

## D시 내에서 발생하는 바이오매스 및 폐플라스틱 혼합 폐기물의 SRF 전환 포텐셜 분석

양한솔, 김기광, 임채욱, 현재혁<sup>†</sup>  
충남대학교 환경공학과

### SRF Conversion Potential of Biomass and Mixed Plastic Waste Generated in D City

Han-Sol Yang, Ki-Kwang Kim, Chae-Wook Lim, Jae-Hyuk Hyun<sup>†</sup>

Department of Environmental Engineering, Chungnam National University

(Received: Sep. 3, 2018 / Revised: Sep. 18, 2018 / Accepted: Sep. 18, 2018)

**ABSTRACT:** This study evaluated if the selected samples meets the Solid Refuse Fuel quality criteria in Korea. Biomass and plastic wastes generated in D City were mixed in diverse ratio. When the biomass content was about 40%, the moisture content was close to the SRF criteria and was measured to be 9.8%. The ash contents were analyzed up to 4.19%, and the lower calorific values based on Steuer, Dulong Equation and Bomb Calorimeter were at least 4,851, 4,181 and 3,847 kcal/kg, respectively. As a result of the elemental analysis, sulfur and chloride content were measured up to 0.05%. Those values satisfied the SRF criteria. Also, heavy metals(Hg, Cd, Pb, As) were analyzed to be below the SRF criteria. This makes it possible to use efficiently the wood byproducts abandoned in the woods, and the physical properties of wood being weak to moisture can be supplemented with plastics. Consequently, if plastic and biomass were well mixed and made into SRF, it would overcome the problem of shortening the life span of incineration facilities due to the high temperature of plastic wastes in the incinerator.

**Keywords:** Biomass, Plastic, Calorific Value, Waste to Energy, SRF Criteria

**초 록:** 본 연구에서는 D시 내의 바이오매스와 폐플라스틱을 적정 비율로 혼합하여 고행연료제품(SRF) 품질기준을 만족하는지 분석하기로 하였다. 수분함량의 경우 바이오매스 구성비가 약 40% 이하일 때부터 9.81% 이하로 분석되었다. 회분함량의 경우 최대 4.19%로 분석되었고, 원소분석 추정식(Steuer, Dulong) 및 발열량계에 근거한 저위발열량은 최소 4,851, 4,181 및 3,847kcal/kg로 나타났다. 원소분석 결과 황(S)과 염소(Cl)는 0.05% 이하로 측정되었고 중금속(Hg, Cd, Pb, As) 함량 또한 기준치 이하를 나타냄으로써 SRF 품질기준치를 만족하였다. 이러한 결과를 바탕으로, 현재 적절하게 활용되지 못하고 산림에 버려져 있는 임목부산물을 효율적으로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 수분에 약한 목재의 물리적 특성을 플라스틱으로 보완할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 플라스틱 소각 시 고온으로 인한 소각로의 수명문제도 비교적 완화시킬 수 있을 것으로 판단하였다.

**주제어:** 바이오매스, 플라스틱, 발열량, 폐자원 에너지화, 고행연료제품(SRF) 품질기준

<sup>†</sup> Corresponding author(e-mail : [jayhh@cnu.ac.kr](mailto:jayhh@cnu.ac.kr))

## 1. 서론

오늘날 국내의 전력수요는 빠른 속도로 증가함에 따라 발전량 또한 지속적으로 늘어가고 있지만, 전통 화석연료의 고갈시기가 가까워짐에 따라 이를 대체할 수 있는 신재생에너지에 관한 관심이 커지고 있는 추세이다. 2015년 기준 우리나라의 에너지 소비량은 273백만toe로 세계 8위이며, 석유소비 및 전력소비 모두 8위 규모로 이는 세계 14위인 경제규모에 비해 높은 수준이다<sup>1)</sup>. 따라서 2012년 신재생에너지 공급의무화제도(RPS) 도입으로 인한 신재생에너지 의무사용으로 인하여 민간 또는 기업에 신재생에너지에 대한 활발한 보급 및 장려정책을 시행하여 국내기술로 인한 신재생에너지 자급률을 높이고자 하는 움직임이 활발하다<sup>2)</sup>.

