

論文

奄美群島におけるタイワンカブトムシの生態と防除

片野田逸朗・谷口 明\*

Ecology and control of the palm rhinoceros beetle,  
*Oryctes rhinoceros* LINNE in Amami Islands, Kagoshima Prefecture, Japan.

Itsuro KATANODA, Akira TANIGUCHI

Summary

Since 1993, studies on the ecology and control of the rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros* L.) have been carried out in Amami Islands, Kagoshima Prefecture, Japan. The rhinoceros beetle was introduced to Okinoerabujima Island in 1987, and further invasions were recorded in Yoron Is., 1988; Tokunoshima Is., and Amamioshima Is., 1991. In Amami Islands, 15 species of *Palmae* and 3 species of other plants were attacked, but yellow butterfly palm (*Chrysalidocarpus lutescens*) and crops such as sugar cane, pineapple, papaya and banana were not attacked. The immature stages were most commonly found in heaps of decaying sugarcane trash and bark compost. Under experimental conditions, the mean duration of eggs stage was 8.6 days; first instar larvae (L1) as 15.0 days; L2 as 20.2 days; L3 as 80.1 days; pupae as 15.9 days at 30°C. The developmental zero of the eggs stage was estimated 16.2°C; L1 as 19.0°C; L2 as 15.1°C; L3 as 11.1°C; pupae as 10.2°C. Under the coldest season in Amamioshima Is., the temperature in the heaps of bark compost where the larvae lived was kept at about 32°C by fermentation. The mean longevity of adult female was 227.4 days with the mean fecundity of 122.1 eggs. For the chemical control, scattering Diazinon 5% grain to the surface of the breeding site with vinyl cover was very effective, and for the biological control, a kind of the filamentous fungi, *Metarhizium anisopliae* var. *majus* was very pathogenic to the larvae, and the fungus survived in compost for at least 20 months. At the end, we suggested a synthetic control programme in Amami Islands.

Key Words: Amami Islands, control, ecology, rhinoceros beetle, palm pest.

I はじめに

ココヤシ *Cocos nucifera* は世界各地の熱帯の海浜や河口地域に栽培される代表的なヤシであるが、その利用価値は大きく、果実の胚乳は食用や飲用、調味料に利用され、さらには工業的に重要なコプラの原料としても利用されることから、フィリピンやインドネシア、オセアニア地域では大規模なプランテーション栽培が行われ、現地の重要な現金収入源となっている(堀田 1989)。ヤシ科 *Palmae* にはココヤシ以外にも有用な種が多く、例えばアブラヤシ *Elaeis guineensis* の果実はパーム油やカーネル油の原料となり、ナツメヤシ *Phoenix dactylifera* の果実は乾燥熱帯域で主食的に利用され、サゴヤシ *Metroxylon sagu* からはサゴデンプンが採取される。一方、*Oryctes* 属の多くの種はこれらヤシを食害する害虫であり、なかでもタイワンカブトムシ *Oryctes rhinoceros* LINNE はココヤシを好み、成虫

\* 現所属：鹿児島県林業振興課

は葉柄基部付近から樹冠内部へと穿入して軟らかい組織からしみ出る組織液を摂食するため、被害を受けたココヤシは果実の生産量が減少し、さらに食害が生長点の分裂組織にまで及ぶと枯死してしまう (CATLEY 1969)。

本種の分布はもともとアジアのココヤシ生育地域に限られていたが、1909年に南太平洋の西サモアに持ち込まれて以来、次々に周辺の島々に侵入して各地のココヤシに多大な被害をもたらし、1968年の1年間における南太平洋地域での損失高はUS \$1,100,000にも達したという (CATLEY 1969)。日本では1921年に石垣島で発見されたのが最初であるが、1975年には沖縄本島で本種による被害が確認されている (竹谷・具志堅 1985)。本県でも1987年に沖永良部島の和泊町で本種の侵入が確認されて以来、成虫の加害による被害が奄美群島各地のヤシで次々と発生した。同群島では熱帯地域のようにヤシを農作物として植栽してはいないが、亜熱帯的情緒を醸し出す緑化樹としていろいろなヤシが各地で盛んに植栽されている。本種はもともとココヤシの害虫であるが、野生や植栽された他のヤシも広く食害するため (CATLEY 1969)、奄美群島では緑化樹として道路沿いに植栽されたヤシが各地で被害を受けており、一部のヤシ栽培園や公園などでは壊滅的な打撃を被っている。

本種の生態やその防除法については、これまで東南アジア周辺や南太平洋諸島から数多く報告されている (CHERIAN & ANANTANARAYANAN 1939; CUMBER 1957; BEDFORD 1973, 1976; MARSCHALL 1970など)。一方、南西諸島における本種の生活史や繁殖様式、防除法などについては、琉球列島における具志堅 (1978, 1982, 1984, 1985) や具志堅・山内 (1982)、竹谷・具志堅 (1985) などの報告があるもののまだ不明な点も多く、しかも奄美群島における生態や被害状況、あるいはこの地域に適した防除法についての報告例はほとんどない。本研究は奄美群島におけるタイワンカブトムシの生態の解明と、それを基にした同群島での総合的な防除体系の確立を目的に、平成5年から7年度にかけて実施したものである。

本研究をまとめるにあたり、森林総合研究所昆虫病理研究室の島津光明室長には昆虫病原糸状菌のF955菌株を分譲して頂いた。現地調査に際して関係市町村各位、南西糖業株式会社、仲原清治氏、大島支庁農林課にご協力頂いた。また、林務水産部森林保全課には本研究の遂行に理解ある配慮を頂いた。以上の方々へ厚くお礼申し上げます。

## II 地理的分布と日本への侵入過程

本種の世界的分布 (CATLEY 1969) と琉球列島 (沖縄開発庁 1989) や奄美群島における本種の初確認年度を図-1に示す。本種はもともと西パキスタンから東方のインド、セイロン、香港、マレー半島、セレベス諸島、インドネシアのアンボイナ島からフィリピン諸島にかけての、アジア地域のココヤシ生育地に限って分布していたが、1909年にセイロンからパラゴムノキの苗木とともに南太平洋西サモアのウポル島に持ち込まれたらしく、その後周辺の島々に次々に侵入していった (CATLEY 1969)。

日本では1921年に石垣島で発見されたのが最初で、南大東島では1957年、北大東島では1960年、西表島では1967年、与那国島では1972年に標本が採集されている (沖縄開発庁 1989)。沖縄本島では1975年に南部の糸満市で初めて被害が発見されて以来、翌年には中部の沖縄市の植物園でも被害が発見され、その後本島各地に急速に分布を広げていった (具志堅 1978)。本県では1987年に沖永良部島の和泊町で発見されたのが最初で、翌1988年には与論島、1991年には奄美大島と徳之島で発見されるなど、その分布は奄美群島全域に広がっていった。しかしながら、喜界島と加計呂麻島における生息はこれまで報告されておらず、また著者らが1995年3月14,15日に喜界島で、1995年10月26,27日に加計呂麻島で被害調査を実施した際もその生息は確認できなかった。

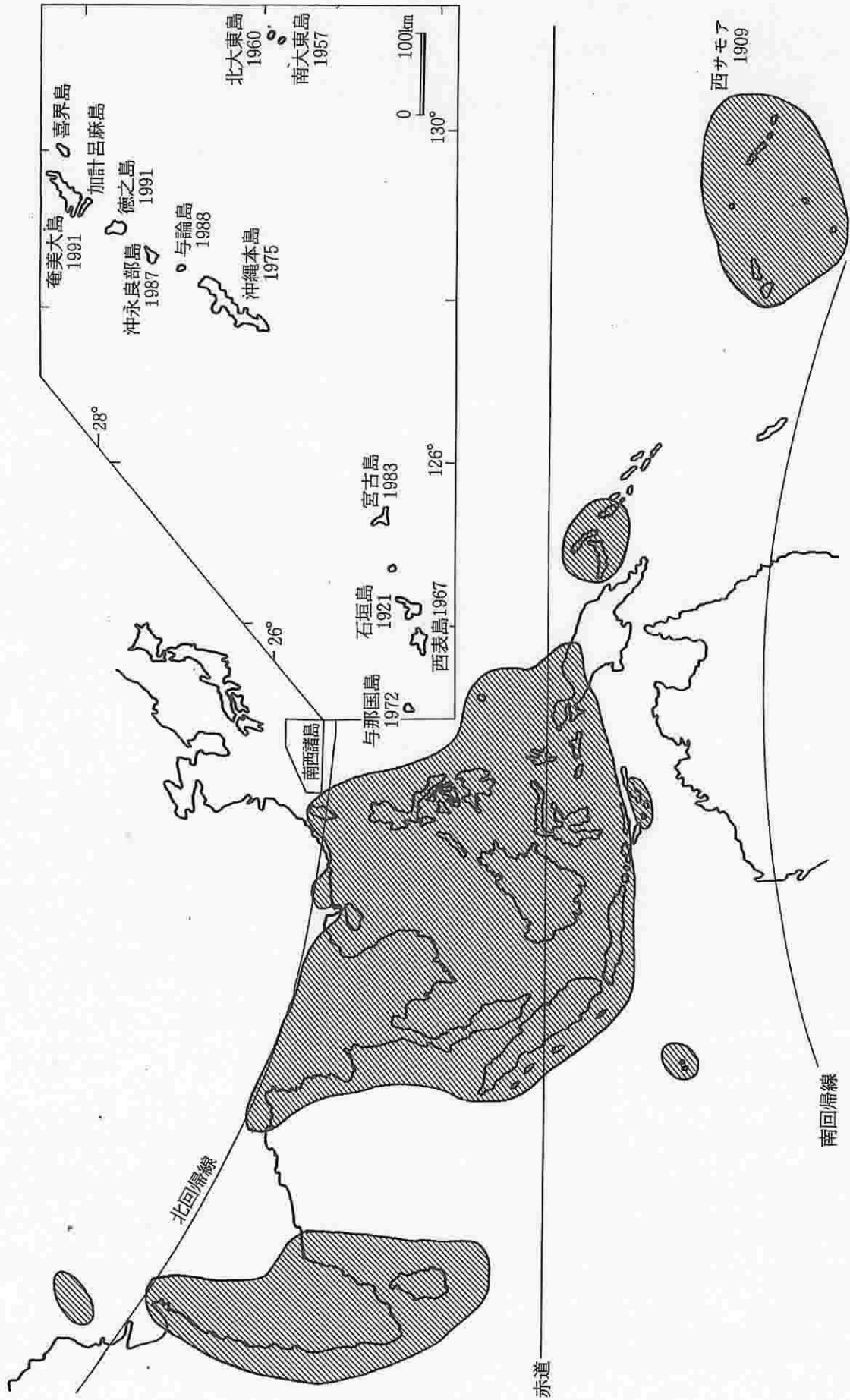


図-1 タイワンカブトムシの分布と侵入過程

本種が分布する各地の年平均気温は、シンガポールが27.1℃、マニラが27.3℃、香港が22.6℃、台北が22.1℃、那覇が22.1℃である(田中 1975)。本県における年平均気温は、沖永良部島が22.3℃、分布の北限となっている奄美大島が21.1℃、未侵入地の鹿児島が16.8℃であり、冬期における平均気温は、沖永良部島が19℃、奄美大島が18℃、県本土が7℃前後となっている(鹿児島地方気象台 1983)。

### Ⅲ 被害の実態

#### 1 幹線道路沿いの被害状況

##### (1) 調査方法

成虫はヤシの葉柄基部から中心部へ穿入して軟らかい組織を食害し、そこからしみ出る組織液を摂食するとともに繊維質のフラスを穿孔孔から外に排出する(CATLEY 1969)。このため、成虫が加害したヤシには葉柄基部に成虫のあけた穴や食いちぎった痕が残ったり、あるいは新しく展開した葉の葉先がハサミで切られたように食害されていたり、葉全体が萎縮していたりするなどの外見的特徴がみられる(写真-1~3)。このような被害痕を識別点として、奄美大島と沖永良部島の幹線道路を車で走行し、車上から観察できるヤシの出現本数と被害本数を種ごとに数えた。なお、アレカヤシやクロツグなどの束生するヤシは1株を1個体として数えた。奄美大島での調査は1995年11月22日と翌年2月1,2日に、沖永良部島での調査は1995年10月30日に実施した。被害調査を実施した主要幹線道路は図-2に示すとおりである。

