

남산과 광릉 침엽수림의 날개응애 군집분석

Community Analysis of Oribatid Mites (Acari: Oribatida)
in Namsan and Kwangreung Coniferous Forests

박홍현 · 이준호

Hong-Hyun Park and Joon-Ho Lee

Abstract - Community analysis of oribatid mites was conducted in Namsan and Kwangreung coniferous forests which have been received by different degrees of environmental pressures through urbanization processes. Oribatid mites were sampled in the litter and soil layer of study sites from May 1993 to October 1994. Although two sites have been under similar weather condition, seasonal changes in oribatid mites density did not show a synchronized pattern. Density in spring and summer showed stable pattern with low fluctuations, but unstable pattern in autumn between 1993 and 1994. And these patterns were highly correlated with precipitation. The density and species number were higher in the litter layer than in the soil layer and showed no typical seasonal changes. The dominant species were *Scheloribates latipes* (11.78%), *Pergalumna altera* (8.92%), *Eohypochthonius crassisetiger* (7.58%), *Scheloribates* sp. (6.89%) and *Suctobelbella yezoensis* (5.04%) in Namsan, and *Ceratozetes japonicus* (25.72%), *Punctoribates punctum* (14.15%), *Trichogalumna nipponica* (10.96%) and *Ramusella sengbuschi* (5.08%) in Kwangreung. The number of species with high constancy were 10 and 18 in Namsan and Kwangreung, respectively. Namsan showed the feature of urban forests. In analysis of species diversity, species richness was significantly higher in Kwangreung than in Namsan, while shannon (H') and evenness index (J') were higher in Namsan than in Kwangreung. The values of shannon index (H') in Namsan and Kwangreung were 2.83 and 2.62, respectively and evenness index (J') were 0.78 and 0.67, respectively. The value of similarity index between two sites was 0.68.

Key Words - Environmental pressures, Oribatid mites, Community analysis, Species diversity

초 록 - 도시화가운데 위치하여 여러 환경 스트레스에서 시달리고 있는 서울시 소재 남산과 서울 외곽에 위치하면서 비교적 보존이 잘 이루어진 경기도 포천군 소재 광릉시험림의 침엽수림에서 날개응애를 대상으로 1993년과 1994년 2년에 걸쳐 정량적인 조사가 이루어졌으며, 두 지역의 날개응애 군집을 비교, 분석하였다. 남산과 광릉 두 지역이 비슷한 기상 조건에 놓여있지만, 날개응애 계절별 밀도 변동은 두 지역간에 일치된 패턴을 보이지 않았다. 1993년과 1994년의 연도간 비교에서는 두 지역에서 봄과 여름의 밀도는 비교적 안정되어 있는 반면, 가을의 밀도는 불안정하게 나타났는데, 이러한 패턴들은 강우량과 상관 관계가 높게 나타났다. 종 수와 밀도는 부엽층에서 매우 높았고, 토양층으로 내려갈수록 감소하는 일치된 패턴을 보였으며, 계절적인 패턴의 차는 없었다. 두 지역의 우점종들은 남산에서는 *Scheloribates latipes* (11.78%), *Pergalumna altera* (8.92%), *Eohypochthonius crassisetiger* (7.58%), *Scheloribates* sp. (6.89%), *Suctobelbella yezoensis* (5.04%)이었고, 광릉에서는 *Ceratozetes japonicus* (25.72%), *Punctoribates punctum* (14.15%), *Trichogalumna nipponica* (10.96%), *Ramusella sengbuschi* (5.08%)로 나타났다. 그리고, 출현빈도가 50%가 넘는 절대종과 상시종의 수는 남산이 10종인 반면, 광릉에서 18종으로, 광릉에서 훨씬 높았고, 적은 종수를 가진 남산은 도시림의 특성을 나타내었다. 종 다양도 분석결과, 종 풍부도는 광릉이 남

산에 비해 유의성 있게 높았으며 ($p < 0.05$), 새는 지수 (H')는 평균적으로 남산이 2.83, 광릉이 2.62로 나타나 남산이 광릉에 비해 조금 높았고, 균등도 지수 (J')는 남산이 광릉에 비해 유의성 있게 높았다 ($p < 0.05$). 두 지역간의 날개응애 유사도는 전체 종들을 기준으로 0.68로 나타났다.

검색어 - 환경 압력, 날개응애, 군집 분석, 종 다양도

유기물의 분해와 광물질화는 생태계의 기능 유지와 생산력에 필수적이다 (Seastedt, 1984). 토양 미생물과 더불어, 토양 절지동물은 다양한 생태계의 토양에서 분해와 영양분 동태에 상당한 영향을 미치고 있다 (Seastedt, 1984; Moore *et al.*, 1988). 이들 토양 절지동물 중 날개응애 (Acari: Oribatida)는 산림 생태계내에서 밀도가 매우 높아 톱토기와 더불어 우점군을 이루고 있으며 (Choi, 1984; Kwak *et al.*, 1989; Park *et al.*, 1996; Bae and Lee, 1997), 생태계내에서 낙엽의 분해자와 식균자로 부식연쇄계열 (detritus food chain)에서 에너지 흐름과 물질순환의 기능에 중요한 위치를 점하고 있다 (Seastedt, 1984; De Ruiter *et al.*, 1997).

최근 들어 세계 여러 곳에서 산림의 활력이 쇠퇴하는 현상들이 나타나고 있는데, 이들의 원인은 산성 강하물을 비롯한 여러 독성 물질들이 복합적으로 작용하고 있다. 독성 물질들은 산림 토양에 서식하는 절지동물들에게 유해한 영향을 미치고, 유기물 분해 및 광물질화를 지연시킨다 (Berg *et al.*, 1991). 토양 절지동물 중에서 날개응애는 오염된 환경을 판별해줄 수 있는 환경 지표 생물로서 군집수준에서 이용될 수 있다는 가능성들이 보고되었다 (Aoki, 1983; Weigmann, 1984; Paoletti *et al.*, 1991).

본 연구는 복합적인 환경 압력들이 산림에 서식하는 날개응애 군집 구조에 어떤 영향을 미치는가를 알아보기 위해, 조사지역으로 서울시 중심부에 위치하면서 도시화에 따른 여러 환경 스트레스를 받고 있다고 고려되는 남산과 비교적 자연림 상태로 보전이 잘 이루어져온 서울 외곽의 광릉시험림의 침엽수림을 선정하여, 이곳에 서식하는 날개응애를 대상으로 정량적인 연구를 수행하였다. 본 논문에서는 두 지역 날개응애 군집의 계절별 밀도 변동, 수직 분포, 우세도 및 출현빈도, 종 다양도, 유사도 등을 이용한 날개응애 군집 분석 결과를 제시한다.

