

## 지정폐기물 내 미량 무기물질의 특성

권영현<sup>1</sup>, 손병현<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>울산테크노파크, <sup>2</sup>한서대학교 환경공학과

### Properties of inorganic components in the specified waste

Young-Hyun Kwon<sup>1</sup> and Byung-Hyun Shon<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Ulsan Technopark

<sup>2</sup>Department of Environmental Engineering, Hanseo university

**요 약** 최근 들어 지속적인 폐기물 발생량의 증가와 화석 연료 고갈 문제를 해결하기 위해 폐기물을 이용한 열에너지 회수에 대한 관심이 증가 하고 있다. 여러 가지 신재생 에너지 중 폐기물을 이용하는 방법이 에너지원의 잠재적 가치를 비교하였을 때 가장 유망한 에너지원으로 인정되고 있으며, 그 중에서도 폐기물을 고체연료로 가공하는 고회전율이 현실적이고 가장 경제적인 방법으로 인정받고 있다. 본 연구에는 세지역의 산업단지에서 발생하는 고회전 연료의 원료가 되는 산업폐기물에 미량 존재하는 중금속 성분을 분석하였으며, Cl+S 함량은 B산업단지의 농도가 A 산업단지의 농도보다 약간 높게 나타났다. A-산업단지의 RDF는 모래성분이 많았으며, B-산업단지 RDF는 염화칼륨과 염화나트륨 및 calcium alumina silicates의 성분이 많이 함유된 폐기물로 나타났다. 또한 C-산업단지 RDF는 lime과 calcium alumina silicate 등이 포함된 폐기물임을 알 수 있었다. 이를 바탕으로 산업폐기물의 발생원과 연료로서의 RDF의 성능을 개선하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

**Abstract** The interest on the recovery of thermal energy using the industrial waste has been rising to solve the problems of continuous increase of waste generation and the depletion of the fossil fuel recently. To recovery from the waste among the new recyclable energies has been proved as the most favorable when the potential value of energy source is compared. The RDF made from the industrial waste has been approved as the most economical method. This research has analyzed the heavy metal components containing in the industrial waste. The concentration of Cl and S in the industrial waste generated in C-industrial complex are slightly high than that of the B- and A-industrial complex. The main components generated from A-industrial complex, B-industrial complex, and C-industrial complex are alumina-silicates, calcium alumina silicates, and the mixture of lime and calcium alumina silicate. These results could be used to reveal the origin of inorganic components in industrial waste and utilized as a basic data to improve the performance of the RDF as fuel.

**Key Words** : RDF, Industrial waste, Heavy metals, EDX

### 1. 서론

기후변화와 환경문제, 화석연료의 고갈, 에너지 무기화 등 최근의 국제적인 이슈에 맞서 지속가능한 성장을 위한 대안으로 저탄소 녹색성장이 국가 경쟁력의 원천으

로 인식되고 있어 시장선점을 위한 국가간 경쟁이 본격화되고 있다[1]. 우리나라는 2013년 이후 기후변화협약 의무이행 대상국에 포함될 것이 확실시됨에 따라 온실가스 감축목표 설정과 맞물려 청정 및 대체에너지의 개발과 활용이 절실한 실정이다. 여러 가지 신재생 에너지 중

이 논문은 2009년도 한서대학교 교비 학술연구지원사업에 의하여 연구되었음.

\*교신저자 : 손병현(bhshon@hanseo.ac.kr)

접수일 11년 05월 04일

수정일 (1차 11년 06월 27일, 2차 11년 07월 05일)

게재확정일 11년 07월 07일

[표 1] 폐기물 에너지 분야의 신·재생에너지 보급 기여도(단위 : 천toe)

[Table 1] Level of contribution of new and renewable energy in the waste energy field.

