

산업단지 발생 액상폐기물(폐유와 폐유기용제)의 고온연소 특성

김민철¹, 이재정¹, 석민광¹, 이강우¹, 손병현^{2*}
¹(주) 유성 중앙 연구소, ²한서대학교 환경공학과

Decomposition of Liquid Wastes(Waste Oil & Solvents) under High Temperature Conditions

Min-Choul Kim¹, Jae-Jeong Lee¹, Min-Kwang Suk¹, Gang-Woo Lee²
and Byung-Hyun Shon^{1*}

¹YooSung Co. Ltd., R&D Center, ²Dept. of Environmental Engineering, Hanseo university

요약 산업단지에서 발생하는 액상폐기물(폐유와 폐유기용제)을 고온반응기에서(온도 1,250~1,400℃, 압력 1기압) 연소시키면서 연소 특성, 유해물질 분해정도 및 연소 후 배출가스 특성 등을 살펴보았다. 산소와 폐기물의 질량비(O₂/waste mass fraction)가 1.53 이하로 줄어들 때 반응기는 산화분위기에서 환원분위기로 전환되었고 연소 후 배출가스는 NOx 배출량이 감소하고 합성가스의 발생비율이 증가하였으며 BTEX류는 99.99% 이상 분해되는 것으로 나타났다. 본 연구에서 제안한 시스템 및 조업조건 하에서 고농도의 액상폐기물(폐유와 폐유기용제)을 처리한 결과 미량 오염물질의 배출농도는 매우 낮은 값을 보여 액상폐기물의 처리에 적합한 것으로 판단되며 또한 연소 후 합성가스도 연료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract This study was investigated to determine the combustion characteristics, decomposition efficiency, and the flue gas concentrations after combustion in the high temperature reactor(1,250~1,400℃, 1 atm) for the liquid wastes(waste oil and waste solvent) generated from the industrial complex. The concentration of nitrogen oxide(NOx) is decreased and the synthetic gas is increased when the mass ratio of O₂/waste is about 1.53 because the reaction condition was changed to reduction state. And BTEXs(benzene, toluene, ethylbenzene, xylene) are decomposed more than 99.99%. If the highly concentrated liquid waste (waste oil and waste solvent) is treated under the operating conditions suggested by this study, our treatment method for the liquid waste was found to be proper because of the contaminants emission concentration is very low. In addition, the synthetic gas after combustion can be used as an alternative fuel.

Key Words : Specified wastes, Waste oil, Waste solvents, High Temperature

1. 서론

최근에는 저탄소 녹색성장을 우리나라의 새로운 비전 축으로 제시하는 등 온실가스과 환경오염을 줄이는 지속 가능한 성장을 위한 방향으로 국가정책방향이 바뀌고 있다. 환경부에서는 현재 가용폐기물의 에너지화 비율을 1.6%에서, 2012년에는 25.3%, 향후 2030년에는 100%로 증가시키겠다는 선언했다[1,2]. 또한 폐기물의 에너지화

외에도 이를 재료화하거나 무기성 부산물 등의 자원화(건축 재료화 등)를 병행하는 등 산업단지에서 발생하는 부존자원(waste resources)에 대한 전략적인 자원화 정책 및 에너지화에 대한 연구가 증가하고 있다.

환경부의 “전국 지정폐기물 발생 및 처리현황”에 따르면 산업 활동 증가 및 이에 따른 경제구조 확대에 따라 지정폐기물 발생량이 매년 증가하는 경향을 보이고 있다 [3]. 또한 표 1과 같이 지정폐기물 중 폐산, 폐알칼리, 폐

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

*교신저자 : 손병현(bhshon@hanseo.ac.kr)

접수일 09년 11월 13일

수정일 09년 12월 03일

게재확정일 09년 12월 16일

유, 폐유기용제 등과 같은 액상폐기물이 높은 비중을 차지하고 있다. 통상 액상지정폐기물로 분류되는 본 연구의 대상 물질은 정부의 여러 가지 노력에도 불구하고 그 발생량이 줄어들지 않고 산업의 고도화에 따라 더욱 악성화 되고 있는 실정이다[4]. 게다가 국·내외적으로 이들 물질에 대한 규제가 강화될 뿐만 아니라 아직 액상폐기물에 최적화된 처리설비 또는 기술이 부족하여 부적절 혹은 미처리 되고 있어 액상폐기물을 바람직하게 처리하기 위한 기술개발이 절실히 필요하다.

