

# 酸素指數法에 의한 라왕素材와 木質板狀材料의 燃燒特性에 관한 예비연구\*<sup>1</sup>

李 弼 宇\*<sup>2</sup> · 金 顯 中\*<sup>2</sup> · 嚴 永 根\*<sup>2</sup>

## Preliminary Studies on Combustion Properties of Lauan Solid Wood and Some Wood-Based Materials by Oxygen Index Method \*<sup>1</sup>

Phil Woo Lee\*<sup>2</sup> · Hyun Joong Kim\*<sup>2</sup> · Young Geun Eom\*<sup>2</sup>

### SUMMARY

In this study the oxygen index method was used to compare the duration of flaming and the rate of weight loss at the level of 6 and 9mm panel thicknesses among solid wood, plywood, particleboard, and medium density fiberboard. The obtained results were as follows:

1. In 9mm-thick panels, the combustibility was the largest in lauan solid wood followed by medium density fiberboard, particleboard, and plywood.
2. Medium density fiberboard was burned more easily than plywood in 6mm-thick panels and the higher oxygen concentration was needed as the panel thickness increased.
3. The oxygen indices of 9mm-thick panels were 29.0 in lauan solid wood, 31.4 in medium density fiberboard, 33.0 in particleboard, and 33.4 in plywood and those of 6mm-thick panels were 28.3 in medium density fiberboard and 29.7 in plywood.
4. The rate of weight loss was the largest in lauan solid wood followed by medium density fiberboard, plywood, and particleboard.

### 1. 緒 論

木質板狀材料인 合板, 纖維板, 파티클보드에 있어서 콘크리트나 철근 등 金属材料와 比較하여 弱點으로 들 수 있는 것은 여러가지가 있으나 그중에서도 가장 중요시되고 있는 것은 自然狀態에서 物理的, 化學的 破壞現象에 의해 變質分解되어 劣化하는 現象이 훨씬 크다는 점이다. 이와 같이 木質板狀材料를

破壞變形시키는 요소중에서 단시간내에 가장 큰 피해를 입히는 因子는 火災에 의한 燃燒現象이다.

木材의 燃燒는 高温에서 熱分解를 받아 可燃性物質을 放出하고 공기중의 酸素와 化學反應을 일으켜 熱과 빛을 내는 酸化現象인데, 특히 연소시 공기조건 즉 酸素濃度에 크게 영향을 받게 된다. 이밖에 木材의 熱傳導度, 熱吸收性, 比重, 含有成分, 크기와 형상, 表面平滑度 및 均質性 그리고 加熱條件 등에 따라

\*1. 接受 1989年 8月 20日 Received August 20, 1989

\*2. 서울대학교 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea

서도 영향을 받는다.

최근 들어 生活水準의 向上과 더불어 建築物에 있어서 木質性 内部裝飾材의 施工이 증가되고 材料技術의 開發에 따라 새로운 素材가 끊임없이 生産利用되어 建物火災時 이들이 차지하는 위험의 比重이 점차 높아지고 있음에도 불구하고 이에 대한 對應策의 研究나 關聯試驗 등은 매우 미진한 상태에 있다.

木材와 木質材料에 關聯된 國內外的 燃燒 및 耐火研究를 살펴보면 다음과 같다.

