

## 잣나무 수간내 재질변동에 관한 연구( I )<sup>\*1</sup>

- 심재와 변재의 생재함수율과 수축율 차이 -

金 炳 魯<sup>\*2</sup>

## Studies on Variability in Wood Properties in Tree Stems of *Pinus koraiensis* ( I )<sup>\*1</sup>

- Differences in Green Moisture Content and  
Shrinkage between Heartwood and Sapwood -

Byung-Ro Kim<sup>\*2</sup>

### ABSTRACT

Korean pine(*Pinus koraiensis* S. et Z.) is an economically important species in Korea because it will be harvested largely within next 20~30 years. The purpose of this study was to investigate changes in green moisture content, specific gravity and shrinkage in the stems of a Korean pine trees to provide fundamental information for technical processes. The follow- ings are the results of this study.

1. There were about 110% differences in the heartwood and sapwood' green moisture contents (heartwood=59.5%; sapwood=170.6%).
2. There were no significant differences in average volumetric shrinkage between heratwood and sapwood, even though there were significant differences in moisture contents between them. Therefore, moisture content did not significantly influence on the shrinkage.
3. There was no significant relationship between height and shrinkage in heartwood. However, in the sapwood, shrinkage was highly correlated with the height.
4. Shrinkage levels were the most significant in south-bound direction and least significant in north-bound direction in both heartwood and sapwood.
5. There was a positive correlation between specific gravity and shrinkage in the sapwood. However, no such a relationship was found in the heartwood.

**Keywords** : *Pinus koraiensis*, green moisture content, specific gravity, shrinkage, heartwood and sapwood.

\*1 接受 1994년10월11日 Received October 11, 1994

\*2 忠北大學校 農科大學 College of Agriculture, Chungbuk National University, Cheongju 360-763.Korea

# 1. 緒論

우리나라 주요 조림수종의 하나인 잣나무(*Pinus koraiensis* S. et Z.)는 재질이 좋고, 벌채후 용재로 이용되기 전까지는 수실을 채취할 수 있어 우리나라에서 가장 많이 조림되고 있는 수종이다. 1985년부터 1990년까지 최근 6개년간만도 우리나라 총 조림면적 275,764ha중 잣나무의 조림면적은 86,206ha로 약 31%를 차지하고 있으며, 총본수는 252,191본으로 총 조림목 733,382본의 약 34%를 점유하고 있다.<sup>5)</sup> 이와같이 잣나무는 낙엽송과 함께 가장 중요한 임목자원으로서 앞으로의 가공,이용을 위한 더 많은 재질 연구가 필요한 수종이다.

목재의 생재함수율, 비중, 수축율과 같은 물리적 성질들은 목재를 가공하고 이용하는데 밀접한 관계가 있기 때문에 재질평가의 기본인자로서 중요하게 인식되고 있다. 그러나, 이러한 성질들은 지역간, 종간, 품종간, 개체간은 물론이고 개체내의 심재와 변재, 지상고, 방향에 따라서도 변동이 심해 목재의 가공과 이용시 어려움이 있다. 특히 개체내의 성질변동중 초기 생재함수율과 수축율의 변동이 크면 목재생산품의 가공에 있어서 필수적인 건조공정시 할열, 밴딩, 뒤틀림, 스플리트 등과 같은 건조결함으로 인한 어려움을 줄 뿐만 아니라 열기건조후에도 함수율의 변동을 보여주는 원인이 되어 목제품으로서의 이용시 결함을 유발시키기도 한다.<sup>7,8,14)</sup>

이와같이 생재함수율, 비중, 수축율은 목재의 가공과 이용에 영향을 주는 성질이므로,본 연구는 우리나라의 경제적 수종인 잣나무조림목에 대하여 수간내의 심재와 변재에서 생재함수율, 비중, 수축율의 변동을 조사하여 앞으로 20~30년안에 대량 이용할 수 있는 잣나무조림목의 가공과 이용에 기초적 자료를 제시하는데 목적이 있다.

