

# 친환경적 목재 방부·방의(흰개미)처리용 발수제의 국산화 기술 개발

Technology development of environmentally friendly  
anti-termite and water-repellent preservatives of wood

임업연구원

농림부

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “친환경적 목재 방부·방의(흰개미)처리용 발수제의 국산화 기술개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003년 8월 20일

주관연구기관명: 임업연구원

총괄연구책임자: 이 동 흡

연 구 원: 강 창 호

연 구 원: 김 중 인

연 구 원: 강 인 애

위탁연구기관명: (주)한캠

위탁연구책임자: 윤 영

## 요 약 문

### I. 제 목

친환경적 목재 방부·방의(흰개미)처리용 발수제의 국산화 기술 개발

### II. 연구개발의 목적 및 필요성

#### (1) 연구개발의 목적

목재에 대한 전통 발수처리 기술을 오늘날의 고분자화학 기술과 접목시켜 친환경적인 국산 발수제로 개발함으로써, 우리 조상들의 우수한 전통문화를 계승시킴은 물론 그동안 단절되었던 발수기술을 국내기술로 축적시키고 이를 기업기술로 이전함으로써 대외적인 경쟁력을 높일 수 있으며, 나아가 현재 수입에 의존하고 있는 발수제를 국산화시킴으로 외화절감과 목재자원의 소비절약에 기여하고자 함.

#### (2) 연구개발의 필요성

- 최근 목재가 다른 재료보다 친환경적인 재료임이 인정되면서 조경시설재, 주택부재 등으로 목재의 사용이 크게 증가하고 있다. 그러나 목재를 야외에서 사용하면 목재가 썩고, 벌레 먹으며, 뒤뜰립이나 갈라짐이 발생하기 때문에 목재사용을 주저하는 경우가 대부분이다. 그러므로 사용자로 하여금 이러한 우려를 없도록 하는 발수처리 기술개발이 필요하다.

- 목재의 내구성을 향상시키려면 가압방부처리 목재를 사용하면 되지만, 용도에 따라서는 방부처리가 어려운 곳도 있으며, 현장에서 절단, 천공 등의 가공을 필요로 하는 곳도 있다. 그러므로 이러한 곳에 사용할 수 있는 약제

의 개발은 목재의 사용수명 연장에 크게 도움이 될 수 있다.

- 야외에서 사용하는 목재가 열화되는 과정에서 수분 침투는 중요한 열화인 자중의 하나이다. 목재에 수분이 침투하지 않도록 하고, 또 건조가 충분하지 못한 목재에 대해서는 외부로부터 수분을 차단하고, 내부의 수분은 밖으로 뿜아내어 주는 기술은 목재의 유지관리에 크게 도움이 된다. 그러므로 발수성을 가진 약제로 목재를 보호할 수 있는 기술개발이 필요하다.

- 전통적인 목재 보호의 방법으로서 전통 궁원과 사찰은 단청을 사용하여 목재의 표면을 보호하였고, 일반 주택에서는 들기름을 목재에 처리하여 내구성을 향상시켰으나, 오늘날에는 이러한 처리들이 거의 재연 되지 않고 있어, 전통적인 목재보존 기술을 과학적인 방법으로 접근하여 그 기술을 발굴하고 이를 다시 개발 복원하여 보급할 필요가 있다.

- 현재 국내에서 사용되는 발수제의 대부분은 외국에서 수입되고 있는 제품으로, 연간 100억 원 이상으로 추정하고 있다. 국내의 경우 최근 야외에서 사용하는 조경시설재가 계속해서 증가하고 있는 추세이기 때문에 발수제의 사용량도 증가될 것으로 전망한다. 그러므로 발수제를 수입에 의존하지 않고 국내의 목재사용 환경에 적합한 발수제의 개발이 시급한 상태이다.

- 한편 수입되는 발수제의 품질평가 기준이 확립되어 있지 않으므로 제품의 성능에 관계없이 무차별적인 수입시장이 형성되고 있다. 특히 주 수입선이 되고 있는 유럽의 경우는 흰개미에 대한 피해가 심하지 않기 때문에 발수제의 성능이 흰개미에 대한 효력이 없는 것이 대부분이다. 이러한 발수제는 국내의 목재사용 환경에 적합하지 않으므로 개선 또는 철저한 품질검사 과정을 거치면서 수입이 배제되도록 하여야 한다.

- 일부 수입되는 발수제는 기능성을 우선하면서 효능은 우수하지만 국내에서 환경호르몬의 주범물질로 그 사용이 금지되어진 트리브틸틴화합물을 함유하고 있는 TBTO(Tri butyl tin Oxide)를 주성분으로 하는 발수제가 수입되고 있으므로 국내의 환경을 크게 위협하고 있다.



- 수입 발수제는 28,000~40,000원/겔론에 판매되고 있다. 이를 국산화 할 경우 약제 생산가격은 7,000원/겔론으로 제조 가능하므로 판매가격도 10,000 원 안팎으로 유통 가능할 것으로 전망된다. 그러므로 연간 100억 원 이상을 수입하는 국내의 현실을 감안할 때 외화 절감에도 기여 할 것으로 기대된다.

- 대형 원목을 사용하는 전통 고 목조건축에서는 목재의 건조과정이 수개월에서 수년이 걸리므로 축조에 애로가 있다. 또 이러한 특대재는 인공 증기 건조를 하여도 1개월 이상의 건조기간을 필요로 하는 경우가 있다. 뿐만 아니라, 건조과정에서 갈라짐과 뒤틀림 등이 발생하므로 사용상에 지장을 초래한다. 그러므로 갈라짐이나 뒤틀림 없이 속성으로 건조시킬 수 있는 방법이 필요하다. 이러한 방법의 개발은 건축공사기간을 단축시킬 수 있으므로 목조건축분야에서는 획기적인 기술개발이 될 수 있다. 생재상태의 고풍수율의 목재를 고온 액상의 발수제에 튀김처리를 함으로 함수율이 10%전후의 목재로 최단 시간 내에 만들 수 있으며, 건조과정에서 발생하던 갈라짐이나 뒤틀림도 예방할 수 있다.

- 지금까지의 목재이용에서는 건조와 방부처리를 별도로 구분하여 이용하였다. 경우에 따라서는 건조공장을 거친 후 방부처리공장으로 이동하는 일도 있다. 그러므로 이러한 공정을 하나로 묶어주는 것은 매우 중요하다. 목재를 방부·방충성능을 가진 발수제에 고온으로 침지처리하면 목재의 건조는 물론 방부·방충성능을 겸비한 목재가 탄생된다.

- 국내에서도 목조건축물을 비롯하여 야외에서 토양과 접한 목조시설재에서 흰개미의 피해는 매우 막대하다. 특히 남부지방으로 갈수록 그 피해는 심하며, 목조문화재를 훼손하고 있어서 매우 심각한 문제를 야기하고 있다. 기존의 건축물의 경우 건축물을 해체하여 목재를 가압으로 방부·방충처리를 할 수 없으므로 방부·방의(흰개미)처리가 항상 문제가 된다. 그러므로 간단하게 표면처리로 흰개미의 침투를 막을 수 있는 발수제의 개발이 필요하다.

- 목조건조물 문화재의 보수 또는 수리의 경우 교체목재를 방부처리하여 사

용하여야 하나, 목수들이 방부목재를 취급하기 꺼려한다. 그러나 저독성의 발수제로 처리되어질 경우 취급상의 부담을 덜어 줄 수 있다.

- 가압방부처리 목재는 대부분이 방부처리 시설을 갖춘 공장에서만 처리가 가능하므로 현장에서부터 공장까지 이동의 부담이 있으나, 발수제로 튀김을 하는 속성건조목재는 방부·방충은 물론 건조까지 하나의 공정으로 처리할 수 있고, 처리시설도 간이기구를 제작하여 사용할 수 있으므로 목조 건조물 문화재에 적용하기에 매우 가능성이 높다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

#### (1) 국산 발수제 개발 및 품질·성능평가

목재에 대한 전통 발수처리 기술을 오늘날의 고분자화학 기술과 접목시켜 친환경적인 국산 발수제로 개발하여 우리 조상들의 우수한 전통문화를 계승시키고 그동안 단절되었던 발수기술을 개발하였다. 천연유지를 이용하여 발수약제를 개발하고, 목재의 건조과정을 겸한 고온유지온욕처리 방법을 개발하였다.

또 발수제의 개발과정에서 얻어진 지견을 종합하여 국내 환경에 적합한 발수제의 발수성능을 평가하는 방법을 확립하였다. 이는 연간 100억 원 이상의 발수제를 외국으로부터 수입하고 있는 현재 국내의 발수기술의 보호 장치로서 활용도가 매우 높고, 또 무차별 수입되는 발수제의 품질향상에도 크게 기여할 것으로 확신한다.

#### (가) 유지류 처리재의 흡습성 평가

천연유지의 발수성능을 평가하기 위하여, 피마자유, 아마인유, 대두유, 올리브유, 들기름, 해바라기씨 기름을 사용하였다. 흡습성 평가를 위하여 유

지를 무늬결상의 소나무 판재(5mm×20mm×40mm, 함수율 10% 전후의 것)의 표면에 3회 정도의 도포량에 해당하는 110g/m<sup>2</sup>을 붓으로 도포처리하고 실내에서 3주 동안 음건을 하면서 표면에서 유지가 모두 굳어진 것을 시험편으로 사용하였다. 흡습성은 95%의 포화수증기가 있는 챔버 내에 시험편을 폭로하여 목재에 흡습되는 정도를 시험편의 중량 증가비로 흡습성을 평가하였다.

흡습성 평가에서는 접촉각 시험과 마찬가지로 흡습 초기에서 발수성능이 우수한 것으로 나타났다. 흡수성 시험에서는 피마자유와 아마인유의 흡수율 증가가 낮은 것으로 나타났다.

발수처리한 목재의 치수변화 평가 시험의 결과 발수제를 처리한 목재의 치수안정성이 우수한 것으로 나타났다. 발수성능을 높이기 위한 보조제로서 왁스 및 수지에 대한 성능 평가시험에서 왁스는 Paraffin wax를 유지에 첨가할 때, 수지는 alkyd resin을 첨가 할 때 발수성능이 높은 것으로 나타났다.

#### 나) 유지류 처리재의 흡수성 평가

동일한 천연유지를 도포 처리한 시험편으로 증류수가 들어있는 수조에 침수하고 일정시간 경과 후 시험편을 회수하여 표면의 수분을 제거한 후 곧바로 중량을 측정하였으며, 목재의 중량증가로써 시험편 내에 수분 침투 정도를 평가하였다.

#### (다) 처리재의 접촉각 변화

동일한 천연유지를 도포 처리한 시험편으로 표면에 물방울을 떨어뜨리고, 목재표면에서 물방울이 표면장력으로 형성하는 각도를 30초 동안 관찰하면서 물방울의 접촉각 변화를 측정하였다. 그 결과 유지 종류에 따른 접촉각의 변화는 올리브유와 들기름으로 처리한 시험편이 비교적 큰 접촉각 감소를 나타내었으며, 피마자유와 아마인유로 처리한 시험편이 비교적 작은 접촉각

감소를 나타내었다.

(라) 촉진열화시험

야외 환경에서 사용되는 목재는 기상열화에 대하여 내후성이 검토되어야 하나, 시험이 장기간 소요되므로, 촉진열화장치 [Xenon weather-Ometer (ATLAS Ci 3000+)]를 이용하여 빛과 수분에 의해 열화시킨 후 열화정도를 색차계로 측정하였다.

동일한 천연유지를 도포 처리한 시험편으로 처리 목재의 표면에 자외선을 조사하고, 일정기간 경과 후, 무처리 목재와 처리목재의 표면조직을 비교 검토하였다.

(마) 유지류 처리재의 흡수율 변화

목재의 단면별 흡수량의 차이를 검토하기 위하여, 시편의 3단면 중 다른 면들은 코팅을 하여 수분의 이동을 차단한 후, 한 면만을 천연유지로 처리하는 방법으로써 목재의 3단면에 대한 각각의 흡수성을 비교 평가하였다. 이 방법에서는 유지의 종류 뿐 만 아니라, 유지의 농도를 용제를 사용하여 희석 조제하여 천연유지의 농도차이에 따른 흡수성의 차이도 같이 평가하였다.

(바) 치수변화율

유지 처리재의 발수성능 평가 방법으로써 유지 처리재의 흡습처리 후의 치수 변화율을 접선방향과 방사방향으로 치수의 변화를 측정하였다.

유지 처리 목재는 무처리 목재와 함께 치수변화를 평가하였으며, 유지 처리 목재를 촉진열화 장치에 폭로한 후 치수변화를 측정하였다.

무처리 시편의 방사방향 치수변화율은 3.7%이었으며, 접선방향 치수변화율은 6.4%로 접선방향의 변화가 큰 것으로 나타났다. 축진열화처리한 시편의 경우는 치수변화의 차이가 거의 없었으며 자외선 조사에 대해서는 비교적 안정성이 큰 것으로 나타났다.

#### (사) 아마인유의 중합처리

앞의 시험에서 천연유지 중에서 비교적 안정적인 유지로 선정된 아마인유를 공시 발수제의 기재로써 선정하고, 아마인유의 건조성과 중합성을 향상시키기 위하여 아마인유를 중합처리하였다. 중합처리에는 이성화 처리를 하였으며, 공액이 아닌 이중 결합을 촉매로 사용하여 공액 이중결합으로 하여 건조성과 중합성을 향상시켰다. 발수제의 성능 향상을 위하여 중합처리에 Cu-Naphtenate와 Zn-naphtenate를 첨가하였다.

#### (아) 중합(보일유)유지의 발수성능 평가

아마인유의 발수성능을 평가하기 위하여 건성유에 건조제 등을 첨가하여 공기를 흡인시키면서 가열하였다. 가열에 의해 Dies-Alder반응을 일으켰으며 건조성은 훨씬 중합처리하기 이전보다 증대(Co, Mn, Ni, Pb(보조건조제))되었다. 중합처리 된 유지는 접촉각 측정을 통하여 발수성능을 평가하였다. 발수성능 평가 결과, Mn, Co 등 산화형 건조제와 반응시킨 유지는 발수성능이 향상되었다.

#### (자) 첨가제 및 보조제의 적정 농도 및 성능 평가

선정된 유지의 발수성능 향상을 위하여 왁스를 첨가하였다. 이 때 첨가할 왁스를 선정 하였으며, 적정농도 선정을 동시에 하였다. 왁스로는 파라핀왁스(Paraffin wax), 밀랍(Bees wax), 마이크로왁스(Micro wax)를 사용하

였다. 왁스처리 시편의 발수성능은 파라핀왁스의 성능이 다른 종류의 왁스보다 우수하였다.

발수성능 개선을 목적으로 일차적으로 첨가될 수지의 적정 농도 선정 시험을 하였다. 첨가될 수지는 Alkyd resin을 선정하였으며, 발수성능 개선을 위한 적정 농도 선정시험에서는 수지의 농도가 7%선에서 발수성능이 높았다. 파라핀과 혼합하였을 경우에는 1%의 파라핀과 5~10%의 수지를 혼합하였을 때 발수성능이 우수한 것으로 나타났다.

수분에 의한 저항성 뿐 만 아니라, 야외에서 사용되는 목재에 대한 부후균의 저항성과 흰개미 저항성을 부여하기 위하여, 발수제에 살충제와 살균제를 첨가하였다. 여기에 첨가할 적정 약제를 선별하기 위하여 방부효력과 흰개미효력시험을 하였다. 흰개미에 대한 방의 효력 시험에서는 비교적 저독성인 살충제 Imidacloprid의 효력이 우수하였다. 살균제로서는 IPBC를 포함하는 유지의 방미효력이 우수하였다.

이상의 시험에서 선정된 약제를 바탕으로 하여 최종 발수제를 제조 하였다. 동 개발 발수제는 특허출원 또는 의장등록 등의 보호 장치를 갖춘 후 기업 등에 기술이전하고 자 한다.

## (2) 속성건조 및 발수처리 방법 개발

전통 목조건축에서는 특대재나 특수재 등의 대형 원목을 건축재료로 이용하고 있다. 이 때 여기에 사용하는 목재의 건조과정이 수개월에서 수년이 걸리고 특대재는 인공 증기건조를 하여도 1개월 이상의 건조기간을 필요로 한다. 또 건조과정에서 갈라짐과 뒤틀림 등이 발생하므로 사용상에 막대한 지장을 초래하므로 전통 목조건축에서는 갈라짐이나 뒤틀림 없이 속성으로 건조시킬 수 있는 방법이 절실히 필요하다. 본 연구의 결과는 건축공사기간을 단축시킬 수 있으므로 목조건축분야에서는 획기적인 기술개발이 될 수 있다. 생재상태의 고풍수율의 목재를 고온 액상의 발수제에 튀김처리를 함

으로 함수율이 10%전후의 목재로 최단 시간 내에 만들 수 있으며, 건조과정에서 발생하던 갈라짐이나 뒤틀림도 예방할 수 있다.

또 지금까지의 목재이용에서는 건조와 방부처리를 별도로 구분하여 이용하였으므로 이러한 두 공정을 하나로 묶어주는 것은 매우 중요하다. 목재를 방부·방충성능을 가진 발수제에 고온으로 침지처리하면 목재의 건조는 물론 방부·방충성능을 겸비한 목재가 탄생된다.

목조건조물 문화재의 보수, 수리 및 신축할 경우 목재를 충분히 건조시킨 후 방부처리하여 사용할 필요가 있다. 발수제로 튀김을 하는 속성건조목재는 방부·방충성능은 물론 건조까지 하나의 공정으로 처리할 수 있고, 처리시설도 간이기구를 제작하여 사용할 수 있으므로 목조 건조물 문화재에 적용하기에 매우 가능성이 높다.

#### (가) 침지 온욕처리 목재의 온도 증가별 중량변화

생재 상태의 목재를 고온의 유지 중에 튀기는 온욕처리를 하면 목재내부의 수분이 밖으로 빠져나오면서 유지의 성분은 목재내부로 침투되는 유지와 물의 치환이 목재내부에서 일어난다. 이로 인해 목재는 건조가 되면서 또 유지가 목재내부로 침투되었기 때문에 발수의 효과도 얻을 수 있다.

유지를 승온시키면서 유지 온도 상승에 따른 목재 내부의 온도변화와 함수율의 변화를 검토하였다. 실험결과 생재 상태의 목재를 유지온도 150℃로 처리 할 경우 단시간 내에 목재 함수율이 10%내외로 감소되어짐을 확인 할 수 있었다.

#### (나) 처리온도별 유지 함유율과 목재내부 수분 함유율

유지의 온도를 80℃, 120℃, 150℃로 고정시킨 챔버 내에서 고함수율의 생재상태의 시편을 넣고 일정시간 경과 후 목재 내 유지의 침투량을 비교하였

다. 실험 결과, 80℃에서는 목재중량 대비 5.7%가 침투하였으며, 120℃에서는 18.7%, 150℃에서는 20.3%의 유지가 침투하였다. 유지를 제외한 총중량감소율은 150℃에서 가장 높았으며, 120℃, 80℃의 순으로 점차 낮아졌다.

#### (다) 속성건조재의 할렬방지와 단청의 도포에 미치는 영향

생재를 고온으로 승온하여 처리하면 목재내부의 급격한 수분경사 발생으로 인한 목재내부의 응력변화로 할렬이 발생할 수 있다. 목재 내부의 할렬 발생을 줄이기 위하여 인사이징을 하였다. 이 때 목재내부의 함수율의 변화도 동시에 측정하였다.

속성건조목재는 현장이용이 가능하므로 목조문화재와 같이 현장에서 가공작업이 많은 목재의 사용에 적당하다. 처리된 목재가 문화재 축조용 목재로 사용될 경우를 대비하여 단청과 결합여부를 검토하였다.

목재의 중심부까지 가는 드릴로 천공하는 방식의 인사이징 처리는 목재내부의 응력을 해소하는데 크게 도움이 되었으며, 내부응력 변화에 따른 목재의 할렬을 방지하는데도 효과적이었다. 목재의 표면할렬은 평균 폭 2mm이하로 표면할렬이 매우 크게 감소하였으며, 처리 후 야외에서 장기간동안 방치하여두어도 할렬의 발생은 없었다. 또, 섬유방향의 최대 할렬길이는 5cm 이하이었다.

유지온욕처리에 의한 속성건조 후 목재의 표면에 단청시공에서 사용하는 방법과 동일하게 단청도료인 석간주와 뇌록을 도포하였을 때, 단청의 피복은 처리하지 않은 목재보다 쉽게 단청을 올릴 수 있었다. 또 유지온욕처리를 한 단청처리재는 표면할렬도 처리하지 않은 목재보다 적게 나타났다.

#### (라) 처리온도별 목재내부 온도변화

고온유지 온욕처리과정에서 목재내부의 온도변화를 측정하기 위하여 목재



를 가는 드릴로 천공한 후 온도측정용 리드선을 넣고 천공부위를 톱밥으로 채우고 시간 경과 별로 목재내부 온도를 측정하여 본 결과, 150℃에서는 온욕가열 60분 이후 목재의 내부온도가 100℃에 도달 하였으며, 270분 경과시점에서는 내부온도가 100℃ 내외를 기록하였다.

#### (마) 유지의 목재 내 침투 깊이

고온유지온욕처리에 의한 목재 내 유지 침윤율은 목구면으로부터 10cm이상의 깊이에서 20%의 침윤율을 나타내었다. 침투깊이는 목재표면으로부터 약 4mm~10mm정도 이었다. 처리재의 함수율의 감소는 처리온도가 증가 할수록 낮은 함수율을 나타냈으며, 편차가 적게 나타나 150℃로 처리할 경우 이용 함수율에 가깝게 접근할 수 있었다. 150℃처리재의 유지의 침투는 목구면에서 2cm 깊이 까지는 80%, 4cm깊이 까지는 68%의 유지점유율을 나타내는 등 목구면으로 10cm 부위까지 유지의 침투가 있었다. 방사단면이나 접선단면으로 유지의 점유율은 약 20~22%의 수준이었으며, 침투깊이는 10cm 이었다. 10cm 안쪽 부위는 중앙부위와 별 차이를 보이지 않고, 더 이상의 유지침투는 없었다. 고온유지온욕처리 시험의 결과, 목재내부의 온도변화는 150℃에서 6시간 경과 후 목재 내 온도는 100℃에 도달하여 수분의 증가가 활발히 일어났다.

목재 내 유지의 침투는 세포내강에 완전히 충전되어진 상태가 전자현미경 관찰에서 나타났고, 고온유지 온욕처리로 세포벽의 파괴나 붕괴, 용해 등의 이상은 발견할 수 없었다.

#### (바) 처리온도별 목재 강도 측정

고온 유지에서 생재 상태의 목재를 처리하여 목재 함수율이 10%내외로 감소하는 조건에서, 고온에 의한 목재내부의 셀룰로오스나 리그닌의 열분해가 일어날 수 있고 이로 인해 목재의 강도 감소가 우려되므로 처리 후 목재

강도시험을 무처리 시편과 비교하여 실시하였다.

목재의 강도시험결과, 파괴강도와 탄성계수의 관계는 150℃처리의 경우 무처리와 유의수준 5%에서 검정하였을 때 두 처리간의 유의차가 존재하지 않은 것으로 나타났다. 유지 온도 150℃의 목재를 처리하였을 때 목재의 강도 변화는 일어나지 않은 것으로 나타났다.

#### (사) 고온유지 온욕처리재의 항균 효력 시험

고온유지 온욕처리한 목재의 내구성능을 검토하기 위하여, 항균효력 평가를 하였다. 항균효력은 8종의 목재가해 균주를 대상으로 실시하였다.

8종의 균종에 대한 고온유지 온욕처리재의 아마인유를 단독으로 처리한 목재는 항균효력이 매우 약했으며, 균에 대한 항균력은 없는 것으로 나타났다. 처리시편은 3종의 부후균과 변재 변색균인 *Tricoderma viride*는 균사가 처리시편을 뒤덮고 성장하는 반면, 이를 제외한 4종의 변재 변색균의 균사는 처리시편과 만나는 부분에서 처리시편 위로 타고 올라가지 못하는 등 항균력이 있는 것으로 나타났다.

#### (아) 방부효력

고온유지 온욕처리가 끝난 시편에 대하여 방부효력을 평가하였다. 처리재의 항균효력평가에서는 150℃로 처리한 목재의 방부효력이 우수하였다. 80℃에서 처리한 시험편은 무처리에 비해 *Tyromyces palustris*에 대하여 19.1%, *Trametes versicolor*에 대해 12.4%의 방부효력이 강하게 나타났으며, 150℃에서는 각각 49.0%, 69.0%의 효력 상승이 있었다.

#### (자) 고온유지 온욕처리 장치의 개발

금후 장기적으로 현장에서 처리목재를 생산하기 위하여 파일럿장치를 개

발하였다. 간이방법으로 야외에서 온욕처리를 할 수 있는 침지조를 개발하였고, 장치에서 문제점으로 나타나는 내부할열 등을 방지할 수 있는 액온조절이 가능한 실내 온욕처리 파일럿장치를 개발·이용하였다. 실내용 속성건조처리장치는 감압 펌프를 이용하여 오일 보관탱크에서 실린더로의 오일이동이 손쉽게 이루어지도록 하였으며, 처리가 끝난 목재 내부의 온도 변화를 급격하게 이루어지지 않도록, 보조탱크 내에 미리 가열하여 두었던 오일로 교환하여 서서히 온도를 내릴 수 있는 방법을 장치에 도입하였다.

야외사용 고온유지 온욕처리 장치는 목재투입구를 위쪽으로 배치하여 양쪽의 문을 모두 개폐할 수 있는 방식으로 목재의 투입과 배출이 용이하도록 만들었다. 오일의 처리 온도 분포가 고르게 될 수 있도록 4분할된 가열기를 사용하였으며 각각의 가열기는 온도 조절기를 부착하였다. 목재에서 빠져나온 물과 유지를 구분하고 오염된 오일을 배출할 수 있도록 처리조의 옆면 하단에 배출구를 설치하였으며, 야외에서 이동이 편리하도록 바퀴를 부착하였다. 이 장치에 의해 도출되어진 연구결과는 다음과 같다.

목재 내의 약액의 침투는 목재의 방향에 따라 크게 차이가 있으며, 목구면에서 약액의 침투가 가장 많이 일어났다. 고온유지온욕으로 40시간 처리구에서 목구면에 인접한 부위는 전건에 가까운 2.2%의 함수율을 나타내었고, 중앙부에서도 15.9%의 함수율을 나타내었다. 동일한 처리시간에서도 목재의 중심부까지 인사이징 처리한 시험편의 경우는 4.5cm 깊이까지 목재 전체가 5%미만의 함수율을 나타내었다. 또 70시간 처리한 시험편에서는 4.5cm 깊이까지 목재함수율은 시편의 전 길이방향에서 0~1%의 전건상태에 가까운 수분의 이동이 확인되었다.

고온유지 온욕 70시간 처리에서는 전층에서 기건상태의 목재함수율에 가까운 15%이하의 함수율을 나타내었다. 이 때 처리시간을 연장하면 내부까지도 계속해서 함수율이 감소되어 질 것이 확실하나, 함수율이 15%이하가 되면 목재사용에서 물리적인 문제점이 크게 발생하지는 않을 것으로 판단되어 처리시간을 70시간 정도로 하는 것이 적당할 것으로 사료된다.

직경 약 35cm 원목을 이용하여 유지온도 150℃에서 40시간 동안 처리한 원목의 목구면에는 할열이 관찰되었으나, 목구면으로부터 40cm 안쪽 깊이에서는 표면할열과 내부할열이 전혀 발생하지 않았다. 또 인사이징 처리를 하여 줌으로 목구면 표면에서는 표면할열과 윤할이 있었으나, 그 할열 길이는 인사이징을 하지 않은 원목보다 훨씬 짧게 나타났다. 목구면에서 70cm 부위에서는 어떠한 결함도 나타나지 않았으며, 매우 건전한 상태를 나타내었다.

고온유지온욕처리 시간을 70시간으로 연장하여 줌으로 목구면 표면에서는 표면할열과 내부할열이 발생하였지만, 윤할의 발생은 전혀 없었다. 또 목구면으로부터 40cm 안쪽부터는 표면할열, 내부할열 및 윤할이 없는 매우 건전한 상태를 유지하였다.

#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

- 개발된 발수제는 아미닌유를 중합처리하고, 기능성을 부여하기 위한 살균제 및 살충제가 효력 검정 후 적정 최저 농도로 희석되어진 국내의 목재사용 환경에 적당한 환경 저부담형의 발수제이다. 발수제는 방부효력은 물론 흰개미에 대한 우수한 방의효력을 갖고 있으며, 목재내부로 수분의 침투를 억제할 수 있는 발수효력도 갖추고 있다. 또한 자외선의 차단효과와 할열방지, 치수안전성 등이 매우 우수한 것으로 평가되는 고기능성 발수제이다.

- 발수제의 제조는 특별한 규모의 시설이 없어도 제조할 수 있으므로 금후 기술이전을 필요로 하는 곳이 있으면 발수제 제조에 관한 기술이전이 가능하다. 특히 발수제의 제조기술은 페인트 등의 도료 생산회사에서 높은 관심을 갖고 있는 상태이다. 다만, 동 기술의 보호장치로 특허 등의 기술등록이 현재 되어있지 않은 상태이므로 보호장치를 한 후 기술이전을 추후에 할 예정이다.

- 고온유지 온욕처리 방법은 발수처리와 동시에 생원목의 건조도 되므로 처리재는 표면결함이 제거되고 갈라짐과 뒤틀림도 해소되므로 고품질의 목재

생산이 가능하다. 특히 목조 건조물 문화재의 보수, 수리 및 개축 등의 현장에서는 목재의 가공 등이 공정이 복잡하므로 방부처리를 필요로 하는 부재라도 방부처리 없이 사용하는 경우가 많다. 이러한 목조건조물의 축조현장에 사용하는 목재의 경우는 곧바로 적용할 수 있는 기술이다. 동 기술은 공장규모의 설비기술과 처리방법에 관한 장치기술로 기술이전이 가능하다. 다만, 연구기간이 짧았던 관계로 동 기술에 대한 보호장치를 갖추지 못하였으므로 특허 등의 보호장치를 한 후 기술이전을 추후에 할 예정이다.

- 개발되어진 발수제 및 처리방법을 기술이전 받기를 원하는 기업이 있으면 추후 유상이전 할 계획이다.

## SUMMARY

Woods used for traditional royal places and houses were treated with perilla oil, so-called Danchung (traditional Korean pigments) to improve their durability and to protect them, which was not being used in these days. There is a need to develop water repellents in a scientific manner based on traditional methods. Therefore, this study attempted to develop environmentally friendly water repellents for wood by combining a traditional technologies with polymer chemistry principles using natural oils in soaking at high temperature, which also had a similar effect as a drying process. At the same time, the methods of evaluating water repellency of developed water repellents in this study.

Most of water repellents used in Korea were being imported, reaching 6 millions won in 1996. Due to the increase of landscape equipment price, the amount of water repellent sales in the market was estimated to be over 10 billion won. Thus, there is a urgent need to develop the water repellents suitable to various situations in Korea.

However, methods of evaluating water repellents were not established yet. Most of water repellents imported are being used under inappropriate situations, which require to investigate suitability in Korea. It is important to establish evaluation methods for water repellents, which certainly will contribute in screening water repellents being imported.

This research employed various methods of evaluating water repellents developed for wood using natural oil such as moisture adsorption, water absorption, and contact angle measurement. The contact angle measurement showed that both castor and linseed oil had good results. In the water absorption test, natural oil-treated woods showed good results of water repellency at the beginning of test time. The castor oil and linseed oil showed good water repellency.

Water repellents-treated wood showed better dimensional stability than those of untreated samples. In particular, paraffin wax mixed with natural oil resulted in better water repellency when used as additives. Also, alkyd resin was good result as an additive for water repellents .

The efficacy of IPBC and Imidacloprid as fungicide and insecticide showed

excellent against fungi and termite, respectively. The addition of Imidacloprid into water repellents showed the best resistance to termite. Based on these results, water repellents were developed using preservatives. These water repellents and technology developed will be transferred to industries after obtaining patents or trade names.

In another methods of water repellent treatment called as 「High temperature soaking-heating method」, the inner temperature of wood increased to 100°C after the soaking-heating at 150°C for 6 hours, resulting in very active generation of water vapor. The percentage of oil permeation was about 20% at the distance of 10cm from the surface. The depth of oil penetration from the surface was about 4mm ~ 10mm. The moisture content of treated wood decreased with increasing the temperature, and the deviation was small. The treatment at 150°C produced an appropriate moisture content of wood for uses.

Since the high temperature treatment for woods may change their physical properties, strength properties were determined in order to investigate any reduction in strengths of woods. The difference in strengths between treated and untreated woods was not statistically significant when treated in oil at 150°C. The incising method using drill to make holes was effective to reduce internal stress developed in the wood after the high temperature soaking-heating treatment.

The results of water repellent efficacy indicated that the oil-treat wood at high temperature produce good results in the water absorption and contact angle measurements. The oil-treated wood at 150°C also showed good anti-fungi efficacy.

In long term perspectives, a pilot system of treating wood with oil was developed for the treatment of wood on sites, which could reduce internal checks and control the temperature of liquid. The results obtained with the use of the pilot system were summarized as follows:

The penetration depths of oil in treated woods showed differences depending on wood grain directions, and the cross section had the greatest depth in all directions. The moisture content (MC) of treated wood at high temperature for 40 hours was about 2.2% at around cross section, and 15.9% at the center. The MC of incised and treated wood was below 5% at the distance of 4.5cm from the surface. When treated for 70 hours, the MC of the specimens in longitudinal direction was about 0~1%, which was very close to oven dry state.

The 70-hour treatment in high temperature soaking-heating resulted in below 15% MC. Since the increase of treatment time above 70 hours was certainly reduce the MC below 15%, which would not cause any physical problems, the 70-hour treatment was appeared to be appropriate.

The log treated at 150°C for 40 hours showed checks in the cross section, but there was no checks at the distance of 40cm from the surface. When incised, the occurrence of checks were observed, but their lengths were greatly reduced. There was no defects at the distance of 70cm from the cross section.

When increased treatment time of high temperature soaking-heating at greater than 70°C, there were slight surface and internal checks, but no ring checks were observed. The samples at the distance of 40cm from the cross section was almost sound wood without surface, internal and ring checks.

The observation of samples using electronic microscopy showed that the oil permeated was located in cell lumen, and there was no occurrence of cell wall collapses and degradations.

Large diameter logs have been being used for building traditional construction in Korea. Drying these logs takes from a few months to years, and it takes a month to dry these log in kiln dryer. At the same time, the drying process causes lot of defects such as checking, warping, and twisting. The high temperature soaking- heating treatment in natural oil could save drying process and reduce drying time as well as the reduction of defects occurrences. Also, it is important to combine drying and preservative treatment into a process. The soaking in high temperature water repellent oil could develop a new method of wood modification with anti-decay, anti-insect, and water repellency. This new method of modifying wood could be used to treat large diameter log for the construction of wood building, especially cultural properties.

Since there was no established method of evaluating the quality of water repellent, varieties of water repellents were being imported in the market. Most of water repellents being imported from European countries are not effective to prevent termite attacks. Thus, restrictive measure of quality evaluation could exclude the importation of disqualified water repellent products.



As the cost of water repellent is high, most of woods are not treated with enough amount of water repellent. This situation could be a cause of reducing anti-decay efficacy. Therefore, the development of evaluation method of water repellents is important, and the establishment of evaluation criteria is presently urgent issue. This study attempted to introduce biological test method to evaluate water repellent efficacy, and to review the evaluation method of coating materials of Korea Standard (KS), American Wood Preservation Association (AWPA) standard, and the method of Japanese Wood Preservation Association.

## Contents

[Presentation]	1
[Summary(Korean)]	2
[Summary(English)]	17
[Contents(English)]	21
[Contents(Korean)]	24
Introduction	34
<b>Chapter 1. Development of water repellents and efficacy test</b>	<b>38</b>
▷ Oil selection test for water repellents	38
1. Materials and methods	38
1) Materials	38
Wood samples	38
Chemicals	39
Fungi	39
2) Methods	39
Mixing and preparation methods	40
Treating methods	40
Anti-mold efficacy test	40
Acceleration test	41
Soaking treatment	42
Contact angle measurement	42
2. Results and discussion	43
1) Moisture absorption efficacy of natural oil treated wood	43
2) Contact angle test of oil treated wood	47
3) Anti-mold efficacy test of natural oil treated wood	51
4) Color difference and decreasing rate of brightness by accelerating treatment	52
5) Water absorption efficacy of oil treated wood	53
6) Dimensional stability of oil treated wood	55
7) Contact angle test of accelerated oil treating wood	56
▷ Manufacture of water repellents	57

1. Material and methods .....	57
1) Material .....	57
2) Methods .....	57
Polymerization of oil .....	57
Molecular weight of polymerized oil .....	58
Contact angle test of polymerized oil-treated wood .....	59
Color difference measurement of polymerized oil-treated wood after exposure UV light .....	59
Water absorption test of polymerized oil-treated wood .....	59
Test for optimum wax concentration .....	60
Test for optimum resin concentration .....	60
Test for optimum anti-termite chemical .....	60
2. Results and discussion .....	60
1) Molecular weight of polymerized oil .....	61
2) Contact angle test of polymerized oil-treated wood .....	64
3) Color difference measurement of polymerized oil-treated wood after UV light .....	66
4) Water absorption test of polymerized oil-treated wood .....	72
5) Test for optimum wax concentration .....	73
6) Test for optimum resin concentration .....	74
7) Test for optimum anti-termite chemical .....	75
8) Water repellents preparation .....	76
9) Termite test of water repellents .....	77
<b>Chapter 2. Development of heating oil treatments for wood by soaking high temperature oil soaking treatment .....</b>	<b>79</b>
1. Material and methods .....	79
1) Material .....	79
Samples .....	79
Oils .....	80
2) Methods .....	80
Oil treatment .....	80
Temperature measurement of treated wood .....	80
Oil absorption of treated wood .....	81
Strength test of treating wood .....	82

Efficacy evaluation of incising treatment .....	83
Water repellents efficacy evaluation .....	84
Fungi test .....	84
Decay test .....	84
Termite test .....	84
2. Results and discussion .....	85
1) Weight change of wood on different treating temperature .....	85
2) Oil containing rate and moisture content rate of wood inside on different treating temperatures .....	86
3) Dry and water repellents treating by heating oil treatment .....	88
4) Temperature measurement of inside treated-wood .....	90
5) Oil absorption of treated wood .....	92
6) Strength test of treated wood .....	94
7) Water repellents efficacy evaluation .....	95
8) Fungi test results .....	97
9) Decay test of heating-oil treated wood .....	99
10) Development of oil treatment equipment .....	100
 Chapter 3. Conclusions .....	 110
 Chapter 4. Test manual of water repellents for efficacy evaluation (draft) .....	 114
 <Appendix> .....	 116
 <Publish papers> .....	 167

## 차 례

제 1 장 연구개발과제의 개요 .....	27
제 1 절 연구개발의 목적 .....	27
제 2 절 연구개발의 필요성 .....	27
제 3 절 연구개발 내용 및 범위 .....	30
제 2 장 국내외 기술개발 현황 .....	32
제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과 .....	34
제 1 절 서 언 .....	34
제 2 절 발수제의 성능평가 및 발수목재 개발 .....	38
1. 국산 발수제 개발 및 품질·성능평가 .....	38
▷ 적정유지 선발 .....	38
가. 재료 및 방법 .....	38
1) 공시재료 .....	38
가) 공시유지 .....	39
나) 공시시편 .....	39
다) 공시약제 .....	39
라) 공시균주 .....	39
2) 실험 방법 .....	39
가) 약제의 혼합 및 조성방법 .....	40
나) 약제 처리 방법 .....	40
다) 방미효력시험 .....	40
라) 자외선 촉진열화 .....	41
마) 수침처리 .....	42
바) 접촉각 변화 .....	42
나. 결과 및 고찰 .....	43
1) 유지류 처리재의 증기 상태의 흡습성 평가 .....	43
2) 처리재의 접촉각 변화 .....	47
3) 천연유지의 목재 곰팡이류에 대한 防黴효력시험 .....	51
4) 촉진열화처리에 의한 처리재의 색차와 명도감소율 .....	52
5) 발수처리재의 흡수율 평가 .....	53
6) 유지류 처리재의 치수 변화율 평가 .....	55
7) 유지류 처리재의 접촉각 변화 평가 .....	56
▷ 발수제의 제품화 .....	57
가. 재료 및 방법 .....	57
1) 공시재료 .....	57
2) 실험방법 .....	57
가) 유지의 중합 .....	57

나) 중합한 유지의 분자량 측정 .....	58
다) 중합유지 처리재의 접촉각 시험 .....	59
라) 중합유지 처리재의 UV노출에 의한 재색 변화측정 .....	59
마) 중합유지 처리재의 침수시험을 통한 발수성능평가 .....	59
바) Wax의 적정농도 선정 시험 .....	60
사) 수지의 적정농도 선정 시험 .....	60
아) 방의제 선정 시험 .....	60
나. 결과 및 고찰 .....	60
1) 중합처리한 유지의 분자량 측정 .....	61
2) 중합유지처리재의 접촉각측정 .....	64
3) 중합처리한 오일을 처리한 목재의 UV노출에 의한 재색 변화 .....	66
4) 중합처리한 오일을 처리한 목재의 침수시험을 통한 발수성능 평가 .....	72
5) Wax의 적정농도 선정시험 .....	73
6) 수지의 적정농도 선정시험 .....	74
7) Imidacloprid의 방의 효력 평가 .....	75
8) 발수제 제조 .....	76
9) 흰개미에 대한 방의효력 평가 .....	77
2. 고온유지 온욕처리에 의한 속성건조 발수처리재 개발 .....	79
가. 재료 및 방법 .....	79
1) 공시재료 .....	79
가) 공시시편 .....	79
나) 공시유지 .....	80
2) 실험방법 .....	80
가) 약제처리 .....	80
나) 처리 목재 내부의 온도 변화측정 .....	80
다) 유지 침투량 측정 .....	81
라) 목재의 강도감소율 측정 .....	82
마) 목재내부 응력해소를 위한 인사이징 .....	83
바) 발수성능평가 .....	84
사) 항균효력 평가 .....	84
아) 방부효력 평가 .....	84
자) 흰개미에 대한 방의효력 평가 .....	84
나. 결과 및 고찰 .....	85
1) 처리온도별 목재의 중량변화 .....	85
2) 처리온도별 유지함유율과 목재내부 수분함유율 .....	86
3) 고온유지 온욕처리에 의한 건조 및 방부+발수처리재 .....	88
4) 처리온도별 목재내부 온도변화 .....	90

5) 유지의 목재내 침투깊이 .....	92
6) 처리온도별 목재 강도 측정 .....	94
7) 유지의 흡수성에서 본 발수성능 .....	95
8) 항균효력 .....	97
9) 고온유지 온욕처리 목재의 방부효력 .....	99
10) 고온유지온욕처리 장치 개발 .....	100
가) 실내 처리 장치의 개발 .....	101
나) 야외용 처리 장치의 개발 .....	104
3. 결 론 .....	110
4. 발수제의 품질 성능 평가 방법(안)의 개발 및 수집 .....	114
<붙임> .....	116
발수제의 성능시험방법(1) .....	116
발수제의 성능시험방법(2) .....	118
접촉각 측정에 의한 발수제의 성능평가 .....	120
발수처리재의 방부효력시험방법 .....	122
발수처리재의 방미효력시험방법 .....	127
발수처리재의 방의(흰개미)효력시험방법 .....	133
도료의 촉진내후성 시험방법 3231 .....	136
도료용 유지의 산값 시험방법 4921 .....	140
도료의 촉진 내후성 시험방법 KS M 5982 .....	144
Standard methods of testing water repellency of pressure treated wood E4-78 .....	152
Standard methods of testing to determine water repellents in pressure treated lumber E13-92 .....	156
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	159
제 5 장 연구개발결과의 활용계획 .....	162
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	164
제 7 장 참고문헌 .....	165
<발표논문> .....	167
천연유지류 처리재의 발수성능평가 .....	169
천연유지류 처리재의 발수성능평가 .....	179
촉진열화에 의한 발수처리재의 접촉각 측정과 침수성 비교 .....	186
천연유지 액상열처리에 의한 주입처리 특성 .....	190
고온 아마인유 온욕처리 소나무재 원목의 건조 및 방부효력 특성 .....	195
천연유지의 중합처리에 의한 발수성능 개선 .....	201
Comparison of proposed methods of estimating water repellent efficacy .....	207

## 제 1 장 연구개발과제의 개요

### 제 1 절 연구개발의 목적

본 과제 「친환경적 목재 방부·방의(흰개미)처리용 발수제의 국산화 기술 개발」의 목적은 목재에 대한 전통 발수처리 기술을 오늘날의 고분자화학 기술과 접목시켜 친환경적인 국산 발수제로 개발함으로써, 우리 조상들의 우수한 전통문화를 계승시키는 물론 그동안 단절되었던 발수기술을 국내기술로 축적시키고 이를 기업기술로 이전함으로써 대외적인 경쟁력을 높일 수 있으며, 나아가 현재 수입에 의존하고 있는 발수제를 국산화시킴으로 외화절감과 목재자원의 소비절약에 기여함에 있음.

### 제 2 절 연구개발의 필요성

- 최근 목재가 다른 재료보다 친환경적인 재료임이 인정되면서 조경시설재, 주택부재 등으로 목재의 사용이 크게 증가하고 있다. 그러나 목재를 야외에서 사용하면 목재가 썩고, 벌레 먹으며, 뒤튐림이나 갈라짐이 발생하기 때문에 목재사용을 주저하는 경우가 대부분이다. 그러므로 사용자로 하여금 이러한 우려를 없도록 하는 발수처리 기술개발이 필요하다.
- 목재의 내구성을 향상시키려면 가압방부처리 목재를 사용하면 되지만, 용도에 따라서는 방부처리가 어려운 곳도 있으며, 현장에서 절단, 천공 등의 가공을 필요로 하는 곳도 있다. 그러므로 이러한 곳에 사용할 수 있는 약제의 개발은 목재의 사용수명 연장에 크게 도움이 될 수 있다.
- 야외에서 사용하는 목재가 열화되는 과정에서 수분 침투는 중요한 열화인자중의 하나이다. 목재에 수분이 침투하지 않도록 하고, 또 건조가 충분하지



못한 목재에 대해서는 외부로부터 수분을 차단하고, 내부의 수분은 밖으로 뽑아내어 주는 기술은 목재의 유지관리에 크게 도움이 된다. 그러므로 발수성을 가진 약제로 목재를 보호할 수 있는 기술개발이 필요하다.

- 전통적인 목재 보호의 방법으로서 전통 궁원과 사찰은 단청을 사용하여 목재의 표면을 보호하였고, 일반 주택에서는 들기름을 목재에 처리하여 내구성을 향상시켰으나, 오늘날에는 이러한 처리들이 거의 재연 되지 않고 있어, 전통적인 목재보존 기술을 과학적인 방법으로 접근하여 그 기술을 발굴하고 이를 다시 개발 복원하여 보급할 필요가 있다.

- 현재 국내에서 사용되는 발수제의 대부분은 외국에서 수입되고 있는 제품으로, 연간 100억 원 이상으로 추정하고 있다. 국내의 경우 최근 야외에서 사용하는 조경시설재가 계속해서 증가하고 있는 추세이기 때문에 발수제의 사용량도 증가될 것으로 전망한다. 그러므로 발수제를 수입에 의존하지 않고 국내의 목재사용 환경에 적합한 발수제의 개발이 시급한 상태이다.

- 임업연구원 1996년도 연구보고서에 의하면, 국내유통 발수제 22종을 수거하여 KS M 1701 「목재방부제」의 시험방법으로 효력을 검정한 결과, 수입되는 발수제 22종 중 2종만이 성능 기준을 만족하였다. 시중에서 발수제는 방부·방충 효력을 겸비한다고 알려져 있고 잘 못 사용되는 예가 많이 발생하고 있으므로 이를 지적할 수 있는 품질성능 기준이 필요하다.

- 한편 수입되는 발수제의 품질평가 기준이 확립되어 있지 않으므로 제품의 성능에 관계없이 무차별적인 수입시장이 형성되고 있다. 특히 주 수입선이 되고 있는 유럽의 경우는 흰개미에 대한 피해가 심하지 않기 때문에 발수제의 성능이 흰개미에 대한 효력이 없는 것이 대부분이다. 이러한 발수제는 국내의 목재사용환경에 적합하지 않으므로 개선 또는 철저한 품질검사 과정을 거치면서 수입이 배제되도록 하여야 한다.

- 일부 수입되는 발수제는 기능성을 우선하면서 효능은 우수하지만 국내에서 환경호르몬의 주범물질로 그 사용이 금지되어진 트리브틸틴화합물을 함유하고 있는 TBTO(Tri butyl tin Oxide)를 주성분으로 하는 발수제가 수입

되고 있으므로 국내의 환경을 크게 위협하고 있다.

- 수입 발수제는 28,000 ~ 40,000원/겔론에 판매되고 있다. 이를 국산화 할 경우 약제 생산가격은 7,000원/겔론으로 제조가능하므로 판매가격도 10,000 원 안팎으로 유통 가능할 것으로 전망된다. 그러므로 연간 100억 원 이상을 수입하는 국내의 현실을 감안할 때 외화 절감에도 기여 할 것으로 기대된다.

- 현재 발수제의 가격이 고가이기 때문에 충분하게 효력을 발휘할 수 있는 약제량 만큼 처리되지 못하고 있다. 규정에 적합하게 발수처리되고 있지 못한 것 또한 또 하나의 방부효력 저하 원인이 되고 있다. 그러므로 저가로 발수제 제조를 국산화 하면 국내에서 방제에 필요한 미생물군의 침입을 충분하게 방제할 수 있고, 가격도 저렴하므로 수입 발수제의 전량 대체가 가능하리라 판단된다.

- 대형 원목을 사용하는 전통 고목조건축에서는 목재의 건조과정이 수개월에서 수년이 걸리므로 축조에 애로가 있다. 또 이러한 특대재는 인공 증기 건조를 하여도 1개월 이상의 건조기간을 필요로 하는 경우가 있다. 뿐만 아니라, 건조과정에서 갈라짐과 뒤틀림 등이 발생하므로 사용상에 지장을 초래한다. 그러므로 갈라짐이나 뒤틀림 없이 속성으로 건조시킬 수 있는 방법이 필요하다. 이러한 방법의 개발은 건축공사기간을 단축시킬 수 있으므로 목조건축분야에서는 획기적인 기술개발이 될 수 있다. 생재상태의 고풍수율의 목재를 고온 액상의 발수제에 튀김처리를 함으로 함수율이 10%전후의 목재로 최단 시간 내에 만들 수 있으며, 건조과정에서 발생하던 갈라짐이나 뒤틀림도 예방할 수 있다.

- 지금까지의 목재이용에서는 건조와 방부처리를 별도로 구분하여 이용하였다. 경우에 따라서는 건조공장을 거친 후 방부처리공장으로 이동하는 일도 있다. 그러므로 이러한 공정을 하나로 묶어주는 것은 매우 중요하다. 목재를 방부·방충성능을 가진 발수제에 고온으로 침지처리하면 목재의 건조는 물론 방부·방충성능을 겸비한 목재가 탄생된다.

- 국내에서도 목조건축물을 비롯하여 야외에서 토양과 접한 목조시설재에서 흰개미의 피해는 매우 막대하다. 특히 남부지방으로 갈수록 그 피해는 심하며, 목조문화재를 훼손하고 있어서 매우 심각한 문제를 야기하고 있다. 기존의 건축물의 경우 건축물을 해체하여 목재를 가압으로 방부·방충처리를 할 수 없으므로 방부·방의(흰개미)처리가 항상 문제가 된다. 그러므로 간단하게 표면처리로 흰개미의 침투를 막을 수 있는 발수제의 개발이 필요하다.
- 목조건조물 문화재의 보수 또는 수리의 경우 교체목재를 방부처리하여 사용하여야 하나, 목수들이 방부목재를 취급하기 꺼려한다. 그러나 저독성의 발수제로 처리되어질 경우 취급상의 부담을 덜어 줄 수 있다.
- 가압방부처리 목재는 대부분이 방부처리 시설을 갖춘 공장에서만 처리가 가능하므로 현장에서부터 공장까지 이동의 부담이 있으나, 발수제로 튀김을 하는 속성 건조목재는 방부·방충성능은 물론 건조까지 하나의 공정으로 처리할 수 있고, 처리시설도 간이기구를 제작하여 사용할 수 있으므로 목조 건조물 문화재에 적용하기에 매우 가능성이 높다.

### 제 3 절 연구개발 내용 및 범위

본 과제에서는 목재에 대한 전통 발수처리 기술을 오늘날의 고분자화학 기술과 접목시켜 환경 저부담형 국산 발수제를 개발함에 있다. 개발된 발수제는 아미노유를 중합처리하고, 기능성을 부여하기 위한 살균제 및 살충제가 효력 검정 후 적정 최저 농도로 희석되어진 국내의 목재사용 환경에 적당한 환경 저부담형의 발수제이다. 특히 발수제의 제조는 특별한 규모의 시설이 없어도 제조할 수 있으므로 금후 기술이전을 필요로 하는 곳이 있으면

발수제 제조에 관한 기술이전이 가능하다.

발수제 온욕 주입은 발수제를 온욕 주입방법을 이용하여 생원목에 주입 처리함으로 생원목 건조에 장기간(3~4개월) 소요되었던 인공건조 시간을 단시간(2~3일 정도)으로 줄일 수 있으므로 인공건조스케줄 단축을 기할 수 있으며, 목재의 치수변형 억제효과가 있으므로 뒤틀림과 할렬을 예방할 수 있는 치수안정성이 뛰어난 신기능성 목재를 개발할 수 있으며, 방부·방충효과 및 발수효과도 동시에 얻을 수 있는 방부·방충(흰개미 포함)성 발수처리 목재를 개발할 수 있다. 또한 이 기술은 문화재용 목재의 건조 및 방부처리 방법으로 적용할 수 있기 때문에 건조비용 절감과 방부처리에 의한 내구연한을 연장시킬 수 있는 최선의 방법이 될 수 있다.

