

크롬-구리 化合物系 木材防腐劑의 定着 및 溶脫特性 比較^{*1}

羅 鍾 範^{*2} · 金 奎 赫^{*2}

A Comparison of Chromium and Copper-Containing Waterborne Wood Preservatives for Fixing and Leaching Characteristics^{*1}

Jong-Bum Ra^{*2} · Gyu-Hyeok Kim^{*2}

ABSTRACT

The rate of fixation of the components were evaluated in CCA-Type B and CCFZ-treated radiata pine sapwood by quantitative analysis of solution expressed from the treated wood. The leaching characteristics of radiata pine blocks treated with CCA-Type B and CCFZ were also evaluated by the AWWPA standard leaching test. Both fixation and leaching characteristics of CCA-Type B were compared with CCA-Type C treated wood samples.

The rate of CCA-Type B fixation was a little faster than that of CCFZ. However, significant amounts of arsenic was unfixed in the CCA-Type B treated samples and consequently leached. These significant quantities of arsenic liberated from the CCA-Type B treated wood during service may pose some environmental concerns. Arsenic was no longer detectable from CCA-Type C treated samples when fixation was complete, even though the fixation of CCA-Type C was slower in some degree than CCA-Type B.

In summary, it could be said that CCFZ was much safer preservative than CCA-Type B by the criterion based on the relative hazard assessed by absolute amount of unfixed element present in the treated wood. Also the decision that CCA preservative has to move from Type B to Type C should be made sooner or later for continuous use of CCA preservative in the future.

Keywords : Fixation, leaching, safety, CCA-Type B, CCFZ, CCA-Type C, radiata pine

1. 緒 論

최근 국내에서도 近隣公園이나 자연휴양림 등의 조경 시설물 및 어린이 놀이터의 木造시설물에 많이 사용되고 있는 chromated copper arsenate(CCA) 처리제의 안

전성(人畜 접촉시 독성문제 및 환경 안전성)에 관한 문제가 대두되면서 인체에 위해하고 환경오염 문제를 야기시킬 수 있는 五酸化砒素(As_2O_5)와 6가 크롬(Cr^{+6})을 함유하는 CCA 방부제의 지속적인 사용에 대한 심각한 우려가 있다. 이러한 방부제의 사용 및 환경 안전성에 대한

*1 접수 1995年 6月 3日 Received June 3, 1995.

본 연구는 1994年 산악협동재단의 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

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

Table 1. Preservative formulations used for treatment.

Component	Preservative		
	CCA-Type B (commercial)	CCFZ (commercial)	CCA-Type C (lab-made)
Copper	CuO 18.3%	CuSiF ₆ · 4H ₂ O 17.3%	Cu ₂ (OH) ₂ CO ₃ 26.9%
Chromium	CrO ₃ 32.9%	(NH ₄) ₂ Cr ₂ O ₇ 63.0%	CrO ₃ 34.2%
Arsenic	As ₂ O ₃ 48.8%		As ₂ O ₃ · 3H ₂ O 23.4%
Zinc		ZnSiF ₆ · 6H ₂ O 19.7%	
Water			15.5%

문제는 비단 우리나라만의 문제가 아니라 최근에 전세계적으로 환경문제에 대한 관심이 고조되면서 방부제 자체 및 방부처리제 사용의 안전성에 대한 연구들이 최근에 수행되었거나 현재 활발히 수행되고 있다. 이러한 추세에 맞추어 國際木材保存協會 (International Research Group on Wood Preservation: IRG)도 1990년과 1993년에 "The Challenge-Safety and Environment"라는 주제의 두차례 국제 심포지움을 가진 바 있고, 美國 林産物協會 (Forest Products Society: FPS)는 1991년 제 45차 연례회의 총회의 주제를 "CCA 방부제의 목재내 定着과 CCA 처리제의 환경 안전성"으로 정할 정도로 이에 대한 연구가 활발하다 (FPS, 1993).

