

# Termites-Biology and their Behaviour

박 현 철

동아대학교 농생물학과

## I. Introduction

사회성 곤충인 흰개미는 오랜기간 동안 해충 또는 익충으로서 많은 연구와 논란의 대상이 되어 왔다. 일반적으로 흰개미는 해충으로 인식되고 있는데, 이는 벌목하여 야적지에 쌓아 놓은 목재 및 가옥 내부의 목재, 전신주, 다리 등의 목조 건축물 등과 농작물에 심한 피해를 주고 있기 때문이다.<sup>1,2,3,4,5)</sup> 실제로, 호주의 경우에 있어서 흰개미에 의한 건축물의 피해를 줄이기 위해 매년 막대한 경비를 소모하고 있으며,<sup>6)</sup> 아프리카에서는 흰개미가 농작물의 뿌리를 가해하여 막대한 손실을 입히는 것으로 보고되고 있다.<sup>6)</sup> 이상의 흰개미에 의한 직접적인 피해 이외에도 물질 대사과정 동안 생성되는 유기물질 중 질산염에 의한 지하수 오염등의 환경에 대한 간접적인 피해도 보고되고 있다.<sup>7)</sup>

그러나, 해충으로서 역할 뿐만 아니라 흰개미는 생태계 내에서 식물이 필요로 하는 유기물질을 분해하는 분해자로서 중요한 역할을 담당하고 있다.<sup>4,8,9,10,11,12,13,14)</sup> 특히, 열대나 아열대 지방에서 영양물질 순환에 중요한 역할을 하고 있는 토양미소절지 동물이 거의 생존할 수 없는 사막이나 건조 지대에서의 영양물질 순환에 대한 흰개미의 역할은 매우 중요하다 하겠다.<sup>12,15,16,17,18)</sup> 실제로, 1985년 Sila<sup>17)</sup> 등에 의해 연구된 결과에 의하면, 미국 New Mexico주의 Chihuahuan Desert에 서식하고 있는 흰개미에 의해 순환되는 유기물질의 양은 전체 유기물 순환의 51.5%에 달하여 흰개미가 생태계내에서 얼마나 중요한지를 잘 대변해 주고 있다. 또한, 토양내 함유 영양물질의 양에도 직접적인 영향을 주고 있는데, 서부 호주의 Durokoppin Nature Reserve에 서식하고 있는 흰개미의 경우, 서식지역내 토양에 함유된 영양물질의 양은 비 서식지역보다 2배에서 7배까지 높았다.<sup>13,19)</sup>

상기 언급한 흰개미의 환경에 대한 직접, 간접적인 영향으로 인해 세계 각국에서는 흰개미에 대한 다방면의 연구가 활발히 진행되어 왔으나, 국내에서는 전혀 연구가 이루어지지 않고 있으며, 심지어 분류 및 분포조사조차 미흡한 상태이다. 환경조건이 유사한 일본의 경우만 하더라도 10여종 이상의 흰개미에 대한 생태가 규명되어 있으나, 국내의 경우 1917년 한 일본인 학자에 의해 보고된 1종의 흰개미만 기록되어 있는 실정이다. 그러나, 본 저자의 부산 지방을 대상으로 한 예비조사 결과 2종의 흰개미가 서식하고 있는 것으로 판명되어 국내에도 다수의 흰개미가 서식하고 있을 것으로 사료된다. 생물 다양성의 보존이라는 차원에서 흰개미에 대한 전반적인 조사가 필요하나, 이를 위한 기초 연구가 매우 부족한 실정이다. 따라서, 본 총설에서는 국내에서 생소한 곤충인 흰개미에 대한 현재까지의 조사, 연구된 외국의 문헌들을 생물학적 특징을 중심으로 정리해 보고자 한다.

