

# 목질판상재로 제조된 탄화보드의 흡방습 성능 비교<sup>1</sup>

이 민<sup>2</sup> · 박 상 범<sup>2,†</sup> · 이 상 민<sup>2</sup>

## Comparison of Moisture Absorption/Desorption Properties of Carbonized Boards Made from Wood-Based Panels<sup>1</sup>

Min Lee<sup>2</sup> · Sang-Bum Park<sup>2,†</sup> · Sang-Min Lee<sup>2</sup>

### 요 약

본 연구에서는 중밀도섬유판, 파티클보드, 배향성스트랜드보드, 합판을 이용하여 탄화보드를 제조하고 각각의 흡방습 특성을 살펴보았다. 탄화보드는 600℃에서 2시간 동안 열분해하는 조건으로 제조되었다. 그 결과, 탄화합판, 탄화OSB, 탄화MDF, 탄화파티클보드 순으로 높은 흡방습 성능을 나타내었다. 흡습률 및 방습률은 탄화파티클보드를 제외한 나머지 탄화보드들 간에 큰 차이는 발견하지 못했다. 이것은 목질재료가 탄화됨으로서 탄소로 변환되어 수분을 흡착하는데 높은 능력을 가졌지만 수분이 내부구조로까지의 이동에 있어서는 목재 본래의 구조에 영향을 받는다는 것을 의미한다. 따라서 목재의 구조의 특성을 살려 탄소화 했을 때 높은 흡방습 특성을 가진 탄화보드를 제조할 수 있다.

### ABSTRACT

In this study, the carbonized boards were manufactured from different types of wood-based panel and then their moisture absorption/desorption properties were investigated and compared. The carbonization temperature was maximum 600℃ with 2 h maintains. Test results showed higher absorption/desorption capacity on carbonized plywood than carbonized MDF, PB, and OSB, respectively. However, carbonized MDF, OSB, and plywood had similar absorption/desorption rate per hour. It means carbonized OSB and plywood can transfer moisture into deeper side and then possibly hold more amount of water. Based on SEM images, carbonized OSB and plywood showed more like wood structure, while carbonized MDF and PB had only wood fiber or/and chunk of wood fragments. Therefore, original wood structure may affect moisture absorption/desorption capacity. In order to manufacture high moisture absorbing/desorbing carbonized board, wood structure should be considered and then carbonized.

**Keywords :** carbonized board, wood-based panels, moisture absorption, moisture desorption, humidification

<sup>1</sup> Date Received March 16, 2016, Date Accepted April 23, 2016

<sup>2</sup> 국립산림과학원 임산공학부. Department of Forest Products, National Institute of Forest Science, Seoul, Republic of Korea

<sup>†</sup> 교신저자(Corresponding author): 박상범(e-mail: parksb11@korea.kr)

## 1. 서 론

많은 과학자들은 기후변화의 원인으로 온실가스 중의 하나인 이산화탄소를 지목해왔다. 이에 한국 정부는 유엔 기후변화협약에 따른 세계적 에너지 사용량 감축 정책에 동참하기 위해 온실가스 배출량 감축 목표를 2020년까지 30%, 2030년까지 37%로 설정해 놓고 있다(Chae, 2016). 이러한 감축 목표를 실행함에 있어 국내에서 가장 주목해야 하는 분야가 건축소재일 것으로 판단된다. 목조건축물은 녹색 건축물 중 하나의 예로써 녹색 건축물은 자원의 효율적인 계획, 건설, 운전, 보수, 수리, 해체의 전 과정에 걸쳐 친환경적이고 우수한 에너지 성능을 발휘함과 동시에 유지보수 비용이 적게 소비되는 건축물을 말한다(Kim, 2013). 또한 목조건축물의 주재료이면서 유엔이 인증하는 유일한 탄소흡수원인 나무는 성장하면서 잎, 뿌리, 줄기에 이산화탄소를 흡수 및 저장을 한다. 나무가 가공되어 목재로써 건축재료 및 가구 등의 제품으로 사용될 경우 재료가 분해 또는 연소되기 전까지 수십 년 이상 탄소를 고정·저장하기 때문에 온실가스 감축에 큰 기여를 할 것으로 기대한다(Kim, 2013; IPCC, 2000; Micales and Skog, 1997).