## 2. 材料 및 方法

### 2.1 재료

본 연구에 사용된 공시목은 충청북도 제원군 백운면 방학리 소재의 면적 4ha에 1,200본 식재된 수령 57년생 잣나무 인공조림지에서 표준목 2본을 선발하여 공시목으로 하였으며, 공시목의 흉고직경 및 수고는 나무1이 35cm, 20m 나무2가 39cm, 23m였다.

임지의 지형은 약 25°의 경사로 남동방향을 이루고 있고, 임분의 표고는 약 530m이다.

### 2.2 방법

임지에서 지상고 30cm를 자른 후 자른 부위로부터

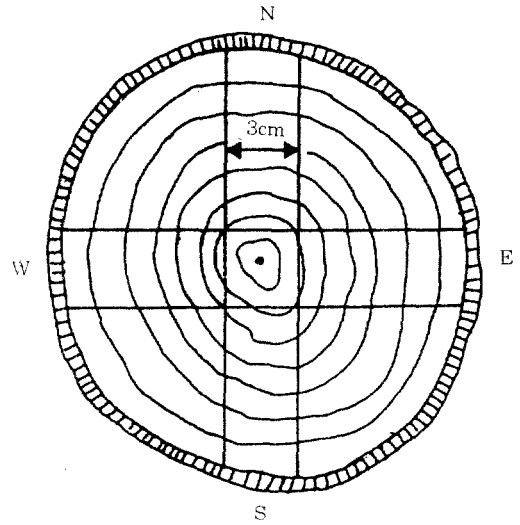


Fig.1 Diagrammatic representation for the preparing formula of test specimens. (E : East, W : West, S : South, N : North.)

터 시작해서 5cm 두께의 디스크를 1m간격으로 채취하여 지상고 및 방향(동서남북)을 표시한 후 수분 손실을 방지하기 위해 즉시 비닐봉지로 완전밀봉하였다. 실험실에서 디스크를 Fig.1과 같이 동서남북 4방향으로 폭 3cm로 분할한 후 각각에 대하여 심재와 변재로 나눈 후 수에서 수피방향으로 연속적으로 KS 시험규격에 의해 수축율시험편과 생재비중 및 함수율 시험편을 제조하였다. 단, 방사 및 접선방향 수축율 측정용 시험체는 변재부의 방사방향길이가 KS시험규격인 3cm가 안되는 부위에서는 규격보다 적었다. 용적수축율은 접선방향과 방사방향수축율의 합으로 하였다. 또한 생재비중 조사시 용적측정은 치수법을 사용하였다.

## 3. 結果 및 考察

잣나무 2본의 변재,심재에 대해 여러가지 목재성질의 평균값을 Table 1에 요약해 놓았다. 생재함수율, 방사, 접선, 섬유방향 및 용적수축율, 접선방향대 섬유방향의 비율(T/R율) 및 비중에 대한 평균치를 비교하면 심재와 변재간에는 생재함수율이 나무1.2에서 심재가 각각 58.6%,60.4%이고 변재가 172.7%,169.0%로 이미 보고된 결과들<sup>3,4,14)</sup>과 같이 심·변재간 현저한 차이를 보였고, 그외의 성질 및 나무간에는 비슷한 값을 나타내고 있다.

Table 2는 각 실험결과를 분산분석으로 검토한

Table 1. Summary of average values of selected wood properties in Korean pine.

Measured property	N*1	Tree 1	N	Tree 2
Sapwood				
Green MC, (%)	57	172.7 (29.1)*2	65	169.0 (25.2)
Radial shrinkage(SR, %)	57	3.1 (0.8)	65	2.5 ( 1.0)
Tangential shrinkage(ST, %)	57	6.5 (0.8)	65	6.5 ( 1.6)
Longitudinal shrinkage(SL, %)	57	0.2 (0.4)	65	0.3 ( 0.4)
Volumetric shrinkage(SV, %)	57	9.5 (1.4)	65	9.1 ( 2.4)
ST/SR ratio	57	2.2 (0.6)	65	3.0 ( 0.1)
Sp. gravity(green volume)	57	0.33 (0.10)	65	0.35 (0.05)
Heartwood				
Green MC, (%)	113	58.67(14.8)	141	60.40 (13.1)
Radial shrinkage(SR, %)	113	2.8 (0.8)	141	2.8 ( 1.0)
Tangential shrinkage(ST, %)	113	6.5 (1.3)	141	6.9 ( 1.4)
Longitudinal shrinkage(SL, %)	113	0.3 (0.4)	141	0.2 ( 0.4)
Volumetric shrinkage(SV, %)	113	9.3 (1.7)	141	9.7 ( 2.1)
ST/SR ratio	113	2.5 (0.9)	141	2.7 ( 0.9)
Sp. gravity(green volume)	113	0.41 (0.04)	141	0.38 (0.05)

