

운전변수에 따른 가연성 잡고체 폐기물의 유리화 특성

Vitrification Characteristics of Combustible Dry Wastes on the Operation Parameters

양경화, 박승철, 김혜숙, 조천형, 황태원, 신상운

한전 원자력환경기술원
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

유리화 실증시설에서 가연성 잡고체 폐기물의 유리화시 발생하는 분진 발생량을 운전변수에 따라 분석하여 최적 운전변수를 도출하였다. 운전변수로 용융로 내부구조, 폐기물 종류, 폐기물 주입속도, 과잉산소 공급량을 선정하여 시험하였다. 용융로에서의 최적 연소조건을 평가하기 위한 여러 인자 중의 하나로 폐기물 투입시간에 따른 고온필터에서 포집된 분진량을 사용하였다. 또한 배기체에 함유되어 있는 분진농도를 측정하고 분진에 함유되어 있는 탄소함량을 분석하여 운전변수에 따른 차이를 비교하였다. 이 값들은 운전변수에 대한 뚜렷한 경향성을 나타냈다. PE를 사용한 유리화 시험에서는 용융로 구조가 분진 발생속도를 가장 크게 저감시키는 변수로 나타났다. PE과 셀룰로오스는 과잉산소 농도 100%, 폐기물 투입속도 20 kg/h에서 분진 발생량이 가장 적은 최적 조건으로 판단되었다. 혼합 폐기물도 과잉산소 100%에서 분진발생이 가장 저감되었으나 폐기물 투입속도에 따라서는 경향성이 나타나지 않았다. 종합적으로 분석할 때, 가연성 잡고체는 폐기물 주입관이 낮고 산소 주입관이 높게 설치된 용융로에서 20 kg/h의 속도로 폐기물이 투입되면서 100%의 과잉산소 조건에서 유리화될 때 가장 좋은 연소상태가 좋은 것으로 나타났다.

Abstract

In order to optimize the vitrification process for combustible wastes, off-gas characteristics from the melter were analyzed at different operating conditions. Optimum operation parameters for melter configurations, type of wastes, waste feeding rates, and excessive oxygen amounts were determined based on the off-gas characteristics. Dust generation rate, the ratio of dust amount collected at High Temperature Filter to waste feeding time, dust concentration in off-gas, and carbon content in dust were measured for the characterization of off-gas. Results showed apparent dependency and linear trends on variants. During the test for PE waste, it was found that melter configuration is a major parameter affecting the effectiveness of combustion. For PE and cellulose waste, 100% of excessive oxygen and 20 kg/h of waste feeding rate were determined as an optimum condition. The results for mixed waste (cellulose 50%, PE 20%, PVC 20%, rubber 10%) also showed that dust amount was linearly decreased as oxygen amount increased from 50% to 100%.

1. 서 론

방사성 폐기물의 부피를 저감시키고 처분시 환경에 대한 안전성을 확보하기 위한 기술인 유리화 기술의 개발 필요성이 국내에 대두됨에 따라 원자력환경기술원에서는 원전에서 발생하는 중·저준위 방사성 폐기물을 처리하기 위한 유리화 실증시설을 건설하여 시험을 수행하고 있다.

실증시험의 목적은 실험실 규모에서 입증된 유리화 가능성을 배기체 처리공정을 포함한 전체 공정에서 재확인하고, 폐기물에 따른 최적 유리화 운전변수를 도출하며, 각 공정의 성능을 평가함으로써 상용시설 설계를 위한 기본적인 자료를 생산하는 것이다. 특히 처리하고자 하는 물질이 방사성 폐기물이므로 일반 폐기물의 소각시설의 운전 및 설계에 적용되는 조건뿐만 아니라 방사성 폐기물의 처리에 필요한 조건들을 찾을 필요가 있다. 방사성 폐기물을 처리하기 위한 유리화 공정이 갖추어야 할 기본적인 요건은 다음의 3가지로 요약할 수 있다.

- 폐기물의 완전연소
- 방사성 핵종의 휘발 최소화
- 2차 폐기물 발생 최소화

폐기물의 완전연소는 일반 폐기물 소각시설에서도 적용되는 것으로, CO와 불완전 연소 생성물 및 분진의 발생을 줄이는 요건이다. 또한 대부분의 다이옥신은 배기체가 냉각될 때 분진에 함유되어 있는 탄소에 의해 생성되고 분진 내 Cu 등의 금속에 의해 촉매화되며⁽¹⁾ 폐기물 중의 염소 함량은 발생량과 상관관계가 없는 것으로 알려져 있으므로⁽²⁾, 불완전 연소에 의한 분진량이 다이옥신의 생성과 밀접한 관계가 있다고 볼 수 있다. 두 번째 요건인 방사성 핵종의 휘발 최소화는 유리고화체 내에 대부분의 방사성 물질을 격리시키고, 시설의 방사성 오염을 최소화함으로써 시설의 차폐 및 유지 보수 비용과 횡수를 줄이고 작업자의 안전성을 증대시킬 수 있는 조건이다. 그리고 2차 방사성 폐기물의 발생 최소화는 안전하고 경제적인 처리를 목적으로 하는 유리화 공정의 기본 목적을 달성하기 위한 중요한 요건이라고 볼 수 있다. 이 세가지의 유리화 시설이 충족해야 할 기본 조건은 독립적인 것들이 아니며 모두 상관관계를 가지고 있다. 한 예로, 폐기물의 완전연소로 인해 분진 발생량이 감소하면 분진에 함유되어 배기체 처리계통으로 유입되는 방사성 물질의 양이 감소되며, 따라서 2차 폐기물의 양이 감소된다.

