

センノカミキリの生態ならびに防除に関する研究

阿久津喜作

Studies on Biology and Control of Udo Longicorn Beetle
(*Acalolepta luxuriosa* BATES)

Kisaku AKUTSU

目 次

緒 言	4
I 生活史の概要	5
II 発生および加害の各種実態調査	5
A. 常発地のウド畑における発生状況	5
B. 都内各地域における発生状況	6
C. 国内各地の発生状況	6
D. 高冷地の委託ウド畑における発生状況	7
E. 高冷地および都内平坦地栽培の廃棄根株における食入の比較	8
F. 平坦地ウド畑周辺におけるウコギ科植物への寄生	10
G. ウドの生育におよぼす影響	10
1. 食 害	10
2. ウドの生育におよぼす影響	12
3. 食入時期と被害の関係	13
4. 食入が芽の形成におよぼす影響	14
H. 考 察	15
III 卵、幼虫の発育	16
A. ふ 化	16
1. 卵期間およびふ化率	16
2. 卵の発育限界温度	17
B. 幼虫の発育	18
1. 脱皮回数	18
2. 幼虫の発育におよぼす日長の影響	19
3. 低温の遭遇が幼虫の発育におよぼす影響	21

本論文は東京大学審査学位論文（農学博士）である。

C. 人工飼料による飼育	23
1. 人工飼料の組成が発育におよぼす影響	23
2. 大量飼育法	25
(1) 採卵方法	25
(2) 卵の収容	25
(3) 飼育方法	25
D. 考察	26
 IV. 羽化および後食と性成熟の関係	28
A. 羽化および脱出	28
1. 蛹室における羽化成虫の停留期間	28
2. 脱出消長	28
B. 後食	29
1. ウドにおける後食部位	29
2. 後食の期間	31
3. 羽化後の日齢と後食活動	31
C. 後食と性成熟の関係	31
1. 性成熟の発達	32
2. 卵巣の発達	32
3. 精巢の発達	35
D. 考察	36
 V. 配偶行動	37
A. 配偶行動の観察	37
1. ウドにおける配偶行動の観察	37
2. 雄をめぐる雄の闘争	39
3. 交尾時間および回数	40
4. 交尾回数が産卵およびふ化におよぼす影響	41
B. 配偶行動の解析	42
1. 雄の行動解析	42
1) 視覚遮断	42
2) 化学感覚	42
3) 聴覚	43
4) 雄の配偶行動を解発する要因の経時的変化	44
5) 雌さや翅に対する雄の交尾反応	44
2. 雌の行動解析	44
1) 雄の認知	44
C. 配偶行動に関する部位の形態および組織学的観察	46
1. 触角および小顎ひげの形態	46
2. さや翅、腹部背面の形態および組織的観察	47
D. 考察	50

VII. 産卵	53
A. 産卵習性	53
B. ウド畑における産卵調査	54
C. 産卵消長	57
D. 考察	58
VIII. 防除	59
A. 殺虫剤散布による効果	59
B. 廃棄根株内のセンノカミキリに対するくん蒸効果	60
C. ジメトエート粒剤の土壤施用効果	60
1. ふ化幼虫に対する殺虫効果	60
2. 成虫に対する殺虫効果	61
D. 各種土壤施用殺虫剤の成虫に対する効果	61
E. 考察	61
IX. 総括	62
摘要	64
引用文献	66
Summary	69

緒 言

近年、カミキリムシ類による果樹および樹木の加害が問題となっている。例えばブドウではブドウトラカミキリ⁵³⁾、カンキツ類におけるゴマダラカミキリ³⁸⁾、クワのキボシカミキリ³³⁾、クリ、ナシ、コナラにおけるシロスジカミキリ^{2, 58)}、マツ類におけるマツノマダラカミキリ⁵⁵⁾などである。

センノカミキリ *Acalolepta luxuriosa* BATES は1970年頃から東京都をはじめ、埼玉県など関東のウド栽培地帯に激発し、寄生株率70%におよぶ被害が発生して問題となった^{4, 60)}。これらのカミキリムシ類による被害の増加は、1971年以降、BHC剤の使用を禁止したことが1因であると指摘されている^{4, 38, 53)}。

カミキリムシ類は、加害の最も大きい幼虫期を餌植物体内に穿孔して過すために、外部からの観察が難かしく、その生態については1部の種を除いてほとんど明らかにされていない。したがって、防除対策の基礎となる研究成果に乏しく、多くの種についてまだ適確な防除法が確立されていないのが現状である。センノカミキリについても生活史、行動その他生態一般の詳細については、ほとんど明らかになっていない。

センノカミキリは分類学上、カミキリムシ科Cerambycidae、ビロウドカミキリ属 *Acalolepta* に属し、分布は日本全土および朝鮮、中国におよんでいる。わが国における加害植物はセンノキ、タラノキ、ウコギ、ヤソデなど、ウコギ科植物であることが知られている^{42, 44, 45)}。本種がウドを加害することは、1920年代に石井³²⁾、高橋⁷²⁾によって報告が行なわれている。石井はセンノカミキリの加害について「ウドヒゲナガカミキリが比較的に加害多く、当業者も困っている。此の害虫の幼虫は根元の髓内を食害するものであって、東京付近では相当害が多い」と述べている。この報告からも明らかなように、当時においても被害の大きかったことがうかがわれる。

ウドは高級野菜の1つとして北海道から熊本県にいたる22都道府県で栽培されている。主産地は東京都を中心に関東に集中しており、その栽培面積はおよそ1,076haと推定され、出荷量は3,400t、総販売額は12億円に達している^{63, 78)}。東京都におけるウドの栽培は、170年の歴史があり、現在600戸の農家が約300haを栽培し、東京特産ウドとして東京中央卸売市場の占有率1位を占める生産が行なわれている。以上の背景もあって、センノカミキリが激発した1975年、東京都ウド生産組合連合会は都に対

し、本種の生態解明と防除法の確立を要請した。同時に、東京都農業試験場においても本種の研究が重要テーマとしてとりあげられた。著者は、ウドの栽培が最も大きい東京都において本種による加害の重要性を認め、1976年、研究を開始した。

本研究は1976年～1983年にかけて防除対策の確立を目的に行なったものであるが、本報告では幼虫および成虫の生態（主としてbiology）について全般的な研究を中心とりまとめを行なった。前半はウドにおける発生の実態、産地間、寄主間の移動、加害の実態を調査、検討した。また、休眠の試験から本種の生活環について論じ、さらに後食と性成熟について検討した。後半は主として配偶行動について観察および各種の試験を行ない、夜行性フトカミキリ類特有の行動習性、雌雄の認知方法についての研究を紹介し、さらに形態および組織学的検討を行なって、配偶の成立機構を論じた。防除対策については、若干の殺虫試験について述べた。

本研究の1部は東京都農業試験場主任研究員新井茂氏、同研究員小川利明氏、東京農業大学窪木幹夫博士、農水省東北農業試験場虫害第1研究室本多健一郎技官との共同研究によった。

本研究をとりまとめるにあたり、東京大学教授松本義明博士、吉武成美博士から多大の御指導、ごべんたつを常に戴いた。厚くお礼申し上げる。また、宇都宮大学教授岩下嘉光博士には電顕の撮影、組織切片作成の指導と始終適切なごべんたつを戴き、同大学教授田中正博士には常に激励を受けた。東京農工大学助教授小原嘉明博士には配偶行動について常に適切なご指導を戴いた。ここに深く感謝する。高知大学教授小島圭三博士、日本専売公社中央研究所中馬達二博士、豊玉香料株式会社酒井案理博士には、本研究の遂行にあたって文献の調査ならびに多くの助力を戴いた。また、現地調査にご協力戴いた群馬県農業試験場環境部長中里筆二氏、東京都北多摩農業改良普及所神田公司氏、北多摩経済事務所農務課の関係各位、本研究遂行に理解ある配慮を戴いた東京都農業試験場の芦川孝三郎場長をはじめ関係各位、研究単位の諸氏に対し、厚くお礼申し上げる。

I. 生活史の概要

石井³²⁾、高橋⁷²⁾らの調査、観察を参考に本種の生活史の概要を述べると次の通りである。ウドを寄主とする本種は年1世代を経過し、老熟またはこれに近い幼虫態で地下15cm～20cmの株内で越冬する。越冬した幼虫は5月中旬～6月上旬に老熟し、蛹室を作つて蛹化する。蛹はほぼ2週間で羽化する。羽化した成虫は体が固まるまで数日間蛹室内にとどまつたのち、6月下旬から7月にかけて脱出する。脱出後の成虫はほぼ2週間後食したのち、交尾、産卵に入る。卵は約7日～10日間でふ化する。ふ化幼虫は、形成層から髓に食入し、次第に坑道をひろげ、地下茎や根に達して老熟し、そのまま越冬する。本種はウド以外にも山地ではセンノキ、タラノキ、ウコギなど、多くのウコギ科植物につくが、発生生態は不明である。また、本種の生活史におけるこれらの寄主植物と栽培ウドの関係についてもわかっていない。

II. 発生および加害の各種実態調査

センノカミキリは、1920年代に石井³²⁾、高橋⁷²⁾によって簡単な経過習性が報告されている。それによると、本種はトドマツ、センノキにもつくが、東京附近ではウドに多発し、幼虫は茎の髓内を食害しながらついには茎を地際から切断する被害を生じるという。これらの報告にはいくつかの誤った記述が見いだされるが、これを訂正する研究はこれまで、ほとんど行なわれていない。したがって、本種がウド栽培とどのようにかかわって多発をまねき、それがどのような被害をもたらすかなど、発生生態の詳細については多くの問題をもちらがら不明のまま今日に至った。

ウド栽培における本種の適切な防除対策を確立するためには、より詳細な発生生態の解明が必要である。特に東京都の平壠地あるいは高冷地の委託栽培ウドにおける発生状況の把握、ウドと他植物との寄生関係、加害生態などの各種実態調査は、ウドにおける本種の発生分布、移動、侵入経路および発生源などを明らかにし、被害の実態を解明するうえで重要である。そこで、これらの実態を調査し、検討を加えることとした。

A. 常発地のウド畑における発生状況

1982年、1983年2月、ウド畑が最も集団化し、センノカミキリの常発地である東京都小平市のはば全域のウド畑について圃場ごとに食入状況を調査した。

調査方法

各圃場は、矩形またはこれに近い形状故対角線上の株について幼虫が食入しているかどうかを株際に排出された虫糞によって判定した。食入株率は、対角線上の食入株数／総株数×100によって求め、1うねの株数とうね数から圃場のおよその株数を算定し、推定食入株数および率を求めた。

調査結果

結果を第1表に示す。1982年の調査では、6ヶ所の圃場のうち40ヶ所に食入が認められた。食入の程度は、10%以下が22ヶ所で最も多く、ついで11～20%5ヶ所、～30%7ヶ所、31～40%2ヶ所、41～50%1ヶ所、51～60%が3ヶ所の圃場に認められた。

1983年の調査では、49ヶ所の圃場を対象に調査を実施したが、そのうち27ヶ所に食入が認められた。食入の程度は、10%以下が最も多く、21ヶ所をしめた。73%の高い食入率を示した圃場が1ヶ所認められたほかは、前年より少なかった。

第1表 常発地（小平市）のウド畑におけるセンノカミキリの発生

食入 株率 ¹⁾ (%)	1982年		1983年	
	発生圃数(率) ²⁾	発生圃数(率) ²⁾	発生圃数(率) ²⁾	発生圃数(率) ²⁾
0	36(47.6%)		22(44.9%)	
1～10	22(28.9)		21(42.9)	
11～20	5(5.6)		2(4.1)	
21～30	7(9.2)		3(6.1)	
31～40	2(2.6)		0	
41～50	1(1.3)		0	
51～60	3(3.9)		0	
61～70	0		0	
71～80	0		1(2.0)	

1) 圃場の対角線上の食入株数／対角線上の総株数
×100。

2) 発生圃総数を100とした場合の指數。

B. 都内各地域における発生状況

ウドは区内、西多摩、南多摩の一部を含め、北多摩地域を中心広く栽培されている。そこで、本種の都内におけるおよその発生分布を把握するため、1979年12月各地のウド畠を巡回し、食入状況を調査した。

調査方法

調査は、行政区単位に巡回し、1～3カ所の圃場を抽出して行なった。抽出にあたっては、同じ行政区でもできるだけ異なる地域から抽出した圃場を調査するようにした。食入調査の方法は、前述Aの方法によった。

調査結果

結果を第2表に示す。調査は、特別区2カ所、北多摩28カ所、西多摩4カ所、南多摩1カ所の総数35圃場で行なった。そのうち19カ所(54.3%)に1～79%の食入が認められた。最も高い食入率が認められた地域は、東久留米市の79%で、ついで西多摩郡瑞穂町の52%，清瀬市の40%の順であった。小金井市では食入が殆ど認められなかった。しかし、調査圃数が少ないので、未発生地域との差の判断はできなかった。以上の結果からセンノカミキリは、都内のウド栽培地帯に広く分布し、圃場によっては高密度で発生していることがわかった。

C. 国内各地の発生状況

国内各地のウド栽培地における発生状況を把握するため、ウドの栽培を行なっていると思われる府県の農業試験場および園芸試験場の協力を得て発生の実態を調査した。

調査方法

調査は、アンケートによった。アンケートの発送は、都道府県別栽培面積の統計数値がないので、東京および大阪中央卸売市場への出荷量^{63, 78)}から各府県の栽培規模を推定して行なった。調査内容は、栽培面積、センノカミキリの発生の有無、発生の程度(甚、多、中、少、無の5段階)，多発年および発生地についてである。調査は、1981年3月に実施した。

調査結果

結果を第3表に示す。東京および大阪中央卸売市場への出荷量からウドの栽培を行なっていると判断された道府県のうち、回答のあった県は12県であった。そのうち、センノカミキリの発生が認められたのは、東京都を含め、

第2表 都内各地のウド畠における
センノカミキリの発生状況(1979)

調査地名	調査株数	食入株数 ¹⁾	食入率
練馬区 立野町	3660	37	1%
〃 大泉学園町	1540	0	0
保谷市 住吉町	2016	81	4
東久留米市前沢町	2580	2038	79
〃 前沢町	1596	0	0
〃 南町	2914	0	0
武蔵野市 中町	2523	0	0
三鷹市 下連雀町	2400	576	24
〃 新川町	4047	81	2
清瀬市 中里町	2400	0	0
〃 上清戸町	799	320	40
国分寺市 新町	779	0	0
〃 高木町	500	30	6
〃 "	5250	210	4
小金井市 緑町	2368	0	0
武蔵野市 緑町	1548	0	0
〃 八幡町	1080	22	2
小平市 小川町	1175	0	0
〃 中島町	2408	0	0
〃 小川東町	1904	0	0
〃 花小金井町	1862	37	2
東大和市 高木	1620	0	0
〃 狹山	1798	396	22
武蔵村山市 中藤	4320	259	6
〃 三ツ木	4095	0	0
〃 学園町	1176	24	2
立川市 砂川7番	1300	156	12
砂川4番	1911	0	0
砂川2番	2500	0	0
〃 "	1200	120	10
日野市 東光寺	1900	152	8
瑞穂町 長岡	1647	856	52
〃 殿ヶ谷	3220	515	16
青梅市 新町	1517	76	5
〃 野上	1846	0	0

1) 対角線上の食入株数／対角線上の総株数×100

第3表 ウドの都道府県別栽培状況とセンノカミキリの発生（1981）

	栽培面積 (ha)	被害程度 ¹⁾	被 害 發 生 率	發 生 地 名
北海道	4	—		
岩手	80	無		
山形	17	無		
新潟	12	無		
群馬	315	少	1970	利根郡昭和、利根村
栃木	40	—		
茨木	15	多	1978	取手市、猿島郡
千葉	10	無		
埼玉	200	中	1978	日高町、飯能市、所沢市
東京	300	多	1974	北多摩、西多摩、南多摩
神奈川	20	多	1975	横浜市、相模原市、綾瀬市
山梨	20	無		
愛知	25	無		
京都	0.3	—		
奈良	0.5	無		
和歌山	0.1	—		
大阪	1.5	—		
兵庫	2	—		
広島	3	無		
佐賀	5	—		
大分	1	—		
熊本	5	—		

1) 基、多、中、小、無の5段階で表わした。—:回答なし。回答なしの栽培面積は東京、大阪中央卸市場への出荷量から推定した。

埼玉、神奈川、茨城、群馬の5県で、関東地域に発生が集中していることがわかった。発生の程度は、群馬以外は中、多発で、栽培歴が古く規模の比較的大きい地帶で1970年から1978年の間に多発していることが推定された。

D. 高冷地の委託ウド畑における発生状況

東京都のウド栽培農家のほとんどは、休眠を離脱した芽を平坦地より早く得るため、主として群馬県などの高冷地農家にウド苗を持込み、根株の養成栽培を委託している⁷⁶⁾。その面積は、東京都の平坦地で根株養成している面積に匹敵すると云われているが明らかでない。高

冷地で養成された根株は、晩秋に掘りとられ、委託者に戻されるので、もし高冷地でセンノカミキリが発生した場合、幼虫が根株に食入したまま移動し、これが東京の平坦地のウドにおける発生源となる可能性も想定される。また、高冷地のウドには、周辺に自生するタラノキ、センノキなどからの侵入も考えられる。そこで、群馬県の高冷地の委託ウド畑およびタラノキにおける発生状況を知るための調査を行なった。

調査方法

群馬県農試、渋川普及所および沼田普及所の協力を得て赤城山麓の勢多郡赤城村8、利根郡昭和村13、榛名山麓の群馬郡倉渕村9、吾妻郡中之条町5の計35ヶ所の委託ウド畑について発生状況を調査した。調査は前述Iの

方法によって行なった。また、ウド畑周辺に自生しているタラノキについて幼虫の食入、成虫の脱出孔、後食の有無を調べた。調査は、1979年9月に行なった。

調査結果

結果を第4表に示す。センノカミキリ幼虫の食入が認められたのは、35カ所のうち赤城山麓の利根郡昭和村の3カ所のみで、これらのウドは東京都武藏野市と小平市等の農家の委託したものであった。また勢多郡赤城村の1カ所のウド畑では、本種の成虫によると思われる後食の跡が数株に発見された。榛名山麓の吾妻郡中之条町および群馬郡倉渕村の畑では、幼虫の食入株が認められなかつた。

かった。

ウド畑周辺には、タラノキの自生がかなり多くみられたが、センノキは認められなかつた。タラノキについて食入した幼虫の排出物、成虫の脱出孔、後食跡は認められなかつた。

以上の結果から高冷地の委託ウドにおけるセンノカミキリの発生は、きわめて少ないことがわかつた。また、タラノキから委託ウドへの寄主転換を行なつてはいるが推測されるような証拠、すなわち、本種がタラノキに多発し、周辺のウドにも幼虫の食入がかなり認められる状況は観察されなかつた。

第4表 高冷地（群馬県）の委託ウド畑におけるセンノカミキリの発生状況¹⁾

調査地名	調査数	依頼者の地名			発生数	調査数	食入数	
勢多郡赤城村芳賀沢	5	三鷹	3	小平 小金井	1	0	100	0 ²⁾
〃 〃 清水	2	調布	2			0	100	0
〃 〃 小田川	1	不明	1			0	100	0
〃 〃 昭和村川瀬	7	不明	2		2	50,100	2 ³⁾	
〃 〃 糸井	2	立川	2	小平, 田無, 武藏野 調布, 国分寺	1	0	100	0
〃 〃 中野	4	小平	3	国分寺	1	1	100	2 ³⁾
吾妻郡 中之条町	5	三鷹	5			0	100	0
群馬郡 倉渕村	9	保谷	9			0	100	0

1) 1979年9月に調査した。

2) 数カ所に後食跡を確認。

3) 幼虫を確認。

E. 高冷地および都内平坦地栽培の廃棄根株における食入の比較

高冷地に委託して栽培された根株は、委託した都内の農家に晩秋になって引きとられる。これらの根株は都内の畑（以下平坦地という）で栽培された根株とともに穴むろに伏せ込まれ、萌芽させる。根株は軟化した茎を収穫したのち第1図のような廃棄されるが、これにはセンノカミキリが食入している。したがって、これら委託先における廃棄株内の食入実態を調査比較することは本種の高冷地における発生、高冷地と平坦地間の移動および発生源を知るうえで重要である。そこで、高冷地と平坦地の廃棄根株における食入の実態を調査することとした。

調査方法

収穫後根株を廃棄した農家から委託先を聞きとり、委

託先の明らかになつた根株、すなわち群馬県の4地域、15カ所の根株について食入の有無を調査した。一方、これらの農家が平坦地に栽培し、廃棄した根株についても同様の調査を行なつた。調査期間は、1977年～1979年の3月～5月であった。

調査結果

結果を第5表に示す。高冷地委託の廃棄株では、15カ所のうち5カ所の根株に食入が認められ、最も高いのは小平市の農家が赤城山麓に委託したもので、14%の食入率であった。ほかに、武藏野市小平市および立川市の農家の委託根株に2～9%の食入が認められた。一方、これらの農家が平坦地に栽培した根株は、いずれも高い食入が認められたのが特徴で、100株中46株という高い食入がみられた廃棄株もあった。また、平坦地の廃棄株における食入がみられないか、あってもわずかの場合、高冷地の廃棄株には食入がほとんど認められないのも特徴



第1図 軟化栽培後廃棄されたウド根株

であった。潜入していたものは、ほとんど幼虫態で老熟していたが、1部には第2図に示すような蛹や成虫もみられた。



第2図 ウド根株に食入しているセンノカミキリの各態。1：食中の幼虫。2：老熟幼虫。3：蛹。4：羽化成虫。

第5表 高冷地（群馬県）および都内産ウド根株におけるセンノカミキリの食入状況

委託地名	委託者の居住地	調査年	高冷地産根株		都内産根株	
			調査株数	食入率	調査株数	食入率
赤城村	1 小平市	1977	100	0%	100	0%
	2	"	100	0	100	10.0
	3	"	250	14.0	100	46.0
	4	"	100	0	100	9.0
	5 立川市	"	100	0	100	0
	6 武藏野市	"	100	3.0	115	17.4
	7 三鷹市	"	100	0	100	10.4
昭和村	1 小平市	1978	100	9.0	100	43.0
	2	"	100	7.0	120	25.8
	3	"	120	0	100	0
	4	"	100	0	100	6.0
	5 立川市	"	170	2.0	100	23.3
倉渕村	1 保谷市	1979	100	0	120	0
	2	"	80	0	100	3.8
	3 国分寺市	"	100	0	100	0

F. 平坦地のウド畠周辺におけるウコギ科植物への寄生

センノカミキリ幼虫がウドに多数食入していることは、本種がやはり寄主としているウド畠周辺のウコギ科植物からの成虫の侵入によると想定される。これが事実とすれば、ウコギ科植物には本種の棲息がかなり高い頻度で発見されなければならないと考えられる。この事実を明らかにすることは、本種の侵入経路、すなわち、発生源を知るうえで重要と考えられる。そこで、ウド畠周辺のウコギ科植物における発生の実態について調査を行なった。

調査方法

ウド畠周辺を適宜に巡回し、自生または栽植してあるウコギ科植物について食入の有無を調査した。調査対象としたウコギ科植物は、タラノキ、ウコギ、キズタ、ヤツデ、カクレミノの5種類である。ヤツデおよびカクレミノは、自生がないので、人家の庭先、庭園の植込みを調査した。センノキおよびヤマウドは、ウドの栽培地周

辺に自生がなく、また、栽植もないで調査の対象から除外した。調査は、食入した幼虫の排泄物、産卵および後食跡の有無について行なった。調査期間は1976～1981年であった。

調査結果

結果を第6表に示す。平坦地では、本種が最も普通に寄生すると考えられるタラノキがきわめて少なく、寄生も認められなかった。また、キズタ、カクレミノにも食入は認められなかった。ウコギはウド畠周辺の林地内の自生が多かった。これには小平市、日野市で1匹ずつ食入した幼虫が発見された。しかし、成虫の脱出孔、後食および産卵の形跡は認められなかった。ヤツデでは、1979年6月および7月に徘徊中の雌雄が1匹ずつ捕獲された。しかし、これらのヤツデには成虫が脱出したと思われる脱出孔および幼虫の食入による排泄物は発見されなかった。したがって、これらの成虫は他の寄主から脱出後飛来したものと判断された。以上の調査結果から、ウド畠周辺には自生および栽植のウコギ科植物が比較的多いのにもかかわらず、センノカミキリの寄生はきわめて少ないことがわかった。

第6表 ウド畠周辺地のウコギ科植物におけるセンノカミキリの発生状況¹⁾

植物名		調査株数	確認虫数 ²⁾
ヤツデ	<i>Fatsia japonica</i>	131	♀ A1(1979.6) ♂ A1(1980.5)
キズタ	<i>Hedera robea</i>	33	
ウコギ	<i>Acanthopanax Sieboldianum</i>	104	L2(1980.6)
カクレミノ	<i>Gilibertia trifida</i>	45	—
タラノキ	<i>Aralia elata</i>	22	—

1) 1976～1981年に調査。

2) A：成虫。L：幼虫。—：未確認。数字は虫数を示す。

G. ウドの生育に及ぼす影響

カミキリムシ類は、幼虫が寄主植物の内部に深く穿孔するため加害の実態はよくわかっていない。センノカミキリについても同様で、ウドの茎内に穿孔した幼虫がどのように加害し、それが寄主植物の生育にどう影響するかは知られていない。そこで、ウドにおける加害の実態について検討することとした。

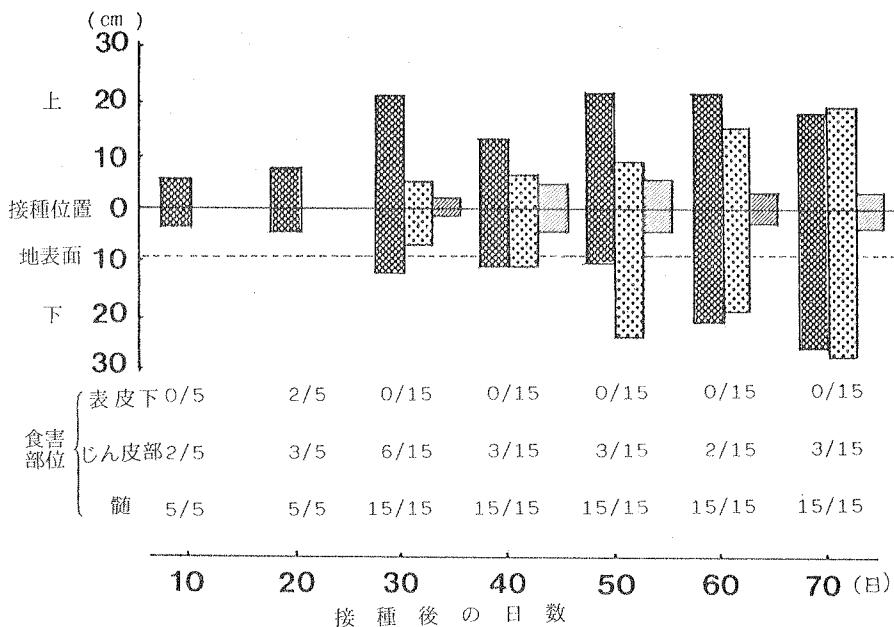
1. 食害

幼虫はウドの茎内をどのように穿孔して食害するかを

知るため、茎に接種時期をたがえて卵を接種し、ふ化後の発育とそれに伴う食害を調査した。

試験方法

1979年5月に定植したウドの茎に7月29日、8月13日および9月22日の3回に分けて、卵を接種した。接種方法は、地上約10cmの茎にハンドドリルで径1.5mmの穴を開け、それに卵を1卵ずつ挿入した。ふ化を確認した株を接種日から10日隔で5株ずつ掘りとり、茎を二つに裂いて幼虫の食害部位、即ち表皮下、じん皮部、髓のいずれを食害するか、卵の接種位置からどの方向にどれだけ長く坑道が作られるかを調査し、あわせてとり出した幼虫の頭幅について測定した。



第3図 接種時期をかえた場合のセンノカミキリ幼虫による坑道の拡大と食害部位。

■ 7月29日接種。● 8月13日接種。▲ 9月22日接種。破線以下は地中を示す。

食害は部位別に食害株数／調査株数で示した。

試験結果

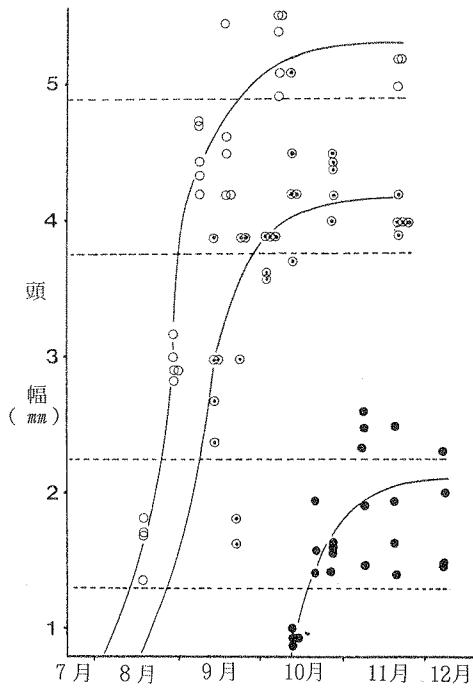
10日おきに食入株を掘りとって、幼虫の食害部位、坑道について調査した結果を第3図に、幼虫の頭幅の接種時期別測定結果を第4図に示した。

ふ化した幼虫はじめ、表皮下の維管束部を食害するが、2齶脱皮後すぐじん皮部を経て髓に食入する。食害は髓が最も多いが、ふ化後の日数の経過にしたがって、じん皮部をも食害するようになる。そして次第に坑道を拡大し、7月および8月接種では、70日後に40~50cmの長さに達した。

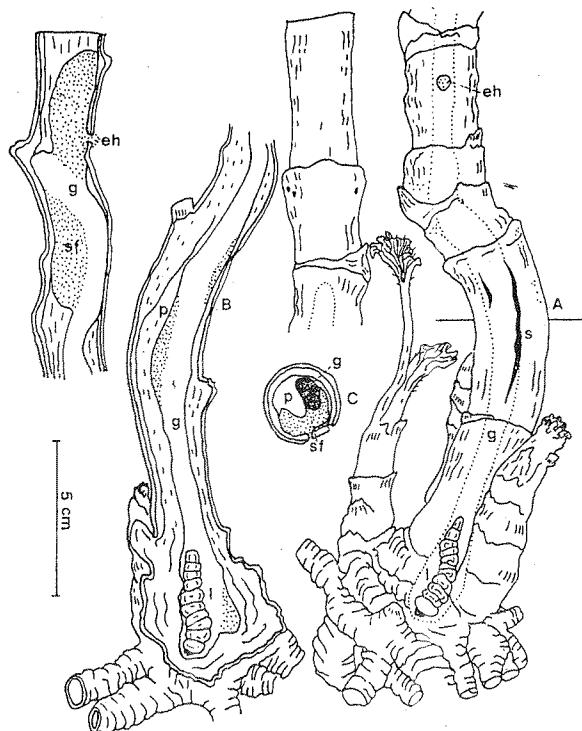
接種位置から上下について穿孔方向をみると、7月接種では、はじめ上に向って坑道の拡大が進むが、その後下方への穿孔が進み、60~70日後にはその先端が地中の根株に達した。この食害によって茎の空洞化がすすみ、裂目が生じて折れ、倒伏して異常萌芽を生じる株が出現した(第5図、第6図)。

幼虫はウドの髓を咬みながら消化するほか、じん皮部の繊維を坑道内に蓄積するが、これを外に排出する習性は顕著でない。

頭幅の変化から齢期を推定すると、7月接種ではふ化70日目(10月8日)にはほぼ5齢に達し、8月接種では



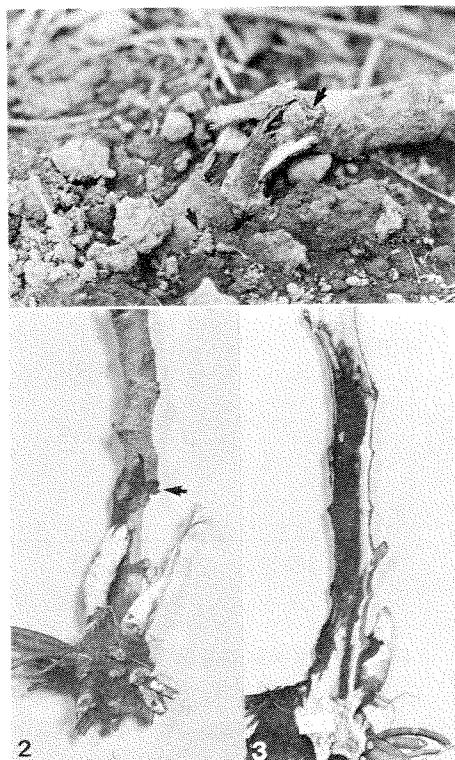
第4図 接種時期をかえた場合の幼虫頭幅の経時的変化。○：7月29日接種。◎：8月13日接種。●：9月22日接種。実線は頭幅の変化から推定される幼虫の生長曲線。