\*1 The number of measurement.

\*2 Numbers in parentheses are sample standard deviations.

것이다. Table 2에 나타난 바와 같이 방향간(동서남북)에서는 실험항목에 따라 차가 있는것, 없는것이 상존해 나타났고, 지상고간에는 심재의 접선방향 수축율만 유의차가 없는 것으로 나타났으며, 나머지는 유의차가 있는 것으로 나타났다. 특히 방향간에서의 수축율이 용적, 접선, 방사방향은 유의차가 있었으나, 섬유방향에서 차가 없는 것으로 나타났다. Choong 등<sup>3)</sup>은 shortleaf pine의 생재함수율, 방사, 접선방향 수축율 및 비중이 방향에 따라서는 유의차가 없고 지상고에 따라서는 영향이 있는 것으로 보고했고, Yao 등<sup>14)</sup>은 세방향의 수축율 및 용적수축율은 방향과 지상고에 따라 모두 영향받는다고 보고했다. 나무형 즉 심,변재간에는 생재함수율과 비중은 고도의 유의차를 보였으나, 방사, 용적, 접선용적 수축율은 유의차가 없는 것으로 나타났다. Choong 등<sup>3)</sup>은 심,변재간 생재함수율의 차로 인해 shortleaf pine의 심

· 변재 용적수축율이 심재 7.1%, 변재 11.4%로 심· 변재간 차이가 많은 것으로 보고하고 있다. 그러나 본 실험에서는 심재와 변재의 수축율이 Table 1에 나타난 바와 같이 방사방향이 각각 2.8%, 3.1% 접선방향이 6.5%, 6.5% 용적수축율이 9.3%, 9.5%로 거의 차가 없는 것으로 나타났다.

Table 3은 두 나무의 심재와 변재에 있어서의 조사된 여러 목재성질들 사이의 상관계수를 나타낸 것이다. 변재는 대응관계에서 대부분 유의상관을 보였지만, 심재에서는 대부분 유의상관이 없는 것으로 나타났다. 그러나, 유독 심재 나무2의 비중과 수축율의 관계에서는 접선방향 수축율에서 負(-0.25)의 상관을 나타냈다. Choong<sup>3)</sup>은 심재에서 비중과 수축율의 관계는 상관이 없는 것으로 보고하고 있다. 나무2의 심재 접선방향수축율에서 부의 상관을 나타낸 것은 나무2의 심재에 많은 추출물이 함유되어 있지 않

Table 2. Summary of analysis of variance\*1 for selected wood properties\*2 in Korean pine.

Source	df	Green MC		S <sub>R</sub>		S <sub>T</sub>		S <sub>L</sub>		S <sub>V</sub>		G	
		SW	HW*3	SW	HW	SW	HW	SW	HW	SW	HW	SW	HW
Tree	1	NS	NS	**	NS	NS	**	NS	NS	NS	*	*	**
Quad-rant (Q.)	3	NS	NS	*	*	**	**	NS	NS	**	**	*	NS
Height (Ht.)	16	*	**	*	8**	NS	*	**	*	*	**	NS	NS
Q × Ht	48	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS
Wood type	1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

\*a 1 Significant at 5% level of probability. \*\*: Significant at 1% level of probability. NS: Not significant.

\*2 S<sub>R</sub>: Radial shrinkage, S<sub>T</sub>: Tangential shrinkage, S<sub>L</sub>: Longitudinal shrinkage, S<sub>V</sub>: Volumetric shrinkage.

G: Specific gravity.

