



빅데이터를 활용한 코호트 운영: 사업장 기반 감시자료 (2)

OSHRI

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



연구보고서

빅데이터를 활용한 코호트 운영: 사업장 기반 감시자료 (2)

이경은, 최준혁, 김유진, 윤민주, 예신희, 전교연

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



요약문

- 연구기간 2022년 03월 ~ 2022년 12월
- 핵심단어 직업성암, 표준화발병비, 업무관련성평가, 작업환경평가
- 연구과제명 빅데이터를 활용한 코호트운영: 사업장기반 감시자료(2)

1. 연구배경

산업구조의 빠른 변화에 반해서 우리나라의 산업보건관리 제도는 여전히 대규모 제조업분야에 치중되어 있다. 또한 산업보건 정보 수집체계가 사업장 또는 사업장과 계약한 안전·보건 관리기관의 보고에 의존하고 있기 때문에 사업주가 인지하지 못할 경우, 혹은 사업장과 계약한 안전·보건 관리기관이 재계약 시의 불이익을 우려하여 최소한의 조치만을 수행하는 경우 등의 과정에서 취급 혹은 제조하는 물질의 정보도 충분히 보고되지 않는 경우가 많다. 산업보건정보의 수집에 한계가 많은 소규모업종 및 비제조업 분야에서 비교적 직업적 위험요인이 잘 알려진 질환의 감시를 통해서 인지되지 못하고 있는 발암요인 노출환경을 확인하고 개선하는 방안을 고려해 볼 필요가 있다.

산업안전보건연구원에서는 2020-2021년에 빅데이터를 활용한 직업성 질환코호트 운영을 통해 개인정보식별 위험에 대한 부담을 줄이고 관리적 측면에서의 사업장 특성에 따른 질환감시기능을 강화하고자 직업성질환 코호트를 활용하여 24개 암 질환발생위험에 대하여 사업장기반 질환감시 자료를 구축하였다. 사업장기반 암 질환 감시자료 구축사업은 퇴사자를 포함한 질환 감시기반을 마련했다는 점에서 중요한 의미를 갖는다. 사업장기반 질환 감시 자료를 이용하여 노출요인에 대한 정보가 충분히 수집되지 못한 업종이나 소규모 사업장이 주된 업종에서의 발암요인 노출조사를 위한 역학적 근거로 활용될

수 있다. 이에 2021년 역학조사평가위원회에서는 사업장기반 암 질환 감시 자료를 활용하여 능동적 역학조사에 대한 시범운영 고려 시 우선적으로 직업적 위험요인이 비교적 잘 알려져 있는 암을 중심으로 조사대상을 선정할 것을 제안하였다.

이번 조사는 사업장기반 암 질환 감시 자료를 활용하여 능동적 역학조사로의 시범 연계수행을 통해 역학조사의 예방적 기능을 강화하고, 간과되고 있는 분야의 환경요인으로 인한 질환발병에 대하여 업무관련위험요인 조사의 시범 운영을 목적으로 수행되었다.

2. 주요 연구내용

1) 사업장기반 질환 감시자료 보완구축

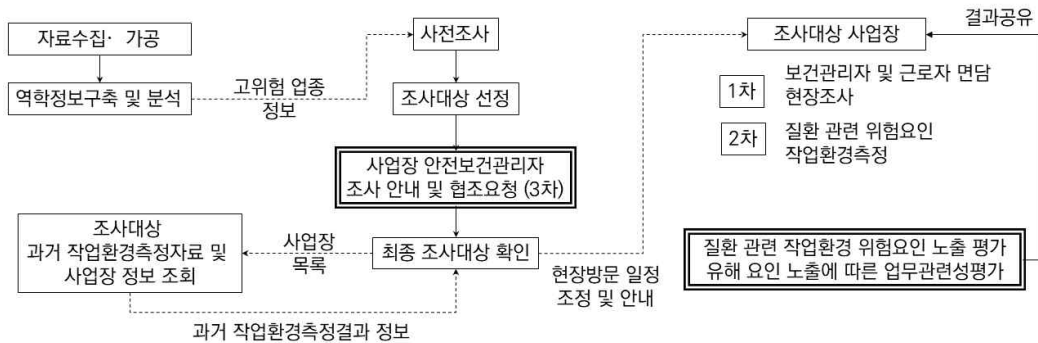
사업장기반 질환감시 자료는 1995년-2018년에 사이에 한번이라도 고용보험 가입대상에 속한 기록이 있는 근로자를 대상으로 자료를 수집하였다. 2018년까지의 암 발생등록 자료 및 사망상태를 각각 국립암센터와 통계진흥원의 자료를 활용하였다. 암 발병률을 산출하기 위해 추적 인년의 단위를 분모로 사용하여 발생 인년 데이터 셋을 구축하고 사업장을 기반으로 2018년까지 암 발생 자료를 업데이트하였다. 사업장기반 질환감시 자료에 포함된 사업장은 폐업한 사업장을 포함하여 ‘사업장관리번호+우편번호’를 기준으로 총 4,766,623개소가 포함되었다.

2) 백혈병 고위험 업종 선정 및 능동적역학조사와의 연계

사업장기반 질환감시 자료를 활용하여 능동적 역학조사를 시범적으로 연계·추진하기 위해서는 보건데이터 분석인력과 작업환경 및 업무관련성 평가를 위한 현장조사팀의 구성하였다.

산업보건 데이터분석 팀

작업환경 및 업무관련성 평가 팀



고위험 업종을 선정하기 위한 위험도산출은 중분류 수준에서 검토를 1차적으로 하고, 선정된 업종 내에서 관련된 위험요소와 위험도 크기를 확인하기 위해 소분류업종 수준에서 하위분석을 수행하였다. 최종 백혈병 고위험업종 선정을 위해서 입사 시 나이가 30세 혹은 그 이하인 집단을 모니터링 집단으로 전체근로자를 기준으로 하여 간접 표준화발생비를 산출하였다. 표준화지표는 성, 입사 시 연령, 입사시기, 추적시점으로 하였다.

전체 근로보다 백혈병 발병률이 통계적으로 유의하게 높았던 업종은 ‘폐기물 수집, 운반 처리 원료재생업’으로 표준화발병비는 1.81(95%신뢰구간 1.06-2.14)이었다. 입사시기별로는 1996-2000년 입사대상자에서 백혈병 발병위험도가 높았다. 따라서 이번 조사에서는 ‘폐기물 수집, 운반 처리 원료재생업’(SIR= 1.81, 95% CI 1.06-2.14)을 능동적 역학조사 시범사업의 대상 업종으로 선정하였다.

한국표준산업분류 중분류		입사시기	발생	기대 발병수	표준화발 병비	신뢰구간		p값
						하한	상한	
38	폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업	1995년 및 그 이전	6	3.9	1.54	0.57	3.35	0.416
		'96-'00년	14	7.3	1.93	1.06	3.24	0.020
		'01-'05년	9	6.0	1.50	0.69	2.84	0.309
		'06-'10년	2	3.0	0.68	0.08	2.44	0.789
		'11-'15년	0	0.6	0.00	0.00	6.49	0.928

3) 고위험사업장의 위험요인평가를 위한 현장조사

폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업'의 하위 업종별 표준화발병비 분석 결과 '폐기물처리업'과 '해체, 선별 및 원료재생업'에서의 백혈병표준화발생비가 높았으며 전체업종 대비 각각 2.16(95%신뢰구간 0.86-4.41), 1.92(95%신뢰구간 0.92-3.45)였다. 분석결과 발병규모가 작아지기는 하나, 폐기물처리업에서의 백혈병 표준화발병비가 가장 높은 것을 확인할 수 있었다. 조사팀은 환경부에서 보고되는 폐기물처리업체 현황목록 가운데, 폐기물 수집 운반 외에 폐기물 처리공정을 포함하고 있으면서 고용보험 대상 업종('38')으로 소멸되지 않은 사업장가운데, 1명 이상의 백혈병이 발생한 사업장을 추출한 결과 총 8곳의 사업장을 선정하였다. 선정된 조사대상 사업장 8곳 중 사업주의 협조에 따라 5곳의 사업장에 대하여 근로자 면담 및 현장조사를 수행하였고 1차 현장조사를 통해 질환관련 노출위험이 있을 것으로 평가되는 2곳의 사업장에서 작업환경 및 벌크시료 측정을 수행하였다.

지정폐기물 처리업체 중 폐유 및 폐유기용제를 포함하는 액상폐기물과 액상폐기물이 담긴 고상폐기물 처리작업이 있는 사업장의 작업환경측정을 수행하였다. 측정결과 선별장 입구에서는 포름알데히드만 0.002-0.003ppm 수준이었고 소각로에 폐기물을 투입하는 운전실(통제실)에서 백혈병과 관련된 유해인자인 벤젠, 스티렌이 각각 0.03ppm, 0.02ppm, 포름알데히드는 0.03ppm 측정되었다. 드럼으로 입고된 액상 폐기물은 전처리 과정에서 수작업으로 드럼 상부를 절단하거나, 포크레인으로 드럼을 파쇄한 후 드럼에 들어있는 내용물을 꺼내고 드럼의 성상에 따라 일반폐기물 선별장 또는 PIT장으로 보관된다. 이를 처리하는 작업자의 경우 작업장에 체류하는 혼합 유기용제 등에 노출될 위험성이 있을 것으로 추정됨. 또한 운전실(통제실)도 소각로 상부에 위치할 경우 연결된 문을 통해 혼합 유기용제에 노출될 위험성이 있을 것으로 평가되었다.

