

## 잣나무 임분의 성장변화에 따른 임분구조 해석에 관한 연구\*

- 강원대학교 학술림을 중심으로 -

張宰瑛<sup>1)</sup> · 辛炫智<sup>1)</sup> · 禹鍾春<sup>2)</sup>

## A Study on the Stand Structure Analysis by the Changing Growth in Korean White Pine Stand\*

Jae-Young Jang<sup>1)</sup>, Hyun-Ji Shin<sup>1)</sup> and Jong-Choon Woo<sup>2)</sup>

### 요 약

본 연구는 잣나무 임분의 성장변화에 따른 임분구조를 해석하기 위하여 강원대학교 학술림의 잣나무림을 대상으로 임분의 성장변화 및 흉고직경, 수고, ha당 재적에 대한 성장 추정식을 도출 하였다. 즉 잣나무 임목의 흉고직경에 대한 수고와의 상관관계, 흉고직경에 대한 재적과의 상관관계, 수고에 대한 재적과의 상관관계, 수관면적에 재적과의 상관관계가 분석되었으며, 임령에 대한 흉고직경과의 상관관계, 수고와의 상관관계, 단위면적당 재적과의 상관관계 등이 분석되었다. 그리고 흉고직경에 대한 추정식(1)은  $Y=20.687\ln(X)-50.431$ 으로 나타났고, 수고에 대한 추정식(2)은  $Y=12.951\ln(X)-31.225$ 으로 나타났으며, ha당 재적의 추정식(3)은  $Y=171.06\ln(X)-462.16$ 으로 나타났다. 그 결과, 추정식을 이용한 영급별 평균 ha당 재적은 II영급 27.5m<sup>3</sup>, III영급 91.1m<sup>3</sup>, IV영급 147.7m<sup>3</sup>, V영급 190.0m<sup>3</sup>, VI영급 223.8m<sup>3</sup>, VII영급 252.0m<sup>3</sup>, VIII영급 276.2m<sup>3</sup>으로 산출 되었다. 마지막으로 잣나무 임분에 있어서의 정기평균성장량과 총평균성장량과의 관계가 분석되었다.

### ABSTRACT

In this study, the stand structure of the Korean White Pine stand is analysed by the changing growth situation and the growth model for DBH, Height, and Volume per ha, which is estimated with the data collected for Korean White Pine stand in the Research Forests of Kangwon National University. The results were summarized as follows : The estimated equations were (1)  $Y=20.687\ln(X)-50.431$  for DBH, (2)  $Y=12.951\ln(X)-31.225$  for Height, (3)  $Y=171.06\ln(X)-462.16$  for Volume per ha. The mean volumes per ha according to the age classes using the estimated equations were 27.45m<sup>3</sup>, 91.05m<sup>3</sup>, 147.71m<sup>3</sup>, 190.03m<sup>3</sup>, 223.84m<sup>3</sup>, 252.01m<sup>3</sup> and 276.15m<sup>3</sup> for the age class II, III, IV, V, VI, VII and VIII, respectively. And also, the relationship between mean annual increment(MAI) and periodic average increment(PAI) was analysed.

*Key words* : stand structure analysis, changing growth, forest inventory, estimated growth equation, MAI, PAI

※ 이 논문은 2004년도 강원대학교 산림과학연구소의 학술연구지원사업에 의해 진행되었음

1) 江原大學校 大學院 山林經營學科 : Department of Forest Management, Graduate School, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.

2) 江原大學校 山林科學大學 山林經營·造景學部: Division of Forest Management·Landscape Architecture, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.

## 서론

오늘날은 환경오염으로 인한 지구 변화에 의해 자연환경이 많이 파괴되어가고 있다. 자연환경의 파괴는 인간에게 영향을 줄 뿐 아니라 주변 환경에 영향을 받으며 성장하고 소멸하는 산림과 밀접한 영향을 미치는데 따라서 산림을 효율적으로 경영, 관리하고 보호하기 위해 많은 관심과 노력이 필요하겠다. 효율적인 산림경영을 위한 산림경영계획은 특히 임업적인 측면에서 지속가능한 목재를 생산하기 위해 여러 가지 적절한 육림작업, 시업, 벌채 등을 이용한 미래지향적인 계획들을 세워야 한다. 또한 산림경영계획에 있어서 임분의 관리는 매우 중요하다(우종춘, 1991).

임분이란 산림의 모습이 비슷하고 산림을 관리하는 단위가 되는 임목들의 무리와 임목들이 서 있는 땅 또는 수종, 수령, 생육상태 등이 거의 비슷하여 이웃하고 있는 것들과는 산림의 모습이 뚜렷이 구별되는 한 덩어리의 숲을 말한다. 임분은 보통 1ha이상의 면적을 가지고 있어야 하며 임분 내의 임목들은 여러 해에 걸쳐 성장을 축적하며 매 성장 주기에 따른 층을 형성한다(박태식 등, 1990). 이 임목들의 생장은 임목 전체에서 이루어지는데 임목 생장은 표준 형태로 자라는 것이 아니므로 성장을 측정한다는 것은 어려운 일이지만 임분상태 변화를 파악하여 임분 성장을 예측 함으로서 임분의 효율적인 관리로 우량한 임목들의 지속적이고 보속적인 생산을 하는데 목표가 있다(이홍균, 1991). 임분의 생장은 어느 특정한 시기에 조사를 실시한 임분 대표치의 변화에 의하여 측정되는 것으로 현존하는 임목의 기술적, 경제적으로 수확할 수 있는 시장성을 가진 상태의 임목 생산을 말한다.

본 연구는 강원도 춘천시 동산면과 홍천군 북방면에 위치한 강원대학교 학술림 잣나무 임분(521.6ha)의 임분의 성장변화에 따른 임분구조 해석에 관한 연구를 실시하였다. 본 연구에서는 잣나무 임분의 임분 구조 해석과 성장에 따른 흉고직경, 수고, 재적의 예측에 따라 임분 상태 변동을 통해서 지속적인 산림경영계획 및 관리 방향을 설정하는데 기초를 마련하는데 있다.

