

## 天然更新에 의한 소나무 幼齡林分の 構造와 撫育方法<sup>1</sup>

裴尙元<sup>2</sup>

### Structure and Tending Method for Naturally Regenerated Young *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. Stands<sup>1</sup>

Sang Won Bae<sup>2</sup>

#### 要 約

본 연구는 江原道 地域에 있는 9개의 소나무 天然更新 林分을 대상으로 林分 構造와 更新 狀態를 파악하여 현재 시행하고 있는 天然更新 方法의 適合性 그리고 撫育 方法을 고찰하기 위한 목적으로 수행되었다. 특히 본 연구는 소나무와 활엽수(신갈나무) 간의 競爭 狀況에 따른 稚樹 撫育 方案을 고려하였다.

소나무의 生育本數, 生長力 그리고 林分 構造 分析 결과에 의하면 소나무의 집중적인 撫育이 없이는 林分을 구성하는 主樹種이 되기가 힘든 상태이며 활엽수와와의 競爭에서 劣勢인 것으로 나타났다.

皆伐作業이나 母樹作業에 의한 소나무 天然更新은 地被植生の 繁盛으로 인하여 성공하기가 힘든 것으로 판단되었다. 短期 傘伐 作業이나 帶狀伐이 가능성있는 방법으로 제안할 수가 있다.

稚樹 撫育 方法은 소나무 위주의 撫育 方法보다는 生長力과 分布에 따라 소나무, 신갈나무의 群狀 混播林을 유도하는 撫育策이 유리하게 판단되었다.

#### ABSTRACT

This study is performed to consider the fitness of natural regenerating method and tending methods used now by surveying the stand structure and regenerating states of the 9 natural regenerated *Pinus densiflora* stands in Kangwon province. As a special consideration, it deals with the tending methods on the seedlings of *Pinus densiflora* and broad-leaved tree(*Quercus mongolica*) under competition.

By the consideration on the number of trees, growing capacity and stand structures of *Pinus densiflora* stands, it reveals that *Pinus densiflora* is in the inferior in numbers at the competition to the broad-leaved species, and it could not occupy the stands as the dominant species if the stands were not tended.

It is estimated that natural regeneration of *Pinus densiflora* stands by the clearcutting or seed tree system could not achieved due to the abundance of ground vegetation. Short-term shelter-wood system or strip stand method may be proposed as a successful method of natural regeneration.

As the visible tending method for seedlings, the method which apply the mixed forest in group of *Pinus densiflora* and *Quercus mongolica* different by the growing capacity and distribution characteristics is better than the one which tend the *Pinus densiflora* only.

Key words : *Pinus densiflora*, natural regeneration, tending method

<sup>1</sup> 接受 1993年 11月 13日 Received on November 13, 1993.

<sup>2</sup> 山林廳 林業研究院 Forest Research Institute, Forestry Administration.

## I. 序 論

소나무는 우리나라에서 가장 주요한 鄉土樹種의 하나이며 침엽수를 대표하는 수종으로서 한국 산림의 넓은 面積을 차지하고 있다. 소나무는 생태적 적응범위가 대단히 넓으며 海拔 0m에서 부터 출현하며 1300m 이상에서도 자라고 있다. 소나무는 海拔高度 500m 內外에서 가장 많이 분포되어 있다(鄭과 李 1965). 소나무림에서는 목재 생산 이외에도 副產物로 松珙가 있으며 지역에 따라서 松珙 收穫이 목재생산수입보다도 높은 比重을 차지하고 있다.

소나무 이외의 침엽수종으로는 낙엽송, 잣나무 등을 들 수가 있으나 이 수종들은 대부분 식재를 하여 임분을 조성하였다. 先驅樹種의 특성을 가지고 있는 소나무는 天然更新이 많이 시도되어 왔다. 소나무의 생태적 특성과 경제적 중요성 때문에 소나무림의 撫育과 更新研究의 필요성이 擡頭되고 있는 趨勢이다. 그러나 대부분 소나무림은 산불 등의 피해지에 자연적으로 이루어졌거나 다른 침엽수의 조림지에 소나무가 自然發芽하여 소나무가 主樹種으로 변화하여 이루어진 곳이 많다. 그러나 계획에 의한 소나무 천연갱신지의 숫자는 잣나무나 낙엽송의 조림면적 보다 상대적으로 적은 편이다.

소나무의 천연갱신작업종으로서의 母樹作業을 통한 천연하중갱신이 주로 실시되었는데 갱신과정에서 갱신임분의 下層部 樹種들과 임분내 立地條件에 따른 고려가 미흡한 상태이다. 그리고 면적상으로는나 경제적인 측면에서 볼때 소나무가 주요한 위치를 차지함에도 불구하고 天然更新의 狀

態, 天然更新 方法 그리고 다른 樹種들과의 競爭에 관한 연구도 미흡한 상태이다.

위와 같은 이유에서 본 研究의 目的은 천연갱신임분의 構造를 파악하고 현재 시행되는 천연갱신법에 대한 妥當性 그리고 갱신된 임분들의 稚樹撫育과 更新法에 대한 提案을 하는 것에 두고 있다.

## II. 材料 및 方法

### 1. 調査 林分

조사 대상 임분은 강원도 내의 소나무 天然更新 林分으로서 傾斜度 40도 未滿, 更新 面積 최소 1ha, 임령 10년 미만인 임분을 選定하였다. 경사도 40도 이상인 임분은 급경사지로서 正常的인 山林經營이 불가능한 立地 조건을 갖고 있기 때문에 제외하였고 최소면적을 1ha 이상으로 정한 것은 주위 임분으로부터의 영향을 排除한 갱신지의 상태를 유지하기 위한 것이고 林齡 10년 생 미만이라는 조건은 10년 이상이 된 임분은 갱신초기의 상태가 人爲的인 영향으로 많이 변하였을 가능성이 있기 때문에 정하였다.

위와 같은 기준으로 총 9개의 조사임분을 선정하였으며 이 중 3개 임분은 嶺東地方에, 6개 임분은 嶺西地方에 위치하고 있다. 선정된 조사임분들은 1990년 6월부터 10월 사이에 조사되었다.

본 조사 임분은 모두 해발 300-750m 사이에 위치하고 있으며 母岩별로 보면 石灰岩 지역에 2개 임분, 화강암 및 화강편마암 지역에 7개 임분이 분포되어 있으며 방위 별로 보면 5개 조사임분이 南向, 4개 조사임분이 北向 또는 北西向에 위치하고 있다(표 1).

Table 1. Information on the study sites of naturally regenerated *Pinus densiflora*.