폐유를 재활용하는 사업장에서는 폐유에 뒤섞인 불순물로 포함된 벤젠 노

출 가능성을 완전히 배제할 수 없다고 평가하여 시료에 대한 벌크시료의 정성 분석을 수행하였다. 분석 결과 벤젠은 매우 낮은 수준이기는 했으나 4일에 걸쳐 수거한 모든 시료에서 검출되었고 4개의 시료 중 2개에서는 포름알데히드도 같이 검출되었다. 시료 테스트를 위해 별도의 실험실에서 원심분리, 시료 분석 등의 업무를 수행할 때 근로자에게 노출될 수 있으며 폐윤활유를 수거하는 근로자에서도 노출될 가능성이 있다고 평가되었다. 정제하여 재활용된 연료의 효율이 떨어질 때 쯔 대정비 작업을 수행한다는 사실을 확인할 수 있었고 대정비 작업을 수행하는 과정에서도 노출될 수 있을 것이라 추정된다.

한편, 작업환경 및 벌크시료 측정을 수행하지 않은 나머지 3개 업체 중 2개소에서 몇 년 전까지 중간처리 과정에서 발생한 잔재 폐기물을 일부 처리하는 소각공정을 포함하고 있었다는 점에 과거에 소각처리과정에서 백혈병과 관련된 유해요인에 노출되었을 가능성 또한 배제할 수는 없었다.

3. 의의 및 제언

사업장기반 암 질환 감시 자료를 활용한 능동적 역학조사는 역학적 근거를 바탕으로 노출요인에 대한 정보가 충분히 수집되지 못한 업종이나 소규모 사업장을 대상으로 발암요인 노출 평가를 수행하였다는 의의가 있으며 건강취약계층에 대한 요인 조사와 개선방안 마련을 위한 역학적 근거로서 역할이 기대된다. 산업보건분야의 제도적 사각지대를 좁히고, 알려지지 않은 위험요인에 대하여 근로자집단의 건강영향에 대한 역학정보를 제공해주는 산업별, 사업장별 암 발생위험도의 정보는 제도적인 근거를 바탕으로 지속적으로 업데이트 될 필요가 있다고 생각한다.

근로자의 산재신청 없이 수행되는 역학조사(산업안전보건법 시행규칙 제222조 제1항제3조에 따른 역학조사)에 대하여 사업주의 과도한 견제와 비협조는 능동적 역학조사를 수행하는데 가장 큰 장애물이다. 이번 조사에 대상이 된 8개

의 사업장 중 현장조사에 응한 5개의 사업장 역시 상대적으로 작업환경 및 보건관리가 양호한 업체들이었을 것으로 평가한다. 조사에 응하지 않거나 이미 폐업하거나 영세한 폐기물처리업체에서의 유해요인에 대한 노출 및 보건관리 수준은 조사된 환경보다 더 좋지 않았을 것으로 추정된다.

‘폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업’은 제조업과 달리 취급하는 물질의 성분이 일정하지 않기 때문에 취급물질에 대한 작업환경측정이나 신체 표적기관을 대상으로 하는 특수건강진단 체계가 원활하게 작동되기 어려운 실정이다. ‘폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업’에서의 발암물질 노출 특성은 특정성분의 유해인자 노출에 대한 빈도와 강도를 논하기 어렵고 오히려 유해인자 자체의 출처와 성분이 매번 변동되며 취급 근로자가 예측할 수 없다는 것을 특징으로 할 수 있다. 사업주조차 노출인자의 파악을 통제할 수 없는 작업환경에서는 근로자의 개인보호구나 산업보건교육을 통한 위험인식의 강화보다는 유해인자의 독성수준에 상관없이 작업설비의 구조적 개선을 통한 노출의 완전한 차단이 유일한 근로자의 건강관리방안으로 보인다.

지정폐기물을 배출하는 사업자는 폐기물처리업체에게 폐기물 유해성 정보 자료를 제공하고 있으나 제공되는 정보 내용은 지정폐기물의 물리화학적 특성과 환경잔류물질 여부 및 폐기물 처리방법을 중심으로 작성되어 있고 건강영향이나 발암 위험성에 대한 정보는 전혀 없다. 이에 ‘폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업’의 작업환경 관리는 유해요인 성분파악이 되지 않는 상황에서 형식적인 작업환경 측정 및 건강진단이 수행되고 있다. 2002-2021년 수행된 작업환경 측정결과에서는 4.1%에 해당하는 693개소만이 작업환경측정(소음제외)을 수행 하고 있는 것으로 확인되었으며 대상물질 또한 주로 폐기물 처리기전에 따라 물리적 파쇄의 경우 광물성분진, 기타분진 등의 작업환경측정을, 세척에는 산 및 알칼리 등 에 따른 취급물질을 측정하고 있었다.

현재 ‘폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업’의 종사자는 배출자가 제공해주는 제한된 정보에만 의존할 수밖에 없는 실정이다. 폐기물처리업 종사자들의 건강관리 측면에서 발암성정보, 급성 및 만성독성정보, 산업안전보건법

상 관리대상물질 여부에 대한 정보제공체계에 대한 제도 개선방안을 위해서는 고용노동부, 환경부 등 다부처간의 협력이 필요하다. 폐기물 유해성 정보 자료는 폐기물 처리업계에서 일종의 물질안전보건자료의 역할을 할 수 있을 것으로 생각된다. 이에 폐기물 처리과정에 필요한 화학적 물리적 특성에 대한 정보는 외에도 구성성분에 해당물질에 대한 발암성이나 인체유해성, 노출기준 관리에 대한 정보를 포함하는 방안을 마련할 것을 제안하는 바이다.

4. 연락처

- 연구책임자 : 산업안전보건연구원 중부권역학조사팀 선임연구위원 이경은
 - ☎ 032) 510. 0753
 - E-mail kyeong85@kosha.or.kr

목 차

I. 서 론	1
1. 연구 배경 및 필요성	3
1) 사업장기반 질환 감시의 활용	3
2) 근거 기반의 능동적 역학조사의 필요성	4
2. 연구목표	6
II. 연구내용 및 방법	7
1. 조사수행체계	9
2. 사업장기반 질환 감시자료 보완구축	10
1) 자료수집 및 검토	10
2) 감시자료 설계 보완 및 업데이트	14
3) 능동적 역학조사 시범사업 대상 선정	17

목 차

3. 능동적 역학조사 시범수행	18
1) 자료수집 및 사전조사	18
2) 현장조사 및 질환관련 작업환경조사	20
4. 연구윤리	23
Ⅲ. 연구 결과	25
1. 사업장기반 질환 감시자료 구축과 활용	27
1) 감시자료 보완 및 구조설명	27
2) 능동적 역학조사 시범사업 업종 선정	29
2. 능동적 역학조사 시범수행	35
1) 사전조사	35
(1) 폐기물 운반, 수집, 처리 및 원료재생업 현황	35
(2) 작업환경측정현황 (2002-2021)	40
(3) 선행역학조사 사례 검토	52
2) 능동적 역학조사 대상 사업장 선정	76
3) 현장조사결과	78
(1) 사업장 현황 및 주요공정	78
(2) 작업환경측정 및 벌크시료 분석	103

IV. 고찰 및 제언	113
1. 사업장기반 질환 감시 자료를 활용한 역학조사	115
1) 질환발병률 규모에 따른 분석단위 설계	115
2) 조사대상 사업장 선정 및 고용보험 업종 정보의 활용	116
2. 폐기물 처리 및 원료재생업 역학조사 시범사업	118
1) 폐기물처리업에서의 취급 물질성분 정보	118
2) 백혈병관련 작업환경관련 위험요인	122
참고문헌	129
Abstract	131
부록	135

표 목차

〈표 II-1〉 사업장 질환감시 자료 구축을 위한 활용 자료원	11
〈표 II-2〉 사업장 기반 암 감시자료 총화 변수 설계 변경 후 레이아웃	16
〈표 II-3〉 폐기물 처리 관련 업종코드 및 업종명	19
〈표 II-4〉 작업환경 측정 대상 유해인자 및 측정방법	20
〈표 III-1〉 남성에서 백혈병 표준화발병비가 전체근로자보다 높았던 업종 (1995-2018) ...	31
〈표 III-2〉 여성에서 백혈병 표준화발병비가 전체근로자보다 높았던 업종 (1995-2018) ...	32
〈표 III-3〉 백혈병 표준화발병비가 높은 일부 업종에서의 입사시기별 하위분석	34
〈표 III-4〉 우리나라 폐기물 처리업체 현황 (2020년 기준)	39
〈표 III-5〉 폐기물 유형별 처리업체 작업환경측정 현황 (소음제외)	40
〈표 III-6〉 폐기물 운반·수집업 중 폐기물 유형별 상위 10개 다빈도 측정물질	41
〈표 III-7〉 폐기물처리업 사업장 중 폐기물 유형별 상위 10개 다빈도 측정물질	43
〈표 III-8〉 원료재생업 사업장 중 폐기물 유형별 상위 10개 다빈도 측정물질	43
〈표 III-9〉 백혈병 발병관련 발암물질 작업환경측정 현황 (2002-2021)	44
〈표 III-10〉 백혈병 발병 관련 화학적 유해인자 노출 농도의 허용기준	45
〈표 III-11〉 폐기물 운반·수집, 처리, 원료재생업에서의 스티렌 작업환경측정결과 ...	48
〈표 III-12〉 폐기물처리 및 소각 사례	53
〈표 III-13〉 폐기물처리 사업장 13개소 조사사례 (산업안전보건연구원, 2002년) ...	55
〈표 III-14〉 사업장 P-나의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준	56
〈표 III-15〉 사업장 P-나의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준	57
〈표 III-16〉 사업장 P-다의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준	58
〈표 III-17〉 사업장 P-라의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준	60
〈표 III-18〉 사업장 P-마의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준	62
〈표 III-19〉 사업장 P-바의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준	63

