



## 전처리 방법 적용에 의한 우분의 열량값 변화

정광화<sup>†</sup>, 김종곤, 이동준, 이동현, 조원모

농촌진흥청 국립축산과학원

(2015년 11월 15일 접수, 2015년 12월 1일 수정, 2015년 12월 2일 채택)

## Change of Heating Value of Cow Manure According to Pre-treatment

Kwang-Hwa Jeong<sup>†</sup>, Jung-Kon Kim, Dong-Jun Lee, Dong-Hyun Lee, Won-Mo Cho

National Institute of Animal Science, RDA, Jeon-ju, Korea

### ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the change of heating value of cow manure by applying pre-treatment process. Three types of treatment process; Composting, Dry anaerobic digestion and Physical compression were applied as a pre-treatment method. Composting and anaerobic digestion of cow manure were cause of caloric value reduction of the cow manure. The heating value of cured compost was 5% lower than that of initial composting material. The heating value of dry anaerobic digestion residue was 25.7% lower than that of fresh cow manure. By physical compression of cow manure, heating value and VS/TS ratio (Volatile solids/Total solids ratio) of compressed cow manure were higher than that of fresh cow manure. On the other hand, heating value and VS/TS ratio of leachate generated by compression process were lower than those of fresh cow manure.

Keywords : Solidified fuel, Cow manure, Heating value, Pre-treatment

### 초 록

우분을 전처리하는 방법을 적용함에 따라 열량값이 변화하는 정도를 측정하는 실험을 수행하였다. 전처리 방법으로는 퇴비화 방법, 건식 혐기소화 방법, 물리적 압착 방법 등 3가지 방법을 적용하였다. 실험결과, 우분을 퇴비화하거나 혐기소화를 실시하는 경우에 열량값이 감소하는 것으로 나타났다. 퇴비화

<sup>†</sup>Corresponding author(gwhaju@korea.kr)

처리를 적용하였을 경우 완속퇴비의 열량값은 퇴비화 초기 원료에 비해 약 5% 정도 감소하였다. 우분을 건식 혐기소화한 뒤 수거된 혐기소화 잔재물의 열량값은 혐기소화 원료로 사용한 우분에 비해 약 25.7% 정도가 감소하였다. 우분을 압착하는 방법에 의해 수분을 감소시킨 경우에는 압착을 거친 우분의 열량값이 압착 전의 원료 우분에 비해 약간 높아지는 결과를 보였다. 또한 총 고형물 중에서 휘발성 고형물이 차지하는 비율도 높아진 것으로 나타났다. 반면에 우분을 압착하는 과정에서 발생된 침출수의 열량값과 총 고형물 중의 휘발성 고형물의 비율은 원료로 사용한 우분에 비해 더 낮아졌다.

주제어 : 고체연료, 열량값, 우분, 전처리

## 1. 서론

국내 가축 분뇨 처리의 기본 방향은 발생된 가축 분뇨를 자원으로 재이용하는 것이다<sup>1)</sup>. 가축 분뇨를 자원으로 이용하는 방법은 비료 자원화와 에너지 자원화 등의 두 가지로 대별된다. 비료 자원화 방법은 가축 분뇨를 퇴비로 만드는 방법과 액비로 만드는 방법으로 구분되어지고 에너지 자원화 하는 방법으로서 지금까지는 바이오가스화 방법이 적용되어왔다. 그러다가 지난 2013년에 가축 분뇨 고체연료 제품의 품질·등급 기준 마련 연구용역이 완료되면서 국내에서도 가축 분뇨 고체 연료에 대한 관심이 높아지기 시작하였다<sup>2)</sup>. 그러나 아직까지는 가축 분뇨 고체연료화 기술을 확립하기 위한 국내의 연구나 기술개발이 미진한 실정이다. 환경부가 2015년 7월에 가축 분뇨 고체연료시설의 설치 등에 관한 고시를 공포함으로써 국내에서도 가축 분뇨 고체연료화 활성화를 위한 제도적 기준이 마련되어진 상태이다<sup>3)</sup>. 따라서 가축 분뇨 고체연료화 방법은 관련 기술의 개발여부에 따라 바이오가스화와 함께 국내의 가축 분뇨 에너지화를 위한 주요 처리방법으로 발전할 수도 있을 것으로 기대되는 분야이다. 가축 분뇨 고체연료화와 관련하여 현재 기술 수준에서의 주된 문제는 건조과정에서의 에너지 소모, 처리과정에서의 악취발생 등이 있다<sup>4,5,6)</sup>. 이와 더불어 가축 분뇨를 고체연료화 하였을 경우 열량값 증대, 취급성 개선, 이용성 향상, 연소시 오염물질 배출량 감소 등을 포함한 여러 가지 기술적 문제를 해결해야 한다.

