

## Wood-wool board로 活用을 위한 廢木材의 熱分解 및 破碎特性<sup>†</sup>

朴商敏 · 金宰佑 · 沈奇燮\* · \*朴相肅\*

(株)茶山環境, \*順天大學校 環境工學科

## Pyrolysis and Breaking Characteristics of Waste Wood for Wood-wool Board<sup>†</sup>

Sang-Min Park, Jae-Woo Kim, Ki-Sup Sim\* and \*Sang-Sook Park\*

DASAN Environment Co. LTD.

\*Department of Environmental Engineering, Suncheon National University

### 요 약

폐목재를 고온고압장치를 사용하여 나무의 결대로 파쇄 후 건축재료로의 활용을 위하여 등급별로 분류하여 열분해 및 파쇄특성을 알아보았다. 그 결과, TG/DTA 그래프에서 250°C에서 급격한 무게감소가 발생하는데, 건축재료로의 활용을 위해서는 250°C이하의 온도에서 처리가 되어야 한다. 고압파쇄 실험결과 활엽수보다는 침엽수가 나무의 결대로 잘 찢어짐을 알 수 있었으며, 그 중 편백나무(W-7)가 가장 양호한 결과를 나타내었다. 다양한 조건의 실험결과, 온도는 200°C, 압력은 3MPa이 최적조건임을 확인할 수 있었다.

주제어 : 폐목재, 목모, 보드, 열분해, 파쇄

### Abstract

The purpose of this research was to see thermal and breaking type characteristics of waste wood for construction materials using high temperature and pressure equipment. In TG/DTA graph weight of waste wood was steeply decreased at 250°C, it has to be treated below 250°C for construction materials. In popping test the needle-leaved tree was more broken in texture than the broad-leaved tree, especially, Chamaecyparis obtusa(W-7) was the best. The optimum result was obtained at temp. 200°C, pressure 3MPa among the experimental condition.

Key words : waste wood, wood wool, board, Pyrolysis, breaking

### 1. 서 론

폐목재의 재자원화는 목재자원을 효율적으로 순환이 용하면서 온실가스의 장기적 흡수저장기능을 확보하는 자원정책 및 환경정책적인 면에서 중요하다.<sup>1)</sup> 최근 유가상승과 기후변화 대응을 위한 신재생에너지의 하나로써 목재에 대한 국제적 관심이 높아지고 있으며, 원가상승으로 목재사용량의 91%를 수입에 의존하는 국내 목재산업은 원료확보 및 경영상의 어려움을 겪고 있는

실정이다. 우리나라의 2005년 국민 1인당 목재소비량이 0.6m<sup>3</sup>이고, 목재자급률은 8.6%로 사용하는 목재의 대부분을 수입에 의존하고 있다.

현재 국내의 폐목재 중 재활용되는 임목부산물은 10%에 불과하며, 사업장 폐목재의 경우 약 80%가 재활용되고 있으나, 생활폐목재는 그 재활용률이 3%에 불과한 실정이다. 특히, 1,841천 톤의 사업장 폐목재는 건설폐목재가 79%로 주 발생원이며, 생활 폐목재는 대부분이 가정에서 가구류 형태로 배출되고 있다. 이에 따라 정부는 폐목재의 수거 및 재활용을 확대함으로써 목재 및 석유자원의 수입을 대체하고 관련 산업을 육성하기 위하여 다양한 정책을 추진하고 있다. 따라서 2012년까지

<sup>†</sup> 2009년 11월 20일 접수, 2009년 12월 24일 1차수정

2010년 1월 21일 2차수정, 2010년 2월 24일 수리

\*E-mail: ssp@sunchon.ac.kr

폐목재 재활용률을 임목부산물물의 경우 10%에서 35%까지, 생활계 폐목재는 3%에서 90%까지 획기적으로 제고하기 위하여, 폐목재의 관리 및 재활용에 관한 제도를 합리적으로 개선하고, 관련 재정사업을 확대하며, 재활용업체에 대한 지원과 재활용기술개발에 대한 투자를 확대할 계획이다.<sup>2)</sup> 이러한 정부의 정책에 따라 폐목재 전체평균 재활용률을 66%까지 제고하는 경우 목재 및 석유자원의 수입대체와 CO<sub>2</sub> 저감효과 등 연간 2천억 이상의 경제적 효과를 거둘 수 있을 것으로 기대하고 있다.

폐목재의 재활용에는 건축자재로서 MDF(Medium Density Fiberboard) 또는 파티클보드(Particle Board)를 제조하는데 이용하거나, 표고버섯 재배용 원목, 톱밥(유기비료) 등 농업용으로 일부 활용하기도 하며, 열병합발전시설에서 연료로 활용하거나 숯 또는 번개탄 등으로 일부 재활용하고 있다. 여기서 건축자재로 사용되는 MDF는 목재를 섬유형태로 파쇄, 접착제와 혼합 후 열과 압력으로 만든 고급용 보드를 말하는 것으로 연간 약 1,650천톤/년의 원목이 필요하나, 이중 10%만 숲가꾸기 산물 등에서 발생하는 임목부산물 등으로 자급하고 나머지는 전량 수입하고 있다. 파티클보드는 목재를 파티클로 잘게 파쇄, 접착제와 혼합·압착하여 만든 저급용보드로서 일부 4%만을 원목으로 활용하고, 대부분은 폐목재를 활용하여 제조하는데 약 857천톤/년의 원재료 중 건설폐목재가 96%를 차지하고 있다.

