

대구 인접 지역 삼림식생의 진행천이와 잠재자연식생

정흥락* · 전영문¹ · 이호준¹

한국환경정책·평가연구원, ¹건국대학교 생명과학과

Progressive Succession and Potential Natural Vegetation on the Forest Vegetation in and surrounding Daegu, Korea

Choung, Heung-Lak*, Young-Moon Chun¹ and Ho-Joon Lee¹

Korea Environment Institute, Seoul 122-706, Korea

¹Department of Biological Sciences, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

ABSTRACT: This study represents the mechanism of progressive succession and potential natural vegetation on the forest vegetation in and surrounding Daegu. As a result of DCA, the feature of community was determined by an altitude and humid gradients. The soil moisture, contents of organic matter and total nitrogen increased as the community developed. In the interspecific association analysis, the forest vegetation was divided into two species groups and they were influenced by temperature and soil moisture. Especially, each two groups showed different stages of vegetation development according to the progressive succession and life form composition supported those results. It was predicted that *Quercus variabilis*, *Q. acutissima*, *Q. dentata* and *Pinus densiflora* communities would develop into *Q. serrata* community or *Q. mongolica* community depending on their location or species composition. In the study area, the potential natural vegetation was divided into 3 communities by biogeographical gradients such as species composition, soil environment, and geographical features: 1) *Q. mongolica* community in the middle-upper area of the mountain, 2) *Q. serrata* community in the middle-lower area of the mountain and 3) *Carpinus cordata*-*Acer mono* community in the cove area. It is suggested that the *Q. mongolica* and *C. cordata*-*A. mono* communities become actual vegetation and potential natural vegetation. But it is also suggested that the *P. densiflora* community would be changed into the potential natural vegetation of the *Q. mongolica* community and *Q. serrata* community on the basis of the present species composition.

Key words: DCA, Daegu, Forest vegetation, Interspecific association, Life form, Potential natural vegetation, Progressive succession

서 론

넓은 의미에서 천이는 자연계에서 변화와 그 변화의 원인과 방향을 이해하는 것을 포함하지만(Shugart 1984), 일반적으로는 교란 중이거나 교란 후의 종조성과 그 양적 변화를 의미 한다(McCook 1994). 특히, 삼림생태계는 그 구조와 종조성에 의하여 특성을 나타내거나 평가되는데(Peet 1992), 그 구조와 종조성은 변화하게 되므로(Arsenault and Bradfield 1995, Brulisauer et al. 1996) 천이를 측정하는데 매우 중요하다(Clark et al. 2003). 많은 연구자들이 삼림 구조와 종조성이 어떻게 관련되고, 천이가 진행되는 동안에 어떻게 변화하는지를 연구하였으며(Shugart 1984, Pickett and White 1985, Smith and Huston 1989), Clark et al.(2003)은 아한대림에서 산불 후 2차 천이가 진행되면서 관속식물의 다양성은 감소하는 반면, 수관 구조는 숲틈동태(gap

dynamics)에 의해 더욱 복잡해졌다고 밝혔다. 일반적으로 식생의 천이궤적(successional trajectories)은 지역 이용도의 차이, 종 활용의 차이 및 종 기능의 차이에 따라 다양하게 진행된다(Pickett et al. 1989, Pickett and Cadenasso 2005). 그리고 천이의 경로를 전환시키는 것은 촉진, 내성, 억제 세 가지로 설명될 수 있지만(Connell and Slatyer 1977), 진행천이(progressive succession)는 명백한 방향성과 함께 자연적인 식생 발달을 도모하는 것을 의미한다(Choung and Hong 2006). 천이는 생태학의 가장 기초적인 개념이며, 최근에는 보다 넓은 개념의 식생동태(vegetation dynamics)에 포함시키고 있다(Pickett and Cadenasso 2005).

한편, 어떤 지역의 잠재자연식생은 일체의 인위적인 영향이 배제되었을 때 도달할 수 있는 식생을 의미하며(Tüxen 1956, Westhoff and van der Maarel 1978), 해당 지역에서 작용하는 자연 조건을 대변하는 중요한 표현이다(Ellenberg 1988). 잠재자연

* Corresponding author; Phone: +82-2-380-7752, e-mail: chlak@kei.re.kr

식생에 대한 연구나 잠재자연식생도는 지역 식생의 관리, 토지 이용, 경관 계획, 복원 등에 유익한 정보를 제공해 주는(Brzeziecki et al. 1993) 만큼 많은 지역, 나아가서는 국가적인 차원에서 지속적인 연구가 있어야 할 것으로 생각된다. 또한, 일반적으로 식물 사회학적 조사 자료를 토대로 한 대부분의 군락 유형은 종조성, 군락 구조, 다양성 및 입지 조건에 의하여 기재되고(Brzeziecki et al. 1993), 식생천이와 잠재자연식생도 함께 연구될 수 있을 것으로 기대된다. 그 동안 국내에서도 삼림의 식생 천이와 잠재자연식생에 관련된 많은 연구들이 축적되어 왔다(Kim and Yim 1987, 1988, 이 등 1990, Lee 1997, 변 등 1998). 한반도의 잠재자연식생에 대해서 Kim and Yim (1988)은 내장산의 식생 연구에서 신갈나무, 서어나무, 개서어나무, 느티나무 등이 잠재자연식생의 주종을 이룰 것으로 예측하였으며, Kim (1992)은 북동아시아의 식생 연구에서 한반도의 잠재자연식생은 북부/고산지형(신갈나무-잣나무군단), 중부/산지형(신갈나무-생강나무아군단), 남부/저산지형(졸참나무-작살나무아군단)의 3가지 유형이 있음을 밝힌 바 있다. Pavel et al.(2006)은 한국의 온대 낙엽활엽수림은 겨울보다 여름의 강수량이 훨씬 높고, 일시적으로 수분 부족기간을 갖는 몬순 해양성기후의 신갈나무군강으로 규정하고 있다.

본 연구에서는 정 등(2000)에 의한 군락분류 결과(11개 식물군락 단위)를 토대로 DCA 분석결과와 대조하여 군락의 분포패턴을 파악하였고, 종간연관 및 생활형 조성, 토양의 이화학적 환경의 분석 결과를 종합하여 대구 인접 지역의 삼림식생에 대한 진행천이와 잠재자연식생의 추정을 시도하였다.

재료 및 방법

대구 인접지역에 대한 식물군락의 분류는 정 등(2000)에 의하여 실시되었으며, 이 중 2차 자연림의 산지낙엽활엽수림은 신갈나무군락(전형하위군락, 대사초하위군락), 굴참나무군락, 상수리나무군락, 떡갈나무군락, 고로쇠나무-까치박달군락(전형하위군락, 졸참나무하위군락, 층층나무하위군락)이고, 산지상록침엽수림은 소나무군락(전형하위군락, 오이풀하위군락, 철쭉꽃하위군락)이다. 또한, 식재림은 아까시나무식재림, 리기다소나무식재림, 일본잎갈나무식재림, 곰솔식재림, 잣나무식재림으로 구분되었다. 따라서 조사지역의 삼림식생은 총 6군락, 8하위군락 및 5식재림의 11개 식물군락 단위로 구분되었다. 단, 정 등(2000)에서 구분되었던 털진달래-그늘사조군락은 관목림으로서 본 연구 대상에서는 제외시켰다.