따라서 폐기물의 연소 정도, 방사성 핵종의 휘발, 그리고 2차 폐기물 발생량을 변화시키는 운전 또는 공정변수를 찾아내고 이를 최적화하는 것이 상용시설의 기본설계를 위하여 유리화 실증시험에서 수행해야 할 주요 목적이라고 볼 수 있다.

이 논문에서는 몇 가지의 운전변수를 변화시키면서 용융로에서 발생하는 분진 발생 특성을 분석함으로써 가연성 잡고체의 유리화를 위한 최적의 운전조건을 도출하고자 하였다. 분진 발생 특성은 위에서 언급한 세가지의 유리화 공정의 기본 요건과 밀접한 관계가 있으므로, 최적 조건을 도출하기 위한 수단으로 이용하였다.

2. 잡고체 폐기물 종류

우리나라 원전에서 발생하는 중·저준위 방사성 폐기물 중 가연성 잡고체 폐기물은 의복류, 종이류, 비닐/플라스틱류, 고무류, 나무류 등으로 전체 폐기물의 41%에 달한다⁽³⁾. 가연성 폐기물의 발생량을 성분별로 살펴보면 표 1과 같다. 가연성 잡고체 중 10% 이상을 차지하는 성분은 셀룰로오스, PVC, PE, 고무이므로 실증시험에서는 이 네가지 폐기물 만을 고려하여 시험을 수행하였다.

표. 1 가연성 잡고체의 성분

폐기물 \ 조성(wt%)	셀룰로오스	PVC	PE	고무	Polyester	PP
의복류	56.0			9.6	34.4	
종이류	93.8		6.2			
비닐류		60.4	39.6			
고무/플라스틱			7.1	92.9		
lancing 필터						100
나무류	100					
평균	43.6	18.6	14.5	10.7	5.7	0.6

3. 유리화 공정

잡고체 폐기물은 유도가열식 저온용융로에서 고온 용융처리되며, 용융로에서 배출되는 가스는 2차 연소된 후 산성가스 및 분진, NOx가 제거되어 환경으로 배출된다. 상세 공정은 다음과 같다 (그림 1).

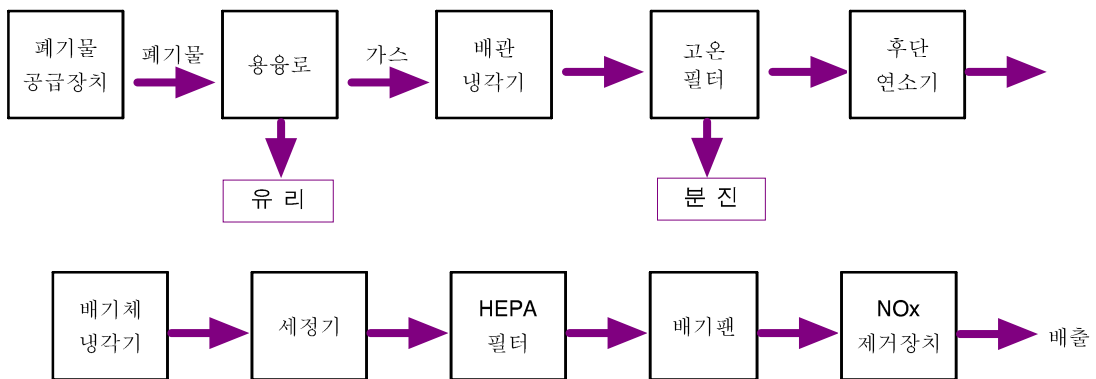


그림 1. 유리화 공정 개략도

폐기물 공급장치는 일정 속도로 용융로 상부로 폐기물을 공급한다. 폐기물은 용융로에서 열분해-연소-용융되어 가스는 배기체 처리계통으로 빠져나가고 폐기물에 함유된 무기물, 금속, 유해핵종을 함유한 용융유리는 용융로 바닥으로 배출된다. 배기체는 용융로와 고온필터를 연결하고 있는 배관냉각기를 지나면서 수냉각된 후, 고온필터에서 배기체에 포함되어 있는 분진이 제거된다. 고온필터의 기능은 분진 및 분진에 함유되어 휘발되는 방사성 물질을 1차적으로 제거하는 것으로, 필터의 바깥면에 침적되는 분진을 pulse-jet 방법에 의해 일정 주기로 하부에 설치되어 있는 드럼으로 털어낸다. 고온필터 후단은 주로 가스를 처리하기 위한 장치에 해당되며, 고온필터를 빠져나가는 분진은 미량의 분진은 세정기와 HEPA 필터에서 제거된다.

