

국내 목조문화재의 방염현장과 그 대책에 대한 소고

손 연 수*

1. 머릿말

본 글은 1986년 12월에 발생한 충남 금산사의 화재사건을 계기로 문화공보부 문화재관리국으로부터 조사연구를 의뢰받은, 국내의古건축전문인, 방재전문인들로 구성된 연구조사단의 일원으로 필자도 동참하여 현지답사를 통해 고찰한 바를 토대로 작성한 것이다.

서구의 그리스 또는 로마등의 문화재건축물들은 주로 석조물인 반면에 국내의 것들은 거의 대부분 가연성의 목조 건물이란 점에서 세월의 흐름에 따른 자연노후화에 대비한 과학적 보존대책외에도 화재로부터의 철저한 안전대책까지 항구적으로 강구하지 않으면 아니된다는 점에서 볼 때, 그 방화안전대책을 위해서는 목조 구조물에 대한 방염이 최우선적으로 고려되지 않으면 아니될 것으로 생각된다.

따라서 본 글에서는 목조 문화재에 대한 방염과 관련하여 방염이란 무엇인지와, 문화재 방염의 중요성, 국내 문화재 방염처리 현황과 문제점, 그리고 방염처리대책등이 순차적으로 기술될 것이다.

2. 방염의 개념

(1) 방염의 뜻

「방염이란 어떤 가연성 물질을 화학적 또는 물리적으로 처리하여 보통환경조건에서 불꽃연소가 일어나지 않게 하는 것」을 의미하며 「난연」

또는 「불연」과는 다소 다른 의미를 갖는다. 「난연」이란 말은 일반 가연성 물질보다 상대적으로 느린 경우에 사용되는 정성적인 용어이며 「불연」이란 보통환경조건에서 불꽃연소와 불꽃없는 연소가 모두 일어나지 않는 경우를 지칭하여 쓸 수 있는 용어이다. 일반적으로 연소란 빠른 기체상(氣體上) 또는 고체상의 발열산화반응을 총칭하는데 이 연소에는 빛을 내며 빠른 속도로 공간에 퍼져나가는 소위 「불꽃연소」와 불꽃을 내지 않고 연소하는 「작열연소」(殘燼 GLOWING) 등 크게 두가지로 구분된다. 우리가 화재측면에서 보면 물론 불꽃연소가 불꽃없는 연소보다 중요하므로 방염과 불연의 뜻이 비슷하지 않은가 하고 생각할지 모르지만 실제 대상물의 연소성에 있어서는 큰 차이가 있음을 알아야 한다. 즉 불연재료는 대개 금속이나 무기물로 구성된 재료로서 보통 가공상태에서는 고온(800~1000℃)에서도 잘 타지않는 재료를 의미하지만, 방염재료란 일반적으로 유기물과 같은 가연성 재료를 화학적으로 또는 물리적으로 처리하여 불꽃연소가 일어나지 않게한 것이므로 약한 연소조건에서는 난연효과가 있으나 고온 기타 가혹한 연소조건에서는 일반 가연성 물질과 연소성에 있어서 큰 차이가 없다. 즉 방염재료는 전기, 촛불, 성냥불 또는 소량의 유류나 가스에 의한 착화단계 및 화재초기에는 매우 효과적이지만 다량의 유류나 가스등에 의하여 착화되었거나 화재성수기와 같이 주위환경의 온도가 고온일 경우에는 방염재료의 효과를 기대하기 곤란하다. 그러나 우리생활 주변에서 일어나는 화재의 원인을 살

* 정회원 KAIST 화학연구부장 · 이학박사

퍼보면 대량유류나 가스의 폭발에 의한 사고는 극소수이고 전기, 담배, 촛불, 난로등 사소한 화인에 의하여 화재가 발생하는 경우가 대부분이므로 가능하면 우리생활 주변의 가연성 물질을 방염처리하여 사용하는 것이 화재예방에 아주 긴요함을 알 수 있다.

(2) 방염처리 대상 및 방법

그러면 실제로 어떤 대상물에 방염처리를 어떻게 하고 있는가?

이미 앞에서 언급되었듯이 금속이나 무기물로 구성된 무기재료, 즉 금속판넬이나 석고보드등과 같이 본래 연소성이 적은 난연 및 불연재료는 물론 방염처리가 필요없으나 연소성이 큰 목재류나 섬유 및 플라스틱류와 같이 가연성 재료들은 모두 방염처리 대상이 된다. 그러나 우리생활에서 사용되는 모든 목재류와 섬유 및 플라스틱류를 방염처리한다는 것은 기술적으로나 경제성으로 보아 불가능하며 또 실제로 그럴 필요가 없으므로 각 나라에서는 방화 측면에서 불때 꼭 필요하다고 인정되는 대상물만을 방염처리하도록 법으로 규정해 놓고 있다. 구미선진국과 일본의 경우를 보면 방염처리를 요구하는 대상물로 건축내장재외에도 일반문화재, 차량, 항공기등의 각종 수송체의 내장재, 각종 전기, 전자제품의 가연성 부품, 그리고 어린이들의 내의류등 광범위하게 규정하고 있다. 우리나라의 경우 5층 이상의 고층건물과 극장, 호텔, 병원등 특수 장소의 내장재인 합판, 섬유판, 카페트, 커텐과 그리고 침구류등이 방염처리 대상으로 소방법에 구성되어 있으나 문화재의 방염사항은 아직 소방법에 규정되어 있지 않고 있다. 상술된 방염처리 대상물을 재료별로 보면 목재류와 섬유류, 플라스틱류등 크게 세가지로 구분되는데 방염처리 방법은 처리대상의 종류에 따라서도 다르지만 처리 대상물의 재료에 따라 크게 달라진다. 방염 대상물을 방염화하는 방법으로 물리적인 가공방법도 가능하나 방염효과면에 있어서나 경제적으로나 화학적 처리방법에 미치지 못하므로 대부분 화학적 처리방법이 이용되고 있다. 화학적 처리방법이란 방염대상물을 방염효과가 우수한 약품으로 처리하는 것을 말하며 이러한 화학약품

을 防炎劑라 부른다. 현재 가장 널리 이용되고 있는 방염제의 유형은 그 작용효과면에서 3가지로 구분된다.