第5図

ウドにおけるセンノカミキリ幼虫の穿孔。

A : 幼虫の食入によって萌芽したウド。B : 被害株の縦断面。
 C : 被害茎の横断面。eh 食入孔。g 坑道。I 幼虫。
 p 隨部。s 裂目。sf 粪。



第6図 センノカミキリによるウドの被害

1 : 食害による茎空洞化によって倒伏したウド。
 2 : 幼虫の食入によって折れ(矢印), 萌芽したウド。
 3 : 食害によって空洞化した茎の断面。

それより遅れ、4歳のまゝ冬を経過すると考えられた。9月22日接種の幼虫は生育が著しくおくれ、70日を経過しても坑道は7~8cmにとどまった。頭幅からの推定では、大部分が2歳と考えられ、冬期地上部が枯死するウドにおいては、これら幼虫の越冬是不可能と考えられる。

2. ウドの生育におよぼす影響

センノカミキリ幼虫の食入がウドの生育にどのような影響をおよぼすかを明らかにするため、圃場における調査を行なった。

調査方法

1980年10月、センノカミキリの常発地である東京都小平市および立川市の農家の圃場21ヶ所を選び、1圃場当たり60~100株を抽出して倒伏株数、萌芽株数および枯死株数に占める食入株の割合を調査した。

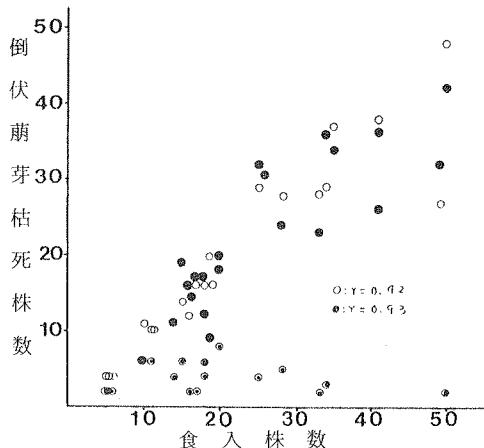
調査結果

結果を第7表に示す。圃場における食入率は、6.2~50%であった。倒伏株の発生は多いところで48%に達した。萌芽は倒伏株に多く見られるが、それを上回る発生はなかった。枯死株の発生は少なく、0~10%であった。倒伏株と萌芽株に占める食入株の割合は高く、それぞれ71.4~100%, 78.1~100%であった。これは、食入と倒伏および萌芽が密接な関係にあり、倒伏や萌芽がセンノカミキリの食入によってたらされていることを示すと判断された。このことは、第7図に示すように、調査圃場の食入株が多くなるほど、倒伏株数と萌芽株数は多くなる傾向がみられ、これらの間には $r = 0.92, 0.93$ の高い正の相関があることからも判断された。しかし、枯死株に対する食入株の占める割合は低く、したがって、食入と枯死株の発生の関係は明らかでなかった。

第7表 センノカミキリ幼虫の食入がウドの倒伏・萌芽・枯死株にしめる割合(1980)

圃場番号	調査株数	食入株数	倒伏株数	倒伏にしめる食入率	萌芽株数 ¹⁾	萌芽に占める食入率	枯死株数	枯死株にしめる食入率
1	100	18	20	90.0%	17	100.0%	6	66.6%
2	100	10	11	90.0	6	100.0	0	0
3	80	5	2	100.0	2	100.0	0	0
4	80	5	4	100.0	4	100.0	4	0
5	100	35	37	94.6	34	94.1	0	0
6	100	50	48	100.0	42	83.3	2	0
7	100	25	29	86.2	32	78.1	4	0
8	100	17	16	100.0	16	93.8	2	0
9	60	41	38	92.1	36	100.0	0	0
10	100	20	18	100.0	20	100.0	8	37.5
11	100	49	27	100.0	32	100.0	0	0
12	60	15	41	71.4	19	78.9	6	33.3
13	100	14	8	100.0	11	100.0	2	50.0
14	100	18	16	100.0	12	83.3	2	0
15	100	11	10	90.0	10	100.0	6	33.3
16	100	19	16	93.8	9	100.0	0	0
17	100	34	29	100.0	36	87.2	3	33.3
18	60	5	0	0	2	100.0	0	0
19	100	28	28	100.0	24	100.0	5	20.0
20	85	33	27	92.6	23	100.0	2	0
21	100	16	12	100.0	16	100.0	2	0

1) 萌芽株は倒伏株も含む。



第7図 センノカミキリ幼虫の食入とウドの倒伏・萌芽・枯死株の発生の関係。

○：倒伏株。●：萌芽株。◎：枯死株。

3. 食入時期と被害の関係

幼虫の食入時期によってウドの倒伏、萌芽および枯死株の発生様相がどのように異なるかを知るため、ウドの茎に卵を接種して試験した。

試験方法

1981年5月、農業試験場の圃場に定植したウドに7月29日及び8月13日の2回、卵を接種した。供試した卵は、野外のウド根株から羽化した成虫由来のものである。接種は、地際から5~10cmの茎にハンドドリルで径2mmの穴をあけ、それに卵を押し込む方法によった。接種後10日目にふ化を確かめ、幼虫が食入した株にはビニールテープを巻きつけた。調査は10月27日、試験圃場の全株を対象に倒伏、萌芽、枯死株を記録するとともに、これらの株に対する幼虫の食入の有無を調査した。また、食入株の茎の生育、草丈を測定し、健全株との間に差があるかどうかを検討した。

試験結果

結果を第8表及び9表に示す。7月29日に卵を接種した株は101株で、そのうちふ化した幼虫が食入した株は52株(51.5%)にとどまった。倒伏株と萌芽株の発生は少なく、それぞれ14及び16株にすぎなかった。しかし、これらに対する幼虫の食入率は92.9%，81.3%と高く、倒伏や萌芽がセンノカミキリの食入によって起りやすいと考えられた。倒伏が少なかった原因是、台風のような強風がほとんどなかったためと思われる。

一方、8月13日接種区では、140株接種のうち、食入した株は94株(67.1%)であった。倒伏、前萌芽株の発生は少なく、それぞれ19，2株であった。そのうち、食入が認められた株は14株(73.7%)および1株(50%)

であった。倒伏株の発生は少ないながらそれに占める食入率は高く、食害による茎の空洞化が倒伏の主要な原因と考えられた。萌芽株が7月29日接種区と比較し、少なかった原因是、食入した幼虫の発育が遅れ、食害が芽の形成部位まで達していないためと思われた。枯死株の発生は両接種区とも少なく、それぞれ7株および8株であった。そのうち、食入が認められた株数は3株ずつで、食入と枯死株発生の関係は明らかでなかった。

食入を受けた倒伏株の茎の直徑および草丈と健全株のそれとの間には、ほんの差が認められなかった。したがって、接種後の本種の食害は外見上、ウドの生育にあまり影響をおよぼさないことになるが、このことについては本章の考察で説明する。

第8表 食入時期が異なるセンノカミキリ幼虫のウドの生育に及ぼす影響

接種目	接種株数	食入株数	倒伏株数	倒伏に占める食入率(%)	萌芽株数	萌芽に占める食入率(%)	枯死株数	枯死株に占める食入率(%)
7月29日	101	52	14	92.9	16	81.3	7	42.9
8月13日	140	94	19	73.7	2	50.0	8	37.5

第9表 センノカミキリの食入がウドの生育に及ぼす影響

調査株数	茎の直徑(cm) ¹⁾	草丈(cm)
食入株 30	2.63±0.39	124.8±22.1
健全株 30	2.64±0.42	123.1±13.2

1) 直径は地上約10cmの位置の平均値±標準偏差。

地際からの草丈の測定値についても同様。

4. 食入が芽の形成におよぼす影響

ウドの芽の形成は、軟化栽培による軟化茎の収量に大きく影響する。そこで、本種の常発地である小平市の農家のウド畑において、幼虫の食入が芽の形成にどのような影響をおよぼすかを知るため、調査を行なった。

調査方法

1978年4月、農家が前年小平市内で均一栽培した約30アールのウド(品種：むらさき)のうち、221株について、植付け前の株分けを行なった。その際、本種が食入した被害株と健全株について、1株当たりの芽の形成数、芽の生育状況を調査した。芽の生育は、大きさによって表現し、大、中、小の3段階にわけた。被害株について

は、幼虫数、頭巾、体重について調査した。

調査結果

調査結果を第10表に示した。株分けした221株のうち、97株は本種が食入した被害株であった。このうち、69株に幼虫(ほとんどが老熟幼虫であった)が認められた。健全株と被害株における1株当たりの芽の形成数はそれぞれ平均3.5、3.8で、両者の間に差は認められなかった。しかし、芽の大きさは、被害株は健全株にくらべて大芽数が有意に少なく、中芽数、小芽数は多くなる傾向が認められた。健全株は、反対に中、小芽数が少なくて大芽数が多くなることが明らかになった。

以上の結果から、本種の食入によってウドは、明らかに芽の生育が阻害されることがわかった。

第10表 センノカミキリ幼虫の食入がウドの芽の形成に及ぼす影響

調査 株数	1株当たりの休眠越年芽数			合計	
	大芽	中芽	小芽		
被害株	97	1.14±1.08*	1.06±1.01	1.53±1.43	3.81±1.23
健全株	124	1.75±0.92*	0.70±0.85	1.07±1.03	3.53±1.13

* 被害株及び健全株の間には危険率5%で有意差(t一検定)。

H. 考 察

栽培ウドにつくセンノカミキリは、食入調査の結果から食入程度に差はみられるものの、都内のほぼ全域に分布し、発生しているものと判断される。また、食入が調査圃数の半数をこえるウド畑にみられ、食入株率が高いところで70%にもおよぶことは、本種が依然として栽培ウドに大きな被害を与えていることを示している。

本種は日本全土に分布しているにもかかわらず、ウドでは東京、埼玉、神奈川県を中心に、関東のウド栽培地帯にだけ発生しているのも特徴的である。群馬県の赤城、榛名山の両山麓で栽培されている委託ウドと委託者が自家栽培を行なっているウドとの間の食入率には大きな差があり、高冷地産は平坦地にくらべ、食入率が低く発生が少ないとすることは、二産地の廃棄根株の食入調査結果の比較でも明らかである。しかも、高冷地ではウド畑周辺のタラノキには本種が寄生している証拠は何も得られていない。一方、都内産のウドでは、高い食入率がみられるにもかかわらず、他のウコギ科植物における発生はきわめて少ない。この結果から東京都のウドにおけるセンノカミキリの多発は、高冷地産の根株に潜入している幼虫および周囲のウコギ科植物からの侵入によってもたらされるという考えは否定される。このことは、ウドの高冷地委託をはじめたのは1953年であり⁷⁶⁾、それ以前の1920年に石井³²⁾が東京府内のウド畑でセンノカミキリの多発を見い出し、報告していることからも支持される。では、高冷地での発生は何によってもたらされているのであろうか。

掘りとられた根株は、2つに分けられる。そのうち一方は軟化して軟化茎を収穫し、もう一方は翌年のための根株養成苗として植付け前に1芽ずつ根株から切り離す、いわゆる株分けが行なわれるが、根株に食入しているセンノカミキリ幼虫の大部分はそのとき捕殺される。しかし、そのわずかは捕殺をまぬがれ、高冷地に委託される

苗に潜入したまま運搬され、それが成長して高冷地ウドに産卵することは容易に想定されよう。高冷地の調査および高冷地から戻された根株内に発見される幼虫は、株分け時に見逃されたわずかな生存個体に由来するものと考えられる。

ウドにつくセンノカミキリの分布は群馬県の高冷地にもおよぶことがわかったが、発生は委託栽培という人為的なウドの栽培様式の発展によってもたらされていると考えられる。

一方、株分けされた苗は、高冷地に振り向けられるほか都内の畑に植付られ、第8図に示すように根株養成栽培が行なわれる。この時点では、高冷地苗と同様、センノカミキリの潜入するチャンスはきわめて低い。しかし、掘りとり時期には高冷地産に比較し、明らかに高率の食入が認められる。この原因が高冷地における発生と同様株分け時にわずかに潜入した幼虫に由来するとは考えにくい。また、前年、食入を受けたウドが畑に放置されることはないので、要因ではない。したがって、都内の養成畑へ侵入するカミキリは収穫後廃棄された根株に由来すると判断する以外にない。事実、ウド畑周辺およびむろ穴近くに廃棄された根株(第1図)には、第5表および第2図1~4に示されるように、幼虫から成虫の各態が見い出される。これに由来する成虫がウド畑に飛来し、産卵することは疑いない。したがって、ウドにおけるセンノカミキリの発生源は廃棄根株であると結論される。ウドの栽培とこれにもとづくセンノカミキリの発生経路を模式的に示す第9図のとおりである。

センノカミキリが栽培ウドに侵入し、害虫化した経路は明らかでない。東京都のウド栽培の始まりは1800~1840年頃と推定されている⁷⁶⁾が、その起源はヤマウドに由来するかどうかは明らかでない。センノカミキリの害虫化はウドの栽培と同時に起き、本来、山地のヤマウドについていたものが栽培ウドに持ち込まれ、増殖したものと思われる。しかし、山地に自生するヤマウドには筆者の知るかぎり、本種が寄生していたという報告には

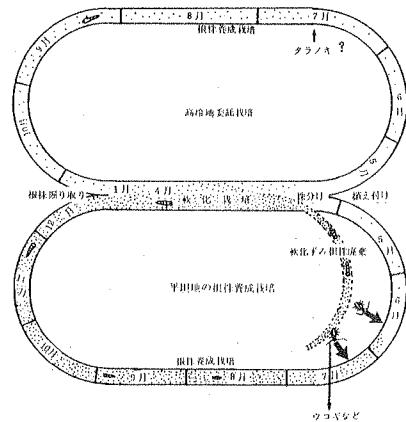


第8図 ウドの根株養成栽培。

まだ接していない。今後、これまで本種の寄主として報告されているセンノキ、タラノキなどにつくものと栽培ウドにつくものの関係について究明することが必要であろう。

本種はウドに食入後急速な発育を遂げると同時に食害によって40～50日後には茎から根株まで空洞化する。これによって枯死をまねくような被害はおこらなかったが、倒伏、萌芽が生じることがわかった。倒伏は茎の空洞化によって地上部の重量に耐えられず食害部から折れることによって生じる。しかし、このような被害を生じても、健全株との間には草丈、茎の生育にほとんど差が認められなかった。加害による最も大きい被害は萌芽株の発生である。芽は形成後休眠状態になり、翌春まで萌芽することはない。本種の加害によって秋に異常萌芽すると、減収や品質の低下につながると考えられる。食入株では健全株に比較して大芽が少なく、中小芽が多くなることからも加害が芽の形成に強く影響しているのは明らかである（第10表）。しかし、本種の加害が、ウドの生長に影響が少なく、芽の形成のみに大きく影響するのは如何なる理由からであろうか。

ウドは、一般に春から夏にかけて栄養生長し、ほぼ8月には草丈、茎の伸長が緩慢になり、以降は急速に芽の形成、開花などの成長が促されるという⁷⁷⁾。センノカミキリは7月下旬～8月にかけて産卵され、幼虫が食入する。したがって、ウドの栄養成長の盛期をすぎてからの加害になるため、草丈や茎の伸長に影響が現われないものと考えられる。しかし、空洞化が起こる時期は芽の生長の盛期であり、したがって、本種の加害は芽の発育に最も大きく影響し、萌芽と芽の発育阻害による大芽の減少、中小芽の増加をもたらすと判断される。

第9図 ウドの栽培体系と
センノカミキリの生活環模式図

III. 卵、幼虫の発育

A. ふ化

1. 卵期間およびふ化率

室温および恒温条件における卵のふ化所要日数とふ化率を知るため、試験を行なった。

試験方法

廃棄根株から羽化した雌雄9対を横24、縦29、高さ30cmの木製または金属製の飼育箱および径18cm、高さ24cmの円筒形のガラス製飼育瓶に収容し、ウドの葉柄を与えて飼育した。卵は毎日、葉柄を分解してとり出し、70%アルコールに瞬時浸漬後、蒸留水で洗い、濾紙を敷いた9cmシャーレーに収容し、室温条件および25℃恒温室内に置いた。室温条件では、9月上旬～10月下旬まで10日間隔ごとに卵期間およびふ化率を調査した。

第11表 室温下における卵のふ化率およびふ化所要日数

調査期間	供試卵数	ふ化率(%)	平均卵期間(日) 土標準偏差
9月上旬	57	75.4	6.05±0.30
中旬 ¹⁾	—	—	—
下旬	124	87.9	8.66±0.55
10月上旬	22	95.5	10.71±0.46
中旬	54	83.3	11.69±0.51
下旬	25	80.0	12.20±0.57

1) 未調査。

試験結果

室温下におけるふ化率およびふ化所要日数の調査結果を第11表に、恒温条件における結果を第12表に示す。

室温下における卵期間は、9月上旬では5~7日で、平均6日であった。下旬では8日から9日にふ化が集中した。10月上旬では10日~11日で、平均10.71日、中旬では11日~12日に集中し、下旬では12日が最も多く、平均は12.20日であった。したがって、平均卵期間は9月

上旬と比較すると、10月上旬では4日、下旬では6日間の差がみられた。この差は室温が外気温の低下によって降下したためと考えられた。ふ化率は75.4~95.5%で、室温の低下とは関係がないと思われた。

恒温条件下の卵期間は、9匹の雌が産卵した卵について調査した。いずれも8日および9日に集中したが、中には14日の卵もあった。平均は、8.5~9.2日で、産卵雌の間には差がないと考えられた。

第12表 恒温(25°C)条件におけるセンノカミキリ卵のふ化率およびふ化所要日数

雌の個体記号	供試卵数	ふ化率(%)	所要日数及びふ化率(%)							平均ふ化日数 (平均値±標準偏差)
			8日	9日	10日	11日	12日	13日	14日	
A	112	95.9	39.3	52.1	8.6					8.69±0.62
B	119	91.6	27.5	67.9	2.8	1.8				8.79±0.58
C	115	77.4	44.9	33.7	12.4	6.7	2.2			8.88±1.02
D	140	92.1	30.2	47.3	17.8	2.3	0	1.5	0.7	9.02±1.01
E	115	93.9	26.9	64.8	7.4	0.9				8.82±0.59
F	67	82.1	41.8	50.9	5.5	1.8				8.67±0.67
G	62	88.7	1.8	81.8	14.5	1.8				9.16±0.46
H	71	93.0	21.2	66.7	12.1					8.91±0.57
I	106	58.5	53.2	41.9	4.3					8.52±0.59
J	104	78.8	7.3	80.5	12.2					9.05±0.44
K	94	90.4	20.0	78.8	0.2					8.81±0.42

2. 卵の発育限界温度

前述の試験において、恒温条件下では卵期間が比較的齊一であること、季節によって気温が変化する条件では卵期間が約2倍の差を生じることがわかったので、さらに、環境温度とふ化率の関係から卵の発育限界温度を知るための試験を行なった。

試験方法

採卵は前記1と同様に行なった。供試卵は、70%アルコールに瞬時浸漬したのち、蒸留水で洗い、縦11cm、厚さ3mmのアクリル板に径8mmの穴200個をあけたものに湿った滤紙を入れ、両側からガラス板ではさんだ容器を作製して収容した。この容器を硝酸カリの飽和液で温度調節した箱型容器に入れ、10°Cを基準に30°Cまで5温度区に設定した恒温器に収容して毎日ふ化数を調べた。

試験結果

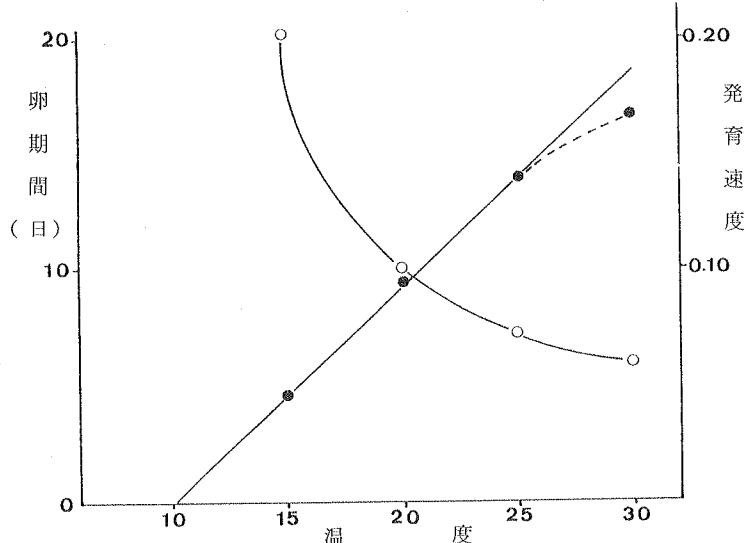
産卵直後の卵は乳白色を呈するが、ふ化間近の受精卵

は、先端が黒褐色に変化する。卵期間との関係を第13表及び第10図に示す。ふ化率は、10°Cを除き、いずれの温度区でも80%以上であった。

第13表 卵の発育と温度との関係

温度(°C)	供試卵数	ふ化率(%)	ふ化所要日数 (平均値±S.D.)
10	214	0	—
15	237	91.1	21.5±1.2
20	225	95.1	10.5±0.7
25	244	95.5	7.0±0.4
30	200	81.0	6.0±0.2

積算温度の法則から、発育限界温度を求めるとき、15°Cおよび20°C、25°Cの発育速度はほぼ直線上にあり、発育限界温度は9.8°Cとなり、10°C近い値であることがわかった。しかし、30°Cのふ化率とふ化所要日数から求め



第10図 センノカミキリの卵期間と温度との関係。
○：卵期間。●：発育速度。破線は高温障害を示す。

られた発育速度は、直線上から下まわった。これは、卵に対する高温障害によるためと考えられた。

B. 幼虫の発育

センノカミキリは、他のカミキリムシと同様、幼虫が寄主に穿孔するため、ウド内での発育経過についてはまったく明らかになっていない。そこで幼虫の齢期と発育におよぼす環境要因、とくに日長、温度について検討を行なうこととした。

1. 脱皮回数

カミキリムシ類は、ふ化後から脱出するまで寄主の茎内に潜入しているので、幼虫の齢期を容易に識別することができない。

マツを加害するマツノマダラカミキリでは、被害木から採集した幼虫の頭部の最大巾および最大長をそれぞれ測定し、両者の相関値の分布によって齢期の判定を行なっている^{41, 43, 66}。また、キボシカミキリではクワの生葉および枝による飼育を行なって、脱皮直後の頭がいかから齢期の判定が行なわれている³⁰。そこで、センノカミキリの齢期について知るため、人工飼料による飼育¹およびウドに卵を接種して、脱皮回数の観察、頭幅の測定を行なった。

試験方法

24°C, 18時間明、6時間暗の恒温室において、ふ化直後の幼虫を蛹化するまで人工飼料によって飼育した。こ

の間、毎日脱皮を観察し、脱皮直後の頭がいを採取した。これらの頭がいは、採取後各齢期別に保存し、頭幅の最大値をマイクロメーターで測定した。また、5月中旬、うね間90cm、株間60cmに植え付けられ、高さ90~100cmに生育した100株のウドの株元に7月25日、ハンドドリルで径2mmの穴をあけて卵を接種した。接種株は、10日おきに数株ずつ掘りとり、食入した幼虫をとり出して頭幅を測定した。

試験結果

人工飼料による飼育結果では、5回の脱皮が観察された。1齢から6齢までの頭幅の測定値および齢期間を第14、15表に示す。また、野外のウドに食入した幼虫の頭幅を測定した結果を第11図に示す。人工飼料で育った幼虫の頭幅は0.80~6.36mmの範囲にあり、齢間における成長比（各齢頭幅の平均値／前齢頭幅の平均値）は、1、2齢間が最も大きく、その後はわずかに小さくなる傾向が認められた。一方、各齢期間の日数については5~30日の範囲であった。1齢期間の平均日数は、ほぼ7日であったが、齢期がすすむにつれて所要日数は大きくなる傾向を示した。齢期と蛹化との関係では、4齢を経過して蛹化する個体と、5齢を経て蛹化する個体がそれぞれ供試したうちの半数近くに認められたが、明らかに6齢を経過して蛹化するものも若干確認された。

ウドに接種した卵からふ化した幼虫の発育は、頭幅の測定結果から5段階にプロットされ、5齢を経過すると推定された。頭幅の経時的变化から幼虫の成長を推定す

第14表 センノカミキリの幼虫の齢期間

齢数	調査個体数	範囲	蛹化個体数	平均齢期間および標準偏差
1	59	5～8日	—	6.95 ± 0.79日
2	40	8～12	—	9.35 ± 0.98
3	35	7～15	—	10.00 ± 1.77
4	35	14～32	15	25.03 ± 6.28
5	17	15～51	17	22.76 ± 11.46
6	3	19～30	3	28.33 ± 5.69

1) 幼虫は人工飼料によって飼育した。

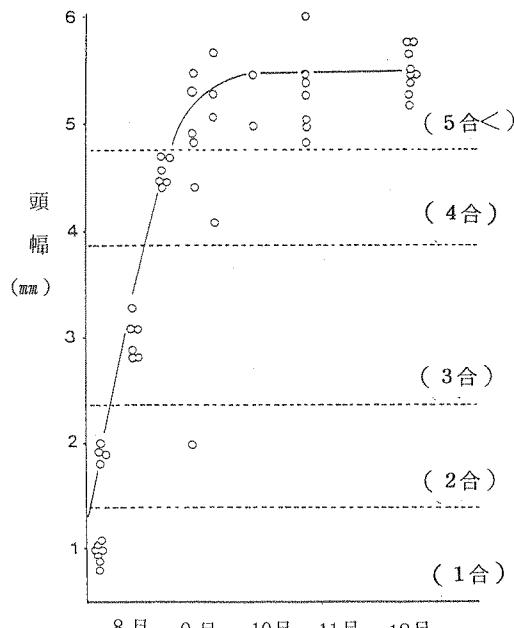
第15表 センノカミキリの幼虫の頭巾の側定値

齢数	測定個体数	範囲	平均値および標準偏差	変異係数	成長比
1	30	0.80～1.00mm	0.922 ± 0.050mm	5.4%	
2	34	1.48～1.84	1.651 ± 0.108	6.5	1.79
3	36	1.88～2.76	2.502 ± 0.219	8.8	1.52
4	30	2.80～3.52	3.207 ± 0.184	6.1	1.28
5	30	3.80～4.96	4.487 ± 0.390	8.7	1.39
6	5	5.08～6.36	5.528 ± 0.502	9.1	1.23

ると、きわめて速く、接種から1ヶ月後の8月下旬にはほぼ4齢に達し、9月中旬には多くの個体が5齢に達していると思われた。この成長速度は、人工飼料における成長が若齢ほど齢期間が短かく、30日前後で4齢に達すると言う結果とほぼ一致していると考えられた。9月中旬以降は、頭幅に変化はみられず、この間はほとんど脱皮は行なわれないと思われた。

2. 幼虫の発育におよぼす日長の影響

昆虫の休眠が日長や温度条件によって誘起あるいは覚醒されることは、古くから知られている^{7, 11, 46}。しかし、カミキリムシ類については幼虫が植物体内に穿孔して生活するため、詳細な観察や実験を行なうことがむづかしく、休眠におよぼすこれら環境要因の研究については、わが国ではキボシカミキリ^{15, 17}、ブドウトラカミキリ^{6, 53}、マツノマダラカミキリ^{20, 39}で行なわれているにすぎない。ウドにつくセンノカミキリは年1世代で、6月から8月にかけて羽化、交尾、産卵し、ふ化した幼虫は夏から秋にかけてウド茎内で発育したのち、老熟幼虫で越冬する。翌年春老熟幼虫は蛹化し、再び成虫となってウド畑に飛来する。このような生活環境を制御している要因は、前述のカミキリムシ類と同様、



第11図 ウドに接種したセンノカミキリ幼虫の発育経過。

破線は推定された幼虫の齢期。実線は頭幅の変化から推定される幼虫の生長曲線。

主として日長と温度と考えられる。そこで、幼虫期の発育に、日長がどのような影響をおよぼすかにするため実験を行なった。

試験方法

1978年夏に東京都小平市の農家からセンノカミキリが食入した根株を持ち帰り、成虫を羽化させた。この成虫にウドまたはヤツデの葉柄を与えて産卵させ、得られた卵からふ化した幼虫を供試虫とした。餌としては、前述1の試験で用いた組成の人工飼料を与えた。

ふ化した幼虫は、共食いを避けるために直経1.5 cm、長さ15 cmの試験管内で1匹ずつ飼育した。1本の試験管には、細長く切った人工飼料(0.5×0.5×10 cm)を4~5本入れ、ふ化した幼虫を接種した。飼育は25°Cの恒温室で行ない、人工飼料は幼虫が老熟して摂食をやめるまで、10日おきに新鮮なものと取りかえた。

日長条件は次のように設定した。まず明期14時間・暗期10時間(14L:10D)と明期8時間・暗期16時間(8L:16D)の2種類の日長条件を設定し、それぞれ長日区(L区)、短日区(S区)とした。両区の日長条件は、幼虫の発育期間を通じて一定とした。

これとは別に、発育の途中で日長を短日(8L)から長日(14L)へ切りかえた区と、逆に長日から短日へ切りかえた区を設定した。

長日への転換は、ふ化後5,10,30,55日目のいずれかに行ない、それぞれI, II, III, IV区とした。一方、短日への転換はふ化40日目に行ない、V区とした。どちらの変化も1回で行なったもので、何日もかけて徐々に変化させたわけではない。

供試個体は1区につき20~40匹とし、発育状況の調査は人工飼料を交換する際に合わせて10日おきに行なった。幼虫は老熟してからは、試験管のガラスを通じて外から見えるものはそのまま観察し、飼料の中にもぐっているものは幼虫に傷をつけぬよう外へ取り出して、10日おきに観察した。調査は、I~IV区ではふ化後250日まで、L, S, V区ではふ化後350日目まで行なった。

試験結果

それぞれの日長条件における幼虫・蛹の発育日数を第16表に示した。どの日長条件においても、幼虫はふ化後70~80日目(4齢もしくは5齢)で摂食をやめ、蛹化するまでのあいだ活動を休止した。このような状態の幼虫

第16表 センノカミキリの幼虫期間および蛹期間におよぼす日長の影響

日長条件 a (供試虫数)	日長をかえた ふ化後の日数	幼虫期間(日)		蛹期間 (日)	全期間 (日)	羽化率 (%)
		根食	老熟			
L(42)	14L:10D	86.6 ± 15.7	97.4 ± 36.2 ^e (105.1 ± 26.5) ^{ce}	11.1 ± 2.51	197.0 ± 40.1 ^h (206.1 ± 26.5) ^{ch}	88.1
S(27)	8L:16D	76.9 ± 7.67	131.7 ± 32.3 ^e	11.7 ± 1.50	217.3 ± 31.7	40.7
I(35)	5	82.9 ± 16.2	50.3 ± 36.6 ^f	11.7 ± 1.50	151.2 ± 37.9	77.1
II(34)	10	83.4 ± 13.9	25.4 ± 25.7 ^g	12.4 ± 1.84	117.8 ± 28.7	88.2
III(33)	S-L	81.9 ± 16.0	27.0 ± 24.9 ^g	12.7 ± 1.77	118.9 ± 18.8	97.0
IV(32)	55	69.3 ± 9.91	55.9 ± 19.1 ^f	12.0 ± 1.54	136.7 ± 13.0	100
V(20)	L-S	40	257 ± 28.6 ^d	10.2 ± 2.59	267.4 ± 26.3 ⁱ	25.0

a. L:長日(14L)。短日(8L)。I~V:ふ化後5, 10, 30, 40, 55日目に短日(8L)から長日(14L)に転換した。

b. 摂食を停止し、黄化した幼虫を老熟とした。

c. 3頭はふ化後100日前後で蛹化した。

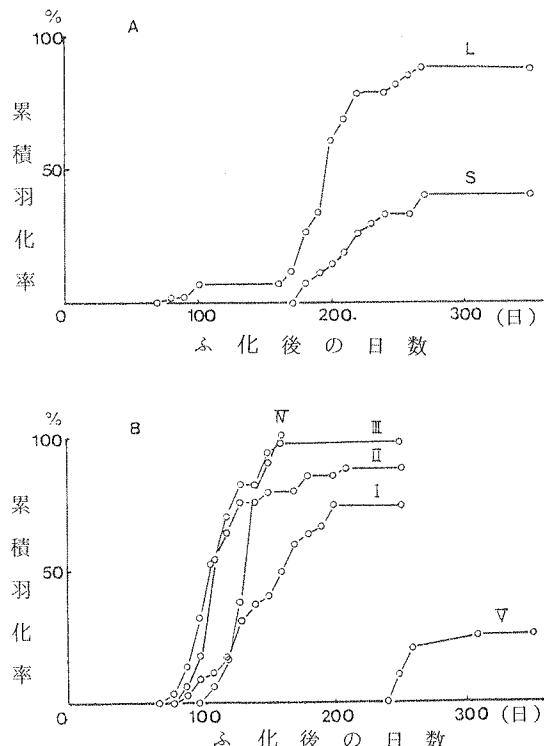
d. 老熟幼虫期間は記録しなかった。

e, f, g. 危険率1%で有意差(Mann-Whitney U test)。

h, i. 危険率5%で有意差(Mann-Whitney U test)。

を摂食中と区別して老熟幼虫と呼び、幼虫が摂食をやめてから脱皮して蛹になるまでの期間を老熟幼虫期間と呼ぶこととする。老熟幼虫と摂食中の幼虫とは、消化管内の食物の有無で外見上容易に区別できた。第16表に示したように、幼虫の摂食期間は各日長条件のあいだであり差はなかった。また、蛹の期間も、日長に関係なく、ほぼ一定であった。