4. 실증시험

가. 운전변수

폐기물의 연소에 영향을 미치는 주요한 인자로 판단되는 몇 가지 조건을 결정하여 실증시험을

수행하였다. 설정한 운전 변수는 폐기물 종류, 용융로 내부 구조, 폐기물 투입속도, 과잉산소량이며, 유리화시 용융로에서 발생하는 분진발생 특성을 분석하여 결과를 비교하였다. 각 조건에 따라 운전시간은 1~3시간 동안 지속하면서 시험하였다

① 폐기물 종류

실증시험에서는 셀룰로오스와 PE를 각각 시험하고, 실제 발생비와 유사하게로 혼합한 혼합잡고체(셀룰로오스 50%, PVC20%, PE 20%, 고무 10%)을 시험하였다. 폐기물들은 잡고체 분쇄기에서 5 × 5mm 크기로 분쇄된 후 일정속도로 용융로로 투입되었다. 각 폐기물의 기본 구성물질로부터 계산한 원소함량은 다음 표 2와 같다.

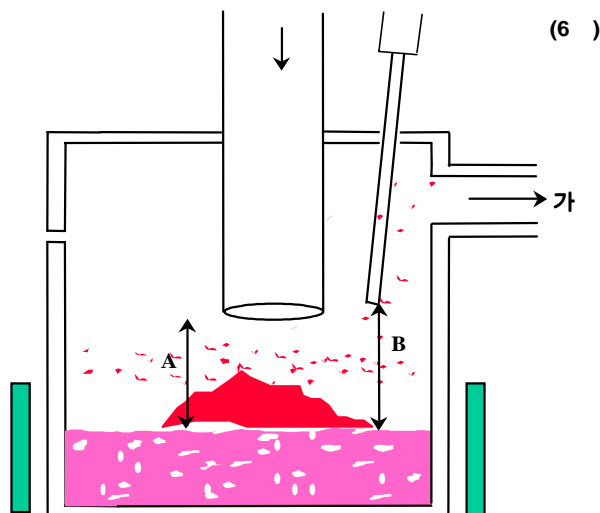
표 2. 잡고체 폐기물의 이론적인 원소 함량

폐기물 \ 함량(wt%)	C	H	O	Cl	합 계
셀룰로오스, 목재	44.4	6.2	49.4	-	100.0
PE	85.7	14.3	-	-	100.0
PVC	38.4	4.8	-	56.8	100.0
고무	88.2	11.8	-	-	100.0

② 폐기물 투입속도

잡고체의 종류에 따른 최대 투입용량을 결정하기 위하여 폐기물의 종류에 따라 투입속도를 5 ~ 20 kg/h로 변화시키면서 시험하였다.

③ 용융로 내부 구조



높 이	Conf. I	Conf. II	Conf. III
A (mm)	350	250	300
B (mm)	350	350	400

그림 2. 유도가열식 저온용융로의 내부 개략도

용융로 상부에는 폐기물 주입관이 연결되어 있으며, 폐기물의 완전연소를 위해 6개의 산소 공급관이 폐기물 주입관 주위로 설치되어 있다. 폐기물 주입관 및 산소 주입관의 설치 위치는 이전의 이온교환수지에 대한 유리화 시험에서 유리화 특성에 영향을 미치는 주요한 변수로 나타났으며

로, 잡고체의 유리화에 적합한 용융로 구조를 결정하기 위하여 그림 2에 나타난 바와 같이 A와 B의 거리를 조절하면서 세 가지 조건에 대해 시험하였다.

④ 과잉산소 공급량

표 2의 폐기물의 구성원소를 바탕으로 이론적인 산소량을 계산하여 폐기물 주입 중 산소공급관 6개와 폐기물 주입관을 통하여 산소를 주입하였다. 과잉산소량은 50 ~ 100%로 변화시키면서 공급하였다.

나. 분진 발생특성 분석

각 조건에 따라 용융로에서 배출되는 분진량을 알기 위하여 용융로 후단의 배관 냉각기에서 가스를 등속 흡인하여 가스 중에 함유되어 있는 분진 농도를 분석하였다. 그러나 이 방법은 가스 채취 시간에 따라 편차가 있으며 등속흡인 정도 등의 채취 오차가 있을 수 있으므로, 이를 보완하기 위하여 고온필터에서 포집되어 하부 드럼에 축적된 분진량을 시간 간격으로 측정하였다. 분진량은 운전시간에 따라 달라지므로 각 조건에 따른 상대적인 비교를 위하여 폐기물 투입시간에 대한 분진량을 계산하여(이하 '분진 발생 속도'로 칭함) 결과를 비교하였다. 고온필터는 1 μm 이상의 분진에 대해 99.99%의 제거성능을 가지고 있으므로 후단으로 빠져나가는 분진량은 생성량에 비해 미비한 것으로 판단되어 여기서는 고려하지 않았다.