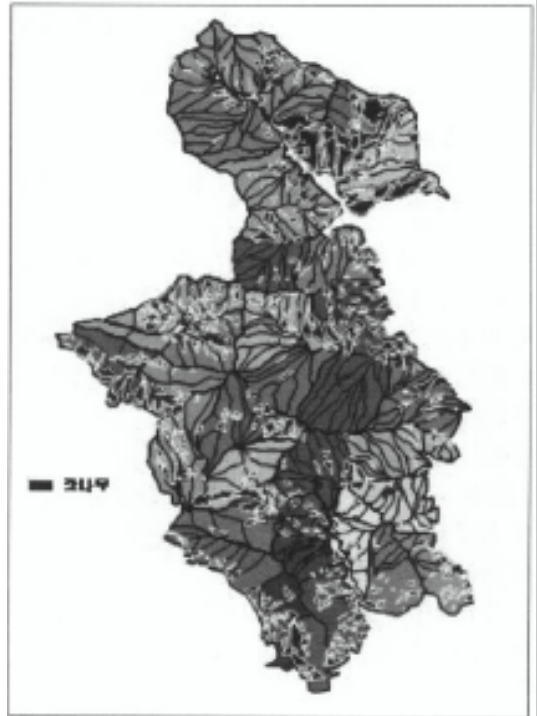


그림 1. 강원대학교 학술림 잣나무 임분의 분포 현황

## 연구자료 및 방법

### 1. 연구자료

#### 1) 조사대상지

본 연구대상지역은 강원도 춘천시 동산면과 홍천군 북방면에 위치한 강원대학교 학술림 잣나무 임분(521.6ha)을 대상으로 하였다. 강원대학교 학술림은 북위 37°46'에서 37°51' 사이 및 동경127°48'에서 127°52' 사이에 위치하고 있으며 태백산맥의 서쪽갈래인 가리산계로서 주봉인 대룡산(899m)을 정점으로 하여 연엽산(850m), 구절산(750m)으로 연결되고 산능선이 분지로 되어 있고 임지의 평균 경사도는 20°~25°사이다.

지질 및 토양은 신생대의 화강 편마암계에 속하여 화강암 또는 이들의 변성암이 풍화되어 형성된 토양은 대부분이 양토를 형성하고 있다.

기후는 온대 대륙성기후이며 평균기온은 하계

21℃이고 동계는 14℃이다. 또한 연 평균 강수량은 1,200mm이다.

## 2) 잣나무 임분현황

강원대학교 학술림에서 발간한 산림자원 경영계획을 위한 정보시스템구축(1999)의 내용을 바탕으로 각 영급에 대한 잣나무 임분의 현황을 살펴보면 잣나무 임분의 총 면적은 521.6ha로 전체 임분면적의 17%를 차지하고 있다. 각 영급에 대한 잣나무 임분의 면적과 비율을 살펴보면 I영급 잣나무 임분의 면적은 11.2ha로 26%를 차지하고 II영급 임분의 잣나무 면적은 13.5ha로 27%를 III영급에서는 180ha로 58%를 차지했으며 VII영급에서 가장 많은 217ha로 전체의 63%를 차지하고 있다.

강원대학교 학술림의 임상별 축적을 살펴보면 잣나무의 총 축적은 95,343.2m<sup>3</sup>으로 전체 총 축적 485,597.6m<sup>3</sup>의 20%를 차지하고 있다. 영급

별 축적과 영급에 대한 비율을 살펴보면 II영급에서 1,310.5m<sup>3</sup>로 20%를 차지하였고, III영급에서 22,234.3m<sup>3</sup>로 53%를 차지, VII영급에서 축적이 54,838.4m<sup>3</sup>로 전체의 61%를 차지했다.

## 2. 연구방법

### 1) 표준지 선정

강원대학교 학술림에서 발간한 산림자원 경영계획을 위한 정보시스템구축(1999)의 내용을 바탕으로 각 영급의 임분, 소반의 임도주변 100m 이내의 생장이 양호한 임분중 13곳을 표준지로 선정하여 산림조사를 실시하였다.

표준지의 Plot은 원형 Plot을 중심으로 잣나무를 25본에서 30본 측정 하였다. 높은 영급의 임목 일수록 ha당 본수가 적으나 조사의 신뢰를 높이기 위하여 같은 본수의 조사를 실시하였다. 표준지에 대하여 GPS를 이용한 좌표, 고도를 조

표 1. 강원대학교 학술림의 임상별 영급별 면적현황

(단위 : ha)

구분	I	II	III	IV	V	VI	VII	계
잣나무 (%)	11.2 (26)	13.5 (27)	180 (58)	70.8 (7)	22.6 (2)	6.2 (33)	217.4 (63)	521.6 (17)
침엽수	20.6	33.0	268.4	88.9	24.8	8.9	344.3	788.8
활엽수	22.0	8.8	33.5	892.4	1,270.3	9.7		2,236.8
기타	4.1	8.7	8.7	9.3			1.4	32.2
합계 (%)	42.6 (1.4)	50.5 (1.7)	310.6 (10.2)	990.6 (32.4)	1,295.2 (42.4)	18.6 (0.6)	345.7 (11.3)	3,057.8 (100)

자료 : 산림자원 경영계획을 위한 정보시스템 구축, 1999. (단 33임분 자료는 포함되지 않았음)

표 2. 강원대학교 학술림의 임상별 영급별 재적현황

(단위 : m<sup>3</sup>)

구분	I	II	III	IV	V	VI	VII	계
잣나무 (%)	- (0)	1,310.5 (29)	22,234.3 (53)	10,393.8 (7)	4,810.0 (2)	1,756.2 (47)	54,838.4 (61)	95,343.2 (20)
침엽수	48.1	4,588.7	38,073.0	13,806.2	5,308.0	2,517.1	89,303.9	153,645.1
활엽수	-	7.5	3,875.4	113,613.0	193,292.6	1,212.2		332,000.7
합계 (%)	48.1 (0.1)	4,596.2 (0.95)	41,948.4 (8.64)	147,419.2 (30.36)	198,600.6 (40.89)	3,729.3 (0.77)	89,303.9 (18.39)	485,597.6 (100)

자료 : 산림자원 경영계획을 위한 정보시스템 구축, 1999. (단 33임분 자료는 포함되지 않았음)

사하였고 방위각, 경사 등을 측정 하였다.