一方、老熟幼虫期間、ふ化から羽化するまでの期間（第16表）と第12図に示した羽化曲線は、日長条件によって大きく異なる。まず、日長条件を一定にしたL区とS区を比較する。L区では3個体だけ著しく老熟幼虫期間の短い個体が生じたが、これを除けばL区の平均は105日、S区のそれは132日だった。これに対して発育の途中で短日から長日への転換を行なった区（I～IV区）では、老熟期間が著しく短縮し、I区とIV区ではそれぞれ平均50日と56日、II区とIII区ではさらに短く、それぞれ25日と27日であった。長日から短日への転換を行なった区では、幼虫の老熟した日を記録しなかったため、老熟幼虫期間は求められなかった。



第12図 異った日長条件下におけるセンノカミキリの羽化曲線。記号は第12表に同じ。

成虫の羽化時期は、老熟幼虫期間の差をそのまま反映したものとなった（第16表、第12図）。すなわち、日長を一定したL区とS区では羽化が遅く、ふ化までの期間はL区が平均206日（羽化が著しく早い3個体は除く）、S区が217日であった。両区の羽化曲線を比較すると、羽化が生じた時期は両区ともほぼ同じであることがわかる。ただし、羽化率はS区よりL区の方が高く、それぞれ41%と88%であった。長日への転換を行うと、羽化時期はどちらの日長一定の場合よりも早くなり、羽化も齊一となった。ふ化から羽化までの平均期間は、ふ化後10日目と30日目に長日への転換を行なった区が最も短くなつたが、羽化率はふ化後55日目に転換を行なつた区で最も高く、羽化時期のばらつきもこれが最も少なかつた。逆にふ化後40日目に短日への転換を行なうと、羽化時期は日長を一定にした場合にもさらに遅れ、羽化率はすべての日長条件の中で最低となつた。

いずれの日長条件でも、羽化しなかつた個体は、老熟幼虫のままで調査期間の終り（I～IV区ではふ化後250日目、L、S、V区では350日目）まで生き続けた。また、羽化した幼虫のあいだには、日長条件の違いによる形態や大きさの差異は見出されなかつた。

3. 低温の遭遇が幼虫の発育におよぼす影響

前述の試験1の結果から明らかのように、センノカミキリ幼虫は、発育の途中で日長を短日から長日に切り換えると、羽化が早まり、齊一化されることがわかつた。このことは短日によって幼虫の休眠が促され、長日への切り換えによってそれが覚醒されることを示すと考えられる。しかし、野外では幼虫で越冬し、その期間短日条件と低温に遭遇する。そこで、前項試験の結果で羽化が遅く、ふぞろいで、羽化率が低い短日条件、すなわち休眠の覚醒が起らないと考えられる条件のもとで、幼虫を一定期間低温に遭遇させたり、或は日長を長日に切りかえる処理を行なつて発育におよぼす影響を調べた。

試験方法

野外のウド根株から羽化した成虫由来の卵からふ化した幼虫を供試虫とした。ふ化幼虫は、みじん切りにした人工飼料30gを入れた径8cm、深さ3cmのプラスチック製円筒形容器（ロイファンカップ）に接種した。飼育は低温処理のみを行なつた場合は、常に明期8時間、暗期16時間で行ない、低温処理期間を除いては25℃の恒温条件に置いた。

低温処理期間中、全明、全暗に切りかえた区は、処理後は羽化するまで処理前の8時間明、16時間暗条件で飼育した。

処理後日長を8時間明から14時間明に切りかえた区は、幼虫が羽化するまでそのままの日長、25°Cの恒温条件で飼育した。

温度条件は次のように設定した。まず、15°C、10°C、5°Cの3種類の温度条件を設定し、15°Cではふ化後35日目に30日および70日間15°C処理した区と、ふ化後70日目に30日間および70日間処理した区を設定した。

10°C条件では、ふ化後35日目の幼虫を30日および90日間10°C処理した区と、70日と75日目の幼虫を30日および90日間処理し、5°C条件では、ふ化後70日目の幼虫を30日間5°Cに処理した区を設定した。

低温処理期間中、全明、全暗に日長を切りかえた実験および処理後日長を切りかえた実験は、ふ化70日の幼虫を用い、10°Cで30日間処理した。この結果を、ふ化後70日の幼虫に同様の低温処理だけを行なった場合およびふ化後30日と70日目に日長のみの切りかえを行なった結果

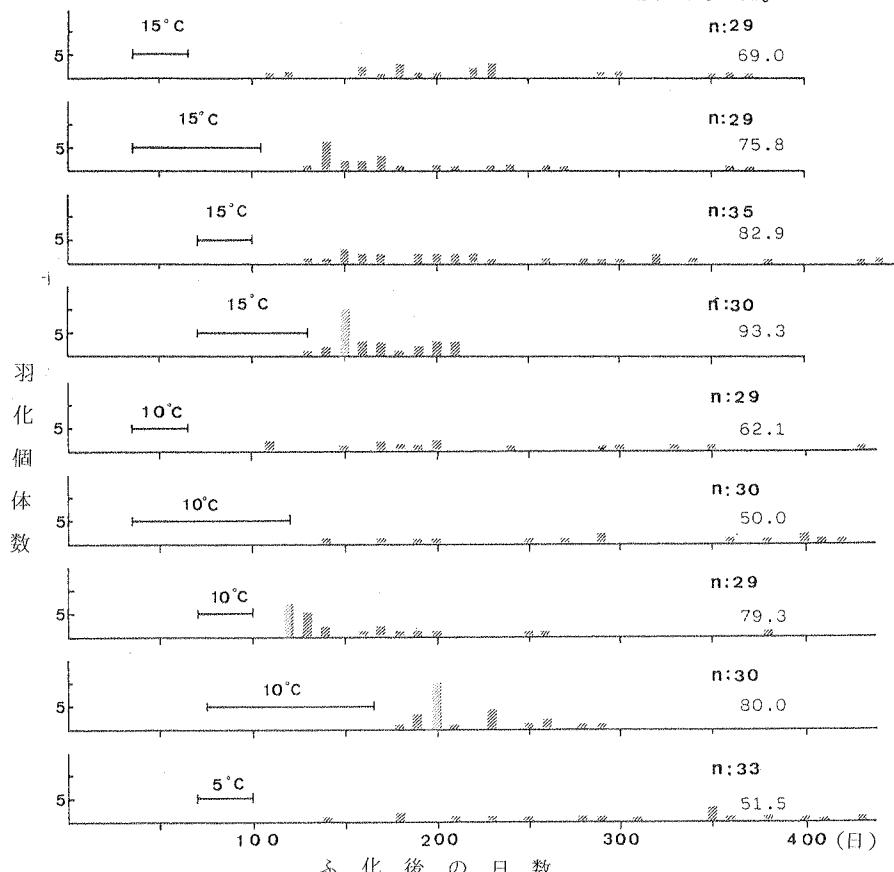
(前述2の試験)と比較した。

これらの低温処理および日長の切りかえは、何日もかけて徐々に変化させたわけではなく、1回で行なった。

供試虫数は、1区につき、28~36匹とした。発育状況の調査は、10日おきに行ない、外から見えるものはそのまま観察し、飼料の中にもぐっているものは容器の蓋を開けて静かにとり出して観察した。調査はふ化後450日目まで行なった。

試験結果

それぞれの温度条件における羽化消長を第13図に示した。ふ化後30日および35日の幼虫は、ほぼ3歳で、いずれも盛んに摂食中であった。これらの幼虫は、いずれの温度設定区および処理期間においても羽化がばらつき、110~450日におよんだ。羽化率は低く、特に10°C条件では50~62%であった。



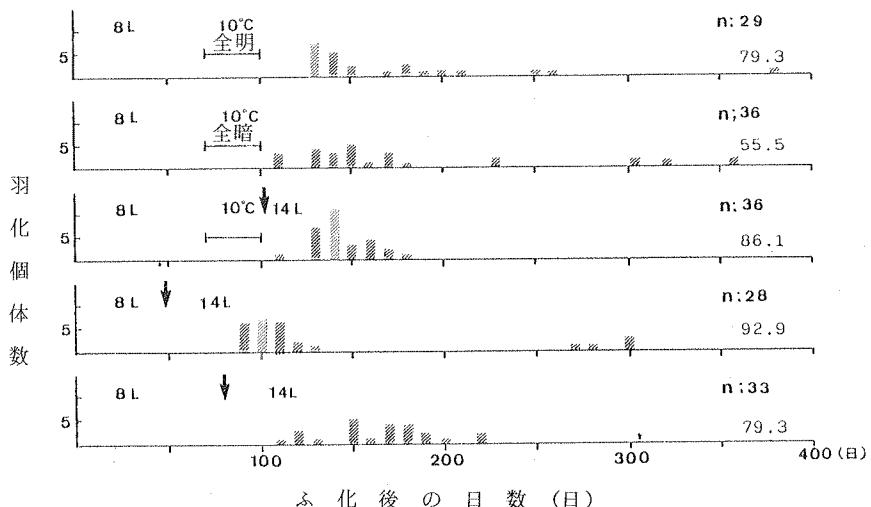
第13図 低温処理によるセンノカミキリの羽化消長。

左端の数字は供試個体数及び羽化率(%)を、|――|は低温処理期間を示す。

一方、ふ化後70日または75日の幼虫では、多くは5齢と推定され、摂食は消化管の外見上の観察から休止状態、すなわち老熟幼虫であった。これらの幼虫は、いずれの温度設定区においても、処理期間が30日の場合は羽化がばらつき、特に15°C、5°Cでは顕著であった。これに比較し、処理期間70日の場合、15°C、10°Cにおいて羽化の齊一化が認められ、羽化率も93.3%、および80%と高かった。

低温処理期間中、全明、全暗においていた場合、処理後、

日長の切りかえを行なった場合および低温処理を行なわず、日長の切りかえのみを行なった区の羽化消長を第14図に示した。この結果から明らかなように、低温処理期間中、全明、全暗の日長切りかえ区では、羽化に著しいふぞろいを生じた。しかし、ふ化後70日目の老熟幼虫を30日間10°Cに遭遇させたのち、日長を8時間明から14時間明に切りかえた区では、他の低温処理のみを行なった区はもとより、低温処理を行なわず、日長のみの変更で得られた羽化より、さらに齊一な羽化消長が得られた。



第14図 低温処理時および処理後の日長変更がセンノカミキリの羽化におよぼす影響。
矢印は日長の変更時期を示す。

C. 人工飼料による飼育

カミキリ虫類の人工飼育については、これまで、カナダ、アメリカ^{10, 21, 23}をはじめ、わが国でもマツノマダラカミキリ^{81, 82}、キボシカミキリ^{14, 16, 71}、ゴマダラカミキリ⁵⁷で飼育が行なわれてきた。しかし、いずれも1世代だけの飼育であり、簡易で大量に飼育可能な方法はまだ見出されていない。そこで、センノカミキリ幼虫の人工飼育について検討を行なった。

1. 人工飼料の組成が発育におよぼす影響

組成の異なった人工飼料を作成し、幼虫の発育のちがいを検討した。

試験方法

供試したふ化幼虫は、野外のウド根株から羽化した成虫由来する卵からふ化したものである。すなわち、羽化した成虫2対ずつを金属製飼育かご(24 cm × 36 cm × 30 cm)に収容し、ヤツデの葉柄を与えて産卵させた。葉柄に産み込まれた卵を取り出し、4%次亜塩酸ソーダーの20倍液と、70%アルコールに数秒浸漬したのち、蒸留水で洗った。人工飼料は、キボシカミキリの飼料^{14, 16, 71}を参考にして、第17表に示すような5種類を作製した。これらの組成のうち、ウド葉粉末は熱風乾燥後ウイレー氏粉碎機の30メッシュ篩を通したものである。セルロースは粉末濾紙(東洋濾紙KK製)を、粉末酵母はエビオスR(エビオス薬品KK製)を使用した。各組成は、

第17表 人工飼料の組成

組成分	A	B	C	D	E
ウド葉粉末	180g	180g	180g	270g	-g
セルロース	90	90	90	-	270
寒天	45	45	45	45	45
粉末酵母	20	20	-	-	20
L-アスコルビン酸	3	-	-	-	3
ソルビン酸カリウム	3	3	3	3	3
パラヒドロキシ安息香酸メチル	3	3	3	3	3
蒸留水	1000	1000	1000	1000	1000

秤量後蒸留水を加えてよく攪拌し、1.5気圧30分の加圧滅菌後、L-アスコルビン酸を加えてよく練りませ、バットに流し込んで固めた。これを約5mm角、長さ7~8cmに切って数本ずつ試験管に入れ、ふ化幼虫を接種した。飼料は幼虫が老熟し、絶食するまで、10日おきに新鮮なものととりかえた。飼育は25℃、14時間明、10時間暗の恒温室で行なった。

試験結果

飼育結果を第18表および19表に示した。幼虫期の死亡は、E区で最も顕著で、ついでD区であった。原因は人工飼料に対するふ化幼虫の食いつきが悪いこと、生育

中の脱皮不良であった。生存個体もE区では著しい発育遅延が起つた。また、粉末酵母とアスコルビン酸を添加しないC飼料でも発育途中の死亡が少なく、羽化率が高かった。成虫に達した個体について幼虫期間および蛹期間を比較したところ、前者ではほぼ156日~238日、後者では8~13日で、飼料の組成による差は認められなかった。羽化した成虫について、雌雄別に体長を測定した結果、E区を除き、ヤツデ葉柄で飼育した対照区の個体との間に有意差はみられなかった。しかし、飼育が試験管によるためか、大きさは野外から得た成虫よりも小さかった。

第18表 組成の異った人工飼料における幼虫の齢別死率および羽化率

飼料の種類	供試個体数	齢別死亡率(%)				羽化率(%)	未蛹化個体 ¹⁾ (%)
		1	2	3	4~		
A	50	8	4	0	4	78.0	6.0
B	50	4	0	0	2	82.0	11.0
C	50	8	4	0	0	80.0	8.0
D	50	20	6	10	4	50.0	10.0
E	32	50	0	0	0	0.0	50.0
対照 ²⁾	38	10	2	2	0	75.5	10.5

1) いちじるしい発育遅延を起し、蛹化できずに生存している個体。

2) ヤツデ葉柄で飼育した。

第19表 組成の異った人工飼料による発育結果

飼 料 の 種 類	幼虫期間 (日)	蛹期間 (日)	成虫体長 (mm)	
			雌	雄
A	199.6 ± 38.8 ¹⁾	10.7 ± 2.5	21.0 ± 1.8	20.0 ± 1.8
B	202.6 ± 21.5	10.5 ± 2.6	21.4 ± 1.5	20.1 ± 2.0
C	192.2 ± 24.7	11.2 ± 1.8	21.2 ± 1.2	20.4 ± 0.9
D	196.6 ± 40.7	11.0 ± 0.9	22.4 ± 1.6	21.5 ± 1.2
E	—	—	—	—
対照	203.7 ± 25.2	11.3 ± 1.6	23.0 ± 1.9	21.7 ± 2.1

1) 平均値および標準偏差。蛹期間、成虫体長についても同様。

2. 大量飼育法

前述の試験結果をもとに、本種を簡易で大量に飼育する方法を検討した。

試験方法

(1) 採卵方法

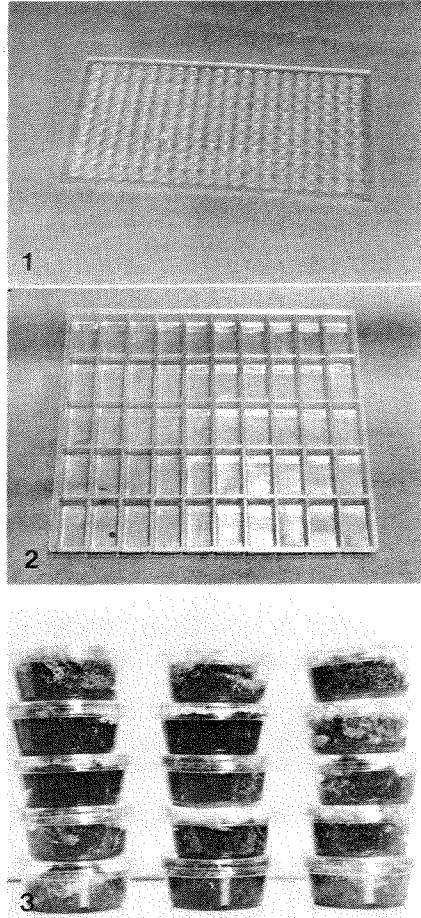
野外から持ち帰ったウドの根株から羽化した雌雄1対ずつを径10cm、高さ5.5cmのプラスチック製円筒形容器に収容した。これにヤツデの葉柄のほかに葉を数枚重ね、円筒状に巻いて輪ゴムでとめたものを3本ずつ入れ、産卵させた。4、5日おきにこれをとり出し、採卵した。

(2) 卵の収容

ふ化した幼虫の咬み合いを防ぐため、厚さ3mm、縦11cm、横21cmのアクリル樹脂板に径8mmの穴を開いたふ化容器(第15図1)を作製した。ふ化容器は適度な湿度を保たせるため、穴の底側に蒸留水で湿らせた濾紙を敷き、殺菌した卵を収容後、同じ大きさのガラス板で両面からサンドイッチ状に輪ゴムではさんだ。

(3) 飼育方法

飼料は前試験Aの組成を用いた。飼料の食いつきが悪く、発育不良の幼虫を除去するため、2齢期(ふ化8日後)までプラスチック製箱型容器(第15図2)で飼育した。ふ化した幼虫は50個に仕切られた箱に個体別に収容し、厚さ3、4mmの短ざく形に切った飼料を幼虫に被せるようにして与えた。2齢期以降は、径7cm、深さ3cmのロイファンカップ(第15図3)による飼育を行ったが、1部は前述1の試験に用いた試験管飼育を行なって比較した。カップには、みじし切りにした飼料30gを入れ、その上に幼虫を置いた。さらに、虫体に圧が加わる程度にテシューペーパーを折りたたんで入れ、蓋をして羽化



第15図 センノカミキリの飼育容器。

1: ふ化容器。ふ化幼虫のとも喰いを防ぐ。

2: プラスチック箱型幼虫収容容器。2齢期までの飼育容器。

3: ロイファンカップ。羽化まで飼料をかえずに飼育した容器。

第20表 飼育容器が幼虫の発育におよぼす影響

飼育容器	供試個体数 (頭)	幼虫期間 (日)	蛹期間 (日)	羽化率 (%)	成虫体長 (mm)	
					雌	雄
試験管	35	124.7 ± 12.9 ¹⁾	12.3 ± 2.6	85.7	19.6 ± 1.4	17.7 ± 3.2
ロイファンカップ	30	128.6 ± 9.4	12.1 ± 2.9	93.3	28.1 ± 0.9	26.3 ± 1.3
野外ウド(対照)	73	—	—	—	28.5 ± 2.0	27.0 ± 1.7

1) 平均値および標準偏差。蛹期間、成虫体長についても同様。

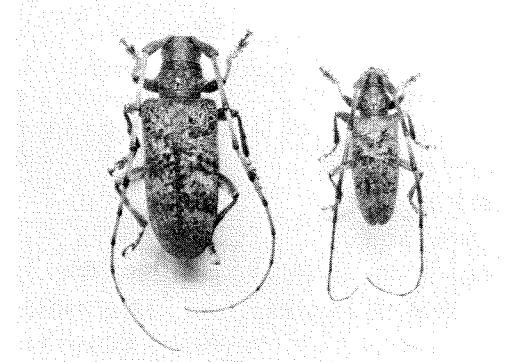
するまで放置した。本種の羽化の齊一化は既述の試験により、幼虫期の日長に支配されることがわかっているので²⁶⁾、ふ化後50日まで25℃、6時間明、18時間暗の短日条件で飼育し、それ以降は明期14時間の長日に切りかえた。

試験方法

結果を第20表に示す。本実験は採卵から成虫が羽化するまでの飼育を可能な限り省力化できるよう工夫した。その結果、採卵は雌成虫がヤツデの葉を重ねて巻いた中にほとんど産卵するため、きわめて容易であった。また、ふ化容器の採用は幼虫の咬み合いを防ぐと同時に齊一なふ化幼虫の確保を可能にした。さらに、2齢期までの箱容器飼育は、短さく形の餌が虫体に適度な圧となって、穿孔と摂食活動を容易にした。その結果、ふ化幼虫の食いつきがよく、生育不良の個体はきわめて少なかった。3齢以降のロイファンカップ飼育は、羽化するまで餌をとりかえず放置したにもかかわらず、試験管飼育に比較し、幼虫の体長、体重ともほぼ2倍近くに生育し、羽化率も高かった。特に、羽化した成虫は、第16図に示すように、試験管飼育より著しく大きく、野外の個体と差がなかった。日長の調節により、前試験に比較し、幼虫期間を70日以上短縮することができた。また、羽化した成虫をもとに継代飼育を行なったが、発育途中における異常は認められなかった。

D. 考察

センノカミキリの卵および幼虫の発育が、温度、日長並びに栄養条件によって大きく影響されることはA～Cの試験によって明らかである。特に、幼虫期の発育におよぼす日長と温度は、本種の生活環を調節している要因



第16図 飼育容器の相違による成虫の大きさの比較

左：ロイファンカップ飼育。
右：試験管飼育

を解明するうえで重要である。昆虫における生活環の調節は、不適な環境条件を回避する意義に加えて発育段階のいずれを調節し、羽化の同期化をはかると云う点で大きな意味をもっている⁵⁰⁾。これらの調節は、温帯では普通、休眠によって行なわれ、休眠の誘起は多くの場合外界の日長条件に対する光周反応によって支配されている。

センノカミキリの老熟幼虫は、長いものでは200日以上発育を休止したまゝ生存し、その後蛹化した。このような長期間の発育休止は一種の休眠現象とみなすことが出来る。この休眠は、日長条件を一定にした試験(B-2試験のL区、S区)では長日か短日かにかかわらず、ほとんど全ての幼虫で誘起されたが、幼虫の発育途中で日長条件を短日から長日へ変えると、休眠が早急に消去されるのか、あるいは誘起されないためであろうか、蛹化が顕著に促進されることがわかった。

一度休眠に入った幼虫は、長日条件(14L)では88%が、短日条件では41%がそれぞれ一定の期間を経たあと覚醒し、成虫となった。しかし、ふ化後40日間長日条件で飼育した幼虫を短日条件下においていたところ、大部分の幼虫は休眠を続け、ふ化後350日に至っても羽化しなかった。また、羽化した場合でも、ふ化から羽化までの期間は、日長が一定の場合よりもさらに延長された。したがって、成長期における日長の短日への変化が、深い休眠を誘起する可能性がある。

センノカミキリの休眠が短日によって誘起されることは、キボシカミキリ¹⁵⁾やブドウトラカミキリ⁶⁾でも認められている。しかし、本研究で証明されたセンノカミキリの場合のように、日長の長日への転換が休眠をもたらし、短日への転換が休眠の延長を引起すと云う反応については、よくわかつていない。しかし、他の昆虫、例えばアカトビバッタ *Nomadacris septemfasciata* SERV⁶¹⁾ やエゾスズ *Pteronemobius nitidus* BOLIVAR⁷⁵⁾ では同様の反応を示すことが知られている。しかも、これらの虫では、日長条件を一度に切りかえても、長い期間をかけて徐々に切りかえても同じ結果が得られることが報告されている。センノカミキリの場合には、日長を一時に変化させた点が自然界の日長変化とは異なるが、徐々に日長を変化させた場合と同じと仮定して本種の生活環における日長変化の役割について考察してみたい。

日長の短日化による休眠の延長は、幼虫がその年の秋のうちに蛹化し、成虫となってしまうのを防ぐ効果があると考えられる。本種は、前述のBの1、2の結果に示されるように、夏から秋にかけて急速な成長をとげ、5齢から6齢期(終齢)に達し、そのまま越冬に入ると推測される。この期間の自然界の日長は短日であり、深い休眠が誘起されると考えられる。

一方、本種においては休眠をさまたげる長日化は夏から秋の幼虫成長期にはあり得ない。長日化が本州の野外で生じるのは冬の後半から春にかけてである。晩春に蛹化し、羽化へとすすんで年1化性の生活環を維持するためには、深い幼虫休眠が長日によって覚醒されていなければならない。

以上のことから、長日化はセンノカミキリにおいて、一度生じた休眠を適当な時期に覚醒させる上で重要な因子として働いている可能性があると考えられる。

しかしながら、休眠は長日化の光周反応のみによって覚醒されるのであろうか。GALFORD²¹⁾ や GARDI-

NER²³⁾ は数種のカミキリムシについて、それらを休眠から覚醒させるには一定期間低温に遭遇させる必要のあることを示した。また、木村³⁷⁾ は、マツノマダラカミキリ老熟幼虫を10°Cか15°Cに2カ月間遭遇させると、高率で蛹化することを確かめた。筆者の行なった実験結果では、短日条件のもとでふ化後70日、75日目の老熟幼虫を10°C又は15°Cに70日間遭遇させた場合、最も羽化が齊一化し、羽化率も93.3%と高かった。しかし、他の処理条件では羽化のバラツキが大きく、羽化率も低かった(第13図)。バラツキの大きい理由は、若齢の処理の場合、まだ休眠が誘起される以前の低温遭遇になったため、覚醒に何らの影響をおよぼさなかったためと考えられる。また、ふ化後70日目、30日間処理で生じたバラツキは、一度深い休眠に入った幼虫を覚醒させるには、処理期間が不充分であることを示している。

一方、ふ化70日目の幼虫を低温処理後、短日から長日に切りかえを行なった実験は、第14図に示されるように、単なる日長の切りかえや低温処理によって得られた結果よりさらに齊一な羽化が得られた。この結果は、休眠に入った幼虫の覚醒には一定期間の低温遭遇と長日化の両因子の作用が必要であることを示し、しかも、これらの因子がそれぞれ単独で作用する期間より短かくとも有効に働くことを示唆している。しかし、両因子が休眠のどの段階で感受されるかの詳細については、今後の研究にまたねばならない。

低温遭遇の場合、休眠覚醒が10°C又は15°Cと比較的高い温度であることも興味のあることである。野外の越冬に到る経過は、第3図に示されるように、ふ化幼虫は夏から秋に急速に成長し、穿孔活動はそれに比例して活発になる。ふ化50日目以降(9月中旬以降)は茎内の上方への穿孔より、下方への穿孔活動が活発化し、地下茎に至る。このような行動の変化は、日長の短日化、低温化に対し、幼虫のとる回避反応、すなわち、季節的な休眠開始への行動⁵⁴⁾と思われる。いずれにせよ、野外では降霜によってウドの地上部は枯死し、越冬は地下15~20cmの根株内で行なわれる。短日化にともなって地温が15°Cから10°C前後に低下するのは、11月上旬から12月上旬にかけてである。本種ではこの時期に蛹へと発育できる状態の変化、すなわち休眠の覚醒が進行するものと思われる。この休眠覚醒の進行については、この時期の野外の越冬虫を暗条件で加温飼育し、羽化の齊一化が起こるかをさらに確かめる必要があろう。

本種の発育におよぼす栄養条件については、飼料の組

成をかえた実験によって死亡や発育遅延が起こることが明らかになった。特に、ウド葉粉末とセルロースが欠けると、著しい発育遅延と死亡がひき起される。このことは、幼虫の正常な発育にこれらの成分が不可欠であることを示している。ウド葉粉末の欠落は、幼虫の食いつきが悪いことと、発育遅延が起こることから、摂食刺戟や発育上必須のなんらかの物質が欠けるためと考えられる。

セルロースは、一般に昆虫の体内では分解されず、栄養となり得ないことが知られている⁸³)。しかし、カミキリムシ類はセルロースを共棲微生物によって分解し、発育に必要な糖類を摂取する³⁵)と云われている。セルロースの欠落による死亡や発育遅延の発生は、発育に必須の糖類が摂取できなかっただめであろう。セルロースが欠けると幼虫に死亡や発育遅延が起こることは、江森¹⁴)によるキボンカミキリの無菌飼育でも報告されている。

組成分のうち、酵母は昆虫の発育に必要なビタミンやアミノ酸を含み、L-アスコルビン酸も昆虫によっては発育に大きく影響すると云われている^{35, 83})。しかし、本種の場合、粉末酵母とアスコルビン酸が欠落しても、発育や羽化率に影響がみられなかった。

大量飼育の問題点の1つは採卵であろう。カミキリムシ類の多くは、産卵が樹皮と木質部の間に行なわれるため、大量の採卵は不可能である。本種の場合、ウドと近縁のヤツデに容易に産卵し、しかもまいた葉の間隙に産卵するので、労力的にも採卵が容易である。また、落葉がないので周年採卵が可能である。第2の問題は、羽化した成虫がわい小化することである。特に試験管飼育では、顕著であった。これは、幼虫期の発育が栄養条件以外に穿孔や摂食活動を行なう場合の空間、すなわち、生活空間に大きく影響されるためと考えられた。ロイファンカッパの利用は、本種の正常な発育に必要な生活空間をほぼ充すことが出来たと考えられる。また、羽化するまでの期間、飼料の交換をまったく行なわなかったにもかかわらず、カビや細菌による死亡はほとんど見られなかった。これは、幼虫の穿孔および摂食活動が活発で、絶えず飼料を攪拌しているためとも考えられるが、幼虫自体が抗菌作用をもつとも考えられる。

IV. 羽化および後食と性成熟の関係

センノカミキリは、初夏から羽化を開始し、後食を経てはじめて性成熟する。この習性は、フトカミキリ亜科の特徴を示すもので、性成熟への到達には一定の日数が

必要とされている^{8, 42})。そこで、本種の羽化後、性成熟にいたる経過の生態を究明し、その特徴を明らかにするため、若干の検討を行なった。

A. 羽化および脱出

1. 蛹室における羽化成虫の停留期間

カミキリムシは、蛹室内で羽化し、羽化後は体が固まるまでそこにとどまり、やがて脱出する。しかし、どのくらい蛹室にとどまるかはよくわかっていない。そこで、本種の羽化から脱出までの所要日数について調査を行なった。

調査方法

野外に廃棄された根株のうち、本種の食入が認められた株を集め、虫に傷をつけないように注意して刀物で割り裂いた。蛹室内に老熟幼虫と蛹が入っている株を持ち帰り、割目を開閉して蛹室が観察できるようビニールテープを巻いて25℃の恒温室に置いた。調査は、1979年6月に行なった。

調査結果

結果を第21表に示す。成虫は、羽化後3日目ぐらいに体が固まる。その間蛹室内でほとんど静止している。脱出行動は羽化5日頃から開始され、まずあごで蛹室を食い破る。つづいて腹部からじん皮部、表皮と外に向けて円形の脱出孔を掘る行動を開始し、ほぼ1日で脱出する(第17図)。羽化から脱出までの期間は5~7日に集中した。

第21表 センノカミキリの脱出所要日数

羽化後 日数	脱出数		
	♀	♂	合計
4	—	—	—
5	3	4	7
6	13	12	25
7	2	6	8

2. 脱出消長

本種の脱出は、圃場でわずかに越年したウドでも行なわれるが、ほとんどは軟化栽培終了後廃棄された根株からである。そこで、軟化栽培時期が異なる廃棄根株における脱出消長を明らかにするため、調査を行なった。



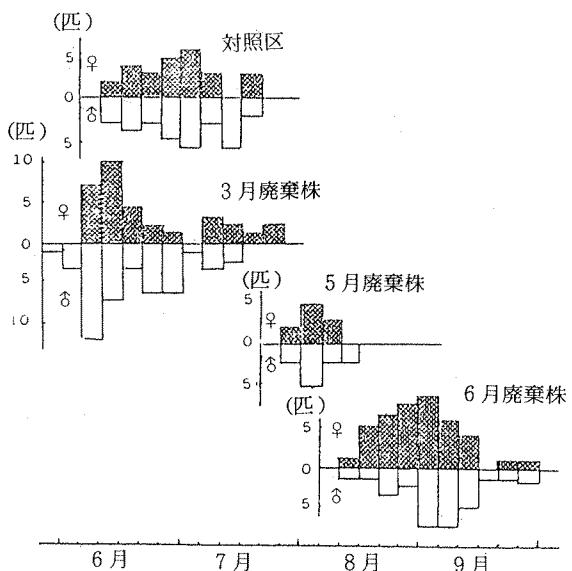
第17図 センノカミキリ成虫の脱出。
矢位は脱出孔を示す。

調査方法

1978年2月～5月に東京都小平市および東久留米市の農家が軟化栽培を行なった後、廃棄した根株から幼虫の食入した株だけを集めた。これを農業試験場に持ち帰り、圃場に設置した直径90cmのコンクリートヒューム管に入れ、上を金網で被って脱出数を毎日調査した。供試した根株の廃棄時期と株数は、3月が340株、5月76株、6月172株である。対照区として、秋季に畑から掘りとった食入株140株を供試した。これらの株はまとめて深さ約20cmの地中に埋め、脱出した成虫が逃亡しないよう周囲を寒冷紗で覆った。

調査結果

脱出消長を第18図に示す。脱出した虫数は、3月の廃棄根株で71匹、5月が19匹、6月54匹、対照区は、52匹であった。3月廃棄根株からの脱出は5月27日から始まり、7月22日まで続いた。これは、対照区と比較して15日早かった。5月廃棄根株からの脱出は、対照区のそれより約40日遅れた。6月廃棄根株からの脱出は、さらに約15日遅くなり、8月12日から開始された。脱出開始か



