

# 리기다소나무 건조 및 열처리 소요에너지 평가

## Evaluation of Energy Consumption for Drying and Heat Treatment of Pitch Pine

박준호<sup>1\*</sup>, 장윤성<sup>1</sup>, 최준원<sup>1</sup>, 최인규<sup>1</sup>, 이진제<sup>1</sup>, 여환명<sup>1</sup>  
 (서울대학교 산림과학부 환경재료과학전공)

### 1. 연구목적

리기다소나무는 산림황폐화 복구를 위해 조림되었으며 2010년 현재 우리나라 산림면적의 7%인 440,000ha를 차지하고 있으며 산림녹화에 이바지하였으나 현대 벌기령에 도달하여 다른 수종으로의 갱신이 이루어지고 있다. 이러한 리기다소나무는 내외장재 및 구조용재로 활용하기 위하여 고온건조와 증공건조 및 열처리를 각각 수행하였으며 이 때의 소요에너지를 평가하였다.

### 2. 연구방법

실험에 사용된 리기다소나무 판재는 30mm×150mm×1,200mm로 제재하였으며 초기함수율은 60%이었으며 표1의 스케줄에 따라서 건조하였다. 리기다소나무 증공재는 직경 140mm, 길이 1,200mm로 제재하였으며 증공의 크기는 80-100mm이었으며 표2의 스케줄에 따라서 건조하였다. 열처리에 사용된 리기다소나무는 50mm×150mm×450mm로 제재하였으며 초기함수율은 30-80%이었으며 열처리 온도 250℃에서 24시간동안 열처리하였다. 함수율 변화를 확인하기 위하여 건조 및 열처리 전후 시편의 무게를 측정하였으며 시편의 무게 변화를 통하여 함수율을 추정하였다.

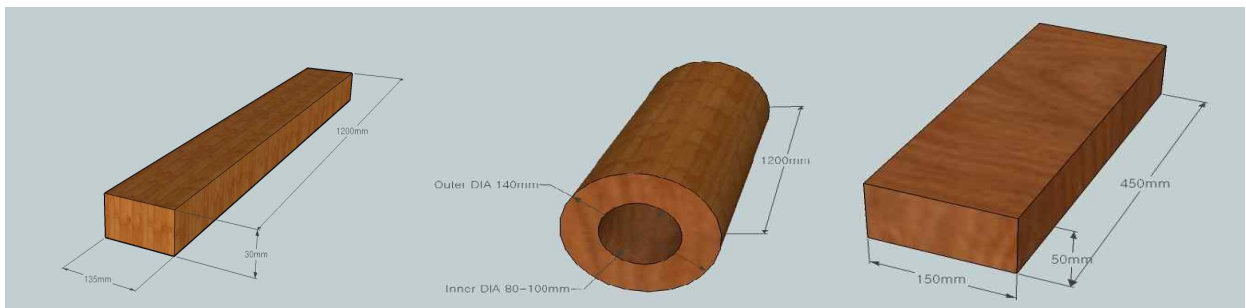


그림 1. 리기다소나무 판재, 증공재 및 열처리재 치수

표 1. 리기다소나무 판재 건조 스케줄

시작시간	종료시간	가동시간	온도(℃)	상대습도(%)
0	8	8	100	75
8	18	10	120	38
18	20	2	110	36
20	22	2	100	34
22	48	26	95	32

표 2. 리기다소나무 증공재 건조 스케줄

시작시간	종료시간	가동시간	온도(℃)	상대습도(%)
0	12	12	80	65
12	24	12	110	30
24	36	6	100	30
36	48	6	95	30

### 3. 결과 및 고찰

표1과 같은 건조스케줄을 통하여 리기다소나무 판재는 그림 2의 그래프와 같이 건조되었으며 최종함수율 14%이었다. 시험편의 수축률은 폭방향 2.96%, 두께방향 2.67%이었으며 길이방향 수축은 미미하였다. 건조에 사용된 총에너지는 129.4kWh였으며 시간당 평균 소요에너지는 2.7kWh/h였다.

