

## 한국 서식 흰개미의 특성과 방제

### Characteristic of Termite inhabits in South Korea and the control

韓成熙, 李奎植, 鄭容在

Sung Hee Han, Kyu Shik Lee and Young Jae Chung

□ ABSTRACT There are about 2,000 species of termite in the World, but one species of termite inhabits in the southern part of Korean peninsula. Termites are social insects that live in colonies. The colonies are composed of king, queen, soldiers and workers. Termite food consists of cellulose obtained from wood. Protozoa in their digestive tracts convert the cellulose into usable food.

Korean termite is a subspecies of *Reticulitermes speratus* Kolbe, Rhinotermitidae. It's subterranean termite and the scientific name is *R. speratus kyushensis* Morimoto. The subterranean termite must nest in the soil in order to survival, and infest soft-wood which contact with the soil near the nest.

There are several ways which subterranean termite infestations can be noticed. At certain times of the year during daylight hours, king and queen termites emerge from the colonies. The propose of these flight is to establish new colonies.

The termite is a decomposer of biological ecosystem, but an invader in the preservation of cultural properties as like wood buildings.

There are serveral control methods for the prevention of wood building from termite's damages. Those are biological control, ecological control, physical control and chemical control. Ecological and Physical control are the best methods in the new constructing wood-building. Fumigation which is a method of chemical control, is the best method for the building damaged by the termite. After the fumigation, we have to take wood & soil treatments for the building and nearby in order not to be re-invaded by the termites.

## I. 서 론

우리주변에 있는 문화재는 재질상 금속, 석재, 목재, 지류 및 섬유질 등으로 구분할 수 있으며 그 재질특성과 보존조건, 기간에 따라 다양한 손상이 일어나서 문화재의 수명이 단축된다. 대부분의 문화재는 현재까지 원형을 유지하면서 강우, 바람, 태양광선 등에 의한 자연환경적 풍화현상과 관리자 및 관람자들의 무분별한 인위적인 행위로 인하여 파손되고 있는 실정이다. 그리고 재질이 유기질인 지류, 섬유질, 목재와 같은 문화재는 곤충 및 미생물에 의한 생물학적 피해가 부가됨으로 무기질 문화재에 비하여 보존측면에서 세심한 주의와 관리가 요구된다.

특히 문화재의 생물피해중 충해는 곤충에 의하여 문화재 자체 재질이 영양분으로 잠식되어 손실된다. 일단 피해가 발생하였을 경우 피해정도가 극심하고 발생빈도가 산발적이기 때문에 육내·외에 소재하고 있는 문화재를 보존관리하는데 있어서 가해곤충의 방제는 일상화되어 있는 예방방법이면서도 매우 중요한 처리방법이다.

일반적으로 재질이 목재 및 지류, 섬유질인 문화재를 가해하는 곤충은 흰개미목(Isoptera), 딱정벌레목(Coleoptera), 좀목(Thysanura), 바퀴벌레목(Blattaria), 벌목(Hymenoptera), 다듬이벌레목(Psocoptera) 등 6목이 존재하고 그중 흰개미목과 딱정벌레목에 의한 가해도는 매우 큰 편이다.

목조건조물과 서적, 섬유질에 손상을 주는 딱정벌레목의 권연벌레(cigarette beetle, deathwatch beetle)와 넓적가루나무좀(powderpost beetle)의 성충과 유충(larva)에 의한 피해도 심각한 정도이지만 최근 주택 및 목조건조물에 발생하여 피해를 주는 흰개미를 언급하면 다음과 같다.

흰개미는 습기가 있는 지하에 서식처를 만드는 종류와 지상위에 건조한 서식처를 만드는 종류로 구분할 수 있으며 전자를 지중흰개미(Subterranean termite)라고 하며 후자를 건재흰개미(dry-wood termite)라고 부른다. 건재흰개미는 목재 뿐만 아니라 서적도 가해한다고 보고된 바 있지만 국내에 서식하는 흰개미는 지중흰개미로서 피해는 주택 및 목조건조물의 목부재에 대하여 산발적으로 발생한다. 주택 및 목조건조물이 흰개미에 의한 손상을 받았을 경우, 건물의 외관상 특이한 변화를 발견할 수 없지만 목부재의 내부는 속이 비는 공동화 현상이 일어나게 된다. 따라서 기둥과 같은 건물의 주요부재는 건물의 하중을 충분히 지탱하지 못하게 됨으로 외부로부터의 충격을 받을 경우 붕괴되는 최악의 경우가 발생할 수도 있다. 그 예로써 1996년 일본의 한신 대지진 발생시 목조주택의 붕괴 및 파손의 한 원인으로 흰개미나 부후에 의해 주택의 목부재가 손상되었기 때문이 피해가 대규모로 발생되었다고 보고된 바 있다.

일반적으로 문화재에 대한 곤충피해를 방지하기 위해서는 첫번째로 주기적인 문화재의 보존관리가 필수적이며 두번째로 곤충피해를 발견시 가해곤충의 생리 및 습성, 생태

등을 규명하여 “어떤 종류의 곤충인가”를 확인하여야 하고 세번째로 문화재 재질에 손상을 주지 않는 범위내에서 곤충종류에 따른 적절한 방제방법을 선택·적용시킨다면 문화재의 곤충피해를 최소한으로 줄일 수 있을 것으로 사료되기 때문에 본 고에서는 국내에 서식하고 있는 흰개미에 대한 분류학적 특징, 습성 및 생태를 기술하고 흰개미의 탐지법과 방제방법 등에 대하여 종합적으로 서술하여 흰개미에 의한 목조문화재의 피해를 최소한으로 줄이고자 한다.

## II. 흰개미(Termite)

흰개미는 체장이 대부분 1cm미만인 소형의 곤충으로서 체색이 백색이거나 유백색으로 진성사회성 곤충이며 계통분류학상 절지동물문(Arthropoda)의 곤충강(Insecta)에 속한다. 흰개미는 소형의 군체라 하여도 생식을 담당하는 여왕과 왕, 군체의 경호를 담당하는 병정개미, 그리고 영양물질을 수집하는 일개미의 계급이 반드시 존재한다. 간혹 외형 및 사회구조적인 면에서 벌이나 개미의 사촌으로 착각되기도 한다.

흰개미, 벌, 개미와 같은 사회성 곤충은 원칙적으로 집(서식처)을 중심으로 가족을 구성하고, 고도의 조직화로 인한 공동작업을 행하고 또 구성단위간에 계급분화(階級分化)와 분업(分業)이 이루어지는 군체생활을 행하는 곤충을 의미한다. 사회성 군체구조는 수 많은 동물계의 중 가운데에서 곤충류중 특히 흰개미목(等翅目)과 벌목(膜翅目)에서만 발달되어 있다.

흰개미는 군체의 계급분화 및 생활습성으로 보아 일반적으로 개미와 흡사하지만 분류학상 개미가 속하는 벌목(膜翅目) 보다는 바퀴벌레목에 가깝다. 이제까지 발견된 수십종의 화석을 통하여 검토한 결과, 석탄기경에 서식하고 있던 목재섭식성 곤충이 흰개미와 바퀴벌레의 공통조상으로 추정되기 때문이다. 흰개미와 바퀴벌레의 공통선조는 소화관내에 원생동물이 공생하였고 그 원생동물의 도움을 받아 목재성분을 소화하여 영양공급원으로 활용하였다. 그러나 원생동물은 곤충의 탈피과정에서 유실되기 때문에 원생동물의 존재는 곤충의 생존과 직결되게 되었고 따라서 생존을 위한 원생동물의 전달방법으로 군체생활을 필요로 하게 된다. 원생동물의 수급은 배설물을 통하여 타 개체의 입으로 전달되는 습성을 가지게 되었고 배설물중에는 사회군체를 조절하는 화학물질이 함유되어 있기 때문에 3억년전부터 군체의 사회통합이 발달되게 되었다고 추정되고 있다.

