

## 수피의 탄화이용에 관한 연구\*1

김 병 로\*2† · 이 재 용\*2

### Studies on Utilization of Bark by Carbonization\*1

Byung-Ro Kim\*2† · Jae-yong Lee\*2

#### 요 약

수피의 탄화이용을 위한 수피탄화기술 확립과 이 수피탄화물을 흡착제, 토양개량자재, 미생물활동담체, 건강 재료 등으로의 이용 가능성을 알아보기 위해 수피탄화물의 메틸렌블루흡착량, 흡습성, 원적외선 방사율, pH, 보수성 및 발열량 등의 성능을 조사하였다. 메틸렌블루흡착량이 탄화온도 800°C, 탄화시간 8시간에서 낙엽송, 잣나무, 리기다소나무 수피탄화물들은 110 mg/g 이상의 값을 보이고, 모든 수피탄화물의 수소이온농도가 탄화 시간 4시간의 경우 탄화온도 400°C에서 pH 6.6, 600°C와 800°C에서는 pH 9 정도를 나타내는 등, 수피탄화물은 탄화물로서의 이용이 가능하고, 탄화온도와 시간만 고려하면 충분히 이용 가능할 것으로 사료된다.

#### ABSTRACT

The objective of this research is to analyze a possibility for the utilization of carbonized bark and develop the technique for carbonization of bark for using as the adsorbent, the soil improvement agent, the carrier for microbial activity, health products, and so on. The properties of bark charcoals such as methyleneblue adsorption (MBA), equilibrium moisture content (EMC), far infra rad emissivity, pH, water retention and caloric value were analyzed. The MBA values of bark charcoals carbonized for 8 hr of carbonization time at 800°C of carbonization temperature for *Larix leptolepis*, *Pinus koraiensis*, *Pinus rigida* were greater than 110 mg/g. The bark charcoals pH values of all three species that were carbonized for 4 hr of carbonization time at 400°C of carbonization temperature was 6.6 and carbonized for 4 hr at 600 and 800°C was about 9. Therefore the bark charcoals of those species could be used as charcoals if the carbonization temperature and time were controlled.

\* 1 접수 2005년 10월 6일, 채택 2005년 12월 1일

이 논문은 2005년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

\* 2 충북대학교 산림과학부 목재·종이과학 전공 Wood and Paper Science, Agriculture, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

† 주저자(corresponding author) : 김병로(e-mail: brkim@chungbuk.ac.kr)

**Keywords:** bark, carbonization, methyleneblue adsorption (MBA), equilibrium moisture content (EMC), far infra rad emissivity, pH, water retention, caloric value

## 1. 서 론

최근 우리나라의 목재소비량은 연간 약 27970천만 m<sup>3</sup> 달해, 원목으로부터 최종 목제품까지 가공되는 동안 발생하는 폐재의 양은 막대하다. 폐재에 관한 최근의 보고에 의하면 그 양은 1816천만 m<sup>3</sup>에 달하고 있다(산림청 2000). 폐재에는 다양한 종류가 있지만 그 중에도 임지, 목재수입항, 제재공장에서 배출되는 수피도 이용량이 적어 대부분 폐재로 분류되고 있다. 발생하는 수피량의 정확한 데이터는 없으나 임목의 약 10%를 차지하는 수피의 양으로 볼 때 상당한 양이 될 것으로 추정된다. 이들 수피는 일부 열원, 토양개량제 등으로 이용되나 대부분 소각, 폐기되는 실정이다. 폐기된 수피는 하천, 해양의 오염, 소각된 수피는 대기 오염 등의 공해문제를 야기시키고 있다. 이들 수피에 대해 자원 절약 측면 뿐 만 아니고 공해방지의 측면에서 수피의 유효이용을 심각히 고려해야 할 것으로 생각한다.

수피의 이용에 관한 연구는 지금까지 상당히 많이 보고 되어(임업연구원 2000 등)있는데 그 방향을 보면 수피성분의 이용과 토양개량제 등으로 그 실효성은 아직 기대에 못 미치고 있는 실정이다. 따라서 수피의 유효이용의 일환으로 본 연구에서는 수피의 탄화이용을 고려하게 되었다. 최근 목탄은 환경정화재료, 건강재료 및 녹화재료로 새롭게 각광받고 있는데

이는 우수한 흡착성, 높은 원적외선 방사 및 조습능, 고알카리성 및 보수성 등에 의한 것으로 생각된다. 목탄에 관한 연구의 역사가 길고 양도 많으나 주로 목질부 탄화물에 관한 것이며, 최근 위에 언급한 이유와 폐재의 유효이용(北村 등 1999, 김 등 1999, 공 등 2002) 등을 위한 목질부 탄화에 관한 연구가 대부분으로 수피 탄화에 관한 연구는 거의 눈에 띠지 않는다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 주요수종 및 수입 목재 수피의 유효이용을 위해 수피의 탄화를 실시하였고, 이때 수피의 탄화조건과 수피탄화물의 성질과의 관계를 측정, 조사하여 탄화물로서의 이용가능성을 검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 재료

본 실험에 사용된 수종으로는 침엽수, 활엽수의 수피 및 혼합수피(H사, 리기다소나무+라디에타파인의 수피)를 사용하였다. 침엽수로는 잣나무, 낙엽송, 소나무, 리기다소나무 4수종이고 활엽수로는 갈참나무, 굴참나무, 아까시나무 3수종으로 그 개요는 Table 1 과 같다.

Table 1. Descriptions of samples

		Species	Abbreviation
Softwood	Bark of	<i>Pinus koraiensis</i>	PK
	Bark of	<i>Larix leptolepis</i>	LL
	Bark of	<i>Pinus densiflora</i>	PD
	Bark of	<i>Pinus rigida</i>	PR
Hardwood	Bark of	<i>Quercus aliena</i>	QA
	Bark of	<i>Quercus variabilis</i>	QV
	Bark of	<i>Robinis pseudoacacia</i>	RP
Mixed bark	Bark of	<i>Pinus rigida+Pinus radiata</i>	MB

## 2.2. 방법

### 2.2.1. 수피의 탄화

공시재료를  $1 \times 1 \times 1$  (cm<sup>3</sup>)로 제작하여 도가니에 담고, 이것을 전기로(Thermolyne 4800)에서 승온속도 20°C/min로 400°C, 600°C, 800°C까지 승온 후, 각각의 온도에서 4, 6, 8시간 탄화하여 탄화온도와 시간에 따른 수율을 측정하였다.

