

ORIGINAL ARTICLE

고형연료(SRF)시설로 반입되는 폐기물의 영향 및 유해성물질 등에 관한 연구

이승원 · 김상훈 · 이상석¹⁾ · 김정권*

동의대학교 환경공학과, ¹⁾㈜부산E&E

A Study on the Noxious Materials in the Waste Shipped into Solid Recovered Fuel(SRF) Facilities and Their Influence

Seung-Won Lee, Sang-Hun Kim, Sang-Seok Lee, Jung-Kwon Kim*

Department of Environmental Engineering, Dong-Eui University, Busan 47340, Korea

¹⁾*Busan Environment and Energy, Busan 46729, Korea*

Abstract

This study carried out first a component survey on the domestic waste shipped into a waste disposal facility in B city, and then heavy metal analysis of each component according to the SRF standards. Based on this, this study explored the problems with domestic waste and measures to improve them. The results are as follows. The result of the survey of physical components show that paper accounted for the largest proportion with 20.5 %~59.9 %, metals (including batteries) among incombustibles accounted for 0.0~8.3 %, other inorganic substances, glass and ceramics accounted for 0.0~43.7 % and 0.0 %~19.6 % respectively. However, the proportion of coated vinyl and plastics, which have high lead and cadmium content, was rather high with 2.9 %~30.9 %. This suggests the possibility that actual concentration of lead and cadmium within SRF is likely to be higher. Among the 15 components contained in the waste brought into the waste disposal facility, 10 components (food waste, textiles, vinyl, plastics, wood, rubber and leather, paper, metals, electronic substrates, and nail polish) were analyzed according to assay samples (approximately 0.1 g and 0.3 g). The result of analysis shows that the amount of Cd and Pb detected in coated vinyl for 0.109 g of assay sample was 98.6 mg/kg and 20.6 mg/kg respectively; 117.0 mg/kg and 29.0 mg/kg respectively for 0.313 g of assay sample. This is high contents exceeding the Cd standard. As for wooden component, the amount of Pb was 480.0 mg/kg for 0.3 g of assay sample. This suggests that there always exists the possibility of exceeding the exposure level of heavy metals (Cd and Pb) in SRF as long as coated wood and vinyl-plastics with high contents of Pb and Cd are shipped into the waste disposal facility; and the local government and the residents need to work hard to improve the situation including development of the machine to sort electronic substrates and batteries for separate collection of the waste of coated vinyl and plastics within domestic waste.

Key words : Solid recovered fuel, Heavy metal, Careful sorting process, Physical component, Double regulation

Received 6 December, 2017; Revised 26 January, 2018;

Accepted 31 January, 2018

*Corresponding author: Jung-Kwon Kim, Department of Environmental Engineering, Dong-Eui University, Busan 47340, Korea

Phone : +82-51-890-2077

E-mail : jungkkim@deu.ac.kr

The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

물질을 재활용 후 잔존하는 폐기물을 매립장에 매립하는 대신, 폐기물이 가지고 있는 열량적인 가치를 에너지 생산에 이용하는 “폐자원 에너지화사업”에 대한 국가적 차원에서의 필요성이 강조되고 있으며, 이에 대한 사업이 활발히 진행되고 있다(Chang, 2013). 이러한 폐기물 에너지 자원 이용이 비교적 초기부터 진행되어온 선진국의 경우, 폐기물의 에너지 이용을 위하여 예전의 Negative sorting(필요한 물질만을 선별)을 거쳐 현재는 선별기술의 발달과 더불어 Positive Sorting(이용 가능한 물질을 최대한 선별)으로 발전하여 가고 있으며, 이러한 추세는 에너지 수입국인 국내에서도 점진적인 폐기물 에너지화 확대에 대한 필요성으로 나타나고 있다(Kim, 2014).

