

최 종  
연구보고서

국산 저급원목의 圓板을 활용한  
목공예기념품류의 건조지표 및 디자인컨셉 개발  
Development of Drying Index and Design  
Concepts for Wood Artifacts Based on Log Cross  
Sections from Domestic Low-Grade Logs

圓板의 압체고주파진공건조스케줄 類型化를 위한 건조지표  
개발

Development of drying index for grouping of radio-  
frequency/vacuum drying schedules of log cross  
sections

圓板을 활용한 목공예기념품류의 디자인컨셉 개발

Development of design concepts for wood artifacts  
based on log cross sections

연구기관 전 북 대 학 교

농 립 부



# 최 종 보 고 서

1999년도 농림기술개발사업에 의하여 완료한 국산 저급원목의 원판을 활용한 목공예기념품류의 건조지표 및 디자인컨셉 개발에 관한 연구의 최종보고서를 별첨과 같이 제출합니다.

- 첨부: 1. 최종보고서 10부  
2. 최종보고서 디스켓 1매

2002년 1월 일

주관연구기관 : 전북대학교

총괄연구책임자 : 이 남 호 (인)

주관연구기관장 : 신 철 순 (직인)

농 립 부 장 관 귀 하

# 제 출 문

## 농림부 장관 귀하

본 보고서를 "국산 저급원목의 圓板을 활용한 목공예기념품류의  
건조지표 및 디자인컨셉 개발"의 최종보고서로 제출합니다.

2001년 11월 17일

주관연구기관명: 전북대학교

총괄연구책임자: 이 남 호

세부연구책임자: 이 남 호

임 승 택

연 구 원: 신 영 식

이 성 원

연 구 보 조 원: 남궁 선

임 진 아

최 준 호

황 의 도

김 명 수

박 영 수

손 경 호

참 여 기 업: 이나모아트

# 요 약 문

## I. 제 목

국산 저급원목의 圓板을 활용한 목공예기념품류의 건조지표 및 디자인컨셉 개발

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

지구상의 可用목재자원은 점점 소경재화·저급화 되어가고 있으며, 이것마저도 가격이 급등하고, 안정적인 공급 또한 장담하기 곤란한 상황이다. 특히 우리나라의 경우 생산원목의 절대 다수가 소경재나 만곡재 등과 같은 저급원목으로서 이것들의 대부분은 林地에 그대로 버려지거나 또는 펄프용재, 톱밥용재 등과 같이 부가가치가 매우 낮은 용재로 활용되고 있는 실정이다. 본 과제에서는 이러한 국산 저급원목들을 圓板(log cross section)의 형태로 가공하여 목공예용재로 활용한 디자인컨셉과 그 가공기술을 개발하여 제공함으로써 국내 부존산림자원의 효과적인 활용을 촉진하고자 하였다.

목공예품은 지역의 향토적 소재나 역사성, 토속적 풍물 등을 형상화 할 수 있다는 점에서 그 자체가 뛰어난 문화상품임과 동시에 문화의 매신저로서 역할을 수행할 수 있기 때문에 문화적 유산이 풍부한 우리나라로서는 글로벌시대에 적극적으로 개발해야 할 상품이라 생각된다. 이를 위해서는 새로운 한국적 표현소재를 발굴하고, 새로운 품목과 디자인컨셉을 개발하는 작업들이 이루어져야 할 것이다. 그에 앞서 무엇보다도 디자이너들을 목재재료의 제약이나 목재가공기술의 제약으로부터 해방시켜 그들의 사고 영역을 확대시켜 주는 작업과 목공예품의 품질 및 가격경쟁력을 확보해주는 것이 필요하다. 이러한 점에서 목공예품을 하나의 산업으로 발전시키기 위해서는 문화집약적이면서 기술집약적인면을 동시에 추구할 필요가 있다.

원목을 가로켜기하여 얻은 원판은 곡선적 미관성이 뛰어나고, 樹木이 겪어왔던 회노애락 등 모든 성장역사가 단절없이 그대로 반영되어있기 때문에 외관적인 면이나 내면적인 면에서 목공예용 재료로서의 가치가 매우 높다. 즉 원판은 기존의 판재류나 각재류를 활용한 목공예품 일변도에서 탈피하여 전혀 색다른 디자인컨셉이나 품목을 개발할 수 있는 잠재적 가치가 그만큼 풍부한 재료의 이용형태인 셈이다. 뿐만아니라 小經材나 彎曲材 등을 원판의 형태로 활용하는 발상의 전환을 시도할 경우 제재수율의 현저한 증가를 기대할 수 있고, 목공예용 원목의 공급과 가

격안정을 꾀할 수 있어 원판은 우리 실정에 적합한 공업적 재료이기도 하다.

따라서 이제 축적된 圓板가공기술의 실용화를 위해 기술의 완성도를 높이고, 원판의 특성을 부각시킬 수 있는 용도와 디자인컨셉을 개발하여 국산 저급재 원목으로부터 고부가가치의 목공예품을 대량생산할 필요가 있다. 이를 위해서는 원판의 재료별 질감탐색과 원판목공예품의 용도별 탐색을 통해 목공예품의 생산원가 절감, 규격화, 量産化 등이 가능한 디자인컨셉을 개발할 필요가 있다. 또한 여러 가지 다양한 국산 수종들의 원판을 목공예품재료로 안정적 공급을 위해서는 각 수종별 원판의 건조특성을 신속·정확하게 평가할 수 있는 새로운 건조지표가 개발되어야 하고, 이를 통해서 수종별 전처리방법의 선택기준이나 압체고주파진공건조스케줄의 類型化자료를 확립할 필요가 있다.

### III. 연구개발 내용 및 범위

#### 1. 원판의 압체고주파진공건조스케줄 유형화를 위한 건조지표 개발 (제1 세부과제)

가. 원판의 건조지표 및 전처리방법 선택지표 개발(1차년도)

- 심재부와 변재부의 재질특성 분석
- 건조결함별 발생등급지표 개발
- 전처리 방법 선택지표 개발

나. 주요 국산 수종별 원판의 압체고주파진공건조스케줄 확립(2차년도)

- 심재할렬 및 경계할렬 예방
- V형크랙 예방
- 건조시간 단축

#### 2. 원판을 활용한 목공예기념품류의 디자인컨셉 개발 (제2 세부과제)

가. 원판을 활용한 목공예기념품류의 디자인컨셉 개발(1차년도)

- 형상별 디자인컨셉 개발
- 용도별 디자인컨셉 개발

나. 목공예품 시작품 제작(2차년도)

- 개발품목 제작

## IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

### 1. 연구개발 결과

#### 가. 원판의 압채고주파진공건조스케줄 유형화를 위한 건조지표 개발 (제1세부과제)

주요 국산 수종별 원판의 건조지표 및 압채고주파진공건조스케줄 類型化를 위한 주요 시험결과는 다음과 같다.

##### 1) 수종별 건조결함 발생등급 지표 및 전처리 추천 지표

- 가) 심재할렬 발생등급은 삼나무는 경미, 그리고 편백나무와 측백나무 및 느티나무는 보통의 수준인 것으로 평가되었다. 한편 벗나무, 낙엽송, 소나무 등은 심함의 수준으로 분류되었고, 은행나무, 음나무, 참중나무, 아까시나무 등은 매우 심함으로 평가되었다.
- 나) 경계할렬 발생등급은 은행나무는 경미, 소나무, 측백나무, 아까시나무 및 참중나무는 보통으로 평가되었다. 삼나무, 느티나무, 벗나무는 심할 것으로, 그리고 낙엽송, 편백나무, 음나무는 매우 심할 것으로 평가되었다.
- 다) V형크랙 발생등급은 은행나무는 경미, 소나무, 측백나무, 아까시나무 및 참중나무는 보통일 것으로 평가되었다. 편백나무, 낙엽송, 음나무 등은 V형크랙이 심함으로, 그리고 삼나무, 벗나무, 느티나무 등은 매우 심함으로 평가되었다.
- 라) 심재할렬, 경계할렬 및 V형크랙의 추정 발생등급으로 부터 각 수종별 추천 전처리 방법 등을 제시할 수 있었다.

##### 2) 수종별 원판의 압채고주파진공건조스케줄 개발 시험

- 가) 두께 30mm 소나무 원판의 무결점 원판의 수율은 63.4~77.2%로서 ET-H/1처리나 건조스케줄 A 및 건조스케줄 B 모두 무난한 것으로 평가되었고, ET-H/1처리는 심재할렬 예방에는 크게 기여하였지만, 약간의 경계할렬을 초래하는 것으로 판단되었다.

- 나) 낙엽송 원판의 경우 별도의 전처리를 실시하지 않더라도 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었으며, 저온건조스케줄 A(LT)가 V형크랙 예방에 기여하는 효과는 뚜렷하지 않았다. 원판의 두께가 두꺼울 경우 ET-H/2처리와 건조스케줄 D(LT)는 V형크랙 예방에 기여하는 것으로 평가되었다.
- 다) 은행나무의 경우 처리와 건조스케줄에 관계없이 매우 양호한 건조수율을 얻을 수 있었으며, 특히 ET-SH/1처리의 경우 94% 이상의 무결점 수율을 얻을 수 있었다.
- 라) ET-H/1처리는 삼나무 원판의 건조결함 예방에 매우 효과적이었으며, 특히 심재할렬과 경계할렬 예방에 유리하였다.
- 마) ET-S/2처리는 편백나무 원판의 건조결함 예방에 매우 효과적이어서 약 90% 가량의 무결점 원판을 얻을 수 있었다.
- 바) 두께 20 mm 느티나무 원판의 무결점 수율은 80.3%, 그리고 두께 30 mm 원판의 경우 69.1%로 비교적 양호한 편이었다. 발생한 결함의 대부분이 심재할렬로서, 이를 예방하기 위해서는 건조초기의 건조속도를 다소 지연시키는 스케줄 개량이 필요할 것으로 생각된다.
- 사) 벗나무의 경우 무결점 원판의 수율이 65.2 ~ 85% 수준으로 만족할 만하였다. 다만 건조수율을 보다 증진시키기 위해서는 R-O-S & ET-H/1처리나 또는 건조초기 저온건조가 바람직할 것으로 생각된다.
- 아) 아까시나무 원판의 경우 두께 24 mm와 두께 30 mm 모두 R-O-S처리는 건조결함 예방에 매우 효과적인 것으로 나타났으나, 두께 30mm ET-H/1처리 원판은 심재할렬에 의해서 약 38%가량이 손상되었다.
- 자) 음나무의 경우 심재의 투과성이 불량하고, 특히 함수율이나 횡단방향 수축율의 방사방향 변이가 매우 복잡한 양상을 보여 무결점 원판을 전혀 얻을 수 없었다. 음나무는 원판건조의 메카니즘을 밝히는데 있어서 매우 유용한 가치를 지니는 수종으로 여겨진다.
- 차) 참중나무 원판의 경우 R-O-S 처리에 의해서 경계할렬과 V형크랙은 매우 효과적으로 예방할 수 있었으나, 쏘 시험 원판의 47%가 심재할렬에 의해서 손상되었다.
- 파) 본 과제에서 개발하여 제시한 건조결함별 발생 등급지표, 그리고 그것에 준하여 각 수종에 적합할 것으로 추정된 전처리 선정지표 등은 원판의 압제고 주파진공건조스케줄을 유형화하는데 있어서 매우 적절한 것으로 평가된다.

## 나. 원판을 활용한 목공예기념품류의 디자인컨셉 개발 (제2 세부과제)

국산 저급원목의 원판을 활용한 목공예기념품류의 디자인 컨셉개발을 통해서 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 소나무 원판의 경우 대형 품목에 적합하고, 나이테가 너무 분명하여 시선을 분산시키는 것이 바람직한 것으로 평가되었다.
- 2) 원판 목공예품은 형태나 재료적인 측면에서 참신하고, 차별성이 우수한 것으로 인식하고 있었으나, '전통적 이미지'와 '현대적 이미지'가 분명하지 않은 것으로 인식하므로써 앞으로 디자인 컨셉을 보다 분명하게 설정할 필요가 있는 것으로 평가되었다.
- 3) 원판 목공예품에서 樹皮는 다른 여타의 목공예품과의 차별화를 위해 매우 중요한 것으로 인식하고 있었으며, 수피를 부분적으로 활용하는 것에 대한 선호도가 높았다. 수피의 활용이 유리한 수종으로는 소나무, 은행나무, 아까시나무, 참죽나무 등이 선정되었다.
- 4) 목공예품에서 사용된 원판의 횡단면적이 크고, 수피의 점유율이 높은 품목에 대한 선호도가 우수하였다.
- 5) 원판 목공예품 구입시 가장 중요한 것으로 '디자인'을 꼽았고, 원판 목공예품의 적정 판매가격은 1만원 ~ 3만원이 적정한 것으로 조사되었다.

## 2. 연구개발 결과 활용에 대한 건의

본 과제를 통해서 국산 저급 원목의 원판을 활용한 목공예기념품 생산을 위한 기반 건조기술과 디자인 컨셉을 개발하여 제공하였다.

본 과제에서 개발한 원판의 압축고주파진공건조스케줄 類型化를 위한 乾燥指標는 원판의 건조특성이 未知인 수종이 입수되었을 때 신속하고 정확하게 적정 전처리를 선정하거나 적정 건조스케줄을 설정할 수 있는 유용한 道具(tool)를 제시하였다는데 그 意義가 있다. 그러나 한정된 時間과 財源 때문에 주요 국산 수종만을 시험수종으로 선정할 수 밖에 없었으나, 추후 보다 광범위한 수종들이 검토될 수 있는 기회가 제공되어지기 바란다.

또한 세계 최초로 원판만을 재료로 선정하여 목공예품을 집중력 있게 개발하였고, 품평회를 통해서 참신하고, 차별성이 우수하며, 고급제품으로서의 이미지가 강하다는 평가를 받은 바 있다. 이제 개발된 디자인 컨셉을 바탕으로 특정품목을 선정해서 보다 밀도 있게 접근할 기회를 가지므로써 국내 우위기술이 빛을 발할 수 있게 되기를 희망한다.

# **SUMMARY**

## **I . PROJECT TITLE**

Development of drying index and design concepts for wood artifacts based on log cross sections from domestic low-grade logs

## **II . OBJECTIVES AND SIGNIFICANCE**

It is a situation that an available resources of logs in the world gradually become smaller in diameter and lower in quality, even soar in price so that a stable supply of logs are difficult to be guaranteed, especially, the majority of the domestic logs are so low quality such as small logs in diameter, crooked logs etc., and they are either left on the felled area or utilized for the materials with low added value such as pulp wood, sawdust wood etc. The objective of this project is to promote effective utilization of the endowed resources of domestic forests by providing a design concept as well as its manufacturing technique which make use of a form of log cross sections processed from such domestic logs with low quality as the materials of wooden crafts.

In view of the fact that wooden crafts can image a subject materials endowed with local characteristic of a certain region or the products with a native custom and history etc, wooden craft should be developed positively in our country, being in global area, with abundant cultural heritage because they can implement a function of both outstanding cultural commodities and messengers of culture. In order to do, it is necessary to exploit a new theme of expressing Korea, and develop new item and design concept. In advance of this, the most important thing is to let designers liberate from the restriction of workability or processing technology with woods so as to enlarge the range of their thinking, and ensure the quality and competitive price of wooden crafts. Therefore, it is essential to seek a intensifying in both culture and technique to develop wooden crafts as a industry.

Log cross sections as a material of wooden crafts have a very high value in both inheritance and outward appearance because log cross sections derived from a section of a tree after cross cut, inherit a aesthetic perception of curves

perfectly, and continuously reflect a whole growth history of happiness, anger, grief and joy etc. during growing. In other words, log cross sections are equivalent to a form of utilization of the materials with such a rich potential value that can be developed for distinct design concept or items, escaping present wooden crafts utilizing only a form of lumber or boards. Moreover, when an original transformation of the utilization of the form of log cross section from small logs in diameter or crooked logs is attempted, a high yields during sawing process is significantly expected, and a stable price and supplying of logs can be also induced, thus log cross section is considered as a appropriate industrial materials.

In order to transfer low - grade logs to wooden crafts with high added value, it is in need of perfecting the complete degree of technique in order to apply present accumulated manufacturing technique of log cross section into production, developing design concept and usage that can portray a characteristic of log cross section. Consequently, it is important to develop a designing concept for cost down, standardization in dimension and mass production of wooden crafts. In addition, a new drying index should be developed to evaluate correctly and rapidly the drying characteristic of log cross sections cut from unknown species. This project was carried out to estimate the classes of drying defects, such as heart checking, border checking, and V-shaped cracking, and pretreatment for prevention of checkings and crackings during a radio-frequency/vacuum(RF/V) drying and to set up the optimum drying schedules.

### **III. CONTENTS AND SCOPES**

#### **1. Development of Drying Index for Grouping of RF/V Drying Schedules of Log Cross Sections (1st Subtitle)**

- 1) Development of drying index and the estimating pretreatments (1st year)
  - A. Investigations of a radial distribution of the physical properties related drying within a log cross section
  - B. Development of the estimating classes of drying defects for each species
  - C. Development of the estimating pretreatments for prevention of drying

defects for each species

- 2) Set up of the optimum RF/V drying schedules for log cross sections of some domestic species (2nd year)
  - A. Preventing formation of heart checking and border checking
  - B. Preventing formation of V-shaped cracking
  - C. Shortening RF/V drying times

## **2. Development of Design Concepts for Wood Artifacts Based on Log Cross Sections (2nd Subtitle)**

- 1) Development of design concepts of wood artifacts based on log cross sections (1st year)
  - A. Development of design concepts based on appearances
  - B. Development of design concepts based on uses
  
- 2) Manufacturing items to develop (2nd year)
  - A. Manufacturing items to develop
  - B. Competitive show

## **IV. CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS**

### **1. Conclusions**

- 1) Development of drying index for grouping of RF/V drying schedules of log cross sections (1st Subtitle)

The main results of the experiment for development of drying index for grouping of RF/V drying schedules of log cross sections for domestic species are as follows;

- A. Development of the estimating classes of drying defects and pretreatments for prevention of drying defects for each species
  - a. The estimating classes of formation of heart checkings were evaluated as to be a slight level for Japanese cedar, a moderate level for Japanese

cypress, Chinese thuja and Zelkova, a severe level for Cherry, Japanese larch, and Korean red pine, and a very severe level for Ginkgo, Castor aralia, Chinese mahogany, and Locust.

- b. The estimating classes of formation of border checkings were evaluated as to be a slight level for Ginkgo, a moderate level for Korean red pine, Chinese thuja, Locust, and Chinese mahogany, a severe level for Japanese cedar, Zelkova, and Cherry, and a very severe level for Japanese larch, Japanese cypress, and Castor aralia.
- c. The estimating classes of formation of V-shaped crackings were evaluated as to be a slight level for Ginkgo, a moderate level for Korean red pine, Chinese thuja, Locust, and Chinese mahogany, a severe level for Japanese larch, Japanese cypress, and Castor aralia, and a very severe level for Japanese cedar, Cherry, and Zelkova.
- d. The pretreatments for prevention of formation of checking and cracking could be recommended from the estimated classes of heart checkings, border checkings, and V-shaped crackings.

B. Development of the optimum RF/V drying schedules of log cross sections for each species

- a. It was evaluated that the 30mm-thick Korean red pine log cross sections were dried successfully by the schedule- A and -B, with yields of sound log cross section being 63.4%~77.2%. The ET-H/1 treatment was significantly effective for prevention of heart checkings, but a slight border checks were resulted from it.
- b. For Japanese larch, most of the log cross sections without any pretreatment were dried with a little drying defects, and the V-shaped crack could not be prevented significantly by the low temperature drying schedule -A(LT).
- c. For Ginkgo, the so high yields of sound log cross sections could be get for all the RF/V drying tests, especially for ET-SH/1 treatment the yields were over 94%.
- d. The ET-H/1 treatment was very effective for prevention of drying defects ,in particular such as heart checkings and border checkings, of Japanese cedar log cross sections.

- e. About 90% of the Japanese cypress log cross sections treated by the ET-S/2 could be dried without any checks and cracks in a RF/V dryer.
- f. For Zelkova, the yields of sound log cross sections represented 90.3% for 20 mm in thickness, and 67.1% for 30 mm in thickness. The unsound log cross sections were mainly defected by heart checks. It is advisable to modify the drying for low drying rates during the early stage of drying.
- g. For Cherry, the 65.2~85% of the dried log cross sections were sound. The R-O-S combined with the ET-H/1 treatment or low temperature drying during early stage of drying are suggested to produce more largely the log cross sections with no drying defects,
- h. For Locust, the R-O-S treatment was so effective in prevention of drying defects for both 24 mm and 30 mm in thickness, while the ET-H/1 treatment for 30 mm in thickness resulted in about 38% of drying loss due to heart checkings.
- i. For Castor aralia, the sound log cross sections were not found, because heartwood is poor in permeability and especially, a radial distribution of moisture content and transverse shrinkages within a log cross section are so complicate. Therefore, Castor aralia consider as a useful species to find out the drying mechanism of log cross section.
- j. For Chinese mahogany, border checkings and V-shaped crackings could be effectively prevented by the R-O-S treatment, while it was not so effective that the 47% of the tested log cross sections were defected by heart checkings.
- k. It was evaluated that the estimated classes of drying defects and the pretreatment estimated by them were so useful to be grouping of RF/V drying schedules of log cross sections.

2) Development of design concepts of wood artifacts based on log cross sections (2st Subtitle)

The conclusions from development of design concepts of wood artifacts based on log cross sections are as the followings;

- A. It was evaluated that Korean red pine log cross sections are appropriate to large items, because their annual rings are so distinct that they are

expected to be dispersed.

- B. Although the artifacts with log cross section were recognized as to be novelty and excellence in distinction in the view of both form and material, it was evaluated that it is necessary to work out the design concept more clearly because of obscurity between traditional and modern images of the wood artifacts.
- C. The tree barks were represented as very important materials to distinguish between the artifacts based on log cross section and the others, and the items with a part of tree barks were high in preference. The species that are favourable to utilize the barks were selected as Korean red pine, Ginkgo, Locust, and Chinese mahogany.
- D. The larger area of end surfaces and the higher portion of barks for wood artifacts with log cross section, the higher preference.
- E. It was investigated that the most important element is the pattern of the design as a consideration when the wood artifacts are purchased, and the proper selling price of them is ten to thirty thousand won per piece.

## **2. Suggestions**

This project provides the key technologies of drying process and design concepts in order to produce wood artifacts based on log cross sections from the domestic logs with low quality.

The significance of the project lie in that the drying indexes for grouping of RF/V drying schedules of the log cross sections provide a useful tool to determine rapidly and correctly the optimum pretreatment and drying schedule for unknown species in drying characteristic of log cross section. However, the species for experiment had to be limited to the major domestic-species due to limitation of durations and financial resources and in future an opportunity of investigations for a wider range of species is expected.

Moreover, it is highly evaluated that the wood artifacts with only log cross sections were intensively developed first in the world. A very good image of fresh, distinct and high-ranking items was obtained from the competitive show. In future it is expected that there is an opportunity of approaching intensively through selecting a few of items based on the developed design concept and then the top technology in our country will be advanced favorably.

# CONTENTS

<b>SUBMISSION</b> .....	1
<b>SUMMARY IN KOREAN</b> .....	2
<b>I. Project Title</b> .....	2
<b>II. Objectives and Significance</b> .....	2
<b>III. Contents and Scopes</b> .....	3
<b>IV. Conclusions and Suggestions</b> .....	4
<b>SUMMARY IN ENGLISH</b> .....	7
<b>CONTENTS IN ENGLISH</b> .....	13
<b>CONTENTS IN KOREAN</b> .....	15
<b>CHAPTER 1. Introduction</b> .....	17
<b>CHAPTER 2. Development of Drying Index for Grouping of Radio-Frequency/Vacuum Drying Schedules of Log Cross Sections</b> .....	19
<b>Section 1. Foreword</b> .....	20
<b>Section 2. Materials and Methods</b> .....	22
<b>I. Development of Drying Index</b> .....	22
1. Species and specimens for the experiments .....	22
2. Investigations of a radial distribution of moisture contents and drying rates within a log cross section .....	22
3. Investigations of shrinkage characteristics of heartwood and sapwood	24
4. Process for estimating drying index .....	25
<b>II. Development of radio-frequency/vacuum drying schedules</b> .....	31
1. Species and specimens for the experiments .....	31
2. Pretreatments of log cross sections .....	31
3. Experiments of radio-frequency/vacuum drying .....	31
<b>Section 3. Results and Discussions</b> .....	34
<b>I. Development of Drying Index</b> .....	34
1. A radial distribution of moisture contents and drying rates within a log cross section .....	34
2. Shrinkage characteristics within a log cross section .....	49
3. The estimated classes of drying defects .....	50

4. The estimated pretreatments .....	58
II. Development of radio-frequency/vacuum drying schedules .....	61
1. Development of radio-frequency/vacuum drying schedules for softwoods .....	61
2. Development of radio-frequency/vacuum drying schedules for hardwoods .....	64
3. The recommended pretreatments and drying schedules for each species .....	67
<b>Section 4. Conclusions .....</b>	<b>69</b>
1. A radial distribution of moisture contents within a log cross section	69
2. A radial distribution of shrinkages within a log cross section .....	70
3. The estimated classes of drying defects the estimated pretreatments for each species .....	70
4. The recommended drying schedules for each species in a radio - frequency/vacuum dryer .....	71
<b>Section 5. References .....</b>	<b>73</b>
<b>CHAPTER 3. Development of Design Concepts for Wood Artifacts</b>	
<b>Based on Log Cross Sections .....</b>	<b>75</b>
<b>Section 1. Foreword .....</b>	<b>76</b>
<b>Section 2. Selection of the items to develop .....</b>	<b>77</b>
1. Set up of design concepts .....	77
2. Investigations of materials and subject matters .....	77
3. Investigations of workability .....	78
4. Investigations of market and marketing strategy .....	79
5. Selection of the items to develop .....	79
<b>Section 3. Designing and manufacturing of the selected items .....</b>	<b>80</b>
1. Designing concepts .....	80
2. Manufacturing concepts .....	80
<b>Section 4. Drawings and photographs of the developed items .....</b>	<b>82</b>
<b>Section 5. The competitive show .....</b>	<b>117</b>
1. Details of the competitive show .....	117
2. The questionnaires .....	117
<b>Section 6. Conclusions .....</b>	<b>123</b>
<b>Section 7. References .....</b>	<b>124</b>
<b>CHAPTER 4. Synthesis .....</b>	<b>125</b>

# 목 차

제출문 .....	1
요약문 .....	2
I. 제목 .....	2
II. 연구의 목적 및 중요성 .....	2
III. 연구개발 내용 및 범위 .....	3
IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의 .....	4
영문요약 .....	7
영문목차 .....	13
목차 .....	15
제 1장 서론 .....	17
제 2장 圓板의 압채고주파진공건조스케줄 類型化를 위한 건조지표 개발 .....	19
제1절 서설 .....	20
제2절 재료 및 방법 .....	22
I. 건조지표 개발 시험 .....	22
1. 공시수종과 공시재료 .....	22
2. 함수율과 건조속도의 원판내 방사방향 분포 조사 .....	22
3. 심재와 변재의 수축율 특성 조사 .....	24
4. 건조지표화 방법 .....	25
II. 압채고주파진공건조스케줄 개발 시험 .....	31
1. 공시수종과 공시재료 .....	31
2. 전처리 .....	31
3. 고주파진공건조 시험 .....	31
제3절 결과 및 고찰 .....	34
I. 건조지표 개발 시험 .....	34
1. 함수율과 건조속도의 원판내 방사방향 분포 .....	34
2. 수축율 특성 .....	49
3. 건조결함 발생등급 지표 .....	50
4. 전처리 선정 지표 .....	58
II. 압채고주파진공건조스케줄 개발 시험 .....	61
1. 침엽수재 원판의 압채고주파진공건조스케줄 개발 시험 .....	61

2. 활엽수재 원판의 압체고주파진공건조스케줄 개발 시험 .....	64
3. 각 수종별 추천 전처리 및 추천 건조스케줄 .....	67
제4절 결론 .....	69
1. 원판내 함수율의 방사방향 분포 .....	69
2. 원판내 수축율 분포 .....	70
3. 수종별 건조결합 발생등급 지표 및 전처리 추천 지표 .....	70
4. 수종별 원판의 압체고주파진공건조스케줄 .....	71
제5절 참고문헌 .....	73
<b>제 3장 圓板을 활용한 목공예기념품류의 디자인컨셉 개발 .....</b>	<b>75</b>
제1절 서설 .....	76
제2절 개발품목의 선정 .....	77
1. 디자인컨셉 설정 .....	77
2. 재료탐색 및 표현소재 탐색 .....	77
3. 가공성 탐색 .....	78
4. 시장조사 및 마케팅 전략설정 .....	79
5. 개발품목 선정 .....	79
제3절 선정 품목의 설계 및 제작 .....	80
1. 설계의 컨셉 .....	80
2. 제작기법의 컨셉 .....	80
제4절 개발품목 도시 .....	82
제5절 품평회 .....	117
1. 품평회 내용 .....	117
2. 관람자 설문조사 .....	117
제6절 결론 .....	123
제7절 참고문헌 .....	124
<b>제 4장 종합결론 .....</b>	<b>125</b>

## 제 1장 서론

지구상의 可用목재자원은 점점 소경재화·저급화 되어가고 있으며, 이것마저도 가격이 급등하고, 안정적인 공급 또한 장담하기 곤란한 상황이다. 특히 우리나라의 경우 생산원목의 절대 다수가 소경재나 만곡재 등과 같은 저급원목으로서 이것들의 대부분은 林地에 그대로 버려지거나 또는 펄프용재, 톱밥용재 등과 같이 부가가치가 매우 낮은 용재로 활용되고 있는 실정이다. 본 과제에서는 이러한 국산 저급원목들을 圓板(log cross section)의 형태로 가공하여 목공예용재로 활용한 디자인 컨셉과 그 가공기술을 개발하여 제공함으로써 국내 부존산림자원의 효과적인 활용을 촉진하고자 하였다.

목공예품은 지역의 향토적 소재나 역사성, 토속적 풍물 등을 형상화 할 수 있다는 점에서 그 자체가 뛰어난 문화상품임과 동시에 문화의 메신저로서 역할을 수행할 수 있기 때문에 문화적 유산이 풍부한 우리나라로서는 글로벌시대에 적극적으로 개발해야 할 상품이라 생각된다. 이를 위해서는 새로운 한국적 표현소재를 발굴하고, 새로운 품목과 디자인컨셉을 개발하는 작업들이 이루어져야 할 것이다. 그에 앞서 무엇보다도 디자이너들을 목재재료의 제약이나 목재가공기술의 제약으로부터 해방시켜 그들의 사고의 영역을 확대시켜 주는 작업과 목공예품의 품질 및 가격경쟁력을 확보해주는 것이 필요하다. 이러한 점에서 목공예품을 단순히 예술행위만이 아닌 하나의 산업으로 발전시키기 위해서는 문화집약적이면서 기술집약적인 면을 동시에 추구할 필요가 있다.

원목을 가로켜기하여 얻은 원판은 곡선적 미관성이 뛰어나고, 樹木이 겪어왔던 회노애락 등 모든 성장역사가 단절없이 그대로 반영되어있기 때문에 외관적인 면이나 내면적인 면에서 목공예용 재료로서의 가치가 매우 높다. 그럼에도 불구하고 원판은 건조하기가 무척 까다로워 無損傷의 원판을 안정적으로 공급받는 것이 어렵다고 여겨져왔기 때문에 원판을 활용한 목공예품 개발은 거의 전무한 실정이다. 바꾸어 말하면 원판은 기존의 판재류나 각재류를 활용한 목공예품 일변도에서 탈피하여 전혀 색다른 디자인컨셉이나 품목을 개발할 수 있는 잠재적 가치가 그만큼 풍부한 재료의 이용형태인 셈이다. 뿐만아니라 小經材나 彎曲材 등을 원판의 형태로 활용하는 발상의 전환을 시도할 경우 제재수율의 현저한 증가를 기대할 수 있고, 목공예용 원목의 공급과 가격안정을 꾀할 수 있어 원판은 우리 실정에 적합한 공업적 재료이기도 하다. 본 과제제신청자 등은 농림부 등의 지원으로 원판을 목공예용재로 활용하기 위한 가공기술 개발을 꾸준히 연구해온 결과(Lee 등, 1992, 1998, 2000) 이미 「원판의 압채고주파진공건조방법」에 관한 기술을 개발하여 특허를 출원해 놓고 있는 상태이다. 따라서 이제 축적된 圓板가공기술의 실용화를 위

해 기술의 완성도를 높이고, 원판의 특성을 부각시킬 수 있는 용도와 디자인컨셉을 개발하여 국산 저급재 원목으로부터 고부가가치의 목공예품을 대량생산할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 원판의 재료별 질감탐색과 원판목공예품의 용도별 탐색을 통해 목공예품의 생산원가 절감, 규격화, 量産化등이 가능한 디자인컨셉을 개발하고자 하였으며, 또한 여러 가지 국산 수종별 원판의 건조특성을 신속·정확하게 평가할 수 있는 새로운 건조지표를 개발하고, 이를 통해서 수종별 전처리방법의 선택 기준이나 압축고주파진공건조스케줄의 類型化자료를 확립하고자 하였다.

## 제 2장

### 圓板의 압체고주파진공건조스케줄 類型化를 위한 건조지표 개발

Development of drying index for  
grouping of radio- frequency/vacuum drying  
schedules of log cross sections

연구기관명: 전북대학교  
세부연구책임자: 이 남 호  
연 구 원: 이 성 원  
연 구 보 조 원: 최 준 호  
                  황 의 도  
                  김 명 수  
                  손 경 호  
참 여 기 업: 이나모아트

## 제 1절 서설

圓板을 고주파진공건조할 경우 무엇보다도 材내외간의 압력경사와 표층과내층간의 역온도경사 등에 힘입어 섬유방향으로의 수분경사를 보다 완만하게 유지할 수 있기 때문에 (Kanagawa 1989, Liu 등 1994) 심재할렬(Kubler 1975, 1977)을 매우 효과적으로 예방할 수 있다(Lee 1998, 2000). 뿐만아니라 관형열기건조와 비교하여 저온하에서 건조가 이루어지기 때문에 접선방향과 방사방향간의 수축을 차를 줄일 수 있어 V형크랙 (V-shaped crack) 억제효과 또한 상당한 것으로 밝혀졌다 (Harris and Taras 1984; Lee 등 1998, 2000). 이 이외에도 고주파진공건조는 실적(solid pile)이 적용되기 때문에 圓形이면서 경우에 따라서는 매우 불규칙한 형상을 지니기도 하는 원판의 잔적작업성을 크게 개선시켜주는 잇점을 지니고 있으며, 또한 목재 고유의 재색을 유지할 수 있기 때문에 원판의 미관성을 저하시키지 않는 등 많은 유리한 면을 지니고 있다.

그러나 동일 원판내의 심재와 변재는 고주파진공건조중의 건조특성을 지배하는 주요 인자인 생재함수율과 투과성 등에 있어서 큰 차이를 보이기 때문에 심재와 변재의 경계선상에 수분경사가 형성될 수 있다고 보고된 바 있다(이 등 1992). 수중에 따라서는 이러한 수분경사가 심하여 경계선상에 할렬이 발생할 수 있고, 이른바 경계할렬(border check), 특히 건조후기에는 이곳에 이방성수축응력(differential shrinkage stresses)이 집중되면서 할렬이 V형크랙으로 확장되기도 한다 (Kang 등 2001). 따라서 건조중 동일 원판내의 심재와 변재가 섬유포화점 이하의 구간에서는 균형있는 함수율분포를 유지하여 접선방향 인장응력이 형성되지 않도록 하는 것이 대단히 중요한 의미를 지니지만 결코 간단한 일이 아니다. 즉 일반적으로 침엽수재의 경우 심재의 함수율은 변재보다 훨씬 낮아 초기상태에서는 심재가 섬유포화점에 근접해 있지만 변재보다 투과성이 불량하기 때문에 반드시 심재부가 먼저 섬유포화점에 도달하는 것은 아니다. 더구나 심재의 투과성이 매우 불량하다면 오히려 변재부가 심재보다 일찍 섬유포화점에 도달할 수도 있기 때문에 이러한 경우에는 건조전에 함수율이 더 높은 변재부의 수분증발속도를 지연시키는 처리, 예를 들면 엔드커버링(end-covering) (이 등 1992; Lee 등 2000), 엔드래핑(end-wrapping) (Kubler 1974) 등과 같은 처리를 실시해야 한다. 하지만 이러한 처리를 실시하는 것이 번거로운 일일 뿐만아니라, 그 처리의 정도가 지나치다면 반대의 경우가 초래되기 때문에 적절한 처리방법과 수준을 결정하는 것도 상당히 까다로운 일이다. 또한 동일 원판내에서 미성숙재와 성숙재간의 수축율을 비롯한 재질 특성의 차이도 관여하기 때문에 아직 건조특성이 未知인 원판이 입수되었을때 적정 전처리방법을 선택하거나 적정건조스케줄

을 보다 신속하고 정확하게 탐색하기위한 건조지표가 개발되어 있지 않은 관계로 새로운 수종의 원판에 대한 적정건조스케줄을 확립하는데는 상당한 기간과 비용이 수반될 수 밖에 없다.

따라서 본 과제에서는 원판의 건조특성을 신속정확하게 파악하고 제어할 수 있는 적절한 건조지표를 개발하여 적정 전처리 방법을 선택하거나 최적의 고주파진공건조스케줄을 확립하는 평가도구를 제시하고자 하였다.

