

文學博士 學位論文

동서양 악기의 마감칠 횡수 비교 및
자외선 환경에 따른 특성변화 연구

慶州大學校 一般大學院

文 化 財 學 科

류 승 환

2022年 12月

동서양 악기의 마감칠 횟수 비교 및 자외선 환경에 따른 특성변화 연구

指導教授 도진영

이 論文을 博士學位 論文으로 提出함

2022年 12月

경주대학교 대학원

문화재학과

류 승 환

류승환의 博士學位論文을 認准함

審査委員長 오 세익 

審査委員 조우현 

審査委員 이능연 

審査委員 고 석 용 

審査委員 조 진 명 

慶州大學校 大學院

2022年 12月

목 차

목차	i
표 목록	iii
그림 목록	vi

I. 서론	p. 1
-------------	------

II. 연구재료 및 방법	p. 4
1. 연구재료	p. 4
1.1. 공시 목재	p. 4
1.2. 마감칠 재료	p. 4
2. 동서양 악기의 마감칠 표면 재현	p. 5
2.1. 옷칠 마감칠	p. 5
2.2. 낙동 마감처리	p. 8
2.3. 알코올 바니시	p. 11
2.4. 오일 바니시	p. 14
3. 자외선 열화	p. 17
4. 자외선 열화에서 따른 특성변화 연구	p. 18
4.1. 시편의 치수 변화	p. 18
4.2. 표면 상태관찰	p. 19
4.3. 표면 색상변화	p. 20

III. 연구결과	p. 21
1. 시편의 치수 변화	p. 21
1.1. 옷칠 마감칠	p. 21
1.2. 낙동 마감처리	p. 24
1.3. 알코올 바니시	p. 28
1.4. 오일 바니시	p. 31

2. 표면 상태관찰	p. 35
2.1. 옷칠 마감칠	p. 35
2.2. 낙동 마감처리	p. 42
2.3. 알코올 바니시	p. 49
2.4. 오일 바니시	p. 56
3. 표면 색상변화	p. 63
3.1. 옷칠 마감칠	p. 63
3.2. 낙동 마감처리	p. 70
3.3. 알코올 바니시	p. 77
3.4. 오일 바니시	p. 84
IV. 고찰 및 결론	p. 91
참고문헌	p. 93
부록	p. 97
Abstract	p. 106

【표 목록】

[표 1] 목재 수종에 따른 마감칠 종류	5
[표 2] 오동나무에 옷칠을 도포, 도포 횟수에 따른 사진	6
[표 3] 밤나무에 옷칠을 도포, 도포 횟수에 따른 사진	7
[표 4] 오동나무에 낙동 마감처리, 도포 횟수에 따른 사진	9
[표 5] 밤나무에 낙동 마감처리, 도포 횟수에 따른 사진	10
[표 6] 단풍나무에 알코올 바니시 도포, 도포 횟수에 따른 사진	12
[표 7] 가문비나무에 알코올 바니시 도포, 도포 횟수에 따른 사진	13
[표 8] 단풍나무에 오일 바니시 도포, 도포 횟수에 따른 사진	15
[표 9] 가문비나무에 오일 바니시 도포, 도포 횟수에 따른 사진	16
[표 10] 오동나무와 밤나무에 도포한 옷칠 시편의의 평균 길이, 너비 및 중량	22
[표 11] 오동나무와 밤나무에 옷칠 도포한 후 시편의 평균 밀도 및 열화 전·후 밀도 차	23
[표 12] 오동나무와 밤나무에 낙동 마감처리 한 시편의의 평균 길이, 너비 및 중량	25
[표 13] 오동나무와 밤나무에 낙동마감 처리 후 시편의 평균 밀도 및 열화 전·후 밀도 차	26
[표 14] 단풍나무와 가문비나무에 도포한 알코올 바니시 시편의 평균 길이, 너비 및 중량	29
[표 15] 단풍나무와 가문비나무에 알코올 바니시 도포한 후 시편의 평균 밀도 및 열화 전·후 밀도 차	30
[표 16] 단풍나무와 가문비나무에 도포한 오일 바니시 시편의 평균 길이, 너비 및 중량	32
[표 17] 단풍나무와 가문비나무에 오일 바니시 도포한 후 시편의 평균 밀도 및 열화 전·후 밀도 차	33
[표 18] 오동나무에 도포한 옷칠 표면의 열화 전·후 상태관찰	36
[표 19] 밤나무에 도포한 옷칠 표면의 열화 전·후 상태관찰	39
[표 20] 오동나무에 낙동 마감 처리한 표면의 열화 전·후 상태관찰	43
[표 21] 밤나무에 낙동 마감 처리한 표면의 열화 전·후 상태관찰	46
[표 22] 단풍나무에 도포한 알코올 바니시 표면의 열화 전·후 상태관찰 ...	50

[표 23] 가문비나무에 도포한 알코올 바니시 표면의 열화 전·후 상태관찰	53
[표 24] 단풍나무에 도포한 오일 바니시 표면의 열화 전·후 상태관찰	57
[표 25] 가문비나무에 도포한 오일 바니시 표면의 열화 전·후 상태관찰	60
[표 26] 오동나무에 옷칠 도포 후 표면의 열화 전·후 L^* 값과 표준편차	65
[표 27] 밤나무에 옷칠 도포 후 표면의 열화 전·후 L^* 값과 표준편차	65
[표 28] 오동나무에 옷칠 도포 후 표면의 열화 전·후 a^* 값과 b^* 값 그리고 각각의 표준편차	67
[표 29] 밤나무에 옷칠 도포 후 표면의 열화 전·후 a^* 값과 b^* 값 그리고 각각의 표준편차	68
[표 30] 오동나무와 밤나무에 옷칠 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 색 차 값 (ΔE)과 표준편차	69
[표 31] 오동나무에 낙동마감 처리 후 표면의 열화 전·후 L^* 값과 표준편차	72
[표 32] 밤나무에 낙동마감 처리 후 표면의 열화 전·후 L^* 값과 표준편차	72
[표 33] 오동나무에 낙동마감 처리 후 표면의 열화 전·후 a^* 값과 b^* 값 그리고 각각의 표준편차	74
[표 34] 밤나무에 낙동마감 처리 후 표면의 열화 전·후 a^* 값과 b^* 값 그리고 각각의 표준편차	75
[표 35] 오동나무와 밤나무에 낙동마감 처리 후 표면의 열화 전·후 색 차 값 (ΔE)과 표준편차	76
[표 36] 단풍나무에 알코올 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 L^* 값과 표준편차	79
[표 37] 가문비나무에 알코올 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 L^* 값과 표준편차	79
[표 38] 단풍나무에 알코올 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 a^* 값과 b^* 값 그리고 각각의 표준편차	81
[표 39] 가문비나무에 알코올 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 a^* 값과 b^* 값 그리고 각각의 표준편차	82
[표 40] 단풍나무와 가문비나무에 알코올 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 색 차 값 (ΔE)과 표준편차	83
[표 41] 단풍나무에 오일 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 L^* 값과 표준편차	86

[표 42] 가문비나무에 오일 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 L^* 값과 표준편차	86
[표 43] 단풍나무에 오일 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 a^* 값과 b^* 값 그리고 각각의 표준편차	88
[표 44] 가문비나무에 오일 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 a^* 값과 b^* 값 그리고 각각의 표준편차	89
[표 45] 단풍나무와 가문비나무에 오일 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 색 차 값 (ΔE)과 표준편차	90

【그림 목록】

[그림 1] 옷칠 마감칠	5
[그림 2] 낙동 마감처리	8
[그림 3] 알코올 바니시 마감칠	11
[그림 4] 오일 바니시 마감칠	14
[그림 5] 자외선 열화 환경 공간 제작 및 열화	17
[그림 6] 오동나무(오동)와 밤나무(밤)에 도포한 옷칠(옷) 0회에서 10회 마감칠 후, 자외선 열화 한 시편의 밀도변화 양상	27
[그림 7] 오동나무(오동)와 밤나무(밤)에 낙동처리(낙동) 0회에서 10회 마 감칠 후, 자외선 열화 한 시편의 밀도변화 양상	27
[그림 8] 단풍나무(단)와 가문비나무(가) 도포한 알코올 바니시(알코올) 0 회에서 10회 마감칠 후, 자외선 열화 한 시편의 밀도변화 양상	34
[그림 9] 단풍나무(단)와 가문비나무(가) 도포한 오일 바니시(오일) 0회에 서 10회 마감칠 후, 자외선 열화 한 시편의 밀도변화 양상	34
[그림 10] 오동나무와 밤나무에 옷칠 도포 후 표면의 열화 전·후 L^* 값 ..	64
[그림 11] 오동나무와 밤나무에 옷칠 도포 후 표면의 열화 전·후 a^* 값과 b^* 값 비교	66
[그림 12] 오동나무와 밤나무에 낙동마감 처리 후 표면의 열화 전·후 L^* 값 71	
[그림 13] 오동나무와 밤나무에 낙동마감 처리 후 표면의 열화 전·후 a^* 값 과 b^* 값 비교	73
[그림 14] 단풍나무와 가문비나무에 알코올 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 L^* 값	78
[그림 15] 단풍나무와 가문비나무에 알코올 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 a^* 값과 b^* 값 비교	80
[그림 16] 단풍나무와 가문비나무에 오일 바니시로 도포 후 표면의 열화 전· 후 L^* 값	85
[그림 17] 단풍나무와 가문비나무에 오일 바니시로 도포 후 표면의 열화 전· 후 a^* 값과 b^* 값 비교	87

I. 서론

음악은 소리를 재료로 하는 예술로 인류 발전사에서 일상생활의 중요한 요소가 되어 사회 구성원들이 긴밀한 조화와 화합을 할 수 있도록 하는 매개체로서 각 나라의 문화, 시대, 지역의 특성을 가지고 다양하게 존재해 왔다. 이런 의미에서 악기(樂器)는 당 시대의 역사적 그리고 문화적 환경 등을 반영하여 음악이라는 예술로 표현될 수 있도록 도움을 주는 도구(instrument)의 역할을 해 왔다고 할 수 있다.

전통 국악기는 전통 악기 분류법에 따라, 팔음(八音)으로 분류된다. 이는 여덟 가지의 재료에 의한 분류로 금(金) 부, 석(石) 부, 사(絲) 부, 죽(竹) 부, 포(匏) 부, 토(土) 부, 혁(革) 부, 목(木) 부로 나누어져 있다(Deborah Lee 2017, Frederick Lau 2008). 현재 국내 문화재로 지정된 사(絲) 부의 국악기로는 보물 제957호 거문고, 유형문화재 제241호 회령군 어사금 등의 악기가 있다. 한편, 서양에서는 주로 호른보스텔-작스(Hornbostel-Sachs)에 의해 막명악기(membranophone), 체명악기(idiophone), 기명악기(aerophone), 현명악기(chordophone), 전명악기(electropone)로 분류된다(Henry M. Johnson 1996, Margaret Kartomi 2001). 이 중 대표적인 현명악기로는 이탈리아 크레모나의 제작자 안드레아 아마티(Andrea Amati; 1520-1580), 안토니오 스트라디바리우스(Antonio Stradivarius; 1644-1737), 과르네리 델 제수(Guarneri Del Gesù; 1687-1745) 등에 의해 제작된 바이올린, 비올라, 첼로 등의 악기가 있다(야나기다 마스조 외, 2018).

국악기의 사(絲)부와 서양악기의 현명악기(chordophone)는 악기의 몸통에 목재가 사용되었으며, 견사(silk), 양의 창자(gut), 강철(metal) 등을 이용하여 현의 진동으로 소리를 낸다. 이러한 악기들은 악기 제작의 마지막 단계에서 마감 처리를 하게 된다. 이 단계는 악기보호뿐만 아니라 목재의 색깔이 변색되는 것을 막기 위한 방법으로 악기의 용도, 색 선호도, 목재 수종에 따라서 적합한 칠이나 적절한 마감 기법으로 표면을 마무리하는 단계이다. 국악기에서는 대표적으로 오동나무와 밤나무를 사용하고, 마감 처리 방법으로 낙동법(烙桐法)과 옷칠을 사용한다. 낙동법은 1000 C° 이상으로 달군 인두를 사용하여 목재 세포 내부의 진을 빼내는 작업으로 목재 표면의 질감뿐만 아니라 색상 또한 어둡게 바꾼다. 대표적으로 낙동법으로 마감 처리한 국악기로는 거문고, 가야금 등이 있다(배만실 1998, 조

훈상 2005, 최공호 2008, Chaehoon Lee 외 2021, 국립국악원 2012, 국립국악원 2013). 옷칠은 옷나무의 진을 이용하여 마감 처리하는 전통 방법으로 마감처리 후에는 검붉은 빛과 함께 윤이 난다(김지은 2017, 김수철 2010, 도춘호 1999, 박종서 2020, 이선주 2016, 이해연 2017). 서양악기는 단풍나무와 가문비나무가 주로 사용되고, 대표적으로 바니시 칠을 사용한다(Claudia Invernizzi 외 2020, Giacomo Fiocco 외 2021). 바니시는 희석 재료와 칠하는 기법에 따라 악기의 바탕재를 보호하고 음색에 영향을 준다. 바니시 칠은 크게 오일(oil) 바니시와 알코올(alcohol) 바니시로 나뉜다(Claudia Invernizzi 외 2020, Giacomo Fiocco 외 2021).

그러나 이러한 악기의 몸통을 이루고 있는 목재는 보관하는 환경과 연주되는 경과에 따라 물리적 손상(굽힘, 터짐, 휨), 화학적 손상(빛, 산, 공기 중 오염 인자로 인한 변색)이 발생한다. 이러한 다양한 환경 요소들로 인하여 목재에 마감 처리된 표면에서 마감 칠의 벗겨짐, 갈라짐, 변색 등 물리·화학적 변화가 발생하고, 이는 악기의 중요한 기능인 소리의 울림, 음색에 영향을 미치게 된다. 특히, 서양악기에서는 마감된 바니쉬 칠의 갈라짐, 터짐, 변색 등이 나타난 바 있고, 옷칠을 사용한 악기의 경우에도 옷칠의 갈라짐, 터짐 등이 발생한 바 있다(안선아 2016, 이선주, 2016, 이해연, 2017, 임지영 2018, 최석찬 2011, Ji Ae Song 2018, Catherine Coueignoux·Shayane Rivers 2015).

선행 연구들을 살펴보면, 악기의 마감 층에 다양한 분석기기인 푸리에 변환 적외선 분광기(Fourier-transform infrared: FTIR), 가스크로마토그래피 질량분석기(Pyrolysis gas chromatography mass spectroscopy: py-GC-MS), 광간섭단층촬영기(Optical coherence tomography: OCT), 핵자기공명기(Nuclear Magnetic Resonance: NMR), X선 형광분석기(x-ray Fluorescence spectrometer: XRF) 등을 이용하여 성분분석을 하고 마감칠에 사용된 화학적 분석과 제작자의 기법에 따른 마감 칠 도포 횟수와 방법을 확인한 연구가 주를 이루고 있다(이채훈 외 2018, Claudia Invernizzi 외 2020, Frade J.C. 2009, Giacomo Fiocco 외 2018, Giacomo Fiocco 외 2021, Hye Hyun Yu 2021, Le Hô A.S. 2016, Liu Xin You 2016, Michela Albano 외 2022, Niimura N. 1996, Takahashi S. 2018, Tsukagoshi M. 2015, Wang N. 2014, Wojciech Mokrzycki 2011, Yoon-Seong Chang 2019). 하지만 이러한 연구는 악기의 마감 층 성분분석의 내용을 주를 이루고 있

었으나, 동서양 악기의 마감층 제작기법을 재현하고, 환경 조건에 따라 나타나는 양상을 파악한 연구는 미비하였다.

문화재를 열화시키는 환경 열화 중, 파장 295 nm 에서 400 nm 값을 나타내는 자외선 열화가 재질에 가장 영향을 많이 끼친다. 특히, 목재로 이루어져 있는 문화재에서는 색상 변화와 함께 화학적 변화를 발생시킨다. 그리고 이러한 색상변화를 측정하기 위해서 대부분 CIE LAB 측정법과 명명법을 사용한다(Xin You Liu 2016).

이에 따라 본 연구에서는 동서양 악기에 사용되는 다양한 목재 수종을 사용하여 대표적인 마감 칠을 재현해보고, 세부적으로 마감칠 횟수에 따라 표면에 나타나는 변화 양상을 확인하고자 자외선 환경에 열화를 진행하고, 자외선 열화에 따른 특성 변화를 연구하고자 한다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

1.1. 공시 목재

동서양 현악기에 일반적으로 사용되는 목재 수종과 마감칠 종류를 선택하여 연구재료로 사용하였다. 동양악기 재료로는 오동나무와 밤나무를 사용하였고, 서양악기 재료로는 가문비나무와 단풍나무를 사용하였고, 이에 건조된 목재를 50(길이) × 50(너비) mm로 재단하였다.

1.2. 마감칠 재료

마감 칠로는 옷칠(한국내쇼날 주식회사, 아토펙트 친환경 참옷 varnish)과 주문 제작한 강철 기구를 사용한 낙동법을 진행하였다. 마감 칠로 사용된 알코올 바니시에는 알코올(ECO CHEM, 무수에탄올, Ethyl alcohol)과 셸락(Hammerl, Shellac lemon)을 사용하고, 오일 바니시에는 린씨드 오일(Hammerl, Linseed oil)과 콜로포니(Hammerl, Colophony)를 사용하였다.,

2. 동서양 약기의 마감칠 표면 재현

동서양 약기의 마감칠 횟수 비교를 위해 표 1과 같이 칠은 0회부터 10회까지 진행하였다.

<표 1> 목재 수종에 따른 마감칠 종류

분류	목재 수종	마감칠 종류	대조군	칠 횟수
동양	오동나무(오)	옷칠(옷)	칠 0 회	칠 1회 - 10회
		낙동(낙)		
	밤나무(밤)	옷칠(옷)	칠 0 회	
		낙동(낙)		
서양	가문비나무 (가)	오일바니시(오)	칠 0 회	
		알코올바니시(알)		
	단풍나무 (단)	오일바니시(오)	칠 0 회	
		알코올바니시(알)		

2.1. 옷칠 마감칠

옷칠 마감칠은 재단된 목재에 붓을 사용하여 1회 옷칠 도포 후 다음 도포까지 24시간 건조를 진행한 후 다음 도포를 반복 진행하였다 [그림 1, 표 2, 표 3].

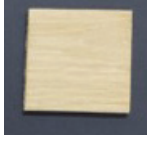
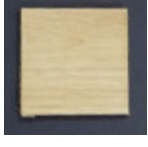


<그림 1> 옷칠 마감칠.

<표 2> 오동나무에 옷칠을 도포, 도포 횟수에 따른 사진

칠 횟수	사진 촬영	칠 횟수	사진 촬영
0 회 칠		-	
1 회 칠		6회 칠	
2 회 칠		7회 칠	
3 회 칠		8회 칠	
4회 칠		9회 칠	
5회 칠		10회 칠	

<표 3> 밤나무에 옷칠을 도포, 도포 횟수에 따른 사진

칠 횟수	사진 촬영	칠 횟수	사진 촬영
0 회 칠		-	
1 회 칠		6회 칠	
2 회 칠		7회 칠	
3 회 칠		8회 칠	
4회 칠		9회 칠	
5회 칠		10회 칠	

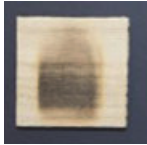
2.2. 낙동 마감처리

낙동 마감 처리는 주문 제작한 강철 기구를 15분간 달군 후, 붉게 달궈진 인두를 3초 간 목재 표면에 압착하였다 [그림 2]. 압착하여 표면을 그을린 후 도포 진행 전 폴리프로필렌(polypropylene, PP) 소재의 솔을 사용하여 탄화된 표면을 제거하였다. 이와 같은 방식으로 낙동 마감 처리를 반복 진행하였다 [표 4, 표 5].



<그림 2> 낙동 마감처리.

<표 4> 오동나무에 낙동 마감처리, 도포 횟수에 따른 사진

칠 횟수	사진 촬영	칠 횟수	사진 촬영
0 회 칠		-	
1 회 칠		6회 칠	
2 회 칠		7회 칠	
3 회 칠		8회 칠	
4회 칠		9회 칠	
5회 칠		10회 칠	

<표 5> 밤나무에 낙동 마감처리, 도포 횟수에 따른 사진

칠 횟수	사진 촬영	칠 횟수	사진 촬영
0 회 칠		-	
1 회 칠		6회 칠	
2 회 칠		7회 칠	
3 회 칠		8회 칠	
4회 칠		9회 칠	
5회 칠		10회 칠	

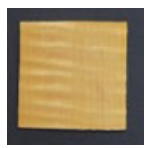
2.3. 알코올 바니시

알코올 바니시는 알코올 700g, 셀락 70g을 희석시킨 후 상온에서 보관하였다. 보관 과정에서 하루에 한번 희석액 병을 흔드는 과정을 7일간 반복하였다. 이후 주사기로 맑은 표면액 부분만을 추출하여 알코올 바니시로 사용하였다. 알코올 바니시 도포는 붓을 사용하여 1회 도포를 진행하였고 다음 도포까지 24시간의 건조 시간을 가진 후 다음 도포를 반복 진행하였다 [그림 3, 표 6, 표 7].



<그림 3> 알코올 바니시 마감칠.