第18図 ウドの軟化後の廃棄株におけるセンノカミキリの羽化脱出消長（1977）。
対照区は地中に埋没した根株からの脱出消長を示す。

ら終息するまでの、いわゆる脱出期間は、5月廃棄株では18日間で、他の脱出期間より短かかった。他の廃棄根株では、いずれも50～60日におよんだ。雌雄による脱出の差は、明瞭でなかった。

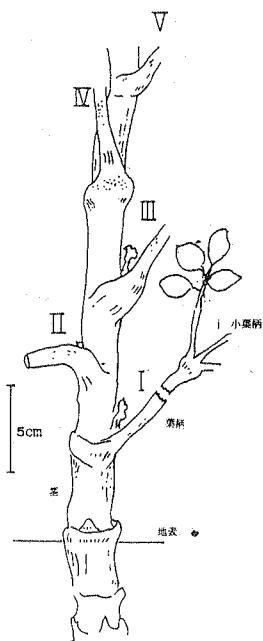
B. 後 食

カミキリムシ類は、脱出後生殖器管の成熟に必要な摂食、すなわち後食を行なう^{44, 47, 48, 51}。後食は、カミキリの種類によってほぼ一定しており、枯れた木の樹皮を食うもの、生きた植物の樹皮や葉、花粉をたべるものなどがある^{13, 44}。しかし、性成熟に必要な後食量や期間、性成熟との関係についての詳細はわかっていない。そこで、本種について、後食の実態を明らかにするため、調査および試験を行なった。

1. ウドにおける後食部位

調査方法

1980年7月、本種の常発地である東京都立川市の農家のウド畑において840株を対象に後食部位の調査を行なった。後食跡が発見された株はその部位を第19図に示すように茎、葉柄、小葉柄、葉に分けた。地上からの位置（高さ）は、茎の地際から約5cmおきに出ている小葉柄の位置によって判断した。



第19図 ウドの葉柄、小葉柄の位置。

第20図 センノカミキリの後食。
矢印は後食跡を示す。

調査結果

調査時のウドの草丈はほぼ1mであった。調査した840株のうち、後食が認められた株は4.7%で、40株であった。後食跡は72カ所に発見された。後食部位、位置についての調査結果は第22表に示す通りである。後食は茎と葉柄のつけ根がほとんどで、小葉柄(細枝)では1例、葉では3例のみにすぎなかった。地上からの位置は、茎、葉柄とも第2節から第4節までに多く；地上5~20cmの範囲に集中していた。葉の後食位置は下茎に近いところで、

日中、日が当る先端部の葉には認められなかった。後食は表皮を巾1~2cm、長さ数cm~10cmにわたってかじるのが特徴(第20図)で、深くかじってかみ切ることはない。したがって、萎焉したり、枯死を引起すようなことは認められなかった。

以上の結果から、本種は地際に近い茎と、葉柄の付根を最も好んで後食すること、細枝や葉の後食はきわめて少なく、好まないことがわかった。

第22表 センノカミキリのウドにおける後食位置

	葉柄の位置及び食痕数							合計	% ¹⁾
	I	II	III	IV	V	VI	VII		
茎	6	7	6	4	1	2	0	26	36.1
葉柄	3	10	10	12	2	3	2	42	58.3
小葉柄	0	0	1	0	0	0	0	1	1.4
葉	0	0	2	1	0	0	0	3	4.2
合計	9	17	19	17	3	5	2	72	
% ¹⁾	12.5	23.6	26.4	23.6	4.2	6.9	2.8		100

1) 食痕総数を100とした場合の指標を示す。

2. 後食の期間

成虫は脱出後すぐ後食を開始するが、後食を開始してから産卵が行なわれるまでの摂食期間を後食期間とし、それがどのくらいの期間かを知るための実験を行なった。

試験方法

野外のウド廃棄根株から羽化・脱出した雌雄1対ずつを $24\text{ cm} \times 36\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ の金属製飼育箱に収容し、産卵開始まで室温下でウドの葉柄を与えて飼育した。調査は毎日葉柄を分解し、産卵の有無を確かめる方法によった。

試験結果

結果を第23表に示す。供試した雌成虫13匹の後食期間は、個体による差からみられ、短い個体は9日で、多くは11～15日であった。最も長いのは21日を要した。

第23表 雌成虫の後食期間

摂食開始から 産卵前日までの日数	個体数
9	5
10	0
11	1
12	1
13	1
14	1
15	2
16	0
20	1
21	1

試験方法

羽化が齊一で、体長のそろった雌雄10匹ずつを径8cm、深さ4cmの円筒形ポリ容器に個体別に収容した。これらの供試虫に、内径4cmのコルクボーラーで打ち抜いたヤツデの葉を毎日1～2枚ずつ与えた。24時間後、摂食した後の葉をゼロックス複写機でコピーしたのち、自動葉面積計（日本レギュレーター株式会社製 Plaminex 25）で読みとり、1匹当たり摂食面積を算出した。試験は、摂食開始後30日間行なった。試験にヤツデを用いた理由は、ヤツデ葉はウドに比較して萎凋が少なく、均質な厚さの葉が容易に得られるからである。

試験結果

供試時の雌雄の体長、体重及び30日間の総摂食面積を第24表に、摂食開始後における摂食の経時的变化を第21図に示す。

成虫の大きさ（体長：平均値±標準偏差）は、雌が体長 $26.4 \pm 1.5\text{ mm}$ 、雄は $25.4 \pm 1.4\text{ mm}$ であった。体重は雌 $805.1 \pm 154.8\text{ mg}$ 、雄 $718.5 \pm 90.2\text{ mg}$ で、雌は雄より大きかった。

摂食は、いずれの個体も羽化4日目から開始したが、一部は5日目から始まった。1日当たりの摂食面積は第21図に示されたように、羽化後の日齢によって著しく変化し、摂食開始から急激に増大した。特に雌雄とも摂食開始から10日間が最も大きく、その後はほぼ半減したまま経過した。この傾向は、雌雄ともほぼ同様で、大きな差は認められなかった。

30日間の総摂食面積は、雌が 191.0 cm^2 、雄は 171.5 cm^2 で、雌が雄より大きい傾向が認められたが、有意な差はなかった。

C. 後食と性成熟の関係

3. 羽化後の日齢と後食活動

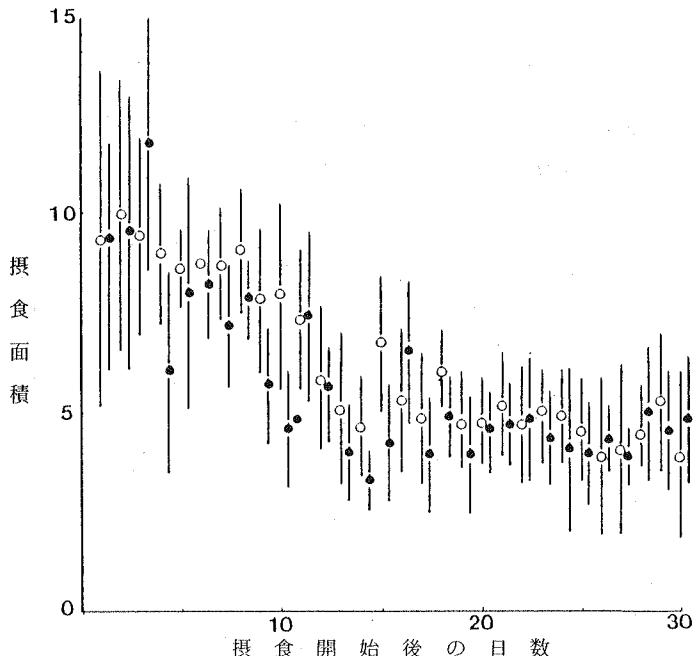
次に、脱出後のセンノカミキリ成虫の雌雄について後食活動の日変化を知るため、試験を行なった。

前項までの試験結果により、本種における後食は脱出

第24表 センノカミキリ雌雄1匹当りの摂食量

	体長 (平均値±標準偏差)	体重 (平均値±標準偏差)	摂食面積 ¹⁾ (平均値±95%信頼限界値)
雌	$26.4 \pm 1.5\text{ mm}$	$805.1 \pm 154.8\text{ mg}$	$191.0 \pm 13.6\text{ cm}^2$
雄	$25.4 \pm 1.4\text{ mm}$	$718.5 \pm 90.2\text{ mg}$	$171.5 \pm 22.3\text{ cm}^2$

1) 摂食用始後30日間の総摂食面積。



第21図 センノカミキリの後食面積の日変化。
○：雌成虫。 ●：雄成虫。 —：95%信頼区間。

後旺盛な活動を示すことがわかった。そこで、本種の後食と性成熟の関係を明らかにするため、羽化後の日齢と交尾、卵巣および精巣の発達について試験と観察を行なった。

1. 性成熟の発達

羽化後の日齢と性成熟の関係を知るため、羽化した成虫について交尾反応の経時的变化について検討した。

試験方法

試験には、人工飼料による飼育によって得た成虫を用いた。本種の性成熟の外観上の判断は、雌雄が遭遇すれば容易に交尾反応を示すことから、雌の性成熟については試験雌に対する雄の反応行動の有無をもって判断した。すなわち、あらかじめ性成熟していることを確かめた5匹の雄を15匹の試験雌に会わせ、それに対して雄がマウントし、腹部を曲げて交尾しようとする姿勢（以下腹曲げ行動という）をとるかどうかを調べた。一方、雄の性成熟については15匹の試験雄に、-5°Cに10分間放置して冷凍致死させた成熟雌をピンセットでつまんで近づけ、これに対する腹曲げ行動の有無をもって判断した。実験に冷凍致死雌を用いた理由は、生きた成熟雌を用いた場合、予想される雌の行動によって雄の行動に不確実な反応が混入することを避けるためである。試験は

25°Cの恒温室内で130～180ルックスの照度下の透明なプラスチック製円筒形容器（径10cm、高さ6cm）の中で行なった。

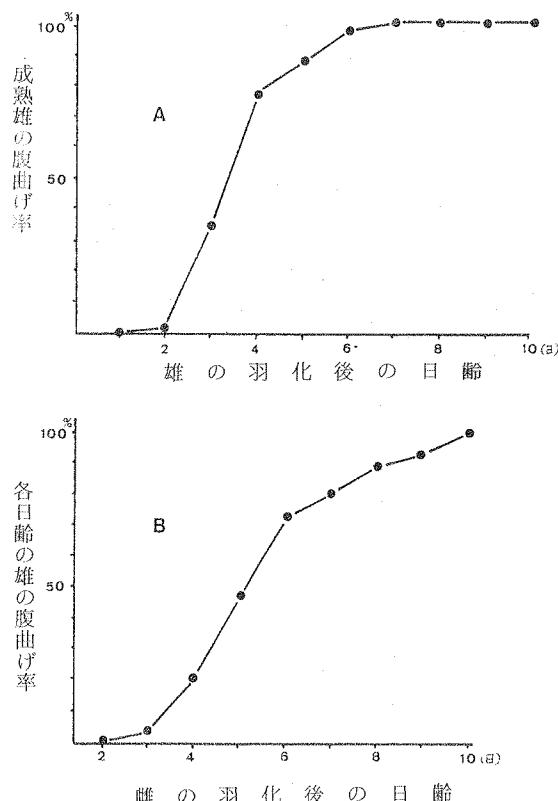
試験結果

羽化後の日齢と交尾反応の関係、すなわち、雌雄の性成熟の経時的变化を第22図に示す。この結果からも明らかなように、羽化当日の雌は、雄に腹動を起させることはまったくなかった。しかし、試験雌の、雄腹曲行動刺戟効力は、2日目にわずかながら現われ、6日後には供試したすべての試験雌が雄の反応行動を引き起こすことがわかった。

一方、雄は、羽化3日目から腹曲げ行動をとる個体が出現し、日齢の経過とともに反応する率が高まって、10日後にはすべての雄が腹曲げ行動をとり、交尾した。すなわち、完全に交尾ができるようになるまでの所要日数は、雌が雄よりも3～4日少なく、したがって、雌は雄より早く、しかも脱出時（第21表）には既に交尾可能な状態に達していると考えられた。

2. 卵巣の発達

フトカミキリ亜科のカミキリムシは、後食によって卵巣の発育が促されるというが、センノカミキリについては不明である。そこで、本種の後食と卵巣の発育の関係

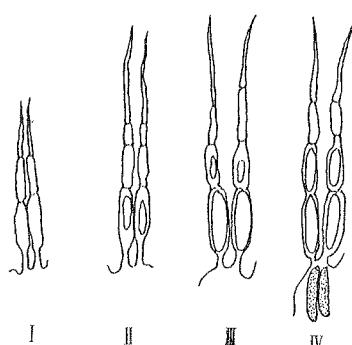


第22図 センノカミキリの羽化後の日齢と交尾反応の関係。
A: 羽化後の各日齢雌に対する成熟雄の交尾反応。
B: 羽化後の各日齢の雄の成熟雌に対する交尾反応。

を知るため検討を行なった。

調査方法

前記1と同じ方法によって飼育した齊一な大きさの雌成虫を供試した。これらの雌成虫は、未交尾、未後食、未交尾—既後食、既交尾—未後食、既交尾—既後食の4条件で飼育した羽化日齢10日目のものと、未交尾—既後食、既交尾—既後食の条件で飼育した羽化日齢15日および20日のものである。これらの条件において、交尾の有無を設定した理由は、上記1の結果からも明らかのように、雌成虫は脱出時に既に交尾が可能であり、したがって、交尾が卵巣の発育に関連する可能性のあることが予想されたからである。交尾は、日齢5日目以降に成熟雄と遭遇させて行ない、既後食は羽化日齢3日からヤツデの茎葉を与えて飼育したものである。供試数は、各条件とも5匹であった。これらの雌成虫は、冷凍麻痺



第23図 センノカミキリの卵巢発育段階

- I ; 卵巢小管が伸長していない。
- II ; 卵巢小管が伸長し，卵翼の形成がみられる。
- III ; 未成熟卵が認められる。
- IV ; 成熟卵が認められる。

させたのち、ただちに10%生理食塩水の中で腹部を解剖し、卵巣の発育状態を観察した。卵巣は、第23図に示すように、発育状況によってI～IVの段階、すなわち、I：卵巣小管が伸長していない。II：卵巣小管が伸長し、卵黄の形成がみられる。III：未成熟卵が認められる。IV：成熟卵が認められる、の4段階で、それぞれの段階における左右の卵巣小管数をかぞえた。

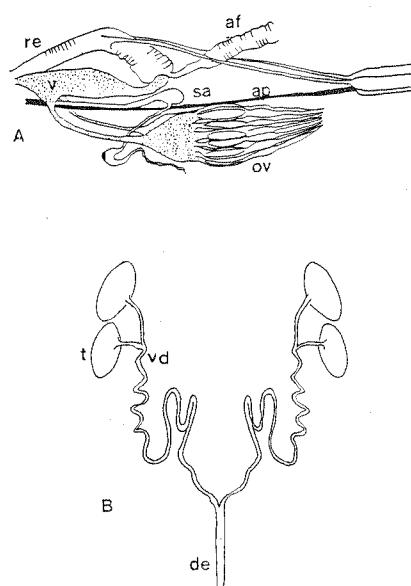
調査結果

解剖による観察結果から、雌の生殖器系を示すと第24図Aのとおりである。それぞれの飼育条件における卵巣の段階別発育状況および卵巣小管数を第25表に示す。卵巣小管数は日齢によって異なるが、左右ほぼ同数で、平均14.5～21.5本ずつであった。

日齢10日の未交尾—未後食および既交尾—未後食では、卵巣が小さく未発達で、卵巣小管の伸長が悪く、卵黄の形成もみられなかった(第25図1)。一方、未交尾—既後食の雌は、卵巣が大きく発育し、卵巣小管の伸長と卵黄の存在が認められ、半数以上の小管に未成熟卵の形成が観察され(第25図2, 3), 未後食雌との間に大きな差が認められた。

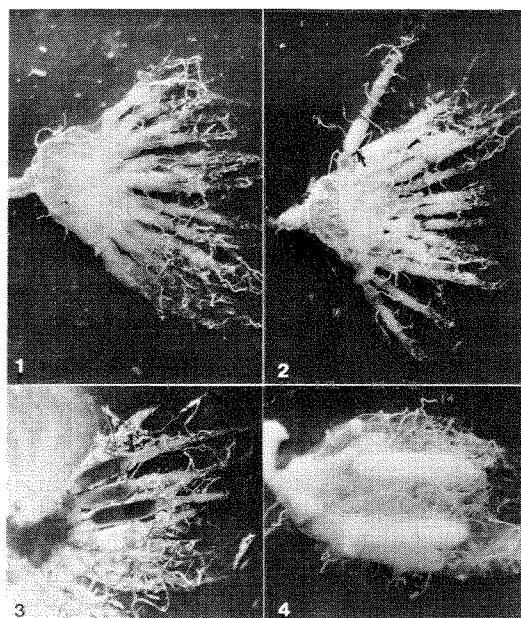
既交尾後食の雌では、さらに発育がすすみ、わずかに成熟卵の形成が認められ、卵巣小管数も増加した(第25図4)。

日齢15日および20日の雌については、後食の有無による検討はできなかった。しかし、後食した雌の交尾の有無による比較では、未交尾との間にいずれの日齢でも明らかな差がみられ、交尾した雌の卵巣小管内の成熟卵数が多かった。



第24図 センノカミキリの内部生殖系。

A : 雌生殖系(羽化15日後)。
af : 後腸。ap : apodome。ov : 卵巣。
re : 直腸。sa : 貯精のう。v : 膀胱。
B : 雄生殖系(羽化5日後)。
de : 射精管。t : 精巢。vd : 輸精管。



第25図 センノカミキリの卵巣の発達。

1 : 未後食雌の卵巣(15倍)。
2 : 後食後の卵巣(10倍)。
卵黄の形成が認められる(矢印)。
3 : 未成熟卵の形成が認められる卵(8倍)。
4 : 成熟卵の形成が認められる卵巣(10倍)。

第25表 後食および交尾が卵巣の発達におよぼす影響

羽化後 の日数	後食	交尾	発育段階別卵巣小管数 ¹⁾								1匹当たりの平均卵巣小管数 ²⁾	
			I		II		III		IV		左	右
			左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
10	無	無	14.8	14.6	0	0	0	0	0	0	14.8 ± 1.9 ²⁾	14.6 ± 1.8
10	有	無	0	0	6.2	6.4	8.2	9.4	0	0	14.4 ± 2.5	15.8 ± 2.8
10	無	有	14.8	16.0	0	0	0	0	0	0	14.8 ± 1.9	16.0 ± 0.7
10	有	有	0.5	0.6	8.4	10.2	8.0	6.4	0.4	0	17.4 ± 1.3	17.2 ± 1.3
15	有	無	0	0.6	6.6	6.4	9.4	10.4	2.4	1.6	18.4 ± 1.5	19.0 ± 1.7
15	有	有	0	0	2.2	2.4	12.4	12.2	3.4	3.8	18.0 ± 4.5	18.4 ± 4.5
20	有	無	0.4	0.2	11.6	10.6	4.8	6.2	1.4	1.0	18.2 ± 1.5	18.0 ± 0.8
20	有	有	3.2	3.2	4.8	5.6	5.0	6.2	6.8	6.4	19.8 ± 4.9	21.4 ± 6.0

1) 雌5匹について調査した。

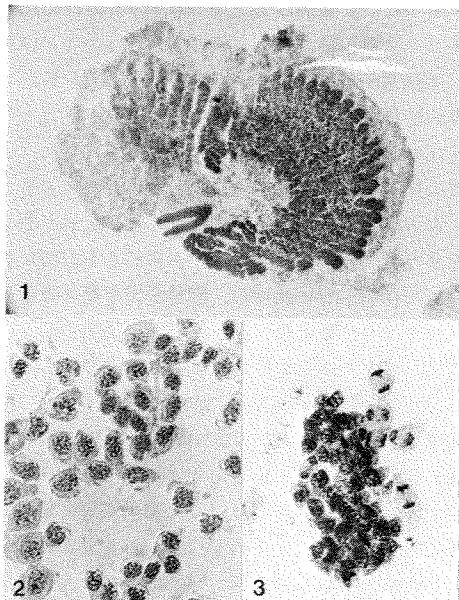
2) 平均値±標準偏差値。右についても同様。

3. 精巢の発達

雄の後食と生殖器管の発達の関係を知るため、精巢の発育および生殖細胞の分裂経過について観察し、検討した。

観察方法

供試虫は、前述1の方法によって得た蛹および成虫を用いた。蛹は蛹化当日、3日および7日目のものを、成虫は羽化当日および5日目のものを供試した。蛹はそのまま解剖し、成虫は-10°Cの冷凍庫に1分ほど入れて麻痺させたのち、ただちに解剖して精巢をとり出し、カルノア液で24時間固定した。固定後常法にしたがってパラフィン切片を作成した。切片の染色には、ホイルゲンニアアニリンブルーオレンジGおよびヘマトキシリーンエオシン染色法を用い、精巢組織を観察した。生殖細胞の分



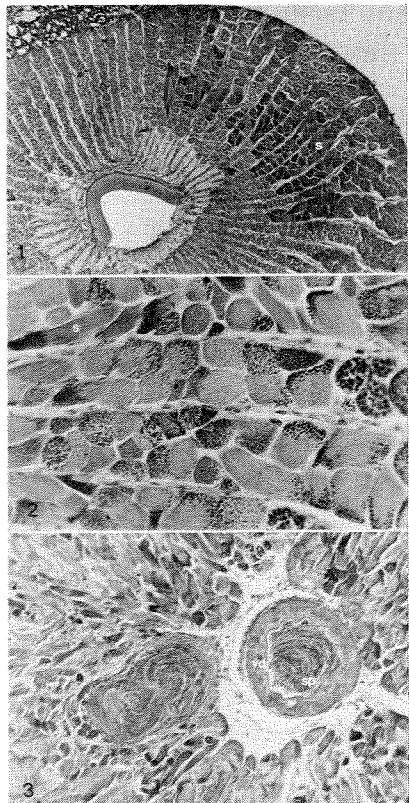
第26図 センノカミキリの精巢の発達。

- 1: 蛹化当日の精巢(210倍)。精原細胞(g)の増殖中。
精室は不明。
- 2: 精母細胞(蛹化3日目。980倍)。
- 3: 減数分裂中の精母細胞像(蛹化3日目。980倍)。

裂は、摘出した精巢をスライドガラスにとり、オルセインを滴下してからカバーガラスをかけ、ピンセットで静かに圧を加えたのち光学顕微鏡で観察した。

観察結果

雄の生殖器系は第24図Bに示したとおりである。精巢は2対からなり、ほぼ同じ大きさで、一方のみが発達して肥大する例はみられなかった。大きさは蛹化当日で、長径約1.5mm、短径1.0mm、羽化当日は長径約4.0mm、短径約3.0mmに肥大する。精巢は半透明で乳白色であるが、羽化後の日齢がすすむにつれて、やや淡黄色となる。パラフィン切片および精巢を直接観察した結果を第26図、27図に示す。本種の精巢内部は、精巢被膜によって約70の精室に仕切られ、さらにその外周は一層の共通被膜でおおわれている。



第27図 センノカミキリの精巢における精子形成。

- 1: 蛹化7日目の精巢(210倍)。
1部に精子束の形成がみられる。
 - 2: 精子形成部位の拡大(1980倍)。
 - 3: 羽化5日目の精巢(500倍)。
- s: 精子束。sp: 精子。vd: 輸精小管。

蛹化当日の精巢は、発達初期の段階で、精巢被膜による精室の形成も不明瞭であった。精室内には増殖分裂中の精原細胞集団が観察されたが、精母細胞への増殖はみとめられなかった。蛹化3日目の精巢は、精巢被膜によって仕切られた精室も明瞭になり、精室内には増殖分裂中の精原細胞と精母細胞が観察された。精母細胞の1部には減数分裂による増殖もみられた。蛹化7日目には、精巢はさらに発達し、精室の1部には成熟分裂を完了して精子細胞へ発達したものと、さらにはすんだ精子束像が観察された。羽化当日では、いずれの精室も分裂中の各種形態がみられるが、精室内にはほぼ精子束で満されていた。しかし、輸精小管内には基質膜を通過した精子は見られなかった。羽化5日目の精巢は、精室基部に被のうから解かれた精子で満され、それらは基質膜を貫通して輸精小管中にも充満しているのが観察された。以上のことから、本種の精巢は、蛹化当日から急速に発達し、羽化当日には成熟分裂が完了して精子形成もほぼ終了していること、羽化5日の脱出時期には、輸精小管内が精子で充たされ、脱出当日に交尾しても充分精子が放出できるまでに発達していることが明らかになった。

D. 考 察

羽化脱出消長

センノカミキリは脱出消長からも明らかなように、根株の廃棄時期によって著しい差がみられるものの、5月下旬にはじまり、9月には終息する。しかし、この脱出消長は同じフトカミキリ亜科に属するゴマダラカミキリの5月末～6月中旬の例³⁸⁾、シロスジカミキリの5月初旬⁵⁹⁾に比較して異常に長い消長を示している。この原因は、根株の廃棄された時期によって消長が異なることからも明らかなように、ウドの軟化栽培時期の違いによって引起された結果と考えられる。すなわち、冬期に畑から掘りとった根株は、地下5～6mのむろ穴に伏せ込まれ、萌芽させて軟化茎を収穫したのち、根株は廃棄される。栽培期間中に根株に食入した幼虫は、外界の温度より高い20℃近い恒温下で過す。その結果、発育が促進され、脱出も早まると考えられる。野外に放置した対照区より3月廃棄根株での15日早い脱出は、以上の理由から説明し得る。

一方、6月の廃棄根株からの脱出が8月中旬以降生じる原因是、軟化栽培開始まで根株が栄養芽の伸長抑制のため低温貯蔵されるので、食入した幼虫の発育がさまたげられるからである。以上のことから、センノカミキリ

の羽化脱出の長期にわたる原因が、寄主であるウドの軟化栽培時期に依存して起こっているといえる。

後食と性成熟の関係

フトカミキリ亜科に属するカミキリムシ類は、後食によって生殖器管の発達をはかるという。カミキリムシ類の後食に関しては、多くの観察事例があるが、後食と性成熟の関係を詳細に究明した報告は、きわめて少ない。伊庭^{29, 31)}はクワを加害するキボシカミキリの後食と性成熟の関係を究明し、雌では後食量の多寡が性成熟とその後の産卵活動に密接な関係があることを報告している。

センノカミキリ雌成虫は、羽化脱出時には、卵巣が未発達にもかかわらず、交尾可能な状態に達していることが明らかになった。また、卵巣の発達は、後食と深く関係し、後食が行なわれない場合は未発達であることも明らかになった。したがって、フトカミキリ亜科に属するカミキリムシ類が後食によって性成熟をはかるという事実は、本研究の結果からも一応支持されよう。しかし、第25表の結果に示されるように、充分後食を行なった雌でも交尾の有無によって卵巣の発育に差がみられ、交尾した雌の卵巣小管における卵の発育が明らかに早まる傾向がどの日齢でもみられる。このことは、交尾が卵の成熟を促すうえで、何らかの関係があることを示唆している。交尾が卵の成熟に関係し、発育を促す働きのあることは、ゴキブリやカの類などいくつかの昆虫で知られている⁸⁰⁾。センノカミキリではVのBの結果にも示されるように、雌が長期にわたって後食を行なっても、未交尾個体では産卵がきわめて少ない事実からも、交尾が卵の成熟に深くかかわっていることは疑いない。また、羽化後の日齢6日には、雄より早く交尾可能な状態に達していることは、後食にかかわりなく、より早く成熟雄との交尾を行なうチャンスを拡大しているためとも考えられ、卵の発育をより早く促すうえで、重要な意義をもつと思われる。

雄の後食と性成熟の関係について言及した報告はこれまでに見当らない。しかしキボシカミキリの場合^{29, 31)}やマツノマダラカミキリ¹⁹⁾では、後食量が雌より少ないことが報告されているが、その意味については言及されていない。本研究では、雄は雌より少ない傾向を示すものの有意な差はみられず、後食パターンにも大差はなかった。一方、雄の性成熟は、蛹化後急速に精巢の肥大とともに生殖細胞の増殖分裂がすすみ、羽化日齢5日目には精子が輸精小管を下るまでに発達していることが明らかになった。この発達経過から推定して、雄は脱出時に

は既に生殖器管の成熟が完了していると考えられる。では、何故に雌と大差がない後食活動を行う必要が存在するのであろうか。雄の後食は多数回交尾と関係があると考えられる。すなわち、本種の場合、他の昆虫と比較して著しく多い交尾を行う習性があり³⁾、この習性によって雄は雌に多量の精子を送り込まねばならない。精巢が2対ずつ存在すること、精巢の精室が70室におよぶことはこれを裏付ける証拠と考えられる。それ故に、多数回交尾に労費するエネルギーは脱出後の旺盛な後食によって貯える必要があり、雌のそれと同じパターンの後食活動を示すと考えられる。

V. 配偶行動

カミキリムシ類の配偶行動については、これまでに多くの観察や研究が報告されている^{9), 47, 48)}。それらによると、カミキリムシには昼間に配偶行動を行なうものと、夜間に行なうものがあり、ハナカミキリ亜科 *Lepturinae*、トラカミキリ族 *Clytini*、スギカミキリ族 *Callidiini*では日中行動し、フトカミキリ亜科 *Laminae*、ノコギリカミキリ亜科 *Priomimae*、マルクビカミキリ亜科 *Asemiae* や原始的なカミキリ亜科に属するものの多くは、夜間行動することが知られている。一般に配偶行動は、訪花性のハナカミキリ以外は多くの場合寄主植物上で行なわれ、寄主選択とくに密な関係が存在するという⁴⁷⁾。

交尾に先立ち、あるカミキリムシ類では性誘引物質と思われる匂を発散するものであり^{9, 47)}、ついで雌に飛しよう中の雄が嗅覚的に誘引された例⁹⁾が報告されている。また、昼行性であるブドウトラカミキリでは、逆に雄がフェロモンを放出して雌を嗅覚的に誘引することが確かめられた³⁶⁾。

さらに、シロスジカミキリ²⁾、マツノマダラカミキリ⁶²⁾では、雄が雌を待ち伏せる行動をとるほか、頻繁に交尾を行なう習性をもつなど、配偶行動における重要な興味ある事実が報告されている。しかし、夜行性のフトカミキリ類は、農林業上重要な多くの種を含んでいるにもかかわらず、その配偶行動については不明な点が多く、その成立機構については明らかになっていない。

センノカミキリは、他のフトカミキリ類と同様に寄主植物上で配偶行動をとることがわかっているが、行動の詳細は明らかにされていない。そこで、ウド畑における本種の配偶行動を観察し、さらに雌雄の行動を解剖してその成立を論じることとした。

A. 配偶行動の観察

1. ウド畑における配偶行動の観察

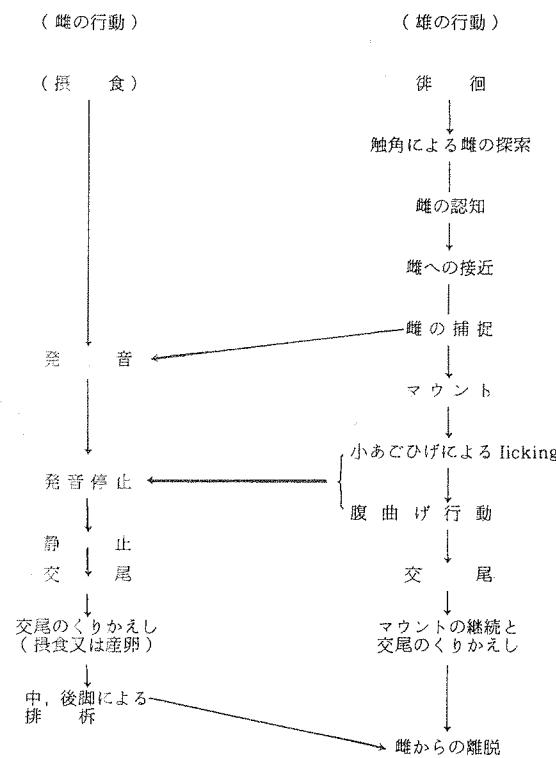
本種の自然状態での配偶行動を知るために、常発地である東京都小平市のウド畑で観察を行なった。

観察方法

観察は廃棄されたウドの根株が山積された近くのウド畑で行なった。これは本種が収穫後、廃棄された根株内で多くは5月下旬から7月はじめにかけて脱出する⁴⁾という知見に基づいて計画されたものである。観察は6月下旬に日中と夜間に分けて行ない、日中は午前10時から没までと、夜間は日没後の薄暮から翌日の午前10時までとした。

