

博士論文

日本産 *Sciara* 属群（双翅目、クロバネキノコバエ科）の
系統分類学的研究

Systematics on the Japanese *Sciara* genus-group
(Diptera, Sciaridae)

横浜国立大学附属図書館



11577756

環境生命学専攻地球環境コース

01TA006

須島充昭

Sutou, Mitsuaki

指導教官：伊藤雅道

目次

	Page
Abstract	i
第1章 緒言	
はじめに	1
研究目的	16
第2章 分類学的研究	
(1) 研究方法	18
・形態用語及び <i>Sciara</i> 属群の定義	
・採集方法及びプレパラート作成法	
(2) <i>Sciara</i> 属	21
(3) <i>Leptosciarella</i> 属	44
(4) <i>Trichosia</i> 属	49
(5) <i>Scythropochroa</i> 属	60
(6) <i>Schwenckfeldina</i> 属	66
(7) <i>Chaetosciara</i> 属	68
(8) まとめ	69
第3章 系統解析	
(1) 研究背景及び方法	70
(2) 結果及び考察	73
第4章 クロバネキノコバエ科の土壌からの発生個体数と季節消長	
(1) 研究背景及び方法	75
(2) 結果及び考察	77
(3) 羽化トラップで捕獲された <i>Sciara</i> 属群	81
第5章 総合考察	82
謝辞	87
引用文献	88

要旨

第 1 章緒言においては、クロバネキノコバエ科の分類と生態について、これまでに知られている知見をまとめた。クロバネキノコバエ科(Family Sciaridae)は体長 2-5mm ほどの小型の双翅目 (=ハエ目) 昆虫である。本科は現在世界で 58 属 1709 種が知られている (Menzel and Mohrig, 2000)。また、日本では 17 属 67 種が知られているが (笹川, 2003; Sutou and Ito, 2003)、寒冷なドイツで 343 種知られていることを考えると、日本のファウナの解明度は現在約 1 割程度であろうと予想される。本科の幼虫はたいてい土壌中、又は朽ち木中に生息し、腐った植物質を摂食している。特に moder や mor 型土壌 (リターが厚く堆積し、菌糸層の発達した土壌) を好むことが知られている。また、少数であるが、キノコ (子実体) や生きた植物質を摂食するものも知られている。捕食性のものは知られていない。古くから数種が幼虫期に作物 (マッシュルーム、花卉の芽、根、球根など) を加害することが知られている。成虫は一般に湿気があり薄暗い (樹冠部の厚い) 林内を好む。生活史は年一化性のものから多化性のものまで様々であるが、成虫の寿命は一般に短く一週間から一ヶ月程度であると言われおり、成虫期には摂食活動はほとんど行わない。また、成虫はサトイモ科植物やウマノスズクサ科カンアオイ類のポリネーターとしても知られている。また近年、本科が土壌から羽化してくる昆虫として、個体数において非常に優占的であることを示す研究がいくつかなされた (Hövmeyer, 1999; Shimazaki and Miyashita, 2000; Nielsen and Nielsen, 2004)。

本研究の中心部分は第 2 章の、日本産 *Sciara* 属群の分類学的研究である。*Sciara* 属群とは、Menzel and Mohrig (2000) が単系統群と推測した 6 属、*Sciara*、*Leptosciarella*、*Trichosia*、*Scythropochroa*、*Schwenckfeldina*、*Chaetosciara* である。日本各地から本属群の標本を収集し、プレパラート標本 (カナダバルサムで封入) として観察した。採集は主に捕虫網によるスウィーピング法、又は羽化トラップ (40cm×40cm、木製) により行った。これら 6 属のうち、*Sciara* 属に関する分類学的研究の成果 [第 2 章 (2)] は、2004 年 11 月にドイツで印刷、出版された [Sutou, M., Ito, M. T. and Menzel, F. (2004) A taxonomic study on the Japanese species of the genus *Sciara* Meigen (Diptera: Sciaridae). *Studia dipterologica* 11 (1): 175-192]。この論文中で、2 新種 *S. pectilinealis* Sutou, 2004 と *S. kitakamiensis* Sutou, 2004 を記載し、*S. hemerobioides* (Scopoli, 1763)、*S. helvola* Winnertz, 1867、*S. multispinulosa* Mohrig and Kozánek, 1992 を日本から初めて記録し、*S. thoracica* Matsumura, 1916、*S. melanostyla* Mohrig and Krivosheina, 1990、*S. humeralis* Zetterstedt, 1851 の日本における新産地を報告した。また、*Lycoria* (= *Sciara*) *japonica* Enderlein, 1911 を *Bradysia* 属へ移動した。第 2 章 (3)、*Leptosciarella* 属の分類学的研究におい

ては、*L. pilosa* (Staeger, 1840)、*L. subpilosa* (Edwards, 1925)、*L. rejecta* (Winnertz, 1867)、*L. dimera* (Tuomikoski, 1960)を日本から初めて記録し、また、*L. lobodentata* Menzel and Mohrig, 1997 の日本における新産地を報告し、他に本属の3未記載種を記載した。第2章(4)、*Trichosia* 属の分類学的研究においては、*T. hypertricha* Menzel and Mohrig, 1997、*T. scotica* (Edwards, 1925)を日本から初めて記録し、他に本属の10未記載種を記載した。第2章(5)、*Scythropochroa* 属の分類学的研究(Sutou and Ito, in press)においては、*S. radialis* Lengersdorf, 1926 を本属の日本からの初記録として記載した。第2章(6)、*Schwenckfeldina* 属の分類学的研究においては、1未記載種を本属の日本からの初記録として記載した。第2章(7)、*Chaetosciara* 属の分類学的研究では、*C. estlandica* (Lengersdorf, 1929)を日本から初めて記録し、*C. takahashii* Sasakawa, 1992 の日本における新産地を報告した。更に、本研究は成虫だけではなく未成熟期の形態の記載も試みた。日本産 *Sciara* 属群のうち、4属9種の未成熟期の形態を明らかにし、4属12種については、未成熟期の生息環境(食性)を明らかにした。従来、日本では、*Sciara* 属群に属するクロバネキノコバエは4属11種が知られていたが、本研究の結果、1種を本属群から除外し、11日本初記録種、16未記載種を加えて計6属37種となった。また、日本産クロバネキノコバエ科の種数は17属67種から19属94種に増加した。

第3章では、上記の *Sciara* 属群を対象に、属レベルの系統解析を行った。特に、第2章(2)で系統分類学的重要性を議論した雄交尾器の paramere と parameral apodeme の形態も含め、計40個の成虫の形態形質に基づき PAUP*4.0 (Swofford, 2000) を用いて解析した結果、本属群の属レベルの系統縁関係は(Outgroup (*Sciara*, *Leptosciarella*) (*Trichosia* (*Scythropochroa* (*Schwenckfeldina*, *Chaetosciara*))))と推測された。

第4章ではクロバネキノコバエ科に関する基礎的な生態学的知見を蓄積する目的で、その土壌からの羽化個体数と季節消長を、横浜市内のスタジイの優占する林内で調査した。その結果、双翅目昆虫の年間1m²当たりの土壌からの羽化個体数は4781個体、その内クロバネキノコバエ科は45%にあたる2159個体であった。また、調査地のクロバネキノコバエの中で最も優占していた種である *Ctenosciara japonica* Sutou and Ito, 2003 の季節消長を羽化トラップ法とスーピング法で比較し、初夏に個体数の増加する多化性であることを明らかにした。

第5章では、総合考察として、特に、第2章で得た日本産 *Sciara* 属群未成熟期の食性に関する知見と、第3章で得た系統解析結果とに基づき、本属群内では、主要な食性である土壌での腐植質食から、一部のものが朽ち木食へと適応した傾向のあることを推察した。

Abstract

The present study entitled "Systematics on the Japanese *Sciara* genus-group" consists of the studies of taxonomy, phylogeny and ecology. In the chapter 2 following the general introduction of the chapter 1, taxonomic study of the Japanese *Sciara* genus-group is conducted. *Sciara* genus-group is a monophyletic group estimated by Menzel and Mohrig (2000) consisting of the following six genera: *Sciara*, *Leptosciarella*, *Trichosia*, *Scythropochroa*, *Schwenckfeldina* and *Chaetosciara*. Sutou *et al.* (2004) studied eleven species of the Japanese *Sciara* and described eight species including two new species, *S. pectilinealis* Sutou, 2004 and *S. kitakamiensis* Sutou, 2004. Following three species *S. hemerobioides* (Scopoli, 1763), *S. helvola* Winnertz, 1867 and *S. multispinulosa* Mohrig and Kozánek, 1992 were newly recorded from Japan. New localities of *S. thoracica* Matsumura, 1916, *S. humeralis* Zetterstedt, 1851 and *S. melanostyla* Mohrig and Krivosheina, 1990 were recorded. A known locality of *S. lackschewitzi* Lengersdorf, 1934 was noted. The species name *S. fagi* Shinji, 1938 was treated as nomen dubium. *Lycoria* (= *Sciara*) *japonica* Enderlein, 1911 was transferred to the genus *Bradysia* as comb. nov. Sutou and Ito (in press) recorded *Scythropochroa radialis* Lengersdorf, 1926 from Japan as the first representative of this genus from East Asia. The female of this species was redescribed based on the Japanese specimens and compared with a closely similar species, *S. gressitti* Steffan, 1969 from Micronesia. In addition, *Leptosciarella pilosa* (Staeger, 1840), *L. subpilosa* (Edwards, 1925), *L. rejecta* (Winnertz, 1867) and *L. dimera*

(Tuomikoski, 1960) are newly recorded from Japan; *Leptosciarella* sp.1 (near *L. viatica*), *Leptosciarella* sp.2 (near *L. opaca*) and *Leptosciarella* sp.3 (near *L. opaca*) are described with figures. *Trichosia* (*Trichosia*) *hypertricha* Menzel and Mohrig, 1997 and *Trichosia* (*Baeosciara*) *scotica* (Edwards, 1925) are newly recorded from Japan; *Trichosia* (*Trichosia*) sp.1, *Trichosia* (*Trichosia*) sp.2, *Trichosia* (*Trichosia*) sp.3 (near *T. morio*), *Trichosia* (*Trichosia*) sp.4 (near *T. splendens* and *T. confusa*), *Trichosia* (*Trichosia*) sp.5, *Trichosia* (*Mouffetina*) sp.6, *Trichosia* sp.7, *Trichosia* sp.8, *Trichosia* sp.9 and *Trichosia* sp.10 are described with figures. *Trichosia* sp.7-10 do not fit to any currently recognized subgenera of the genus *Trichosia*. *Schwenckfeldina* sp. (near *S. carbonaria*) is described with a figure as the new record of this genus from Japan. *Chaetosciara estlandica* (Lengersdorf, 1929) is newly recorded from Japan. Consequently, the above study of the chapter 2 increased the number of known species of Japanese *Sciara* genus-group from eleven species of four genera to 37 species of six genera. The present study treated not only adult taxonomy but also immature morphology. Immature stages of nine species belonging to four genera of the Japanese *Sciara* genus-group are described, and the habitat preference of the immature stages of twelve species belonging to four genera of this genus group are recorded. In the chapter 3, phylogenetic relationship of the six genera of the *Sciara* genus-group is analyzed based on the adult morphology using PAUP* 4.0. The criterion of parsimony and the method of heuristic search are adopted for the analysis, and the obtained phylogenetic tree is shown as (Outgroup (*Sciara*, *Leptosciarella*) (*Trichosia* (*Scythropochroa* (*Schwenckfeldina*,

Chaetosciara))). In the chapter 4, the emergence abundance of sciarid flies from soil is studied using emergence traps. It is 2159 m⁻² year⁻¹ in the broad-leaved evergreen forest in Yokohama city, which is equivalent to 45% of total catch of Diptera and 40% of total catch of Pterygota including Diptera. In addition, the phenology of *Ctenosciara japonica* Sutou and Ito, 2003 which is most dominant species of sciarid flies in the study site of Yokohama city is studied using emergence traps and the sweeping method. The high abundance in early summer and multivoltine habit of this species is clearly shown. Finally, in the chapter 5, the evolution of the larval feeding habit of *Sciara* genus-group is discussed based on the knowledge of the chapter 2 and 3. Considering that the ground plan of the larval feeding habit of sciarid flies is phytosaprophagous in soil, the evolutionary trend within this genus group is estimated to be “from soil humus to rotten wood”.

第1章 緒言

はじめに

(1) 系統分類

クロバネキノコバエ科 (Family Sciaridae Billberg, 1820) は昆虫綱双翅目 (=ハエ目) 糸角亜目に属する体長 2-5 mm ほどの小型のハエである。英語では dark-winged fungus gnats、又は black fungus gnats、ドイツ語では Trauermücken (喪服をまとったハエ、の意味) と呼ばれている。各国の通俗名が示すように、たいていの場合体が一様に黒色であるということが、外見上の特色の一つである。本科の分類階級は以下に示すとおりで、現在広く受け入れられている分類体系 (Wood and Borkent, 1989) では、キノコバエ科、タマバエ科と共に、キノコバエ上科を構成している。

昆虫綱 (30 目からなる)

双翅目 (=ハエ目、約 100 科からなる)

キノコバエ上科

キノコバエ科

クロバネキノコバエ科

タマバエ科

Class Insecta

Order Diptera

Superfamily Sciaroidea

Family Mycetophilidae

Family Sciaridae

Family Cecidomyiidae

・研究史

国際動物命名規約第 4 版 (International Code of Zoological Nomenclature - Fourth Edition) は、Linnaeus の「Systema Naturae」第 10 版を二名法により動物を記載するという行為の起点とみなしている。初めてクロバネキノコバエが記載されたのはそのわずか 5 年後のことである。オーストリアとイタリアで、植物学、生理学、昆虫学を研究した Johann Anton Scopoli (1723-1788) はその 1763 年の著作「Entomologica carniolica exhibens insecta carnioliae indigena et distributa in ordines, genera, species, varietates. Method Linnaeana」の中で *Tipula hemerobioides* Scopoli, 1763. という種を Carniolia (=Krain) (現在のスロベニア) から記載した。しかし、Scopoli が研究した標本は、船の難破又は火事によって完全に失われたと言われている (Menzel and Mohrig, 2000)。Scopoli の記載の 4 年後、Linnaeus は「Systema Naturae」

第12版の中で同じ種を *Tipula thomae* Linnaeus, 1767 という名でヨーロッパから記載した。本種は現在 *Sciara hemerobioides* (Scopoli, 1763) を有効名として知られており、クロバネキノコバエ科の模式属 *Sciara* の中の模式種、すなわちクロバネキノコバエ科を代表する種であると言える。なお、本種は本論文の中で日本初記録種として記載されており、横浜国立大学構内からも採集されている。

その後ヨーロッパでは1800年代に数多くの昆虫が記載された。双翅類学の分野は特に、「双翅類学の父」と呼ばれるドイツの植物学者兼昆虫学者 Johann Wilhelm Meigen (1764-1845) の活躍によって大きな進歩をとげた。Meigen (1800) は、クロバネキノコバエ類に対して *Lycoria* という属を設立し、また、Meigen (1803) ではクロバネキノコバエ類に対し、上記の *Tipula thomae* Linnaeus, 1767 (= *Hirtea thomae* (Linnaeus) in Fabricius, 1798) を模式種として *Sciara* 属を設立した。後の研究で、*Lycoria* 属の模式種も *Tipula thomae* Linnaeus, 1767 と指定された (Coquillett, 1910)。この Meigen の二つの著作は後の分類学研究者に多くの論争を引き起こした。なぜなら前者 Meigen (1800) はフランスに住む彼の知人が、Meigen が執筆中の原稿の内容を彼の許可なしにパンフレットとして配布したものだからである (Evenhuis, 1997)。従って Meigen (1800) と Meigen (1803) の内容は実質的には同じであるが、上記の *Lycoria* 属と *Sciara* 属のように同じ分類群に異なる学名がつけられているケースも多く、混乱を引き起こした。この事態は最終的には動物命名法国際審議会の裁定によって收拾された (International Commission on Zoological Nomenclature, 1963)。この裁定の中で、Meigen (1800) は分類学的には不適格な書物として抑制 (suppression) され、結果として *Lycoria* 属は *Sciara* 属のシノニムとして取り扱われることとなった。現在では *Sciara* Meigen, 1803 がクロバネキノコバエ科の模式属として広く認められている。挿図画家としての職も持っていた Meigen はその後、1818年から1838年にかけて数々の美しい挿図と共に *Systematische Beschreibung der bekannten europäischen zweiflügeligen Insekten* (7 Vols.) を出版し、ヨーロッパにおける双翅類学の基礎を築き上げた。彼はその生涯に32種のクロバネキノコバエを記載した。

クロバネキノコバエを科階級の分類群として扱ったのは、スウェーデンで動植物を研究した Gustaf Johann Billberg (1772-1844) による著作 Billberg (1820) が最初であったと言われている (Steffan, 1966; 笹川, 1993; Sabrosky, 1999)。ただし、クロバネキノコバエ科を表す綴りは“*Sciaraedes*”であった。また、Billberg の著作の中では新属や新種の記載はなされなかった。初めて本科の包括的な分類学的研究を行ったのはドイツの昆虫学者 (特に双翅目糸角亜目の専門家) Johannes Winnertz (1800-1890) であった。特に Winnertz (1867) の

モノグラフの中で彼は、ヨーロッパ産の標本に基づき、クロバネキノコバエ科に3つの既知の属を認め、4つの新属を記載した。また、30種を再記載し、157の新種を記載した。Winnertz の分類は主に触角の形状、体色、翅脈相などに基づいて行われた。その後1800年代には本科の分類学的研究に目立った進展はなかったが、1900年代に入り、Enderlein (1911)、Edwards (1925)、Lengersdorf (1928-1930)、Frey (1942, 1948)、Tuomikoski (1960)、Freeman (1983) らによって次第にヨーロッパ産種の属分類体系が整えられ、多くの新種が記載されてきた。本科は1900年代前半には、しばしばキノコバエ科の1亜科として扱われたが、既知種数の増加に伴い、特に1960年代以降は一貫して独立の1科として扱われている。Steffan (1966) は本科の北米産種の属分類体系を包括的に論じたが、北米はアジア同様、現在本科の分類学的研究の非常に遅れた地域である。本科の成虫は、多くの研究者が指摘しているように (例えば Loudon, 1980; Steffan, 1980)、顕著な分類形質を欠く場合が多く、そのため分類学的研究の対象としては敬遠されがちであった。何らの理由で、比較的短期間の間に大きな適応放散を遂げた結果ではないかと推測される。実際に本科の分類学的研究を進めてみると、「広く浅く」進化した分類群であるという印象が残る。しかし、1980年代以降も、本科の分類学的研究はドイツの Mohrig、Menzel らによって進められた。近年の著作 Menzel and Mohrig (2000) は、主にヨーロッパ、ロシアの材料に基づく本科の旧北区のモノグラフであり、ここでは初めて属レベルの系統解析も試みられた (ただしこの解析は最節約原理に基づいておらず、試験的なものであると本文中に述べられている)。今後は、このモノグラフによって提唱された分類体系が、本科の分類体系を議論するうえでの基準になるものと思われる。

Menzel and Mohrig (2000) によれば、本科は現在世界で58属1709種、旧北区からは28属836種が知られている。また、Menzel (2000) によれば、国別の既知種数はドイツが最も多く343種、次いでフィンランドが223種、オーストリア180種、イギリスが153種と続き、他に既知種数が100種をこえる国は、スイス、イタリア、チェコである。概して本科の分類学的研究はヨーロッパ、特にドイツ語圏を中心に進展してきており、ヨーロッパ以外の地域におけるファウナの解明度は極めて低い。本科の地理分布は非常に広く、両極以外のほとんどの地域に分布しているといえる。例えば Weber (1954) はアラスカから数種のクロバネキノコバエを記録している。本科の種数や個体数の、他の昆虫に比した相対的な割合は、高緯度地域において高まると思われるが、Floren (2003) は、マレーシア、キナバル国立公園の熱帯雨林で、殺虫剤によるキャノピーノックダウン (フォギング) 法によって多くの双翅目昆虫を採集し、この中で本科が種数、個体数とも非常に豊富 (約300種1505個体) であったことを示して

いる。また、Kitching *et al.* (2004) はオーストラリア東岸とニューギニアの熱帯林において、キャノピーノックダウン (フォギング)、マレーゼトラップ、イエローパントラップなどの手法で本科成虫が非常に多く採集できることを示している。世界の熱帯地域において、更なる本科の種多様性の解明が望まれている現状である。また、Austin *et al.* (2004) はオーストラリアの森林においてしばしば本科成虫が極めて優占的であること、同時にこの地域における分類学的研究が極めて遅れていることを指摘している。

日本産クロバネキノコバエが初めて記載されたのは1911年である。ドイツの昆虫学者 Günther Enderlein (1872-1968) は神奈川から採集された1匹のメスの標本をもとに *Lycoria japonica* Enderlein, 1911 を記載した。なお、本論文では、この *Lycoria japonica* の完模式標本が現在ポーランドの Polish Academy of Science に所蔵されていることを明らかにし、それを所見した結果として、本種を *Bradysia* 属へ移すことを提案している (第2章 (2) 参照)。続いて1916年に、北海道帝国大学の松村松年が *Sciara thoracica* Matsumura, 1916 を札幌から記載した。以後数十年にわたり、日本産クロバネキノコバエが記載されることはなかったが、Mohrig *et al.* (1992)、Sasakawa (1983, 1992, 1994, 1997)、湯川ら (2000) などによって研究がなされ、笹川 (2003) は、日本産クロバネキノコバエの既知種を17属63種とまとめた。しかし、寒冷なドイツで約350種分布していることを考えると、南北に長い日本には、実際には600-700種ほど分布しているのではないかと予想される。

本科の未成熟期の形態は Madwar (1937)、Plachter (1979b; c)、Blaschke-Berthold (1988) らによって明らかにされてきたが、今なお非常に知見が不足しており、幼虫による属同定は不可能である。今後の研究の強く望まれているところである。

・化石種

本科の最古の化石は中生代白亜紀の地層から産出しているが、多くは新生代第三紀から産している (Evenhuis, 1994)。本科に近縁なキノコバエ科も、最古の化石は中生代中期から知られており、新生代第三紀のバルト琥珀などからも多くの化石種が産出している (Evenhuis, 1994; Blagoderov and Arillo, 2002)。クロバネキノコバエ科とそれに近縁なキノコバエ科、タマバエ科、ケバエ科などの科の分化はおそらく中生代ジュラ紀におこったであろうと推測されている (Matile, 1997)。クロバネキノコバエ科の化石種はこれまでに139種知られており、そのうち琥珀から発見されたものは60種である (Menzel and Mohrig, 2000)。中でもヨーロッパのバルト琥珀からは4属22種が知られている (Mohrig and Röschmann, 1994; Röschmann and Mohrig, 1994)。ところで本科の模式

属 *Sciara* (= *Lycoria*) はかつて、同定の難しい種や雑多な種は便宜的にたいていこの属に分類されてしまった経緯があり (いわゆる catch-all genus)、化石種においてはなおさらその傾向が強い (Evenhuis, 1994)。これまでに多くの *Sciara* (= *Lycoria*) 属の化石が記載されてきたが、記載内容、特に翅脈 R_1 の長さなどから判断して、確かに *Sciara* 及びそれに近縁の属 (*Sciara* 属群) の種の記載を含むと判断される報告としては、Cockerell (1916)、Melander (1949)、藤山・岩尾 (1975)、Mohrig and Röschmann (1994) をあげることができる。

・細胞遺伝学的研究と性比

系統進化の推定には、形態形質のみならず、染色体や遺伝子の形質も重要である。これまでのところ、本科の分子系統解析の先例はないが、細胞遺伝学的手法による染色体レベルの研究がいくつかなされている。これまで知られている限りでは、クロバネキノコバエの染色体の基本数 (n) は 4 である。すなわち 1 つの細胞に 4 対の染色体が存在する。ただしそのうちの 1 対 (性染色体) は、雌の体細胞では XX、雄の体細胞では XO、雄雌とも、生殖細胞系列では XX であり、この点が非常に特殊であるとされている (Steffan, 1966)。Wood and Borkent (1989) は、染色体削減 (chromosome elimination) の結果、このように体細胞と生殖細胞の染色体数が異なるという形質を、クロバネキノコバエ科とその姉妹群と推測されているタマバエ科の、共有派生形質の 1 つとしてあげている。ただし、このような形質は、これらの 2 科とは系統的には遠く隔たったユスリカ科でも知られているという。また、クロバネキノコバエ科では、染色体数のみではなく、それに由来する性決定様式にも特徴的な点のあることが知られている。4 対の染色体は中部動原体染色体 (metacentric chromosome) と端部動原体染色体 (acrocentric chromosome) に分類されるが、時には雄のみ、時には雌のみを生む単性種では、原則として 1 対の中部動原体染色体と 3 対の端部動原体染色体、両性種では原則として 2 対の中部動原体染色体と 2 対の端部動原体染色体を持っている (Steffan, 1966)。また、生殖細胞には 4 対の染色体の他に 0-3 個の制限染色体 (limited chromosome) が存在し、これらの働きが性決定に深く関わっている (McCarthy, 1945a, b; Steffan, 1966)。Crouse (1960) は胚の卵割初期に起こる複雑な精子形成と染色体削減 (chromosome elimination) 及びそれらに由来する特異な性決定様式の解明を試みた。また、生殖細胞のみならず、唾液腺染色体に関する研究もなされている (McCarthy, 1945a, b; Metz, 1959)。これらの一連の研究にもかかわらず、クロバネキノコバエ科の細胞遺伝学的研究は 1970 年代以降ほとんどなされていない。Haig (1993) は、本科の特殊な核型や性決定様式に関する進化的解釈を試みたが、今後更なる研究が期待されている。

Tuomikoski (1957) は、クロバネキノコバエ科の *Scythropochroa radialis* Lengersdorf, 1926 の幼虫を飼育した結果、雄のみが羽化する場合と雌のみが羽化する場合とがあったと報告している。性比が極端に偏ることの適応的意義には諸説あるが、雌のみを産する場合には、一般に好ましくない環境に直面したときの反応であると解釈されている (Nielsen and Nielsen, 2004)。本科成虫の飛翔と分散は、雄よりもむしろ雌の役割であると考えられている (Binns, 1979)。なお、野外で本科成虫を採集する際にも、しばしば捕獲された成虫の性比が大きく偏っていることがあるが (Binns, 1979)、こちらはむしろ、雄と雌との行動パターンの違いや光に対する反応の違いによる場合が多い。

(2) 生態

ここではクロバネキノコバエ科の生態に関する知見を概説する。本論文では本科を単にクロバネキノコバエ、それに近縁なキノコバエ科を単にキノコバエとも呼んでいるが、以下でキノコバエ類と称した場合には、クロバネキノコバエ科とキノコバエ科の両科を指すものとする。

・生息環境

クロバネキノコバエ科の幼虫は大半が森林や草地の土壌や朽ち木中に生息するが、時折湿地の泥の中や川岸の半分浸水した朽ち木からも採集される (須島、未発表)。しかし完全に水生の幼虫はこれまでのところ知られていない。Loudon (1980) によれば、本科幼虫にはシロアリの巣で寄宿生活 (inquilinism) をするものもいる。キノコバエ類の成虫は一般に湿気があり薄暗い (樹冠部の厚い) 林内を好むと言われているが (Imms, 1957; Ostroverkhova, 1992; Økland, 1996)、その生息環境は多岐にわたる。Bährmann (2002) は川沿いの明るい林で、arboreal photo-elector と呼ばれるトラップを用いて、ヤナギとハコヤナギの幹を訪れた双翅目昆虫を捕獲したが、総個体数のうちの 86.5 パーセントが糸角亜目、糸角亜目のうち 6.7 パーセントがクロバネキノコバエ科であったと報告している。Hackman (1963) はフィンランドのハタネズミ類 (*Microtus arvalis*, *Microtus agrestis*, *Clethrionomys glareolus*) の巣穴から計 7 属 25 種のクロバネキノコバエを記録した。また、Steffan (1966) によると Hicks (1959) は 15 種のクロバネキノコバエを鳥の巣から記録していると言う。Edwards (1929) は、インドネシアの洞窟から 10 種の双翅目昆虫 (そのうち 1 種はクロバネキノコバエ科) を記録したが、これらはいずれも洞窟生活に適応した形態的特徴を持っていないため、偶然の訪問者であろうと推測している。Binns (1979) も洞窟に生息する本科成虫に言及している。また、本科には都市的な環境に進出してい

る種も多く、*Bradysia amoena* (Winnertz, 1867), *Bradysia paupera* Tuomikoski, 1960, *Lycoriella mali* Fitch, 1856, *Ctenosciara hyalipennis* Meigen, 1804 はヨーロッパでは植木鉢の土からも発生すると報告されている (Menzel and Mohrig 1997, 2000)。

・生活史

クロバネキノコバエの生活史は年一化性のものから多化性のものまで様々であるが、一般に温帯では春と秋に発生個体数が増加する。春と秋における成虫の発生個体数の増加は、温帯の土壌性双翅目幼虫に広く認められる傾向である (Frouz, 1999)。Nielsen and Nielsen (2004) は、デンマークの大麦畑と休閑地で 5 種のクロバネキノコバエの季節消長を調査したが、多くの種は年二化又は三化の傾向を示した。このような耕作地では、耕起 (tillage) が土壌から羽化する昆虫の発生消長に大きな影響を及ぼすことが知られている。しかし、例えば二山形の発生消長を単純に年二化と解釈してよいかどうかという点必ずしもそうではない。例えば Blackshaw and D'Arcy-Burt (1992) は春と秋に発生するケバエ科 (クロバネキノコバエ科に近縁) の 1 種 *Dilophus febrilis* Linnaeus, 1758 の幼虫の成長パターンを研究し、実際には年二化ではなく、春に発生する年一化の個体群と、秋に発生する年一化の個体群とが同所的に分布しているのではないかと推察した。クロバネキノコバエ科の多化性の種については実験室内で累代飼育が試みられた研究例もあり、これまでに以下のような報告例がある。*Bradysia sexdentata* (Petty, 1918)、産卵から次世代の産卵まで 16-35 日を要する (Steffan, 1966) ; *Bradysia agrestis* Sasakawa, 1978、20-25°C で月に 2 回の発生が可能 (笹川・赤松, 1978) ; *Bradysia zingiberis* (Sasakawa, 1985) (論文の中では *Phytosciara zingiberis* Sasakawa, 1985)、25°C で産卵から成虫羽化まで 22-28 日 (小川ら, 1985) ; *Ctenosciara hawaiiensis* Hardy, 1956、20°C で産卵から成虫羽化まで 23-34 日 (Steffan, 1973a) ; *Pnyxia scabiei* (Hopkins, 1895)、1 世代 21-38 日 (Osmola, 1970)。他に Steffan (1974) はハワイに生息する 7 属 13 種のクロバネキノコバエを 20±2°C の条件で飼育したが、1 世代に要する期間は、最も短い種で平均 16 日、最も長い種で平均 34 日であった。

本科成虫の寿命は一般に短く、1-2 週間程度であると言われている。しかし成虫期での越冬も知られており (Ostroverkhova, 1992)、比較的長命の種もあることが示唆されている。また、Binns (1979) によれば、雄は一般に雌よりも長命であるという。

・成虫の生態

植物との関わりでは、キノコバエ類はサトイモ科テンナンショウ属をよく訪

花し (Sasakawa, 1994; Menzel and Martens, 1995)、ポリネーターとしての役割のあることが知られている (Vogel and Martens, 2000)。一般にサトイモ科植物はハエ類をポリネーターとして利用することが多いと言われている (森, 1997)。また、ウマノスズクサ科カンアオイ属のポリネーターとしての報告もあり (Sugawara, 1988; 杉浦ら, 1999)、これらの花の上に産み付けられたキノコバエ類などの小型節足動物の卵が、孵化後成長することのないことが観察されているため、カンアオイ類の花はキノコに擬態しているのではないかと推測されている (Lu and Mesler, 1987; 杉浦ら, 1999)。Tuno (1998) は、キヌガサタケの孢子分散にショウジョウバエやイエバエ成虫の孢子食が深く関わっていることを指摘した。キノコバエ類成虫も、孢子食や孢子の体への付着を通してキノコの孢子分散の役割を担っている可能性のあることが示唆されている (Ostroverkhova, 1992)。また、菌食世代と昆虫寄生世代を持つ *Iotonchium* 属の線虫がキノコバエに寄生し、ここではキノコバエがキノコの子実体から子実体へと線虫を運ぶ伝播者 (vector) の役割を担っていることが知られている (津田, 2000)。また、自活性線虫 *Cruzenema lambdiensis* と *Caenorhabditis elegans* が栽培キノコの害虫であるクロバネキノコバエ科の *Lycoriella mali* に便乗 (phoresy) して分散することも報告されている (Rinker and Bloom, 1982)。

上記のように、一般に本科成虫の寿命は短いため、成虫期の摂食活動はそれほど活発ではなく、水や有機質を含む様々な浸出液を吸う程度であると考えられている。しかしイギリスでは 35 種のキノコバエ類成虫がカエデ (*Acer pseudoplatanus* L.) の樹液に集まっているのが観察されている (Waterhouse, 1998)。また、口吻の伸長した *Eugnoriste* 属のクロバネキノコバエは *Sidalcea malvaeflora* Gray (アオイ科の草本植物) の花蜜を吸うのが観察されている (Steffan, 1966)。

双翅目昆虫の配偶行動は一般に、雄が群飛行動を行うか、もしくは特定の目標物 (landmark) に集まり、視覚によって同種の雌を探索するという行動が最も原始的と考えられており (Downes, 1969)、このような行動をとる種では一般に複眼の大きさに顕著な性的二型が現れる (雄の方が大きい)。一方、カ科、ユスリカ科、ヌカカ科などで知られているように、雌が発する羽音に雄が反応する場合、すなわち雄が聴覚による探索を行う場合、もしくは雌が発する性フェロモンに雄が誘引される場合、すなわち雄が嗅覚による探索を行う場合、これらの習性はより派生的な行動形質と解釈され、これらの行動をとる種では一般に、触角の長さや形状に顕著な性的二型が現れる (雄の方が長く複雑な構造をとる)。クロバネキノコバエ科に近縁なキノコバエ科、ケバエ科やタマバエ科では群飛行動が観察されるが (Binns, 1979; Sullivan, 1981)、これまでのところクロバネキノコバエ科ではこのような群飛行動は知られていない (Menzel and

Mohrig, 1997)。劉ら (2002) は、食用キノコの害虫としても知られているチバクロバネキノコバエ (*Bradysia paupera*) のメスが、雄の交尾行動を誘起するための性フェロモンを発することを明らかにした。クロバネキノコバエ成虫の形態に見られる性的二型の特徴も、嗅覚、もしくは聴覚による誘引を示唆するものであり、活発に飛翔することの少ない本科成虫の多くは、性フェロモンを介して地上で同種の雄雌が出会い交尾が成立するのではないかと予想される。古くは Binns (1979) もクロバネキノコバエ科の配偶行動に性フェロモンが関与することに言及している。なお、Vockeroth (1974) は本科に近縁なキノコバエモドキ科 (*Cramptonomyiidae*) における性フェロモンを介した配偶行動の可能性を示唆している。

上記のように、双翅目昆虫の雄は同種の雌を探索するために飛翔する機会が多いのに対し、雌の飛翔は、移動分散や適切な産卵場所の探索という役割を持つ場合が多い。クロバネキノコバエ科成虫においてもやはり、分散は雄よりもむしろ雌の役割であるとされている (Binns, 1979)。一方、Glick (1939) は飛行機による採集で、数千フィートの上空からもおびただしい数の昆虫、クモ、ダニを採集し、その中には多くのクロバネキノコバエも含まれている。このことから、気流に乗った長距離分散も可能であるといえるだろう。

クロバネキノコバエ科成虫の雌一匹当たりの産卵数に関する知見は少ないが、これまでに以下のような報告がある。*Bradysia sexdentata* で 30-120 個 (Steffan, 1966)、*Bradysia praecox* (Meigen, 1818) で 60-70 個 (Binns, 1979)、*Scythropochroa nitida* Edwards, 1927 で 73-157 個 (Wisely, 1959)、*Ctenosciara hyalipennis* (論文中では異名 *Sciara annulata* (Meigen, 1818)) で 35-46 個 (Wisely, 1959)、*Pnyxia scabiei* で 18-63 個 (Osmola, 1970)。これまで知られている限り、卵は 1 卵塊として 1 度に産み落とされる。

クロバネキノコバエを捕食するのは小型又は中型の肉食昆虫、クモ、トカゲなどであるが、スズメ目の鳥類の中には gnatcatcher (*Polioptila* 属、ウグイスに近縁)、gnateater (*Conopophaga* 属) (gnat は“小バエ”の意味) と呼ばれる非常に小型の鳥類が知られており、これらもキノコバエ類の重要な捕食者である。ちなみに flycatcher というと、一般にもう一回り体の大きなヒタキ類を指す。また、クロバネキノコバエに寄生する生物は様々なものが知られているが、とりわけ寄生蜂 (Vilkamaa, 2001)、*Entomophthora* 属の昆虫寄生菌 (Steffan, 1966) や *Megaselia* 属のノミバエ (De Meijere, 1935; Tuomikoski, 1957; Steffan, 1966) がよく知られている。また、Binns (1979) によれば、*Arctoseius cetratus* というダニは、クロバネキノコバエの成虫体表に便乗し、その卵や幼虫を捕食するという。

・幼虫の生態

双翅目幼虫の1 m²あたりの個体数には調査によってばらつきがあるが、Frouz (1999) によれば概ね30-8000個体の範囲に収まる。しかしながら、まれに10000個体をこえるという報告もある (Healey and Russell-Smith, 1970; Altmüller, 1979)。これまでの研究で、クロバネキノコバエ科の幼虫は、ユスリカ科幼虫やタマバエ科幼虫と共に、土壌の双翅目群集の中で、個体数においてたいへん大きな割合を占めることが知られている (Altmüller, 1979; Frouz, 1997, 1999; Hövemeyer, 1999a; Shimazaki and Miyashita, 2000)。

本科幼虫の多くは土壌中、又は朽ち木中に生息し、腐った植物質を摂食している。また、少数であるが、生きた植物 (ツルニンジンの葉、フキやオオウバユリの茎) に穿孔し、その組織を摂食する種や (Sasakawa, 1983, 1997)、特に *Lycoriella* 属の中にはキノコ食の種も知られている (Menzel and Mohrig, 2000)。このように本科ではキノコ食がわずかししか知られておらず、また捕食性の種は全く知られていなが、一方で近縁のキノコバエ科にはキノコの子実体を摂食する種や捕食性の種が非常に多く (Hackman and Meinander, 1979; Matile, 1997)、多孔菌類 (サルノコシカケ科など) の孢子食に特殊化したものや (Matile, 1997)、変形菌 (=真性粘菌) の子実体食に特殊化した属も知られている (杉浦ら, 2002)。Frouz (1997) は土壌性双翅目幼虫を食性によって phytophages、humus feeders、mycophages (mycetophages)、saprophages、predators、other の6つにわけた。一方、Hövemeyer (1999b) は以下の9つのグループに分類した。すなわち、リター食者 (phytosaprophages) (狭義のリター食者、耕作地などの堆肥やコンポストを好むもの、リターの他に落枝や朽ち木も摂食するもの、の3つに細分される)、腐植質食者 (microhumiphages) (リターよりも分解の進んだ腐植質を摂食する)、剥ぎ取り型腐植質食者 (surface scrapers) (リターの表面から細かい腐植質を擦り取るように摂食する)、菌糸食者 (hyphae piercers) (菌糸を選択的に摂食する、時に生きた植物の根から養分を吸い取る、タマバエ科に多い)、朽ち木食者 (xylophages)、キノコ食者 (macromycetophages)、捕食者 (zoophages) (昆虫の幼虫などを捕食する)、腐肉食者 (zoosaprophages) (大型動物の排泄物や死体を摂食する)、寄生者 (parasitoids) (等脚類、イシムカデなどの土壌動物に寄生する) である。このうち、クロバネキノコバエ科幼虫は、主にリター食者、腐植質食者、又は朽ち木食者に該当する。一方、金子 (2004) によれば、近年、土壌動物の機能群は、微生物食者 (micrograzer)、落葉変換者 (litter transformer)、生態系改変者 (ecosystem engineer)、根食者 (root grazer)、捕食者 (predator) と分類するのが一般的となっている。土壌性双翅目幼虫の食性ギルドの分類は上記のように諸説あるが、それぞれの研究の目的や、特に双翅目幼虫のどのグループに焦点

を当てるかによっても、適切な分類は変わってくるであろう（第5章総合考察参照）。

Healey and Russel-Smith (1970) は土壌の双翅目幼虫の個体数が、多くの場合、リター層よりも腐植層で多くなることを示した。Frouz (1999) は、リター層と腐植層の境界付近において最も双翅目幼虫の個体数が多くなるが、捕食性の幼虫はやや深くまで分布する傾向があると述べている。Healey and Russel-Smith (1972) (in Binns, 1981) によれば、土壌において極めて優占的であったクロバネキノコバエ科の *Ctenosciara hyalipennis* の幼虫の分布はほとんど腐植層に限定されていた。ただし、垂直分布は季節や昼と夜の違いによっても変化するものであることには注意を要する。

Frouz (1999) によれば、土壌における双翅目幼虫の分布や発育に最も強い影響を及ぼす環境要因は、リターの流入量と土壌の水分含量である。したがってこれらの要因は、成虫の羽化時期（生活史）とも深く関わっているだろう。Frouz (1997) は、双翅目幼虫の個体数の年変動を示し、森林においてハマキガの被害によりリター流入量が減った年に、ケバエ科、タマバエ科、クロバネキノコバエ科などの幼虫の個体数の激減を観察した。Altmüller (1979) は、ドイツのブナ林において、リター量の増す秋から冬にかけて、双翅目幼虫の摂食活動が最も高まるとしている。Blackshaw and D'Arcy-Burt (1992) は、ケバエ科幼虫の体長や体重が、秋から急増し真冬に最大に達することを示した。

土壌だけではなく、朽ち木中にもクロバネキノコバエ科幼虫が多数生息していることが知られている。Irmeler *et al.* (1996) はブナ、ハンノキ、トウヒの朽ち木や朽ちた切り株から合計 11074 個体の昆虫を採集し、そのうち 3956 個体（114 種、ただしハネカクシ科は種同定されていない）が甲虫目、5894 個体（38 種）がクロバネキノコバエ科、1224 個体（55 種）がキノコバエ科であったと報告している。また、Hövmeyer (1998) は、ブナの朽ち木や落枝から 22 種のクロバネキノコバエを含む多くの双翅目昆虫を記録している。Lloyd (1963) は、ムカデ、等脚類、カタツムリ、ミミズ、双翅目幼虫などが、気象条件の変化や日周リズムの影響でブナの落枝の樹皮下とブナのリターとの間を移動 (mass movements) するかどうかを調査したが、樹皮下に生息するクロバネキノコバエ科 *Sciara* sp. の幼虫に関してはこのような移動が認められず、常に樹皮下にとどまる傾向の強いことを示した。しかし、Irmeler *et al.* (1996) はクロバネキノコバエ科やキノコバエ科の多くの種が、リターと朽ち木（又は朽ちた切り株）の両方から採集されることを示しており、これらの種については、環境や気象条件の変化に応じて、リターと朽ち木との間を移動していることも予想される。

土壌性のクロバネキノコバエ科幼虫の中には、林内を大きな列をなして移動する習性を持つ種のあることが、ヨーロッパでは古くから知られている

(Berthold, 1854)。Imms (1957) によれば列の長さは 12-15 フィート、幅 2-3 インチ、厚さは 0.5 インチ程で、毎分 1 インチ程で進むという。また Madwar (1937)、Steffan (1966) によれば、列の長さは、時には 100 フィート (約 30m) にも達することがあるという。ヨーロッパではこれらの幼虫を Heerwurm (=armyworm) と呼んでいるが、アメリカではヤガ科の列をなして移動する幼虫も armyworm と呼ばれるため、それと区別して snakeworm と呼ばれることもある。近年、ヨーロッパでこのような習性を示すのは、*Sciara thomae* (Linnaeus, 1767) と *Sciara militaris* Nowicki, 1868 であるとされている (Menzel and Mohrig, 1997)。北アメリカでは Becker (1914) により *Sciara congregata* Johannsen, 1914、Imms (1957) により *Sciara fraterna* Say, 1824、南米 (ベネズエラ) では Shaw and Shaw (1950) により *Sciara* (*Neosciara*) *beebei* Shaw and Shaw, 1950 (= *Odontosciara beebei* (Shaw and Shaw, 1950) in Amorim (1992))、また東南アジア (インドネシア) からは De Meijere (1935) により *Sciara lygropis* Edwards, 1928 が armyworm として記録されている。また、Binns (1981) によれば、*Lycoria sociata* という種 (記載者名不詳) も、何百何千という幼虫が群れる習性を持っているが、移動する習性は確認されていない。いずれの場合も、これら古い記録における種の同定は、再検討を要するであろう。

