

졸가시나무 탄화물 분석*¹

신수정*² · 김병로*^{2†}

Analysis of Charcoal from *Quercus phillyraeoides**¹

Soo-Jeong Shin*² · Byung-Ro Kim*^{2†}

요약

졸가시나무 탄화물에 대해 주요 기능 특성을 규명하였다. 졸가시나무 탄화물을 지금까지 보고된 탄화물들과 비교해 보면, 고정탄소율 85% 이상이었고, 비중은 1.0 이상으로 다른 상업용 흑탄이나 백탄보다 높은 경향을 나타냈다. MBA (0.73 mg/g), 흡습성 및 수소이온농도는 낮은 경향이었고, 발열량은 비슷한 경향을 보였고, 원적외선 방사율은 높은 경향을 나타냈다. 따라서 졸가시나무 탄화물의 기능성을 이용한 사용 시는 기능 성질에 따른 선택적 사용이 필요할 것으로 생각한다.

ABSTRACT

In this work, charcoal making characteristics of *Quercus phillyraeoides* (which has been known as one of best raw materials for charcoals) was investigated. Charcoal from *Quercus phillyraeoides* had more than 85% of fixed carbon, which is 5~25% higher fixed carbon content than other charcoals. Also specific gravity of this charcoal was more than 1.0, which is quite higher than other black charcoals (average of commercial products: 0.52) or white charcoals (average of commercial products: 0.73). Methylene blue adsorption, pH, and adsorption of water vapour was lower than other commercial charcoals. Carolic value of this charcoal was similar to other commercial products. Far infrared ray's emission from this charcoal was higher than others. Application of charcoal from *Quercus phillyraeoides* should be consider the characteristics of this product.

Keywords: *Quercus phillyraeoides*, fixed carbon, specific gravity, adsorption of methyl enebule, far infrared ray's emission, caloric value

*¹ 접수 2013년 2월 28일, 채택 2013년 5월 21일

*² 충북대학교 목재·종이과학과, Department of Wood and Paper Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

† 교신저자(corresponding author) : 김병로(e-mail: brkim@cbnu.ac.kr)

1. 서 론

목탄은 목재를 탄화하여 나무의 구성 요소인 셀룰로오스와 리그닌 등의 성분을 열분해시켜 생성된 물질로서, 최근 목탄(炭)은 음식조리용 연료로서의 우수성, 인체친화적 및 환경친화적인 재료로서의 우수성이 인식되면서 최근 이용이 증가하고 있다. 이러한 우수성의 요인에는 목탄이 원적외선을 방출하고, 고정탄소율이 80~90%로 높고, pH가 8~9로 고알칼리성이고, 다양한 미네랄 성분을 함유하고 있으며 또한 비표면적이 200~400 m²/g 정도인 다공성 물질로 흡착성, 통기성, 보수성, 배기성 등이 높기 때문인 것으로 알려져 있다. 따라서 최근 목탄은 조리용 고급연료, 주거환경 개선제, 수질 정화제, 토양 개량제 등 다양한 분야에서 사용되어지고 있다(구, 2003; 岸本, 1991; 石原, 1996; Pulido 등, 2001). 특히 목탄은 전통적인 이용방법인 조리용 연료로서 다른 조리용 연료에 비해 연소 시 원적외선의 방사로 요리를 더욱 맛있게 만드는 효과가 있어 조리용 연료로도 재평가되고 있다(이 등, 2011; 이 등, 2012).

목탄의 원료수종은 주로 참나무과인데, 참나무과의 목탄은 비중이 높아 연소시간이 길고, 참나무속 특유의 향이 있어 숯의 원료로 많이 이용되고 있는 것으로 생각된다. 따라서 우리나라에서는 참나무과인 갈참나무나 굴참나무 등이 많이 이용되고 있다. 전 세계적으로 가장 우수한 목탄으로 평가받고 있는 일본의 비장탄도 참나무과인 졸가시나무를 탄화하여 생산된 백탄이다. 이 비장탄이라는 이름은 생산자의 이름에서 유래한 것으로 알려졌다. 이 비장탄은 톱으로도 잘리지 않을 정도의 경도(경도 20)를 가지고 있으며, 무겁고, 착화성(450℃ 정도) 및 연소성이 우수한 것으로 알려져 있다(岸本, 1994). 졸가시나무는 일본뿐 아니라 중국 등지에서 분포하며, 우리나라에는 남쪽지방에 많이 식재되어 있다.