과거 폐플라스틱의 경우 고형연료로 활용하여 신재생에너지를 만들고자 하는 노력이 있었으나 염화수소(HCl)농도 등 환경보호 기준과 폐품의 재활용이란 인식 측면으로 인해 대체에너지원으로 인정받지 못하였다<sup>3)</sup>. 2003년 8월 환경부의 품질기준 마련으로 폐플라스틱이 대체에너지로서 사용되어 왔지만<sup>4)</sup>, 2018년 3월 중국의 폐기물 수입 중단의 일환으로 수도권 지역의 폐플라스틱 재활용 수거 거부 사태 발생함에 따라 폐플라스틱 처리에 대한 관심이 더욱 커지게 되었다. 따라서 폐기물이 가지고 있는 열량적인 가치를 에너지 생산에 이용하는 “폐자원 에너지화”에 대해 국가적 차원에서의 필요성이 강조되고 있다. 그러나 폐플라스틱은 연소 시에 높은 발열량으로 인해 소각로의 수명이 크게 단축될 수 있기 때문에<sup>5)</sup> 관리측면에서 많은 문제점을 나타내고 있다.

한편, 바이오매스의 경우 2016년 기준으로 사용된 목질계 바이오매스 178만 톤 중 국산은 6만 톤에 불과하고 172만 톤이 수입되고 있는 등<sup>6)</sup> 바이오매스의 수입의존율이 높아 국산바이오매스의 자급률이 저조하며, 또한 연간 별채되는 임목재적 중 54%가 임지에 방치되어 그대로 버려지고 있는 실정이다<sup>7)</sup>. 이 때문에 ‘폐기물 관리법’ 개정안에서는 산림작업 과정에서 발생하는 뿌리, 가지, 줄기 등의 잔재를 폐기물이 아닌 임목부산물로 정의하여 원자재처럼 관

리하고자 하는 움직임이 있다<sup>8)</sup>.

D시 내에서 축적된 임목부산물의 경우 2016년 기준 4,390,910m<sup>3</sup>이며 2011년 이래로 축적량이 꾸준히 증가하고 있는 실정인데<sup>9)</sup>, 이를 그대로 방치한다면 산불이 발생할 시 불쏘시개 역할을 하고 집중호우 시에는 계류로 유출되어 피해를 가중시키는 등 재난·재해의 원인이 될 수도 있기 때문에 효율적인 처리가 필요하다<sup>10)</sup>.

본 연구에서는, D시 내의 바이오매스와 플라스틱 폐기물을 적정 비율로 혼합하여 임목부산물을 효율적으로 사용함과 동시에 폐플라스틱 소각과정에서 고온에 대한 문제점을 완화시키기 위한 방안을 모색하고, 고형연료제품(SRF) 품질기준을 만족시키는지 확인하고자 하였다.

## 2. 실험방법

본 연구에서 사용될 바이오매스 및 플라스틱 시료를 대상으로 혼합을 실시하여, 고형연료제품(SRF)의 품질기준을 충족시킬 수 있을지에 대하여 실험계획을 실시하였다. 두 가지 대상 모두 D시 내에서 발생하는 시료로 수집하였으며, 실험은 폐기물공정시험방법<sup>11)</sup>에 의거하여 실시하였다.

### 2.1. 시료 선정

바이오매스 시료는 산림청 임상도를 기준으로 D시 내에서 높은 분포도를 차지하는 임목부산물로 J산 자연휴양림 내에서 선정하였으며 침엽수와 활엽수의 균일한 시료 선정을 위해 리기다소나무와 굴참나무를 1:1 비율로 혼합하여 사용하였다. 플라스틱 시료 선정 시 폴리염화비닐(PVC)은 소각에 의한 다이옥신 유출이 우려되므로 제외하였으며 폴리프로필렌(PP), 폴리스티렌(PS), 폴리에틸렌(PE), 페트(PET)를 균일한 비율로 혼합하여 사용하였다. 선정된 시료의 전처리 시 절단기를 이용한 1차 파쇄, 분쇄기를 이용한 2차 파쇄 후 0.5mm 스크린을 통과한 시료만을 사용하였다. 바이오매스와 플라스틱 시료의 구성비는 10:0, 8:2, 6:4, 5:5, 4:6, 2:8, 0:10 으로 설정하였다.