한편 진성사회성 곤충(眞性社會性昆蟲, eusocial insects)인 벌과 개미는 그 이후에 지구상에 출현하게 되고 먹이와 동시에 사회조절물질(페로몬)이 자신의 입을 통하여 유충의 입으로 전달하는 방식을 통하여 사회생활이 발달하게 되었다. 이러한 생태적 습성의 다른점으로 인하여 흰개미는 개미와 벌과 같은 진성사회성 곤충이지만 근본적으로 달리 분류된다.

특히 흰개미는 바퀴벌레목중 Protoblattoptera와 그 근연종인 Cryptocercus와는 생리 및 생택학적으로 근연종이다. Cryptocercus는 썩은 목재안에서 가족집단을 형성하여 생활하는 것과 소화관내에 셀룰로오스 분해성 원생동물이 공생한다는 것이 흰개미와 매우 유사하여 흰개미를 “사회생활을 하는 바퀴벌레”라고 할 정도로 취급하지만 바퀴벌레는 사회성곤충의 주요 특징중 하나인 계급분화가 형성되지 않았기 때문에 두 목간에 구별되는 차이점이 있다.

흰개미는 현재 열대지역을 중심으로 전 세계에 약 2,000여종이 분포하고 있는 것으로 알려져 있으며, 6개의 과(科)로 구분되어 있다. 한국과 인접한 일본에는 4속 18종이 분포하고 있는 것으로 현재 보고되고 있다.

한반도 이남인 국내에 서식하고 있는 흰개미에 대한 연구는 아직 미흡한 상태로서 현재까지 정확한 조사결과가 발표되어 있지 않으나 Rhinotermitidae과의 일본흰개미 (Japanese termite : *Reticulitermes speratus*)와 아종관계인 *R. speratus kyushuensis* Morimoto 1종이 서식하고 있음을 직접 확인할 수 있었다.

### Ⅲ. 흰개미의 생리·생태적인 특징

#### 1. 흰개미의 계급분화

흰개미 군체의 계급은 일반적으로 생식계급, 병정개미계급, 일개미계급 등으로 크게 구분된다. 흰개미는 종에 따라 일정비율의 생식계급 및 병정개미계급, 일개미계급로 한 군체를 구성하게 된다. 만약 일개미계급의 비율이 적을 경우 알에서 일개미가 되는 분화율이 높아지게 되어 군체의 계급비율을 본래되로 유지한다. 그리고 유충 또는 일개미로부터 유시충으로 분화되는 계급을 약충(nymph)이라고 부른다

흰개미의 계급분화는 유전적 또는 배 시기에 계급분화가 결정되는 내인적 요인과 알로부터 부화한 유충은 모든 계급에로의 분화능력을 가지고 있지만, 군체의 상태에 따라 특정계급으로의 분화가 결정되는 외인적 요인으로 구분되며 분화를 조절하는 요인으로서 페로몬, 영양, 행동자극 등이 관계하는 것으로 알려져 있다.

흰개미의 계급과 계급상호간의 분화를 조절하는 페로몬성 화학물질은 두부의 액선공 혹은 흉부의 분비선으로부터 분비되며 소화관을 통하여 항문으로 배출된다. 이 페로몬은 흰개미의 먹이습성에 따라 군체 전체를 순환하게 되고 전 개체에 확산됨으로 전 군체의 계급조절이 가능하게 된다. 흰개미의 성장과 탈피는 다른 곤충에서와 같이 호르몬에 의하여 조절되지만, 이 호르몬의 분비는 계급조절물질인 페로몬에 의하여 직접적인 영향을 받는다.



흰개미 유시충



개미 유시충

Fig. 1. 흰개미 유시충과 개미 유시충의 형태적 비교(개미 유시충은 앞날개가 뒷날개보다 크지만 흰개미 유시충의 날개는 크기가 동일함)

Fig. 1. 흰개미 유시충과 개미 유시충의 형태적 비교(개미 유시충은 앞날개가 뒷날개보다 크지만 흰개미 유시충의 날개는 크기가 동일함)

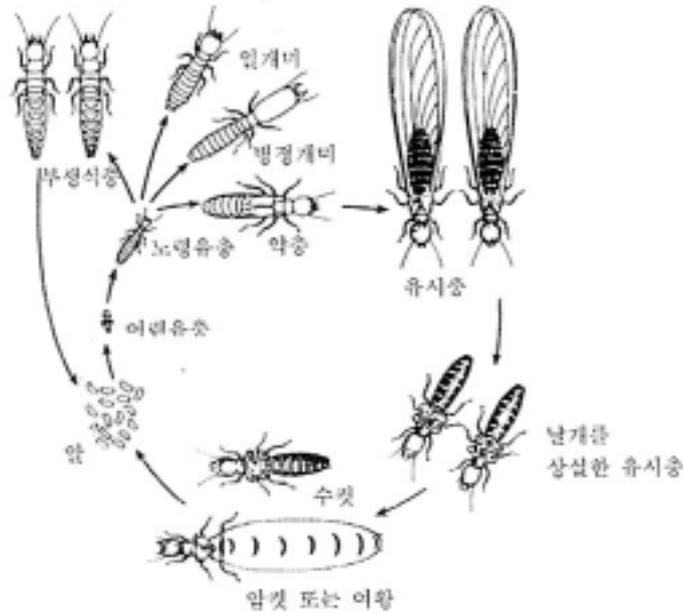


Fig. 2. 흰개미의 계급분화 도식도

Fig. 2. 흰개미의 계급분화 도식도

### 가. 생식계급

흰개미 군체내에서 생식을 담당하는 계급으로서 산란에 관여하고 있는 왕과 여왕이며 여왕은 다른 곤충과 달리 정자를 저장하는 기관(저정낭)이 존재하지 않기 때문에 항상 수컷인 왕과 함께 생활해야 한다. 저정낭이 없는 것이 생리적인 면에서 꿀벌이나 개미의 생식계급과 다른 점이다.

생식계급에는 크게 두 종류로 나눌 수 있다. 그 하나는 생식충(제 1차 생식충)인 유시충으로서 군비가 일어난 후 1쌍의 짝이 된 여왕과 왕이다. 흉부에 날개의 기부가 남아 있는 것이 외관상의 특징이다. 다른 하나는 부생식충(제2차 생식충)으로 여왕과 왕과 같은 생식충이 죽거나 군체가 분리되었을 경우, 유충으로부터 유시충으로 발육하는 과정에서 생식선이 발달하여 생식충으로 분화되는 계급이다.

하등한 흰개미는 하나의 군체안에 한쌍의 생식계급만 존재하지만, 고등한 흰개미는 부생식충의 수가 많아 약 20마리의 부여왕이 분화되어 있는 것으로 알려져 있다.