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

2001년 하반기부터 2002년 상반기에 걸쳐 월드컵 특수에 힘입어 야외사용 조경시설재로 목재수요가 무려 250%나 급증하였다. 야외사용 목재는 대부분이 가압방부 처리재를 사용하여야 하나, 현장사정상 또는 처리공장이 경인지역에 집중되었기 때문에 발수제로 그 사용을 대체하고 있는 곳도 있다. 이러한 이유에서 발수제의 수요도 대폭 증가하고 있으며, 국내 도료업계에서도 발수제의 개발에 대한 관심이 크게 고조되고 있는 상태이다.

발수제의 제조는 비교적 간단한 장치로서 개발할 수 있으므로 이미 유럽이나 북미 등에서는 오래 전부터 발수제를 사용해 왔다. 특히 목조주택이 많은 일본이나 미국에서는 주택의 유지·보수용으로 발수제를 적극적으로 사용하고 있으며, 그 용도에 따라 종류도 매우 다양하다.

국내에서 수입하고 있는 해외 발수제의 대표적인 회사는 올림픽사(Olympid), 오스모스(Osmos)사가 있다. 올림픽사에서는 "Olympic maximum water proofing sealent" "Olympic clear wood preservatives" "Olympic water guard"를 주요 발수제 제품으로 생산하고 있으며, 오스모스사에서는 "Wood stain and preservatives" "Clear water repellent and preventive wood preservative"를 주요 발수 제품으로 생산하고 있다.

일본의 경우 국내에서 개발한 도포용 방부·방충제의 종류는 100여종 이상이 되고 있으며, 미국이나 유럽에서 개발된 발수제라도 일본의 환경 적성에 적당하도록 개조하여 사용하고 있다. 특히 흰개미에 대한 효력을 매우 중요시 하고 있다.

본 과제를 통하여 국내 자체 개발된 발수제는 항균 및 방의제가 첨가된 기능성 방부형 발수제로서, 그 사용범위가 매우 광범위하다. 국내의 균주 및 흰개미에 대한 검증을 거친 발수제로서 목재의 내구성 향상에 많은 기여를 할 것으로 기대한다.

일본에서는 목재를 고온의 파라핀 중에 넣고 튀김하는 것으로 건조를 대신하는 처리가 특허출원되어 실용화되고 있으며, 국내에서도 부산의 송원코리아에서 동 기술을 수입하여 수출용 포장상자 및 파렛트 용재 생산에 적용하고 있다.

파라핀으로 처리하면 처리 후 목재표면에 파라핀이 남아 목재의 외관을 손상시키며, 폐 파라핀의 처리가 환경오염의 우려가 있음을 지적하고 있다. 또 파라핀 특유의 냄새가 남아있어 소비자들로부터 외면되는 경우가 많다. 그러나 이를 발수제의 기본이 되는 유지에 방부·방충제를 혼합함으로써 새로운 기능이 부가되며, 건조효과도 있다.

속성건조방식을 통한 발수처리 방법은 생원목을 바로 처리 할 수 있는 장점을 지니고 있을 뿐만 아니라 장치 및 방법이 간단함에 비하여 대단히 높은 발수효율 및 방부효율을 지닐 수 있으므로 문화재용 목재 처리에 적합한 방법으로 보급할 수 있을 것이다.

## 제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

### 제 1 절 서 언

야외에서 사용되는 목재는 사용하면서 점차 변질되어진다. 이와 같이 변질에 의해 성능이 저하되는 현상을 목재열화(木材劣化, deterioration of wood)라고 한다. 일반적으로 열화는 미생물, 수분, 광선, 자외선, 방사선, 공기중의 산소·오존, 화학약품(산이나 알칼리 등), 그리고 기계적인 작용에 의하여 발생한다. 특히 목재가 일광이나 비바람에 폭로되어지면서 일어나는 열화를 풍화(風化, weathering)라고 한다. 목재는 풍화에 의하여 점차 암색화 되며, 표면이 연한 조직으로 이루어진 조재(木材, 일명 춘재라고도 함)가 분해되어 안쪽으로 가라앉고 딱딱한 부분으로 되어진 만재(晩材, 일명 추재라고도 함)부는 상대적으로 돌출하게 되어진다. 더 진행되면 아주 가는 균열이 생기며, 점차 표면전체로 확대되어지고, 최종적으로 부서질 것같이 된다.

이 현상은 수분, 일광(특히 자외선)의 작용과 풍화에 의한 마모나 용탈이 주원인이다. 여기에 공기(산소), 온도, 습도(수증기) 등의 인자가 복잡하게 관계한다. 즉 수분의 흡습·건조의 반복에 의한 수축응력의 발생은 세포벽의 파괴나 박리를 일으켜서 균열이 생기게 하고, 자외선에 의한 리그닌의 분해가 열화를 점차 촉진시킨다. 영성하여진 표층은 강한 비바람을 맞으면서 부서져서 탈락되거나 떨어져 나가는 것처럼 된다. 풍화는 목재의 표층 가까운 부분으로부터 시작하며, 햇볕에 노출된 목재는 그늘에 있는 목재보다 풍화의 진행이 빠르다. 목재표면의 풍화속도는 100년간에 침엽수의 木材部에서 5~6mm 정도 침투한다.

풍화를 일으키기 어려운 성능, 즉 기상열화에 대한 저항성을 내후성(耐候性)이라 한다. 그러므로 내후성이 큰 수종은 야외사용에서 작은 수종보다

유리하다. 대기 중에 보존되어진 목재에서도 조금의 재질변화는 발생한다. 이러한 현상을 노화(aging)라고 한다. 노화는 풍화와 달리 목재 내부까지 거의 동일하게 재질변화가 일어난다.

오랜 세월동안 야외에서 비바람을 맞은 목재를 보면 만재부가 돌출되어凹凸이 되어진 것을 볼 수 있다. 이것은 연한 조재부가 햇볕에 의해 붕괴되고 풍우에 의해 도려 파내어졌기 때문이다. 목재의 표층에서는 태양광에 의하여 격심한 광화학반응이 일어나고, 목재성분은 분해되어져서 저분자화가 되어지는데, 이렇게 저분자화 되어진 목재성분은 비바람에 의하여 씻겨나가게 된다. 분해되어진 목재성분에는 특히 리그닌의 감소가 뚜렷하게 일어난다. 또 광화학반응은 목재를 변색되게 한다. 이와 같이 태양광에 의하여 목재 표층부는 성분의 분해와 변색을 일으키며 여기에 빗물이 보태어져 열화가 진행된다.

자외선은 목재의 표층凹凸부로부터 75 $\mu$ m, 가지광은 200 $\mu$ m의 깊이까지 침투하지만, 자외선에 의하여 목재중에 생성된 라디칼의 연쇄반응에 의하여 목재성분의 분해, 변색이 미치는 깊이는 2.5mm 정도이다. 목재의 광분해에 관여하는 주요한 화학결합은 벤젠환과 카르보닐기이다.

리그닌에는 카르보닐( $\alpha$ -카르보닐 구조), 페놀 등의 광흡수기가 있으며, 광분해에 의한 리그닌의 저분자화 원인 물질이 되고 있다. 저분자화된 성분은 물 가용성으로 빗물에 의하여 목재표면으로부터 유출되기 쉽도록 되어진다.

셀룰로오스는 태양광에 대하여 비교적 안정되어 있으며, 광분해는 일어나기 어렵지만, 주로 알콜성의 수산기가 빛을 흡수해서 카르보닐기를 만들고, 그것이 빛을 흡수해서 셀룰로오스 성분의 분해를 불러일으키는 것으로 추찰된다.

목재의 변색에는 균류에서 비롯되는 생물오염이나 철, 산, 알카리 등의 화학약품에서 비롯되는 화학오염도 포함되지만, 변색에 관계하는 성분으로서 는 리그닌이나 추출성분에 있는 페놀류이다.



광변색은 목재의 광흡수에서 시작하는 화학반응이 원인이 되어 목재의 색이 변하며, 일반적으로 황갈색 내지 암색으로 변한다. 자외선을 흡수한 카르보닐기는 리그닌을 변색시키며, 페놀성 수산기도 자외선을 흡수하고, 이로 인해 그것을 가진 페놀류는 광변색이 일어나기 쉽다.

야외에 폭로되어진 목재는 당초에는 리그닌 및 추출성분의 광분해에 의하여 황색에서 다갈색으로 변화하지만, 마지막에는 모든 목재가 회색화 된다. 장기간 야외폭로 되어진 목재의 변색에는 광산화작용 이외에도 미생물에 의한 영향도 크다.

목재는 야외에서 기후(기상)의 영향을 받아서 풍화되어 진다고 하지만, 가장 크게 영향하는 기상인자로서는 햇볕(특히 자외선)과 빗물이다. 전자에 있어서는 일사량과 표면온도가 문제가 되며, 건축물의 경우 방위면에 따라서 영향은 달라진다. 또한 야외에서 비바람을 맞는 상태에서는 함수율 변동이나 치수변화도 목재열화에 영향을 미친다. 여기에 근년 대기오염물질로서 문제가 되는 황화물이나 질소산화물에 의한 산성우도 영향을 하고 있다.

자외선 조사에 의한 목재의 표면열화를 현미경적으로 검토하면 횡단면에 있어서는 가도관벽의 열화과정은 우선 세포의 모퉁이에서 시작되며, 이어서 그곳에서부터 2차벽으로 열화가 진행되어서 세포벽의 박화 현상이 일어난다. 이 열화과정은 리그닌의 분포와 일치한다. 세포벽의 박화 현상과 더불어 세포는 붕괴되고 함몰이 생기며, 마침내 세포벽 전체가 소실되게 된다. 박벽으로 되어진 조재 가도관은 만재 가도관보다도 열화의 진행이 뚜렷하다. 또 산성 수용액에 침지(pH 2)시킨 것은 세포벽의 열화가 촉진된다. 곤은결에서 최초로 열화를 받는 것은 가도관의 유연벽공이다. 우선 벽공벽이 파괴를 받고, 공구가 확대되어 벽공연이 얇아지며 이어서 파괴되며 벽공부분에 커다란 구멍이 만들어진다. 그 후 벽공 주변의 세포벽은 점차 붕괴되어 손실된다.

2개월간 곤은결면에 자외선을 조사한 조재 가도관의 손실 수는, 산성 수용액 침지를 한 것이 물침지를 한 것보다 크고, 최대 12세포까지 손실되었

다. 이것은 자외선에 의하여 리그닌 분해 이외에 산에 의한 셀룰로오스 성분의 가수분해가 더불어 발생하였기 때문에 열화가 촉진되어진 것이다. 리그닌의 분해 깊이는 횡단면 조사에서 만재 100 $\mu\text{m}$ , 조재 750~850 $\mu\text{m}$ 에 달한다. 그러나 끝은결면의 조사에서는 리그닌 분해를 받는 층은 열화단면으로부터 만재 2세포, 조재 5세포로 일정하였다.

색차 및 명도는 자외선 조사의 초기단계에서 변화가 크고, 색차는 조사시간과 더불어 증가하는데 비하여 명도는 역으로 저하한다. 열화표면층의 IR 분석에서는 카르보닐기 및 리그닌 벤젠환의 흡광도비의 변화는 각각 색차 및 명도의 변화 경향과 거의 일치한다. 카르보닐기의 증가는 발색단이 증가하여 변색되어지는 것이다.

태양광에 포함되어있는 자외선, 빗물, 미생물 등의 침입을 방지하기 위해서는 목재표면의 코팅처리가 효과적이다. 도장처리는 내후처리법으로서 오래전부터 사용되어 왔다. 도장 基材로서의 목재의 특징은 자외선을 흡수하고, 수분을 흡수하며 생물열화를 받는다. 또한 경도나 조직구조가 불균일하고, 조재부가 연한 조직으로 되어있으며, 치수변화가 크다는 결함을 갖고 있다. 이 때문에 일반적으로 造膜型 도장처리로는 木材의 부후나 도막자체의 할열, 박리 등을 완전하게 막아줄 수 없었다. 그러므로 기재에는 침투하여 도막을 형성하지 않는 침투형 도료라고 하는 목재 특유의 도료가 사용되어졌다. 이러한 것에는 展色劑로서 수지 이외에 방부·방충제, 防黴劑, 발수제, 안료 등이 첨가되어진 목재보호 착색도료 또는 목재방부도료가 사용되어지고 있다.

발수제(water repellents)와 방부·방충성 발수제(water repellent preservatives)는 목재에 방수력을 주어 내구성을 증가시키는 목재 마감제이다. 이같은 방수력은 왁스, 오일 혹은 이들과 유사한 재료들에서 얻을 수 있다. 목재부후는 수분을 차단하면 그 발생을 억제시킬 수 있다. 그러므로 수분을 적당하게 제어할 수 있다면, 부후와 변색은 물론 목재의 최대 해충인 흰개미의 피해도 막을 수 있다. 여기에 발수기능외 다른 기능을 부가하기 발수제에 살균제와 살충제를 추가하여 만든 방부·방충성 발수제는 보다 적

극적으로 부후균과 곰팡이의 생장을 억제함으로써 도장 재료가 갖는 효과를 극대화시킬 수 있다. 발수제는 목재의 할열과 힘의 원인이 되는 수축과 팽창을 감소시키고, 도장재료의 벗겨짐을 방지하는 역할도 한다. 또 추출물에 의한 변색도 줄여 줄 수 있다.

목재는 구조재로서 사용되기도 한다. 구조재가 지닐 수 있는 문제는 부적절한 마감재의 사용으로 인한 곰팡이의 발생, 할열, 부후균의 발생이다. 이러한 문제는 주로 야외용 목재에서 나타나는데, 이들 발생요인들을 사전에 제거하면 방제가 가능하다. 목구조물에 적절한 초기관리와 정기적인 관리로 기능의 유지 뿐만 아니라 미적 효과도 얻을 수 있다.

본 연구 과제에서는 목재에 대한 전통 발수처리 기술을 오늘날의 고분자 화학 기술과 연계하여 친환경적인 국산 발수제를 개발함으로써 우수한 우리 전통문화의 계승과 민족 자긍심을 고취시키고, 국내 발수기술의 축적 및 기업경쟁력을 제고하며, 수입 발수제를 대체할 수 있으므로 외화절감과 목재 자원의 소비절약에 기여하고자 한다.

## 제 2 절 발수제의 성능평가 및 발수목재 개발

### 1. 국산 발수제 개발 및 품질·성능평가

#### ▷ 적정유지 선발

#### 가. 재료 및 방법

##### 1) 공시재료

가) 공시유지

공시유지는 아마인유, 피마자유, 올리브유, 콩기름, 들기름, 해바라기씨 기름을 사용하였다.

나) 공시시편

공시시편은 건전한 소나무 변재부를 무늬결 면으로 한 3(T)×20(R)×40(L)mm 크기로 하여 사용하였다.

다) 공시약제

실험에 사용한 공시약제는 표 1.과 같이 조성하여 실험에 사용하였다.

표 1. 유지 조성표

유지	농도%(w/w)	20%		50%		80%		100%	
		oil	acetone	oil	acetone	oil	acetone	oil	acetone
피마자유		20	80	50	50	80	20	100	0
올리브유		20	80	50	50	80	20	100	0
아마인유		20	80	50	50	80	20	100	0
콩기름		20	80	50	50	80	20	100	0
들기름		20	80	50	50	80	20	100	0
해바라기씨기름		20	80	50	50	80	20	100	0

라) 공시균주

방미효력시험에 사용한 공시균주는 임업연구원 목재보존연구실에 보관중인 *Aspergillus niger*, *Trichoderma viride*, *Aureobasidium pullulans*, *Penicillium funioclosum*을 사용하였다.

2) 실험 방법

#### 가) 약제의 혼합 및 조성방법

천연유지는 30분간 증탕가열을 한 후 유지의 함량이 20%가 되도록 아세톤에 희석하였으며, 천연유지와 살균제 혼합제제는 천연유지를 증탕가열하여 아세톤에 희석한 용액에 IPBC(3-Iodo-2-propynyl butyl carbamate)의 함유량이 0.5%(w/v)가 되도록 혼합하여 사용하였다.

#### 나) 약제 처리 방법

조제된 약제는 도포량이  $110 \pm 10 \text{g/m}^2$ 가 되도록 시편에 도포처리하여 사용하였다. 이는 붓으로 목재표면을 약 3회 정도 도포하는 양에 해당한다.

#### 다) 방미효력시험

배양살레는 직경 90~100mm, 높이 12mm의 것으로 하며, 살레에 가압평균한 2% 한천액(영양원이 없는 것)을 부어 고화시키고, 살레 내에 받침대로서 폴리프로필렌의 플라스틱 네트를 깔고, 직접 시험체가 한천에 닿지 않도록 그림 1과 같이 설치한다. 목재편은 소나무 변재로 하고, 단면이  $20 \times 3 \text{mm}$ , 길이 50mm의 판목재로 한다. 약액처리는 3분간 침지한 것으로 한다. 내후조작은 용탈과 휘산조작을 20회 반복한 것으로 한다. 시험체의 설치는 살레에 동일 처리한 시험체 3개가 서로 접촉하지 않도록 평행되게 늘어놓는다. 시험체는  $20 \times 50 \text{mm}$ 폭의 면이 위를 향하게 설치한다. 균의 접종은 살레에 있는 시험체 3매의 표면에 단일 포자현탁액 2ml로 골고루 뿌린다. 온도  $26 \pm 2^\circ \text{C}$ , 관계습도 70~80%에서 4주간 배양한다.

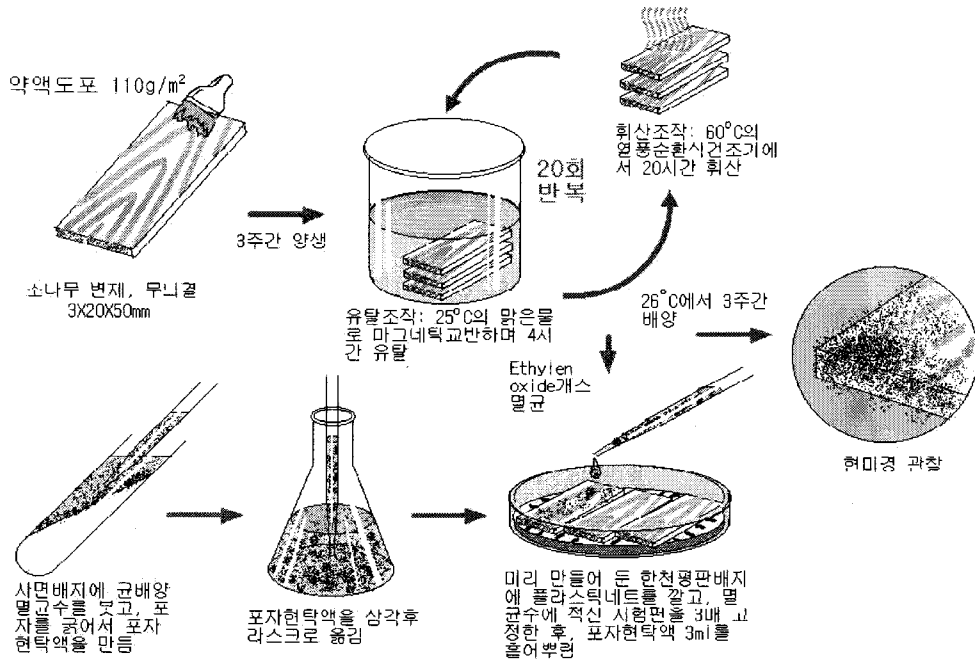


그림 1. 방미효력시험 방법

라) 자외선 촉진열화

각 처리시편 5개씩을 촉진열화시험기에서 UV照射를 하였다. 한 면당 24시간씩 48시간을 照射하여, 같은 처리의 촉진열화를 하지 않은 대조구의 시편과 비교하였다.

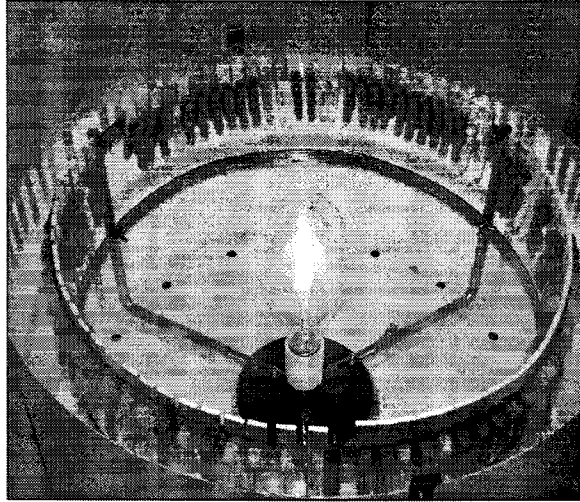


그림 2. UV에 의한 촉진열화의 모습

마) 수침처리

처리 시편과 무처리 시편을 상대습도 약 11%인 데시게이터에 72시간 방치 후 중량을 측정하였으며, 서로 붙지 않고 시편이 눌리지 않도록 망을 설치하여 증류수(23℃)에 수침시켰다. 5시간 경과 후 시편이 눌리지 않도록 표면의 물기만을 제거한 후 수분침투에 의한 흡수율과 치수변형율을 측정하였다.

바) 접촉각 변화

전향과 같이 흡수율을 유사하게 조정한 시편을 접촉각 측정기(SEO-300A)를 사용하여 sessile drop 방법으로 접촉각을 측정하였다. 물방울이 떨어진 직후와 30초가 경과한 후의 영상을 촬영, image analyzer를 사용하여 접촉각의 변화를 측정하였다.



그림 3. 접촉각측정기

#### 나. 결과 및 고찰

##### 1) 유지류 처리재의 증기 상태의 흡습성 평가

유지류 처리재의 흡습성을 평가한 결과를 그림 4~그림 9에 나타내었다.

흡습을 시작한 초기에서의 발수성능은 유지 종류에 따른 차이는 크지 않았으나, 들기름의 흡습비가 가장 낮았으며, 희석을 50%와 30%로 하였을 때 약 3시간 동안은 0.4이하의 흡습비를 나타내었다. 아마인유의 경우는 아세톤에 희석한 농도 20%를 제외한 50%, 80% 및 100% 처리약제는 0.5이하의 흡습비를 나타내었으며, 이후 18시간 경과시점에서도 흡습비가 0.6정도로 다른 유지보다 흡습을 저해하는 시간이 길었다. 이는 초기상태의 흡습비는 낮았지만 흡습을 저해하는 시간이 짧은 들기름과는 대조적이었다. 피마자유의



경우는 아마인유와 유사하게 흡습저해 시간이 길며, 21시간 경과시점에서도 0.8정도의 흡습비를 유지하였다. 올리브유는 80%농도에서 초기상태의 흡습비가 매우 낮았으며, 21시간이 경과된 시점에서 0.6정도의 흡습비를 유지하였다. 해바라기씨 기름의 경우는 초기상태의 흡습비는 높았지만 시간이 경과하면서 오히려 흡습비가 0.6정도로 낮아지는 성질을 나타내었으며, 이후 서서히 흡습비가 상승하였다. 콩기름의 경우도 이와 유사한 성질을 나타내었다. 일반적으로 모든 유지처리에서 발수성능은 처리 전보다 훨씬 향상되어졌다. 폭로시간을 연장하였을 경우(46시간 경과), 흡습비는 0.8까지 높아졌다.

흡습저해의 유지시간이 긴 것은 발수 내구성이 양호하기 때문으로 추정할 수 있다. 또 100%농도보다 저농도에서 흡습비가 낮은 것은 유지의 점도와 관련이 있는 것으로 추정되며, 도포시 도막층의 형성에 저농도가 유리하기 때문인 것으로 유추할 수 있다.

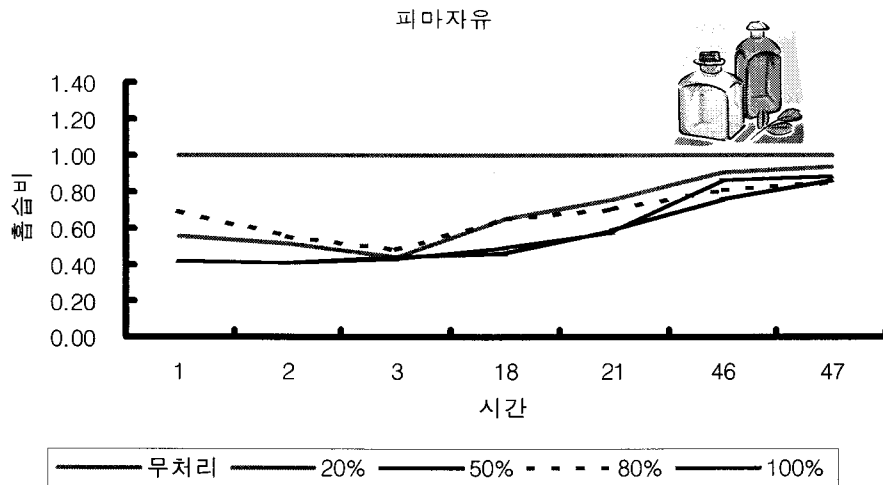


그림 4. 피마자유 처리농도와 목재의 경과시간별 흡습비의 변화

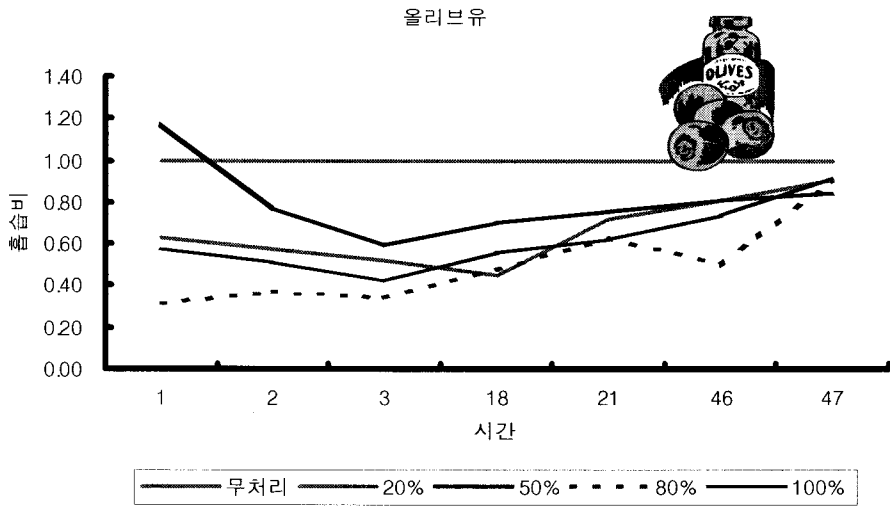


그림 5. 올리브유 처리농도와 목재의 경과시간별 흡습비의 변화

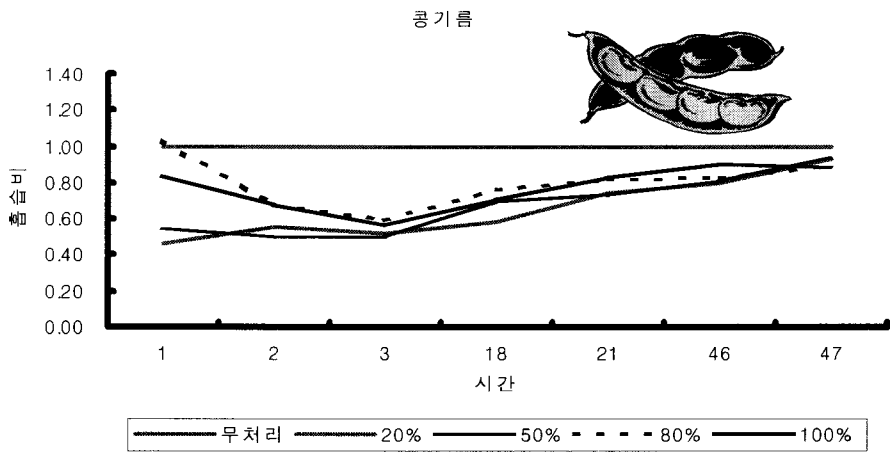


그림 6. 콩기름 처리농도와 목재의 경과시간별 흡습비의 변화

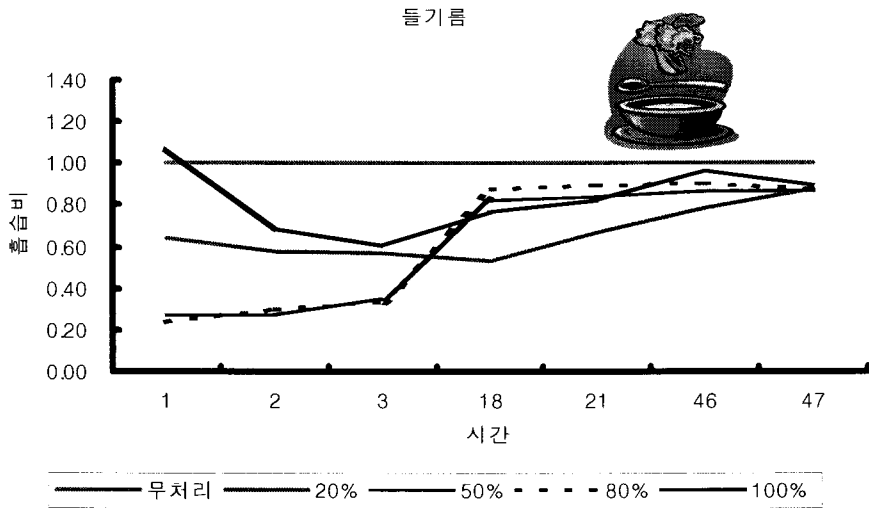


그림 7. 들기름 처리농도와 목재의 경과시간별 흡습비의 변화

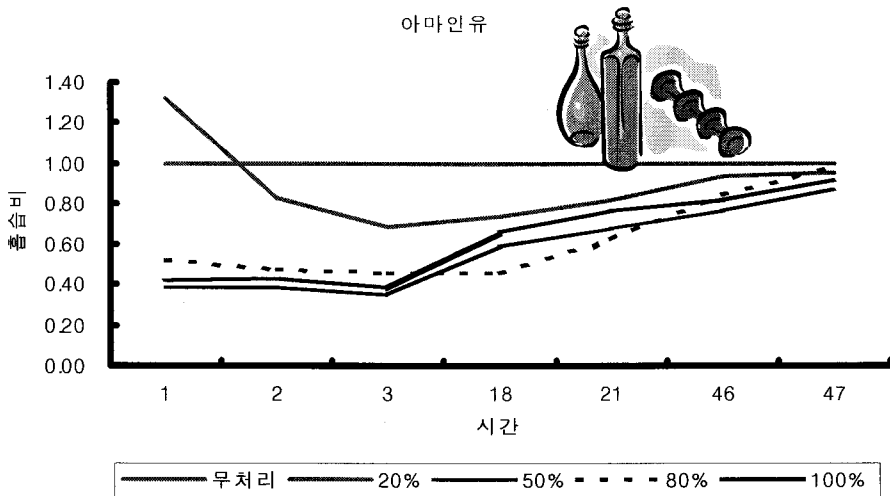


그림 8. 아마인유 처리농도와 목재의 경과시간별 흡습비의 변화

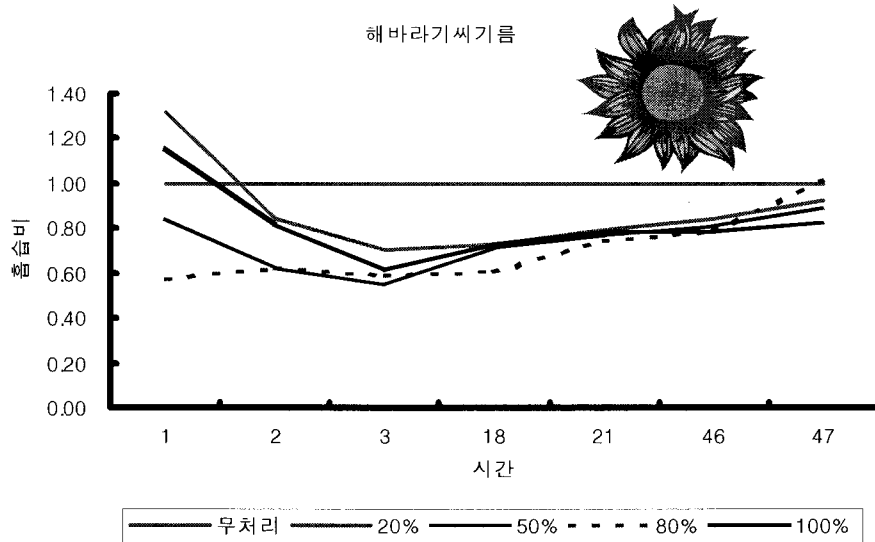


그림 9. 해바라기씨 기름 처리농도와 목재의 경과시간별 흡수비의 변화

## 2) 처리재의 접촉각 변화

천연유지로 도포 처리한 목재의 접촉각 측정을 통한 발수성능을 평가한 결과는 그림 10~그림 15와 같다.

목재 표면에 물방울을 떨어뜨렸을 때 목재표면과 물방울의 표면장력에 의해서 이루는 접촉각의 차이가 있다. 접촉각의 각도가  $180^\circ$  를 이루면 완전한 방수상태를 나타내며, 접촉각이 작아지면 발수능력도 떨어짐을 의미한다. 또 접촉시간을 30초간 계속해서 측정하였을 때 초기상태에서 접촉각과 시간이 경과되면서 이루는 접촉각의 변화는 발수성능이 우수한 유지일수록 그 변화의 폭이 작게 나타난다.

천연유지 처리 목재 표면의 접촉각 변화가 비교적 다른 유지보다 낮은 유지는 피마자유와 아마인유이었다. 한편 유지의 농도에 따른 발수성능의 차이를 보고자 유지의 농도를 다르게 하여 접촉각을 측정하였을 때, 유지 농

도에 따른 접촉각 변화 경향은 없는 것으로 나타났다.

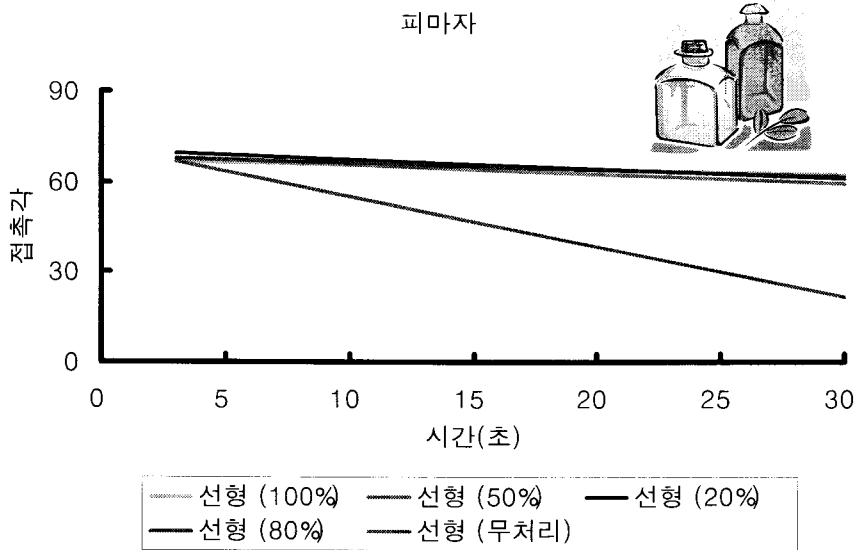


그림 10. 피마자유 처리농도와 목재의 경과시간별 접촉각 변화

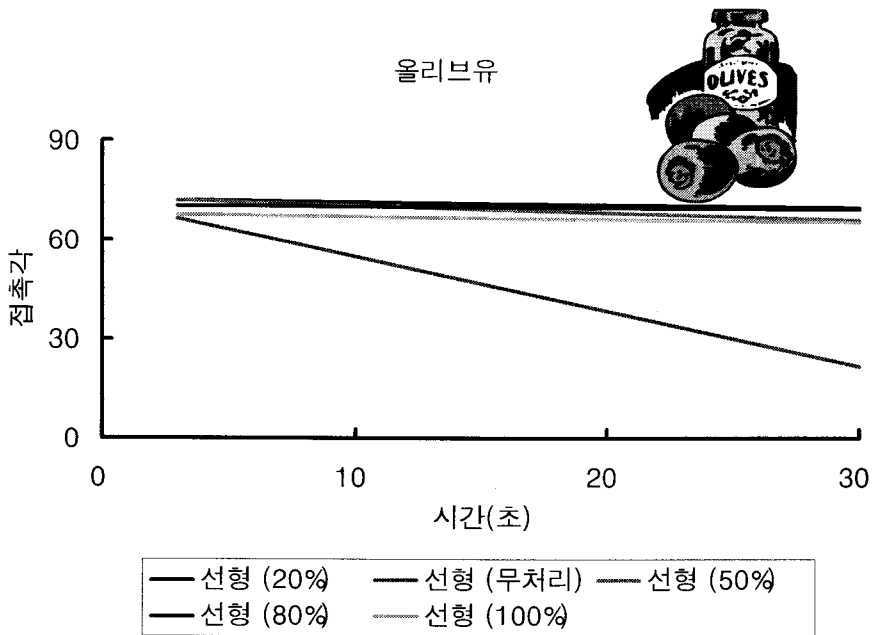


그림 11. 올리브유 처리농도와 목재의 경과시간별 접촉각 변화

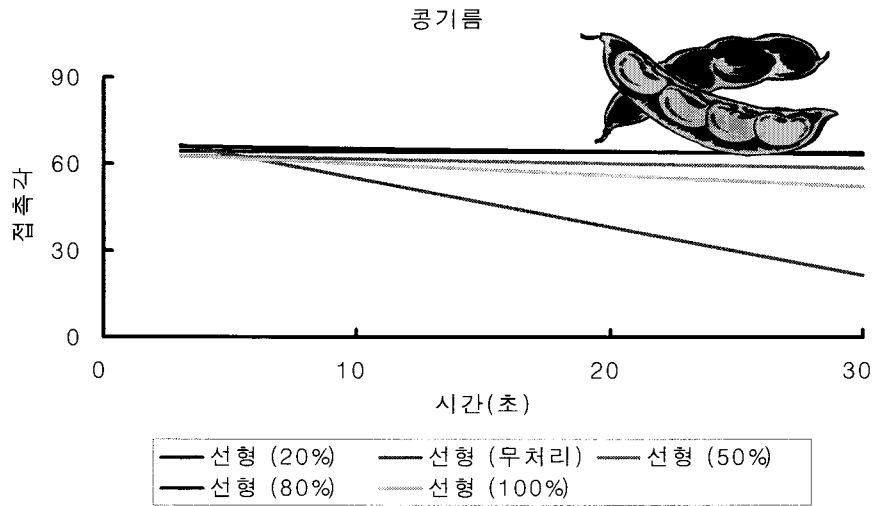


그림 12. 콩기름 처리농도와 목재의 경과시간별 접촉각 변화

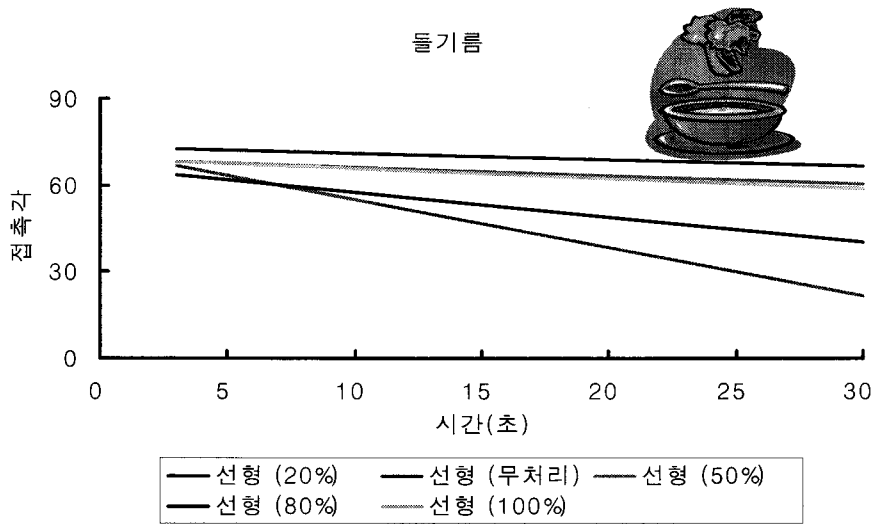


그림 13. 들기름 처리농도와 목재의 경과시간별 접촉각 변화

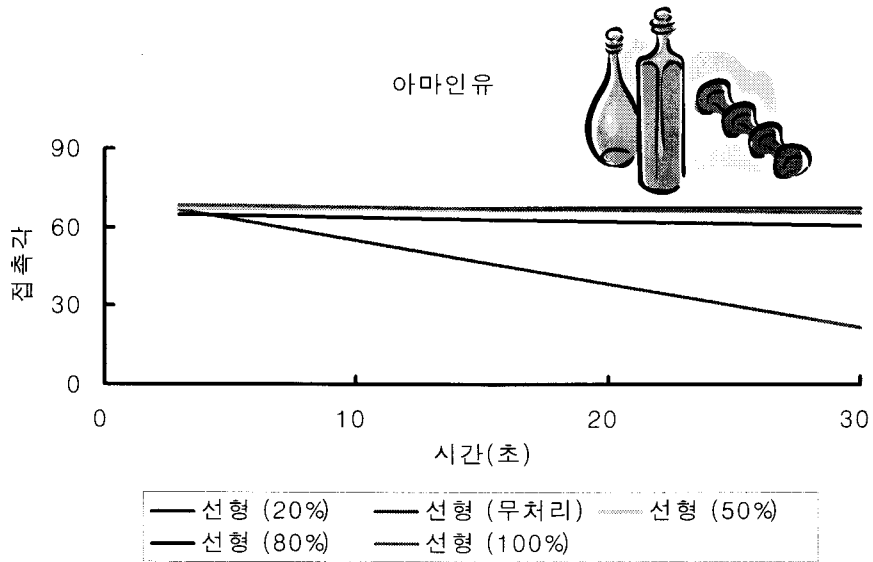


그림 14. 아마인유 처리농도와 목재의 경과시간별 접촉각 변화

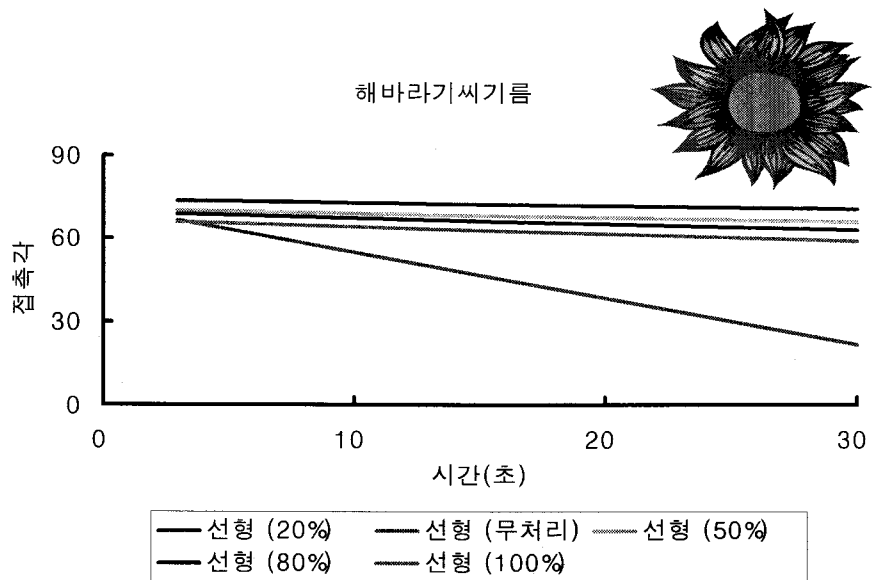


그림 15. 해바라기씨 기름 처리농도와 목재의 경과시간별 접촉각 변화

### 3) 천연유지의 목재 곰팡이류에 대한 防黴효력시험

방미시험의 모습을 그림 16에, 방미시험의 결과를 그림 17에 나타내었다. 발수성능을 가지는 각 천연유지의 표면오염균에 대한 효력 시험결과 모든 균에 대해 방미효력 기준(효력치 80%)을 통과한 유지는 없었다. 특히 비건성유인 올리브기름과 피마자기름은 방미효력이 거의 나타나지 않았다. 불건성유인 콩기름과 해바라기씨 기름, 들기름의 경우 비건성유보다 방미효력이 조금 더 크게 나타났으며, 이들 유지처리로서 *Aureobasidium pullulans*에 대해서는 어느 정도 방미효력을 기대할 수 있으나, 다른 균에 대해서는 방미효력을 기대하기 어려웠다. 건성유인 아마인유에서 가장 좋은 방미효력결과를 얻을 수 있었다.

이상의 결과를 종합하여보면, 유지 자체가 독성을 지녀 균의 성장을 저해하기보다 유지의 건조특성에 따라 방미효력이 발휘되어지는 것으로 생각할 수 있다. 그러나 건성유라 하더라도 충분한 방미효력을 가지지 못하므로, 발수제가 방미효력을 함께 지니기 위해서는 적절한 향균제를 포함하여야 할 것으로 사료된다.

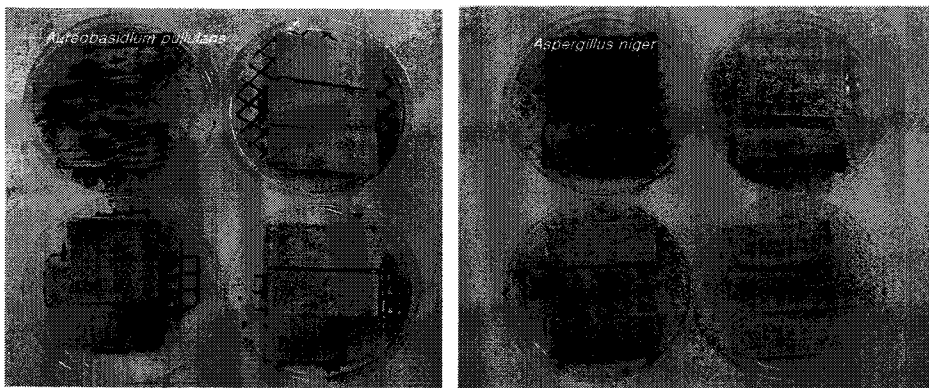


그림 16. 방미효력시험의 모습



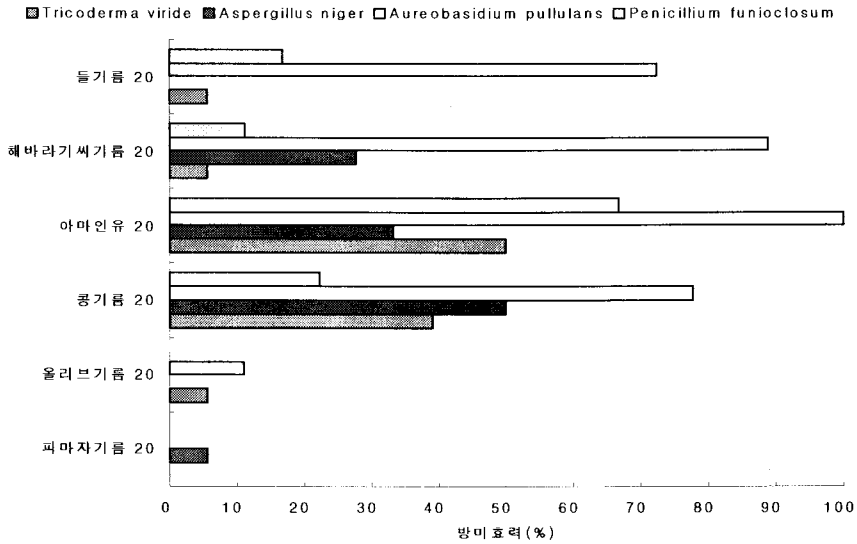


그림 17. 천연유지 처리 목재의 유지별 방미효력

#### 4) 촉진열화처리에 의한 처리재의 색차와 명도감소율

발수처리한 목재의 야외 노출시 영향을 검토하기 위한 천연 유지별 농도에 따른 색차와 명도감소율을 비교한 촉진 열화시험의 결과를 표 2에 나타내었다. 유지농도 20%일 때 콩기름과 아마인유 처리 목재는 색차와 명도감소율이 다른 유지보다 높았으며, 동 농도에서 피마자유와 올리브유가 비교적 다른 유지보다 색차와 강도감소율이 낮은 것으로 나타났다. 콩기름의 경우 저농도인 20% 수준에서는 무처리재의 색차와 명도감소율보다 높았지만, 보다 고농도인 50%, 80% 및 100%일 때는 색차와 명도감소가 무처리재와 유사한 수준으로 유지되었다. 아마인유의 경우는 농도에 따른 색차 및 명도감소율은 큰 차이가 없었으며, 전반적으로 다른 유지보다 높은 값을 나타냈다. 한편 해바라기씨 기름과 들기름은 고농도로 갈수록 명도감소율이 높아지는 경향을 나타내었다.

표 2. 유지류 처리재의 농도에 따른 색차, 명도감소율

	농도	피마자유	올리브유	콩기름	아마인유	해바라기 씨기름	들기름
20%	색차( $\Delta E$ )	8.31	8.06	18.66	16.60	12.30	13.31
	명도감소율(%)	10.40	10.85	20.59	20.20	14.74	14.59
50%	색차( $\Delta E$ )	4.84	10.55	11.94	15.08	8.77	11.11
	명도감소율(%)	7.26	14.71	14.27	18.76	18.37	14.98
80%	색차( $\Delta E$ )	7.89	11.52	13.30	17.67	9.00	11.73
	명도감소율(%)	12.40	14.93	14.74	21.36	15.35	16.16
100%	색차( $\Delta E$ )	10.50	12.59	14.18	13.47	14.88	14.55
	명도감소율(%)	17.59	17.08	17.44	19.03	19.98	19.06

무처리의 색차( $\Delta E$ ) = 13.09, 명도감소율 = 17.64%

##### 5) 발수처리재의 흡수율 평가

발수처리재의 흡수율시험의 모습을 그림 18에, 평가 시험의 결과를 그림 19에 나타내었다. 흡수율은 무처리 시편의 경우에는 수침 5시간 후 흡수율은 33.6%이었으나 처리재는 14~24%정도로 유지처리에 의한 발수성능이 향상되어짐이 나타났다.

해바라기씨 기름과 콩기름의 유지처리 목재의 경우, 유지의 농도 증가에 따라 흡수율은 감소하는 경향이었으며, 여기에 UV를 조사한 시편의 경우에는 모든 처리에서 흡수율이 증가하였다. 아마인유·피마자유처리 시편에서 비교적 적은 흡수율 증가를 보였으며, 해바라기씨 기름>콩기름>들기름>올리브유 순으로 흡수율 증가량 변화 큰 것으로 나타났다.



그림 18. 발수처리재의 흡습성 시험 모습

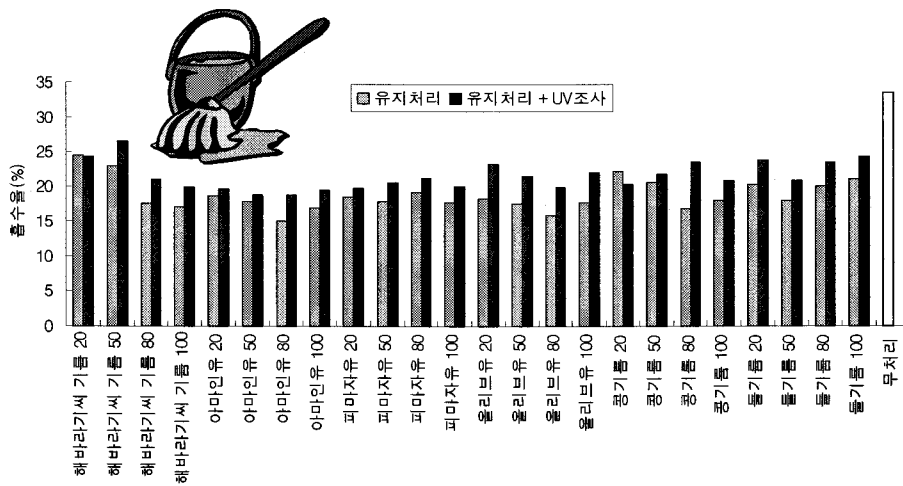


그림 19. 유지종류 및 농도별 UV조사 여부에 따른 흡수율(%) 비교

6) 유지류 처리재의 치수 변화율 평가

야외에서 목재가 사용되면서 태양광에 포함되어있는 자외선, 빗물, 미생물 등의 침입을 방지하기 위해서는 목재표면의 코팅처리가 효과적이다. 천연유지류의 도장처리는 내후처리법으로서 오래전부터 사용되어 왔다. 도장 基材로서의 목재의 특징은 자외선을 흡수하고, 수분을 흡수하며 생물열화를 받는다. 또한 경도나 조직구조가 불균일하고, 조재부가 연한 조직으로 되어있으며, 치수변화가 크다는 결함을 갖고 있다.

천연유지의 농도별 처리 목재의 방사방향의 치수변화율을 그림 20에, 접선단면의 치수변화율을 그림 21에 나타내었다. 무처리 시편의 방사방향 치수변화율은 3.7%, 접선방향 치수변화율은 6.4%로 접선방향의 변화율이 큰 것으로 나타났다. UV조사 시편의 경우, 시험에 사용한 해바라기씨 기름, 아마인유, 콩기름, 들기름 모두에서 치수변화가 적은 것으로 나타났다.