목조건축물에 사용되는 목재는 공기 중의 수분을 흡수 또는 방출하여 적당한 습도를 유지시켜 실내공기질을 향상시킬 뿐 아니라, 시각적 효과로 인해 정서적으로 인간을 안정되게 하여 스트레스를 낮추는 역할을 한다(FP Innovations, 2010). 하지만 목재는 이방성 재료로서 재료로 사용될 때 수분에 의한 영향을 크게 받는다. 따라서 목조건축물의 관리를 소홀히 할 경우, 기둥, 보, 벽, 바닥이 틀어지거나 할렬이 생기고, 이런 틈새를 통해 차가운 공기나 수분이 유입되기 쉽다. 또한 목재의 수분에 대한 특성은 수종에 따라서 그 차이가 심하게 나타난다. 그 원인으로 는 목재를 구성하는 조직과 그 성분의 차이에 의한 것으로 판단되며, 기존의 연구에서 수분에 대한 목재의 수축과 팽창 연구가 수행되었으며, 목재를 건축재료로 사용할 때 중요한 참고자료로 활용이 되고 있다(Lee *et al.*, 2015). 따라서 습도에 의한 영향으로

목조건축물의 수명이 달라지기도 한다.

이와 더불어 최근 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 많은 사람들이 쾌적한 실내를 원하고 있다. 이러한 쾌적한 실내를 구성하는 여러 가지 요인들 중에 습도는 온도와 더불어 중요한 역할을 한다. 사람이 느끼는 쾌적한 습도는 40~60%로 알려져 있다. 여름철처럼 습도가 높으면 곰팡이가 발생하고 진드기가 번식하기 쉬운 환경으로 변한다. 진드기의 사체 등이 실내 공기 중에 떠다니다 인체에 침입하면 알레르기의 원인이 된다. 반면, 겨울철과 같이 습도가 낮으면 인플루엔자 바이러스가 활성화하고 감염되기 쉬운 환경으로 변하게 된다. 또한, 건조에 의해 눈과 코, 피부에 나쁜 영향을 미친다(Cho and Kim, 1990).

최근 국립산림과학원에서는 각종 목질판상제품(MDF, PB, OSB, 합판)을 고온에서 열분해하여 인테리어소재용 탄화보드를 개발하였다(Park *et al.*, 2007). 탄화보드는 숯과 유사한 성질을 가진 판상의 다공질 탄소 집합체로써 폼알데하이드, 휘발성유기화합물(VOCs), 라돈(Radon)과 같은 유해화학물질에 대한 높은 흡착성을 가지고 있다고 보고되었다(Park *et al.*, 2014). 또한, 중밀도섬유판을 400℃와 600℃에서 탄화시킨 보드의 경우 높은 흡방습 성능이 관찰되었다(Lee *et al.*, 2014).

목조건축물을 시공할 경우, 흡습, 결로 등 수분이 염려되는 부위에 탄화보드를 설치하면 자연적인 습도조절이 가능하여 이런 문제점들을 보완해 줄 것으로 판단된다. 본 연구에서는 현재 목질계 건축재료로 가장 널리 사용되는 4종의 목질판상재(중밀도섬유판, 파티클보드, 배향성스트랜드보드, 합판)를 이용하여 탄화보드를 제조하고, 이들 탄화보드의 종류에 따른 흡방습 특성의 차이를 서로 비교해 보고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 탄화보드의 제조

본 실험에서 탄화보드를 제조하기 위해 사용된 원재료는 중밀도섬유판(MDF, 밀도 0.53 g/cm<sup>3</sup>), 파티클보드(PB, 밀도 0.68 g/cm<sup>3</sup>), 배향성스트랜드보드(OSB,