본 연구에서는 정 등(2000)에 의한 식생조사자료(총 200개 relevé)를 이용하여 DCA(Detrended Correspondence Analysis) 요인분석(McCune and Mefford 1999), 종간연관 및 식물 군락별 생활형 조성비(이 1996)를 각각 분석 하였다. 또한, 토양의 이화학적 환경을 파악하기 위해 정 등(2000)에 의해 분류된 각 군락별로 3지점 이상(총 60지점)을 선정하였다. 낙엽층을 제거한 후 A₁층에서 토양 시료를 채취하였으며, 토양 수분 함량을 측정한

후 실내에서 완전히 풍건한 다음 pH, 유기물(Tyurin법), 전질소(Kjeldahl법), P₂O₅(Lancaster법), K(염광분석법), Ca 및 Mg(EDTA 적정법), 전기 전도도를 정량 분석하였다(농촌진흥청 2000). 매 목조사는 흉고직경 2 cm 이상에 해당되는 아교목 이상의 목본을 대상으로 실시하였으며, 주요 개체군들의 흉고직경(DBH, Diameter at Breast Height)을 분석하여 천이 관계를 추정하는 자료로 활용하였다.

결 과

DCA 분석

DCA분석에서 200개의 식생 조사 자료는 표조작에 의해 구분된 11개의 식물 군락 단위와 유사한 패턴으로 투영되었다(Fig 1, Table 1). 즉, 제1축과 제2축은 해발 고도에 따라 구분되면서 제1축 방향에는 신갈나무군락, 소나무군락의 철쭉꽃하위군락을 중심으로 잣나무식재림과 함께 나타나고, 제2축 방향에는 소나무 군락의 전형하위군락 및 오이풀하위군락, 굴참나무군락, 상수리나무 군락, 아까시나무식재림, 리기다소나무식재림 그리고 곰솔 식재림이 주로 투영되었다. 한편, 이들 두 집단과는 별도로 고로쇠나무-까치박달군락의 하위군락들이 거리를 두고 나타났다. 이와 같은 분포 패턴은 크게 3개의 입지환경으로 구분될 수 있는데, 제1축 방향을 중심으로 투영된 군락들은 산지 상부에 주로 입지한 군락들이며, 제2축 방향에 투영된 군락들은 산지 하부에 주로 입지한 군락들이다. 또한, 고로쇠나무-까치박달군락은 대부분 계곡부에 분포한다.

한편, 교목성 낙엽활엽수로서 상재도가 비교적 높은 종은 신갈나무, 졸참나무 및 고로쇠나무로 볼 수 있다(Table 2). 신갈나무는 신갈나무군락에서 가장 높게 나타나고, 졸참나무는 소나

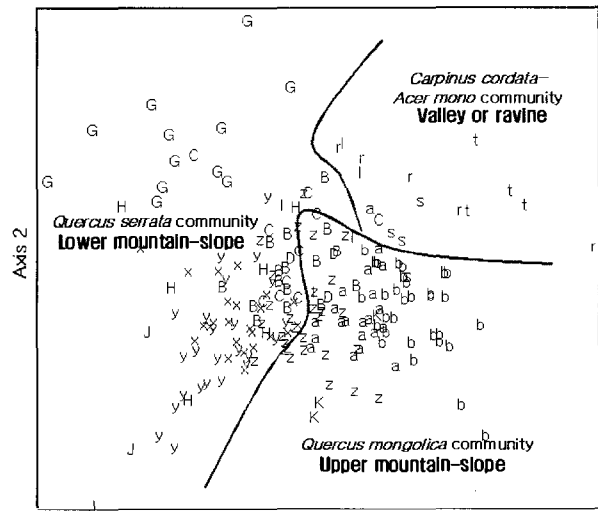


Fig. 1. Projection of 200 relevés based on DECORANA in the study area. The abbreviations of community type are the same as the vegetation units of Table 1.

Table 1. The abbreviation and name of communities are used in DCA analysis

Abbreviation	Vegetation Unit
-	A : <i>Quercus mongolica</i> community
a	A-1 : Typical subcommunity
b	A-2 : <i>Carex siderosticta</i> subcommunity
B	B : <i>Quercus variabilis</i> community
C	C : <i>Quercus acutissima</i> community
D	D : <i>Quercus dentata</i> community
-	E : <i>Carpinus cordata</i> - <i>Acer mono</i> community
r	E-1 : Typical subcommunity
s	E-2 : <i>Quercus serrata</i> subcommunity
t	E-3 : <i>Cornus controversa</i> subcommunity
-	F : <i>Pinus densiflora</i> community
x	F-1 : Typical subcommunity
y	F-2 : <i>Sanguisorba officinalis</i> subcommunity
z	F-3 : <i>Rhododendron schlippenbachii</i> subcommunity
G	G : <i>Robinia pseudoacacia</i> afforestation
H	H : <i>Pinus rigida</i> afforestation
I	I : <i>Larix leptolepis</i> afforestation
J	J : <i>Pinus thunbergii</i> afforestation
K	K : <i>Pinus koraiensis</i> afforestation

Table 2. Comparison of constancy on the 3 dominant trees among communities

Vegetation Unit	<i>Quercus mongolica</i>	<i>Quercus serrata</i>	<i>Acer mono</i>
A	A-1	II(+)	I(+)
	A-2	I(+)	I(+/-)
B	III(+/-)	IV(+/-)	I(+/-)
C	II(+)	III(+)	I(+)
D	0	I(+)	0
E	E-1	II(+)	V(+)
	E-2	0	IV(+)
	E-3	0	I(+)
F	F-1	0	0
	F-2	0	0
	F-3	III(+)	VI(+)
G	0	V(+)	0
H	I(+)	IV(+)	0
I	I(+)	VI(+)	0
J	0	2(+)	0
K	2(+)	2(+)	0

무군락의 전형하위군락과 오이풀하위군락에서 가장 높게 나타나며, 고로쇠나무-까치박달군락의 졸참나무하위군락에서도 높게 나타나고 있다. 그러나 굴참나무군락과 상수리나무군락, 소나무군락의 철쭉꽃 하위군락 및 잣나무식재림에서는 신갈나무와 졸참나무가 혼생하여 나타나고 있다. 한편, 고로쇠나무는 계곡부에 형성된 고로쇠나무-까치박달군락에서 높은 상대도를 보였으며, 신갈나무군락에서도 약하게 나타났다.

중간연관(Interspecific Association)

χ^2 검정에 의한 친화도 분석(Affinity Analysis)에서는 크게 2개의 종군으로 나누어졌다(Fig. 2, Table 3). Group I에서는 산거울(종번호 101), 개웃나무(103), 소나무(106), 세잎양지꽃(108), 노루발(109), 땃땃이덩굴(110), 산초나무(111), 졸참나무(112), 삼주(117), 싸리(120), 청미래덩굴(121), 굴참나무(124), 오이풀(128), 노간주나무(133), 땅비싸리(134), 기린초(137), 떡갈나무(139), 기름나물(145), 미역취(147), 쥐똥나무(148), 갈참나무(149), 으아리(152), 고사리(154), 뚝갈(159), 매화노루발(160), 상수리나무(161),

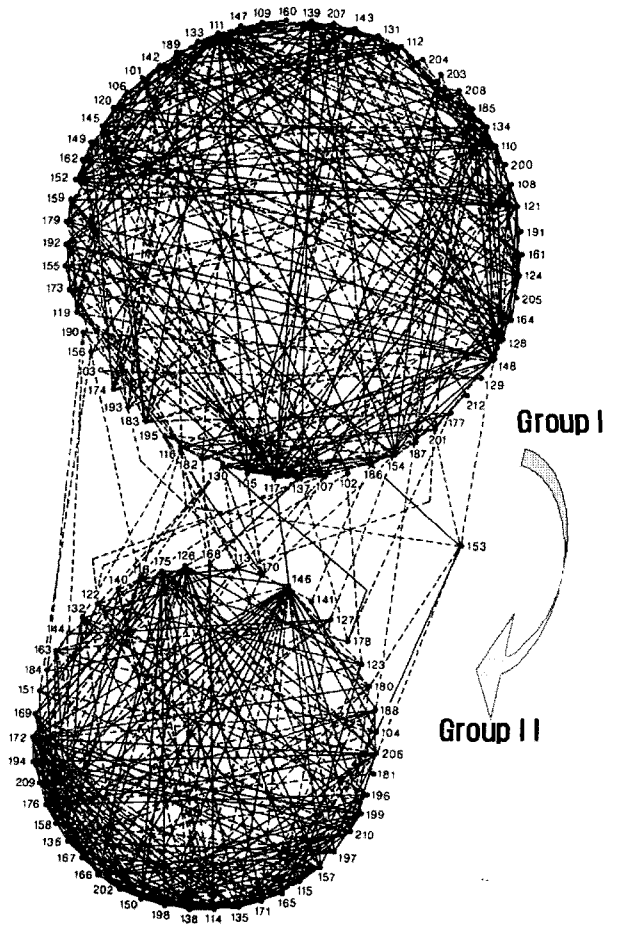


Fig. 2. Plexus diagram of plant species based on significant associations according to chi-square (solid line: $p < 0.01$, dotted line: $0.01 < p < 0.05$). Species numbers are in table 3.