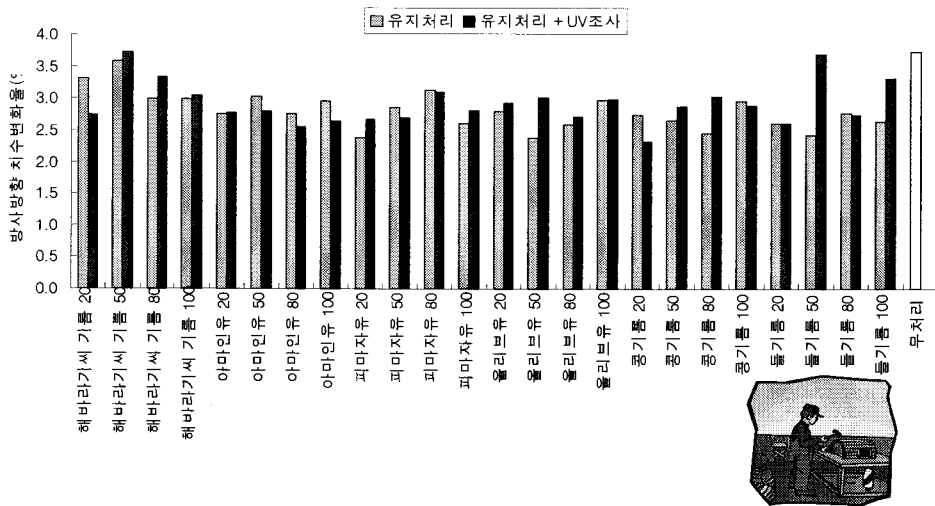


그림 20 유지종류 및 농도별 UV조사에 따른 방사방향 치수변화율(%) 비교

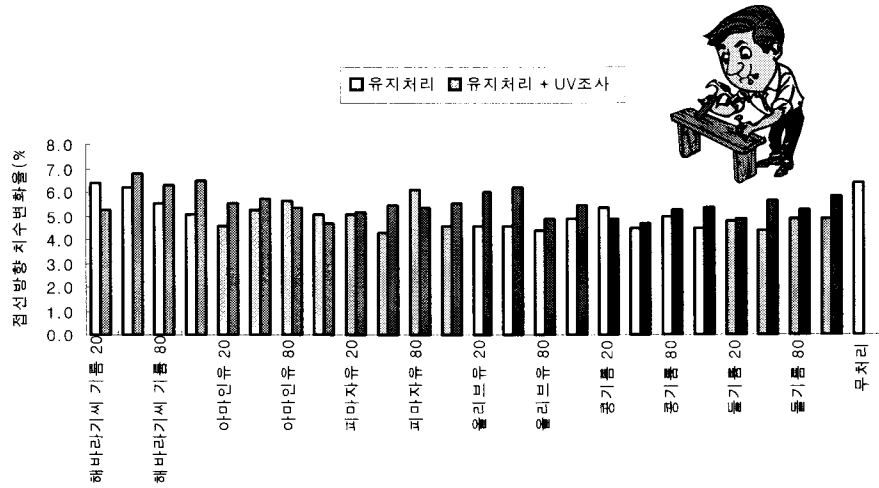


그림 21. 유지종류 및 농도별 UV조사에 따른 점선방향 흡착률 변화율(%) 비교

#### 7) 유지류 처리재의 접촉각 변화 평가

유지종류 및 농도별 UV조사에 따른 접촉각감소율(%)의 비교를 그림 22에 나타내었다. 유지 종류에 따른 접촉각 변화는 올리브유와 들기름 처리 시편이 비교적 큰 접촉각 감소를 나타내어 발수제의 기재로서는 다른 유지보다 적합하지 못함이 밝혀졌다. 가장 안정적이며 접촉각감소가 작게 일어난 것은 아미인유이었다. 유지처리 시편의 접촉각의 감소는 들기름 > 올리브유 > 콩기름 > 해바라기씨 기름 > 피마자유 > 아미인유 순으로 감소율이 작은 경향을 나타내었다.

UV조사에 의한 영향은 들기름에서 가장 크게 나타났으며 피마자유, 아미인유에서 비교적 적게 나타나는 등 흡수율 결과와 경시적인 접촉각변화 결과와 유사하게 나타났다.

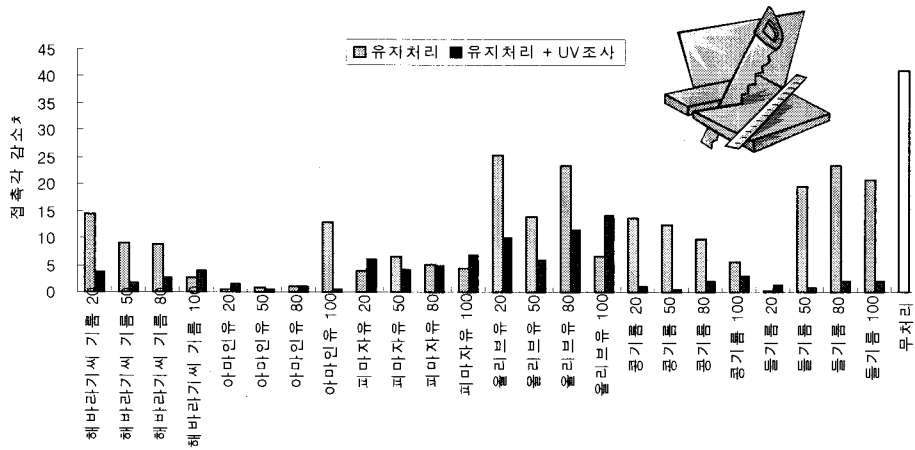


그림 22. 유지종류 및 농도별 UV조사에 따른 접착각감소율(%) 비교

### ▷ 발수제의 제품화

#### 가. 재료 및 방법

##### 1) 공시재료

- 공시유지: 공시유지는 아마인유, 동유를 사용하였다.
- 공시약품: Co(Cobalt(II)acetate tetrahydrate, Mn(Manganese chloride), Ni(Nickel Sulfate, 6-hydrate), Pb(Lead Monoxide)

##### 2) 실험방법

##### 가) 유지의 중합

발수제의 조성은 표 3과 같으며, 각 유지 200g에 대하여 각각의 성분을 첨가한 후 핫플레이트에서 magnetic stirrer로 서서히 교반하면서 2시간동안 가열하여 반응을 완결시켰다.

표 3. 발수제의 조성

유지	반응방법	촉매제	첨가량(g)		
아마인유	이성화	+ Cu napthenate	1g		
			2g		
			4g		
		+ Zn napthenate	1g		
	2g				
	4g				
	중합	중합	주촉매제 (분자량 기준의 %첨가)		
			+Ni	0.1%	0
				0.2%	0.05%
				0.5%	0
			+Mn	0.1%	0
				0.2%	0.05%
				0.5%	0
			+Co	0.1%	0
0.2%				0.05%	
0.5%				0	
		보조촉매제(+Pb) (분자량 기준의 %첨가)			
		0	0.05%		
		0	0.05%		
		0	0.05%		
		0	0.05%		
		0	0.05%		
		0	0.05%		
동유	말레인화	+Maleic acid	eleostearic acid 분자량의 10% eleostearic acid 분자량의 20% eleostearic acid 분자량의 30%		

나) 중합한 유지의 분자량 측정

유지중합 후 유지분자량의 변화를 측정하기 위하여 유지의 검화가를 측정하였다. 유지의 검화가(saponification value [mg KOH/g saponifiable lipid])란 유지 1g을 완전히 비누화시키는 데 필요한 KOH의 mg으로 아래와 같이 나타

낼 수 있다.

$$S.V. = \times 56.1 \frac{mL \text{ of } N \text{ KOH} - mL \text{ of } N \text{ HCl}}{\text{Weight of sample}(g)}$$

따라서 검화가와 유지의 평균분자량은 서로 반비례 관계에 있고 이를 이용하여 유지의 평균분자량측정이 가능하다.

#### 【검화가 측정방법】

- (1) 불순물과 수분이 포함되지 않은 시료를 유기용매(4염화탄소, 석유에테르 등)에 녹인다.
- (2) 4~5g 시료를 정확하게 칭량하여 취하고, 50mL alcoholic KOH를 첨가한 후
- (3) air condenser 연결 후 1시간 정도 가열하여 검화한다.
- (4) 소량의 증류수로 condenser를 씻어 내리고 1mL의 지시약을 가한 다음 0.5 N HCl로 적정한다(pink color 소실)

#### 다) 중합유지 처리재의 접촉각 시험

중합유지를 도포한 시편을 함수율을 유사하게 조정하여 접촉각측정기(SEO-300A)를 사용하여 sessile drop 방법으로 접촉각을 측정하였다. 물방울이 떨어진 후 30초가 경과했을 때의 영상을 촬영, image analyzer를 사용하여 처리재 별로 접촉각을 비교하였다.

#### 라) 중합유지 처리재의 UV노출에 의한 재색 변화측정

중합유지를 도포한 시편을 UV燈을 설치한 UV상자에서 약 1400시간 자외선에 노출시킨 후 노출시키기 전과 노출시킨 후의 색차를 비교하였다.

#### 마) 중합유지 처리재의 침수시험을 통한 발수성능평가

접촉각 시험을 통해 1차 선정된 중합유지를 침수시험을 통하여 가장 발수력이 뛰어난 유지, 해당농도를 선정하였다.



#### 바) Wax의 적정농도 선정 시험

Wax를 종류별, 농도별로 용해한 후 시편에 일정량( $110 \pm 10\text{g/m}^2$ ) 도포하여 침수성 시험을 통하여 가장 우수한 wax종류, 농도를 선정하였다.

#### 사) 수지의 적정농도 선정 시험

수지를 종류별, 농도별로 용해한 후 시편에 일정량( $110 \pm 10\text{g/m}^2$ )도포하여 1차로 흡습성 시험을 통하여 우수한 발수력을 가지는 농도를 선정 한 후 이를 wax와 혼합하여 침수성 시험을 통하여 가장 우수한 발수력을 가지는 농도를 선정하였다.

#### 아) 방의제 선정 시험

저독성 살충제인 Imidacloprid( $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{ClN}_5\text{O}_2$ )를 dichloromethane( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ )을 솔벤트로 하여 0.2%로 조제하여 예비방부제로서 방의 효력이 검증된 IPBC(유기요오드 인 화합물계 목재방부제)와 방의 효력을 비교 하였다. IPBC의 농도는 0.25%이며, 클로르피리호스(CP)의 농도는 1%였다.

### 나. 결과 및 고찰

유지의 건조과정이란 유지 불포화지방산의 이중결합이 공기속의 산소와 반응하는 산소중합을 말한다. 가열 산화된 유지는 형성된 遊離라디칼에 의해 반응기가 증가되어 산소중합이 일어나기 유리하므로 이러한 처리를 거친 유지는 보다 유리한 도료용 유지로서 사용가능한 것으로 알려져 있다.

유지를 가열할 경우 유지 내부에서의 반응은 유지의 고온산화과정을 따른다. 이 반응기구도 궁극적으로는 상대적으로 더 낮은 온도에서의 산화, 즉 유지 자동산화의 기본적인 반응기구인 유리라디칼 연쇄반응의 가속인 형태이다. 이때 형성되는 물질들은 극성 및 비극성의 환상 화합물(cyclic monomers), 비환상단중체들(noncyclic monomers), 이중체 및 삼중체들(dimers and trimers), 고분자화합물들과 휘발성물질들이다.

이러한 유지의 가열산화반응은 일반적으로 가열온도가 높아질수록 식용유지에 대한 공기 중 산소의 용해도는 감소하는 반면, 열분해에 의한 중합반응은 촉진하며, 고온에서의 가열은 식용유지분자중의 구성불포화지방산에 존재하는 비공액형의 공액화를 급속하게 가져온다. 또한 가열산화중 생성된 酸素重合體들(alkyl·alkoxy·peroxy radical)은 자동산화과정에서 연쇄반응을 유발하는 초기반응에 직접 참여하거나 이들이 상호 결합하여 non-oxypolymers, oxydimer, oxytrimer, oxypolymer 등을 형성하게 된다.

유지 가열시 유지 내에 촉매로 금속물질을 첨가할 경우에 이들 금속체(촉매체)들의 역할은 주로 자동산화반응 초기에서 活性遊離라디칼의 형성속도를 크게 증가시켜 줌으로써 전체 자동산화반응의 속도를 촉진해 주는 것뿐 아니라, 이들 금속물질로 유도된 라디칼은 극히 반응성이 풍부하고, 상온에서도 거의 순간적으로 부가반응을 일으켜 도포된 도료의 도막형성 반응에 관여한다. 또한 이들은 촉매로 작용하기 때문에 소비되는 일이 없어 극히 소량으로도 소기의 목적을 달성할 수 있다.

#### 1) 중합처리한 유지의 분자량 측정

금속 지방산염 중합유지의 분자량을 그림 23에 나타내었다. 아마인유와 나프텐산구리(NCU) 및 나프텐산아연(NZN)을 농도(약액비 1, 2, 4%(w/w))별로 혼합한 중합과정에서 가열함으로써 유지 분자량이 감소하였다. 분자량의 감소는 목재 내 약액의 침투를 양호하게 하며, 도막의 형성을 균질하게 할 수 있다. NCU는 가열 중합 후 약액의 색상이 검은 초코렛 빛으로 짙어졌으며, 목재 고유색상이 명확하게 나타나는 등 상품적 가치를 제고시킬 수 있을 것으로 사료 된다.

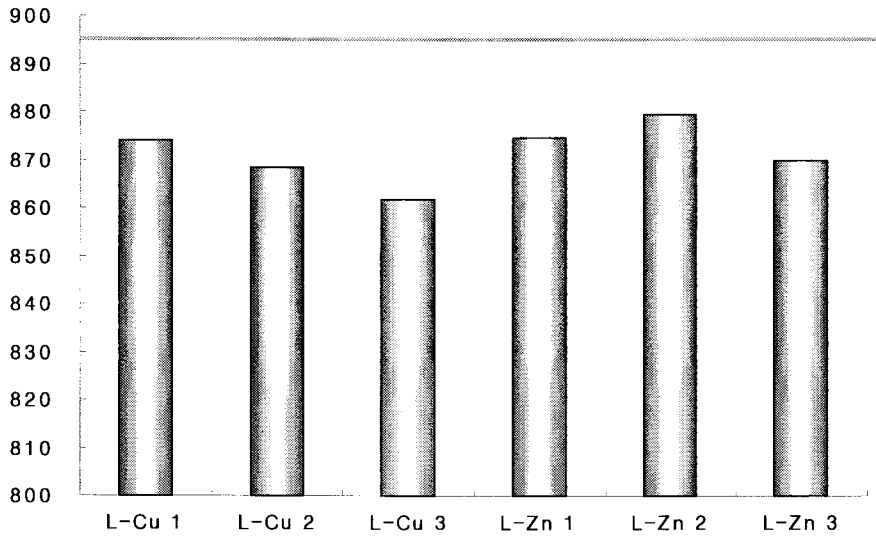


그림 23. 금속 지방산염 중합유지의 분자량 (중합처리하지 않은 아마인유의 분자량:895)

Ni(+Pb)금속촉매제를 이용한 중합유지 분자량을 그림 24에 나타내었다. 금속촉매제(주촉매제)로 니켈(Ni)을 단독으로 사용한 경우와 니켈(Ni)과 납(Pb) (중합형 건조제, 보조 촉매제 역할로 주촉매제의 1/10의 농도 첨가)을 혼합하였을 때, 납(Pb)의 혼합에 의해 분자량이 크게 감소하였다(아마인유의 평균분자량은 895).

주 촉매제의 혼합율은 0.15%, 0.30% 및 0.60%를 혼합하였으며, 보조촉매제는 주 촉매제의 1/10의 농도로 혼합하였다. 망간(Mn)은 산화형 건조제로 산화개시는 코발트(Co)보다 느리지만, 산화가 시작되면 급속히 진행되는 특징이 있었다.

Mn(+Pb)금속촉매제를 이용한 중합유지 분자량을 그림 25에 나타내었다. 망간(Mn)을 유지 촉매제로 이용한 유지의 분자량은 그 첨가량이 증가할수록 크게 감소하였으며, 보조촉매제인 납(Pb)의 혼합에 관계없이 감소하는 경향을 보였다.

그림 26은 Co(+Pb)금속촉매제를 이용한 중합유지의 분자량을 나타낸 것으로 코발트(Co)는 산화형 촉매제로 산화속도가 매우 크기 때문에 도막이 퇴색되는 경우가 있었다. 코발트(Co)와 같은 산화형 건조제와 반응시킨 유지는 분

자량이 감소되며, 발수성능이 향상되어 졌다. 망간(Mn)에 보조건조제 납(Pb)을 가한 경우 발수성능 증가하였으나 코발트(Co)에서 보조건조제의 역할은 미미하였다.

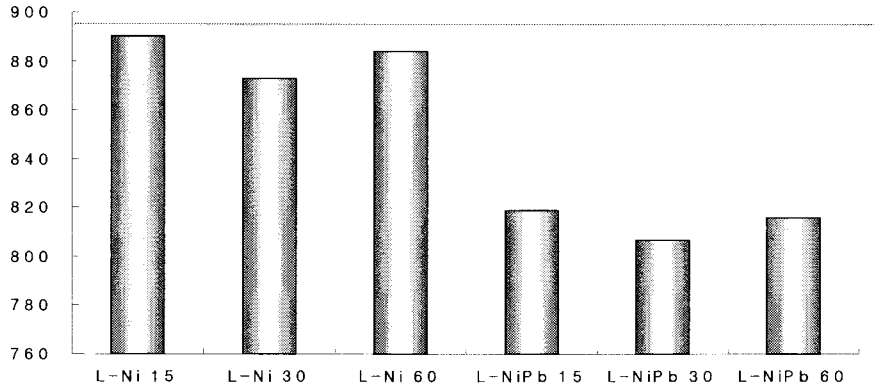


그림 24. Ni(+Pb)금속촉매제를 이용한 중합유지 분자량

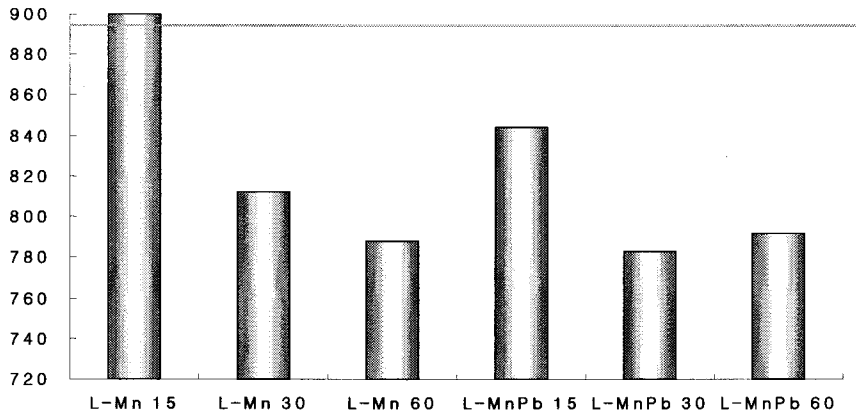


그림 25. Mn(+Pb)금속촉매제를 이용한 중합유지 분자량

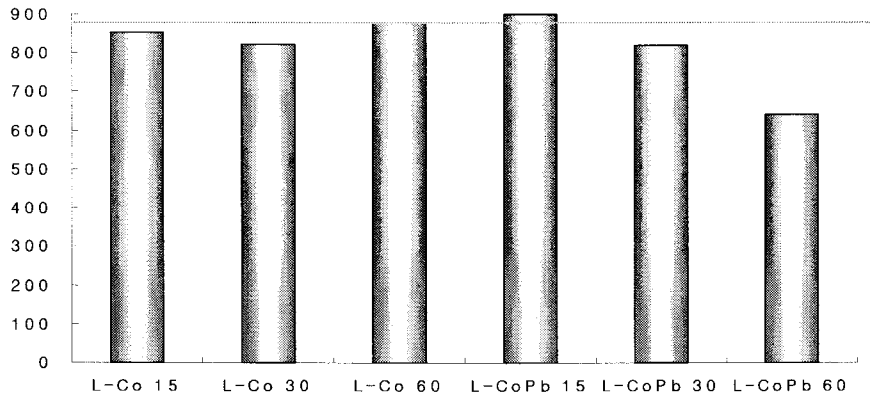


그림 26. Co(+Pb)금속촉매제를 이용한 중합유지 분자량

## 2) 중합유지처리재의 접착각측정

아마인유와 나프텐산구리(NCU) 및 나프텐산아연(NZN)을 농도(약액비 1, 2, 4%(w/w))별로 혼합한 중합과정에서 가열함으로써 발수정도를 나타내는 접착각이 조금 향상되는 경향을 나타내었다. 접착각의 증가는 목재 표면의 소수성 성질이 증가됨을 의미한다.

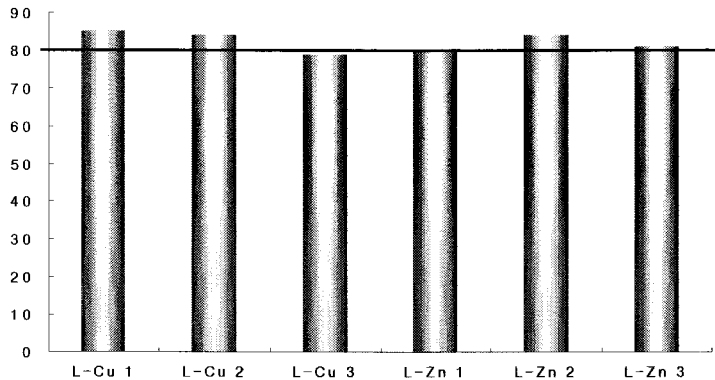


그림 27. 금속 지방산염을 이용한 이성화 제제의 접착각  
(이성화처리 하지 않은 아마인유의 접착각은 80°)

금속촉매제(주촉매제)로 니켈(Ni)을 단독으로 사용한 경우와 니켈(Ni)과 납

(Pb)(중합형 건조제, 보조 촉매제 역할로 주촉매제의 1/10의 농도 첨가)을 혼합하였을 때, 접촉각이 조금 상승하였으나, 정도가 크지는 않았다. 아마인유의 평균접촉각은 80° 이었다.

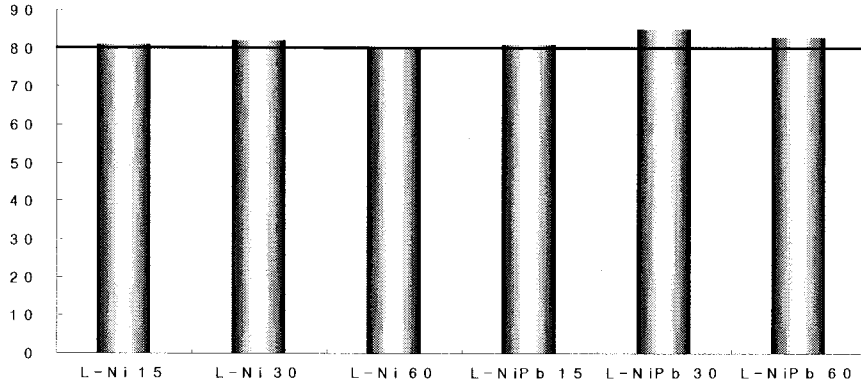


그림 28. Ni(+Pb)금속촉매제를 이용한 중합제의 접촉각

금속촉매제(주촉매제)로 망간(Mn)을 단독으로 사용한 경우에도 망간(Mn)과 납(Pb)(중합형 건조제, 보조 촉매제 역할로 주촉매제의 1/10의 농도 첨가)을 혼합하였을 때, 접촉각의 증가가 뚜렷하지는 않았으며, 납(Pb)의 혼합에 의해 접촉각이 소량 증가되어지는 추세였다. 금속촉매제(주촉매제)의 혼합율이 증가하면 접촉각도 증가하는 경향을 나타내었다.

금속촉매제(주촉매제)로 코발트(Co)를 단독으로 사용한 경우와 코발트(Co)와 납(Pb)을 혼합하였을 때, 접촉각의 증가는 뚜렷하게 증가하는 경향이었으며, 납(Pb)의 혼합에 의해 접촉각이 크게 증가하지는 않았다.

접촉각의 증가는 코발트(Co) > 망간(Mn) > 니켈(Ni)의 순이었으며, 니켈(Ni)의 첨가는 아마인유의 접촉각 증가에 크게 영향을 끼치지 못한 것으로 판단되었다.

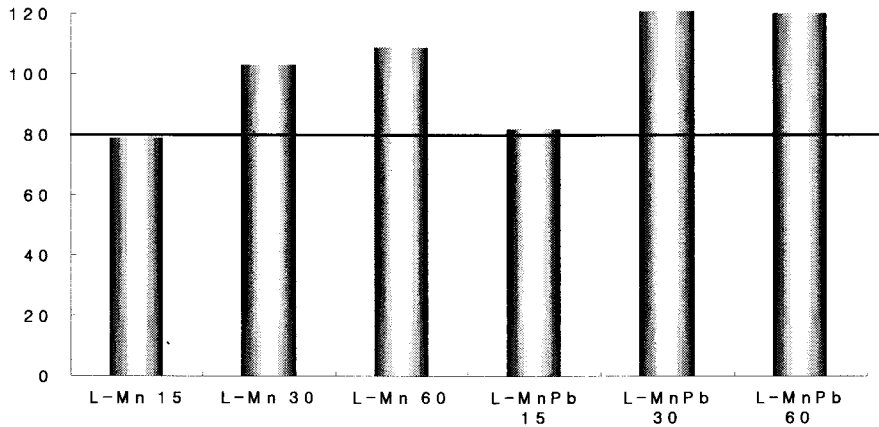


그림 29. Mn(+Pb)금속촉매제를 이용한 중합

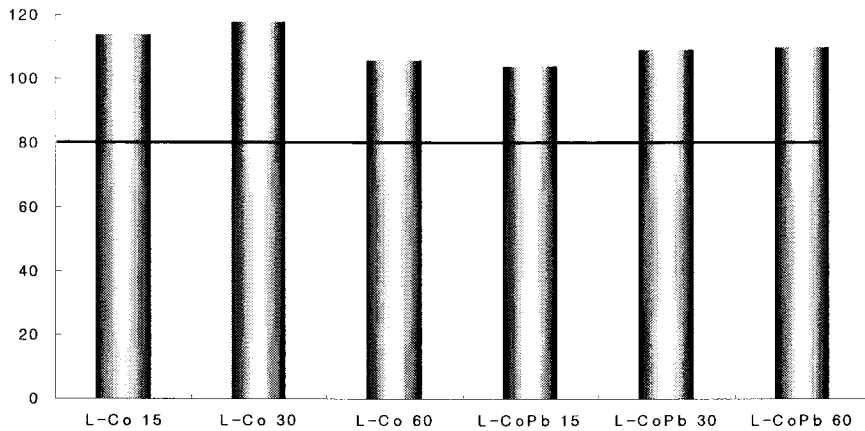


그림 30. Co(+Pb)금속촉매제를 이용한 중합

### 3) 중합처리한 오일을 처리한 목재의 UV노출에 의한 색상 변화

아마인유만을 처리했을 경우 아무것도 처리하지 않은 목재표면보다 변색이 더 일어나 유지처리에 의해 목재표면의 퇴색이 가속되는 것을 알 수 있다. 이 성화처리, 중합처리된 유지를 도포한 목재의 표면은 그림 31과 같다. Cu-Napthenate로 이성화한 유지처리재의 표면은 아무 처리도 하지 않은 아마인유로 도포한 표면보다 변색이 적게 일어났으며 Zn-Napthenate로 처리한 유지는 아마인유처리재의 변색치와 큰 차이가 없었다.

건조제를 사용하여 중합한 유지로 처리한 목재의 표면은 니켈(Ni)의 경우

아마인유처리보다 변색치가 더 크게 나타났다. 망간(Mn)의 경우에는 무처리 유지와 크게 차이를 나타내지 않았으나  $\Delta b$ 가 적게 나타났다. 코발트(Co)의 경우 색차가 가장 적게 나타났다. 또한 중합처리에 납(Pb)을 보조조건제로 첨가한 경우 모두  $\Delta L$ 과  $\Delta a$ 는 큰 차이를 나타내지 않았으나  $\Delta b$ 가 줄어드는 것으로 보아 납(Pb)을 첨가할 경우 UV에 의한 yellowing현상이 줄어드는 것으로 보인다. 그러나 납(Pb)의 경우 유독성물질이므로 제품을 조성할 경우 제외하여야 할 것이다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 이성화, 중합처리된 유지가 아마인유보다 변색을 더 일으키지는 않으나 코발트(Co) 처리유지를 제외하고 다른 처리유지들은 아무것도 처리하지 않은 목재에 비해 변색정도가 크므로 유지처리에 의해 재표면의 변색정도가 커진다고 할 수 있다. 그러므로 발수제에 UV차단제 또는 UV흡수제를 첨가하는 것이 필요하다.

표 4. 각 중합유지처리재별 색차

	$\Delta E$ (color difference)	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
무처리	18.59	11.18	6.71	13.26
linseed oil	28.52	19.44	14.38	15.12
Cu-napthenate	21.33	12.81	11.98	12.15
Zn-napthenate	23.58	13.87	11.76	15.02
Mn	21.72	15.47	13.48	7.11
Mn,Pb	23.23	18.43	14.06	1.56
Ni	25.58	16.39	13.45	14.31
Ni,Pb	22.09	15.11	12.94	9.61
Co	18.82	14.10	11.72	4.29
Co,Pb	24.98	19.73	14.92	3.46



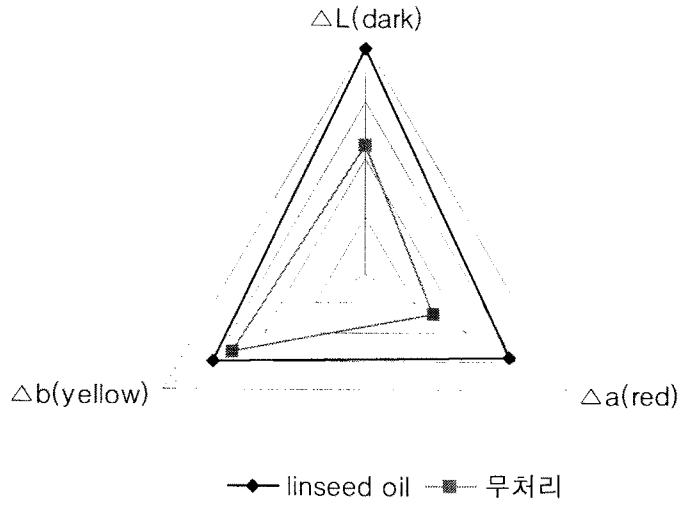


그림 31. linseed oil 처리재와 무처리재의 UV노출후 색차

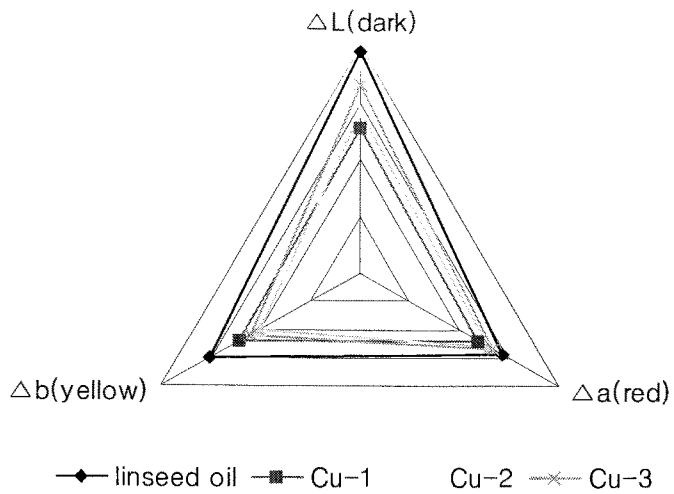


그림 32. Cu-napthenate+아마인유 처리재의 UV노출 후 색차

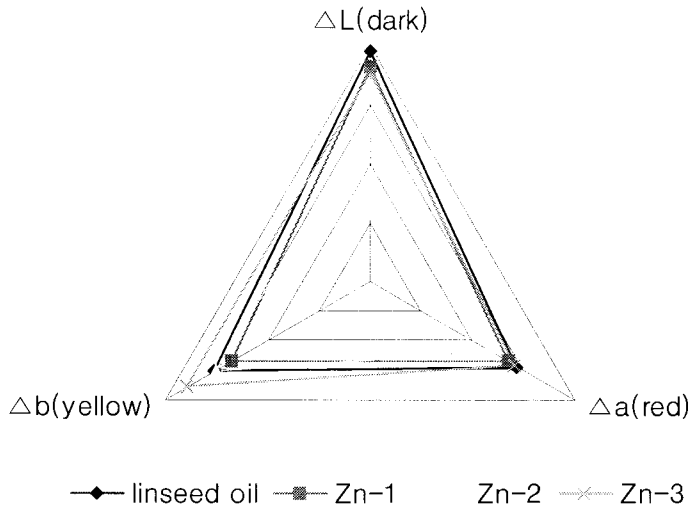


그림 33. Zn-napthenate+아마인유 처리제의 UV노출 후 색차

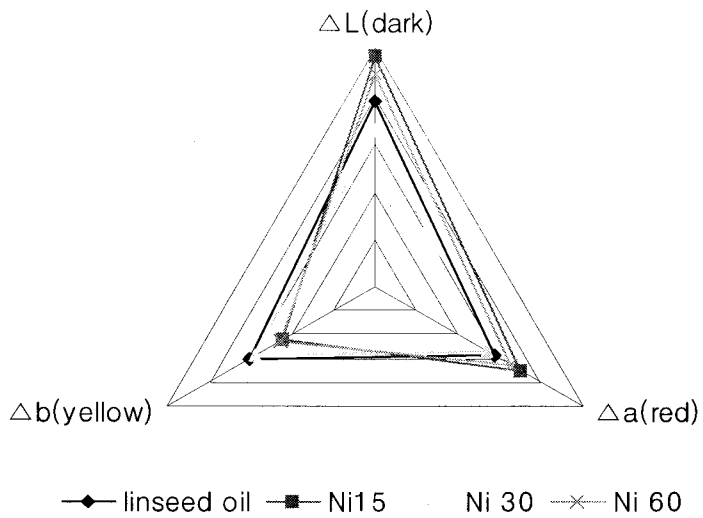


그림 34. Ni+아마인유 처리제의 UV노출 후 색차

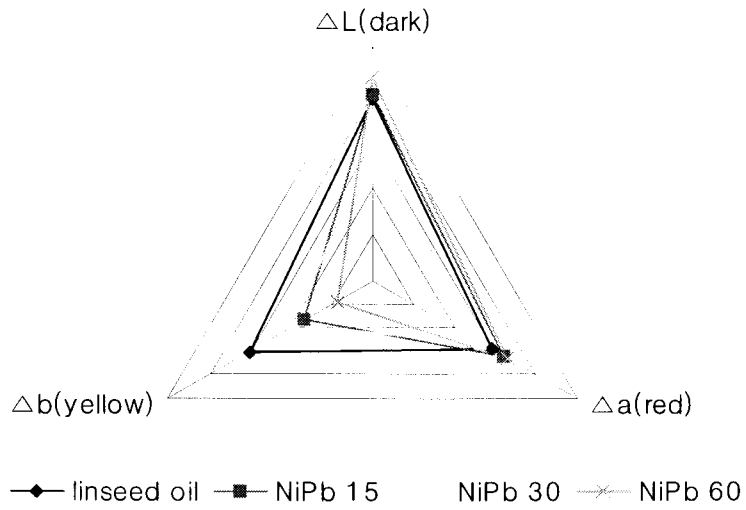


그림 35. Ni+Pb+아마인유 처리재의 UV노출 후 색차

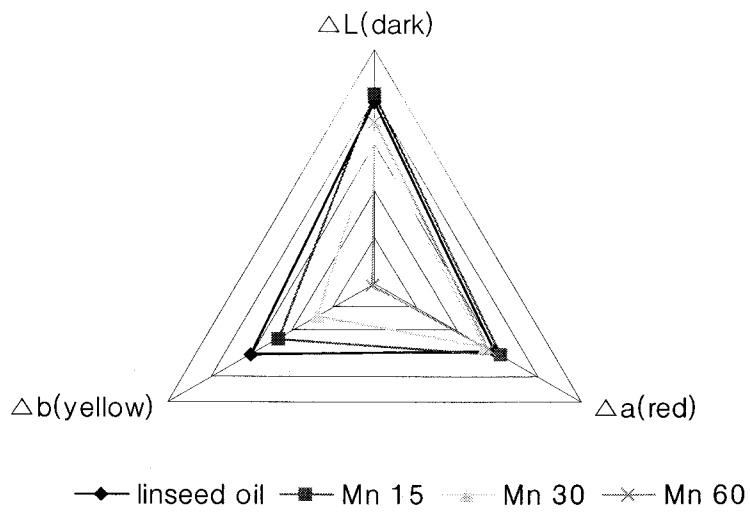
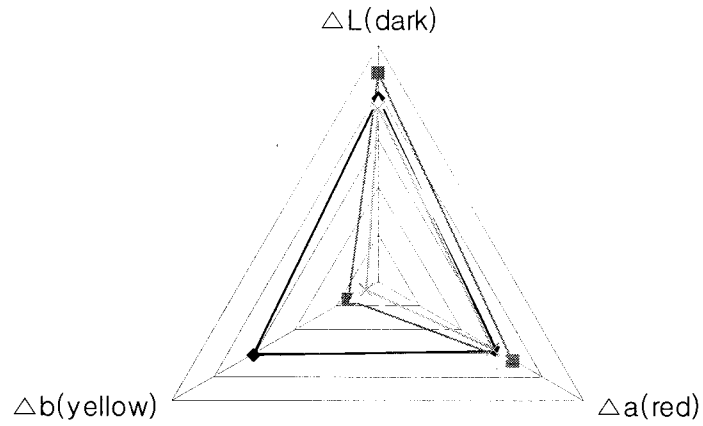
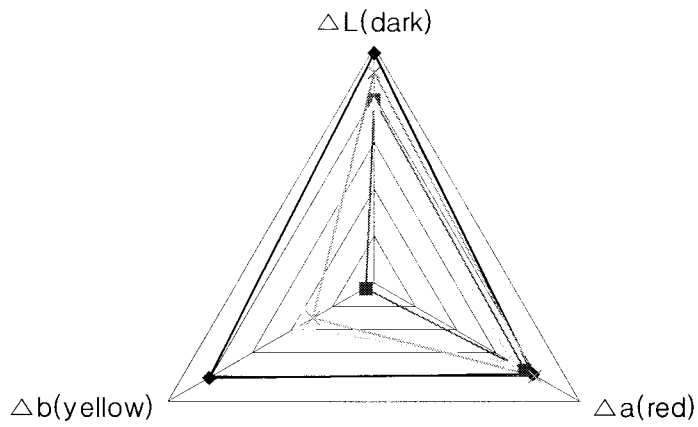


그림 36. Mn+아마인유 처리재의 UV노출 후 색차



—◆— linseed oil    -■- MnPb 15    MnPb 30    -×- MnPb 60

그림 37. Mn+Pb+아마인유 처리재의 UV노출 후 색차



—◆— linseed oil    -■- Co 15    Co 30    -×- Co 60

그림 38. Co+아마인유 처리재의 UV노출 후 색차

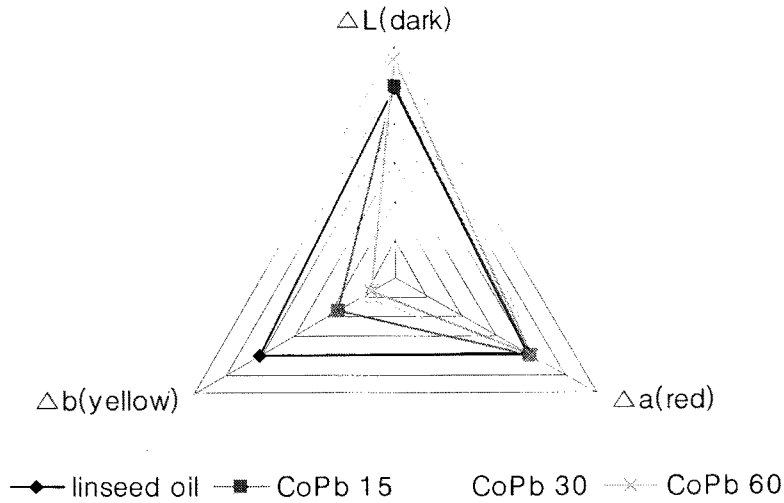


그림 39. Co+Pb+아마인유 처리재의 UV노출 후 색차

#### 4) 중합처리한 오일을 처리한 목재의 침수시험을 통한 발수성능평가

중합한 유지중 납(Pb)을 포함한 유지를 제외시킨 나머지를 중 접촉각 성적이 우수한 코발트(Co)처리 아마인유, 망간(Mn)처리 아마인유, 처리를 하지 않은 동유 마레인화 동유 등의 발수성능을 흡수성 시험을 통하여 평가하여보았다. 결과는 그림 40과 같다. 유지의 농도가 10%일 때 망간(Mn)으로 산화중합한 유지처리재의 경우 가장 좋은 발수성능을 나타내었고, 15%농도였을 때에는 코발트(Co)로 산화중합한 유지가 가장 발수성능이 우수한 것으로 나타났다. 망간(Mn)의 경우 10%유지와 15%유지의 발수성능의 차이가 크지 않은 반면 코발트(Co)의 경우 15%로 농도가 높아졌을 때 발수성능의 향상이 더 크게 나타났다. 동유의 경우에는 오히려 마레인화하지 않은 동유가 더 좋은 발수성능을 나타내었다.

위의 결과를 종합하여볼 때 코발트(Co)로 중합한 유지를 발수제의 구성에 사용할 경우 가장 우수한 발수력을 기대할 수 있을 것으로 보인다.

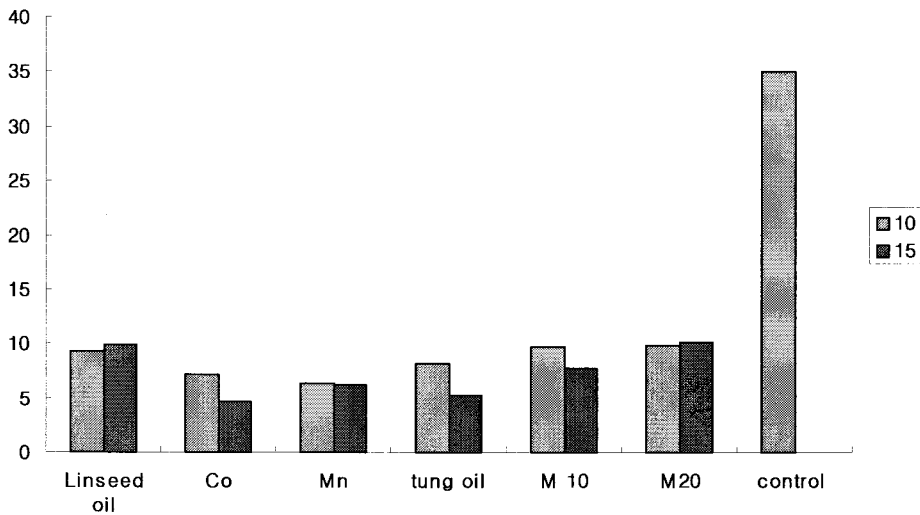


그림 40. 각 중합유지의 침수성 시험 결과

#### 5) Wax의 적정농도 선정시험

기존 발수제들에서 조사된 바에 따르면 발수제에 사용된 wax는 paraffin wax, bees wax, micro wax 등이다. 이들 wax를 발수제에 사용하기 위해 solvent를 사용하여 용해하였을 때 paraffin wax의 경우는 5% 농도까지 용해가 가능하였으나 bees wax은 1.0%, micro wax는 0.5%농도까지 밖에 용해가 되지 않았다.

흡수성시험으로 알아본 wax의 농도별 발수성능은 그림 41과 같다. paraffin wax의 발수성능이 다른 두 가지 wax의 발수성능보다 월등히 우수하였으며 paraffin wax의 농도별 발수성능은 유의성 검정 결과 농도별 발수성능에 큰 차이를 나타나지 않았다.

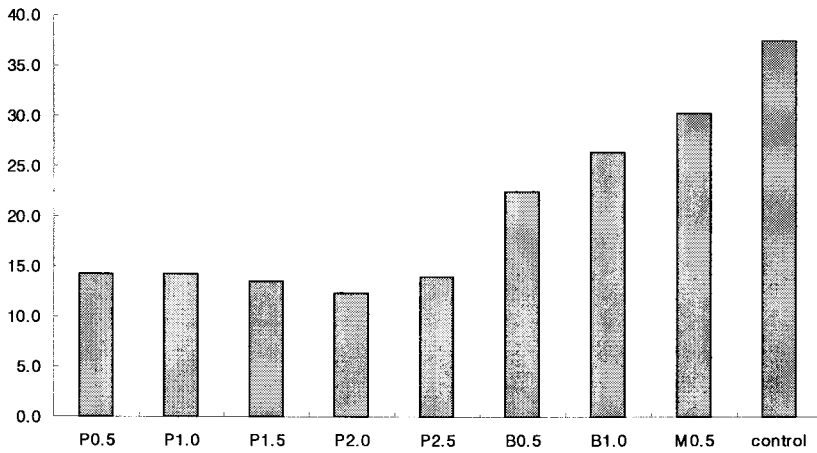


그림 41. Wax의 종류, 농도별 침수성 시험 결과

#### 6) 수지의 적정농도 선정 시험

발수제에 혼합하는 수지의 적정농도를 선정하기 위해 우선 흡습성시험을 통해 수지의 발수성능을 평가하여 대략적인 농도를 선정한 후 이 농도에 파라핀왁스를 농도별로 혼합하여 발수제에 혼합할 수지의 농도를 선정하였다.

흡습성시험 결과는 그림 42와 같다. 흡습성 시험을 통해본 결과 수지 7%일 경우 가장 낮은 흡습율을 나타내었다. 이 결과를 토대로 하여 수지 7%를 전후한 농도인 수지 5%~10%농도에 파라핀왁스 0.12%, 0.25%, 0.5%를 혼합하여 이의 발수성능을 흡수성시험을 통하여 평가하였다.

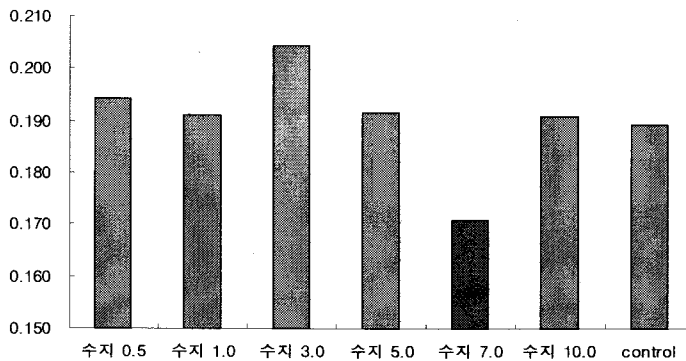


그림 42. 수지 농도별 흡습성

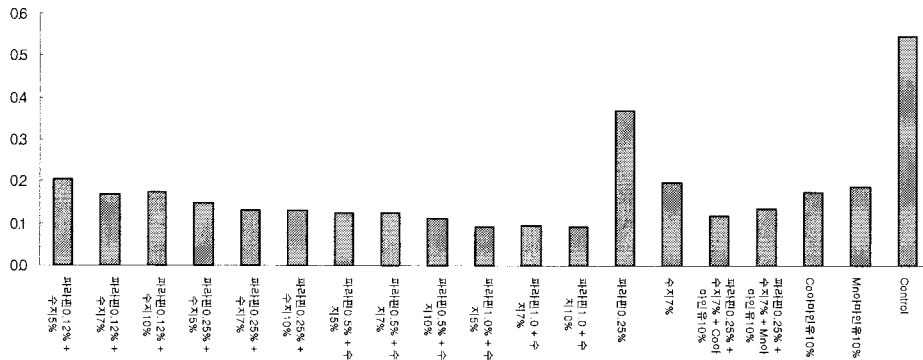


그림 43. Wax와 수지의 농도결정을 위한 흡수성

그림 43은 흡수성 실험을 토대로 적정 왁스와 수지의 농도결정 위한 흡수성 실험 결과이다. 수분과 직접 접촉하는 환경에서 왁스 또는 수지 단독 처리의 성능에 비해 수지를 첨가한 처리구의 흡수저항성이 높았으며, 왁스의 농도가 높을수록 높은 저항성을 나타내었다. 또한 코발트(Co) 또는 망간(Mn) 중합유지의 발수성능보다도 우수한 결과를 나타내었다. 수지 및 왁스의 농도는 흡수성 실험의 결과와 유사하게 왁스농도 1%, 수지농도 5-10%에서 가장 우수한 발수효력을 나타내었다.

### 7) Imidacloprid의 방의효력 평가

Imidacloprid( $C_9H_{10}ClN_5O_2$ )를 dichloromethane( $CH_2Cl_2$ )을 솔벤트로 하여 0.2%로 조제하여 예비방부제로서 방의 효력이 검증된 IPBCP(유기요오드 인화합물계 목재방부제)와 방의 효력을 비교 하였다. IPBC의 농도는 0.25%이며, 클로르피리호스(CP)의 농도는 1%였다.

Imidacloprid의 방의 효력 평가 결과, 2일 이후 흰개미 사충율이 97%에 달하였으며, 3일 이후 99%, 7일이후에는 100%에 도달하였다. 비교 시험한 IPBCP와 비교하였을때, 흰개미 방제 약제로서 그 효력이 높은 것을 알수 있었다.



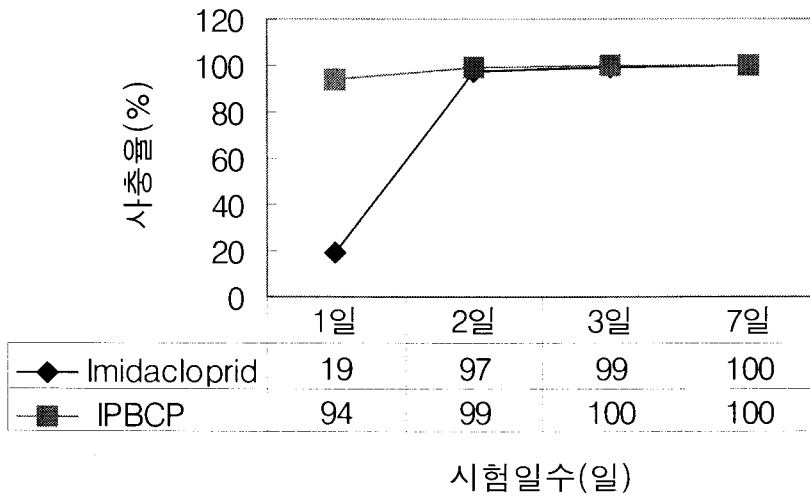


그림 44 . Imidacloprid의 방의 효력 평가

8) 발수제 제조

이상의 연구결과를 바탕으로 하여, 아마인유에 살균제로서는 IPBC, 살충제로서는 Imidacloprid를 그리고 발수성능을 향상시키기 위한 첨가제로서 Alkyd resin과 Paraffin wax를 첨가하여 솔벤트에 용해시켜 발수제를 제조하였다.

표 5 . 제조된 발수제의 성분 및 함량

발수제 \ 조성	No. A-1	No. B-1	No. B-2	No. C-1
IPBC	1.05	1.05	1.05	1.05
Imidacloprid	0.53	1.05	1.05	2.10
Solvent A	8.00	8.50	10.00	9.50
Linseed oil	13.00	13.00	10.00	13.00
Alkyd resin	8.50	8.50	5.00	8.50
Paraffin wax	1.50	1.50	1.00	1.50
Solvent B	67.42	66.40	10.00	64.35
			61.90	
합계	100.00	100.00	100.00	100.00

발수제 / 조성	No. D-1	No. D-2	No. E-1	No. F-1
IPBC	0.26	0.26	0.53	1.05
Imidacloprid	1.05	1.05	1.05	1.05
Solvent A	7.50	10.00	8.00	8.50
Linseed oil	13.00	10.00	13.00	13.00
Alkyd resin	8.50	5.00	8.50	8.50
Paraffin wax	1.50	1.00	1.50	1.50
Solvent B	68.19	10.00	67.42	66.40
		62.69		
합계	100.00	100.00	100.00	100.00

#### 9) 흰개미에 대한 방의효력 평가

제조된 발수제와 3사의 기성 제품과의 방의효력을 비교 평가한 것을 그림 44에 나타내었다. 1주가 경과된 시점에서 흰개미의 死蟲率은 본 과제를 통해 제조된 제품의 성능이 월등히 높은 것으로 나타났다. 2주가 경과된 시점에서 모든 시료의 사충율이 90%를 넘는 것으로 나타났다. 그러나 흰개미의 사충율이 100%에 미치지 못하였으므로 금후 흰개미의 방제를 위한 새로운 제형 및 조성을 새롭게한 제제의 개발이 요구되었다. 현재 개발된 발수제는 흰개미에 대한 방의효력이 충분하지는 않지만, 일반적인 건축물의 흰개미 예방제제로서 사용이 가능할 것으로 판단된다.

