

# 유전자열 마이크로파를 적용한 방수·방염 내장목재 개발을 위한 기초적 연구

## A Fundamental Study for Development on Waterproof and Flame Retardant processing technology the Interior Wood of using Induced electricity heating Microwave

박철우\* 허재원\*\* 임남기\*\*

Park, Cheul-Woo Heo, Jae-Won Lim, Nam-Gi

### Abstract

Qualitative enhancement of dwelling life has changing the recognition for the environment friendly wood which is being highlighted for its usage as an interior materials. This trend may prove the excellent performance of wood whose inherent characteristics has its comfortable, mild feeling of material, sound resistance and stabilities and the market of interior woods including floor, moulding and wooden panel as finishing interior materials is growing sustainably. However, since this materials is vulnerable to humidity and flame, waterproofing and flame retarding stability, an essential condition for interior materials, together with maintenance, are the main topics to be resolved.

From the above-mentioned results, as a result of waterdrop contact angle, wood absorption volume and water content percentage test and the performance test of the processed materials after flame retardant, though there was some submerging time changes among types of woods for ensuring waterproofing performance improvement but as time passes, similar tendency was noticed to be formulated. As the submerging time is increased, so does the absorption volume and accordingly optimal level of range is judged to be drawn in order to ensure excellent performance, taking optimal economy into consideration.

Therefore, it is considered that above-mentioned woods could be utilized for waterproof and flame retardant processed interior materials using uniform microwave and in order to put this technology into practical application, a research by way of diversified performance proving is required to be carried out.

키워드 : 마이크로파, 내장목재, 방수, 방염

Keywords : Microwave, Interiorwood, Waterproof, Flame-retardant

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

주거생활의 질적 향상은 친환경적 재료인 목재에 대한 인식의 변화를 가져오면서 주거시설의 내장 재료로써 급부상하고 있다. 이는 목재의 고유특성인 안락한 느낌과 온화한 질감, 소음에 대한 반사나 인성적 측면에서의 우수한 성능으로 실내공간의 가구재, 장식재, 구조재 등으로 광범위한 사용을 말하며 특히 마루, 몰딩, 및 목재판넬 등의 마감용 내장목재 용도로 유통되고 있으며, 2000년 이후 목재 재료는 매년 10%이상 성장하고 있다.

한편 우리나라의 경우 서구식 생활인 입식 문화와 달리 좌식 문화인 온돌난방 방식을 적용하고 있는 경우가 대부분이므

로 목재의 재료적인 취약점인 수분에 대한 흡습성과 흡수량, 그리고 화재 등의 사용량 확대의 제한요소가 되고 있어, 목재 제품을 내장재용 재료로써 활용성을 극대화하기 위해서는 필수적으로 수분 및 열에 대한 안전성 및 내수성이 선결되어야 할 것이다.

이에 본 연구는 마감공사의 내장재용으로 사용되고 있는 목재의 취약점인 방수방염에 대한 성능 향상을 목적으로 유전자열 방식인 마이크로웨이브를 활용하여 침지방식으로 목재 내부에 방수방염제의 침투를 자연유도 함으로써 목재의 내구성 및 사용성을 증진시키며, 균일성을 확보함으로써 실용화가 가능한 유전자열 마이크로파를 적용한 방수방염 내장목재 개발을 위한 기초적 자료를 제시하고자 한다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

유전자열 마이크로파를 적용한 방수방염 내장목재 개발을 위한 기초적 자료를 도출하기 위하여 본 연구에서는 국내에서

\* 동명대학교 건축공학과 석사과정

\*\* 동명대학교 건축공학과 박사과정

\*\*\* 동명대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

가장 많이 사용하고 있는 수종 인 Maple, Oak, Ash 실험대상으로 선정하였으며, 실험의 오차 감소를 위한 방안으로 1차 마이크로파 조사를 통하여 함수율 10% 이내로 유지하여 시험체를 제작하였으며, 기존공법인 3회 도포법과의 방수성, 방염성, 함수율을 측정한다.

상기 도출된 결과를 바탕으로 기존의 공법과의 함수율 및 방수방염성능을 비교 분석하여 유전자열 마이크로파를 적용한 방수방염 내장목재 개발을 위한 기초적 자료를 제시하는 것까지를 본 연구의 범위로 한다.

## 2. 실험

### 2.1 실험개요

마이크로파를 이용한 목재 건조기술로써 시험체의 건조 전·후의 표면보호제인 수용성 스테인 및 방염제의 함수량 변화에 따른 방수성능 및 방염성능을 평가하기 위한 시험으로써 실험체 선정은 2007년 내장용 목재 총 사용량 조사 결과 상위 5개 수종 중 3개를 선정하였다. 이를 활용하여 목재의 방수성능 향상 및 방염성능 향상을 검토하기 위한 실험을 진행하였으며, 실험방법으로는 마이크로파의 출력을 2.5kW로 고정하여 실험 수종별 건조시간을 설정하여 건조 전·후의 질량 변화 및 함수율을 측정하였으며 건조한 실험체의 경우 함수율은 4~7%의 전건상태를 유지시키고 방수액(수용성 스테인)에 5, 10, 20, 30분 동안 침지한 후 24시간 동안 자연 건조시켜 방수성능 평가를 위하여 수중에 24시간 침지 후 질량변화 및 함수율을 측정하여 진행하였다.