(3) 生息地選好性

・環境区分による比較

Hövmeyer (1999a) は森林とそれ以外の環境区分 (草地、耕作地、生垣など) を比較し、森林の方がクロバネキノコバエ成虫の発生個体数がやや多いことを示した。また、Nielsen and Nielsen (2004) は大麦畑と休閑地で土壌から羽化するクロバネキノコバエの発生個体数を比較し、前者では年間 1 m² 当たり 480-527 個体、後者では 369-433 個体であった。Frouz (1997) は、畑・休閑地・草地・森林 (森林は *Quercus* が優占) を一つの二次的な遷移系列と考え、それぞれの環境区分で双翅目幼虫の個体数とバイオマスを調査した。その結果、ユスリカ科やガガンボ科、ミズアブ科では畑、休閑地、草地で比較的高い個体数やバイオマスを示したが、ケバエ科、タマバエ科、クロバネキノコバエ科では明らかに森林で高い値を示した。これらの 6 科の幼虫は多くが腐食性 (植物質) であるが、一方オドリバエ上科やシギアブ科など捕食性の幼虫は草地で比較的高い値を示した。この研究では更に、個体数の年変動が示されており、森林においてハマキガの食害によりリター流入量が減った年に、ケバエ科、タマバエ科、クロバネキノコバエ科などの個体数の激減が観察された。このことから、

これらの幼虫にとっては厚く堆積したリター層が生息環境としてたいへん重要であると推察される。

・広葉樹と針葉樹、植生による違い

広葉樹林と針葉樹林においてクロバネキノコバエ成虫の発生個体数を比較した場合、Paquin and Coderre (1997) は広葉樹林の方が多いという結果を示した。Thiede (1977) はドイツのトウヒ林から羽化トラップを用いて年間 1 m² 当たり 1083-2612 個体のクロバネキノコバエ（双翅目昆虫の全捕獲個体数は 2168-3745 個体）を捕獲した。一方 Altmüller (1979) 同じドイツのブナ林から年間 1 m² 当たり 3205 個体のクロバネキノコバエ（双翅目昆虫の全捕獲個体数は 4114 個体）を捕獲した。Hövmeyer (1999a) は 6 つの植生区分における発生個体数を羽化トラップを用いて比較した結果、個体数の多い順に、トウヒ林、ブナ林 (moder 型土壌)、マツ林、ブナ林 (mull 型土壌)、コナラ林、低地林 (ハンノキ、ヤナギ、トネリコなどの混交林) となり、概して針葉樹林の方が多いことを示した。Shimazaki and Miyashita (2000) は、同様に羽化トラップを用いて土壌から羽化するクロバネキノコバエを定量的に捕獲したが、初夏の調査、秋の調査いずれにおいても、マツ林において広葉樹林 (ケヤキ、ホオノキ、アワブキが優占) よりも多くのクロバネキノコバエが捕獲された。以上の知見に基づくと、発生個体数に関しては、常に広葉樹林又は針葉樹林のどちらかに多いという一般的な傾向は見られない。しかし、特定の種のクロバネキノコバエにある程度の選好性があることも知られており、Mohrig and Jaschhof (1999) は、クロバネキノコバエ科の 1 種、*Ctenosciara hyalipennis* が旧北区温帯林の針葉樹林における普通種であると指摘した。

また、個体数ではなく種数で比較した場合には、一般に広葉樹林の方が高い値を示すと言われている (Menzel and Mohrig, 1997; Mohrig and Jaschhof, 1999)。Hövmeyer (1999b) は、羽化トラップを用いてクロバネキノコバエを含む腐植質食の陸生双翅目幼虫の種多様性を 5 つの植生タイプで比較した。これらの植生から全部で 179 種が捕獲され、このうち全ての植生タイプで捕獲された種は全体の 1 割弱であった。また、植生タイプ別では、種多様性の高い順にハンノキ・ヤナギ林、ブナ林、コナラ・クマシデ林、牧草地、生け垣 (クマシデ、カエデ、サンザシが優占) であった。

・mull 型土壌と moder, mor 型土壌

一般に温帯林では、mull 型の腐植土壌においては大型の土壌動物が、moder や mor 型の腐植土壌においては小型の土壌動物が優占的であることが知られている (金子, 2000)。双翅目幼虫は、終齢幼虫の体サイズから見れば中型・大型土

壤動物に分類され、Healey and Russell-Smith (1970) は浮遊法 (flotation technique) を用いてイングランドの mull 型土壌 (コナラ、トネリコ、ハシバミが優占) から 1 m²あたり平均 12150 個体の双翅目幼虫を捕獲し、一方同じイングランドの moder-mor 型土壌 (ブナ、クリ、コナラが優占) からは 1 m²あたり平均 4900 個体の双翅目幼虫を捕獲した。クロバネキノコバエ科幼虫も、体サイズから見れば中型-大土壌動物に属するが、双翅目幼虫の一般的な傾向とは異なり、moder, mor 型土壌、すなわちリターの厚く堆積した環境に多く見出されることが知られており、古くは Kühnelt (1961) により、本科幼虫がバクテリアが少なく糸状菌の多い mor 型土壌 (raw humus) に多いことが指摘されている。上記の Hövemeyer (1999a) は、土壌 pH が低く、大型土壌動物が貧弱で、落葉の分解率が低くリター層が厚いタイプの森林、いわゆる moder 型の土壌を持つ森林において、クロバネキノコバエ科幼虫の個体数が顕著に増加することを示した。

・若い森林と古い森林

Thiede (1977) は植栽後 45 年と 95 年のドイツのトウヒ林で羽化昆虫相を比較したが、クロバネキノコバエ科の発生個体数は双方に大きな違いは見出されなかった。Økland (1996) はキノコバエ科の種多様性とノルウェーのトウヒ林の様々な環境要因との関わりを考察し、選択した 30 の環境要因のうち、原始的な林 (oldgrowth forest, unlogged forest) の残っている割合が、最もキノコバエの種多様性との相関が強いことを示した。また、保全生物学的見地から、キノコバエのような小型の昆虫が容易に分散できるような距離間隔で、多くの地域の原始的な自然の保護のネットワークが作られていくことの重要性を提言した。

・無機的な環境要因との関わり

Irmiler *et al.* (1996) はブナ、ハンノキ、トウヒの朽ち木から羽化する甲虫目、キノコバエ科、クロバネキノコバエ科の種数や個体数を調査し、これらに最も強い影響を及ぼすのは、樹種の違いよりもむしろ朽ち木の水分含量や腐食段階であることを示した。ただし、上記 3 つの分類群の中で、キノコバエ科は比較的樹種の違いの影響を強く受けていた。

・環境の異質性 (heterogeneity)

近年、生息環境の異質性 (微環境の多さ) と種多様性との間に正の相関のあることが様々な動物群で確認されている (Townsend *et al.*, 2000)。Hövemeyer (1999b) は、クロバネキノコバエ科を含む腐植質食の土壌生双翅目幼虫を用いてこの相関を示したが、肉食の土壌生双翅目幼虫には同様の傾向は認められず、

こちらは、むしろ羽化した後の地上部の環境要因との関わりが強いことを示唆した。

(4) 農業害虫

本科幼虫はまれに作物（マッシュルーム、野菜、花卉など）を加害することが古くから世界各地で報告されている（Gerbatchevskaya, 1963; Loudon, 1978, 1980; White, 1986）。加害状況はたいてい、作物の地下部（根や球根）の腐れかけた部分を食害し、腐敗を更に進行させ商品価値を低下させるというものである。これまで、およそ 20 種が害虫として報告されているが、いずれも被害は小規模で、特定の作物に甚大な被害を及ぼすことはない。日本では、*Lycoriella* 属、*Bradysia* 属、*Chaetosciara* 属の幼虫による、マッシュルーム（ツクリタケ）、シイタケ、キュウリ、ジャガイモ、ショウガ、ユリ、リンドウなどへの被害が報告されている（笹川・赤松, 1978; 小川ら, 1985; Sasakawa, 1992; 笹川, 1993）。また、近年劉ら（2002）は、食用キノコの害虫としても知られているチバクロバネキノコバエ（*Bradysia paupera*）のメスが、雄の交尾行動を誘起するための性フェロモンを発することを明らかにした。

研究目的

本研究の目的の第一点目は、日本産クロバネキノコバエ科の分類学的研究を進展させることである。緒言で述べたように、本科の分類学的研究は、これまでドイツや北欧を中心にして進められてきた。しかしこれは本科が特に冷温帯で種数の多い昆虫であることを意味するのではなく、現在、暖温帯や熱帯地域における本科の種多様性の解明が強く望まれている現状である。ヨーロッパと日本との間には、海や南北に延びる広大な山脈など大きな地理的障壁は存在せず、そのため、両地域にまたがる広域分布種は昆虫では多数知られている。一方で、分布が局所的でヨーロッパ産と日本産とでは別種と同定される場合も多く、また、ヨーロッパからロシア、中国、日本と、東西に広がる分布域の中で形態が連続的に変化する（クラインを形成している）種も知られている。更に南北に長い日本には、冷温帯から亜熱帯までを含む多様な環境が存在し、また、動物地理学的には旧北区と東洋区の境に位置するため、とりわけ南日本には東洋区系の要素が入り、複雑な昆虫相が成立している。そのため、日本において本科の分類学的研究を進めることの意義は非常に大きく、本科の種多様性の解明と分類体系の再構築に大きく寄与するものである。

本研究では日本産クロバネキノコバエ科の中でも、特に *Sciara* 属群を研究対象とした。本属群は本科の模式属 *Sciara* Meigen, 1803 を含み、これは本科の中で最も古くに設立された属であるため、歴史的にはいわゆる catch-all genus (同定の難しい種が全てこの属に分類されるという、いわばゴミ箱のような役割を持つ属) であった。そのため、日本産種の分類学的研究を進めるにあたり、まず本属の日本産既知種の分類学的知見を整理することは、非常に重要である(第2章(2)参照)。また、*Sciara* 属群は本科の中でも原始的な一群と推測されており (Menzel and Mohrig, 2000)、系統進化の点からもたいへん興味深い。また、本研究では特に、雄だけではなく種分類形質の乏しい雌個体についても形態の観察と記載を行い(第2章(2)参照)、また、世界的に知見の乏しかった、未成熟期の形態を明らかにすることも試みた。本科の系統進化はこれまで成虫の形態形質に基づいて研究されており (Menzel and Mohrig, 2000)、特に未成熟期の形態の解明は、本科の系統解析に新しい可能性をもたらすものである。また、同時に未成熟期の同定を要する生態学的研究にも大きく貢献することが期待される。

本研究の目的の第2点目は、クロバネキノコバエの未成熟期の生息地選好性、生活史や季節消長など、基礎的な生態学的知見を集積することである。緒言で述べたように、本科の幼虫は土壌生態系の中で落葉変換者として重要な役割を担っており、また、土壌からの羽化昆虫として非常に優占的であることが知ら

れている。にもかかわらず特に種レベルでの生態的知見がほとんど蓄積されていないのは、同定が困難であるからにほかならない。とりわけ未成熟期と雌成虫は現状では形態による種同定が困難であるため、生態学的研究においては、多くの場合特定の種の個体数を数えることが不可能である。そのため本研究では、上記のように雌成虫や未成熟期にも着目した分類学的研究を進め、それらに基づき、特に *Sciara* 属群幼虫の生息地選好性と食性、クロバネキノコバエ科の土壌からの発生個体数、及び横浜国大構内で最も優占的なクロバネキノコバエである *Ctenosciara japonica* Sutou and Ito, 2003 の季節消長に関する知見の蓄積を試みた（第4章参照）。

本研究の目的の第3点目は、系統分類学と生態学、両分野にまたがる視点から、*Sciara* 属群の系統進化を考察することである。フィールドワークで蓄積される生態学知見は、実際には数万年、数百万年という長い歴史的変遷を経て成立したものである。また、分岐図によって示される系統進化も、実際には単なる枝分かれではなく、多くの生態学的な要因が絡み合う複雑なものであったはずである。本研究では第5章で、特に *Sciara* 属群やクロバネキノコバエ科幼虫の食性進化について考察し、フィールドで得た生息地選好性や食性に関する知見の進化的視点からの説明を試みた。

第2章 分類学的研究

(1) 研究方法

・形態用語及び *Sciara* 属群の定義 (Figs. 1, 2)

本科成虫の分類学的研究においては様々な形態形質が用いられてきたが、とりわけ属分類形質、種分類形質として重要なのは、触角鞭節第4節 (4th flagellomere) の長さや表面構造、小顎鬚 (palpus) の長さや形状、棘毛の状態、翅脈相、前肢脛節端 (inner apex of foretibia) の棘毛の配列、そして最も重要なのは雄交尾の形態である (Fig. 1)。前肢脛節端の構造は Tuomikoski (1960) によって初めて本科成虫の分類形質として用いられ、以来、特に属分類には必須の形質として知られている。翅脈相や雄交尾器の分類学的重要性は本科に限らず、様々な昆虫にも共通していることである。各翅脈の命名については、通常、様々な昆虫類を比較した結果としての相同性が重視されるが、クロバネキノコバエ科の翅脈相については、特に、“x”, “y” など、若干、独特の用語の適用が見られる (Fig. 29)。“x”, “y” は相同性を考慮すれば、本来、x は base of media、y は r-m crossvein と記述されるべきものであるが、簡略化のため Lengersdorf (1928-1930)、Frey (1942, 1948) らに使用されはじめ、以後、本科成虫の記載に広く用いられるようになった。本研究における成虫形態の用語の定義は Menzel and Mohrig (1997) に従った。この先行研究も含め、本科の雄交尾器はこれまで、4つの部分、すなわち gonocoxite, gonostylus, tegmen, aedeagus に分けて解釈され、記載論文においてはそれぞれの部分の形状が記載されてきた。しかし、本研究では、より微細な構造に着目し、tegmen, aedeagus の周囲に更に2つの切片を見出し、それぞれを paramere, parameral apodeme と命名して、その系統分類学的重要性を指摘した (Fig. 6B、第2章 (2) の Discussion 参照)。

本科の未成熟期の形態は Madwar (1937)、Plachter (1979b, c)、Blaschke-Berthold (1988) らによって明らかにされてきたが、今なお非常に知見が不足しており、形態用語の定義も今後様々な検討を加えて行く必要があると考えられる。本研究における未成熟期の形態の用語の定義は、Menzel and Mohrig (1997) に従った。また、それに加えて以下の用語の定義を新たに行った。まず幼虫の気門の記載を試み、2つの気門開口部にそれぞれ、ecdysial scar, spiracular opening の名称を与えた。また、幼虫頭部背面の感覚孔に p1-p9 の番号を与え、その系統分類学的重要性を論じた (Fig. 30、第2章 (5) の Discussion 参照)。

本研究の研究対象である *Sciara* 属群は Menzel and Mohrig (2000) が雄成虫触角の 2 つの共有派生形質 [雄成虫触角第 4 鞭節の首部(neck portion)が短くその長さは幅の 1/2 以下; 雄成虫触角鞭節の表面は滑らかで、ざらざらした表面構造を欠く] (Figs. 8B, 11B) に基づき単系統群と推測した一群である。触角以外に本属群に共通する形態形質として重要なのは、前肢脛節端に半円形の剛毛密生域が存在すること、また、翅脈 R_1 が長いことである (Fig. 2)。本属群は *Sciara*, *Leptosciarella*, *Trichosia*, *Scythropochroa*, *Schwenckfeldina*, *Chaetosciara* の 6 属から構成され、*Trichosia* 属は更に、*Trichosia*, *Baeosciara*, *Mouffetina* の 3 亜属に分類される。なお、Vilkamaa and Hippa (2004) は、系統解析の結果、*Sciara* 属群の単系統性を否定し、その構成属のうち *Sciara*, *Leptosciarella*, *Trichosia* の 3 属と *Scythropochroa*, *Schwenckfeldina*, *Chaetosciara* の 3 属を互いに遠く隔たったクレードに位置づけた。しかし、解析に用いた形質数や種数が少なく、特に種数はクロバネキノコバエ科全体で 52 種のみであるのが難点であった。そのため本研究では、旧北区産約 800 種に基づく包括的な研究である Menzel and Mohrig (2000) の分類体系に従った。

・採集方法

ここではまず、クロバネキノコバエ科 (成虫、幼虫) の採集方法について概説する。本科成虫は、一般に捕虫網によるスワイピング法によって採集される。マレーズトラップやイエローパントラップ、時にはキャノピーノックダウンにより採集されることもあるが (Kitching *et al.*, 2004)、スワイピング法が最も簡便に、効率よく採集できる方法のようである。ただし、イエローパントラップは、翅が退化的で専ら地表付近を生息場所としている、いわゆる epigeal と呼ばれる生態をもつ種を採集するには最も適している。

また、近年、羽化トラップを用いることにより、土壌から羽化してきた本科成虫を効率よく採集できることが示されている (Hövmeyer, 1999a; Shimazaki and Miyashita, 2000)。羽化トラップは、emergence trap 又は photo-elector と呼ばれ、主に昆虫が暗いところから明るいところへ出て行く性質を利用したトラップである。地表面や朽ち木に仕掛けるものの他に、水生昆虫用も考案されている。羽化トラップが双翅目昆虫の採集に適していることは多くの先行研究により示されており (Southwood and Henderson, 2000)、これには、一般に双翅目昆虫の一世代の生活期間が短い (何度も羽化する) こととも関係しているだろう。また、クロバネキノコバエ科成虫 (特に雌) は一般に強い正の走光性を持っており (Binns, 1979)、このトラップによる捕獲に適した分類群であると言える。ただし、羽化トラップの内部は、通常外部よりも気温の変動が小さくなるため、特定の昆虫の季節消長を調べる場合などには注意を要する

(Southwood and Henderson, 2000)。Hövmeyer (1999a) によれば、Funke (1971) の研究が、ヨーロッパのブナ林における羽化トラップを用いた生態学的研究のパイオニアワークとされている。また、羽化トラップは、土壌だけではなく、朽ち木をくるむようにして設置されることもあり、このようにして多くのクロバネキノコバエを採集することも可能である (Irmeler *et al.*, 1996)。

クロバネキノコバエ科幼虫の採集は、成虫の採集と比して困難である。その原因の一つとして、本科幼虫の土壌における分布が非常に不均一であることがあげられる。陸生双翅目幼虫の中でも、ケバエ科やクロバネキノコバエ科の幼虫は群生する傾向の強いことが知られている。この群生コロニーは一卵塊に由来することが示唆されてはいるが (Kevan, 1955, 1962)、コロニーの分裂や合体も観察されており (須島、未公表)、これらの生態には未解明な部分が多い。

土壌動物の抽出装置としては、ツルグレン装置が広く普及しているが、本科幼虫は乾燥や高温に弱いため、ツルグレン装置における抽出効率は非常に低い。これに対して Healey and Russell-Smith (1970) は双翅目幼虫の比重を検討したうえで (クロバネキノコバエ科幼虫は 1.04)、水洗ふるい法 (wet sieving method, wet sifting method) と浮遊法 (flotation) の併用により、ほぼ 100 パーセントの双翅目幼虫の抽出効率を得た。浮遊法による本科幼虫の抽出効率の高さは、Calvert (1987) においても確認されているが、この手法は、幼虫の抽出効率が強く活動性のない卵や蛹も採集できるという利点がある一方で、非常に手間がかかり、一度に少量のサンプルしか処理できないという欠点もある。

本研究では、著者須島によるクロバネキノコバエ科成虫の採集は捕虫網によるスイーピング法、地表面に設置した羽化トラップ法 (40 cm × 40 cm、木製、第 4 章参照)、又は幼虫、蛹の飼育によって行った。また、マレーゼトラップ (上杉謙太氏、大川あゆ子氏採集)、ライトトラップ (山内健生氏、後藤純子氏、細田浩司氏採集)、イエローパントラップ (田辺慎一氏採集) によって採集された標本も所見した。幼虫、蛹は全て須島により直接採集、またはツルグレン装置により採集された。本研究では、日本各地からクロバネキノコバエ科の標本の収集を試み、その中から *Sciara* 属群の標本を引き抜き研究材料とした。本科の標本を入手することのできた地域を Fig. 3 に示す。

(2) Genus *Sciara*

(和名新称 ホンクロバネキノコバエ属)

(Figs. 4-13)

Abstract

Eleven species of the Japanese *Sciara* are studied and eight species including *S. pectilinealis* Sutou, 2004 and *S. kitakamiensis* Sutou, 2004 are described with figures. *S. hemerobioides* (Scopoli, 1763), *S. helvola* Winnertz, 1867 and *S. multispinulosa* Mohrig and Kozánek, 1992 are newly recorded from Japan. New localities of *S. thoracica* Matsumura, 1916, *S. humeralis* Zetterstedt, 1851 and *S. melanostyla* Mohrig and Krivosheina, 1990 are recorded. A known locality of *S. lackschewitzi* Lengersdorf, 1934 is noted. The species name *S. fagi* Shinji, 1938 is treated as nomen dubium. *Lycoria* (= *Sciara*) *japonica* Enderlein, 1911 is treated as the species of the genus *Bradysia* according to Sutou *et al.* (2004).

Key words Sciaridae, *Sciara*, taxonomy, new species, Japan

Introduction

The genus *Sciara* Meigen, 1803 is known to be nominal genus of the family Sciaridae. Prior to this original description, the genus *Lycoria* had already established for the same taxon in the pamphlet of Meigen (1800). However, this publication was suppressed under the plenary power of the International Commission on Zoological Nomenclature (I. C. Z. N. 1963), and the genus *Lycoria* became one of the synonyms for the genus *Sciara*. Until the early 20th century, generic classification of sciarid flies was considerably unstable, and the genus *Sciara* had frequently been treated as a catch-all genus. However, generic concept of the Palaearctic species has well been studied mainly by Tuomikoski (1960), Freeman (1983), and Menzel and Mohrig (1997, 2000). The new monograph, Menzel and Mohrig (2000), recorded 17 species of *Sciara* from the Palaearctic region, dividing them into three species groups. These generic and species group concepts are followed in the present study. See key to the species in the present study to recognize

each species group of *Sciara*.

The first record of *Sciara* in Japan was the description of *S. thoracica* Matsumura, 1916 from Hokkaido. After this description, Japanese members of this genus have not been recorded for a long time. Recently, Yukawa *et al.* (2000) recorded *S. melanostyla* from the garden of the Imperial Palace, Tokyo. Sasakawa (2003) reported the distribution of *S. humeralis* in Gifu Prefecture and that of *S. lackschewitzi* in Kyoto Prefecture. Therefore, four species of *Sciara* have been known from Japan thus far. The present study increases the species number of Japanese *Sciara* to nine including three new records and two new species.

Materials and methods

Since 1995, the new materials were collected by insect net, Malaise trap, light trap or sticky paper trap, and were preserved in 70-80% ethanol or pinned and dried. In the collecting records of each species, Hokkaido, Honshu, Shikoku and Kyushu mean four main islands of Japan. The male genitalia of dried specimens were cleared in 10% KOH solution and were mounted on glass slides with glycerol. The ethanol specimens were also cleared in 10% KOH solution and were dehydrated through ethanol series or directly dehydrated without KOH treatment. Then, they were mounted on glass slides with xylol-based Canada Balsam after the treatment in creosote oil which was recommended in Menzel and Mohrig (1997). The drawings were prepared through the compound microscope (Nikon ECLIPSE E600) and camera lucida. Terminology of adult morphology follows Menzel and Mohrig (1997) except for parameral apodeme and paramere which are used according to the definition by Steffan (1966) and Wilkinson and Daugherty (1970) (See Fig. 6B).

Depository of examined specimens are abbreviated as follows. NSMT: National Science Museum (Natural History), Tokyo, Japan; PCMS: Private Collection of Mitsuaki Sutou, Yokohama, Kanagawa Pref., Japan; PCMSA: Private Collection of Mitsuhiro Sasakawa, Hirakata, Osaka Pref., Japan; DEI: Deutsches Entomologisches Institut, Eberswalde, Germany; FMNH: Finnish Museum of Natural History, University of Helsinki, Finland; EAHU: Systematic Entomology, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan; NIAE: Insect Systematics Laboratory, National Institute for Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Ibaraki Pref., Japan; PAS: Polish

Academy of Science, Warszawa, Poland; FFPR: Department of Forest Vegetation, Forestry and Forest Products Research Institute, Tsukuba, Ibaraki Pref., Japan. All examined specimens in NSMT, PCMS, PCMSA, DEI, FMNH and one female (Lectotype) and one male of *S. thoracica* in EAHU are mounted on glass slides. The specimens in EAHU except for above two specimens and those in NIAE, PAS and FFPR are pinned and dried. All the holotype specimens prepared in the present study are deposited in NSMT, and the paratypes are separately in NSMT, PCMS and DEI.

Key to the Japanese species (male)

1. Wing membrane with macrotrichia or rarely bare; posterior pronotum with setae; dorsal surface of gonocoxite deeply concave (Figs 5A, 7A, 8C, 9A).....2
- Wing membrane and posterior pronotum bare; dorsal surface of gonocoxite shallowly concave (Figs 10A, 11C).....7 (*S. humeralis* species group)
2. Inner side of gonocoxite without long setae; concavity of dorsal surface of gonocoxite does not reach its basal half (Figs 5A, 7A).....3 (*S. hemerobioides* species group)
- Inner side of gonocoxite with rows of long setae; concavity of dorsal surface of gonocoxite reaches its basal half (Figs 8C, 9A).....6 (*S. ruficauda* species group)
3. Thorax orange brown.....*S. thoracica*
- Thorax dark brown or brown.....4
4. Gonostylus with well differentiated 5-8 spines (Fig. 6A).....*S. hemerobioides*
- Gonostylus without spines (Fig. 7B).....5
5. Tegmen almost as long as or slightly shorter than wide (Fig. 7A).....*S. helvola*
- Tegmen longer than wide.....*S. lackschewitzi*
6. Gonostylus nearly clavate shaped as shown in Fig. 8D).....*S. pectilinealis*
- Gonostylus slender as shown in Fig. 9C).....*S. melanostyla*
7. Each gonostylus with more than 10 spines (Fig. 10B).....*S. multispinulosa*
- Each gonostylus with less than 10 spines (Figs 11D, 12A, B).....8

8. Gonostylus without horn-like large process (Fig. 11D); aedeagus stout (Fig. 11C).....*S. kitakamiensis*
 — Gonostylus with horn-like large process (Fig. 11A, B); aedeagus slender (Fig. 12C).....*S. humeralis*

Sciara thoracica Matsumura, 1916

(Fig. 5)

Sciara thoracica Matsumura, 1916: 436 — 437. Type locality: Sapporo, Hokkaido, Japan.

Male. Head: Eye bridge broad, 5 facets wide. Prefrons with many setae, clypeus with several setae. Postgena wide in lateral view with marginal setae. Scape and pedicel orange brown, each with 7-12 setae; flagellomeres brown; 4th flagellomere 2.5-3.0 times as long as wide, neck portion 1/8-1/10 of its whole length, hairs yellowish and about 0.7 length of flagellomere width. Palpus brown, 3-segmented with length ratio of 1.4 : 1.0 : 1.4, 1st segment with about 12 setae mainly on its outside and with indistinct dark brownish sensory area bearing minute sensilla, 2nd segment with about 20 setae, 3rd segment slender with about 18 setae.

Thorax: Color orange brown or rufous; dorsocentral setae on mesonotum weak and short, dorsolateral Setae on mesonotum dark brownish and long; scutellum with various length of dark brownish setae; posterior pronotum with setae. Coxae and femora orange brown, trochanters and tibiae brown, tarsi dark brown; each tibial vestiture without differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.2 times longer than width of tibial apex. Wing infusate; wing membrane with dorsal and ventral macrotrichia mainly on its marginal portion of distal half; M₁, M₂, CuA₁, and CuA₂ with dorsal macrotrichia, stem of M with 3-5 dorsal macrotrichia, distal 2/3 of R₅ with both dorsal and ventral macrotrichia, x bare, y bare or with a few dorsal macrotrichia; length of R₁ = 1.1R, stem of CuA = 0.5-0.8x, x equal to or slightly longer than y, c = 0.6w; R₁ ending at same level of branching point of M. Halter largely dark brown, proximal part light brown, knob with many setae.

Abdomen: Tergites and sternites dark brown or black, dark brownish setae well developed; membrane between tergites and sternites orange brown,

almost concolorous with thorax. Gonocoxite (Fig. 5A) stout and rounded, ventroproximal part forming narrow bridge, dorsal surface deeply concave, each apex of gonocoxite usually lacking a differentiated long seta; gonostylus (Fig. 5B) nearly rectangular, apical portion bending inward and with numerous short conical setae, 6-8 spines located ventroapically; tegmen (Fig. 5A) nearly trapezoidal in shape with rounded apex, slightly longer than wide, minute denticles located at central portion; aedeagus short and stout; paramere sclerotized with three distinct processes.

Wing length: 4.8-6.0 mm.

Female. Different from male in the following characters: Eye bridge 4-5 facets wide. First flagellomere orange brown with 7-10 brownish setae among yellowish hairs; 4th flagellomere 2.3-2.7 times as long as wide, neck portion about 1/12 of its whole length, hairs about half as long as width of segment. Length ratio of 3-segmented palpus 1.5 : 1.0 : 1.6, 1st segment with about 14, 2nd with about 22, 3rd with about 20 setae. Stem of M with 3-8 macrotrichia; stem of CuA = 0.4-0.5x; R₁ ending beyond level of branching point of M. Body size distinctly larger than male, wing length 6.3-8.6 mm.

Specimens examined. Hokkaido. 1♀, 7.VII.1951, Sounkyo, 43°43'N 142°57'E, 1100 m alt., Kamikawa town, leg. S. Kato [NIAE]; 1♀, 4-5.VII.1974, Rubesibe town (near Kitami city), leg. T. Kumata, M. Suwa, S. Aoki, T. Hattori [EAHU]; 1♀, 18.VI.1905 (lectotype), 3♀, 11.VI.1918, Maruyama, 43°03'N 141°18'E, 200 m alt., Sapporo city, leg. S. Matsumura [EAHU]; 1♀, 19.VI.1931, Maruyama, maybe Sapporo city, leg. Okada [EAHU]; 3♀, 17.VI.1949, Sapporo city, leg. S. KATO [NIAE]; 1♀, 10.VI.1975, Nopporo, 43°02'N 141°31'E, 50 m alt., Ebetsu city, leg. M. Suwa [EAHU]; 1♂, 16.VII.1925, Iyo?, leg. S. Matsumura [EAHU]. Honshu. 1♀, 8.V.2002, Ogawa Forest Reserve, 36°56'N 140°35'E, 580-800 m alt., Kitaibaraki city, Ibaraki Pref., leg. M. Shibata [FFPR]; 1♀, 4.V.1934, Yoga, Tokyo, leg. S. Yamamoto [EAHU]; 1♀, 6.V.1934, Tamagawa, Tokyo, leg. S. Yamamoto [EAHU]. Shikoku. 1♂1♀, 10.V.1951, Samachi, Tokushima Pref., leg. T. Shiraki [NIAE]; 1♀, 22.IV.1933, Engyoji, 33°36'N 130°30'E, 200 m alt., Kochi city, Kochi Pref., leg. Y. Sugihara [EAHU]. Kyushu. 2♂14♀, 26.IV.2000 (reared from pupae collected at 20.IV.2000, Mt. Inunaki, 33°41'N 130°32'E, 480 m alt., Hisayama town, Fukuoka Pref. by M. Sutou) [PCMS]; 1♂11♀, 2.V.1999, same locality, leg. T. Saigusa, T. Tachi [PCMS]; 2♂12♀, 28.IV.2001, Taranakayama,

32°57'N 130°01'E, 540 m alt., Tara town, Saga Pref., leg. T. Yamauchi (light trap) [PCMS].

Remarks. Menzel and Mohrig (2000) redescribed *S. thoracica* in detail, but their description of the male was based on only one specimen (16. VII. 1925, Hokkaido, leg. S. Matsumura [EAHU]). It is strongly suggested that they mistook the paramere for the tegmen in their description of this species (see Fig. 99d), which is probably due to bad condition of the examined specimen. We redescribed this species based on fresh materials showing the paramere and tegmen in Fig. 5A.

We can easily distinguish *S. thoracica* from the other Japanese *Sciara* by its characteristic body coloration, rufous thorax and dark abdomen. Menzel and Mohrig (2000) referred to *S. copiosa* Lengersdorf, 1927 and *S. rufithorax* van der Wulp, 1881 from the Oriental region as the species having such a rufous thorax, but their genital characters deny the close relationship with *S. thoracica*. Besides them, *Sciara differens* (Lengersdorf, 1938) from Belgian Congo (Zaire) is also known to have a rufous thorax. We examined one female of this species [DEI], and found that it is quite different from *S. thoracica* by lacking macrotrichia on the wing membrane.

So far, *S. thoracica* has been known only from Japan. The known localities of this species in the previous publications were Hokkaido (Matsumura 1916) and Honshu (Osaka Pref. and Kyoto Pref.) (Okada 1938). In the present study, we report Shikoku and Kyushu as the new localities of this species. The collecting records also suggest that this species is univoltine, and appears during June-July in Hokkaido, late April-May in Kyushu, Shikoku and Honshu. It is interesting that the sex ratio of this species is considerably biased to the female. The examined specimens of this species in the present study sum up to seven males and 53 females.

***Sciara hemerobioides* (Scopoli, 1763)**

(new to Japan)

(Fig. 6)

Tipula hemerobioides Scopoli, 1763: 324. Type locality: Slovenia.

Sciara thomae: Menzel *et al.*, 1990: 312–313.

Sciara hemerobioides: Menzel and Mohrig, 2000: 520–523.

Male. Head: Eye bridge 4-5 facets wide at broadest portion. Prefrons and clypeus with setae. Postgena wide in lateral view with marginal setae. Scape and pedicel dark brown, each with 5-10 setae; flagellomeres dark brown; 4th flagellomere 2.6-3.0 times as long as wide, neck portion short, $1/12-1/9$ of its whole length, hairs yellowish brown and almost as long as width of flagellomere. Palpus brown, 3-segmented with length ratio of 1.2 : 1.0 : 1.3, 1st segment with 8-10 setae mainly on its outside and with indistinct brownish sensory area bearing minute sensilla, 2nd segment with 10-14 setae, 3rd segment slender with 10-12 setae.

Thorax: Color predominantly dark brown or black; dorsocentral setae on mesonotum short, dorsolateral ones long, setae on scutellum dark brownish and long; posterior pronotum with setae. Coxae and femora yellowish brown, tibiae brown, tarsi dark brown; each tibial vestiture without differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.2-1.3 times longer than width of tibial apex. Wing infusate, with dark brownish anterior veins and brownish posterior veins; tip of wing membrane with macrotrichia; M_1 , M_2 , CuA_1 , and CuA_2 with dorsal macrotrichia, stem of M bare, distal $1/3$ of R_5 with both dorsal and ventral macrotrichia, x bare, y bare or with a few dorsal macrotrichia; $R_1 = 0.9-1.0R$, stem of $CuA = 0.2-0.4x$, $x = 1.2y$, $c = 0.7w$; R_1 ending at same level of branching point of M . Halter brown, knob with many setae.

Abdomen: Tergites and sternites dark brown or black with dark brownish setae, membrane between tergites and sternites brown. Gonocoxite stout and rounded, ventroproximal part with a median cleft, dorsal surface shallowly concave; gonostylus (Fig. 6A) stout and clavate with 5-8 (mostly 6 or 7) apical spines, a digitiform inner process with numerous short conical setae; tegmen (Fig. 6B) membranous, almost as long as wide or slightly longer than wide, minute denticles located at central portion; 2 branches of aedeagus very long; parameral apodeme brownish, sclerotized, and weakly arcuate ventrally; paramere weakly sclerotized with three distinct processes, of which the central one longest.

Wing length: 3.2-4.1 mm.

Female. Different from male in the following characters: Scape and pedicel each with 8-12 setae; 1st flagellomere with 7-10 brownish setae among yellowish hairs; 4th flagellomere 2.2-2.6 times as long as wide, neck portion

1/12-1/14 of its whole length, hairs about 0.7 times as long as width of flagellomere. First segment of palpus with 10-15, 2nd with 15-20, 3rd with 12-15 setae. Fore tibial spur 1.3-1.4 times longer than width of tibial apex. Length of x equal to y; R₁ ending just opposite to or slightly beyond level of branching point of M. Wing length 4.8-6.3 mm.

Specimens examined. Honshu. 1♂, 22.VII.1945, Iwate Pref., leg. Ogasawara [EAHU]; 15♂17♀, 3-4.VI.1997 (reared from larvae collected at 23.V.1997, Tokiwadai, 35°28'N 139°35'E, 60 m alt., Hodogaya-ku, Yokohama city, Kanagawa Pref. by M. Sutou) [PCMS]; 1♂, 11.VI.2001, same locality, leg. M. Sutou [PCMS]; 3♂1♀, 20.VI.2000, Naka-ku, 35°26'N 139°40'E, 20 m alt., Yokohama city, Kanagawa Pref., leg. R. Iwaizumi [PCMS]; 47♂35♀, 12-16.VI.2001 (reared by M. Sutou from larvae collected at 4.VI.2001, Mt. Ōgusu, 35°14'N 139°37'E, 150 m alt., Yokosuka city, Kanagawa Pref. by T. Uchida and A. Yamaki) [PCMS]; 4♂4♀, 12.VI.2001, same locality, leg. M. Sutou [PCMS].

Remarks. Menzel and Mohrig (2000) redescribed the male of *S. hemerobioides* based on the European specimens. We redescribed this species based on the Japanese specimens and newly attached the female description. We compared these Japanese specimens with the European specimens of this species [DEI, FMNH] and found that the gonostylus of the Japanese specimens (Fig. 6A) is rather slender and lacking a short isolated spine at proximal part of digitiform inner process. However, this morphological difference is so small that we determined our Japanese specimens to be *S. hemerobioides*.

The gonostylus of *S. nepalensis* Mohrig, 1987 is also rather slender and is similar to that of the Japanese specimens of *S. hemerobioides*. However, the described characters of the former, for example, absence of macrotrichia on wing membrane does not fit to that of the latter.

S. hemerobioides has been recorded from many countries of Europe, North Africa, Canary Islands, Russia, Asia, Taiwan, and Sumatra (Menzel *et al.* 1990). In the present study, we report this species from Japan for the first time. The above collecting records suggest that this species is univoltine appearing in June or July in Honshu, central Japan.

Sciara helvola Winnertz, 1867

(new to Japan)

(Fig. 7)

Sciara helvola Winnertz, 1867: 30—31. Type locality: not given.

Male. Head: Eye bridge 3 facets wide at broadest portion. Prefrons with many setae and clypeus with 3-5 setae. Postgena narrow in lateral view. Scape, pedicel, 1st and 2nd flagellomere yellowish brown, scape with 2-4 setae, pedicel with 3-7 setae; 3rd-14th flagellomeres brown; 4th flagellomere 4.0-4.2 times as long as wide, neck portion $1/11-1/10$ of its whole length, hairs yellowish, about 1.2-1.3 times as long as width of flagellomere. Palpus yellowish brown or brown, 3-segmented with length ratio of 1.2 : 1.0 : 1.3, 1st segment with 5-8 setae mainly on its outside and with indistinct brownish sensory area bearing minute sensilla, 2nd segment with 6-12 setae, 3rd segment slender with 6-10 setae.

Thorax: Mesonotum yellowish or orange brown; dorsocentral and dorsolateral setae on mesonotum dark brownish; pleurites yellowish brown; scutellum with some setae, 2-4 of them longer than the others; posterior pronotum with a few setae. Coxae, femora, predominantly yellowish brown, tibiae brown, tarsi dark brown; hind tibial vestiture with some differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.1 times longer than width of tibial apex. Wing with brownish anterior veins and light brownish posterior veins; wing membrane with bare or 1-8 macrotrichia mainly on marginal portion between M_1 and M_2 ; M_1 , M_2 , CuA_1 , and CuA_2 with dorsal macrotrichia, stem of M bare or with a few dorsal macrotrichia, distal $1/4$ of R_5 with both dorsal and ventral macrotrichia, x and y bare; stem of CuA very short and almost absent, $R_1 = 0.7R$, $x = 0.6-1.0y$, $c = 0.8w$; R_1 ending at same level of branching point of M . Stalk of halter yellowish brown, knob dark brown with some setae.

Abdomen: Tergites and sternites brown with dark brownish setae, membrane between tergites and sternites orange brown. Gonocoxite (Fig. 7A) nearly quadrate in shape, ventroproximal part with a median cleft, dorsal surface deeply concave; gonostylus (Fig. 7B) nearly pyriform in shape, inner apex slightly swollen, truncate, and darkened with many short conical setae; tegmen (Fig. 7A) membranous, quadrate in shape, and almost as long

as or slightly shorter than wide, minute denticles located at basal portion; aedeagus slender with 2 long forks; parameral apodeme brownish, sclerotized, and weakly arcuate ventrally; paramere membranous or weakly sclerotized, nearly triangular in shape.

Wing length: 2.6-3.0 mm.

Female. Different from male in the following characters: Postgena wider than that of male in lateral view. First flagellomere with 5-6 brownish setae among yellowish hairs; 4th flagellomere 2.3-2.5 times as long as wide, neck portion 1/13-1/10 of its whole length, hairs about 1.0-1.2 times as long as width of flagellomere. Fore tibial spur 1.3 times longer than width of tibial apex. Wing length 3.0-3.5 mm.

Specimens examined. Honshu. 3♂, 20.VI.2000, Tadami town, 37°20'N 139°15'E, Fukushima Pref., leg. K. Uesugi [PCMS]; 18♂26♀, 7-11.V.2001 (reared from larvae collected at 2.V.2001, Douhogawa, 35°32'N 139°23'E, 90 m alt., Sagami-hara city, Kanagawa Pref. by M. Sutou) [PCMS].

Remarks. *S. helvola* is easily distinguished from the other Japanese *Sciara* by the structure of gonostylus lacking distinct spines (Fig. 7B) and light colored body, especially, yellowish-orangish brown thorax and brownish abdomen. Lengersdorf (1930) briefly redescribed the female of this species, and Tuomikoski (1960) figured the male genitalia of this species. This species has been recorded from Finland, Germany, Czech and Slovak Republics (Bohemia), Switzerland, European part of Russia, and North Korea. We redescribed this species based on Japanese specimens reporting the first record of this species from Japan.

***Sciara lackschewitzi* (Lengersdorf, 1934)**

Lycoria lackschewitzi Lengersdorf, 1934: 57. Type locality: Latvia, Russia.

Sciara lackschewitzi: Menzel, 1992a: 260-261.

Specimens examined. Honshu. 1♂, 26.VII.1992, Kurida peninsula, 35°34'N 135°15'E, Miyazu city, Kyoto Pref., leg. M. Sasakawa [PCMSA].

Remarks. Sasakawa (2003) newly recorded one male of this species from

Japan. We could examine it by the courtesy of Dr. Sasakawa. See Menzel (1992a) for the description of this species.

Sciara pectilinealis Sutou, 2004

(Fig. 8)

Male. Head: Prefrons with several setae and clypeus with a few setae. Postgena narrow in lateral view with marginal setae. Antenna brown except for yellowish brown 1st and 2nd flagellomeres; scape with 2-4 setae, pedicel with 6-7 setae, 1st flagellomere with 2-4 brownish setae among yellowish hairs; 4th flagellomere (Fig. 8A) 3.8-4.5 times as long as wide, neck portion 1/13-1/10 of its whole length, yellowish hairs about 1.0-1.2 times longer than width of flagellomere. Palpus (Fig. 8B) brown, 3-segmented with length ratio of 1.2 : 1.0 : 1.4, 1st segment with 8-10 setae mainly on its outside, 2nd segment with 13-17 setae, 3rd segment slender with 9-11 setae.