〈표 III-20〉 사업장 P-사의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준	65
〈표 III-21〉 사업장 P-아의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준	66
〈표 III-22〉 사업장 P-자의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준	68
〈표 III-23〉 사업장 P-차의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준	70
〈표 III-24〉 사업장 P-카의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준	71
〈표 III-25〉 사업장 P-타의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준	73
〈표 III-26〉 사업장 P-파의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준	75
〈표 III-27〉 폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료재생업의 백혈병 표준화발병비	76
〈표 III-28〉 폐기물업종 현장조사 대상 사업장 선정결과	77
〈표 III-29〉 사업장 A 현황 (2022년 기준)	78
〈표 III-30〉 B 사업장 현황 (2022년 기준)	81
〈표 III-31〉 통제실의 2008-2018년 작업환경측정 결과	86
〈표 III-32〉 선별, 혼합공정의 2008-2018년 작업환경측정 결과	87
〈표 III-33〉 소각 및 폐수처리공정의 2008-2018년 작업환경측정 결과	88
〈표 III-34〉 C 사업장 현황 (2022년 기준)	89
〈표 III-35〉 C 사업장 과거 작업환경측정 결과	93
〈표 III-36〉 D 사업장 현황(2022년 기준)	94
〈표 III-37〉 사업장 D 과거 작업환경측정 결과	97
〈표 III-38〉 사업장 E 현황 (2022년 기준)	98
〈표 III-39〉 사업장 E 과거 작업환경측정 결과	102
〈표 III-40〉 백혈병 발병관련 요인 요약	103
〈표 III-41〉 직독식 장비 측정결과	104
〈표 III-42〉 측정 지점 및 공정 세부 설명	107
〈표 III-43〉 B 사업장 작업환경측정 결과	108

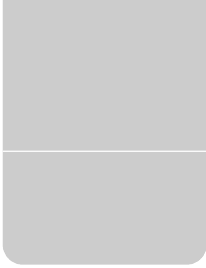
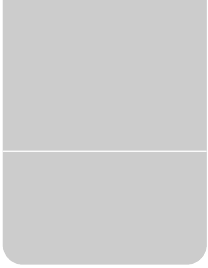


표 목차

〈표 Ⅲ-44〉 사업장 E 폐유 벌크시료 분석 결과	112
〈표 Ⅳ-1〉 폐기물 종류별 검사항목	118
〈표 Ⅳ-2〉 벤젠 노출 사업장 작업환경측정 결과	123
〈표 Ⅳ-3〉 벤젠 노출 사업장 및 작업특성	124

[그림 II -1] 능동적 역학조사 시범사업 수행체계	9
[그림 II -2] 근로자의 암 발생년도에 따른 직업성 암 승인 현황	13
[그림 II -3] 근로자 단위 데이터 셋에서 사업장단위 집계 과정의 예	14
[그림 II -4] Portable laser aerosol spectrometer and dust monitor model 11-A ...	22
[그림 III -1] 사업장 기반 질환 감시자료 구조	27
[그림 III -2] 전체근로자업종보다 표준화발병비가 높은 업종	30
[그림 III -3] 폐기물 분류 체계	36
[그림 III -4] 트리클로로에틸렌 작업환경측정 최댓값의 추세	46
[그림 III -5] 벤젠 작업환경측정 최댓값의 추세	47
[그림 III -6] 하위 업종별 트리클로로에틸렌 시간가중평균 비교	49
[그림 III -7] 하위 업종별 벤젠 시간가중평균 비교	50
[그림 III -8] 하위 업종별 포름알데히드 시간가중평균 비교	51
[그림 III -9] 하위 업종별 스티렌 시간가중평균 비교	51
[그림 III -10] 사업장 A 현장	79
[그림 III -11] 사업장 B 현장	82
[그림 III -12] 사업장 B 생활·지정폐기물 중간처리 공정	84
[그림 III -13] 사업장 B 대기환경제어시설	85
[그림 III -14] 사업장 C의 공정별 현장	90
[그림 III -15] C 사업장 건설폐기물 중간처리 공정	92
[그림 III -16] 사업장 D 공정별 현장	95
[그림 III -17] D 사업장 폐지 중간재활용 공정	97
[그림 III -18] 사업장 E 공정별 현장	99
[그림 III -19] 사업장 E 폐유 중간재활용 공정	101



그림목차

[그림 Ⅲ-20] 사업장 B의 직독식 장비 측정 모니터링 결과	105
[그림 Ⅲ-21] 통제실 측정	106
[그림 Ⅲ-22] 선별공정 입구 측정	106
[그림 Ⅲ-23] 선별장 분진 사이즈별 발생량	109
[그림 Ⅲ-24] 운전실 분진 사이즈별 발생량	110
[그림 Ⅲ-25] 사무실분진 사이즈별 발생량	110
[그림 Ⅳ-1] 방문 조사대상 사업장선정을 위한 사전조사 단계	117
[그림 Ⅳ-2] 폐기물 유해성 정보자료 ‘그 밖의 유기용제’ 작성예시	120

I. 서론

.....

I. 서론

1. 연구 배경 및 필요성

1) 사업장기반 질환 감시의 활용

산업안전보건연구원에서는 2020-2021년에 빅데이터를 활용한 직업성 질환코호트 운영을 통해 사업장 기반 질환 감시 자료를 구축하였다. 개인정보식별 위험에 대한 부담을 줄이고 관리적 측면에서의 사업장 특성에 따른 질환감시기능을 강화하고자 직업성질환 코호트를 활용하여 사업장기반 질환감시 데이터베이스를 구축하였다. 24개 암 질환 및 심장질환 사망 발생위험에 대하여 선별감시집단 (Sentinel group)을 정하여 고위험 업종을 제시하였다. 암의 경우 선별감시집단은 1995-1999년 사이에 20대 또는 30대의 나이로 입사한 근로자집단으로 정의하였다. 선별감시집단에서 규모가 가장 큰 집단 50개 업종을 남녀 근로자집단 별로 각각 선정하여 총 65개 업종 가운데 질환감시를 수행하였다. 동일 연령의 전체 근로자집단 대비 암 누적발병률이 남녀 모두에서 높았던 업종에는 『간암×주점 및 비알콜 음료점업』, 『위암×선박 및 보트 건조업』, 『중추신경계암 × 플라스틱 제조업』 그리고 『비호지킨림프종×봉제의복 제조업』이 포함되어 고위험 업종으로 분류하였다.

이경은 등(2021)은 암 질환 감시를 위한 선별감시집단 (Sentinel group)의 조건으로 첫째 암이 발병할 만큼의 충분한 추적기간이 있어야 하며, 둘째, 과거 직업력에 대한 정보가 충분히 파악되어야 한다는 점, 마지막으로 직업적 환경 이외의 요인에 의한 영향을 적게 받아야 한다는 점으로 기준 제시하였다. 그러나 성별 등의 집단특성이 직종이나 공정의 분포가 영향을 줄 수 있으며 생물학적 취약성을 띄거나 연령대별로 과거 노출에 대한 혼합효과가 작용할 수 있기 때문에 질환 감시 목적에 따라 선별집단에 대한 정의는 유동적으

로 활용할 수 있다고 제안하였다.

사업장기반 암 질환 감시자료는 퇴사자를 포함한 질환 감시기반을 마련했다는 점에서 중요한 의미를 갖는다. 구축된 사업장기반 질환 감시 자료를 이용하여 직업적 노출 위험요인이 잘 알려진 질환의 감시를 통한 노출요인에 대한 정보가 충분히 수집되지 못한 업종이나 소규모 사업장이 주된 업종에서의 발암요인 노출 평가를 제안하였다. 역학조사평가위원회에서는 사업장기반 암 질환 감시 자료를 활용하여 능동적역학조사에 대한 시범운영 고려 시 우선적으로 직업적 위험요인이 비교적 잘 알려져 있는 암을 중심으로 조사대상을 선정할 것을 제안하였다.