##### (2) 結果と考察

調査結果を表-1に示す。奄美大島ではR1,2~R3の南部で490本中45本が被害を受けており、被害率は9.2%であった。R3~R4の名瀬市街地での出現本数は432本であったが、この区間での被害はまったくみられなかった。また出現種数も5種と少なく、約80%はビロウであった。R4~R5の北部では852本中34本が被害を受けており、被害率は4.0%と南部よりも低かった。奄美大島全体では、ビロウ、アレカヤシ、トックリヤシモドキの順で出現本数が多く、全部で15種のヤシが出現したが、被害を受けていたヤシは、ビロウ、ワシントンヤシモドキ、ココスヤシの3種で、被害率は4.5%であった。一方、沖永良部島ではR1~R2,3の北部で362本中16本が被害を受けており、被害率は4.4%であった。R2~R3,R4の南部では521

表-1 主要幹線道路沿いの被害状況

ヤシ種名	奄 美 大 島									沖 永 良 部 島						合 計			
	R1,2~R3		R3~R4		R4~R5		合 計			R1~R2,3		R2~R3,R4		合 計			合 計		
	健全	被害	健全	被害	健全	被害	健全	被害	被害率	健全	被害	健全	被害	健全	被害	被害率	健全	被害	被害率
ビロウ	199	45	343		325	21	867	66	7.1	71	4	77	6	148	10	6.3	1,015	76	7.0
シンノウヤシ	19		18		39		76			29	2	275	19	304	21	6.5	380	21	5.2
アレカヤシ	84		2		156		242			30		69		99			341		
トックリヤシモドキ	42				100		142			157	7	15	1	172	8	4.4	314	8	2.5
ワシントンヤシモドキ	4		67		45	5	116	5	4.1	1		13	3	14	3	17.6	130	8	5.8
ユストラヤシ	54		2		52		108			1		5		6			114		
トックリヤシ	6				35		41			30		13		43			84		
クロツグ	30				22		52			3		13		16			68		
カナリーヤシ					23		23			16				16			39		
シュロ	6				10		16			1		2		3			19		
ココヤシ					5		5				3	7	2	7	5	41.7	12	5	29.4
ココスヤシ					3	8	3	8	72.7	2		1		3			6	8	57.1
サンカクヤシ										5				5			5		
クジャクヤシ					2		2										2		
ダイオウヤシ	1						1										1		
バルメットヤシ					1		1										1		
合 計	445	45	432	0	818	34	1,695	79	4.5	346	16	490	31	836	47	5.3	2,531	126	4.7



写真-1 穿入孔から排出されたフラス

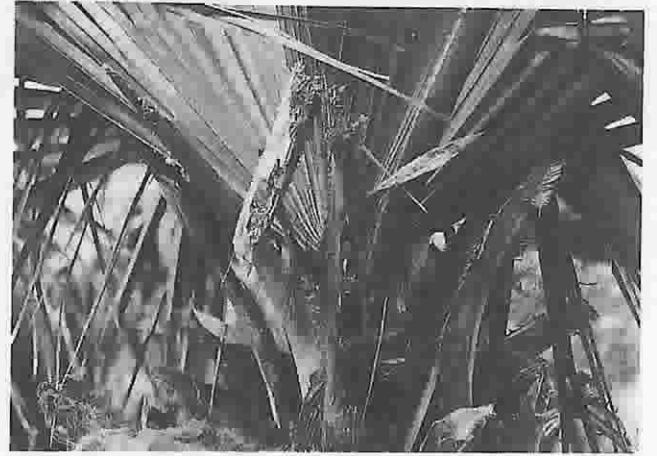


写真-2 葉柄基部の加害痕

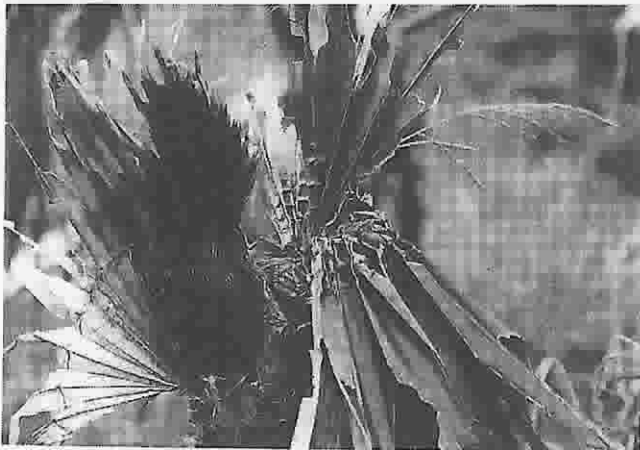


写真-3 加害を受けた新葉



写真-4 防護ネットにからまった成虫

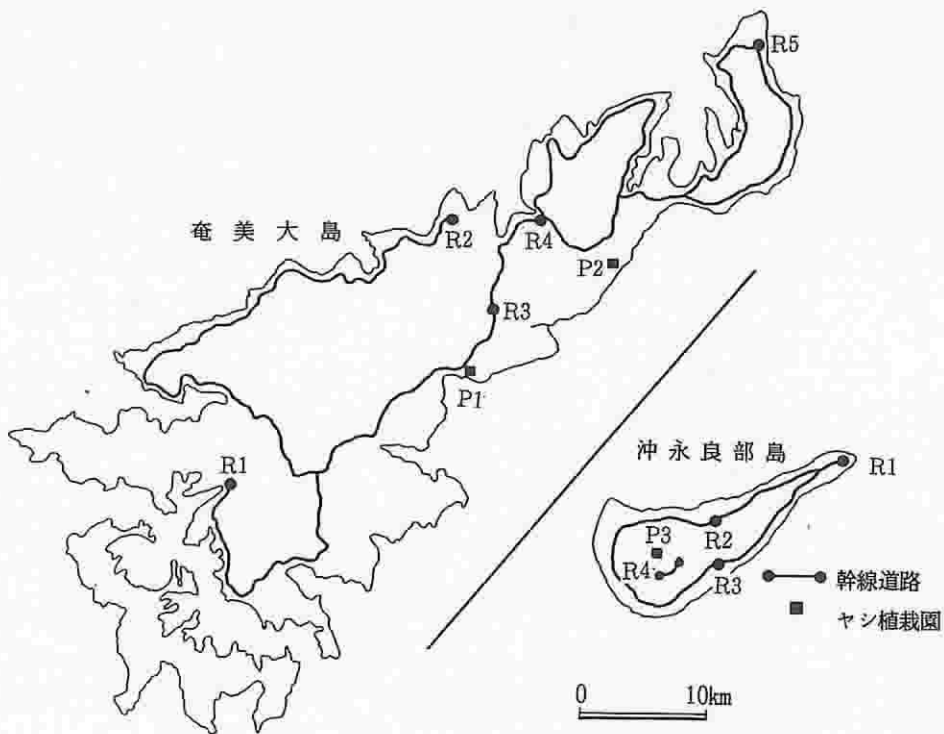


図-2 ヤシの被害状況調査地



写真-5 防護ネットを巻きつけたピロウ

本中31本が被害を受けており、被害率は6.0%であったが、この被害はすべて知名町大山の道路（R4）沿いで発生していた。沖永良部島全体では、シンノウヤシ、トックリヤシモドキ、ピロウの順で出現本数が多く、全部で13種のヤシが出現したが、被害を受けていたヤシは、シンノウヤシ、ピロウ、トックリヤシモドキ、ココヤシ、ワシントンヤシモドキの5種で、被害率は5.3%であった。沖永良部島の幹線道路沿いに植栽されているヤシには、そのほとんどに成虫の加害防止のための防護ネットが樹冠部に巻き付けてあり、被害を受けていたヤシの大部分は防護ネットを巻き付けていなかった個体であったことから、この防護ネットが成虫の加害をかなり防いでいることがわかった（写真-4,5）。

## 2 ヤシ植栽園での被害状況

### (1) 調査方法

奄美大島と沖永良部島の被害が特に著しいヤシ植栽園において、ヤシの植栽本数と被害本数を種ごとに数えた。被害の識別方法は前項と同じである。奄美大島での調査は1996年2月1,2日に、沖永良部島での調査は1995年10月30日に実施した。

### (2) 結果と考察

調査地点を図-2に、調査結果を表-2-1～3に示す。奄美大島住用村の植栽園P1のピロウ102本はすべて被害を受けていたが、園内に1本だけ植栽していたアレカヤシはまったく被害を受けていなかった。沖永良部島知名町の植栽園P3でも、ココスヤシやワシントンヤシモドキ、ピロウの3種類はすべて被害を受けていたが、アレカヤシだけはまったく被害を受けていなかった。このようにアレカヤシは壊滅的な被害を受けているヤシ植栽園でも被害がみられず、また前項の主要幹線道路沿いの被害調査でも3番目に出現本数の多いヤシであるにもかかわらず、被害はまったくみられなかった。このことから、アレカヤシはタイワンカブトムシの加害をかなり受けにくい種であることがわかった。奄美大島龍郷町の植栽園P2はピロウの生産圃場であるが、樹高1.5m前後の幼木の被害率は76.4%であるにもかかわらず、樹高0.5m以下の苗木の被害率は19.7%と幼木の約1/4にすぎなかった。成虫の加害はヤシ林の林縁部や周囲よりも

表-2-1 ヤシ植栽園における被害状況(P1)

種名	健全	被害	枯死	合計	被害率
ピロウ		95	7	102	100.0
アレカヤシ	1			1	0.0
合計	1	95	7	103	99.0

表-2-2 ヤシ植栽園における被害状況(P2)

種名	健全	被害	枯死	合計	被害率
ピロウ(樹高1.5m前後)	29	93	1	123	76.4
ピロウ(樹高0.5m以下)	139	34		173	19.7
合計	168	127	1	296	43.2

表-2-3 ヤシ植栽園における被害状況(P3)

種名	健全	被害	枯死	合計	被害率
ココスヤシ			2	9	100.0
アレカヤシ	9	7		9	0.0
ワシントンヤシモドキ			3	3	100.0
ピロウ		1	2	3	100.0
合計	9	8	7	24	62.5

高く突出した個体に集中する傾向があるという (CUMBER 1957; YOUNG 1975)。園内の苗木の樹高は幼木と比較してかなり低く、樹冠は地表にほとんど接している状況にあることから、成虫の樹冠部への飛来の一やすさが両者の被害率に大きく影響を及ぼしたものと考えられる。しかしながら、苗木の樹冠部は幼木に比べてかなり小さく、成虫が後食できる部位も極めて少ないことから、成虫が樹冠部の十分発達した幼木を積極的に選択した可能性もあろう。

### 3 成虫の加害植物

#### (1) 調査方法

前項までの調査結果に、著者らが1993年4月から1996年3月にかけて奄美群島内で被害を確認した植物種を加えて成虫の加害植物リストを作成した。

#### (2) 結果と考察

成虫の加害植物を表-3に示す。本県ではココヤシやユスラヤシ、ココスヤシ、ワシントンヤシモドキなどの高木性ヤシが12種、シンノウヤシ、トックリヤシ、クロツグなどの低木性ヤシが3種加害されていた。沖縄県ではこの他にもジョウオウヤシやアブラヤシなど、さらに9種ものヤシへの加害が記録されている (沖縄開発庁 1989)。ヤシ以外ではオウギバショウやオオマンネンラン、*Pandanus urens* が加害されていたが、沖縄県ではこの他にもアダンやソテツ、リュウゼツランへの加害が記録されている (沖縄開発庁 1989)。CATLEY (1969) によれば、バナナやサトウキビ、ハパイヤやパイナップルなどの農作物もごく稀に加害されるという。沖縄県ではサトウキビで食害痕が発見されたとの報告もあるが (沖縄開発庁 1989)、実際に寄生していたという報告例はなく、本県でもこれら農作物への加害はまだ確認されていない。

## IV 卵から羽化までの発育過程における生息環境と発育条件

### 1 繁殖場所

#### (1) 調査方法

1993年4月から1996年2月にかけて、著者らは奄美群島内で繁殖場所として利用されていた基材の種類を記録した。また被害の甚大なヤシ植栽園では、成虫の発生源となっている繁殖場所を探しだし、その被害発生の原因について調べた。一部の繁殖場所については、幼虫の生息密度調査を実施した。

