

솔잎혹파리 被害赤松林의 生態學的 研究(III)¹
—清原郡 소나무群集의 7年間の 植生變化分析—

李景宰² · 吳求均³ · 任慶彬⁴

Ecological Changes in Pine Gall Midge-damaged *Pinus densiflora* Forest at the Southern Temperate Forest Zone in Korea(III)¹

—Analysis of Phytosociological Changes During Seven Years of the Korean Red Pine Community in Cheongwon-gun—

Kyong Jae Lee² · Koo Kyoon Oh³ · Kyong Bin Yim⁴

要 約

忠南 清原郡의 赤松林을 대상으로 솔잎혹파리無被害時期 및 極甚狀態時期의 森林群集構造의 變化內容을 분석하였다. 無被害時期인 1980년에 4개의 調査區를 선정하고 各 調査區에 5개씩의 小調査區를 설치한 후 植生調査를 하였으며, 極甚被害時期인 1987년에 同一場所에서 再調査를 실시하였다. 1980년의 出現樹種數는 32種이던 것이 1987년에는 53種이었다. 솔잎혹파리被害가 심하여짐에 따라 代償樹種으로 참나무류가 발달하였으며, 졸참나무와 갈참나무의 相對優占値의 增加가 有意的이었다. 또한 피해가 심하여 지자 森林群集의 種構成狀態가 多樣하여져 種多樣度, 均在度 等이 증가하였다. 1980年과 1987年의 調査群集間의 類似度指數는 전체적으로 71.2%이었으나, 喬木上·下層 및 灌木層에서 각각 87.6%, 52.9%, 49.7%로서 喬木下層과 灌木層에서 種構成狀態가 매우 異質化하였다.

ABSTRACT

To investigate and analyze the change in the forest community structure between non-attacked time(in 1980) and severely damaged time(in 1987) by pine gall midge, *Thecodiplosis japonensis*, four plots with five subplots were sampled at Cheongwon-gun of Chungcheongbuk-do. The total number of woody species per 0.2ha changed 32 in 1980 to 53 in 1987. According to the damage increasing, the importance value of the genus *Quercus* as a substituting species has sprung up. Especially the importance value of *Quercus serrata* and *Q. aliena* significantly increased in the heavily insect infested forest. As to changes of forest community structure during 7 years, diversity of vegetation structure has increased. The similarity indices between 1980 and 1987 were 52.9% and 49.7% in the understory and shrub stratum, respectively.

Key words : vegetation structure ; species diversity ; *Pinus densiflora*.

¹ 接受 7月 4日 Received on July 4, 1988.

² 서울市立大學校 文理科大學 College of Liberal Arts and Science, Seoul City Univ., Seoul, Korea.

³ 서울大學校 農科大學 College of Agriculture, Seoul National Univ., Suwon, Korea.

⁴ 圓光大學校 農科大學 College of Agriculture, Wonkwang Univ., Iri, Korea.

緒 論

본 연구는 既往에 발표된 研究報告(韓林誌 50, 52, 54號)에 계속 되는 것으로 이곳에서는 1980년에 솔잎혹파리被害가 없었던 忠北 淸原郡의 소나무의 群集構造를 보고하였으나 최근에 솔잎혹파리被害가 極甚하여져 다시 調査報告하는 것을 내용으로 했다. 本 研究의 目的은 솔잎혹파리의 加害로 인한 소나무林의 群集構造의 變化를 分析하는 것으로 하였다.

1980년에 솔잎혹파리에 의한 被害群集과 無被害群集間의 構造差異를 조사분석하였으나^{13,14,15}, 동일장소가 아닌 관계로 土壤 및 氣候等の 物理的인 環境要因의 차이로 인한 誤差를 배제할 수가 없었다. 그러나 본 연구는 동일장소에서 7년이라는 時差를 두고 조사한 관계로 장소차이에 따른 오차는 배제할 수 있을 것이다.