## 제 2절 재료 및 방법

### I. 건조지표 개발 시험

#### 1. 공시수종과 공시재료

주요 국산 침엽수재중에서 소나무(*Pinus densiflora*; Korean red pine), 낙엽송(*Larix leptolepis*; Japanese larch), 은행나무(*Ginkgo biloba*; Ginkgo), 삼나무(*Cryptomeria japonica*; Japanese cedar), 편백나무(*Chamaecyparis obtusa*; Japanese cypress) 및 측백나무(*Thuja orientalis*; Chinese thuja) 등 6 수종을, 그리고 활엽수재중에서는 느티나무(*Zelkova serrata*; Zelkova), 벚나무(*Prunus serrulata* var. *spontanea*; Cherry), 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*; Locust), 음나무(*Kalopanax pictum*; Castor aralia), 참중나무(*Cedrela sinensis*; Chinese mahogany) 등 5수종을 각각 공시수종으로 선정하여, 각 수종별로 생재원목 2본씩을 구입하였다.

각 수종별 원목은 Fig. 2-1과 같은 방법으로 조재하여 심재와 변재부의 비중과 수축을 또는 함수율 및 건조속도의 원판내 방사방향 분포를 평가하기 위한 시험편 제작에 활용하였다.

#### 2. 함수율과 건조속도의 원판내 방사방향 분포조사

##### 가. 조사의의와 공시원판

원판에는 미성숙재와 성숙재, 심재와 변재 또는 이상재와 정상재 등이 동일한 원판내에 완전한 형태로 共存하는 경우가 거의 대부분이다. 이들 대립되는 두 영역 간에는 생재함수율, 투과성, 수축율 등 여러 가지 물리적 특성이 상이하서 (Shupe 등 1995a, 1995b) 건조중 수축이 개시되는 시점이나 절대 수축량 등이 다를 수 있고, 이 경우 두 영역은 상호 수축을 제약하므로써 건조응력이 유도될 수 있다 (Kang 등, 2001). 특히 생재함수율의 높고 낮음, 그리고 투과성의 좋고 나쁨이나 그 정도의 差 등에 따라 수없이 다양한 조합의 수분경사 패턴이 만들어 질 수 있기 때문에 원판건조중에 방사방향으로의 수분경사, 무엇보다도 별개의 영역간 수분경사를 제어한다는 것은 간단하지 않다. 이러한 원판내 방사방향으로의 수분경사는 원판건조중에 경계할렬(border check)의 발생과 밀접한 관련이 있고(Kang 등 2001; 이 등 2001), 또한 심재부의 투과성 불량에 따른 건조속도의 지연은 심재할렬을 유도할 수 있다는 연구보고(Kubler 1975; Lee 등 1998, 2000) 등에 따라 각

공시원판으로부터 두께 3mm의 원주상 슬라이스(이 등 2001; 최 등 2001)를 채취한 후 40~50℃의 오-븐에서 급속건조하면서 각 원주상 슬라이스들(circumferential slices)의 함수율 감소경과를 조사하여 동일 원판내 함수율의 방사방향 분포추이와 각 슬라이스들의 건조속도를 평가하여 심재할렬 발생등급 지표와 경계할렬 발생등급 지표를 결정하는 자료를 얻었다.

원주슬라이싱을 위하여 각 공시원목에서는 두께 30 mm(섬유방향 길이)의 원판 2매를 채취하되, 음나무 원목의 경우에는 두께 45mm 원판 2매를 채취하였다. 채취된 각 원판은 시험에 사용되기 직전까지 비닐에 밀봉하여 약 -5℃의 저온고에 보관하였다.

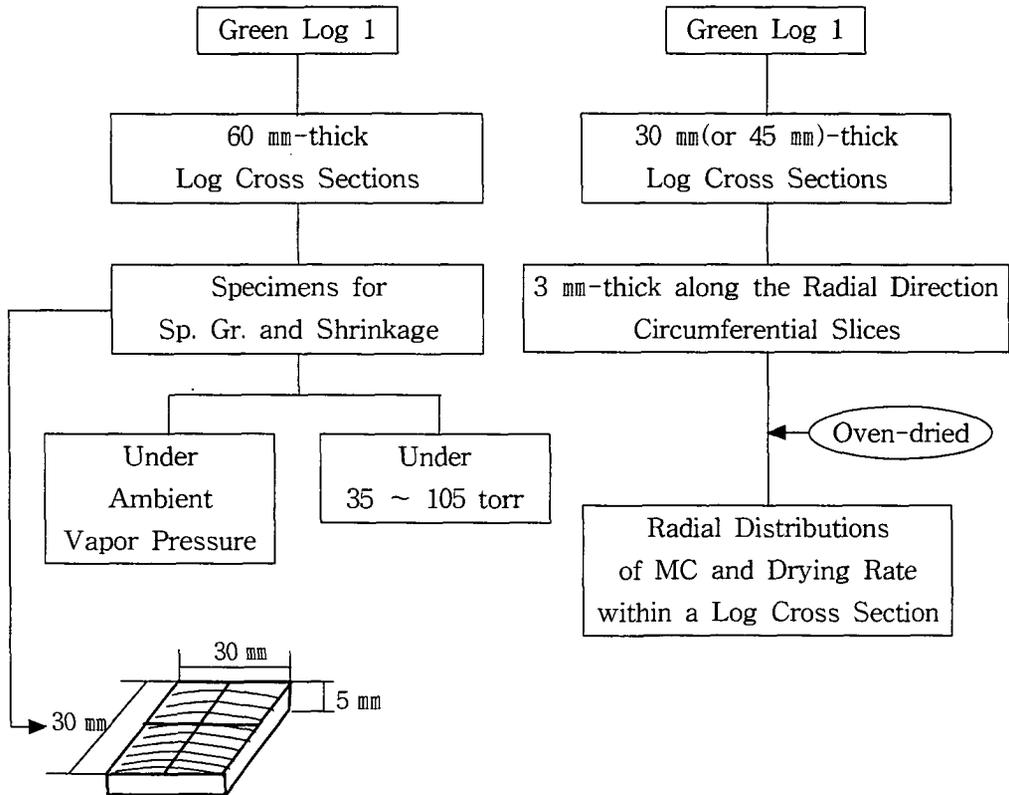


Fig. 2-1. Preparations of the specimens for a radial distributions of moisture content(MC) and drying rates and shrinkages within a log cross section from each species.

## 나. 원주슬라이싱과 오-븐건조

시험용 원판은 목공용 락과 특별히 고안된 보조틀(최 등, 2001)을 이용하여 두께(방사방향 길이) 3mm 내외의 원주상 슬라이스로 가공한 후 각 슬라이스의 생재무게를 평량하였으며, 각 슬라이스들은 강제송풍형 오-븐에서 건조되어지면서, 적절한 시간간격으로 건조중무게가 평량되어졌다. 동일 원판의 슬라이스들만이 동일 오-븐에서 건조되어졌으며, 모든 수종 공히 초기에는 40℃에서 건조하기 시작하여 건조중 무게 감소를 보아가며 5℃씩 온도를 상승시키되, 모든 침엽수재와 활엽수재중 느티나무와 음나무는 최고 45℃까지, 그리고 나머지 활엽수재의 경우에는 최고 50℃까지 상승시켰다. 이 이후 모든 슬라이스들은 103℃의 조건에서 전건시켜 전건무게를 평량하였고, 이것으로부터 각 슬라이스들의 건조중합수율과 동일 원판 내 합수율의 방사방향분포 등이 평가되어졌다.

## 3. 심재와 변재의 수축율 특성 조사

### 가. 조사의의와 시험편

원판내 접선방향과 방사방향간 수축율의 차이는 원판건조중 V형크랙 발생과 매우 밀접한 관련이 있고(Kubler 1975; Lee 등 1998, 2000), 또한 미성숙재와 성숙재 또는 심재와 변재간 수축특성의 차이는 경계할렬의 발생에도 관여할 것으로 예측되었다. 이에 각 공시원목에서 준비한 수축율시험편으로부터 수축율 특성을 조사하여 경계할렬 발생등급과 V형크랙 발생등급 지표를 결정하는데 활용하였다.

각 공시원목으로부터 Fig. 2-1과 같은 요령으로 수(pith)와 외주부위, 그리고 심변재 경계부위의 移行材로 구분하여 준비하였으나, 이행재 시험편은 심재율이 높은 수종의 경우 심재로만, 변재율이 높은 수종의 경우는 변재로만 이루어지도록 각각 조제하였다.

### 나. 조사방법

생재비중은 침적법으로 조사하였고, 수축율 시험은 대기압조건과 감압조건으로 구분하여 대기압 조건하에서의 수축율시험은 오-븐에서, 감압조건하에서의 수축율 시험은 진공오-븐에서 각각 실시하였다. 진공오-븐의 진공도는 35 torr(물의 끓는점 32℃) ~ 105 torr(물의 끓는점 52℃)를 유지시켰고, 진공오-븐내 가열판의 온도는 40 ~ 55℃로 세팅하였다. 진공오-븐내에서 항량에 도달한 직후의 무게와 접선방향 및 방사방향의 길이를 측정한다 다음, 다시 시험편을 103±2℃를 유지하는 송풍오-븐내에서 완전히 전건시킨 다음, 전건재의 무게와 길이를 측정하여 전수축율을 구하고, 다시 내삽법으로 합수율 6%까지의 수축율을 산출하였다. 수축율 시험편의 각 수종별 생재비중과 생재합수율은 Table 2-1과 같다.

Table 2-1. Specific gravities based on green volume(Sp. Gr.) and green moisture content(MC) of the specimens for shrinkage test at ambient vapor pressure.

Species		Sp. Gr.			Green MC(%)		
		Pith	Boundary	Periphery	Pith	Boundary	Periphery
Softwood	Korean red pine	0.42	0.43	0.51	32.8	132.3	103.9
	Japanese larch	0.41	0.50	0.45	38.2	38.5	117.0
	Ginkgo	0.37	0.38	0.35	116.2	133.0	155.7
	Japanese cedar	0.48	0.45	0.41	27.9	27.6	45.1
	Japanese cypress	0.29	0.27	0.27	66.9	92.3	204.3
	Chinese thuja	0.39	0.33	0.37	74.4	60.2	29.9
Hardwood	Zelkova	0.65	0.67	0.69	59.3	43.8	44.3
	Cherry	0.56	0.57	0.56	51.6	51.0	55.0
	Locust	0.69	0.66	-	40.5	41.8	-
	Castor aralia	0.56	0.58	0.56	93.4	96.2	76.1
	Chinese mahogany	0.58	0.58	-	80.8	81.8	-

#### 4. 건조지표화 방법

##### 가. 심재할렬 발생등급 지표화

심재할렬의 발생원인으로 1차 생장응력, 2차 생장응력, 습열회복응력 및 표면응력 등(Kubler 1973a, 1973b, 1974)이 보고되고 있으나 이중 건조중 제어가 가능한 요소로서 표면응력을 들수 있다(Lee 등 1998, 2000).

원판건조중 표면응력은 섬유방향으로의 수분경사에 의해서 야기되는 것으로 수 부위의 함수율이 고함수율 일수록 발생이 용이하고, 또한 심재의 투과성이 불량하여 내부수분의 표면으로의 유동속도가 느려 표층이 내층보다 먼저 섬유포화점에 도달할 경우에도 발생할 수 있다. 따라서 수 부위의 생재함수율과 심재 부위에서 채취한 원주상 슬라이스의 오-분내에서의 건조속도 특성을 심재할렬의 발생에 관여하는 지배인자로 설정하였다.

수 부위의 초기함수율은 수축율시험편에서 조사한 생재함수율을 근거로

30% 미만, 30 ~ 39%, 40 ~ 59%, 60 ~ 89%, 90% 이상의 5단계로 구분하여 각각 No.1 ~ No.5로 명명하였다. 또한 심재 원주상슬라이스의 건조속도는 생재에서 함수율 30%까지의 건조속도를 근거로 0.5 %/min 이상, 0.49 ~ 0.4 %/min, 0.39 ~ 0.3 %/min, 0.29 ~ 0.2 %/min, 0.2 %/min 미만의 5단계로 구분하여 각각 No.1 ~ No.5로 명명하였다. 건조속도의 단계별 구분은 심재할렬의 발생이 심한 소나무와 음나무, 그리고 심재할렬 발생이 경미한 것으로 나타난 편백나무 등을 표준으로 설정하였다.

각 수종별 수 부위의 초기함수율 등급과 심재슬라이스의 건조속도 등급을 Fig. 2-2에 표기하여 심재할렬의 발생등급을 경미, 보통, 심함 및 매우 심함의 4단계로 구하였다.

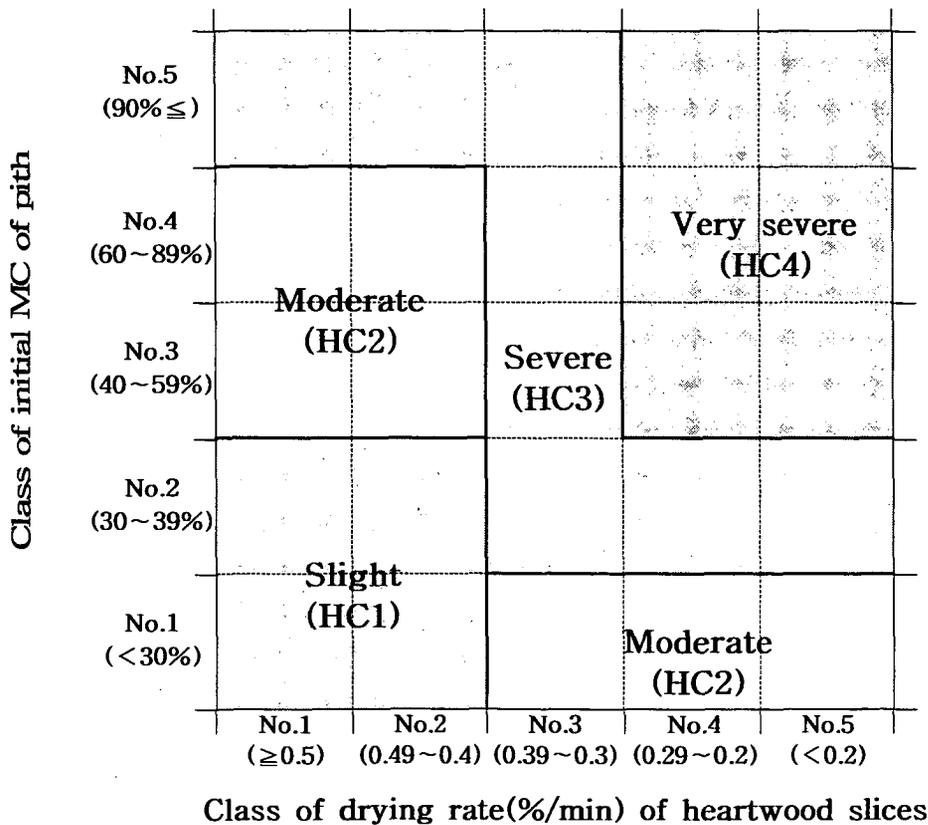


Fig. 2-2. The index chart to estimate the classes of formation of heart checking during drying of log cross section.

## 나. 경계할렬 발생등급 지표화

경계할렬은 동일 횡단면상에서 인접부위간에 심한 수분경사가 존재할 때 형성되는 접선방향 인장응력이 목재의 횡인장강도를 초과할 때 나타나는 할렬로써 주로 심재와 변재간 또는 미성숙재와 성숙재간의 초기함수율이나 투과성의 차이 등으로 인하여 섬유포화점 도달시기가 상이할 경우 먼저 섬유포화점에 도달한 부위는 수축하려하나 아직 섬유포화점 이상인 인접부위에 의해서 수축이 억제될 경우 저함수율 부위에 인장응력이 형성된다 (Kang 등 2001; 이 등 2001). 또한 정상적인 수축이 개시된 이후라 할지라도 부위간의 수축을 특성의 차이가 존재할 경우에도 그 경계선상에서 할렬이 발생할 위험이 있다 (최 등 2002). 따라서 경계할렬은 동일 원판의 횡단면상에서 어떤 임의의 영역간의 방사방향 수분경사의 정도와 수축을 특성의 차이에 의해서 밀접하게 지배되는 것으로 설정하였다.

동일 원판내 영역간 방사방향 수분경사의 정도는 어떤 임의의 영역에서 채취한 슬라이스가 최초로 섬유포화점에 도달한 이후 그 인접부위가 섬유포화점에 도달할 때까지의 비시간을 Eq. (2-1)로 구하였고, 이 값을 0 ~ 0.19, 0.20 ~ 0.39, 0.40 ~ 0.59, 0.60 ~ 0.79 및 0.80 ~ 1.00의 5단계로 나누어 각각 No. 1 ~ No. 5로 등급을 명명하였다. 비시간의 구분은 경계할렬의 발생이 심한 낙엽송과 음나무, 그리고 비교적 경미한 것으로 나타난 은행나무를 표준으로 적용하였다.

또한 진공하에서 측정한 이행재 부위의 두 횡단방향간 수축을 차를 기준으로 1.0% 미만, 1.0 ~ 1.9%, 2.0 ~ 2.9%, 3.0 ~ 3.9%, 4.0% 이상의 5단계로 나누어 각각 No. 1 ~ No. 5로 등급을 명명하였으며, 표준 수종은 비시간 구분의 경우와 동일하게 적용하였다.

각 수종별 비시간 등급과 이행재의 두 횡단방향간 수축을 차 등급을 Fig. 2-3에 표기하여 경계할렬의 발생등급을 경미, 보통, 심함 및 매우 심함의 4단계로 구하였다.

$$\text{Specific time} = (\text{Fin}_t - \text{Fir}_t) / \text{Fin}_t \text{ ----- Eq (2-1)}$$

$\text{Fir}_t$  : Time when the slices cut from any region first reach to 30% MC during oven-drying test (minute)

$\text{Fin}_t$  : Time when the slices located at the neighbor region of above mentioned slices reach to 30% MC during oven-drying test (minute)

## 다. V형크랙 발생등급 지표화

V형 크랙은 접선방향과 방사방향간의 수축율의 차에 의해서 야기되는 이방성수축응력이 목재의 횡인장강도를 초과할 때 나타나는 결함으로써 원판의 외주선상에서 가장 크게 형성된다 (Kubler 1973; Lee 등 1998, 2000). 또한 건조초기나 중

기에 경계할렬이 다수 발생하였다면 건조 후기에 형성되는 이방성수축응력이 비록 작다 할지라도 이곳에 집중되면서 보다 쉽게 V형크랙으로 진전된다고 보고한 바 있다 (Kang 등 2001; 최 등 2002). 따라서 V형크랙은 외주선상에서의 두 횡단방향간 수축율의 차, 그리고 경계할렬의 발생정도 등에 의해서 지배되는 것으로 설정하였다.

외주선상에서의 두 횡단방향간 수축율의 차는 1.5% 미만, 1.5 ~ 2.9%, 3.0 ~ 4.4%, 4.5 ~ 5.9%, 6.0% 이상의 5단계로 구분하여 각각 No. 1 ~ No. 5로 명명하였으며, V형 크랙의 발생이 경미한 은행나무와 그 발생이 심한 뽕나무를 표준 수종으로 적용하였다. 경계할렬의 발생등급은 Fig. 2-3에서와 같이 BC 1 ~ BC 4의 4단계로 명명하였다.

각 수종별 두 횡단방향간 수축율 차 등급과 경계할렬 발생 등급을 Fig. 2-4에 표기하여 V형크랙의 발생등급을 경미, 보통, 심함 및 매우 심함의 4단계로 구하였다.

Class of specific time obtained from Eq.(2-1)	No.5 (0.80≤)	Severe (BC3)		Very severe (BC4)	
	No.4 (0.60~0.79)	Moderate (BC2)			
	No.3 (0.40~0.59)			Severe (BC3)	
	No.2 (0.20~0.39)	Slight (BC1)			
	No.1 (0~0.19)				
	No.1 (<1.0%)	No.2 (1.0~1.9%)	No.3 (2.0~2.9%)	No.4 (3.0~3.9%)	No.5 (4.0%≤)
	Class of (T-R) at the boundary				

Fig. 2-3. The index chart to estimate the classes of formation of border checking during drying of log cross section.

Class of (T-R) at periphery	No.5 (6.0% $\leq$ )	Severe (VC3)		Very severe (VC4)	
	No.4 (4.5~5.9%)				
	No.3 (3.0~4.4%)	Moderate (VC2)			
	No.2 (1.5~2.9%)	Slight (VC1)		Severe (VC3)	
	No.1 (<1.5%)				
		BC1	BC2	BC3	BC4

**Class of formation of border checking**

Fig. 2-4. The index chart to estimate the classes of formation of V-shaped cracking during drying of log cross section.

라. 전처리 선정 지표화

각 수종별 심재할렬, 경계할렬 및 V형크랙의 발생등급을 지표화 한 다음, Table 2-2에 의거하여 전처리 방법을 설정하였다.

Table 2-2. The remedies estimated for preventing formation of checkings and V-shaped cracking during drying of log cross section.

Defects Class	Heart checking	Border checking	V-shaped cracking
	Slight	Control	Control
Moderate	Control	Control	P
Severe	ET-H/1	ET-H/1 <sup>a)</sup> ET-S/1 <sup>b)</sup>	P & LT
Very severe	ET-H/1 ET-H/2	ET-H/2 <sup>a)</sup> ET-S/2 <sup>b)</sup> R-O-S	P & R-O-S

Note: 1. ET-H/1; End-taping heartwood surfaces of a log cross section with a sheet of paper.

2. ET-H/2; End-taping heartwood surfaces of a log cross section with two sheets of paper.

3. ET-S/1; End-taping sapwood surfaces of a log cross section with a sheet of paper.

4. ET-S/2; End-taping sapwood surfaces of a log cross section with two sheets of paper.

5. R-O-S; Rejection of sapwood of a log cross section before drying.

6. P; Mechanical compressive loading on the surface of a log cross section during drying.

7. LT; Low temperature drying during the early stage of drying.

8. a) ; When heartwood reach to fiber saturation point earlier than sapwood.

9. b) ; When sapwood reach to fiber saturation point earlier than heartwood.

## II. 압체고주파진공건조스케줄 개발 시험

### 1. 공시수종과 공시재료

공시수종은 건조지표 개발시험에서 선정한 수종 중 측백나무를 제외한 침엽수 및 활엽수 각 5수종씩을 공시수종으로 선정하였으며, 고주파진공건조(Radio-frequency/vacuum; RF/V) 시험에 사용된 수종별 원판의 형상과 수량 및 전처리 등은 Table 2-3과 같으며, 각 수종별 전처리 방법은 건조지표 개발시험에서 제시한 방법에 준하여 선정하였으며, 필요할 경우 유사 효과를 거둘 수 있는 전처리를 추가로 실시하여 비교하였다.

### 2. 전처리

#### 가. 엔드테이핑 (End taping; ET) 처리

ET-H/1 처리는 원판의 양 횡단면중 심재부위만을 한지 1매로, 그리고 ET-H/2처리는 한지 2매로 각각 테이핑하였으며, ET-S/1과 ET-S/2 처리는 변재부위만을 동일 요령으로 테이핑하였다. 또한 ET-SH/1처리는 원판의 전 횡단면을 한지 1매로 테이핑하였다.

#### 나. R-O-S(Rejection of Sapwood) 처리

심재부위의 원판만을 건조할 수 있도록 건조 전에 원주가공에 의하여 원판의 변재부위를 도려 내었다.

### 3. 고주파진공건조 시험

#### 가. 고주파진공건조기와 잔적

본 시험에 사용된 고주파진공건조기는 RF/V dryer-A와 RF/V dryer-B의 두 가지로서 상세한 규격은 Table 2-4와 같다. 건조기의 벽체를 모두 접지전극으로 사용하여 상하에 음극전극판을, 그리고 중앙에는 고주파발전기와 연결된 양극전극판을 두어 양극전극판과 음극전극판 사이에 원판을 잔적하였으며, 재온은 테프론 코팅한 백금촉온저항체 타입의 센서를 원판에 삽입하여 제어하였다. 건조중 고주파발전기의 주파수는 고정하였으며, 8분-ON 2분-OFF로 작동시켰다. 건조중 진공도는 50 ~ 100 torr를 유지시켰다.

Table 2-3. Number of log cross sections(LC) tested in the RF/V driers.

Species		Thick (mm)	Treatments	Schedule code	RF/V drier	Load	Number of LC (pcs)
Softwood	Korean red pine	30	ET-H/1	A	A	No.1	474
						No.2	438
				B(LT)	B	No.1	276
	Japanese larch	20	Control	A(LT)	B	No.1	181
				B	B	No.1	280
		30	Control ET-H/2	C	A	No.1	492
				B	A	No.1	579
				D(LT)	B	No.1	292
	Ginkgo	30	Control ET-SH/1	A	B	No.1	160
				B(LT)	B	No.1	156
A				B	No.1	186	
B(LT)				B	No.1	212	
Japanese cedar	50	ET-H/1	A(LT)	B	No.1	102	
Japanese cypress	40	ET-S/2	A(LT)	B	No.1	96	
Hardwood	Zelkova	20	ET-S/1	A	B	No.1	66
		30	ET-S/1	A	B	No.1	55
	Cherry	20	R-O-S	A	B	No.1	141
		30	R-O-S	A	B	No.1	124
	Locust	24	R-O-S	A	B	No.1	405
						No.2	231
		30	ET-H/1	B(LT)	A	No.1	264
			R-O-S	B(LT)	B	No.1	480
	Castor aralia	40	ET-S/2	A(LT)	B	No.1	102
Chinese mahogany	30	R-O-S	A(LT)	B	No.1	379	

Note: 1. LT; Low temperature drying schedule.

2. ET-SH/1; End-taping of sapwood and heartwood with a paper.

Table 2-4. Specifications of the RF/V driers for the experiments.

RF/V dryer	Internal size (cm)			RF generator	
	Length	Width	Depth	Output	Frequency
A	530	85	50	15 kW	12 Mhz
B	274	102	40	7 kW	13 Mhz

#### 나. 고주파진공건조스케줄

각 수종별 원판의 고주파진공건조 시험을 위해서 적용한 고주파진공건조스케줄은 Table 2-5 ~ Table 2-6과 같다.

Table 2-5. The schedules based on wood temperature (°C) for the RF/V drying tests of softwoods log cross sections.

Species	Thick (mm)	Schedule code	Drying times (hours)										
			~ 24	~ 48	~ 72	~ 96	~ 120	~ 144	~ 168	~ 192	~ 216	~ 240	~
Korean red pine	30	A	43	47	50	53	57	60	60	60	60	60	62
		B(LT)	38	41	44	47	50	54	58	60	62		
Japanese larch	20	A(LT)	42	42	45	48	51	54					
		B	45	48	51	54	58	61					
	30	C	43	47	50	54	56	58	61				
		D(LT)	38	41	44	47	51	55	59	61			
Ginkgo	30	A	42	46	48	49	53	55	60				
		B(LT)	38	41	44	47	50	54	56	58	60		
Japanese cedar	50	A(LT)	38	40	42	44	48	52	56	60			
Japanese cypress	40	A(LT)	38	40	44	48	50	54	56	60			

Table 2-6. The schedules based on wood temperature (°C) for the RF/V drying tests of hardwoods log cross sections.

Species	Thick (mm)	Schedule code	Drying times (hours)										
			~ 24	~ 48	~ 72	~ 96	~ 120	~ 144	~ 168	~ 192	~ 216	~ 240	~
Zelkova	20	A	45	48	51	54	58	61					
	30		45	48	51	54	58	61					
Cherry	20	A	45	48	51	54	58	61					
	30		45	48	51	54	58	61					
Locust	24	A	43	47	51	54	57	60					
	30	B(LT)	38	40	43	45	48	51	53	55	57	57	59
Castor aralia	40	A(LT)	36	40	43	43	47	50	53	56	56		
Chinese mahogany	30	A(LT)	36	40	43	43	47	50	53	56	56		

#### 다. 최종함수율 및 건조수율 조사

건조종료 후 각 잔적층별로 적정량의 시험편을 임의로 추출하여 고주파식수 분계로 최종함수율을 구하였으며, 모든 시험 원판에 대하여 양 횡단면에 발생한 심재할렬, 경계할렬 및 V형 크랙에 의하여 손상된 원판의 개수를 조사하여 무결점 원판의 수율을 평가하였다.

## 제 3절 결과 및 고찰

### I. 건조지표 개발 시험

#### 1. 함수율과 건조속도의 원판내 방사방향 분포

##### 가. 침엽수재 원판

침엽수재의 각 수종별 원판에서 채취한 원주상 슬라이스를 오-븐내에서 급속 건조하면서 조사한 함수율의 원판내 방사방향 분포 추이와 심·변재 슬라이스의 건조곡선을 Fig. 2-5 ~ Fig. 2-16에 나타내었다.

##### 1) 소나무 원판 (Fig. 2-5 ~ Fig. 2-6)

생재함수율의 경우 변재부 슬라이스는 평균 115.8%인 반면에 심재슬라이스는 59.7%에 불과하였다. 그러나 건조가 진행됨에 따라 변재부는 매우 급속한 건조속도로 함수율이 감소하였으나 심재부는 건조속도가 느려 오히려 변재부보다 먼저 섬유포화점에 도달하였고, 11번 슬라이스의 경우 변재임에도 불구하고 섬유포화점 도달시기가 심재와 유사하였다. 그러나 이러한 함수율 분포가 오래 동안 지속되지는 않아 경계할렬의 발생위험은 그다지 크지 않은 것으로 보이나, 심재부위의 투과성 불량으로 심재할렬이 발생할 소지는 있는 것으로 평가되었다. 따라서 소나무 원판건조시 심재부와 심재 경계선 주위의 약 1 cm 가량의 영역의 수분 증발 속도를 다소 지연시키는 것이 심재할렬 예방에 바람직할 것으로 판단된다.

##### 2) 낙엽송 원판 (Fig. 2-7 ~ Fig. 2-8)

변재 슬라이스의 평균 생재함수율은 126.3%로 심재슬라이스의 39.5% 보다 약 3배 가량 높은 분포를 보였으며, 이러한 수분경사는 평균함수율 약 20%일 때까지도 계속되었다. 따라서 건조중기 이후 심재와 변재의 경계선인 7번 슬라이스 주위에 인장응력이 형성되므로써 경계할렬이 발생할 가능성이 높다. 이 경우 심재부의 건조속도를 지연시킬 필요가 있는 것으로 판단된다. 또한 심변재 경계선과 외주선의 중간영역인 3번 슬라이스를 중심으로 인접부위간에도 상당한 수분경사가 형성되고 있는 점을 주목할 필요가 있다. 즉 건조 전에 박피처리를 할 경우 외주선으로부터 약 1 cm 영역까지를 제거할 경우 건조수율 증진에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

### 3) 은행나무 원판 (Fig. 2-9 ~ Fig. 2-10)

은행나무의 경우 심재영역이 매우 작아 심재슬라이스를 얻는 것이 불가능하였다. 변재영역 내에서는 매우 고른 생재함수율 분포를 보였으며, 건조가 진행되면서도 어느 정도의 진폭은 존재하였지만 비교적 균일한 함수율 분포를 보였다. 다만 16번 슬라이스를 임계점으로 내측으로 향할수록 함수율이 낮아지는 경향을 보였으나 경계할렬을 유발시킬 수준은 아닌 것으로 평가된다.

### 4) 삼나무 원판 (Fig. 2-11 ~ Fig. 2-12)

심재부는 생재함수율이 29.6%로서 건조가 시작되면서부터 수축이 개시되지만 변재슬라이스는 평균 73.8%의 고탄수율을 나타내고 있는 변재부에 의해 수축이 억제되므로써 건조초기부터 심재와 변재의 경계영역에 인장응력이 형성되면서 이곳에 할렬이 발생할 가능성이 크다. 따라서 심재부의 수분증발속도를 지연시키는 처리가 요구되어 진다.

### 5) 편백나무 원판 (Fig. 2-13 ~ Fig. 2-14)

생재함수율의 경우 변재슬라이스는 평균 29.7%를 보인 반면, 심재슬라이스는 평균 55.2%를 나타내어 침엽수재의 일반적인 함수율 분포와는 정반대의 분포를 나타내었다. 이러한 함수율 분포패턴이 평균함수율 약 21%까지도 지속되므로써 심변재 경계영역에서 할렬이 발생할 위험이 높다. 따라서 건조전에 원판의 변재부를 통한 수분증발을 적절하게 지연시키는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

### 6) 측백나무 원판 (Fig. 2-15 ~ Fig. 2-16)

변재슬라이스의 생재함수율은 평균 159.2%, 그리고 심재슬라이스는 평균 74.4%를 나타내었으며, 건조가 진행되면서 이러한 분포는 점점 약화되어 심변재 경계선상에서의 인장응력은 크지 않을 것으로 예측되었다.

## 나. 활엽수재 원판

활엽수재의 각 수종별 원판에서 채취한 원주상 슬라이스를 오-본내에서 급속 건조하면서 조사한 함수율의 원판내 방사방향 분포 추이와 심·변재 슬라이스의 건조곡선을 Fig. 2-17 ~ Fig. 2-26에 나타내었다.

### 1) 느티나무 원판 (Fig. 2-17 ~ Fig. 2-18)

생재함수율의 경우 수피측의 변재부와 심변재경계부에서는 46.6% ~ 48.5% 범위의 거의 균일한 값을 나타내었고, 이 이후 수(pith) 부근의 심재부쪽에 근접할수록 함수율은 서서히 증가하여 최내측 슬라이스의 경우 67.2%를 나타내어 변재부와 외의 함수율 차이가 약 20%가량되었다. 이러한 방사방향 수분경사는 평균함수율

약 30%일때까지도 지속되어 변재부 또는 심변재경계부의 경우 모두 섬유포화점 이하의 함수율에 도달하였으나, 최내측슬라이스는 아직도 약 40% 정도의 높은 함수율을 보여, 건조중 변재부에 인장응력이 형성될 가능성이 높은 것으로 평가되었다. 함수율 30%까지 도달하는데 소요되는 시간을 내삽법으로 구한 결과, 변재부는 48.5분 정도 소요된 반면에 인접한 심변재혼합슬라이스와 심재슬라이스의 경우 약 61분 정도 소요된 결과에서도 이러한 예측이 가능하다. 따라서 느티나무 원판 건조시 변재부의 건조속도를 어느 정도 지연시키거나 또는 심재부의 건조속도를 촉진시키는 대책을 강구하는 것이 경계할렬(Kang 등 2001)을 예방하는데 유리할 것으로 판단된다. 건조중기 이후 전 횡단면에 걸쳐 비교적 균일한 함수율분포를 보였으나, 4번, 10번, 13번, 16번 슬라이스와 최외주측 슬라이스 등의 함수율이 인접부위 보다 매우 낮은 분포를 나타내어, 건조중 상당한 주의가 요망된다. 특히 건조중기 이후 최외주측에서 형성된 수분경사는 이방성 수축응력(Kubler 1975; Lee 등 1998, 2000)이 증첩되면서 V형크랙을 초래할 수 있으므로, 원판건조시 건조전에 파괴하는 것은 바람직하지 않을 것으로 판단된다.

### 2) 벗나무 원판 (Fig. 2-19 ~ Fig. 2-20)

생재함수율의 경우 변재율이 높은 외주측 및 수 부위의 함수율이 약 55%로서 다른 부위보다 약 5 ~ 6%정도 더 높은 분포를 보였으며, 건조말기의 평균함수율 12.5%까지 유사한 분포양상이 지속되었다. 특히 최내측 슬라이스와 바로 인접한 슬라이스간의 수분경사는 건조시간이 경과하면서 더욱 심해지는 경향을 보였다. 이것은 수 부위의 투과성이 인접한 심재보다 불량하기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 벗나무의 경우 원판건조중 수 부위에서 발생하는 할렬을 예방할 목적으로 이 부위를 엔드래핑(end-wrapping) 또는 엔드커버링(end-covering)할 경우 (Lee 등 1992, 2000), 처리부 주변에서 접선방향 인장응력이 유도되면서 할렬이 발생할 가능성이 높다. 필요하다면 5번 슬라이스에서 15번 슬라이스에 이르는 횡단면을 통한 수분증발을 약간 지연시키는 처리를 실시할 경우 원판건조중 할렬예방에 도움이 될 수 있을 것으로 사료되어 이를 검토할 필요가 있다.

### 3) 아까시나무 원판 (Fig. 2-21 ~ Fig. 2-22)

건조가 진행되면서 어느 정도의 함수율 진폭이 발생하였지만, 전 횡단면에 걸쳐 함수율 단계에 관계없이 비교적 고른 함수율분포를 보였다. 그러나 아까시나무의 경우 수관의 형상이 불규칙한 경우가 많고, 또 원주상 원목이라할지라도 심재부의 外緣線이 동심원을 이루지 않을 뿐아니라, 변재율이 매우 낮은 수종적 특성 때문에 원주슬라이싱으로는 순수한 변재슬라이스를 얻는 것이 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서도 변재부의 건조특성을 파악하지 못하였으나, 미발표 연구결과들(Lee 등)에 의하면 변재부가 내측의 심재부보다 먼저 섬유포화점에 도달하면서 건조중기

이후 변재부에 인장응력이 형성되고, 이로 말미암아 심재와 변재의 경계선상에 경계할렬이 다수 발생하는 것으로 나타났다. 따라서 아까시나무의 경우 건조전에 먼저 변재부를 제거해버리고서 원판건조를 실시하는 것이 건조수율 증진에 효과적일 것으로 생각된다.

