

아세칠화 WPC 이중개질처리에 의한 전통창호  
소나무재의 물성 개선

Wood Modification of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.  
for korean traditional latticework by combined treatment  
of Acetylation followed by Styren-Methyl metacrylate impregnation

이화형 · 이민경

# 아세칠화 WPC 이중개질처리에 의한 전통창호 소나무재의 물성 개선

이화형\*1, 이민경\*2

## Wood Modification of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. for korean traditional latticework by combined treatment of Acetylation followed by Styren-Methyl metacrylate impregnation

Hwa Hyoung Lee\*1, Min Gyoung Lee\*2

목 차	
1. 서 론	3-2 화학 처리 결과
1-1 연구목적	3-3 치수안정성 평가
	3-4 기계적 성질 비교
2. 재료 및 실험방법	3-5 재면 비교
2-1 공시재료	3-6 전통창호의 응용 사례
2-2 실험방법	3-7 경제적 가치
3. 결과 및 고찰	4. 결 론
3-1 물리적 성질	5. 참고문헌

### ABSTRACT

Wood cell-wall modification with acetic anhydride, lumen filled with styren monomer and methyl methacrylate, and a combination of these two treatments were studied for their effectiveness for dimensional stability. Compared to those of untreated *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. and sole acetylated red pine, The combination of acetylation and impregnation with methy methacrylate greatly reduced water absorption, increased ASE to the best and gave better bending strength and compression strength.

Keywords : wood modification, acetylation, styren, methyl methacrylate, ASE, *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.

\*1, 2 충남대학교 임산공학과, Department of Forest Product, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

## 1. 서 론

### 1-1 연구 목적

창호는 창문이라고도 하며 창과 문으로 대표된다. 그 기원은 원시동굴 거주시대에서부터 출입구를 무슨 방법으로든 막아 풍우, 한설 등과 외적을 방어하는 데서부터 시작되었을 것이다. 이것이 점차 보다 유효한 재료와 장식 효과 및 새로운 공법으로 개발되어 오늘에 이르렀다. 전통창호는 목재가 소재인 목창호이다. 이것을 1세대 창호라고 하면 70년대의 새마을운동과 더불어 주택개량사업이 활성화되면서 산업화된 알루미늄새시가 목창호를 대신하며 2세대 창호가 되었다. 80년대에는 단열성과 방음성을 개선한 3세대 창호인 PVC 창호가 등장하였다. 이어 제4세대 시스템창호가 출현하였다. 이 제품은 나무, 알루미늄, 특수플라스틱을 조합한 복합소재와 새로운 내부구조를 도입하여, 단열성, 방음성은 물론 기능성과 디자인을 획기적으로 개선하였다. 그리고 5세대인 지능형 창호시스템을 중심으로 개발 경쟁이 이뤄질 것이다. 목재공학에 대한 연구는 이런 시류를 반영하며 여기에 우리의 전통 문화와 조화될 수 있다면 매우 이상적일 것이다.

전통창호의 제작과정은 다음과 같다.

1. 목재는 겨울에 구입하여 선결로 쪼갬다. 이것을 1년 이상 비바람에 노출시킨 다음 인공 건조를 시킨다. 다시 1년 정도 자연건조를 시키고 사용하기 전까지 창고에 보관한다.
2. 목재를 용도에 따라 마름질한다.
3. 마름질로 표시된 부분을 끌로 파낸다.
4. 목재를 한번 더 대패질하여 매끈하게 만든다.
5. 문살을 서로 맞춰 끼운다.
6. 끼워 맞춘 문살에 문양을 조각한다.
7. 용도에 따른 마무리를 한다.