구분	태양열	태양광	바이오	폐기물	수력	풍력	지열	연료전지
'05	34.7	3.6	181.3	3,705.5	918.5	32.5	2.6	0.5
'06	33.0	7.8	274.5	3,975.3	867.1	59.7	6.2	1.7
'07	29.4	15.3	370.2	4,319.3	780.9	80.8	11.1	1.8
'08	28.0	61.1	426.8	4,568.6	660.1	93.7	15.7	4.4
'09	30.7	121.7	580.4	4,558.1	606.6	147.4	22.1	19.2

폐기물의 열적에너지를 이용하는 방법이 에너지원의 잠재적 가치를 비교하였을 때 가장 유망한 방법이며, 그 중에서도 폐기물 고회전료(Refuse Derived Fuel, RDF)화가 현실적이고 경제적인 방법으로 인정받고 있다. RDF 제조공정은 선별, 파쇄, 건조, 성형공정으로 이루어지는데 제조업체마다 제조공정에 약간의 차이가 있으며 만들어지는 RDF의 성상에도 변동이 있다[2]. RDF는 상태에 따라서 세종류로 나뉘게 된다. ① Fluff RDF : 수분함량이 15~20% 정도로서 폐기물로부터 불연성 폐기물(금속 및 초자류)을 제거한 후 연료화 한 고회전료이다. ② Pellet RDF : 수분함량이 12~18% 정도로서 보관이나 운반의 효율을 높임과 동시에 단위무게당 열량을 향상시키기 위하여 Fluff RDF를 압밀 성형한 고회전료 제조 방법이다. ③ Powder RDF : 수분함량이 4% 이하로서 Fluff RDF를 2차 분쇄과정을 통하여 0.5 mm 이하의 분말형태로 만들어 연료화 한 고회전료 제조 방법이다.

표 1을 살펴보면 2009년 잠정치 기준 1차에너지(243,311 천 TOE)의 2.5%(6,086 천 TOE)를 신·재생에너지로 보급하며 이 중 태양열 0.5%, 풍력 2.47%, 바이오 9.5%, 수력 10.0%, 폐기물 74.9%로서 높은 기여도를 보인다. 폐기물 분야가 아직까지도 전체 신·재생에너지 보급량의 3/4 이상을 차지하고 있고 장기적으로도 50% 이상의 비중을 유지할 것으로 전망되고 있다[3]. 이런 측면에서 볼 때 폐기물의 잠재에너지를 적극적으로 활용 할 수 있는 폐기물 고회전료의 가공 및 이용 기술은 더욱 중요한 의미를 가진다.

폐기물을 에너지원으로 이용하는 방법에는 I)직접 소각에 의한 열 회수이용기술, ii)폐기물 고회전료(RDF)로 가공 후 이용기술, iii)열분해(pyrolysis, gasification)에 의한 액체연료 또는 가스 연료화 기술 등이 있다. 폐기물의 처리 및 에너지화에 가장 잘 알려진 개념인 소각에서는 폐기물을 소각시킨 후 발생하는 고온의 배가스는 그 열을 열교환장치를 통해 회수한 다음 배가스 중의 분진 및 유해가스들을 대기오염저어설비를 통해 제거하고 연돌을 통해 대기 중으로 배출한다. 폐기물의 소각 시 배가스 중 부식성이 가장 강한 것이 염소(Cl<sub>2</sub>)인데, 이 염소가 보일

러와 같은 열회수장치에 고온부식을 일으키는 가장 큰 원인이며, 이 외에 O<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO, CO<sub>2</sub>, 등이 함께 작용하여 고온 부식을 촉진시킨다. 폐기물로부터 가스터빈이나 엔진과 같은 다른 동력기계를 운전할 수 있는 고품위의 에너지를 생산할 수 있어야 비로소 대체에너지로서의 영역을 확보할 수 있다는 관점에서 볼 때, 폐기물의 가스화 이용은 소각 처리 시 발생하는 문제점에 대한 좋은 대안이 될 수 있다. 그러나 모든 폐기물이 열분해 가스화할 수 있는 것은 아니므로 폐기물의 종류 및 경제성을 고려하여 최선의 기술을 선정하는 것이 중요하다.