## II. Biology and behaviour of termites

### 1. Characteristics of the castes

전 세계적으로 2300여종이 보고되어 있으며, 전 대륙에 걸쳐 서식하는 흰개미는 흰개미목(Isoptera)에 속하는 원시 곤충이다. 흰개미(Termite)가 white ants라고 불리우는 이유는 다른 곤충보다 그들의 습성이 일반개미와 유사하기 때문이다. 그러나, 다른 특징들을 비교하여 보면 오히려 바퀴류와 유사하며, 일부 학자들은 흰개미를 바퀴와 같은 목에 넣어야 한다고 주장한 적도 있다. 일반 개미와는 다르며 바퀴류와 가장 유사한 점으로서 흰개미는 유충이나 성충은 크기만 다를 뿐 외부형태는 거의 같은 점형태(Paurometabolous development)를 하고 있고, 일반개미는 단계별로

각기 다른 형태의 완전 변태(Holometabolous development)를 하고 있다.

일반 개미나 벌처럼 흰개미는 집단생활을 하는 사회적 곤충이며 철저한 계급사회를 구성하고 있다. 우선, 각 계급은 독특한 외부형태로 구별되며, 그 역할 또한 분화되어 있다. 각 계급은 종에 따라 차이는 있으나, 일반적으로 여왕개미(Queen), 왕개미(King), 일개미(Worker), 병정개미(Soldier), 생식형 개미(Reproductive=Alate)로 구성되어 있다.

### 1) The Queen and King

발달된 겹눈을 가진 여왕개미와 왕개미는 생식형 개미의 변형된 계급으로서, 생식형 개미는 짝짓기 시기에 공중에 날아올라 짝을 지은후 날개를 떼고 땅속에 굴을 파고 들어가 새로운 군집(colony)을 형성한다. 종간에 차이는 있으나, 완전한 colony를 형성하는데 대개 3~5년이 걸린다.<sup>5,20)</sup>

여왕개미의 정확한 수명은 조사되지 않았으나, 일반적으로 수년정도인 것으로 알려져 있으며, 어떤 종의 여왕개미가 12년 이상 생존한 것으로 보고된 바 있다. 몇몇 학자들에 의해 몇 세대를 거치는 colony의 수명을 조사하였는데, *Amitermes atlanticus*의 경우 colony가 30년에서 50년간 생존하였으며<sup>2)</sup>, Southern Rhodesia에서는 700년된 흰개미 집도 발견되었다.<sup>21)</sup> 대부분의 흰개미들은 여왕개미의 생식능력이 감소될 경우 새로운 생식형 개미를 선발하여 대체하기도 하나, *Nasutitermes exitiosus*(Fig. 1)의 경우 이런 능력이 없어 여왕개미의 생식능력이 떨어지거나, 어떤 원인



Fig. 1 A queen and a worker *Nasutitermes exitiosus*. The queen is many times the size of the worker near her head(Source : Hadlington 1987).

에 의해 여왕개미가 죽을 경우 colony내 나머지 계급의 흰개미들도 따라서 죽는다는 재미있는 사실도 보고되어 있다.<sup>5)</sup>

### 2) Workers

일개미는 colony내의 전체 흰개미 중 개체수에 있어서 우위를 차지하고 있으며 생식기가 퇴화된 암수로 구성되어 있다. 또한, 이들은 눈이 퇴화되어 없으며 생식형 개미에 의한 생식작용과 병정개미에 의한 방어작용을 제외한 개미 집내에서의 모든 일, 예를 들어 먹이 운반, 집짓기, 통로 만들기 등의 일과 먹이 수확을 담당하고 있다.

### 3) Soldier

일개미와 마찬가지로 눈이 퇴화되었으며 불임 암수로 구성된 병정개미는 독특한 외부형태의 특징으로 인해 종간 분류에 이용되고 있다. 크게 입 구조에 따라 장두형(Mandibulate type)과 침비형(Nasute type)으로 나눌수 있는데, 장두형의 흰개미인 경우 뚜렷이 구별되는 큰 이빨과 큰 턱을 가지고 있으며(Fig. 2a), 이들의 Mandibule은 외부로