폐기물 에너지화 기술의 경우 현재 폐기물 고형연료화(Solid Recovered Fuel, SRF) 기술 및 열분해 유화를 통한 액상 연료유 회수기술 그리고 가스화를 통한 합성가스 회수 기술 등으로 나뉘어 연구개발이 진행되고 있으나 열분해 유화의 경우 아직 기술적 신뢰성의 문제로 연구단계에 머무르고 있으며 가스화의 경우 실증화 연구가 진행되고 있다고 알려져 있다(Kang, 2011). 현재 소각 이외에 폐기물에너지화 기술 중 상용화가 진행 중인 기술은 고형연료화 기술이다(Lee, 2013). 이와 관련하여 2016년도 『자원의절약과 재활용촉진에관한법률』에서는 고형연료제품을 생활계폐기물을 이용한 RDF(Refuse Derived Fuel), 폐비닐 및 플라스틱을 이용한 RPF(Refuse Plastic Fuel), 폐타이어를 이용한 TDF(Tire Derived Fuel)와 폐목재를 활용한 WCF(Wood Chip Feul) 등 4가지 형태로 구분하여 사용 하도록 규정하고 있었으나, 고형연료제품의 사용의 활성화를 위해 최근 법 개정을 통해 일반 SRF, BIO-SRF로 구분하여 사용하도록 규정하고 있다(The ministry of environment, 1995).

현재 국내·외에서 활발한 정책 추진에 따라 고형연료제품으로 활용이 가능한 대상 폐기물의 종류 확대 사용 및 보급 등의 필요성이 중요하게 인식되고 있다. 이에 따라 그 수요가 증가할 전망이며, 이러한 세계적인 흐름에 맞추어 국내에는 에너지원으로 활용이 가능할 것으로 보이는 사업장일반폐기물 등의 다양한

폐기물을 이용한 고형연료제품 생산 및 활용 등에 대한 관심과 실증사업이 늘어나고 있다(Sudolwon landfill site management corporation, 2006).

그러나 고형연료 원료인 생활계종량제 폐기물 및 사업장 종량제 폐기물의 경우 원단위에서의 분리수거 부족 등으로 인해 연료로써 적합하지 않은 음식물찌꺼기류 등의 혼입으로 인해 저위발열량이 낮아지고, 불연물류(특히 건전지, 전자기판 등)의 혼입으로 인해 생산된 SRF에 중금속 농도가 높은 문제점을 나타내고 있다. 또한 현재 실증설비 중 고형연료제품 생산시설과 RDF발전(연소)시설을 하나로 통합하여 처리하는 시설에서 발생하는 고형연료는 『자원의절약과재활용촉진에관한법률』 별표 7에서 고형연료제품의 품질기준을 적용하고 RDF발전(연소)시설에서의 배출가스 기준 역시 적용하는 부분에서는 법적으로 문제의 소지가 있을 가능성이 존재한다(The ministry of environment, 1995). 예를 들어 자체처리시설의 경우 고형연료제품에서 법적 기준농도가 기준치에 다소 초과하더라도 RDF발전(연소)시설에서 유해물질이 기준치 미만으로 처리된다면 허용할 수 있는 법적 조치가 필요할 것으로 사료되기 때문이다.

고형연료 실증화 사업 중 가장 큰 규모를 자랑하는 B시 폐기물처리시설의 경우 고형연료제품 900 ton/day (Fluff type)을 생산하고 생산된 연료를 500 ton/day의 발전시설로 처리하는 설비이며, B시 폐기물처리시설 역시 위와 같은 문제점에 노출되어 있다.

본 연구에서는 B시 폐기물처리시설로 반입되는 생활폐기물의 성상조사를 실시하였으며, 이를 토대로 SRF에서 발생하는 중금속 농도의 유입경로를 조사하였다.

2. 자료조사 및 분석방법

2.1. 현장조사 및 시료채취

본 연구는 B시 연료화시설 및 발전시설로 반입되는 30개의 수거업체를 대상으로 약 2개월(2016년 4월 11일~6월 10일)간 물리적 성상조사를 실시하였으며, 수거업체의 경우 사업장 생활폐기물 7곳, 생활폐기물 및 사업장생활폐기물이 혼입된 14곳, 생활폐기물 9곳으로 분류하여 실시하였다.

Table 1. Sampling

D·G	B·D·G	D·G+B·D·G
9	7	14

D·G : Domestic Garbage.

B·D·G : Business Domestic Garbage.

물리적 성상조사는 15성분(음식물류, 섬유류, 종이류, 비닐류, 플라스틱류, 나무류, 고무·가죽류, 철·캔·건전지류, 연탄재, 유리·도자기류, 전기장판, 매니큐어, 전자기판, 락카통, 기타)로 나누어 실시하였으며, 이중 분석이 가능한 항목(음식물류, 섬유류, 종이류, 비닐류, 플라스틱류, 나무류, 고무·가죽류)만이 일반 SRF 품질기준으로 중금속 측정하였다.

