数) $l=29.72 \times 0.494^{n-1}$	$n=3$ $\chi^2=1.02$ $\alpha>70\%$
ヨツモンマメゾウムシ	15	(等比級数) $l=15.02 \times 0.412^{n-1}$	$n=2$ $\chi^2=0.52$ $\alpha>30\%$
	30	(等比級数) $l=30.01 \times 0.381^{n-1}$	$n=3$ $\chi^2=0.24$ $\alpha>95\%$
ブラジルマメゾウムシ	15	(等比級数) $l=14.95 \times 0.275^{n-1}$	$n=2$ $\chi^2=0.14$ $\alpha>90\%$
	30	(等比級数) $l=30.03 \times 0.259^{n-1}$	$n=3$ $\chi^2=0.04$ $\alpha>98\%$

第2表 アズキがある場合の残留曲線の数式への適合 (第3図の雌雄平均値より)

種 名	最 初 の 成虫密度	残 留 曲 線 型	検 定			相 関 係 数
			t : 標本回帰係数の検定	χ^2 : 実測値との差の検定		
アズキゾウムシ	15	(直 線) $Y=16.30-1.45X$	$n=7$	$t=39.76$	$\alpha < 0.1\%$	0.979
	30	(直 線) $Y=30.76-2.68X$	$n=8$	$t=27.63$	$\alpha < 0.1\%$	0.997
	60	(直 線) $Y=56.12-6.83X$	$n=7$	$t=16.72$	$\alpha < 0.1\%$	0.986
ヨツモン マメゾウムシ	15	(等比級数) $l=14.06 \times 0.625^{n-1}$	$n=4$	$\chi^2=1.94$	$\alpha \leq 5.0\%$	0.848
	30	(等比級数) $l=29.30 \times 0.604^{n-1}$	$n=5$	$\chi^2=4.43$	$\alpha > 30.0\%$	0.836
	60	(等比級数) $l=56.78 \times 0.629^{n-1}$	$n=4$	$\chi^2=10.00$	$\alpha > 70.0\%$	0.795
ブラジル マメゾウムシ	15	(直 線) $Y=13.71-1.22X$	$n=10$	$t=13.31$	$\alpha < 0.1\%$	0.978
	30	(直 線) $Y=26.87-2.07X$	$n=10$	$t=21.18$	$\alpha < 0.1\%$	0.981
	60	(直 線) $Y=44.54-3.38X$	$n=12$	$t=8.08$	$\alpha < 0.1\%$	0.946



第3図 アズキがある場合の成虫の脱出 (単独種)

いずれも実線は雄, 破線は雌の3例平均値による。各種類とも丸印はアズキ容器内の残留個体数, 角印は積算死亡個体数を示す。

2 アズキがある場合の成虫の脱出

A 単独種の場合

アズキ容器内にアズキ (20g) がある場合の、それぞれのマメゾウムシ成虫の容器からの脱出傾向は第3図に示すとおりである。

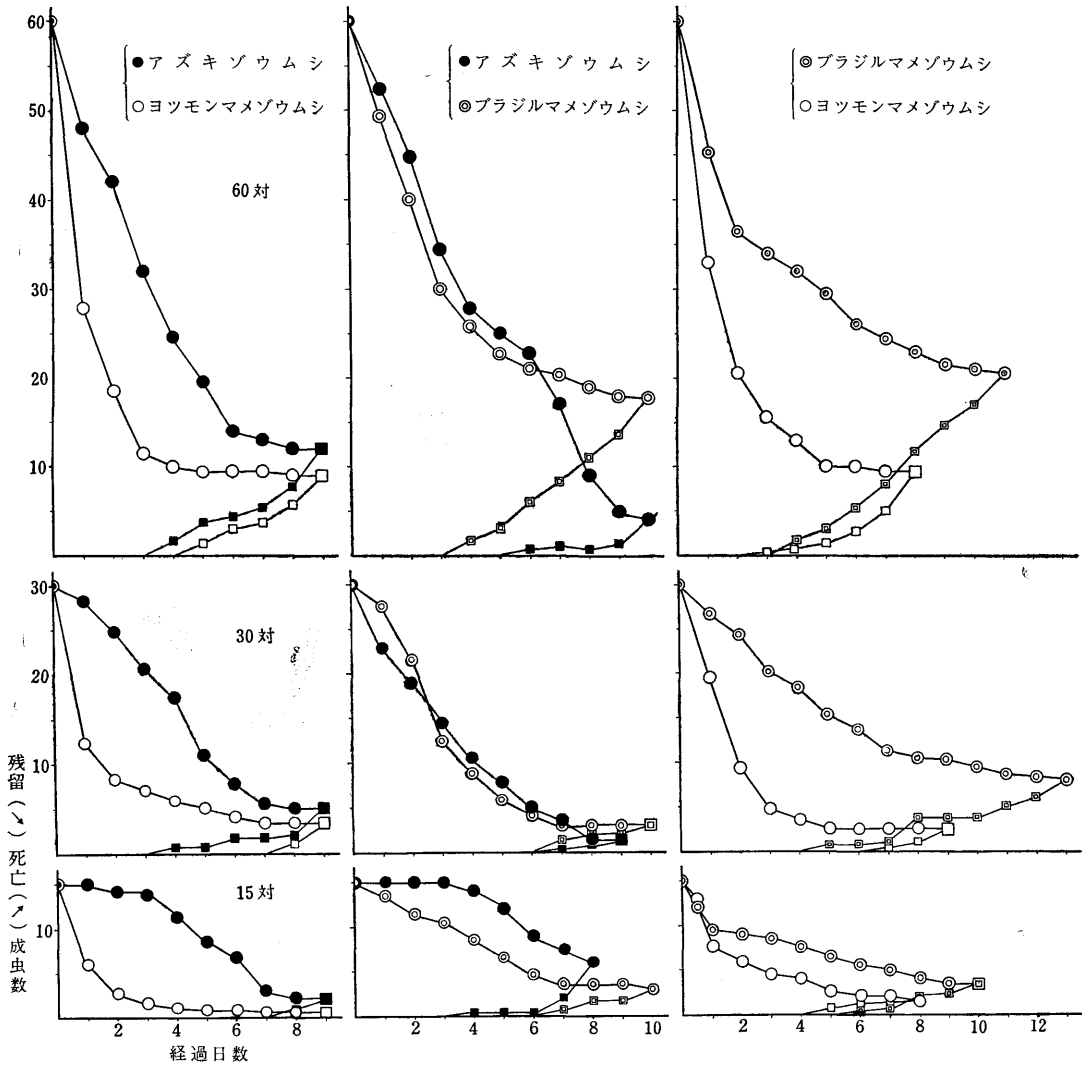
いずれの種類もアズキ容器内の残留個体数曲線 (以下“残留曲線”とする) は、前記の空容器の場合よりも顕著に延徴し、その形も種類によってそれぞれつぎのような特徴が認められた。

アズキゾウムシ——脱出は8~9日間にわたっておこなわれ、残留曲線はほぼ直線的な傾向を示した。ただ、

15対区においては、初期の脱出数が少なく、やや逆S字型の曲線となった。しかし、いずれの場合も残留曲線は理論回帰直線式によく適合し、その傾斜は密度の低下とともによりゆるやかになることがわかった (第2表)。

