

## 폐기물의 축열화재 사례

폐기물 처리공정의 사고가 증가하고 있다. 생산기술의 고도화와 다양한 제품의 출현으로 산업폐기물 사고의 형태가 변화하고 있다. 이와 관련하여 폐기물의 축열로 인한 화재에 대하여 소개한다.

### 1. 서론

폐기물 처리과정에서는 사고발생율의 빈도가 지적되고 있지만 명확한 감소의 조짐은 보이지 않는다.

협착과 같은 단순한 노동재해도 여전히 적지 않지만, 생산기술의 고도화와 다종다양한 공업 제품의 출현으로 산업폐기물의 사고 형태도 변하고 있다.

최근의 경향으로는 반응성이 높은 화학물질이나 복수의 화학품 혼합이 원인이 되어 발생할 수송 및 처리 중의 화재·폭발사고가 적지 않다.

특히, 다이옥신 대책의 지연으로 소각되지 않고 퇴적되거나, 재생을 위해 저장되는 폐기물이 증가하여 퇴적폐기물의 축열화재가 증가하고 있다. 이들 화재는 시설의 손해 뿐만 아니라 소화 활동 중 소방직원이나 작업자의 인명피해, 화재로 방출된 화학물질로 인한 환경과 인근 주민에 미치는 악영향도 생겨나고 있다.

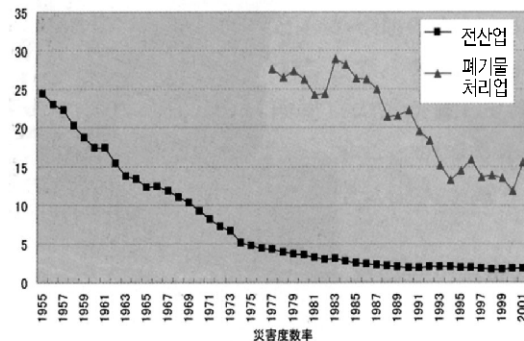
본고에서는 폐기물의 퇴적에 따른 축열 발화 사례를 소개하고, 문제점에 대해 해설하였다.

### 2. 노동재해의 발생경향

그림1에서와 같이 폐기물 처리과정에서의 노동재해 빈도율(총 노동시간 당 사상자 수)은 여전히 전체 산업의 평균에 비해 현저히 높으며, 작년도에는 증가 경향마저 보였다.

빈도율을 제조업 전체와 비교하면 1960년대 수준으로 안전성 면에서는 명확히 낙후되어 있음을 볼 수 있다.

더구나, 빈도율은 처리과정에서의 사상(死傷) 사고를 대상으로 하고 있어 사상사고가 없었던 화재나 폭발까지 포함한다면 사고의 총 발생건수는 이보다 더 커진다.



[그림1] 폐기물처리에서 노동재해 도수율의 변화

### 3. 축열 화재

#### 3.1 Shredder Dust

Shredder Dust란, 종전에는 폐자동차에서 금속부분이나 배터리, 타이어, 범퍼 등을 제거한 후의 파쇄분을 가리켰었는데, 최근에는 폐가전 처리에 따른 Shredder Dust도 발생하고 있다.

자동차의 처리과정에서 배출되는 Shredder Dust는 연간 100만톤 가까이 된다. 차이는 있지만 대체로 표1과 같다.

표 내용 중의 섬유류는 카펫이나 시트재의 폴리에스테르, 섬유, 나일론 등이며, 전선의 대부분은 염화비닐이다.

섬유류나 우레탄폼에는 엔진오일도 함침(含浸)되어 산화되기 쉬운 상태로 되어 있다.

또, 미세하여 선별되지 못한 철이나 알루미늄, 동선(銅線)의 파편 등도 함유된다.

금속분말과 빗물과의 발열반응, 유기물의 산화반응 등으로 열이 축열하여 화재가 되는 예가 적지 않다.

