

정소영

목조건축물의 흰개미 방제에 대한 국외 현황조사(I)

- 미국의 사례를 중심으로

10»

목조건축물의 흰개미 방제에 대한 국외 현황조사(I) - 미국의 사례를 중심으로 -

정소영¹

국립문화재연구소 보존과학연구실



Study of the present situation on the termite control of wooden structures(I) - Focused on the case of US

So Young Jeong¹

Conservation Science Division, National Research Institute of Cultural Heritage

¹ Corresponding Author : jsy1254@korea.kr

| 초록 |

우리나라에는 지중흰개미의 일종인 큐슈흰개미 1종이 분포하고 있으며, 흰개미 피해가 발견되었을 경우 훈증처리, 토양처리, 방충방부처리, 흰개미 군체제거시스템 등 4가지 방법을 적용하여 방제하고 있다. 그러나 점차적으로 흰개미에 의한 피해가 증가하고 있으므로 흰개미 피해가 심각한 미국, 일본 등 다른 나라의 피해 현황 및 방제 방법에 대해서도 조사할 필요가 있다. 본 고에서는 1950년경부터 흰개미 피해가 발생한 미국을 중심으로 흰개미 분포 현황 및 방제 체계에 대해 살펴보고자 한다. 미국에는 지중흰개미, 건재흰개미, 습재흰개미 등 다양한 종류의 흰개미가 분포하고 있어, 우리나라에 비해 흰개미에 의한 피해가 더 심하게 발생한다. 따라서 흰개미 피해를 조사하고 적절한 방제방법을 선택하는 것이 중요한데, 그 과정은 흰개미 피해 조사, 화학적 방제처리(토양 약제 처리, 흰개미 군체제거시스템), 건축물 유지보수, 주기적인 모니터링의 순서로 이루어진다. 그리고 분포하는 흰개미의 종류가 다양하기 때문에 흰개미 피해로부터 방제작업을 진행할 때도 흰개미의 특성을 고려하여 각각 다르게 적용된다. 지중흰개미에 의한 피해가 발견되었을 경우에는 건축물에 대한 기피성 또는 비기피성 살충제를 이용하여 처리하거나 흰개미 군체제거시스템을 이용하여 처리한다. 반면, 건재흰개미에 의한 피해가 발생한 경우에는 훈증처리, 열처리 등을 통해 방제하고 있다.

주제어: 큐슈흰개미, 지중흰개미, 건재흰개미, 습재흰개미, 토양 약제 처리, 군체 제거, 기피제

| ABSTRACT |

There are more than 2,800 different species of termites in the world, but just there is one species (*Reticulitermes speratus kyushuensis* Morimoto) in Korea. Once wooden structures are damaged by termites, we are applying chemical control methods such as fumigation, treatment of insecticidal

*접수: 2011. 9. 30 *수정: 2011. 10. 28 *게재확정: 2011. 11. 08

and antiseptic chemicals, soil termiticide treatment, and termite colony elimination system to pest control. But in Korea, the termite infestation is gradually increasing, so it is essential to study on the present situation of termite control in US or Japan. Accordingly, in this part we have studied focusing on the case of US. In the US, there are three groups of termites : Subterranean, Drywood, Dampwood termites, and they caused more severe infestation compared with Korea. When a structure has become infested with termites, it is important that appropriate action must be taken: the chemical pest control (soil treatment, termite baiting, termite colony elimination), the modification and maintenance of buildings and the regular inspection for follow-up. And with consideration for different characteristics of termites, the process of pest control is made according to each species of termites. Most of the subterranean termite control is done by applying either termiticide to the soil or termite monitoring and baiting system around the structure. On the other hand, drywood termite control methods can be categorized as either the treatment for the whole structure or the treatment for localized area. Applications to the whole structure are done by fumigants or heat and the localized treatments are carried out with chemicals as well as heat, freezing, microwave and electricity.

Key Words : Reticulitermes speratus kyushuensis, Subterranean termite, Drywood termite, Dampwood termite, soil termiticide, colony elimination, repellent

1. 서론

우리나라의 국가지정문화재 중 목조건축물 자체를 문화재로 지정하는 유형은 국보, 보물, 중요민속문화재이며, 그 중 목조문화재는 약 14% 정도를 차지하고 있다. 그러나 시, 도 등 지방자치단체에서 지정·관리하고 있는 목조건축물까지 포함하면 전체 문화재 중에서 목조문화재가 차지하는 비중은 상당히 높아진다(Table 1). 이러한 목조문화재는 주요 재질이 유기질로서 곤충 및 미생물에 의한 생물학적 손상이 심하게 발생하므로 보존·관리 차원에서 다른 요인에 비하여 생물학적인 손상과 그에 따른 보존 대책에 비중을 두어 고려해야 한다(이규식 외 2000). 특히, 흰개미는 목재의 순환이나 질소고정 등 생태계에서 중요한 역할을 담당하고 있