アズキ容器内における総死亡個体数は密度による一定の傾向は認められなかった。

ヨツモンマメゾウムシ——脱出は8~9日間にわたっておこなわれたが、いずれの密度区も最初の24時間以内における脱出数が極めて多く、15対区では43%、30対区53%、60対区60%の個体がこの時間内に脱出した。その後は脱出数が漸次減少し、その残留曲線は



第4図 アズキがある場合の成虫の脱出 (2種混入)

いずれも雌雄平均値をさらに3例について平均したもの。各種類とも丸印はアズキ容器内の残留個体数、角印は同積算死亡個体数を示す。

15・30 対区では等比数列の理論曲線とよく適合を示したが、60 対区では実測値との間にわずかに有意差が見られた。この原因は末期の死亡個体の増加にもとづくもので、残存生存個体のみを対象にすればほぼ等比数列と一致すると思われるが、現在、死亡個体を除外する適当な計算法が思い当たらないのでこの点は今後の問題に残したい（第2表）。

アズキ容器内の総死亡個体数は高密度区ほど多く、60 対区では約 10% が脱出せずに死亡した。

ブラジルマメゾウムシ——脱出は供試した3種類のうちではもっとも長く、11~13 日間にわたっておこなわれ

た。残留曲線は初期の脱出数がやや多く、とくに 60 対区においては後期になるに従ってわずかに減少する傾向が認められたが、残留曲線はアズキゾウムシの場合と同様にいずれの密度区も回帰直線式の理論値に適合した（第2表）。

アズキ容器内の総死亡個体数は 15 対区においては少なく、30、60 対区間では有意差なく、やや増加した。

以上のように、いずれのマメゾウムシも空容器の場合よりも脱出期間は延長したが、それぞれの種類の平均寿命¹⁾よりは短かった。

残留曲線の雌雄差についてはアズキゾウムシの 15 対区において雌の脱出速度がやや速く、ブラジルマメゾウムシの各密度区において雄の脱出速度がやや速く、有意差が認められたほかは、いずれ雌雄とも同様の残留曲線を示した。

B 2 種以上混入の場合

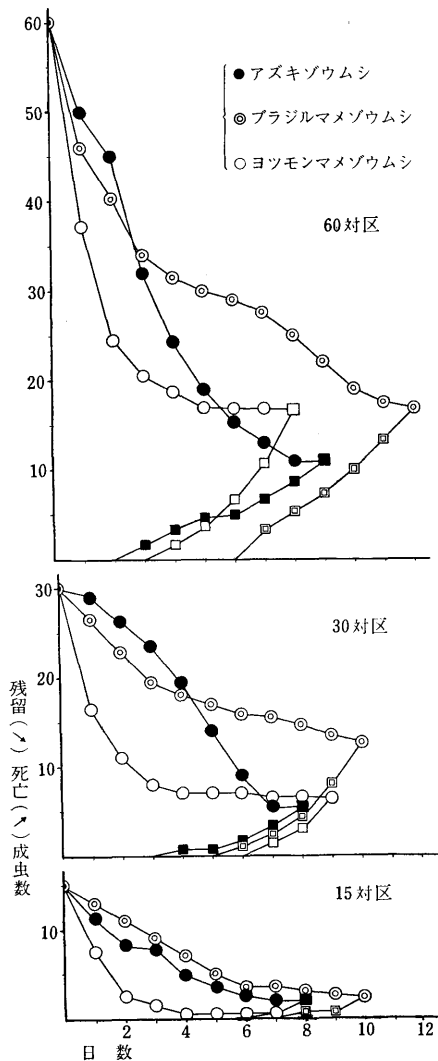
それぞれのマメゾウムシの残留曲線が、他種の存在によってどのように変化するかを調査した。なお、単独種の場合に一部の密度区で脱出傾向に雌雄差が認められているが、残留曲線の型は基本的には同様の傾向を示したので、この図でははんざつさをさけるために、各種類とも雌雄平均値で現わした。

アズキゾウムシ+ヨツモンマメゾウムシ——両種とも基本的な残留曲線の型はそれぞれ単独種の場合と同様であったが、細部においてはつぎのような変化が認められた。

アズキゾウムシは 60 対区において後期の死亡個体数が増加し、残留総死亡個体数は密度依存的に高密度区ほど増加した。この死亡個体の影響でいずれの密度区も末期の脱出数が減少し、残留曲線の末尾がやや尾をひく形となり、また 15 対区における逆 S 字型傾向もより強く現われた。

ヨツモンマメゾウムシも、60 対区において後期の脱出数が、単独種の場合よりもさらに減少し、4 日目以後の残留曲線がほぼ平衡状態となり、残留総死亡個体数も増加を示した。

アズキゾウムシ+ブラジルマメゾウムシ——この場合もアズキゾウムシは単独種の場合と比べて残留曲線の型に大差がなかったが、30・60 対区で脱出率が大きくなり、残留総死亡個体数が顕著に減少した。また 60 対区において毎日の脱出数がやや不規則になった。



第5図 アズキがある場合の成虫の脱出（3種混入）
図の説明は第4図と同じ。

1) 25°C, 湿度 75% 下における密閉容器, 単独個体の場合の雌雄平均寿命はアズキゾウムシ 13.9 日, ヨツモンマメゾウムシ 20.0 日, ブラジルマメゾウムシ 36.3 日間である (梅谷ほか; 未発表)。

これに対し、ブラジルマメゾウムシは単独種の場合に比べ脱出期間が1～3日間短縮し、30・60対区では初期の脱出数が増加した。また、60対区では残留総死亡個体数が30%と顕著に増加した。

ヨツモンマメゾウムシ+ブラジルマメゾウムシ——この場合は両種ともに15・30対区では単独種の場合と比べて明瞭な差違はなく、60対区ではブラジマメゾウムシに最初の24時間以内の脱出数の増加と、残留総死亡個体数の増加、ヨツモンマメゾウムシに残留総死亡個体数の増加が認められた。

3種混入——アズキ容器に3種のマメゾウムシを混入させた場合のそれぞれの残留曲線は第5図に示すとおりである。

この場合でもそれぞれの種類の基本的な脱出傾向に大きな変化は認められなかったが、ヨツモンマメゾウムシとブラジルマメゾウムシの30・60対区で残留総死亡個体数が、それぞれ単独種の場合よりも増加し、総脱出率は減少した。また、アズキゾウムシは15対区においても初期の脱出個体が認められ、残留曲線は逆S字型の傾向が認められなかった。

C アズキが汚染されている場合

時間の経過に従って成虫の歩行や産卵によってアズキが汚染されてゆくが、供試したマメゾウムシ類にはこのような生物的に条件づけられたアズキをさけて産卵する習性があり(吉田; 1961, 梅谷; 1964), このことから成虫の産卵場所からの離脱行動とアズキの汚染との関係を見るため、つぎの調査をおこなった。

アズキ容器に入れるアズキ(20g)をあらかじめ60対のそれぞれの成虫によって汚染(歩行・産卵)させた。このアズキを用いて各種類とも成虫30対区について前記と同様の方法で脱出傾向を3回反覆して調査した。

結果は第6図に示すとおりである。この図は対比のためにアズキが新鮮な場合のそれぞれの残留曲線も示してあるが、これは第3図のそれぞれの種類の30対区の結果を雌雄平均値で示したものである。