\*3 SW: sapwood, HW: heartwood.

Table 3. Correlations between wood characteristics in sapwood and heart wood of Korean pine.

Relationship* <sup>1</sup>	Correlation coefficient (r)(P<0.01)			
	Sapwood		Heartwood	
	Tree1	Tree2	Tree1	Tree2
Volumetric shrinkage vs. Hight	0.55	0.34	NS	NS
Sr vs. Hight	0.41	0.30	NS	NS
Sr vs. Hight	0.54	0.31	NS	NS
Sl vs. Hight	0.38	0.33	NS	NS
G vs. Hight	0.34	0.48	NS	0.30
Me vs. Hight	- 0.28	- 0.25	0.24	0.29
Me vs. G	- 0.47	- 0.58	NS	- 0.22
Volumetric shrinkage vs. G	0.42	0.54	NS	NS
Sr vs. G	0.40	0.48	NS	NS
Sl vs. G	0.30	0.48	NS	- 0.25
Sl vs. G	NS	NS	NS	NS
Sl/Sr ratio vs. G	- 0.34	NS	NS	NS

\*1 Sr :Radial shrinkage.  
 Sr :Tangential shrinkage.  
 Sl :Longitudinal shrinkage.  
 G :Specific gravity.  
 NS:Not significant.

나 생각된다. 즉 추출성분이 많으면 비중은 커지고 수축팽윤은 저하되는<sup>9)</sup> 성질에 의해 나무2의 심재에서는 부의 상관을 보인 것으로 생각된다.

### 3.1 생재함수율

최근 목재의 건조는 종래 목공제품의 재료인 제재 목의 범주를 벗어나 건축재의 보다 높은 精度的 제재를 위해 침엽수柱材의 건조에 대한 요구도 높아지고 있다. 그러나, 목재의 수분에 대한 성질의 특성에 관한 문제점은 다양해 건조에 많은 어려움이 따르고 있다. 그 문제점 중의 하나가 수간내 생재함수율의 변동이다. 본 실험에서의 심재의 평균 생재함수율은 나무1이 58.6%, 나무2가 60.4%로 섬유포화점보다 상당히 컸으며 변재의 평균생재함수율은 나무1,2가 각각 172.7%, 169.0%로 심재와 상당히 큰 차이를 나타냈다.

Fig.2는 나무1의 지상 1.5m(흉고직경)부위, 5m 부위 그리고 10m부위에서의 생재함수율의 방사방향 분포를 나타낸 것이다. 방사방향의 분포는 두 나무 서로 비슷하게 나타났다. 수간내 방사방향의 생재함수율 분포에 대한 현재까지의 보고를 보면, 수목이 심재형성까지는 같은 생리적 거동을 하고, 심재형성 후 즉 생리기능을 잃은 후에는 수분거동이 다르기 때문에 변재에서는 일정하게 높지만 심재에서는 높은 것, 낮은 것, 수로부터 수피방향으로 감소 또는 증가

하는 것과, 반대로 심재는 일정하고 변재가 계절과 지리적 위치등에 따라 변한다고 하는 것<sup>12)</sup>이 있다. 본 실험에서는 Fig.2와 같이 심재에서 거의 일정한 함수율을 보였으며, 변재에서는 본 잣나무의 변재율이 적어 시편을 한개씩 밖에 만들지 못해 변재에서의 반경방향의 함수율 변동을 조사할 수가 없었다.

생재함수율의 지상고간 분포는 Table 2에 나타난 바와 같이 유의차가 있는 것으로 나타났다. 나무의 지상고에 따른 함수율 분포는 심재는 지상고가 높아짐에 따라 함수율이 커지고, 반면 변재는 지상고가 높아짐에 따라 함수율이 적게 나타났다(Table 3). Miller<sup>11)</sup>는 slash pine의 밑부분의 함수율이 81.6%, 중간부분 97.8%, 윗부분 111.4%라고 하였고, 밑부분과 윗부분의 함수율차는 나무높이가 증가하고 나이가 들수록 커지는 경향이 있다고 하였다. Zobel 등<sup>15)</sup>은 loblolly pine의 높이 10피트 부위가 밑부분의 함수율보다 35% 더 높다고 하였다. Choong<sup>2,3)</sup>도 나무밑보다도 위로 올라갈수록 높다고 보고하고 있다. 그러나, 三輪雄四郎<sup>12)</sup>은 삼나무 수간내에서 변재부는 지상고가 높아질수록 생재함수율이 낮아지고, 심재에서는 지상고가 높아질수록 높아지는 것, 낮아지는 것이 있다고 보고하고 있다.