가연성 물질의 연소시 열분해 과정을 변화시킴으로써 가연성 휘발물질의 생성을 억제하는 燐화합물계, 연소시 가연물질의 표면을 코팅하거나 또는 주위에 탄산가스와 같은 불연가스를 발생시켜 산소의 공급을 방해하는 암모니아 화합물이나 붕산화합물 그리고 불꽃연소의 전파를 방지하는 소위 자유라디칼 방해제인 할로겐 화합물류등이다.

이들 방염제는 처리 대상물의 가공상태, 재질 및 그 처리 방법에 따라 방염효과가 다르게 나타나므로 처리 대상물에 따라 방염제의 선택과 그 처리방법은 매우 중요하다. 실제 대상물에 방염처리를 함에 있어서 가장 중요한 기본요건은 첫째, 방염효과가 우수해야함은 물론이고 둘째, 방염처리후 처리대상물에 심각한 물성의 변화가 있어서는 안되며 셋째, 방염처리로 인한 악취나 인체에 해로운 독성이 있어서는 안되고 넷째 방염처리 대상물이 필요로하는 최소한의 耐久性, 즉 耐洗濯性 또는 耐候性이 유지되어야 한다. 이러한 기본조건을 만족시키면서 방염효과를 얻기 위하여 처리대상물의 재질에 따라 다음과 같은 여러가지 방염 처리방법들이 사용되고 있다. 섬유류나 플라스틱 제품의 경우에는 원료합성 단계에서 방염성분을 공중합시키는 공중합법과 放糸 또는 성형단계에서 방염제와 혼합하는 폴리브랜드(polyblend)법 그리고 제품 표면에 방염제를 그래프트(graft) 또는 코팅하는 표면처리법등이 있고 목재류의 경우에는 방염제나 방염도료를 목재표면에 스프레이 또는 직접 塗裝하는 표면처리법, 금속판이나 기타 불연재를 목재 표면에 부착시키는 라이닝(lining)법, 방염제를 목재 내부까지 침투시키는 浸透法등 세가지로 나눌 수 있다. 이 함침법에는 非壓力法과 압력법이 있는데, 특히 진공과 압력을 사용하여 방염제를 침투시키는 압력법이 방염층을 나무의 내부까지 침투시킬 수 있으므로 훨씬 효과적이지만 이 방법은 압력솥(autoclave)을 필요로 하므로 소형 목재의 처리에만 응용이 가능하며 목조 건물이

나 대형 목재는 처리가 곤란함을 알 수 있다. 반면에 비압력법에 의한 합침법은 스프레이에 의한 코팅법과 효과면에서 별차이가 없으므로 목조건물이나 대형 목재의 방염처리는 결국 방염재를 목재표면에 스프레이하거나 도장하는 표면처리법만이 실용가능함을 알 수 있다.

3. 국내 문화재 방염의 중요성

우리나라 문화재는 크게 有形, 無形, 기념물, 민속자료등으로 구분되는데 특히 유형문화재의 주류를 이루고 있는 宮, 寺刹, 城門, 書院등은 일부 石造建物도 있으나 대부분 木造建物로서 화재에 매우 취약한 건축구조를 갖고 있다. 석조문화재는 그 재료가 무기물로서 앞에서 설명한 바와 같이 그 자체가 연소성이 강한 가연성 물질이므로 그간의 戰亂이나 失火에 의하여 전통있는 우리 고유의 목조 문화재는 대부분 소실되었고 현재 보존되고 있는 목조문화재는 대부분 再建되었거나 複原된 건축물들이다. 최근까지도 화재로 인하여 전남 화순에 있는 쌍봉사 대웅전(보물 제163호)과 경북 예천에 있는 용문사 사찰 대부분의 건물이 소실된 것은 매우 유감스러운 일이 아닐 수 없다. 더구나 목조 문화재가 주류를 이루고 있는 宮, 사찰, 서원등은 현재에도 대부분 일반에 공개되어 있고 내부는 관리인들의 생활공간과 인접해 있으므로 늘 火因과 접촉되고 있을 뿐만 아니라 이들 대부분의 목조건축물들은 그 재료가 극히 연소성이 높은 유기물인데다 매우 건조된 상태에 있으므로 사소한 火因에 의해서도 着火가 가능하고 일단 착화되면 매우 빠른 속도로 연소되므로 진화가 매우 힘들게 된다. 그러면 이러한 목조문화재를 앞으로도 불로부터 안전하게 보호할 수 있는 방법은 없는가? 그간 우리 문화생활 및 과학수준의 향상과 함께 최근에 개발되고 있는 각종 소방 및 방염기술과 국민들의 방화에 대한 인식등을 국가적인 차원에서 잘 활용한다면 과거와 같이 실화에 의한 주요 목조문화재의 소실은 거의 막을 수가 있을 것으로 사려된다. 최근 관계 당국도 이러한 목조문화재에 대한 중요성을 깊이 인식하고 여기에

