

## 신갈나무림의 Gap 내 재생과정

강 상 준 · 최 철 수

충북대학교 사범대학 과학교육학부

**적 요:** 충북 제천시 소재 월악산 문수봉의 신갈나무림에서 gap 연령이 다른 3개 지소와 성숙림인 1개 지소로 나누어 gap 내 신갈나무의 재생과정을 밝혀 다음과 같은 결과를 얻었다. 식생조성은 gap 형성 초기에 관목층에서는 조록싸리, 물푸레나무, 미역줄나무, 신갈나무, 국수나무 등의 우점도가 높았다. 특히, 관목층 전체를 볼 때 gap형성 초기에는 개체수가 상당히 많으나 gap 연령이 증가할 수록 교목층을 형성할 수 있는 신갈나무와 물푸레나무 등의 기저면적의 증가에 의한 피음으로 관목층의 개체수는 감소하였다. gap내에는 어린 개체가 많고 점차 감소하는 역 J자형의 분포를 나타내고 gap 연령이 증가하면서 gap내에서 급속한 성장으로 교목층을 형성하는 신갈나무의 피음에 의해 부분적으로 고사된 개체가 나타나는 것을 볼 수 있었다. 성숙림에서는 어린 개체가 거의 없었으나 수령이 130년 이상인 개체가 주로 나타났고 이들 중 한개 또는 그 이상의 개체가 어떤 교란요인에 의해서 Gap이 형성되면 이곳에 어린개체가 침입되어 재생이 이루어질 것으로 생각된다. 본 신갈나무림은 gap형성 후 gap 내에 침입한 신갈나무가 교목층을 형성하는 연령인 약 35~40년 이후 부터 수령이 130~330년 되는 성숙림까지 다른 신갈나무 유묘의 침입은 없지만 다른 수종으로 대체되는 것이 아니라 성숙림의 gap형성에 의해 불연속적인 재생으로 계속 유지되는 것으로 생각된다.

**검색어:** Gap형성, 불연속적 재생, 재생

### 서 론

신갈나무는 우리 나라 산악의 중북이상에 생육하며 한대림 지역에 있어서는 순림을 형성하고 있으나 대개 표고 700 m내외의 지역이 분포의 중심지가 되고있다.

신갈나무림은 서어나무림보다 온도가 낮고 건조한 곳에 생육하므로(Yim 1977, Jang and Yim 1985, Yim 1977)한반도 냉온대 중부지방의 극상림으로 알려져 있고(Yim and Kira 1975, Choi and Yim 1984, 임과 백 1985) 남부지방에는 고도가 높은 곳에서 신갈나무가, 낮은 곳에서는 서어나무류가 극상림을 형성하고 있다(Yim 1977).

1970년대 부터 극상림의 동태나 재생 및 유지 기구에 관한 연구가 시작된 이후, 전 세계적으로 여러가지 삼림을 대상으로 많은 연구가 행해지고 있다. 이러한 연구들을 통하여 삼림, 특히 극상림이라고 하는 성숙림은 대부분이 발달 단계가 다른 patch가 mosaic상으로 되어 있다는 사실이 밝혀졌고(Jones 1945, Watt 1947, Pickett and White 1985), 또 이러한 구조를 형성하는 요인으로서 자연교란(natural disturbance)에 관한 연구들도 이루어지고 있다(Kimura 1963, Runkle 1982, Hara 1983, Nakashizuka and Yamamoto 1987, Oliver and Larson 1990, Cho and Boerner 1991).

삼림생태계에서 교란은 식생을 파괴해서 다른 종이 침입 이용할 수 있게 공간을 확보해 주기 때문에, 삼림의 발달에 큰 영향을 미치게 된다(Oliver and Larson 1990). 이러한 교란은 넓은 면적에 걸쳐서 일어나는 대규모의 교란과 나

무의 도목(uprooting)이나 줄기 및 가지의 절단(snapping) 또는 입목고사(standing dead)에 의해서 일어나는 소규모의 교란으로 나눌 수 있다. 이러한 교란 가운데 도목이나 절단 등에 의해서 임관층을 구성하고 있는 나무가 소실되게 되면, 그 공간에 다른 개체가 침입 이용하게 되는데 이러한 공간을 gap이라고 한다(Bray 1956).

성숙한 삼림에서는 gap의 크기, 발생빈도 및 공간적 분포가 각 수종의 종자산포속도, 유식물의 생존 및 군집의 재생에도 결정적인 영향을 미치는데, 재생은 이러한 gap으로부터 시작이 되는 것이므로 gap의 역할에 대하여 많은 연구가 행해지고 있다(Canham 1985, 1989, Poulson and Platt 1989).

