

# 구리 · 알킬암모늄화합물계 목재방부제 (ACQ) 유효성분의 목재 흡착 특성<sup>1</sup>

이 중 신<sup>2,†</sup> · 최 광 식<sup>3</sup>

## Adsorption Characteristics of Alkaline Copper Quat Preservative Components in Wood<sup>1</sup>

Jong-Shin Lee<sup>2,†</sup> · Gwang-Sik Choi<sup>3</sup>

### 요 약

ACQ 목재 방부처리 현장에서 약액의 농도관리에 필요한 기초 자료를 얻기 위하여 ACQ 약액을 회수하여 재사용하는 과정에서 일어나는 약액의 농도 변화, 처리 목재의 약제 흡수량 그리고 Cu (CuO로써)와 DDAC의 유효성분 비율 변화 등을 조사하였다. 목재 수종은 낙엽송, 미송, 라디에타소나무를 사용하여 조사하였다.

ACQ 약액을 회수하여 재사용하는 과정에서 재사용 횟수가 증가함에 따라 약액의 농도는 감소하였으며, 농도 감소 경향은 유효성분의 종류별로 다르게 나타나 Cu보다는 DDAC의 농도 감소가 크게 나타났다. Cu의 농도감소는 처리 수종에 크게 영향을 받지 않았으나, DDAC의 경우에는 약액 흡수가 많은 수종에서 농도 감소의 폭이 크게 나타났다. 약액의 재사용 횟수에 관계없이 Cu의 목재 흡수량은 일정한 수준을 유지하였으나 DDAC 흡수량은 재사용 횟수의 증가와 함께 지속적으로 감소하였다. 약액의 재사용 횟수의 증가로 DDAC 농도가 감소하면 Cu의 흡수량이 증가하였으며, 이것은 처리 목재 내 흡착반응 과정에서 경쟁 관계에 있는 DDAC의 양이 감소함에 따라 상대적으로 Cu의 흡착량이 많아지기 때문인 것으로 판단하였다.

### ABSTRACT

In order to obtain basic data for concentration control of alkaline copper quat (ACQ) solution in wood preservative treatment, this study investigates the change of concentration and adsorption of treating solution and active ingredient, copper oxide (CuO) and didecyldimethyl ammonium chloride (DDAC), in the process of recycling of ACQ solution. Japanese larch (*Larix leptolepis*), Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) and Radiata pine (*Pinus radiata*) were treated with ACQ solution.

<sup>1</sup> Date Received May 30, 2014, Date Accepted June 13, 2014

이 연구는 2010년도 충남대학교 학술연구비에 의해 지원되었음

<sup>2</sup> 충남대학교 환경소재공학과. Department of Biobased Materials, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea.

<sup>3</sup> 충남대학교 농업과학연구소. Institute of Agricultural Science, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea.

<sup>†</sup> 교신저자(Corresponding author): 이종신(e-mail: lee\_js@cnu.ac.kr)

The active ingredient concentration of ACQ solution was decreased continuously with increase of recycling. There are differences between extent of concentration decrease of Cu (as CuO) and DDAC. DDAC was decreased more quickly and to a higher degree than Cu for all recycling. The extent of DDAC concentration decrease was remarkable than that of Cu for wood species. The amount of DDAC adsorbed into wood decreased with the increase of ACQ solution recycling, but adsorption of Cu was little difference regardless of recycling. The adsorption of Cu into wood increased as DDAC concentration decrease by recycling of ACQ solution. This is likely due to decrease of DDAC competition with Cu for the same reaction site in wood.

**Keywords :** alkaline copper quaternary, didecyldimethyl ammonium chloride, copper oxide, preservative adsorption, wood preservative treatment

## 1. 서 론

우수한 정착성과 방부성능 때문에 전 세계적으로 목재 방부처리에 다량 사용되었던 크롬·구리·비소화합물계 목재방부제(chromated copper arsenate, CCA)의 환경 및 인체 유해성 문제가 제기되어 우리나라에서는 2007년 10월부터 사용이 전면 금지되었으며, 미국과 캐나다에서는 2003년 12월부터 비주거용 목재 처리에만 사용할 수 있도록 제한되고 있다. 이에 따라 구리·알킬암모늄화합물계(alkaline copper quaternary, ACQ), 구리·아졸화합물계(copper azole, CUAZ) 등으로 대표되는 무 크롬, 무 비소계 목재방부제가 등장하여 CCA 대체 목재방부제로 사용되고 있다. 이들 대체 목재방부제에도 유효성분으로 구리화합물을 사용하고 있는데 그 이유는 포유동물에 대한 낮은 독성과 광범위한 살균 특성을 가지고 있기 때문이다.