材料 및 方法

1980년 5월에 솔잎혹파리 無被害地로 4개의 調査區를 선정, 각 조사구에 5개씩의 小調査區를 설치하여 조사하였던 동일장소에서 1987년 10월에 본 조사를 실시하였다. 調査區의 設定方法 및 條件은 前報¹³와 동일하다.

植生調査를 위하여 각 조사구에 5개씩의 方形區(quadrat)를 설치하고 Monk의 방법⁹에 따라 層位를 喬木上·下層, 灌木層으로 구분하였다. 方形區의 크기는 喬木의 上·下層의 樹木群은 10×10 m, 灌木層의 것은 5×5m로 하였다. 方形區別로 喬木上·下層의 樹木群은 胸高直徑(DBH), 灌木層의 樹木群은 樹冠投影面積을 측정하여 수종별로 植生調査를 하였다. 식생조사 資料를 사용하여 Curtis and McIntosh¹¹의 방법에 따라 相對優占值

(importance value; IV)를 산정하였다. 또한 種多樣度(species diversity; H'), 均在度(evenness; J'), 優占度(dominance; D)등의 種多樣성은 Shannon의 數式¹⁰, 類似度指數(similarity index; SI)는 Whittaker의 數式¹²에 의하여 계산하였다.

結果 및 考察

1. 調査地 概況

本 調査對象地의 行政的인 位置는 忠北 淸原郡 琅成面, 末院面으로 소나무가 優占種인 群集이다.

中央氣象臺 淸州測候所에서 측정한 1951~1980년의 30년간 氣象資料의 平均値에 의하면 年平均氣溫 11.4℃, 年平均最高氣溫 17.1℃, 年平均最低氣溫 6.5℃, 年平均降水量 1290.0 mm이고, 溫量指數 및 寒冷指數는 각각 98.6℃, -20.5℃로서 水平的 森林帶에 의하면¹⁶ 溫帶中部林에 해당하여 落葉闊葉樹가 極相樹種으로 출현할 수 있는 곳이다.

본 조사대상지의 土性은 대체로 砂質壤土가 주를 이루고, 傾斜는 10~20° 완경사지이다. Table 1은 각 조사구의 一般概況을 나타낸 것으로 모든 조사구는 傾斜 10~15°인 北向에 위치한다. 土壤水分의 平均値는 12.3%이고, 土壤有機物含量은 평균 6.8%로서 1980년의 6.3%¹⁵와 거의 비슷한 水準이었다. 한편 土壤酸度는 평균 5.40으로서 酸性의 토양이나 소나무가 優占種인 다른 지역과 비교하면^{5,7} 높은 水準으로서 활엽수로의 遷移誘導가 加速化될 것이다. 본래 遷移初期에는 土壤에 의하여 그 진행이 지배되다가 어느 段階에 이르던 生物群集이 발달을 지배하게 되므로⁶, 본 대상지는 土壤의 酸도가 참나무류가 生育하기 좋은 수준이어서^{5,7} 遷移初期段階가 빨리 진행될 것이다.

1980년도에 소나무의 外部健康度를 5단계로 구분 측정하였다¹³. 즉 건강도 5: 樹冠이 완전하고

Table 1. General description for each plot.

Plot	Aspect	Slope (°)	Altitude (m)	Soil			Health condition of <i>Pinus densiflora</i>	
				Moisture (%)	Humus (%)	pH	1980	1987
1	NW	10	240	12.82	7.43	5.71	5.0	2.5
2	NW	15	200	12.46	7.02	5.14	5.0	2.5
3	N	10	300	11.56	6.12	5.55	5.0	1.5
4	NW	15	280	12.18	6.55	5.37	5.0	2.5

일의 殘存率이 80~100%임, 건강도 4:일의 殘存率이 60~80%이며, 새로운 가지의 先端이 고사됨, 건강도 3:일의 殘存率이 30~60%이며, 가지의 고사가 큰 가지에 미침, 건강도 2:일의 殘存率이 10~30%이며, 큰 가지의 1/2이상인 고사됨, 건강도 1:일의 殘存率이 10%이하이며 거의 고사상태임으로 구분하였다. 이상의 기준에 의하면 1980년 5월의 소나무의 健康度는 正常狀態인 5.0이었으나, 1987년 10월의 健康度는 1.5~2.5로서

매우 심한 피해상태를 보였으며, 본 지역은 1985년부터 솔잎혹파리의 被害가 두드러지게 나타난 곳이다.