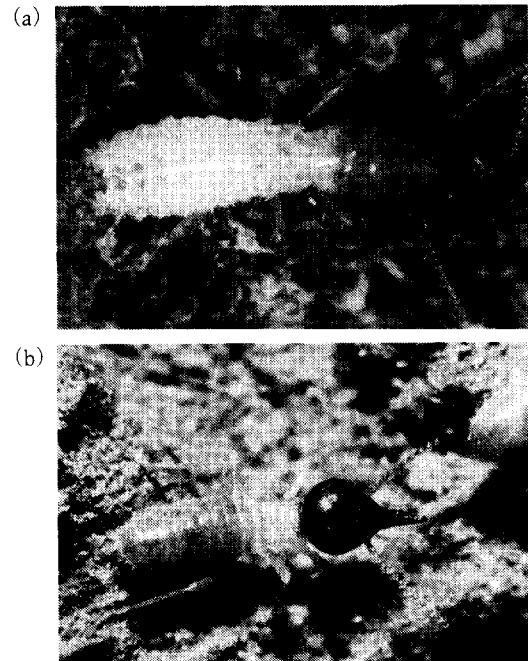


Fig. 2 Two physically different types of soldiers(Source : Hadlington 1987).

(a) Mandibulate type : *Coptotermes acinaciformis*

(b) Nasute type : *Nasutitermes walkeri*

부터 침입한 적으로 부터의 방어시에 상대의 몸을 찢거나 자르는 역할을 한다. 침비형의 구조를 가진 흰개미의 경우에는 뾰족한 머리를 가지고 있고 큰 턱은 퇴화되고 없다(Fig. 2b). 적의 공격시에 독소를 분비하여 방어한다.

#### 4) Reproductive(Alate)

생식형 개미는 제2, 제3 유성형이라고도 하며 colony 내에서 생식을 담당하는 계급으로서 후에 여왕개미와 왕개미로 변형되어 새로운 colony를 형성한다. 이들은 겹눈을 가지고 있으며 일반적으로 일개미와 병정개미보다 몸집이 크다(Fig. 3a, b). 이들이 짝을 짓기 위해 개미집으로 부터 비행하는 시기는 개미집 주변의 환경조건과 밀접한 관계가 있어 주로 외부의 온도와 습도조건이 colony 내부 조건과 유사한 시기에 일어나는데, 바람이 거의 불지 않으며 습도가 높은 야간에 주로 짝짓기가 이루어지며 경우에 따라 한혹 낮에도 일어나기도 한다.<sup>5, 13, 14)</sup>

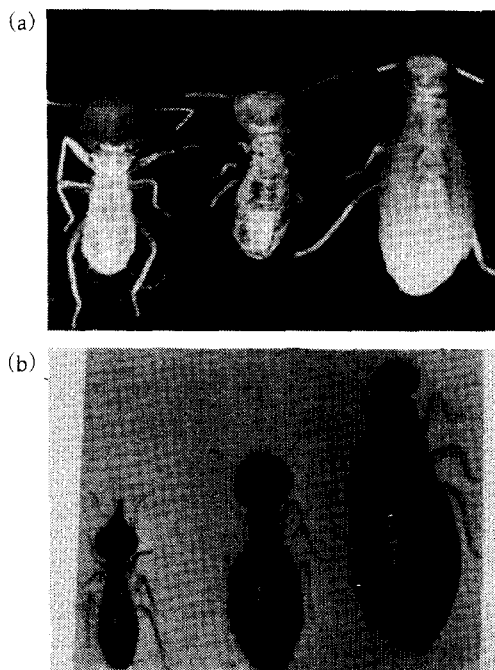


Fig. 3 Different castes of termites. Left to right : soldier, worker, reproductive(Source : Hadlington 1987).  
(a) Mandibulate type : *Coptotermes acinaciformis*,  
(b) Nasute type : *Nasutitermes walkeri*.

## 2. Food and feeding habits of termites

흰개미는 종에 따라 다양한 식이습성을 가지고 있는데 자연계에서는 주로 고목, 낙엽, 잡초, 흙, 동물의 분비물 등을 수확하고 있다.<sup>13, 14, 18, 22, 23)</sup> 대부분의 흰개미는 주로 나무를 수확하며 이들에 의한 수확 활동은 곰팡이나 기타 미생물의 활동에 의해 부식되고 있는 나무에서 많이 볼 수 있고, 부식되지 않은 건전한 나무에서는 흰개미의 활동을 거의 관찰할 수 없다.<sup>24, 25, 26)</sup>