### 나. 병정개미 계급

병정개미는 주로 외부로부터의 공격을 방어하는 임무를 가진 계급으로, 이들은 일체 일개미들이 날라다준 음식물만 먹는다. 흰개미 군체의 형성에서 초기에는 알에서 병정개미가 되는 분화비율이 높지만 성숙된 군체에서는 2~5%의 비율로 병정개미들이 일정하게 분화된다. 잘 발달된 이빨과 액선공에서 분비되는 방어물질을 이용하여 외부침입자의 공격을 막아낸다.

## 다. 일개미 계급

일개미는 주로 먹이의 채취와 운반, 생식계급(여왕, 왕)이나 유충 및 병정개미에 음식을 공급하는 임무를 맡고 있다. 일개미는 하나의 흰개미 군체(colony)에서 약 90~95%의 개체에 달한다.

하등한 흰개미에서의 일개미는 유충에서 약충(nymph)으로 되는 과정단계에서 발육이 정지되고 몇 번의 변화과정에도 외형이 변하지 않는다. 그러나 일개미는 경우에 따라서 병정개미나 약충 및 부생식충으로 분화 할 수 있는 능력을 가지고 있다.

## 2. 흰개미 군체의 형성 및 성장

### 가. 군체(colony)의 형성

흰개미는 새로운 군체의 형성기인 번식시기에 도달하면 날개가 있는 유시충이 군체내에서 발생하게 된다. 이 유시충은 생식을 하는 암컷과 수컷으로서 군체형성과정에서 절대적인 역할을 담당하게 된다.

매년 흰개미의 유시충은 군비(群飛, 무리를 지어 날아다님)하여 새로운 군체를 형성하게 되며 유시충은 군비하기 수개월전에 다수의 약충(若蟲, nymph)이 성장하여 유시충으로 발달된다. 종에 따라 군비시기와 서식환경은 거의 일정하며, 온도와 습도, 공기 등 자연환경이 군비조건을 좌우하게 된다. 하등한 흰개미는 소수의 개체가 장시간에 걸쳐 군비하고, 고등한 흰개미는 다수의 개체가 1~2회에 걸쳐 동일량의 군체를 형성하여 군비한다.

군비한후 날개를 제거한 암컷은 복부 말단에서 성페로몬(sex pheromon)을 발산하기 시작하여 수컷을 유인한다. 암컷을 인식한 수컷은 암컷의 꼬리끝을 촉각으로 연결후 집을 찾아 1쌍씩 별개 장소로 이동하며, 다소 습한 고목이나 나무등걸에 작은 구멍을 파서 서식처를 만든다. 그리고 새로운 서식처로 이동한 1쌍의 여왕과 왕은 산란을 통하여 새로운 흰개미 군체를 형성하게 된다.

이상과 같이 군비에 의한 정상적인 군체의 형성방법이 아닌 방법도 존재한다. 부득이한 이유로 인하여 여왕과 왕이 없이 군체의 일부가 원래의 군체로부터 분리되었을 경우, 이탈된 군체에 속하는 부생식충(副生殖蟲)을 중심으로 새로운 군체가 형성된다. 부생식충이 생식충(여왕과 왕)으로 분화되는 능력은 하등한 흰개미일수록 높다. 그리고 어떤 흰개미 군체는 생식충과 병정개미 그리고 일개미의 일부가 질서 있게 행렬을 지어 이동하는 수미터의 분가행렬을 취하는데 이러한 분가행렬을 Sociotomy라 부르며, 꿀벌에 있어서 분봉에 상응하는 행동이라 할 수 있다.

### 나. 군체(colony)의 성장

군비후 1쌍의 왕과 여왕으로 구성된 새로운 흰개미 군체는 제일 먼저 산란을 시작한다. 제 1차로 산란한 알로부터 부화된 유충은 왕과 여왕에 의하여 사육된다. 하등한 흰개미는 이 왕과 여왕이 나무를 섭식하는 능력이 있지만, 고등한 흰개미는 나무를 섭식하는 능력이 없으며 필요없게 된 날개를 움직이는 근육이나 저장된 영양물질로 유충을 기른다. 이들 1차의 산란에서 부화된 유충은 영기가 비교적 빠르며 일개미나 병정개미로 성장하기 때문에 군체의 다른 개체보다 비교적 작은 체형을 가지고 있다. 성장된 일개미는 활동하여 왕과 여왕에게 음식을 전달하고, 유충을 기르며, 집을 짓는 일을 하게 되고, 여왕은 산란에만 전념한다. 따라서 이 시기의 여왕은 난소가 최대로 발달되어 복부가 비대한 몸을 갖게 된다.

흰개미의 군체를 구성하는 개체수는 수십 마리의 개체로 구성된 종에서부터, 집 흰개미(House termite)와 같이 100만마리 이상으로 구성된 종도 있다.

### 3. 흰개미의 식성과 채식활동

흰개미가 선호하는 음식물은 주로 목재와 같은 식물성 물질이 많다. 특히 살아 있는 식물체를 먹는 것보다도, 죽은 식물체나 썩어가고 있는 식물을 먹는 것이 비교적 많다. 따라서 생태학적 측면에서 흰개미는 분해자라 할수 있지만 문화재를 보존관리하는 입장에 있어서는 흰개미는 목조건조물과 같은 문화재를 가해하는 침입자라 할 수 있다.

흰개미의 식성을 계통분류학적으로 비교하여 보면 하등한 흰개미는 주로 목재류를 섭식하고, 고등한 흰개미는 지의류나 조류, 균류를 섭식하는 등 비교적 다양하다. 흰개미의 식성은 ① 살아 있는 수목과 같은 식물체 ② 고사목과 같은 죽은 식물체 ③ 부패·분해되고 있는 식물체 ④ 부식토(腐植土) ⑤ 버섯과 같은 균류 ⑥ 군체내의 다른 개체, 조류 및 지의류 등이다. 그러나 ④⑤⑥과 같은 3 종류를 제외하고 흰개미의 식성은 모두 식물체임을 알 수 있는데 그 이유로서 흰개미는 종 특유의 식성이 정해져 있는 협식성(狹食性) 곤충이기 때문이다.

흰개미목 전체의 채식 양상을 구분해 보면 다음과 같다. 첫번째 형태로서 영양공급원인 목재의 내부를 일개미들이 구멍을 파서 길을 만들며 내부에서 서식한다. 이러한 형태는 목재 자체가 생활권이며 영양공급원으로서, 음식물인 목재가 고갈되면 군체는 쇠퇴하거나 다른 목재로 이동하게 된다. 이런 형태의 채식양상은 건재흰개미(Kalotermitidae : dry-wood termite)와 습재흰개미(Termopsidae : damp-wood termite)에서 볼 수 있다.

두번째로 지표나 지중에 집을 짓고 이동용 지하도를 사방으로 만드는 유형으로, 채식을 위하여 집에서부터 목재가 있는 장소까지 지하도를 만든다. 계통학적으로 가장 원시종으로 불리는 Mastotermitidae과의 한 종이 이런 유형에 속하며 Rhinotermitidae과나

고등흰개미중에서도 지하터널을 만드는 종이 다수 있다.

세번째로 살아있는 나무위에 짓을 짓는 흰개미에서 볼수 있는 유형으로서, 집과 채식 장소와의 거리는 다소 떨어져 있으나 지상으로 흰개미길(蟻道)로 만들어 연결한다. 이러한 양상은 군체 초기의 채식장소는 집 부근이었으나, 군체가 대형화됨에 따라 집 부근의 음식물이 고갈되고 새로운 채식장소를 찾아 지상으로 흰개미길이 형성되게 된다.