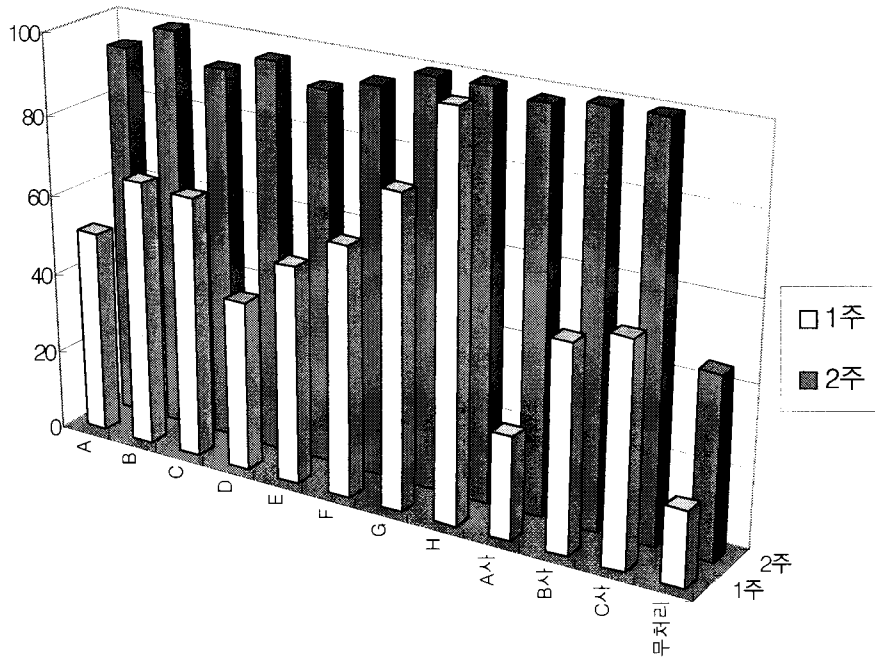


그림 45. 발수제의 방의효력 평가

## 2. 고온유지 온욕처리에 의한 속성건조 발수처리재 개발

### 가. 재료 및 방법

#### 1) 공시재료

(1) 공시시편: 시험에 사용한 공시편은 소나무를 사용하였으며, 원목의 경우는 생채 상태에서 박피를 하고 곧바로 사용하였으며, 원목의 등급은 직경 40cm 정도의 것에서부터 직경 20cm의 것으로 하였다. 또 제재의 경우는 각재로 60×120×500mm 크기의 시편을 사용하였으며, 강도측정용으로는 3cm×3cm×45cm의 곧은결면의 각재를 사용하였다.



그림 46. 고온유지온욕처리를 하기 전에 박피하는 모습

(2) 공시유지 : 방부제와 방의제를 포함시키지 않은 시중에서 유통되는 공업용의 아미노유를 공시유지로 사용하였다.

## 2) 실험방법

### (1) 약제처리

고온유지 온욕처리를 하기 전에 처리편의 중량과 함수율을 측정 한 후, 아미노유가 있는 욕조에 침지하였다. 침지 후 서서히 온도를 상승시키면서 시험편의 크기에 따라 처리시간을 조절하면서 온욕처리를 하였다. 유지의 온도는 80℃, 120℃, 150℃로 지정하여 처리하였다. 처리가 끝난 시편은 처리조에서 꺼 낸 후에 상온에서 방냉하고 중량과 함수율을 측정하였다.

### (2) 처리 목재 내부의 온도 변화측정

처리 목재의 내부온도변화를 측정하기 위하여 목재의 중심부까지 작은 드릴로 목구면으로부터 20cm의 간격으로 구멍을 뚫고 온도감지 센서를 목재의 표면으로부터 중앙부위까지 삽입한 후 구멍을 톱밥으로 꽉 채워서 유지가 목재내부까지 침투하지 못하도록 하였다. 온도감지센서를 다용도기록계(YOKOGAWA, Model  $\mu$ R1000 Recorder)와 연결하여 처리별 온도변화를 기록하였다. 처리시간은 시험편의 크기에 따라 조절하였으며 원목의 경우는 70시간까지 처리시간을 연장해서 처리하였다.

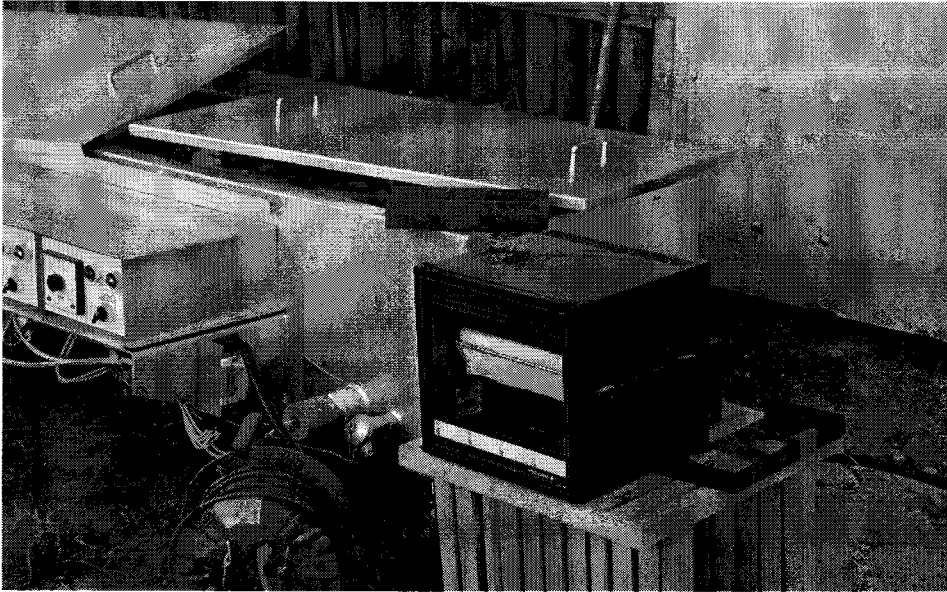


그림 47. 처리목재의 목재 내부 온도의 측정

### (3) 유지 침투량 측정

전건법에 의해 목재의 함수율을 측정할 때, 목재에 침투한 유지의 중량이 목재함수율 측정을 방해하므로, 시편의 중앙부를 톱으로 절단하여 목분을 채취하고, 목분 중의 유지를 에테르로 추출하였다. 또 목재내부에 침투한 유지의 량을 정량하여 유지침투량을 추정하였다. 이후 목재편의 중량을 측정하고 유지함량을 제외한 순수 목재의 중량감소율로 목재함수율을 측정하였다. 또 전건법으로 주입된 목재를 오븐에 넣고 60℃에서 평형상태에 도달할 때까지 계속해서 무게를 측정하며 에테르추출에 의한 시편과 전건법에 의한 시편과의 목재함수율을 비교하였다.

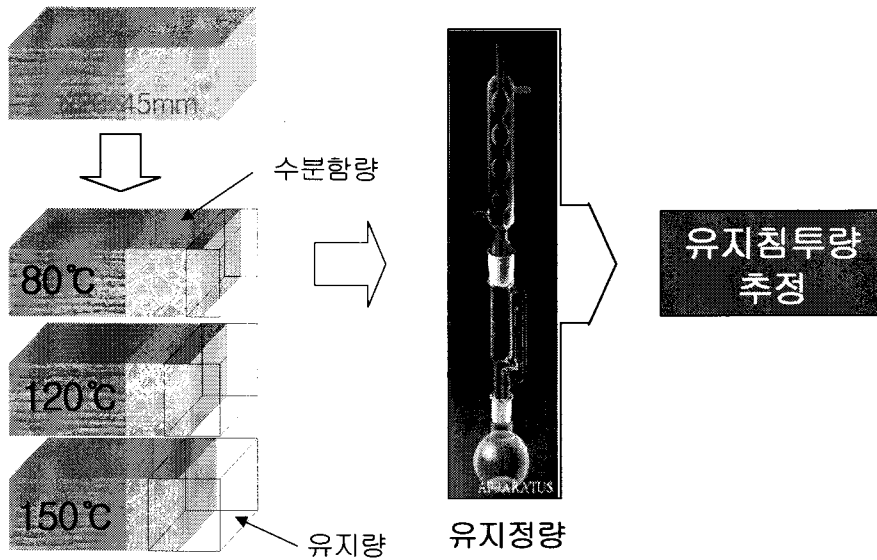


그림 48. 유지침투량 측정방법

(4) 목재의 강도감소율 측정

소나무 각재 30×30×500mm의 것을 80°C와 150°C의 유지에서 온욕처리하고, 만능강도시험기(Hounsfield, Model H50K-S)로 500kgf 10,000mm/min의 속도로 MOE와 MOR을 측정하였다. 목재함수율을 8.5%로 조절한 유지 무처리를 대조재로 하였다.

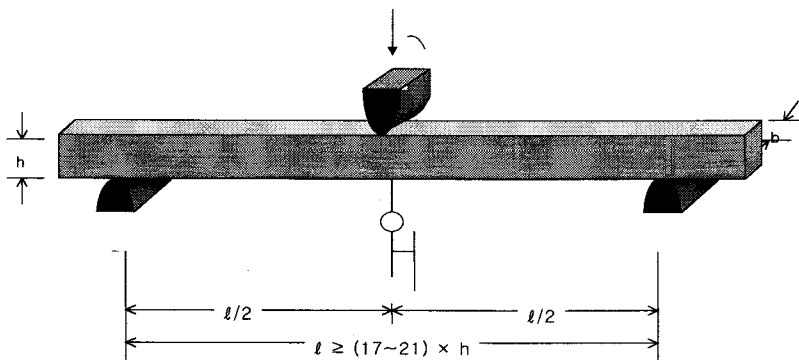


그림 49. 고온유지 온욕처리재의 강도측정방법

$$E = \frac{\Delta P \ell^3}{4bh^3 \Delta y}$$

여기에서 E: 휨영계수(kgf/cm<sup>2</sup>)

ℓ: 스패น(cm)

b: 목구면의 긴변(cm)

h: 목구면의 짧은 변(cm)

ΔP: 초기하중과 최종하중과의 차(kgf)

Δy: ΔP에 대응하는 처짐(cm)

(5) 목재내부 응력해소를 위한 인사이징

급격한 온도변화에 의한 수분의 이동으로 미처 해소되지 못한 목재 내부에 남아있는 응력을 제거하기 위하여 목재편의 표면을 그림 27과 같이 목재 표면에서 중심부를 향해서 두께의 1/2까지 천공하고 고온유지 온욕처리를 하였다.

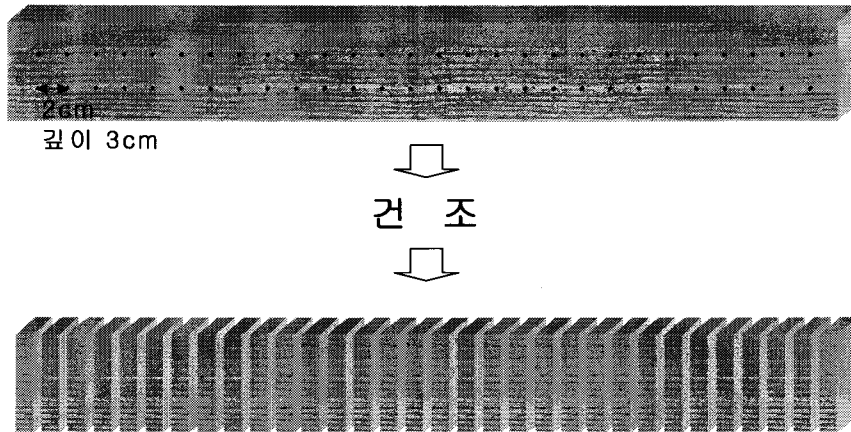


그림 50. 목재 인사이징 방법과 내부응력 측정



(6) 발수성능평가

고온액상침지 처리재의 발수성능 평가는 처리재를 섬유방향에 직각이 되도록하여 1.5cm 두께로 제재하고 한국산업규격(KS F 2204)의 목재의 흡수량 측정방법에 준하여 실시하였다.

(7) 항균효력 평가

항균효력은 paper disc법을 응용하였고, 처리재가 변색균 및 부후균에 대하여 저항성을 지니는지 여부를 검토하기위하여 실시하였다. 평판배양기(리터당  $MgSO_4$  2g,  $KH_2PO_4$  3g, glucose 25g, malt extract 10g, peptone 5g, agar 2g을 용해한 것)에 고온유지온욕 처리재 및 무처리재( $2 \times 10 \times 10$ (mm), Fig. 2의 b)를 가장자리에 놓고 중앙에는 공시균을 접종하였다. 배양온도는  $27^\circ C$ 에서 소정기간 배양 후 균사의 성장길이를 항균효력을 평가하였다. 공시균은 임업연구원 목재보존실험실의 변색균 5종 *Aspergillus niger*, *Penicillium funiculosum*, *Rhizopus nigricans*, *Aureobasidium pullulans*, *Trichoderma viride*와 3종의 부후균 *Tyromyces palustris*, *Trametes versicolor*, *Serpula lacrymans*을 이용하였다.

(8) 방부효력 평가

실내실험용 시편으로 제작하여 KS M 1701의 「목재 방부제의 방부효력 시험 방법」에 준하여 실시하였다. 다만 시험편의 크기를 고려하여 시험편의 균에 대한 폭로기간을 당초의 규격상의 시험방법보다 연장하여 200일로 하였다.

(9) 흰개미에 대한 방의효력 평가

## 나. 결과 및 고찰

### 1) 처리온도별 목재의 중량변화

아마인유에 고온 온욕처리할 때 목재내부의 온도 변화는 처리액온의 온도가 증가할수록 내부의 온도도 상승하였으며, 목재내부에 존재하는 물이 외부로 빠져나오면서 목재의 중량도 크게 감소하였고 개체간의 편차도 줄어들었다. 온욕처리과정에서 유지의 온도가 80℃정도에서 목재의 목구면으로부터 작은 기포가 발생하기 시작하였으며, 온도가 100℃부터 경단면부분에도 기포의 발생이 있었다. 그림 51과 같이 온도가 150℃가 되면서 목재의 전층에서 기포가 심하게 빠져나왔으며 내부에서 목재도 유동하기 시작하였다.



그림 51. 유지온도가 150℃일 때 목재의 모습

유지의 온도를 150℃로 6시간 동안 처리하였을 경우 목재의 중량감소는 40%이상이 되었으며, 중량감소의 편차도 5%전후를 나타낸 안정된 상태의

목재로 변환되었다. 그러므로 목재의 사용 함수율에 보다 가깝게 접근되어  
진 것으로 판단된다(그림 52).

고온유지 온욕처리에서는 목재내부의 수분이 밖으로 빠져나오는 만큼, 유  
지가 목재내로 침투되기 때문에 유지의 함유량이 목재의 중량에 포함되어있  
기 때문에 중량감소율로써 목재함수율을 가늠하는데 어려움이 있었다. 또한  
전류저항식 함수율 측정장치도 유지가 목재 내 수분의 전기전도를 방해함으  
로 적용이 불가능하였다.

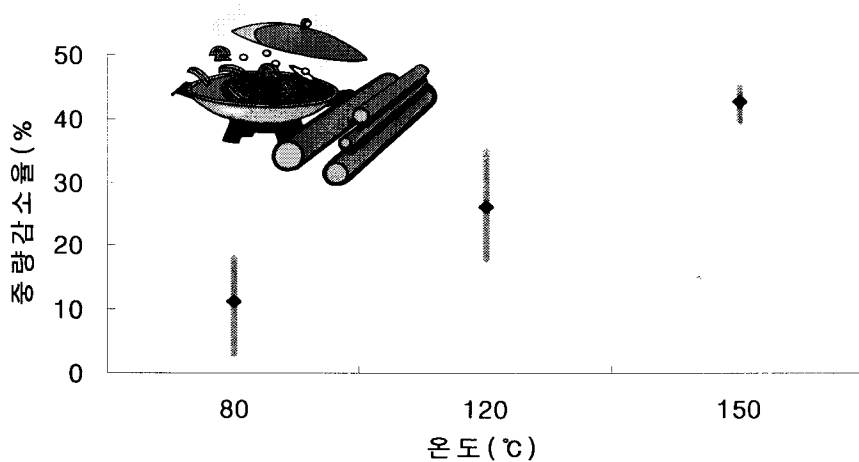


그림 52. 유지의 온욕온도와 목재의 중량감소율의 관계

## 2) 처리온도별 유지함유율과 목재내부 수분함유율

전술과 같이 고온유지 온욕처리 목재는 목재내부의 물과 유지가 치환된  
상태이므로 단순 중량감소로만 함수율의 상태를 판단하기 어려움이 있다.  
따라서 목재내부의 수분과 유지의 함유량을 구분하기 위하여 목재를 분쇄한

목분 중의 유지를 에테르로 추출하였으며, 내부에 침투한 유지의 양을 정량하여 유지침투량을 추정한 결과, 80℃에서는 유지의 함유율이 목재중량 대비 5.7%가 침투하였으며, 120℃에서는 18.7%, 150℃에서는 20.3%의 유지가 침투한 것으로 나타났다. 유지의 함유량은 처리온도가 높을수록 많았으며, 이로 인하여 중량감소가 방해받았던 것으로 추정된다. 그러므로 고온유지온욕처리재의 경우 전건법에 의한 함유율의 측정은 불가함이 밝혀졌다.

유지를 제외한 총중량감소율(순수 목재내의 수분감소율)과 유지를 포함한 총중량감소율(순수 목재내의 수분감소율에서 유지가 차지하고 있는 중량을 제한 값)은 전술과 같이 150℃에서 가장 높았으며, 120℃, 80℃의 순으로 점차 낮아졌다.

120℃의 경우는 아직 목재내부의 불안정한 수분이 존재하기 때문에 이로 인해 유지를 포함한 중량감소율의 편차가 큰 것으로 추정되었다.

소형시편을 사용하였을 때와는 달리 유지를 제외한 총중량감소율과 유지를 포함한 총중량감소율의 차이가 처리온도에 따라 달라졌으며, 온도가 높을수록 중량감소율이 높았으며, 편차도 작게 나타났다.

•80℃



•120℃



•150℃



그림 53. 유지의 처리온도별 목재내부의 수분과 유지의 함유율

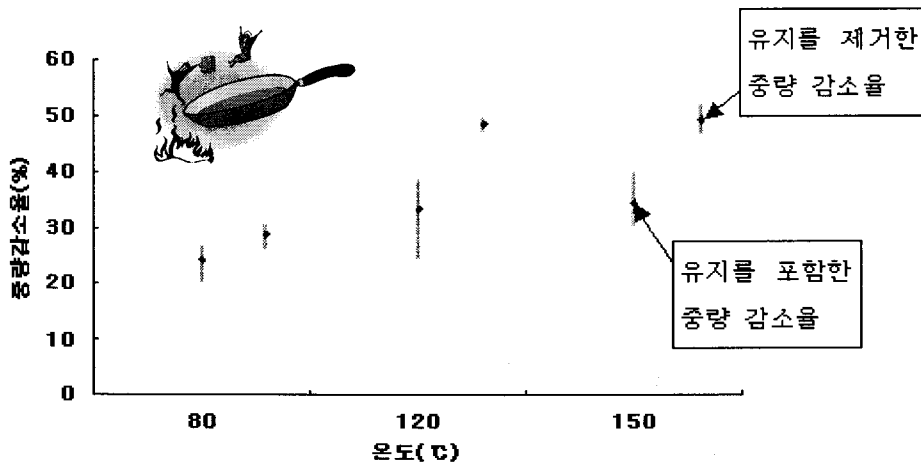


그림 54. 처리온도별 유지를 포함하였을 때와 유지를 제거하였을 때의 목재 내 중량감소율

### 3) 고온유지 온욕처리에 의한 건조 및 방부+발수처리재

소나무 함유율 80%이상의 100(T)×100(W)×200(L)mm 각재(수를 포함) 시

편을 유지온도 150℃로 처리하였을 때 12시간 경과 후 목재함수율은 10%이하로 감소하였다. 이 때 처리를 완료한 시편의 상태는 목재내부의 잔여 응력이 남아있기 때문에 목재 내부할열 및 치수변형이 변형된 상태로 나타났다. 이를 제거하기 위하여 목재 표면을 침상의 드릴로 중앙부까지 인사이징 처리한 결과, 그림 55와 같이 목재의 내부응력이 해소되어 목재의 할열 및 치수변형을 막을 수 있었다.

또 목재의 표면부에 발생하는 표면할열을 평가한 결과 무처리재는 표면할열이 심하게 발생되었는데 비하여 인사이징한 처리재의 표면할열 평균 폭은 2mm이하였으며, 섬유방향 최대 할열길이는 5cm이하로 나타났다. 고온유지 온욕처리한 목재를 인사이징하여 줌으로 목재의 내부 및 표면할열의 발생을 크게 억제할 수 있음이 밝혀졌다.

한편 고온유지 온욕처리 목재를 현장에서 가장 손쉽게 접할 수 있는 곳은 전통목조건축물의 축조와 같이 다양한 규격의 목재가 다양한 가공과정을 거친 후에 사용되기 때문에 가압방부처리가 어려운 곳이 적절합니다. 이러한 용도에 대비하여 전통목조건축물은 단청을 필요로 하기 때문에 현재 단청에서 사용하고 있는 처리공정과 동일하게 도포하고 그림 56 및 그림 57와 같이 단청과 결합에 대한 영향을 검토한 결과, 석간주 및 뇌록에서 피복이 양호한 것으로 나타났다. 고온유지 온욕처리 목재는 처리재의 표면할열도 없었으며 단청의 기재로 사용하고 있는 폴리졸의 도포에 의해 석간주의 도포도 양호하게 피복되었다. 또 양록 도장 위에 다른 단청의 색상을 도포하여도 색상의 변화 또는 도막의 이상이 발견되지 않았으며, 무처리 목재보다 오히려 도장이 쉽게 되어졌다.

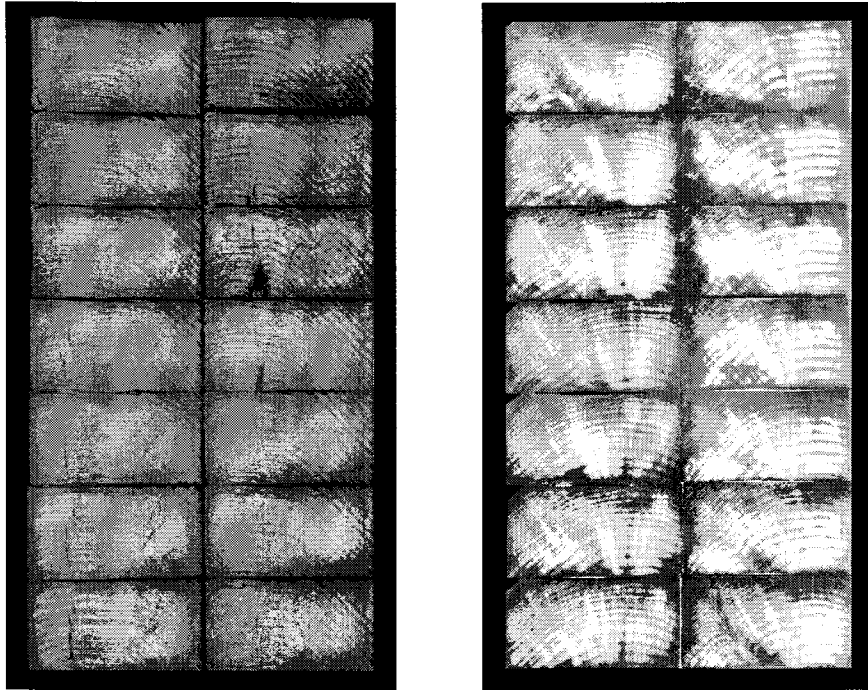


그림 55. 인사이징 전(왼쪽)과 인사이징 후(오른쪽), 인사이징 후 액상 건조처리한 것은 내부할열이 없음.

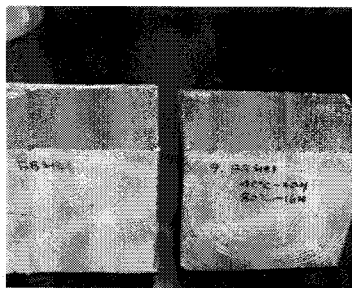


그림 56. 목구면 할열(좌) 무처리, (우)처리

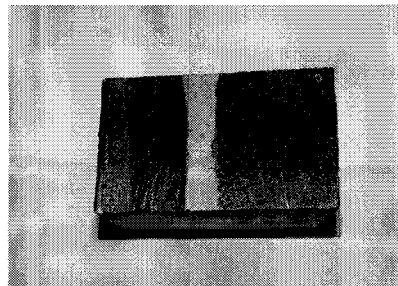


그림 57. 단청 칠하기

#### 4) 처리온도별 목재내부 온도변화

고온유지 온욕처리를 하였을 때 유지의 온도가 상승하면 목재내부의 수분이동도 빨라지기 때문에 목재의 건조도 빨리 진행된다. 그러나 지나친 온도

의 상승은 목재성분 중에서 리그닌의 용해를 가져올 수 있고 이로 인해 강도감소 등의 영향을 받을 수 있다. 또 목재의 외부와 내부의 온도의 발란스를 유지함에 따라 목재내부의 응력해소에도 상당한 도움이 있을 것으로 판단하였기 때문에 유지 탱크에서의 처리온도별 목재내부의 온도변화를 그림 58, 그림 59 및 그림 60과 같이 측정하였다. 유지온도 150℃처리에서는 온욕 가열을 시작하고 60분 이후 목재내부의 온도가 100℃에 도달하였으며, 270분 경과시점에서는 목재 내부온도가 100℃를 상회하였다(그림 60). 물의 비점은 100℃이기 때문에 100℃를 상회하였다는 것은 시편 중앙부 수분의 대부분이 목재외부로 유출되고 유지로 목재내부가 치환되었기 때문에 유지의 온도에 의해서 100℃이상으로 온도가 상승한 것으로 판단하였다.

유지의 온도를 120℃로 처리하였을 경우를 그림 59에 나타내었다. 목재 내부의 온도가 100℃까지 도달한 시간은 처리한 지 90분 후부터였으며 처리가 끝난 360분까지도 100℃를 유지하고 있었다. 이는 처리재의 내부에 수분의 제거가 충분히 일어나지 않았기 때문으로 추정된다. 한편 유지의 온도를 80℃로 처리하였을 때(그림 58)는 목재내부의 최대온도는 액온보다 높은 90℃를 유지하였다.



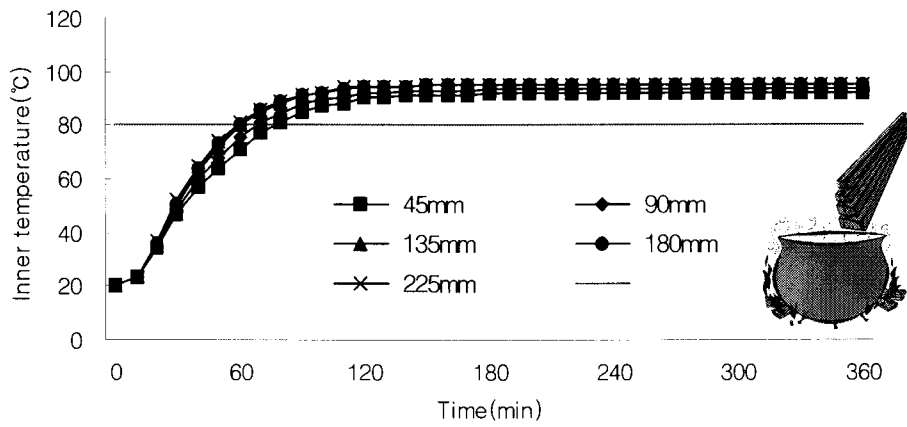


그림 58. 유지온도 80°C에서 목재의 내부온도 변화

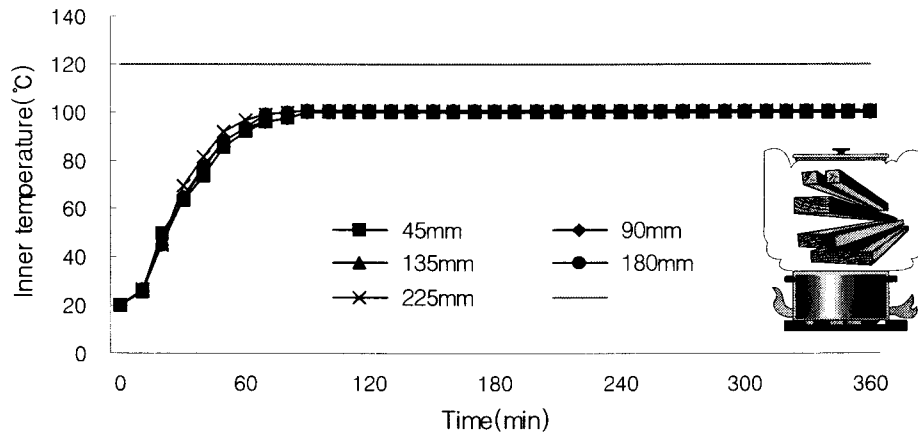


그림 59. 유지온도 120°C에서 목재의 내부온도 변화

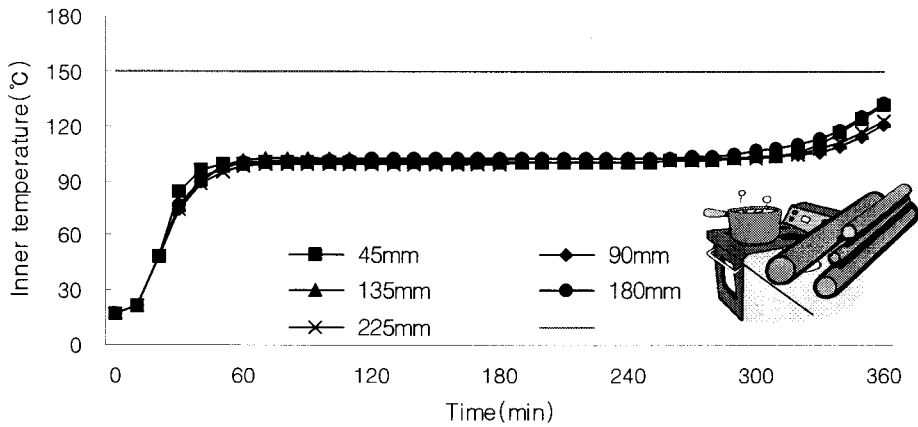


그림 60. 유지온도 150°C에서 목재의 내부온도 변화

#### 5) 유지의 목재내 침투깊이

유지의 온도를 150°C로 처리한 처리재의 목재내 유지의 침투율을 그림 61에 나타내었다. 목구면에서는 20mm 깊이까지는 80%, 40mm 깊이까지는 68%의 유지점유율을 나타내는 등 목구면으로부터 100mm부위까지 유지의 침투가 있었다. 또 방사단면이나 접선단면으로 유지의 점유율은 약 20~22%의 수준이었으며, 침투깊이는 약 10mm 정도이었다. 전술과 같이 고온유지 온욕처리재는 목재의 표면할열이 거의 없고, 또 할열길이도 무처리재에 비하여 매우 짧기 때문에 야외사용에도 적당한 것으로 판단된다. 일반적으로 목재는 야외사용에서 자외선은 표층凹凸부로부터 75 $\mu$ m, 가시광은 200 $\mu$ m의 깊이까지 침투하지만, 자외선에 의하여 목재 중에 생성된 라디칼의 연쇄반응에 의하여 목재성분의 분해, 변색이 미치는 깊이는 2.5mm 정도로 평가하고 있다. 그러므로 유지가 목재내부로 침투한 깊이가 이 정도 되면 목재 표면의 미소할열이 발생하여도 미처리된 부분이 쉽게 노출되지 않을 것으로 판단되므로 목재의 내구성 유지에는 별다른 문제가 없을 것으로 사료된다.

한편 목구면으로부터 10cm안측 부위는 시험편의 중앙부위와 유지의 침투량이 별 차이를 보이지 않았으며, 더 이상 이 부분으로의 유지침투는 일어나지 않았다.

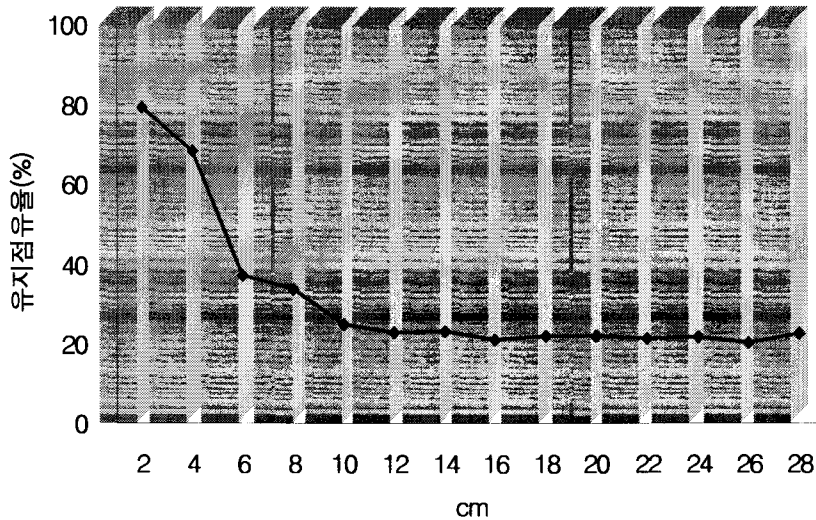


그림 61. 유지온도 150°C에서 목재의 내부로 침투한 유지의 점유율

#### 6) 처리온도별 목재 강도 측정

일반적으로 목재의 열분해 시작점은 약 80°C에서 시작되며, 온도가 상승할수록 열분해율은 높아지는 것으로 보고가 되고 있다. 그러므로 150°C에서 처리된 목재는 열분해가 진행된 것으로 추정하여 열분해가 진행되었을 때 목재의 강도가 감소되어질 것으로 추정하여 각 처리온도별 목재의 강도감소율을 측정한 결과를 그림 62에 나타내었다.

고온유지 온욕처리 시험편의 파괴강도와 탄성계수의 관계는 유지의 온도 150°C처리의 경우 무처리와 유의수준 5%에서 검정하였을 때, 두 처리간의 유의차가 존재하지 않았다. 이와 같은 결과로서 유지온도를 150°C로 처리하여도 처리 목재의 강도변화는 일어나지 않은 것으로 판단되었다.

고온유지 온욕처리 목재의 강도측정에서 충분히 건조된 무처리 목재나 유지온도가 150°C에서 처리된 목재의 경우, 파괴 허용한계점이 명확하게 나타

나지만, 유지온도를 80℃로 처리한 시험편의 강도측정은 파괴 허용한계점이 명확하지 않는 상태로 계속하여 하중을 가하여도 명확한 파괴 허용한계점에 도달하지 않았다. 목재는 함수율의 변화에 의해 강도의 변화도 크다. 특히 섬유포화점보다 높은 함수율을 갖고 있는 목재는 강도가 섬유포화점이하의 목재보다 낮은 경향을 나타낸다. 이러한 결과는 유지의 온도가 80℃로 처리되었을 때 목재내부에 자유수에 해당하는 수분이 아직 잔류하기 때문에 비롯된 것으로 추정된다.

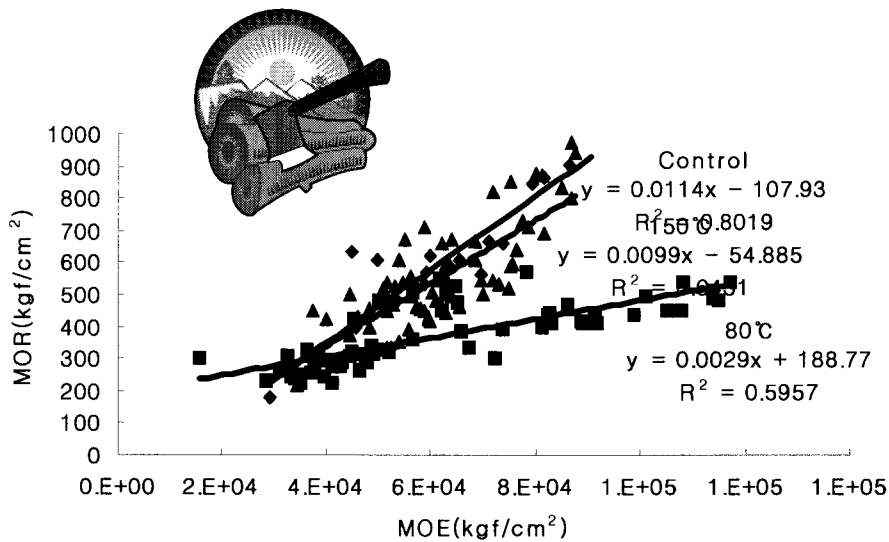


그림 62. 온도별 MOR과 MOE의 상관관계

- (가)  $MOR=0.0114MOE-107.93$ ,  $R^2=0.8019$ (무처리)
- (나)  $MOR=0.0099MOE-54.885$ ,  $R^2=0.6431$ (150℃ 처리)
- (다)  $MOR=0.0029MOE+188.77$ ,  $R^2=0.5957$ (80℃ 처리)

#### 7) 유지의 흡수성에서 본 발수성능

고온유지 온욕처리 목재의 발수성능은 흡수성 실험을 통하여 평가하고,

그 결과를 그림 63에 나타내었다. 흡수성 실험은 발수성능을 평가하는데 있어 접촉각 실험이나 흡습성 실험에 비하여 간단하면서도 뚜렷한 재현성을 나타내기 때문에 발수성을 테스트하는 방법으로 적절한 것으로 판단된다.

물속에 침지 5시간 이후 처리재의 흡수량은 무처리재에 비해 현저히 낮은 값을 나타내었다. 유지를 주입한 목재의 함수율은 야외에서 사용 시에도 적은 함수변화를 나타내는 것으로 알려져 있다. 특히 아마인유를 주입한 목재를 야외에서 20개월 동안 폭로한 실험에서 처리재의 함수율은 20% 미만으로 무처리재에 비해 매우 적은 함수변화를 나타냈으며, 65개월간의 유사 실험에서도 무처리재는 20-100%의 함수량 변화를 보인 반면 아마인유 처리재는 20-40%의 적은 함수량 변화를 나타낸 것으로 보고하고 있다(Paajanen, P. and A.C. Ritschkoff., 2002).

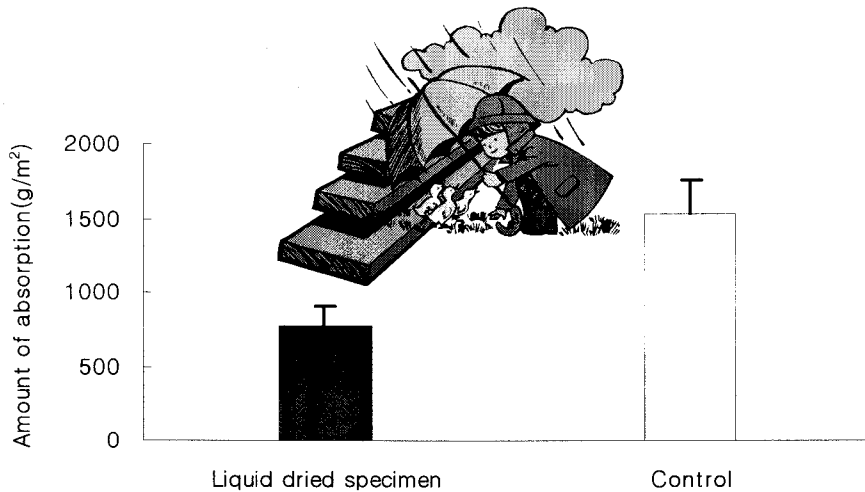


그림 63. 고온유지 온욕처리재를 물에 침지하였을 때 흡수량

고온유지온욕처리 목재의 표면에 물을 뿌렸을 때의 모습을 그림 64 와 65에 나타내었다. 목구멍 또는 경단면으로부터 물의 침투는 거의 불가능하였

으며, 장시간 물에 침지하여도 목재내부로 수분의 침투는 거의 없었다

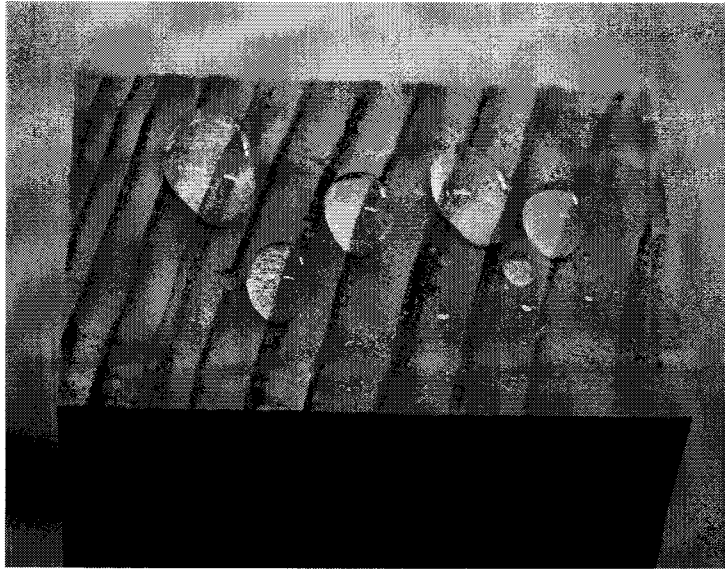


그림 64. 고온유지온욕처리 목재의 목구면으로부터 수분침투

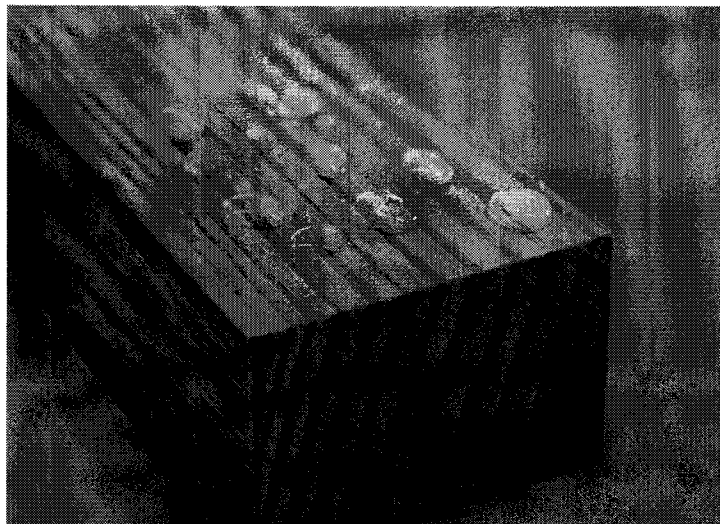


그림 65. 고온유지온욕처리 목재의 경단면으로부터 수분침투

#### 8) 항균효력

고온유지 온욕처리 목재를 8종의 목재 표면오염균 및 변색균에 대하여 항균효력을 평가한 결과, 3종의 부후균과 변재 변색균인 *Tricoderma viride*는 균사가 처리시편을 뒤덮고 성장하는 반면, 이를 제외한 4종의 변재 변색균은 처리시편과 만나는 부분에서 처리시편 위로 타고 오르면서 자라지 않는 특성을 나타내었다(그림 66).

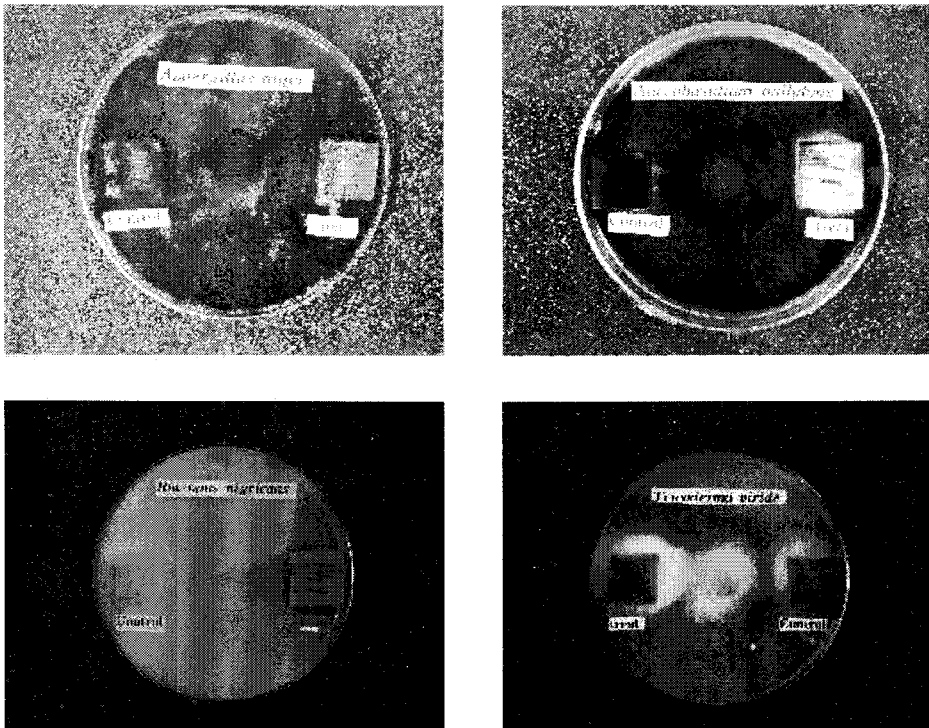


그림 66. 고온유지 온욕처리재의 표면오염균 및 변색균에 대한 항균효력

위(좌) *Aspergillus niger*(FRI 20131), 위(우) *Aureobasidium pullulans*(FRI 20142), 하(좌) *Rhizopus nigricans*(FRI 20952), 하(우) *Tricoderma viride*(FRI 21052)

유사한 실험으로 Paajanen 과 Ritschkoff(2002)는 아마인유가 백색부후균 *T. versicolor*의 성장길이에 35-37%의 저항력을 가지며, 갈색부후균인 *Coniophora puteana* 와 *Poria placenta*의 성장에도 저항력을 나타냄을 보

고하였다. 하지만 아마인유를 주입한 단판을 이용한 실험에서는 처리 시편이 균사의 생장에 아무런 저항성을 나타내지 않았으며, 처리시편 위로 균사가 뒤덮였음에도 균에 의한 시편의 중량감소가 발생하지 않았다고 발표하였다. 이러한 결과들은 아마인유를 처리한 목재가 균의 생장에 있어서 광범위한 독성기작을 나타내지는 않음을 나타낸다. 변색균의 균사에 의한 목재의 침투는 방사유세포를 통하여 일어나기 때문에 페인트나 바니시와 같은 표면 처리를 한 목재는 단기간 동안 변색균 방지에 효과가 있는 것으로 알려져 있으며, 처리재위로 직접 자라지 못한 4종의 변색균은 표면에 주입된 아마인유의 영향으로 판단된다.

#### 9) 고온유지 온욕처리 목재의 방부효력

고온유지 온욕처리를 80℃ 및 150℃에서 각각 처리한 시험편의 방부효력 결과는 그림 67과 같다. 또 80℃에서 처리한 시험편은 무처리 목재에 비해 갈색부후균 *Tyromyces palustris*에 대하여 19.1%, 백색부후균 *Trametes versicolor*에 대해 12.4%의 효력을 나타내었고, 150℃에서는 각각 49.0%, 69.0%의 효력을 나타내어 유지온도 150℃ 처리재가 부후균에 의한 피해를 덜 받는 것으로 나타났다. 이는 처리재의 함수율과 관련되어진 것으로 판단된다. 즉, 목재부후균이나 변재변색균은 결합수를 이용할 수 없는 것으로 알려져 있어, 본 실험에 사용된 15% 미만의 유지온도 150℃처리재에서는 이론상 이러한 균류의 생육이 어려웠기 때문으로 유추된다. 한편 이보다는 목재내 함수율이 약 25%이었던 유지온도 80℃ 처리재가 가해받기 훨씬 쉬웠을 것으로 판단된다. 차이를 나타내는 처리재의 부후정도는 부후 초기에 배지상의 수분을 이용한 균의 시편 가해속도와 관련되어진 것으로 판단된다.

한천평판배양기에 부후균을 생육시키고, 그 위에 고온온욕 처리목재를 올려두고 부후균과의 대치 형태를 나타낸 것을 그림 68에 나타내었다. 갈색부후균 부후개떡버섯과 버즘버섯 2종과 백색부후균인 구름버섯에 대하여 균생육을 크게 저해하지는 못하였으나, 무처리 목재에 비하여 균생육이 약간 저



해되어진 상태를 보였다. 또한 부후효력시험을 종료한 시점에서 시험편의 부후에 의한 피해 정도를 보아도 최초 부후균에 투입할 당시의 상태와 다른 없는 건전한 상태를 나타내었다. 이러한 상태는 목재부후균이 고온유지 온욕처리재를 피복은 하지만 목재성분을 이용하는 데에는 어려움이 있음을 알 수 있었고, 처리 목재를 직접적으로 가해하지 못함을 알 수 있었다.

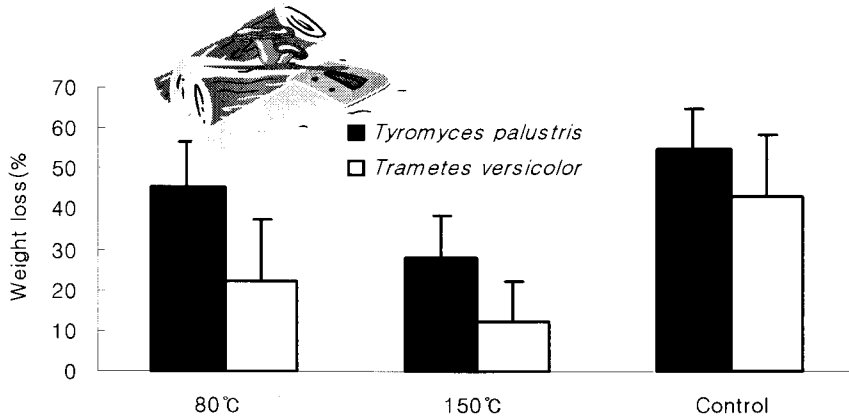


그림 67. 유지의 처리온도별 부후균에 대한 중량감소율

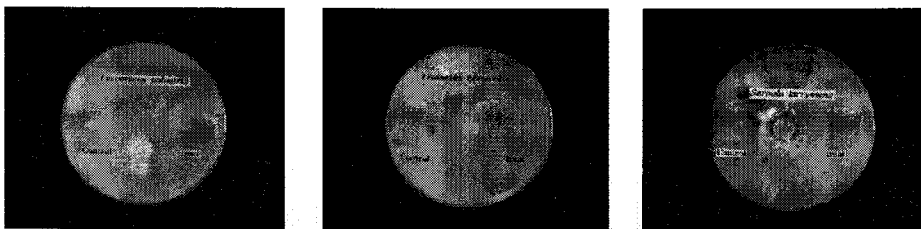


그림 68. 한천평판배양기상에서 목재부후균에 대한 방부효력

좌로부터 *Tyromyces palustris*, *Trametes versicolor*, *Serpula lacrymans*

#### 10) 고온유지온욕처리 장치 개발

가) 실내 처리 장치의 개발

실험실 규모의 실험에서 밝혀진 결과들을 공장 규모로 실현하기 위하여 발수처리 장치를 그림 69와 같이 개발하였으며, 장치의 설계도면은 그림 70과 같다.

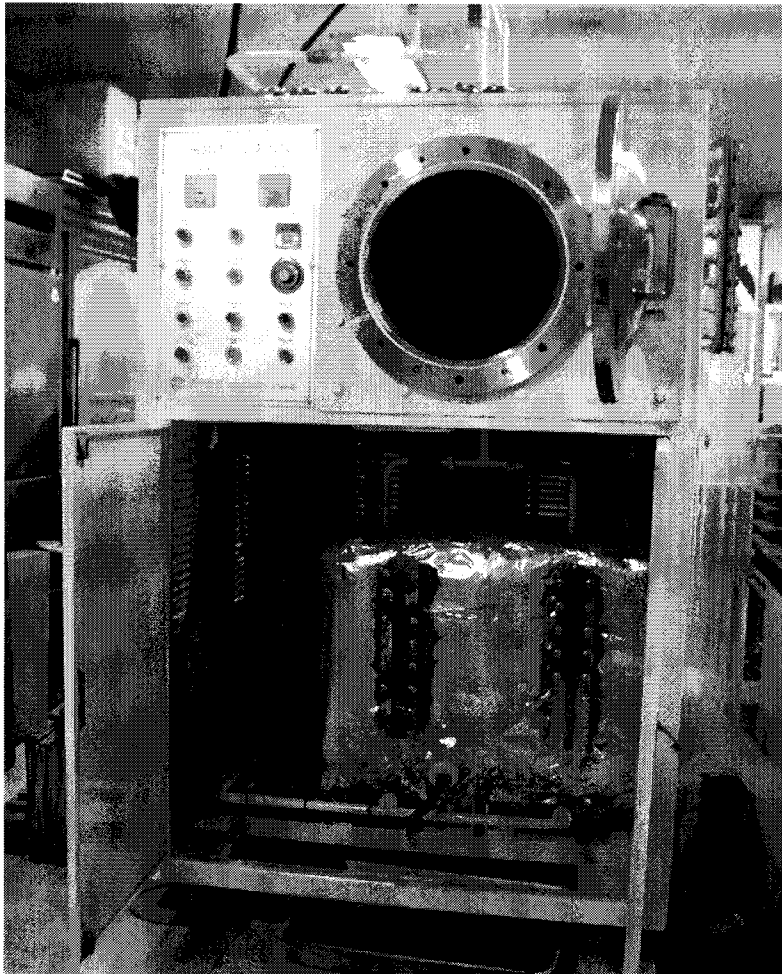


그림 69. 고온유지온욕처리장치(실내형)

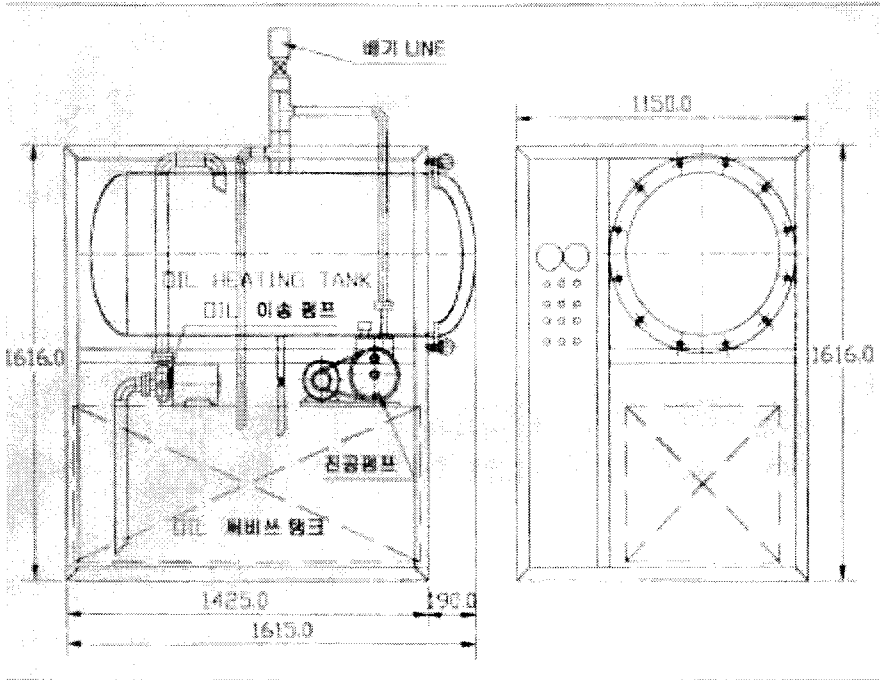


그림 70. 고온유지온욕처리장치의 설계도면

이 장치는 탱크내의 오일을 처리탱크로 이송하기 이전에 가열할 수도 있고, 이송펌프를 이용하여 가열 탱크로 운반할 수 있으며, 가열 탱크 내에 온도 센서를 설치하여 온도 조절이 가능 하도록 하였다. 특히 목재내의 응력 변화를 최소화하기 위하여, 간이 오일 탱크에서 예비 가열 하였던 오일을 고온 오일 처리 이후 오일조로 교환하여 보냄으로써 서서히 목재 내부의 온도가 내려오는 방식을 사용하였다. 이는 목재내의 급작스런 온도차로 인한 응력변화로 발생할 수 있는 할렬을 최소화하기 위함이다. 또한 감압펌프를 실린더 내부와 연결하여 오일 저장탱크 내의 오일의 이동을 쉽게 하도록 하였으며, 처리가 끝난 시편의 과잉 주입 오일을 용이하게 회수할 수 있도록 하였다.