그러나 국내의 경우는 지금까지 CCA와 그 처리제의 사용 및 환경 안전성에 대한 관심이 거의 없다가, 최근에 환경문제에 대한 중요성이 국민들에게 널리 인식되면서 이에 대한 관심이 대두되고 있는 실정이기 때문에 처리제 내 CCA 성분들의 정착과 사용중인 처리제로부터 CCA 有效成分들의 溶脫에 관한 연구는 별로 이루어지지 않았었다. 그러나 현시점에서는 이러한 연구가 절대적으로 필요하다고 사료되어 수용성 방부제 중 국내 사용량이 가장 많은 CCA-Type B와 無砒素系 방부제인 CCFZ를 대상으로 두 방부제의 용탈 및 정착특성을 파악· 비교하고자 본 연구를 수행하였다.

2. 材料 및 方法

2.1 試片의 準備 및 防腐劑 處理

라디에타 소나무 (*Pinus radiata* D. Don)의 변재부로부터 2.5×2.5×30cm인 양생용 시편 30개 [방부제 (3) × 양생기간 (10) = 30]와 한 번의 길이가 2cm인 입방체 용탈용 시편 18개를 준비하여 함수율이 약 15퍼센트가 될 때까지 실내에서 보관·기건시켰다. 양생용 시편의 兩 木口面을 epoxy계 외장용 도료로 end-coating한

후에 각 10개씩의 시편을 鹽化物型的 CCA-Type B (미국 Koppers-Hickson사 제품), CCFZ (독일 Desowag사 제품), 그리고 미국 防腐協會 (American Wood-Preservers' Association: AWP) 標準規格 AWP P5-90에 의해 자체 제조된 酸化物型的 CCA-Type C를 이용하여 充細胞法으로 가압처리하였다. 그리고 용탈용 시편들은 각 6개씩 CCA-Type B, CCFZ, CCA-Type C로 減壓처리하였는데, 양생 및 용탈용 시편내의 방부제 예정 보유량은 각 방부제 공히 6.0kg/m³로서 이는 방부제의 농도를 조절함에 의해 달성하였다. 본 실험에 사용된 공시 방부제들의 조성은 Table 1과 같다.

2.2 處理試片의 養生

양생용 시편들은 온도가 25℃인 非乾燥 條件 (처리 직후 시편들을 aluminum foil로 완전 밀봉하여 양생중인 처리시편들로부터 수분손실을 최대한으로 억제한 상태)에서 양생시키다가 미리 결정된 양생기간이 경과될 때마다 양생을 중지시켰는데, 본 실험에서 사용된 양생기간은 3시간, 6시간, 12시간, 1일, 2일, 3일, 5일, 8일, 12일, 15일이었다.

용탈용 시편들도 처리 후 시편들을 aluminum foil로 완전 밀봉하여 2주동안 25℃에서 양생을 실시한 후, 실내에서 시편들의 함수율이 15퍼센트 선이 될 때까지 기건시켰는데, 이렇게 양생된 시편들은 방부제 유효성분들이 시편내에 완전히 정착된 것으로 간주하였다.

2.3 分析用 試料의 準備 및 分析

미리 정해진 각 양생기간이 종료될 때마다 시편의 양생을 중지시키고 한 번의 길이가 2.5cm인 입방체 5개를 橫切斷에 의해 채취하여 약제성분의 정착특성 평가용으로 사용하였다. 정착특성 평가용 시료는 McNamara(1989)가 제시한 壓出法에 따라 다음과 같이 준비하였다. 실험실용 소형 압착기를 이용하여 입방체들을 횡

단방향으로 그 두께의 1/2까지 압착하여 세포벽에 정착되지 못한 상태로 남아있던 방부제 성분들을 세포내강에 남아있는 물과 함께 압출해내서 이를 정착 평가용 시료로 사용하였다. 압출액 중에 3가 크롬으로還元되지 못한 6가 크롬의 양은 diphenylcarbazide법(ASTM, 1987), 그리고 처리시편 내에 정착되지 못하고 압출된未定着구리, 총크롬, 비소, 아연의 양은原子吸光光度計를 이용하여 미국 방부협회 표준규격 AWP A11-83(1990)에 의해 측정하였다.