Stand No.	Region	Bedrock	Altitude (m)	Exposition	Slope (°)	Regeneration (Year)
1	Yeongseo	limestone	450	N	30	1986
2	Yeongseo	limestone	640	N	34	1986
3	Yeongseo	granite	630	N	35	1985
4	Yeongseo	granite	630	NW	34	1985
5	Yeongseo	granite	650	S	32	1987
6	Yeongseo	granite	750	S	36	1986
7	Yeongdong	granite	450	S	32	1985
8	Yeongdong	granite	400	S	28	1988
9	Yeongdong	granite	350	S	21	1986

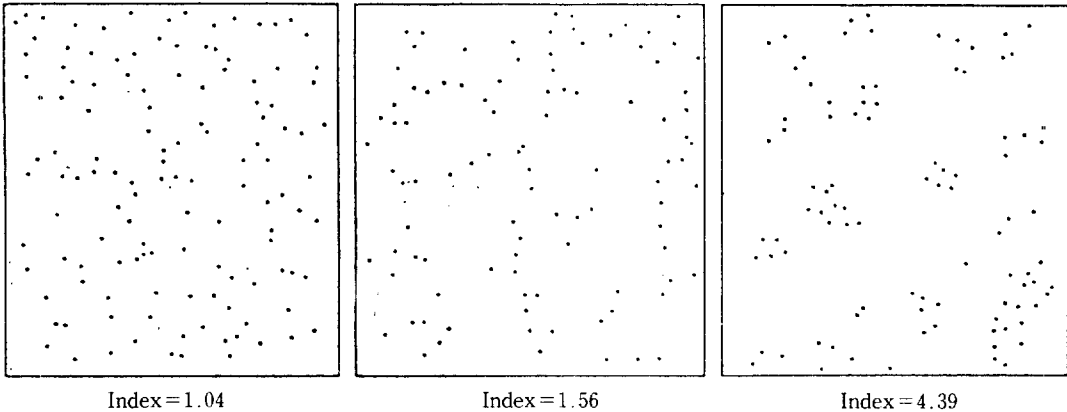


Fig. 1. Model of Dispersion Index(after Cox, 1971).

1985년부터 1988년까지의 4년동안 9개 조사임분에서 각각 天然下種更新이 이루어졌다. 대부분의 소나무 母樹들은 稜線 上部에 위치하고 있는 임분이다. 갱신작업 이후 보통 2년 간격으로 下刈作業을 실시하였는데 이 작업 과정에서 잡초, 관목 뿐만 아니라 활엽수들도 모두 낮으로 제거하였다. 여기에서 거의 모든 활엽수들이 이들의 성장력과 생장 형태를 전혀 考慮하지 않고 除去되었기 때문에 조사임분 내의 모든 활엽수들이 萌芽木이 되었다. 특히 萌芽木으로 자라는 활엽수들은 한 구루터기에서 여러 줄기가 자라나기 때문에 被覆도가 本數에 비하여 대단히 높다. 그리고 활엽수종 중에서는 신갈나무가 主種을 이루고 있다.

## 2. 調査方法

각 조사임분에 계곡으로부터 능선 방향으로 일직선을 그어서 조사선을 정하였다. 조사선 간의 간격은 임지의 크기와 조건에 따라 20-30m로 임의 조정하였다. 각 調査線 내에서 길이와 傾斜에 따라 20-30m 간격으로 調査區를 설정하였고 林分境界로부터 조사시작점까지의 거리는 無作爲法에 의하여 결정하였다. 조사시작점 이후의 각 조사구의 간격은 일정하게 유지하였다.

조사구의 모양은 圓形이며 그 크기는  $3m^2$ (반경=0.98m)이었다.

各 調査線별로 傾斜度, 植生, 土壤을 調査하였다. 植生調査는 Braun-Blanquet(1964) 방식에 따라서 하였다. 土壤調査는 A층의 酸度, 土深, 腐植質 두께를 조사하였다. 土壤調査區의 숫자는

각 林分當 6개소 이었다. 植物 分類를 위하여서는 大韓植物圖鑑(이, 1980)을 참조하였으며 土壤 調査時에는 山林立地學 指針書인 Forstliche Standortskunde(Arbeitskreis Standortskartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, 1980)를 利用하였다.

各 調査區 內에서는 樹齡, 本數, 樹高, 年年樹高生長量과 실생모 발생 여부를 조사하였다. 樹齡調査의 대상은 소나무인데 줄기의 마디수를 조사하여 樹齡을 조사하였다. 闊葉樹는 대부분 萌芽木이어서 樹齡調査를 못하였다. 本數조사는 각 수종별로 發芽本數, 稚樹本數를 구분하여 조사하였으며 樹高는 각 調査區 內에서 수종에 관계없이 10本の 나무를 크기 順序대로 測定하였으며 年年樹高生長量은 소나무의 경우 지난 3年間의 樹高生長의 平均値를, 闊葉樹의 경우는 지난 2年間의 樹高生長 平均値를 구하였다.

## 3. 分析方法

天然稚樹들의 分布度 分析은 Cox(1971)에 의한 散在指數를 使用하였다.

散在指數는 다음과 같이 계산된다.

$$\text{散在指數} = \text{Variance} / \text{平均本數}$$

稚樹들이 全面積으로 自然分散이 되어 있으면 Variance와 平均本數가 同一하여 散在指數가 1이 된다(그림 1). 치수들이 골고루 分散이 되어 있지 않고 여러 곳이나 한 두군데 물려서 나면 散在指數가 1보다 크다. 치수들이 어느 정도 일정하게 分布되어 있으면 1보다 작다. 또한 치수들간의 間隔이 일정하게 분포되어 있으면 산재지

수가 거의 0에 육박하게 된다. 散在指數의 수치가 크면 클수록 치수들이 일부 면적에 치중하여서 있는 것을 나타낸다(Cox, 1971; Loetsch, 1973).

III. 結果 및 考察

1. 土壤調查

조사임분의 腐植質 상태는 대부분이 Forstliche Standortskunde(Arbeitskreis Standortskartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, 1980)에 의한 Mull形이며 부식질층의 두께는 0.2-0.8cm 이었다. 특히 조사임분 6은 부분적으로 石地에 包含되어서 腐植質層이 부분적으로 형성되어 있다. 대부분의 腐植質層의 두께는 1cm 미만이고 A층의 pH값은 4.5-6.8인데 대부분은 5.5 이하이다. 석회암지역에 위치한 2개 조사임분의 A층의 酸度는 약산성과 중성의 數値를 나타냈다(표 2).

2. 植生調査

갱신지에 나타난 식물종은 闊葉樹, 灌木, 禾本科, 灌葉類 그룹으로 구분하였다. 被覆度의 합계는 관목, 관엽류의 높이가 틀리므로 層에 따라 被覆度가 조사되었기 때문에 被覆度가 100%와

일치하지 않는다(표 3).

조사임분 8을 제외한 모든 조사임분들의 被覆度 90%를 넘는데 이 수치는 소면적만이 地被植物이 없다는 것을 나타낸다. 灌葉類의 被覆度는 5-66%를 나타내는 반면 활엽수는 16-65%를 차지한다. 관목은 灌葉類보다 낮은 편이다.

3. 稚樹 分析

3.1. 稚樹 本數

천연갱신 수종들의 치수밀도는 천연갱신의 상태와 발달을 보여주는 가장 중요한 指標이며 또한 競爭 樹種間의 상관관계도 추측할 수 있다.