Thorax: Mesonotum brown, katapisternum yellowish brown; dorsolateral setae on mesonotum dark brownish and long; scutellum with some setae, 2-4 of them distinctly longer than the others; posterior pronotum with setae. Coxae and femora predominantly yellowish brown, tibiae and tarsi brown; each tibial vestiture without differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.1-1.2 times longer than width of tibial apex. Wing with brownish anterior veins and light brownish posterior veins; wing membrane with macrotrichia mainly on its marginal portion of distal half; M_1 , M_2 , CuA_1 , and CuA_2 with dorsal macrotrichia, stem of M with 2-6 dorsal macrotrichia, distal 1/4 of R_5 with both dorsal and ventral macrotrichia, x bare, y bare or with a few dorsal macrotrichia; length of $R_1 = 0.8-1.0R$, stem of CuA short, almost absent, $x = 0.8-1.0y$, $c = 0.8w$; R_1 ending at same level of branching point of M . Stalk of halter yellowish brown, knob brown with setae.

Abdomen: Tergites and sternites brown with dark brownish setae, membrane between tergites and sternites yellowish brown. Gonocoxite (Fig. 8C) ventroproximally forming wide bridge, dorsal surface deeply concave reaching its basal half, many long setae developed on its swollen inside; gonostylus (Fig. 8D) nearly clavate with darkened apex on which digitiform small setae and weakly bending short setae present; tegmen (Fig. 8C) membranous, longer than wide, minute denticles located at basal half;

aedeagus dark brownish, short and nearly V-shaped; parameral apodeme membranous, horizontally straight; paramere membranous with furrows, basal part weakly reflected upward.

Wing length: 3.0-3.2 mm.

Female. Different from male in the following characters: Antenna largely brown; 4th flagellomere 2.8 times as long as wide, neck portion 1/14 of its whole length. Length ratio of palpus 1.3 : 1.0 : 1.4, 3rd segment with 13-15 setae. Fore tibial spur 1.3 times longer than width of tibial apex. Stem of M with 5-9 dorsal macrotrichia; y with 4-6 dorsal macrotrichia; R₁ ending slightly beyond branching point of M. Wing length 4.0-4.1 mm.

Type material. Holotype (The body and the genitalia are separately mounted on two slides): 1♂, 6.V.1999, Ohkubo, 31°49'N 130°51'E, 280 m alt., Kirishima town, Kagoshima Pref., Kyushu, leg. M. Sutou [NSMT]. Paratypes: Honshu. 1♂, 29.V.2000, Yaen-touge, 35°37'N 139°20'E, 160 m alt., Hachioji city, Tokyo, leg. M. Sutou [NSMT]; 1♂2♀, 21.VI.1998, Matsuwa, 35°09'N 139°40'E, 40 m alt., Miura city, Kanagawa Pref., leg. M. Sutou [PCMS].

Remarks. The characteristic long setae on the gonocoxite of *S. pectilinealis* (Fig. 8C) indicate that this new species is apparently belongs to *S. ruficauda* species group. It is distinguished from the other members of the *S. ruficauda* species group by having nearly clavate shaped robust gonostylus (Fig. 8D). The specific name is made by the combination of the Latin "pecten" (=comb) and "linea" (=line) which is derived from above mentioned linearly arranged close-set long setae on the gonocoxite.

***Sciara melanostyla* Mohrig and Krivosheina, 1990**
(Fig. 9)

Sciara melanostyla: Mohrig *et al.*, 1990: 221–222. Type locality: Primorskiy Kray, Russia.

Sciara melanostyla: Menzel, 1992b: 91.

Male. Head: Eye bridge 3-4 facets wide at broadest portion. Prefrons and clypeus with setae. Postgena narrow in lateral view with marginal setae. Scape brown with 2-4 setae, pedicel brown with 5-11 setae; flagellomeres

brown, but sometimes 1st flagellomere yellowish brown with 2-5 brownish setae among yellowish hairs; 4th flagellomere 3.5-4.4 times as long as wide, neck portion $1/14-1/12$ of its whole length, hairs yellowish brown and about 1.3 times longer than width of flagellomere. Palpus brown or yellowish brown, 3-segmented with length ratio of 1.2-1.3 : 1.0 : 1.3-1.4, 1st segment with 4-7 setae mainly on its outside, 2nd segment with 11-16 setae, 3rd segment slender with 8-12 setae on its distal half.

Thorax: Color predominantly dark brown; mesonotum with strong dorsocentral and dorsolateral setae; scutellum with some setae, 2-5 of them longer than the others; posterior pronotum with setae, rarely bare. Coxae, femora, tibiae, and proximal $2/3$ of basitarsi predominantly yellowish brown, apical $1/3$ of basitarsi and 2nd to 5th tarsomeres brown or dark brown; each tibial vestiture without differentiated spine-like short setae, but sometimes hind tibia with several differentiated setae; fore tibial spur 1.1-1.2 times longer than width of tibial apex. Wing with brownish anterior veins and light brownish posterior veins; tip of wing with macrotrichia on its membrane or rarely bare; M_1 , M_2 , CuA_1 , and CuA_2 with dorsal macrotrichia, stem of M with 1-7 dorsal macrotrichia, distal $1/6-1/5$ of R_5 with both dorsal and ventral macrotrichia, x bare, y bare or with 1-3 dorsal macrotrichia; length of $R_1 = 0.7-1.0R$, stem of CuA short, almost absent or $0.1-0.2x$, $x = 0.6-1.1y$, $c = 0.7-0.8w$; R_1 ending at same level or slightly beyond branching point of M . Stalk of halter yellowish brown, knob brown with setae.

Abdomen: Tergites and sternites brown, 1st sternite without setae, 2nd sternite with setae sparsely, 3rd to 8th sternites and all tergites with dark brownish setae densely. Gonocoxite (Fig. 9A) gradually attenuated basely, dorsal surface deeply concave reaching its basal half, 2 rows of long setae well developed on its inside; gonostylus (Fig. 9C) slender, with 2 small apical lobes covered with many short conical setae, 6-10 spines with rounded apex located at apical darkened, flattened surface; 9th tergite (Fig. 9B) with characteristic chevron-shaped sculpture on which several setae developed; cerci lapping distal part of tegmen; tegmen (Fig. 9A) membranous, almost as long as wide and nearly conical in shape, minute denticles located at central portion or at basal half; aedeagus distinct with short stem; parameral apodeme, membranous, yellowish, and almost straight horizontally; paramere membranous with some furrows, basal part reflected upward.

Wing length: 3.0-3.6 mm.

Female. Different from male in the following characters: Postgena broad in lateral view. First flagellomere brown, sometimes tinged yellowish brown at basal half; 4th flagellomere 2.5-3.0 times as long as wide, neck portion 1/16-1/10 of its whole length, hairs almost as long as width of flagellomere. First segment of palpus with 6-10 setae, 3rd with 9-15 setae at its distal 2/3. Fore tibial spur 1.1-1.4 times longer than width of tibial apex. Stem of M with 1-10 dorsal macrotrichia; distal 1/6-1/4 of R₅ with both dorsal and ventral macrotrichia; y with 1-9 dorsal macrotrichia; x = 0.4-1.0y. Wing length 3.7-4.8 mm.

Specimens examined. Hokkaido. 2♂3♀, 12-19.VI.1995, Kawanishi, 42°51'N 143°11'E, 70 m alt., Obihiro city, leg. A. Ohkawa [PCMS]. Honshu. 11♂5♀, 25.V.2000, Shibutami, 39°50'N 141°10'E, 220 m alt., Tamayama village, Iwate Pref., leg. M. Sutou (at street light) [PCMS]; 2♂7♀, 24.V.2000, Sizukuishi, 39°41'N 141°02'E, 200 m alt., Sizukuishi town, Iwate Pref., leg. M. Sutou (at street light) [PCMS]; 2♂, 16.V.2000, 3♂4♀, 17-23.V.2000, 2♂5♀, 26.V.-1.VI.1999, 1♂4♀, 24-31.V.2000, 1♂1♀, 7-14.VI.2000, 5♂2♀, 28.VI.-3.VII.2000, 2♀, 4-10.IX.2001, 1♂1♀, 16.IX.2003, Narita, 39°20'N 141°08'E, 70 m alt., Kitakami city, Iwate Pref., leg. J. Gotou (light trap) [PCMS]; 1♂4♀, 24.V.2000, Nitta, 38°43'N 141°08'E, 30 m alt., Hasama town, Miyagi Pref., leg. M. Sutou [PCMS]; 3♂9♀, 22.V.2000, 5♂1♀, 23.V.2000, 5♀, 27.V.2000, Mukaiyama, 38°14'N 140°52'E, 70 m alt., Sendai city, Miyagi Pref., leg. M. Sutou (at street light) [PCMS]; 12♂12♀, 18.IX.2001, Shimotsukeosawa, 36°41'N 139°44'E, 300 m alt., Imaichi city, Tochigi Pref., leg. M. Sutou (at street light) [PCMS]; 1♂, 9.V.2002, Jingūji, Obama city, 35°27'N 135°47'E, Fukui Pref., leg. M. Sasakawa [PCMSA]; 1♂, 9.VIII.2000, 1♂, 18.IX.2000, 4♂, 19.IX.2000, Hiwa, 34°57'N 132°58'E, 600 m alt., Hiwa town, Hiroshima Pref., leg. T. Yamauchi (light trap) [PCMS]. Kyushu. 1♂, 30.VI.2000, Nagasato, 31°39'N 130°20'E, 80 m alt., Higashiichiki town, Kagoshima Pref., leg. M. Sutou [PCMS].

Remarks. The characteristic long setae on the gonocoxite of *S. melanostyla* (Fig. 9A) indicate that this species is a typical member of the *S. ruficauda* species group together with *S. pectilinealis* described above. *S. melanostyla* is also characterized by the chevron-shaped anterior sculpture on the ninth tergite (Fig. 9B). This species was originally described from Primorskiy Kray,

the Far East of Russia (MOHRIG *et al.* 1990). Yukawa *et al.* (2000) recorded one male of this species from the Imperial Palace, Tokyo as the first record from Japan, and Sasakawa (2003) also recorded one male from Fukui Prefecture. As shown above, the present study revealed the wide range of distribution of this species within Japan. The adults of this species appear from May to September in Japan, and are frequently observed to be attracted to artificial light at night.

***Sciara multispinulosa* Mohrig and Kozánek, 1992**

(new to Japan)

(Fig. 10)

Sciara multispinulosa: Mohrig *et al.*, 1992: 19. Type locality: Paekdusan mountain chain, North Korea.

Male. Head: Prefrons and clypeus with setae. Postgena narrow in lateral view with marginal setae. Scape and pedicel brown, each with 6-10 setae; flagellomeres brown; 4th flagellomere 3.6-4.0 times as long as wide, neck portion 1/15-1/16 of its whole length, hairs yellowish brown and almost as long as width of flagellomere. Palpus yellowish brown, 1st segment with 4-6 setae mainly on its outside and with indistinct brownish sensory area bearing minute sensilla, 2nd segment with 10-12 setae, 3rd segment slender with 8-10 setae.

Thorax: Color predominantly dark brown; dorsocentral setae on mesonotum short, dorsolateral setae on mesonotum and setae on scutellum dark brownish and long; posterior pronotum bare. Coxae, femora, and tibiae predominantly yellowish brown, tarsi brown; each tibial vestiture without differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.0-1.1 times longer than width of tibial apex. Wing with brownish anterior veins and light brownish posterior veins; wing membrane without macrotrichia; M₁, M₂, CuA₁, and CuA₂ with dorsal macrotrichia, stem of M with 3-7 dorsal macrotrichia, distal 1/3 of R₅ with both dorsal and ventral macrotrichia, x bare or with a few dorsal macrotrichia, y with 4-5 dorsal macrotrichia; length of R₁ = 0.9R, stem of CuA very short or absent, x = 1.1-1.3y, c = 0.7w; R₁ ending slightly beyond level of branching point of M. Halter yellowish brown, knob with some setae.

Abdomen: Tergites and sternites dark brown with dark brownish setae, membrane between tergite and sternite yellowish brown, 9th tergite large. Gonocoxite (Fig. 10A) ventroproximally forming narrow bridge, dorsal surface shallowly concave; gonostylus (Fig. 10B) nearly triangular in shape, with characteristic 13-15 strong spines and a tongue-like inner process bearing many short conical setae; tegmen (Fig. 10A) membranous, slightly longer than wide, minute denticles located at proximal and central portion; aedeagus slender with 2 long forks; parameral apodeme sclerotized, brownish and arcuate; paramere membranous or weakly sclerotized, nearly triangular in shape.

Wing length: 3.2-3.5 mm.

Female. Different from male in the following characters: Pedicel with 7-12 setae; first flagellomere with 4-6 brownish setae among yellowish hairs; 4th flagellomere 2.1-2.7 times as long as wide, neck portion 1/14-1/12 of its whole length. Second segment of palpus with 12-15 setae. Fore tibial spur 1.2 times longer than width of tibial apex. Stem of M with 4-11 dorsal macrotrichia; distal 1/3-1/2 of R_s with both dorsal and ventral macrotrichia; y with 7-10 dorsal macrotrichia; length of x = 0.8-1.1y; R₁ long, ending well beyond level of branching point of M. Wing length 4.4-5.3 mm.

Specimens examined. Honshu. 1♂, 27.VII.1997, Izumino, 35°25'N 139°30'E, 50 m alt., Yokohama city, Kanagawa Pref., leg. M. Sutou [PCMS]; 1♂, 12.VIII.2000, Mt. Ōyorogi, 35°04'N 132°52'E, 900 m alt., Takano town, Hiroshima Pref., leg. T. Yamauchi [PCMS]; 1♀, 19.IX.2000, 1♂2♀, 20.IX.2000, Hiwa, 34°57'N 132°58'E, 600 m alt., Hiwa town, Hiroshima Pref., leg. T. Yamauchi (light trap) [PCMS].

Remarks. *S. multispinulosa* is characterized by the 13-15 strong spines on the gonostylus (Fig. 10B). The bare wing membrane and bare posterior pronotum indicate that this species belongs to the *S. humeralis* species group. This species was originally described from North Korea (Mohrig *et al.* 1992) based on two males. The present study reports the new record of this species from Japan, and the female of this species is described here for the first time.

Sciara kitakamiensis Sutou, 2004

(Fig. 11)

Male. Head: Eye bridge 3 facets wide at broadest portion. Prefrons with several setae, clypeus with a few setae. Postgena narrow in lateral view with marginal setae. Scape and pedicel brown, each with 5-12 setae; flagellomeres brown; 4th flagellomere (Fig. 11A) 3.1-3.7 times as long as wide, neck portion 1/13-1/9 of its whole length, hairs yellowish brown and almost as long as width of flagellomere. Palpus (Fig. 11B) yellowish brown, 3-segmented with length ratio of 1.2 : 1.0 : 1.3-1.4, 1st segment with 4-8 setae mainly on its outside and with indistinct brownish sensory area bearing minute sensilla, 2nd segment with 9-12 setae, 3rd segment slender with 5-8 setae distally.

Thorax: Color predominantly dark brown; dorsocentral and dorsolateral setae on mesonotum dark brownish and strong; scutellum with some setae of various length; posterior pronotum bare. Legs predominantly brown, each tibial vestiture without differentiated spine-like short setae, fore tibial spur 1.1-1.2 times longer than width of tibial apex. Wing with brownish anterior veins and light brownish posterior veins; wing membrane without macrotrichia; M₁, M₂, CuA₁, and CuA₂ with dorsal macrotrichia, stem of M with 1-7 dorsal macrotrichia, distal 1/7-1/4 of R₅ with both dorsal and ventral macrotrichia, x bare or with a dorsal macrotrichium, y with 4-9 dorsal macrotrichia; length of R₁ = 0.7-0.8R, stem of CuA short, almost absent or 0.1-0.4x, x = 0.4-0.9y, c = 0.7w; R₁ ending at same level or slightly beyond branching point of M. Halter brown, knob with setae.

Abdomen: Tergites and sternites dark brown with dark brownish setae, membrane between tergites and sternites brown. Gonocoxite (Fig. 11C) ventroproximally forming narrow bridge, dorsal surface shallowly concave; gonostylus (Fig. 11D) with a tongue-like inner lobe bearing numerous short conical setae, and a batch of closely fused 3-4 spines above the lobe, besides them, two rows of spines located dorsally, upper row consists of 1-3 (usually 2), lower row consists of 3-5 (usually 4) spines; frequently, left and right gonostylus of a specimen different in number of these spines; tegmen (Fig. 11C) membranous with weakly sclerotized fringe, and fan-shaped with elliptical small appendage apically, minute denticles located at central portion; aedeagus brownish, long, and stout; parameral apodeme brownish, well-sclerotized and arched; paramere weakly sclerotized, basally connected with parameral apodeme.

Wing length: 3.0-3.9 mm.

Female. Different from male in the following characters: First flagellomere with 2-5 brownish setae among yellowish hairs; 4th flagellomere 2.3-2.6 times as long as wide, neck portion 1/17-1/14 of its whole length, hairs about 0.7 times as long as width of flagellomere. First segment of palpus with 4-10 setae, 2nd segment with 10-13 setae, 3rd segment with 7-11 setae. Fore tibial spur 1.2-1.3 times longer than width of tibial apex. Distal 1/5-1/3 of R_5 with both dorsal and ventral macrotrichia; y with 7-13 dorsal macrotrichia; $R_1 = 0.8-1.0R$ and ending at well beyond branching point of M . Wing length 4.3-4.7 mm.

Type material. Holotype: 1♂, 16.IX.2003, Narita, 39°20'N 141°08'E, 70 m alt., Kitakami city, Iwate Pref., Honshu, leg. J. Gotou (light trap) [NSMT].
Paratypes: Honshu. 1♂, 21.VI.2000, 4♂3♀, 9-16.VII.2002, 1♂, 18.VII.2001, 1♂, 16.IX.2003, same data as holotype [NSMT]; 3♂, 11.VI.2002, 1♂, 14.VI.2002, same data as holotype [DEI]; 3♂, 21-27.VIII.2001, 2♂, 28.VIII.-3.IX.2001, 1♂2♀, 4-10.IX.2001, 4♂, 11-15.IX.1999, 6♂1♀, 11-17.IX.2001, same data as holotype [PCMS]; 1♂, 18.IX.2001, Shimotsukeosawa, 36°41'N 139°44'E, 300 m alt., Imaichi city, Tochigi Pref., leg. M. Sutou (at street light) [PCMS]; 1♂, 12.VI.2003, 1♂, 21.VI.2003, Tokiwadai, 35°28'N 139°35'E, 60 m alt., Hodogaya-ku, Yokohama city, Kanagawa Pref., leg. M. Sutou (at street light) [PCMS]; 1♂, 11.VII.1955, 1♂, 13.IX.1950, Suginami, Tokyo, leg. N. Fukuhara [NIAE].

Remarks. *S. kitakamiensis* is well defined by the characteristic arrangement of spines on the gonostylus (Fig. 11D), fan-shaped tegmen, stout aedeagus and strongly arched parameral apodeme (Fig. 11C). Based on the bare posterior pronotum, bare wing membrane, and above genital characters, we regard this species as a member of the *S. humeralis* species group (see Key to the species). However, it should be noted that the tongue-shaped inner lobe of the gonostylus is observed not only in this new species (Fig. 11D) but also in some members of the *S. hemerobioides* species group (Fig. 6A).

The above collecting records indicate that this new species appears from June to September in central part of Japan and is frequently captured at artificial light at night. The specific name is derived from a name of Kitakami city, northeast Japan where many specimens of this species were

collected.

Sciara humeralis Zetterstedt, 1851

(Fig. 12)

Sciara humeralis Zetterstedt, 1851: 3718. Type locality: Norway.

Male. Head: Eye bridge 2-3 facets wide at broadest portion. Prefrons and clypeus with setae. Postgena narrow in lateral view with marginal setae. Scape brown with 5-8 setae, pedicel brown with 6-10 setae; flagellomeres brown; 1st flagellomere with 2-5 brownish setae among yellowish hairs; 4th flagellomere 2.6-2.9 times as long as wide, neck portion 1/13-1/9 of its whole length, hairs yellowish brown and almost as long as width of flagellomere. Palpus yellowish brown, 3-segmented with length ratio of 1.2 : 1.0 : 1.3, 1st segment with 3-6 setae mainly on its outside and with indistinct brownish sensory area bearing minute sensilla, 2nd segment with 8-12 setae, 3rd segment slender with 8-13 setae on its distal 1/3.

Thorax: Mesonotum dark brown with short dorsocentral setae and long dorsolateral ones; katepisternum brown; scutellum with various length of setae; posterior pronotum bare. Coxae and femora predominantly yellowish brown, tibiae and tarsi brown; each tibial vestiture without differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.0-1.2 times longer than width of tibial apex. Wing veins brownish except for light brownish stem of M; wing membrane without macrotrichia; M₁, M₂, CuA₁, and CuA₂ with dorsal macrotrichia, stem of M with 1-4 dorsal macrotrichia or rarely without macrotrichia, distal 1/4-1/3 of R₅ with both dorsal and ventral macrotrichia, x bare, y with 2-5 dorsal macrotrichia; length of R₁ = 0.7-0.9R, stem of CuA almost absent or 0.1-0.3x, x = 0.7-1.2y, c = 0.7w; R₁ ending at same level or slightly beyond branching point of M. Halter brown, knob with many setae.

Abdomen: Tergites and sternites brown with dark brownish setae, membrane between tergites and sternites yellowish brown. Gonocoxite ventroproximally forming narrow bridge, dorsal surface shallowly concave; gonostylus (Fig. 12A, B) nearly triangular in shape with a tongue-shaped inner lobe bearing many short setae, and apically with a horn-like process whose apex split into 3-5 spines, besides them, 1-4 spines located dorsally [3-4 spines in specimens from mainland of Japan (Fig. 12A), 1 spines in

specimens from Ishigaki and Iriomote Islands (Fig. 12B), see remarks for detail], sometimes, left and right gonostylus of a specimen different in number of these spines; tegmen (Fig. 12C) membranous, longer than wide and weakly attenuated apically, minute denticles located basally; aedeagus with two long branches; parameral apodeme brownish, well-sclerotized and arched; paramere weakly sclerotized and long.

Wing length: 2.7-3.4 mm.

Female. Different from male in the following characters: Postgena broad in lateral view. Fourth flagellomere 2.0-2.5 times as long as wide, neck portion 1/14-1/10 of its whole length, hairs about 0.8 times as long as width of flagellomere. Second segment of palpus with 9-15 setae, 3rd with 8-14 setae on its distal half. Fore tibial spur 1.2-1.3 times longer than width of tibial apex. Wing membrane bare or sometimes with a few macrotrichia; distal 1/3-1/2 of R₅ with both dorsal and ventral macrotrichia; y with 2-9 dorsal macrotrichia; R₁ = 0.8-1.0R; x = 0.8-1.3y; R₁ ending well beyond branching point of M. Abdomen unicolored, brown or dark brown. Wing length 3.5-4.6 mm.

Specimens examined. Honshu. 1♂, 6.VI.1953, Ohmagari, Akita Pref., leg. N. Fukuhara [NIAE]; 1♂, 7-14.VI.2000, 1♂, 18-20.IX.2001, Narita, 39°20'N 141°08'E, 70 m alt., Kitakami city, Iwate Pref., leg. J. Gotou [PCMS]; 1♂, 26.V.1999, To, 36°28'N 140°26'E, 45 m alt., Naka town, Ibaraki Pref., leg. H. Hosoda [PCMS]. Kyushu. 4♂, 23.IX.2000 (reared from larvae collected at 18.IX.2000, Korimoto, 31°34'N 130°32'E, 30 m alt., Kagoshima city, Kagoshima Pref. by M. Sutou) [PCMS]; 1♂10♀, 14-16.XI.2000 (reared from larvae collected at 7.XI.2000, same locality, by M. Sutou) [PCMS]; 1♀, 30.IX.1999 (leg. K. Eguchi), 2♂1♀, 5.V.2000, 1♀, 23.VI.2000, 1♀, 1.X.1999, 11♂, 2.X.1999, 1♀, 5.X.1999, 3♀, 9.X.1999 (leg. M. Sutou), same locality [PCMS]; 2♂, 15.XII.1971, Ishigaki Island, 24°25'N 124°10'E, Okinawa Pref., leg. J. Shimanaka [NIAE]; 1♂1♀, 12.VII.2001, Iriomote Island, 24°20'N 123°50'E, Okinawa Pref., leg. T. Yamauchi [PCMS].

Remarks. *S. humeralis* is well characterized by the presence of a horn-like large process on the gonostylus (Fig. 12A, B) and the shapes of tegmen and paramere (Fig. 12C). The horn-like process on the gonostylus of this species is somewhat peculiar in having split apex. We suggest that this process

originated as a fused structure of some spines because the apical batch of closely fused 3-5 spines on the gonostylus of *S. kitakamiensis* (Fig. 11D) looks like its homologue.

Menzel and MOHRIG (1991, 2000) pointed out the morphological variation of the male genitalia of *S. humeralis*. They categorized them into two types: examples from Europe and USA having 3-4 dorsal spines and relatively short horn-like apical process on their gonostylus; examples from Taiwan, southern China (Guizhou Province), and northern Vietnam having only one dorsal spine and relatively long horn-like apical process on their gonostylus. We call them the Holarctic type and the Oriental type respectively.

In the present study, we recorded 22 males of the Holarctic type from mainland of Japan (Akita, Iwate, Ibaraki and Kagoshima Prefectures) (Fig. 12A) and three males of the Oriental type from southernmost islands in Japan (Ishigaki Is. and Iriomote Is.) (Fig. 12B). Based on these materials, we estimate that the distributional borderline between these two types lies within southern islands of Japan. The specimen showing intermediate characters between these two types has not been found until now. The possibility of the independent species or subspecies status for the Oriental type should be considered in future study.

Sciara fagi Shinji, 1938 nomen dubium

Remarks. Menzel and Mohrig (2000) treated this species name as nomen dubium. The original description of this species is not enough to determine the genus or species name of this species, and we confirmed that Dr. Shinji never prepared type specimens in his taxonomic study (Personal com. from Dr. Yukawa, Fukuoka, Japan). Therefore, we cannot clarify the identity of this species and retain the treatment as nomen dubium.

Bradysia japonica (Enderlein, 1911)

(Fig. 13)

Lycoria japonica Enderlein, 1911: 152 – 154. Type locality: Kanagawa Prefecture, Honshu, Japan.

Specimens examined. Honshu. 1♀, 19.VI.1906, Kanagawa Pref., leg. H. SAUTER (holotype) [PAS].

Remarks. This species was originally described as *Lycoria japonica* Enderlein, 1911. As mentioned in the Introduction, the genus *Lycoria* is regarded as one of the synonyms of the genus *Sciara*, therefore we included this species in our taxonomic study on the Japanese *Sciara*. We examined the holotype [PAS], and considered that this species should be transferred to the genus *Bradysia* based on the following characters: three segmented palpus (Fig. 13B), single comb-like row of spines on the inner apex of the fore tibia (Fig. 13C), bare posterior veins of the wing (Fig. 13D).

Discussion

Morphology of male genitalia

The morphology of the male genitalia is most important for the species identification of sciariid flies. Previous authorities carefully examined this structure and described its components, namely, gonostylus, gonocoxite, tegmen and aedeagus. In addition to these characters, we newly described the characters of paramere and parameral apodeme and compared them among the species of *Sciara*.

The parameres of *S. thoracica*, *S. hemerobioides* and *S. melanostyla* have three processes (Figs 5A, 6B, 9A), while those of the other Japanese species have only one process (Figs 7A, 8C, 10A, 11C, 12C). The paramere of *S. thoracica* is sclerotized, while those of the other Japanese species are weakly sclerotized or membranous. The paramere of *S. humeralis* (Fig. 12C) are characteristic in having rounded apex.

We examined the parameral apodeme of most species of the Palaearctic *Sciara* [DEI, PCMS], and recognized this character as a following transformation series. Brownish, sclerotized and strongly arched in *S. humeralis* species group (Figs 10A, 11C, 12C); brownish, sclerotized and strongly or weakly arched in *S. hemerobioides* species group (Figs 5A, 6B, 7A); brownish or yellowish, sclerotized or membranous, and weakly arched or almost straight in *S. ruficauda* species group (Figs 8C, 9A). We point out the condition of the dorsal surface of gonocoxite could be also interpreted as a transformation series among the Palaearctic *Sciara*: shallowly concave in *S.*

humeralis species group (Figs 10A, 11C), shallowly or deeply concave in *S. hemerobioides* species group (Figs 5A, 7A), more deeply concave reaching its basal half in *S. ruficauda* species group (Figs 8C, 9A). Based on these observations, we stress the taxonomic and phylogenetic importance of the paramere, parameral apodeme and dorsal concavity of the gonocoxite of *Sciara*.

Female morphology

As mentioned above, the morphology of the male genitalia is most important for the determination of sciarid flies. Therefore species determination of the female specimen is usually difficult. However, we identified the females of eight species of the Japanese *Sciara* by rearing the larvae or based on the sympatric collecting records and comparison with the male morphology. We described these females in the present study and their morphological differences from the male except for genital characters are generalized as follows: postgena wide in lateral view, scape and pedicel with many setae, flagellomeres and flagellar hairs shorter, palpus with many setae, fore tibial spur slightly longer, wing veins with many macrotrichia, R₁ slightly longer, body size distinctly larger.

Species diversity of Sciara

Menzel and Mohrig (2000) recorded 17 species of *Sciara* from the Palaearctic region, and we added two new species to the Palaearctic fauna. Currently, about 200 species of *Sciara* are known from the other zoogeographical regions. However, many species of current *Sciara* will be transferred to the other genera in future studies because this genus had a role of catch-all genus as mentioned in the Introduction. We recorded two species of *Sciara* from Hokkaido, northern Japan (cool temperate), nine species from Honshu, central Japan (temperate), and four species from Shikoku and Kyushu, southern Japan (warm temperate to subtropical). *S. thoracica* and *S. melanostyla* are recorded from all these regions. The diversity of this genus in the tropical regions are not well known until now. Menzel and Mohrig (2000) estimated that this genus is probably most diverse in the Neotropical region. Further taxonomic study will gradually make clear the diversity of this genus in the world.

(3) Genus *Leptosciarella*

(和名新称 ヒトトゲクロバネキノコバエ属)

(Figs. 14-17)

Leptosciarella (Leptosciarella) pilosa (Staeger, 1840) (new to Japan)

Specimens examined

Adult. 1♂, 1-6.VI.1995, Kawanishi, 42°51'N 143°11'E, 70 m alt., Obihiro city, leg. A. Ohkawa; 4♂, 14-28.IV.1996, 2♀, 26.IV.1999, 2♀, 28.IV.2001, 1♀, 1.V.2001, 7♂1♀, 25.III-9.IV.2002 (emerged from soil), 5♂2♀, 4-26.IV.2003 (emerged from soil), Tokiwadai, 35°28'N 139°35'E, 60 m alt., Hodogaya-ku, Yokohama city, Kanagawa Pref., leg. M. Sutou; 1♂, 25.V.1999, Oizumi village, 35°54'N 138°25'E, 1200 m alt., Yamanashi Pref., leg. M. Sutou.
Larva and Pupa. 3 exs., 11.IV.2003, Tokiwadai, 35°28'N 139°35'E, 60 m alt., Hodogaya-ku, Yokohama city, Kanagawa Pref., leg. M. Sutou (from soil).

Leptosciarella (Leptosciarella) subpilosa (Edwards, 1925) (new to Japan)

Specimens examined

1♂1♀, 12-14.V.1998, Kiyosato, 35°56'N 138°26'E, 1450 m alt., Takane town, Yamanashi Pref., leg. M. Sutou.

Leptosciarella (Leptosciarella) rejecta (Winnertz, 1867) (new to Japan)

Specimens examined

6♂, 12-19.VI.1995, Kawanishi, 42°51'N 143°11'E, 70 m alt., Obihiro city, leg. A. Ohkawa; 1♂1♀, 18.VI.2000, near lake Yuno, 36°48'N 139°26'E, 1500 m

alt., Nikko city, Tochigi Pref., leg. K. Uesugi.

Leptosciarella (Leptosciarella) dimera (Tuomikoski, 1960)
(new to Japan)

Specimens examined

1♂, 19.VI.2000, near lake Chuzenji, 36°45'N 139°25'E, 1500 m alt., Nikko city, Tochigi Pref., leg. K. Uesugi.

Leptosciarella (Leptosciarella) sp. 1
(Fig. 15)

Male. Head: Prefrons with many setae, clypeus bare. Scape brown with 5-8 setae, pedicel brown with 13-16 setae, flagellomeres yellowish brown; 4th flagellomere 2.4 times as long as wide, neck portion about 1/8 of its whole length, hairs yellowish brown and slightly shorter than width of flagellomere. Palpus yellowish brown, 3-segmented with length ratio of 1.4 : 1.0 : 1.5, 1st segment with 8-10 setae mainly on its outside and with indistinct brownish sensory area bearing minute sensilla, 2nd segment with 6-8 setae, 3rd segment slender with 6-7 setae.

Thorax: Color predominantly dark brown; dorsocentral setae on mesonotum brownish and short; scutellum with some setae; posterior pronotum with setae. Coxae, femora, and tibiae predominantly yellowish brown, tarsi brown; each tibial vestiture with some differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.3-1.4 times longer than width of tibial apex; claws untoothed. Wing with brownish anterior veins and light brownish posterior veins; wing membrane bare; M₁, M₂, CuA₁, and CuA₂ with dorsal macrotrichia, stem of M with 4-5 dorsal macrotrichia, distal 1/5 of R₅ with both dorsal and ventral macrotrichia, x bare, y with 6-10 dorsal macrotrichia; length of R₁ = 0.9-1.1R, stem of CuA very short, x = 0.4y, c = 0.8w; R₁ ending at same level of branching point of M. Stalk of halter yellowish brown, knob yellowish brown with many setae.

Abdomen: Nearly cylindrical and long. Tergites and sternites dark brown with dark brownish setae, membrane between tergites and sternites brown.

Gonostylus slightly bending inward and slightly attenuated apically with a distinct apical tooth.

Wing length: 3.0-3.9 mm.

Specimens examined

1♂, 1-6.VI.1995, 1♂, 12-19.VI.1995, Kawanishi, 42°51'N 143°11'E, 70 m alt., Obihiro city, leg. A. Ohkawa.

Leptosciarella (Leptosciarella) sp. 2

(Fig. 16)

Male. Head: Prefrons setose. Scape brown with 4 setae, pedicel brown with 11 setae, flagellomeres brown; 4th flagellomere 1.9 times as long as wide, neck portion about 1/10 of its whole length, hairs yellowish, short, 0.6 times as long as width of flagellomere. Palpus yellowish brown, 3-segmented with length ratio of 1.3 : 1.0 : 1.3, 1st segment with 7 setae mainly on its outside and with indistinct brownish sensory area bearing minute sensilla, 2nd segment with 10 setae, 3rd segment slender with 10 setae.

Thorax: Color predominantly dark brown; dorsocentral setae on mesonotum brownish and short, dorsolateral ones brownish and long; scutellum with some setae, 4 of them longer than the others; posterior pronotum with setae. Coxae, femora, and tibiae predominantly yellowish brown, tarsi brown; each tibial vestiture with differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.3 times longer than width of tibial apex; claws untoothed. Wing with brownish anterior veins and light brownish posterior veins; wing membrane bare; M₁, M₂, CuA₁, and CuA₂ with dorsal macrotrichia, stem of M bare, distal 1/5 of R₅ with both dorsal and ventral macrotrichia, x bare, y with 6 dorsal macrotrichia; length of R₁ equal to that of R, stem of CuA very short, $x = 0.5y$, $c = 0.7w$; R₁ ending at same level of branching point of M. Halter yellowish brown, knob with setae.

Abdomen: Tergites and sternites dark brown with brownish short setae, membrane between tergites and sternites yellowish brown. Gonostylus robust protruding inward and with a distinct apical tooth.

Wing length: 3.1 mm.

Specimens examined

1♂, 12-14.V.1998, Kiyosato, 35°56'N 138°26'E, 1450 m alt., Takane town, Yamanashi Pref., leg. M. Sutou.

Leptosciarella (Leptosciarella) sp. 3

(Fig. 17)

Male. Head: Prefrons with setae, clypeus bare. Scape brown with 3-4 setae, pedicel brown with 5-11 setae, flagellomeres dark brown; 4th flagellomere 3.2-3.5 times as long as wide, neck portion about 1/8-1/5 of its whole length, hairs yellowish brown and almost as long as or slightly longer than width of flagellomere. Palpus yellowish brown, 3-segmented with length ratio of 1.8 : 1.0 : 1.2, 1st segment with 1-3 setae and with brownish sensory area bearing minute sensilla, 2nd segment with 3-5 setae, 3rd segment with 3-5 setae.

Thorax: Color predominantly dark brown; dorsocentral and dorsolateral setae on mesonotum dark brownish and long; scutellum with some setae, 2-4 of them longer than the others; posterior pronotum bare or with setae. Coxae, femora, and tibiae predominantly yellowish brown, tarsi brown; each tibial vestiture, especially hind tibia with differentiated spine-like setae; fore tibial spur 1.1-1.3 times longer than width of tibial apex; claws untoothed. Wing with small anal area and with brownish anterior veins and light brownish posterior veins; wing membrane bare; M₁, M₂, CuA₁, and CuA₂ with dorsal macrotrichia, stem of M with 2 dorsal macrotrichia, diatal 1/6-1/2 of R₅ with both dorsal and ventral macrotrichia, x bare, y with 3-5 dorsal macrotrichia; length of R₁ = 0.8R, stem of CuA = 0.2-0.4x, x = 1.0-1.2y, c = 0.7w; R₁ ending before level of branching point of M. Halter brown, knob with many setae.

Abdomen: Tergites and sternites brown with dark brownish setae, each tergite with a lateral small yellowish spots, membrane between tergites and sternites brown. Gonostylus slender with long setae on its basal 2/3; distal part of gonostylus with many spines, and a characteristic conical tooth having blunt apex located inside.

Wing length: 2.2-2.6 mm.

Specimens examined

1♂, 17.III.1999, Shiroyama, 31°35'N 130°32'E, 60 m alt., Kagoshima city,

Kagoshima Pref., leg. M. Sutou (emerged from soil); 1♂, 11.IV.-2.V.1999, Goino, 31°28'N 130°28'E, 40 m alt., Kagoshima city, Kagoshima Pref., leg. M. Sutou (emerged from soil); 1♂, 29.IV.2000, Mt. Inao, 31°07'N 130°53'E, 600 m alt., Sata town, Kagoshima Pref., leg. M. Sutou.

Leptosciarella (Leptospina) lobodentata (Mohrig and Menzel, 1997)

Specimens examined

2♂, 12-19.VI.1995, Kawanishi, 42°51'N 143°11'E, 70 m alt., Obihiro city, leg. A. Ohkawa.

(4) Genus *Trichosia*

(和名新称 ケブカクロバナキノコバエ属)

(Figs. 18-27)

Trichosia (Trichosia) hypertricha Menzel and Mohrig, 1997 (new to Japan)

Specimens examined

2♂, 5.VIII.1998, Hyakumatsu-zawa, 43°01'N 141°13'E, 500 m alt., Sapporo city, Hokkaido, leg. K. Mizota; 1♂1♀, 19.VIII.2001, Omosiroyama plateau, 38°20'N 140°30'E, 550 m alt., Yamagata city, Yamagata Pref., leg. M. Sutou; 1♀, 12.VI.2001, Mt. Ōgusu, 35°14'N 139°37'E, 150 m alt., Yokosuka city, Kanagawa Pref., leg. M. Sutou.

Trichosia (Trichosia) sp. 1 (Fig. 19)

Male. Head: Prefrons with setae, clypeus bare. Scape dark brown with 4-7 setae, pedicel dark brown with 8-12 setae, flagellomeres dark brown; 4th flagellomere 3.3-3.7 times as long as wide, neck portion about 1/8 of its whole length, hairs yellowish brown and almost as long as or slightly longer than width of flagellomere. Palpus brown, 3-segmented with length ratio of 1.4 : 1.0 : 1.4, 1st segment with 3-6 setae mainly on its outside and with indistinct brownish sensory area bearing minute sensilla, 2nd segment with 5-8 setae, 3rd segment slender with 5-7 setae.

Thorax: Mesonotum and pleura predominantly dark brown; dorsocentral setae on mesonotum dark brownish and short, dorsolateral ones dark brownish and long; scutellum with some setae; posterior pronotum bare. Coxae, femora, and tibiae predominantly yellowish brown, tarsi dark brown; each tibial vestiture with differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.2 times longer than width of tibial apex; claws untoothed. Wing with

brownish anterior veins and light brownish posterior veins; wing membrane with numerous macrotrichia especially on distal 2/3; M₁, M₂, CuA₁, and CuA₂ with dorsal macrotrichia, stem of M with many dorsal macrotrichia, R₅ with both dorsal and ventral macrotrichia along its whole length, x bare, y with 2-4 dorsal macrotrichia; length of R₁ = 0.9R, stem of CuA very short, x = 0.9-1.0y, c = 0.7-0.8w; R₁ ending slightly beyond level of branching point of M. Halter brown with many setae on distal half.

Abdomen: Tergites and sternites dark brown with dark brownish setae, membrane between tergites and sternites brown. Gonostylus nearly ovoidal in shape and with 9-15 spines on its inside

Wing length: 3.4-3.7 mm.

Specimens examined

Adult. 2♀, 7.IV.1998 (reared from larvae collected at 29.III.1998, Tokiwadai, 35°28'N 139°35'E, 60 m alt., Hodogaya-ku, Yokohama city, Kanagawa Pref. by M. Sutou); 1♀, 24.IV.2001, 2♂, 15.IV.-9.V.2002 (emerged from soil), 1♂, 4-26.IV.2003 (emerged from soil), same locality, leg. M. Sutou; 2♂, 16.V.2000, Tounomine, 35°14'N 139°07'E, 250 m alt., Hakone town, Kanagawa Pref., leg. M. Sutou.

Larva and Pupa. 4 exs., 29.III.1998, Tokiwadai, 35°28'N 139°35'E, 60 m alt., Hodogaya-ku, Yokohama city, Kanagawa Pref. by M. Sutou (from rotten wood).

Trichosia (Trichosia) sp. 2 (Fig. 21)

Male. Head: Prefrons with setae, clypeus bare. Scape dark brown with 3-5 setae, pedicel dark brown with 5-8 setae, flagellomeres dark brown; 4th flagellomere 2.8-3.0 times as long as wide, neck portion 1/14-1/10 of its whole length, hairs brown almost as long as width of flagellomere. Palpus brown, 3-segmented with length ratio of 1.4 : 1.0 : 1.7, 1st segment with 2-3 setae on its outside and with indistinct brownish sensory area bearing minute sensilla, 2nd segment with 7-10 setae, 3rd segment slender with 6-8 setae.

Thorax: Mesonotum and pleura predominantly dark brown; dorsocentral and dorsolateral setae on mesonotum dark brownish, each with a row of long

setae among short setae; scutellum with some setae, 3-5 of them longer than the others; posterior pronotum bare. Coxae, femora, and tibiae predominantly yellowish brown, tarsi brown; each tibial vestiture with differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.4-1.5 times longer than width of tibial apex; claws untoothed. Wing with brownish anterior veins and light brownish posterior veins; wing membrane bare; M_1 , M_2 , CuA_1 , and CuA_2 with dorsal macrotrichia, stem of M with 4-10 dorsal macrotrichia, distal 1/3 of R_5 with both dorsal and ventral macrotrichia, x bare, y with 5-9 dorsal macrotrichia; length of $R_1 = 0.7-0.9R$, stem of CuA very short, $x = 0.6-0.9y$, $c = 0.7-0.8w$; R_1 ending at same level of branching point of M. Halter brown, knob with setae.

Abdomen: Tergites and sternites dark brown with dark brownish setae, membrane between tergites and sternites brown. Gonostylus characteristic in having inner spines divided into upper batch usually consists of 2-4 spines and lower one usually consists of 2 spines.

Wing length: 2.5-3.1 mm.

Specimens examined

Adult. 4♂, 22.V.2000, 1♀, 13.V.2001, Mukaiyama, 38°14'N 140°52'E, 70 m alt., Sendai city, Miyagi Pref., leg. M. Sutou; 4♂2♀, 14-19.V.2001 (reared from larvae collected at 11.V.2001, same locality, by M. Sutou); 5♂3♀, 30.IV.-29.V.2002 (reared from larvae collected at 28.IV.2002, same locality, by M. Sutou).

Larva and Pupa. 40 exs., 11.V.2001, 28.IV.2002, Mukaiyama, 38°14'N 140°52'E, 70 m alt., Sendai city, Miyagi Pref., leg. M. Sutou (from rotten wood of *Tsuga* sp.).