5. 결과

가. PE의 운전조건에 따른 분진발생 특성

PE 폐기물은 다음 표와 같이 운전조건을 6가지로 변화시키면서 그 특성을 분석하였다. 운전 조건과 결과는 표 3과 그림 3에 나타나 있다. 폐기물이 주입되는 동안의 용융유리 온도는 약 1200~1220 $^{\circ}\text{C}$ 로 일정하게 유지되었다.

각 운전조건에 따라 고온필터에서 채취한 분진량으로부터 산출한 분진 발생속도를 비교해 보면, 크게 두드러지는 경향을 볼 수 있다. 즉, 조건 1~3에서의 분진 발생속도는 조건 4~6에 비해 약 10배 정도 높은 것으로 나타났는데, 이 때의 운전변수가 바뀐 것은 용융로 내부 구조로써 다른 운전변수에 비해 용융로 구조의 영향이 분진 발생에 주요한 영향을 미친 것을 알 수 있다. 배기체를 채취하여 분석한 분진농도는 많은 편차를 보였으나 그 경향은 분진 발생 속도와 유사하였다. 용융로 구조 Conf. III는 Conf. I 보다 폐기물 주입관의 높이가 5cm 낮으며, 산소 공급관의 높이는 5cm 높게 설치되어 있는 것이다. 이러한 구조의 차이가 분진 발생량에 미치는 이유는 분쇄된 폐기물의 밀도가 낮아서 용융로 내부의 부압(-40 mmH₂O)과 산소 공급관에서 배출되는 산소의 흐름에 의해 흡입됨으로써 용융로 내에서의 체류시간이 짧아지기 때문으로 생각된다. 즉, Conf. III에서는 폐기물 주입관의 높이가 낮아짐으로서 고온의 용융유리의 표면으로 폐기물이 흡입되지 않고 떨어지도록 하며, 산소 주입관의 높이가 높아짐으로써 산소가 주입되는 유속이 유리 위에 쌓인 폐기물에 미치는 영향을 감소시킨 것으로 판단된다.

폐기물 투입속도에 따른 결과를 비교해 보면 용융로 구조 Conf. I 과 Conf. III 조건에 따라 반대의 경향을 나타냈다. Conf. I 구조에서는 폐기물 주입속도가 5 kg/h에서 10 kg/h 로 증가하면서 분진량이 비례하여 약 2배로 증가하였으나(조건 1, 2), Conf. III 구조에서는 폐기물 투입 속도가 10 kg/h에서 20 kg/h로 까지 증가하였음에도 분진량은 계속 감소하였다(조건 4, 5, 6). 이러한 사실은 폐기물량에 따라 분진발생이 비례하여 증가할 것이라는 예측을 벗어난 것으로, 그 원인을 다음과 같이 추측하였다. 즉, 용융로 구조 Conf. I은 폐기물의 분산이 많은 구조이므로 폐기물이 많이 투입되어 용융유리 표면에 쌓이게 되면, 더 많은 양의 폐기물이 날리게 되어 고온의 용융유리와 접촉할 시간이 줄어들어 불완전 연소 또는 열분해되어 배기팬에서 흡인하여 발생하는 가스 흐름에 의해 배기체 계통으로 빠져나가게 될 것이다. 반면, Conf. III는 폐기물의 분산이 적은 구

조이므로 폐기물 투입 속도가 높아지면 유리 표면에 안정된 상태로 쌓이게 되며, 이로 인해 용융 유리 표면에 cold cap이 형성되어 용융유리 표면에서의 연소반응에 의해 분진이 발생되더라도 상부에 쌓여있는 폐기물에 의해 배기체 계통으로 빠져나갈 확률이 적어지게 될 것이다. 따라서 이러한 결과는 용융로 상태를 최적화함으로써 많은 양의 폐기물을 분진발생을 저감시키면서 유리화할 수 있다는 것을 의미한다. 이러한 경향은 PE 뿐만 아니라 셀룰로오스를 처리할 때도 유사하게 나타났다.

