

SEM-EDS분석을 통한 산업단지 내에 폐기물의 무기물 구성물질 설명

정문헌*, 이주호*, 권영현*, 김민철**, 이강우**, 손병현*

*한서대학교 환경공학과

** (주)유성 중앙연구소

e-mail:nice122@nate.com

SEM-EDS characterization of inorganic material in waste of industrial estate

Moon-Heon Jeong*, Ju-Ho Lee*, Young-Hyun Kwon*, Min-Choul
Kim**, Kang-Woo Lee**, Byung-Hyun Shon*

* Dept of Environmental Engineering, Hanseo University

** YOO SUNG Co. Ltd., R&D Center

요약

최근 화석에너지 고갈과 환경규제 강화로 신·재생에너지 개발 및 보급이 시급해지고 있다. 여러 가지 신재생 에너지 중 폐기물을 이용하는 방법이 에너지원의 잠재적 가치를 비교하였을 때 가장 유망한 에너지원으로 인정되고 있으며, 그 중에서도 폐기물을 고체연료로 가공하는 고행연료가 현실적이고 경제적인 방법으로 인정받고 있다. 하지만 Cl이나 중금속 같은 물질들은 부식성이 강하여 보일러와 같은 열 회수 장치에 고온부식을 일으켜 고행연료의 제한적인 요소로 작용하고 있다. 따라서 울산의 산업단지의 고행연료의 원료가 되는 몇몇 물질을 SEM-EDS로 분석하고, Triangle plot을 통하여 나타내고 고행연료의 처리장치 설계 시 기초가 되는 자료를 제공한다.

1. Introduction

최근 국제유가의 급격한 상승은 화석연료의 절대량을 해외로부터 수입하는 우리나라에 심각한 이슈로 대두되고 있다. 또한 2013년 이후 기후변화협약의 무이행 대상국에 포함될 것이 확실시됨에 따라 온실가스 감축목표 설정과 맞물려 청정 및 대체 에너지의 개발과 활용이 절실한 실정이다.

특히 울산지역은 1962년에 특별공업지구로 지정된 이후 석유화학, 비철금속, 조선, 자동차 산업 등을 주력산업으로 하는 산업수도로 발전하였으나, 환경에 대한 배려 없이 산업시설의 무분별한 입주로 인하여 1990년대 초까지 울산은 "공해 1 번지, 공해백화점" 등의 부끄러운 오명을 갖고 있었다. 이후 울산지역 내 기업체들은 대기특별대책지역으로의 지정(1986년 3월)되었고 특별배출허용기준을 적용(1991년 10월 이후) 받으며 엄격한 배출허용기준을 준수

하게 되었다. 하지만 이러한 개별기업의 환경기준 준수 노력은 고비용의 최종처분에 의존하고 있으며, 이들 최종 처분되고 있는 가치성 부존자원의 회수 및 최적 활용에 대한 노력이 절실한 실정이며, 여러 가지 신재생 에너지 중 폐기물을 이용하는 방법이 에너지원의 잠재적 가치를 비교하였을 때 가장 유망한 에너지원으로 인정되고 있으며, 그 중에서도 폐기물을 고체연료로 가공하는 고행연료가 현실적이고 경제적인 방법으로 인정받고 있다. 하지만 Cl이나 중금속 같은 물질들은 부식성이 강하여 보일러와 같은 열 회수 장치에 고온부식을 일으켜 고행연료의 제한적인 요소로 작용하고 있다.

본 연구는 울산지역 산업단지 내 부존자원(폐목재, 폐플라스틱류, 폐섬유, 폐유기용제류 등)을 SEM 분석하여 D/B로 구축하고, 부존자원의 최적 이용 방안을 도출하며, 이를 바탕으로 부존자원 액상/고상 연료화 기술, 부존자원 복합이용시스템, 폐열활용 시스

템과 같은 기술에 적용하여 부존자원 재활용 및 에너지를 최적 활용할 수 있는 D/B 구축을 하는 것이 최종 목표이다.

