

## 蒸氣 前處理에 의한 落葉松 心材의 防腐劑

### 處理度 改善에 關한 研究\*1

姜 承 模\*2 · 白 起 鉉\*2 · 金 奎 赫\*2

## Studies on Improving Preservative Treatability of Japanese Larch Heartwood by Presteaming\*1

Sung-Mo Kang\*2 · Ki-Hyon Paik\*2 · Gyu-Hyeok Kim\*2

### ABSTRACT

The effectiveness of presteaming for improving CCA treatability on refractory Japanese larch heartwood was investigated in this study. Presteaming was effective on improving treatability, and the extent of improvement was dependent on moisture contents of wood specimen and steaming conditions. Green wood showed higher average value in both preservative retention and penetration than dry wood, and steaming under pressure conditions also had higher treatability than steaming at atmospheric conditions. The degree of improvement for treatability was increased with the extension of steaming period. Treatability of dry wood presteamed under pressure conditions more than 6 hours and green wood for 3 hours was similar to that enhanced by conventional incising. Presteaming green wood under pressure conditions more than 6 hours was more effective than conventional incising in improvement of CCA treatability, and resultant treatability satisfied a minimum value required for CCA-treated wood for being used at the regions of hazard class H3 and H4. In addition, an improvement of treatability by presteaming was due to an increase in permeability resulted from the degradation of hemicelluloses within aspirated pit membrane and cell wall, not the removal of extractives from pit membrane. The reduction in strength, measured as longitudinal compressive strength, due to presteaming was related with the degradation of hemicelluloses, and was increased as steaming conditions were severe. The degree of strength reduction associated with presteaming treatment to obtain required treatability could be quantified from the relatively good relation between the increase in treatability and the decrease in strength.

**Keywords** : Presteaming, treatability, Japanese larch, heartwood, CCA

\*1 접수 1996년 11월 26일 Received November 26, 1996

본 연구는 1996년도 고려대학교 특별연구비 지원으로 수행되었음.

\*2 고려대학교 자연자원대학 College of Natural Resources, Korea University, Seoul 136-701, Korea.

## 1. 서 론

難注入 樹種의 藥劑 處理度(保有量과 浸潤度) 개선을 위한 前處理法中 刺傷處理는 處理材의 外觀이 중요하지 않은 野外用 목재에 적용하는데는 문제가 없으나, 외관이 중시되는 內粧材(예를 들어, 防腐處理 마루널과 難燃處理 내장 벽판재)의 경우에는 자상처리의 적용은 바람직하지 못하다. 따라서 내장재의 전처리법은 처리재의 표면에 손상을 가함이 없이 처리도를 개선할 수 있는 방법이 있어야 하는데, 이러한 전처리 방법으로서 蒸氣 前處理를 생각해볼 수가 있다. 증기 전처리에 의한 난주입 수준의 방부제 처리도의 개선은 Coggins(1981), Baines와 Saur(1985), Lebow와 Morrell(1993) 등에 의해 보고된 바가 있고, 최근에 일본에서는 내장 벽판재용 낙엽송 板材의 耐火劑 처리도 개선을 위하여 증기 전처리가 사용되고 있다(Doi *et al.*, 1995).

본 연구는 증기 전처리에 의한 난주입성인 국산 落葉松 心材의 CCA처리도 개선여부를 조사하고, 일본 농림규격에서의 環境區分을 국내 기후조건에 적용했을 때 大關嶺 등의 寒冷한 高山지대를 제외한 국내 대부분 지역이 해당되는 환경구분 H3 또는 그 이상인 지역에 사용할 수 있는 CCA처리재의 최소 처리도 기준치를 달성할 수 있는 適正 증기 전처리 조건을 구명하기 위하여 수행되었다. 그리고 본 연구를 통해 증기 전처리에 의한 처리도 개선원인을 목재의 化學組成成分 변화 측면에서 조사하였으며, 또한 필요한 처리도 달성을 위하여 감수하여야 하는 강도감소의 정도를 파악하기 위하여 증기 전처리에 의한 목재강도의 감소 정도와 처리도의 개선 정도간의 관계를 정립하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 木材 試片의 準備

高麗大學校 부속 연습림(경기도 양평군 소재)에서 벌채된 낙엽송 원목들(평균 胸高直徑: 약 35cm)로부터 두께 5.2cm의 板材들을 製材하였다. 生材시편을 채취할 판재들을 제외한 나머지는 실내에서 含水率이 약 15퍼센트가 될 때까지 氣乾시켰다. 준비된 생재 및 기건 판재들로부터 횡단면의 치수가 5×5cm이고 길이가 15cm인 正小角材들을 邊材部와 隨가 포함되지 않도록 총 120개(합수용(2)×加壓有無(2)×증기처리 시간(3)×반복(10))를 증기처리 조건(가압유무와 처리시간)별로 서로간에 "end-matched" 되게 채취하였다.