Trichosia (Trichosia) sp. 3

(Fig. 20)

Male. Head: Prefrons with setae, clypeus bare. Scape dark brown with 3-4 setae, pedicel dark brown with 11-13 setae, flagellomeres dark brown; 4th flagellomere 2.2-3.6 times as long as wide, neck portion about 1/11 of its whole length, hairs brown, 0.5-0.6 times as long as width of flagellomere. Palpus brown, 3-segmented with length ratio of 1.4 : 1.0 : 1.6, 1st segment

with 6-11 setae mainly on its outside and with indistinct brownish sensory area bearing minute sensilla, 2nd segment with 8-12 setae, 3rd segment slender with 9-11 setae.

Thorax: Mesonotum and pleura predominantly dark brown; dorsocentral and dorsolateral setae on mesonotum dark brownish, each with a row of long setae among short setae; scutellum with some setae, 4-5 of them longer than the others; posterior pronotum with setae. Coxae, femora, and tibiae predominantly brown, tarsi dark brown; each tibial vestiture with differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.3-1.6 times longer than width of tibial apex; claws untoothed. Wing with brownish anterior veins and light brownish posterior veins; wing membrane bare; M_1 , M_2 , CuA_1 , and CuA_2 with dorsal macrotrichia, stem of M with many dorsal macrotrichia, R_5 with both dorsal and ventral macrotrichia along almost its whole length, x bare, y with 5-9 dorsal macrotrichia; length of $R_1 = 0.9-1.1R$, stem of CuA very short or absent, $x = 0.5-0.8y$, $c = 0.7-0.8w$; R_1 ending opposite or slightly beyond level of branching point of M . Halter yellowish brown, knob with many setae.

Abdomen: Tergites and sternites dark brown with dark brownish setae, membrane between tergites and sternites brown. Gonostylus longer than wide, nearly ovoidal, characteristic 4-6 spines located at inside.

Wing length: 3.8-4.1 mm.

Specimens examined

Adult. 3♂1♀, 20-22.IV.1999, Mt. Sefuri, 33°27'N 130°22'E, 500 m alt., Fukuoka city, Fukuoka Pref., leg. S. Satou; 1♂, 17.III.1999 (reared from larvae collected at 8.III.1999, Kurino town, 31°58'N 130°48'E, 600 m alt., Kagoshima Pref., by M. Sutou); 1♂1♀, 28.IV.2000, Mt. Hoyoshi, 31°15'N 131°00'E, 700 m alt., Uchinoura town, Kagoshima Pref., leg. M. Sutou.
Larva and Pupa. 2 exs., 8.III.1999, Kurino town, 31°58'N 130°48'E, 600 m alt., Kagoshima Pref., leg. M. Sutou (from rotten wood).

Trichosia (Trichosia) sp. 4 (Fig. 22)

Male. Head: Prefrons with setae, clypeus bare. Scape dark brown with 7-8

setae, pedicel dark brown with 12-13 setae, flagellomeres brown; 4th flagellomere 1.9-2.1 times as long as wide, neck portion about 1/15 of its whole length, hairs brown 0.4-0.5 times as long as flagellomere. Palpus yellowish brown, 3-segmented with length ratio of 1.5 : 1.0 : 1.5, 1st segment with 3-6 setae with indistinct brownish sensory area bearing minute sensilla, 2nd segment with 7-10 setae, 3rd segment slender with 6-9 setae.

Thorax: Mesonotum with both long and short dark brownish setae; scutellum with some setae, 4 of them longer than the others; posterior pronotum bare or weakly setose. Coxae, femora, and tibiae predominantly yellowish brown, tarsi brown; each tibial vestiture with differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.8 times longer than width of tibial apex; claws untoothed. Wing with brownish anterior veins and light brownish posterior veins; wing membrane bare; M₁, M₂, CuA₁, and CuA₂ with dorsal macrotrichia, stem of M with many dorsal macrotrichia, R₅ with both dorsal and ventral macrotrichia along its whole length, x bare, y with 10 dorsal macrotrichia; length of R₁ = 1.0-1.2R, stem of CuA = 0.2x, x = 0.4-0.7y, c = 0.8w; R₁ ending slightly beyond level of branching point of M. Halter yellowish brown, knob with many setae. Abdomen: Tergites and sternites brown with dark brownish dense setae, membrane between tergites and sternites yellowish brown. Gonostylus with steep inner surface on which many spines and setae present.

Wing length: 3.9-4.0 mm.

Specimens examined

2♂, 18.IV.1994, Sanbu town, 35°39'N 140°22'E, 50 m alt., Chiba Pref., leg. E. Ishitani.

Trichosia (Trichosia) sp. 5

(Fig. 23)

Male. Head: Prefrons with setae, clypeus bare. Scape dark brown with 2 setae, pedicel dark brown with 9-11 setae, flagellomeres brown; 4th flagellomere 2.4 times as long as wide, neck portion about 1/9 of its whole length, hairs brown almost as long as or slightly longer than width of flagellomere. Palpus brown, 2 (a specimen from Miyagi Pref.) or 3 (a specimen from Tochigi Pref.) segmented, 1st segment with 1-3 setae with

indistinct brownish sensory area bearing minute sensilla.

Thorax: Mesonotum and pleura predominantly dark brown; mesonotum with both long and short dark brownish setae; scutellum with some setae, 4 of them longer than the others; posterior pronotum with setae. Coxae, femora, and tibiae predominantly yellowish brown, tarsi brown; each tibial vestiture with differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.4 times longer than width of tibial apex; claws untoothed. Wing with brownish anterior veins and light brownish posterior veins; wing membrane bare; M_1 , M_2 , CuA_1 and CuA_2 with dorsal macrotrichia, stem of M bare or with a few dorsal macrotrichia, tip of R_5 with both dorsal and ventral macrotrichia, x bare, y with 3-4 dorsal macrotrichia; length of $R_1 = 0.5-0.6R$, stem of CuA absent, $x = 1.1-1.5y$, $c = 0.7-0.8w$; R_1 ending before level of branching point of M. Halter brown, knob with setae.

Abdomen: Tergites and sternites dark brown with dark brownish setae, membrane between tergites and sternites brown. Gonostylus longer than wide, nearly ovoidal in shape, with many spines on inner surface of distal 1/2.

Wing length: 2.2-2.7 mm.

Specimens examined

1♂, 30.IV.-29.V.2002, Mukaiyama, 38°14'N 140°52'E, 70 m alt., Sendai city, Miyagi Pref., leg. M. Sutou (emerged from a rotten wood of *Tsuga* sp.); 1♂, 18.VI.2000, near lake Yuno, 36°48'N 139°26'E, 1500 m alt., Nikko city, Tochigi Pref., leg. K. Uesugi.

Trichosia (Baeosciara) scotica (Edwards, 1925) (new to Japan)

Specimens examined

1♂, 25.X.1998, Makizono town, 31°52'N 130°45'E, 240 m alt., Kagoshima Pref., leg. M. Sutou; 1♂, 27.V.2002, Takasaki town, 31°54'N 131°03'E, 200 m alt., Miyazaki Pref., leg. M. Sutou.

Trichosia (Mouffetina) sp. 6

Male. Head: Prefrons with setae, clypeus bare. Scape dark brown with 3 setae, pedicel dark brown with about 18 setae, flagellomeres dark brown; 4th flagellomere 2.8 times as long as wide, neck portion 1/9 of its whole length, hairs yellowish brown almost as long as width of flagellomere. Palpus yellowish brown, 2-segmented, 1st segment with 4 setae on its outside and with brownish sensory area bearing minute sensilla, 2nd segment with 11 setae.

Thorax: Mesonotum and pleura predominantly dark brown; mesonotum with both long and short dark brownish setae; scutellum with some setae; posterior pronotum with setae. Legs predominantly brown, each tibial vestiture with some differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.2 times longer than width of tibial apex; claws untoothed. Wing with brownish anterior veins and light brownish posterior veins; wing membrane bare; M₁, M₂, CuA₁ with dorsal macrotrichia, CuA₂ and stem of M bare, distal 2/3 of R_s with both dorsal and ventral macrotrichia, x bare, y with 9 dorsal macrotrichia; length of R₁ = 1.3R, stem of CuA very short, x = 0.5y, c = 0.9w; R₁ ending at same level of branching point of M. Halter dark brown, distal 1/2 with setae.

Abdomen: Tergites and sternites brown with dark brownish setae, membrane between tergites and sternites yellowish brown. Gonostylus short and robust, outersurface rounded and inner apex protruding inward with many spines. Of these, one spine apparently thicker than the other ones.

Wing length: 4.1 mm.

Specimens examined

1♂, 18.VI.2000, near lake Yuno, 36°48'N 139°26'E, 1500 m alt., Nikko city, Tochigi Pref., leg. K. Uesugi.

Trichosia sp. 7

(Fig. 24)

Male. Head: Prefrons with setae, clypeus bare or with a few setae. Scape dark brown with 5-6 setae, pedicel dark brown with 10-11 setae, flagellomeres dark brown; 4th flagellomere 4.4-4.7 times as long as wide,

neck portion about 1/6-1/5 of its whole length, hairs brown 1.3-1.4 times as long as width of flagellomere. Palpus brown, 3-segmented with length ratio of 1.3 : 1.0 : 1.2, 1st segment with 2-3 setae with indistinct brownish sensory area bearing minute sensilla, 2nd segment with 3 setae, 3rd segment with 4-5 setae.

Thorax: Mesonotum and pleura predominantly dark brown; mesonotum with both long and short dark brownish setae; scutellum with some setae, 2-3 of them longer than the others; posterior pronotum bare or with a few setae. Coxae, femora, and tibiae predominantly yellowish brown, tarsi brown; each tibial vestiture, especially hind tibia, with differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.3-1.4 times longer than width of tibial apex; claws untoothed. Wing with brownish anterior veins and light brownish posterior veins; wing membrane bare; M₁, M₂, CuA₁ with dorsal macrotrichia, CuA₂ bare, stem of M with a few dorsal macrotrichia, tip of R₅ with both dorsal and ventral macrotrichia, x bare, y with a few dorsal macrotrichia; length of R₁ = 0.5-0.7R, stem of CuA = 0.2x, x = 1.2y, c = 0.6-0.7w; R₁ ending before level of branching point of M. Halter brown, knob with setae.

Abdomen: Tergites and sternites dark brown with dark brownish setae, membrane between tergites and sternites brown. Gonostylus longer than wide, attenuated apically, and with apical spines. Tegmen with 2 long setae. Wing length: 2.2-2.5 mm.

Specimens examined

1♂, 29.V.2000, Yaen-touge, 35°37'N 139°20'E, 160 m alt., Hachioji city, Tokyo, leg. M. Sutou; 1♂, 15.IV.-9.V.2002 (emerged from soil), 4♂ 1♀, 14.V.-10.VI.2002 (emerged from soil), 1♂, 12.VI.-6.VII.2002 (emerged from soil), 1♂ 1♀, 3.VI.2002, Tokiwadai, 35°28'N 139°35'E, 60 m alt., Hodogaya-ku, Yokohama city, Kanagawa Pref., leg. M. Sutou; 1♀, 26.V.1999, Izumino, 35°25'N 139°30'E, 50 m alt., Yokohama city, Kanagawa Pref., leg. M. Sutou.

Trichosia sp. 8

(Fig. 25)

Male. Head: Prefrons with setae, clypeus bare. Scape dark brown with 5-7 setae, pedicel dark brown with 7-8 setae, flagellomeres dark brown; 4th

flagellomere 4.1 times as long as wide, neck portion about 1/4 of its whole length, hairs brown 1.5 times as long as width of flagellomere. Palpus brown, 3-segmented with length ratio of 1.3 : 1.0 : 1.2, 1st segment with 1-2 setae with indistinct brownish sensory area bearing minute sensilla, 2nd and 3rd segment each with 3 setae.

Thorax: Mesonotum and pleura predominantly dark brown; mesonotum with both long and short dark brownish setae; scutellum with some setae, 2 of them longer than the others; posterior pronotum bare. Coxae, femora, and tibiae predominantly brown, tarsi dark brown; each tibial vestiture, especially hind tibia, with differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.3-1.4 times longer than width of tibial apex; claws untoothed. Wing with small anal area and with brownish anterior veins and light brownish posterior veins; wing membrane bare; M_1 , M_2 , CuA_1 , CuA_2 and stem of M bare, tip of R_5 with both dorsal and ventral macrotrichia, x and y bare; length of $R_1 = 0.4-0.5R$, stem of $CuA = 0.3-0.4x$, $x = 1.5-2.0y$, $c = 0.6-0.7w$; R_1 ending before level of branching point of M . Halter brown, stalk long without setae, knob with setae.

Abdomen: Tergites and sternites dark brown with dark brownish setae, membrane between tergites and sternites brown. Gonostylus longer than wide, distal 1/3 attenuated and bending inward with apical spines. Tegmen with 2 long setae.

Wing length: 1.6-1.7 mm.

Specimens examined

1♂, 14-28.IV.1996, Tokiwadai, 35°28'N 139°35'E, 60 m alt., Hodogaya-ku, Yokohama city, Kanagawa Pref., leg. M. Sutou; 1♂, 25.VIII.1998, Yamadera, 38°19'N 140°27'E, 400 m alt., Yamagata city, Yamagata Pref., leg. M. Sutou.

Trichosia sp. 9

(Fig. 26)

Male. Head: Prefrons with setae, clypeus bare. Scape dark brown with 3 setae, pedicel dark brown with 10 setae, flagellomeres brown; 4th flagellomere 4.8 times as long as wide, neck portion about 1/9 of its whole length, hairs yellowish brown about 1.5 times as long as width of

flagellomere. Palpus brown, 3-segmented with length ratio of 1.4 : 1.0 : 1.4, 1st segment with 2 setae with brownish sensory area bearing minute sensilla, 2nd segment with 8 setae, 3rd segment slender with 6 setae.

Thorax: Mesonotum and pleura predominantly dark brown; mesonotum with both long and short dark brownish setae; scutellum with some setae, 2 of them longer than the others; posterior pronotum bare. Legs elongated; coxae, femora, and tibiae predominantly brown, tarsi dark brown; each tibial vestiture, especially hind tibia, with differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.2 times longer than width of tibial apex; claws untoothed. Wing with small anal area and with brownish anterior veins and light brownish posterior veins; wing membrane bare; M_1 , M_2 , CuA_1 and CuA_2 with dorsal macrotrichia, stem of M bare or with a macrotrichium, distal 1/5 of R_5 with both dorsal and ventral macrotrichia, x with a macrotrichium, y with 6 dorsal macrotrichia; length of $R_1 = 0.7R$, stem of $CuA = 0.3x$, $x = 1.4y$, $c = 0.8w$; R_1 ending before level of branching point of M . Halter brown, stalk elongated, knob with setae.

Abdomen: Tergites and sternites dark brown with dark brownish setae, membrane between tergites and sternites brown. Gonostylus longer than wide, dorsally with a distinct concavity on which some spines present. Tegmen with 2 long setae.

Wing length: 2.1 mm.

Specimens examined

1♂, 13.XI.2000, Yakushima Island, 30°18'N 130°38'E, 150 m alt., Kagoshima Pref., leg. M. Sutou.

Trichosia sp.10

(Fig. 27)

Male. Head: Prefrons with setae, clypeus with a seta. Scape brown with 2 setae, pedicel brown with 11 setae, flagellomeres dark brown; 4th flagellomere long, 6.3 times as long as wide, neck portion 1/4-1/5 of its whole length, hairs yellowish brown, long, 3.0-4.0 times as long as width of flagellomere. Palpus brown, 3-segmented with length ratio of 1.4 : 1.0 : 2.0, 1st segment with 3 setae with indistinct brownish sensory area bearing

minute sensilla, 2nd segment with 8 setae, 3rd segment slender with 9 setae. Thorax: Mesonotum and pleura predominantly dark brown; mesonotum with both long and short dark brownish setae; scutellum with some setae; posterior pronotum with setae. Legs elongated; coxae, femora, and tibiae predominantly brown, tarsi dark brown; each tibial vestiture, especially hind tibia, with differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.3 times longer than width of tibial apex; claws untoothed. Wing with small anal area and with brownish anterior veins and light brownish posterior veins; wing membrane bare; M₁, M₂, CuA₁ and CuA₂ with dorsal macrotrichia, stem of M bare, distal 1/6 of R₅ with both dorsal and ventral macrotrichia, x bare, y with a few dorsal macrotrichia; length of R₁ = 0.6R, stem of CuA 0.5x, x = 1.1y, c = 0.8w; R₁ ending before level of branching point of M. Halter brown, stalk elongated, knob with setae.

Abdomen: Tergites and sternites dark brown with dark brownish setae, membrane between tergites and sternites brown. Gonostylus longer than wide, distal 1/3 with some spines and broader than basal 2/3. Tegmen with 2 long setae.

Wing length: 2.2 mm.

Specimens examined

1 ♂ 2 ♀, 13.XI.2000, Yakushima Island, 30°18'N 130°38'E, 150 m alt., Kagoshima Pref., leg. M. Sutou.

Remarks for *Trichosia* sp. 7-10

Trichosia sp. 7, sp. 8, sp. 9, and sp. 10 provisionally described above does not fit to any subgenera of the genus *Trichosia*. These species are characteristic in having following characters: Fourth flagellomere of antenna long, more than 4 times as long as wide, and on which the hairs also long; hind tibia with a row of differentiated spine-like short setae; anal area of wing small; R₁ short ending before level of branching point of M; stem of CuA relatively long, 0.2-0.5x; stalk of halter long; tegmen with 2 long setae; body size small, wing length less than 2.5 mm. A new subgenus of the genus *Trichosia* will be proposed based on these species in the future study.

(5) Genus *Scythropochroa*

(和名新称 ホソミクロバネキノコバエ属)

(Figs. 28-30)

Abstract

Scythropochroa radialis Lengersdorf, 1926 is recorded from Japan (Honshu and Kyushu) as the first representative of this genus from East Asia. The female of this species is redescribed based on the Japanese specimens, and compared with a closely resembling species *S. gressitti* Steffan, 1969 from Micronesia. The egg and xylophagous larva of *S. radialis* are described for the first time. Biology and larval morphology of *Scythropochroa* are briefly discussed.

Key Words: Diptera, Sciaridae, *Scythropochroa*, new record, larva, Japan.

Introduction

The genus *Scythropochroa* Enderlein, 1911 is well defined by the unsegmented short palpi (Fig. 29C) and longer R₁ of the wing, which ends beyond the level of the branching point of M (Fig. 29A). This genus consists of 21 known species in the world: two from the Palaearctic region, one from Nepal, one from Africa (Seychelles Islands), two from India, ten from Southeast Asia, one from New Zealand, and four from Pacific islands. Two Palaearctic species, *S. radialis* Lengersdorf, 1926 and *S. quercicola* (Winnertz, 1869), have been recorded from Europe and Russia (Menzel *et al.* 1990; Metzner and Menzel 1996; Menzel and Mohrig 2000).

Morphology of the immature stages of this genus is very poorly known. Tuomikoski (1957) briefly described the pupae of *S. radialis* and *S. quercicola* from Finland. Wisely (1959) described the larva and pupa of *S. nitida* Edwards, 1927 from New Zealand. The present study reports *S. radialis* from Japan as the first representative of this genus from East Asia, along with the first description of its egg and fourth (final)-instar larva.

Materials and Methods

The adults of *S. radialis* were collected outdoors by insect net. About 25 fourth-instar larvae were also collected from rotten wood in a forest in Kagoshima Prefecture. Of these larvae, six were preserved in 80% ethanol, and the others were reared to adults in a plastic box under room temperature. It was filled with a mixture of dry sawdust and chopped rotten wood collected at their original habitat. Three females of ten emerged adults were reared in a plastic box with wet cotton to obtain their eggs.

All adults were mounted on glass slides with xylol-based Canada Balsam after dehydration and clearing in creosote oil. The head and spiracles dissected out of a larva were cleared in 10% KOH solution, and mounted on a glass slide with Gum-Chloral fluid. Morphological terminology for adult and larva follows Menzel and Mohrig (1997).

Scythropochroa radialis Lengersdorf, 1926

(new to Japan)

(Figs 29, 30)

Scythropochroa radialis Lengersdorf, 1926: 123, fig. 2 (type locality: Penther, Vermosa village, Albania); Tuomikoski 1957: 5, 28, fig. 1; Menzel and Mohrig 1993: 69, figs 17–21.

Adult (Fig. 29).

Female. Head ovoid in lateral view. Prefrons setose; clypeus bare or with a few setae. Antenna brown except for light brownish neck of each flagellomere; scape with 6–8 setae; pedicel with 10–15 setae; 4th flagellomere (Fig. 29B) more or less variable in length, 1.46–1.94 times as long as wide, with neck 0.14–0.17 times as long as flagellomere length, and with hairs 0.5–0.8 times as long as flagellomere width. Palpifer (Fig. 29C) with 1 seta; palpus (Fig. 29C) yellowish brown, unsegmented, covered wholly with minute setulae, with 7–10 setae on outer side and many sensilla on indistinct, brownish, circular area.

Anterior pronotum dark brown, with short setae; posterior pronotum brown, bare or with 1–5 setae; mesonotum, scutellum, and pleura dark brown; scutellum with bristles apparently longer than those on mesonotum. Legs predominantly yellowish brown, with brownish tarsi; fore tibia with dense bristles on inner side near apex, and with apical spur of 1.1–1.2 times

long of tibial width (Fig. 29D). Halter brown, with short setae. Wing venation as shown in Fig. 29A; vein x (distance between roots of CuA and M) bare; y (distance between root of M and junction of Rs on R₅) as long as or slightly longer than x, with 3–15 macrotrichia; CuA 0.7–1.0 times as long as x; c (perpendicular distance between ends of R₅ and C) 0.7–0.8 times as long as w (perpendicular distance between ends of R₅ and M₁) (Fig. 29A); wing length ranging 3.43–5.04 mm (mean ± SD = 3.97 ± 0.47 mm, N = 12).

Abdomen brown with short setae, gradually attenuated in last 3–4 segments; membrane between terga and sterna yellowish brown in slide specimens, but orange brown when alive; cercus 2-segmented, second segment lobate.

Male. See Tuomikoski (1957) and Menzel and Mohrig (1993).

Egg (Fig. 30G).

Small, 0.29–0.31 mm long (N = 12), ovoid, creamy white throughout.

Fourth-instar larva (Fig. 30A–F).

Body length ranging 8.74–10.12 mm (mean = 9.77 mm, N = 6).

Head (Fig. 30B, C) dark brown. Frontal plate with 14 sensory pits, of these, 6 on anterior blackish brown stripes, remaining 8 arranged in 4 pairs (p1–p4). Gena well-chitinized in posterior rim, with 8 dorsal, 1 ventrolateral, and 1 ventral sensory pits, 5 of 8 dorsal sensory pits located along dorsal suture (p5–p9). Antennal plate heart-shaped in frontal view, with 4–5 minute sensory spots on upper concavity. Labrum with 10 minute peg-like sensory process dorsally. Clypeus with blackish brown transverse band posteriorly and 4 sensory spots dorsally. Epipharynx fleshy, with 2 rows of denticles and 1 sensory spot on each side. Mandible (Fig. 30D) with 5 teeth and well-developed brush-like prosthema attached inside. Maxilla consisting of cardo, stipes, galeolacinia, and vestigial maxillary palpus; cardo nearly triangular, with 2 sensory pits; stipes finger-like, bearing circular sensory spot ventrally, fused basally with galeolacinia; galeolacinia with 7 teeth, 2 ventral sensory pits, and basal projection hidden under cardo; maxillary palpus unsegmented, degenerated to circular sensory organ at apex of stipes, bearing 5–6 minute sensory spots and 1 small papilla. Hypopharynx with 2 anteriorly extending arms; pharynx membranous, located just above hypopharynx; chitinous semicircular structure present just behind

hypopharynx, extending posteriorly, and supporting pharynx together with hypopharynx.

Thorax and abdomen (Fig. 30A) creamy white, translucent, smooth with no setae. Locomotory pad poorly developed, lacking minute hooks. Prothoracic spiracles (Fig. 30E) with crescent ecdysial scar anteriorly and circular opening posteriorly. Abdominal spiracles on 1st to 7th segments (Fig. 30F) 0.6–0.7 times as large in diameter as prothoracic spiracles, with circular opening anteriorly and crescent ecdysial scar posteriorly.

Specimens examined. Adult (all on slides): 1♂, 20.VII.1998, 3♂, 29.V.2000, 1♂, 4.VI.2002, Yaen-toge, 35°37'N 139°20'E, 160 m alt., Hachioji, Tokyo, forest most predominantly occupied by *Quercus acutissima* Carruthers and *Quercus serrata* Thunberg; 1♀, 6.V.2002, 1♀, 8.VII.2002, Tokiwadai, 35°28'N 139°35'E, 60 m alt., Yokohama, Kanagawa Pref., forest most predominantly occupied by *Pinus taeda* Linnaeus; 1♀, 17.VI.2002, Manazuru, 35°08'N 139°10'E, 60 m alt., Kanagawa Pref., forest most predominantly occupied by *Cinnamomum camphora* Siebold; 2♂, 7.VI.1998, Kirishima, 31°50'N 131°60'E, 320 m alt., Kagoshima Pref.; 4♂6♀, 29.IV.–4.V.1999, reared from larvae collected on 11.IV.1999 in Goino, 31°28'N 130°28'E, 40 m alt., Kagoshima, Kagoshima Pref.; 2♀, 25.VI.2000, 1♀, 29.VI.2000, Toso, 31°35'N 130°32'E, 70 m alt., Kagoshima, Kagoshima Pref., on a hedgerow; 1♂, 30.VI.2000, Higashi-ichiki, 31°39'N 130°20'E, 80 m alt., Kagoshima Pref.

Fourth-instar larva: 6 exs. (3 on slides, 3 in ethanol), 11.IV.1999, Goino, 31°28'N 130°28'E, 40 m alt., Kagoshima, Kagoshima Pref., forest most predominantly occupied by *Castanopsis cuspidata* Schottky var. *sieboldii* Nakai.

All the specimens examined were collected by M. Sutou.

Remarks. *Scythropochroa radialis* has been recorded from Finland, Germany, Albania, and the Russian Far East (Menzel *et al.* 1990; Metzner and Menzel 1996). It is here recorded from Japan for the first time.

This species closely resembles *Scythropochroa gressitti* Steffan, 1969 described based on three females from Truk and Guam islands in Micronesia. We examined the holotype of *S. gressitti* (Mt. Unibot, 390 m alt., Ton Island in Truk Islands, 2.I.1953, leg. J. L. Gressitt; Bishop Museum, no 8221), and

confirmed that it is separable from *S. radialis* by the following character states: three setae present on the scape (six to eight in *S. radialis*), nine setae on the pedicel (10 to 15), and a shorter CuA which is 0.6 times as long as x (0.7–1.0 times).

Discussion

Biology

Habitat preference of the *Scythropochroa* larva was investigated by several authors: the larvae of *S. nitida* were found from a rotten willow log in New Zealand (Wisely 1959); those of *S. quercicola* inhabit rotten oak wood in Germany (Winnertz 1869); those of *S. radialis* were collected from rotten alder wood and rarely from rotten birch or poplar in Finland (Tuomikoski 1957); and those of *S. radialis* live in rotten alder or birch as well in Kurile Islands (Mohrig *et al.* 1982). Irmeler *et al.* (1996) reported that the adults of *S. radialis* had emerged from rotten alder or spruce in Germany. In the present study, gregarious larvae of this species were collected from a rotten wood in a evergreen broad-leaved forest predominantly occupied by *Castanopsis cuspidata* Schottky var. *sieboldii* Nakai (Japanese name: Sudajii). These larvae made rough cocoon and pupated in rotten wood, and finally four males and six females emerged under laboratory rearing. It sharply contrasts with Tuomikoski's (1957) observation in Finland that the larvae from a gregarious colony of this species usually became adults in one sex, males or females, under rearing condition. Such a drastic bias of the sex ratio depending on each larval colony was not observed in the present study. Xylophagy for the food habit of *Scythropochroa* larvae is strongly supported in our observation as well as in the previous studies mentioned above.

Larval morphology

Since Blaschke-Berthold (1988) appealed scarcity of taxonomic literature on the sciarid larvae, this situation has not changed basically until now. Detailed discussion on the larval morphology is, therefore, still a difficult goal to achieve. Only two species of *Scythropochroa* larvae are known: *S. nitida* by Wisely (1959) and *S. radialis* described herein. Comparison of the morphology of these larvae revealed that the stipes of the maxilla bears one long seta in *S. nitida*, but lacks it in *S. radialis*. Although the number and arrangement of sensory pits on the head of *S. nitida* was insufficiently given

in Wisely's (1959) description, we found that the distance between p4 and p6 is distinctly shorter in *S. radialis* (Fig. 30B) than in *S. nitida*. The taxonomic importance of the arrangement of p1 to p9 could be discussed in detail in future studies.

Spiracle structure of the sciarid larvae is also poorly known (Menzel and Mohrig 1997); no previous study has been published on this subject except for that of Madwar (1937). Both thoracic and abdominal spiracles of *S. radialis* larvae (Fig. 30E, F) have a crescent ecdysial scar and a circular opening, and the prothoracic spiracles are larger than the abdominal ones. It should be noted that the scar of the prothoracic spiracle is situated anteriorly, but contrary, that of the abdominal spiracle is situated posteriorly. Not only the number and arrangement of the spiracles but also spiracle structure itself could be important morphological characters in analyzing systematic relationship among the sciarid species.

(6) Genus *Schwenckfeldina*

(和名新称 ザラメクロバネキノコバエ属)

(Figs. 31-32)

Schwenckfeldina sp.

(Fig. 32)

Male. Head: Prefrons with setae, clypeus bare. Scape dark brown with 6-10 setae, pedicel dark brown with about 18 setae, flagellomeres brown or dark brown; 4th flagellomere 1.4-1.5 times as long as wide, neck portion very short, hairs yellowish brown, 0.4-0.5 times as long as width of flagellomere. Palpus yellowish brown, 3-segmented with length ratio of 1.3 : 1.0 : 1.4, 1st segment with 7-9 setae mainly on its outside and with brownish sensory area bearing minute sensilla, 2nd segment with about 20 setae, 3rd segment slender with 13-18 setae.

Thorax: Color predominantly dark brown; dorsocentral and dorsolateral setae on mesonotum brownish; scutellum with some setae, usually 6 of them longer than the others; posterior pronotum with setae. Legs predominantly brown; each tibial vestiture with some differentiated spine-like short setae; fore tibial spur 1.1-1.2 times longer than width of tibial apex; claws untoothed. Wing with brownish anterior veins and light brownish posterior veins; wing membrane without macrotrichia; M_1 , M_2 , CuA_1 , CuA_2 , and stem of M bare, distal $1/3-2/5$ of R_5 with both dorsal and ventral macrotrichia, x bare, y bare or with a few dorsal macrotrichia; length of $R_1 = 1.4-1.7R$, stem of $CuA = 0.4-0.6x$, $x = 0.6-1.2y$, $c = 0.8w$; R_1 long ending well beyond branching point of M . Stalk of halter yellowish brown and bare, knob brown with setae.

Abdomen: Tergites and sternites dark brown with dark brownish setae, membrane between tergites and sternites yellowish brown. Ventroapical $1/3$ of gonocoxite with large inner lobes almost meeting along central axis over tegmen. Gonostylus robust, attenuated distally and bending inward, characteristic two batches of spines located at inside.

Wing length: 3.7-4.5 mm.

Specimens examined

3♂, 1-6.VI.1995, 23♂1♀, 12-19.VI.1995, Kawanishi, 42°51'N 143°11'E, 70 m alt., Obihiro city, leg. A. Ohkawa.

(7) Genus *Chaetosciara*

(和名新称 ウスゲクロバネキノコバエ属)

(Fig. 33)

Chaetosciara estlandica (Lengersdorf, 1929)
(new to Japan)

Specimens examined

1♂, 20.VII.1998, Yaen-touge, 35°37'N 139°20'E, 160 m alt., Hachioji city, Tokyo, leg. M. Sutou; 3♂, 21.VI.1998, Matsuwa, 35°09'N 139°40'E, 40 m alt., Miura city, Kanagawa Pref., leg. M. Sutou.

Chaetosciara takahashii Sasakawa, 1992

Specimens examined

1♂1♀, 24.V.2000, Sizukuishi, 39°41'N 141°02'E, 200 m alt., Sizukuishi town, Iwate Pref., leg. M. Sutou; 35♂18♀, 6-7.IV.2004, Hachijyo Island, 33°04'-33°08'N 139°46'-139°50'E, 65-430 m alt., Tokyo, leg. M. Sutou and M. Ito.

(8) まとめ

本研究で所見した種のリストを以下に示す。全 35 種のうち、4 属 9 種については未成熟期の形態を、また、4 属 12 種については未成熟期の生息環境を明らかにした。本研究の結果、日本産 *Sciara* 属群の既知種数は 4 属 11 種から 6 属 37 種に増加した (Fig. 34)。

(* : 日本初記録種、** : 未記載種、Habitat : 未成熟期の生息環境)

Sciara thoracica Matsumura, 1916 (蛹あり) (Habitat : 土壌)

Sciara melanostyla Mohrig and Krivosheina, 1990

Sciara humeralis Zetterstedt, 1851 (幼虫・蛹あり) (Habitat : 土壌)

Sciara lackschewitzi (Lengersdorf, 1934)

* *Sciara hemerobioides* (Scopoli, 1763) (幼虫・蛹あり) (Habitat : 土壌)

* *Sciara helvola* Winnertz, 1867 (幼虫・蛹あり) (Habitat : 土壌)

* *Sciara multispinulosa* Mohrig and Kozánek, 1992

Sciara pectilinealis Sutou, 2004

Sciara kitakamiensis Sutou, 2004

Lycoria(=*Sciara*) *japonica* Enderlein, 1911 transferred to genus *Bradysia*

Sciara fagi Shinji, 1938 Nomen dubium

* *Leptosciarella* (*Leptosciarella*) *pilosa* (Staeger, 1840) (幼虫・蛹あり) (Habitat : 土壌)

* *Leptosciarella* (*Leptosciarella*) *subpilosa* (Edwards, 1925)

* *Leptosciarella* (*Leptosciarella*) *rejecta* (Winnertz, 1867)

* *Leptosciarella* (*Leptosciarella*) *dimera* (Tuomikoski, 1960)

** *Leptosciarella* (*Leptosciarella*) sp. 1 (near *L. viatica*)

** *Leptosciarella* (*Leptosciarella*) sp. 2 (near *L. opaca*)

** *Leptosciarella* (*Leptosciarella*) sp. 3 (near *L. opaca*) (Habitat : 土壌)

Leptosciarella (*Leptospina*) *lobodentata* Mohrig and Menzel, 1997

* *Trichosia* (*Trichosia*) *hypertricha* Menzel and Mohrig, 1997

** *Trichosia* (*Trichosia*) sp. 1 (幼虫・蛹あり) (Habitat : 土壌・朽ち木)

** *Trichosia* (*Trichosia*) sp. 2 (幼虫・蛹あり) (Habitat : 朽ち木)

** *Trichosia* (*Trichosia*) sp. 3 (near *T. morio*) (蛹あり) (Habitat : 朽ち木)

** *Trichosia* (*Trichosia*) sp. 4 (near *T. splendens* and *T. confusa*)

** *Trichosia* (*Trichosia*) sp. 5 (Habitat : 朽ち木)

* *Trichosia* (*Baeosciara*) *scotica* (Edwards, 1925)

** *Trichosia* (*Mouffetina*) sp. 6

** *Trichosia* sp. 7 (Habitat : 土壌)

** *Trichosia* sp. 8

** *Trichosia* sp. 9

** *Trichosia* sp. 10

* *Scythropochroa radialis* Lengersdorf, 1926 (幼虫あり) (Habitat : 朽ち木)

** *Schwenckfeldina* sp. (near *S. carbonaria*)

* *Chaetosciara estlandica* (Lengersdorf, 1929)

Chaetosciara takahashii Sasakawa, 1992

第3章 系統解析

(1) 研究背景及び方法

第1章、緒言で述べたように、現在、クロバネキノコバエ科の系統分類学的研究は、 α 段階、すなわち記載分類学的研究が最も重視される段階にある。しかし近年、Menzel and Mohrig (2000) は初めてクロバネキノコバエ科の属及び亜属レベルの包括的な系統解析を試みた。この研究は本科の属及び亜属レベルの系統類縁関係を推測する先駆的な研究であったが、コンピュータープログラムを用いない、いわば手書きにより作成された系統樹であり、また、特定の外群を選定していない（この場合理論的には無根系統樹とならなければならない）という欠点を持っていた。また、Vilkamaa and Hippa (2004) もクロバネキノコバエ科の50属52種を対象として包括的な系統解析を試みた。この研究では、コンピュータープログラム NONA、Ratchet 及び WinClada を用い、最節約基準に基づく近代的な手法により解析されたが、各属からわずか1-2種しか材料が得られていないのが難点である。そのため本研究では特に、旧北区産27属約800種の知見に基づく包括的な解析結果であった Menzel and Mohrig (2000) との比較検討を試みた。これら2つの先行研究は、本科の属レベルの系統類縁関係に関して互いに大きく異なる見解を示しており、今後多くの議論の待たれるところである。Vilkamaa and Hippa (2004) はクロバネキノコバエ科を、多くの非同形 (homoplasy) 形質を持っているため、双翅目昆虫の中では最も系統解析の難しいグループとしており、また、今後多くの系統類縁関係の「仮説」を提示する前に、インベントリーや種や属の記載を更に進めて行く必要性があると述べている。本科の系統分類学的研究の現状を的確に指摘しているといえるだろう。

最節約規準 (maximum parsimony criterion) 又は最節約原理 (principle of parsimony) とは、形質 matrix (データ行列) から導き出された複数の系統樹の中から、系統樹全体を通して形質進化の回数が最も少なくなるような系統樹を選択する方法である。これはまた、形質の収斂と逆転の回数を最小に見積もることに等しい。解析に用いる形質の数や対象となる分類群が増えれば、候補として導き出される系統樹の数も多くなり、この中から最節約的な系統樹を探すことは手作業では困難である。そのため通常、この作業はコンピュータープログラムを用いて行われる。本研究では、現在最節約基準に基づく系統解析ソフトとして広く知られている PAUP*4.0 (Swofford, 2000) を用いて、*Sciara* 属群を構成する6属の系統類縁関係の推測を試みた。なお、系統樹探索基準には

heuristic search を用いた。

系統解析の際の極性決定（原始的な形質、派生的な形質を定義すること）は、通常、どのような分類群を外群（outgroup）として選択するかに大きく影響される。外群には、理想的には解析の対象となっている分類群（=内群又は OTU、本研究では *Sciara* 属群）の姉妹群が選択されるべきである。しかしながら、扱う分類群によっては何が姉妹群であるかに関する知見がほとんど存在しない場合がある。系統解析に関する先行研究の非常に少ないクロバネキノコバエ科でも、やはりそれ相当の根拠をもって姉妹群を選定できないという困難が生じる。一般に研究対象となっている内群のすぐ外側に適切な外群が見つからない場合には、通常、もう一つ外側の姉妹群を探索することになる。ただし、このようにして系統をさかのぼるうちに、次第に内群と外群の形態の比較において、相同性の判別が困難になって行くので、その点には注意を要する。以上のような理由で本研究においては、Wood and Borkent (1989) など多くの研究によってクロバネキノコバエ科に近縁であることが示されているキノコバエ科 (Mycetophilidae) の中からその模式属 *Mycetophila* 及びそれに近縁の属を外群として選択した。なお、この外群の選択は、双翅目昆虫の系統解析の専門家である Pekka Vilkkamaa 博士 (Finnish Museum of Natural History) と Heikki Hippa 博士 (Swedish Museum of Natural History) の助言に基づくものである。

Menzel and Mohrig (2000) は *Sciara* 属群の系統類縁関係推測において、各属の単系統性を支持する計 28 の成虫形態における共有派生形質を指摘した。本研究ではこの 28 形質とその形質状態を引用した（下記の形質番号 1-28）。ただしこれらのうち一部の形質状態については日本産種によって得られた知見を加えて再検討し、Menzel and Mohrig (2000) の見解とは異なる形質状態を用いて解析した (Fig. 35a)。更に本研究では成虫形態に関する 12 の新形質を解析に加えた（下記の形質番号 29-40）。これらの形質の多くは、第 2 章 (2) の Discussion で、その系統分類学的重要性を議論している。解析に用いた計 40 形質は以下のとおりである。(0)は原始的な形質、(1)は派生的な形質、(2)は更に派生的な形質を表す。冒頭の数字は形質番号である。各属の形質状態は Fig. 35a に示した。

1. 雄の触角梗節：先端が一様に丸みをおびる (0)、先端が角ばっている (1)。
2. 雄の触角鞭節：横幅より縦幅の方が明らかに長い (0)、横幅より縦幅の方がわずかに長い (1)。
3. 雄の触角鞭節の首部：円錐形 (0)、円柱形 (1)。
4. 雄の触角鞭節の首部：触角鞭節基部との境界部分は角ばっている (0)、境界部分はなめらか (1)。

5. 雄の触角第4鞭節の首部：縦幅と横幅はほぼ同じ長さ（0）、縦幅は横幅の1/2かそれより短い（1）。
6. 雄の触角鞭節の基部：表面はざらざら（でこぼこ）している（0）、表面はなめらか（1）。
7. 雄の触角鞭節の基部：ハチの巣状の表面構造を持たない（0）、ハチの巣状の表面構造を持つ（1）。
8. 雄の触角第4鞭節の基部の毛の長さ：第4鞭節基部の幅の2/3より長い（0）、第4鞭節の基部の幅の1/2より短い（1）。
9. 小顎鬚の節数：3節（0）、2節（1）、1節（2）。
10. 小顎鬚第1節の形状：細長い（0）、短くて太い（1）。
11. 前脚脛節の形状：表面に分化した多くのとげを持つ（0）、表面に分化したとげを持たない（1）。
12. 翅：膜面に微剛毛を持つ（0）、膜面に微剛毛を持たない（1）。
13. 翅：翅脈 M 及び Cu 上に微剛毛を持つ（0）、翅脈 M 及び Cu 上に微剛毛を持たない（1）。
14. 翅：翅脈 stem of Cu は翅脈 x より短いか同じ長さ（0）、翅脈 stem of Cu は翅脈 x より長い（1）。
15. 雄交尾器 gonocoxite：腹面内側には剛毛がまばらに生える（0）、腹面内側には剛毛が密生している（1）、腹面内側の剛毛密生域は二次的に退化している（2）。
16. 雄交尾器 gonocoxite：腹面基部にはこぶ状突起がない（0）、腹面基部にはこぶ状突起がある（1）。
17. 雄交尾器 gonostylus：基部は幅が広い（0）、基部は細い（1）。
18. 雄交尾器 gonostylus：内面にはせいぜい太い剛毛があるのみ（0）、内面には広範囲に長いとげがある（1）、内面の長いとげは二次的に退化しているか1本のとげが先端にあるのみ（2）。
19. 雄交尾器 gonostylus：内面には長い剛毛はない（0）、内面には多くの長い剛毛がある（1）、内面の長い剛毛の数や長さは二次的に退化している（2）。
20. 雄交尾器 gonostylus：先端には剛毛を有した突起を持たない（0）、先端には剛毛を有した突起を持つ（1）。
21. 雄交尾器 gonostylus：先端にはくちばし型の突起を持たない（0）、先端にくちばし型の突起を持つ（1）、先端部のくちばし型突起は二次的に消失している（2）。
22. 雄交尾器 gonostylus：先端には剛毛があるがとげはない（0）、先端に、尾方を向いた長くて湾曲したとげを持つ（1）、先端のとげは二次的に退化している（2）。

23. 雄交尾器 gonostylus : 先端内方には小さくて細かな毛かとげがある (0)、先端内方には顕著なとげがある (1)、先端内方のとげは二次的に退化している (2) .
24. 雄交尾器 tegmen : 縦幅は横幅と同じかそれより短い (0)、縦幅は横幅より長い (1) .
25. 雄交尾器 tegmen : 先端は円くアーチ型 (0)、台形 (1)、円錐形 (2) .
26. 雄交尾器 tegmen : 半円形に近い形 (0)、横長の長方形に近い形 (1) .
27. 雄交尾器 tegmen : 小さな指状の突起物を持つ (0)、指状の突起物を持たない (1) .
28. 雄交尾器 tegmen : 表面は滑らかで、左右相称の円形の構造を欠く (0)、2対のこぶのような硬化した突起を持つ (1) .
29. 雌の postgena の幅 : 広い (0)、狭い (1) .
30. 雌の前肢脛節端の spur の長さ : 前肢脛節端の幅の 1.5 倍より長い (0)、1.5 倍より短い (1) .
31. 翅脈 R₁ の長さ : M 脈の分岐点の奥まで伸びる (0)、M 脈の分岐点と同じ位置まで伸びる (1)、M 脈の分岐点の手前で終わる (2) .
32. 雄交尾器第 9 背板の彫刻 : なし (0)、あり (1) .
33. 雄交尾器 gonocoxite 先端の分化した long seta : なし (0)、あり (1) .
34. 雄交尾器 gonocoxite 背面部の窪みの深さ : 浅い (0)、やや深い (gonocoxite そのものの長さの 1/2 より浅い) (1)、深い (gonocoxite そのものの長さの 1/2 より深い) (2) .
35. 雄交尾器 paramere の色 : こげ茶色 (0)、茶色 (1)、黄色 (2) .
36. 雄交尾器 paramere のしわの有無 : なし (0)、あり (1) .
37. 雄交尾器 paramere の先端の突起の数 : 1 つ (0)、2 つ (1)、3 つ (2) .
38. 雄交尾器 paramere 内部の交尾針 : 明瞭 (0)、不明瞭または見えない (1) .
39. 雄交尾器 parameral apodeme の色 : こげ茶色 (0)、茶色 (1)、黄色 (2) .
40. 雄交尾器 parameral apodeme の湾曲 : 強く曲がる (0)、弱く曲がる (1)、曲がらない (まっすぐ) (2) .