### 2.2.2. 공업분석

수피 탄화물을 60 mesh로 분쇄 후 공업분석(KS M 1802 활성탄시험법)에 의해 수분, 회분, 휘발분, 고정탄소를 분석하였다.

### 2.2.3. 메틸렌블루 흡착량

탄화물을 60 mesh의 입자로 분쇄한 것을 사용하여 메틸렌블루흡착량(adsorption of methyleneblue, MBA)을 측정하였다. 흡착 시험은 활성탄 시험법(KS M 1802, 1993)에 의거하여 시료 0.1 g, 0.2 g, 0.3 g을 1 mg까지 측정하여 메틸렌블루용액 25 ml를 100 ml 삼각플라스크에 담아서 30분간 교반하였다. 교반한 시료를 여과하여 과장 665 nm에서 흡광도를 측정하고, 미리 작성한 검량선을 이용하여 각각의 잔류농도를 구한 후 식에 의해 흡착량을 구하였다. 흡착등온선을 작성한 후 잔류농도가 0.24 mg/l 시의 흡착량을 메틸렌블루흡착량으로 하였다.

### 2.2.4. 흡습성

60 mesh 수피탄화물 1 g을 항온항습기(Dasol science, DS-541)를 이용하여 온도 20°C, 관계습도(Relative Humidity RH) 90%, 65% 및 25%에서 평형에 달하였을 때의 중량을 측정하여 흡습성을 조사하였다.

### 2.2.5. 원적외선 방사율

원적외선 방사율은 원적외선 측정기(CENTEK, FIM-6001)를 이용하였다. 60 mesh의 시료 0.2 g을 시료용

기로 넣고 챔버에 밀어 넣은 후 시료의 표면을 챔버의 중앙에 장착 후, 온도를 40°C로 설정하였다. 온도부가 설정해 놓은 온도와 일치한 후부터 20~25분 경과 후 방사에너지양을 얻은 후 흑체의 방사에너지양(415)과 비교해 원적외선 방사율로 하였다.

### 2.2.6. 수소이온농도

수소이온농도는 활성탄 시험법(JIS K 1470)에 따라 시료를 1.0 g (전건 중량환산)을 200 ml 삼각플라스크에 넣고 물 100 ml를 첨가하여 5분간 끓인 후 상온까지 냉각하였다. 수피탄을 여과지로 제거한 여과액에 증류수를 첨가하여 100 ml로 만든 후, 수소이온농도를 측정하였다.

### 2.2.7. 보수성

60 mesh 수피탄화물 5 g을 취해 증류수가 들어 있는 비이커에서 24시간 흡착시킨 후, 여과지를 이용해 물을 분리하고 탄화물을 사래에 옮겼다. 탄화물이 있는 사래를 항온항습기(온도 20°C, 관계습도 65%)에서 10일간 중량감소를 측정하여 보수성을 조사하였다. 수분을 분리할 때 입도가 적어 여과지에 수피탄 입자가 부착되어 최초에 측정된 양보다 적게 되므로 후에 보정하였다.

### 2.2.8. 발열량

발열량은 Oxygen Bomb Calorimeter (PARR INSTRUMENT COMPANY, No.1341)를 사용하였다. 산소를 압입한 열량계의 bombe 속에서 시료를 연소시키면 bombe 밖의 내통속의 물이 데워지며, 이 물의 연소 전후의 온도차에서 구한 값에 대하여 열보정을 하여 발열량을 산출하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 탄화시험

Fig. 1은 수피를 탄화온도 400°C, 600°C, 800°C에

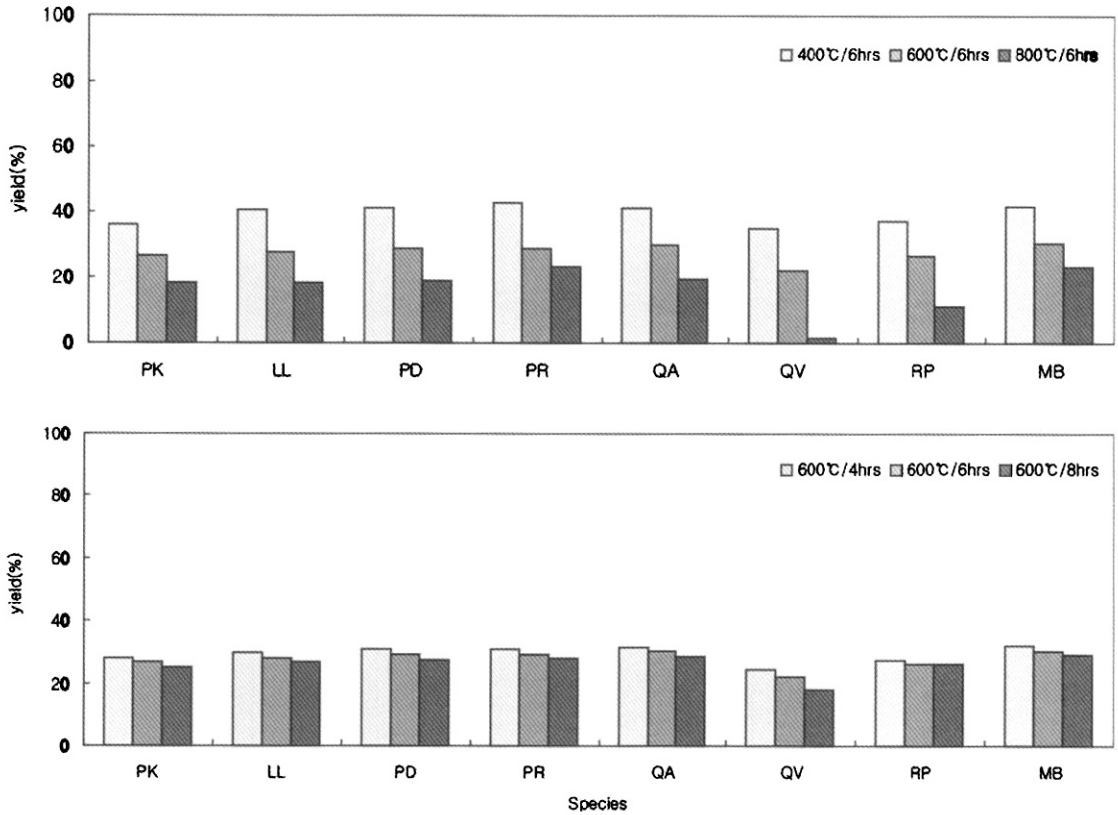


Fig. 1. The yields of carbonization for barks with different treatment temperatures and hours. See abbreviations in Table 1.