삼림에 있어서 gap 재생은 삼림의 종다양성 유지를 위한 중요한 기작으로 보고되고 있는데(Fox 1977, Connell 1978), 특히 삼림구조와 열대림에 있어서의 종다양성(species diversity)의 유지에 중요한 요인으로 지적되고 있다(White 1979, Denslow 1980, Pickett 1980, Whitmore 1989).

특히, 본 연구대상지와 같은 온대 삼림을 대상으로 한 연구로서는 *Fagus*림의 재생과정에 대한 연구(Honma and Kimura 1982, Nakashizuka and Numata 1982a, b, Nakashizuka 1983), gap형성과 재생과정에 있어서 개체군의 동태에 관한 연구(Nakashizuka 1984a, b) 및 참나무림의 구조와 재생에 관한 연구(Hasegawa 1984) 등이 있다.

국내에서 이루어진 교란된 삼림의 재생과정에 대한 연구는 지리산 아고산대 침엽수림의 갱신(강 1984), 자연적 교란 및 인위적 교란 후 소나무림의 재생과정에 대한 연구(이

1989), 및 신갈나무림의 구조와 재생과정에 대한 연구(남과 김 1990, 신 1991) 삼림의 교란체제와 재생에 관한 연구(조 1990, 1992) 등이 있다.

따라서 본 연구에서는 한반도 중부에 위치한 월악산 문수봉 일대의 신갈나무림을 대상으로 gap 형성 연도를 측정하고 각각의 연령 단계 별 식생의 변화를 통하여 신갈나무림의 재생과정을 밝히고자 시도하였다.

## 조사장소

본 연구는 충북 제천시에 위치하고 있는 월악산 일대의 문수봉(1161.5 m) 지역의 신갈나무림에서 행하였다 (Fig. 1). 문수봉과 매두막에 인접한 제천 지역의 연평균 강수량은 1169.8 mm이고 연평균 기온은 10.0°C이었다.

조사지소는 문수봉의 고도 920 m 지점의 남서사면에 설정하였으며 교란 후 숲의 재생단계에 따라 4개 지소로 구분 조사하였다.

제 1지소의 gap 연령은 15~20년이고 gap의 면적은 약 350 m<sup>2</sup>이며, 제 2지소의 gap 연령은 20~25년, gap면적은 약 120 m<sup>2</sup>, 제 3지소의 gap 연령은 30~35년, gap 면적은 약 170 m<sup>2</sup>이었다.

한편 제 4지소는 성숙상이라고 판단되는 폐쇄임분으로서 아직 gap 이 형성되지 않은 지소이다.

## 조사방법

### Gap내 환경

gap을 형성하는 교란요인은 간절단형(stem breakage), 가지절단형(branch snap-off) 및 입목고사형(standing death)의 3가지 형태로 나타나는데 그 비율은 각각 72%, 14%, 4%로서, 본 연구지소의 gap은 간절단으로 형성된 곳이다(신 1990).

gap내의 환경은 gap의 중앙부로부터 양쪽의 폐쇄임관(closed-canopy)을 향해 5 m 간격으로 구분하여 상대조도 및 토양수분함량을 측정하여 조사하였다.

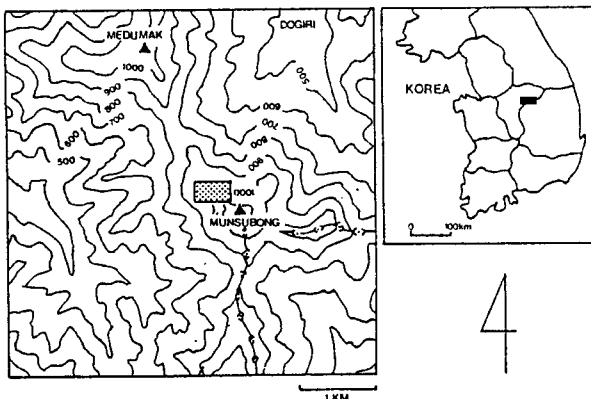


Fig. 1. Maps showing the surveyed site.

상대조도는 관목층 위에서 측정하였는데, 한 지점에서 5회씩 조도계(Model DM-28)로 측정하여 그 평균값을 이용하였다. 토양수분 함량은 각 지소에서 낙엽층과 부식층을 제거한 후 약 10 cm 깊이까지의 토양을 5~6지점에서 채취하여 비닐봉지에 넣어 실험실로 운반, 105°C 건조기에서 48시간 건조시킨 뒤 수분 소실량에 대한 건조토양 무게의 비로 계산하였다.