表-3 成虫の加害植物

ヤシ類			
ココヤシ	<i>Cocos nucifera</i>	アブラヤシ*	<i>Elaeis guineensis</i>
ユスラヤシ	<i>Archontophoenix alexandrae</i>	ラフィアヤシ*	<i>Raphia ruffia</i>
ココスヤシ	<i>Butia yatay</i>	ボタンヤシ*	<i>Metroxylon amicarum</i>
ワシントンヤシモドキ	<i>Washingtonia robusta</i>	サゴヤシ*	<i>Metroxylon sagu</i>
ワシントンヤシ	<i>Washingtonia filifera</i>	ソテツジュロ*	<i>Phoenix humilis</i>
トックリヤシモドキ	<i>Hyophorbe verschaffeltii</i>	ニボンヤシ*	<i>Oncosperma flamentosum</i>
ピロウ	<i>Livistona chinensis</i> var. <i>subglobosa</i>		
ダイオウヤシ	<i>Roystonea regia</i>	その他植物	
サンカクヤシ	<i>Neodypsis decaryi</i>	オウギバショウ	<i>Ravenala madagascariensis</i>
カナリーヤシ	<i>Phoenix canariensis</i>	オオマンネンラン	<i>Furcraea gigantea</i>
ナツメヤシ	<i>Phoenix dactylifera</i>	<i>Pandanus urens</i>	
パルメットヤシ	<i>Sabal palmetto</i>	アダン*	<i>Pandanus tectorius</i>
トックリヤシ	<i>Hyophorbe lagenicaulis</i>	ソテツ*	<i>Cycas revoluta</i>
シンノウヤシ	<i>Phoenix roebelenii</i>	リュウゼツラン*	<i>Agave americana</i>
クロツグ	<i>Arenga tremula</i> var. <i>engleri</i>	バナナ**	<i>Musa acuminata</i>
オウギヤシ*	<i>Borassus flabellifer</i>	サトウキビ**	<i>Saccharum officinarum</i>
コウリバヤシ*	<i>Corypha umbraculifera</i>	ハパイヤ**	<i>Carica papaya</i>
ジョウオウヤシ*	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	パイナップル**	<i>Ananas comosus</i>

\*: 沖縄開発庁 (1989), \*\*: CATLEY (1969)

植物名は堀田 (1989)、池原 (1984)、中須賀ほか (1992)、白井 (1980) に拠る



写真-6 野積みされたバガス堆肥



写真-7 繁殖場所として利用されたワシントンヤシモドキの枯死木



写真-8 ヤシ植栽園内に放置されたピロウ丸太



写真-9 葉腋部に幼虫が生息していたピロウ生立木

## (2) 結果と考察

これまで著者らが確認したところによると、奄美群島ではチップ工場や製材所、あるいは製糖工場から排出されて野積みされたままのバーク堆肥やバガス堆肥を主な繁殖場所として利用していたが(写真-6)、幼虫の生息が確認できたのはいずれも野積み後1年ぐらい経過した堆肥であり、半年程度の未熟堆肥には生息していなかった。これに類似した例として、マレーシアではヤシ油工場やサゴデンプン工場からの廃物、フィリピンではコイアー工場からの廃物が繁殖場所として利用されていたという(HINCKLEY 1973)。この他、牛舎内におが屑を敷き込んで作った牛糞堆肥やヤシ枯死木の樹冠や樹幹部などでも繁殖しており(写真-7)、ごく稀ではあるがソテツの腐朽部でも繁殖していた。

前項で被害調査を実施したヤシ植栽園において、成虫の発生源となった繁殖場所を探したところ、P1では園内の隅に玉切ったピロウの被害木が集められており、そのピロウ被害木内部で幼虫が繁殖していた(写真-8)。さらにP3でも成虫の加害で枯死したココスヤシやピロウ、ワシントンヤシモドキの立木や倒木の樹幹部で幼虫が繁殖していた。本種が生息するアジア地域や南太平洋の島々では、ココヤシの丸太や切り株が最も一般的な幼虫の繁殖場所として利用されるという(HINCKLEY 1973)。奄美群島ではヤシ枯死木での繁殖例は比較的少なかったものの、P1,3のように激害を受けているヤシ植栽園では、園内に放置されたヤシ枯死木が重要な繁殖場所として利用されていた。さらにP2では園内に野積みされた牛糞堆肥中に多数の幼虫が生息しているなど、被害と繁殖場所との密接な結びつきがうかがえた。地上の繁殖場所が利用できない場合、生きたヤシの葉腋部に堆積した屑の中でも幼虫は生息するという(NIRULA 1955)。著者らもP2のヤシ植栽園で、生きたピロウの葉腋部の堆積物中に3齢幼虫が生息しているのを確認して



表-4 繁殖場所における幼虫の生息密度

繁殖場所	調査日	調査体積 ( $\text{m}^3$ )	生息頭数	密度 (頭/ $\text{m}^3$ )
牛舎の牛糞混入パーク堆肥	1996. 2. 2	0.336	92	273.8
ヤシ植栽園内の牛糞堆肥	1995. 9. 30	3.125	264	84.5
ヤシ植栽園内の枯死立木*	1995. 10. 30	0.022	24	1,090.9

\* : ワシントンヤシモドキの樹幹部

いる(写真-9)。確認時の気温は $11.4^{\circ}\text{C}$ とかなり低かったにもかかわらず、このように発酵熱もほとんどないような葉腋部の内側で生息個体がみつかったことは、葉腋部における年間を通じての繁殖の可能性を示唆するものといえる。

表-4に繁殖場所における幼虫の生息密度を示す。HINCKLEY(1973)によれば、ココヤシ丸太での幼虫1頭当たりの最小生息容積は $400\text{cc}$ (密度に換算すると $2,500\text{頭}/\text{m}^3$ )で平均生息容積は $4,000\text{cc}$ ( $250\text{頭}/\text{m}^3$ )、ココヤシ以外の丸太での平均生息容積は $14,000\text{cc}$ ( $71\text{頭}/\text{m}^3$ )、有機堆積物での平均生息容積は約 $40,000\text{cc}$ ( $25\text{頭}/\text{m}^3$ )であり、ココヤシ丸太での生息密度が極めて高いことがわかる。奄美群島における生息密度調査は3ヶ所でしか実施していないが、枯死したワシントンヤシモドキの樹幹部における生息密度は $1,090.9\text{頭}/\text{m}^3$ とパーク堆肥( $273.8\text{頭}/\text{m}^3$ )や牛糞堆肥( $84.5\text{頭}/\text{m}^3$ )に比べるとかなり高かった。奄美群島では野積みされたバガス堆肥を主な繁殖場所としており、特に堆肥集積所ではこのような堆肥をかなり多量に野積みしていることから、そこで発生する成虫もかなりの頭数になると思われる。しかしながら、ヤシ枯死木の生息密度はバガス堆肥やパーク堆肥に比べると極めて高く、しかも野外ではこのような枯死木は散在することが多く、倒木や伐倒丸太にいたっては野積み堆肥よりも目立ちにくい。このようなことから、ヤシ枯死木は駆除対象の繁殖場所として見逃す機会が多く、これまで被害地域における重要な成虫の発生源となっていた可能性が高いと思われる。なおイネ科やマメ科に属する地被植物、あるいはシダ植物などで覆われた丸太は繁殖場所として利用される可能性が少ないというが(CATLEY 1969; HINCKLEY 1973)、奄美群島ではこのような事例は観察できなかった。

## 2 繁殖場所でのステージ別構成比率の年変動

本種の繁殖時期を明らかにするため、繁殖場所となっている野積みバガス堆肥でのステージ別構成比率の年変動を調べた。

### (1) 調査方法

沖永良部島知名町と徳之島伊仙町の野積みバガス堆肥において、堆肥中に生息する卵から幼虫、蛹、成虫までの各ステージ別個体数を1993年4月から1994年3月にかけて約1ヶ月おきに調べ、ステージ別構成比率の年変動を調べた。

### (2) 結果と考察

ステージ別構成比率の年変動を表-5,6に示す。沖永良部島では、1齢幼虫は8月と10月の調査で若干出現したが、2齢幼虫と3齢幼虫は年間を通じて毎月出現した。蛹は4月の調査で出現したのみであった。成虫は年6回出現したが、ある時期に集中することなく、ほぼ年間を通じて出現していた。一方、徳之島では、卵と1齢幼虫はまったく出現しなかったが、2齢幼虫はほぼ年間を通じて出現した。蛹は年4回出現し、成虫は年8回出現したが、出現時期は沖永良部島と同様にある時期に集中することなく、ほぼ年間

表-5 ステージ別構成比率の年変動(沖永良部島)

調査月日	4.26	5.27	7.1	8.4	9.7	9.30	10.30	11.30	1.4	1.30	3.31
調査個体数	29	51	20	44	53	52	35	58	53	57	60
卵 (%)											
幼虫1 齡 (%)				6.8			2.9				
2 齡 (%)	3.4	31.4	15.0	9.1	1.9	13.5	65.7	10.3	9.4	3.5	31.7
3 齡 (%)	89.7	60.8	85.0	77.3	98.1	82.7	31.4	89.7	77.4	87.7	68.3
蛹 (%)	3.4										
成 虫 (%)	3.4	7.8		6.8		3.8			13.2	8.8	

表-6 ステージ別構成比率の年変動(徳之島)

調査月日	4.28	6.2	7.2	8.3	9.10	10.1	11.1	12.1	1.12	2.1	3.1	3.25
調査個体数	53	62	61	66	87	122	122	99	56	56	84	94
卵 (%)												
幼虫1 齡 (%)												
2 齡 (%)	3.8			25.8	12.6	8.2	5.7	45.5	3.6	5.4		3.2
3 齡 (%)	84.9	85.5	100.0	60.6	85.1	91.8	93.4	49.5	89.3	94.6	98.8	83.0
蛹 (%)		4.8						3.0			1.2	4.3
成 虫 (%)	11.3	9.7		13.6	2.3		0.8	2.0	7.1			9.6

を通じて出現していた。両島とも2,3齡幼虫は年間を通じて出現し、特に3齡幼虫はその発育期間が長いために80%以上の出現率を占める場合が多かった。2齡幼虫が高率で出現する時期は、沖永良部島では5月下旬と10月下旬、3月下旬であるが、徳之島では8月上旬と12月上旬であり、両島間でばらつきがみられた。BEDFORD (1976) はニューブリテンにおけるヤシ枯損立木の樹冠部でのステージ別構成比率の年変動を調べている。それによると、産卵最盛期は2~4月、9~10月の年2回あり、多数の3齡幼虫に混じて卵や1齡幼虫が出現することから、発育時期の異なる個体群が存在すると指摘している。今回の調査では両島とも卵は年間を通じてまったく出現せず、発育期間の短い1,2齡幼虫の出現時期も両島間でばらつきがみられるなど、はっきりした産卵最盛期はみられず、1齡幼虫から蛹、成虫までの各ステージが年間を通じてかなり混在して出現していた。このことから、本種は奄美群島では年間を通じて繁殖しており、発育時期の異なる個体群がかなり混在していることがわかった。

### 3 各発育段階における発育期間と発育限界温度

未成熟期における発育過程を明らかにするため、3段階の温度条件下で卵から羽化するまで飼育し、各発育段階における発育期間と発育限界温度を求めた。

## (1) 試験方法

実験室内で産卵させた卵を23°C, 27°C, 30°Cの恒温室に移し、ふ化してから成虫になるまでの発育状況を毎日観察した。卵はバガス堆肥を入れた直径9cmのシャーレ内でふ化させ、幼虫と蛹は同じくバガス堆肥を入れたプラスチック容器(径10cm, 深さ6cm)で個体飼育した。

