

コクゾウ類 *Sitophilus* Complex の小型化と 棲み分けについて

尾原和夫*・安江安宣・河田和雄

貯蔵穀物の重要害虫としてよく知られているコクゾウ類 *Sitophilus* Complex の生理生態的形質については, Morrison (1964 a), Kiritani (1965), 桐谷 (1971) らの綜説にみられるように, 古くから膨大な研究が行なわれている. これらの諸形質のなかで, 特に個体群の平均発育期間, 齢別死亡率 (l_x) および齢別出生率 (m_x) を集約する指標として, Birch (1948) は個体群の内的自然増加率 (r) を定義した. 尾原・安江 (1975) は, 日本産のコクゾウ *S. zeamais* Motsch. およびココクゾウ *S. oryzae* L. について, 異なる温湿度条件のもとで r を算出し, これに基づき両種の地理的分布ならびに発消長について考察を加えた. また尾原 (1977) は, 両種の種間競争の結果が r の大小関係に依存するという Birch (1953 b) の報告を再確認し, r が同一になるような環境条件下においては, 両種が共存できることを実験的に明らかにした.

ところで, 吉田・河野 (1959), Kiritani *et al.* (1963) らによると, 両種は日本の南西部において同所的に棲息しており, この事実を説明するためには, r の比較だけでは十分とはいえない. そこで本報告では, Kiritani (1959) の提案したコクゾウ類の小型化という概念を指標にして, 両種の棲み分けについて考えてみたい.

本稿をまとめるにあたり, 農林水産省農業技術研究所 桐谷圭二博士に有益な示唆をいただいた. ここに深謝の意を表す.

実験材料および方法

実験に用いたコクゾウとココクゾウは, それぞれ下記の2系統からなる.

実験室系統: 岡山大学農業生物研究所害虫研究室において1955年より累代飼育しているもの. 飼育条件は温度27°C, 相対湿度70%の暗黒下で, 飼料として, 含水量を14%に調節した水稻品種「朝日」の玄米を使用した.

野外系統: 岡山県吉備郡真備町の農家から採集した成虫およびその子孫.

これらの系統について, 下記に述べる3系列の測定, 実験を実施した.