2. Experimental

2.1. 산업단지 내의 폐기물

주요 에너지 잠재원인 가연성 폐기물을 중심으로 울산 산업단지 내 각 업체의 발생량 순으로 방문하여 폐기물 시료를 채취하였다. 폐기물은 9개 업체에서 총 14개 시료가 채취되었으며, 그 종류는 폐지, 폐목재, 폐섬유, 고분자화합물로 합성고무수지, 합성수지를 포함한 기타 가연성폐기물이다.

[표 1] 울산 산업단지 내 업체별 폐기물 시료채취 현황

기업	산업단지	시료명	분석폐기물	발생량 (톤/년)
A	울산미포	A-1	폐섬유 및 천	-
B	울산미포	B-1	폐섬유 및 천	5,442
		B-2	폐목재	1,317
		B-3	폐합성고무수지	3,171
D	울산온산	D-1	폐지	945
E	울산온산	E-1	기타가연성 폐기물	1,2691
		E-2	폐목재	270
F	울산온산	F-1	기타가연성 폐기물	314
		F-2	폐목재	768
H	울산미포	H-1	폐지	262
J	울산미포	J-1	기타가연성 폐기물	990
L	울산미포	L-1	폐목재	511
		L-2	폐지	182
N	울산미포	N-1	폐지	67
비 고		9개 업체, 14개 시료채취		

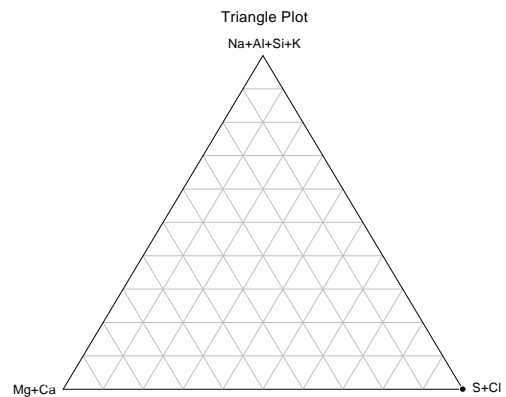
2.2. SEM-EDS

Scanning Electron Microscope(SEM)은 JSM-5600을 사용하여 분석하였으며, 전자선이 시료면 위를 scanning할 때 시료에서 발생하는 여러 가지 신호 중 그 발생확률이 가장 많은 secondary electron 또는 back scattered electron를 검출하는 것으로 대상 시료를 관찰한다. EDS는 FXS-160.40을 사용하였다. EDS는 SEM에 장착되어 고체, 박막 또는 particle들

의 화학적 성분을 분석하는 기술이다. EDS(Energy Dispersive X-ray Spectrometer)의 측정 원소 범위는 Beryllium(4) 부터 Americium(95)까지이다. 가장 sensitive한 분석 방법 중의 하나인 X-ray microanalysis는 미소 부위, 즉 수 micron의 영역에 대한 원소 성분에 대한 정보를 알 수 있으며, relative detection limit은 0.1% 이다. 이것으로 분석 가능한 원소 성분은 Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Sn, Pb 등이 있다.

2.2. Triangle Plot

[그림1]에서 나타내는 Triangle Plot은 각 모서리로 갈수록 그 농도나 함유량이 많아지는 것을 의미한다. Na+Al+Si+K : Mg+Ca : S+Cl 비율로 한 점으로 나타내어진다.