고온유지온욕 처리 시간과 목재 표면으로부터 내부로 깊이별 함수율의 분

포를 표 6에 나타내었다. 처리시간이 6시간 경과시점에서 표면에서 4.5cm 깊이에서는 목재함수율이 18%였으며 보다 깊은 9.0cm부터 안쪽부위는 함수율이 30%전후로 아직 목재 내에는 자유수가 일부 존재하는 것으로 추정되어 진다. 처리시간을 9시간까지 연장하여도 표층에서 4.5cm부위까지는 목재 함수율이 10%이하로 나타났으며, 내부 9.0cm 부분도 6시간 처리 때보다 훨씬 함수율이 낮아진 19.3%를 나타내었다. 그러나 13.5cm의 안쪽부위부터는 함수율의 차이가 6시간 처리 때와 큰 차이가 없었다. 이러한 상태는 처리시간이 22시간까지 지속되는 동안에도 큰 변화가 없었으나, 처리시간이 40시간이 경과된 시점에서는 내부의 함수율이 급격하게 낮아졌으며, 목재의 내부 13.5cm까지 함수율이 10%이하를 나타내었으며, 수에 근접한 18.0cm 부위에서도 함수율이 12%를 나타내는 등 전반적으로 목재 내부는 평형함수율을 나타내었다.

야외 또는 내부공간에서 사용되는 목재의 함수율이 10%이하이면 목재의 물리적 결함이 거의 제거된 상태로 실제 이용하는 데 물리적인 열화현상인 뒤틀림이나 할열, 휨 등의 현상은 발생하지 않는 것으로 보고되어 지고 있다. 그러므로 유지온도 150℃에서 40시간 동안 처리를 하였을 때 직경 35cm의 원목도 이용 상에 전혀 지장이 없는 상태로 건조되어 짐이 확인되었다.

표 6. 고온유지온욕 처리 시간과 목재 표면으로부터 깊이별 함수율

Frying hour, (hr)	Moisture content (%)				
	Surface	←————→			Pith
	4.5cm	9.0cm	13.5cm	18.0cm	
6	18.0	31.5	29.2	33.9	
9	9.7	19.3	29.6	29.3	
22	9.7	32.2	28.9	33.3	
40	4.3	5.1	8.6	12.0	

나) 야외용 처리 장치의 개발

목재 사용 현장에서 처리 할 수 있는 야외용 처리 장치를 개발하였다. 시험편으로는 현장에서 직접 사용하는 원목 형태의 것을 사용하였으며, 원목의 경급은 약 35cm 전후의 것으로 길이를 150cm로 하였다.

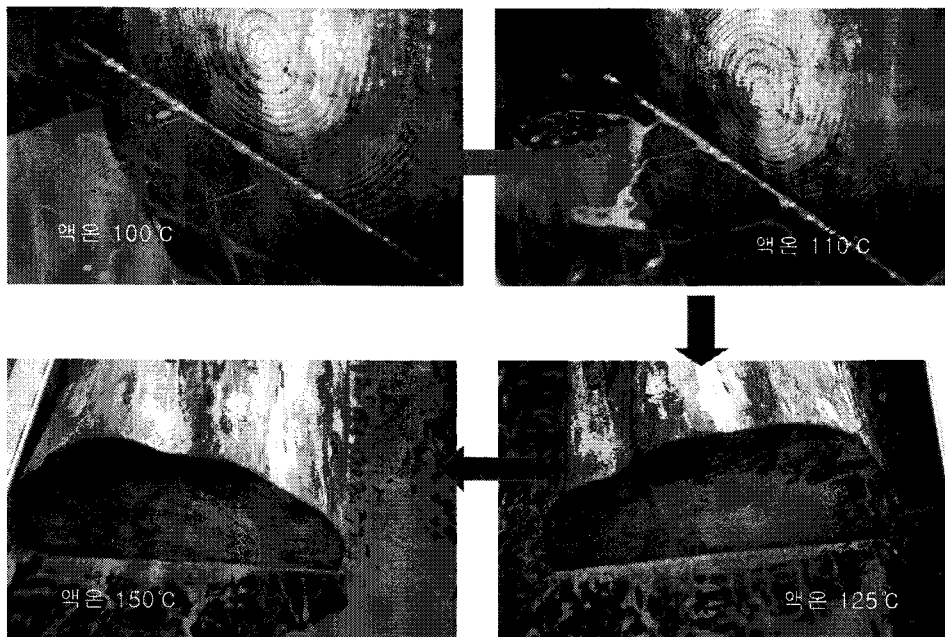


그림 71. 유지의 온도와 처리목재

유지에 원목을 투입 후 유지온도가 80°C가 되면서부터 목재의 마구리부분에서 서서히 기포가 발생하기 시작하였으며, 때때로 목재에서 빠져나온 물방울이 멍쳐서 유지의 아래로 침강되어졌다. 온도가 100°C에 도달하자 그림 48과 같이 목재에서 빠져나오는 기포가 거의 연속적으로 구슬모양으로 이어졌으며, 목재의 마구리면과 접하는 유지의 표면에는 기포의 띠가 형성되었다. 온도가 더욱 상승하면서 기포의 발생이 심해졌으며, 온도를 올리기 시

작하여 약 90분이 경과되면서 액온은 125℃로 상승하였고, 목재의 마구리면에서는 기포의 발생이 종전의 상하 이동에서 수직으로 이동되어 졌으며, 목재의 접선단면에서도 기포의 발생이 나타나기 시작하였다. 또 원목이 육조 내에서 부상하며 이동하기 시작하였다. 이후 150℃까지 온도를 상승시키자 기포의 발생이 끓어오르기 시작하였고, 이때 유지 중에 빠져나왔던 수액도 기포로 같이 이동하면서 유지의 수면 부위로 끓어올랐으며, 기화를 시작하였다.

시간이 경과하면서 원목의 표면부가 약간 진한 갈색으로 변화했으나, 변색된 깊이는 극히 표층부로 박피기로 변색된 부위를 얇게 깎아내면 안쪽부위는 목재 본래의 색상을 유지하고 있었다.

원목 표면부에 나타나는 미세한 할열도 거의 육안으로 관찰되지 않았으며, 절단한 마구리면에서 내부할열의 발생도 거의 찾아 볼 수 없었다. 전자현미경 관찰에서도 그림 74와 같이 유지가 침투한 부위가 명확하게 전층의 세포에서 확인되었으며, 방사단면에서도 유지의 침투가 확인되었다. 또 유지 온도를 150℃로 처리하여도 횡단면상에서 목재세포의 용융이나 파괴 등의 형태가 전혀 나타나지 않았으며, 세포의 모양에 변형이 관찰되지 않았다.



그림 72. 유지 온도 상승으로 인한 목재 내 수분의 분출(150℃일 때)



그림 73. 처리가 완료된 시편들의 마구리면, 목재 내부까지 유지가 침투한 부분은 밝은 등색을 띠우므로 유지의 침투가 육안으로 확인되어 짐.

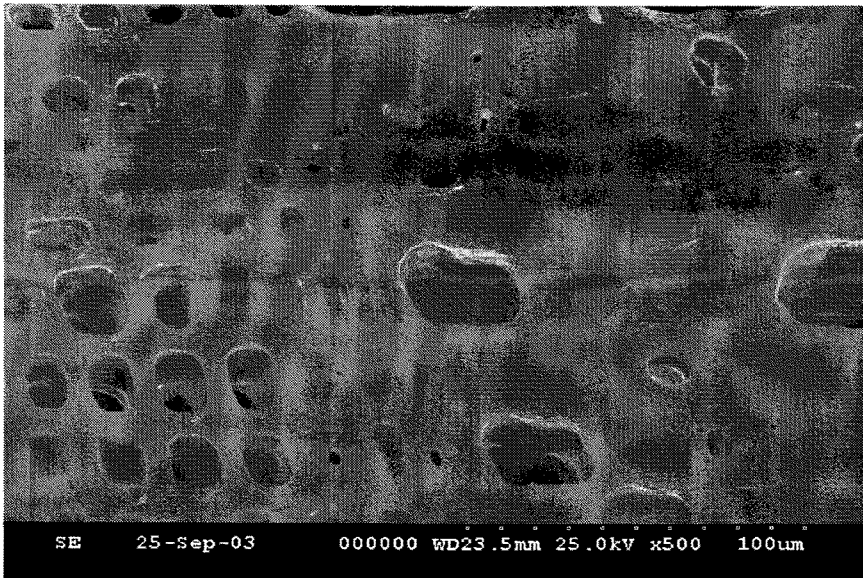


그림 74. 횡단면에서 목재세포로 침투한 유지의 모습

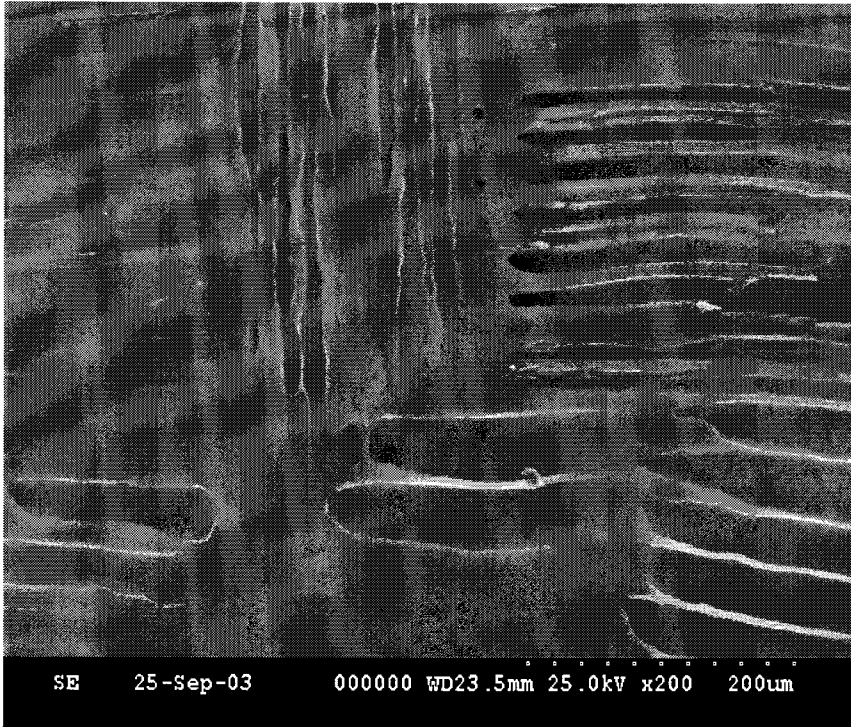


그림 75. 방사단면에서 목재세포로 침투한 유지의 모습

야외처리에서 처리재의 표면에서 깊이와 처리시간, 그리고 처리재를 인사이징하였을 때 목구면에서부터 깊이별 함수율의 분포를 표 7에 나타내었다. 목재 내의 약액의 침투는 목재의 방향에 따라 크게 차이가 있으며, 목구면에서 약액의 침투가 가장 많이 일어난다. 본 결과에서도 표면으로부터 4.5cm 깊이의 부위는 마구리로부터 20cm까지는 40시간 처리에서 전건에 가까운 2.2%의 함수율을 나타내었고, 40cm까지는 함수율 9.9%를 75cm 부위인 중앙부에서는 15.9%의 함수율을 나타내었다. 그러나 동일한 처리시간에서도 가는 드릴로 목재의 중심부까지 인사이징 처리한 시험편의 경우는 4.5cm 깊이까지 목재 전체가 5%미만의 함수율을 나타내었다. 한편 70시간 처리한 시험편에서는 4.5cm 깊이까지 목재함수율은 시험편의 전 길이방향에서 0~1%의 전건상태에 가까운 수분의 이동이 확인되었다.



목재표면으로부터 9cm 부위에서는 40시간까지 처리하여도 목구면으로부터 40cm 안쪽부위에서는 섬유포화점을 초월하는 30%이상의 함수율 분포를 나타내었다. 그러나 인사이징 처리를 함으로 전 길이 층에서 섬유포화점이 하로 고른 함수율의 분포를 나타내었으며, 70시간 처리에서는 길이방향 40cm까지 4.5cm 부위와 동등한 0%의 함수율을 나타내었다. 그러나 75cm 부위는 3.5%의 함수율을 나타내었다.

표면으로부터 13.5cm 깊이에서는 인사이징에 관계없이 40시간 처리로도 내부의 자유수가 충분히 빠져나가지 못한 상태이었으나, 70시간 처리를 하여 줌으로 7.5%이하의 함수율 층을 형성하였다. 또 표면으로부터 18cm 부위에서는 40시간의 처리로는 충분한 수분의 이동이 일어나지 않았으며, 역시 70시간 처리를 함으로 15%이하의 함수율을 나타내었다. 처리시간을 연장하면 내부까지도 계속해서 함수율이 감소되어 질 것이 확실하나, 함수율이 15%이하가 되면 목재사용에서 물리적인 문제점이 크게 발생하지는 않을 것으로 판단되어 처리시간을 70시간 정도로 하는 것이 적당할 것으로 사료된다.

표 7. 야외처리에서 처리재의 표면에서 깊이와 처리시간, 그리고 처리재를 인사이징하였을 때 목구면에서부터의 깊이별 함수율의 분포

Depth from the surface (cm)	Frying hour (hr)	Moisture content (%)		
		Distance from the edge of the specimen (cm)		
		20	40	75
4.5	40	2.2	9.9	15.9
	40 after incising	3.9	4.9	4.1
	70	0	0	1.0
9.0	40	8.6	30.2	36.4
	40 after incising	18.4	25.4	22.7
	70	0	0	3.5
13.5	40	19.5	39.7	35.3
	40 after incising	29.1	31.0	36.8
	70	3.7	7.4	4.3
18.0	40	29.6	34.3	33.5
	40 after incising	27.9	25.9	28.2
	70	7.3	14.2	14.2

원목을 유지에 처리한 후 목재의 건조결함을 측정하기 위하여 표 8과 같이 처리시간별 목구면으로부터 길이에 따른 표면할열, 내부할열 및 윤할의 최대길이와 최대깊이, 그리고 연장길이의 변화를 측정하였다. 처리 후 곧바로 측정을 하면 아직 목재내부에 응력이 남아있는 상태이기 때문에 할열의 차이가 있을 것으로 판단하여 처리 후 기건상태에서 1주일 동안 방치한 후에 할열의 길이를 측정하였다.

처리재의 목구면에서 관찰한 표면할열은 내부할열이 표면부까지 연결된 것을 표면할열로 하였으며, 내부에서만 할열이 있고 표면부까지 연결되지 않은 것은 내부할열로 간주하였다. 또 목구면에서 보았을 때 동심원상으로 연륜을 따라 할열되는 것은 윤할로 측정하였다.

표 8. 처리시간별 목구면으로부터 길이에 따른 표면할열, 내부할열 및 윤할의 최대길이와 최대깊이, 그리고 연장길이의 변화

처리 시간	길이 *(cm)	표면할열				내부할열				윤할			
		개 수	최대 길이	최대 깊이	연장 길이	개 수	최대 길이	최대 깊이	연장 길이	개 수	최대 길이	최대 깊이	연장 길이
40	0	1	1.3	-	1.3	5	3.6	7.3	19.5	1	9.1	6.8	9.1
	40	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2.2	1	6.4
	70	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2.4	1	2.4
인사 여장	0	1	1	1.1	1	-	-	-	-	2	2.6	2.6	3.9
	40	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.8	-	1.8
	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	0	1	1.6	-	1.6	9	4.7	1.1	20.6	-	-	-	-
	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\*: 목구면으로부터의 길이, 측정시기: 처리후 기건상태에 1주일 방치 후 측정



유지온도 150℃에서 40시간 동안 처리한 원목의 목구면에는 표면할열과 내부할열이 관찰되었고, 운할도 최대길이 9.1cm 것이 나타났다. 그러나 목구면으로부터 40cm 안쪽 깊이에서는 표면할열과 내부할열이 전혀 발생하지 않았으나, 짧은 길이의 운할이 나타났다. 인사이징 처리를 하여 줌으로 목구면 표면에서는 표면할열과 운할이 있었으나, 그 할열 길이는 인사이징을 하지 않은 원목보다 훨씬 짧게 나타났다. 또 목구면에서 40cm 안쪽에서는 내부할열과 표면할열이 없었고 운할만 관찰되었으나, 인사이징으로 인해 할열 길이가 짧아졌다. 그러나 목구면에서 70cm 부위에서는 어떠한 결함도 나타나지 않았으며, 매우 건전한 상태를 나타내었다.

처리시간을 70시간으로 연장하여 줌으로 목구면 표면에서는 표면할열과 내부할열이 발생하였지만, 운할의 발생은 전혀 없었다. 또 목구면으로부터 40cm 안쪽부터는 표면할열, 내부할열 및 운할이 없는 매우 건전한 상태를 유지하였다.

### 3. 결 론

목재에 대한 전통 발수처리 기술을 오늘날의 고분자화학 기술과 접목시켜 친환경적인 국산 발수제로 개발하여 우리 조상들의 우수한 전통문화를 계승시키고 그동안 단절되었던 발수기술을 개발하였다. 천연유지를 이용하여 발수약제를 개발하고, 목재의 건조과정을 겸한 고온유지온욕처리 방법을 개발하였다.

또 발수제의 개발과정에서 얻어진 지견을 종합하여 국내 환경에 적합한 발수제의 발수성능을 평가하는 방법을 확립하였다. 이는 연간 100억 원 이상의 발수제를 외국으로부터 수입하고 있는 현재 국내의 발수기술의 보호 장치로서 활용도가 매우 높고, 또 무차별 수입되는 발수제의 품질향상에도

크게 기여할 것으로 확신한다.

본 연구에서는 흡습성, 흡수성 접촉각 시험 방법을 도입하여 초기 발수성능을 평가하였다. 접촉각 시험에서 우수한 유지는 피마자유와 아마인유이었다. 흡습성 평가에서는 접촉각 시험과 마찬가지로 흡습 초기에서 발수성능이 우수한 것으로 나타났다. 흡수성 시험에서는 피마자유와 아마인유의 흡수율 증가가 낮은 것으로 나타났다.

발수처리한 목재의 치수변화 평가 시험의 결과 발수제를 처리한 목재의 치수안정성이 우수한 것으로 나타났다. 발수성능을 높이기 위한 보조제로서 왁스 및 수지에 대한 성능 평가시험에서 왁스는 Paraffin wax를 유지에 첨가할 때, 수지는 alkyd resin을 첨가 할 때 발수성능이 높은 것으로 나타났다.

발수제에 첨가될 살균제 및 살충제에 대한 검토시험에서 IPBC를 포함하는 발수제의 항균효력이 가장 우수하게 나타났다. 흰개미에 대한 시험에서는 Imidacloprid를 포함하는 발수제의 방의효력이 가장 우수한 것으로 나타났다. 이상의 시험에서 선정된 약제를 바탕으로 하여 최종 발수제를 제조하였다. 동 개발 발수제는 특허출원 또는 의장등록 등의 보호 장치를 갖춘 후 기업 등에 기술이전하고 자 한다.

고온유지온욕처리 시험의 결과, 목재내부의 온도변화는 150℃에서 6시간 경과 후 목재 내 온도는 100℃에 도달하여 수분의 증가가 활발히 일어났다. 고온유지온욕처리에 의한 목재 내 유지 침윤율은 목구면으로부터 10cm이상의 깊이에서 20%의 침윤율을 나타내었다. 침윤깊이는 목재표면으로부터 약 4mm~10mm정도 이었다. 처리재의 함수율의 감소는 처리온도가 증가 할수록 낮은 함수율을 나타냈으며, 편차가 적게 나타나 150℃로 처리할 경우 이용 함수율에 가깝게 접근할 수 있었다.

고온으로 처리한 목재에서의 물리적 성질변화에 따른 강도감소를 우려하여 실시한 강도시험에서, 150℃ 처리재와 무처리재의 측정결과를 비교한 결과 유의수준 5%에서 유의성이 없는 것으로 나타났다. 고온유지온욕처리 방식

에 의해서 나타나는 문제점 중 내부응력에 의한 할렬 발생을 감소시키기 위한 방법으로는 천공방식에 의한 인사이징 처리가 효과적이었다.

고온유지온욕처리재의 발수성능 평가에서 발수처리재는 흡습성시험과 접촉각이 매우 우수하였다. 처리재의 항균효력평가에서는 150℃로 처리한 목재의 방부효력이 우수하였다.

금후 장기적으로 현장에서 처리목재를 생산하기 위하여 파일럿장치를 개발하였다. 간이방법으로 야외에서 온욕처리를 할 수 있는 침지조를 개발하였고, 장치에서 문제점으로 나타나는 내부할열 등을 방지할 수 있는 액온조절이 가능한 실내 온욕처리 파일럿장치를 개발·이용하였다. 이 장치에 의해 도출되어진 연구결과는 다음과 같다.

목재 내의 약액의 침투는 목재의 방향에 따라 크게 차이가 있으며, 목구멍에서 약액의 침투가 가장 많이 일어났다. 고온유지온욕으로 40시간 처리구에서 목구멍에 인접한 부위는 전건에 가까운 2.2%의 함수율을 나타내었고, 중앙부에서도 15.9%의 함수율을 나타내었다. 동일한 처리시간에서도 목재의 중심부까지 인사이징 처리한 시험편의 경우는 4.5cm 깊이까지 목재 전체가 5%미만의 함수율을 나타내었다. 또 70시간 처리한 시험편에서는 4.5cm 깊이까지 목재함수율은 시편의 전 길이방향에서 0~1%의 전건상태에 가까운 수분의 이동이 확인되었다.

고온유지 온욕 70시간 처리에서는 전층에서 기건상태의 목재함수율에 가까운 15%이하의 함수율을 나타내었다. 이 때 처리시간을 연장하면 내부까지도 계속해서 함수율이 감소되어 질 것이 확실하나, 함수율이 15%이하가 되면 목재사용에서 물리적인 문제점이 크게 발생하지는 않을 것으로 판단되어 처리시간을 70시간 정도로 하는 것이 적당할 것으로 사료된다.

직경 약 35cm 원목을 이용하여 유지온도 150℃에서 40시간 동안 처리한 원목의 목구멍에는 할열이 관찰되었으나, 목구멍으로부터 40cm 안쪽 깊이에서는 표면할열과 내부할열이 전혀 발생하지 않았다. 또 인사이징 처리를 하여 줌으로 목구멍 표면에서는 표면할열과 윤할이 있었으나, 그 할열 길이는

인사이징을 하지 않은 원목보다 훨씬 짧게 나타났다. 목구면에서 70cm 부위에서는 어떠한 결함도 나타나지 않았으며, 매우 건전한 상태를 나타내었다.

고온유지온욕처리 시간을 70시간으로 연장하여 줌으로 목구면 표면에서는 표면할열과 내부할열이 발생하였지만, 윤활의 발생은 전혀 없었다. 또 목구면으로부터 40cm 안쪽부터는 표면할열, 내부할열 및 윤활이 없는 매우 건전한 상태를 유지하였다.

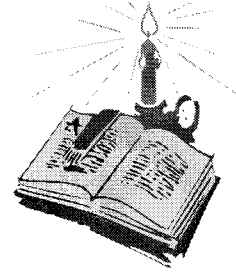
목재 내 유지의 침투는 세포내강에 완전히 충전되어진 상태가 전자현미경 관찰에서 나타났고, 고온유지 온욕처리로 세포벽의 파괴나 붕괴, 용해 등의 이상은 발견할 수 없었다.

전통 목조건축에서는 특대재나 특수재 등의 대형 원목을 건축재료로 이용하고 있다. 이 때 여기에 사용하는 목재의 건조과정이 수개월에서 수년이 걸리고 특대재는 인공 증기건조를 하여도 1개월 이상의 건조기간을 필요로 한다. 또 건조과정에서 갈라짐과 뒤틀림 등이 발생하므로 사용상에 막대한 지장을 초래하므로 전통 목조건축에서는 갈라짐이나 뒤틀림 없이 속성으로 건조시킬 수 있는 방법이 절실히 필요하다. 본 연구의 결과는 건축공사기간을 단축시킬 수 있으므로 목조건축분야에서는 획기적인 기술개발이 될 수 있다. 생재상태의 고함수율의 목재를 고온 액상의 발수제에 튀김처리를 함으로 함수율이 10%전후의 목재로 최단 시간 내에 만들 수 있으며, 건조과정에서 발생하던 갈라짐이나 뒤틀림도 예방할 수 있다.

또 지금까지의 목재이용에서는 건조와 방부처리를 별도로 구분하여 이용하였으므로 이러한 두 공정을 하나로 묶어주는 것은 매우 중요하다. 목재를 방부·방충성능을 가진 발수제에 고온으로 침지처리하면 목재의 건조는 물론 방부·방충성능을 겸비한 목재가 탄생된다.

목조건조물 문화재의 보수, 수리 및 신축할 경우 목재를 충분히 건조시킨 후 방부처리하여 사용할 필요가 있다. 발수제로 튀김을 하는 속성건조목재는 방부·방충성능은 물론 건조까지 하나의 공정으로 처리할 수 있고, 처리시설도 간이기구를 제작하여 사용할 수 있으므로 목조 건조물 문화재에 적용

하기에 매우 가능성이 높다.



#### 4. 발수제의 품질 성능 평가 방법(안)의 개발 및 수집

연구개발 필요성에서 전술한 바와 같이 수입되는 발수제의 품질평가 기준이 확립되어 있지 않으므로 제품의 성능에 관계없이 무차별적인 수입시장이 형성되고 있다. 특히 주 수입선이 되고 있는 유럽의 경우는 흰개미에 대한 피해가 심하지 않기 때문에 발수제의 성능이 흰개미에 대한 효력이 없는 것이 대부분이다. 이러한 발수제는 국내의 목재 사용환경에 적합하지 않으므로 개선 또는 철저한 품질검사 과정을 거치면서 수입이 배제되도록 하여야 한다.

현재 발수제의 가격이 고가이기 때문에 충분히 효력을 발휘할 수 있는 약제량 만큼 처리되지 못하고 있다. 다시 말하면 규정에 적합하게 발수처리되고 있지 못한 것 또한 또 하나의 방부효력 저하 원인이 되고 있다. 그러므로 발수제의 효력평가를 위한 생물검정의 방법과 성능의 효력에 대한 평가기준의 확립은 매우 시급하면서도 중요한 현안사항이다.

이러한 문제점을 해결하고자 본 과제에서 시험방법으로 적용하였던 생물검정의 방법을 정리하고, 또 발수제의 물성을 평가하기 위한 방법으로 발수제에 적용 가능한 기존의 도료의 평가방법(한국산업규격: KS)과 미국목재보존자협회 방법(AWPA standard)을 수집하여 평가하였고, 또 발수제는 현재 대부분이 표면 처리의 용도로 사용되고 있기 때문에 생물검정의 방법을 일본목재보존협회의 시험방법 등을 도입하였다. 그러나 이 세 규격에 등재된 내용 중 국내의 미생물환경과 유사한 것은 그대로 도입하였으나, 국내의 미생물환경과 계리가 있는 부분, 즉 다시 말해서 성능평가에 한계가 있는 부분에 대해서는 필요한 평가 방법(안)을 붙임의 『발수제의 시험방법서(안)』

과 같이 개발하였다.

또 이 방법서의 내용은 대부분 자체 검정시험을 거쳐서 엄선된 내용이지만, 아직 개발 적용된 지 얼마 되지 않기 때문에 현실감이 부족할 수도 있을 것으로 사료되므로 추후 이 시험방법서의 내용으로 철저한 검증을 거친 후 한국산업규격(안)으로 제시하거나 또는 한국목재보존협회의 규격(안)으로 제시되어지기를 기대한다.



<붙임>

## 발수제의 성능시험 방법(1)

### 1. 총칙

#### 1.1 적용 범위

이 방법은 도포·분무·침지처리 등의 표면처리용 목재 발수제의 발수성 시험 방법에 대하여 규정한다.

1.2 목재 발수제의 발수성은 수분에 의한 처리 시험체의 팽창율을 무처리 시험체의 팽창율로 비교하여 평가한다.

### 2. 재료

#### 2.1 시편

목재편은 평직목리를 가지는 판목판재로서 변재부를 사용한다. 시편의 크기는  $10 \times 40 \times 40\text{mm}$ (마구리면  $10 \times 40\text{mm}$ )의 것으로 한다.

#### 2.2 치수측정

Dial gage를 사용하여 0.01mm까지 측정 가능한 치수를 측정한다.

### 3. 시험체의 전처리

3.1 처리 전에 시편은 상대습도  $65 \pm 5\%$ , 온도  $27 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 조건에 놓아 각 시편의 함수율 조건을 동일하게 한다.

### 4. 시험체

4.1 표면처리시 시험체는  $110 \pm 10 \text{g/m}^2$ 의 흡수량을 가진 것으로 한다.

4.2 시험체의 수는 시험체 및 무처리 시험체에 대하여 각각 5개씩으로 한다.

## 5. 시험

5.1 침수 전 시편의 접선방향의 길이를 0.01mm까지 측정한다.

5.2 시험체는 그림과 같이 시편이 눌리지 않도록 틀에 넣어 증류수( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ )에 잠기도록 한다. 침수 6시간 후에 시험체를 꺼내어 과도한 힘이 가하지 않도록 주의하여 표면의 수분을 제거한 후 즉시 측정한다.

## 6. 시험결과

6.1 시험체의 팽창율은 다음 식에 따라 계산한다.

$$\text{팽창율(\%)} = \frac{\text{시험 후의 길이(mm)} - \text{시험 전의 길이(mm)}}{\text{시험 전의 길이(mm)}} \times 100$$

6.2 결과의 표시 : 시험 결과는 다음 식에서 계산한 팽창비로 나타낸다.

$$\text{팽창비} = \frac{\text{처리 시험체의 평균 팽창율(\%)}}{\text{무처리 시험체의 평균 팽창율 (\%)}}$$

## 발수제의 성능시험 방법(2)

### 1. 총칙

#### 1.1 적용 범위

이 방법은 도포·분무·침지처리 등의 표면처리용 목재 발수제의 발수성 시험 방법에 대하여 규정한다.

1.2 목재 발수제의 발수성은 수분에 의한 처리 시험체의 흡수율을 무처리 시험체의 흡수율로 비교하여 평가한다.

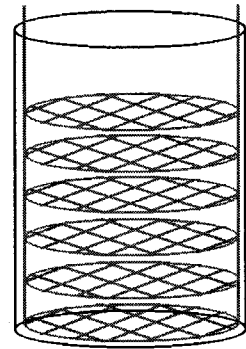
### 2. 재료

2.1 목재편은 평직목리를 가지는 판목판재로서 변재부를 사용한다. 시편의 크기는  $10 \times 40 \times 40\text{mm}$ (마구리면  $10 \times 40\text{mm}$ )의 것으로 한다.

### 3. 시험체

3.1 표면처리시 시험체는  $110 \pm 10\text{g/m}^2$ 의 흡수량을 가진 것으로 한다.

3.2 시험체의 수는 시험체 및 무처리 시험체에 대하여 각각 5개씩으로 한다.



### 4. 시험

4.1 시험체를 온도  $60 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 항량이 될 때까지 건조하여, 그 무게를  $0.001\text{g}$ 까지 측정한다.

4.2 시험체는 그림과 같이 시편이 눌리지 않도록 틀에 넣어 증류수( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ )

에 잠기도록 한다. 침수 6시간 후에 시험체를 꺼내어 과도한 힘이 가하지 않도록 주의하여 표면의 수분을 제거한 후 즉시 0.001g까지 계량한다.

## 5. 시험결과

5.1 시험체의 흡수율은 다음 식에 따라 계산한다.

$$\text{흡수율(\%)} = \frac{\text{시험 후의 무게(g)} - \text{시험 전의 무게(g)}}{\text{시험 전의 무게(g)}} \times 100$$

5.2 결과의 표시 : 시험 결과는 다음 식에서 계산한 흡수비로 나타낸다.

$$\text{흡수비} = \frac{\text{처리 시험체의 평균 흡수율(\%)}}{\text{무처리 시험체의 평균 흡수율(\%)}}$$

# 접촉각 측정에 의한 발수제의 성능 평가

## 1. 총칙

### 1.1 적용 범위

이 방법은 접촉각 시험기를 이용하여 도포·분무·침지처리 등의 표면처리용 목재 발수제의 발수성 시험 방법에 대하여 규정한다.

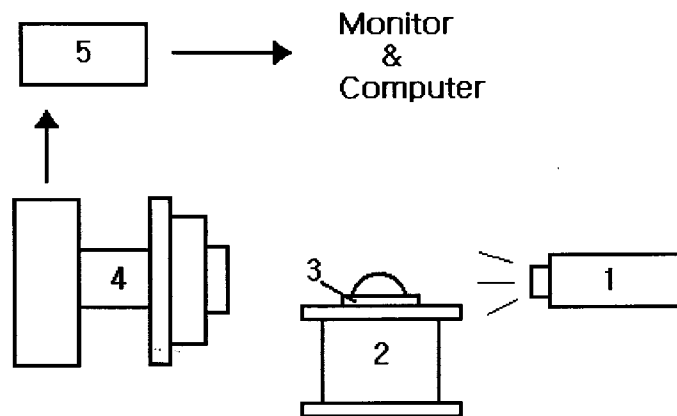
1.2 목재 발수제의 발수성은 무처리 시편과 처리 시편에 고착된 물방울의 접촉각 변화정도를 비교하여 평가한다.

## 2. 재료

### 2.1 시편

목재편은 평직목리를 가지는 판목판재의 변재부를 사용한다. 시편의 크기는 10×50×50mm(마구리면 10×50mm)의 것으로 한다.

### 2.2 접촉각측정기



1 : 후면광원 2 : 시편 거치대 3 : 시편 4 : CCD 카메라 5 : digitizer

위의 그림과 같은 접촉각 측정기를 사용하여 얻은 영상을 image analyzer를 사용하여 접촉각을 측정한다.

### 3. 시험체의 전처리

3.1 처리 전에 시편은 상대습도  $65\pm 5\%$ , 온도  $27\pm 3^\circ\text{C}$ 의 조건에 놓아 각 시편의 흡수율 조건을 동일하게 한다.

### 4. 시험체

4.1 표면처리시 시험체는  $110\pm 10\text{g}/\text{m}^2$ 의 흡수량을 가진 것으로 한다.

4.2 시험체의 수는 시험체 및 무처리 시험체에 대하여 각각 5개씩으로 한다.

### 5. 시험

5.1 Sessile drop 방법을 사용하여 무처리와 처리 시험체의 시간에 따른 접촉각을 측정한다. 물방울이 떨어진 직후 3초 간격으로 30초간 10개의 영상의 접촉각을 측정한다.

### 6. 시험결과

6.1 시간에 따른 무처리와 처리간 접촉각의 변화정도를 비교한다.

# 발수처리재의 방부효력 시험 방법

## 1. 총칙

### 1.1 적용범위

이 방법은 발수처리재의 방부효력 시험 방법에 대하여 규정한다.

### 1.2 방부효력

발수재의 방부효력은 처리 시험체와 무처리 시험체에 대해 내후조작을 한 후 항균조작을 하고, 처리 시험체의 평균 중량감소율로 나타낸다.

## 2. 시료

시험하려고 하는 목재방부제로부터 그 품질을 대표할 수 있는 적당량을 채취하고, 그 방부제에 지정된 용매, 또는 희석제를 사용하여 지정농도<sup>(1)</sup> 1/2농도, 1/4농도 및 2x 농도의 액상으로 조제된 것을 시료로 한다.

<sup>(1)</sup>실제 사용하거나, 하려는 농도

## 3. 공시균

### 3.1 공시균의 종류

공시균은 다음과 같다.

부후개떡버섯 *Tyromyces palustris* FRI<sup>(2)</sup> 21055

구름버섯 *Coriolus versicolor* FRI<sup>(2)</sup> 20256

버즘버섯 *Serpula lacrymans* Schroeter, FRI<sup>(2)</sup>20975

<sup>(2)</sup>임업연구원(FRI)에서 분리된 표준균주

### 3.2 배양기

배양기는 배양병(바닥의 외경 8~9cm, 아가리 직경 6~7cm, 높이 15~18cm의 원통형 광구의 병)에 석영사(20~30메쉬) 350g에 글루코스(시약1급) 2.5%, 펩톤 0.5%, 맥아추출물 1.0%, 인산제2수소카리 0.3%, 황산마그네슘 0.2%를 함유한 액을 80ml 넣고, 그 표면에 상수리나무 목분을 두께 2mm정도 깔고, 고압부에서 120℃(1.0기압)로 30분간 멸균한다.

### 3.3 배양방법

글루코스(시약1급) 2.5%, 펩톤 0.5%, 맥아추출물 1.0%, 인산제2수소카리 0.3%, 황산마그네슘 0.2%를 함유한 배양액 100ml를 500ml용 어깨달린 후라스크에 넣고, 120℃에서 30분 간 멸균한 후 실온에서 24시간 정치하여 공시균을 접종한다.  $26 \pm 2^\circ\text{C}$ , 관계습도 70%에서 120rpm으로 왕복진탕배양하여 1~2주일 후 균립이 형성되면, 배양기의 표면에 약 3ml를 산포접종한다. 7~14일 후 배양기의 표면에 완전히 균층이 형성되면 시험에 사용한다. 단, 버짐 버섯은  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 배양한다.

## 4. 목재편

목재편은 건전한 소나무 변재를 사용하며, 치수는 두께 5mm, 폭 20mm, 길이 40mm의 것으로 하고, 40x20mm의 면이 곧은 결이 되도록 한다. 마구리면은 상온 경화형 에폭시수지로 막아준다.

## 5. 시험체

시험체는 처리 시험체와 무처리 시험체의 2종류로 한다.

### 5.1 처리 시험체

목재편 각각의 발수제 처리량은 다음 식으로 산출한다.



$$\text{시료흡수량(g/m}^2\text{)} = \frac{W1 - W2}{A}$$

여기에서  $W1$ : 시료 도포 후 목재편의 중량(g)

$W2$ : 시료 도포 전 목재편의 중량(g)

$A$ : 목재편의 양마구리부분을 제외한 표면적(m<sup>2</sup>)

## 5.2 시험체의 소요갯수

시험에 사용하는 시험체의 소요갯수는 표1과 같다.

표1. 시험체의 수

시험체의 종류	군종	농도 <sup>(3)</sup>	내후조작	소요갯수	계
처리 시험체	3	4	1	9	63
무처리 시험체	1		1	9	9
합계					72

<sup>(3)</sup> 시료의 실 사용농도를 모르는 경우에 한함.

## 6. 시험

시험은 5.1로 조제한 시험체를 20일간 풍건시킨 후 내후조작을 하며, 내후조작을 끝낸 후 항균조작에 들어간다.

### 6.1 내후조작

내후조작은 용탈과 휘산조작을 30회 반복한 것으로 한다.

- (1) 용탈조작은 동일처리를 한 것을 모아서 서로 붙지 않도록 하고, 25±3℃의 물에 5시간 침지하여 용탈한다. 물과 시험체의 용적비는

10:1로 하며, 매 조작마다 물을 새로 갈아준다.

- (2) 휘산조작은 용탈조작을 마친 시험체를 가볍게 물을 던 후, 곧바로 온도  $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 순환식 건조기 중에 10시간 방치하여 휘산한다.
- (3) 내후조작이 끝난 시험체는  $60\pm 2^{\circ}\text{C}$ 에서 48시간 순환식 건조기로 건조시킨 후, 약 30분간 데시게이터에 방치한 후 그 무게를 0.01g까지 측정한다.

## 6.2 항균조작

내후조작을 마친 시험체를 항균 조작한다.

- (1) 처리시험체 및 무처리시험체는 별도로 1배양병에 3매씩 테프론틀에 끼워서 E.O개스로 4시간 멸균 후, 40 x 5mm의 면이 위로 향하게 공시균의 균총위에 놓고, 온도  $26\pm 2^{\circ}\text{C}$ , 관계습도 70%의 배양실에 8주간 둔다.
- (2) 8주가 경과된 시험체를 꺼내 표면의 균사를 흐르는 물에서 조심하여 목재층이 파괴되지 않도록 떼어내고, 약 24시간 풍건시킨 후 온도  $60\pm 2^{\circ}\text{C}$ 에서 48시간 순환식 건조기에서 건조하며, 약 30분간 데시게이터중에 방치한 후 그 중량을 0.01g까지 측정한다.

## 7. 시험결과

시험결과는 처리시험체의 항균조작으로 얻은 평균중량감소율로 나타내며, 표준편차 및 변동 계수로 구한다.

### 7.1 중량감소율

각각의 시험체의 중량감소율은 다음식으로 산출하며, 그 평균치를 구한다.

$$\text{중량감소율(\%)} = \frac{W3 - W4}{W3} \times 100$$

여기에서 W3: 6.1 (3)의 규정에 의한 중량(g)

W4: 6.2 (2)의 규정에 의한 중량(g)

## 7.2 평균 중량감소율, 표준편차, 변동계수

평균 중량감소율(x), 표준편차(s)의 계산은 통계처리에 의해 구하고, 변동계수는  $s/x \times 100$ 으로 구한다.

# 발수처리재의 방미효력 시험 방법

## 1. 총칙

### 1.1 적용범위

이 방법은 목재 및 목질재료용 발수제의 방미효력 시험방법에 대해 규정한다.

1.2 발수제의 방미효력은 처리시험체와 무처리시험체에 대한 5종의 공시균의 평균치의 합계를 구하고, 처리와 무처리 시험체의 비로 구한 피해치로 나타낸다.

## 2. 시료

시험하려고 하는 발수제로부터 그 품질을 대표할 수 있는 적당량을 채취하고, 그 발수제에 지정된 용매, 또는 희석제를 사용하여 농도(g/g)로 조제된 것을 시료로 한다. 최저농도는 기대하는 한계 농도이하로 선택하며, 그 보다 고농도는 2배씩 선택하고, 적어도 5농도를 사용한다. 그 조제법은 최고 농도액을 필요량의 2배로 만들고, 그 1/2량을 떠서 동일량의 용매를 보태어 희석한다. 이러한 조작을 반복하여 저농도를 조제한다.

## 3. 공시균 및 배양방법

3.1 공시균은 다음과 같다.

*Aspergillus niger* FRI<sup>(1)</sup>20131

*Penicillium funiculosum* FRI<sup>(1)</sup>20745

*Rhizopus nigricans* FRI<sup>(1)</sup>20952

*Aureobasidium pullulans* FRI<sup>(1)</sup>20142

*Tricoderma viride* FRI<sup>(1)</sup> 21052

<sup>(1)</sup>임업연구원(FRI)에서 분리된 표준균주

### 3.2 배양기

공시균의 배양기는 100ml 삼각플라스크에 감자즙 한천배양기<sup>(2)</sup> 50ml를 넣고, 30분간 가압멸균한다.

<sup>(2)</sup> 감자즙 한천배양기: 상처가 나지 않은 굵은 감자를 맑은 물에 잘 씻어 껍질을 벗기고, 눈부분을 깊게 도려내어 약 10cm크기로 절단한다. 절단한 감자 200g을 초산 3%수용액에 30분간 담구어 둔 후, 맑은 물로 씻어내고, 물 1ℓ를 부어서 1시간 동안 끓인다. 내용물을 곧바로 가제로 걸러내고, 물러 1ℓ가 되게 한다. 여기에 글루코스 20g과 한천 25g을 부어 전체가 2ℓ가 되게 만든 후 30분간 가압 멸균한다. 감자즙 한천배양기는 만들고 나서 1개월이상 된 것은 사용하지 않는다.

### 3.3 배양방법

3.2 배양기상에 공시균을 접종하고, 온도  $26 \pm 2^\circ\text{C}$ , 관계습도 70~80%의 조건에서 2주간 배양한다.

## 4. 배양살레의 준비

4.1 배양살레는 직경 90~100mm, 높이 15mm의 것으로 한다.

4.2 살레에 가압멸균한 2% 한천액(영양액이 없는 것)을 부어 고화시킨다.

4.3 살레 내에 받침대로서 폴리프로필렌의 플라스틱 네트를 깔고, 직접 시험체가 한천에 닿지 않도록 한다.

## 5. 목재편

- 5.1 목재편은 소나무편재로 하고, 단면이 20 x 3mm, 길이 50mm의 판목재로 한다.
- 5.2 목재편의 영양보급을 위해 감자즙에 3분간 침지하여 영양액을 흡수시킨다.
- 5.3 영양보급된 목재편은 약60℃에서 건조시킨 후, 곧바로 시험에 사용한다. 0℃이하의 곳에 일시적으로 보관해도 되지만, 될 수 있으면 빨리 사용해야 한다.

## 6. 시험체

### 6.1 시험체의 종류

시험체는 처리시험체와 무처리시험체의 2종류로 한다. 처리시험체는 약제로 처리한 것이며, 무처리시험체는 약제처리하지 않은 것과 용매만으로 처리한 것 2종류로 한다.

### 6.2 처리시험체

6.2.1 영양보급한 목재편을  $60 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 건조하여 중량을 측정한다. 그 목재편의 10~20개를 1 l 비이커에 우물정자로 쌓고, 그 위에 추로 눌러주면서 약액을 주입한다. 약액은 목재편의 상단 1cm이상으로 한다. 약액을 넣고 3분간 침지한다. 내후조작은 용탈과 휘산 조작을 30회 반복한 것으로 한다.

6.2.2 목재편의 시료흡수량과 약액흡수량은 다음 식으로 산출한다.

$$\text{시료흡수량 } R_L = W_1 - W_0$$

$$\text{약액흡수량 } R_c = R_L \times \text{시료농도}$$

6.2.3 처리한 목재편이 서로 붙지 않도록 나란히 놓고 2일간 풍건한 것을 처리시험체로 한다.

### 6.3 시험 전 시험체의 조정

시험체는 시료의 농도별로 또는 무처리시험체와 같이 하나 하나 1ℓ 비이커에 넣고, 살균수를 부운 후 3분 뒤 꺼낸다.

### 6.4 시험체의 수

시험체의 수는 발수제별로 표 1과 같이 한다. 단 동시에 다수의 발수제를 시험할 때는 무처리 시험체는 공통으로 해도 좋다. 한 항목에 6개의 시험체를 필요로 하고, 1매 살레에는 3매의 시험체를 배치한다. 단, 시험체를 조제하기 위한 목재편의 수는 1농도 마다 10개 이상 처리하여 약액의 흡수량이 너무 많거나 적은 것은 제외한다.

<표 1>시험체의 수

종류	농도	균종	시험체의 수		비고
			단위	계	
무처리시험체	1	5	6	30	
처리시험체	5	5	6	150	

## 7. 시험

### 7.1 시험체의 설치

살레에 동일처리한 시험체 3개가 서로 접촉하지 않도록 평행되게 늘어 놓는다. 시험체는 20 x 50mm폭의 면이 위를 향하게 설치한다.

### 7.2 균의 접종

살레에 있는 시험체는 3매의 표면에 단일 포자현탁액 2ml로 끌고루 뿌린다.

### 7.3 배양

온도  $26 \pm 2^\circ\text{C}$ , 관계습도 70~80%에서 4주간 배양 한다. 단, 시험체의 평가치가 3이 된 것은 그 경과일수를 기록해 둔다.

## 8. 시험결과

### 8.1 평가치

각 균종 및 농도 마다 4주일 후에 개개의 시험체내의 균체 발육상황을 관찰하고, 표 2의 기준에 의거하여 평가치를 구한다.

<표 2> 균체의 발육 상황

평가치	균체의 발육상황
0	시험체에 곰팡이의 발육이 전혀 나타나지 않는다.
1	시험체에 측면에만 곰팡이의 발육이 나타난다.
2	시험체의 윗면 1/3이하에 곰팡이의 발육이 나타난다.
3	시험체의 윗면 1/3이상에 곰팡이의 발육이 나타난다.

### 8.2 평균평가치

각 균종마다 아래의 식으로 평균평가치(A)를 구한다.

$$\text{평균평가치 (A)} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6}{6}$$

$a_1, a_2, \dots, a_6$ : 개개 시험체의 평균 평가치

### 8.3 피해치

시료의 각 농도마다 평균 평가치의 합계(S)를 구하고, 다음 식으로 피해치(D)를 구한다.



$$S = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

$A_1, A_2, \dots, A_5$ : 균종마다 평균 평가치

$$D = S_1 / S_0 \times 100$$

$S_0$ : 무처리 시험체의 S

$S_1$ : 어떤 농도에서의 처리시험체의 S

# 발수처리재의 방의(흰개미)효력 시험 방법

## 1. 총칙

### 1.1 적용범위

이 방법은 발수제의 실내 방의 효력 시험방법에 대해 규정한다.

1.2 발수제의 실내 방의 효력 시험은 접촉독 시험 및 식독 시험에 의한 결과로 판정한다.

1.3 발수제의 실내 방의 효력시험 결과는 평균 중량감소율과 평균 사충율로 나타낸다.

## 2. 시료

시험하려고 하는 발수제로부터 그 품질을 대표 할 수 있는 적당량을 채취하여 시료로 한다.

## 3. 공시충

시험에 사용하는 흰개미는 일본흰개미(*Reticulitermes speratus*)로 한다. 단, 집 흰개미(*Coptotermes formosanus*)의 피해가 예상되는 곳에 사용하는 목재방의제는 집 흰개미를 사용해야 한다.

## 4. 시험방법

### 4.1 공시목재편

(1) 시험에 사용하는 목재편은 정상적인 소나무(*pinus densiflora*) 또는 해송(*Pinus thunbergii*)의 변재로 년륜수가 10mm에 3~5개인 곧은결

제재로 대패질한 20(L) x 10(R) x 10(T)의 직방체로 한다.

(2) 목재편은 온도  $60\pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 항온기에서 24시간 건조한 것으로 한다.

#### 4.2 시험체

(1) 시험체는 목재편을 지정농도의 시료로 처리한 처리시험체와 시료처리할 하지 않은 무처리 시험체의 2종류로 한다.

(2) 처리 시험체는 붓으로 지정농도의 발수제를 표면에  $100\pm 10\text{g/m}^2$  처리한 후, 실온에 서 20일 이상 방치한 것으로 한다.

(3) 처리시험체와 무처리시험체를 별도로 하여, 내후조작을 거친 것을 시료로 하며, 시험체는 처리별로 5개로 한다.

(4) 목재편은 온도  $60\pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 항온기에서 항량이 될 때까지 건조한 것을 그 중량 0.01g까지 측정한다.

#### 4.3 사육용기

사육용기는 직경 8cm, 길이 6cm의 아크릴 원통의 바닥을 치과용 석고<sup>(1)</sup>로 두께 약5mm로 막은 것을 사용하며, 이것을 미리 약 2cm 두께의 습윤면<sup>(2)</sup>을 칸 뚜껑이 있는 상자<sup>(3)</sup>속에 10~15개 둔다.

#### 4.4 사육

(1) 사육용기의 석고위에 시험체의 곤은결면을 상하가 되도록 처리시험체 또는 무처리 시험체를 하나씩 두고, 일개미 15마리와 병정개미 15마리를 넣는다. 이때 흰개미는 반드시 같은 집에서 자란 것으로 해야 하며, 같은 용기내에 다른 집에서 자란 흰개미가 같이 들어가지 않도록 해야 한다.

(2) 용기를 온도  $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 어두운 곳에 정치하여 사육한다.

### 5. 시험결과

5.1 사육 21일이 경과한 시험체를 사육용기에서 꺼내어, 시험체 표면에 부착된 이물질을 떼어낸후, 온도  $60\pm 2^{\circ}\text{C}$ 에서 항량이 될 때까지 건조하여 0.01g까지 중량을 측정한다.

5.2 사육 7일이 경과할 때 마다 흰개미를 사육용기에서 꺼내어 사충수를 측정한다.

## 6. 결과의 표시

6.1 다음 식에 의해 시험체의 중량감소율을 구하고, 무처리 시험체에 대해서는 5개의 평균 중량감소율을 구한다.

$$\text{중량감소율(\%)} = \frac{\text{시험 후의 무게(g)} - \text{시험 전의 무게 (g)}}{\text{시험전의 무게(g)}}$$

6.2 다음 식으로 사충율을 산출하고, 평균 사충율을 구한다.

$$\text{사충율(\%)} = \frac{\text{사충수(두)}}{\text{당초 투입충수(두)}} \times 100$$

발수제를 평가할 수 있는 KS(한국산업규격) 시험방법에는 KS M 5000 「도료 및 관련 원료 시험 방법」 적용 할 수 있다.