현재의 기술수준을 고려한다면, 경제성과 효율성을 고려할 때 가연성의 폐기물을 고체 연료로 가공하는 폐기물 고회전료(RDF)화 연소 기술이 가장 현실적인 방법으로 확인되고 있다. 따라서 본 연구에는 국내의 3개 산업단지에서 발생하는 산업폐기물의 중금속 함량을 분석한 후, 고회전료의 원료가 되는 주요물질을 SEM-EDS로 분석하고 도식화하여 고회전료의 처리장치 설계에 이용하고자 한다. 또한 RDF내의 미량 중금속의 발생원을 추적하여 신·재생 에너지로서의 RDF의 적용 가능성을 확인하기 위한 기본 자료를 제공하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 시료

본 연구에 사용된 시료는 3개의 산업단지에서 발생하는 단일폐기물과 혼합폐기물로 제조한 고회전료(RDF)이다. A와 B산업단지의 경우 단일시료와 혼합시료를 각각 채취하였으며, C-산업단지에서는 총 21개의 RDF 시료에 대하여 실험에 사용하였다.

A-산업단지과 B-산업단지의 경우 총 5회 분석하여 평균값을 사용하였고, C-산업단지의 경우 총 4회 분석하여 평균값을 사용하였다. 시료의 조성비는 표 2, 표 3 및 표 4와 같다.

대상 시료는 파쇄 및 성형이 쉬운 비닐류 2종, 파쇄가

[표 2] A-산업단지 고형연료 단일시료 및 혼합시료 조성비(%)

[Table 2] Compositions of RDF in A-Industrial complex.(%)

비닐류	비닐류(EPR)	페플라스틱	폐목재	폐합성수지	슬러지	폐 유기용제	시료명
100	-	-	-	-	-	-	A-1
-	100	-	-	-	-	-	A-2
-	-	100	-	-	-	-	A-3
-	-	-	-	100	-	-	A-4
-	75	10	-	5	10	-	A-5
-	70	10	-	-	20	-	A-6
-	70	-	-	-	30	-	A-7
-	75	-	24	-	-	1	A-8
-	-	30	20	50	-	-	A-9
-	-	50	15	30	-	5	A-10
-	-	15	-	80	-	5	A-11

[표 3] B-산업단지 고형연료 단일시료 및 혼합시료 조성비(%)

[Table 3] Compositions of RDF in B-Industrial complex.(%)

페타이어	폐지	폐합성수지	시료명	페타이어	폐지	폐합성수지	시료명
100			B-1	30	40	30	B-9
	100		B-2	40	10	50	B-10
		100	B-3	40	20	40	B-11
20	10	70	B-4	40	30	30	B-12
20	30	50	B-5	50	10	40	B-13
20	40	40	B-6	50	20	30	B-14
30	20	50	B-7	50	30	20	B-15
30	30	40	B-8	50	40	10	B-16

[표 4] C-산업단지 고형연료 혼합시료 조성비(%)

[Table 4] Compositions of RDF in C-Industrial complex.(%)

비닐류	비닐류(EPR)	페 플라스틱	폐목재	폐합성수지	슬러지	폐유기용제	시료명
-	70	-	-	20	10	-	C-1
-	-	-	20	60	-	20	C-2
-	10	20	-	70	-	-	C-3
-	-	80	-	20	-	-	C-4
20	40	20	20	-	-	-	C-5
-	60	20	20	-	-	-	C-6
-	75	-	20	-	-	5	C-7
60	20	-	-	20	-	-	C-8
50	-	20	20	30	-	10	C-9
70	20	-	10	30	-	-	C-10
30	30	-	5	30	-	-	C-11
30	30	-	5	40	10	-	C-12
40	30	10	10	40	10	-	C-13
40	-	10	-	40	-	10	C-14
40	-	-	-	50	-	10	C-15
-	20	10	10	50	-	10	C-16
-	20	20	-	50	-	10	C-17
-	-	20	20	50	-	10	C-18
50	-	30	-	-	10	10	C-19
50	-	30	10	-	-	10	C-20
50	-	30	-	10	10	-	C-21

필요한 폐목재, 페플라스틱, 폐합성수지류, 파쇄가 불가능한 슬러지, 폐유기용제, 페타이어, 폐지 등을 선정하여 전체를 대표할 수 있도록 하였다. 비닐 2종 중 하나는 10m×10m 이상의 대형 크기이며, 나머지 하나는 생활환경에서 발생하는 비닐류(라면봉지, 과자봉지 등)이다. 플라스틱류는 20L 크기의 용기가 90% 이상을 차지하였으며, 폐목재는 직사각형 형태를 가지고 있으며, 2 m 이상의 크기를 가지는 것도 있었다.