1. 内的自然増加率 (r) の算出

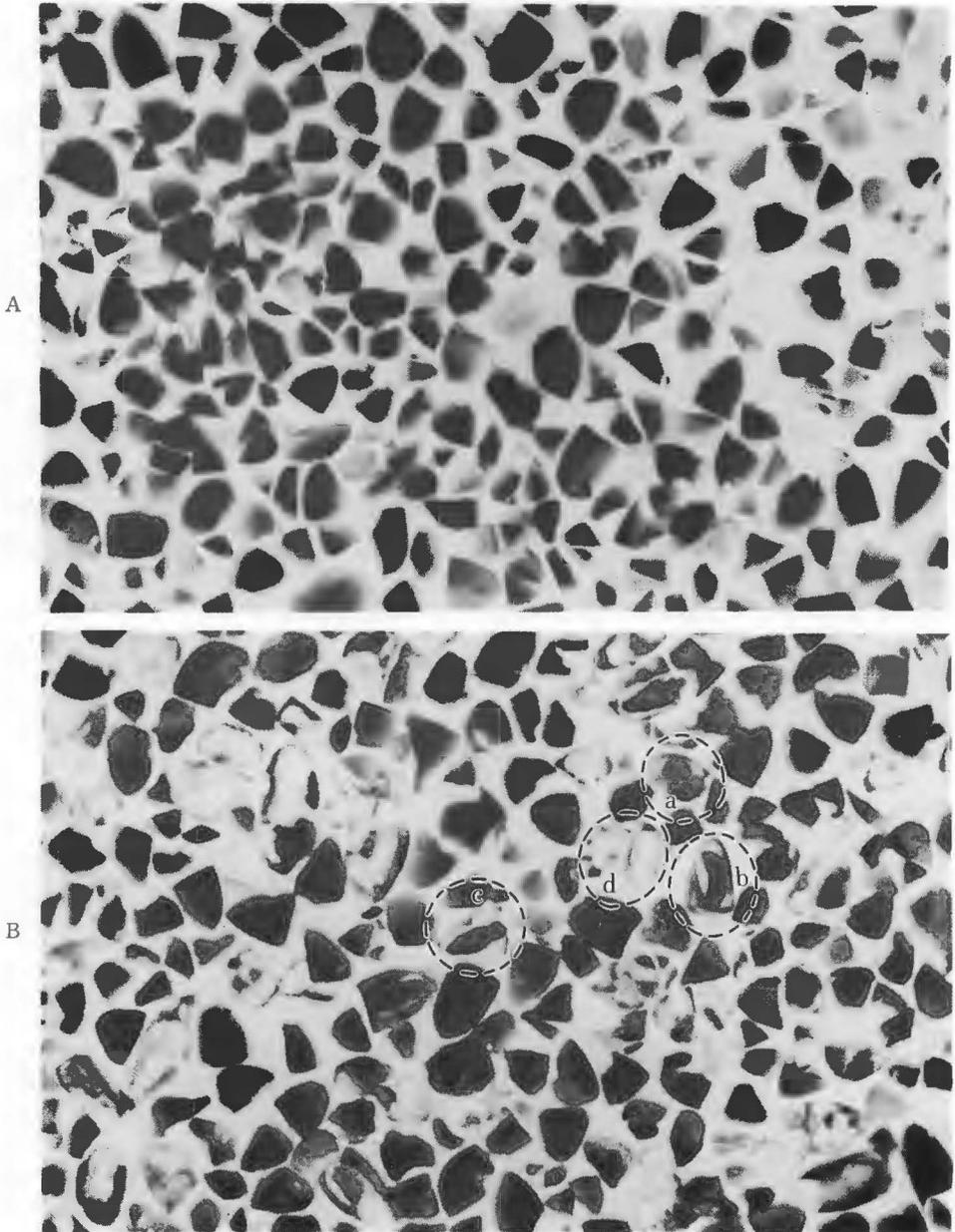
実験室系統では, r の算出方法 およびその結果についてはすでに尾原・安江 (1975) が報告しており, 野外系統についても同じ方法で算出した. 供試虫は1972年10月3日採集した成虫を実験室に持ち帰り, 実験室系統と同じ環境条件のもとで約100日間飼育し, その後羽化した成虫を使用した. 供試虫数は, コクゾウ雄: 90, 雌: 101, コクゾウ雄: 143, 雌: 144であった.

昭和56年1月6日受理

* 現島根県立吉賀高等学校

2. 体長分布の測定

実験室系統，採集後10世代実験室で飼育した野外系統，および1973年7月5日採集した直後の野外系統の成虫について体長（以下すべて口吻長を除く）の分布を，低倍率顕微鏡を用いて測定した。供試虫として，それぞれ80頭ずつを任意に選んだ。