<표 6> 단풍나무에 알코올 바니시 도포, 도포 횟수에 따른 사진

칠 횟수	사진 촬영	칠 횟수	사진 촬영
0 회 칠		-	
1 회 칠		6회 칠	
2 회 칠		7회 칠	
3 회 칠		8회 칠	
4회 칠		9회 칠	
5회 칠		10회 칠	

<표 7> 가문비나무에 알코올 바니시 도포, 도포 횟수에 따른 사진

칠 횟수	사진 촬영	칠 횟수	사진 촬영
0 회 칠		-	
1 회 칠		6회 칠	
2 회 칠		7회 칠	
3 회 칠		8회 칠	
4회 칠		9회 칠	
5회 칠		10회 칠	

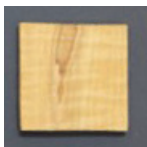
2.4. 오일 바니시

오일 바니시는 린씨드 오일 225g, 콜로포니 75g을 희석시킨 후, 100도 이상의 온도에서 콜로포니가 완전히 용해될 때까지 약 30분간 교반시켜 제조하였다. 오일 바니시 도포는 붓을 사용하여 1회 도포를 진행하였고 다음 도포까지 24시간의 건조 시간을 가진 후 다음 도포를 반복 진행하였다 [그림 4, 표 8, 표 9].



<그림 4> 오일 바니시 마감칠.

<표 8> 단풍나무에 오일 바니시 도포, 도포 횟수에 따른 사진

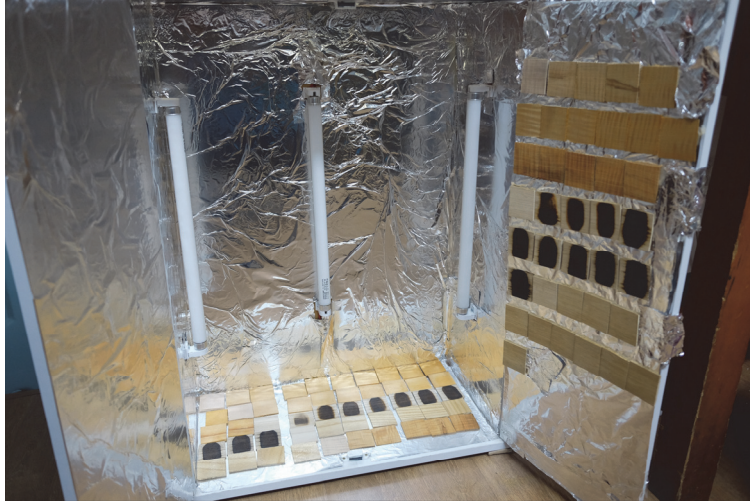
칠 횟수	사진 촬영	칠 횟수	사진 촬영
0 회 칠		-	
1 회 칠		6회 칠	
2 회 칠		7회 칠	
3 회 칠		8회 칠	
4회 칠		9회 칠	
5회 칠		10회 칠	

<표 9> 가문비나무에 오일 바니시 도포, 도포 횟수에 따른 사진

칠 횟수	사진 촬영	칠 횟수	사진 촬영
0 회 칠		-	
1 회 칠		6회 칠	
2 회 칠		7회 칠	
3 회 칠		8회 칠	
4회 칠		9회 칠	
5회 칠		10회 칠	

3. 자외선 열화

자외선 열화는 자체 제작 열화 기를 사용하여 열화를 진행하였다. UVA (파장대 352 nm, 15W)를 사용하여 높이 79 cm, 넓이 56 cm, 폭 30 cm의 공간을 제작하여 열화를 진행하였다. 열화 기간은 672시간, 약 4주간 진행하였다 [그림 5].



<그림 5> 자외선 열화 환경 공간 제작 및 열화.

4. 자외선 열화에서 따른 특성변화 연구

4.1. 시편의 치수 변화

마감 칠을 진행한 시편의 도포 횟수에 따른 두께와 목재의 길이의 너비 변화와 자외선 열화 후에 나타나는 밀도변화를 파악하고자 하였다. 이에 따라 제작한 시편의 길이, 너비, 두께는 디지털 캘리퍼스 (500-181-30(150mm), MITUTOYO, JPN)를 사용하여 측정하고, 중량은 전자저울 (MWII-H, CAS, JPN)을 사용하였다. 측정한 자외선 열화 전·후의 값을 이용하여 다음과 같은 계산식으로 밀도를 측정하였다.

$$\text{밀도}(\rho, density) = \frac{\text{질량}}{\text{길이} \times \text{폭} \times \text{높이}} (g/mm^3)$$

4.2. 표면 상태관찰

서양악기 마감칠로 알코올 바니시와 오일 바니시를 도포한 시편의 표면과 동양악기 마감칠로 옷칠과 낙동 마감처리를 도포한 시편의 표면을 관찰하기 위해 디지털 현미경(DG-2A, SCALAR, JPN)을 사용하였다. 시편 표면에 나타나는 특징을 파악하고 자외선 열화를 통해 나타나는 목재 표면 재질의 변화 양상, 광택, 갈라짐, 색 변화 등을 전반적으로 파악하고자 하였다. 상태관찰은 50배율과 100배율로 조정 후 이미지 촬영을 진행하였고, 소프트웨어 Paint shop pro6로 스케일을 작업 후 저장하였다.

4.3. 표면 색상변화

색도 측정을 통해 표면 색상과 함께 열화가 진행되는 양상을 파악하였다. 분광측색계(CM-2600d, KONICA MINOLTA, JPN)를 이용하여 CIELAB 색상 값을 적용하여 시편의 L^* , a^* , b^* 값을 측정하였다. L^* 값은 명도를 일컫는 값으로 색의 0에서 100으로 색의 밝기를 측정할 수 있다. a^* 값은 적색도를 일컫는 값으로 +값으로 가질수록 적색 상에 가까운 색상을 띤다. b^* 값은 황색도를 일컫는 값으로 +값으로 가질수록 황색 상에 가까운 색상을 띤다. 모든 시편은 총 3회 측정 후 평균과 표준편차를 계산하였다. 열화 전·후 색 변화 정도를 비교하기 위해 색차(ΔE)를 계산하였다. 색차 계산식은 다음과 같은 계산식을 사용하였다.

$$\text{색차}(\Delta E) = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

$$\Delta L^* = L_2 - L_1$$

$$\Delta a^* = a_2 - a_1$$

$$\Delta b^* = b_2 - b_1$$

L_1, a_1, b_1 : 열화 전 시편의 $L^* a^* b^*$ 값

L_2, a_2, b_2 : 열화 후 시편의 $L^* a^* b^*$ 값

III. 연구결과

1. 시편의 치수 변화

1.1. 옷칠 마감칠

시편의 길이, 너비, 두께를 일정하게 조정하였지만, 미비한 차이를 파악하기에는 그 한계가 있어 밀도를 통해 변화 정도를 파악할 수 있었다 [표 10].

동양약기 시편의 경우, 열화 전 옷칠 도포 횟수 증가에 따른 밀도변화는 크게 나타나지 않았다 [표 11, 그림 6]. 나무 수중에 따라서는 대체로 오동나무의 밀도 차이가 높지 않았지만, 밤나무 대비 약 0.0003 g/mm^3 낮게 나타났다. 오동나무에 옷칠을 도포한 시편은 열화 전의 밀도를 비교하였을 때, 칠 도포 횟수 증가에 따라 0회 칠(0.00003 g/mm^3), 5회 칠(0.00003 g/mm^3), 10회 칠(0.00003 g/mm^3)로 밀도 차이가 일정한 것을 확인할 수 있었다. 밤나무에 옷칠을 도포한 시편은 열화 전 칠 도포 횟수 증가에 따라 0회 칠(0.00006 g/mm^3), 5회 칠(0.00006 g/mm^3), 10회 칠(0.00006 g/mm^3)로 밀도 차이가 일정하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 자외선 열화 후, 오동나무에 마감칠 한 옷칠의 밀도는 크게 나타나지 않았다. 오동나무에 마감칠 한 옷칠 시편을 자외선 열화 후 밀도는 0회 칠(0.00029 g/mm^3), 5회 칠(0.00028 g/mm^3), 10회칠(0.00028 g/mm^3)로, 밀도변화가 나타나지 않는 것을 확인할 수 있었다. 밤나무에 마감칠 한 옷칠 시편을 자외선 열화 후 밀도는 0회 칠(0.00055 g/mm^3), 5회 칠(0.00053 g/mm^3), 10회 칠(0.00053 g/mm^3)로 그 변화가 크지는 않았다. 또한, 대체적으로 밤나무의 밀도 값이 오동나무 대비 대체적으로 높게 나타났다.

<표 10> 오동나무와 밤나무에 도포한 옷칠 시편의의 평균 길이, 너비 및 중량

분류		열화 전				열화 후			
		길이 (mm)	너비 (mm)	두께 (mm)	중량 (g)	길이 (mm)	너비 (mm)	두께 (mm)	중량 (g)
오 동 나 무	0 회 칠	48.5	49.5	27.0	2.0	49.0	48.5	2.9	2.0
	1 회 칠	49.5	49.5	28.2	2.0	49.0	49.0	3.3	2.0
	2 회 칠	50.0	50.0	27.3	2.0	49.5	49.3	2.9	2.0
	3 회 칠	50.0	49.5	29.3	3.0	49.0	50.0	3.1	2.0
	4 회 칠	49.5	49.0	27.3	2.0	49.0	49.0	2.9	2.0
	5 회 칠	49.5	49.5	26.7	2.0	49.5	49.0	2.9	2.0
	6 회 칠	49.5	50.0	28.3	2.0	50.0	49.5	3.0	2.0
	7 회 칠	50.0	50.0	29.3	2.0	50.0	49.5	3.2	2.0
	8 회 칠	49.5	50.0	29.3	2.0	49.3	50.0	3.0	2.0
	9 회 칠	50.5	49.0	28.3	2.0	49.0	50.0	2.9	2.0
	10 회 칠	50.0	50.5	27.3	2.0	50.0	50.0	2.9	2.0
밤 나 무	0 회 칠	48.0	49.5	36.3	5.0	49.5	49.0	3.7	5.0
	1 회 칠	49.5	51.0	31.0	5.0	49.5	50.5	3.2	4.0
	2 회 칠	49.5	49.5	29.7	4.0	50.5	51.5	3.2	4.0
	3 회 칠	49.5	49.0	28.7	4.0	51.0	50.0	3.0	4.0
	4 회 칠	48.5	48.0	28.3	4.0	49.0	50.0	3.0	4.0
	5 회 칠	48.0	49.5	28.3	4.0	50.5	50.0	3.0	4.0
	6 회 칠	49.5	48.0	30.0	4.0	50.5	49.5	3.2	4.0
	7 회 칠	48.0	50.0	47.0	6.0	50.0	50.0	4.8	6.0
	8 회 칠	48.0	49.5	39.0	6.0	49.5	50.0	4.3	5.0
	9 회 칠	48.0	49.0	33.7	4.0	50.0	51.3	3.5	4.0
	10 회 칠	48.0	50.0	34.0	5.0	50.0	50.0	3.8	5.0

<표 11> 오동나무와 밤나무에 옷칠 도포한 후 시편의 평균 밀도 및 열화 전·후 밀도 차

분류		밀도 (g/mm ³)		
		열화 전	열화 후	열화 전·후 차
오 동 나 무	0 회 칠	0.00003	0.00029	0.00026
	1 회 칠	0.00003	0.00025	0.00022
	2 회 칠	0.00003	0.00028	0.00026
	3 회 칠	0.00004	0.00026	0.00022
	4 회 칠	0.00003	0.00028	0.00025
	5 회 칠	0.00003	0.00028	0.00025
	6 회 칠	0.00003	0.00027	0.00024
	7 회 칠	0.00003	0.00025	0.00023
	8 회 칠	0.00003	0.00027	0.00024
	9 회 칠	0.00003	0.00028	0.00025
	10 회 칠	0.00003	0.00027	0.00024
밤 나 무	0 회 칠	0.00006	0.00055	0.00050
	1 회 칠	0.00006	0.00050	0.00044
	2 회 칠	0.00006	0.00048	0.00043
	3 회 칠	0.00006	0.00053	0.00047
	4 회 칠	0.00006	0.00055	0.00049
	5 회 칠	0.00006	0.00053	0.00047
	6 회 칠	0.00006	0.00050	0.00044
	7 회 칠	0.00005	0.00050	0.00045
	8 회 칠	0.00006	0.00047	0.00041
	9 회 칠	0.00005	0.00045	0.00040
	10 회 칠	0.00006	0.00053	0.00046

1.2. 낙동 마감처리

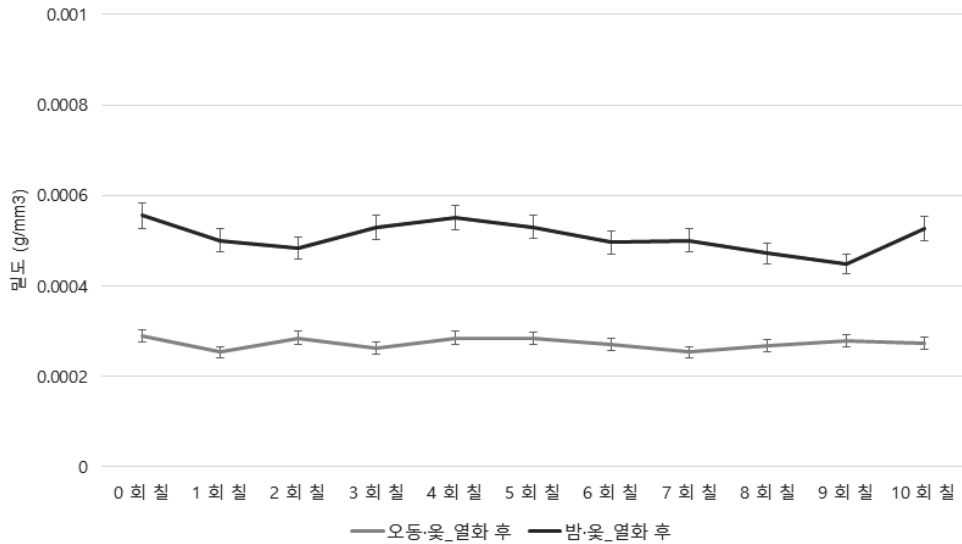
열화 전 낙동 마감 처리에 횡수에 따른 밀도변화는 크게 나타나지 않았다 [표 12, 표 13, 그림 7]. 나무 수종에 따라서는 대체로 오동나무의 밀도 차이가 높지 않았지만, 밤나무 대비 약 0.0003 g/mm^3 낮게 나타났다. 오동나무에 낙동 마감 처리에 따른 열화 전의 밀도를 비교하였을 때, 낙동 마감처리 횡수 증가에 따라 0회 칠(0.00003 g/mm^3), 5회 칠(0.00003 g/mm^3), 10회 칠(0.00003 g/mm^3)로 밀도 차이가 일정한 것을 확인할 수 있었다. 밤나무에 낙동 마감 처리 한 열화 전 낙동 마감 처리 횡수 증가에 따라 0회 칠(0.00006 g/mm^3), 5회 칠(0.00007 g/mm^3), 10회 칠(0.00007 g/mm^3)로 밀도 변화가 크게 변화하지는 않았다. 자외선 열화 후 오동나무에 낙동 마감 처리한 시편을 자외선 열화 후 밀도는 0회 칠(0.00030 g/mm^3), 5회 칠(0.00028 g/mm^3), 10회칠(0.00016 g/mm^3)로, 밀도변화가 미비하게 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 밤나무에 낙동 마감 처리한 시편을 자외선 열화 후 밀도는 0회 칠(0.00483 g/mm^3), 5회 칠(0.00061 g/mm^3), 10회 칠(0.00044 g/mm^3)로, 0회 칠의 밀도가 크게 나타났으며, 도포 횡수에 따라서는 변화 경향성이 나타나지는 않았다. 또한, 대체적으로 밤나무의 밀도 값이 오동나무 대비 대체적으로 높게 나타났다.

<표 12> 오동나무와 밤나무에 낙동 마감처리 한 시편의의 평균 길이, 너비 및 중량

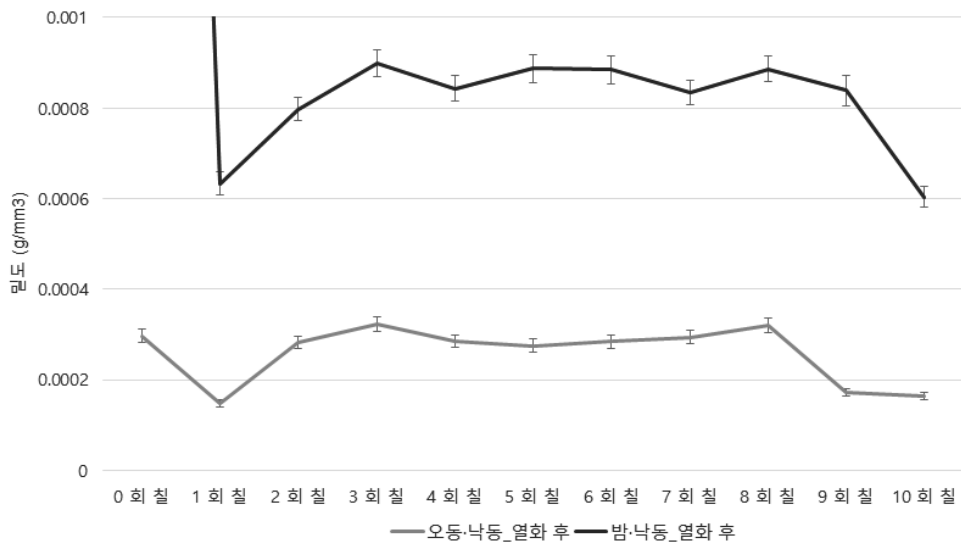
분류		열화 전				열화 후			
		길이 (mm)	너비 (mm)	두께 (mm)	중량 (g)	길이 (mm)	너비 (mm)	두께 (mm)	중량 (g)
오 동 나 무	0 회 칠	49.0	50.0	26.3	2.0	49.0	50.0	2.8	2.0
	1 회 칠	49.5	49.5	26.0	2.0	49.5	49.5	2.8	1.0
	2 회 칠	49.0	50.0	27.3	2.0	49.5	49.3	2.9	2.0
	3 회 칠	49.5	49.0	24.3	2.0	49.0	49.0	2.6	2.0
	4 회 칠	50.0	49.5	26.3	2.0	49.0	50.0	2.9	2.0
	5 회 칠	50.0	50.0	27.7	2.0	49.5	50.0	2.9	2.0
	6 회 칠	49.5	49.0	28.3	2.0	49.5	48.3	3.0	2.0
	7 회 칠	49.5	49.0	27.3	2.0	49.0	49.0	2.8	2.0
	8 회 칠	50.0	49.5	26.3	1.0	49.0	49.5	2.6	2.0
	9 회 칠	49.5	50.0	25.0	1.0	49.0	50.0	2.4	1.0
	10 회 칠	49.5	49.5	28.0	2.0	49.5	48.0	2.6	1.0
밤 나 무	0 회 칠	49.5	50.0	39.3	6.0	49.5	4.8	4.4	5.0
	1 회 칠	50.0	51.0	20.3	3.0	48.8	50.0	2.5	3.0
	2 회 칠	51.5	51.0	21.7	3.0	49.3	48.8	2.4	3.0
	3 회 칠	51.0	50.0	28.7	4.0	49.0	48.0	3.0	4.0
	4 회 칠	50.5	49.0	22.0	3.0	48.5	47.5	2.3	3.0
	5 회 칠	50.5	50.5	23.7	4.0	47.5	49.3	2.8	4.0
	6 회 칠	50.5	50.0	43.0	6.0	49.5	47.5	4.3	6.0
	7 회 칠	50.0	50.5	30.3	4.0	47.3	50.0	3.1	4.0
	8 회 칠	49.5	51.0	19.7	3.0	48.5	48.0	2.3	3.0
	9 회 칠	51.5	50.5	19.0	3.0	47.5	49.0	1.9	3.0
	10 회 칠	50.5	50.5	16.7	3.0	47.0	50.0	1.9	2.0

<표 13> 오동나무와 밤나무에 낙동마감 처리 후 시편의 평균 밀도 및 열화 전·후 밀도 차

분류		밀도 (g/mm ³)		
		열화 전	열화 후	열화 전·후 차
오 동 나 무	0 회 칠	0.00003	0.00030	0.00027
	1 회 칠	0.00003	0.00015	0.00012
	2 회 칠	0.00003	0.00028	0.00025
	3 회 칠	0.00003	0.00032	0.00029
	4 회 칠	0.00003	0.00028	0.00025
	5 회 칠	0.00003	0.00028	0.00025
	6 회 칠	0.00003	0.00028	0.00025
	7 회 칠	0.00003	0.00029	0.00026
	8 회 칠	0.00002	0.00032	0.00031
	9 회 칠	0.00002	0.00017	0.00016
	10 회 칠	0.00003	0.00016	0.00013
밤 나 무	0 회 칠	0.00006	0.00483	0.00477
	1 회 칠	0.00006	0.00049	0.00043
	2 회 칠	0.00005	0.00052	0.00046
	3 회 칠	0.00005	0.00058	0.00052
	4 회 칠	0.00006	0.00056	0.00050
	5 회 칠	0.00007	0.00061	0.00055
	6 회 칠	0.00006	0.00060	0.00055
	7 회 칠	0.00005	0.00054	0.00049
	8 회 칠	0.00006	0.00056	0.00050
	9 회 칠	0.00006	0.00067	0.00061
	10 회 칠	0.00007	0.00044	0.00037



〈그림 6〉 오동나무(오동)와 밤나무(밤)에 도포한 옷칠(옷) 0회에서 10회 마감칠 후, 자외선 열화 한 시편의 밀도변화 양상.



〈그림 7〉 오동나무(오동)와 밤나무(밤)에 낙동처리(낙동) 0회에서 10회 마감칠 후, 자외선 열화 한 시편의 밀도변화 양상.