표. 3 PE의 유리화 운전 변수

변 수 \ 조 건	조건 1	조건 2	조건 3	조건 4	조건 5	조건 6
주입속도(kg/h)	5	10			15	20
과잉산소량(%)	70		100			
CCM 내부 구조	Conf. I			Conf. III		

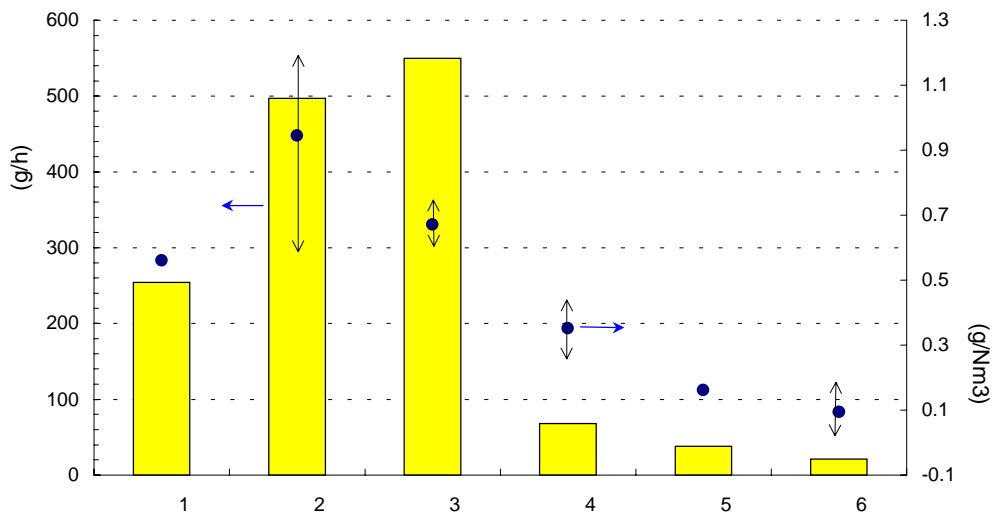


그림 3. PE의 운전조건에 따른 분진발생 속도

또한 같은 운전 조건에서도 폐기물 투입시간에 따라 분진 발생속도가 줄어드는 것으로 측정되었는데(그림 4), 이는 배기체 중의 분진 농도를 측정한 경우도 유사한 변화를 나타냈다. 따라서 운전조건에 따른 분진량 감소 현상은 전적으로 운전조건의 변화에만 의존하여 나타나는 것으로 보기는 어려우며, 폐기물 투입이 계속되면서 점차 용융로 내 연소조건이 안정화되어 분진이 줄어드는 영향도 포함되어 있을 것으로 판단된다.

PE과 셀룰로오스의 유리화시 발생된 분진에 함유되어 있는 탄소함량을 분석한 결과, 탄소함량은 분진 발생속도와 거의 비례관계를 나타냈다(그림 5). 이는 분진 발생량이 용융로에서의 폐기물 연소상태를 간접적으로 나타내는 인자로 볼 수 있다는 것을 의미한다. 연소가 잘 이루어지지 못하면 폐기물에 함유되어 있는 탄소가 미연소 물질로써 배기체 계통으로 유입되므로 분진발생량이 비례하여 분진내 탄소함량이 증가하는 것으로 여겨진다.

