

## 소나무, 낙엽송, 북양가문비나무 원주가공재의 CCA 가압처리<sup>\*1</sup>

김 규 혁<sup>\*2</sup> · 김 재 진<sup>\*2</sup> · 김 형 준<sup>\*2</sup>

## Pressure Treatment of Japanese Red Pine, Japanese Larch, and Ezo Spruce Round Posts with CCA<sup>\*1</sup>

Gyu-Hyeok Kim<sup>\*2</sup> · Jae-Jin Kim<sup>\*2</sup> · Hyung-Jun Kim<sup>\*2</sup>

### ABSTRACT

This study was designed to investigate the effect of treatment variables on CCA treatment of Japanese red pine (*Pinus densiflora*), Japanese larch (*Larix leptolepis*), and ezo spruce (*Picea jezoensis*) round posts. Variables included were duration of initial vacuum (30, 45, or 60 minutes) and maximum pressure applied (8.5, 10.5, or 14.0 kg/cm<sup>2</sup>), and maximum pressure was maintained until refusal point was reached. Regardless of wood species, extending the duration of initial vacuum more than 30 minutes did not affect treatability. Increasing pressure did not affect preservative penetration; however, preservative retention was affected by pressure levels, particularly at higher level (14.0 kg/cm<sup>2</sup>). Preservative penetration depth of Japanese red pine met a minimum requirement specified by Notification of Korean Forestry Administration (No. 1999-8) for hazard class H5 of CCA-treated wood. Penetration of preservative in both Japanese larch and ezo spruce was not deep because of shallow sapwood thickness of these species, so pretreatment such as incising should be considered if these species are treated with preservatives. Although retention in Japanese red pine was not significantly increased even with 14.0 kg/cm<sup>2</sup>, that of refractory Japanese larch and ezo spruce was significantly increased with the application of 14.0 kg/cm<sup>2</sup>. Effect of treatment variables on refusal time was unclear; however, it is cleared that the refusal time was shortened with the increase in sapwood thickness.

**Keywords:** Pressure treatment, CCA, treatability, Japanese red pine, Japanese larch, ezo spruce

### - 요약 -

본 연구는 CCA 2호를 이용한 소나무, 낙엽송, 북양가문비나무 원주가공재의 가압 방부처리시 처리변수가 처리도(방부제의 침투깊이와 보유량)에 미치는 영향을 파악하기 위하여 수행되었다. 처리변수로는 전배기 시간(30, 45, 또는 60 분)과 최대 가압력(8.5, 10.5, 또는 14.0 kg/cm<sup>2</sup>)이 조사되었으며, 가압은 목재 내로 방부제가 더 이상 주입되지 않는

\*1 접수 2000년 1월 18일, Received Jan. 18, 2000

본 연구는 96년도 한국과학재단 연구비(과제번호: 961-0608-070-2) 지원에 의한 결과의 일부임.

\*2 고려대학교 산림자원환경학과 Department of Forest Resources and Environmental Sciences, Korea University, Seoul, 136-701, Korea

refusal point까지 지속되었다. 수중에 관계없이 전배기 시간의 30분 이상 연장은 처리도에 영향을 미치지 않았다. 그리고 가압력의 증가는 방부제 침투깊이에는 영향을 미치지 못하였으나 보유량에는 영향을 미쳤다. 전반적으로 볼 때, 방부제의 침투깊이는 소나무>북양가문비나무>낙엽송의 순이었는데 변재폭이 넓은 소나무는 적용된 압력에 관계없이 사용환경구분 H5 지역에 사용할 수 있는 CCA 처리재의 최소 방부제 침투깊이를 만족하였다. 그러나 변재폭이 좁은 낙엽송과 북양가문비나무는 방부제 침투깊이가 깊지 않아 자상처리 등 처리도 개선을 위한 전처리가 필요하였다. 소나무의 보유량은 가압력의 영향을 받지 않았으나, 난주입수종인 낙엽송과 북양가문비나무의 경우 가압력 14.0 kg/cm<sup>2</sup>에서는 유의성이 인정되는 보유량의 증가가 관찰되었다. 방부제의 목재내 침투가 종료되는 시점인 refusal point에 대한 처리조건의 영향은 불분명하였으나, 가압 소요시간은 북양가문비나무>낙엽송>소나무 순으로 변재율이 높을수록 전반적으로 가압 소요시간이 단축됨을 알 수 있었다.