대한 대책을 미약하지만 강구하고 있음은 다행스러운 일이라 생각된다. 그러면 이들 목조건축물의 방화대책은 어떻게 할 것인가? 목조건축물의 방화대책은 세단계로 구분하여 생각할 수 있다. 첫단계로 이들 목조건축물로부터 각종 화인을 완전히 제거 또는 관리함으로써 인화가 일어나지 않도록 방화관리를 철저히 하는 일이 가장 이상적이긴 하나 실제로 완전한 방화관리란 불가능할 뿐 아니라 고의적인 防火나 산불등에 의한 피침못할 이유로 화재가 발생하는 경우가 있다. 어떠한 이유로든 火焰이 목조물에 접할 경우, 피해를 최소한으로 줄이기 위한 제2단계의 가장 효과적인 대책은 소위 목조물의 防火化이다. 사실 목조건축물의 경우 목조물 전체를 완전히 방염화만 할 수 있다면 폭발물에 의한 특수한 화재와 같은 경우를 제외하고는 어떠한 失火에 의한 화재로부터라도 거의 완전한 보호가 가능할 것으로 생각된다. 그러나 기존 목조건축물의 구조상 모든 부분을 완전히 방염처리 한다는 것은 기술적으로 그리고 경제적으로 어려우므로 일단 화재가 발생했을 경우 진화를 위한 제3단계의 대책, 즉 소화전등을 포함하는 각종 소화시설을 필요로 하게 된다. 이들 세단계 방화대책중에서 목조 문화재의 보호측면에서 볼때 가장 직접적인 중요한 대책은 보호를 필요로 하는 목조대상물의 방염화임을 바로 인식할 수 있을 것이다. 왜냐하면 적절히 방염처리된 목조물은 웬만한 화염에 접하더라도 그 표면에서 炭化만 일어날 뿐 착화는 되지 않으며 화염전파도 전혀 일어나지 않기 때문이다. 그 좋은 예가 최근 김제의 금산사 화재 현장에서 실증되었다.

화재 조사단의 보고에 의하면 금산사의 화재는 고의적인 방화였고 특히 미특전은 강력한 화인으로 수차 방화를 시도하였으나 표면에서 炭化만 일어났을 뿐 소실되지는 않았다. 이와 같이 방염처리된 목조물이 착화가 안되고 탄화만 일어나는 이유는 燐성분이나 붕소화합물로 된 방염제로 목재를 처리할 경우 목재표면이 화염에 접하면 이들 방염성분은 목재의 주성분인 셀룰로오스의 열분해 과정을 변화시켜 가연성 기체의 발생을 억제하고 대신 탄화작용을 촉진시키

기 때문이다. 목재표면이 탄화층으로 덮히게 되면 그 탄화층이 열과 산소로부터 나무의 속부분을 보호하므로 목조물의 착화와 연소를 계속 방해하게 된다.

마지막으로 목조물에 대한 방염처리의 중요성은 목조물을 화재로부터 보호하는 측면외에 또한가지 중요한 역할을 병행할 수 있다는 사실이다.

우리의 문화재는 오래된 것일수록 보존가치가 더욱 높은 것이 사실인데 특히 목조문화재는 시간이 흐를수록 풍화작용 및 균이나 층에 의한 부식작용으로 인하여 서서히 썩어가고 있는 것이 사실이다.

목조물을 이러한 부식작용으로부터 보호하여 보존수명을 길게 하려면 抗酸化 및 방충방균제의 처리가 필요한데 적당한 항산화제 및 방충, 방균제를 선택하여 방염제와 잘 조제한다면 방염처리와 동시처리가 가능하므로 일석이조의 효과를 얻을 수 있을 것이다.

4. 국내 문화재 방염처리 현황과 문제점

(1) 국내 문화재의 방염처리 현황

국내의 목조 문화재에 대한 방염의 중요성은 비교적 오래전부터 인식되어 1973년 국보 1호인 서울 남대문과 보물 1호인 서울 동대문동의 방염처리를 효시로 연차적으로 중요한 목조문화재의 방염처리를 실시해오고 있으며 1985년까지 약80여 목조 문화재의 방염처리를 실시하였다. 국내 문화재에 대한 방염처리는 현재로는 국내 소방법과는 별도로 문화재 관리국에 의하여 방염시공업체로 유일하게 지정된 “공신화학공업사”가 자사 방염제품인 “Dimefox”를 사용하여 다음과 같은 방염처리 시방서에 따라 방염처리를 해오고 있으며 1985년까지 방염처리된 주요 목조 문화재들은 다음 표1과 같다.

“방충·방염제 도포공사 시방서”

1. 사용 약제는 Dimefox를 사용하되 당국의 검사를 득한후 사용하여야 한다.
2. 사용 약제는 방충, 방화 및 방부의 효력을 가져야 한다.

3. 무색, 무취 및 독성이 전혀 없어야 한다.
4. 기존 단청이 절대로 변질 또는 변색되지 않아야 한다.
5. 도포 회수는 3회로 하며 바탕이 충분히 건조된 후 분무 또는 도포하여야 한다.
6. 시공의 기온은 섭씨 7℃이상이어야 하며, 우천시는 시공을 중지하여야 한다.
7. 약제 분무전에 기존 단청에 훼손이 없도록 유념하여 목재의 표면을 깨끗이 하고 분무하여야 한다.
8. 도포후 표면에 흰자국등 오물이 흘러내리는 흔적이 나타나지 않아야 한다.
9. 방충, 방염제 도포공사로 인하여 오손 또는 훼손될 가능성 있는 것은 모두 보호 조치를 취한 후 시공하여야 한다.
10. 도포작업에 필요한 발판 또는 가설 비계등은 시공자 부담으로 한다.
11. 시공자는 착공전에 공사 세부계획서를 감독관에 제출하여야 한다.
12. 도포 공사시 감독관 입회하에 실시한다.