서 6시간 탄화한 후의 수율과, 탄화온도 600°C에서 탄화시간 4, 6, 8시간 탄화한 후의 수율을 나타낸 것이다. 탄화온도가 증가함에 따라서 탄화 수율은 크게 감소하는 경향을 보였으나, 탄화시간의 차이에 의해 나타나는 수율변화는 탄화온도 차이에 의한 수율 감소폭처럼 크지 않았기 때문에 수율은 탄화시간보다는 탄화온도에 영향을 크게 받는 것으로 생각된다. 한편 수종간의 수율은 탄화시간 6시간에서 탄화온도 400°C 경우 40% 내외, 600°C 경우 30% 내외, 800°C 경우 20% 내외 등으로 각 온도와 시간에서 수피간의 탄화 수율은 대체로 차이가 없었으나, 굴참나무의 수피(굴피)는 Fig. 1의 6시간 800°C에서 뿐만 아니라 4시간 및 8시간의 800°C에서도 급격히 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 800°C의 탄화에서는 일부 소화가 일

어났기 때문이라고 생각된다. 따라서 굴참나무수피의 경우는 800°C에서의 탄화는 의미가 없는 것으로 생각한다. 김 등(1999)의 미이용 목질폐잔재의 탄화이용 개발에서 목재부의 수율은 탄화시간 6시간, 탄화온도 400°C에서 리기다소나무, 낙엽송, 아까시나무 등이 25~30%로 높았고, 잣나무, 굴참나무 등이 20% 내외로 낮게 나타나는 등 목재는 수종에 따라 탄화수율이 다르다고 하였다. 목재의 탄화수율(김 등 1999)과 비교하면 수피가 10~15% 정도 수율이 높은 것으로 나타났다.

### 3.2. 공업분석

Table 2는 600°C에서 6시간 탄화한 수피탄화물의

Table 2. Proximate analysis of the carbonized barks at 600°C for 6 h

Species	MC (%)	Ash (%)	Volatile matter (%)	Fixed carbon (%)
Bark of <i>Pinus koraiensis</i>	4.96	4.4	13.5	77.1
Bark of <i>Larix leptolepis</i>	6.04	2.8	13.8	77.4
Bark of <i>Pinus densiflora</i>	5.68	4.3	13.7	76.3
Bark of <i>Pinus rigida</i>	6.12	2.2	13.0	78.7
Bark of <i>Quercus aliena</i>	6.35	17.6	20.5	55.5
Bark of <i>Quercus ariabilis</i>	7.01	5.2	15.1	72.7
Bark of <i>Robinispseualoacacia</i>	5.57	14.0	18.7	61.7
Mixed bark	6.90	22.0	8.4	62.7

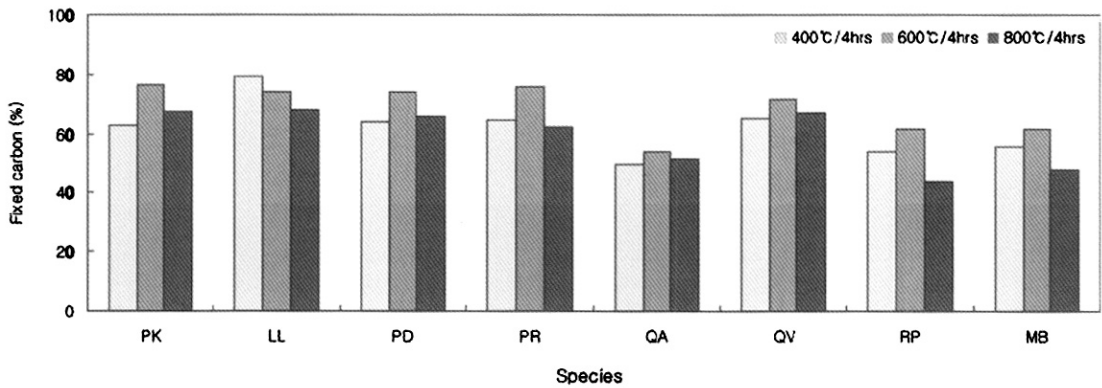


Fig. 2. Fixed carbon of the carbonized barks for 4 h at each temperature. See abbreviations in Table 1.

공업분석을 나타낸 것이다. 수종별 고정탄소는 리기다소나무 수피탄화물이 78.7%로 가장 높았으며 다음으로 침엽수들인 낙엽송 수피탄화물 77.4%, 잣나무 수피탄화물 77.1%, 소나무 수피탄화물 76.3% 등이었고, 활엽수는 굴참나무 수피탄화물 72.7%, 아까시나무 수피탄화물 61.7%, 갈참나무 수피탄화물 55.5% 등으로 침엽수 수피탄화물보다 대체로 낮게 나타났다. 혼합수피탄화물의 고정탄소는 62.7%로 국산 침엽수 수피탄화물보다 낮게 나타났다. 나머지 함유수분, 회분 및 휘발분에서는 함유수분과 회발분에서는 침·활엽수 수피탄화물간에서 차이가 나타나지 않았으나 회분량에서는 침엽수 수피탄화물이 2.2~4.4%, 활엽수 수피탄화물이 5.2~17.6%로 활엽수 수피탄화물이 높게 나타났다. 김 등(1999)의 목재탄화물의 공