観察結果

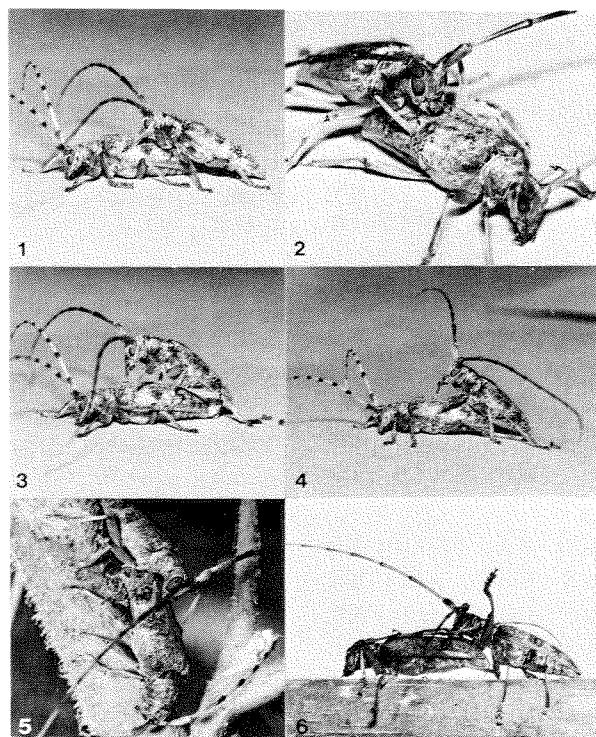
根株内の蛹室で羽化した成虫は、体が固まるまで5～7日間蛹室内にとどまつたのち脱出する。成虫は脱出後1～2時間でそこを飛び立ち、近くのウド畑に到達し、そこで後食を開始する。30例以上の配偶行動の観察の結果、本種は主として薄暮から薄明間に行動をとることがわかった。その過程を第28図に示す。



第28図 センノカミキリの配偶行動

配偶行動は、後食が開始されてのち5～6日間経てはじめてあらわれ、以後、後食日数が経過するにつれて活発になる。ウド畑では夜間、雌がウドの茎や葉柄のつけ根を盛んに後食する行動をとる一方、雄はウドの茎から葉柄を伝わって株から株へと活発に徘徊する。徘徊中の雄の行動は触角をほぼ45°の角度で前方に突き出し、それを交互に上下に振りながら、周囲を探るようにして歩行するのが特徴である。雄は徘徊中、後食している雌に触角が接触すると敏速に雌にかけ寄る行動を示す。雄が雌に接近しても、接触がなければこの行動は起こらない。雄はかけ寄ると前脚で雌を捕捉し、その背に覆いかぶさるようにして前脚と中脚で雌の体を抑え、頭を重ねるようく姿勢を正しながらマウントする（第29図1）。この行動と同時に、雄は大あごを雌のさや翅基部に接触させ、そこをなめるように小顎ひげをこきざみに振動させたり、

それで雌をたたくような行動を示す（第29図2）。一方、雌は雄の前、中脚で体を抑えられたとき、低いクツクツと聞える音を数回発生する。この発音は前胸背板後縁の裏側と、これに対応する中胸背板の中央部にあるヤスリ状の発音部の摩擦によって生じる。雌の発音は雄が小顎ひげで雌をなめ、さらにマウントしてすかさず腹曲げ行動をとつて雌の交尾器をさぐり（第29図3），雄のそれを接触させる間に停止する。雄は後脚でふんばり、中脚で雌の腹部をもち上げるようにして雌の交尾器に内陰茎Endophalusの先端を挿入し、ついでそれを雌の交尾器に引っかけたまま、前方に屈曲した腹部をまっすぐ後方に引き伸す。これに伴つて、それまで縮んでいた内陰茎がほぼ1cmまで引き伸ばされる（第29図4）。交尾の機械的結合はこの時点で終了する。雄は交尾器の結合をなしとげた後は、交尾が終了するまで体をほぼまっすぐに



第29図 センノカミキリの交尾習性。

1：雌(左)にマウントを試みる雄(右)。2：マウントした雄(左)が小あごひげで雌(右)のさや翅をlickingしている。3：雌(下)に腹端をまけて交尾を試みる雄(上)。4：交尾中の雌雄。雌の交尾器に引っかけた内陰茎が伸び、触角は180°に開く5：雄(上)がマウントしたまま産卵している雌(下)。6：マウントを試みる雄を後脚でける雌(左)。

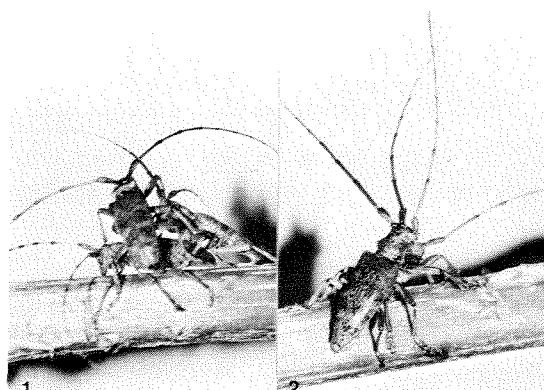
伸ばし、かつ、およそ 30° 後傾する姿勢を維持する。この間、触角はほぼ 180° に開かれている。雄はこのような姿勢でおよそ20秒～11分間交尾したのち、内陰茎を引きぬいて交尾を終了する。しかし、雄はその時点で雌の背から降りることはまれで、雌の背にのったまま交尾をくりかえす。一方、雌は交尾中はたいていの場合、静止しているが、摂食や産卵加工を行う場合もある。また、雌は交尾終了後、雄を背にのせたまま徘徊したり、あるいは産卵を行う（第29図5）。産卵時間はおよそ6～7分であるが、この間雌は卵を1個産下する。産卵後雌は再び交尾を行うが、場合によってはマウント中の雄を中心脚で排いのけようとする行動（以下、排除行動という）を示すこともある（第29図6）。雌は排除行動と同時に、まれにキッキッと聞こえる音を発生する。これに対して雄は雌の背にしがみつき、押しのけられることに抵抗する。しかし、雄は腹曲げ行動の中斷を余儀なくされたり、雌の背から引きずり降ろされることがしばしば起こる。これら一連の配偶行動は野外および室内のケージ内のいずれでも常に起こることが観察された。

2・雌をめぐる雄と雄の闘争

センノカミキリ類は、種によって配偶行動中の雄の間で闘争することが知られている^{47, 52, 62}。

本種の配偶行動の過程においても、雄と雄が激しい闘争を行うことを見い出したので、その詳細を観察し、さらに雄同士の闘争と雌の占有の関係について検討することとした。

観察および試験方法



第30図 雌をめぐる雄と雄の闘争。

1. 交尾を妨害する雄。
2. 触角にかみつき闘争する雄と雄。

観察は前記1のウド畑で同一時期の日没後から午後10時まで行ない、さらに農業試験場内に設置したケージ内でも観察した。ケージは、高さ約1.0mのウドに縦、横2.5m、高さ2mの木わくにサラン網を張ったもので、その中に根株から脱出した雌雄3対ずつを放飼して観察を行なった。また、室内（24°C、恒温室）で金属製ケージ（縦30cm、横24cm、高さ40cm）を用い、雌1匹に体重と触角の長さが異なる雄3匹ずつを個体識別が可能なように白色フェルトペンでマークして放飼し、30分ごとに雌とマウントしている雄を調べた。実験は24°Cの恒温室で、ケージ内の照度が130～180 Luxの条件で行なった。この条件での配偶行動は肉眼的に観察される限り、自然状態と差が認められなかった。

観察および試験結果

雄の配偶行動の観察から本種の雄は、雌をめぐって互に競争すること、また、それに伴って他の雄の交尾を妨害するいくつかの行動があることがわかった。雄間の闘争は、一方の雄が雌にマウントまたは交尾している最中に、他方の雄が接近したときに最も頻繁に起こる（第30図1）。接近してきた雄は、雌の背にマウントしている雄に触角がふれると直ちに興奮し、相手に触角を向けて激しくそれを上下に振り動かす。これに対し、マウントしていた雄は、接触してきた雄をめがけて雌の背からかけ降りるようにして応戦する。また、雄は相手を押す、触角でたたく、大あごで触角や脚に咬みつくなどの攻撃行動も示す（第30図2）。大あごによる咬みつきは、場合によっては触角の切断あるいは出血を結果することもある。闘争は普通数秒間持続するが、勝敗がつかない場合はおよそ1分におよぶこともある。闘争はどちらか一方が逃走することで終止する。勝った雄は逃走する雄を追いかけるが、この追跡は2～3秒で終る。雄は再び雌のところに戻ってきて覆いかぶさるようにマウントし、直ちに交尾する。この時の交尾時間は10数秒できめて短いが、これは闘争後の交尾の特徴である。また、これと逆の場合、すなわち、今まで雌にマウントしていた雄が闘争に負け、マウントする雄が入れ替る場合もある。これらの闘争は雌よりも雄が多い場合だけでなく、両者が同数の場合にも起こる。

雌1匹にそれぞれ体重の異なる雄3匹を金属ケージ内に放飼した結果を第26表に示す。放飼後、雄は雌をめぐってたがいにあらそうが、勝った雄はマウントして長時間雌を占有し、交尾をくりかえす。放飼を開始後、30分間ごとの目撃回数のうち、各々の雄が雌を占有していた割合（以下、占有率という）は、体重および触角長の

第26表 体重、触角長の異なるセンノカミキリ
雄の雌に対する占有率

ケージ 記号	雄の 記号	体 重 (mg)	触角長 (mm)	目 撃 回 数	占有率 (%)
A	1	916	72	110	17.2
	2	908	91	"	34.5
	3	838	89	"	21.8
B	1	919	116	110	50.9
	2	724	104	"	24.5
	3	704	102	"	10.9
C	1	929	108	39	51.3
	2	731	104	"	2.6
	3	668	100	"	28.2
D	1	862	112	44	34.1
	2	735	106	"	9.1
	3	655	102	"	13.6
E	1	750	106	44	34.1
	2	727	104	"	29.5
	3	629	94	"	20.5

最も大きい雄が高い傾向を示した。しかし、それらが中位と最下位の間では、必ずしも大きさに占有率が比例せず、5ケージのうち3ケージで逆の結果が生じた。これは上位の雄と中位の雄があらそっている間や上位の雄が摂食のため雌を離れた間隙をぬって最下位の雄が雌に接近するチャンスを獲得しているためと判断された。また、大きさに顕著な差がない雄同士では、占有率にも大差がみられなかった。このような場合、雌をめぐる雄同士の闘争は、最も頻繁に行なわれた。

3. 交尾時間および回数

本種の交尾時間および回数を知るため、室内のケージ内で観察を行なった。

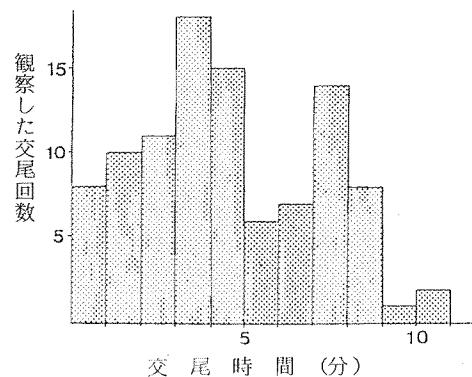
観察方法

供試虫はウドの廃棄根株から羽化した成虫を用いた。観察は縦30cm、横24cm、高さ40cmの金属製飼育ケージに雌雄1対および3対あるいは雌1匹に雄3匹を放飼して交尾の所要時間、回数について記録した。観察は130~180ルックスの照度下で行なった。この条件での本種の配偶行動は肉眼的に観察される限り自然状態と差が認められなかった。

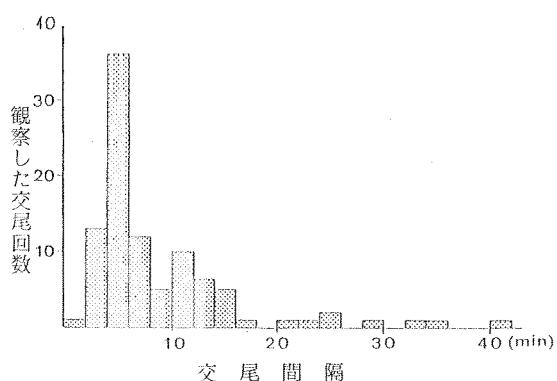
観察結果

結果を第31図および32図に示す。すなわち、雌雄1対

ずつ10組についておのおの10回、計100回の交尾を観察し、その所要時間を測定した結果、21秒から10分56秒の間で、その頻度分布は2山型を示した。これは交尾中雌が静止状態を継続した場合は、交尾時間が長く、摂食や産卵行動を開始した場合、雄が交尾器の結合を解くので交尾が短くなったためである。



第31図 センノカミキリの交尾時間の頻度分布。



第32図 センノカミキリの交尾間隔の頻度分布。

交尾回数は雌雄1対の場合、2時間の室内ケージの観察中、1~42分間隔で2~10回に達した。一方、雌1匹に雄3匹の場合、雌は3~19分(平均11分)間隔で10回の交尾を行なった。この間、雌の交尾相手の雄は2度入れかわった。また、雌雄3対を放飼した実験区では、雌は3時間の間に3~40分間隔でそれぞれ4, 6, 8回の交尾を行なった。この間、雌は交尾相手の雄を2回かえた。

以上の結果は、ウド畑で予備的に観察した、すなわち、

雌は1時間あたり3~10数分間隔で2~5回の交尾を行うという結果とほぼ一致している。

4. 交尾回数が産卵およびふ化におよぼす影響

本種は野外および室内において1時間に2~5回の頻繁な交尾を行うことがわかった。そこで、交尾回数が産卵およびふ化にどのようにかかわっているかを知るための試験を行なった。

試験方法

羽化後2週間以上ウドを後食した未交尾の成熟雌成虫を個体別に径9cm、高さ5.5cmの透明な円筒形プラスチック容器に収容し、別に同じ方法で飼育した未交尾の成熟雄とおののの1, 3, 10回の交尾と5日または10日間交尾させた区を設定した。また、雌の生存期間中、同一雄と同棲させた区および頻繁に雄をあらたなものと7~

10日おきにかえた区、すなわち、別の雄と頻繁に交尾させた区を設定した。1~10回の交尾は、交尾時間が3分以上継続した雌だけを供試した。

産卵にはヤツデの葉を長さ7~8cmに切ったものを4, 5枚重ねて巻き、これをゴムバンドで止めたものを用いた。産卵調査は4日または5日おきに行なった。巻いた葉の間に産み込んだ卵は70%アルコールに瞬時浸漬したのち、蒸留水で数回洗滌した。それを湿ったろ紙を敷いた径9cmシャーレに収容し、毎日ふ化数をしらべた。

試験結果

異った交尾回数および交尾期間が産卵数およびふ化率におよぼす影響についての調査結果を第27表に、ふ化率の推移におよぼす影響を第28表に示す。未交尾の雌成虫では、後食を充分行なっているにもかかわらず産卵数は

第27表 センノカミキリ雌成虫の交尾期間が産卵とふ化におよぼす影響

	供試虫数	産卵数 ¹⁾	ふ化率(%)
未交尾	6	33.3 ± 31.3 ^a	0
1回交尾	11	72.6 ± 41.5 ^a	39.0 ± 10.9
3回 "	5	132.6 ± 37.3 ^{ab}	43.3 ± 13.5
10回 "	6	153.2 ± 30.4 ^{ab}	— ²⁾
5日間 "	7	196.0 ± 60.0 ^{bc}	70.8 ± 12.5
10日間 "	5	329.8 ± 64.3 ^d	79.7 ± 11.7
生存中同一雄と交尾 ³⁾	6	322.0 ± 39.3 ^d	84.4 ± 6.4
生存中雄の入れかえ ⁴⁾	5	453.6 ± 123.8 ^e	86.2 ± 8.3

1) 平均値±標準偏差値。ふ化率についても同様。平均値の異文字間には、

LSD 5%レベルで有意差がある。

2) 未調査

3) 雌の平均生存期間は、99日であった。

4) 7日~10日おきに8回未交尾雄と入れかえた。

第28表 交尾回数および交尾期間が異なるセンノカミキリ卵のふ化率の推移

供試卵数	0~10日	11~20日	21~30日	31~40日	41~50日	51~60日
未交尾	220	—	—	—	—	—
1回交尾	595	81	73	36	42	27
3回交尾	486	98	95	75	78	67
5日間交尾	818	62	86	84	64	63
10日間交尾	1586	61	88	91	93	62
全期間交尾	1891	83	88	83	88	67

きわめて少なく、1雌あたり5～95卵で平均33卵であった。一方、交尾した個体の産卵は、1回交尾が平均72.6卵、3回交尾が132.6卵、10回が153.2卵と交尾回数の増加とともに、明らかに産卵数の増加が認められた。成熟雄と5日および10日間同棲させた場合も、平均産卵数が196.0から329.8卵と拡大した。また、雌の生存中同じ雄を同棲させた場合の産卵は、雄と10日間同棲させた区と大差がなかったが、7～10日おきにあらたな雄を入れかえて頻繁に交尾させた区では、平均産卵数453.6卵（最低293卵、最高625卵）といちじるしい増加が認められた。

卵のふ化率は、1回および3回の交尾区とも平均ふ化率は50%以下であった。また、5日よりも10日間交尾の方が、さらに同じ雄を同棲させた区よりあらたな雄を入れかえた区の方のふ化率がやや高くなる傾向を示した。

産卵開始から10日おきに調査したふ化率の推移は、1回交尾区では産卵開始21～30日に36%に低下し、以後50%以下になった。3回交尾区においては、51～60日後に50%以下に低下した。5日、10日間交尾区、または雌の全生存期間中雄をあらたに入れかえた区では、51～60日まで比較的高いふ化率で推移したが、71～80日以降は50%以下に低下した。

以上の結果から、本種の雌は交尾回数が少ないほど早く、未受精卵を産む傾向、すなわち早く精子が使い果されることがわかった。

B. 配偶行動の解析

圃場およびケージ内の観察によって配偶行動のプロセスを明らかにしてきた。しかし、その配偶行動において雌雄がどのように認知しあっているか、また配偶行動の各々の段階的行動がどのような刺激によって解発されていくのかについては明らかになっていない。そこで配偶行動を解発する因子について解析を行なった。

1. 雄の行動解析

1) 視覚遮断

雄は雌に触角で接触してはじめて雌に定位し、急にかけ寄ってマウントしたのち、腹部を曲げて交尾する。この一連の行動に視覚刺激が関与しているかどうかをるために試験を行なった。

試験方法

実験に用いた成虫は人工飼料¹⁾で継代飼育して得たもので、羽化後は個体ごとに別々の容器に入れ、ウドの根

株を与えて飼育した。試験にあたっては羽化後2週間以上経過し、大きさの齊一な未交尾個体を用いた。このうち5匹の実験雄を選び、5匹の雌に対して正常な交尾行動をとることを確かめたのち、その複眼を水溶性黒色アクリル樹脂塗料でぬりつぶして交尾行動を観察した。実験は25℃の恒温室内で、150～180 Luxの照度下で行なった。

試験結果

結果を第29表に示す。これからも明らかなように、雄の複眼を塗りつぶしても25観察例中1例を除き、正常な交尾行動が観察された。すなわち、雄は雌に遭遇し、これに触角で接触すると、すばやく接近し、マウントして交尾を行なった。この一連の配偶行動は、正常雄のそれと観察される限り、差異はみられなかった。

第29表 複眼をぬりつぶしたセンノカミキリ雄成虫の交尾反応

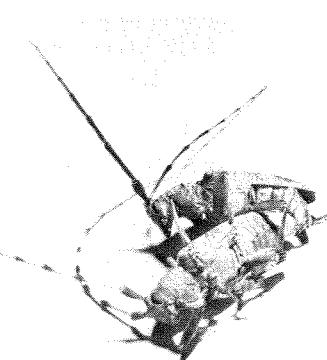
	実験回数 ²⁾	マウント及び交尾
無処理	25	25
複眼の塗布 ¹⁾	25	24

1) 水溶性黒色アクリル樹脂塗料を使用した。

2) 雄5匹に対し、雌5匹を供試した。

2) 化学感覚

本種の主要な化学感覚器管と考えられる触角と小顎ひげが配偶行動の解発あるいは持続に何らかの役割を演じているかを知るために、この両器管に実験的処理を加え、その配偶行動に及ぼす影響を調べた。



第33図 成熟した冷凍致死雌に交尾姿勢をとるセンノカミキリ雄。

試験方法

供試した本種の成虫は前項の実験と同様人工飼料による飼育によって得た成虫で、ウドの根株を与えて性成熟まで個体別に飼育したものである。このうち雌成虫を冷凍致死させ、これに接触して第33図に示すような腹曲げ行動をとる雄を30匹用意した。この30匹を各実験区に分け、各々以下の処理を施した。すなわち、第1区の雄10匹には触角の6N塩酸浸漬処理⁴⁹⁾を、第2区の雄10匹には小顎ひげ切除処理を、また、第3区の雄10匹にはこの両方の処理を施した。つぎに、これらの処理雄に冷凍致死雌を接触させて、その配偶行動反応の有無を調べた。この実験は各々の雄について3回行なった。すなわち、各雄にはほぼ1分間隔で3匹の冷凍致死雌の接触刺激を受けた。したがって、各実験区について合計30回の反応行動の観察を行なった。実験に冷凍致死雌を人為的に雄に接触させた理由は、生きた正常雌を用いた場合、予想される雌の反応によって不確実な要因が混入することを避けるためである。

また、雄の腹曲げ行動については、これを引き起す刺戟が空気伝搬性か、接觸化学感覚性かを知るために、次の3実験を行なった。まず、雄が腹曲げ行動をとった冷凍致死雌を、すく見える通気性の大きいナイロンスト

ッキング布地で包み、それをピンセットでつまんで雄に接觸させた。次に、その布地を約5mm平方に切りとり、露出させた虫体の1部を雄の触角や口器に接觸させた。さらに、雌を包んだ布地を裏がえして包みなおし、その布地を雄に接觸させた。

試験結果

雄の触角の6N塩酸浸漬処理および小顎ひげ切除処理が雌死体への腹曲げ反応に及ぼす効果を調べた結果を第30表に示す。そこに示されるように、触角を先端の11節から9節、11節から5節の順に浸漬部を拡大するにしたがい、雌の位置や方向を認知する定位反応と、接近して雌を捕捉する行動は弱まり、全節の浸漬ではまったく反応しなくなった。しかし、ピンセットでつまんだ冷凍致死雌を口器に接觸させるとマウントし、腹曲げ行動を示した。小顎ひげの切除は雄の定位および腹曲げ行動には外見上何らの影響も及ぼさなかった。しかし、接近行動には、ごくわずかながら阻害的影響がみられた。また、全節処理雄の小顎ひげを切除したところ、雄は定位反応や捕捉だけでなく、マウント、腹曲げ行動もまったく示さず、接觸させた冷凍致死雌に何ら関心を拂わずに素通りした。

第30表 触角の6N塩酸浸漬、小あごひげを切除したセンノカミキリ雄成虫の雌に対する反応

処理法	実験回数 ¹⁾	定位			接近			マウント及び交尾回数
		なし	弱い	強い	なし	弱い	強い	
無処理	30	0	0	30	0	0	30	30
触角の6N塩酸浸漬(A)								
9～11節	30	0	0	30	0	0	30	30
5～11節	30	19	11	0	0	30	0	30
1～11節	30	30	0	0	30	0	0	30
小あごひげ切除(B)	30	0	0	30	0	19	11	30
(A) + (B)	30	30	0	0	30	0	0	0

1) 10匹の処理雄に3匹の成熟冷凍致死雌を接觸させた。

一方、冷凍致死雌をナイロン布地で包み、ピンセットでつまんで雄の触角と小顎ひげに接觸させた実験の結果を第31表に示す。雄はいずれの場合も包んだ冷凍致死雌には、なんら関心を示さず素通りしてしまった。マウントおよび腹曲げ行動はいっさいとらなかった。この結果は、実験を5回くりかえしても変らなかった。しかし、包んだ布の1部を切りとて雌の体をわずかに露出させたり、

いったん包んだ布を裏がえして同様の接觸実験を行なった場合は、すべての雄が接近と腹曲げ行動をとった。

3) 聴覚

交尾行動の中で雄が雌を捕捉し、マウントしたとき雌は前胸背板縁の裏側とこれに対応する中胸背板のヤスリ状突起を摩擦して発音する。そこで、この発音行動解発における機能を知るため、試験を行なった。

第31表 ナイロンストッキング布地に包んだ
センノカミキリ冷凍致死雌に対する
雄の腹曲げ反応

雄に接触させた 包みの状態	実験回数 ¹⁾	腹曲げ回数
虫体なし	25	0
虫体の完全被覆	25	0
虫体の1部露出	25	25
包んだ布の反転被覆	25	25

1) 冷凍致死雌5匹に対し、成熟雄5匹を供試した。

試験方法

発音部にパラフィンを流し込み、摩擦音をなくした5匹の雌のおおのに5匹の成熟雄を遭遇させ、交尾行動を観察した。

試験結果

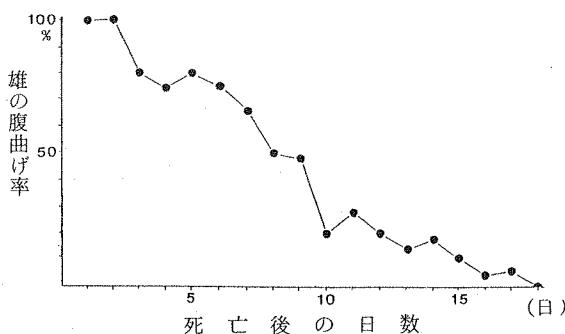
発音を阻止した雌を雄に遭遇させたところ、雄は特に異常な行動を示さず、雌に正常に接触してマウントし、腹をまげて交尾した。

4) 雄の配偶行動を解発する要因の経時的变化

センノカミキリ雄成虫は、冷凍致死した成熟雌に対しても接触によって、容易に腹曲げ行動が解発される(第33図)。そこで、この要因の経時的变化を知ろうとして試験を行なった。

試験方法

冷凍して殺したおおのの5匹の性成熟した雌雄をピンセットでつまみ、それぞれ10匹の雄に近づけて2分以内に腹曲げ行動を示した雄の割合を、日を追って調べた。これらの反応行動の観察は、透明なプラスチック製円筒形容器(径10cm、高さ6cm)内(150~180Lux)で行なった。



第34図 死亡後のセンノカミキリ雌成虫に対する
雄の交尾反応。

試験結果

結果を34図に示す。冷凍致死2日後までの実験雌に対する雄の腹曲げ反応は100%であった。しかし、この反応は日数の経過とともに徐々に低下し、18日後にはまったく反応しなくなった。また、冷凍致死した雄に対してはまったく反応がみられなかった。

5) 雌さや翅に対する雄の交尾反応

前述の1.)~4.)の試験によって、雄の交尾行動を解発する要因は視覚、聴覚あるいは空気伝播の可能性を完全に否定はできないにしきる、雌の体表に存在する接触要因が大きな役割を演じていると考えられる。

そこで、雄の交尾行動が最も顕著に解発される雌さや翅を有機溶媒で洗滌し、それに対する雄の反応行動からこの要因の性質を明らかにする試験を試みた。

試験方法

成熟雌25匹を冷凍致死させ、それぞれのさや翅をとりはずして1cm角、長さ4cmの発泡スチロールにとりつけ、雄がそれに腹曲げ行動をとるかどうかを確かめた。ついで、これらのさや翅を5匹ずつに分け、50mlのエチルエーテル、n-ヘキサン、エチルアルコール、滅菌水の入った三角コルベットに12時間浸漬し、よく洗滌したのち再び雄に反応させた。おおののの処理について5匹の雌さや翅を用い、それぞれに10匹の雄を反応させた。

試験結果

結果を第32表に示す。冷凍致死した試験雌のさや翅には、すべての雄が腹曲げ反応を示した。しかし、これらのさや翅を、エチルエーテル、n-ヘキサン、エチルアルコールで12時間洗滌した場合は、まったく反応を示さなかった。蒸留水の洗滌は、無処理と大差がなかった。

以上の結果から雄の交尾行動を解発する要因は、接触化学感覚性の化学物質であり、しかも水に不溶性で、エーテル、n-ヘキサン、エチルアルコールに可溶性の物質であることがわかった。

2. 雌の行動解析

1) 雄の認知

配偶行動において、雌は接触してきた雄をどのようにして認知するかを知ろうとして試験を行なった。

試験方法

5匹ずつに分けた成熟雌6組(含無処理)を用意し、前述Bの2.)で雄にほどこした処理と同様に、触角の6N塩酸浸漬処理と小顎ひげの切除を行なった。これらの処理雌に、正常な交尾行動をとる雄5匹におおのの25匹ずつ接触させて雌の行動を観察した。

第32表 有材溶媒洗浄後のセンノカミキリ雌さや翅に対する雄の交尾反応

溶 媒	供 試 さ や 翅 数	実 験 回数 ¹⁾	雄の腹曲げ率 ²⁾	
			洗條前	洗條後
エ チ ル エ 一 テ ル	10	50	100	0
n - へ キ サ ン	10	50	100	0
純エチルアルコール	10	50	100	0
蒸 留 水	10	50	100	86
無 处 理	10	50	100	—

1) 成熟雄10匹に反応させた。

2) 腹曲げ回数／実験回数 × 100。

また、雌は雄がマウントしたときに前述(Aの1)のように発音するが、これは雄の腹曲げ行動による交尾器の接触によって停止する。そこで、この発音停止に雄の交尾器接触が何らかの役割を演じていると考えられるので雌の腹端をパラフィンで封じ、雄と遭遇させ、行動を観察した。

試験結果

おののの処理を行なった雌に雄を遭遇させた場合の雌の反応行動を第33表に示す。触角の塩酸処理では無処理と比較し、雌の発する音が大きくなったり、その持続時間が増大するほか、マウントした雄を中心、後脚で拂いのける行動（以下排査行動という）を示す個体が若干み

られた。小顎ひげを切除した雌では発音は変らなかったが、強い排査行動を示す個体が出現した。触角と小顎ひげ切除の雌では、ほとんどの個体が大きく発音し、強い排査行動をとった。しかし、これらの処理雌はいずれも雄によるlickingと雄交尾器の接触によって排査行動と発音は鎮静され、マウント、交尾が成立した。

一方、腹端をパラフィンで封じた雌は、発音も弱く、雄を強く排査した個体は25例中5例にすぎなかった。しかし、触角と小顎ひげの処理を行ない、さらに腹端をパラフィンで封じた雌はほとんどが大きい発音と強い排査行動を示した。しかも、マウントした雄は25例中8例で、17例が雌に排除され、マウントができなかった。

第33表 触角の6N塩酸浸漬、小あごひげ切除および雄と腹端の接触を遮断されたセンノカミキリ雌成虫の雄に対する反応

	実験回数 ¹⁾	発 音		排 斥			マウントの受入れ数	交 尾 の受入れ数
		小 さ い	大 き い	な し	弱 い	強 い		
無 处 理	25	25	0	25	0	0	25	25
触角の6N塩酸浸漬(A)	25	20	5	22	3	0	25	25
小 あ ご ひ げ 切 除(B)	25	23	2	9	12	4	23	23
(A) + (B)	25	2	23	1	0	24	25	24
腹 端 の 接 触 遮 断(C) ²⁾	25	25	0	20	0	5	23	0
(A) + (B) + (C)	25	3	22	0	0	25	8	0

1) 5匹の雌に対し、5匹の成熟雄を接触させた。

2) 腹端にパラフィンを滴下した。

C. 配偶行動に関する部位の形態 および組織学的観察

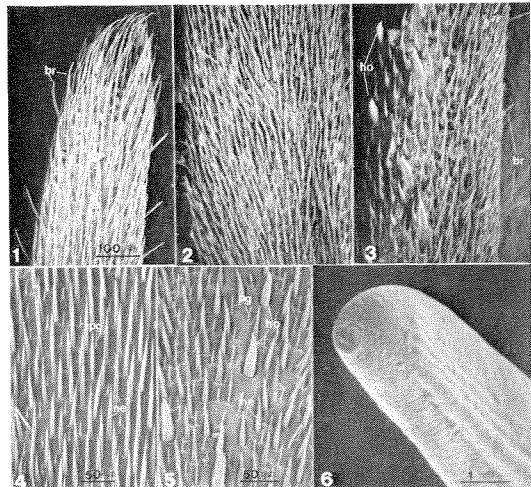
センノカミキリ雄は、配偶行動において触角を雌の体に接触させることによって定位し、交尾にいたる一連の行動が解発されることが明らかになった。このことは触角および小顎ひげが雌の体表に存在する化学感覚性の化学物質を受容することによって解発されるといえる。また、化学物質の受容とともに、これらの器管は体表の形態的なちがいによって雌を識別していることも考えられる。さらに、これらの化学物質は雌のどのような器管から分泌されているかを知るために、その役割を果していると考えられる部位の形態および組織的観察を行ない、検討することとした。

1. 触角および小顎ひげの形態

配偶行動において、雌体表に存在する化学物質の受容器管である触角および小顎ひげの形態について観察し、雌雄差があるかどうかを検討した。

観察方法

雌雄の触角と小顎ひげを基部で切断し、アセトン又はn-ヘキサンで12時間洗浄後、金をスパッタコーティングしたもの走査型電子顕微鏡によって観察した。使用機種は日立310型およびJSM-35CFである。