그림 2는 강원대학교 학술림 조사대상지의 Plot 1번의 잣나무 임분에 대한 임목 위치도를 나타낸 그림이다. 표 3은 조사대상지의 수종, 해발고, 경사, 방위, 좌표를 나타낸 조사대상지의 개요이다. 조사대상지의 평균 해발고는 449m로 나타났고 평균경사는 23°로 나타났다.

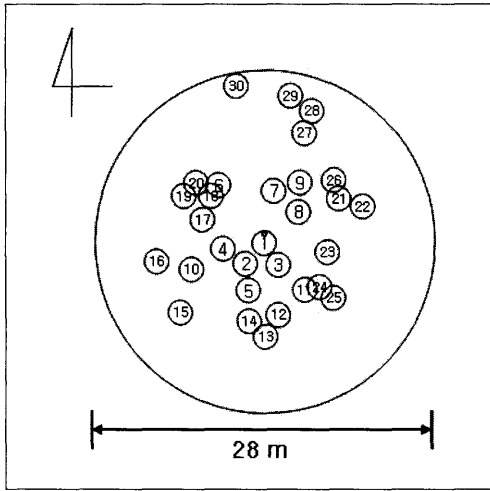


그림 2. 잣나무 임분의 임목 위치도(예)

표 3. 조사대상지 개요

Plot	수종	해발고	경사	방위	좌표
11	잣나무	516 m	12°	S	N 37° 47' 19.7" E 127° 49' 30.7"
2	잣나무	494 m	12°	S40W	N 37° 47' 16.6" E 127° 49' 29.1"
3	잣나무	556 m	25°	S30E	N 37° 47' 23.3" E 127° 49' 59.0"
4	잣나무	610 m	32°	S20E	N 37° 47' 24.0" E 127° 49' 57.9"
5	잣나무	622 m	32°	S40W	N 37° 47' 24.3" E 127° 49' 58.3"
6	잣나무	652 m	34°	S30W	N 37° 47' 22.3" E 127° 50' 09.0"
7	잣나무	287 m	25°	N70W	N 37° 46' 39.9" E 127° 49' 06.7"
8	잣나무	261 m	26°	N80W	N 37° 46' 40.4" E 127° 49' 06.5"
9	잣나무	290 m	25°	N90W	N 37° 46' 39.1" E 127° 49' 16.9"
10	잣나무	300 m	24°	N60W	N 37° 46' 39.7" E 127° 49' 18.5"
11	잣나무	328 m	9°	S20W	N 37° 47' 39.1" E 127° 49' 21.1"
12	잣나무	478 m	24°	S	N 37° 47' 13.3" E 127° 49' 01.0"
13	잣나무	448 m	25°	S10E	N 37° 47' 12.7" E 127° 49' 01.4"

2) 측정방법

표준지 내 임목에 대한 측정인자로는 지황인자 2개와 임황인자 6개를 조사하였다. 지황인자로는 사면 방향과, 경사를 측정하였고, 임황인자는 흉고직경, 총수고, 수관폭이 가장 넓은 지점에서의 높이, 지하고, 수관폭 장축, 수관폭 단축을 측정하였다.

표 4. 산림조사 인자

지황인자	임황인자
사면방향 경사 고도	흉고직경
	총수고
	수관폭이 가장 넓은 지점까지의 높이
	지하고
	수관폭 장축
	수관폭 단축
	연령

산림조사는 조사대상 Plot을 결정 한 후 윤척을 이용하여 흉고직경을 파악하고 거리측정기와 순도를 이용하여 수고, 지하고, 수관폭이 가장 넓은 지점까지의 거리, 수관폭의 장·단축을 측정하였다. 마지막으로는 생장추를 이용하여 각 수관급별 임목에 대하여 연령을 측정하였다.

3) 연구방법

산림조사에 의해 얻어진 산림측정인자들을 바탕으로 잣나무 임분에 대한 임분구조분석을 실시한다. 즉 13개의 각 표준지에서 조사된 임분통계량(흉고직경, 수고, 재적, 수관폭)을 바탕으로 흉고직경에 대한 수고와의 상관관계, 흉고직경에 대한 재적과의 상관관계, 수고에 대한 재적과의 상관관계, 수관면적에 대한 재적과의 상관관계가 검토된다. 그리고 잣나무 임분의 연령에 따른 임분구조, 즉 임령에 대한 흉고직경과의 상관관계, 임령에 대한 수고와의 상관관계, 임령에 대한 단위면적당 재적과의 상관관계 등이 분석된다. 또한 회귀식을 이용해서 임령에 대한 흉고직경, 수고, 단위면적당 재적의 생장추정식이 도출된다. 마지막으로 정기평균생장량과 총평균생장량과의 관계가 추정 분석된다.

연구결과 및 고찰

1. 산림조사에 의한 잣나무 임분구조분석

강원대학교 학술림의 13곳의 표준지에 대하여 임분에 대한 통계량을 살펴본 결과 표 5와 같이

산출되었다. 11표준지가 흉고직경, 수고, 재적, 수관폭이 가장 크게 나타났으며 13표준지가 가장 작게 나타났다.

각 표준지 흉고직경에 대한 수고를 살펴보면 흉고직경이 증가 할수록 수고의 크기가 증가 하는 전형적인 임목의 성장패턴을 나타낸다. 그림 3에서 보면 흉고직경 10cm에서 20cm 부분에 공간이 나타난 곳이 있는데 이는 흉고직경 원형에 모인 점들은 연령이 11년에서 15년 정도의

임목들이고 직사각형에 모인 점들은 연령이 25년에서 30년인 것으로 판단되어 연령의 차이로 인하여 생긴 공간이라 사료된다.

산림청 수확표(2000)에 나타난 잣나무 임목의 재적식에 대입하여 산출한 흉고직경에 대한 재적의 산점도를 그림 4에서 살펴보면 그림 3에서와 같이 흉고직경이 증가할수록 재적이 증가하는 전형적인 임목생장의 산점도를 볼 수 있다.