업분석에 의하면 고정탄소가 리기다소나무 81.5%, 낙엽송 81.8%, 잣나무 83.1%, 소나무 78.7% 이었고, 활엽수는 굴참나무 80.4%, 아까시나무 83.5%, 갈참나무 80.3%로 대부분 80% 이상으로 보고하고 있고, 김 등(2000)은 폐합판, 파티클보드, MDF 등의 목질재료탄화물로의 이용 연구에서 각 목질재료탄화물의 고정탄소량은 80% 이상을 보고한 반면 수피탄화물은 70%대로 낮은 값을 나타냈지만, 후자자와 등(1992)에 의한 일본산 낙엽송의 600°C 경우 70%대와 비교하면 특별히 탄화물로서의 이용에 문제가 되지 않을 것으로 생각된다. Fig. 2는 탄화시간 4시간에서 탄화온도에 따른 고정탄소량을 나타낸 것으로 온도에 따른 고정탄소는 400°C에서 600°C까지는 고정탄소가 증가하나 800°C로의 온도증가에서 오히려 고정탄소

수피의 탄화이용에 관한 연구

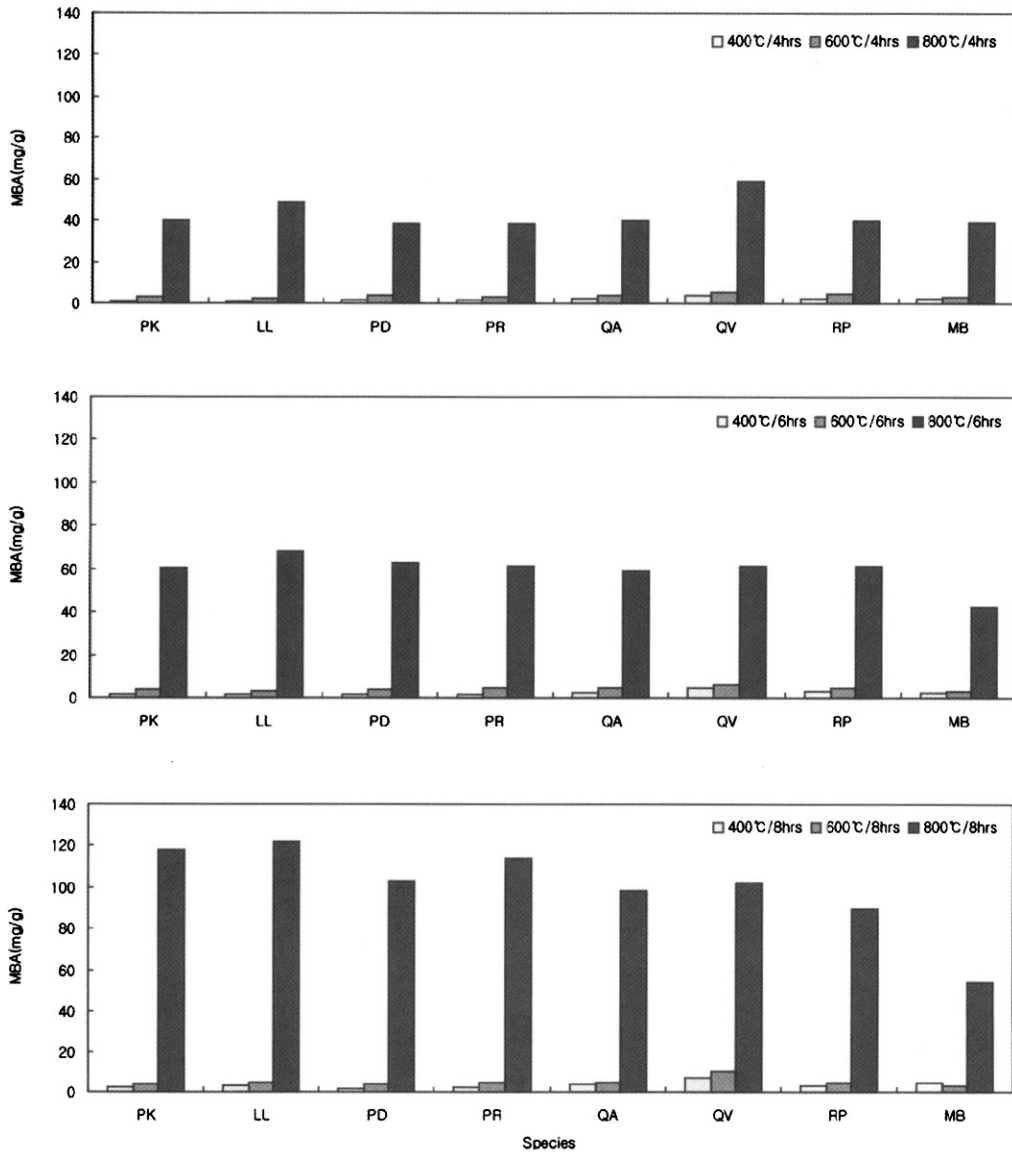


Fig. 3. MBA of the carbonized barks at each temperature and hours. See abbreviations in Table 1.

량이 줄어드는 경향을 보였는데 이는 800°C에서 일부 소화가 일어나 적게 나타난 것으로 생각된다.

### 3.3. 메틸렌블루흡착량

메틸렌블루흡착량을 Fig. 3에 나타냈다. 수피탄화

물은 탄화온도 및 탄화 시간이 증가함에 따라 메틸렌블루흡착량이 증가하는 경향을 보였다. 탄화온도에 따라서는 각각의 시간에서 거의 모든 수피탄화물은 400°C, 600°C에서는 메틸렌블루흡착량이 10 mg/g 이하이고 탄화온도 간 변화가 미비한 반면, 800°C에서는 메틸렌블루흡착력이 급격히 증가하는 경향을 보였

Table 3. Equilibrium moisture content of the carbonized barks (600°C, 4 hrs)

Species	20°C, RH 25%	20°C, RH 65%	20°C, RH 90%
<i>Pinus koraiensis</i>	2.78	7.16	8.05
<i>Larix leptolepis</i>	4.59	8.94	9.04
<i>Pinus densiflora</i>	3.47	7.97	9.26
<i>Pinus rigida</i>	2.68	9.44	10.43
<i>Quercus aliena</i>	3.49	6.98	7.38
<i>Quercus variabilis</i>	2.01	6.00	23.14
<i>Robinia pseudoacacia</i>	4.39	6.17	6.87
Mixed bark	4.00	5.96	6.66