국내에서 발생하는 주요 가축 분뇨는 우분과 돈분 그리고 계분 등이고 이와 함께 염소, 오리, 개 등의 가축에서 배설되는 분뇨 포함된다. 현재 기술수준으로 가축 분뇨를 고체연료로 가공하는 기술은 크게 가공방법과 관련된 기술 그리고 가공형태와 관련된 기술로 구분할 수 있다. 가공방법 관련 기술로서는 가축 분을 건식 또는 습식으로 탄화시킨 후 고체연료로 가공하는 방법과 가축 분을 직접 고체연료로 가공하는 방법이 있다. 가공형태와 관련된 기술로서는 직경 30mm, 길이 40mm 정도의 원기둥 형태로 가공하는 방법과 직경 10mm 내외의 펠릿형태로 가공하는 방법으로 구분할 수 있다. 탄화시킨 가축 분은 점착성 부족 문제로 인해 원기둥 형태와 같은 비교적 큰 입상화 방식으로 가공하는 방법을 적용하기가 용이하다. 반면에 가축 분을 직접 가공하는 방식은 가축 분이 어느 정도의 점착성과 수분을 함유하고 있기 때문에 원기둥 형태와 펠릿 형태를 모두 적용할 수 있다. 그러나 직접 가공방법에 있어서는 가공 원료인 가축 분의 수분함량이 퇴비인 경우 50% 내외, 신선 분인 경우에는 70~80% 정도로 높기 때문에 가공하는데 어려움이 있다. 상기 문제 사항들을 종합적으로 고려해볼 때 국내에서 가축 분을 고체연료화 하는 기술이 정착되기 위해서는 원료로 사용되는 가축 분의 연료적 특성에 대한 이론적 또는 실험적 분석이 이루어져야 한다. 그리고 그 결과를 바탕으로 하여 가축 분 고체연료의 가공효율과 품질을 높이기 위한 조건을 설정하는 학술적 연구결과들이 제시되어야 할 필요가 있다. 그러나 현재 국내의

를 막론하고 가축 분 고체연료화에 대한 심층적인 연구결과가 보고된 사례가 매우 드물다.

따라서 본 연구에서는 가축 분 중 수분함량이 높은 우분을 대상으로 하여 퇴비화와 건식 혐기소화 그리고 물리적 압착방식 등의 전처리 기술을 적용하였을 경우가 제조된 우분 고체연료의 열량값에 미치는 영향을 분석하였다. 이 실험결과는 아직까지 국내에서 실험이 수행된 사례를 찾기 어려운 것으로서 향후 가축 분 고체연료화를 위한 원료처리 연구에 참고가 될 수 있을 것으로 판단된다.

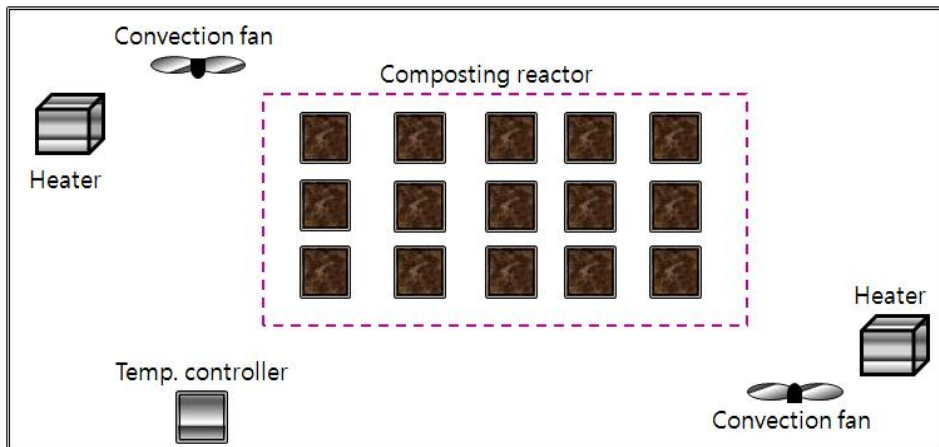
## 2. 재료 및 방법

한우가 배설한 신선한 우분을 우사에서 직접 수거하여 실험원료로 사용하였다. 신선한 우분을 채취하기 위하여 우사에 들어가 대기하면서 소가분을 배설한 즉시 수거하여 준비한 용기에 저장함으로써 다른 이물질이 섞이지 않도록 하였다. 각 용기의 분을 잘 혼합한 다음에 퇴비화 처리, 건식 혐기소화 처리, 물리적 압착 방식을 적용하고서 각 실험 수행에 따른 우분의 열량값 변화를 분석하였다. 3가지 시험 수행내용은 다음과 같다.