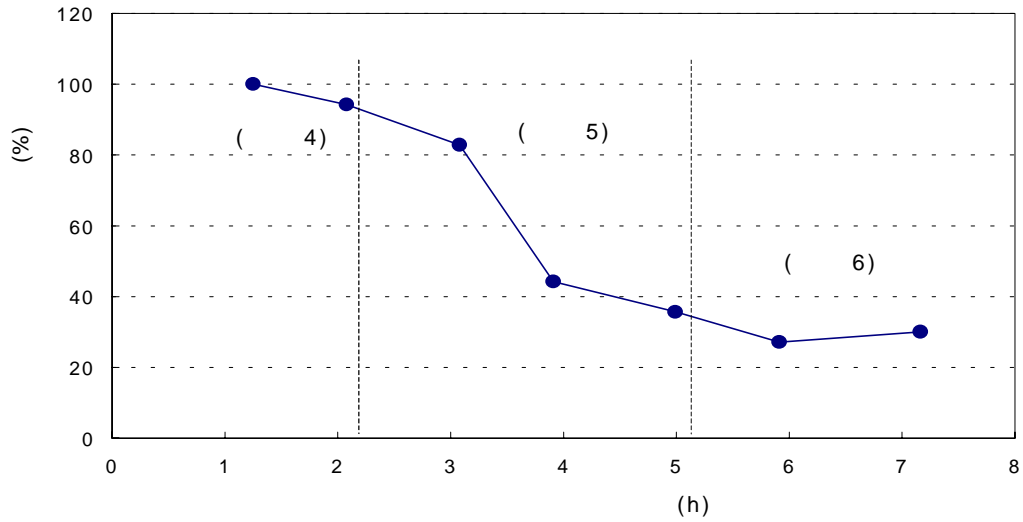


그림 4. 폐기물 주입 경과시간에 따른 분진발생 속도

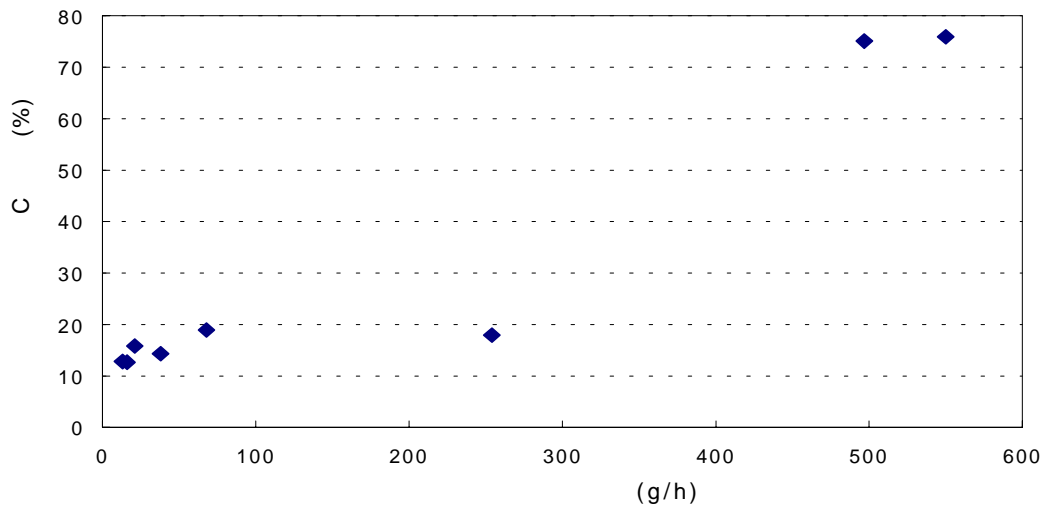


그림 5. 분진 발생 속도와 분진 내 탄소 함량과의 관계

나. 폐기물에 따른 분진발생 특성

그림 6은 PE, 셀룰로오스, 혼합 폐기물의 주입 속도에 따른 분진 발생 속도를 비교한 것이다. 모든 시험은 과잉산소 100% 조건에서 수행되었으며, PE과 혼합 폐기물은 용융로 구조 Conf. III 에서, 셀룰로오스는 Conf. II 조건에서 시험하였다.

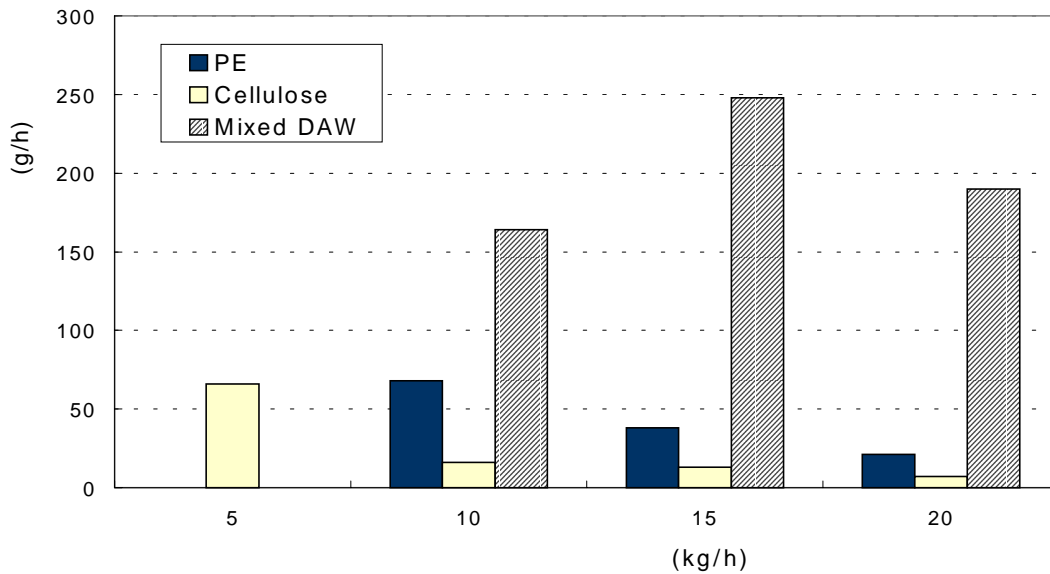


그림 6. 폐기물의 주입속도에 따른 분진발생 속도

이 결과를 보면 폐기물의 종류에 따라 분진 발생속도가 큰 차이가 있음을 볼 수 있다. 셀룰로오스를 유리화할 때가 분진 발생속도가 가장 낮았으며, 혼합폐기물의 경우에 분진 발생량이 가장 크게 증가하였다. 폐기물의 주입속도에 따른 경향을 살펴보면, 셀룰로오스와 PE은 주입 속도에 따라 분진 발생 속도가 감소한 반면, 혼합폐기물은 일정한 경향성을 나타내지 않았다. 이러한 현상은 여러 가지 요인이 있을 수 있으나, 용융로에서의 혼합 폐기물의 연소특성이 다르거나 연소상태가 안정화되는 시간이 다른 폐기물에 비해 오래 걸리기 때문으로 추측된다.