나, 전 세계적으로 목조건축물이나 농작물 손실 등으로 인한 경제적 손실이 막대하게 발생하고 있어(Verma 외 2009) 방제대책에 대한 다양한 접근법이 필요하다. 그 예로 대만지중흰개미(Formosan subterranean termite)의 방제와 수리를 위해 미국 뉴올리언스 주에서만 매년 3억불 정도의 예산이 사용되고 있으며, 인도에서는 옥수수 생산량의 15-25% 정도가 흰개미에 의해 손실되고 있는데 그 규모가 대략 14억 7800만 루피에 이르는 것으로 보고되고 있다(Verma 외 2009).

우리나라에서도 이미 1980년대부터 전국의 목조건축물에서 흰개미에 의한 피해가 확인되었는데, 이동흡(1998)에 따르면 영동지역을 제외한 국내 전역(서울, 춘천, 남양주, 봉화, 영덕, 제천, 충주, 울산, 공주, 대구, 언양, 양산, 합천,

Table 1. The designated wooden cultural heritage in Korea

종별	구분		목조문화재 지정 현황	
			수량	비율
국가지정	국보	313	23	7.3%
	보물	1,683	130	7.7%
	중요민속문화재	262	153	58.4%
시도지정	유형문화재	2,647	605	22.9%
	기념물	1,559	203	13.0%
	문화재자료	2,398	1,170	48.8%
	민속문화재	335	218	65.1%
합 계		9,197	2,502	27.2%

(문화재청, 2011.6.30)

순천, 구례 등)에서 흰개미의 분포가 직간접적으로 확인되었다고 보고한 바 있다(이동흡 외 1998). 또한 국립문화재연구소에서도 1982년 경기도 파주의 공순영릉 비각, 경남 양산의 통도사, 경북 의성의 의성향교 등에서, 1988년에는 전북 남원 실상사 요사채, 1989년 서울 경복궁, 1990년 경북 안동 하회마을, 1991년 서울 방학동 연산군묘 재실, 1992년 전남 장성 백양사 운문암, 경남 함양의 민가, 1994년 강원 강릉의 강릉향교, 1997년 경북 청도의 대비사 대웅전, 1998년 경남 합천의 해인사 응향각 등에서 흰개미에 의한 피해 흔적 및 군체를 발견한 바 있다고 보고하였다(한성희 외 1998). 이러한 현상은 최근 지구온난화 등 기후변화의 영향과 맞물려 점차 확대될 것으로 예상되며 이로 인해 향후 흰개미 피해 현황 및 방제방안에 대해 좀 더 다각적으로 접근해야 할 것으로 생각된다.

이처럼 흰개미 피해가 점점 증가하고 있는 것에 반해, 흰개미 피해 현황을 파악하기 위한 기초조사나 흰개미 피해의 탐지법은 매우 제한적으로 적용되고 있다. 특히 우리나라에 서식하고

있는 흰개미는 지중흰개미로서 어둡고 습한 환경을 선호하며 이동할 때 흰개미길(蟻道, mud tunnel)을 형성하는 등의 특징으로 인해 피해를 사전에 예측하기가 더욱 어려운 실정이다. 이러한 흰개미 피해를 정확하게 탐지하기 위해 초음파, 함수율측정기, 적외선 열화상 카메라 등 다양한 기계적인 장비를 동원하기도 하였으며, 최근에는 훈련된 탐지견을 이용해 흰개미 피해를 탐지하기도 하였다(정소영 2010). 일례로 적외선 열화상 카메라를 이용해 *C. formosanus*와 *R. flavipes* 군체의 흰개미들이 대사과정에서 발생하는 열을 감지함으로써 건축물 내부에 흰개미가 서식하고 있는지의 여부를 탐지한 사례도 있다(Gilberg 외 2003). 이러한 조사를 통해 흰개미 피해가 확인되면 직접적인 방제처리를 실시하게 되는데, 우리나라에서는 피해가 발생한 목조건축물을 대상으로 화학 약제를 처리하는 화학적인 방법을 주로 적용하고 있다.

아직까지 우리나라는 미국이나 일본 등 흰개미 피해가 많이 발생하는 나라들에 비해 흰개미 피해현황이나 방제방법이 한정적이다. 그러나

점차적으로 흰개미 피해의 발생 빈도가 증가함에 따라 흰개미의 생태적인 특성을 파악하기 위한 다양한 자료를 수집하고 흰개미 피해 현황별로 적용할 수 있는 여러 가지 방제 방법에 대해서도 검토하고 조사할 필요가 있을 것으로 판단된다. 따라서 본 고에서는 목조건축물의 흰개미 방제에 대한 국외 현황조사의 첫 번째로서, 1950년경부터 흰개미 피해가 발생하여 현재 전국적으로 다양한 흰개미 피해 현황이 보고된 미국을 중심으로 흰개미 분포 현황 및 방제체계에 대해 살펴보하고자 한다.