한편 지하터널이나 흰개미길을 형성하지 않고 지상으로 이동하면서 채식하는 유형이 있다. 특징적인 것으로 대부분의 흰개미 체색은 백색, 황백색, 황갈색 및 적갈색인 데 반하여 지상에 나타내는 종들은 일개미나 병정개미 모두 흑갈색이나 흑색인 점이다.

#### IV. 흰개미의 분류

흰개미목(等翅目)은 일반적으로 Mastotermitidae, Termopsidae,

Kalotermitidae, Hodotermitidae, Rhinotermitidae, Termitidae 등 6과로 분류되어 진다. 생식활동의 측면에서 볼 때 하등한 흰개미는 난소가 작으며 복부가 비교적 크지 않지만, 고등한 흰개미는 난소가 크고 복부가 팽대해 있다. 음식물의 섭취에 있어서 원시적인 흰개미는 부패하고 습한 재질을 먹지만 고등한 종으로 갈수록 마른나무, 낙엽, 마른 풀, 腐植, 균류 등을 취하게 된다. 또한 장내에 원생동물 대신 세균이나 아메바가 기생하든가, 균류를 재배하는 종들은 원시종보다 진화된 종으로 구분된다. 하등한 흰개미는 음식물을 저장하지 않으며 생활권과 영양공급원인 동일하다. 일개미가 음식물을 운반하기 위하여 채식행진을 하며, 또 종의 특이적인 군체행동에 의하여 섭식행동을 하는 종들이 대부분 진화된 종으로 구분된다.

유시충이나 일개미에서는 변이가 많이 발생하기 때문에 일반적으로 병정개미의 외형적 특징인 머리의 모양, 큰이빨의 형태, 액선공의 유무 등 각종 기관의 형태에 따라 흰개미의 분류를 실시한다.

##### 1. Mastotermitidae

흰개미목에서 제일 원시적인 과로서 화석으로는 4속 13종이 세계 각지에서 발견된 바 있다. 현존 종은 *Mastotermes darwiniensis* 1종으로 일본에만 서식하고 있다. 소화관에 공생하는 원생동물은 1종이며 지하에 서식처를 만들고 주변의 건물, 수목을 가해한다. 발달된 한 개의 군체에서 100만마리 이상의 개체로 발견되기도 한다.

## 2. Termopsidae

Mastotermitidae와 공통된 특징이 많은 것으로 보아 동일 조상에서 분화된 것으로 추측되며 습재흰개미(Damp-wood termite)라고 부르기도 한다. 군체는 적으며 습한 나무 그루터기와 부후된 목재중에서 생활하여 전세계에 널리 분포되어 있다.

## 3. Kalotermitidae

건조목재흰개미(Dry-wood termite)라고 부르기도 한다. Mastotermitidae와 동일한 양상의 일개미 구조를 나타내고 있다. 군체는 작으며 목재가해를 목적으로 개미길(蟻道)을 만드는 능력이 있으며 지중으로 이동한다. 건조목재에 구멍을 뚫고 소군체 생활을 하기도 한다. 본과는 25속 360여종이 포함되어 있으며 열대지역을 중심으로 서식하고 있으며 전세계에 널리 분포하고 있다.

## 4. Hodotermitidae

수확흰개미(Harvester termite)라고 부르기도 한다. 일개미는 유색으로 지상으로 이동하며 풀을 절단하여 지중의 서식처로 이동하여 저장하는 습성이 있다. 3속 17종이 포함되어 있으며 아메리카 대륙 중동부의 건조지대에 분포하고 있다.

## 5. Rhinotermitidae

지중흰개미(Subterranean termite)라고 부르기도 한다. 지중에 서식처가 있어 지하생활을 하며 서식처에서 흰개미길(蟻道)을 만들어 주변의 건조물의 목재, 수목을 가해한다. 16속 170여종이 열대나 온대지역에 넓게 분포하고 있다.

## 6. Termitidae

전체 흰개미목의 3/4을 차지하는 최고로 큰 과로서 약 120속 1,400여종이 존재한다. 지중에 서식처를 만드며 주변에 균실을 재배한다.

## V. 국내의 흰개미 분포현황

국내에 서식하고 있는 곤충에 대한 조사는 대부분 일제강점기에 일본 및 외국학자들에 의하여 수행되었다. 흰개미도 마찬가지로 1920년대 일본인들에 의해 조사되었고 일본흰개미(*Japanes termite*) 1종이 부산, 마산지역과 군산, 전주, 경인지역을 비롯하여 개성, 평양시내에 서식하고 있다고 하였다. 그러나 해방후 현재까지 국내학자들에 의하여 흰개미에 대한 조사기록은 거의 없는 것으로 알고 있다.

흰개미는 생리 및 생태학적으로 볼 때 특이한 점이 많다. 그 예로 여름철 고온기에는 고온으로 인하여 소화관내의 원생동물이 죽는 것을 막기 위하여 지중이나 시원한 장소로 이동하며 겨울철인 저온기에는 휴면이라는 특수한 생리상태로 월동한다. 이러한 생리 및 생태학적 원인으로 인하여 흰개미의 활동과 분포는 온도와 직접적으로 관련되어 있다. 그러나 현재 흰개미의 분포는 지리적으로 뚜렷하게 구분할 수 없지만 하등한 종은 주로 열대지역중에서도 아열대 지역에 많이 서식하고 있다. 또한 온대 지역이나 아한대지역에서는 흰개미 분포가 적은 편이며 이들 지역의 흰개미 분포는 자연적인 것 보다는 인위적 요인에 의하여 확대되는 경향이 있다. 인위적인 요인은 원목수입 등 인간의 생활과 직접적으로 관련된 행위에 의하여 유입되는 경우라 할수 있다.

국내에 서식하고 있는 흰개미는 학명이 *R. speratus kyushuensis* Morimoto로서 Rhinotermitidae과의 일본흰개미(Japanese termite : *Reticulitermes speratus* Kolbe)의 아종이다. 아종(亞種)은 종(種)보다 하위의 분류학적 범주로서 일본흰개미와 형태적으로 미세한 차이가 있으나 생활습성이 같고 그들과 교배할 수 있는 능력을 보유하고 있어 일본흰개미와 동일하게 취급해도 무방하다. 일본흰개미인 *Reticulitermes speratus*는 하등한 흰개미이며 습기를 좋아하고 추위에 비교적 강한 종으로 북동아시아 지역의 북위 40°까지 분포하고 있음이 알려져 있다. 그러나 한반도 이남인 국내에서는 인간생활과 직접적으로 관련있는 주택이나 건조물에 대한 흰개미 피해가 과거 알려져 있지 않으므로 흰개미에 대한 관심이 없었고 그에 따라 국내적인 연구도 부족하였던 것으로 추측된다.

이동흡(1998, 한국목재공학회 학술발표논문지)에 따르면 국내에서 직간접적으로 확인한 일본흰개미의 분포지역은 영동지역을 제외한 국내 전역(서울, 춘천, 남양주, 봉화, 영덕, 제천, 충주, 울산, 공주, 대구, 언양, 양산, 합천, 순천, 구례 등)이며 아직 국내에서 군체를 발견하지는 못했지만 부산, 진주, 거제지역에서 집흰개미(House termite)의 피해흔적을 발견하였다고 보고하였다.