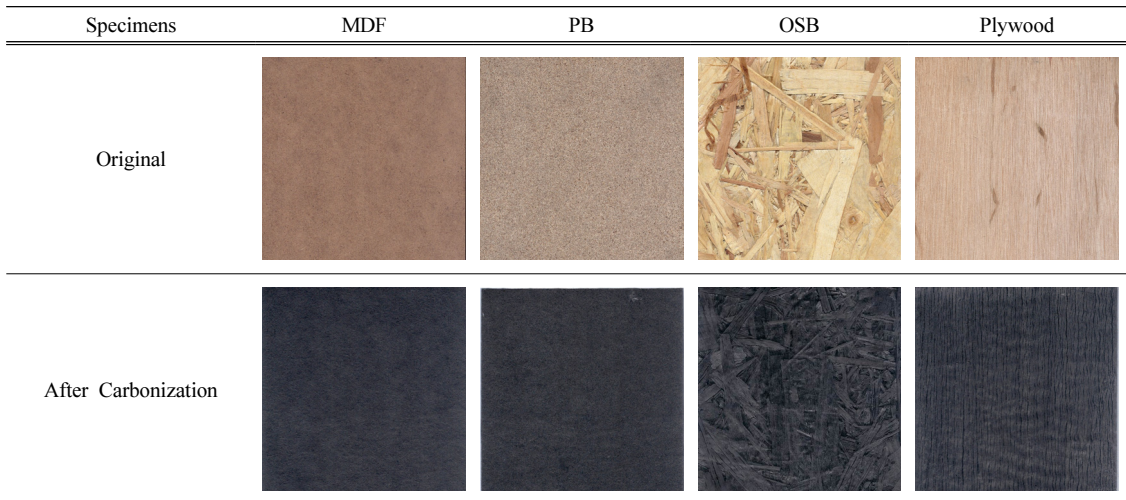


Fig. 1. Surface appearance of carbonized board and its mother materials.

밀도 0.66 g/cm<sup>3</sup>), 합판(밀도 0.56 g/cm<sup>3</sup>)이 사용되었다. 상기 목질판상제품의 주재료는 침엽수재이며 MDF와 PB는 요소·폼알데하이드접착제를 OSB와 합판은 페놀·폼알데하이드접착제를 이용하여 제조된 것이다. 탄화보드 제조는 선행연구 결과에서 가능한 흡방습 성능을 보여준 600℃에서 2시간 동안 열분해하는 조건으로 수행되었다(Lee *et al.*, 2014). 목질판상재의 종류별 탄화 전후의 모습을 Fig. 1에 나타내었다.

## 2.2. 흡방습 성능 실험

준비된 재료의 흡방습 성능은 건축재료의 흡방습성 시험방법-습도 응답법(KS F 2611:2009)에 의거하여 수행되었다. 250 × 250 × 10 mm의 각 재료별 시편을 표면을 제외한 나머지 면을 알루미늄 테이프로 마감하였다. 각 시편당 시료의 수는 3개로 하였으며 시편의 양생은 온도는 23 ± 0.5℃에서 상대습도는 50 ± 1% 이내에서 시편의 향량이 24시간 동안 질량 변화가 0.01 g 이하가 되는 시점까지 실시하였다. 흡방습 시험은 총 2단계로 흡습과정(1단계)과 방습과정(2단계)으로 이루어지며 흡습과정 후 방습과정이 3사이클로 이루어졌다. 본 실험에서 사용된 습도

조건은 중습 영역으로 양생은 50%에서 흡습과정은 75%, 방습과정은 50%에서 이루어진다. 흡습량과 방습량 및 흡방습량 차는 KS F 2611:2009의 시험법에 의거하여 다음 계산식에 따라서 각각 산출하였다.

$$w_a = \frac{m_a - m_0}{A} \dots\dots\dots (\text{식 } 1)$$

$$w_b = \frac{m_a - m_d}{A} \dots\dots\dots (\text{식 } 2)$$

$$w_s = w_a - w_d \dots\dots\dots (\text{식 } 3)$$

$w_a$  : 흡습과정종료시의 흡습량(g/m<sup>2</sup>)

$w_d$  : 방습과정종료시의 방습량(g/m<sup>2</sup>)

$w_s$  : 잔류 수분량(g/m<sup>2</sup>)

$m_a$  : 흡습과정종료시의 시험체의 질량(g)

$m_d$  : 방습과정종료시의 시험체의 질량(g)

$m_0$  : 양생 후의 시험체 질량(g)

$A$  : 흡방습 면적(m<sup>2</sup>)

흡습률 및 방습률은 상기 흡습량 및 방습량의 측정결과에서 1시간 마다 다음 식에 따라 산출한다.