CCA 대체 목재방부제로 현재 우리나라에서 사용되고 있는 약제에는 ACQ, CUAZ 이외에 구리·사이크로헥실다이아제니움디옥시-음이온화합물계 목재방부제 {bis-(N-cyclohexyldiazoniumdioxo)-copper, CuHDO}가 있으며, 이들 중에서 ACQ가 국내 목재방부제 사용량의 90% 이상을 점하고 있는 것으로 알려져 있다. ACQ의 개발은 방곰팡이제로 사용되고 있던 알킬암모늄화합물을 지상부와 지점부에 사용하는 목재의 방부처리 사용 가능성에 관한 Oertel (1965)와 Richardson (1972)의 연구로부터 시작되었다. 그러나 제4급 암모늄염(Quat)을 처리한 지점부 목재에서 부후가 빨리 발생된다는 것이 야외 시험을

통해 밝혀짐에 따라 이를 개선하기 위해 다양한 비율(CuO : Quat)로 구리화합물을 배합하고 정착성과 방부효력 등을 밝히는 많은 연구를 거쳐 지금의 제품에 이르렀다.

ACQ는 Cu와 DDAC (didecyldimethyl ammonium chloride)를 유효성분으로 함유하고 있으며, 목재 방부처리 과정에서 많은 양의 DDAC가 Cu에 비하여 빠르게 목재 중으로 흡착된다(Tascioglu 2005). 우리나라 ACQ 목재 방부처리 현장에서도 일정 양의 목재를 방부처리 한 후에는 DDAC를 보충해 주고 있으나, 현장 여건 상 약액의 농도나 유효성분의 비율을 확인하지 않고 경험적으로 수행하고 있다. 우수한 품질의 방부 목재의 생산과 함께 제품의 품질관리를 위해서는 방부처리 현장 약액의 철저한 농도 관리가 선행되어야 한다.

본 연구에서는 현장의 방부약액의 농도 관리를 위한 시스템 개발의 기초 자료를 얻기 위하여 ACQ 방부처리 과정에서 발생하는 약액의 농도 및 유효성분 비율의 변화를 조사하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 실험 재료

목재 수종은 국내에서 방부처리 목재 생산에 많이 사용되고 있는 국산 침엽수재인 낙엽송(*Larix leptolepis*)과 수입산 침엽수재로 미송(*Pseudotsuga menziesii*)과 라디에타소나무(*Pinus radiata*)를 사용하였다. 목재방부제 주입을 위한 시편 제작에는 낙엽송의

**Table 1.** Specific gravity and absorbed amount of ACQ solution in test wood species

Wood species	Specific gravity	Absorbed amount of ACQ solution (kg/m <sup>3</sup> )					Mean ± SD	F= 58.49**
		1 <sup>1)</sup>	2	3	4	5		
Japanese larch	0.55	503.5	572.4	572.9	587.0	530.8	553.3 ± 34.9	
Douglas-fir	0.48	678.5	705.8	692.3	713.7	734.9	705.0 ± 21.4	
Radiata pine	0.41	726.3	713.6	704.6	760.2	764.2	733.8 ± 27.1	

<sup>1)</sup> Number of use of ACQ solution

경우에는 심재부위, 미송과 라디에나소나무의 경우에는 변재부위 만을 사용하였다.

목재방부제는 우리나라에서 방부처리 목재 생산에 사용하고 있는 목재방부제 중에서 90% 이상을 차지하고 있는 구리·알킬암모늄화합물계 목재방부제(ACQ-2)를 D사로부터 원액을 분양받아 사용하였으며, 원액농도는 16%로 국내에서 조제한 약제이다.