그림 5에서와 같이 잣나무 임분의 수고에 대한

표 5. 각 표준지의 임분 통계량

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
흉고직경 (DBH)	평균	19.7	19.6	18.8	25.6	26.9	26.4	20.7	19.6	34.7	32.6	38.5	10.4	9.3
	최소	12.5	11.0	12.6	13.8	18.0	15.1	12.1	10.8	26.0	21.5	28.5	7.1	3.6
	최대	32.5	26.5	25.8	41.6	40.9	34.3	28.0	27.0	47.8	37.5	49.0	12.5	13.2
수고 (H)	평균	12.2	14.1	12.0	19.7	18.0	18.2	15.4	14.7	21.5	20.1	22.3	4.4	4.0
	최소	9.4	8.7	9.5	14.6	13.3	8.9	11.2	10.6	18.6	16.3	17.0	3.0	1.4
	최대	15.1	16.7	14.3	22.9	20.9	23.4	17.5	16.9	23.6	22.5	26.3	5.2	5.6
재적 (V)	평균	0.20	0.22	0.18	0.51	0.48	0.46	0.27	0.24	0.87	0.73	1.09	0.02	0.02
	최소	0.07	0.05	0.07	0.13	0.21	0.15	0.07	0.06	0.47	0.29	0.55	0.01	0.01
	최대	0.45	0.40	0.31	1.22	1.09	0.76	0.48	0.42	1.64	1.00	1.89	0.03	0.04
수관폭 (CW)	평균	4.2	4.1	5.2	3.4	3.5	4.6	6.4	6.8	8.5	8.3	9.9	3.8	4.0
	최소	1.5	2.3	2.9	1.3	2.0	2.5	3.8	4.3	7.0	7.4	7.9	3.0	1.0
	최대	6.3	6.1	7.8	5.2	5.7	7.0	8.6	9.5	11.7	9.5	12.3	4.3	5.3