**Table 1.** Surface appearance and moisture absorption/desorption capacity of each specimen

(g/m <sup>2</sup> )	c-MDF	c-PB	c-OSB	c-Plywood
Absorption Capacity	43.0 ± 2.1	29.3 ± 3.3	69.6 ± 2.5	76.6 ± 2.8
Desorption Capacity	42.4 ± 1.3	22.3 ± 2.0	46.7 ± 1.1	64.2 ± 2.5

c-MDF: carbonized medium density fiberboard, c-PB: carbonized particle board, c-OSB: carbonized oriented strand board, c-Plywood: carbonized plywood

**Table 2.** Moisture absorption and desorption rates of different types of carbonized board at first 1 hour

(g/m <sup>2</sup> · h)	c-MDF	c-PB	c-OSB	c-Plywood
Moisture absorption rate	17.93 ± 0.9	7.46 ± 0.7	20.12 ± 1.0	21.79 ± 1.3
Moisture desorption rate	14.75 ± 0.7	7.08 ± 0.7	18.87 ± 0.9	19.67 ± 1.1

c-MDF: carbonized medium density fiberboard, c-PB: carbonized particle board, c-OSB: carbonized oriented strand board, c-Plywood: carbonized plywood

$$G_n = \frac{m_n - m_{n-1}}{\Delta t} \dots\dots\dots (식 4)$$

- $G_n$ : n시점에서 흡습률 및 방습률 [g/(m<sup>2</sup> · h)]
- $m_n$ : n시점에서 시험체의 질량(g)
- $m_{n-1}$ : n-1시점에서 시험체의 질량(g)
- $\Delta t$ : 시간분할(t)

### 2.3. 탄화보드의 형태

탄화보드의 내부 구조를 살펴보기 위해 전자현미경(COX EM-30, COXEM Ltd., Korea)을 이용하여 100~500배의 배율로 5 kV 전압으로 관찰하였다. 각 시료는 골드-팔라듐으로 4 mA, 200초 동안 코팅하여 최종 20 nm의 코팅막을 형성시켰다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 탄화보드의 흡방습 특성

먼저 탄화보드의 재료적인 특성을 살펴보면 원재료인 목질재료는 일반적으로 리그닌, 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스로 구성되고 소량이지만 다양한 종류의 추출성분을 포함하고 있으며, 리그닌은 약 160~300℃, 헤미셀룰로오스는 약 220~315℃, 그리고 셀룰로오스는 약 325~400℃에 열분해 되는 것으로 알려져 있다(Son *et al.*, 2015). 탄화보드는 400℃ 이

상의 고온에서 미량의 산소조건 존재하에서 탄화시켜 제조하는 것으로 본 연구에서는 600℃에서 2시간 동안 열분해과정을 거쳤다. 목질판상재의 목질부분은 대부분 탄소화 되었으며 사용된 접착제 역시 탄소화 되거나 산화되어 검게 변함을 알 수 있었다. 선행연구의 원소분석을 통해 600℃에서 탄화를 한 경우 95% 이상이 탄소가 구성이 되어있음을 확인한 바 있다(Lee *et al.*, 2014). 따라서 제조된 탄화보드는 95% 이상이 탄소에 다양한 헤테로원자(N, O, S 등)들이 분산된 다공질의 구조를 가지게 됨으로써 미세 기공에 의한 물리화학적 흡착에 의해 수분을 흡수하는 특성을 나타내는 것으로 판단된다.

종류별 탄화보드의 흡습량을 비교한 결과, 탄화합판(76.6 g/m<sup>2</sup>), 탄화OSB (69.6 g/m<sup>2</sup>), 탄화MDF (43.0 g/m<sup>2</sup>), 탄화PB (29.3 g/m<sup>2</sup>) 순으로 나타났으며, 방습량 역시 탄화합판(64.2 g/m<sup>2</sup>), 탄화OSB (46.7 g/m<sup>2</sup>), 탄화MDF (43.4 g/m<sup>2</sup>), 탄화PB (22.3 g/m<sup>2</sup>) 순으로 나타났다(Table 1). 흡방습 성능은 표면이 원목의 상태에 가까울수록 우수함이 관찰되었는데, 이는 목질 판상재를 구성하는 소재인 베니어 단판(합판), 플레이트이크(배향성스트랜드보드), 섬유(MDF), 삭편(PB)의 고유 성질과 형상이 반영된 결과라고 판단된다.