この図のうちヨツモンマメゾウムシは汚染アズキおよび新鮮なアズキにおける相互の残留曲線に有意差が認められず、ともに同様な脱出傾向を示した。

これに対し、アズキゾウムシとヨツモンマメゾウムシは最初の24時間以内における脱出数が汚染アズキにおいて顕著に増大し、第2日目以後は新鮮なアズキの場合と同様な脱出傾向を示したが、全体の残留曲線は汚染・新鮮両アズキ区間で有意であった。

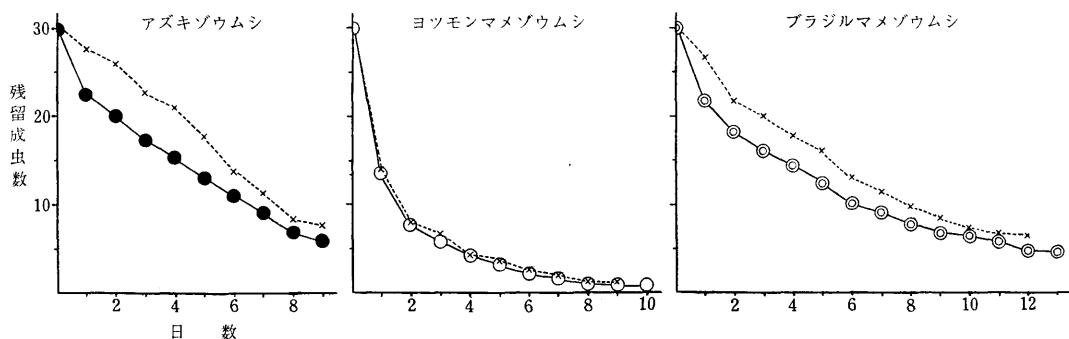
3 開放および閉鎖容器における次代の羽化数

A 単独種の場合

開放容器における成虫の脱出行動が、容器内のアズキに対する産卵数にどのような影響を与えるかを、次代の羽化数を目やすとして調査した。単独種の場合の結果は第7図に示すとおりである。

アズキゾウムシ——調査した成虫密度の範囲内においては、各密度区とも開放・閉鎖両区間で次代の羽化数に有意差が認められず、いずれも成虫15対区では450個体内外の次代成虫が羽化し、30対区以上では700個体内外で平衡に達した。

ヨツモンマメゾウムシ——いずれの密度区も開放区における次代成虫の羽化数は、閉鎖区の場合よりも有意に少なかった。閉鎖区の場合は30対区における羽化数を頂点として60対区では密度効果のために再び減少を示したのに対し、開放区では15対区から60対区までほぼ直線的に次代羽化数が増加したが、その個体数は最大の60対区でも、閉鎖区における15対区の羽化数より



第6図 アズキが汚染されている場合の成虫の残留曲線(30対区)

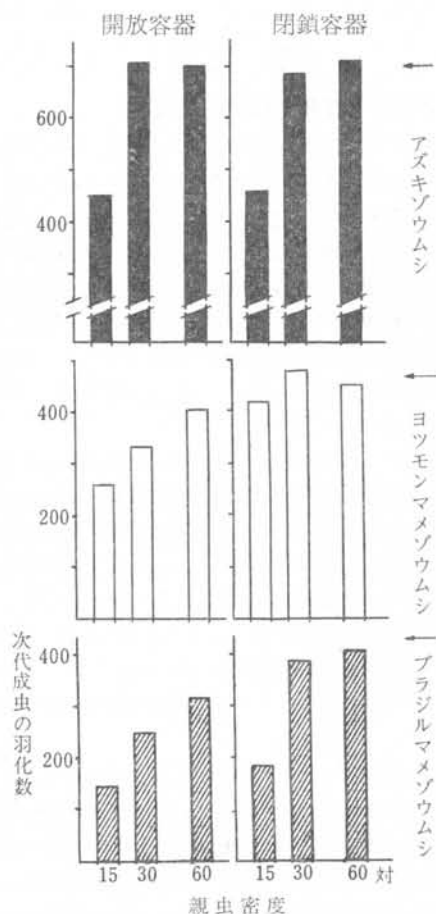
×印はそれぞれアズキが新鮮な場合の残留曲線。いずれも雌雄平均値を3例について平均したもの。

は少なかった。

ブラジルマメゾウムシ——ヨツモンマメゾウムシと同様に開放区における次代成虫の羽化数は、いずれも閉鎖区の場合よりも有意に少なかった。閉鎖区では 30 対区以上で羽化数が平衡状態となり、開放区では親虫密度の増加とともにほぼ直線的に羽化数も増加したが最大の 60 対区でも次代は約 300 個体で閉鎖区の同密度区の 400 個体よりもはるかに少なかった。

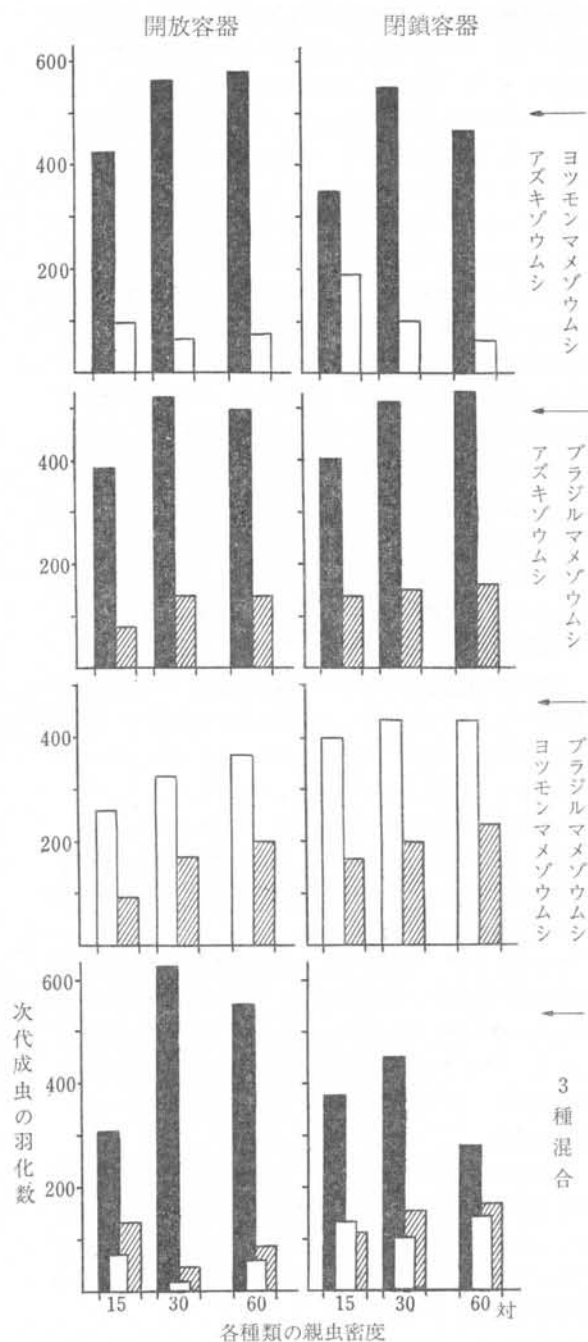
B 2 種以上混合の場合

開放容器および閉鎖容器にマメゾウムシを 2 種以上組み合わせさせて入れた場合の次代成虫の羽化数は第 8 図に示すとおりである。



第 7 図 開放および閉鎖容器における各マメゾウムシの次代の羽化数 (3 区平均による)