따라서 본 연구에서는 세계적으로 우수한 탄화물로 알려진 졸가시나무 탄화물에 대해 주요 기능성을 분석하여, 기능 특성을 규명함과 국내산 탄화물과의 비교를 통해 국내산 탄화물의 품질 향상 방안을 검토하는데 연구의 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재료

본 실험에 사용된 공시재료는 일본에서 자생하는 졸가시나무(*Quercus phillyraeoides*)를 이용하여 생산된 탄화물인 비장탄 2종류(제조회사 다름: A, B로 구분)이다. 이들에 대해 공업분석 및 비중, 메틸렌블루 흡착량, 흡습성, 원적외선 방사율, 수소이온농도 및 발열량을 조사하였다.

2.2. 방법

2.2.1. 공업 분석 및 비중

60 mesh 분말에 대해 공업 분석(KS E 3705 석탄시험법)에 의해 수분, 회분, 휘발분, 고정탄소를 분석하였다. 비중은 액체치환법에 하나인 실린더(cylinder)법을 이용하여 분석하였다.

2.2.2. Methyleneblue 흡착 분석

60 mesh 분말에 대해 메틸렌블루 흡착량(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 메틸렌블루 용액 25 ml를 100 ml 삼각플라스크에 담아서 30분간 교반하였다. 교반한 시료를 여과하여 파장 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 MBA 흡착량으로 하였다.

2.2.3. 흡습성 분석

60 mesh 분말 1 g에 대해 향은 향습기(Dasol science, DS-541)에서 온도 20℃, 관계습도(RH) 90%, 65% 및 25%의 조건에서 흡습성을 조사하였다.

2.2.4. 원적외선 방사율 분석

원적외선 감지기(BIO-RED, FIM-6001)에 60 mesh

Table 1. Proximate analysis and of *Quercus phillyraeoides* carbonized

Species	MC (%)	Ash (%)	Volatile matter (%)	Fixed carbon (%)	Specific gravity
<i>Quercus phillyraeoides</i> (A)	2.78	3.60	7.65	85.97	1.04
<i>Quercus phillyraeoides</i> (B)	4.28	3.74	5.67	86.31	1.17

의 분말시료 0.2 g을 시료용기로 넣고 챔버에 밀어 넣은 후 시료의 표면이 챔버의 중앙에 위치해 놓고, 측정 수치계와 측정기의 전원을 켜고 온도의 조건을 40℃로 설정하였다. 온도부가 설정해 놓은 온도와 일치한 후 20~25분경과 후 방사에너지양을 얻은 후 흑체의 방사에너지양(415)과 비교해 원적외선 방사율로 하였다.

2.2.5. 수소이온농도 분석

수소이온농도는 활성탄 시험법(JIS K 1470)에 따라 60 mesh 분말 시료 1.0 g(진건 중량환산)을 200 ml 삼각 플라스크에 넣고 물 100 ml를 첨가하여 5분간 끓인 후 상온까지 냉각하였다. 그후 물을 첨가하여 100 ml로 만든 후, 수소이온농도를 측정하였다.

2.2.6. 발열량 분석

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

3. 결과 및 고찰

3.1. 공업 분석 및 비중

탄화물의 공업 분석은 탄화물로서의 이용가능성을 알아보기 위한 기본 자료라 할 수 있다. 줄가시나무 탄화물의 공업 분석 및 비중을 Table 1에 나타냈다. 줄가시나무 탄화물의 공업 분석치는 탄화물 A가 수분 2.78%, 회분 3.69%, 회발분 7.65% 및 고정탄소가 85.97%, 탄화물 B가 수분 3.28%, 회분 3.74%, 회발분 5.67% 및 고정탄소가 87.31%로 나타났으며, 이들 간에는 그리 큰 차이를 나타내지 않았다. 지금까지 보고된