전통창호의 제작과정에서 보면 목재의 뒤틀

림을 방지하기 위해 최소 1년 이상의 건조 시간을 갖고 있다. 목재의 뒤틀림은 목재의 치수안정성과 밀접한 관련이 있는데 전통창호재료에 있어 뒤틀림을 최소화시키는 위한 방법은 충분한 건조뿐이라고 전통창호 제작자들은 믿고 있다. 숙련된 제작자일수록 건조기간을 3년 이상으로 잡고 있다. 일반적으로 목질재료의 치수불안정은 목재내부표면의 친수기 특히 -OH기가 물분자와 수소결합하여 수분이 흡탈착함에 따라서 흡탈착된 수분의 용적으로 목재 용적의 팽윤과 수축이 일어나게 된다. 그 결과 굽음, 휨, 뒤틀림, 할열 등을 일으키고 강도 및 물리기계적 성질이 변화되며 또 부후 현상을 일으키게 된다. 따라서 이러한 현상을 개선하기 위한 목재의 치수안정처리로서 용적처리<sup>(8,15,20)</sup>중에서도 WPC(woodpolymer composite)처리<sup>(1,2,3,4,16)</sup>와 아세칠화처리<sup>(5,9,10,11,12,13,14,15)</sup>는 1960년대 이후 가장 일반적인 방법으로 알려져 있다. Feist, Rowell등은<sup>(15)</sup> 아세칠화와 메타아그릴레이트의 이중처리가 내후성(weathering)에서 목질표면에 있는 xylan이나 리그닌이 자외선 조사에 의하여 열화현상을 일으켜 상당한 재질 손실을 가져오는데 이러한 손실을 감소하도록 기여한다고 보고하였다. 따라서 본 연구는 아세칠화처리 후 WPC처리를 하는 이중처리를 이용하되 메타아그릴레이트와 스티렌 2종을 단량체로 사용하는 것을 처음으로 개발하여 한국 전통창호재인 소나무 치수안정 효과를 얻어 춘향목보다 우수한 창호재를 저렴한 가격으로 얻을 수 있도록 목재 개질방법을 창호에 접목해보고자 시도하였다.

## 2. 재료 및 실험방법

### 2.1 공시재료

#### 2.1.1 공시목질재료

이번 실험에 사용한 시편은 일반적으로 값싸고 손쉽게 구입할 수 있는 일반 국산 소나무(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc)와 전통창호 제작자들이 선호하는 소나무의 한 종류인

준양목을 준비하였다. 준양목은 충청도 덕산에 위치한 옥계산방에서 분양반아 사용하였다. 시편의 크기는 2cm×2cm×20cm로 5반복하여 측정하였다, 평균흡수율과 밀도를 측정 한 결과는 다음 Table 1과 같다.

Table 1. Physical properties pinus

	Density (g/Cm <sup>3</sup> )	Moisture content (%)
일반소나무	0.58±0.01	8.47±0.5
준양목	0.51±0.03	8.95±0.4

### 2.1.2 아세칠화 시약

무수초산(acetic anhydride)을 촉매 없이 사용하였다.

### 2.1.3 WPC 시약

처리약품은 개시제인 azobisisobutyronitrile와 비닐계 단량체인 styren monomer와 methyl metacrylate를 섞어 사용했다.

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 목재의 아세칠화 처리

일반 국산 소나무의 기건 시편을 하룻밤정도 70℃에 진공건조 시켜 전건상태로 만든다. 제조된 시편을 감압상태(1기압)에 1시간 방치하고 무수초산을 주입한다. 다시 감압하에 1시간 방치해 둔다. 상압상태에서 하룻밤 방치하여 시약을 골고루 침투시킨다. 이어 오토클레이브에 무수초산을 넣고 100-130℃에서 8-9시간 반응시켜 아세칠화한다. 반응이 끝난 아세칠화 목재를 세정하고 부산물인 초산 잔류물을 제거한다.

### 2.2.2 목재의 아세칠화 처리 후 WPC 처리

건조 또는 아세칠화 처리를 한 목재를 건조시킨 후, AIBN+S+MMA 약액을 주입시킨다. 30분 감압 후 2시간 침지시킨다. 그 후 주

입목재 시편을 알루미늄호일로 한 개씩 싸서 63℃로 맞춰진 송풍건조기에서 24시간동안 가열중합을 행한다. 중합이 끝나면 호일을 벗기고 미반응의 단량체를 제거한다.

