

造林年度가 다른 잣나무造林地 土中 톡톡이群集의 季節的 變動에 關한 研究*

Studies on Seasonal Changes of Collembolan Community in the Plantations of Korean White Pine, *Pinus koraiensis*, Which is Planted in Different Year

金 亨 勤·玄 在 善¹
Hyung Hoon Kim and Jai Sun Hyun¹

ABSTRACT A study has been carried out to examine the characteristics of the soil arthropodan communities in the plantations of Korean white pine, *Pinus koraiensis*. Periodical soil samples were taken from the forests during the period from July, 1986 to June, 1987, except in winter months. The arthropods were extracted by the means of Berlese funnel. The distribution of collembola showed to be aggregated and appeared to be different distribution pattern with the environmental conditions. The structures of the collembolan communities in the soil seemed to reflect the forest conditions; and the diversity of the component species and the fluctuation of the number of individuals showed greater stability with the older plantations than with the younger ones. With young plantation sites, the various indices of the community, however, were affected more by the physical conditions than those of plantations. A great increase in the number of individual occurred in August and the peak densities continued thereafter through October, and these might be related with the reproductive patterns of the component species as well as the temperature and the accumulation of organic materials.

KEY WORDS collembola, ecology, white pine, seasonal changes

抄 錄

本實驗은 나이가 다른 잣나무造林地에서의 土中 톡톡이群集의 特性을 調査하기 위하여 수행하였다. 造林後 1~2年된 地域에서 11~12년된 地域을 1986年 7月부터 1987年 6月까지 調査한 結果는 다음과 같다.

全體의 톡톡이群集構造는 各種에 따라 심한 集中分布現象을 나타내고 있고, 同一種도 地域에 따라 다른 分布樣式를 나타낸다. 造林年度別 群集構造는 造林年度가 오일수록 種多樣度가 높아지고, 密度와 種數도 安定되어 있다. 造林後 2年이 지난 1985年造林地에서는 東傾斜面인 I區가 西傾斜面인 II區보다 種多樣度가 높았다. 季節的 群集構造는 溫度가 높은 8月과 有機物含量이 가장 많은 10月에 密度와 種數가 높은데 이는 톡톡이類의 活動이 溫度, 濕度, 有機物量에 影響을 받는 것으로 생각된다.

檢索語 톡톡이, 生態, 잣나무造林地, 季節的 變動

톡톡이는 主로 落葉層에棲息하면서 有機物의 分解過程에서 中요한 役割을 한다(Anderson 1975, Christiansen 1964). 톡톡이類의 棲息環境은 多樣하여 그의 生態的地位는 高度로分化되어 있다(Nosek 1981).

Wallwork(1970)는 어떤 地域의 톡톡이群集構

造는 生態的要因과 歷史的要因의 複合作用의 結果라고 하였으며, Huhta 와 Mikkonen(1982), Knight(1961) 等은 林相이 다른 森林에서의 톡톡이群集의 特性을 調査하여 林相의 影響을 報告한 바 있다.

本研究는 環境條件이 비슷하고 樹木被度에 差가 있는 地域에서 落葉層分解에 關與하는 톡톡이群集의 特性을 파악하기 위하여 造林年度가 다른 林地에서 그의 種構成과 主要種의 季節的

1 서울대학교 農科大學 農生물학과(Dept. of Agric. Biology, College of Agric., Seoul Natl. Univ., Suwon, Korea)

* 本研究는 1986年度 文教部 基礎科學育成研究造成費의 支援으로 이루어진 研究의 一部임.

密度變動을 調査하였다.

調査地의 概況 및 調査方法

本 調査地는 京畿道 南楊州郡 水洞面 水山2里
물막골 ($37^{\circ}40' \sim 37^{\circ}45'N$, $125^{\circ}15' \sim 125^{\circ}27'E$)
一帶로 地勢가 比較的 險하여 傾斜가 급하고 계
곡에서 흘러내리는 물이 水洞川으로 합쳐지는
集水域이다.