## 도료의 촉진 내후성 시험 방법 3231

### Testing Method for Accelerated Weathering

#### 1. 적용범위

이 규격은 깨끗한 공기가 유통되고 물을 미세하게 분무할 수 있는 상태에서 카아본 아크에 의하여 생긴 광선에 도막을 폭로 시험하는 방법에 대하여 규정한다.

#### 2. 종 류

카아본 아크는 개방식과 밀폐식으로 구분하며, 제품 규격에 따라 선택 시험한다.

#### 3. 개방식 아크시험 방법

##### 3.1 기 구

3.1.1 내후성 시험 기계 : 시험기는 광원으로서 카아본 방전을 사용하며, 전류전압 등을 측정할 수 있고 온도 물의 분무양 등을 조절 할 수 있는 것으로서 카아본 방전은  $50V \pm 2\%$ ,  $60Amp \pm 2\%$ 의 교류전기로 조작할 수 있어야 한다.

3.1.2 카아본 : 복사열을 발산할 수 있도록 구리로 도금하고, 금속염 침지가 있는 카아본으로서 코텍스 유리 여광기를 통과한 광선은 6월달의 정오 햇빛과 같이 분광 확산되어야 한다.

(1) 윗부분의 카아본 지름 약 2.2cm 길이 약 30cm의 카아본

(2) 아랫부분 카아본 지름 약 1.3cm 길이 약 30cm의 카아본

3.1.3 여광기 : 여광기는 코렉스 유리로 되어 있어야 하며, 2000시간 사용한 후에는 새 것으로 바꾸어 사용해야 한다.

3.1.4 흑판 온도계 온도계는 금속제로 만들어 스테인리스판에 견고히 붙어 있어야 하고, 스테인리스판과 온도계는 내광성의 흑색 가열 건조형 에나멜로 칠해져 있어야 하며 시험하려는 시료와 같은 방전 거리에 꽂아두어야 한다.

3.2 용수 : 불순무로가 염분을 함유하지 않은 pH 6 ~ 8 의 증류수 또는 정수를 사용하되, 내부식성 재료를 통해서 분무되도록 하며 제품 규격에 정해져 있지 않는 한, 물의 온도는  $15.5 \pm 5.5^{\circ}\text{C}$ 가 되어야 한다.

3.3 기계의 운전기간 및 조작 : 제품 규격에 별도로 정해져 있지 않는 한, 2시간을 1주기로 하여 102분 동안은 물을 분무하지 않고 카아본 방전을 시료에 노출시키고 18분 동안은 물을 분무하면서 카아본 방전을 시료에 노출시켜야 한다. 운전 기간은 일주일 중 5일간을 운전하고 나머지 2일간은 정지시켜 놓도록 한다.

3.4 시료의 조제 제품 규격에 따라 자연 건조 또는 가열 건조시켜 두개의 시료를 준비하여 건조된 시료는 상온상습 아래에서 도료의 종류에 따라 다음기간 동안을 방치한 후 시험해야 한다.

도료의 종류	방치기간(일)
자연건조형 도료	7
가열건조형 도료	1
니크로셀룰로스 락카	2
속건성 합성수지도료	2

- 3.5 조작 : 별도로 제품 규격에 정해져 있지 않는 한 다음과 같이 실시한다.
- 3.5.1 흑판 온도계를 시료 길이에 놓고 물을 분무하지 않는 상태에서 카아본 방전시켜 내부의 온도가  $63\pm 3^{\circ}\text{C}$ 가 되도록 조절한다.
- 3.5.2 물의 분무 상태는 노즐(Nozzle)의 압력이  $1.8 \sim 2.2 \text{ kg/cm}^2$ 되게 하여 시료 표면에 충분히 물이 닿고 시료를 완전히 젖도록 조절한다.
- 3.5.3 두 개의 시료를 아래 위 수직으로 놓고 카아본과 여광기는 새 것으로 하여 기계를 작동시킨다. 카아본의 연소과정 중 거의 다 칸 카아본은 꺼내버리고 재를 완전히 제거한 후 깨끗이 닦은 여광기로 바꾸고 균일한 분산광이 시료에 폭로되도록 두개의 시료를 서로 위치를 바꾸어 다시 기계를 작동시킨다. 이러한 조작을 반복하면서 규격에 정해진 시간 동안을 계속한다.

#### 4. 밀폐식 아크시험 방법

##### 4.1 기 구

4.1.1 내후성 시험기계 : 시험기는 광원으로서 카아본 방전을 사용하며 전류, 전압 등을 측정할 수 있고 온도, 물의 분무 양등을 조절할 수 있는 것.

(1) 사용 전류 : 규격에 따라 직류 또는 교류 전기로  $210 \sim 250\text{V}$ 로 조작되어야 한다.

(2) 광원 : 제품 규격에 따라 한개의 카아본 방전 또는 두개가 동시에 방전 될 수 있어야 하며 방전전압은  $130 \sim 145\text{V}$  전류는  $15 \sim 17\text{Amp}$ 로서 조작되어야 한다.

4.1.2 카아본 : 카아본은 방전 할 때 분광 확산될 수 있는 성분으로 구성되어 있어야 하며, 파이렉스(Pyrex)유리 여광기를 통과한 광선은 6월달 정오의 햇빛과 같이 분광 확산되어야 한다.

(1) 직류로 조작할 때

(가) 윗부분의 카아본 지름 약 1.3cm, 길이 약 30cm의 중성의 카아본

(나) 아랫부분의 카아본 지름 약 1.3cm, 길이 약 10cm의 중성 카아본  
을 필요에 따라 하나 또는 두개를 사용한다.

(2) 교류로 조작할 때

(가) 윗부분의 카아본 지름 약 1.3cm, 길이 약 30cm의 심지가 있는 카  
아본

(나) 아랫부분의 카아본 지름 약 1.3cm, 길이 약 10cm의 중성 카아본  
을 필요에 따라 하나 또는 두개를 사용한다.

4.1.3 여광기 : 여광기는 특별한 광학 파이렉스 유리로 만들어져 있어야 하  
며, 2000시간 사용한 후에는 새 것으로 바꾸어 사용할 것. 또한, 유리  
가 변색이 되거나 뿌옇게 되면 교정지로 점검하여 사용 가능여부를 결  
정하여 불량할 경우에는 새 것으로 바꾸어 사용할 것.

4.1.4 흑판온도계 3.1.4에 따른다.

4.2 용수 : 3.2 에 따른다.

4.3 기계의 운전 기간 및 조작 : 3.3 에 따른다.

4.4 시료의 제조법 : 3.4에 따른다.

4.5 시험 방법 : 3.5에 따른다.



발수제를 평가할 수 있는 KS(한국산업규격) 시험방법에는 KS M 5000 「도료 및 관련 원료 시험 방법」 적용 할 수 있다.

## 도료용 유지의 산값 시험 방법 4121

### Testing Method for Acid Number of Oils and Fats for Organic Coating Materials

#### 1. 적용범위

이 규격은 도료용 유지의 산값<sup>(1)</sup> 측정 시험 방법에 대하여 규정한다.

#### 2. 기 구

2.1 눈금실린더 : 1ml의 정확도를 가진 100ml부피의 눈금실린더

2.2 뷰렛 :  $\pm 0.05\text{ml}$ 의 정확도를 가진 50ml 부피의 뷰렛

2.3 저울 : 감도 0.1mg의 분석용 저울

2.4 플라스크 : 부피 300ml의 삼각플라스크

2.5 무게 다는 병 : 부피 50ml의 뚜껑이 달린 무게 다는 병

#### 3. 시 약

3.1 벤젠 · 알코올 혼합 용매 : 시약용 벤젠과 에틸알코올을 같은 부피비로 혼합한 것. 이 혼합 용매는 페놀프탈렌 지시약으로서 중성이어야 한다.

3.2 0.1N-알코올성 수산화칼륨 또는 수산화나트륨 표준 용액

3.2.1 시약용 수산화칼륨 6.4g 또는 시약용 수산화나트륨 4.5g을 되도록 소

량의 물에 녹여서 에틸알코올로 1ℓ가 되게 묽힌 후 거른 것.

3.2.2 페놀프탈렌 용액을 지시약으로 하고, 프탈산칼륨을 표준물질로 하여 농도 결정을 한다.

3.3 페놀프탈렌 지시약 용액 시약용 페놀프탈렌 1g을 에틸알코올 100ml에 녹인 것.

#### 4. 시험 방법

시료<sup>(4)</sup>를 표 1에 따라 0.1mg까지 무게를 달아 300ml 삼각 플라스크에 넣고 벤젠알코올 혼합 용매 50ml를 넣은 후 시료를 완전히 녹인다.<sup>(2)</sup> 페놀프탈렌 지시약 용액 3~5방울을 넣고 0.1N 수산화 칼륨 또는 수산화나트륨 표준용액으로 적정하여 지시약<sup>(3)</sup>의 분홍색이 30초 동안 지속될 때를 종말점으로 한다.

#### 5. 계산

다음 식에 따라 계산한다.

$$\text{산값} = \frac{56.11 \times A \times F \times N}{S}$$

여기에서

A: 적정에 소요된 0.1N- 알코올성 수산화칼륨 또는 수산화나트륨 표준 용액의 양(ml)

F: 0.1N- 수산화 칼륨 또는 수산화나트륨 표준 용액의 농도 계수

N: 사용한 표준 용액의 노르말 농도

S: 시료의 무게(g)

주<sup>(1)</sup> 산값이란 유지 1g 중에 함유되어 있는 유리 지방산을 중화하는데 요하는 수산화칼륨의 mg수를 말한다.

(<sup>2</sup>) 시료가 잘 녹지 않을 때에는 표2와 같은 혼합 용매를 사용하여도 무방하고, 경우에 따라서는 알칼리 표준 용액 및 용매의 에틸알코올을 이소프로필알코올로 바꾸어도 좋다. 미강유, 면실유의 원유나 다크유(dark oil)등의 경우에는 용매로서 1:1(부피) 벤젠:이소프로필알코올 혼합 용매를 사용하고, 지시약으로서는 알칼리 블루 -6B (Alkali blue-6B)지시약을 사용하는 것이 좋다.

(<sup>3</sup>) 시료의 색이 진한 경우에는 다음과 같이 한다.

i) 지시약으로서 알칼리 블루 -6B 또는 티몰프탈렌을 사용한다.

ii) 페놀프탈렌 지시약을 침지한 거름종이를 액의 지시약으로 사용한다.

iii) 측관을 가진 삼각 플라스크를 사용하여 측관의 색변화로서 종말점을 결정한다.

iv) 적정에 노르말 농도가 높은 표준 용액을 사용한다.

v) 시료 채취량을 표1의 기준 채취량 보다 적게하고, 용매의 양을 많게 한다.

vi) 시료를 용매에 녹이고 페놀프탈렌을 가한 후, 포화 식염수를 가하고 적정하여 식염수층의 색변화로서 종말점을 결정한다.

vii) 전위차를 적정한다.

(<sup>4</sup>) 시료 중의 무기산의 혼입 여부를 알고자 할 때에는, 시료에 약 2배 양의 물을 넣고 물중탕에서 가온하면서 전은 후, 물에 적신 거름종이로 거른다. 거른액에 메틸오렌지를 넣어서 무기산이 존재하면 지시약의 색이 빨갱게 된다. 이때, 거른액에 수용성 지방산 또는 나프텐산이 존재할 때에도 색이 변하므로 주의해야 한다.

(<sup>5</sup>) 유지 중의 유리 지방산의 백분율을 알고자 할 때에는 다음과 같이 한다. 유리 지방산은 일반적으로 올레산으로서, 아자유, 팜핵유에는 라우르산, 팜유에는 팔미트산, 피마자유에는 리시놀레산, 채종유에는 에르크산으로서 각각을 가정하여 표 3과 같이 한다.

표에서 f는 산값 1에 상당하는 유리 지방산의 백분율이다.

유리 지방산(%) = 산값 x f

표 1. 시료 채취량

추정산값	시료채취량(g)
0 ~ 5	20
5 ~ 15	10
15 ~ 30	5
30 ~ 100	2.5
100이상	1.0

표 2. 혼합 용매 혼합 비율

에틸에테르	1부피	1부피	에틸 알코올
	2부피	1부피	
벤젠	1부피	1부피	
	2부피	1부피	

표 3.

유리 지방산으로 가정한 지방산의 이름	f
라우르 산	0.356
팔미트 산	0.456
올레산	0.503
리시놀레 산	0.530
에르크 산	0.602

발수제를 평가할 수 있는 KS(한국산업규격) 시험방법에는 KS M 5000 「도료 및 관련 원료 시험 방법」 적용 할 수 있다.

## 도료의 촉진 내후성 시험 방법 KS M 5982

(형광 UV 응축 방식)

### Testing method for accelerated weathering by fluorescent UV condensation type

#### 1. 적용범위

이 규격은 햇볕과 비 또는 이슬과 같은 물에 의해 노화되는 것을 모방한 형광 UV응축장치에서 도막을 폭로 시험하는 방법에 대하여 규정한다. 다만 노출 조건과 과정은 제품 규격에 따라 선택 시험한다.

#### 2. 기구

2.1 내후성 시험기 : 시험기는 광원으로 8개의 형광 UV램프를 사용하며, 온수 팬과 시험편걸이가 있고 작동 시간과 온도를 조절하고 기록할 수 있는 설비이어야 한다.

2.2 램프 : FS-40 형광 UV램프 또는 이와 동등한 램프를 사용하여야 한다. FS-40램프의 분광 에너지 분포는 그림 1과 같다.

2.2.1 FS-40램프는 작동이 빠르고 중간형의 2개의 핀을 가지며 길이는 1220mm이다. 102V에서 430mA의 전류로 작동할 때 40W형이다.

2.2.2 2.2.1과 크기가 같고 전기적 특성이 같으면 다음 형광 램프를 사용할 수 있다. 이 경우 램프의 스펙트럼 에너지 분포를 그림 1에 따라 표시한 것이 일치하여야 한다.

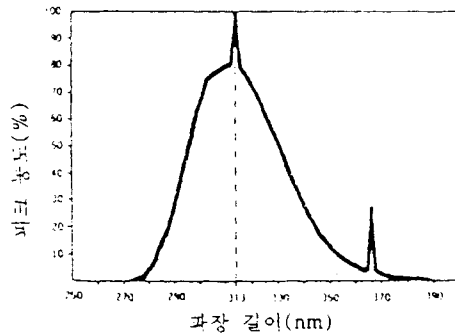


그림 1

2.3 램프의 간격과 배열 : 램프는 광선의 균일한 분포를 얻기 위하여 램프가 4개씩 고정되는 2개의 접속 부분에 고정한다. 램프는 각 램프 접속 부분에 램프 중심간 70mm간격으로 서로 평행하게 고정하여야 한다. 시험편은 램프와 가장 가까운 곳이 50mm 거리가 되는 곳에 램프의 면과 시험편의 표면이 서로 평행하며 움직이지 않도록 걸이에 장착한다.

2.4 응축 기구(응축 메커니즘) : 수증기는 시험편 아랫부분에 최소한 25mm 깊이의 물이 담겨 있는 팬의 가열에 의해서 생성된다. 시험편 길이와 시험편은 시험조 벽면에 부착한다. 시험편의 뒷부분은 주위 시험실 공기에 의해 식도록 노출되어야 한다. 열 전달에 의하여 수증기가 시험편 표면에 응축된다.

2.4.1 시험편의 응축물이 중력에 의하여 시험편 표면에서 떨어지도록 하고 다시 새로운 응축물이 계속 생기도록 하여야 한다. 응축물의 산소 함유 저하를 막기 위해 주위 공기와 수증기의 교환이 이루어지도록 시험조 바닥을 따라 통기구가 준비되어야 한다.

2.5 물 공급 물이 담기는 팬에 일정한 양이 유지되도록 자동적으로 조절되어야 한다. 시험목적으로 증류수, 비이온수 또는 음료를 사용할 수 있는 물 중 어느 것이나 사용할 수 있는데, 이는 응축과정 자체가 시험편 표면으로 물을 증류하기 때문이다.

2.6 주기시간조절기 선택한 UV 주기와 응축 주기를 입력하기 위하여 연속 작동하는 주기 시간 조절기가 장치되어야 한다.

2.6.1 시간 : 기록계가 총 시험 시간과 총 UV노출 시간을 기록하기 위해 장치되어야 한다.

## 2.7 온도 측정

### 2.7.1 온도 측정

온도는 75 x 100mm의 두께 2.5mm인 검은색 알미늄 판에 붙어 있는 온도계를 사용하여 측정한다. 온도계는  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 정확도를 가진  $30 \sim 80^{\circ}\text{C}$  범위의 것을 사용하고 온도 지시 눈금은 시험조의 바깥부에 위치하도록 한다.

2.7.2 알미늄 판과 온도 측정구는 시험편과 같은 조건을 주기 위해 시험편 노출결이의 중앙에 위치하여야 한다.

## 2.8 온도 조절

2.8.1 UV에 노출하는 동안 시험조에 가열 공기를 공급하여 선택된 평형 온도의  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 를 유지 하여야 한다.

2.8.2 응축 노출하는 도안 물이 담겨 있는 팬을 가열하여 선택된 평형 온도의  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 를 유지 하여야 한다.

2.8.3 UV와 응축 과정 온도 조절은 각각 독자적으로 이루어진다.

2.8.4 문은 UV노출 동안 온도를 차단하고 통풍을 최소화하도록 하여 시험편 결이 바깥 실내 공기 부분에 설치한다. 또한 이 문은 응축 노출하는 동안 실온으로 시험편을 식혀 주는 데 지장을 주어서는 안 된다.

2.9 시험편결이 높이 330mm, 넓이 1154mm<sup>2</sup>인 2개의 시험편결이는 램프 접속부의 정면에 각각 고정되어 있다.

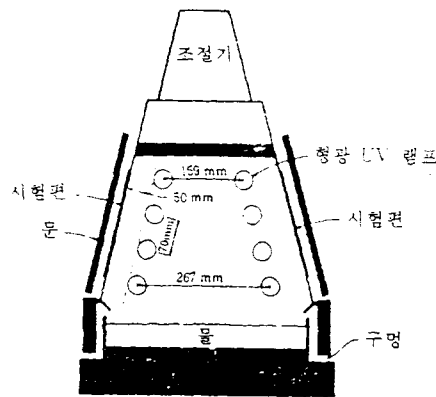


그림 2

### 3. 시험편

3.1 다른 특별한 규정이 없는 한 시험편의 크기는 75mm x 75mm이거나 75mm x 150mm 이어야 한다. 75 x 300mm인 원 시험편을 준비하고 이것을 잘라 75 x 75mm 시험편을 4개 만든다. 응축노출을 막기 위한 시험편을 가리기 어려울 때는 75mm x 75mm의 노출되지 않은 시험편을 보유해야 한다.

3.2 나무, 플라스틱, 다기공 래미네이트와 같은 물질은 응축 과정에서 적절한 열전달이 이루어지도록 20mm이하의 두께로 한다.

3.3 유연성이 있는 시험편은 뒤쪽에 알루미늄으로 된 판 또는 부식되지 않고 열전달이 잘되는 물질로 된 판을 사용하여 고정한다.

3.4 코팅된 철 시험편의 잘린 가장자리는 시험편 표면에 녹이 오염되지 않도록 보호하여야 한다.

3.5 시료의 조제 KS M 5000의 시험방법 3231의 3.4에 따른다.

### 4. 조 작

4.1 램프와 시험 표면이 마주 보도록 시험편을 시험편걸이에 부착한다. 시험



편결이에 가득 차지 않을 경우 여백의 공간에 시험조 안의 시험조건을 유지하기 위하여 빈 판으로 채워야 한다.

#### 4.2 선택된 시험조건을 입력한다.

장치를 다루거나 시험편을 검사할 때를 제외하고 주기를 반복해서 계속 작동시킨다.

4.3 상호 협정된 규정에 의하거나 관련 물질의 규격에 의해 시험 조건을 선택하여 사용한다. 규정된 조건이 없으면 다음 작동 주기와 시험 온도에 따른다. 60℃에서 4시간 UV노출 시키고, 40℃에서 4시간 응축 노출시킨다.

4.3.1 상호 협정에 따라 다른 주기와 온도를 사용 할 수 있다. 응축 노출 평형상태에 도달하고 지속시키기 위한 최소한의 주기는 4시간 이어야 한다. 시험조와 실내 공기의 적절한 온도 차이를 유지하기 위해 최저 응축 온도는 40℃를 사용한다. 선택 온도는 다음과 같은 것이 있다.

UV 노출시 :50℃, 55℃, 60℃, 65℃, 70℃

응축노출시: 40℃, 45℃, 50℃

4.3.2 정상적으로 적용시키는 옥외 환경보다 높은 온도에서의 UV노출은 온도에 따른 비정상적인 노화의 원인이 될 수 있다. 평형 상태에 도달하기 위한 충분한 시간을 주기 위하여 UV노출 시간은 2시간 이상이어야 한다.

참고 : 노출 시험은 시험온도와 주기 시간에 따라 심하게 영향을 받는다. 광화학 작용은 UV 램프가 켜지는 순간부터 시작된다.

광화학 반응물은 UV노출 시간과 UV노출 온도에 비례적으로 증가한다. 노출시간과 노출 온도 또는 온도나 시간은 광화학 작용에 의한 노화율을 증가시키는 역할을 한다.

\* 다음은 광화학적 효과를 증가시키기 위해 보통 사용하는 주기이다.

- 4h UV/70℃ 4h CON/40℃
- 8h UV/50℃ 4h CON/40℃
- 8h UV/60℃ 4h CON/40℃

\* 다음은 광화학적 효과를 감소시키기 위해 보통 사용하는 주기이다.

- 3h UV/50℃ 5h CON/50℃
- 2h UV/50℃ 4h CON/50℃
- 4h UV/50℃ 8h CON/40℃

4.3.3 응축노출 동안 물과의 반응은 시험편의 투수성과 반응을 일으키는데 필요한 시간에 의해 조절된다. 시험편의 투수율은 온도가 올라감에 따라 상승하고, 긴 시간 동안 노출시키거나 높은 온도에서의 노출은 비정상적인 노화의 원인이 될 수 있다. 응축 노출시의 온도와 지속 시간의 선택은 다음 일반적 조건에 따른다.

응축 노출 시간(h)	최고온도(℃)
4	50
6	45
8이상	40

4.4 시험 조건 : 유지 균일한 UV노출시간과 응축 노출 조건이 주기적으로 유지 되어야 한다.

4.4.1 램프 사용 수명의 1/4주기로 램프를 고정부에서 1개 교환하고 글미 3과 같이 다른 램프는 위치를 바꾸어 준다. 램프 사용 수명은 형광 UV 램프에서의 출력값이 초기 출력값의 60%로 감소될 때까지의 시간수로 정의 된다.

FS-40 램프는 램프 사용 수명이 1600 ~ 1800h이다.

FS-40을 사용할 경우 400 ~ 450 시간 동안 램프를 가동한 후 교환해 주고 위치를 바꾸어 준다.

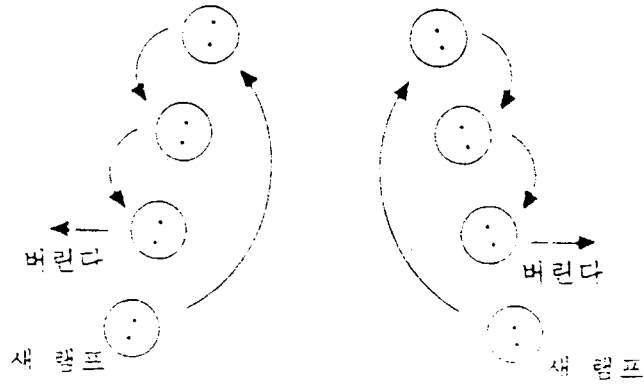


그림 3

4.4.2 램프를 교체하고 위치를 바꾸어 줄때 물을 갈아주고 물이 담겨 있는 팬을 청소해 준다. 물 상층부 찌꺼기가 물의 증기화를 방해할 수 있다.

4.5 일주일 이내의 짧은 기간 동안 시험할 때는 날마다 시료를 검사한다. 이 보다 더 긴 기간 시험할 때는 일주일 주기로 검사할 수도 있다. 검사할 때는 시험편을 떼어 내어 검사하고 부착한다.

4.5.1 3.1에 따라 준비한 3개의 시료로 총 시험 시간의 1/3 간격으로 계속 반복 제거하여 각 시간 동안의 노화 기록을 얻을 수 있다.

#### 4.6 시험 결과

4.6.1 총 시험 시간에 대하여 상호 협정한다.

4.6.2 시험편과 표준 시험편에서 일어나는 변화에 대하여 상호 협정한다.

일주일(168시간)의 배수로 시험 시간을 정하는 것이 검사와 시험 결과를 얻는데 편리하다.

### 5. 보고서

5.1 보고서에는 다음 사항이 명시 되어야 한다.

5.1.1 형광 UV/응축 장비의 형식과 모델

5.1.2 형광 UV램프의 제조자명과 형광 UV램프의 스펙트럼 에너지 분포. 이것은 제조자가 표시한 것으로부터 얻는다. 최고 방출이 일어나는 파장과 최고 부위의 1% 양에 해당되는 낮은 부위의 파장은 제조자로부터 명시된다.

보기 FS-40 313/280mm

5.1.3 UV노출 주기의 시간과 온도, 응축, 노출 시간과 온도

보기 4h UV/50℃ 4h CON/50℃

5.1.4 총 노출 시간

5.1.5 그 밖의 시험 조건

미국목재보존자 협회에서는 발수제에 관련된 규격으로서 발수제의 주입 처리된 시편의 치수 변화로서 평가하는 방법, E4-78과 E13-92를 두고 있다.

## STANDARD METHOD OF TESTING WATER REPELLENCY OF PRESSURE TREATED WOOD E4-78

### 1. Scope

1.1 This method is designed to measure the dimensional stability of wood which has been pressure treated with a water-repellent preservative.

### 2. Test Material

2.1 Wood specimens. Wafers measuring 0.25 in. x 1 in. x 2 in. (0.64 cm x 2.5 cm x 5.0 cm) in the longitudinal, radial and tangential directions, respectively, shall be cut from clear straight grained, flat sawn, kiln-dried, ponderosa pine, southern yellow pine or Douglas-fir sapwood. Only wood which exhibits a minimum swelling of 0.060 inches (0.152cm) or more, when the untreated wafers are tested in accordance with procedure, shall be used.

2.2 Water-Repellent preservative solution. The solution used for treating test specimens shall be the commercial solution used for pressure treatment.

### 3. Apparatus

- 3.1 Conditioning room or chamber having a controlled temperature of 80°F\*26.7°C) and a controlled relative humidity of 65%. This room or chamber shall be used for establishing a uniform moisture content in the test specimens.
- 3.2 Balance sensitive to at least 0.01 gram.
- 3.3 Device capable of measuring to 0.001 inch (0.00254 cm) shall be used for all measurements.

### 4. Procedures

- 4.1 Preparation of specimens for treatment. For each treatment, three wafers each from three different boards shall be prepared. One wafer from each board shall also be prepared for use as an untreated control. prior to treatment, all wafers shall be conditioned to a constant weight in accordance with 3.1.
- 4.2 Treating. The test specimens shall be treated by the vacuum method in accordance with sections 3.7 and 9.4 of AWPA Standard E10 (formerly AWPA Standard M10). A vacuum of 28in. Hg shall be used.
- 4.3 Conditioning. All the treated wafers and the untreated controls shall be conditioned to an equilibrium moisture content of  $11.8 \pm 1$  percent before testing. For the treated wafers, the conditioning shall be continued until all the solvent has evaporated.
- 4.4 Water-repellency test

4.4.1 Water immersion test. Immediately after treating and conditioning, the water-repellency is determined by comparing the tangential swelling of the treated wafers after each has been immersed in distilled wafers after each has been immersed in distilled water at a temperature of  $75 \pm 5^{\circ}\text{F}$  ( $23.9 \pm 2.8^{\circ}\text{C}$ ) for 30 minutes. Either the swellometer or a caliper measurement of the wafers can be used to determine the dimensional changes to the nearest 0.001 inches. Measurement shall be made immediately after removing from the water. Fresh distilled water shall be used for each individual test which can include as many wafers as desired.

## 5. Computations

5.1 The water-repellency efficiency is calculated by the following equation:

$$E = \frac{S1 - S2}{S1} \times 100$$

Where: E = percent water-repellency efficiency

S1 = Swelling of untreated control

S2 = Swelling of treated specimen

The average of the samples from all three boards is used to arrive at the effectiveness of the water-repellent solution.

## 6. Interpretation

6.1 For most outdoor applications a minimum average water-repellent

efficiency of 75 percent has been found to be necessary for water-repellent effectiveness.



**STANDARD METHOD OF TESTING TO DETERMINE  
WATER REPELLENTS IN PRESSURE TREATED  
LUMBER E13-92**

**1.Scope**

1.1 This method is designed to determine an acceptable level of water repellency in CCA pressure treated lumber that has not been placed in service.

**2. Test Material**

2.1 Wood specimens. Three wafers measuring approximately 0.25 inches in thickness shall be cut from the 2 x 6, or 5/4 x 6 boards which are to be tested. The sample board shall be as close to flat sawn as possible and the wafers shall be cut approximately 2feet from the end of the board being careful to avoid all knots and defects. The wafer shall be cut from southern yellow pine sapwood.

**3. Apparatus**

3.1 An oven that maintains a controlled temperature of 100°F(38°C) shall be used provide a uniform moisture content in the test specimens.

3.2 A swellometer or similar device capable of measuring to 0.001 inch (0.0254 mm) while under submersion shall be used for all measurements.

#### 4. Sample Preparation

4.1 Preparation of samples for testing. For each test three wafers should be taken from the representative board chosen for the test. Prior to testing it is critical that the wafers be conditioned to a constant weight in accordance with 3.1 and 4.2.

4.2 Conditioning. All of the wafers shall be conditioned to constant weight by placing in an oven at  $100 \pm 5^\circ\text{F}$  ( $38 \pm 2.8^\circ\text{C}$ ), and cooled to room temperature in a desiccator prior to testing.

#### 5. Water Repellency Test

5.1 Immediately after conditioning, the width of the wafer(s) is measured in the center of the wafer. The wafer is placed in the swellometer and an initial reading is taken. The apparatus is then placed in water at a temperature of  $75 \pm 5^\circ\text{F}$  ( $23.9 \pm 2.8^\circ\text{C}$ ) for 5 minutes. After submersion for 5 minutes, a final reading is taken before removal from the water. The difference between the initial reading and the final reading is the amount of swelling. (Measurements should be taken to the nearest 0.001 inch.)

#### 6. Computations

6.1 The percent swelling is calculated as follows:

$$\% \text{ Swelling} = \frac{\text{Swelling (in)}}{\text{Initialwidth (in)}} \times 100$$

The average of the percent swelling from the three samples is used

to determine if water repellency exists.

## **7. Interpretation**

7.1 For classification as a water repellent Southern yellow pine must not swell more than 1.0% in 5 minutes submersion.

## 제 4 장    목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제 1 절 목표 및 연구결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 개발 발수제의 발수성능, 접촉각평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 유지류처리재의 발수성능을 평가하는 방법 중 접촉각 시험 도입.</li> <li>- 접촉각 변화가 낮은 유지: 피마자유, 아마인유</li> <li>- 촉진열화시험(UV조사)에 의해 피마자유, 아마인유 접촉각 감소가 저하됨.</li> </ul>
② 개발 발수제의 품질·성능평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 유지류 처리재의 증기상태 흡습성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 흡습 초기에서의 발수성능은 우수</li> <li>- 같은 농도의 유지에서 들기름이 가장 큰 흡습율을 나타냄</li> </ul> </li> <li>■ 유지류 처리재의 액상 상태의 흡습성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유지종류에 따른 차이는 크지 않으며, 처리에 의한 발수성능 발현</li> <li>- 피마자유 및 아마인유: 흡수율 증가비 낮음</li> </ul> </li> <li>■ 치수변화율               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무처리 시편의 방사방향 치수변화율은 3.7%,접선방향 치수변화율은 6.4%로 접선방향의 변화율이 큼.</li> <li>- UV 조사 시편의 경우 또한 치수변화의 차이가 거의 없음.</li> </ul> </li> </ul>
③ 기능성 발수제 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 항균효력시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 표면오염균 및 청변균 <i>Aspergillus niger</i>(FRI 20131), <i>Penicillium funiculosum</i>(FRI 20745), <i>Rhizopus nigricans</i>(FRI 20952), <i>Aureobasidium pullulans</i>(FRI 20142), <i>Trichoderma viride</i>(FRI 21052),</li> <li>- IPBC를 포함하는 유지의 방미효력이 우수</li> </ul> </li> <li>■ 방의효력시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 일본흰개미(<i>Reticulitermes speratus</i>)</li> <li>- Imidacloprid 첨가 발수제의 방의효력 우수</li> </ul> </li> </ul>
④ 현장 적용시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 촉진열화시험(연구기간내 수행 가능한 촉진 열화시험 실시)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 촉진열화시험(UV조사)에 의해 피마자유, 아마인유 접촉각 감소가 저하 됨.</li> <li>- UV 조사 시편의 경우 또한 치수변화의 차이가 거의 없음.</li> </ul> </li> </ul>

## 제 2 절 평가 착안점

구분	평가의 착안점
1차년도(2001)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 천연물 소재 발수기체의 개발</li> <li>○ 수입발수제 대비 개발발수제의 성능평가</li> <li>○ 방부·방의 성능의 생물학적 검정방법 도입</li> <li>○ 국산 발수제의 개발</li> <li>○ 온욕처리 속성 건조 발수처리 목재 개발</li> <li>○ 발수처리 목재의 품질 평가</li> </ul>
2차년도(2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기능성 발수제 개발</li> <li>○ 방부능, 자외선 차단능, 착색화 기능부여</li> <li>○ 품질성능 및 접촉안전성 평가</li> <li>○ 시작품 제작</li> <li>○ 조경시설재의 현장적용</li> <li>○ 속성 건조목재용 파일럿스케일 처리장치 개발</li> <li>○ 문화재용 목재 현장적용 시험</li> </ul>
최종평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 산업자산권 취득을 위한 특허 출원</li> <li>○ 발수제 제조기술의 기업기술 이전</li> <li>○ 온욕처리 속성건조 목재의 기업기술 이전</li> </ul>

## 제 3 절 연구개발 목표의 달성도

목재에 대한 전통 발수처리 기술을 오늘날의 고분자화학 기술과 연계하여 천연물 소재 발수기체의 선발, 수입발수제 대비 개발 발수제의 성능평가, 방부·방의성능의 생물학적 검정방법의 도입에 의한 국산 발수제를 개발하기 위하여 발수제를 천연 유지를 중합 제제 하였으며, 방부 및 방의성능을 검정 하였다. 지금까지의 연구결과 방부·방충효과 및 발수효과 도 동시에 얻을

수 있는 고기능발수제로서 업계에 기술이전 할 수 있다. 또한 발수제를 온  
욕 주입방법을 이용하여 생원목에 주입 처리함으로 생원목 건조에 장기간  
(3~4개월)소요되었던 인공건조 시간을 단시간으로 줄일 수 있으므로 인공  
건조스케줄을 단축시킬 수 있으며, 이렇게 처리한 목재는 강도의 감소도 없  
으며, 목재의 치수변형억제효과가 있으므로 뒤틀림과 활열을 예방할 수 있  
는 치수안정성이 뛰어난 신기능성의 목재로 평가 받을 수 있을 것으로 전망  
한다.

## 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

### 제 1 절 추가연구의 필요성

본 과제 「친환경적 목재 방부·방의(흰개미)처리용 발수제의 국산화 기술 개발」 수행 중 개발된 발수제는 실내 시험을 통한 발수효력 및 방미, 방부, 방충효력이 매우 우수하게 검증된 발수제이다. 2년간의 연구수행 기간은 약제 개발에 많은 시간이 할애될 수 밖에 없어, 약제의 효력평가에서는 시간의 부족에 고통을 받았다. 개발된 발수제는 사용 특성상 야외 사용 목재에 적용되는 약제로서, 야외폭로 시험이 매우 필요하다고 판단되어지나, 현 과제 수행에서는 야외 폭로시험을 실시할 기간이 포함될 수 없어, 촉진 열화 시험으로 대체 하였다. 이후 개발된 발수제와 수입발수제를 포함한 야외 폭로시험이 필요하다.

### 제 2 절 타 연구에의 응용

본 과제 수행 중 얻어진 발수제의 성능 평가 방법은 처리되는 처리제에 대한 생물 및 물성검증 방법이 될 수 있으며, 향후 천연유지를 포함한 도료 및 유지, 수지 등에 대한 적정 처리 방법이 될 것이다.

또한 첨가제로서 선정된 IPBC와 Imidacropid등의 약제는 살균력과 살충력이 매우 우수한 약제이면서도, 환경적으로 부담이 없는 약제로 검증이 되었으므로, 이후 변색균방지나, 흰개미 예방 및 방제를 위한 예비 방부제 혹은 실내 사용 방부제로 사용이 가능하며, 이에 대한 응용 연구가 가능하리라 기대한다.

고온유지온욕처리 방법에 의한 발수처리기술은 생재에 적용하여 처리하므로, 건조기술로도 발전시킬 수 있으며, 독일에서 수행 중인 수용성 방부처리 후 발수처리 하는 방식인 「Royal treatment」에 연계 적용 시켜 응용 개발

할 수 있다.

### 제 3 절 기업화 추진방안

본 과제에서 얻어진 연구결과인 발수제의 제품제조에 따른 방법 및 조성 등을 기업에 이전하고자 하며, 고온유지온욕처리 방법은 건조물 목재에 적용하면 건조의 공정과 방부처리의 공정을 겸할 수 있고, 또 현장에서도 곧바로 적용할 수 있는 기술이므로 목조건조물의 신축, 개보수용 목재에 적용하고 그 기술을 보급하고자 한다.



## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

연구개발과정에서 수집한 해외과학 기술정보 중 중요한 몇 가지를 나열하면 다음과 같다.

- William(1988, 1990)의 연구를 통하여 발수제와 발수성 방부제로 처리한 목재를 9년 동안 야외에 노출 시험한 결과, 발수제와 발수성 방부제는 페인트 유지력을 향상시켰으며, 유용성 발수성 방부제의 경우 부후 피해도 적게 나타났다고 보고하였다. 또한 야외노출 시 페인트처리의 전 처리로 발수제를 처리하면 페인트 상태를 양호하게 유지할 수 있고 표면의 갈라짐을 줄일 수 있다고 보고 하였다.
- Kazayawoko 등(1987)은 목재의 표면의 상태를 접촉각 측정방법으로 설명하였는데, 4수종으로 실험한 결과, 접촉각 측정은 가장 간단하며, 효율적으로 목재의 표면상태를 관찰할 수 있는 방법이라고 제안하였으며, 목재의 상태 중 흡습상태를 평가하기에 적당한 방법으로 제안하였다.
- Paajanen과 Ritschkoff(2002)는 톨유, 아마인유 그리고 평지유(rapeseed oil)를 이용한 부후균에 대한 생장억제 실험에서 톨유와 아마인유는 부후균의 생장을 억제하는 것으로 보고하였으며, 톨유는 연부후균의 부후에도 저항이 있는 것으로 보고하였다.
- Treu 등(2001)은 아마인유와 동 함유 방부제로 처리한 목재로 20개월간 야외 폭로시험(Lap-joint-test)을 한 결과, 처리재의 흡수율은 20%이하인 것으로 보고하고 있다.
- Matsuoka 등은 문화재용 목재에 고온액상침지처리 방법을 적용하였다. 이들은 파라핀을 이용한 액상건조방법이 건조시간 단축과 파라핀의 벌킹 효과에 의한 치수 안정성의 효과가 있는 것으로 보고하였다. 그러나 파라핀은 목재표면을 오염시키고 재사용 시 문제점이 있는 것으로 나타났다.

## 제 7 장    참고문헌

1. Chang, S. T., D.N.S. Hon., W.C. Feist. 1982. Photodegradation and photoprotection of wood surface. *Wood Fiber*. 14: 104-117.
2. Evans, P.D. 1988. A note on assessing the deterioration of thin wood veneers during weathering wood. *Wood Sci. Technol.* 20(4): 487-492.
3. Evans, P.D. 1992. Studies of the degradation and protection of wood surfaces. *Wood Sci.* 26: 151-163.
4. Kalnins, M.A and W. C. Feist. 1993. Increase in wettability of wood with weathering. *Forest products journal.* 43(2): 55-57.
5. Kazayawoko, M., A.W.Neumann., J.J. Balatinecz. 1987. Estimating the wettability of wood by the axisymmetric drop shape analysis-contact diameter method. *Wood Sci. Technol.* 31: 87-95.
6. Paajanen, L. and A.C. Ritschkoff. 2002. Effect of crude tall oil, Linseed oil and rapeseed oil on the growth of the decay fungi. *IRG/WP 02-30299.*
7. Treu. A., H. Militz., S. Breyne. 2001. Royal-treatment-scientific background and practical application. Presentation at COST E22 Conference. pp. 1-8.
8. Shi, S.Q. and D.J. Gardener. 2001. Dynamic adhesive wettability of wood. *Wood and Fiber Science.* 33(1): 55-68.
9. William, C.F. 1988. Weathering performance of finished southern pine plywood siding. *Forest Prod. J.* 38(3): 22-28.

10. William, C.F. 1990. Weathering performance of painted wood pretreated with water-repellent preservatives. *Forest Prod.J.* 40(7/8): 21-26.
11. Williams, R.S and W. C. Feist. 1999. Water repellents and water-repellent preservatives for wood. *Forest Products Laboratory General Technical Report. FPL-GTR-109.1-12.*
12. Yoshiaki, M., G. Junichi, F. Shinji, K. Yasushi. 2002. Penetration of Paraffin into Sugi Structural Timber during High-Temperature Liquid Drying. *木材學會誌* 48(5): 356 ~ 362.
13. Yoshiaki, M., N. Kiyomi, M. Hisashi, M. Takashi, Y. Eiji, K. Yasushi. 2001. *木材工業* 56(6): 270 ~ 274.
14. 박진구, 차남구, 신형재, 박장호. 1999. 접촉각 측정을 통한 유기박막의 특성평가. *마이크로 전자및 패키징학회지*. 6(1): 487-492.
15. 이동흡, 오형민, 강창호, 손동원, 김종인. 2002. 천연유지류 처리재의 발수성능 평가. *임산에너지* 21(2): 34-42.

# 발 표 논 문

여 백

## 천연유지류 처리재의 발수성능 평가<sup>1</sup>

이동흡<sup>2</sup> · 오형민<sup>2</sup> · 강창호<sup>2</sup> · 손동원<sup>2</sup> · 김종인<sup>2</sup>

### The evaluation of water repellent effectiveness of natural oil treated wood<sup>1</sup>

Dong-Hub Lee<sup>2</sup> · Hyung-Min Oh<sup>2</sup> · Chang-Ho Kang<sup>2</sup> ·  
Dong-Won Son<sup>2</sup> · Jong-In Kim<sup>2</sup>

#### 요 약

천연물계의 유지를 목재에 처리하여 발수성능을 평가하였다. 시험에 사용한 유지는 아마인유, 피마자유, 올리브유, 콩기름, 들기름, 해바라기씨기름이다. 발수성 평가는 흡습성, 흡수성 시험과 접촉각 시험으로 하였다. 발수 처리한 목재를 빛과 수분에 의해 촉진열화 시킨 후에 열화정도를 색차계로 측정하였다. 촉진열화된 처리목재의 발수성능을 흡수성 시험과 접촉각 시험을 통하여 비교 측정하였다.

흡습성 시험결과, 흡습 초기에는 무처리에 비하여 흡습량이 적으나 흡습처리 시간이 증가할수록 무처리의 흡습량에 가까워져 48시간 흡습처리 후에는 흡습비의 큰 차이는 없었다. 접촉각 시험의 결과, 처리재와 무처리재간의 결과가 큰 차이를 나타내었다. 유지의 농도와 종류에 따른 접촉각변화는 흡습성 시험과 같이 큰 차이는 나타나지 않았다. 천연유지의 발수성능으로는 기상 열화에 대한 안정성이 낮았다. 천연오일 단독처리만으로는 광열화에 대한 안정성을 기대하기 어려웠다.

#### ABSTRACT

This research was carried out to investigate water repellent effectiveness of natural oil treated wood. Linseed oil, castor oil, olive oil, bean oil, perilla oil and sunflower oil were used in this test.

For evaluation of water repellent of natural oil treated wood, moisture absorption test, water-drop contact angle test and color difference test of accelerated decomposition by UV and water were used.

1. 접수 2002년 8월 30일 Received on August 31, 2002

2. 임업연구원 Korea Forest Research Institute, 207 Cheongnyangni-Dong, dongdaemun-Gu, Seoul 130-012, Korea

The moisture absorption amount of natural oil treated wood was less than untreated wood until 3 hours, but it was increased with time, there was no big difference with oil treated wood and untreated wood after 48hours.

Oil treated wood and untreated wood showed big difference on contact angle test. It was no big difference by kind and oil concentration. Natural oil treated wood did not showed stability on the weather aging test. Contact angle test could be used on evaluation of wood surface status treated with natural oil.

*Keywords : water repellent effectiveness, natural oil, moisture absorption test, contact angle*

## 서 론

목재 발수제는 목재에 방수력을 주어 내구성 증가시키는 목재 마감제를 말한다. 방수력은 왁스, 오일 혹은 이와 유사한 방수물질에서 얻는다. 발수제는 생장 시 수분을 요구하는 목재 부후균에 의한 부후와 변색을 막을 수 있다.

발수제에 살균력을 추가하여 만든 발수성 방부제는 부후균과 곰팡이의 생장억제로 마감제의 효과를 더욱 향상시킨다. 발수제와 발수성 방부제는 목재의 쪼개짐이나 휨의 원인이 되는 수축과 팽창을 감소시킨다.

발수제와 발수성방부제는 팽창, 할렬, 벗겨짐으로부터 목재를 보호한다. 또한 특정수종에서 발생할 수 있는 수용성 추출물의 유출에 의한 변색을 줄이는데 도움을 준다.

목재에서 수분은 수축·팽창의 원인이 되고 목재치수변화의 원인이 되어 마감제를 들뜨게 한다. 수분은 목재부후와 페인트의 접착불량 등의 원인이 되며 야외사용 목재의 기상열화를 가속시킨다. 목재 열화의 대부분은 연속되는 치수의 불안정과 목재 수분변화에 기인한다.

야외에 노출된 목재는 유효수명을 갖는데, 이러한 과정을 기상열화라고 한다. 기상열화는 목재의 표면이 UV, 물, 모래바람에 의한

마모 등으로 분해 되는 것을 말한다. 이러한 분해는 부후와는 다른 것이다.

기상열화는 먼저 목재 색의 변화로 확인 될 수 있다. 기상열화는 색을 나타내는 추출물과 리그닌이 제거되고 셀룰로오스는 남은 과정을 거친다. CCA방부처리한 목재도 발수제를 처리하지 않으면 목재색은 점차 변하여 은회색을 띄게 된다(Williams & Feist, 1999).

William(1988, 1990)은 발수제와 발수성 방부제로 처리한 목재를 9년동안 야외에 노출 시험한 결과, 발수제와 발수성 방부제는 페인트 유지력을 향상시켰으며, 유용성 발수성 방부제의 경우 부후피해도 적게 나타났다고 보고하였다. 또한 야외노출 시 페인트처리의 전 처리로 발수제를 처리하면 페인트 상태를 양호하게 유지할 수 있고 표면의 갈라짐을 줄일 수 있었다고 보고하였다.

Kazayawoko 등(1987)은 목재의 표면의 상태를 접촉각 측정방법으로 설명하였는데, 4수종으로 시험한 그의 결과에서 접촉각 측정은 가장 간단하며, 효율적으로 목재의 표면상태를 관찰할 수 있는 방법이라고 제안하였으며, 목재의 상태 중 흡습상태를 평가하기에 적당한 방법으로 제안하였다.

본 연구에서는 천연오일을 이용한 발수제 개발의 시험의 일환으로 발수성을 평가할 수 있는 방법들을 비교·검토 하고자, 발수제의 기제가 되는 천연물체의 아마인유, 피마자유,

## 천연유지류 처리제의 발수성능 평가

콩기름, 들기름 등을 목재에 처리하여 흡습성, 흡수성 그리고 물방울 접촉각 측정 및 처리목재의 색차 등을 비교하여 보았다.

### 재료 및 방법

#### 2.1 공시목재

공시목재는 건전한 소나무 변재를 사용하였다. 치수는 두께 5mm, 폭 20mm, 길이 40mm의 것으로 하고, 40×20mm의 면이 끝은결이 되도록 하였으며, 마구리면은 상온경화형 에폭시수지로 막아 약액의 과다침투를 막아주었다.

해당농도로 조제한 약제의 도포량이  $110 \pm 10 \text{g/m}^2$ 가 되도록 붓으로 처리하였다.

#### 2.2 유지

시험에 사용한 유지는 아마인유, 피마자유, 올리브유, 콩기름, 들기름, 해바라기씨기름 등 6가지이며, 이들 유지를 30분 중탕가열 후 유지의 함량(% , w/w)은 아세톤으로 회석하였다. 유지 조성은 Table 1.에 나타내었다.

#### 2.3 유지류 처리제의 흡습성 평가

황산칼륨 결정이 있는 포화수용액을 사용하여 상대습도 약 97%로 조절한 데시케이터에 건건중량을 알고있는 목재시편을 넣어 흡습율을 시간단위로 측정하였다.

#### 2.4 목재표면의 물방울 접촉각

처리목재 표면에 물방울이 직접 가해졌을 때 처리목재가 가지는 발수성능을 접촉각 시험기로 평가하였다.

접촉각의 측정은 SEO-300A Contact angle analyzer로 측정하였으며, 접촉각 분석은 SEO software로 시행하였다.

#### 2.5 흡수성 시험

처리시편과 무처리시편을 상대습도 약 11%인 데시케이터에 72시간 조습 처리한 후 중량을 측정하였으며, 서로 붙지 않고 시편이 늘리지 않도록 망을 설치하여 증류수(23℃)에 함침시켰다. 5시간 경과 후 표면의 물기를 제거한 후 수분침투에 의한 흡수율을 측정하였다.

**Table 1. Formulation of natural oils.**

Oils	Content%(w/w)		20%		50%		80%		100%	
	oil	acetone	oil	acetone	oil	acetone	oil	acetone	oil	acetone
Castor Oil	20	80	50	50	80	20	100	0		
Olive Oil	20	80	50	50	80	20	100	0		
Bean Oil	20	80	50	50	80	20	100	0		
Linseed Oil	20	80	50	50	80	20	100	0		
Sunflower Oil	20	80	50	50	80	20	100	0		
Perilla Oil	20	80	50	50	80	20	100	0		



## 2.6 촉진열화에 의한 목재의 흡수성과 접촉각 변화 측정

각 처리시편을 촉진열화시험기에서 UV조사를 하였다. 한 면당 24시간씩 48시간을 조사하여, 같은 처리의 촉진열화를 하지 않은 대조구의 시편과 흡수성, 접촉각변화를 비교하였다.

## 2.7 촉진열화에 의한 발수처리목재의 색차측정

천연오일을 처리한 목재시편을 촉진열화시험기에 적용하여 빛과 수분에 의해 열화시킨 후 열화정도를 색차계로 측정하였다.

촉진열화시험기는 Xenon weather-Ometer (ATLAS Ci 3000+)를 사용하였고, 촉진열화의 Schedule 및 Lamp의 규격은 다음과 같다.

처리방법 : G26-4 (수분분무 및 광조사)  
 조사시간/시간 : 42min/hr  
 수분분무시간/시간 : 18min/hr  
 총촉진열화시간 : 94hr  
 Lamp 조사량 : 340nm, 0.35w/m<sup>2</sup>

색차계는 Hunter식 색차계를 사용하였고, 촉진열화전과 후의 색차를 L, a, b 값으로 분석하였으며, 색차관계식은 다음과 같다.

$$\text{색차}(\Delta E) = \Delta Lab = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

$$\text{명도감소율}(Yd) = [(L_{\text{처리전}} - L_{\text{처리후}}) / L_{\text{처리전}}] \times 100$$

## 결과 및 고찰

### 3.1 유지류 처리재의 흡수성 평가

천연유지의 종류를 달리하여 목재에 처리하고 목재의 흡수성의 변화를 측정하여 Fig. 1에 나타내었다. 기름 중 가장 낮은 흡수량을 보인 것은 피마자기름이었다. 콩기름은 무처

리와 가장 근접한 흡수량을 보였으며 그 다음이 해바라기 기름이었다. 오일을 처리한 목재는 무처리와 비교하여 볼 때 수분의 흡수하는 양은 적었으나 근본적으로 수분 흡수가 억제되지는 않았다. 이는 목재에 유지로 발수처리를 하게 되면, 습해지게되는 환경초기에는 수분침투를 억제하나 표면이 완전히 코팅된 것은 아니어서 장기간 노출되어지면 서서히 수분을 흡수하게 되는 것으로 판단된다. 아세톤으로 농도를 20%로 희석하여 흡수성 시험을 한 결과 47시간 후 가장 낮은 흡수율은 올리브 기름이었으며, 그 다음이 콩기름이었다 (Fig.2). 무처리와 유사한 흡수율을 보인 것은 아마인유 이었다. 유기용제로 20%선까지 희석하여도 흡수율의 결과는 100% 유지와 큰 차이는 없었으며 47시간까지 관찰하여 본 결과 100% 유지처리재와 유사한 경향을 보였다.