第1図 破碎米中におけるコクゾウ類幼虫のX線写真（フィルムを印画紙に反転した）

A: コクゾウ……殆んど羽化虫のあとがみられない。

B: コクゾウ……a: 幼虫, b: 前蛹, c: 蛹, d: 成虫の脱出孔。

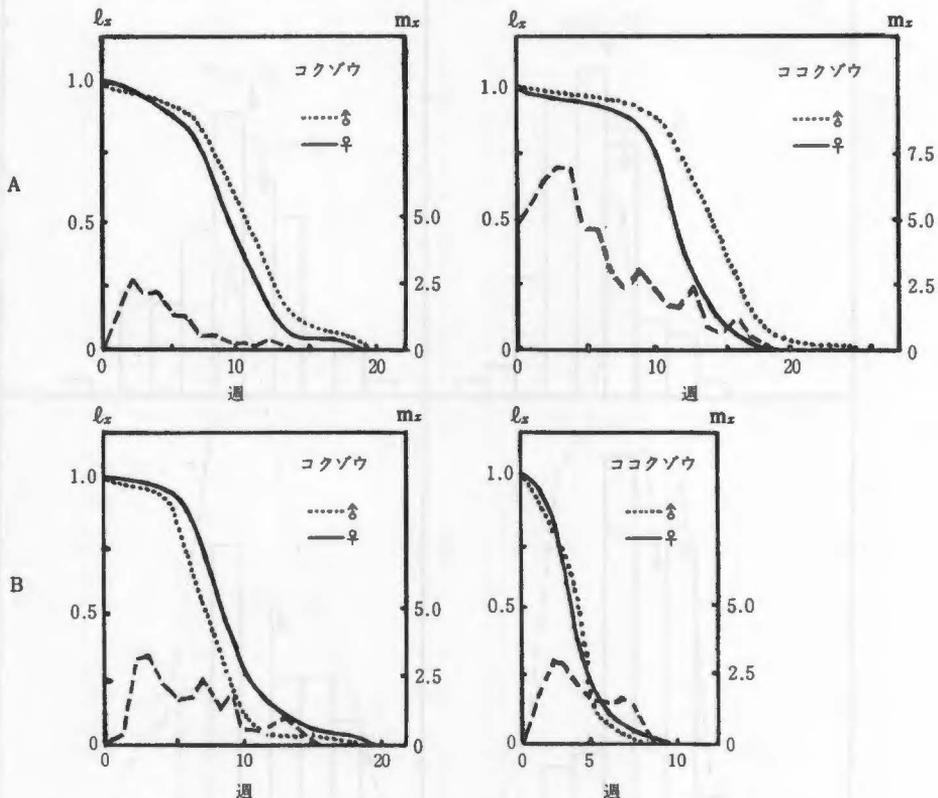
3. 小型化の実験

実験室系統について、第1図に示すような正常な米粒を2分の1程度に破碎した米粒で飼育し、世代を重ねるにしたがって体長分布がどのように変化するかを調べた。まず集団飼育しているものの中から任意にとりだした成虫雌と雄を親世代(P)とし、それぞれ80頭を50gの破碎米に数日間産卵させてから取り除き、体長の測定を行なった。つぎにこの破碎米から羽化した成虫を第1世代(G₁)とし、ふたたび新しい破碎米に移し、数日間産卵させた後取り除き体長を測定した。このような操作を第3世代(G₃)まで続行した。飼育条件は温度29°C、相対湿度75%とした。

実験結果

1. 内的自然増加率

温度29°C、相対湿度76%の飼育条件下における両種各2系統の齢別死亡率(l_x)と齢別出生率(m_x)曲線は第2図のようになり、野外系統ココゾウの l_x 曲線に著しい低下がみられた。また、平均発育日数および内的自然増加率は第1表に示した。これによる