### 2.1 퇴비화 실험

첫 번째 실험으로서 우분을 퇴비화 하였을 때 열량값이 변화하는 정도를 분석하기 위하여 온도가 조절되는 실험공간을 설치하여 퇴비화 실험을 실시하였다. 용량 110리터 규모의 퇴비화 반응조를 설치한 실내의 온도를 25℃로 조절하여 온도변화에 따른 퇴비화 효율변화를 방지하였다. 퇴비화를 실시한 실험실 구성은 아래 [Fig. 1]에 도시된 바와 같다.

[Fig. 1]에 나타난 바와 같은 실험실을 조성하여 퇴비화를 실시하였다. 실내온도를 25℃로 유지하기 위하여 송풍식 히터를 설치하였다. 히터에서 나오는 온풍을 실내에 고루 분포시키기 위하여 대류용 팬을 설치하여 실험실내 공기를 순환시켰다. 실험용 퇴비화 반응기가 위치한 높이에 온도감지용 센서를 설치하고 설정온도를 기준으로 하여 실시간으로 송풍 히터의 작동을 전기적으로 자동조절 하였다. 실험실 바닥의 찬 기운으로 인해 반응조의 온도손실이 일어나지 않도록 반응조 바닥부 전체에 5 cm 두께의 압축 스티로폼을 설치하였다. 공기공급은 가축 분뇨 자원화 시설 표준설계도 해설서에서 권장하는 수준의 평균치인 0.125 m<sup>3</sup> 공기/ m<sup>3</sup> 퇴비/ min의 수준으로 설정하였다<sup>7)</sup>. 퇴비단에 공급되는 공기량은 블로워와 산기관 사이의 배관에 공기유량계를 설치



[Fig. 1] Chamber for composting of cow manure.

하여 조절하였다. 공기공급은 퇴비화 반응조의 바닥에 설치한 산기장치를 이용하여 상향류 방식으로 공급하였다.

## 2.2 우분 건식 혐기소화

두 번째 실험으로서 우분을 건식 혐기소화 하였을 때 열량값이 변화하는 정도를 분석하였다. 건식 혐기소화는 회분식 반응기를 제작하여 실험을 실시하였다. 반응조가 설치된 실험실의 실내 온도를 35℃로 조절하여 중온 혐기소화를 실시하였다. 실험실의 온도조절은 온풍기와 온도자동 조절장치를 설치하여 상시 35℃가 유지되도록 하였다. 우분의 건식 혐기소화 효율을 증진하기 위하여 혐기 반응조 내부에 교반용 회전축을 설치하는 경우와 혐기소화 반응조 자체를 회전시키는 방법을 적용하였다. 혐기 반응조의 내부 용량은 90리터로 하였다. 건식 혐기소화를 실시한 반응기 형태는 아래 [Fig. 2]에 도시된 바와 같다.

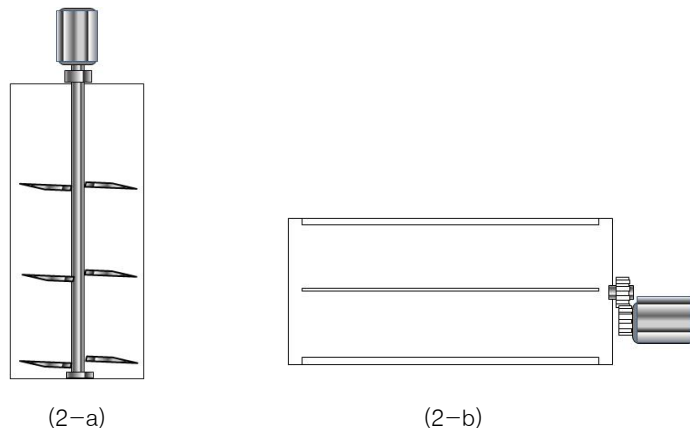
아래 [Fig. 2]에 나타난 그림 중 (2-a)는 투입된 우분을 교반하기 위하여 수직 회전축을 설치한 시험기의 모식도이고 (2-b)는 혐기소화 반응조 자체의 회전에 의해 소화조 내의 원료를 교반하는 방식인 수평 회전형 반응조의 모식도이다. 교반축과 혐기반응조의 연결부분에 Mechanical sealing 방법을 적용하여 반응조 내로 외부 공기가 유입되지 않도록 하였다. 반응조 (2-a)는 반

응조 자체는 고정된 형태이지만 반응조 내에 수직으로 설치된 축을 회전시킴으로써 축에 고정된 교반 날의 회전에 의해 반응조 내의 우분을 교반하는 방식을 취하였다. 발생된 바이오가스는 반응조 상부에 설치된 밸브에 가스 저장용 테들러 백을 부착하여 포집하였다. 반응조 (2-b)는 반응조 자체를 회전시켜 우분을 교반시키는 방식이다. 우분이 멎쳐지는 현상을 방지하기 위하여 반응조 내부에 빗살 형태의 날을 부착하였다. 발생된 바이오가스는 회전 중심축 부위에 설치된 밸브를 통해 가스 포집용 백에 저장되는 형태로 제작하였다. 건식 혐기소화가 완료된 후 배출된 우분을 본 실험의 재료로 사용하였다.

