

# 거대억새 파티클보드로 제조된 세라믹의 특성<sup>1</sup>

오 승 원<sup>2,†</sup> · 박 희 준<sup>3</sup> · 황 정 우<sup>2</sup>

## Characteristics of Ceramics from *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* Particle Board<sup>1</sup>

Seung-Won Oh<sup>2,†</sup> · Hee-Jun Park<sup>3</sup> · Jung-Woo Hwang<sup>2</sup>

### 요 약

거대억새의 활용방안을 찾기 위하여 거대억새 파티클로 보드를 제조한 후 수지함침율 50%일 때 탄화온도 600~1,200°C별로, 탄화온도 800°C일 때 수지함침율 30~60%별로 탄화하여 세라믹을 제조한 후 물성을 조사하였다. 탄화온도가 증가함에 따라 탄화 후 밀도, 두께감소율, 길이감소율 및 중량감소율도 증가하였다. 수지함침율이 증가함에 따라 탄화 후 밀도, 길이감소율 및 중량 감소율은 증가하였으나 두께감소율은 감소하였다.

### ABSTRACT

For new use development of *miscanthus sinensis* var. *purpurascens*, which investigated properties of ceramics made from different carbonization temperature (600~1,200°C) and percentage of resin impregnation(30~60%) using a *miscanthus* board. As the carbonization temperature increased, the density, thickness shrinkage, linear shrinkage, weight loss were increased. As the percentage of resin impregnation increased, the density, linear shrinkage and weight loss were increased. On the other hand, thickness shrinkage decreased.

**Keywords :** *miscanthus sinensis* var. *purpurascens*, density, thickness shrinkage, linear shrinkage, ceramics

<sup>1</sup> Date Received December 10, 2013, Date Accepted February 20, 2014

<sup>2</sup> 전북대학교 목재응용과학과 Dept. of Wood Science and Technology, Chonbuk National University, 561-756, Chonju, Korea

<sup>3</sup> 전북대학교 생활과학대학, College of Human Ecology, Chonbuk National University, 561-756, Chonju, Korea

<sup>†</sup> 교신저자(corresponding author): 오승원(e-mail: ohsw@jbnu.ac.kr)

## 1. 서 론

가용자원의 고갈과 지구온난화로 인하여 환경 오염에 대한 관심이 높아지고 있는 시점에서 저탄소 녹색 성장에 부응하는 목질 및 비 목질재료의 유효 활용에 대한 대책이 시급한 실정이다.

농촌진흥청은 바이오에너지 국산화를 위해 전국에서 야생억새를 수집해 억새 품종을 개발하고 대량 재배할 계획이다. 그 결과 2009년에는 거대억새 1호와 2011년에는 우람 등 우수 품종을 개발하였고, 억새의 대규모 식재를 위해 2009년에 삼목법 개발과 지하경이용 대량 증식방법 등 재배기술을 개발해 대량증식에 성공하였다(Newswire 2012).

거대억새는 15년 정도 자라는 여러해살이풀로 키가 4 m에 이르고, 1 ha에서 30 ton가량 생산되는 식물로 바이오 에너지상용화 성공을 좌우하는 주요자원이며, 농업분야의 새로운 소득원으로서 가능성이 무한하다(The Farmer Newspaper 2012. 4. 4). 또한 억새는 리그노 셀룰로오스계 재료(lignocellulosic materials)로 광합성 작용으로 대기 중 CO<sub>2</sub>를 흡수하고 O<sub>2</sub>를 방출하며, 이를 각종 건축용 재료 등으로 제조하여 활용할 경우 탄소저장창고로서의 역할을 수행할 수 있을 것이다. 거대억새 (*Miscanthus Sinensis* var. *Purpurascens*)는 리그노 셀룰로오스계 재료로 높은 다공성 저비중 재료이며, 목재와 같이 재생 가능한 자원으로 자원의 이용과 순환의 측면에서 21C 저탄소 녹색성장을 실현하는 매우 가치 있는 자원으로 활용이 가능하다. 또한 액상페놀수지를 이용하여 제조된 억새보드와 분말상 페놀수지로 제조된 보드보다 휨강도는 비슷하였으나 박리강도는 우수하였다(Oh *et al.* 2012). 이러한 장점 때문에 최근에 거대억새의 유효 활용에 대한 연구가 활발히 진행 중이다(Kim *et al.* 2012; Oh *et al.* 2012; Park *et al.* 2012).