[표 1] 국내의 지정폐기물 발생 현황

종류	2005년	2006년	2007년
	발생량(톤/년) 및 비율(%)		
총량	3,151,653 (100%)	3,659,646 (100%)	3,471,461 (100%)
폐산	750,172 (23.8%)	792,969 (21.7%)	677,246 (19.5%)
폐알칼리	69,071 (2.2%)	56,513 (1.5%)	56,392 (1.6%)
폐오일	694,119 (22.0%)	690,035 (18.9%)	731,602 (21.1%)
폐유기용제	563,688 (17.9%)	655,429 (17.9%)	651,232 (18.8%)
폐수지	53,329 (1.7%)	109,729 (3.0%)	28,061 (0.8%)
먼지	414,556 (13.2%)	433,812 (11.9%)	466,237 (13.4%)
슬러지	240,744 (7.6%)	309,240 (8.4%)	269,433 (7.8%)
감염성 폐기물	59,056 (1.9%)	56,616 (1.5%)	82,634 (2.3%)
기타	306,918 (9.7%)	555,305 (15.2)	508,624 (14.7%)

특히 울산지역은 1962년에 특별공업지구로 지정된 이후 석유화학, 비철금속, 조선, 자동차 산업 등을 주력산업으로 에너지를 다소비하는 산업구조로 발전하였고[5, 6] 부존자원을 기존처리기술로 처리하거나 효과적인 활용을 하지 못할 경우 환경부하 증대(소각배가스 발생, 매립공

간 부족), 에너지 손실(폐열 방출) 등과 같은 막대한 경제적 손실을 가져올 수 있으므로 공단 특성에 맞는 소각 처리 기술을 이용한 에너지 회수와 환경문제를 해결하기 위한 연구는 필연적이라 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 산업단지에서 발생하는 부존자원(실제 산업폐기물 액상폐기물 중 폐유, 폐유기용제 등)에 대한 기초물성, 성상 및 발열량을 조사하고 0.3 ton/day 급 처리장치를 제작 설치하여 1,200℃ 이상의 고온에서 액상폐기물의 연소특성 및 운전조건에 따른 유해가스 발생특성을 조사하여 부존자원 에너지화 공정 기술 개발의 기초 자료로 활용하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 시료

실험에 사용한 시료는 일반적으로 산업단지에서 많이 발생하고 폐기물 처리 업체에 반입되는 액상폐기물 중에서 소각 시 다량의 유해가스를 발생시키는 것으로 알려진 폐유와 폐유기용제를 사용하였으며 각각의 시료와 혼합형태의 시료(폐유와 폐유기용제를 1:1로 혼합)를 단계별로 주입하여 연소특성실험을 수행하였다.

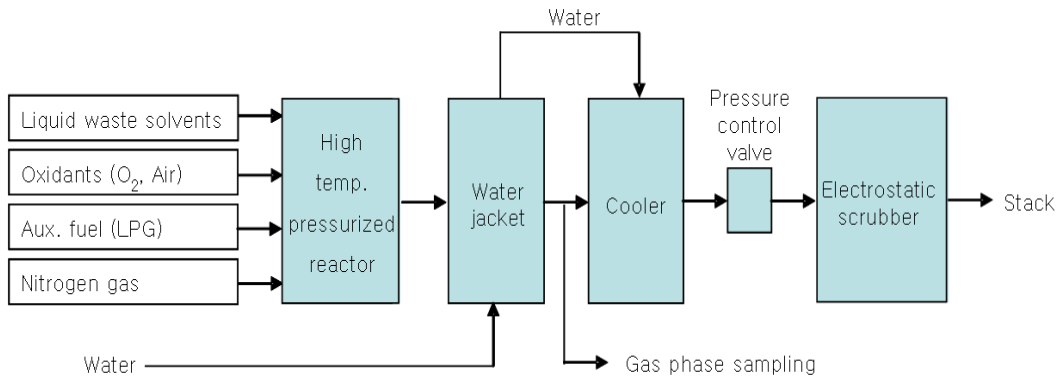
실험에 사용한 폐유 및 유기용제 함유 액상폐기물은 회분이 0.00%와 0.31%로 거의 없었으며 대부분 수분이나 휘발분 상태로 존재하고 있다. 시료 1은 C, H가 각각 86.32%, 11.58%이었고 발열량(HHV)은 10,909 kcal/kg이었다. 시료 2는 C, H가 각각 2.38%, 0.43%이었고 고위발열량이 629kcal/kg이었으며 실험 중에는 시료 1과 2를 각각 및 혼합한 상태로 주입하였다. 각각의 물성과 혼합시 평균 물성을 표 2에 나타내었다.