(2) 結果及び考察

解析結果は Fig.35b に示すとおりである。6 属の系統類縁関係は Menzel and Mohrig (2000) が手書きで導き出したのと同じ結果になった。すなわち、彼らの推測が、外群を導入した最節約原理に基づく解析結果で支持されたことになる。

緒言で述べたように、クロバネキノコバエ科の最古の化石は中生代白亜紀の地層から産出しており (Evenhuis, 1994)、本科に近縁なキノコバエ科も、最古の化石は中生代中期から知られている (Evenhuis, 1994; Blagoderov and Arillo, 2002)。そのため、クロバネキノコバエ科とそれに近縁なキノコバエ科、タマバエ科、ケバエ科などの科の分化はおそらく中生代の前半におこったであろうと推測されている (Matile, 1997)。しかしながら、クロバネキノコバエ科の属分化の具体的な年代の推測は、やや困難である。なぜなら、本科の属同定は一般には堆積岩中に保存された化石では不可能であり、状態のよい琥珀化石の場合にのみ可能だからである。これまでに、岩手県久慈市を含め、世界各地で中生代の琥珀昆虫化石が発見されている。しかし、これらの中には、現在のところ属同定のなされたクロバネキノコバエ科の化石は知られていない。一方、Mohrig and Röschmann (1994)、Röschmann and Mohrig (1994) は、ヨーロッパの新生代第三紀 (始新世-漸新世) のバルト琥珀から 4 属 (*Trichosia*, *Corynoptera*, *Epidapus*, *Plastsciara*) 計 22 種のクロバネキノコバエを記録している。つまり、*Sciara* 属群の構成属の 1 つである *Trichosia* 属は新生代第三紀の中ごろには存在していたことが証明されており、*Sciara* 属群内の属分化は中生代末-新生代初期ころに起こったと推測するのが妥当ではないかと考えている。なお、有翅昆虫はすでに古生代石炭紀から多くの化石種が知られているが、多くの昆虫が、新生代第三紀初期に、被子植物の分布拡大にともなって爆発的な適応放散を遂げたことが知られている (速水・森, 1998)。キノコバエ類の属分化も、おそらくこのような環境下で起こったものと思われる。なお、*Sciara* 属群幼虫の食性進化について、第 5 章で考察した。

第4章 クロバネキノコバエ科の土壌からの 発生個体数と季節消長

(1) 研究背景及び方法

研究背景

双翅目昆虫は古くから、土壌から羽化してくる昆虫の中では個体数において非常に大きな割合を占めることが知られている。Thiede (1977) は、ドイツのトウモロコシ畑における研究で、双翅目が常に羽化トラップで捕獲される全節足動物の60-90%を占めると述べており、Jones (1976) はイングランドの小麦畑に冬季に設置した羽化トラップで、多くの双翅目昆虫が捕獲されることを示している。また、近年、日本の広葉樹林とマツ林における羽化トラップを用いた調査でも、双翅目昆虫の占める割合が極めて高いことが示されている (Shimazaki and Miyashita, 2000)。

羽化トラップで捕獲される双翅目昆虫の中でも、特にクロバネキノコバエ科はしばしば個体数において最も優占する分類群となることが知られている (Hövmeyer, 1999a)。緒言で述べたように、Menzel and Mohrig (2000) によれば、本科は現在世界で58属1709種、旧北区からは28属836種が知られている。本科の幼虫の大半は土壌中か朽ち木中に生息し、やがてそれらの中に荒い繭を作って蛹化し、羽化して陸上へ移動する。Altmüller (1979) はドイツのブナ林で年間1 m²当たり4114個体の双翅目昆虫を捕獲しそのうち3205個体(約78%)はクロバネキノコバエ科であった。Binns (1981) によれば、Bailliot (1975) は土壌からの羽化昆虫の個体数に占めるクロバネキノコバエ科の割合は、ヒースとモチノキの優占する林で88%、ヌカボ (イネ科) の草原で75%、地衣類やウシノケグサ (イネ科)、ヌカボ (イネ科) の優占するパイオニアフロラで33%であったと報告している。また、同じく Binns (1981) によれば、Brunel and Deleporte-Bailliot (1978) が有機肥料をまいたトウモロコシ畑で行った調査では、羽化トラップで捕獲した節足動物の個体数に占めるクロバネキノコバエ科の割合は72.5-85%であった。

本研究では、双翅目やクロバネキノコバエ科の土壌からの発生個体数の他に、特にクロバネキノコバエ科の中で最も優占していた種、*Ctenosciara japonica* Sutou and Ito, 2003 (*Sciara* 属群には属さない) の季節消長にも着目した。*Ctenosciara* 属は現在世界で18種が知られており (Menzel and Mohrig, 2000; Sutou and Ito, 2003)、これらのうち旧北区に分布する *C. hyalipennis* とハワイ

に分布する *C. hawaiiensis* については、いくらかの生態的知見が明らかになっている。*C. hyalipennis* は特にヨーロッパでは普通種で、例えば、Thiede (1977)、Altmüller (1979)、Hövemeyer (1992) は、本種がドイツの森林で、土壤に設置した羽化トラップにより多数採集されることを示している。また、Irmeler *et al.* (1996)、Hövemeyer (1998) は、本種成虫が朽ち木からも発生することを示しており、Laurence *et al.* (1992)、Laurence (1994) は、本種成虫をイングランドの湿地から、Hackman (1963) はフィンランドでハタネズミの巣から採集している。一方、ハワイに生息する *C. hawaiiensis* は主にアカシアの倒木から発生すると言われている (Steffan, 1973a, b)。*C. japonica* は関東地方から多くの個体が採集されており、羽化トラップで非常に多くの個体が採集されることから、幼虫は土壤中で腐植質を摂食していると推測されている (Sutou and Ito, 2003)。

研究目的

本研究の目的は以下の2点である。1. 土壤から羽化してくる有翅昆虫に占める双翅目やクロバネキノコバエ科の個体数の割合、それらの年間 1 m² 当たりの発生個体数、及び季節消長を調べ、過去の知見と比較し考察する。2. 調査地におけるクロバネキノコバエ科の優占種 *Ctenosciara japonica* の発生個体数、生息地選好性、季節消長、性比の季節変化、翅長の季節変化など、基礎的な生態的知見を蓄積し、海外で知られている同属他種の生態と比較する。

研究方法

調査地は横浜市保土ヶ谷区横浜国立大学構内 (35°28'N 139°35'E, 60 m alt.) の2地点 (以下調査地1、調査地2と呼ぶ) である。調査地1はスダジイの優占する小さな環境保全林 (環境情報1号棟裏) で、林床にはアオキなどが生えている。調査地2は体育館裏の小さな林で木本ではテーダマツが優占し、林床にはアズマネザサが多い。

採集は羽化トラップ法及びスウィーピング法 (すくいとり法) によって行った。羽化トラップ (emergence trap, photoeclector) は、虫が暗い所から明るいところへ、低いところから高い所へと向かって行く性質を利用したトラップで、ヨーロッパでは Funke (1971) 以来、森林の土壤から羽化して来る昆虫を定量的に捕獲したり、それらによるエネルギー循環に関する生態学的研究を行う目的でしばしば用いられてきているものである。これまで考案されてきた羽化トラップのほとんどはピラミッド型をしているが (例えば Shimazaki and Miyashita, 2000)、本研究では平面型の羽化トラップを設計した (Fig. 36)。大きさは 40cm × 40cm で外枠は木製、上部は目の細かい網戸用の網で覆ってある。網を張る面積がピラミッド型よりかなり小さいため、作成が簡単であるうえに丈夫な構造

とすることができる。トラップ内の虫はホースの中を通り、アルコールで満たされた小型ペットボトルの中に落ちる仕組みになっている。ホースやペットボトルは透明なビニールテープで接着されており、必要に応じて取り外しが可能である。そのため、調査地への持ち運びには非常に便利なデザインであるといえる。2002年4月から2003年4月までの13ヶ月間、調査地1にこの羽化トラップを6個、毎月20日間設置し、土壌から羽化してくる飛翔性昆虫を捕獲した。羽化トラップ設置の際には、中に生きた植物や太い枝がまぎれ込まないようにし、土壌から羽化してくる昆虫のみが捕獲されるよう留意した。なを、ペットボトル内のアルコールの蒸発は遅く、偶然直射日光のあたるところにトラップを設置した場合を除き、毎月20日間の設置期間中にアルコールを補給する必要はなかった。また、カラスや台風によって破壊されることもほとんどなかった。

得られた昆虫は、有翅昆虫（双翅目以外）、双翅目（クロバネキノコバエ科以外）、クロバネキノコバエ科の3群に分け、更にクロバネキノコバエ科を優占種 *C. japonica* とそれ以外の種に分類した。なを、クロバネキノコバエ科は一般に雌の種同定が困難であるが、*C. japonica* は小型種で体色が明るい茶色であり、なおかつ翅脈M及びCu上に微剛毛を有するという点が、調査地で採集されるクロバネキノコバエの中では唯一のものであったため、雌の種同定が可能であった。

また、羽化トラップで得られるデータとの比較のため、2002年4月から2003年3月まで、スーピング法（捕虫網によるすくい取り法）によってもクロバネキノコバエを採集した。採集はそれぞれの月の前半と後半に1度ずつ、晴れ又はうす曇りの日の午前10時から午後4時までの間に調査地1と調査地2のそれぞれで90分間ずつ行い、地表面から約1mを目安に網を振った。スーピング法による採集を行った日付は以下のとおりである。2002年4月7日、4月20日、5月6日、5月24日、6月11日、6月19日、7月8日、7月26日、8月9日、8月26日、9月11日、9月25日、10月13日、10月27日、11月9日、11月23日、12月12日、12月23日、2003年1月13日、1月25日、2月5日、2月18日、3月8日、3月18日。

(2) 結果及び考察

結果

- ・羽化トラップで捕獲された双翅目及びクロバネキノコバエ科

(Fig. 37, Table 1, 2)

13ヶ月間の調査で合計 3787 個体の有翅昆虫が捕獲され、そのうち双翅目昆虫は 3315 個体で、全有翅昆虫の 88%を占めた。また、双翅目昆虫のうち、クロバネキノコバエ科の個体数は 1497 個体（全有翅昆虫の 40%、全双翅目の 45%）にも達し、土壌から羽化してくる昆虫として、本科が極めて優占的であることが示された。月別の発生個体数では 6 月にピークが見られ、合計 831 個体の昆虫が捕獲され、そのうちクロバネキノコバエは 673 個体（全有翅昆虫の 81%）であった。すなわち 6 月には 1 m²から 1 日当たり約 34 個体のクロバネキノコバエが土壌から羽化してきたことになる。2 番目のピークは 7 月に見られ、合計 791 個体の昆虫が捕獲され、そのうちクロバネキノコバエは 227 個体（全有翅昆虫の 29%）であった。

本研究では羽化トラップが月に 20 日間設置されたこと、調査期間が 13 ヶ月であったこと、設置した羽化トラップ 6 個の合計面積が 0.96 m²であったことに基づき、年間 1 m²当たりの土壌からの羽化個体数が算出してある (Table 1, 2)。双翅目は年間 1 m²当たり 4781 個体、クロバネキノコバエ科は年間 1 m²当たり 2159 個体と見積もられた。

・優占種 *Ctenosciara japonica* の季節消長 (Tables 2-4, Figs. 38-40,)

羽化トラップ法によって捕獲したクロバネキノコバエ 1497 個体のうち、個体数において最も優占していた *Ctenosciara japonica* は 13 ヶ月の調査期間中、910 個体が捕獲された (Table 2)。Fig. 38 は羽化トラップによって捕獲された本種の季節消長を示している。6 月に 646 個体という著しく大きな個体数が記録されたが、これは、本種の幼虫が土壌中で非常に不均一に分布していることによると思われる。

羽化トラップ法によって得た季節消長のデータとの比較のため、調査地 1 (スダジイの優占する混交林) と調査地 2 (テーダマツの優占する混交林) において、スイーピング法による定量的な採集を行った (Tables 3, 4, Figs. 39, 40)。調査地 1 では全部で 415 個体のクロバネキノコバエが捕獲され、このうち *C. japonica* は 142 個体 (34%) であった (Table 3)。また、調査地 2 では全部で 801 個体のクロバネキノコバエが捕獲され、このうち *C. japonica* は 206 個体 (26%) であった (Table 4)。Figs. 39, 40 は本種の季節消長を示しており、調査地 1、2 のいずれにおいても 5 月に発生個体数が顕著に増加することが示された。スイーピング法は林内を歩き回りながら捕虫網を振る方法であるため、一地点に定置する羽化トラップ法 (Fig. 38) に比べて分布の不均一性の影響を受けにくく、本来の季節消長を反映しやすいと思われる。

考察

・ 土壌からの双翅目及びクロバネキノコバエ科の発生個体数

Thiede (1977) は、ドイツのトウヒ林で双翅目昆虫の土壌からの発生個体数を年間 1 m²当たり 2168-3475 個体と見積もり、一方 Altmüller (1979) はドイツのブナ林で 4114 個体というデータを得た。Hövemeyer (1999a) は、双翅目昆虫の土壌からの発生個体数に関する研究を広くレビューし、その数は、過去の研究の 71.6%において年間 1 m²当たり 1000-4000 個体の範囲におさまると述べている。本研究では、双翅目昆虫の発生個体数を年間 1 m²当たり 4781 個体と見積もったが (Table 1)、上記の先行研究で算出された値と比較すると、やや高い値である。このことは、調査地 1 が土壌性双翅目幼虫にとって好適な生息環境であることと、新規にデザインされた平面型の羽化トラップが、少なくとも双翅目成虫を捕獲するための装置としては、良好な採集効率を持っていることを示している。

すでに述べたように、双翅目昆虫の中でもクロバネキノコバエ科は土壌からの発生個体数が非常に多いことが知られている。年間 1 m²当たりの発生個体数に関しては、これまでヨーロッパで、様々なハビタットにおけるデータが得られている。森林では Thiede (1977) がドイツのトウヒ林で年間 1 m²当たり 1083-2612 個体のクロバネキノコバエが発生するとしている。また、Altmüller (1979) はドイツのブナ林で 3205 個体というデータを得た。本研究では調査地 1 (スダジイの優占する混交林) で年間 1 m²当たり 2159 個体が発生すると算出した (Table 2)。これらのことから、一般に温帯の森林では年間 1 m²当たり 1000-3000 個体程度のクロバネキノコバエが発生すると推測することができる。一方森林以外のハビタットでは、Heller (1996) (in Nielsen and Nielsen, 2004) が北ドイツのトウモロコシとカラスムギの栽培された畑で、年間 1 m²当たり 878 個体のクロバネキノコバエを捕獲している。Nielsen *et al.* (1994) はデンマークの穀物畑の土壌で、4月から6月の間に、1 m²あたり 65-214 個体の発生を記録している。また、Nielsen and Nielsen (2004) は、デンマークにおける4月から10月までの調査で、大麦畑で 1 m²当たり 480-527 個体、休閑地で 1 m²当たり 369-433 個体の発生を記録している。このように、農業環境におけるクロバネキノコバエの発生個体数は、一般に森林における発生個体数よりも少なく、一般には年間 1 m²当たり 1000 個体以下である。また、Hartmann *et al.* (1989) によれば、ドイツの酸性化が進み環境が劣化したトウヒ林では、クロバネキノコバエが年間 1 m²当たりわずか約 80 個体しか捕獲されない。

・ *Ctenosciara* 属の生態及び季節消長

本研究では *C. japonica* の発生個体数を年間 1 m²当たり 1312 個体と推測した

(Table 2)。一方、Thiede (1977) は、ドイツのトウヒ林における3年間の調査で、羽化トラップにより3種の *Ctenosciara* 属成虫、*C. thiedei*、*C. hyalipennis*、*C. lutea* を捕獲し、それぞれの種の年間1 m²あたりの発生個体数を2-1833個体、22-354個体、0-40個体と見積もった。このように発生個体数に幅があるのは、やはり土壌における本属幼虫の分布が不均一なことによるだろう。なお、Menzel and Mohrig (2000) によれば *C. thiedei* という種名は裸名 (nomen nudum、命名法上不適格な学名) であり、これまでヨーロッパで *C. thiedei* と同定されてきた種は実際には *C. hyalipennis* と同種である。

C. japonica のスーピング法による捕獲個体数は、調査地2 (テーダマツの優占する混交林) において調査地1 (スダジイの優占する混交林) の約1.5倍であった (Table 2)。ただし、本種に限らず、調査地2では調査地1よりも多くのクロバネキノコバエが捕獲されており (Table 2)、本科にとってはより好適な生息環境であったといえる。一方旧北区に広く分布する *C. hyalipennis* は、研究背景で述べたように様々なハビタットから記録されている種であるが、Menzel and Mohrig (1997)、Mohrig and Jaschhof (1999) によれば、ヨーロッパでは特に針葉樹林を好むとされている。また、Metzner and Menzel (1996) は、*C. hyalipennis* が酸性の腐植土を持つ森林を好むと述べている。

C. japonica の季節消長は Figs. 39, 40 に示すとおりである。羽化トラップ法では、6月から12月まで継続して土壌から羽化して来る本種の成虫が採集されているため (Table 2)、本種の生活史はおそらく初夏に発生個体数の増加する多化性であろう。また、数個体であるが、冬季にも成虫が採集されているため (Table 2)、本種の越冬は成虫のステージ、もしくは成虫を含めて卵、幼虫、蛹など複数のステージが混在して行われるのではないかと思われる。Thiede (1977) は、ドイツのトウヒ林で *C. hyalipennis* の捕獲個体数が5-6月に、*C. thiedei* が8-10月に増加することを示している。ただし上記のようにこれらの2種は現在では同種と考えられている。一方 Steffan (1973a) 同属の *C. hawaiiensis* の生態を研究し、実験室 (20°C) では本種が産卵から成虫の羽化までに22-34日を要することを明らかにした。また、ハワイのマウナロアとキラウエアで本種の季節消長を調査し、多化性であることとマウナロアでは2月に顕著に発生個体数が増加することを示し、本種の発生消長は降水量と最も強い正の相関を持つと述べている。Frouz (1999) は土壌の双翅目幼虫に最も強い影響を及ぼす環境要因はリター流入量と土壌の水分含量であると述べている。このようなことから、降水量と *Ctenosciara* 属の季節消長との関係は興味深い。なお、*C. japonica* と *C. hawaiiensis* は形態的にはよく似ており、その識別点は Sutou and Ito (2003) が解説している。

本研究で捕獲された *C. japonica* の性比は総個体数で見ると、およそ1:1、も

しくは若干雌のほうが多かった (Tables 2-4)。しかし、季節ごとに性比を見てみるといずれの場合も 10 月は顕著に雄の個体数が優占していた (Figs. 38-40)。一般にクロバネキノコバエでは移動分散は雄成虫よりもむしろ雌成虫の役割であると考えられている (Binns, 1979)。また、Heller (1996) (in Nielsen and Nielsen, 2004) によれば、クロバネキノコバエ科における性比の雌への偏りや単為生殖は、しばしば環境条件の悪化した時に生ずる。だとすると、*C. japonica* の雌の割合が著しく減少した(雄が増えた)10 月というのは、あまり移動分散の必要性のない、本種の生育にとっては好適な季節であると考えられるかもしれない。ただし、Figs. 38-40 が示すように本種の発生活長のピークは初夏である。

(3) 羽化トラップで捕獲された *Sciara* 属群

羽化トラップで捕獲された 1497 個体のクロバネキノコバエのうち、上記のように 910 個体は *Ctenosciara japonica* であった。残りの 587 個体のクロバネキノコバエのうち、*Sciara* 属群に属するものは以下の 3 種 25 個体であった。

Leptosciarella pilosa : 2002 年 4 月 (7♂1♀)、2003 年 4 月 (5♂2♀)

Trichosia sp. 1 : 2002 年 4 月 (2♂)、2003 年 4 月 (1♂)

Trichosia sp. 7 : 2002 年 4 月 (1♂)、5 月 (4♂1♀)、6 月 (1♂)

全ての個体が春先から初夏にかけて捕獲されている点が興味深い。また、地表面に仕掛けた羽化トラップで採集されたことから、これら 3 種については未成熟期を土壤中で過ごしていると考えられる。ただし、*Trichosia* sp.1 については、横浜国大構内で朽ち木からも幼虫を採集している。土壤、朽ち木の両方から発生するか、又は幼虫期を朽ち木で過ごし、蛹化する時だけ土壤へもぐるか、2 つの可能性が考えられる。

第5章 総合考察

・新たな幼虫抽出法の必要性

現状ではクロバネキノコバエ科の幼虫は、飼育して成虫にすることによってのみ同定が可能であるため、未成熟期にも着目した系統分類、生態の研究においては、いかにして同じ種類の幼虫を生きたまま複数個体採集するかということが、常に大きな障壁となる。本研究では肉眼での直接採集を試みたが、これは同種の幼虫が、1ヶ所に群れて生息している場合のみ有効である。では群れていない場合にはどのような方法が考えられるだろうか。第2章(1)で述べた水洗ふるい方と浮遊法の併用による抽出はLadell(1936)やSalt and Hollick(1944)によって開発され、その後様々なタイプが考案されている(Górny and Grüm, 1993)。初期の浮遊法では浮遊液として硫酸マグネシウムが用いられたが、その後、食塩、砂糖、グリセリンなどの水溶液なども用いられており、虫に害のない溶液を用いれば、本科幼虫を土壌サンプルから生きたまま抽出することも可能であろう。多くのクロバネキノコバエでは、同種の幼虫はかなり狭い範囲に集中分布する傾向がある(Kevan, 1955, 1962; Binns, 1981)。そのため浮遊法で同種の幼虫を多数抽出できる可能性もある。また、このようにして抽出した幼虫、もしくは野外で土壌や朽ち木ごと採集した幼虫であっても、飼育を試みると、たいてい第1世代では複数種のクロバネキノコバエが発生するが、そのまま放置すると第2世代、第3世代では多化性の単一種のみが発生を繰り返すようになるということがしばしばある。このようにして特定の種の未成熟期の標本を得ることも可能である。

・日本における *Trichosia* 属の多様性

Sciara 属群を構成する6属のうち、特に *Trichosia* 属は、本研究において日本から10未記載種を記録し、そのうち5未記載種 (*Trichosia* sp. 6-sp. 10) に基づき新亜属の設立を提案した。この新亜属は、前肢脛節端の構造や翅脈上の微剛毛の状態、また、子顎鬚が3節からなるという特徴などから、*Trichosia* 属に属するものと判断できるが、翅の anal area の減退傾向や長く伸びた平均棍などは *Sciara* 属群の構成属ではない *Trichodapus* 属との強い姉妹群関係を示唆する。今後更に日本産種に関する情報を蓄積し、*Sciara* 属群とそれに近縁の属とを含めた属分類体系の再検討が必要であろう。

・ *Sciara* 属群未成熟期の生息環境と幼虫の食性進化 (Fig. 41)

本研究では、幼虫や蛹の直接採集、又は羽化トラップを用いた採集などによ

って、日本産 *Sciara* 属群のうち、以下の 4 属 12 種の未成熟期の生息環境（ここでは幼虫の食性とほぼ同義）を明らかにした。

Sciara thoracica (土壌)、*Sciara humeralis* (土壌)、*Sciara hemerobioides* (土壌)、*Sciara helvola* (土壌)、*Leptosciarella pilosa* (土壌)、*Leptosciarella* sp.3 (土壌)、*Trichosia* sp.1 (土壌、朽ち木)、*Trichosia* sp.2 (朽ち木)、*Trichosia* sp.3 (朽ち木)、*Trichosia* sp.5 (朽ち木)、*Trichosia* sp.7 (土壌)、*Scythropochroa radialis* (朽ち木) (第 2 章 (8)「まとめ」も参照)。

すなわち土壌に生息しているものはそこで腐植を摂食して、朽ち木に生息しているものはそこで朽ち木を摂食して成長している。本属群の未成熟期の生息環境に関する過去の知見は極めて乏しいが、本研究では特に *Trichosia* 属が朽ち木だけでなく、土壌からも発生することを初めて明らかにした。また、本研究の第 3 章で示した系統解析の結果と、過去の知見と本研究の結果によって得られた本属群の未成熟期の生息環境（食性）に関する知見とを照合すると、Fig. 41 のようになる。ここから推測する限り、おそらく *Sciara* 属群内では土壌性の種から一部のもの朽ち木中へと生息環境（食性）を変化させた（又は現在も変化している）傾向がある。キノコ食に関しても、おそらく土壌性、朽ち木性の双方からごく一部のもの適応した習性であると考えている。Binns (1981) は、クロバネキノコバエ科における朽ち木食やキノコ食が 2 次的な適応であることを示唆している。本論文は、このことを、特定の属群に限定し、系統分類学的研究と実際に幼虫を採集することに基づき説明した初めての試みであるといえる。

・クロバネキノコバエ科及び近縁諸科の幼虫の食性進化

第 1 章緒言で述べたように、クロバネキノコバエ科の生息地選好性に関しては、過去の研究によってある程度の知見が蓄積している。今後、例えば土壌、朽ち木といった大まかな類別を、より細かく具体的なマイクロハビタットとして類別するなど、より詳細な考察を行う必要があるだろう。生息地選好性に関する研究がある程度なされてきたのに対し、本科の幼虫が実際に何を摂食し、何を消化しているかに関する研究は、現在までのところほとんど皆無であるといつてよい。今後、消化管内容物の分析や摂食実験によってこの点を明らかにしていく必要があるだろう。本科に近縁のケバエ科幼虫では、この点に関していくらかの先行研究があるためにそれを以下に述べる。Karpachevsky *et al.* (1968) は、ケバエの 1 種 *Bibio* sp. の幼虫に摂食されたリターと摂食されていないリターを比較し、炭素、窒素、アンモニア、リグニン、セルロースなどの含有量を比較検討した。Szabó and Marton (1966)、Szabó *et al.* (1967) はヨーロッパ産ケバエ *Bibio marci* を用いて、消化管内、糞、周辺の土壌のバクテリア相

を比較し、消化管内においては数種の *Streptomyces* 属の放線菌が優占的となる傾向を示した。Frouz *et al.* (1999) は、ケバエ科幼虫が活発に自身の糞を摂食する習性 (coprophagy) を持っていること、これにより消化管内及び糞に含まれる細菌量が段階的に増加することを示し、細菌そのものも栄養源としている可能性を示唆した。

クロバネキノコバエ科幼虫は土壌生態系における機能という点からは、落葉変換者 (litter transformer) (金子, 2004 参照) に分類される。このようなことから、落葉に含まれる有機質が本科幼虫にとって重要な栄養源となっていることが予想される。Binns (1981) は、本科幼虫が消化管内の微生物の働きによって、リグニンやセルロースも分解できる可能性が高いことを述べている。本科幼虫の発達した大顎では、確かに落葉を破砕することが可能であろう。しかし、その大顎の内側に、細かな粒子だけを選択的に摂取するフィルターのような機能を有すると思われる房状の構造物が発達していること、小顎の形状は筋肉の付着の仕方なども含めて剥ぎ取り摂食型の口器として解釈することが可能と思われること (須島, 未発表) には注意を要する。すなわち、本科幼虫は落葉をバリバリと破砕すると言うよりはむしろ、落葉の表面に付着した細かい腐植質を剥ぎ取って摂食する傾向が強いという可能性もある。本科幼虫のこのような摂食様式は“browser”として、Binns (1981) によっても言及されている。また、緒言で述べた Hövemeyer (1999b) の食性分類では surface scraper に相当するだろう。以上の知見や上記のケバエ科幼虫に関する知見なども考慮すると、クロバネキノコバエ科幼虫は、落葉と一緒に取り込んだ細菌や糸状菌、又は自身の糞なども積極的に栄養源として取り込んでいる可能性がある。Kühnelt (1961) は、本科幼虫が細菌が少なく糸状菌の多い mor 型土壌に多いと指摘している。特に体の小さな (1 mm 前後) 初齢幼虫の場合には、菌糸を選択的に摂食しているという可能性も考えられるだろう。

第1章緒言においては、現在、土壌性双翅目幼虫の食性が一般にどのように分類されているかを説明した。上記の知見も踏まえると、特にクロバネキノコバエ科幼虫の食性は以下のように分類することが可能であろう。腐植質食者 (自身の糞を摂食する coprophages を含む) (phytosaprophages, humus feeder, litter transformer)、朽ち木食者 (saproxylophages, xylophages, xylomycetophages)、微生物食者もしくは菌食者 (mycophages, mycetophages, micrograzer, hyphae piercer)、キノコ食者 (macromycetophages, macrofungivore)、根食者 (root feeder, root grazer)、植食者 (phytophages)、(大型動物の)糞食者 (dung feeder)。以上は同じ食性に対して複数の英語の用語を当てることが可能であることを示しているが、特に朽ち木食に対しては、近年、xylophagous よりも saproxylic の用語を用いることが多いようである。なお、

緒言でも述べたように、クロバネキノコバエ科幼虫では、根食者、植食者、糞食者は比較的少数派である。

これまでの知見を総合すると、本科幼虫の、特に土壌、朽ち木、キノコなどをめぐる食性進化は、今後の研究においては菌類やバクテリアとの関わりを含めて、より包括的に説明することが可能ではないかと考えている。更にクロバネキノコバエ科に近縁なケバエ科、キノコバエ科、タマバエ科（これらの4科をまとめて一般にケバエ群、*Bibionomorpha* と呼ぶ）までを含めれば、より大きな視点での食性進化の議論が可能である。ケバエ群の中で最も原始的な科であるケバエ科（世界の既知種約 700 種）の幼虫は、大半が土壌で腐植質を摂食しており、クロバネキノコバエ科（世界の既知種約 1800 種）の幼虫も、これまで見てきたように腐食質食が主要な食性である。一方キノコバエ科（世界の既知種約 4000 種）の幼虫は、腐植質よりもむしろキノコ食や捕食性を進化させ、大きな種分化を遂げた。また、タマバエ科（世界の既知種約 5000 種）では、腐植質食の他に幼虫が生きた植物体上に虫瘤を作る習性が進化し、植物との *host-specific* な関係によって大きな種分化を遂げている。なお、Matile (1997) はツノキノコバエ科 (*Keroplastidae*: キノコバエ科の 1 亜科 *Keroplastinae* とされることも多い) の捕食性を中心としたケバエ群の食性進化を議論しており、また、Gagné (1986) はタマバエ科における腐植性から食植性への食性進化を幼虫の形態的適応を含めて解説している。このように、中生代以来のケバエ群の壮大な適応放散（既知種約 1 万種）は、特に幼虫の食性という視点から考察するとたいへん興味深い。

・生物指標としての可能性

これまでに、土壌動物を指標とした自然の豊かさの評価が青木 (1989, 1995)、原田・青木 (1995, 1996) によって提案されている。ここでは、その土地の極相林を「最も豊かな自然」と想定し、そこに出現する土壌動物に点数を与えて集計することにより自然の豊かさを判定する方式がとられている。一般に、土壌動物によって指標されるものは、たとえば水生昆虫が水質をよく反映しているのに比べてあいまいであると言われている (金子ら, 2001)。上記の「自然の豊かさ」や「自然性」の考え方をさらに発展させ、具体的にどのような環境要因を指標するのかについての議論が、今後の研究では重要なのではないだろうか。

土壌性双翅目幼虫を生物指標として想定する場合、Frouz (1999) も再三指摘しているように、まず分類と同定の難しさが問題となる。双翅目昆虫は約 100 科からなるが、幼虫で属同定が可能である科は非常にまれである。次に、クロバネキノコバエ科についてはこれまで見てきたとおりであるが、幼虫の生息地選好性や食性に関する知見がまだかなり不足している。本論文は日本産 *Sciara*

属群の未成熟期に関する知見を大きく増やしたが、今後尚一層の知見の集積が急務である。幼虫の分類の難しさを考慮すれば、むしろ土壌から羽化してくる成虫の方を生物指標として想定するほうが現実的であるかもしれない。成虫期に翅をもつ双翅目昆虫は一生を土壌中で過ごす他の無脊椎動物よりも移動力があり、環境の変化に対する反応が早いという仮説を立てることもできるのではないだろうか。Heller (2003) は、ドイツの Schleswig-Holsteins から知られている 217 種のクロバネキノコバエの成虫の生息地選好性を、農地、湿地、森林、荒地及び乾燥地の 4 つに分類した。新しい試みとして今後が期待される。また、Frouz (1999) によれば、これまでに、土壌に蓄積した銅、カドミウム、マンガン、鉛、亜鉛などの重金属の双翅目幼虫体内への蓄積に関する研究がいくつかなされており、酸性雨や大気汚染なども含めて様々な環境汚染に対する生物指標として、双翅目昆虫はいくつかの可能性を持っている。これらの試みには個体レベルから群集レベルまでのアプローチが可能である。例えば個体レベルでは、汚染された地域における奇形個体、例えば体の特定のパーツの変形 (deformation) や体の非対称性 (left-right asymmetry) を示す個体の出現する割合でその地域の汚染の強さを指標するということが可能であろう。一般に昆虫は本来の生息環境とは異なる、不適切な環境下で生育すると、容易に軽微な形態的奇形を生じうる。本論文の研究過程でも、野外から採集して室内で飼育した幼虫からは、しばしば、例えば片方の触角が 1 節だけ欠損したり、片方の翅の翅脈の 1 部が曲がったり欠損するなどした個体が羽化することを確認した。群集レベルのアプローチとしては、例えば Frouz (1999) は、安定した自然環境よりも攪乱された環境においては特定の優占種の占める割合が増すことを示す研究例のあることを指摘している。同定の困難さを除けば、双翅目昆虫、とりわけ第 4 章で示したように土壌からの発生個体数の非常に多いクロバネキノコバエ科などは、生物指標としても大きな可能性を持っていると言えるだろう。

謝辞

本研究は指導教官の伊藤雅道助教授、所属研究室の金子信博教授、青木淳一名誉教授、COE フェロー、院生の方々の他に、以下の方々から標本提供や標本交換の件でご協力頂き、又は標本借用の際に便宜を図っていただいた。厚くお礼を申し上げたい。

石谷栄次 (千葉県林業試験場)、岩泉連 (横浜植物防疫所)、上杉謙太 (北海道大学)、内田智子 (横浜国立大学)、江口克之 (鹿児島大学)、大川あゆ子 (東京大学)、影沢信彦 (鹿児島大学)、後藤純子 (岩手県農業研究センター)、三枝豊平 (九州大学)、笹川満廣 (大阪府)、佐藤信輔 (九州大学)、島崎彩 (東京大学)、柴田銃江 (森林総合研究所)、末吉昌宏 (森林総合研究所)、諏訪正明 (北海道大学)、舘卓司 (九州大学)、田辺慎一 (金沢大学)、中谷至伸 (農業環境技術研究所)、細田浩司 (茨城県林業技術センター)、松本信弘 (横浜植物防疫所)、溝田浩二 (宮城教育大学)、安田耕司 (農業環境技術研究所)、山内健生 (広島大学)、八巻明香 (横浜国立大学)、湯川淳一 (九州大学)、Keith Arakaki (Bishop Museum, Honolulu)、Tomasz Huflejt (Polish Academy of Science, Poland)、Pekka Vilkamaa (Finnish Museum of Natural History, Finland)。五十音順 (敬称略)。

また、本博士論文の土台となる修士論文執筆中には、永富昭鹿児島大学名誉教授、山根正気鹿児島大学教授に様々なご教示をいただいた。2003年12月、10日間のドイツ滞在の際には、Dr. Frank Menzel (Deutsches Entomologisches Institut, Germany)、Dr. Werner Mohrig (Greifswald, Germany)、Mr. Kai Heller (Heikendorf, Germany) から、日本産 *Sciara* 属群の種同定に関して、多くの貴重なご助言をいただいた。Dr. Pekka Vilkamaa (Finnish Museum of Natural History, Finland) 及び Dr. Heikki Hippa (Swedish Museum of Natural History, Sweden) には系統解析の際の外群選択に関して貴重なご助言をいただいた。これらの方々にも心からお礼を申し上げたい。

最後に、長年にわたり私を支えてくれた家族、とりわけ亡父敏志には心より感謝申し上げます。

引用文献

- Amorim, D. S. (1992) A catalogue of the family Sciaridae (Diptera) of the Americas south of the United States. *Revista Brasileira de Entomologia* 36: 55-77.
- Altmüller, R. (1979) Untersuchungen über den Energieumsatz von Dipterenpopulationen im Buchenwald (Luzulo-Fagetum). *Pedobiologia* 19: 245-278.
- Bährmann, R. (2002) Zweiflügler (Diptera) an Baumstämmen: Weiden (*Salix*) und Pappeln (*Populus*). *Sutudia dipterologica* 9 (1): 139-163.
- Becker, G. G. (1914) Migrating larvae of *Sciara congregata* Johannsen. *Psyche* 21: 94-95.
- Berthold, A. A. (1854) Der Heerwurm gebildet von Larven der Thomas-Trauermücke, *Sciara thomae*. *Abhandlungen der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen* 6: 1-52.
- Billberg, G. J. (1820) *Enumeratio insectorum in Museo Gust. Joh. Billberg. Gadelianis* (Stockholm), 138 pp.
- Binns, E. S. (1979) Biology and behaviour of sciarid fungus gnats (Dipt., Sciaridae) in relation to swarming and migration. *Entomologist's Monthly Magazine* 115: 77-90.
- Binns, E. S. (1981) Fungus gnats (Diptera: Mycetophilidae/Sciaridae) and the role of mycophagy in soil: a review. *Revue d'Écologie et de Biologie du Sol* 18 (1): 77-90.
- Blackshaw, R. P. and D'Arcy-Burt, S. (1992) The growth of *Bibio johannis* (L.) and *Dilophus febrilis* (L.) (Diptera: Bibionidae) larvae in the field. *Annals of Applied Biology* 120: 329-337.
- Blagoderov, V. A. and Arillo, A. (2002) New Sciaroidea (Insecta: Diptera) in Lower Cretaceous amber from Spain. *Studia dipterologica* 9 (1): 31-40.
- Blaschke-Berthold, U. (1988) Larval taxonomy in Sciaridae (Insecta, Diptera, Mycetophiloidea). *Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg. N. F.* 30: 345-351.
- Calvert, A. D. (1987) A flotation method using reduced air pressure for the extraction of sciarid fly larvae from organic soil. *Pedobiologia* 30: 39-43.
- Cockerell, T. D. A. (1916) Some American fossil insects. *Proceedings of the United States National Museum* 51: 89-106.

- Coquillett, D. W. (1910) The type-species of the North American genera of Diptera. *Proceedings of the United States National Museum* 37: 499-647.
- Crouse, H. V. (1960) The controlling element in sex chromosome behavior in *Sciara*. *Genetics* 45: 1429-1443.
- De Meijere, J. C. H. (1935) Armyworms of the Netherland East-Indies (Dipt.). *Tijdschrift voor Entomologie* 78: 184-185.
- Downes, J. A. (1969) The swarming and mating flight of Diptera. *Annual Review of Entomology* 14: 271-298.
- Edwards, F. W. (1925) British fungus-gnats (Diptera, Mycetophilidae), with a revised generic classification of the family. *Transactions of the Royal Entomological Society of London* 1924: 505-670.
- Edwards, F. W. (1929) III. Fauna of the Batu caves, Selangor. XV. Diptera. *Journal of the Federated Malay States Museum* 14: 376-377.
- Enderlein, G. (1911) Die phyletischen Beziehungen der Lycoriiden (Sciariden) zu den Fungivoriden (Mycetophiliden) und Itonididen (Cecidomyiiden) und ihre systematische Gliederung. *Archiv für Naturgeschichte* 77, Supplementheft 3: 116-201.
- Evenhuis, N. L. (1994) *Catalogue of the Fossil Flies of the World (Insecta: Diptera)*. Backhuys Publishers, Leiden, 600 pp.
- Evenhuis, N. L. (1997) *Litteratura Taxonomica Dipteriorum (1758-1930)* 2 Vols. Backhuys Publishers, Leiden, 871 pp.
- Fabricius, J. C. (1798) *Supplementum entomologiae systematicae*. C. G. Proft et Storch, Hafniae (Copenhagen), 572 pp.
- Floren, A. (2003) Diversity and distribution of Diptera in the canopy of primary and disturbed SE-Asian lowland rain forests. *Studia dipterologica* 10 (2): 367-379.
- Freeman, P. (1983) *Handbooks for the Identification of British Insects*. Vol. 9, Part 6. Sciarid flies. Royal Entomological Society of London, London, 68 pp.
- Frey, R. (1942) Entwurf einer neuen Klassifikation der Mückenfamilie Sciaridae (Lycoriidae). *Notulae Entomologicae* 22: 5-44.
- Frey, R. (1948) Entwurf einer neuen Klassifikation der Mückenfamilie Sciaridae (Lycoriidae). II. Die nordeuropäischen Arten. *Notulae Entomologicae* 27: 33-112.
- Frouz, J. (1997) Changes in communities of soil dwelling dipteran larvae during secondary succession in abandoned fields. *European Journal of Soil*

- Biology 33 (2): 57-65.
- Frouz, J. (1999) Use of soil dwelling Diptera (Insecta, Diptera) as bioindicators: a review of ecological requirements and response to disturbance. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 167-186.
- Frouz, J., Šantrůčková H. and Elhottová, D. (1999) The effect of bionid larvae feeding on the microbial community of litter and on reconsumed excrements. *Pedobiologia* 43: 221-230.
- 藤山家徳・岩尾雄四郎 (1975) 鹿児島県北西部の後期新生代昆虫化石. 国立科学博物館専報 (Memoirs of the National Science Museum, Tokyo) 8: 33-48.
- Funke, W. (1971) Food and energy turnover of leaf-eating insects and their influence on primary production. *Ecological Studies* 2: 81-93.
- Gerbachevskaya, A. A. (1963) Fungus gnats as pests of vegetables and common mushrooms in hothouses of the Leningrad region. *Entomological Review* 42 (3): 271-277.
- Glick, P. A. (1939) The distribution of insects, spiders and mites in the air. Technical Bulletin, United States Department of Agriculture, No. 673: 1-150.
- Górny, M. and Grüm, L. (Eds.) (1993) *Methods in Soil Zoology*. Elsevier, Amsterdam and Polish Scientific Publishers, Warszawa, 459 pp.
- Gotô, T. (1988) Immature stages of the fungus gnats, *Bolitophila japoica* and *Mycetophila lineola* (Diptera, Mycetophilidae). *Kontyû* 56 (3): 595-599.
- Hackman, W. (1963) Studies on the dipterous fauna in burrows of voles (*Microtus*, *Clethrionomys*) in Finland. *Acta Zoologica Fennica* 102: 1-64.
- Hackman, W. and Meinander, M. (1979) Diptera feeding as larvae on macrofungi in Finland. *Annales Zoologici Fennici* 16: 50-83.
- Haig, D. (1993) The evolution of unusual chromosomal systems in sciarid flies: intragenomic conflict and the sex ratio. *Journal of Evolutionary Biology* 6: 249-261.
- Hardy, D. E. (1960) *Insects of Hawaii*. Volume 10. Diptera: Nematocera-Brachycera. University of Hawaii Press, Honolulu, xii + 368 pp.
- Hartmann, P., Scheitler, M. and Fischer, R. (1989) Soil fauna comparisons in healthy and declining Norway spruce stands. *Ecological Studies* 77: 137-150.
- 速水格・森啓 (編) (1998) 古生物の総説・分類 (古生物の科学 1), 朝倉書店, 東京, 254 pp.

