

탄화로의 폐열분포 분석 및 폐열집적시스템 설치 전·후의 목탄, 목초액 특성 분석

권성민¹, 권구중¹, 장재혁¹, 황원중², 차두송¹, 김남훈¹
(¹강원대학교 산림환경과학대학, ²국립산림과학원)

1. 서론

강원도는 목탄의 원료인 참나무과 수종의 분포 및 생육밀도가 높아 목탄원료 공급이 국내에서는 가장 용이한 지역이다. 또한 목탄·목초액 생산업체가 40여개소로 가장 많이 분포되어 있으며 국내 목탄생산량의 약 65%, 목초액 생산량의 약 80%를 차지하고 있다(조태수 2005). 전국적으로 200여개의 전통식 탄화로 공장이 분포하고 있는데 탄화과정 중 발생하는 열에너지를 유효하게 활용하는 공장은 거의 없는 실정이다.

저자는 탄화로에서 발생하는 폐열에너지를 활용한 열교환장치를 특허 등록하였으며(김 등 2009) 본 시스템을 활용할 경우 소액의 전기료 외에는 기타 에너지 비용이 필요 없을 것이다. 또한 마을 공동건조시설의 설치로 농가별로 건조기를 구입하여 사용하는 비경제적인 상황도 타개할 수 있을 것으로 사료된다.

그러나 현재 특허 등록된 폐열에너지의 열교환장치는 개발초기 단계로서 탄화과정중 변화가 심한 탄화로의 주변 온도와 관련한 폐열에너지를 더욱 효율적으로 집적시킬 수 있는 기술이 필요하다. 또한 폐열 회수에 따른 생산품(목탄 및 목초액)의 품질 연구가 수행되어 탄화로에 영향을 최소화 할 수 방법 개발과 개발된 폐열에너지 건조시스템을 이용하여 농·임산물의 종류별 고품질화 건조기술의 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 탄화로의 폐열분포 분석 및 폐열집적시스템 설치 전·후의 목탄, 목초액 특성 분석을 통해 농·임산물의 최적 건조기술을 개발하여 에너지 절약 및 농산촌의 생산성 증대 및 소득증대에 기여하고자 하였다.

2. 실험방법

2.1. 적외선 열화상 분석기를 이용한 전통식 탄화로 내, 외벽의 온도측정

적외선 열화상 분석기(InfraTec GmbH, DE/Varic CAM Basic 120)를 이용하여 탄화로 내, 외벽의 폐열 분포를 측정하였다.

2.2. 목탄 및 목초액의 품질조사

목탄의 품질조사는 탄화로에서 생산된 굴참나무(*Quercus variabilis* BLUME) 목탄을 사용하여 공업 분석(수분, 회분, 휘발분, 고정탄소), pH, 정련도, 밀도(g/cm^3), 경도, 발열량(kcal/g)을 측정하였다.

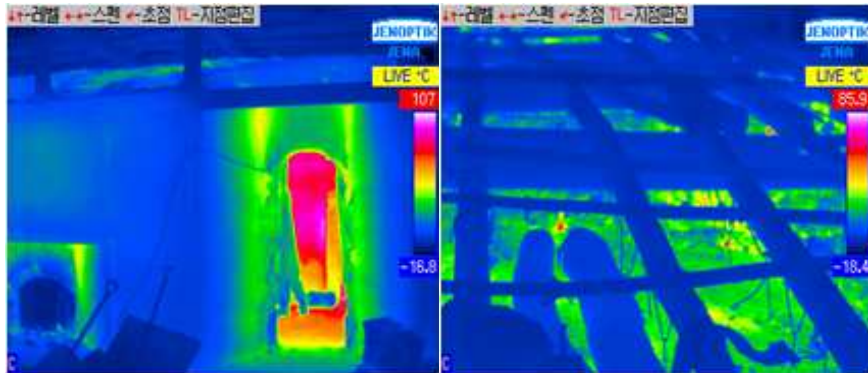
목초액 품질조사는 국립산림과학원 목초액 품질 인증기준(2004)에 의하여 실시하였으며, 보메비중(。Be), 산량(%), pH, 용해타르(%), 굴절률을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

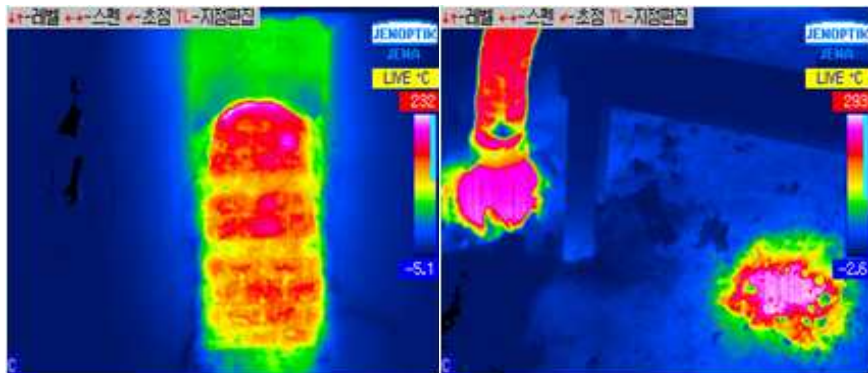
3.1. 적외선 열화상 카메라를 이용한 탄화로 내, 외벽과 벽체의 온도

Fig. 1은 탄화로 상층부(A), 내벽(B), 외벽(C) 온도를 적외선 열화상카메라를 이용하여 촬영한 결과이다. 탄화로 외벽과 상층부는 천장과 벽을 두껍게 쌓았기 때문에 제탄과정 중에 발생한 열의 영향을 크게 받지 않아 외기온도와 비슷한 온도를 보여주었다. 그러나 탄화로 내벽과 천장을 측정한 결과, 탄화로 내벽 중간부분과 천장에는 제탄과정에서 발생한 고온의 열이 어느 정도 남아 있는 것이 관찰되어 출탄 후, 시간이 다소 경과되어도 상당한 양의 잠열이 탄화로 벽체와 천장에 존재하는 것으로 판단되었다.