영양물질의 이용에 있어서 다른 고등 곤충과의 차이점을 보면, 대부분의 흰개미는 섭취된 식물조직내의 cellulose를 분해하는 효소인 cellulase를 분비하지 못하기 때문에 cellulose를 직접 분해하지 못하고 창자내 공생생물인 protozoa, bacteria나 fungi에 의해 분해되어 흡수된다.<sup>21, 27, 28, 29)</sup> 일부 일개미 성충은 먹이를 섭취하고 난 후 다른 계급이나 어린 흰개미에게 입이나 항문을 통해 일부 소화된 먹이를 먹이게 되는데, 특히 창자내 공생생물이 없는 어린 흰개미의 경우 이런 경로를 통해 성충으로 부터 protozoa, bacteria나 fungi가 전달되게 된다. 다른 동물과 마찬가지로 흰개미 역시 탄수화물을 필요로 하는데 일반적으로 탄수화물은 부식된 식물체 상의 곰팡이로 부터 얻고 있다. 흰개미 중 일부 고등종은 다량의 탄수화물을 얻기 위해 수확한 나무를 직접 섭취하지 않고 이를 이용해 곰팡이를 개미집내에서 배양하여 먹이로 삼고 있다.<sup>30)</sup>

## 3. Termites nests or colonies

흰개미집의 형태와 구조는 병정개미의 외부형태와 마찬가지로 대략적인 종의 분류에 이용될 정도로 종에 따라 독특하다. 대략적으로 크게 형태에 따라 지표면 위에 집을 지은 ground mound, 땅속에 위치하고 있는 subterranean nest 및 여러형태로 나무위에 집을 짓는 aboreal nest로 나눌 수 있다. 흰개미 종과 개미집 형태에 따라 차이는 있으나, 개미집 내에는 대략 10,000여 개체가 서식하고 있다. 개미집은 일반적으로 흙과 흰개미의 침이나 배설물을 섞어 만든 것으로서, 특히 ground mound 외벽의 경우 웬만한 외부의 충격에도 내부를 보호할 수 있을 정도로 견고하다.

### 1) Ground mounds

Ground mound는 *Nasutitermes triodias*의 집처럼 높이가 6m나 되는 매우 크며 곧게 뻗은 것에서 부터(Fig. 4a) Dre-

*panotermes tamminensis*의 집처럼 높이가 1m 내외의 작은 것까지 아주 다양하다(Fig. 4b). 개미집의 지표면 위에 돌출된 부분은 주로 수확한 먹이를 저장하는 창고의 역할을 하며 흰개미들은 지하에서 대부분의 생활을 하고 있다. 먹이 수확은 개미집으로 부터 경우에 따라서는 반경 수십미터에 이르는 지상부까지 연결된 지하터널을 통해 이루어진다.

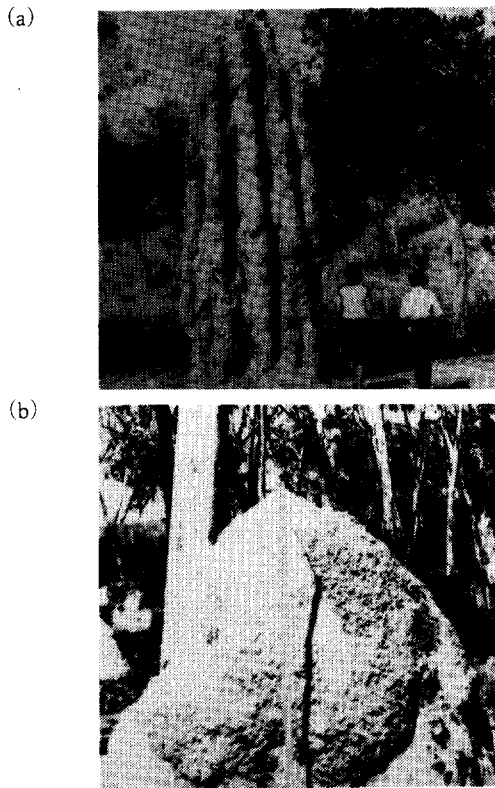


Fig. 4 Different types of ground mounds by mound-builder termites. (a) *Nasutitermes triodias* mound (Source : Hadlington 1987), (b) *Drepanotermes tamminensis* mound (Source : Park 1993).