2) 근거 기반의 능동적 역학조사의 필요성

산업구조의 빠른 변화에 반해서 우리나라의 산업보건관리 제도는 여전히 대규모 제조업분야에 치중되어 있다. 우리나라에서의 사업장 위험노출 대한 산업보건정보는 대개 작업환경측정, 특수건강진단, 근로환경조사, 작업환경실태조사를 통해 수집된다. 작업환경 실태조사의 경우 제조업의 5인 이상 제조업 전수조사를 대상으로 하는 조사로 애초에 제조업 유해인자 평가를 위해 설계된 조사로 비제조업과 5인 미만 제조업 사업장의 조사 비율은 2019년 기준 각각 1.4%, 6.3%수준이다. 더욱이 제도관리 하에 수집되는 정보는 취급 혹은 제조하는 물질에 대한 정보이며, 취급과정에서 생성되는 분해산물 등의 부산물 등에 대한 정보는 포함되지 않는다. 또한 정보 수집체계가 사업장 또는 사업장과 계약한 안전·보건 관리기관의 보고에 의존하고 있기 때문에 사업주가 인지하지 못할 경우, 혹은 사업장과 계약한 안전·보건 관리기관이 재계약 시의 불이익을 우려하여 최소한의 조치만을 수행하는 경우 등의 과정에서 취급 혹은 제조하는 물질의 정보도 충분히 보고되지 않는 경우가 많다.

고용보험통계연보에 따르면 2020년을 기준으로 고용보험에 가입된 사업장 규모는 2,395,603개로 이중 5인 미만 사업장의 비중은 75.6%이다. 작업환경 측정 통계와 비교했을 때 규모별 참여 사업장 규모는 전체 참여사업장은

75,468개 사업장이며, 이중 제조업이 58,542개로 77.6%를 차지하고 있다. 이러한 사업장 분포는 특수건강진단 참여 사업장의 비율 또한 유사했다. 같은 해 일반건강진단을 수행하고 있는 전체 사업장의 규모만 944,772개 사업장이라고 할 때, 작업환경 측정이나 특수건강진단을 통해 관리되고 있는 사업장은 일부분이라고 할 수 있다.

산업보건정보의 수집이 소규모업종 및 비제조업 분야에서 제한된다면, 직업적 위험요인이 잘 알려진 질환의 감시를 통해서 인지되지 못하고 있는 발암요인 노출환경을 확인하고 개선하는 방안을 고려해 볼 수 있다. 이러한 체계는 전 국민 의료보험의 적용, 국립암센터의 암 등록자료 전산화 등 의료정보의 수집체계가 발달한 우리나라에서 특이적으로 수행 가능한 구조의 작업관련 질환 능동감시체계이다. 이러한 질환 감시구조는 비단 원인이 잘 알려져 있는 직업성질환에만 국한되어 적용되지 않고, 알지 못하는 원인을 파악하기 위한 탐색적 장치로도 활용할 수 있다. 이러한 점에서 아직까지 알려지지 않은 직업적 발암요인은 어찌할 수 없더라도, 발암요인으로 잘 알려진 유해인자에 대해서 정보와 현장에서의 격차로 인해 발생하는 취약계층에서의 직업적 발암인자 노출원을 확인하고 예방하기 위한 조사체계가 필요하다.

2. 연구목표

이번 조사의 목적은 사업장기반 암 질환 감시 자료를 활용하여 능동적 역학조사로의 시범 연계수행을 통해 역학조사의 예방적 기능을 강화하고, 간과되고 있는 분야의 환경요인으로 인한 질환발병에 대하여 업무관련위험요인 조사체계의 근거를 마련하는 것으로 하며 세부목표는 다음과 같다.

첫째, 사업장기반 감시 대상 질환을 확대 분석한다.

- 1) 24개 암 외에 하위 유형별 암 발병률을 사업장 단위로 산출
- 2) 표준화발병비를 이용하여 백혈병 고위험 업종 및 능동적 역학조사 시범 사업 사업장 선정

둘째, 사업장기반 질환 감시결과를 반영하여 능동적 역학조사를 수행한다.

- 1) 작업환경 평가 및 질환관련 위험요인 조사
- 2) 백혈병 발병위험과 업무관련성 평가

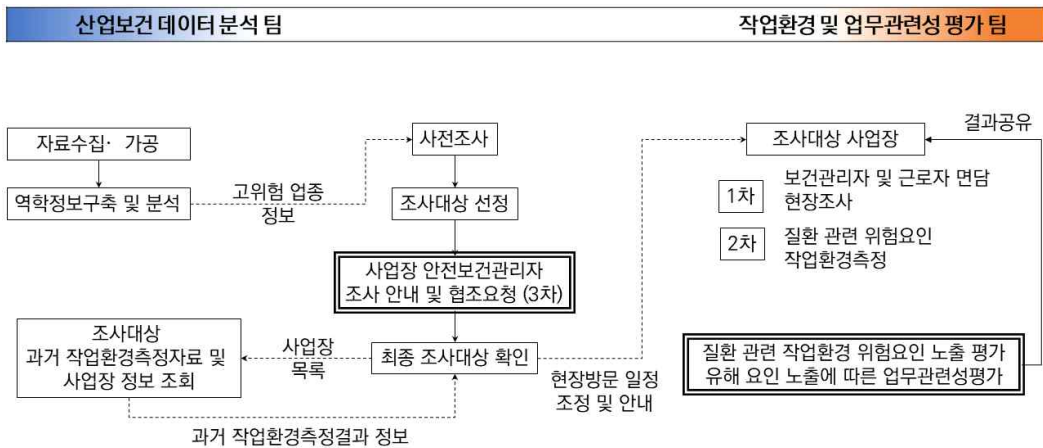
Ⅱ. 연구내용 및 방법

.....

Ⅱ 연구내용 및 방법

1. 조사수행체계

사업장기반 질환감시 자료를 활용하여 능동적 역학조사를 시범적으로 연계·추진하기 위해서는 보건데이터 분석인력과 작업환경 및 업무관련성 평가를 위한 현장조사팀의 구성이 필요하다. 암 질환 감시를 위해 활용된 고용정보는 근로자의 일차적으로 고용보험적용을 위한 필요정보를 수집하는 행정적 목적으로 수집되고 있다. 고용보험의 적용이나 보험료가 업종이나 직종에 따라 엄격하게 구분되어 적용하는 보험제도가 아니기 때문에 사실상 수집된 정보와 업종이나 직종분류에 차이를 보이기 쉽다. 이러한 현장과 분석결과와의 차이(gap)를 줄이기 위해서는 산업보건데이터 분석 팀과 현장조사팀과의 지속적인 소통이 중요하다.



[그림 Ⅱ-1] 능동적 역학조사 시범사업 수행체계

또한 해당분야의 전문가나 관련 단체의 의견을 반영하는 절차도 분석결과에 대한 적용범위를 조정하는 과정에서 도움이 될 수 있다. 이번 조사에서는 수정 보완되어 설계된 사업장기반자료를 이용하여 고위험을 선정하고, 선정된 업종에 대한 사전조사를 통하여 최종 조사대상사업장을 결정하였다. 개괄적인 조사의 흐름은 [그림 II-1]과 같다. 능동적 역학조사의 목적은 현장에서 인지되지 못한 발암 위험인자의 확인을 통하여 직업성 질환을 예방하는 것으로 잠정적 조사대상은 제도적으로 관리되지 못하고 있는 소규모사업장 또는 비제조업사업장이 주요 관심업종이었다.

2. 사업장기반 질환 감시자료 보완구축

1) 자료수집 및 검토

사업장기반 질환감시 자료를 구축하기 위한 원시자료의 기본 레이아웃은 <표 II-1>과 같다. 구축된 코호트는 1995년-2019년에 사이에 한번이라도 고용보험 가입대상에 속한 기록이 있는 근로자로 2018년까지의 암 발생등록자료 및 사망상태를 각각 국립암센터와 통계진흥원에 자료를 요청하여 업데이트하였다.

〈표 II-1〉 사업장 질환감시 자료 구축을 위한 활용 자료원

변수	변수설명	자료출처 (제공 및 수집기관)
INSPTN_IHIDNUM	개인식별코드	근로자 고용보험 자격정보 (근로복지공단 자격관리부)
SEX	성별	
AGE	나이	
ECNY_DT	취득일	
OUT_DT	상실일	
DT_ER	날짜오류	
OUT_CZ	상실사유	
DURATION	근속년수	
NEW_NY	신규취득여부	
BIZ_INDUTY8	8차업종코드	
BIZ_INDUTY9	9차업종코드	
BIZ_INDUTY10	10차업종코드	
JSSFC_CD	직종코드	
JSSFC_NO	직종차수	
INDDIS_NO	관리번호	
ENROL_NO	사업장등록번호	
BIZ_NM	사업장명	
BIZ_NO	상시근로자수	
BIZ_ZIP	사업장우편번호	