## 1. 서론

모든 방부처리는 각국의 방부처리 관련 표준규격에서 제시하고 있는 수종별 적정 처리도(방부제의 침투 깊이 및 보유량)를 달성할 수 있는 최적의 처리조건 하에서 실시된다. 만일 표준규격이 정하는 적정 처리도 미만으로 처리가 실시되는 경우에는 처리재의 내구성이 예상보다 저하되면서 처리재의 조기부후를 초래한다. 그러므로 처리재의 내구성을 고려할 때, 모든 방부처리는 표준규격이 제시하는 최소 처리도 이상을 달성할 수 있는 처리조건하에서 실시되어야 한다는 것은 명약관화한 사실이라 할 수 있다. 수용성 방부제 처리시 거의 전적으로 사용되는 가압처리법인 충세포법에 의한 목재의 처리도는 처리조건인 전배기의 양 및 지속시간, 최대 가압력과 가압 지속시간에 의해 좌우되는데, 가장 이상적인 처리조건은 생물학적 열화인자에 대한 독성한계치 (toxic threshold value) 이상의 방부제 보유량과 처리재의 사용중에 발생 가능한 표면할렬의 최대 깊이 이상으로 방부제의 침투를 달성할 수 있는 조건을 의미한다.

전 세계적으로 방부처리재의 생산량과 사용량이 가장 많은 미국의 경우를 보면, 수종 및 처리재 용도별로 목재의 적정 처리도 및 이를 달성하기 위한 처리조건이 미국 방부협회의 규격 (AWPA, 1997)에 제시되어 있다. 그러나 국내의 경우를 보면 목재의 방부·방충처리 기준 (산림청, 1999)에 각재에 대한 처리조건은 일부 제시되어 있으나, 조경시설재용으로 많이 사용되는 원주가공재에 대한 수종별 적정 처리도를 달성하기 위한 처리조건은 찾아 볼 수 없다. 따라서 사용환경구분 별로 요구되는 원주가공재의 최소 처리도 기준을 만족시킬 수 있는 처리조건을 파악하기 위한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 충세포법을

이용한 소나무, 낙엽송, 북양가문비나무 원주가공재의 CCA 2호 처리시 처리변수가 처리도에 미치는 영향을 조사하여 보고한다.

## 2. 재료 및 방법

직경이 15~20cm인 소나무(*Pinus densiflora*), 낙엽송(*Larix leptolepis*), 북양가문비나무(*Picea jezoensis*) 원주가공재를 실내에서 15% 함수율 선까지 건조시킨 후, 수종당 90개[전배기 시간(30, 45, 60분 @760 mmHg) × 최대 가압력(8.5, 10.5, 14 kg/cm<sup>2</sup>) × charge(10) × charge당 처리 시편(1)]의 처리용 시험편(길이 30 cm)을 준비하였다. 전배기 시간과 가압력 조합에 대한 9개 시험편들은 하나의 원주가공재로부터 채취하여 목재조건이 처리도에 미치는 영향을 최소화하였다.