방염실험 또한 방수실험과 동일한 방식으로 진행하였으며, 본 실험의 실험인자 및 수준은 표 1과 같다.

표 1. 실험인자 및 수준

실험 인자	수 준 수	스테인 침지 시간(분)	마이크로파 출력	건조 시간
Maple	3	5, 10, 20, 30	2.5kW	6분 30초
Ash				7분 30초
Oak				9분 30초

### 2.2 사용재료

본 실험에서 사용한 목재의 종류는 Maple, Ash, Oak이며 그 물리적 성질은 표 2와 같으며, 방수성능 및 방염성능 향상을 위해 사용한 방수제(수용성 스테인)와 방염제는 모두 국내에서 유통되는 것을 사용하였으며 그 물리적 성질은 표 3 및 표 4와 같다.

표 2. 수종별 물리적 성질

Maple				
수축율(%)	방사방향	접선방향	용적수축율	보통
	4.8	9.3	14.0	
강도(Mpa)	휨강도	압축강도	전단강도	보통
	98.6	52.0	14.2	
가 공	절삭·연삭가공	내구력·내후성	접착·건조성	도장성
	양호	약함	불량	양호
Oak				
수축율(%)	방사방향	접선방향	용적수축율	보통
	5.5	10.0	14.9	
강도(Mpa)	휨강도	압축강도	전단강도	강함
	114.6	53.3	8.8	
가 공	절삭·연삭가공	내구력·내후성	접착·건조성	도장성
	불량	양호	양호	양호
Ash				
수축율(%)	방사방향	접선방향	용적수축율	보통
	5.5	10.0	14.9	
강도(Mpa)	휨강도	압축강도	전단강도	강함
	114.6	53.3	8.8	
가 공	절삭·연삭가공	내구력·내후성	접착·건조성	도장성
	매우 양호	양호	보통	양호

표 3. 수용성 스테인의 물리적 특성

냄새	PH농도	비중 (25℃)	점도 (CPS)	분자량	타입
소나무 향	5~7	1.08±0.02	37~41	1,300 이상	액상타입

표 4. 방염제의 물리적 특성

조성	부피 고영분	희석제	도장횟수	이론적 도포 면적
1액형	64%(±2)	물	3회 이상	4㎡

### 2.3 시험체 제작 및 시험방법

표 5. 실험항목 및 적용규준

실험 항목	적용 규격
시험체 제작	KS L 2201
함수율 측정방법	KS F 2199
흡수량 측정방법	KS F 2204
물방울의 접촉각 측정	-
방염처리 시험체	소방법

#### 2.3.1 시험체 제작

본 연구에서 사용한 시편의 크기는 KS F 2201 “목재의 시험 방법 통칙”에 준하여 80mm×40mm×150mm로 설정하여 방수

성능을 평가하였으며, 방염성능 평가는 “방염 후 처리물품 시험방법”에 준하여 적정 크기인 290mm×190mm로 선정하여 마이크로파를 이용하여 건조상태인 4~7%까지 완전 건조한 후 방수방염액에 침지하여 실험을 진행하였다.

시험체의 실험 전 함수율은 건조상태인 11~18%이며 온도는 15~25℃ 및 습도는 60~80%로 유지하여 오차를 줄여 관리하였다. 방수성능 평가를 위한 기준 시험체의 경우 제품 시방에 따라 3회 이상 도포하였으며 도포간격은 18시간으로 하였다. 또한 방염성능 평가는 방수성능 평가와 같은 조건으로 실험을 진행하였으며, 기존 시험체의 경우 제품시방에 따라 3회 이상 도포하였으며 도포의 간격은 1회 도포 후 3시간 경과 후 재도포 하였다.

실험 순서는 마이크로파를 이용하여 선 건조한 후 시편의 열기가 완전히 제거되는 시점인 1시간 경과 후 진행하였으며 방수제 및 방염제 침지 후 완전 건조를 위하여 24시간 자연건조시켜 균등한 함수를 유도하고 요구 성능별로 결과 값을 측정하였다.

2.3.2 시험방법

1) 물방울 접촉각

수용성 스테인을 이용한 방수성능을 평가하는 방법으로써 고체면의 젖음성을 나타내는 척도로 대부분 고착된 물방울에 의해 측정한다. 낮은 접촉각은 높은 젖음성(친수성)을 나타내며 높은 접촉각은 낮은 젖음성(소수 성)을 나타내는 척도로 활용한다. 일반적인 접촉각(接觸角)과 방수성능과의 관계는 표 6과 같다.