2.2. 조사방법

일반적으로 폐기물 시료 채취방법은 크게 두 가지로 구분할 수 있으며, 첫째, 수집 운반차에서 채취하는 방법, 둘째, 폐기물 저장 용기에서 채취하는 방법이다. 본 연구에서는 사업장 및 종량제의 대표성을 유지할 수 있도록 폐기물을 임의로 선정하여 40 kg씩 200 kg을 채취하였고, 이를 다시 균일하게 혼합하였다. 시료의 조정은 원추 4분법을 적용하였으며 이는 시료를 원추형으로 적재시키고 맨 위의 정점으로부터 수직으로 밀어 내리는 것처럼 하여 원추대를 만들며, 이러한 조작을 3~4회 반복하였다. 평평하게 만든 원추대를 4등분하고 그림 3.1와 같이 상응되는 2개의 부분을 무작위로 선정하여 최종 시료 10~30 kg을 물리 화학적 특성 분석을 위해 사용하였다.

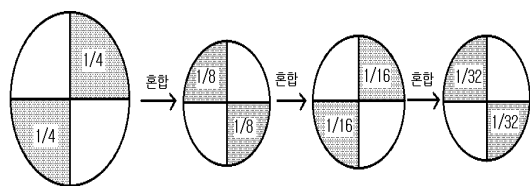


Fig. 1. Sampling by conical quartering (The ministry of environment, 2017).

2.2.1. 수분(The ministry of environment, 2017)

평량병 또는 증발접시를 미리 105~110℃에서 1시간 건조시킨 다음 데시케이터 안에서 방냉하고 항량으로 무게를 정밀히 달고(W1) 여기에 시료 적당량을

취하여 증발접시와 시료의 무게(W2)를 정밀히 단다. 다음에 물중탕에서 수분을 거의 날려 보내고 105~110℃의 건조기 안에서 4시간 건조시킨 다음 데시케이터 안에 넣어 방냉하고 항량으로 하여 무게(W3)를 정밀히 단다.

$$\text{수분}(\%) = \frac{(W2 - W3)}{(W2 - W1)} \times 100$$

2.2.2. 가연분(The ministry of environment, 2017)

백금제, 석영제 또는 사기제 도가니 또는 접시를 미리 600±25℃에서 30분간 강열하고 데시케이터 안에서 방냉한 다음 그 무게(W1)를 정확히 달고 여기에 시료 적당량(20 g 이상)을 취하여 도가니 또는 접시와 시료의 무게(W2)를 정확히 단다. 여기에 25% 질산암모늄용액을 넣어 시료를 적시고 천천히 가열하여 탄화시킨 다음 600±25℃의 전기로 안에서 3시간 강열하고 데시케이터 안에서 방냉하여 그 무게(W3)를 정확히 단다.

$$\text{강열감량}(\%) = \frac{(W2 - W3)}{(W2 - W1)} \times 100$$

2.2.3. 중금속 분석(The ministry of environment, 2017)

본 연구에서는 현재 SRF 기준에 포함된 As, Cd, Hg, Pb 등을 음식물류, 섬유류, 종이류, 비닐류, 플라스틱류, 나무류, 고무·가죽류 등 유기물류와 금속류(건전지포함), 전자기판, 매니큐어 등 SRF 고형연료에 중금속 영향을 미칠 수 있는 물질들을 모두 분석하여 결과로 나타내었다.

분석결과 오차 등도 고려하여 분석 시료량을 조절(약 0.1 g, 약 0.3 g)하여 결과를 비교분석 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 물리적 성상조사

반입폐기물 성상조사 중 15성상은 생활폐기물 연료화 중 고질의 저위발열량 및 전력량을 생산할 수 있도록 예측할 수 있는 중요한 항목이다. 본 연구에서는 15개 항목으로 물리적 성상조사를 실시하였으며 이를 Table 2에 나타내었다. 먼저 수분이 많고 발열량이 낮은 음식물의 경우 생활, 사업장생활폐기물을 처리하는 업체에서 21.4%로 혼입비율이 높았다. 이는

Table.2. Results of 15 composition

(Unit : %)

Composition Sites	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
B·D·G	13.6	13.6	26.6	18.2	5.0	1.7	1.5	2.0	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	12.4
D·G	9.1	8.2	39.3	10.8	12.5	2.9	1.1	2.4	0.0	3.7	0.3	0.0	0.4	0.0	9.4
B·D·G+D·G	21.4	5.2	38.2	12.0	4.5	2.5	2.3	2.0	0.0	4.1	0.1	0.1	0.1	0.0	7.5

D·G : Domestic Garbage.
 B·D·G : Business Domestic Garbage.
 A: Food, B: Fibers, C: Papers, D: vinyl

2014년 환경백서에서 제시된 우리나라 종량제 봉투의 음식물폐기물 발생 비율인 27.0%에 비해 낮은 수준이다(The ministry of environment, 2016). 전체적으로 음식물 비율 역시 9.1~21.4%로 다소 높은 경향을 나타내어 원단위에서의 수분이 높은 음식물 분리수거가 필요할 것으로 사료된다.