2. 植生調査

1980년도와 1987년의 調査區別, 層位別로 各樹種의 相對優占值(IV)을 계산한것이 Table 2이다. 표에서 보아듯이 1980년의 全調査區의 出現樹種數는 총 32種이던 것이 1987년에는 53種으로 21種이

Table 2. Importance values of the crown story for each year.

Species	unit : %							
	1987				1987			
	C ¹	U ²	S ³	M ⁴	C	U	S	M
<i>Pinus densiflora</i>	100.0	52.2	16.8	70.2	87.6	26.5	0.0	52.6
<i>Juniperus rigida</i>			0.6	0.1		2.6	1.7	1.2
<i>Platycarya strobilacea</i>		6.8	4.7	3.0		2.0	1.1	0.8
<i>Corylus sieboldiana</i>		0.8	7.1	1.5		1.6	0.0	0.5
<i>Castanea crenata</i>		1.2		9.4	6.5	6.1	1.4	5.6
<i>Quercus acutissima</i>		4.5	6.3	2.6		1.1	2.0	0.7
<i>Q. variabilis</i>		0.9		0.3		2.9	1.3	1.2
<i>Q. dentata</i>			3.3	0.5		0.8	6.2	1.3
<i>Q. aliena</i>		6.0	11.2	3.8		1.8	15.9	3.3
<i>Q. mongolica</i>		1.3		0.4		6.2	4.5	2.8
<i>Q. serrata</i>		2.0	13.5	2.9		6.0	17.6	4.9
<i>Prunus sargentii</i>		4.0	1.4	1.6		6.8	0.4	2.3
<i>Abizizia julibrissin</i>			0.2	0.1		1.1	0.3	0.4
<i>Lespedeza maximowiczii</i>		0.8	4.9	1.1			0.4	0.1
<i>L. cyrtobotrya</i>		0.8	1.5	0.5		1.8	2.9	1.0
<i>Robinia pseudoacacia</i>		1.6		0.5	5.9	4.0	0.5	4.4
<i>Zanthoxylum piperitum</i>			1.5	0.2			0.4	0.1
<i>Rhus trichocarpa</i>		5.6	2.1	2.2		4.7	3.0	2.1
<i>Evonymus alatus for striatus</i>			2.8	0.4			2.5	0.4
<i>Rhododendron mucronulatum</i>		3.6	8.8	2.6		3.4	7.8	2.4
<i>Rh. schlippenbachii</i>			0.2	0.1			0.4	0.1
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>			0.5	0.1		2.4	1.1	1.0
<i>Smilax china</i>		0.8	2.0	0.6		3.0	2.9	1.5
<i>Pueraria thunbergiana</i>		3.2		1.1				
<i>Elaeagnus umbellata</i>		0.9		0.3				
<i>Indigofera kirilowii</i>		1.2	2.0	0.7				
<i>Celastrus orbiculatus</i>			0.5	0.1				
<i>Carpinus coreana</i>			0.5	0.1				
<i>Salix gracilistyla</i>			0.3	0.1				
<i>Acer ginnala</i>			0.5	0.1				
<i>Pinus rigida</i>						1.4	0.4	0.5
<i>Betula costata</i>						1.5	0.7	0.6
<i>Abus hirsuta</i>						0.8	0.4	0.3
<i>Corylus heterophylla</i>						0.5	2.8	0.6
<i>Akebia quinata</i>							0.3	0.1
<i>Lindera obtusiloba</i>						2.3	1.1	1.0
<i>Ribes maximowiczianum</i>						1.0	0.0	0.3