이와 같이 목재의 칩이나 섬유형태로 파쇄된 목재와 접착제 또는 시멘트와 혼합·압착하여 제작된 제품을 목모보드(wood-wool board)라 하는데, 천장재나 벽체의 흡음, 마감재 등으로 사용되는 건축자재로 이용되어 왔다. 특히, 천연목재를 실처럼 뽑아 압축해 만든 고급 목모보드는 극장이나 녹음스튜디오 등의 음향시설에서 그 효과를 크게 인정받고 있으며, 외국에서 고급의 건축자재로 다량 수입되고 있다. 천연소재로 인체의 건강과 효과적인 소음의 감소를 위해 개발된 목모보드는 뛰어난 흡음성과 난연성을 가진 친환경 제품으로 인정되고 있는데 특히, 내구성과 습기에 강해 시공 후 변형이 없으며 다양하게 마감처리 할 수 있으며, 인테리어 작업이 수월한 것으로 알려져 있어 국내외에서 광범위하게 각광받고 있는 천연 흡음재로 사용되고 있다.

그러나, 그동안 국내에서는 목재의 칩과 시멘트를 이용한 저급의 목모보드가 생산되어 왔으며, 섬유상의 목모(木毛)를 이용한 고급 목모보드는 목모의 생산기술 미비로 거의 대부분 완제품으로 수입하여 왔다. 최근에 일부 업체에서 목재를 칼날을 이용하여 섬유상의 형태로

가공하여 다공성의 고급 목모보드 생산을 시도하고 있어, 목재의 섬유상 가공방법에 관한 연구에 큰 관심이 집중되고 있는 실정이다.

폐목재를 재활용하기 위한 국외연구로는 Yasushi 등<sup>3)</sup>은 삼나무를 고온고압하에서 파쇄하여 목재를 섬유상으로 분해하는 방법에 관하여 연구하였으며, Hiroshi Saotome 등<sup>4)</sup>은 고온고압하에서 파쇄한 폐목재조각으로 건축용 외장보드를 제작하여 그 내구성을 평가하였다. Yi Min Wei 등은 목재와 시멘트를 혼합한 시멘트판을 제작한 후 형태학적 특징 및 수화반응과 강도변화 대해 연구하였다. I.N. Malikov 등<sup>8)</sup>은 폐목재를 이용하여 입상흡착제를 개발하는 연구를 진행하였다. Ying-Feng Lin 등<sup>9)</sup>은 폐목재의 우드칩과 농업부산물을 혼합하여 슬러지의 탈수능 향상을 위한 연구를 진행하였다. Yoshihiro Obata 등<sup>10)</sup>은 폐목재를 에너지절약형 건축자재로서 활용하는 연구를 진행하였다. Song-Yung Wang 등<sup>11)</sup>은 폐목재와 접착제, 난연제를 혼합하여 난연파티클보드의 특성에 대해 연구하였다.

따라서, 본 연구에서는 폐목재를 wood-wool board로 활용할 목적으로 고온고압장치를 사용하여 나무의 결대로 파쇄 후 활용을 위하여 폐목재를 등급별로 분류한 후 열분해 및 파쇄특성을 알아보았다.

## 2. 실험재료 및 방법

### 2.1. 실험재료

목재는 기본적으로 탄소, 수소 및 산소로 이루어져 있으며, 다량의 산소와 고온 조건에서 열분해된 다음 남게 되는 무기화합물을 지니고 있는데 이렇게 남게 된 잔류물은 회분(ash)라 한다. 이러한 회분은 칼슘, 칼륨, 마그네슘, 망간 및 규소와 같은 원소를 함유하는 불연성 화합물이다. 목재를 구성하는 물질들은 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스 및 리그닌 등의 다양한 고분자화합물로 구성되어있다.<sup>12)</sup>

일반목재와는 달리 폐목재는 법적으로 발생특성에 따라 임목부산물, 생활계폐목재, 사업장 폐목재, 그리고 건설폐목재로 크게 4가지로 분류한다. 임목부산물은 임지에서 벌목, 산림작업 후 발생하는 뿌리, 가지 등 잔재물 등이 포함되며, 임지밖으로 반출되지 않고, 방치되어 있는 잔재물이다. 건설폐목재는 건설현장에서 신축 및 해체과정에서 발생되며 주로 건축 및 토목공사에서 발생된다. 환경부고시에 따르면 원목상태나 원목을 기계적으로 가공하여 처리한 것을 1등급, 가공과정에서 접착

제, 페인트, 기름, 콘크리트 등의 물질이 사용되었거나 이에 오염된 폐목재를 2등급, 가공과정에서 할로젠족유기화합물이나 방부제가 사용되었거나 오염된 폐목재등을 3등급으로 분류하여 등급별로 지정된 재활용기준에 맞게 사용하도록 정하고 있다.