주요 탄화물의 공업 분석을 보면 김과 공(1999)은 갈참나무, 굴참나무에 대해 실험실 전기로에서 탄화한 탄화물의 고정탄소는 각각 80.35%, 80.49%라고 발표하였고, 이와 김(2011)은 상수리나무, 줄참나무나무에 대해 실험실 전기로에서 탄화한 탄화물의 고정탄소는 각각 79.3%, 80.2%라고 발표하였고, 이와 김(2010, a)은 일본 전통 탄화가마에서 생산되어 시판되는 금번 줄가시나무 탄화물과 같이 우리나라 전통 탄화가마에서 생산되어 시판되는 참나무 흑탄과 백탄의 공업 분석을 조사한 결과 흑탄은 평균 61.0%, 백탄은 79.3%로 조사되었다고 보고하였다. 이 등(2012)은 국산 불가시나무에 대해 실험실 전기로에서 탄화한 탄화물의 고정탄소는 78%로 보고하였다. 따라서 줄가시나무 탄화물의 고정탄소가 국내 시판 참나무 탄화물 및 실험실에서 온도와 시간에 따라 제조된 탄화물 보다 높은 고정탄소율을 나타낸 것을 알 수 있었다.

줄가시나무 탄화물의 비중은 탄화물 A가 1.04, 탄화물 B가 1.17로 나타났다. 지금까지 보고된 주요 탄화물의 비중을 보면 김과 공(1999)은 갈참나무, 굴참나무에 대해 실험실 전기로에서 탄화한 탄화물의 비중은 각각 0.55, 0.34라고 발표하였고, 이와 김(2011)은 상수리나무, 줄참나무나무에 대해 실험실 전기로에서 탄화한 탄화물의 비중 각각 0.54, 0.42라고 발표하였고, 이와 김(2010, a)은 우리나라 전통 탄화가마에서 생산되어 시판되는 참나무 흑탄과 백탄의 비중을 조사한 결과 흑탄은 평균 0.52, 백탄은 0.73로 조사되었다고 보고하였다. 줄가시나무 탄화물의 비중은 국내 시판 참나무 탄화물 및 실험실에서 온도와 시간에 따라 제조된 탄화물보다 높은 비중을 나타낸 것을 알 수 있었다. 고정탄소율 및 비중은 탄화정도 및 탄화물질의 바로미터로 높을수록 우수한 탄화물이라고 볼 수 있다.

3.2. 메틸렌블루 흡착량(MBA) 분석

메틸렌블루 흡착량(MBA)은 탄화물이 액상에서의 물질의 흡착성능을 나타내는 것이다. Fig. 1은 졸가시나무 탄화물의 MBA를 나타낸 것이다. 졸가시나무 탄화물의 MBA는 탄화물 A가 0.94 mg/g, 탄화물 B가 0.51 mg/g로, 이들 간에는 차이를 나타냈다. 지금까지 보고된 주요 탄화물의 MBA를 보면 공과 김(2002)은 갈참나무, 굴참나무에 대해 실험실 전기로에서 탄화한 탄화물의 MBA는 탄화온도 800℃ 탄화시간 6시간에서 각각 약 45 mg/g, 약 25 mg/g, 탄화온도 600℃ 탄화시간 6시간에서 각각 약 10 mg/g, 약 5 mg/g라고 발표하였고, 이와 김(2010a)은 일본 전통 탄화가마에서 생산되어 시판되는 금번 졸가시나무 탄화물과 같이 우리나라 전통 탄화가마에서 생산되어 시판되는 참나무 흑탄과 백탄의 MBA를 조사한 결과 흑탄은 평균 0.53~1.97 mg/g, 백탄은 3.55~7.68 mg/g로 조사되었다고 보고하였다. 이 등(2012)은 국산 붉가시나무에 대해 실험실 전기로에서 탄화한 탄화물의 MBA는 탄화온도 400℃에서 2 mg/g, 600℃에서 35 mg/g로 보고하였다. 졸가시나무 탄화물의 MBA가 국내 주요 참나무 탄화물의 MBA보다 낮게 나타난 것은 탄화물의 비중에 의한 것으로 사료된다. 공과 김(2002)은 국산 주요 수종 및 목질재료 탄화물의 흡착 특성에서 비중과 MBA와는 부($y = -131.41 \times 174.1R_2 = 0.7222$)의 상관관계가 있다고 보고 하였다. 졸가시나무 탄화물 A, B의 비중이 각각 1.04, 1.1.7 국산 참나무 탄화물이 약 0.34~0.73 범위로, 국산 참나무 탄화물 비중보다 졸가시나무 탄화물 비중이 높기 때문에 졸가시나무 탄화물의 MBA가 낮은 것으로 생각한다. 또한 졸가시나무 탄화물 간에서 탄화물 B가 탄화물 A보다 낮게 나타난 것도 비중에 의한 것으로 생각한다. 따라서 졸가시나무 탄화물은 흡착물로서의 이용에는 고려해야 할 것으로 생각한다.