## 2.2. 삼성분 분석

고형연료제품으로서의 가치를 나타내기 위해서 수분량은 성형 10% 이하, 비성형 25% 이하를 충족시켜야 하며 회분의 경우 성형, 비성형 모두 20% 이하를 만족시켜야 한다. 이를 확인하기 위해 다음과 같이 삼성분을 측정하였으며, 채취 시료 중 바이오매스의 경우 증산작용에 의하여 수분함량의 변화가 발생할 가능성이 있으므로 진공팩을 이용하여 밀봉한 뒤 실험에 이용하였다.

### 2.2.1. 수분

증발접시를 건조기 안에서 미리 105~110°C 정도로 1시간 건조시킨 다음 황산데시케이터 안에서 방냉한 뒤 무게를 정밀히 달고, 선정된 시료를 적당량 취하여 증발접시와 시료의 무게를 측정하였다. 측정된 시료를 다시 105~110°C에서 4시간 건조시킨 후 무게를 재고 난 다음 수분량을 산출하였다.

$$\text{수분함량}(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (1)$$

여기서,  $W_1$  : 건조 전 시료(g)  
 $W_2$  : 건조 후 시료(g)

### 2.2.2. 가연분

우선 600±25°C의 전기로에서 30분간 강열한 뒤 황산데시케이터 안에서 방냉한 도가니의 무게를 측정하였다. 다음으로 수분량 측정 후의 시료를 담아 무게를 재고, 다시 전기로 안에서 3시간 강열 뒤 방냉하여 무게를 정밀히 달았다.

$$\text{가연분함량}(\%) = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100 \quad (2)$$

여기서,  $W_2 - W_1$  : 강열 전 시료량(g)  
 $W_2 - W_3$  : 연소 후 소거량(g)

### 2.2.3. 회분

수분과 가연분을 측정하고 난 뒤, 다음과 같이 회분을 산출해 낼 수 있다.

$$\text{회분함량}(\%) = 100 - \text{수분}(\%) - \text{가연분}(\%) \quad (3)$$

## 2.3. 발열량 측정 및 원소 분석

### 2.3.1. 발열량

일반 고형연료 제품의 품질 평가항목은 저위발열량을 기준으로 한다. 수입 고형연료제품의 경우 3,650 kcal/kg, 제조 고형연료제품은 3,500 kcal/kg 이상의 값을 충족하여야 한다. 본 연구에서 발열량을 측정할 시 5E-C5550(Changsha Kaiyuan Instruments사, Changsha, China)을 이용한 실측분석 값과 원소분석에 따른 추정 값을 통해 비교하도록 하였다. 특히 실측 분석기는 고위발열량으로 산출되기 때문에 수분의 증발 잠열을 제외한 저위발열량 값을 계산을 통하여 구하였다. 원소분석 추정값은 식 (4)와 (5)를, 저위발열량 산출은 식 (6)을 사용하였다.

$$H_h = 81C + 34\left(H - \frac{O}{8}\right) + 25S \cdots \text{Dulong's Equation} \quad (4)$$

$$H_h = 81\left(C - \frac{3O}{8}\right) + 57\left(\frac{3O}{8}\right) + 345\left(H - \frac{O}{16}\right) + 25S \cdots \text{Steuer's Equation} \quad (5)$$

$$H_l = H_h - 6(9H + W) \quad (6)$$

여기서, C : 탄소 함량 (%)  
 H : 수소 함량 (%)  
 O : 산소 함량 (%)  
 S : 황 함량 (%)  
 W : 함수율 (%)

### 2.3.2. 원소조성

원소 분석은 발열량 추정뿐만 아니라, 고형연료제품 품질기준에 포함되어 있는 황분(S) 및 염소(Cl)의 함량을 측정하기 위해서도 매우 중요하다. 본 연구에서는, 시료를 연소하여 기체상으로 변형시킨 다음 이온크로마토그래피 분석에 활용하는 연소 IC 방법을 사용하였다. 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N)의 경우 5E-CHN2200(Changsha Kaiyuan Instruments사, Changsha, China)을 사용했고 황분(S), 염소(Cl)는 DX-320(ThermoFisher Scientific사, Massachusetts, America)을 사용하였다.