다. 800°C에서는 대부분의 수종이 40 mg/g 이상을 보였고, 탄화시간 8시간에서는 400°C, 600°C보다 800°C가 낙엽송의 경우 약 20배 이상의 메틸렌블루흡착량을 나타냈다. 잣나무, 낙엽송, 리기다소나무 수피탄화물은 110 mg/g 이상의 값을 나타냈고, 혼합수피탄화물을 제외하고는 90 mg/g 이상을 나타냈다. 탄화시간에 따라서는 400°C, 600°C에서는 시간이 길어짐에 따른 메틸렌블루흡착량 증가는 미미하였지만, 800°C에서는 탄화시간이 증가함에 메틸렌블루흡착량이 증가하는 것으로 나타나 침엽수 수피탄화물의 경우는 탄화시간 8시간이 4시간보다 대부분 약 3배의 메틸렌블루흡착량을 나타냈다. 따라서 수피탄화물의 메틸렌블루흡착량은 탄화온도와 탄화시간에 따라 영향을 받는데, 탄화시간보다는 탄화온도에 따른 증가폭이 더 크게 나타나기 때문에 탄화온도에 더 큰 영향을 받는 것으로 생각한다. 김 등(1999)도 탄화 시간과 탄화 온도 중 활성화에 더 많은 영향을 주는 인자는 탄화온도라고 보고하였다. 이상의 결과로부터 수피탄화물을 흡착기능의 용도로 이용할 경우에는 탄화온도는 800°C 이상은 되어야 할 것으로 생각된다.

수종 간에는 각 시간에서 400°C와 600°C에서는 활엽수 수피 특히 굴참나무 수피가 높은 메틸렌블루흡착량을 보였고, 800°C에서는 탄화시간 4시간과 6시간에서는 뚜렷한 경향을 보이지 않았으나 탄화시간 8시간에서는 침엽수 수피탄화물이 활엽수 수피탄화물보다 높은 메틸렌블루흡착량을 보였으며 특히 잣나무와 낙엽송 수피탄화물이 가장 높은 메틸렌블루흡착량을

나타냈다. 혼합수피인 경우 상대적으로 적은 메틸렌블루흡착량을 나타냈는데 이는 공장에서 박피공정 및 이동시 이물질의 혼입에 의한 것이 아닌가 사료된다.

수피탄화물의 메틸렌블루흡착량은 김 등(2002)의 목재탄화물의 메틸렌블루흡착량과 비교해 보면 600°C에서는 목탄보다 적은 메틸렌블루흡착량을 나타냈으나 800°C에서는 수종에 따라서는 오히려 목재탄화물보다 좋은 메틸렌블루흡착량을 나타내므로 고온으로 탄화하면 흡착능을 이용한 탄화물로서 충분히 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

### 3.4. 흡습성

Table 3은 수피탄화물 및 혼합수피탄화물의 흡습성을 나타낸 것이다. 수피탄화물은 온도 20°C, RH 25%에서 2.01~4.59%, 온도 20°C, RH 65%에서 5.96~9.44%, 온도 20°C, RH 90%에서 6.66~23.14%로 관계습도 25%와 60%에서는 큰 차이를 보였으나, 60%와 90%에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 혼합수피탄화물은 20°C, RH 25%에서 4.00%, 20°C, RH 65%에서 5.96%, 20°C, RH 90%에서 6.66%의 수치로 가장 낮게 나타났다. 수종간은 굴참나무 수피탄화물을 제외한 나머지 수종들은 비슷한 흡습량을 나타냈다. 20°C, RH 90%에서 굴참나무 수피탄화물의 흡습량이 다른 수피에 비해 2~3배 정도 높은 23.14%를 나타내 여러 번 반복실험을 하였으나 비슷한 값을 나타냈다. 그 이유에 대해서는 좀더 조사해 볼 필요가 있을

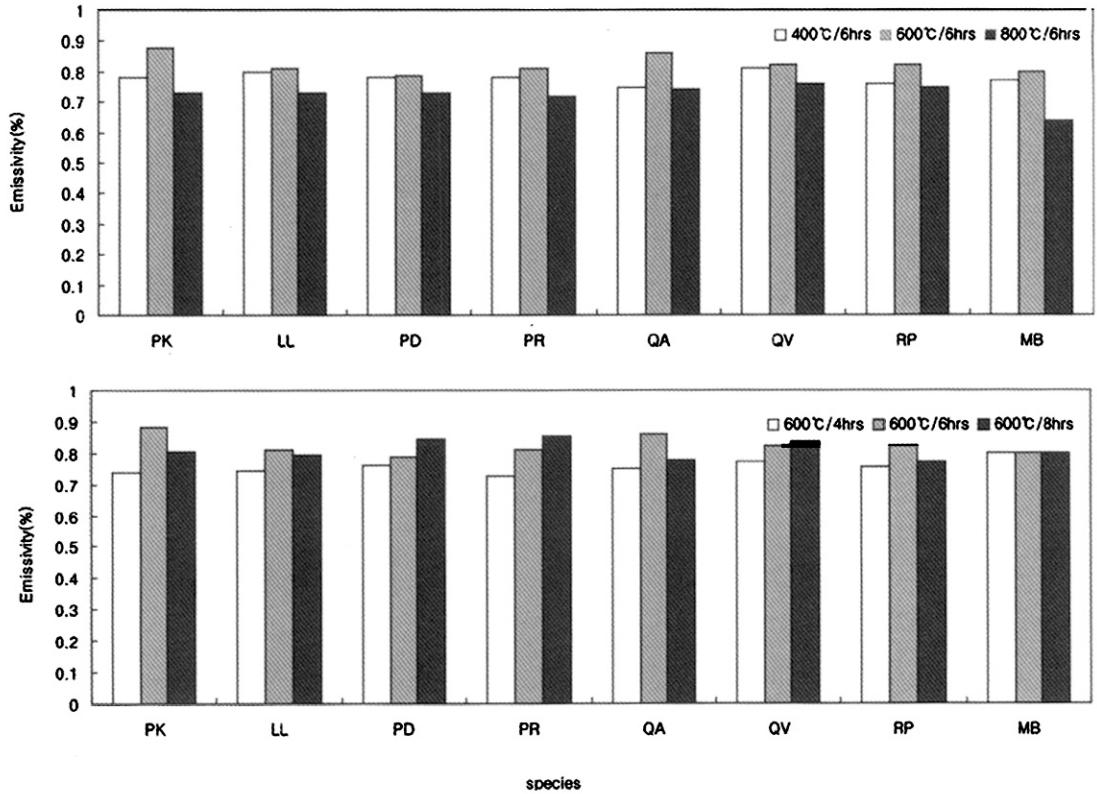


Fig. 4. The far infrared ray's emission energy for carbonized barks at each temperatures and hours. See abbreviations in Table 1.