## 2.2. 실험 방법

### 2.2.1. 목재 시편 제작 및 처리 약액 조제

ACQ 약액 처리를 위해 20(T) × 20(R) × 5(L) mm 크기의 얇은 정방형의 목재 시편을 채취하였으며, 시편 내부로 약액의 충분하고 균일한 침투를 위해 시편의 두께(섬유방향 길이)를 얇게 하였다.

처리 약액 조제는 목재방부처리 현장에서 적용하는 방법에 따라 ACQ 원액을 수도수로 14배 희석하였으며, 이때 희석 약액의 유효성분 농도는 평균 1.15%(CuO 0.69%, DDAC 0.46%)를 나타냈다.

### 2.2.2. 방부처리

조제한 약액 중에 수종 별로 목재시편을 뜨지 않도록 침지시켜 감압주입(진공도 20 mmHg, 25분)한 후에 60분 동안 상압에 방치하여 약액이 목재 중에 충분히 침투되도록 하였다. 이때 처리 약액의 양은 처리 목재 시편 부피의 10배로 하였다. 즉, 약액 1000 ml 중에 목재 시편 100 cm<sup>3</sup>를 침지시켜 처리하였다. 감압처리 중에 수분 증발에 의한 약액의 농도 상승을 최소화하기 위하여 감압시간을 짧게 하였다. 25분 감압-60분 상압 방치 과정에 의해 모든 시

편이 약액 속에 가라앉는 것이 확인되어 충분하고 균일한 약액 침투가 이루어진 것으로 판단하였다.

이와 같은 방부처리 과정을 5회 실시하였다. 5회에 걸친 처리 과정에서 방부약액 중의 유효성분 농도 변화를 조사하기 위하여 목재 시편은 매회 새로운 것을 사용하였으나, 처리 약액은 새로운 약액을 보충하지 않고 반복해서 재사용하였다. 매 처리 마다 처리 목재시편과 방부 약액의 부피 비는 항상 1 : 10의 비율을 유지하였으며, 처리 횟수가 증가함에 따라 약액 양이 감소하기 때문에 목재 시편의 양을 줄여 처리하였다.

### 2.2.3. 방부 약액의 유효성분 분석

목재 수종 및 방부처리 횟수별로 감압주입 처리 후에 일정량의 약액을 채취하여 약액 중의 Cu (CuO 환산)와 DDAC의 농도 변화를 조사하였다. 약액 중의 Cu는 AWP A2-11, DDAC는 AWP A17-09에 준하여 각각 적정법으로 측정하였다.

### 2.2.3. 방부처리 목재의 약제 흡수량 분석

방부 처리한 목재 시편을 전건시킨 후에 30매쉬 이하의 굵기로 분쇄하였다. KS F 2155에 준하여 분쇄한 목분 일정량을 취하여 켈달분해 장치로 산 가수분해시키고 이어서 전처리 과정을 거쳐 원자흡광광도법으로 흡수파장 324.7 nm에서 처리 목재 중의 Cu 흡수량(CuO 환산)을 구하였다. DDAC 흡수량은 AWP A18-12에 준하여 분쇄한 목분 일정량을 취하여 0.1N HCl-ethanol 용액으로 초음파세척기를 사용하여 추출한 다음 적정법으로 조사하였다.

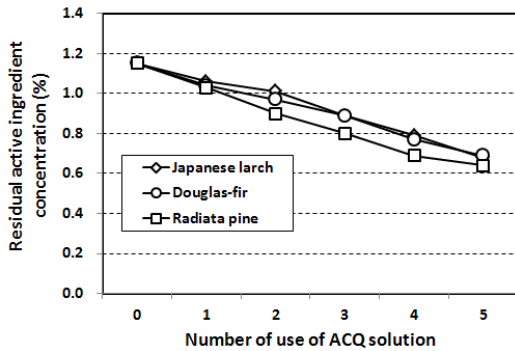


Fig. 1. Relationship between number of use of ACQ solution and change of active ingredient concentration.

