

PA9) 자생식물 및 농업부산물의 급속 열분해를 위한 열중량분석 Thermogravimetric Analysis(TGA) of Agricultural Residuals and Native Plants for Fast Pyrolysis

안 미 옥 · 이 병 규

울산대학교 건설환경공학부

1. 서 론

세계 정책 및 경제 상황의 변화에 따라서 에너지 문제가 최대 이슈로 떠오르고 있다. 석유의 고유가 지속과 기후변화협약 발효 등으로 인하여 신·재생에너지원의 보급 및 상업화가 가속되고 있는 실정이다. 기존의 화석연료를 대체할 수 있는 에너지원으로는 자연 그대로를 이용하는 풍력, 수력, 태양광, 원자력, 바이오 등 다양한 형태가 있으며 이를 이용하는 신·재생에너지를 개발, 보급하고 있다. 이들 중 상업화에 가장 앞서있는 분야는 자연계에서 손쉽게 얻을 수 있고 환경오염 물질 배출도 획기적으로 줄일 수 있는 바이오에너지(Bioenergy) 분야이다. 바이오에너지는 바이오매스(Biomass)를 원료로 하여 생산되어지는 에너지를 뜻한다. 바이오매스는 생태학에서 말하는 생물부존량의 의미로 사용되며 농산 부산물과 폐기물, 나무를 포함한 에너지생산을 위해 재배한 식물, 그리고 인공재배가 아닌 자연 상태의 식물로 구분된다. 이러한 바이오매스를 이용한 바이오에너지 중 바이오연료(Biofuel)의 개발은 경제 상황 및 시대적 요구에 잘 부응 한다. 바이오 연료의 원료가 되는 농산물 생산과 활용을 통하여 농업의 자발적 발전에 기여할 수 있으며 바이오매스를 이용한 재생에너지는 그 자체가 탄소 중립적(Carbon neutral) 이어서 국제환경문제의 해결에 중요한 수단일 수 있을 것이다. 이에 본 연구는 자생식물 및 농업부산물의 바이오에너지화 가능성을 평가하기 위하여 14종의 자생식물 및 농업부산물을 수집하였고, 액상생성물의 획득에 적합한 급속열분해(Fast Pyrolysis)공정을 채택하였다. 각각의 바이오매스 특성에 맞는 열분해 반응온도를 결정하기 위하여 열분해 기초 실험으로 열중량분석(TGA)을 실시하였다.

2. 연구 방법

실험에 사용된 농업부산물 및 자생식물 시료로는 벗짚, 쌀겨, 밤송이, 마늘대, 고추대, 깻대, 메밀대, 옥수수대, 가지대, 아카시아나무가지, 감나무가지, 복숭아나무가지, 작은 굴참나무가지, 산잔디 등 총 14가지이다. 각 시료는 증류수로 세척하여 맑은 날을 선택하여 7일 동안 자연 건조시킨 후 분쇄기를 이용하여 5mm 크기 이하로 분쇄하였다. 열중량 분석은 SDT 2960 Simultaneous DTA-TGA(TA Instruments)를 이용하였다. 5~10mg의 시료를 팬에 넣고 열중량 분석기의 승온 속도를 5, 10, 20°C/min으로 각각 설정하여 40°C에서 900°C까지 승온하면서 중량감소를 측정하였다. 40~600°C에서 N₂ 가스 분위기 하에서 열분해(Pyrolysis)가 일어나게 하였으며, 600~900°C에서 Air 분위기 하에서 산화열분해가 일어나게 하였다. 이 때 질소나 공기 분위기를 위한 운반가스의 공급 속도는 100ml/min이었다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 벗짚의 TGA 그래프로서 온도상승에 따른 무게함량 감소율을 나타낸 것이다. 600°C 이하 범위에서 TGA곡선을 보면 100°C 이하에서 전체 질량의 약 4~5%가 감소한 것을 알 수 있다. 이때의 중량 감소는 수분증발에 의한 것이다. 이후 100~200°C 범위에서는 질량의 변화가 없다가 200~350°C 범위에서 급격하게 질량 감소가 나타나며, 약 480°C 부근에서 질량감소가 거의 일어나지 않는다. 이로서 급격한 질량감소가 나타나는 200~350°C 범위에서 대부분의 열분해가 일어나며, 최종적으로 초기량에 대비하여 약 25~30%가 잔류물질로 남는다는 것을 확인할 수 있다. 또한 각각 다른 승온속도에 따른 질량감소를 보면 승온속도가 높을수록 높은 전환율을 이끌어낸다는 것을 알 수 있다. 그림 2는 DTG그래프로서 TGA곡선을 1차 미분하여 나타낸 것이다. 이 그래프는 약 300°C에서 단일 피크가 나타나며 200~400°C 구간에서 벗짚의 열분해가 급격히 일어난다는 것을 보여주고 있다.