調査地는 신갈나무를 主로한 自然落葉樹林을
造林前年 가을에 伐木한 後 다음해 3年生 잣나
무 苗木을 平均 1.83 m 간격의 正方形으로 심은
1975年, 1980年 그리고 1985年 造林地이다. 各
造林地의 잣나무平均密度는 約 3,000本/ha이다.
1975年 造林地는 約 25度의 北東傾斜面으로 草本
植物은 거의 없고 잣나무외의 木本植物로 병꽃나
무, 국수나무가 있었다. 樹高는 3m以上이다.
1980年 造林地 역시 約 25度의 北東傾斜面으로
잣나무외에 병꽃나무가 있었으나 잣나무에 의해
서 괴음되어 있고 落葉層이 比較的 두껍고 土壤
의 A層이 約 16 cm로 매우 肥沃하며 樹高는 2m
정도이다.

1985年 造林地는 約 35度의 東側傾斜面(I)과 西
北傾斜面(II)으로 造林初期段階이므로 잣나무보다
草本植物들이 優占하며 落葉層은 伐木前의
신갈나무葉의 殘存有機物이 있으나 傾斜가 급하
여 빗물에 의한 土壤浸蝕이 일어나는 곳이다.
西北傾斜面이 東側傾斜面보다 傾斜가 심하다.

標本은 1986年 7月부터 1987年 6月까지 겨울
철인 11月에서 3月까지는 눈으로 인하여 조사가
불가능하여 제외하고 每月 一回씩 採取하였다.

1975年과 1980年 造林地는 比較的 均一하고 面

積이 1 ha 以下이므로 하나의 調査地로 하였고
1985年 造林地는 面積이 넓고 地形의 差가 커서
東傾斜面(I)과 西北傾斜面(II)으로 區分하였다.

土壤採取는 直徑 5 cm × 높이 5 cm의 鐵製
core를 使用하여 1m² 正方形의 中心點과 4개
의 頂點 合計 5個를 採取하여 한개의 標本으로
하였다.

各 調査地는 10個의 小區로 하고, 各 小區의
分布는 될 수 있는대로 全造林地에 걸치도록 配
慮하였다.

標本속의 特특이類는 Berlese & Tullgren의
funnel 原理를 利用하여 24時間 抽出하였다. 抽
出특특이類는 80% Ethanol에 保管後 解剖顯微
鏡($\times 100$)으로 種을 同定하고 計數하였다.

結果 및 考察

특특이群集의 集中現象

表 1은 Gunnarsson(1980)의 集中度指數이다.
λ의 값이 1이면 任意分布이고, 1以上이면 集
中分布로 判斷되는데 4個調査地 모두에서 季節
의 差는 있으나 集中分布양상을 보여준다. 落葉
期인 10月에 集中現象이 심하고 5月과 6月에
는 調査地에 따라 任意分布 또는 均一分布를 하
는 수도 있는 것으로 보이며 그 값의 變動幅은
1985年 造林地에서 가장크고 1975年 造林地에서
가장 적어 造林年度에 따르는 植生被度가相當
한 關係가 있음을 짐작할 수 있다. 또 1985年 造林
地에서는 區間差가相當히 커서 環境條件의
異質性도 또한 影響을 미치고 있음을 짐작할 수
있다. 即 1985年 造林地에서 I區는 傾斜가 比較

Table 1. Index of aggregation(λ) for soil collembola in four different plantation sites

Planted years	'86				'87			Average
	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Apr.	May	Jun.	
1975	1.876	2.869	2.082	4.209	2.123	3.430	1.437	2.575
1980	1.968	3.464	3.166	2.137	1.895	0.937	0.295	1.980
1985-I	1.159	2.726	3.894	4.239	1.390	0.814	0.817	2.148
1985-II	1.957	4.276	3.456	6.156	2.548	1.293	1.673	3.051
Average	1.740	3.334	3.150	4.185	1.989	1.619	1.056	

$$\lambda = \sqrt{V/m}$$

V : variance

m : mean

의 완만한 東側傾斜面이며 II區는 傾斜가 급한 西北側斜面으로 環境의 異質性이 큰 곳이다.

一般的으로 톡톡이類는 落葉層에 살고 있으며 移動이 작아 그의 分布는 微環境條件에支配된다.

Hartenstein(1961)은 森林土中節肢動物群의 分布樣式을 調查하여 31個調查區中 28個區에서 그의 分布樣式이 負의 二項分布樣式을 따른다고 하였다. Poole(1961)은 英國 Waen Wen地方의 더그라스잣나무林 톡톡이를 調查하고 優占 5種의 平均值에 對한 分散比가 環境的變異가 큰 곳에서 크다고하여 環境條件이 分布樣式에 미치는 影響이 크다고 하였다.