第35図 センノカミキリ触角の表面構造。

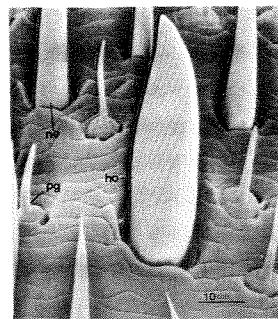
1：雌第11節。2：雌第10節。3：雄第10節。
4：雌第5節。5：第5節。6：雄剛毛の先端。

br：剛毛。ho：つの状感覚毛。ne：針状感覚毛。
pg：針状感覚毛。

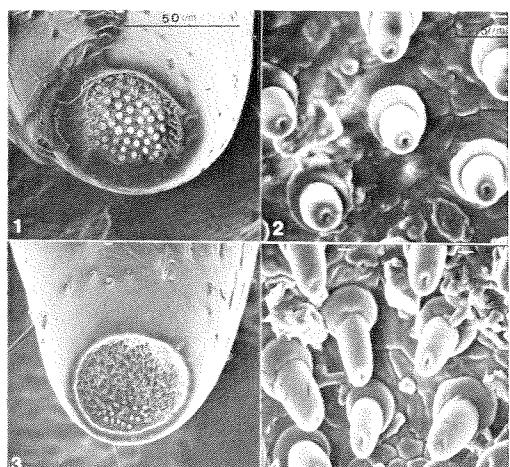
観察結果

肉眼による観察ではセンノカミキリの触角は11節からなり、雌では肥大した先端部は暗褐色で他は灰色である。雄は各節ともあめ色を呈するが、先端の肥大部分は暗褐色である。また、体長に対する触角長の比は雌は1.6、雄は2.1で明らかに雌雄差が認められる⁴⁾。走査電顕の観察による触角および小顎ひげの形態を第35図～37図に示す。

触角の表面およびそれに生じている毛の表面は、全体がワックス状物質で覆われていた(第35図1～3)。毛は雌雄とも長く横に突き出た剛毛(br)，触角全体を覆っている針状毛(ne)，くぎ状毛(pg)の3種が認めら



第36図 センノカミキリ雄の触角の形態(第5節)。
記号は第35図に同じ。



第37図 センノカミキリあごひげの形態。

1：雌の小あごひげ先端。3：1の拡大。
3：雄の小あごひげ先端。4：2の拡大。
3のスケールは1に、4のスケールは2に同じ。

れた。剛毛(br)は約80 μmで、第3節から先端の11節までまばらに生えており、その先端にはイボ状の突起状構造が観察された(第35図6)。この毛は突起状の形態から接触刺戟を受容する感覺毛の役割を果していると思われた。針状の毛(ne)は雄より雌の方が密で、長さも80~85 μmで、雄のそれよりいくぶん長かった(第35図4, 5)。表面には基部から先端にかけていく筋もの溝が走るが、これには嗅を受容すると思われるような穴は認められなかった(第36図)。釘状の毛(pg)は長さが約25 μmで最も短かく、先端は丸味があり、表面はなめらかであった。基部は、ソケット状で、その周囲には4~5個の楕円形の穴が観察された(第36図)。これらは通常ワックスで覆われているので、嗅覚孔でなく、ワックスの分泌孔と考えられた。

雄は雌には見られないつの状の剛毛(ho)を触角の外側だけに備えている(第35図3, 5)。この剛毛は巾約15 μm、長さ55 μmで、基部は陥没している。表面には基部から先端に走るいく筋もの溝がみられるが、嗅覚孔のような構造は認められなかった(第36図)。触角の各節におけるつの状剛毛の分布は第34表に示す通りである。即ち、第1~3節には分布せず、第4節および第11節には13~15、その他には約50~60の剛毛が分布していた。

第34表 センノカミキリ雄触角上の
つの状感覺の分布

触角節	感覚毛数 ¹⁾
1	0
2	0
3	0
4	14~15
5	50~55
6	50~55
7	60~62
8	64~65
9	60~62
10	60~62
11	13

1) 雄5匹の最小値および最大値。

雌の認知において触角と同様な機能をもつと考えられる小顎ひげの形態を第37図に示した。先端の内側には、基部がソケット状で穴のある感覺毛が認められた。これらは嗅を受容する感覺毛と思われたが、雌雄による差は見出せなかった。

2. さや翅、腹部背面の形態および組織学的観察

雌のさや翅に対し、雄はlickingし、腹曲げ行動が発現される。このことは雌のさや翅に雄の行動を引起する接觸化學感覺性の物質が存在すると同時に、それが分泌される機構の存在が示唆される。また、さや翅はたたみ込まれた後翅とともに腹部背面に接しているので、この部位からの分泌物がさや翅あるいは後翅に濃厚に付着していることも考えられる。そこで、これらの部位について形態および組織学的な検討を行なった。

観察方法

さや翅と後翅は基部から切りとったものをアセトン洗滌後、金をスパッタコーティングし、走査型電子顕微鏡で観察した。腹部背面は、供試虫を冷凍麻酔して背面を切りとり、PH 7.2のリン酸緩衝液と2%オスミック酸を1:1に混合した固定液で24時間固定した。アルコール系列で脱水後臨界点乾燥して金をスパッタコーティングし、走査型電子顕微鏡で観察した。使用した電顕は日立310型である。

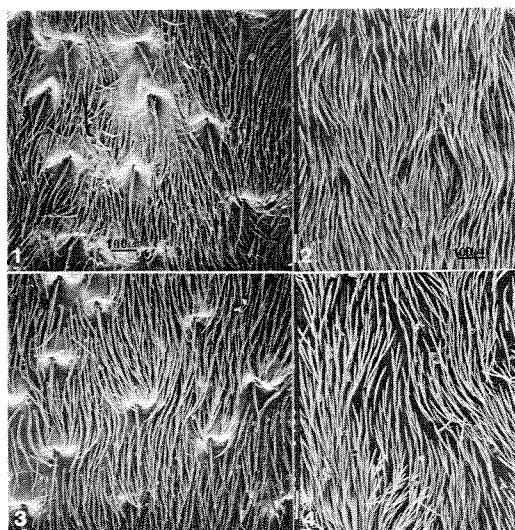
組織観察は、切りとったさや翅および腹部背面をカルノア液で24時間固定したのち、常法によりパラフィン切片を作成した。切片はヘマトキシリソーエオシン染色を行ない、光学顕微鏡で観察した。

観察結果

さや翅および後翅の表面構造ならびに組織を第38図~42図に示す。

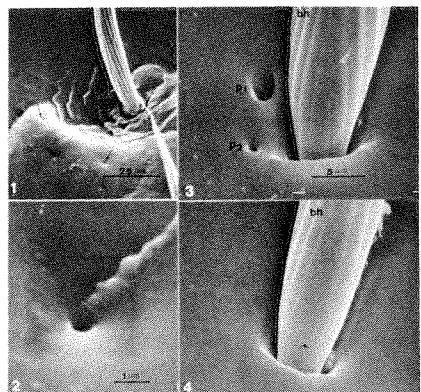
さや翅の表面は、雌雄とも体毛が密生し、それらの表面はワックスと思われる被覆物で覆われていた(第38図1, 3)。体毛の長さや形態には雌雄差が認められなかつたが、配列は雌の方がやや密であった(第38図2, 4)。アセトン洗滌を行なったさや翅の点刻周囲には、ワックスの分泌孔と思われる穴が数個開口しているのが認められた(第39図1, 2)。また、雌の体毛基部(bh)には、ワックスの分泌孔とは別に、直徑2.3~2.8 μmの穴が開口しているのが認められた(第39図3)が、雄には認められなかつた(第39図4)。

さや翅のパラフィン切片による断面を、第40図に示した。雌雄とも表面の組織は、厚いクチクラ(C)の下に一層の真皮細胞様(ep)の組織が認められ、それにつながるワックス分泌孔(P₂)がクチクラを貫通しているは



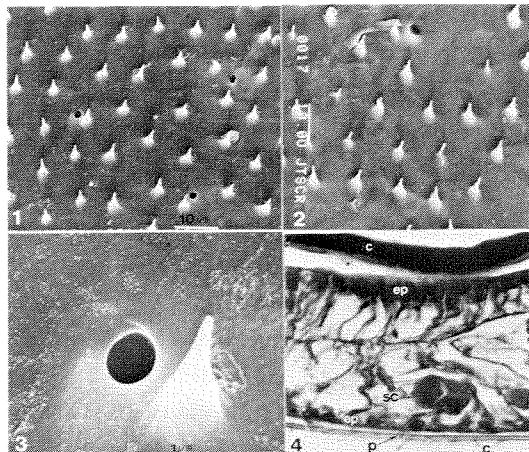
第38図 センノカミキリさや翅の表面構造。

1: 雌さや翅基部。2: 雌さや翅先端。
3: 雄さや翅基部。4: 雄さや翅先端。
3, 4のスケールは1, 2に同じ。



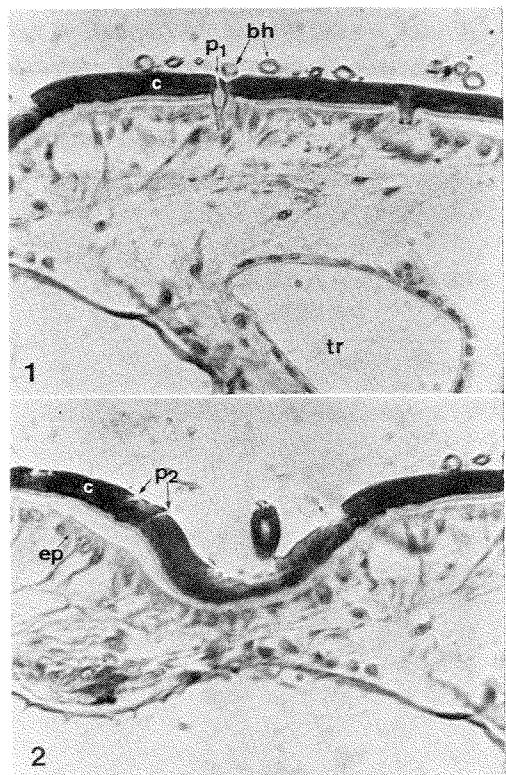
第39図 センノカミキリさや翅表面の微細形態。

1: 雄さや翅基部の点刻周辺に開口するワックス分泌孔。
2: 分泌されたワックス状物質。
3: 雌さや翅の体毛基部に開口する分泌口(P1, 92)。
4: 雄さや翅の体毛基部。4のスケールは3と同じ。



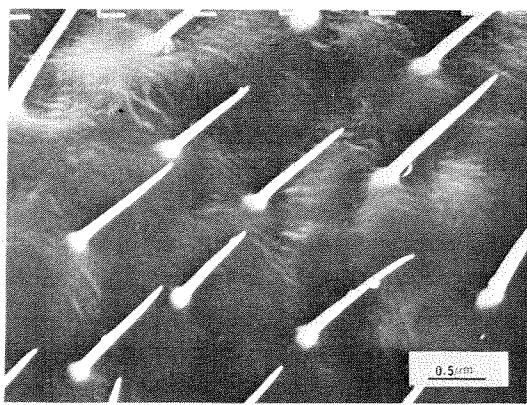
第41図 センノカミキリさや翅裏面の形態。

1: 雌。2: 雄。3: 1の拡大。
4: 雌さや翅の縦断面(980倍)。
p: 管状構造をともなった分泌孔。
sc: 分泌細胞。他の記号は第40図に同じ。

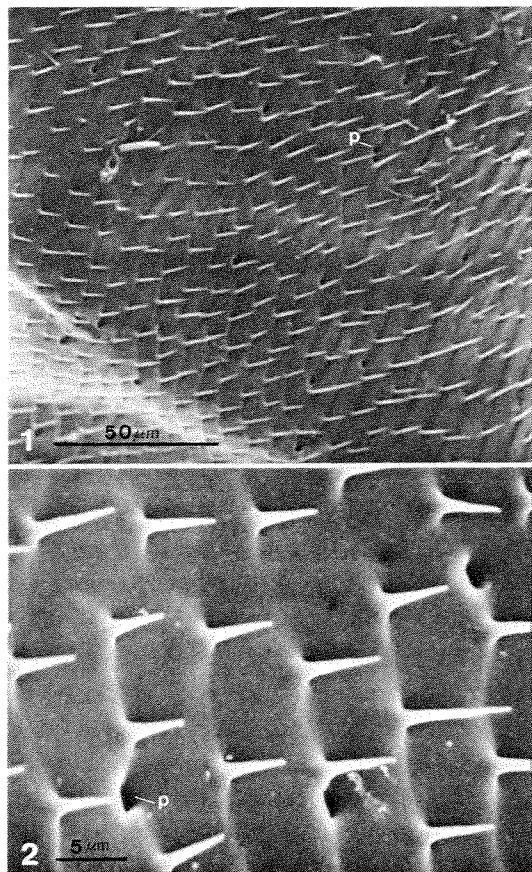


第40図 センノカミキリさや翅基部の縦断面組織

(980倍) 1: 雌。2: 雄。bh: 体毛。c: クチクラ。
ep: 真皮細胞状組織。p1, p2 は39図に同じ。



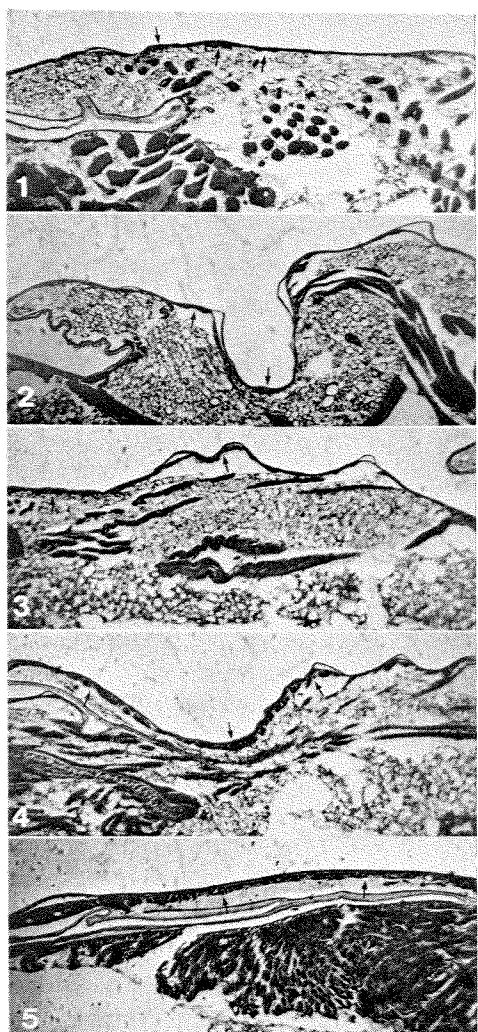
第42図 センノカミキリ後翅表面の形態。



第43図 センノカミキリ雌の腹部背面の形態。

1: 複部面第4節。2: 1の拡大。

p: 分泌孔。



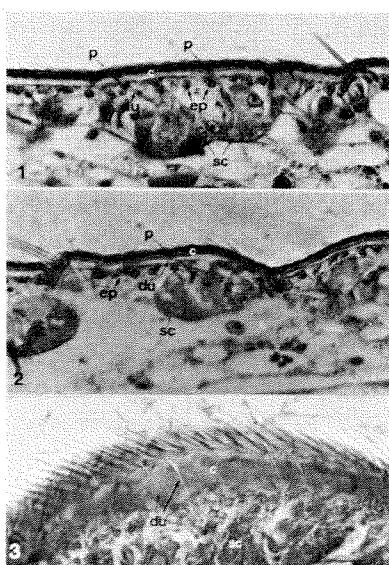
第44図 センノカミキリ雌腹部背面の縦断面組織。

1～5: 月腹部背面第1節～第5節。

矢印は分泌細胞集塊を示す。

か、第39図3に示したように、雌の体毛基部に開口している孔P1につながる管状構造が認められたが、その先端には分泌に関係すると思われる細胞は認められなかった。

一方、さや翅裏面の表面構造およびその断面組織は、第41図に示した。表面には円錐状突起が雌雄に共通して認められたが、雌では直径約 $2 \mu\text{m}$ の分泌孔と思われる孔がところどころに開口しているのが観察された(第41図1, 3)。この分泌孔に相当する位置の組織切片は、



第45図 センノカミキリ腹部背面の縦断面組織。

1: 雌。腹部背面第4節。2: 雄。腹部背面第4節。
3: 雌。腹部背面第5節末端。
c: クチクラ。du: 分泌管。ep: 真皮細胞。
sc: 分泌細胞。p: 分泌孔。

第41図4に示す通りである。裏面は薄いクチクラ層の上に一層の真皮細胞状組織(ep)があり、その上のところどころに数個の細胞の集塊(sc)が認められた。これらの細胞からは、管状構造がクチクラを貫通し、外に開口(P)しているのが観察された。この管状構造は、第41図1および3に示された分泌孔と一致するもので、雌特有の何らかの物質を分泌する機能をもつたのと考えられた。

後翅は第42図に示すように、膜状で、表面には多数の毛が密生しているが、雌雄の差は認められなかった。

腹部背面は1~5節に分かれるが、各々の節には第43図1および2に見られるような直径約 $2\text{ }\mu\text{m}$ の孔の開口が認められた。これらは雌雄に共通して存在したが、雄では雌より少なかった。

組織切片は第44図および45図に示すように皮膚の下には一層の真皮細胞と、さらに一層の大きな細胞の集塊(sc)が皮膚面に開口する管状構造をともなって、各節のところどころに認められた。これらの組織は、明らかに何らかの分泌機能を果しているものと考えられた。

D. 考 察

センノカミキリの雄は5~6日にわたる後食のち、活発にウドの上を歩きまわるが、この徘徊によって雄は雌に出会うことができる。夜間に配偶行動を行なう昆虫は非常に多いが、そこで雌雄の確認をする感覚は視覚、嗅覚、聴覚であることが知られている(ホタル、ガ、コオロギ)。センノカミキリは、雌雄が互に離れている場合、音を発してどちらかを誘引するような行動はみられない。また、これまで雌雄いずれにおいても発音器管に対応する聴覚器管の存在は確認されていない。このことから、センノカミキリでは聴覚が雌雄の互いの確認に関与している可能性はほとんどないといえよう。

一方、センノカミキリは、よく発達した複眼を有しているが、複眼に不透明黒色塗料を塗布して視覚遮断した雄を径 10 cm 、高さ 6 cm の透明なプラスチック円筒容器内に放して雌と遭遇させたところ、雄は正常雄と同様にただちに雌を触角で接触して認知し、交尾することと、雌雄が出会えば常に雄が雌を発見することから、視覚が雌雄の互いの確認に関与するという可能性は否定される。

一方、センノカミキリは、雌雄ともきわめてよく発達した触角を有しているが、このことは嗅覚が雌雄の出会いにおいて何らかの役割を演じている可能性を示唆する。しかし、雌雄とも出会いに先立ってフェロモンを放出するような行動は示さないこと、また、雌雄はわずか数cm以内の至近距離にいる場合でもいずれか一方、あるいは両者が互いに嗅覚的に誘引されたと考えられる定位的行動はまったく示さないことから、空気伝搬性の嗅覚的誘引物質が雌雄の互いの確認に関与していることはほとんど考えられない。このことは雄の雌に対する最初の行動(定位)が、雄の触角が雌の体に接触したときに起こるという本研究の観察によっても支持される。したがって、本種は少なくとも近距離において雌雄の出会いをもたらす感覚的シグナルは視覚、聴覚、嗅覚のいずれでもないことは、ほぼまちがいないと思われる。

本種の雄が雌に遭遇する前に示す活発な徘徊は、この点で決定的に重要な意味をもっと考えられる。すなわち、雄の徘徊は本種の雌雄の出会いをもたらす唯一の行動的手段で、これなくしては雌雄は交尾に至る最初の行動段階、雌雄の互いの確認に至ることは期待できない。雄の徘徊は、常にウドの茎、葉柄あるいは小葉柄にそって行なわれる。一方、雌は茎あるいは葉柄のつけ根にとどまって後食あるいは休止している。このような雌雄の行動

は、感覚的誘導のない雄の徘徊によって雌雄が出会う本種においては、雌の発見の確率を著しく高める、という点できわめて適応的であると考えられる。しかし、雌雄がいかにしてこのような適応的行動をとるかなど、その機構についての問題は今後の研究にまたねばならない。

以上のように、センノカミキリの配偶行動の特徴の一つは雌を探知する雄の活発な徘徊であると結論できる。

雄が雌に交尾をとるプロセスには、その第1段階として雄による認知が行なわれなければならない。本種の雄による雌の認知には前述のように視覚刺戟が必須の役割を演じていないことが視覚遮断実験によって明らかになった。これに対し、雄の雌に対する最初の定位が、雄の触角が雌の体に接触したときに起こるという観察結果から、雄の触角を塩酸浸漬し、機能を麻痺させると雄の定位行動と雌に走り寄る接近行動が阻害されることが示された。これはこの器官が雌を認知する刺戟の受容器管であることを示している。また、触角が正常で小顎ひげを処理した雄は定位行動を示すが、このことは小顎ひげが定位行動には本質的役割を演じていないことを示している。また、接近行動はわずかながら弱まったが、これは小顎ひげがこの行動の解発にわずかながら何らかの関与をしている可能性を示唆している。以上のことから配偶行動の初期過程の定位と接近は、主として触角が媒介する何らかの因子による刺激によって解発されることが示唆される。

触角は第30表の結果からも明らかなように、定位、接近のほかに腹曲げ行動をも引き起す感覚の受容器管であることが示された。しかし、腹曲げ行動を引き起す刺激の受容機能は、必ずしも触角のみでなく、小顎ひげによっても果される。すなわち、雄の腹曲げ行動は触角と小顎ひげのいずれを介しても引き起されることが示された。これらのことから、触角と小顎ひげは接近から腹曲げ行動に至る過程で相補的に機能していると考えられる。

一方、雄に定位、接近および腹曲げ行動を起させる要因、すなわち解発因子は何であろうか。これは、ナイロン布地に包んだ冷凍致死雌に対する雄の反応実験結果（第31表）から明らかなように、触角媒介性の刺激は機械的刺激ではなく、化学感覚的刺激であること、この化学感覚は嗅気（空気伝搬性）でなく、接触性の化学感覚であることを示している。さらに、雄の雌に対する接触では、定位、接近および腹曲げの一連の行動がまったく解発されないことから、この行動を引き起す化学感覚刺激は雌に存在する接触性フェロモンによって解発されるこ

とを示している。このことは冷凍致死した雌の体やさや翅に今まで反応していた雄が、それらをエーテル、N-ヘキサンで洗うと雄はいっさいの交尾反応をとらなくなること（第32表）、これらの有機溶媒による粗抽出物の濃縮液を反応しなくなってしまった雌のさや翅のダミーに滴下すると再び反応するという予備実験（未発表）によっても支持される。また、第34図に示した結果からも明らかのように、死後の雌に対する雄の腹曲げ行動は日を追って低下するが、これは雌に存在する接触化学感覚性の物質、すなわち接触性フェロモンの活性が徐々に失われた結果と解釈される。

雌に存在する接触性フェロモンは雄の行動観察および実験によって、触角が主たる受容器管であり、小顎ひげも触角と相補的関係にあることが明らかになった。しかし、接触性フェロモンが雄の触角のどの部位によって受容され、行動が解発されるかなど、機構の詳細はかわっていない。走査型電子顕微鏡による観察（第35図、36図）では、接触性フェロモンを受容する感覚毛は雄だけに見られるつの状感覚毛（ho）の可能性が示唆される。その根柢はつの状感覚毛が分布する触角第4節～11節の前縁は冷凍致死雌の接触に対し敏感な定位、接近行動を示すが、それが分布しない裏側は反応がきわめてにぶいためである。また、第30表に示されるように、触角第5節から先端までの塩酸浸漬実験では、第4節以下は健全で小顎ひげが触角と相補的関係をなっているにもかかわらず、雄の雌に対する定位、接近行動が弱まることはつの状感覚毛の受容機能が麻痺したためとも考えられる。

化学感覚毛は多くの昆虫に共通する微細構造として毛の先端あるいは周囲に外部に通じる小孔を備えており、味覚または嗅覚の受容機能を果している⁸⁴⁾という。しかし、本種においては、つの状感覚毛に小孔は認められなかった。したがって、接触性フェロモンがつの状感覚毛によってどのように受容されるかは不明であり、今後の重要な検討課題である。

一方、接触性フェロモンは、雄の触角あるいは小顎ひげが雌の体表のどの部位に接触しても定位から腹曲げの一連の行動が解発されることから、雌の体表全体に分泌されているものと考えられる。走査型電子顕微鏡によるさや翅表面の観察では、体毛表面までワックス様物質で覆れているのが認められ、接触性フェロモンはこのワックス様物質に含まれ、さや翅表面のこぶ状突起周辺と体毛基部に開口する小孔から分泌されていると考えられる。しかし、パラフィン切片による組織の観察では、これら小孔に対応する細胞はクチクラの下に存在する真皮細胞

組織以外、特定の分泌細胞は認められない。したがって、接触性フェロモンは、真皮細胞で生産され、ワックスとして分泌されている可能性が示唆される。

一般に、昆虫の体表を覆うワックスは真皮細胞から分泌されていると考えられており³⁵⁾、体表のワックスが性フェロモンとして活性を示す例はイエバエ類やゴキブリ類で知られている³⁴⁾。しかし、フェロモンの生産部位については、調べた例が少ないが、ワモンゴキブリにみられるように、体表に存在する接触性フェロモンが実際には中腸で生産され、体表を二次的に汚染して活性を示す⁷³⁾例もあるので、さらに詳細な検討が必要である。

センノカミキリでは、体表のワックス分泌孔のほか、さや翅裏面と腹部背面の各節に管状構造をともなった細胞の集塊が発見されている。これらの細胞は、なんらかの分泌機能をもつものと判断される。さや翅裏面に開口する細胞集塊は、雌だけに存在が認められるので性行動に関係する分泌細胞と考えられるが、どのような物質を何のために分泌するかはまったくわかっていない。最近、GALFORD²²⁾とDOPPELREITER¹²⁾は、*Megacellene robinia*と*Hylotrupes bajulus*の雌が雄を直接誘引しないが寄主植物上にながく雄をとどませ、雌の探索を容易にするフェロモンの存在することを示唆した。センノカミキリ雌のさや翅裏面に開口する細胞集塊は、寄主植物上で観察される雄の徘徊行動から同様のフェロモンを分泌しているとも想定される。この細胞集塊の機能の解明は、今後に残された重要な課題である。

腹部背面の各節に開口する細胞集塊は、雌雄ともに認められることから性行動に関係する分泌細胞とは考えにくい。また、本種は、雌雄とも固く閉じたさや翅を押し開き、腹部背面を露出させると、強い1種の芳香を感じられる。この匂は、腹部背面の各節に開口する細胞集塊から分泌される物質と深くかかわっていると考えられる。

カミキリムシ類の中には、古くからジャ香やバラの精油に似た芳香あるいは悪臭を放つ種類のあることが知られている^{47, 48)}。これらの匂は、性誘引物質または防御物質としての機能をもつと考えられる。

センノカミキリの腹部背面から分泌されると考えられる芳香の機能は、飛しょう行動によって翅を開いたとき最も強く匂うことから、飛しょう時における鳥あるいはコウモリなどの捕食者^{47, 48)}に対する防御の役割をもつのではないかと思われる。捕食者に対する適応上、この分泌機能の解明は重要な課題である。

本種の雄による雌の認知は、雌の体表に存在する接触性フェロモンによって行なわれるが、雌もまた同種の雄を何かの方法で識別しなければ交尾は成立しない。この点、雌の触角および小顎ひげの機能については本研究では明らかにできなかった。しかし、触角と小顎ひげの塩酸浸漬および切除、さらに交尾器の接触を遮断すると、雌の交尾行動中の発音が大きく、かつ長くなり、さらに雄を排斥する行動が強くなることがわかった。このような正常雌とちがった処理雌の反応行動は、雌が対象を同種の雄とは別の対象として認知していること、すなわち、雌は正常マウント時の発音以外雄がとる定位、触角による接触などのような積極的行動は雄に示さないが、なんらかの方法で同種の雄を識別していることは疑いない。第33表に示した実験の結果は、その識別の役割を触角と小顎ひげが一部になっていることを示唆している。

また、パラフィンを発音部に流し込んだ結果は、雌の発音が配偶行動の進行に必ずしも必要でないことを示している。すなわち、雄は雌の発音なしでも次の行動段階にすすむ。それゆえ、雌の発音には雄の次の行動を引き起こすシグナルとしての機能はないと考えられる。むしろ、この発音は何らかの物体に接触されたときに示す一種の忌避反応であると考えられる。もし、この考えが正しいとすると、雄のlickingによって雌が発音を停止するということは、雌がこの時点で対象、すなわち、雄を他の物体から識別したことを意味すると解釈される。これらの考えについては、今後実験的に検討していく必要がある。

配偶行動のうち、注目すべき特徴として、本種がくりかえし何回も交尾を行う習性をもっていることである。観察結果によれば、雌は1時間当たり平均3～5回交尾を行なっていると推定される。暗いウド畠では昼でも場合によって交尾が行なわれるが、本来夜行性なので夜間のみ交尾を行なうこと、また同じく夜間(午後7時～翌日午前5時)に行なわれる摂食と産卵の時間を考慮したとしても、交尾をくりかえしながらマウントしている時間は少なくとも数時間はこえると考えられる。仮にこの値を採用して単純に計算すると、交尾回数は1日当たり5～25回に達する。本種は産卵期間中交尾を継続するので、平均産卵期間の75日⁵⁾間には375～1,875回というおびただしい交尾回数に達することになる。

カミキリムシ類が多数回交尾を行なうことは、これまでトラカミキリ族の *Neoclytus spp* や *Xylotrechus insi-*

gnis LECONTE⁹), シロスジカミキリ *Batocera lineolata*²)などで報告されている。しかし、交尾回数や多數回交尾を行なう意義について言及した報告は、これまでにない。

本種の多數回交尾は、雄と雌の競争と関係があると考えられる。SMITH⁷⁰)は多回数交尾を行なうコオイムシの1種 *Abedus herderti* の遺伝的二型を使って交配実験を行ない、産下された卵からふ化したコオイムシの多くは最後に交尾した雄の子であることを示した。このことは、PARKER⁶⁷)のいう精子競争、すなわち、雌の貯精のうに貯えられた精子を新たに交尾した別の雄の精子が物理的に追い出すことを裏付ける一つの証拠と考えられる。

センノカミキリでは、雌は複数の雄と交尾するので、もし、コオイムシと同様の精子競争が生ずると考えるならば、自然淘汰は可能なかぎり多くの精子を雌に送り込み、その精子を他の雄の精子から防衛する行動を行なう雄に有利に働くにちがいない。センノカミキリの多數回交尾、雌の他の雄からの防衛、雄同志の激しい闘争は、いずれもこの精子競争の観点から合理的に説明し得る。この点、複数の雄と交尾した雌が卵の受精に、これら複数の雄の精子をどのように活用するかは今後に残された興味深い問題である。

一方、このような雄の競争と多數回交尾は、雌にとってどのような意義をもつものであろうか。もし、センノカミキリの雌が1回の交尾で産下する卵の受精に十分な精子を確保できるとすると、多數回交尾は雌にとってエネルギーと時間の労費をもたらすだろう。もし、そうであるならば、雄を拒否することが雌に有利に働くはずである。事実、雌は何度も同じ雄と交尾したあと雄を排斥する行動をとる。しかし、それは雄を受入れないほど強いものではなく、交尾拒否という観点からみると、不完全である。この不完全な交尾拒否あるいは多數回交尾は、雄が精子を防衛するために行なう雌の他の雄からの防衛、確保、行動の活発さで部分的には説明できよう。しかし、多數回交尾は雌にとって何らかの利益をもたらす可能性もありえよう。

事実、第27表に示したように、雌の産卵数と交尾回数には一定の関係があることが示唆されている。すなわち、交尾回数が1回のときは平均72卵しか産下できないが、同じ雄と交尾を重ねると約300卵に達し、別の雄と頻繁に交尾した場合はさらに多くなり、600卵も産下する個体が出現している。したがって、センノカミキリの交尾

においては、雌を確保してより多く自己複製をはからうとする雄と、より多くの雄と交尾して、より多くの自己複製をはからうとする雌の戦略が対立していると考えることができる。交尾終了後、雌が示す排斥行動は雌のこのような交尾戦略を反映しているともいえよう。

VI. 産卵

カミキリムシ類は進化した種ほど限られた植物を寄主とし、しかも生きた草や木に産卵する傾向が強い^{42, 44})と云われている。また、産卵にあたって、成虫が大あごによって卵を産み込むための傷をつける行動、すなわち、産卵加工を行なう習性をもつ種はカミキリ類の中でもより進化を遂げた種で、これらはフトカミキリ亜科だけにみられる特徴であるという⁴²)。フトカミキリ亜科の多くは夜行性であるため、農作物に大きな被害を与えていてもかかわらず、産卵行動や習性の詳細については不明なものが多い。

センノカミキリの産卵については石井³²), 高橋⁷²)による断片的な記述があるが、詳細についてはよくわかっていない。そこで、産卵習性および消長、ウド畑の産卵実態、産卵期間について調査を行なうこととした。

A. 産卵習性

石井³²), 高橋⁷²)によれば、本種は地際に近い茎を産卵管で縦に傷をつけて産卵するという。しかし、産卵習性については記述がなく不明であるので、本種がどのような習性をもつのかについてウド畑で観察および調査を行なった。