### 2.2 蒸氣 前處理

증기처리는 autoclave를 이용하여 常壓과 加壓의 조건별로 3, 6, 12시간 실시하였는데, 처리조건은 상압처리의 경우는 大氣壓下에서 온도 100℃였고, 가압처리의 경우는 1.5kg/cm<sup>2</sup>의 압력 하에서 온도 125℃였다. 증기처리후 시편들을 실내에서 합수율을 약 15퍼센트 선까지 再乾燥시킨 후, 15cm 길이의 시편에서 길이 10cm의 방부처리용 시편 한 개와 縱壓縮強度와 化學組成成分 측정용 시편(길이 2cm) 두 개를 채취하였다.

### 2.3 防腐劑 處理 및 處理度 測定

#### 2.3.1 防腐劑 處理

증기 전처리가 실시된 시편과 대조구 시편의 양 목구멍을 産業用 silicone sealant를 이용하여 end-coating한 후, 市販 CCA-Type B 1.5퍼센트(w/v) 수용액을 이용하여 가압 방부처리를 실시하였다. 가압처리는 充細胞法(full-cell pressure process)으로 실시하였는데, 760mmHg의 眞空 下에서 1시간동안 前排氣를 실시한 후 방부제를 注藥罐 내로 유입시켰다. 그리고 8.5kg/cm<sup>2</sup>의 압력으로 3시간 동안 가압을 실시하였다.

#### 2.3.2 處理度 測定

처리시편내의 방부제 無水鹽 保有量(kg/m<sup>3</sup>)은 처리 前後 시편의 무게차, 시편의 체적, 처리에 이용된 방부제 수용액의 농도를 이용하여 계산하였다. 방부제 浸潤도는 처리시편의 중앙부에서 채취된 두께 5mm의 wafer 횡단면에 구리 指示藥인 Chrome Azurol-S 수용액을 분무하여 定色反應(구리가 침투한 부위는 청색으로 변색되거나 침투하지 않는 부위는 적황색으로 변색하는 반응) 결과에 의해 측정하였다(AWPA, 1995). 방부제의 침투깊이가 부위에 따라 불균일한 관계로 침윤도는 재표면으로부터 깊이 10mm까지 부분의 방부제 침투면적을 측정하여 퍼센트 침윤면적으로 표현하였다.

### 2.4 蒸氣處理 試片의 化學組成成分 定量 및 強度 測定

증기처리에 따른 목재의 화학조성분의 변화를 측정하기 위하여 조성분 측정용 시편으로부터 Wiley mill을 이용하여 40mesh의 木粉을 제조하여, 온수 및 알코올-벤젠 추출물, 홀로셀룰로오스, 알파 셀룰로오스의 함량을 TAPPI 분석방법(TAPPI, 1988)에 의하여 定量하였다. 그리고 증기처리에 따른 목재의 강도손실을 측정하기 위하여 강도측정용 시편으로부터 직경이 12mm이고 길이가 20mm인 圓筒型 시편을 plug cutter가 장착된 drill press를 이용하여 채취한 후, 荷重速度 2mm/분으로 萬能強度試驗機를 이용하여 從壓縮強度를 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 蒸氣 前處理에 의한 防腐劑 處理度의 改善

Table 1은 증기 전처리에 의한 낙엽송 심재의 CCA 처리도 개선 결과를 보여주는데, 상압에서 3시간과 6시간 처리된 증기처리구의 침윤도를 제외하고는 시편의 함수율과 증기처리 조건(가압유무 및 처리시간)에 관계없이 모든 증기처리구에서 대조구와 통계학적인 有意性( $\leq 0.05$ )이 인정되는 방부제 보유량 및 방부제 침윤도의 증가가 관찰되었다.