### 3.2. 목재표면의 물방울 접촉각

시간에 따른 접촉각의 감소를 1차식으로 나타내어 처리재와 무처리재간의 접촉각 감소를 비교하여 Fig. 3에 나타내었다. 천연 오일의 농도를 달리하여 처리한 목재 표면의 수분에 대한 성질 변화를 접촉각의 변화를 이용하여 검토하였다. 접촉각은 고체 표면의 젖음성(wettability)을 나타내는 척도로서, 대부분 고착된 물방울에 의해 측정된다. 낮은 접촉각은 높은 젖음성(친수성, hydrophilic)을, 높은 접촉각은 낮은 젖음성(소수성, hydrophobic)을 나타낸다(박등, 1999).

흡수성 시험은 대기 중에 떠다니는 수분에 의한 목재의 변화를 측정하는 것이나, 접촉각 시험은 목재에 물이 직접 닿았을 때의 발수성을 평가하는 것으로, 흡수성 시험과는 평가하는 방법·목적에 있어서 차이가 있다. 흡수성 시험에서는 흡수초기에서 무처리와 처리재간의 차이가 나타났으나 시간이 지날수록 처리와 무처리의 결과가 큰 차이를 보이지는 않았다. 그러나 접촉각의 경우 처리재와 무처리

천연유지유 처리제의 발수성능 평가

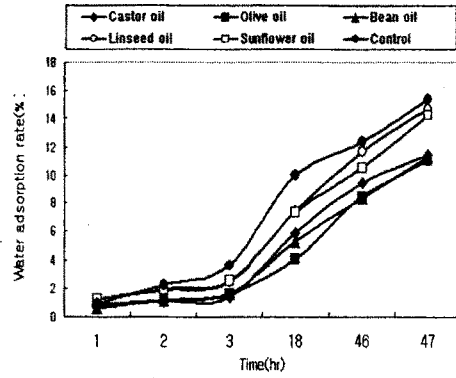
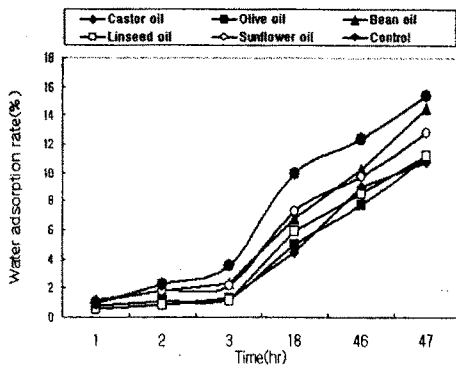


Fig.1. Water adsorption rate of oil treated wood.

Fig.2. Water adsorption rate of 20 percent oil treated wood.

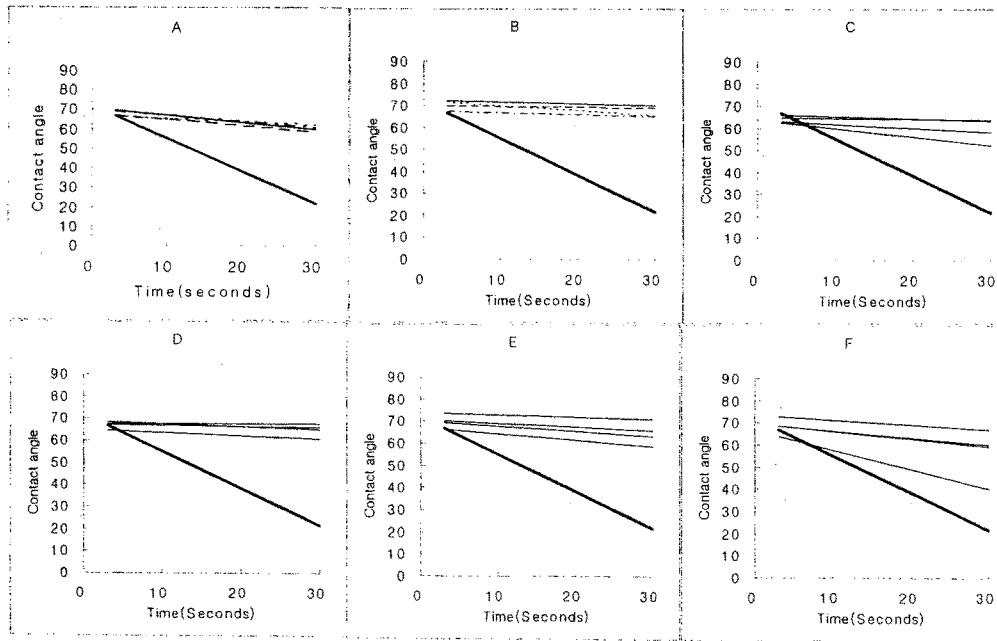


Fig. 3. Contact angle of several oil treated panels.

A:Caster oil, B:Olive oil, C:Soy bean oil, D:Linseed oil, E:Sunflower oil, F: Perilla oil  
 (— : control, - - : oil treated panels)

재간의 결과가 큰 차이를 나타내었다.

Kazayawoko 등(1987)은 4수종의 목재표면의 상태를 접촉각으로 측정하여 비교 하였는데, 목재표면의 가열로 인하여 추출물질에 의한 막형성을 감소시키는 결과를 도출하였고, 활엽수가 침엽수보다 젖음성이 높다는 것을 보고하면서, 접촉각 측정은 재현성을 높일 수 있다면, 목재표면의 상태를 관찰할 수 있는 좋은 방법이라고 제안하였다.

Shi와 Gardner(2001)는 수종에 따른 목재표면의 성질과 수지에 따른 목재 표면의 변화를 접촉각으로 측정하였다. 이들의 결과에 따르면 목재 내 액체의 흡수는 목리방향에 따라 쉽게 일어났으며, 심재는 변재보다 순간접촉각이 낮다고 보고하였다. 수지의 종류에 따른 목재표면의 성질변화에 접촉각의 변화측정은 좋은 방법이 될 수 있으며, 목재 내 평형 접촉각은 목재표면에 떨어지는 물방울의 위치에 많은 영향을 받았다고 보고하였다.

실험 결과 무처리와 유지처리 시편과의 차이는 확연히 알 수 있었으나, 유지의 농도와 종류에 따른 접촉각변화는 시험구간에 큰 차이는 나타나지 않았다. 특별히 들기름의 경우 접촉각변화가 크게 나타나므로 들기름의 발수성은 다른 유지에 비하여 떨어지는 것으로 나타났다.

목재표면의 수분에 대한 저항을 평가하는 방법으로 접촉각 측정은 매우 간단하며 빠른 시간에 평가할 수 있는 장점이 있었다. 하지만 재현성의 부족과 목재 표면에서 물방울의 접촉위치에 따른 데이터의 변동 등은 개선되어야 할 점이라 사료된다.

### 3.3 촉진열화에 의한 목재의 흡수성과 접촉각 변화 측정

촉진 열화 시편의 흡수성 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 무처리 시편의 경우 합침 5시간 후 흡수율은 33.6%로 나타났으나 처리시편의 경우 약 14~24%정도로 유지처리에 의하여 발수능력이 향상되었다. 그러나 유지의 종

류에 따른 차이는 크게 나타나지 않았다. 각 유지의 농도에 따른 흡수율 차이는 해바라기씨기름과 콩기름의 경우 농도 증가에 따라 흡수율은 감소하는 경향을 나타냈으나, 이 두가지 유지를 제외한 다른 유지들은 농도에 따른 뚜렷한 흡수율 증가 경향이 나타나지 않았다. UV조사 시편의 경우, 모든 처리에서 흡수율이 증가하였다. 아마인유·피마자유처리 시편에서 비교적 적은 흡수율 증가를 보였으며 해바라기씨기름·콩기름·들기름·올리브유순으로 흡수율의 증가량 변화가 컸다.

촉진열화된 시편의 접촉각측정결과를 Fig. 5에 나타내었다. 무처리 시편은 0초에서 측정된 값과 30초에서 측정된 접촉각의 차이로 나타낸 접촉각의 감소값이 41.0°로 나타났다. 유지 종류에 따른 접촉각 감소값은, 올리브유, 해바라기유, 피마자유에서 증가하였으며, 아마인유, 콩기름, 들기름에서는 감소하는 것으로 나타났다.

Kalnins와 William(1993)은 야외에 폭로시킨 목재의 열화정도를 평가하는 방법으로 접촉각측정방법을 사용하였다. 이들은 4주후에 접촉각이 77에서 51로 감소하였다고 보고하면서, 젖음성 또한 목재표면열화를 평가할 수 있는 인자임을 제안한바있다. 그러나 본 실험의 경우에서는 UV조사에 의하여 촉진 열화한 경우, 열화된 시편에서의 접촉각 감소치가 오히려 더 낮게 나타나는 시험구가 있어 천연 오일처리재의 촉진 열화시편에서의 발수능력 측정에 접촉각 측정은 적용하기 어려운 것으로 사료되었다.

발수제처리재의 발수능력 평가방법으로서 합침 시험에 의한 흡수성 시험의 경우 UV조사 이후 흡수능력의 향상이 중량증가로 연결되어져 열화재의 발수능력 평가에는 적합하였으며, 접촉각측정의 경우, UV조사에 의한 발수제의 내구성평가방법으로서는 부정확 할 것으로 판단되었다. 그러므로 접촉각 측정에 의한 발수능력 평가는 처리재의 초기 발수능력 평가만이 가능할 것으로 판단되었다.

천연유지류 처리재의 발수성능 평가

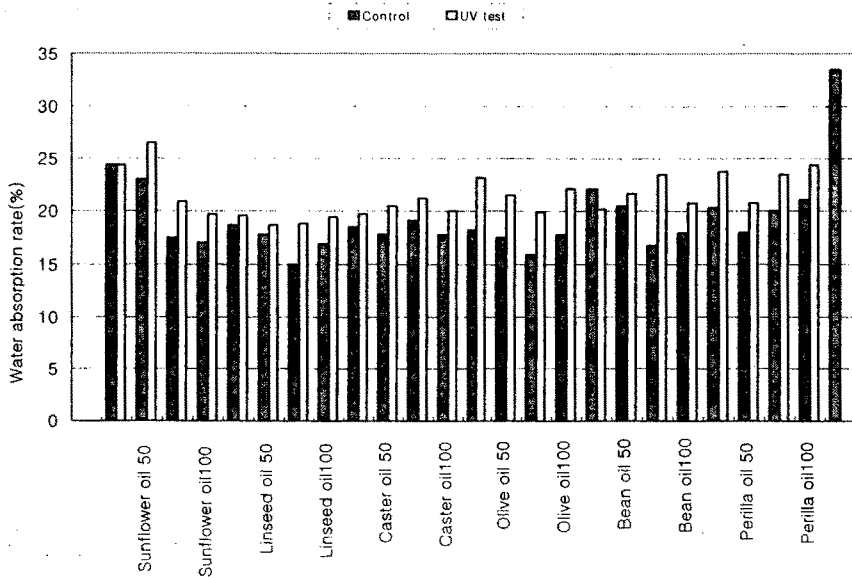


Fig. 4. Water absorption rate on acceleraterring weathering pannels treated with natural oils.

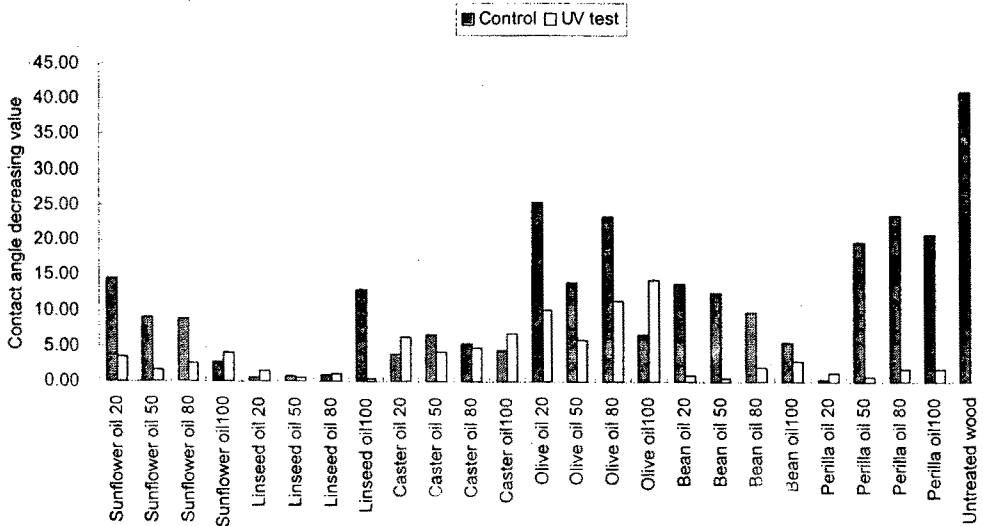


Fig. 5. Contact angle decreasing value on accelalatering weathering pannels treated with natural oils.  
(Decreasing Value; difference between 30seconds and 0second's contact angle value)

3.4. 촉진열화에 의한 발수처리목재의 색차측정

발수처리한 목재의 야외 사용의 경우, 처리 목재의 변색 안정성을 평가하기 위한 실험으로 자외선조사와 물분사를 병행하여 촉진열화 시험을 한 후 목재 표면 색의 변화를 비교 한 결과를 Table 2에 나타내었다. 시험 결과 무 처리의 색차 보다 낮게 나온 처리구는 피마자유와 올리브유 처리구 였으며, 해바라기유와 들기름에서는 일부농도가 무처리보다 낮게 나타났다. 그러나 농도에 따른 경향은 없었다. 명도감소율이 무처리 보다 낮은 처리구는 피마자유와 올리브유 처리구였다. 콩기름과 들기름의 일부 처리구에서도 무처리보다 낮은 명도 감소율을 보였다. 명도 감소율에서도 농도에 따른 일정한 경향은 없었다. 목재의 색이 햇빛에 의하여 변한다는 것은, 목재성분의 구조변화가 일어난다는 것을 의미한다. 광변색의 메카니즘의 연구는 리그닌 모델물질을 사용하여 많은 연구가 진척되었으며, 리그닌 광변색은 초기반응이 크다는 점이 밝혀 졌다 (Chang et al., 1981., Evans, 1981., Evans et al., 1992).

또한 목재에서의 추출성분의 물질 중에는 리그닌과 유사한 광흡수기를 지닌 것이 있을 수 있어 광변색에 크게 관여 할 수 있다. 발수처리목재는 수분의 목재 침투를 지연시켜 목재표면의 침식을 억제할 수 있으나 근본적으로 광흡수를 억제 하기는 어려워 천연유지 처리만으로는 광열화에 대한 안정성을 기대하기는 어려우며 발수제로 이러한 효과를 기대하기 위해서는 자외선 차단제등의 첨가가 필요할 것으로 사료된다.

결 론

국내에는 20여종의 수입 발수제가 유통되고 있으며, 국내에서 개발된 것도 1~2종 유통되고 있다. 발수제는 물에 대한 저항 뿐만 아니라 자외선, 균에 의한 열화 방지 또한 요구되어 진다. 천연오일을 기재로한 발수제 개발의 일환으로 천연오일의 발수성능을 평가할 수 있는 방법을 비교하고 자외선 열화에 대한 저항도를 측정하여 얻은 본 실험의 결과를 토대로 한 결론은 다음과 같다.

Table 2. Color difference of oil treated panels.

Concentration		Oils	Caster oil	Olive oil	Soybean oil	Linseed oil	Sunflower oil	Perilla oil
20	A( $\Delta E$ )		8.31	8.06	18.66	16.60	12.30	13.31
	B(%)		10.40	10.85	20.59	20.20	14.74	14.59
50	A( $\Delta E$ )		4.84	10.55	11.94	15.08	8.77	11.11
	B(%)		7.26	14.71	14.27	18.76	18.37	14.98
80	A( $\Delta E$ )		7.89	11.52	13.30	17.67	9.00	11.73
	B(%)		12.40	14.93	14.74	21.36	15.35	16.16
100	A( $\Delta E$ )		10.50	12.59	14.18	13.47	14.88	14.55
	B(%)		17.59	17.08	17.44	19.03	19.98	19.06

\*A: Color difference, B:Decrease rate of brightness

Control : Color difference( $\Delta E$ ) = 13.09, Decrease rate of brightness = 17.64%

## 천연유지류 처리제의 발수성능 평가

흡습성 시험에서는 수분을 흡수하는 양은 적었으나 완전한 수분 억제는 일어나지 않았으며, 물방울 접촉각시험에서는 무처리와 유지처리 간의 차이는 분명히 확인 할 수 있었다. 접촉각 측정은 그 방법이 간단하기는 하나 재현성이 부족한 것으로 나타났다. 흡수성 시험은 무처리와 발수제를 처리한 시편간의 평가방법으로 적당하였으며, 자외선 열화된 시편의 열화 정도 측정에도 사용할 수 있었다. 그러나 자외선 열화시킨 발수처리 재의 접촉각 시험 결과는 일정한 경향을 얻기 어려워 발수처리제의 열화 정도를 측정하기에는 곤란하였다. 광변색의 시험결과, 천연오일 단독사용으로는 광열화에 대한 안정성을 얻기 어려웠다.

## 참고문헌

1. Chang, S. T., D.N.S. Hon., W.C. Feist. 1982. Photodegradation and photoprotection of wood surface. *Wood Fiber*. 14: 104-117.
2. Evans, P.D. 1988. A note on assessing the deterioration of thin wood veneers during weathering wood. *Wood Sci. Technol.* 20(4): 487-492.
3. Evans, P.D. 1992. Studies of the degradation and protection of wood surfaces. *Wood Sci.* 26: 151-163.
4. Kalnins, M.A and W. C. Feist. 1993. Increase in wettability of wood with weathering. *Forest products journal*. 43(2): 55-57.
5. Kazayawoko, M., A.W.Neumann, J.J. Balatinecz. 1987. Estimating the wettability of wood by the axisymmetric drop shape analysis-contact diameter method. *Wood Sci. Technol.* 31: 87-95
6. Shi, S.Q. and D.J. Gardener. 2001. Dynamic adhesive wettability of wood. *Wood and Fiber Science*. 33(1): 55-68.
7. Williams, R.S and W. C. Feist. 1999. Water repellents and water-repellent preservatives for wood. *Forest Products Laboratory General Technical Report*. FPL-GTR-109.1-12.
8. William, C.F. 1988. Weathering performance of finished southern pine plywood siding. *Forest Prod.J.* 38(3): 22-28.
9. William, C.F. 1990. Weathering performance of painted wood pretreated with water-repellent preservatives. *Forest Prod.J.* 40(7/8): 21-26.
10. 박진구, 차남구, 신형재, 박장호. 1999. 접촉각 측정을 통한 유기박막의 특성평가. *마이크로 전자 및 패키징학회지*. 6(1): 487-492.

ISSN 1225-6811

# '2001 學術發表論文集

2001 PROCEEDINGS OF THE KOREAN SOCIETY OF  
WOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY ANNUAL MEETING

2001年 4月 20日(金) ~ 21日(土)  
( 林 業 研 究 院 )

韓國木材工學會

### 천연유지류 처리제의 발수성능 평가

오형민 · 손동원 · 강창호 · 김종인 · 이동흙  
(임업연구원 목재가공과)

#### I. 서론

발수제는 수분의 흡수를 지연시켜 목재의 건조상태를 유지시키는 비교적 단순한 목재처리에 사용된다. 방수력을 가지는 유지류와 유지의 도포를 돕는 용매, 향균제 등으로 구성되어 있다. 발수제의 유지성분은 천연물 소재의 것이 대부분이며 아민유를 기제로 하여 향균제 첨가 형의 발수제가 가장 많은 비중을 차지하고 있다.

최근 목재 수요의 증가에 따라 발수제의 수요 또한 증가되고 있으나, 발수제의 대부분은 수입제품에 의존하고 있는 실정이다. 국내에서는 이러한 발수제의 성능기준과 유효성 여부를 판단하는 기준과 규격등이 정비되어 있지 않으므로, 수입상에 전혀 규제없이 국내에 반입되어 유통되고 있다. 본연구진에 의해 국내유통발수제 22종의 방부효력을 검토한 결과 대부분이 KS성능기준 이하의 방부성능을 나타내었으며, 일부제제는 환경호르몬으로 분류된 Tributyltin화합물도 포함되어진 것도 있다.

이러한때 발수제의 국산화는 수입대체효과와 더불어 국내실정에 적합한 처리를 가능하게 할 것으로 판단된다. 그러므로 본 연구에서는 우리조상들이 사용하였던 목재표면보호 유지를 중심으로 천연물계의 아민유, 피마자유, 콩기름, 들기름등의 흡습성, 물방울 접촉각 측정 및 처리목재의 색차에 의한 발수성능을 평가하였다.

#### II. 재료 및 방법

##### 1. 공시재료

시험에 사용한 유지는 아민유, 피마자유, 올리브유, 콩기름, 들기름, 해바라기씨기름 등 6가지이며, 이들 유지를 30분 중탕가열 후 유지의 함량이 20%, 50%, 80%, 100%(w/w)가 되도록 아세톤에 희석하여 발수성능평가에 사용하였다.

표 1. 유지 조성표

유지	20%		50%		80%		100%	
	oil	acetone	oil	acetone	oil	acetone	oil	acetone
피마자유	20	80	50	50	80	20	100	0
올리브유	20	80	50	50	80	20	100	0
콩기름	20	80	50	50	80	20	100	0
아민유	20	80	50	50	80	20	100	0
해바라기씨기름	20	80	50	50	80	20	100	0
들기름	20	80	50	50	80	20	100	0



목재편은 건전한 소나무 변재를 사용하였다. 치수는 두께 5mm, 폭 20mm, 길이 40mm의 것으로 하고, 40×20mm의 면이 곧은결이 되도록 하였으며, 마구리면은 상온 경화형 에폭시수지로 막아 약액의 과다침투를 막아주었다.

해당농도로 조제한 약제의 도포량이 110±10g/m<sup>2</sup>가 되도록 붓으로 처리하였다.

## 2. 유지류 처리재의 흡습성

황산칼륨 결정이 있는 포화수용액을 사용하여 상대습도 약 97%로 조절한 데시케이터에 약제처리 후 전건중량을 재어 놓은 목재시편을 넣어 흡습율을 시간단위로 측정하여 결과를 흡습비로 나타내었다.

$$\text{흡습비} = \frac{\text{처리재의 흡습율}(\%)}{\text{무처리재의 흡습율}(\%)}$$

## 3. 목재표면의 물방울 접촉각

처리목재 표면에 물방울이 직접 가해졌을 때 처리목재가 가지는 발수성능을 접촉각 시험기로 평가하였다.

접촉각의 측정은 목재 표면의 젖는 정도를 측정하는 간단하고 빠르며 민감한 방법으로, SEO-300A Contact angle analyzer로 측정하였으며, 접촉각 분석은 SEO software로 시행하였다.



그림 1. 무처리목재에 떨어진 물방울의 영상(왼쪽 : 0초경과 오른쪽 : 30초경과)

물방울이 목재에 떨어지는 시간에서부터 3초단위로 10개의 영상을 촬영하여, 좌·우 접촉각의 평균으로 그 값을 측정하였으며, 시간에 따른 접촉각의 변화로 유지의 발수성능을 평가하였다.

## 4. 촉진열화에 의한 발수처리목재의 색차측정

야외에 사용목재를 발수제로 처리 할 경우 기상열화 정도와 목재의 변색정도가 비례한다는 가정하에 목재시편을 촉진열화시험기에 적용하여 빛과 수분에 의해 열화시킨 후에 열화정도를 색차계로 측정하였다.

촉진열화시험기는 Xenon weather-Ometer(ATLAS Ci 3000+)를 사용하였고, 촉진열화의 Schedule 및 Lamp의 규격은 다음과 같다.

처리방법 : G26-4 (수분분무 및 광조사)

조사시간/시간 : 42min/hr

수분분무시간/시간 : 18min/hr

총촉진열화시간 : 94hr

Lamp 조사량 : 340nm, 0.35w/m<sup>2</sup>

색차계는 Hunter식 색차계를 사용하였고, 촉진열화전과 후의 색차를 L, a, b 값으로 분석하였으며, 색차관계식은 다음과 같다.

$$\text{색차}(\Delta E) = \Delta Lab = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

$$\text{명도감소율}(Yd) = [(L_{\text{처리전}} - L_{\text{처리후}}) / L_{\text{처리전}}] \times 100$$

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 유지류 처리재의 흡습성

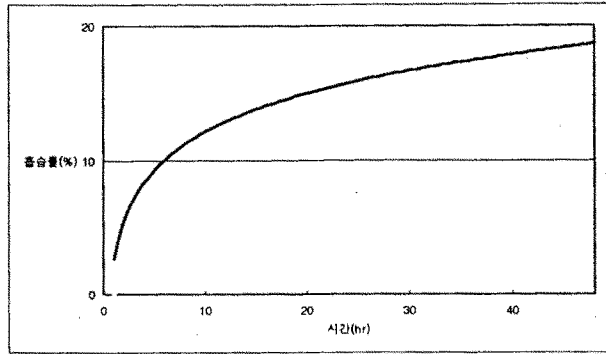
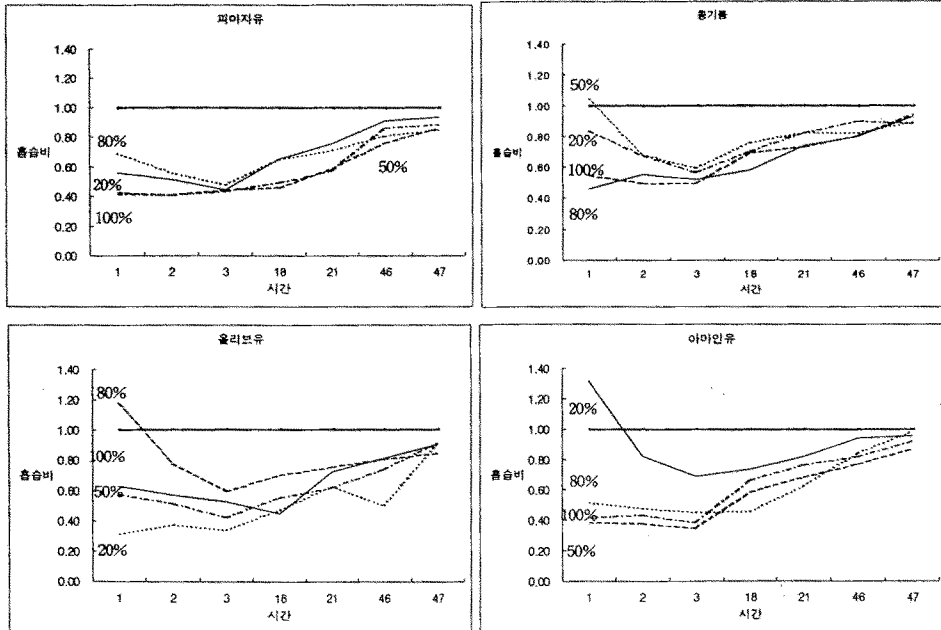


그림 2. 무처리재의 처리시간에 따른 흡습률 변화.

무처리 목재의 시간에 따른 흡습량을 측정하여 본 결과 무처리 목재는 흡습조건을 주었을 초기에 많은 수분을 받아들여 그림 2와 같은 형태를 나타낸다.



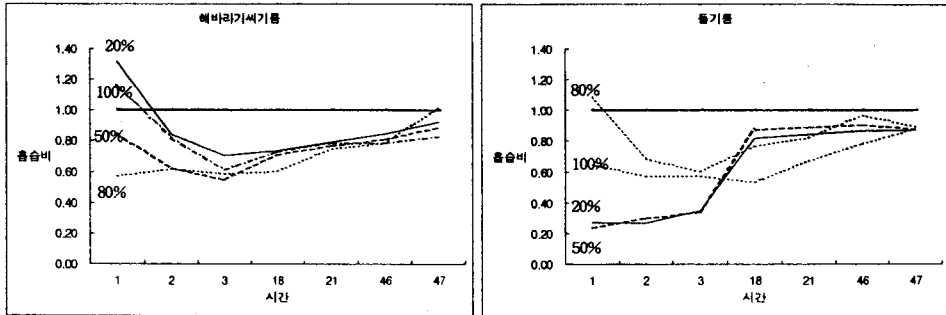


그림 3. 유지류 처리제의 유지 농도에 따른 흡습비

처리목재의 시간에 따른 흡습비결과를 분석하여 보면(그림 3), 흡습 초기(대략 흡습 처리후 3시간)에는 무처리에 비하여 흡습량이 적으나(무처리를 1로 놓았을 때 대략 0.4에서 0.6정도) 흡습처리시간이 증가할수록 무처리의 흡습량에 가까워져 48시간 흡습처리후에는 흡습비가 대략 0.8에서 0.9로 큰 차이가 나지 않았다. 이는 목재에 유지로 발수처리를 하게 되면, 습해지게되는 환경초기에는 급격하게 수분을 받아들이지 않으면서 목재내로의 수분침투를 저해하나, 이러한 환경에 장기간 노출되면 목재의 장점인 조습기능은 유지를 하게되는 기능을 가진 것으로 판단된다. 습한환경 초기에서 처리목재의 발수성능은 유지의 농도에 비례하여 나타났으나 일정농도 이상에서는 발수성능의 증가를 나타내지 않았다. 이 일정농도는 피마자유의 경우는 20%에서, 해바라기씨 기름과 아마인유는 50%에서, 올리브유는80%에서 나타날 것으로 예상되나 좀더 정밀한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 2. 목재표면의 접촉각

접촉각은 고체 표면의 젖음성(wettability)을 나타내는 척도로서, 대부분 고착된 물방울에 의해 측정된다. 낮은 접촉각은 높은 젖음성(친수성, hydrophilic)을, 높은 접촉각은 낮은 젖음성(소수성, hydrophobic)을 나타낸다.

흡습성 시험은 대기중에 떠다니는 수분(상대습도로 표현되는)에 의한 목재의 변화를 측정하는 것이나, 접촉각시험은 목재에 물이 직접 닿았을 때의 발수성능을 평가하는 것으로, 흡습성 시험과는 평가하는 방법·목적에 있어서 차이가 있다. 흡습성 시험에서는 흡습초기에서 무처리와 처리제간의 차이가 나타났으나 목재의 조습기능으로 인해 시간이 지날수록 처리와 무처리의 결과가 큰 차이를 보이지는 않았다. 그러나 접촉각의 경우 처리제의 무처리제간의 결과가 큰 차이를 나타내었다.

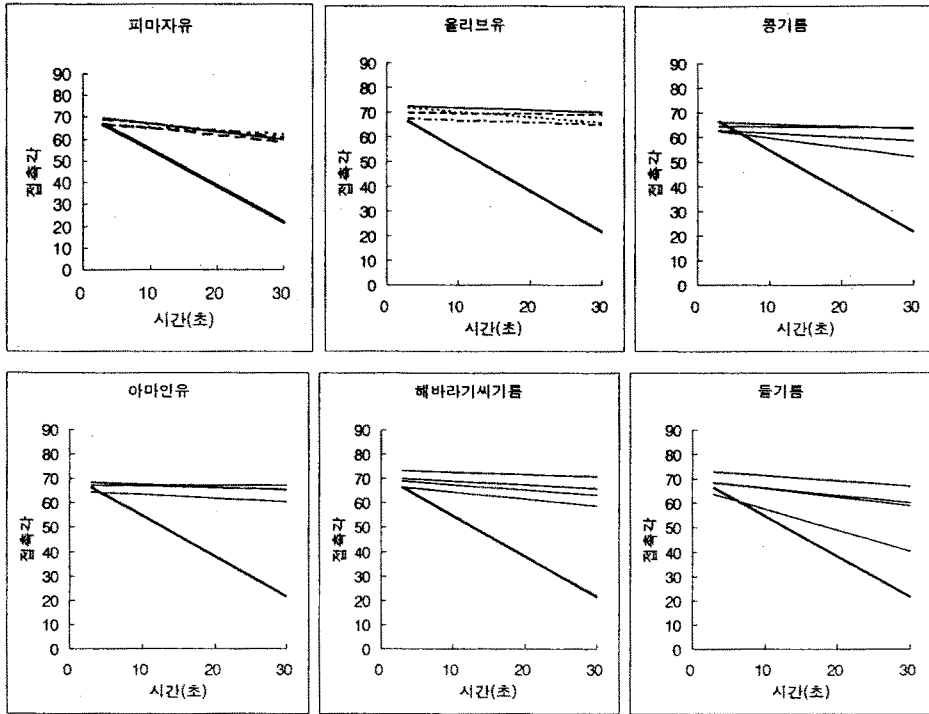


그림 4. 유지류 처리제의 유지 농도에 따른 접촉각

그림 4. 에서 시간에 따른 접촉각의 감소를 1차식으로 나타내어 처리제와 무처리제간의 접촉각 감소를 기울기로 나타내었다. 유지의 농도와 종류에 따른 접촉각변화는 흡습성 시험과 같이 큰 차이는 나타나지 않았으나, 들기름의 경우 접촉각변화가 다른 유지에 비하여 크게 나타나 들기름의 발수성은 떨어지는 것으로 나타났다.

### 3. 축진열화에 의한 발수처리목재의 색차측정

표 2. 유지류 처리제의 농도에 따른 색차, 명도감소율

농도	유 지	유 지					
		피마자유	올리브유	콩기름	아미인유	해바라기씨기름	들기름
20	색차( $\Delta E$ )	8.31	8.06	18.66	16.60	12.30	13.31
	명도감소율(%)	10.40	10.85	20.59	20.20	14.74	14.59
50	색차( $\Delta E$ )	4.84	10.55	11.94	15.08	8.77	11.11
	명도감소율(%)	7.26	14.71	14.27	18.76	18.37	14.98
80	색차( $\Delta E$ )	7.89	11.52	13.30	17.67	9.00	11.73
	명도감소율(%)	12.40	14.93	14.74	21.36	15.35	16.16
100	색차( $\Delta E$ )	10.50	12.59	14.18	13.47	14.88	14.55
	명도감소율(%)	17.59	17.08	17.44	19.03	19.98	19.06

무처리의 색차( $\Delta E$ ) = 13.09, 명도감소율 = 17.64%

야외환경에 사용하는 목재에 발수제를 처리하였을 경우 발수능력의 증가로 광열화및 기상열화에 안정성을 보일 것으로 예상하여 본 시험을 시행한 결과, 천연유지의 발수성능으로는 기상열화에 안정성을 보이지 못하였다. 발수제로 이러한 효과를 기대하기 위해서는 자외선 차단제등의 첨가가 필요할 것으로 사료된다.

#### IV. 결론

목재에 영향을 미치는 수분을 증기상태와 액체상태로 나누어 생각해 볼 때 흡습성 시험은 증기상태수분의 발수성능을 접촉각 시험은 액체상태수분의 발수성능을 평가한다고 할 수 있을 것이다. 상대습도 97%이상의 조건에서 높은 농도(약 50%)유지를 처리했을 때 발수성능이 우수했다. 유지종류별 성능은 피마자유·해바라기씨 기름·아마인유에서 좋은 결과를 나타냈으며, 올리브유와 들기름, 콩기름에서는 앞의 유지들 보다 더 높은 농도를 처리했을 때 좋은 결과를 나타내었다. 접촉각 시험을 시행하여 본 결과 거의 모든 유지의 발수성능이 우수했으나, 콩기름과 들기름에서는 다른 유지들에 비해 발수성능이 떨어지는 것으로 나타났다.

발수처리재를 촉진열화처리를 시행하였을 경우는 무처리와의 차이를 보이지 않아 유지처리만으로는 광열화에 안전성을 가지지 못할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

- ① Williams R. S., C. F. William, 1999, Water repellents and water-repellent preservatives for wood, Forest Products Laboratory General Technical Report FPL-GTR-109
- ② 공영토, 1992, 목재의 조색기술, 목재공학 20(4) : p.85-102
- ③ 정재열·한규성, 1999, PEG(Polyethylene glycol)처리에 의한 목재의 변색 방지, '99 추계학술발표논문집 한국목재공학회, p.150-155

ISSN 1225-6811

# '2001 秋季學術發表論文集

2001 PROCEEDINGS OF THE KOREAN SOCIETY OF  
WOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY FALL MEETING

2001年 10月 19日(金) ~ 20日(土)  
(慶北大學校)

韓國木材工學會

오형민 · 손동원 · 이동흡  
(임업연구원 목재가공과)

1. 서론

현재 야외사용 목재의 표면보호제로 주로 사용되는 발수제의 품질성을 평가하는 공인된 방법은 흡습성시험이다. 흡습성시험에서는 수분과의 직접적인 접촉을 피하고 기화된 증기상태에서의 흡수조건에 대해 측정하고 있다. 그러나 실제 야외에서 목재를 사용할 때는 증기상태의 수분뿐만 아니라 액체상태의 수분에 의한 직접적인 접촉도 있다. 그러므로 액체상태의 수분을 제어하는 능력을 평가하기 위하여, 흡습성 시험보다 효율적인 평가방법이 필요하다. 접촉각시험은 발수제에 의한 목재표면의 물리적 에너지변화를 측정하는 것으로 시험방법이 매우 간편하다. 침수성시험은 흡습성 시험과 시험방법이 비슷하나, 직접 액상의 수분에 노출시켜 목재에 일어나는 중량·치수의 변화를 통해 발수성능을 평가하는 것으로 흡습성 시험보다 더 적극적인 시험방법이라 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 액체상태 수분에 대한 발수성능을 평가하는 방법으로 접촉각 시험과 침수처리에 의한 흡수성·치수변화 시험을 비교하고, 각 시험방법에서 UV조사에 의한 유지의 발수성능 변화를 알아보았다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

시험에 사용한 유지는 아마인유, 피마자유, 올리브유, 콩기름, 들기름, 해바라기씨기름 등 6가지이며, 이들 유지를 30분 중탕가열 후 유지의 함량이 20%, 50%, 80%, 100%(w/w)가 되도록 아세톤에 희석하여 발수성능 평가에 사용하였다.

표 2. 유지 조성표

유지	농도%(w/w)		20%		50%		80%		100%	
	oil	acetone	oil	acetone	oil	acetone	oil	acetone	oil	acetone
피마자유	20	80	50	50	80	20	100	0		
올리브유	20	80	50	50	80	20	100	0		
아마인유	20	80	50	50	80	20	100	0		
콩기름	20	80	50	50	80	20	100	0		
들기름	20	80	50	50	80	20	100	0		
해바라기씨기름	20	80	50	50	80	20	100	0		

목재편은 건전한 소나무 변재를 사용하였다. 치수는 두께 5mm, 폭 20mm, 길이 40mm의 것으로 하고, 40×20mm의 면이 곧은결이 되도록 하였으며, 마구리면은 상온 경화형 에폭시수지로 막아 마구리면으로의 약액과 수분 침투를 막아주었다. 위의 24종의 유지를 붓을 사용하여 각각 10개씩 도포한 후 그 도포량을 기록하였다.

2.2 자외선 촉진열화

각 처리시편 5개씩을 촉진열화시험기에서 UV조사를 하였다. 한면당 24시간씩 48시간을 조사하여, 같은 처리의 촉진열화를 하지 않은 대조구의 시편과 비교하였다.

2.3 함침처리

처리시편과 무처리시편을 상대습도 약 11%인 데시게이터에 72시간 방치 후 중량을

측정하였으며, 서로 붙지 않고 시편이 늘리지 않도록 망을 설치하여 증류수(23℃)에 함침시켰다. 5시간 경과 후 시편이 늘리지 않도록 표면의 물기만을 제거한 후 수분침투에 의한 흡수율과 치수변형율을 측정하였다.

### 2.4 접촉각 변화

전항과 같이 흡수율을 유사하게 조정한 시편을 접촉각 측정기(SEO-300A)를 사용하여 sessile drop 방법으로 접촉각을 측정하였다. 물방울이 떨어진 직후와 30초가 경과한 후의 영상을 촬영, image analyzer를 사용하여 접촉각의 변화를 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 흡수율

무처리 시편의 경우 함침 5시간 후 흡수율은 33.6%로 나타났으나 처리시편의 경우 약 14~24%정도로 유지처리에 의한 발수성능이 발현되었다. 그러나 유지의 종류에 따른 차이는 크게 나타나지 않았다. 각 유지의 농도에 따른 흡수율 차이는 해바라기씨기름과 콩기름의 경우 농도 증가에 따라 흡수율은 감소하는 경향을 나타냈으나, 이 두 가지 유지를 제외한 다른 유지들은 농도에 따른 뚜렷한 흡수율 증가 경향이 나타나지 않았다. UV조사 시편의 경우, 모든 처리에서 흡수율이 증가하였다. 아미인유·피마자유 처리 시편에서 비교적 적은 흡수율 증가를 보였으며 해바라기씨기름·콩기름·들기름·올리브유 순으로 흡수율의 증가량 변화가 컸다.

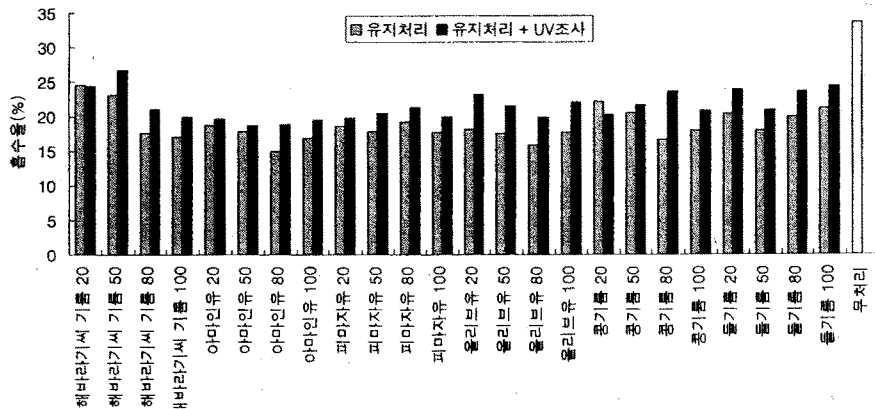


그림 1. 유지종류 및 농도별 UV조사 여부에 따른 흡수율(%) 비교

### 3.2 치수변화율

무처리 시편의 방사방향 치수변화율은 3.7%, 접선방향치수변화율은 6.4%로 접선방향의 변화율이 컸다. 유지 종류에 따른 치수변화는 방향에 관계없이 크게 나타나지 않았으며, 유지농도에 따른 차이도 미미하였다. UV조사 시편의 경우 또한 치수변화의 차이가 거의 없었다. 이는 치수변화율 수치가 작기 때문에 상대적으로 시험 결과에 영향을 미치는 외부오차가 크게 작용했기 때문으로 판단된다.

### 3.3 접촉각 변화

무처리 시편의 경우 시간에 따른 접촉각의 감소가 41.0° 로 나타났다. 유지 종류에 따른 접촉각 변화는 올리브유와 들기름 처리 시편이 비교적 큰 접촉각 감소를 나타내



었으며, 피마자유와 아미인유가 비교적 작은 감소를 나타냈다. 유지 농도에 따른 접촉각의 변화 역시 치수변화율의 조사에서와 같이 뚜렷한 경향의 차이는 없었다. UV조사의 경우, 오히려 시간에 따른 접촉각 감소가 줄어든 것이 흥미롭다. 동결과에 대해서는 현미경관찰 등을 통해 그 원인을 조사중에 있다. 이 UV에 의한 영향은 들기름에서 가장 크게 나타났으며 피마자유·아미인유에서 비교적 적게 나타나는 등, 흡수율 결과와 경시적인 접촉각변화 결과와 유사하였다.

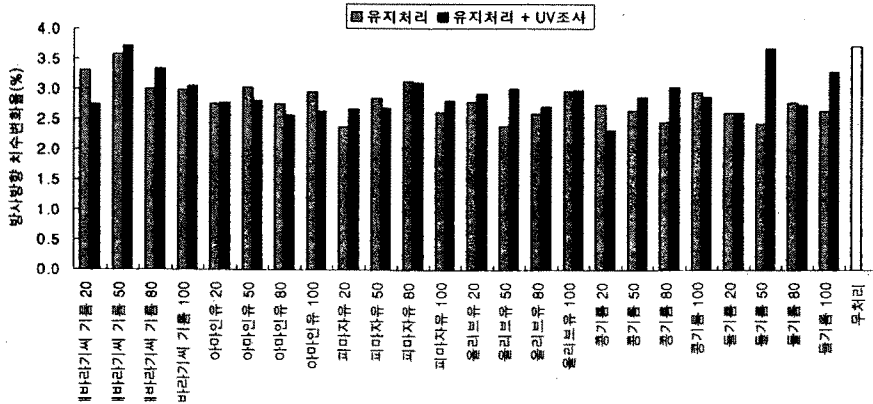


그림 2. 유지종류 및 농도별 UV조사 여부에 따른 방사방향 치수변화율(%) 비교

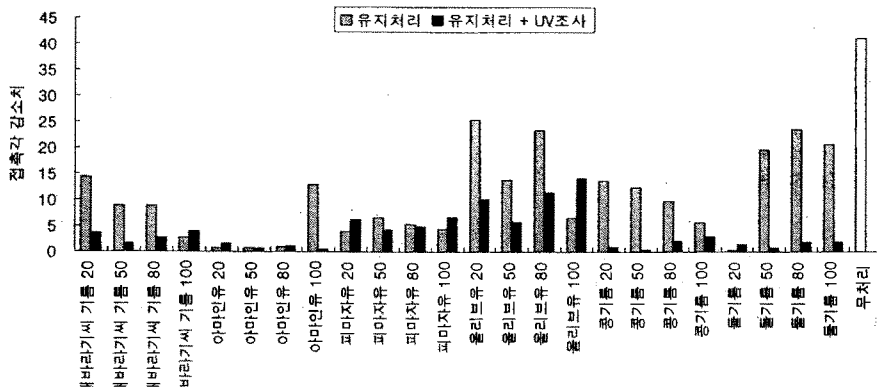


그림 3. 유지종류 및 농도별 UV조사 여부에 따른 접촉각 감소치 비교

#### 4. 결론

발수제 처리재의 발수성능 평가방법을 알아보기 위한 본 연구에서 함침시험에 의한 흡수율 측정과 접촉각 변화 측정의 결과가 어느 정도 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 함침시험에 의한 치수변화율은 결과를 도출하기에는 처리간 차이를 구분하기 어려워 발수성을 평가하기에 무리가 있는 것으로 사료된다. 또한 접촉각 변화는 발수제 목재의 수분접촉에 의한 표면장력을 측정하기에는 유리하나, UV조사에 의한 발수제의 내구성평가에서는 부적합한 것으로 판단된다. 그러므로 접촉각 측정에 의한 발수성능 평가는 처리재의 초기 발수성능 평가만이 가능할 것으로 판단된다.

ISSN 1225-6811

# '2002 學術發表論文集

2002 PROCEEDINGS OF THE KOREAN SOCIETY OF  
WOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY ANNUAL MEETING

2002年 4月 19日(金) ~ 20日(土)  
( 林 業 研 究 院 )

韓國木材工學會

오형민 · 이동흡 · 손동원 · 강창호  
(임업연구원 목재가공과)

### 1. 서론

고함수율의 목재를 천연 유지에 고온으로 온욕 주입 하면 단시간내 목재함수율을 건조에 가까운 상태로 조절할 수 있다. 이 방법은 생원목 건조에 장기간 소요되었던 인공 건조 시간을 단시간으로 줄일 수 있고 목재의 치수변형 억제 효과도 있으므로 뒤틀림과 할열을 예방할 수 있다. 또한 유지의 조성 및 선택에 따라 방부·방충효과 및 발수 효과도 동시에 얻을 수 있는 특징도 있다. 그러므로 본 연구에서는 소나무재의 속성 건조를 필요로 하는 문화재에 활용하기 위하여 고함수율의 제재를 아마인유로 온욕 가열 처리하고 처리온도에 따른 목재의 물리적 특성 변화를 측정하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### <공시재료>

공시목은 소나무(*Pinus densiflora*)각재로 갓 벌채후 제재한 것으로 변·심재의 구분 없이 사용하였으며, 함수율조정과 변색오염예방을 위해 4℃의 냉장실에 보존 보관하였다. 처리 유지는 아마인유(linseed oil)를 사용하였다. 처리온도별 함수율 측정 시험에 사용한 시편의 크기는 60×120×450mm이며, 휨강도 시험에 사용한 시편의 크기는 30×30×500mm 였다.

#### <시험방법>

시편을 각각 80, 120, 150℃의 아마인유 욕조중에 온욕처리하고 온도별로 중량감소의 정도를 측정하였다. 유지 함침 가열 시간은 6시간으로 하였으며, 처리 후 상온으로 식힌 목재의 중량을 측정하여 처리간 중량감소율을 비교하였다.

목재내부온도변화를 측정하기 위하여 직경 2mm의 드릴을 사용하여 목구면으로부터 목재에 45mm간격으로 내부를 향해 깊이 30mm의 구멍을 뚫은 후 다용도기록계(YOKOGAWA, Model  $\mu$ R1000 Recorder)를 사용하여 처리별 온도변화를 기록하였다.

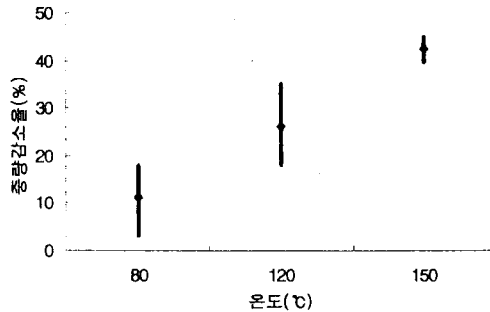
목재내부로 유지의 침투깊이를 측정하기 위하여 150℃로 6시간 처리한 목재를 2cm간격으로 절단하고 단면에 나타난 유지의 면적을 구적계(KOIZUMI, Model KP-90N)로 측정하여 시편부위별 면적에 의한 유지침투 정도를 측정하였다.

또 고온 가열처리를 하기 때문에 이로 인한 강도감소 여부를 측정하기 위하여 80, 150℃로 6시간 처리한 시편의 휨강도를 측정하였다. 휨강도의 측정은 만능강도시험기(Hounsfield, Model H50K-S)를 사용하여 최대하중 5000kgf, 속도 10.000mm/min, span 길이 400.0mm로 측정하였다. 무처리 시편은 함수율이 8.5±0.5%가 되도록 조정하여 강도측정에 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### <처리온도별 목재의 중량변화>

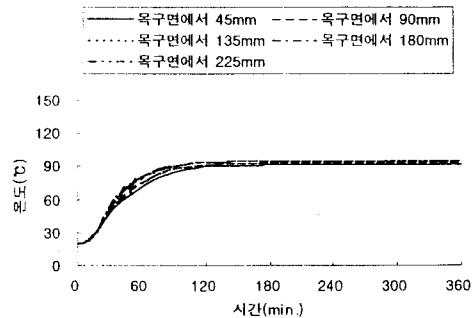
온욕처리는 목재내부의 수분이 밖으로 이동하는 만큼, 유지가 목재내로 침투하기 때문에 중량감소로 목재함수율을 가늠하는데 어려움이 있다. 또 전류저항식 함수율 측정장치도 유지가 목재내 수분의 전기전도를 방해함으로 적용이 불가능하였다. 그러므로 목재내 침투한 유지를 제거하지 않은 상태에서의 처리온도별 중량감소율을 <그림1>에 나타내었다. 처리온도가 증가할수록 중량감소율은 증가하고 편차가 적게 나타나, 150℃로 처리할 경우 사용함수율에 보다 가깝게 접근할 수 있을 것으로 판단된다.



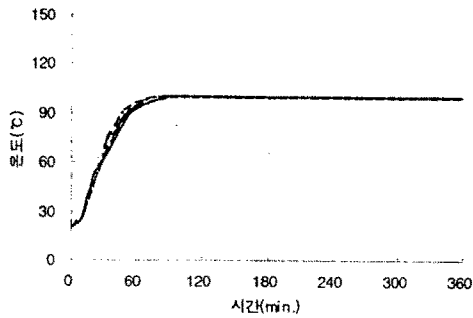
<그림 1> 처리온도별 중량감소율

#### <처리온도별 목재내부 온도변화>

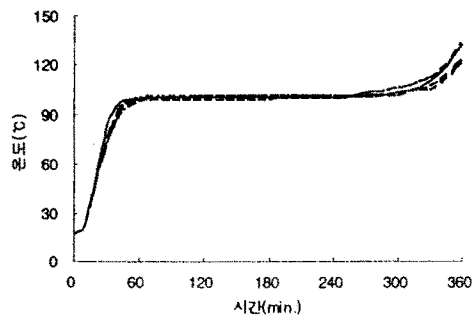
처리온도별 목재내부의 온도변화를 측정한 결과 150℃처리에서는 온욕가열 60분 이후 내부의 온도가 100℃에 도달하였으며, 270분 경과시점에서는 내부온도가 100℃를 상회하는 것으로 추정하여 중앙부의 수분 대부분이 목재외부로 유출되고 유지가 내부에 충전되기 때문에 온도가 상승한 것으로 판단된다. 120℃처리의 경우 100℃에 도달한 시간은 처리한 지 90분 후부터였으며 처리가 끝난 360분까지 100℃를 유지하여 150℃ 처리재 보다는 수분의 제거가 덜 일어났음을 알 수 있다. 80℃처리에서는 목재내부의 최대온도는 액온보다 높은 90℃를 유지하였다.



