

정책논단

제주지역 생활계유해폐기물의 수거체계 도입과 필요성

- 수은함유폐기물 중심으로 -

제주발전연구원 책임연구원 강진영

수은을 포함한 제품을 소각하는 것 역시 인간의 활동으로 인한 수은배출의 원인이다. 최근의 한 연구에 따르면 수은을 포함한 제품 또는 수은 폐기물의 소각으로 인하여 대기 중으로 배출되는 수은의 양은 100-200톤으로 대부분 야외, 쓰레기 매립지 그리고 적절한 배가스 세정 설비를 갖추지 않은 소각로 등에서 환경친화적이지 않은 방법으로 처리된다.

J E J U D E V E L O P M E N T F O R U M

I. 서론

제주지역 생활폐기물의 관리는 대체적으로 인체나 환경에 위해성이 적은 폐기물을 위주로 이루어져 왔으나, 도민의 건강이나 자연환경에 영향을 줄 수 있는 유해폐기물에 대해서는 적절한 관리가 이루어지고 있지 않는 실정이다. 생활폐기물 중에는 수은을 함유하고 있어 인체에 위해성이 있는 폐건전지, 폐형광등 및 폐온도계 등이 포함되어 있으나 기초적인 폐기물 관리자료인 발생량의 실태파악도 제대로 이루어지지 않는 상황이다.

수은으로 인하여 인간건강과 환경에 미치는 악영향을 보여주는 대표적인 사례는 일본 구마모토현 미나마타만 주위에서 1956년 처음으로 발견된 것으로 공식 보고되고 있는 미나마타병을 들 수 있으며, 이후 미나마타병은 1965년 일본 니가타현 아가노강 유역에서도 발생하였다. 이때 원인이 된 물질은 각각 미나마타만에 있는 치소사와 아가노강 유역의 쇼와 텅코사에서 아세트알데하

이드 생산 공정의 부산물로 발생하여 배출된 메틸수은으로서, 두 공장에서 유출된 메틸수은은 지역민의 주식이던 물고기와 해물에 생물농축되었고, 메틸수은으로 오염된 물고기와 해물섭취가 미나마타병의 원인이었다.

미나마타병을 유발하는 수은은 우리의 일상생활에서 사용하여 버려지는 제품에 함유되어 있고, 이에 대한 관리가 제대로 이루어지지 않을 경우 도민의 건강과 환경에 악 영향을 끼칠 수 있다.

따라서 본 고에서는 수은의 일반적인 특징과 인간과 환경에 주는 영향에 대해서 알아보고, 수은을 함유한 폐기물에 대한 관리 방향을 제시코자 한다.

II. 본론

1. 수은의 특징

수은은 화학적으로 원소 번호가 80인 금속으로서, 일반적으로 원소 수은(Hg(O) 또는 HgO), 1가 수은(Hg(I)), 2가 수은(Hg(II) 또는 Hg²⁺), 그리고 흔히 메틸수은(MeHg⁺)으로 불리는 모노메틸수은(CH₃Hg⁺)의 형태로 존재한다. 수은 그리고 수은이 다른 원소와 결합한 화합물은 1가 또는 2가 수은이 되기 쉽고, 많은 무기 및 유기 수은 화합물이 Hg(II)으로부터 형성된다.