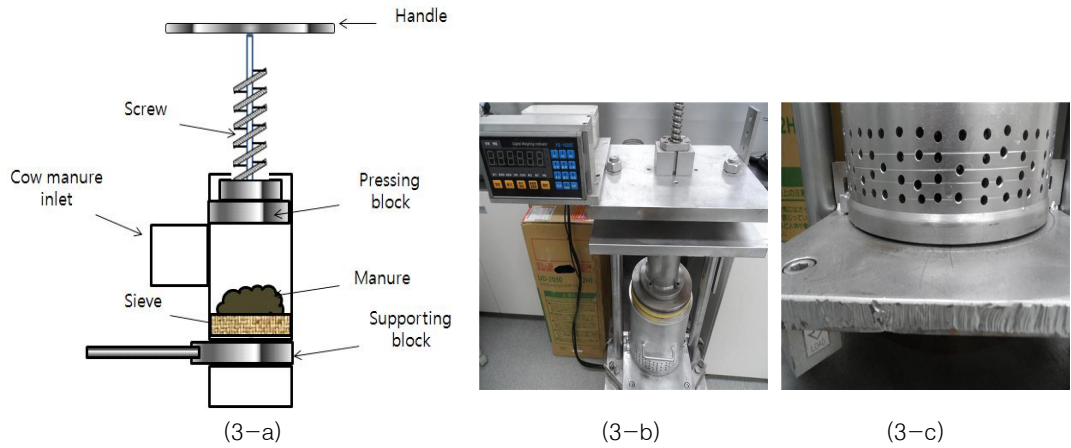
## 2.3 물리적 압착

물리적 압착방법을 적용함에 따른 우분의 수분 함량과 열량값 변화를 분석하기 위하여 스크루 압착방식의 시험용 장치를 제작하였다. 물리적 압착 반응기 형태는 [Fig. 3]에 도시된 바와 같다.

[Fig. 3]에 나타난 그림 중 (3-a)는 물리적 압착시험 장치의 구조적 모식도이고 (3-b)는 압착 정도를 측정하기 위한 데이터 로거 그리고 (3-c)는 압착 분리부의 모습을 나타낸 것이다. 압착은 그림 (3-a)에 나타난 바와 같이 압착장치 상부에 설치된 핸들을 돌림으로써 발생하는 압력을 이용하여 실시하였다.



[Fig. 2] Schematic diagram of anaerobic reactor.



[Fig. 3] Schematic diagram of mechanical compressor.

### 2.4 시료 분석

고체연료는 연소장치에 투입되어 열에너지를 발생시키는 용도로 사용되므로 고체연료 자체가 가지는 열량값이 중요한 요소이다. 본 연구에서는 가축 분 퇴비화, 건식 혐기소화, 물리적 압착 방식 등의 처리방법에 따른 열량값 변화를 분석하였다. 열량값 분석은 IKA C5000 계열 열량분석기를 이용하였다. 시료를 1차 분쇄하여 분말화한 시료의 수분을 완전히 제거한 다음 일정량의 시료를 분취하여 열량분석기를 이용하여 열량값을 분석하였다. 본 실험과정에서 발생한 모든 시료의 분석방법은 표준공정시험법에 준하여 실시하였다<sup>8,9)</sup>.

### 3. 결과 및 고찰

본 실험에서는 세 가지 형태의 실험을 실시하였다. 첫 번째로는 퇴비화에 따른 우분의 열량값 변화를 분석하였다. 두 번째 실험으로는 우분을 건식 혐기소화함으로써 발생하는 혐기소화 잔재 우분의 열량값 변화를 분석하였다. 그리고 세 번째 실험으로는 우분을 물리적으로 압착하였을 경우에 우분의 열량값이 변하는 정도를 분석하였다.