따라서 본 연구에서는 거대억새 파티클로 보드를 제조한 다음 수지를 함침하여 탄화하는 과정으로 세라믹화 하여 거대억새를 활용한 친환경 건축 재료로서의 이용가능성을 검토하고자 그 기초 물성을 조사하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

#### 2.1.1 거대억새

보드제조에 사용된 거대억새는 전남 무안 소재 '농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터'로부터 분양받아 시료를 파쇄기를 이용하여 파쇄 하였으며, 보드 제조 시 시료의 균일함을 위하여 입자의 크기를 10~20 mesh로 선별하고 함수율은 7% 이하로 조절하였다.

#### 2.1.2 수지

거대억새 보드 제조를 위하여 분말상 페놀수지(코오롱유화(주), KNB-100PL)를 함침을 위해서는 액상 페놀수지(코오롱유화(주), KPD-L777)을 사용하였으며, 각 수지의 특성은 Table 1과 같다.

### 2.2 보드제조

보드를 제조하기 위하여 균일하게 선별된 거대억새 파티클에 분말상 페놀수지를 충분히 혼합한 후 열압기의 열판 위에 있는 스테인레스 정방형 몰드 속에 넣고 시료상부의 높이를 일정하게 조절한 후 열압 성형하여 260 × 260 × 14 mm의 보드를 제조하였다. 보드 제조 조건은 밀도를 0.6 g/cm<sup>3</sup>로 고정하고 접착제 첨가량을 10%로 고정하여 보드를 제조하였다. 이때 열압온도는 190°C, 가압압력은 40 kgf/cm<sup>2</sup> → 30 kgf/cm<sup>2</sup> → 20 kgf/cm<sup>2</sup> (3단가압), 가압시간 3분 → 2분 → 1분(3단 가압시간)으로 하였다. 열압과정에서 보드의 두께를 일정하게 하기 위하여 스톱바(stop bar)를 사용하였으며, 열에 의한 보드의 상·하면과 열판의 부착을 방지하기 위하여 테프론 판을 사용하였다.

### 2.3 함침 및 세라믹 제조

거대억새 보드를 120 × 120 × 14 mm 크기로 절단한 다음 액상 페놀수지(코오롱유화(주), KPD-L777)가 들어있는 감압 함침장치에 넣고 1기압에서

**Table 1.** Characteristics of phenol-formaldehyde resin for the test

Items	Resin types	Powder resin (Novolak type)	Liquid resin (Resol type)
Solid content (%)		99	51-53
Melting point (°C)		80~95	
Specific gravity		-	1.06
Gelation time (sec.)		80~120	80-95
Plate flow (mm)		30~35	
Viscosity (cps)		-	45-65

함침율을 30~60%로 조절하여 함침하였다. 함침 후 시료를 건조기에 넣고 60°C에서 10시간 100°C와 135°C에서 각각 8시간씩 건조 및 경화시켰다. 건조한 다음 진공탄화로(KOVAC KSF-200V, 고려진공(주))를 이용하여 함침율 30 ± 2%, 40 ± 2%, 50 ± 2%, 60 ± 2% 별로 800°C에서 탄화하였으며, 함침율 50% ± 2인 시편은 탄화온도 600, 800, 1000, 1200°C에서 탄화하여 세라믹을 제조하였다. 이때 승온온도는 4°C/min였으며, 목표온도에서 2시간 유지한 다음 냉각시켰다.

## 2.4 수지함침율 및 물성 측정

함침보드의 수지함침율은 거대역새보드의 전건 중량에 대하여 주입된 수지량을 백분율로 계산하였으며, 탄화 전 거대역새 함침보드와 탄화 후 세라믹을 조습처리한 후 치수와 중량을 측정하여 탄화온도와 수지함침율에 따른 치수변화, 중량변화 및 밀도를 계산하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 중량 및 밀도 변화

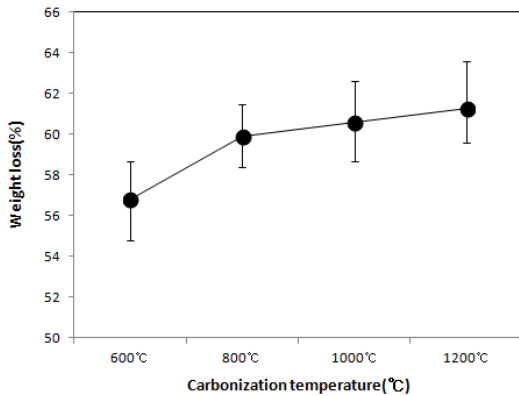
Figs. 1, 2는 거대역새로 제조된 보드의 수지함침 후와 탄화하여 세라믹을 만든 후 무게를 측정하여 중량 감소율을 평균값으로 나타낸 것이다. 탄화온도에 따른 중량감소율은 Fig. 1과 같이 전체적으로