LeVan (1984)<sup>2)</sup>에 依하면 1930년부터 1935년 사이에 미국 林産物研究所에서 木材의 耐火處理에 관한 研究가 광범위하게 이루어져 왔으며 그 이후 일반 素材 및 合板 등에 대해서는 많은 研究報告가 있었으나 그 밖의 木質板狀材料에 관한 研究는 진전되지 못하였다. 그 후 Syska (1969)<sup>4)</sup>는 미송과 사시나무 플레이크에 耐火劑를 噴霧하거나 플레이크에 接着劑를 混合한 후에 耐火劑를 添加하여 耐火處理 플레이크보드를 製造한 후 이들 보드의 強度變化를 研究하였으며 Shen과 Fung (1972)<sup>3)</sup>은 耐火處理 파티클보드의 제조에 있어 보다 간편하고 효과적인 방법으로 파티클 표면에 耐火劑를 均一하게 塗布하고 적절한 溫度, 壓力, 時間으로 壓縮하여 그 耐火劑가 파티클보드의 表面에서 중심부로 침투할 수 있도록 함으로써 耐火效果를 얻는 方法을 보고한 바 있다. Eickner (1975)<sup>1)</sup>는 木構造物과 sandwich wall panel 등에 대한 耐火性을 조사하여 그 結果를 보고하였는데 이 때 使用한 panel은 석고보드, 合板, 경질섬유판 등을 材料로 利用하였다. White (1982a, 1982b)<sup>5,6)</sup>는 여러가지 木質板狀製品인 合板, 素材, 경질섬유판, 석고보드 등을 利用하여 시험을 실시하고 각 보드의 熱遮斷效果를 比較하여 보고 하였으며 또한 calcium silicate board 및 aluminium foil-faced 플라스틱板의 熱遮斷性에 관한 研究를 보고한 바 있다.

國內에서는 耐火處理에 관한 研究가 서울大學校 農科大學 木質材料研究室에서 꾸준히 進行되어 왔는데 最近의 研究結果를 살펴보면 다음과 같다.

수와 권 (1982, 1983)<sup>7,8)</sup>은 耐火處理 파티클보드 研究의 일환으로 파티클에 耐火劑를 處理해 파티클 보드를 製造하여 耐火도와 物理, 機械의 性質에 미

치는 영향을 조사해 본 結果 耐火劑 處理의 效果는 無處理에 비해 좋은 結果를 나타내 주고 있으나 強度의 性質과 두께 膨脹率에 있어서는 상당한 차이가 나타남을 보고한 바 있다.鄭과 李 (1984)<sup>9)</sup>는 製造된 耐火合板의 曲強度를 조사함으로써 合板 特有的 長점인 曲強度를 유지하는 耐火合板의 製造工程을 밝힌 바 있다. 권과 李 (1985)<sup>10)</sup>는 耐火處理 파티클보드의 製造條件과 파티클보드의 強度의 性質 및 치수안정 개선을 위한 品質特性을 연구한 바 있다.

이와 같이 지금까지의 研究는 주로 木質板狀材料에 대한 耐火處理 및 處理材料의 強度에 중점을 두어 研究하여 왔으나 本 研究에서는 酸素指數(Oxygen Index)를 利用하여 木質板狀材料인 合板, 中密度纖維板, 파티클보드의 燃燒特性을 比較分析하고 考察하고자 실시하였다.

## 2. 材料 및 方法

### 2.1. 試驗材料

#### 2.1.1. 合板

本 實驗에 使用한 合板은 두께 9mm의 7매 合板과 두께 6mm의 5매 合板이었으며 기건비중은 각각 0.68, 0.56이었다. 燃燒試驗片의 크기는 115×50=9 or 6 mm<sup>3</sup>로 하였다.

#### 2.1.2. 中密度纖維板

本 實驗에 使用한 中밀도섬유판은 두께 9mm의 것만이었으며 기건비중은 0.65이었다. 또한, 0.74 燃燒試驗板의 크기는 115×50×9 or 6mm<sup>3</sup>로 하였다.

2.1.3. 파티클보드는 두께 9mm의 것만이었으며 기건비중은 0.65이었다. 또한 燃燒試驗片의 크기는 115×50×9mm<sup>3</sup>로 하였다.

#### 2.1.4. 라왕素材

本 實驗에서 木質板狀材料와의 比較 基準材料로써 두께 9mm라왕을 사용하였는데 合板, 中密度纖維板, 파티클보드의 크기와 같은 燃燒試驗片을 만들어 사용하였으며 그 기건비중은 0.45이었다.