### 3.1 퇴비화에 따른 우분의 열량값 변화

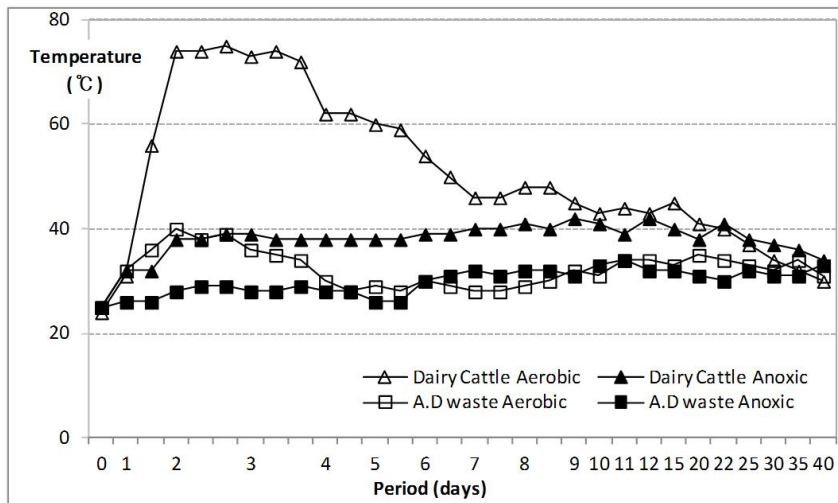
신선 우분과 건식 혐기소화를 거친 우분을 대상으로 하여 퇴비화를 실시하였다. 신선 우분의 수분함량이 82%에 달하는 관계로 우분 자체만으로는 퇴비화가 불가능하기 때문에 수분조절재로서 톱밥을 첨가하여 퇴비화가 개시되기에 적당하도록 수분을 65% 정도의 수준으로 조절하였다. 퇴비화 원료로 사용한 우분과 톱밥의 특성을 아래 [Table 1]에 나타내었다.

시험에 사용된 우분의 수분과 질소, 인, 칼륨과 같은 일반성분 그리고 구리를 포함한 중금속류를 분석한 결과, 비료관리법에 따라 설정된 비료공정규격 설정 및 지정에서 정하는 기준에 부합하는 특성을 나타냈다. 분석 결과 실험에 사용된 우분과 톱밥은 일반적으로 널리 사용되는 우분과 톱밥과 유사한 특성을 지닌 것으로 분석되었다. [Table 1]의 원료를 대상으로 하여 퇴비화 하였을 경우의 퇴비화 특성과 열량변화 정도를 분석하였다. 퇴비화 과정에서의 처리방법별 우분퇴비단의 온도 변화는 아래 [Fig. 4]에 나타나 바와 같다.

퇴비단의 온도변화는 퇴비화 효율을 측정하는 가장 일반적인 지표이다. 통상적으로 퇴비화가 활발하게 진행되는 경우에는 퇴비단의 온도가 울

[Table 1] Characteristic of Cow Manure and Sawdust

Item	Fresh cow manure	Digestate (Cow manure)	Sawdust
Water content (%)	82.0	69.9	32.47
pH	7.07	9.34	5.99
T-N (%)	0.45	0.41	0.061
T-P (%)	0.16	0.16	0.034
T-K (%)	0.21	0.22	0.020
As (mg/kg)	-	-	-
Cd (mg/kg)	-	-	-
Hg (mg/kg)	-	-	-
Pb (mg/kg)	-	3.14	-
Cr (mg/kg)	0.56	1.86	0.78
Cu (mg/kg)	8.61	2.87	1.17
Ni (mg/kg)	1.74	0.91	-
Zn (mg/kg)	30.49	67.87	5.07
E. coli O157:H7	ND	ND	-
Salmonellaspp.	ND	ND	-



[Fig. 4] Variation of temperature of compost pile during composting period.

라가고 퇴비가 원할하지 못할 때에는 퇴비단의 온도가 상승하지 않는다. 퇴비가 정상적으로 개시될 경우에는 퇴비화 초기에 퇴비단의 온도가 60°C 이상으로 상승하는 경우가 일반적이다. 본 시험에서는 시험 대상 우분을 퇴비화 하였을 때

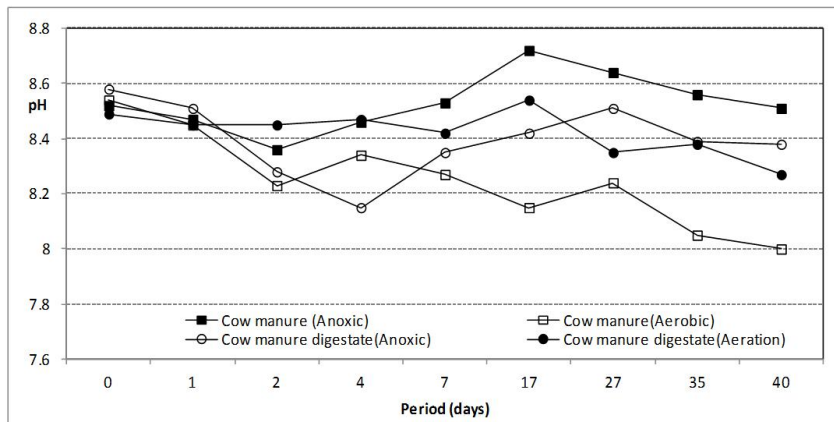
에 호기적 퇴비화 처리과정에서는 70°C가 넘는 부숙 온도를 나타냈으나 무산소적 처리 반응시험에서는 최고온도가 40°C 내외까지만 상승하는 부숙패턴을 나타냈다. 이 결과는 부숙을 잘 유도 하기 위해서는 공기를 공급하는 경우가 무산소적

조건보다 더 적절하다는 것을 보여준다. 반면에 우분을 건식으로 혐기소화한 후 배출된 우분 혐기소화 잔재물을 대상으로 하여 퇴비화를 실시한 처리구에서는 호기적 조건을 부여한 퇴비화 실험구나 무산소적 실험 조건을 부여한 실험구 모두에서 공히 퇴비단의 온도가 상승하지 않았다. 이 결과는 건식 혐기소화를 거친 우분은 일반 신선우분에 비해 퇴비화 효과가 낮다는 것을 의미한다. 퇴비화 처리방법에 따른 퇴비단의 pH 변화를 [Fig. 5]에 나타내었다.