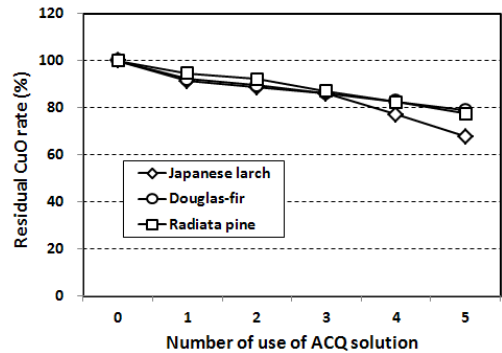


Fig. 2. Change of Cu concentration according to increase of use of ACQ solution.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 처리 목재의 약액 흡수량

목재 수종별로 시편의 방부 처리도를 조사하기 위하여 약액 흡수량을 측정하여 Table 1에 나타냈다. 국산 침엽수 중에서 고비 중에 속하며 심재부위로만 구성된 낙엽송이 5회에 걸친 약액 감압주입처리 모두에서 가장 적은 ACQ 약액 흡수량을 보였다. 반면에 낙엽송에 비하여 비중이 낮고 약액 침투성이 좋은 변재부위로만 구성된 미송과 라디에타소나무에서는 낙엽송에 비하여 많은 약액 흡수량을 나타냈다.

수종 간 약액 흡수량에 대한 유의성 검정 결과, 고도의 유의성( $F = 58.49$ )이 인정되어 목재의 재질 특성 차이에 의해서 약액 흡수량에 차이가 발생한 것으로 판단되었다. 한편, 각 수종에서 5회에 걸친 방부약액 사용 횟수 간에서는 약액 흡수량에 유의성이 인정되지 않아 매회 거의 동일한 양의 약액이 흡수되는 것으로 나타났다.

#### 3.2. 처리 약액의 유효성분 농도 변화

ACQ-2호 방부 약액을 조제한 후에 최대 5회까지 목재 감압주입 처리에 반복해서 사용하며 약액 중의 유효성분(Cu와 DDAC)의 변화를 조사하였다. 목재 방부처리에 사용하기 전에 조제한 약액(농도 1.15%)

의 Cu (CuO로서)와 DDAC의 비율을 조사한 결과, 각각 63.5%와 36.5%를 나타내 KS M 1701에서 규정하고 있는 ACQ-2호 약제의 품질 기준(Cu는 CuO로서 62~71 wt%, DDAC 29~38 wt%)에 적합하였다.

Fig. 1은 ACQ 조제 약액을 목재 방부처리에 5회 반복 사용하는 과정에서 발생한 약액 중의 유효성분 농도변화를 나타낸 것이다. 약액의 사용횟수가 증가함에 따라 약액의 농도가 직선적으로 감소하였으며, 3수종 중에서 낙엽송과 미송의 농도 감소는 거의 동일한 경향을 보였다. 약액 흡수량이 가장 많았던 라디에타소나무에서는 2수종에 비하여 농도 감소가 다소 크게 나타났다. ACQ 약액을 5회까지 반복 사용하였을 경우에 유효성분의 농도는 3수종에서 평균 41.3~44.7%가 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같이 방부처리 시마다 유효성분의 농도가 계속하여 감소하는 것은 이들 성분이 목재 세포벽 중으로 흡착되기 때문일 것이다.

약액 사용 횟수가 증가함에 따라 약액 중의 유효성분 농도가 감소하는 것이 확인됨으로써 이들 유효성분의 종류 별 농도 감소 경향도 조사할 필요가 있다. 약액 사용회수 별로 Cu와 DDAC의 농도 감소를 조사하여 각각 Figs. 2와 3에 나타냈다. 먼저 Cu의 경우에 Fig. 2에서와 같이 약액 사용회수가 증가함에 따라 지속적으로 농도가 감소하여 5회째에는 수종별로 처음 농도의 67.8%(낙엽송), 77.5%(라디에타소

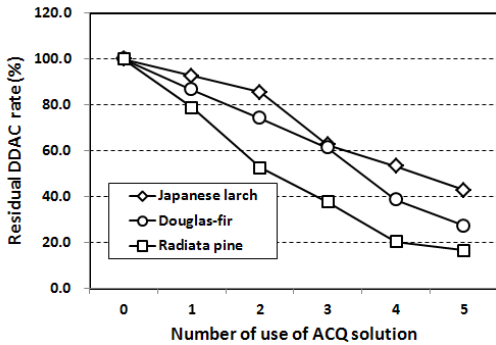


Fig. 3. Change of DDAC concentration according to increase of use of ACQ solution.