3.3. 흡습성 분석

Table 2는 졸가시나무 탄화물의 흡습성을 나타낸 것이다. 탄화물 A, B 모두 관계습도가 높을수록 흡습성이 커졌으며 탄화물 A의 경우 온도 20℃ RH25%에서

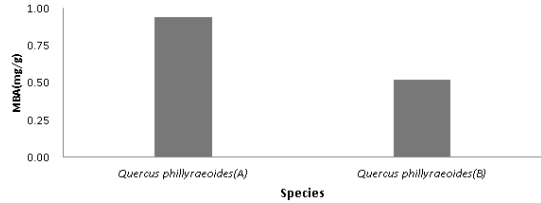


Fig. 1. Amount of MBA of Quercus phillyraeoides carbonized.

Table 2. Equilibrium moisture content of Quercus phillyraeoides arbonized

Species	20℃, RH 25%	20℃, RH 65%	20℃, RH 90%
Quercus phillyraeoides (A)	2.03	3.18	4.08
Quercus phillyraeoides (B)	2.30	3.50	3.65

RH : relative humidity

2.03%, 온도 20℃ RH65%에서 3.18%, 온도 20℃ RH90%에서 4.08%, 탄화물 B의 경우 온도 20℃ RH25%에서 2.30%, 온도 20℃ RH65%에서 3.50%, 온도 20℃ RH90%에서 3.65%로 나타났다. 이들 간에는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 공과 김(2000)은 국산 주요 수종에 대해 실험실 전기로에서 탄화한 탄화물의 흡습성은 온도 20℃ RH30%에서 1.69~2.81%, 온도 20℃ RH65%에서 6.84~7.61%, 온도 20℃ RH90%에서 9.40~24.42% 범위를 나타냈고, 이와 김(2010a)은 국내시판용 참나무 탄화물의 흡습성에 대해 온도 20℃ RH25%에서 흑탄이 4.8~7.9%범위 백탄이 10.8~14.8% 범위, 온도 20℃, RH65%에서 흑탄이 5.5~9.1%범위 백탄이 11.7~16.3% 범위, 온도 20℃, RH100%에서 흑탄이 9.5~15.4% 범위 백탄이 16.3~23.0% 범위로 나타났다. 이 등(2012)은 붉가시나무에 대해 실험실 전기로에서 탄화한 탄화물의 흡습성은 20℃ RH20%에서 4.60%, 온도 20℃ RH65%에서 6.15%, 온도 20℃ RH90%에서 7.97%를 나타냈다. 졸가시나무 탄화물의 흡습성은 지금까지 보고된 탄화물의 흡습성보다는 작은 값을 나타내었다.