### 2.4. 중금속

선정된 시료 내에 존재하는 중금속 함량이 고품질연료제품(SRF) 품질기준을 초과한다면 제품 사용 시 환경에 2차적인 영향을 끼칠 수 있으므로, 사전에 중금속 용출 실험을 통하여 확인하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서는 시료 100g 이상을 정확히 달아 정제수에 염산을 넣어 pH를 5.8~6.3으로 한 용매(ml)를 시료 : 용매 = 1 : 10(W : V)의 비로 2000ml 삼각플라스크에 넣어 혼합하였다. 시료액의 조제가 끝난 혼합액은 원심분리기를 이용하여 매분당 3,000회전 이상으로 20분 이상 원심 분리한 다음 상등액을 적당량 취하여 용출시험용 검액으로 하였다. 중금속 분석은 iCAP 6300 DUO (ThermoFisher Scientific 사, Massachusetts, America)를 사용하여 진행하였다.

바이오매스만을 측정하였을 때 수분 함량은 32.77%로 측정되었는데, 이는 에너지활용에 적절한 함수율인 20~30%대의 함수율<sup>2)</sup>을 나타내었지만 SRF 품질기준 중 비성형 SRF의 기준인 25%과 성형 기준인 10%를 모두 초과하였다. 하지만 폐플라스틱 혼합 폐기물의 구성비를 늘려감에 따라 SRF 품질기준을 만족하였고, 최소 1.33%까지 감소하는 추세를 보였다. 회분 함량의 경우 수분과 마찬가지로 플라스틱의 구성비가 커짐에 따라 4.19%에서 0.23%까지 감소하였으며, SRF 품질기준인 회분 20% 이하의 값을 나타내었다. 이와 반대로, 바이오매스의 구성비가 작아지면서 가연분의 함량은 증가하였으며, 플라스틱 혼합 폐기물만을 분석하였을 때에는 최대 98.44% 까지 차지한 것으로 측정되었다.

## 3. 실험결과

### 3.1. 삼성분 분석 결과

바이오매스와 폐플라스틱 혼합 폐기물의 구성비에 따른 삼성분 분석 결과를 Table 1과 같이 나타내었다.

### 3.2. 발열량 분석 결과

바이오매스와 폐플라스틱 혼합 폐기물의 구성비에 따른 발열량 측정 결과를 Table 2에 나타내었다. 발열량 측정 시 원소분석 결과를 토대로 한 추정식인 Steuer 및 Dulong 식을 이용한 값과 Bomb Calorimeter를 이용한 실측값을 구분지어 나타내었으며, 고위발

Table 1. Result of proximate analysis

(unit: %)

|                    | Biomass : Mixed Plastic Waste |       |       |       |       |       |       | Criteria |       |
|--------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|
|                    | 10:0                          | 8:2   | 6:4   | 5:5   | 4:6   | 2:8   | 0:10  | Pellet   | Flake |
| <b>Moisture</b>    | 32.77                         | 25.06 | 19.63 | 15.17 | 9.81  | 3.98  | 1.33  | < 10     | < 25  |
| <b>Combustible</b> | 63.04                         | 71.60 | 77.74 | 82.64 | 88.40 | 94.97 | 98.44 |          |       |
| <b>Ash</b>         | 4.19                          | 3.33  | 2.63  | 2.19  | 1.79  | 1.06  | 0.23  | < 20     |       |

Table 2. Result of calorific value analysis

(unit: kcal/kg)