국립문화재연구소에서도 1982년에 경기도 파주의 공순영릉 비각, 경남 양산의 통도사, 경북의성 의성향교 등에서, 1988년 전북 남원 실상사 요사채, 1989년 서울 경복궁 인제채, 1990년 경북 안동 하회마을 건물, 1991년 서울 방학동 연산군묘 재실, 1992년 전북

장성 백양사 운문암, 전남 함양 민가, 서울 만리동 목재, 1994년 강원 강릉 향교, 1997년 경북 청도 대비사 대응전, 1998년 경남 합천 해인사에서 일본흰개미의 피해흔적과 군체를 발견한 바 있으므로 이상의 결과를 종합해 볼 때 국내 전역에 일본흰개미가 서식하고 있음을 확인할 수 있었다.



Fig. 3. 흰개미 출현지역의 분포도(1982~1998, 국립문화재연구소 조사)

Fig. 3. 흰개미 출현지역의 분포도(1982~1998, 국립문화재연구소 조사)

## VI. 일본흰개미(Japanese termite)와 집흰개미(House termite)의 특징

### 1. 일본흰개미(학명 : *Reticulitermes speratus* Kolbe)

Rhinotermitidae과에 속하며 서식처를 지하에 만드는 흰개미이다. 추위에 비교적 강하고 건조에 약하다. 목조주택 및 건조물에 가해가 가장 심한 곤충으로서 그 피해가 다수 보고된 바 있다.

병정개미의 체장은 3.5~6mm이며 두부는 엷갈색으로 앞쪽(눈부위)으로 갈수록 색의 농도가 짙어진다. 두부의 형태는 원통형으로 두부의 양측면이 평행이다. 머리의 길이는 체장의 절반정도이며 큰이빨의 기부는 적갈색이며 앞쪽으로 갈수록 색의 농도가 짙어진다. 흉부 및 복부는 유백색이다. 집흰개미는 유백색의 점액(방어물질)을 액선에서 분비하

는 반면 일본흰개미는 액선이 퇴화되어 있으므로 두부의 액선 유무가 집흰개미와 일본흰개미의 분류특징이다.

일개미의 체장은 3.5~5mm이며 체색은 유백색이다. 두부는 둥근 형이다. 흰개미의 일개미는 이종간에도 유사한 점이 많기 때문에 일개미의 형태로서 종을 구분하지는 않는다. 그리고 약충의 체장은 4~6.5mm로서 일개미보다 크다.

유시충의 체장은 4.5~7.7mm이며 전흉배판은 황색이다. 몸체의 다른 부위는 흑갈색이다. 날개는 반투명하여 시맥은 염흑갈색이고 머리부는 등구형이다 복안과 단안이 존재한다.

군비후 유시충의 날개는 떨어지고 자웅 1쌍이 서식처로 들어가 생식충인 여왕과 왕이 된다. 여왕의 난소는 발달하여 복부는 팽배해지고 늘어나게 되어 체장이 15mm에 도달한다. 왕의 체장은 5~7.5mm이며 형태적으로 유시충의 복부가 팽배된 정도로 보이며 여왕과 같이 흉부배면에서 날개가 떨어진다. 군비후 여왕은 초기산란으로 보통 10~20의 알을 낳는다. 알은 길이가 폭보다 긴 형태로 장경이 0.66~0.72mm이고, 단경은 0.32~0.36mm이다.

부생식충의 체장은 6~8mm이며 두부, 흉부, 복판은 황색이며 큰이빨과 앞술은 갈색이며 다른 부위는 유백색이다.

일본흰개미는 연평균 기온이 10℃이상인 지역은 어느 곳이나 서식하며 6℃에서 활동을 시작하여 12℃이상일 때 활동이 왕성해지며 고온에 비교적 강한 종으로 소화관에 공생하고 있는 원생동물(Protozoa)에 의한 목재의 셀룰로오스 분해로서 영양분을 얻게 된다. 33℃이상 고온인 여름에는 소화관의 원생동물이 죽게 되므로 시원한 지하로 이동한다. Becker(1965)는 일본흰개미에 대한 온도와 먹이섭취량을 비교 실험한 결과 최적온도는 28℃이라고 보고하였다.

군비는 대체로 4~5월에 실시되며 온난한 지역에서는 다소 빠르면 한냉한 지역에서는 다소 느리다. 군비는 비가 온후 비교적 온난하고 맑은 날 오전중에 일어나는 경우가 많다. 군체(colony)의 크기는 작으며 집 내부의 가스교환에 문제가 없다. 일본흰개미는 건조에 약하므로 습기를 유지할 수 있는 점질토를 선호하여 서식한다.

## 2. 집흰개미 (학명 : *Coptotermes formosanus* Shiraki)

일본흰개미와 동일한 유형으로 지하에 서식처를 만드는 흰개미로서 일본 뿐만 아니라 전세계적으로 건조물 및 살아있는 수목, 철도침목 등을 가해하는 종이다. 중국 포르모사지역이 본산지인 집흰개미는 일본, 스리랑카, 남아프리카, 하와이 그리고 미대륙에 유입되어 있다. 집흰개미의 세계적인 분포원인은 선박에 의한 인위적인 원인으로 추측되고 있으며 목재가해도는 일본흰개미보다 높다.

병정개미의 체장은 3.8~6.5mm이며 머리부위는 엷갈색이며 앞쪽으로 갈수록 폭이 좁아지는 알형태이다. 머리부의 길이는 체장의 1/3 정도이다. 집흰개미의 병정개미는 성격이 거칠고 액선공에서는 유백색의 방어물질을 방출하며 큰이빨을 공격적으로 세워서 전방을 향한다. 큰이빨은 짙은 황갈색이며 발달되어 잘 늘어나고 앞부분으로 갈수록 안쪽면은 곡선을 나타낸다. 전흉부는 머리부보다 폭이 좁다.

일흰개미의 체장은 3.5~5.2mm이며 일본흰개미 보다는 크고 체색은 유백색이다. 머리부의 길이는 폭보다 길고 둥근형으로 엷갈색이다. 전흉배판은 평평하고 큰이빨은 대형으로 황갈색이며 이빨부근은 흑갈색이다. 좌측큰이빨의 연치는 3개이며 제 1연치의 끝부분은 제2연치보다 작다.

유시충의 체장은 7.4~9.4mm이며 체색은 대체로 황갈색이다. 머리부는 암갈색이고 날개의 길이는 9.2~12.8mm이며 엷황색이고 반투명이며 날개뿌리부는 갈색이다. 복안은 흑색이며 단안은 황색이다. 유시충의 군비는 6~7월이며 온난다습한날 야간에 행동한다. 군비시 유시충은 주광성을 가지고 있어 불빛이 밝은 전구쪽으로 날라간다. 군비후 날개는 떨어지고 성충은 5~20일, 혹은 1주일후 최초 산란을 한다. 산란수는 보통 20~30개정도이고 많게는 40개 이상도 산란한다. 알은 약 25일후 부화되어 유충으로 된다. 여왕은 산란을 위하여 복부가 비정상적으로 팽대, 신장되며 큰 것의 경우 체장이 27~40mm정도에 이른다. Becker(1965)는 집흰개미에 대한 온도와 먹이섭취량을 비교실험한 결과 최적온도는 35℃라고 보고하였다.

집흰개미는 흰개미 통로로 물을 운반하여 서식하는 집 내부를 고습도 상태로 유지하며 간혹 흰개미길(蟻道)이 파손되었을 경우 파손부를 막아서 습도를 유지한다. 집은 대형으로 사토(砂土) 성분이 많아서 습도조절이 용이하지만 가스교환에 제약요인으로 작용한다. 집흰개미는 사질토(砂質土)를 선호하여 해안선 연안부근에 주로 서식한다.