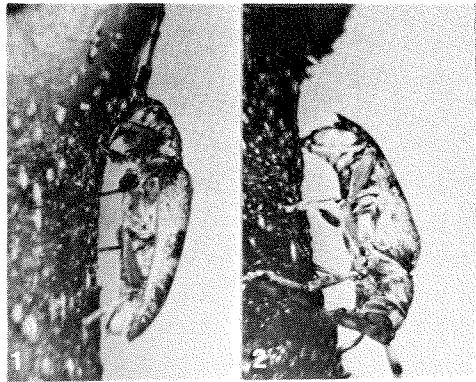
観察および調査方法

東京都小平市の農家の根株養成畑において1978年7月4日、22日、8月6日に産卵行動の観察および産卵の位置について調査した。観察は薄暮から午後10時まで行なった。産卵の位置については、産卵加工による咬傷の有無を株ごとに調べ、地上から咬傷までの高さを測定した。調査は約4.2 a, 800株について行なった。

観察および調査結果

産卵は夜間に行なわれる。その行動を第46図に示す。雌は大あごで地際に近い茎の基部に、一の字に深く咬み傷をつける。加工が終ると体を半回転して頭を下にし、腹端で咬み傷をさぐり、位置を確認する。ついで、産卵管を傷口から上方に向けて5mmほど伸ばし、表皮とじん

皮部の間にさし込む。そこに、バナナ状をした卵を1個産下する。産卵のための加工は1~3分、産卵を開始してから産卵管を引き抜くまで3~5分を要した。



第46図 センノカミキリの産卵行動。

1. 産卵加工中の雌。
2. 産卵中の雌。頭を下にして産卵する。

産卵位置の調査結果を第35表に示す。産卵位置は、地際から5cmまでが最も多く、総調査個所数の62.7%を占めた。また、10cm以下では91.3%に達し、本種がきわめて地際に近い位置に産卵する習性のあることがわかった。

第35表 ウドにおけるセンノカミキリの産卵位置

地際からの位置 (cm)	産卵個所数	(%)
0 ~ 5.0	57	62.7
5.1 ~ 10.0	26	28.6
10.1 ~ 15.0	6	6.6
15.1 ~ 20.0	2	2.1

B. ウド畑における産卵調査

本種はウド畑の各々の株にどのように産卵しているかを知るため、東京都小平市の常発地において調査を行ない、その結果を解説した。

調査方法

うね間90cm、株間70cm間隔に定植したウド23うね(1うね36株)、4.2a、807株を対象に産卵の有無を株ごとに調査した。産卵の有無は、産卵加工による咬

み傷の有無によって判断し、そこに卵が産下されていることを確認してからマジックインクでマークした。調査は1978年7月13日、8月4日、28日の3回実施した。これらの調査結果から産卵がどのように集中しているかを知るために、森下の I_{δ} 示数⁵⁶⁾を求める式

$$I_{\delta} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i (x_i - 1)}{N(N-1)}, \text{ただし } n \text{ は調査単位}$$

(方形区)数、 $N = \sum x_i =$ 総個体数から集中度を算定し、さらに卵の分布様式を知るために、ポアソン分布および負の二項分布へのあてはめを行なった。

調査結果

3回行なったウド畑内の産卵株の分布および1株当たりの産卵状況を第47図~49図、第36表に示す。7月13日の調査では、産卵株数は総株数のわずか4.5%にすぎず、1株当たりの産卵数も1卵株が多く、2卵株、3卵株はきわめて少なかった。8月4日の調査時点では、産卵株は

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	うね
1						1																	
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							
9																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							
21																							
22																							
23																							
24																							
25																							
26																							
27	X																						
28	X																						
29																							
30																							
31																							
32																							
33																							
34																							
35																							
36																							
ok																							

第47図 ウド畑におけるセンノカミキリ卵の1株当たりの分布(1978年7月13日調査)。
X: 欠株。数字は卵数を示す。

第48図 ウド畑におけるセンノカミキリ卵の
1株当たりの分布(3月4日調査)。

記号、数値は47図と同じ。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1									1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	3	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
3	3	2	1	1	3	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
4	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
6	1	3	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
8	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	2	1	1	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
11	2	2	1	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
12	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
13	2	1	1	1	1	1	2	1	X	1	1	1	1	1	3	4	1	3	1	1	1	1
14	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
15	3	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
17	1	1	1	1	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	X	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1
21	X	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	2	1	1	1	1	1	1	X	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	2	X	1	1	1	3	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	1	1	2	1	2	1	1	1	3	2	1	1	2	1	1	X	1	1	1	1	1	1
25	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
26	3	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	2	1
27	X	1	2	2	X	1	1	X	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28	X	1	1	1	1	X	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	1	1	1	2	1	1	1	1	3	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	3
31	1	3	2	1	2	1	1	1	2	X	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	X
32	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
33	3	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	X
34	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
35	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	3	1	1
36	1	1	1	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	X	1	1	1	1	1	1

第49図 ウド畑におけるセンノカミキリ卵の
1株当たりの分布(8月28日調査)。

記号、数値は第 47 図に同じ。

第36表 センノカミキリがウド1株当たりに産みつけた卵数と
産卵株の推移(1978)

1株当たりの 産卵数	7月13日調査		8月4日調査		8月28日調査	
	株 数	% ¹⁾	株 数	% ¹⁾	株 数	% ¹⁾
0	771	—	558	—	449	—
1	29	80.6	147	67.1	192	62.3
2	5	13.9	53	24.2	87	28.2
3	2	5.6	19	8.7	26	8.4
4	0	0.0	0	0.0	4	1.0

1) 総産卵株数を 100 とした場合の指數。

8.2 %に増加し、さらに8月28日には、807株中308株（38.2%）に拡大した。1株当たりの産卵数は、1～4卵まで、5卵以上はいずれの調査時点でも認められなかった。産卵総株数に対する1卵株数の割合は、1卵がいずれの時点でも最も多く、60 %以上を占め、8月4日と28日の比較では、1株当たり2卵以上はほとんど横ばいで、

増加は顕著でなかった。

産卵の集中程度を示す I_δ 指数および産卵の分布については第37表および38表に示した。7月13日の I_δ の値は 10.92 と高い集中度を示したもの、2回目の調査以降、すなわち、8月4日と28日では 1.93, 1.43 といずれも弱い集中度にとどまり、この値が初回の調査と比較し

て著しい減少であることは、産卵の拡大が生じたことが示唆された。

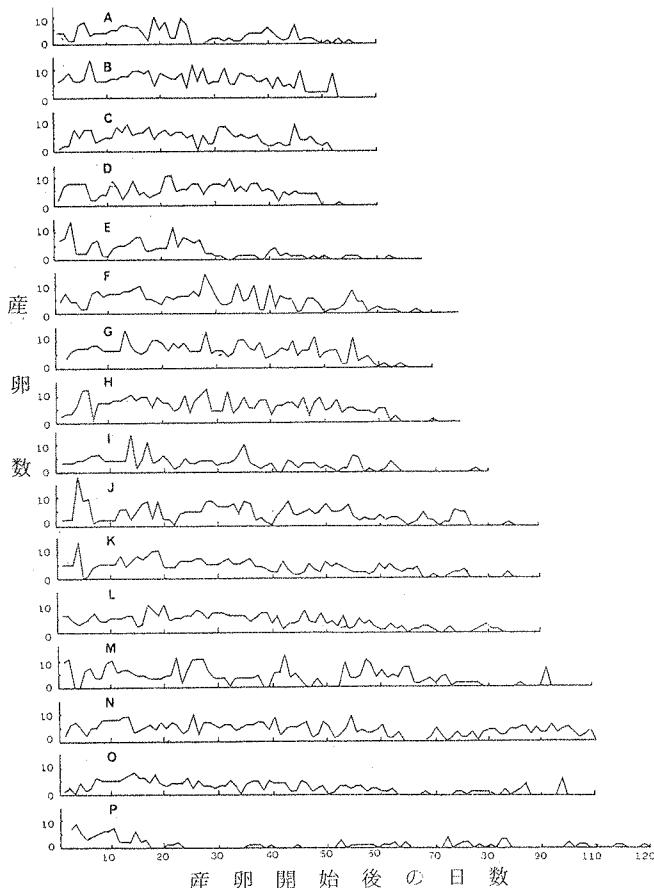
一方、ポアソン分布への当てはめについては、いずれの調査時点のものも危険率1%以下で当てはまらなかつた。また、負の二項分布に対しては7月13日の調査の数値のみが $0.80 > \text{Pr} > 0.70$ で適合し、他の調査時点の値

は適合しなかつた。したがって、ウド畑での本種の産卵は最初、ほぼ負の二項分布に当てはまるかたちで行なわれるが、その後何らかの変化が起き、その産卵様式はポアソン分布にも負の二項分布にも適合しないものになつたと考えられた。

第37表 センノカミキリの産卵調査データーのポアソン分布および負の二項分布への適合度

調査日	ポアソン分布	負の二項分布
7月13日	$\text{Pr} < 0.001$	$0.70 < \text{Pr} < 0.80$
8月4日	$\text{Pr} < 0.001$	$\text{Pr} < 0.05$
8月28日	$\text{Pr} < 0.001$	$\text{Pr} < 0.01$

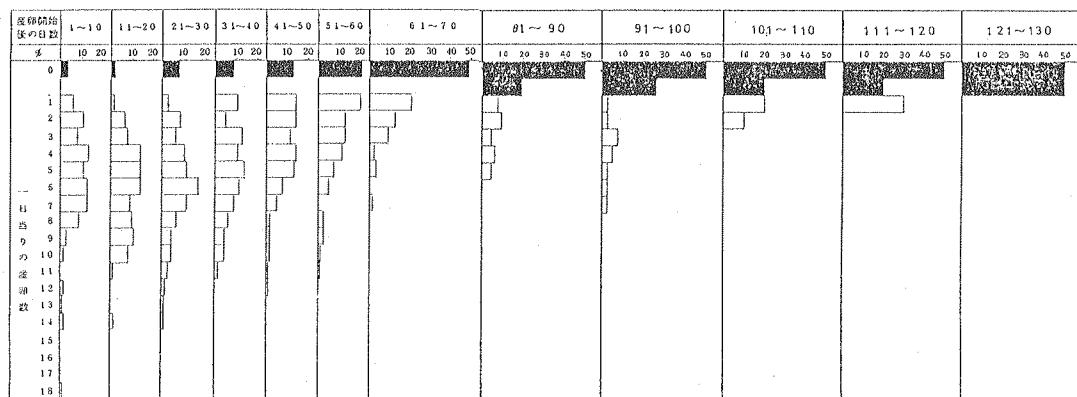
$\text{Pr} : \chi^2$ 検定による適合度。



第50図 センノカミキリの個体別産卵消長。

第38表 産卵の調査時期による
I_d指數の変化

調査日	I _d 指數
7月13日	10.92
8月4日	1.93
8月28日	1.43



第51図 センノカミキリの産卵開始後旬別における1日あたりの産卵数が占める割合。

C. 産卵消長

センノカミキリ類は少數の卵を長期にわたって産卵することが知られている⁴²⁾。例えばマツノマダラカミキリは、1日に1～2卵ずつ、平均100卵を2カ月にわたって産む⁶⁵⁾といふ。

センノカミキリの産卵能力についてはまったく不明である。そこで産卵消長について調査を行なうこととした。

調査方法

ウドの廃棄根株から羽化した雌雄1対ずつを縦24cm、横29cm、高さ30cmの木製および金属製飼育ケージに収容し、ウドの葉柄を与えてそれに産卵させた。産卵調査は、雌成虫による産卵加工の傷跡を目安に毎日葉柄を分解して行なった。飼育途中、雄が死亡した場合はあらたに雄を補給した。飼育は24℃の恒温室と1部は室温下で行なった。

調査結果

供試した雌16匹の個体別産卵消長、1日当たりに占める産卵数の推移を第50図および51図に、産卵期間および生

存期間を第39表に示す。

産卵消長には、個体差がみられたが、産卵の期間はいずれの個体も非常に長く、短い個体で52日、最長120日であった。産卵数は1日当たり10卵をこえることは少なく、数卵ずつだらだらと産下するのが特徴であった。1日当たりの産卵が日数経過につれて、どのように推移するかを知るため、供試雌14匹について産卵開始後の1日当たりの産卵が占める割合を、10日ごとに調査した。その結果、産卵開始後の10日間は1日当たり1～18卵までの産卵がみられたが、4～8卵が最も多かった。この傾向は、産卵開始30日後をピークに40日後まで続き、この間は旺盛な産卵が行なわれることがわかった。しかし、41～50日後には次第に減少し、1～5卵となった。61～70日後には、1～3卵に減り、産卵能力が明らかに低下する傾向がうかがわれる。一方、産卵をみない割合は、産卵開始後20日までわずかであったが、日数の経過とともに徐々に増加し、61日以降は産卵をみない日数が50%以上に達した。

以上の結果から、産卵はその期間中30～40日まではほ

第39表 センノカミキリの産卵および生存日数

	最大値	最小値	平均値±標準偏差
産卵数	412	123	286.9 ± 83.1
産卵期間(日)	119	51	75.3 ± 19.5
産卵日数(日)	92	48	61.9 ± 12.6
生存日数(日)	133	56	85.4 ± 20.9

ばコンスタントに行なわれるが、その後徐々に減少し、終息することがわかった。

産卵数は個体差が大きく、最小 123 卵、最大 412 卵、平均 286 卵であった。

産卵開始から停止するまでの期間、すなわち産卵期間は長いほど生存日数も長かった。

産卵日数は最小 48 日、最大 92 日で、平均 61.9 であった。生存日数は、最小 56 日、最大 133 日、平均 85.4 日であった。

D. 考 察

カミキリムシ類の中でも限られた植物を選択し、生きた植物に産卵する種ほど進化しており、それらは産卵加工を行なうフトカミキリ類であるという⁴²⁾。センノカミキリは、host の選択選択習性および産卵加工の習性から、最も進化したフトカミキリ類の特徴を備えているといえる。特に、産卵行動についてはマツノマダラカミキリ³⁷⁾と似た特徴、すなわち、産卵加工は頭を上にし、産卵時には 180° 向きをかえ、さかさまの姿勢で産卵する習性をもっている。同じフトカミキリ類でもシロスジカミキリ²⁾やゴマダラカミキリ³⁸⁾では正反対の行動、すなわちこれら両種では、産卵加工は下向きの姿勢で行なうのであって、このように同じフトカミキリ類でどうして産卵行動が異なるのかは明らかでない。

産卵習性のうち、産卵の位置については、ウドの場合、石井³²⁾、高橋⁷²⁾の報告と一致したが、何故地際の茎を産卵場所として選択する習性をもつのかについてはわからない。

しかし、産卵位置が地上数 10 cm とすれば、幼虫はウドでは冬期に地上部が枯死するので、地下茎まで到達できず、死亡する確率が高まることは容易に想像される。したがって、本種がウドを host として選択する過程で、より地際に近い位置を産卵場所として選択した個体の、幼虫の生存率が高まる方向で淘汰が働いた結果とも考えられる。この考えは、本種のウド以外の host、例えばタラノキやセンノキでは、産卵場所として必ずしも地際の幹を選択していない^{25), 45)}ことからも支持されよう。もっとも、寄主の種類によって産卵場所の異なることも興味ある点である。産卵習性の第 3 の特徴は、1 株当たりの産卵数が 3 回行なったいづれの調査でも 1 卵株が最も多く、2 卵、3 卵と多くなるに従い、実際の産卵株数はきわめて少なくなり、5 卵以上の産卵株が認められなかったことである。

I & 示数による産卵傾向をみると、第 1 回の調査時点では 10.92 と高い集中度を示したが、以降は急激に低下した。このことは、ウド畑に飛来した母虫は、はじめ周囲の株に集中して産卵していること、2 回目の調査以降集中度が弱まることは産卵株の拡大が急速に起ったことを示している。また、産卵ははじめ負の二項分布に当たはまる形で行なわれるが、その後ポアソン分布にも、負の二項分布にも適合しないものとなった。この傾向は、集中度の減少および 1 株当たり 4 卵以上の産卵株がきわめて少ないと予想される。しかし、本種がなぜ同一株に集中するような産卵を避けるかの機構は明らかでない。リンゴミバエ⁶⁸⁾やアズキゾウムシ⁶⁴⁾のような昆虫では、先に産卵した母虫が積極的に産卵跡にマークをつけ、あとから産卵しようとする別の母虫に産卵すみの情報を与えることによって限られた寄主への寄生を防ぎ、幼虫期の不必要な競合を避けているといふ。センノカミキリの産卵も母虫がウドへの過度の寄生、すなわち幼虫の共倒れを防ぐ習性を産卵行動で示しているとも考えられるが、この考えについては今後実験による検討を行なう必要があろう。

カミキリ類、特にフトカミキリ類は、少数の卵を長期にわたって産卵する習性をもつといわれている^{42), 47)}。わが国に棲息するマツノマダラカミキリは 1 日に 1 ~ 2 卵ずつ平均 100 卵を 2 カ月にわたって産み⁶⁵⁾、クワを加害するキボシカミキリでは 1 雌当たり 353 ± 12 卵を産み、その日数は 95 ± 21 日である²⁹⁾といふ。また、カンキツ類を加害するゴマダラカミキリは多くて 90 卵、平均 30 ~ 40 卵を少数ずつ長期にわたって産卵する³⁸⁾ことが知られている。

センノカミキリは、キボシカミキリに似た産卵消長を示し、産卵数および産卵期間についても著しい差はみられなかった。産卵経過についてもキボシカミキリでは産卵開始後 30 ~ 40 日がピークで、その後徐々に低下する³¹⁾といふ。

カミキリムシの産卵能力は、一般にどれだけ多くの卵をいかに長期間生むかによって示される。しかし、これらは雌の大きさや後食量によっても異なることがキボシカミキリで確かめられている²⁹⁾。しかし、センノカミキリではこれらの条件によても異なることはむろん、前述Ⅳの試験でも明らかなように、交尾回数や他の雄との頻繁な交尾によっても大きくなることがわかっている。すなわち、卵巣と卵の発育は一定段階まで後食によって

促されるが、産卵に到る成熟卵の発達は交尾によって促されるという二段階のステップが必要であることがわかった。本種の産卵が後食のみでは促されず、他の雄との多数回交尾によってより高められるという機構については今後に残された興味ある究明課題であろう。

VII. 防除

農作物を加害するフトカミキリ類は、成虫が夜行性であることと、幼虫が寄主植物の内に穿孔するため、いったん食入されると防除は困難である。近年かんきつ類の加害で問題になっているゴマダラカミキリでは、薬効不足で効果を充分あげられず、クワ、イチヂクを加害するキボシカミキリは、登録農薬もない^{74, 79}。また、マツ類の加害で問題になっているマツノマダラカミキリに対しては、薬剤の空中散布や被害木の伐さい焼却を行なっているが、その効果については多くの論議を呼んでいる⁴⁰。桑に多発しているキボシカミキリについても、防除薬剤として10種以上の殺虫剤が登録されていながら、多回養蚕の普及によって殺虫剤使用に著しい制約を生じているという⁷⁴。

センノカミキリについては、ウドがマイナークロップであるため、登録農薬はないのが現状である。

本種の防除については、埼玉県園芸試験場が行なった成績がある^{60, 69}が他に例はない。そこで、これまでの研究によって明らかになった本種の生態をもとに、若干の防除試験を行なうこととした。

A. 殺虫剤散布による効果

センノカミキリはウドの株元付近の茎、葉柄のつけ根を好んで後食し、産卵するという知見（IV B, VI C）にもとづいて殺虫剤散布試験を行なった。

試験方法

1978年、小平市農家の常発畠において、M E P 50%乳剤、ダイアジノン40%乳剤、M E P · E D B 50（M E P 50%，E D B 15%混合）乳剤、ダイアジノン5%粒剤を用い、7月25日、8月6日に小型動力噴霧器にとりつけた鉄砲噴口ノズルによって10a当り200ℓの割合でウドの株元に噴霧した。

ダイアジノン5%粒剤は7月25日、株当り2g（10a当り4kg相当）を株元に施用した。調査は12月枯死した茎を地上約5cmで切りとり、切口の糞から食の有無を判定した。

試験結果

結果を第40表に示す。無処理の被害株率と比較して、M E P 50%乳剤、M E P · E D B 敷布区における被害株率は少なかった。特に1回散布が少なく、効果はきわめて高いと判断された。ダイアジノン40%乳剤の1回散布は無処理と大差がみられなかつたが、2回散布ではM E P · E D B より劣ったものの、一応の効果が認められた。ダイアジノン5%粒剤は、ほとんど効果が認められなかつた。

第40表 小平市小川町のウド畠におけるセンノカミキリの薬剤散布効果（1978）

薬 剤	散 布 濃 度	散 布 回 数	調 査 株 数	被 害 株 率 (%)
M E P 50 % 乳剤	0.050	1	100	22
" "	0.050	2	100	6
ダイアジノン40%乳剤	0.040	1	100	66
"	0.040	2	100	13
M E P · E D B 50乳剤	0.050(M E P) 0.015(E D B)	1	100	10
" "	0.050(M E P) 0.015(E D B)	2	100	1
ダイアジノン5%粒剤	2g / 1株	1	136	64
無 処 理	—	—	100	49

B. 廃棄根株内のセンノカミキリに対するくん蒸効果

センノカミキリは根株内に食入したまま越冬する。根株は軟化栽培による芽の収穫後廃棄される。この廃棄根株は幼虫が食入しているため、放置するウド畑への成虫の飛来源となることがわかっている(ⅡH)。したがって、飛来源を断つことは、本種の生活環を断つことであり、防除上きわめて重要な手段と考えられる。そこで、廃棄根株のくん蒸効果を知るための試験を行なった。

試験方法

1979年5月、本種の常発地である小平市の農家が廃棄した根株のうち、幼虫が食入した被害株だけを持ち帰り供試した。根株は1m³当り80株ずつに分けて積みあげ、1m³のポリシート枠をかぶせ、臭化メチル(methylbromide)98%を25g、100g、EDB(ethylene di bromide)30%油剤200、400ccを処理し、密閉した。7日後、全株を分解し、死虫数を調査した。

試験結果

試験結果を第41表に示す。臭化メチルは、各葉量ともきわめて強い殺虫効果がみられ、根株内の幼虫と若干の蛹および羽化成虫はすべて死亡した。根株は内部まで褐変していた。EDB油剤も臭化メチルと同様の効果が認められたが、根株への影響は認められなかった。

C. ジメントエート粒剤の土壤施用効果

有機燐系農薬ジメトエート(O,O-Dimethyl S-(N-methylcarbamoyl methyl) phosphorodithioate)は、土壤中に施用した場合、浸透移行によって後食中のキボシカミキリ成虫に強い殺虫効果をもたらす¹⁸⁾という。そこで、本剤をウドの根株に施用した場合、センノカミキリ幼虫および成虫にも同様の効果を示すかどうかを試験した。

1. ふ化幼虫に対する殺虫効果

ジメトエート5%粒剤をウドに施用した場合のふ化幼虫に対する殺虫効果を知ろうとして試験を行なった。

試験方法

1982年9月、ジメトエート5%粒剤を1株当り1.75g、3.5g、7.0g(10a当り3, 6, 9kg相当)をウドの根株周囲深さ約5cmの土壤に施用した。一方、ウドの株元5~30cmの茎にハンドドリルで直徑2mm、深さ20mmの穴をあけ、1茎当り10卵を接種した。接種は各区5株について行なった。接種15日後、これらの茎を分解し、卵のふ化数およびふ化幼虫の死亡虫数を調査した。同時に、ジメトエートの残留量を知るために、分解した茎について農薬残留分析法²⁴⁾によって、ガスクロマトグラフィーによる分析を行なった。

第41表 廃棄根株内のセンノカミキリに対するくん蒸効果(1979)

葉 剤	1m ³ 当り の葉量	供 試 数	在虫数	生 存 数			死 亡 数		死 亡 率 (%)	
				幼 虫	蛹	成 虫	幼 虫	蛹		
臭化メチル98%	25g	80	36.0	0	0	0	32.0	3.5	0.5	100.0
" "	50g	80	41.0	0	0	0	37.0	4.0	0	100.0
" "	100g	80	33.5	0	0	0	29.5	4.0	0	100.0
EDB 30%油剤	200cc	80	40.0	0	0	0	34.0	6.0	0	100.0
" "	400cc	80	53.0	1.5	0	0	49.0	2.5	0	97.2
無 处 理	—	80	43.5	33.0	6.5	0	2.5	1.5	0	9.2

第42表 センノカミキリふ化幼虫に対するジメトエート粒剤の土壤施用効果(1982)

施用量(g) (1株当り)	株 数 株 数	接卵 種数 (1株当り)	ふ 化 率 (%)	ふ 化 幼虫 死亡率 (%)	残 留 値 (茎) (ppm)
1.75	5	10	84.0 ± 8.9	15.8 ± 12.5	0.007
3.50	5	10	94.0 ± 5.5	15.3 ± 12.8	0.007
7.00	5	10	88.0 ± 8.4	23.7 ± 5.8	0.036
無処理	5	10	84.0 ± 11.4	12.1 ± 8.9	0.013

試験結果

結果を第42表に示す。卵のふ化率は84～94%と高く、ジメトエートによる影響はないとの判断した。ふ化幼虫の死亡率は、1株当たり1.75g, 3.50g施用区とも無処理区と差がなかった。したがって、これらの区ではジメトエートによる死亡と判断できなかった。本剤の残留濃度もきわめてわずかであった。

7.0g施用区の死亡率は平均23.7%で、ジメトエートによる死亡と考えられた。残留量も他の施用区および無処理区より3倍～5倍高かった。

2. 成虫に対する殺虫効果

土壤に施用したジメトエート粒剤の成虫に対する効果を知り、防除の可能性があるかどうかを検討するため試験を行なった。

試験方法

1983年5月2日、定植20日後のウドの株元にジメトエート粒剤を1株当たり1.75g, 3.50g, 7.0g, 施用した。15日後に各処理区から葉を採集し、それを人工飼育によって羽化した成虫に48時間食下させ、15, 25日後の死虫数を調べるとともに、残りの葉についてはガスクロマトグラフィーによる残留の分析を前述の方法で行なった。

試験方法

成虫に対する殺虫効果を第43表に示した。

ジメトエート粒剤は、各処理ともきわめて高い殺虫効果が認められ、根から葉への浸透移行性がきわめて高いことがわかった。しかし、本剤の処理は施用後7日頃から下葉の黄変枯死が起こり、無処理に比較していちじるしい葉害症状が認められた。しかし、生育遅延が起こっただけで、枯死株は生じなかった。

ガスクロマトグラフィーによる分析結果は、いずれの処理区もきわめて高い残留が認められた。

D. 各種土壤施用殺虫剤の成虫に対する効果

後食する成虫に対し、各種土壤施用殺虫剤の効果を知るために、試験を行なった。

試験方法

1983年8月7日、ダイアジノン5%, アセフェート5%, エチルチオメトン5%粒剤をウド1株当たり3.5g, 7.0g, (10a当たり6kg, 9kg相当)を株元の深さ5cmの土壤に施用し、処理10日および25日後に新葉部を各区5株からできるだけ均等に採集し、1部を成虫に48時間摂食させ、残りはガスクロマトグラフィーによって施用殺虫剤の残留量を前述の方法で分析した。

試験結果

結果は第44表に示した通りである。施用したいずれの殺虫剤も殺虫効果は認められなかった。葉における残留量はきわめて少なかった。したがって、これらの薬剤の浸透移行性はきわめて弱いものと考えられた。

E. 考 察

本種の成虫がウド畠に飛来し、株元に近い茎あるいは葉柄のつけ根を後食すると、配偶行動および産卵も同様な位置を中心に行なわれるというこれまでの研究によつて得られた知見にもとづく殺虫剤の散布試験は、MEP 50%乳剤およびMEP·EDB 50乳剤の1,000倍液2回散布が最も優れた効果を示した。この結果は、埼玉県園芸試験場が行なった試験⁶⁹⁾すなわち、産卵した茎にMEP 25%乳剤500倍液およびDMTP 30%乳剤300倍液を株元に散布した場合の効果と一致した。これらの薬剤は

第43表 センノカミキリ成虫に対するジメトエート粒剤の土壤施用効果(1983)

施用量(g) (1株当たり)	処理 株数	供試 虫数 (1株当たり)	15日後の死虫数 (%)	25日後の死虫数 (%)	残留値(15日後葉) (ppm)
1.75	5	10	80.0 ± 10.0	82.0 ± 8.4	3.67
3.50	5	10	84.0 ± 8.9	84.0 ± 8.9	14.74
7.00	5	10	96.0 ± 0.5	94.0 ± 5.5	26.14
無処理	5	10	2.0 ± 4.0	6.0 ± 5.4	0.04

第44表 センノカミキリ成虫に対する各種土壤施用殺虫剤の効果(1983)

薬剤	施用量(㌘) (1株当たり)	処理株数	供試虫数	10日後の死亡率 (%)	25日後の死亡率 (%)	残留値(薬) (ppm)
ダイアジノン5%粒剤	3.5	5	10	10.0	0	0.003
" " "	7.0	5	10	0	0	0.010
アセフェート5%粒剤	3.5	5	10	0	0	0.002
" " "	7.0	5	10	0	0	0.010
エチルチオメトン5%粒剤	3.5	5	10	0	0	— ¹⁾
" " "	7.0	5	10	0	0	— ¹⁾
無処理	—	5	10	0	0	0.003

¹⁾—: 測定せず。

卵がふ化せず、高い殺卵効果が認められたという。

本試験においても、散布時期の7月25日および8月6日は前述(ⅣのB)のように、産卵最盛期と考えられ、成虫に対する効果のほか殺卵効果も高かったものと考えられる。

フトカミキリ類が産卵前に示す後食の習性を考慮して根から浸透移行性の強い土壤施用殺虫剤を吸収させ、成虫を防除する試みは、薬剤の合理的な使用、環境への影響などの観点から重要な意義をもつと考えられる。

本試験で示されたジメトエート粒剤は、ウドの生育が旺盛な春期ではきわめて早い浸透移行性を示し、1株当たりわずか1.75㌘(10㎠当たり3kg相当)でも十分成虫の死亡を引起こす効果のあることが示された。しかし、秋季に施用した場合は、卵およびふ化虫に対しても十分な効果は認められなかった。このような相違はウドの生育時期によって、ジメトエートの浸透移行性が異なるためと考えられる。この考えは茎葉における本剤の残留値が春施用ではきわめて高く、秋季ではきわめて低い値であったことからも裏付けられる。したがって、野外ではセンノカミキリの後食が最も盛んな6月下旬~7月にかけて、ジメトエートがどのような浸透移行を示すか、今後、ウドの生育時期とジメトエートの浸透移行の関係をさらに検討する必要があろう。

センノカミキリの生活環境は第9図に示したように、ウドを寄主にしてなり立っている。ウドは冬期軟化栽培のため根株が集積されるが、これらにはその年発生したセンノカミキリ幼虫の大多数が食入していると考えられる。したがって、軟化芽を収穫したのち廃棄される根株は、翌年、根株養成畑への成虫の飛来源となることは明

らかである。このような根株に対する臭化メチルおよびEDB油剤のくん蒸は、本種の生活環を断ち切ることになり、きわめて有効な防除手段と考えられる。しかし、くん蒸による防除を実施するには栽培農家による協同一齊防除体制が必要である。

VIII. 総括

センノカミキリは1970年以降、東京都をはじめ埼玉、神奈川、群馬、茨城の関東を中心に栽培ウドに激発した。

本種についてはこれまで断片的報告がなされているが、生態は不明な点が多い。著者は、本種の生態の解明と、防除法の確立を目的として研究を行なってきたが、本報告は幼虫および成虫の生態(主としてbiology)を中心とまとめたものである。

本種が都下の栽培ウドに多発する原因は、いくつかの要因が関与していると考えられたが、そのうち、高冷地の委託根株に潜入して持ち込まれるという経路や、ウド畠周辺のウコギ科植物から飛来するという推測は成り立たなかった。本種は都下の平坦地のウドが主要な発生地であり、幼虫が食入している軟化茎収穫後の根株の放置は、ウド畠に侵入する成虫の飛來源となり、被害を拡大する原因になっていることが本研究によって明らかになった。このことは本種の防除を行なううえで、重要な指摘である。

本種はウドに食入後、40~50日でほぼ5歳に達する急速な成長をとげ、食害によって茎から根株まで空洞化する。この加害によって、倒伏、萌芽が生じやすくなり、芽の形成に影響を与え、減収をひき起こすことがわかった。

本種は年1化性の生活環をいととなり、発育のずれや羽化の同期化を幼虫の休眠によって調節している。休眠は短日によって誘起され、覚醒は10°C~15°Cの低温遭遇と長日化によって行なわれることが明らかになった。本種は秋季ほぼ5齢に達して休眠が誘起され、冬期の低温遭遇と春の長期化によって覚醒され、蛹化から初夏の羽化へとすすむ。

本種の性成熟の発達については、いくつかの事実が明らかになった。雌成虫は脱出時には雄との交尾が可能である。しかし、後食しなければ卵巣が発達しないというフトカミキリ亜科の特徴を示した。さらに、卵巣が発達し、連続した卵の成熟を促すには交尾が不可欠であることが示された。

一方、雄の後食は雌と同様な後食パターンがみられたが、精巣の発達との関係はみられなかった。精巣は蛹化と同時に発達し、2日目には精原細胞の増殖、分裂が起り、羽化時には精子形成が行なわれていることがわかった。精巣が2対あり、それらの精室が数10室存在すること、また、雌と同様の後食パターンが認められることは多数回交尾と深くかかわっていると推測された。