|                               |                          | Biomass : Mixed Plastic Waste |       |       |       |       |       |       | Criteria             |
|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|
|                               |                          | 10:0                          | 8:2   | 6:4   | 5:5   | 4:6   | 2:8   | 0:10  |                      |
| <b>Higher Calorific Value</b> | <b>Steuer's Equation</b> | 5,190                         | 5,893 | 6,331 | 7,159 | 7,122 | 7,237 | 7,489 | Imported SRF > 3,650 |
|                               | <b>Dulong's Equation</b> | 4,712                         | 5,456 | 5,922 | 6,851 | 6,757 | 6,902 | 7,171 |                      |
|                               | <b>Bomb Calorimeter</b>  | 4,378                         | 4,591 | 5,560 | 6,385 | 6,541 | 6,714 | 7,109 |                      |
| <b>Lower Calorific Value</b>  | <b>Steuer's Equation</b> | 4,851                         | 5,545 | 5,956 | 6,752 | 6,736 | 6,849 | 7,101 | Domestic SRF > 3,500 |
|                               | <b>Dulong's Equation</b> | 4,181                         | 4,962 | 5,433 | 6,356 | 6,315 | 6,492 | 6,777 |                      |
|                               | <b>Bomb Calorimeter</b>  | 3,847                         | 4,097 | 5,071 | 5,890 | 6,099 | 6,305 | 6,715 |                      |

열량 뿐만 아니라 SRF 품질기준 항목인 저위발열량 까지 산출하여 그 값을 비교하였다. 바이오매스만을 시료로 하여 측정하였을 때의 저위발열량의 경우 가장 낮은 값을 나타내었으며 추정식의 경우 4,851 kcal/kg 및 4,181 kcal/kg, 실측값의 경우 3,847 kcal/kg 로 측정되었다. 이는 여 등(1994)<sup>12)</sup>이 연구한 내용에 서, 도시고형폐기물(MSW) 중 목재류의 저위발열량 범위인 2,838 ~ 5,136 kcal/kg의 값을 보였으며 수입/ 제조 SRF의 품질 기준치인 3,650/3,500 kcal/kg를 모두 만족시켰다. 또한 플라스틱 함량이 증가함에 따라 저위발열량 또한 비례적으로 증가하여 최대 7,101 kcal/kg 및 6,777 kcal/kg 및 6,715 kcal/kg까지 측정되었는데, 여 등(1994)<sup>12)</sup>의 연구 내용 중 플라스틱류의 저위발열량 측정 범위인 6,761 ~ 9,239 kcal/kg의 값을 보였다. Dulong 식은 석탄과 같이 탄소를 주성분으로 하는 연료에는 잘 맞지만 목재나 쓰레기와 같은 섬유질 연료에 대해서는 발열량이 다소 낮아지는 경향이 있는 반면에<sup>13)</sup> Steuer 식은 목재와 셀룰로오스질의 연료에 잘 맞는 것으로 알려져 있기 때문에<sup>14)</sup> 분석 결과도 Steuer식을 사용한 경우의 값이 상대적으로 높은 것으로 보인다. 실측 발열량 값과 추정식을 사용한 발열량 값의 경우 바이오매스 함량이 높을수록 상대적으로 큰 차이를 보였는데, 이는 목재류가 환경에 따라 수분함량이 쉽게 달라지는 특성에 의한 것으로 사료된다.

### 3.3. 원소 분석 결과

바이오매스와 폐플라스틱 혼합 폐기물의 구성비에 따른 원소분석 결과를 Table 3에 나타내었다. 오

등(2007)<sup>15)</sup>의 연구 내용 중 바이오매스에 유기성 폐기물을 혼합한 연료의 원소분석 데이터와 비교한 결과, 플라스틱의 구성비가 높아질수록 탄소 및 수소 함량이 함께 증가하는 모습을 보였다. 이는 탄소 및 수소 성분이 휘발성분에 포함되어 있기 때문에 발열량 증가에 영향을 준 것으로 사료된다. 산소 함량의 경우 바이오매스 구성비가 커질수록 상대적으로 증가하는 것을 보였으며, 대체로 플라스틱 및 바이오매스 모두 높게 분석되었다. 이는 광합성 작용에 의하여 생성되었던 산소 함량이 비교적 높기 때문에 사료되며, 플라스틱의 경우 페트(PET)의 화학구조상 산소 성분이 포함되어 있기 때문에 이와 같이 분석된 것으로 보인다. 질소 함량의 경우도 역시 바이오매스의 구성비가 커질수록 함께 증가하였는데, 이는 식물의 질소고정 작용으로 인해 이 같은 결과가 나온 것으로 보인다. 마지막으로, 황분과 염소의 경우 구성비에 따른 큰 차이는 없었지만, SRF 품질 기준치인 0.6%와 20% 이하의 값을 모두 충족하였다.