종류별 탄화보드의 흡방습 실험 시작 후 최초 1시간 경과 후 흡습률과 방습률을 살펴보면, 흡방습 성능과 같은 순서(탄화합판 > 탄화OSB > 탄화MDF > 탄화PB)의 성능을 나타내었다(Table 2). 하지만 탄화

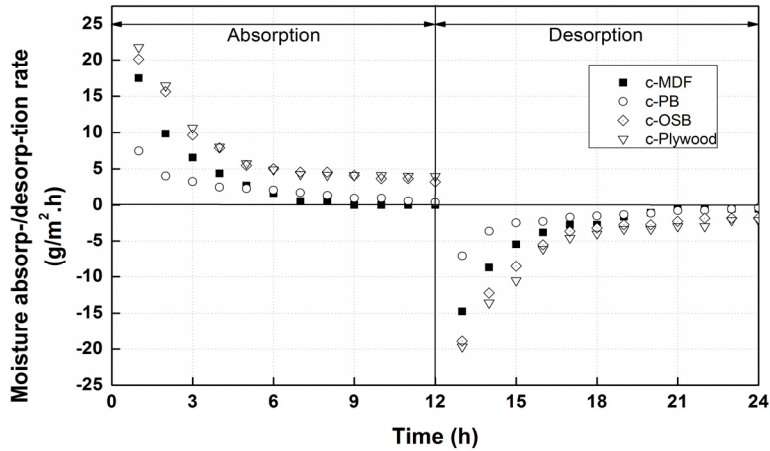


Fig. 2. Moisture absorption and desorption rate of four types of carbonized board.

MDF, 탄화OSB, 탄화합판 간의 흡방습률에 있어 큰 차이를 보이지 않고 있다. 이것은 각 재료별 탄화보드가 시험조건 내에서 흡수 및 발수할 수 있는 능력에 차이를 보여주지만 탄화보드를 구성하고 있는 탄소의 특성에 있어서는 차이가 나타나지 않는 것으로 판단된다. 또한 유사한 흡방습률을 가진 세 가지 탄화보드에서 나타난 흡방습량에 차이는 수분이 탄화보드 내부까지 이동이 용이했기 때문으로 판단된다. MDF의 경우는 목섬유 상태를 유지하여 수분과의 접촉 면적이 넓기 때문에 판단된다. 또한, 가장 낮은 흡방습 성능을 나타낸 탄화PB의 경우, 목재를 파티클로 만드는 과정에서 목재의 조직 구조가 파괴되어 오히려 수분전달에 악영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

탄화MDF와 탄화PB의 경우 12시간의 흡습구간 동안 9시간 이후로 흡습률이 거의  $0 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$ 에 해당하며 흡습성능이 떨어진 반면에 탄화OSB와 탄화합판은 12시간 흡습구간이 끝이 나는 시점까지 흡습성능을 약  $5 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$ 로 유지되는 것을 알 수 있었다 (Fig. 2). 만약 흡습구간의 시간이 길어지면 탄화OSB와 탄화합판의 흡방습량은 더욱 높은 값을 가지게 될 것으로 예상되며, 탄화MDF와 탄화PB의 흡방습량에 차이는 없을 것으로 판단된다.

흡방습량의 차이의 원인을 탄화보드의 미세구조에서 살펴보고자 전자현미경적 관찰을 실시하였다. MDF는 목섬유를 이용하여 만든 목질판상제품으로

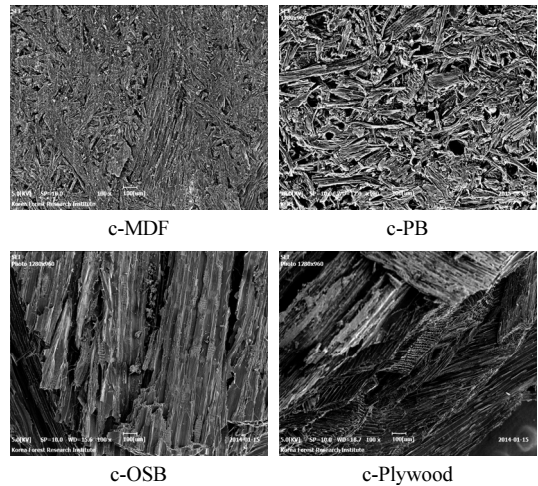


Fig. 3. SEM images of c-MDF, c-PB, c-OSB, and c-Plywood at 100 magnification.