Table 3. The list of code numbers of species used by affinity analysis

No.	Scientific Name
101	<i>Carex humilis</i>
102	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>
103	<i>Rhus trichocarpa</i>
104	<i>Lindera obtusiloba</i>
105	<i>Spodiopogon sibiricus</i>
106	<i>Pinus densiflora</i>
107	<i>Artemisia keiskeana</i>
108	<i>Potentilla freyniana</i>
109	<i>Pyrola japonica</i>
110	<i>Cocculus trilobus</i>
111	<i>Zanthoxylum schinifolium</i>
112	<i>Quercus serrata</i>
113	<i>Aster scaber</i>
114	<i>Athyrium yokoscense</i>
115	<i>Quercus mongolica</i>
116	<i>Isodon japonica</i>
117	<i>Atractylodes japonica</i>
118	<i>Lespedeza maximowiczii</i>
119	<i>Chrysanthemum zawadskii</i>
120	<i>Lespedeza bicolor</i>
121	<i>Smilax china</i>
122	<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>
123	<i>Fraxinus sieboldiana</i>
124	<i>Quercus variabilis</i>
125	<i>Carex lanceolata</i>
126	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>
127	<i>Smilax nipponica</i>
128	<i>Sanguisorba officinalis</i>
129	<i>Dryopteris bissetiana</i> sp.
130	<i>Hosta longipes</i>
131	<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>
132	<i>Carex ciliato-marginata</i>
133	<i>Juniperus rigida</i>
134	<i>Indigofera kirilowii</i>
135	<i>Asarum sieboldii</i>

Table 3. Continued

No.	Scientific Name
136	<i>Viola rossii</i>
137	<i>Sedum kamschaticum</i>
138	<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>
139	<i>Quercus dentata</i>
140	<i>Disporum smilacinum</i>
141	<i>Smilax sieboldii</i>
142	<i>Viola patrinii</i>
143	<i>Iris rossii</i>
144	<i>Prunus sargentii</i>
145	<i>Peucedanum terebinthaceum</i>
146	<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>
147	<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>
148	<i>Ligustrum obtusifolium</i>
149	<i>Quercus aliena</i>
150	<i>Astilbe chinensis</i> var. <i>davidii</i>
151	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>
152	<i>Clematis mandshurica</i>
153	<i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliato-dentatus</i>
154	<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>
155	<i>Celastrus orbiculatus</i>
156	<i>Lysimachia clethroides</i>
157	<i>Sorbus alnifolia</i>
158	<i>Melampyrum roseum</i>
159	<i>Patrinia villosa</i>
160	<i>Chimaphila japonica</i>
161	<i>Quercus acutissima</i>
162	<i>Oplismenus undulatifolius</i>
163	<i>Polygonatum lasianthum</i> var. <i>coreanum</i>
164	<i>Lindera glauca</i>
165	<i>Artemisia stolonifera</i>
166	<i>Carex siderosticta</i>
167	<i>Tripterygium regelii</i>
168	<i>Rubus crataegifolius</i>
169	<i>Calamagrostis arundinacea</i>
170	<i>Cephalanthera longibracteata</i>

Table 3. Continued

No.	Scientific Name
171	<i>Carex okamotoi</i>
172	<i>Pseudostellaria palibimiana</i>
173	<i>Commelina communis</i>
174	<i>Styrax japonica</i>
175	<i>Hydrangea serrata</i> for. <i>acuminata</i>
176	<i>Vitis amurensis</i>
177	<i>Hemerocallis fulva</i>
178	<i>Convallaria keiskei</i>
179	<i>Pueraria thunbergiana</i>
180	<i>Corylus sieboldiana</i> var. <i>mandshurica</i>
181	<i>Weigela subsessilis</i>
182	<i>Serratula coronata</i> var. <i>insularis</i>
183	<i>Rosa maximowicziana</i>
184	<i>Styrax obassia</i>
185	<i>Dioscorea japonica</i>
186	<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> var. <i>heterophylla</i>
187	<i>Securinega suffruticosa</i>
188	<i>Stephanandra incisa</i>
189	<i>Rubus parvifolius</i>
190	<i>Lindera erythrocarpa</i>
191	<i>Calamagrostis epigeios</i>
192	<i>Cynanchum paniculatum</i>
193	<i>Robinia pseudoacacia</i>
194	<i>Polygonatum involucratum</i>
195	<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i>
196	<i>Lonicera subhispida</i>
197	<i>Asperula maximowiczii</i>
198	<i>Carpinus cordata</i>
199	<i>Ainsliaea acerifolia</i>
200	<i>Platycodon grandiflorum</i>
201	<i>Viola collina</i>
202	<i>Dioscorea nipponica</i>
203	<i>Rhus chinensis</i>
204	<i>Leibnitzia anandria</i>
205	<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>

Table 3. Continued

No.	Scientific Name
206	<i>Schizandra chinensis</i>
207	<i>Lonicera japonica</i>
208	<i>Rosa multiflora</i>
209	<i>Viola albida</i>
210	<i>Lilium tsingtauense</i>

감태나무(164), 패죽나무(174), 칩(179), 참마(185), 명석딸기(189), 산해박(192) 등의 식물종을, Group II에서는 뱀고사리(114), 신갈나무(115), 철쭉꽃(126), 족도리(135), 고깔제비꽃(136), 노린재나무(138), 당단풍(146), 노루오줌(150), 팔배나무(157), 꽃머느리밥풀(158), 넓은잎의잎쭈(165), 대사초(166), 미역줄나무(167), 실새풀(169), 지리대사초(171), 큰개별꽃(172), 산수국(175), 왕머루(176), 용둥굴레(194), 개갈퀴(197), 까치박달(198), 단풍취(199), 부채마(202), 태백제비꽃(209), 하늘말나리(210) 등의 식물종들로 각각 연관되어졌다. 즉 Fig. 2를 보면, Group I은 산지대 중·하부 혹은 전성 입지, Group II는 산지대 중·상부 혹은 상대적으로 습성 입지를 각각 선호하는 종들로 이루어져 있다.

생활형 조성비

본 조사 지역의 군락조사에서 출현한 총 435종에 대한 전체의 생활형 조성은 지상 식물이 31.5%로 가장 많았고, 다음으로 반지중 식물 27.2%, 지중 식물 25.3%, 일년생 식물 8.6%, 지표 식물 5.0%, 수생 식물 1.7%, 착생 식물 0.7%로 각각 나타났다. 특히, 신갈나무군락과 고로쇠나무-까치박달군락에서는 지중식물의 비율이 반지중 식물에 비해 각각 3.4% 및 0.9%가 더 높은 반면 소나무군락에서는 반지중 식물의 비율이 지중 식물에 비해 4.0%가 더 높게 나타났다(Fig. 3).