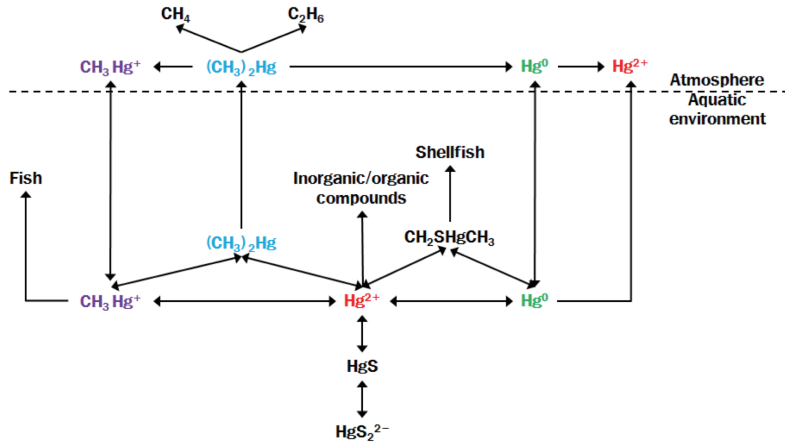
인간의 활동으로 인한 수은의 주요 배출원은 발전소 및 난방 부문에 사용되는 화석연료 연소, 영세 및 소규모 금광, 금속 생산, 시멘트 생산, 폐기물 소각, 폐기물 및 기타의 순이다. “폐기물 소각, 폐기물 및 기타” 범주에는 폐기물 소각, 쓰레기 매립, 강철 스크랩의 분쇄 및 재활용 등이 포함된다.

수은을 포함한 제품을 소각하는 것 역시 인간의 활동으로 인한 수은배출의 원인이다. 최근의 한 연구에 따르면 수은을 포함한 제품 또는 수은 폐기물의 소각으로 인하여 대기 중으로 배출되는 수은의 양은 100-200톤에 이른다. 이 경우 폐기물은 대부분 야외, 쓰레기 매립지 그리고 적절한 배가스 세정 설비를 갖추지 않은 소각로 등에서 환경친화적이지 않은 방법으로 처리된다.

수은은 잔류성이 있고, 이동도가 큰 생물 축적 원소이며, 체내로 들어가면 외부로 잘 배출되지 않는다. 수은의 잔류성은 극단적으로 크기 때문에 비수은 화합물로 바뀔 가능성이 없다. 수은은 수생 환경에서 여러 다양한 형태로 바뀔 수 있으나, 주로 메틸수은으로 존재한다. 수은은 일단 환경안에 들어오면 조건에 따라 화학적 형태를 바뀌가며, 영원히 그 안에서 존재하게 된다. <그림

1)은 환경 중 존재하는 다양한 종류의 수은과 그 변화를 나타내고 있다.

〈그림 1〉 수은의 환경 내 거동



자료: 국립환경 과학원, 수은폐기물의 환경친화적 관리를 위한 지침서, 2011

대기중의 수은은 크게 가스상과 입자상으로 구분할 수 있으며, 대기에 존재하는 전체 수은의 95%이상은 기체상이다. 수은 기체에는 수은 증기, 무기화합물(염화물 및 산화물), 알킬수은(주로 메틸수은)이 있다.

수은 증기를 흡입하였을 경우 건강에 문제를 일으키는 원인이 되며, 주로 치과 피복재로 사용된 치과용 아말감(전체 질량의 50%가 HgO)에 의하여 원소 수은에 노출된다. 형광등이나 온도계처럼 수은을 포함한 제품이 파괴될 때 유출되는 수은, 하수도 또는 쓰레기 매립지에 폐기된 치과용 폐기물 등이 적절하게 처리하지 않아 발생하는 원소 수은, 영세 및 소규모 금광에서 누출되는 수은 증기, 산업계에서 사용되는 수은 압력계의 누출 등에 의하여 수은에 노출될 수도 있는데, 유출되는 원소 수은은 상온에서 수은 증기가 된다.

수은 기체에 급성 노출될 경우($0.1 \text{ mgHg}/\text{m}^3$ 초과) 기침, 호흡곤란, 가슴 통증, 기관지염, 세기관지염, 간질성 폐렴, 기도 폐쇄, 폐기능 저하가 나타날 뿐만 아니라 폐부종, 호흡곤란 및 섬유증이 발생할 수도 있다.

WHO의 대기질 지침에 따르면 수은 노출 기준은 연간 평균 $1 \text{ }\mu\text{gHg}/\text{m}^3$ 이다. 금속 수은에 대한 보건상 노출 기준은 통상 1일 8시간, 1주일 40시간의 장기적인 반복 노출에도 거의 모든 근로자에게 악영향이 발생하지 않는 기준을 의미하는 TWA를 $25 \text{ }\mu\text{gHg}/\text{m}^3$ 로 권고하고 있다.