불연물 중 B시 폐기물처리시설에서 발생하는 SRF 고형연료에 함유된 중금속류의 오염의 원인이 되는 금속류(건전지포함)는 2.0%~2.4%, 기타무기물류 및 유리·도자기류가 각각 7.5%~12.4% 및 3.7%~5.4% 비율로 발생되었다. 전기장판 및 매니큐어는 소량 발생하는 곳이 존재하였으며, 락카통은 반입되지 않았다.

그러나, B시 폐기물처리시설에서는 2015년 11월 27일(금) 00:00~12:00(12시간)까지 반입폐기물 중 SRF 처리과정에서 발생하는 중금속 함유 가능성이 있는 폐기물을 수선별대 공정에서 자체 조사를 실시하였다. 그 결과 12시간 동안 분류한 폐기물량은 약 60 kg 정도이며, 일 24시간 기준 120 kg 이상이 될 것으로 조사되었다. 발생 폐기물은 핸드폰, 건전지, 리모콘, 페인트 락카 및 기타 전자제품류 등 재활용이 가능한 폐기물이었다. 또한 2015년 12월 3일(목) 14:00~16:00(2시간) 정도 반입장 내 생활폐기물(종량제봉투) 조사를 실시한 결과 중금속이 포함된 재활용품인 건전지, 매니큐어, 전기장판, 전자제품 등이 다량 확인되었다. 위의 항목들은 발생원단위에서 재활용품으로 분류되어야 하는 즉, 일반생활폐기물로 발생되어서는 안 될 항목들이며, 이는 지자체에서 단속 및 주민홍보 등으로 개선해야 할 부분이다.

따라서 이러한 원료 즉, 대상폐기물의 문제를 원단

위인 발생원에서 충분한 분리수거를 통하여 반입생활폐기물의 내용물의 개선이 이루어져야 고형연료(SRF) 기준치 이하로 만족이 될 것으로 판단된다.

폐기물의 경우 수질(물) 및 대기(공기)와 같이 균질하지 않는 특성(불균일질, Heterogeneous)이 있다. 즉 폐기물은 현장분석 요일 및 계절 등에 따라 많은 영향을 받는 실정이므로, 지자체에서의 관리와 홍보로 인해 일정한 쓰레기 성상을 꾸준히 배출될 수 있게 노력해야 할 것이다.



Fig. 2. Wastes contained heavy metals in the SRF treatment process.

E: Plastic, F: Wood, G: Rubber, H: Iron
 I: Coal, J: Glass, K: Electric pad L: Manicure
 M: Electronic Board, N: Lacquer, O: Others

3.2. 3성분 결과

3성분 역시 저위발열량 및 전력량 산출에 있어서 매우 중요한 인자 중 하나이다. 본 연구에서는 Table. 3.에 업체별 3성분 결과를 나타내었다. 수분의 경우 생활, 사업장생활계폐기물 업체 평균에서 34.9%로 높게 조사되었다. 생활, 사업장생활계폐기물 업체가 생활 폐기물 및 사업장생활계폐기물 업체보다 비교적 수분이 높게 나타내었다.

Table. 3. Results of analysis by sites (Unit : %)

Sites	Composition		
	A	B	C
B·D·G	28.5	12.6	58.9
D·G	23.5	14.9	61.5
B·D·G+D·G	34.9	12.2	52.9

A: Moisture, B: Ash, C: Combustibles

3.3. 중금속 분석결과

본 연구에서는 국내 SRF 제품품질기준 항목인 As, Cd, Hg, Pb를 분석하였으며, 반입폐기물의 15항목의 성상 중 중금속 분석이 가능한 10 항목(음식물류, 섬유류, 비닐류, 플라스틱류, 나무류, 고무·가죽류, 종이류, 금속류, 전자기판, 매니큐어)을 분석 시료량에 따라(약 0.1 g 및 약 0.3 g)비교분석하였다. 또한 SRF 시료를 다른 위치에서 샘플링하여 분석한 결과를 Table. 4에 나타내었다. 또한 SRF1(복합시료)을 성상별로 분류한 가연분 6항목(SRF-종이류, SRF-비닐류, SRF-섬유류, SRF-플라스틱류, SRF-고무·가죽류, SRF-나무류)과 불연물 1항목(SRF-금속류) 또한 나타내었다.