55% 이상이였으며, 탄화온도 600°C일 때 56.8%, 1,200°C일 때 61.3%로 탄화온도가 높을수록 중량감소율은 증가하였다. Oh and Byeon(2002)은 MDF로 제조된 우드세라믹의 탄화온도별 물성조사에서 탄화온도 500°C일 때 중량감소율은 59.9%, 1000°C일 때는 65.3%로 증가하였다고 밝힌 바 있다. 또한 Oh *et al.*(2005)도 톱밥과 왕겨로 제조된 물성에서 수지함침율이 50%일 때 탄화온도 600°C의 중량 감소율은 52.0%, 1200°C에서는 56.7%로 탄화온도가 증가할수록 중량감소율도 증가한다고 하였다. 이는 탄화과정에서 탄소화에 의한 구조변화로 인하여 중량의 변화가 생긴 것으로 판단된다(Okabe 1996).

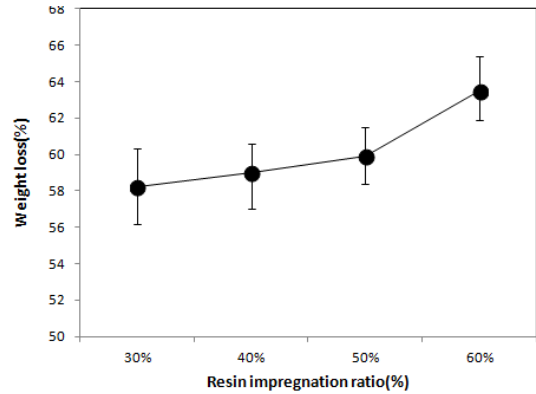
탄화온도 800°C에서 수지함침율별 중량감소율 변화를 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 수지함침율 30 ± 2%일 때 58.2%, 60 ± 2%일 때 63.5%로 수지함침율이 높을수록 탄화 후 중량감소가 많은 것으로 나타났다.

Figs. 3, 4는 거대역새로 제조된 세라믹의 탄화 전, 후의 밀도 변화를 나타낸 것이다. 수지함침율이 50 ± 2%로 일정할 때 탄화온도에 따른 밀도는 Fig. 3과 같이 탄화온도 600°C일 때 0.52 g/cm<sup>3</sup>, 1,000°C일 때 0.60 g/cm<sup>3</sup>, 1,200°C일 때 0.62 g/cm<sup>3</sup>로 탄화온도가 높을수록 밀도도 증가하였다.

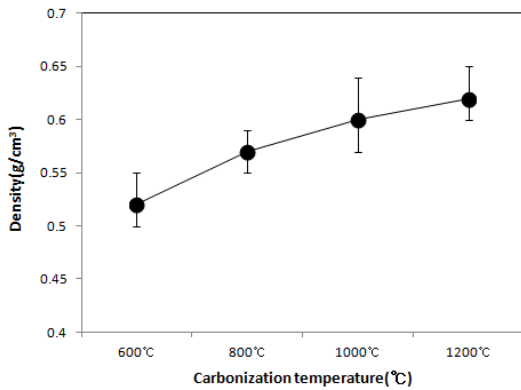
Okabe(1996)는 수지함침율 68.9%인 MDF의 탄화온도에 따른 밀도조사에서 탄화온도 500°C일 때 0.70 g/cm<sup>3</sup>, 800°C에서 0.85 g/cm<sup>3</sup>로 증가하다가 1000°C에서는 0.80 g/cm<sup>3</sup>로 감소한다고 하였고, Oh and Piao(2004)은 소나무 간벌재로 제조된 우드세



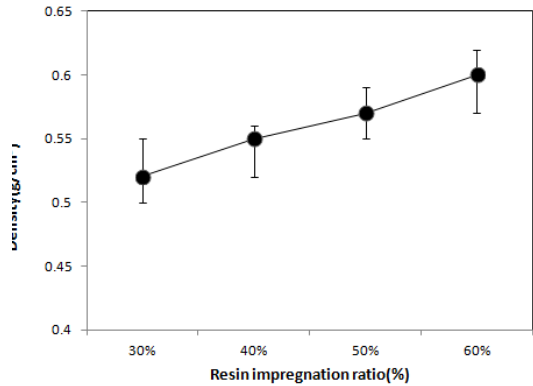
**Fig. 1.** Relationship between carbonization temperature and weight loss of ceramic. (resin impregnation  $50 \pm 2\%$ )



