

落葉松 心材의 CCA와 CCFZ 處理特性 및 刺傷處理에 依한 CCA 處理度 改善*1

姜承模*2 · 金奎赫*2 · 白起鉉*2

Treatment Characteristics of Japanese Larch Heartwood with CCA or CCFZ and Improving its CCA Treatability by Incising Techniques*1

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

ABSTRACT

The treatability of Japanese larch heartwood was assessed by pressure treatment of non-incised dimension material with CCA or CCFZ. The effectiveness of incising (conventional, high density, and needle incising) for improving CCA treatability on refractory Japanese larch heartwood was also investigated. Preservative retention and penetration were somewhat greater with CCFZ treatment, although those were generally poor in both preservatives. The retention gradients for both CCA and CCFZ-treated stock were essentially the same shape. Treatment of non-incised material with CCA achieved the recommended treatability for using treated wood at the regions of hazard class H2 in the Japanese Agricultural Standards. However, Japanese larch heartwood would require incising as a pretreatment for enhancing treatability, if CCA-treated larch is intended to be used at the regions of hazard class H3 and H4. As expected, incising resulted in a considerable improvement of preservative treatability, particularly penetration, and the effect of incising on the improvement of treatability was excellent at the sequence of needle incising, high density incising, and conventional incising. Among incising techniques investigated in this study, high density and needle incising enhanced CCA treatability beyond the point where it did meet a minimum requirements specified by the Japanese Agricultural Standards for using CCA-treated Japanese larch at the regions of hazard class H3 and even H4.

Keywords : Japanese larch, CCA, CCFZ, treatability, conventional incising, high density incising, needle incising, hazard class

*1 접수 1995년 8월 1일 Received August 1, 1995

본 연구는 94년도 고려대학교 특별연구비 지원으로 수행되었음.

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

1. 緒 論

경제성장과 이에 따른 생활수준의 향상으로 목재의 수요량은 계속 증가하는데 반하여 최근 산림 생태계 보존을 통한 지구 환경보존이란 전세계적인 움직임 때문에 산림 벌채가 점차 규제되면서 목재수급에 큰 차질을 빚고 있다. 특히 목재 수요량의 90퍼센트 이상을 수입재에 의존하는 우리나라의 경우 앞으로 이러한 목재수급 문제에 대처하기 위한 대책의 수립이 절실히 요구된다. 향후 점차 어려워지리라 예견되는 목재수급 문제를 해결하기 위한 대책중의 하나가 바로 국산수종의 적절한 이용이라 할 수 있다. 현재 국내에 장기수로서 인공식재된 침엽수 중에서는 낙엽송(*Larix leptolepis* GORDON)이 그 식재량과 재질을 동시에 고려할 때 향후 국산재 이용 측면에서 큰 비중을 차지할 것으로 믿어진다. 낙엽송 재재목을 야외용 건축재나 구조재로 사용하기 위해서는 반드시 방부처리를 실시하여 목재의 내구성을 증대시키야 필요한데, 낙엽송은 심재율이 매우 높고 또한 그 심재는 방부처리가 매우 곤란한 難注入性으로 알려져 있다(日本林業試驗場, 1982).

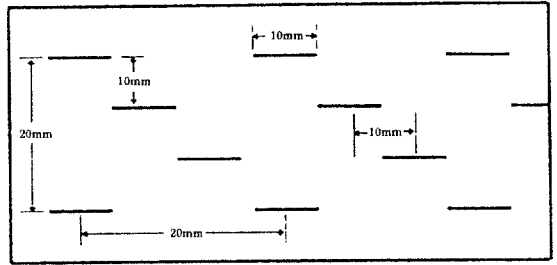
따라서 본 연구에서는 대표적인 수용성 방부제인 크롬-구리-비소계 방부제 (이하 CCA로 칭함)와 최근 국내에 도입된 무비소계 방부제인 크롬-구리-불소-아연계 방부제(이하 CCFZ로 칭함)에 의한 낙엽송 심재의 處理度를 조사하고, 난주입성인 낙엽송 심재의 CCA 처리도를 개선하기 위한 前處理 방법으로서 세 가지 刺傷處理法(通常 자상처리, 高密度 자상처리, 針狀 자상처리)의 적용 가능성을 타진하였다.