2.2 실험장치 및 방법

본 연구의 대상 액상시료인 폐유와 폐유기용제의 고온에서의 연소 특성을 살펴보기 위해 0.3 ton/day급 고온 처리 시스템을 그림 1과 같이 구성하였다. 주요 설비는 액

[표 2] 액상폐기물의 물리/화학적 특성

	삼성분 분석(wt%)			원소 분석(wt%)						HHV (H _b)	LHV (H _i)
	수분	회분	휘발분	C	H	O	N	S	Cl		
시료 1 (폐유)	0.08	0.00	99.92	86.32	11.58	0.54	0.59	0.09	0.80	10,909	10,284
시료 2 (폐유기용제)	95.65	0.31	5.13	2.38	0.43	1.49	0.80	0.00	0.03	629	485
평균 (1:2 혼합)	49.35	0.16	51.05	43.05	5.83	1.03	0.70	0.04	0.40	5,427	4,816



[그림 1] 실험장치의 개략도

상폐기물 공급장치, utility 공급설비, 연소반응기, 배출가스 냉각장치, 자동압력조절밸브, 후처리장치로 그리고 계측 및 제어설비로 구성되어 있다. 본 실험의 대상 액상폐기물인 폐유와 폐유기용제는 연소반응장치에 버너를 이용하여 정량적으로 공급되고, 산화제로는 공기와 순산소를 이용하였으며 실험 초기 반응기의 온도를 조절하기 위하여 보조연료로 LPG가스를 사용하였다. 반응에 의해 발생된 배출가스는 후속 설비의 보호를 위해 급속냉각탑에서 냉각되고 후처리 설비에서 제거된다.

전체 처리 시스템 중에서 처리 성능을 평가하기 위해 액상폐기물 처리 실험 시 발생하는 가스를 그림 1에 나타난 샘플링 지점에서 가스상 물질을 포집하였으며, 샘플링 시간은 상압에서 액상폐기물 투입 후 반응기 내의 온도 분포가 안정화 되는 시점으로 정하였다. 초기 실험조건을 안정화하기 위해 반응기를 LPG를 연소시켜 48시간 이상 예열하였으며 반응기 온도는 약 1,200~1,500℃를 유지하도록 하였다. 본 연구에서 사용할 시료는 액상폐기물 공급용 버너를 통해 반응기 내부로 고압으로 분무시켜 주입하였다[4]. 산화제의 공급은 질량유량계(MFC)를 이용하여 정량적으로 공급하였으며 반응기 내의 체류시간은 3~4초를 유지하도록 조절하였다. 연소반응을 마친 고온의 배가스는 열교환기에서 1차 감온시킨 후 급속냉각기에서 물을 분사하여 냉각시키고 후처리장치(정전식 집진장치 등)를 통해 처리된다. 연소반응장치의 반응 조건은 시료의 투입량 변화와 산화제/연료비 변화 등 주요 운전변수에 따라 액상폐기물 및 산화제의 양을 조절하면서 투입하였다.

연소반응시 운전 온도는 1200~1500℃, 압력은 상압에서 진행되었다. 실험 진행시 반응기에서 배출되는 오염물질의 농도를 분석하기 위해 압력조절밸브 후단에서 tedlar bag으로 가스상 오염물질을 포집한 후 한국화학시험연구원에

의뢰하여 GC-MS로 분석하였으며, 실험 조건은 표 3과 같다.