금년에 발아된 소나무 稚樹(이하 발아묘로 칭함)들의 첫번째 겨울을 넘길 生存 可能性이 낮기 때문에 금년 발아 치수를 별도로 명기하였다.

조사임분의 소나무치수 밀도는 0.1-2.0本/m<sup>2</sup>로서 많은 차이를 보이며 소나무 발아묘의 밀도도 0.2-2.4本/m<sup>2</sup>로서 이와 유사한 경향을 나타냈다(표 4). 조사임분 6은 0.1本/m<sup>2</sup>으로서 가장 낮은 소나무 치수와 발아묘의 밀도를 나타내었다. 9개 조사 임분중 6개의 조사임분 치수밀도가 1本/m<sup>2</sup> 미만이다. 전반적으로 보면 조사임분인 소나무 천연갱신임분이 안정된 幼齡林이 아닌 것을 고려하면 소나무 치수의 밀도가 낮다고 여겨진다.

Table 2. Site condition of study stands for the naturally regenerated *Pinus densiflora*.

	Stand No.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Region	Yeongseo						Yeongdong		
Bedrock	Limestone			Granite					
Humus cover (cm)	1.0	1.8	1.2	1.0	1.0	1.0	1.1	0.2	0.5
Soil depth (cm)	61	65	48	60	98	-	83	58	78
pH Value	6.6	5.9	5.3	5.0	4.4	4.5	5.0	4.9	4.5

Table 3. Coverages of vegetation groups in the naturally regenerated stands of *Pinus densiflora*.

	Stand No.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Region	Yeongseo						Yeongdong		
Bedrock	Limestone			Granite					
Vegetation-groupe	Coverage (%)								
Deciduous	16	27	65	57	58	25	57	25	22
Bush	14	25	17	47	38	3	15	5	12
Grass	50	66	33	23	12	32	5	12	25
Herbaceous	40	10	30	18	15	38	18	22	43
Sum	120	122	145	145	123	95	95	65	102

조사임분 내의 참나무류의 密度는 0.1-0.6本/m<sup>2</sup>를 나타내는데 대부분 0.5本/m<sup>2</sup> 정도이다. 조사임분 1에서는 가장 낮은 密度인 0.1本/m<sup>2</sup>을 나타냈다.

기타 활엽수들은 소나무와 참나무류 보다 더 큰 조사임분간의 密度差異를 보이며 평균 밀도는 0.1-0.3本/m<sup>2</sup>로서 참나무류가 가장 낮은 밀도를 나타내는 조사임분 1에서 기타 활엽수들의 밀도는 0.3本/m<sup>2</sup>로 조사임분 내에 가장 높은 기타 闊葉樹의 密度를 나타냈다.

천연갱신지 내에 樹種別 치수밀도를 비교하면 다음과 같은 점을 엿볼 수 있다.

최고의 소나무 치수밀도는 조사임분 8로서 20,000本/ha이고 최소치는 조사임분 6으로서 600本/ha를 나타냈다. 다른 6개의 조사임분들은 8,000本/ha이상의 소나무 치수 밀도를 나타내는데 이 임분내에서도 활엽수들이 比重이 높다. 조사임분 2, 6, 7은 활엽수가 소나무보다 높게 나타내는데 특히 비중이 소나무 보다도 높다는 것이 特記할 만하다. 4개의 조사임분 내에서도 기타 활엽수들의 비중이 비교적 높다.

위의 수치들은 Seitz(1979)나 Gothe(1956)가 바이에른 지방이나 니더작센 지방의 구주적송 천연갱신 조사에서 보고한 19,000-123,000本/ha에 비하면 대단히 적다. 그리고 일본의 Hosoi(1955)도 소나무 천연갱신 결과에서 소나무 치수 밀도는 41,000-75,000本/ha로 보고하였다.

Burschel과 Huss(1987)에 의하면 人工更新의 경우에 소나무림 조성을 위하여서는 최소 5,000本/ha가 필요하며 Kramer와 Junemann(1984)는 가지치기를 하는 前提條件 下에 고급 소나무材 생산을 위하여서는 6,000本/ha의 식재를 추천하였다.

위와 같은 最小 식재본수를 基準으로 할 경우 조사임분의 반 이상이 소나무 林分을 이루기에는 충분하지가 않다. 참나무류와 기타 활엽수의 치수들의 밀도가 9개 조사임분중 4개 조사임분에서는 소나무의 밀도보다 높게 나타났다. 소나무와 참나무 그리고 기타활엽수의 比率를 보면 소나무 單純林을 조성하기 위하여는 소나무만을 위한 特定 撫育을 하면 가능하며 一般 撫育을 행하는 경우에는 소나무 활엽수 混淆林이나 활엽수 소나무

**Table 4.** Densities of some major tree species in the naturally regenerated stands of *Pinus densiflora*

Region	Stand No.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Yeongseo					Yeongdong			
Bedrock	Limestone			Granite					
Species	Tree Density (number/m <sup>2</sup> )								
Pine <sup>1</sup>	0.5	0.2	0.6	0.7	1.2	0.1	0.4	2.0	1.7
Pine <sup>2</sup>	0.2	0.4	0.3	1.7	1.0	0.1	0.3	2.4	3.6
Oak	0.1	0.2	0.6	0.5	0.5	0.3	0.5	0.5	0.5
Other	0.3	0.2	0.1	0.1	-	0.1	0.3	-	-

<sup>1</sup>: Seedlings over 1 year

<sup>2</sup>: Seedlings generated in this year

**Table 5.** Dispersion Indices of some major tree species in the naturally regenerated stands of *Pinus densiflora*.

Region	Stand No.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Yeongseo					Yeongdong			
Bedrock	Limestone			Granite					
Species	Dispersion Index								
Pine <sup>1</sup>	2.1	5.8	12.1	12.7	13.0	1.0	7.2	12.4	3.9
Pine <sup>2</sup>	10.7	4.7	4.9	3.6	16.1	0.8	0.9	7.3	1.5
Oak	15.0	1.8	2.1	2.0	1.0	1.9	1.4	1.7	0.9
Other	1.7	1.4	1.3	2.7	-	1.2	1.8	-	-

<sup>1</sup>: Seedlings over 1 year

<sup>2</sup>: Seedlings generated in this year

混濻林이 될 가능성이 높다고 예상된다.

소나무와 참나무 그리고 기타 활엽수의 稚樹를 합한 숫자는 混濻林을 조성하기에는 충분하다고 판단된다.

### 3.2 樹種別 散在指數

天然 更新地 內的 稚樹 散在度는 稚樹 發生 本數와 더불어 천연갱신의 狀態와 성공 판단에 커다란 比重을 갖는다(표 5).