방부처리는 시험편의 양 목구멍을 산업용 silicone sealant로 end-coating한 후 농도 2%(w/v)의 CCA 2호 수용액을 이용하여 실시하였다. 처리는 pilot 규모의 가압처리 시설을 이용하여 충세포법으로 실시하였는데, 760 mmHg의 진공하에서 30, 45, 또는 60분간 전배기를 실시한 후 방부제를 주약관 내로 유입시키고 8.5, 10.5, 또는 14 kg/cm<sup>2</sup>의 최대 가압력으로 refusal point에 도달할 때까지 가압을 지속하였다. 가압이 종료되고 나면 해압하고 후배기를 적용하는 대신에 처리 시험편을 주약관 내에 약 30분간 방치하여 kickback을 유도하였다. 주약관에서 처리 시험편을 꺼내서 표면에 묻어있던 잉여 약제를 종이 타올로 가볍게 닦아낸 후 비닐로 밀봉하여 60℃에서 48시간 가속양생을 실시하였다. 양생 시험편을 실내에서 1주일간 기건한 후 시험편의 증양부에서 두께 5mm의

원판 2개를 채취하여 각각 방부제의 침투깊이 측정용과 보유량 분석용으로 사용하였다. 방부제 침투깊이는 미국 방부협회 표준규격 A3-97 (AWPA, 1997)이 제시하고 있는 구리 지시약인 chrome azurol-S에 의한 정색반응에 의해 측정하였다. 변재폭이 넓은 소나무는 원판의 표면으로부터 깊이 40mm까지 10mm 단위로 4개 지역, 그리고 변재폭이 좁은 낙엽송과 북양가문비나무의 경우는 깊이 20mm까지 5mm 단위로 4개 지역으로 분리시킨 후, 이들을 20 mesh 크기로 마쇄하여 방부제의 보유량 분석용 시료를 준비하였다. CCA의 보유량은 목분을 추출함 없이 직접 ASOMA 8620 x-ray fluorescence analyzer (Texas Instrument, Austin, Texas)를 이용하여 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

방부제 침투깊이와 표면 10 mm 부위의 방부제 보유량을 각각 Table 1과 Table 2에 수종과 처리조건의 조합별로 보여준다. Duncan의 다중검정법 (SAS, 1995)에 의한 평균치간 비교 결과, 수종과 적용된 가압력에 관계없이 전배기 시간에 따른 방부제 침투깊이와 보유량의 변이를 관찰할 수 없었는데 이는 760

mmHg의 가압을 30분간 적용시킴으로써 소정의 전배기 목적을 달성할 수 있음을 의미한다. 따라서 전배기 시간을 하나로 묶어서 가압력에 따른 처리도의 변이를 조사하였는데, 방부제 침투깊이는 적용된 가압력간에 유의성이 있는 차이가 존재하지 않았다. 변재폭이 두꺼운 소나무 (처리 시험편의 평균 변재폭=32.6mm)는 8.5 kg/cm<sup>2</sup>의 압력 하에서도 목재의 방부·방충처리 기준이 제시하고 있는 사용환경구분 H5 지역에 사용할 수 있는 CCA 처리제의 최소 방부제 침투깊이를 만족하였다. 낙엽송의 침투깊이는 가압력에 관계없이 6.5 mm 전후로 변재부의 침투가 약 40% (처리 시험편의 평균 변재폭=15.6mm)에 불과하여 14.0 kg/cm<sup>2</sup>의 압력에서도 사용환경 H2가 요구하는 최소 침투깊이 (변재부의 80% 이상 침투)를 만족시키지 못하였다. 낙엽송 변재 내로 방부제의 침투가 불량한 원인은 방부제의 불량한 방사방향 침투와 관련된다고 사료된다. 낙엽송에서 방사방향 침투의 불량 원인은 방사조직중 방사유세포에 비하여 우수한 침투통로 구실을 하는 방사가도관이 차지하는 비율이 낮은 점에 기인한다고 사료되는데, Cockcroft (1977)도 낙엽송 변재부의 방부제 처리도가 소나무류에 비하여 불량하다고 보고한 바 있다. 따라서 낙엽송 원주가공제 내로 방부제의 깊은 침투를 달성하기

Table 1. Penetration depth of CCA into round posts of *Pinus densiflora*, *Larix leptolepis*, and *Picea jezoensis*.<sup>\*1</sup>