造林後 經過年數가 오랜 곳에서 λ값의 경시적 變異가 작고 初期造林地에서 그것이 크다는 것은 林木被度의 增大와 植生의 差로 因한 環境條件 特히 地中溫度와 濕度의 相對的 安定化를 뜻하는 것으로 생각된다.

톡톡이群集의 密度變動

톡톡이群集의 種構成과 密度變動 表2는 各調查地에서의 톡톡이類의 種數와 密度의 變動이다.

全體的 密度를 보면 8月~10月間의 密度가 4~6月間의 密度에 此하여 約 3倍程度가 높으며 平均種數는 比較的 安定되어 있으나 8~10月에 높은 경향을 보였다. 造林地間 平均密度는 1985年 II區에서 가장 높고 1985年 I區에서

가장 낮았다. 그러나 1985年 II區 10月의 異常的인 密度를 除外하면 그 平均密度는 20.64로 1985年 I區와 비슷하여지며 그 變動幅은 各造林地에서 10.65~42.7, 1.57~49.3, 5.22~46.3, 8.34~90.9 등으로 造林年度가 오래된 곳에서 密度가 높고 變異幅이 적어지는 傾向을 보이고 있다.

그리고 最高密度에 達하는 것은 1975年와 1980年 造林地에서는 8月인데 反하여 1985年 造林地에서는 10月이며 最低密度期는 1985年 I區를 除外하면 全部가 6月이다.

表3은 調査期間中에 採集된 톡톡이의 種別 密度比率이다.

採集된 種數는 調査區間에 明白한 差가 없어 같은 氣候的條件에서의 一般的傾向을 볼 수 있으나 標本當 平均種數(表2)는 造林年度가 오래된 곳에서 크나 全調查期間中에 出現한 總種數에서는 反對로 造林年度가 오래되지 않은 곳에서 많은 傾向이 있는 것은 林木의 樹冠部被度의 差가 土壤의 環境條件에相當한 影響이 있음을 示唆하고 있다.

全體的으로 全密度의 10%以上을 차지하고 있는 *Entomobrya nivalis*(48.5%), *Onychiurus armatus*(18.8%), *Hypogastrura armata*(13.9%) 等 3種으로 全體의 81.2%를 차지하고 있어 이 地域에서의 土中톡톡이類를 代表하고 있으며 *O. armatus*는 造林年度가 오래된 곳에서 比重이 커지는데 反하여 나머지 2種은 減少하

Table 2. Seasonal changes in average number of collembola in four different plantation sites
(No.S/Sample)

Planted years	'86				'87			Average
	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Apr.	May	Jun.	
1975	26.53 (11)	42.7 (8)	21.0 (11)	35.6 (12)	17.7 (11)	28.3 (13)	10.65 (9)	26.07 (10.7)
1980	21.91 (9)	49.3 (11)	48.9 (12)	29.4 (12)	14.1 (11)	4.3 (5)	1.57 (4)	24.21 (9.1)
1985-I	8.75 (8)	41.58 (10)	41.43 (14)	46.3 (14)	6.66 (7)	5.22 (6)	9.99 (10)	22.85 (9.9)
1985-II	13.0 (8)	40.34 (10)	31.89 (9)	90.9 (15)	19.77 (11)	10.5 (7)	8.34 (6)	30.68 (9.4)
Average	17.55 (9)	43.48 (9.8)	55.81 (11.5)	50.55 (13.3)	14.56 (10)	12.08 (7.8)	7.64 (7.3)	