표 5를 보면 소나무 稚樹와 당년생 소나무 發芽苗들이 대부분의 조사임분 내에서 골고루 분포되어 있지 않음을 알 수 있다. 즉 금년도 發芽苗를 제외한 소나무의 散在指數는 0.8과 16.1로서 금년도 發芽苗의 散在指數와 같은 높은 數値를 나타냈다. 조사임분 6과 7만이 소나무 散在指數 1 이하이며 조사임분 1과 5는 이와 달리 散在指數 10을 넘는다. 한편 각 林分別 소나무의 散在指數의 넓은 폭과 높은 수치는 소나무 稚樹들이 임분에 따라 분포형태의 차이가 크며 또한 均一하지 않은 分布 狀況을 말해준다. 2개 조사임분 내에서만 소나무들은 偶然 分布로 그리고 1개의 조사임분에서만 약하게 몰려있는 상태로 散在되어 있다. 이외의 조사임분 내에서 소나무들이 一部 面積에서 몰려서 나거나 小面積에서 稚樹들이 전혀 없는 狀態로 分布되어 있다.

참나무류의 散在指數는 한 개의 조사임분을 제외하고는 0.9-2.1의 散在指數를 보이고 있다. 그러나 각 조사임분의 참나무류 散在指數는 비교적 변화의 幅이 소나무의 散在指數보다는 낮다. 조사임분 5와 9에서 참나무류의 散在指數는 1 이하이며 단지 조사임분 1만이 높은 散在指數를 나타내고 있다. 기타 활엽수의 散在指數는 한 개의 조사임분 외에는 전부 2 이하를 나타낸다. 전체적으로 보면 활엽수가 소나무 稚樹보다는 양호한 分布를 보이고 있다.

위와같은 수치는 대부분의 조사임분 내에서 모든 樹種들이 몰려서 자라고 있는 것을 말해준다.

이 경향은 稚樹 撫育時에 樹種別 密度와 散在指數를 고려하여 施業할 것을 提示하는 것이라 말할 수 있다.

### 3.3 소나무 稚樹의 林齡과 林齡 構造

#### (1) 소나무 稚樹의 林齡

표 6의 소나무 林齡은 조사임분 내의 소나무 稚樹의 平均 林齡을 나타내고 있다. 참나무류와 기타 활엽수들의 樹齡은 下刈 作業 過程에서 모두 萌芽木이 된 관계로 樹齡 測定이 불가능하여 測定 對象에서 除外하였다.

소나무의 조사임분들 내의 소나무의 平均 林齡은 3.5-10년 사이이다. 모든 조사 임분들의 3-6년 전에 皆伐 내지는 天然下種伐을 施行하였음에도 불구하고 조사 임분 1, 5, 6, 7의 소나무의 平均 樹齡은 6년 보다는 높다. 이러한 수치들은 4개 조사임분에서는 更新作業 以前에 많은 수의 소나무 稚樹들 林分 內에 자라고 있었다는 것을 말해준다.

#### (2) 소나무 稚樹의 林齡 構造

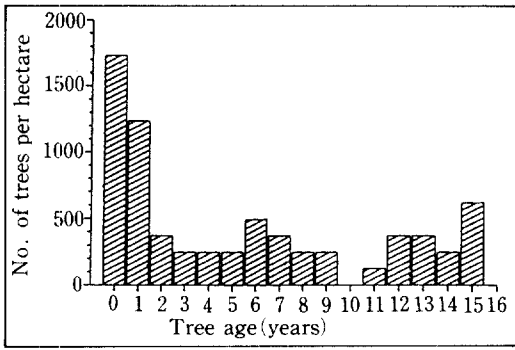
천연갱신의 發達 過程은 稚樹들의 林齡 構造를 통하여 보다 더 정확히 把握할 수가 있다. 조사 임분 내의 소나무 發芽 時期를 기준으로 하여 다음과 같이 2가지 林齡 構造 類型을 區分하였다.

첫번째 類型은 更新 作業 以前에 稚樹 發生 頻度가 높은 임분으로 更新 作業 以前에 소나무 稚樹 發生에 유리한 조건을 가졌던 소나무 林分이다. 소나무 임분 내에 裸地가 있었거나 樹冠部가 疏開되었던 임분으로 推定할 수가 있다. 금년도 소나무 發芽를 제외한 소나무 稚樹의 40% 이상이 更新 作業 以前에 發芽하여 稚樹로 生育한 林分으로 9개의 조사임분 중 5개 조사임분(조사임분 1, 2, 5, 7, 8)이 첫번째 類型에 속한다(그림 2, 3).

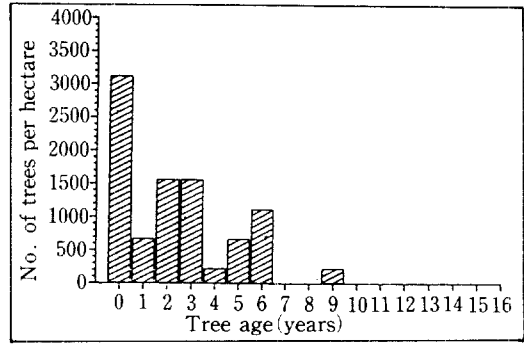
두번째 類型은 更新 作業 以後에 種子 發芽가 많아 갱신 작업 이후에 稚樹 發生 頻度가 높은 임분이다. 갱신작업 이전의 소나무 임분 내에 稚樹 發生 條件이 불리하였기 때문에 대부분의 소

Table 6. Mean ages of *Pinus densiflora* individuals in the naturally regenerated stands.

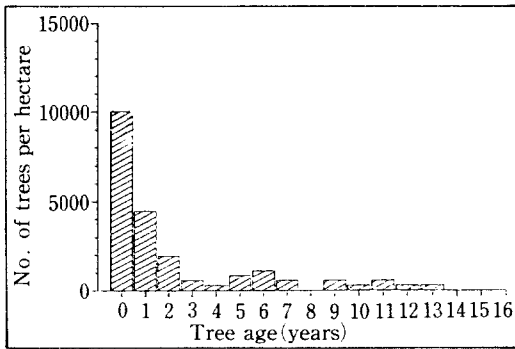
	Stand No.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Region	Yeongseo						Yeongdong		
Bedrock	Limestone			Granite					
	Mean age(year)								
Pine	7.7	4.4	4.6	5.7	6.5	7.6	10.3	5.8	3.4



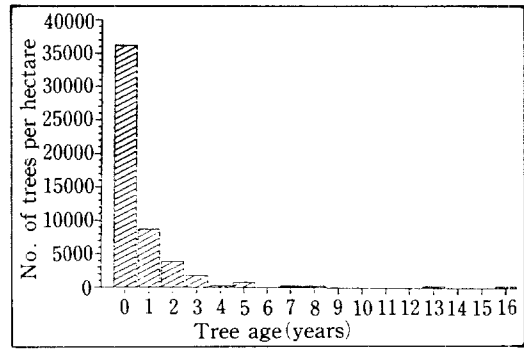
Stand number 1



Stand number 3



Stand number 5



Stand number 9

Fig. 2. Number of tree per hectare by age distribution of *Pinus densiflora* (pattern I).

Fig. 3. Number of tree per hectare by age distribution of *Pinus densiflora* (pattern II).