1.3. 알코올 바니시

서양악기 시편 중 열화 전 알코올 바니시의 경우 칠 도포 횟수 증가에 따른 큰 변화는 나타나지 않았지만, 나무 수중에 따라서는 대체로 단풍나무의 밀도가 가문비나무 대비 약 0.0003 g/mm^3 높게 나타났다 [표 14, 표 15, 그림 8]. 단풍나무에 알코올 바니시를 도포한 시편은 열화 전의 밀도를 비교하였을 때, 칠 도포 횟수 증가에 따라 0회 칠(0.00060 g/mm^3), 5회 칠(0.00049 g/mm^3), 10회 칠(0.00046 g/mm^3)로 밀도가 미비하게 감소하는 경향이 나타났다. 가문비나무에 알코올 바니시를 도포한 시편은 열화 전의 밀도를 비교하였을 때, 칠 도포 횟수 증가에 따라 0회 칠(0.00003 g/mm^3), 5회 칠(0.00004 g/mm^3), 10회 칠(0.00003 g/mm^3)로 밀도 변화율이 변화하는 경향성은 나타나지 않았다. 단풍나무에 마감칠 한 알코올 바니시의 시편을 자외선 열화 후 밀도는 0회 칠(0.00060 g/mm^3), 5회 칠(0.00049 g/mm^3), 10회 칠(0.00046 g/mm^3)로, 밀도가 미비하게 감소하는 경향이 나타났다. 가문비나무에 마감칠한 알코올 바니시의 시편을 자외선 열화 후 밀도는 0회 칠(0.00028 g/mm^3), 5회 칠(0.00041 g/mm^3), 10회 칠(0.00030 g/mm^3)로 밀도 변화가 일정하지는 않았다. 알코올 바니시를 도포한 단풍나무와 가문비나무의 열화 후 밀도 값을 비교한 결과, 단풍나무의 밀도 값이 가문비나무 대비 대체적으로 높게 나타났다.

<표 14> 단풍나무와 가문비나무에 도포한 알코올 바니시 시편의 평균 길이, 너비 및 중량

분류		열화 전				열화 후			
		길이 (mm)	너비 (mm)	두께 (mm)	중량 (g)	길이 (mm)	너비 (mm)	두께 (mm)	중량 (g)
단 풍 나 무	0 회 칠	49.5	49.0	27.0	4.0	48.5	49.5	2.8	4.0
	1 회 칠	49.5	50.0	16.0	2.0	49.5	49.0	1.7	2.0
	2 회 칠	49.5	51.0	27.3	4.0	50.7	50.0	2.8	4.0
	3 회 칠	51.0	50.0	30.1	5.0	51.0	49.5	3.1	4.0
	4 회 칠	51.0	50.0	14.9	2.0	51.0	50.0	1.6	2.0
	5 회 칠	49.5	50.0	16.2	3.0	49.5	49.0	1.7	2.0
	6 회 칠	50.0	49.5	30.2	4.0	50.0	49.0	3.0	4.0
	7 회 칠	49.5	49.0	18.0	3.0	49.5	48.5	1.9	2.0
	8 회 칠	50.0	49.5	15.0	2.0	50.0	49.5	1.6	2.0
	9 회 칠	49.5	50.0	13.6	2.0	49.5	50.0	1.5	2.0
	10 회 칠	50.5	49.5	16.2	3.0	49.5	50.0	1.7	2.0
가 문 비 나 무	0 회 칠	51.0	50.0	40.7	3.0	51.0	49.5	4.2	3.0
	1 회 칠	49.0	50.0	54.8	5.0	50.0	49.5	5.4	5.0
	2 회 칠	55.0	50.0	30.3	3.0	50.0	50.5	3.7	3.0
	3 회 칠	50.0	49.5	27.5	3.0	50.0	49.0	3.0	3.0
	4 회 칠	50.0	50.0	31.2	3.0	50.0	50.0	3.4	3.0
	5 회 칠	49.5	50.0	29.0	3.0	49.5	50.0	3.0	3.0
	6 회 칠	50.0	50.5	41.8	4.0	50.5	50.0	4.5	4.0
	7 회 칠	50.0	50.0	34.3	3.0	50.0	50.0	3.8	3.0
	8 회 칠	49.5	50.0	46.5	4.0	50.0	49.5	4.9	4.0
	9 회 칠	50.0	50.0	19.8	2.0	50.0	49.5	2.4	2.0
	10 회 칠	48.0	50.0	38.7	3.0	48.0	50.0	4.2	3.0

<표 15> 단풍나무와 가문비나무에 알코올 바니시 도포한 후 시편의 평균 밀도 및 열화 전·후 밀도 차

분류		밀도 (g/mm ³)		
		열화 전	열화 후	열화 전·후 차
단 풍 나 무	0 회 칠	0.00006	0.00060	0.00053
	1 회 칠	0.00005	0.00048	0.00043
	2 회 칠	0.00006	0.00056	0.00050
	3 회 칠	0.00007	0.00051	0.00045
	4 회 칠	0.00005	0.00050	0.00045
	5 회 칠	0.00007	0.00049	0.00041
	6 회 칠	0.00005	0.00054	0.00049
	7 회 칠	0.00007	0.00044	0.00037
	8 회 칠	0.00005	0.00050	0.00044
	9 회 칠	0.00006	0.00053	0.00047
	10 회 칠	0.00007	0.00046	0.00039
가 문 비 나 무	0 회 칠	0.00003	0.00028	0.00025
	1 회 칠	0.00004	0.00038	0.00034
	2 회 칠	0.00004	0.00032	0.00029
	3 회 칠	0.00004	0.00040	0.00036
	4 회 칠	0.00004	0.00035	0.00032
	5 회 칠	0.00004	0.00041	0.00036
	6 회 칠	0.00004	0.00036	0.00032
	7 회 칠	0.00003	0.00032	0.00028
	8 회 칠	0.00003	0.00033	0.00030
	9 회 칠	0.00004	0.00034	0.00030
	10 회 칠	0.00003	0.00030	0.00026

1.4. 오일 바니시

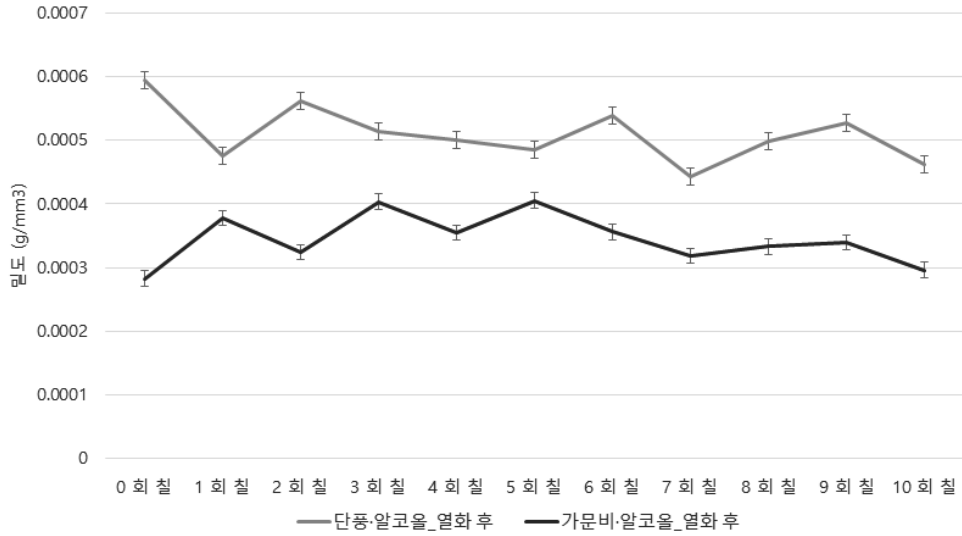
오일 바니시의 경우, 열화 전 칠 도포 횟수 증가에 따른 밀도변화는 크게 나타나지 않았다 [표 16, 표 17, 그림 9]. 나무 수종에 따라서는 대체로 단풍나무의 밀도 차이가 높지 않았지만 가문비나무 대비 약 0.0002 g/mm^3 높게 나타났다. 단풍나무에 알코올 바니시를 도포한 시편은 열화 전의 밀도를 비교하였을 때, 칠 도포 횟수 증가에 따라 0회 칠(0.00006 g/mm^3), 5회 칠(0.00006 g/mm^3), 10회칠(0.00007 g/mm^3)로 밀도 차이가 크게 발생하지 않았다. 가문비나무에 알코올 바니시를 도포한 시편은 열화 전칠 도포 횟수 증가에 따라 0회 칠(0.00004 g/mm^3), 5회 칠(0.00004 g/mm^3), 10회칠(0.00005 g/mm^3)로 밀도 차이가 크게 발생하지 않았다. 자외선 열화 후 단풍나무에 마감칠 한 알코올 바니시의 밀도는 이 감소하는 경향이 나타났다. 단풍나무에 마감칠한 오일 바니시의 시편을 자외선 열화 후 밀도는 0회 칠(0.00049 g/mm^3), 5회 칠(0.00060 g/mm^3), 10회칠(0.00058 g/mm^3)로, 밀도 변화가 나타나지 않았다. 가문비나무에 마감칠한 오일 바니시의 시편을 자외선 열화 후 밀도는 0회 칠(0.00033 g/mm^3), 5회 칠(0.00036 g/mm^3), 10회칠(0.00050 g/mm^3)로 증가하는 경향이 확인되었다. 또한, 대체적으로 단풍나무의 밀도 값이 가문비나무 대비 대체적으로 높게 나타났다.

<표 16> 단풍나무와 가문비나무에 도포한 오일 바니시 시편의 평균 길이, 너비 및 중량

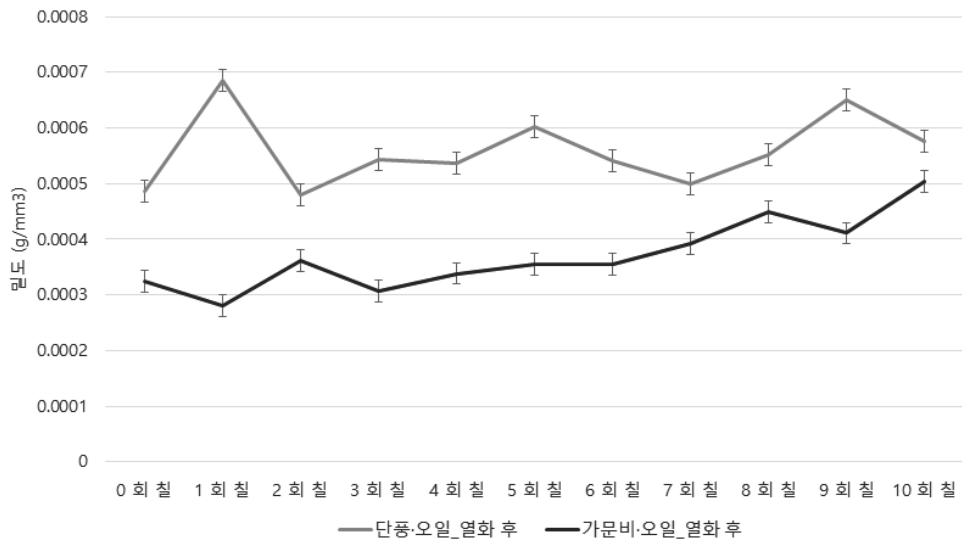
분류		열화 전				열화 후			
		길이 (mm)	너비 (mm)	두께 (mm)	중량 (g)	길이 (mm)	너비 (mm)	두께 (mm)	중량 (g)
단 풍 나 무	0 회 칠	49.0	50.0	14.8	2.0	50.0	48.5	1.7	2.0
	1 회 칠	49.0	49.0	10.5	2.0	49.0	49.0	1.2	2.0
	2 회 칠	50.0	50.0	15.2	2.0	50.0	50.0	1.7	2.0
	3 회 칠	49.0	48.5	27.5	4.0	49.0	48.5	3.1	4.0
	4 회 칠	49.5	49.0	29.0	5.0	49.5	49.0	3.1	4.0
	5 회 칠	51.0	49.5	31.3	5.0	51.0	50.0	3.3	5.0
	6 회 칠	50.5	49.5	28.0	5.0	49.5	50.5	3.0	4.0
	7 회 칠	50.0	49.0	14.7	3.0	50.0	49.0	1.6	2.0
	8 회 칠	50.5	48.0	28.2	4.0	48.0	50.0	3.0	4.0
	9 회 칠	50.5	50.5	28.7	5.0	50.5	50.0	3.0	5.0
	10 회 칠	49.5	50.5	27.5	5.0	49.5	50.0	2.8	4.0
가 문 비 나 무	0 회 칠	50.0	50.5	30.5	3.0	50.0	50.5	3.7	3.0
	1 회 칠	49.5	50.0	25.5	3.0	50.0	49.5	2.9	2.0
	2 회 칠	49.5	49.0	31.3	3.0	50.0	49.0	3.4	3.0
	3 회 칠	50.0	49.5	27.2	3.0	49.5	49.5	2.7	2.0
	4 회 칠	49.0	50.5	37.2	3.0	49.0	50.0	3.6	3.0
	5 회 칠	49.0	49.5	19.8	2.0	49.5	49.0	2.3	2.0
	6 회 칠	49.0	50.0	29.3	3.0	50.0	49.0	3.4	3.0
	7 회 칠	50.5	49.5	28.5	3.0	49.0	52.5	3.0	3.0
	8 회 칠	50.0	50.5	30.7	4.0	52.5	52.5	3.2	4.0
	9 회 칠	49.5	50.0	44.3	5.0	50.0	49.5	4.9	5.0
	10 회 칠	50.0	49.5	31.8	4.0	49.5	50.0	3.2	4.0

<표 17> 단풍나무와 가문비나무에 오일 바니시 도포한 후 시편의 평균 밀도 및 열화 전·후 밀도 차

분류		밀도 (g/mm ³)		
		열화 전	열화 후	열화 전·후 차
단 풍 나 무	0 회 칠	0.00006	0.00049	0.00043
	1 회 칠	0.00008	0.00068	0.00061
	2 회 칠	0.00005	0.00048	0.00043
	3 회 칠	0.00006	0.00054	0.00048
	4 회 칠	0.00007	0.00054	0.00047
	5 회 칠	0.00006	0.00060	0.00054
	6 회 칠	0.00007	0.00054	0.00047
	7 회 칠	0.00008	0.00050	0.00042
	8 회 칠	0.00006	0.00055	0.00049
	9 회 칠	0.00007	0.00065	0.00058
	10 회 칠	0.00007	0.00058	0.00050
가 문 비 나 무	0 회 칠	0.00004	0.00033	0.00029
	1 회 칠	0.00005	0.00028	0.00023
	2 회 칠	0.00004	0.00036	0.00032
	3 회 칠	0.00004	0.00031	0.00026
	4 회 칠	0.00003	0.00034	0.00031
	5 회 칠	0.00004	0.00036	0.00031
	6 회 칠	0.00004	0.00036	0.00031
	7 회 칠	0.00004	0.00039	0.00035
	8 회 칠	0.00005	0.00045	0.00040
	9 회 칠	0.00005	0.00041	0.00037
	10 회 칠	0.00005	0.00050	0.00045



〈그림 8〉 단풍나무(단)와 가문비나무(가) 도포한 알코올 바니시(알코올) 0회에서 10회 마감칠 후, 자외선 열화 한 시편의 밀도변화 양상.



〈그림 9〉 단풍나무(단)와 가문비나무(가) 도포한 오일 바니시(오일) 0회에서 10회 마감칠 후, 자외선 열화 한 시편의 밀도변화 양상.

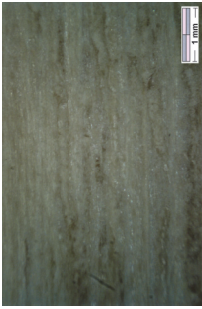
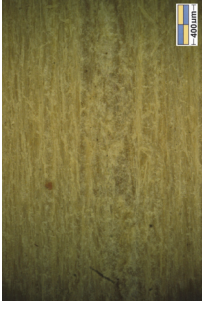
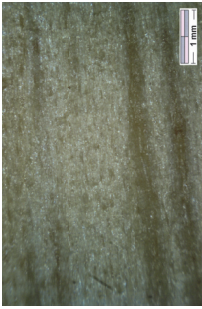
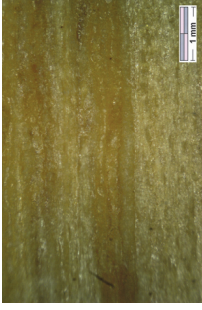
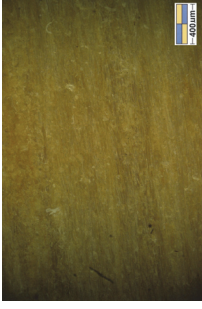
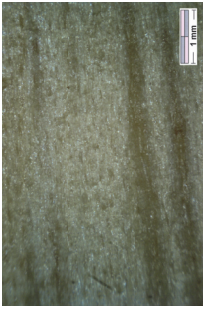
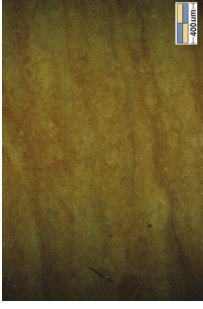
2. 표면 상태관찰

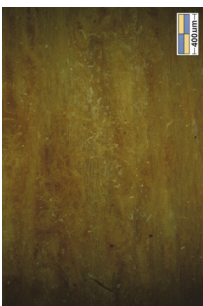
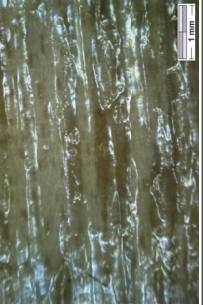
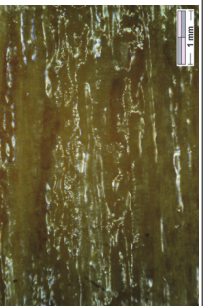
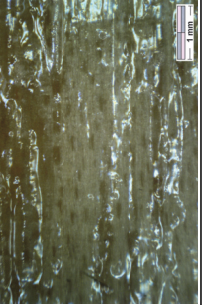
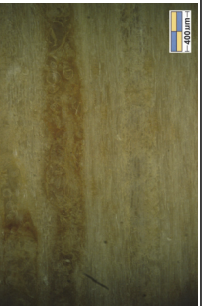
2.1. 옷칠 마감칠

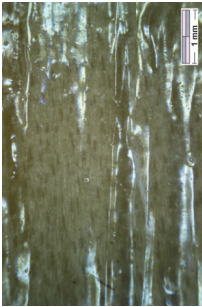
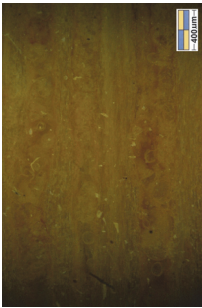
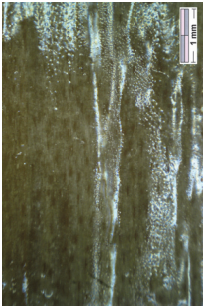
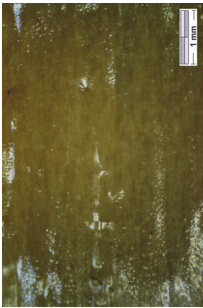
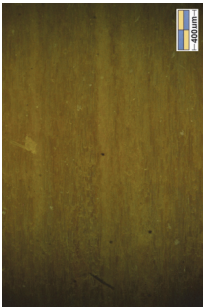
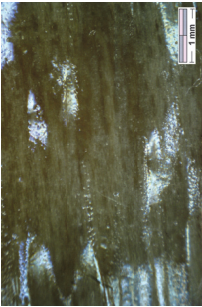
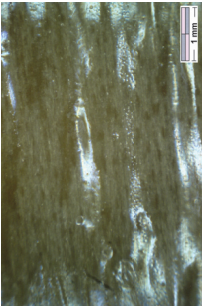
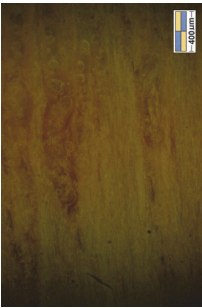
동양악기 시편 중 옷칠의 마감칠 횟수 증가에 따라 색 변화와 함께 전체적으로 들뜸, 광택 등이 관찰되었다. 열화 전 50 배율로 오동나무에 옷칠 마감칠 한 목재 표면을 관찰한 결과, 오동나무의 3회 칠부터 불규칙적인 표면과 함께 광택이 확인되었다 [표 18]. 100 배율에서는 광택을 관찰할 수는 없었지만, 전체적인 색상이 어떻게 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 열화 전 50 배율로 밤나무에 옷칠을 마감칠 한 목재 표면을 관찰한 결과, 밤나무 시편에서 또한 3회 칠부터 불규칙적인 표면과 함께 광택이 나타나고 10회 칠에서는 일정한 광택이 모든 표면에서 확인되었다 [표 19]. 열화 전 오동나무 시편과 같이 100 배율에서는 광택을 확인할 수 없었지만, 전체적인 색상이 어두워지는 것을 확인할 수 있었다.

열화 후 50 배율로 오동나무에 옷칠 마감칠 한 목재 표면을 관찰한 결과, 열화 전에 3회 칠부터 나타났던 광택을 유지되었다. 그러나 2회 칠 시편부터 불규칙적인 형태의 표면이 나타났으며, 8회 칠, 9회 칠, 10회칠은 다소 일정한 광택을 나타냈지만, 전체적으로 옷칠을 도포한 표면에서 작은 기공들이 확인되었다. 100 배율로 관찰 결과, 광택과 작은 기공은 관찰할 수 있었다. 열화 후 50 배율로 밤나무에 옷칠로 마감칠 한 목재 표면을 관찰한 결과, 오동나무에 도포한 옷칠 마감칠의 특징과 같이, 2회 칠 시편부터 불규칙적인 표면이 확인되고, 8회 칠부터의 시편에서는 다소 일정한 표면을 나타내었다. 100 배율에서는 이와 같은 특징을 확인할 수 없었다. 열화 후 옷칠 마감칠을 도포한 시편과 도포하지 않은 모든 시편의 색상이 붉어지는 것을 확인할 수 있었다.