2.4 定着率 計算

양생기간에 따른 방부제 성분들의 定着率(% fixation)은 다음의 공식에 의하여 계산하였다.

$$\% \text{ Fixation} = \frac{[M]_{ts} - [M]_{exp}}{[M]_{ts}} \times 100$$

여기서, $[M]_{ts}$ = 방부제중의 Cr⁶⁺, Cu, Cr, As, 또는 Zn의 농도 (ppm)

$[M]_{exp}$ = 압출액중의 Cr⁶⁺, Cu, Cr, As, 또는 Zn의 농도 (ppm)

2.4 溶脫試驗 및 溶脫量 測定

용탈시험은 미국 방부협회 표준규격 AWP A11-87(1990)에 의거하여 실시하였는데, 방부제 별로 6개의 입방체 시편들을 300ml 蒸溜水에 침지하였으며, 총 14 일간의 용탈기간 중 용탈수는 6시간, 24시간, 48시간, 그리고 그 후로 매 48시간의 간격으로 교체하여 주었다. 그리고 용탈수 교체시마다 용탈수의 일정량을 모아 용탈량 측정시료로서 사용하였는데, 용탈이 종료된 후 모아진 용탈수 중에 빠져나온 방부제의 성분들을 미국 방부협회 표준규격 A11-87(ASTM, 1987)에 의거하여 측정하였다.

3. 結果 및 考察

3.1 定着特性

Fig.1은 CCA-Type B 처리 시편내에 정착되지 못하고 압출된 방부제 각 성분의 양을 양생기간에 따라 보여 주는데, 비소의 압출량이 가장 많았으며 다음으로 크롬과 구리의 순이었다. 이러한 압출량의 차이는 CCA-Type B의 경우는 구리>크롬>비소의 순으로 처리재내 정착율이 높음을 의미한다 (Table 2). 크롬에 비하여 비소의 압출량이 상당히 많았는데, 비소를 제외한 다른 방

부제 성분들은 양생 5일을 전후로 시편내에 거의 다 정착된 반면에 비소의 경우는 15일간의 양생을 거친 후에도 약 230mg/L (230ppm)가 처리 시편내에 정착되지 못하고 남아있음을 알 수 있었다. 이렇게 CCA-Type B 처리 시편내에 미정착된 비소의 양이 많은 이유는 비소화합물의 목재 세포벽내 정착기작으로부터 설명할 수 있다. CCA중 대부분의 비소화합물은 크롬화합물과의 반응 결과 생성된 chromic arsenate (CrAsO₄)가 리그닌과의 화학적 결합에 의해 複合體를 만들거나 셀룰로오스에 물리적으로 吸着되면서 목재구조내에 정착하게 되는데 (Anderson, 1990), 이때 방부제 중에 비소화합물과 반응할 충분한 양의 크롬화합물이 존재하지 않으면 상당량의 비소화합물이 정착되지 못하고 처리재내에 불안정한 상태의 잉여 비소화합물로 존재하게 된다. Henry와 Jeroski(1967)도 오산화비소의 함량이 삼산화크롬 함량의 66퍼센트 이상이면 비소화합물과 반응할 크롬화합물의 절대량이 부족하기 때문에 CCA내 비소화합물 전량이 완전히 정착되지 못하고 잉여 비소화합물로 처리재내에 殘存하다가 사용중에 용탈된다고 지적한 바 있다. 따라서 방부제 組成上 크롬화합물에 대한 비소화합물의 비가 훨씬 높은 CCA-Type B (본 실험에 사용된 CCA-Type B의 경우는 크롬화합물에 대한 비소화합물의 비는 118 퍼센트) 사용시, 양생후에도 처리재내에 미정착된 상태로 남는 비소성분이 많다는 것은 당연한 결과라고 할 수 있을 것이다. CCA-Type B 처리 시편내에서 구리화합물의 정착은 크롬과 비소성분의 정착에 비하여 상대적으로 빨랐다. 구리성분은 목재구조내에 정착되기 전에 비소 및 크롬화합물과 반응하여 basic copper arsenate (Cu(OH)CuAsO₄)와 cupric chromate (CuCrO₄)를 생성하는데 (Anderson, 1990), CCA-Type B 조성상 구리화합물과 반응할 수 있는 충분한 양의 크롬 및 비소화합물이 방부제내에 존재하여 정착을 위한 상기 반응산물들의 생성에 제한을 받지 않기 때문에 구리화합물의 정착이 빠르다고 할 수 있다. Smith와 Williams(1973)에 따르면 염화물로서 크롬화합물에 대한 구리화합물의 비가 약 1.7에서 구리의 목재내 정착이 최대가 된다고 하였는데, 본 연구에 사용된 CCA-Type B에서 염화물로서 크롬화합물 (26.5퍼센트)에 대한 구리화합물 (14.7퍼센트)의 비는 1.80이므로 구리의 정착에 요구되는 크롬화합물의 양은 충분하다고 볼 수 있다.