나무), 78.9%(미송) 수준까지 감소하는 것으로 나타났다. 수종별로 Cu 농도의 감소정도를 비교하면, 낙엽송에서 라디에타소나무나 미송에 비하여 감소율이 약간 컸으며, 4회째부터는 그 차이가 뚜렷하게 나타났다. 이것은 심재부위로만 구성된 낙엽송에서 Cu의 흡착이 많았다는 것을 의미한다. Ung 등(2005)은 ACQ 목재방부제에서 Cu의 정착과 안정화는 목재 수종과 추출물량의 영향을 받는다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서도 추출물인 심재물질을 다량 함유하고 있는 낙엽송에서 변재부위로만 구성된 미송이나 라디에타소나무에 비하여 Cu의 흡착이 약간 많았던 것으로 추정된다.

Fig. 3은 DDAC의 감소 경향을 나타낸 것으로 약액을 반복해서 사용함에 따라 Cu에 비하여 DDAC의 농도 감소가 매우 크게 발생하는 것을 알 수 있다. 약액 사용 5회째에서 DDAC의 농도는 수종별로 처음 농도의 42.8%(낙엽송), 27.3%(미송), 16.6%(라디에타소나무)의 수준에 불과하였으며, 낙엽송에 비하여 미송과 라디에타소나무에서 DDAC의 농도 감소가 크게 발생하는 것으로 밝혀졌다. Tascioglu 등(2005)은 ACQ 목재방부제 성분의 흡착에 관한 연구에서 DDAC는 Cu에 비하여 보다 빠르고 많은 양이 처리 목재 중에 흡착된다고 보고하였다. 또한 Jin과 Preston (1991)은 DDAC는 높은 pH 조건에서 이온교환 반응에 의하여 리그닌과 헤미셀룰로오스의 페놀과 카르복실 그룹과 주로 결합한다고 결론을 내리

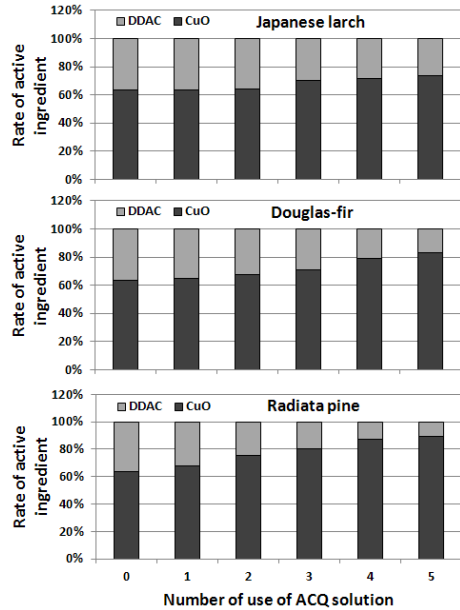


Fig. 4. Change of CuO and DDAC rate according to increase of use of ACQ solution.

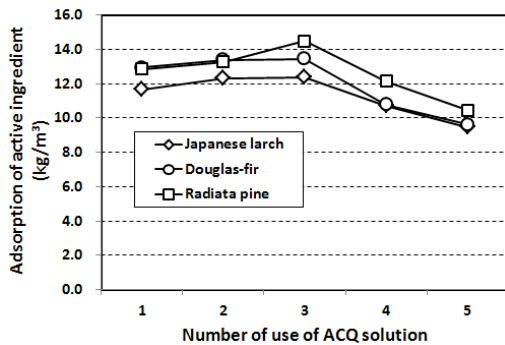
고, 흡착은 1시간 이내에 빠르고 완벽하게 이루어진다고 보고하였다. Cu에 비하여 DDAC의 농도 감소가 크게 나타난 본 연구의 결과는 이들 보고와 거의 일치하고 있으며, 낙엽송에 비하여 미송과 라디에타소나무에서 농도 감소가 컸던 것은 세포벽 층으로의 약액 흡수량이 많았기 때문(Table 1 참조)인 것으로 판단된다. 즉 Cu는 주로 재층의 추출물과 결합하기 때문에 심재부위만으로 구성된 낙엽송에서 농도 감소가 컸고, DDAC는 헤미셀룰로오스와 리그닌과 결합하기 때문에 약액 흡수량이 많았던 미송과 라디에타소나무에서 농도 감소가 크게 나타난 것으로 사료된다.