나무 稚樹들이 갱신 작업 이후에 發芽 生育을 한 임분으로서 9개 조사임분 중 3개 조사임분(조사임분 3, 6, 9)들이 두번째 유형에 속한다(그림 4, 5).

전체적으로 보면 5개 조사임분 내에는 皆伐作業後에 많은 수의 稚樹들이 나타났다. 이러한 현상은 소나무는 짧은 시간 내에 많은 수의 종자발아가 稚樹 發生을 할 수 있는 능력이 있다는 것을 뒷받침해준다. 2개 조사임분 내에서는 이와는 반대로 소나무 稚樹 발생이 서서히 지속되는 것을 보여주고 있다.

각 조사임분 내에 소나무 稚樹들은 수령의 차이가 많이 나고 또 更新 以前에 발생한 치수들이 많다는 것은 소나무의 種子 結實이 천연갱신에 制限인 要素가 아니라는 것을 추정할 수 있다. 이 현상들은 조사임분 내에도 소나무의 種子 發芽가 지속적으로 이루어지고 있어 천연 갱신이完了되지 않았음을 보여주고 있다. 강원도 내의

소나무림 조사보고에 의하면 소나무림에서 충분한 種子 結實이 이루어진다고 한다(山林廳, 1990; 林業研究院, 1988).

3.4 樹高, 樹高構造와 年年樹高生長

(1) 平均 樹高

소나무의 平均樹高는 13-14cm 사이에 있는데 이 중 조사임분 1과 7의 소나무 단이 80cm의 平均樹高를 보인다. 이 두개 조사임분 내의 소나무 稚樹들은 대부분 更新 以前에 發生할 것으로 更新以後에 발생한 稚樹보다 樹齡이 많기 때문에 平均 樹高가 다른 조사임분보다 높다.

각 조사별 平均 樹高의 차이가 많이 보이는 것은 각 조사임분의 立地條件과 樹齡의 차이가 많이 나기 때문인 것으로 여겨진다. 조사임분 6의 平均 樹高는 소나무 稚樹發生이 적어서 제외시켰다.

참나무도 소나무와 같이 조사임분 사이에 많은 差異가 나고 있다. 그러나 참나무류는 下刈作業

을 통하여 2-3년 간격으로 切斷되었음에도 불구하고 平均 樹高가 소나무보다 높거나 거의 같은水準을 유지하고 있었다.

(2) 소나무와 참나무류의 樹高 構造

천연갱신에서 樹高構造는 稚樹 密度 외에 天然 更新 狀況과 천연갱신 稚樹들의 다음 世代 林分의 造成 可能 與否에 대한 판단을 위한 가장 중요한 기준이 되며 각 수종들 간의 競爭 狀況을 보여준다. 수종간의 競爭 狀態에 따라 撫育 方式이 결정되기 때문에 무육을 위하여 중요하다.

소나무 稚樹는 약 1m 높이까지 地被植生들의 압박을 받기 때문에 1m 이상의 소나무 치수는 安全圈에서 地被植生의 被害없이 자랄 수 있다는 假定下에 樹高 1m 이상의 소나무 숫자에 따라서 각각의 조사임분을 2개의 類型으로 분류하였다.

다음과 같은 前提下에 類型을 나누는 기준을 1000本/ha로 設定하였다.

첫번째 전제조건은 수고 1m 이상의 소나무들이 鬱閉된 임분을 이룰 수 있도록 소나무 1本當 최대 10m<sup>2</sup>의 空間을 가져야 한다는 것이며 두번째 전제조건은 다른 수종들이 자랄 수 있는 空間을 준다는 것이다. 이 基準에 따라 조사임분들이 2개의 類型으로 구분되었다.

첫번째 類型은 1m 이상의 소나무가 1000本/ha 이상인 임분으로서 이 유형에 속하는 조사임분의 소나무수고는 1-3m 사이에 있으며 1m 이상의 소나무는 1400-2400本/ha를 보이고 있으며 수고 1m 이상의 참나무류도 같이 나타나고 있으며 각 숫자는 0-1400本/ha를 내는 데 한 조사임분내에서는 수고 1m 이상의 소나무와 참나무류의 숫자가 거의 같다. 첫번째 類型에 屬하는 조사임분에서의 소나무와 참나무류의 樹高構造를 비교하면 시간이 經過함에 따라 두 수종간의 樹高競爭이 下刻해질 것을 예상할 수 있다. 한 예로서 조사임분 1을 들 수 있다. 闊葉樹種들이 下刈작업의

對象이 되었다는 것을 고려하면 소나무는 참나무류보다 일찍 更新이 되어서 충분한 時間差異를 가지고 있어야만 천연갱신지내에서 優位를 차지할수있다. 조사임분 5가 이에 해당한다. 樹高 50-100cm 사이에서도 소나무와 참나무류의 숫자가 거의 같이 나타나며 수고 10cm이하에서는 참나무류가 存在하고 있지 않다.

위의 두 樹種간의 樹高 構造를 比較하여 보면 소나무와 참나무류간의 競爭이 심하게 나타나고 특히 참나무류가 優位를 차지할 것으로 판단된다 (그림 4).

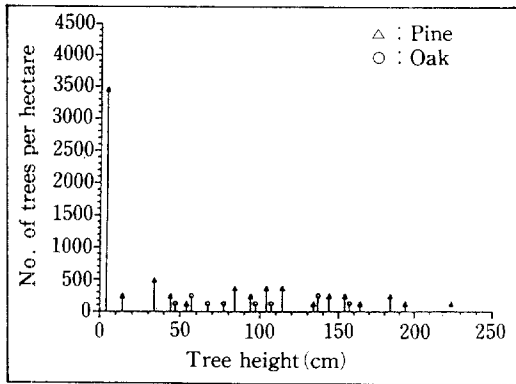
두번째 類型은 1m 이상의 소나무가 1000本/ha 以下인 임분으로서 이 類型에 屬하는 조사임분은 소나무의 대부분이 15-90cm에 있으며 1m 以上인 소나무는 임분에 따라 0-700本/ha 사이의 本數를 나타낸다. 조사임분 7에서는 700本/ha이 1m 이상이지만 이종의 折半은 2m 이상이다. 이러한 현상은 이 소나무들이 更新作業 以前에 발생한 것이라고 판단된다. 1m 이상이 되는 참나무류는 조사임분에 따라 0-2700本/ha의 숫자를 나타낸다. 소나무와 참나무류 本數를 비교하여 보면 1m 이상의 높이에서 참나무가 優位를 차지하는 임분이 있는 반면 일부 임분에서는 소나무가 優位를 점하고 있다. 조사 임분중 2개의 조사 임분에서는 소나무, 참나무류가 모두 1m 이하의 크기를 나타내고 있다(그림 5). 이것은 立地條件과 下刈作業의 시기에 起因된 것이라 볼 수 있다. 첫번째 類型과 마찬가지로 높이 1m 이하에서 소나무와 참나무류와의 競爭이 심하며 높이 1m 이상에서도 競爭이 시작되었다는 것을 보여주고 있다.