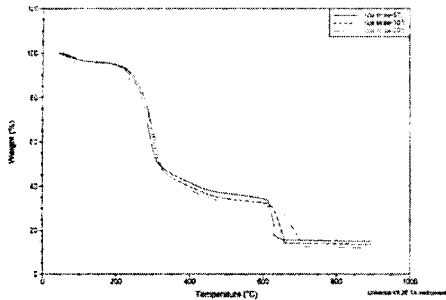


Fig. 1. 벚짚의 TGA.

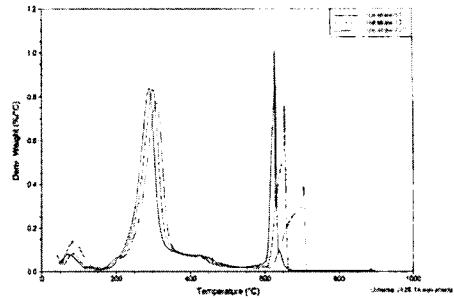


Fig. 2. 벚짚의 DTG.

표 1은 총 14종의 농업부산물과 자생식물의 TGA와 DTA를 600°C 이하의 범위에서 분석하여 나타낸 것이다. 약 100°C 이하에서 초기 질량 감소는 수분의 증발에 의한 것으로서 농업부산물과 자생식물은 약 5~10%의 수분 증발량을 나타내었다. 190~220°C의 범위에서 급격한 질량 감소가 시작되었으며 450~500°C 범위에서 질량감소가 거의 일어나지 않았다. 농업부산물과 자생식물의 열분해 온도 범위는 약 190~500°C이며 가장 분해가 급격하게 일어나는 피크점의 온도는 약 300°C 부근이었다. 열분해 이후 초기 질량대비 최종 잔류량은 약 25~40%를 나타내었다.

Table 1. 농업부산물과 자생식물의 TGA-DTA분석 결과.

	수분증발량(%)	열분해구간(°C)	피크점(°C)	잔류량(%)*
벚짚	5	200~480	302.78	28
쌀겨	5	220~500	300.09	40
고추대	5	200~475	291.93	32
참깨대	7	220~475	280.90	30
마늘대	5	220~460	284.57	36
메밀	4	210~500	279.10	32
밤송이	5.5	210~500	307.75	32.5
복숭아나무	4	200~500	305.98	32
굴참나무	10	190~480	322.95	25
아카시아나무	8	200~480	310.31	27
옥수수대	3	200~480	282.17	32.5
감나무가지	5	150~475	314.41	30
가지대	6	200~475	284.87	30
산잔디	3	200~480	302.78	28

*600°C 이하에서의 초기 질량 대비 잔류량

사 사

이 연구는 중소기업청의 “2007년도 산학협력실 지원사업”으로 재정지원 되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 강보성 등 (2006) 유동층 반응기를 이용한 대나무의 열분해에 관한 연구, 대한환경공학회 추계학술연구 발표회논문집, 540-545.
- 박현주 등 (2006) 폐목재로부터 바이오오일 생산을 위한 최적 운전조건 결정, 한국폐기물학회 춘계학술연구회발표논문집, 186-191.