Table 2. (continued)

Species	(unit : %)							
	1980				1987			
	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>Stephanandra incisa</i>							0.8	0.1
<i>Pyrus pyrifolia</i>						0.9	0.0	0.3
<i>Sorbus commixta</i>						1.1	0.0	0.4
<i>S. alnifolia</i>						0.7	0.0	0.2
<i>Rubus crataegifolius</i>						0.0	0.7	0.1
<i>Rosa multiflora</i>							0.5	0.1
<i>Maackia amurensis</i>						0.5	0.0	0.2
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>						1.2	2.5	0.8
<i>Rhus japonica</i>						1.3	0.7	0.5
<i>Euonymus alatus</i>							0.6	0.1
<i>E. oxyphyllus</i>							1.9	0.3
<i>Staphylea bumalda</i>							2.1	0.4
<i>Vitis amurensis</i>							0.6	0.1
<i>Actinidia arguta</i>							0.7	0.1
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>						1.1	1.9	0.7
<i>Styrax japonica</i>						0.5	1.1	0.4
<i>Ligustrum obtusifolium</i>							1.2	0.2
<i>Callicarpa japonica</i>							0.4	0.1
<i>Viburnum dilatatum</i> for. <i>pilosulum</i>						0.5	1.7	0.5
<i>Weigela subsessilis</i>							0.3	0.1
<i>Cocculus trilobus</i>							0.3	0.1
<i>Smilax sieboldii</i>							0.7	0.1
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>							0.3	0.1

1 : Canopy 2 : Understory 3 : Shrub stratum 4 : Mean

증가하였다. 보통 植物群集은 個體數가 적은 다수의 稀小種과 개체수가 많은 소수의 普通種으로 구성되나 外部壓力이 가해지면 稀小種의 種數가 변화된다⁹⁾. 본 조사지는 솔잎혹파리被害가 발생하기 전인 1980년경에는 소나무群集으로 安定狀態를 이루고 있었으나, 이후 솔잎혹파리被害가 발생되어 優占種인 소나무의 勢力이 약화되자 喬木下·灌木層의 稀小種의 IV가 증가하였고 또한 21종의 稀小種이 移入된 것이다.

Fig. 1은 주요수종에 대하여 1980년과 1987년도

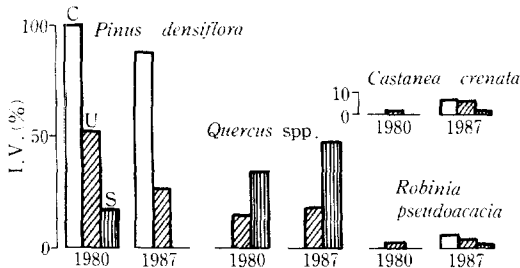


Fig. 1. Changes of importance values between 1980 and 1987. C : canopy, U : understory, S : shrub stratum.

의 IV를 비교한 것이다. 소나무 IV는 1980년의 喬木上·下層 및 灌木層이 각각 100.0, 52.2, 16.8%이던 것이 1987년에는 87.6, 26.5, 0.0%로 減少하였고 또한 平均相對優占值(MIV)도 70.2%에서 52.6%로 감소하여 소나무의 勢力이 약화되었다. 반면에 IV가 크게 증가된 樹種은 밤나무, 참나무류, 아까시나무이었다. 밤나무는 1980년에는 喬木下層에만 발달되었던 수종(교목하층 IV 1.2%)이었으나 1987년에는 喬木上層 IV 6.5%, 喬木下層 IV 6.1%로 세력이 크게 증가되었다. 또한 아까시나무도 1980년에는 喬木下層에서만 발달되었던 수종(교목하층 IV 1.6%)이었으나 그 세력이 증가하여 1987년에는 喬木上·下層의 IV가 각각 5.9, 4.0%로 높아졌다. 솔잎혹파리의 被害에 의하여 소나무의 세력이 약화되면 代價樹種으로 출현하는 것이 참나무류라고 보고된 바¹³⁾, 본 조사지에서도 1980년의 喬木下層 및 灌木層의 참나무류 IV가 각각 14.7, 34.3%이던 것이 1987년에는 각각 18.8, 47.5%로 증가하여 솔잎혹파리의 被害가 持續된다면 참나무류가 優占種이 될 것이