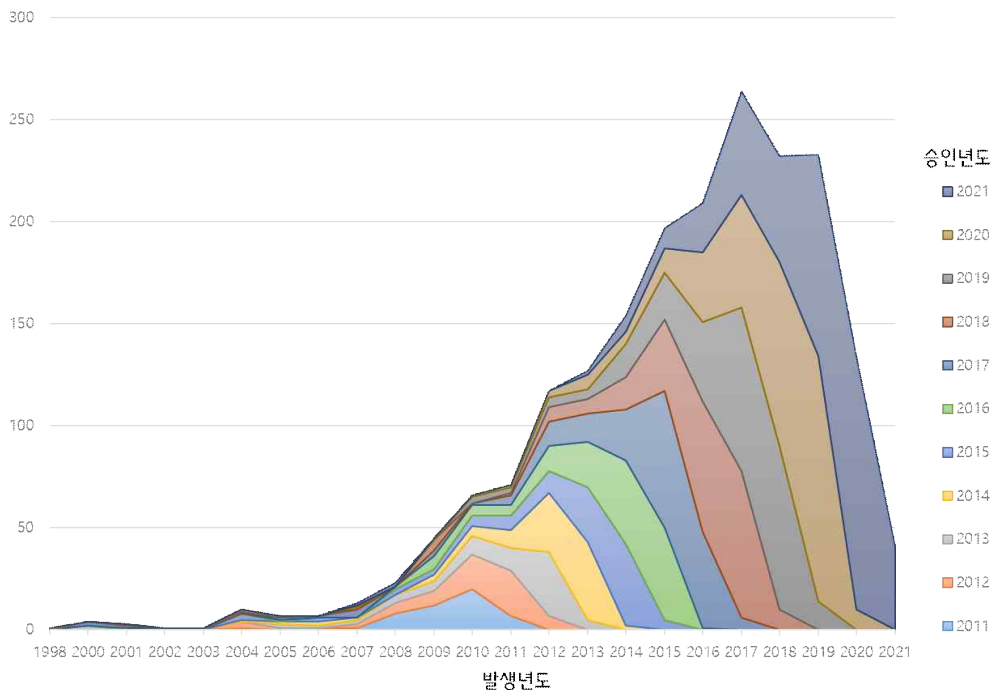
〈표 II-1〉 (계속) 사업장 질환감시 자료 구축을 위한 활용 자료원

변수	변수설명	자료출처 (제공 및 수집기관)
DTH_DATE1	사망년월일(년)	사망원인통계 (통계진흥원)
DTH_DATE2	사망년월일(월)	
DTH_DATE3	사망년월일(일)	
fdx1~fdx6	YYYYMMDD -암등록자료인경우만2017년까지사망여부확인	암 등록자료 (국립암센터 암등록관리부)
tcode1~tcode6	ICD-O-3(종양학국제질병분류), C__._	
mcode1~mcode6	ICD-O-3(종양학국제질병분류), ____/_	
method1~method6	0:사망진단서에서만암으로확인가능(DCO) 1:임상진단,2:임상검사,3:조직검사없는수술또는 부검,4:특수생화학적또는면역학적검사 5:세포학적또는혈액학적검사,6:전이부위조직검사, 7:원발부위조직검사,8:부검	
icd10_1~icd10_6	ICD-10(국제질병분류), C__._	
seer_grp1~seer_grp6	1:국한(Localized) -악성암이기원한조직에국한되어있는상태 2:국소(Regional) -악성암이기원한조직을넘어주변으로확장된상태 7:원격(Distant) -악성암이원발에서멀리떨어진다른부위에전이된 상태 9:모름(Unknown)	
dregdate	YYYYMMDD -암등록자료인경우만2017년까지사망여부확인	

가) 산업재해보상보험 승인자료에 대한 활용방안 검토

신경계 및 면역계질환 등 암 이외 질환까지 사업장기반 질환 감시 자료를 확대하고자 산업재해보상보험자료를 추가적으로 검토하였다. 정확한 모수 집계를 위해서는 산재보험 가입 사업장 소속 근로자의 입·퇴사에 대한 정보가 필요하지만, 산재보험은 고용보험과 달리 가입기준이 근로자가 아니라 사업체로서 ‘상시근로자 수’ 기준 만이 수집 있다. 따라서 사업장별 인력현황에 대한 모수집계자료는 고용보험의 자료로 대체하여 사용할 수밖에 없다. 산업재

해보상보험자료의 특이점은 질환발생시점과 자료수집시점이 상이하다는 점이다. 안전보건공단의 2011-2021동안의 재해자리스트 정보를 검토한 결과, 암의 경우 암 발생시점으로부터 10-12년 정도의 기간에 걸쳐 승인이 되는 것을 확인할 수 있었다 [그림 II-2]. 이에 따라 만성기전의 질환을 집계하는데 있어 산업재해보상보험자료를 질환감시목적으로의 자료로 활용은 어려울 것으로 평가하였다.



[그림 II-2] 근로자의 암 발생년도에 따른 직업성 암 승인 현황(2011-2021)

자료출처: 안전보건공단 재해자리스트

2) 감시자료 설계 보완 및 업데이트

가) 데이터베이스 구조보완 설계

사업장 기반 질환감시 자료 구축과정은 근로자 개별 고용기록을 이용하여 사업장 단위의 집계자료로 재설계 하는 과정이다[그림 2-1]. 그러나 질환 발병이나 직업 노출에 있어서 영향을 줄 수 있는 인구학적 또는 사업장 및 고용 특성에 대해서는 사전에 층화하여 집계할 수 있도록 설계를 미리 수행하여야 한다. [그림 2-1]은 사업장 단위로 성별로 층화하여 연도별 재직 현황을 집계 하는 방식의 예를 표현한 그림이다. 결과로 만들어진 테이블을 통해서 성별 연도별 사업장에서의 재직자 수를 파악할 수는 있다. 그러나 이미 성별로만 층화하여 집계된 테이블에서는 연령구간별 재직자 수를 파악할 수는 없고, 연령구간별 재직자 수 파악을 위해서는 처음부터 연령구간별로 다시 층화하여 집계를 해야 한다. 이처럼 집계자료는 사전에 설계 되지 않은 변수에 대한 정보를 얻어내기 어렵다는 점에서 사업장 감시를 위해 필수적인 요소를 포함하여 층화 집계하는 것이 중요하다.

근로자	사업장	성별	입사 연도	퇴사 연도	연도별 재직 여부									
					95	96	97	98	99	00	01	02	03	...
김갑수	사업장A	남	98	02				1	1	1	1	1		
이을수	사업장A	남	00	-						1	1	1	1	1
박병수	사업장A	남	97	01			1	1	1	1	1			
최정수	사업장A	여	02	-								1	1	1
김갑수	사업장B	남	02	03								1	1	
이무수	사업장B	여	95	00	1	1	1	1	1	1				
박병수	사업장B	남	01	03							1	1	1	
윤기수	사업장B	남	03	-								1	1	
전경수	사업장B	남	00	-						1	1	1	1	1
고신수	사업장B	여	96	02		1	1	1	1	1	1	1		
탁임수	사업장C	남	01	-							1	1	1	1
...														

사업장 구분	성별	연도별 재직자수												
		95	96	97	98	99	00	01	02	03	...			
사업장 A	남				1	2	2	3	3	2	1	1		
사업장 A	여										1	1	1	
사업장 B	남	0	0	0	0	0	0	1	3	4	5	3		
사업장 B	여	1	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0		

[그림 II-3] 근로자 단위 데이터 셋에서 사업장단위 집계 과정의 예

반면, 지나치게 많은 변수를 활용하여 층화를 하게 될 경우, 식별의 위험성이 더욱 커지게 된다. 특히 질환 집계에서는 업종, 성별, 연령대만 층화하더라도 해당 기준을 만족하면서 질환이 발생한 근로자의 식별이 되는 경우가 매우 빈번하다. 이번 조사에서는 사업장을 단위로 하여 주요 요인 변수로 층화한 자료를 구축하되 보고서에는 표준산업분류 기준 ‘중분류업종’ 단위로 테이블을 제시하였다. 업종 소분류 기준은 통계청의 한국표준산업분류 10차에 따라 분류하였다. 또한 근로자 규모 및 발병 규모로부터 개별 추적이 되지 않도록 발병자수에 대한 정보 또는, 업종별 근로자 규모는 보고서에는 제시하지 않았다.

2020-2021년에 구축된 사업장 기반 암 질환 감시자료에서는 60세 이상의 입사자 집단에 대한 집계를 포함하였는데, 모수의 크기가 다른 연령 집단보다 상대적으로 작아서 질환의 발병에 대한 발병률의 수치가 과도하게 높게 평가되는 점이 있었다. 따라서 새롭게 보완된 사업장 기반 암질환 감시자료에서는 입사 시 연령이 60세 이상인 집단은 집계에서 제외하였다. 또한 이번 사업장 기반 설계에서는 입사시기의 분류기준을 변형하여 적용하였다. 기존에는 고용보험이 1995년 7월에 시행되었다는 점을 감안하여 95년 7월을 기준으로 7월에 등록된 집단에 대하여 1995년 이전 입사자로, 8월 이후 입사자부터 1999년 까지 입사자를 1995-1999 입사자 집단으로 분류하여 집계하였다.