본 연구에서는 시료를 임목폐기물과 생활계 또는 사업장 폐목재로 구분하여 수집하였다. 임목폐기물은 순천지역에서 주로 간벌 및 벌목되는 나무 중에서 상수리나무(*Quercus acutissima*), 밤나무(*Castanea crenata*), 오리나무(*Alnus japonica*), 소나무(*Pinus densiflora*), 리기다소나무(*Pinus rigida*), 벚나무(*Prunus serrulata*), 편백나무(*Chamaecyparis obtusa*)를 W-1에서 W-7로 분류 및 샘플링하여 0.5mm이하로 분쇄 후 실험에 사용하였다.

생활계 또는 사업장 폐목재는 순천시에 위치한 폐목재 수거 및 재활용업체에서 임목부산물(1등급), 제재목(1등급), 건설폐목(2등급), MDF합판 등(3등급)을 WW-0에서 WW-4으로 분류하여 수집 및 분석에 사용하였으며, 그 내용을 Table 1에 나타내었다.

## 2.2. 실험방법

폐목재의 열적특성을 알아보기 위하여 열분석기 TG/DTA(Rigaku, TG-1280)를 사용하여 분석하였다. 열분석

기는 10 $\mu$ g정도의 무게변화를 온도와 시간의 함수로 알 수 있으며, 블랜드나 화합물에서 각 성분의 열적 안정성을 바탕으로 구성성분들을 확인할 수 있다. 또 고분자의 열전이를 알아볼 수 있으며, 추가적인 피크가 나타나거나 곡선이 이동하는 것을 관측하여 시료의 온도도 측정할 수 있다.

폐목재의 기계적 강도는 ASTM D 143와 D 2555에 의하여 측정하였다. 일반적으로 기계적 성질들은 구조용으로 사용되는 목제품들에 있어서 가장 중요한 특성으로 목재의 인장강도는 평형방향의 인장강도와 직각방향의 인장강도로 구분되며 건물의 목재 부재 사이 연결부 설계에 있어 중요하다.

폐목재의 고온고압처리에 따른 파쇄특성은 폐목재를 5 cm $\times$ 11 cm $\times$ 0.5 cm 크기의 시편으로 절단 후 Fig. 1의 원리 및 장치를 사용하여 최대 3.5MPa의 압력과 210 $^{\circ}$ C의 온도에서 popping 후 그 특성을 알아보았다.

폐목재의 열분해특성은 고온고압 popping 실험시 온도범위를 정하는 기준으로 사용하기 위하여 필요하며, 파쇄특성은 파쇄 후 생성된 wood-wool을 이용하여 wood-wool board로 사용하기 위해서는 나무결의 형태로 wood-wool의 형태로 가장 많이 생성되는 조건이 좋으나 에너지비용을 고려해서 최적의 조건을 결정해야 한다.

Table 1. Classification of waste wood for experiment

natural waste wood		municipal and industrial waste wood	
classification	name	classification	name
W-1	<i>Quercus acutissima</i>	WW-0	first grade(root)
W-2	<i>Castanea crenata</i>	WW-1	first grade(stem)
W-3	<i>Alnus japonica</i>	WW-2	second grade
W-4	<i>Pinus densiflora</i>	WW-3	third grade
W-5	<i>Pinus rigida</i>		
W-6	<i>Prunus serrulata</i>		
W-7	<i>Chamaecyparis obtusa</i>		

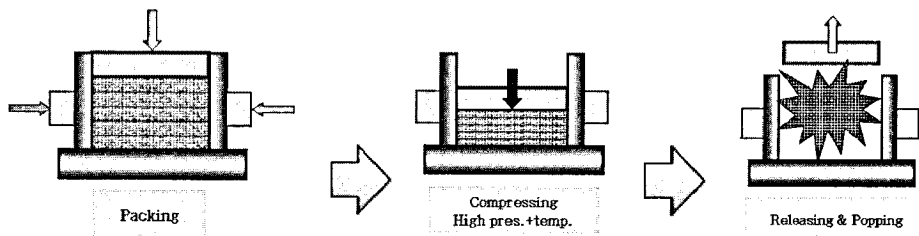


Fig. 1. Diagram of experimental process.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 열적특성

열분석기로 발생원별 폐목재의 3성분을 측정된 결과를 Fig. 2에 나타내었으며, 저위발열량(Low Heating Value)을 계산한 값은 Fig. 3에 나타내었다. 임목폐목재, 생활계 및 사업장폐목재의 수분은 7.73~17.49%, 가연성분은 81.35~90.38%, 회분(ash)은 1.01~2.49%의 범위 내에 존재하였다. 특히 나무뿌리로 구성된 WW-0은 수분을 가장 많이 함유하여 가연성분이 가장 낮았다. 그러나 회분은 가장 적은 값을 나타내었다.