양생중인 CCFZ 처리 시편내에 정착되지 못하고 압출된 방부제 성분들의 양은 Fig.2에서 보여주듯이, 크롬이 가장 많았으며 그 다음으로 아연과 구리의 순이었다. 이러한 압출량의 차이는 CCFZ 성분의 처리재내 정착율이

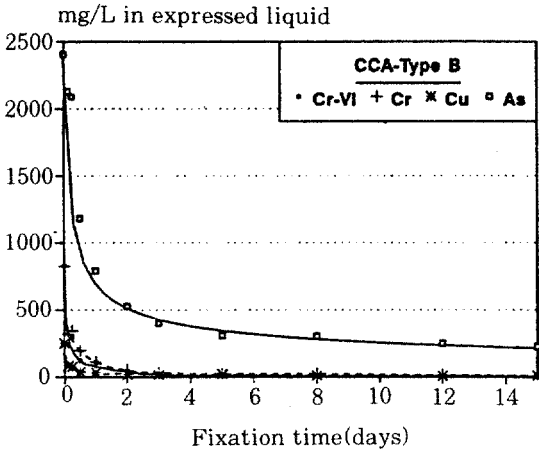


Fig. 1. Changes in elemental concentration of expressed solution during fixation of CCA-Type B in radiata pine.

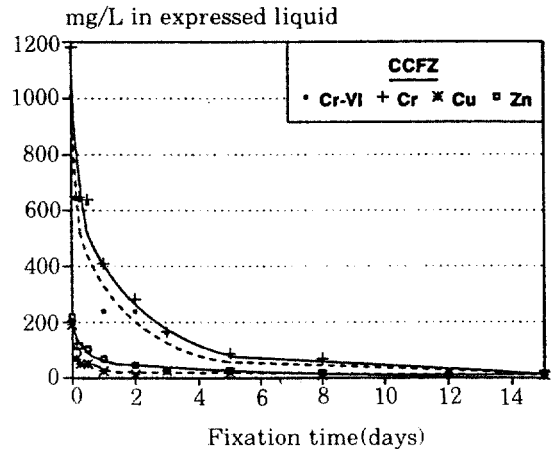


Fig. 2. Changes in elemental concentration of expressed solution during fixation of CCFZ in radiata pine.

Table 2. Percent fixation of preservative components according to fixation period.

Period (days)	Hexavalent chrome			Total chrome			Copper			Arsenic(Zinc)		
	Type B	CCFZ	Type C	Type B	CCFZ	Type C	Type B	CCFZ	Type C	Type B	CCFZ	Type C
0	60	64	23	60	58	25	70	67	57	37	54	54
0.125	88	77	42	85	77	40	90	88	86	44	76	81
0.25	85	77	33	83	77	29	91	91	85	45	76	89
0.5	94	78	64	90	77	62	96	91	91	69	78	93
1	94	92	76	94	86	80	96	96	96	79	86	94
2	98	92	85	98	90	84	98	98	96	86	90	92
3	99	94	98	98	94	97	98	96	98	90	95	98
5	99	97	96	99	97	95	97	97	99	92	94	99
8	99	98	99	99	98	99	99	98	99	92	96	99
12	99	99	99	99	99	99	99	97	99	93	98	99
15	99	99	99	99	99	99	99	98	99	94	96	99