2. 미국의 흰개미 분포 현황 및 목재 선호도

2.1. 흰개미 분포 현황

우리나라에 지중흰개미의 일종인 큐슈흰개미(*Reticulitermes speratus kyushuensis* Morimoto) 1종만이 분포하는 것과 달리, 미국의 경우에는 지중흰개미(Subterranean termite), 건재흰개미(Drywood termite), 습재흰개미(Dampwood termite) 등 다양한 종류의 흰개미가 분포하고 있으며(Table 2), 캘리포니아주에만 적어도 17종 이상의 흰개미가 분포하는 것으로 알려져 있다(Pest Notes 1997).

그 중에서도 특히 지중흰개미(subterranean termite)와 건재흰개미(drywood termite)에 의한 피해가 다수 발생하고 있는데, 지중흰개미의

Table 2. Three groups of Termites inhabiting in US

Subterranean Termite	Drywood Termite	Dampwood Termite
Eastern subterranean termite	Western Drywood termite - <i>Incisitermes minor</i>	Pacific Dampwood termite - <i>Zootermopsis angusticollis</i>
Western subterranean termite	Powderpost Drywood termite - <i>Cryptotermes brevis</i>	Nevada Dampwood termite - <i>Zootermopsis nevadensis</i>
Formosan subterranean termite - <i>Coptotermes formosanus</i>		Florida Dampwood termite - <i>Neotermes castaneus</i> - <i>Neotermes connexus</i>
Desert subterranean termite - <i>Heterotermes aureus</i>		Desert Dampwood termite - <i>Paraneotermes simplicicornis</i>
Arid-Land subterranean termite - <i>Reticulitermes tibialis</i>		



Fig. 1. Infestation with Subterranean Termite in US(*from prime termite website)

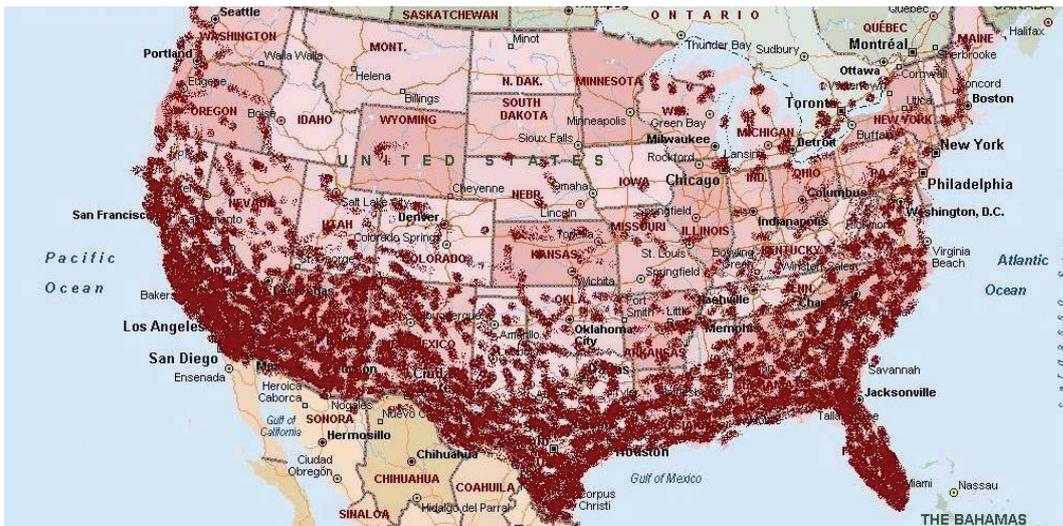


Fig. 2. Infestation with Drywood Termite in US(*from prime termite website)

경우, 미국 내 북부에 있는 일부 주를 제외하고는 미국 전역에 상당히 폭넓게 분포하고 있음을 알 수 있다(Fig. 1). 건재흰개미는 습도보다는 온도에 민감하게 반응하기 때문에 상대적으로 고온지역인 미국 남부 해안가를 중심으로 많은 피해가 발생하고 있으며, 특히 로스앤젤레스 남부, 플로리다 남부, 하와이 지역은 미국에서도

건재흰개미에 의한 피해가 가장 심각하게 발생하는 지역으로 알려져 있다(Fig. 2).

이처럼 지중흰개미와 건재흰개미는 선호하는 환경조건이나 군체 크기 등 여러 가지 면에서 구별이 되며, 어떤 흰개미에 의한 피해인지에 따라 방제처리 방법에서도 차이가 나타난다 (Table 3).