## VII. 흰개미 탐지법

국내에 서식하고 있는 일본흰개미는 목재내부와 지중에서 생활하기 때문에 대부분 유시충이 군비(群飛)할 때 발견되어 존재가 확인된다. 목조건조물 부근에서 흰개미 서식처가 발견되면 피해가 일어날 가능성이 매우 높으며 흰개미길(蟻道), 유시충의 흔적, 목재의 가해상태(空洞化) 등으로 흰개미의 서식을 직간접적으로 확인할 수 있다.

집흰개미의 통로(蟻道)가 발견되었을 경우 반경 100m이상의 광범위한 조사를 실시해야 하므로 주변의 가옥, 입목, 나무그루터기, 기둥에 대한 흰개미 탐지 조사가 필요하다.

그리고 흰개미의 서식처(집)을 탐지하는 방법으로서 흰개미탐지기(Sonic Detector)를 이용하기도 한다. 흰개미탐지기는 가해음과 충체의 진동음을 전기진동음으로 변환하여 증폭한 다음 출력함으로 흰개미의 활동상황의 탐지와 방제효과 확인 등에 주로 이용된다.

또 흰개미에 의한 건조물의 피해범위를 탐지할 목적으로 X선 촬영이 적용되기도 한다. 목재 단면을 X선으로 촬영하였을 경우 집흰개미의 피해목재는 동심원 형태를, 일본흰개미의 피해목재는 망상구조를 나타나게 되므로 피해를 일으킨 흰개미 종류를 추측할 수 있다.

## VIII. 흰개미의 방제

흰개미는 주로 목재를 섭취하여 주 성분인 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스를 영양분으로 이용한다. 목재는 흰개미의 중요한 영양원이며 서식장소이므로 흰개미는 목재를 가해하기 위하여 콘크리트, 플라스틱 등에 구멍을 뚫어 이동통로를 형성한다.

흰개미의 방제법은 일반적으로 생물학적 방제(Biological control), 생태적 방제(Ecological control), 물리적 방제(Physical control), 화학적 방제(Chemical control) 등으로 크게 구분된다.

생물학적 방제는 흰개미의 천적을 이용하는 방법이며 화학적방제는 화학약품을 사용하여 흰개미를 방제하는 것을 말한다. 생태적, 물리적 방제는 흰개미의 습성을 역이용하는 방제방법이지만 목조건조물에 대한 흰개미의 침입과 방지(예방)에 있어서는 종합적인 근본 대책이 요구된다.



Fig. 4. 흰개미의 침입 경로 모식도



Photo 1. 목조건물의 흰개미 가해 흔적

A : 콘크리트 지면과 접촉하고 있는 기둥 하부의 흰개미 가해 상태  
 B : 흰개미에 의하여 가해진 목재 기둥의 중간부위(지상 1.5mm)

Fig. 4. 흰개미의 침입 경로 모식도

Photo 1. 목조건물의 흰개미 가해 흔적

A : 콘크리트 지면과 접촉하고 있는 기둥 하부의 흰개미 가해 상태  
 B : 흰개미에 의하여 가해진 목재 기둥의 중간부위(지상 1.5mm)

## 1. 생태적, 물리적 방제

흰개미는 재질이 연한 소나무 목재를 제일 선호하므로 건축용재와 보수재료로서 소나무재를 사용하면 흰개미의 피해를 유도하게 된다.

일반적으로 흰개미는 강도가 강한 목재보다는 연한 목재를 선호하는데 동일한 목재중 리그닌의 양이 많은 심재보다는 적은 변재를, 그리고 추재보다는 춘재를 더 가해한다. 가해진 목재를 절단하여 단면을 볼 때 동심원 형태의 가해형태를 관찰할 수 있다. 그러므로 흰개미가 덜 선호하는 목재종류를 건축용재와 보수재료에 사용함이 더욱 흰개미 방제에 효과적일 것이다.

집흰개미의 경우 건물 초석의 높이에 따라 침입율의 차이가 있다. 집흰개미는 흰개미 통로를 만들 수 있는 능력을 보유한 종으로 건축물의 기초 높이가 25cm이하일 경우 침입율이 100%이지만 35cm이상일 경우 방제효과가 있다고 보고되고 있다. 그리고 건축물의 물리적 방제법으로 기초의 토대와 기둥사이에 금속제의 방의판을 시공하는 방법으로 흰개미 침입방지의 효과가 기대된다.

집흰개미의 유시충은 주광성으로 균비시 불이 밝은 전구쪽으로 날아간다. 이런 성질을 응용하여 주변에 불방망이를 설치하면 유시충을 유도하여 죽이는 방제방법도 유효하다. 집흰개미의 유시충은 400~420mm의 파장에 제일 강한 주광반응을 나타내므로 일반적인 백열구와 형광등 대신 청색형광구를 사용하여 유인하는 것이 제일 바람직하다.

흰개미의 활동음을 청취하는 흰개미 서식처 탐지용 흰개미탐지기(sonic detector)의 사용은 흰개미의 집 탐지, 발견, 제거 등 살멸에 직접적이며 물리적 방법중 최적인 수단이다.

흰개미의 생태중 습성을 100% 고려하여 보면 집흰개미와 일본흰개미는 어둡고 온난 다습한 조건을 좋아하는 습성을 가지고 있으므로 마루밑에 환기구를 충분히 설치하여 통풍이 잘 되고 채광이 될 수 있도록 한다. 비에 의한 물의 침입을 방지하고 건물주변에 배수로를 설치하여 생태적인 방제를 실시하고 건조물 주변에 불필요한 목재를 제거하여 흰개미의 유입을 방지한다. 그리고 건조물의 목부재중 토양과 직접 접촉하는 하방이나 기둥은 방의처리를 실시하여 사용한다.

## 2. 화학적 방제

흰개미 피해가 발생된 장소에 대해서는 약제를 이용한 방제처리를 꼭 실시하여야 한다. 약제에 의한 방제처리는 화학적 방제중 최고로 적극적인 방법으로서 절대적인 효과를 기대할 수 있다.

건조물의 흰개미 방제처리는 훈증처리, 목재처리와 토양처리를 병행 실시하여야 한다. 흰개미 피해가 발생되지 않은 목조건조물과 흰개미의 재침입을 방지하기 위한 방제방법으로서 흰개미방지제(防蟻劑)를 목재 표면에 흡수시키는 목재처리법과 토양에 혼합시키는 토양처리법으로 크게 구분된다. 현재 사용되는 방제약품은 사람과 가축에 대하여 비교적 저독성이며 환경오염이 적은 약제를 개발하여 사용되고 있다.

그리고 문화재 훈증처리에 사용되는 훈증제는 다음과 같은 특성을 보유하여야 한다. 문화재의 약해와 흡착이 낮고 인화성 및 폭발성이 없고, 확산성과 침투성이 있어야 하며 살충력이 강하지만 사람과 가축에는 저독성이 약제이어야 되는데 현재 메틸브로마이드(Methyl bromide)와 에틸렌옥사이드(Ethylene oxide), 바이케인(Sulfuryl fluoride) 등 3종의 약품이 사용되고 있다.