黒棒：アズキゾウムシ，白棒：ヨツモンマメゾウムシ，斜線棒：ブラジルマメゾウムシ



第 8 図 親虫を 2 種以上混合させた場合の開放および閉鎖容器における各マメゾウムシの次代の羽化数 (3 区平均による)

黒棒：アズキゾウムシ，白棒：ヨツモンマメゾウムシ，斜線棒：ブラジルマメゾウムシ

アズキゾウムシ+ヨツモンマメゾウムシ——閉鎖区に
おいては、アズキゾウムシは 30 対区で次代羽化数が最大となり、60 対区では再び減少を示し、ヨツモンマメゾウムシは親虫密度の増加に従って羽化数が逆に減少した。また、両種ともいずれの密度区も単独種の場合（第 7 図）よりも羽化数が減少したが、その減少率はアズキゾウムシが 25～35 % にとどまったのに対し、ヨツモンマメゾウムシは 80～90 % と大きく減少した。

開放区も閉鎖区と似た傾向が認められたが、アズキゾウムシは単独種開放区の場合と比べて次代羽化数は 15 対区ではほとんど差がなく、30 対区で 20 %、60 対区で 15 % の低下が認められた。ヨツモンマメゾウムシは単独種の場合よりも大きく次代羽化数が減少し、その減少率は 60～80 % におよんだ。

さらに 2 種混合の開放・閉鎖区における両種それぞれの次代羽化数を比べると、アズキゾウムシではいずれの密度区も開放区の方が羽化数が増加し、ヨツモンマメゾウムシでは逆に減少した。この結果、両種の羽化数の差は開放区でより大きく開いた。

アズキゾウムシ+ブラジルマメゾウムシ——閉鎖・開放両区とも、
アズキゾウムシは単独種の場合に比べて次代羽化数の低下は 15 対区では認められず、30 対区以上でも 12 % 内外にとどまったが、ブラジルマメゾウムシは閉鎖区で単独種の次代羽化数よりも 25 %（15 対区）～60 %（30・60 対区）減少し、同様に開放区でも単独種開放区の場合よりも次代羽化数が 45 %（15・30 対区）～55 %（60 対区）減少した。

ヨツモンマメゾウムシ+ブラジルマメゾウムシ——閉鎖区
の次代羽化数は単独種閉鎖区の場合と比べてヨツモンマメゾウムシではわずかに 3～9 % の低下にとどまったが、ブラジルマメゾウムシでは 15 対区（10 % 低下）を除き、30 対区以上では 45 % 内外の大きい減少率となった。

開放区でも同様にヨツモンマメゾウムシでは 15・30 対区では単独種開放区の場合と比べて次代羽化数に差がなく、60 対区でもわずか 10 % の低下にとどまったが、ブラジルマメゾウムシではいずれの密度区も 35 % 内外の羽化率の低下を示した。

3 種混合——閉鎖区の次代羽化数の減少率はそれぞれ単独種閉鎖区の場合と比べてアズキゾウムシでは親虫密度の増加に従って 20, 35, 60 % と漸次大きくなったが、3 種のうちでは低下率をもっとも低かった。ヨツモンマメゾウムシは各密度区とも約 70～80 % の低下となり、ブラジルマメゾウムシは 15 対区で 40 %, 30 対区

以上で 60 % 内外の低下率を示した。

開放区における次代羽化数も同様に単独種開放区の場合と比べてアズキゾウムシでは親虫密度によって約 10～30 %, ヨツモンマメゾウムシでは 75～95 % のそれぞれ低下を示し、ブラジルマメゾウムシも 15 対区では 7 % の低下であったが、30 対区では 80 %, 60 対区では 75 % とそれぞれ大きく羽化数が低下した。

また、混合種の閉鎖・開放両区を比べると、いずれの種類も 15 対区では明瞭な特徴は見られなかったが、30・60 対区では開放区の羽化数が閉鎖区よりも顕著に増加し、ヨツモンマメゾウムシとブラジルマメゾウムシではそれぞれ単独種の場合と同様に開放区の羽化数が減少した。

考 察

1 アズキの有無と成虫の脱出

この実験で脱出行動調査のために使用したアズキ容器は、脱出のための穴がふたの中央にあけてあるため、壁面や天井面を歩行する性質が少ない昆虫にとっては脱出しにくい構造である。しかし、この容器にアズキを入れないで成虫を放した場合には例外的な初期死亡個体を除く全個体が短期日で容器外へ脱出し、脱出数一時間（日数）の関係（残留曲線）も種間による差がなく、いずれも脱虫数が等比級数的に減少した。この事実からつぎのことが推定できる（第 2 図）。

①各種類とも空容器の場合は脱出は機会的におこなわれ、1 日間の脱出個体数は容器内の残留個体密度に依存する。②このことからいずれの種類も側壁・天井歩行の性質、移動距離、個体干渉などについてはアズキのない場所においてはほぼ類似していることが推定される。

③雌雄の行動上の関係については不明であるが、各種類とも両者の残留曲線に有意差が認められなかった点から、アズキのない場所における行動上の雌雄関係は相対的に似ていると解される。

つぎに容器にアズキが入れてある場合の各マメゾウムシ成虫の脱出行動についてみると、いずれの種類も脱出行動が終る（容器内に生存個体がなくなる）までの期間は、それぞれの成虫の平均寿命よりは短かったが、空容器の場合よりも顕著に延長を示し、また空容器の場合には例外的であった残留死亡個体が増加した。これらの事実はつぎのことを示すものと思われる（第 3 図）。

①アズキの存在は各マメゾウムシ成虫に対してその場所からの離脱行動を制限する作用を持つ。②短命の個体

はアズキから離脱することなく死亡することもある。③しかし、各種類とも少なくとも平均寿命よりも長命の個体は結局はアズキから離脱して分散する。④アズキ量が一定の場合は脱出期間は最初の成虫密度に依存せず、種類によってはほぼ一定である。

2 残留曲線の解析

各マメゾウムシの残留曲線（アズキ容器内の残留個体数の日変化）は第3図、第1表に示したとおり、全期間の差はあるが、アズキゾウムシとブラジルマメゾウムシは直線的に、ヨツモンマメゾウムシは等比級数的な傾向を示した。

ここで、このような残留曲線が規定されるいろいろな要因を想定して、模式的な曲線を作ると第9図のようになる。事実はこれらの各要因が複合されて残留曲線を形成する場合が多いであろうし、曲線型の合致から単純に一要因を指摘することはできないが、一応他の昆虫でもこれらのいずれかの要因またはその複合が脱出の原因になっていると思われる。

マメゾウムシ類で、アズキがない場合に各種類とも残留曲線が等比級数的になったことは、前述のように明らかに脱出が機会的におこなわれたこと（第9図1）を示すものと思われるが、アズキを入れたことによって生じた各種類の残留曲線の変化について、増殖率とも考え合わせて以下少々の考察を加えることとする。