표 6. 접촉각(θ)

분 류	접촉각	내용
1 그룹	0° ≤ θ ≤ 40°	표면이 완전히 젖음
2 그룹	40° ≤ θ ≤ 90°	약간 젖음
3 그룹	θ > 90°	발수성능 우수

2) 목재의 함수량 측정

본 연구에 사용한 시험체는 두 면을 곧은결 단면인 직육면체로 하고 긴축은 섬유 방향과 평행하게 취하였으며, 이를 마이크로파로 건조하여 내수성이 충분한 수용성 스테인에 각 시간 동안 침지하여 충분한 방수성능을 발휘할 수 있도록 하였다.

흡수방법은 흡수면이 수면에 수직 되게 세워서 윗면이 수면에서 50mm의 깊이가 되고, 섬유 방향이 수면과 평행되도록 놓고 24시간 침지시켜다. 이때 사용된 물은 25±1℃의 맑은 물을 사용하였으며, 함수량은 KS F 2204에 명시된 (1)식에 기준으로 계산하였으며 계산결과는 소수점 이하 2자리까지 정확히 구하였다.

$$\text{흡수량} = \frac{W_2 - W_1}{A} (g/cm^2) \dots\dots\dots (1)$$

- W<sub>1</sub> : 방수 처리 후의 시험체의 질량(g)
- W<sub>2</sub> : 침지 완료 직후의 시험체의 질량(g)
- A : 흡수면의 총면적(cm<sup>2</sup>)

3) 목재의 함수량 측정

목재 주변의 수분 조건과 평형을 이루려고 하는 성질 때문에 다양한 상태의 수분 함유상태를 나타내는데 함유 수분의 증감에 따라 목재의 여러 성질이 크게 달라지므로 목재의 함수율 측정은 목재의 성질 평가에 매우 중요한 기본 사항이다.

본 실험에서의 함수율 측정방법은 시험편의 질량을 0.01g의 정밀도로 측정하고 시험편을 건조하여 함유 수분이 변하지 않는 조건에 보관하다. 또한 시험편의 함수율 MC(질량 백분율)은 (2)식에 의하여 1% 정밀도까지 계산하였고, 전기저항식 목재 수분계를 사용 함수량을 측정하였다.

$$MC = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

4) 방염 후 처리물품 시험방법

소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 제20조 제2항의 규정에서 정하고 있는 방염대상물품의 방염성능 기준상 필요 사항으로서 제조 또는 가공공정에서 방염처리를 하여할 물품(합판목재류의 경우에는 설치 현장에서 방염처리를 한 것)을 규정에 준하여 실험하였으며, 방염성능 기준은 표 7과 같다.

표 7. 방염성능 기준

구분	얇은 표	두꺼운 표	카펫	합판, 섬유판, 목재
잔염시간	3초 이내	5초 이내	20초 이내	10초 이내
잔신시간	5초 이내	20초 이내	-	30초 이내
탄화면적	30cm <sup>2</sup> 이내	40cm <sup>2</sup> 이내	-	50cm <sup>2</sup> 이내
탄화깊이	20cm 이내	20cm 이내	10cm 이내	20cm 이내
접염회수	3회 이상	3회 이상	-	-

3. 실험결과 및 고찰

3.1 물방울 접촉각 시험결과

본 실험에서는 실험체 표면의 수분에 대한 변화는 접촉각 변화를 이용하여 검토하였으며, 수용성 스테인에 침지한 실험체 및 3회 이상 덧칠한 실험체의 발수성능을 검토하기 위하여 맺힌 물방의 모양을 관찰한 결과는 표 8. 및 그림 1과 같다.

표 8. 물방울 접촉각

구분 (min)	접촉각 (°)	내 용			
		발수성능 우수	약간 젖음	명백히 젖음	
Ash	Plain	94	■		
	5	44		■	
	10	60		■	
	20	74		■	
Maple	Plain	100	■		
	5	37		■	
	10	44		■	
	20	75		■	
Oak	Plain	86		■	
	5	87		■	
	10	110	■		
	20	114	■		
		30	119	■	

\* 1그룹 :  $0^\circ \leq \theta \leq 40^\circ$  명백히 젖음  
 2그룹 :  $40^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  약간 젖음  
 3그룹 :  $\theta > 90^\circ$  발수성능 우수