## (2) 結果と考察

各発育段階における発育期間および発育速度(Y)と温度(x)との関係を表-7-1~5に示す。具志堅(1982, 1984)による30°Cでの平均発育期間は、卵期が8.97日, 1齢期が9.65日, 2齢期が12.6日, 3齢期が101.7日, 蛹期が14.9日であり, 卵から羽化するまでに平均147.82日かかっている。一方, BEDFORD(1976)による21~35°Cでの発育期間は, 卵期が12日, 1齢期が16日, 2齢期が19日, 3齢期が60日, 前蛹期が13日, 蛹期が22日であり, 卵から羽化するまでに142日かかっている。今回試験した30°Cでの平均発育期間は, 卵期が8.6日, 1齢期が15.0日, 2齢期が20.2日, 3齢期が80.1日, 蛹期が15.9日であり, 卵から羽化するまでに平均139.8日(4.6ヶ月)かかっており, 具志堅(1982, 1984)やBEDFORD(1976)の報告とほぼ一致した。27°Cと23°Cにおける卵から羽化までの平均発育期間はそれぞれ160.1日(5.2ヶ月)と240.3日(7.9ヶ月)であり, 30°Cにおける平均発育期間よりも27°Cで0.6ヶ月, 23°Cで3.3ヶ月ほど長かった。ZELAZNY(1975)によると, 羽化した成虫がすべて飛べるようになるのは羽化後28日目であり, 野外で羽化した成虫は羽化後3~4週間はそのまま蛹化した場所に滞在するという。今回供試した個体は羽化後も蛹化した時と同じ容器内でそのまま飼育したが, 著者らは羽化後30日目の個体と23日目の個体が飼育容器の蓋に穴をあけているのを観察しており, 羽化後22日目の個体も飼育容器内でかなり活発に活動しているのを観察している。このようなことから, 成虫はZELAZNY(1975)が指摘するように, 羽化後3~4週間頃から繁殖場所を脱出して野外に分散するものと考えられる。また, 具志堅(1984)による平均産卵前期間が37.6日であることから, この値を使って30°Cにおける卵から卵までの1世代の期間を算出し

表-7-1 卵期間と温度との関係

温度 °C	卵数	発育期間(日)			発育速度 <sup>*</sup>
		最小	最大	平均±S.D.	
23	119	13	23	17.4±1.4	0.0575
27	171	5	16	11.0±1.2	0.0909
30	69	6	11	8.6±0.8	0.1163

$$y = -0.135695 + 0.0083973x, \text{ 発育零点} = 16.2^\circ\text{C}$$

表-7-2 1齢期間と温度との関係

温度 °C	卵数	発育期間(日)			発育速度
		最小	最大	平均±S.D.	
23	103	22	48	32.6±5.7	0.0307
27	147	11	36	21.3±4.6	0.0468
30	67	11	29	15.0±3.3	0.0665

$$y = -0.113100 + 0.0059667x, \text{ 発育零点} = 19.0^\circ\text{C}$$

表-7-3 2齢期間と温度との関係

温度 °C	卵数	発育期間(日)			発育速度
		最小	最大	平均±S.D.	
23	46	25	62	37.6±9.7	0.0266
27	57	15	43	27.2±6.0	0.0368
30	46	15	28	20.2±3.1	0.0496

$$y = -0.048892 + 0.0032459x, \text{ 発育零点} = 15.1^\circ\text{C}$$

表-7-4 3齢期間と温度との関係

温度 °C	卵数	発育期間(日)			発育速度
		最小	最大	平均±S.D.	
23	13	107	153	128.1±15.4	0.0078
27	28	70	95	81.5±7.1	0.0123
30	14	73	94	80.1±5.3	0.0125

$$y = -0.007692 + 0.0006959x, \text{ 発育零点} = 11.1^\circ\text{C}$$

表-7-5 蛹期間と温度との関係

温度 °C	卵数	発育期間(日)			発育速度
		最小	最大	平均±S.D.	
23	10	24	26	24.6±0.7	0.0407
27	27	19	21	19.1±3.7	0.0524
30	11	15	16	15.9±0.3	0.0629

$$y = -0.032216 + 0.0031581x, \text{ 発育零点} = 10.2^\circ\text{C}$$

<sup>\*</sup> 発育速度 = 1 / (平均発育日数)

た結果、177.4日（5.8ヶ月）という値を得た。

温度別飼育結果から求めた発育限界温度（発育零点）は、卵期が16.2℃、1齢期が19.0℃、2齢期が15.1℃、3齢期が11.1℃、蛹期が10.2℃であった。一方、具志堅（1982, 1984）における発育限界温度は、卵期が15.0℃、1齢期が15.1℃、2齢期が15.4℃、3齢期が14.5℃、蛹期が13.8℃であり、今回得られた結果は具志堅（1982, 1984）と比べて1齢期で3.9℃も高く、3齢期で3.4℃、蛹期で3.6℃も低かった。

#### 4 冬期における幼虫の生息環境

鹿児島県本土における越冬の可能性を検討するため、厳冬期の奄美大島において幼虫が生息する堆肥中の温度を測定するとともに、同じく厳冬期に県本土の野外堆肥で3齢幼虫を飼育し、越冬後の生存状況を調べた。

##### (1) 調査方法

奄美大島の名瀬市、宇検村、龍郷町の堆肥集積所において、繁殖場所となっている堆肥の山を少しずつ崩しながら幼虫を探し、幼虫が生息していた場所にすばやく温度センサーを差し込んで堆肥中の温度を測定するとともに、その生息場所の表面からの深さを記録した。また名瀬市の堆肥集積所では、表面から深さ60cmまでの各層の堆肥内温度を測定した。調査は1996年1月31日～2月1日にかけて実施した。

県本土での越冬試験は、バガス堆肥や牛糞堆肥を入れた1×1×1mの網室を蒲生町と穎娃町の野外に設置し、この中で徳之島で採取した3齢（若干2齢を含む）幼虫を11月から3月にかけて飼育して越冬後の生存状況を調べた。

##### (2) 結果と考察

堆肥内における幼虫生息場所の深度と堆肥内温度を表-8に示す。名瀬市のパーク堆肥では深さ8～30cm（平均17.2cm）の所に幼虫が生息しており、生息場所の堆肥内温度は24.6～40.1℃（平均31.9℃）であった。宇検村のパーク堆肥では深さ10～27cm（平均17.9cm）の所に生息しており、生息場所の堆肥内温度は27.8～37.2℃（平均32.0℃）であった。名瀬市と宇検村のパーク堆肥における幼虫の平均生息温度は外気温よりも約20℃も高い32℃前後であったが、これはCOSTA & GANESALINGAM（1967）の指摘する幼虫が好む生息

表-8 堆肥内における幼虫生息場所の深度と温度

繁殖場所	調査日	気温 (℃)	調査 頭数	生息場所の深度 (cm)			生息場所の温度 (℃)		
				最低	最高	平均±S.D.	最低	最高	平均±S.D.
名瀬市パーク堆肥	1996.1.31	11.3	30	8	30	17.2±5.6	24.6	40.1	31.9±3.9
宇検村パーク堆肥	1996.2.1	11.2	20	10	27	17.9±4.4	27.8	37.2	32.0±2.7
龍郷町パーク堆肥	1996.2.1	11.9	15	21	42	28.9±5.2	19.1	23.2	20.9±1.3

表-9 名瀬市のパーク堆肥内における温度分布

表面からの 深さ(cm)	測定 回数	堆肥内温度(℃)		
		最低	最高	平均±S.D.
10	5	25.5	28.1	26.6±1.1
20	5	32.1	34.6	33.2±0.9
30	5	35.0	38.2	37.0±1.2
40	5	39.8	41.1	40.2±0.5
50	5	39.4	44.3	42.6±1.7
60	5	44.2	47.2	45.8±1.0

注) 調査日(1996. 1. 31)の気温は11.3℃であった。

表-10 幼虫の本土での越冬試験結果

場所	使用堆肥	放虫頭数	飼育期間	生存頭数		死亡頭数		不明頭数	堆肥内温度(°C)	
				幼虫	蛹	幼虫	蛹		最高	最低
蒲	バカス堆肥200ℓ +牛糞堆肥100ℓ	69	'93. 11. 15	4		22		43	24.8	12.1
			'94. 3. 15						(11月下旬)	(2月上旬)
生	バカス堆肥300ℓ	106	'94. 12. 16			91		15	11.9	9.0
			'95. 2. 27						(12月下旬)	(2月上旬)
穎	バカス堆肥200ℓ +牛糞堆肥100ℓ	70	'93. 11. 12					70	32.2	12.4
			'94. 3. 15						(11月中旬)	(1月下旬)
娃	バカス堆肥300ℓ	106	'94. 12. 19			70	1	35	14.3	6.1
			'95. 3. 7						(2月中旬)	(12月中旬)

温度(27~29°C)より3°Cほど高い値であった。HINCKLEY(1973)によれば、幼虫は37°C以上の温度では忌避行動を示すという。名瀬市と宇検村のバーク堆肥で37°C以上の所に生息していた幼虫は50頭中4頭のみで、その最高温度は40.1°Cであったことから推察すると、幼虫の生息限界温度は37~40°Cの範囲内にあると思われる。名瀬市のバーク堆肥内での温度分布を調べたところ(表-9)、表面から30cm以上の深さの堆肥内温度は前述の生息限界温度である37°Cを上回っていた。名瀬市と宇検村の両バーク堆肥とも、幼虫は腐植が進んで脆くなった表面近くの堆肥中に生息しており、バーク繊維が分解されずにそのまま残って堅くしまり、しかも堆肥内温度が37~40°Cを上回るような下部の堆肥中には生息していなかった。龍郷町のバーク堆肥は牛舎敷地内に積まれた牛糞混入バーク堆肥であり、堆肥は全体的に脆く、幼虫は21~42cm(平均28.9cm)の深さの所に生息していたが、生息場所の堆肥内温度は20.9°Cと名瀬市と宇検村のバーク堆肥に比べてかなり低く、COSTA & GANESALINGAM(1967)の指摘する幼虫が好む生息温度(27~29°C)より6°Cほど低い値であった。

前項の試験で、30°Cの温度条件下における卵から卵までの1世代は5.8ヶ月と推定した。名瀬市と宇検村のバーク堆肥では、厳冬期においても幼虫が生息する堆肥内温度は発酵熱で約32°Cに保たれており、年間を通じて30°C程度の温度条件下で生息できることから、奄美群島では年2世代の繁殖も十分可能であると考えられる。

県本土での越冬試験結果を表-10に示す。1993年11月15日から飼育を開始した蒲生町の堆肥では、1994年3月15日に生存状況を調べたところ、生存幼虫が4頭みつかったが、昆虫病原糸状菌の *Metarhizium anisopliae* var. *majus* に感染して死亡したと思われる個体が22頭もみつかった。同期間における穎娃町の堆肥では、飼育期間中の堆肥内温度の最低値は12.4°Cと生存個体のみ見つかった蒲生町の堆肥内温度の最低値である12.1°Cとほぼ同じであったにもかかわらず生存個体はみつけられず、死亡個体も同様にみつけられなかった。*M. anisopliae* var. *majus* に感染した幼虫は15日目にはほとんど死亡することから(片野田・谷口1995)、穎娃町で使用した堆肥にもこの糸状菌が混入しており、堆肥中で飼育した幼虫はすべて早い時期にこの糸状菌に感染・死亡し、腐敗が進んだために死亡個体が見つからなかったのではないかとと思われる。1994年12月から飼育を開始した蒲生町と穎娃町の堆肥では、両方とも寒さで死亡したと思われる軟化黒変した幼虫の死亡個体が多数みつかった。このときの堆肥内温度の最低値は蒲生町で9.0°C、穎娃町で6.1°Cと前年の飼育期間中の最低値よりも約3~6°Cも低かった。前項の試験で得られた卵から蛹までの発育限界温度の最低値が蛹期の10.2°Cであることと、生存個体が見つかった1993年開始の蒲生町の試験における最低温度が12.1°Cであること、死亡個体が多数みつかった1994年開始の両町の試験における堆肥内温度の最低値が6.1°Cと9.0°Cであったことから推察すると、発酵熱などで冬期でも堆肥内温度が10

表-11 誘蛾灯による成虫の月別捕獲頭数

調査月	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
捕獲頭数	4	1		6	4						

表-12 成虫による月別加害発生状況

樹 種	調査月毎の新たな加害数											
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3 (月)	
ワシントンヤシモドキ	1		2	2	2	2	1					
シンノウヤシ					1							