폐합성수지는 비닐류, 종이류, 플라스틱류, 폐목재 등의 다양한 성상의 폐기물이 혼합되어 있었으며, 슬러지와 폐유기용제는 수분 함유량이 80% 이상을 나타내고 있다 [4]. 페타이어는 타이 어 내의 철심을 제거하고 잘게 파쇄된 섬유(fabric cord)를 주로 사용하였으며, 폐목재는 나무젓가락, 합판 등을 주로 이용하였다.

### 2.2 SEM-EDS

본 연구에서는 표 5에 나타낸 바와 같이 RDF 내의 주요 10개 원소성분(Na, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Fe)을 SEM-EDS를 이용하여 분석하고자 한다.

SEM (Scanning Electron Microscope, JSM- 5600, Japan)은  $10^{-5}$  torr 이상의 진공 중에 놓여진 시료표면을 1-100 nm 정도의 미세한 전자선으로 x-y의 이차원방향으로 주사하여 시료표면에서 발생하는 2차전자, 반사전자, 투과전자, 가시광, 적외선, X선, 내부 기전력 등의 신호를 검출하여 확대화상을 표시하거나 기록하여 시료의 형태, 미세구조의 관찰이나 구성원소의 분포, 정성, 정량 등을 분석하는 장치이다.

SEM의 특징을 살펴보면 첫째, 매우 높은 분해능을 갖고 있어서 고배율로 물체를 관찰할 수 있다. 둘째, SEM

은 고배율 뿐만 아니라 10~100배의 저배율 관찰에도 사용할 수 있다. 셋째, 최근 SEM은 디지털 영상을 제공하기 때문에 영상에 대한 분석이 용이할 뿐만 아니라 X선 분광분석기(EDS/WDS)를 장착할 경우 미세영역에서의 성분분석이 가능하다.

EDS (Energy Dispersive X-ray Spectrometer, XS-160, Japan)은 전자현미경의 전자총으로부터 발생된 전자빔이 시료 표면에 주사되어 전자와 시편의 원자 사이의 상호작용에 의하여 각종 신호가 발생하는데 이때 발생된 여러 가지 신호 중에 화학성분을 분석하는 X-ray 신호를 검출기로 검출하여 시료 중에 함유된 화학적 성분을 분석하는 장비이다. 전자현미경에서 관찰한 개체물이나 어떤 특정한 형태를 면적으로 선택하여 정성분석 및 정량분석을 할 수 있으며, 여러 가지 원소를 동시에 분석할 수 있고 분석 시간이 짧다. 가장 정도가 높은 분석 방법 중의 하나인 X-ray 미량분석법은 미소 부위, 즉 수  $\mu\text{m}$  영역의 원소 성분에 대한 정보를 알 수 있으며, 검출한계는 0.1%이다. 이것으로 분석 가능한 원소성분은 Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Sn, Pb 등이며 본 연구에서도 이들 원소 중 폐기물에 함유한 원소들에 대해 분석하였다[4].

### 2.3 Triangle plot

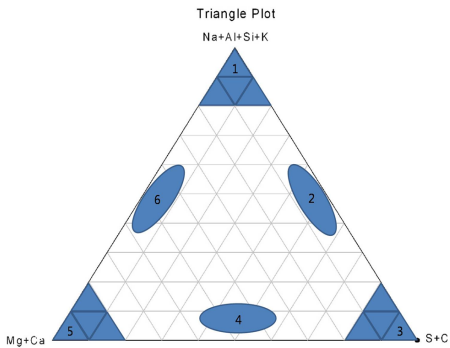
Triangle plot은 삼각형의 그래프로 그림 1과 같이 각 끝의 모서리와 모서리 사이의 면에 SEM-EDS로 분석한 RDF 시료의 구성 원소를 대입하여 표 5에 제시된 원소 분석표를 이용하면 각 RDF의 제조에 사용된 폐기물이었인지를 알 수 있다. 임의의 한 점의 합은 100%로 하여 각 모서리 지역 1, 3, 5로 갈수록 Na+Al+Si+K, S+Cl, Mg+Ca 성분이 많은 것을 의미하며 반대쪽 모서리로 갈