3 単独種の場合の残留曲線と増殖率

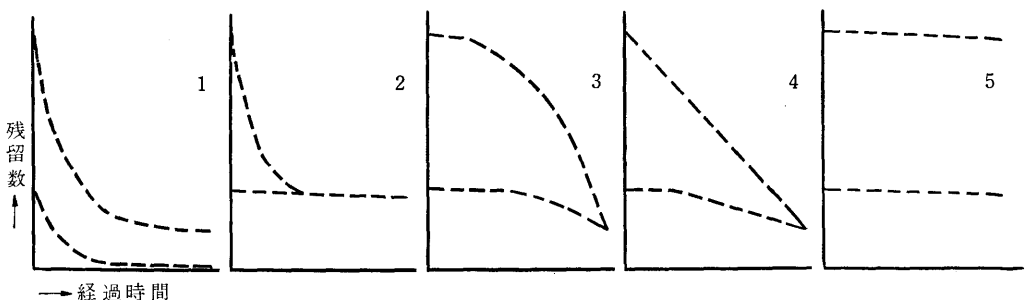
アズキゾウムシ——アズキゾウムシの残留曲線が直線的傾向を示したことは、脱出個体によって残留個体数が漸次減少してゆくにもかかわらず、毎日の脱出数が各密

度区によってほぼ一定していること、いいかえれば時間の経過とともに残留個体数に対する脱出率が等比級数的に増加したことを示すものである。

アズキゾウムシがこのように末期ほど脱出率が増加した原因としては、一応アズキの汚染、交尾・産卵の終了などが脱出行動に関与していることが推測される。

まず、アズキの汚染と脱出との関係については、最初からすでに汚染させてあるアズキを使用しておこなった実験（第6図）において、新鮮なアズキの場合よりも初期の脱出数が明らかに増加し、脱出がよりすみやかにおこなわれた点から、残留曲線の直線的移行の原因として明らかにアズキの生物的汚染が一因となっていることが推定される。また、アズキの汚染がゆるやかにおこなわれる低密度区において、初期の脱出数が少なく、わずかに逆S字型の残留曲線となった（第3図）こともこれを示唆するものであろう。

つぎに、交尾・産卵の終了と脱出行動の関係については、開放容器において成虫が脱出してゆくにもかかわらず、次代の羽化成虫数が各密度区とも閉鎖容器の場合と有意差がなかった（第7図）点から、脱出は次代の増殖率に重大な影響を与えていないこと、いいかえれば脱出によって成虫数が減少しても産卵は閉鎖環境の場合と同程度に有効におこなわれたことが明らかで、雌の脱出個体はすでにある程度の産卵を終了したものであることが推定され、同様に雄も脱出前に交尾を有効におこなっていることが推定される。ただし、アズキゾウムシの産卵数と次代羽化数の関係は、一度次代羽化数がピークに達すると、それ以上卵数が増加してもほぼ平衡状態に達し、密度効果による羽化数の減少は緩慢になるので、産卵数の調査をおこなわなかった本試験からは、30対区



第9図 餌場または産卵場所における残留曲線の模式図（いずれも点線は上が高密度、下が低密度の場合）

- 1 機会的に離脱行動が起る場合。
- 2 餌（または産卵場所）の量によって残留密度が規定される場合。
- 3 産卵、摂食行動の終了によって離脱行動が起る場合。
- 4 環境の汚染（生物的条件づけ、餌の汚染など）によって離脱行動が起る場合。
- 5 昆虫に集合性があるか、餌（または産卵場所）の誘引力が極めて強い場合。

以上で平衡に達した開放・閉鎖両区における次代羽化数の合致が必ずしも産卵数の近似を意味するものではないが、羽化数の少ない 15 対区においても有意差がなかったことは上記の推定を裏付けるものであろう。

これらに対し、アズキ一定量に対する成虫の残留可能密度が存在し、個体干渉によって脱出数が規定されるという推定は、本種の残留曲線型、残留死亡個体数などの点からなりたちがたい。

ヨツモンマメゾウムシ——ヨツモンマメゾウムシの残留曲線はアズキゾウムシとは全く異なり、等比級数的傾向を示したが、このことは本種の脱出が、ある程度残留個体密度に依存しておこなわれることを示すものと思われる。しかし、これが脱出を規定するすべての要因ではないことは、アズキの存在によって空容器の場合よりも脱出期間が延長した点から明らかであるが、少なくとも本種は供試した 3 種のマメゾウムシの中ではもっとも産卵場所（アズキ）を離れやすい性質を持っていることがわかる。

なお、最初の 24 時間（第 1 日目）以内の脱出率が高密度ほど高率となったことは脱出行動が初期には密度調節的な意義を持つものとも考えられるが、最終的な残留死亡個体数が最初の個体数を反映して高密度区ほど多かった点から、アズキ一定量に対する残留可能密度の存在はうたがわしいと思われる。また、最初からすでに汚染させてあるアズキを使用して調査した残留曲線（第 6 図）が、新鮮なアズキを使用した場合と全く同様な傾向を示したことについては、ヨツモンマメゾウムシには成虫が一度はいり廻ったり産卵して生物的に条件づけられたアズキをさせて産卵する性質がある（吉田；1961，梅谷；1964）にもかかわらず、このようなアズキの汚染が成虫の脱出行動の要因とはなっていないことを示すものである。

つぎに、開放・閉鎖両容器における次代の羽化成虫数について見ると、供試密度の範囲内においては、いずれの密度区も開放容器における羽化数が、閉鎖容器の場合よりも有意に少なく、開放容器における成虫の大量脱出が、産卵数をいちじるしく減少させることがわかる（第 7 図）。閉鎖容器においては 30 対区で羽化数がピークに達し、60 対区では密度効果の影響で逆に減少を示したが、ヨツモンマメゾウムシの 1 雌当りの産卵数はアズキゾウムシよりもやや多いにもかかわらず、過剰産卵による密度効果の影響はよりいちじるしく、羽化数のピークがアズキゾウムシで 700 個体前後であるのに対し、ヨツモンマメゾウムシでは 500 個体前後とかなり少なくな

る。しかし、それ以下の産卵数の場合は両種ともに次代の羽化数は卵数を反映して増加するので、開放区のヨツモンマメゾウムシの産卵数は 60 対区においても過剰密度に達していないことは明らかである。これに対して閉鎖区においては 30 対区以上で産卵数が過剰になっていることが推定され、開放・閉鎖両区における事実上の産卵数の開きは羽化数で見られるよりもはるかに大きいものと思われる。これらの事実は本種の脱出行動が、産卵・交尾の終了ともあまり関係なくおこなわれていることを示すものであろう。

以上の点からヨツモンマメゾウムシはアズキの存在によって多少は脱出しにくくなるものの、なお機会的に脱出する性質も強く持っていることが推定される。実験的におこなった本種の産卵場所からの脱出行動を、ただちに自然状態下における行動と関連づけるのは危険ではあろうが、ヨツモンマメゾウムシの残留曲線は本種が脱出可能な場所においては産卵場所から外部に分散しやすいこと、および結果的にこのような条件下においては次代の幼虫の生息密度が過剰になりにくいことを示唆するように思われる。

ブラジルマメゾウムシ——ブラジルマメゾウムシの残留曲線は 60 対区において後半の脱出数がやや減少し、一見アズキゾウムシとヨツモンマメゾウムシの中間的な型を示したが、曲線型はいずれの密度区も回帰直線式とよく適合した。このことは本種もまた脱出行動がアズキゾウムシと似た要因に支配されていることが考えられる。

まず、アズキの汚染と脱出行動の関係については、最初からすでに汚染させてあるアズキを使用しておこなった実験（第 6 図）においてアズキゾウムシの場合と同様に新鮮なアズキよりも脱出数が増加した点から、本種の脱出行動にアズキの汚染が関与していることが容易に推定できる。