한편, 신갈나무군락과 소나무군락의 경우, 각각 244종 및 263종의 식물종이 출현하였는데 두 군락의 공통종은 152종이다. 이 중 투구꽃(G), 태백제비꽃(H), 단풍취(G), 대사초(H), 곰취(H), 더덕(G), 피나무(Ph), 큰꼭두서니(G), 진부애기나리(G), 자주평의다리(G), 노루귀(G), 개족도리(G), 함박꽃나무(Ph) 등 91종은 신갈나무군락에서만 나타났고, 감태나무(Ph), 계요등(Ch), 구와꼬리풀(H), 시호(H), 도라지(G), 솜양지꽃(Ch), 고들빼기(Th), 김의털(H), 꿀풀(H), 마타리(H), 주름조개풀(H), 산해박(G), 개솔새(G), 굴피나무(Ph) 등 111종은 소나무군락에서만 출현하였다.

흥고직경 분포

Fig. 4는 각 식물군락의 우점종을 중심으로 흥고직경을 분석한 결과이다. 신갈나무군락은 전형 하위 군락에서 신갈나무의 흥고직경이 6~10 cm 범위에서 그 비율이 가장 높았고, 대사초

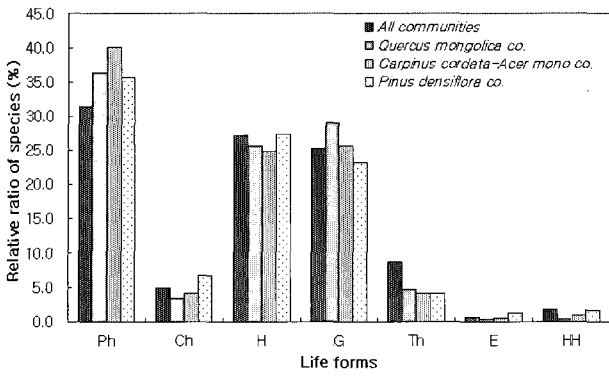


Fig. 3. Comparison of life form among *Quercus mongolica* community, *Carpinus cordata-Acer mono* community and *Pinus densiflora* community. Ph: Phanerophyte, Ch: Chamaephyte, H: Hemicryptophyte, G: Geophyte, Th: Therophyte, E: Epiphyte, HH: Hydrophyte

하위군락에서는 11~15 cm 범위에서 가장 높게 나타났다. 소나무군락의 경우, 소나무의 흉고직경이 6~10 cm 범위에서 모두 가장 높게 나타났으나, 철쭉꽃 하위군락에서는 11 cm 이상에서 전형 하위 군락이나 오이풀 하위 군락에 비하여 상대적으로 더 높은 비율을 보였다(Fig. 4A, 4B).

굴참나무군락과 떡갈나무군락에서 각각 우점종인 굴참나무와 떡갈나무의 흉고직경은 모두 6~10cm에서 가장 높은 비율을 나타냈고, 상수리나무군락에서 상수리나무는 11~15 cm 범위에서 가장 높은 비율을 보였다. 즉, 굴참나무는 역자형의 분포양상을 보이고 있으며, 상수리나무는 정규분포(종형)에 가까운 모양을 나타내고 있다. 그러나 떡갈나무는 2~5 cm 범위에서 전혀 나타나고 있지 않는 것이 특징이다. 고로쇠나무-까치박달군락에서는 고로쇠나무가 11~15 cm 범위에서 가장 높고, 물푸레나무는 6~10 cm 범위에서 가장 높은 반면, 층층나무는 16~20 cm 범위에서 가장 높게 나타났다(Fig. 4C, 4D).

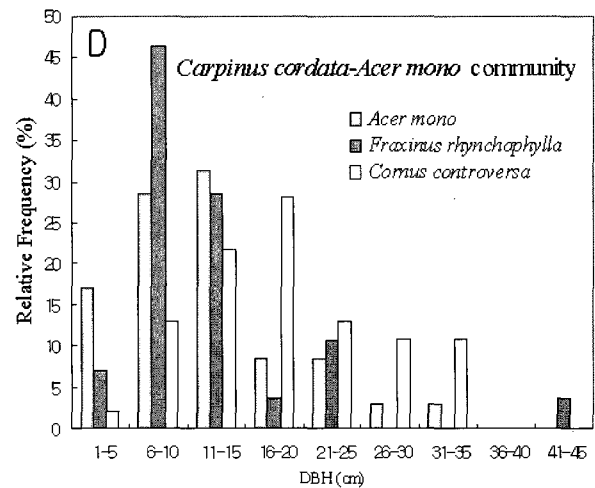
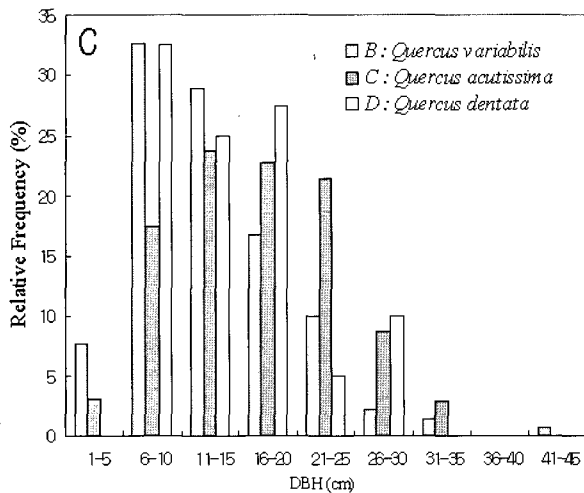
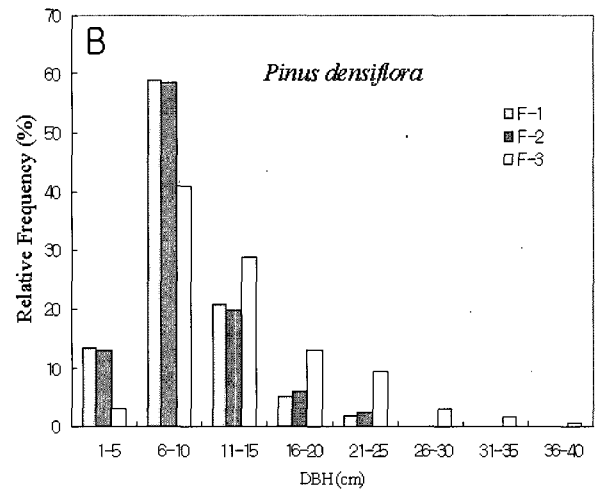
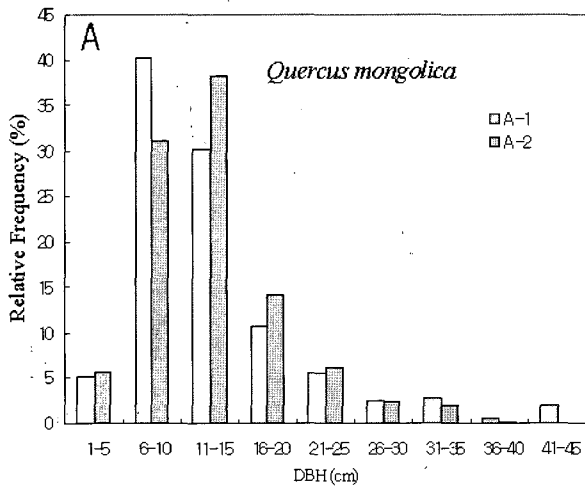


Fig. 4. The distribution of diameter at breast height (DBH) *Quercus mongolica* and *Pinus densiflora* in *Quercus mongolica* community (A) and *Pinus densiflora* community (B). C is DBH among different communities and D is DBH of dominant tree species in *Carpinus cordata-Acer mono* community. The abbreviations of community type are the same as vegetation units of Table 1

토양의 이화학적 환경

본 조사지역의 토양은 대부분 화강암과 안산암으로서 이 (1981)에 의하면 비교적 강산성의 척박한 토양을 생산한다. 본 조사지역에서 토양의 이화학적 성분을 분석한 결과(Table 4), pH와 유기물함량의 경우 평균 5.27과 4.33%를 각각 나타내었다. pH는 곰솔식재림이 5.65로 가장 높았고, 아까시나무식재림이 5.00으로 가장 낮았다. 그러나 굴참나무군락과 상수리나무군락, 떡갈나무군락, 고로쇠나무-까치박달군락의 pH는 모두 소나무군락과 비슷하거나 더 높게 나타났다.