증기 전처리에 따른 방부제 처리도 개선효과는 처리시 시편의 함수율, 처리시 가압유무, 그리고 처리시간에 따라서 상이하게 나타났다. 처리시 시편의 함수율이 처리도 개선에 미치는 영향을 살펴보면, 3시간 상압처리구의 방부제 침윤도를 제외하고는 증기처리 조건에 관계없이 생재 처리구의 처리도 개선효과가 건조재 처리구에 비하여 우수하였다. 증기처리시 압력적용 유무에 따른 생재와 건조재간의 처리도 개선효과의 차이도 관찰되었는데, 가압조건에서 증기처리시 시편의 함수율이 방부제 처리도에 미치는 영향이 상압조건 처리시보다 뚜렷하게 나타

났다. t-검정 결과, 상압 증기처리의 경우는 처리시간에 관계없이 생재와 건조재 처리구간의 방부제 보유량 및 침윤도간에 통계학적인 有意性이 없는 것으로 나타났으나, 가압 증기처리에 있어서는 3시간 처리의 경우를 제외하고는 생재와 건조재 처리구간의 방부제 보유량 및 침윤도는 有意性있는 차이가 인정되었다. 처리용 시편의 함수율에 따른 방부제 처리도 개선효과 차이는 Baines와 Saur(1985), 그리고 Coggins(1981)도 보고한 바가 있는데, 이들에 의하면 증기처리된 건조재의 보유량은 오히려 무처리 대조구보다 떨어진다고 하였다. 그러나 본 실험에서는 건조재도 증기처리에 의해서 방부제 처리도를 개선할 수 있었는데, 이는 최종 방부처리 전에 증기처리 시편의 재건조 유무에 기인한다고 사료된다. 앞서 언급된 연구자들은 증기처리 후 즉시 방부처리를 실시하였으나 본 실험에서는 증기처리 후 시편의 함수율을 다시 15퍼센트 선까지 재건조시켜 방부처리를 실시하였는데, 전자의 경우에는 증기처리에 의해 발생하는 일시적인 건조재 표면의 재젖음이 방부제의 목재내 침투를 저해하기 때문에 처리도가 무처리구인 대조구에 비해 저하된다고 볼 수 있다.

처리시 시편의 함수율과 증기처리 시간에 관계없이 가

Table 1. Effect of presteaming variables on CCA treatability\*1.

Moisture condition	Application of pressure	Steaming period (hour)	Retention (kg/m <sup>3</sup> )	Penetration (%)
Dry	No	0	3.01 (22.88)*2 A*3	31.90 (53.66)A
		3	4.05 (23.62)B	37.50 (43.78)A
		6	4.04 (20.78)B	43.27 (29.22)AB
		12	4.72 (18.16)B	50.83 (27.28)B
Green	Yes	0	3.01 (22.88)A	31.90 (53.66)A
		3	5.34 (15.50)B	69.33 (35.41)B
		6	5.35 (15.59)B	72.50 (25.99)B
		12	6.15 (8.27)C	73.67 (20.26)B
	No	0	3.01 (22.88)A	31.90 (53.66)A
		3	4.78 (17.61)BC	36.27 (32.40)A
		6	4.35 (20.66)B	44.83 (39.25)AB
		12	5.43 (23.64)C	55.33 (36.79)B
	Yes	0	3.01 (22.88)A	31.90 (53.66)A
		3	6.03 (11.95)B	71.83 (18.16)B
		6	6.93 (13.33)C	91.33 (9.82)C
		12	7.07 (14.15)C	92.83 (6.86)C

\*1 Mean values for ten samples.

\*2 Coefficient of variation(%).

\*3 Mean values followed by the same letter are not significantly different ( $\alpha \leq 0.05$ ) using Duncan's multiple range test.

압 증기처리가 상압처리에 비하여 처리도의 뚜렷한 개선 효과를 보였는데, t-검정 결과, 상압과 가압처리간에 유의성이 인정되는 처리도의 차이를 보였다. 그리고 이미 언급한 바와 같이 건조재 처리시 보다는 생재 처리시에 가압처리에 의한 처리도 개선효과는 보다 뚜렷하게 나타났다. 증기 전처리시 압력의 적용여부에 따른 처리도 개선효과와의 차이는 가압처리가 상압처리에 비하여 높은 온도와 압력이 적용되었기 때문인데, Chen(1975)도 black walnut 심재의 증기처리에 의한 透過性 개선에 관한 연구에서 처리시 적용되는 온도와 압력이 높을수록 처리도와 직접적으로 관련되는 樹縮方向 투과성이 증진되었음을 보고한 바 있다.