つぎに、開放・閉鎖両容器における次代羽化成虫数を比較すると、その傾向はヨツモンマメゾウムシの場合と似て、開放区において各密度区とも羽化数が顕著に減少し、成虫の脱出行動が産卵数を減少させたことが明らかである（第 7 図）。このことは、脱出個体のうち雌は産卵の終了が脱出の原因とはなっていないことを示すものと思われる。

以上を要約すれば、ブラジルマメゾウの脱出行動は、アズキゾウムシと同様に時間の経過にともなうアズキの生物的条件づけが大きな関係を持ち、雌はヨツモンマメゾウムシと同様に産卵の終了・未終了とは関係なく脱出

してゆくといえよう。なお、雄の脱出行動と交尾の終了との関係については不明であるが、雌との関連において雄もまた交尾の有無と脱出はとくに関係がうすいように思われる。

以上、それぞれの種類の開放環境における脱出傾向と脱出個体の次代の増殖に及ぼす影響について述べたが、類似の研究として河野 (1952) が 20 g の玄米にコクゾウ *Sitophilus oryzae* (= *S. zeamais*) の成虫を入れて 36 時間にわたって脱出行動を調査し、その時間分散曲線の数学的解析をおこなった。この報告ではコクゾウを投入してただちにふたを取り去ると、恐らくは投入時の衝撃的な影響によって大部分の個体が脱出し、これを防ぐためには残留個体数が安定する投入後 16 時間以上密閉しておく必要があることを述べた。この装置は平面から脱出できるように設計されているため、筆者の実験とは異なるが、マメゾウムシ類にはこのような現象は認められなかった。また、コクゾウの場合は分散と時間の関係が単一の直線とはならず初期と後期の 2 本の直線関係になることを報じている。マメゾウムシ類の場合はこのような短時間内の脱出傾向は調査していないが、長時間の脱出傾向ではわずかにブムジルマメゾウムシにおいてやや似た傾向が見られただけでコクゾウの場合とはかなりちがっているように思える。とくにコクゾウの脱出曲線が各密度区とも同様な曲線変化を示した点については各種マメゾウムシの場合も同様であったが、河野の指摘した残留個体数が、平衡に達したときの密度が最初の投入密度で異なる (高密度ほど多くなる) 点についてはマメゾウムシ類では確認できなかった。マメゾウムシ類で高密度区ほどアズキ容器内の総死亡個体数が増加したのは、単に密度を反映した死亡数の増加にもとづくもので、平衡状態を意味する指標とは考えられない。

伊藤 (1952^{a,b}, 1953) はダイズアブラムシ *Aphis glycines* ほかに数種のアブラムシ類の増殖を調べ、ある葉の虫の密度が高くなりすぎると多数が他の葉に移動し、これによって個体群の平衡が維持されることを報告し、Voûte (1937) もコクゾウで密度が高いほど他への移動率が大きくなり、より高密度の場合は移動によって低密度の場合よりもかえって個体数が少なくなることがあることを報じた。また、森下 (1950) も野外でヒメアメンボ *Cerris lacustris* の集団を観察し、密度の増大は移動分散をうながすことを指摘した。マメゾウムシ類の成虫の場合はヨツモンマメゾウムシだけ高密度ほど初期の脱出率が大きく、その脱出行動に密度調節的な意義が存在する可能性が残されただけで、他の 2 種は、最初の密

度に算術級数的に脱出数が支配され、上記のいずれの例とも合致しない。

また、渡辺ら (1952) は 80×80 cm の広さの紙の上に 100 cm² 当り 62 個のダイズを一樣にまき、その中へアズキゾウムシを密度 (50~2000 個体) や配置を変えて放し、約 20 時間にわたって分散行動を調査した。その結果、分散は常に at random になろうとする方向に向うこと、および紙より外への分散は初期密度が高いと 1~2 時間で多数が脱出し、時間の経過とともに脱出個体数が少なくなり、残留個体数は次第に一定値に近づくことを報告している。筆者のおこなった実験は、この報告とは時間の単位がちがうのでそのまま対比させることはできないが、アズキゾウムシの短時間内における行動にこのような性質があるとすれば、2 日目以後においても脱出率がさらに増加していった筆者の結果とは異なる。この原因は実験装置のちがいによるものかも知れないが、今後検討したいと思う。

結局、筆者の実験ではマメゾウムシ類はアズキに誘引される性質があり、開放環境下ではアズキの存在が残留期間を延長させるが、アズキの集合は同時に分散行動にもつながり、各種類ともアズキの単位量に対する成虫の最適密度の存在は知ることができなかった。

ただ、開放環境における次代の羽化数は、アズキゾウムシを除く 2 種では閉鎖環境の場合よりも明らかに減少し、結果的には脱出行動が過剰密度による増殖率の低下をさける作用を持つことがわかった。これに対してアズキゾウムシの脱出行動はある程度産卵の終了と関係があり、開放環境においても次代の羽化数はあまり減少しないが、本来、幼虫の過剰密度による次代羽化数の減少はこの程度の密度ではかんまんな種類であるので、この性質は開放環境においても常に最高の増殖率を維持できることを意味する。この点に関する限りにおいては 3 種のマメゾウムシ類のうちではアズキゾウムシが貯穀害虫としてもっとも適応した性質を持っているということができよう。

なお、残留曲線型が異属のアズキゾウムシとブラジルマメゾウムシで似た傾向を示し、アズキゾウムシと同じ *Callosobruchus* に属するヨツモンマメゾウムシのそれはかなり異なった点は興味深く、あるいは脱出行動は各種類とも非系統的な性質に由来するものかも知れない。

4 2 種以上混入させた場合のそれぞれの種の残留曲線と増殖率

残留曲線——2 種以上混合させて開放容器に放虫した

場合でも、それぞれの種の残留曲線は単独種の場合と基本的には似た型を示し、他種の混入によって脱出傾向が大きくみだされることはなかった（第4, 5図）。ただ、単独種の場合は各密度区における3回反覆区間においても残留曲線の変動は少なかったが、混合種の場合は反覆区間においてやや変動が大きく、その結果平均値で示した第4・5図においても部分的に各種類の残留曲線が、それぞれの種の基本型（第3図）よりもややみだれを生じた。とくにブラジルマメゾウムシと混合した場合のアズキゾウムシの60対区、ヨツモンマメゾウムシと混合した場合のブラジルマメゾウムシの15・60対区、同じくこの場合のヨツモンマメゾウムシの15対区、3種混合した場合のアズキゾウムシの15対区、同じくブラジルマメゾウムシの60対区などにおいて残留曲線のみだれが目立つが、この点はあるいは他種の影響にもとづくものとも思われる。しかし、これらの部分部な脱出数のみだれも、それぞれの種の基本的な残留曲線から大きくはずれることはなく、反覆回数の増加によって容易に消去されるものと推定される。

上記の事実、供試した各マメゾウムシが同一の産卵場所に他種と混生している場合でも、成虫の離脱に当たっては他種の干渉を受けることは少なく、むしろ前記したそれぞれの種の脱出要因に強く支配されていることを示すもので、クロス型（桐谷；1956）の生活型を持つマメゾウムシ類の一般的特徴とも思える。