Species	Time for initial vacuum	Pressure(kg/cm <sup>2</sup> )		
		8.5	10.5	14.0
	-- (min.) --		-- (mm) --	
<i>Pinus densiflora</i>	30	34.23(13.34)	32.63(11.43)	31.68(12.35)
	45	31.30(13.16)	31.53(11.15)	33.28(13.41)
	60	30.80(13.64)	33.15(12.57)	33.18(10.39)
	Pooled	32.11(13.00)	32.43(11.34)	32.71(11.71)
<i>Larix leptolepis</i>	30	5.78( 1.61)	5.55( 1.35)	6.50( 2.55)
	45	6.35( 2.16)	6.43( 2.14)	7.00( 3.14)
	60	6.65( 2.93)	7.13( 2.40)	6.25( 1.39)
	Pooled	6.26( 2.25)	6.37( 2.05)	6.58( 2.40)
<i>Picea jezoensis</i>	30	10.61( 6.59)	6.83( 3.21)	8.91( 0.73)
	45	9.70( 4.65)	8.09( 2.01)	11.08( 5.35)
	60	8.31( 6.18)	8.52( 2.24)	12.03( 5.05)
	Pooled	9.54( 5.40)	7.81( 2.24)	10.67( 4.10)

\*1 Values represent average of ten samples. Figures in parentheses represent standard deviation.

Table 2. Chemical retention of CCA in the outer 10 mm portion of round posts of *Pinus densiflora*, *Larix leptolepis*, and *Picea jezoensis*.<sup>\*1</sup>

Species	Time for initial vacuum	Pressure(kg/cm <sup>2</sup> )		
		8.5	10.5	14.0
	-- (min.) --		-- (kg/m <sup>3</sup> ) --	
<i>Pinus densiflora</i>	30	13.40(1.47)	12.89(0.99)	12.98(0.14)
	45	12.79(0.78)	13.41(0.51)	12.93(1.26)
	60	12.17(0.63)	13.44(0.35)	13.63(1.55)
	Pooled	12.79(0.62)	13.25(0.31)	13.18(0.39)
<i>Larix leptolepis</i>	30	7.98(0.14)	10.52(3.05)	12.70(1.10)
	45	10.04(1.94)	9.54(1.53)	12.06(1.44)
	60	10.26(1.12)	10.13(4.34)	12.02(4.13)
	Pooled	9.43(1.26)	10.06(0.49)	12.26(0.38)
<i>Picea jezoensis</i>	30	11.09(0.97)	9.24(1.00)	15.11(0.50)
	45	11.86(1.26)	12.60(0.96)	17.55(0.99)
	60	10.75(0.90)	13.42(1.11)	18.41(0.46)
	Pooled	11.24(0.57)	11.75(2.21)	17.02(1.71)

\*1 As determined from three assay sets of ten samples. Figures in parentheses represent standard deviation.

위해서 자상처리 등 적절한 전처리 가공의 사용을 고려하여야 할 것이다. 북양가문비나무의 방부제 침투 깊이는 7.8~11.4 mm로서 낙엽송보다는 방부제의 침투가 깊으나 변재폭을 확인할 수 없는 현 단계로서는 이러한 침투깊이가 어떤 사용환경 구분의 최소 침투깊이를 만족하는지 알 수 없다. 침투깊이가 깊지 않은 낙엽송과 북양가문비나무의 경우, 방부처리후 재건조시 발생하는 기존 표면할렬의 확장이나 처리재의 사용중 발생하는 새로운 할렬이 방부제 침투깊이 이상으로 연장되어 미처리 부위가 노출되면서 내부부후가 발생될 수 있다. 따라서 처리된 원주가공재를 최종 사용장소의 평형함수율까지 건조하여 발생 가능한 모든 표면할렬을 최대한으로 발생시켜 처리시 방부제가 할렬을 따라 내부로 깊게 침투할 수 있게 하여주는 것이 필요하다. 참고로 처리 직전에 낙엽송과 북양가문비나무 처리 시험편을 대상으로 측정된 최대 할렬의 평균깊이는 각각 20.7 mm와 27 mm였다.