<그림 2 > 80℃처리시 목재내부 온도변화



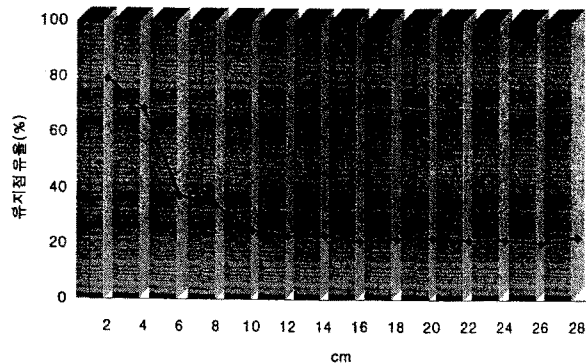
<그림 3 > 120°C처리시 목재내부 온도변화



<그림 4 > 150°C처리시 목재내부 온도변화

<유지의 목재내 침투깊이>

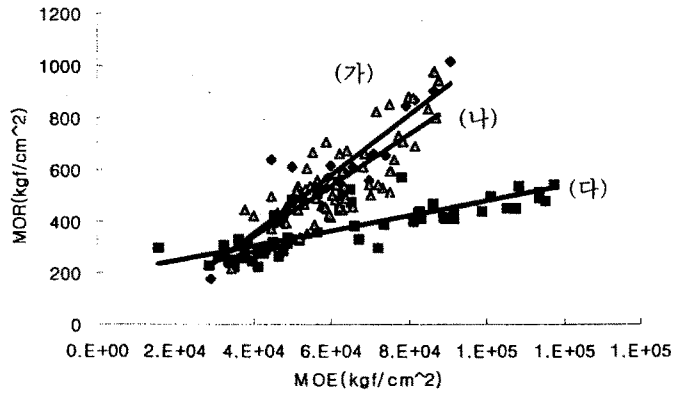
150°C처리재의 유지의 침투는 목구면으로부터 2cm 깊이는 80%, 4cm깊이는 68%의 유지점유율을 나타내는 등 목구면으로 10cm부위까지 유지의 침투가 있었음을 추정할 수 있었다. 10cm이후로는 중앙부위와 별 차이를 보이지 않아 더 이상 이 부분으로의 유지 침투는 일어나지 않은 것으로 보인다. 접선단면이나 방사단면으로의 유지침투가 예상되는 중앙부위의 유지점유율은 20~22%를 나타냈다.



<그림 5> 150°C처리목 깊이별 유지 점유율

<처리온도별 목재 강도 측정>

파괴강도와 탄성계수의 관계를 <그림6>에 나타내었다. 150°C처리의 경우 무처리와 유의수준 5%에서 검정하였을 때에 두 처리간의 유의차가 존재하지 않아, 150°C처리에 의해 강도변화가 일어나지 않은 것으로 판단된다. 80°C처리의 경우 같은 파괴강도를 가지는 150°C 처리와 비교하였을 때 탄성계수가 월등히 크게 나타났다. 이는 80°C 유지처리에 의해 목재의 강도특성이 변화가 생겼다기보다, 80°C처리에 의해서는 수분감소가 충분히 일어나지 못하여 목재내부의 함수율이 150°C처리와 무처리보다 높기 때문에 탄성계수가 높게 나타난 것으로 사료된다.



<그림 6 > 온도별 MOR과 MOE의 상관관계

(가)  $MOR=0.0114MOE-107.93$ ,  $R^2=0.8019$ (무처리)

(나)  $MOR=0.0099MOE-54.885$ ,  $R^2=0.6431$ (150℃ 처리)

(다)  $MOR=0.0029MOE+188.77$ ,  $R^2=0.5957$ (80℃ 처리)

#### 4. 결론

천연유지의 액상열처리에 의한 목재내부 수분이동은 처리온도가 증가할수록 목재에서 빠져나가는 수분의 양도 증가하였으며, 고함수율의 목재의 경우도 유지의 액은 150℃로 6시간을 처리하면 전건에 가깝게 고속건조시킬 수 있었다. 또한 고온처리에 의한 열분해점 이상에서도 목재의 강도감소가 일어나지 않았으므로 고함수율의 생원목 속성건조에 활용 가능할 것으로 판단된다. 가열 온욕 처리장치도 간단하여 별도의 공장시설을 갖추지 않은 공사현장에서도 처리할 수 있기 때문에 문화재와 같이 복잡한 가공공정을 거쳐야 하는 목재의 건조 및 방부처리에는 매우 유용한 방법이 될 수 있다. 그러나 문화재용 목재에 단청과 결합 및 유지의 방부·방충효능의 향상 등에 관한 해결해야 할 많은 숙제가 남아 있다.

ISSN 1225-6811

# 2003 學術發表論文集

2003 PROCEEDINGS OF THE KOREAN SOCIETY OF  
WOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY ANNUAL MEETING

2003年 10月 16日(木) ~ 17日(金)  
(설악한화리조트)

## 韓國木材工學會

## 고온 아마인유 온욕처리 소나무재 원목의 건조 및 방부효력 특성

이동흡 · 이명재 · 손동원 · 강창호  
(임업연구원 목재가공과)

### 1. 서론

아마인유는 불포화성이 풍부하여 도료용의 건성유로 주로 사용되며, 내후성이 좋고 도막이 강인하여 외장용 도료의 원료로 많이 사용되는 천연유지이다. 공기 중에서는 산소를 흡수, 축중합하여, 탄력성이 있는 내수성 반투명의 고분자 물질인 리눅신을 발생시킨다. 또한 아마인유의 오소가(吳素價)가 높으면 굴절률이 높고 가열중합해서 다른 건성유보다 건조성이 양호한 특징이 있다. 그러나 아마인유는 분자량이 크고 소수성이어서 짧은 시간 주입공정으로는 세포벽에 주입할 수 없으므로 세포벽 벌킹제로서 역할을 할 수 없다. 그러므로 목재의 외장용도로 사용하기 위해서는 목재 내에 아마인유를 깊숙이 주입할 수 있는 새로운 공정이 필요하다.

앞서 보고한 「천연유지 액상열처리에 의한 주입처리 특성」에서는 60×120×450 mm의 각재를 이용한 고온 아마인유 처리재의 내부 온도변화와 함수율 변화 및 강도변화를 측정하였으며, 고온 아마인유 처리의 가능성 여부를 타진해 보았다. 본 연구에서는 실험실용 처리기계 및 야외용 처리기계를 별도로 제작하여 실대재 처리에 대한 함수율의 변화와 처리재의 흡수성 및 균에 대한 저항성 여부를 알아보고자 하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 소나무 원목의 함수율 변화

##### (1) 공시재료

직경 20~40cm, 길이 약 2m의 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.) 생원목을 건조 방지를 위해 목구면을 실리콘으로 코팅 및 비닐 백으로 완전 밀봉 후 냉장보관 한 시료를 공시재료 하였다. 고온유지온욕처리를 위한 유지로는 아마인유를 사용하였으며, 고온의 아마인유에 원목을 침지하기 직전에 원목을 중앙에서 각각 50cm 및 150cm의 길이로 절단 후, 박피하였으며 잔여 목재는 함수율 측정에 사용하였다. 이 때 공시재료의 함수율은 90~120%의 범위에 있었다.

##### (2) 고온유지온욕처리

실험실용으로 제작한 처리기기는 실린더 형(Φ35×60cm)으로 아마인유 저장탱크로부터 아마인유의 이송이 가능하도록 제작하였다. 직경 30(±2cm)의 원목을 150±5℃의 아마인유에 온도를 가하는 시점으로부터 각각 6, 9, 22, 40시간 처리하였으며, 처리 후 원목 중앙부위의 단판에서 목재 표면으로부터의 깊이별 함수율 분포를 측정하였다.

야외 처리용 기기는 뚜껑 개폐형으로 처리조의 하단에 heating coil을 장착하였다. 직경 35(±2cm)의 준비된 소나무 원목을 150±5℃에서 40시간 처리하였으며, 목구면으로부터



각각 20, 40, 75cm 부위의 원판디스크로부터 함수율 분포를 측정하였다. 함수율은 전건법으로 측정하였다.

(3) 현미경 관찰

처리재의 횡단면 및 방사단면을 주사전자현미경(HITACH S-3500N)을 이용하여 관찰하였다.

(4) 인사이징 처리

처리재 내부의 할렬 방지 및 건조속도 개선을 위하여 인사이징 처리를 하였다. 직경 6mm드릴을 이용하여 목구면으로부터 목재에 50mm간격, 65mm깊이로 총 232개를 천공한 후 (2)와 동일한 방법으로 처리하여 무처리재와의 할렬정도 및 함수율 변화를 비교하였다.

나. 고온유지온육 처리재의 발수·방부성능 평가

(1) 공시재료

60×120×450 mm로 제재된 소나무 생재를 가항(2)의 방법으로 80℃ 및 150℃에서 처리한 시편을 공시재료로 하였다.

(2) 발수성능

고온유지온육 처리재의 발수성능 평가는 처리재를 섬유방향에 직각이 되도록하여 1.5cm 두께로 제재하여(Fig. 2의 a) 한국산업규격(KS F 2204)의 목재의 흡수량 측정방법에 준하여 실시하였다.

(3) 항균효력

평판배양기(리터당 MgSO<sub>4</sub> 2g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 3g, glucose 25g, malt extract 10g, peptone 5g, agar 2g을 용해한 것)에 고온유지온육 처리재 및 무처리재(2×10×10(mm), Fig. 2의 b)를 가장자리에 놓고 중앙에는 공시균을 접종하였다. 공시균은 임업연구원 목재보존실 혐실의 *Aspergillus niger*(FRI 20131), *Penicillium funiculosum*(FRI 20745), *Rhizopus nigricans*(FRI 20952), *Aureobasidium pullulans*(FRI 20142), *Tricoderma viride*(FRI 21052)의 변색오염균 5종과 3종의 부후균 *Tyromyces palustris*(FRI 21055), *Trametes versicolor*(FRI 20256), *Serpula lacrymans*(FRI 20975)을 이용하였다. 배양온도 27℃에서 소정기간 배양 후 균사의 생장길이를 측정하였다.

(4) 방부효력

공시재를 30×30×30mm의 크기로 제작하고 KS M 1701의 「목재 방부제의 방부효력시험 방법」에 준하여 실시하였다. 다만 시험편의 크기를 고려하여 시편의 균에 대한 폭로기간을 200일로 연장하여 실시하였다.

### 3. 결과 및 고찰

가. 소나무 원목의 함수율 변화

고온의 아마인유에 침지처리한 길이 50cm 소나무 원목의 초기 함수율은 모두 100% 이상이었으며, 처리 후 함수율의 분포는 Table 1과 같이 나타났다. 처리시간이 증가함에 따라 목재표면의 함수율은 급격히 낮아지나 22시간까지 그 처리시간을 늘려도 심재부위의 함수율이 낮아지지는 않았다. 원목의 함수율을 이용함수율까지 낮추기 위해서는 처리시간을 더욱 연장해야 할 것으로 판단되며 처리시간을 40시간 이상으로 연장하는 실험이 진행 중에 있다.

길이 150cm 소나무 원목에 대한 40시간 처리 후 함수율의 분포는 Table 2와 같으며, 목구면에서의 깊이 및 목재 표면으로부터 방사방향의 깊이에 따른 함수율 분포를 나타내었다. 마찬가지로 40시간의 처리로서는 목구면 및 목재표면으로부터 가장 멀리 떨어진 부위의 함수율을 약 35%까지 낮출 수 있었다. 동일 크기의 원목에 대해 70.4개/m<sup>2</sup>의 비교적 낮은 밀도로 천공처리한 원목의 경우에도 40시간의 처리로는 목재내부의 함수율을 약 30%까지 낮추는데 불과하였다. 원목의 함수율을 이용함수율 까지 낮추기 위해서 천공 밀도를 높이는 방법과 처리시간을 연장하는 방법이 실험 중에 있다.

참고로 직경 30cm, 길이 150cm이며, 초기함수율이 50%인 소나무원목을 70시간 처리한 결과 전건법을 이용한 함수율 수치는 5% 이내로 나타났다. Table 2에서도 나타났듯이 목재의 함수율을 5% 이내로 낮추는 것은 목재의 물리·화학적 변형이 없이는 불가능하다. 고온의 아민유에 장기간 처리함에 의한 목재내의 화학적 변화 또는 Fig. 10-11에서 볼 수 있듯이 장기간 아민유 처리 시에 목재 내 흡수된 아민유가 목재의 수분 이동 경로를 차단하며, 함수율 측정을 위한 전건 시에도 내부의 수분이 외부로 빠져 나오지 못한 결과 등으로 추론된다. 아민유를 이용한 건조방식은 여타의 인공건조 방식과는 다르며 따라서 별도의 함수율 측정방식이 필요할 것으로 판단된다.

Table 1. Moisture content of specimens(length 0.5m) according to the depth from the wood surface after treatment

Treating hour	Moisture content(%)			
	a	b	c	d
	Surface <-----> Pith			
6hour	18.0	31.5	29.2	33.9
9hour	9.7	19.3	29.6	29.3
22hour	9.7	32.2	28.9	33.3

Table 2. Moisture content of specimens(length 1.5m) according to the depth from the wood surface after 40 hour treatment

Depth from the surface(cm)	Moisture content(%)		
	Distance from the edge of the specimen(cm)		
	20	40	75
4.5	2.2	9.9	15.9
9.0	8.6	30.2	36.4
13.5	19.5	39.7	35.3
18.0	29.6	34.3	33.5

#### 나. 고온유지온욕 처리재의 발수·방부성능 평가

##### (1) 발수성능

처리재의 발수성능은 흡수성 실험을 통하여 평가하였다. 흡수성 실험은 발수성능을 평가하는데 있어 접촉각 실험(Kazayawoko, 1987)이나 흡습성 실험에 비하여 간단하면서도 뚜렷한 재현성을 나타내기 때문에 발수성을 테스트하는 방법으로 적절한 것으로 판단된다(이 등, 2002). 증류수에 5시간 침지처리 한 시료의 흡수량은 무처리재에 비하여 약1/2정도의 낮은 값을 나타내었다(Fig. 1). 유지를 주입한 목재는 야외사용에서도 함수율 변화가 적은 것으로 알려져 있다. 특히 아민유를 주입한 목재를 야외에 20개월 폭

로한 실험에서 처리재의 흡수율은 20% 미만으로 무처리재에 비해 매우 적은 흡수변화를 나타냈으며, 65개월간의 유사 실험에서도 무처리재는 20-100%의 흡수변화를 보인 반면 아마인유 처리재는 20-40%의 적은 흡수량 변화를 나타낸 것으로 보고하고 있다 (Paajanen. P. and A.C. Ritschkoff., 2002). 더불어 고온유지온욕처리재는 목재 내부 4mm이상까지 아마인유가 침투된 상태이므로 장기간 야외사용에서도 처리재의 흡수율 변화는 거의 없을 것으로 추정된다. Fig. 2-3은 고온아마인유 처리재의 표면으로부터 5mm깊이에서 채취한 시료의 전자주사현미경 사진이다. 수분의 이동 통로 및 물의 저장장소가 되는 대부분의 가도관, 방사유세포 및 세포내강이 아마인유로 충전되어 있음을 관찰할 수 있다. 처리재가 낮은 흡수율을 나타내는 원인은 이처럼 수분을 흡수할 많은 공간을 이미 아마인유에 내주었기 때문인 것으로 판단된다.

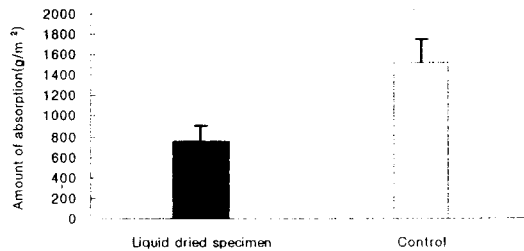


Fig. 1. Amount of water absorption of treated specimens(a) by heated linseed oil and controls(b). Error bars represent standard deviation.

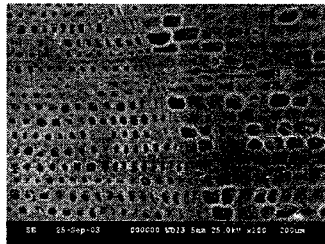


Fig. 2. SEM micrograph of cross section of specimen that was treated by high temperature linseed oil.

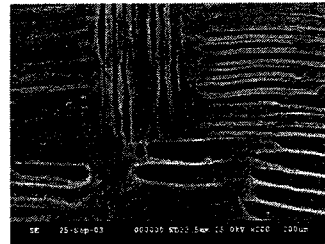


Fig. 3. SEM micrograph of radial section of specimen that was treated by high temperature linseed oil.

## (2) 항균효력

8종의 균종에 대한 고온유지온욕 처리재의 항균효력 평가결과 아마인유 처리재는 항균효력이 없는 것으로 나타났다. 다만 3종의 부후균과 변재 변색균인 *T. viride*는 균사가 처리시편을 뒤덮고 성장하는 반면, 이를 제외한 4종의 변재 변색균의 균사는 처리 시편과 만나는 부분에서 처리시편 위로 자라지 않는 특성을 나타냈다. 유사한 실험으로 Paajanen 과 Ritschkoff(2002)는 아마인유가 백색부후균 *T. versicolor*의 성장길이에 35-37%의 저항력을 가지며, *Coniophora puteana* 와 *Poria placenta*의 성장에도 저항

력을 나타냄을 보고하였다. 하지만 아미노유를 주입한 원판디스크를 이용한 실험에서는 처리 시편이 균사의 생장에 아무런 저항성을 나타내지 않았으며, 처리시편 위로 균사가 피복하였음에도 균에 의한 시편의 중량감소가 발생하지 않았다고 발표하였다. 이러한 결과들은 아미노유를 처리한 목재가 균의 생장에 있어서 광범위한 독성기작을 나타내지는 않음을 나타낸다. 변색균의 균사에 의한 목재의 침투는 방사유세포를 통하여 일어나기 때문에 페인트나 바니시와 같은 표면처리를 한 목재는 단기간 동안 변색균 방지에 효과가 있는 것으로 알려져 있으며, 처리재위로 직접 자라지 못한 4종의 변색균은 표면에 주입된 아미노유의 영향으로 판단된다.

### (3) 방부효력

각각 80°C 및 150°C에서 처리한 시험편의 방부효력 결과는 Fig. 4와 같다. 80°C에서 처리한 시험편은 무처리에 비해 *T. palustris*에 대하여 19.1%, *T. versicolor*에 대해 12.4%의 효력을 나타내었고, 150°C에서는 각각 49.0%, 69.0%의 효력을 나타내어 150°C 처리재가 부후균에 의한 피해를 덜 받은 것으로 나타났다. 이는 처리재의 함수율과 관련되어진 것으로 판단된다. 즉, 부후균이나 변색변색균은 결합수를 이용할 수 없는 것으로 알려져 있어, 본 실험에 사용된 함수율 약 15% 미만의 150°C 처리재에서는 이론상 생육이 어려우며, 이보다는 함수율 약 25%의 80°C 처리재가 가해받기 쉬웠을 것으로 판단된다. 차이를 나타내는 처리재의 부후정도는 부후 초기에 배지상의 수분을 이용한 균의 시편 가해속도와 관련되어진 것으로 판단된다.

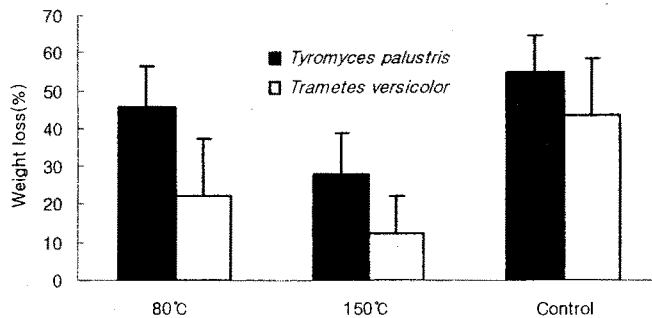


Fig. 4. Weight loss of treated specimens after exposure to *T. palustris* and *T. versicolor*. Values of graph are mean of 40 replicates and error bars represent standard deviation.

## 4. 결론

본 실험은 궁극적으로 대경목의 발수처리 및 속건 건조의 일괄 공정을 위해 실시하였다. 직경 30cm 이상, 길이 150cm 원목의 경우 처리시간은 최소 40시간을 초과하여야 하며, 처리재는 변색균이나 부후균에 대한 근본적인 저항성을 가지지는 않으나 효과적인 발수성능에 의한 내구성 향상을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

본 시험의 결과는 아미노유만을 주입한 것으로 약액의 주입정도와 건조정도를 알아보기 위한 것이다. 목재 내 유지의 침투가 부후균의 생육을 억제할 수 있는 깊이까지 침

투가 가능하면, 아마인유에 방부·방충 또는 방미에 효력을 갖는 약제를 혼합하므로 그 방부효력은 크게 향상시킬 수 있다. 이에 대해서는 금후 계속적인 실험을 통해 방부효력이 향상될 수 있도록 보완 실험을 할 계획이다.

### 참고문헌

1. Paajanen, L. and A.C. Ritschkoff. 2002. Effect of crude tall oil, Linseed oil and rapeseed oil on the growth of the decay fungi. IRG/WP 02-30299.
2. Treu, A., H. Militz., S. Breyne. 2001. Royal-treatment-scientific background and practical application. Presentation at COST E22 Conference. pp. 1-8.
3. Yoshiaki, M., G. Junichi, F. Shinji, K. Yasushi. 2002. Penetration of Paraffin into Sugi Structural Timber during High-Temperature Liquid Drying. 木材學會誌 48(5): 356~362.
4. Yoshiaki, M., N. Kiyomi, M. Hisashi, M. Takashi, Y. Eiji, K. Yasushi. 2001. 木材工業 56(6): 270~274.
5. 오형민, 이동흡, 손동원, 강창호. 2002. 천연유지 액상열처리에 의한 주입처리 특성. 2002 학술발표논문집. pp. 82-85.
6. 이동흡, 오형민, 강창호, 손동원, 김종인. 2002. 천연유지류 처리재의 발수성능 평가. 임산에너지 21(2): 34-42.

## 천연유지의 중합처리에 의한 발수성능 개선

오형민 · 이동흡 · 이현미  
(임업연구원 목재가공과)

### 1. 서론

목재에 사용되는 발수제는 발수력을 가지는 유지류와 유지의 도포를 돕는 용매, 항균제 등으로 구성된다. 이 때 발수제에 사용되는 유지는 발수성능을 좌우하는 중요한 인자로서 특히 유지의 중합정도에 따라 발수기작의 범위에 차이점이 나타난다. 그러므로 발수력이 큰 유지의 선정도 중요하지만 일반적으로 같은 유지농도에서 최대한의 발수력을 가질 수 있도록 중합처리 등의 방법이 채택되고 있다.

일반적으로 도료에 사용되는 천연유지는 중합 등의 처리를 거쳐 도료의 건조성, 도막내구성 등 화학적, 물리적 성질을 향상시킨 후 사용한다. 천연유지 중에서 아마인유가 다른 유지보다 발수성능이 우수함은 연구자들에 의해 기 발표되어진 바 있다. 아마인유는 소수성이면서 불포화성이 풍부하여 일반적으로 도료에 사용되며 공기 중에서는 산소를 흡수하고 이를 축·중합하여 탄력성이 있는 내수성의 고분자 물질로 변성된다. 그러므로 아마인유를 사용에 앞서 내수성의 향상 수단으로 아마인유를 이성화 또는 중합처리한 후 이들 처리가 아마인유 발수력에 미치는 영향을 알아보았다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 공시재료

- 공시유지: 공시유지는 아마인유를 사용하였다.
- 공시약품: Cu-Napthenate, Zn-napthenate, Co(Cobalt(II)acetate tetrahydrate, Mn(Manganese ahlroride), Ni(Nickel Sulfate, 6-hydrate), Pb(Lead Monoxide)

#### 나. 실험방법

##### (1) 유지의 중합

각 유지 200g에 대하여 표 1과 같이 첨가한 후 magnetic stirrer로 교반하면서 2시간동안 가열하여 반응시켰다.

##### (2) 중합한 유지의 점도 측정

처리한 유지를 Brookfield 점도계를 사용하여 spindle 속도를 60rpm으로 하여 점도를 측정하였으며 측정시 유지의 온도는 25±0.5℃이었다.

##### (3) 중합한 유지의 분자량 측정

유지중합 후 유지분자량의 변화를 측정하기 위해 유지의 검화가(saponification value [mg KOH/g saponifiable lipid])를 측정하였다. 유지의 검화가란 유지 1g을 완전히 비누화시키는 데 필요한 KOH의 소모량(mg)으로서 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$S.V. = \times 56.1 \frac{mL \text{ of } N \text{ KOH} - mL \text{ of } N \text{ HCl}}{\text{Weight of sample}(g)}$$

따라서 검화와 유지의 평균분자량은 서로 반비례 관계에 있고 이를 이용하여 유지의 평균분자량측정이 가능하다.

표 1. 공시유지의 조성

처리방법	촉매제		Sample name
이성화	+ Cu naphthenate	1g, 2g, 4g	A,B,C,
	+ Zn naphthenate	1g, 2g, 4g	D,E,F
중합	+Ni 유지분자량의 0.015%		G
	+Ni 유지분자량의 0.015% + Pb 주 촉매제의 1/10		H
	+Ni 유지분자량의 0.03%		I
	+Ni 유지분자량의 0.03% + Pb 주 촉매제의 1/10		J
	+Ni 유지분자량의 0.06%		K
	+Ni 유지분자량의 0.06% + Pb 주 촉매제의 1/10		L
	+Mn 유지분자량의 0.015%		M
	+Mn 유지분자량의 0.015% + Pb 주 촉매제의 1/10		N
	+Mn 유지분자량의 0.03%		O
	+Mn 유지분자량의 0.03% + Pb 주 촉매제의 1/10		P
	+Mn 유지분자량의 0.06%		Q
	+Mn 유지분자량의 0.06% + Pb 주 촉매제의 1/10		R
	+Co 유지분자량의 0.015%		S
	+Co 유지분자량의 0.015% + Pb 주 촉매제의 1/10		T
+Co 유지분자량의 0.03%		U	
+Co 유지분자량의 0.03% + Pb 주 촉매제의 1/10		V	
+Co 유지분자량의 0.06%		W	
+Co 유지분자량의 0.06% + Pb 주 촉매제의 1/10		X	

(4) 중합유지 처리재의 접착각 시험

중합유지를 도포한 시편을 함수율을 유사하게 조정하여 접착각측정기(SEO-300A)를 사용하여 sessile drop 방법으로 접착각을 측정하였다. 물방울이 떨어진 후 30초가 경과했을 때의 영상을 촬영, image analyzer를 사용하여 처리재별로 접착각을 비교하였다.

(5) 중합유지 처리재의 UV노출에 의한 재색 변화측정

중합유지를 도포한 시편을 UV등을 설치한 UV상자에서 약 1400시간 동안 자외선에 노출시킨 후 노출시키기 전과 노출시킨 후의 색차를 비교하였다.

(6) 중합유지 처리재의 침수시험을 통한 발수성능평가

접착각 시험과 UV 변색시험을 통해 1차 선정된 중합유지를 목재표면에 처리한 후 시편이 서로 붙지 않도록 네트를 설치하여 25±2℃ 증류수에 침수시키고, 시험편내에 침투된 수분의 량을 기준으로 발수성능을 평가하였다. 시험을 통하여 가장 발수력이 뛰어난 유지, 해당농도를 알아보았다.

### 3. 결과 및 고찰

가. 중합유지의 점도(viscosity)측정

이성화, 중합처리하지 않은 아마인유의 점도는 26.7mPas이다. 금속지방산염으로 이성화한 아마인유의 경우 대략 30mPas 정도로 점도가 상승하였으며 Cu-Napthenate와 Zn-napthenate의 사용농도에 따른 차이는 보이지 않았다. Ni(+Pb) 금속촉매제를 이용한 중합유지의 경우 Ni만으로 중합하였을 경우에는 29.3mPas로 점도가 약간 상승하였으나, 보조촉매제로 Pb를 첨가하였을 때 농도에 따라 점도가 크게 증가함을 알 수 있었다. Mn(+Pb)의 경우에도 Mn만을 첨가하였을 때에는 점도의 큰 상승이 보이지 않았으나, Pb를 첨가하였을 때 큰 점도의 상승을 나타내었다. Co(+Pb)의 경우 Co만을 넣었

을 경우 Ni과 Mn을 넣었을 경우보다는 점도가 더 상승하였으며, 보조촉매제 Pb을 사용하였을 경우 역시 점도가 크게 상승하였다.

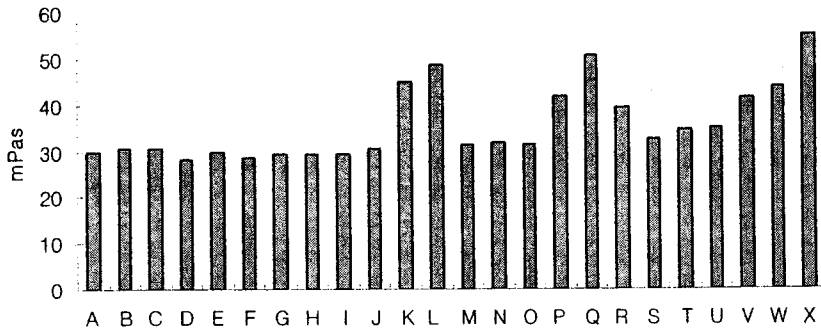


그림 1. 유지종류별 점도(mPas)

나. 중합처리한 유지의 분자량 측정

중합처리하지 않은 아미인유의 평균분자량은 895였다. 아미인유와 Cu-napthenate 및 Zn-napthenate을 농도(약액비 1, 2, 4%, w/w)별로 혼합한 중합과정에서 가열함으로써 유지 분자량이 감소하였다.

금속촉매제(주촉매제)로 니켈(Ni)을 단독으로 사용한 경우와 니켈(Ni)과 납(Pb)(중합형 건조제, 보조 촉매제 역할로 주촉매제의 1/10의 농도 첨가)을 혼합하였을 때, 납(Pb)의 혼합에 의해 분자량이 크게 감소하는 것으로 나타났다. Ni을 주촉매제로 이용하여 중합하였을 경우 분자량은 소량 감소하는 것으로 나타났으며 농도에 따른 감소폭은 적었다. Mn을 주촉매제로 사용한 아미인유의 경우에는 Mn의 농도가 커질수록 분자량이 크게 감소되는 것으로 나타났다. Co의 경우에는 분자량의 감소가 Ni과 Mn보다 훨씬 적었으며, 특히 보조촉매제인 Pb을 첨가하였을 때의 감소폭도 훨씬 적은 것을 알 수 있었다.

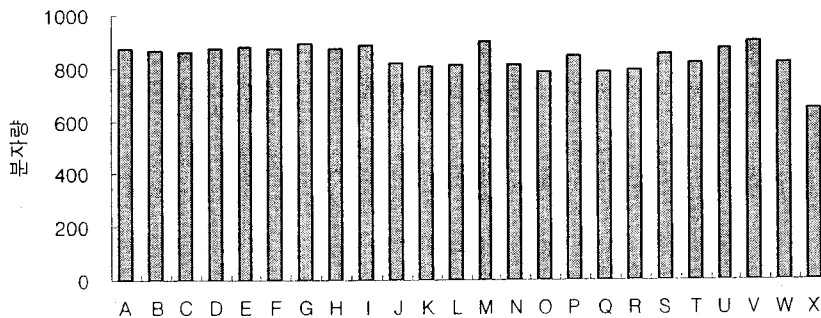


그림 2. 검화가로 추정된 중합유지의 분자량



다. 중합유지처리재의 접촉각측정

중합처리를 처리하지 않은 아마인유의 평균 접촉각은 약 80°이다. 아마인유와 나프텐산구리(NCU) 및 나프텐산아연(NZN)을 농도(약액비 1, 2, 4%(w/w))별로 혼합한 중합과 정에서 가열함으로써 발수정도를 나타내는 접촉각이 조금 향상되는 경향을 나타내었다. 금속촉매제로 니켈(Ni)을 단독으로 사용한 경우와 니켈(Ni)과 납(Pb)을 혼합하였을 때, 접촉각이 조금 상승하였으나 정도가 크지는 않았다. 금속촉매제로 망간(Mn)을 단독으로 사용한 경우에는 금속촉매제의 혼합율이 증가하면 접촉각도 증가하는 경향을 나타내었다. 망간촉매제를 사용하였을 경우에는 그렇지 않았을 때보다 접촉각이 소량 증가하는 경향을 나타내었으나 그 상승폭은 미미하였다. 금속촉매제로 코발트(Co)를 단독으로 사용하였을 때 접촉각의 증가는 뚜렷하게 증가하는 경향이였다. 그러나 납(Pb)의 혼합에 의해 접촉각이 크게 증가하지는 않아 이 경우에도 역시 보조촉매제의 역할은 미미하게 나타났다.

접촉각의 증가는 코발트(Co) > 망간(Mn) > 니켈(Ni)의 순이었으며, 니켈(Ni)의 첨가는 아마인유의 접촉각 증가에 크게 영향을 끼치지 못한 것으로 판단되었다.

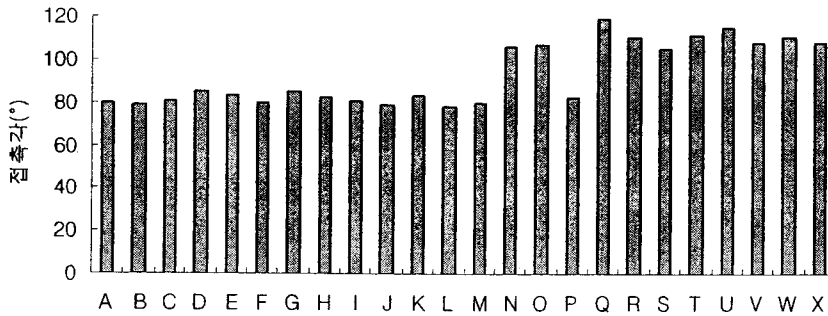


그림 3. 중합유지 처리재의 접촉각

라. 중합처리한 오일을 처리한 목재의 UV노출에 의한 재색 변화

아마인유만을 처리했을 경우 아무것도 처리하지 않은 목재표면보다 변색이 더 일어나 유지처리에 의해 목재표면의 퇴색이 가속되는 것을 알 수 있다. Cu-Napthenate로 이산화한 유지처리재의 표면은 아무 처리도 하지 않은 아마인유로 도포한 표면보다 변색이 적게 일어났으며 Zn-Napthenate로 처리한 유지는 아마인유처리재의 변색치와 큰 차이가 없었다.

금속촉매제를 사용하여 중합한 유지로 처리한 목재의 표면은 니켈(Ni)의 경우 아마인유처리보다 변색치가 더 크게 나타났다. 망간(Mn)의 경우에는 무처리유지와 크게 차이를 나타내지 않았으나 Δb가 적게 나타났다. 코발트(Co)의 경우 색차가 가장 적게 나타났다. 또한 중합처리시에 납

표 2. 각 중합유지처리재별 색차

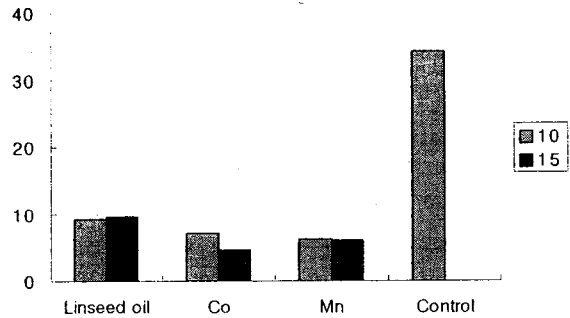
	ΔE (color difference)	ΔL	Δa	Δb
무처리	18.59	11.18	6.71	13.26
linseed oil	28.52	19.44	14.38	15.12
Cu-napthenate	21.33	12.81	11.98	12.15
Zn-napthenate	23.58	13.87	11.76	15.02
Mn	21.72	15.47	13.48	7.11
Mn,Pb	23.23	18.43	14.06	1.56
Ni	25.58	16.39	13.45	14.31
Ni,Pb	22.09	15.11	12.94	9.61
Co	18.82	14.10	11.72	4.29
Co,Pb	24.98	19.73	14.92	3.46

(Pb)을 보조조건제로 첨가한 경우 모두  $\Delta L$ 과  $\Delta a$ 는 큰 차이를 나타나지 않았으나  $\Delta b$ 가 줄어드는 것으로 보아 납(Pb)을 첨가할 경우 UV에 의한 yellowing현상이 줄어드는 것으로 보인다.

마. 중합처리한 오일을 처리한 목재의 침수시험을 통한 발수성능평가

중합한 유지 중에서 접촉각이 큰 코발트(Co)처리 아미노유, 망간(Mn)처리 아미노유중 납(Pb)을 포함한 유지를 제외시킨 유지처리재의 발수성능을 흡수성 시험을 통하여 평가하였다. 결과는 그림 4와 같다. 유지의 농도가 10%일 때 망간(Mn)으로 산화중합한 유지처리재의 경우 가장 좋은 발수성능을 나타내었고, 15%농도이었을 때에는 코발트(Co)로 산화중합한 유지가 가장 발수성능이 우수한 것으로 나타났다. 망간(Mn)의 경우 10%유지와 15%유지의 발수성능의 차이가 크지 않은 반면 코발트(Co)의 경우 15%로 농도가 높아졌을 때 발수성능의 향상이 더 크게 나타났다.

위의 결과를 종합하면 코발트(Co)로 중합한 유지를 발수제의 조성에 사용할 경우 가장 우수한 발수력을 기대할 수 있을 것으로 보인다.



#### 4. 결론

발수제에서 발수력을 가지는 주 재료인 식물성 유지의 발수력을 높이기 위해 건성유인 아미노유를 이성화·중합을 시도하였다. 지방산염을 이용하여 이성화한 아미노유는 그 발수력이 크게 향상되지 않았다. 금속촉매제를 이용하였을 때 Ni과 Mn만으로 중합한 아미노유는 발수력이 크게 증가하지 않았으나, 이들 촉매제에 보조촉매제를 첨가하였을 경우 보조촉매제의 농도가 높을수록 발수력이 향상되었다. 금속촉매제를 Co로 하였을 경우 보조촉매제의 존재와 상관없이 발수력의 향상이 가장 뛰어났다.

#### 참고문헌

1. 이동흡, 오형민, 강창호, 손동원, 김종인. 2002. 천연유지류 처리재의 발수성능 평가. 임산에너지 21(2). 34-42pp.
2. Williams, R.S and W.C. Feist. 1999. Water repellents and water-repellent preservatives for wood. Forest Products Laboratory General Technical Report. FPL-GTR-109. 1-12p.
3. 三原一幸 編. 이명환 역. 1989. 도료학. 대광서림. 349-356pp.

**Proceedings of the**  
**IAWPS2003**  
**International Conference on Forest products**  
**Better Utilization of Wood for Human, Earth and Future**

**Volume 2**

**Edited by**  
**Hwa Hyoung Lee and Sang Sik Jang**  
**Department of Forest Products**  
**Chungnam National University, Daejeon, KOREA**

**Daejeon, KOREA**  
**April 21-24, 2003**

**The Korean Society of**  
**Wood Science and Technology**  
**International Association of**  
**Wood Products Societies**

**Sponsored by**  
**Korea Forest Service**

# COMPARISON OF PROPOSED METHODS OF ESTIMATING WATER REPELLENT EFFICACY

Hyung- Min Oh, Dong-heub Lee, Dong-Won Son  
*Department of Forest Products and Technology, Korea Forest Research Institute, KOREA*

## SUMMARY

This study attempted to compare methods of estimating the efficacy of different water repellents. Methods used in this study were hygroscopicity test, water absorption test of soaking treatment, and contact angle measurement. Among these methods, hygroscopicity test measures the ability of absorbing the moisture in vapor state. Both absorption test and contact angle measurement estimate water repellent efficiency for liquid state water. As the result, the efficacy of water repellent was highly dependent on the composition and content of material that had hydrophobic properties to the vapor state moisture. However, the efficacy of the repellent to liquid water depended on the quantity of hydrophobic material.

*Keywords: water repellent efficacy, hygroscopicity test, water absorption test, contact angle*

## 1. INTRODUCTION

### 1.1 The necessity of water repellent estimation method

Water repellents are wood finishes that improve the durability of wood by enabling wood to repel liquid water. The ability of repelling water is imparted with the use of wax, oil, or a similar water-repelling substance. By blocking the penetration of water, water repellents provide wood with the resistance to deterioration and discoloration due to with wood-decay fungi, which needs moisture to live.

An authorized method of estimating water repellent's performance in the Republic of Korea is to measure hygroscopicity only. The hygroscopicity examination measures about absorption condition in vapor state that had no direct contact with water. But, there is direct contact with liquid water as well as vapor state moisture in practices. Therefore, we need to develop more efficient estimation method than hygroscopicity examination to include the effect of liquid state water.

In this study, we conducted water absorption test of soaking treatment and contact angle measurement as well as hygroscopicity test. The water absorption test measures the ability of repelling liquid water. This is more aggressive method than hygroscopicity test. The contact angle measurement is very simple method, and provides information about physicochemical energy change on wood surface treated with water repellents.

### 1.2 Water repellent estimation methods by moisture state

In general, wood is exposed to moisture that is either in liquid or vapor state when it is in service. The measurement of wood hygroscopicity is a traditional method of evaluating the efficacy of water repellents for wood. This method measures the amount of moisture in vapor absorbed into wood. Water absorption and contact angle measurements were selected to estimate the efficacy of water repellent for treating wood. The contact angle measurement is an easy and simple method to measure physical energy change on wood surface. Both methods of water absorption and hygroscopicity measurement are similar, while water absorption method measures the change of weight and dimensions of samples after the soaking in water. Thus, the water absorption method is more practical than hygroscopicity test. In this study, three measurement methods such as hygroscopicity, absorption, and contact angle were employed to compare and analyze the efficacy of different water repellents.

### 1.3 Typical composition of water repellent

Both drying oil and paraffin wax have hydrophobic property. The most common drying oils are linseed and tung. Their composition is shown in Table 1.

**Table 1 Composition of typical water repellents**

Ingredient	Approximate composition (%wt)
Resin or drying oil	10
Paraffin wax	0.5 ~ 1
Solvent (turpentine, mineral spirits, or paint thinner)	89

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1 Materials

#### 2.1.1 Formulations of agents

A water repellent may be used as a natural finish. This type of finish contains a small amount of wax (or similar hydrocarbon as a water repellent), a resin or drying oil, and a solvent such as turpentine, mineral spirits, or paraffinic oil. Formulations of these agents used for this study were shown in Table 2.

**Table 2 Formulations of agents**

	Linseed oil (%)	Paraffin wax (%)	Solvent (%)
L <sup>a</sup>	10	.	90
P <sup>b</sup>	.	1	99
M <sup>c</sup>	10	1	89

a: Linseed oil; b: Paraffin wax; c: Mixture of linseed oil and paraffin wax

#### 2.1.2 Specimens preparation and treatment of specimens

A softwood lumber (*Pinus densiflora*) was sawn into small specimens for this study. The specimen dimension of hygroscopicity test was 5mm (thickness) x 20mm (width) x 40mm (length), and that of water absorption test was 10mm (thickness) x 50mm (width) x 50mm (length). The specimen surface for the contact angle test was cut with sliding microtome to reduce the variations of other factors, and the size was 10mm x 10mm x 20mm. The cross section of the specimen was sealed with epoxy resin to prevent the penetration of water and treated oils. Water repellents for the specimen were applied by brushing with a target amount of 110±10 g/m<sup>2</sup> for all three methods, and then dried at room temperature for 10 days in dark room.

### 2.2 Methods

#### 2.2.1 Hygroscopicity test

The untreated and treated specimens were conditioned to at 97% relative humidity in a desiccator with potassium sulfate saturated solution. And then, the change of specimen weight was measured after 48 hours following the equation (1) below:

$$W_v = \frac{W_a - W_0}{W_0} \times 100 \quad \text{-----} \quad (1)$$

where  $W_v$  is moisture absorption percentage,  $W_a$  the wood weight after the moisture absorption treatment, and  $W_0$  oven-dry weight of wood.

#### 2.2.2 Water absorption treatment

The treated and untreated samples were soaked for five hours in a container filled distilled water, and plastic grids were put between samples to allow space for the samples for swelling. After the treatment, all specimens were measured the weight, thickness and width, and then water absorption percentage and thickness swelling were calculated using the equations (2) and (3), respectively.

$$W_L = \frac{W_s - W_0}{W_0} \times 100 \quad \text{-----} \quad (2)$$

where  $W_L$  is liquid water absorption percentage,  $W_s$  the wood weight after the soaking treatment, and  $W_0$  oven-dry weight of wood.

$$L_T = \frac{L_s - L_0}{L_0} \times 100 \quad \text{-----} \quad (3)$$

where  $L_T$  is thickness swelling percentage after the treatment,  $L_s$  thickness after the treatment, and  $L_0$  thickness before the treatment.

### 2.2.3 Contact angle measurement

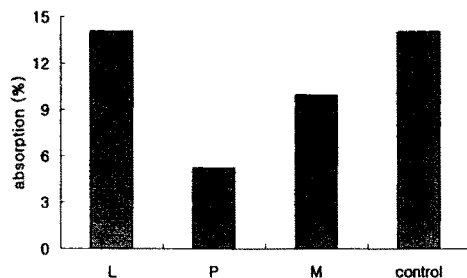
The contact angle was measured by sessile drop method using a contact angle analyzer (SEO 300A, Korea). A drop of distilled water was applied to the sample surface, and thirty-one images of the sessile drop were taken in every two seconds for one minute just right after the drop.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 Hygroscopicity test

The result of the hygroscopicity test was shown in Fig. 1. The hygroscopicity test measures the ability of repelling vapor state water for a sample. The moisture absorption percentage obtained from the hygroscopicity test was 14.0% for the wood samples treated with 10% linseed oil solution, while it was 5.2% when treated with 1% paraffin wax. When treated with the mixture of 10% linseed oil and 1% paraffin wax, the moisture absorption percentage was 9.9%. This result means that the moisture absorption percentage was less when treated with the mixture than when treated with linseed oil only. When treated with the mixture of 10% linseed oil and 1% paraffin wax, the moisture absorption percentage was greater than the treatment of 1% paraffin wax only. The moisture absorption percentage of samples treated with linseed oil was still smaller than that of the control, but it was much greater than that of the paraffin wax treatment.

These results might be explained by the nature different chemical structures of linseed oil and paraffin wax. In another words, the oil molecule is consisted of three fatty acids and one glycerol. Fatty acids have a carboxylic group in carbon chain. But, the polar group does not exist in the molecules of paraffin wax. This is consisted of carbon and hydrogenous long chain only. In this manner, Therefore, the differences in the efficacy of water repellents could be explained by the nature of their compositions. Thus, the use of polymerized oil or the increased amount of hydrophobic ingredients is important to improve water repelling ability against vapor state water.

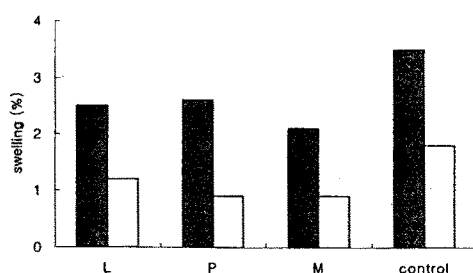


**Fig. 1. Moisture absorption percentage of vapor state water.**  
**L; linseed oil, P; paraffin wax, M; mixture of linseed oil and paraffin wax**

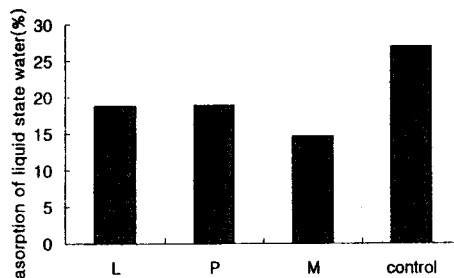
### 3.2 Water absorption treatment

Figs. 2 and 3 show the thickness swelling after the water absorption treatment. The thickness swelling percentages of the case of linseed oil treated wood after the soaking treatment were 2.5% in tangential direction and 1.2% in radial direction, respectively. When treated with paraffin wax, the thickness swelling percentages were 2.6% in tangential direction and 0.9% in radial direction. In contrast to the results of the hygroscopicity test, there was no difference in water repellent efficiency between linseed oil- and paraffin wax-treated wood samples. Also, the samples treated with the mixture of linseed oil and paraffin wax showed the highest water repellent efficiency (tangential direction swelling rate 2.1%, radial direction swelling rate 0.9%). This result was in agreement with the result of moisture content (MC) measurement. In fact, both MC of linseed oil- and paraffin wax-treated wood samples were 18.8% and 19.0% after the soaking treatment. But, the treatment with the mixture of linseed oil and paraffin wax showed a MC of 14.7%.

These results indicated that the efficacy of water repellents depends on number of factors such as chemical structure, ingredient composition, and efficient treatment of water repellents. Increasing the amount of water repelling ingredient, and homogeneous treatment could improve the efficacy of water repellents. Thus it is important to increase the concentration or amount of water repellent for the products, like decks and roofs, which could be exposed to liquid water for extended time, and to increase the number of treatments.



**Fig. 2 Thickness swelling percentage.**  
**L; linseed oil, P; paraffin wax, M; mixture of linseed oil and paraffin wax**



**Fig. 3 Liquid water absorption percentage**  
 L; linseed oil, P; paraffin wax, M; mixture of linseed oil and paraffin wax

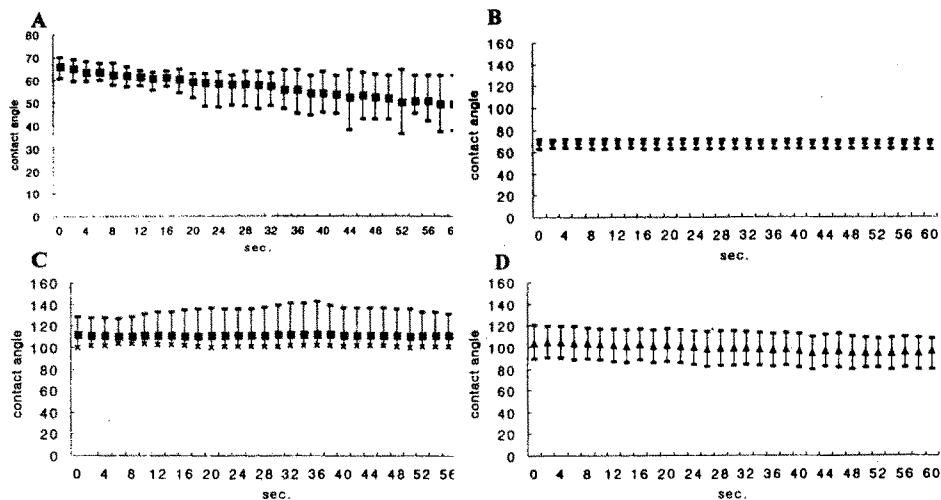
### 3.3 Contact angle measurement

Fig. 4 shows the results of the change of contact angle as a function of measuring time. The change of contact angle was related to the rate of penetration and spreading of the liquid on the solid surface. The average contact angle value of control samples was initially  $65.9^\circ$  and then gradually decreased to  $48.6^\circ$  after 60 seconds. For linseed oil-treated samples, the contact angle value changed from  $68.2^\circ$  to  $67.2^\circ$ , whose values were not much different at the initial stage, but considerably changed to  $18.5^\circ$  after 60 seconds compared with the control. Paraffin wax-treated samples displayed much greater differences in the contact angle of  $112.2^\circ$  at first and  $111.1^\circ$  after 60 seconds. These effects can be interpreted as a result of changes of surface free energy by coating the repellents. In other words, hydrophobic paraffin wax treated surface resulted in great contact angle value since it had a low free energy, while less hydrophobic linseed oil exhibited smaller contact angle value because it had greater free energy than that of paraffin wax.

A gradual decrease in the contact angle of the untreated wood could be explained as following. As soon as the drop was put on the surface, the liquid is spreading over and penetrating into on the surface. The spread of the liquid goes into cell lumens and then moves along the lumens. The spreading and penetration are continuously repeated to reach a relatively stable state for a certain time. The decrease of the contact angle is continued until the sum of liquid-vapor surface's free energy and liquid-solid surface's free energy becomes the same with solid-vapor surface's energy.

The contact angle of the sample treated with the mixture of linseed oil and paraffin wax was initially  $103.3^\circ$  and then decreased to  $96.3^\circ$  after 60 seconds. At first time, this result might be attributed to low surface energy of the mixture of paraffin wax and linseed oil. Although the state of the water used in the contact angle measurement was liquid, the results were similar to those of the hygroscopicity test.





**Fig. 4** The changes of contact angle depending on the elapsed time.  
**A:** non-treated wood surface; **B:** linseed oil treated wood surface;  
**C:** paraffin wax treated wood surface **D:** mixture linseed oil and paraffin wax treated wood surface.

#### 4. CONCLUSIONS

As the use of water repellents for treating wood increases in recent years, the cost of water repellents imported went up to one million dollars. However, most of water repellents were being imported without going through a proper quality evaluation because there were no established methods of evaluating the quality of water repellents in national and international points. Therefore, the establishment of the method of quality evaluation for water repellents is very important. This study tried to explore a feasibility of establishing methods of estimating water repellent's efficacy for future.

The efficacy of water repellents used in this study depended on three measurement methods employed. Both hygrosopicity test and contact angle measurement showed that the result depended on the surface chemical property of treated wood samples. The efficacy of water repellents measured with water absorption test of soaking in water was improved as the quantity of water repellent ingredients increased. Since this result showed a little difference in the efficacy, the reliability could be improved with other tests such as UV radiation and accelerated weathering test. Also specific conditions used to treat wood must be included in comparison with three different methods of estimating the efficacy of water repellents. The result of this study suggested that the formulations of water repellents could be adjusted to deal with various conditions of practical environment. For example, large quantities of water repellents must be used for decks and/or roofs in wooden buildings, which could be exposed to liquid water for long time.

#### 5. REFERENCES

1. Willians, R. S and W. C. Feist. 1999. Water repellents and water-repellent preservatives for wood. Forest Products Laboratory General Technical Report. FPL-GTR-109.1-12
2. Shi, S. Q. and D. J. Gardener. 2001. Dynamic adhesive wettability of wood. Wood and Fiber Science. 33(1):55-68
3. Kazayawoko, M., A. W. Neumann., J. J. Balatinecz. 1987. Estimating the wettability of wood by the axisymmetric drop shape analysis-contact diameter method. Wood Sci. Technol. 31:87-95