전체적으로 보면 수고 10cm 以下の 소나무가 全體 本數 중 가장 많은 수를 나타내며 비율은 50%를 넘는다. 수고가 커질수록 소나무의 본수가 참나무류의 본수보다 심하게 줄어들고 있다.

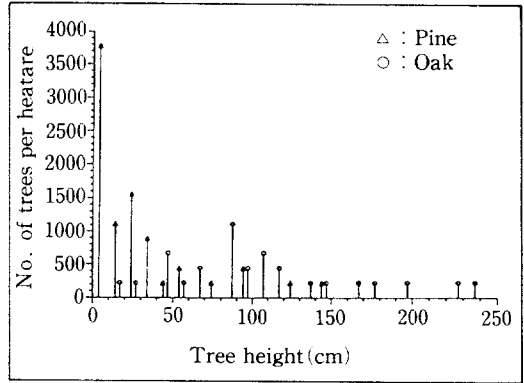
Table 7. The height of some major species in the naturally regenerated stands of *Pinus densiflora*.

	Stand No.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Region	Yeongseo					Yeongdong			
Bedrock	Limestone			Granite					
Species	Tree height (cm)								
Pine	82	61	42	32	48	-	94	27	13
Oak	94	66	105	42	37	52	77	25	32
Other	128	57	84	49	-	58	59	-	-

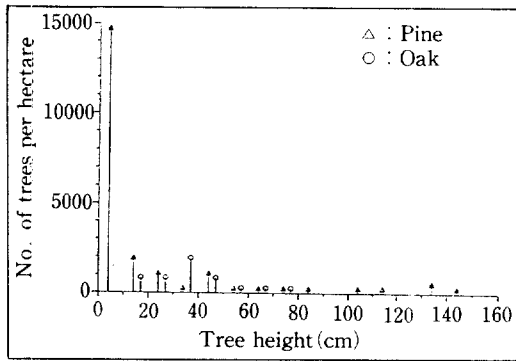




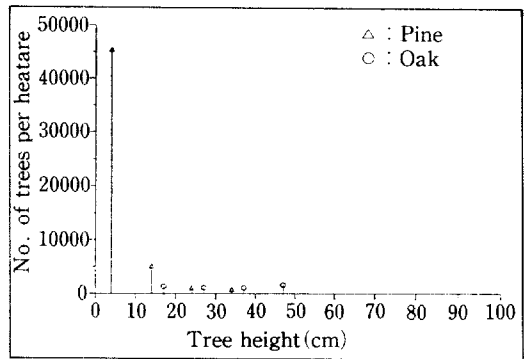
Stand number 1



Stand number 3



Stand number 5



Stand number 9

Fig. 4. Number of trees per hectare by height classes for pine and oak trees(Pattern I).

Fig. 5. Number of trees per hectare by height classes for pine and oak trees(Pattern II).

Table 8. Annual height increments of some major species in the naturally regenerated stands of *Pinus densiflora*.

Region	Stand No.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Yeongseo				Yeongdong				
Bedrock	Limestone		Granite						
Species	annual height increment (cm)								
Pine	15	16	12	7	6	6	9	4	4
Oak	19	39	30	23	25	38	22	21	20
other	35	30	38	-	-	43	24	-	-

소나무와 참나무류간의 경쟁은 1m 이하의 높이에서나 1m 이상의 높이에서 모두 발생하고 있거나 발생할 것으로 예측할 수 있다.

(3) 年年 樹高 生長

소나무의 年年樹高生長은 조사임분에 따라서 5-17cm를 나타내고 있는데 3개의 임분만이 12cm의 소나무 年年生長을 나타내고 있다(표 8).

참나무류의 수고생장은 19-39cm를 나타내는데

이 수치는 소나무 수고생장량보다 높은 것이다. 참나무의 높은 수고생장은 참나무류들이 맹아목으로서 소나무보다 튼튼한 뿌리를 가지고 있기 때문이라고 판단된다.

조사임분 중 기타 활엽수의 비중이 낮은 임분의 樹高生長量은 조사 숫자가 작기 때문에 수고생장 계산을 못하였기 때문에 5개 조사임분의 수치만 계산되었다.

기타 활엽수의 年年樹高生長量은 24-43cm를 나타내고 있으며 4개 임분에서 참나무류와 소나무보다 높은 수치를 나타냈다.

수종별 年年樹高生長量을 보면 각각의 조사임분에서 소나무가 가장 낮은 수치를 나타내었고 참나무와 기타 활엽수는 높은 수치를 보여 주었다.

**4. 소나무 稚樹의 發生과 生長에 影響을 끼치는 土壤因子, 植生因子 相關關係**

**4.1. 腐植質層의 두께**

조사임분내에서는 腐植質의 형태가 Mull로서 나타나고 있으나 腐植質層의 두께가 稚樹 發生에 영향을 끼치는 인자로 판단된다. 금년도 發生 稚樹의 密度는 부식질층의 두께가 0.5cm 이하인 곳에서만이 높으며 0.5cm 이상의 부식질층에서는 밀도가 낮아지고 있으며 1cm 이상의 두께에서는 급격히 줄어들었다(표 9).

**Table 9.** Densities of naturally regenerated pine seedlings by classes of humus layer.

Humus cover class	Pine <sup>1</sup>	Pine <sup>2</sup>	1+2
	Tree density(number/m <sup>2</sup> )		
Class I (0.0-0.5cm)	2.52	1.52	4.04
Class II (0.5-1.0cm)	0.47	0.64	1.11
Class III (1.0-1.5cm)	0.06	0.06	0.13

<sup>1</sup>: Seedlings over 1 year

<sup>2</sup>: Seedlings generated in this year

소나무의 發生密度는 腐植質層이 두터워질수록 점점 낮아져 간다. 이 현상은 Seitz(1979)나 Olberg(1955)가 조사 발표한 獨逸의 古州적송 天然更新地에서의 결과와 일치한다.

이 결과는 소나무의 천연갱신을 위하여서는 부식질층을 제거해 주는 작업이 필요하다는 것을 말한다.

**4.2 A층의 酸度**

조사된 산도는 pH 4.5-6.7의 값을 보이는데 산도가 6.0 이상인 것은 모두 석회암 지역 임분의 A층에서 보였다(표 10).

가장 소나무 발생밀도가 높은 酸度級은 산도급 I (pH 4.0-5.0)이고 제일 낮은 頻度는 산도급 III (pH 6.0-7.0)이다. 산도급 I 내에서 가장 소나무 발생밀도가 높은 酸度 範圍는 4.5-5.0 사이

**Table 10.** Densities of naturally regenerated pine by pH classes.

pH-Class	Pine <sup>1</sup>	Pine <sup>2</sup>	1+2
	Tree density(number/m <sup>2</sup> )		
Class I (pH 4.0-5.0)	1.5	0.9	2.4
Class II (pH 5.0-6.0)	0.3	0.3	0.6
Class III (pH 6.0-7.0)	0.1	0.3	0.4

<sup>1</sup>: Seedlings over 1 year

<sup>2</sup>: Seedlings generated in this year

로 조사되었다. 전체적으로 보면 산도가 낮아질수록 (pH 4.5까지) 소나무 발생밀도가 높아졌다. 그러나 본 조사결과는 Olberg(1955)가 구주적송 천연갱신지의 연구에서 치수의 발생은 酸度에 無關하다는 조사 결과와 상반된다. 이러한 상반되는 결과는 본연구대상인 조사임분중 pH가 높은 石灰岩이 母岩인 임분들에서 초본류의 被服度가 花崗岩地域의 임분보다 높기 때문인 것으로 판단되며 이것은 토양산도가 치수 발생에 끼치는 영향보다 地被植生에 의한 역할이 클 것이라는 것이 추측된다.