마지막으로 증기처리 시간에 따른 방부제 처리도 개선 효과를 살펴보면, 처리시간이 길어질수록 처리도는 개선되나, 생재의 가압처리를 제외하고는 6시간 처리시까지는 처리시간의 연장에 따른 처리도 개선효과 차이는 통계학적으로 유의성이 인정되지 않았다(Table 1). 비록 12시간 증기처리의 경우에도 건조재 상압처리시 방부제 보유량 및 침윤도, 건조재 가압처리시 방부제 침윤도, 그리고 생재 상압처리시 침윤도는 3시간 처리시의 방부제 처리도와 유의성이 있는 차이가 없었으나, 본 실험의 결과로부터 증기처리에 의해 방부제 처리도 개선을 도모하기 위해서는 최소 12시간의 처리가 요구된다고 할 수 있다. 참고로 증기 전처리에 의한 black walnut의 투과성 개선 연구를 한 Chen(1975)과 spruce의 방부제 처리도 개선 연구를 한 Coggins(1981)도 증기처리 시간이 길어질수록 증기처리 효과가 뚜렷해진다고 보고한 바 있다.

이러한 처리시 시편의 함수율과 증기처리 조건이 방부제 처리도에 미치는 영향에 대한 본 실험의 결과들로부터, 처리도 개선효과를 최대화하기 위한 증기 전처리 조건들을 다음과 같이 요약할 수 있을 것이다. 우선 건조재가 아닌 생재의 증기처리가 요구되는데, 생재 증기처리는 방부제 처리도 개선효과 뿐만 아니라 乾燥速度를 증가시키고 또한 表面割裂의 발생을 양과 질적인 측면에서 감소시키는 附加的인 건조 전처리 효과까지 발휘하기 때문에 생재의 증기 전처리는 一石二鳥의 효과를 거둘 수가 있을 것이다. 그리고 상압 증기처리에 비하여 가압 증기처리가 요구된다. 가압처리의 경우는 가압을 위한 별도의 시설이 요구되지만 방부제 주입을 위한 注藥罐을 사용하면 되므로 별도의 가압시설을 설치할 필요는 없을 것이다. 그러나 별도의 加熱장치가 없는 水溶性 방부제 처리용 주약관의 경우에는 주약관을 증기 전처리용과 방부제 처리용으로 동시에 사용하기 위해서는 주약관 내에 새로운 가열장치의 부착이 요구된다. 최종적으로 단기간의

증기처리는 처리도, 특히 침윤도 개선에 충분한 효과를 얻을 수 없었으므로 필요한 처리도 개선효과를 달성하기 위해서는 최소한 12시간의 증기처리가 요구된다고 말할 수 있다.

본 실험의 경우 모든 증기처리구에서 일본 농림규격(Suzuki, 1995)이 제시하고 있는 환경구분 H3(강우 등에 의한 처리재의 재젖음이 종종 발생되며 또한 通常의 부후균이나 termite(Formosan termite 제외)의 피해 우려가 있는 非接地 환경)인 지역에 사용할 수 있는 처리재의 CCA 최소 보유량(3.5kg/m<sup>3</sup>) 이상을 획득하였으나, 방부제 침윤도는 6시간 및 12시간 생재 가압처리구를 제외하고는 CCA의 최소 침윤도 기준(80%)에 미달되었다. 6시간 및 12시간 생재 가압처리구를 제외한 가압 증기 전처리구의 방부제 침윤도는 약 70퍼센트 전후였는데, 만일 방부처리시 본 실험에서 사용한 가압력보다 높은 가압력을 적용하거나 또는 건조재의 증기처리 시간을 12시간 이상으로 연장해준다면 환경구분 H3 지역에서의 사용을 위해 요구되는 최소 기준인 80퍼센트 이상의 침윤도를 쉽게 달성할 수 있으리라 사료된다. 그리고 6시간 및 12시간 생재 가압처리구의 경우는 보유량도 6.0kg/m<sup>3</sup> 이상이고 침윤도도 80퍼센트 이상으로서 환경구분 H4(통상보다 激甚한 부후균이나 termite(Formosan termite 포함)의 피해 우려가 있는 接地 환경)인 지역에서 사용할 수 있는 CCA 처리재의 최소 처리도 기준을 만족시켰다.

증기 전처리에 의한 방부제 처리도 개선효과를 쫓 등(1995)이 발표한 자상처리에 의한 낙엽송 심재의 CCA 처리도 개선효과와 비교해보면, 전반적으로 볼 때 보유

Table 2. Comparisons of improvement for CCA treatability between incising and presteaming method.