구리)아연≥크롬의 순으로 빠름을 의미한다 (Table 2). 일반적으로 대부분의 크롬-구리 화합물계 수용성 방부제에서 크롬은 다른 유효성분들에 비해서 처리재내 정착속도가 늦다고 알려져 있다(Cooper *et al.*, 1993). 이는 6가 크롬이 3가 크롬으로의 還元이 완료됐을 경우 방부제내 다른 유효성분들의 정착은 이미 완료되었음을 의미하는 것인데, Fig. 2에서 볼 수 있듯이 CCFZ 처리재에서도 크롬의 정착 (6가 크롬의 3가 크롬으로의 환원)이 CCFZ 방부제의 완벽한 정착을 위한 制限因子로서 작용하는 것을 관찰할 수 있었다. 구리 성분의 정착은 다른 방부제 유효성분들에 비하여 상대적으로 짧은 시간내에 달성되었는데, 이는 CCA-Type B의 경우처럼 CCFZ의

조성상 구리화합물과 반응하기 위한 충분한 양의 크롬화합물이 방부제 내에 존재하기 때문인 것으로 사료된다.

6가 크롬의 처리재내 殘存量에 의해 처리재의 적정 양생기간을 결정한 Cooper와 Ung(1992)의 방법에 의하면 본 연구에서 사용된 양생조건 (25℃에서 非乾燥 養生)하에서 CCA-Type B와 CCFZ의 적정 양생기간은 각각 7일과 9일로 전자의 양생이 빨랐으나, CCA-Type B의 경우는 처리재내 정착되지 못한 상태로 남아있는 잉여 비소화합물의 존재 때문에 처리재의 안전성 측면에서 문제가 되리라 사료된다.

Fig. 3은 CCA-Type B와 CCA-Type C의 처리재내 정착특성을 비교할 목적으로 실시된 CCA-Type C 처리

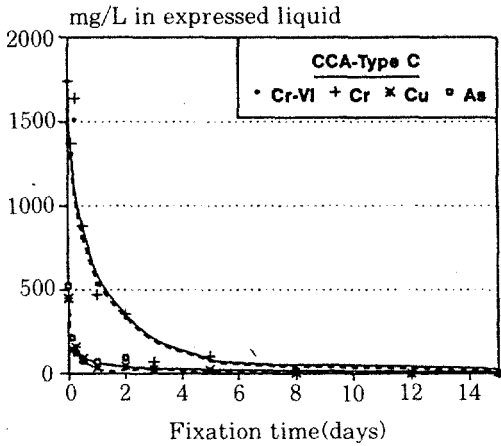


Fig. 3. Changes in elemental concentration of expressed solution during fixation of CCA-Type C in radiata pine.

시편의 양생시험 결과를 보여준다. 양생중인 CCA-Type C 처리 시편내에 정착되지 못하고 압출된 방부제 성분들의 양은 크롬이 가장 많았으며 그 다음으로 구리, 비소의 순이었는데, 비소의 압출량이 15일 양생후에 약 2ppm으로써 약 230ppm의 압출량을 보여준 CCA-Type B와 비교할 때 처리재내에 비소화합물의 완벽한 정착을 알 수 있었다. 그리고 방부제 성분들간의 정착율을 보면 6가 크롬, 총크롬, 구리는 양생 극초기에는 CCA-Type B가 빠르나 그 후로는 양 방부제간의 이들의 정착율이 비슷하였으며, 비소의 경우는 양생초기부터 CCA-Type C의 정착율이 빨랐다 (Table 2). Cooper와 Ung(1992)의 방법에 의해 결정된 CCA-Type C의 적정 양생기간은 약 8일로 나타나서 CCA-Type B 보다 조금 길었으나, 15일 양생후에 비소의 압출량이 약 2ppm으로써 처리재내에 비소화합물의 완전한 정착을 알 수 있었다. 이러한 결과는 안전성 측면에서 볼 때 조만간에 CCA-Type B가 반드시 CCA-Type C로 대체되어야 함을 뒷받침해준다.

3.2 溶脫特性

Fig. 4와 5는 용탈기간에 따른 CCA-Type B와 CCFZ 유효성분들의 용탈량을 보여주는데, CCA-Type B의 경우는 용탈량이 비소>구리>크롬의 순이었으며 그리고 CCFZ는 아연>크롬>구리의 순임을 알 수 있다.