임목폐기물의 발열량은 3,894.2~4,064.3kcal/kg, 생활계 및 사업장 폐목재의 발열량은 3,660.6~4,067.0kcal/kg인 것으로 나타났다. 발열량은 폐목재의 수분량과 관계가 있는데 특히 건조가 되지 않고 수분을 많이 함유한 나무뿌리(WW-0)의 경우 가장 낮은 값을 나타내었다.

따라서 폐목재는 건축재료로의 재사용이 우선적으로 적합하지만, 폐목재의 ash의 양이 적고 저위발열량이 높은 것을 고려할 때 건축재료에 사용 후 최종적으로는 에너지원으로 사용되면 석탄 및 석유의 대체로 CO<sub>2</sub>배출량 감축에도 기여할 수 있다.

폐목재중에서 W-1, WW-2 그리고 WW-3의 온도증가

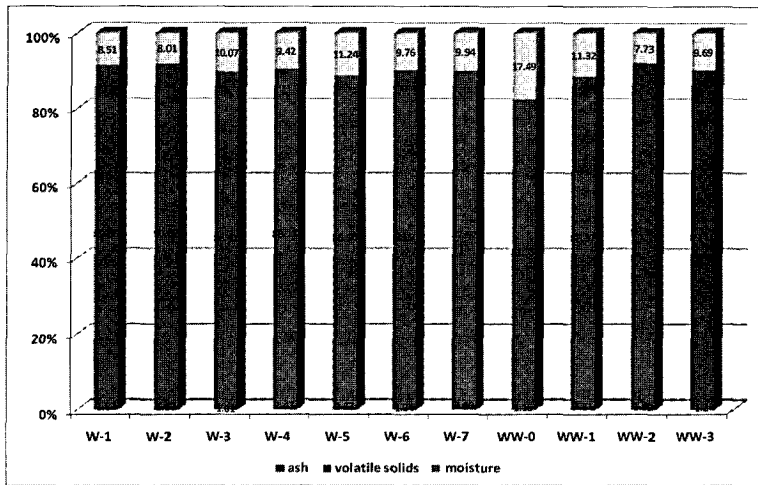


Fig. 2. Korean proximate analysis of the samples used.

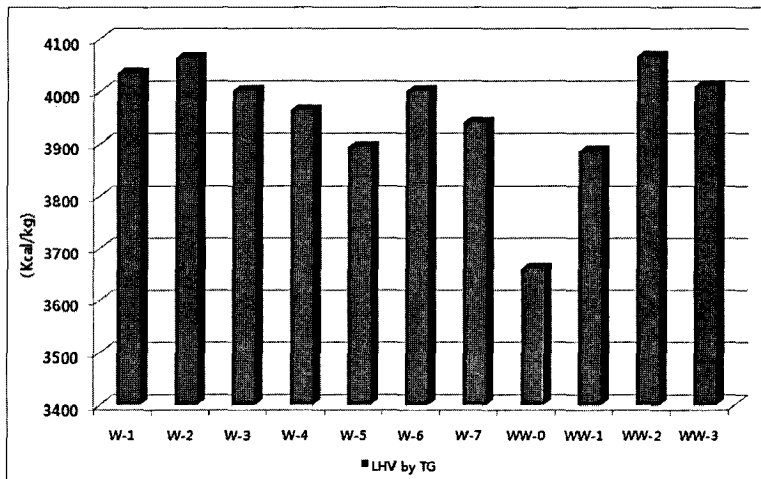


Fig. 3. Low heating value of wood waste used.

에 따른 중량감소 그래프는 Fig. 4(a)에 WW-0와 W-4의 열중량분석결과를 Fig. 4(b)에 나타내었다. W-1의 중량감소는 임목폐기물인 W-2~W-7의 결과와 거의 일치하는 것으로 나타났다. 이와는 다르게 WW-2와 WW-3는 다소 다른 그래프를 나타냈는데, 목재내의 수분이 증발하는 110°C까지는 W-1, WW-2, WW-3는 각각 8.4, 7.9, 9.8%로 서로 유사한 온도였으며, 250°C부근에서 급격한 무게감소가 발생하는데 이는 유기물의 손실로 볼 수 있다. 또한 중량이 50%손실된 지점의 온도는 319.0, 322.0, 323.5°C로 비슷하였다. 그러나 유기물이 전부 산화한 시점의 온도는 413.0, 431.9, 497.3°C로 차이를 나타내었는데, 이는 W-1처럼 순수한 목재인 경우와 가공과정에서 다양한 유기물질이 첨가된 WW-2와 WW-3과는 확연히 구별되며 400~500°C구간에서 차이를 나타냈다.