### 2.2.3 개질처리목재의 물리기계적 성질 측정

무처리시편과 처리시편의 비중,흡수율,팽윤율, 흡수율 및 곡강도와 압축강도를 KS F 2201-2000 ~KS F 2208-1999에 의하여 측정하였다. 2cm×2cm×20cm 스펀의 25개 휨시험이 완료된 후 파괴부위의 인접부위에서 비중,흡수율,압축강도,팽윤율, 흡수율을 위한 시편을 한 개의 휨시험 시편에서 각기 3개씩 채취하여 각 항목당 5반복 시험을 실시하였다. 총시편은 100개였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 물리적 성질 비교

#### 3.1.1 연륜폭 비교

2Cm×2Cm로 제작한 시편의 연륜수를 세어보니 일반 국산 소나무는 13개, 준양목은 19개이다. Fig. 1을 보면 두 소나무의 연륜 차이를 알 수 있다.

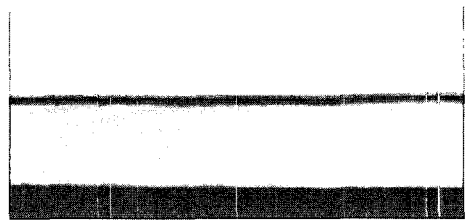


Fig. 1 Annual rings of pinus.

#### 3.1.2 밀도 비교

아세칠화 처리만 했을 경우의 밀도 변화는 거의 없었으나, 아세칠 WPC 이중개질처리 후에는 거의 배로 증가했다. 처리 방법에 따른 밀도의 차이는 Fig. 2를 보면 쉽게 알 수 있다.

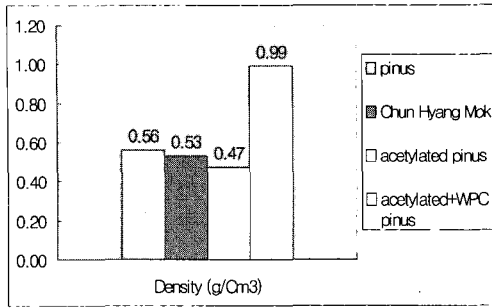


Fig. 2 Comparison of Density between untreated and treated pinus

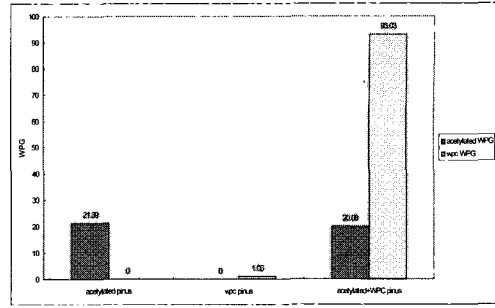


Fig. 4 Comparison of Weight percent gain (treated pinus)

### 3.1.3 함수율 비교

측정된 함수율을 값은 Fig. 3과 같다. 목재 내부의 공극 속에 처리 약품이 채워지게 되므로 수분의 비율은 처리 전보다 적어지게 됨을 알 수 있었다. 비중이 거의 두 배로 증가한 아세칠 WPC 이중개질처리 시편의 함수율은 반대로 두 배 이상 감소된 것을 알 수 있다.

## 3.2 화학 처리 결과

### 3.2.1 아세칠화 처리 결과

아세칠화 처리정도는 목재의 전건무게를 기준으로 한 증량증가율(weight percent gain, WPG)을 계산하여 나타내었다. 그 결과는 Table 2와 Fig. 4에 나타내었다.

$$WPG = \frac{B-A}{A} \times 100$$

A : Oven-dry weight of untreated wood

B : Oven-dry weight of treated wood

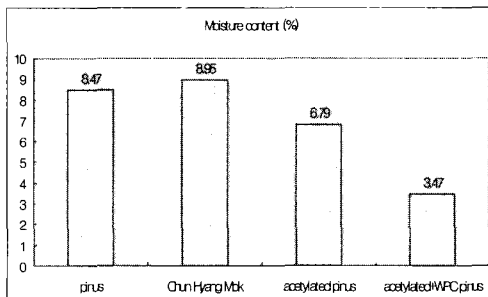


Fig. 3 Comparison of Moisture content of untreated and treated pinus

Table 2 Weight percent gain of treated Pinus

Specimen type	Acetyl weight gain(%)	WPC weight gain(%)
pinus	0	0
acetylated	21.39±1.15	0
WPC	0	1.06±0.36
acetylated+WPC	20.08±1.61	93.03±16.38