### 2.2. 試驗用 器幾

2.2.1. 燃燒度 測定器 (Flammability Test Analyzer : F.T.A)

本 실험에 사용한 기기는 영국 Stanton Redcroft

社의 연소도 측정기로써 이 기기는 산소와 질소 가스의 回流을 利用하여 一定한 酸素濃度를 조절하고 test column 안에서 試驗片을 燃燒시키게 되는 장치인데

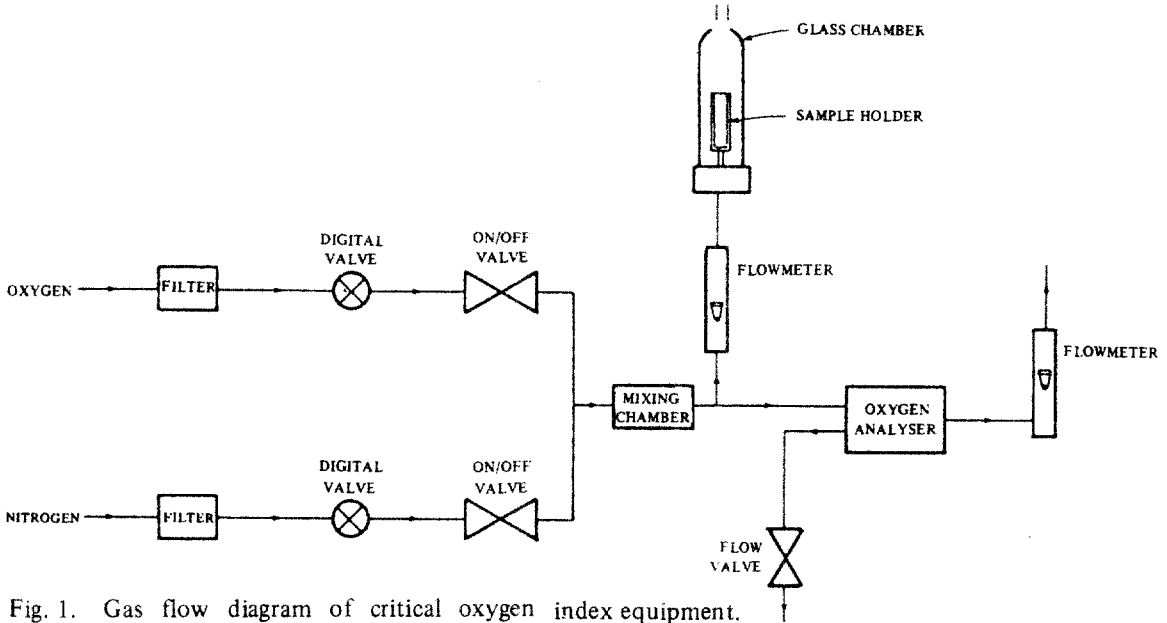


Fig. 1. Gas flow diagram of critical oxygen index equipment.

(Fig.1) 주요한 構成部分은 첫째, gas assembly 와 valves 둘째, oxygen 측정계, 세째, test column 와 sample holder로 되어 있다.

Fig.2는 test holder를 나타낸 것으로써 燃燒試驗片을 지지해 주는 부분이다.