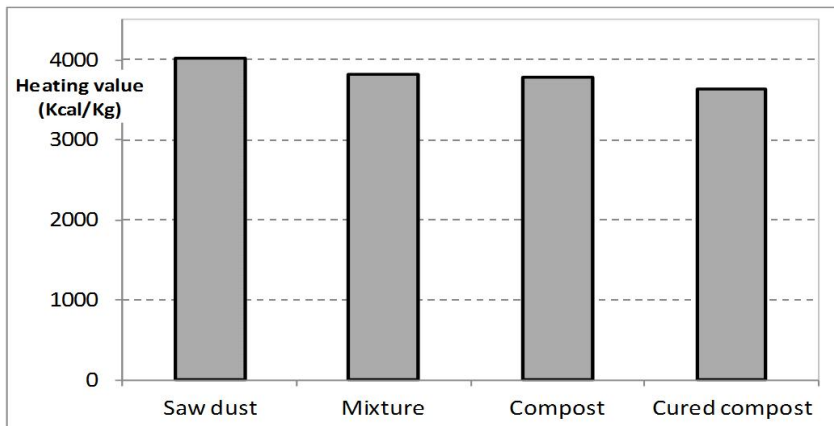
우분 퇴비화의 경우 퇴비화 초기에 pH가 낮아졌다가 퇴비화 기간이 경과함에 따라 다시 상승

한 이후에는 비교적 안정되게 변화하는 경향을 보였다. 상기 결과들로 미루어 볼 때 혐기소화를 거친 혐기소화 잔재물은 퇴비화 과정 진행이 신선분에 비해 좋지 못한 결과를 나타내고 있다고 판단된다. 상기 퇴비화 실험을 거친 우분을 대상으로 하여 각 퇴비화 단계별 시료에 대한 열량값 분석을 실시하였다. 퇴비화에 따른 열량값 분석 결과를 [Fig. 6]에 나타내었다.

우분과 톱밥의 혼합물에 대한 퇴비화가 진행됨에 따라 열량값이 감소하였다. [Fig. 6]의 분석 결과를 보면 우분의 퇴비화가 진행되는 기간이 경과할수록 열량값이 낮아지는 것을 알 수 있다.



[Fig. 5] pH variation of cow manure during composting period.



[Fig. 6] Change of heating value of cow manure according to composting.

퇴비화 개시시에 우분과 톱밥을 혼합한 퇴비화 개시 원료의 열량값인 3,829 kcal/kg에 비해 퇴비화가 완료된 후의 열량값이 3,636 kcal/kg를 나타냄으로써 퇴비화과정에서 약 5% 정도의 열량값 감소가 발생하였다. 아래 **[Table 2]**는 우분과 톱밥을 혼합한 퇴비화 원료와 완숙된 퇴비, 완숙퇴비 건조물 그리고 완숙퇴비 건조물을 펠릿화하는 경우에 총고형물 중에 함유된 휘발성 고형물의 변화정도를 나타낸 것이다.

퇴비화가 진행될수록 수분함량은 감소하는 경향을 보였다. 퇴비화가 완료되었을 때의 수분은 53.48% 로서 비료공정규격 설정 및 지정에서 정하는 기준을 충족하였다. 총고형물 중에 함유된 휘발성 고형물은 완숙된 퇴비의 경우에 80.16%로서 퇴비화 개시시의 89.88%에 비해 감소하는 결과를 나타냈다. 이 결과는 완숙된 퇴비의 열량값이 퇴비원료의 열량값에 비해 감소하는 결과와 연관되는 것으로 판단된다.

### 3.2 건식 혐기소화에 따른 우분의 열량값 변화

우분을 이용하여 건식 혐기소화 과정을 거치고 나서 배출된 잔재물의 열량값을 분석하였다. 실험 결과 건식 혐기소화는 우분의 열량값을 낮추

는 요인이 되었다. 본 실험의 건식 혐기소화에 따른 우분의 열량값 변화 정도를 분석한 결과를 **[Table 3]**에 나타내었다.