#### 4) 음나무 원판 (Fig. 2-23 ~ Fig. 2-24)

생재상태에서는 변재부가 평균 75.4%의 함수율을 나타낸 반면에 심재부에서는 약 23%정도 급격하게 증가하여 평균 98.4%의 함수율을 나타내었다. 평균함수율 약 15%일때 까지도 심재부와 변재부의 경계선상에서는 약 5 ~ 10% 가량의 함수율 차가 존재하여 원판건조시 변재부에 접선방향 인장응력이 형성될 소지가 매우 높다. 뿐만아니라 최내측의 24번 및 25번 슬라이스와 바로 인접한 외측슬라이스 간에도 건조가 진행되면서 상당히 급격한 수분경사가 형성되어 이 부위 역시 할렬의 발생가능성이 높은 것으로 생각된다. 따라서 음나무 원판의 경우 별도의 처리를 실시하지 않고 건조할 경우 몇몇 경계영역에서 할렬이 매우 심하게 발생할 것으로 예측되는 바, 적절한 전처리법을 개발하는 후속연구가 요구되어진다.

#### 5) 참중나무 원판 (Fig. 2-25 ~ Fig. 2-26)

생재함수율의 경우 외주측의 심변재혼합슬라이스는 평균 58.7%를, 그리고 내부의 인접한 심재슬라이스들은 평균 64.6%로서 심재부의 함수율이 변재측 보다는 다소 높은 것으로 나타났다. 특히 참중나무의 경우도 아까시나무와 같이 변재율이 매우 낮아 완전한 변재슬라이스를 얻을 수 없었으나, 무박피 상태의 원판을 가정해 볼 경우 심재와 변재간의 함수율 차이는 이 보다 더 클 것으로 생각된다. 평균함수율 11%인 경우를 제외한 전 건조기간에 걸쳐 외주측의 심변재혼합 슬라이스들과 최내측 슬라이스의 함수율이 나머지 부위의 함수율보다 낮은 값을 나타내었다. 특히 평균함수율 30.6%일때 부터 섬유포화점 이하의 부위와 섬유포화점 이상인 부위가 동일 원판내에 공존하므로써 수 부위와 심변재 경계영역 부위에서 할렬이 발생할 가능성이 있는 것으로 확인되었다. 따라서 참중나무 원판의 경우 변재율이 매우 낮은 점을 고려하여 원판건조 전에 변재부를 제거하고, 동시에 수 부위의 건조속도를 지연시키는 처리를 실시하는 것이 건조결함 예방에 유리할 것으로 생각된다.

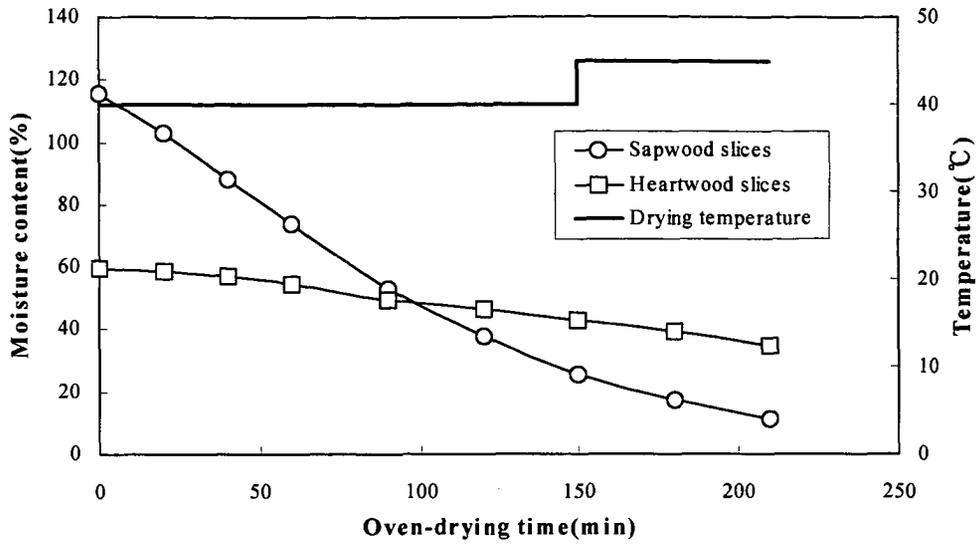


Fig. 2-5. Oven-drying curves of circumferential slices for Korean red pine.

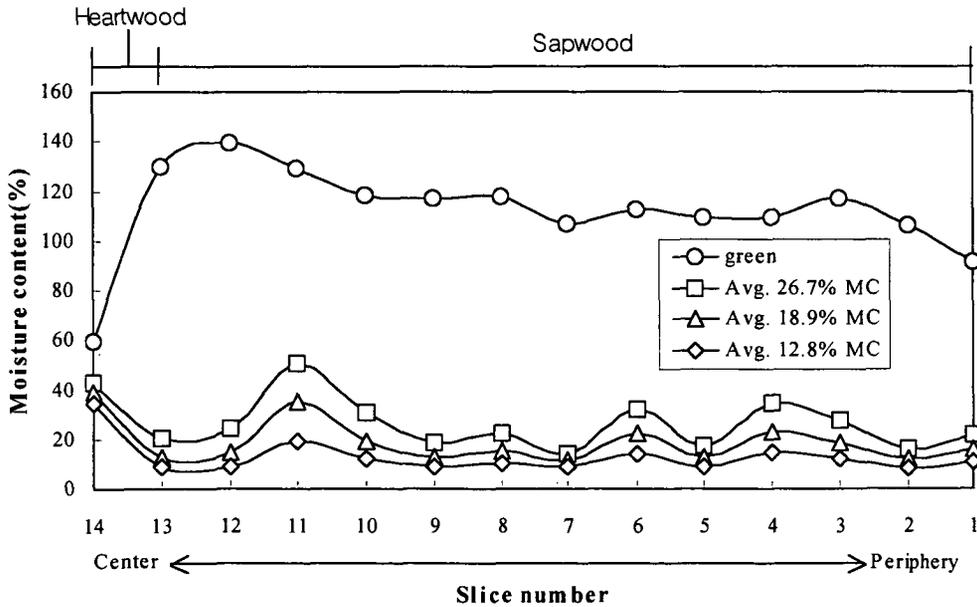


Fig. 2-6. Radial distribution of moisture content during oven-drying circumferential slices from Korean red pine.

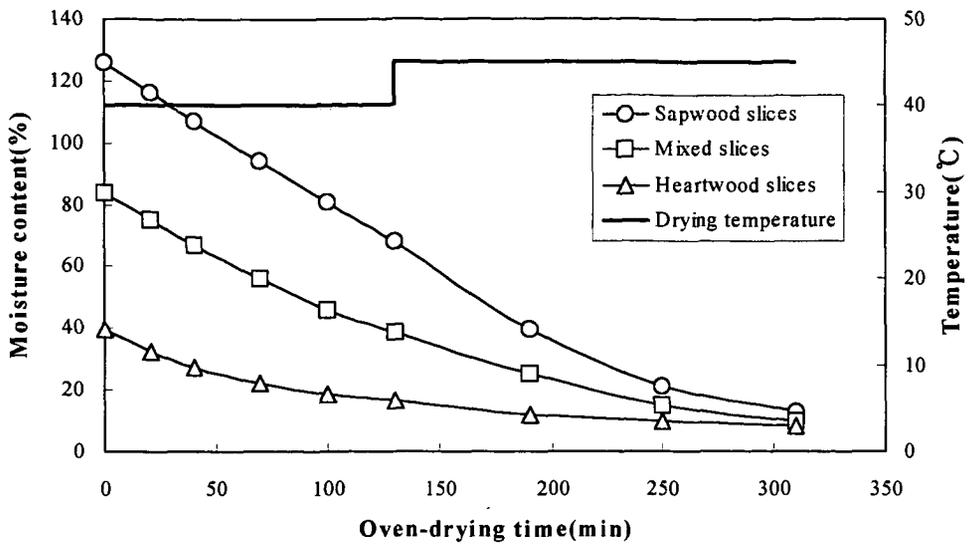


Fig. 2-7. Oven-drying curves of circumferential slices for Japanese larch.

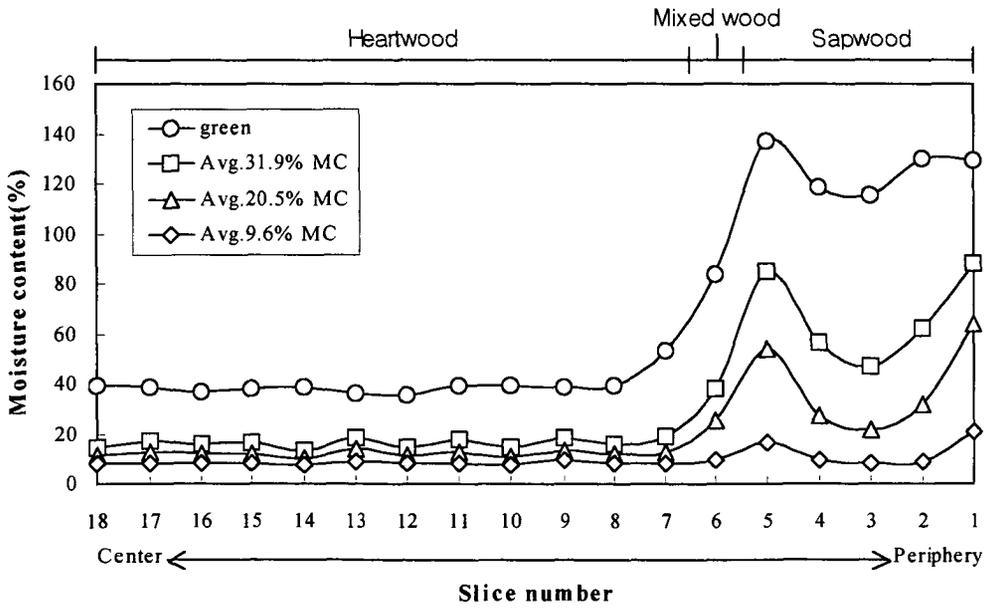


Fig. 2-8. Radial distribution of moisture content during oven-drying circumferential slices from Japanese larch.

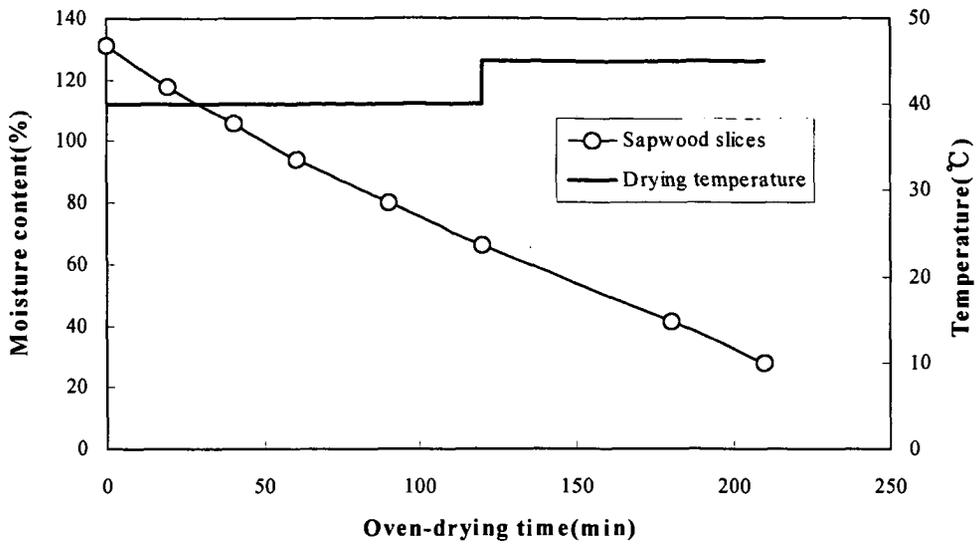


Fig. 2-9. Oven-drying curves of circumferential slices for Ginkgo.

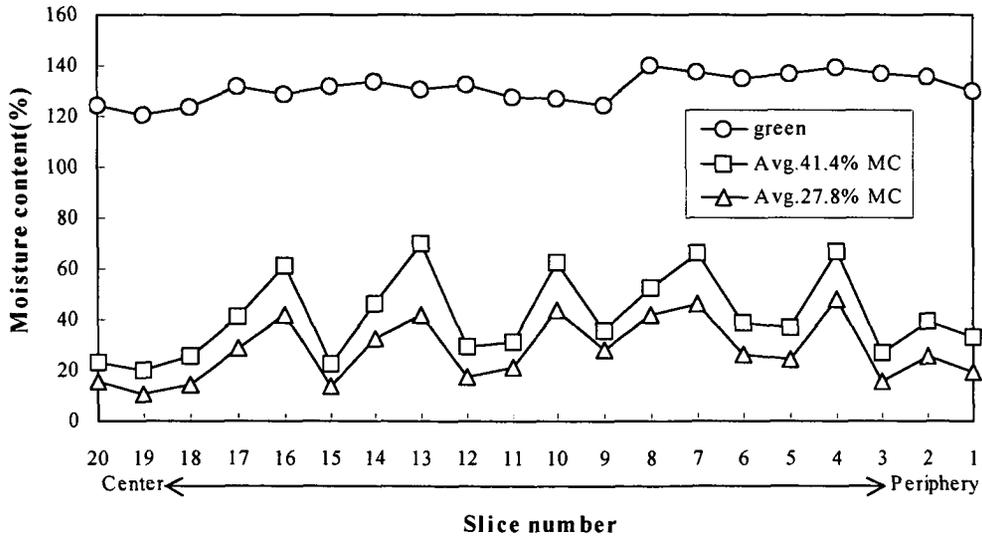


Fig. 2-10. Radial distribution of moisture content during oven-drying circumferential slices from Ginkgo.

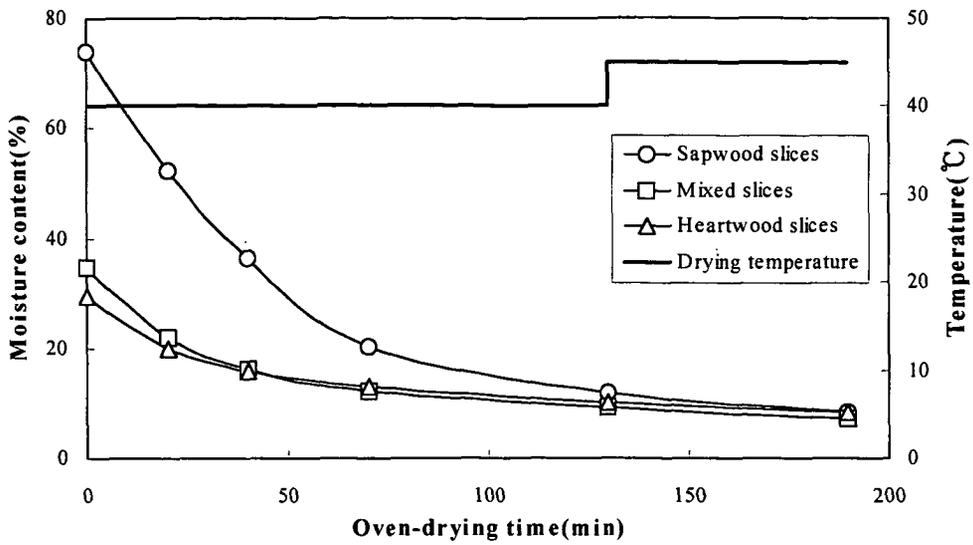


Fig. 2-11. Oven-drying curves of circumferential slices for Japanese cedar.

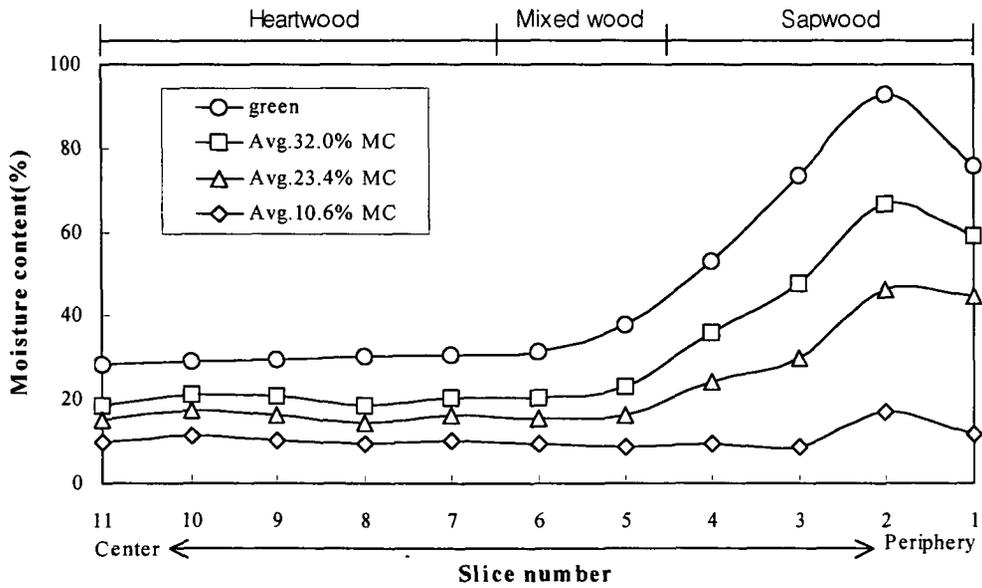


Fig. 2-12. Radial distribution of moisture content during oven-drying circumferential slices from Japanese cedar.

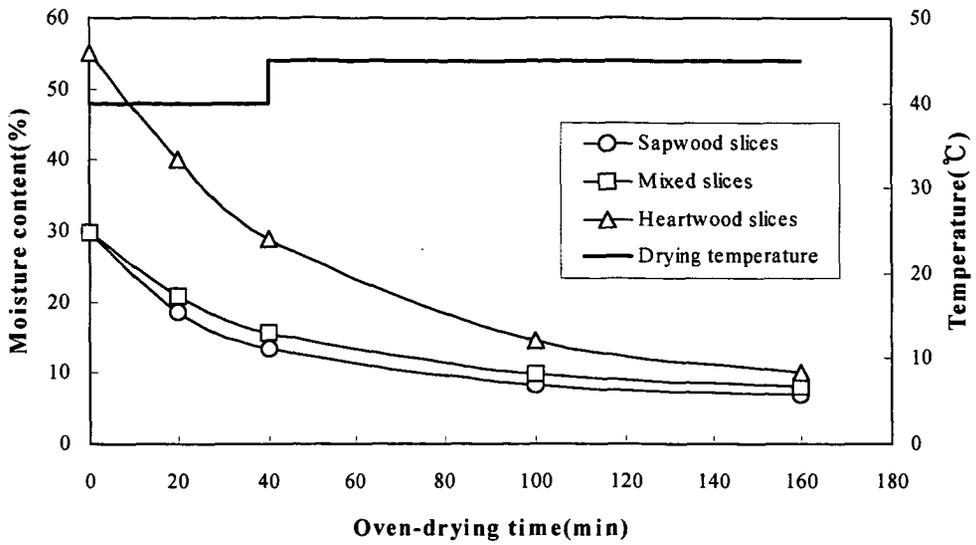


Fig. 2-13. Oven-drying curves of circumferential slices for Japanese cypress.

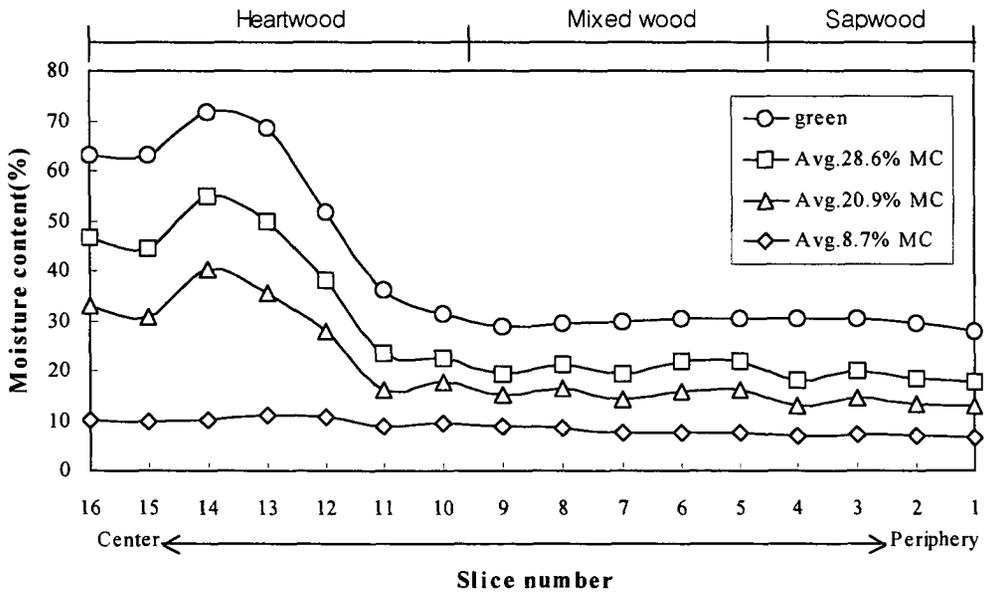


Fig. 2-14. Radial distribution of moisture content during oven-drying circumferential slices from Japanese cypress.

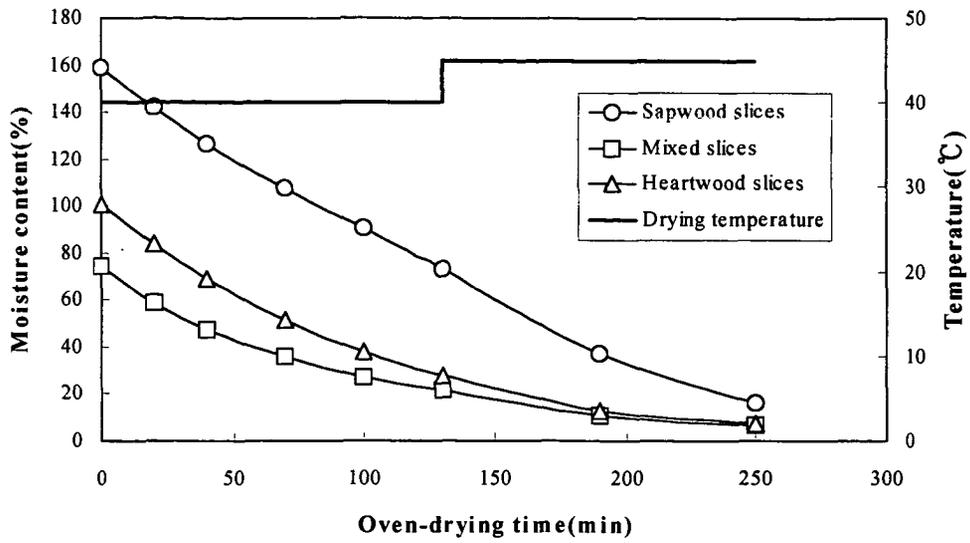


Fig. 2-15. Oven-drying curves of circumferential slices for Chinese thuja.

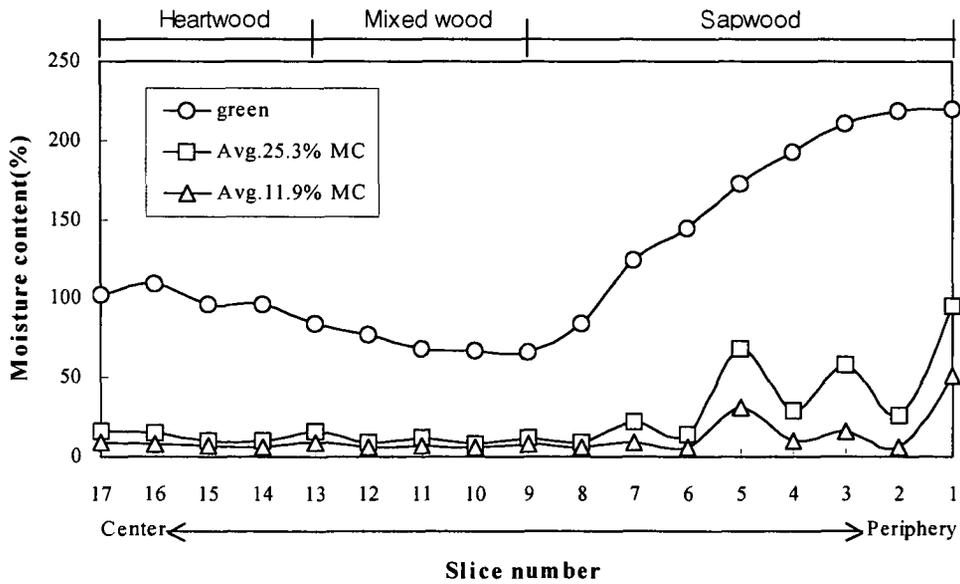


Fig. 2-16. Radial distribution of moisture content during oven-drying circumferential slices from Chinese thuja.

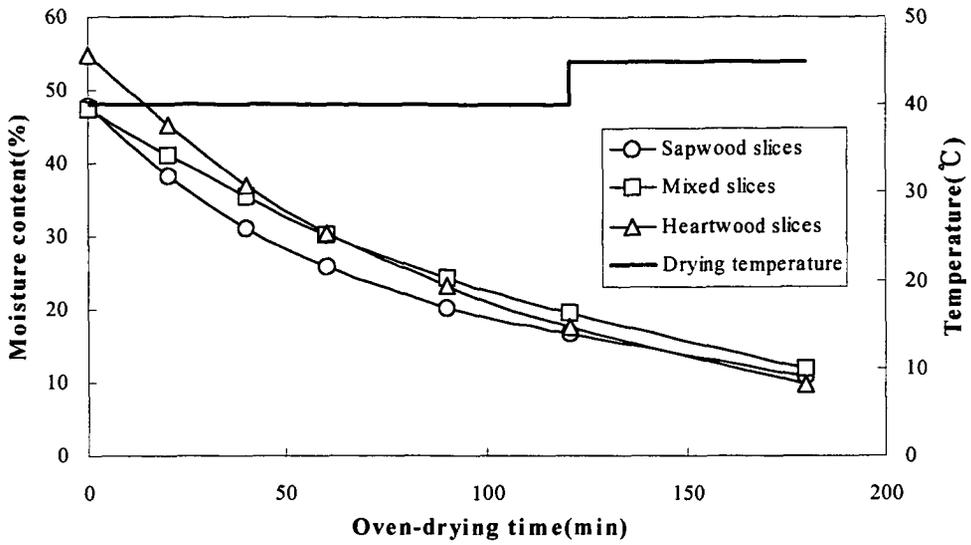


Fig. 2-17. Oven-drying curves of circumferential slices for Zelkova.

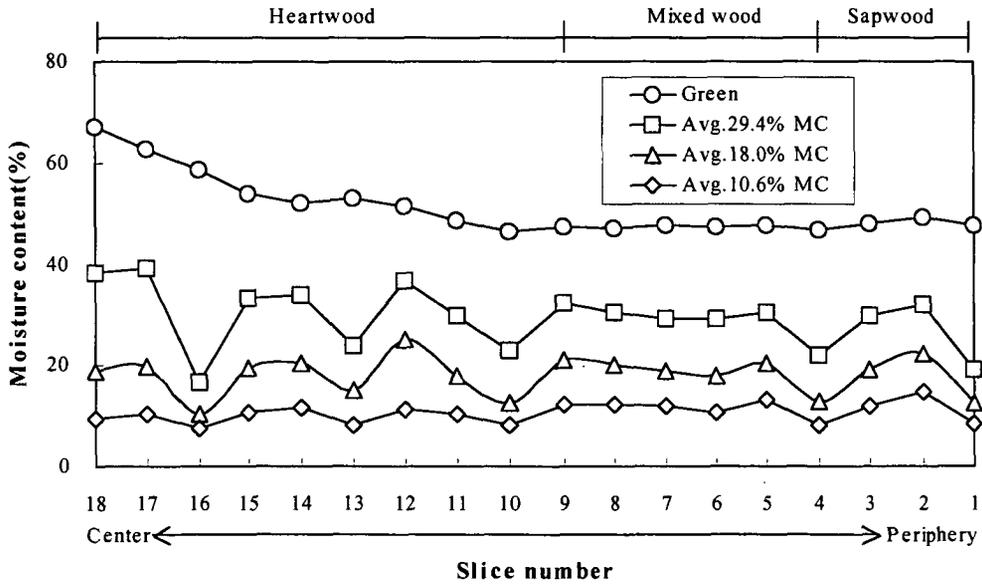


Fig. 2-18. Radial distribution of moisture content during oven-drying circumferential slices from Zelkova.

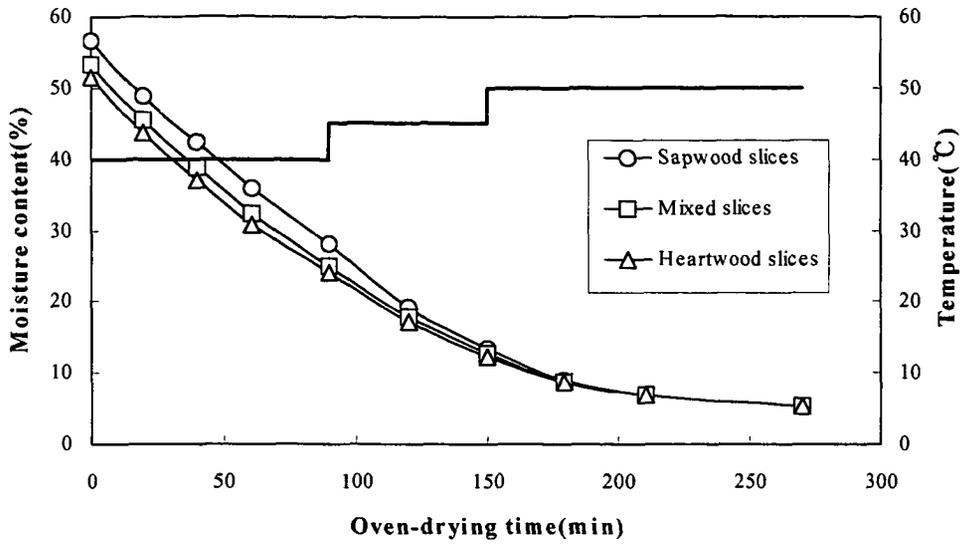


Fig. 2-19. Oven-drying curves of circumferential slices for Cherry.

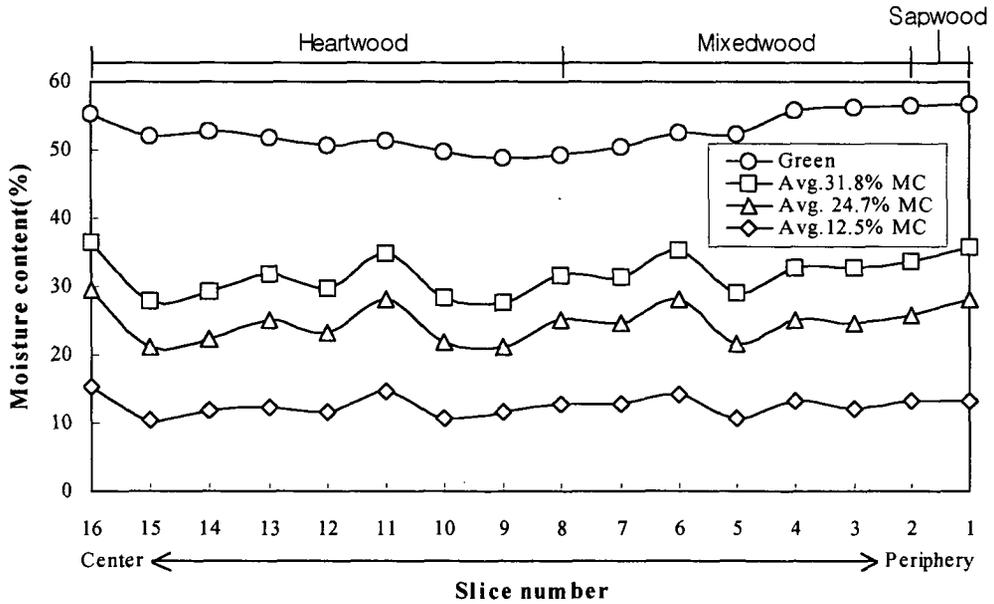


Fig. 2-20. Radial distribution of moisture content during oven-drying circumferential slices from Cherry.

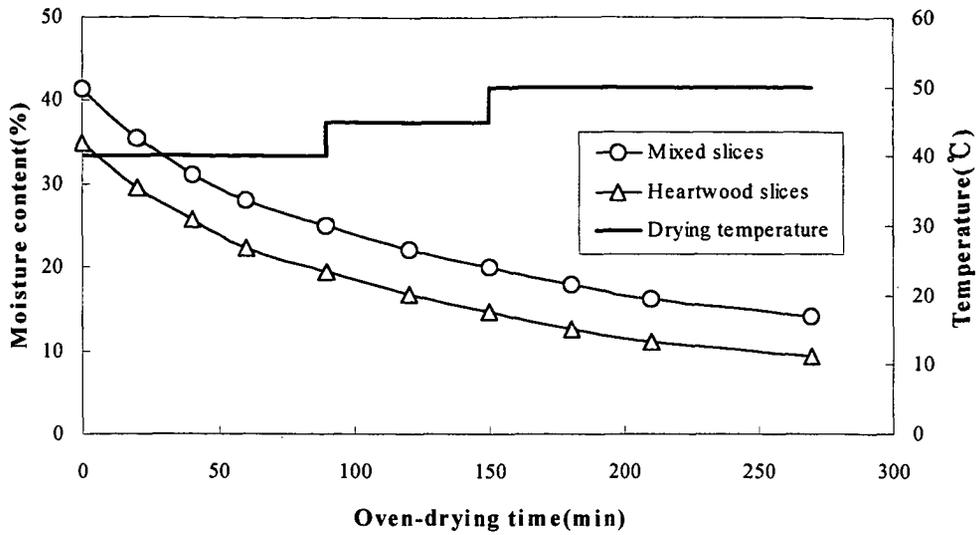


Fig. 2-21. Oven-drying curves of circumferential slices for Locust.

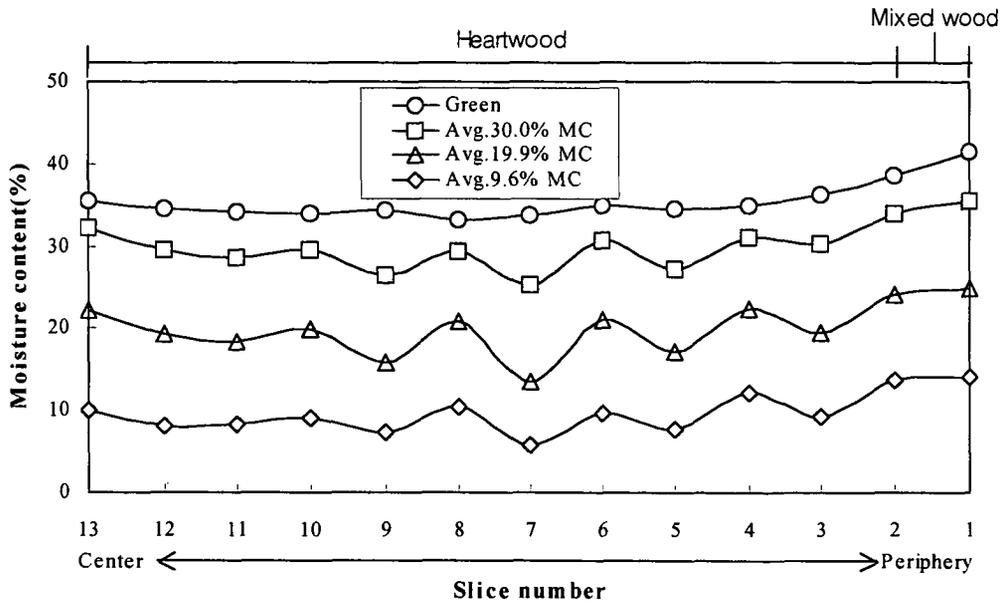


Fig. 2-22. Radial distribution of moisture content during oven-drying circumferential slices from Locust.

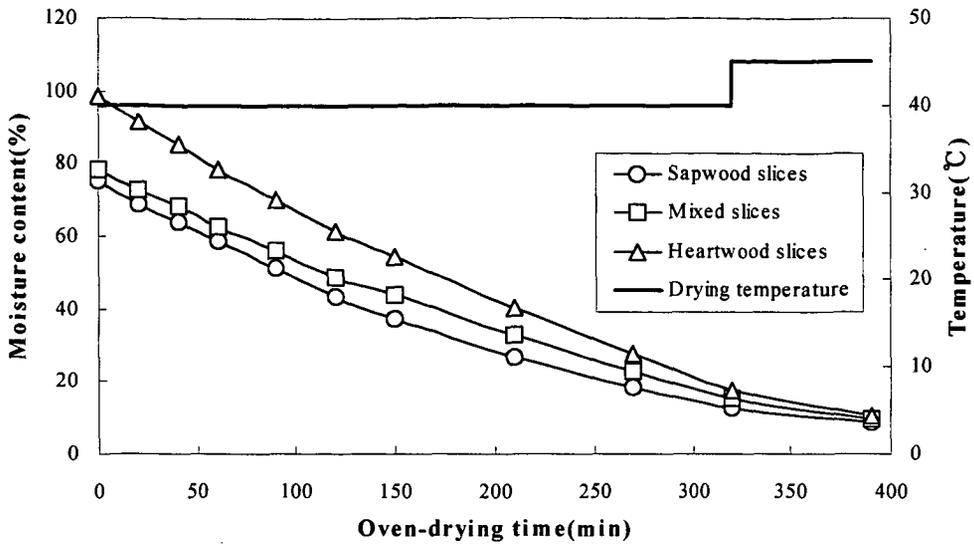


Fig. 2-23. Oven-drying curves of circumferential slices for Castor aralia.