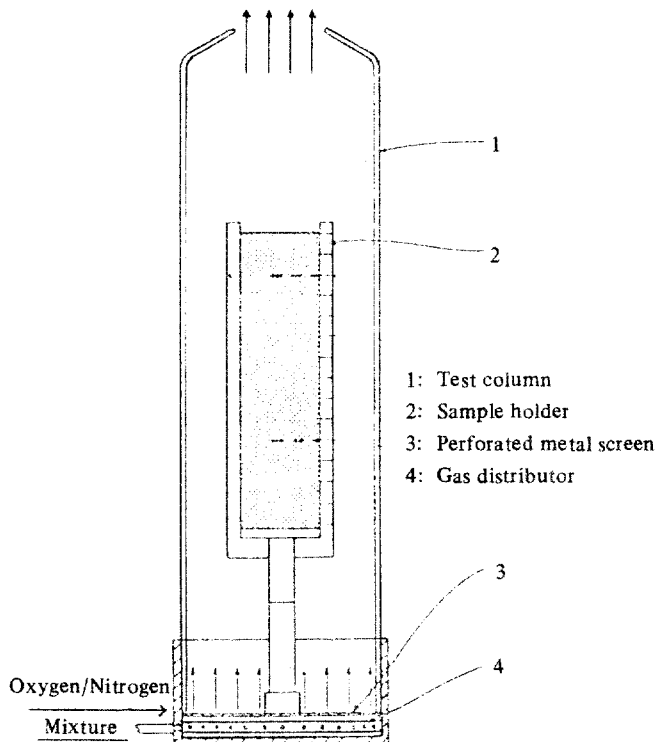


Fig. 2. Test specimen and holder in a test column on critical oxygen index equipment.

2.3. 實驗方法

2.3.1. 酸素濃度

산소농도를 25% (질소농도 75%)에서 시작하여 필요에 따라 0.1~1%씩 증가시키면서 실험하였다.

2.3.2. 着火

燃燒試驗器에 부착한 試驗片에 부탄가스버너를 利用하여 불꽃길이를 약 5cm로 조정한 다음 test column 안에 있는 sample과 1cm 정도 띄워서 10초간 燃燒을 시켜 着火하였다.

2.3.3. 殘炎時間 測定

着火한 불꽃이 꺼질 때까지의 시간을 殘炎時間 (단위; Sec.)으로 하였다. 또한 重量減少率도 測定 하였으며 다음 공식으로 산출하였다.

$$\text{중량감소율}(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

$W_1$  = 연소전 중량  
 $W_2$  = 연소후 중량

2.3.4. 酸素指數 (Oxygen Index) 測定

着火한후 불꽃의 지속기간인 殘炎時間이 180 sec. 에 가장 가까이 접근했을 때의 산소농도(%)를 산소지수로 하였다.

3. 結果 및 考察

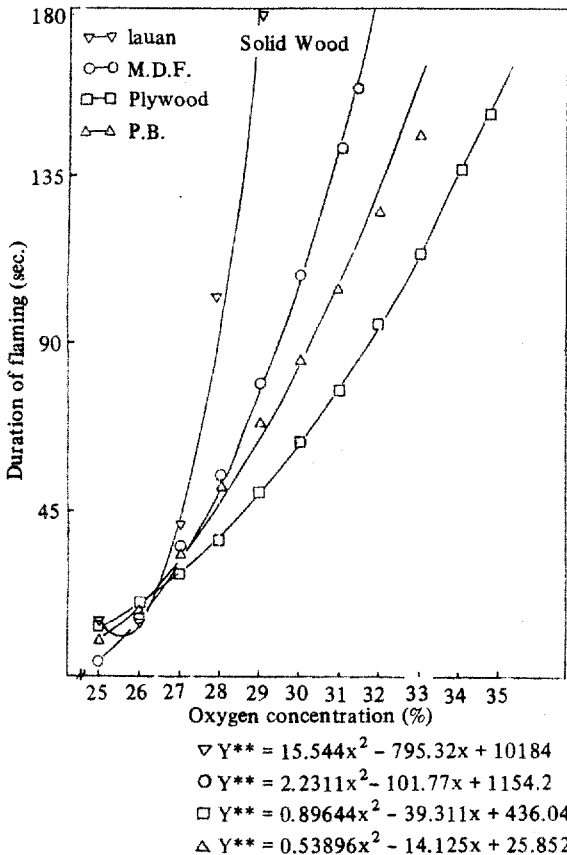


Fig. 3. Duration of flaming versus oxygen concentration at 9mm-thick panels.

\*\* : Significant at 1% level.