### 신갈나무의 연륜생장

각 조사지소의 gap 내에 출현하는 신갈나무를 대상으로 성숙목은 생장추(increment borer)를 이용하여 지상 30 cm의 높이에서 core 를 채취하였고 유령목은 지면 부근에서 절단하여 원판을 얻어 연륜측정 시료로 이용하였다. 연륜생장폭은 실체 현미경을 이용하여 버니어 캘리퍼로 0.05 mm 단위까지 측정하였다. 연륜 생장폭 측정 자료를 연령에 따라 누적하여 회귀식을 구한 후 연륜을 얻지 못한 나무의 연륜추정에 이용하였다.

### Gap면적과 연령 추정

gap면적은 gap을 타원형으로 가산하여 gap의 장축과 단축의 길이를 측정하여  $A=\pi LS/4$ (L: 장축, S: 단축)로 계산하였다 (Runkle 1982).

gap연령은 주변목과 gap내에서 gap 형성 전에 침입한 나무의 core를 채취하여 연륜 생장폭을 측정한 후 생장폭의 급격한 증가 시기를 찾아서, 그리고 Gap 내 출현한 신갈나무의 연령분포에서 신갈나무가 가장 많이 보충되는 시기를 찾아서 gap연령을 추정하였다.

## 결과 및 고찰

### Gap내 환경요인

관목층 상부에서 측정한 상대조도는 중앙부로부터 양쪽의 폐쇄 임관부로 감에 따라 한쪽에서는 100%, 84.21%, 55.44%, 32.98%, 및 36.84%로, 그리고 다른 한쪽에서는 100%, 88.77%, 77.90%, 44.91%, 21.50%, 및 41.75%로 감소하였다 (Fig. 2). 즉, 상대조도는 gap의 중앙부에서 가장 높았고 양쪽의 폐쇄 임관부로 갈수록 낮아지는 경향이 있는데, 이러한 결과는 임관을 형성하고있던 수목의 고사로 형성된 gap을 통해 많은 양의 햇빛이 투입되고 있기 때문으로 생각된다.

한편 토양수분 함량은 Gap 중앙부로부터 폐쇄 임관부로 감에 따라 한쪽에서는 44.72%, 44.44%, 37.13%, 38.98%, 및 42.79%로, 그리고 다른 한쪽에서는 44.72%, 44.35%, 44.35%, 43.25%, 36.464%, 및 42.45%로 변화하여 gap의 중앙부와 폐쇄 임관하에서 높고 gap 주변목이 위치한 부근에서 낮아지는 경향을 보였다 (Fig. 2). 이러한 결과는 식물체의 증산작용으로 인한 수분의 소실량이 자연 증발에 의한 것보다 크기 때문으로 생각된다 (Pickett and White 1985).

gap부에서 일사에 의한 증발량보다 삼림을 형성하고 있

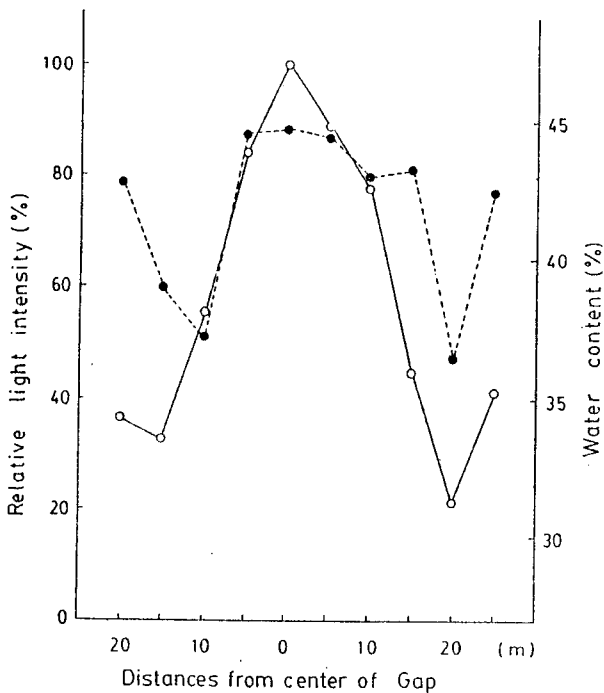


Fig. 2. Changes of relative light intensity and soil water content from gap center to gap edge. ○-----○ Relative light intensity, ●-----● Soil water content

는 수목의 증산과 성장에 의해 더 많은 수분이 소실된다는 결과가 이러한 사실을 뒷받침 해주고 있다 (Pontaller 1979). 이러한 원인에 의해 gap부는 상대조도가 높아짐으로써 하층에 존재하는 식물의 성장 속도가 증가한다.

구조와 동태

제 1, 제 2, 제 3지소의 gap 가운데 대표적인 gap의 수관투영도와 개체분포도를 Fig. 3에 나타내었다. 제1지소의 수관 투영도를 보면 신갈나무와 물푸레나무가 교목층을 형성하고, gap내에 아교목층 이상의 신갈나무가 거의 존재하지 않음을 알 수 있다.