第2図 29°C、76%湿度におけるココゾウ類2系統成虫の齢別死亡率(l_x)と齢別出生率(m_x)曲線

A(上段)は実験室系統、B(下段)は野外系統。

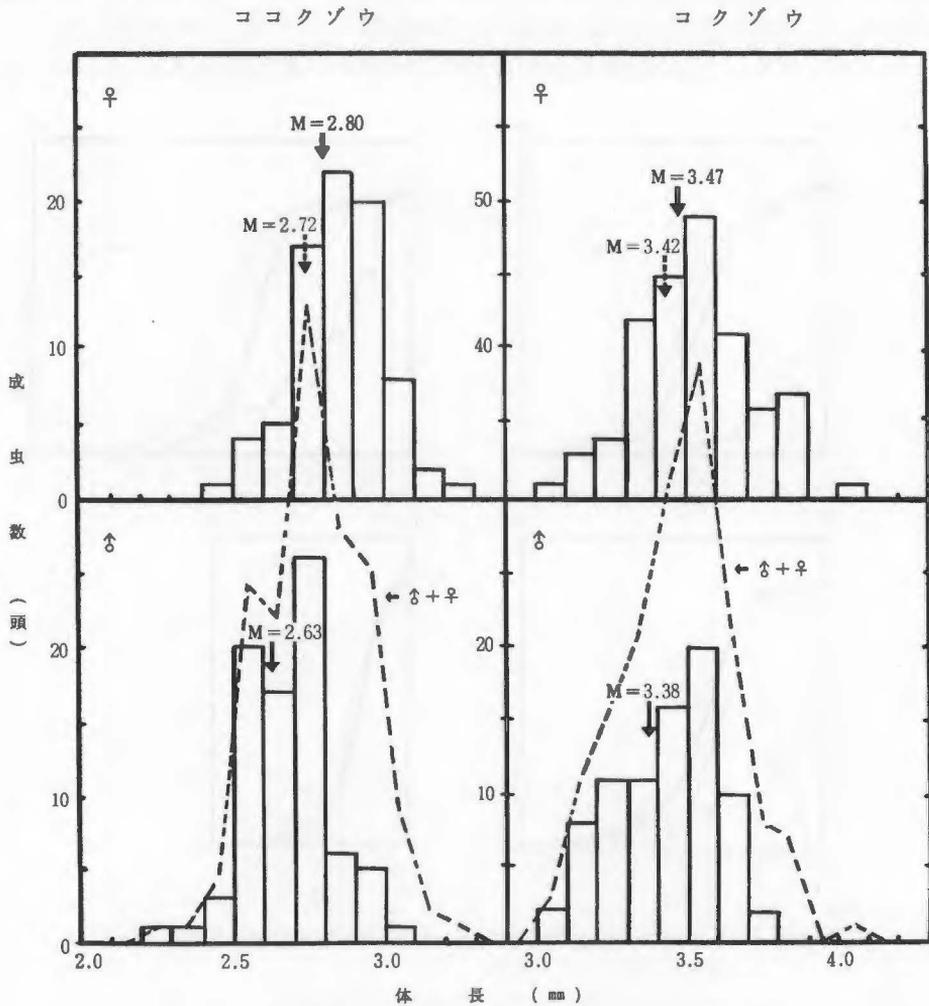
実線と点線は齢別死亡率、破線は齢別出生率を示す。

第 1 表 コクゾウ類の平均発育日数および 1 週間あたりの内的自然増加率

種 名	系 統	平均発育日数* (日)	内的自然増加率 (r)
コクゾウ	実験室系統	26.52±0.35	0.348
	野外系統	27.18±0.23	0.359
ココクゾウ	実験室系統	28.22±0.15	0.532
	野外系統	29.33±0.17	0.308

* 実験室系統は 30°C, 野外系統は 29°C, 相対湿度はいずれも 76% で飼育.

と, 野外系統ココクゾウの内的自然増加率は実験室系統にくらべて著しく低かった. この原因のひとつは, 小型化の結果食物の絶対量の不足からくる栄養不足や虫体積あたりの体長面積の増加に伴う水分蒸散量の増加による lx と m_x の低下と考えられる. 内的自然増



第 3 図 実験室系統コクゾウ類の体長分布 (矢印は平均値を示す)