Shredder Dust의 대부분은 매립되고 있는데,

[표1] Shredder Dust의 물리 조성(수분 함유 상태에서의 중량비)

시료 번호	1	2	3	4	5	평균
토사류(체로 분리)	36.5	56.6	30.2	29.1	35.6	38.3
섬유류	10.0	14.5	14.5	22.0	14.4	15.1
고무류	16.7	9.4	11.2	9.9	13.6	12.1
플라스틱류	19.3	8.8	22.8	20.7	18.5	17.4
우레탄폼	9.9	1.7	8.4	8.6	3.3	5.6
유리류	0.6	0.6	0.3	0.5	0.4	0.5
비닐線類(銅線)	2.7	1.7	3.8	1.7	2.5	2.4
금속류	2.9	5.0	4.7	2.6	7.2	4.8
종이·나무조각류	2.3	1.3	4.1	4.8	4.5	3.3

[표2] Shredder Dust의 사고사례

연월(懸)	사 고 개 요
1995-97 (愛知)아이치	경자동차의 Shredder Dust 퇴적장에서 과거 3년간 12회의 화재가 발생했다. 플라스틱을 많이 함유하고 있어 일단 발화하면 검은 연기를 내며 격렬히 타서 주변에 대한 환경피해도 컸다.
1990-99 (三重)미에	전국의 Shredder Dust 1/3이 집적하는 上野(우에노)市에서는 과거 10년간 4회의 큰 Shredder Dust 화재가 발생했으며, 차량 해체공장에서의 파쇄 직후의 화재도 적지 않다.
1996.9 (三重)미에	산업폐기를 집적장의 Shredder Dust 퇴적물의 상부에서 출화해 14,500m <sup>3</sup> 의 Shredder Dust가 소손되었다. 중기계(重機械)로 Shredder Dust 더미를 허물어 방수하고 모래를 뿌리는 소화 작업을 반복했다.
1999 (宮城)미야기	Shredder Dust를 가열 압축해 감용화(減容化)하는 공정에서 여열로 산화반응이 가속, 축열해 출화했다.
2000 (廣島)히로시마	폐가전제품이나 폐차의 해체처리로 발생하는 Shredder Dust에서 출화했다. 소화용수가 근처의 강으로 흘러들어 갈 위험성이 있었다.

매립용지의 확보에 어려움을 겪고 있다. 그래서 가열해 압축 감용화(減容化)하는 방법도 시도되고 있는데, 여기에서도 여열(余熱) 발화 사고가 일어나고 있다.

Shredder Dust 화재는 소화가 어려울 뿐만 아니라 소화용수에 의한 환경오염 가능성도 지적되고 있다. 사고사례는 표2와 같다.

### 3.2 퇴적 산업 폐기물

폐기물 소각에 의한 다이옥신 발생이 문제가 되어 소각로에서의 소각이 부적합하여 소각할 수 없는 산업폐기물이 대량 발생해 전국에서 야적되고 있다.

이들 야적 폐기물은 악취와 수질오염 등이 커

다란 사회문제가 되고 있는데, 동시에 많은 화재가 발생하고 있다.

이들 폐기물의 대부분은 폐플라스틱 등의 유기물이며, 대량으로 퇴적되고 있어 축열 화재가 일어나기 쉽다. 화재 시 발생하는 유해한 소각 생성물로 주변 환경과 시민이 피해를 입는 사례가 증가하고 있다.

어떤 퇴적 폐기물 화재든 검은 연기의 발생량이 많고, 장시간에 걸쳐 타들어가는 예가 많다.

또, 장시간의 소화활동에는 많은 양의 물을 필요 하므로 소화용수로 인해 지하수나 인근 하천이 오염이 되기 쉽다.

대부분의 퇴적 폐기물은 소방법상 가연물로 지정되어 있지 않은데, 발열량이 커서 방사열에 의한 2차 피해가 발생하는 경우도 있다.