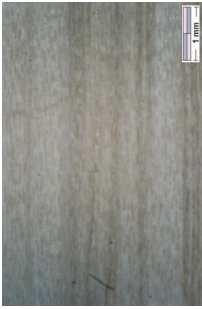
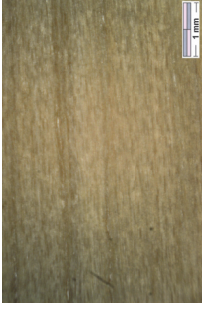
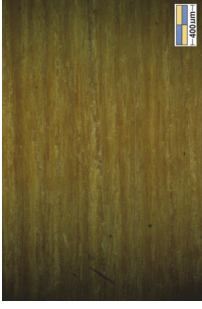
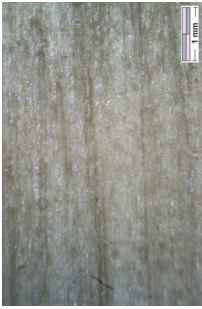
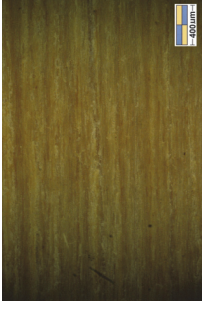
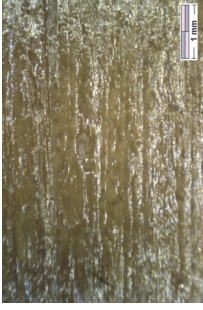
<표 18> 오동나무에 도포한 옷칠 표면의 열화 전·후 상태관찰

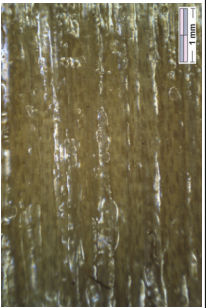
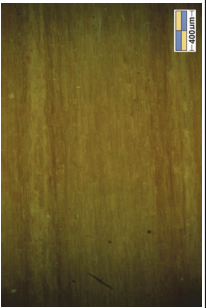
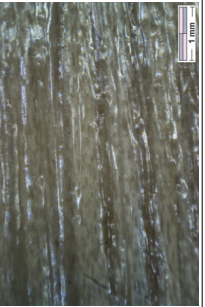
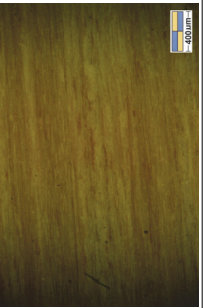
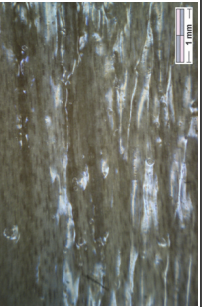
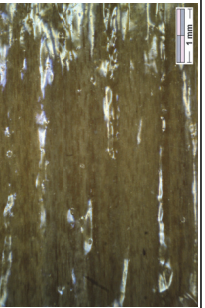
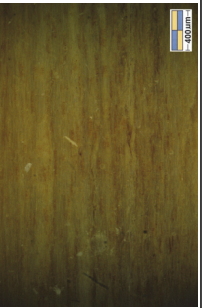
분류	열화 전		열화 후	
	×50	×100	×50	×100
0 회 칠				
1 회 칠				
2 회 칠				

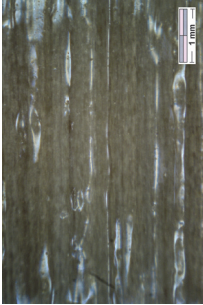
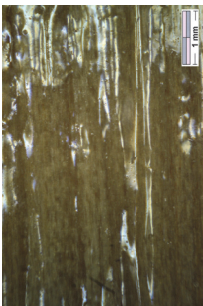
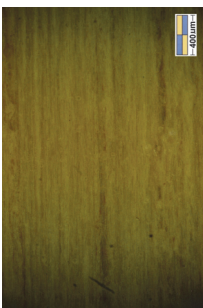
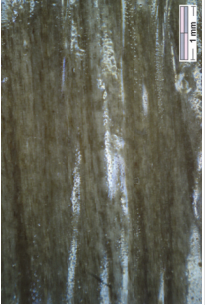
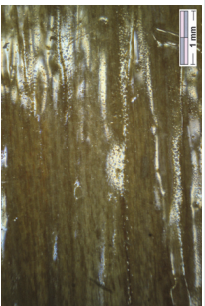
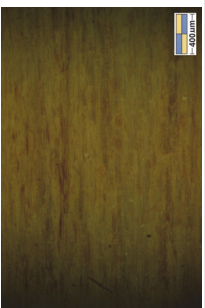
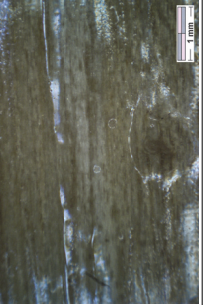
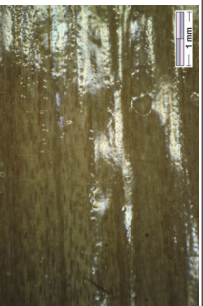
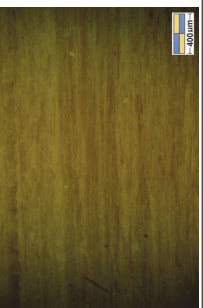
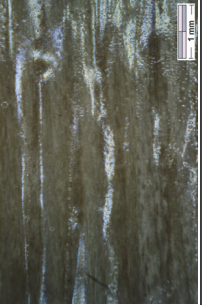
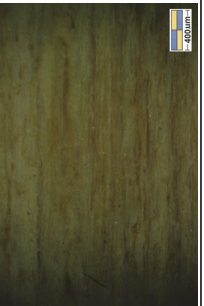
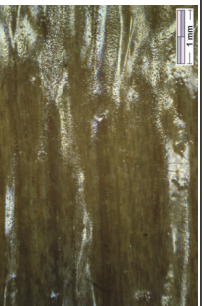
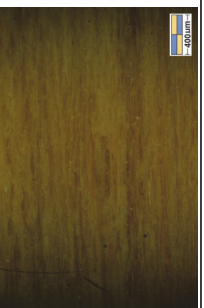
3 회 전				
4 회 전				
5 회 전				
6 회 전				

7 회 전				
8 회 전				
9 회 전				
10 회 전				

<표 19> 밤나무에 도포한 옷칠 표면의 열화 전·후 상태 관찰

분류	열화 전		열화 후	
	×50	×100	×50	×100
0 회 칠				
1 회 칠				
2 회 칠				

3 회 전				
4 회 전				
5 회 전				
6 회 전				

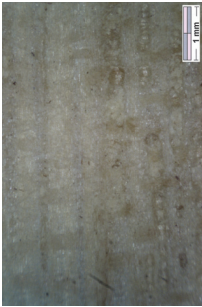
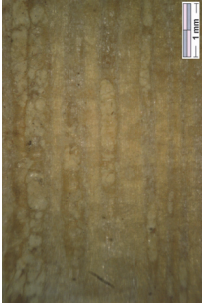
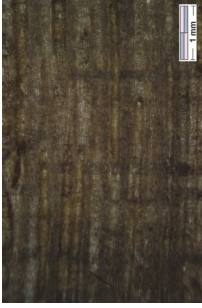
7 회 전				
8 회 전				
9 회 전				
10 회 전				

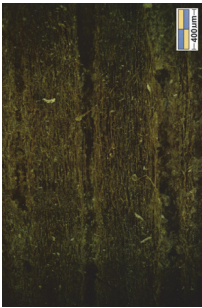
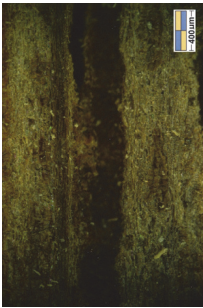
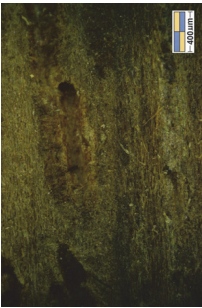
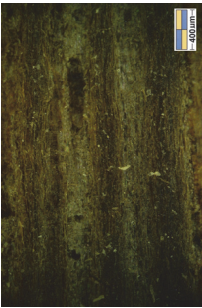
2.2. 낙동 마감처리

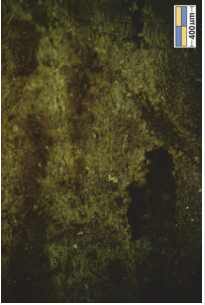
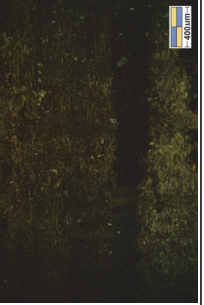
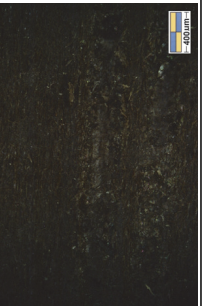
열화 전 50 배율로 오동나무에 낙동 마감처리 한 목재 표면을 관찰한 결과, 마감처리를 하지 않은 오동나무 시편과 마감처리 한 1회부터 10회까지의 낙동 마감처리 한 표면의 색상이 확연하게 밝은 색상과 검정색상으로 분류되는 것을 확인할 수 있었다 [표 20]. 하지만, 낙동 마감처리 횟수에 따른 변화는 확인할 수 없었다. 100 배율에 또한 낙동 마감처리 하지 않은 시편과 낙동처리한 시편 만이 확연하게 색상이 다른 것을 확인할 수 있었다. 밤나무 시편에서도 이와 같은 특징이 나타났다 [표 21].

열화 후 50 배율로 오동나무에 낙동 마감처리한 한 목재 표면을 관찰한 결과, 1회에서 5회까지 낙동 마감처리한 시편의 색상이 다소 밝아지는 것을 확인할 수 있었다. 100 배율에서는 낙동 마감처리 8회 까지 한 시편에서 표면 색상이 밝아지고 누런 색상으로 변화하였다. 열화 후 50 배율로 밤나무에 낙동 마감처리 한 목재 표면을 관찰한 결과, 1회에서 6회까지 낙동 마감처리 한 시편의 색상이 밝아졌다. 100 배율에서는 낙동 마감처리 모든시편에서 표면 색상이 밝아지고 누런 색상으로 변화하는 것을 확인할 수 있었다.

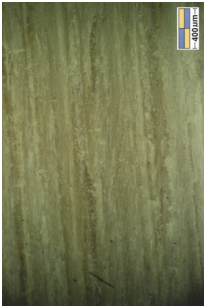
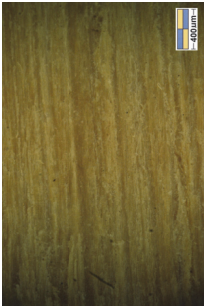
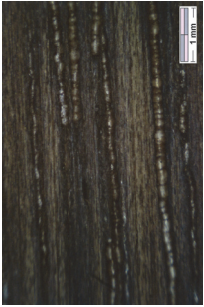
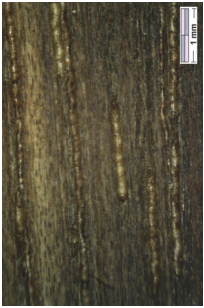
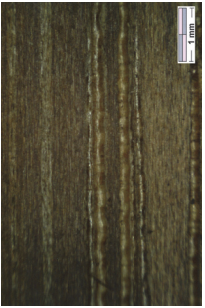
<표 20> 오동나무에 낙동 마감 마감 처리한 표면의 열화 전·후 상태 관찰

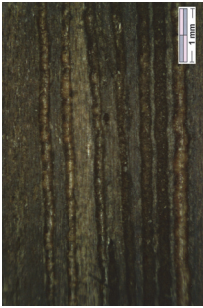
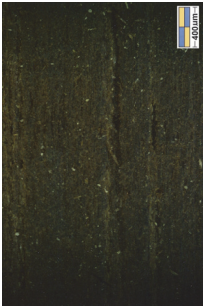
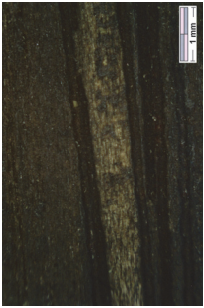
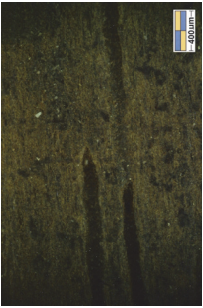
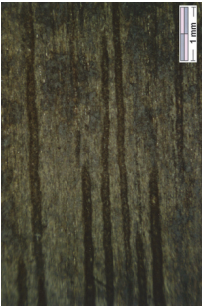
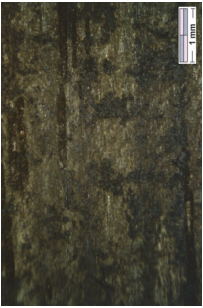
분류	열화 전		열화 후	
	×50	×100	×50	×100
0 회 칠				
1 회 칠				
2 회 칠				

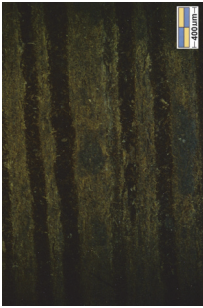
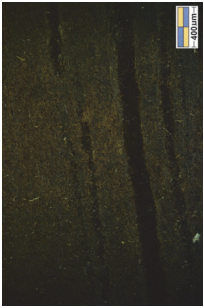
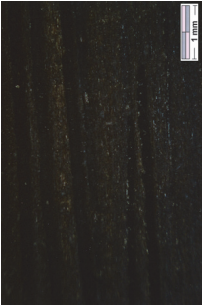
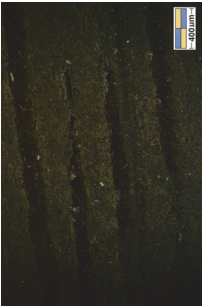
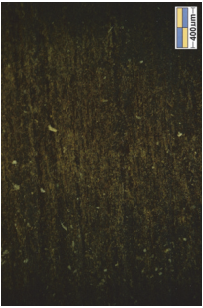
3 회 전				
4 회 전				
5 회 전				
6 회 전				

7 회 전				
8 회 전				
9 회 전				
10 회 전				

<표 21> 밤나무에 낙동 마감 처리한 표면의 열화 전·후 상태관찰

분류	열화 전		열화 후	
	×50	×100	×50	×100
0 회 칠				
1 회 칠				
2 회 칠				

3 회 전				
4 회 전				
5 회 전				
6 회 전				

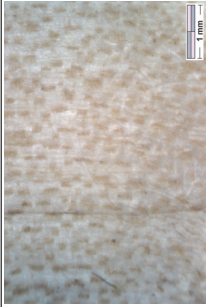
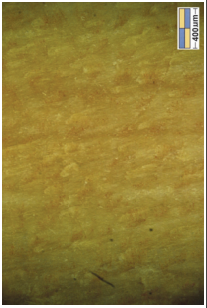
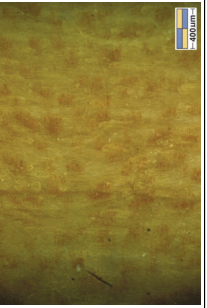
7 회 질				
8 회 질				
9 회 질				
10 회 질				

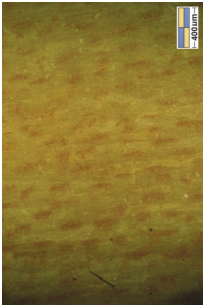
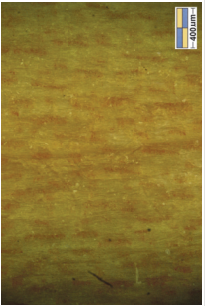
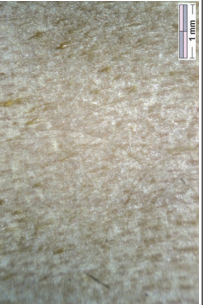
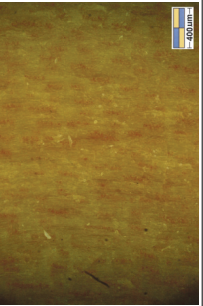
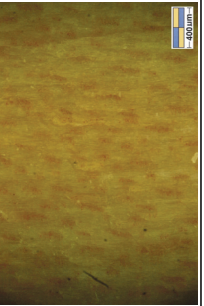
2.3. 알코올 바니시

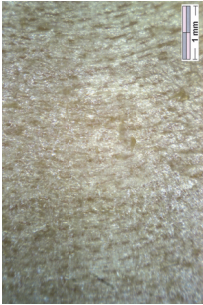
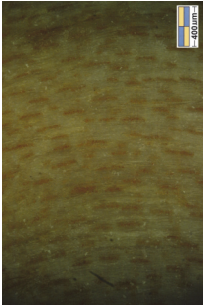
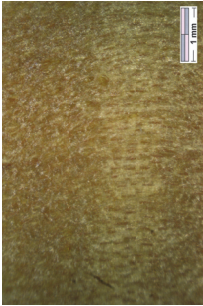
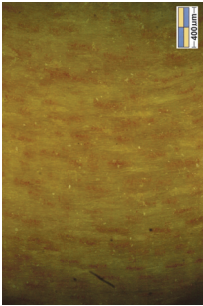
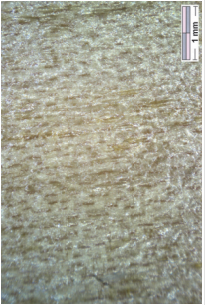
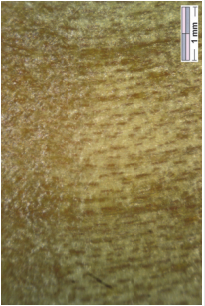
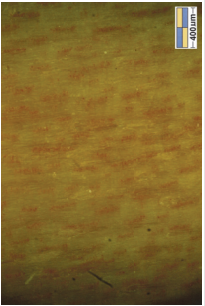
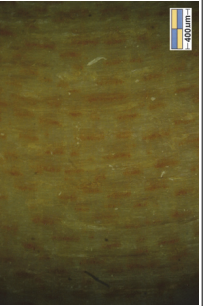
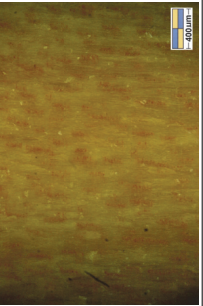
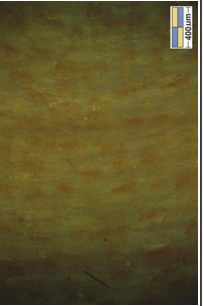
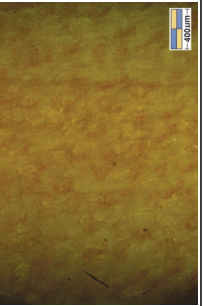
서양악기 시편 중 알코올 바니시를 0회에서 10회까지 칠을 반복하면서 단풍나무, 가문비 나무의 표면에 색 변화와 함께 불규칙적인 표면이 전체적으로 관찰되었다[표 22, 표 23]. 열화 전 50 배율로 단풍나무에 알코올 바니시 마감칠 한 목재 표면을 관찰한 결과, 단풍나무의 주요 특징인, 산 공재로 추정되는 갈색 점막이 많이 분포되고 있는 것을 확인할 수 있다. 알코올 바니시 칠을 반복함에 따라 갈색 점막은 감소되는 것을 확인할 수 있다. 100 배율에서 또한, 갈색 점막의 특징이 도드라지며, 알코올 바니시 도포 횟수가 증가할수록 누런색으로 변화하는 것을 확인할 수 있다. 열화 전 50 배율로 가문비나무에 알코올 바니시 마감칠 한 목재 표면을 관찰한 결과, 가문비나무의 섬유방향으로 나타나는 목재 결이 마감칠 도포 횟수 증가에 따라 선명해지는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 특징은 100 배율에서 또한 나타났다.

열화 후 50 배율로 단풍나무에 알코올 바니시 마감칠 한 목재 표면을 관찰한 결과, 열화 전에 나타났던 갈색 점막의 특징이 전체적으로 모든 알코올 바니시 도포 횟수 0회에서 10회에 나타났고, 상대적으로 불규칙적인 표면이 나타났다. 100 배율로 관찰 결과, 알코올 바니시 도포 횟수 증가에 따라 갈색 점막이 도드라지며, 갈색 점막이 붉은 기로 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 열화 후 50 배율로 가문비나무에 오일 바니시 마감칠 한 목재 표면을 관찰한 결과, 섬유 방향으로 나타나는 목재 결이 마감칠 도포 횟수 증가에 따라 선명해졌고, 100 배율에서 또한, 이와 같은 특징이 나타났다. 표면 색상은 전체적으로 붉은 색으로 변화하였다.