2. 材料 및 方法

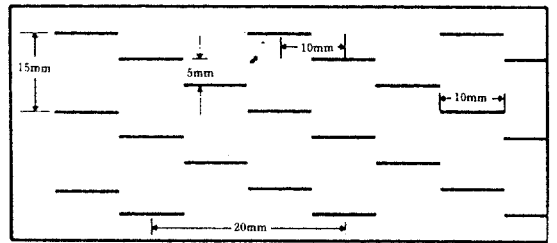
2.1 木材試片의 準備 및 自傷處理

고려대학교 부속 연습림(경기도 양평군 소재)에서 벌채한 낙엽송 원목(胸高直徑 약 35cm)으로부터 두께 5.2cm의 板材들을 제재하여 실내에서 함수율이 약 15퍼센트가 될 때까지 氣乾시켰다. 기건판재로부터 횡단면의 치수가 5×5cm이고 길이가 약 1.5m인 正小角材 10개를 변재부와 隨가 포함되지 않도록 제재하여 이들로부터 15cm 길이의 목재시편들을 용이가 포함되지 않도록 채취하였다. 각각의 정소각재 별로 채취되는 시편에 一連番號를 매긴 후 CCA 처리용, CCFZ 처리용, 자상처리에 의한 CCA처리도 개선용 시편(통상 자상처리용, 고밀도 자상처리용, 침상 자상처리용 시편)들이 서로간에 "end matched"가 되게끔 하였다.

(A) Conventional incising



(B) High density incising



(C) Needle incising

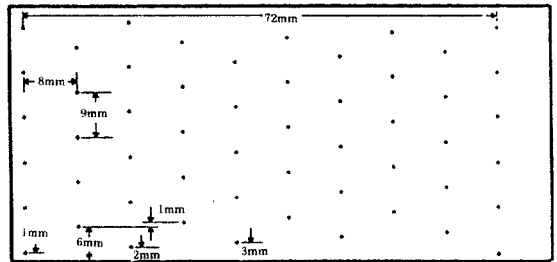


Fig. 1. Incising patterns evaluated.

자상처리는 Fig. 1에서 보여주는 형태의 통상 자상처리(conventional incising), 고밀도 자상처리(high density incising), 그리고 침상 자상처리(needle incising) 방법에 의해 시편의 兩木口面을 제외한 모든 재면에 대하여 깊이 10mm로 실시하였다. 통상 자상처리와 고밀도 자상처리는 끌(chisel) 모양의 칼날을 사용하여 갈지자 형태(staggered pattern)로 실시하였는데, 전자와 후자의 刺傷密度는 각각 평방미터당 약 3,300개와 약 6,600개였으며 자상의 폭은 전자는 1.0mm이고 후자는 0.5mm였다. 그리고 침상 자상처리는 직경 0.6mm의 바늘을 사용하여 Ruddick(1985)이 제안한 형태로 실시하였는데, 자상밀도는 평방미터당 약 13,800개였다.

2.2 防腐劑 處理 및 處理度 測定

2.2.1 防腐劑 處理

시편의 양 목구멍을 産業用 실리콘 실린트로 end-coating을 한 후, 市販 염화물형 CCA-Type B와 CCFZ 1.5 퍼센트(w/v) 수용액을 이용하여 방부처리가 실시되었다. 처리는 pilot 규모의 소형 가압처리 시설을 이용하여 充細胞法으로 실시되었는데, 760mmHg의 眞空下에서 1시간동안 前排氣를 실시한 후 방부제를 注藥罐 내로 유입시켰다. 그리고 8.5kg/cm²의 압력으로 3시간 동안 加壓를 실시하였다. 본 실험에 사용된 공기 방부제들의 조성은 Table 1 과 같다.

Table 1. Preservative formulations used for treatment.

Component	Preservative			
	CCA-Type B		CCFZ	
Copper	CuO	18.3%	CuSiF ₆ · 4H ₂ O	17.3%
Chromium	CrO ₃	32.9%	(NH ₄) ₂ Cr ₂ O ₇	63.0%
Arsenic	As ₂ O ₅	48.8%		
Zinc			ZnSiF ₆ · 6H ₂ O	19.7%

2.2.2 處理度 測定

2.2.2.1 防腐劑 保有量

처리시편내의 방부제 無水鹽 保有량은 다음과 같이 계산하였다.

$$R \text{ (kg/m}^3\text{)} = \frac{G \times C}{100 \times V}$$

여기서, R: 무수염 보유량

G: 방부처리에 의한 목재시편의 중량증가 (kg)