3.1. 각 두께별 殘炎時間 및 酸素指數

두께가 9mm인 합板, 파티클보드, 中密度纖維板 및 라왕 素材의 酸素濃度대 殘炎時間은 Fig.3과 같다. 산소농도 25%일 때 중밀도섬유판이 가장 짧은 殘炎時間을 나타내고 있으며 라왕素材가 가장 긴

殘炎時間을 나타내고 있음을 알 수 있다. 산소농도 28%부터는 합판이 가장 짧은 殘炎時間을 나타내고 있으며 다음이 파티클보드, 중밀도섬유판의 순이었으며 라왕素材가 가장 긴 殘炎時間을 나타내며 산소농도가 보다 증가함에 따라 각 板狀材料의 殘炎時間간에 명확한 차이가 나타나 燃燒特性을 더욱 명확하게 나타내 주고 있다.

라왕素材는 초기산소농도에서는 그다지 민감하게 燃燒하지는 않았지만 어느 정도 산소농도가 높아지면 급속히 燃燒가 진전되는 特性을 나타내었다. 또한, 중밀도섬유판은 산소농도가 증가함에 따라 殘炎時間이 거의 직선적으로 증가함을 알 수 있으며 합板과 파티클보드에 비하여 殘炎時間이 긴 것은 중밀도섬유판이 均質의 재료로 이루어져 있어서 燃燒가 쉽게 일어나기 때문인 것으로 생각된다. 반면에 합板이 가장 낮은 燃燒性을 보이는 것은 직교적층과 接着層으로 인하여 着火가 지연되고 있을 뿐만아니라 均一하게 燃燒되지 않고 합板의 表層만을 따라 燃

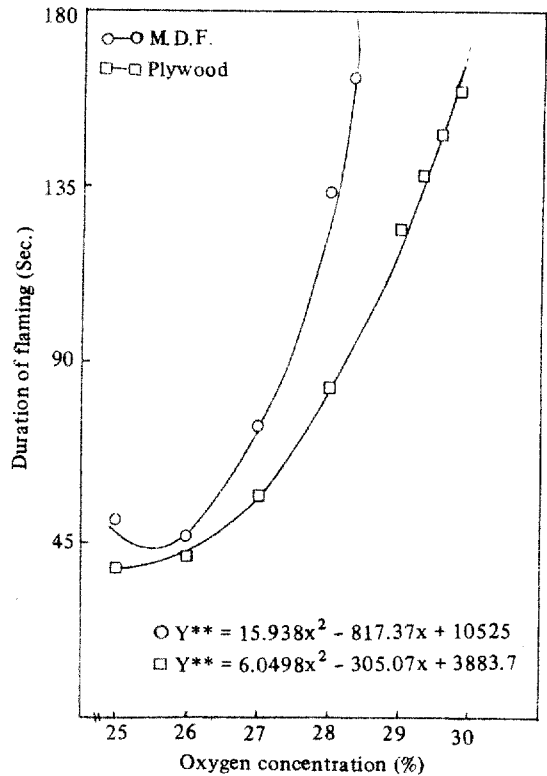


Fig. 4. Duration of flaming versus oxygen concentration at 6mm-thick panels.

\*\* : Significant at 1% level.

燒하기 때문인 것으로 생각되며 파티클보드는 着火 때의 위치에서만 燃燒가 이루어지고 있음을 관찰할 수 있었는데 이것은 칩(chip)의 적층방향이 不均一하고 모든 칩表面이 접촉계 塗布層으로 피복되어 있어 그만큼 연소의 확산을 지연시킨 것에 기인된다고 생각된다.

本 실험에서 測定調査된 各 板狀材料의 酸素指數는 라왕素材, 中밀도섬유판, 파티클보드, 및 合板이 각각 29.0, 31.4, 33.0 및 33.4로써 라왕素材가 가장 낮은 산소농도에서도 여타 材料보다 燃燒가 쉬움을 알 수 있으며 合板의 燃燒가 가장 어렵다고 하는 것을 확실하게 알 수 있었다.