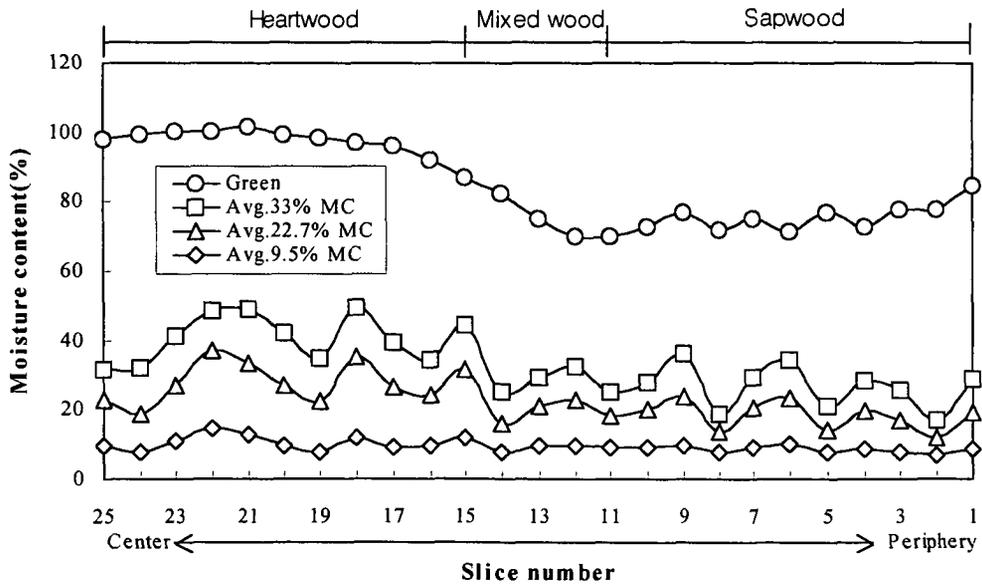


Fig. 2-24. Radial distribution of moisture content during oven-drying circumferential slices from Castor aralia.

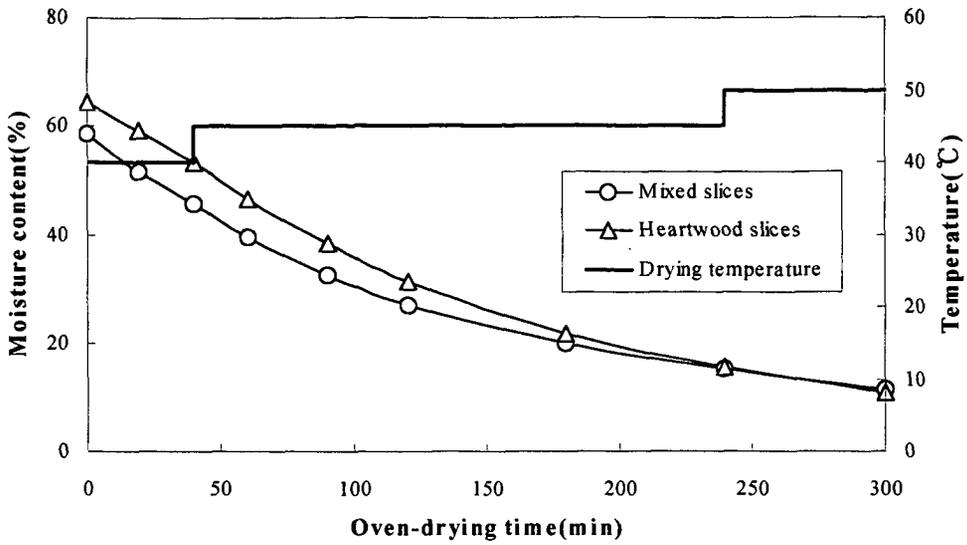


Fig. 2-25. Oven-drying curves of circumferential slices for Chinese mahogany.

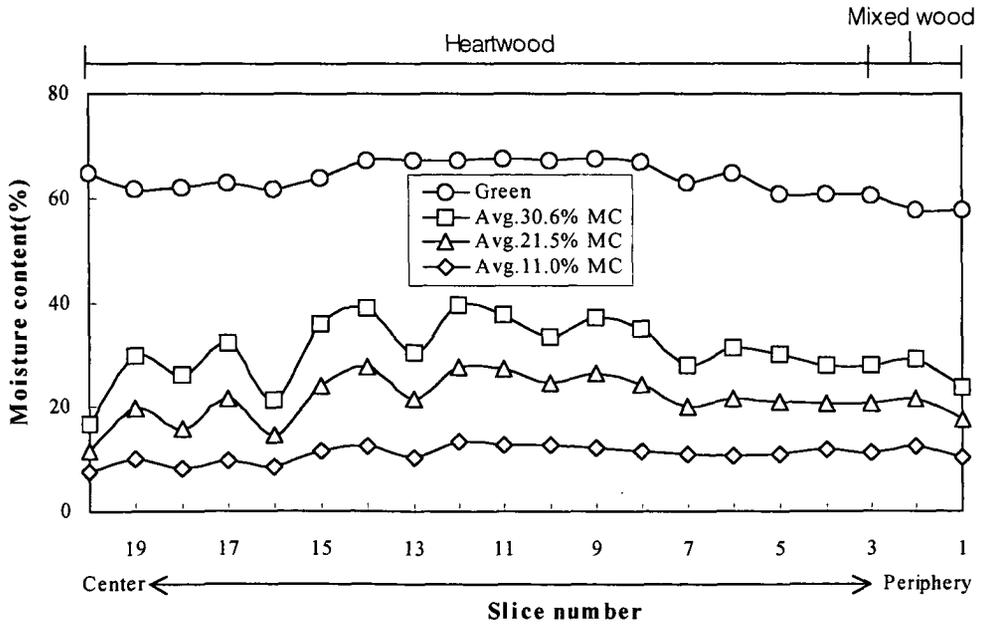


Fig. 2-26. Radial distribution of moisture content during oven-drying circumferential slices from Chinese mahogany.

## 2. 수축율 특성

Table 2-7은 진공하에서 조사한 함수율 6%까지의 수축율을 수종별 및 원판에  
서의 부위별로 구분하여 나타낸 것이다.

소나무를 제외한 모든 수종에서 외주부위의 접선방향 수축율과 방사방향 수축  
율의 차 (T-R)는 수 부위의 (T-R)보다 크게 나타났다. 특히 삼나무, 편백나무, 느  
티나무 및 벗나무 등에서는 약 2% 이상의 차이를 나타내었다. 이것은 수 부위의  
경우 대부분 미성숙재로 이루어져 있어 피브릴 경사각이 증대하므로써 횡단방향  
수축성분이 감소한 것에 기인한 것으로 판단된다.

이행재 부위의 접선방향 수축율과 방사방향 수축율의 차 (T-R)는 음나무가  
9.30%, 편백나무, 느티나무, 그리고 벗나무 등이 약 5 ~ 6% 정도로 매우 높게 나  
타났고, 은행나무와 편백나무는 1.3% 미만의 낮은 값을 보였다. 특히 음나무의 경  
우 이행재의 접선방향 수축율이 수 부위와 외주부위와는 달리 무려 16.34%에 달  
할 정도로 비정상적인 것을 알 수 있다. 이것은 음나무 고유의 수종적 특성으로서  
이로 말미암아 원판건조중 경계할렬이 매우 복잡하고 심하게 발생하는 경향이 있  
다.

한편 V형크랙의 발생에 밀접하게 관여하는 외주부의 (T-R) 값은 낙엽송, 편백  
나무, 느티나무, 벗나무 등이 약 4% 이상의 값을 보여 V형크랙의 발생 가능성이  
매우 높은 것으로 평가되었다. 반면에 은행나무와 소나무는 각각 1.19%와 1.51%로  
서 매우 낮아 상대적으로 V형크랙의 발생 위험성이 적은 것으로 평가되었다.

Table 2-7. Shrinkages from green to 6% MC determined in a vacuum oven  
for specimens cut at the pith side, the periphery side and the  
boundary between them.

Species		Pith side			Boundary			Periphery side		
		T	R	T-R	T	R	T-R	T	R	T-R
Softwood	Korean red pine	3.36	1.59	1.77	4.76	2.47	2.29	4.86	3.35	1.51
	Japanese larch	5.48	2.47	3.01	6.17	3.11	3.06	7.08	3.15	3.93
	Ginkgo	5.30	4.33	0.97	6.07	4.83	1.24	5.81	4.62	1.19
	Japanese cedar	2.95	2.16	0.79	3.19	1.90	1.29	5.50	2.74	2.76
	Japanese cypress	4.10	1.04	3.06	7.30	1.54	5.77	6.83	1.81	5.02
	Chinese thuja	3.91	2.21	1.69	3.64	1.20	2.44	4.55	1.80	2.75
Hardwood	Zelkova	5.52	3.56	1.95	9.98	3.78	6.20	9.17	3.52	5.65
	Cherry	6.62	2.77	3.85	8.48	2.85	5.63	9.87	3.53	6.34
	Locust	6.76	4.07	2.69	5.32	3.32	2.01	-	-	-
	Castor aralia	6.36	3.73	2.63	16.34	7.04	9.30	7.55	3.66	3.89
	Chinese mahogany	6.72	4.56	2.16	7.29	5.24	2.05			

Note: T and R, respectively, mean tangential- and radial shrinkage.

### 3. 건조결함 발생등급 지표

#### 가. 심재할렬 발생등급 지표

##### 1) 초기함수율 등급과 건조속도 등급

각 수종별 수 부위의 초기함수율 등급과 심재슬라이스의 오-븐테스트에서의 건조속도 등급을 Table 2-8에 나타내었다.

침엽수재의 초기함수율 등급은 삼나무가 No. 1, 소나무와 낙엽송 No. 2, 편백나무와 측백나무는 No. 4, 그리고 은행나무는 No. 5급을 나타내는 등 수종에 따른 변이가 심하였다. 반면에 활엽수재의 경우는 No. 3 ~ No. 5에서 비교적 고른 분포를 보였다.

Table 2-8. The classes of the initial MC on the pith side and on the drying rates of the heartwood slices from green to 30% MC during oven test.

Species		On the pith side		Of the heartwood slices during oven test	
		Initial MC (%)	Class	Drying rates (%/min.)	Class
Softwood	Korean red pine	32.8	No. 2	0.114	No. 5
	Japanese larch	38.2	No. 2	0.311	No. 3
	Ginkgo	116.2	No. 5	- <sup>a)</sup>	No. 4
	Japanese cedar	27.9	No. 1	- <sup>b)</sup>	No. 1
	Japanese cypress	66.9	No. 4	0.660	No. 1
	Chinese thuja	74.4	No. 4	0.565	No. 1
Hardwood	Zelkova	59.3	No. 3	0.406	No. 2
	Cherry	51.6	No. 3	0.347	No. 3
	Locust	40.5	No. 3	0.269	No. 4
	Castor aralia	93.4	No. 5	0.263	No. 4
	Chinese mahogany	80.8	No. 4	0.278	No. 4

Note:<sup>a)</sup>Impossible of preparation of heartwood slices because of too small area of heartwood.

<sup>b)</sup>It could not be calculated because of initial moisture contents below 30% MC.

## 2) 심재할렬 발생등급

수 부위의 초기함수율 등급과 심재슬라이스의 건조속도 등급에 따라 각 수종별 심재할렬 발생 등급을 Fig. 2-27에 나타내었다.

삼나무는 경미, 그리고 편백나무와 측백나무 및 느티나무는 보통의 수준인 것으로 평가되었다. 편백나무와 측백나무의 경우 초기함수율등급은 No. 4급이었음에도 불구하고 심재의 건조속도가 0.5 %/min 이상인 점이 심재할렬 발생등급 저하에 기여하였다. 한편 벗나무, 낙엽송, 소나무 등은 심함의 수준으로 분류되었는데, 소나무의 경우 심재의 건조속도가 매우 느린 것이 특징으로 나타났다. 또한 은행나무, 음나무, 참중나무, 아까시나무 등이 심재할렬의 발생 위험성이 매우 높은 것으로 평가되었다. 특히 은행나무와 음나무의 경우 초기함수율 등급과 건조속도 등급 모두에서 바람직하지 않은 것으로 나타나 원판건조시 심재할렬 예방에 각별한 주의가 필요할 것으로 평가되었다.

Class of initial MC of pith	No.5 (90% $\leq$ )		Severe (HC3)	S③ H④	
	No.4 (60~89%)	S⑤ S⑥		H⑤	
	No.3 (40~59%)	Moderate (HC2)	H①	H③	Very severe (HC4)
	No.2 (30~39%)	Slight (HC1)		S②	S①
	No.1 ( $<30\%$ )	S④		Moderate (HC2)	
	No.1 ( $\geq 0.5$ )	No.2 (0.49~0.4)	No.3 (0.39~0.3)	No.4 (0.29~0.2)	No.5 ( $<0.2$ )

**Class of drying rate(%/min) of heartwood slices**

- |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| S① : Korean red pine  | H① : Zelkova          |
| S② : Japanese larch   | H② : Cherry           |
| S③ : Ginkgo           | H③ : Locust           |
| S④ : Japanese cedar   | H④ : Castor aralia    |
| S⑤ : Japanese cypress | H⑤ : Chinese mahogany |
| S⑥ : Chinese thuja    |                       |

Fig. 2-27. The estimated classes of formation of heart checking based on the initial MC class and drying rate class for each species.

## 나. 경계할렬 발생등급 지표

### 1) 比시간 등급과 횡단방향 수축을 差 등급

Eq. (2-1)로부터 구한 比시간 등급을 Table 2-9에 나타내었고, 이행재 부위의 두 횡단방향간 수축을 差 등급을 Table 2-10에 나타내었다.

낙엽송, 삼나무, 편백나무 및 음나무 등이 0.80 이상으로 No. 5급을 나타내어 동일 원판내에서 부위별로 섬유포화점에 도달하는데 소요되는 시간이 매우 차이가 컸었다. 특히 삼나무와 편백나무의 경우 어떤 특정 부위의 원주상 슬라이스는 생재 함수율이 30% 이하의 상태를 보이므로써 比시간 값이 1.0에 이르러 원판건조시 경계할렬 예방에 각별한 주의가 요구되어지는 것으로 추정되었다. 또한 측백나무와 아까시나무도 No. 4급을 보여 이행재 부위에서의 할렬 발생 가능성이 높은 편이었다. 한편 은행나무와 벗나무 등은 약 0.3 정도의 낮은 값을 보여 원판내에서 방사방향 수분경사가 크지 않을 것으로 판단된다.

이행재 부위의 (T-R)급은 편백나무, 느티나무, 음나무 등이 No. 5급을, 그리고 낙엽송이 No. 4급 등을 나타내어 이행재 부위에서의 할렬 발생 위험성이 높은 것으로 평가되었다. 특히 음나무의 경우 (T-R) 값이 9.30에 이르러 원판건조시 경계할렬의 발생이 매우 극심할 것으로 예측되었다. 반면에 은행나무와 삼나무 등은 (T-R) 값이 1.3 미만의 값을 보여 경계할렬에 대해서 상대적으로 안전할 것으로 평가되었다.

### 2) 경계할렬 발생등급

Fig. 2-28은 Eq. (2-1)로부터 구한 比시간 등급과 이행재 부위의 두 횡단방향간 수축을 差 등급에 근거하여 각 수종별 원판의 경계할렬 발생 등급을 나타낸 것이다.

은행나무는 경미, 소나무, 측백나무, 아까시나무 및 참중나무는 보통으로 평가되었다. 삼나무는 이행재의 (T-R)급은 No. 2로 낮았으나 比시간급이 No. 5로 매우 높아 경계할렬의 발생이 심할 것으로 평가되었고, 느티나무와 벗나무는 比시간급은 낮은 편이었지만 이행재의 (T-R)급이 No. 5로 매우 높아 역시 경계할렬 발생이 심할 것으로 예측되었다. 또한 낙엽송과 편백나무, 그리고 음나무는 比시간급과 이행재의 (T-R)급이 모두 높아 원판건조 중에 경계할렬이 매우 심하게 발생될 것으로 평가되었다.

Table 2-9. The classes of the specific time calculated by the Eq. (2-1) during oven test.

Species		Of circumferential slices			
		Fir <sup>a)</sup> (min)	Fin <sup>b)</sup> (min)	Specific time <sup>c)</sup>	Class
Softwood	Korean red pine	210	120	0.43	No. 3
	Japanese larch	250	40	0.84	No. 5
	Ginkgo	240	170	0.29	No. 2
	Japanese cedar	70	0	1.00	No. 5
	Japanese cypress	50	0	1.00	No. 5
	Chinese thuja	250	100	0.60	No. 4
Hardwood	Zelkova	90	40	0.56	No. 3
	Cherry	90	60	0.33	No. 2
	Locust	60	20	0.67	No. 4
	Castor aralia	320	150	0.84	No. 5
	Chinese mahogany	180	90	0.50	No. 3

Note: <sup>a)</sup> Time when the slices cut from any region first reach to 30% MC during oven-drying test (minute)

<sup>b)</sup> Time when the slices located at the neighbor region of above mentioned slices reach to 30% MC during oven-drying test (minute)

<sup>c)</sup> It was calculated by the Eq. (2-1).

Table 2-10. The classes of the differences (T-R) between transverse shrinkages from green to 6% MC determined in a vacuum oven.

Species		(T - R)			
		at the boundary	Class	at the periphery	Class
Softwood	Korean red pine	2.29	No. 3	1.51	No. 2
	Japanese larch	3.06	No. 4	3.93	No. 3
	Ginkgo	1.24	No. 2	1.19	No. 1
	Japanese cedar	1.29	No. 2	2.76	No. 2
	Japanese cypress	5.77	No. 5	5.02	No. 4
	Chinese thuja	2.44	No. 3	2.75	No. 2
Hardwood	Zelkova	6.20	No. 5	5.65	No. 4
	Cherry	5.63	No. 5	6.34	No. 5
	Locust	2.01	No. 3	-	No. 2 <sup>a)</sup>
	Castor aralia	9.30	No. 5	3.89	No. 3
	Chinese mahogany	2.05	No. 3	-	No. 2 <sup>a)</sup>

Note: <sup>a)</sup> They were determined by the (T-R) values at the boundary.

Class of specific time obtained from Eq.(2-1)

No.5 (0.80 $\leq$ )	Severe (BC3)	S④		S②	S⑤ H④
No.4 (0.60~0.79)			S⑥ H③	Very severe (BC4)	
No.3 (0.40~0.59)	Moderate (BC2)		S① H⑤		H①
No.2 (0.20~0.39)		S③		Severe (BC3)	H③
No.1 (0~0.19)	Slight (BC1)				
	No.1 ( $<1.0\%$ )	No.2 (1.0~1.9%)	No.3 (2.0~2.9%)	No.4 (3.0~3.9%)	No.5 (4.0% $\leq$ )

Class of (T-R) at the boundary

- |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| S① : Korean red pine  | H① : Zelkova          |
| S② : Japanese larch   | H② : Cherry           |
| S③ : Ginkgo           | H③ : Locust           |
| S④ : Japanese cedar   | H④ : Castor aralia    |
| S⑤ : Japanese cypress | H⑤ : Chinese mahogany |
| S⑥ : Chinese thuja    |                       |

Fig. 2-28. The estimated classes of formation of border checking based on the specific time class and (T-R) class for each species.

## 다. V형크랙 발생등급 지표

### 1) 외주부위의 횡단방향간 수축율 差 등급

각 수종별 외주부위의 접선방향과 방사방향간 수축율 差 등급을 Table 2-10에 나타내었다.

벚나무는 6.34%로서 No. 5, 편백나무와 느티나무는 No. 4급으로 비교적 큰 편에 속하였고, 낙엽송과 음나무는 No. 3를, 그리고 소나무, 삼나무, 측백나무, 아까시나무, 참중나무 등은 No. 2급으로 평가되었다. 한편 은행나무는 (T-R) 값이 불과 1.19%에 불과하여 두 횡단방향간 수축율 차에 기인한 이방성 수축응력은 매우 경미할 것으로 예측되었다.

### 2) V형크랙 발생등급

Fig. 2-29는 외주부위의 (T-R) 등급과 경계할렬 발생 등급에 근거하여 각 수종별 원판의 V형발생 등급을 나타낸 것이다.

은행나무는 (T-R)급과 경계할렬 발생 등급 모두 No. 1급을 나타내므로써 건조중 V형크랙에 의한 손상이 매우 경미할 것으로 평가되었다. 한편 소나무와 측백나무, 아까시나무 및 참중나무는 보통일 것으로 예측되었다. 편백나무, 낙엽송, 음나무 등은 V형크랙이 심할 것으로 평가되었는데, 낙엽송과 음나무의 경우 (T-R)급은 No. 3수준이었지만 경계할렬 발생등급이 매우 심할 것으로 예측되어 이러한 경계할렬이 건조 후기에 V형크랙으로 진전될 것으로 간주되어졌다. 한편 삼나무, 벚나무, 느티나무 등은 건조중 V형크랙에 의한 손상이 매우 용이할 것으로 예측되었다.

Class of (T-R) at periphery	No.5 (6.0% ≤)			H③		
	No.4 (4.5~5.9%)	Severe (VC3)		Very severe (VC4)		
				H①	S⑤	
	No.3 (3.0~4.4%)				S② H④	
	No.2 (1.5~2.9%)	Slight (VC1)	S① S⑥ H③ H⑤	S④		
No.1 (<1.5%)	S③	Moderate (VC2)		Severe (VC3)		
	BC1	BC2	BC3	BC4		

### Class of formation of border checking

- |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| S① : Korean red pine  | H① : Zelkova          |
| S② : Japanese larch   | H② : Cherry           |
| S③ : Ginkgo           | H③ : Locust           |
| S④ : Japanese cedar   | H④ : Castor aralia    |
| S⑤ : Japanese cypress | H⑤ : Chinese mahogany |
| S⑥ : Chinese thuja    |                       |

Fig. 2-29. The estimated classes of formation of V-shaped cracking based on the (T-R) class and the border checking class for each species.

#### 4. 전처리 선정지표

각 수종별 원판의 건조중 심재할렬, 경계할렬 및 V형크랙의 추정 발생등급을 Table 2-11에 나타내었고, 이러한 건조결합별 발생등급을 Table 2-2에 적용하여 각 수종별 적정 전처리 방법 등을 포함한 건조대책 등을 제시하였다.

##### 가. 침엽수재 원판의 추천 전처리

###### 1) 소나무 원판

심재할렬 발생이 심할 것으로 예상되어 심재부를 한지 1매로 엔드데이핑(ET-H/1)처리하는 것이 바람직할 것으로 예상되며, 또한 건조중 원판의 횡단면에 대하여 수직방향의 압체력을 가하여 횡단방향간 수축을 차를 감소시키므로써 V형크랙 발생에 관여하는 이방성수축응력을 줄일 필요가 있다.

###### 2) 낙엽송 원판

심재할렬, 경계할렬 및 V형크랙 등이 다소 심하게 발생할 것으로 평가된 바, ET-H/2처리와 함께 건조중 횡단방향 수축을 억제하기 위하여 건조초기 저온 건조 및 횡단면에 대하여 수직압체력을 가하는 것이 바람직할 것으로 예측되었다.

###### 3) 은행나무 원판

은행나무의 경우 심재할렬 발생이 매우 심할 것으로 평가되어 ET-H/1처리를 추천할 수 있으나, 이 처리는 심재부의 건조속도를 지나치게 지연시키므로써 심재와 변재간에 수분경사를 유도하여 경계할렬을 촉발시킬 우려가 있으므로 무처리 상태에서 건조하는 것도 검토할 필요가 있다.

###### 4) 삼나무 원판

심재부가 변재부에 비하여 너무 일찍 섬유포화점에 도달하므로써 경계할렬의 발생이 심할 것으로 평가된 바, 심재부의 건조속도를 지연시킬 필요가 있고, 동시에 V형크랙의 발생을 제어하기 위해서 건조초기 저온건조 및 수직압체력을 가하면서 건조하는 것이 바람직하다.

###### 5) 편백나무 원판

경계할렬과 V형크랙의 발생 위험성이 매우 높은 것으로 예측되었다. 특히 경계할렬의 경우 변재부의 생재함수율이 약 30% 정도로서 건조개시 직후부터 건조수축이 이루어질 것으로 예상된 반면 심재부는 상당한 기간동안 섬유포화점 이

상의 상태를 유지하므로써 초래되는 것으로 파악되었다. 따라서 변재부의 건조속도를 지연시킬 필요가 있고, 아울러 V형크랙의 발생 예방을 위하여 저온건조 및 수직압체처리가 요구된다.

6) 측백나무 원판

측백나무의 경우 심재할렬, 경계할렬 및 V형크랙 모두 그 발생 정도가 경미할 것으로 예측되어 특별한 별도의 처리가 필요 없는 것으로 평가된다. 다만 건조중 원판의 횡단면에 대하여 수직방향의 압체력을 가할 경우 V형크랙 예방에 더욱 효과적일 것으로 판단되는 바, 이를 검토할 필요가 있다.

Table 2-11. The remedies estimated by the index charts related to the classes of formation of checkings and V-shaped cracking.

Species		Classes			The estimated remedies
		Heart checking	Border checking	V-shaped cracking	
Softwood	Korean red pine	HC 3	BC 2	VC 2	ET-H/1 & P
	Japanese larch	HC 3	BC 4	VC 3	ET-H/2 & P & LT
	Ginkgo	HC 4	BC 1	VC 1	Control ET-H/1
	Japanese cedar	HC 1	BC 3	VC 3	ET-H/1 & P & LT
	Japanese cypress	HC 2	BC 4	VC 4	ET-S/2 & P & LT
	Chinese thuja	HC 2	BC 2	VC 2	P
Hardwood	Zelkova	HC 2	BC 3	VC 4	ET-S/1 & P & LT
	Cherry	HC 3	BC 3	VC 4	R-O-S & P
	Locust	HC 4	BC 2	VC 2	ET-H/1 & P R-O-S & P
	Castor aralia	HC 4	BC 4	VC 3	ET-H/1 & ET-S/2 & P & LT
	Chinese mahogany	HC 4	BC 2	VC 2	R-O-S & P

## 나. 활엽수재 원판의 추천 전처리

### 1) 느티나무 원판

변재부가 심재부 보다 먼저 섬유포화점에 도달하므로써 경계할렬의 발생이 심할 것으로 조사된 바, 변재부를 엔드데이핑하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 또한 외주부위의 횡단방향 수축이방성이 커 건조중 수축을 감소시킬 필요가 있어 건조중 저온건조 및 수직압체처리가 요구된다.

### 2) 벗나무 원판

심재할렬, 경계할렬 및 V형크랙 등이 모두 심하게 발생할 것으로 조사된 바, 건조중 이들 결함을 동시에 예방하는 것은 간단치 않다. 따라서 건조 전에 변재부위를 완전히 제거한 후 원판의 횡단면에 대하여 수직압체력을 가하면서 건조하는 것이 효과적일 것으로 예측된다. 특히 벗나무의 경우 변재율이 높지 않으므로 처리에 따른 체재수율 감소도 크지 않다는 점에서 R-O-S처리는 주목받을 만하다.

### 3) 아까시나무 원판

심재의 건조속도가 매우 느려 수 부위에 섬유방향으로 수분경사가 형성될 우려가 있고, 이것은 성장응력과 중첩되면서 심재할렬을 유발할 가능성이 높은 것으로 조사되었다. 따라서 ET-H/1처리를 추천할 만하나, 심재의 건조속도가 지나치게 지연될 경우 심변재 경계부위가 할렬에 의해서 손상될 염려가 있다. 아까시나무의 경우 변재율이 낮은 점을 고려해 볼 때 R-O-S처리도 검토해 볼 필요가 있다.

### 4) 음나무 원판

심재할렬, 경계할렬 및 V형크랙이 모두 심하게 발생할 것으로 평가되었고, 특히 이행재 부위의 횡단방향간 수축을 차가 매우 극심한 점 등에 비추어 볼 때 무결점 원판을 얻는 것은 결코 쉽지 않을 것으로 예측된다. ET-H/1, ET-S/2, 저온건조, 수직압체처리 등을 동시에 적용하는 매우 복잡한 전처리가 선정되지만, 보다 심도있는 별도의 전처리법을 개발할 필요가 있다.

### 5) 참중나무 원판

심재할렬이 심하게 발생될 것으로 조사되어 ET-H/1처리 정도를 추천할 수 있으나, 이 처리는 경계할렬의 발생에 부정적인 영향을 미치기 때문에 선정에 신중을 기할 필요가 있다. 특히 참중나무의 경우 변재율이 낮은 점을 고려하여 R-O-S처리를 시도하는 것도 바람직하다. 다만 최 등(2002)은 전처리시 수로부터 0.7 diameter를 임계점으로 설정하는 것이 바람직하다고 보고한 바 있다.

## II. 압채고주파진공건조스케줄 개발 시험

### 1. 침엽수재 원판의 압채고주파진공건조스케줄 개발 시험

#### 가. 소나무 원판의 RF/V건조 시험

두께 30mm 소나무 원판의 RF/V건조시험후 건조소요 시간 및 건조결함별 발생율을 Table 2-12에 나타내었다.

생재에서 목공예용재의 이용함수율 6 ~ 8%까지 건조되는데 소요된 시간은 스케줄에 관계없이 14일이 소요되었다. 무결점 원판의 수율은 63.4 ~ 77.2%로서 ET-H/1처리나 건조스케줄 A나 건조스케줄 B 모두 무난한 것으로 평가된다. ET-H/1처리가 심재할렬 예방에는 크게 기여하였지만, 7.5 ~ 11.4% 가량의 원판들이 경계할렬에 의해서 손상된 것으로 미루어 보아 ET-H/1처리의 정도나 엔드테이핑 처리의 실시 영역 등에 관하여 보다 구체적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 건조중 발생한 V형크랙의 상당수도 건조초기나 건조중기에 발생한 경계할렬에 이방성수축응력이 집중되면서 초래된 것으로 판단된다.

Table 2-12. Drying times and percentages of log cross sections defected by heart checks(HC), border checks(BC), and V-shaped cracks(VC) and sound log cross sections after the RF/V drying test of Korean red pine.

Thick & treat	Schedule code	RF/V dryer	Load	Drying times (days)	Defected								Sound	
					HC		BC		VC		Subtotal		pcs.	%
					pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%		
<b>30 mm</b> ET-H/1	A	A	No.1	14	0	0	54	11.4	54	11.4	108	22.8	366	77.2
			No.2	14	0	0	33	7.5	94	21.5	127	29.0	311	71.0
	B(LT)	B	No.1	14	-	-	-	-	-	-	101	36.6	175	63.4

#### 나. 낙엽송 원판의 RF/V건조 시험

생재에서 목공예용재의 이용함수율 수준까지 건조하는데 소요된 시간은 두께 20mm 원판의 경우 6 ~ 8일, 그리고 두께 30 mm 원판의 경우는 10 ~ 14일 정도였다 (Table 2-13).

두께 20 mm 무처리 원판의 무결점 수율은 74.6 ~ 77%로서 별도의 전처리를

실시하지 않더라도 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었으며, 저온건조스케줄 A(LT)가 V형크랙 예방에 기여하는 효과는 뚜렷하지 않았다.

두께 30 mm 원판의 경우 ET-H/2처리후 건조스케줄 D(LT)이 V형크랙 예방에 기여하므로써 두께 20 mm 무처리 원판의 경우와 유사한 수준의 무결점 원판을 얻을 수 있었다.

Table 2-13. Drying times and percentages of log cross sections defected by heart checks(HC), border checks(BC), and V-shaped cracks(VC) and sound log cross sections after the RF/V drying test of Japanese larch.

Thick & treat	Schedule code	RF/V dryer	Load	Drying times (days)	Defected								Sound	
					HC		BC		VC		Subtotal		pcs.	%
					pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%		
<b>20 mm</b>														
Control	A(LT)	B	No.1	6	14	7.7	1	0.6	31	17.1	46	25.4	135	74.6
	B	B	No.1	7	13	4.6	0	0	49	17.3	65	23.0	218	77.0
<b>30 mm</b>														
Control	C	A	No.1	14	7	1.4	0	0	183	37.2	190	38.6	302	61.4
ET-H/2	B	A	No.1	10	0	0	0	0	203	35.1	203	35.1	376	64.9
	D(LT)	B	No.1	12	0	0	15	5.1	44	15.1	59	20.2	233	79.8

#### 다. 은행나무 원판의 RF/V건조 시험

Table 2-14는 은행나무 원판의 RF/V건조 시험결과를 요약하여 나타낸 것이다.

은행나무의 경우 처리와 건조스케줄에 관계없이 매우 양호한 건조수율을 얻을 수 있었으며, 특히 ET-SH/1처리의 경우 94% 이상의 무결점 수율을 얻을 수 있었다. 다만 건조소요시간이 13 ~ 14일로서 무처리 보다 5 ~ 8일 정도 더 소요되는 문제가 있었다. 무처리 원판에서 발견되는 건조결함은 주로 경계할렬이었다.

#### 라. 삼나무 원판의 RF/V건조 시험

Table 2-15는 삼나무 원판의 RF/V건조 시험결과를 요약하여 나타낸 것이다.

ET-H/1처리는 건조결함 예방에 매우 효과적이었으며, 특히 심재할렬과 경계할렬 예방에 유리하였다. 다만 V형크랙 발생율이 약 12%에 이르는 문제가 있었으나

이를 감소시키기 위해서는 건조중 횡단방향 수축을 좀 더 효과적으로 억제할 수 있는 대책이 필요한 것으로 사료된다.

**마. 편백나무 원판의 RF/V 건조 시험**

두께 40 mm 편백나무 원판의 RF/V 건조시험 결과를 Table 2-16에 나타내었다.

ET-S/2처리는 건조결함 예방에 매우 효과적이어서 약 90% 가량의 무결점 원판을 얻을 수 있었다. 삼나무와 마찬가지로 V형크랙 예방이나 건조시간 단축을 위한 건조스케줄 개량이 추가로 연구되어야 할 것으로 생각된다.

Table 2-14. Drying times and percentages of log cross sections defected by heart checks(HC), border checks(BC), and V-shaped cracks(VC) and sound log cross sections after the RF/V drying test of Ginkgo.

Thick & treat	Schedule code	RF/V dryer	Load	Drying times (days)	Defected								Sound	
					HC		BC		VC		Subtotal		pcs.	%
					pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%		
<b>30 mm</b>														
Control	A	B	No.1	6	0	0	15	9.4	1	0.6	16	10.0	144	90.0
	B(LT)	B	No.1	8	0	0	28	17.9	7	4.5	35	22.4	121	77.6
ET-SH/1	A	B	No.1	14	0	0	11	5.9	0	0	11	5.9	175	94.1
	B(LT))	B	No.1	13	0	0	4	1.9	0	0	4	1.9	208	98.1

Table 2-15. Drying times and percentages of log cross sections defected by heart checks(HC), border checks(BC), and V-shaped cracks(VC) and sound log cross sections after the RF/V drying test of Japanese cedar.

Thick & treat	Schedule code	RF/V dryer	Load	Drying times (days)	Defected								Sound	
					HC		BC		VC		Subtotal		pcs.	%
					pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%		
<b>50 mm</b>														
ET-H/1	A(LT)	B	No.1	10	0	0	4	3.9	12	11.8	16	15.7	86	84.3

Table 2-16. Drying times and percentages of log cross sections defected by heart checks(HC), border checks(BC), and V-shaped cracks(VC) and sound log cross sections after the RF/V drying test of Japanese cypress.

Thick & treat	Schedule code	RF/V dryer	Load	Drying times (days)	Defected								Sound	
					HC		BC		VC		Subtotal		pcs.	%
					pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%		
<u>40 mm</u> ET-S/2	A(LT)	B	No.1	9	0	0	2	2.1	8	8.3	10	10.4	86	89.6

## 2. 활엽수재 원판의 압축고주파진공건조스케줄 개발 시험

### 가. 느티나무 원판의 RF/V건조 시험

Table 2-17은 두께 20 mm 및 두께 30 mm 느티나무 원판에 대한 RF/V건조 시험결과를 요약하여 나타낸 것이다.

두께 20 mm 원판의 무결점 수율은 80.3%, 그리고 두께 30 mm 원판의 경우 69.1%로 비교적 양호한 편이었다. 발생된 결함의 대부분이 심재할렬로서, 이것은 건조 초기 심재부위의 섬유방향 수분경사에 의해서 야기되는 점을 감안해 볼 때 (Lee 등 1998, 2000), 이를 예방하기 위해서는 건조초기의 건조속도를 다소 지연시키는 스케줄 개량이 필요할 것으로 생각된다. 특히 두께 30 mm 원판에서 그 발생이 더 심한 것에서 이러한 설명은 보다 분명해진다..

Table 2-17. Drying times and percentages of log cross sections defected by heart checks(HC), border checks(BC), and V-shaped cracks(VC) and sound log cross sections after the RF/V drying test of Zelkova.

Thick & treat	Schedule code	RF/V dryer	Load	Drying times (days)	Defected								Sound	
					HC		BC		VC		Subtotal		pcs.	%
					pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%		
<u>20 mm</u> ET-S/1	A	B	No.1	7	9	13.6	0	0	4	6.1	13	19.7	53	80.3
<u>30 mm</u> ET-S/1	A	B	No.1	7	13	23.6	0	0	4	7.3	17	30.9	38	69.1

**나. 벚나무 원판의 RF/V건조 시험**

벚나무 원판의 RF/V건조 시험결과를 Table 2-18에 요약하여 나타내었다.