표 1. 국내 문화재의 방염처리 현황

문 화 재 명	소재지	문화재지정번호	방염시공기간
남 대 문 서 울	서울	국보 1 호	73. 6. 21 - 73. 7. 7
보신각사직단	서울		73. 10. 6 - 73. 11. 6
동 대 문 서 울	서울	보물 1 호	73. 11. 12 - 73. 11. 26
황 구 단			73. 10. 13 - 73. 10. 30
방계사대웅전	논산	보물 408 호	73. 7. 18 - 73. 8. 11
			85. 10. 8 - 85. 10. 26
서울문묘(대성전, 명윤당 동무, 서무)	서울	보물 141 호	73. 7. 26 - 73. 9. 5
선운사대웅전	고창	보물 290 호	73. 9. 21 - 73. 10. 26
무위사극락전	당진	국보 13 호	73. 10. 29 - 73. 12. 28
			85. 10. 8 - 85. 10. 26
합 준 원 서 울	서울	사적 237 호	74. 8. 7 - 74. 8. 16
화엄사각황전	구례	국보 67 호	75. 3. 22 - 75. 4. 10
화엄사대웅전	구례	보물 299 호	75. 8. 15 - 75. 9. 6
창덕궁선정전	서울	보물 814 호	75. 4. 16 - 75. 5. 15
경복궁자경전	서울	보물 809 호	75. 4. 16 - 75. 5. 15
밀양영남루	밀양	보물 147 호	75. 8. 15 - 75. 9. 6
광한루	남원	보물 281 호	75. 8. 18 - 75. 9. 6
종묘영령전	서울	보물 821 호	75. 8. 18 - 75. 9. 1
해인사장경관고	협천	국보 52 호	76. 4. 1 - 76. 5. 1
은혜사거조암영산전	영천	국보 14 호	77. 4. 23 - 77. 5. 22

장곡사상대웅전	청 양	보물 162 호	"
장곡사하대웅전	청 양	보물 181 호	"
회 덕 동 춘 당	대 전	보물 209 호	"
도산서원전교당	안 동	보물 210 호	"
도산서원상덕사	안 동	보물 211 호	"
강능분묘대성전	강 능	보물 214 호	"
개암사대웅전	부 안	보물 292 호	"
무 칩 당	월 성	보물 411 호	"
관 가 정	월 성	보물 442 호	"
봉정사화엄강당	안 동	보물 448 호	"
봉전사고금당	안 동	보물 449 호	"
쌍계사대웅전	하 동	보물 500 호	"
강릉객사문	강 릉	보물 51 호	"
용문사대장전	예 천	보물 145 호	"
관룡사약사전	창 령	보물 146 호	"
관룡사대웅전	창 령	보물 212 호	"
강릉오죽헌	강 릉	보물 165 호	"
전등사대웅전	강 화	보물 178 호	"
죽 서 루	삼 척	보물 213 호	"
송광사국사전	승 주	국보 56 호	78. 4. 18-78. 4. 30 85. 4. 15-85. 7. 13
송광사하사당	승 주	보물 263 호	78. 4. 13-78. 4. 30
송광사약사전	승 주	보물 302 호	"
송광사영산전	승 주	보물 303 호	"
무량사극락전	부 여	보물 356 호	78. 4. 13-78. 4. 30
율곡사대웅전	산 청	보물 374 호	"
홍국사대웅전	여 천	보물 396 호	"
충 효 당	안 동	보물 414 호	"
송 열 당	영 천	보물 521 호	"
내소사대웅전	부 안	보물 291 호	"
은 조 루			"
개목사원통전			"
장수향교대성전	장 수	보물 272 호	"
창덕궁인정전	서 울	국보 225 호	"
경북궁경회루	서 울	국보 224 호	79. 3. 30-79. 4. 12
금산사미륵전	김 계	국보 62 호	81. 9. -81. 10.
봉정사극락전	안 동	국보 15 호	84. 9. 19-84. 11. 12
부석사무량수전	영 래	국보 18 호	"
부석사조사당	영 래	국보 19 호	"
도갑사해탈문	영 압	국보 50 호	"
법주사팔상전	보 은	국보 55 호	"
서울동묘	서 울	보물 142 호	"
개심사대웅전	서 산	보물 143 호	"
통도사대웅전	양 산	보물 144 호	"
밀양영남루	밀 양	보물 147 호	"
정수사법당	강 화	보물 161 호	"
신록사조사당	여 주	보물 180 호	"

안심사대웅전	청 원	보물 664 호	"
청평사회전문	춘 성	보물 164 호	85. 4. 15-85. 7. 13
사 직 단 정 문	서 울	보물 177 호	"
개목사원통전	안 동	보물 242 호	"
세 병 관	충 무	보물 293 호	"
여수진남관	여 수	보물 324 호	"
홍성고산사대웅전	홍 성	보물 399 호	"
환성사대웅전	경 산	보물 562 호	"
영천향교대성전	영 천	보물 616 호	"
화암사우화루	완 주	보물 662 호	"
화암사극락전	완 주	보물 663 호	"
소수서원	영 풍	사적 55 호	"
화령전풍화당	수 원	사적 115 호	"
병산서원(만대루, 전교당)	안 동	사적 260 호	"
남해총열사	남 해	사적 233 호	"
귀신사대적광전	김 제	보물 826 호	85. 11. 22-85. 12. 12
북지장사대웅전	대 구	보물 805 호	"
나주향교대성전	나 주	보물 394 호	"
안동양진당	안 동	보물 306 호	"
은해사백룡암극락전	영 천	보물 790 호	"

(2) 국내 문화재 방염기술의 현황과 문제점

국내 문화재에 대한 방염처리 역사를 대체적으로 살펴보면 1972년~1973년에 문화재관리국이 당시의 한국과학기술연구소(구 KIST)에 문화재 건물용 단청도료의 개발연구를 의뢰, 단청 안료의 내후성실험과 함께 당시 방염업체인 「공신화학」과 「한국방염」의 방염제를 數種 나무판넬에 도포한 후 그 위에 각색 단청을 도장하여 WEATHER-O-METER에서 변색유무를 시험한 결과 공신화학 제품이 선정되어 1973년부터 지금까지 유일하게 사용되고 있으며 방염처리 시 공도 공신화학이 직접 담당해오고 있다. 공신화학의 방염제품인 DIMEFOX는 국내 발명특허 제3900호로 등록된 제품으로 화학적 조성을 나타내는 대표적인 예를 보면 봉산 20부, 봉사 60부, 염화아연 20부, 제2인산암모늄 33부, 아교 18부, SODIUM META-SILICATE 20부, TRIETHANOLAMINE 10-20부, PENTACHLOROPHENOL 5~10부 그리고 물 1000부로 구성되어 있다. 이들 구성 성분중에서 봉산, 봉사, 염화아연, 실리케이트 및 인산염은 방염성분이고 PENTACHLOROPHENOL 은 살균제로, TRIET-

HANOLAMINE은 용액의 침투성을 돕기위한 침투제로 첨가된다고 한다. 그런데 상기 방염성분들은 모두 수용성이고 특히 염화아연과 실리케이티엄 및 인산염은 흡습성이 커서 이들 성분으로 처리된 목재는 주위의 습도가 높을 경우 소위 염석현상(SALTING)에 의하여 나무표면에 스며나온다는 사실이 잘 알려져 있다.