정착특성에 대한 결과로부터 이미 예상했던 바와 같이 CCA-Type B의 경우는 처리시편 내에 정착되지 못하고

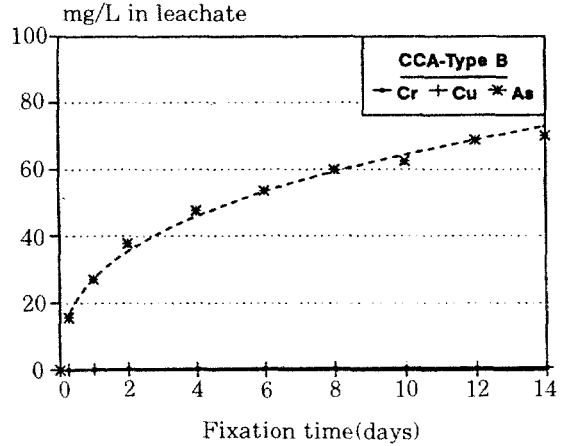


Fig. 4. Cumulative leaching of elements from the treated wood with CCA-Type B.

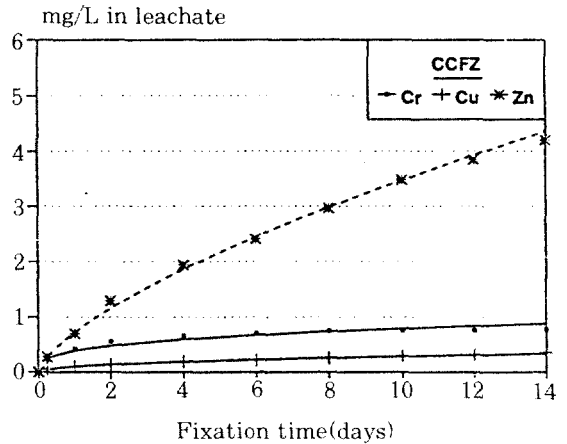


Fig. 5. Cumulative leaching of elements from the CCFZ-treated wood.

용탈되는 비소의 양이 상당히 많았는데, 14일간의 累積 총 용탈량이 약 71ppm으로 나타났다. 이는 처리재내에 미정착 상태로 존재하던 인어 비소화합물이 용탈된 것으로서 CCA-Type B 처리재가 현장 시설된 후 수분과 접촉될 때는 이러한 비소화합물의 용탈로 인한 환경 안전성에 대한 문제를 야기시킬 수 있음을 입증해준다. CCA-Type B 처리재로부터 이러한 인어 비소화합물의 용탈에 대한 많은 보고들이 있다. Nurmi(1990)는 CCA-Type B로 가압처리되어 10년간 야외에서 사용되고 있는 Scot pine 전주로부터 CCA 성분의 용탈량을 조사한 결과, 接地線 (groundline)으로부터 지상부로 1m 떨어진 부위에서의 비소성분의 용탈량이 25.8퍼센트라고 하였으며,

Teichman과 Monkman(1966)은 CCA-Type B로 처리된 자작나무 원판을 상온의 증류수에 침지시킨 결과, 10~20퍼센트의 비소가 용탈되었다고 보고한 바 있다. CCFZ 처리제로부터의 유효성분의 용탈은 Fig. 5에서 볼 수 있는데, 14일간의 누적 총 용탈량이 약 4ppm인 아연의 용탈이 가장 많았다. 그러나 아직 CCFZ의 정확한 정착각이 밝혀지지 않은 현 상태에서는 왜 다른 성분들에 비하여 아연의 용탈량이 많은지에 대해서는 불분명하다. 용탈시편으로부터 구리와 크롬의 용탈은 CCA-Type B와 CCFZ간에 큰 차이가 없었기 때문에 두 방부제간의 사용 및 환경 안전성은 처리제로부터 용탈량이 가장 많은 비소와 아연의 飲用水 기준상 최대 허용치에 의해 간접적으로나마 비교할 수가 있을 것이다. 국내 飲用水 기준의 비소의 허용치 (0.05ppm)가 아연 (1ppm)의 1/20 배로써 비소의 독성이 높은데다가 처리제로부터의 용탈량도 비소가 훨씬 많기 때문에 CCFZ는 CCA-Type B에 비하여 환경적으로 안전하다고 할 수 있다.