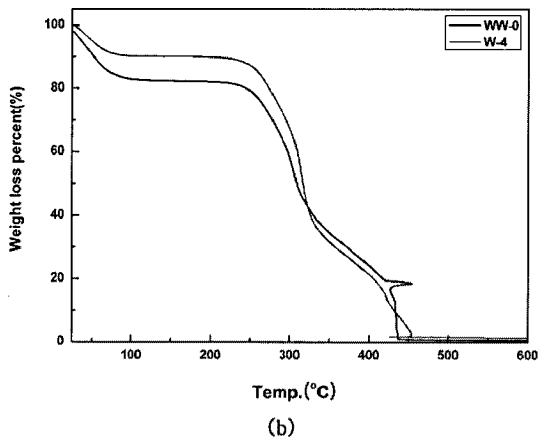
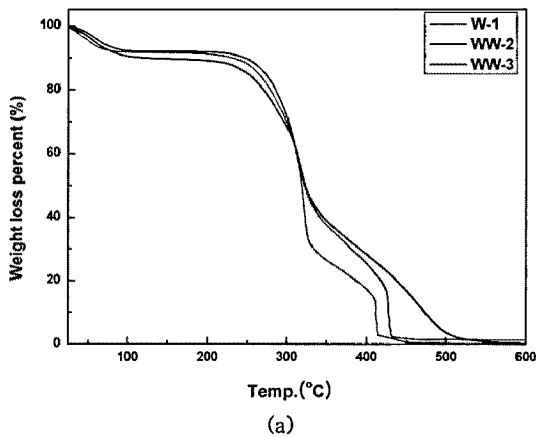


Fig. 4. TGA graphs of (a)W-1, WW-2 and WW-3 and (b)W-4 and WW-0.

Fig. 4(b)는 임목폐기물인 W-4와 나무뿌리인 WW-0의 중량감소 그래프로서, 110°C에서의 중량손실률은 WW-0은 17.4%, W-4는 9.9%로 약 두 배의 수분 함량차이를 나타냈다. 나무뿌리의 경우 수분을 빠른시간내에 효과적으로 제거하면 중량 50%손실 때의 온도, 유기물제거온도는 다른 폐목재와 큰 차이가 없음을 나타내고 있다.

폐목재 중 W-3의 열중량분석 그래프는 Fig. 5에 나타내었으며, 이는 TG값을 온도로 나눈값을 y축으로 놓고 온도를 x축으로 plot 한 그래프로 온도가 증가함에 따라 TG값이 급격히 감소하는 구간을 확인할 수 있으며 이에 따른 결정계수( $R^2$ )는 0.959이고, 식은  $y = 4.27\exp(-x/67.67) + 0.05$ 로 나타낼 수 있다.

Fig. 6의 (a)와 (b)는 WW-3와 W-4의 DTA 결과를 각각 나타낸 그래프이다. 일반적으로 목재의 DTA 그래프는 Fig. 6(b)의 형태를 나타내는데 Fig. 6(a)의 WW-3에서는 이와는 다르게 325에서 가장 높은 peak를 나타내었고, 455에서 두 번째 peak를 나타내었는데 이는 wood chip을 접착하는 과정에서 사용되는 유기화합물의 발열에 의해 나타난 것으로 판단된다.

### 3.2. 기계적특성

폐목재에 대한 기계적강도의 기준은 정해져 있지 않으며, 단순히 목재의 종류별로 강도만 비교하고 있다. 기계적강도는 만능시험기(UTM)를 사용하여 인장강도(Tensile strength), 최대하중(Max. Load), 항복강도(Yield strength), 항복하중(Yield load), 최대변위(Max. Disp.)를 측정하였으며 그 결과를 Fig. 7과 Table 2에 나타내었다.

인장강도는 WW-0, W-2, W-5, W-3 등의 순으로

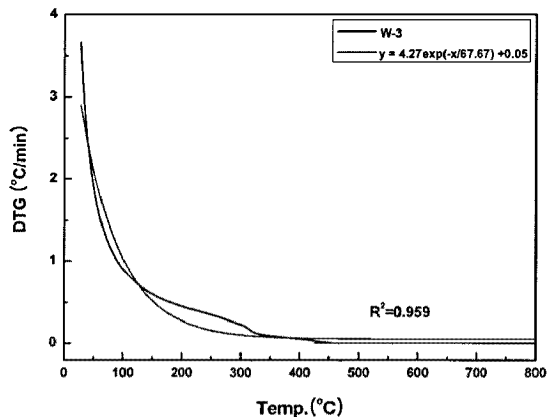


Fig. 5. TG/Temp. graph of W-3.

측정되었으며 이는 나무의 고유한 성질과 관계가 있으며, 특히 나무뿌리의 일부인 WW-0의 인장강도가 가장

높게 나타났다. 반면에 WW-2, 3, 4의 경우 건설폐기물에서 발생되며 이물질과 섞여있거나 wood chip이 결합된 상태로 인장강도는 아주 낮게 나타났다.