Table 3. A comparison between Subterranean Termite and Drywood Termite

	지중흰개미	건재흰개미
먹이&수분	- 토양, 목재로부터 많은 양의 수분 필요 - 먹이원: 셀룰로오스(Cellulose)	- 최소한의 수분만 필요 - 먹이원: 셀룰로오스(Cellulose)
서식지 & 군체 크기	- 주로 토양에 서식 - 7백만 마리 정도의 대규모 군체 형성	- 목재 내부 서식 - 수백~수천 마리 정도의 소규모 군체 형성
흰개미 피해 흔적	- 지면 근처에 형성된 흰개미길(mud tube) - 군비(swarming)	- 모래처럼 생긴 배설물
사전예방 처리	- 토양 약제 처리 - 흰개미 군체제거시스템을 이용한 모니터링 - 주기적인 조사 모니터링	- 신축시 방충방부처리된 목재 사용 - 목재 처리(Timbor, Boracare 이용) - 건축물 내부 틈에 대한 밀폐(sealing)
사후방제 처리	- 흰개미 군체제거시스템 - 장벽(Barrier) 처리 - 주기적인 조사 모니터링	- 훈증처리 - 건축물 내부 흠에 대한 약제 처리 (Drione Dust, Invader 이용)

2.2. 목재 수종별 흰개미 선호도

1990년대 후반 루이지애나주 뉴올리언스(New Orleans)에 있는 미 농무부 농업연구소(Agricultural Research Service)의 과학자들이 ‘대만지중흰개미(Formosan subterranean termites)’를 유인하거나 쫓아내는 30가지 유형의 상업 목재를 찾아내기 위해 노력한 결과, 대만지중흰개미가 좋아하는 목재 종류(자작나무, 붉은고무나무, 파라나소나무, 설탕단풍, 붉은오크 등)와 좋아하지 않는 목재의 종류(서양붉은삼나무, 알래스카노란삼나무, 마호가니, 인도자단, 볼리비아자단 등)가 있다는 것을 밝혀낸 바 있다(정소영 외 2002). 우리나라에서도 오동나무, 소나무, 물푸레나무, 박달나무 등 목재 4종을 대상으로 지중흰개미(*Reticulitermes speratus kyushuensis*)의 선호도를 조사한 결

과, 목재의 기건비중과 상관없이 소나무만 섭식하였음을 확인한 연구결과도 있다(이규식·정소영 2004). 또한 최근 일본에서는 야마토흰개미(*Reticulitermes speratus*)와 집흰개미(*Coptotermes formosanus*)에 대한 일본산 및 외국산 목재 15종의 내의성(耐蟻性)을 조사한 결과, 집흰개미에 비해 야마토흰개미에서 내의(耐蟻)인덱스값이 현저하게 감소하였으며, 야마토흰개미에 대해 내의성이 있는 수종은 나한백(Japanese Hiba), 아메리카삼나무(Redwood), 삼나무(Japanese Cedar)인 것으로 확인되었다(Wakako 외 2011). 이처럼 흰개미 피해에 대한 저항성이 있는 목재를 목조건축물 신축이나 보수시 사용한다면 상대적으로 흰개미에 의한 피해 가능성을 낮출 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 수종별 흰개미의 저항성은 Table 4에 제시되고 있으며, 일반적으로 흰개미 피해가 적게 발

Table 4. Relative Resistance of Lunber to Termite

Moderately or very resistant	Moderately resistant	Slightly resistant
Arizona cypress	Douglas fir	Alder
Bald cypress	Eastern white pine	Ashes
Black cherry	Honey locust	Aspens
Black locust	Loblolly pine	Basswood
Black walnut	Longleaf pine	Beech
Bur oak	Shortleaf pine	Birches
Catalpa	Swamp chestnut oak	Black oak
Cedars	Tamarack	Butternut
Chestnut	Western larch	Cottonwood
Chestnut oak		Elms
Gambel oak		Hemlocks
Junipers		Hickories
Mesquite		Maples
Oregon white oak		Pines
Osage orange		Poplars
Pacific yew		Red oak
Post oak		Spruces
Red mulberry		True firs
Redwood		
Sassafras		
White oak		

* UC Statewide IPM Program, Pest Notes: Termite(1997)에서 인용

생하는 목재(흰개미 저항성이 높은 목재)는 삼나무류, 참나무류, 개오동나무, 노간주나무 등이 많은 반면, 오리나무, 너도밤나무류, 자작나무, 단풍나무, 소나무, 포플러, 가문비나무 등은 흰개미 피해가 자주 발생하는 것(흰개미 저항성이 낮은 목재)으로 확인되었다(Pest Notes 1997).