다. 참나무류중 현재 세력이 두드러지게 나타난 종은 줄참나무(MIV 4.9%), 갈참나무(MIV 3.3%)이며 한편 1980년에 MIV가 높았던 상수리나무는 세력이 약화되었다. 1980년에 조사된 바에 의하면 솔잎혹파리에 의한被害極甚地인 京畿 廣州¹³⁾의 소나무림에서 代償樹種은 신갈나무(MIV 9.8%), 忠南 公州¹⁴⁾는 상수리나무(MIV 16.9%), 忠北 永東¹⁵⁾은 갈참나무(MIV 8.8%), 줄참나무(MIV 8.6%), 굴참나무(MIV 7.8%)로 보고되어 지역에 따라 참나무류의 優占種이 차이가 있었다. 2次遷移에서 環境이 양호하여짐에 따라 種間競爭이 심하여진다는 것이 발표되었는데⁶⁾, 본 조사지에서도 참나무류가 喬木上層을 점유하는 등 優占種이 되면 줄참나무나 갈참나무로의 세력이 집중될 것이다.

Fig. 2는 소나무와 참나무류의 相對被度, 相對頻度, 相對密度, 相對優占値에 의하여 phytograph를 나타낸 것이다. 1987년은 1980년보다 소나무의 相對被度, 相對頻度, 相對密度에 의한 實線部의 삼각형크기는 감소하는 반면에 참나무류는 증가하였다. 그림에서 보이듯이 참나무류의 相對

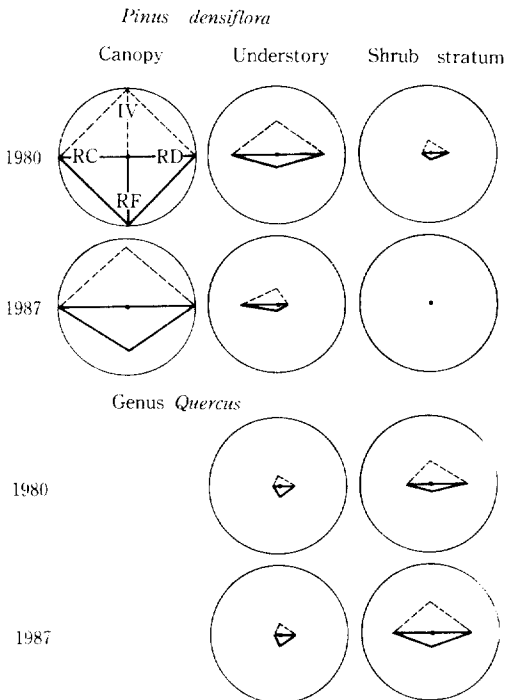


Fig. 2. Phytograph of *Pinus densiflora* and Genus *Quercus* for each year.

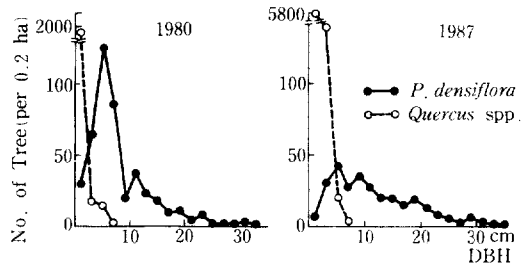


Fig. 3. Distribution of number of individual for each year in relation to DBH classes.