() : number of species

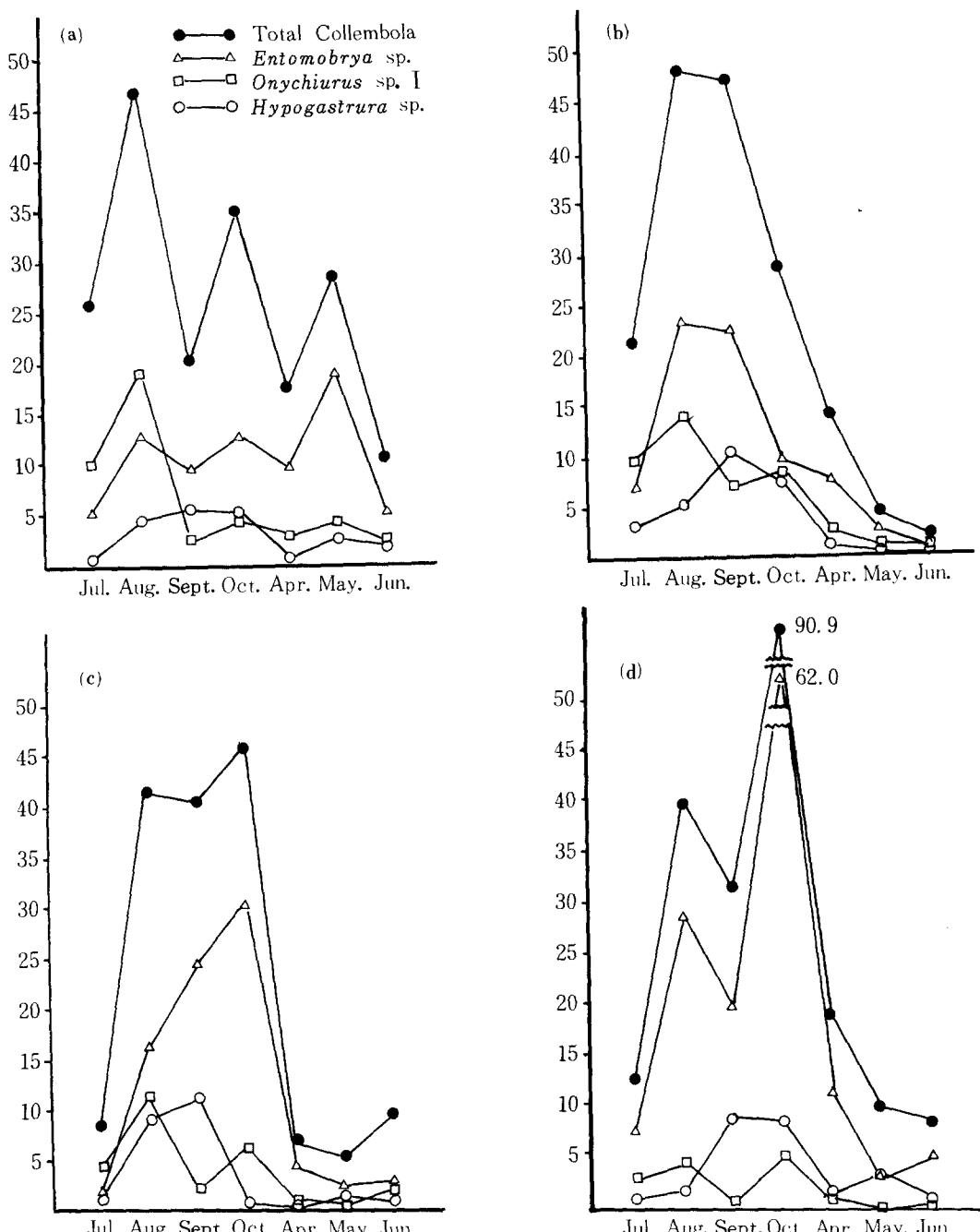
Table 3. Relative abundance values for each species of soil collembola in four different plantation sites (%)

Planted years	1975	1980	1985-I	1985-II	Average
<i>Onychiurus armatus</i>	24.3	22.9	18.5	9.3	18.75
<i>Tullbergia</i> sp.	1.1	0.2	0.9	0.8	0.75
<i>Homidia</i> sp.	2.1	1.9	0.8	0.7	1.38
<i>H. koreana</i>	—	—	0.1	—	0.03
<i>Entomobrya nivalis</i>	41.2	43.2	47.0	62.7	48.53
<i>E. sp.-I</i>	0.1	0.1	0.3	0.1	0.15
<i>E. sp.-II</i>	—	—	—	—	—
<i>E. pulcherrima</i>	—	—	—	—	—
<i>Tomocerus</i> sp.	—	—	0.1	0.1	0.05
<i>Hypogastrun armata</i>	11.7	16.0	15.9	12.1	13.93
<i>Xenylla</i> sp.-I	2.1	1.3	2.2	4.7	2.58
<i>X.</i> sp.-II	5.0	4.3	3.2	4.3	4.2
<i>X.</i> sp.-III	0.1	0.05	0.6	0.3	0.26
<i>X.</i> sp.-IV	0.1	0.5	1.1	0.1	0.45
<i>Neanura</i> sp.-I	1.1	1.1	1.4	1.1	1.18
<i>N.</i> sp.-II	—	—	0.1	0.1	0.05
<i>N. binatuber</i>	1.3	0.7	1.4	0.3	0.93
<i>Micranurida</i> sp.	0.2	0.05	0.2	0.05	0.13
<i>Anurida</i> sp.	3.0	3.3	2.2	1.3	2.45
<i>Folsomia</i> sp.	2.2	1.9	2.1	0.8	1.75
<i>Isotomurus</i> sp.	3.5	1.8	1.7	0.9	1.98
<i>Sminthurides</i> sp.	—	0.1	0.1	0.05	0.06
<i>Neelides</i> sp.	—	—	—	—	—
<i>Dicyrtoma</i> sp.	—	—	—	—	—
unidentified sp.	1.0	0.4	0.1	0.2	0.43
No. of species	17	18	21	20	—