무결점 원판의 수율이 65.2 ~ 85.5% 수준으로 만족할 만하였다. 다만 건조수율을 보다 증진시키기 위해서는 15 ~ 30% 가량의 발생율을 보인 심재할렬을 억제하기 위한 처리가 필요하며, 이를 위해서 R-O-S & ET-H/1처리나 또는 건조초기 저온 건조가 바람직할 것으로 생각된다.

Table 2-18. Drying times and percentages of log cross sections defected by heart checks(HC), border checks(BC), and V-shaped cracks(VC) and sound log cross sections after the RF/V drying test of Cherry.

Thick & treat	Schedule code	RF/V dryer	Load	Drying times (days)	Defected								Sound		
					HC		BC		VC		Subtotal		pcs.	%	
					pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%			
<b>20 mm</b>															
R-O-S	A	B	No.1	7	42	29.8	-	-	7	5.0	49	34.8	92	65.2	
<b>30 mm</b>															
R-O-S	A	B	No.1	7	18	15.0	-	-	3	2.5	17	14.2	103	85.8	

**다. 아까시나무 원판의 RF/V건조 시험**

Table 2-19는 아까시나무 원판의 RF/V건조시험 결과를 요약하여 나타낸 것이다.

두께 24 mm와 두께 30 mm 모두 R-O-S처리는 건조결함 예방에 매우 효과적인 것으로 나타났으나, 두께 30mm 의 ET-H/1처리 원판은 심재할렬에 의해서 약 38%가량이 손상되었다. 이것은 ET-H/1처리가 심재부와 변재부간의 수분경사 조절에 적절하지 못하므로써 심재영역에 인장응력이 형성된 것으로 판단되며, 따라서 굳이 변재부를 박리하지 않고서 건조하고자 할 경우에는 원판내 방사방향으로의 수분경사 조절을 위한 별도의 검토가 필요할 것으로 판단된다. 또한 건조스케줄 B(LT)스케줄은 건조소요 시간이 17 ~ 19일로서 건조시간 단축을 위해 적절하게 개량할 필요가 있는 것으로 생각된다.

**라. 음나무 원판의 RF/V건조 시험**

두께 40 mm 음나무 원판의 RF/V건조시험 결과를 Table 2-20에 나타내었다. 음나무 원판의 경우 건조시험한 모든 원판에 심재할렬과 경계할렬이 동시에 존

재하여 무결점 원판을 하나도 얻을 수 없었다. 음나무의 경우 심재의 투과성이 불량하고, 특히 함수율이나 횡단방향 수축율의 방사방향 변이가 매우 복잡한 양상을 보이는 것에 (이 등 2001) 기인하는 것으로 판단된다. 따라서 음나무 원판의 경우 매우 심도 있는 검토가 요구되고, 나아가서 원판 건조의 메카니즘을 밝히는데 있어서 매우 유용한 가치를 지니는 수종으로 여겨진다.

Table 2-19. Drying times and percentages of log cross sections defected by heart checks(HC), border checks(BC), and V-shaped cracks(VC) and sound log cross sections after the RF/V drying test of Locust.

Thick & treat	Schedule code	RF/V dryer	Load	Drying times (days)	Defected								Sound	
					HC		BC		VC		Subtotal		pcs.	%
					pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%		
<b>24 mm</b>	A	B	No.1	12	34	8.4	-	-	22	5.4	56	13.8	349	86.2
No.2				12	22	9.5	-	-	20	8.7	42	18.2	189	81.8
<b>30 mm</b>	B(LT)	A	No.1	19	40	15.2	100	37.9	32	12.1	172	65.2	92	34.8
R-O-S				B(LT)	B	No.1	17	16	3.3	-	-	124	25.8	140

Table 2-20. Drying times and percentages of log cross sections defected by heart checks(HC), border checks(BC), and V-shaped cracks(VC) and sound log cross sections after the RF/V drying test of Castor aralia.

Thick & treat	Schedule code	RF/V dryer	Load	Drying times (days)	Defected								Sound	
					HC		BC		VC		Subtotal		pcs.	%
					pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%		
<b>40 mm</b>	A(LT)	B	No.1	11	102 <sup>a)</sup>	100	102 <sup>a)</sup>	100	8 <sup>a)</sup>	7.8	102	100	0	0
ET-S/2														

Note: <sup>a)</sup> Defected by combination of heart checks and border checks and V-shaped cracks.

**마. 참중나무 원판의 RF/V건조 시험**

Table 2-21은 두께 30 mm 참중나무 원판의 RF/V건조시험 결과를 요약하여 나타낸 것이다.

참중나무 원판의 경우 R-O-S 처리에 의해서 경계할렬과 V형크랙은 매우 효과적으로 예방할 수 있었으나, 전 시험 원판의 47%가 심재할렬에 의해서 손상되었다. 최 등(2002)은 참중나무의 경우 방사방향으로의 건조중 인장응력 특성의 임계점을 심재와 변재간의 경계선이 아닌 수로부터 0.7 diameter를 각종 처리의 임계점으로 설정하여야한다고 주장한 바 있다.

Table 2-21. Drying times and percentages of log cross sections defected by heart checks(HC), border checks(BC), and V-shaped cracks(VC) and sound log cross sections after the RF/V drying test of Chinese mahogany.

Thick & treat	Schedule code	RF/V dryer	Load	Drying times (days)	Defected								Sound	
					HC		BC		VC		Subtotal		pcs.	%
					pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%	pcs.	%		
<b>30 mm</b> R-O-S	A(LT)	B	No.1	15	156	47.0	-	-	24	7.2	180	54.2	152	45.8

**3. 각 수종별 추천 전처리 및 추천 건조스케줄**

이상의 각 수종별 원판의 RF/V건조 시험의 결과로부터 Table 2-22와 같은 추천 전처리 및 추천 건조스케줄을 제시한다. 본 과제에서 개발하여 제시한 건조결합별 발생 등급지표, 그리고 그것에 준하여 각 수종에 적합할 것으로 추정된 전처리 선정지표 등은 원판의 압축고주파진공건조스케줄을 유형화하는데 있어서 매우 적절한 것으로 평가되었다.

Table 2-22. The recommended treatments and drying schedule and comments for a RF/V drying of log cross sections.

	Species	Thick (mm)	The recommended		Comments
			Treatment	Schedule code	
Softwood	Korean red pine	30	ET-H/1	A	1. Modification end-taping area
	Japanese larch	20	Control	B	
		30	Control ET-H/2	B,D(LT) B,D(LT)	
	Ginkgo	30	Control ET-SH/1	A A	
	Japanese cedar	50	ET-H/1	A(LT)	1.Suggestion of severer drying schedule.
Japanese cypress	40	ET-S/2	A(LT)	1.Suggestion of severer drying schedule.	
Hardwood	Zelkova	20	ET-S/1	A	1.Low temperature drying during early stage of drying.
		30	ET-S/1	A	
	Cherry	20	R-O-S & ET-H/1	A	1.Low temperature drying during early stage of drying.
		30	R-O-S & ET-H/1	A	
	Locust	24	R-O-S	A	1.Suggestion of severer drying schedule.
		30	R-O-S	B(LT)	
Castor aralia	40	NR	NR		
Chinese mahogany	30	R-O-S & ET-H/1	A(LT)	1.Suggestion 0.7 diameters far away from the pith as a critical region.	

## 제 4절 결론

주요 국산 수종별 원판의 건조지표 및 압축고주파진공건조스케줄 類型化를 위한 주요 시험결과는 다음과 같다.

### 1. 원판내 함수율의 방사방향 분포

- 가. 소나무의 경우 건조가 진행됨에 따라 변재부는 매우 급속한 건조속도로 함수율이 감소하였으나 심재부는 건조속도가 느려 오히려 생재함수율이 높은 변재부가 심재부 보다 먼저 섬유포화점에 도달하였으나, 이러한 분포상태가 장시간 지속되지는 않았다.
- 나. 낙엽송의 경우 변재부의 생재함수율은 심재부보다 약 3배 가량 높은 분포를 보였으며, 이러한 수분경사는 평균함수율 약 20%일때 까지 계속되었다.
- 다. 은행나무의 경우 변재영역 내에서는 매우 고른 생재함수율 분포를 보였으며, 건조가 진행되면서도 어느 정도의 진폭은 존재하였지만 비교적 균일한 함수율 분포를 보였다.
- 라. 삼나무의 경우 심재부는 생재함수율이 29.6%로서 건조가 시작되면서부터 수축이 개시되지만 평균 73.8%의 고함수율을 나타내고 있는 변재부에 의해 수축이 억제되므로써 건조초기부터 심재와 변재의 경계영역에 인장응력이 형성될 가능성이 크다.
- 마. 편백나무 변재의 생재함수율은 심재보다 훨씬 낮아 침엽수재의 일반적인 함수율 분포와는 정반대의 분포를 나타내었다. 이러한 함수율 분포패턴은 평균 함수율 약 21%까지도 지속되었다.
- 바. 측백나무의 경우 변재와 심재의 평균 생재함수율은 각각 159.2%와 74.4%를 나타내었으며, 건조가 진행되면서 이러한 분포는 빠른 속도로 약화되었다.
- 사. 느티나무의 경우 수피층의 변재부 및 심변재경계부의 생재함수율은 심재부보다 약 20%가량 낮았다. 이러한 방사방향 수분경사는 평균함수율 약 30%일때까지도 지속되어 변재부 또는 심변재경계부의 경우 모두 섬유포화점 이하의 함수율에 도달하였으나, 최내측슬라이스는 아직도 약 40% 정도의 높은 함수율을 보였다.
- 아. 벗나무의 경우 최내측 슬라이스와 바로 인접한 슬라이스간의 수분경사가 건조시간이 경과하면서 더욱 심해지는 경향을 보였다.
- 자. 아까시나무의 경우 건조가 진행되면서 어느 정도의 함수율 진폭이 발생하였지만, 전 횡단면에 걸쳐 함수율 단계에 관계없이 비교적 고른 함수율분포를

보였다.

- 차. 음나무의 경우 생재상태에서는 심재부의 함수율이 변재부보다 약 23%정도 더 높은 분포를 보였으며, 평균함수율 약 15%때 까지도 심재부와 변재부의 경계선상에는 약 5 ~ 10% 가량의 함수율 차가 존재하여 원판건조시 변재부에 접선방향 인장응력이 형성될 소지가 매우 높았다.
- 파. 참중나무의 경우 평균함수율 30.6%때 부터 섬유포화점 이하의 부위와 섬유포화점 이상인 부위가 동일 원판내에 공존하므로써 수 부위와 심변재 경계영역 부위에서 할렬이 발생할 가능성이 있는 것으로 확인되었다.

## 2. 원판내 수축율 분포

- 가. 소나무를 제외한 모든 수종에서 외주부위의 접선방향 수축율과 방사방향 수축율의 차 (T-R)는 수 부위의 (T-R)보다 크게 나타났다.
- 나. 이행재 부위의 접선방향 수축율과 방사방향 수축율의 차 (T-R)는 음나무가 9.30%, 편백나무, 느티나무, 그리고 벗나무 등이 약 5 ~ 6% 정도로 매우 높게 나타났고, 은행나무와 편백나무는 1.3% 미만의 낮은 값을 보였다.
- 다. 외주부의 (T-R) 값은 낙엽송, 편백나무, 느티나무, 벗나무 등이 약 4% 이상의 값을 보여 V형크랙의 발생 가능성이 매우 높은 것으로 평가되었다. 반면에 은행나무와 소나무는 각각 1.19%와 1.51%로서 매우 낮았다.

## 3. 수종별 건조결합 발생등급 지표 및 전처리 추천 지표

- 가. 심재할렬 발생등급은 삼나무는 경미, 그리고 편백나무와 측백나무 및 느티나무는 보통의 수준인 것으로 평가되었다. 한편 벗나무, 낙엽송, 소나무 등은 심함의 수준으로 분류되었고, 은행나무, 음나무, 참중나무, 아까시나무 등은 매우 심함으로 평가되었다.
- 나. 경계할렬 발생등급은 은행나무는 경미, 소나무, 측백나무, 아까시나무 및 참중나무는 보통으로 평가되었다. 삼나무, 느티나무, 벗나무는 심할 것으로, 그리고 낙엽송, 편백나무, 음나무는 매우 심할 것으로 평가되었다.
- 다. V형크랙 발생등급은 은행나무는 경미, 소나무, 측백나무, 아까시나무 및 참중나무는 보통일 것으로 평가되었다. 편백나무, 낙엽송, 음나무 등은 V형크랙이 심함으로, 그리고 삼나무, 벗나무, 느티나무 등은 매우 심함으로 평가되었다.
- 라. 심재할렬, 경계할렬 및 V형크랙의 추정 발생등급으로 부터 각 수종별 추천 전처리 방법 등을 제시할 수 있었다.

#### 4. 수종별 원판의 압체고주파진공건조스케줄

- 가. 두께 30mm 소나무 원판의 무결점 원판의 수율은 63.4~77.2%로서 ET-H/1처리나 건조스케줄 A 및 건조스케줄 B 모두 무난한 것으로 평가되었고, ET-H/1처리는 심재할렬 예방에는 크게 기여하였지만, 약간의 경계할렬을 초래하는 것으로 판단되었다.
- 나. 낙엽송 원판의 경우 별도의 전처리를 실시하지 않더라도 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었으며, 저온건조스케줄 A(LT)가 V형크랙 예방에 기여하는 효과는 뚜렷하지 않았다. 원판의 두께가 두꺼울 경우 ET-H/2처리와 건조스케줄 D(LT)는 V형크랙 예방에 기여하는 것으로 평가되었다.
- 다. 은행나무의 경우 처리와 건조스케줄에 관계없이 매우 양호한 건조수율을 얻을 수 있었으며, 특히 ET-SH/1처리의 경우 94% 이상의 무결점 수율을 얻을 수 있었다.
- 라. ET-H/1처리는 삼나무 원판의 건조결함 예방에 매우 효과적이었으며, 특히 심재할렬과 경계할렬 예방에 유리하였다.
- 마. ET-S/2처리는 편백나무 원판의 건조결함 예방에 매우 효과적이어서 약 90% 가량의 무결점 원판을 얻을 수 있었다.
- 바. 두께 20 mm 느티나무 원판의 무결점 수율은 80.3%, 그리고 두께 30 mm 원판의 경우 69.1%로 비교적 양호한 편이었다. 발생한 결함의 대부분이 심재할렬로서, 이를 예방하기 위해서는 건조초기의 건조속도를 다소 지연시키는 스케줄 개량이 필요할 것으로 생각된다.
- 사. 벗나무의 경우 무결점 원판의 수율이 65.2 ~ 85. % 수준으로 만족할 만하였다. 다만 건조수율을 보다 증진시키기 위해서는 R-O-S & ET-H/1처리나 또는 건조초기 저온건조가 바람직할 것으로 생각된다.
- 아. 아까시나무 원판의 경우 두께 24 mm와 두께 30 mm 모두 R-O-S처리는 건조결함 예방에 매우 효과적인 것으로 나타났으나, 두께 30mm ET-H/1처리 원판은 심재할렬에 의해서 약 38%가량이 손상되었다.
- 자. 음나무의 경우 심재의 투과성이 불량하고, 특히 함수율이나 횡단방향 수축율의 방사방향 변이가 매우 복잡한 양상을 보여 무결점 원판을 전혀 얻을 수 없었다. 음나무는 원판건조의 메카니즘을 밝히는데 있어서 매우 유용한 가치를 지니는 수종으로 여겨진다.
- 차. 참중나무 원판의 경우 R-O-S 처리에 의해서 경계할렬과 V형크랙은 매우 효과적으로 예방할 수 있었으나, 전 시험 원판의 47%가 심재할렬에 의해서 손상되었다.

파. 본 과제에서 개발하여 제시한 건조결합별 발생 등급지표, 그리고 그것에 준하여 각 수종에 적합할 것으로 추정된 전처리 선정지표 등은 원판의 압체고 주파진공건조스케줄을 유형화하는데 있어서 매우 적절한 것으로 평가된다.

## 제 5절 참고문헌

1. Harris, R.A. and M.A. Taras. 1984. Comparison of moisture content distribution, stress distribution, and shrinkage of red oak lumber dried by a radio-frequency/vacuum drying process and a conventional kiln. *Forest Prod. J.* 34(1):44-54.
2. Kanagawa, Y. 1989. Resin distribution in lumber dried by vacuum drying combined with radio frequency. *Proceedings of IUFRO Wood Drying 1989*:158-164.
3. Kang, W., N.H. Lee, and J.H. Choi. 2001. A radial distribution of moistures and tangential strains within a larch log cross section during radio-frequency/vacuum drying. *Proceedings of the 7th International IUFRO Wood Drying Conference 2001*. Tsukuba, Japan:376-381
4. Kubler, H. 1973a. Role of moisture in hygrothermal recovery of wood. *Forest Prod. J.* 5(3):198-204.
5. \_\_\_\_\_. 1973b. Hygrothermal recovery under stress and release of strain inelastic strain. *Forest Prod. J.* 6(1):78-85.
6. \_\_\_\_\_. 1974. Drying tree disks simply without defects. *Forest Prod. J.* 27(1): 33-35.
7. \_\_\_\_\_. 1975a. Study on drying of tree cross sections. *Wood Science*.7(3): 173-181.
8. \_\_\_\_\_. 1977. Formation of checks in tree stems during heating. *Forest Prod. J.* 27(1):41-46.
9. \_\_\_\_\_, K. Hayashi, and H.S. Jung. 1998. Effect of radio-frequency/vacuum drying and mechanical press-drying on shrinkage and checking of walnut log cross sections. *Forest Prod. J.* 48(5):73-79
10. \_\_\_\_\_. and K. Hayashi. 2000. Effect of end-covering and low pressure steam explosion treatment on drying rate and checking during radio-frequency/vacuum drying of Japanese cedar log cross sections. *Forest Prod. J.* 50(2):73-78
11. Liu, F., S.Avrמידis, and R.L. Zwick. 1994. Drying thick western hemlock in a laboratory radio-frequency/vacuum dryer with constant and variable electrode voltage. *Forest Prod. J.* 44(6):71-75.
12. Mutsumi, I. 1994. Development of wood modification technique. *Wood modification research association*. p. 18-20.

13. Rowell, B. M., and P. Konkol. 1987. Treatments that enhance physical properties of wood. USDA, Forest Service Gen. Tech. Re. PPL-GTR-55.
14. Shupe, T.E., E.T. Choong, and M.D. Gibson. 1995a. Differences in moisture content and shrinkage between outerwood, middlewood, and corewood of two yellow poplar trees. Forest Prod. J. 45(9):85-90
15. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, and \_\_\_\_\_. 1995b. Differences in moisture content and shrinkage between outerwood, middlewood, and corewood of a single cottonwood tree. Forest Prod. J. 45(10):89-92
16. 이남호, 정희석. 1992. 한지엔드래핑처리 원판의 감압건조응력분포모형 및 엔드래핑스의 건조결함 예방효과. 목재공학 19(1):31-63
17. 이남호, 이성원, 최준호. 2001 주요 국산 활엽수재 원판내 원주상 슬라이스의 오븐건조중 방사방향 함수율 분포 추이. 2001년도 한국목재공학회 추계학술발표대회, 대구, 한국:223-226
18. 이남호, 최준호, 황의도. 심변재혼합원판과 심재원판의 고주파진공건조중 방사방향 함수율분포 비교:(투고예정)
19. 이남호 외 12명. 1997. 지리산지역 목공예제조업체의 국제경쟁력 제고를 위한 특성화기술. 농림부연구보고서:33-85, 160-175
20. 최준호, 이남호. 2001. 원주슬라이스법에 의한 원판내 접선방향 건조응력의 방사방향분포 평가. 2001년도 한국목재공학회 추계학술발표대회, 대구, 한국:134-137
21. 최준호. 2002. 圓周슬라이스법에 의한 圓盤內 접선방향 변형율의 방사방향 분포 평가. 석사학위논문, 전북대학교 대학원(발표예정)

**제 3장**  
**圓板을 활용한 목공예기념품류의**  
**디자인컨셉 개발**

Development of design concepts for wood artifacts  
based on log cross sections

연구기관명: 전북대학교  
세부연구책임자: 임 승 택  
연 구 원: 신 영 식  
연 구 보 조 원: 남궁 선  
                  임 진 아  
                  박 영 수  
참 여 기 업: 이나모아트

## 제 1절 서설

1995년도 우리나라 목공예산업의 시장규모는 연간 3,425억원으로서 결코 작은 규모가 아니며(임업연구원 1997), 문화수준의 향상, 판촉활동의 활성화, 각종 이벤트의 폭증 등으로 목공예산업은 더욱 확장될 것으로 예상된다. 뿐만아니라 국내의 경제·산업적측면을 고려해 볼 때 목공예산업의 발전 잠재력은 더욱 높아지고 있다. 첫째, 목공예산업은 소경재와 만곡재의 집약적 이용이 가능하여 목재자원의 안정적 공급과 원목구입비의 절감이 가능하고, 둘째, 시설 및 설비투자비의 부담이 적고, 셋째, 다른 목제품들과 비교하여 물류부피가 작아 물류비 부담 또한 매우 적다. 또한 목공예품은 다품종 소량생산체제에 적합한 중소기업형 제조업으로서 순발력이 우수하고 부가가치가 높은 산업이다. 특히 특정지역이나 특정시대의 정신을 담아낼 수 있는 문화상품으로서 개방화에 대비할 수 있는 점도 큰 장점이다.

그러나 목공예용재의 경우 미관적 재질이 우수한 재목이 요구되어 물푸레나무, 들메나무, 사방오리나무, 단풍나무, 벗나무 등의 활엽수를 1995년 한 해 동안 만해도 359,000m<sup>3</sup>를 외국에서 도입하였고, 국산재량 97,000m<sup>3</sup>까지 합하면 연간 456,000m<sup>3</sup>의 원목이 목공예용재로 사용되었다 (임업연구원 1997). 그러나 양질의 활엽수재류는 벌채규제 등으로 인하여 이미 가격이 급등한 상황이며, 이제 그 구입자체가 어려운 실정이다.

圓板은 間伐小經材나 彎曲材를 집약적으로 이용할 수 있는 훌륭한 공업적재료이면서, 또한 곡선적 미관성이 뛰어나고, 마구리면이 표현의 主대상인점 등 기존의 판재나 각재류와는 다른 공예적 가치를 지니고 있다. 그럼에도 불구하고 그동안 원판의 건조가공기술의 부족으로 무결점 원판의 안정적 공급이 이루어지지 못하였던 관계로 원판을 활용한 목공예품은 거의 개발되어 있지 않다. 극히 제한적으로 예술목공예품에서 활용되거나 천연적으로 잘 터지지 않는 오리나무, 물푸레나무, 노각나무 등을 이용하여 제기류를 제작하는 정도가 고작이다. 최근 이 등(1992, 1997, 1998, 2000)의 꾸준한 연구결과 원판건조에 관한 무결점원판의 안정적 공급이 가능하게 되었다.

따라서 원판의 목공예용재로의 활용을 촉진하고 목공예산업의 새로운 발전의 전기를 마련하기 위해서는 각종 행사기념목공예품, 판촉목공예품, 관광기념목공예품, 캐릭터목공예품 등과 같은 다양한 圓板목공예품을 개발하여 제공할 필요가 있다. 이에 본 과제에서는 圓板을 기본 형태로하는 새로운 질감의 목공예품을 집중적으로 개발하고자 하였다. 무엇보다도 목공예품의 量産性和 규격화 및 이를 통한 대중화가 필요하며, 이를 위해서는 목공예품들의 기능성과 가공성 등이 충분히 고려된 디자인컨셉의 개발에 역점을 두었다.

## 제 2절 개발품목의 선정

### 1. 디자인컨셉 설정

본 연구를 통하여 개발하려고 하는 공예품은 다음과 같은 몇 가지 디자인 컨셉을 설정하여 조건에 적합하도록 진행하였다. 1)대량생산이 가능하고 2)고부가가치를 창출할 수 있는 독창적인 디자인과 3)제작 공정을 단순화하여 4)부담 없는 가격대를 형성토록 하였다.

또한 재료활용에 있어서는 5)판재류 또는 각재류와 대비되는 원판의 특징적 이미지가 부각되도록 컨셉을 설정하였다. 기능적 측면에서는 6)내국인은 물론 외국인의 보편적 생활에도 적용될 수 있도록 하였으며, 素材 개발은 7)2002년 월드컵과 각종 행사에 활용할 수 있도록 하고, 8)각 관광지별 특성을 살린 소재와 한국적 이미지를 담은 소재를 발굴하는데 초점을 맞추었다. 또한 9)소재의 활용방법이나 제품의 전체적 스타일은 현대적 감각이 표현되도록 하였다.

### 2. 재료 탐색 및 표현소재 탐색

원판의 수종별 질감과 선삭가공성 및 도장가공성 등의 2차 가공성 등을 조사분석하였고, 또한 건조 손상 원판의 활용방법 분석, 수피의 공예적 활용도 등에 관한 재료 탐색작업을 실시하였다.

한편 한국적이고 지역별 풍토성, 관광지별로 구분되어지는 표현소재를 탐색하였으며, 기능의 관점에서 용도의 다양성을 연구하여 개발 방향을 분석하였으며 이에 따른 디자인 컨셉을 확립하였다.

#### 가. 수종별 질감탐색

##### 1) 소나무 원판

판면이 넓은 것이 많아 큰 작품에 쓰이기가 적합하다. 결이 너무 강해 시선을 분산시킬 수 있는 방안을 찾아야 할 것으로 보이며 선반작업시 뜯기는 부분이 많아 손질이 어렵다는 단점이 있다. 크랙이 간 것이 많아 다른 재료를 사용하여 변형을 주는 방법으로 이용한다.

##### 2) 은행나무 원판

부드럽고 무르며 작업하기에 편리한 장점이 있으나 나무가 약하고 부서진다.

### 3) 삼나무 원판

약한 붉은 색을 띠며 결이 강하게 나타난다. 나무가 너무 물러 선반가공을 할 수 없을 정도이며, 결 가까이 힘이 가해지면 쉽게 크랙이 가는 단점이 있으나 결을 살려 표현하는 작품에는 안성맞춤이다.

### 4) 아까시나무 원판

연한 푸른색을 띠고 수피의 활용도가 높다. 자연스런 형태 그대로를 이용하여 작품성을 살리는 데에 효과적이다.

### 5) 참중나무 원판

붉은 색을 띠어 장식적 효과를 볼 수 있고 단단하여 선반작업시 사용하기 용이하다. 특히 심재와 변재간의 재색 대비가 탁월하다.

### 6) 층층나무 원판

결이 촘촘하고 고아 작은 품목에 사용하면 그 효과가 잘 나타날 것으로 보이고 단단하여 선반작업을 하기에 용이하다.

### 7) 산밤나무 원판

결이 아름답고 촘촘하여 다른 장식을 넣지 않고도 효과를 볼 수 있을 것으로 보인다. 수피의 활용도도 높아 자연미를 살릴 수 있다.

## 나. 樹皮 활용 탐색

수피의 활용 가능성을 살펴본 결과 수종별로 수피의 존재여부가 각기 달랐다. 또한 수피의 강도가 너무 무르고 잘 부서지는 수종은 수피를 살려 제작하기에는 무리가 있음을 파악하였다. 따라서 수피를 살릴 수 있는 수종을 살펴본 결과 산밤나무와 아까시나무, 소나무, 은행나무가 수피를 살려 제작하기에 적합함을 알 수 있었다. 원판이라는 형태상의 제한이 있기에 주로 선반작업을 통해 제작하는 것이 가장 일반적이고, 다른 방법으로는 외형적인 변형을 주기 위해 싯톱으로 오려내는 방법을 채택하였다.

## 3. 가공성 탐색

선반작업에 적합한 나무로는 너무 무른 나무를 선택할 경우 나무가 뜯겨 제작상의 어려움이 생기므로 목리의 간격이 촘촘하고 단단한 목재를 선택하는 것이 알맞

다. 따라서 선반작업시 적합한 목재로는 층층나무, 아까시나무, 참중나무 등이 적합함을 알 수 있었다.

#### 4. 시장조사 및 마케팅 전략 설정

대표적 목공예품의 상품화가 가능한 품목을 살펴보도록 하였으며, 특히 제품 개발에 필요한 지역적 특성과 상징적인 소재, 캐릭터 등을 조사해 그 자료를 토대로 개발 품목을 선정하였다.

국산재 중 비교적 임목축적량이 많은 간벌소경재나 거의 폐재로 인식되고 있는 만곡재, 가지 등을 고부가가치의 목공예용재로 활용하는 방안을 강구하여 재료의 안정적 공급을 꾀하고 국내 목재산업의 국제경쟁력을 제고하여 수출증대를 꾀하는 전략이 필요하다. 따라서 기존의 재료인 판재나 각재로 제작한 목공예품과의 차별화를 위하여 원판의 특징을 적절히 살려 상품화시켜야 하며 대표적인 상품과 품종의 다양화가 이루어져 상징상품에 대한 자긍심이 고취되도록 하였다. 이와 함께 객관적이고 합리적인 소비자 설문 조사에서 추출된 자료를 적절히 활용하여 상품효과를 높이는 것은 물론 대표적 관광상품을 적극적으로 홍보, 판매할 수 있도록 하였다.

#### 5. 개발품목 선정

이상의 탐색과 기초 자료 조사를 근거로 개발품목을 선정하되, 원판이 주는 고급스러운 이미지와 양산이 가능한 제작 기법의 범위내에서 선정하였다.

##### 가) 상패 및 기념패류

나) 장식겸용 외장형 CD홀더류

다) 시계류

대학 소비조합용, 기관의 내방객 증정 및 기관홍보용, 기관, 호텔 및 고급 레스토랑의 현관용 대형시계, 일반소비자용(고급품), 각종 행사기념용(국제회의, 전람회, 박람회, 스포츠 이벤트 등), 지역축제용(춘향제 등), 관광지용

라) 그릇류

과반, 컵받침, 보울(Bowl) 등

마) 꽃이류

연필 꽃이, 메모꽃이, 명함꽃이, 편지꽃이 등

바) 합류

사) 조미료통, 커피·프림통류

아) 팬시용품류

꽃병, 사진첩, 보석함, 거울 등

자) 기타

오프너 등

## 제 3절 선정 품목의 설계 및 제작

### 1. 설계의 컨셉

선정된 품목을 디자인하는데 있어서 우선적으로 다음과 같은 사항을 고려하였다.

첫째 : 기능이 뚜렷해지도록 하고

둘째 : 소재의 개발과 이의 활용이 자연스럽도록 한다.

셋째 : 생산성을 고려하여 단순한 제작공정을 거치도록 한다.

넷째 : 대중성을 고려하여 저렴한 생산원가가 되도록 한다.

다섯째 : 원판의 특징을 살려 활용할 수 있도록 한다.

여섯째 : 독창적인 디자인이 되도록 한다.

일곱째 : 디자인과 기능은 내국인은 물론 외국인의 기호에도 적합하도록 한다.

여덟째 : 스타일은 현대생활에 적합하도록 현대적 감각이 표현되어야 한다.

### 2. 제작기법의 컨셉

#### 가. 상패 및 기념패류

상패 및 기념패는 원판의 형태 그대로를 이용하여 표현하기에 가장 쉬운 제품으로 단순한 외형으로 표현하고자 선반작업을 이용해 부드럽게 처리한 것과 깨끗한 표면처리만을 이용해 수피를 살려 표현한 방법 등을 제시하였다. 재료는 주로 원판의 특징인 나뭇결이 강한 소나무와 수피의 활용에 적합한 은행나무를 주로 사용하였다. 마감은 원판이 마구리 면인 관계로 칠을 여러 차례 하여야만 칠이 두텁게 올라가 마감 상태가 좋아진다.

#### 나. 시계류

시계는 각 컨셉에 알맞은 로고와 캐릭터를 넣어 여러 가지 용도에 활용될 수 있도록 디자인하였다. 재료는 아카시, 은행나무, 벗나무, 참죽 등 다양한 재료를 사용하였고, 제작은 주로 선반가공을 한 후 제품에 들어간 문양의 표현은 레이저 가공을 이용하여 나타냈다. 마감은 샌딩 락카를 여러차례 올린 후 무광 락카로 마무리 한다.

#### 다. 그릇류

그릇은 과반, 컵받침, 보울(Bowl) 등을 여러 가지 형태로 표현하였다. 제작방법은 보울 종류는 선반가공을 주로 하였으며, 과반과 컵받침은 선반가공과

절삭가공을 하여 제작하였다. 보울 중에는 수피를 전체 다 살린 것과 부분의 수피만을 이용하여 제작함으로써 다른 제품과의 차별성을 주고자 하였다. 재료는 아까시, 은행나무, 삼나무를 사용하였으며 과반과 컵받침은 장식을 주기 위해 흑단과 가링을 외곽에 덧대주며 변화를 주었다.

#### 라. 꽃이류

꽃이는 소품위주로 제작하였는데 연필 꽃이, 메모꽃이, 명함꽃이, 편지꽃이 등으로 다양한 모양의 디자인을 하였다. 연필 꽃이에는 아크릴을 사용하여 원판에 끼워주는 형식으로 선반가공을 한 후 단순한 형태를 벗어나기 위해 꽃 모양으로 스카시하여 표현하였다. 재료는 아까시, 참죽, 은행나무 등을 사용하여 제작하였으며, 문양의 처리는 레이저가공을 하였다.

#### 마. 함류

함류는 주로 선반가공을 이용하여 제작하였으며 거의 수피를 남기지 않고 함기능에만 충실했다. 함의 모양을 다양하게 표현하였으며 원판의 특징을 살리기 위해 선반 가공을 최대한 나이테의 중심부에 맞추어 가공하였다.

#### 바. 조미료통, 커피·프립통류

원판을 이용하여 높은 제품을 제작하면 원판의 특징을 살리기가 매우 어렵다. 이러한 점을 보완하기 위해 통의 받침부분에 원판의 효과를 살렸다. 약간 크기가 큰 프립통은 원판의 느낌이 그대로 살아 바닥 부분에 문양처리만을 해 주었다. 재료는 참죽과 아까시를 사용하였고 조미료통의 받침대는 은행나무를 사용하였다.

#### 사. 팬시용품류

꽃병, 사진첩, 보석함, 거울 등의 소품을 원판으로 표현이 가능한 정도에 맞춰 디자인하고 제작하였다. 원판의 특징을 살리기 위해 주로 중심에 맞추어 가공하였으며, 사진첩은 중심부에 크랙이 간 나무를 이용해 제작하므로써 재료의 활용 가능성을 제시하고자 하였다.

#### 아. 기타

오픈너나 명함꽃이 처럼 작은 소품은 재료를 선택함에 있어서 주로 외곽부분에 건조과정에서 나타난 크랙이 있는 재료를 활용할 수 있는 용도로 제작하였다. 심재부분의 작은 면만을 골라 원판의 느낌도 살리고 손상된 재료의 활용도 높이고자 하는 의도로 제시한 작품이다.

## 제 4절 개발품목의 도시

본 연구과제를 통해서 개발한 품목별 설계도와 시작품의 사진을 그림 3-1 ~ 그림 3-33에 나타내었다.