유기물함량은 신갈나무군락과 떡갈나무군락이 각각 8.03%와 7.38%로서 상대적으로 높았고, 리기다소나무식재림이 가장 낮았다. 전질소는 신갈나무군락과 떡갈나무군락, 고로쇠나무-까치박달군락에서 0.51~0.56%로서 가장 높았다. 유기물함량과 전질소는 비교적 높은 유의성($p < 0.001$)을 보였으며(Table 5), 유효인산과 유기물, 유효인산과 전질소 사이에도 유의성이 인정되었다($p < 0.01$). 또한 치환성 양이온과 pH 사이에도 높은 유의성을 보였는데, 특히 Ca와 pH, Mg와 pH 사이에는 매우 높은 유의성($p < 0.001$)이 인정되었다. 그리고 양이온들 사이(K와 Ca, Mg와 Ca)에서도 매우 높은 유의성($p < 0.001$)을 보였다. 해발고도와 유기물, 전질소와도 $p < 0.001$ 로서 매우 높게 관련되어 해발이 높아질수록 유기물함량과 전질소량이 많아지는 경향을 보였다. 한

편, 해발고도와 Ca, Mg, EC와는 다소 역의 상관관계를 보였다.

한편, 토양 함수량은 사면상부와 북사면 방향의 신갈나무군락 및 떡갈나무군락, 그리고 계곡부의 고로쇠나무-까치박달군락이 비교적 높게 나타났으며, 반면 사면하부와 남사면 방향에 주로 분포하는 소나무군락, 굴참나무군락 및 상수리나무군락에서 비교적 낮게 나타났다. 이 중에서도 신갈나무군락의 대사초하위군락은 해발고도와 토양수분함량이 가장 높고, 신갈나무군락의 전형하위군락은 중간 정도를 보였다. 소나무군락의 철쭉꽃하위군락은 중간정도의 해발고도에서 토양수분함량은 중습하거나 건조하였다. 소나무군락의 전형하위군락과 오이풀하위군락은 토양수분함량과 해발고도가 낮은 곳에 분포하였다 (Fig. 5).

고 찰

본 조사 지역의 삼림식생에 관계되는 입지 요인은 해발 고도, 지형 요인, 토양 환경을 들 수 있으며, 해발 고도는 고해발역과 저해발역, 지형 요인은 일반 사면과 능선 및 계곡, 남사면과 북사면, 토양 환경은 건성 입지와 습성 입지로 각각 크게 나누어진다. DCA 및 상계도 분석에서는 신갈나무와 굴참나무 및 고로쇠나무를 중심으로 하는 군락의 집합체들이 비교적 뚜렷

Table 4. The result of soil analysis in the study area

Co.	pH	OM (%)	T-N (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	Exchangable Cation (me/100g)			EC (ms/cm)
					K	Ca	Mg	
A (n=10)	5.11 ± 0.08	8.03 ± 1.09	0.51 ± 0.04	16.3 ± 2.82	0.17 ± 0.02	0.66 ± 0.38	0.38 ± 0.12	0.69 ± 0.11
B (n=4)	5.33 ± 0.03	3.47 ± 1.15	0.22 ± 0.07	6.0 ± 0.71	0.18 ± 0.07	1.19 ± 0.70	1.47 ± 0.69	0.65 ± 0.15
C (n=4)	5.38 ± 0.09	2.50 ± 0.77	0.21 ± 0.05	9.3 ± 2.17	0.24 ± 0.01	0.64 ± 0.45	0.74 ± 0.28	0.69 ± 0.17
D (n=3)	5.35 ± 0.35	7.38 ± 0.20	0.55 ± 0.02	12.5 ± 5.50	0.30 ± 0.20	2.57 ± 2.57	1.18 ± 0.88	0.91 ± 0.14
E (n=8)	5.43 ± 0.15	6.08 ± 0.28	0.56 ± 0.05	21.8 ± 3.60	0.26 ± 0.05	1.38 ± 0.58	0.69 ± 0.27	0.30 ± 0.11
F (n=14)	5.34 ± 0.07	2.27 ± 0.38	0.20 ± 0.02	8.8 ± 1.89	0.21 ± 0.04	1.80 ± 0.80	1.17 ± 0.30	0.67 ± 0.09
G (n=6)	5.00 ± 0.12	3.14 ± 0.82	0.20 ± 0.05	11.3 ± 1.50	0.30 ± 0.10	2.16 ± 1.08	0.79 ± 0.17	0.83 ± 0.14
H (n=3)	5.10 ± 0.10	1.74 ± 0.62	0.18 ± 0.00	18.0 ± 0.00	0.10 ± 0.00	0.10 ± 0.07	0.12 ± 0.02	0.78 ± 0.09
I (n=3)	5.20 ± 0.23	3.63 ± 0.61	0.29 ± 0.05	23.3 ± 11.9	0.07 ± 0.04	0.36 ± 0.36	0.22 ± 0.05	0.69 ± 0.14
J (n=3)	5.65 ± 0.05	1.87 ± 0.27	0.13 ± 0.04	11.5 ± 6.50	0.48 ± 0.22	5.22 ± 0.79	5.16 ± 3.58	0.84 ± 0.13
K (n=3)	5.15 ± 0.05	4.03 ± 0.73	0.22 ± 0.10	21.0 ± 11.0	0.25 ± 0.04	0.62 ± 0.30	0.34 ± 0.11	0.25 ± 0.03
Total (n=60)	5.27 ± 0.04	4.33 ± 0.39	0.32 ± 0.03	14.2 ± 1.21	0.23 ± 0.02	1.45 ± 0.28	0.93 ± 0.17	0.64 ± 0.04

* Co. : Community types

* A: *Quercus mongolica* community, B: *Q. variabilis* community, C: *Q. acutissima* community, D: *Q. dentata* community, E: *Carpinus cordata*-*Acer mono* community F: *Pinus densiflora* community, G: *Robinia pseudoacacia* afforestation, H: *Pinus rigida* afforestation, I: *Larix leptolepis* afforestation, J: *Pinus thunbergii* afforestation, K: *Pinus koraiensis* afforestation

* OM: Organic matter, T-N: Total nitrogen, EC: Electric conductivity

* The arabic numbers indicate mean values ± SE(standard error)

Table 5. Correlation coefficients among the chemical properties of soil including altitude. Asterisks on numbers indicate significant level.

	pH	OM	T-N	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	EC	Al.	SMC
pH	1.000	-0.142	0.087	-	0.441**	0.540***	0.456***	-0.208	-0.083	-0.286
OM		1.000	0.802***	0.357**	0.078	0.068	-0.199	-0.209	0.717***	0.883*
T-N			1.000	0.384**	0.093	0.009	-0.164	-0.211	0.734***	0.922**
P ₂ O ₅				1.000	-0.003	-0.217	-0.328*	-0.091	0.341**	0.797
K					1.000	0.588***	0.285*	-0.146	-0.041	0.439
Ca						1.000	0.654***	0.121	-0.266*	0.179
Mg							1.000	0.143	-0.355**	-0.659
EC								1.000	-0.261*	0.026
Al.									1.000	0.590***
SMC										1.000