### 3.4. 중금속 분석 결과

바이오매스와 폐플라스틱 혼합 폐기물의 구성비에 따른 중금속 분석을 실시하였다. SRF의 품질 기준에 근거하여 금속성분 중 수은(Hg), 카드뮴(Cd), 납(Pb), 비소(As)의 측정 결과를 Table 4와 같이 나타내었다. 플라스틱 혼합 비율이 증가함에 따라 대체적으로 감소하는 추세를 보였으며, 플라스틱만을 시료로 한 경우의 중금속 농도는 모두 불검출로 나타

Table 3. Result of elemental analysis

(unit: %)

|                 | Biomass : Mixed Plastic Waste |      |      |      |      |      |      | Criteria |
|-----------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|----------|
|                 | 10:0                          | 8:2  | 6:4  | 5:5  | 4:6  | 2:8  | 0:10 |          |
| <b>Carbon</b>   | 51.8                          | 58.4 | 60.7 | 65.0 | 68.1 | 68.4 | 70.9 |          |
| <b>Hydrogen</b> | 6.19                          | 6.37 | 6.88 | 7.49 | 7.10 | 7.14 | 7.15 |          |
| <b>Oxygen</b>   | 37.4                          | 33.9 | 31.4 | 22.6 | 27.6 | 25.1 | 23.6 |          |
| <b>Nitrogen</b> | 0.94                          | 0.61 | 0.57 | 0.32 | 0.19 | 0.06 | 0.01 |          |
| <b>Sulfur</b>   | 0.05                          | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 |          |
| <b>Chloride</b> | 0.02                          | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | < 2.0    |

Table 4. Result of heavy metal analysis

(unit: mg/kg)

|    | Biomass : Mixed Plastic Waste |      |       |       |       |       |       | Criteria |
|----|-------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
|    | 10:0                          | 8:2  | 6:4   | 5:5   | 4:6   | 2:8   | 0:10  |          |
| Hg | 0.02                          | 0.02 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | < 1.0    |
| Cd | 0.3                           | 0.2  | <0.1  | <0.1  | <0.1  | <0.1  | <0.1  | < 5.0    |
| Pb | 2.8                           | 2.3  | 1.4   | <1.0  | <1.0  | <1.0  | <1.0  | < 150    |
| As | 0.5                           | <0.5 | <0.5  | <0.5  | <0.5  | <0.5  | <0.5  | < 13.0   |

났다. 이와 반면에, 바이오매스만을 시료로 한 경우에는 4가지의 중금속 모두 상대적으로 높게 검출되었으며 해당 시료의 농도는 수은(Hg) 0.02mg/kg, 카드뮴(Cd) 0.3mg/kg, 납(Pb) 2.8mg/kg, 비소(As) 0.5mg/kg로 분석되었다. 하지만 SRF 품질기준과 비교해봤을 때, 모든 항목이 기준치 이하를 만족하는 것을 확인하였다.

#### 4. 결론

D시 내의 임목부산물을 이용한 바이오매스 시료와 플라스틱 폐기물을 혼합한 시료를 대상으로 구성비를 다양하게 조절하여 분석하였으며, 도출된 결론을 아래와 같이 나타내었다.

1. 바이오매스 함량이 약 40%일 때의 수분 함량은 9.81%로 기준치에 가장 근접하게 만족하였다. 바이오매스의 함량이 많은 경우에는 SRF 전환 시 건조와 같은 전처리 과정을 거쳐야 하지만, 바이오매스와 플라스틱의 혼합 비율을 약 4:6 정도로 설정하여 사용한다면 임목부산물을 효율적으로 활용함과 동시에 고품질연료제품(SRF) 품질 기준 또한 만족시킬 수 있을 것으로 예상된다.
2. 원소분석 결과를 토대로 Dulong 및 Steur Equation을 이용하여 추정한 저위발열량과 Bomb Calorimeter를 이용하여 실측한 저위발열량을 비교한 결과, 수입/제조 고품질연료제품(SRF)의 품질 기준치인 3,650/3,500 kcal/kg 이상을 모두 만족하였다. 이를 통해, 바이오매스와 플라스틱을 혼합한 시료가 에너지원으로서 충분한 가치가 있는 것으로

판단하였다.