Fig.3은 비중과 생재함수율과의 관계를 나타낸 것으로 심재에서는 관계가 없지만 변재에서는 부의 관계가 있는 것으로 나타났다.

### 3.2 수축율

#### 3.2.1 지상고의 영향

Table 3에 의하면 지상고와 용적,방사,접선,섬유방향수축율과의 관계에서 심재는 상관없이 없었지만 변재는 상관이 있는 것으로 나타났다. 즉 용적수축율이 나무1,2의 상관계수가 각각  $r=0.55, r=0.34$ 로 변재에서의 각 수축율은 지상고가 높아짐에 따라 수축

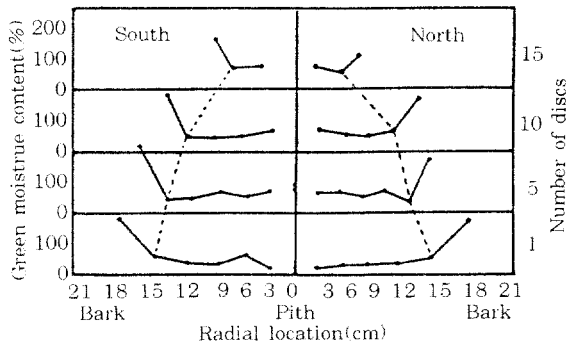


Fig.2. Profile of green MC distribution of two Korean pines. (Dashed lines indicate boundaries of heartwood and sapwood)

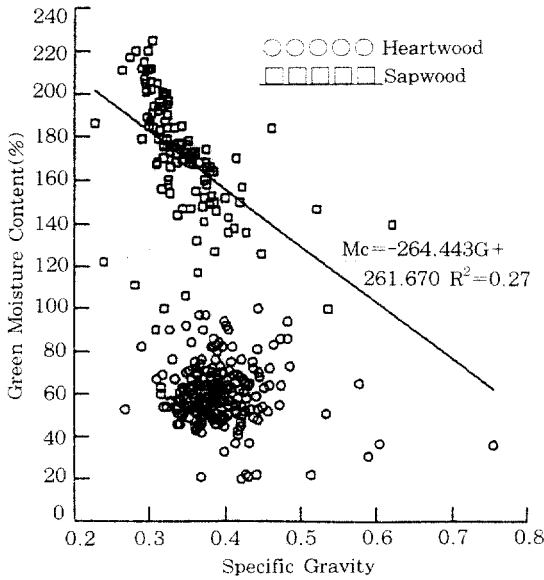


Fig.3. Relationship between green mc and specificgravity of two Korean pines.

율은 커지는 것으로 나타났다(Fig.4). 그러나, Yao<sup>14)</sup>와 Choong<sup>3)</sup>은 본 실험과는 반대로 각 수축율은 지상고가 높아짐에 따라 감소한다고 보고하고 있다. 본 실험과 Yao와 Choong등의 결과가 반대로 나온 것은 지상고에 따른 생재함수율의 상반된 분포의 결과이다. 즉 생재함수율과 비중은 부의 상관관계를 가지고 있어(Fig.3) 생재함수율이 높으면 비중이 낮고 생재함수율이 낮으면 비중이 높게 나타남과, 또한 비중과 수축율은 정의 상관관계를 가지고 있기 때문이다. 따라서 생재함수율이 본 실험에서는 지상고가 높아짐에 따라 생재함수율은 감소하였으며 그 결과 Fig. 5와 같이 지상고가 높아질수록 비중이 커져 수축율은 컸으나, 반대로 Yao와 Choong등의 결과는 지상고가 높아짐에 따라 생재함수율이 증가하여 비중이 지상고가 높아질수록 작아져 수축율이 작게 나온 것으로 생각된다.