OM: Organic matter, T-N: Total nitrogen, EC: Electric conductivity, SMC: Soil moisture content, Al.: Altitude, **p*<0.05, ***p*<0.01, ****p*<0.001

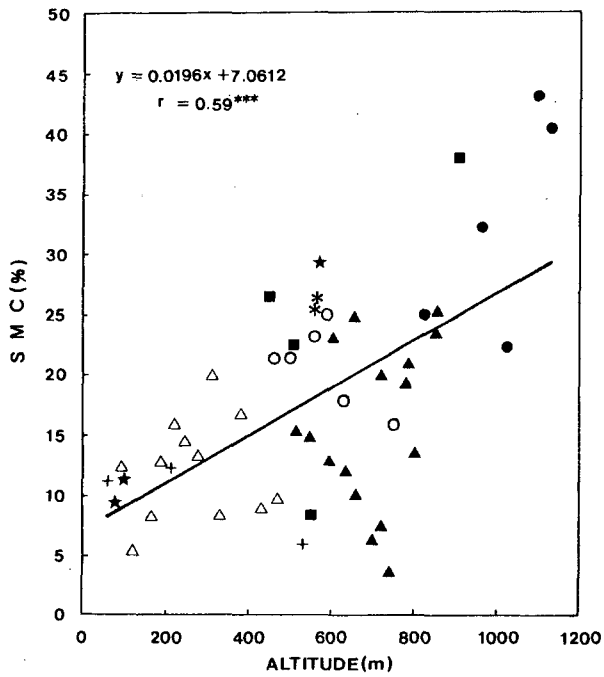


Fig. 5. Correlation between soil moisture content(SMC) and altitude in the study area. Key to symbols - ●: *Carex siderosticta* subco. of *Quercus mongolica* co., ○: Typical subco. of *Q. mongolica* co., ▲: *Rhododendron schlippenbachii* subco. of *Pinus densiflora* co., △: Typical subco. and *Sanguisorba officinalis* subco. of *Pinus densiflora* co., ■: *Carpinus cordata-Acer mono* co., *: *Q. dentata* co., ★: *Q. acutissima* co., +: *Q. variabilis* co., co.: community, subco.: subcommunity

이 구분되고 있음을 알 수 있다. 또한, 신갈나무는 졸참나무에 비하여 높은 해발 영역에 분포하는 반면, 졸참나무는 상대적으로

로 낮은 곳에 입지하며, 고로쇠나무는 주로 계곡부에 형성되고 있음을 보여준다. 토양수분함량과 해발고도와의 상관관계는 매우 높은 유의성이 인정(*p*<0.001)되었다(이 등 1993, 이와 김 2005). 즉, 해발이 높을수록 운무가 머무르는 시간이 길고, 온도가 낮아 상대적으로 수분 증발량이 적다는 것을 알 수 있다. 따라서 습도요인은 해발 고도와 함께 신갈나무군락의 분포 영역 및 졸참나무군락(현존식생은 대부분 소나무군락)의 분포 영역을 결정짓는 주요인자가 되며, 이로써 잠재자연식생에 대한 중요한 정보를 얻을 수가 있다.

중간연관 분석은 어떤 입지 환경에서 종집단의 본래 주체가 되는 종이 어떤 종들인가를 객관적으로 선별하는데 적절한 방법으로 사료된다. 예를 들어 신(1988)은 중간 친화력 검정 결과를 통하여 귀화 식물인 *Lactuca serriola*가 공한지 식생에서 독자적인 생태적 지위를 획득하지 못하였음을 밝힌 바 있다. 본 연구에서 두개의 집단이 서로 다른 입지를 선호하고 있음은 식물군락의 천이가 진행됨에 따라 군락의 입지 환경 변화와 함께 종조성이 바뀌었다고 볼 수 있다. 생활형 분석 결과, 신갈나무군락이나 고로쇠나무-까치박달 군락에서 지중식물의 비율이 높은 것은 이들 군락의 입지가 소나무 군락에 비해 평균기온이 낮기 때문으로 사료된다. 일반적으로 극상 식생에서의 생활형 조성은 기후적 상관관계를 민감하게 반영할 수 있으며, 천이를 일으키는 다양한 종류의 군락들에 대한 조성비는 토양 조건을 반영할 뿐만 아니라 천이 결과에 따른 환경 변화를 평가할 수 있다(Cain 1950). 송과 김(1993)도 임하담 지역의 결과에서 소나무군락과 일본잎갈나무군락의 지중식물 비율이 다른 군락에 비해 다소 높게 나타남으로써 이들 군락의 입지가 건성임을 반영한다고 하였다. 본 조사 지역 중 신갈나무군락과 소나무군락의 생활형 조성에서 차이를 보인 것은 두 군락의 입지 환경이 명백히 다르다는 것을 보여준다. 특히, 이 두 군락은 신갈

나무와 졸참나무의 우점정도에 따라 신갈나무군락과 졸참나무군락으로 각각 발달할 것으로 추정되므로 지중 식물과 반지중 식물의 비율이 이들 군락의 종조성에 결정적인 영향을 미칠 것으로 추정된다(Choung and Hong 2006).

군락의 토양 환경이나 계층 분화 및 종조성이 가장 잘 발달된 군락은 신갈나무군락의 대사초하위군락과 고로쇠나무-까치박달 군락으로 나타났다. 일반적으로 천이가 진행되고 식물군락이 발달할수록 토양 함수량, 유기물 함량, 전질 소량이 증가하는 것으로 알려져 있다(Crocker and Major 1955, Olson 1958, 沼田 1977). 신갈나무군락의 전형하위군락은 구조적으로 다소 불안정하며, 종조성이나 입지 환경도 소나무군락과 유사한 점이 많아 대사초하위군락 보다는 천이가 덜 진행된 것으로 보인다. 특히, 신갈나무군락에서 신갈나무의 흉고직경 분포가 전형하위군락은 대사초하위군락에 비해 낮은 범위에서 높은 비율을 보여주고 있으므로 진행천이가 한 단계 늦은 것으로 사료된다. 또한, 소나무군락의 흉고직경 분포를 보면 6~10 cm 범위에 해당하는 개체가 절대적으로 우세하여 아직 유령림이 많다는 것을 보여주며(Fig. 4B), 이러한 역J자형의 분포는 이 군락이 당분간 경쟁적으로 유지될 수 있음을 의미한다(Austin 1977, Despain 1983, 이 등 2003). 그리고 가장 큰 종조성적 특징은 전형하위군락과 오이풀하위군락에서 졸참나무의 상대도가 매우 높게 나타난다는 것이다. 잠재자연식생이 현존식생의 구성중에 크게 의존한다는 점(Tüxen 1956, 宮脇 1997)을 감안한다면 앞으로 졸참나무가 산지하부의 소나무군락에서 잠재자연식생이라는 가능성을 높여준다. 물론 토양이나 지형 특성에 따라 부분적으로 소나무군락이 토양 극상을 이루는 예외는 인정한다(Chun et al. 2006). 굴참나무군락이나 상수리나무 군락에서도 졸참나무가 비교적 높은 상대도를 나타낸 것은 소나무군락과 유사한 입지환경임을 나타내고, 이들 군락 역시 부분적으로 졸참나무가 우점하는 군락으로 대체될 것임을 시사한다 (Fig. 6).

중간 친화력을 보여주는 Group I의 종집단은 소나무군락의 전형하위군락 및 오이풀하위군락, 굴참나무군락, 상수리나무군락, 아까시나무식재림, 일본잎갈나무식재림, 곰솔식재림의 종조성과 유사하며, Group II의 종집단은 신갈나무군락이나 고로쇠나무-까치박달군락의 종조성과 유사하다. 이와 같은 결과는 DCA 분석결과와도 유사한 군락분포 패턴을 보여주고 있다. 그러나 동일한 입지에서 Group I의 집단이 Group II의 집단으로 천이가 진행될 것인지에 대해서는 좀 더 연구해 볼 필요가 있다. 그러나 Group I의 현재 입지에서 졸참나무군락이 발달할 경우에는 입지의 환경(미기상과 토양)에 변화를 가져올 가능성도 있으므로 Group II로의 진행천이도 충분히 예상할 수 있다.