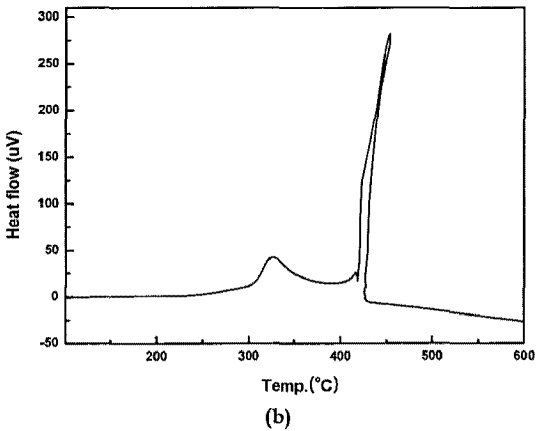
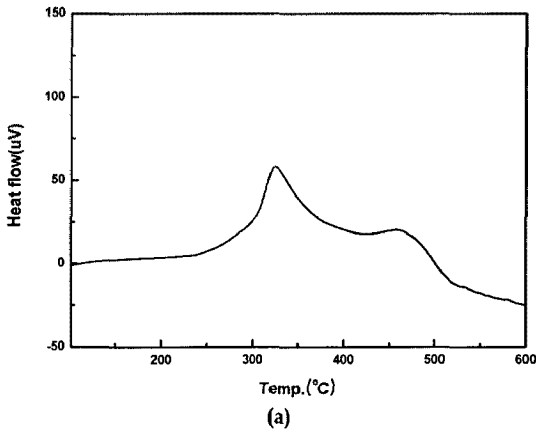


Fig. 6. DTA graphs of (a)WW-3 and (b)WW-4.

3.3. 파쇄특성

고압팽화파쇄조건에서는 온도, 압력 그리고 목재내의 수분량이 아주 중요하다. 실험중에 장치내의 수분이 수증기로 기화하면서 온도는 실온(20°C)에서부터 최대 210°C까지 상승하였으며 압력은 대기압에서부터 최대 3.5MPa까지 압력이 증가하였다. 온도와 압력은 일반적으로 상관관계가 형성되는데 이론적으로 300°C까지 수증기압이 올라가면 최대 8MPa이상의 압력까지 상승시킬 수 있다. 그러나, 그에 따른 에너지 손실과 위험도가 올라가기 때문에 가능하다면 낮은 압력과 온도에서의 팽화(popping)실험이 경제적이라고 할 수 있다. 실험장치내의

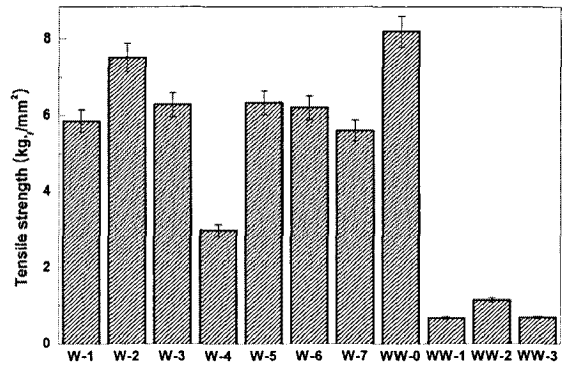


Fig. 7. Tensile strength of waste wood.

Table 2. Result of UTM test of waste woods

kind	Max. Load(kg <sub>f</sub> )	Yield Stren.(kg <sub>f</sub> /mm <sup>2</sup> )	Y. load(kg <sub>f</sub> )	Max. Disp.(mm)
W-1	107.3	3.45	65.3	3.70
W-2	216.5	4.01	115.4	3.96
W-3	115.6	3.31	60.9	3.68
W-4	68.5	2.1	48.3	2.28
W-5	134.1	3.13	66.4	7.49
W-6	128.5	3.05	62.8	6.96
W-7	112.1	4.13	82.7	2.53
WW-0	220.3	4.23	118.8	5.32
WW-1	1.6	0.5	1.2	2.08
WW-2	2.4	0.57	1.2	0.24
WW-3	1.8	0.45	1.2	1.44

온도에 따른 압력의 그래프는 2차그래프( $Y=23.55202+100.19314 X-14.41385 X^2$ )에 가장 적합하였으며, 결정 계수( $R^2$ )는 0.979였다.

일반적으로 팽화란 급속가열에 의해서 수분의 급격한 증발로 다공질 구조를 형성하는 현상이나 팽화제를 혼합한 재료를 급속가열함으로써 이산화탄소 등의 기체가 발생되어 다공질 구조가 형성되는 것을 말한다. 가로 5cm, 세로 11cm 두께 0.4cm의 크기를 가지는 시편을 물을 함께 넣는 경우와 같은 크기의 편백나무를 24시간 물에 수침시킨 후 물과 함께 장치안에 넣고 고온고압상태를 유지하면서 원하는 압력에 도달후 일정한 시간이 지나면 순간적으로 압력을 해제(popping)하여 목재를 겉대로 파쇄하여 목모(wood wool) 및 목재칩(wood chip)을 얻을 수 있는 장치이다.