다. 혼합 폐기물의 운전조건에 따른 분진발생 특성

용융로 구조 Conf. III에서 과잉산소량을 변화시키면서 혼합 폐기물 유리화시 발생하는 분진량을 측정하였다. 폐기물 투입 속도는 모두 20 kg/h에서 시험하였다. 그림 7에 나타난 바와 같이 과잉산소량이 50%에서 100%로 증가함에 따라 분진 발생 속도가 직선관계로 감소하였으며, 이는 PE과 마찬가지로 100% 과잉산소 조건이 연소상태를 높이는 최적조건으로 판단할 수 있다. 유사한 조건에서 두 차례의 시험을 수행하였는데, 과잉산소량에 따른 분진의 감소비율은 거의 일치하였으나, 그 절대적인 양은 차이를 나타냈다. 여러 가지 운전변수를 비교한 결과 두 시험에서 변화된 조건은 폐기물 투입 동안의 유리 온도와 용융유리의 조성이었다. 폐기물 주입 중의 용융로 온도는 Test 1이 1150~1200°C였으나 Test 2에서는 온도 변화가 매우 심하여 1090~1250°C 사이에서 급격히 변화되는 것으로 나타났다. 용융로 온도의 급격한 변화는 CO 발생량을 순간적으로 증가시키는 것으로 여러차례 관찰되었으므로, 이러한 온도 변화가 불완전 연소를 유발하여 분진량을 증가시킨 것으로 생각된다. 또한 유리 조성은 Test 2가 Test 1보다 SiO₂ 함량이 9% 정도 낮은 반면 휘발성이 높은 유리 성분인 Na₂O와 B₂O₃의 함량은 4%가 높았다. 이전의 여러 차례 시험에서 분진의 주요 성분은 주로 B₂O₃와 Na₂O로 나타났으므로, 이러한 유리 성분의 차이가 Test 1과 2의 분진량 차이를 설명하는 하나의 요인으로 볼 수 있을 것이다. 결과적으로 그림 7에 나타난 것처럼 시험에 따른 분진량 차이는 이러한 두가지 요인이 복합적으로 작용한 것으로 판단되며, 현재 시험되고 있는 운전변수 이외에 용융로의 온도 제어가 폐기물의 연소상태 및 분진 발생량에 매우 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

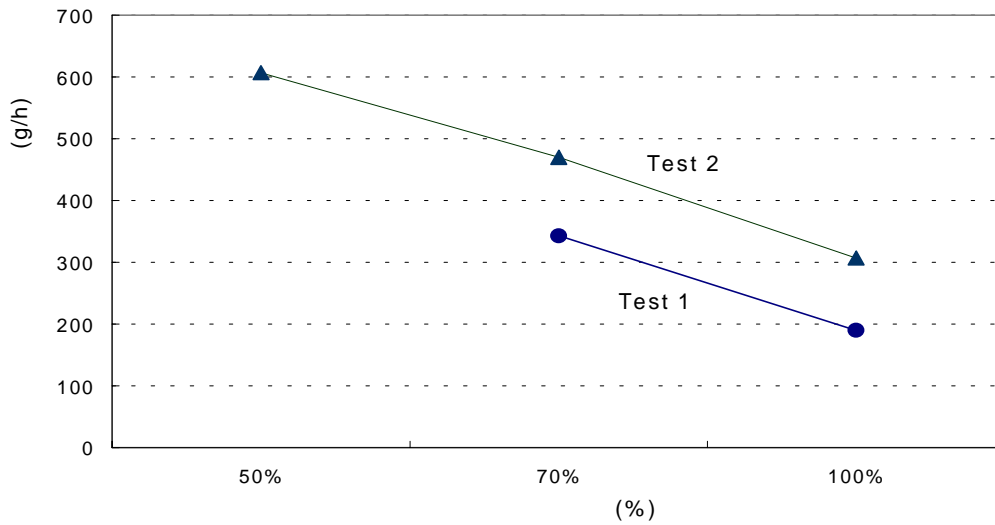


그림 7. 혼합 폐기물의 과잉산소량에 따른 분진 발생속도

과잉산소 조건에 따른 분진 크기 분포는 Cascade Impactor를 사용하여 채취·분석하였으며, 다음 그림 8과 같은 결과를 나타냈다. 이는 Test 2(혼합 폐기물, 용융로 Conf. III, 폐기물 주입속도 20 kg/h) 시험에서 분석한 것으로 과잉산소량에 따라 분진의 크기 분포가 다를 수 있었다. 50% 과잉산소 조건에서는 1 μm 이하 및 5 μm 이상의 분진이 많은 반면, 100% 조건에서는 모든 크기의 분진이 골고루 분포하고 있었다.