Fig.4는 6mm두께의 中密度纖維板 및 合板에 대한 酸素濃度에 殘炎時間을 나타내주는 試驗結果이다.

6mm두께에서도 9mm에서와 같이 동일한 산소농도하에서 中밀도섬유판의 殘炎時間이 合板보다 더 길음을 알 수 있으며 酸素指數는 中밀도섬유판이 28.3, 合板이 29.7로써 9mm두께보다도 훨씬 더 낮은 산소농도에서 燃燒가 쉽게 이루어짐을 알 수 있었다. 따라서 두께가 두꺼울수록 연소가 그만큼 어렵게

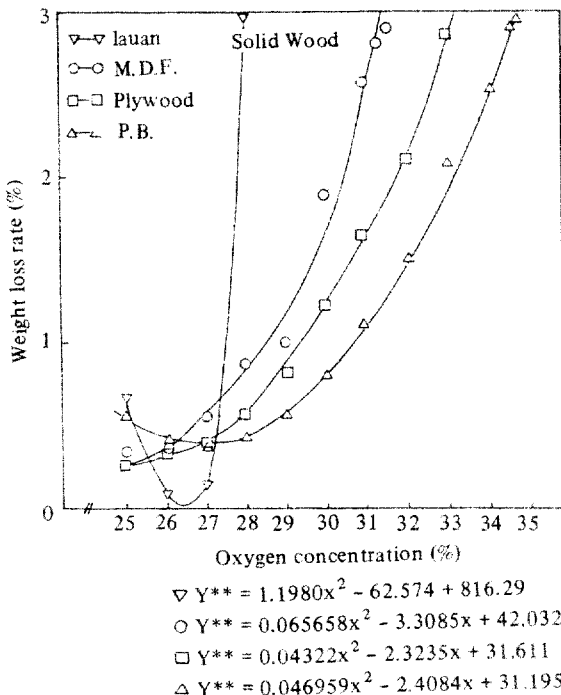


Fig. 5. Weight loss rate versus oxygen concentration at 9mm-thick panels.  
\*\* : Significant at 1% level.

이루어짐을 알 수 있었다.

### 3. 2. 各 두께별 酸素濃度 대 重量減少率

Fig.5는 두께 9mm 木質板狀材料 및 라왕素材의 산소농도대 重量감소율을 나타낸 것이다.

라왕素材가 가장 높은 重量감소율을 나타내었으며 다음이 中밀도섬유판, 합판의 순이었으며 파티클보드가 가장 낮은 重量감소율을 보여 주었다.

이와 같은 現象은 殘炎時間과 거의 유사한데 合板과 파티클보드는 약간 相反되는 양상을 보여주었다. 이러한 原因은 合板이 表板만을 따라 燃燒를 하여

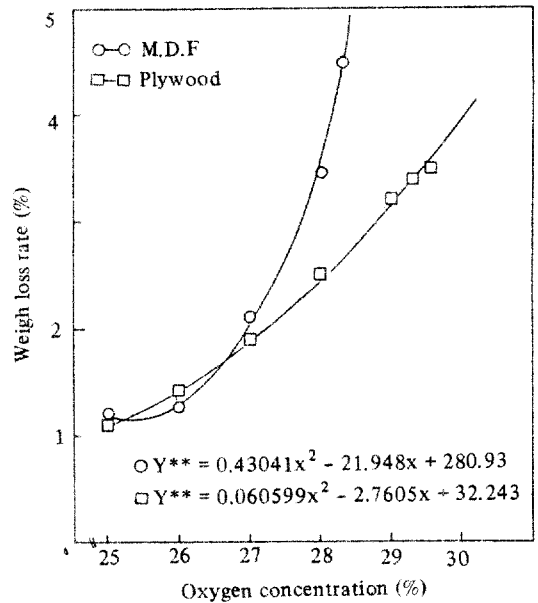


Fig. 6. Weight loss rate versus oxygen concentration at 6mm-thick panels.  
\*\* : Significant at 1% level.