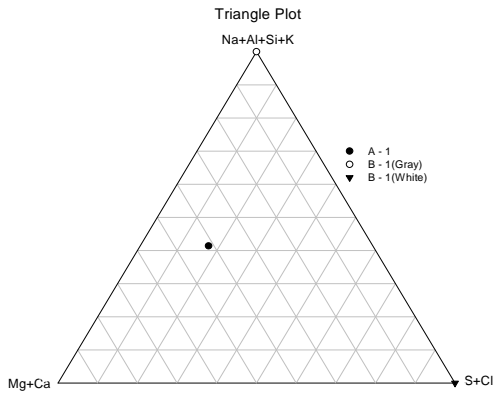
[그림1] Triangle plot

3. Results and discussion

3.1 General

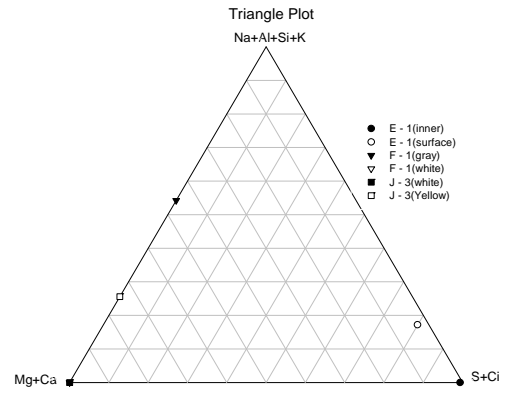
울산 산업단지에서 배출되는 폐기물시료 14개를 SEM-EDS를 통하여 분석하였고, 각각의 시료마다 3번씩 분석하여 평균값으로 나타내었다. C, O, B, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Fe와 중금속 물질인 Pb, Mn, Zn도 검출 되었다. 그리고 4가지(폐섬유, 폐지, 폐목재, 기타가연성 폐기물)로 나누어 그래프화 하였다. Triangle plot을 통하여 열적처리를 하거나 고형연료로 사용하여 처리 시 문제가 될 수 있는 물질로 나누어 표현하였다.

3.2 폐섬유



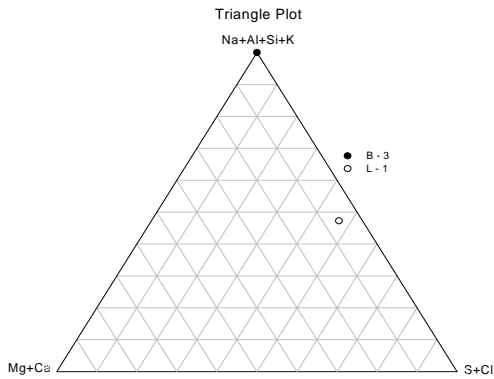
[그림 2] 폐섬유 triangle plot

3.5 기타가연성 폐기물



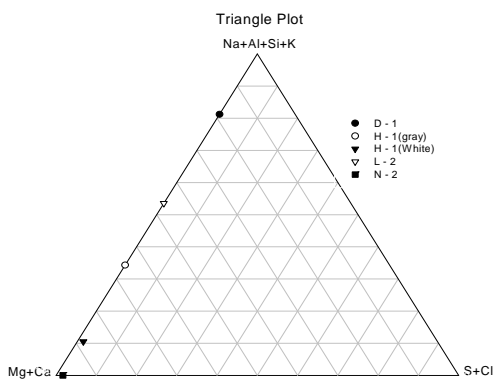
[그림 5] 기타가연성 폐기물 triangle plot

3.3 폐목재



[그림 3] 폐목재 triangle plot

3.4 폐지



[그림 4] 폐지 triangle plot

4. Conclusions

울산 산업단지에서 배출되는 폐기물시료 14개를 통하여 각 폐기물의 구성성분을 SEM-EDS와 그래프로 파악하였다. 이 연구에서 폐기물 분류는 폐섬유, 폐목재, 폐지, 기타가연성 폐기물로 나누어 나타내었고, 이 결과를 바탕으로 같은 종류의 폐기물은 구성성분을 예측할 수 있다. 또한, 폐기물의 화학적 특성은 본 재료의 특성과 크게 변하지 않으므로 열적처리나, RDF와 같은 고형연료 제작 시 그 후처리나 연료에 맞는 물질을 예측하여 사용할 수 있다.

Acknowledgement

본 연구는 국토해양부 지역기술혁신 연구개발사업의 연구비지원(과제번호 08지역기술혁신B-03)에 의해 수행되었습니다.

References

- [1] 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.
- [2] Vera Susanne Rotter, Thomas Kost, Joerg Winkler, Bernd Bilitewski. "Material flow analysis of RDF-production processes.", Waste Management 24(2004) 1005-1021.
- [3] Risto Oikari, Martti Aho, Rolf Hernberg, "Demonstration of a New On-line Analyzer for

the Measurement of Vaporized Toxic Metal Compounds in a Fluidized Bed Combustor.", Energy & Fuels(2003), 17, 87-94.

- [4] Minna Tiainen, Jouni Daavitsainen, Risto S. Laitinen. "The Role of Amorphous Material in Ash on the Agglomeration Problems in FB Boilers. A Powder XRD and SEM-EDS Study.", Energy & Fuels(2002), 12, 871-877.