C: 처리에 이용된 방부제의 농도 (%)

V: 목재시편의 체적 (m³)

2.2.2.2 防腐劑 浸潤度

방부처리후 시편을 일정기간 동안 기건시킨 후에 橫切斷에 의해 시편의 중앙부에서 두께 5mm의 wafer를 채취하여 다음과 같이 방부제 침윤도를 측정하였다(AWPA, 1990). 방부제의 침윤도는 구리 指示藥인 Chrome Azurol-S 정색시약 (0.5g의 Chrome Azurol-S + 5g의 sodium acetate + 100ml의 증류수)을 wafer의 횡단면에 분무하여 定色反應(구리가 존재하면 청색으로 변색, 반면에 존재하지 않는 부위는 적황색으로 변색하는 반응) 결과에 의해 측정하였다. 방부제의 침투깊이가

wafer의 부위에 따라 불균일한 관계로 침윤도는 재표면으로부터 깊이 10mm까지 부분의 방부제 침투면적을 측정하여 퍼센트 침윤면적으로 계산하였다.

2.2.2.3 防腐劑 分布

상상처리없이 CCA와 CCFZ로 처리된 시편을 일정기간 기건시킨 후 시편의 중앙부로부터 횡절단에 의해 채취된 두께 5mm의 wafer를 표면으로부터 깊이 20mm까지 5mm 단위로 4개의 지역으로 분리시킨 후, 이들을 20mesh 크기로 마쇄하여 분석용 목분을 준비하였다. 마쇄된 목분 중에 존재하는 구리, 크롬, 비소, 아연성분을 Lambert법(AWPA, 1990)으로 추출한 후 기초과학연구원연구소 서울분소의 Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry (ICP-AES)에 의해 정량분석하였다.

3. 結果 및 考察

3.1 CCA와 CCFZ에 의한 落葉松 心材의 處理度

통계학적인 유의성 ($\alpha < 0.05$)은 인정되지 않았지만 CCFZ로 처리된 목재시편의 약제 보유량과 침윤도가 CCA 처리시편에 비하여 높았다 (Table 2). 이렇게 CCFZ의 목재 처리도가 높은 이유는 CCFZ 구성화합물 중 크롬화합물 [(NH₄)₂Cr₂O₇]에 함유되어 있는 암모니아에 의해 목재조직이 팽윤되면서 CCFZ 수용액의 목재 내 침투를 용이하게 하기 때문이라 사료된다. 이러한 결과는 CCFZ 처럼 암모니아를 함유하는 ACZA(ammoniacal copper zinc arsenate)가 CCA보다 목재 처리도가 우수하다는 몇 건의 연구결과들(Rak, 1975; Morrell & Lebow, 1992; Lebow & Morrell, 1993; Morrell & Schneider, 1994)과도 유사하다.

재표면으로부터 깊이 10mm까지의 약제의 침윤도는 CCA가 약 30%, 그리고 CCFZ가 약 40%로서 매우 낮게 나타났다. 그러나 Table 2 에서 볼 수 있듯이 처리시편의 깊이에 따른 방부제의 실제 보유량(actual retention)을 보면, 두 방부제의 유효성분들이 깊이 20mm까지도 침투되어 있음을 알 수 있다. 이렇게 방부제 성분이 침투되어 있어도 정색반응에 의한 침윤도 측정이 불가능한 이유는 침윤도 측정을 위하여 본 실험에서 사용된 구리 정색시약인 Chrome Azurol-S의 구리와와 反應 敏感度가 문제가 되기 때문이라 사료된다. 처리시편의 표면으로부터 깊이에 따른 방부제 有效成分의 보유량 경사를 보여주는 Fig. 2 에서도 볼 수 있듯이 처리시편의 표면으로부터 10mm 이하의 깊이에도 구리가 존재하나 그

Table 2. Average retention and penetration of CCA and CCFZ in Japanese larch heartwood*1

Preservative	Chemical retention by assay zone(mm)				0 to 20 mm assay zone	Gross retention	Penetration (%)
	0 to 5	5 to 10	10 to 15	15 to 20			
	----- (kg/m ³) -----						-- (%) --
CCA	9.80	3.89	1.16	0.37	3.81	3.01 A*2	31.9 A
CCFZ	9.91	4.64	1.47	0.49	4.13	3.16 A	40.8 A

*1 Values represent means of 10 samples per treatment.