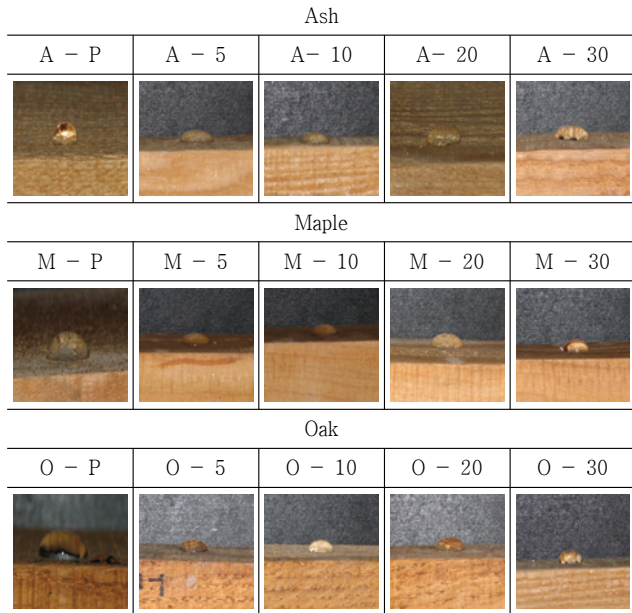


그림 1. 물방울 접촉각

수용성 스테인을 사용한 목재의 물방울 접촉각 측정결과 Ash와 Maple의 경우 Plain에 대비 침지 20분 이상의 조건에서 유사한 것으로 측정되었으며 30분 이상의 조건에서 Plain 대비 Ash는 50%, Maple은 15% 정도의 물방울접촉각이 상향되는 것으로 측정되었다.

Oak의 경우 수용성 스테인에 10분 이상 침지 시 Plain과 유사하거나 우수한 접촉각을 형성하는 것으로 측정되어 방수 성능이 가장 우수한 것으로 측정되었다.

이상의 실험 결과 전 수종에서 마이크로파 조사 후 30분 침지 이상의 조건에서 Plain대비 우수한 성능을 나타내는 것으로 측정되었으며, Oak는 10분 이상의 전 조건에서 우수한 방수 성능을 나타냄으로써 방수용 목재의 선정시 Oak가 가장 유리한

것으로 기대된다. 이는 물리적 성질에서 나타낸 바와 같이 섬유 간의 간격이 커 유전가열에 의해 발생한 내부공간의 스테인 침투 용이성에 기인한 것으로 판단된다.

3.2 목재의 흡수량

마이크로파를 이용하여 건조 전과 후의 실험체 질량 변화를 측정하였으며, 수용성 스테인에 각 시간별로 침지한 후 실험체의 질량 변화 및 방수성능 평가를 위하여 수중에 24시간 침지한 실험체의 질량변화 측정결과는 표 9 및 표 10과 같다.

표 9. 기준 실험체의 흡수량(단위 : g)

구 분	뒤틀 전	3회 뒤틀 후	스테인 침투질량	24시간 수중 침지 후 질량	흡수량 (g/cm <sup>3</sup> )
A - P	224.00	229.65	5.65	258.50	0.06
M - P	257.45	262.65	5.20	285.55	0.05
O - P	315.85	320.20	4.35	333.80	0.04

표 10. 흡수량 실험결과(단위 : g)

구 분	건조 전 질량	건조 후 질량	스테인 침지 후 질량	스테인 침투 질량	24시간 수중 침지 후 질량	수분 흡수량 (g/cm <sup>3</sup> )	
							구 분
Ash	5	270.75	251.45	253.20	1.75	297.10	0.10
	10	269.70	249.95	253.35	3.40	292.80	0.09
	20	276.40	254.60	259.55	4.95	291.40	0.07
	30	287.20	262.15	270.65	7.05	284.30	0.04
Maple	5	266.75	244.55	247.30	3.75	280.10	0.08
	10	250.40	231.05	235.20	4.15	270.15	0.08
	20	239.55	222.95	228.50	5.55	251.95	0.05
	30	244.05	225.70	235.20	9.50	246.90	0.03
Oak	5	300.05	277.95	282.45	4.50	298.90	0.04
	10	322.35	302.55	307.80	5.25	320.95	0.03
	20	318.10	294.45	299.60	5.15	313.50	0.03
	30	322.80	304.65	310.10	5.45	321.45	0.03

3.2.1 목재의 수용성 스테인 흡수량 및 수분 흡수량

마이크로파를 이용하여 건조 된 실험체의 방수성능 평가를 위한 수용성 스테인의 흡수량 및 수중에 24시간 침지한 후의 수분 흡수량 측정결과는 그림2 및 그림3과 같다.