소나무의 처리에서는 가압력에 따른 유의성 있는 보유량 차이가 인정되지 않았다. 낙엽송과 북양가문비나무의 처리에서도 8.5 kg/cm<sup>2</sup>와 10.5 kg/cm<sup>2</sup>간에는 보유량 차이가 인정되지 않았으나, 이들과 14.0 kg/cm<sup>2</sup>간의 보유량에는 유의성 있는 차이가 인정되

었다. 즉 난주입수종 (낙엽송과 북양가문비나무)일수록 가압력의 증가가 보유량에 미치는 영향이 뚜렷함을 알 수 있었다. 보유량은 처리에 사용된 방부제 농도에 의해 조절할 수 있지만, 보유량 측면에서만 볼 때는 모든 수종의 처리가 적용된 가압력에 관계없이 목재의 방부·방충처리 기준이 제시하고 있는 사용환경구분 H5 지역에 사용할 수 있는 CCA 처리재의 최소 방부제 보유량 기준을 만족하였다. 처리재내 방부제의 보유량 경사를 보여주는 Figure 1에서도 알 수 있듯이 가압력의 증가가 보유량에 미치는 영향은 북양가문비나무에서 가장 뚜렷하였고, 다음으로 낙엽송에서 그 영향이 나타났다. 그러나 침투성이 양호한 변재폭이 매우 두꺼운 소나무의 경우는 가압력의 증대 효과가 전혀 나타나지 않았다.

방부제의 목재 내 침투가 종료되는 시점인 refusal time에 대한 처리조건의 영향은 처리 시험편의 변재율이 다양한 관계로 본 연구의 결과로부터 정확히 파악할 수 없었으나 전반적으로 변재율이 높을수록 refusal point에 빨리 도달하였다. 전배기 시간과 가압력을 하나로 묶었을 때 refusal time은 북양가문비나무>낙엽송>소나무 순이었다 (Figure 2). 현재 방부처리 업체에서는 수종의 처리 용이성에 따라 일반

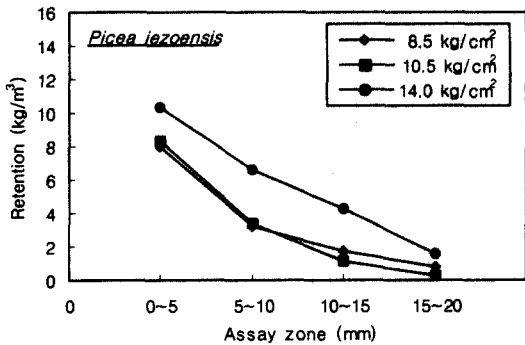
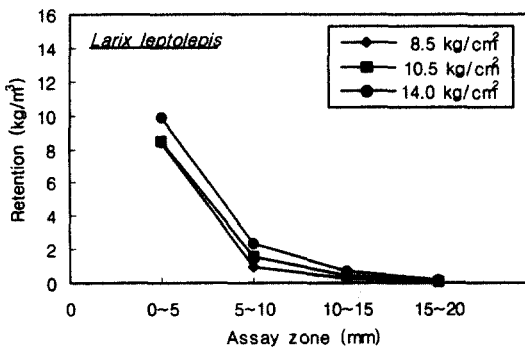
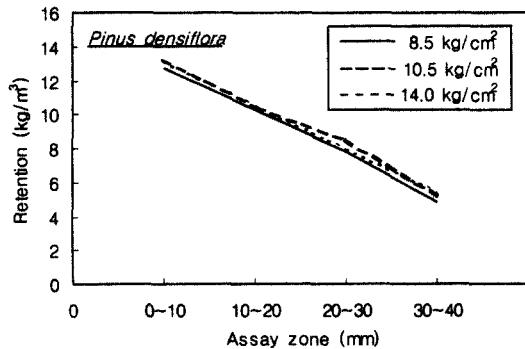


Fig. 1. Preservative retention at selected depths in round posts of *Pinus densiflora*, *Larix leptolepis*, and *Picea jezoensis* treated with CCA.