이러한 상태의 gap에는 많은 양의 빛이 하층에까지 도달하므로 유묘의 보충과 정착된 유묘의 성장을 증가시킬수 있을 것으로 생각되는데, 실제로 초본층에서는 많은 신갈나무 유묘(seeding)들이 보충되고 있음을 볼수 있었다.

제2지소는 그 면적이 약 120 m<sup>2</sup>인 지소로써 gap내에서 아교목층을 형성한 신갈나무를 볼 수 있다. 한편 이 지소에 맹아도 다수 출현하였는데, gap의 면적이 다른 지소보다 좁은데 기인한 것으로 생각된다 (신 1991). 따라서 이 지소의 아교목층을 형성하고 있는 신갈나무는 종자에서 기원한 개체가기 보다는 맹아에서 비롯된 것으로 생각된다.

제3지소는 gap의 연령이 30~35년 된 지소로써 그 면적이 약 170 m<sup>2</sup>인 지소이다. 이 지소는 gap내에 다수의 신갈나무가 존재하고, 신갈나무 고사체도 다수 관찰되었다. gap

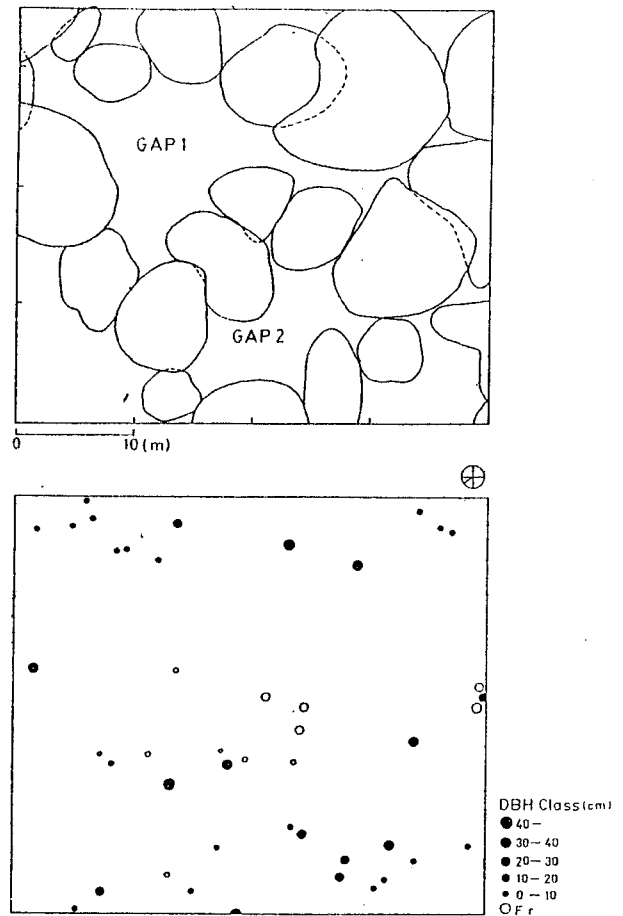


Fig. 3. Example of diagrams of crown projection and individual distribution in Munsubong of Mt. Worak (site 1). The closed and open circles indicate *Quercus mongolica* and *Fraxinus rhynchopylla*, respectively.

내에 존재하는 신갈나무들은 교목층에 도달할 정도로 성장하였는데, 이들은 높은 밀도로 상층을 폐쇄시켜 늦게 보충된 하층의 신갈나무 유식물을 고사시킨 것으로 생각되는데, 고사된 신갈나무의 수령은 5~30년 사이의 것이었다.

gap이 형성되지 않은 성숙림에서는 성숙목이 일정한 간격으로 분포하고 있음을 볼 수 있었다. 성숙목의 수관의 면적과 모양은 수목의 고사로 형성된 gap의 것과 유사하였다.

목본식물의 밀도

각 지소에 출현한 목본식물의 밀도 및 기저면적을 Table 1에 나타내었다. 제1 지소에서 조록싸리, 물푸레나무, 미역줄나무 및 국수나무의 밀도는 각각 11,560 개체/ha, 1,400 개체/ha, 560 개체/ha, 320 개체/ha 순서로 낮았고 조록싸리, 물푸레나무, 미역줄나무 및 신갈나무의 기저면적(cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)은 각각 2.51 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, 0.91 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, 0.20 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> 및 0.18 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>의 순서로 낮았다.