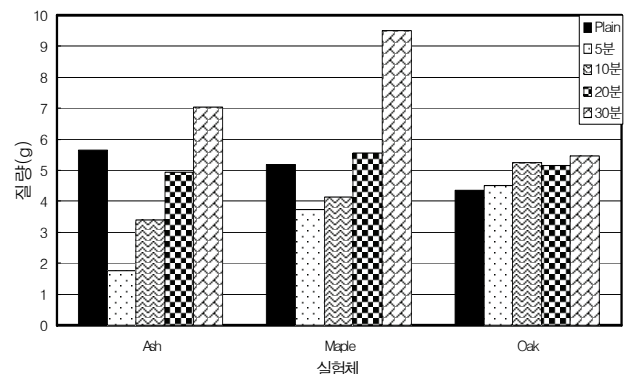


그림 2. 수용성 스테인 흡수량



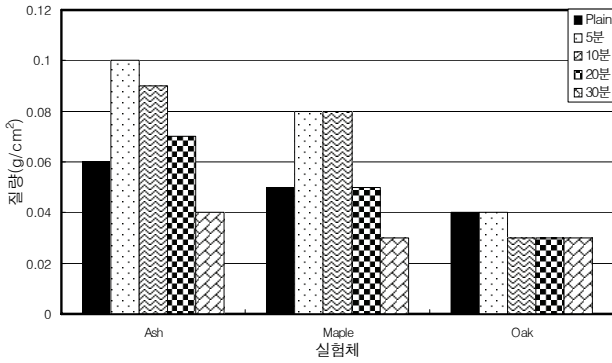


그림 3. 수분 흡수량

마이크로파를 이용하여 건조 한 실험체에 수용성 스테인 흡수 질량과 24시간 수분 침지 실험결과는 다음과 같이 측정되었다.

Ash의 경우 Plain 대비 수용성 스테인 침지 5분에서 40% 이상의 수분 흡수량 증가현상이 측정되었으나, 20분 이상의 조건에서 Plain과 유사한 것으로 측정되었으며 30분 이상의 조건에서 Plain 대비 15%이상의 우수한 성능을 나타내었다.

침지 조건에서 이와 유사한 결과를 나타내었다 측정 되었다. 또한 20분 침지 시 12% 정도의 수분 흡수량 증가현상을 보였으나, 수용성 스테인 30분 침지 시에는 수분 흡수량이 30% 정도 감소하였고, 건조한 실험체의 수용성 스테인 흡수량 역시 25% 이상 증가한 것으로 측정되었다. 따라서 Ash의 경우 우수한 방수성능을 위해서는 마이크로파를 이용하여 건조 후 30분 이상의 수용성 스테인 침지시간이 필요하다고 판단된다.

Maple의 경우 초기 10분까지는 Ash와 유사한 경향을 나타내었으며, 수용성 스테인 침지 20분까지는 Plain 시험체와 수분 흡수량 및 수용성 스테인의 침투량은 유사한 경향을 나타내었으며, 침지시간 30분경과 후는 25%의 방수성능 향상을 나타냈다. 따라서 Maple 경우 마이크로파를 이용하여 건조 후 30분 이상의 수용성 스테인 침지 시간이 필요하고 판단된다.

Oak는 Plain 대비 수용성 스테인 5분까지는 방수 성능이 유사한 것으로 나타났으며, 10, 20, 30분 침지시 수분 흡수량은 Plain 대비 25%의 일정한 방수성능 향상되었으며 각 시험체의 수용성 스테인 흡수량도 10% 내로 일정한 범위를 나타낸 것으로 측정되었다.

이는 Oak의 경우 다른 Ash, Maple의 기건 비중인 0.62와 0.65에 비하여 상대적으로 높은 0.72로써 일반적으로 목재비중이 높을수록 세포벽이 두꺼워지고 공극률이 적어 조직이 치밀하여 적은 양의 수용성 스테인을 흡수하여도 목질 외부에 고루 분포하여 수분 침투에 대한 저항성이 향상된 현상으로 사료된다.

### 3.3 목재의 함수량 측정결과

마이크로파를 이용하여 건조한 시험체를 수용성 스테인의 침지 시간에 따른 함수율 변화를 평가하기 위하여 목재의 함수율 변화를 측정한 실험결과는 표 11과 같으며, 수중에 24시간 침지한 시험체의 실험결과는 그림 4와 같다.

표 11. 함수율 실험결과(단위 : %)

구분	마이크로파 건조 전	마이크로파 건조 후	질량 환산 함수율(MC)	수중 침지 후	
				함수율	함수율
A s h	Plain	13.05	-	-	15.52
	5	13.65	6.75	7.69	22.45
	10	15.10	7.45	7.90	19.75
	20	18.25	7.50	8.56	19.05
	30	18.05	7.90	9.56	14.75
M a p l e	Plain	12.65	-	-	15.3
	5	14.05	8.10	9.08	17.60
	10	13.20	7.50	8.37	16.90
	20	12.70	7.05	7.45	14.52
	30	12.90	6.85	8.13	13.05
O a k	Plain	15.6	-	-	17.65
	5	23.60	7.90	7.95	13.20
	10	22.55	7.65	6.45	11.95
	20	18.30	7.00	8.03	12.05
	30	20.00	7.45	6.96	12.00