### 3.2.3 주사전자현미경(SEM) 관찰

이중처리목재의 내부까지의 주입률을 확인하기 위해 우선 시편중심부와 표면의 비중을 비교하였다. 그 결과 비중차이는 ±0.03으로 거의 차이가 없었다. 주사전자현미경 관찰을 통해서 목재내 공극으로 처리약품이 내부까지 침투된 것을 확인할 수 있었다.(Fig. 5)

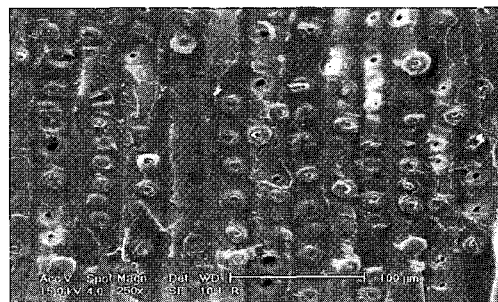


Fig. 5 Result of Impregnated acetylated+WPC

### 3.3 치수안정성 평가

#### 3.3.1 팽윤율 비교

팽윤율은 일반 국산 소나무가 제일 큰 수치를 보였으며 아세틸화 처리한 시편은 춘양목의 절반 정도로 팽윤율이 감소하였고, 아세틸화 WPC 처리를 한 것은 일반 소나무의 7배 이상으로 팽윤율을 낮추는 효과를 가져왔다. 다음 Fig. 6을 보면 쉽게 알 수 있다. Fig. 7은 목재의 방향별 팽윤율은 비교해볼 수 있다.

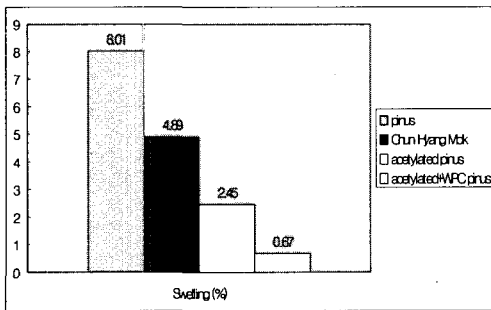


Fig. 6 Volumetric swelling of untreated and treated pinus

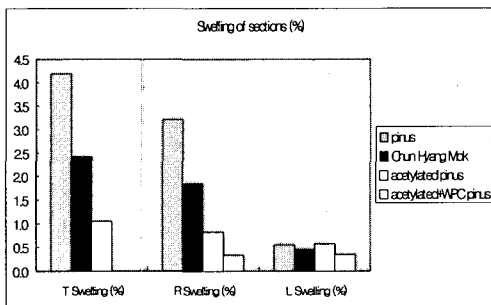


Fig. 7 Linear swelling of untreated and treated pinus  
R : Radial direction  
T : Tangent direction  
L : Length direction

#### 3.3.2 ASE 비교

ASE(Antiswelling Efficiency)은 항팽윤효율로 다음 식으로 계산한다.

$$ASE = 100 ( Sc - St ) / Sc$$

Sc : 무처리재의 용적팽윤율

St : 처리재의 용적팽윤율

Fig. 6의 용적팽윤율을 위 식에 대입하면 ASE 값을 얻을 수 있다. 아세틸화 처리만 했을 경우보다 아세틸화 WPC 이중개질처리를 하면 항팽윤효율은 월등하게 높아져 치수안정성이 개선되었다. ASE의 수치는 Fig. 8과 같다.

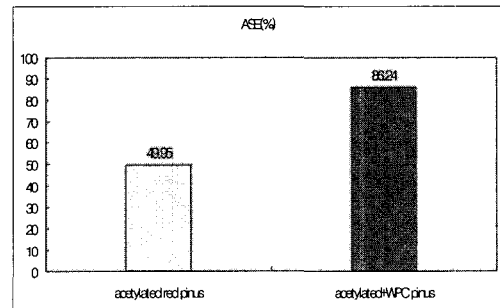


Fig. 8 Antiswelling efficiency(ASE) of treated pinus

#### 3.3.3 흡수율 비교

Fig. 9를 보면 흡수율은 일반 소나무 > 춘양목 > 아세틸화 > 아세틸화 WPC 이중개질처리의 순임을 알 수 있다. 흡수율이 높다는 것은 수축이나 팽윤이 발생할 확률이 높다는 의미이다.