Table 1. The composition of woody species expressed by density (no./ha), basal area (cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>) and percentages in each site

Species	Site 1		Site 2		Site 3		Site 4									
	Density (no./ha)	Relative basal area (%)	Density (no./ha)	Relative basal area (%)	Density (no./ha)	Relative basal area (%)	Density (no./ha)	Relative basal area (%)								
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	11560	76.46	2.51	61.10	9120	74.03	1.62	33.20	1800	31.86	0.13	3.34	2450	30.82	0.54	6.58
<i>Stephanandra incisa</i>	320	2.12	0.02	0.49	560	4.55	0.05	1.02								
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	160	1.06	0.11	2.68	240	1.95	0.66	13.52								
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	1400	9.26	0.91	22.18	640	5.19	0.23	4.71	300	5.31	0.05	1.29	800	10.06	0.37	4.51
<i>Quercus mongolica</i>	360	2.34	0.18	4.39	560	4.55	0.77	15.78	2250	39.82	1.67	42.93	850	10.69	3.64	44.34
<i>Corylus heterophylla</i>	160	1.06	0.02	0.49												
<i>Acer mono</i>	80	0.53	0.02	0.49												
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilsa</i>	360	2.38	0.06	1.46	400	3.25	0.08	1.64	500	8.85	0.35	8.99	2550	32.08	2.41	29.36
<i>Lespedeza bicolor</i>	80	0.53	0.07	1.71												
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	40	0.23	0.003	0.07												
<i>Tripterygium regelii</i>	560	3.70	0.20	4.87	560	4.55	0.29	5.94	200	3.54	0.05	1.29	300	3.77	0.08	0.97
<i>Euonymus alatus</i>	40	0.23	0.002	0.05												
<i>Corylus sieboldiana</i>					160	1.29	0.06	1.23								
<i>Sorbus alnifolia</i>					80	0.65	0.12	2.46								
<i>Weigela subsessilis</i>									350	6.19	0.66	20.31	100	1.26	0.01	0.12
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>									50	0.88	0.03	0.92				
<i>Morus bombycis</i>									200	3.54	0.95	24.42				
<i>Lindera obtusiloba</i>													150	1.89	0.009	0.11
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>													750	9.43	1.10	13.40
Total	15120	100	4.103	100	12320	100	4.88	100	5650	100	3.890	100	7950	100	8.209	100

제 2지소에서 조록싸리, 물푸레나무, 신갈나무, 및 미역줄 나무의 밀도는 9,120 개체/ha, 640 개체/ha, 560 개체/ha 및 560 개체/ha의 순서로 낮았고, 조록싸리, 신갈나무, 물푸레나무 및 미역줄나무의 기저면적은 각각 1.62 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, 0.77 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, 0.66 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> 및 0.29 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>의 순서로 낮았다. 제 3지소에서는 제 1지소와 제 2지소에서 매우 낮은 값을 보이었던 신갈나무와 노린재나무의 밀도가 각각 2,250 개체/ha, 500 개체/ha, 1.67 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, 0.35 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>로 현저히 증가하는 반면에 조록싸리, 물푸레나무 등의 감소를 볼 수 있었다.

제 4지소에서는 노린재나무, 조록싸리, 신갈나무 등의 밀도가 각각 2,550 개체/ha, 2,450 개체/ha, 850 개체/ha 등으로 다소 높게 나타났으나 기저면적은 신갈나무, 노린재나무, 조록싸리 및 물푸레나무가 각각 3.64 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, 2.41 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, 0.54 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> 및 0.37 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>의 순으로 나타났다.

gap 연령이 증가함에 따라 상대밀도가 급격히 감소하였으나, 물푸레나무는 대체적으로 낮고 거의 변화하지 않았다. 한편, 신갈나무와 노린재나무의 상대기저면적은 계속 증가하지만 상대밀도는 제 3 지소까지 증가하고 성숙림인 제 4 지소에서는 감소하였다.

한편, 각 지소별로 관목층을 형성하고있는 모든 종의 밀도와 기저면적의 변화는 15,120 개체/ha, 12,320 개체/ha, 5,650 개체/ha, 7,950 개체/ha과 4.103 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, 4.880cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, 3.890 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, 8.209 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>로 나타났다. gap 형성초기의 개체수는 환경요인의 변화와 새로운 개체의 침입으로 증가하지만 시간이 지남에 따라 교목층을 형성할 수 있는 종의 기저면적 증가와 함께 성장에 의한 피음으로 말미암아 개체수는 감소하였다.

제 3지소에서 다른 지소보다 개체수와 기저면적이 다소 낮게 나타나는 것은 조릿대 지역이기 때문이라고 생각된다. gap 형성 초기 광조건의 증가가 다양한 관목층들의 침입을 유리하게 하나, gap 연령이 증가할 수록 교목층을 형성할 수 있는 신갈나무와 물푸레나무 등의 기저면적 증가와 이들의 광차단에 의해 관목층의 개체수는 감소하고, 교목층을 형성할 수 있는 신갈나무와 물푸레나무 등의 기저면적은 증가하였다.