Table 4. Monthly dominant species in soil samples

Planted years		1975	1980	1985-I	1985-II
'86	Jul.	<i>O. armatus</i> 0.40	<i>O. armatus</i> 0.43	<i>O. armatus</i> 0.46	<i>E. nivalis</i> 0.60
	Aug.	<i>O. armatus</i> 0.46	<i>E. nivalis</i> 0.49	<i>E. nivalis</i> 0.38	<i>E. nivalis</i> 0.73
	Sept.	<i>E. nivalis</i> 0.45	<i>E. nivalis</i> 0.47	<i>E. nivalis</i> 0.60	<i>E. nivalis</i> 0.64
	Oct.	<i>E. nivalis</i> 0.36	<i>E. nivalis</i> 0.33	<i>E. nivalis</i> 0.66	<i>E. nivalis</i> 0.68
'87	Apr.	<i>E. nivalis</i> 0.55	<i>E. nivalis</i> 0.55	<i>E. nivalis</i> 0.63	<i>E. nivalis</i> 0.61
	May	<i>E. nivalis</i> 0.68	<i>E. nivalis</i> 0.58	<i>E. nivalis</i> 0.44	<i>H. armata</i> 0.36
	Jun.	<i>E. nivalis</i> 0.49	<i>O. armatus</i> 0.36	<i>E. nivalis</i> 0.27	<i>E. nivalis</i> 0.68

O. : *Onychinrus* *E.* : *Entomobrya* *M.* : *Myopogastrura* (Berger and Parker dominance index, 1970)

**Fig. 1.** Seasonal fluctuations in density of dominant species.

(a) 1975 plantation site (b) 1980 plantation site

(c) 1985-I plantation site (d) 1985-II plantation site

는 傾向을 보이고 있다.

表 4는 各 調査地에서의 月別優占種斗 그의

優占度指數이며 그림 1은 優占 3種의 月別密度

變動狀況이다.

全調查區에서 *E. nivalis*가 主優占種으로 그의 優占度는 0.27~0.73이다. *O. armatus*는 主로 여름철의 優占種으로 그의 優占度는 0.36~0.46이다. 1985年度 II區에서 *H. armata*가 5月에 優占度는 낮으나 優占種으로 나타나고 있다.

Niijima(1971)는 日本의 잣나무林에서 이 種은 봄과 가을에만 發見되었다고 하였는데 그림 1에서 보는 바와같이 各調查地에서 비슷한 傾向을 보이고 있다.

全특특이群集의 密度는 8月頃부터 급격히 增加하며 調查地에 따라 多少間의 差는 있으나 10月頃까지 그 密度가 維持되며, 겨울철에는 낮은 密度로 떨어지는 것으로 추정된다.

群集密度는 優占種인 *E. nivalis*의 密度變動과 잘 一致하고 있으나 1985年度造林地에서는 最高密度에 達하는 時期가 兩區에서 모두 10月인데 反하여 1975年과 1980年造林地에서는 이 時期가 8月이다. Poole(1961)은 前記報告에서 *Isotoma notabilis* 等 優占 5種中 4種의 最高密度期는 8月이라고 하고 그의 密度變動相은 年中溫度變動相과 대체로 一致한다고 하였다. Niijima(1971)는 日本의 잣나무林에서 *Entomobrya*類는 年中出現하나 그의 最高density期는 10月이라고 하였다. 한편 Maeda와 Tanaka(1982)는 日本九州의 砂丘에서 特특이類을 調査하여 5月과 7月에 最高density出現이 있었고 種數는 10月에 最高에 이른다고 하였다. Knight(1961)은 林相이 다른 森林內의 Tomocerinae 亞科의 特특이類를 調査하고 環境條件에 따라 密度가 높았으며 이들은 林木이 없는 곳에서는 發見되지 않았다고 하였다. *Tomocerus flavescent*s는 幼令針葉林에서 密度가 높은 반면 *T. lamelliferus*는 明白한 傾向은 없었다고 한다.