℃を上回る条件下では、本土での越冬の可能性も十分あると考えられる。

## V 成虫の活動時期と産卵行動

### 1 成虫の活動時期

成虫は夜行性で、昼間は後食場所や繁殖場所などに身を隠し、夕暮れから夜明けにかけて飛翔・移動する (CATLEY 1969)。趨光性も高く、ブラックライトや水銀灯で多く捕獲されるという (竹谷・具志堅1985)。このような習性を利用して成虫の活動時期を調べるとともに、被害地域にヤシ固定調査木を設置してヤシへの加害時期を調べた。

#### (1) 調査方法

沖永良部島知名町に設置されている誘蛾灯3器を用いて、誘蛾灯で捕獲された成虫の個体数を1993年5月から翌年3月まで毎月調査した。またヤシへの加害時期を調べるため、沖永良部島知名町の樹高1.5～4mのワシントンヤシモドキと1.5mのシンノウヤシのそれぞれ10本ずつを固定調査木とし、さらに徳之島伊仙町の樹高2m前後のビロウ3本を固定調査木とした。調査は1993年5月から翌年3月にかけて毎月実施し、調査毎に新たな穿入孔を数え、調査済みの穿入孔にはペンキで印をつけた。

#### (2) 結果と考察

誘蛾灯による捕獲頭数を表-11に示す。5月から9月にかけては7月を除くと毎月捕獲でき、それ以降はまったく捕獲できなかったが、この調査とは別に4月上旬と12月上旬に同町の街灯に成虫が飛来してきたのを確認している。ヤシへの加害は伊仙町に設置したビロウにはみられなかったため、知名町での調査結果のみを表-12に示す。加害はワシントンヤシモドキに多く、5月から11月にかけては6月を除くと毎月新たな加害がみられた。以上のことから、成虫の活動時期は4月から12月の長期にわたり、その活動最盛期は5月から9月と思われる。BEDFORD (1975) や YOUNG (1975) によると、成虫に1回加害されたヤシはさらに加害される可能性が高いという。今回の調査でも10本のワシントンヤシモドキのうち3本のみが加害され、その3本における成虫の穿入孔数はそれぞれ6,3,1と、ある個体に加害が集中する傾向がみられた。

### 2 成虫の生存期間と産卵行動

具志堅 (1984) は幼虫から羽化させた個体を用いて成虫の生存期間や産卵数を調査しているが、その試験から得られた生存期間はBEDFORD (1976) の報告よりもかなり短く、産卵数もHINCKLEY (1973) の報告からするとかなり少ない。そこで、著者らは幼虫から羽化させた個体を用いて成虫の生存期間と産卵数を調べるとともに、羽化後の絶食が成虫の生存期間や産卵数、ふ化率に及ぼす影響について調べた。

#### (1) 試験方法

実験室で羽化させた雌雄1個体 (一部の雄は野外採取個体を用いた) をペアにし、バガス堆肥を入れたプラスチック容器 (25×15×16cmあるいは14×8×9cm) で飼育してその生存日数と産卵数を羽化日から死亡日まで1～7日間隔で調査した。さらに飼育個体の産卵最盛期と思われた1993年3月8～25日にかけて

は、産卵数の日変動も調査した。飼育開始の1993年8月下旬から1993年12月27日までは25°Cに設定した実験室内で飼育し、それ以降は27°Cの恒温室内で飼育した。成虫には餌として10月上旬まではバナナを、それ以降はパイナップルを与えた。

羽化後絶食させた雌雄1個体をペアにしてバガス堆肥を入れたプラスチック容器(14×8×9cm)で飼育し、その生存日数と産卵数を羽化日から死亡日まで1~7日間隔で調査した。飼育は27°Cの恒温室で実施した。

なお、生存日数や産卵前期間、産卵期間などは調査間隔の中間日でその行動が開始あるいは停止したものととして算出した。

## (2) 結果と考察

餌を与えた雌個体の生存日数と産卵前期間、産卵期間、産卵数およびふ化率を表-13に示す。産卵前期間は66~147日(平均110.6日)と具志堅(1984)の28~43日(平均37.6日)に比べてかなり長かった。この原因について、産卵は飼育開始後3ヶ月目に25°Cの実験室から恒温室に移した途端に始まったことから、25°Cに設定してあった実験室の空調機の温度誤差がかなり大きく、25°C以下に温度が下がることが多かったことが成虫の産卵阻害要因として働いたのではないかと考えられる。このことは他の試験で飼育当初から27°Cの恒温室で飼育した雌成虫の産卵前期間が37~61日(表-15,17)であることからもうかがえる。

これまでの報告によると、雌1頭当たりの平均産卵数は49個(HURPIN & FRESNEAU 1967)あるいは60個(HURPIN & FRESNEAU 1973)、76.3個(具志堅 1984)であるという。またHINCKLEY(1973)によれば、雌のクラッチサイズは11~62個、一般的にはおおそ30個程度で、雌は1クラッチを3週間で産卵できるため、雌の寿命を15週間とすると5クラッチの合計150個産卵できることになるという。今回得られた平均産卵期間は105日(15週間)であることから、HINCKLEY(1973)に従うと150個は産卵できることになるが、得られた平均総産卵数は122.1個(3~210個)とHINCKLEY(1973)による予想産卵数とほぼ一致したものの、HURPIN & FRESNEAU(1967, 1973)や具志堅(1984)と比べるとかなり多かった。

雌の平均生存日数は227.4日(135~341日)であり、具志堅(1984)の報告(平均94.7日、60~146日)よりも132.7日も長く、BEDFORD(1976)の報告(平均274日)よりも47日ほど短かった。一方、雄の平均生存日数は190.6日(106~289日)であり、雌と同様に具志堅(1984)の報告(平均82.1日、28~156日)よりもかなり長かったが、BEDFORD(1976)の報告(平均192日)とはほぼ一致した。

産卵数の日変動を表-14に示す。HINCKLEY(1973)によれば、1日当たりの産卵数は最適条件下で14個、普通は4,5個程度であるという。今回得られた1日当たりの産卵数は1~12個で、最も頻度の高かったのは

表-13 雌成虫の生存日数と産卵期間および産卵数

個体 No	羽化月日 1993年	生存日数	産卵前 期 間	産 卵 期 間	産卵数	ふ化率 (%)
1	8.22	179	133	22	53	79.3
2	8.22	148	140	3	3	66.7
3	8.23	210	132	56	72	69.4
4	8.31	135	66	60	14	0.0
5	9. 7	223	117	113	115	79.1
6	9. 9	208	133	57	114	77.2
7	10. 5	341	89	237	203	51.7
8	9.19	264	105	153	210	90.5
9	9.23	294	101	174	207	70.1
10	9.30	211	147	51	91	86.8
11	10.25	235	90	136	196	74.5
12	11. 4	281	74	202	187	86.6

表-14 産卵数の日変動

個体 No	羽化年月日 (1993年)	調査日毎の産卵数 (1994年3月8日～3月25日)																		合計
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25(日)	
5	9.7		6	8	3	3	4	1	12	4	4	2	6		4				1	58
7	10.5	6	8		1							9			2				4	30
8	9.19		1		7				6	7	3			4	2	1	3	1	7	42
9	9.23					6			5			3	7	5					5	38
10	9.30		2		2	1	3	1	4	2	2	2	2			2	1	1	1	26
11	10.25		10	1	7			2	1										8	29
12	11.4	2	6					2	1	2	5		1			1	2	2		24

表-15 羽化後絶食させた成虫の生存日数と産卵数

対 No	性別	生存 日 数	産卵 前 期間	産卵 数	ふ化率 (%)
1	雄	52	37	16	75.0
	雌	59			
2	雄	57		0	
	雌	65			
3	雄	48		0	
	雌	40			

1日当たり1.2個とHINCKLEY (1973) より少なめであった。

羽化後絶食させた個体の生存日数と産卵数などを表-15に示す。ZELAZNY (1975) によれば、羽化後3週間目の雌と5週間目の雄は互いに後食しなくても交尾可能であったという。今回供試した成虫の生存日数は40～65日と餌を与えた個体の約1/4であったが、No.1の雌は16個産卵し、そのふ化率は75%であったことから、ZELAZNY (1975) と同様に産卵後の後食は生殖活動には必ずしも必要でないことがわかった。しかしながら、ZELAZNY (1975) は野外では後食前に交尾を済ませた雌はほとんどみつからなかったことから、野外で羽化した雌が後食せずに交尾・産卵を行う可能性は少ないと指摘している。

### 3 幼虫期の餌条件が発育と生殖活動に与える影響

幼虫の発育期間は餌条件によって大きく左右され(具志堅・山内 1982)、気象条件や栄養条件が悪いとその発育期間は14ヶ月間に及び、羽化した成虫は通常より小さいことが知られている(CATLEY 1969)。奄美群島で主な繁殖場所として利用されているバガス堆肥では、野外で繁殖がみられるのは野積み後1年以上経過した完熟バガス堆肥であり、野積み後半年程度経過した未熟バガス堆肥での繁殖はみられない。そこで、著者らは奄美群島から持ち帰った完熟バガス堆肥と未熟バガス堆肥、および当場内で使用する牛糞おが屑堆肥の3種類の堆肥を用いて幼虫を個体飼育し、幼虫期における餌条件が幼虫期の発育とその後の生殖活動に与える影響について調べた。

#### (1) 試験方法

野積み後1年以上経過した完熟バガス堆肥と半年程度経過した未熟バガス堆肥、牛糞おが屑堆肥をそれぞれ円筒形のプラスチック容器(径11cm、深さ6cm)に入れ、この中で野外で採取した2齢幼虫を個体飼育して3齢幼虫期と蛹期における発育期間を調べた。羽化した成虫は体長を測定した後、各堆肥ごとに羽化した雌雄1個体をペアにしてバガス堆肥を入れたプラスチック容器(14×8×9cm)で飼育し、生存日数と産卵数を調べた。観察は羽化するまで毎日実施し、堆肥が乾燥しないように適時水を霧吹きした。羽化するまでの飼育は1993年12月27日までは25℃に設定した実験室内で行い、それ以降は27℃の恒温室内で行った。成虫の飼育は27℃に設定した恒温室内で行い、餌はパイナップルを用いた。

#### (2) 結果と考察

幼虫の発育状況と成虫の体長を表-16に示す。完熟バガス堆肥と未熟バガス堆肥で飼育した個体はすべ



表-16 餌の種類による幼虫の発育期間と成虫の体長

餌の種類	供試虫数	生存虫数			発育期間		成虫の体長
		3 齢	蛹	成虫	3 齢	蛹	
完熟バガス	10	10	7	7	119.9日	20.0日	36.9mm
		(100)	(70)	(70)	119~121	18~22	34.3~38.4
未熟バガス	15	15	7	7	154.5日	18.4日	31.4mm
		(100)	(47)	(47)	153~156	16~21	30.4~32.8
牛糞おが屑	25	1	0	0			
		(4)	(0)	(0)			

注) ( )は発育率

表-17 異なる餌条件で発育した成虫の生存日数と産卵数

餌の種類	性別	体長 (mm)	生存日数	産卵前期間	産卵数	ふ化率 (%)
完熟バガス	雄	37.4	180			
	雌	38.4	211	45	186	80.1
未熟バガス	雄	36.6	121			
	雌	36.2	156	51	133	81.2
未熟バガス	雄	31.5	135			
	雌	32.8	170	44	79	63.3
未熟バガス	雄	31.8	137			
	雌	31.9	159	61	60	80.0

て3 齢になったが、牛糞おが屑堆肥では4%しか3 齢幼虫になれなかった。蛹と成虫まで発育した個体は完熟バガス堆肥で70%、未熟バガス堆肥で47%であったが、牛糞おが屑堆肥で蛹まで発育した個体はいなかった。3 齢期間は完熟バガス堆肥で平均119.9日、未熟バガス堆肥で154.5日であり、完熟バガス堆肥での発育が1ヶ月程度早かったが、蛹期間は完熟バガス堆肥で平均20.0日、未熟バガス堆肥で18.4日と両者とも大差はなかった。完熟バガス堆肥で羽化した成虫の平均体長は36.9mmであり、未熟バガス堆肥で羽化した成虫(平均体長31.4mm)より5.5mm大きかった。