Improving method of treatability	Retention (kg/m <sup>3</sup> )	Penetration (%)
Incising*1		
Conventional incising	4.5 ( 9.89)*2	75.6 (11.23)
High density incising	4.9 (11.60)	86.5 (9.61)
Needle incising	5.2 (12.42)	94.5 (6.01)
Presteamng		
Dry-Pressure-6hr	5.4 (15.59)	72.5 (25.99)
Dry-Pressure-12hr	6.2 ( 8.27)	73.7 (20.26)
Green-Pressure-3hr	6.0 (11.95)	71.8 (18.16)
Green-Pressure-6hr	6.9 (13.33)	91.3 ( 9.32)
Green-Pressure-12hr	7.1 (14.15)	92.8 ( 6.36)

\*1 Source: Kang et al. (1995).

\*2 Coefficient of variation(%).

량의 개선효과는 증기 전처리가 자상처리보다 우수하였으나 침윤도의 경우는 자상처리가 증기 전처리에 비해 개선효과가 우수하게 나타났다. 방부제 보유량은 처리시 방부제 수용액의 농도에 의해 조정할 수가 있으므로 전처리에 의한 처리도 개선효과는 주로 침윤도 개선에 의해 판정된다. 증기 전처리와 자상처리에 의한 처리도 개선 정도를 침윤도에 의해 비교할 때 건조재의 6시간 이상, 그리고 생재의 3시간 이상 가압 증기 전처리에 의해 처리도 개선효과는 통상 자상처리에 의한 개선효과와 비슷하였으며, 생재의 6시간 이상 가압 증기 전처리에 의한 처리도 개선효과는 고밀도 자상처리보다는 우수하고 침상 자상처리와는 비슷한 수준이었다(Table 2).

### 3.2 蒸氣處理에 의한 木材 組成分 變化

증기 전처리에 의해 낙엽송 심재의 방부제 처리도가 개선되는 것은 다음의 세 가지 목재의 물리·화학적 변화 중 어느 하나 또는 이들의 복합현상에 기인한다고 할 수 있다.

- 膜孔膜의 微細孔隙을 충진하여 세포간 방부제 流動을 저해하던 추출물의 부분적 제거
- 벽공벽 물질의 분해에 따라 膜孔緣과 벽공벽간의 結合력이 약화되면서 閉鎖되었던 가도관 有緣膜孔의

부분적인 開裂

- 헤미셀룰로오스 분해에 의한 투과성이 극히 불량한 torus 구조내 미세공극의 확장

여기에서 증기처리에 의한 처리도 개선이 과연 上記한 세 가지 요인 중 어느 것에 의하는지를 알아 볼 필요가 있다. 본 연구에서는 顯微鏡의 관찰을 통해서만 확인할 수 있는 두번째 요인을 제외하고, 화학조성분의 변화와 관계되는 첫번째와 세번째 요인에 대하여 구명하기 위하여 증기 전처리에 의한 화학조성분 변화를 조사하였다.

추출물 함량을 조사한 결과, Table 3에서 보여주듯이 증기 처리시편의 溫水 추출물(無機鹽, 糖類, 澱粉), 약간의 페놀성 물질)과 알코올-벤젠 추출물(樹脂, 脂肪酸, 에스테르, 왁스, 비검화 물질)이 무처리 시편보다 높게 나타나서 증기처리에 의한 처리도 개선효과가 심재내 추출물의 제거와는 관련이 없음을 알 수 있었다. 증기처리에 의하여 추출물 함량이 증가하는 이유는 다음의 두 가지 측면에서 설명할 수 있다. 첫째는 Chen과 Workman(1980)도 지적하였듯이 증기처리에 따른 목재의 투과성 향상이 추출시 추출시료내의 광범위한 지역으로의 추출용제의 接近性を 증가시켰기 때문이고, 둘째는 증기처리에 의해 분해된 목재성분, 특히 헤미셀룰로오스의 분해산물이 시편으로부터 분리되어 온수 및 알코올-벤젠 추

Table 3. Effect of presteaming variables on chanche in chemical composition in Japanese larch heartwood\*1.

