

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	Wikantyo Bramantyo
論文題目	The sensory setae morphology and behavior in the soldier caste of subterranean termite, <i>Coptotermes</i> spp. (Blattodea: Rhinotermitidae) (地下シロアリ <i>Coptotermes</i> 属兵蟻の感覚毛の形態と行動)		
(論文内容の要旨)			
<p>Termites live in a colony as social insects. They are divided into three castes based on the labor differences in the nest, reproductive caste (queen, king), worker caste (pseudergate), and soldier caste. Soldier caste is suggested to experience remarkable morphology modification to perform their defensive task. Furthermore, the sensory receptors of the soldier caste have been structurally modified to become longer all over the body compared to the other wingless caste. For example, soldier termites of subterranean termites <i>Coptotermes</i> spp. have mandatory occasion to be outside the nest while performing their defensive tasks. Thus, soldiers of subterranean termites are required to face challenges outside the nest, such as heat, light, and constant air current or airflow. Several studies on the effect of short air puffs, heat, and light have been demonstrated toward soldier termites. However, the effect constant airflow has on the sensitivity and orientation of subterranean termite soldiers is still unknown.</p> <p>Chapter 1 introduces the background, objective and outline of the study. Furthermore, the chapter also explains about the biology of <i>Coptotermes</i> spp., and sensory setae as communication system in termites.</p> <p>In Chapter 2, the morphology and body parts shape of the soldier of <i>Coptotermes</i> spp. were evaluated. The modified parts of <i>Coptotermes</i> spp. and the linear morphometric values were analyzed by geometric morphometric analysis and principal component analysis, respectively. Head width, pronotum setae, and postmentum characteristics appeared to be important characteristics in <i>Coptotermes</i> spp. A gradual lateral expansion of the posterior part of the head capsule occurred throughout <i>Coptotermes</i> spp. Pronotum and head setae numbers in <i>Coptotermes</i> spp. increased as the posterior part of the <i>Coptotermes</i> head laterally expanded. Those characteristics have been formerly used to discriminate species among <i>Coptotermes</i> spp. However, the putative functions of the characteristics have been still unknown. <i>Coptotermes</i> soldier might have evolved so that species with more setae and laterally expanded head capsule would be more sensitive to vibro-acoustic cues, increasing the advantage of phragmosis in tunnel defense.</p> <p>Chapter 3 of the thesis discussed the ultrastructure and morphology of the sensilla on the pronotum, head, and labrum parts of the soldier of <i>Coptotermes</i> spp. Six total sensillum types were observed, with two mechanoreceptive</p>			

sensillum types (hair and plate). The long flexible-peg mechanoreceptive sensilla may work as contact-chemoreceptive sensilla due to their elongated dendritic outer segments and uniporous characteristics. There was a significant depletion of mechano-chemoreceptive sensillum numbers in *C. gestroi*, which was compensated by a high density of short-peg mechanoreceptive sensilla on the pronotum. The existence of long peg, flexible sockets, and mechanosensitive outer dendritic segment may support the ability of the sensory receptors to sense airborne vibrations, such as wind or airflow. The difference of sensory receptors distribution between species may also indicate the variety in the sensitivity and response of soldier termites to airborne vibration.

In Chapter 4, the behavior of *C. formosanus* soldier termites was tested against the airborne vibration in certain velocity. It was found that the sensitivity of soldier termite toward the airflow source was significantly dropped when the antennae was trimmed and pronotum setae were covered. Antennae were important organs for soldier termite orientation and spatial ability to airflow. Without antennae, soldier termite demonstrated an alert response by bumping the wall and opening mandible as their spatial ability was limited. However, the loss of antennae made the setae on the pronotum and other body parts more sensitive to airflow, significantly reducing the alert response and increasing the spatial ability of soldier termite.

This thesis confirmed that the body setae are morphological characteristics that have biological structures to support their function as sensory receptors. The sensitivity to airflow is one function that could be demonstrated by morphological manipulation. The variation of the flexible long-peg sensilla distribution on the body of *Coptotermes* across species may also share the light to their subtle difference of their habitat preferences. *Coptotermes* are protected by gallery systems and shelter tubes during their foraging activities, and if the gallery or shelter tubes are damaged, they may expose themselves to open space. Soldier awareness of these changes in airflow may be assisted by flexible long-haired sensory organs in the body. The thesis illuminated the importance of setae and their putative function to support the defensive role of soldier termite.

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

社会性昆虫として知られるシロアリは、巣（コロニー）を構成する階級ごとに明瞭な役割分担がなされている。巣仲間の防衛にあたる兵蟻は、その防衛様式が属ごとに異なり、防衛様式に適した形状の頭部（口器含む）を有することが知られる。しかし同属においては、頭部形状が類似しているため種識別が難しい。本論文は、木材・住宅等に経済的被害を及ぼす種が属するイエシロアリ属シロアリの種識別を目的として兵蟻の形態解析を詳細に行い、種識別に繋がる形態的特徴の把握とその機能解析を目指したものであり、評価すべき点として以下の3点を挙げる事ができる。

1. イエシロアリ属6種の兵蟻の形態解析により、体毛数とその体表分布が種識別において重要な指標であることを明らかにした。例えば、種によって前胸背板上の体毛分布や組織構造が特徴的であることを明らかにした。また、兵蟻の頭幅が広くなるにつれて体毛数が増加することも明らかにした。これらの特徴はイエシロアリ属における種の識別に有効であるだけでなく、機能的な役割の証左であると考えられる。
2. 電子顕微鏡による体毛の微細構造観察により、体毛は機械感覚細胞や化学感覚細胞を基部に有する感覚毛であると推定された。特に前胸背板における接触化学受容を司ると考えられる感覚毛の存在は、シロアリに関して初めての報告である。多くの体毛は、柔軟なソケットと長さを持ち、これによって振動などの機械的な外部刺激を敏感に感じると推定された。このソケットと長い毛から成る感覚毛の体表分布の違いが、空気の振動に対する感度に影響を及ぼしている可能性が示唆された。
3. 体毛の機能に関する推定を検証するため、触角の切除及び／または前胸背板の被覆を施した兵蟻を調製し一定気流下での行動を観察・解析した。その結果、触角の切除や前胸背板の被覆は、シロアリの走性と空間認識に有意な影響を及ぼすことを明らかにした。すなわち、触角や前胸背板上の感覚毛を失うとシロアリの気流に対する感度が低下した。このことから、触角と前胸背板上の感覚毛には、気流を感知する機能を持つものが含まれることが明らかになった。

以上のように、本論文は木材害虫種を含むイエシロアリ属について、種識別の指標となる兵蟻の種特異的な体毛分布とその機能の重要性を明らかにしたものであり、木材保存学、害虫管理学、昆虫分類学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、令和5年2月17日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）