CCA-Type C 처리 시편에 대한 용탈 결과는 Fig. 6에서 보여 주는데, 구리와 크롬의 용탈량은 두 방부제간에 큰 차이가 없었으나 문제가 되는 비소의 14일간의 누적 총 용탈량이 CCA-Type C의 경우는 약 1.8ppm으로 CCA-Type B의 약 1/40이었다. 물론 CCA-Type C의 경우도 다른 유효성분들에 비해서는 비소의 용탈량이 가장 많았지만 본 연구의 결과가 매우 강한 조건이 적용된 용탈시험 (시편의 全面, 특히 용탈수의 침투가 매우 용이한 양 목구멍이 직접 용탈수에 14일간 노출)에 의해 얻어진 것임을 고려할때, 야외에서 사용되는 實大 CCA-

Type C 처리재의 경우는 이러한 비소의 용탈이 문제가 되지 않을 것이라 사료된다.

본 연구의 결과를 종합해 볼 때, Metzner와 Wegen (1991)도 지적하였듯이 CCFZ도 비록 防蟻효능과 구리 저항균류에 대한 방부효능이 부족해서 接地部用 목재의 처리에 사용하는데는 문제가 있지만 CCA-Type B는 완전한 양생후에도 처리재 내에 영구히 미정착 상태로 남게 되는 잉여 비소화합물이 처리재의 현장 시설후 수분접촉으로 용탈되어 환경오염 문제를 야기시킬 수 있으므로 CCA-Type B가 CCFZ보다 결코 환경적으로 우수한 방부제라고는 할 수 없다. 따라서 향후 CCA의 계속 사용을 위해서는 비록 가격은 조금 비싸지만 현재 국내에서 사용하고 있는 CCA-Type B를 CCA-Type C로의 신속 대체가 필수적이라 할 수 있다. CCA-Type C의 경우도 비록 비소화합물은 포함하지만 완전히 양생된 후에는 비소화합물이 처리재내에 거의 완벽하게 정착되므로 무비소계 방부제인 CCFZ와 비교할 때 결코 사용 및 환경안전성 측면에서 문제가 되지 않을 것이다. 참고로 1980년을 전후로 현재 구미 각국에서는 CCA-Type B를 벌써 CCA-Type C로 대체하여 사용하고 있음을 밝혀둔다.

4. 結 論

현재 국내에서 사용되는 수용성 방부제인 CCA-Type B와 CCFZ, 그리고 비교용으로 실험실에서 자체 제조된 CCA-Type C를 대상으로 방부제 성분의 처리재내 정착 및 완전 양생된 처리제로부터의 방부제 성분의 용탈특성에 관한 비교연구 결과로부터 다음과 같은 결론들을 내릴 수 있다.

1. 방부제 성분들의 정착율은 CCA-type B는 구리>크롬>비소, CCFZ는 구리>아연>크롬, 그리고 CCA-Type C는 비소>구리>크롬의 순이었다.
2. 크롬의 정착에 의해 결정된 적정 양생기간은 CCA-Type B(7일)>CCA-Type C(8일) >CCFZ(9일)로 나타났다.
3. CCA-Type B 처리 시편내에는 15일간의 양생후에도 상당량의 비소화합물(230ppm)이 미정착된 상태로 남아 있었으나, CCA-Type B처리 시편내에서는 15일 양생후 압출량이 약 2ppm으로써 비소화합물의 완벽한 정착이 관찰되었다.
4. 완벽하게 양생된 처리시편으로부터 14일간 용탈된 각 방부제 성분의 누적량은 CCA-Type B의 경우는 비소>구리>크롬, CCFZ의 경우는 아연>크롬>

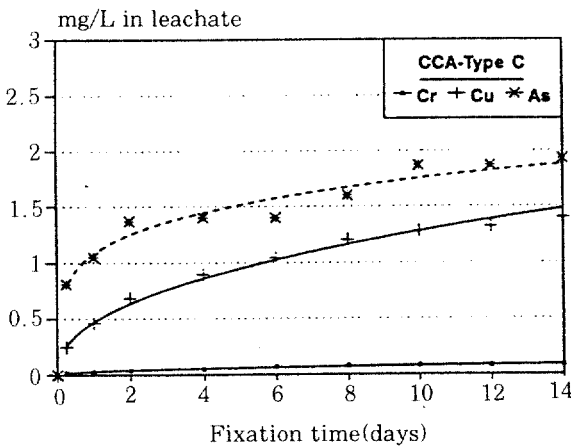


Fig. 6. Cumulative leaching of elements from the treated wood with CCA-Type C.