전자주사현미(SEM)으로 관찰하였을 때, 목섬유 가닥들이 보이는 반면, 합판과 OSB는 목섬유가 아닌 목재 원래의 모습을 그대로 간직하고 있었다(Fig. 3). 목질재료의 원료 크기가 작은 목섬유 또는 파티클로 제조된 탄화보드가 높은 흡방습 성능을 보일 것이라는 예상과는 다르게 목재 세포조직의 형태를 유지한 구조가 수분이 흡수가 빨리되는 것은 아마도 본연의 목재의 구조를 가진 채로 탄화됨으로 오히려 표면에서 흡수한 수분이 기존의 가도관과 방사조직을 따라

이동이 용이했으며, 탄화보드 내부까지 수분의 전달 및 고정성이 용이했기 때문에 나타나는 결과로 판단된다. 추후 탄소소재를 이용하여 수분이동이 빠른 재료로 만들고자할 때 단순 탄소의 압착에 의한 방법이 아닌 미세 구조체를 가진 형태로 제작하여야 할 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 목질판상제품들로 탄화보드를 제조하여, 그 흡방습 성능을 비교해 보았다. 그 결과, 원목에 가까운 형태의 소재를 이용하여 제조한 탄화합판과 탄화OSB가 높은 흡방습 성능을 나타내었다. 탄화합판과 탄화OSB는 원목의 형태를 그대로 유지하고 있어 표면에 흡착된 수분을 탄화보드 내부로 빠르게 전달이 가능했기 때문이라고 판단된다. 이러한 탄화보드는 가벼우면서 유해물질 흡착과 수분에 대한 흡방습 성능이 뛰어나고, 또한 판상의 형태를 지니고 있기 때문에 시공이 간편하고 가공성이 좋기 때문에 건물의 벽면, 천정, 바닥 등에 활용이 가능하며 습기에 취약한 부분을 보완해 줄 수 있는 역할을 할 것이다. 또한, 에너지 사용량 감축을 위해 높아지는 건물 기밀도와 목조건축물의 취약한 부분에 습도를 조절하기 위한 천연소재로 탄화보드의 활용이 가능할 것으로 판단된다.

#### REFERENCES

Chae, K.S. 2016. Pilot-scaled field monitoring for CO<sub>2</sub> geological storage to reduce greenhouse gas emission-focusing on -EOR meruap project in Indonesia-. The Magazine of the Korean Society of Civil Engineers 64(1): 14-19.

Cho, S.H., Kim, H. 1990. A review of health effects of relative humidity in office building. The Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine 2(2): 123-133.

FPIinnovations. 2010. A synthesis of research on wood products and greenhouse gas impacts.

Technical report No. TR-19R, ISBN 978-086488-540-1.

IPCC. 2000. Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories, Hayama: Intergovernmental panel on climate change. Technical Support Unit.

Kim, S. M. 2013. Application of wood and wooden architecture in order to save construction energy. Architectural Research 57(4): 13-16.

KS F 2611:2009. 2009. Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of moisture absorption/desorption properties in response to humidity variation.

Lee, M., Park, S.B., Lee, S.M. 2014. Effect of carbonization temperature on hygric performance of carbonized fiberboard. Journal of The Korean Wood Science & Technology 42(5): 615-623.

Lee, M., Park, S.B., Park, S.H., Kim, N.H. 2015. Investigation of moisture absorption and desorption properties for domestic and oversea wood species. Annual meeting of Korea Furniture Society. 65-67.

Micales, J.A., Skog, K.E. 1997. The decomposition of forest products in landfills. International Biodeterioration and Biodegradation. 39(2-3): 145-158.

Park, S.B. 2007. The manufacture method for harmful VOC absorbing carbonized panels from wood-based panels. Korea patent. No. 10-0776545-000.

Park, S.B., Lee, M., Son, D.W., Lee, S.M., Kim, J.I. 2014. Fire performance of carbonized medium density fiberboard manufactured at different temperatures. Journal of Wood Science 60(1): 74-79.

Son, D.W., Seo, H.J., Kang, M.R., Hwang, W.J., Park, S.B., Park, B.S., Oh, J.A. 2015. Combustion characteristics of indoor use wood species. ISBN 978-89-8176-100-4.