優占値의 증가는 相對被度和 相對密度에 의한 것이다. 이러한 이유는 솔잎혹파리피해로 인하여 稀少種이 증가되어 참나무류의 相對頻度の 값이 감소되었기 때문이다.

연도별로 直徑級別의 0.2ha 당 소나무와 참나무류의 出現個體數를 Fig. 3에 나타냈다. 소나무의 頻도가 가장 큰 階級은 DBH 6cm로 1980년과 1987년이 동일하나, DBH 14cm 미만의 頻도는 1987년이 1980년에 비해 급격히 감소하였다. 또한 DBH 16cm 이상에서는 큰 변화가 없어 DBH 14cm 미만의 個體群이 솔잎혹파리의 被害를 많이 받았음을 알 수 있다. 한편 代償樹種으로 출현한 참나무류의 個體數는 큰 변화가 있었는데 즉, DBH 2cm 미만인 灌木層에서는 1,960주→5,800주, DBH 4cm에서는 18주→148주로서 큰 폭으로 증가하였다. 또한 1980년에는 DBH 2cm 미만 계급에서만 참나무류가 소나무보다 優勢하였으나 1987년에는 DBH 4cm까지 참나무류가 우세하여 灌木層種組成에서는 참나무류가 代償樹種으로 위치를 확보한 셈이다.

3. 森林群集의 構造分析

(1) 種多樣性

Table 3은 年度別, 調査區別로 出現種數 및 個體數 그리고 種多樣성을 계산한 것이다. 모든 조사구에서 出現種數, 出現個體數의 1987년 값이 1980년 값보다 크게 증가되었다. 또한 種多樣度(H')에서도 1980년에는 0.75~0.86이 있으나 1987년에는 1.01~1.15로 크게 증가되었는데 이는 稀少種의 移入이 크게 작용하였기 때문이다. 이러한 이유로 群集의 優占度(D)도 대체로 減少하여 소나무의 勢力이 약화되었음을 알 수 있다. Shafi

Table 3. Values of various diversity indices for each year.

Plot	Year	Number of species	Number of individuals	Species diversity (H')	Maximum H'(H'max)	Evenness (J')	Dominance (1/J')
1	1980	16	1349	0.7483	1.2041	0.6718	0.3282
	1987	36	2786	1.0186	1.5563	0.6545	0.3455
2	1980	21	1302	0.8557	1.3222	0.6817	0.3183
	1987	38	2647	1.1516	1.5798	0.7290	0.2710
3	1980	15	1740	0.8309	1.1761	0.6497	0.3503
	1987	27	2019	1.0084	1.4313	0.7045	0.2955
4	1980	18	1413	0.7640	1.2553	0.6496	0.3504
	1987	39	2410	1.0889	1.5911	0.6844	0.3156

等¹¹⁾, Veno¹²⁾는 遷移系列을 初期, 發展期, 成熟期로 구분할때 種多樣度는 점차 증가하다가 成熟期에 이르러 감소한다고 하였고, Blair 等¹³⁾은 擇伐를 실시한 침엽수림에서 9년간은 침엽수의 相對優占値가 증가하나, 이후에는 활엽수의 침입경쟁으로 감소한다고 보고하였다. 그리하여 본 研究結果를 위와 같은 연구보고와 연관시킬때 본 조사지는 遷移系列의 發展期로서 소나무 個體群이 솔잎혹파리에 의해 도태되자 濶葉樹個體群이 침입하여 種間競爭을 하고 있는 K selection 段階⁹⁾의 群集이라고 판단된다.