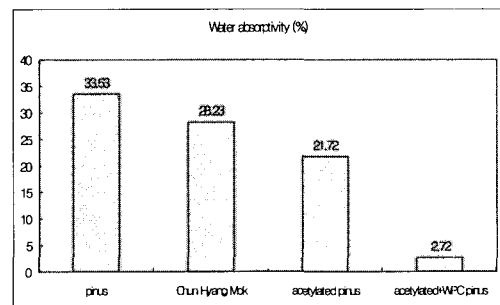


Fig. 9 Water absorptivity of untreated, treated pinus

### 3.3.4 RWA 비교

RWA(Reduction in Water Absorptivity)는 항흡수효율로 다음 식으로 계산한다.

$$RWA = 100 ( Wc - Wt ) / Wc$$

Wc : 무처리재의 흡수율

Wt : 처리재의 흡수율

RWA란 수분이 얼마나 목재 안으로 침투할 수 없는가를 비교하기 위한 수치화된 값이다. Fig. 9의 흡수율을 바탕으로 위의 식에 대입하여 얻는다. 그 결과 아세칠화만 하여도 RWA가 상승되나 Fig. 9와 같이 아세칠화 WPC 이중개질처리를 하면 그 값이 거의 3배, 100%에 근접하다.

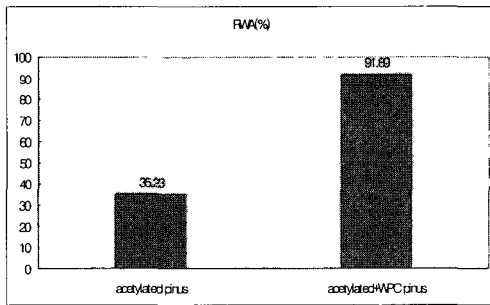


Fig. 10 Reduction in Water Absorptivity(RWA) of treated pinus

### 3.4 기계적 성질 비교

#### 3.4.1 휨강도 비교

Fig. 11에서 알 수 있듯이 아세칠 처리만 했을 경우에는 일반 소나무보다 휨강도가 떨어졌으나 아세칠화 WPC 이중개질처리한 소나무는 춘양목보다 휨강도도 높았다.

#### 3.4.2 압축강도 비교

Fig. 12와 같이 압축강도는 아세칠화 처리, 아세칠화 WPC 이중개질처리를 한 것 모두 개선되었다. 아세칠화 WPC 이중개질처리 한 것은 춘양목보다 압축강도 역시 높았다.

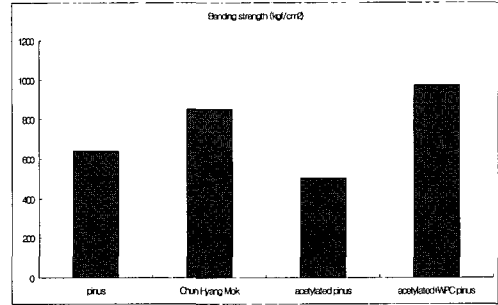


Fig. 11 Bending strength of untreated and treated pinus

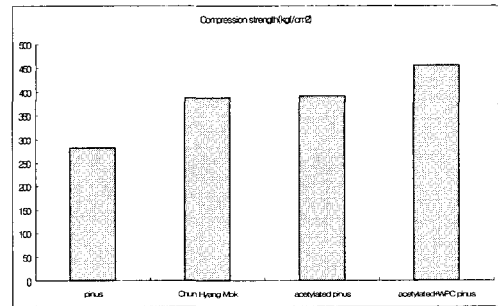


Fig. 12 Compression strength of untreated and treated pinus

### 3.5 재면 비교

재면의 색깔차이는 육안으로도 쉽게 구별할 수 있을 정도로 차이가 컸다. Fig. 13을 보면 일반 국내 소나무를 아세칠화 처리만 한 시편을 탈색이 된 듯한 옅은 노란색으로 변했고 아세칠화 WPC 이중개질처리한 것은 표면은 아세칠화 처리한 것보다 더 옅은 노란색, 하얀 쪽에 가까운 색으로 변화였다.