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

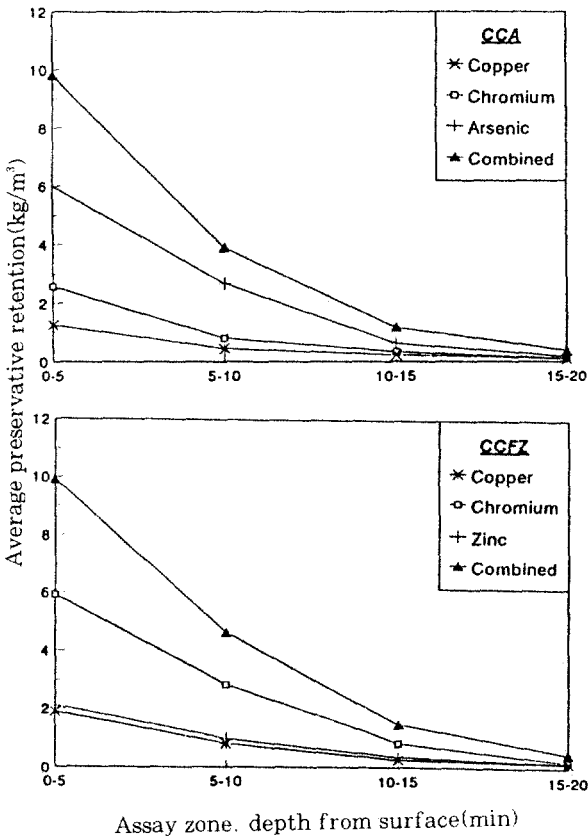


Fig. 2. Preservative retention at selected depths in Japanese larch heartwood treated with CCA or CCFZ.

양이 매우 적기 때문에 Chrome Azurol-S에 의해 그 존재가 명확하게 탐지되지 않았으리라 사료된다. 처리재의 표면으로부터 깊이 10mm 이하로 침투된 것은 구리보다는 CCA의 경우는 주로 비소화합물, 그리고 CCFZ의 경우는 주로 크롬화합물이었다.

처리시편의 표면으로부터 깊이에 따른 방부제 보유량의 경사를 보면, Fig. 2에서 볼 수 있듯이 CCA와 CCFZ 간에 보유량 경사곡선의 형태는 비슷하였다. 두 방부제 공히 표면으로부터 깊이 5mm까지는 보유량이 매우 높았으나 깊이 5mm 이상부터는 보유량이 급격하게 감소하여 5~10mm 지역에서의 방부제 보유량은 0~5mm 지역에서의 보유량에 비해 약 50% 낮게 나타났다. Table 2에서 볼 수 있듯이 비교적 높은 보유량에 비하여 방부제의 얇은 침투는 처리시편의 깊이에 따른 방부제 보유량 경사가 매우 심함을 의미하는데, 이는 Fig. 2에서도 확인할 수 있다. 처리시편의 깊이에 따른 유효성분별 보유량은 방부제 자체의 유효성분 구성비율과 관계가 있었는데, 모든 깊이에서 CCA의 경우는 비소화합물의 보유량이, 그리고 CCFZ의 경우는 크롬화합물의 보유량이 다른 유효성분들에 비하여 높게 나타났다. 그리고 일반적으로 처리시편의 깊이 별로 측정된 유효성분의 보유량 비율도 방부제 자체의 기본 구성비율과 거의 비슷하게 나타났는데, 이는 방부제의 목재내 침투시 특정 방부제 유효성분들의 목재 세포벽 구성물질과 반응에 의한 screening이 발생되지 않음을 의미한다.

본 실험의 결과 얻어진 낙엽송 심재의 CCA 보유량과 침윤도는 日本 農林規格(Suzuki, 1995)이 규정하고 있는 環境區分(hazard class) H2(처리재의 재젓음 확률이 있는 한랭한 지역으로서 부후균의 피해 우려는 있으나 그 피해정도가 높지 않은 非接地 環境)인 지역에서 사용될 수 있는 CCA 처리재의 방부제 최소 보유량 기준인 1.8kg/m³와 방부제 최소 침윤도 기준인 20%보다 높았다. 따라서 CCA로 처리된 낙엽송 심재도 한랭한 高山地域에 위치하는 자연휴양림 등의 비접지용 造景施設材 등으로는 사용될 수가 있을 것이다. 그러나 낙엽송 방부처리재를 환경구분 H3(강우 등에 의한 처리재의 재젓음이 종종 발생되며 또한 通常의 부후균이나 termite(Formosan termite 제외)의 피해 우려가 있는 비접지 환