[표 3] 실험 조건들

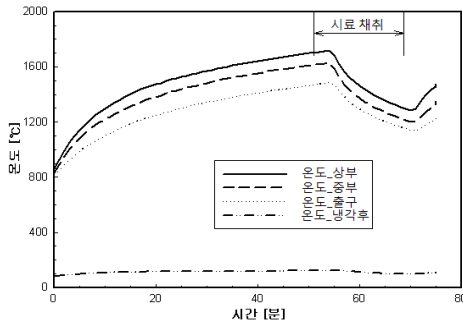
조업압력	1기압	
조업온도	1,200 ~ 1,500 ℃	
폐기물 주입속도	10 ~ 50 kg/hr	
연소가스 체류시간	3 ~ 4 sec	
산화제	산소	< 410 L/min
	공기	< 200 L/min
냉각	물	28.84 kg/hr
	온도	< 100 ℃

3. 결과 및 고찰

3.1 운전조건에 따른 반응기의 안정화

액상폐기물 폐유와 폐유기용제의 분해 성능을 파악하기 위해 고온 반응기에 액상폐기물의 공급량을 18~27.8 kg/hr로 유지해 투입하였고, 운전조건에 따른 각 지점별 온도 곡선을 그림 2에 나타내었다.

그림 2는 상압조건하에서 반응기의 3지점에서의 폐유와 폐유기용제를 각각 투입했을 때의 온도변화를 분석한 것이다. 또한 폐유와 폐유기용제를 혼합한 시료를 투입했을 때 반응기의 3지점에서의 온도의 변화는 비교적 안정적으로 유지됨을 확인 할 수 있었다. 이는 실제 산업폐기물처리업체에 반입되는 대부분의 액상폐기물들이 다양한 종류의 액상물질들이 (폐유, 폐유기용제 등) 혼합되어 있으므로 이에 대한 영향을 파악하고자 테스트한 결과이다.



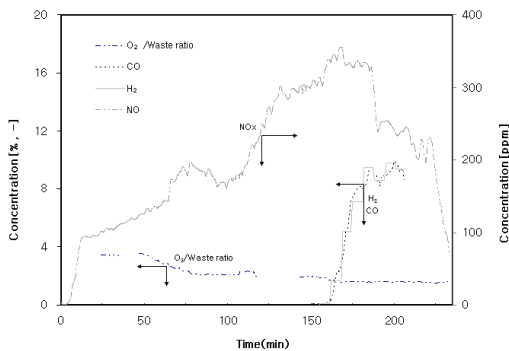
[그림 2] 각 조업조건에 따른 온도와 압력 변화 곡선

대상 폐기물인 폐유, 폐유기용제를 각각 투입한 경우 반응기의 온도는 순수 산소와 공기의 사용량을 조절하여 제어하였는데 발열량이 높은 폐유기용제를 투입했을 때 반응기 온도가 1,620~1,720℃, 출구에서 1,480℃ 이상으로 상승하였으며 폐유를 투입한 직후 온도가 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

폐유와 폐유기용제를 혼합한 시료를 주입했을 때 반응기 온도는 최고온부에서 1,350~1,400℃, 출구에서 1,250℃ 정도로 안정되게 유지되는 것을 확인할 수 있었으며, 단일물질 투입과 혼합물질 투입에서의 온도의 변화는 약간의 차이가 있었다. 반응기 상태는 반응가스의 온도가 일정하게 배출됨에 따라 반응기 전체의 온도가 비교적 안정적인 범위 내에서 운전됨을 확인할 수 있었다.

3.2 O₂/waste ratio 변화

그림 3은 액상폐기물의 연소특성을 보기 위해 액상폐기물 주입량과 산화제 공급량 변화에 따른 CO, H₂, NO_x에 대한 농도를 분석한 것으로서 연속 운전시 배출되는 연소가스의 농도값을 도식화해 나타낸 것이다. 그리고 표 4는 각 샘플링 지점에서의 주요 연소가스 농도값을 나타내고 있다.