[표3] 퇴적폐기물의 축열화재로 볼 수 있는 화재

연월(懸)	사 고 개 요
1996.9 (三重)미에	산업폐기물의 최종 처리장에서 야적되어 있던 폐기물이 축열 발화하여 8,000㎡의 폐기물이 타서 20시간 후 진화되었다. 소방서에 통보가 늦어진 것도 화재확대의 요인이었다.
2001.4 (千葉)치바	건축폐자재, 기타 산업폐기물의 퇴적장에서 발생한 화재가 5일 이상 계속되었다. 화재현장에서 소화용수를 확보할 수 없어 호스를 연결해 1km 이상 떨어진 저수조의 물을 사용했다. 화재가 강해 주변 인가와 산림으로 번질 위험도 있었다.
2002.4 (埼玉)사이타마	높이 15m로 쌓아 올려진 산업폐기물 보관장에서 출화, 단시간에 확대되어 대량의 연기, 재가 주변으로 계속 흩어져 날아가고 19일 동안 연기가 뿜어져 나왔다. 또, 이 화재로 인접한 공장이 전소되었다.
2002.11 (沖繩)오키나와	산업폐기물 처리시설에서 화재가 발생해 5개월 이상 연기가 뿜어져 나왔다. 화재발생 당시 167명의 지역주민 중 50명이 대피하고, 7명이 호흡기의 이상으로 입원했다. 그 후에도 연기에 인한 악취가 없어지지 않아 몸의 이상을 호소하는 주민이 속출했다. 소각재와 산업폐기물을 같이 매립했기 때문에 소각로의 잔열로 산업폐기물이 축열, 화재가 되었다고 추정된다.
2000.11 (滋賀)시가	일반폐기물의 파쇄처리시설 내 파쇄쓰레기를 반송하는 벨트 컨베이어 부근에서 출화했다. 직원이 소화를 시도했으나 진화되지 않아 자치체 소방이 출동했다. 그러나 현장 내에 연기가 가득 차고 설비구조가 복잡한 것도 있어 소화에 3시간 반 이상이 필요했다.
2002.5 (東京)동경	일반폐기물인 불연물 처리시설의 벨트 컨베이어 부분에서 출화했다. 소화를 위해 시설 내의 출화장소로 가는 도중 열풍이 발생해 소방관 1명이 사망하고 4명이 화상을 입었다. 그때까지도 파쇄쓰레기의 여열로 인한 발화가 때때로 일어나고 있었지만, 근본적인 대응이 취해지지 않았다.

2002년에 埼玉懸(사이타마현) 所澤(토코로자와)시에서 발생한 퇴적 폐기물 화재는 아주 단시간에 화재가 확대되어 인접한 공장을 전소시켰다.

이 화재에서는 피해를 입은 공장 측에서 손해배상 소송을 제기하고 있다.

많은 폐기물 퇴적장이 물 공급이 좋지 못한 장소에 설치되어 화재 시 소화용수의 확보가 늦어져 화재가 확대된 예도 많다.

사고사례는 표3과 같다.

이들 사례의 대부분에서 화재 이전에 규모가 작은 화재나 발연이 때때로 발생했었다.

### 3.3 컨베이어(conveyor) 상의 퇴적폐기물

무관리 상태의 퇴적 폐기물 이외에도 처리시설 내에서의 축열 발화가 발생하고 있다.

2002년 5월에 동경 大田區(오타구)의 京浜 청소공장에서 화재에서는 소화작업 중이던 소방직원이 사망했다.

이 사고는 파쇄된 소각용 폐기물을 반송하고 있던 벨트 컨베이어에서 발생한 것으로, 폐기물 소각시설에서의 컨베이어 화재는 적지 않다.