3. 미국의 흰개미 방제 방법

흰개미에 의한 피해가 발견되면 건축물과 주변에 대한 조사를 하고 그 결과를 보고서로 작

성해야 한다. 특히 흰개미에 의한 가해 흔적이 발견된 지역이나 흰개미에 의한 피해 가능성이 높은 지역 등은 상세하게 기록해 둘 필요가 있다. 흰개미에 의한 피해가 발견되면 피해 상태에 따라 토양 약제 처리(soil termiticide)나 베이트를 이용한 흰개미 군체제거시스템(termite colony elimination system) 등 방제처리를 통해 흰개미 피해가 확산되지 않도록 조치한다. 방제처리 이후에는 건축물 내부를 환기시키거나 건축물 주변의 목재를 제거하는 등 흰개미 피해가 다시 발생하지 않도록 관심을 기울여야 한다. 또한 흰개미 피해가 발생했던 지역에 대해서는

최소한 3-6개월 단위로 주기적인 조사를 실시하는 것이 중요하다(Fumapest 홈페이지).

3.1. 지중흰개미(Subterranean termite) 방제

지중흰개미 방제를 위해서는 토양에 화학 약제를 처리(soil termiticide) 하거나 베이트를 이용해 흰개미 군체 전체를 제거하는 방법을 적용할 수 있다(Table 5). 사용하는 약제의 종류나 방법은 처리 목적이나 주변 환경 등 여러 가지 요인을 고려하여 선택하게 된다(Miller 2010).

1) 토양 약제 처리

토양 약제 처리는 흰개미가 건축물 내부로 들어오지 못하고 다른 곳으로 이동하도록 약제를 처리하거나 죽이기 위한 액상의 화학 약제를 이용해 장벽(barrier)처리를 하는 것이다. 이 경우, 흰개미를 건축물 밖으로 멀리 쫓아내기 위해 기피성 살충제(repellent)를 적용하기도 하고, 흰개미의 서식이 이미 확인된 지역에서 흰개미를 죽이기 위해 비기피성(non-repellent) 살충제를 처리하기도 한다.

기피성 살충제는 주요 살충성분이 비펜스린(Bifenthrin)이나 퍼메스린(Permethrin)으로 이루어져 있으며, Talstar professional, Demon TC, Dragnet FT 등이 사용된다. 비펜스린이 주 성분인 약제는 저비용이고 지중흰개미 살충에 매우 효과적이며 대부분의 토양에서 오랫동안 약효가 지속된다는 장점이 있다. 퍼메스린이 주 성분인 약제는 독성이 매우 강해 지중흰개미를 쫓아내는데 매우 효과적으로 작용한다.

비기피성 살충제는 주요 성분이 이미다클로프리트(Imidachloprid)나 피프로닐(Fipronyl),

클로르헨나피르(Chlorfenapyr) 등으로 구성되어 있으며, Premise, Termidor, Phantom 등이 사용된다. Pan 등(2011)이 *Reticulitermes flaviceps*에 대한 클로르헨나피르(Chlorfenapyr)의 전달 및 치사율에 대해 연구한 결과를 보면, 클로르헨나피르 처리 후 24시간이 경과했을 때 250 μ g/ml 이상의 농도에서 수여자(recipient)가 치사에 이르게 되며, 1000 μ g/ml의 농도에서 공여자(donor)와 수여자(recipient)의 치사율이 97.78%에 이르는 것으로 확인되었다(Pan 외 2011).

2) 흰개미 군체제거시스템

흰개미 군체제거시스템은 베이트에 포함된 살충 성분을 흰개미들이 직접 섭취한 후 다른 개체들과의 먹이 교환(trophallaxis)을 통해 살충 성분을 전달함으로써 흰개미 군체의 개체수를 감소시키거나 제거하기 위한 방법이다(이규식 외 2000). 베이트의 주요 성분은 diflubenzuron, chlorflurazuron, hexaflumuron, triflumuron, sulfluramid, noviflumuron, fipronil, hydramethylnon 등 다양하지만, Su(2005)는 noviflumuron 베이트가 fipronil이나 thiamethoxam 베이트에 비해 더 높은 치사율을 나타내었음을 보고한 바 있다(Verma 외 2009; Su 2005). 그 외에도 *Reticulitermes flavipes* 군체를 대상으로 5종류의 베이트(diflubenzuron, hexaflumuron, noviflumuron, novaluron, lufenuron)를 적용한 후 장 내부에 공생하는 원생동물의 개체수 변화를 관찰한 결과, 처리 3일 후부터 원생동물의 개체수가 30% 정도 감소하였음을 확인한 연구결과도 있다(Lewis · Forschler 2010). 이처럼 베이트의 주요 성분이 어떤 종류인지에 따라