이와같이 gap 형성 초기 상대조도의 증가로 인해 입상에 존재하는 신갈나무를 비롯한 관목층을 구성하는 개체의 신속한 수적 증가와 생장이 이루어진다. 이렇게 급격한 성장을 한 신갈나무는 제 3지소에서 공간을 점유하므로써 다시 상대조도가 감소되고 공간을 점유한 개체들을 제외하고는 신갈나무를 비롯한 관목층의 성장은 다시 둔화된다고 생각한다. 실제로 신갈나무는 피음에 의해서 생장이 감소된다 (하 1988).

**신갈나무의 재생**

각 지소의 수령별 신갈나무의 개체수 분포는 Fig. 4와 같다. gap 형성 초기에는 어린 신갈나무 개체가 상대적으로 많으나 점차 감소하는 역 J자형을 나타내었다 (Fig. 4a). gap내에서 성장하여 교목층을 형성할수 있는 35~40년 사

이의 신갈나무는 제 3지소에서 나타나는데, 특히 수령이 5~30 년 사이의 신갈나무 개체가 고사하는 것을 볼 수 있었다 (Fig. 4c).

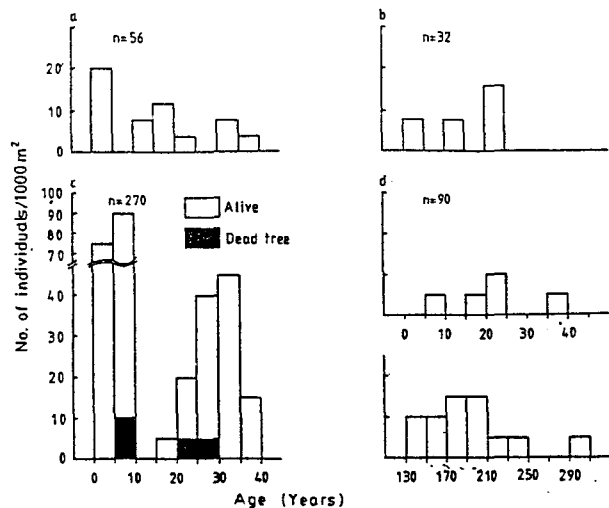
참나무는 비내음성(shade-intolerant) 또는 중내음성(mid-tolerant)인 종이고(Cho and Boerner 1991), *Quercus alba* 와 *Quercus borealis* 같은 Oak류의 유묘의 광합성은 10~25%에서 광포화점에 도달한다는 것을 고려하면 (Kramer and Decker 1944, Canham 1989), gap내에서 성장하여 교목층을 형성하는 신갈나무가 공간을 점유하여 입상에 이르는 광을 차단하기 때문으로 생각된다.

성숙림에서는 어린 개체의 유입이 거의 없고 130~330년 정도된 성숙목이 주로 나타났다 (Fig. 4d). 이와 같이 신갈나무림내에 새로운 유묘(seedling)의 침입은 gap이 형성되어야 이루어지는데 gap 내에 침입 성장한 신갈나무가 교목층을 형성하는 시기인 35~40년까지 계속되며 이때부터 성숙림에 이르기까지는 유묘의 유입이 거의 없는 것으로 생각된다.

신갈나무림의 전체적인 수령구조를 보면 40년~130년 사이의 신갈나무 개체가 거의 존재하지 않는 것을 볼 수 있었다.

Barbour 등(1987)은 개체군 구조도를 통하여 노쇠군락의 변천을 두 가지 유형으로 설명하였다. 하나는 노령의 개체수가 많고 어린 개체도 있는 경우와 다른 하나는 노령의 개체수는 많으나 어린개체가 없는 경우이다. 본 조사지 내의 신갈나무는 후자의 경우로 여러 다른 식물들이 침입이 진행되더라도 수령 및 크기가 일정한 주기를 가지고 나타나면 그 군락은 유지되는 것으로 생각된다. 식물의 재생전략에는 크게 두 가지 경향이 있다.

첫째는 불연속적인 재생으로 잣나무(*Pinus koraiensis*), 신갈나무, 들메나무(*Fraxinus mandshurica*) 등이 여기에 속



**Fig. 4.** Age distribution of *Quercus mongolica* in each gap and closed forest. a: site 1 (gap 1), b: site 2 (gap 2), c: site 3 (gap 3), d: site 4 (non-gap)

하며 들쭉는 연속적인 재생으로 고로쇠나무와 피나무(*Tilia amurensis*)가 여기 속한다 (Yang and Wu 1987). 이렇게 서로 다른 재생전략을 갖는 이유는 다른 식물이나 자신의 수관하에서 즉 피음된 환경하에서 성장하는 능력의 차이 때문이다. 불연속적인 재생을 하는 신갈나무, 들메나무, 잣나무는 비내음성이며 연속적인 재생을 하는 고로쇠나무와 피나무는 내음성이다 (Yang and Wu 1987).