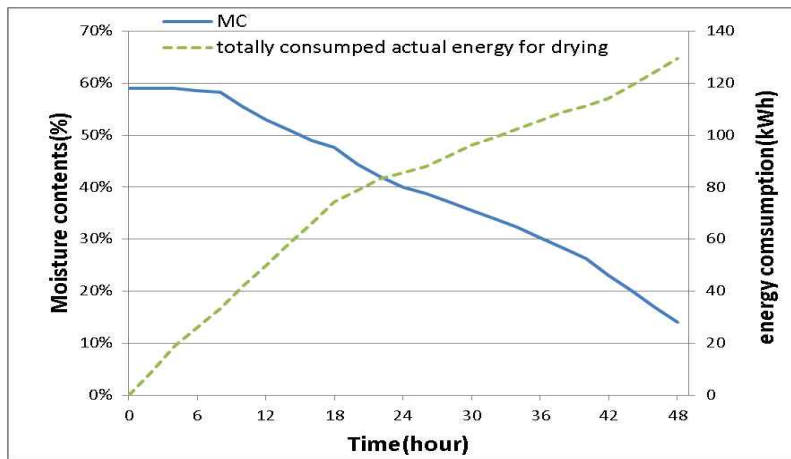


그림 2. 리기다소나무 판재 건조시 함수율 감소 및 소요에너지

리기다소나무 건조 판재 제조시 CO<sub>2</sub> 배출량은 613kg/m<sup>3</sup>이었다. 재재 공정과 대패 공정에서의 CO<sub>2</sub> 배출량은 Bergman 등(2008)의 연구결과를 통하여 구하였으며 각각 35.5kg/m<sup>3</sup>, 14.3kg/m<sup>3</sup>이었다. 건조공정에서의 CO<sub>2</sub> 배출량은 위의 실험결과를 바탕으로 구하였으며 548kg/m<sup>3</sup>이었다. 장흥군에서 서울까지 운송 공정에서의 CO<sub>2</sub> 배출량은 14.9kg/m<sup>3</sup>이었다. 유사한 크기 및 강도성능을 알루미늄판의 제조시 CO<sub>2</sub> 배출량과 비교하였을 때 건조 판재 제조시 배출되는 CO<sub>2</sub>는 약 10%에 불과하였다.