### 가. 목재처리법

목재처리법은 가압처리법, 온냉욕처리법, 확산법, 침적처리법, 도포처리법 등 여러방법이 있지만 현재 목조건조물에 사용할수 있는 최상의 방법은 도포처리법으로 생각된다. 흰개미방지제(防蟻劑)를 평 붓(폭 10cm이내)을 이용하여 목조건조물의 기둥 상부로부터 하방재까지 목부재의 표면에 적정량을 도포하는 방법으로서 도포 회수는 2회 이상이어야 한다. 1회 도포후 5시간이 경과하면 약품의 도포량이 80%이상 목재내부로 흡수되고 20시간이 경과하면 도포약품이 전량 흡수되므로 20시간 경과후 2회 도포를 실시해도 되지만 작업능률을 높이기 위하여 5시간이 경과후 2회 도포를 실시해도 무방하다.

분무처리법은 분무기를 이용하여 약제를 목재표면적 1m<sup>2</sup>당 200ml를 균일하게 분무하여 처리한다. 구멍처리법은 기존 건축물의 예방 또는 방제에 분무와 도포처리법과 병행하여 처리한다. 드릴로 직경 3~13mm의 구멍을 목재의 1/2이상 부분에 뚫고 분무기의 노즐을 구멍의 중앙에 꽂아 주입한다. 약제를 구멍 1개당 15ml를 기준으로 가압주입한후, 나무마개로 구멍을 막는다. 단, 구멍을 뚫는 장소는 예방 혹은 방제 등 어떠한 경우에도 목재의 강도를 저하하지 않는 부위가 되도록 충분히 배려하고, 특히 예방처리의 경우는 소유자나 관리자가 싫어하는 경우가 있으므로 미리 양해를 얻어 실시한다.

최근 흰개미 방제용 목재처리제로서는 Xylamon이 주로 사용되고 있는데 사용량은 목재표면적 1m<sup>2</sup>당 200ml를 처리한다.

## 나. 토양처리법

토양처리법은 흰개미가 토양속으로 이동하여 건조물에 도달하기 때문에 처리약품(방의제)을 건조물 주변토양에 매설하여 처리하는 방법이다. 약품의 토양처리는 흰개미의 침입에 대한 방어벽으로 건조물의 장기적인 보호방법이다. 그리고 건물주변의 흰개미 지하서식지에 직접 처리하면 최상의 효과를 얻을 수 있다. 토양처리는 표면살포처리법, 가압처리법, 토양혼합처리법 등 3종의 방법이 있으므로 각 처리방법을 적절하게 혼용하여 처리한다.

표면살포처리는 토양의 표면에 약제를 균일하게 살포하는 방법이다. 처리는 토양표면적 1㎡당 일정량의 유효약제를 살포한다. 가압처리는 수분이 많은 부분의 하부, 특히 강회나 토양에 드릴로 구멍을 뚫어 일정량의 유효약제를 강제로 가압주입하는 방법이다.

토양혼합처리는 흰개미의 다발지역에 소재하고 있는 건조물 주변의 토양에 처리가 꼭 필요한 경우에 적용되는 방법이다. 건조물의 외부주변에 폭 20cm, 깊이 30cm의 구덩이를 파고 토양에 일정량의 유효약제의 입제나 유제를 잘 혼합하여 묻는다. 방의제 사용량은 액제일 경우 1㎡당 5~10ℓ, 분제일 경우 1㎡당 600g 이상을 사용한다. 그리고 토양처리 방의제의 안전성은 극히 중요한 문제이다. 수질의 오염방지는 절대적으로 필요하며 토양처리제의 농도가 높을 경우 동식물에 영향을 줄 수 있으며 살아있는 목재에 대한 약해도 고려해야 한다.

현재 흰개미 방제용 토양처리제로는 Kilbe special-60이 있는데 원액을 증류수에 60배 희석하여 토양면적 1㎡당 3~5ℓ 정도를 혼합 처리한다.



Fig. 5. 목조건조물 주변의 토양 처리 모식도

Fig. 5. 목조건조물 주변의 토양 처리 모식도

#### 다. 훈증처리법

문화재에 약해가 적고 살충효과가 높은 훈증처리는 문화재의 방제처리로 최적의 방법으로 사용되고 있다. 훈증처리는 효과가 가장 빠르며 방제공간에 대한 확산침투로 인하여 살충력이 가장 높으며 잔효성도 없다.

미국에 서식하는 건조목재흰개미의 방제는 바이케인을 이용하여 주로 주택을 훈증처리하고 있지만 한국과 일본에서는 주로 지중흰개미가 가해하므로 주로 목조문화재에 대하여 메틸브로마이드와 에틸렌옥사이드 혼합가스를 주로 사용하고 있다.

훈증처리는 크게 상압훈증법과 감압훈증법으로 나눌 수 있다. 감압훈증법은 60mmHg 정도의 감압상태에서 훈증처리하는데 감압장치(Vacuum chamber)를 필요로 하며 불상, 회화, 고서적등 소형의 문화재에 대하여 적용한다. 그러나 건조물의 흰개미 방제에는 보통 상압훈증법을 적용시킨다. 상압훈증법은 크게 피복훈증법, 밀폐훈증법, 훈증고 훈증법, 포장훈증법 등 4종으로 나누어 진다. 피복훈증법은 건물전체를 두께 0.1mm 이상의 염화비닐이나 타포린 천을 이용하여 피복한후 내부에 훈증가스를 주입하는 방법이다. 처리기간은 기온이 25℃일 때 훈증시간 24시간, 투약량은 살충이 목적이므로 35~50g/m<sup>3</sup>을 기준으로 한다(살충 살균일 경우 투약량은 100g/m<sup>3</sup>을 기준으로 함).

밀폐훈증법은 철근콘크리트 구조물로서 비교적 기밀성이 높은 건물에 적용시키는 방법으로 건물전체나 일부를 밀폐하고 혼합가스를 주입한다. 피복훈증에 비하여 기밀성이 높으므로 약량이 적게 들어가고 살충이 목적인 경우 16~20g/m<sup>3</sup>(25℃, 24시간)을 기준으로 한다.

훈증고훈증법은 건물내외에 특별히 전용훈증고를 설치하였을 경우 사용하는 방법으로 훈증고의 기밀성이 높으므로 약량은 밀폐훈증법과 동일기준으로 한다.

포장훈증법은 회화, 미술품예품 등 소형의 문화재를 소량으로 처리할 때 사용하는 방법이다. 염화비닐로 처리대상 문화재를 2, 3중으로 밀폐포장한 다음 내부에 혼합가스를 주입한다. 사용약량은 밀폐훈증법을 기준으로 한다.

##### 1) 훈증제의 특성

###### ① 메틸브로마이드 (Methyl bromide, 상품명 : Brom-O-gas)

문화재에 대한 약해가 비교적 적으며 인화성 및 폭발성이 적다. 흡착성이 적으며 침투성은 비교적 높으나 비점이 4.5℃로 낮으므로 저온일 경우에는 사용하지 않는다. 살란력 및 살균력이 강하지만 특히 유허성분이 포함된 피혁, 모피를 훈증할 경우 달같이 썩는 냄새를 내기도 한다. 인체에 대한 독성이 강하므로 전문취급기술자가 취급해야 한다.

###### ② 에틸렌옥사이드(Ethylene oxide)

가연성 및 폭발성이 없으며 메틸브로마이드와 혼합하여 사용한다. 문화재에 대한 약해가 비교적 적으며 살균력과 살충력이 높다. 수용성이 높기 때문에 흡수율이 높은 목질재

료에 있는 해충을 살충하기 위해서는 약간의 문제점이 있다.