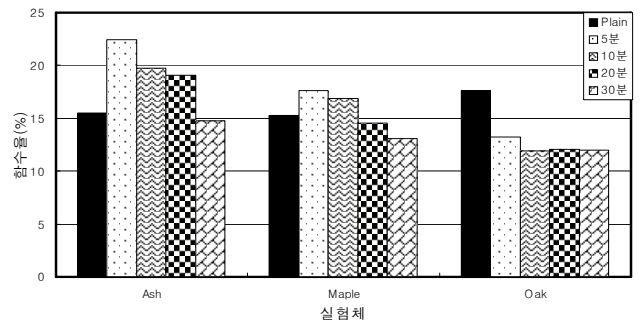


그림 4. 24시간 수중에 침지한 후 함수율

마이크로파를 적용하여 건조된 목재를 24시간 수중에 침지하여 함수율을 측정하여 건축 내장목재로 이용 가능한 기건 상태인 11~17%의 조건을 만족하기 위한 실험이다. 실험측정 결과는 Ash의 경우 Plain 대비 수용성 스테인 5분 침지한 실험체의 함수율은 45%이상의 높은 함수율 증가를 나타내어 내장목재로 활용이 불가능한 것으로 나타났으며 10분과 20분을 침지한 실험체의 함수율은 25% 정도의 증가 범위로 측정되었다. 반면 30분 침지한 실험체는 Plain 대비 5%의 함수율 감소 현상이 측정되었다. 이는 Ash의 특장상 벽공이 영성하고 크기 때문에 수용성 스테인의 침투 후 세포벽이나 가도관에 균일하게 분포하지 못하기 때문에 방수성능 저하의 원인으로 판단된다.

Maple의 경우 수용성 스테인 침지시간 5분을 제외한 모든 조건에서 기건상태의 조건인 11~17%의 함수율 범위를 나타내었으며 20, 30분 침지 한 실험체의 함수율 감소는 Plain 대

비 10%내외로 측정되어 내장목재로 활용 가능할 것으로 판단되고 Oak의 경우 전 조건 모두 기건상태의 범위 안에 있는 것으로 측정되었으며, Plain의 경우 기건상태의 함수율 범위에서 벗어난 것으로 측정되었다.

이상의 결과에서 Oak, Maple는 마이크로파를 이용한 방염 성능 개선을 위한 범위는 목재건조 후 수용성 스테인 침지시간 5분이상이 효과적이라고 사료된다.

### 3.4 방염 후 처리물품 시험

마이크로파를 이용하여 시험체의 건조 전-후의 방염제의 흡수량에 따른 방염성능 평가를 위한 실험으로써 방염액의 흡수량 및 방염성능 평가는 표 13 및 그림 5와 같다.

표 13. 방염 후 처리 물품의 시험결과

구분	질량(g)				방염성능 평가			
	마이크로파 건조 전	마이크로파 건조 후	방염제 침지 후	방염제 침투질량	탄화길이 (cm)	잔염시간 (sec)	잔염시간 (sec)	
Ash	P	1038.8	-	1074.2	35.4	19	6	20
	5	1100.5	1035.2	1065.1	29.9	19	6	20
	10	1107.9	1039.4	1069.3	29.9	19.5	5	16
	20	1159.9	1092.6	1136.6	43.0	16	4	18
	30	1133.8	1062.8	1107.4	44.6	16	5	17
Maple	P	1223.4	-	1266.4	43	22	9	30
	5	1381.9	1255.7	1291.4	35.7	20	4	23
	10	1374.5	1252	1287.1	35.1	19.5	9	31
	20	1365.9	1253.2	1300.6	47.4	16.5	6	19
	30	1377.9	1243.2	1295.9	52.4	16	6	15
Oak	P	1147.5	-	1184.6	37.1	21	3	11
	5	1249.4	1093.5	1123.8	30.3	19	3	15
	10	1205.2	1049.3	1082.5	33.2	17	6	18
	20	1257.8	1107.3	1143.1	35.8	17	4	20
	30	1213.6	1034.8	1076.5	41.7	15.5	5	21

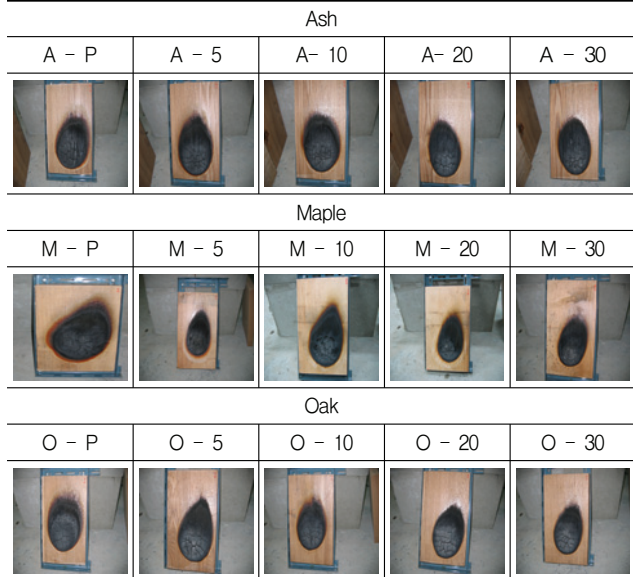


그림 5. 방염성능 평가

### 3.4.1 방염성능 시험결과

방염 후 처리 물품의 시험결과인 탄화길이, 잔염시간 및 잔염시간 시험결과는 그림6 및 그림7, 그림8과 같다.