방염처리후 목재표면으로 방염성분 약제가 석출될 경우 여러가지 문제가 야기될 수 있다. 즉 방염성분의 불균일한 분포로 방염효과가 저하되고 이러한 염석현상이 반복될 경우 방염성분의 손실이 초래되어 결국 방염의 내구성이 떨어지며 미관상의 문제 외에 보다 더 중요한 사실은 방염처리된 목조물표면이 단청도료등으로 도장되어 있을 경우 석출된 방염약제가 이들 도장물질과 반응하여 도료의 변색을 가져오거나 도장물질의 변질을 가져옴으로써 치명적인 영향을 주는 수가 허다하다는 사실이다. 또한 이미 단청등으로 도장되어 있는 목조물에 위와 같은 수용

성 방염제로 처리할 경우에는 우선 도장물질이 나무표면의 細孔들을 막고 있기 때문에 방염제의 침투가 방해되어 대부분의 방염제는 도장물질 표면에 분포되었다가 건조되면 방염성분이 그대로 석출된다. 따라서 단청등으로 이미 도장되어 있는 목조물은 수용성 방염제로 스프레이나 도포에 의하여 처리할 경우 방염효과도 기대하기 힘들 뿐만 아니라 단청이나 도장재료의 변질을 가져올 우려가 있으므로 바람직하지 못하다.

실제로 필자가 최근에 답사한 방염처리된 목조 문화재들 중에서 이러한 염석현상을 자주 관찰할 수 있었는데, 염석현상에 의하여 도장된 나무표면에 석출된 방염약제가 부분적으로 허영게 보일 뿐만 아니라 적색 방청도료 또는 녹색도료의 부분변색을 뚜렷이 관찰할 수 있었다. 반면에 방염처리가 안되고 단청도료만 도장된 목조물에서는 이러한 부분변색을 관찰할 수는 없었다. 그러나 관찰된 흰색 물질들이 방염처리후 염석현

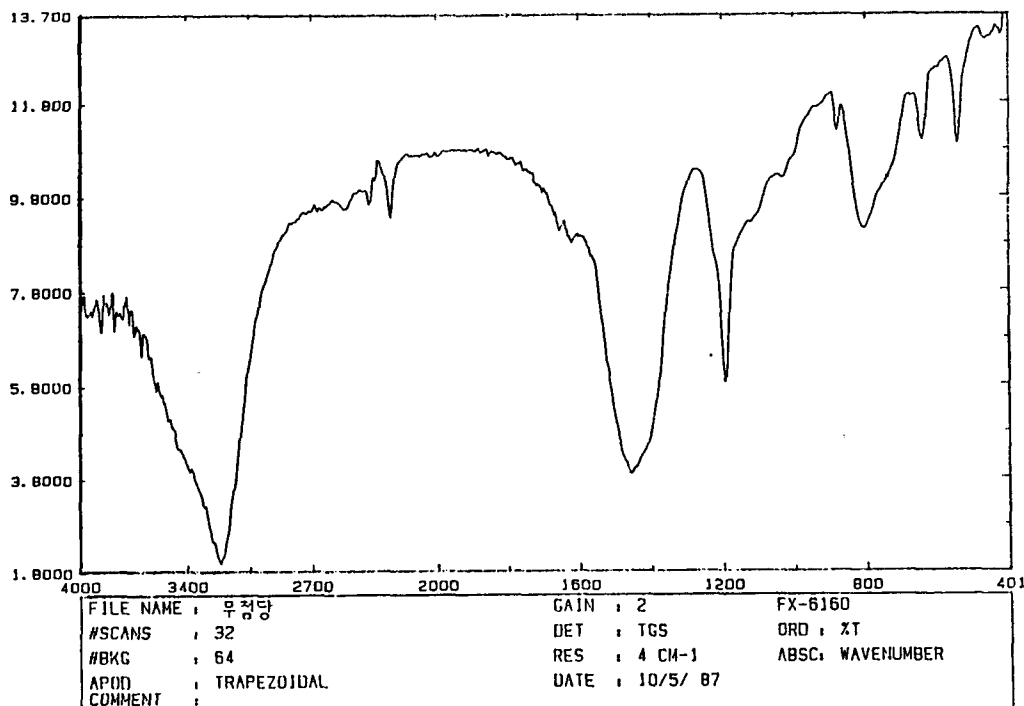


그림 1. 경북 월성군 양동마을에 있는 무첨당에서 채취한 시료

상에 의하여 석출된 방염성분인가를 보다 과학적으로 확인하기 위하여 이들 흰색 물질을 현장에서 채취하여 적외선 분광스펙트럼을 측정할 결과 모두 유사한 패턴을 보였으며 그 대표적인 스펙트럼을 보면 그림1과 같다.

이 스펙트럼을 다음 그림 2의 봉산의 표준스펙트럼과 비교하면 거의 동물질임을 알 수 있다. 이러한 봉산은 방염제를 제외하고는 나무성분이나 도료성분중에는 들어있지 않으므로 방염제로부터 석출된 성분임을 확인할 수 있다.