재료 및 방법

조사지 및 시료채취

남산 조사지는 남산 타워를 기준으로 남산면에 위치하여 남산 식생도에서 리기다소나무 (*Pinus rigida*) 군집과 잣나무 (*Pinus koraiensis*) 군집으로 분류되어 있는 해발고도는 200~230m 지역이고, 이곳에 크기가 20 × 20m (400m²)인 정방형구를 한 개의 조사구로 하여

여섯 개 (1~6번)를 설정하였다. 광릉 조사지는 광릉수목원 시험림 중에서 침엽수림의 대표성을 띠는 잣나무 (*P. koraiensis*) 조림지였는데 해발고도 140~180m의 45임반을 조사지로 선택했으며, 조사구 크기는 남산과 동일하였고, 조사시기는 1993년 5월부터 1994년 10월까지 2년간 봄, 여름, 가을에 걸쳐 총 6회 조사하였다. 날개응애 채집을 위한 시료채취는 부엽층과 토양층을 구분하여 별도로 채취하였는데, 부엽시료는 조사구 (20 × 20m)내에서 임의로 설정한 정방형구 (1m²)에서 3곳의 부엽을 채취하여 1반복 (총부피; 160.5cm³)으로 하였고, 토양시료는 동일한 정방형구내에서 직경 5cm의 둥근 코아를 사용해 네 모서리와 중앙부위에서 깊이 5cm씩을 채취한 다음 이들 5개를 모아서 1반복 (총부피; 490.6cm³)으로 하였다. 조사구내에서 3반복을 실시하였으며, 94년도 조사에서는 토양의 깊이를 0~2.5cm, 2.5~5cm의 두 층으로 세분화하여 각기 채취하였다. 조사시기마다 조사지의 토양과 부엽에서 각각 18개 (3개/조사구)의 시료를 채취하였다. 기타 본 연구와 관련한 조사 방법들은 Park *et al.* (1998)에 자세히 기술되어 있다.

본 논문에서는 군집 분석에 이용된 여러 지수들의 계산식을 정리하였다. 그리고 날개응애 종명은 가장 최근에 발표된 한국산 날개응애 목록 (Choi, 1997)을 따랐다.

우세도 및 출현빈도

군집내에서 각 종의 개체군이 차지하는 비율은 전체 밀도로 각 종의 밀도를 나누어 백분율 (%)로 구하였으며, 우점종 (Dominant species)은 전체 밀도의 5%를 넘는 종, 중세종 (Influent species)은 2~5%의 종, 그리고 약세종 (Recessive species)은 2% 미만으로 구분하였다 (Choi, 1984). 그리고 조사시기마다 전체 조사구에 걸쳐 연속으로 출현하는 각종의 출현빈도 (Constancy)를 Wallwork (1976)의 기준에 따라 4단계로 나누었다. i) 절대종 (Absolute species); constancy 75~100%, ii) 상시종 (Constant species); constancy 50~75%, iii) 부속 출현종 (Accessory species); constancy 25~50%, iv) 우연종 (Accidental species); constancy 0~25%.

종 다양도 지수

군집의 종 다양도를 나타내는 지수로 종 풍부도, Shannon 지수 및 균등도 (Evenness) 지수를 사용하였

고 (Magurran, 1988), 이들 값들에 대한 유의성 검정은 Mann-Whitney test (Snedecor and Cochran, 1989)를 사용하였다.

i) 종 풍부도 (S)

S : 날개응애 총 종수

ii) Shannon 지수 (H')

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

P_i : 날개응애 종 i가 전체밀도에서 차지하는 비율

iii) 균등도 지수 (J')

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

유사도 지수

군집간의 종 구성의 유사성 검정에는 유사도 지수 (Sørensen similarity index)가 사용되었다 (Southwood, 1966). 이 값의 범위는 0(공통종이 없음)에서 1(전부 공통종)까지이며, 수식은 다음과 같다.

$$\text{Sørensen similarity index} = 2C / (A + B)$$

A, B : 각 조사지에서 출현한 전체 종 수, C : 조사지 간의 공통 종.

결과 및 고찰

계절별 밀도변동

남산과 광릉의 토양과 부엽층의 밀도를 종합한 날개응애 계절별 밀도 변동은 Fig. 1과 같았다. 1993년의 경우, 봄에 남산의 밀도가 낮았지만, 여름과 가을에는 두 지역에서의 밀도 변동 패턴은 비슷하였다. 1994년에는 광릉이 남산보다 밀도가 훨씬 높게 나타났고, 또한 광릉에서는 가을에 밀도가 감소하지 않고 오히려 증가하였다. 2년간에 밀도 변동 패턴을 취합해보면, 두 지역에서 봄과 여름의 밀도는 연도간에 비교적 안정되어 있는 반면, 가을의 밀도는 연도간에 밀도의 차가 크게 나타나 불안정하였다 (Fig. 1). Choi (1984)는 봄과 가을에 두 번의 최고밀도를 가지며, 계절간에 밀도변동이 심한 불안정한 밀도 경향을, Kaneko (1985)는 조사시기의 밀도간에 변이계수 (C.V)값이 2% 정도인 안정화된 밀도 변동을 보고한 바 있다. 날개응애 밀도 변동에 영향을 미치는 환경요인들로는 여러 가지가 있는데, 그 중에서 특히 토양수분함량과 강수량이 계절별 밀도 변동과 밀접한 관계가 있다 (Kwak et al., 1989). Choi (1984)는 다른 계절에 비해 여름에 특히 밀도가 낮게 나타난 것은 많은 강수량으로 인한 기계적인 충격으로 사망률의 증가를 원인으로 꼽았다. 본 연구에서는 남산과 광릉의 여러 환경요인들과 계절별

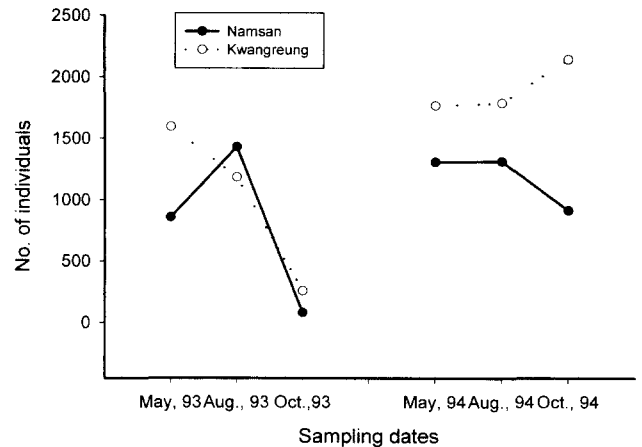


Fig. 1. Seasonal changes of oribatid mites density in Namsan and Kwangreung coniferous forests, 1993-1994. *Sample size: soil (0~5 cm in depth); 490.6 cm³ × 3 rep. × 6 plots, litter; 162.5 cm³ × 3 rep. × 6 plots. Soil and litter samples were summed.