### 3.2.2 방향의 영향

Table 2에 나타난 바와 같이 섬유방향수축율을 제외한 모든 수축율은 4방향(동서남북)간 유의차가 있는 것으로 나타났다. Table 4는 Duncan의 다중 검정법에 의해 4방향간의 유의차를 나타낸 것이다. Table 4에 의하면 용적, 접선, 방사방향 수축율은 북쪽방향이 다른 세 방향보다 크게 나타나고 반대방향인 남쪽방향이 작게 나타나고, 섬유방향에서는 방향간 유의차는 없었지만 동서방향보다 남북방향이 큰 경향을 나타냈다. Liese와 Dadswell<sup>10)</sup>는 섬유길이

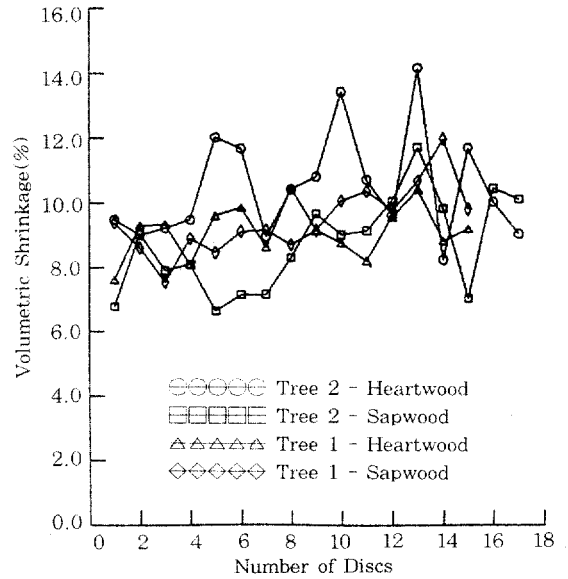


Fig.4. Relationship between volumetric shrinkage and height for sapwood and heartwood of two Korean pines.

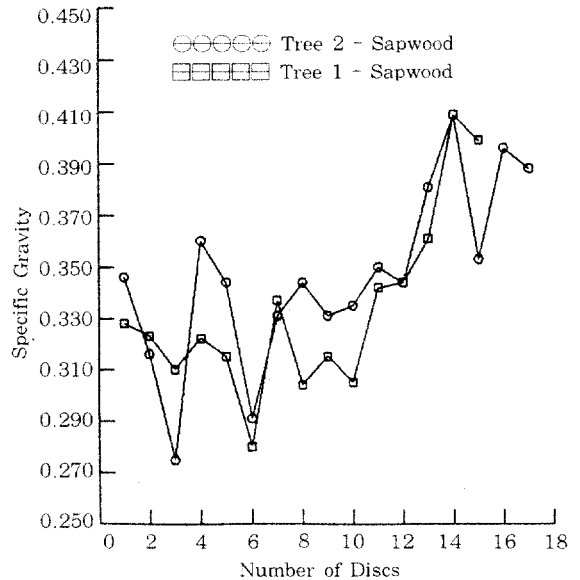


Fig.5. Relationship between specific gravity and height in two Korean pines.

가 4방향에 따라 다르다고 하였고 침엽수의 경우는 가도관의 길이가 태양을 향한 쪽, 즉 남쪽면이 북쪽면보다 짧다고 하였다. 그리고 Preston<sup>13)</sup>은 세포의 길이가 감소하면 microfibrill 경사각이 세포축에 대

Table 4. Duncan's multiple range test for Korean pine.

Variable	Cardinal direction			
Sapwood				
SR	N*13.23(a)* <sup>2</sup>	W 2.84(ab)	E 2.77(b)	S 2.25(c)
ST	N 7.23(a)	E 6.61(ab)	W 6.27(b)	S 5.99(b)
SL	N 0.36(a)	S 0.30(a)	W 0.28(a)	E 0.15(a)
SV	N 10.45(a)	E 9.40(b)	W 9.11(bc)	S 8.24(c)
Heartwood				
SR	N 3.11(a)	W 2.83(ab)	E 2.78(b)	S 2.61(b)
ST	N 7.11(a)	W 7.02(a)	E 6.94(a)	S 6.04(b)
SL	S 0.32(a)	N 0.28(a)	W 0.27(a)	E 0.20(a)
SV	N 10.25(a)	W 9.82(a)	E 9.74(a)	S 8.66(b)

\*1 Cardinal direction.