그러나 최근의 여러 연구들은 수은이 역치를 가지지 않을 수도 있음을 암시

하는 결과를 보여주고 있는바, 수은의 농도가 아무리 낮더라도 악영향은 발생할 수 있음을 시사하고 있다.

수은은 안정적인 조건의 수생환경에서 메틸화라고 불리는 화학적 과정을 통하여 메틸수은으로 생물 전환한다. 메틸수은은 생물(다른 생명체) 및 비생물(토양, 대기, 물) 배출원으로부터 생물체내로 유입 축적되며, 먹이 사슬 안에서 지속적으로 생물학적으로 농축이 이루어진다. 인간이 수은에 노출되는 주요 메카니즘 중 주요 경로가 바로 물고기와 기타 해산물의 섭취를 통하여 메틸화된 수은을 체내로 유입시키는 것이다.

메틸수은은 신경병리학적, 발달적 효과가 잘 규명되어 있는 환경 신경 독성 물질이다. 메틸수은은 생물 농축되며, 먹이사슬 내에서 생물농축을 지속하다가, 물고기 및 기타 해물, 특히 다랑어, 새치류, 상어, 고래 등의 대형 해양 포식종을 섭취함으로써 인체에 유입된다. 체내 섭취된 메틸수은은 간과 신장에 축적되고, 세포로 전달된 메틸수은은 뇌에서 산화, 축적되어 결국 만성적 수은 노출문제를 야기한다.

2. 수은으로 인한 오염 사례

1) 이라크 수은 중독

알킬수은이 포함된 살진균제로 처리한 곡물을 먹은 사람이 메틸수은 및 에틸수은 중독 증세를 나타낸 사건으로, 파종기가 지난 후 수은으로 처리된 곡물 종자를 수입하여 빵을 만드는 밀가루 재료로 사용하였던 것이 문제의 원인이었다.

일본의 구마모토현에서 발생한 사례는 장기적인 노출에 의한 것이었지만, 이라크에서 발생한 메틸수은 중독증은 짧은 기간에 급속히 확산되었으며, 노출의 강도도 높았다. 이때 메틸수은에 노출된 사람들은 매우 외진 곳의 작은 마을에 살았고 일부는 유목민이었다. 피해를 입은 사람은 6,000명을 넘었으며 이 중 400명이 사망하였다.

2) 수은 폐기물의 재활용 및 처분-쏘어 케미컬즈

쏘어케미컬즈(Thor Chemicals, Inc., 이하 쏘어)¹⁾가 자사에서 발생한 근로

1) 남아프리카 공화국 과줄루-나탈의 동부지역에 소재한 영국회사

자의 수은 중독과 인근 마을에 대한 수은 노출 위험으로 고소당한 사건이 있었다. 쏘어케미컬즈는 미국 및 일부 국가로부터 수은함유 폐기물을 수입하여 재활용을 하는 회사이다.

산업보건기구(IHU)는 80건의 의료기록을 분석하여 근로자의 87%가 안전 기준을 초과하는 수은을 체내에 축적하고 있다고 밝혔으며, 1992년 산업보건 기구가 펴낸 보고서에서는 수은 중독으로 인하여 근로자의 28%가 영구적인 건강 손상을 입은 것으로 제시했다. 또한 1992년 정부는 근로자 29명이 수은 중독으로 고통받고 있다고 밝혔으며, 1993년 수은 중독으로 인한 첫 사망자가 보고되었다. 1998년 이들 근로자들은 WHO기준으로 12배나 높은 수은 수치에 노출되어 왔다는 사실이 밝혀졌으며, 현재까지 최소 4명의 근로자가 사망했고, 정신적, 신체적으로 상해를 입은 사람의 수는 밝혀지지 않았다.

현재까지 고소된 일부에 대하여 합의가 이루어졌지만, 쏘어 케미컬즈로부터의 보상을 추구하고 있는 상태이다.