위와같은 염석현상은 방염처리직후 바로 나타나는 것이 아니고 방염처리된 목조건물의 주위 환경, 특히 습도 및 온도환경에 따라 매우 서서히, 예를들면 수개월에서 수년사이에 나타남으로 쉽게 관찰되지를 않고 심한 경우에만 눈에 띄게 되는 것이다. 수용성 방염제로 목조 건축물을 방염처리했을 경우 보다 심각한 문제는 건축물 내부에서는 위에서 설명한 바와 같은 부분적 염석현상으로 끝나지만 건축물 외부 특히 비나 눈이 직접 접촉되는 부위는 방염제가 거의 완전히 용출되어 방염능력이 없어지게 된다. 이러한 방염제의 내후성은 실험실에서 weather-o-meter를 이용하여 단시간에 간단한 모형실험 조건에서

실험한 결과로는 정확한 예측이 불가능하며 따라서 그 결과가 반드시 실제 일기조건하에서의 내후성을 나타낸다고 보기는 매우 힘든 것이다.

당시 연구보고서에 의하면 방염제의 내구성 실험을 weather-o-meter를 사용하여 단청도료의 내구성 시험때와 똑같이 내광성, 내수성, 내공해성 시험을 실시하였는데 우선 시험기간이 116시간으로 너무 짧고 온도조건(20℃) 습도조건(80%), 등 실험조건이 미약한 점 외에 방염제의 내구성 실험방법으로는 적합치 못한 조건하에 시험을 실시한 것으로 판단된다. 우리나라에 방염에 대한 개념이 처음 소개되기 시작한 1973년에 이러한 연구를 시도했다는 것은 훌륭한 일이지만 14년이 지난 현재까지도 일보의 개량, 발전이 없다는 것은 깊이 반성할 일이기도 하다.

그러면 현재 국내의 방염기술 수준은 어느 정도인가?

1971년말 대연각 호텔의 대형화재 이후 시작된 국내의 방염기술은 그간 수차에 걸친 소방법의 개정과 함께 건물내장용 재료의 방염처리 기술을 중심으로 상당한 발전을 거듭해왔다. 특히 건물 내장용 카펫, 커튼등 각종 직물류와 전자제품용 플라스틱 제품류의 방염처리기술은 선진

BORIC ACID

Mol. Form. BH_3O_3
 Mol. Wt. 61.83 M. P. 185°C (dec.)
 Sp. gr. 1.435 (lit.)
 Source: Mallinckrodt Chemical Works,
 St. Louis, Mo.
 Method: KBr Wafer

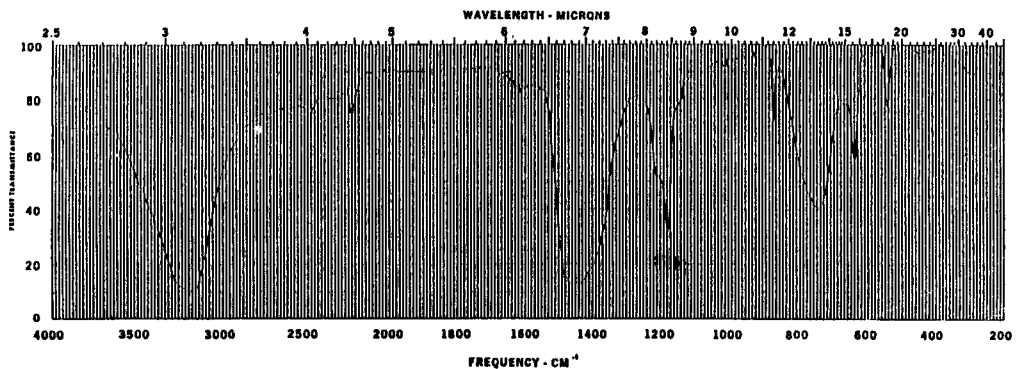
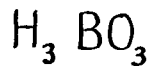


그림 2. 봉산의 표준 스펙트럼

국 수준에 육박하고 있으며 그 외에도 방염처리 대상물이 날로 확대되고 있어 그 기술도 다양화 되어가고 있다. 그러나 아직도 국내에서는 건축용 목재류의 경우 다른 무기 불연재료와의 경쟁력 약화로 방염처리 기술이 크게 발전을 거듭해 왔다. 특히 건물 내장용 카페트, 커튼등 각종 직물류와 전자제품용 플라스틱 제품류의 방염처리 기술은 선진국 수준에 육박하고 있으며 그 외에도 방염처리 대상물이 날로 확대되고 있어 그 기술도 다양화 되어가고 있다. 그러나 아직도 국내에서는 건축용 목재류의 경우 다른 무기 불연재료와의 경쟁력 약화로 방염처리 기술이 크게 발전을 못하고 있으나 수요만 있다면 여러 종류의 목적에 맞는 방염제와 그 처리기술을 용이하게 개발할 수 있는 수준에 와 있다고 판단된다.

즉 각종 수용성 방염제 외에도 목재용 비수용성 방염제, 단청도료와 併用할수 있는 도장용 유기 또는 무기 방염제등 목적에 맞는 목조문화재용 방염제와 그 처리방법의 개발이 국내 기술로 충분히 가능할 것으로 생각된다. 현재 국내의 소방법관련 방염기술개발이 비교적 활발하게 움직이는 것은 방염제품의 시장이 커지는 이유도 있으나 관련법이 뒷받침되어 제품의 개발에서 상품화, 판매에 이르기까지 제반 절차가 이미 정착되었기 때문이다. 국내외에서 개발된 방염제나 방염제품이 국내에서 사용되려면 소정의 검정절차를 거쳐야 하는데, 특히 중요한 사항은 국내에서 사용되는 모든 방염제는 소방검정공사의 각종 방염성능시험과 무독성합격 판정을 받아야 한다는 사실이다. 물론 이러한 검사는 소방검정공사가 모두 단독으로 하는 것은 아니고 기술적으로 어려운 독성 여부의 판정등은 KAIST와 같은 타기관에 의뢰, 도움을 받고 있다.

5. 방염처리대책

전술된 바와 같이 국내의 목조문화재의 방염처리는 1973년부터 시작되어 1985년현재 주로 주요 국보 및 보물급 문화재 80여동이 선별되어 연차적으로 처리 완료되었다. 물론 지금까지 방염처리된 이들 문화재의 수는 전체 목조문화재

중 극히 일부에 지나지 않으므로 앞으로도 계속 되어야 하겠지만 지난 15년간 유일하게 사용되어온 DIMEFOX 방염처리가 과연 최선의 방법이며 타당한 것인가를 조금 낮은 감은 있지만 이제라도 한번쯤 고려해보아야 할 때라 생각된다.