完熟バガス堆肥と未熟バガス堆肥で発育した成虫の生存日数と産卵前期間、産卵数などを表-17に示す。HINCKLEY (1973)によれば、体長の大きい雌は小さい雌に比べてより多くの卵を産卵し、平均体長36mmの雌で平均22個、平均体長46mmの雌で平均38個のクラッチサイズの卵を保持するという。今回供試した成虫のクラッチサイズは不明であるが、完熟バガス堆肥で発育した個体の産卵数は未熟バガス堆肥で発育した個体の産卵数に比べて明らかに多かった。なお生存日数や産卵前期間、ふ化率については明らかな差は認められなかった。

## VI 薬剤による防除法

### 1 ダイアジノン5%粒剤による幼虫の防除試験

具志堅(1985)は堆肥中に生息する幼虫を対象にダイアジノン粒剤を用いて駆除試験を実施し、95%以上の高い殺虫効果を得ている。しかしながら、この試験はのこ屑堆肥での試験例であり、奄美群島において幼虫の主な繁殖場所となっているバガス堆肥やパーク堆肥での殺虫効果については不明である。そこで、バガス堆肥中に生息する幼虫を対象にダイアジノン5%粒剤による防除試験を実施した。

#### (1) 試験方法

1993年8月25日に徳之島の畑地に1.5m<sup>3</sup>前後のバガス未熟堆肥を40~45cmの厚さに4ヶ所山積みし、それぞれに3 齢幼虫を55頭、2 齢幼虫を5頭放した。翌日、薬剤散布区の2山では、ダイアジノン5%粒剤3kg(約2kg/m<sup>3</sup>)を堆肥表層20cmにすき込む方法と、同量を堆肥表面に散布した後に堆肥全体をビニールシートで被覆する方法の2通りの処理を実施した。残りの2山は薬剤を施用しない対照区とし、1山にはビニールシートを被覆し、もう1山は何も処理しなかった。

#### (2) 結果と考察

効果調査は薬剤施用後13日目に実施したが、対照区の無処理だけは施用後32日目に実施した。調査結果を表-18に示す。効果の判定は各区とも試験途中で20頭前後が逃亡したため、残りの個体数でその効果を判定した。なお、薬剤施用時における堆肥内温度は表面から20cmの深さの所で37℃もあり、前項の試験で得られた幼虫の生息限界温度(37~40℃)にすでに達していたことから、試験期間中に発酵熱でさらに温

表-18 ダイアジノン5%粒剤による幼虫の防除試験結果

施用区分	処理方法	放虫数	死亡虫数 (A)	健全虫数 (B)	逃亡虫数	死亡率 A/(A+B)
薬剤散布区	表層20cmへのすき込み	60	9	33	18	21.4
	表面散布とビニールシート被覆	60	36	3	21	92.3
対照区	ビニールシート被覆のみ	60	0	41	19	0.0
	無処理	60	0	47	13	0.0

度が上昇した可能性があり、これが幼虫が多数逃亡した原因になったのではないかと考えられる。

ダイアジノン粒剤の表層20cmすき込みでは42頭の幼虫を確認でき、そのうち9頭(21.4%)が死亡していた。一方、同薬剤の表面散布とビニールシート被覆では39頭の幼虫を確認でき、そのうち36頭(92.3%)が死亡していた。対照区では両処理とも死亡個体はみられなかった。具志堅(1985)は同薬剤を堆肥表層20cm程度にすき込む方法で95%以上の死亡率を得ており、これは今回同様な施用方法で得られた死亡率(21.4%)と比較してかなり高い値である。今回の試験では、効果調査時に確認した個体はすべて堆肥最下層でみられたことから、薬剤の表層20cmへのすき込みでは堆肥最下層まで十分薬剤の有効成分がいきわたらなかつたために低い死亡率になったのではないかと考えられる。一方、薬剤の表面散布とビニールシート被覆で高い死亡率が得られたのは、ビニールシート被覆によりくん蒸効果が高まり、ガス化した有効成分が供試虫の生息していた堆肥下層部まで十分達したためではないかと考えられる。効果調査時に薬剤施用区のビニールシート被覆区の堆肥を約10ℓバケツに入れ、この中で健全な3齢幼虫を19頭飼育したところ、5日後にはすべて麻痺あるいは死亡していたことから、薬剤の残効は2週間に及ぶことがわかった。このようにビニールシートを被覆すればかなりの殺虫効果が期待できることがわかったが、同薬剤を堆肥中に十分混和できればビニールシートを被覆しなくてもかなりの殺虫効果があると思われる。堆肥中の幼虫を対象とした駆除薬剤として、具志堅(1985)はダイアジノン粒剤以外にバイジット粒剤をあげている。それによると、ダイアジノン粒剤が速効性であるのに対し、バイジット粒剤は遅効性ではあるが高い殺虫効果が期待できるという。なお成虫の駆除薬剤として、ダイアジノン40%乳剤の1,000倍液が高い接触毒性があり期待できるという(具志堅 1985)。

## Ⅶ 天敵微生物による防除法

LATCH(1976)は昆虫病原糸状菌である*Metarhizium anisopliae*と*Beauveria bassiana*, *B. tenella*, *Aspergillus fumigatus*, *Paecilomyces farinosus*のタイワンカブトムシに対する病原性を調べている。それによると、*Oryctes*属から分離されたすべての*M. anisopliae*の大型分生子株は本種の幼虫に対して病原性が認められたが、他の属から分離された大部分の小型分生子株は幼虫に損傷はあたえるものの、死に至らしめる菌株は少なかったという。また、*Beauveria*には致死能力を持った菌株は存在せず、*Aspergillus*と*Paecilomyces*にはまったく感染力がなかったという。一方、LATCH & FALLOON(1976)は大量生産した*M. anisopliae*の分生子を繁殖場所の堆肥表面に散布すれば大部分の幼虫は死亡し、分生子は繁殖場所の基材や季節に関係なく繁殖場所で少なくとも12ヶ月は病原性を持続できることから、本菌を使用した防除法を防除体系の中に組み入れることを薦めている。このように昆虫病原糸状菌による防除はその施用方法が簡単で、しかも化学農薬に比べて殺虫能力の持続期間が長いなどの利点がある。このようなことから、著者らはタイワンカブトムシの幼虫から分離された*M. anisopliae* var. *majus*(F955菌株)を入手し、本菌株の幼虫に対する病原性や堆肥表面に散布した分生子の堆肥中への浸透状況、分生子の堆肥中での病原性持続期間などを調べ、さらに野外の繁殖場所での防除試験を実施した。

### 1 *M. anisopliae* var. *majus* の幼虫に対する病原性

本菌株の濃度  $1 \times 10^4 \sim 10^8$  個/ml の分生子懸濁液に浸漬した 3 齢幼虫は 15 日目までにほとんど病死することがわかっている (片野田・谷口 1995)。そこで、今回は低濃度の分生子懸濁液を使って半数致死濃度を調べると同時に、本土に生息するカブトムシ *Allomyrina dichotoma* に対する病原性を調べた。

#### (1) 試験方法

本菌株を SSY 液体培地で振とう培養し、得られた培養液を 1% 酵母エキス加用 Sabouraud 培地に塗って 25°C の昼夜明所で培養して分生子を得た。これを蒸留水 (Tween80, 0.02% 添加) で懸濁し、 $1, 10^7, 10^6, 10^5, 10^4, 10^3, 10^2$  個/ml の分生子懸濁液を作成した。対照には蒸留水 (Tween 80, 0.02% 添加) を用いた。 $1 \times 10^7, 10^6$  個/ml の懸濁液には場内で捕獲したカブトムシの 3 齢幼虫を浸漬し、 $1 \times 10^5, 10^4, 10^3, 10^2$  個/ml の懸濁液と蒸留水にはタイワンカブトムシの 3 齢幼虫を浸漬接種した。浸漬後は牛糞堆肥の入ったプラスチック容器 (径 10cm, 深さ 6cm) で 30 日間個体飼育して死亡状況を調べた。死亡の判定は虫体表面に *Metarhizium* 特有の緑色の分生子を形成して硬化死亡した個体を病死虫とした (写真-10)。

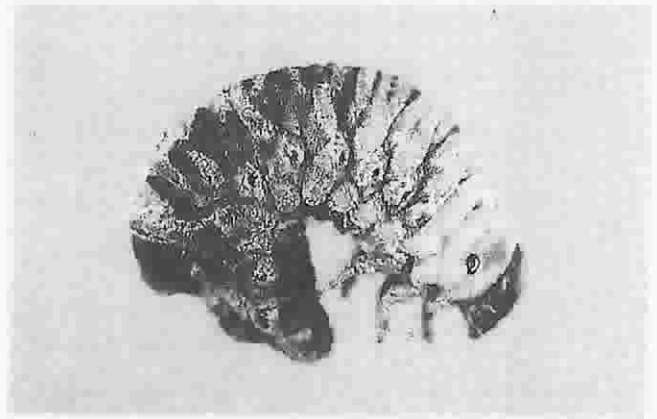


写真-10 *M. anisopliae* var *majus* に感染して死亡した 3 齢幼虫

#### (2) 結果と考察

結果を表-19に示す。 $1 \times 10^5$  個/ml の懸濁液に浸漬したタイワンカブトムシの幼虫は 20 日目ですべて病死し、 $1 \times 10^4$  個/ml の懸濁液でも 30 日目ですべて病死した。この結果から求めた半数致死濃度は  $1 \times 10^{2.8}$  個/ml であり、本菌株はタイワンカブトムシの幼虫に対して極めて高い病原性があることがわかった。一方、 $1 \times 10^7, 10^6$  個/ml の懸濁液に浸漬したカブトムシは 30 日目で 33% と 11% しか死亡せず、本菌株のカブトムシに対する病原性はタイワンカブトムシに比べて極めて低いことがわかった。

## 2 分生子の堆肥中への浸透試験

### (1) 試験方法

島津 (1993) に準じ、まず日昌産業 (株) の種駒 (ふすまペレットキノブラウン™) 200 g を同社のポリプロピレン製の培養袋キノバック™ に入れ、蒸留水 100 g を加えて 40 分間高圧滅菌した。これに SSY 液体培地で得られた培養液 5 ml を加えて 25°C の昼夜明所で培養し、種駒に多数の分生子を形成させた。次に当场

表-19 浸漬接種による幼虫の累積病死率

供試虫	分生子濃度 個/ml	供試虫数 (A)	累積病死率 (B/(A-C))						病死虫数 (B)	他死亡虫数 (C)
			5日目	10日目	15日目	20日目	25日目	30日目		
カブトムシ	$1 \times 10^7$	19	0	6	6	11	17	33	6	1
	$1 \times 10^6$	19	0	0	11	11	11	11	2	0
タイワン	$1 \times 10^5$	20	0	0	0	100	100	100	20	0
	$1 \times 10^4$	20	0	0	0	40	95	100	20	0
カブトムシ	$1 \times 10^3$	20	0	0	0	21	47	53	10	1
	$1 \times 10^2$	20	0	0	5	5	15	15	3	0
	0	19	0	0	0	0	11	17	3	1

表-20 分生子の表面散布による各深さでの累積病死率

使用堆肥の 表面からの 深さ(cm)	供試 虫数 (A)	累 積 病 死 率 (B/A)						病死 虫数 (B)
		5日目	10日目	15日目	20日目	25日目	30日目	
0~12	20	0	100	100	100	100	100	20
24~36	16	0	0	94	100	100	100	16
48~60	18	0	0	67	89	89	89	16
無処理堆肥	11	0	0	0	0	0	0	0

内の野外において、底80×80cm、高さ100cmの網かごの中に70cmの高さまで堆肥を積み、この表面に分生子を形成させた種駒900gを散布してから種駒が見えなくなる程度に堆肥を上から被せてそのまま放置した。菌培養種駒は1994年3月9日に施用した。3ヶ月後の6月8日に表面から深さ0~12cm、24~36cm、48~60cmの各部分の堆肥を各々プラスチック容器(径10cm、深さ6cm)に取り、この中で3齢幼虫を30日間個体飼育して死亡状況を調べた。試験期間中の降雨量は場内に設置してある雨量計で調べた。

表-21 分生子の病原性持続期間調査結果

処 理 日	使 用 堆 肥	供試 虫数	病死 虫数	生存 虫数
1994. 1.24 処理後84日目	菌混和	10	10	0
	無処理	10	0	10
1994. 6. 7 処理後218日目	菌混和	10	10	0
	無処理	10	0	10
1994. 9.13 処理後316日目	菌混和	9	9	0
	無処理	8	0	8
1994.12.16 処理後410日目	菌混和	10	9	1
	無処理	10	0	10
1995. 7.26 処理後632日目	菌混和	9	9	0
	無処理	9	0	9