Moisture condition	Application of pressure	Steaming period (hour)	Hot water extractive (%)	Alcohol-benzen extractive (%)	Holocellulose content (%)	$\alpha$ -cellulose content (%)
Dry	No	0	9.13	4.15	66.53	41.26
		3	10.46	4.64	63.55	38.81
		6	11.40	4.85	62.53	38.97
		12	11.59	4.29	62.35	39.21
	Yes	0	9.13	4.15	66.53	41.26
		3	11.44	4.53	55.75	38.12
		6	11.26	5.25	56.35	39.57
		12	14.46	7.36	53.83	40.96
Green	No	0	9.13	4.15	66.53	41.26
		3	11.46	4.98	60.72	36.15
		6	10.66	5.71	62.79	40.68
		12	11.25	4.42	57.68	38.74
	Yes	0	9.13	4.15	66.53	41.26
		3	13.86	5.91	58.38	38.33
		6	12.50	6.82	56.33	39.24
		12	13.28	8.38	56.15	42.37

\*1 Mean values for three analyses.

출물과 함께 추출되어 定量되었기 때문이다(Nicholas & Thomas, 1967; Hsu *et al.*, 1988). 그리고 알코올-벤젠 추출물에 비하여 온수 추출물의 양이 약 2배 많은 것은 水溶性 헤미셀룰로오스인 arabinogalactan이 온수추출시 추출물들과 함께 추출되어 온수 추출물로 정량되었기 때문인데, 참고로 Teratani 등(1987)에 의하면 낙엽송은 arabinogalactan을 다량 포함하고 있으며 경우에 따라서는 그 함량이 20퍼센트 이상을 점유하고 있다고 한다. 시편의 함수율, 처리시 가압유무, 그리고 처리시간에 따른 추출물 함량의 변화를 보면, 함수율과 처리시간에 따라서는 일정한 경향을 찾아 볼 수 없었다. 그러나 가압 증기처리시에 상압 증기처리시보다 대체로 추출물의 양이 많아지는 경향을 관찰할 수 있었는데, 이러한 증가는 Kubinsky와 Ifju(1975)도 지적하였듯이 가압 증기처리시에 적용되는 높은 온도와 압력 때문이다.

다음으로 홀로셀룰로오스와 알파 셀룰로오스의 함량을 조사한 결과, Table 3에서 보여주듯이 모든 증기처리구에서 홀로셀룰로오스는 무처리구에 비하여 감소하였으나 알파 셀룰로오스는 증기처리에 의해 증가되는 경향을 보였다. 이렇게 홀로셀룰로오스는 감소되는 반면에 알파 셀룰로오스가 증가되는 것은 증기처리에 의해 목재내 헤미셀룰로오스가 감소됨을 의미한다. 따라서 증기 전처리에 따른 처리도 개선효과는 torus를 구성하고 있는 microfibril 내의 헤미셀룰로오스 분해에 따른 미세공극 구조의 확장과 관련된다 할 수 있다. 그리고 증기 전처리에 의한 방부제 보유량 증가율과 홀로셀룰로오스 함량 감소율간의 직선회귀 결과 서로간의 相關( $r = 0.89$ )이 양호하였는데, 이러한 양자간의 관계는 증기처리에 의한 목재내 헤미셀룰로오스의 분해가 목재의 투과성을 증진시켜 결과적으로 처리도를 개선시키는 주된 이유 중의 하나임을 간접적으로 입증해준다.

시편의 함수율, 증기처리시 가압 유무, 그리고 처리시간에 따른 홀로셀룰로오스 함량 변화를 관찰해보면 시편의 함수율에 따른 변화는 크게 나타나지 않았으나 상압 처리조건에 비하여 가압 처리조건에서 홀로셀룰로오스 함량 감소가 크게 나타났다. 그리고 전반적으로 처리시간이 길어질수록 홀로셀룰로오스 함량 감소가 크게 나타났다. 증기처리시 시편의 함수상태와 증기 처리조건에 따른 홀로셀룰로오스의 함량 감소 효과와 기 설명된 방부제 처리도 개선효과를 비교해 볼 때, 시편의 함수상태에 따른 양자간의 관계는 不明確하나 증기처리 조건에 따른 양자간의 관계는 비교적 양호하게 나타남을 알 수 있었다.

### 3.3 蒸氣處理에 依한 縱壓縮強度의 減少

증기처리는 목재의 투과성을 증진시켜 방부제의 처리

도를 개선시키나, 목재성분, 특히 헤미셀룰로오스의 분해를 수반하기 때문에 목재의 강도를 감소시킨다. 그러므로 증기처리에 따른 목재 강도의 감소 정도와 방부제 처리도의 개선 정도간의 관계로부터 강도감소를 최소화 하면서도 처리도 개선을 최대화할 수 있는 적정 증기처리 조건을 究明하여, 이를 처리도 개선을 위한 증기 전처리 시 적용하여야 할 것이다.