[표 5] RDF에 함유되어 있는 무기물질의 분류(%)

[Table 5] The classification of characteristic inorganic particles in RDF mass (%)

Components	Area	Na	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Fe
Natural sand										
Silicon dioxide	1			100						
Alumina-silicates	1	<10	10-20	50-70			20-30			
Calcium alumino silicates	6	<10	20-30	50-60				10-20		
Salt										
Sodium chloride	2	40-60				40-60				
Potassium chloride	2					40-60	40-60			
Calcium chloride	4					40-60		40-60		
Lime	5							100		
Gypsum	4				40-60			40-60		
Polyvinylchloride	3					100				
Titanium oxide									100	
Metallic aluminium			100							
Metallic iron or iron oxide										100

수족 감소한다. 전체 분석결과 Na, Al, Si, K, S, Cl, Mg, Ca 값이 전체 분석값의 80 ~ 100%를 차지하고 나머지 원소들의 양은 극히 미량으로 검출되어 8개의 원소로만 그래프를 작성하였다. 표 5와 그림 1의 영역-1은 alumina-silicates 및 silicon dioxide를 의미하며 그 구성형태가 sand와 흡사하다는 것을 나타내며, 영역-2는 sodium and potassium chloride의 물질로 alkali metal chlorides, 영역-3은 chlorine-rich phases 물질로 PVC, 영역-4 calcium chloride 물질로 gypsum and calcium chloride, 영역-5는 calcium and magnesium oxides의 물질로 lime, 영역-6은 calcium alumino silicates 물질로 calcium silicate (포클랜드 시멘트의 주성분)를 의미한다 [5]. 이 면적들은 일반적으로 산업폐기물에서 관찰되는 무기성분들의 대략적인 조성의 분포 한계를 나타낸 것이다.



[그림 1] 각 코너의 정의 (1) 모래, (2) 알칼리 메탈 염화물, (3) PVC, (4) 석고 와 염화칼슘, (5) 석회, (6) 규산칼슘.

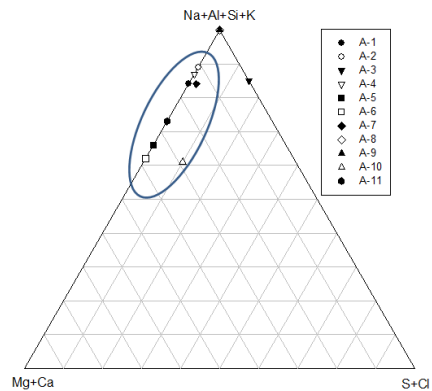
[Fig. 1] The corner definitions of the diagram and the occurrence of different inorganic particle classes in the diagram. (1) Sand, (2) alkali metal chlorides, (3) PVC, (4) gypsum and calcium chloride, (5) lime and (6) calcium silicate.

### 3. 결과 및 고찰

본 연구에서 분석한 고형연료는 대부분 탄소와 산소로 구성되어 있었으며, C와 O의 비율이 모든 폐기물의 60% ~ 95% 이상을 차지한다. 하지만 폐기물을 분석하여 나누기 위해서는 C와 O 그리고 Na, Al, Si, K, S, Cl, Mg, Ca 외의 물질은 제외하였으며, 탄소와 산소를 제외한 8가지 원소를 100%로 환산하여 그래프로 나타내었다[4].