Table 5. Summary of Commercially Available Subterranean Termite Management

	토양 약제 처리		흰개미 군체제거시스템
	기피성 살충제	비기피성 살충제	
특징	<ul style="list-style-type: none"> - 건축물 주변 토양에 흰개미 살충제 주입 - 흰개미 살충제의 기피성 성분으로 인해 흰개미가 건축물로부터 멀리 떨어진 곳으로 이동 	<ul style="list-style-type: none"> - 건축물 주변 토양에 흰개미 살충제 주입 - 흰개미들이 토양에 처리된 살충제를 인지하지 못하여 자신의 몸에 살충제를 묻히게 됨. - 유독성분이 다른 흰개미들에게도 전달되어 죽게 됨 	<ul style="list-style-type: none"> - 건축물 주변에 스테이션(station)을 설치한 후 주기적인 모니터링 실시 - 흰개미가 스테이션 내부에 침입하게 되면 흰개미 살충용 베이트(bait)를 이용해 방제
사용 약제 및 주 성분	<ul style="list-style-type: none"> - Talstar(Bifenthrin) - Dragnet FT (Permethrin) - Prelude(Permethrin) 	<ul style="list-style-type: none"> - Premise 2 / Premise 75(Imidachloprid) - Termidor(Fipronyl) - Phantom (Chlorfenapyr) 	<ul style="list-style-type: none"> - Sentricon (noviflumuron) - Exterra(diflubenzuron) - FirstLine(Sulfluramid) - Subterfuge (hydramethylNon) - Advance(diflubenzuron)
효과 지속기간	<ul style="list-style-type: none"> - 최적 조건 하에서 5년까지 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 5년 이상 	<ul style="list-style-type: none"> - 주기적 모니터링이 수반되는 연속적인 처리법이므로 별도의 지속기간 없음
장점	<ul style="list-style-type: none"> - 건축물에 대한 즉각적인 보존이 가능 - 상대적으로 저비용이며 효과 지속기간이 장기간 	<ul style="list-style-type: none"> - 직접적으로 흰개미를 죽이기 때문에 매우 효과적인 처리법 	<ul style="list-style-type: none"> - 친환경적인 방법이므로 인간, 동물에 대한 영향이 거의 없음 - 건축물 내부에 구멍 뚫을 필요 없음
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 흰개미를 죽이는 게 아니기 때문에 건축물 내부의 작은 틈을 이용해 흰개미 피해가 재발할 가능성이 있음 	<ul style="list-style-type: none"> - 건축물에 적용하기 위해 구멍을 뚫는 drilling 작업 필요 	<ul style="list-style-type: none"> - 건축물에 직접 처리하는 방법이 아니며, 흰개미가 유인되기까지 시간이 소요됨

흰개미 살충 효과가 다양하게 나타나므로, 흰개미 군체를 제거하기에 가장 효과적인 베이트는 어떤 종류인지, 어떻게 전달할 것인지 등 군체 제거시스템을 더 발전시키기 위한 연구가 계속 이루어져야 할 필요가 있다.

3.2. 건재흰개미(Drywood termite) 방제

건재흰개미 방제는 건축물 전체를 처리할 것인지, 부분적으로만 처리할 것인지에 따라 처리 방법이 달라진다.

1) 건축물 전체 처리

건축물 전체를 처리할 경우에는 흰개미 피해가 드러나지 않은 숨겨진 장소에 대해서도 전체적으로 살충처리가 가능하다는 점에서 부분처리에 비해 유리하다. 특히, 흰개미 피해여부, 피해지역 등을 탐지하는 데 있어서 100% 정확한 결과를 얻을 수 없다는 점을 고려한다면 이러한 전체 처리의 장점은 더욱 부각된다(ACWM 홈페이지).

일반적으로 건축물 전체를 처리할 때 가장 많이 사용하는 방법이 훈증이다. 훈증은 유독한 가스를 이용해 건축물로부터 해충을 방제하는 방법으로, 미국에서는 설퍼릴 플루오라이드(Sulfuryl fluoride)와 메틸 브로마이드(Methyl bromide)의 두 종류를 사용하고 있다.

그 외에 열(heat)을 이용한 처리법도 적용이 가능하다. 열처리법은 흰개미 내부에 공생하고 있는 원생동물에 영향을 미치는 방법으로, 화학약품을 사용하지 않으며 상대적으로 짧은 시간 내에 처리할 수 있다는 장점이 있으나 처리하고자 하는 지역에 열 흡수원이 있는 경우에는 적용하기 곤란하다(Pest Notes 2002).

2) 건축물 부분 처리

건축물의 일부만을 처리하는 경우에는 화학적 처리법(chemical treatment)과 비화학적 처리법(non-chemical treatment)의 두 가지로 구분할 수 있다.