- 구리, 그리고 CCA-Type C의 경우는 비소)구리> 크롬의 순이었다.
5. 방부제 성분중 용탈량이 가장 많은 성분의 독성을 놓고 볼때, CCFZ는 CCA-Type B에 비하여 환경적으로는 안전한 방부제라고 말할 수 있다.
 6. 비소 용탈량을 비교할 때, CCA-Type C 처리시편 으로부터의 용탈량은 CCA-Type B의 약 1/40로 써 전자도 비소계 방부제이긴 하나 후자에 비하여 환경적으로 안전한 방부제라고 할 수 있다.
 7. 이상의 결론들을 종합해 볼때, CCFZ도 방의 및 구 리저항균류에 대한 방부효능이 문제가 있지만, CCA-Type B의 경우는 처리제내에 영구히 정착되지 못 하는 잉여 비소화합물의 존재가 문제가 되므로 CCFZ 가 CCA-Type B에 비해서는 사용 및 환경 안전성 측면에서는 우수한 방부제라고 할 수 있다. 그리고 앞으로 CCA를 계속 사용하기 위해서는 CCA-Type B를 환경적으로 안전한 CCA-Type C로의 신속한 대체가 요구된다.

參 考 文 獻

1. Anderson, D. G. 1990. The accelerated fixation of chromated copper preservative treated wood. Proceedings of AWPA 86:129~151
2. ASTM. 1987. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, PA. U.S.A.
3. AWPA. 1990. Annual Book of AWPA Standards. Woodstock, MD. U.S.A.
4. Cooper, P. A., D. L. Alexander, and Y. T. Ung. 1993. What is chemical fixation?. In: Chromium-containing waterborne wood preservatives: Fixation and environmental issues. Forest Products Society. Madison, WI. : 7~13
5. Cooper, P. A. and Y. T. Ung. 1992. Accelerated fixation of CCA-treated poles. *Forest Prod. J.* 42(9): 27~32
6. Forest Products Society. 1993. Chromium-containing waterborne wood preservatives : Fixation and environmental issues. Forest Products Society. Madison, WI.

7. Henry, W. T. and E. B. Jeroski. 1967. Relationship of arsenic concentration to the leachability of chromated copper arsenate formulations. Proceedings of AWPA 63: 187~196
8. International Research Group on Wood Preservation. 1990. Proceedings of 1st International Symposium. Stockholm, Sweden
9. International Research Group on Wood Preservation. 1993. Proceedings of 2nd International Symposium. Stockholm, Sweden
10. McNamara, W. S. 1989. CCA fixation experiments-Part 1. The International Research Group on Wood Preservation. Document No: IRG/WP/3504
11. Metzner, W., D. Seepe, and H. W. Wegen. 1991. CCFZ, a new type of waterborne wood preservative for vacuum pressure impregnation. The International Research Group on Wood Preservation. Document No. IRG/WP/3627
12. Nurmi, A. J. 1990. Leachability of active ingredients from some CCA treated and creosoted poles in service: A progress report after 10 years testing. The International Research Group on Wood Preservation. Document No. IRG/WP/3627
13. Smith, D. N. R., and A. I. Williams. 1973. The effect of composition on the effectiveness and fixation of copper/chrome/arsenic and copper/chrome preservatives-Part I: Selective Absorption and Fixation. *Wood Sci. & Tech.* 7:142~150
14. Teichman, T., and J. L. Monkman. 1966. An investigation of inorganic wood preservatives. I. The stability to extraction of arsenic impregnated hardwood. *Holzforschung* 20(H4): 125~127