- Healey, I. N. and Russell-Smith, A. (1970) The extraction of fly larvae from woodland soils. *Soil Biology and Biochemistry*.
- Heller, K. (1996) Vergleichende biozönotische und produktionsbiologische Untersuchungen an terricol-detritophagen Nematocera in einem Wald-Agrar-Ökosystemkomplex. *Faunistisch-Ökologische Mitteilungen Supplement 22*: 41-85.
- Heller, K. (1998) Beiträge zur Sciaridenfauna Schleswig-Holsteins (Diptera). Teil I. Das Trentmoor bei Plön. *Dipteron 1*: 45-56.
- Heller, K. (2002) Beiträge zur Sciaridenfauna Schleswig-Holsteins (Diptera, Sciaridae). Teil III. Die Sciariden des Projektgebietes "Integrierter Landbau Rade". *Dipteron 4*: 109-124.
- Heller, K. (2003) Eine Bestandsaufnahme der Sciaridae (Diptera) Schleswig-Holsteins mit Ergänzungen und Korrekturen zum bisher bekannten Arteninventar. *Faunistisch-Ökologische Mitteilungen 8*: 233-257.
- Hicks, E. A. (1959) Check-list and Bibliography on the Occurrence of Insects in Bird's Nests. Iowa State College Press, Ames, 681 pp.
- Hövemeyer, K. (1991) The study of dipterous populations and communities in European terrestrial ecosystems. Pp. 99-109. In: Weismann, L., Országh, L. and Pont, A. C. (Eds), *Proceedings of the second International Congress of Dipterology*. SPB Academic, The Hague.
- Hövemeyer, K. (1992) Response of Diptera populations to experimentally modified leaf litter input in a beech forest on limestone. *Pedobiologia 36*: 35-49.
- Hövemeyer, K. (1998) Diptera associated with dead beech wood. *Studia dipterologica 5*: 113-122.
- Hövemeyer, K. (1999a) Abundance patterns in terrestrial dipteran communities. *Pedobiologia 43*: 28-43.
- Hövemeyer, K. (1999b) Diversity patterns in terrestrial dipteran communities. *Journal of Animal Ecology 68*(2): 400-416.
- Imms, A. D. (1957) *A General Textbook of Entomology* (Ninth edition). Methuen and Co. Ltd., London, 886 pp.
- International Commission on Zoological Nomenclature (1963) Opinion 678. The suppression under the plenary powers of the pamphlet published by Meigen, 1800. *Bulletin of Zoological Nomenclature 20*: 339-342.
- Irmeler, U., Heller, K. and Warning, J. (1996) Age and tree species as factors

- influencing the populations of insects living in dead wood (Coleoptera, Diptera: Sciaridae, Mycetophilidae). *Pedobiologia* 40: 134-148.
- Jones, M. G. (1976) The arthropod fauna of a winter wheat field. *The Journal of Applied Ecology* 13: 61-85.
- 金子信博 (2000) 土壤生態系の微生物と動物の相互作用. Pp. 83-90. 二井一禎・肘井直樹編, 森林微生物生態学, 朝倉書店, 東京, 322 pp.
- 金子信博 (2004) 土壤の生成と土壤動物. *化学と生物* 42 (6): 408-415.
- Karpachevsky, L. O., Perel, T. S. and Bartsevich, V. V. (1968) The role of Bibionidae larvae in decomposition of forest litter. *Pedobiologia* 8: 146-149.
- Kevan, D. K. McE. (1955) *Soil Zoology*. Butterworths Scientific Publications, London, 512 pp.
- Kevan, D. K. McE. (1962) *Soil Animals*. H. F. and G. Witherby Ltd., London, 244 pp.
- Kitching, R. L., Bickel, D., Creagh, C., Hurley, K. and Symonds, C. (2004) The biodiversity of Diptera in old world rain forest surveys: a comparative faunistic analysis. *Journal of Biogeography* 31: 1185-1200.
- Kühnelt W. (translated by Walker, N.) (1961) *Soil Biology*. Faber and Faber, London, 397 pp.
- Ladell, W. R. S. (1936) A new apparatus for separating insects and other arthropods from the soil. *Annals of Applied Biology* 23: 862-879.
- Laurence, B. R., Dithlago, M. K. M., James, R., and Sutherland, W. J. (1992) Management and the invertebrates of a *Phragmites* swamp at Hickling. *Transactions of the Norfolk and Norwich Naturalist's Society* 29: 225-232.
- Laurence, B. R. (1994) Sciaridae (Dipt.) from east Anglian wetlands, with descriptions of new species. *Entomologist's Monthly Magazine* 130: 105-119.
- Lengersdorf, F. (1926) Die Sciariden des Naturhistorischen Museums in Wien. *Konowia* 5: 122-129.
- Lengersdorf, F. (1928-1930) 7. Lycoriidae (Sciaridae). Pp. 1-71. In: Lindner, E. (ed.), *Die Fliegen der palaearktischen Region*, E. Schweizerbart'sche Verlagbuchhandlung, Stuttgart, Vol. 2.
- Lengersdorf, F. (1934) Neue Sciariden aus Palästina und Lettland. *Mitteilungen der Deutschen Entomologischen Gesellschaft* 5: 55-61.
- 劉益寧・本田洋・河野義明 (Liu, Y., Honda, H. and Kohno, Y.) (2002) チバクロバネキノコバエ (*Bradysia paupera*) の配偶行動とその制御要因 (Mating behavior and its regulatory factors in the black fungus gnat, *Bradysia*

- paupera* (Diptera: Sciaridae). 日本応用動物昆虫学会誌 (Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology) 46 (1): 23-30.
- Lloyd, M. (1963) Numerical observations on movements of animals between beech litter and fallen branches. *The Journal of Animal Ecology* 32 (1): 157-163.
- Loudon, B. J. (1978) A new species of *Lycoriella* Frey (Diptera: Sciaridae) infesting cultivated mushrooms in New South Wales. *Journal of the Australian Entomological Society* 17 (2): 163-166.
- Loudon, B. J. (1980) Some aspects of sciarid taxonomy. *Circular of the Entomological Society of Australia* 304: 7-8.
- Lu, K. and Mesler, M. (1987) Pollination of *Asarum hartwegii* Wats. by fungus flies. *American Journal of Botany* 74: 743.
- Madwar, S. (1937) Biology and morphology of the immature stages of Mycetophilidae (Diptera, Nematocera). *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 227: 1-110.
- Matile, L. (1997) Phylogeny and evolution of the larval diet in the Sciaroidea (Diptera, Bibionomorpha) since the Mesozoic. Pp. 273-303. In: Grandcolas, P. (ed.), *The Origin of Biodiversity in Insects: Phylogenetic Tests of Evolutionary Scenarios*. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Tome 173, 354 pp.
- 松村松年 (1916) 新日本千虫図解. 卷之二 (Thousand Insects of Japan, Additamenta 2). 東京, 185-474 pp.
- McCarthy, M. D. (1945a) Chromosome studies on eight species of *Sciara* (Diptera) with special reference to chromosome changes of evolutionary significance. *American Naturalist* 79: 104-121.
- McCarthy, M. D. (1945b) Chromosome studies on eight species of *Sciara* (Diptera) with special reference to chromosome changes of evolutionary significance II. *American Naturalist* 79: 228-245.
- Meigen, J. W. (1800) *Nouvelle classification des mouches à deux ailes (Diptera L.) d'après un plan tout nouveau*. Perronneau, Paris, 40 pp.
- Meigen, J. W. (1803) *Versuch einer neuen Gattungs-Eintheilung der europäischen zweiflügligen Insekten*. *Magazin für Insektenkunde* 2: 259-281.
- Meigen, J. W. (1818) *Systematische Beschreibung der bekannten europäischen zweiflügeligen Insekten*. Vol. 1. Aachen, 332 pp.
- Melander, A. L. (1949) A report on some Miocene Diptera from Florissant,

- Colorado. American Museum Novitates 1407: 1-63.
- Menzel, F. (1992a) Beiträge zur Taxonomie und Faunistik der paläarktischen Trauermücken (Diptera, Sciaridae) Teil II. - Die Sciaridae des Museums für Naturkunde der Humboldt-Universität zu Berlin. Beiträge zur Entomologie 42: 259-277.
- Menzel, F. (1992b) Neue Trauermücken aus der östlichen Paläarktis (Insecta, Diptera: Sciaridae). Reichenbachia 29 (1): 87-92.
- Menzel, F. (2000) Die Trauermücken-Fauna der Bundesrepublik Deutschland (Diptera: Sciaridae). Beiträge zur Entomologie 50: 317-355.
- Menzel, F. and Martens, J. (1995) Die Sciaridae (Diptera, Nematocera) des Nepal-Himalaya. Teil I. Die blütenbesuchenden Trauermücken an Aronstabgewächsen der Gattung *Arisaema* (Araceae Juss.). Studia Dipterologica 2: 97-129.
- Menzel, F. and Mohrig, W. (1993) Beiträge zur Taxonomie und Faunistik der paläarktischen Trauermücken (Diptera, Sciaridae) Teil IV.-Lengersdorf'sche Sciaridentypen aus dem Naturhistorischen Museum Wien (1. Beitrag). Beiträge zur Entomologie 43: 63-80.
- Menzel, F. and Mohrig, W. (1997) Family Sciaridae. Pp. 51-69. In: Papp, L. and Darvas, B. (Eds.), Contributions to a Manual of Palaearctic Diptera Volume 2. Science Herald, Budapest, 592 pp.
- Menzel, F. and Mohrig, W. (2000) Revision der paläarktischen Trauermücken (Diptera: Sciaridae). Studia Dipterologica Supplement 6 (1999): 1-761.
- Menzel, F., Mohrig, W. and Groth, I. (1990) Beiträge zur Insektenfauna der DDR: Diptera-Sciaridae. Beiträge zur Entomologie 40: 301-400.
- Metz, C. W. (1959) Chromosome behavior and cell lineage in triploid and mosaic salivary glands of species hybrids in *Sciara*. Chromosoma 10 (5): 515-534.
- Metzner, K. and Menzel, F. (1996) Untersuchungen zur Sciaridenfauna des Auwaldgebietes Burgaue im Stadtgebiet von Leipzig (Insecta, Diptera, Sciaridae). Studia Dipterologica 3: 125-154.
- Mohrig, W. and Jaschhof, M. (1999) Sciarid flies (Diptera, Sciaridae) of New Zealand. Studia Dipterologica Supplement 7: 1-101.
- Mohrig, W., Krivosheina, N. and Mamaev, B. (1982) Beiträge zur Kenntnis der Trauermücken (Diptera, Sciaridae) der Sowjetunion. Teil II: Neue Sciariden aus Süd-Primorje. Zoologische Jahrbücher. Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere 109: 170-187.

- Mohrig, W., Krivosheina, N. and Mamaev, B. (1990) Beiträge zur Kenntnis der Trauermücken (Diptera, Sciaridae) der Sowjetunion. Teil XV. Gattungen *Sciara*, *Trichosia*, *Chaetosciara*, *Pharetratula*, *Parapnyxia*, *Epidapus* und *Caenosciara*. Zoologische Jahrbücher. Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere 117 (2): 219-236.
- Mohrig, W., Mamaev, B. and Krivosheina, N. (1982) Beiträge zur Kenntnis der Trauermücken (Diptera, Sciaridae) der Sowjetunion. Teil I. Die Sciaridenfauna der Kurileninsel Kunaschir. Zoologische Jahrbücher. Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere 109: 145-155.
- Mohrig, W., Menzel, F. and Kozánek, M. (1992) Neue Trauermücken (Diptera, Sciaridae) aus Nord-Korea und Japan. Dipterological Research 3: 17-32.
- Mohrig, W. and Röschmann, F. (1994) Revision der Trauermücken-Typen von Loew und Meunier aus dem Baltischen Bernstein (Diptera, Sciaridae). Deutsche Entomologische Zeitschrift (Neue Folge) 41 (1): 79-136.
- Mohrig, W., Röschmann, F. and Rulik, B. (1999) New sciarid flies (Diptera, Sciaridae) from Nepal. Mitteilungen aus dem Museum für Naturkunde in Berlin, Deutsche Entomologische Zeitschrift 46: 189-201.
- 森康子 (1997) 熱帯地域におけるサトイモ科のポリネーション. プランタ 53: 25-34.
- Nielsen, B. O. and Nielsen L. B. (2004) Seasonal aspects of sciarid emergence in arable land (Diptera: Sciaridae). Pedobiologia 48: 231-244.
- Nielsen, B. O., Nielsen, L. B., Axelsen, J. and Elmegaard, N. (1994) Winter abundance of soil Diptera larvae in arable soil. Pedobiologia 38: 208-221.
- 日本生態学会環境問題専門委員会編 (1975) 環境と生物指標 2-水界編一, 共立出版株式会社, 310 pp.
- 小川義雄・中須賀孝正・笹川満廣 (1985) 貯蔵ショウガを加害するショウガクロバネキノコバエについて. 日本応用動物昆虫学会誌 29 (3): 193-197.
- Okada, I. (1938) Die von Herrn K. Takeuchi aus Japan gesammelten Nematoceren. Tenthredo 2 (1): 33-43.
- Økland, B. (1996) Unlogged forests: Important sites for preserving the diversity of mycetophilids (Diptera: Sciaroidea). Biological Conservation 76: 297-310.
- Osmola, N. I. (1970) Morphology of the imaginal and pre-imaginal stages of the potato scab gnat, *Pnyxia scabiei* Hopk. (Diptera, Sciaridae). Entomological Review 49: 471-474.

- Ostroverkhova, G. P. (1992) The mycetophiloid complex (Diptera, Mycetophiloidea) as a historical component of forest ecosystems. *Entomological Review* 71: 31-32.
- Paquin, P. and Coderre, D. (1997) Changes in soil macroarthropod communities in relation to forest maturation through three successional stages in the Canadian boreal forest. *Oecologia* 112: 104-111.
- Plachter, H. (1979a) Zur Kenntnis der Präimaginalstadien der Pilzmücken (Diptera, Mycetophiloidea). Teil I: Gespinstbau. *Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Tiere* 101 (2): 168-266.
- Plachter, H. (1979b) Zur Kenntnis der Präimaginalstadien der Pilzmücken (Diptera, Mycetophiloidea). Teil II: Endonomie der Larven. *Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Tiere* 101 (3): 271-392.
- Plachter, H. (1979c) Zur Kenntnis der Präimaginalstadien der Pilzmücken (Diptera, Mycetophiloidea). Teil III: Die Puppen. *Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Tiere* 101 (4): 427-455.
- Rinkler, D. L. and Bloom, J. R. (1982) Phoresy between a mushroom-infesting fly and two free-living nematodes associated with mushroom culture. *Journal of Nematology* 14 (4): 599-602.
- Röschmann, F. and Mohrig, W. (1994) Checklist of fossil sciarids from Baltic amber (Diptera, Sciaridae). *Studia dipterologica* 1: 126-138.
- Sabrosky, C. W. (1999) Family-group Names in Diptera. Pp. 5-360. In: Sabrosky, C. W. *et al.*, Family-Group Names in Diptera and Bibliography. MYIA Vol. 10. Backhuys Publishers, Leiden, 576 pp.
- Salt, G. and Hollick, F. S. J. (1944) Studies of wireworm populations I. A census of wireworms in pasture. *Annals of Applied Biology* 31: 52-64.
- Sasakawa, M. (1983) Two new species of Sciaridae (Diptera). *Kontyû* 51 (3): 319-321.
- Sasakawa, M. (1992) Two new fungus gnats (Diptera: Mycetophilidae and Sciaridae) associated with cultivated shiitake mushroom. *Applied Entomology and Zoology* 27 (4): 571-574.
- Sasakawa, M. (1994) Fungus gnats associated with flowers of the genus *Arisaema* (Araceae) Part 3. Sciaridae (Diptera). *Japanese Journal of Entomology* 62 (4): 667-681.
- Sasakawa, M. (1997) New leaf miner and stem borer of Sciaridae (Diptera). *Japanese Journal of Entomology* 65 (1): 171-176.

- 笹川満廣 (1993) マッシュルームを加害するクロバネキノコバエ類. 環境動物昆虫学会誌 5 (1): 1-5.
- 笹川満廣 (2003) 日本産双翅目ノート 2 (Notes on the Japanese Diptera Part 2). 昆虫 ニューシリーズ 6 (3): 119-133.
- 笹川満廣・赤松学 (1978) ハウス栽培植物の新害虫チビクロバネキノコバエについて. 京都府立大学学術報告 農学 30: 26-30.
- Scopoli, J. A. (1763) *Entomologica carniolica exhibens insecta carnioliae indigena et distributa in ordines, genera, species, varietates. Method Linnaeana. Vindobonae (=Wien)*, 420 pp.
- Shaw, F. R. and Shaw, M. M. (1950) *Sciara (Neosciara) beebei*, a new species of Sciaridae having migratory larvae. *Bulletin of the Brooklyn Entomological Society* 45: 14-16.
- Shimazaki, A. and Miyashita, T. (2000) Abundance and taxonomic composition of insects emerging from soil to above-ground ecosystems in forests. *Edaphologia* 65: 5-12.
- Shinji, O. (1938) A new Japanese fungus gnat (Dipt. Fungivoridae). *Kontyû* 12: 175-177.
- Sommaggio, D. (1999) Syrphidae: can they be used as environmental bioindicators? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 343-356.
- Southwood, T. R. E. and Henderson, P. A. (2000) *Ecological Methods (Third Edition)*. Blackwell Science, 575 pp.
- Steffan, W. A. (1966) A generic revision of the family Sciaridae (Diptera) of America north of Mexico. *University of California Publications in Entomology* 44: 1-77.
- Steffan, W. A. (1969) Insects of Micronesia, Diptera: Sciaridae. *Insects of Micronesia* 12: 669-732.
- Steffan, W. A. (1973a) Ecological studies of *Ctenosciara hawaiiensis* (Hardy) (Diptera: Sciaridae). *Pacific Insects* 15 (1): 85-94.
- Steffan, W. A. (1973b) Notes on Hawaiian Sciaridae (Diptera) and descriptions of two new species. *Pacific Insects* 15: 353-361.
- Steffan, W. A. (1974) Laboratory studies and ecological notes on Hawaiian Sciaridae (Diptera). *Pacific Insects* 16 (1): 41-50.
- Steffan, W. A. (1981) Sciaridae. Pp. 247-245. In: McAlpine, J. F. *et al.* (Eds.) *Manual of Nearctic Diptera Volume 1*. Research Branch, Agriculture Canada.
- Sugawara, T. (1988) Floral biology of *Heterotropa tamaensis*

- (Aristolochiaceae) in Japan. *Plant Species Biology* 3: 7-12.
- 杉浦直人・皆木宏明・前田泰生 (1999) 島根県産ミヤコアオイ (ウマノスズクサ科) の受粉と結実. *ホシザキグリーン財団研究報告* 第3号: 195-208.
- 杉浦真治・深澤遊・山崎一夫 (2002) 変形菌子実体から羽化したキノコバエ *Platurocypta punctum* (Stannius). *昆虫 ニューシリーズ* 5 (4): 143-144.
- Sullivan, R. T. (1981) Insect swarming and mating. *Florida Entomologist* 64 (1): 44-65.
- Sutou, M. (2002) Immature stages of three species of the genus *Bibio* Geoffroy (Diptera: Bibionidae). *Entomological Science* 5 (4): 445-456.
- Sutou, M. and Ito, M. T. (2003) A taxonomic study on the genus *Ctenosciara* (Insecta: Diptera: Sciaridae). *Species Diversity* 8 (2): 119-131.
- Sutou, M. and Ito, M. T. Occurrence of the genus *Scythropochroa* (Insecta: Diptera: Sciaridae) in Japan, with descriptions of the female and larva. *Species Diversity* (in press).
- Sutou, M., Ito, M. T. and Menzel, F. (2004) A taxonomic study on the Japanese species of the genus *Sciara* Meigen (Diptera: Sciaridae). *Studia dipterologica* 11 (1): 175-192.
- 須島充昭 (2001) 小型双翅類勉強ノート 永久プレパラートの作成法. *はなあぶ* 11: 104-105.
- 須島充昭 (2002) 双翅目幼虫の同定のために -科の検索表の紹介と同定のポイント-. *はなあぶ* 13: 38-39.
- Swofford, D. L. (2000) PAUP*. *Phylogenetic Analysis Using Parsimony (*and Other Methods)*. Version 4. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Szabó, I. and Marton, M. (1966) Problem of absolute and relative specificity of intestinal microfloras based on investigations on *Bibio marci* (Diptera) larvae. *Nature* Vol. 209: 221-222.
- Szabó, I., Bártfay, T. and Marton, M. (1967) The role and importance of the larvae of St. Mark's fly in the formation of a rendzina soil. Pp. 475-489. In: Graff, O. and Satchell, J. E. (eds.), *Progress in Soil Biology*. Friedr. Vieweg and Sohn GmbH, Braunschweig; North-Holland Publishing Company, Amsterdam. 656 pp.
- Tanaka, K. (1984) Notes on *Pnyxia scabiei* (Hopkins) found indoors in Japan (Diptera, Sciaridae). *Makunagi* 12: 1-10.
- 徳永雅明 (1975) 陸水関係の諸水域における指標的な双翅目昆虫. Pp. 169-177.
- Thiede, U. (1977) Untersuchungen über die Arthropodenfauna in

- Fichtenforsten (Populationsökologie, Energieumsatz). Zoologische Jahrbücher. Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere 104: 137-202.
- Tonnoir, A. L. and Edwards, F. W. (1927) New Zealand fungus gnats (Diptera, Mycetophilidae). Transactions and Proceedings of the New Zealand Institute 57: 747-878.
- Townsend, C. R., Harper, J. L. and Begon, M. (2000) Essentials of Ecology. Blackwell Science, 552 pp.
- 津田格 (2000) キノコに生息する昆虫—キノコバエと *Iotonchium* 属線虫の関係—。Pp. 91-101. 二井一禎・肘井直樹編, 森林微生物生態学, 朝倉書店, 東京, 322 pp.
- Tuno, N. (1998) Spore dispersal of *Dictyophora* fungi (Phallaceae) by flies. Ecological Research 13: 7-15.
- Tuomikoski, R. (1957) Beobachtungen über einige Sciariden (Dipt.), deren Larven in faulem Holz oder unter der Rinde abgestorbener Bäume leben. Annales Entomologici Fennici 23: 3-35.
- Tuomikoski, R. (1960) Zur Kenntnis der Sciariden (Dipt.) Finnlands. Annales Zoologici Societatis Zoologicae Botanicæ Fennicæ "Vanamo" 21 (4): 1-164.
- Vilkamaa, P. and Hippa, H. (2004) The genus *Xenosciara* gen. n. and the phylogeny of the Sciaridae (Diptera). Zootaxa 699: 1-24.
- Vilkamaa, P. and Komonen, A. (2001) Redescription and biology of *Trichosia* (*Baeosciara*) *sinuata* Menzel and Mohrig (Diptera: Sciaridae). Entomologica Fennica 12: 46-49.
- Vockeroth, J. R. (1974) Notes on the biology of *Cramptonomyia spenceri* Alexander (Diptera: Cramptonomyiidae). Journal of the Entomological Society of British Columbia 71: 38-42.
- Vogel, S. and Martens, J. (2000) A survey of the function of the lethal kettle traps of *Arisaema* (Araceae), with records of pollinating fungus gnats from Nepal. Botanical Journal of the Linnean Society 133: 61-100.
- Waterhouse, M. (1998) Fungus gnats and other flies (Diptera, Mycetophilidae, Sciaridae, Heleomyzidae and Sphaeroceridae) attracted to sapping sycamore. Dipterists Digest Second Series 5 (1): 18.
- Weber, N. A. (1954) Arctic Alaskan Diptera. Proceedings of the Entomological Society of Washington 56: 86-91.
- White, P. E. (1986) The effect of sciarid larvae (*Lycoriella auripila*) on cropping of the cultivated mushroom (*Agaricus bisporus*). Annals of

- Applied Biology 109: 11-17.
- Wilkinson, J. D. and Daugherty, D. M. (1970) The biology and immature stages of *Bradysia impatiens* (Diptera: Sciariidae). *Annals of the Entomological Society of America* 63 (3): 656-661.
- Winnertz, J. (1867) Beitrag zu einer Monographie der Sciarinen. Wien, 187 pp.
- Winnertz, J. (1869) Sieben neue Arten der Gattung *Sciara*. *Verhandlungen der kaiserlich-königlichen zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien* 19: 657-668.
- Wisely, B. (1959) A contribution to the life histories of two fungus gnats, *Scythropochroa nitida* Edw. and *Sciara annulata* Mg. (Diptera, Mycetophilidae, Sciarinae). *Transactions of the Royal Society of New Zealand* 86: 59-64.
- Wood, D. M. and Borkent, A. (1989) Phylogeny and classification of the Nematocera. Pp. 1333-1370. In: McAlpine (Ed.) *Manual of Nearctic Diptera* Volume 3. Research Branch, Agriculture Canada.
- 湯川淳一・Mathias Jaschhof・徳田誠・安部順一郎 (2000) 皇居吹上御苑に生息するタマバエ科、クロバネキノコバエ科およびその他の虫えい形成昆虫. *国立科学博物館専報* 36: 373-379.
- Zetterstedt, J. W. (1851) *Diptera Scandinaviae* Vol 10. Lundae, pp. 3711-4090.

觸角第3, 4節

(3rd, 4th flagellomere)

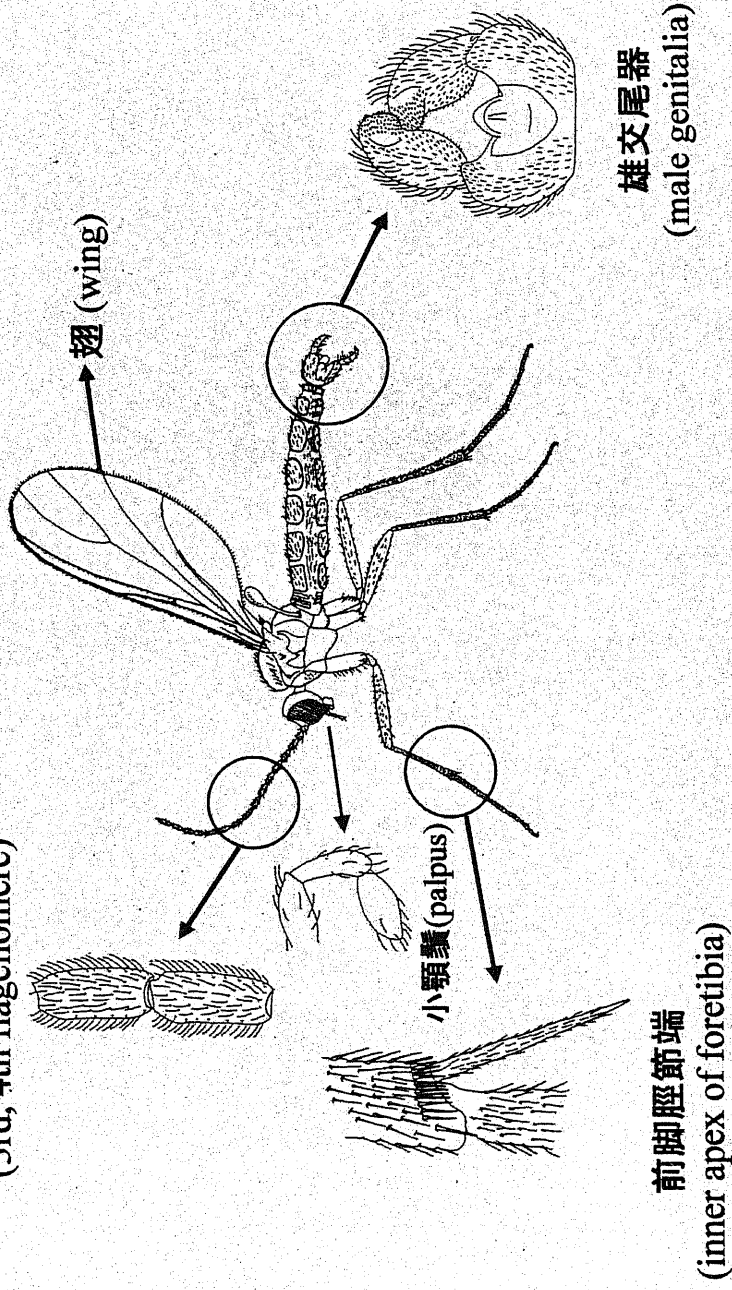
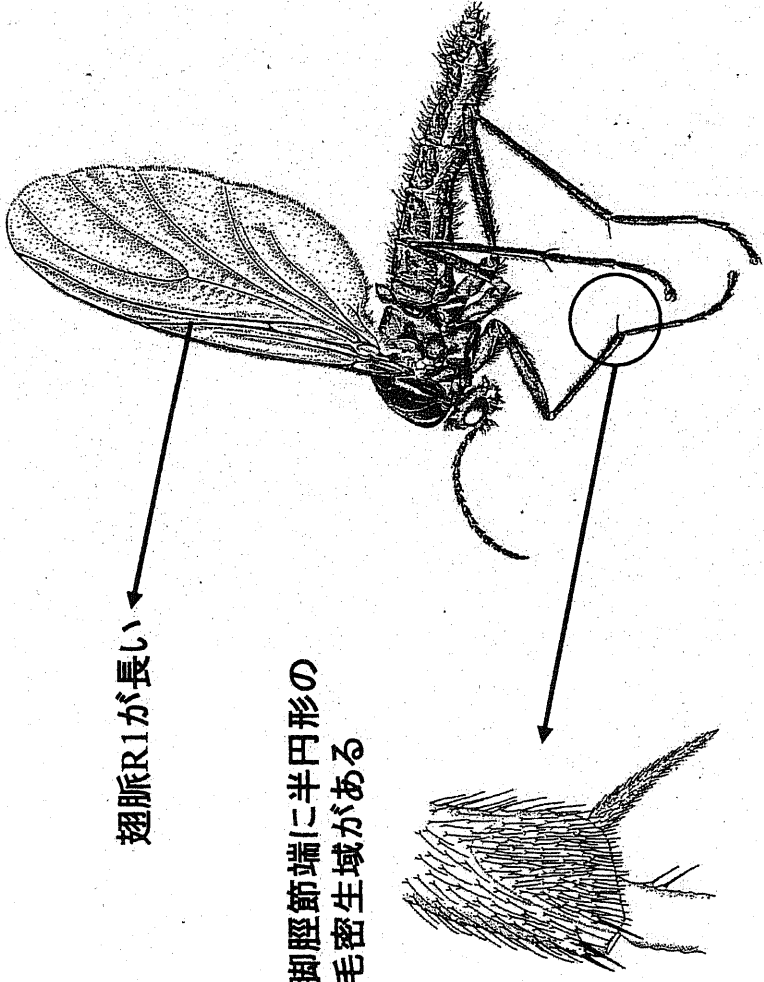


Fig. 1 クロハネキノコバエ科の分類形質

全体図: Freeman (1983) 部分図: 著者原図



翅脈R1が長い

前脚脛節端に半円形の
剛毛密生域がある

Fig. 2 *Sciara* 属群の診断形質

図: *Sciara hemerobioides* (Scopoli, 1763) Menzel and Mohrig (1997)より引用

● 須島採集(1998-2004年)

○ 研究協力者による採集
又は借用標本の産地

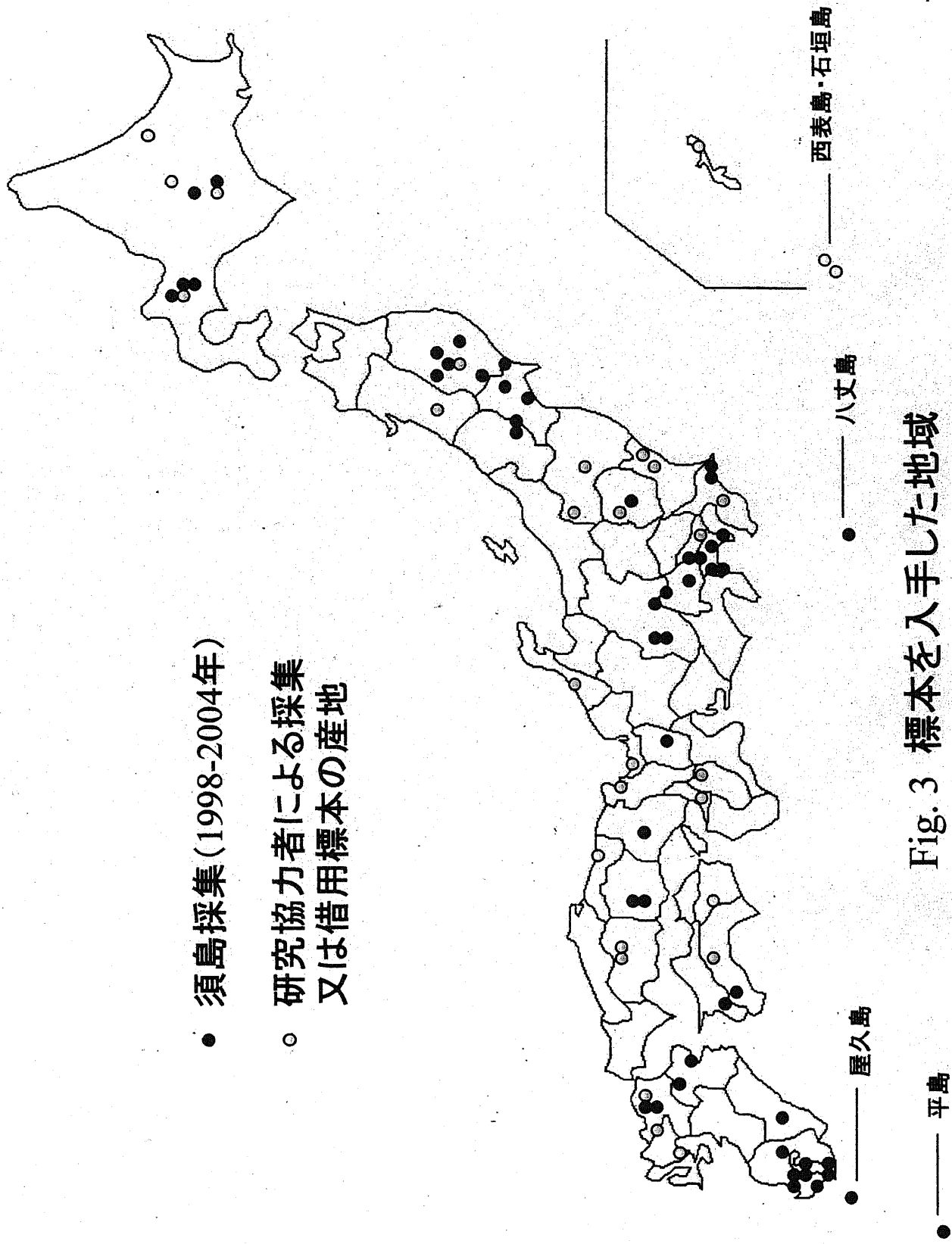


Fig. 3 標本を入手した地域

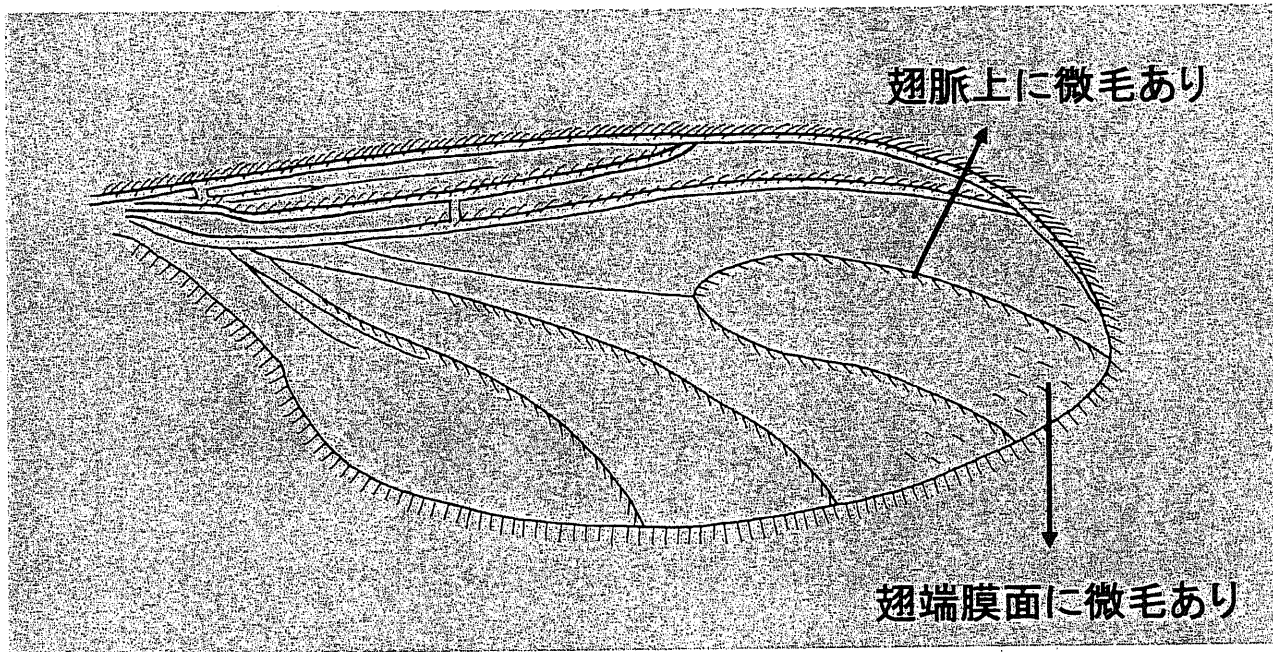


Fig. 4 *Sciara*属の翅の特徴

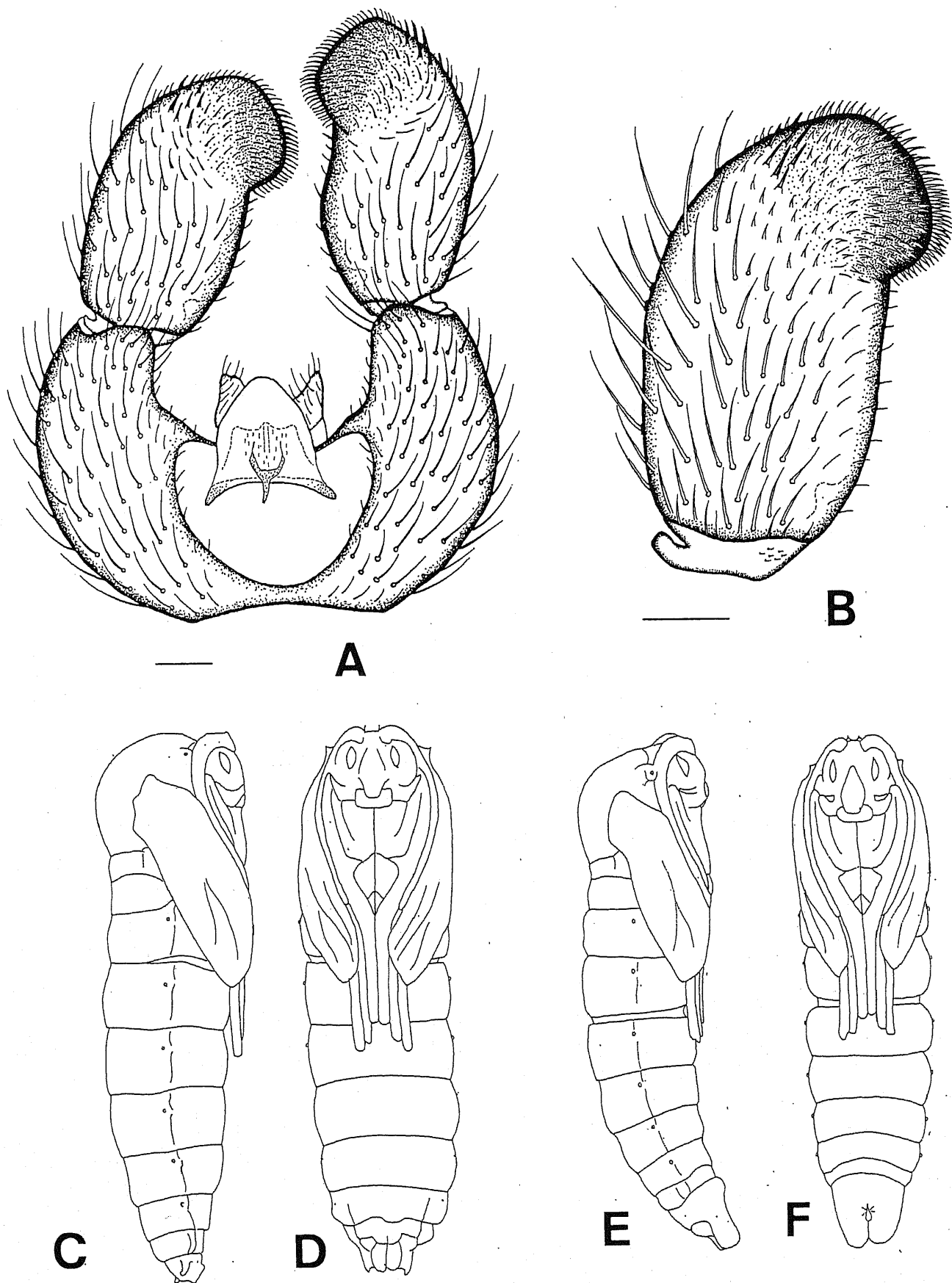


Fig. 5 *Sciara thoracica* Matsumura, 1916. A: Genitalia, ventral view; B: Gonostylus, ventral view; C: Pupa (female), lateral view; D: Pupa (female), ventral view; E: Pupa (male), lateral view; F: Pupa (male), ventral view. Scale: 0.1 mm for A-B.