3) 수은 폐기물의 국가간 불법 이동—중독된 천국, 캄보디아 시아누크빌

1998년 11월, 건전지 생산과정에서 발생한 수은을 포함하는 부산물을 캄보디아 시아누크빌에 불법 투기한 사건이 발생하였다. 이 독성 수은 폐기물은 포모사 플라스틱이라는 기업이 타이완으로부터 수입한 것으로서, 유해폐기물의 양은 약 3,000톤이었다. 사건발생 당시 타이완과 캄보디아는 모두 바젤협약 당사국이 아니었으며, 포모사 플라스틱은 캄보디아의 해당 지역 공무원과 결탁하여 독성물질을 수입할 수 있었다. 폐기물에서 추출된 시료를 분석한 결과 최대 수은 농도는 $4,000\mu\text{g/g}$ 에 달하였다. 독성 물질의 불법 투기로 인하여 시아누크빌 주변에 사는 주민과 환경에 막대한 악영향이 발생하였으며, 캄보디아 사회에도 큰 물의를 빚게 되었다. 폐기장에서 많은 사건이 발생하였지만, 이 중에서도 지역 주민들이 수은을 포함하고 있는 유해 폐기물을 포장한 비닐 봉지를 벗겨 파는 문제가 가장 심각하였다. 수은을 포함하고 있는 유해폐기물과 직접 접촉한 사람들은 신체화 장애, 어지럼증, 시각 장애, 두통 등을 호소하였으며 최소 10명이 입원하였다. 캄보디아 중앙 정부, 지역 사회, 다양한 비정부 기구가 함께 노력함으로써 독성 폐기물은 1999년 타이완으로 되돌려 보낼 수 있었다.

4) 투기장 주변의 환경오염 - 케냐 나이로비

나이로비 동쪽에는 나이로비 인근에서 발생하는 고형폐기물의 대부분을 투기하는 곳이 있으며, 지역 주민들은 이 지역 주변에 불법 정착하여 주거시설을 만들어 생활하고 있다. 나이로비와 그 인근에서는 매일 2,000톤 이상의 폐기물이 수거되어 이곳에 버려지는데, 원래 이곳은 과거의 채석장을 퇴매울 목적으로 개발되었으나, 지금은 거대한 쓰레기 산으로 변해버렸다. 당국은 이곳에 쓰레기를 투기하는 행위를 제한하고 있지 않으며, 산업, 농업, 생활, 의료 폐기물(사용후 주사기 포함) 등이 이 지역 전체에 마구 버려지고 있다.

더욱이 투기장 옆으로는 나이로비강이 흐르고 있으며, 일부 폐기물이 이 강으로 흘러들어가고 있기 때문에, 환경 및 보건에 미칠 수 있는 위험은 강 주변에 사는 사람들은 물론, 하류에서 이 강물을 생활용수와 관개 등이 목적으로 농업용수로 사용하는 사람들에게까지 확대되고 있다는 점이다. 환경 평가 결과, 투기장 주변에 거주하는 주민들은 건강에 악영향을 끼치는 환경 오염물질의 수용 가능한 한계를 넘는 양에 노출되어 있었으며, 아동과 청소년이 인후염, 만성기관지염, 천식, 진균증, 알러지성 또는 원인을 알 수 없는 피부염/가려움증 등, 호흡기, 위장관, 피부 계통에 관련한 질병을 앓고 있었다.