파쇄 후의 폐기물은 파쇄로 인해 가열된 상태에 있고, 폐기물 처리시설의 컨베이어는 비산 방

[표4] 페타이어에 의한 화재사례

연월(懸)	사 고 개 요
1980.8 (埼玉) 사이타마	浦和(우라와)市 JR선의 선로변에서 페타이어 40만개가 화재로 소실되고, 주민에게 대피명령이 내려졌다. 선로와 가선(加線)이 화재의 열로 손상되어 武藏野(무사시노)線은 1개월간 운행이 불가능했다.
1997.11 (岐阜) 기후	산 속에 야적되어 있던 페타이어에서 화재가 발생해 3일 후 진화되었는데, 매연은 美濃(미노)市뿐만 아니라 인접한 시에도 파급되었다. 더구나 그 다음달에는 재발화 하였다. 소화된 후에도 소각재 속의 다이옥신 등의 영향이 우려되어 懸에서 8,000만 엔을 들여 재를 수거했다.
1999.1 (榜木) 토치기	산림에 퇴적된 페타이어 약 20만개가 소실되고 6일 후에 진화되었는데, 복토(覆土) 밑에서 연기가 계속 뿜어져 나와 9개월 후에야 완전히 진화되었다. 덤프트럭과 중기계로 타고 있는 타이어에 흙을 덮고 때때로 내부에 물을 주입하는 등 자연 진화를 기다렸다.
1999.1 (榜木) 토치기	폐자재를 태웠던 곳 동편의 해체업 부지 내에 야적되어 있던 페타이어로 옮겨 붙어 페타이어 수만 개 등이 연소되었다. 동남 측에는 국도1호 고가도로가 있는데 높이가 백여 미터에 이르는 검은 연기로 상하행선 모두 지체되었다.
2001.6 (新潟)니가타	야적되었던 페타이어가 11시간에 걸쳐 연소되었고, 주변 소나무 숲으로 불이 번졌다.
2002.3 (群馬) 군마	자동차 판매회사의 페타이어·페차량 등의 옥내 저장시설에서 화재가 발생해 15시간 후에 진화되었다. 소방차가 34대 출동. 페타이어는 3년 전부터 쌓아두기 시작했다.
2002.6 (榜木) 토치기	자동차 해체업의 페타이어 적치장에서 출화해 페타이어 10만개를 태웠다. 발과 잡목림으로 둘러싸여 있어 불이 번질 우려는 없었지만 주위에 악취가 심했다.
2002.8 (榜木)토치기	페타이어 적치장에서 화재가 발생해 타이어 5,000개가 타고 7시간 반 후에 진화되었다. 그동안 검은 연기가 심하게 피어 올랐다.

지를 위해 피복되어 있어 방열(放熱)되기가 어렵다. 여기에 컨베이어의 마찰열이 가열을 촉진하는 경우도 있다.

폐기를 처리시설에는 가연물인 쓰레기가 다량 존재하고, 장치류가 복잡하게 설치되어 있는 화재 시에 대응이 어려운 경우가 많다.

설비구조가 특수하거나 화재로 유독가스가 발생할 가능성이 있는 폐기를 처리시설에서는 자치체·소방기관 등과 수시로 정보교환을 하고, 화재 시 공동 대응방법을 정해 두는 것이 좋다.

이전에도 석탄을 운반하는 벨트 컨베이어에서 많은 화재가 발생했었지만, 이와 다른 업종인 폐기를 처리에서는 이러한 사항들이 전혀 활용되지 않고 있다.

사고사례는 표3의 하단과 같다.

### 3.4 페타이어

수명이 다한 페타이어는 갈라짐이나 분자구조의 변화 등으로 산화되기 쉬워지고 발열개시 온도가 저하된다.

또한 흑색의 타이어는 태양열을 흡수하기 쉬워 표4에서와 같이 페타이어 적치장에서의 화재는 적지 않게 발생하고 있다.

페타이어는 연료로도 이용되고 있을 만큼 연소율이 크기 때문에 대량으로 퇴적된 페타이어 화재는 소화가 쉽지 않고, 장시간 계속 연소하여 類燒의 위험도 크다.