소나무군락의 두 하위군락(전형하위군락과 오이풀하위군락)에서는 신갈나무의 출현이 전혀 없었다. 사면중부(해발 600m 부근)에 분포하는 일부 굴참나무군락과 상수리나무군락에서는 졸참나무와 신갈나무가 혼생하지만 더 낮은 해발에서는 대부분 졸참나무가 나타난다. 한편, 고로쇠나무-까치박달군락의 졸

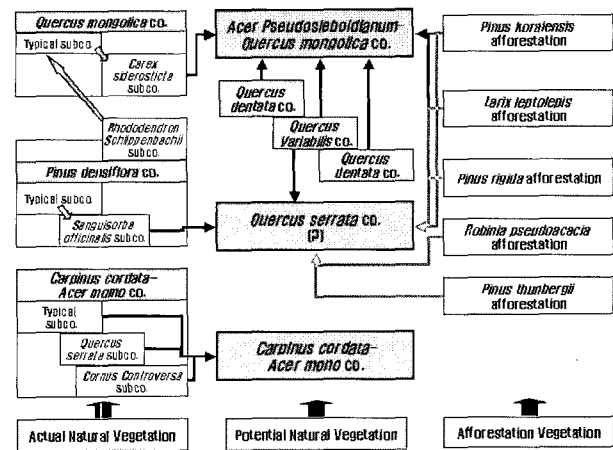


Fig. 6. Possible developmental stages in the studied forest. *Quercus serrata* co. left a question as to whether or not potential natural vegetation in the lower-sphere of the cold-temperate deciduous broad-leaved forest. co. : community, subco. : sub-community

참나무하위군락은 습성 입지인 계곡부에서 주로 나타나므로 소나무군락과는 입지 환경에 다소 차이가 있다. 이 졸참나무하위군락은 고로쇠나무-까치박달군락 보다는 상위 단위에 포함될 가능성도 있으나 여기서는 입지 환경을 우선으로 하여 진행천이를 논하고자 한다. 반면, 떡갈나무군락은 신갈나무군락의 분포영역에서 부분적으로 순림을 이루고 있는 경우가 많았다. 지역 주민들의 증언이나 현장의 산불 흔적으로 미루어 볼 때, 떡갈나무군락은 산불이나 벌채이후 형성된 것으로 보이고(김 등 1983, 이 등 2003), 신갈나무 군락으로 진행천이가 이루어질 것으로 기대된다. 삼림대 참나무류 갱신에 있어서 산불은 경쟁 식물들을 제거하고 유기물은 풍부하게 공급함으로써 맹아에 의한 개체 형성을 촉진시키는 역할을 한다(Barnes et al. 1998, Choung et al. 2004, 이 등 2004). 굴참나무나 상수리나무는 신갈나무군락 혹은 소나무군락과 동일한 해발 영역에서도 순림을 형성하고 있는 경우가 많으며, 남동 및 남서사면에 주로 형성되는 사면 특이성이 있다(정 등 2000). 굴참나무의 흉고직경 분포는 역J자형으로 향후 지속적인 발달이 예상되며, 상수리나무는 거의 정규 분포에 가까운 모양을 보여주고 있어 일면 안정기에 접어들었음을 반영한다. 따라서 이들 군락이 다른 수종으로 대체된다면 상당한 시간이 걸려야 할 것이다. 상수리나무림, 굴참나무림, 떡갈나무림, 혹은 갈참나무림은 주로 건조한 기후와 척박한 토양 환경에 잘 분포하는 것으로 여겨지는데, 이것은 본 조사 지역에 비해 더 열악한 기후 조건(평균기온 7.8~14.2 °C, 연강수량 580.2~775.6 mm)인 중국 중북부의 낙엽활엽수림에 관한 연구(Chen 1995)에서도 잘 나타나 있다. 중국 중북부의 낙엽활엽수림에서는 졸참나무가 나타나 있지 않은 것으로 보아 졸참나무의 분포는 강수량이나 습도와 깊은 관련이 있을 것으로 사료된다. 그러나 천이에 의해 숲의 구조가 변화하

거나 수관층의 수종이 대체되는 데에는 보다 많은 시간이 소요되며, 아한대 지역에서 산불이후 *Pinus contorta*가 *Abies lasiocarpa*로 완전히 대체되기까지 약 200년 내외의 시간이 걸렸음을 보여주는 것은 참고할 만하다(Clark et al. 2003). 물론 입지에 따라서 빠르거나 50~100년 사이에 빠르게 변화하는 경우도 있다(Clark et al. 2003).

고로쇠나무-까치박달군락은 계곡부에 주로 형성되는 군락으로서 흔히 졸참나무군락, 느티나무군락, 고로쇠나무군락, 층층나무군락, 들메나무군락, 오리나무군락, 가래나무군락, 물푸레나무군락, 서어나무군락 등 계곡림의 형태로 나타난다. 이 군락은 Kim(1992)의 서어나무-개서어나무아군단에 속하는 서어나무군집의 서어나무-산수국아군집과 유사한 종조성을 포함하고 있으며, 주요 수종들의 흉고직경이 비교적 안정되어 있어 토양 극상으로 계속 유지될 가능성이 높다.

한편, 식재림은 대부분 조성입지에 따라 크게 좌우되는데, 그 중 잣나무식재림은 신갈나무군락의 분포영역에 조성되어 있어 신갈나무군락에 흡수될 것으로 본다. 일본잎갈나무식재림은 신갈나무군락, 소나무군락, 고로쇠나무-까치박달군락의 분포영역에 모두 조성되어 있고, 신갈나무와 졸참나무, 느티나무 등 계곡림의 구성요소들이 조금씩 나타난다. 리기다소나무식재림, 아까시나무식재림, 곰솔식재림은 모두 산지하부나 저산지에 조성되어 있고, 졸참나무의 상재도가 높아 이들 식재림은 모두 졸참나무에 의해 대체될 것으로 본다(Fig. 6).

이상과 같은 논의를 통하여 대구 인접 지역의 삼림식생은 지형(해발고도와 사면)이나 토양 요인 및 종조성에 따라 산지사면의 중·상부는 신갈나무군락, 중·하부는 졸참나무군락, 계곡부는 고로쇠나무-까치박달군락이 잠재자연식생인 것으로 사료된다(Fig. 1, 6).

적 요

대구 인접지역 삼림식생에 대한 진행천이의 메카니즘과 잠재자연식생을 추정하였다. DCA에 의한 요인 분석에서는 해발고도 및 습도구배에 따라 각 군락의 특성이 결정되는 것으로 나타났으며, 토양의 수분 함량과 유기물 함량 및 전질 소량은 군락이 발달함에 따라 높아지는 것으로 나타났다. 종관 연관 분석에서는 2개의 종집단으로 크게 구분되었으며, 이들 두 집단의 유형을 결정하는 요인은 기온 및 토양의 수분 요인으로 판단되었다. 특히, 두 종집단은 천이의 진행에 따라 종조성이 달라지는 군락의 발달단계를 보여주는 것으로 보이며, 생활형 조성도 이를 뒷받침하였다. 입지요인 및 종조성에 따라 소나무군락, 굴참나무군락, 상수리나무군락 및 떡갈나무군락은 졸참나무군락이나 신갈나무군락으로 각각 천이가 진행될 것으로 예측되었다. 본 조사지역의 잠재자연식생은 종조성, 토양환경 및 지형요인에 의하여 산지 중·상부의 신갈나무군락, 계곡부의 고로쇠나무-까치박달군락, 산지 중·하부는 졸참나무군락의 3개 유형으로 구분되었다. 그리고 신갈나무군락과 고로쇠나

무-까치박달군락은 현존 식생이면서 잠재자연식생이며, 소나무군락은 현재의 종조성 및 해발 영역을 토대로 신갈나무군락과 졸참나무군락으로 각각 발달할 것으로 예측되었다.