## 2) Subterranean nest

대부분의 흰개미집은 땅속내에 colony를 형성하는 subterranean nest 형태이다. Subterranean nest를 형성하는 흰개미는 주로 고목의 뿌리 부분이나, 가지나 그루터기 밑 부분부터 집을 짓는데, 주로 이 부위는 배설물을 쌓아두거나 먹이를 수확할때 출입구로 사용하고 있다. 또한 이들은

ground mound를 형성하는 흰개미집 처럼 토양 속에 거미줄처럼 복잡한 여러 갈래의 지상부까지 연결된 지하터널을 뚫고, 이를 통해 수확이나 짝짓기 시기에 생식형 개미가 날아오르는 통로로 이용한다.

## 3) Aboreal nest

*Nasutitermes graveolus*나 *Nasutitermes walkeri*는 나무위에 집을 짓는데(Fig. 5), 종종 그 높이가 20m에 이르는 경우도 있다. 이들 흰개미는 집을 지은 나무속을 따라 뿌리 끝부분 까지 터널을 뚫은 후 다른 형태의 colony를 형성하는 흰개미들처럼 토양내 터널을 통해 지상부의 고목, 낙엽 등을 수확한다.



Fig. 5 Arboreal nest of *Nasutitermes walkeri* on a tree (Source : Hadlington 1987)

## 4. Harvesting behaviour

흰개미에 의한 먹이 수확은 종에 따라 차이는 있으나 주로 야간에 이루어지는데 이는 상대습도가 높고 또한 얇은 체벽으로 부터의 수분 손실이 적기 때문이다. 한예로서, 아프리카의 흰개미종인 *Trinervitermes carbonarius*은 외부기온이 안정되어 있고 습도가 거의 94%에 달하는 야간에 수확을 하는데, Savanna 기후의 특징으로 인해 주로 건기 보다는 우기에 수확을 한다(Fig. 6).

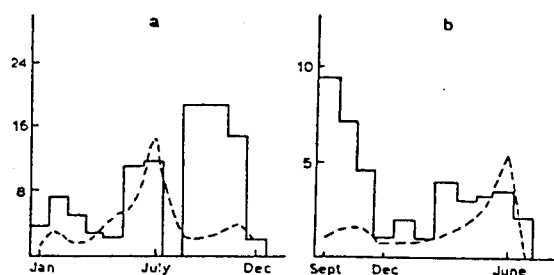


Fig. 6 Seasonal variations in the foraging activity of (a) *Trinervitermes carbonarius*, and (b) *Macrotermes natalensis* in the Ivory Coast (Source : Hadlington 1987).

대부분의 흰개미는 수확을 시작하기 전에 개미집으로부터 땅속으로 먹이가 있는 곳까지 터널을 관 후 지름 3-9 mm의 구멍(Fig. 7)을 뚫고 몇마리의 병정개미와 일개미가 지상부로 나와 먹이의 존재여부 및 수확시의 안전여부를 조사하기 위해 정찰한다.



Fig. 7 Foraging hole (F, Diameter=4mm) which was opened by *Drepanotermes tamminensis* during the harvesting period (Source : Park 1993).

수확의 안전성이 확인된 후, 먼저 병정개미가 두줄로 수확장소까지 나열하고 병정개미의 보호 아래 일개미는 수확 활동을 개시한다(Fig. 8). 일단 수확이 시작되면 병정개미의 철저한 보호 활동으로 인해 주요 천적인 개미들도 방해를 하지 못한다. 그러나, 고슴도치나 개미핥기와 같은 대형동물에 의해 방해 받을 경우 흰개미는 일시에 수확을 중단하고 개미집으로 돌아가서 수분내에 뚫어 놓은 출입구멍을

매꿔 침입에 대비한다. 경우에 따라 일부 흰개미 개체가 집 내로 들어가지 못하고 남게 되는데 이들은 곧 개미나 다른 천적에 의해 포획 당하게 된다.<sup>14, 31, 32)</sup>



Fig. 8 Termite harvesting underneath thick litter guarded by the soldiers of *Drepanotermes tamminensis* (Source : Park 1993).