그림 2는 A-산업단지의 산업폐기물을 이용하여 제조한 RDF를 분석한 결과이다. A-3 및 A-10 시료를 제외한

대부분의 시료에서 (S+Cl)성분이 거의 검출되지 않았다. 또한 A-8과 A-9 시료는 Na+Al+Si+K 함량이 100%로 나와 silicon dioxide 또는 alumina silicates임을 알 수 있어 RDF 제조 시 상당량의 모래성분이 섞여 들어갔음을 예측할 수 있다. A-6와 A-7 시료에서는 Cl+S 성분이 전혀 검출되지 않았으며 Na+Al+Si+K의 함량이 각각 약 66%와 약 63% 검출되었고 Mg+Ca 함량이 각각 약 34%와 약 38% 검출되어 폐기물 중에 calcium chloride가 존재함을 알 수 있다. 모든 시료들이 영역-1 (alumina-silicates 및 silicon dioxide)과 영역-6 (calcium alumino silicates) 사이에 존재하므로 natural sand가 상당량 포함되어있어 EDF 제조과정에서 이들을 제거하는 공정이 필요하다고 판단된다. A-1, A-2, A-3, A-4 시료에서는 산화철 형태가 철 성분이 분석되었다. 이와 같은 이유는 고형연료 제작 시 압축-성형하는 과정에 사용되는 성형기에 의해 Fe가 포함되었을 것으로 예상된다. A-8과 A-9 시료에서는 구리 (검출한계 0.01%)가 검출되었고 A-10 시료에서는 수은 (검출한계 0.01%)이 검출되었으며, A-3에서는 Br(검출한계 0.01%)이 검출되었다.

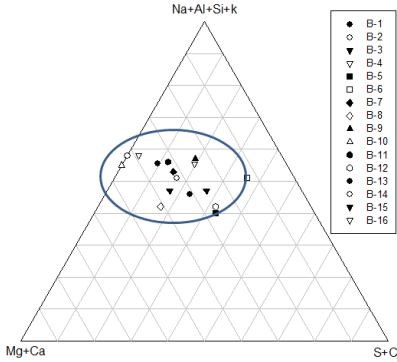


[그림 2] A-산업단지에서 배출되는 폐기물로 제조한 RDF의 성분 분석

[Fig. 2] The compositional distribution of RDF made from A-industrial complex waste.

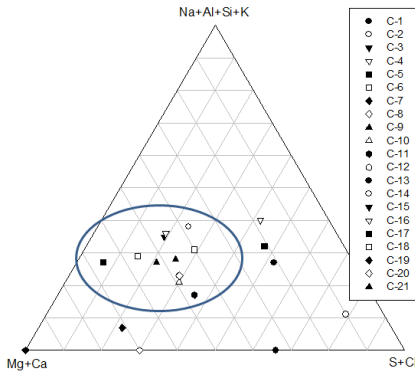
그림 3은 B-산업단지의 산업폐기물을 이용하여 제조한 RDF를 분석한 결과이다. 그림 3에서 볼 수 있듯이, 모든 시료에서 Na+Al+Si+K의 함량은 40-60%사이, S+Cl의 함량은 0-40% 사이 그리고 Mg+Ca의 함량이 10-50% 사이를 보였다. 이는 모든 시료가 영역-2(sodium and potassium chloride)와 영역-6(calcium alumino silicates) 사이에 존재해 다량의 염 성분을 포함하는 폐기물임을 확인할 수 있다. B-7 시료에서는 구리가 미량 검출되었고,

B-10 시료에서는 Fe 성분이 그리고 B-12 시료에서는 소량이 Au 성분이 검출되어 폐전자제품과 관련된 폐기물이 존재함을 알 수 있다.



[그림 3] B-산업단지에서 배출되는 폐기물로 제조한 RDF의 성분 분석.

[Fig. 3] The compositional distribution of RDF made from B-industrial complex waste.



[그림 4] C-산업단지에서 배출되는 폐기물로 제조한 RDF의 성분 분석

[Fig. 4] The compositional distribution of RDF made from C-industrial complex waste.

그림 4는 C-산업단지의 산업폐기물을 이용하여 제조한 RDF를 분석한 결과이다. 모든 시료에서 Na+Al+Si+K의 함량은 0-40%, S+Cl의 함량은 5-80% 그리고 Mg+Ca의 함량이 10-70% 정도로 나타났다. 이와 같은 경향은 B-산업단지와 유사한 경향을 보이긴 하지만 B-산업단지보다 몇 개의 선택적인 시료를 제외하면 S+Cl의 함량은 크게 변함이 없지만 Na+Al+Si+K의 함량이 크게 감소하고 Mg+Ca의 함량이 증가하는 경향을 보였다. 이는 영역-4(calcium chloride)의 gypsum and calcium chloride, 영역-5(calcium and magnesium oxides)의 lime 성분, 영역-