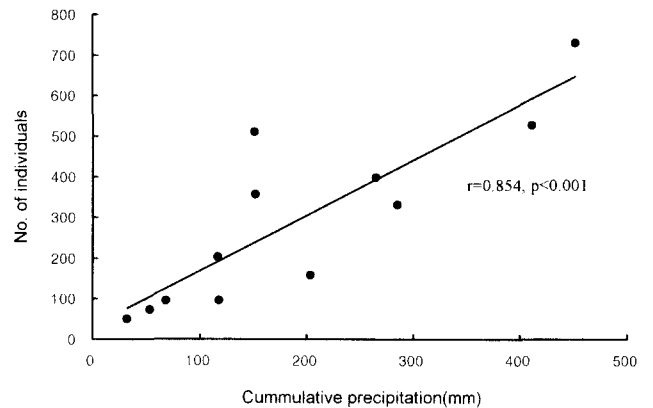


Fig. 2. Correlation between oribatid mites densities in soil and cumulative precipitation (mm) during one month before sampling.

밀도간에 상관분석을 한 결과, 날개응애 밀도와 토양 시료채취전 한 달 동안의 누적강수량만이 유의한 정 상관 (r=0.854, p<0.001)을 보였다 (Fig. 2). 즉 1993년 가을에 밀도가 매우 낮았던 것은 극심한 가뭄에 기인한 토양수분부족에서 야기된 결과라고 해석된다.

수직 분포

날개응애의 수직 분포 연구를 위한 시료는 1993년에 부엽층과 토양층 (0~5 cm)에서 각각 채취되었고, 1994년에는 부엽층과 토양층 두 곳 (0~2.5 cm, 2.5~5 cm)에서 각각 시료 채취가 이루어졌다 (Park et al.,

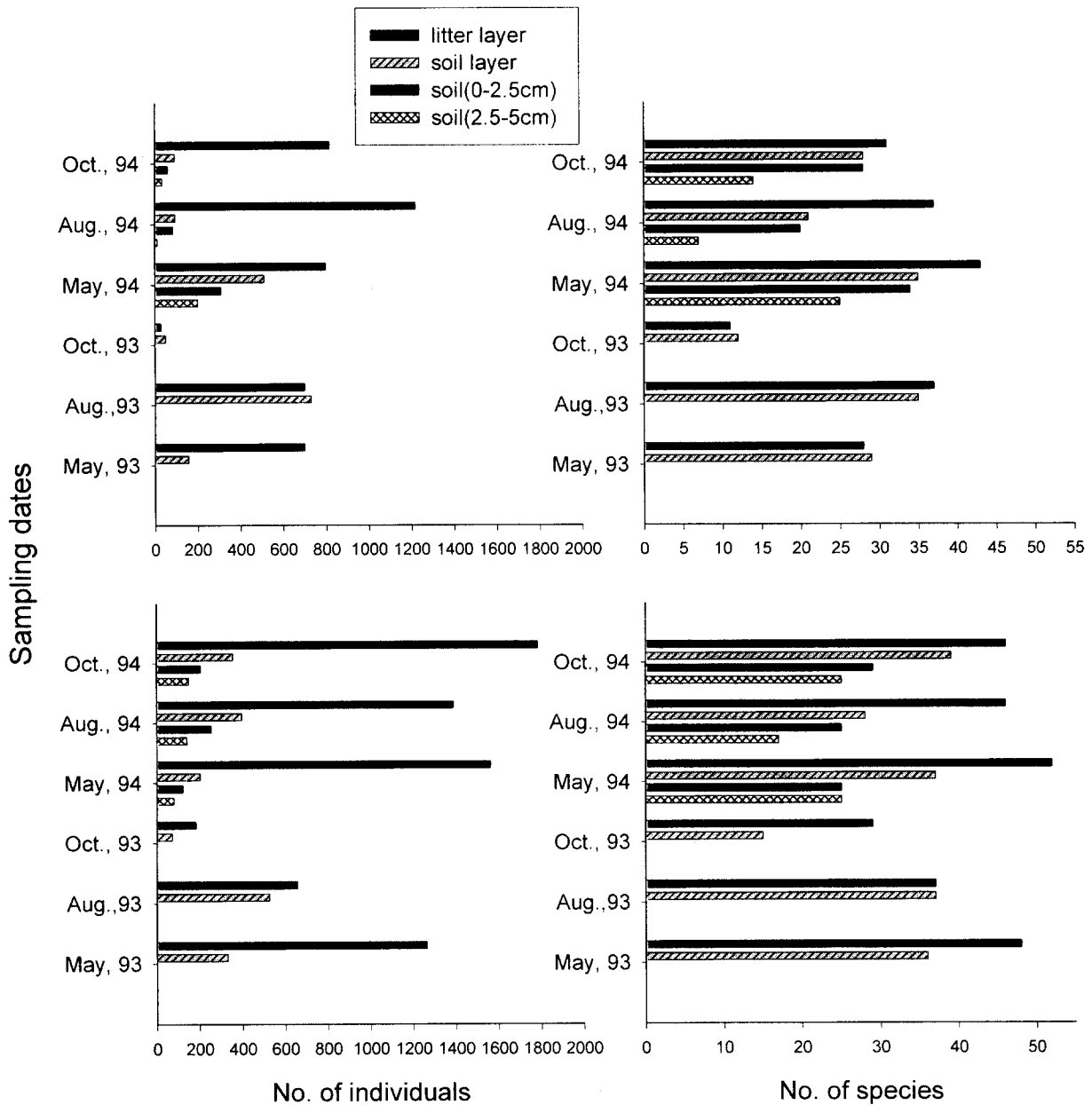


Fig. 3. Seasonal changes in vertical distribution of oribatid mites in Namsan and Kwangreung coniferous forests, 1993~1994. **Left:** density in each layer, **Right:** number of species in each layer.

1998). Fig. 3은 두 지역의 날개응애 수직분포를 서식 밀도와 종 수로 구분하여 계절별로 나타낸 것이다. 서식밀도의 수직분포는 부엽층에서 매우 높았고, 토양층으로 내려갈수록 밀도가 감소했으며, 계절별로 비슷한 패턴이 유지되었다. 종 수도 부엽층에서 토양층보다 많았으며, 깊이 내려갈수록 종 수가 감소하는 일치된 패턴을 보였다. 그러나 날개응애 밀도의 수직분포에서 보였던 토양층과 부엽층간의 심한 차이와는 다르게

종 수에서는 두 층이 비슷하여, 밀도는 높지 않지만 토양층에서 주로 분포하는 날개응애종들이 상당히 많이 존재한다는 것을 암시해 주고 있다. Choi(1984)는 토양층(0~15 cm)을 5 cm 간격의 세 부분으로 잘랐을 때, 종 수에서는 98% 이상, 개체수에서는 71% 이상이 0~5 cm 부위에 집중되어 있음을 보고하였고, Kwak *et al.* (1990)은 계절별 수직 분포는 고온기인 여름에는 상층에, 저온기인 겨울에는 하층에 밀도가 높다고 보

고하였다. 본 연구에서는 조사기간동안 토양온도가 급변하지는 않아, 계절별 수직분포 패턴은 나타나지 않았다. '93년과 '94년 조사기간동안 시료 채취를 부엽층과 토양층을 따로 채취한 결과 토양층내에서 비교는 힘들었지만, '94년도에만 세밀하게 두 부분(0~2.5 cm, 2.5~5 cm)으로 나누었을 때 깊이에 따라 종 수와 밀도가 감소하여 (Fig. 3), 토양내에서 수직 분포가 이전의 연구들(Choi, 1984; Kwak *et al.*, 1990)과 일치된 경향을 보였다. 그리고 본 연구에서 토양층에 비해 부엽층에서 밀도가 높았던 것은 토양층내의 수직 분포를 결정하는 온도나 습도보다는 우선적으로 날개응애의 먹이가 되는 곰팡이 등과 관련을 지어볼 수 있고, 부엽층이 더 양호한 서식처였다고 추론할 수 있다 (Chiba *et al.*, 1975).