〈표 II-2〉 사업장 기반 암 감시자료 층화 변수 설계 변경 후 레이아웃

변수명	변수설명	코딩	코딩설명	변경사항
AGE_GR	입사연령	E20	20-29세	60세 이상 제외
		E30	30-39세	
		E40	40-49세	
		E50	50-59세	
CAL	입사시기	0	1995년 및 그 이전	년도 변경
		1	96-00년	
		2	01-05년	
		3	06-10년	
		4	11-15년	
		5	16-20년	
UP	업종코드	표준사업분류업종 소분류업 세자리		
YEAR	추적시점	1995-2018		2018년 업데이트
CA	질환분류	입술,구강및인두(C00-C14),식도(C15),위(C16), 대장(C18-C20),간(C22),담낭및기타담도(C23-C24),췌장(C25),후두(C32),폐(C33-C34),유방(C50),자궁경부(C53),자궁체부(C54),난소(C56), 전립선(C61),고환(C62),신장(C64),방광(C67), 뇌및중추신경계(C70-C72),갑상선(C73),호지킨 림프종(C81),비호지킨림프종(C82-C86,C96),다 발성골수종(C90),백혈병(C91-C95)		결합 및 연조직(C47+C49), 골수이형성증후 군(D46) 추가

2020-2021년에 구축된 사업장 기반 암 질환 감시자료는 누적발병률의 단위가 “추적기간 동안에 발생한 입사자 십만 명당 질환 발병 건수”라는 점에서 연단위의 일반 인구집단 발병률 통계와 비교하기 어렵다는 한계점도 있다. 이러한 점을 고려하여 이번 조사에서는 추적 인년의 단위를 분모로 사용하여 발생 인년 데이터 셋을 구축하고 사업장을 기반으로 2018년까지 암 발생 자료를 업데이트하고자 한다.

3) 능동적 역학조사 시범사업 대상 선정

고무제품제조업을 일차적으로 선행연구결과와 비교분석하면서 한국표준산업분류에서의 분류체계에서 ‘중분류’수준으로 분석을 했을 때에 백혈병의 발병사례에 대한 통계적 추정치의 불확실성을 최소화할 수 있었다. 소분류 단위로 분석할 경우, 상세 업종에 대한 정보가 반영된다는 장점이 있지만 규모가 작아지면서 발생규모가 작아진다는 한계가 있다. 소분류 단위를 기준으로 232개 업종 분류 중 1995-2018년까지 누적 발생 사례수가 20건 이상인 업종은 126개 업종으로 54.3%에 불과하였다. 하위분석 즉, 입사시기 또는 성별로 층화하여 분석하기에 소분류업종의 단위는 적합하지 않다고 평가하여 고위험 업종을 선정하기 위한 위험도산출은 중분류 수준에서 검토를 1차적으로 하고, 선정된 업종 내에서 관련된 위험요소와 위험도 크기를 확인하기 위해 소분류업종 수준에서 하위분석을 수행하기로 하였다. 따라서 이번 조사에서는 각 소분류업종에서의 십만 인년 당 조발생률을 부록에 제시하였고, 표준화발병비는 중분류 수준에서 간접표준화발생비를 산출하였다.

3. 능동적 역학조사 시범수행

1) 자료수집 및 사전조사

(1) 폐기물 처리 관련 사업장 현황 고찰

산업안전보건연구원에서 수행한 역학조사 사례와 2002년에 수행한 폐기물 처리 사업장 17개소를 대상으로 수행한 역학조사 종합보고서를 중심으로 고찰하였다. 폐기물 처리업체 현황을 확인하기 위하여 환경부 및 한국환경공단에서 자원순환기본계획 수립과 국가 자원순환 목표 설정 등의 기초자료 활용을 목적으로 발간되는 전국 폐기물 발생 및 처리현황을 검토하였다. 또한, 지자체 환경자원과 및 재활용 협회 등 유관기관과의 자문회의를 개최하여 폐기물 업종에 대한 실태파악 및 의견을 청취하였다.

(2) 과거 작업환경측정자료

폐기물처리업의 과거 작업환경을 파악하기 위하여 공단에 보고된 고용업종 코드('38')로 시작하는 폐기물처리 관련 업종의 2002년도부터 2018년까지 작업환경측정자료를 분석하였다. 2008년 이전에는 표준산업분류코드 제8차, 2008년~2017년 상반기까지는 표준산업분류코드 제9차, 2017년 하반기 이후부터는 표준산업분류코드 제10차로 변경되어 동일한 항목끼리 표준화 작업을 수행 후 분석하였다.

〈표 II-3〉 폐기물 처리 관련 업종코드 및 업종명

년도	표준산업 분류코드	중분류	세세분류	
			업종코드	업종명
2008년 이전	8차	(90) 하수처리, 폐기물처리 및 청소관련 서비스업	90110	하수 처리업
			90121	분뇨처리업
			90122	축산폐기물 처리업
			90211	지정외 폐기물 수집 운반업
			90212	지정 폐기물 수집 운반업
			90221	지정외 폐기물처리업
			90222	지정 폐기물처리업
			90223	건축폐기물 처리업
			90230	방사성폐기물 수집운반 및 처리업
			90300	공공장소 청소 및 유사 서비스업
2008년 ~2017년 상반기	9차	(38) 폐기물 수집운반, 처리 및 원료 재생업	38110	지정외 폐기물 수집운반업
			38120	지정 폐기물 수집운반업
			38130	건설 폐기물 수집운반업
			38210	지정외 폐기물처리업
			38220	지정 폐기물처리업
			38230	건설 폐기물처리업
			38240	방사성 폐기물 수집운반 및 처리업
			38301	금속원료 재생업
			38302	비금속원료 재생업
2017년 하반기 이후	10차	(38) 폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업	38110	지정외 폐기물 수집운반업
			38120	지정 폐기물 수집운반업
			38130	건설 폐기물 수집운반업
			38210	지정외 폐기물처리업
			38220	지정 폐기물처리업
			38230	건설 폐기물처리업
			38240	방사성 폐기물 수집운반 및 처리업
			38311	금속류 해체 및 선별업
			38312	금속류 원료 재생업
			38321	비금속류 해체 및 선별업
			38322	비금속류 원료 재생업

2) 현장조사 및 질환관련 작업환경조사

선정된 폐기물업체를 대상으로 1차 조사로 현장을 방문하여 안전 관리자 및 근로자를 대상으로 면담을 실시하였다. 사업장기반 암 질환 감시자료, 안전보건공단 사업장현황조사 자료 및 폐기물처리업체 현황자료에서 2개 이상의 처리공정을 포함하면서 현·퇴직 근로자 중 백혈병이 발생한 사업장을 선정하였다. 조건을 만족하는 사업장의 개수는 총 8개 사업장이었고, 이중 3개 사업장에서는 역학조사에 대한 여러 차례 협조요청에도 불구하고 사업주의 강력한 거절로 조사가 불가하였다. 조사 협조에 응한 5개 사업장에 대하여 근로자 수, 주요업종, 허가사항, 주요 작업공정, 일 처리용량, 작업 방법, 작업절차서 보유 현황, 위험지역 현황, 작업환경 측정 유무, 화학물질자료 사용 현황, 교육 및 특수건강검진 실시 여부 등을 조사하였다.

조사팀은 1차 조사 (근로자 면담 및 현장조사)를 통해 작업환경을 통해 백혈병과 관련된 알려진 유해인자의 노출위험이 있다고 판단될 때는 사업장에 협조를 요청하여 2차 조사로 작업환경측정을 실시하였다. 또한, 지정 폐기물 수집, 운반 및 재활용 업종 중 폐유를 대상으로 작업을 수행하는 사업장은 별 크시료를 채취하여 성분분석을 실시하였다. 유해요인별 측정방법을 요약하면 <표 II-5>와 같다.

〈표 II-4〉 작업환경 측정 대상 유해인자 및 측정방법

연번	측정항목	측정방법	비고
1	벤젠	KOSHA GUIDE A-69-2019 (SKC Cat no. 226-01, 유량 0.05l/min GC/MS 및 FID)	지역시료
2	스티렌	KOSHA GUIDE A-70-2019 (SKC Cat no. 226-01, 유량 0.05l/min, GC/MS 및 FID)	
3	포름알데히드	KOSHA GUIDE A-56-2019 (SKC Cat no. 226-119, 유량 0.08l/min, HPLC)	
4	1,3-부타디엔	KOSHA GUIDE A-90-2019 (SKC Cat no. 226-73, 유량 0.05l/min, GC/MS 및 FID)	
5	미세분진	Portable laser aerosol spectrometer and dust monitor model 11-A (광산란법)	직독식

(1) 벤젠

SOLID SORBENT TUBE(coconut shell charcoal, 100mg/50mg, SKC Cat no. 226-01)를 사용하여 선별공정(0.05 L/min), 운전실(0.3L/min)의 속도로 작업시간 동안 측정하였으며, 측정 전·후 유량 보정을 실시하였다. 총 2개의 공정에 지역시료로 측정하였으며 공시료는 현장에서 개방즉시 막음 처리하였다.

(2) 스티렌

SOLID SORBENT TUBE(coconut shell charcoal, 100mg/50mg, SKC Cat no. 226-01)를 사용하여 선별공정(0.05 L/min), 운전실(0.3L/min)의 속도로 작업시간 동안 측정하였으며, 측정 전·후 유량 보정을 실시하였다. 총 2개의 공정에 지역시료로 측정하였으며 공시료는 현장에서 개방즉시 막음 처리하였다.