**Fig. 2.** Relationship between resin impregnation ratio and weight loss of ceramic. (carbonization temperature  $800^\circ\text{C}$ )



**Fig. 3.** Relationship between carbonization temperature and density of ceramic. (resin impregnation  $50 \pm 2\%$ )



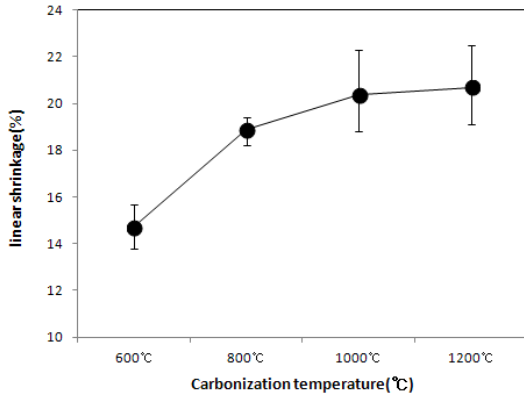
**Fig. 4.** Relationship between resin impregnation ratio and density of ceramic. (carbonization temperature  $800^\circ\text{C}$ )

라믹의 밀도는 탄화온도  $600^\circ\text{C}$ 일 때  $0.75 \text{ g/cm}^3$ ,  $1000^\circ\text{C}$ 에서는  $0.83 \text{ g/cm}^3$ 로 증가하다가  $1200^\circ\text{C}$  이후에는 탄화온도가 높을수록 길이, 두께 등의 치수 감소율에 비하여 상대적으로 중량감소율이 컸기 때문에 밀도는 감소한다고 하였다.

탄화온도  $800^\circ\text{C}$ 에서 수지함침율별 밀도변화는 Fig 4와 같이 수지함침율  $30 \pm 2\%$ 일 때  $0.52 \text{ g/cm}^3$ ,  $50 \pm 2\%$ 일 때  $0.57 \text{ g/cm}^3$ ,  $60 \pm 2\%$ 일 때  $0.60 \text{ g/cm}^3$ 로 수지함침율이 증가할수록 탄화 후 밀도도 증가하였다. 수지함침율이 높을수록 세포 속에 들어있는 많은 양

의 수지가 탄화과정에서 유리질 탄소(glassy carbon)로 변환하여 세포벽을 강화시켜 밀도가 증가된 것으로 판단된다(Okabe and Saito 1995a, 1995b).

Oh and Piao(2004)은 소나무로 제조된 우드세라믹의 밀도는 수지함침율  $40\%$ 일 때  $0.76 \text{ g/cm}^3$ ,  $80\%$ 일 때  $0.83 \text{ g/cm}^3$ 로, Oh *et al.*(2005)은 톱밥·왕겨 혼합세라믹의 밀도는 수지함침율  $40\%$ 일 때  $0.725 \text{ g/cm}^3$ ,  $70\%$ 일 때  $0.84 \text{ g/cm}^3$ 로 수지함침율이 높을수록 탄화 후 밀도도 증가한다고 하였다. 그러나 탄화 후 밀도값에 있어서 본 연구의 밀도값



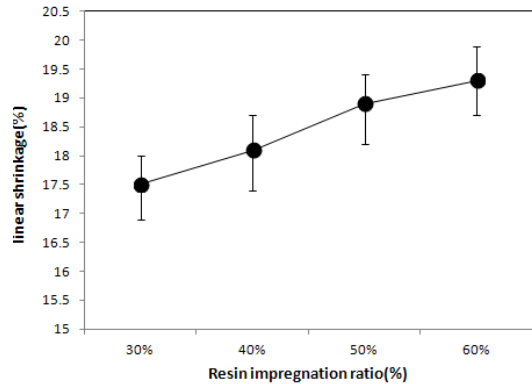
**Fig. 5.** Relationship between carbonization temperature and liner shrinkage of ceramic. (resin impregnation 50 ± 2%)

이 작았는데, 이는 원재료의 차이에 기인된 것으로 판단되어 거대역새의 성분에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