## (2) 結果と考察

各層の堆肥での病死状況を表-20に示す。表面から深さ0~12cm、24~36cmの堆肥では飼育開始後20日目までにすべて病死し、48~60cmの堆肥でも30日目までに89%の幼虫が病死した。LATCH & FALLOON (1976)によれば、分生子は降雨やアリ、ヤスデなどの土壤動物の活動などによって堆肥中を浸透していくため、堆肥表面に分生子を散布すれば十分であるという。今回の試験期間中の降雨量は726.5mmであり、この間分生子は48cm以下の層まで堆肥中を浸透していた。前項の試験で、堆肥集積所で繁殖している幼虫は堆肥表面から8~42cmの深さの所に生息していたことから、降雨量が多ければLATCH & FALLOON (1976)が指摘するように、分生子を表面散布するだけで堆肥中の幼虫が分生子に接触、感染する可能性が高いことがわかった。

## 3 病原性の持続期間調査

### (1) 試験方法

1993年11月1日に堆肥50ℓに前述の方法で分生子を形成させた種駒300gを混和させ、この菌混和堆肥100ℓを当場内の地面に掘った穴の中に入れて放置した。その後適時に穴から10ℓ程度ずつ菌混和堆肥を取り出してポリバケツに入れ、この中で10頭前後の3齢幼虫を25℃で2週間飼育して死亡状況を調べた。

### (2) 結果と考察

結果を表-21に示す。野外放置後84日目から632日目にかけて5回試験を行ったが、410日目を除くと菌混和堆肥で飼育した幼虫は2週間目ですべて病死した。このことから、堆肥中に混和した分生子の病原性持続期間はLATCH & FALLOON (1976)の報告よりも8ヶ月も長い20ヶ月以上に及ぶことがわかった。

表-22 人工野積み堆肥での防除試験結果

処 理 区	供試虫数	施 用 量・数	効 果 調査日	病死虫数	健全虫数	不明虫数
種駒表面散布	64	600g	10.31	0	40	24
感染虫放虫1	64	20頭	10.31	6	38	20
感染虫放虫2	64	20頭	12.5	3	16	45
感染虫放虫3	64	18頭	12.5	0	49	15
無 処 理	70	—	12.5	0	43	27

表-23 自然繁殖野積み堆肥での防除試験結果

ステージ	病死虫数	健全虫数
幼 虫	2(20)	0
蛹	1	0
成 虫	3	2
その他幼虫	0	40

注) ( )は多量の分生子が見つかった個所数

#### 4 野外繁殖場所での防除試験

本菌で幼虫を防除する場合、いかにして分生子を堆肥中に入り込ませて幼虫と接触させるかがポイントとなる。前項の基礎的試験で、分生子は多量の降雨によって堆肥中を48cm以上浸透していたことがわかった。そこで幼虫の生息する野積み堆肥を人工的に作成し、菌培養種駒を堆肥表面に散布してその防除効果を調べた。これとは別な施用方法として、分生子に接触感染させた幼虫を同じく野積み堆肥に放虫して堆肥内部に潜り込ませ、やがて堆肥内部で病死したこの感染幼虫から周辺の健全幼虫に二次感染しないか、その可能性についての試験も同時に実施した。さらに実際に幼虫が自然繁殖している野積み堆肥の表面に菌培養種駒を散布し、その防除効果を調べた。

##### (1) 試験方法

1994年9月19日に徳之島の畑地に約1.4m<sup>3</sup>のバガス堆肥の山を5山作成し、それぞれに幼虫を64頭ないし70頭放虫した。翌日、1山には菌培養種駒600gを堆肥表面に散布し、その後種駒が見えなくなる程度に堆肥を上から被せた。3山には分生子を虫体表面に十分付着させた感染幼虫を18頭ないし20頭放虫し、残りの1山は無処理区としてそのまま放置した。なお、試験設定時に放した感染虫は効果調査時には完全に分解されて病死虫として数えられることはないものとみなした。

1995年4月26日に沖永良部島において、幼虫が自然繁殖していた野積み堆肥（縦3m×横5m×高さ0.3m）の表面に菌培養種駒を1kg散布し、約2ヶ月後の7月3日に堆肥を切り返して堆肥中に生息していた幼虫の病死状況を調べた。

##### (2) 結果と考察

徳之島の人工野積み堆肥での試験結果を表-22に示す。感染虫を放虫した3区のうち2区で病死虫がわずかにみられたが、菌培養種駒の表面散布区では病死虫はみられなかった。この間の降水量は102mmであり、これは前項の分生子の浸透試験期間中の降水量の約1/7でしかなく、このことが種駒表面散布区での分生子の堆肥中への浸透を悪くし、主に堆肥下部に生息していた幼虫に分生子が接触感染できなかった原因ではないかと思われる。一方、感染虫を放虫した試験区では堆肥中での健全虫の行動範囲が狭く、病死した感染虫に健全虫が接触する機会が少なかったために二次感染が起こらず、わずか3,6頭しか病死しなかったのではないかと考えられる。

沖永良部島の自然繁殖野積み堆肥での試験結果を表-23に示す。幼虫2頭、蛹1頭、成虫3頭が病死しており、病死後虫体が完全に分解されてなくなり、分生子だけがまとまって堆肥中に残存していた所が20ヶ所もみられた。一方、堆肥中にはハナムグリ亜科の幼虫が40頭ほど生息していたが、本菌で病死したものはみられなかった。このように沖永良部島での試験で高い防除効果が得られたことについては、試験期間中の降水量が394mmと徳之島での試験の約4倍であったことと、幼虫が堆肥表面から30cm程度の浅い所に生息していたことが原因ではないかと考えられる。

## VIII その他の防除法

幼虫がすでに繁殖していたり、あるいは今後繁殖場所として利用される可能性の高い堆肥や枯死木を除去することは、最も確実に個体密度を減少させることのできる防除法であろう。実際にトンガ王国のニュートプタブ島（面積6平方マイル）では、防除にかかる労力のほとんどを繁殖場所の除去に費やした結果、成虫の侵入後おおよそ8年後に本種を根絶させることができたという（CATLEY 1969）。

成虫を捕獲する方法として、沖縄のある植物園では防除対策の一環としてブラックライトと高圧電流（7,000V）を組み合わせた電撃誘殺器を用いて成虫を誘引、捕獲している（沖縄開発庁 1989）。HINCKLEY（1973）によれば、1.8mのココヤシ丸太を30cmほど地面に埋めて垂直に立て、丸太の上に深さ11cm、幅5cmのブリキカンを設置し、さらにその上に2.5cmの穴を中心部に貫通させた長さ30cmのココヤシ丸太の蓋を置くと、ココヤシ丸太に誘引されて飛来し、ココヤシの蓋の穴に潜り込んでブリキカンの中に落ちてきた成虫を捕獲できるという。BEDFORD（1973）はこのココヤシの蓋に成虫の誘引化学物質である ethyl dihydrochrysanthemumate, 別名 chislure (BARBER *et al.* 1971) を加えれば誘引効果が増加すると報告している。その後、MADDISON *et al.*（1973）は chislure と同程度の誘引効果があり、しかもより安価で経済的に利用価値が高い ethyl chrysanthemumate, 別名 rhinolure という化学物質を報告している。この他、ココヤシ丸太を縦に半分に割ったものを地面に置いて、交尾あるいは産卵しに集まってきた成虫を捕獲する方法もある（CATLEY 1969）。

生物的防除法として、これまで数種類の天敵生物を使った方法が試みられている。寄生蜂の *Scolia ruficornis* はアフリカのザンジバル島から南太平洋の西サモアに1945年に導入されたが、タイワンカブトムシの密度を経済的許容水準以下に抑えることはできなかった（HINCKLEY 1967）。この他、オサムシ科の *Neochryopus savagei* や *Pherosophus sobrinus*, コメツキムシ科の *Alaus speciosus* や *Lanelater fuscipes* などの捕食性昆虫を使った生物的防除が試みられてきたが（CATLEY 1969）、いずれもはっきりした効果は認められていない（BEDFORD 1980）。

タイワンカブトムシに寄生する昆虫ウイルス *Rhabdionvirus oryctes* がマレーシアで発見されている（HUGER 1966）。このウイルスは主に成虫間の交尾によって伝染するが、感染個体からの排泄物を摂食することでも感染するため、繁殖場所では幼虫と成虫とでも互いに感染しあう（ZELAZNY 1976）。南太平洋の島々では、このウイルスを導入することによってタイワンカブトムシの密度を減少させることに成功している（MARSHALL 1970；YOUNG 1974）。しかしながら、野外におけるウイルスの活性は1週間で初期の0.091%、2週間で0.027%まで減少し、1ヶ月後には全く感染力がなくなるため（ZALAZNY 1972）、このウイルスが野外で定着するにはウイルスを増殖あるいは伝搬させるだけの十分なタイワンカブトムシの個体群が常に必要とされる（BEDFORD 1980）。奄美群島では恒常的に大量に野積みされたバガス堆肥やパーク堆肥を主な繁殖場所としているが、このような繁殖場所は局地的に存在し、群島全体的な個体群密度もさほど高くないことから判断すると、このウイルスを使用するよりは病原性持続期間が20ヶ月以上に及ぶ昆虫病原糸状菌の *M. anisopliae* var. *majus* をバガス堆肥やパーク堆肥に施用した方が有効であると思われる。

## IX 奄美群島における総合的防除法

奄美群島における本種の防除対策を講じる場合、これまでの調査で明らかになった本種の同群島における生態と照らし合わせながら、いくつかの防除技術を組み合わせて総合的な防除体系を作る必要がある。以下に奄美群島における総合的防除法の中に組み入れられるべき項目をあげる。

- 1 まず最初に取り組まなければならないことは、繁殖場所の徹底した除去である。これは CATLEY（1969）

が指摘するように、いかなる防除計画を作成する上でも最も基礎となるべき重要な防除法である。奄美群島で主要な繁殖場所となっているバーク堆肥やバガス堆肥、あるいはその他腐植質の堆積物は早急に畑地に還元するか、幼虫が繁殖できないように薄く広げるなどして除去する。またヤシ枯死木は幼虫の生息密度がバガス堆肥やバーク堆肥に比べるとかなり高く、さらに野外ではヤシ枯死木の立木や伐倒木は散在して野積み堆肥よりも目立ちにくいことから、これまで被害地域における重要な成虫の発生源として駆除されずに残存していた可能性が高いため、特に注意して除去する必要がある。この他、ピロウなどのヤシ生立木の葉腋部の隙間も繁殖場所として利用される可能性があるため、商品価値を重視するヤシの生産圃場では、葉柄基部が長期間樹幹に残存して葉腋部に腐植質の屑がたまりやすいヤシの古葉は早めに葉柄基部から削ぎ落とす必要がある。また本種はソテツの腐朽部でも繁殖できるが、道路沿いの緑地帯でピロウ被害木のなかにソテツの枯死木が残存している所もあることから、枯死したソテツは早急に除去するように努める。