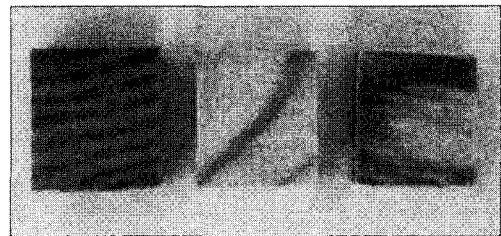
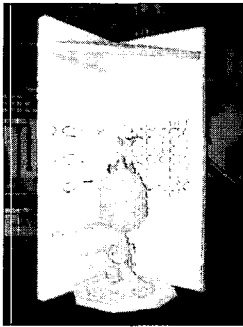
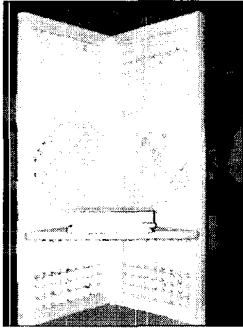


Fig. 13 Comparison of color

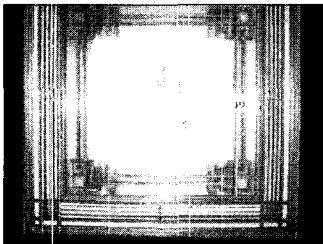
Fig. 13에서 왼쪽은 일반 국산 소나무, 가운

데는 일반 국산 소나무를 아세칠화 처리를 한 것이고 오른쪽은 아세칠화 WPC 이중처리를 한 시편이다.

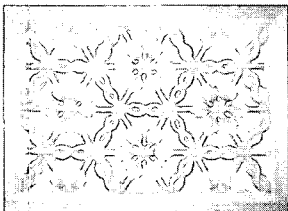
### 3.6 전통창호의 응용 사례



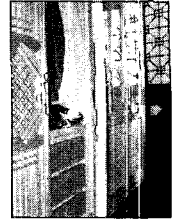
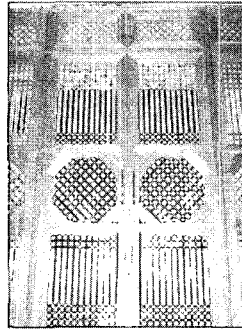
<실내 장식 요소로 변형 응용된 사례>



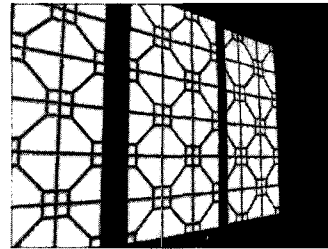
<조명에 응용된 사례>



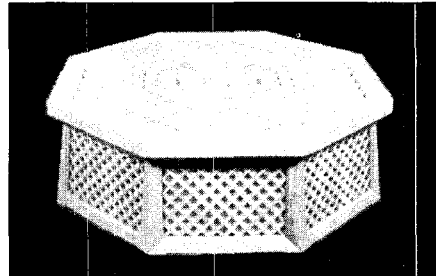
<테이블로 제작 응용된 사례>



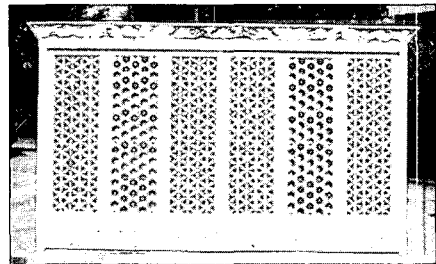
<불박이장으로 응용된 사례>



<일반 단독 주택에서 창호로 시공된 사례>



<다과상으로 응용 제작된 사례>



<가구로 응용 제작된 사례>



### 3.7 경제적 가치

춘양목은 일반 소나무보다 10배 이상 가격이 비싸다. 일반 소나무에 아세칠화 WPC 이중개질처리하는 비용은 일반 소나무 구입가격의 2.5배 정도이다. 재료자체가 10배 가량의 차이가 있지만 처리비용을 환산하여 계산하여 보면 춘양목의 1/4 수준으로 그 보다 훨씬 물리적·기계적 성질이 뛰어난 목재의 사용을 가능하게 한다.