重量감소율을 보이는데 비하여 파티클보드는 일정한 규칙없이 着火할 때의 위치에서만 燃燒하기 때문에 合板보다 燃燒時間은 길어도 重量감소율은 적게 나타나는 것이 아닌가 생각된다.

Fig.6은 6mm두께에 대한 中밀도섬유판 및 合板의 산소농도대 重量감소율을 나타낸 것이다.

中밀도섬유판은 산소농도가 증가함에 따라 급격하게 重量이 감소함을 알 수 있으며 合板은 산소농도의 증가에 따라 重量감소율이 증가하나 中밀도섬유판보다는 훨씬 완만하게 증가함을 알 수 있었다. 또 합판과 中밀도섬유판 同히 9mm두께에서보다도

더 급격하게 중량이 감소함을 알 수 있어서 그만큼  
燃焼가 쉽게 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

#### 4. 結 論

本 研究에서는 라왕素材와 木質板狀材料인 合板,  
파티클보드 및 중밀도섬유판의 燃焼特性을 알아보  
고자 酸素濃度指數를 利用하여 試驗하고 考察한 바  
다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 9mm두께의 라왕素材, 合板, 中密度纖維板 및  
파티클보드에서 라왕의 燃焼가 가장 쉬웠으며 그  
다음에 中密度纖維板, 파티클보드 순이었으며 合板의  
燃焼가 가장 어려웠다.

2. 6mm두께에서는 中密度纖維板의 燃焼가 合板  
보다 더 쉽게 이루어졌으며 같은 材料에서 두께가  
두꺼우면 그만큼 많은 酸素濃度에서 燃焼가 이루어  
졌다.

3. 9mm두께에서의 산소지수는 라왕 29.0, 중밀도  
섬유판 31.4, 파티클보드 33.0, 합판 33.4이었으며 6  
mm두께에서 중밀도섬유판 28.3, 합판 29.7이었다.

4. 라왕素材가 가장 높은 重量減少率을 보여주었  
으며 그 다음에 중밀도섬유판, 합판의 순이었으며  
파티클보드가 가장 낮은 重量減少率을 나타내었다.

#### 參 考 文 獻

1. Eickner, H.W. 1975. Basic research of the U.S. Forest Prod. Lab. on the pyrolysis and combustion of wood. Forest Prod. Lab., Forest Service, U.S. Department of Agriculture.
2. LeVan, S.L. 1984. Chemistry of fire retardancy. In: Rowell, R.M. (Ed). The Chemistry of Solid Wood. American Chemical Society, Washington, D.C., pp. 531-574.
3. Shen, K.C. and D.P.C. Fung. 1972. A new method for making particleboard fire retardant. Forest Prod. J. 22 (8): 47-52.
4. Syska, A.D. 1969. Exploratory investigation of fire retardant treatment for particleboard. USDA Forest Service Res. Note FPL-0201, 20pp.
5. White, R.H. 1982a. Effect of calcium silicate substrate on thermal barrier fire testing. Forest Prod. J. 32 (7): 25-27.
6. White, R.H. 1982b. Wood-based paneling as thermal barrier. Forest Prod. Lab. Research paper FPL 408.
7. 李弼宇, 權震憲. 1982. 建築材料 燃焼試驗機와 傾斜板 試驗器를 이용한 合板의 耐火度 측정 비교. 木材工學 10(2): 22-27.
8. \_\_\_\_\_, 1983. 耐火處理 파티클보드의 耐火度에 미치는 藥劑의 영향. 木材工學 11(5): 16-22.
9. 鄭雨陽, 李弼宇. 1984. 第二磷酸 암모늄에 의한 合板의 耐火處理 (II)-熱板溫度가 處理合板의 曲強度에 미치는 영향-. 木材工學 12(2): 3-9.
10. 權震憲, 李弼宇. 1985. 耐火處理가 파티클보드와 콤플라이보드의 機械的性質 및 耐火度에 미치는 영향. 木材工學 13(4): 3-57.