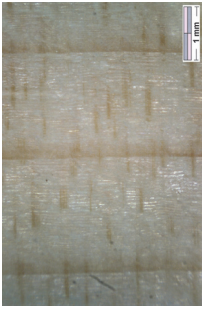
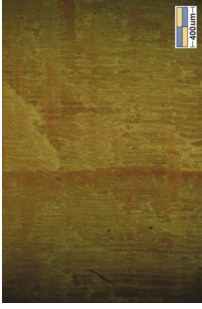
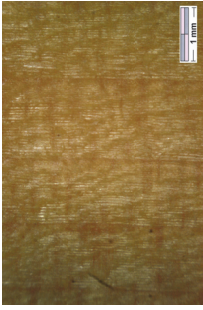
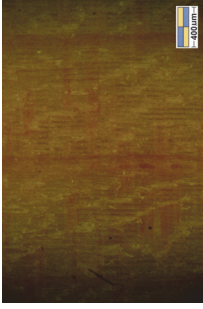
<표 22> 단풍나무에 도포한 알코올 바니시 표면의 열화 전·후 상태 관찰

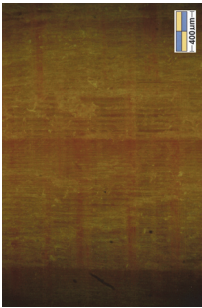
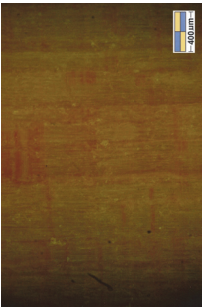
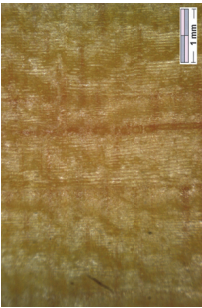
분류	열화 전		열화 후	
	×50	×100	×50	×100
0 회 칠				
1 회 칠				
2 회 칠				

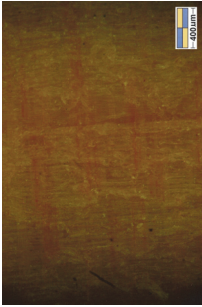
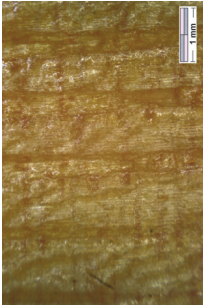
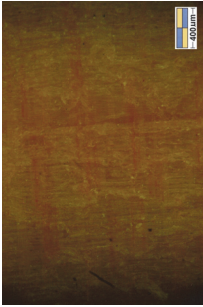
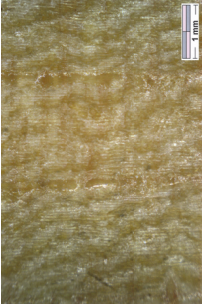
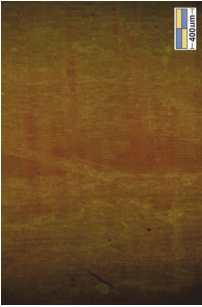
3 회 쥔				
4 회 쥔				
5 회 쥔				
6 회 쥔				

7 회 칠				
8 회 칠				
9 회 칠				
10 회 칠				

<표 23> 가문비나무에 도포한 알코올 바니시 표면의 열화 전·후 상태 관찰

분류	열화 전		열화 후	
	×50	×100	×50	×100
0 회 칠				
1 회 칠				
2 회 칠				

3 회 전				
4 회 전				
5 회 전				
6 회 전				

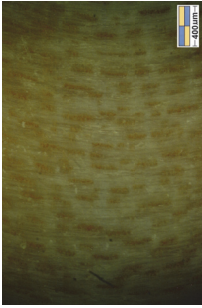
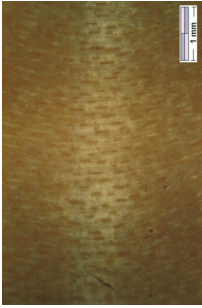
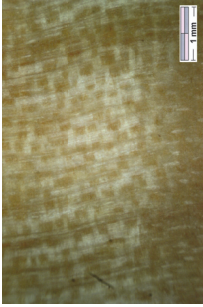
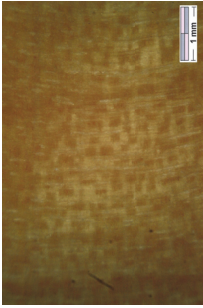
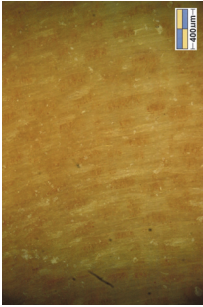
7 회 칠				
8 회 칠				
9 회 칠				
10 회 칠				

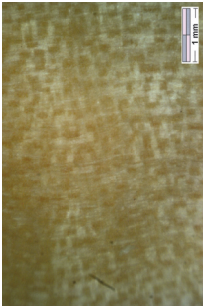
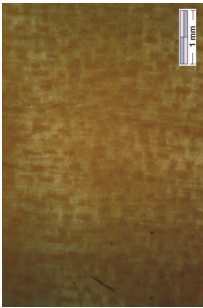
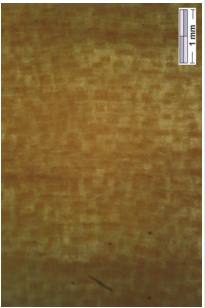
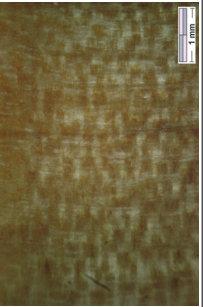
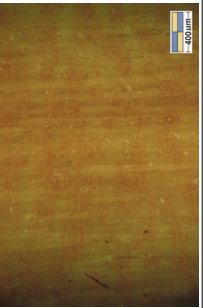
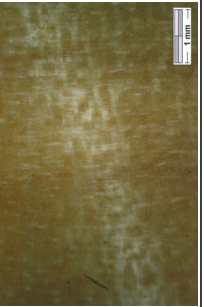
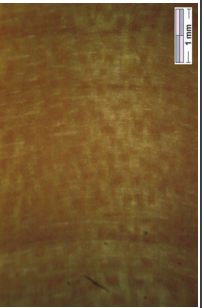
2.4. 오일 바니시

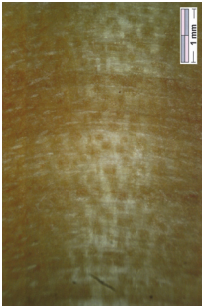
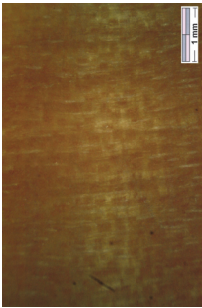
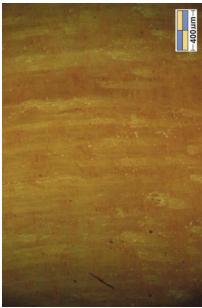
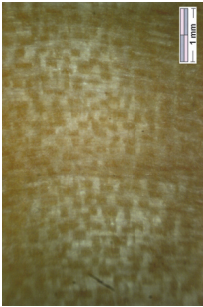
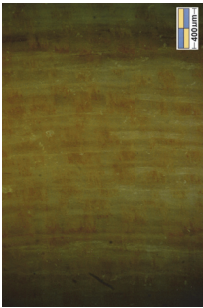
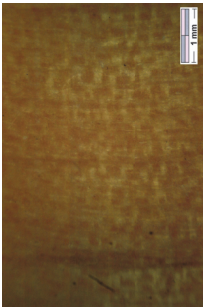
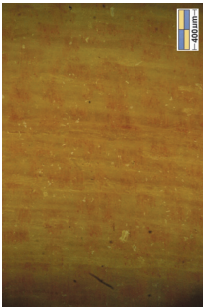
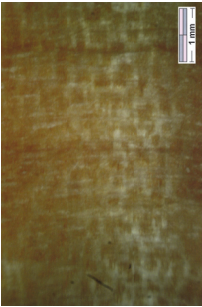
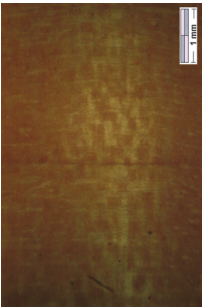
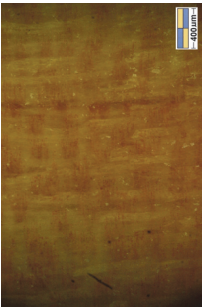
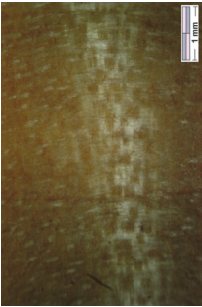
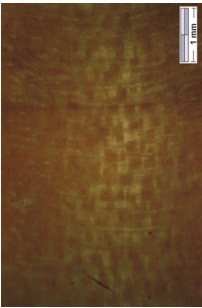
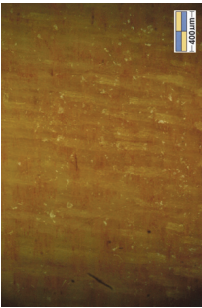
열화 전 50 배율로 단풍나무에 오일 바니시 마감칠 한 목재 표면을 관찰한 결과, 단풍나무의 주요 특징인, 산공재로 추정되는 갈색 점막이 도포 횟수가 적을수록 많이 분포되고 오일 바니시 칠을 반복함에 따라 갈색 점막은 감소되는 것을 확인할 수 있다 [표 24]. 10회 칠 진행 후에는 갈색 점막이 이 사라지고 다소 일정한 표면을 나타내었다. 100 배율에서 또한, 갈색 점막의 특징이 도포 횟수가 증가할수록 감소하였고 전체적인 색상이 붉게 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 열화 전 50 배율로 가문비나무에 오일 바니시 마감칠 한 목재 표면을 관찰한 결과, 가문비나무의 섬유방향으로 나타나는 목재 결이 마감칠 도포 횟수 증가에 따라 선명해지는 것을 확인할 수 있었다 [표 25]. 이와 같은 특징은 100 배율에서 또한 나타났다.

열화 후 50 배율로 단풍나무에 오일 바니시 마감칠 한 목재 표면을 관찰한 결과, 열화 전에 나타났던 갈색 점막의 특징이 전체적으로 도포 횟수 0회에서 10회에 따라 감소하고, 상대적으로 일정한 색상의 표면이 나타났다. 100 배율로 관찰 결과, 오일 바니시 도포 횟수 증가에 따라 갈색 점막이 감소하고, 갈색 점막이 붉은 기로 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 열화 후 50 배율로 가문비나무에 오일 바니시 마감칠 한 목재 표면을 관찰한 결과, 섬유 방향으로 나타나는 목재 결이 마감칠 도포 횟수 증가에 따라 선명해지는 것을 확인할 수 있었고, 100 배율에서도 이와 같은 특징이 나타났다. 또한, 전체적으로 붉은 색상으로 색 변화 발생하였다.

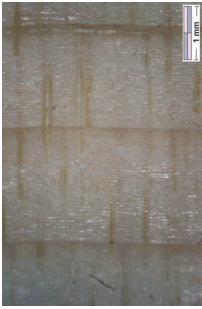
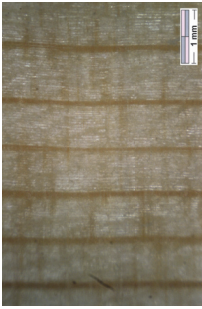
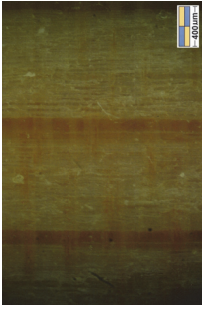
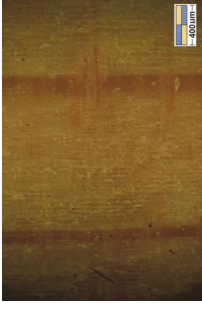
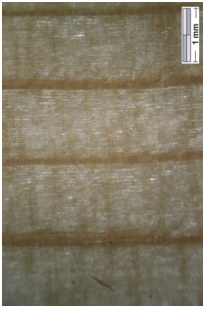
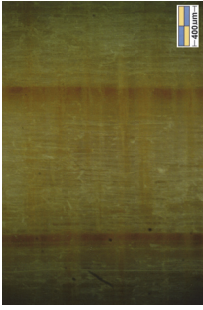
<표 24> 단풍나무에 도포한 오일 바니시 표면의 열화 전·후 상태 관찰

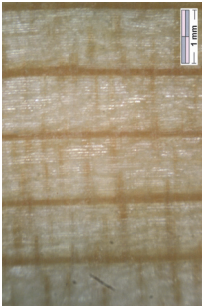
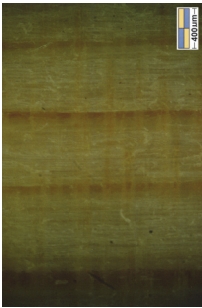
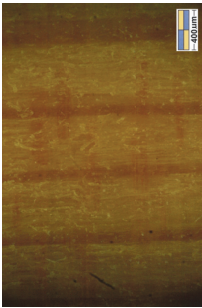
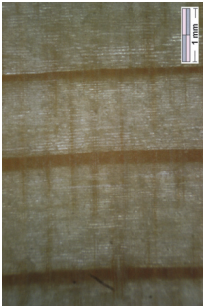
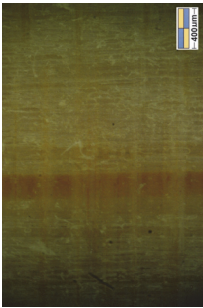
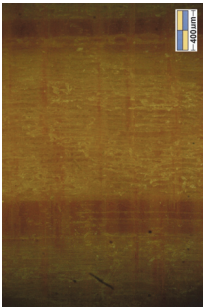
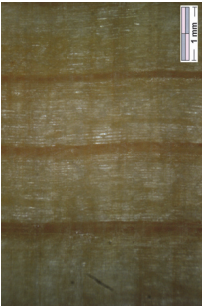
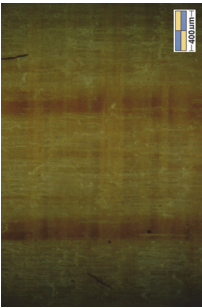
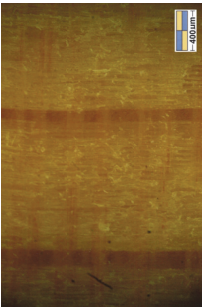
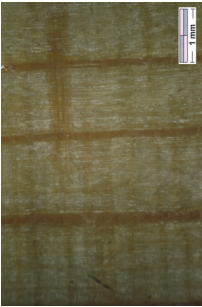
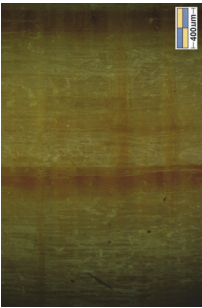
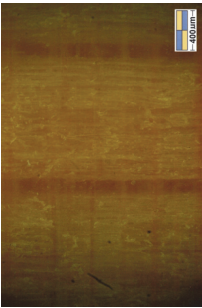
분류	열화 전		열화 후	
	×50	×100	×50	×100
0 회 칠				
1 회 칠				
2 회 칠				

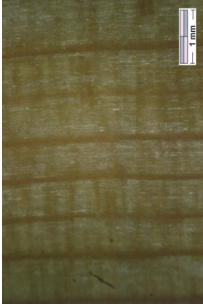
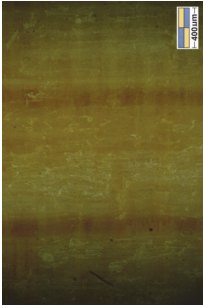
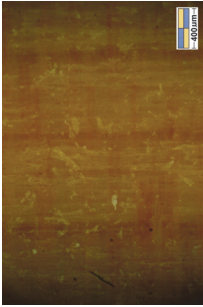
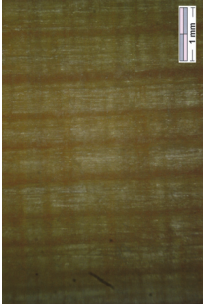
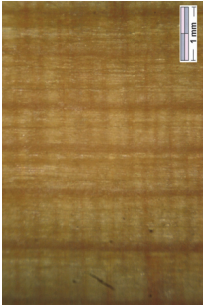
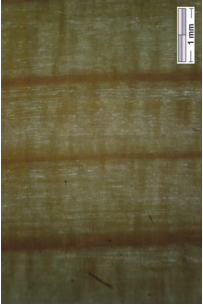
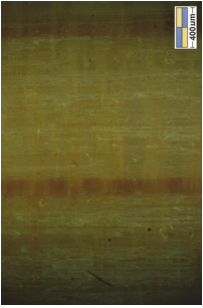
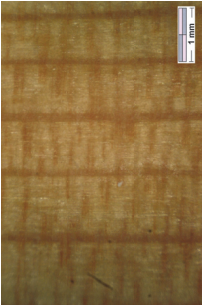
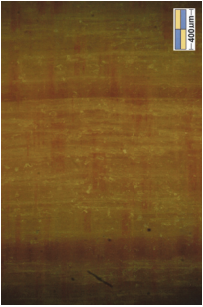
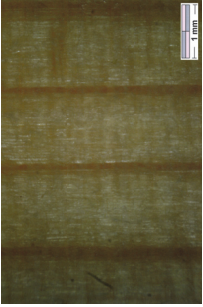
3 회 전				
4 회 전				
5 회 전				
6 회 전				

7 회 전				
8 회 전				
9 회 전				
10 회 전				

<표 25> 가문비나무에 도포한 오일 바니시 표면의 열화 전·후 상태 관찰

분류	열화 전		열화 후	
	×50	×100	×50	×100
0 회 칠				
1 회 칠				
2 회 칠				

3 회 전				
4 회 전				
5 회 전				
6 회 전				

7 회 전				
8 회 전				
9 회 전				
10 회 전				

3. 표면 색상변화

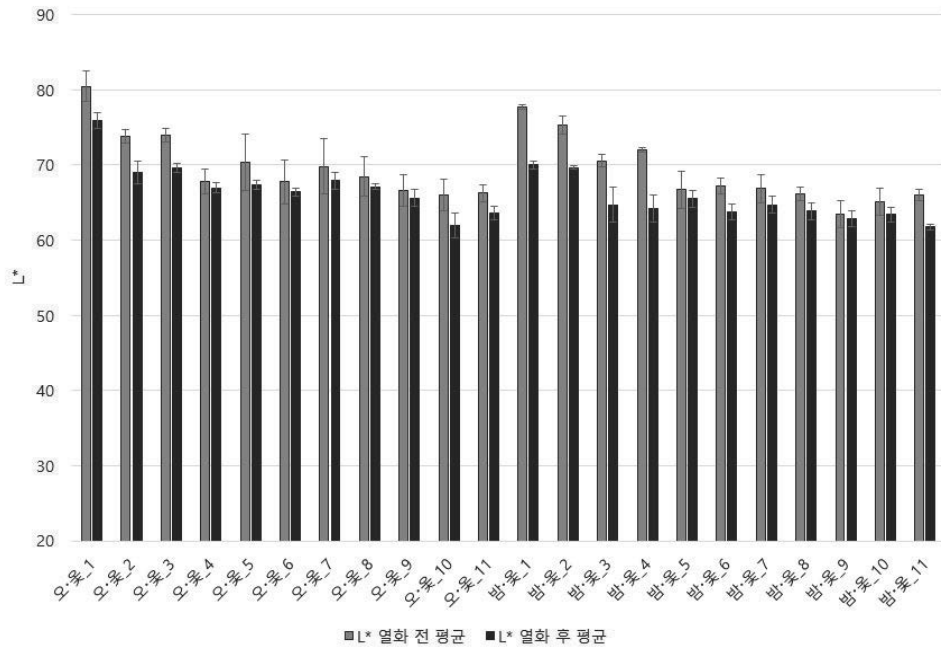
3.1. 옷칠 마감칠

옷칠 도포 횟수에 따라 오동나무와 밤나무 시편의 L^* 값이 감소하는 경향이 나타났다 [그림 10, 표 26, 표 27]. 오동나무에 도포한 옷칠 0회 칠과 10회 칠은 L^* 값은 약 14 차이가 나타나 밤나무에 도포한 옷칠은 0회 칠과 10회 칠은 L^* 값 약 12 차이가 나타났다.

서양악기에 사용된 알코올 바니시와 오일 바니시와 같이 옷칠을 도포한 시편의 a^* 값과 b^* 값은 미비하게 도포 횟수에 따라 값이 전체적으로 증가하였다 [그림 11, 표 28, 표 29]. 열화 전, 옷칠을 1회 도포한 오동나무 시편의 a^* 값은 5, b^* 값은 28, 10회 도포한 오동나무 시편의 a^* 값은 7, b^* 값은 36으로 나타났다. 옷칠을 1회 도포한 밤나무 시편의 a^* 값은 5, b^* 값은 27, 10회 도포한 가문비나무의 시편의 a^* 값은 6, b^* 값은 30으로 나타났다.

자외선 열화 후는 옷칠을 도포한 오동나무와 밤나무 시편에서 미비하지만 b^* 값이 전체적으로 증가하는 경향을 나타냈다. 옷칠을 1회 도포한 오동나무 시편의 a^* 값은 10, b^* 값은 38, 10회 칠을 도포한 오동나무 시편의 a^* 값은 12 b^* 값은 45로 나타났다. 열화 후, 밤나무를 1회 도포한 밤나무 시편의 a^* 값은 9, b^* 값은 36, 10회 도포한 밤나무의 시편의 a^* 값은 11, b^* 값은 42로 나타났다.

E 값은 상대적으로 오동나무와 밤나무에서 비슷한 값을 나타내었다. 오동나무 시편에서는 평균 ΔE 값 14, 밤나무 시편에서는 평균 ΔE 값 15이 확인되었다.



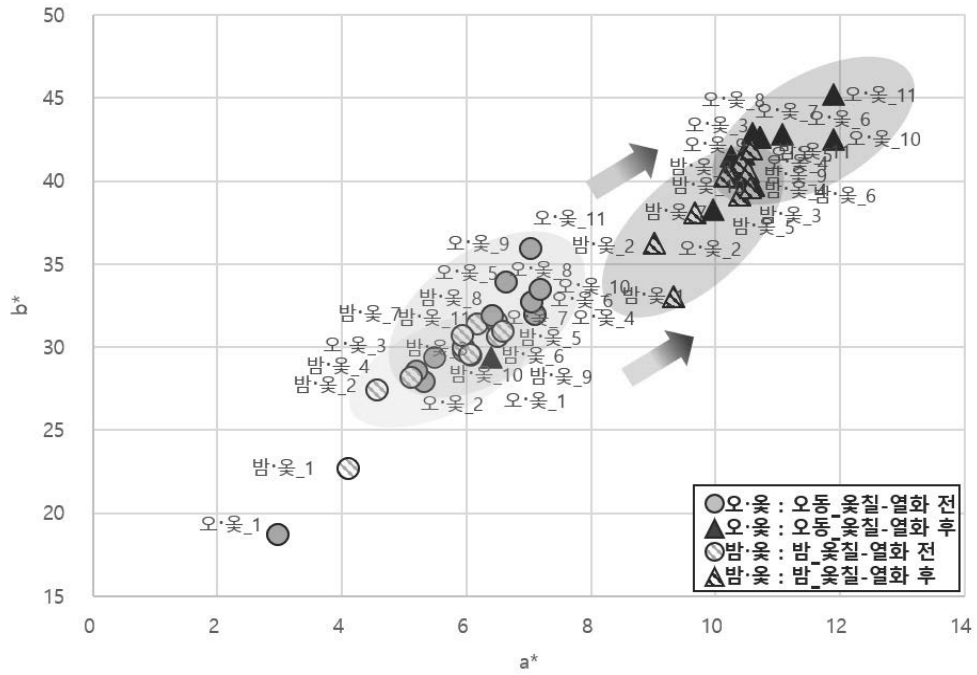
<그림 10> 오동나무와 밤나무에 옷칠 도포 후 표면의 열화 전·후 L^* 값.