실험재료중 파쇄결과는 활엽수보다는 침엽수가 파쇄가 쉽고 더 좋은 결과를 나타냈으며 그 중 W-7이 wood wool의 형태가 가장 양호한 결과를 나타내었는데 W-7의 SEM 촬영사진을 실험전과 실험후로 나누어 Fig. 8에 나타내었다. 특히 24시간 수침(水沈)후 파쇄실험에서 더 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

다양한 온도와 압력의 실험조건에서 실험한 결과 중 일부를 Table 3에 나타내었다. 시료와 물을 첨가한 편백

나무 시료와 24시간 수침시킨 편백나무 시료를 popping 하였으며, 24시간 수침시킨 W-7시편을 온도 200°C, 압력 3MPa, 5분간 유지시켰을때 wood-wool이 45%발생되어 최적임을 확인 할 수 있었다.

Fig. 8은 고압팽화-파쇄전과 파쇄후를 비교하는 SEM 사진으로서 팽화(popping)과정에서 내부의 수분이 팽창되어 세포벽이 파괴된 흔적을 볼 수 있다.

Fig. 9는 고압팽화파쇄후 결과물중 목모의 형태로 파쇄의 결과물은 목재조각, 목모형태 그리고 목재칩형태로 구분할 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 폐목재를 고온고압장치를 사용하여 파쇄 후 건축재료로의 활용을 위하여 등급별로 분류하여 열분해 및 파쇄특성을 알아본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 폐목재내의 수분이 증발하는 110°C까지는 7.9~9.8%이고, 중량이 50%손실된 지점의 온도는 319.0~323.5°C로 비슷하였다. 그러나 유기물이 전부 산화한 시점의 온도는 413.0~497.3°C로 차이가 있는데, 이는 순수한 목재인 경우와 유기물질이 포함된 폐목재와의 차이로 판

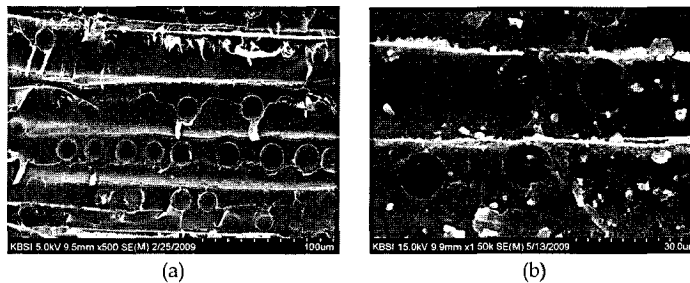


Fig. 8. SEM photographs of popping waste wood(W-7) : (a)before, (b)after.

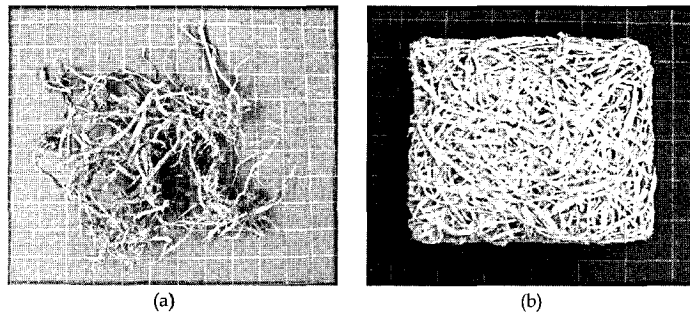


Fig. 9. Photographs of (a)popping wood-wool and (b)wood-wool board.

Table 3. Condition and result of high pressure breaking

	Temp(°C)	pressure(MPa)	Time(min)	breaking type(%)		
				wood-chop	wood-chip	wood-wool
W-7 (plus moisture)	170	2	5	80	15	5
	200	3	5	50	30	20
	200	3.5	5	50	25	25
W-7 (24 hr watered)	170	2	5	50	35	15
	200	3	5	30	25	45
	200	3.5	5	30	25	45

단되며, 건축재료로의 활용을 위해서는 250°C이하의 온도에서 처리해야 할 것으로 판단된다.

2. DTG 그래프에서는 온도가 증가함에 따라 TG값이 급격히 감소하는 구간을 확인할 수 있으며 이에 따른 결정계수(R<sup>2</sup>)는 0.959이고, 식은  $y=4.27\exp(-x/67.67)+0.05$ 로 나타낼 수 있다. WW-3의 시편은 325°C에서 가장 높은 peak를 나타내었고, 455°C에서 두 번째 peak를 나타내었는데 이는 wood chip을 접착하는 과정에서 사용되는 유기화합물인 것으로 판단된다.

3. 인장강도는 임목부산물 중 뿌리(WW-0), 밤나무(W-2), 리기다소나무(W-5), 오리나무(W-3) 등의 순으로 측정되었는데 이것은 나무의 고유한 성질과 관계가 있다. 건설폐목재인 1등급(WW-2), 2등급(WW-3), 3등급(WW-4)의 경우 건설폐기물에서 발생되었으며 이물질과 섞여있거나 wood chip이 결합된 상태로 기계적강도는 아주 낮게 분석되었다.