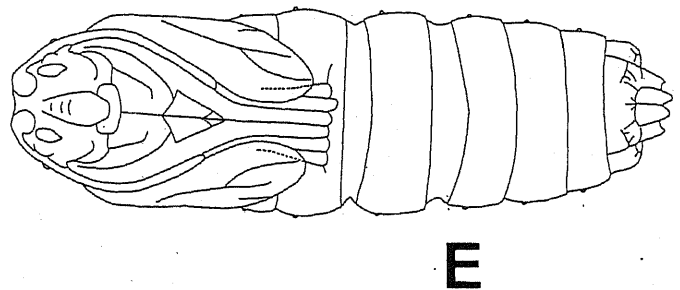
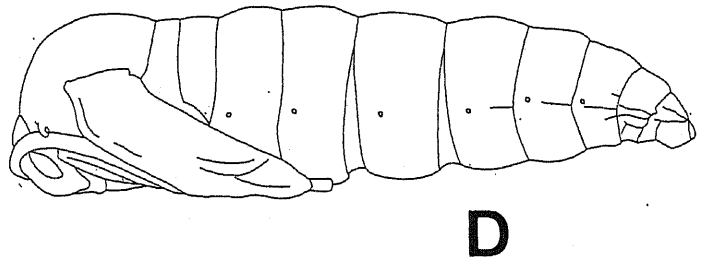
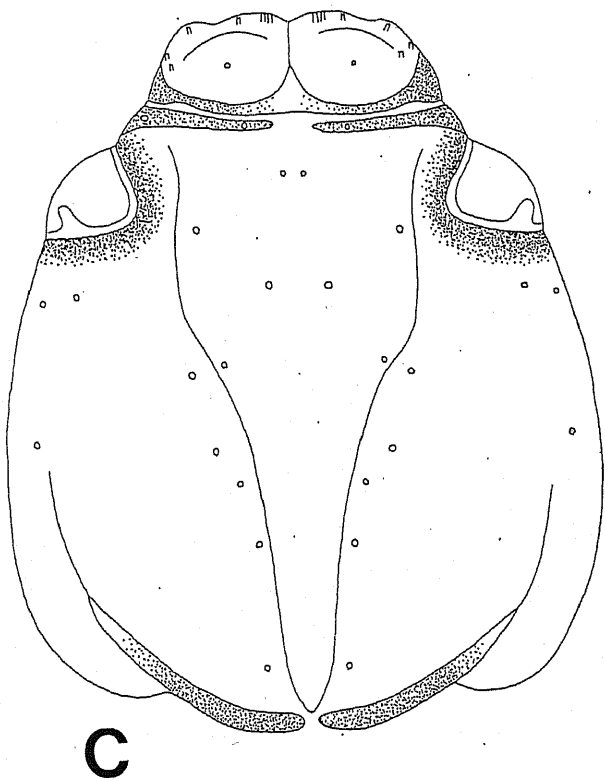
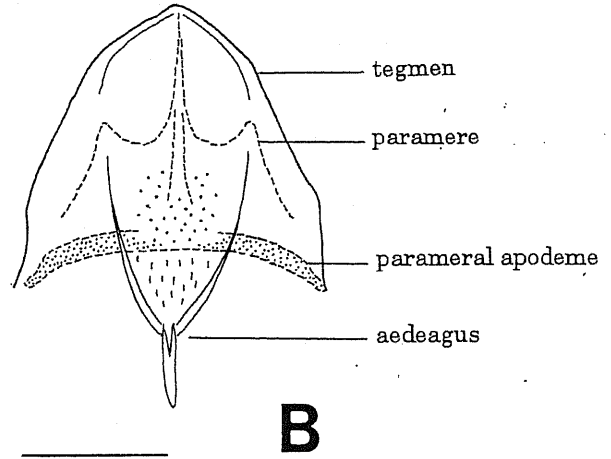
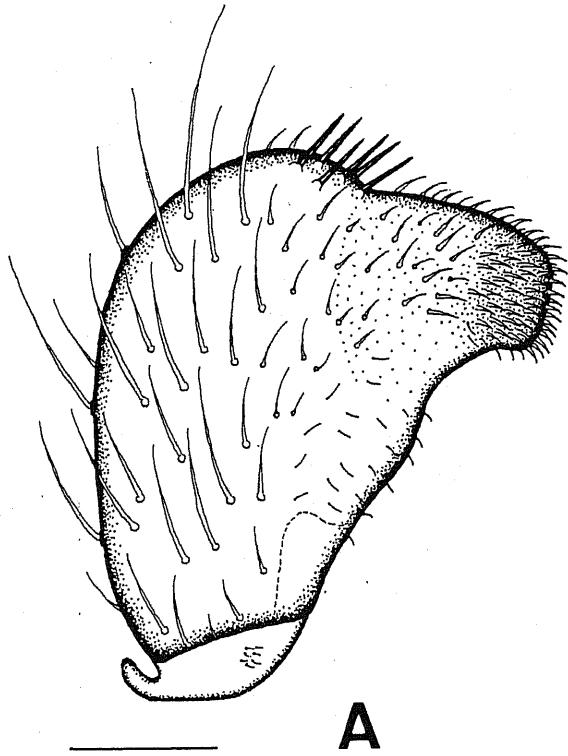


Fig. 6 *Sciara hemerobioides* (Scopoli, 1763). A: Gonostylus, ventral view; B: Tegmen, aedeagus, paramere, parameral apodeme, ventral view; C: Final instar larva, head, dorsal view; D: Pupa (female), lateral view; E: Pupa (female), ventral view. Scale: 0.1 mm for A-B.

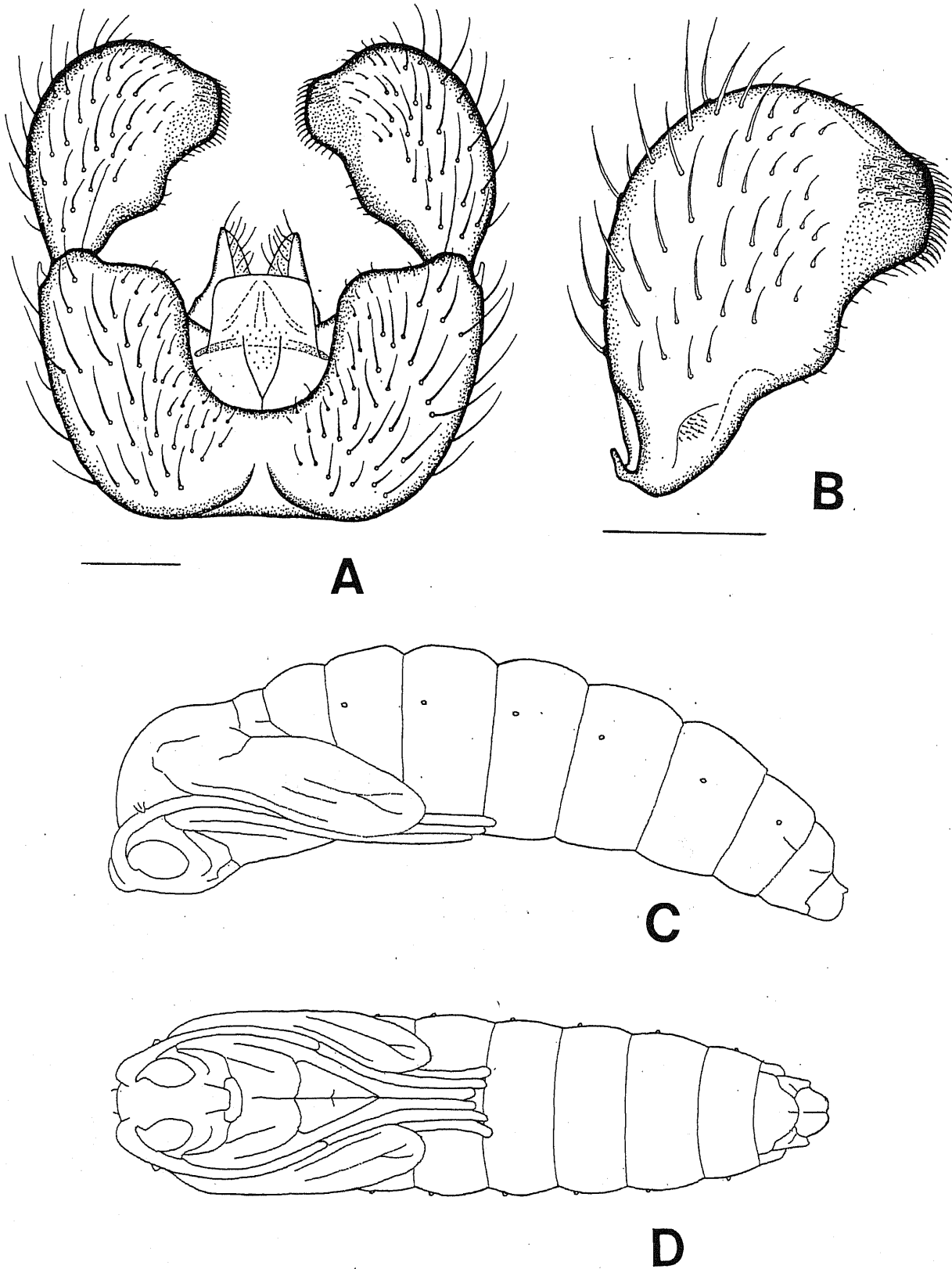


Fig. 7 *Sciara helvola* Winnertz, 1867. A: Genitalia, ventral view; B: Gonostylus, ventral view; C: Pupa (female), lateral view; D: Pupa (female), ventral view. Scale: 0.1 mm for A-B.

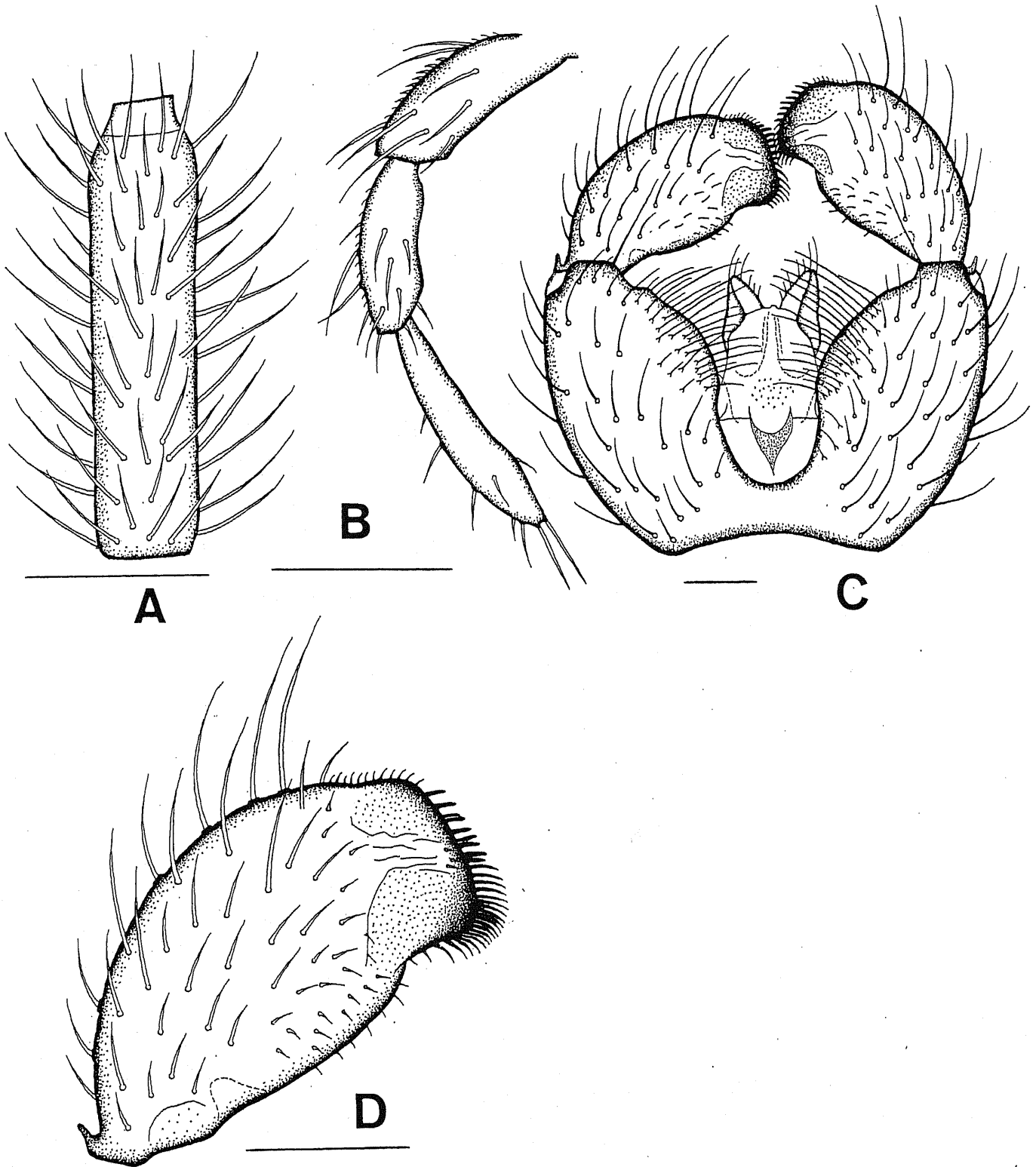


Fig. 8 *Sciara pectilinealis* Sutou , 2004 A: 4th flagellomere; B: Palpus; C: Genitalia, ventral view; D: Gonostylus, ventral view. Scale: 0.1 mm.

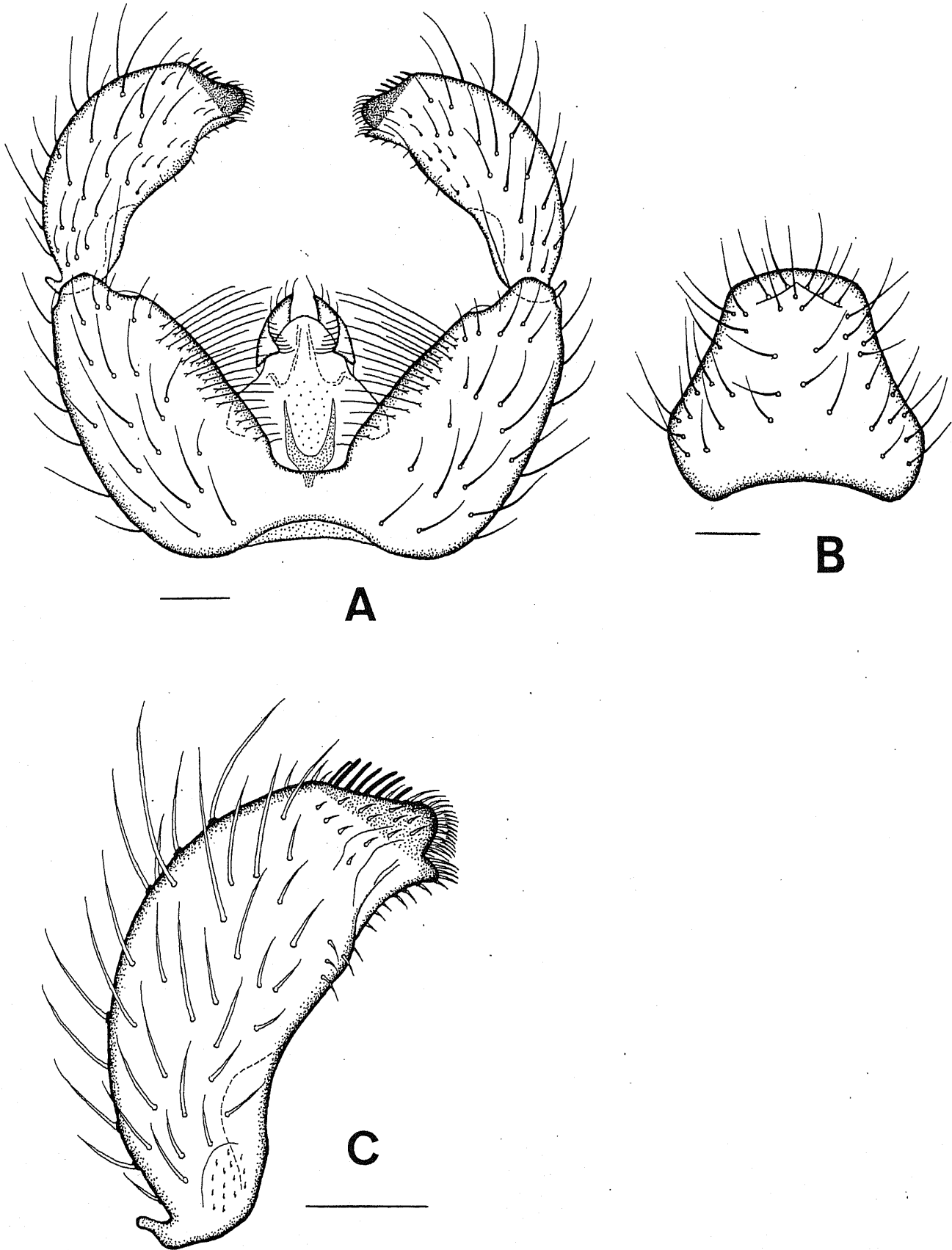


Fig. 9 *Sciara melanostyla* Mohrig and Krivosheina, 1990. A: Genitalia, ventral view; B: 9th tergum, dorsal view; C: Gonostylus, ventral view. Scale: 0.1 mm.

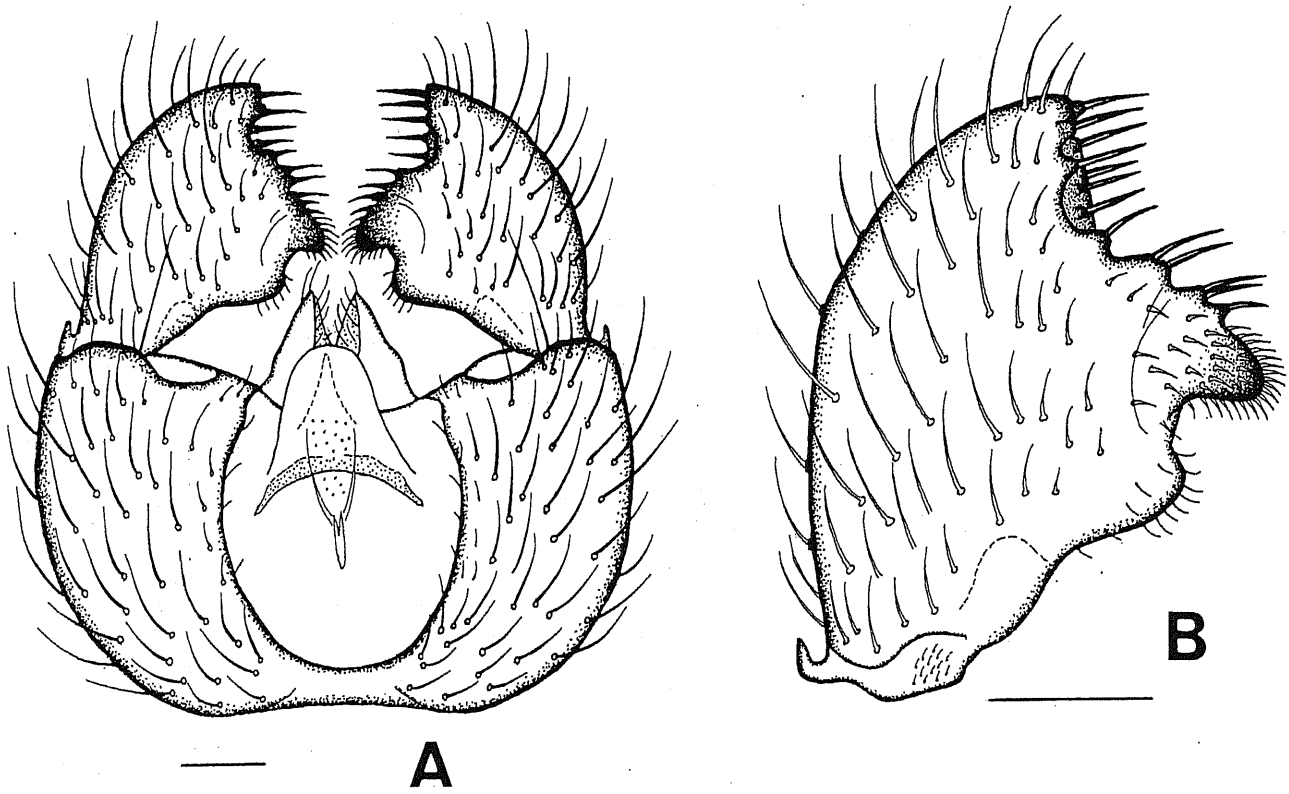


Fig. 10 *Sciara multispinulosa* Mohrig and Kozánek, 1992. A: Genitalia, ventral view; B: Gonostylus, ventral view. Scale: 0.1 mm for A-B.

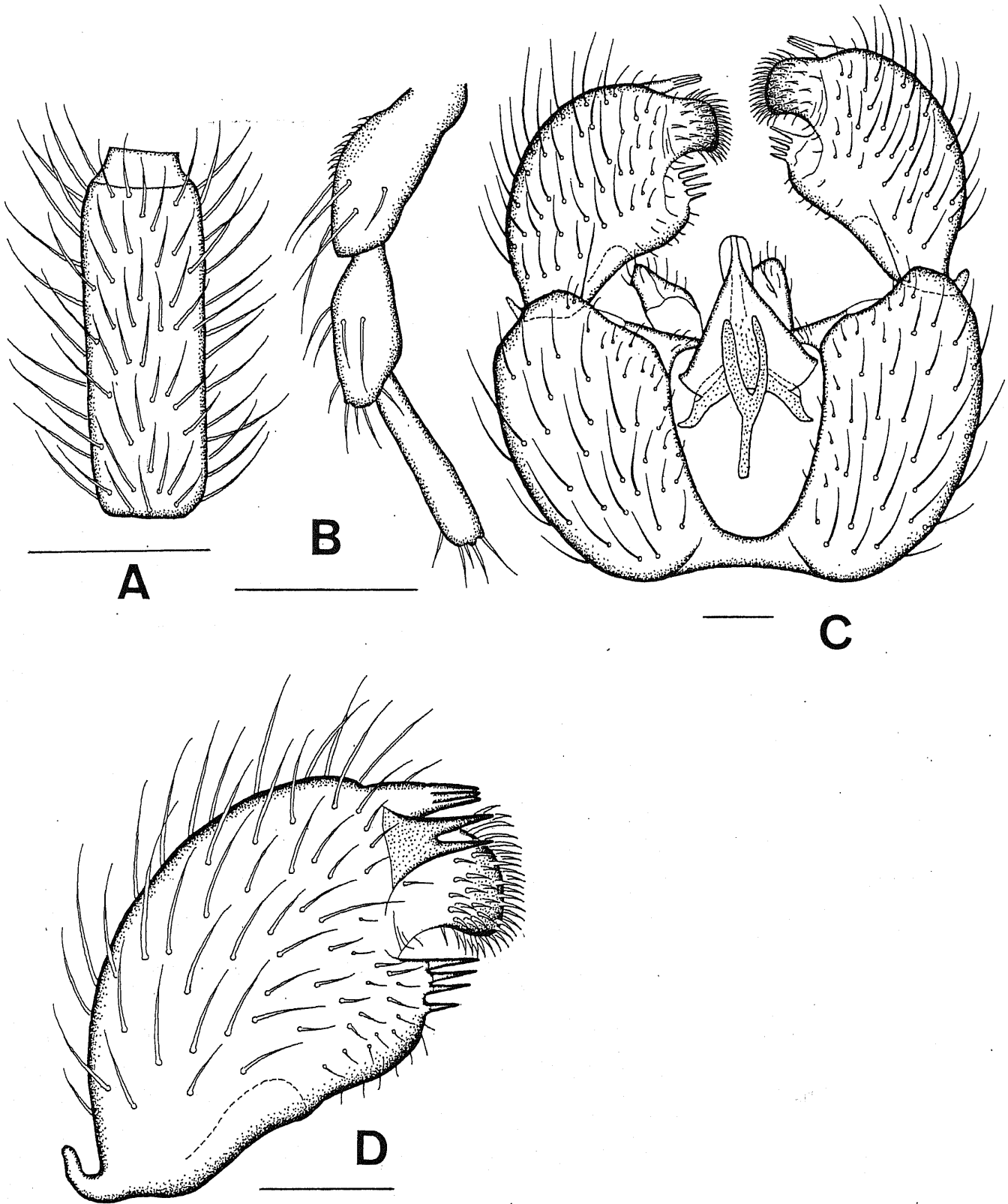


Fig. 11 *Sciara kitakamiensis* Sutou , 2004 A: 4th flagellomere; B: Palpus; C: Genitalia, ventral view; D: Gonostylus, ventral view. Scale: 0.1 mm.

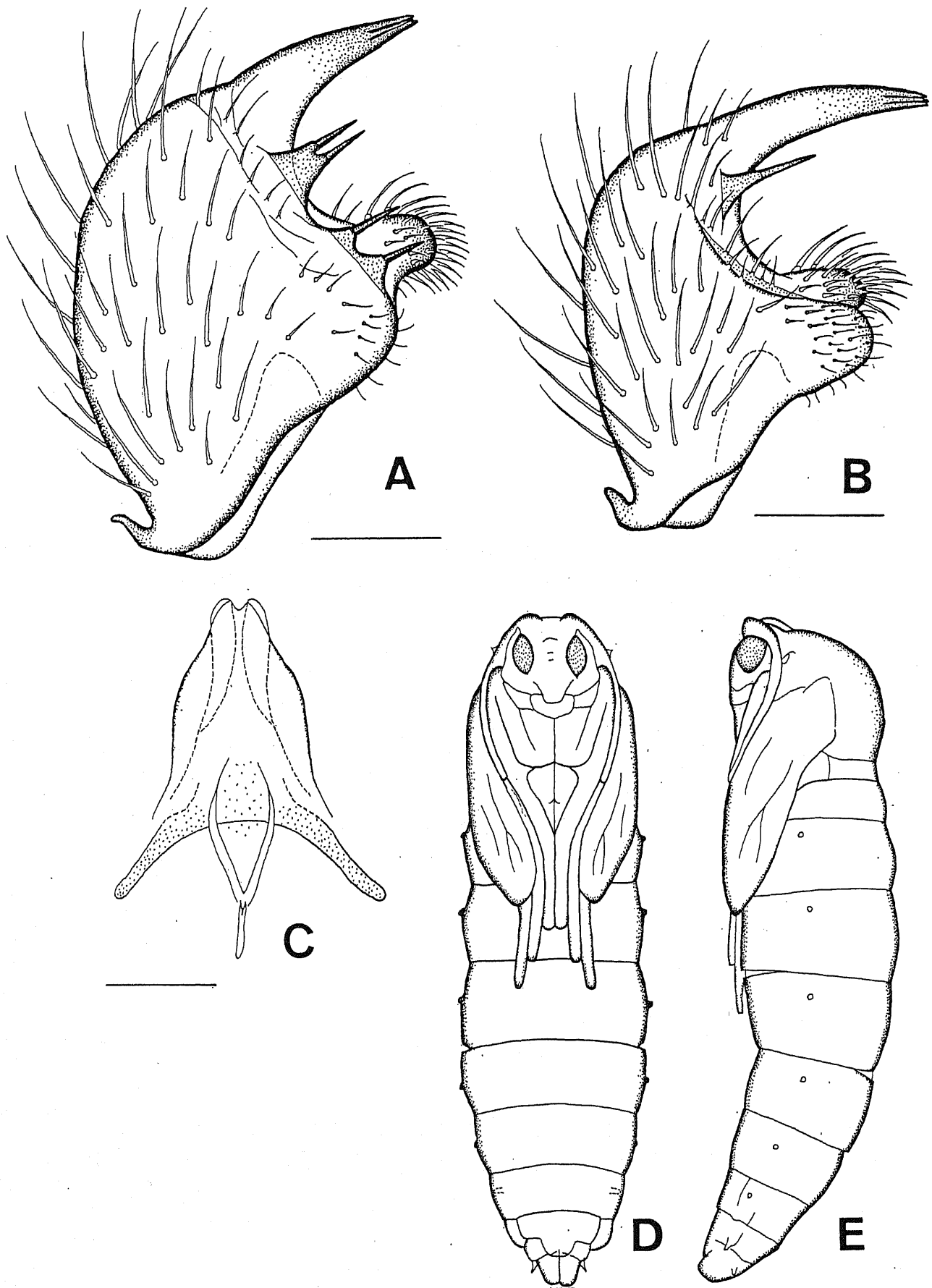


Fig. 12 *Sciara humeralis* Zetterstedt, 1851. A: Gonostylus, ventral view (Holarctic type); B: Gonostylus, ventral view (Oriental type); C: Tegmen, ventral view; D: Pupa (female), ventral view; E: Pupa (female), lateral view. Scale: 0.1 mm for A-C.

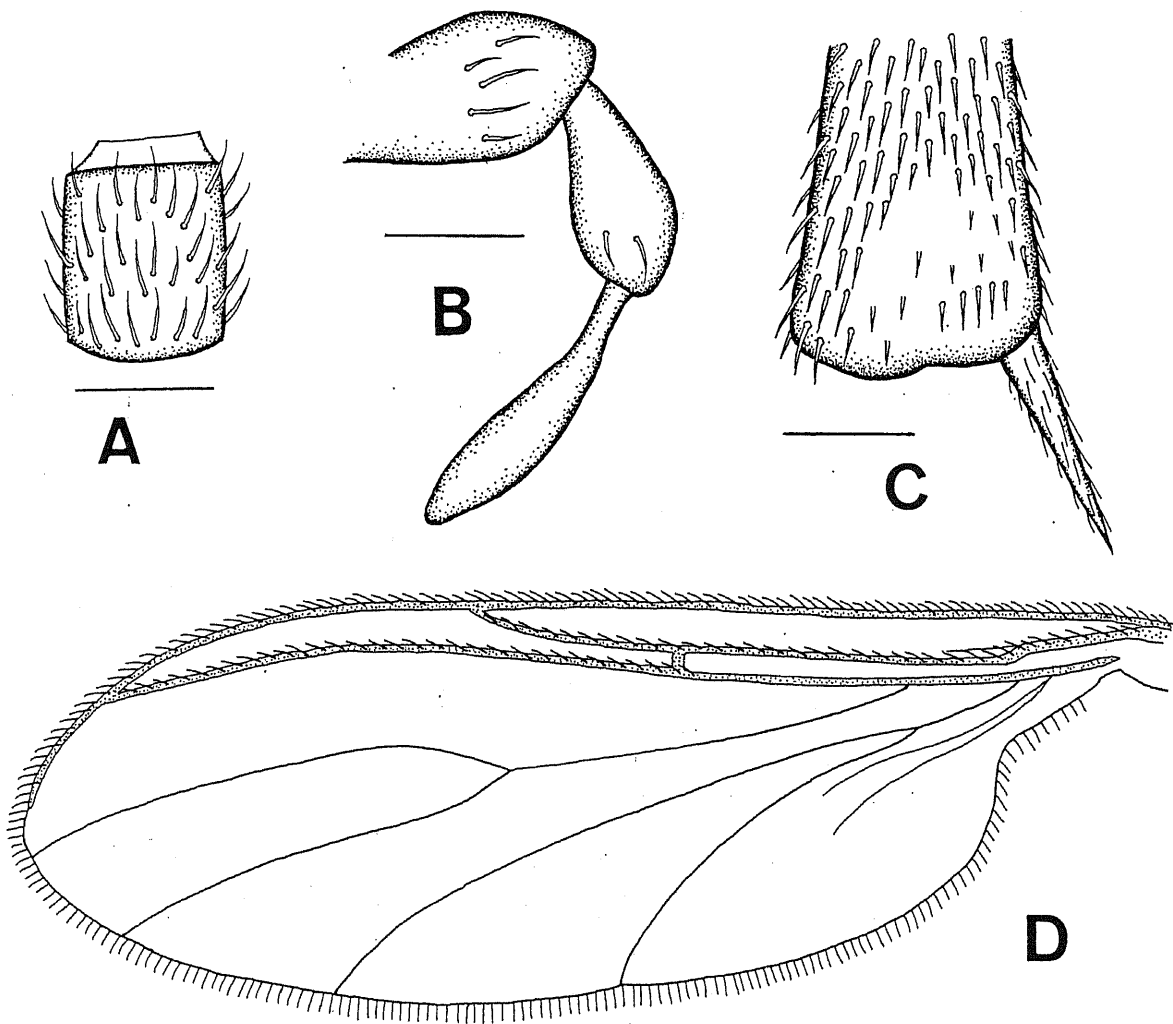


Fig. 13 *Bradysia japonica* (Enderlein, 1911) A: 4th flagellomere; B: Palpus; C: Inner apex of fore tibia; D: Wing. Scale: 0.1 mm for A-C.

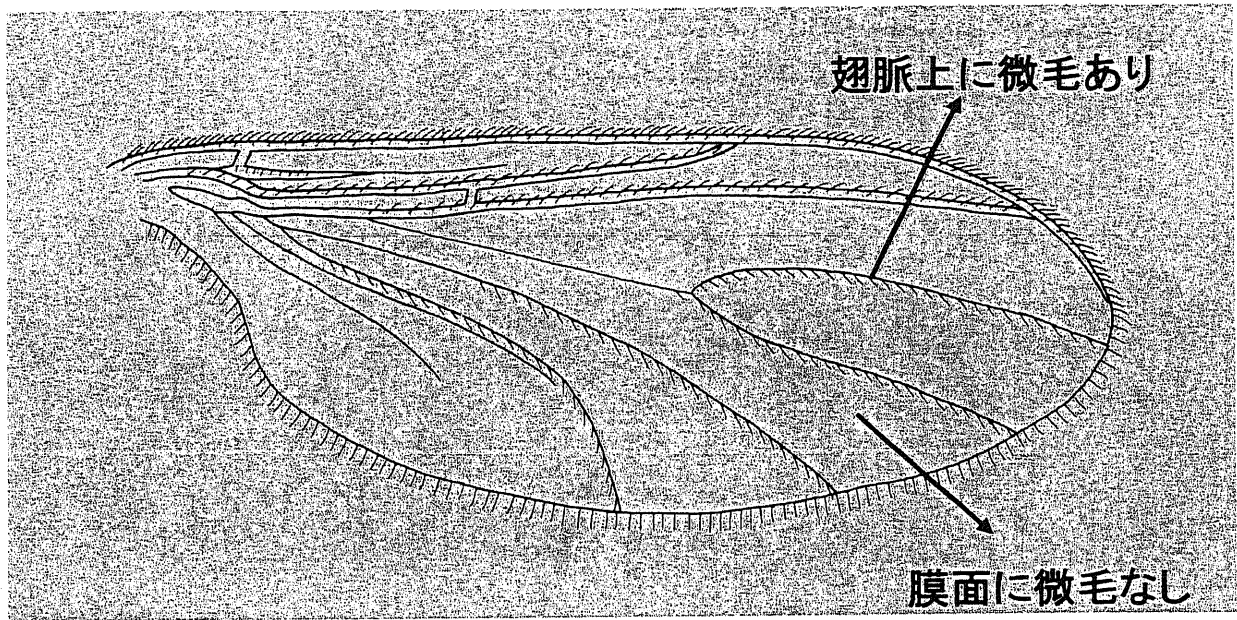


Fig. 14 *Leptosciarella*属の翅の特徴

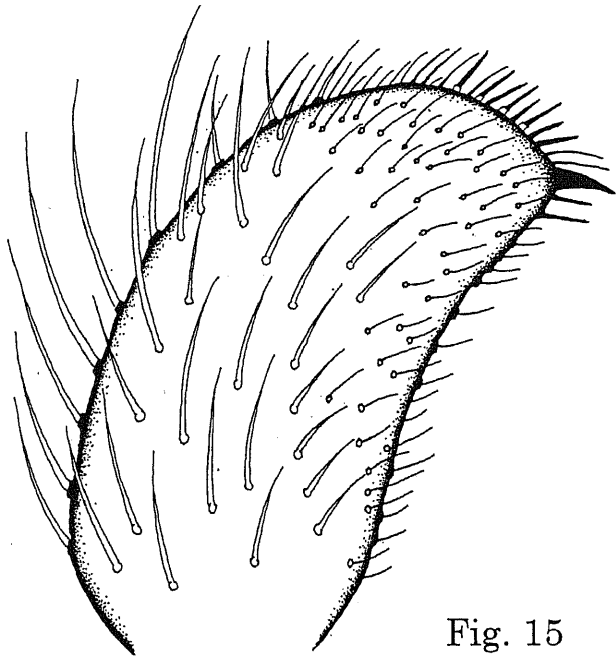


Fig. 15
Leptosciarella (Leptosciarella) sp. 1
Gonostylus, ventral view

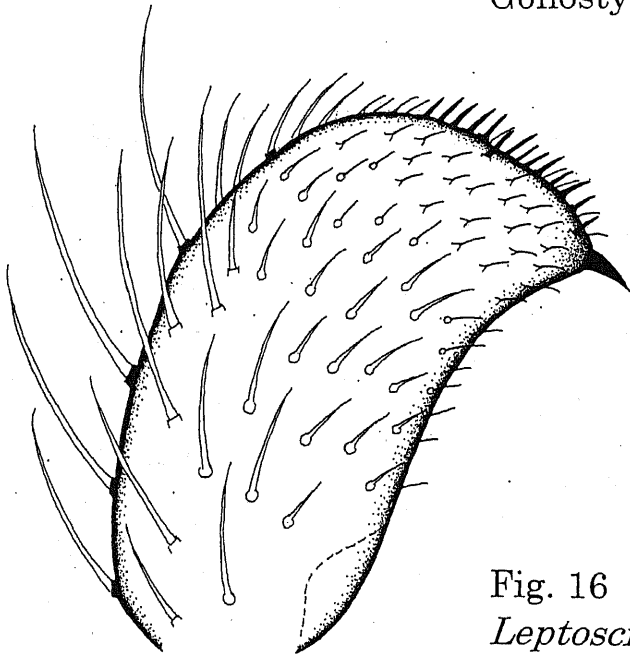


Fig. 16
Leptosciarella (Leptosciarella) sp. 2
Gonostylus, ventral view

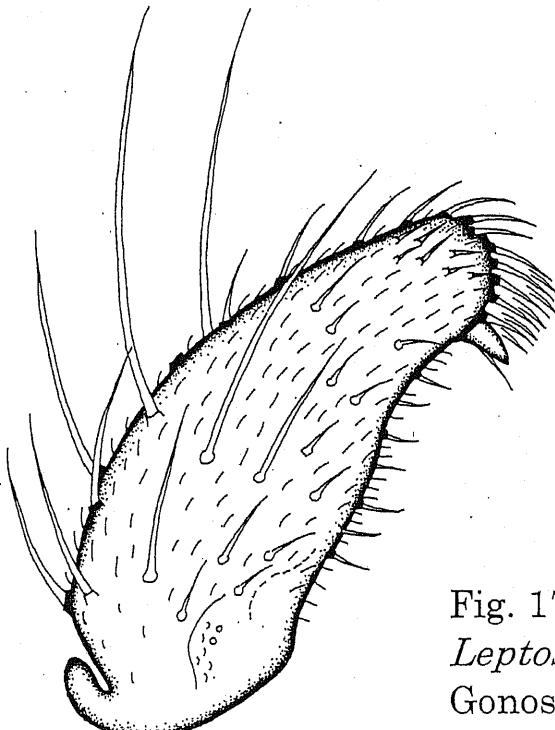
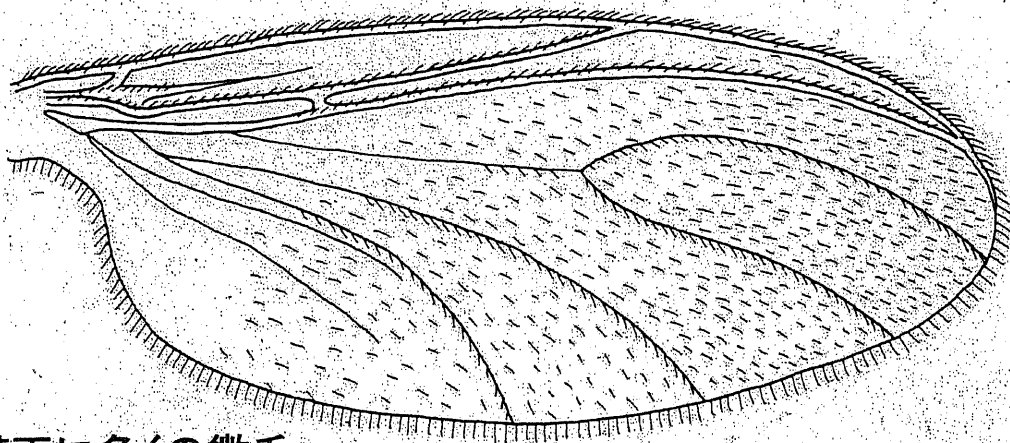


Fig. 17
Leptosciarella (Leptosciarella) sp. 3
Gonostylus, ventral view



膜面に多くの微毛

Fig. 18 *Trichosia*属の翅の特徴

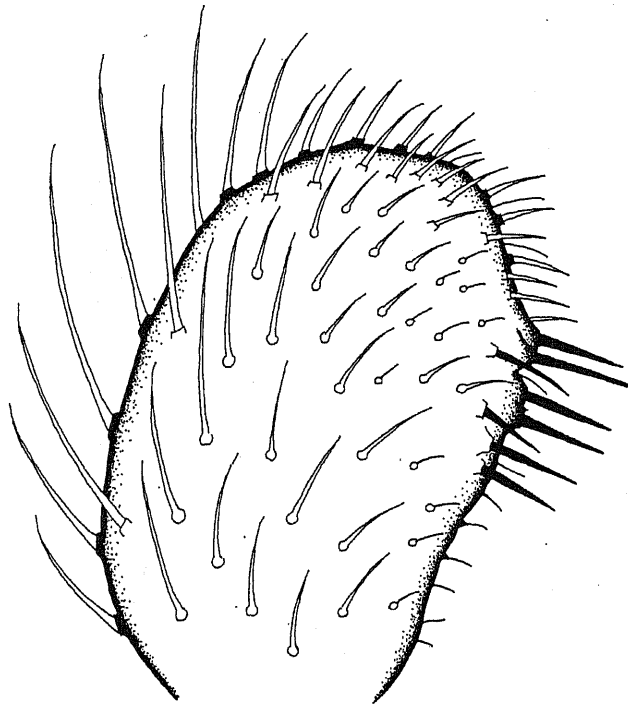


Fig. 19
Trichosia (Trichosia) sp. 1
Gonostylus, ventral view

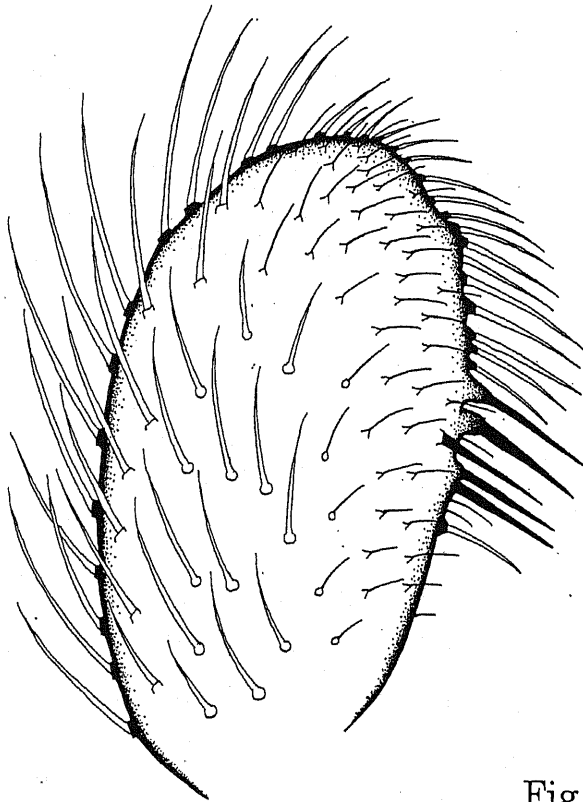


Fig. 20
Trichosia (Trichosia) sp. 3
Gonostylus, ventral view

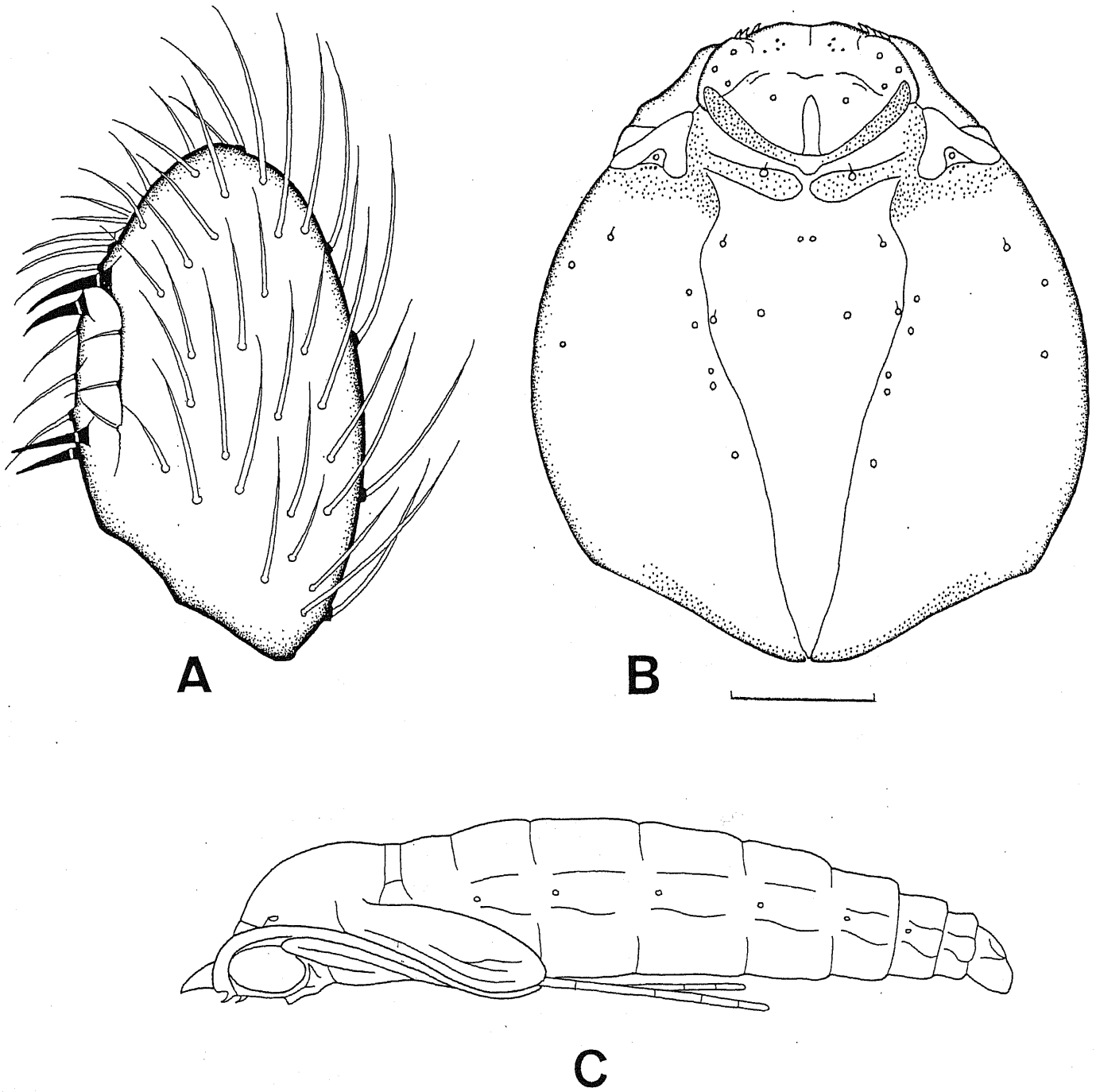


Fig. 21 *Trichosia* (*Trichosia*) sp. 2. A: Gonostylus, dorsal view; B: Final instar larva, head, dorsal view; C: Pupa (male), lateral view.