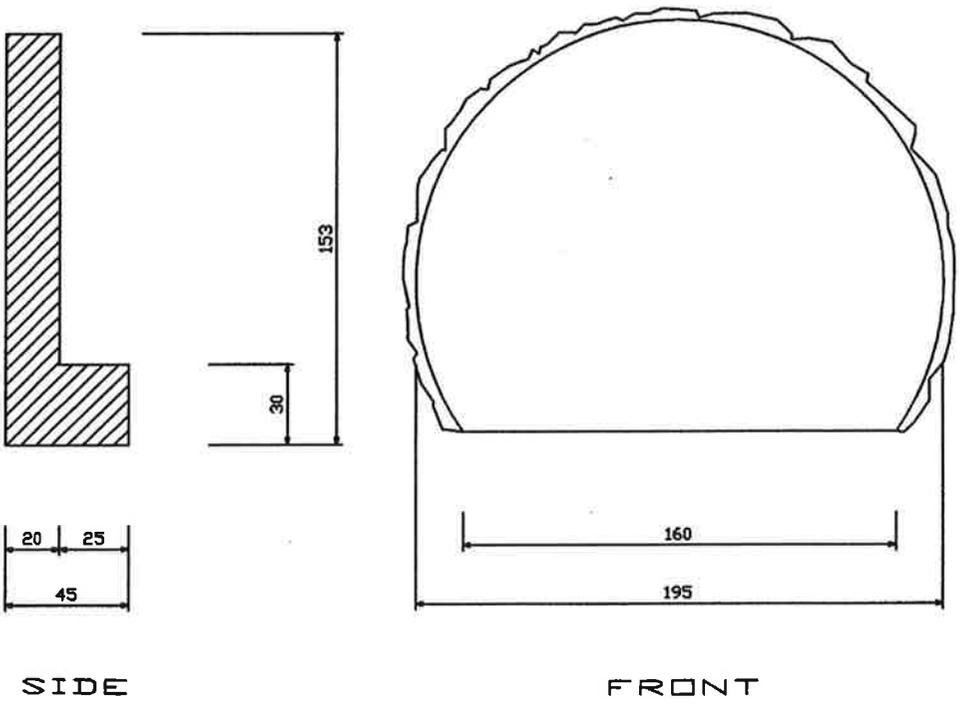


그림 3-1. 기념패/은행나무

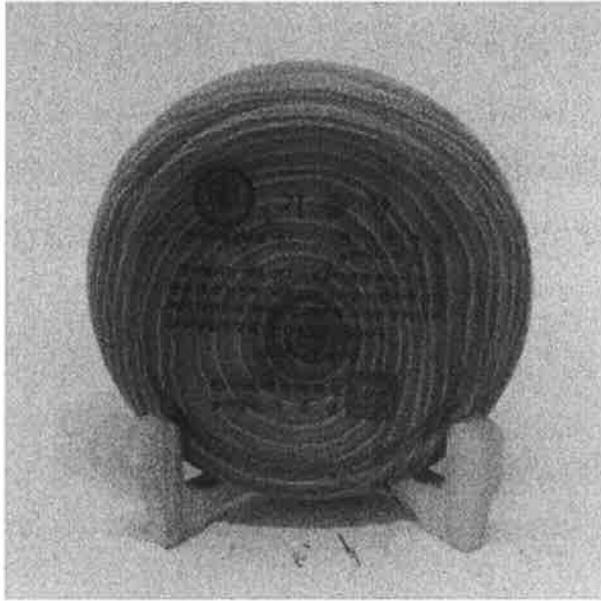


그림 3-2. 기념패/위:아까시나무, 아래:은행나무

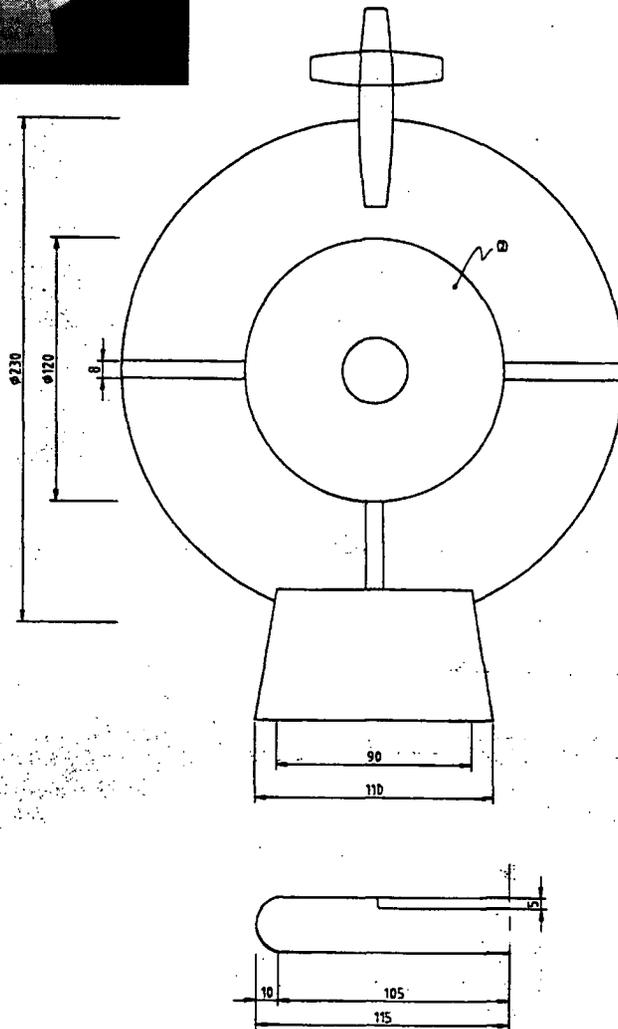
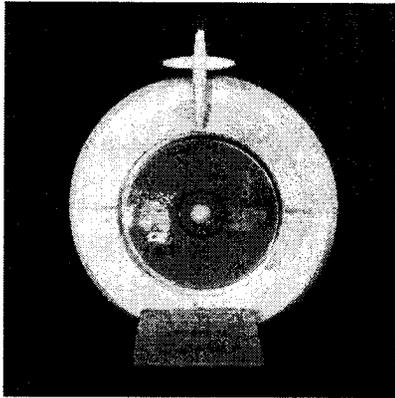


그림 3-3. 장식겸용 외장형 CD홀더/은행나무

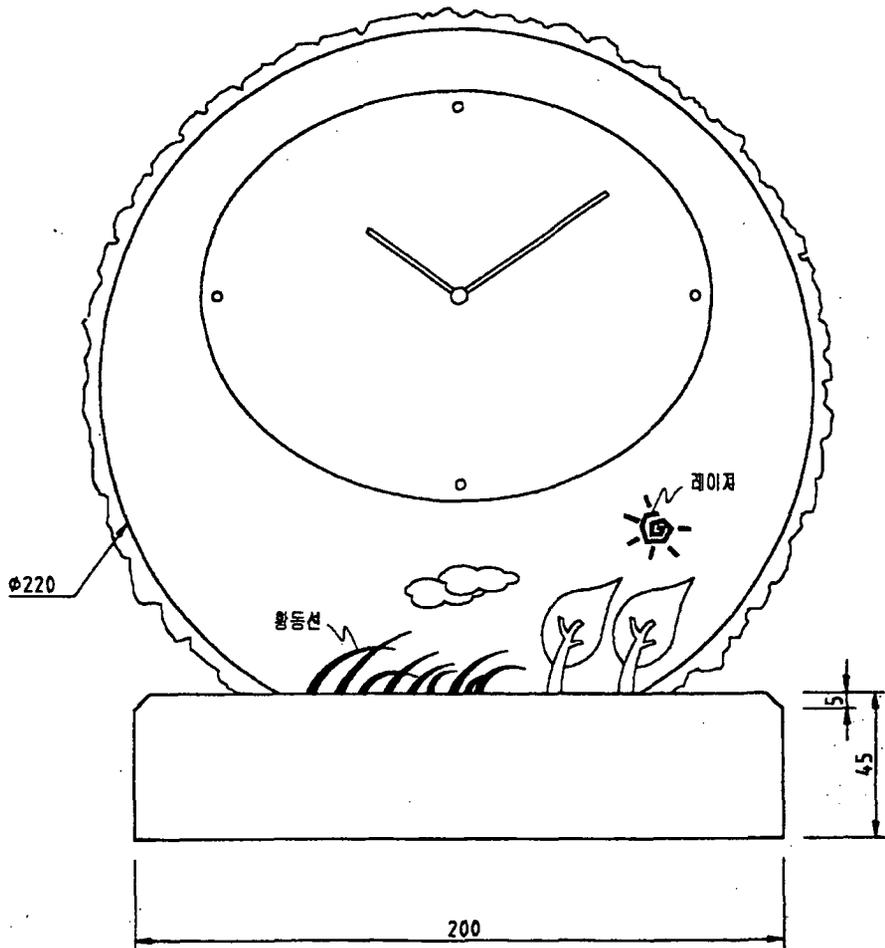
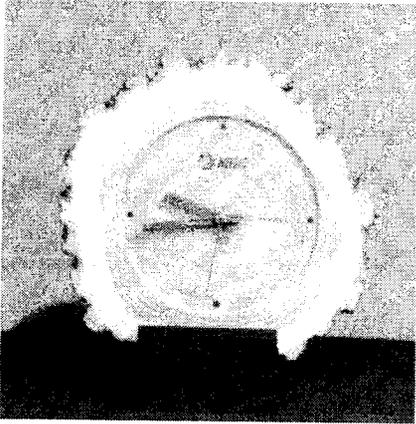


그림 3-4. 시계/아까시나무

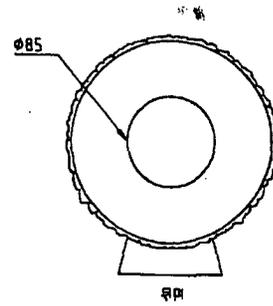
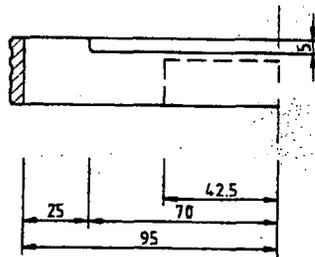
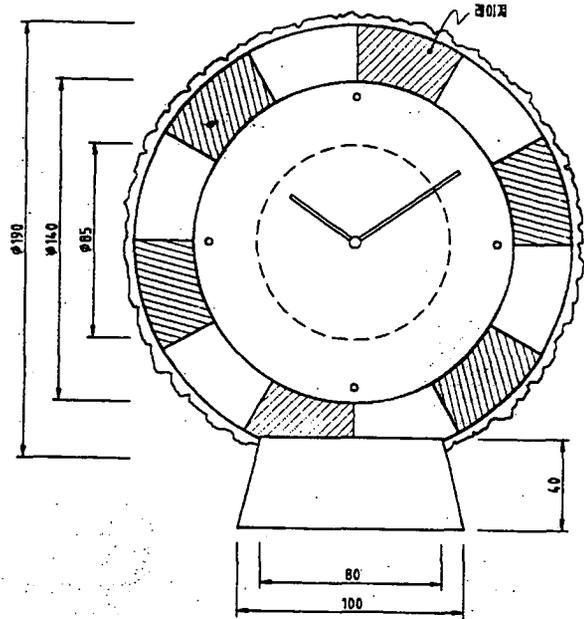
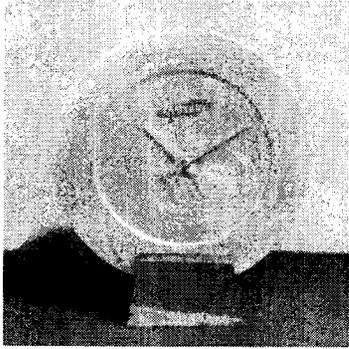


그림 3-5. 시계/참종나무

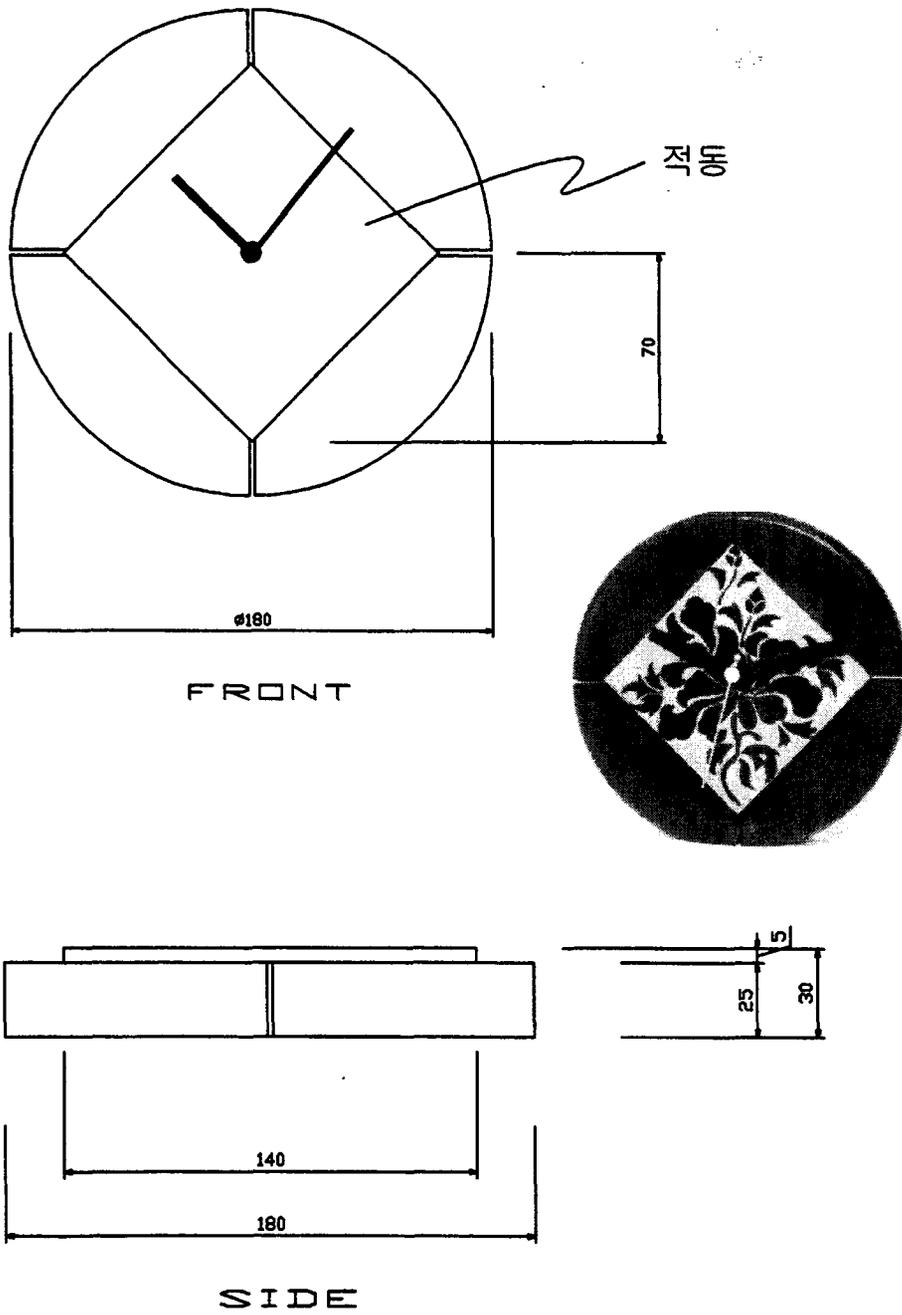
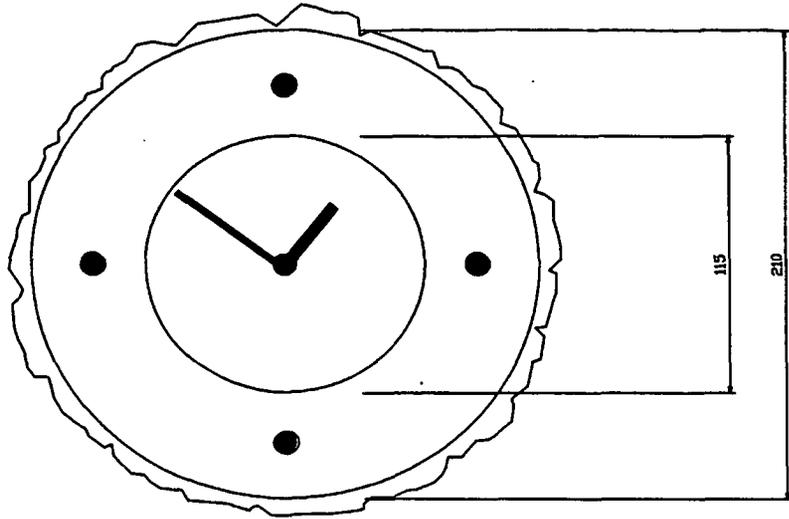
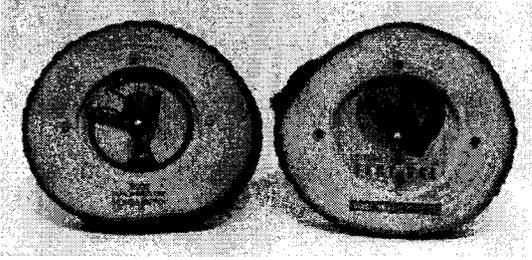
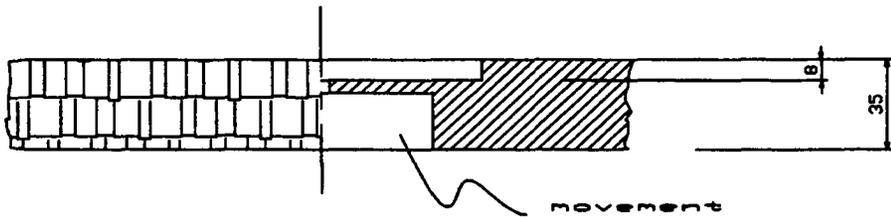


그림 3-6. 시계/참종나무



FRONT



SIDE

그림 3-7. 시계/은행나무

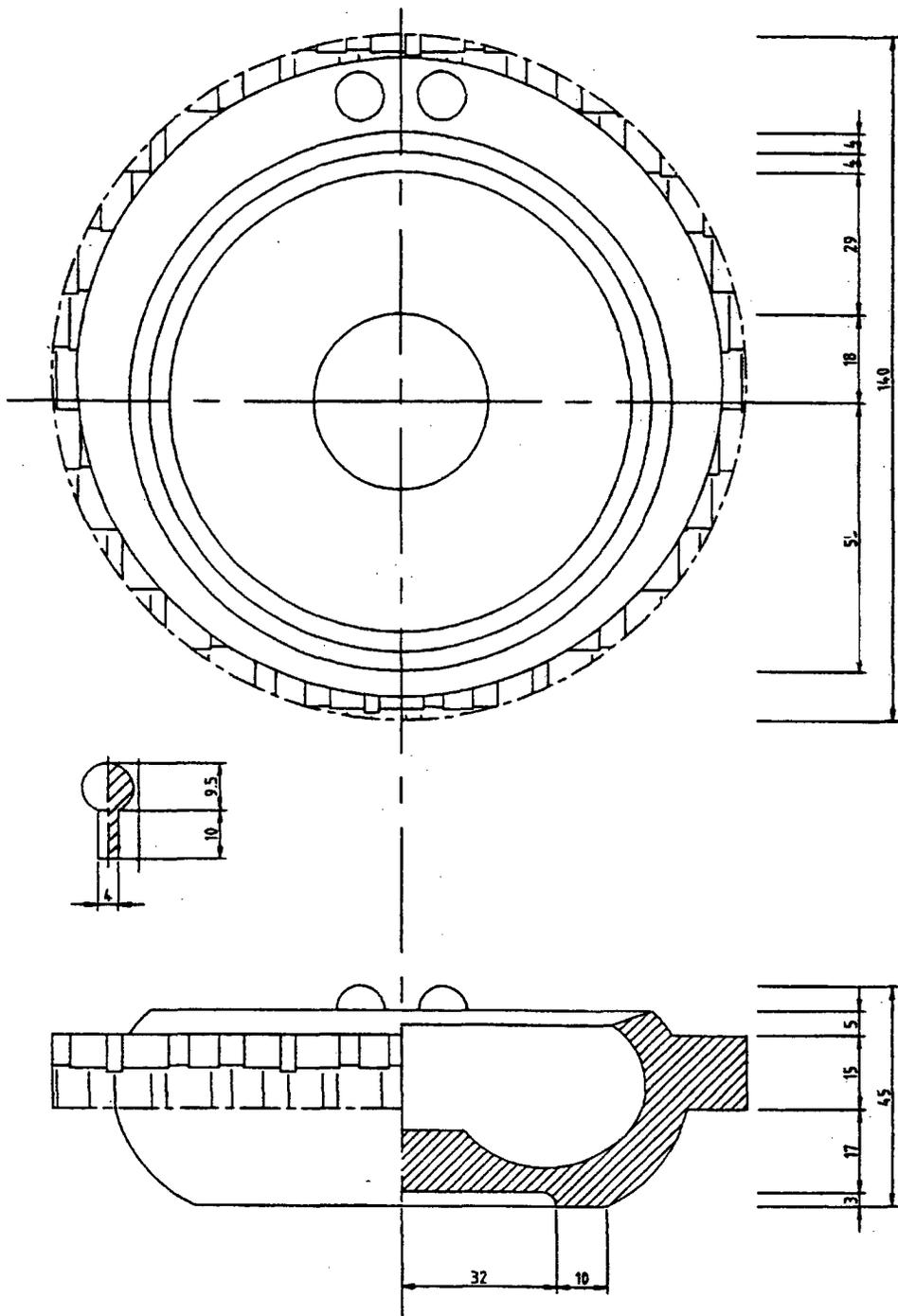


그림 3-8. 시계/아까시나무, 참중나무

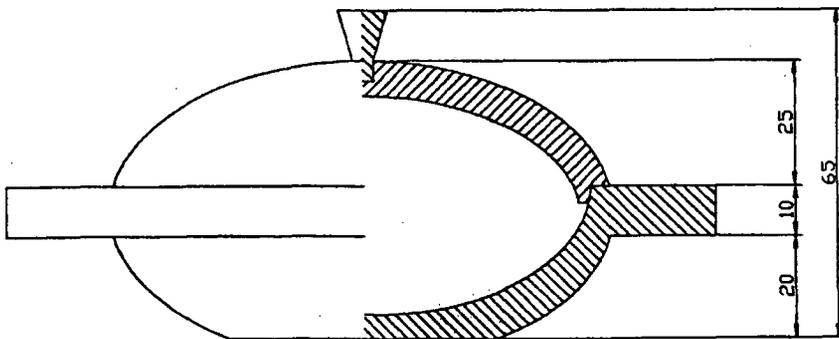
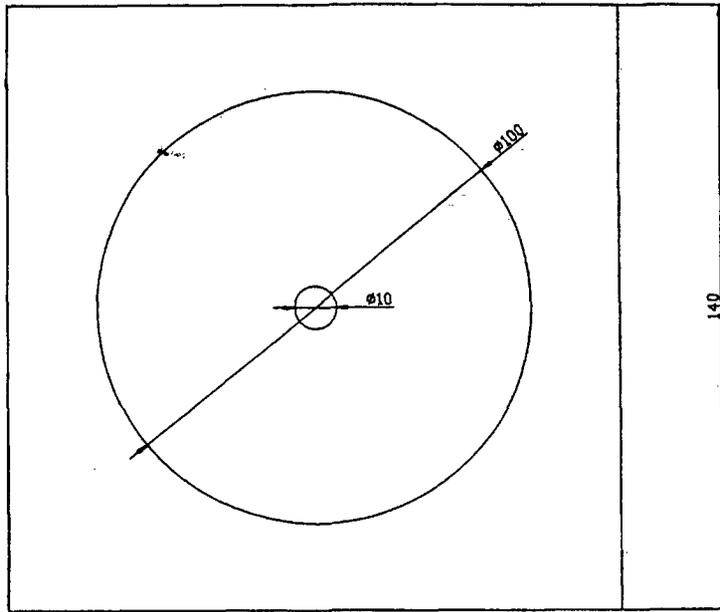
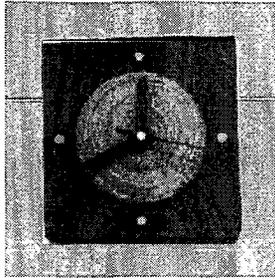


그림 3-8. 시계/아까시나무, 참중나무

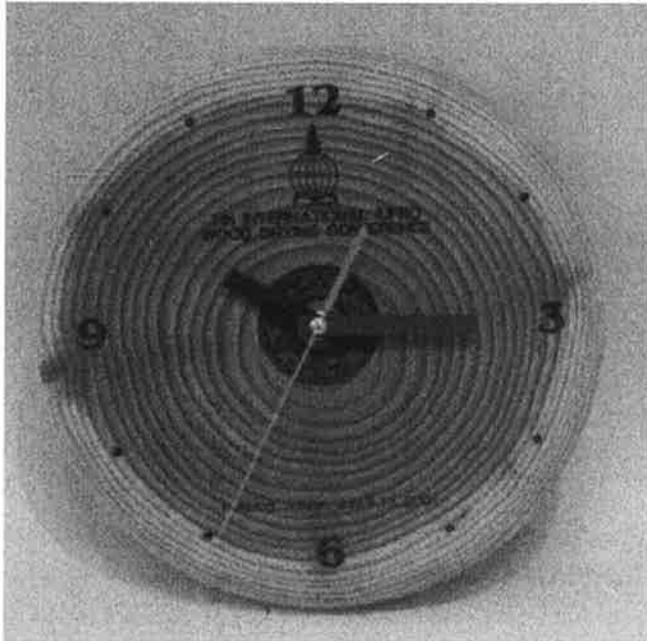
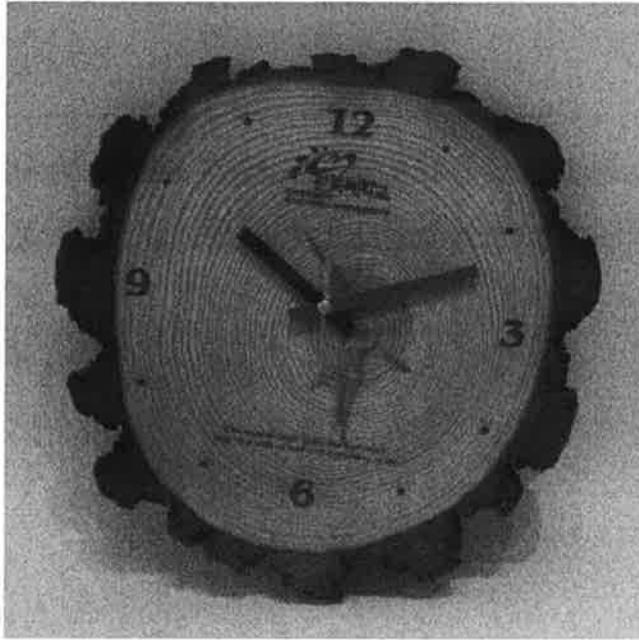


그림 3-9. 시계/위:소나무, 아래:낙엽송

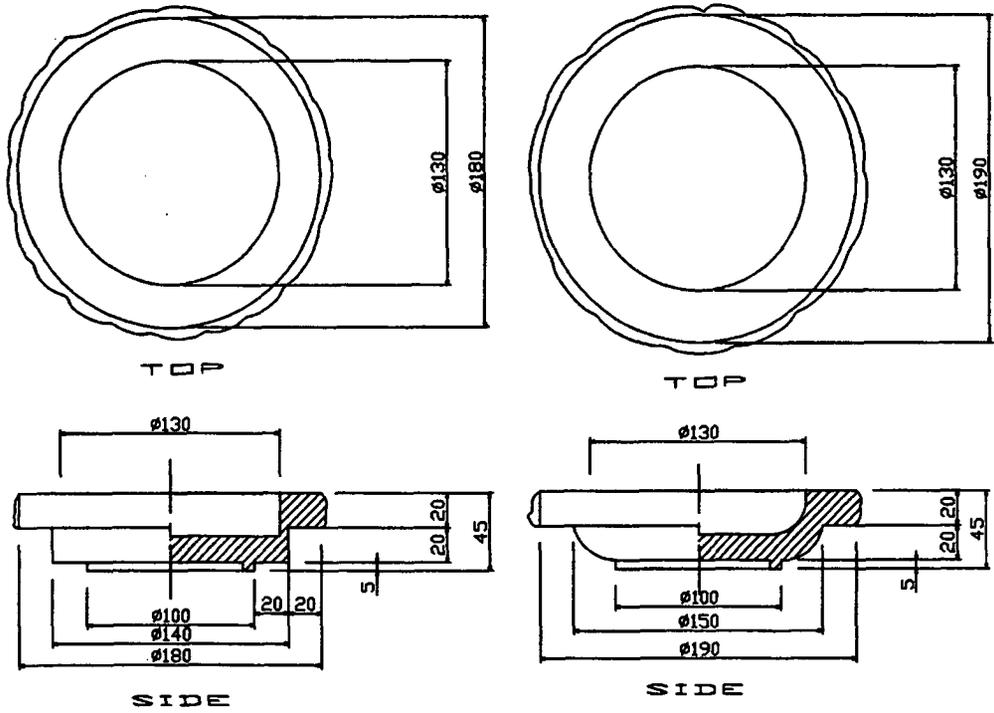
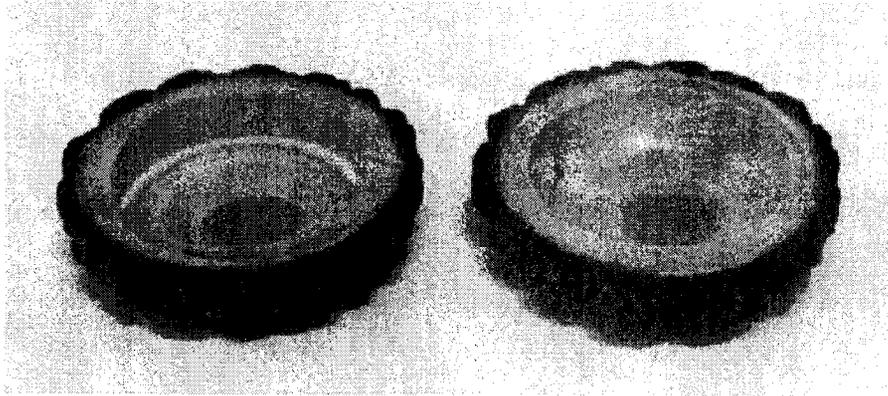


그림 3-10. 그릇/은행나무

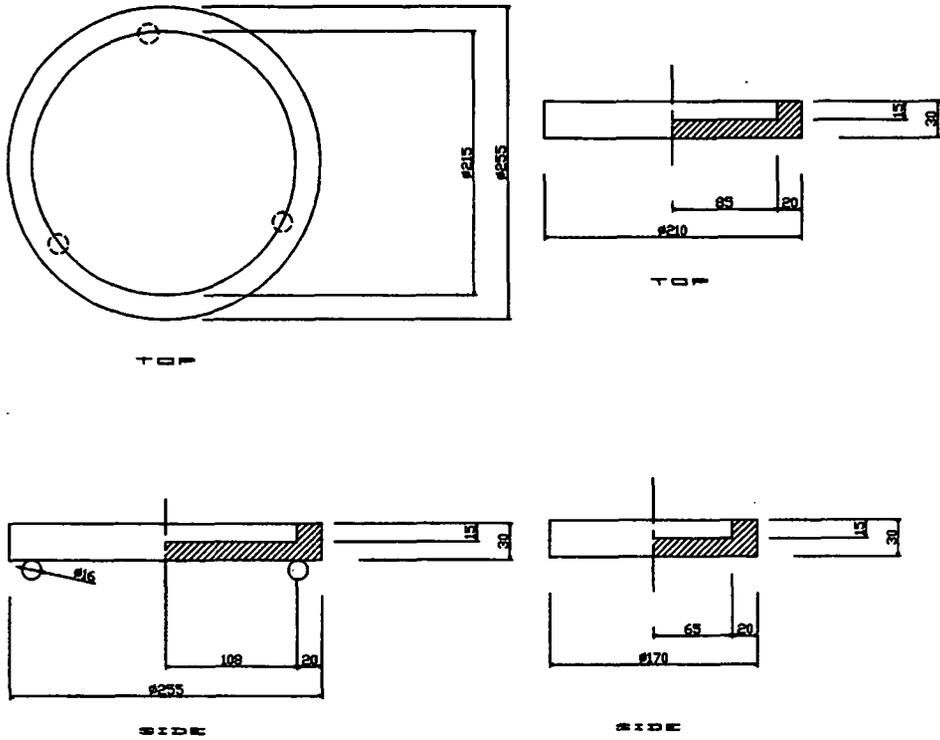
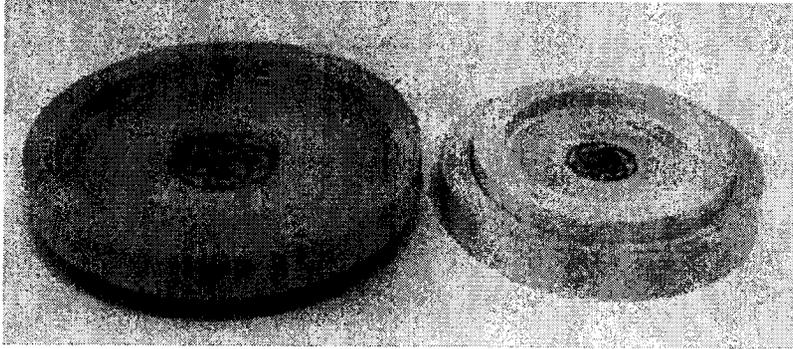
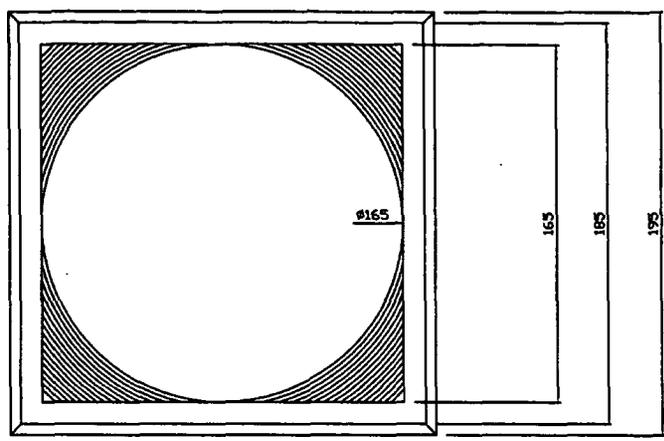
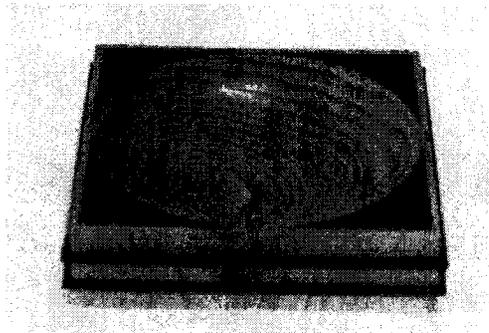
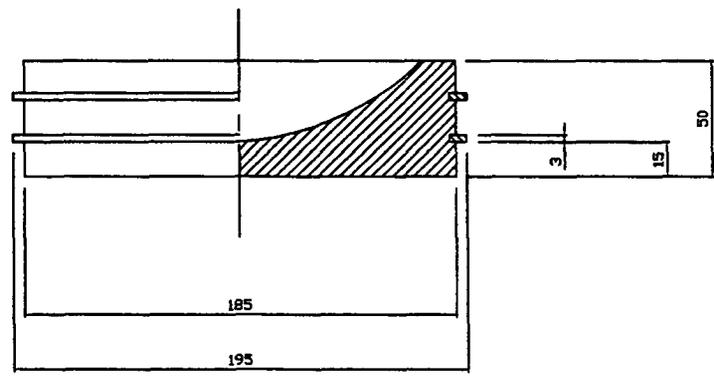


그림 3-11. 과반은행나무

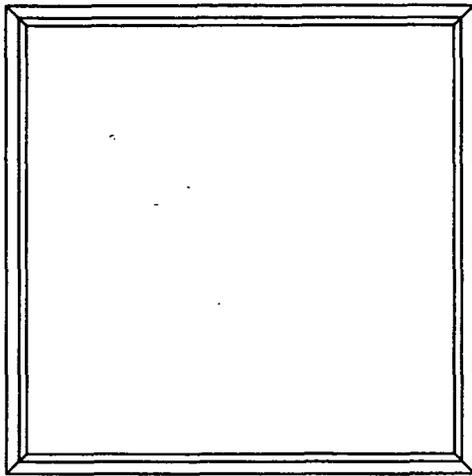
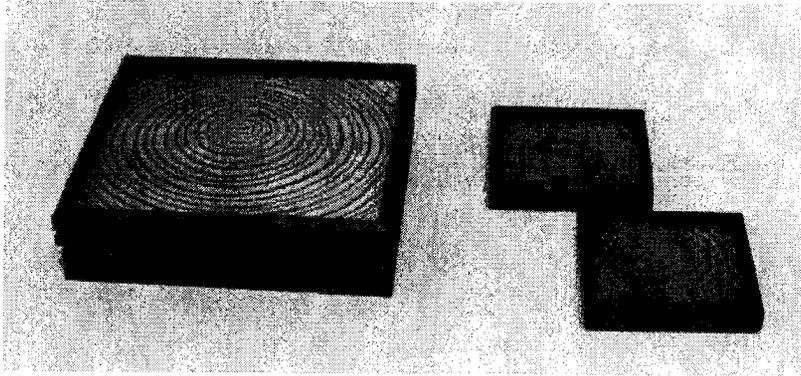


TOP

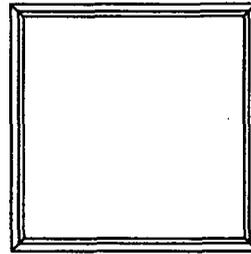


SIDE

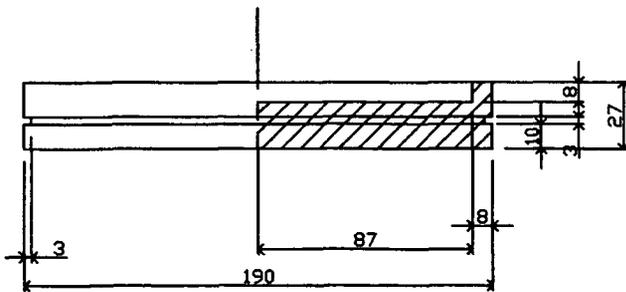
그림 3-12. 과반/삼나무



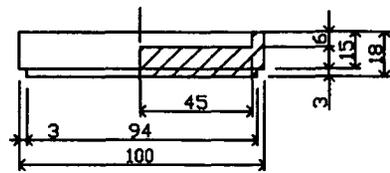
TOP



TOP

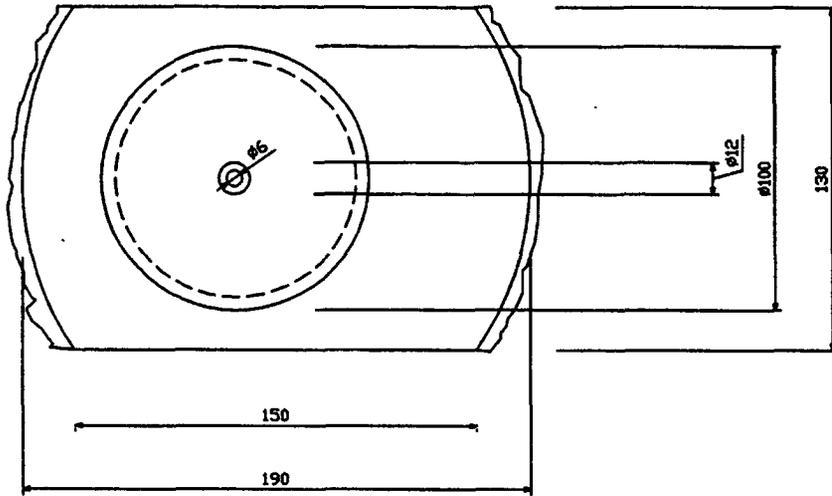
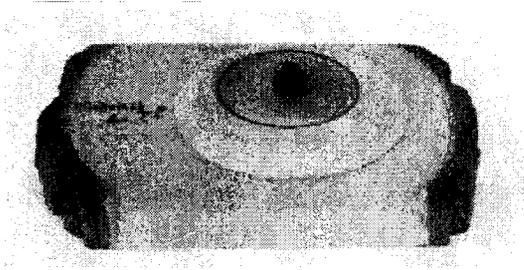