センノカミキリの配偶の成立機構については、これまでフトカミキリ類では知られていない事実が行動の観察および実験によって明らかになった。

配偶行動は雄の徘徊、雄による雌の発見、雌への接近、捕捉、マウント、licking、交尾の順に進行するが、雄の徘徊は雌に出合う唯一の探索行動であり、これなくして雄は雌に出会うことができない。雌の発見は複覚、聴覚、嗅覚のいずれでもなく、触角による接触であることが明らかになった。雄は雌に接触することによって雌であることをはじめて認知し、接近、捕捉、マウント、交尾へとすすむが、これらの一連の行動をひき起こす刺激は化学感覚刺激、すなわち雌の体表に存在する接触性フェロモンによっておこされることがナイロン布地に包んだ冷凍致死雌に対する雄の反応実験、さらには有機溶媒で洗滌した雌に対する雄の反応によって明らかになった。この接触性フェロモンは、触角が長く、夜行性の習性をもつフトカミキリ亜科に属するカミキリに広く存在する可能性があり、今後の究明に期待したい。本種の接触性フェロモンの化学的性質については、現在大量飼育による分離を行ない、検討中である。

接触性フェロモンの受容は、触角の塩酸浸漬による麻痺実験によって、触角が主たる受容器管であること、また、小あごひげも触角と相補的関係にあることが、切除

実験によって明らかになった。

フェロモンが触角にどのような感覚毛によって受容されるかを走型電子顕微鏡によって観察した。その結果、雄には雌にみられない一つの状感覚毛が見い出されたが、この感覚毛がフェロモンをどのように受容するかは不明である。

接触性フェロモンの分泌部位の所在について、さや翅、および腹部背面を検討した。さや翅表面には明らかにワックスの分泌孔とみられる小孔が多数認められたが、これに対応する分泌細胞は真皮細胞様組織以外認められなかつた。昆虫の皮膚においては一般に真皮細胞がワックスを分泌するので、接触性フェロモンもワックスとしてこれらの細胞層から分泌されている可能性がある。また、さや翅の裏側に開口する duct をともなった分泌細胞も、雌だけであることから、配偶行動に何らかの機能を果していると考えられる。

腹部背面の各部に開口する小孔と、これに対応する duct をともなった細胞層も本研究によって見い出されたが、これらも配偶行動に何らかのかかわりをもっていると思われる。しかし、本研究ではこれらの機能については明らかにできなかつた。今後フトカミキリの行動を解明するうえで、これらの機能の研究は重要な課題であろう。

配偶行動において注目すべきもう1つの特徴は、本種がもつ多数回交尾の習性である。本研究では、多数回交尾の習性は雄同士の激しい競争によってもたらされるのが原因であると指摘した。雄同士の闘争の存在は雌を他の雄に奪われまいとする雌をめぐる防衛行動であり、雄がいったん獲得した雌に長時間マウントし、くりかえし交尾を行なうことも自分の子をいかに確実に多く生ませるかという交尾戦略にもとづくものであるとした。したがって、自然淘汰は可能なかぎり雌に精子を送りこむ方向に有利に働くと主張し、これらを PARKER⁶⁷ の精子競争説によって説明し得るとした。

一方、本研究では雌の交尾戦略についても言及した。すなわち、雌は複数の雄と交尾してより多くの卵を産み、自己複製をはかることが有利であり、雄と雌の交尾戦略は対立すると考察した。本研究によって提起した配偶行動における戦略は、他の夜行性フトカミキリにみられる多数回交尾の習性をも説明し得るものと考えられるが、そのためには行動に関するデーターの蓄積と、遺伝学にもとづく実験が必要である。

センノカミキリは、寄主選択、産卵加工を行なう習性

からカミキリムシの中でも最も進化をとげたフトカミキリ類の特徴をもつことがわかった。また、本研究によつて母虫が1株に集中した産卵を避ける習性のあることが示唆されたことは、本種の繁殖戦略上重要な問題である。さらに、本種の産卵能力が多くの雄との多数回交尾によって著しく高められるという事実も本研究によって明らかになった。

防除については、軟化栽培後、廃棄された根株の燻蒸処理が最も有効であることを明らかにした。廃棄根株は翌年のウド畑へ成虫が飛来する唯一の飛来源であり、燻蒸処理は本種の生活環を断ち切ることにつながるからである。

殺虫剤の施用は、後食、配偶行動、産卵を行なつてゐる成虫を対象に行なった。その結果、MEP, MEP+EDBの散布剤、ジメトエート粒剤の土壤施用の効果が高いことを明らかにした。

IX. 摘 要

1970年以降、東京都をはじめ、関東各都県を中心に栽培ウドに激発したセンノカミキリ *Acalolepta luxvriosa* BATES の生態ならびに防除について各種の調査、実験を行なった。得られた成果の大要は次のとおりである。

1) ウド畑におけるセンノカミキリの発生状況を調査した。その結果、

1) 小平市の常発地では1982, 1983年とも発生畑は50%を上回った。食入率は最高60~80%に近かった。

2) 都下全域から抽出したウド畑35カ所のうち、発生畑は27カ所でほぼ全地域に発生が認められた。

3) 本種は東京都をはじめ、埼玉、神奈川、群馬、茨城のウド栽培地に発生していることがわかった。

2. 產地間およびウドと他の寄主植物間の移動を知るために調査を行なった。その結果、

1) 群馬県の高冷地の委託栽培ウドにはわずかの寄生が認められ、周辺のタラノキの寄生はなかった。

2) 都内のウド畑周辺のウコギ科植物への寄生はきわめて少なく、ウコギに幼虫の食入がわずか2頭認められたのみであった。

3) 高冷地委託根株および東京都の平坦地の根株における食入状況は、高冷地の根株で少なく、15カ所中5カ所で、食入率2~14%であった。同じ農家が栽培した平坦地の根株では、15カ所中10カ所に認められ、食入率は3.8~46%と高かった。

以上のことから、本種は東京都など平坦地が主要な発生地であり、廃棄根株は本種の発生源である。他の寄主植物からの移動による多発は考えられなかった。

3. 本種の幼虫はウドに下記のように加害し、被害を与えることがわかった。

1) ウドへの卵の接種実験では、幼虫は表皮下→じん皮部→髓へと食害し、茎を空洞化する。坑道はふ化70日に40~50cmに達した。穿孔ははじめ上に向うが、次第に下に向って穿孔し、地中の根株に達する。幼虫は急速に生長し、9月下旬~10月にはほぼ5齢期(終齢)に達する。9月下旬にふ化した幼虫は食入しても低温によって充分発育ができない。

2) 倒伏、萌芽と食入の関係は大きく、食入率が増加するほど倒伏、萌芽が多くなることがわかった。また、ウドの生育に影響はみられなかつたが、芽の形成は阻害され、減収することがわかった。

4. 本種の卵の発育について調査、試験を行なった。卵期間は25℃恒温下で平均8.5～9.2日であった。ふ化率は58.5%～95.9%であった。発育限界温度は9.8℃であった。

5. 幼虫の発育について調査、試験を行なった。その結果、

1) 人工飼料で幼虫を飼育し、脱皮回数を調査した結果、4齢、5齢、または6齢を経過して蛹化した。6齢の蛹化はわずかであった。

2) 幼虫の発育はきわめて早く、7月25日接種の卵からふ化した幼虫は9月中旬までにはほぼ5齢期に達していることがわかった。

3) 幼虫は短日(8L—16D)によって休眠が誘起され、10℃または15℃の低温遭遇と長日(14L—10D)によって覚醒され、羽化時期が最も齊一化した。

6. 幼虫の人工飼料による発育を検討した結果、正常な発育にはウド葉粉末のほか、セルロースが不可欠であることがわかった。酵母、アスコルビン酸の影響はみられなかった。また、本種は人工飼料による大量飼育が可能であった。

7. センノカミキリの羽化脱出消長は、5月下旬から9月下旬の長期間にわたった。これは根株を冬期は加温し、春、夏には冷蔵するというウドの軟化栽培時期が異なるためである。

8. 本種のウドにおける後食位置はほぼ一定していて、地際に近い茎と葉柄のつけ根を後食する習性があり、葉や小葉柄は後食しないことがわかった。

9. ヤツデの葉を用い、センノカミキリ成虫の摂食開始後30日間の摂食量を調べた。雌は平均191cm³、雄は172cm³であった。摂食の日変化は雌雄とも開始後10日間が最も多かった。10. 羽化後の日齢と交尾反応の関係を調べた。雌は羽化6日後には、すべてが成熟雄との遭遇で交尾が可能となり、雄は成熟雌と10日後にして交尾可能であった。したがって雌は脱出時にすでに交尾が可能であることがわかった。

11. センノカミキリは後食によって卵巣の発達が促されることがわかった。しかし、交尾を行なわなければ、卵の成熟が連続的に起こらないことが示された。

12. 精巢の発達と後食との関係は認められなかつた。精巢は2対あり、それぞれの精巢は約70の精室に仕切られていた。精原細胞の増殖は蛹化直後にはじまり、羽化5日目には精子が輸精小管に充たされるまで発達していることがわかった。

13. 配偶行動について観察と実験を行なつた。

1) 本種の配偶行動は雄の徘徊、雄による雌の認知、雌への接近、捕捉、マウント、licking、交尾の順に進行する。

2) 雄の徘徊は雌と出合う唯一の行動的手段であり、これなくしては雌雄は互いの確認にいたることはできない。

3) 雄は雌をめぐり、雄同士が激しい闘争を行なう。闘争は触角でたたく、大あごで触角や脚をかみつく。勝敗は体重および触角長の大きさによって決まる。

4) 雄は長時間雌にマウントし、多回数交尾を行なう。交尾時間は20秒から10分の間で、その頻度分布は2山型を示した。交尾回数は雌で1時間あたり3～10数分間隔で、2～5回観察された。

5) 交尾回数と産卵との関係は、異なった雄と頻繁に交尾した雌の産卵が最も多く、交尾回数が少ないほど産卵も少なく、早く未受精卵を産むことがわかった。

6) 本種の雄による雌の認知には、視覚が必須の役割を果していないことがわかった。

7) 雄は冷凍致死雌にも強く反応し、腹曲げ行動をする。その行動の解発効力は17日間持続し、その間、日を追って低下した。

8) 雌さや翅をエチルエーテル、n-ヘキサン、エチルアルコールで洗滌すると、雄は交尾反応を示さなくなった。

9) 雄による雌の認知は、雌の体表に存在する接触化学感覚性の物質、すなわち接触性フェロモンへの接触によって行なわれることがわかった。

10) 接触性フェロモンの受容は、雄の触角と大あごひげによって行なわれる。大あごひげは触角と相補的関係にあることがわかった。

11) 雌の触角の塩酸浸漬、大あごひげの切除を行なうと、雌は雄を排除するようになる。これは、雌が雄を認知する何らかの信号を遮断されたためである。

14. 配偶行動に関する触角、さや翅、腹部背面の表面構造を走査型電子顕微鏡で、さや翅、腹部背面の組織を光学顕微鏡によって観察した。

1) 雄の触角第4節から11節の前面には、雌に存在しない一つの状の感覚毛が認められた。これは接触性フェロモンの受容に関係する感覚毛と考えられた。

2) さや翅表面はワックス状物質で覆われているほか約0.5μのワックス分泌と思われる小孔と、雌の体毛基部に直径2.3～2.8μの孔が認められた。これら表面の

小孔に対応する細胞は真皮細胞様組織以外認められなかった。

3) 雌のさや翅裏面には、直径約 2μ の小孔の開口が認められ、これに対応し、ductをともなった分泌細胞が見い出された。

4) 腹部背面の各節には、直径約 2μ の小孔が開口し、これに対応して真皮細胞の下にductをともなった分泌細胞が見い出された。

15. 産卵は夜間に行ない、ウドの茎の地際から10cm以内に産卵する習性のあることがわかった。産卵は1茎1卵が最も多く、5卵以上は認められなかつた。雌は1株に集中した産卵を避ける性質があるようと思われる。

16. 産卵数は1雌平均286卵であった。産卵は1日10卵をこえずだらだらと産む。産卵期間は52~120日であった。

17. 本種の薬剤による防除を検討した。

1) M.E.P., M.E.P.+E.D.B 50%乳剤の1,000倍液による株元2回散布が有効であった。

2) 成虫にはジメントエート粒剤施用が有効であったが、薬害を回避するための使用時期の検討が必要である。

3) 廃棄根株のくん蒸は、本種の生活環を断ち切ることになり、最も有効な防除手段と考えられる。

引用文献

1. 阿久津喜作・本多健一郎・新井茂(1980)人工飼料によるセンノカミキリの大量飼育。応動昆24:119~121。
2. 阿久津・窪木幹夫(1981)シロスジカミキリ成虫の行動。応動昆25:156~161。
3. 阿久津喜作・窪木幹夫(1983)センノカミキリの配偶行動。応動昆27:189~196。
4. 新井茂・阿久津喜作(1978)ウドを加害するセンノカミキリ。植物防疫32:369~374。
5. 新井茂・阿久津喜作・本多健一郎(1978)センノカミキリの生態および防除に関する研究。(第1報)羽化後の脱出および産卵について。東京都農試研報12:25~32。
6. 芦原亘(1982)ブドウトラカミキリの発育に及ぼす温度と光周期の影響。応動昆26:15~22。
7. BECK,S.D.(1980) Insect photoperiodism. 2nd ed. New York: Academic Press, 385p.
8. BEESON, C. F. and B.M. BHATIA(1939) On the biology of the Cerambycidae of India, Burma and Ceylon(Coleopt.). Indian Forest Records, Ent., 5 : 1 ~ 235.
9. BUTOVITSH, V. (1939) Zur Kenntnis der Paarung, Eiablage und Ernährung der Cerambyciden. Entomologisk Tidskrift 60 : 206 ~ 258.
10. CANNON,K.F. and W. ROBINSON(1982) An artificial diet for the laboratory rearing of the old house borer, *Hylotrupes bajulus*(Coleoptera: Cerambycidae). Canadian Entomol. 144 : 739 ~ 742.
11. ダニレフスキイ, ア・エス(1961)〔日高敏隆・正木進三訳, 1966〕昆虫の光週性。東京: 東大出版会, 293P.
12. DOPPELREITER, H. (1979) Nachweis eines weiblichen Sexualpheromons beim Hausbohrkäfer (*Hylotrupes bajulus* L.) Z. ang. Ent. 88 : 56 ~ 59.
13. DUFFY, E.A.J. (1953) A monograph of the immature stages of British and imported timber beetles (Cerambycidae). British Museum of Natural History, London, England, 349 p.
14. 江森京(1975)人工飼料によるキボシカミキリ幼虫の無菌飼育。蚕系研究 No.94:24~31。
15. 江森京(1976)キボシカミキリの発生に関する生態学的研究。I. キボシカミキリの発育に及ぼす温度と日長の影響。応動昆20:129~132。
16. 江森京(1978)桑樹を加害するキボシカミキリの人工(無菌)飼育法。植物防疫32:294~299。
17. 江森京(1979)キボシカミキリの発生に関する生態学的研究。II. 幼虫の蛹化に及ぼす温度と日長の影響。応動昆23:170~172。
18. 江森京・杉山浩(1982)Dimethoate 土壌施用によるキボシカミキリ成虫に対する殺虫効果とカイコへの影響。応動昆26:155~159。
19. 遠田暢男(1973)マツノマダラカミキリ成虫の摂食量と体重変化。第84回日林学大会講要。P. 321~322。
20. 遠田暢男(1975)マツノマダラカミキリの発育と温度との関係。森林防疫24:208~210。
21. Galford, J.R. (1974) Some physiological effects of temperature on artificially reared red oak borers. J. Econ. Entomol. 67 : 709 ~ 710.
22. Galford, J.R. (1977) Evidence for a pheromone

- in the locust borer. USDA Forest Service Note NE - 240.
23. GARDINER, L. M (1970) Rearing wood-boring beetles (Cerambycidae) on an artificial diet. Canad. Entmol. 102 : 113 ~ 117.
24. 後藤真康・加藤誠哉編 (1980) 残留農薬分析法。東京：ソフトサイエンス社, 348 P。
25. 早川広文 (1976) 長野県のカミキリムシ。松本むしの会編, 長野: 日本民族資料館, 154 P。
26. 本多健一郎・阿久津喜作・新井 茂 (1979) センノカミキリの生態および防除に関する研究Ⅲ. 発育に及ぼす日長の影響。昆虫学会・応動昆合同大会講要, P. 184.
27. 伊庭正樹 (1963) キボシヒゲナガカミキリ *Psacothaea bilaris* について, 蚕糸研究 № 47 : 72 ~ 77。
28. 伊庭正樹 (1979) クワの生葉によるキボシカミキリ幼虫の簡易飼育。応動昆 23 : 191 ~ 193。
29. 伊庭正樹 (1979) キボシカミキリの生態に関する研究Ⅶ. 成虫の大きさと摂食量および産卵能力との関係。第30回蚕糸学大会講要, P. 14.
30. 伊庭正樹 (1982) キボシカミキリ幼虫の齧期と頭幅との関係, 日蚕雑 51 : 239 ~ 240。
31. 伊庭正樹 (1982) キボシカミキリの後食活動と性成熟および産卵との関係, 日蚕雑 51 : 223 ~ 227。
32. 石井 梢 (1920) 独活の二害虫について, 病虫害雑誌 7 : 686 ~ 689。
33. 石井五郎・江森 京・樋田芳長 (1963) キボシヒゲナガカミキリ *Psacothaea bilaris* Pascoeについて, 蚕糸研究 46 : 39 ~ 46。
34. 石井象二郎・平野千里・玉木佳男・高橋正三 (1978) 昆虫行動の化学-行動から見た昆虫 1. 東京: 培風館, 242 P.
35. 石井象二郎 (1982) 昆虫生理学, 東京: 培風館, 256 P。
36. LWABUCHI, K. (1982) Mating behavior of *Xylotrichus pyrrhoderus* Bates (Coleoptera: Cerambycidae) I, Behavioral sequences and existence of the male sex pheromone. J. appl. Entmol. 17 : 494 ~ 500.
37. 片桐一正・越智鬼志男・宇賀正郎・小島圭三 (1964) マツノマダラカミキリの成虫の行動, げんせい № 14 : 3 ~ 4。
38. 川村 满 (1977) カンキツ類を加害するゴマダラカミキリの生態と防除の考え方, 農薬 24 : 59 ~ 65。
39. 木村重義 (1974) マツノマダラカミキリの発育と温度(1) 幼虫期の低温遭遇と蛹化, 林学会東北支部会誌, 第26回大会講要集, 141 ~ 143。
40. 小林一三 (1980) 薬剤空中散布とマツノマダラカミキリの成虫の数, 森林防疫 29 : 72 ~ 74。
41. 小島圭三・片桐一正 (1964) マツノマダラカミキリの幼虫の齧期と齧構成の動き, 日林誌 46 : 307 ~ 310。
42. 小島圭三・林 匠夫 (1969) 原色日本昆虫生態図鑑, I カミキリ編, 大阪: 保育社, 302 P。
43. 小島圭三・渡辺弘之・中村慎吾 (1962) イタヤカミキリの生態。日林誌 43 : 245 ~ 250。
44. 小島圭三・渡辺弘之・中村慎吾 (1962) カミキリムシの後食・生きた植物を食べる場合, 比和科学博研報 5 : 16 ~ 23。
45. KOJIMA, T. (1955) Further investigation on the immature stages of some Japanese cerambycid-beetles, with notes on their habit. J. Coll. Agr. Imp. Univ. Tokyo, 10: 1 ~ 102.
46. LEES, A. D. (1955) The physiology of diapause in arthropods. Cambridge: Cambridge University Press, 151 p.
47. LINSLEY, E. G. (1959) Ecology of cerambycidae. Annu. Rev. Entmol. 4 : 99 ~ 138.
48. LINSLEY, E. G. (1959) The cerambycidae of North America. Part 1. Univ. Calif. Publ. Entmol. Vol. 18 : 1 ~ 113.
49. MA, WHU-CHN and L. M. SCHOONHOVEN (1973) Tarsal contact chemosensory hairs of the large white butterfly, *Pieris brassicae* and their possible role in oviposition behaviour. Entmol. Exp. Appl. 16 : 343 ~ 357.
50. 正木進三 (1967) 生活史の適応, 昆虫 35 : 205 ~ 220。
51. 松下真幸 (1932) エゾマツを害するカミキリムシ類と一, 二の生態に就いて, 北海道林業誌 30 : 183 ~ 186。
52. MICHELSEN, A. (1963) Observations on the sexual behavior of some longicorn beetles, subfamily Lepturinae (Coleoptera : Cerambycidae). Behavior 22 : 151 ~ 166.
53. 宮崎 稔・北村憲二・石井卓爾 (1977) ブドウトラ

- カミキリの生態と防除。植物防疫 31 : 21 - 25。
54. モーデュ・W. (1982) [高橋正三訳, 1983] 昆虫生理学入門。神奈川: 弘学出版, 185P。
55. 森本 桂・岩崎 厚 (1972) マツノザイセンチュウ伝播者としてのマツノマダラカミキリの役割。日林誌, 54 : 177 - 183。
56. 森下正明 (1961) 動物生態学 (宮地伝三郎編) 東京, 朝倉書店, 163 - 263。
57. 村越重雄・青野信男 (1981) 人工飼料によるゴマダラカミキリの飼育, 応動昆 25 : 55 - 58。
58. 中垣至郎・関口計主 (1979) 茨城県におけるシロスジカミキリの多発生とその対策。植物防疫 33 : 23 - 26。
59. 中垣至郎・関口計主 (1980) シロスジカミキリの生態と防除。昭和 55 年度落葉果樹に関する試験研究打合せ会議病虫害部会資料—虫害, 農水省園試, P. 469。
60. 農業に関する公害試験成績書 (昭和 51 年度)。埼玉県農業試験場。P. 26 - 28。
61. NORRIS, M. J. (1965) The Influence of constant and changing photoperiods on imaginal diapause in the red locust (*Nomadacris septemfasciata* Serv.) Jour. Insect Physiol. 11 : 1105 - 1119.
62. 岡本秀俊・市川俊英 (1980) マツノマダラカミキリ *Monochamus alternatus* HOPE 成虫の行動について。日本昆虫学会第 40 回大会講要。P. 22
63. 大阪府中央卸売市場年報 (昭和 55 年)。大阪府: P. 1171。
64. OSIMA, K. H. HONDA and I. YAMAMOTO (1973) Isolation of an oviposition marker from azuki bean weevil, *Callobruchus chinensis* (L.). Agr. Biol. Chem. 37 : 2679 - 2680.
65. 越智鬼志夫 (1969) *Monochamus* 属 2 種成虫の羽化と産卵習性などについて。日林誌 51 : 188 - 192。
66. 越智鬼志夫・片桐一正 (1974) マツノマダラカミキリの生態学的研究。(I)。幼虫の齧構成の動き。日林誌 56 : 7 - 11。
67. PARKER, G. A. (1970) Sperm competition and its evolutionary consequences in the insects. Biol. Rev. 15 : 525 - 568。
68. PROKOPY, R. J. (1972) Evidence for a marking pheromone deterring repeated oviposition on apple maggot flies. Environ. Entomol. 1 : 326 - 332。
69. 埼玉県園芸試験場病害虫成績概要 (昭和 51 年)。
- P. 29 - 32。
70. SMITH, R. L. (1979) Repeated copulation and sperm precedence : Paternity assurance for brooding water bug. Science 205 : 1029 - 1031。
71. 杉山 浩 (1969) 純合成飼料によるキボシカミキリ *Psacothea hilaris* PASCOE 幼虫の飼育について。蚕糸研究 No. 73 : 45 - 51。
72. 高橋 稔 (1928) 蔬菜害虫各論。東京: 明文堂。511P。
73. 高橋正三・北村実彬 (1976) ゴキブリの配偶行動と性フェロモン。植物防疫 30 : 411 - 416。
74. 高橋幸吉・菊地 実 (1983) 最近渡題のクワの病害虫。植物防疫 37 : 373 - 379。
75. TANAKA, (1978) Effects of changing photoperiod on nymphal development in *Pteronemobius nitidus* BOLIVAR (Orthoptera: Gryllidae). Kontyū 46 : 133 - 151。
76. 東京都農業試験場研究資料第 29 号: 東京のウド産地の形成と技術の発展過程, 昭和 42 年。122P。
77. 東京都農業試験場そい試験成績書。昭和 37 年 1 月。P. 16 - 19。
78. 東京都中央卸売市場年報 (昭和 55 年), 東京都。P. 608。
79. 梅谷献二 (1981) 難防除病害虫をめぐる諸問題—害虫。植物防疫 35 : 239 - 245。
80. WILDE, J. and A. LOOF (1973) The physiology of insecta. (M. Rockstein ed.) New York: Academic Press, 144 - 156p.
81. 山根明臣 (1973) 人工飼料によるマツノマダラカミキリ幼虫の飼育。第 84 回日林学大会講要集 323 - 324。
82. 山根明臣 (1974) 組成の異なる人工餌によるマツノマダラカミキリ幼虫の発育の比較。第 85 回日林学大会講要集, 240 - 242。
83. 湯嶋 健 (1963) 昆虫の人工餌による飼育の現状と将来。農業技術 17 : 314 - 317. 419 - 422。
84. ZACHARUK, R. Y. (1980) Ultrastructure and function of insect chemosensilla. Ann. Rev. Entmol. 25 : 27 - 47.

Studies on Biology and Control of Udo Longicorn Beetle
(*Acalolepta luxuriosa* BATES)

Kisaku AKUTSU

Summary

Since 1970, a large population of *Acalolepta luxuriosa* BATES (Coleoptera: Cerambycidae) has attacked to udoes (*Aralia cardata*) cultivated in Kanto area, especially in the suburbs of Tokyo. The rootstocks and stems of udo plants were severely damaged by the larvae of the beetles. The author carried out a series of investigation on life-cycle, habit and control measures of the beetle. The results obtained were summarized as follows.

1. Results of investigations in occurrence of udo longicorn beetles (*A. luxuriosa*) in udo (*A. cardata*) fields are as follows:

- 1) In a part of Kodaira City where the beetles usually occurred they were observed in more than 50% of the fields in 1982 and 1983. Near 60-80% were the highest rates of plants attacked per field.
- 2) The occurrence was recognized in 27 fields among 35 sampled from all the area of Tokyo.
- 3) The occurrence of the beetle recognized in udo fields in Tokyo, Saitama, Kanagawa, Gunma and Ibaraki prefectures.

2. Migration of the beetles among udo growing districts and between udoes and other host plants was examined.

- 1) Udoes cultivated on commission in highlands in Gunma prefecture were occasionally parasitized by the beetles, while Japanese angelica trees (*Aralia elata*) around the udoes were not attacked.
- 2) Very rare parasitism on aralicaceous plants nearby udo fields was recognized in Tokyo. Only two larvae were found in the plants.
- 3) Rates plants parasitized by the beetles were quite different between highland fields and flatland ones, even when the udoes were divided from the same rootstocks. In a highland of Gunma pref., 2 to 14% of plants were attacked in one third of 15 udo fields on commission, whereas in a flatland of Tokyo, 38 to 46% were attacked in two third of 15 fields.

These results suggest that the beetles breed mainly in flatlands including Tokyo. Waste rootstocks of udoes are regarded as the origin of infestation of the beetle. It is not likely that the beetles migrated from other host plants attack severely to udoes.

3. Damages by larvae of the beetle on udoes are as follows:

- 1) An inoculation test with eggs to a udo showed that the larva would enter the inoculated plant through epidermis, bast and pith to hollow the stem. The perforation went up to over 40 to 50 cm 70 days after hatching. The perforation proceeded upward at first and then gradually downward to thereby attain the underground rootstock. The larvae grew rapidly and became 5th inster, (i.e. the final inster) in the last third of September to October. Larvae hatched in the last third of September did not grow well because of the low temperatures.

2) Entrance was closely related to falling down and damaged germs of udoes. Falling down and damaged germs of udoes would increase with an increase in a rate of plants entered. It was also found that breeding of the beetles would inhibit formation of germs, resulting in decrease of yields, although no effect was observed on the growth of germs once developed.

4. An examinations on eggs of the beetle showed that the egg period was from 8.5 to 9.2 days on an average at 25C. Hatchability was from 58.5 to 95.9% and the threshold temperature for development was 9.8C.

5. Development of larvae was examined.

1) A feeding test of larvae with an artificial diet showed that these larvae would pupate at 4th, 5th or 6th instar, i.e., after exuviating three to five times. Pupation at 6th inster was rarely observed.

2) These larvae grew very rapidly. That is to say, most of the larvae hatched from the eggs inoculated on July 25 attained to 5th inster by the middle ten days of September.

3) Diapause of larvae was induced by short-days (8L-16D) and diapause termination was induced by low temperatures of 10 to 15 C and long-days (14L-10D) to result in the most frequent emergence.

6. An examination on artificial diet of larvae showed that cellulose would be essential for the normal growth in addition to powder of udo leaves dried. No effect of yeasts nor ascorbic acid was recognized. Therefore, mass reproduction of the beetles is possible with such artificial diets.

7. The seasonal prevalence of emergence of the beetles extended from the last ten days of May to the last ten days of September. It may be resulted from the difference in softening culture period of udoes, i.e., heating rootstocks in winter and cooling them in spring and summer.

8. The site of maturation feeding of the beetle is usually limited to stems near ground and joints of petioles. The maturation feeding was not observed at leaves nor petiolules.

9. Daily change in a feeding behavior of adults of the beetles was examined with *Fatsia japonica* as diet for 30 days. Average areas of parts of leaves bitted by female and male adults were 191 and 172 cm², respectively. The largest daily change was observed on the 10th day both in female and male adults.

10. An examination on the relationship between days of age after emergense and copulation showed that females could couple with mature males six days after emergence, while all males could couple with mature females 10 days after emergence. Therefore, female adults had already acquired copulation ability at extrication.

11. It has been found that maturation feeding of the beetles would accelerate the development of ovaria. However, maturation of ovules would not occur continuously unless copulation took place.

12. No relationship was observed between the development of tests and maturation feeding. A male adult has two pairs of tests each consisting of approximately 70 seminal chambers. Multiplication of spermatogonium would initiate immediately after pupation and develop to fulfil vas efferens with sperms five days after emergence.

13. Results of an observation and experiment on mating of the beetles were as follows:

- 1) Mating of the male consisted of wandering (searching for the female), orientation to approaching the female, grasping, mounting, licking and copulation.
- 2) The wandering behavior was the only means for the male to meet with the female. Without the behavior, a male and a female can not recognize each other.
- 3) The competition between males for the access to the female was severe and the males fought each other by grasping, pushing and tapping with their antennae. The issue depends on body weights and length of antennae of the two males.
- 4) A male mounts a female for a long time with copulating many times. Copulation continued for 20 sec to 10 min. Frequency of copulations showed to peaks. Two to five copulations were observed in females in an hour at intervals of three to about 15 min.
- 5) Females copulated with various males more frequently would oviposit less and lay unfertilized eggs earlier.
- 6) The vision does not play an essential role in the recognition of a female by a male.
- 7) A male reacted intensively to an even killed female by freezing with curving the abdominal tip. Releasing efficiency of this behavior continued for 17 days and then decreased with the elapse of time.
- 8) A male would not react to a female elytra washed with ethyl ether, n-hexane or ethyl alcohol.
- 9) It has been found that a male would recognize a female by contacting with a chemically sensitive substance present on the surface of a female body, i.e., a contact pheromone.
10. The contact pheromone would be received at antennae and maxillipalps of a male. It has been also found that maxillipalps would be complementary to antennae.
- 11) Immersion of antennae in hydrochloric acid and cut off of maxillipalps of a female would result in rejection of a male by the female, since the female could not receive some signal to recognize a male.

14. Surface structures of the organs concerning to mating including antennae, elytra and dorsal part of abdomen were observed under a scanning electron microscope. Section of tissues of elytra and dorsal part of abdomen were also examined under a light microscope.

- 1) Sensory hair which is absent in a female was observed on the 4th to 11th joint of an antenna of a male. This hair is regarded to concern to the reception of contact pheromone.
- 2) The surface of a elytron was covered with a waxy substance. There existed pores of approximately 0.5μ in diam. which might be secretory pores of the waxy substance. Small pores of 2.3 to 2.8μ in diam. were also observed at the basal parts of body hair of a female. Nothing but epidermal cells were observed as cells corresponding to these small pores on the surface.
- 3) The pores of about 2μ in diam. and secretory cells with ducts were observed on the reverse side of elytra of a female.
- 4) A small pore of ca. 2μ in diam. was observed at each joint of dorsal part of abdomen and secretory cells corresponding to them were observed under epidermal cells.

15. A female would oviposit at night on a stem of a udo within 10 cm above the ground. It would lay usually an egg per stem and four eggs at most. The females seemed to avoid to crowd with eggs on one rootstock.

16. A female lays 286 eggs on average. Oviposition would be continued sluggishly for 52 to 120 days. The Females would lay less than 10 eggs a day.

17. Results of examinations on the effect of various pestisides to the beetles were as follows:

- 1) Twice spraying with 1,000-fold dilutions of 50% emulsions of MEP or MEP·EDB to the basal part of udoes was found to be effective to control the beetles.
- 2) Application of granular dimethoate was also effective to adults. However, the time for application of it should be searched to avoid damage from the pestiside.
- 3) Fumigation of waste rootstocks is most effective for controlling the beetles, since it cut their life-cycle.