〈표 26〉 오동나무에 옷칠 도포 후 표면의 열화 전·후 L^* 값과 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
열화 전	L^* 값	80	74	74	68	70	68	70	68	67	66	66
	표준편차	2	1	1	2	4	3	4	3	2	2	1
열화 후	L^* 값	76	69	70	67	67	66	68	67	66	62	64
	표준편차	1	2	1	1	1	1	1	0	1	2	1

〈표 27〉 밤나무에 옷칠 도포 후 표면의 열화 전·후 L^* 값과 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
열화 전	L^* 값	78	75	71	72	67	67	67	66	63	65	66
	표준편차	0	1	1	0	3	1	2	1	2	2	1
열화 후	L^* 값	70	70	65	64	66	64	65	64	63	63	62
	표준편차	1	0	2	2	1	1	1	1	1	1	0



<그림 11> 오동나무와 밤나무에 옷칠 도포 후 표면의 열화 전·후 a^* 값과 b^* 값 비교.

〈표 28〉 오동나무에 옷칠 도포 후 표면의 열화 전·후 a^* 값과 b^* 값 그리고 각각의 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
열 화 전	a 값	3	5	5	7	6	7	6	6	7	7	7
	a 표준편차	1	0	0	1	2	1	2	1	1	1	0
	b 값	19	28	29	32	31	33	32	32	34	33	36
	b 표준편차	1	1	1	2	2	1	3	0	1	2	1
열 화 후	a 값	6	10	10	10	10	11	11	11	10	12	12
	a 표준편차	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
	b 값	29	38	40	41	42	43	43	43	42	42	45
	b 표준편차	1	2	0	1	3	1	2	3	1	1	1

〈표 29〉 밤나무에 옷칠 도포 후 표면의 열화 전·후 a^* 값과 b^* 값 그리고 각각의 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
열 화 전	a 값	4	5	5	5	7	6	6	6	7	6	6
	a 표 준 편 차	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	b 값	23	27	29	28	31	30	30	29	31	30	31
	b 표 준 편 차	1	0	1	2	1	1	1	1	1	0	1
열 화 후	a 값	9	9	11	11	10	11	10	10	10	10	11
	a 표 준 편 차	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1
	b 값	33	36	40	41	39	40	38	40	41	40	42
	b 표 준 편 차	1	1	4	1	2	1	2	1	3	1	3

<표 30> 오동나무와 밤나무에 옷칠 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 색차 값 (ΔE)과 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
오 · 옷	ΔE	12	12	14	10	12	11	12	12	9	11	11
	표준편차	1	1	0	2	3	3	3	3	1	1	0
밤 · 옷	ΔE	14	11	13	16	9	11	9	12	11	12	13
	표준편차	0	1	3	2	2	0	1	0	2	1	2

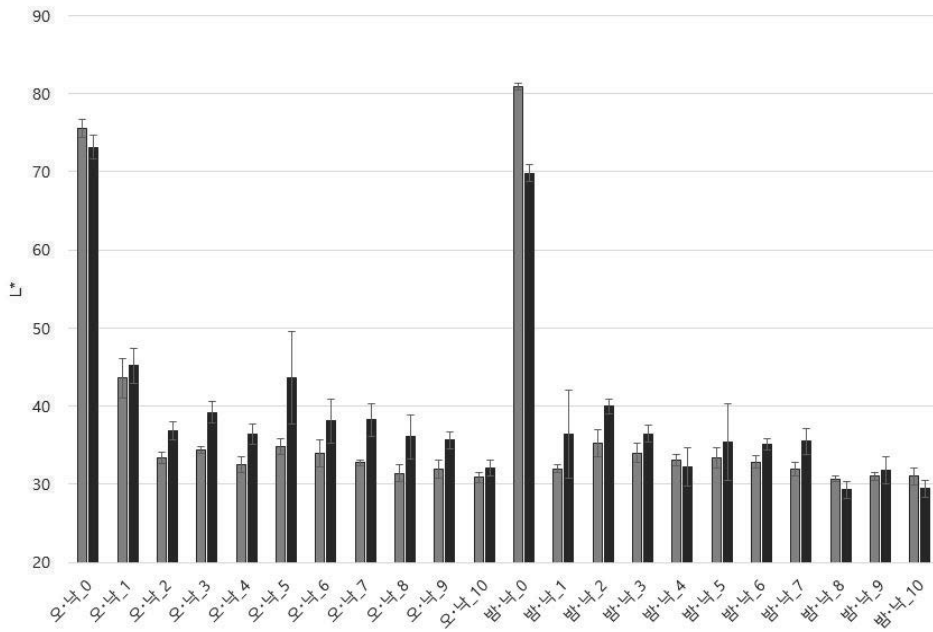
3.2. 낙동 마감처리

낙동 마감처리 직후 1회 칠부터 L^* 값이 30이었고, 이후 모든 오동나무와 밤나무 시편의 L^* 값이 감소하는 경향이 나타났다. 오동나무에 낙동 마감처리를 진행한 시편 0회 칠과 10회 칠은 L^* 값은 약 44 차이가 나타났고 밤나무에 도포한 낙동칠은 0회 칠과 10회 칠은 L^* 값 약 50 차이가 나타났다 [그림 12, 표 31, 표 32].

낙동 마감처리 횟수 증가에 따라서는 알코올 바니시, 오일 바니시, 옷칠과는 다른 경향성을 전체적으로 나타내었다 [그림 13, 표 33, 표 34]. a^* 값과 b^* 값은 전체적으로 감소하였다. 열화 전, 낙동 마감처리를 1회 진행한 오동나무 시편의 a^* 값은 6, b^* 값은 17, 10회 진행한 오동나무 시편의 a^* 값은 4, b^* 값은 14로 나타났다. 밤나무 시편에 낙동 마감처리를 1회 진행한 시편의 a^* 값은 5, b^* 값은 15, 10회 진행한 시편의 a^* 값은 5, b^* 값은 15로 확인되어 a^* 값과 b^* 값의 변화가 미비하다는 것을 확인할 수 있었다.

자외선 열화 후는 낙동 마감처리 한 오동나무와 밤나무 시편에서 미비하지만 a^* 값과 b^* 값이 전체적으로 감소하는 경향을 나타냈다. 오동나무에 낙동 마감처리를 진행한 1회 진행한 시편의 a^* 값은 5, b^* 값은 14, 10회 진행한 시편의 a^* 값은 4, b^* 값은 8로 나타났다. 열화 후, 밤나무에 낙동 마감처리를 1회 진행한 시편의 a^* 값은 5, b^* 값은 12, 10회 진행한 시편의 a^* 값은 3, b^* 값은 7로 나타났다.

E 값은 상대적으로 오동나무와 밤나무에서 비슷한 값이 확인되었다 [표 35]. 오동나무 시편에서는 평균 ΔE 값 7, 밤나무 시편에서는 평균 ΔE 값 6으로 확인되었다.



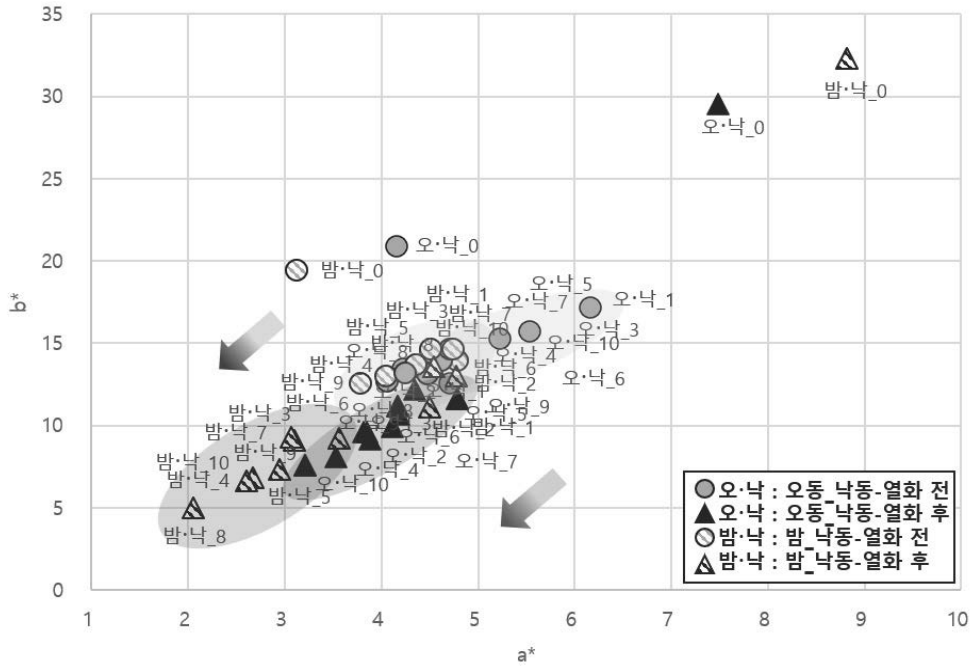
<그림 12> 오동나무와 밤나무에 낙동마감 처리 후 표면의 열화 전·후 L* 값.

〈표 31〉 오동나무에 낙동마감 처리 후 표면의 열화 전·후 L* 값과 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
열 화 전	L 값	75	44	33	34	33	35	34	33	31	32	31
	표 준 편 차	1	3	1	0	1	1	2	0	1	1	1
열 화 후	L 값	73	45	37	39	36	44	38	38	36	36	32
	표 준 편 차	2	2	1	1	1	6	3	2	3	1	1

〈표 32〉 밤나무에 낙동마감 처리 후 표면의 열화 전·후 L* 값과 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
열 화 전	L 값	81	32	35	34	33	33	33	32	31	31	31
	표 준 편 차	0	0	2	1	1	1	1	1	0	1	1
열 화 후	L 값	70	36	40	36	32	35	35	35	29	32	29
	표 준 편 차	1	6	1	1	2	5	1	2	1	2	1



<그림 13> 오동나무와 밤나무에 낙동마감 처리 후 표면의 열화 전·후 a^* 값과 b^* 값 비교.

〈표 33〉 오동나무에 낙동마감 처리 후 표면의 열화 전·후 a* 값과 b* 값 그리고 각각의 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
열 화 전	a 값	4	6	4	5	5	6	4	5	4	4	4
	a 표 준 편 차	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0
	b 값	21	17	13	15	14	16	13	14	13	13	14
	b 표 준 편 차	0	1	3	1	2	2	3	1	1	2	0
열 화 후	a 값	7	5	4	4	4	5	5	4	4	4	4
	a 표 준 편 차	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	b 값	30	14	10	11	9	13	11	11	10	10	8
	b 표 준 편 차	0	0	1	2	1	2	1	0	2	1	1

〈표 34〉 밤나무에 낙동마감 처리 후 표면의 열화 전·후 a^* 값과 b^* 값 그리고 각각의 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
열 화 전	a 값	3	5	5	5	4	4	4	5	4	4	5
	a 표 준 편 차	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	b 값	19	15	13	15	13	13	14	14	13	13	15
	b 표 준 편 차	1	1	1	1	1	3	2	2	1	1	0
열 화 후	a 값	9	5	4	3	3	3	4	3	2	3	3
	a 표 준 편 차	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0
	b 값	32	12	12	9	7	8	9	9	5	7	7
	b 표 준 편 차	1	5	2	1	1	4	1	2	2	1	1

<표 35> 오동나무와 밤나무에 낙동마감 처리 후 표면의 열화 전·후 색 차 값 (ΔE)과 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
오 · 낙	ΔE	10	4	4	6	6	9	5	6	6	5	6
	표준편차	0	1	2	2	1	5	3	2	2	1	1
밤 · 낙	ΔE	18	5	5	6	6	6	5	6	9	5	8
	표준편차	1	6	1	0	2	4	1	1	1	1	1

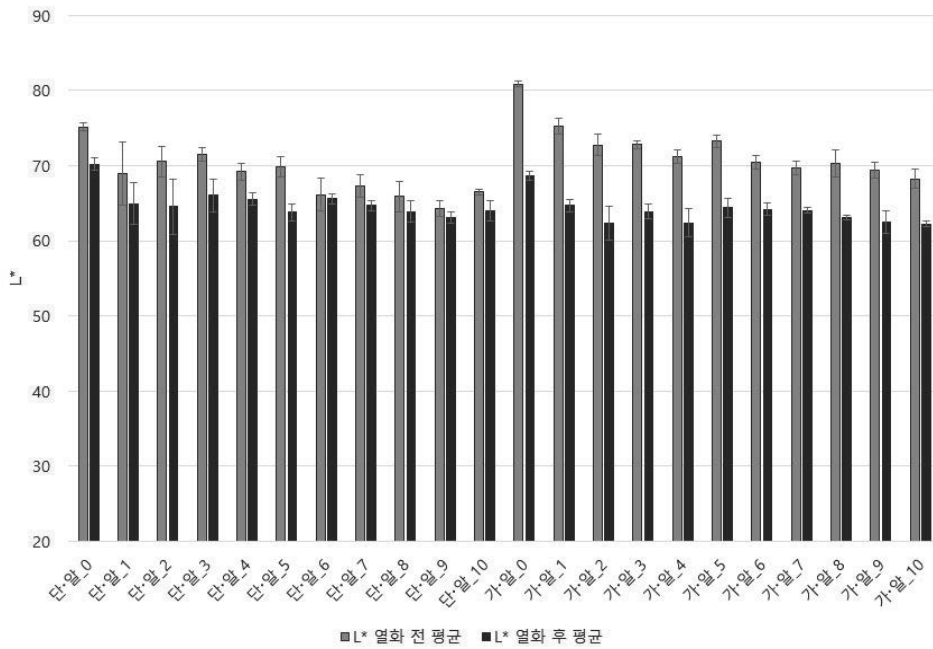
3.3. 알코올 바니시

알코올 바니시 도포 횟수에 따라 단풍나무와 가문비나무 시편의 L^* 값이 감소하는 경향이 나타났다 [그림 14, 표 36, 표 37]. 단풍나무에 도포한 0회 칠과 10회 칠은 L^* 값은(밝고 어두움) 약 8 차이가 났고, 가문비 나무 시편에 도포한 알코올 바니시 0회 칠과 10회 칠은 L^* 값 약 13 차이가 나타났다.

자외선 열화 전, 알코올 바니시 도포한 단풍나무 시편과 가문비 나무 시편은 알코올 바니시 도포 횟수에 따라서 a^* 값 (적색도)과 b^* 값 (황색도)의 값이 전체적으로 증가하는 경향이 나타났다 [그림 15, 표 38, 표 39]. 열화 전, 알코올 바니시를 1회 도포한 단풍나무 시편의 a^* 값은 8, b^* 값은 26, 10회 도포한 단풍나무 시편의 a^* 값은 11, b^* 값은 39가 나타났다. 열화 전, 알코올 바니시를 1회 도포한 가문비 나무 시편의 a^* 값은 11, b^* 값은 33, 10회 도포한 가문비나무의 시편의 a^* 값은 14, b^* 값은 44로 나타났다.

자외선 열화 후, 알코올 바니시를 도포한 단풍나무 시편은 전체적으로 a^* 값과 b^* 값이 증가하였고, 가문비나무 시편은 전체적으로 b^* 값 대비 a^* 값이 상대적으로 증가하였다. 열화 후, 알코올 바니시를 1회 도포한 단풍나무 시편의 a^* 값은 11, b^* 값은 33, 10회 칠을 도포한 단풍나무 시편의 a^* 값은 14, b^* 값은 44로 나타났다. 열화 후, 알코올 바니시를 1회 도포한 가문비 나무 시편의 a^* 값은 16, b^* 값은 39, 10회 도포한 가문비나무의 시편의 a^* 값은 18, b^* 값은 46으로 나타났다.

알코올 바니시를 도포한 ΔE 값은 상대적으로 가문비나무 시편이 단풍나무 시편 대비 높게 확인되었다 [표 40]. 가문비나무는 평균 ΔE 값 19, 단풍나무는 평균 ΔE 값 15로 확인되었다.



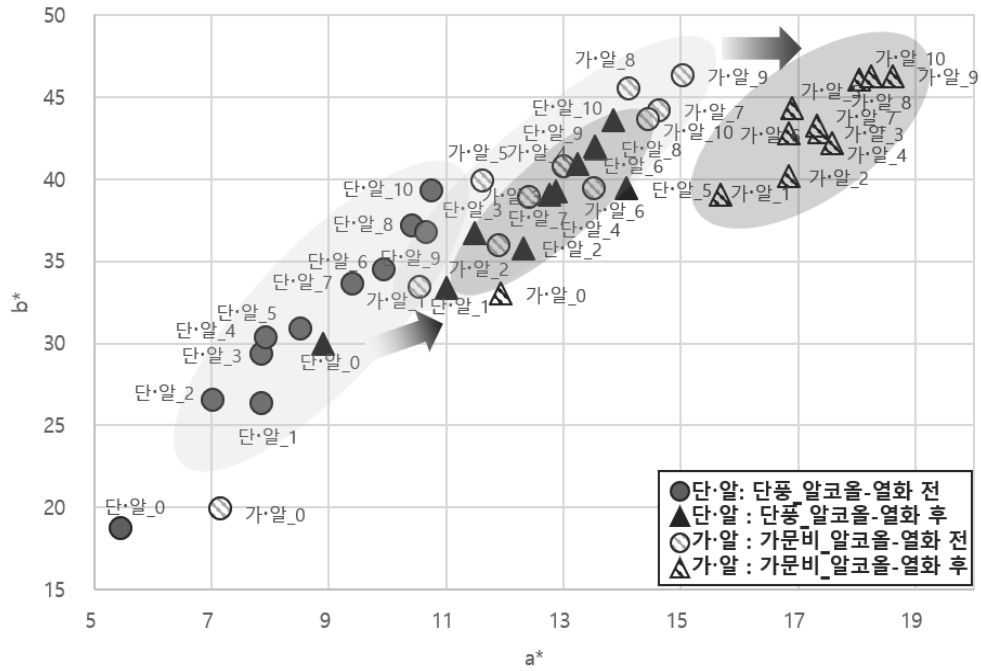
<그림 14> 단풍나무와 가문비나무에 알코올 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 L* 값.

〈표 36〉 단풍나무에 알코올 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 L* 값과 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
열 화 전	L 값	75	69	71	72	69	70	66	67	66	64	67
	표준편차	1	4	2	1	1	1	2	2	2	1	0
열 화 후	L 값	70	65	65	66	66	64	66	65	64	63	64
	표준편차	1	3	4	2	1	1	1	1	1	1	1

〈표 37〉 가문비나무에 알코올 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 L* 값과 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
열 화 전	L 값	81	75	73	73	71	73	70	70	70	69	68
	표준편차	0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
열 화 후	L 값	69	65	62	64	62	64	64	64	63	62	62
	표준편차	1	1	2	1	2	1	1	0	0	2	0



<그림 15> 단풍나무와 가문비나무에 알코올 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 a^* 값과 b^* 값 비교.