감사의 글

본 연구를 수행하는데 있어 토양 분석에 도움을 주신 경북농촌진흥원의 김 중수 박사님과 참여해 주신 연구원님들께 깊이 감사드립니다.

인용문헌

- 김원, 서정호, 이종운. 1983. 당지동 산화적지의 초기식생천이. 한국생태학회지 6: 237-242.
- 농촌진흥청. 2000. 토양화학분석법. 450p.
- 변두원, 이호준, 김창호. 1998. 오대산 삼림식생의 패턴과 천이계열. 한국생태학회지 21: 283-290.
- 송종서, 김현규. 1993. 안동 임하담 일대의 삼림식생에 대한 군락생태학적 연구. 한국생태학회지 16: 439-457.
- 신상천. 1988. *Lactuca serriola*의 분포 및 군락 형성에 관한 연구. 영남대학교 대학원 석사학위논문. p 43. 대구.
- 이경재, 조재창, 유창희. 1990. Classification 및 Ordination 방법에 의한 용문산 삼림의 식물군집 구조분석. 식물학회지 33: 173-182.
- 이규송, 정연숙, 김석철, 신승숙, 노찬호, 박상덕. 2004. 동해안 산불피해지에서 산불 후 경과 년 수에 따른 식생 구조의 발달. 한국생태학회지 27: 99-106.
- 이수우. 1981. 한국의 삼림토양에 관한 연구(II). 한국임학회지 54: 25-35.
- 이우철. 1996. 한국식물명고. 아카데미서적. 서울. 1688p.
- 이지훈, 김인택. 2005. 남해군 삼림식생의 군락동태. 한국생태학회지 28: 69-77.
- 이호준, 김종홍, 전영문, 정홍락. 2003. 영종도 삼림식생의 군락생태. 한국생태학회지 26: 223-236.
- 이호준, 정홍락, 변두원, 김창호. 1993. 일월산의 삼림식생 분석. 한국생태학회지 16: 239-259.
- 임양재, 김정인. 1992. 지리산의 식생. 중앙대학교 출판부. 서울. 467p.
- 정홍락, 이호준, 이재석. 2000. 대구 인접지역에 대한 삼림식생의 군락분류. 한국생태학회지 23: 407-421.
- Arsenault A, Bradfield GE. 1995. Structural-compositional variation in three age-classes of temperate rainforests in southern coastal British Columbia. Can J Bot 73:54-64.
- Austin MP. 1977. Use of ordination and other multivariate descriptive methods to study succession. Vegetatio 35: 165-176.
- Barnes BV, Zak DR, Denton SR, Apurr SH. 1998. Forest Ecology (4ed). John Wiley and Sons, New York.
- Brulisauer AR, Bradfield GE, Maze J. 1996. Quantifying organizational change after fire in lodgepole pine forest understory. Can J Bot 74: 1773-1782.
- Brzeziecki B, Kienast F, Wildi O. 1993. A simulated map of the potential natural forest vegetation of Switzerland. J Veg Sci 4: 499-508.

- Cain SA. 1950. Life-forms and phytoclimate. *Bot Rev* 16:1-32.
- Chen LZ. 1995. Deciduous broad-leaved forests in North-Central China. in E.O. Box et al.(eds.), *Vegetation Science in Forestry*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. pp 255-271.
- Choung HL, Hong SK. 2006. Distribution patterns, floristic differentiation and succession of *Pinus densiflora* forest in South Korea: A perspective at nation-wide scale. *Phytocoenologia* 36(2): 1-17 (DOI: 10.1127/0340-269X/2006/0036-0001).
- Choung Y, Lee BC, Cho JH, Lee KS, Jang IS, Kim SH, Hong SK, Jung HC, Choung HL. 2004. Forest responses to the large-scale east coast fires in Korea. *Ecol Res* 19: 43-54.
- Chun YM, Lee HJ, Lee CS. 2006. Vegetation trajectories of Korean Red Pine (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.) forests at Mt. Seorak, Korea. *J Plant Biol* 49: 141-152.
- Clark DF, Antos JA, Bradfield GE. 2003. Succession in sub-boreal forests of West-Central British Columbia. *J Veg Sci* 14: 721-732.
- Connell JH, Slatyer RO. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *Am Nat* 111: 1119-1144.
- Crocker RL, Major J. 1955. Soil development in relation to vegetation and surface age at Glacier Bay, Alaska. *J Ecol* 43: 427-448.
- Despain DG. 1983. Nonpyrogenous climax lodgepole pine communities in Yellowstone National Park. *Ecology* 64: 231-234.
- Ellenberg H. 1988. *Vegetation ecology of Central Europe*. University Press, Cambridge.
- Kim JU, Yim YJ. 1987. Actual vegetation and potential natural vegetation of Seonunsan Area, Southwestern Korea. *Korean J Ecol* 10: 159-164.
- Kim JU, Yim YJ. 1988. Phytosociological classification of plant communities in Mt. Naejang, southwestern Korea. *Korean J Bot* 31: 1-31.
- Kim JW. 1992. Vegetation of northeast Asia on the syntaxonomy and syngelography of the oak and beech forests. Ph.D. Thesis, Wien University. p 314.
- Lee EB. 1997. Actual vegetation and potential natural vegetation of Pukhansan National Park, Mid-western Korea. *Korean J Ecol* 20: 439-450.
- McCook LJ. 1994. Understanding ecological community succession : Causal models and theories, a review. *Vegetatio* 110: 115-147.
- McCune B, Mefford MJ. 1999. PC-ORD, multivariate analysis of ecological data. Version 4. MjM Software Design. Glenden Beach-Oregon. USA.
- Olson JS. 1958. Rates of succession and soil changes on southern Lake Michigan sand dunes. *Bot Gaz* 119: 125-170.
- Pavel VK, Song JS, Nakamura Y, Verkhohat VP. 2006. A phytosociological survey of the deciduous temperate forests of mainland Northeast Asia. *Phytocoenologia* 36: 77-150.
- Peet RK. 1992. Community structure and function. In: Glenn-Lewin, D.C., Peet, R.K. and Veblen, T.T. (eds.) *Plant succession, theory and prediction*, pp. 103-151. Chapman and Hall, New York, NY, US.
- Pickett STA, Cadenasso ML. 2005. Vegetation dynamics. In: *Vegetation Ecology*. (van der Maarel, eds). Blackwell Science Ltd, Oxford, pp 172-198.
- Pickett STA, Kolasa J, Armesto JJ, Collins SL. 1989. The ecological concept of disturbance and its expression at various hierarchical levels. *Oikos* 54: 129-136.
- Pickett STA, White PS. 1985. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, Orlando, FL, US.
- Shugart JH. 1984. A theory of forest dynamics: The ecological implications of forest succession models. Springer-Verlag, New York.
- Smith T, Huston M. 1989. A theory of the spatial and temporal dynamics of plant communities. *Vegetatio* 83: 46-69.
- Tüxen R. 1956. Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. *Angew. Pflanzensoziologie* 13: 5-42.
- Westhoff V, van der Maarel E. 1978. The Braun-Blanquet approach. In: Whittaker, R.H.(ed.) *Classification of plant communities*, pp 287-374. Junk, The Hague.
- 宮脇 昭. 1997. 緑環境と植生學. NNT出版株式會社. 東京. 244p.
- 沼田 眞. 1977. 群落の遷移とその機構. 朝倉書店.
(2006년 5월 31일 접수; 2006년 6월 16일 채택)