SIDE

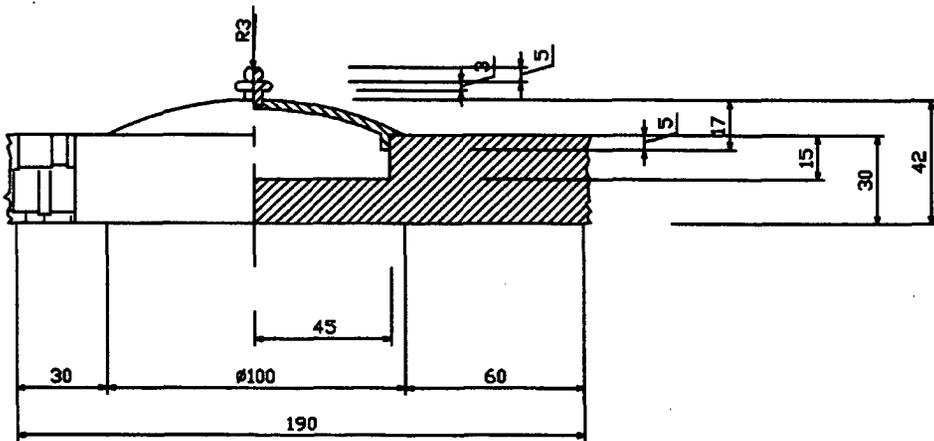


SIDE

그림 3-13. 과반/삼나무

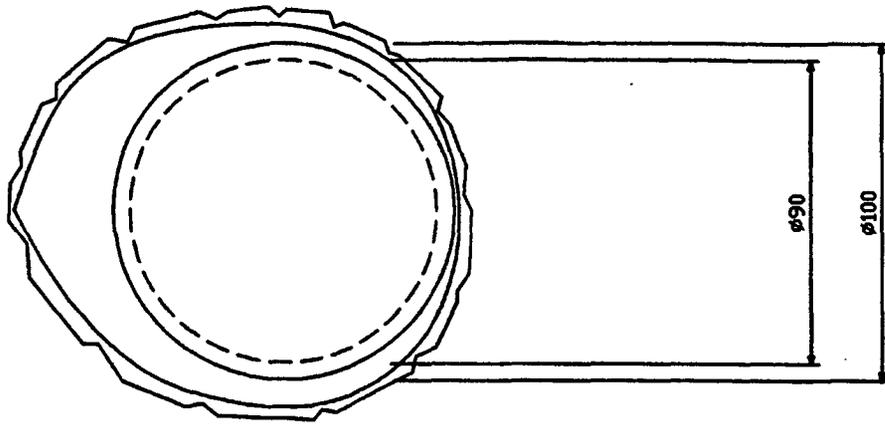


TOP

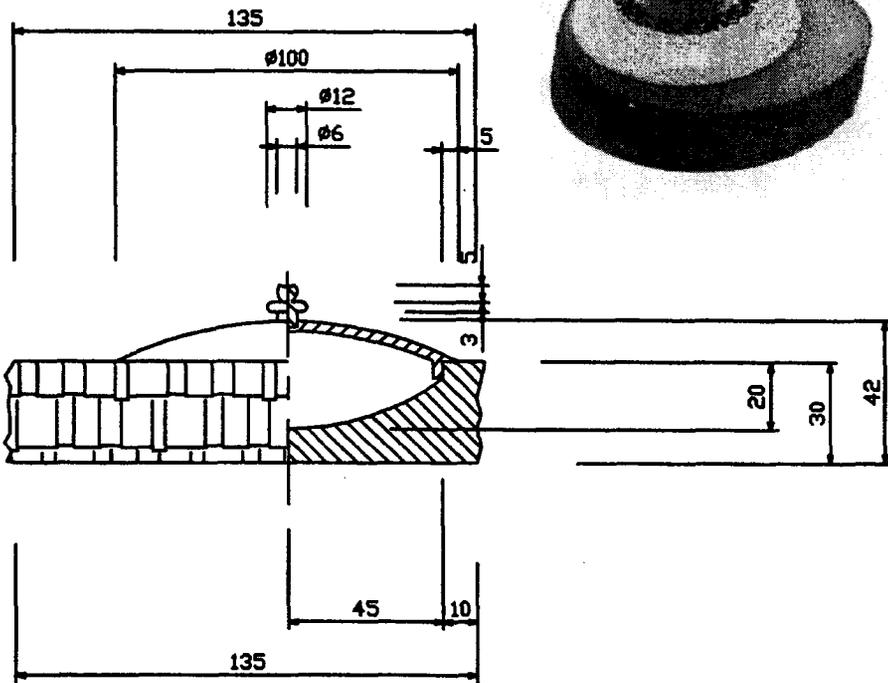


SIDE

그림 3-14. 보울/은행나무



TOP



SIDE

그림 3-15. 보울/벗나무, 느티나무

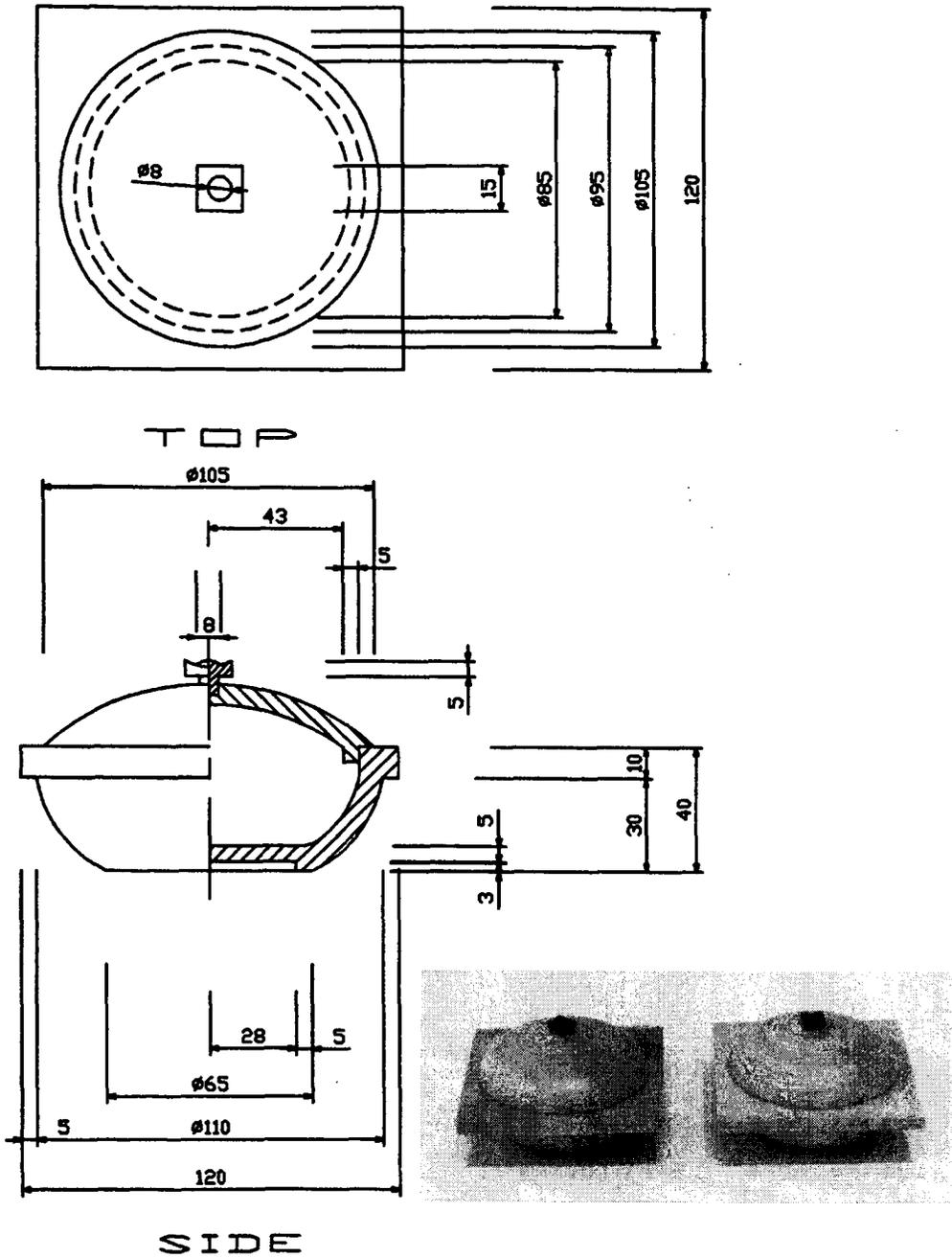
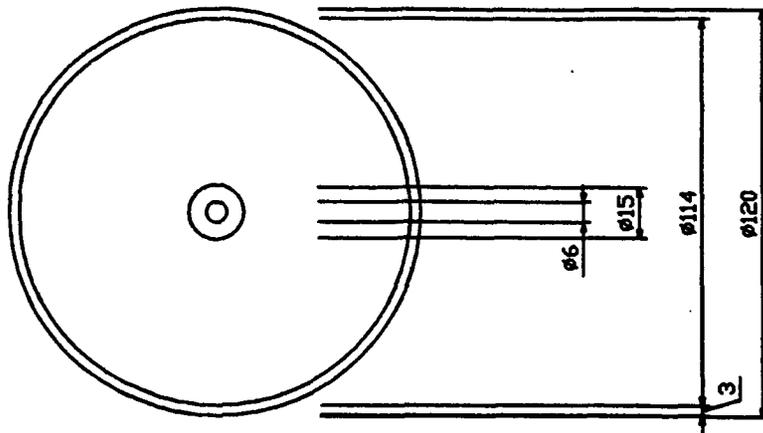
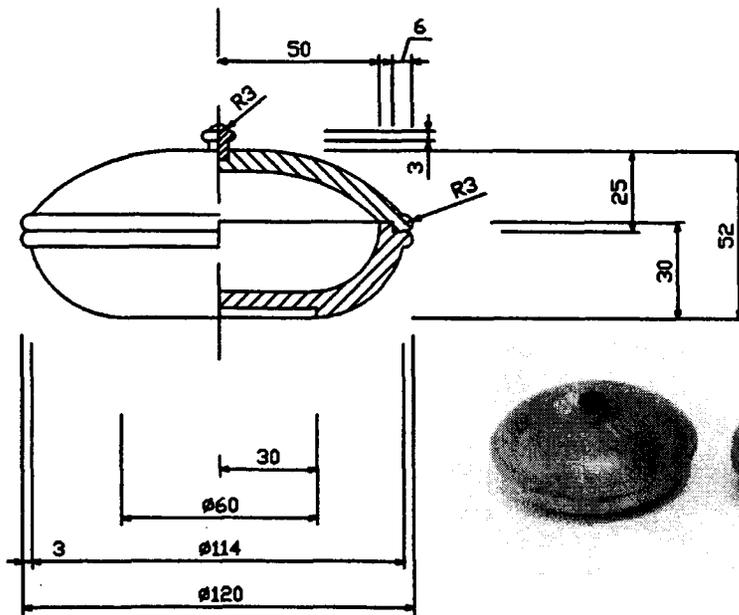


그림 3-16. 보울/충충나무



TOP



SIDE

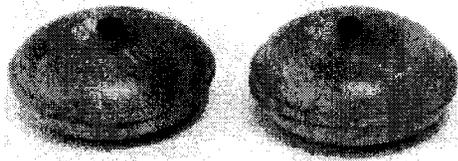


그림 3-17. 보울/글참나무

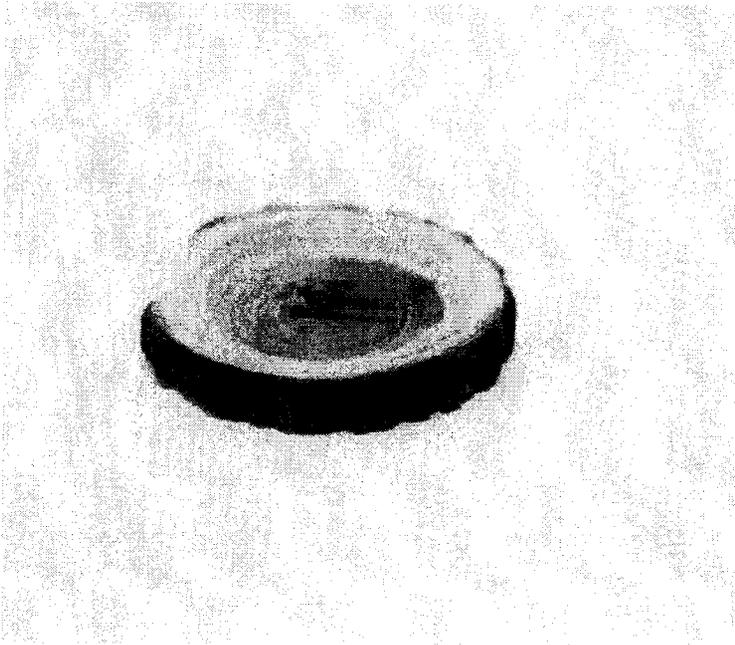
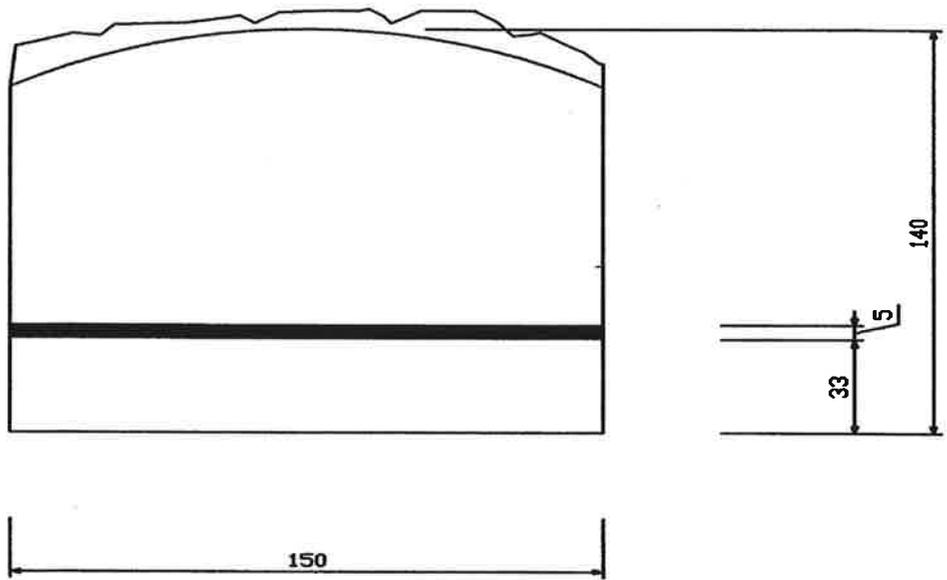
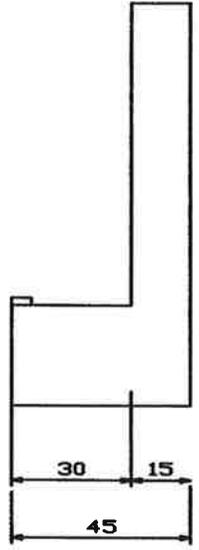


그림 3-18. 컵받침/위:아까시나무, 아래:은행나무



FRONT



SIDE

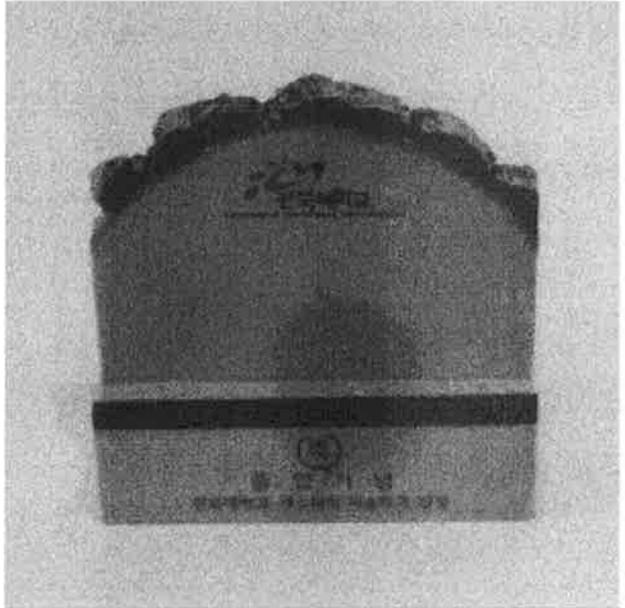
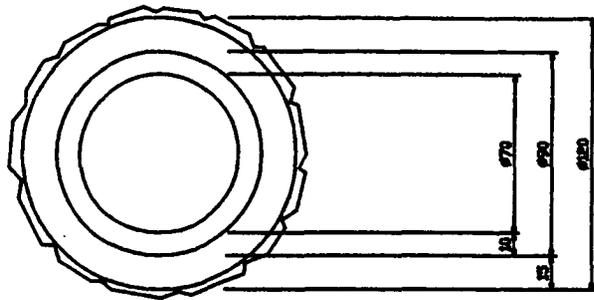
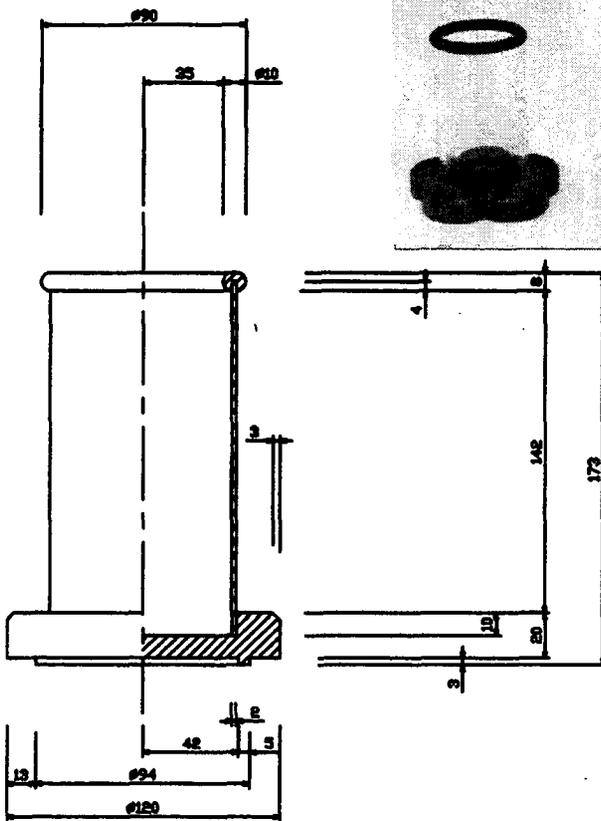
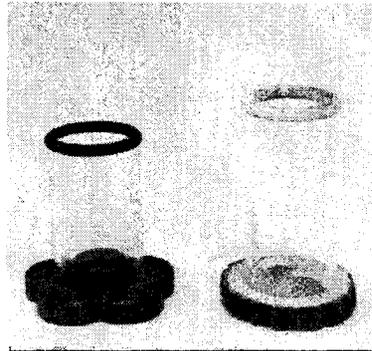


그림 3-19. 명함꽃이/은행나무



TOP



SIDE

그림 3-20. 연필꽂이/참중나무, 아까시나무

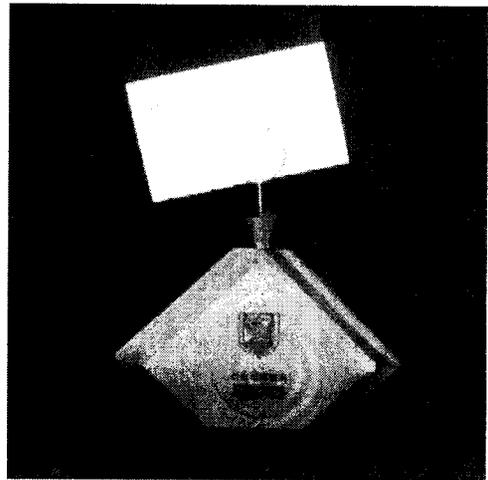
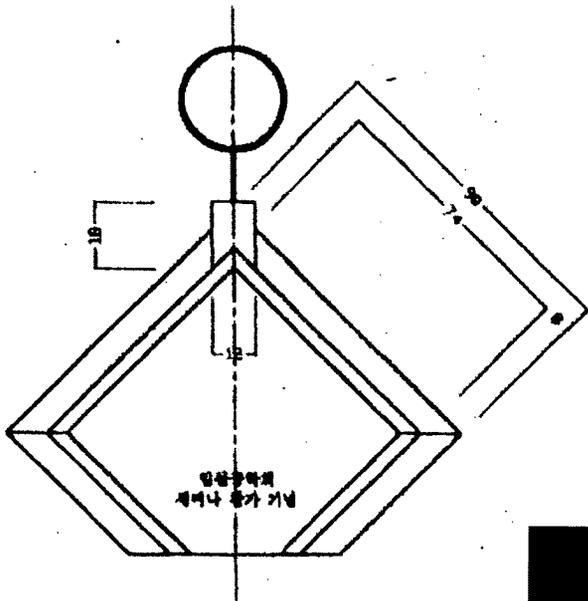


그림 3-21. 메모꽃이/아까시나무, 참중나무

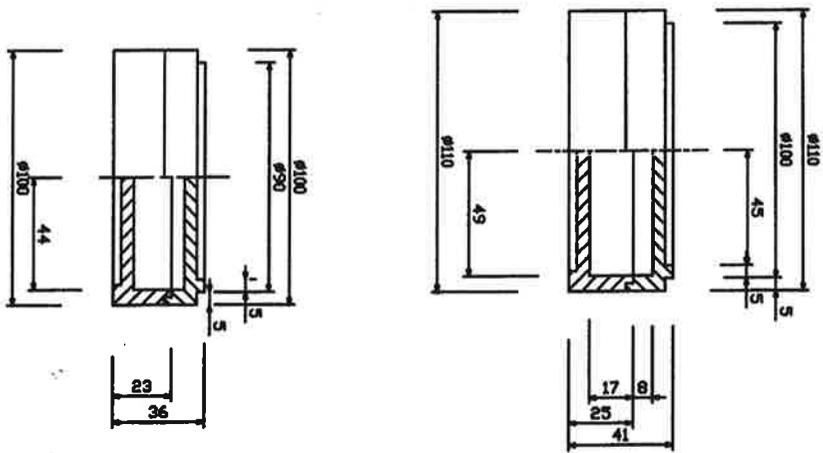
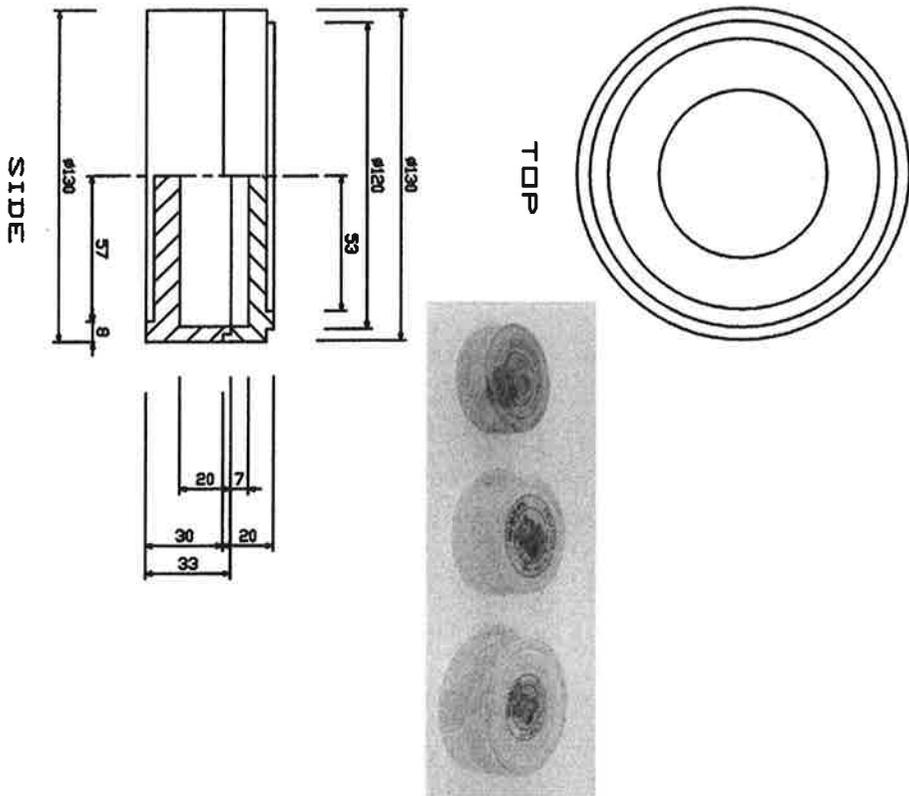


그림 3-22. 함/은행나무

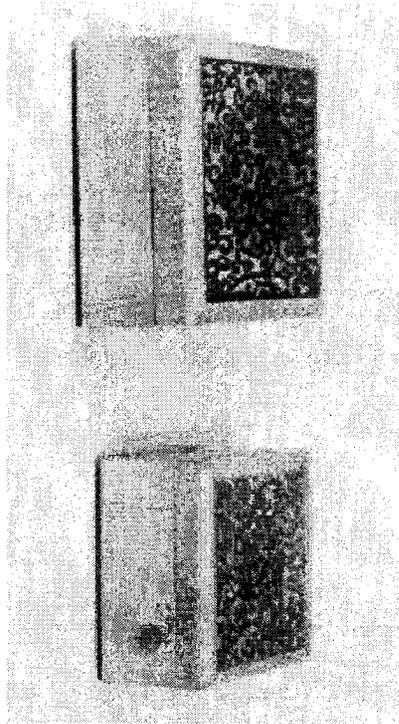
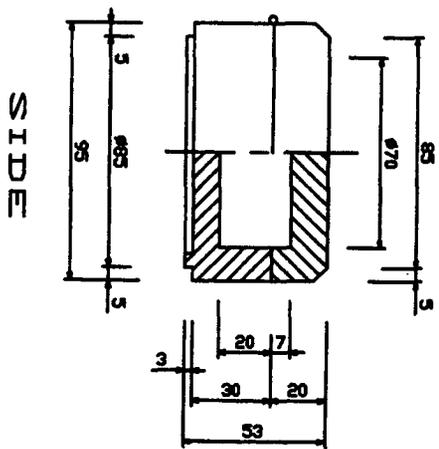
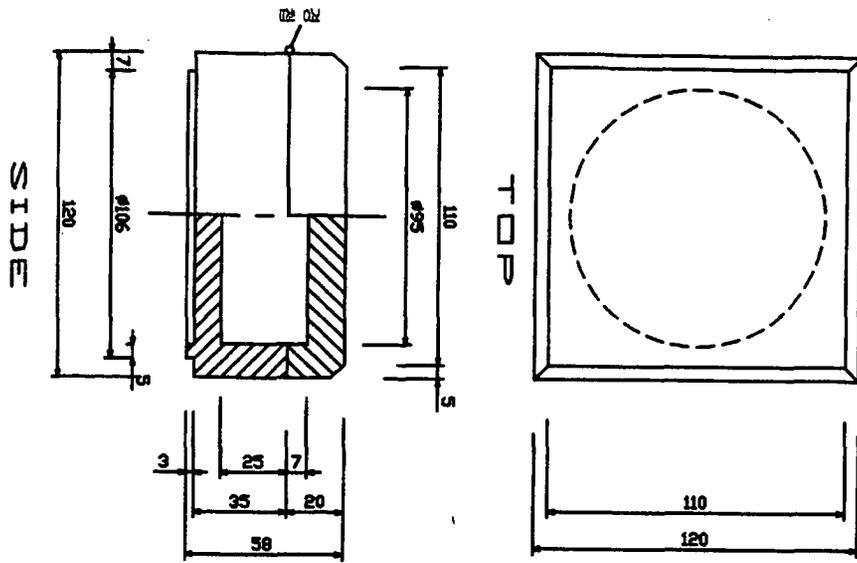
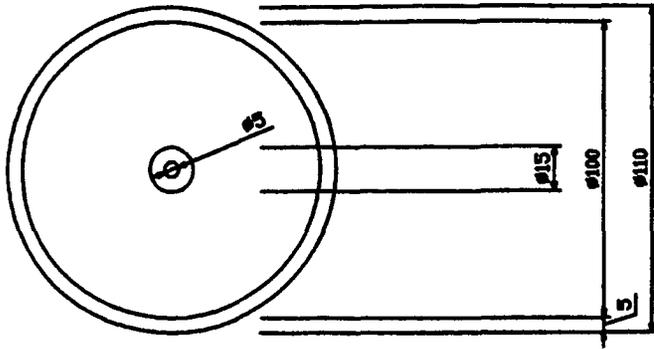
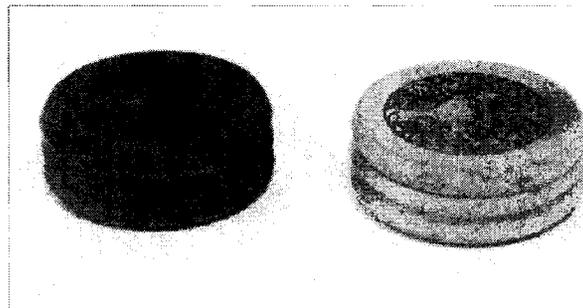
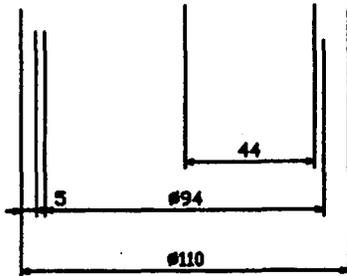
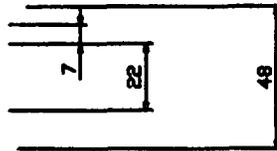
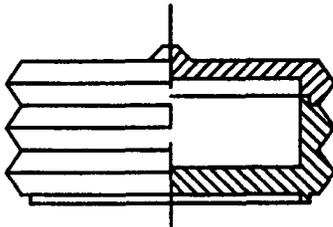
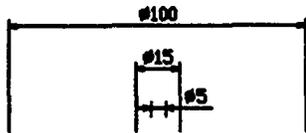


그림 3-23. 함/은행나무



TOP



SIDE

그림 3-24. 향/참종나무, 굴참나무

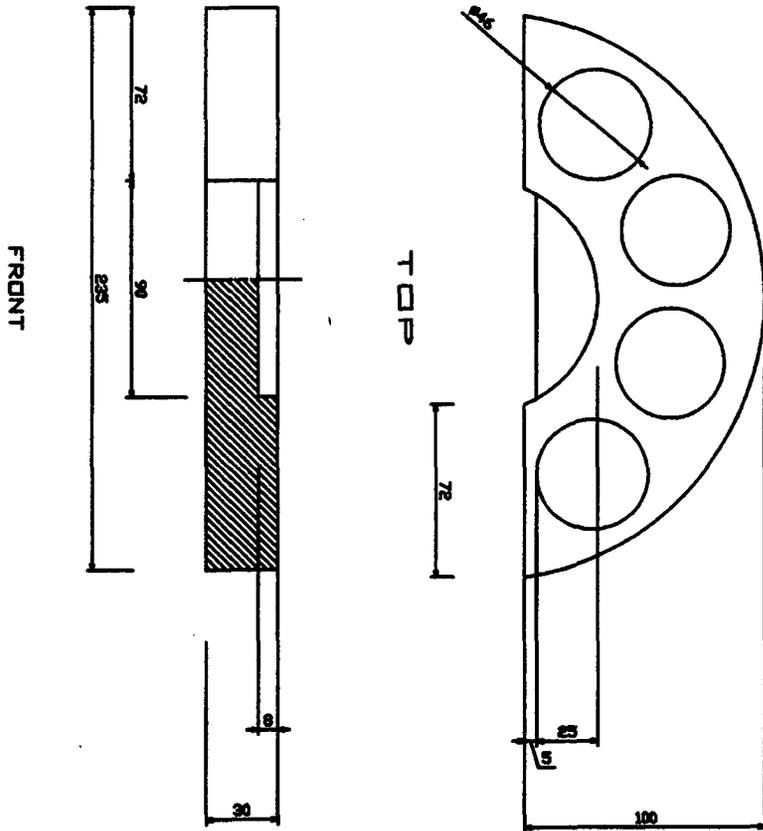
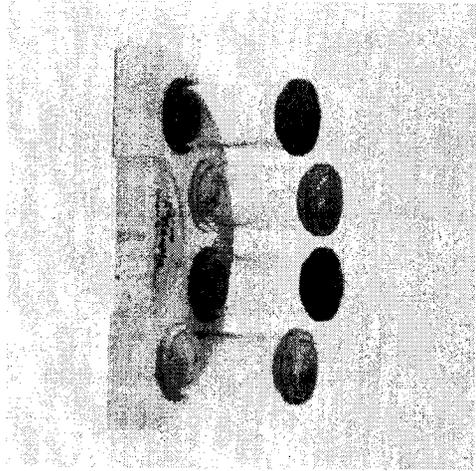
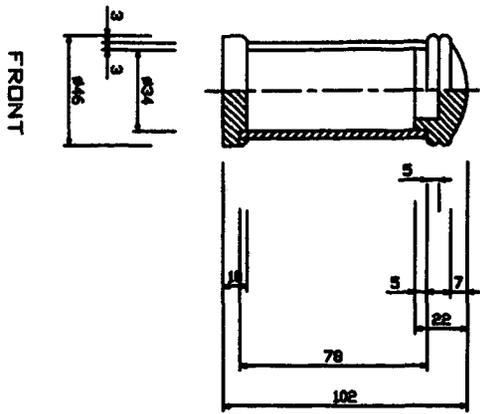
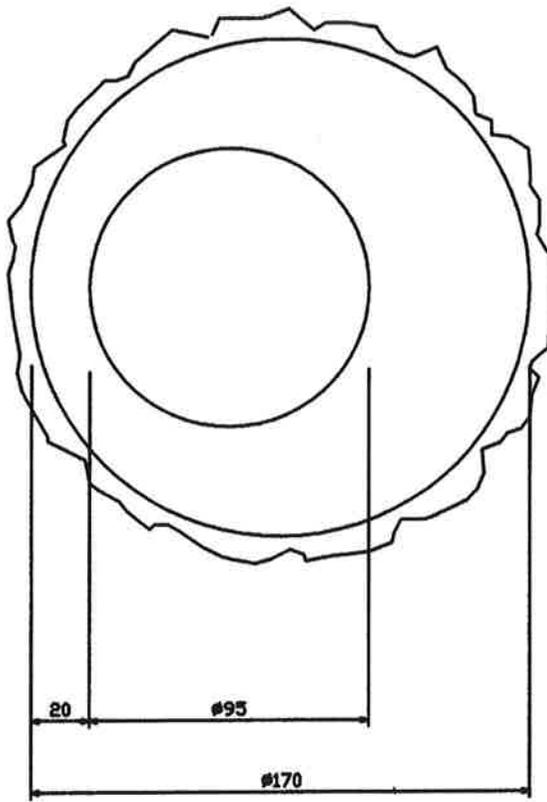
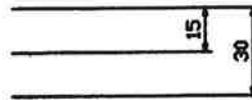
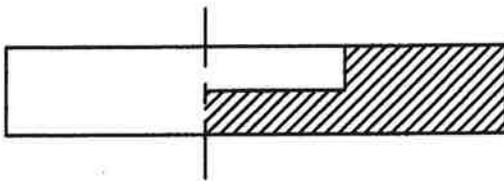