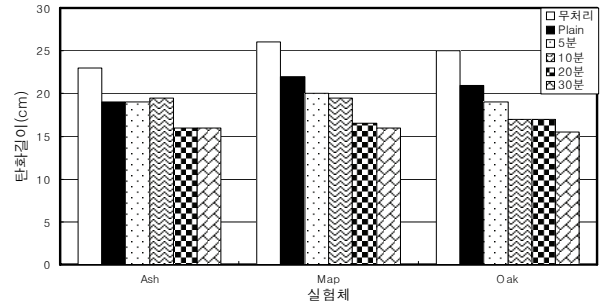


그림 6. 탄화길이

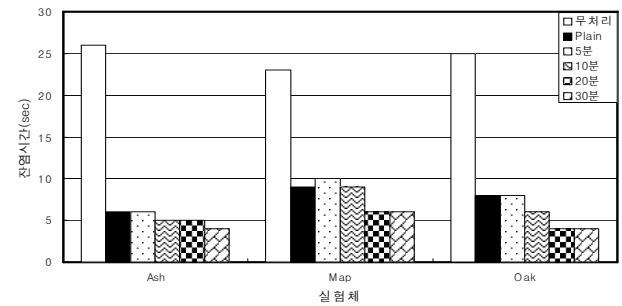


그림 7. 잔염시간

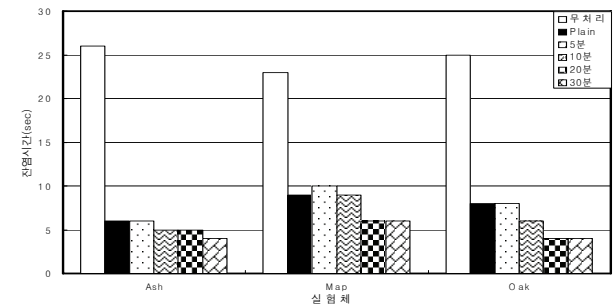


그림 8. 잔염시간

마이크로파를 적용한 내장목재의 방염처리 성능 측정결과는 Ash, Maple, Oak의 모든 실험체의 방염액 침지 시간이 길어 질수록 방염액의 흡수량은 증가하는 경향으로 나타났으며, 방염성능인 탄화길이 및 잔염시간의 감소 현상이 나타났다.

Ash의 경우 방염액에 5분과 10분 침지 후 탄화길이 변화는 Plain시험체와 유사하거나 다소 높게 측정되었으나, 20분 침지 후 탄화길이 변화는 Plain을 대비하여 20% 정도 감소하였다. 또한 잔염시간의 경우 방염액에 침지한 모든 시험체의 경우 Plain대비 유사하거나 다소 낮게 나타났으나, 침지시간 30분의 경우 25%정도 감소하는 것으로 측정되었다.

Maple의 탄화길이 변화는 Ash와 유사한 경향을 나타내는 것으로 측정되었으며, Plain시험체의 경우 “방염 후 처리물품 시험”의 탄화길이 합격 기준인 20cm를 10%정도 증가하는 것

으로 측정되었으나, 마이크로파를 이용하여 건조 한 목재는 탄화깊이 요구 성능에 최소 5%범위에서 최고 20%범위까지의 성능 향상이 측정되었으며, 잔염시간의 경우 모든 조건에서 10sec이내의 범위로 측정되어 방염 후 처리물품의 기준에 만족하였다.

Oak의 탄화깊이 측정 및 잔염시간 측정결과 Ash 및 Maple의 실험결과와 유사하거나 다소 낮게 측정되었다.

이는 방염처리된 목재의 경우  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 와  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  함량의 증가에 따라 탄화율이 낮아지고 이는 첨가된 난연제의 대표적인 난연화 메커니즘이 숯을 형성하는 물질에 있어 탄화를 촉진시키기 때문에 연소초기 탄화층이 형성되고, 이 탄화층이 목재 내부로의 열화반응을 방해하기 때문으로 판단된다.

잔신시간의 경우 Ash는 방염 후 처리물품 시험요구 시간인 20sec 이내의 조건에서 모든 시험체 조건이 10~20% 정도의 감소를 나타내었으며 Maple의 경우 Plain 및 방염액 침지 10분의 경우 50% 이상의 잔신시간이 증가하는 것으로 측정되어 기준치를 상회하는 것으로 나타났다. 하지만 침지 시간 20분 및 30분의 경우 각 5%와 35%의 잔신시간 감소가 측정되었다.