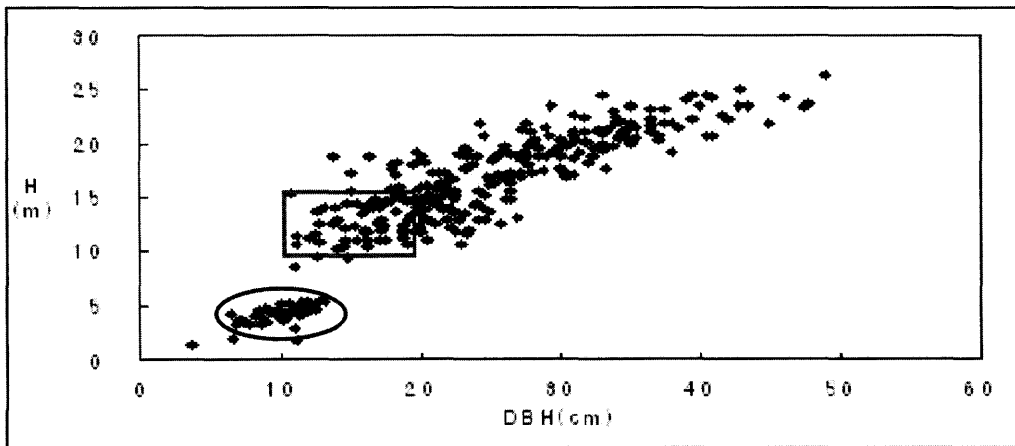


그림 3. 잣나무 임목의 흉고직경에 대한 수고의 산점도

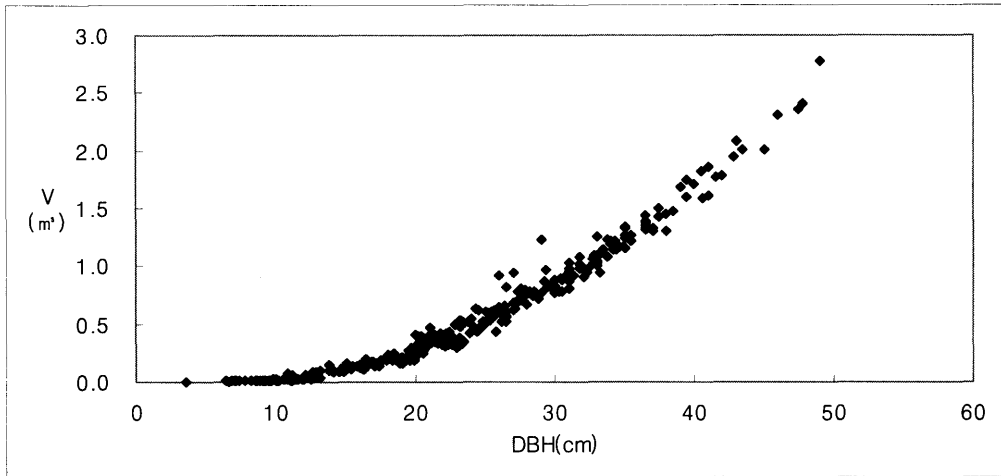


그림 4. 잣나무 임목의 흉고직경에 대한 재적의 산점도

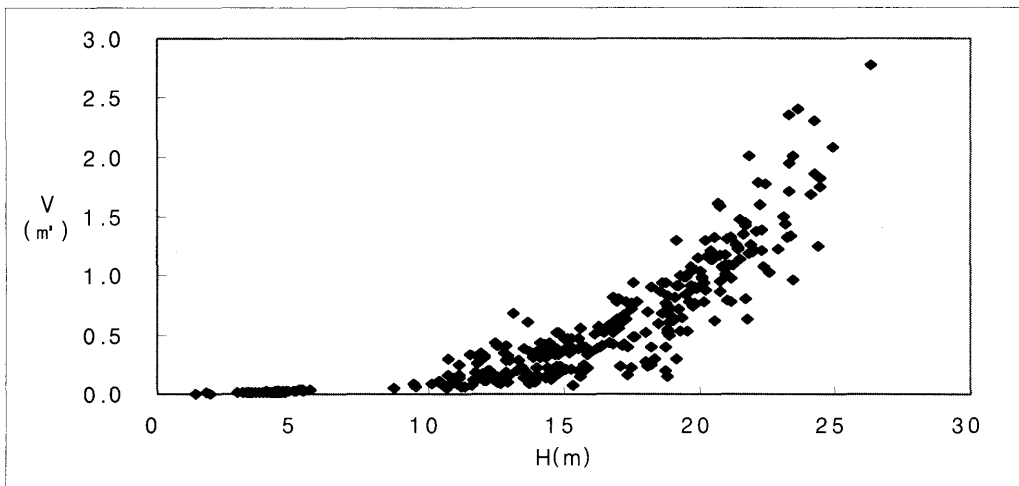


그림 5. 잣나무 임목의 수고에 대한 재적의 산점도

산점도를 살펴보면 수고가 증가할 수록 재적은 증가하나 그림 4에서 나타난 것과 같은 흉고직경에 대한 재적의 산점도에 비하여 넓은 분포를 나타내고 있다. 그림에서 수고 5m~10m사이에 산점도가 나타나지 않은 것은 연령이 15년에서 25년생 사이에 수고를 측정 할 수 없었기 때문이다. 수고에 대한 재적의 산점도가 그림과 같이 나타난 이유는 재적의 영향이 수고에 차이보다는 흉고직경에 의한 흉고단면적에서 더 큰 영향을 주며 수고가 재적에 영향을 덜 주는 것으로 사료된다.

그림 6에서와 같이 잣나무 임목의 수관면적에 대한 재적의 산점도를 살펴보면 산점도가 매우 넓게 흩어진 것으로 나타났다. 즉 흉고직경에 의한 상관계수는 0.9846이고, 수고에 대한 상관계수는 0.8553, 수관면적에 대한 상관계수는 0.6314로 산출되었다. 그러므로 재적과 수관면적과의 관계는 흉고직경이나 수고의 관계와 같이 크게 관련이 없는 것으로 나타났다. 그 이유는 수관의 형태가 일정하지 않아 정확한 수관면적을 산출하는 것이 어렵기 때문인 것으로 사료된다.

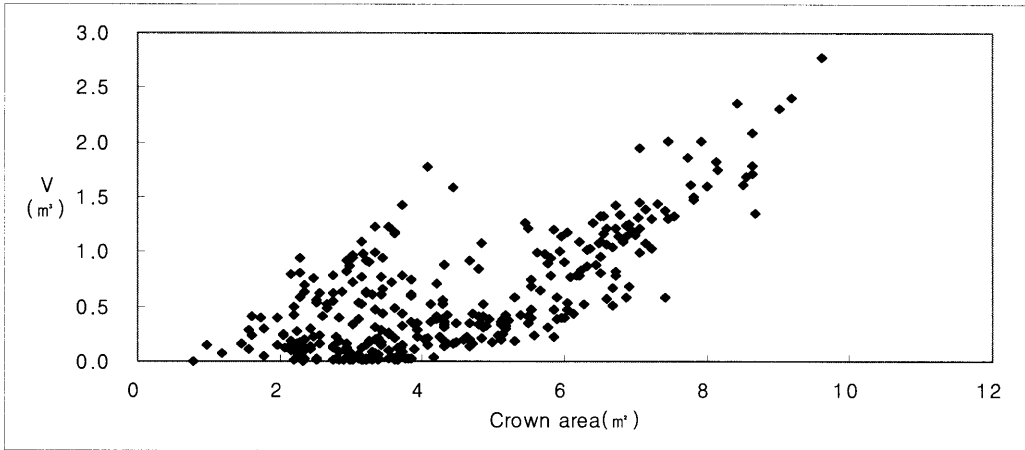


그림 6. 잣나무 임목의 수관면적에 대한 재적의 산점도

## 2. 잣나무 임분의 연령에 따른 임분구조

강원대학교 학술림에 잣나무 임분을 조사하기 위해 잣나무 임분 13 표준지를 선정하여 각 Plot의 중심목을 정하고 앞에서 설명한 바와 같이 중심목을 기준으로 주변의 임목 25~30본을 매목 조사하였다. 영급별 본수의 차이로 인한 조사의 신뢰도를 높이기 위하여 각 Plot마다 같은 본수를 조사하였다. 따라서 조사한 연령으로 흉고직경, 수고, 재적과의 관계를 알아보았다.

그림 7은 잣나무 임분의 연령에 대한 흉고직경과의 관계를 나타낸 것으로 연령이 증가할수록

흉고직경(DBH)도 함께 증가함을 알 수 있다. 연령에 대한 흉고직경의 회귀식은  $DBH = 20.687 \ln(\text{Age}) - 50.431$ 로 나타났고 상관계수  $R^2$ 값은 0.75로 나타난 것으로 보아 상관관계가 좋은 것으로 사료된다. 같은 연령, 같은 임분에서 흉고직경의 차이가 나타나는 것을 볼 수 있는데 이것은 각 임목간의 경쟁으로 인한 직경생장의 차이 때문에 나타난 것이라고 사료된다.

잣나무 임분의 연령에 대한 수고와의 관계를 알아보면 그림 7에서 흉고직경과의 관계를 나타낸 것과 매우 흡사하게 나타난 것을 볼 수 있다.