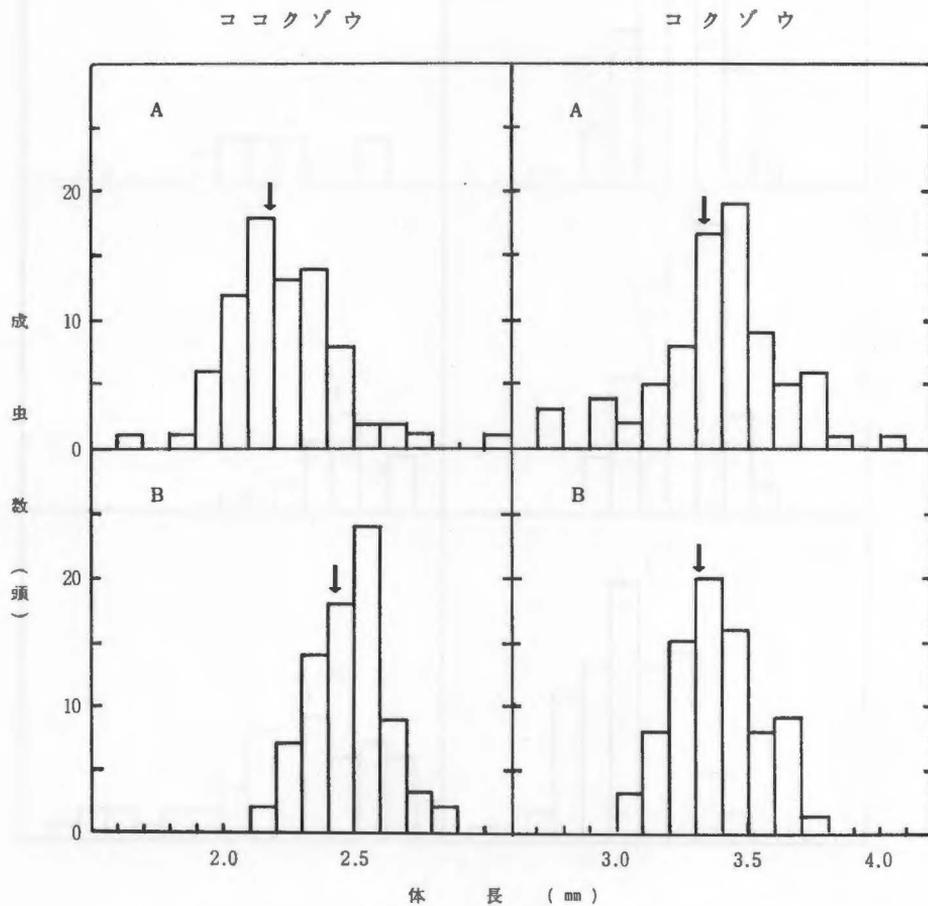
加率 (r) を決めるもうひとつの要素である平均発育日数をくらべてみると、実験室系統と野外系統との間には、飼育温度の差 (1°C) を考慮にいれると、有意な差は認められなかった。一方コクゾウの場合についてみると、野外系統雄成虫の \bar{L}_x がかなり低下した以外には両系統間には差はみられなかった。

第 2 表 コクゾウ類 2 系統の平均体長と平均体重

種 名		野外系統 A*	野外系統 B**	実験室系統
体 長 (mm)	ココクゾウ	2.18	2.43	2.72
	コクゾウ	3.34	3.33	3.42
体 重 (mg)	ココクゾウ	0.64	0.90	1.24
	コクゾウ	2.19	2.08	2.48

* 野外採集した成虫。

** A を実験室系統と同じ条件で飼育した 10 世代後の成虫。



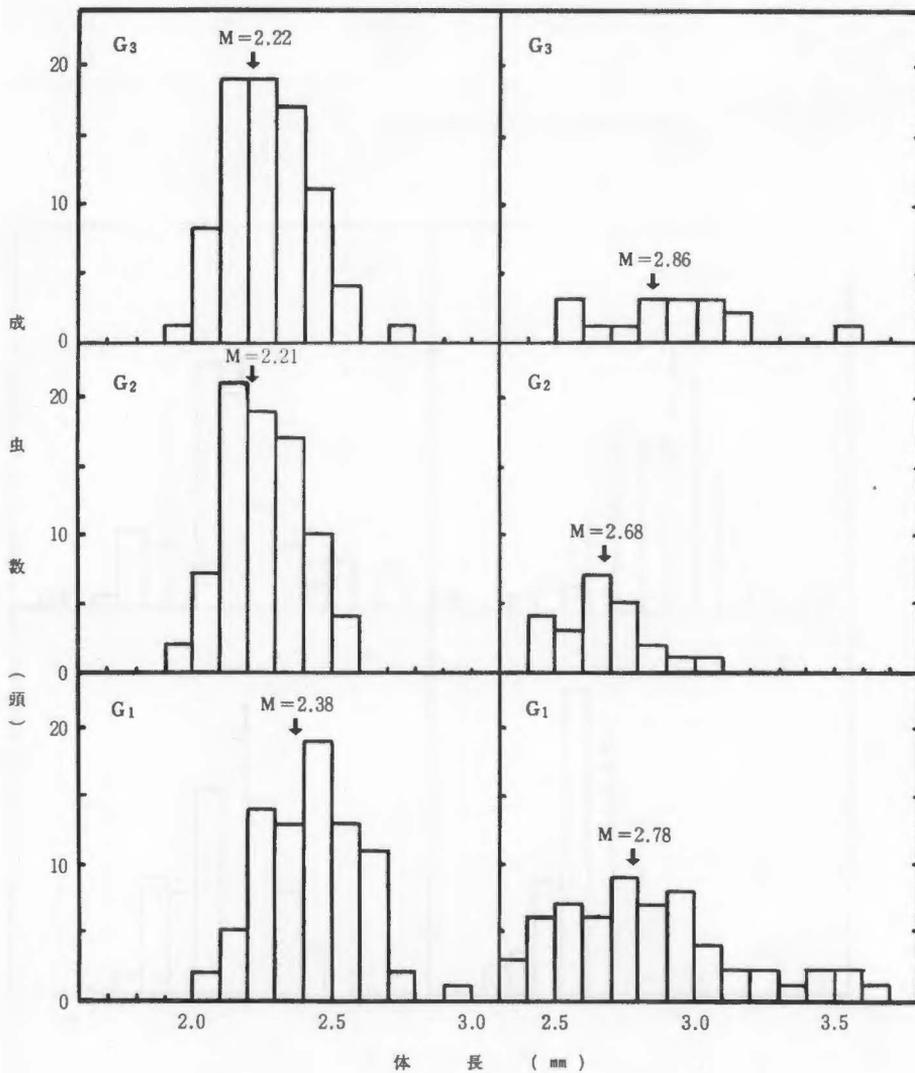
第 4 図 野外系統コクゾウ類 (A), およびその子孫 (B) の体長分布 (矢印は平均値を表わす)。