\*2 The same letters indicate no significant difference.

하여 커진다고 하였다. 또한 microfibrill 경사각이 증가하면 섬유방향 수축율이 증가하고 반대로 횡방향 수축율은 감소한다고 하는 것은 많은 학자의 발표에 의해 이미 밝혀진 사실이다<sup>1,6)</sup>. 따라서 남쪽방향에서의 낮은 용적, 접선, 방사방향 수축율과 높은 섬유방향 수축율은 본 실험에서 조사는 안됐지만 남쪽방향의 짧은 가도관에 기인하는 것으로 생각된다. 따라서, 남쪽방향의 수축율이 적은 것을 밝히기 위해서는 4방향간의 가도관 길이, 세포벽 두께 및 microfibrill의 경사각등이 조사되어야 할 것으로 생각된다.

### 3.2.3 비중의 영향

Table 3에 나타난 바와 같이 비중과 수축율과는 변재에서는 정의 상관관계를 나타냈고, 심재에서의 비중과 수축율과의 관계는 대부분 유의상관이 없는 것으로 나타났지만 나무2의 비중과 접선방향 수축율에서는 상관계수가  $r = -0.25$ 로 부의 관계를 나타냈다. Fig.6은 나무 1,2의 변재에 대해서 비중과 용적수축율과의 상관관계를 본 것으로 나무1,2의 회귀식이 각각  $Sv = 7.912 G + 6.673 (R^2 = 0.16)$ ,  $Sv = 23.312G + 0.469 (R^2 = 0.29)$ 로 나타났다. 변재에서 비중과 수축율이 정의 상관관계를 보이는 것은 친수성기인 -OH기를 보유하고 있는 비결정 셀룰로오스 및 헤미셀룰로오스에 의한 것으로<sup>3)</sup> 비중이 높으면 비례적으로 친수성기의 양도 많아져 수축팽윤도 높아지기 때문이라고 생각한다. 그러나, 심재에서 비중과 수축율과의 관계가 없는 것과 나무2의 심재의 비중과 접선방향 수축율에서 부의 상관관계를 보인 것은 앞에서 설명한 바와 같이 변재보다 심재에 많이 함유되어 있는 추출물의 영향이라고 생각한다. 즉 추출물은 목재의 비중을 크게하는 반면 수축, 팽윤을 저지시키는 성질을 가지고 있기 때문에<sup>5)</sup> 추출물이 변재보다 많이 함유되어 있는 심재에서는 이 영향을 받았기 때문에 비중과 수

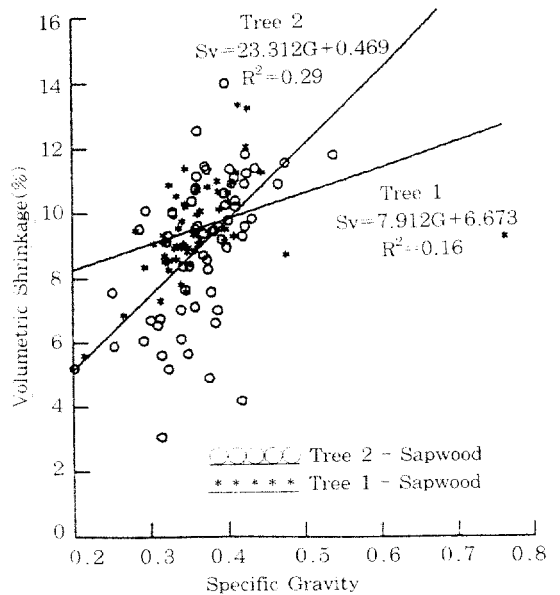


Fig.6. Relationship between volumetric shrinkage and specific gravity for each height and quadrant of two Korean pine.