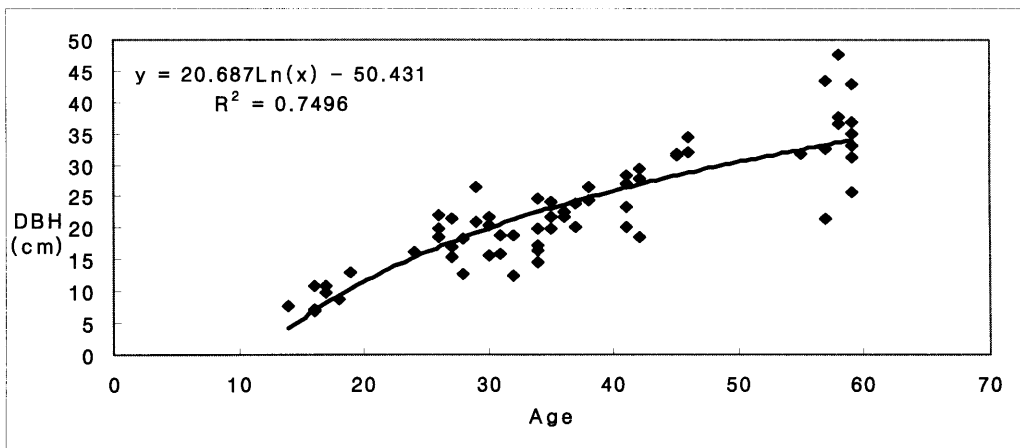


그림 7. 잣나무 임목의 연령에 대한 흉고직경의 산점도

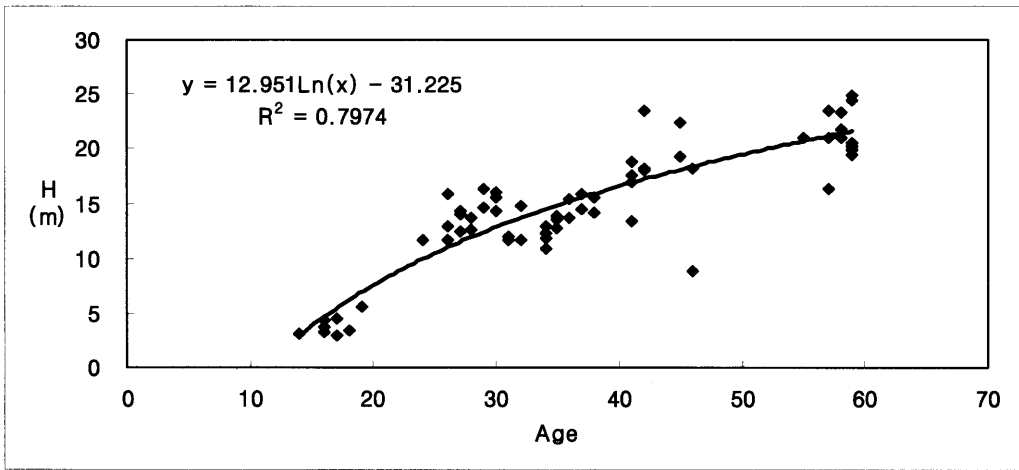


그림 8. 잣나무 임목의 연령에 대한 수고의 산점도

그림 8도 그림 7에서와 같이 연령이 증가함에 따라서 수고가 증가함을 알 수 있으며 이 관계를 나타내는 회귀식은  $H=12.951\ln(\text{Age})-31.225$ 로 나타났으며 상관계수  $R^2$ 값이 0.80로 연령과 수고와의 상관관계는 좋은 것을 알 수 있는데 상관계수  $R^2$ 값이 연령에 대한 흉고직경의 상관관계와 비교하여 볼 때 연령에 대한 수고의 상관계수  $R^2$ 값이 더 크므로 수고와의 상관관계가 더 좋은 것을 알 수 있다.

그림 9의 잣나무 임분의 연령에 대한 ha당 재적과의 관계에서는 연령이 증가할수록 재적의 증

가는 나타나고 있으나 위의 연령과 직경, 수고의 관계보다는 결정계수가 떨어지는 것으로 나타났다. 연령에 대한 재적과의 상관계수  $R^2$ 값은 0.60으로 나타났다. 연령이 증가할수록 ha당 재적의 상관성이 낮고 산점도 분포가 산만 한 것은 ha당 재적의 영향은 그 임분의 ha당 본수의 차이에서 크게 차이가 나타날 수 있는데 본 조사에서는 영급별 산림조사를 실시하였으므로 각 영급별 ha당 본수의 차이에서 나타난 것으로 사료된다.

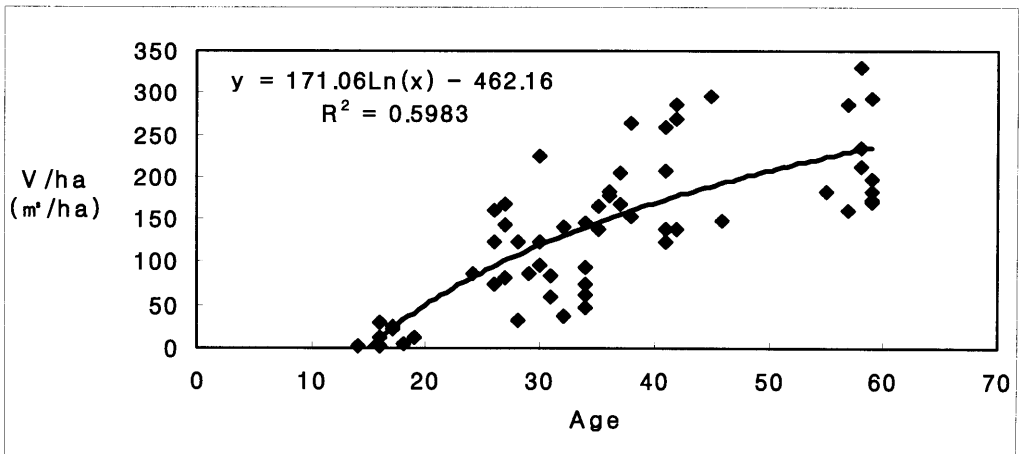


그림 9. 잣나무 임분의 연령에 대한 ha당 재적의 산점도



**3. 회귀식을 이용한 잣나무 임분의 연령별 임분구조 해석**

연령에 대한 흉고직경, 수고, ha당 재적의 관계식을 도출한 결과 흉고직경에 대한 관계식(1)은  $Y=20.687\text{Ln}(X)-50.431$ 으로 나타났고, 수고에 대한 관계식(2)는  $Y=12.951\text{Ln}(X)-31.225$ 으로 나타났으며, ha당 재적의 관계식(3)은  $Y=171.06\text{Ln}(X)-462.16$ 으로 나타났다.

위 식 (1), (2), (3)에서 (X)의 값에 연령을

대입하여 흉고직경, 수고, ha당 재적을 표 6과 같이 산출 하였다. 표 6에서보면 I영급과 II영급의 14년생 이하의 임분에 대하여는 산출하지 않았는데 이는 강원대학교 학술림의 산림조사부분에서 I영급과 II영급 부분의 산림조사가 현실적으로 힘들기 때문이다. 표 6에서와 같이 II영급에서 VIII영급까지의 잣나무림의 임분구조를 예측하여 보았다.