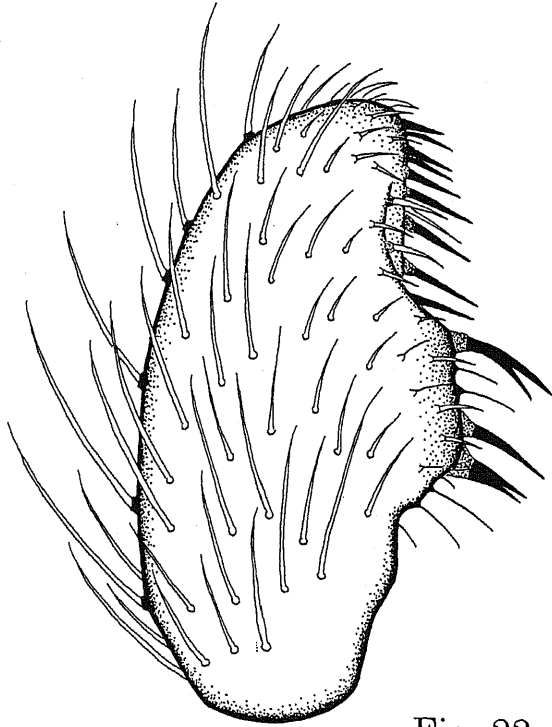


Fig. 22
Trichosia (Trichosia) sp. 4
Gonostylus, dorsal view

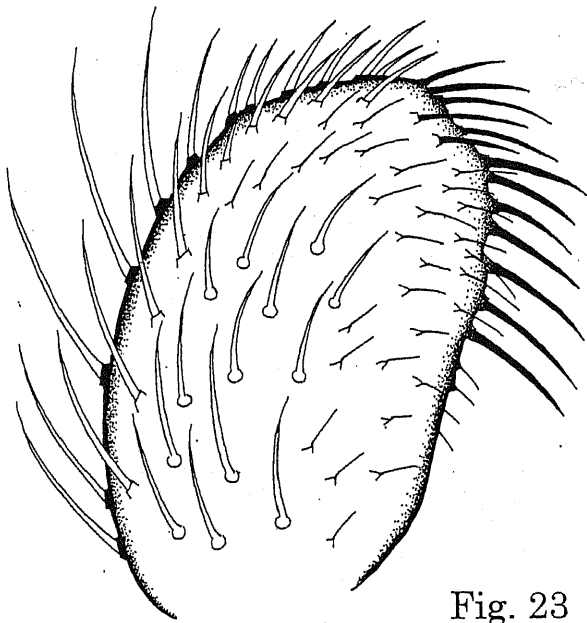


Fig. 23
Trichosia (Trichosia) sp. 5
Gonostylus, ventral view

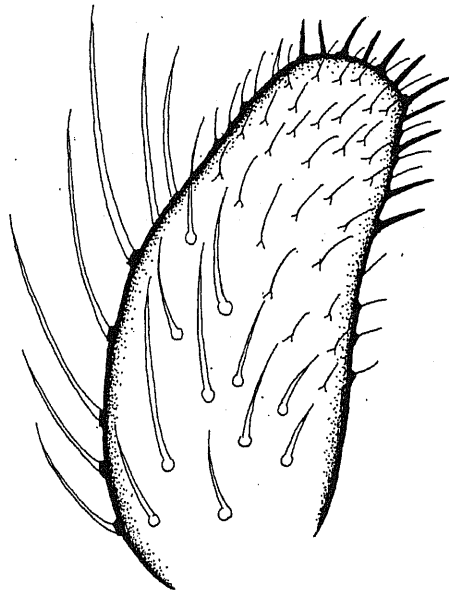


Fig. 24
Trichosia sp. 7
Gonostylus, ventral view

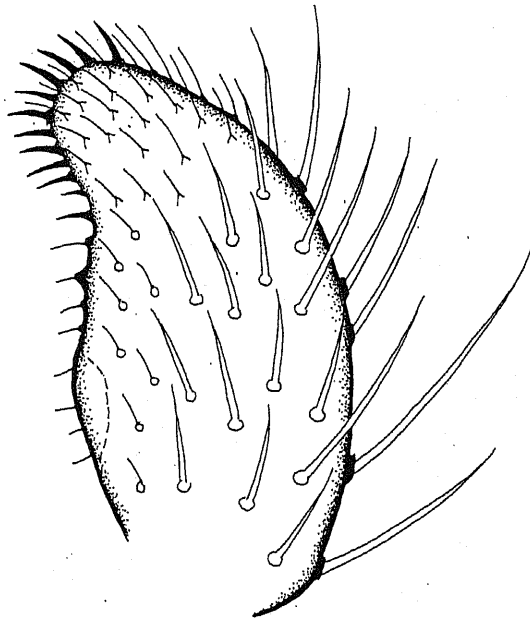


Fig. 25
Trichosia sp. 8
Gonostylus, ventral view

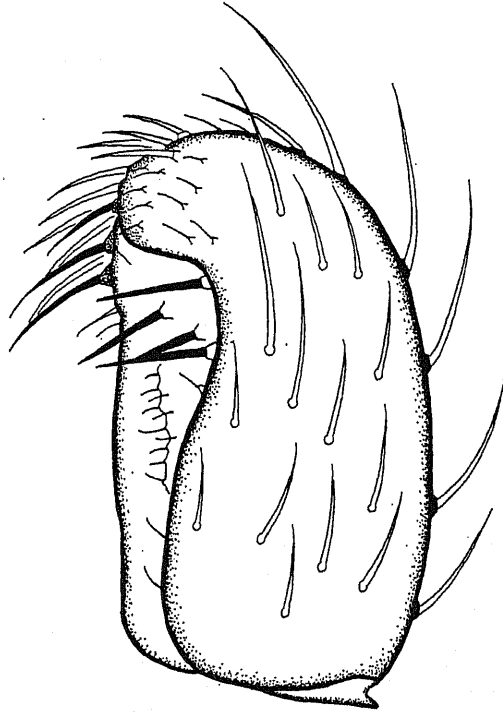


Fig. 26
Trichosia sp. 9
Gonostylus, dorsal view

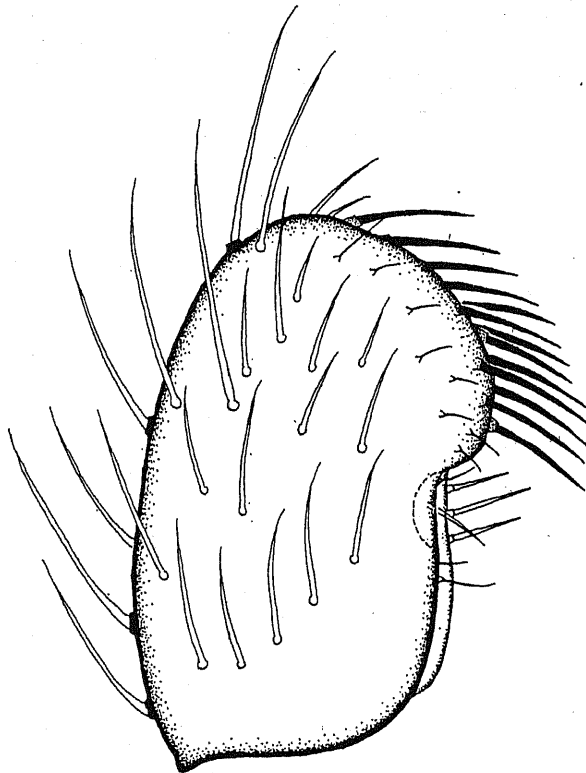


Fig. 27
Trichosia sp. 10
Gonostylus, ventral view

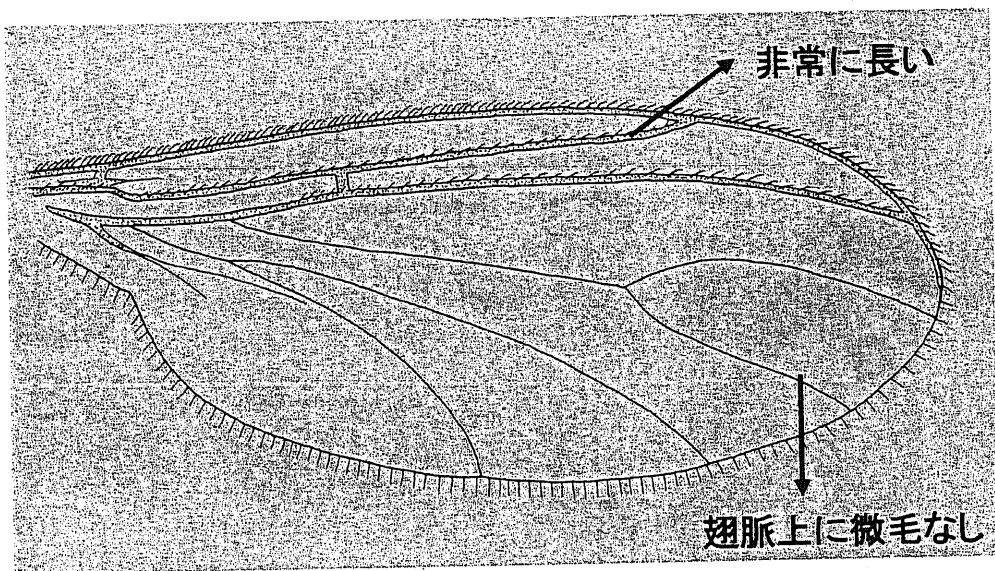


Fig. 28 *Scythropochroa*属の翅の特徴

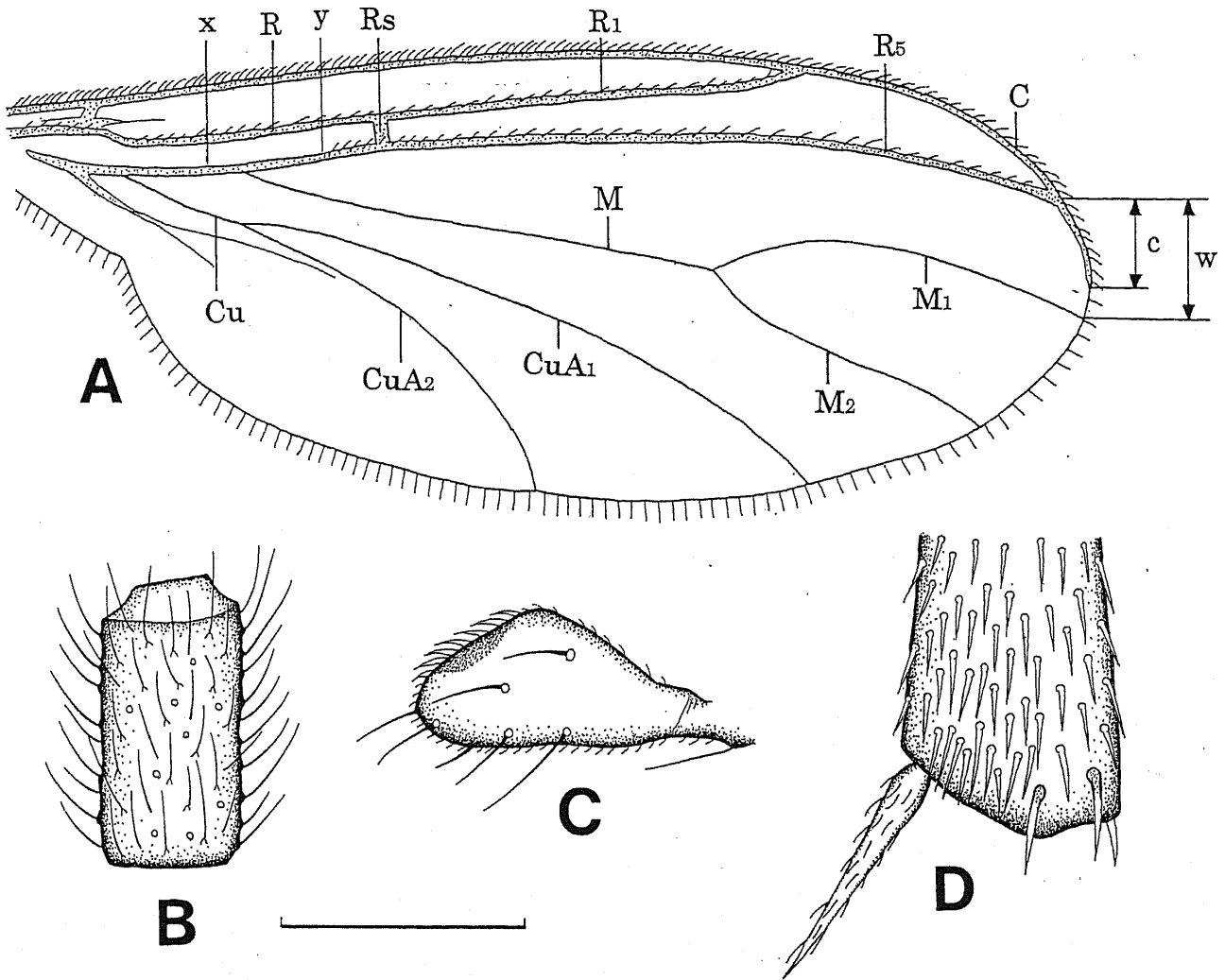


Fig. 29 *Scythropochroa radialis* Lengersdorf, 1926 (adult). A: Wing; B: 4th flagellomere; C: Palpus; D: Inner apex of fore tibia. Abbreviations: C, costa; CuA, anterior branch of cubitus; M, media; R, radius; Rs, radial sector; c, perpendicular distance between ends of R5 and C; w, perpendicular distance between ends of R5 and M1; x, span between roots of CuA and M; y, span between root of M and junction of Rs on R5. Scale: 0.1 mm for B-D.

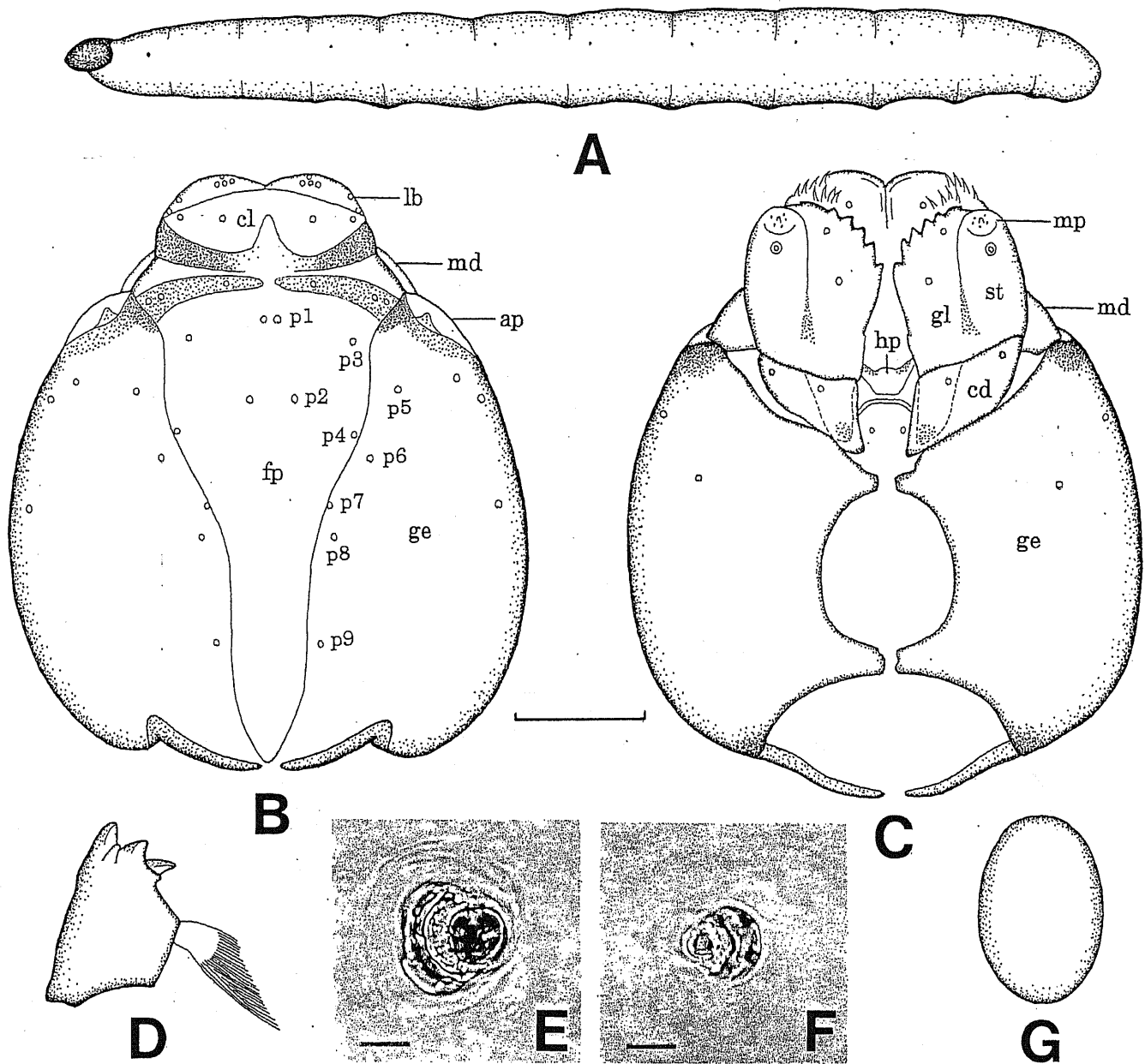


Fig. 30 *Scythropochroa radialis* Lengersdorf, 1926 (final instar larva). A: Habitus; B: Head, dorsal view; C: Head, ventral view; D: Left mandible; E: Prothoracic spiracle; F: Abdominal spiracle; G: Egg. Abbreviations: ap, antennal plate; cd, cardo; cl, clypeus; fp, frontal plate; ge, gena; gl, galeolacinia; hp, hypopharynx; lb, labrum; md, mandible; mp, maxillary palpus; st, stipes; p1-p9, sensory pits 1-9. Scales: 0.1 mm for B-D, 10 μ m for E and F.

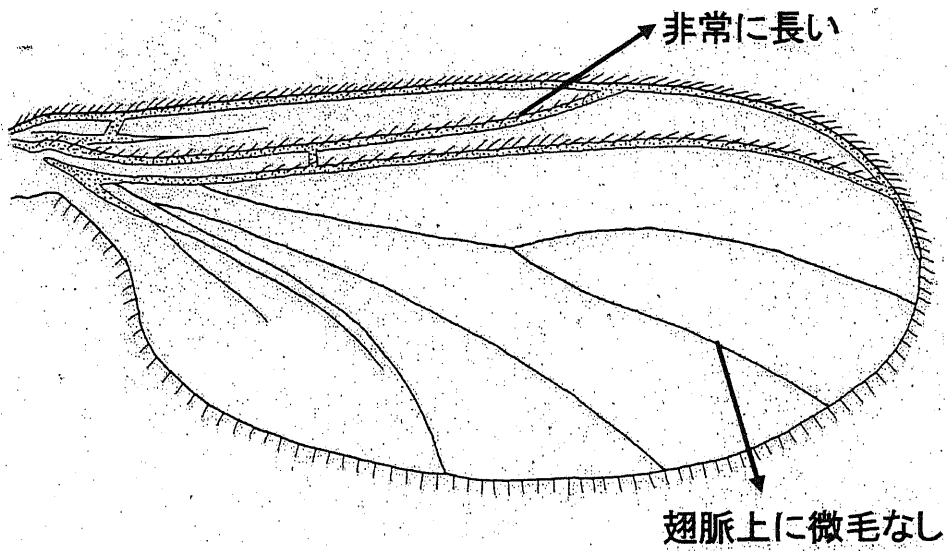


Fig. 31 *Schwenckfeldina*属の翅の特徴

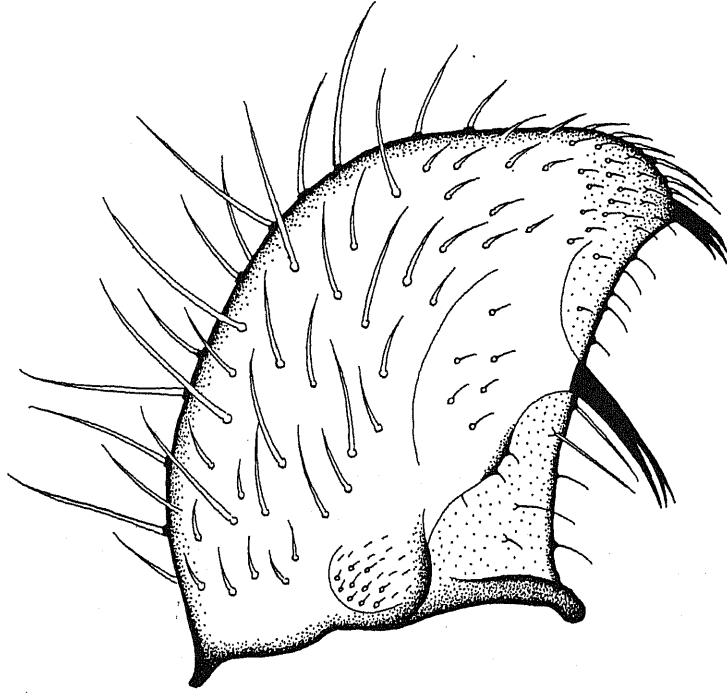


Fig. 32
Schwenckfeldina sp.
Gonostylus, ventral view

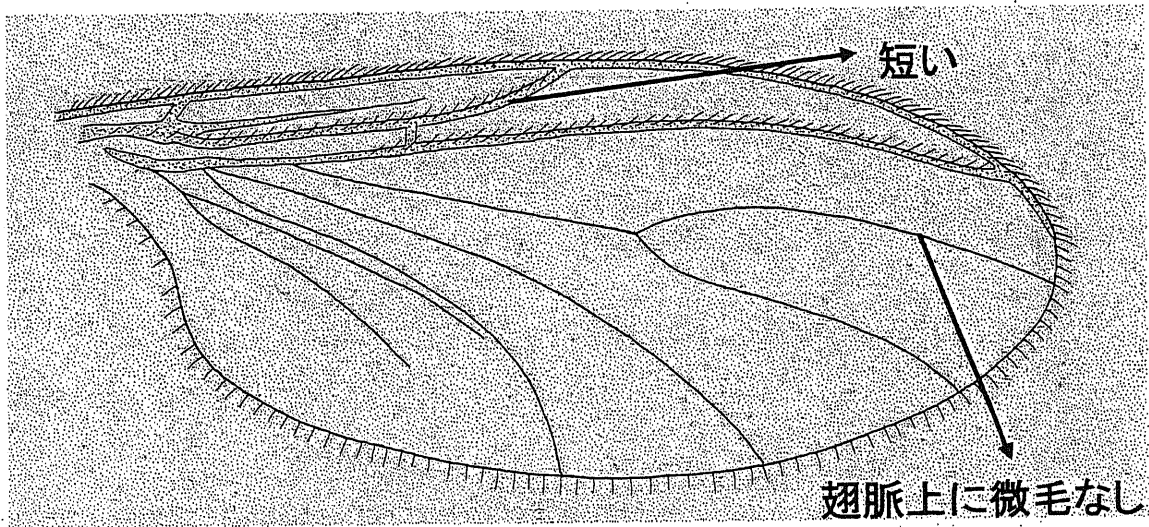


Fig. 33 *Chaetociara*属の翅の特徴

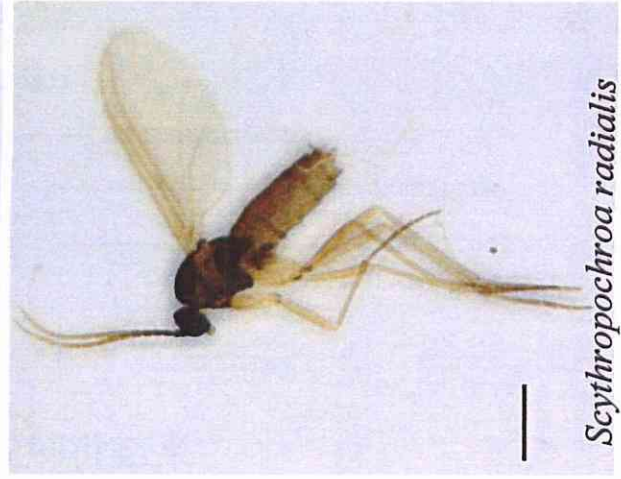
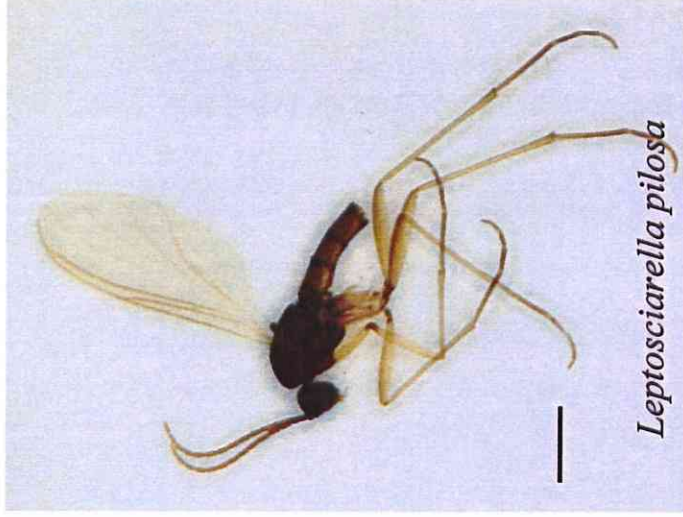
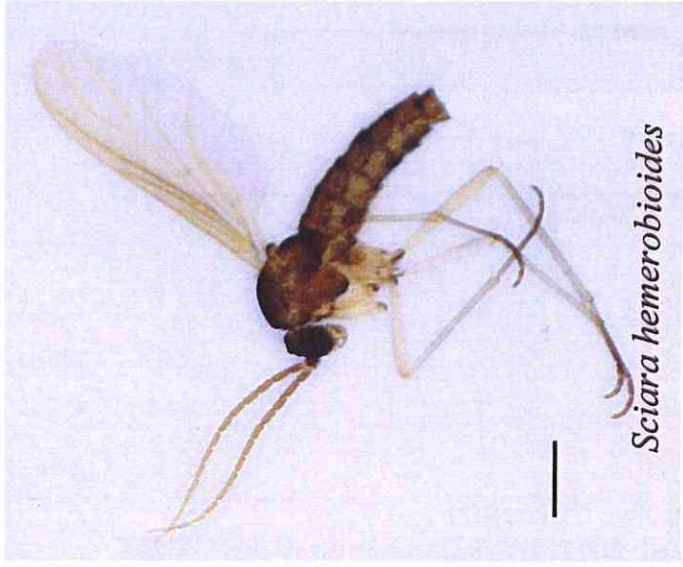


Fig. 34 日本産Sciara属各群の代表種(雄) Scale: 1 mm



Fig. 36 林内に設置した羽化トラップ

Table 1 6つの羽化トラップ(計0.96m²、毎月20日間設置)で捕獲された土壌からの羽化昆虫(有翅昆虫)の個体数
及び年間1m²当たりの発生個体数

	Apr	May	Jun	Jly	Aug	Spt	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	total	m ² yr ⁻¹
other pterygota	40	54	60	172	38	22	8	4	2	1	3	3	65	472	680.8
Diptera	374	388	771	619	150	181	77	194	116	11	13	17	404	3315	4781.2
total	414	442	831	791	188	203	85	198	118	12	16	20	469	3787	5462.0

Table 2 6つの羽化トラップ(計0.96m²、毎月20日間設置)で捕獲されたクロバネキノコバエ科の個体数(括弧内は雌の個体数)
及び年間1m²当たりの発生個体数

	Apr	May	Jun	Jly	Aug	Spt	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	total	m ² yr ⁻¹
other species	24	58	27	152	17	61	15	146	1	0	0	1	85	587	846.6
<i>C. japonica</i>	1 (0)	1 (1)	646 (312)	75 (68)	40 (15)	3 (3)	19 (3)	8 (4)	112 (58)	2 (2)	1 (1)	1 (0)	1 (1)	910 (467)	1312.5
total	25	59	673	227	57	64	34	154	113	2	1	2	86	1497	2159.1

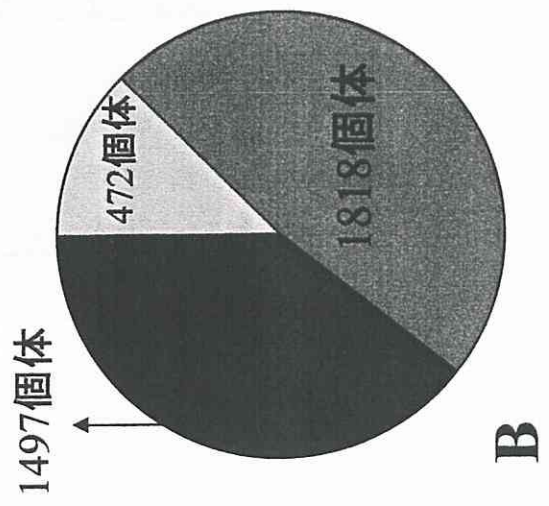
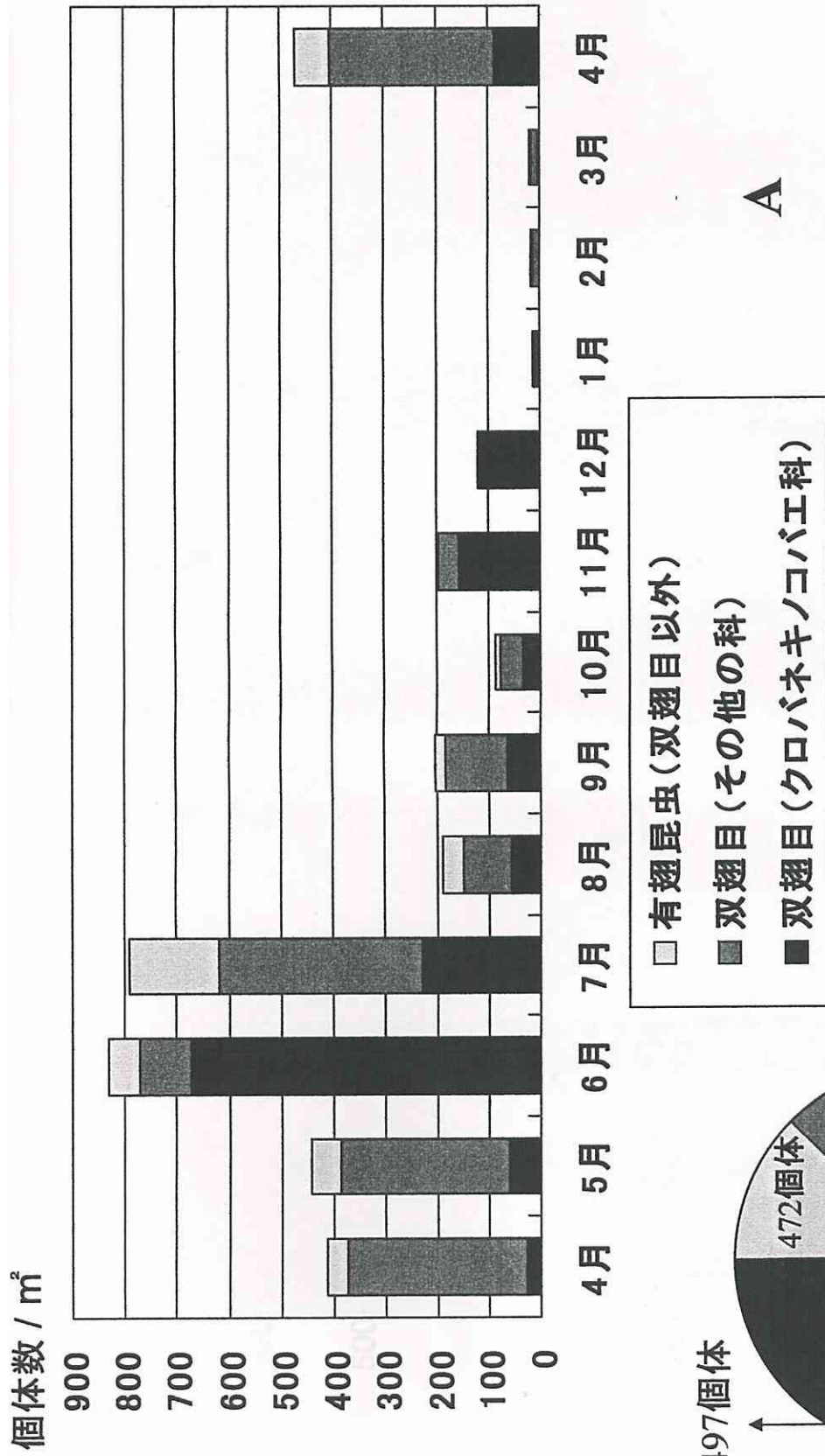


Fig. 37 月別の発生個体数 (A) 及び年間の捕獲総個体数 (B)

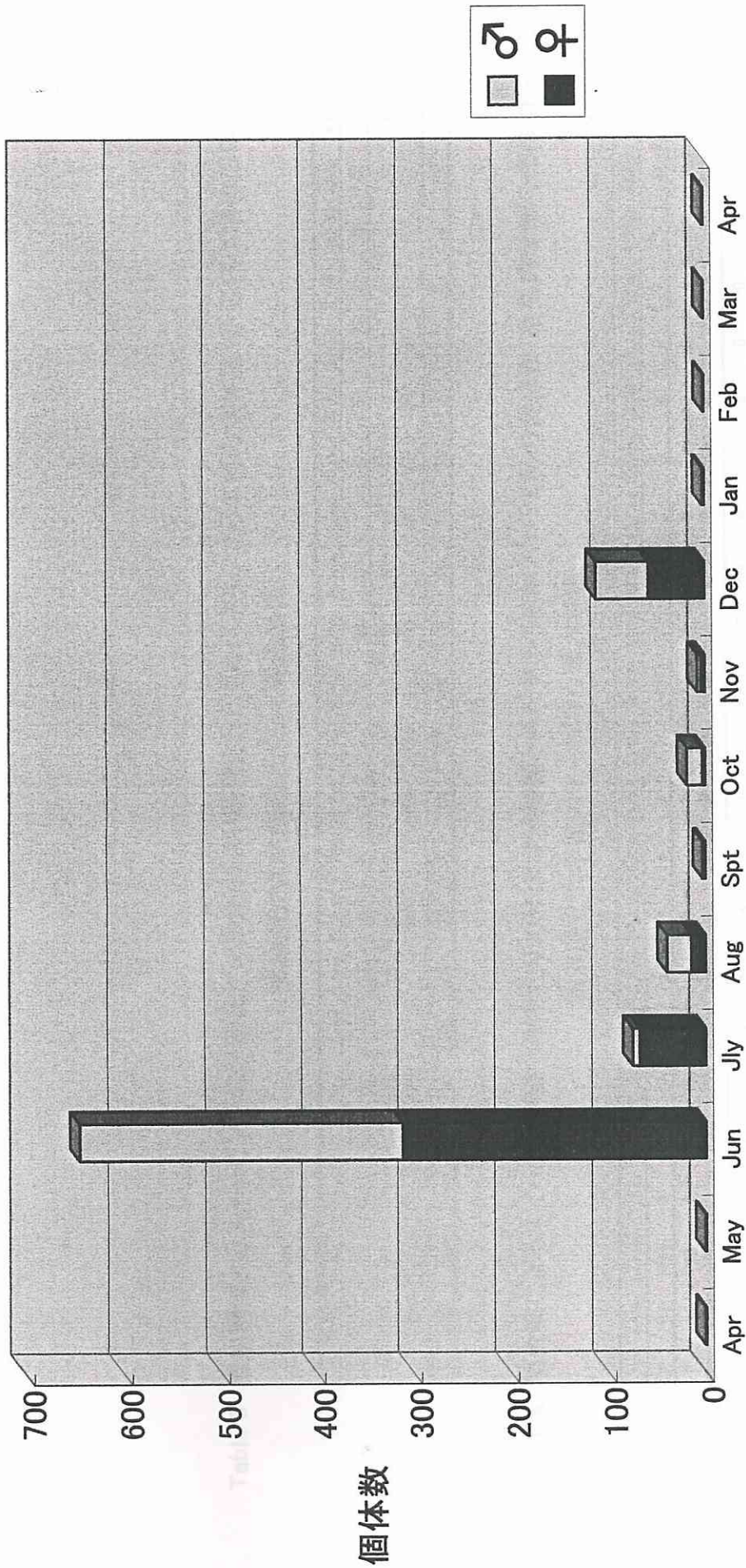


Fig. 38 *Ctenosciara japonica* Sutou and Ito, 2003の季節消長.
 羽化トラップ6個(計0.96㎡)で捕獲. 横浜国大構内スダジイ優占地区.

Table 3 捕虫網によるスライピング法(1回あたり90分)により捕獲されたクロバネキノコバエ科の個体数(括弧内は雌の個体数)

横浜国立大学構内スダジイ優占地区

date	7.Apr	20.Apr	6.May	24.May	11.Jun	19.Jun	8.Jul	26.Jul	9.Aug	26.Aug	11.Spt	25.Spt	13.Oct	27.Oct	9.Nov	23.Nov	12.Dec	23.Dec	13.Jan	25.Jan	5.Feb	18.Feb	8.Mar	18.Mar	total
other species	0	17	23	38	11	19	20	16	13	8	7	12	3	10	36	37	1	0	0	0	0	0	0	2	273
<i>C. japonica</i>	2	0	6	32	0	0	23	0	0	5	0	7	9	23	6	0	11	10	7	1	0	0	0	0	142
	(2)	(5)	(23)	(15)			(15)			(4)		(3)	(5)	(5)	(6)		(6)	(7)	(5)	(1)					(86)
total	2	17	29	70	11	19	43	16	13	13	7	19	12	33	42	37	12	10	7	1	0	0	0	2	415

Table 4 捕虫網によるスライピング法(1回あたり90分)により捕獲されたクロバネキノコバエ科の個体数(括弧内は雌の個体数)

横浜国立大学構内テーターマツ優占地区

date	7.Apr	20.Apr	6.May	24.May	11.Jun	19.Jun	8.Jul	26.Jul	9.Aug	26.Aug	11.Spt	25.Spt	13.Oct	27.Oct	9.Nov	23.Nov	12.Dec	23.Dec	13.Jan	25.Jan	5.Feb	18.Feb	8.Mar	18.Mar	total
other species	13	39	77	184	3	6	10	4	61	7	4	3	7	22	53	99	2	0	0	0	0	0	0	1	595
<i>C. japonica</i>	4	1	15	72	0	2	18	0	4	7	0	7	21	19	0	0	6	20	9	0	0	0	1	0	206
	(4)	(0)	(14)	(43)		(0)	(12)		(3)	(5)		(4)	(8)	(4)		(6)	(6)	(16)	(6)			(1)			(126)
total	17	40	92	256	3	8	28	4	65	14	4	10	28	41	53	99	8	20	9	0	0	0	1	1	801

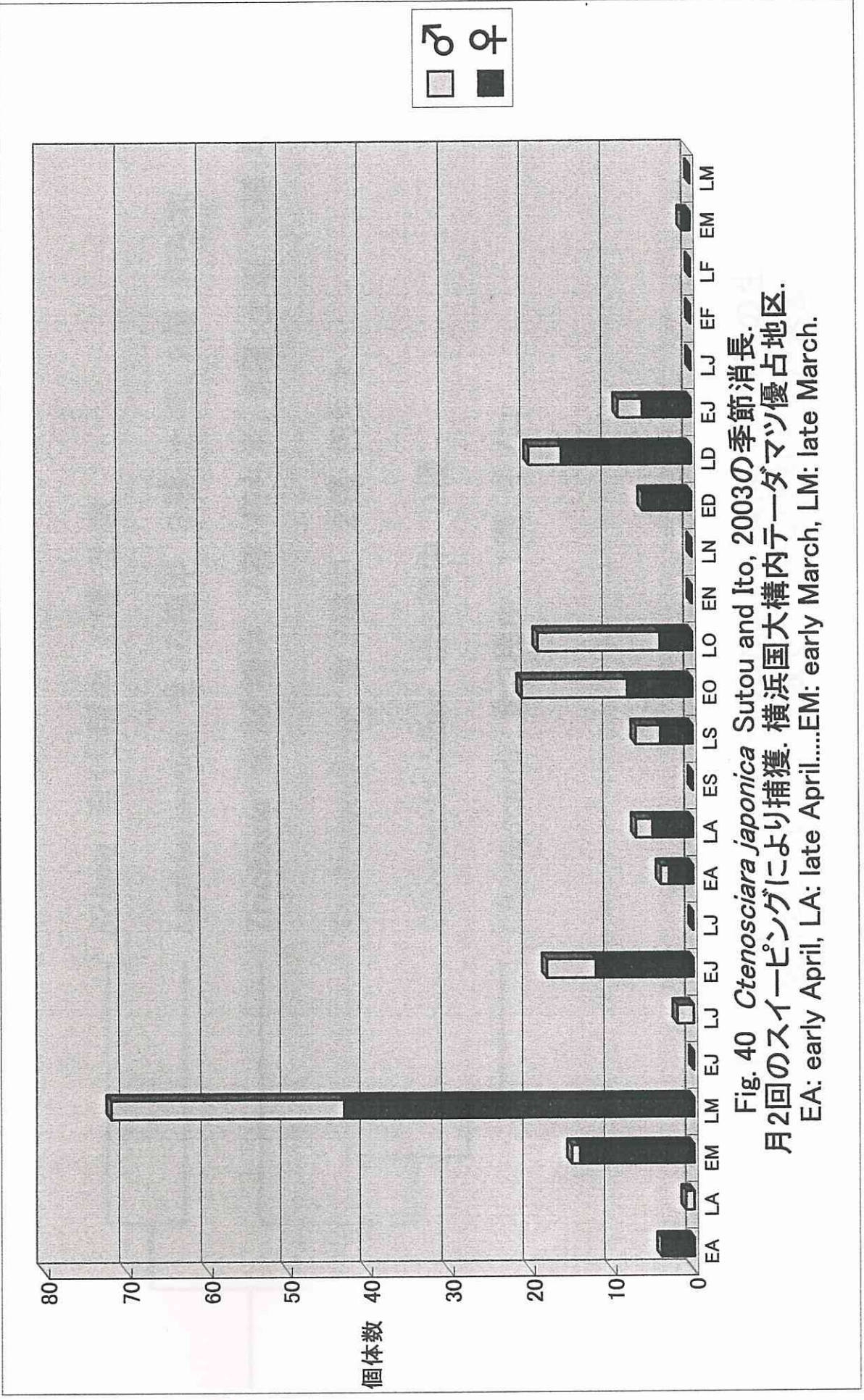


Fig. 40 *Ctenosciara japonica* Sutou and Ito, 2003の季節消長.
 月2回のスイーピングにより捕獲. 横浜国大構内テーダマツツ優占地区.
 EA: early April, LA: late April.....EM: early March, LM: late March.

Sciara 全19種中 6種:土壌

Leptosciarella 全40種中 3種:土壌、2種:朽ち木

Trichosia 全32種中 7種:朽ち木、2種:土壌、1種:キノコ

Scythropochroa 全2種中 2種:朽ち木

Schwenckfeldina 全6種中 0種

Chaetosciara 全3種中 1種:キノコ

Fig. 41 第2章、第3章の結果に基づき作成した*Sciara*属群未成熟期の生息環境(食性)の進化。「全種数」は旧北区での種数で、本研究で報告した未記載種も含む。