[그림 3] 액상폐기물 주입량과 산화제 공급량 변화에 따른 CO, H₂, NO_x에 대한 농도 변화

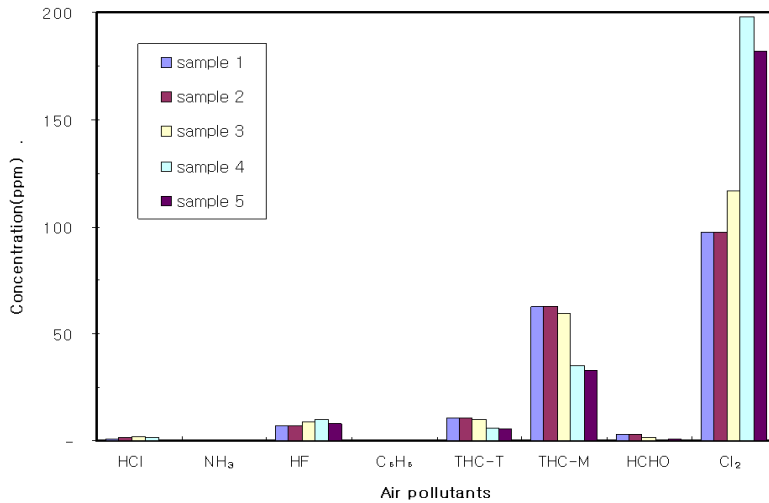
그림 3에서 볼 수 있듯이 O₂/waste 비가 감소함에 따라 NO_x의 값이 증가하였으며 O₂/waste 비가 1.53 이하로 감소될 때 최고 농도를 지시한 후 감소하였다. 이와 같이 O₂/waste 비가 1.53을 지나면서 NO_x 값이 감소하는 것은 반응기 내부에서 산화연소에서 환원분해로 전환됨으로 인해 최대 355 ppm 으로 높은 농도로 배출되던 NO_x가 반응할 과잉 산화제의 양이 줄어들면서 점차 배출농도가 줄어들고 있음을 확인할 수 있다.

또한 고온반응기에서 배출되는 폐유 및 유기용제로부터 발생되는 연소가스 농도를 표 4에 나타내었다. NO_x의 경우 배출농도는 2 ton/hr 이하인 소각로에 적용되는 배출허용기준보다 높은 값으로 분석되었으나 NO_x 배출농도는 반응기 출구에서 측정된 값이므로 적절한 배출가스 처리 설비를 구축하여 적용한다면 대기 중으로 배출되는 오염물질의 농도는 법적 기준치 이하로 제어가 가능할 것으로 판단된다.

H₂와 CO의 경우 산소가 과잉 공급되는 지점부터 O₂/waste 비가 1.54가 되는 지점까지는 전혀 생성되지 않다가 O₂/waste 비가 1.53을 지나는 지점부터 급격히 발생량이 늘어나 1.52가 되는 지점에서는 H₂, CO 배출가스량이 각각 7.64~11.09%, 8.05~10.09% 로 배출되고 있는 것으로 나타났다. 이는 동일공간 내에서 과잉 산화제 공급이 없어진 무산소 상태에서 액상폐기물이 1,250~1,400℃의 고온에서 열분해 후 syngas로 전환되어 H₂, CO 가스의 발생 농도가 높아지는 것으로 사료된다. 운전 조건을 O₂/waste 비가 1.52로 변화했을 때 각각 11.09%, 10.09% 이상이 발생하는 CO, H₂ 가스는 연료로서의 가치가 있어 배출가스를 포집 및 정제하여 에너지원으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

[표 4] 주요성분들의 연소 후 배출 농도

항목	폐기물				
	1	2	3	4	5
주입량 kg/hr	18.0	21.7	27.8	21.7	21.8
산소 /폐기물	6.45	2.2	1.54	1.53	1.52
CO (%)	0	0.03	0.02	8.05	10.06
H ₂ (%)	0	0	0	7.64	11.09
O ₂ (%)	69.2	49.13	15.35	0.63	3.77
NO _x (ppm)	99.1	184.3	296.3	330.8	208.4