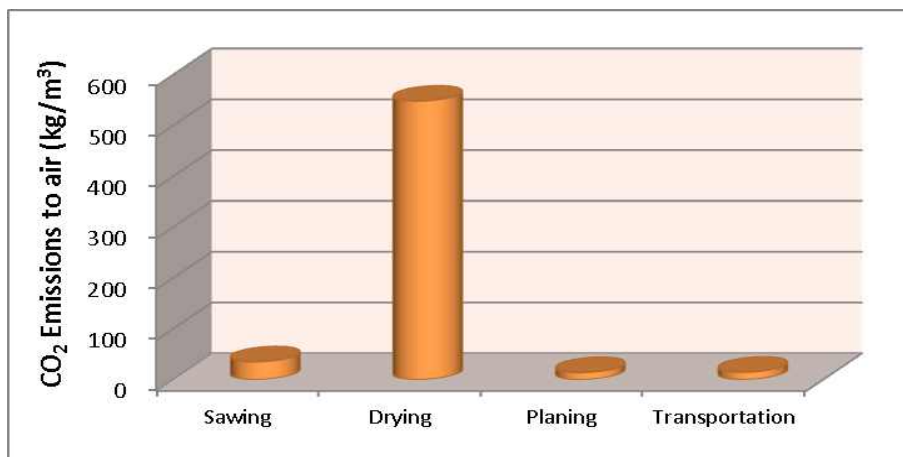


그림 3. 리기다소나무 판재 건조시 CO<sub>2</sub> 배출량

리기다소나무 중공재는 그림 4의 그래프와 같이 건조되었으며 건조시간은 48시간이었으며 최종함수율 13%이었다. 건조에 사용된 총에너지는 159kWh였으며 시간당 평균 소요에너지는 3.75kWh/h였다. 고온 건조를 통하여 건조할렬은 거의 발생하지 않았으며 판재 건조와 유사한 건조속도를 나타냈다. 리기다소나무 중공 건조재 제조시 CO<sub>2</sub> 배출량은 385kg/m<sup>3</sup>로 리기다소나무 판재 제조시의 CO<sub>2</sub> 배출량을 구한 방법과 같이 구하였으며 재재 공정에서의 CO<sub>2</sub> 배출량은 35.5kg/m<sup>3</sup>, 대패 공정에서의 CO<sub>2</sub> 배출량은 14.3kg/m<sup>3</sup>, 건조 공정에서의 CO<sub>2</sub> 배출량은 321kg/m<sup>3</sup>이었으며 운송 공정에서의 CO<sub>2</sub> 배출량은 14.9kg/m<sup>3</sup>이었다. 중공 건조재 제조시 배출되는 CO<sub>2</sub>는 유사 두께의 판재 건조 시 배출되는 CO<sub>2</sub>에 비해 약 30%가 줄어 친환경적인 방법임을 확인하였다.

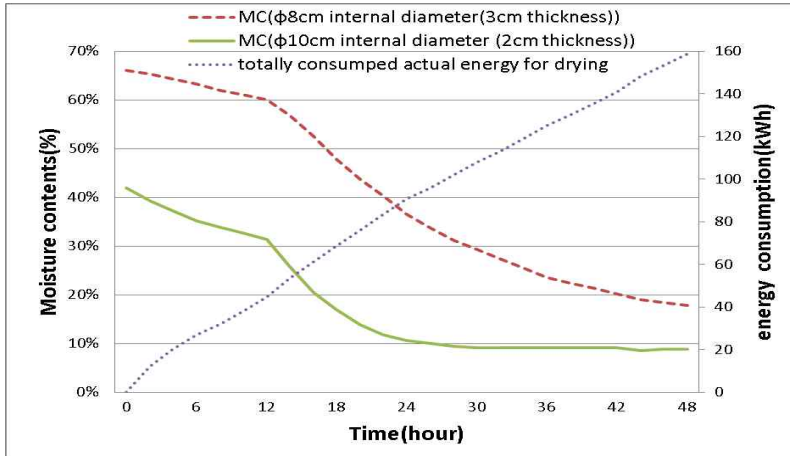


그림 4. 리기다소나무 중공재 건조시 함수율 감소 및 소요에너지

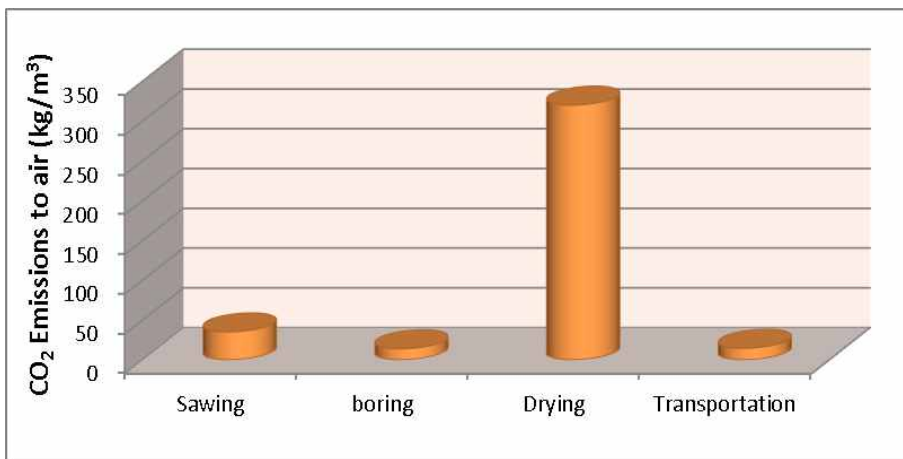


그림 5. 리기다소나무 중공재 건조시 CO<sub>2</sub> 배출량

리기다소나무 그림 6과 같이 열처리하였으며 열처리 시작 12시간 이후 최대온도인 225℃에 도달하였다. 열처리 이후 리기다소나무는 전건되었으며 고온에서의 열처리로 인하여 10-15%의 중량 손실을 보였으며 재색제어 효과를 확인하였다. 열처리시 수축률은 접선방향 5.12%, 방사방향 3.78%였으며 섬유방향으로의 수축은 미미하였다. 열처리 목재의 내부후성은 현저히 증가하였으며 동일 상대습도에서의 평형함수율이 관행열기건조재에 비하여 크게 감소하여 치수안정성 또한 크게 증가하였다.