것으로 생각한다. 공 등(2000)의 미이용 목질폐잔재의 탄화이용 개발에서 목질탄화물은 20°C, RH 25%에서 3.60~4.60%, 20°C, RH 65%에서 7.69~8.25%, 20°C, RH 90%에서 9.56~24.42%로 본 수피탄화물과 비슷한 값을 보고하였다.

### 3.5. 원적외선 방사율

Fig. 4는 수피를 탄화온도에 따른(400°C, 600°C, 800°C에서 6시간 탄화) 수피탄화물의 원적외선 방사율과, 탄화시간에 따른(탄화온도 600°C에서 4시간, 6시간, 8시간 탄화) 수피탄화물의 원적외선 방사율을 나타낸 것이다. 온도 간에는 Fig.에서 볼 수 있는 것과 같이 대부분 600°C 온도에서 가장 높은 원적외선

방사율을 나타냈고, 탄화시간 간에는 4시간에서 6시간 사이에서는 대부분 원적외선 방사율이 높아졌으나, 6시간과 8시간 사이에는 잣나무 수피, 낙엽송 수피, 갈참나무 수피, 아까시아 수피탄화물의 원적외선 방사율이 낮아졌으나 나머지는 높아지는 것으로 나타났다. 수종 간, 수종과 혼합수피탄화물 간에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 수피탄화물의 원적외선 방사율이 0.72~0.88로 김 등(2003)의 목탄의 원적외선 방사율 0.91~0.98보다 작은 것으로 나타났다.

### 3.6. 수소이온농도

Fig. 5는 수피를 탄화온도에 따른(400°C, 600°C, 800°C에서 6시간 탄화) 수피탄화물의 수소이온농도



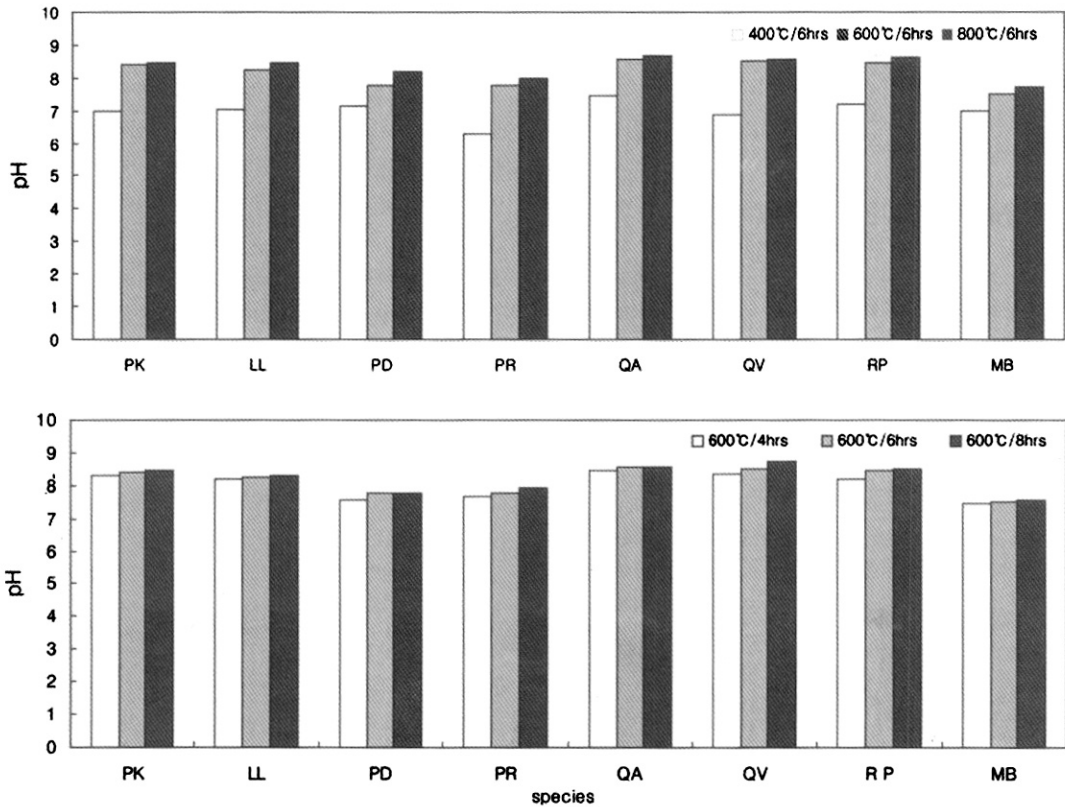


Fig. 5. The pH for carbonized barks at each temperatures and hours. See abbreviations in Table 1.

와, 탄화시간에 따른(탄화온도 600°C에서 4시간, 6시간, 8시간 탄화) 수피탄화물의 수소이온농도를 나타낸 것이다. 탄화온도 간에는 Fig.에서 볼 수 있듯이 탄화온도가 증가함에 따라서 수소이온농도가 모든 수종에서 높아지는 것으로 나타났다. 탄화시간 간에는 탄화시간이 길어질수록 모든 수피탄화물 및 혼합수피탄화물에서 수소이온농도에 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 수소이온농도는 탄화온도에는 영향을 받으나 탄화시간에는 큰 영향이 없는 것으로 사료된다. 수피 간에는 리기다소나무 수피탄화물이 약간 낮은 수소이온농도를 나타냈고, 나머지 수피탄화물은 비슷한 경향을 나타냈다. 혼합수피탄화물이 가장 낮은 수소이온농도를 나타냈다. 위 결과로부터 높은 알칼리성을 이용한 토양개량자재로 이용할 경우 수피탄화물의 경우, 탄화온도는 600°C 이상이고 탄화시간

은 4시간이면 충분할 것으로 생각된다. 수피탄화물의 수소이온농도는 400°C, 4시간의 경우 pH 6.6를 나타냈고, 600°C에서 급격히 증가하는 경향을 보였으며 600°C와 800°C는 거의 pH 9에 가까웠으며 차이는 극히 적게 나타났다. 김 등(1999)의 목탄의 pH도 600°C에서 급격히 증가하는 경향을 보였으며, 수피탄의 pH보다 1정도 높은 pH 10에 가깝게 나타났다. 따라서 수피탄은 토양개량제로서 목탄에 뒤지지 않는 우수한 토양개량제라고 볼 수 있을 것으로 생각된다.