[그림 4] 조업 조건에 따른 미량 오염물질의 배출 특성

3.3 유해가스 배출특성

표 5는 액상폐기물 중 유해물질의 분해특성을 보기위해 혼합된 대상폐기물을 반응기내에서 반응시킨 후 배출되는 유해가스 농도를 분석한 것으로서 가스상 시료 중에서 존재하는 오염물질의 농도를 나타낸 값이다. 톨루엔이나 벤젠과 같은 방향족 탄화수소의 경우 지방족 탄화수소에 비해 상대적으로 매우 안정하기 때문에 연소로 내에서도 높은 농도로 존재하게 되므로 많은 연구자들이 연료 및 화학공정에서 널리 사용되며 인체에 유해한 톨루엔, 벤젠과 같은 방향족 탄화수소의 연소 현상을 설명하기 위해 많은 노력을 기울이고 있는 실정이다[7,8]. 표 5에서 볼 수 있듯이 배출되는 오염물질 중에 toluene 과 ethyl benzene의 함량이 매우 낮게 나왔으며 각 물질의 효율을 나타내면 toluene, ethylbenzene, m,p-xylene 그리고 o-xylene 가 모두 99.99%로 매우 높게 나타나 유해물질 중 VOCs 물질이 적절히 분해됨을 확인할 수 있었다.

[표 5] BTEX의 배출농도

성분	폐기물	혼합 폐기물
Toluene (ppm)	361.5	0.004
Ethyl benzene (ppm)	222.8	0.011
m,p-Xylene (ppm)	3,742.5	0.013
o-Xylene (ppm)	149.6	0.002

그림 4에서는 운전 조건에 따라 고온 반응기에서 액상 폐기물 연소시 발생하는 VOCs 의 농도를 나타내고 있다. THC-T, THC-M, Cl₂은 각각 5.63~10.65 ppm, 33.22~62.81 ppm, 97~198 ppm 으로 다소 높은 값을 나타내었다. 이와 같은 THC-T, THC-M 가스는 800~1,000 °C 이상에서 1초 이상 열처리시 90~99.99% 이상의 제거효율이 있으며[9, 10], Cl₂의 경우 불연성으로 폭발성이 없고 화학적으로 대단히 활성적이기 때문에 SDR과 습식세정기에서 발생되는 물과 반응하여 차아염소산과 수소 및 염소이온으로 전환되기 때문에 일반적인 후처리장치에서 발생된 이온의 제거가 필요하다.

HCl, HF, HCHO는 각각 최대 2.13 ppm, 10.24 ppm, 2.79 ppm으로 미량 검출되었으며 물에 잘 흡수되는 물성을 가지고 있어 SDR, 습식세정기와 같은 후처리 설비를 거칠 경우 효과적으로 제거할 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 미량가스 분석결과 H₂S, CS₂, C₆H₅OH, HCN, Br₂ 가스는 검지되지 않아 연소처리가 적절하게 되었다고 볼 수 있다[11]. 또한 대부분의 오염물질 농도가 매우 낮게 나타나거나 일반적인 배가스 처리장치를 거쳤을 때 제거가 가능한 것으로 나타나 효과적으로 액상폐기물(폐유, 폐유기용제)을 처리할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

현재 운영중인 산업폐기물 처리시설로 반입되는 액상 폐기물을 대상으로 연소가스 특성과 유해물질 분해정도를 비교하기 위해 반응온도 1,250~1,400°C, 상압에서 반

응기로 주입되는 액상폐기물의 연소가스 농도와 VOCs의 농도를 분석하였다.

본 연구의 대상 액상폐기물(폐유, 폐유기용제 혼합)에 대하여 삼성분, 원소분석, 발열량을 분석하였다. 1:1로 혼합한 액상폐기물의 삼성분 분석 결과 수분 49.35%, 회분 0.16%, 가연분 51.05%이었으며, 탄소 43.05%, 수소 5.83%, 산소 1.03%, 질소 0.70%, 황 0.04%이었다. 또한 평균 저위발열량은 4.816 kcal/kg로 나타났다.