우세도 및 출현빈도

Table 1은 1993년과 1994년 전 조사시기동안 채집된 종들을 우점종, 중세종 및 약세종으로 구분하여 우세도 분석을 한 결과이다. 각 그룹별 종 수는 남산에서 5종, 11종, 57종, 광릉에서 4종, 5종, 93종으로 조사되었고, 날개응애 전체밀도의 약 70%를 차지하는 우점종, 중세종들의 구성 종 수는 남산 16종, 광릉 9종

으로 나타나 광릉에서 날개응애 군집이 몇몇 종들에 의해 우점되었음을 보여 주었다. 두 조사지의 우점종은 남산에서는 *Schelorbates latipes* (몽둥이판날개응애), *Pergalumna altera* (나비응애), *Eohypochthonius crassisetiger* (십자띠응애), *Schelorbates* sp. (판날개응애속 1종), *Suctobelbella yezoensis*였고, 광릉에서는 *Ceratozetes japonicus* (골무잔날개응애), *Punctoribates punctum* (구멍사다리응애), *Trichogalumna nipponica* (털나비응애), *Ramusella sengbuschi*로 나타났다.

본 연구의 조사지와 비슷한 식생의 국내연구들에서 우점종들은 경기도 포천군 광릉시험림내 잣나무 조림지(34임반)에서 (Choi, 1984) *C. japonicus*, *Papillacarus hirsutus*, *E. crassisetiger*, 서울대 광양연습림 잣나무 조림지에서 (Kwak, 1987) *Eohypochthonius parvus*, *P. hirsutus*, *Epilohmannia pallida pacifica*, *E. crassisetiger*, 경기도 남양주군 잣나무 조림지에서 (Kwon and Choi, 1992) *C. japonicus*, *Oppiella nova*, *Trichogalumna nipponica*, *Cultroribula lata*, *Anachiptera grandis*, *P. punctum* 등으로 보고되었다.

본 연구에서 광릉 조사지의 최대 우점종인 *C. japonicus*는 Choi (1984), Kwon and Choi (1992)의 보고와 일치하는 종으로 우리나라의 잣나무 조림지의 산림토

Table 1. The List of dominant, influent and recessive species in Namsan and Kwangreung coniferous forests, 1993~1994

	Namsan		Kwangreung	
	Species name	No. of individuals (%)	Species name	No. of individuals (%)
Dominant species	<i>Schelorbates latipes</i>	664(11.8)	<i>Ceratozetes japonicus</i>	2080(25.7)
	<i>Pergalumna altera</i>	503(9.0)	<i>Punctoribates punctum</i>	1144(14.2)
	<i>Eohypochthonius crassisetiger</i>	427(7.6)	<i>Trichogalumna nipponica</i>	527(11.0)
	<i>Schelorbates</i> sp.	388(6.9)	<i>Ramusella sengbuschi</i>	374(5.1)
	<i>Suctobelbella yezoensis</i>	284(5.0)		
Influent species	<i>Schelorbates rigidisetosus</i>	264(4.7)	<i>Cultroribula tridentata</i>	382(4.7)
	<i>Microtritia minima</i>	245(4.4)	<i>Eohypochthonius crassisetiger</i>	342(4.2)
	<i>Punctoribates punctum</i>	204(3.6)	<i>Cultroribula lata</i>	321(4.0)
	<i>Xylobates</i> sp.	147(2.6)	<i>Atropacarus striculus</i>	237(2.9)
	<i>Oppiella nova</i>	140(2.5)	<i>Oppiella nova</i>	236(2.9)
	<i>Lohmannia coreana</i>	139(2.4)	<i>Ceratozetes japonicus</i>	130(2.3)
	<i>Trichogalumna nipponica</i>	125(2.2)	<i>Pergalumna magnipora</i>	124(2.2)
	<i>Schelorbates</i> sp. 2	121(2.1)	<i>Cultroribula lata</i>	114(2.0)
Recessive species	<i>Schelorbates</i> sp. 1	103(1.8)	<i>Oppia</i> sp. 3	134(1.7)
	<i>Rostrozetes ovulum</i>	102(1.8)	<i>Flagrosuctobelba naginata</i>	128(1.6)
	<i>Machuella ventrisetososa</i>	94(1.7)	<i>Tectocephus velatus</i>	112(1.4)
	<i>Rhysotritia ardua</i>	85(1.5)	<i>Suctobelbella yezoensis</i>	107(1.3)
	<i>Flagrosuctobelba naginata</i>	81(1.4)	<i>Eremobelba japonica</i>	104(1.3)
	<i>Epidamaeus</i> sp.	76(1.4)	<i>Rhysotritia ardua</i>	78(1.0)
	and 52 species		and 87 species	

Dominant species, >5% (of total density); Influent species, 5~2%; Recessive species, <2%.