ACQ-2호의 유효성분은 Cu와 DDAC로 이들 성분 간에는 일정 비율이 유지되어야 하며, 이것은 KS M 1701의 목재방부제의 품질 기준에서 규정하고 있다. 약액 사용 횟수가 증가하는 과정에서 농도 감소 경향이 다르게 나타난 이들 성분의 약액 중에서의 비율을 조사하여 그 결과를 Fig. 4에 나타냈다. 3수종 모두에서 Cu에 비하여 DDAC의 농도 감소가 크게

**Table 2.** Adsorption ( $\text{kg/m}^3$ ) and rate (%) of CuO and DDAC in woods treated with ACQ solution

Wood species	active ingredient	Adsorption, $\text{kg/m}^3$ (%)				
		1 <sup>1)</sup>	2	3	4	5
Japanese larch	CuO	6.47(55.4)	6.78(55.0)	6.64(53.6)	6.60(61.6)	6.12(64.5)
	DDAC	5.21(44.6)	5.54(45.0)	5.74(46.4)	4.12(38.4)	3.37(35.5)
	Total	11.68(100)	12.32(100)	12.38(100)	10.72(100)	9.49(100)
Douglas-fir	CuO	6.84(52.8)	7.10(53.1)	7.01(52.2)	6.53(60.5)	6.17(64.1)
	DDAC	6.11(47.2)	6.28(46.9)	6.43(47.8)	4.26(39.5)	3.46(35.9)
	Total	12.95(100)	13.38(100)	13.44(100)	10.79(100)	9.63(100)
Radiata pine	CuO	6.62(51.5)	6.86(51.7)	6.79(46.9)	6.91(56.9)	6.53(62.5)
	DDAC	6.23(48.5)	6.41(48.3)	7.69(53.1)	5.23(43.1)	3.92(37.5)
	Total	12.85(100)	13.27(100)	14.48(100)	12.14(100)	10.45(100)

<sup>1)</sup> Number of use of ACQ solution



**Fig. 5.** Change of preservative adsorption in treated woods according to increase of use of ACQ solution.

발생하였기 때문에 약액 사용 횟수가 많아짐에 따라 Cu의 비율은 증가하고 DDAC의 비율은 감소 경향을 나타내고 있으며, 그 경향은 DDAC의 농도 감소가 가장 컸던 라디에타소나무에서 현저하였다. KS M 1701에서는 ACQ-2호의 품질기준에서 유효성분 비율을 Cu (CuO로서)는 62~71 wt%, DDAC는 29~38 wt%로 각각 그 범위를 규정하고 있다. 낙엽송과 미송 처리에서는 약액을 3회, 라디에타소나무 처리에서는 약액을 2회 반복 사용한 다음부터 약액의 Cu와 DDAC의 비율이 KS M 1701 기준을 벗어나 Cu

의 비율은 증가하고 DDAC의 비율은 감소하는 경향을 보였다. 이것은 ACQ-2호 목재 방부처리 현장에서 경험적으로 일정 재적의 목재를 방부 처리한 다음에 회수 약액에 DDAC를 보충해 주어야 하는 이유를 잘 설명해 주고 있다. 이들 결과로부터 앞으로 ACQ-2호 약액의 효율적이고 정확한 현장 농도관리를 위해서 처리 목재 수종, 처리 목재 재적, 약액의 Cu와 DDAC의 농도비율 등의 상호 관계를 명확하게 조사할 필요가 있다. 현장 방부처리 약액의 농도관리의 양부(良否)에 의해 방부처리 목재의 품질이 좌우되기 때문이다.

### 3.3. 처리 목재의 약제 흡수량

새로운 약액을 보충하지 않고 반복해서 방부처리에 재사용하였을 경우, 처리 목재에서의 방부제 흡수량 변화를 조사하여 Table 2에 나타냈다. 처리 목재의 약제 흡수량은 최저 9.6  $\text{kg/m}^3$  이상을 나타내 목재의 사용환경 범주별 약제 흡수량 기준 H4(5.2  $\text{kg/m}^3$  이상)의 기준을 훨씬 상회하였다. 이와 같이 과도한 약제 흡수량을 보인 것은 소형의 처리 목재 시편을 사용함으로써 약액이 목재 세포벽 중으로 충분히 흡수되었기 때문으로 판단된다.