(3) 포름알데히드

2,4-dinitrophenylhydrazine(SK C Cat no. 226-119)로 코팅된 실리카 겔이 포함된 카트리지를 사용하여 선별공정, 운전실(0.08L/min)의 속도로 작업시간 동안 측정하였으며, 측정 전·후 유량 보정을 실시하였다. 총 2개의 공정에 지역시료로 측정하였으며 공시료는 현장에서 개방즉시 막음 처리하였다. 모든 시료는 측정완료 후 아이스박스과 아이스 팩을 이용하여 보관 및 운반하였다.

(4) 1,3-부타디엔

4-tert-butylcatechol(SK C Cat no. 226-73)로 코팅된 흡착을 사용하여 선별공정, 운전실(0.05L/min)의 속도로 작업시간 동안 측정하였으며, 측정

전·후 유량 보정을 실시하였다. 총 2개의 공정에 지역시료로 측정하였으며 공시료는 현장에서 개방즉시 막음 처리하였다. 모든 시료는 측정완료 후 아이스 박스와 아이스 팩을 이용하여 보관 및 운반하였다.

(5) 미세분진

광산란법 방식의 미세먼지 측정기로 직독식이며, 사무실을 대조군으로 하여 선별공정과 운전실의 작업 시간동안 실시간 모니터링 하였다. 사용한 기기는 Portable laser aerosol spectrometer and dust monitor model 11-A이며 미세먼지의 입자별 계수가 가능하다.



[그림 II-4] Portable laser aerosol spectrometer and dust monitor model 11-A

4. 연구윤리

본 연구는 산업안전보건법 제 141조 및 동법 시행규칙 제222조 제1항에 해당하는 역학조사이며 고용노동부의 역학조사평가위원회 운영지침에 따라 역학조사평가 위원회 전원회의 개최를 통해 선정된 집단역학조사이다. 고용보험 가입근로자를 대상으로 근로자 건강영향 감시를 위한 기초 역학 자료로 활용하기 위하여 2022년 집단 역학조사사업의 일환으로 수행되었으며, 고용보험법에 따른 고용정보, 암관리법에 따른 근로자 대상자의 질병정보를 각각 고용노동부와 국립암센터로부터 제공받아 조사를 수행하였다. 이 외의 연구수행절차는 산업안전보건연구원 기관생명연구윤리심의 위원회의 절차 및 규정에 준수하여 승인을 받고 수행하였다 (OSHRI-202202-HR-004).

Ⅲ. 연구결과

.....

Ⅲ. 연구 결과

1. 사업장기반 질환 감시자료 구축과 활용

1) 감시자료 보완 및 구조설명

사업장 단위의 질환감시 데이터 셋은 크게 2개의 테이블로 구성되어 있다. 각 테이블 별로 공통변수인 집계단위 변수는 사업장관리번호, 사업장명, 업종 코드, 우편번호, 입사시기, 입사 시 연령, 추적년도 가 포함되어있고 나머지는 각각 인력 현황 테이블, 질환 발병 테이블로 나누어 구축하였으며 인력현황테이블의 누적근로자는 근로자 수와 추적 인년으로 구축하였다.



[그림 Ⅲ-1] 사업장 기반 질환 감시자료 구조

사업장 기반 암 질환 감시자료에 포함된 사업장 규모는 사업장관리번호+우편번호를 기준으로 했을 때 총 4,766,623개의 사업장이 포함되었다. 이번 조사에서는 업종별 집계 및 모니터링을 목적으로 1인 이상의 모든 사업장을 포함하여 집계하였다.

사업장 기반 암 질환 감시자료는 ① 인력현황 테이블과 ②질환발병 테이블로 구성이 되며, 두 테이블 모두 사전에 설계된 층화집계 변수를 기준으로 사업장 단위로 집계 된다.

인력현황 테이블은 층화집계 변수에 따른 입사자수, 퇴사자수, 현직자수, 누적 근로자 수로 구성되어 있다. 재직기준은 연단위로 집계되기 때문에 하루라도 해당년도에 재직하였으면 재직자로 집계되며, 예를 들어 근로자 A가 사업장‘갑’에서 2011년 1월 31일까지 근무하다가 2011년 2월 1일에 퇴직한 경우 근로자 A에 대한 사업장 ‘갑’의 퇴직집계는 2012년에 1건으로 집계가 된다[그림 2-2]. 재직을 기준으로 연 단위 집계를 했기 때문에, 근로자 A는 2011년도에 재직 근로자로 중복으로 집계되는 경우가 발생한다.

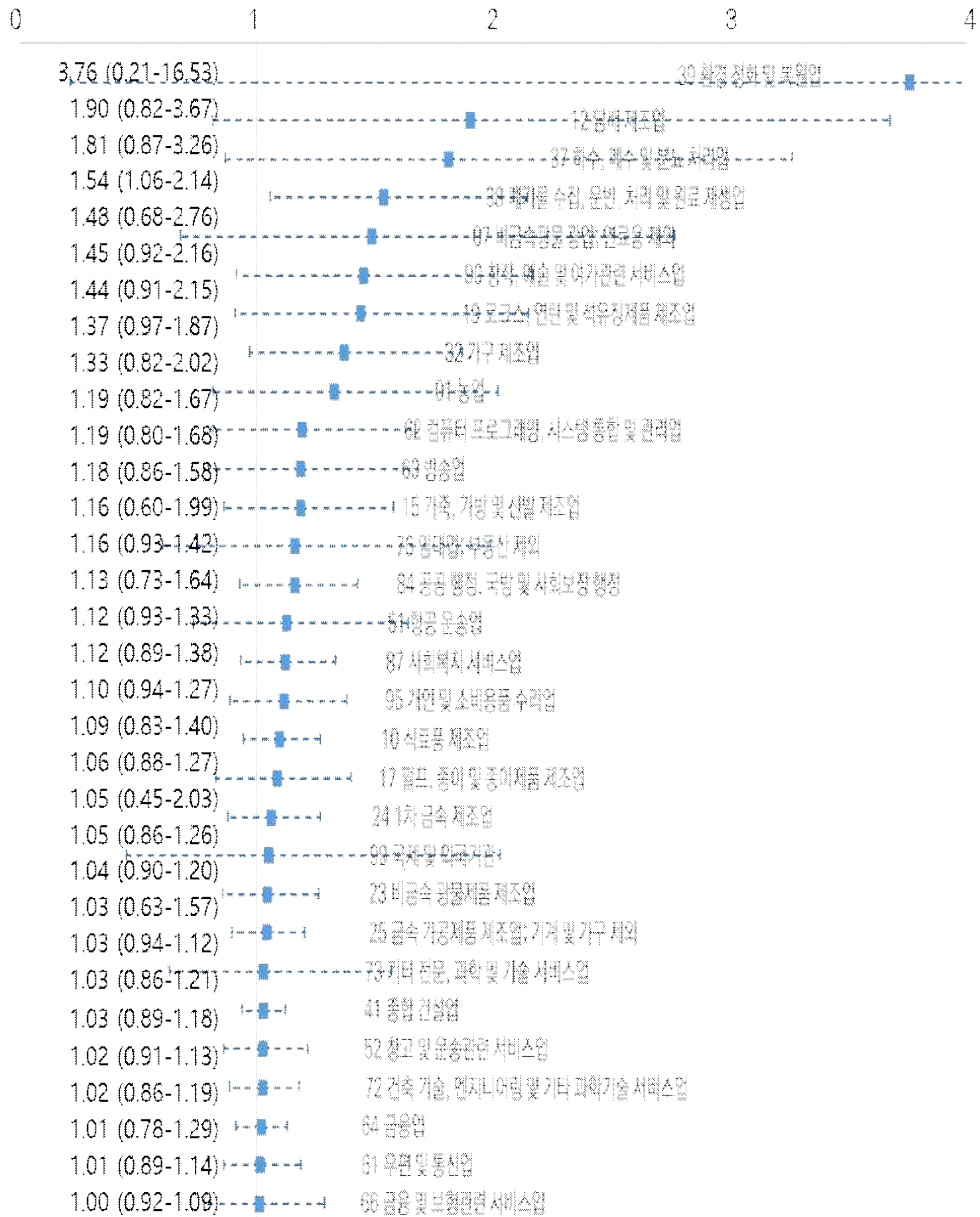
이러한 오류가 있음에도 특정 일자를 기준으로 재직현황을 집계하도록 설계를 하지 않은 이유는 질환 진단 시기를 ‘연 단위’로 추정할 때 질환 발병기 전에 따라 직업 환경 노출에 대한 보수적인 추적을 위해서이다. 예를 들어 매년 1월 1일을 기준으로 입·퇴사 여부를 정의할 경우 근로자 A는 2011년에 사업장‘갑’에 재직상태이고 사업장‘을’에서는 재직상태가 아니게 된다. 그러나 만약 2011년 10월 경 특정 질환이 A 근로자에게서 발생했을 경우, 특정질환의 병리기전이 급성질환이나 만성질환이냐에 따라 사업장‘을’의 노출여부가 중요할 수 있기 때문에, 해당년도 재직여부에 따라 한 근로자에 대하여 사업장별로 중복 집계될 수 있는 구조로 설계하였다. 그러나 동일 사업장에 중복으로 입사한 경우, 재직자, 입사자 및 퇴사자 테이블은 그대로 집계하나 누적 근로자 테이블에서는 동일인이 동일 사업장에 재입사한 경우 이후 이력은 추가로 집계하지 않았다.