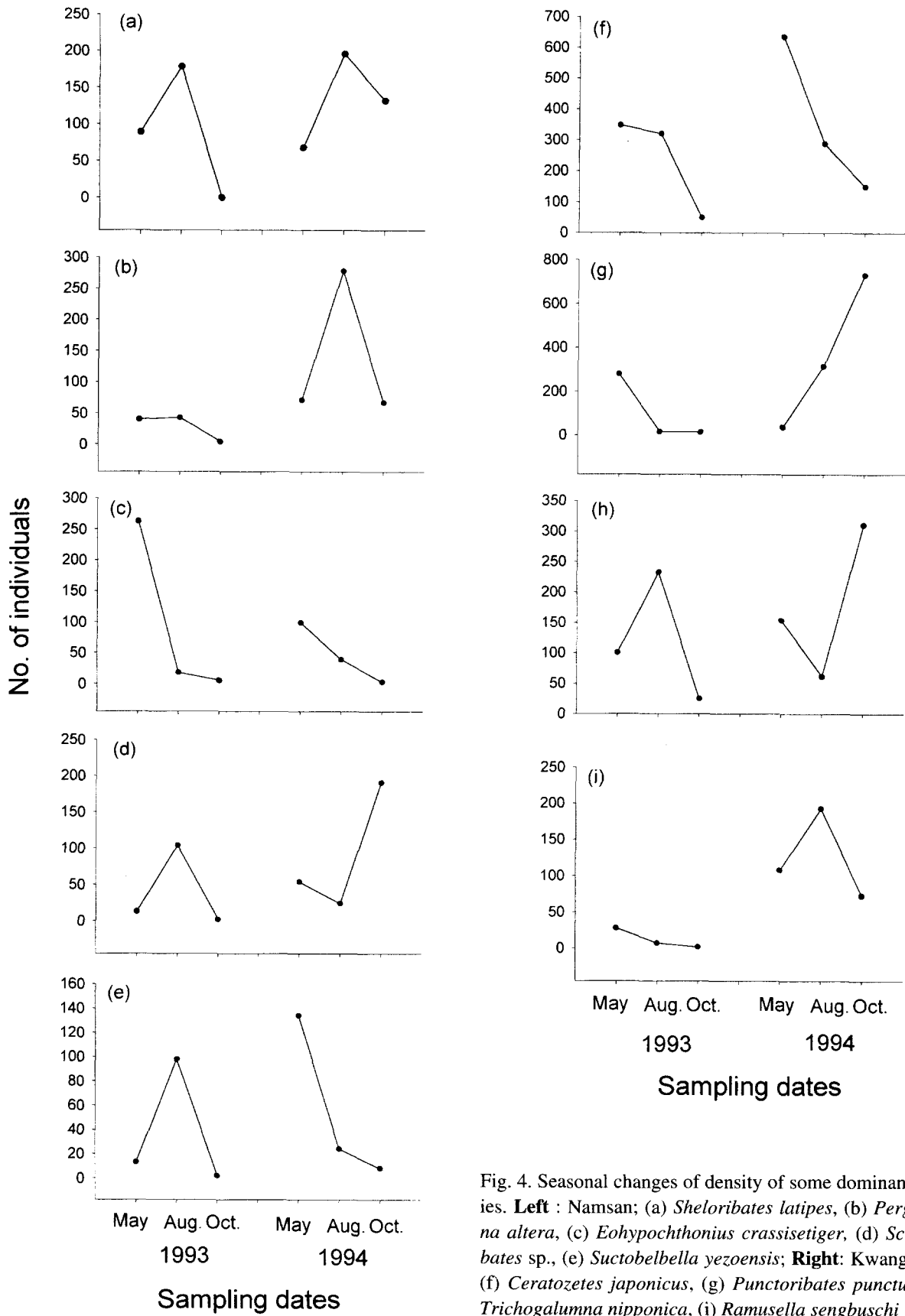


Fig. 4. Seasonal changes of density of some dominant species. **Left** : Namsan; (a) *Sheloribates latipes*, (b) *Pergalumna altera*, (c) *Eohypochthonius crassisetiger*, (d) *Schelori-bates sp.*, (e) *Suctobelbella yezoensis*; **Right**: Kwangreung; (f) *Ceratozetes japonicus*, (g) *Punctoribates punctum*, (h) *Trichogalumna nipponica*, (i) *Ramusella sengbuschi*

양에서 대표적인 날개응애 종으로 볼 수 있고, 반면 남산에서 최대 우점종인 *S. latipes*는 Kwak (1990)의 보고에서 우점군에 속해 있으나 다른 우점종들에 비해 밀도는 상당히 낮게 나타났다. 일본에서는 이 종은 건성과 습성의 환경 모두에 적응력이 높은 종으로 보고되어 있고 (Kitazawa, 1973), 인도에서는 *Schelorbates*속의 속하는 *S. caprai*, *S. rectus*, *S. striatus* (9.3%) 등이 우점하고 있음을 보고하였다 (Sarkar, 1990).

Fig. 4는 남산과 광릉의 우점종들의 계절별 밀도 변동이다. 비슷한 패턴을 보여주는 종들을 묶어서 그룹화 시켜보면, 첫 번째 그룹은 봄에 최고밀도를 기록하고, 이후 점차 밀도수준이 낮아지는 종들로서 광릉의

최우점인 *C. japonicus*와 남산의 *E. crassisetiger*를 들 수 있고, 두 번째 그룹은 봄과 가을에는 밀도가 낮지만, 여름에만 최고밀도를 기록하는 종들로는 남산의 최우점종인 *S. latipes*, *P. altera*와 광릉의 *Ramusella sengbuschi*로 묶을 수 있다. 그리고, 특정 시기에 최고 밀도를 기록하지 않고 주기적인 변동을 되풀이하는 종들로는 남산에서 *Schelorbates* sp., *S. yezoensis*와 광릉에서 *T. nipponica*를 들 수 있고 이를 세 번째 그룹으로 묶을 수 있다. 반면, 광릉의 두 번째 우점종인 *P. punctum*은 이들과는 다른 독특한 패턴을 나타냈는데, 이것은 밀도가 긴 주기를 가지고 변하는 것으로 추정된다. 본 연구에서 광릉의 최우점종인 *C. japonicus*의

Table 2. The occurrence frequency (%) of oribatid mites in Namsan and Kwangreung coniferous forests, 1993~1994

	Namsan		Kwangreung	
	Species name	Occurrence frequency (%)	Species name	Occurrence frequency (%)
Absolute species	<i>Schelorbates latipes</i>	83.3	<i>Ceratozetes japonicus</i>	100
	<i>Schelorbates</i> sp.	80.6	<i>Cultroribula tridentata</i>	88.9
	<i>Suctobelbella yezoensis</i>	77.8	<i>Oppiella nova</i>	86.1
	<i>Pergalumna altera</i>	75.0	<i>Trichogalumna nipponica</i>	83.3
	<i>Punctoribates punctum</i>	81.0	<i>Cultroribula lata</i>	81.0
	<i>Oppia</i> sp. 3	75.0	<i>Eremobelba japonica</i>	75.0
Constant species	<i>Schelorbates rigidisetosus</i>	69.5	<i>Oppia</i> sp.	72.2
	<i>Microtritia minima</i>	63.9	<i>Ramusella sengbuschi</i>	69.5
	<i>Oppiella nova</i>	55.6	<i>Flagrosuctobelba naginata</i>	63.9
	<i>Xylobates</i> sp.	52.8	<i>Lohmannia coreana</i>	61.1
	<i>Pergalumna magnipora</i>	50.0	<i>Suctobelbella yezoensis</i>	58.4
	<i>Punctoribates punctum</i>	50.0	<i>Tectocephus velatus</i>	55.6
			<i>Eohypochthonius crassisetiger</i>	55.6
			<i>Oppia</i> sp. 4	52.8
			<i>Atropacarus striculus</i>	50.0
		<i>Rhysotritia ardua</i>	50.0	
Accessory species	<i>Trichogalumna nipponica</i>	47.2	<i>Dolichermaeus elongatus</i>	47.2
	<i>Epidamaeus</i> sp.	44.5	<i>Trimalacothonrus</i> sp.	44.5
	<i>Schelorbates</i> sp. 1	44.5	<i>Liacarus kilchini</i>	41.7
	<i>Oppia</i> sp.	44.5	<i>E. pallida pacifica</i>	41.7
	<i>Rostrozetes ovulum</i>	41.7	and 16 species	
	<i>Flagrosuctobelba naginata</i>	41.7		
	<i>Ramusella sengbuschi</i>	41.7		
	<i>Ceratozetes japonicus</i>	41.7		
	<i>Nippohermannia parallela</i>	41.7		
	<i>Tectocephus cuspidentatus</i>	41.7		
	and 16 species			
Accidental species	<i>Papillacarus hirsutus</i>	22.2	<i>Trhypochthonius tectorum</i>	22.2
	<i>Protoribates crassisetiger</i>	22.2	<i>Gustavia microcephala</i>	22.2
	and 36 species		<i>Malacothonrus pygmaeus</i>	22.2
		and 64 species		

Absolute species: 76~100%, Constant species: 51~75%, Accessory species: 26~50%, Accidental species: 1~25%.