약액의 재사용 횟수와 약제 흡수량과의 관계를 살펴보면, 3수종 모두에서 재사용 3회까지 유효성분(CuO와 DDAC) 흡수량에는 변화가 없거나 증가하다가 4회째부터는 급격하게 감소하는 경향을 보였다. 약액 재사용 횟수 증가에 따른 약액의 농도변화 결과(Fig. 1)를 살펴보면, 약액을 1회 재사용할 때마다 모든 처리구에서 평균 0.1%의 농도 감소가 발생하여 3회 재사용한 용액의 농도는 평균 0.86%를 나타냈다(용액의 처음 농도는 1.15%). Table 2에서와 같이 약액을 3회까지 재사용해도 처리목재의 약제 흡수량은 변화가 없거나 약간 증가하는 경향을 보임으로써 약액 농도 0.86% 수준까지는 목재 세포벽 층으로 흡착될 수 있는 충분한 양의 유효성분들이 재사용 약액 중에 잔류되어 있음을 알 수 있다. 한편, 약액 재사용 횟수가 4회째에 이르면 약액의 평균 농도는 0.75%로 감소하고 목재의 약제 흡수량도 감소하는 경향을 보였다.

처리 목재의 약제 흡수량 중에서 CuO와 DDAC가 차지하는 비율을 흡수량과 함께 Table 2에 나타냈다. 약액의 사용 횟수가 증가함에 따라 약제 흡수량은 일정 수준을 유지 또는 약간 증가하는 경향을 보이다가 3회를 전환점으로 하여 감소하였다. 여기서 처리 목재의 약제 흡수량을 CuO와 DDAC의 비율로 비교하면 CuO의 비율은 약제 사용 횟수 3회째까지는 서서히 증가하다가 4회째부터 10%에 가까운 급격한 증가하는 경향을 보였다. 그러나 DDAC의 경우에는 CuO와는 정반대의 경향을 보여 약액 재사용 3회째를 정점으로 4회째부터 10% 이상의 급격한 감소를 나타냈다. 낙엽송의 예를 들어 살펴보면, 1회째 감압주입 처리에서 목재의 약제 흡수량은 평균 11.68 kg/m<sup>3</sup>을 보였으며, 이 중에서 CuO는 55.4%(6.47 kg/m<sup>3</sup>), DDAC는 44.6%(5.21 kg/m<sup>3</sup>)를 차지하였다. 그러나 약액 재사용 5회째에서는 약제 흡수량 9.49 kg/m<sup>3</sup> 중에서 CuO가 64.5%(6.12 kg/m<sup>3</sup>), DDAC가 35.5%(3.37 kg/m<sup>3</sup>)를 각각 차지하였다. 라디에타소나무의 경우에는 1회째 평균 약제 흡수량 12.85 kg/m<sup>3</sup> 중에서 CuO가 51.5%(6.62 kg/m<sup>3</sup>), DDAC가 48.5%(6.23 kg/m<sup>3</sup>)를 각각 점하였으나, 5회째에서는 약제 흡수량 10.45 kg/m<sup>3</sup> 중에서

CuO가 62.5%(6.53 kg/m<sup>3</sup>), DDAC가 37.5%(3.92 kg/m<sup>3</sup>)를 차지하였다. 이와 같이 약액을 반복하여 재사용한 결과, 목재 내로의 약제의 총 흡수량은 감소하지만, Cu의 흡수량은 거의 변함이 없고 DDAC의 흡수량은 현저하게 감소하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 약액의 재사용 횟수가 증가함에 따라 약액 중의 DDAC의 농도가 현저하게 감소(Fig. 3)하기 때문에 그만큼 목재 층으로의 DDAC 흡수량도 적어진 것이라고 생각할 수 있다.