적으로 4~6시간 가압을 실시하는데, 본 연구의 결과에 의하면 소나무, 낙엽송, 북양가문비나무의 경우 각각 가압시간이 1.5, 3, 4시간 이상이면 더 이상 방부제가 목재 내로 주입되지 않음을 알 수 있다. 따라서 refusal time 이상으로 가압시간을 연장하는 것은 처리도 측면에서 무의미할 뿐만 아니라 동력낭비와 처리재 생산성 측면에서도 비경제적임을 알 수 있다.

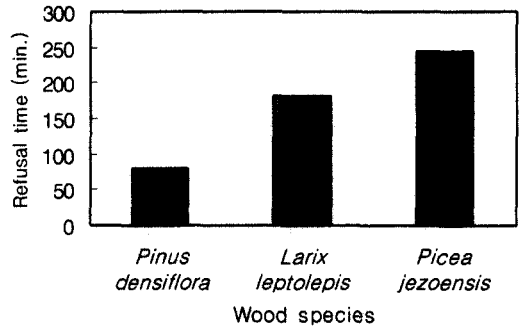


Fig. 2. Refusal time of round posts treated with CCA.

앞으로 처리 수종별로 변재율과 제품의 형상에 따라 적정 가압시간을 결정하는 연구가 필요하다고 사료된다.

#### 4. 결 론

수중에 관계없이 전배기 시간의 30분 이상 연장은 처리도에 전혀 영향을 미치지 못하였다. 가압력의 증가는 방부제 침투깊이에는 영향을 미치지 못하였으나 방부제 보유량에는 영향을 미쳤다. 전반적으로 볼 때, 방부제 침투깊이는 소나무 > 북양가문비나무 > 낙엽송의 순이었는데, 변재폭이 상당히 넓은 소나무는 8.5 kg/cm<sup>2</sup>의 압력하에서도 산림청이 고시한 방부·방충 처리 기준의 사용환경구분 H5 지역에 사용할 수 있는 CCA 처리재의 최소 방부제 침투깊이를 만족하였다. 그러나 변재폭이 좁은 난주입수종인 낙엽송과 북양가문비나무의 평균 방부제 침투깊이는 각각 6.5 mm와 10 mm 전후로 14.0 kg/cm<sup>2</sup>의 압력에서도 사용환경 H2가 요구하는 최소 침투깊이를 만족시키지 못하였다. 방부제 주입이 용이한 소나무의 보유량은 가압력의 영향을 받지 않았으나, 난주입수종인 낙엽송과 북양가문비나무의 경우 가압력 8.5 kg/cm<sup>2</sup> 및 10.5 kg/cm<sup>2</sup>와 14.0 kg/cm<sup>2</sup>간에는 유의성이 있는 보유량 차이가 인정되었다. 방부제의 목재 내 침투가 종료되는 시점인 refusal time에 대한 처리조건의 영향은 불분명하였으나, 전반적으로 변재율이 높을수록 refusal point에 빨리 도달하였다. 전배기 시간과 가압력을 하나로 묶었을 때, refusal time은 북양가문비나무 > 낙엽송 > 소나무 순으로 소나무, 낙엽송, 북양가문비나무의 경우 각각 가압시간이 1.5, 3, 4시간 이상

소나무, 낙엽송, 북양가문비나무 원주가공재의 CCA 가압처리

이면 더 이상 방부제가 목재 내로 주입되지 않음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. American Wood-Preservers' Association. 1997. Book of Standards. Woodstock, MD, U.S.A.
2. Cockcroft, R. 1977. Preservative treatment for construction timbers. Building Research Establishment. Current Paper, CP 17/77. BRE, Dept. of Environment, U.K.
3. SAS Institute. 1995. SAS user's guide. SAS Institute, Inc. Cary, NC, U.S.A.
4. 산림청. 1999. 목재의 방부·방충처리 기준. 산림청 고시 1999-8.