-6(calcium alumina silicates)의 calcium silicate (포클랜트 시멘트의 주성분)가 혼합된 상태로 RDF 제조 시 모래 성분이 거의 섞이지 않았고 또한 몇 개의 시료를 제외하면 황과 염소 성분이 충분히 제거된 좋은 품질의 RDF임을 알 수 있다. 다만, C-2 시료에서 Cl+S 함량이 78.14%로 PVC 계열의 원료가 다량 함유되어 성형과정에서 높은 농도의 염소가 검출된 것으로 판단된다. C-11, C-21 시료에서는 미량의 Hg이 검출되었으며, C-6, C-7, C-8 시료에서는 구리 성분이 검출되었다. 그러나 극히 미량으로 전체 원소함량에 큰 영향을 주지는 않을 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 3개의 산업단지에서 배출되는 폐기물을 이용하여 RDF를 제조한 후 8개의 미량성분을 분석하여 지정폐기물 내 미량 무기물질의 특성을 규명하였으며 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1. 산업폐기물의 특성상 미량이지만 모든 시료에서 다양한 종류의 중금속(구리, 금, 수은, 브롬 등)이 검출되었으며, 각종 기계제조업, 정련공정, 전자제품 제조업 등 다양한 산업공정 중 발생한 폐기물 성상에 따른 것으로 판단된다.
2. B-, C-산업단지에서 발생하는 폐기물로부터 제조한 고품연료에서 소량의 Cl이 검출되므로, RDF 제조 시 전처리를 통해 선별하는 과정이 필요할 것으로 판단된다. B-산업단지에서 배출되는 폐기물은 염성분이 다량 포함된 폐기물임을 확인할 수 있었고 C-산업단지에서 발생한 폐기물로부터 제조한 고품연료는 황과 염소 성분이 매우 적고 모래가 섞이지 않은 좋은 RDF인 것으로 나타났다.
3. A-, B-산업단지에서 발생하는 폐기물로부터 제조한 RDF에서 다량의 Si성분이 검출되어 폐기물 분류 및 RDF 제조 과정에서 모래성분이 혼합된 것으로 판단되므로 이에 대한 개선이 필요한 것으로 판단된다.
4. 고품연료의 원료가 되는 산업폐기물에 미량 존재하는 8개의 주요한 중금속 성분을 분석하여 도시한 triangle plot으로부터 산업폐기물의 발생원과 연료로서의 RDF 성능 개선을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 D/B를 구축 후 산업폐기물의 고품연료 복합이용시스템 및 폐열활용 시스템 구축, 복합 후처리장치 설계 시 기초 자료로 활용 가능할 것으로 예상된다.

## References

- [1] Business Information Research, "Technical Trend & Development Strategy of the Waste Energy and Biomass", 2010.
- [2] Yeon Ho Kwak, Woo Hyun Kim, Sung Keun Bae, "Combustion Characteristics of a Single Particle of RDF and Wet Sewage Sludge in a Fluidized Bed Combustor", Vol 25, No. 2, pp. 132-138, 2008.
- [3] KOREA ENERGY MANAGEMENT CORPO RATION, New & Renewable Energy Center, "New & Renewable Energy Statistics 2009", 2010.
- [4] Moon-Heon Jeong, Ju-Ho Lee, Jeong-Kun Yoo, Gan-g-Woo Lee, and Byung-Hyun Shon, "Characterization of inorganic materials in industrial waste and RDF using SEM-EDS", Vol. 10, No. 10, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, pp. 2786-2793, 2009.
- [5] H.J. Ollila, A. Moilanen, M.S. Tiainen, R.S. Laitinen. "SEM-EDS characterization of inorganic material in refuse-derived fuels.", FUEL 85(2006) 2586-2592.

### 손 병 현(Byung-hyun Shon) [정회원]



- 1994년 2월 : 부산대학교 환경공학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 부산대학교 환경공학과 (공학박사)
- 1997년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 환경공학과 정교수

<관심분야>

대기오염제어(탈황 및 탈질), 폐기물처리, 이산화탄소 흡수, 대기화학

### 권 영 현(Young-Hyun Kwon) [정회원]



- 2008년 2월 : 한서대학교 환경공학과 (공학사)
- 2009년 3월 ~ 2011년 2월 : 한서대학교 환경공학과(공학석사)
- 2011년 4월 ~ 현재 : 울산테크노파크

<관심분야>

유해가스처리, 산업폐기물처리