しかし、脱出行動以外の増殖率、寿命などについては2種以上の混生の影響は強く現われる。増殖率については後述するが、寿命については一部の区でアズキ容器内における死亡個体数の増加によって、他種との混生による影響が明らかに認められた。混生による残留死亡個体数の増加は30対区以下の少密度区では各種類ともふれの大きさも起因して明瞭ではなく、わずかに3種混合区におけるブラジルマメゾウムシの死亡個体数の増加が目立つ程度であるが、60対区ではブラジルマメゾウムシと混合した場合のアズキゾウムシを除いて、いずれの場合もそれぞれ単独種の場合よりも顕著に死亡個体数が増加を示した。とくにそれはブラジルマメゾウムシにおいていちじるしく、いずれの他の種類と組み合わせた場合でも死亡個体数は単独種の場合の3倍前後に急増した。これらの原因については不明であるが、他種の混入によって認められた活動の活発化なども寿命を短縮させた一因と思われる。観察では混合区の場合、末期になるといずれの種類も残留個体の活動が不活発になり、アズキ粒上に静止する個体が多くなるのが認められた。このような

個体は結局脱出することなく死亡するので、末期の残留個体は単独種の場合とちがって、寿命も末期の個体で占められていることが推定される。混合区においてそれぞれの残留曲線が末期にやや平衡状態となる傾向はこのことに起因するものと思われる。

つぎに次代の増殖率については、開放・閉鎖両区ともいずれの種類も他種との混合によって単独種の場合よりも次代の羽化数が減少し、混合させた各種が何かの形で相互に影響し合っていることがわかった。しかしその影響がもっとも少なかったのはアズキゾウムシで、とくに2種混合させた場合の開放区では羽化数の減少はわずか5～20%にとどまった。これに対してアズキゾウムシと混合させた他種は次代羽化数が大幅に減少した。3種混合の場合もこの傾向に变りはなかったが、閉鎖区においては低密度区の場合にわずかにヨツモンマメゾウムシもブラジルマメゾウムシも羽化数が増加し、アズキゾウムシはとくに3種混合区の高密度区において35～60%の減少を示した。これらのことは閉鎖容器において強制的に産卵させた場合でも次代の増殖はアズキゾウムシがもっとも有利であるが、成虫が脱出可能な場所においては、さらに有利になることを示している。これに対し、ヨツモンマメゾウムシとブラジルマメゾウムシはアズキゾウムシと混合した場合はともに同程度に次代の増殖がいちじるしく不利になり、とくに開放環境においては一層不利になることが推定できる。

吉田（1957）はアズキゾウムシとヨツモンマメゾウムシを同一容器の中で継続飼育し、同一条件の場合は常に数世代でヨツモンマメゾウムシが絶滅し、アズキゾウムシの単独個体群となることを明らかにし、その原因としてヨツモンマメゾウムシが高密度の増殖抑制作用にたえる能力が乏しいことを推定した。また吉田（1960）は同じく、この2種が混生することによって全体の産卵数が低下する（いずれか少なくとも一方の種の産卵数が減少することを見出した。上記の結果は種間競走においてアズキゾウムシが常に有利とする吉田の説を裏付けるとともに、閉鎖区におけるアズキゾウムシの増殖率の結果から、他種による産卵数の低下があるならばそれはヨツモンマメゾウムシにおいてより大きく、開放環境においてさらに産卵数が少なくなることが推定される。ブラジルマメゾウムシも、筆者が別におこなった実験では種間競走において常にアズキゾウムシよりも不利であった。このことも上記の増殖率における結果と一致する。

ヨツモンマメゾウムシとブラジルマメゾウムシの関係については前記のように両種を混合させるとヨツモンマ

メゾウムシの次代羽化率の低下は単独種の場合に比べて開放・閉鎖両区ともわずかに 10 % 以内でとどまったのに対し、ブラジルマメゾウムシはより高い低下率を示した。このことは明らかに何かの形でヨツモンマメゾウムシの影響がより強いことを示すものである。ブラジルマメゾウムシは 3 種の中ではもっとも 1 雌の産卵数が少ない種類ではあるが、単独種の場合は親虫密度が増加しても 1 雌当りの産卵数の減少は少なく、この点ヨツモンマメゾウムシの方がより密度効果の影響を受ける。また、前記のように単独種開放容器の場合はブラジルマメゾウムシの増殖率が低下し、原因は成虫脱出による産卵数の低下によることが推定されたが、ヨツモンマメゾウムシと混合産卵させた場合にはさらに増殖率が低下する原因についてはこの実験の範囲では明らかにできない。しかし、両種混合区の増殖率から少なくともヨツモンマメゾウムシはブラジルマメゾウムシと混合しても、開放・閉鎖両区ともそれぞれ単独種の場合と比べて産卵数に大幅な変動はなかったことが推定される。また同様に幼虫の生育に当ってヨツモンマメゾウムシは自種の密度効果の影響を大きく受けるが、ブラジルマメゾウムシとの混生による密度増加の影響は少ないことも推定できる。これに対してブラジルマメゾウムシの場合はこの関係は逆になるようであるが、そのほか、開放区の低密度区（15 対区）においても増殖率が大幅に低下した事実は、やはり開放区において単独種の場合に比べて産卵数そのものもさらに減少していることを想像させる。ところが、この両種の関係は、これにアズキゾウムシが関与（3 種混合）することによって逆転し、ブラジルマメゾウムシの増殖率の低下が単独種の場合に比べてわずかながらヨツモンマメゾウムシよりも少なく、実数でも第 8 図に示したように閉鎖 15 対区以外はヨツモンマメゾウムシを越えた。この原因は第 3 の種であるアズキゾウムシの混入によって、ヨツモンマメゾウムシとブラジルマメゾウムシの相互干渉が弱まり、より強い影響力を持つアズキゾウムシとの関係に置き換えられたと見るべきであろう。この結果もアズキゾウムシが他の 2 種に対して同一餌場においてもっとも有勢な種であることを意味するものと思われる。

しかし、3 種混合区の高密度ではアズキゾウムシも次代の羽化数がかかなり低下を示した。これは明らかに脱出不能な他の 2 種の産卵により、アズキ全体の幼虫密度が極度に高くなった結果、アズキゾウムシもまた他種の影響を強く受けたものと解される。これに対して開放区においてはアズキゾウムシの次代羽化数が高密度区におい

ても大幅な低下は見られず、他の 2 種が単独種の場合よりもさらにいちじるしく羽化率が低下（73～95 %）した事実は、成虫の脱出による産卵数の減少以外に、アズキゾウムシの関与によって残留成虫の産卵数も制限されたことを示すものと思われる。

以上のように供試したマメゾウムシ類は 2 種または 3 種組み合わせることによっても、それぞれの種の基本的な残留曲線が大きく変わることがなかった。このことは少なくとも開放環境下における脱出行動に関する限りは前述のように他種の干渉をあまり受けることがないことを示すものと思われ、この点に関してはいわゆる GAUSE (1934) の仮説（近縁の 2 種は同じ場所にはすむことができない）に反し、かつ、各種の生活型が極めて近似している点からもこれはむしろ意外な結果であった。

しかし、残留個体については、その産卵行動に他種の個体の強い影響を受け、さらにその後の幼虫の生育にも影響を与えたことは、次代の羽化数の結果からも容易に推定できるが、一般的に開放容器の場合は閉鎖容器の場合よりも次代羽化数の種間差がよりいちじるしく現われた。そして、それはアズキゾウムシが関与した場合には常にアズキゾウムシに有利に展開し、本種が他種から受ける増殖抑制作用よりも他種に与える抑制作用の方がいちじるしく強いことを示した。