### 3.7. 보수성

Fig. 6은 각 수피를 탄화온도 600°C에서 6시간 탄화한 수피탄화물들의 보수성을 나타낸 것이다. 보수성은 수피탄화물의 시간에 따른 수분의 중량감소를

수피의 탄화이용에 관한 연구

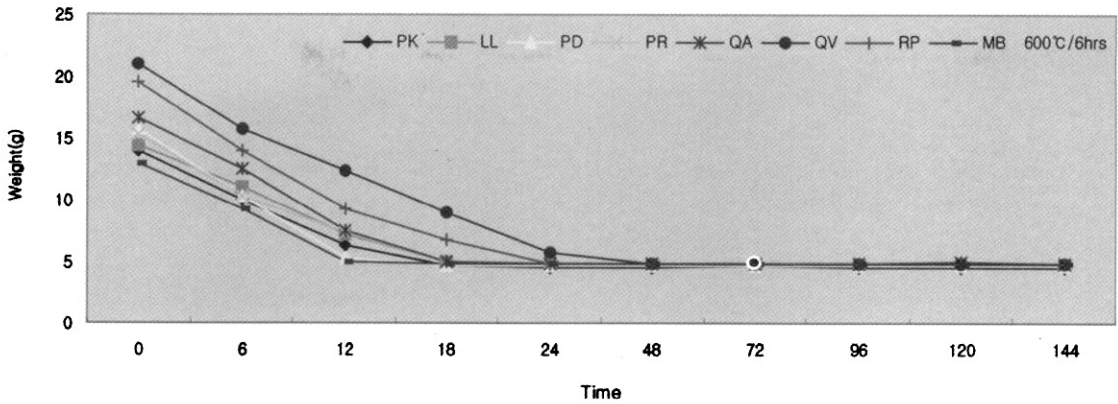


Fig. 6. Water-retention capacity for carbonized barks at each temperatures and hours. See abbreviations in Table 1.

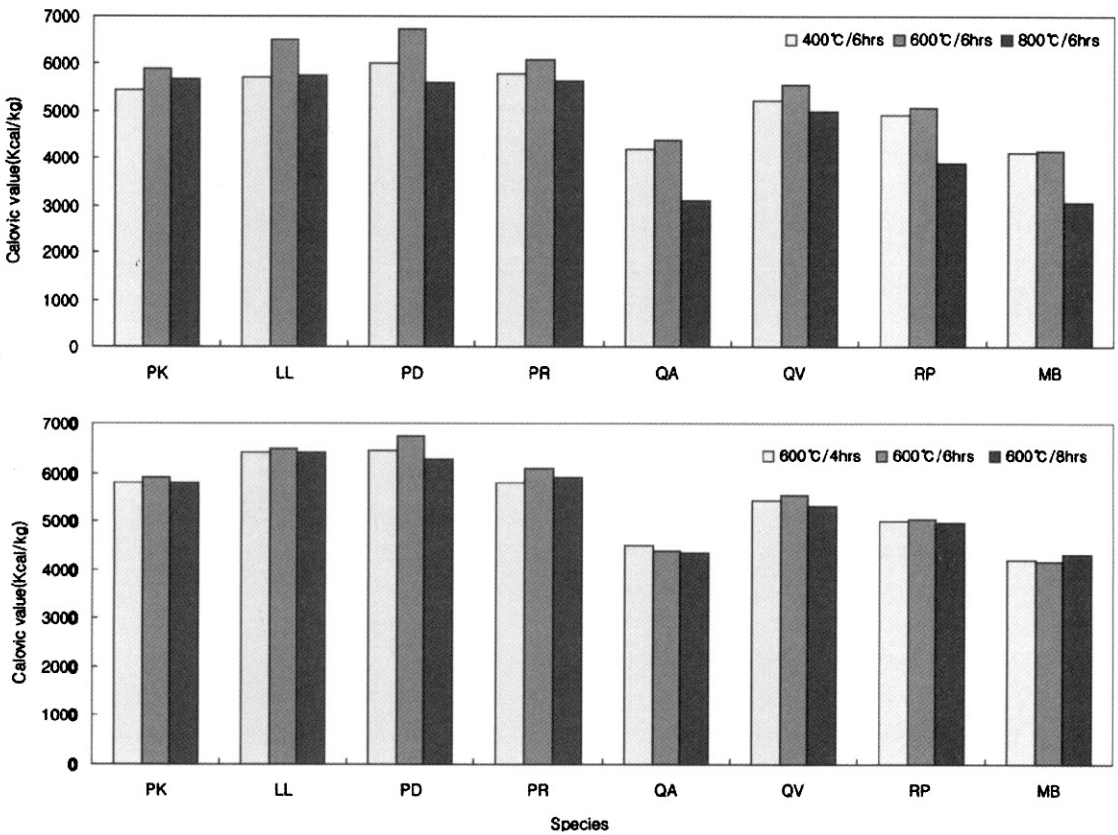


Fig. 7. Caloric value for carbonized barks at each temperatures and hours. See abbreviations in Table 1.

측정한 것으로 초기 보수량이 시료무게의 약 2.5~4 배였고, 수분은 두 경우 모두 약 48시간에 걸쳐 평형 상태로 되었다. 초기보수성은 활엽수종인 굴참나무, 갈참나무, 아까시나무 수피탄화물이 침엽수종인 잣나무, 낙엽송, 소나무, 리기다소나무 수피탄화물에 비해 높은 보수량을 나타냈고, 혼합수피탄화물이 가장 낮은 보수량을 나타냈다. 혼합수피탄화물이 낮은 보수량을 보인 것은 혼합수피가 생성되는 여러 공정에서 이물질이 혼합되었기 때문이라 생각된다. 본 논문에는 나타나지 않았지만 탄화온도와 시간의 조건에 따른 차이는 그다지 크지 않는 것으로 나타났다. 공동(1999, 2000)의 목탄의 보수성에 의하면 탄화온도와 탄화시간의 조건에 따른 영향이 없으며, 초기 보수성이 수피탄화물이 목탄보다 2.5~3배, 목질재료탄보다 2~2.5배 높으며, 평형상태의 도달시간도 목탄, 목질재료탄 모두 12~24시간으로 수피탄화물의 48시간보다 훨씬 빨랐다. 따라서 수피탄화물을 토양개량제로의 이용 시 목탄보다 우수할 것으로 생각된다.