3. 바이오매스와 플라스틱 혼합 시료의 원소 및 중금속 분석 결과 고품질연료제품(SRF) 품질 기준 중 황분(S), 염소(Cl), 수은(Hg), 카드뮴(Cd), 납(Pb), 비소(As)을 모두 만족시키는 것을 확인하였다.
4. 바이오매스와 플라스틱 혼합 시료의 구성비가 0:10일 때의 저위발열량이 가장 높게 측정되어 에너지원으로서 가장 높은 잠재력을 나타내었으나, 폐플라스틱만을 대상으로 소각할 시 고온으로 인한 소각로의 수명 문제를 완화하기 위해서는 바이오매스와 적절히 혼합하여 사용하는 것이 유지관리 측면에서도 효율적일 것으로 사료된다.

이 같은 결과를 기반으로, 바이오매스와 플라스틱을 적정 비율(약 4:6)로 혼합하였을 시 고품질연료제품(SRF) 품질 기준을 만족하는 것을 확인하였다. 이는 현재 적절히 활용되지 못하고 산림에 적재되어 있는 임목부산물을 폐플라스틱과 적정 비율로 혼합하여 고품질연료로 제조할 시 수분에 약한 목재의 물리적 특성을 플라스틱으로 보완할 수 있을 것으로 사료되며, 플라스틱 소각 시 고온으로 인한 소각로의 수명 문제 또한 비교적 완화시킬 수 있을 것으로 예상된다.

#### 사 사

본 연구는 환경부의 폐자원에너지화 전문인력양성사업과 2018년도 대전녹색환경지원센터 연구사업으로 지원되었으며, 이에 감사드립니다.

## References

1. KOREA ENERGY AGENCY(KEA) : Korea Energy Agency Handbook. (2018).
2. Lee, C. G., Study on Comparative Analysis of Productivity and Harvesting Costs by Timber Production Systems and Harvesting Period Prediction in Terms of Moisture Contents Variation for Logging Residue, Department of Biological Systems Engineering Graduate School, Kangwon National University.
3. Energy Daily, Waste Plastics as Renewable Energy. (2003).
4. Oh, C. S., Supply and Recent Trends of Solid Refuse Fuel, Retired Scientists and Engineers for Advancement of Technology(ReSEAT) Analysis Report. (2010).
5. Lee, K. J., "The Reaction Kinetic Study of SRF and Industrial Waste Using TGA (Thermo Gravimetric Analysis)", The Korean Society for New and Renewable Energy, 11(1), pp.20~26 (2015).
6. Kihoilbo, Urging to increase domestic wood utilization. (2017).
7. Lee, C. G., "Logging Residue Harvesting Cost and Productivity Analysis in Accordance to the Tree Harvesting System", The Korean Society of the Agricultural Machinery, 20(2), pp. 303~304. (2015).
8. News of Wood Korea, Proposal for the amendment of the policy in forest byproducts to energy. (2018).
9. Daejeon Metropolitan City, 54th Daejeon Statistical Yearbook. (2017).
10. Korea Forest Service(KFS) : Press Release, To make "new jobs" using forest byproducts. (2017).
11. Ministry of Environment(MOE), Waste Management Process Test Standards. (2011).
12. Yeo, W. H., A Study on the Lower Heating Values Forecast of Municipal Solid Waste with the Heating Values of Physical Components, Department of Environmental Engineering, Junior College of Incheon. (1994).
13. Ministry of Environment(MOE), Report of Incineration & Pyrolysis Fusion Technology : Development of Regenerative Thermal Sludge Incineration System. (2003).
14. "Calorific value equation", BIOCYCLE, accessed date; Sep 18, 2018. [http://biocycle.org/dictionary/view.php?seq=668&page=1&srch\\_txt=&srch\\_order=%A4%B2](http://biocycle.org/dictionary/view.php?seq=668&page=1&srch_txt=&srch_order=%A4%B2).
15. Oh, S. Y., Estimating the Higher Heating Value of Eco-fuel Mixed Biomass with Municipal Organic Wastes from Ultimate Analysis Data, Graduate School of Energy and Environment, Seoul National Univ. of Technology. (2007).