앞으로 국내 목조문화에 대하여 보다 안전하고 경제적이며 그리고 보다 효과적인 방염처리를 함으로써 이들 문화재를 불로부터 효율적으로 보호함은 물론 방염처리로 인한 부작용을 최소한으로 줄이기 위해서는 다음과 같이 방염처리의 기술적인 측면과 시행절차상의 측면을 다 같이 고려해야 할 것으로 생각된다.

(1)기술적인 측면

필자가 답사하여 방염기술상의 문제점들을 분석검토한 결과 이미 앞에서 자세히 언급했듯이 현재 사용되고 있는 DIMEFOX와 같은 수용성 방염제 하나만 가지고는 무리이며 목조문화재의 형태 또는 구조, 역사 즉 나이, 재질상태, 표면가공상태, 그리고 주변환경 및 기후등 문화재의 주변상황에 따라 방염제의 종류 및 처리방법이 알맞게 달라져야 한다는 사실이다. 목조 건축물은 방염처리의 기술측면에서 볼 때 몇가지 유형으로 나눌 수 있을 것으로 생각된다.

A형:건축연령이 오래되고 역사적인 가치때문에 목재표면을 단청과 같은 도료도장을 할 수 없는것.

B형:건물연령이 오래되고 현재는 단청등 도료도장이 안되어 있으나 앞으로 도료도장을 할 예정인 것.

C형:건물의 나이에 관계없이 이미 새로운 단청으로 도장되어 있는 것.

D형:새로운 목재로 신축, 재건 또는 복원되는 것.

목조 문화재는 위의 유형에 따라 알맞는 방염제와 처리방법을 선택하여야 한다. 즉, A형 문화재는 목재 표면이 일반적으로 다공성이어서 수용액의 침투성이 좋으므로 수용성 방염제를 스프레이 또는 직접 도포함으로써 방염처리가 비교적 용이하다. 뿐만 아니라 일단 처리된 후에도 특별히 습한 지대에 위치하지 않는 한 방염제의

표 2. Some Commercial-Retardant Mixtures

Chemicals	Proportion	Specification	Reference
(NH ₄) ₂ SO ₄	78	Type 1a	12
NH ₄ H ₂ PO ₄ or (NH ₄) ₂ HPO ₄	19		
(NH ₄) ₂ SO ₄	60	...	
H ₃ BO ₃	20	...	
(NH ₄) ₂ HPO ₄	10	Type 2	
Na ₂ B ₄ O ₇	10	Minalith	
Na ₂ B ₄ O ₇	60	Type 3	12
H ₃ BO ₃	40	...	
ZnCl ₂	77.5	Type 4	13
Na ₂ Cr ₂ O ₇ ·2H ₂ O	17.5	CZC	
ZnCl ₂	62	...	13
Na ₂ Cr ₂ O ₇ ·2H ₂ O	15.5	Type 4	
(NH ₄) ₂ SO ₄	10	CZC(FR)	
H ₃ BO ₃	10	...	
Na ₂ B ₄ O ₇	67-70	...	14, 15
NH ₄ H ₂ PO ₄	33-30	...	
ZnCl ₂	54	...	15
NH ₄ H ₂ PO ₄	46	...	
ZnCl ₂	35	...	13
(NH ₄) ₂ SO ₄	35	Protexol Class D	
H ₃ BO ₃	25	Pyresote	
Na ₂ Cr ₂ O ₇ ·2H ₂ O	5	...	

^a Bureau of Ships Ad Interim Specification 51 C38 (INT), Apr. 1, 1943.

염석현상은 잘 나타나지 않으며 방염효과도 내구성도 오래 유지될 수 있다. 따라서 Dimefox와 같은 현재 사용되는 방염제도 그대로 사용할 수 있겠으나 특히 A형의 경우 나무의 수명을 길게 할 수 있는 항산화제 같은 것을 첨가하면 더욱 좋을 것이다. 이러한 목적으로 쓸 수 있는 수용성 방염제는 주로 인, 붕소, 질소등을 포함하는 무기염들의 혼합물로 이루어지며 몇가지 예를보면 다음 표2와 같다.

다음 B형의 경우, A형과 같이 수용성 방염제로 처리한 후 단청과 같은 도료로 도장하면 장마철과 같은 습한 기후에 노출될 경우 서서히 염석현상이 나타나고 단청의 변색을 가져올 가능성이 많다. 따라서 이 경우 극히 건조한 지역에 위치한 문화재를 제외하고는 수용성 방염제를 사용하는 것은 바람직하지 못하다. 즉 비수용성 방염제를 칠투시킨 후 단청도장을 하거나

단청도장 직전 primary coating 단계에서 수지에 방염제를 조제하여 도장한 후 단청을 입히는 법 또는 단청도료에 방염제를 직접 같이 첨가 혼합하여 도장하는 방법이 가능하다. 이들 방법중에서 특히 단청도장 바로전 primary coating 단계에서 방염처리 하는 것이 기술적으로나 경제성에 있어 가장 유리하다. 물론 이 경우 primary coating 용 수지와 병용성(compatibility)이 좋고 처리후 단청등에 변질을 가져오지 않는 방염제의 선택이 가장 중요한 기술내용이 된다. 이런 용도의 방염제의 간단한 예를보면 다음 표3과 같다.