2. 体長と体重

コクゾウとコクゾウの実験室系統について体長の分布を第3図に示した。両種とも雄のほうがやや小さい方向に分布がずれている。しかし雌雄を合わせるとほぼ正規分布となっている。第2表および第4図から明らかなように、野外から採集した直後のコクゾウ類(A)は実験室系統にくらべて小型で体長の変異が大きい。特にコクゾウでは、平均体長が0.5 mmも小さく、平均体重は実験室系統の約2分の1であった。しかし、野外系統でも実験室内で約10世代飼育を続けたコクゾウ類(B)では、やや大型化し実験室系統の大きさに近づいた。このことは、一般に野外系統のコクゾウが生来小型であるとは

コクゾウ

コクゾウ



第5図 破砕米で飼育したコクゾウ類の体長分布の変化
(G₁~G₃は世代を示し、矢印は平均値を表わす)。

限らないこと、すなわち、実験室系統と異なる遺伝的系統ではないことを示している。たまたま本実験で測定した成虫が小型であったのは、採集場所の精米所で屑米のなかから多数発見されたためと考えられる。

3. 小型化の実験

コクゾウ類について、実験的にどこまで小型化ができるかを知るために、実験室系統を破砕米（小型米）で飼育したところ、第5図に示すようにコクゾウ、ココクゾウともやや小型となった。体長の分布は、ココクゾウでは $G_1 \sim G_8$ までいずれも正規分布であるのに対して、コクゾウではいずれも正規分布からはずれている。3.5 mm 以上の成虫が出現したのは、破砕米中に通常の大きさの米粒が少数含まれていたために、米粒にばらつきができた結果と考えられる。また、3 mm 以下の成虫数が漸減したことは、このあたりの大きさが、コクゾウにおける遺伝的に決定された小型化の限界であると考えられる。尾原・安江（1974）の結果では、穀粒内のコクゾウ成虫1頭が羽化するためには、少なくとも正常な米粒の約3分の2が必要である。このことから推定すると、破砕米（通常米粒の約2分の1）では正常な発育ができないのは当然といえよう。

この実験は単に、実験室で行なわれた小型個体の間接的な人為選択とみられる。しかし、野外でも正常な穀物粒より小さい碎米などを利用せざるをえない環境のもとでは、同様のことがおこりうることを示唆している。

考 察

コクゾウ類個体群の体の平均の大きさは、加害した穀物粒の大きさによって遺伝的に決定されている範囲内で可逆的に変化しうるということが明らかになった。この変化の幅は、コクゾウでは 0.2 mm (3.3~3.5 mm) 程度であるのに対して、ココクゾウでは 0.6 mm (2.2~2.8 mm) となり、かなり大きくなっている。このことは、穀物が小型でコクゾウが個体群を維持できないような場合でも、ココクゾウは個体群を存続することが可能であることを示唆しているものといえよう。