- 2 農作物の維持管理上、堆肥を利用するまでそのまま野外に野積みしなければならない場合は、成虫が産卵できないように網やその他の遮蔽物で堆肥を覆う。
- 3 繁殖場所の除去が困難で、さらに遮蔽物で繁殖場所を覆うこともできない場合は、定期的（少なくとも3ヶ月に1回程度）に堆肥を切り返して生息している幼虫を捕殺するかダイアジノン粒剤で駆除する。堆肥を長期間野外に放置しなければならない場合には、種駒で培養した *M. anisopliae* var. *majus* を堆肥中に混和すれば長期にわたる繁殖予防効果が期待できる。
- 4 ベトナムでは戦争で生じた荒廃地も繁殖場所として利用されたりするなど (HINCKLEY 1973)、思わぬものが繁殖場所として利用されることもある。よってヤシ植栽地域では、繁殖場所として利用できそうな腐植質の堆積物が放置されていないか定期的に見回るなどして、ヤシ植栽地周辺の清掃に日頃から努める。
- 5 ヤシの樹冠部に成虫の加害痕がないか日頃から注意して観察し、被害の早期発見に努める。加害痕を発見したらダイアジノン40%乳剤の1,000倍液を樹冠部に散布し、穿入孔にも注入する。成虫の活動時期は長期にわたるため、ここでは薬剤の残効期間でその後の成虫の後食を予防するよりも、薬剤散布時に加害していた成虫の駆除を目的とし、薬剤散布後は成虫の加害防護ネットを樹冠部に巻き付ける。この方法で半年以上は成虫の加害を妨げるため、この期間中に成虫の発生源となっている繁殖場所を探して駆除もしくは除去する。
- 6 主な繁殖場所であるバガス堆肥やバーク堆肥、あるいは牛糞堆肥などはいずれも奄美群島における基幹産業と密接に結びついたものである。よって、これら繁殖場所の徹底した除去は困難な場合が多いことが予想される。そこで、ある地域の防除対策を計画する際は、そこが製糖工場やチップ工場、あるいはサトウキビ畑や家畜舎が多数存在するような農耕地域で繁殖場所の徹底した除去が困難な地域か、あるいは市街地域で周囲に繁殖場所がほとんど見当たらないような地域か判断する。そして繁殖場所の徹底した除去が困難な地域であると判断した場合、恒久的な被害回避法として緑化樹などとして植栽されているヤシを成虫の加害をほとんど受けないアレカヤシやヤシ以外の広葉樹などへ樹種転換する。奄美群島ではこれまでヤシを中心とした緑化を行ってきたが、ヤシは県本土でも道路沿いの緑化樹としてかなり植栽されていることから、タイワンカブトムシの被害を機会に、本種の防除と平行して奄美群島の観光資源となりうるヤシ以外の新たな緑化樹を検索する努力も必要であろう。

## X 摘 要

1987年に沖永良部島に侵入して以来、奄美群島の緑化樹として重要なヤシに多大な被害を与えているタ

イワンカブトムシについて、平成5年度から7年度にかけて本種の奄美群島内における生態と防除法について研究を行い、その結果に基づいて奄美群島における本種の総合的な防除法を提言した。得られた結果の概要は以下の通りである。

- 1 本種は1987年に沖永良部島で発見されたのが最初で、1988年に与論島、1991年には奄美大島と徳之島で相次いで発見された。しかしながら、喜界島と加計呂麻島での生息はこれまで確認されていない。
- 2 幹線道路沿いのヤシの被害率は、奄美大島で4.5%、沖永良部島で5.3%であった。被害の著しいヤシ植栽園では、アレカヤシ以外はすべて被害を受けていた。
- 3 成虫の加害植物として、ヤシが15種、ヤシ以外が3種確認されたが、サトウキビやバナナ、パパイヤやパイナップルなどの農作物への加害は確認できなかった。アレカヤシは激害地においてもまったく加害されていなかったことから、成虫の加害を極めて受けにくいヤシであることがわかった。
- 4 奄美群島では、バガス堆肥やパーク堆肥を主な繁殖場所として利用していた。その他、牛舎から排出される牛糞堆肥やヤシ枯死木の樹幹や樹冠部、稀ではあるがソテツの腐朽部やビロウ生立木の葉腋部も繁殖場所として利用していた。生息密度はヤシ枯死木で最も高く、1,090.9頭/m<sup>2</sup>であった。
- 5 奄美群島では年間を通じて繁殖しており、しかも発育時期の異なる個体群がかなり混在していることがわかった。
- 6 30℃の温度条件下における平均発育期間は、卵期が8.6日、1齢期が15.0日、2齢期が20.2日、3齢期が80.1日、蛹期が15.9日であり、卵から羽化するまでに平均139.8日(4.6ヶ月)かかった。
- 7 発育限界温度は、卵期が16.2℃、1齢期が19.0℃、2齢期が15.1℃、3齢期が11.1℃、蛹期が10.2℃であった。
- 8 厳冬期においても幼虫の生息していたパーク堆肥内は発酵熱で約32℃に保たれていたことから、奄美群島では年間を通じて30℃程度の温度条件下で生息できるため、年2世代の繁殖も十分可能であると考えられた。
- 9 幼虫の生息限界温度は37~40℃の範囲内に存在すると考えられた。
- 10 成虫の活動時期は4月から12月の長期にわたり、その最盛期は5月から9月と推定された。
- 11 雌の平均生存日数は227.4日で、平均産卵数は122.1個であった。1日当たりの産卵数は1~12個で、最も頻度の高かったのは1日当たり1,2個であった。雄の平均生存日数は190.6日であった。
- 12 ダイアジノン5%粒剤(約2kg/m<sup>2</sup>)を堆肥表面に散布した後にビニールシートで被覆したところ、92.3%の高い殺虫効果が得られた。
- 13 *M. anisopliae* var. *majus* の本種に対する病原性は高く、半数致死濃度は $1 \times 10^{28}$ 個/mlであった。
- 14 *M. anisopliae* var. *majus* の堆肥中での病原性持続期間は20ヶ月以上に及んだ。
- 15 堆肥表面から深さ30cm以内の表層部に生息している幼虫を駆除対象とする場合、降雨の多い時期をねらって *M. anisopliae* var. *majus* を培養した種駒を堆肥表面に散布すれば、かなりの防除効果が期待できることがわかった。
- 16 最後に奄美群島におけるタイワンカブトムシの総合的防除法として、繁殖場所の徹底した除去を基本とし、恒久的な防除対策である樹種転換をも考慮に入れた総合的な防除法を提言した。

## XI 引用文献

- BARBER, I. A., MCGOVERN, T. P., BEROZA, M., HOYT, C. P. & WAIKER, A. (1971) Attractant for the coconut beetle. *J. Econ. Entomol.* 64: 1041-1044.
- BEDFORD, G. O. (1973) Comparison of two attractant trap types for coconut rhinoceros



- beetles in New Guinea. *J. Econ. Entomol.* 66 : 1216-1217.
- BEDFORD, G. O. (1975) Immigration of *Oryctes rhinoceros* (L.) and *Scapanes australis grosse-punctatus* Sternb. into plantings of young coconut palms in New Britain. *Bull. Entomol. Res.* 65 : 109-116.\*
- BEDFORD, G. O. (1976) Observations on the biology and ecology of *Oryctes rhinoceros* and *Scapanes australis* : pests of coconut palms in Melanesia. *J. Aust. Entomol. Soc.* 15 : 241-251.
- BEDFORD, G. O. (1980) Biology, ecology, and control of palm rhinoceros beetles. *Ann. Rev. Entomol.* 25 : 309-339.
- CATLEY, A. (1969) The coconut rhinoceros beetle *Oryctes rhinoceros* (L.). *PANS* 15 : 18-30.
- CHERIAN, M. C. & ANANTANARAYANAN, K. P. (1939) Studies on the coconut palm beetle (*Oryctes rhinoceros* Linn.) in South India. *Indian J. Agric. Sci.* 9 : 541-559.
- COSTA, H. H. & GANESALINGAM, V. K. (1967) The sensory physiology of the larva of rhinoceros beetle *Oryctes rhinoceros* L. *Ceylon J. Sci. Biol. Sci.* 7 : 52-73.\*
- CUMBER, R. A. (1957) Ecological studies of the rhinoceros beetle *Oryctes rhinoceros* (L.) in Western Samoa. *South Pac. Comm. Tech. Pap. No. 107.* 32pp.
- 具志堅允一 (1978) 沖縄本島に侵入したヤシ類の害虫 (資料). 沖縄県林試研報 21 : 133-141.
- 具志堅允一 (1982) タイワンカブトムシの生態に関する研究 (II). 日林九支研論集 35 : 173-174.
- 具志堅允一 (1984) タイワンカブトムシの生態に関する研究 (III). 日林九支研論集 37 : 193-194.
- 具志堅允一 (1985) タイワンカブトムシ駆除薬剤試験. 沖縄県林試研報 27 : 53-59.
- 具志堅允一・山内政栄 (1982) タイワンカブトムシの生態に関する研究 (I). 日林九支研論集 35 : 171-172.
- HINCKLEY, A. D. (1967) Associates of the coconut rhinoceros beetle in Western Samoa. *Pac. Insects* 9 : 505-511.\*
- HINCKLEY, A. D. (1973) Ecology of the coconut rhinoceros beetle, *Oryctes rhinoceros* (L.). *Biotropica* 5 : 111-116.
- 堀田 満 (1989) 世界有用植物事典. 平凡社.
- HUGER, A. M. (1966) A virus disease of the Indian rhinoceros beetle *Oryctes rhinoceros* (Linnaeus), caused by a new type of insect virus, *Rhabdionvirus oryctes* gen. n., sp. n. *J. Invertebr. Pathol.* 8 : 38-51.\*
- HURPIN, B. & FRESNEAU, M. (1967) Contribution à la lutte contre les *Oryctes* nuisibles aux palmiers. Élevage en laboratoire de *O. rhinoceros* L. *Oleagineux* 22 : 1-6.\*
- HURPIN, B. & FRESNEAU, M. (1973) Étude en laboratoire des facteurs de fécondité de *Oryctes monoceros* Ol. et *O. rhinoceros* L. *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 9 : 89-117.\*
- 池原直樹 (1984) 沖縄植物野外活用図鑑 2. 新星図書.
- 鹿児島地方気象台 (1983) 鹿児島の気象百年誌. 鹿児島地方気象台.
- 片野田逸朗・谷口 明 (1995) タイワンカブトムシの被害防除に関する研究 (II). 日林九支研論集 48 : 135-136.
- LATCH, G. C. M. (1976) Studies on the susceptibility of *Oryctes rhinoceros* to some entomogenous fungi. *Entomophaga* 21 : 31-38.

- LATCH, G. C. M. & FALLOON, R. E. (1976) Studies on the use of *Metarhizium anisopliae* to control *Oryctes rhinoceros*. *Entomophaga* 21 : 39-48.
- MADDISON, P. A., BEROZA, M. & MCGOVERN, T. P. (1973) Ethyl chrysanthemumate as an attractant for the coconut rhinoceros beetle. *J. Econ. Entomol.* 66 : 591-592.
- MARSCHALL, K. J. (1970) Introduction of a new virus disease of the coconut rhinoceros beetle in Western Samoa. *Nature (London)* 225 : 288-289.
- 中須賀常雄・高山正裕・金城道男 (1992) 沖縄のヤシ図鑑. ボーダーインク.
- NIRULA, K. K. (1955) Investigation on the pests of the coconut palm. II. *Oryctes rhinoceros* L. *Indian Coconut J.* 8 : 161-180.\*
- 沖縄開発庁 (1989) 街路樹害虫対策調査検討報告書. 101pp.
- 島津光明 (1993) 種駒に培養した天敵微生物ボーベリア菌を利用するマツノマダラカミキリの防除法. 森林防疫 42 : 232-236.
- 白井祥平 (1980) 沖縄園芸植物大図鑑 2. 沖縄教育出版.
- 竹谷昭彦・具志堅允一 (1985) タイワンカブトムシの生態と被害. 森林防疫 34 : 79-83.
- 田中啓爾 (1975) GRAND ATLAS "東南アジア・南太平洋". 人文社.
- 谷口 明・瀬戸口 徹・片野田逸朗 (1995) タイワンカブトムシの被害防除に関する研究 (I). 日林九支研論集 48 : 133-134.
- YOUNG, E. C. (1974) The epizootiology of two pathogens of the coconut palm rhinoceros beetle. *J. Invertebr. Pathol.* 24 : 82-92.
- YOUNG, E. C. (1975) A study of rhinoceros beetle damage in coconut palms. *South Pac. Comm. Tech. Pap. No.* 170.\*
- ZELAZNY, B. (1972) Studies on *Rhabdionvirus oryctes*. I. Effects on larvae of *Oryctes rhinoceros* and inactivation of virus. *J. Invertebr. Pathol.* 20 : 235-241.
- ZELAZNY, B. (1975) Behaviour of young rhinoceros beetles, *Oryctes rhinoceros*. *Ent. Exp. & Appl.* 18 : 135-140.
- ZELAZNY, B. (1976) Transmission of a baculovirus in populations of *Oryctes rhinoceros*. *J. Invertebr. Pathol.* 27 : 221-227.

\*を付したものは直接参照できず, BEDFORD (1980) より間接的に引用した。

(1996年3月21日受理)