한편, Tascioglu 등(2005)은 red pine에 copper monoethanolamine (CuMEA) 용액 및 ACQ 용액을 가압 처리한 후에 Cu의 흡착량을 비교한 결과, ACQ 용액처리에 비하여 DDAC를 함유하지 않은 CuMEA 용액 처리에서 Cu 흡착량이 많았다고 보고하고, ACQ 용액의 경우에는 용액 중의 Cu와 DDAC가 목재 내의 동일한 반응점에 대해 서로 경쟁관계를 나타내기 때문에 목재 내의 Cu 흡착량이 CuMEA 용액 처리에 비하여 적었다고 추정하였다. 본 연구에서 Table 2에 나타낸 바와 같이 약액의 재사용 횟수가 증가함에 따라 DDAC의 흡착량은 감소한 반면 Cu의 흡착량은 거의 일정한 수준을 유지하였다. 여기서 약제의 총 흡착량(CuO와 DDAC)을 기준으로 하면 DDAC의 비율은 감소하고 CuO의 비율은 증가하기 때문에 상대적으로 Cu의 흡착량이 증가한 것이 된다. 이와 같이 용액의 재사용 횟수의 증가와 함께 Cu의 흡착량이 증가하는 것은 목재 내 흡착 반응점에 대하여 경쟁 관계에 있는 DDAC의 농도가 감소하기 때문인 것으로 판단할 수 있다.

## 4. 결 론

ACQ 목재방부제를 사용하여 방부처리하는 과정에서 발생하는 처리 약액 중의 유효성분(Cu와 DDAC)의 농도 변화와 함께 이들 유효성분의 목재 흡착 특성을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 목재 방부처리에서 ACQ 약액을 회수하여 재사용하는 과정에서 약액의 유효성분 농도는 지속적으로 저하된다. 농도 저하의 정도는 유효성분의 종류별로 다르게 나타나며 Cu보다 DDAC의 농도저하가 상

대적으로 급격하게 진행된다.

2. 약액 중의 Cu의 농도저하는 수종 간에 큰 차이를 보이지 않으나 DDAC의 경우에는 수종에 영향을 받아 약액 침투가 양호한 수종에서 농도저하가 크게 나타난다.

3. Cu의 목재 흡착량은 약액 사용 횟수가 증가하여도 일정하게 유지되나 DDAC 흡착량은 감소한다.

4. 약액 중의 DDAC 농도가 감소하면 처리 목재 중의 Cu 흡착량이 증가한다. 이것은 목재 내 흡착반응 과정에서 경쟁 관계에 있는 DDAC의 양이 감소함에 따라 상대적으로 Cu의 흡착이 많아지기 때문이다.

## REFERENCES

- American wood protection association (AWPA). 2012. Standard for determination of didicyldimethylammonium chloride in ACQ solutions. A17-09. AWPA. Birmingham. p. 239.
- American wood protection association (AWPA). 2012. Standard for determination of quaternary ammonium compounds in wood by 2-phase titration. A18-12. AWPA. Birmingham. p. 240.
- American wood protection association (AWPA). 2012. Standard methods for analysis of waterborne preservatives and fire-retardant formulations. A2-11. AWPA. Birmingham. p. 184.
- Jin, L., Preston, A.F. 1991. The interaction of wood preservatives with lignocellulosic substrates. 1. Quaternary ammonium compounds. *Holzforschung*. 45: 455-459.
- Korean industrial standard. 2001. Method of determination for preservatives absorption of treated wood. KS F 2155. Korean agency for technology and standards.
- Korean industrial standard. 2002. Wood preservatives. KS M 1701. Korean agency for technology and standards.
- Notification of the Korea forest service. 2011. Standard of wood preservative and insect-proof treatment. Notification No. 2011-4. Korea forest service.
- Oertel, J. 1965. Novel wood preservatives of good leaching resistance based on water soluble organic compounds and their potential uses. *Holztechnologien*. 6(4): 243-247.
- Richardson, B.A. 1972. Sapstain control. *Paperi Ja. Puu* 10: 613-624.
- Tascioglu, C., Cooper, P., Ung, T. 2005. Rate and extent of adsorption of ACQ preservative components in wood. *Holzforschung*. 59: 574-580.
- Ung, T., Cooper, P. 2005. Copper stabilization in ACQ treated wood-retention, temperature and species effects. *Holz Rho Werkstoff*. 63(3): 186-191.