어떤 地域에서 特특이類의 種數는 一次的으로 氣候的 條件이나 地形的 條件 等과 같은 無機的 條件에 依하여 決定된다고 하겠으며 그의 密度는 이들의 生殖相에 依하여 左右될 것이다.

Maeda와 Tanaka(1982)는 前記報告에서 優占 6種의 季節的 密度變動特性을 토대로 砂丘棲息特특이類에서는 여름철에 密度가 높은 것과 낮은 것, 봄부터 여름철에 높아지는 것 그리고 夏節과 冬節에 높은 것 等 4型을 區分한 바 있

어 種에 따라 生態的 要求條件에 差가 있음을 報告한 바 있다.

특특이群集의 種多樣度 表5는 各 調査地에서의 特특이群集의 群集指數이다.

表表 中平均值는 概況的인 것으로 염밀한 欽은 아니나 全體的인 傾向을 볼 수 있다. 優占度指數는 造林年度가 최근인 곳에서 높은 反面 種數나 多樣度指數 그리고 均等度指數는 오래된 造林地에서 높은 傾向이 있다. 優占度指數의 季節的變動은 1985年度 造林地에서는 9~10月間에 가장 높고 5~6月間에 가장 낮은 반면 1975年度 造林地에서는 4~5月에 가장 높고 9~10月에 낮아지고 있다. 種多樣度指數는 1985年度 造林地에서는 가을철에 낮고 봄에 높은데 반하여 1975年度 造林地에서는 그 반대이다. 이것은 이들 指數가 林木의 成長에 따라 영향을 받는 것으로 생각된다.

表6은 表3의 값에서 서로 같은 종의 값중 낮은 값을 선택하여 구하는 Renkonen의 類似度이다.

全調查地의 類似度는 75%以上으로相當히 높은 類似性을 보이고 있다. 이것은 같은 氣候的 條件下에서 造林後의 經過年數가 그렇게 큰 差

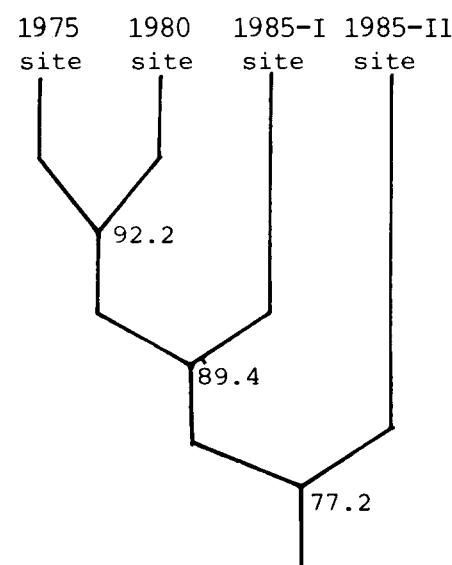


Fig. 2. Classification of the faunal similarities between four sites.