### 3.2 치수변화

Figs. 5, 6은 거대역새로 제조된 보드의 수지함침 후와 탄화하여 세라믹을 만든 후 길이를 측정하여 길이감소율을 평균값으로 나타냈다. 탄화온도에 따른 길이 감소율은 Fig. 5와 같이 탄화온도 600°C일 때 14.7%, 1,200°C일 때 20.7%로 탄화온도가 높을수록 길이감소율은 증가하였다. Oh and Byeon(2002)은 MDF로 제조된 우드세라믹의 탄화온도별 물성조사에서 길이감소율은 탄화온도 500°C일 때 19.4%에서 1000°C일 때 22.5%로 증가한다고 하였으며, 또한 Oh *et al.*(2005)도 톱밥과 왕겨로 제조된 혼합세라믹의 길이감소율은 탄화온도 600°C일 때 17.5%, 1,200°C 일 때 20.8%로 탄화온도가 증가할수록 길이감소율도 증가한다고 하였다.

수지 함침율에 따른 길이 감소율은 Fig. 6과 같이 수지함침율 30 ± 2%일 때 17.5%, 60 ± 2%일 때 19.3%로 수지함침율이 증가할수록 완만히 증가하였다. Oh *et al.*(2005)의 톱밥과 왕겨 혼합세라믹의 수지 함침율에 따른 길이감소율 측정 결과와 같은 경향이었으나, Oh *et al.*(2000b)은 일본 아오모리 산



**Fig. 6.** Relationship between resin impregnation ratio and liner shrinkage of ceramic. (carbonization temperature 800°C)

Hiba wood로 우드세라믹을 만든 후 측정된 길이 감소율 측정에서, Oh and Piao(2004)은 간벌재로 제조된 우드세라믹의 수지함침율에 따른 길이 감소율 측정에서 수지함침율의 증가에 따라 길이감소율이 완만히 감소한다고 보고한 바 있다. 이러한 결과는 측정값의 차이가 적은 것으로 보여 원재료의 물성차이에 기인된 것으로 판단된다.

Figs. 7, 8은 거대 역새보드로 제조된 세라믹의 두께감소율 변화를 나타내었다. 수지함침율 50 ± 2%일 때 탄화온도별 두께 감소율은 Fig. 7에서 보는바와 같이 탄화온도 600°C일 때 22.3%, 1200°C일 때 27.5 %로 탄화온도가 증가함에 따라 약간 증가하였다. Oh and Byeon(2002)은 MDF로 제조된 우드세라믹의 두께감소율은 탄화온도가 500°C에서 1000°C로 증가함에 따라 두께감소율이 26.3%에서 31.6%로 증가한다고 하였으며, Oh and Piao(2004)이 간벌재로 제조된 우드세라믹의 탄화온도별 두께감소율 측정결과, Oh *et al.*(2005)이 톱밥과 왕겨로 제조된 혼합세라믹의 두께감소율은 탄화온도가 높을수록 증가한다는 연구결과와 비슷하였다.

수지함침율에 따른 두께감소율은 Fig. 8과 같이 수지함침율 30 ± 2%일 때 30.7%, 60 ± 2%일 때 24.5%로 수지함침율이 증가할수록 탄화 후 두께감소율은 감소하였다. Oh and Piao(2004)이 간벌재

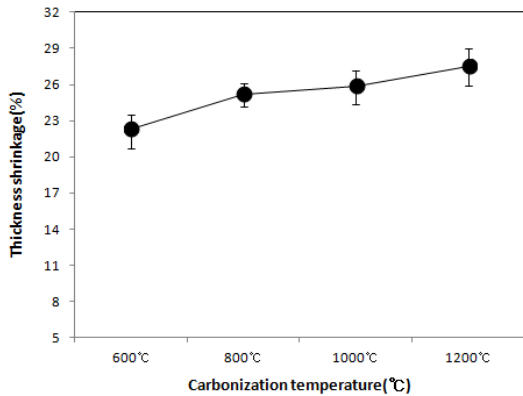


Fig. 7. Relationship between carbonization temperature and thickness shrinkage of ceramic. (resin impregnation 50 ± 2%)

로 제조된 우드세라믹의 수지함침율별 두께감소율 측정 결과 수지함침율 40%일 때 29.9~31.2%, 80%일 때 27.8~28.4%로 완만히 감소한다고 하였으며, Oh *et al.*(2005)도 톱밥·왕겨 혼합세라믹의 두께감소율도 함침율 40%일 때 26.3%에서 70%일 때 23.9로 약간 감소한다고 하였다. 이는 이전의 연구자들 (Oh *et al.* 2000a, 2000b)의 연구결과와 같이 치수 및 중량감소율은 수지함침율이 증가할수록 낮았으며, 탄화온도가 증가할수록 완만히 증가하고 두께감소율이 길이감소율보다 컸다는 연구결과와 유사하였다.