### 5. Natural enemies of termites

견고한 흰개미집의 특성 때문에 생식형 개미의 짝짓기 비행 시기를 제외하고는 다른 곤충에 비해 흰개미는 상대적으로 천적이 적은 편이다. 그러나, 일단 개미집이 붕괴되면 흰개미는 주로 일반 개미에 의해 쉽게 포획 당하고 곧 이어 전체 colony는 전멸하게 된다. 흰개미집의 붕괴는 자연적으로 일어나기 보다 개미핥기와 고슴도치등에 의한 포식활동이나 멧돼지, 오소리나 물총새의 둥지로서 사용하기 위한 파괴행위로 일어난다.

생식형 개미의 짝짓기 비행 시기에 많은 수의 흰개미가 포획되는데 주로 조류, 파충류, 거미류에 의해 포획되며, 아프리카나 호주의 원주민들도 이 시기에 주요 영양원으로서 흰개미를 대량 포획하고 있다. 여러 연구의 결과에 의하면 짝짓기 시기동안 전체 생식형 개미의 90% 정도가 짝을 짓지 못하고 희생되며, 이는 colony내의 전체 흰개미가 가지고 있는 energy의 15-50%에 해당된다고 한다.<sup>3, 21, 33, 34)</sup> 이외에도 colony내에서 외부기생 응애가 대량 발생할 경우 이들 응애에 의해 전체 colony가 전멸하기도 한다.<sup>5)</sup>

### III. Conclusion

흰개미는 이미 언급한 바와 같이 목조 건축물에 심각한 피해를 주고 있는 곤충으로 널리 알려져 있다. 이를 방해

하기 위해 전세계적으로 소요 되고 있는 경비는 매년 수백 만 달러에 이르고 있는 실정이다. 흰개미에 의한 피해가 심각한 지역의 정부 당국은 좀더 효과적으로 흰개미를 방제하기 위해 정부 차원의 예산을 편성하여 광범위하고 정확한 종 분류와 생태를 파악하고 이에 따른 효과적인 방제법을 개발하고 있는 실정이다. 특히, 원목을 수출하고 있는 국가에서는 원목의 상품가치를 높이기 위해 흰개미 방제에 심혈을 기울이고 있다.

그러나, 해충으로서의 흰개미 방제에 대한 연구뿐만 아니라 생태계내에서 nutrient cycling에 대한 흰개미의 역할에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 한예로서, 1971년 Lee와 Wood<sup>35)</sup>는 세계 각 지역에서 조사된 흰개미의 생체량 및 이들에 의해 순환되는 유기물의 양과 조사된 흰개미와 같은 지역에 서식하면서 유기물질 순환에 큰몫을 담당하고 있으며 생각되는 초식동물의 생체량 및 순환물질을 비교한 결과, 지역 및 서식환경에 따른 약간의 차이는 있으나, 흰개미의 생체량 및 흰개미에 의해 순환되는 유기물질의 양이 타 동물에 비해 높았다고 보고 하였으며, 이 사실로부터 흰개미가 서식하고 있는 생태계내에서는 다른 동물에 비해 nutrient cycling에 대한 흰개미의 역할을 매우 중요하다는 것을 알 수 있다. 이외에도, 해충 혹은 익충의 구분없이 이들 흰개미의 생태계내 먹이사슬에서의 중요성에 관한 연구도 진행되고 있다.

그러나, 국내에서는 아직 흰개미의 생태계내에서의 중요성이나 환경에 대한 피해정도에 대한 연구가 전혀 없는 실정이며, 심지어 흰개미는 생소한 곤충으로 인식되고 있어 생물종 다양성의 차원에서도 전반적인 연구가 시급하다 하겠다. 이를 위한 기초 연구로서 국내에 서식하고 있는 흰개미의 분류와 생태에 관한 광범위한 조사가 선행되어야 할 것이다.