밀도 변동 패턴은 같은 지역의 Choi(1984)의 보고와 잘 일치하였지만, 남산에서 우점종인 *E. crassisetiger*는 광릉에서 Choi(1984)의 보고와는 정반대의 계절적 밀도 패턴을 보였다. 이러한 결과들은 날개응에 계절적 밀도 변동에 지역적 특수성이 작용하는 것으로 판단되며, 앞으로 날개응에 우점종들을 대상으로 개체군 수준에서 연구가 이루어져야만 명확한 결과를 얻을 수 있다고 본다. Wallwork (1970)는 날개응에의 연간 세대수는 크기에 따라 달라지는데, 몸길이가 0.8 mm 이상의 대형종은 1~2세대, 0.4~0.7 mm의 중형종은 2~3세대, 0.3 mm 이하의 소형종은 2~4세대를 거친다고 보고했다.

Table 2는 전체 조사시기동안에 채집된 종들에 대해 그들의 서식밀도에 상관없이 단지 종의 존재유무를 출현빈도에 따라 네 단계로 나타낸 것이다(Wallwork, 1976). 남산에서는 절대종(76~100%)이 4종, 상시종(51~75%)이 6종, 부속종(26~50%)이 26종, 우연종(1~25%)이 38종으로 나타났고, 광릉에서는 절대종이 8종, 상시종이 10종, 부속종이 20종, 우연종이 67종으로 나타났다. 두 지역에서 출현빈도가 비교적 높은 절대종과 상시종에 속하는 종들은 Table 1에서 우점종 및 중세종을 구성하고 있는 종들이 대부분이었으나, 광릉에서는 *Oppia* sp. 3(좁쌀응애속 1종)와 *Eremobelba japonica*(일본귀응애)가 날개응에 군집내에서 상대밀도가 낮은 약세종에 속함에도 불구하고 출현빈도는 매우 높은 것으로 나타났다. 그리고 남산에서 우점종과 중세종을 구성하고 있는 종들이 광릉에 비해 매우 많았는데 출현빈도 분석에서는 반대의 현상이 나타났다(Table 2), 출현빈도에서 50%가 넘는 종들은 남산에서 10종인 반면, 광릉에서는 18종으로 항상 출현하는 종들이 매우 높게 나타났다.

도시림을 대표하는 날개응애를 선별하기란 어렵지만, 서식하는 종들을 대상으로 출현빈도 분석은 도시림의 날개응에 군집 구조를 적절하게 표현해줄 수 있다(Weigmann, 1984). 남산이 광릉에 비해 출현빈도가 높은 종들이 약 절반밖에 안 된다는 본 연구의 결과는 Weigmann(1984)이 지적한 도시림이 보이는 특성인 출현빈도가 아주 높은 절대종과 상시종이 자연림에 비해서 아주 낮거나 없다는 것과 일치하며, 남산이 도시화에 따른 환경 압력을 지속적으로 받아 자연림과는 다른 도시림의 특성을 나타내었다고 판단된다.

종 다양도 지수

Table 3은 군집의 종 다양성 정도를 나타내는 종 풍부도(S), Shannon 지수(H') 및 균등도 지수(J')를 계산한 결과이다. 조사시기 마다 종 다양성 정도를 비교해 보면 종 풍부도에서는 항상 광릉이 높게 나타났지만, Shannon 지수(H')와 균등도 지수(J')에서 값의 패턴은

Table 3. Diversity indices for oribatid mite community in Namsan and Kwangreung coniferous forests, 1993~1994

	1993			1994			Mean ± S.E
	May	Aug.	Oct.	May	Aug.	Oct.	
Namsan							
S	41	44	18	53	42	40	39.7 ± 4.74
H'	2.59	3.09	2.29	3.41	2.83	2.75	2.83 ± 0.16
J'	0.70	0.82	0.79	0.86	0.76	0.75	0.78* ± 0.02
Kwangreung							
S	56	47	32	61	52	58	51.0* ± 4.29
H'	2.84	2.63	2.80	2.58	2.35	2.52	2.62 ± 0.07
J'	0.71	0.68	0.81	0.63	0.59	0.62	0.67 ± 0.03

*Mann-Whitney test ($p < 0.05$), S: Species richness, H': Shannon index, J': Evenness index.

이와는 일치하지 않았다. 전체적으로 볼 때, 종 풍부도는 광릉이 남산에 비해 유의성 있게 높았다($p < 0.05$). Shannon 지수(H')는 남산이 평균적으로 2.83, 광릉이 2.62로 나타나 남산이 광릉에 비해 조금 높았으며, 균등도 지수(J')는 남산이 광릉에 비해 유의성 있게 높았다($p < 0.05$). 날개응에 종 풍부도는 두 지역 모두 봄에 가장 높았고, Shannon 지수(H')는 남산의 경우, 최고, 최저치가 3.41, 2.29를 나타내 변동폭이 큰 반면, 광릉은 최고, 최저치가 2.84, 2.34로 이 값들의 계절별 변동폭은 작아 다소 안정적으로 나타났다. 균등도 지수(J')는 남산에서는 0.70으로 최저, 0.86으로 최고치를 나타냈고, 광릉에서는 0.59로 최저, 0.81로 최고치를 나타냈다.