화학적 처리법은 화학 약품이나 액체질소를 이용하여 처리하는 방법이다. 화학 약품을 이용하는 경우에는 비펜스린(bifenthrin), 페메스린(permethrin), 이미다클로프리트(Imidacloprid) 등이 포함된 약제를 이용하여 처리한다.

비화학적 처리법은 생물(곤충, 선충류 등), 전기, 열(heat), 전자파(microwave) 등을 이용하여 처리하는 방법이다. 생물학적 처리법은 목조 건축물 방제에 직접 적용할만한 제품이 거의 없어 추가적인 연구가 더 필요한 상황이다. 전자파를 이용한 처리법은 흰개미의 세포막을 파괴 시킴으로써 흰개미를 살충하는 방법인데, 열처리법과 마찬가지로 처리하고자 하는 지역에 열 흡수원이 있는 경우에는 적용하기가 곤란하다는 단점이 있다(Pest Notes 2002).

4. 결론

우리나라에서 목조건축물에 흰개미 피해가 발생했을 경우에 적용할 수 있는 방법은 훈증처리, 목부재 방충방부처리, 토양처리, 흰개미 근체제거시스템 등 4가지에 이르고 있는데(이규식 외 2001), 대부분이 화학약제를 이용한 방제 처리법이다. 이러한 화학약제 처리는 즉각적이고 지속적인 효과를 나타내기는 하지만, 인간, 동물, 환경에 영향을 미칠 수 있으며, 오랜 기간 지속적으로 사용할 경우 내성이 생겨 약제의 효과가 감소할 수 있다는 단점이 있다. 미국에서도 이러한 영향을 고려하여 주기적으로 화학약제에 대한 검사를 실시하고 있다. 그 결과, 유효성분이 클로르덴(chlordane)이나 클로르피리포스(chlorpyrifos)로 되어 있는 일부 화학약제의 등록이 취소되기도 하고, 이미다클로프리트(imidacloprid), 피프로닐(fipronil), 클로르헨나피르(chlorfenapyr) 등이 포함된 새로운 약제가 등록되기도 하였다(Peterson · EMS-Wilson 2003). 이에 따라 좀 더 안전하고 효과가 우수한 약제나 처리방법을 개발하기 위한 시도들이 계속되고 있다. 서두에 언급했던 것처럼

우리나라에는 지중흰개미의 일종인 큐슈흰개미 한 종만이 분포하고 있는데, 흰개미 피해가 발생했을 경우 적용할 수 있는 약제의 종류가 처리방법별로 1종류에 불과할 정도로 매우 한정적이다. 따라서 향후에는 미국의 사례에서 보여지는 것처럼 방제방법 별로 적용할 수 있는 약제의 종류를 좀 더 다양화하고, 이와 더불어 천연 물질에서 추출한 유효성분을 방제처리에 적용한다든지, 생물학적인 천적관계를 이용한 방제법을 적용한다든지 하는 친환경적인 방제방법의 적용에 대해서도 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

또한 우리나라에서는 흰개미에 의한 피해이든, 벌이나 빗살수염벌레 등 다른 곤충에 의한 피해이든 피해가 진행 중인 경우에는 훈증처리를 우선적으로 적용하고 있으나, 미국의 경우 건재흰개미에 의한 피해가 발생했을 경우에만 훈증처리를 적용하고 있음을 알 수 있었다. 실제로 훈증처리의 경우, 가스를 통해 살충처리를 하는 방법이므로 땅 속에 있는 군체까지 살충하기에는 분명 한계가 있는 방법이라고 할 수 있다. 그러나 흰개미에 의한 피해가 발생했을 경우, 흰개미가 목조건축물을 가해하는 속도 등을 고려해 본다면 목조건축물 내부에서 먹이 섭식 활동을 하고 있는 흰개미가 일부에 불과하다 할지라도 일단 살충처리하는 것이 필요할 수도 있다. 이러한 방제방법에서 차이가 발생하는 이유는 기본적으로 우리나라와 미국의 흰개미 피해현황 및 방제 대상이 다른 데서부터 기인한다고 생각한다. 우리나라는 흰개미 피해가 발생하는 대부분의 목조건축물이 문화재인 반면, 미국의 경우에는 문화재보다는 일반 목조주택이 그 대상이기 때문이다. 그러므로 흰개미 피해에 대한 대응 및 보존관리 방법에서도 차이가 나타나며, 아

무래도 처리비용 대비 효과를 좀 더 면밀하게 고려할 수밖에 없을 것으로 생각된다.