3.4. 원적외선 방사율 분석

Fig. 2는 졸가시나무 탄화물의 원적외선 방사율을 나타낸 것이다. 졸가시나무 탄화물의 원적외선 방사율은 탄화물 A가 91%, 탄화물 B가 90%로, 이들 간에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 지금까지 보고된 주요 탄화물의 원적외선 방사율을 보면 이와 김(2011)은 굴참나무, 상수리나무에 대해 실험실 전기로에서 탄화한 탄화물의 원적외선 방사율은 약 90%라고 발표하였고, 이와 김(2010b)은 금번 졸가시나무 탄화물과 같이 우리나라 전통 탄화가마에서 생산되어 시판되는 참나무 흑탄과 백탄의 원적외선 방사율을 조사한 결과 흑탄은 평균 89%, 백탄은 87%로 조사되었다고 보고하였다. 이 등(2012)은 국산 붉가시나무에 대해 실험실 전기로에서 탄화한 탄화물의 원적외선 방사율은 평균 73~83% 범위로 나타났다고 보고하였다. 졸가시나무 탄화물의 원적외선 방사율은 지금까지 보고된 탄화물의 원적외선 방사율보다는 높은 것으로 나타났다. 원적외선이란 전자파의 일종으로서 적외선 중 파장이 긴 것을 말하며 잘 흡수되는 성질이 있어 피부 깊숙이 침투하여 열을 만들어내는 것으로 구(2003)는 이 열작용을 통해 각종 질병이 되는 세균을 없애 주며 혈액순환 및 세포조직 생성, 노화 방지, 신진대사 촉진, 만성피로등 각종 성인병 예방에 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 졸가시나무 탄화물은 원적외선을 활용한 이용에 좋을 것으로 생각된다.

3.5 수소이온농도 분석

Fig. 3은 졸가시나무 탄화물의 수소이온농도를 나타낸 것이다. 졸가시나무 탄화물의 수소이온농도는 탄화물 A가 pH 8, 탄화물 B가 pH 7.2, 이들 간에는 약간의 차이를 나타냈다. 지금까지 보고된 주요 탄화물의 수소이온농도를 보면 김과 공(1999)은 갈참나무, 굴참나무에 대해 실험실 전기로에서 탄화한 탄화물의 수소이온농도는 탄화온도 400℃에서 약 pH 7.5를 800℃에서 약 pH 10을 나타냈다고 하였다. 이 등(2012)은 국산 붉가시나무에 대해 실험실 전기로에서 탄화한 탄화물의 수소이온농도는 탄화온도 400℃에

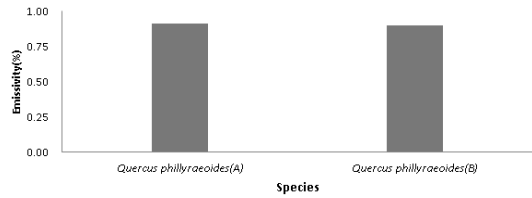


Fig. 2. Far infrared ray's emission energy of *Quercus phillyraeoides* carbonized.

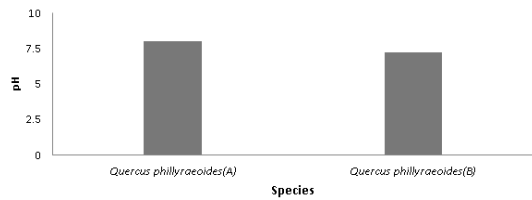


Fig. 3. pH of *Quercus phillyraeoides* carbonized.

서 약 pH 8.2를 600℃에서 약 pH 9를 나타낸다고 하였다. 졸가시나무 탄화물의 수소이온농도가 국내 주요 참나무 탄화물의 수소이온농도보다 낮게 나타나는 경향을 보였다. 따라서 졸가시나무 탄화물을 토양개량제로 사용할 수는 있을 것으로 생각되나, 다른 탄화물에 비해서는 우수한 토양개량제라고 볼 수 없을 것으로 생각된다.

3.6. 발열량 분석

Fig. 4는 졸가시나무 탄화물의 발열량을 나타낸 것이다. 졸가시나무 탄화물의 발열량은 탄화물 A가 6,670 cal/g, 탄화물 B가 7,061 cal/g로, 이들 간에는 차이가 있어 탄화물 B가 높은 것으로 나타났다. 지금까지 보고된 주요 탄화물의 발열량을 보면 이와 김(2011)은 참나무과인 굴참나무, 상수리나무, 졸참나무에 대해 실험실 전기로에서 탄화온도 400, 600, 800℃에서 탄화할 경우 600℃에서 가장 높은 발열량을 보였으며 평균 탄화물의 발열량은 약 7,000 cal/g이고, 금번 졸가시나무 탄화물과 같이 우리나라 전통 탄화가마에서 생산되어 시판되는 참나무 흑탄과 백탄의 발열량은 흑탄의 경우 6,073~7,266 cal/g 백탄의 경우 6,678~7,336 cal/g로 조사되었다고 보고하였다. 이 등(2012)은 국산 붉가시나무에 대해 실험실 전기로에서 탄화한 탄화물의