O₂/waste 비가 1.53이하에서 반응기 반응이 산화분위기에서 환원분위기로 전환되면서 연소가스는 NOx 배출량이 감소되고 합성가스의 발생량이 증가하였고 배출가스중의 BTEX류는 99.99% 이상 분해되었으며 미량 오염물질의 배출농도 또한 낮은 수치로 분석되거나 일반적인 후처리공정을 통해 제거가 가능한 것으로 나타나 본 고온반응기 시스템으로 VOCs가 포함된 액상폐기물의 적절한 처리가 이루어졌고 발생한 합성가스는 에너지화하여 활용 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] 한국자원공사, “국내 폐기물 에너지화 현황 및 활성화 방안”, 제6회 환경정책 설명회 및 신기술 발표·전시회, pp. 591-605, 2008.

[2] 환경부, “폐기물 에너지화 종합대책”, 2008.

[3] 한국환경자원공사, “2007 전국 지정폐기물 발생 및 처리현황”, 2008.

[4] 고등기술연구원, “가연성폐기물 처리용 가스화용융 공정기술 개발에 관한 연구 최종보고서”, 2005.

[5] 지식경제부, “제9호 지역에너지 통계연보 2008”, 2008.

[6] 산업단지공단, “국가산업단지산업동향”, 2007.

[7] B. Dellinger, J. L. Torres, W. A. Rubey, D. L. Hall, and J. L. Gram, “Determination of the thermal decomposition properties of 20 selected hazardous organic compounds” USEPA Project summary, 1984.

[8] W. Tsang, "Mechanism for the formation and destruction of chlorinated organic products of incomplete combustion", Combust. Sci and Tech. 74, pp. 99-116, 1990.

[9] 한화진, 윤정임, “VOCs 방지기술 현황 및 적용사례”, 한국환경정책·평가연구원, 1997.

[10] 김대곤, 차준석, 이덕길, 홍지형, 석광설, 이대균, 김정일, “휘발성유기화합물질 처리신기술의 현장 적용성 평가”, 한국대기환경학회 2002 춘계학술대회 논문집, 2002.

[11] 이강우, 석민광, 고주현, 주지선, 손병현, “고온가압 조건에서의 열적분해” 한국폐기물학회, 25(1), pp. 73-81, 2008.

김민철(Min-Choul Kim)

[정회원]



- 2003년 2월 : 동아대학교 환경공학과(공학사)
- 2005년 2월 : 부산대학교 환경공학과(공학석사)
- 2005년 2월 ~ 현재 : (주) 유성중앙연구소 선임연구원

<관심분야>

산업폐기물처리, 소각로 해석 및 설계

이재정(Jae-Jeong Lee)

[정회원]



- 1996년 2월 : 부산대학교 환경공학과(공학사)
- 1998년 2월 : 부산대학교 환경공학과(공학석사)
- 2003년 8월 : 부산대학교 환경공학과(공학박사)
- 2008년 2월 ~ 현재 : (주) 유성중앙연구소 연구실장

<관심분야>

유해가스처리, 산업폐기물처리, 환경정책

석민광(Min-Gwang Seok)

[정회원]



- 2004년 2월 : 부산대학교 환경공학과(공학사)
- 2006년 2월 : 부산대학교 환경공학과(공학석사)
- 2006년 1월 ~ 현재 : (주) 유성중앙연구소 선임연구원

<관심분야>

폐기물 에너지화, 온실가스 저감

이 강 우(Gang-woo Lee)

[정회원]



- 1995년 8월 : 부산대학교 환경공학
학과 (공학석사)
- 2002년 8월 : 부산대학교 환경공학
학과 (공학박사)
- 2004년 7월 ~ 현재 : (주) 유성
중앙연구소 소장

<관심분야>

산업폐기물처리, 소각로 해석 및 설계, 유해가스처리

손 병 현(Byung-Hyun Shon)

[정회원]



- 1994년 2월 : 부산대학교 환경공학
학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 부산대학교 환경공학
학과 (공학박사)
- 1997년 3월 ~ 현재 : 한서대학
교 환경공학과 정교수

<관심분야>

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