증기처리에 의한 종압축강도의 감소를 Table 4에서 보여주는데, 생재 12시간 처리를 제외한 상압처리구는 대조구와 통계학적인 유의성이 인정되는 종압축강도의 감소가 없었으나, 가압처리의 경우는 유의성이 인정되는 강도감소가 관찰되었다. 처리시 시편의 함수율이 종압축강도의 감소에 미치는 영향을  $t$ -검정에 의해 분석한 결과, 처리시편의 함수율에 따른 종압축강도는 서로간의 유의성이 인정되지 않았다. 그러나 상압처리시는 생재 시편의 강도감소가 건조재 시편보다 크나, 가압처리시는 시편의 함수율에 따른 강도감소의 차이를 관찰할 수 없었다. 그리고 가압처리시 강도감소가 상압처리시보다는 높게 나타났으나 12시간 처리 건조재를 제외하고는 가압유무에 따른 강도감소의 유의성은 인정되지 않았다. 최종적으로 처리시간에 따른 강도감소의 차이도 평균치간 비교결과(Table 4), 서로간에 통계학적인 유의성이 인정되지 않았지만 처리시간이 연장될수록 강도감소가 증가됨이 확인되었다. 상압처리에 비해 처리온도와 압력이 높은 가압처리시, 그리고 처리시간이 연장될수록 강도의 감소가 증가되는 것은 처리조건의 강화에 따른 목재성분의 분해가 증가되기 때문인데, Chen과 Workman(1980), 그리고 Chow 등(1991)도 상기한 결과와 유사한 연구결과를 보고하였다.

증기처리에 따른 종압축강도 손실률과 홀로셀룰로오스의 함량 손실률간의 상관( $r = 0.85$ )이 우수한 것으로 나타났다는데, 이로부터 증기처리에 따른 헤미셀룰로오스의 분해가 목재의 강도감소에 직접적인 원인이라고 할 수 있다. 참고로 Hsu 등(1988)도 헤미셀룰로오스의 분해는 목재의 투과성을 증가시켜 방부제 처리도를 향상시키나 반면에 강도를 저하시키는 문제점이 있다고 보고한 바 있다. 증기 전처리에 의한 방부제 보유량 증가율과 종압축강도 손실률간의 상관( $r = 0.79$ )도 비교적 양호하여, 양자간의 관계로부터 증기처리시 방부제 처리도 개선정도에 따른 목재의 강도 저하 정도를 예측할 수 있기 때문에 이로부터 강도감소를 최소화하면서도 처리도 개선을 최대화할 수 있는 적정 증기처리조건을 究明할 수 있을 것이다.

Table 4. Effect of presteamingvariables on longitudinal compression strength\*1.

Moisture condition	Application of pressure	Steaming period (hour)	Longitudinal compression strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficient of variation	
Dry	No	0	571.46A*2	5.40	
		3	534.52A	6.04	
		6	526.32A	7.27	
		12	518.08A	6.12	
	Yes	0	571.46A	5.40	
		3	486.62B	7.37	
		6	439.65B	14.41	
		12	425.87B	11.17	
Green	No	0	571.46A	5.40	
		3	504.57AB	7.23	
		6	493.30AB	10.33	
		12	451.27B	16.27	
		Yes	0	571.46A	5.40
			3	489.37B	9.83
	6		479.40B	8.27	
	12		425.30B	11.09	

\*1 Mean values for ten samples.

\*2 Mean values followed by the same letter are not significantly different(  $\leq 0.05$ ), using Duncan s' multiple range test.

## 4. 결 론

증기 전처리에 의한 낙엽송 심재의 CCA 처리도 개선에 관한 본 연구의 결과로부터 다음과 같은 결론들을 내릴 수 있다.