B시 폐기물처리시설로 반입되는 생활폐기물 중 가연성분을 시료량에 따라 분석한 결과 섬유류에서 0.109 g의 시료로 분석했을 때 전 항목에서 N.D.(Not Detected) 였으나, 같은 시료를 0.313 g 사용하였을 경우 Hg에서 0.10 mg/kg이 검출되었다. 또한 종이류는 약 0.1 g의 시료를 분석한 결과 Hg이 0.51 mg/kg으로서 약 0.3 g으로 분석한 결과(0.22 mg/kg)보다 2배 이상 높은 수치를 나타내었다. 반면 나무류에서는 약 0.3 g으로 분석한 결과 Pb가 480.0 mg/kg으로 약 0.1 g으로 분석한 결과(71.0 mg/kg)에 비해 약 6배 이상 높은

Table. 4. Results of heavy metal analysis (Unit : mg/kg)

Stes	Heavy Metal			
	As	Cd	Hg	Pb
A	0.109g	N.D.	N.D.	N.D.
	0.331g	N.D.	N.D.	N.D.
B	0.108g	N.D.	N.D.	N.D.
	0.313g	N.D.	N.D.	0.10
C	0.103g	N.D.	N.D.	0.51
	0.310g	N.D.	N.D.	0.22
D	0.109g	N.D.	98.6	N.D.
	0.313g	N.D.	117.0	N.D.
E	0.107g	N.D.	N.D.	N.D.
	0.324g	N.D.	N.D.	N.D.
F	0.105g	N.D.	N.D.	N.D.
	0.305g	N.D.	N.D.	N.D.
G	0.102g	N.D.	N.D.	N.D.
	0.313g	N.D.	N.D.	N.D.
H	0.308g	N.D.	N.D.	N.D.
I	0.315g	N.D.	N.D.	N.D.
J	0.324g	N.D.	0.77	N.D.
K	0.303g	N.D.	N.D.	N.D.
L	0.301g	N.D.	N.D.	N.D.
M	0.307g	N.D.	N.D.	N.D.
N	0.315g	N.D.	N.D.	N.D.
O	0.303g	N.D.	N.D.	N.D.
P	0.313g	N.D.	N.D.	N.D.
Q	0.330g	N.D.	N.D.	N.D.
R	0.314g	N.D.	N.D.	N.D.

A: Food, B: Fibers, C: Papers, D: Vinyl, E: Plastic, F: Wood, G: Ruber, H: iron, I: Electronic Board
 J: Manicure, K: SRF(Papers), L: SRF(Vinyl)
 M: SRF(Fibers), N: SRF(Plastic), O: SRF(Rubber)
 P: SRF(Wood), Q: SRF(Iron), R: SRF(Composite specimens)

수치를 나타내었다. 코팅된 비닐류의 경우 0.109 g에서 Cd 및 Pb에서 98.6 mg/kg 및 20.6 mg/kg이 검출되었으나, 0.313 g에서는 117.0 mg/kg 및 29.0 mg/kg으로 분석량이 많을수록 중금속 농도 역시 높게 발생되었다. 또한 코팅된 비닐류에서 Cd 기준치 이상의 고함량이 검출되어 실제 반입되고 있는 생활폐기물에서 중금속 항목 중 Cd이 발생하는 것으로 조사되었다. 그러나 SRF(복합시료)의 경우 중금속이 검출되지 않았

으며, SRF(복합시료) 중 6항목의 성상별로 분석한 결과 역시 Cd는 검출되지 않았으며, Pb만이 소량 검출되었다. 실제 반입되는 생활폐기물 중 코팅된 비닐류에서 기준치 이상의 Cd를 함유한 물질이 검출되어 원료인 생활폐기물에 대한 문제가 있음을 알 수 있었다. 이후 Pb 및 Cd 함량이 높은 코팅된 나무류 및 비닐·플라스틱류가 반입되는 한 계속해서 SRF의 중금속(Cd 및 Pb) 허용기준은 초과될 가능성이 언제나 존재하며 생활폐기물 내 존재하는 코팅된 비닐·플라스틱류 분리수거를 위한 지자체의 노력과 주민들의 노력이 필요할 것으로 판단된다.