3. 수은 폐기물 발생원 및 유형

〈표 1〉 수은 폐기물 발생원 및 유형

구분	수은폐기물 발생원	수은폐기물 유형
1. 연료/에너지원의 추출 및 사용	발전소에서의 석탄연소	잔류물, 재
	기타석탄연소	연도 가스 세척 잔류물, 재, 슬래그
	원유 채굴, 정제 및 사용	소각 잔류물, 정유생산물/부산물, 각종 공정 폐기물, 슬러지
	천연가스 채굴, 정제 및 사용	가스 세정 잔유물, 농축물
	기타 화석연료의 추출 및 사용	연소 잔류물, 재
2. 1차 금속 생산	바이오매스 화력발전소 및 열생산	잔류물, 재
	수은의 1차 추출 및 처리	제련 잔류물
3. 수은 불순물이 포함된 기타 광물 및 재료의 생산	금속 추출 및 초기 처리	찌꺼기, 추출 잔류물, 배기가스 체척 잔류물, 폐수처리 잔류물
	시멘트 생산	공정 잔류물, 배기가스 세척 잔류물, 슬러지
	펄프 및 종이 생산	
	석회생산 및 경량 골재 소성로	

4. 산업현장에서 불가피하게 사 용되는 수은	수은 기술을 이용한 클로르-알칼리 생 산	수은 전해조;수은 회수 장치(건류기)
	염화제2수은(HgCl ₂)을 촉매로하는 VCM생산	염화수은 공정
	황산수은염(HgSO ₄)을 촉매로하는 아세 트 알데하이드 생산	황화수은 공정
	수은 화합물을 촉매로 하는 기타 화학 물질 및 고분자물 생산	수은 촉매 공정
5. 불가피하게 수 은을 사용하는 소비자 제품	수은을 사용하는 온도계 및 기타 측정 기기	사용 후, 사용기한이 지난, 또는 망가진 제품
	수은을 사용하는 전기 및 전자적 스위 치, 접점 및 계전기	
	수은을 사용하는 광원	
	수은을 포함하는 전지	
	살충제 및 농약	재고, 수은으로 오염된 토양 및 폐기물
	도료	재고, 수은으로 오염된 고형폐기물, 폐 수 처리 잔류물
	인간 및 동물용 의약	재고, 의료폐기물
6. 기타 불가피한 제품/공정	화장품 및 관련 제품	재고
	치과용 수은-아말감 충전재	재고, 폐수, 처리 잔류물
	압력계 및 기타 측정 계기	사용한 제품, 사용 기한이 지난 제품, 망 가진 제품
	연구소 화학물질 및 장비	재고, 폐수, 처리 잔류물, 연구소 폐기물
	지역 종교의식 및 민간 요법	고형 폐기물, 폐수, 처리 잔류물
7. 재활용 금속 생산	기타 제품의 사용, 수은 금속의 사용, 기 타 오염원	재고, 폐수, 처리 잔류물, 고형폐기물
	재활용 수은 생산	추출공정 잔류물, 배기가스 세정 잔류 물, 폐수처리 잔류물

자료 : 국립환경과학원, 수은 폐기물의 환경친화적 관리를 위한 지침서(2011)

수은 폐기물의 발생원 및 유형을 살펴보면, 발생원은 크게 7가지로 나눌 수 있으며, 이중 불가피하게 수은을 사용하는 소비자 제품은 온도계, 전지, 살충제 및 농약 그리고 의약품 등을 들 수 있다.

4. 수은 폐기물에 대한 관리 방안

우리가 일상생활에서 사용하고 버리는 폐기물중에는 우리 건강에 악영향을 끼치는 물질을 함유한 제품들이 있으며, 이중 대표적인 물질 중 하나가 수은을 포함한 물질이다.

이러한 수은을 포함한 제품에 대해서 우리가 어떻게 관리하고 처리하느냐에

따라 우리의 건강이 좌우되기도 할 것으로 판단되는데, 일반적인 생활계유해 폐기물에 대한 안전취급방법은 다음과 같다.

첫째, 수은을 포함한 제품들, 예를 들어, 형광등, 온도계, 전기 및 전자 장치 등과 같은 수은 포함 제품을 버리는 경우, 이들을 파괴, 분쇄, 분리하지 말아야 하며, 치과용 아말감, 도료 및 농약과 같은 액상 수은 포함 제품의 최종 소비자는 이러한 제품을 개수대 혹은 변기에 버리지 말아야 한다. 수은 포함 제품은 다른 제품과 혼합 또는 파괴하거나 다른 폐기물과 같이 버려서는 안다.