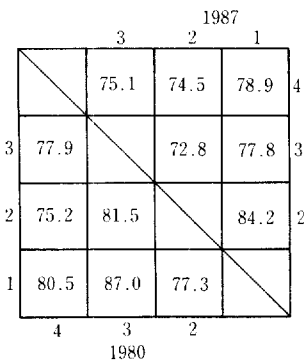
(2) 類似度指數

Fig. 4는 年度別 調査區間 및 全調査區의 年度間 類似度指數(S.I.)를 나타낸 것이다. 1980년의 조사구간 S.I.는 75~87%, 1987년의 값은 73~84%로 큰 差異가 없었다. Buell 等³⁾은 遷移過程中 極相에 달한 群集間의 類似度指數는 대체

로 20%이하이거나 80%이상이라고 報告하였다. 이러한 견해로 볼때 年度別 各 調査區間에는 種構成狀態가 유사하다고 할수 있다. 年度間의 全體 및 喬木上層의 SI는 각각 71.2%, 87.6%로 높은 값인데, 이는 喬木上層에서의 소나무의 IV가 높기 때문이다. 한편 喬木上層 및 灌木層은 각각 52.9%, 49.7%로 上記의 값보다 낮는데 이는 7년간의 솔잎혹파리被害로 인하여 喬木下層 및 灌木層에서 소나무의 세력이 감소하고 반면에 활엽수가 침입하여 種의 構成狀態가 상당히 異質化되었음을 보여주는 것이다. 1980년도의 솔잎혹파리無被害와 被害地間의 SI는 45~60%¹⁵⁾의 水準으로서 본 조사값보다 낮는데 이는 場所의 差異에 의한 出現種의 相異性이 작용하였을 것이다.

引用 文 獻

1. Blair, R.M. and L.E. Brunett. 1976. Phytosociological changes after timber harvest in a southern pine ecosystem. Ecology 57: 18-32.
2. Brower, J.E. and J.H. Zar. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Co. Publ., Iowa, 194pp.
3. Buell, M.F., A.N. Langford, D.W. Davidson and L.F. Ohmann. 1966. The upland forest continuum in northern New Jersey. Ecology 47(3): 416-432.
4. Curtis, J.T. and R.R. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.



1980~1987: Total 71.2%, Canopy 87.6%,
understory 52.9%,
shrub stratum 49.7%.

Fig. 4. Similarity index between the plot and year.

5. 趙在昌, 1987. 自然公園에서의 소나무保全對策에 관한 연구. (國立公園伽倻山 紅流洞溪谷을 중심으로). 서울市立大學校 大學院 碩士論文. 56pp.
6. Krebs, C.J. 1972. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. Harper & Row, N.Y., 800pp.
7. 李景宰·吳求均·錢龍俊, 1988. 王陵의 植生景觀의 構造 및 管理對策에 관한 연구(I). 東九陵植生群集의 遷移. 韓國造景學會誌(인쇄중).
8. Monk, C.D., G.I. Child and S.A. Nicholson, 1969. Species diversity of a stratified oak hickory community. Ecology 50(3): 468-470.
9. Odum, E.P. 1971. Fundamentals of ecology. CBS College Publ., N.Y., 613pp.
10. Pielou, E.C. 1975. Ecological diversity. John Wiley & Sons, N.Y., 168pp.
11. Shafi, M.I. and G.A. Yarraton, 1973. Diversity, floristic richness and species evenness during a secondary (post-fire) succession. Ecology 54(4): 879-902.
12. Veno, P.A. 1976. Successional relationships of five Florida plant communities. Ecology 57: 498-508.
13. 任慶彬, 朴仁協, 李景宰, 1980. 京畿道地方 害蟲被害 赤松林의 植物社會學的 研究. 韓林誌, 50: 56-71.
14. 任慶彬, 李景宰, 金用植, 1982. 솔잎혹파리 被害赤松林의 生態學的 研究(I). 韓林誌, 52: 58-71.
15. 任慶彬, 李景宰, 朴仁協, 1981. 솔잎혹파리 被害赤松林의 生態學的 研究(II). 韓林誌, 54: 49-59.
16. 任慶彬, 1986. 新橋造林學原論. 鄉文社, 서울. 491pp.