또한 폐기물 분석의 경우 분석오차(시료량, 시료위치, 균질성 등)의 다양성이 존재하여 결과에 대한 오차 역시 있는 것으로 판단된다. 그 이유로 2015년 11월 4/4분기 이후 실시된 정기검사에서는 기준을 초과한 중금속이 없는 것으로 통보되었다. 따라서 실제 분석을 진행할 수 있는 시료량에 따라 분석결과는 달라질 수 있는 특징이 있어 시료 샘플링 시 다수의 포인트에서 측정을 하여 결과 값에 대한 산술평균 및 오차범위 등을 설정하여 중금속 농도를 계산하는 방법이 오차를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 B시 폐기물처리시설로 반입되는 생활폐기물의 성상조사를 실시하였으며, 이를 SRF기준에 맞게 각 성상별로 중금속 분석하였다. 이에 따라 현재 반입되고 있는 생활폐기물의 문제점 및 개선방안에 대하여 연구하였으며, 그 결과는 아래와 같다.

1) 물리적 성상분석의 경우 종이류가 전체적으로 26.6%~39.3%로 봉투 내 반입비율이 가장 높았으며, 불연물 중 금속류(건전지포함)가 2.0%~2.4%, 기타 무기물류 및 유리·도자기류가 각각 7.5~12.4% 및 3.7%~5.4% 비율로 발생되었다. 그러나 일반적으로 납 및 카드뮴 함량이 높은 코팅된 비닐·플라스틱의 경우 4.5~18.2%로 다소 높은 함량을 나타내어 실제 SRF 내 납 및 카드뮴 농도가 다소 높게 나타날 가능성이 있는 것으로 사료된다.

2) 반입폐기물 중 15항목의 성상 중 중금속 분석이 가능한 10항목(음식물류, 섬유류, 비닐류, 플라스틱

류, 나무류, 고무·가죽류, 종이류, 금속류, 전자기판, 매니큐어)을 분석시료량에 따라(약 0.1 g 및 0.3 g) 분석한 결과 코팅된 비닐류에서 시료량 0.109 g일 때 Cd 및 Pb가 98.6 mg/kg 및 20.6 mg/kg이 검출되었으며, 0.313 g에서는 117.0 mg/kg 및 29.0 mg/kg으로 Cd 기준치를 초과하는 고함량이 검출되었다. 또한 나무류에서는 Pb가 약 0.3 g일 때 480.0 mg/kg이 발생되었다.

3) 이는 이후 Pb 및 Cd 함량이 높은 코팅된 나무류 및 비닐·플라스틱류가 반입되는 한 계속해서 SRF의 중금속(Cd 및 Pb) 허용기준은 초과될 가능성이 언제나 존재하며 생활폐기물 내 존재하는 코팅된 비닐·플라스틱류 분리수거를 위한 전자기판, 건전지의 선별기의 개발 등 지자체의 노력과 주민들의 노력이 필요할 것으로 판단된다.

4) 실제 분석을 진행할 수 있는 시료량에 따라 분석 결과는 달라질 수 있는 특징이 있어 시료 샘플링 시 다수의 포인트에서 측정을 하여 결과 값에 대한 산술평균 및 오차범위 등을 설정하여 중금속 농도를 계산하는 방법이 오차를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2016학년도 (주)부산 E&E의 지원으로 수행되어 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Chang, M. H., 2013, Combustion characteristics of different types of solid recovered fuel, Master Thesis, Seoul University, Seoul, Korea.
- Kim, J. W., 2014, A Study on utilization of waste incineration for energy resource expansion, Master Thesis, Pohang University of science and technology, Pohang, Korea.
- Kang, S. H., 2011, Effects of raw refuse composition RDF on gasification characteristics in a fluidized bed, Master Thesis, Seoul University, Seoul, Korea.
- Lee, H. H., 2013, A Comparison study on the carbonization process and Refuse Derived Fuel(RDF) using Life Cycle Assessment(LCA), Master Thesis, Inje University, Inje, Korea.

Sudolwon landfill site management corporation, 2006, A Study on the instruction of system and economic value of solid recovered fuel.
The ministry of environment, 1995, Act on the promotion of saving and recycling of resources.

The ministry of environment., 2016, The white paper of environment.
The ministry of environment., 2017, Waste treatment testing standards.