따라서 월악산 문수봉의 신갈나무림은 성숙목 가운데 수령이 큰 개체가 어떤 교란 요인에 의해서 고사할 경우 gap이 형성되고 이곳에 유묘의 침입이 일어나 재생 유지되는 것으로 사료된다.

## 인용문헌

- 강상준. 1984. 지리산 아고산대 침엽수림의 갱신. 한국생태학회지 7: 185-193.
- 남미란, 김성덕. 1990. 신갈나무림의 갱신과정에 관한 연구. I. 임분구조에 관하여. 한국생물과학협회 학술발표대회 요지록 p 161.
- 신재하. 1990. 신갈나무림의 구조와 재생과정에 대한 생태학적 연구. 충북대학교 석사학위논문, 50 p.
- 이창석. 1989. 솔잎혹파리 피해 소나무림의 천이에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문, 106 p.
- 임양재, 백순달. 1985. 설악산의 식생. 중앙대학교 출판부, 199 p.
- 임양재, 이남주, 백승화. 1988. 소금강 식생. 소금강 학술조사 보고서. 강원도 명주군, pp. 109-196.
- 조도순. 1990. 삼림생태계의 교란과 그 역할. 한국식물학회지, 33: 147-150.
- 조도순. 1992. 광릉 자연림에서의 교란체제와 수목의 재생. 한국생태학회지 15: 395-410.
- 하사헌. 1988. 상이한 광강도 하에서 자란 참나무속 유식물의 생장과 광합성. 서울대학교 석사학위논문, 67 p.
- Barbour, M.G., J.H. Burk and W.D. Pitts. 1987. Terrestrial plant ecology. The Benjamin/Cummings Publishing Co. Inc., pp. 61-66.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie. Springer, New York. 865 p.
- Bray, J.R. 1956. Gap phase replacement in maple-basswood forest. Ecology 37: 598-600.
- Canham, C.D. 1985. Suppression and release during canopy recruitment in *Acer saccharum*. Bull. Torrey Bot. Club 112: 134-145.
- Canham, C.D. 1989. Different responses to gaps among shade-tolerant tree species. Ecology 70: 548-550.
- Cho, D.S. and R.E.J. Boerner. 1991. Canopy disturbance patterns and regeneration of *Quercus* species in two Ohio old-growth forest. Vegetatio 93: 9-18.
- Choi, K.R. and Y.J. Yim. 1984. On the dominance-diversity in the forest vegetation of Mt. Seolag. Kor. J. Bot. 27: 25-32.
- Connell, J.H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. Science 199: 1302-1310.
- Denslow, J.S. 1980. Patterns of plant species diversity during succession under different disturbance regimes. Oecologia 46: 18-21.
- Fox, J.F. 1977. Alternation and coexistence of tree species. Amer. Natur. 111: 69-89.
- Hara, M. 1983. A study of the regeneration process of a Japanese beech forest. Ecological Review 20: 115-129.
- Hasegawa, S. 1984. Basic studies on the conservation of the natural coastal forest in Hokkaido. The structure and regeneration of *Quercus dentata* THUNB. forest in Ishikari. Fac. Agr. Hokkaido Univ. 41: 313-422.
- Honma, S. and M. Kimura. 1982. Analysis of structure and regeneration process of beech (*Fagus crenata* BL.) forest. Report of Environmental Science. Regulation of Environment in Forest 2: 7-14. (In Japanese).
- Jang, Y.J. and Y.J. Yim. 1985. Vegetation types and their structure of the Piagol. Mt. Chiri. Korean J. Bot. 28: 165-175.
- Jones, E.W. 1945. The structure and reproduction of the virgin forest on the north temperate zone. New Phytol. 44: 130-148.
- Kanazawa, Y. 1983. Some analysis of the reproduction process of a *Quercus crispula* BLUME population in Nikko. III. Population distribution and stand succession of *Quercus crispula* in area of 270 ha. Jap. J. Ecol. 33: 79-87.
- Kimura, M. 1963. Dynamics of vegetation in relation to soil development in northern Yatsugatake mountain. Jap. J. Bot. 18: 255-278.
- Kramer, P.J. and J.P. Decker, 1944. Relation between light intensity and rate of photosynthesis of loblolly pine and certain hardwoods. Plant Physiol. 19: 350-358.
- Nakashizuka, T. and M. Numata. 1982a. Regeneration process of climax beech (*Fagus crenata* BL.) forest. I. Structure of a beech forest with the undergrowth of *Sasa*. Jap. J. Ecol. 32: 57-67.
- Nakashizuka, T. and M. Numata. 1982b. Regeneration process of climax beech (*Fagus crenata* BL.) forest. II. Structure of a forest under the influences of grazing. Jap. J. Ecol. 32: 473-482.
- Nakashizuka, T. 1983. Regeneration process of climax beech (*Fagus crenata* BL.) forest. III. Structure and development process of sapling population in different aged gaps. Jap. J. Ecol. 33: 409-418.