표 3

	Wt %
Primer	
Zinc chromate	31.23
Iron oxide	10.33
Magnesium silicate	10.83
Congo linseed	40.81
Mineral thinner	6.80
	100.00
Top coat	
Titanium dioxide	30.75
Lithopone	16.87
China clay	5.37
Methyl cellulose (5% soln)	1.25
Ester gum	4.68
Linseed oil	9.36
Driers	0.15
Emulsifier (Dupanol ME)	0.14
Water	31.43
	100.00

다음 C형의 경우에는 이미 도장시 결착용 수지 또는 도료입자들에 의하여 나무의 미세공이 거의 모두 막혀버렸으므로 수용성이건 비수용성이건 방염제를 그 도장된 표면위에 처리하는 것은 처리후 방염제가 단청도장된 표면에 그대로 석출되므로 변색등 여러가지 부작용이 나타날 가능성이 크다. 따라서 C형의 경우에는 다음 도장시까지 방염처리를 보류하는 것이 바람직하다. 구태여 꼭 방염처리를 해야할 정도로 중요한 문

화재라면 방염도료로 그 위에 재차 도장하던가 아니면 투명한 방염성 코팅재료를 별도로 개발하여야 할 것이다. 마지막으로 D형의 경우는 사실 어떤 방법이던 방염처리가 가장 편리한 경우인데 가장 경제적이고 기술적으로 용이한 방법은 역시 B형의 경우처럼 단청도장 전단계에서 방염처리하는 것이다. 이때 주의해야 할 점은 목재 내부까지 완전히 건조된 상태에서 primary coating이 이루어져야 한다는 사실이다. 그렇지 않을 경우 목재 내부의 수분이 계속 건조되는 과정에서 방염제를 일부 용출시키거나 도장물질을 상하게 할 우려가 있기 때문이다. 이 D형의 경우에는 필요에 따라 건축 구조물이 형태를 갖추기전, 즉 목재 부분들이 조립에 들어가기 전에 습浸法, 특히 압력법과 같은 강력한 처리방법을 사용할 수 있으므로 건축물의 특수부분을 강력히 방염처리하고자 할 때 유리하다.

이외에도 종류가 다양한 목조 문화재의 특수성에 따라 적합한 방염제 및 그 처리방법은 얼마든지 개발이 가능하므로 이러한 기술들이 계속 개발될 수 있도록 하려면 정부, 산업체, 연구소등이 모두 연계되어 공동 노력이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

(2)방염기술의 시행측면

1973년부터 지금까지 국내 목조 문화재의 방염처리는 문공부가 지정한 유일한 방염 시공업체인 “공신화학”이 문화재의 보존상황을 고려하지 않고 Dimefox란 수용성 방염제로 앞에서 열거된 시방서에 따라 획일적으로 처리해 왔다. 시방서 내용을 보아 알 수 있듯이 실제로 목조 문화재에 방염처리를 시행한 후 방염제가 과연 적당량 살포되었는지, 방염효과는 어느 정도인지, 방염제의 인체에 대한 독성은 과연 없는지, 도장물질이나 목재에 물성변화를 가져오지는 않는지, 그리고 방염의 내구성은 어느 정도인지 등등을 전혀 알 수 없다. 일단 문화재에 방염처리를 하고 난 후에는 방염성능이나 독성시험등을 위하여 시편을 떼어 낼 수도 없고 현장 물건 그 상태로는 물론 시험이 더욱 불가능한 것이다. 따라서 방염제는 그 종류에 따라 가져야 할 최소한

방염성능을 사전에 규격화된 시험법에 따라 시험하여야 하며 독성 및 산도등 방염제가 갖추어야 할 최소한의 물성을 갖추고 있는지를 시험하여야 한다. 특히 방염제의 성능을 측정하는 것은 매우 중요한데 그 이유는 목재에 도포되는 방염제의 양이 너무 적어 충분한 방염성능을 유지하지 못해도 안되지만 필요이상의 방염제를 사용할 경우에는 경제적인 손실외에도 염색현상이나 목재 또는 단청과 같은 도장물질을 변질시킬 우려가 있기 때문이다. 따라서 앞으로 사용할 방염제는 그 성능의 측정과 독성여부를 포함하는 물성시험을 거치도록 해야 하며 여기에 필요한 규격 및 시험방법은 문화재 연구소가 주관이 되어 이미 유사한 경험을 갖고 있는 소방검정공사 관련 연구기관과 협조하여 쉽게 만들 수 있으며 필요한 검정이나 실시도 유사한 방법으로 시행하면 될 것으로 판단된다.

하루속히 국내의 목조 문화재에 보다 효과적인 경제적인 방염처리를 확대해 나가기 위해서는 이러한 규격 및 시험방법의 개발과 함께 앞에서 지적된 바와 같이 국내 목조 문화재의 보존상황에 보다 적합한 방염제 및 그 처리방법의 개발을 서두르지 않으면 안될 것이다. 이러한 방염처리가 기술 및 그 시행방법의 효과적인 개발을 위해서는 관련 당국과 산업계, 관련 연구기관등이 모두 공동으로 협조, 노력해야 할 것이다.

(참고문헌)

1. R.L. Tuve, “Principles of Fire Protection Chemistry”, P125 NFPA(1976)
2. J.W. Lyons, “The Chemistry and Uses of Fire Retardants, P20, Wiley- Int. New York (1970)
3. 제1회 “소방학술세미나” 논문집 P.73, (1985)
4. 손연수, “난연성 폴리에스텔 직물의 개발에 관한 연구”, 한국과학기술연구소 연구보고서 I 279-652-6, P.5(1975)
5. 손연수, “난연성 건축 내장재의 개발 연구”, 한국과학기술연구소 연구보고서 STF-72-12, P.50(1973)
6. H.W. Eickner, Journal of Materials, 1, 625

(1966)

7. 문화재관리국, “文化財의 消防施設” P34, (1985)
8. 이종욱, “단청용 안료시험 및 분석” 한국과학기술연구소 연구보고서 NG 149-357
9. 윤한식, “문화재 건물도장용 단청도료의 개발에 관한 연구” 한국과학기술연구소 연구보고서 G 167-485-6
10. T.S. Mcknight “The Hyhroscopicity of wood Treated with Fire-retarding Compounds”, Report No. 190, Canada Department of Forestry (1962)
11. 손연수, “난연합판의 공업화에 관한 연구” 한국과학기술연구소 연구보고서 SF-73-15, P20(1974)