**4.3. 地被植生の 影響**

地被植生の 地被度는 天然更新地에서 天然更新樹種인 소나무와 햇빛, 수분 그리고 生育空間의 競爭을 명확히 보여준다. 그리고 地被植生은 土壤 上層部의 水分 均衡에 영향을 미친다 (Wittich, 1955).

특히 화분과 식물의 지피도와 稚樹發生頻度와의 상관관계는 다른 地被植生들 보다 밀접하게 나타났다(표 11).

**Table 11.** Densities of naturally regenerated pine by cover classes of vegetation.

vegetation cover class	Pine <sup>1</sup>	Pine <sup>2</sup>	1+2
	Tree density(number/m <sup>2</sup> )		
Class I (0-20%)	1.4	1.2	2.6
Class II (20-40%)	1.3	0.6	1.9
Class III (40-60%)	0.2	0.4	0.6
Class IV (60-80%)	0.0	0.1	0.1

<sup>1</sup>: Seedlings over 1 year

<sup>2</sup>: Seedlings generated in this year

소나무 치수의 發生密度는 화분과의 被覆度가 크면 클수록 낮아지며 피복도IV(60-80%)에서는 금년도 소나무 발아가 전무한 狀態를 보였다. 이

러한 결과는 Seitz(1979), Olberg(1955)와 Vanselow(1933) 소나무 天然更新 조사의 보고와 일치한다. 화분과 이외의 지피식생들도 상관관계를 보이거나 화분과 지피식생이 조사임분 내에서는 稚樹發生에 가장 큰 影響을 미치는 것으로 나타났다. 灌木類에 의한 否定的인 影響도 있는 것으로 보여준다. 지피식생이 조사임분에서 天然更新의 成功에 커다란 障礙가 되는 것으로 판단된다.

### 5. 天然更新 方法

소나무 천연갱신지 내에서 소나무 稚樹 發生과 生育 狀態는 갱신지 지피물 除去와 집중적인 소나무 撫育이 행하여졌지만 지피식생과 활엽수와 의 경쟁에서 열세를 보여 低調하다.

이것은 皆伐作業을 통한 소나무 천연갱신에서 지피식생이 소나무 種子의 發芽와 生育에 커다란 장애가 된다는 것을 입증하는 것이다. 특히 조사 임분의 지표면이 지존작업을 한 후 빠른 기간 내에 지피식생에 의해 피복되었다는 것을 알 수가 있다.

皆伐에 의한 천연갱신은 지피식생이 가장 큰 문제점이 된다는 것과 현존 소나무 중 많은 치수들이 갱신작업 이전에 발생하여 母林分의 소나무 수관 밑에서 생육을 하였다라는 것은 소나무 천연갱신을 위한 種子 結實과 소나무가 수관 밑에서 일정기간 생육이 가능한 것을 입증하는 것이다.

스위스 Hefti(1917), 독일의 Vanselow(1933), Goedeckmeyer(1938)와 Brechtel(1969)가 조사한 구주적송의 천연갱신에 관한 조사결과에서 競爭力이 강한 지피식생의 발생과 생장이 왕성한 임분에서는 皆伐을 절대적으로 피하여야 한다고 하였다. 그리고 Voegeli(1933)는 같은 立地條件下에서 지피식생이 소나무 천연갱신의 성패를 좌우한다고 하였다.

위와같은 상황하에서는 競爭力이 강한 지피식생을 억제하고 皆伐이 가진 단점을 배제하기 위해 입지와 임분의 상태에 따라 傘伐更新, 帶狀伐更新을 시행하여야 한다(Vanselow, 1933; Wittich, 1955).

천연갱신임분의 상태를 고려하면 현재까지 시행되고 있는 皆伐更新 내지는 母樹作業 更新을 止揚하여야 하며 지피식생의 발생과 생장을 억제하고 소나무 치수의 발생을 촉진시키는 단기간에

행하여지는 傘伐更新이나 帶狀伐更新을 시행하는 것이 유리한 것으로 판단된다. 그리고 어떠한 갱신방법을 실시하더라도 소나무종자 발아를 촉진하기 위해 鑛物質土層위 地被物 제거는 필요한 일이다.

### 6. 稚樹撫育 方法

調査林분에 대한 稚樹撫育方法은 소나무와 競爭을 하는 闊葉樹와 灌木들을 除去하는 下刈作業이 主를 이루어 왔다. 이 作業은 단지 소나무만을 爲主로 한 撫育方法이라고 볼 수가 있다.

現 調査林分내의 소나무와 참나무類간의 林木本數와 年年 生長力을 比較하여 보면 소나무가 單獨으로 後繼林을 形成하기는 어려운 狀況이다. 造林學的인 側面에서 보면 이것은 이제까지 행하여온 소나무 天然 更新林분에 對한 稚樹撫育에 根本的 再考가 要望되는 것이다.

위와 같은 狀況에서는 立地에 맞으며 安定된 混濬林(소나무와 활엽수)을 育成해 나가는 것이 有利하다고 判斷된다.

現存 天然更新林分을 혼효림으로 誘導하기 위하여는 소나무의 分布形을 考慮하여야 하는데 소나무는 小群像 내지는 群像形으로 몰려서 生育을 하고 있기 때문에 소나무와 참나무류가 混在된 形態에 따라 群像이나 小群像으로 樹種을 選別하여 選別된 樹種의 生長을 促進시키는 稚樹撫育을 하는 것이 有利할 것으로 判斷된다.

소나무가 主가 되는 小面積內에서는 참나무類를 全部 除去하여야 하지만 참나무類가 主가 되는 小面積에서는 소나무의 除去는 不必要하다.

참나무류는 거의가 萌芽木으로서 早期 成長이 旺盛하며 소나무보다 많은 生育空間을 차지하기 때문에 소나무를 被壓시켜 소나무가 淘汰될 可能性이 크지만 소나무는 實生苗이기 때문에 참나무와의 競爭에서 優勢를 보이기 힘들다고 豫測된다.

특히 참나무류는 萌芽木의 줄기중에서 가장 健康하고 生長力이 좋은 것을 골라서 撫育을 하는 것이 重要하다고 여겨진다. 그리고 樹種間的 競爭을 調節하는 撫育과 더불어 同一 樹種內的 競爭을 調節하여 주는 撫育作業이 同時에 行해져야 할 것이다.