메틸브로마이드와 에칠렌옥사이드를 중량비 86:14로 혼합한 훈증제(상품명 : 하이젠 -M)가 현재 시판되고 있으며 혼합제는 살충력과 살균력을 겸비하고 있다.

### ③ 바이케인(Sulfuryl fluoride, 상품명 : Vikane™)

문화재의 약해가 비교적 적으며 목재에 대한 침투성이 최고로 강하며 흡착성이 적다. 인화성 및 폭발성이 없고 비점이 -55.2℃이므로 동절기에서 사용이 간편하다. 살란력이 적고 살균력이 극히 약하며 약제 가격이 고가인 단점이 있다.

바이케인은 흰개미의 생존에 소요되는 에너지원인 몸체내 지방의 물질대사과정을 방해하여 살멸하는 작용기작을 보유하고 있으므로 건재흰개미의 경우 살충이 가능하지만 지중흰개미(Subterranean termite)를 박멸하기 위해서는 4배이상의 약량사용과 처리기간의 연장이 추가되어야만 한다.

## IX. 결 론

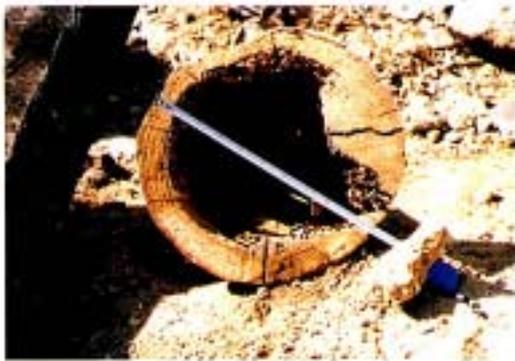
문화재에 대한 흰개미의 방제처리는 발생된 흰개미의 습성을 파악한후 적절히 대처해야만 한다. 만약 그렇지 못할 경우 소기의 목적도 달성하지 못하면서 예산 및 자원만 낭비하게 되기 때문이다.

흰개미가 목조건조물에 발생되었을 경우 우리는 먼저 목조건조물에 대한 방제처리, 즉 훈증처리등을 실시하여 목조건조물내에 서식하고 있는 흰개미만을 살충하게 된다. 그러나 훈증처리후 얼마간의 시간이 경과되면 훈증처리하였던 목조건조물에 흰개미가 다시 침입하여 목부재를 가해하는 사태가 재연되기 때문에 훈증처리로서 흰개미를 영구히 방제하였다고는 할 수 없다. 그 이유는 흰개미가 발생되었던 목조건조물 주변에는 흰개미의 군체의 서식처가 다수 존재하고 훈증처리에 사용되는 메틸브로마이드와 에칠렌옥사이드의 혼합가스(상품명 : 하이젠 M)는 목재에 기생하는 흰개미 뿐만 아니라 모든 가해 곤충과 가해미생물을 살충살균할 수 있는 특성이 있지만 재질에 약효가 지속되는 잔류성이 거의 없기 때문이다.

이러한 훈증제와 흰개미의 특성 때문에 목조건조물에 대한 흰개미 방제처리는 일시적인 방법과 지속적인 방법을 서로 병행하여 처리하여야 한다. 일시적인 방법은 위에서 기술한 훈증처리의 방법이며 지속적인 방법은 흰개미의 습성에 따라 생태적인 방제와 화학적인 방제를 실시하는 것이다. 국내에 서식하는 흰개미는 지하로 움직이는 지중흰개미이므로 주변토양에 방제처리를 실시하고, 건조물의 목부재에 약품으로 도포하여 처리제의 약효가 장기간 지속됨으로서 흰개미의 침입을 장기간 방지하는 조치를 취해야만 한다.

그리고 주요 목조건조물 주변에는 흰개미가 먹이로 선호하는 소나무 목재시편을 다수 설치하고 주기적으로 목재 시편을 관찰함으로써 흰개미의 침입여부를 확인하는 방법이 예방적인 방법으로 좋을 것으로 생각된다. 만약 목재시편을 통한 흰개미의 침입이 확인 되었을 경우 신속한 방제처리를 실시할 수 있기 때문이다.

국내에 일본흰개미 아종의 서식이 확인됨에 따라 목조건조물에 대한 종합적인 관리지침이 조속히 수립되어야 할 것으로 사료되며 향후 적절한 방안에 의하여 목조건조물이 관리되었을 경우 흰개미와 같은 목재가해곤충에 의한 건조물의 손상을 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 관련학계에 의한 흰개미의 체계적인 연구가 수행되기를 기대한다.



A



B

Photo 2. 목부재의 흰개미 피해상태 I (A, B : 건조물 목부재)



A : 소나무 그루터기



B : 목재 인제책

Photo 3. 목부재의 흰개미 피해상태 II



Photo 4. *R. speratus kyushensis*의 유시충 (배면)



Photo 5. *R. speratus kyushensis*의 여왕과 일개미



A : 배면



B : 복면

Photo 6. *R. speratus kyushensis*의 병정개미

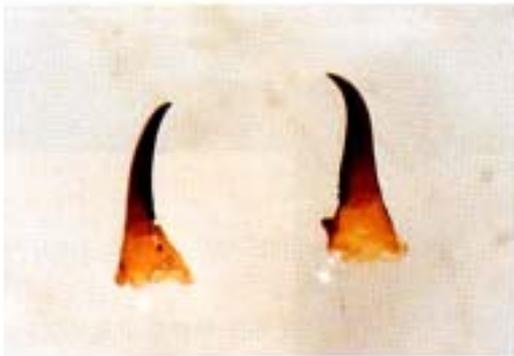


Photo 7. *R. speratus kyushensis* 병정개미의 큰이빨 형태

(오른쪽이빨은 단순화되어 있지만 왼쪽이빨에는 3개의 연치가 존재함)



Photo 8. *R. speratus kyushensis* 병정개미의 윗입술 형태

(윗입술 전면에 2개의 뚜렷한 강모가 존재 하고 있음)



A : 측면



B : 복면

Photo 9. *R. speratus kyushensis*의 일개미( A: 측면, B: 복면)



A : 배면



B : 측면

Photo 10. *R. speratus kyushensis*의 약충(림프)( A: 배면, B: 측면)



Photo 11. *R. speratus kyushensis*의 유충  
(배면)



A



B

Photo 12. 흰개미의 군비상태

A : 흰개미 유사충이 군비하기 위하여 기둥내부 서식처에서 나오는 광경(해인사 응향각)

B : 군비준비중인 흰개미 유사충(유사충 주변에서 병정개미가 경호를 담당하고 있음)



A



B

Photo 13. 토양처리용 방의제의 방의효과 실내시험결과

A : 방의제의 효력이 없을 경우 흰개미는 중간의 유리관 도양을 통과하여 소나무편에 도달할 수 있음.

B : 방의제 무처리도양(좌측)은 흰개미에 의하여 천공되어 소나무 시편을 가해하고 있으나 처리도양(우측)은 흰개미에 의하여 천공되지 않음.



A



B

Photo 14. 흰개미의 방제처리

A : 흰개미 군집이 서식하고 있는 목초건물의 훈증처리(해인사 용향각)

B : 흰개미 군집이 서식하고 있는 소나무 그루터기의 훈증처리(해인사 장정관전 주변)