4. 고압파쇄 실험결과 활용수보다는 침엽수가 파쇄가 결대로 잘 찢어짐을 알 수 있었으며, 특히 편백나무(W-7)를 24시간 수침후 파쇄실험한 시편이 wood-wool의 형태로 45%발생되어 가장 양호한 결과를 나타내었다. 이는 목재내부에 수분이 침투되어 파쇄과정에서 폐목재의 파쇄에 영향을 준 것으로 판단되며, SEM 촬영사진에서는 popping 과정에서 내부의 수분이 팽창되어 세포벽이 파괴된 흔적이 나타나있었다.

5. 다양한 온도와 압력의 실험조건에서 실험한 결과, 파쇄된 형태나 wood-wool, wood-chip, wood-chop의 발생비율을 고려하였을 때 24시간 수침시킨후 온도는 200°C, 압력은 3MPa, 가열지속시간은 5분의 실험조건에서 가장 최적의 결과를 얻을 수 있었으며, 실험에서 생산된 wood-wool을 이용하여 wood-wool board를 제작이 가능하였다.

## 사 사

본 논문은 교육과학기술부, 지식경제부의 출연금으로 수행한 순천대학교 광주·전남·제주권 산학협력중심 대학육성사업단의 2008년도 5차년도 기술개발과제 지원사업으로 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

## 참고문헌

1. 국립산림과학원, 2006: 폐목질자원의 재활용기술 및 시스템개발, 농림부, pp. 1-7.
2. 국무조정실, 재정경제부, 기획예산처, 산업자원부, 환경부, 건교부, 산림청, 폐목재 재활용활성화 대책, 2007.
3. Yasushi H., Yuko T., Masahiko K., Mario T. and Tsuyoshi F., 2002: Present state of wood waste recycling and a new process for converting wood waste into reusable wood materials, Materials Transactions, Vol. 43, No. 3, pp. 332-339.
4. Hiroshi Saotome, Masaharu Ohmi, Hiroshi Tominaga, Kiyoharu Fukuda, Yutaka Kataoka, Makoto Kiguchi, Yasushi Hiramatsu, Atsushi Miyatake, 2009: Improvement of dimensional stability and weatherability of composite board made from water-vapor-exploded wood elements by liquified wood resin impregnation, The Japan Wood Research Society.
5. Yi Min Wei, Bunichiro Tomita, Yasushi Hiramatsu, Atsushi Miyatake, Tsuyoshi Fujii, 2002: Study of hydration behaviors of wood-cement mixtures: compatibility of cement mixed with wood fiber strand obtained by the water-vapor explosion process, The Japan Wood Research Society, Vol. 48, pp. 365-373.
6. Yi Min Wei, Bunichiro Tomita, Yasushi Hiramatsu, Atsushi Miyatake, Tsuyoshi Fujii, Tomoyuki Fujii, Shuichiro Yoshinaga, 2003: Hydration behavior and compressive strength of cement mixed with exploded wood fiber strand obtained by the water-vapor explosion process, The Japan



- Wood Research Society, Vol. 49, pp. 317-326.
7. Yi Min Wei, Tomoyuki Fujii, Yasushi Hiramatsu, Atsushi Miyatake, Shuichiro Yoshinaga, Tsuyoshi Fujii, Bunichiro Yomita, 2004: A preliminary investigation on microstructural characteristics of interfacial zone between cement and exploded wood fiber strand by using SEM-EDS, The Japan Wood Research Society, Vol. 50, pp. 327-336.
  8. I. N. Malikov, Yu. A. Noskova, M.S. Karaseva, and M. A. Rprederii, 2007: Granulated Sorbents from Wood Waste, Solid Fuel Chemistry, Vol. 41, No. 2, pp. 100-106.
  9. Ying-Feng Lin, Shuh-Ren Jing, Der-Yuan Lee, 2001: Recycling of wood chips and wheat dregs for sludge processing, Bioresource Technology 76, pp. 161-163.
  10. Yoshihiro Obata, Kazutoshi Takeuchi, Nago Soma, Kozo Kanayama, 2006: Recycling of wood waste as sustainable industrial resources-Design of energy saving wood-based board for floor heating systems, Energy 31, pp. 2341-2349.
  11. Song-Yung Wang, Te-Hsin Yang, Li-Ting Lin, Cheng-jung Lin, Ming-Jet Tsai, 2008: Fire-retardant-treated low-formaldehyde-emission particleboard made from recycled wood-waste, Bioresource Technology 99, pp. 2072-2077.
  12. Jim L. Bowyer, Rubin Shmulsky, John G Haygreen, fourth edition, 2003: Forest products and wood science an introduction, Iowa state press, pp. 59-64.

---

**朴 商 敏**

- 1995년 명지대학교 화학공학과 학사
- 2007년 전북대학교 토목공학과 박사
- 현 (주)다산환경 책임연구원

---

**金 宰 佑**

- 현 (주)다산환경 부사장
- 현 순천대학교 환경공학과 박사과정

---

**沈 奇 燮**

- 현 순천대학교 환경공학과 석사과정

---

**朴 相 肅**

- 현 순천대학교 환경공학과 교수
-