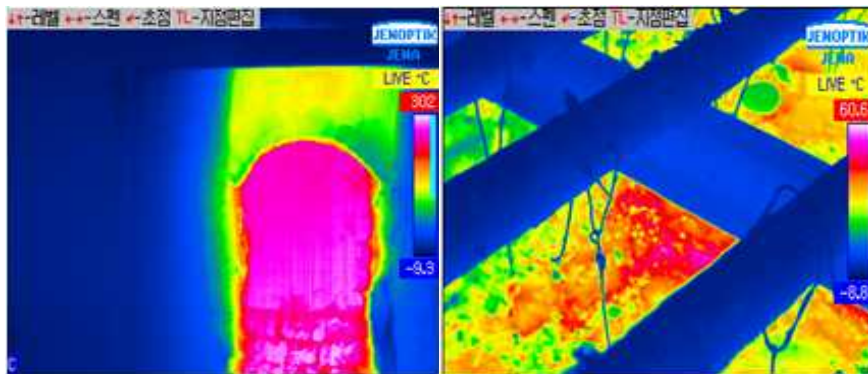
따라서 제탄과정중의 탄화로 내, 외벽과 상층부를 측정을 측정한 결과, 제탄과정이 끝나도 탄화로 내벽에는 탄화시 발생한 고온의 폐열이 남아 있어, 이곳에 폐열 회수 집적장치를 설치하면 효율적으로 폐열에너지원으로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.



제탄 전(출탄 2일 후)



제탄 3일째



제탄 5일째

Fig. 1. Infrared thermography images of a Korean traditional kiln

3.2. 목탄의 특성분석 결과

폐열 집적시스템 설치 전·후 탄화로에서 제탄된 목탄의 특성분석 결과(Table 1), 모든 실험결과로부터 설치 전·후 특성에 차이가 나타나지 않는 것으로 나타났다. 또한 국립산림과학원에서 고시한 목탄의 품질기준(2004)인 수분, 회분, 발열량은 기준에 적합하게 나타났으며, 발열량은 폐열 집적시스템 설치 후에도 7218cal/cm³을 보이고 있어 매우 높은 발열량을 나타냈고 있었다.

Table 1. Characteristics of the charcoal

실험 내용		폐열 집적시스템	
		설치 전	설치 후
공업분석	수분(%) 10% 이하*	6.33±0.58	7.02±0.63
	회분(%) 3% 이하*	2.52±0.75	2.24±0.42
	휘발분(%)	4.52±0.46	3.42±0.25
	고정탄소(%)	85.63±0.90	87.44±1.22
정련도		1	1
경도		12	12
pH		9.1±0.5	9.2±0.3
밀도(g/cm ³)		0.81±0.04	0.83±0.01
발열량 (kcal/kg) 5500 이상*		7180±123	7218±142

* 국립산림과학원, 목탄의 규격과 품질, 2004

3.3. 목초액의 품질조사 결과

Table 2는 폐열 집적시스템 설치 전·후의 정치 목초액 품질을 조사한 결과를 나타낸 것이다. 폐열 집적시스템 설치 후 보메비중 1.96 。Be, 산량 5.94%, pH 3.08로 나타났으며, 용해타르 0.71%, 굴절률 6.20 %Brix로 국립산림과학원에서 고시한 목초액의 품질기준(2004)에 적합한 것으로 나타났다. 육안으로 식별한 결과, 색상은 투명한 적갈색을 띠고 있어 국립산림과학원에서 고시한 목초액의 품질기준에 적합한 것으로 나타났다.

Table 2. Characteristics of the wood vinegar

실험 내용	폐열 집적시스템		국립산림과학원 임산물품질지침
	설치 전	설치 후	
보메비중(。Be)	2.10±0.08	1.96±0.11	0.6~2.5
산량(%)	5.44±0.10	5.94±0.11	3.0~6.5
pH	3.06±0.04	3.08±0.08	3.5이하
용해타르(%)	0.72±0.07	0.71±0.01	1.5이하
굴절률(%Brix)	6.38±0.09	6.20±0.10	3.5이상
육안식별	적갈색, 투명	적갈색, 투명	적갈색, 투명

4. 결론

적외선 열화상 카메라를 이용하여 제탄과정 중의 탄화로 내, 외벽과 상층부를 측정을 측정한 결과, 제탄과정이 끝나도 탄화로 내벽에는 탄화시 발생한 고온의 폐열이 남아 있어, 이곳에 폐열 회수 집적장치를 설치하면 효율적으로 폐열에너지원으로 활용할 수 있을 것으로 판단되었다.

폐열 집적시스템 설치 전·후 탄화로에서 제탄된 목탄 및 목초액의 특성분석 결과, 모든 실험결과로부터 설치 전·후 목탄 및 목초액의 특성에 차이가 나타나지 않는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구의 폐열 회수 집적장치는 탄화로의 성능에 영향을 미치는 않는 것으로 판단되었다.

사사

본 연구는 산림청 ‘산림과학기술개발사업(과제번호 : S120910L070110)’ 지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

1. 조태수. 2005. 한국의 탄화물 생산 및 이용 현황. 한국 숯 연구회.
2. 김남훈, 권성민, 권구중, 박형수. 2009. 탄화로의 폐열 에너지를 이용한 열교환장치. 특허청 특허 제 10-0920741호