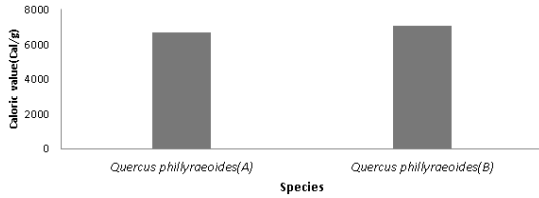


Fig. 4. Caloric value of *Quercus phillyraeoides* carbonized.

발열량은 탄화온도 400°C에서 6,000 cal/g, 600°C에서 10,566 cal/g로 보고하였다. 졸가시나무 탄화물의 발열량은 국내 주요 참나무 탄화물의 발열량과 비슷한 경향을 나타냈다. 졸가시나무 탄화물 A와 B 사이에 탄화물 B가 높게 나타난 것은 탄화물 B의 비중이 높기 때문이라 생각한다.

4. 결 론

졸가시나무 탄화물에 대해 주요 기능 특성 규명과, 국내산 탄화물의 품질 향상 방안의 검토를 위해 졸가시나무 탄화물의 주요 기능을 지금까지 보고된 탄화물들과 비교해 분석한 결과는 다음과 같다. 고정탄소율은 약 85% 이상으로 높은 경향을, 비중은 약 1.0 이상으로 높은 경향을 나타냈다. MBA는 약 0.73 mg/g으로 낮은 경향을 나타냈다. 흡습성은 낮은 경향을 나타냈다. 원적외선 방사율은 높은 경향을 나타냈다. 수소이온농도는 낮은 경향을 나타냈다. 발열량은 비슷한 경향을 나타냈다. 따라서 졸가시나무 탄화물의 기능성을 이용한 사용 시는 기능 성질에 따른 선택적 사용이 필요할 것으로 생각한다.

사 사

이 논문은 2011년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

1. Pulido-Novicio L., T. Hata, Y. Kurimoto, S. Doi, S. Ishihara, and Y. Imamura. 2001. Adsorption capacities and related characteristics of wood charcoals carbonized using a one-step or two-step process. *J. Wood Sic.* 47: 48~57.
2. 공석우, 김병로. 2000. 미이용 목질잔폐재의 탄화 이용 개발(Ⅱ)-수종의 목질재료 탄화와 탄화물의 특성. *목재공학* 28(2): 57~65.
3. 공석우, 김병로. 2002. 국산 주요 수종 및 목질재료 탄화물의 흡착 특성. *목재공학* 30(4): 33~40.
4. 구자운. 2003. 숯과 목초액. *한국숯연구회* 제1집.
5. 김병로, 공석우. 1999. 미이용 목질잔폐재의 탄화 이용 개발(Ⅰ)-수종의 간벌재 탄화와 탄화물의 특성. *목재공학* 27(2): 70~77.
6. 이동영, 고재형, 신수정, 김병로. 2012. 국산 붉가시나무 탄화물 분석. *농업과학연구* 28(1): 17~22.
7. 이동영, 김병로. 2010a. 국내 시판용 목탄의 흡착 특성 (1). *목재공학* 38(1): 27~35.
8. 이동영, 김병로. 2010b. 국내 시판용 목탄의 기능성 분석(2). *목재공학* 38(6): 480~489.
9. 이동영, 김병로. 2011. 목질탄화물(숯)의 기능성 분석. *농업과학연구* 27(3): 173~178.
10. 岸本定吉, 1991. 木炭の新用途とその現況 日本木質成形燃料工業協同組合 p. 160.
11. 岸本定吉, 1994. 木炭の博物誌. 総合科學出版 p. 101.
12. 石原茂久. 1996. 木質係炭素材料素在開發の新しい展開. *木材學會誌* 42(8): 717~723.