## References

1. Froggatt, W. W., *Proc. Linn. Soc. N.S.W.*, **22**, 721(1898).
2. Hill, G. F., *Bull. Adv. Coun. Sci. Ind.*, **21**, 1(1921).
3. Basalingapa, S., *Ind. Zool.*, **1**, 45(1970).
4. Gray, B., *Ann. Rev. Ento.*, **17**, 313(1972).
5. Hardington, P., *Australian termites*, p.124, New South Wales University Press, Sydney, (1987).
6. Bouillon, A., *Termites of the Ethiopian region*, Krishna, K. and Weesner, F.M. (Eds.), p.153, Academic Press, New York and London, (1970).
7. Beckmann, R., *Ecosystem*, **68**, 35(1991).
8. MacGregor, W. D., *Fore. Abst.*, **12**, 3(1950).
9. Harris, W. V., *Insect. Sociaus*, **8**, 255(1966).
10. Matsumoto, T., *Oecologia*, **22**, 153(1976).
11. Collins, N. M., *Oecologia*, **51**, 389(1981).
12. Whitford, W. G., Ludwig, J. A. and Noble, J. C., *J. Arid Env.*, **22**, 87(1992).
13. Park, H. C. *The role of the wheatbelt termite, Drepanotermes tamminensis (Hill) in nutrient cycling within native woodland and shrubland of the Western Australian wheatbelt*, PhD Thesis, Curtin University, Perth, (1993).
14. Park, H. C., Majer, J. D., Hobbs, R. J. and Bae T. U., *Eco. Res.*, **8**, 269(1993).
15. Johnson, K. A. and Whitford, W. G., *Env. Ento.*, **4**, 66(1975).
16. Schaefer, D. A. and Whitford, W. G., *Oecologia*, **48**, 277(1981).
17. Silva, S. I., MacKay, W. P. and Whitford, W. G., *Oecologia*, **67**, 31(1985).
18. Park, H. C., Majer, J.D. and Hobbs, R. J., *Eco. Res.*, **9**, 151(1994).
19. Park, H. C., Majer, J.D. and Hobbs, R. J., *Eco. Res.*, **X**, XXX(In Press).
20. Nutting, W. L., *Biology of termites*, Krishna, K. and Weesner, F.M.(Eds.), p.233, Academic Press, New York and London, (1969).
21. Wood, T. G. and Sands, W. A., *The role of termites in ecosystem*, Brian, M. V.(Ed.), p.245, Cambridge University Press, Cambridge, (1978)
22. Macauley, B. J., *Soil Biol. Biochem.*, **11**, 175(1979).
23. Watson, J. A. L. and Perry, D. H., *Aust. J. Zool. Supp. Ser.*, **78**, 1(1981).
24. Greaves, T., *CSIRO Dept. Ento. Tech. Paper*, **7**, 1(1967).

25. Harverty, M. I., LaFage, J. P. and Nutting, W. L., *Life Science*, 15, 1091(1974).
26. Darington, J. P. E., *Insect. Sociaux*, 38, 251(1991).
27. Noirot, C. and Noirot-Timothee, C., *The digestive system*. Krishna, K. and London, (1969).
28. Lee, K. E. and Wood, T. G., *Pedobiologia*, 11, 376(1971).
29. Lee, K. E. and Butler, J. H. A., *Ecol. Bull.*, 25, 544(1977).
30. Darlington, J. P. E. G., *Population dynamics in an African fungus-growing termite*, Breed, M. D., Michener, C. D. and Evans, H. E. (Eds), p.54, Westview Press, Colorado, (1982).
31. Ohiagu, C. E. and T. G., *J. Appl. Ecol.*, 13, 705(1976).
32. Ohiagu, C. E., *Oecologia*, 40, 179(1979).
33. Josens, G., *Études biologique et écologique des termites(Isoptera) de la savane de Lsmto-Pakobo (Cote D'Ivoire)*, PhD Thesis, University of Brussels, Brussels, (1972).
34. Abensperg-Traun, M., *Aust. J. Mammol.*, 11, 117(1988).
35. Lee, K. E. and Wood, T. G., *Termites and soils*, p. 1, Academic Press, New York and London, (1971).

### 연구회 회비 납부 안내

본 연구회의 회원으로서 1994년도 회비(정회원 10,000원, 학생회원 5,000원, 협찬회원 150,000원, 특별회원 100,000원)를 납부하지 않으신 분은 체신부 부산대학교 우체국(고객번호: 600585-0007896, 가입자명: 최홍식)으로, 무통장 예입영수증을 사용하셔서 온라인으로 송금해 주시기 바랍니다. 조속한 시일내에 납부하시어 본 연구회의 운영에 적극 협조해 주시면 대단히 감사하겠습니다.