Table 5. Indices of the soil collembola in four different plantation sites

Planted years	'86				'87			Average
	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Apr.	May	Jun.	
Shannon index								
1975	1.8613	1.4244	1.5429	1.8952	1.5360	1.1535	1.5261	1.5628
1980	1.4101	1.3993	1.6253	1.6901	1.4952	1.1687	1.2632	1.4360
1985-I	1.5896	1.5056	1.1700	1.2913	1.2388	1.4085	1.9800	1.4548
1985-II	1.2233	0.9948	0.9920	1.2729	1.2819	1.3379	1.0080	1.1587
Average	1.5211	1.3310	1.3326	1.5374	1.3880	1.2672	1.4443	
Evenness index								
1975	0.7762	0.6850	0.6435	0.6181	0.6405	0.4497	0.6946	0.6439
1980	0.6781	0.5836	0.6541	0.6017	0.6236	0.7262	0.9112	0.6826
1985-I	0.7644	0.6539	0.4433	0.4694	0.6366	0.7861	0.8599	0.6591
1985-II	0.5883	0.4320	0.4515	0.4734	0.5346	0.6875	0.5626	0.5328
Average	0.7018	0.5886	0.5481	0.5407	0.6088	0.6624	0.7571	
Richness index								
1975	3.0504	1.8646	3.2846	3.0792	3.4800	3.5897	3.3819	3.1043
1980	2.2676	2.5655	2.8279	3.2535	3.7790	2.7423	6.6508	3.4409
1985-I	3.2272	2.4144	3.4909	3.3897	3.1644	2.9914	3.9103	3.2269
1985-II	2.7291	2.4342	2.3106	3.1044	3.3510	2.5517	2.3573	2.6912
Average	2.8186	2.3197	2.9785	3.2067	3.4436	2.9688	4.0751	
Dominance index								
1975	0.2236	0.3178	0.2974	0.2016	0.3455	0.4926	0.3050	0.3119
1980	0.3018	0.3343	0.2883	0.2386	0.3457	0.4040	0.3057	0.3169
1985-I	0.2784	0.2787	0.4375	0.4595	0.4332	0.2913	0.1670	0.3351
1985-II	0.4196	0.5534	0.4856	0.4836	0.4193	0.3021	0.5022	0.4523
Average	0.3059	0.3711	0.3772	0.3458	0.3859	0.3725	0.3200	

가 없고 地形的으로 類似하여 당연한 結果라 하 는造林年度가 비슷할 때 比較的 높은 傾向을 나타내고 있으나 같은 造林年度의 林地라하여도 地形이나 기타 條件에 따라相當한 差가 있다.

Wallwork(1970)는 어떤 地域에서의 特特이類의 群集構造는 生態的要因과 歷史的要因의 複合作用 結果로 그의 類似度는 地域間比較의 指標가 될 수 있다고 하였으며 Poole(1961)은 前記研究에서 *I. notabilis* 外 4種의 密度와 有機物量과 水分含量間의 關係를 調查하여 *I. notabilis* 은 林木密度가 높은 곳보다 낮고 토양의 가변성이 큰 林地에서 높은 密度를 나타내었다고 하였다. Huhta와 Mikkonen(1982)는 편랜드의 가문비나무林에서 Entomobryidae 特特이群集을 調查하고 *E. nivalis*의 密度는 成林에서 中令林보다 높았다고 하였다. 이러한 相反된 結果는 種에 따르는 生態的 要求條件의 差가 基因되는 것

으로 생각된다.

겠다.

그러나 造林地間의 差은 1975年區와 1980年區間에는 92.2%인데 반하여 1985年 II區와는 75%로 상당한 差가 있다.

그림 2는 表 6를 利用한 調查地域間의 類似性關係이다.

Table 6. Coincidence table showing Renkonen numbers calculated for pairs of sites from the data presented in Table 3
(Renkonen's faunal similarity, 1938)

Planted years	1975	1980	1985-I	1985-II
1975	100.			
1980		92.2	100.	
1985-I		87.3	91.5	100.
1985-II		75.0	76.0	80.6
				100.

그림에서 보는 바와 같이 특특이 群集의 類似度 Vegter(1983)는 Entomobryidae·특특이類의 먹이와 棲息處分化에 關한 研究에서 標本間差는 林木의 有無와 高度의 有意性이 있었고 地點間變異는 有意性이 없었으며 標本內에서는 種과 地點間相互作用에 有意性이 있음을 밝히고 總密度에는 林相이 大端히 깊은 關係가 있으나 같은 林相下에서는 微環境條件이 重要하다고 하였다.

그림 2에서 보는 바와 같이 造林年度에 따르는 類似性의 差는 植生에 依한 落葉의 種類나 量 그리고 被度의 差에 따르는 土層의 溫度나 濕度等의 差에 기인된 것으로 推測된다. 即 土中 有機物分解에 重要한 役割을 하는 特특이 群集은 伐木直後 林木이 土層環境에 큰 영향을 미치기 前에는 主로 地形이나 方向 等에 따르는 物理化學的 要因이 支配的 영향을 미쳐 그 種數나 密度는 季節的으로 變動이 甚하나 林木이 生長하면서 群集은 安定性을 더해가는 것으로 생각된다.