군집 생태학에서 종 다양도를 나타내기 위해 가장 자주 사용되는 지수들은 종 풍부도, Shannon 지수(H') 및 균등도 지수(J')이고(Magurran, 1988), 이 중에서 Shannon 지수(H')는 정보이론을 바탕으로 한 불확실도를 나타내는 지수로 값이 클수록 군집 내에서 종 다양도가 증가하는 것을 의미하며, 종 수가 많을 때와 종들의 분포에 있어서 상대밀도가 균등할 때 값이 증가하는 특성이 있다(Peet, 1974). 균등도 지수(J')는 출현하는 전체 종 수에는 영향을 받지 않는다는 장점을 가지며, 종들의 분포비율이 균등할수록 높은 값을 가지게 되는데, 본 연구에서 군의 종 다양성을 측정하기 위해 사용한 Shannon 지수(H')와 균등도 지수(J')는 날개응에 군집의 종 다양성 분석을 한 여러 문헌에서 찾아볼 수 있다(Weigmann, 1984; Kaneko, 1985). 국내 연구로 Kwak and Kil(1989)은 본 연구와 식생이 같은 잣나무 조림지에서 Shannon 지수(H')값이 1.5~1.7, 균등 지수(J')값이 0.76~0.86이라고 보고했는데, 본 연구와 균등도 지수는 일치하였지만, Shannon 지수(H')는 상당히 낮게 나타났다. Shannon 지수는 계산시 사용하

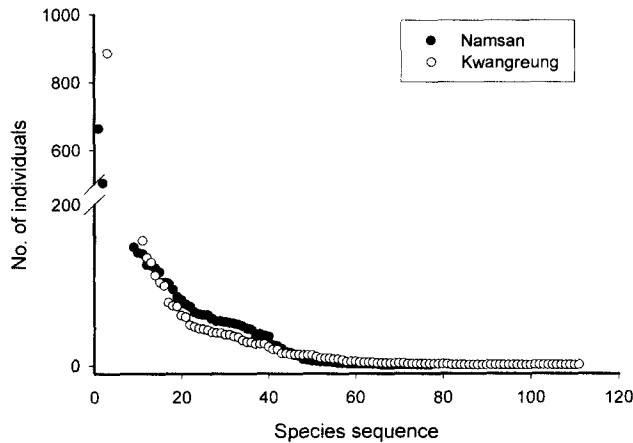


Fig. 5. Sequence patterns of common and rare species in Namsan and Kwangreung coniferous forests, 1993~1994.

는 로그값에 따라 Shannon 지수의 값이 달지는데, \log_{10} , \log_e , \log_2 의 순서로 값이 커지는 경향성을 가지며, 본 연구에서는 자연로그(\log_e)를 사용하였다. Table 3에서 나타난 전체적인 값들은 남산의 Shannon 지수(H')가 광릉에 비해 조금 높고, 균등도 지수(J')도 광릉과 비교해서 유의성 있게 높았는데 이런 결과는 광릉에서 날개응애 종 수와 서식밀도가 남산에 비해 월등히 높다는 결과(Park *et al.*, 1998)와 상충되어 다양도 지수들을 이용한 지역간 종 다양성 분석의 한계를 나타내주고 있다. Kwon(1998)의 목초지 날개응애류 종 다양도 지수분석에서도 종 수가 2배 이상 많은 지역들이 Shannon 지수가 1/2값을 가지는 결과를 보여 주었다. Weigmann(1984)은 Shannon 지수(H')가 도시림에서 2.6~2.9의 높은 값을, 도시외곽지역의 자연림에서는 1.6~2.2의 낮은 값들을 나타내 도시화가 진행됨에 따라 점점 더 높은 수준의 환경 압력을 받는 군집은 Shannon 지수(H')로서 종 다양성을 표현하기에는 적절치 않다는 보고를 하였다. 이는 환경적인 압력을 받고 있다는 남산이 자연림으로서 고려되는 광릉보다 다양도 지수들이 높게 나타난 본 연구의 결과와도 잘 일치하며, 특히 종이 월등히 풍부한 광릉에서 Shannon 지수(H')가 낮은 값을 가지는 결정적인 이유는 각종의 밀도를 서열순으로 배치했을 때, 광릉에서는 풍부한 종과 희귀한 종들의 배치가 그래프의 양극단에 집중되어 있어 Shannon 지수(H')의 값을 낮추는 원인으로 제공되었다(Fig. 5). 그리고 이것은 전체 종들의 상대밀도에서 균등도를 떨어뜨려 광릉에서 Shannon 지수(H')의 값이 낮게 나타났다고 할 수 있다. 특히 100종 이상의 많은 종 수가 채집되는 날개응애 군집의 종다양도 측정 결과에 대한 해석에는 신중해야 한다고 판단된다.

유사도 지수

두 지역의 날개응애 군집의 종구성에서 계절별 유사도 지수는 평균적으로 남산이 0.66, 광릉에서 0.62로 남산이 유사도지수가 높게 나타났다(Table 4). 많은 종이 채집된 1994년이 1993년보다 계절간 유사도가 높았다. 1993년 가을의 경우에는 종 수가 작아서, 인접된 조사시기와 유사도 지수가 평균값보다 상당히 낮았고, 봄과 여름간에는 유사도 지수가 높아 군집이 안정적임을 알 수 있는데, 연속된 조사에서 조사시기 간에 유사도 지수가 0.6 이상일 때 그들의 군집은 안정되어 있다고 보고되었다(Rahel, 1990).

두 지역 군집간의 유사도는 전체 조사된 종들을 기준으로 했을 때 0.68로 나타났고, 종 수가 많은 1994년이 1993년에 비해 유사도가 낮았다(Table 5). 그리고, 두 지역 날개응애 군집의 유사도 지수는 봄에 높고 가을로 갈수록 점차 낮아지는 일정한 패턴을 두해에 걸쳐 볼 수 있었다. 참고로, 두 지역의 조사지내 6개 조사구들간에 유사도 지수는 남산에서 평균값이 0.78, 광릉에서 0.72로 나타나, 각 조사지에서 조사구들간에 종들의 유사성이 조사지역간의 유사성보다 훨씬 높게 나타났다(Park, 1995).

Table 4. Comparison of similarity indices of oribatid mites community between sampling dates in Namsan and Kwangreung coniferous forests, 1993~1994

	1993			1994			Mean ± S.E
	May	Aug.	Oct.	May	Aug.	Oct.	
Namsan	0.78	0.56	0.48	0.74	0.76		0.66 ± 0.06
Kwangreung	0.68	0.48	0.49	0.71	0.73		0.62 ± 0.05

Table 5. Similarity indices between oribatid mites community in Namsan and Kwangreung coniferous forests on each sampling date, 1993~1994

	1993				1994				Total
	May	Aug.	Oct.	Total	May	Aug.	Oct.	Total	
Similarity	0.72	0.57	0.32	0.68	0.61	0.58	0.55	0.61	0.68

Table 6. Similarity indices of oribatid mites communities between seasonal collections in two years in Namsan and Kwangreung coniferous forests, 1993~1994

	May 93	Aug. 93	Oct. 93	Mean ± S.E
	May 94	Aug. 94	Oct. 94	
Namsan	0.77	0.72	0.52	0.67 ± 0.08
Kwangreung	0.67	0.71	0.62	0.66 ± 0.03

1993년과 1994년 두 해에 걸쳐 같은 계절에 채집된 날개응애 군집간에 유사도 지수는 남산이 0.67, 광릉이 0.66로 나타났는데 (Table 6), 이 값은 Table 5의 두 지역간 유사도 지수인 0.68과 비교할 때, 훨씬 높은 값을 가질 것이라는 생각과는 다르게 거의 비슷한 값을 가졌는데, 이러한 결과의 원인으로서는 1993년, 1994년 가을간의 유사도 지수가 다른 계절에 비해 매우 낮아 전체 유사도 값을 낮게 한데도 원인이 있다고 생각된다.