### 3.8. 발열량

Fig. 7은 수피를 탄화온도에 따른(400°C, 600°C, 800°C에서 6시간 탄화) 수피탄화물의 발열량과, 탄화시간에 따른(탄화온도 600°C에서 4시간, 6시간, 8시간 탄화) 수피탄화물의 발열량을 나타낸 것이다. 온도 간에는 Fig에서 볼 수 있는 것과 같이 대부분 600°C 온도에서 가장 높은 발열량을 나타냈는데 이는 탄화온도 400°C, 600°C, 800°C의 4시간, 8시간에서도 같은 경향을 나타냈다. 수피 간에는 침엽수 수피탄화물이 활엽수 수피탄화물보다 높은 발열량을 나타내는 경향을 보였다. 활엽수 수피탄화물 중에도 굴참나무 수피가 가장 낮게 나타났는데 이는 굴참나무 수피는 대부분 비중이 낮은 코르크질로 되어있기 때문으로 생각한다. 탄화시간 간에는 Fig.에서 볼 수 있듯이 탄화시간이 길어질수록 모든 수피탄화물 및 혼합수피탄화물에서 발열량에 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 발열량은 탄화온도에는 영향을 받으나 탄화시간에는 그리 영향이 없는 것으로 사료된다. 본 연구의 침엽수 수피탄화물의 발열량은 평균 6500 kcal/kg으

로 정(1985)의 침엽수 수피의 발열량 5133~5504 kcal/kg 범위에 비해 높은 값을 나타냈으며, 서(2003)의 목탄의 발열량 7437~8093 kcal/kg보다는 낮게 나타났다.

## 4. 결 론

수피의 탄화이용을 위한 제탄기술 확립과 이 수피탄화물을 탄화물로서의 이용 가능성을 알아보기 위해 탄화수율, 공업분석, 메틸렌블루흡착량, 흡습성, 원적외선방사율, 수소이온농도, 보수량 및 발열량의 특성을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 탄화 수율은 탄화온도가 높아지고, 탄화시간이 길어짐에 따라서 수율은 감소하였으며, 수율에는 탄화온도의 영향이 큰 것으로 나타났다. 탄화온도에 따른 고정탄소는 중간온도인 600°C에서 높은 경향을 나타냈고, 침엽수 수피탄화물이 활엽수 수피탄화물보다 대체로 높게 나타났다.

2) 메틸렌블루흡착량(MBA)은 탄화온도가 높아지고, 탄화시간이 길어짐에 따라 증가하는 경향을 보였고, 탄화시간보다는 탄화온도에 영향을 받아 800°C에서 급속히 상승하였다. 800°C, 8시간에서 낙엽송, 잣나무, 리기다소나무 수피탄화물들은 110 mg/g 이상의 값을 나타냈다.

3) 흡습성은 굴참나무 수피탄화물을 제외한 나머지 수종들은 차이가 없었으며, 목재 탄화물과 비슷한 흡습량을 나타냈다.

4) 원적외선방사율은 탄화온도 간에는 600°C 온도에서 가장 높게 나타났고, 탄화시간에 따른 경향은 보이지 않았다. 수종 간에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

5) 수소이온농도는 탄화온도가 높을수록 높은 값을 나타냈으나, 탄화시간에 따라서는 차이가 없는 것으로 나타났다. 수피탄화물의 수소이온농도는 400°C, 4시간의 경우 pH 6.6, 600°C와 800°C는 pH 9를 나타냈다. 수종 간에는 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

6) 보수성은 초기 보수량이 시료무게의 약 2.5~4 배였고, 48시간 후 평형상태로 되었다.

7) 발열량은 탄화온도 간에는 대부분 600°C 온도에서 가장 높은 발열량을 나타냈고, 탄화시간 간에는 차

이가 없는 것으로 나타났다. 침엽수 수피탄화물의 발열량은 평균 6500 kcal/kg이고, 침엽수 수피탄화물이 활엽수 수피탄화물보다 높은 경향을 나타냈다.

이상 수피탄의 메틸렌블루흡착능, 조습능, 원적외선방사능, pH 및 수분보수능 등의 결과로부터 수피는 탄화물로서의 이용이 가능하고, 탄화온도와 시간만 고려하면 목탄에 버금가는 환경정화재료, 건강재료 및 녹화재료로 충분히 이용 가능할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. 공석우, 김병로. 2002. 국산 주요 수종 및 목질재료 탄화물의 흡착 특성, 목재공학 30(4): 33~40.
2. 공석우, 김병로. 2000. 미이용 목질 폐잔재의 탄화 이용 개발(II), 목재공학 28(2): 57~65.
3. 공석우, 김병로. 1999. 미이용 목질 폐잔재의 탄화 이용 개발(I), 목재공학 27(2): 70~77.
4. 김영중, 김병로. 2003. 목재탄화물의 원적외선방사에너지에 관한 연구. 충북대학교. 졸업논문집.
5. 임업연구원. 2000. 폐목재의 수집체계 개선 및 재활용 촉진 방안. pp 3~257.
6. 산림청. 2000. 임업통계요람.
7. 서종현, 김병로. 2003. 목재탄화물의 발열량에 관한 연구. 충북대학교. 졸업논문집.
8. 정대성, 김병로, 민두식 등. 1985. 침엽수재 수피의 물성. 한국임학회지 71: 59~65.
9. 목재 탄화성분 다용도 이용 기술 연구조합 편. 1998. 목탄과 목초액의 신용도 개발연구 성과집, pp 99~105.
10. 深澤和三. 1992. 木炭の秘めたパワー. 北海道地域振興センター. pp 51~66.
11. Kitamura, T., S. Maatsumoto, and H. Katayama. 1999. The effect of carbonizing condions on the properties of charcoal absorbent from cryptmeria. Mokuzai Gakkaishi 45(2): 171~177.