혐기소화 과정을 거친 우분의 열량값은 신선우분에 비해 약 25.7% 정도 감소한 것으로 나타났다. 본 실험에서 우분과 동일한 조건으로 혐기소화를 거친 돈분의 경우에도 약 26.9% 정도의 열량값이 감소하는 것으로 나타나서 건식 혐기소화를 거친 우분의 열량값이 감소한다는 실험결과를 뒷받침하였다. 건식 혐기소화 후의 축분이 신선축분에 비해 열량값이 낮아지는 결과는 건식 혐기소화 과정에서 에너지원인 탄소가 바이오가스 등의 형태로 전환, 소비되는 결과에 기인한 것으로 판단된다. **[Table 3]**에 나타난 바와 같이 건식 혐기소화 후 우분을 고체연료 형태인 입상으로 가공하는 과정에서 톱밥을 혼합하는 경우에는 열량값이 증가하는 결과를 나타냈다.

### 3.3 물리적 압착에 따른 우분의 열량값 변화

압착에 의해 가축 분의 물리적 특성을 변화시킴으로써 열량값을 개선하는 방법에 대한 효과를 분석하였다. 스크루 압착 방식의 실험 장치를 제작하여 우분을 물리적으로 압착하는 방식을 적용

**[Table 2]** Change of VS Content of Cow Manure at each Composting Stage

Item	Moisture(%)	VS /TS(%)
Mixture of cow manure and sawdust	64.23	89.88
Compost (Cow manure + sawdust)	53.48	80.16
Dried compost	36.00	80.02
Compost pellet	34.50	79.94

**[Table 3]** Change of Heating Value of Cow Manure by Anaerobic Digestion. (Unit : Kcal/Kg)

Item	Heating value
Saw dust	4,029
Cow manure	3,836
Anaerobically digested cow manure	2,850
Anaerobically digested cow manure + sawdust	3,419
Pig manure	3,605
Anaerobically digested pig manure	2,637
Anaerobically digested pig manure + sawdust	3,258



하였다. 압착방식은 원료의 수분함량을 낮춤과 동시에 비휘발성 고형물의 함량을 낮추는 효과를 가진 것으로 나타났다. 박세준 등(2009) 등은 원료의 함수율과 가용에너지간의 상관관계는 함수율이 적을수록 이용할 수 있는 에너지는 높아진다고 하였다<sup>10)</sup>. 일반적으로 고체연료화의 경우 건조비용이 생산비의 큰 비중을 차지한다<sup>11)</sup>. 따라서 압착 등의 방법을 적용하여 원료의 수분함량을 줄이는 것은 고체연료 제조상의 경제적 측면에서 바람직한 결과를 가져올 수 있다. 압착용 실험 장치를 이용하여 신선 우분을 압축한 결과 최대 중량기준으로 원래 분뇨의 약 15% 정도의 수분이 침출되었다. 이 방식을 적용하여 신선 우분을 압착함으로써 얻어진 시료에 대해 열량값을 분석하고, 그 결과를 비교한 값을 아래의 [Table 4]에 수록하였다.

물리적 가압에 의해 압착된 우분의 열량값은 신선우분에 비하여 약 1.7 % 정도 증가하는 것으로 나타났다. 반면에 침출된 액의 열량값은 신선우분에 비해 약 5.3% 정도 감소하였다. 이 결과는 단순한 물리적 압착처리만으로도 가축 분 고체연료의 열량값을 개선할 수 있다는 가능성을 제시하였다는 점에서 그 의미가 크다고 할 수 있다. 압착 등과 같은 물리적 처리에 의해 원료의 형태를 개선하는 방법은 제조된 가축 분 고체연료의 착화성을 높일 수 있을 것으로 판단된다. 착화성이나 연소 용이성 개선 등으로 가축 분 고

체연료의 연소효율을 개선함으로써 완전연소에 보다 더 가깝게 한다면 CO를 포함한 불완전 연소 생성물의 발생을 줄일 수 있다<sup>12)</sup>. 우분을 압착하는 시험을 수행한 결과 발생된 압착된 우분과 침출액 그리고 원래의 신선우분의 특성을 아래 [Table 5]에 수록하였다.

[Table 5]의 결과를 분석해보면 우분을 압착함으로써 수분함량이 낮아진 반면에 휘발성 물질의 함량은 증가하였다는 것을 알 수 있다. 이 결과는 침출액중의 비 휘발성 고형물(FS)의 함량이 신선 우분에 비해 높다는 사실과 연계되어질 수 있다. 상기 결과들을 종합하여 보면 압착처리에 의해 우분 고체연료의 열량값을 높일 수 있는 가능성이 충분한 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

우분을 고체연료화하는 과정에서 퇴비화 처리, 건식 혐기소화처리, 물리적 압착방식 등을 이용한 전처리 방법을 적용하여 우분의 열량값을 증가시키는 방안에 대한 연구를 수행하였다. 그 과정에서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 퇴비화의 주요 지표인 온도의 변화 정도를 기준으로 판단하여 볼 때 혐기소화를 거친 혐기소화 잔재물은 퇴비화 과정 진행이 신선 분에 비해 좋지 못한 것으로 나타났다.