위 표 6을 바탕으로 다음 표 7과 같이 각 영급별 잣나무 임분에 대한 평균 임분 구조(직경, 수

**표 6. 잣나무림의 영급별 임분구조 예측**

영급	임령 (Age)	흉고 직경 (DBH) (cm)	수고 (H) (m)	재적 (V/ha) (m <sup>3</sup> )	영급	임령 (Age)	흉고 직경 (DBH) (cm)	수고 (H) (m)	재적 (V/ha) (m <sup>3</sup> )	영급	임령 (Age)	흉고 직경 (DBH) (cm)	수고 (H) (m)	재적 (V/ha) (m <sup>3</sup> )	
II	15	5.7	3.9	2.1	IV	39	25.3	16.1	164.2	VII	63	35.2	22.3	245.6	
	16	7.0	4.7	13.1		40	25.9	16.5	168.5		64	35.5	22.5	248.2	
	17	8.2	5.5	23.4		41	26.4	16.8	172.7		65	35.8	22.7	250.9	
	18	9.4	6.2	33.1		42	26.9	17.1	176.8		66	36.2	22.9	253.5	
	19	10.5	6.9	42.2		43	27.3	17.4	180.9		67	36.5	23.1	256.0	
	20	11.6	7.6	50.9		44	27.8	17.7	184.7		68	36.8	23.3	258.5	
III	21	12.6	8.2	59.2	V	45	28.3	18.0	188.5	VIII	69	37.1	23.5	261.0	
	22	13.5	8.8	67.1		46	28.7	18.3	192.2		70	37.4	23.7	263.4	
	23	14.5	9.4	74.6		47	29.2	18.5	195.9		71	37.7	23.9	265.9	
	24	15.3	9.9	81.9		48	29.6	18.8	199.4		72	38.0	24.0	268.2	
	25	16.2	10.4	88.8		49	30.0	19.1	202.9		73	38.2	24.2	270.6	
	26	17.0	10.9	95.4		50	30.4	19.3	206.4		74	38.5	24.4	272.9	
	27	17.8	11.4	101.8		51	30.9	19.6	209.7		75	38.8	24.6	275.1	
	28	18.5	11.9	108.0		52	31.4	19.8	213.0		76	39.1	24.7	277.4	
	29	19.2	12.3	114.0		53	31.6	20.1	216.3		77	39.3	24.9	279.6	
	30	19.9	12.8	119.7		54	32.0	20.3	219.4		78	39.6	25.1	281.8	
IV	31	20.6	13.2	125.3	VI	55	32.4	20.6	222.5	VIII	79	39.9	25.2	284.0	
	32	21.3	13.6	130.7		56	32.8	20.8	225.6		80	40.1	25.4	286.1	
	33	21.9	14.0	135.9		57	33.1	21.0	228.6						
	34	22.5	14.4	140.9		58	33.5	21.3	231.5						
	35	23.1	14.8	145.9		59	33.9	21.5	234.4						
	36	23.7	15.1	150.6		60	34.2	21.7	237.3						
	37	24.2	15.5	155.3		VII	61	34.5	21.9		240.1				
	38	24.8	15.8	159.8			62	34.9	22.1		242.9				

고, 재적)를 예측 하였다. 잣나무림의 영급별 평균 임분 구조를 예측하여 보면 II영급의 평균흉고직경은 8.7cm, 평균 수고는 5.8m, 평균 ha당 재적은 27.5m<sup>3</sup>로 나타났고, III영급에서의 평균흉고직경은 16.4cm, 평균 수고는 10.6m, 평균 ha당 재적은 91.1m<sup>3</sup>, IV영급에서의 평균흉고직경은 23.3cm, 평균 수고는 14.9m, 평균 ha당 재적은 147.7m<sup>3</sup>, V영급에서의 평균흉고직경은 28.5cm, 평균 수고는 18.1m, 평균 ha당 재적은 190.0m<sup>3</sup>, VI 영급에서의 평균흉고직경은 32.6cm, 평균 수고는 20.7m, 평균 ha당 재적은 223.8m<sup>3</sup>, VII 영급에서의 평균흉고직경은 36.0cm, 평균 수고는 22.8m, 평균 ha당 재적은 252.0m<sup>3</sup>, VIII영급에서의 평균흉고직경은 38.9cm, 평균 수고는 24.6m, 평균 ha당 재적은 276.2m<sup>3</sup>로 산출 되었다.

표 7. 영급별 평균 잣나무 임분의 임분구조 예측표

영급	흉고직경(DBH) (cm)	수고(H) (m)	재적(V/ha) (m <sup>3</sup> )
II	8.7	5.8	27.5
III	16.4	10.6	91.1
IV	23.3	14.9	147.7
V	28.5	18.1	190.0
VI	32.6	20.7	223.8
VII	36.0	22.8	252.0
VIII	38.9	24.6	276.2

#### 4. 잣나무 임분의 정기평균성장량과 총평균 성장량

임분의 성장을 가장 극대화 할 수 있는 육림사업을 하기 위해서는 임분의 성장을 예측하고 육림사업의 적절한 시기를 찾는 것이 중요하므로 강원대학교 학슬림 잣나무 임분의 관계식을 이용하여 예측한 영급별 임분구조를 바탕으로 15년부터 80년까지의 정기평균성장량(PAI)와 총평균성장량(MAI)을 산출하여 보았다. 정기평균성장량(PAI)은 예측시기부터 계속적인 감소를 보이고 있으며 20년생까지는 총평균성장량(MAI)보다 높은 성장을 한 것으로 나타났다.

총평균성장량(MAI)은 20년생 일때 극대점인 8.5m<sup>3</sup>의 성장을 보이다가 감소하는 경향을 나타내고 있다. 20년생에서의 정기평균성장량은 8.7 m<sup>3</sup>의 성장을 보이고 21년생 일때는 8.3m<sup>3</sup>의 성장을 보이며 총평균성장량은 20년일때 극대점인 8.5m<sup>3</sup>의 성장과 21년생일때 8.5m<sup>3</sup>의 성장을 보이므로 정기평균성장량과 총평균성장량의 교차하는 부분은 20년생에서 21년생으로 진행되는 부분에 생기는 것으로 사료된다.