축율과는 관계가 없는 것으로 또는 부의 관계를 보인 것으로 생각한다.

## 4. 結論

우리나라의 경제적 주요 조림수종으로 앞으로 20~30년 안에 대량벌목 이용될 잣나무의 가공과 이용을 위한 기초적 자료인 생재함수율, 비중 및 수축율의 수간내의 변동을 조사, 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 심·변재의 생재함수율은 심재가 59.5%, 변재가 170.6%로 약 110%의 차를 나타냈다. 생재함수율의 방사방향에의 분포는 심재에서는 거의 일정한 함수율을 보였고, 높이방향의 분포는 심재에서는 지상고가 높아짐에 따라 커지고, 변재에서는 적어졌다.
2. 심·변재 생재함수율의 차는 컸으나 심·변재간의 평균용적수축율은 나무1에서 9.3%, 9.5%, 나무2에서 9.7%, 9.1%로 이들간에는 유의차가 없는 것으로 나타나 심·변재간 함수율차이에 따른 수축율의 차이는 적은 것으로 나타났다.
3. 수축율의 지상고에 의한 영향은 심재에서는 없었으나 변재에서는 지상고가 높아짐에 따라 수축율도 많은 것으로 나타났다.
4. 수축율은 방향에 따라서는 심·변재 모두 남쪽 방

향의 수축율이 가장 적고, 북쪽방향의 수축율이 높게 나타났다.

5. 비중과 수축율의 관계는 변재에서는 정의 상관을 나타냈고, 심재에서는 관계가 없는 것으로 나타났다.

### 參 考 文 獻

1. Barber, N. F. and B.A.Meylan.1964. The anisotropic shrinkage of wood. *Holzfor-schung*. 18(5):146~156
2. Choong, E. T. 1968. Pattern of moisture content variation in standing tree of five southern pine species in southeast Louisiana.Unpubl.report,La. State Univ., Baton Rouge
3. Choong, E. T. and P. J. Fogg. 1989. Difference in moisture content and Shrinkage between innerwood and outerwood of two shortleaf pine trees. *Forest Prod. J.* 39(3):13~19
4. Choong, E. T. and P. J. Fogg. 1989. Effect of cultural treatment and wood-type on some physical properties of longleaf and slash pine wood. *Wood Sci. & Tech.* 21 (2): 193~206
5. 산림청.1991.임업통계요람 : 221~231
6. Harris, C. H.,and B. A. Meylan. 1965. The influence of microfibril angle on longitudinal and tangential shrinkage in *Pin us radiata*. *Holzfor-schung*. 19(5):144~153
7. James, W. L. E. T. Choong, D. G. Argan-bright, D. K. Doucet, M. R. Gorvad, W. L. Galligan,and W. T. Simpson.1984. Moisture levels and gradients in commercial softwood dimension lumber shortly after kiln drying. *Forest Prod. J.* 34 (11/12):59~64
8. Koch, p. 1972. Utilization of the Southern pines. I. Agri. Handbook.420.USDA Forest Serv.,Southern Forest Expt. Sta.734
9. 이화형등. 1989. 목재물리 및 역학. 향문사. 서울 : 38
10. Liese, W., and H. E. Dadswell.1959. On the influence of cardinal points on the lengths of wood fibers and tracheids. *Holz als Roh-und. Werkstoff* 17:421~427
11. Miller, S. R. 1959. Variation in inherent wood characteristics in slash pine Conf. Forest Tree Improvement.,June 11~12
- 12.日本木材學會研究分科會. 1991. 木材の科學と利用技術 II. 5. スギ, 日本木材學會. 東京 : 10~13
- 13.Preston, R. D. 1947. The fine structure of the walls of the conifer tracheid.Proc. Roy. Soc.London,Serv.B134:202~218
14. Yao, J. 1969. Shrinkage properties of second-growth southern yellow pine. *Wood Sic. & Tech.* 3:25~29
15. Zobel, B. M. Matthia, J. Roberts and R.C. Kellison. 1968. Moisture content of southern pine trees.Tech. Rpt. No. 37. Sch. *Forest*.Resources, N. C. State Univ. Raleigh