撫育作業은 年中 生育 期間의 前半部에 實施하고 가을철에 實施해야 하는 境遇에는 소나무 초

두부가 木質化되었기 때문에 초두부에 損傷이 안 가도록 細心한 注意를 하여야 한다(Leibundgut, 1984). 稚樹 撫育의 時期를 놓치면 追後에 많은 時間과 經費가 所要되며 林木生産의 減少와 林分의 安全度의 損失을 招來할 境遇가 많다(Burschel과 Huss, 1987).

稚樹 撫育 作業은 치수들의 樹冠이 마주치기 시작할 때 시작하여야 한다.

#### IV. 結 論

調査 對象인 9개의 소나무 天然更新 林分은 소나무 稚樹의 密度가 充分하지 않으며 部分的으로 몰려서 나며 소나무稚樹가 발생되지 않은 局部面積도 적지 않다.

소나무 이외에도 참나무류 특히 신갈나무가 主要 樹種으로 나타났으나 신갈나무를 포함한 모든 闊葉樹들이 下刈作業에 의해 萌芽木이 되어 있다.

소나무의 樹高와 年年樹高生長量은 참나무류보다 低調한 것으로 나타났으며 이 現象은 소나무가 本 調査 地域 內에서 遷移 過程上 극성상을 形成하는 樹種이라기 보다는 先驅樹種으로 볼 수 있으며 소나무림이 점차적으로 闊葉樹林으로 變遷하여 가는 것으로 思慮된다.

皆伐이나 母樹作業에 의한 소나무림 天然更新의 가장 큰 障礙要因은 地被植生으로 여길 수 있으며 이러한 更新方法은 地被植生때문에 調査地域에서는 適合하지 못한 것으로 判斷된다. 調査地域의 소나무 天然更新은 地被植生の 發生과 生長을 抑制시키고 소나무稚樹發生을 促進시키는 更新方法이 摸索되어야 할 것이다. 이에 副應하는 更新 方法으로는 短期間으로 施行하는 傘伐更新法이나 帶狀更新方法이 該當된다.

조사임분의 소나무 稚樹 撫育은 소나무만을 重點적으로 무육을 하여야 소나무가 우위를 점할 수 있을 것으로 思慮된다. 조사임분 內의 소나무와 참나무류의 生長力과 本數를 고려하면 소나무와 참나무류가 主樹種이 되는 混楮林을 치수 무육시부터 유도하는 것이 생태적으로도 안정된 임분이 되며 소나무 稚樹 發生이 미비한 小面積은 현존하는 참나무류나 기타 활엽수를 무육하면 人工植栽를 하지 않고 쉽게 혼효림으로 유도될 수 있을 것으로 判斷된다.

#### V. 謝 辭

본 研究를 할 수 있게 지원해준 독일 Freiburg 대학 조림학연구소(Institut für Walbau Universität Freiburg)의 소장이신 Huss교수님과 직원들께 감사드립니다.

#### VI. 引用 文 獻

1. 山林廳. 1990. 國有林 經營 現代化 產學 協同 實演 研究報告書(I). 210pp.
2. 李昌福. 1980. 大韓植物圖鑑. 향문사. 990 pp.
3. 林業研究院. 1988. 針葉樹 下種에 關한 研究 (소나무 천연하종 갱신방법에 관한 연구). 시험연구보고서. 23-50.
4. 鄭郞鉉·李愚詰. 1965. 韓國森林植物帶 및 適地適樹論. 성균관대학교 논문집 10: 329-435.
5. Arbeitskreis Standortkartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung. 1980. Forstliche Standortaufnahme. Landwirtschaftsverlag, Münster Hiltrup. 188pp.
6. Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie. Wien-New York. 865pp.
7. Brechtel, H.M. 1969. Methode zur Untersuchung der Kiefern-Natur-verjüngungsfrage. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 140: 190-204.
8. Burschel, P. und Huss, J. 1987. Grundriß des Waldbaus(Einleitfaden für Studium und Praxis). Paul Parey, Hamburg und Berlin. 352pp.
9. Burschel, P., Käteb, H., Huss, J. Mosandl, R. 1985. Die Verjüngung im Bergmischwald. Forstwissenschaftliches Centralblatt 104: 65-100.
10. Cox, F. 1971. Dichtebestimmung und Struktur-analyse von Pflanzenpopulationen mit Hilfe von Abstandsmessung. Mitt. d. Bundesforschungsanstalt f. Forst- und Holzwirtschaft 87: 182pp.
11. Goedeckemeyer, K. 1983. Zur Kiefernaturverjüngung. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 20: 497-539.
12. Gothe, A. 1956. Pflanzenzahlen und Oberhen in einigen charakterischen Kiefern-Naturverjün-

- gungen im FA Schlitz. Allg. Forst- und Jagdzeitung 124 : 228-233.
13. Hefti, P. 1917. Über die natürliche Verjüngung der Föhre. Schweiz. Zeitschrift f. Forstwesen 68 : 321-329.
  14. Hosoi, M. 1955. Studies on the Natural Regeneration of *Pinus densiflora* under Clear-strip System. Bulletin of the Government Forest Experiment Station Tokyo 78 : 35-57.
  15. Koyama, N. 1943. Licht und Bodenwasser in ihrer Wirkung als Grundfaktor auf die Kiefernaturverjüngung. Bulletin of Forest Experiment Station Choseon 35 : 111pp.
  16. Kramer, H. und J nemann, D. 1984. Bestandesentwicklung und Erstdurchforstung bei einem weitständig begründeten Kiefernbestand. Forstarchiv 55 : 10-17.
  17. Leibundgut, H. 1984. Die Waldpflege. Haupt. 214pp.
  18. Loetsch, F. 1973. Prüfung von Verteilungsart und Dichte der Verjüngung mit Hilfe des Nullflächenprogramms. Forstarchiv 44 : 77-83.
  19. Olberg, A. 1955. Die standörtlichen Voraussetzungen und die waldbauliche Ausnutzung der Kiefernaturverjüngung. Forst und Holzwirt 10 : 451-454.
  20. Olberg, A. 1957. Beiträge zum Problem der Kiefernaturverjüngung. Schriftreihe der Forstl. Fakultät der Universität Göttingen 18 : 96 PP.
  21. Seitz, R.A. 1979. Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung der Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) in Bayern (Mittelfranken, Oberfranken und Oberpfalz). Dissertation an der Forstl. Fakultät Universität München. 233pp.
  22. Vanselow, K. 1933. Die Kiefernaturverjüngung in der Oberförsterei Uetze. Zeitschrift für Forst und Jagdwesen : 93-104.
  23. Voegeli, H. 1954. Zur Frage der Föhrenverjüngung und Föhrenerziehung. Allg. Forstzeitschrift 25 : 349-354, 370-374.
  24. Wittich, W. 1955. Die standörtlichen Bedingungen für die natürliche Verjüngung der Kiefer und ihre Erziehung unter Schirm. Allg. Forst- und Jagdzeitung 126 : 109-117.