지금까지 미국의 흰개미 분포 현황 및 방제 방법에 대해 간략하게나마 살펴보았다. 나라마다 서식 환경이 다양하고 이에 따라 분포하는 흰개미의 종류도 다르다보니 흰개미 피해가 발생했을 경우 대응하는 방법에도 차이가 나타난다는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 흰개미 방제에서 가장 시급한 부분은 지금 현재 적용하고 있는 화학적인 방법을 대체하거나 보완하여 적용할 수 있는 다양한 방제방법을 모색하는 것이라고 생각한다. 따라서 향후에는 목조건축물의 피해 상태에 따라 적용할 수 있는 효율적인 방법을 탐색하는 것과 더불어 인간, 환경, 다른 동물 등에 대한 영향이 가장 적은 친환경적인 방법이나 기술은 무엇인지 등에 대해서도 충분히 고려되어야 할 것이다.

사사

본 연구는 문화재청 국립문화재연구소의 지원을 받아 문화유산 융복합연구(R&D) 사업의 일환으로 이루어졌으며, 미국의 흰개미 방제에 대한 자료 협조에 도움을 주신 'Midway Pest Control Inc.'의 크리스 장(Kris Jang)에게 감사드립니다.

참고문헌

- 이규식, 정소영, 정용재, 2000, '목조문화재의 원형보존을 위한 충해 방제방안', 보존과학연구, 제21집, 5-55.
- 이규식, 정소영, 정용재, 2001, '목조건조물의 흰개미 모니터링 및 방제방법', 보존과학연구,

- 제22집, 41-52.
- 이규식, 정소영, 2004, '목조문화재의 보존을 위한 한국산 흰개미의 생태적 특성 연구', 문화재, 제37호, 327-348.
 - 이동흡, 강창호, 손동원, 1998, '국내에서 흰개미의 분포 및 피해사례조사', 1998 한국목재공학회 학술발표논문집, 216-220.
 - 정소영, 이규식, 정용재, 2002, '해인사의 흰개미 모니터링 및 방제방법', 보존과학연구, 제23집, 77-93.
 - 정소영, 2010, '탐지견을 활용한 목조건축물의 흰개미피해 조사 연구', 보존과학연구, 제31집, 122-130.
 - 한성희, 이규식, 정용재, 1998, '한국 서식 흰개미의 특성과 방제', 보존과학연구, 제19집, 133-158.
 - Gilberg, M., C. Riegel, B. Melia, J. Leonard, 2003, 'Detecting Subterranean Termite Activity with Infrared Thermography: A Case Study', APT Bulletin, 34, 47-53.
 - Lewis, J.L., B.T. Forschler, 2010, 'Impact of Five Commercial Baits Containing Chitin Synthesis Inhibitors on the Protist Community in *Reticulitermes flavipes* (Isoptera:Rhinotermitidae)', Environmental Entomology, 39(1), 98-104.
 - Miller, D.M., 2010, 'Subterranean Termite Treatment Options', Virginia Cooperative Extension publication 444-500.
 - Pan, C., Q. Dai, Y. Zhu, 2011, 'Barrier and Transfer Properties of Termiticides Against the Subterranean Termite *Reticulitermes flaviceps*', Sociobiology, 57(3), pp. 659-668.
 - Peterson, C. J., J. EMS-Wilson, 2003, 'Catnip Essential Oil as a barrier to Subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) in the laboratory', Journal of Economic Entomology, 96(4), pp. 1275-1282.
 - Su, Nan-Yao, 2005, 'Response of the formosan subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) to baits or nonrepellent termiticides in extended foraging arenas', Journal of Economic Entomology, 98, 2143-2152.
 - UC Statewide IPM Program, 1997, Pest Notes: Termites, Oakland: University of California Agriculture and Natural Resources Publication 7415 (http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/PES_TNOTES/pn7415.html)
 - UC Statewide IPM Program, 2002, Pest Notes: Drywood Termites, Oakland: University of California Agriculture and Natural Resources Publication 7440 (http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/PES_TNOTES/pn7440.html)
 - Verma, M., S. Sharma, R. Prasad, 2009, 'Biological alternatives for termite control: A review', International Biodeterioration and Biodegradation, 63, pp. 959-972.
 - Wakako Ohmura, Ikuro Momohara,

Makoto Kiguchi, Tsuyoshi Yoshimura,
Yoko Takematsu, Hideki Gensai,
Takashi Nomura, Toshiuki Kaneda,
Michio Saegusa, Satoshi Maeda and
Mitsuru Tanikawa, 2011, 'Anti-termite
Performance of Japanese and Foreign
Timber Species under Different
Degradation Environments', 木材學會誌,
57(1), pp. 26-33.

- ACWM 홈페이지,
<http://acwm.co.la.ca.us/>
- Fumapest 홈페이지,
<http://www.termite.com/>
- Prime Termite 홈페이지,
<http://www.primetermite.com/>