コクゾウ類の体の大きさを規定する要因としては、これ以外にも温度、相対湿度および穀物の含水量と栄養的条件（穀物の種類）などがあげられる。木下・石倉（1940）によると、温度の影響については、高温になるほど体長が短くなる傾向はあるが、あまり顕著でない。穀物の含水量は空気の湿度条件と相関関係にあるが、玄米で14%以上あればあまり影響はない。また穀物の種類とコクゾウ類の体の大きさの関連については、Floyd and Newsom (1959), Morrison (1964 b), Soderstrom and Wilbur (1965), 伊藤 (1973) などの研究がある。これらを総括すると、コクゾウ類の体の大きさは穀粒の大きいトウモロコシで最大であるが、玄米、小麦、マイロなどでは有意な差はないようである。また、Baker and Mabie (1973) の人工飼料によるグラナリアコクゾウ *S. granarius* L. の体の大きさは、コーン・スターチを主成分とする飼料で最大となった。本実験で用いた野外系統の棲息場所の環境条件については特に測定しなかったが、年間における平均温度は実験室にくらべてやや低い 20°C 前後と思われる。また、平均相対湿度もやや低い 60% 前後と推定される。貯蔵穀物は玄米が主であったが、小麦も若干混入していた。体

長測定実験では、温度や湿度などの飼育環境条件を同じにしてあるので、コクゾウ類の体の大きさを規定する要因は、食物以外にはなく、幼虫の生活空間である穀物の大きさが支配的であると考えてさしつかえあるまい。

野外系統コクゾウの内的自然増加率は、実験室系統にくらべて著しく低くなっている。これは、先にも述べたようにコクゾウの栄養不足や水分蒸散による生理的な原因から l_x と m_x が低下したものと考えられる。体の大きさの非連続的変化が、昆虫の生理的諸形質の変化をもたらすことは、すでに Leclercq (1950, 1963) がチャイロコメノゴミムシ *Tenebrio molitor* L. で明らかにしている。コクゾウでは野外系統の雄成虫の l_x が著しく低下した。これは第4図にみられるように、雄に小型のものが多かったものと推察される。しかし、 r の値は雌成虫の l_x と m_x が支配的であるので r には顕著な差は認められなかった。

r を犠牲にしたコクゾウ小型化の意義および棲み分けの機構は、生態的同位者であるコクゾウに対する進化戦略として、つぎのように説明される。まず、コクゾウが進出しえないような小型穀物に棲み場所を獲得できること。Birch (1953 b), 尾原 (1977) らが示した両種の種間競争の実験モデルにおいて、コクゾウの r が大である環境条件でも、第1図のような破碎した米粒を飼料とした場合には、競争結果は逆転することになる。また、コクゾウの食べ残した穀物を食うことによって、コクゾウはその二次害虫となりうることも考えられる。つぎに、コクゾウの個体群がより過密状態に耐えることが可能であること、すなわち同一穀粒内での共だおれを小型化によって回避できるとともに、穀粒を再利用することができ最少限の子孫を残すことが可能である。コクゾウの小型化は密度効果のひとつの結果ともいえる。

コクゾウの場合には、コクゾウと相補的な能力によって対応していると考えられる。たとえば、尾原・安江 (1975) によると、環境の変化に対して r の変化が比較的小さいこと、長寿命であること、移動・分散能力、特に飛翔能力にすぐれていることがあげられる。

コクゾウとコクゾウの棲み分け状態、すなわち比較的小規模な場所での占有状況は、 r の差をもたらすマイクロな気象条件の違いや穀物の種類や大きさなどによって規定されるといえる。しかし、Birch (1953 a), Floyd and Newsom (1959) らが指摘したように、オーストラリアやアメリカ合衆国におけるコクゾウとコクゾウのトウモロコシと小麦への棲み分けのように、両種の移動・伝播の歴史が貯蔵条件の差異や人為的移動など偶然的な要素によって支配されることも考えられる。