사 사

본 연구를 수행하는데 있어 날개응애 종 동정에 많은 도움을 주신 원광대학교 생명자원과학대학 최성식 교수님께 감사드리며, 본 연구는 선도기술개발사업 (G-7)의 일환인 생태계 복원기술 개발 사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

인 용 문 헌

- Aoki, J. 1983. Analysis of oribatid communities by relative abundance in the species and individual numbers of the tree major groups (MGP-analysis). *Yokohama National University Env. Res. Rep.* 10: 171~176. (In Japanese with English Abstract)
- Bae, Y.H. and J.H. Lee. 1997. Studies on the soil invertebrate community in the process of leaf decomposition in Namsan and Kwangreung deciduous forests. *Korean J. Soil Zoology* 2: 83~91. (In Korean with English Abstract)
- Berg, B., G. Ekbohm, B. Soderstrom and H. Staaf. 1991. Reduction of decomposition rates of Scots pine needle litter due to heavy metal pollution. *Water, Air and Soil Pollution*. 59: 165~177.
- Chiba, S., T. Abe, J. Aoki, G. Imadate, K. Ishikawa, M. Kondoh, M. Shiba and H. Watanabe. 1975. Studies on the productivity of soil animals in pasoh forest reserve, west Malaysia. I. Seasonal changes in the density of soil mesofauna : Acari, Collembola and Others. *Sci. Rep. Hirosaki Univ.* 22: 87~124.
- Choi, S.S. 1984. Studies on the analysis of soil microarthropod community in Gwangreung area. *Wonkwang University Research Collection*. 18: 185~235. (In Korean with English Abstract)
- Choi, S.S. 1997. Checklist of Oribatid Mites (Acari: Oribatida) of Korea. *Korean Arachnol.* 13: 83~104. (In Korean with English Abstract)
- De Ruiter, Peter C., Anje-Margriet N. and J.C. Moore. 1997. Soil Food web interactions and modeling. pp. 363~386. in *Fauna in soil ecosystems*, ed. by Gero Benckiser. 414 pp. Marcel Dekker Inc, New York.
- Kaneko, N. 1985. A comparison of oribatid mite communities in two different soil types in a cool temperate forest in Japan. *Pedobiologia* 28: 255~264.
- Kitazawa, Y. 1973. *Soil animal Ecology*. 158 pp. Konglip company Press. Tokyo. (In Japanese)
- Kwak, J.S. 1987. Soil microarthropods at the Kwangyang experiment plantation, 1. Composition of oribatid mites (Acari: Crystostigmata). *Korean J. Ecol.* 10: 23~31. (In Korean with English Abstract)
- Kwak, J.S., S.S. Choi and T.H. Kim. 1989. Soil microarthropods at the Kwangyang experiment plantation, 2. Population density and biomass of soil microarthropods. *Korean J. Ecol.* 12: 183~190. (In Korean with English Abstract)
- Kwak, J.S. and B.S. Kil. 1989. Soil microarthropods at the Kwangyang experiment plantation, 3. Relationship between soil oribatid mite and vegetation. *Korean J. Ecol.* 12: 191~202. (In Korean with English Abstract)
- Kwak, J.S., J.S. Choi, N.P. Park, S.S. Choi, T.H. Kim and T. Y. Kim. 1989. Soil microarthropods at the Kwangyang experiment plantation, 4. Diversity of soil microarthropods in relation to environmental factors. *Korean J. Ecol.* 12: 203~208. (In Korean with English Abstract)
- Kwak, J.S., S.S. Choi, T.H. Kim and H.Y. H. Cho. 1990. Soil microarthropods at the Kwangyang experiment plantation, 5. Vertical distribution and seasonal fluctuation of soil microarthropods. *Korean J. Ecol.* 13: 25~32. (In Korean with English Abstract)
- Kwon, Y.R. and S.S. Choi. 1992. Soil microarthropods fauna in plantations of the Korean white pine (*Pinus koraiensis*), 1. Composition of oribatid mites (Acari: Crystostigmata). *Korean J. Appl. Entomol.* 31: 10~22. (In Korean with English Abstract)
- Kwon, Y.R. 1998. Soil microarthropods in pasture at Unbong, Namwon city. *Korean J. Soil Zoology*. 3: 72~77. (In Korean with English Abstract)
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. 179 pp. Cambridge University Press, London.
- Moore, J.C., D.E. Walter and H.W. Hunt. 1988. Arthropods regulation of micro- and mesobiota in below-ground detrital food webs. *Ann. Rev. Entomol.* 33: 419~439.
- Park, H.H., 1995. Analysis of oribatid mites (Acari: Oribatida) communities in Namsan and Kwangreung coniferous Forests. 78 pp. MS thesis. College of Agriculture & Life sciences, SNU, Suwon. (In Korean with English Abstract)
- Park, H.H., C.E. Jung, J.H. Lee and B.Y. Lee. 1996. Soil microarthropods fauna at the Namsan and Kwangreung. *Korean J. Soil Zoology* 1: 37~47. (In Korean with English Abstract)
- Park, H.H., J.H. Lee, Y.H. Bae and S.S. Choi. 1998. Diversity of oribatid mites (Acari: Oribatida) in Namsan and Kwangreung coniferous forests. *Korean J. Soil Zoology* 3: 78~90. (In Korean with English Abstract)

- Paoletti, M.G., M.R. Favretto, B.R. Stinner, F.F. Purrington and J.E. Bater. 1991. Invertebrates as bioindicators of soil use. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 34: 341~362.
- Peet, R.K. 1974. The measurement of species diversity. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 5: 285~307.
- Rahel, F.J. 1990. The hierarchical nature of community persistence : A problem of scale. *Am. Nat.* 136: 328~344.
- Sarkar, S. 1990. Studies on microarthropod community in one undisturbed habitat of Tripura (India) with special reference to oribatid mites. *Rev. col. Biol. Sol.* 27: 307~329.
- Seastedt, T.R. 1984. The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. *Ann. Rev. Entomol.* 29: 25~46.
- Snedecor, G.W. and W.G. Cochran. 1989. *Statistical Methods*. 8th ed., 503 pp. Iowa State University Press, Iowa.
- Southwood, T.R.E. 1966. *Ecological methods, with particular reference to the study of insect populations*. 391 pp. Methuen & Co Ltd., London.
- Wallwork, J.A. 1970. *Ecology of soil animals*. 283 pp. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Wallwork, J.A. 1976. The distribution and diversity of soil fauna. 331 pp. Academic Press, San Diego.
- Weigmann, G. 1984. Structure of oribatid mite communities in the soils of urban areas. pp. 917~923. in *Acarology VI*. vol. 2, eds. by D. A. Griffiths and C. E. Bowman. 1296 pp. Ellis Horwood Limited, Chichester.

(1999년 9월 13일 접수, 2000년 3월 21일 수리)