경] 이상의 지역에서 사용하기 위해서는 방부처리 전에 반드시 낙엽송 심재의 방부제 처리도 개선을 위한 전처리 가 필요하다. 왜냐하면 일본 농림규격이 규정하고 있는 환경구분 H3과 H4(통상보다 激甚한 부후균이나 termite(Formosan termite 포함)의 피해 우려가 있는 접지 환경)인 지역에서 사용할 수 있는 CCA 처리재의 최소 방부제 보유량이 각각 3.5kg/m³와 6.0kg/m³이고, 최소 약제 침윤도도 환경구분 H3과 H4인 지역 공히 80%로서 전처리 없이 단순 방부처리에 의해서는 이러한 방부제 보유량과 침윤도를 달성할 수가 없기 때문이다. 따라서 낙엽송 심재의 방부제 처리도 개선이 요구되는데, 본 연구에서는 세 가지 자상처리에 의한 방부제 처리도 개선 효과를 타진하였다. 참고로 Scheffer(1971)가 제시한 방법에 따라 金(1991)이 조사한 우리나라의 지역별 비접지용 목재의 腐朽指數(decay index)에 의하면 조사된 33개 지역 중에서 제주도를 제외한 거의 전지역이 부후지수가 중간정도로서 환경구분 H3인 지역에 해당한다고 말할 수 있기 때문에, 향후 국산 낙엽송을 방부처리하여 사용하기 위해서는 반드시 방부처리 전에 처리도 개선을 위한 전처리가 필요할 것이다.

3.2 刺傷處理에 의한 落葉松 心材의 CCA 處理度 改善

Table 3은 자상처리에 의한 낙엽송 심재의 CCA처리도 개선 결과를 보여주는데, 자상처리 방법에 관계없이 모든 자상처리구에서 對照區인 비자상처리구와 통계학적인 유의성이 인정되는 방부제 보유량 및 침윤도의 개선효과가 있었다. 자상처리 방법간의 방부제 처리도 개선효과를 비교해 보면, 고밀도 자상처리와 침상 자상처리에 의한 처리도 개선효과가 통상 자상처리에 의한 개선효과보다 우수하였는데 이들은 통계학적으로도 그 유의성이

Table 3. Effect of incising patterns on CCA treatability*1

Type of incising	Gross retention (kg/m ³)	Penetration (%)
Control	3.01 (22.88)*2 A*3	31.9 (53.66) A
Conventional	4.53 (9.89) B	75.0 (7.23) B
Couple density	4.89 (11.60) C	86.5 (9.61) C
Needle	5.14 (12.42) C	94.5 (6.01) D

*1 Mean values for ten samples.

*2 Coefficient of variation(%).

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

인정되었다. 자상처리재내로의 방부제의 침투는 거의 자상 주위에만 한정되기 때문에 단위면적당 자상밀도가 높아 자상간의 側面間隔이 좁은 고밀도나 침상 자상처리에 의한 처리도 개선이 통상 자상처리에 의한 개선보다 우수한 것은 당연한 사실이라 할 수 있다. 그리고 고밀도 자상처리와 침상 자상처리간의 방부제 보유량은 유의성이 인정되는 차이는 없었으나 후자가 약간 높게 나타났고, 고밀도 자상처리와 침상 자상처리간의 방부제 침윤도는 후자가 우수하였는데 이들 간에는 유의성이 인정되었다. 본 실험의 경우 고밀도 자상처리시 자상밀도가 평방미터당 약 6,660개였는데, Lebow와 Morrell(1993)은 고밀도 자상처리에 의해 미국 방부협회가 규정하고 있는 접지부 사용을 위한 난주성인 Douglas-fir 심재의