摘 要

アズキを加害する 3 種のマメゾウムシ（アズキゾウムシ、ヨツモンマメゾウムシ、ブラジルマメゾウムシ）を使用し、それぞれの成虫を密度を変えて単独または 2 種以上混合して半開放的な容器に入れ、成虫の脱出傾向と、次代の増殖におよぼす影響をしらべた。その結果はつぎのとおりである。

1 単独種の場合、容器の中にアズキがないと、いずれの種類も短期日に容器外に脱出し、残留曲線はいずれも密度依存的に等比数列に一致した。

2 容器の中にアズキがあると、いずれの種類も脱出期間（容器内に生存個体がなくなるまでの期間）が延長したが、いずれもそれぞれの種類の平均寿命よりは短かった。

3 アズキがある場合の残留曲線は種類によってつぎのような特徴が見られた。

直線——アズキゾウムシおよびブラジルマメゾウムシ
等比曲線——ヨツモンマメゾウムシ

4 実験の結果、各種類の残留曲線の成因として、ア

ズキゾウムシは時間の経過にともなうアズキの汚染と雌の産卵の終了が、ブラジルマメゾウムシはアズキの汚染が、ヨツモンマメゾウムシは産卵場所をはなれやすい本質的な性質がそれぞれ脱出行動に関係していることが推定された。

5 各種類それぞれの残留曲線型はかなり安定していて、2種以上を混入しても大きくみだれることはなく、脱出行動に関する限りは相互の干渉は少ないことが推定された。

6 開放容器における単独種の場合の次代の羽化数は、アズキゾウムシでは閉鎖容器の場合と有意差が認められなかったが、ヨツモンマメゾウムシとブラジルマメゾウムシは閉鎖容器の場合よりも有意に減少し、成虫の脱出が総産卵数に大きな影響を持っていることがわかった。

7 これらのことからアズキゾウムシは開放環境下においても常に最高の増殖率を保持できること、および他の2種は、開放環境下では結果的に高密度による密度低下がおこりにくいことが推定された。

8 2種混合した場合の次代の羽化数に及ぼす相互の増殖抑制作用は閉鎖・開放容器ともにつぎのような関係が認められた。

アズキゾウムシ》(ヨツモンマメゾウムシ)ブラジルマメゾウムシ)

同様に3種混合した場合はつぎのようになった。

アズキゾウムシ》(ヨツモンマメゾウムシ〈ブラジルマメゾウムシ)

この場合にヨツモンマメゾウムシとブラジルマメゾウムシの関係が逆になったのは、極めて強い強影響力を持つアズキゾウムシの関与によって、両種の関係が対アズキゾウムシとの関係に置きかえられたものと推定された。

9 2種以上混合した場合は上記のように次代の増殖率はアズキゾウムシにもっとも有利な結果となったが、これは開放容器でより顕著であった。

10 各種類とも残留死亡個体数から自然状態でのアズキの一定量に対する成虫の最適密度の存在を推定することはできなかった。

11 貯穀害虫化という点では以上の点に関しては3種のうちではアズキゾウムシがもっとも適応していることが推定された。

引用文献

GAUSE, G. F. (1934) The struggle for existence.

Baltimore; Williams & Wilkins: 163 pp.

伊藤嘉昭 (1952^a) アブラムシ数種の増殖型式——特に棲息密度と移動との関係について. 個体群生態学の研究, **1**: 6~48.

伊藤嘉昭 (1952^b) ムギのアブラムシ類の増殖と移動. 応用昆虫, **7**: 169~176.

伊藤嘉昭 (1953) ダイズアブラムシの増殖と移動に関する研究, 第1-2報. 応用昆虫, **8**: 141~148.

桐谷圭治 (1955) 生態と環境との相互連関. 生物科学シンポジウム特集号: 55~58.

河野達郎 (1952) 時間-分散曲線 (昆虫の分散の実験的研究, 2). 個体群生態学の研究, **1**: 109~118.

森下正明 (1950) ヒメアメンボの棲息密度と移動. 京大理学部生理生態学研究業績, No. 65: 149 pp.

梅谷献二 (1966) マメゾウムシ類の比較生態学的研究, **I** アズキを加害する3種のマメゾウムシ類の卵分布と成虫の産卵行動. 植物防疫所調査研究報告, No. 3: 1~11.

VOÛTE, A. D. (1937) Bevolkingsproblemen II, Emigratie von *Calandra orizae* L. Naturk. Tijdschr. Ned. Ind., **98**: 97~102.

渡辺昭二・内田俊郎・吉田敏治 (1952) 昆虫の分散と分布型の変化 (昆虫の分散の実験的研究, 1). 個体群生態学の研究, **1**: 94~108.

吉田敏治 (1957) アズキゾウムシとヨツモンマメゾウムシの競争. 宮崎大学学芸部紀要, **1**: 55~80.

吉田敏治 (1960) アズキゾウムシ-ヨツモンマメゾウムシ種間競争の産卵数, 孵化卵数への影響. 宮崎大学学芸部紀要, **10**: 17~31.

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. 宮崎大学学芸部紀要, **11**: 41~65.

Summary

The escaping behaviors of three species of bean weevils (*Callosobruchus chinensis* L., *C. maculatus* F., *Zabrotes subfasciatus* BOH.) which infest azuki bean (*Phaseolus radiatus* L.) were studied by caging various populations of adults in a semi-open petri dishes.

1. When each single species was caged in a semi-open empty petri dish, all the adults crept away in a period of few days. The number per day of the escaped adults was positively dependant upon the

number of the remaining adults of the preceeding day and a geometric retrogression curve was obtained between the lapse of time and the adults remaining in the petri dishes. The adults of each species remained longer in the petri dishes when caged with azuki bean. The number per day of the remaining adults of *C. chinensis* and *Z. subfasciatus* decreased in arithmetic proportion to the lapse of time, whereas *C. maculatus* showed a decrease in geometric retrogression.

2. The escaping behavior of *C. chinensis* seems to be mainly governed by the biological conditioning of azuki bean and the culmination of the oviposition of female adults. The biological conditioning is primarily responsible for the behavior of *Z. subfasciatus*, whereas the behavior of *C. maculatus* is mainly governed by its intrinsic tendency to avert the site of eggs deposited.

3. The basic pattern of the escaping behavior of each single species was not appreciably affected by the mixed caging of plural species.

4. No effect of the rearing in a semi-open cage upon the emergence of the subsequent generation was observed with *C. chinensis*, while a significant decrease in number of emergence was noted with the other

two species. It is assumed that *C. chinensis* could maintain its maximum reproduction ability in both closed and open environments.

5. The influence of mixed rearing of plural species upon the reproduction of each single species was consistently as follows:

Mixture of two species: *C. chinensis* > *C. maculatus* >
Z. subfasciatus.

Mixture of three species: *C. chinensis* > *Z. subfasciatus* > *C. maculatus*.

The reproduction efficiency of *C. maculatus* and *Z. subfasciatus* was reversed by the addition of *C. chinensis*. This may be ascribed to the unusually strong interference by *C. chinensis* which resulted into the attenuation of interspecific influence between the rest of two species.

6. *C. chinensis* reproduced consistently better than the other two species, and the difference was relatively more prominent in semi-open condition than in closed conditions.

7. As for as the escaping behavior of the three species is concerned, *C. chinensis* seems to be best adapted to the ecology of the stored grain pest.