1. 증기 전처리에 의하여 처리도를 개선할 수 있었는데, 개선의 정도는 처리시 시편의 함수율과 증기처리 조건(처리시 가압유무와 처리시간)에 따라 상이하였다.
2. 건조재보다는 생재 증기처리시에 처리도의 개선효과가 탁월하였고, 처리시 목재의 함수율에 관계없이 가압 증기처리가 상압 증기처리에 비하여 처리도가 우수하였다. 그리고 증기처리 시간이 연장될수록 처리도가 증가되었다.
3. 일본 농림규격이 제시하는 환경구분 H3과 H4인 지역에서 사용할 수 있는 CCA 처리재의 최소 처리도 기준을 만족시킬 수 있는 증기처리 조건은 생재의 6시간 이상 가압처리였다.
4. 본 연구에서 조사된 증기 전처리에 의한 낙엽송 심재의 CCA 처리도 개선효과를姜 등(1995)이 발표

한 통상 자상처리에 의한 CCA처리도 개선효과와 비교해 볼 때, 6시간 이상 건조재 가압처리구와 3시간 생재 가압처리구의 처리도는 통상 자상처리구와 비슷하였으나 6시간 이상 생재 가압처리구의 처리도는 통상 자상처리구보다 우수하였다.

5. 증기 전처리에 의한 낙엽송 심재의 처리도 개선 원인 중의 하나는 증기처리에 의한 폐쇄 벽공벽 torus 구조내의 헤미셀룰로오스 분해 결과이지 물질 이동 통로인 벽공벽으로부터 추출물의 제거와는 관계가 없는 것으로 나타났다.
6. 증기 전처리에 의한 목재의 강도감소는 벽공벽의 torus와 세포벽내의 헤미셀룰로오스 분해와 관련되는데, 증기 처리조건이 강화될수록 헤미셀룰로오스의 분해가 증가되기 때문에 강도감소의 정도가 증가되었다.
7. 증기 전처리에 의한 방부제 보유량 증가율과 중앙축강도 손실율간의 상관성이 비교적 양호하여 필요한 처리도 달성을 위하여 감소하여야 하는 강도감소의 정도를 파악할 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. American Wood-Preservers' Association. 1990. Book of Standards. Woodstock, MD.
2. Baines, E. F. and J. M. Saur. 1985. Preservative treatment of spruce and other refractory wood. *Proc. Am. Wood Preserv. Assoc.* 81 : 136~147
3. Chen, P. Y. S. 1975. The effect of steaming time and temperature on the longitudinal permeability of black walnut. *Wood & Fiber Sci.* 7(3) : 222~225
4. Chen, P. Y. S. and E. C. Workman, Jr. 1980. Effect of steaming on some physical and chemical properties of black walnut heartwood. *Wood & Fiber Sci.* 11(4) : 218~227
5. Chow, P., A. J. Reinschmidt, E. J. Barenburg, and L. J. Chang. 1991. Effect of steaming on some mechanical and chemical properties of treated oaks. *Proc. Am. Wood Preserv. Assoc.* 87 : 200~210
6. Coggins, C. R. 1981. An investigation of the effects of pre-steaming on the treatment of sawn spruce timber with Celcure A, a copper/chrome/arsenic preservative. The International Research Group on Wood Preservation. Document No. IRG/WP/3150
7. Doi, S., M. Kubota, M. Takahashi, T. Yoshimura, and A. Adachi. 1995. Termite likes steamed larch wood. The International Research Group on Wood Preservation. Document No. IRG/WP/95-10113
8. Hsu, W. E., W. Schwald, and J. A. Shields. 1988. Chemical and physical changes required for producing dimensionally stable wood-based composites. *Wood Sci. & Tech.* 22 : 281~289
9. Kubinsky, E. and G. Ifju. 1975. Influence of steaming on the properties of red oak. Part I. Structural and chemical changes. *Wood Sci.* 6(1) : 87~94
10. Lebow, S. T. 1993. Effect of steaming on treatability of Douglas-fir heartwood with sodium octabrate tetrahydrate. *Forest Prod. J.* 43(4) : 35~38
11. Nicholas, D. D. and R. J. Thomas. 1967. Influence of steaming on ultrastructure of bordered pit membrane in loblolly pine. *Forest Prod. J.* 18(1) : 57~59
12. Suzuki, K. 1995. Environmental situations on wood preservation industries in Japan. In : Proc. the 3rd Intl. Wood Pres. Symp. : 283~294
13. Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 1988. Test Methods. TAPPI. Atlanta, GA.
14. Teratani, F., T. Kato, Y. Kai, and T. Yamashita. 1987. Low molecular weight component of arabinogalactan isolated from Japanese larch heartwood. *Mokuzai Gakkaishi* 33(3) : 206~211
15. 姜承模 · 金奎赫 · 白起鉉. 1995. 落葉松心材의 CCA와 CCFZ處理特性 및 刺傷處理에 의한 CCA處理度改善. *木材工學* 23(4) : 60~66