[표5] RDF에 의한 화재

연월(懸)	사 고 개 요
1998. (群馬)군마	RDF제조시설에서 시운전 시부터 화재(3회), 악취, 유출 등이 계속되어 실제 운전해 들어가는 것이 불가능하여 건설비 반환소송이 일어났다.
1999.6 (静岡)시즈오카	RDF 발전시설의 건조기 전 공정이 되는 압축성형기가 순조롭게 가동되지 못해 성형기 내의 온도가 상승하여 탄화한 RDF가 건조기 내에서 타며 출화했다. 과거 30회의 문제가 발생해 70억원의 손해배상 소송이 있었다.
2001.6 (北海島)홋카이도	1999년부터 조업을 시작한 펄페라스틱, 폐사료, 비료포대, 휴지조각, 나무조각 dust에서 RDF를 제조하는 시설의 창고에서 심야 화재가 발생했다.
2001.9 (山口)야마구치	RDF 제조시설의 냉각공정에서 RDF가 발화했다. 원인불명인 채 스프링클러 작동확인 등의 대응조치를 취했다.
2002.3 (高知)고치	성형 후의 RDF를 냉각하는 철제탱크 내에서 상부의 RDF가 발화해 일부가 타고 있는 것이 발견되었다.
2002.7 (福井)후쿠이	플라스틱이나 섬유소재의(부역쓰레기 불포함) 쓰레기 고품연료 제조시설에서 가열압축(130℃) 후 물에 의한 냉각이 불충분하여 작은 화재가 되었다.
2003.8 (三重)미에	쓰레기발전플랜트의 RDF 저장조에서 폭발을 동반한 화재가 발생해 4명이 부상을 입었고, 소화작업 중 저장조 내에서 폭발이 일어났다. 이 폭발로 저장조 상부가 수백m 날아가 흩어져 소방관 2명이 사망했다. 2002년 12월 시운전 단계에서 축열로 인한 문제가 있었고 그 후에도 때때로 발열하였다. 사고 전에는 발연이 생겨 살수 중에 최초의 폭발·화재가, 며칠 후에는 큰 폭발이 일어났다.
2003.8 (廣島)히로시마	국내 최대의 RDF 발전시설에서 시운전을 하던 3일째, RDF가 실제 연소를 시작하던 2일째에 2차 연소실과 공기취입구를 연결하는 호스가 불에 탔다.

타이어에 포함된 유황이나 탄소 입자는 검은 연기나 악취의 원인이 된다.

### 3.5 RDF에 의한 화재

RDF(Residue Derived Fuel, 쓰레기고형연료)는 페플라스틱이나 섬유쓰레기, 부엌쓰레기 등 가연쓰레기를 가열 압축해 반송이나 저장에 편리함을 가져다 준 쓰레기 연료이다.

매립되는 쓰레기의 감량 효과도 있어 RDF를 이용한 쓰레기발전은 전국으로 확대되고 있다. 그러나 RDF는 가열 압축 시 잔열이나 부엌쓰레기의 발효로 발열이 되어 퇴적량이 커지면 축열 화재를 일으킬 위험이 있다. 표5는 RDF에 의한 화재 발생 사례이다.

금년 8월에 三重(미에)현에서 조업 중인 RDF 저장탱크에 화재가 발생해 소화작업 중의 폭발로 소방관 2명이 사망하는 사고가 발생했다. 폭발로 중량 10톤의 뚜껑이 200m 가까이 날아 흩어져 생긴 사망 사고였다.

신기술이나 공정의 변경에는 우선 위험요소를 추출해 안전대책을 확실히 수립하는 것이 상식이나, 폐기물 처리나 재생은 화학프로세스와 유사성이 많음에도 불구하고 안전에 관한 기본 인식이 부족한 듯하다. 발주자와 설계·제조업자 모두 안전에 관한 책임을 인식할 필요가 있다.

## 4. 결론

폐기물 처리는 다양한 물질의 성상이 확인이 안된 채 혼합물로 취급되는 경우가 많은데,

이로 인해 잠재 위험성이 상당히 높음에도 불구하고 타 업종의 예를 포함한 이러한 사고경험을 안전대책에 활용할 수가 없다.

너무 다양해서 변화가 급격한 폐기물의 처리나 재생은 안전화 기술의 표준화 또한 쉽지 않다.

특히 축열화재는 폐기물의 종류나 조성이 일정하지 않고 퇴적량에 따라 발화 위험도가 크게 변하므로 위험성의 정량평가가 어렵다. 또, 야적된 무관리 시설의 화재방지는 소방기관이나 지방자치체에 의한 지도감독이 중요하다.

폐기물의 재생과 유효한 이용에 관해 다양하게 시도되고는 있지만 안전대책이 경시되는 경향이 있다.

산업안전 분야, 특히 화학프로세스 등에서는 자기책임, 자체보안의 흐름이 확산되고 있지만, 산업으로서는 미숙한 폐기물·재생 분야에서는 퇴적 양이나 퇴적물의 특성 등 위험요소의 정리와 화재 위험성 판정방법의 개발 등에 의거 적법한 안전규칙의 정비 필요하다. ㉞

- Safety Engineering(2003,12)

- 번역: 위험조사부 과장 박경희