摘 要

コクゾウ *Sitophilus zeamais* Motsch. およびコクゾウ *S. oryzae* L. について、実験室(岡山大学農業生物研究所害虫研究室)において累代飼育の系統と野外系統(岡山県真備町産)の内的自然増加率 r 、体長分布ならびに小型化についての実験調査を行なった。実験結果は、つぎのように要約される。

1) 野外系統と実験室系統の l_x と m_x を求めて、内的自然増加率 r を算出したところ、野外系統コクゾウは、実験室系統にくらべて著しく低かった。

2) 野外系統のコクゾウは、実験室系統にくらべて著しく小型であった。しかし、実験室系統と同一環境条件下で飼育すると、約10世代後には実験室系統の大きさに近づいた。

3) 破碎米粒で飼育した実験室系統コクゾウ類の体の大きさは、平均して小型となり、加害した米粒の大きさに規定されることが判明した。この傾向はコクゾウの方が強かった。

文 献

- Baker, J. E. and Mabie, J. M. 1973. Growth and development of larvae of the granary weevil, *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae), on natural and meridic diets. *Can. Ent.* 105: 249-256.
- Birch, L. C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.* 17: 15-26.
- Birch, L. C. 1953 a. Experimental background to the study of the distribution and abundance of insects. I. *Ecol.* 34: 698-711.
- Birch, L. C. 1953 b. Experimental background to the study of the distribution and abundance of insects. III. *Evolution* 7: 136-144.
- Floyd, E. H. and Newsom, L. D. 1959. Biological study of the rice weevil complex. *Ann. Ent. Soc. Amer.* 52: 687-695.
- 伊藤久也. 1973. コクゾウの食性に関する1, 2の調査. 植物防疫所調査研究報告 11: 26-29.
- 木下周太, 石倉秀次. 1940. 穀象虫の大きさと環境条件 (予報). 応動雑 12: 124-128.
- Kiritani, K. 1959. Flying ability and some of the characters associated with in *Calandra*. *Jap. J. Ecol.* 9: 69-74.
- Kiritani, K. 1965. Biological studies on the *Sitophilus* Complex (Col. Curculionidae) in Japan. *J. Stored Prod. Res.* 1: 169-176.
- 桐谷圭治. 1971. 鞘翅目オサゾウムシ科, 熱帯等における貯穀害虫に関する調査研究. 農林水産技術会議委託事業. 昭和45年度成績: 1-13.
- Kiritani, K., Muramatsu, T. and Yoshimura, S. 1963. Characteristics of mills in faunal composition of stored product pests. *Jap. J. Appl. Ent. Zool.* 7: 49-58.
- Leclercq, J. 1950. Ecologie et physiologie des populations de *Tenebrio molitor* L. (Coléoptère). *Physiol. Comp. Oecol.* 2: 161-180.
- Leclercq, J. 1963. Artificial selection for weight and its consequences in *Tenebrio molitor* L. *Nature*: 106-107.
- Morrison, E. O. 1964 a. Taxonomy of the rice weevils, *Sitophilus oryzae* (L.) and *S. zeamais* Motschulsky, and an annotated bibliography relevant to the ecology of the species. *Texas J. Sci.* 16: 243-253.
- Morrison, E. O. 1964 b. The effect of particle size of Sorghum grain on development of the weevil *Sitophilus zeamais*. *J. Econ. Ent.* 57: 390-391.
- 尾原和夫. 1977. 個体群のモデルに関する考察. 島根県立益田高校紀要 11: 37-56.
- 尾原和夫, 安江安宣. 1974. 軟X線写真によるコクゾウ類幼虫期の観察. 応動昆中国 16: 52-56.
- 尾原和夫, 安江安宣. 1975. コクゾウ類個体群の内的自然増加率. 応動昆中国 17: 26-29.

Sonderstrom, E. L. and Wilbur, D. A. 1965. Variation in size and weight of three geographical populations of the rice weevil complex. *J. Kansas Ent. Soc.* 38: 1-9.

吉田敏治, 河野謙二. 1959. 農家に貯蔵された麦での昆虫相と群集の構造. 宮崎大学学芸学部紀要 自然科学 7: 33-61.