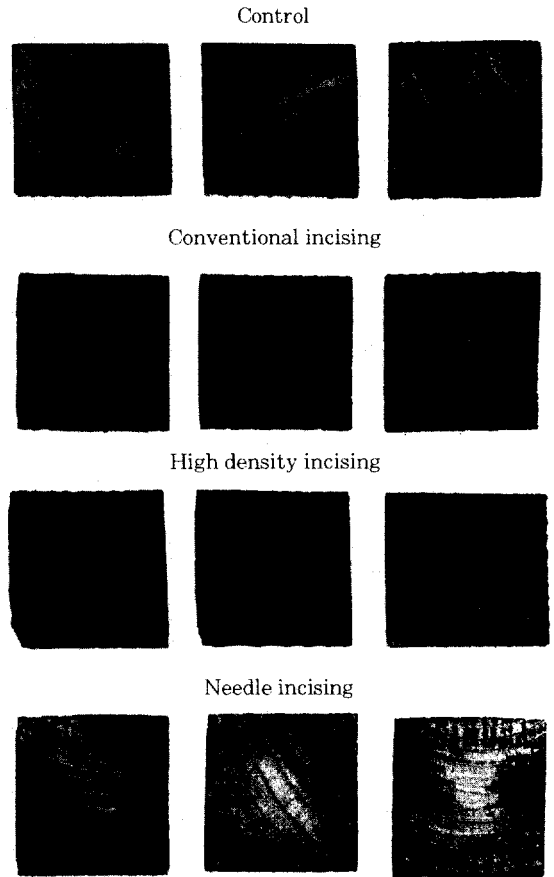


Fig. 3. Examples of CCA penetration characteristics of end-matched Japanese larch heartwood after incising with conventional, high density, or needle patterns.

CCA 최소 처리도를 달성하기 위해서는 10,000~16,000i/m²의 자상밀도가 필요하다고 하였다. 따라서 낙엽송 심재의 경우도 고밀도 자상처리시 자상밀도를 보다 높인다면 방부제 처리도 개선효과는 더욱 증대되었을 것이라고 사료된다. Fig. 3은 대조구와 세 종류의 자상처리구 목재 내부로의 CCA의 침윤도를 보여주는데, 자상처리 시편 내로의 CCA 침윤도가 대조구에 비하여 우수한 것을 관찰할 수 있고, 또한 CCA 침투가 거의 자상 주변에만 한정되기 때문에 자상 밀도가 높을수록 CCA의 침윤도가 증가되었음을 볼 수 있다. 자상처리의 큰 특징은 균일한 방부처리 효과를 얻을 수 있다는 점인데, 본 실험에서도 자상처리구가 대조구에 비하여 방부제 보유량 및 침윤도의 變異係數가 작게 나타나서 시편간의 방부제 처리가 균일하게 달성됨을 알 수 있었다.

자상처리후 재표면의 외관은 Morris 등(1994)도 지적하였듯이 침상 자상처리, 고밀도 자상처리, 통상 자상처리 순으로 저하됨을 알 수 있었다. 침상 자상처리의 경우는 약제처리후 자상이 肉眼으로 거의 식별되지 않았는데, 이는 수용성 방부제 처리 후에 목재가 팽윤되면서 자상구멍을 좁히기 때문이다. Ruddick(1985)도 CCA 처리후 침상 자상처리재의 외관이 통상 자상처리에 비하여 매우 우수하다고 보고한 바 있다.

본 실험에서는 자상처리에 의한 처리재의 강도손실에 대하여 조사되지는 않았지만, 자상처리에 의한 처리재의 강도감소는 필연적이나, 따라서 자상처리에 의한 방부제 처리도 개선을 고려할 때는 자상처리에 따른 처리도 개선이라는 긍정적인 효과와 처리재의 강도손실이라는 부정적인 측면을 동시에 염두에 두어, 강도손실을 최소화하면서 처리도 개선효과를 極大化할 수 있는 자상처리법과 자상처리 밀도를 선택하여야 할 것이다.

본 실험의 경우 모든 자상처리구에서 방부제 보유량은 3.5 kg/m³ 이상으로 일본 농림규격이 제시하고 있는 환경구분 H3인 지역에서 사용할 수 있는 처리재의 CCA 최소 보유량을 획득하였다. 그러나 방부제 침윤도의 경우는 고밀도와 침상 자상처리의 경우는 침윤도 최소기준을 획득하였으나 통상 자상처리의 경우는 최소 기준치에 약간 미달되었다. 그러므로 낙엽송 방부처리재를 환경구분 H3인 지역에서 사용하기 위해서는 처리도 개선을 위한 전처리로서 통상 자상처리보다는 고밀도 자상처리나 침상 자상처리를 사용하여야 할 것이라고 사료된다. 고밀도나 침상 자상처리의 경우도 보유량은 환경구분 H4인 지역에서 사용할 수 있는 방부처리재의 보유량 최소기준인 6.0kg/m³에 미달하였으나 방부제 침윤도는 최소기준인 80퍼센트 보다 높았다. 그러나 방부제의 보유량은