- Nakashizuka, T. 1984a. Regeneration process of climax beech (*Fagus crenata* BL.) forest. IV. Gap formation. Jap. J. Ecol. 34: 75-85.
- Nakashizuka, T. 1984b. Regeneration process of climax beech (*Fagus crenata* BL.) forest. V. Population dynamics of beech in a regeneration process. Jap. J. Ecol. 34: 411-419.
- Nakashizuka, T. and T. Yamamoto. 1987. Natural disturbance and stability of forest community. Jap. J. Ecol. 37: 19-30.
- Odum, E.P. 1971. Fundamentals of Ecology. W.B. Saunders Company, Toronto. pp. 140-154.
- Oliver, C.D. and B.C. Larson. 1990. Forest Stand Dynamics. McGraw Hill, Inc., New York. pp. 89-139.
- Pickett, S.T.A. 1980. Non-equilibrium coexistence of plants. Bull. Torrey Bot. Club 107: 238-248.
- Pickett, S.T.A. and P.S. White. 1985. The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. Academic Press, Inc., Orlando. 427 p.
- Pontaller, J.Y. 1979. La regeneration du hetre en foret de Fontainebleau, ses relations avec les conditions hydriques stationnelles. Ph.D. Thesis. Univ. Paris, Sud. Cent. Dorsay.
- Poulson, T.L. and W.J. Platt. 1989. Gap light regimes influence canopy tree diversity. Ecology 70: 553-555.
- Runkle, J.R. 1982. Pattern of disturbance in some old-growth mesic forest of eastern North America. Ecology 63: 533-546.
- Watt, A.S. 1947. Pattern and process in the plant community. J. Ecol. 35: 1-22.
- White, P.S. 1979. Pattern, process and natural disturbance in vegetation. Bot. Rev. 45: 229-299.
- Whitmore, T.C. 1989. Canopy gaps and the two major groups of forest tree. Ecology 70: 536-538.
- Yang, H. and Y. Wu. 1987. Tree composition, age structure and regeneration strategy of the mixed broadleaved/*Pinus koraiensis* (Korean pine) forest in Changbai mountain reserve. In H. Yang, Z. Wang, J. N.R. Jeffers and P.H. Ward (eds.), The Temperate Forest Ecosystem. Inst. Terrestrial Ecol. NERC., England. 88: 12-20.
- Yim, Y.J. and T. Kira. 1975. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula. I. Distribution of some indices of thermal climate. Jap. J. Ecol. 25: 77-88.
- Yim, Y.J. 1977. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula. IV. Zonal distribution of forest vegetation in relation to thermal climate. Jap. J. Ecol. 27: 269-278.

(1998년 12월 31일 접수)

---

## Regeneration Process in Gap of *Quercus mongolica* Forest

Kang, Sang-Joon and Cheul-Soo Choi

*School of Science Education, College of Education, Chungbuk National University*

**ABSTRACT:** The pattern of gap regeneration and vegetational changes were carried out in gaps with different ages and in an intact forest in a *Quercus mongolica* (mongolian oak) stand located at Munsubong of Mt. Worak. In the early stage of gap formation, *Lespedeza maximowiczii*, *Fraxinus rhynchophylla*, *Tripterygium regelii*, *Quercus mongolica*, and *Stephanadra incisa* were dominants in shrub layers. The numbers of shrubs with smaller diameters at ground surface were abundant in the early stage of gap formation. On the other hand, as gap age increased, the number of individuals of *Quercus mongolica* and *Fraxinus rhynchophylla* forming tall tree layer decreased. However the diameter at ground surface of *Quercus mongolica* and *Fraxinus rhynchophylla* increased. There were few young *Quercus mongolica*, but those over 130 years old appeared in mature *Quercus mongolica* stands. The last regeneration episode ended about 130 years ago and the new one started 40 years ago in this study site. Considering the presence of *Quercus mongolica* below 40 years old in gap and the absence of *Quercus mongolica* from 40 to 130 years old in closed stand, it is concluded that *Quercus mongolica* forest is maintained by discontinued regeneration.

**Key words:** Discontinued regeneration, Gap formation, Regeneration

---