[Table 4] Heating Value Change of Cow Manure by Compression Process

Item	Heating value
Cow manure	3,836
Compressed cow manure	3,902
Leachate	3,633

[Table 5] Change of Characteristics of Cow Manure by Compression Process

Items	pH	Moisture(%)	TS(%)	VS /TS(%)
Cow manure	7.91	82.64	17.36	85.47
Compressed manure	7.87	76.82	23.18	86.79
Leachate	8.02	90.16	9.84	79.34

2. 우분의 퇴비화가 진행되는 기간이 경과할수록 우분퇴비의 열량값이 낮아졌다.
3. 혐기소화 과정을 거친 우분의 열량값은 신선우분에 비해 약 25.7% 정도 감소하였다. 우분과 동일한 조건으로 혐기소화를 거친 돈분의 경우에도 약 26.9% 정도의 열량값이 감소하는 것으로 나타나서 건식 혐기소화를 거친 우분의 열량값이 감소한다는 실험결과를 뒷받침하였다.
4. 물리적 가압에 의해 압착된 우분의 열량값은 신선우분에 비하여 약 1.7 % 정도 증가하는 것으로 나타났다. 반면에 침출된 액의 열량값은 신선우분에 비해 약 5.3% 정도 감소하는 것으로 분석되었다.
5. 우분을 압착함으로써 수분함량이 낮아진 반면에 휘발성 물질의 함량은 증가하는 결과를 보였다.

## 사사

본 연구는 농촌진흥청 연구과제인 가축 분뇨 고형연료 열량증대 기술개발(PJ010948012015) 과정에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

## References

1. [농림축산식품부, 가축 분뇨 자원화 중장기 대책] Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs, Middle & Long Term Master Plan for Recycling Livestock Manure (2013).
2. [한국환경공단, 가축 분뇨 고형연료 제품의 품질, 등급기준 마련 연구 용역] Korea Environment Corporation, Research on Setting Standard for Quality & Grade of Livestock Manure Solidified Fuel, Ministry of Environment. (2013).
3. [환경부, 가축 분뇨 고체연료시설의 설치 등에 관한 고시] Ministry of Environment., Proclamation on Establishment of Facility for Livestock Manure Solidified Fuel, (2015).
4. [박경석, 서진원, 최윤희, 김호, “원통형 열가수분해 반응기의 최적설계를 위한 수치해석적 연구”, 한국전산유체공학회 2012년도 춘계학술대회 논문집] Park, K. S., Seo, J. W., Choi, Y. H., Kim, H., “Numerical Study for Optimum Design of Cylindrical Reactor for Thermal Hydrolysis Process”, KSCFE pp. 287–291. (2012).
5. [송철우, 김남찬, 류재근, 김재민, “열가수분해 반응을 이용한 가축 분뇨 슬러지의 연료화에 관한 연구”] Song, C. W., Kim N. C., Ryu, J. K., Kim, J. M., “A study on the Fuelization of Livestock Sludge using Thermal Hydrolysis”, J. of KOWREC, 23(3), pp. 51–59. (2015).
6. Neyens, E. et al. J., “A Review of Thermal Sludge Pre-treatment Process to Improve Dewaterability”, Journal of Hazardous Materials, 98, pp.51–67. (2003).
7. [농림수산식품부, 환경부, 농협중앙회, 가축 분뇨 자원화시설 표준설계도(해설서)] Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs, Ministry of Environment, Agricultural cooperative, Guide book for standard drawing of livestock manure treatment facilities, pp. 52. (2009).
8. AOAC., “Official Methods of Analysis”, AOAC International, (2007).
9. APHA., Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th Edition (2005).
10. [박세준, 최영찬, “증기가압형 처리공정을 이용한 유기성 폐기물의 건조처리 및 고형연료화”, 한국수소 및 신에너지학회] Park, S. J, Choi, Y. C, “Dehydration and RDF Production of Organic Wastes with Pressurized Hydrothermal Treatment Process” Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society, 20(5), pp. 439–446. (2009).
11. [김남찬, 김익현, 엄민섭, “Alec 반응을 이용한 하수슬러지의 고화처리에 관한 기초 연구”, 한

국환경분석학회지] Kim, N. C., Kim, E. H., Eom, M. S., “A Basic Study on the Solidification Treatment of Sewage Sludge Using a Alec Reaction” Journal of the Korean Society for Environmental Analysis, 10(4), pp. 185–190. (2007).

12. [김우현, “연소방식별 폐기물 고품연료(RDF)

의 연소특성 연구”, 한국자원리사이클링학회지] Kim, Y. H, “A Study on Combustion Characteristics of Refuse Derived Fuel(RDF) in Various Incinerators”, J. of Korea Inst. of Resource Recycling, 15(1), pp. 46–57. (2006). 