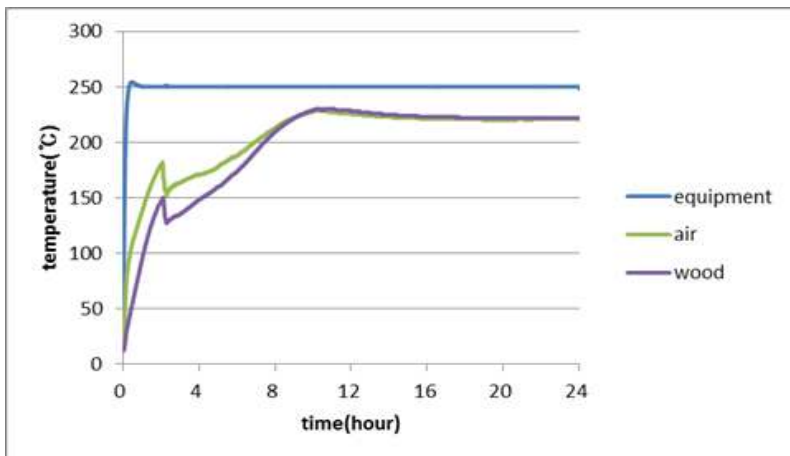


그림 6. 리기다소나무 열처리시 온도변화

리기다소나무 열처리시의 CO<sub>2</sub> 배출량은 784.5kg/m<sup>3</sup>이었다. 위의 판재 및 중공재 건조와 같은 방법을 사용하여 CO<sub>2</sub> 배출량을 구하였으며 그 결과는 그림 7과 같다.

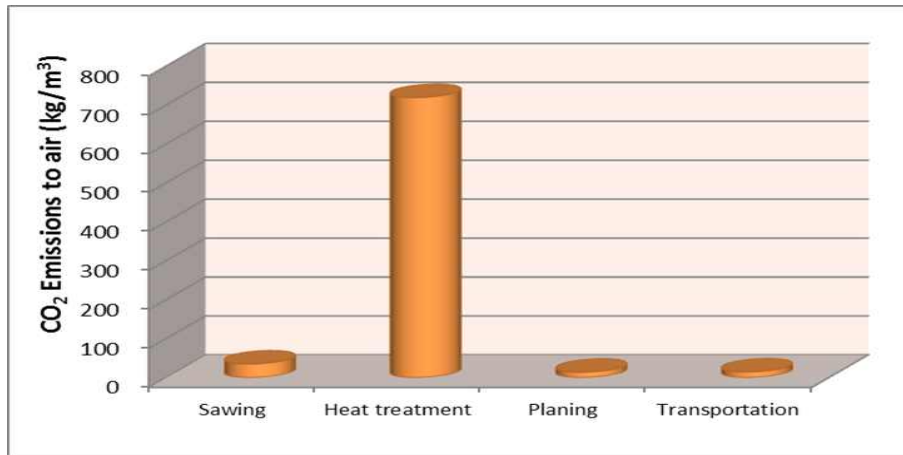


그림 7. 리기다소나무 열처리시 CO<sub>2</sub> 배출량

고온건조를 통해 리기다소나무 판재는 빠르게 건조되었으며 리기다소나무 판재의 경우 횡단면 할렬이 일부 발생하였으나 틀어짐은 발생하지 않았다. 원주재의 경우 중공 가공을 통하여 할렬을 억제하고 빠르게 건조할 수 있었다. 리기다소나무 열처리는 열처리 공정 중 중량 손실이 발생하였으나 재색제어 효과를 확인하였다. 본 연구를 통하여 건조공정에서의 에너지와 곁합을 줄일 수 있는 방법을 제시하고 열처리시 소요에너지와 효과를 확인하였다. 또한 건조 및 열처리재의 소요ener지를 정량화함으로써 친환경적인 목재의 장점을 부각시킬 수 있을 것이다.