그림 3-25. 조미료통/은행나무, 참중나무, 굴참나무



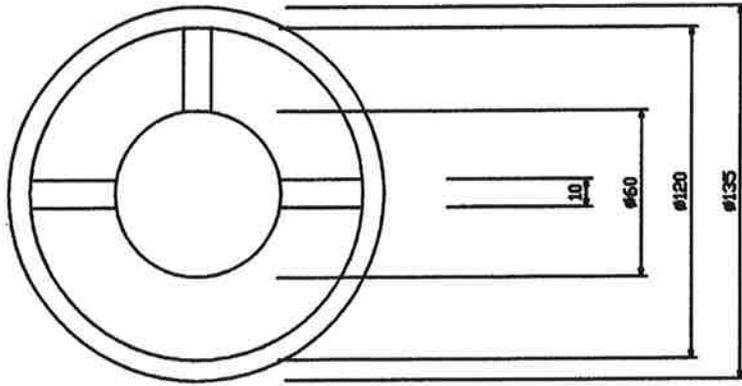


TOP

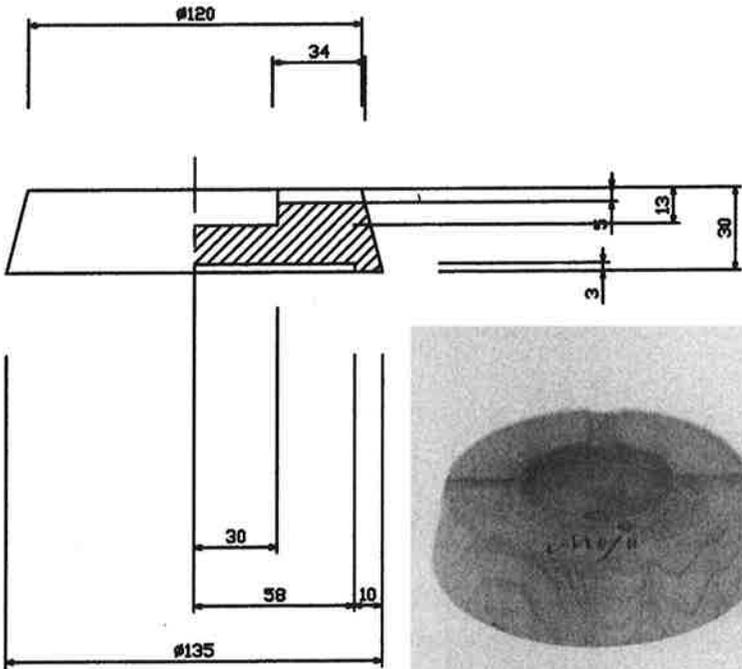


SIDE

그림 3-27. 잡물함/아까시나무



TOP



SIDE

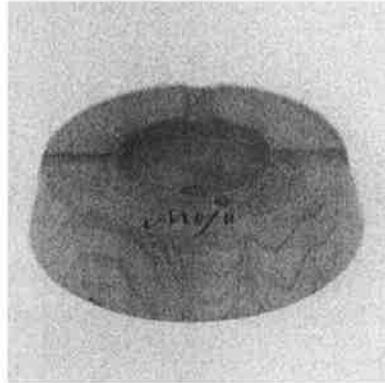


그림 3-28. 재떨이/굴참나무

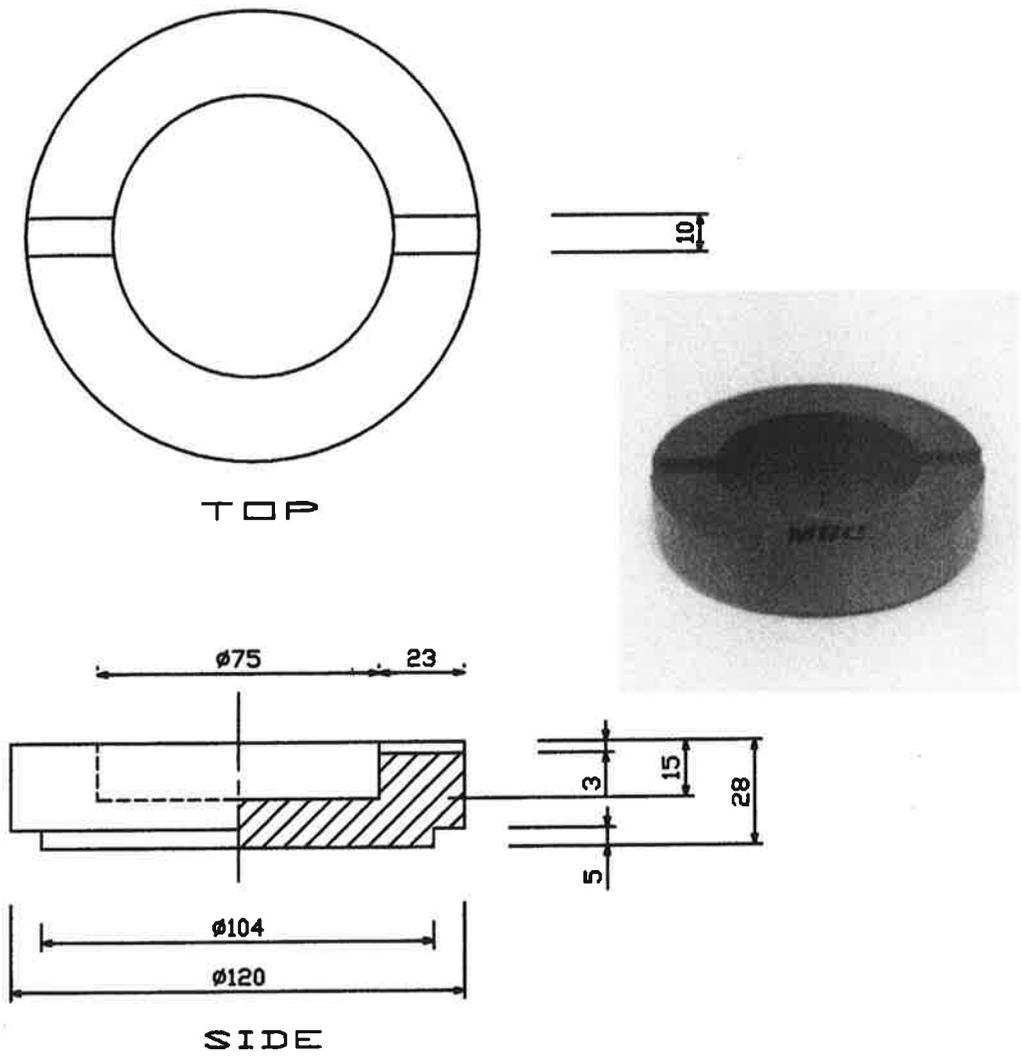
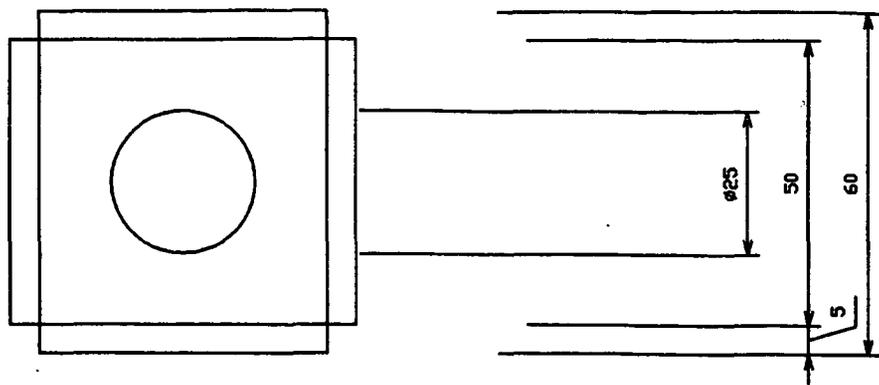
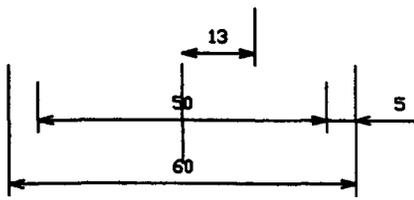
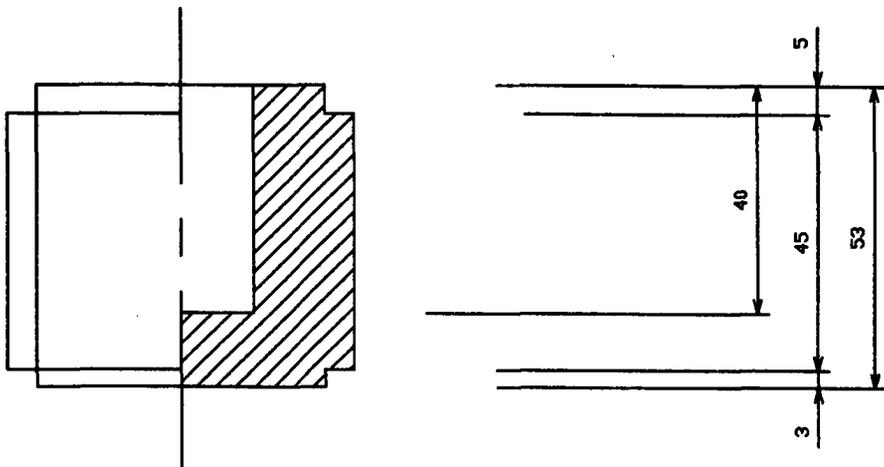


그림 3-29. 재떨이/참종나무



TOP



SIDE

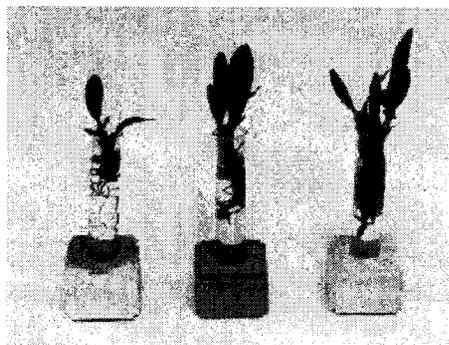


그림 3-30. 화병/은행나무, 굴참나무

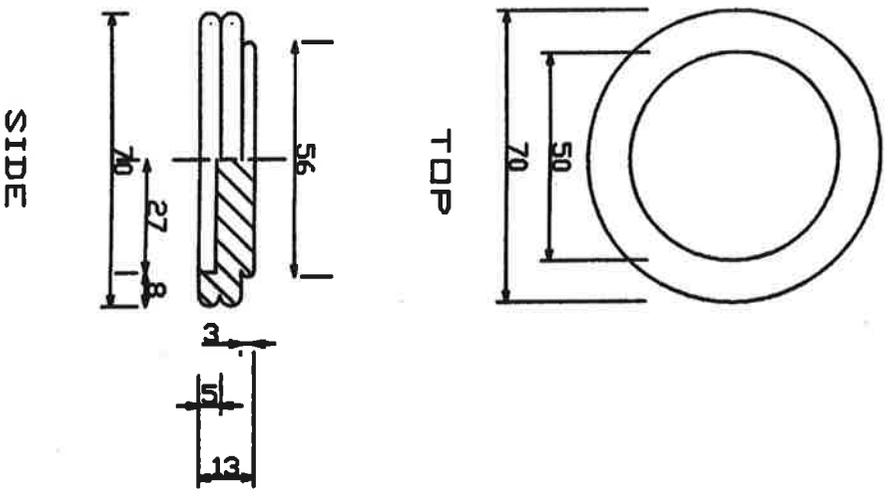
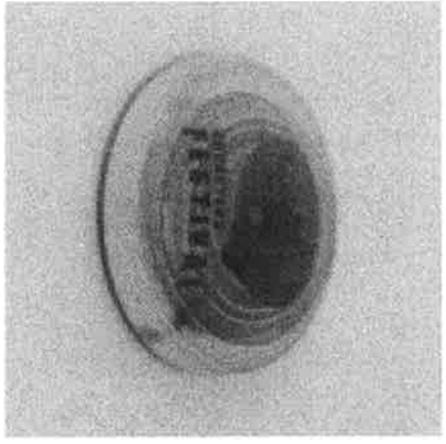
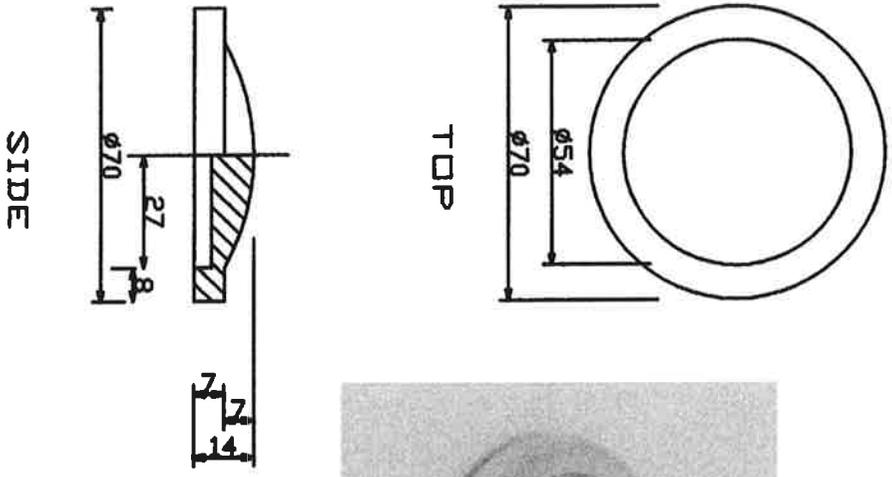


그림 3-31. 오프너/아카시나무

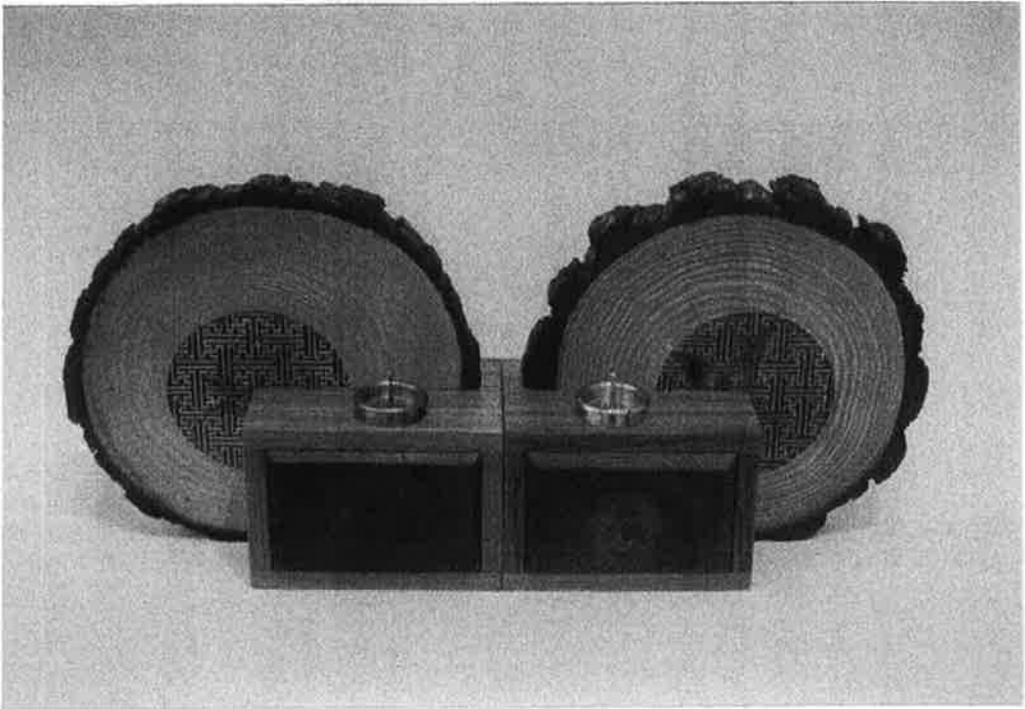


그림 3-32. 장식용 촛대/소나무

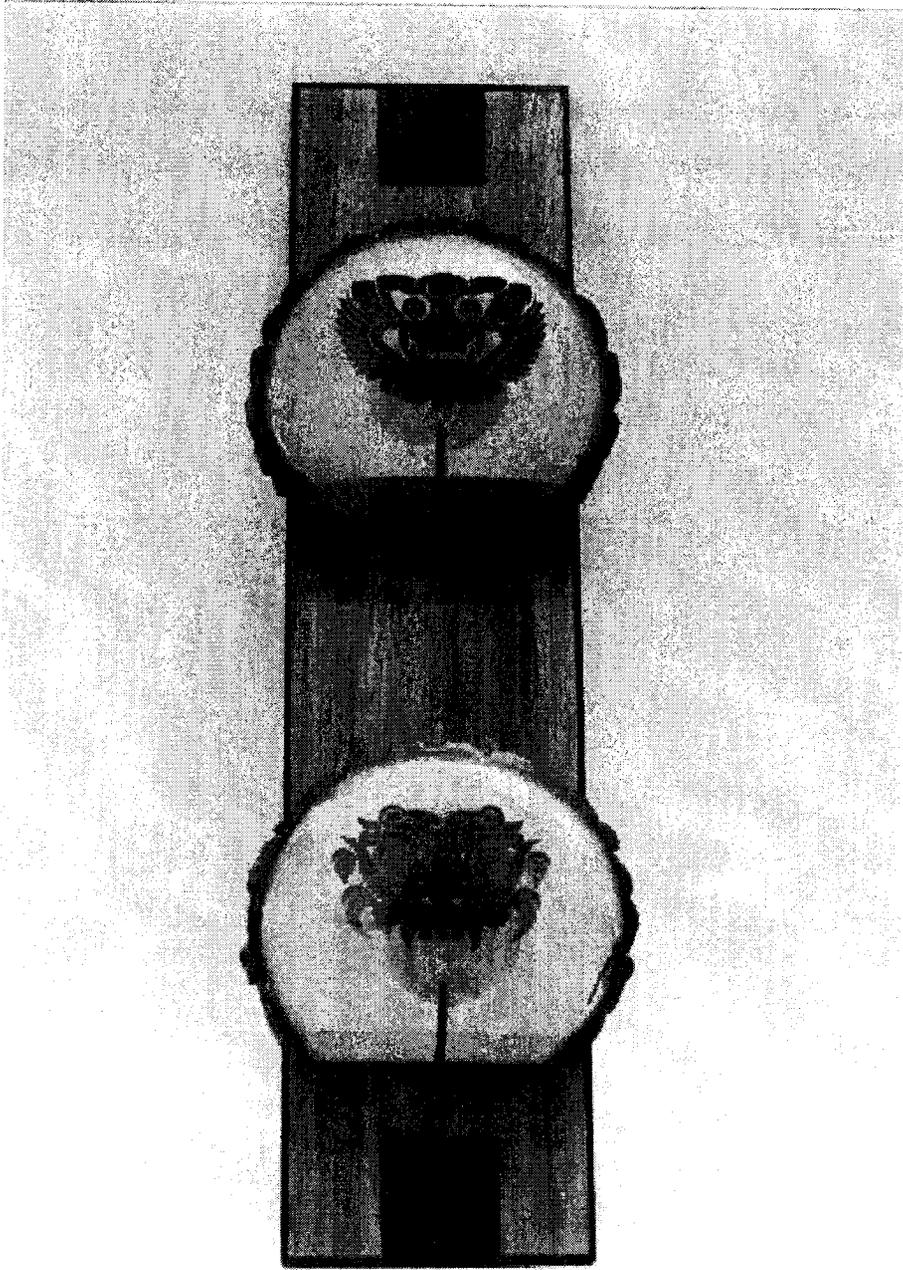


그림 3-33. 편지꽃이/은행나무

## 제 5절 품평회

### 1. 품평회 내용

자료수집과 재료의 분석을 바탕으로 설계하여 제작한 공예품은 궁극적으로 기존의 목공예품과는 다르게 원판을 이용한 공예품의 개발과 목공예품의 특성화를 의도하는 것이었다.

따라서 개발된 시작품이 목공예 제조업체 종사자들과 관계자들이 관람하기 편리한 곳에서 전시가 되어야 그 실효성이 클 것이다. 디스플레이를 관람하기 편리하도록 시행하고 행사가 원만히 진행되도록 유인물을 제작 보급할 수 있도록 하였다.

품평회의 일정과 전시품목 등은 다음과 같다.

가) 전시일정 : 2001. 10. 30 - 11. 2 (오전 9시 - 오후 6시까지)

나) 장 소 : 전북대 문화관 1층 상설 전시장

다) 전시품목 : 상패, 시계, 그릇(쟁반, 볼, 컵받침), 펜시용품(거울, 꽃병, 사진첩)  
주방용품(조미료통, 커피,프림통, 오프너), 합류, 꽃이류(연필꽃이  
메모꽃이, 편지꽃이, 명함꽃이), 촛대, 고비

라) 총 관람인원: 약 700명

### 2. 관람자 설문조사

#### 가. 설문조사

설문조사는 2001. 10.30~11. 2까지 '국산 저급원목의 원판을 활용한 목공예품 디자인전'을 관람한 관람자중 성인 남녀 100명을 대상으로 조사하였으며, 설문항목별 응답자수는 아래와 같다.

귀하께서 원판으로 제작한 제품을 구입하신다면 가장 중요시해서 보려는 요소는 무엇입니까 ?

①기능(7) ②디자인(75) ③사용성(15) ④가격(1) ⑤품질(5) ⑥기타( )

귀하께서 원판으로 제작한 제품을 구입하실 때 디자인 중에서 가장 중시해서 보시려는 부분은 다음 중 무엇입니까 ?

①색상(6) ②모양/형태/스타일(40) ③로고/문양 (22) ④크기( ) ⑤사용용도(25)  
⑥마감상태(7) ⑦기타( )

■원판으로 제작한 제품에 다음의 심미적 요소가 어느 정도라고 생각하십니까?

참신해 보인다.

- ①매우 많다(25) ②많다(59) ③그저 그렇다(15) ④많지 않다(1)

시대성이 좋다

- ①매우 많다(12) ②많다(45) ③그저 그렇다(42) ④많지 않다( )

독특해 보인다

- ①매우 많다(20) ②많다(53) ③그저 그렇다(25) ④많지 않다(1)

가장 원판의 형태를 잘 살려 제작했다고 생각되는 제품을 두 가지만 고르세요.

- ①상패(23) ②시계류(49) ③그릇류(과반,컵받침,볼)(53)  
④꽃이류(메모꽃이, 꽃꽃이,연필꽃이,액자)(24) ⑤보석함(13) ⑥손거울(10)  
⑦조미료통, 커피·프림통 세트(4) ⑧오프너( )

가장 원판의 특징을 살리지 못한 제품을 두 가지만 고르세요.

- ①상패( ) ②시계류( ) ③그릇류(과반,컵받침,볼)( )  
④꽃이류(메모꽃이, 꽃꽃이,연필꽃이,액자)( ) ⑤보석함( ) ⑥손거울( )  
⑦조미료통, 커피·프림통 세트(44) ⑧오프너(34)

원판을 활용한 디자인 가운데 수피(나무껍질)가 차지한 면적이 적당하다고 생각 되는 것은 ?

- ①전체(16) ②일부분(80) ③완전제거(4)

가장 구입하고 싶은 제품은 ?

- ①상패(3) ②시계류(29) ③그릇류(과반,컵받침,볼)(34)  
④꽃이류(메모꽃이, 꽃꽃이, 연필꽃이, 액자)(23) ⑤보석함(11) ⑥손거울(2)  
⑦조미료통, 커피·프림통 세트(3) ⑧오프너( )

원판으로 제작한 제품의 가격은 어느 정도가 적당하다고 생각하십니까?

- ①5천원 ~ 1만원(5) ②1만원 ~ 2만원 미만(39) ③2만원 ~ 3만원 (43)  
④3만원 ~ 4만원(11) ⑤5만원이상(2) ⑥기타( )

□선물하기에 가장 적당하다고 생각되는 제품은?

- ①상패(2) ②시계류(32) ③그릇류(과반,컵받침,볼)(30)
- ④꽃이류(메모꽃이, 꽃꽃이,연필꽃이,액자)(21) ⑤보석함(14) ⑥손거울(6)
- ⑦조미료통, 커피·프립통 세트(4) ⑧오프너( )

□선물을 주고 싶은 상대는?

- ①자신이 사용(21) ②친구(50) ③가족(13) ④직장동료(17) ⑤기타(5)

□원판으로 제작된 제품의 스타일이 어떻다고 생각되십니까?

- ①전통적이다(39) ②어느 쪽도 아니다(19) ③현대적이다(18)

□귀하께서 선호하는 스타일은?

- ①전통적이다(33) ②어느 쪽도 아니다(11) ③현대적이다(52)

□원판으로 제작된 제품의 품질에 대해서 어떻게 생각하십니까?

- ①기존의 제품과 다른 점이 없다(13)
- ②기존의 제품과 다른 점이 있다(87)

□다른 점이 있다면 무엇이라고 생각하십니까?

- ①형태(디자인)(40) ②재료(37) ③마감칠(5) ④기타(5)

□귀하께서 공예품 구입시 중요시 하는 점은 무엇입니까?

- ①색상(1) ②모양/형태/스타일(77) ③가격(6) ④크기( ) ⑤사용용도(9)
- ⑥재료( ) ⑦전통미나 향토성(10) ⑧부피나 무게( ) ⑨내구성(오래쓰는 정도)( )

□귀하께서 원판으로 제작된 제품의 판매 증대를 위해 해결해야 할 점은 무엇이라고 생각하십니까?

- ①전통미와 지역적 특성 표현(20) ②품질의 고급화(19) ③품종의 다양화(17)
- ④다른 공예품과의 차별화(45) ⑤기타(1)

## 나. 설문조사 결과분석

1) 원판 목공예품에 대한 인상과 개발 품목의 디자인

원판 목공예품에 대한 참신성에 대해서 84% 정도가 '매우 많다' 또는 '많다'라고 응답하였고, 독창성에 대해서도 73% 정도가 긍정적인 응답을 하였다. 특히

다른 목공예품과의 차별성을 응답자의 77%가 '형태나 재료에 있다'라고 응답하여 원판 목공예품은 재료나 형태적 측면에서 기존의 판재류나 각재류 목공예품과는 상당한 차별화를 꾀할 수 있을 것으로 판단된다. 특히 원판 목공예품의 판매촉진을 위해 해결해야 할 점으로 '다른 목공예품과의 차별화'를 꼽고 있는 점에서도 앞으로의 개발방향은 분명해진다.

또한 원판 목공예품에 대한 인상을 묻는 질문에 대해서 '전통적이다'가 39%, '현대적이다'가 18%로 응답하여 뚜렷한 대비를 이끌어 내지 못한 것으로 평가되어 앞으로 보다 분명한 컨셉을 지향해야 할 필요가 있을 것으로 판단된다. 한편 원판 목공예품의 디자인에서 '형태'나 '용도' 및 '문양' 등을 중시한다는 응답이 높은 반면 색상이나 마감상태 등은 상대적으로 소홀히 하는 것으로 조사되어 원판 목공예품은 원판 고유의 형태적 특성을 부각시킬 수 있는 디자인 개발에 주력해야 할 것으로 생각된다. 원판 목공예품에서 樹皮의 적정 점유면적은 응답자의 80%가 '일부분'이라고 압도적인 응답을 보낸 반면에 '완전제거'는 4%의 응답을 하여, 원판 목공예품에서 수피가 지나는 공예적 가치를 확인할 수 있었다.

## 2) 개발품목의 선호도

개발품목 중 원판의 특징을 가장 잘 살린 품목으로 '그릇류' 53%, '시계류' 49%로 응답하였다. 그릇류나 시계류의 경우 원판을 완전한 형태로 사용하거나 원판의 절대 횡단면적을 크게 하므로써 나이테의 곡선미를 충분히 부각시켰고, 특히 일부 품목의 경우 수피를 적절하게 활용한데 기인한 것으로 해석된다. 반면 원판의 특징을 잘 살리지 못한 품목으로는 조미료통이나 커피·프림통류, 그리고 오픈너 등과 같이 원판이 점유하는 면적이 적은 경우를 들었다. 즉 원판 목공예품의 차별화를 위해서는 횡단면적의 사용비율을 높이거나 수피를 부분적으로 가미시키는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

가장 구입하고 싶은 품목이나 가장 좋은 선물용 품목으로도 역시 원판의 특징을 잘 살린 품목들을 선호하는 경향이 뚜렷하였고, 구입시 중요시하는 요소로서 응답자의 75%가 '디자인'을 들었으며, 적정 판매가격으로는 2만원 ~ 3만원이 43%, 그리고 1만원 ~ 2만원이 39%로 응답하여 다른 여타 목공예품과의 가격경쟁력을 갖추고 있는 것으로 평가되었다.

표 3-1. 원판 목공예품의 품평회 설문조사 결과

구 분	순 위	응답율(%)	비고
디자인 중 가장 중시해서 보는 부분	①형태	40	
	②사용용도	25	
	③로고/문양	22	
	④마감상태	7	
	⑤색상	6	
원판 목공예품의 참신성	①많다	59	
	②매우 많다	25	
	③그저 그렇다	15	
	④많지 않다	1	
원판 목공예품의 시대성	①많다	45	
	②그저 그렇다	42	
	③매우 많다	12	
	④많지 않다	-	
원판 목공예품의 독창성	①많다	53	
	②그저 그렇다	25	
	③매우 많다	20	
	④많지 않다	1	
원판 목공예품의 차별성	①형태	40	
	②재료	37	
	③마감칠	5	
	④기타	5	
수피의 적정 면적	①일부분	80	
	②전체	16	
	③완전제거	4	
원판 목공예품에 대한 인상	①전통적이다	39	
	②어느쪽도 아니다	19	
	③현대적이다	18	
판매촉진을 위해 해결해야 할 점	①다른 공예품과의 차별화	45	
	②전통미와 지역적 특성 표현	20	
	③고급화	19	
	④품목의 다양화	17	
	⑤기타	1	

표 3-1. 원판 목공예품의 품평회 설문조사 결과 (계속)

구 분	순 위	응답율(%)	비고
원판의 특징을 잘 살린 제품	①그릇류	53	중복설문
	②시계류	49	
	③꽃이류	24	
	④상패	23	
	⑤보석함	13	
원판의 특징을 잘 살리지 못한 제품	①조미료통, 커피·프림통세트	44	중복설문
	②오프너	34	
	③꽃이류		
	④상패		
	⑤손거울		
가장 구입하고 싶은 제품	①그릇류	34	
	②시계류	29	
	③꽃이류	23	
	④보석함	11	
	⑤기타	5	
구입시 중요요소	①디자인	75	중복설문
	②사용성	15	
	③기능	7	
	④품질	5	
	⑤가격	1	
가장 좋은 선물용 품목	①시계류	32	
	②그릇류	30	
	③꽃이류	21	
	④보석함	14	
	⑤기타	12	
적정 판매가격	①2만원 ~ 3만원	43	
	②1만원 ~ 2만원	39	
	③3만원 ~ 4만원	11	
	④5천원 ~ 1만원	5	
	⑤5만원 이상	2	

## 제 6절 결 론

국산 저급원목의 원판을 활용한 목공예기념품류의 디자인 컨셉개발을 통해서 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 소나무 원판의 경우 대형 품목에 적합하고, 나이테가 너무 분명하여 시선을 분산시키는 것이 바람직한 것으로 평가되었다.
2. 원판 목공예품은 형태나 재료적인 측면에서 참신하고, 차별성이 우수한 것으로 인식하고 있었으나, '전통적 이미지'와 '현대적 이미지'가 분명하지 않은 것으로 인식하므로써 앞으로 디자인 컨셉을 보다 분명하게 설정할 필요가 있는 것으로 평가되었다.
3. 원판 목공예품에서 樹皮는 다른 여타의 목공예품과의 차별화를 위해 매우 중요한 것으로 인식하고 있었으며, 수피를 부분적으로 활용하는 것에 대한 선호도가 높았다. 수피의 활용이 유리한 수종으로는 소나무, 은행나무, 아까시나무, 참죽나무 등이 선정되었다.
4. 목공예품에서 사용된 원판의 횡단면적이 크고, 수피의 점유율이 높은 품목에 대한 선호도가 우수하였다.
5. 원판 목공예품 구입시 가장 중요한 것으로 '디자인'을 꼽았고, 원판 목공예품의 적정 판매가격은 1만원 ~ 3만원이 적정한 것으로 조사되었다.

## 제 7절 참고문헌

1. 이남호, 정희석. 1992. 한지 엔드레이핑처리 원판의 감압건조응력 분포모형 및 엔드레이핑스의 건조결함 예방효과. 목재공학 19(1): 31-63.
2. 이남호 등. 1997. 지리산지역 목공예제조업체의 국제경쟁력 제고를 위한 특성화 기술 개발: 33-85, 160-176.
3. Lee, N.H., K. Hayashi, and H.S. Jung. 1998. Effect of radio-frequency/vacuum drying and mechanical press-drying on shrinkage and checking of walnut log cross section. Forest Products J.48(5): 73-79.
4. Lee, N.H. and K. hayashi. 2000. Effect of end-covering and low pressure steam explosion treatment on drying rate and checking during radio-frequency/vacuum drying of Japanese cedar log cross section. Forest Products. J. 50(2): 73-78.
5. 임업연구원. 1997. 한국의 목재수급실태. 임업연구원 연구자료 No.33: 88-89.

## 제 4장 종합결론

주요 국산 수종별 원판의 건조지표 및 압체고주파진공건조스케줄 類型化를 위한 주요 시험결과는 다음과 같다.

### 제 1절 원판의 압체고주파진공건조스케줄 유형화를 위한 건조지표 개발(제1세부과제)

#### 1. 수종별 건조결합 발생등급 지표 및 전처리 추천 지표

- 가) 심재할렬 발생등급은 삼나무는 경미, 그리고 편백나무와 측백나무 및 느티나무는 보통의 수준인 것으로 평가되었다. 한편 벗나무, 낙엽송, 소나무 등은 심함의 수준으로 분류되었고, 은행나무, 음나무, 참중나무, 아까시나무 등은 매우 심함으로 평가되었다.
- 나) 경계할렬 발생등급은 은행나무는 경미, 소나무, 측백나무, 아까시나무 및 참중나무는 보통으로 평가되었다. 삼나무, 느티나무, 벗나무는 심할 것으로, 그리고 낙엽송, 편백나무, 음나무는 매우 심할 것으로 평가되었다.
- 다) V형크랙 발생등급은 은행나무는 경미, 소나무, 측백나무, 아까시나무 및 참중나무는 보통일 것으로 평가되었다. 편백나무, 낙엽송, 음나무 등은 V형크랙이 심함으로, 그리고 삼나무, 벗나무, 느티나무 등은 매우 심함으로 평가되었다.
- 라) 심재할렬, 경계할렬 및 V형크랙의 추정 발생등급으로 부터 각 수종별 추천 전처리 방법 등을 제시할 수 있었다.

#### 2. 수종별 원판의 압체고주파진공건조스케줄 개발 시험

- 가) 두께 30mm 소나무 원판의 무결점 원판의 수율은 63.4~77.2%로서 ET-H/1처리나 건조스케줄 A 및 건조스케줄 B 모두 무난한 것으로 평가되었고, ET-H/1처리는 심재할렬 예방에는 크게 기여하였지만, 약간의 경계할렬을 초래하는 것으로 판단되었다.
- 나) 낙엽송 원판의 경우 별도의 전처리를 실시하지 않더라도 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었으며, 저온건조스케줄 A(LT)가 V형크랙 예방에 기여하는 효과는 뚜렷하지 않았다. 원판의 두께가 두꺼울 경우 ET-H/2처리와 건조스

- 케줄 D(LT)는 V형크랙 예방에 기여하는 것으로 평가되었다.
- 다) 은행나무의 경우 처리와 건조스케줄에 관계없이 매우 양호한 건조수율을 얻을 수 있었으며, 특히 ET-SH/1처리의 경우 94% 이상의 무결점 수율을 얻을 수 있었다.
  - 라) ET-H/1처리는 삼나무 원판의 건조결함 예방에 매우 효과적이었으며, 특히 심재할렬과 경계할렬 예방에 유리하였다.
  - 마) ET-S/2처리는 편백나무 원판의 건조결함 예방에 매우 효과적이어서 약 90% 가량의 무결점 원판을 얻을 수 있었다.
  - 바) 두께 20 mm 느티나무 원판의 무결점 수율은 80.3%, 그리고 두께 30 mm 원판의 경우 69.1%로 비교적 양호한 편이었다. 발생한 결함의 대부분이 심재할렬로서, 이를 예방하기 위해서는 건조초기의 건조속도를 다소 지연시키는 스케줄 개량이 필요할 것으로 생각된다.
  - 사) 벗나무의 경우 무결점 원판의 수율이 65.2 ~ 85.5% 수준으로 만족할 만하였다. 다만 건조수율을 보다 증진시키기 위해서는 R-O-S & ET-H/1처리나 또는 건조초기 저온건조가 바람직할 것으로 생각된다.
  - 아) 아까시나무 원판의 경우 두께 24 mm와 두께 30 mm 모두 R-O-S처리는 건조결함 예방에 매우 효과적인 것으로 나타났으나, 두께 30mm ET-H/1처리 원판은 심재할렬에 의해서 약 38%가량이 손상되었다.
  - 자) 음나무의 경우 심재의 투과성이 불량하고, 특히 함수율이나 횡단방향 수축율의 방사방향 변이가 매우 복잡한 양상을 보여 무결점 원판을 전혀 얻을 수 없었다. 음나무는 원판건조의 메카니즘을 밝히는데 있어서 매우 유용한 가치를 지니는 수종으로 여겨진다.
  - 차) 참중나무 원판의 경우 R-O-S 처리에 의해서 경계할렬과 V형크랙은 매우 효과적으로 예방할 수 있었으나, 전 시험 원판의 47%가 심재할렬에 의해서 손상되었다.
  - 파) 본 과제에서 개발하여 제시한 건조결함별 발생 등급지표, 그리고 그것에 준하여 각 수종에 적합할 것으로 추정된 전처리 선정지표 등은 원판의 압체고 주파진공건조스케줄을 유형화하는데 있어서 매우 적절한 것으로 평가된다.

## 제 2절 원판을 활용한 목공예기념품류의 디자인컨셉 개발(제2 세부과제)

국산 저급원목의 원판을 활용한 목공예기념품류의 디자인 컨셉개발을 통해서 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 소나무 원판의 경우 대형 품목에 적합하고, 나이테가 너무 분명하여 시선을 분산시키는 것이 바람직한 것으로 평가되었다.
2. 원판 목공예품은 형태나 재료적인 측면에서 참신하고, 차별성이 우수한 것으로 인식하고 있었으나, '전통적 이미지'와 '현대적 이미지'가 분명하지 않은 것으로 인식하므로써 앞으로 디자인 컨셉을 보다 분명하게 설정할 필요가 있는 것으로 평가되었다.
3. 원판 목공예품에서 樹皮는 다른 여타의 목공예품과의 차별화를 위해 매우 중요한 것으로 인식하고 있었으며, 수피를 부분적으로 활용하는 것에 대한 선호도가 높았다. 수피의 활용이 유리한 수종으로는 소나무, 은행나무, 아까시나무, 참죽나무 등이 선정되었다.
4. 목공예품에서 사용된 원판의 횡단면적이 크고, 수피의 점유율이 높은 품목에 대한 선호도가 우수하였다.
5. 원판 목공예품 구입시 가장 중요한 것으로 '디자인'을 꼽았고, 원판 목공예품의 적정 판매가격은 1만원 ~ 3만원이 적정한 것으로 조사되었다.