또한 Oak의 경우 잔신시간이 Plain은 45%가 감소하였으나, 실험체인 방염액 침지 후 5분 및 10분, 20분은 잔신시간 기준치에 25% 및 10%이내의 증가현상이 측정되었다.

이는 목재의 주성분인 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스 및 리그닌 구성이 목재의 종류별로 다르고 각 주성분의 열분해 온도가 셀룰로오스 경우 240~350℃, 헤미셀룰로오스가 200~260℃, 그리고 리그닌이 280~500℃로 일반적으로 목재가 450℃이상 가열되면 숯을 남기는데 이는 리그닌의 함유량 및 밀도, 열 침투성, 열적특성 등 많은 변수작용으로 인한 목재의 종류에 따라 탄화의 형태와 탄화속도 등이 다양하기 때문이라 사료된다.

#### 4. 결 론

유전자열 마이크로파를 적용한 방수방염 내장목재 개발을 위한 기초적 실험의 활용성 검토를 위하여, 건조한 목재에 방수액 및 방염액에 침지하여 수분의 흡수량 및 함유율 실험과 방염액 침지 후 방염 후 처리물품 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째. Ash의 방수성능을 향상을 위해서는 물방울 접촉각, 목재의 흡수량 및 함유율 측정 결과 요구하는 방수성능인 3회 이상 덧칠 방식과 비교하여 수용성 스테인에 30분 내외의 침지시간이 필요하다고 판단된다.

둘째. Maple의 내장목재의 활용을 위해서는 목재의 흡수량 측정 결과 및 목재의 함유율 측정 결과 Plain의 시험에 준하여 요구하는 방수성능 향상을 위해서는 20분 이상의 수용성 스테인 침지시간을 요하는 것으로 사료된다.

셋째. Oak의 방수성능 향상을 위해서 물방울 접촉각 시험, 목재의 흡수량 측정 시험 및 목재의 함유율 측정 시험의 결과 수용성 스테인에 5분 이상 침지할 경우 요구하는 목표치를 모두 만족하여 적정 침지시간은 5분 이상으로 판단된다.

넷째. 방염 후 처리물품 성능 기준인 탄화깊이, 잔염시간 및 잔신시간의 모든 요구조건을 만족하기 해서는 Ash, Maple, Oak의 세 종류의 마이크로파 건조 후 방염액 침지 시간은 20분 내외의 침지시간이 가장 적정범위로 판단된다. 이는 방염액의 흡수량 및 방염성능을 비교하여 가장 경제적인 시간이라 사료된다.

이상의 결과에서 물방울 접촉각, 목재의 흡수량 및 함유율 시험과 방염 후 처리물품의 성능 시험의 결과 수준별로 방수 성능 향상을 위한 침지시간의 변화는 있으나 시간의 흐름에 따라 유사한 경향이 형성됨을 알 수 있었으며, 침지시간의 증가함에 따라 흡수량의 증가로 인한 최적의 경제성을 고려하고 우수한 성능 발휘를 위한 적정 범위도출이 수반되어야 할 것으로 판단된다.

따라서 유전자열 마이크로파를 적용한 방수방염처리 내장목재로서 활용 가능하다고 사료되며, 이의 실용화를 위하여 다양한 성능 검증을 통한 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다.

#### 참 고 문 헌

1. 고병열의 3 난연제 심층정보보고서, 한국과학기술정보연구원, 2002.
2. 김영해, 공업용 마이크로파 응용기술, 기전연구사, 1999.
3. 박정규 외 1, 방염처리제의 환경위해성평가 및 대응방안 연구, 한국환경정책, 2001.
4. 박형주 외 1 일정한 복사열원에 노출된 목재의 탄화속도에 관한 연구, 한국소방학회 논문지, 제18권 제4호, 2004.
5. 박형주 외 3, 난연처리된 Douglas Fir의 특성화에 관한 연구 한국화재소방학회 논문지 제19권 제2호, 2005.
6. 방염제도에 관한 연구, 한국소방검정공사, 기술자료집 Vol.5 No.2, 2001.
7. 엄영근 외 4, 목재백과 사전, 한국목재신문사, 2005.
8. 이동흡 외 5, 천연유지류 처리제의 발수성능평가, 임산에너지 (21)2, 2002.
9. 이필우 외 10 목재공학, 향문사, 1981.
10. 임남기 외 5, 건축재료실험, 기문당, 2003.
11. 정희석 외 6, 최신목재건축학, 서울대학교출판부, 2005.
12. 조재명 외 3, 세계목재도감, 1998.
13. 조재명 외 6, 임산물의 표준화에 관한 연구 (I) - 목제문, 창틀 및 문틀의 표준화, 제13권5호