#### 결론 및 고찰

춘천시 동산면과 홍천군 북방면에 위치한 강원대학교 학슬림 잣나무 임분을 대상으로 13곳을 표준지로 선정하여 산림조사를 토대로 임분 성장

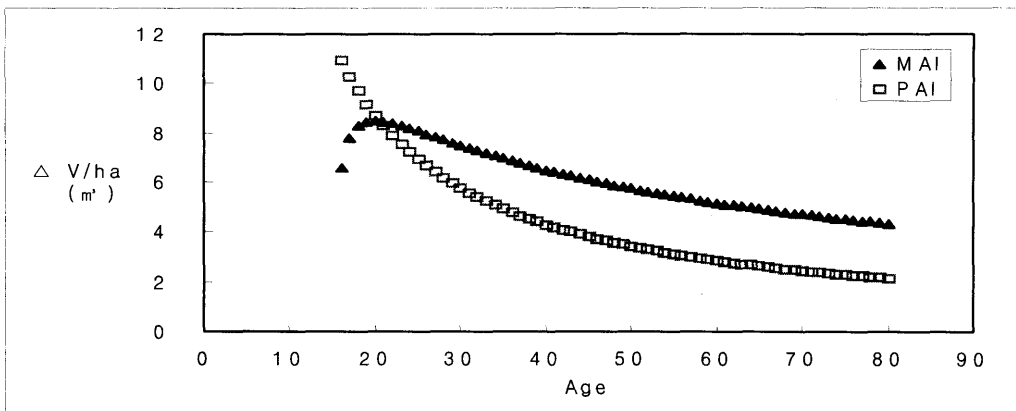


그림 10. 잣나무 임분의 정기평균성장량과 총평균성장량과의 관계

의 구조적 변화를 분석하여 보았다. 산림조사에서 나타난 것은 잣나무 임분의 구조가 전형적인 임목의 성장에서 나타나는 곡선을 나타냈으며 수고와 재적, 수관면적과 재적의 관계가 흉고직경과 수고 흉고직경과 재적에 관한 관계보다 좋지 않게 나타났다.

연령에 대한 흉고직경, 수고, ha당 재적의 관계식을 도출한 결과 흉고직경에 대한 관계식(1)은  $Y=20.687\ln(X)-50.431$ 으로 나타났고, 수고에 대한 관계식(2)는  $Y=12.951\ln(x)-31.225$ 으로 나타났으며, ha당 재적의 관계식(3)은  $Y=171.06\ln(x)-462.16$ 으로 나타났다. 관계식에 대한 영급별 평균 흉고직경, 수고, ha당 재적을 살펴보면 II영급의 평균흉고직경은 8.7cm, 평균 수고는 5.8m, 평균 ha당 재적은 27.45m<sup>3</sup>로 나타났고, III영급에서의 평균흉고직경은 16.4cm, 평균 수고는 10.6m, 평균 ha당 재적은 91.05m<sup>3</sup>, IV영급에서의 평균흉고직경은 23.3cm, 평균 수고는 14.9m, 평균 ha당 재적은 147.71m<sup>3</sup>, V영급에서의 평균흉고직경은 28.5cm, 평균 수고는 18.1m, 평균 ha당 재적은 190.03m<sup>3</sup>, VI영급에서의 평균흉고직경은 32.6cm, 평균 수고는 20.7m, 평균 ha당 재적은 223.84m<sup>3</sup>, VII영급에서의 평균흉고직경은 36.0cm, 평균 수고는 22.8m, 평균 ha당 재적은 252.01m<sup>3</sup>, VIII영급에서의 평균흉고직경은 38.9cm, 평균 수고는 24.6m, 평균 ha당 재적은 276.15m<sup>3</sup>으로 산출되었다.

정기평균성장량(PAI)와 총평균성장량(MAI)을 살펴보면 정기평균성장량(PAI)은 조사시기부터 계속적인 감소를 보이고 있었고 총평균성장량(MAI)은 20년생 일때 극대점인 성장을 보이다가 감소하는 경향을 나타난 것을 볼 수 있다. 또한 정기평균성장량과 총평균성장량의 교차점이 생기는 부분은 20년생에서 21년생으로 진행하는 부분에 서로의 성장량이 교차하는 것으로 나타났다.

본 조사에서는 임분의 성장을 예측하는 가장 기본적인 산림조사에 기초를 두었는데 지속가능한 산림경영과 보속적인 목재생산의 기틀을 마련하기 위한 임분의 성장 예측은 장기간의 예측이므로 정확성과 신빙성을 가져야 한다. 정확성과

신빙성을 갖추기 위해서는 기본적인 산림조사와 벌채량, 고사량, 지위, 지형 기후 등 산림에 영향을 줄 수 있는 많은 인자들을 추가하여 현실적인 임분의 성장을 예측하여야 할 것이다.

## 인용문헌

1. 김갑덕. 1998. 신고 삼림측정학. 향문사. 278pp.
2. 박은식·정주상. 1999. 다목적 산림경영계획을 위한 선형계획법. 한국임학회지. 88(2): 273-281.
3. 박태식 외. 1990. 신고 임업경영학. 향문사. 426pp.
4. 우종춘. 1999. 산림자원 경영계획을 위한 정보시스템 구축. 강원대학교 산림과학대학 연습림. 1055pp.
5. 우종춘. 1991. Linear Programming에 의한 산림경영계획. 한국학술진흥재단. 15pp.
6. 우종춘. 1991. Simulation Model에 의한 임분상태의 변동예측. 한국임학회지. 80(1): 9-19.
7. 원현규. 2001. GIS와 퍼지집합을 이용한 산림경영계획의 의사결정시스템 구축에 관한 연구. 강원대학교 대학원 박사학위 논문. 35-43pp.
8. 윤종화 외. 1987. 임분재적 추정법의 효율적 개선방안에 관한 연구. 한국임학회지. 76(93): 181-192
9. 이여하. 1973. 임분성장추정에 관한 연구. 한국임학회지. 18: 9-12
10. 이홍균. 1991. Strand법에 의한 임분재적 추정에 관한 연구. 한국임학회지. 80(2): 187-192
11. 최정기·최인화. 1998. 잣나무 조림지의 임분구조 및 성장에 관한 연구. 한국산림측정학회지. 1(2): 27-35.
12. Davis, L.S, Johnson, K.N, Bettinger, P.S and Howard, T.E. 2001. Forest Management. McGraw-Hill. 804pp.