## 4. 결 론

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 새로 개발된 아세칠 WPC 이중개질처리방법에 의한 개질소나무재는 항팽윤효율값인 ASE나 항흡수효율값인 RWA는 매우 높아 치수안정성이 매우 우수하였다.
2. 아세칠화 처리만 할 경우에는 강도가 저하되고 아세칠화 처리를 하지 않으면 비닐단량체 주입이 어려웠으나 아세칠 WPC 이중개질처리재는 모두 만족한 결과를 얻었다.
3. WPC 처리 시약에 MMA와 스티렌(S)과 함께 사용하면 기존의 방법들보다 좋은 주입 결과를 얻을 수 있었고 처리비용도 절감되었다.
4. 이 연구를 통해 춘양목 가격의 1/4정도로 일반 국산 소나무로 물리적·기계적 성질이 우수한 개질목재를 얻을 수 있었다.

## 5. 참고문헌

1. BAIRD, B.R.(1969) Wood and fiber. 1(1) : 54~63
2. \_\_\_\_\_, R. Moisuk, and J.A.Meyer. 1982. Wood-polymer composites : Cell wall grafting with alkylene oxides and lumen treatments with methyl methacrylate. Wood Sci. 15(2) : 90~96
3. ELLWOOD, E. et al.(1969) U.S. Atomic energy comission. Reptot ORO-638 (RTI-2513-T 13)
4. GOLDSTENIN, I.S., JEROSKI, E.B., LUND, A.E., NIELSON, J.F., WEAVER, J.W. 1961. Acetylation of wood in lumbwr thickness. Forest Prod. J 11(8) : 363~370
5. KLINGA, L.O., TARKOW, H. 1966 Dimensional stabilization of hardboard by acetylation. Tappi 49: 23~27
6. KSF2201-2000. 한국표준학회. 2000. 목재의 시험방법통칙, KSF2208-1999:목재의 휨 시험 방법
7. MUBARAK AHMAD KHAN and K.M. IDRIS ALI. 1991. Studies ofphyico- mechanical properties of wood and WPC : 167~172
8. ROWELL, R.M., USDA, Forest Servise, Forest Laboratory Madison, Wisconsin, U.S.A., WOOD TECHNOLOGY CHEMISTRY AND CONSTRUCTION, CHEMICAL MODIFICATION OF WOOD SUBSTANCE. 1986.
9. ROWELL, R.M. 1982. Distribution of acetyl groups in southern pine reacted with acetic anhydride. Wood Sci. 15 : 172~182
10. ROWELL, R.M. 1990. Acetyl balance for the acetylation of wood particle by a

- simplified procedure. *Holzforshung*. 44(4) : 263~269
11. ROWELL, A.M. TILLMAN, AND R. SIMONSON. 1986.  
A simplified procedure for the acetylation of hardwood and softwood flakes for flakeboard production. *J. Wood Chem. Technol.* 6(3) : 427~448
12. ROWELL, R.M., A.M. TILLMAN, AND R. SIMONSON. 1986.  
Vapor phase acetylation of Southern pine, Douglas-fir, and Aspen wood flake. *J. of Wood Chem. and Tech.* 6(2) : 293~309
13. ROWELL, R.M., R.S. LICHTENBERG and P. LARSSON. 1993. Stability of acetylated wood to environmental changes. *Wood and Fiber Sci.* 25(4) : 359~364
14. ROWELL, R.M., S. KAWAI and M. INOUE. 1995.  
Dimensionally stabilized, very low density fiberboard. *Wood and Fiber Sci.* 27(4) : 428~436
15. ROWELL, R.M., WILLIAM C. FEIST and W. DALE ELLIS. 1991. Moisture sorption and accelerated weathering of acetylated and methacrylated aspen. *Wood and Fiber Sci.* 23(1) : 128~136
16. SIAU, J.F. et al.(1965) *For. Prod. J.* 15(10) : 426~434
17. TSOUJIS G. 1991. Science and technology of wood : Structure, Properties, utilization. p.388~398
18. 後藤輝男 : “木材活用の 化学” 今村・梶本・後藤・安江・構田・善本編, 共立出版. 1983. p.257
19. 川上英村, 山科 創, 種田健造, 北海道木産試月報. 1977 306,10
20. 李華珩 外. 木材工學. 1981.響文社 395