처리시 사용되는 방부제의 농도에 의해 左右되기 때문에 본 실험에서 사용한 농도(1.5%)보다 높은 농도의 CCA 수용액으로 처리를 실시한다면 고밀도나 침상 자상처리에 의해 낙엽송 심재의 방부제 보유량을 6.0kg/m³ 이상으로 상승시키는 것은 문제가 안된다. 따라서 고밀도나 침상 자상처리후 CCA로 처리된 낙엽송 심재는 환경구분 H4인 지역에서도 사용할 수 있다고 말할 수 있다.

4. 結 論

낙엽송 심재의 CCA와 CCFZ에 의한 가압처리 및 CCA 처리도 개선에 관한 본 연구의 결과로부터 다음과 같은 결론들을 내릴 수 있다.

1. CCFZ로 처리된 목재시편의 방부제 보유량과 침윤도가 CCA 처리시편에 비하여 약간 높았으나, 두 방부제간의 보유량 경사곡선의 형태는 비슷하였다.
2. 방부제 처리도 개선을 위한 자상처리없이 CCA로 방부처리된 낙엽송 심재는 일본 농림규격이 규정하고 있는 환경구분 H2인 지역에서는 사용할 수 있었으나, 환경구분이 H3 이상인 지역에서 CCA 처리 낙엽송 심재를 사용하기 위해서는 처리도 개선을 위한 전처리가 필요함을 알 수 있었다.
3. 자상처리는 방부제 처리도, 특히 침윤도를 크게 개선시켰는데 통상 자상처리, 고밀도 자상처리, 침상 자상처리의 순으로 처리도 개선효과가 우수하였다.
4. 고밀도와 침상 자상처리후 CCA로 처리된 낙엽송 심재는 일본 농림규격이 제시하고 있는 환경구분 H3과 H4인 지역에서 사용할 수 있는 낙엽송 처리재의 최소 CCA 처리도 기준을 만족시켰다.

參 考 文 獻

1. American Wood-Preservers' Association. 1990. Book of Standards. Woodstock, MD.
2. Lebow, S. T. and J. J. Morrell. 1993. Pressure treatment of Sitka spruce lumber with ammoniacal copper zinc arsenate or chromated copper arsenate. *Forest Prod. J.* 43(10) : 41~44
3. Lebow, S. T. and J. J. Morrell. 1993. A comparison between high and conventional incising densities for improving preservative treatment of Douglas-fir heartwood lumber. The International Research Group on Wood-

- Preservation. Document No: IRG/WP/93-40009
4. Morrell, J.J. and S.T. Lebow. 1992. Preliminary note on treatment of Sitka spruce with CCA or ACZA. *Proc. Am. Wood Preserv. Assoc.* 88 : 31~35
 5. Morrell, J.J. and P.F. Schneider. 1994. Dahurian larch: treatment with inorganic arsenical preservatives. *Forest Prod. J.* 44(10) : 61~62
 6. Morris, P.I., J.J. Morell, and J.N.R. Ruddick. 1994. A review of incising as a means of improving treatment of sawnwood. The International Research Group on Wood Preservation. Document No: IRG/WP/94-40019
 7. Rak, J. R. 1975. Penetration by and stability of copper-chrome-arsenic wood preservatives. Canadian Forestry Service. Report OP-X-87E
 8. Ruddick, J. N.R. 1985. A comparison of needle incising and conventional north American incising processes for improving preservative treatment. *Proc. Am. Wood Preserv. Assoc.* 81 : 149~160
 9. Scheffer, T. C. 1971. A climate index for estimating potential for decay in wood structures above ground. *Forest Prod. J.* 21(10) : 25~31
 10. Suzuki, K. 1995. Environmental situations on wood preservation industries in Japan. In: Proceedings of the 3rd International Wood Preservation Symposium: 283~294
 11. 金奎赫. 1991. 우리나라의 지역별 非接地用 木材의 腐朽指數. 未發表 實驗室 資料. 高麗大學校 林産工學研究室
 12. 日本 林業試驗場. 1982. 木材工業 핸드ブック (改訂 3版). 丸善株式會社