이상의 결과에서 거대역새를 세라믹화한 물질이 일반 목질재료를 세라믹화한 물질과 비슷한 특성을 지니고 있어 온돌마루판의 하부소재, 실내건축 내장재 등 세라믹의 새로운 용도개발을 위한 연구에 충분히 이용가능성이 있을 것으로 사료된다.

#### 4. 결 론

거대역새 파티클로 보드를 제조한 후 탄화하여 세라믹을 제조한 후 탄화온도 및 수지함침율별로 물성을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 탄화온도가 증가함에 따라 탄화 후 밀도, 두께감소율, 길이감소율 및 중량 감소율도 증가하였다.

2) 수지함침율이 증가함에 따라 탄화 후 밀도, 길이감소율 및 중량감소율은 증가하였으나 두께

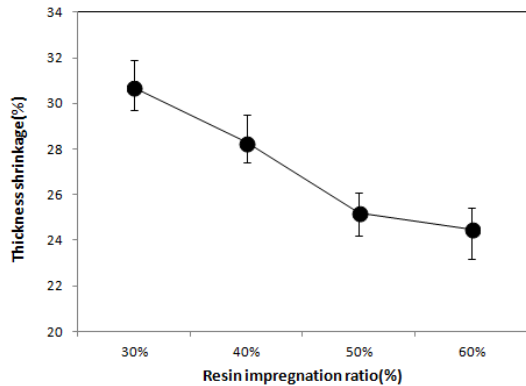


Fig. 8. Relationship between resin impregnation ratio and thickness shrinkage of ceramic. (carbonization temperature 800°C)

감소율은 감소하였다.

#### REFERENCES

- Kim, D.Y., Kim, E.J., Park, H.J. 2012. Characteristics of the vegetation mat Prepared from renewable resources. 2012 Proceedings Of the Korean society of wood science and technology annual meeting : 234~235
- Newswire. 2012. Large-scale cultivation of Miscanthus for bioethanol production.
- Oh, S.W., Byeon, H.S. 2002. Properties of wood-ceramics made from MDF. Mokchae Konghak 30(2): 115~120.
- Oh, S.W., Park, H.J., Hwang, J.W. 2012. Characteristics of board made from Miscanthus sinensis var. purpurascens particles. Journal of Agriculture & Life Science 46(2): 43~48.
- Oh, S.W., Hirose, T. Okabe, T. 2000a. Manufacturing characteristics of woodceramics from thinned small logs(I)-Resin impregnation rate and bending strength- Mokchae Konghak 28(4): 51~55.
- Oh, S.W., Hirose, T. Okabe, T. 2000b. Manufacturing characteristics of woodceramics from thinned small logs(II). -Dimensional change, weight

- change and compressive strength - Mokchae Konghak 28(4): 56~60.
- Oh, S.W., Piao, J.-J. 2004. Properties of woodceramics made from thinned logs( I )-Effect of resin impregnation rate and burning temperature-. Mokchae Konghak 32(1): 72~79.
- Oh, S.W., Piao, J.-J., Jeong, I.S. 2005. Properties of ceramics from a board mixed with sawdust and rice husk-Effect of percentage of resin impregnation and carbonization temperature-. Mokchae Konghak 33(3): 30~37.
- Okabe, T. 1996. Wood-based porous carbon materials Woodceramics. Uchida Rokakuho Publishing Co., LTD. JAPAN.
- Okabe, T., Saito, K. 1995a. Development of woodceramics. Transactions of the Material Research Society of Japan 18: 681~684.
- Okabe, T., Saito, K. 1995b. The examination of the manufacturing method of woodceramics ( I )-Structural changes affected by burning temperature-. International Ecomaterial Conference. Xian. China. P. 1~4.
- Park, H.J., Oh, S.W., Kim, D.Y., Kang C.W., Wen, M.Y. 2012. Properties of Miscanthus-wood particle composite boards. 2012 proceedings of the korean society of wood science and technology annual meeting: 252~253.
- The Farmers Newspaper. 2012. 4. 4 Biofuels made from miscanthus.