引用文獻

- Burges, A. & F. Raw. 1967. Soil Biology. Academic Press. 532pp.
- Butcher, J.W., R. Snider & R.J. Snider. 1971. Bio-ecology of edaphic Collembola and Acarina. Ann. Rev. Ent. 16 : 249~288.
- Christiansen, K. 1963. Bionomics of collembola. Ann. Rev. Ent. 9 : 147~178.
- Crossley, D.A. & M.P. Hoglund, Jr. 1962. A litter-bag method for the study of microarthropods inhabiting leaf litter. Ecology 43 : 571~573.
- Engelmann, M.D. 1968. The role of soil arthropoda in community energetics. Am. Zoologist 8 : 61~69.
- Gill, R.W. 1969. Soil microarthropod abundance following oldfield litter manipulation. Ecology 50 : 805~816.
- Hagvar, S. 1982. Collembola in Norwegian coniferous forest soils. I. Relations to plant communities and soil fertility. Pedobiologia 24 : 255~296.
- Hagvar, S. & Abrahamsen, G. 1984. Collembola in Norwegian coniferous forest soils. III. Relations to soil chemistry. Pedobiologia 27 : 331~339.
- Hartenstein, R. 1961. On the distribution of forest soil microarthropods and their fit to "Contagious" distribution functions. Ecology 42 : 190~194.
- Hijii, N. 1987. Seasonal changes in abundance and spatial distribution of the soil arthropods in a Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) plantation, with special reference to collembola and Acarina. Ecol. Research 2 : 159~174.
- Huhta, V. & M. Mikkonen. 1982. Population structure of Entomobryidae (Collembola) in a mature spruce stand and in clear-cut reforested areas in Finland. Pedobiologia 24 : 231~240.
- 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.
- Longstaff, B.C. 1975. The dynamics of collembolan populations: competitive relationships in an experimental system. Can. J. Zool. 54 : 948~962.
- Luxton, M. 1981. Studies on the oribatid mites of a Danish beech wood soil. VI. Seasonal population changes. Pedobiologia 21 : 387~409.
- Maeda, M. & S. Tanaka. 1982. The seasonal change in collembolan community of sandy beech. Jap. J. Ecol. 32 : 483~489.
- Milne, S. 1962. Phenology of a natural population of soil Collembola. Pedobiologia 2 : 41~52.
- Niijima, 1971. Seasonal changes in collembolan populations in a warm temperate forest of Japan. Pedobiologia 11 : 11~26.
- Nosek, J. 1981. Ecological niche of collembola in biogeocoenoses. Pedobiologia 21 : 166~171.
- Peet, R.K. 1974. The measurement of species diversity. Ann. Rev. Ecol. Syst. 5 : 285~307.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. J. Thoret. Biol. 13 : 131~144.
- Poole, T.B. 1961. An Ecological study of the collembola in a coniferous forest soil. Pedobiologia 1 : 113~137.
- Schenker, R. 1984. Spatial and seasonal distribution patterns of oribatid mites (Acaria: Oribatei) in a forest soil ecosystem. Pedobiologia 27 : 133~149.
- Seastedt, T.R. 1984. The role of microarthropods in decomposition and mineralization process. Ann. Rev. Ent. 29 : 25~46.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. Nature 163 : 688.
- Takeda, H. 1983. A long term study of life cycles and population dynamics of *Tullbergia yosii* and *Onychiurus decemsetosus* (Collembola) in a pine forest soil. Pedobiologia 25 : 175~185.
- Tanaka, M. 1970. Ecological studies on communities of soil Collembola in Mt. Sobo, Southwest Japan. Jap. J. Ecol. 20 : 102~110.
- Usher, M.B., R.G. Booth & K.E. Sparkes. 1982. A review of progress in understanding the organization of communities of soil arthropods. Pedobiologia 23 : 126~144.
- Vegter, J.J. 1983. Food and habitat specialization

- in coexisting springtails (Collembola, Entomobryidae). *Pedobiologia* 25 : 253~262.
- Whelan, J. 1985. Seasonal fluctuations and vertical distribution of the acarine fauna of three grassland sites. *Pedobiologia* 28 : 191~201.
- Whitford, W.G. 1984. A comparison on surface and buried *Larrea tridentata* leaf litter decomposition in north American hot deserts. *Ecology* 65 : 278 ~284.

(1989년 3월 30일 접수)