둘째, 수은 폐기물은 폐기물 수거소 또는 시설로 이송하기 전까지 안전하게 저장되고 분리되어야 한다. 이러한 방법의 예로서, 형광등, 기타 전구 및 수은 온도계가 대부분인 가정용 수은 함유 제품이 고장이 나면 새 제품을 구매하게 마련인데, 이 경우 긴 형광등 상자, 수은 온도계 상자 등과 같은 제품 포장재는 사용 후 제품을 포장하는 데에도 사용할 수 있다. 가정에서 사용 후 수은 제품을 임시 저장할 때 이러한 제품용 포장재 또는 원래의 포장재를 이용할 수 있으나, 이러한 포장재를 사용할 수 없을 경우, 사용 후 수은 제품은 파괴되지 않도록 보관되어야 한다.

셋째, 수은 폐기물이 아무런 분리 없이 MSW²⁾처럼 단순 폐기될 경우 매립 또는 소각으로 인하여 폐기물에 포함된 수은이 환경으로 유출되기 때문에 수은 폐기물의 분리 및 수거는 ESM³⁾실행의 핵심 요소이며 동시에 가장 중요한 친환경적 관리 방법이다. 수은 폐기물은 물리적 파괴 또는 오염 없이 다른 폐기물로부터 분리 수거되어 수은 배출을 방지하고 수은 폐기물 전용 재활용통 또는 용기에 저장되어야 한다.

III. 결론

제주지역은 앞에서 언급한 클린하우스를 거점으로 하는 거점수거시스템을 이용하여 생활폐기물과 재사용 및 재활용 제품을 수거하는 실정이다.

이러한 부분에 있어서 제주지역은 많은 부분에서 다른 타지역에 비해 선진화된 시스템을 구축하고 있는 실정이다.

그렇다면 이대로 우리는 앞서 있으니, 다른 타 시도보다 앞서가고 있으니

2) MSW : 고형 생활 폐기물

3) ESM : 환경 친화적 관리

까 그냥 이대로 가도 되겠는가!

생활폐기물은 눈에 보이는, 즉 버리면 눈에 바로 띄게 마련이고, 더럽다라는 생각을 하게 될 것이다. 결국 보이는 것은 바로 바로 처리할 수 있다.

그러나 보이지 않는 것이 우리 몸을 해한다면 어떻게 할까?

지금 클린하우스에 수은을 포함한 제품, 예를 들어 형광등이나 건전지 또는 수은을 포함한 제품을 수거할 수 있는 시설이나 이를 위한 시스템이 얼마나 갖춰져 있을까!

그리고 수은이 포함된 제품이 어떤 것이 있고, 왜 가정에서는 분리수거가 필요한가, 또한 지자체에서는 왜 이러한 것을 체계적으로 수거하고 처리하는 시스템이 필요한가에 대해서 얼마나 알고 있을까!!

결국 우리 뿐만 아니라 우리 세대 이후 우리 자식들이 건강하고 편안하게 지낼 수 있는 방법은 이러한 부분들에 대해서 필요성을 인식하고 앞서가는 것이라고 생각된다.

이러한 측면에서 향후 수은에 의한 피해에 대한 가능성을 없애기 위해서는 현재 시설되어 있는 클린하우스에 생활계유해폐기물 수거함을 별도로 설치하고 이를 홍보함과 동시에 이를 처리할 수 있는 기반 시설 마련이 무엇보다 중요하다고 판단된다. **JDI**

참고문헌

국립환경과학원, 생활계유해폐기물의 종합관리체계 구축에 관한 연구, 2007

국립환경과학원, 수은 폐기물의 환경친화적 관리를 위한 기술 지침서, 2011

한국자원재생공사, 생활계유해폐기물이 환경에 미치는 영향 및 별도 수거·처리체계 구축에 관한 연구, 1988

정종태, 안경수, 박수용, 가정계 유해폐기물이 생활쓰레기 소각재의 중금속 농도에 미치는 영향, 2003