〈표 38〉 단풍나무에 알코올 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 a* 값과 b* 값 그리고 각각의 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
열 화 전	a 값	5	8	7	8	8	9	10	9	10	11	11
	a 표 준 편 차	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
	b 값	19	26	27	29	30	31	34	34	37	37	39
	b 표 준 편 차	1	2	1	1	0	1	2	1	1	2	0
열 화 후	a 값	9	11	12	12	13	14	13	13	14	14	14
	a 표 준 편 차	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
	b 값	30	33	36	37	39	39	41	39	42	42	44
	b 표 준 편 차	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1

〈표 39〉 가문비나무에 알코올 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 a* 값과 b* 값 그리고 각각의 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
열 화 전	a 값	7	11	12	12	13	12	14	15	14	15	14
	a 표 준 편 차	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
	b 값	20	33	36	39	41	40	39	44	45	46	44
	b 표 준 편 차	0	1	1	3	1	0	1	1	2	1	0
열 화 후	a 값	12	16	17	17	18	17	17	17	18	19	18
	a 표 준 편 차	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
	b 값	33	39	40	43	42	44	43	43	46	46	46
	b 표 준 편 차	1	0	1	2	2	1	1	1	2	2	1

〈표 40〉 단풍나무와 가문비나무에 알코올 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 색 차 값 (ΔE)과 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
단 · 알	ΔE	13	9	12	10	11	12	7	7	6	6	6
	표 준 편 차	1	2	2	1	0	1	2	1	1	2	1
가 · 알	ΔE	19	13	12	11	10	11	8	6	8	8	8
	표 준 편 차	0	1	1	1	2	1	0	1	1	1	2

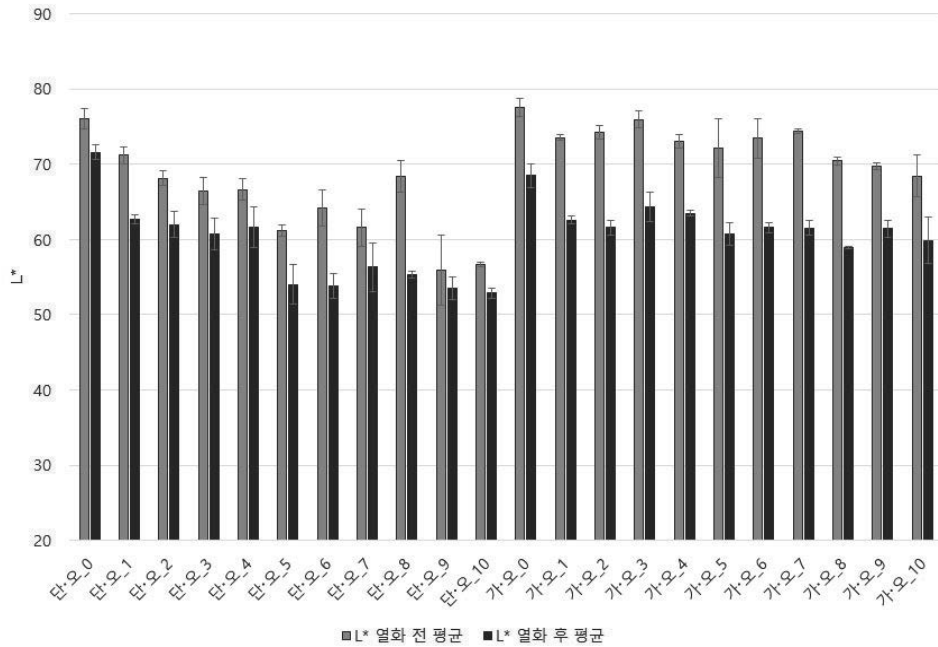
3.4. 오일 바니시

오일 바니시 도포 횟수에 따라 단풍나무와 가문비나무 시편의 L^* 값이 감소하는 경향이 나타났다 [그림 16, 표 41, 표 42]. 특히, 단풍나무에 도포한 0회 칠과 10회 칠은 L^* 값은 약 19 차이가 나타나 알코올 바니시 시편의 L^* 값 변화율 대비 변화가 크게 나타난 것으로 확인되었다. 가문비나무에 도포한 오일 바니시 시편에서는 0회 칠과 10회 칠은 L^* 값 약 10 차이가 나타났다.

자외선 열화 전, 오일 바니시 도포한 단풍나무 시편과 가문비 나무 시편은 오일 바니시 도포 횟수에 따라서 a^* 값 (적색도)과 b^* 값 (황색도)의 값이 전체적으로 증가하는 경향이 나타났다 [그림 17, 표 43, 표 44]. 이 중, b^* 값이 a^* 값 대비 오일 바니시 도포 횟수에 따른 변화가 크게 나타났다. 단풍나무 시편의 경우, 오일 바니시 0회 칠과 10회 칠의 a^* 값이 약 6 차이가 나타났다. 열화 전, 오일 바니시를 1회 도포한 단풍나무 시편의 a^* 값은 8, b^* 값은 29, 10회 도포한 단풍나무 시편의 a^* 값은 11, b^* 값은 33으로 나타났다. 오일 바니시를 1회 도포한 가문비 나무 시편의 a^* 값은 11, b^* 값은 33, 10회 도포한 가문비나무의 시편의 a^* 값은 14, b^* 값은 44로 나타났다.

자외선 열화 후에도 단풍나무와 가문비나무 시편 모두에서 a^* 값이 전체적으로 증가하였다. 오일 바니시를 1회 도포한 단풍나무 시편의 a^* 값은 15, b^* 값은 33, 10회 칠을 도포한 단풍나무 시편의 a^* 값은 18, b^* 값은 39로 나타났다. 열화 후, 알코올 바니시를 1회 도포한 가문비 나무 시편의 a^* 값은 16, b^* 값은 39, 10회 도포한 가문비나무의 시편의 a^* 값은 18, b^* 값은 41로 나타났다.

오일 바니시를 도포한 시편의 ΔE 값은 상대적으로 가문비나무 시편이 단풍나무 시편 대비 높게 확인되었다 [표 45]. 가문비나무는 평균 ΔE 값 20, 단풍나무는 평균 ΔE 값 18로 확인되었다.



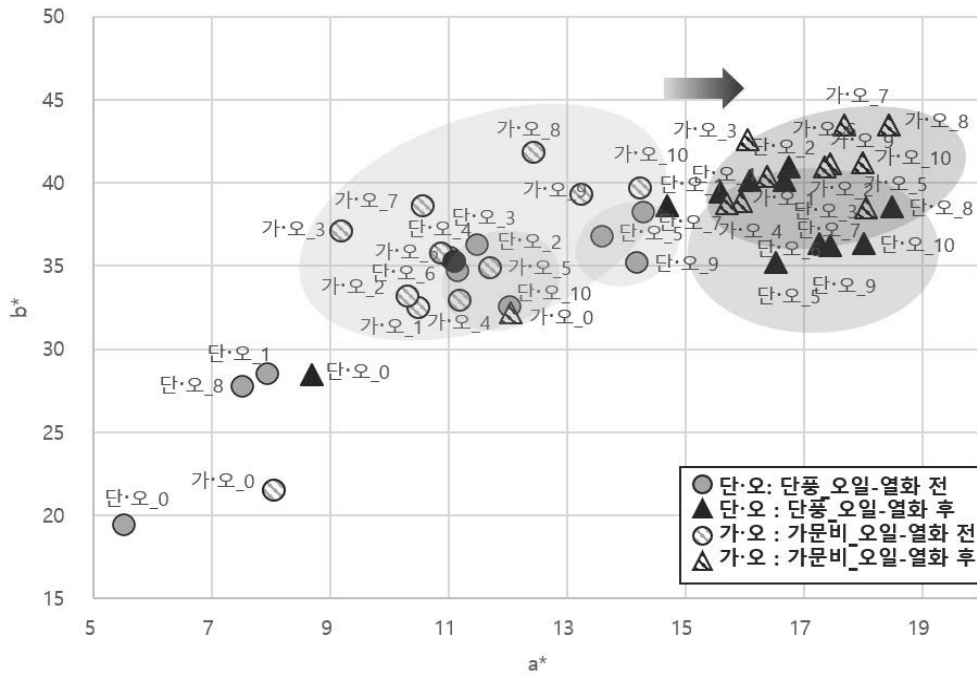
<그림 16> 단풍나무와 가문비나무에 오일 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 L* 값.

〈표 41〉 단풍나무에 오일 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 L* 값과 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
열화 전	L 값	76	71	68	66	67	61	64	62	68	56	57
	표준편차	1	1	1	2	1	1	2	2	2	5	0
열화 후	L 값	72	63	62	61	62	54	54	56	55	53	53
	표준편차	1	1	2	2	3	3	2	3	0	1	1

〈표 42〉 가문비나무에 오일 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 L* 값과 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
열화 전	L 값	78	74	74	76	73	72	73	74	70	70	68
	표준편차	1	0	1	1	1	4	3	0	1	0	3
열화 후	L 값	68	63	62	64	63	61	62	61	59	61	60
	표준편차	2	1	1	2	0	1	1	1	0	1	3



<그림 17> 단풍나무와 가문비나무에 오일 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 a^* 값과 b^* 값 비교.

〈표 43〉 단풍나무에 오일 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 a 값과 b 값 그리고 각각의 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
열 화 전	a 값	6	8	11	11	11	14	11	14	8	14	12
	a 표준편차	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	b 값	19	29	36	36	36	37	35	38	28	35	33
	b 표준편차	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	3
열 화 후	a 값	9	15	16	16	16	17	17	18	18	17	18
	a 표준편차	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1
	b 값	28	39	40	40	39	35	36	38	39	36	36
	b 표준편차	1	1	1	1	2	3	1	3	0	1	1

〈표 44〉 가문비나무에 오일 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 a 값과 b 값 그리고 각각의 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
열 화 전	a 값	8	11	10	9	11	12	11	11	12	13	14
	a 표준편차	0	0	1	1	1	2	2	0	1	0	2
	b 값	22	33	33	37	33	35	35	39	42	39	40
	b 표준편차	0	0	2	2	1	4	1	1	3	1	2
열 화 후	a 값	12	16	17	16	16	17	17	18	18	17	18
	a 표준편차	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1
	b 값	32	39	40	43	39	41	41	43	43	41	41
	b 표준편차	1	0	1	1	0	0	2	1	1	2	2

<표 45> 단풍나무와 가문비나무에 오일 바니시로 도포 후 표면의 열화 전·후 색 차 값 (ΔE)과 표준편차

분류		칠 도포 횟 수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
단 · 오	ΔE	10	15	9	9	8	8	12	6	20	4	8
	표 준 편 차	0	1	2	1	1	2	1	2	2	4	2
가 · 오	ΔE	15	14	16	15	12	14	14	16	13	9	9
	표 준 편 차	1	0	1	1	1	4	3	1	2	1	1

IV. 고찰 및 결론

마감칠은 악기의 색을 선명하게 나타낼 뿐만 아니라 악기의 울림에 영향을 주며, 악기 연주에 따른 스크래치, 보관 환경에 따른 변화를 최소화할 수 있도록 보호하는 역할을 한다. 전통 현악기에는 가야금, 거문고, 해금 등이 있고, 오동나무와 밤나무를 주로 사용하며, 낙동법과 옷칠을 사용하여 마감칠을 진행한다. 서양 현악기인 바이올린, 비올라, 첼로에는 단풍나무와 가문비나무를 주로 사용하고, 바니시 제조 재료에 따라 알코올 바니시, 오일 바니시로 분류되는 마감 재료를 사용한다. 따라서 본 연구에서는 동서양의 대표적 마감칠 방법으로 사용되고 있는 낙동법, 옷칠, 알코올 바니시, 오일 바니시 네 가지를 재현하였고, 0회에서 10회의 마감칠 횟수에 따른 변화와 함께 자외선 열화에 따라 표면에 나타나는 특성 변화를 확인하고자 하였다.

밀도의 경우, 동양악기 재현 시편인 밤나무를 사용한 시편은 전체적으로 오동나무를 사용한 시편과 대비했을 때, 상대적 밀도 증가율이 높았다. 자외선 열화 후에는 옷칠을 사용한 시편과 대비했을 때, 낙동마감 처리를 한 시편의 밀도 변화가 높게 발생하였다. 이는 목재 수종에 따라 밀도 변화에 영향을 주었을 것으로 추정된다. 자외선 열화 처리 후 밀도 변화에서 눈에 띄는 점은, 나무 수종이나 처리 기법에 관계없이 대체로 밀도가 높아지는 경향을 보여주는 반면 밤나무의 경우 낙동 처리 횟수가 증가함에 따라 밀도가 낮아진다는 것이다.

알코올과 오일 바니시의 칠 횟수를 증가시켜도 전후 차이 비교 결과 밀도에서는 크게 변화가 나타나지 않았다. 자외선 열화 후에는 그 변화가 나타났다. 알코올 바니시 시편의 밀도는 전반적으로 낮아졌고, 오일 바니시 시편의 밀도 값은 증가하는 경향이 비례적인 상관도를 통해 확인되었다.

알코올 바니시, 오일 바니시 재현 후, 0회에서 10회까지 마감 칠 횟수를 증가할수록 육안과 현미경에 색 변화가 뚜렷하게 나타났다. 이에 대한 변화를 색차 값으로 측정한 결과, ΔE 값이 가문비나무 시편, 단풍나무 시편 모두에서 평균 ΔE 15 이상의 값이 나타났다. Wojciech Mokrzycki와 Maciej Tatol (2011)에 의하면, ΔE 값이 5 이상의 값을 나타내면 육안으로 보았을 때 차이가 나타나는 값이라 정의한다. 이 연구 결과의 지표 값으로 비교해 보았을 때, 알코올, 오일 바니시에 따라 마감칠을 진행한 시

편의 색상변화가 크다는 것을 확인할 수 있다. 또한, 옷칠 도포 횟수에 따라서 오동나무와 밤나무 시편의 ΔE 값이 약 평균 15의 값이 나타났다. 이와 같은 결과 또한, 마감칠 횟수 증가에 따라 육안으로 확인하였을 때 명확한 색 변화 차이가 나타난다고 정의할 수 있다 (Wojciech Mokrzycki·Maciej Tatol 2011). 낙동 마감처리에 따라서는 L^* 값의 변화가 1회 칠부터 가장 크게 나타났는데, 이는 낙동 처리된 목재 표면을 태우는 과정으로 탄화된 표면이 어두운 색상을 띠어서 나타나는 현상으로 볼 수 있다. 낙동법과 비슷하게 상업적 목적으로 사용되는 목재건조 과정에서도 100℃ 이상의 밀폐된 공간에서 열과 수증기를 이용하여 건조 작업을 하고 있으며, 이에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다 (Tekat Dwi Cahyono 외 2020, Yoon-Seong Chang 외 2019). 목재를 건조하는 과정에서 색상변화 중 L^* 값의 변화가 크게 나타나는 것으로 확인하였다는 연구 결과가 보고된 바 있다 (Liu Xin You 외 2016). 또한, 다른 마감 칠과 다르게, 자외선 열화 후 a^* 값과 b^* 값이 감소하는 경향이 나타나 흥미로운 결과를 나타냈다. 이는 다른 목재와 다르게 건조된 오동나무를 자외선 열화 시 나타나는 결과로 다른 연구논문에서도 비슷한 색상변화 결과를 보고한 바 있다 (Liu Xin You 외 2016).

전반적으로, 동양악기 재현 시편과 서양 현악기 재현 시편에 사용된 마감칠 시편은 시편의 밀도 변화와 표면의 색 변화가 상대적으로 뚜렷하게 발생하였다. 이에 따라, 현악기를 제작하는 과정에서는 대체로 마감 처리를 하면 색상도 선명해지고 밀도도 커지는 장점이 있지만, 나무 수종에 따라 마감 처리를 많이 할수록 밀도가 낮아지는 경우도 있다는 점을 고려할 필요가 있을 것이다. 박물관, 미술관에 보관된 동양악기와 서양악기를 관리함에 있어서도 자외선 열화 결과를 바탕으로 악기를 제작하는데 사용된 목재의 특징과 마감 처리 종류에 따라 밀도나 색상의 변화가 다르다는 점을 고려하여 관리할 필요가 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- 김지은, 유지아, 정용재, Py-GC/MS 분석법을 이용한 첨가물 혼합 옷칠 접착제의 정성분석, 보존과학회지, Vol.33 no.1, pp. 51-59, (2017).
- 김수철, 이광희, 강형태, 신성필, 한민수, 과학적 분석방법을 이용한 무령왕릉 목관재의 옷칠 기법 연구, 보존과학회지, Vol.26 no.3, pp. 247-258, (2010).
- 국립국악원, 2013 국악기 연구보고서, 2013.
- 국립국악원, 2012 국악기 연구보고, 2012.
- 도춘호, 이태녕, 고려팔만대장경 경판의 옷칠, 보존과학회지, Vol.8 no.1, pp. 33-39, (1999).
- 박종서, Michael R. Schilling, Herant Khanjian, Arlen Heginbotham, 자외선 열화 전후 건조 옷의 용매별 용출 특성, 보존과학회지, Vol.36 no.2, pp. 103-111, (2020).
- 배만실, 한국 목가구의 전통양식, 초판, 한국문화연구원 한국문화총서 24, 이화여자대학교 출판부. 서울. 1988.
- 안선아, 김은경, 장성윤, 옷과 옷에 아교를 배합한 천연접착제의 자외선에 의한 노화 특성 연구, 보존과학회지, Vol.32 no.4, pp. 501-510, (2016).
- 야나기다 마스조 , 아다치 세이지 , 다카노 사요코 , 기쿠타 히로시 , 도쿠히로 이치로 , 니시구치 이소하루, 와카쓰키 나오토, 야마다 마사시, 오사카 나오토시, 악기구조 교과서, 보누스 출판, 2018
- 이선주, 오카다 후미오, 나전대모칠기에 나타나는 칠도막의 특성, 보존과학회지, Vol.32 no.2, pp. 109-121, (2016).
- 이채훈, 류승환, 정용재, 마찌니 조반니 파올로 더블베이스의 마감층 재현 연구, 박물관보존과학 제 20, 93-106. 2018.
- 이해연, 순창 윤림리 농소고분 출토 목관 칠 분석을 통한 제작방법 연구, 보존과학회지, Vol.33 no.5, pp. 355-362, (2017).
- 임지영, 오카다 후미오, 김혜 대성동 88호분 출토 칠도막 분석, 보존과학회지, Vol.34 no.1, pp. 51-57, (2018).
- 조훈상, 낙동법을 활용한 가구디자인 연구, 홍익대학교 산업미술대학원, 석사학위논문. 2005.
- 최공호, 국악 현악기 제작과 재료의 변용, 국원논문집 제 17집. 2008.
- 최석찬, 김선덕, 이용희, 고수린, 함승웅, 조선시대 칠도막 분석연구, 보존과학회지, Vol.27 no.4, pp. 371-380, (2011).
- Catherine Coueignoux and Shayane Rivers, Conservation of Photodegraded Asian Lacquer Surfaces: Four Case Studies, Journal of American Institute

for Conservation, Vol. 54(1): 14–28, (2015).

- Chaehoon Lee, Hwanhee Jung, Yongjae Chung, Functional Characteristics of Nakdong Technique Treated on Paulownia Wood Surface, *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 49(1): 82–92, (2021).
- Claudia Invernizzi, Giacomo Fiocco, Magdalena Iwanicka, Magdalena Kowalska, Piotr Targowski, Bernhard Blümich, Christian Rehorn, Valeria Gabrielli, Danilo Bersani, Maurizio Licchelli, Marco Malagodi, Non-Invasive Mobile Technology to Study the Stratigraphy of Ancient Cremonese Violins: OCT, NMR-MOUSE, XRF and Reflection FT-IR Spectroscopy. *Microchem. J.*, 155, (2020).
- Deborah Lee, Numbers, Instruments and Hands: The Impact of Faceted Analytical Theory on Classifying Music Ensembles, *Knowledge Organization* 44: 405–15, (2017).
- Frade J.C., Riberio M.L., Graça J., Rodrigues J. Applying pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry to the identification of oriental lacquers: Study of two lacquered shields. *Anal. Bioanal. Chem*, 395:2167 - 2174, (2009).
- Frederick Lau, *Music in China: Experiencing Music, Expressing Culture*, Oxford university press Inc. New York. (2008).
- Giacomo Fiocco, Tommaso Rovetta, Marco Malagodi, Maurizio Licchelli, Monica Gulmini, Gabriele Lanzafame, Franco Zanini, Alessandro Lo Giudice, Alessandro Re, Synchrotron Radiation Micro-Computed Tomography for the Investigation of Finishing Treatments in Historical Bowed String Instruments: Issues and Perspectives. *Eur. Phys. J. Plus*, 133: 525, (2018).
- Giacomo Fiocco, Claudia Invernizzi, Tommaso Rovetta, Michela Albano, Marco Malagodi, Patrizia Davit, Monica Gulmini, Surfing through the Coating System of Historic Bowed Instruments: A Spectroscopic Perspective. *Spectrosc. Eur.*, 19, (2021).
- Henry M. Johnson, A Survey of Present-day Japanese Concepts and Classifications of Musical Instruments, *Musicology Australia* 19(1): 16–39, (1996).
- Hye Hyun Yu, Jung-Ah Lim, Seung Wook Ham, Kang-Bong Lee, and Yeonhee Lee, Quantitative Analysis of Blended Asian Lacquers Using ToF - SIMS, Py - GC/MS and HPLC, *Polymers (Basel)*. 13(1): 97, (2021).

- Ji Ae Song, Ah-reum Jeong, Hyeok-nam Kwon, Woo-rim Han, Hyun-sang Lee, Conservation of the Lacquer Artifacts Excavated from Suchon ri, Gongju, Korea, The Korean Society of Conservation Science for Cultural Heritage, Vol.34 no.6, pp. 549-556, (2018).
- Le Hô A.S., Duhamel C., Daher C., Gurlet L.B., Paris C., Regert M., Sablier M., André G., Desroches J.P., Dumas P. Alteration of Asian lacquer: In-depth insight using a physico-chemical multiscale approach. *Analyst*. 138:5685 - 5696, (2013).
- Liu Xin You, Maria Cristina Timar, Anca Maria Varodi, Song Lin Yi, Effects of Ageing on the Color and Surface Chemistry of Paulownia Wood (*P. elongata*) from Fast Growing Crops, *Bioresources* 11(4), (2016).
- Margaret Kartomi, The classification of Musical Instruments: Changing Trends in Research from the Late Nineteenth Century, with Special Reference to the 1990s, *Ethnomusicology Journal of the Society for Ethnomusicology* 45(2): 284-214, (2001).
- Michela Albano, Daniela Comelli, Giacomo Fiocco, Marco Mattonai, Jeannette Jacqueline Lucejko, Luca Zoia, Maria Perla Colombini, Marco Malagodi, Chemical Modification of Wood Induced by the Traditional Making Procedures of Bowed String Musical Instruments: The Effect of Alkaline Treatments. *Herit. Sci.* 10(76), (2022).
- Niimura N., Iijima Y., Miyakoshi T. Hardening process and surface structure of lacquer films studied by x-ray photoelectron spectroscopy. *Surf. Interface Anal.* 24:237 - 242, (1996).
- Takahashi S., Sung M., Honda T., Lu R., Jung J., Miyakoshi T. Analysis of Japanese Jōmon period red lacquerwares by pyrolysis gas chromatography/mass spectrometry. *J. Archaeol. Sci. Rep.* 18:85 - 89, (2018).
- Tekat Dwi Cahyono, Wayan Darmawan, Trisna Priadi, Apri Heri Iswanto, Flexural Properties of Heat-Treatment Samama (*Anthocephalus macrophyllus*) Wood Impregnated by Boron and Methyl Metacrylate, *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 48(1): 76-85, (2020).
- Tsukagoshi M., Kitahara Y., Takahashi S., Fujii T. Pyrolysis analysis of Japanese lacquer films: Direct probe-Li⁺ ion attachment mass spectrometry versus pyrolysis/gas chromatography/mass spectrometry. *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 95:156 - 163, (2015).
- Wang N., Liu J., He L., Zhou T., Rong B., Wang L., Zhao X.