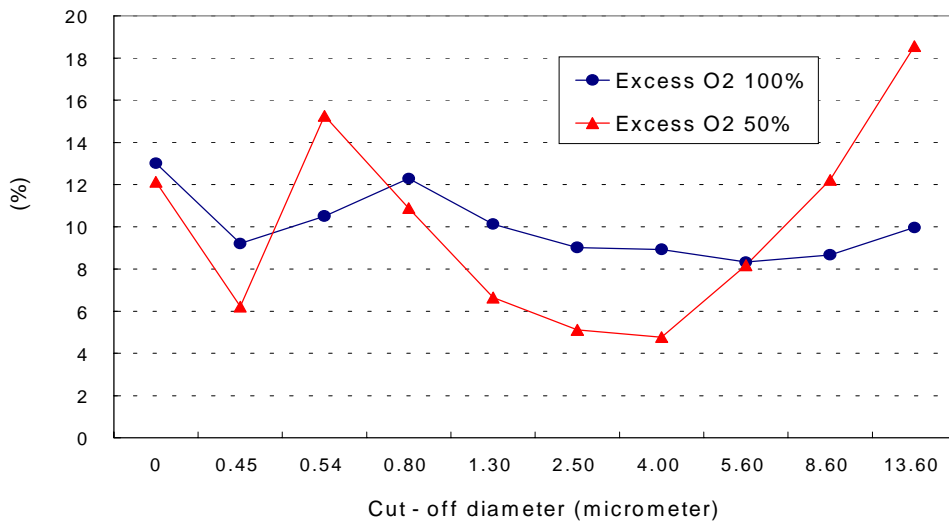


그림 8. 혼합폐기물의 유리화시 발생하는 분진의 크기 분포

6. 결론

운전변수에 따라 가연성 잡고체 폐기물의 유리화 특성을 분석하여 최적 운전조건을 도출하고자 하였다. 시험을 위해 변화시킨 운전변수는 용융로 구조(Conf. I, II, III), 과잉산소 공급량(50%, 70%, 100%), 폐기물 종류(PE, 셀룰로오스, 혼합 폐기물), 폐기물 주입속도(5, 10, 15, 20 kg/h)였

다. 최적 조건을 평가하기 위한 인자로 폐기물 투입 시간에 대한 고온필터에서의 포집 분진량(분진 발생 속도)을 사용하였다. 분석 결과, 운전변수에 대한 분진 발생 속도가 큰 차이를 보였으며, 조건에 따라 뚜렷한 경향성을 나타냈다.

PE에 대해서는 용융로 구조, 과잉산소량, 폐기물 투입속도를 시험 변수로 사용하여 시험하였는데, 그 결과 용융로 구조 Conf. III가 이 세 가지의 변수 중 분진 발생속도를 저감시키는 가장 주요한 조건으로 나타났다. 또한 Conf. III, 과잉산소 농도 100%, 폐기물 투입속도 20 kg/h에서 분진 발생량이 가장 적은 최적 조건으로 판단되었다. 셀룰로오스도 폐기물 투입량이 낮아진 용융로 구조(Conf. II)에서 폐기물을 20 kg/h로 투입할 때 가장 낮은 분진발생량을 보였다.

혼합 폐기물은 폐기물 투입량에 따라 PE 및 셀룰로오스와 다른 경향을 나타냈는데, 이는 용융로 내에서의 연소 특성이 다르기 때문인 것으로 판단된다. 과잉산소량에 따른 분진량은 동일한 시험에서의 결과를 비교할 때 과잉산소량이 점차 증가하면서 분진발생량은 선형적으로 감소하였으며 100% 과잉산소 조건에서 가장 분진발생량이 적었다.

이러한 결과를 종합적으로 분석할 때 참고치는 일반적으로 폐기물 투입량이 낮고 산소 공급관의 위치가 높은 용융로 구조 Conf. II, 또는 III 조건, 100% 과잉산소 조건에서 20 kg/h의 속도로 폐기물을 투입할 때 최적의 연소상태를 나타내는 것으로 판단된다. 그러나, 이번 시험에서 운전변수로 설정한 것 이외에도 시험 결과에서 보여지는 것처럼 용융유리의 온도 변화 등의 기타 고려되지 못한 요인들에 의해서도 유리화 특성이 달라지므로 이러한 변수들의 최적화 및 최적 조건에서의 안정한 운전방안을 찾기 위한 시험들이 향후에 계속 수행되어야 할 것이다.

7. 참고문헌

- (1) "Chemistry of Dioxin Formation", www.ping.be/~ping5859/Eng/ChlorineDiChem.html
- (2) H. Gregor, Pigo, A. Johnson Chandler, and W. Steven Lanier, "Relationship Between Chlorine in Waste Streams and Dioxin Emissions from Combusters of the ASME Research Committee on Industrial and Municipal Wastes", www.ping.be/~ping5859/Eng/ChlorineASME.html
- (3) K. H. Yang, et al., "Characterization of Low- and Intermediate-Level Radioactive Wastes from Nuclear Power Plants in Korea", EPRI 2000 LILW Conference, under process