Characterization of Chinese lacquer in historical artwork by on-line methylation pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry. *Anal. Lett.* 47:2488 - 2507, (2014).

- Wojciech Mokrzycki, Maciej Tatol, Color difference Delta E - A survey, *Machine Graphics and Vision* 20(4): 384-411, (2011).
- Yoon-Seong Chang, Yeonjung Han, Chang-Deuk Eom, Sangjin Chun, Hwanmyeong Yeo, Hygroscopic Property of Heat Treated Yellow Poplar (*Liriodendron tulipifera*) Wood, *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 47(6): 761-769, (2019).
- Xin You Liu, Maria Cristina Timar, Anca Maria Varodi and Song Lin Yi, Ageing of paulownia wood, *BioResources* 11(4), 9400-9420, (2016).

<부록-1>

부록 제목: 목재에 사용되는 밀도 측정 법

- 목재의 밀도

목재에서의 밀도는 목재가 수분을 포함하는 목재의 무게로 보통 단위 부피당 질량의 계산법으로 측정할 수 있다.

$$\text{밀도}(\rho, density) = \frac{\text{질량}}{\text{길이} \times \text{폭} \times \text{높이}} (g/mm^3)$$

<부록-2>

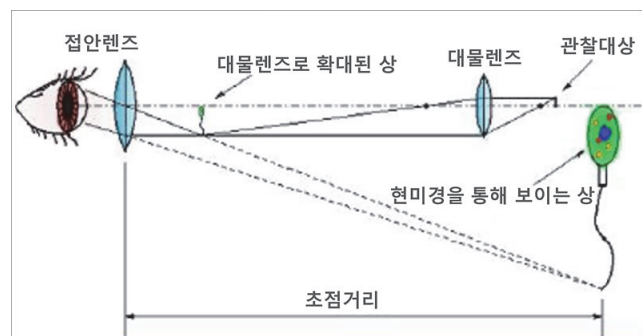
부록 제목: 현미경의 원리와 현미경 사용법

• 현미경

문화재 보존과학 분야에서 현미경은 재질에 따른 문화재 관찰 시, 그 구조와 기능에 대한 것을 보다 실질적으로 관찰하고 손상부위를 자세히 관찰하기 위한 도구이다.

특히, 손상된 문화재에 대해 보존처리를 하기 위해서는 그 문화재를 이해하는 것이 중요한데, 문화재의 재질이 목재, 금속, 섬유, 석재 등에 대한 이해와 함께 온도, 습도, 조명, 공기질 등 보존환경에 따라 문화재의 손상이 어떻게 발생하였고 그 양상이 어떻게 나타났는지 파악하는 것이 중요하다. 그리고 그 양상은 보존환경, 보관환경, 재질의 특성에 따라 각자 다르게 나타난다. 이에 따라, 현재 다양한 형태의 현미경이 사용되고 있는데, 광학적 원리에 따라 관찰하는 광학현미경, 자외선 광원으로 재질 내의 형광물질을 관찰하는 형광 현미경, 표본의 입체적인 이미지를 관찰하기 위한 실체현미경, 접안렌즈가 아닌 디지털 카메라를 사용하는 현미경, 전자 빔으로 주사하여 표본을 상을 얻는 전자현미경의 한 종류인 주사전자현미경 등 그 종류가 다양하다. 현미경은 문화재 보존 연구의 내용에 따라 다양한 목적과 그 목적에 맞는 형태가 사용되고 있다.

현미경 중 광학 현미경의 기본 원리를 살펴보면,
볼록렌즈인 대물렌즈가 관찰하고자 하는 물체를 확대하고, 접안렌즈를 통해 초점을 해 물체를 관찰한다.



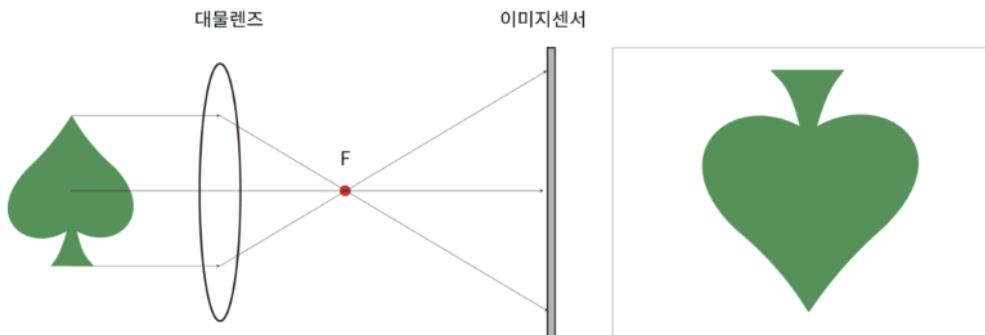
▲ 광학 현미경의 기본 원리

- 디지털 현미경

디지털 현미경은 광학 현미경의 원리와 디지털 카메라를 함께 사용하는 현미경이다. 디지털 현미경을 사용함으로써 나타나는 장점으로는 광학 현미경과 카메라를 접목 시킴으로써 측정과 저장이 쉬우며, 카메라의 성능과 고급 시스템에 따라서 좋은 퀄리티의 이미지를 얻을 수 있고, 이에 대한 이미지 저장이 쉽고, 현미경 조작이 광학 현미경 대비 쉽고 빠르다. 이에 따라 현재 보존과학 분야에서는 휴대용 디지털을 많이 활용하고 있으며, 크기가 큰 문화재나 외부에 설치된 문화재를 관찰할 때 많이 활용되고 있다.

디지털 현미경의 원리를 살펴보면,

디지털 현미경에는 광학현미경과 같이 같은 접안렌즈가 없다. 접안렌즈에 해당하는 역할은 이미지 센서가 담당하고 있다. 이에 따라 저장된 이미지는 픽셀, 화소로 저장된다. 휴대용 디지털 현미경의 경우, 작동거리에 따라서도 이미지가 다르게 관찰될 수 있기 때문에 이에 대한 불편함이 발생할 수 있으며, 이에 따른 조작에 주의를 기울여야한다.



▲ 디지털 현미경의 기본 원리

디지털 현미경의 장점으로,

- 휴대용 디지털 현미경의 경우 휴대하기 편리하다.
- 조작이 광학 현미경 대비 쉽고 빠르다.
- 이미지를 저장하는 것이 쉽고 빠르다.

디지털 현미경의 단점으로는,

- 휴대용 디지털 현미경의 경우, 렌즈조작에 한계가 나타날 수 있다.
- 휴대용 디지털 현미경의 경우, 시편과 현미경의 작동 거리에 따라 이미지가 변화가 나타날 수 있어, 현미경 조작에 불편함이 있다.
- 높은 배율의 이미지를 위해서는 휴대용 렌즈를 따로 구입해야 할 수 있다.



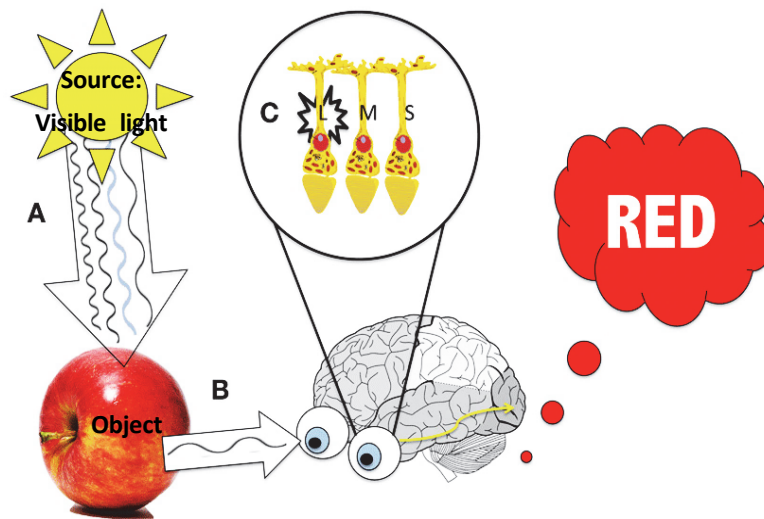
▲ 본 연구에서 사용한 실체 현미경

<부록-3>

부록 제목: 분광측색계 원리와 사용법

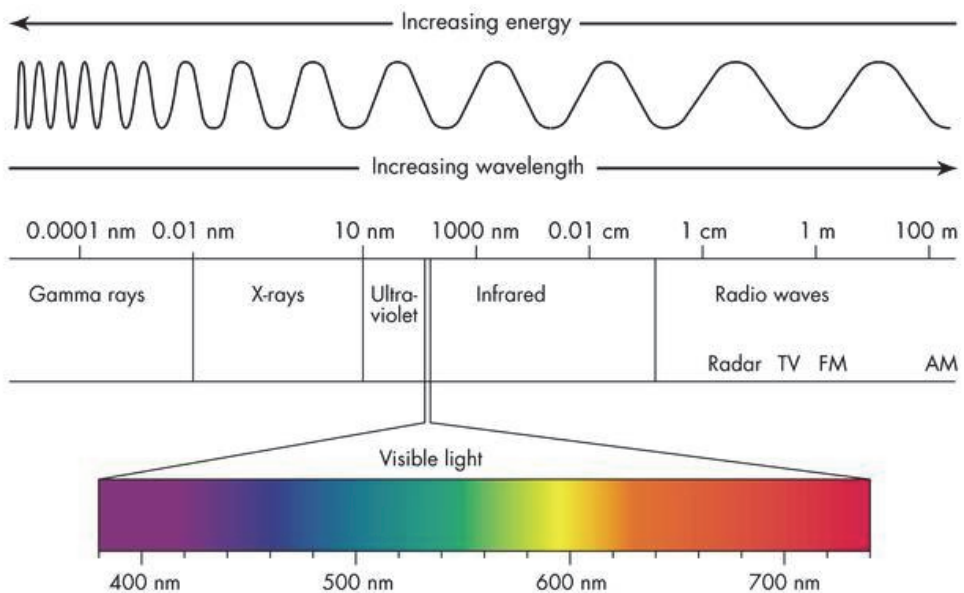
- 색의 원리

인간은 특정 파장을 색으로 받아들인다. 예를 들어, 빛에 의해 반사가 발생한다면 (A), 반사된 파장은 눈으로 들어오고 (B), 뇌에서 그 정보를 받아들여 빨간색이라는 것을 인지한다 (C). 그리고 세 가지 색이 일반적으로 빛의 3원색으로 불려지고 있다. 그러므로 인간은 색을 지각할 수 있는 이 3원색이 빛에 의해서 발생하고 대응한 감각센서인 인간의 눈으로 받아들여지게 된다.



▲ 색의 발생과 감각센서

전자기파 영역에서 인간은 파장 400 nm에서 700 nm의 가시광선을 인지할 수 있다. 그리고 이 가시광선 영역이 시각적 인지가 가능한 구간이고 보통 빨, 주, 노, 초, 파, 남, 보로 불리고 있다. 이 중 에너지가 낮고 긴 파장대는 빨간색 구간이고 에너지가 높고 짧은 파장대는 보라색 구간이다. 이에 따른 예시로는 무지개, 프리즘에 따라 나타나는 분광색 등이 있다.



▲ 색의 파장 스펙트럼

- 분광측색계

이에 따른 원리로 정보를 측정할 수 있도록 만든 기기로 분광기가 있다. 분광기는 빛에 따른 정보로 발광체인 광원으로 인해 빛의 파장 분포 정보를 파악한다. 그리고 그 성질에 따라 물질 특유 정보를 알아낼 수가 있다.

이와 비슷한 원리로 빛을 측정하는 기기로는 색도계 및 분광 측색계가 있다. 색도계는 보통 인간의 눈과 유사한 감도로 색을 측정하지만, 분광 측색계는 필터 대신 분광센서로 받아들여지는 감도를 측정하는 것으로 나타난다. 그리고 사용되는 필터의 감도, 필터가 분포하고 있는 정도와 방식, 센서의 구조와 구도에 따라서 정밀도가 달라진다.

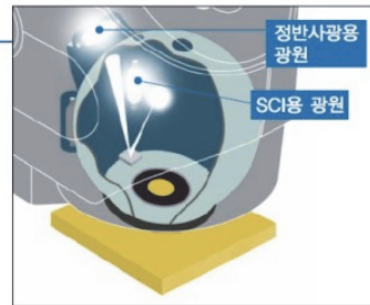
JIS/ISO/DIN/CIE/ASTM에 준한 d-8(확산조명8 수평)방식

누메리컬 그로스 컨트롤

불과 1.5초에 SCI와 SCE 동시측정을 완료하고 아래와 같이 SCI/SCE 데이터를 액정에 표시합니다. 종래의 SCI/SCE 전환식처럼 빈번한 기계식전환이 불필요하므로 작업효율이 향상됩니다. 또한 전환시 측정 영역을 벗어나는 일도 없으므로 안정된 측정데이터를 얻을 수 있습니다. 이 누메리컬 그로스 컨트롤을 이용하여 상대 그로스값도 표시할 수 있습니다.



- SCI는 정반사광을 포함하는 방식으로 시료의 표면상태의 영향이 적은 측정이 가능하며 색재료의 배합비 관리나 CCM에 적합합니다.
- SCE는 정반사광을 제거하는 방식으로 육안에 가까운 측정결과를 얻을 수 있습니다.

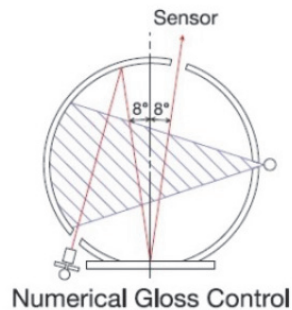
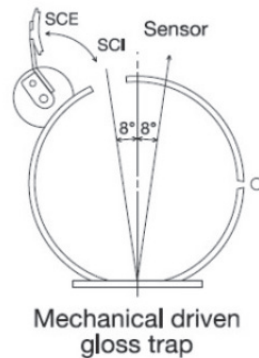
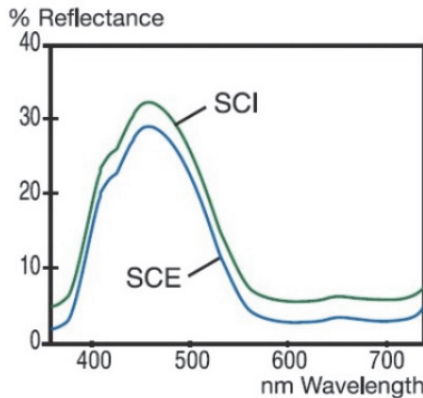


▲ 분광측색계 (그림 첨부: 누메리컬 그로스 컨트롤 장비 설명부분 캡처)

보존과학에서는 분광측색계와 색도계 사용 시, 물체에 따라 SCI 모드와 SCE 모드를 따른다. SCI (specular component included)는 정반사광을 포함하는 값으로 빛이 물체 표면에 입사가 되어 같은 각도로 반사되는 정반사를 포함하는 값이라고 정의할 수 있다. 반대로, SCE (specular component excluded)는 정반사광 제거 값으로, 정반사가 되지 않고, 산란되어 여러방향으로 반사되는 확산반사광을 포함하는 값이라고 정의할 수 있다. 이에 따라 문화재 재질에 따라서 SCI 값 또는 SCE 값을 사용한다. 보통 광택이 있는 금속 유물, 매끈한 대리석 등의 유물 표면색을 측정할 때 SCI 값을 사용하고, 지류, 직물, 목재, 석재 등의 유물 표면색을 측정할 때 SCE 값을 사용한다.

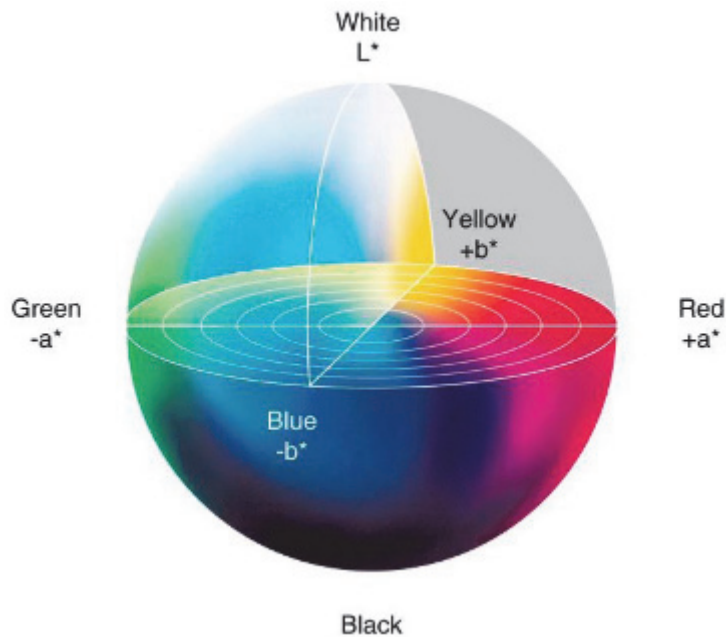
Instead of using a mechanically driven gloss trap, the CM-3600d is equipped with a patented numerical Gloss (SCI/SCE) control system. By sequentially firing two flashes, within a few seconds the system provides both SCI and SCE values for each sample.

SCI specular component included
SCE.....specular component excluded



▲ SCI와 SCE 값 (그림 첨부: CM-3600d 장비 내부 설명부분 캡처)

분광측색계로 측정된 색은 CIE(국제조명위원회)에서 정의한 CIELAB 표준 색 공간으로 보통 정의되고 있다. CIE LAB 색 공간에서 L^* 값은 밝기를 나타낸다. L^* 값이 0에 가까울수록 검은색이고 100에 가까울수록 흰색을 나타낸다. a^* 값이 음수 값을 나타내면 초록에 가까운 색상이며 양수 값을 나타내면 빨강색과 보라색에 가까운 색상을 나타낸다. b^* 값이 음수 값을 나타내면 파랑색에 가까운 색상이고 양수에 가까운 값을 나타내면 노란색에 가까운 색상이다.



▲ CIELAB 색 공간 (그림 첨부: CIELAB 색 공간 wikipedia 캡처)

동서양 악기의 마감칠 횟수 비교 및 자외선 환경에 따른 특성변화 연구

류 승 환

慶州大學校 大學院

문화재학과

지도교수 도진영

(초록)

전통 국악기와 서양악기의 제작 과정을 보면 재료뿐만 아니라 칠을 포함한 마감 기법에도 차이를 보여준다. 특히, 국악기의 사(絲) 부와 서양악기의 현명악기(chordophone)는 목재로 이루어진 악기 몸통에 다양한 마감 칠을 한다. 자외선 열화에 영향을 받아 악기 표면에 때때로 마감 칠의 들뜸이나 갈라짐이 발생한다. 이에 따라 본 연구에서는 국악기와 서양악기에 자주 사용되는 목재 수종 중 오동나무, 밤나무, 단풍나무, 그리고 가문비나무를 사용하여 옷, 낙동, 알코올 바니시, 오일 바니시를 각각 0회에서 10회까지 마감 처리한 후 자외선 열화에 따른 특성 변화를 연구하였다.

동양악기 재현 시편의 경우, 옷칠에 비해 낙동 처리한 시편에 밀도 변화가 크게 나타났다. 서양악기 재현 시편의 경우, 알코올 바니시 시편의 밀도는 전반적으로 낮아졌고, 오일 바니시 시편의 밀도는 증가하는 경향을 보여주었다.

마감 처리 횟수를 증가시킴에 따라 옷칠 시편에서는 광택이 균일하게 발생하였다. 가문비나무에 마감칠 처리한 오일 바니시의 시편은 자외선 열화 후 밀도가 증가하였다. 자외선 열화 후 모든 시편의 적색도와 황색

도가 증가하였다. 결론적으로, 악기를 제작하는 경우와 악기가 전시되고 있는 박물관, 전시관에서는 악기를 관리하는데 있어서 주기적인 모니터링을 할 때 이번 논문의 결과를 참고할 수 있을 것으로 사료된다.

A Study on the Comparison of Finishing Number of Eastern and Western Musical Instruments and the Characteristic Change according to the Ultraviolet Environment

Yoo Seung Hwan

Department of Culture Assets
The Graduate School
Gyeongju University

Supervised by Professor Do, Jin Young

(Abstract)

Looking at the production process of traditional Korean and Western musical instruments, it shows differences not only in materials but also in finishing treatments including coating. In particular, the Korean traditional string instruments and the chordophone of the Western instruments have various finishes on the body of wooden instruments. However, influenced by ultraviolet deterioration, sometimes the surface of the instrument is lifted or cracked. Accordingly, this paper studied the changes in characteristics caused by ultraviolet deterioration after finishing lacquer, Nakdong, alcohol varnish, and oil varnish from 0 to 10 times using paulownia, chestnut, maple, and spruce among wood trees frequently used in Korean and Western musical instruments.

In the case of the Korean instrument reproduction specimen, the density change was greater in the Nakdong treated specimen than in lacquer. In the case of the Western instrument reproduction specimen, the density of the alcohol varnish specimen generally decreased, and the density of the oil varnish specimen tended to increase.

As the number of finishing treatments was increased, gloss was uniformly generated in the lacquer specimens. The specimen of oil varnish finished on spruce trees increased in density after ultraviolet deterioration.

In addition, the redness and yellowness of all specimens increased after ultraviolet deterioration. In conclusion, it is believed that the results of this paper can be referred to when producing musical instruments and when periodically monitoring the management of musical instruments in museums and exhibition halls where musical instruments are displayed.