2) 능동적 역학조사 시범사업 업종 선정

고무제품제조업의 시범분석결과를 반영하여 백혈병 발병의 고위험 업종을 선정하기 위하여 입사시기가 30대 혹은 그 이전인 집단을 대상으로 간접표준화비를 산출하였다. 표준집단은 전체 근로자집단으로 하여 전체 근로자집단 역시 입사시기가 30대 혹은 그 이전인 집단을 대상으로 성, 입사 시 나이, 입사시기, 추적시점에 따른 분포에 맞추어 표준화발병비를 산출하였다. <그림 III-2>는 2018년 추적시점에서 전체 근로자 집단을 기준으로 표준화발병비가 1보다 큰 중분류 업종을 표준화발병비이 큰 순서대로 나열한 것이다. 전체 업종에 대한 중분류 수준에서의 백혈병 표준화발병비는 부록에 제시하였다.

백혈병의 표준화발병비가 가장 높았던 업종은 환경정화 및 복원업으로 표준화발병비는 3.76 (95%신뢰구간 0.21-16.53)이었다. 그러나 실제 백혈병 발병건수는 1건으로 통계적 불확실성이 매우 컸다. 성별을 통합하여 분석한 경우 통계적으로 유의하게 전체 근로자에서보다 표준화발병비가 높았던 업종은 ‘폐기물 수집, 운반 처리 원료재생업 (SIR= 1.54, 95% CI 1.06-2.14)’이었다.

<표 III-3>과 <표 III-4>는 성별로 층화하여 표준화발병비를 계산한 결과이다. 남성근로자 집단에서는 전체 근로자 집단대비 표준화발병비가 가장 높았던 업종은 ‘하수, 폐수 및 분뇨 처리업’과 ‘담배제조업’으로 표준화발병비가 각각 2.14 (95% CI 1.11-4.11), 2.13 (95% CI 1.01-4.46)이었다. 이외에 통계적으로 유의하게 전체근로자집단 대비 표준화발병비가 높았던 업종에는 ‘폐기물 수집, 운반 처리 원료재생업 (SIR= 1.63, 95% CI 1.10-2.31)’, ‘보건업 (SIR= 1.33, 95% CI 1.09-1.59)’, ‘식료품제조업 (SIR= 1.21, 95% CI 1.02-1.43)’이 포함되었다. 여성에서는 근로자 발생사례규모가 크지 않아 불확실성이 크기는 했지만 표준화발병비가 가장 높았던 업종은 ‘환경정화 및 복원업 (SIR= 16.40 95% CI 2.31-116.44)’이었다. 이외에 통계적으로 유의하게 표준화발병비가 높았던 업종은 부동산업으로 표준화발병비는 1.51 (95% CI 1.13-1.96)이었다.



[그림 III-2] 전체근로자업종보다 표준화발병비가 높은 업종 (1995-2018년 기준)

〈표 III-1〉 남성에서 백혈병 표준화발병비가 전체근로자보다 높았던 업종 (1995-2018)

한국표준업종분류 중분류업종		발 생	기대 발병수	추적인년	표준 화 발병 비	신뢰구간		p값
						하한	상한	
01	농업	14	12.1	344,659	1.16	0.65	1.87	0.587
07	비금속광물 광업; 연료용 제외	8	4.8	137,195	1.66	0.83	3.32	0.151
10	식품품 제조업	133	109.6	3,273,342	1.21	1.02	1.43	0.026
12	담배 제조업	7	3.3	89,299	2.13	1.01	4.46	0.046
15	가죽, 가방 및 신발 제조업	28	23.8	657,859	1.18	0.79	1.67	0.386
17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	49	42.9	1,230,417	1.14	0.85	1.49	0.348
19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	18	13.3	370,286	1.36	0.82	2.08	0.197
23	비금속 광물제품 제조업	96	85.5	2,455,735	1.12	0.91	1.36	0.255
24	1차 금속 제조업	109	101.2	2,878,219	1.08	0.89	1.29	0.439
25	금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	174	152.1	4,745,142	1.14	0.98	1.32	0.076
32	가구 제조업	31	22.0	644,701	1.41	0.97	1.97	0.056
35	전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업	80	79.9	2,242,644	1.00	0.80	1.24	0.989
36	수도업	3	2.9	86,923	1.02	0.33	3.17	0.972
37	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	9	4.2	133,311	2.14	1.11	4.11	0.022
38	폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업	28	17.2	529,308	1.63	1.10	2.31	0.010
41	종합 건설업	406	405.3	12,500,310	1.00	0.91	1.10	0.971
46	도매 및 상품 중개업	403	376.7	12,114,235	1.07	0.97	1.18	0.175
51	항공 운송업	16	12.6	354,101	1.27	0.75	2.00	0.332
52	창고 및 운송관련 서비스업	102	96.8	2,989,774	1.05	0.86	1.27	0.595
56	음식점 및 주점업	56	51.7	1,880,274	1.08	0.82	1.39	0.551
60	방송업	22	19.0	554,988	1.16	0.74	1.72	0.484
61	우편 및 통신업	122	121.0	3,288,681	1.01	0.84	1.20	0.928
62	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	20	19.8	729,888	1.01	0.63	1.52	0.970
65	보험 및 연금업	66	63.0	1,726,362	1.05	0.81	1.32	0.709
66	금융 및 보험관련 서비스업	41	40.5	1,196,358	1.01	0.73	1.35	0.938
71	전문 서비스업	103	102.2	3,210,043	1.01	0.83	1.22	0.934
75	사업 지원 서비스업	147	143.4	4,929,766	1.03	0.87	1.20	0.762
76	임대업; 부동산 제외	9	7.6	248,606	1.19	0.57	2.14	0.609
84	공공 행정, 국방 및 사회보장 행정	59	51.1	1,518,281	1.15	0.88	1.47	0.269
86	보건업	110	83.0	2,673,950	1.33	1.09	1.59	0.003
90	창작, 예술 및 여가관련 서비스업	14	9.1	297,153	1.53	0.86	2.48	0.111
95	개인 및 소비용품 수리업	70	65.2	2,123,213	1.07	0.84	1.34	0.556
99	국제 및 외국기관	6	5.1	152,730	1.19	0.47	2.40	0.675

〈표 III-2〉 여성에서 백혈병 표준화발병비가 전체근로자보다 높았던 업종 (1995-2018)

한국표준업종분류 중분류업종		발 생	기대 발병수	추적인년	표준화 발병비	신뢰구간		p값
						하한	상한	
01	농업	5	2.2	92,679	2.28	0.82	4.90	0.065
03	어업	1	0.6	26,043	1.69	0.10	7.45	0.598
15	가죽, 가방 및 신발 제조업	14	11.7	436,790	1.20	0.67	1.94	0.503
19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	3	1.3	57,664	2.30	0.57	5.96	0.149
22	고무 및 플라스틱제품 제조업	30	23.3	993,014	1.29	0.88	1.81	0.165
27	의료, 정밀, 광학 기기 및 시계 제조업	17	16.7	734,570	1.02	0.61	1.58	0.944
28	전기장비 제조업	41	39.4	1,592,876	1.04	0.75	1.39	0.801
31	기타 운송장비 제조업	8	7.4	333,624	1.08	0.49	2.01	0.828
32	가구 제조업	5	4.3	169,341	1.17	0.42	2.51	0.730
33	기타 제품 제조업	16	12.2	509,782	1.31	0.77	2.07	0.274
34	산업용 기계 및 장비 수리업	1	0.9	43,493	1.09	0.06	4.81	0.929
39	환경 정화 및 복원업	1	0.1	2,907	16.40	2.31	116.44	0.005
41	종합 건설업	80	67.5	3,171,140	1.19	0.94	1.47	0.127
45	자동차 및 부품 판매업	7	5.6	257,617	1.24	0.53	2.41	0.563
49	육상 운송 및 파이프라인 운송업	18	14.6	597,419	1.23	0.75	1.89	0.374
60	방송업	6	4.7	205,238	1.28	0.51	2.60	0.540
61	우편 및 통신업	28	26.7	954,594	1.05	0.71	1.49	0.796
62	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	10	5.3	284,259	1.88	0.94	3.30	0.046
64	금융업	131	122.4	5,000,274	1.07	0.90	1.26	0.439
66	금융 및 보험관련 서비스업	20	19.7	869,960	1.01	0.63	1.52	0.954
68	부동산업	51	33.9	1,478,177	1.51	1.13	1.96	0.003
70	연구개발업	10	10.0	515,795	1.00	0.50	1.76	0.997
72	건축 기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업	36	30.9	1,510,678	1.16	0.82	1.59	0.363
73	기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	9	7.3	393,846	1.24	0.59	2.23	0.523
74	사업시설 관리 및 조경 서비스업	15	13.7	604,240	1.10	0.63	1.75	0.720
76	임대업; 부동산 제외	2	1.9	91,340	1.06	0.18	3.28	0.931
84	공공 행정, 국방 및 사회보장 행정	26	22.2	1,023,717	1.17	0.78	1.68	0.415
87	사회복지 서비스업	106	89.9	4,779,105	1.18	0.97	1.42	0.091
90	창작, 예술 및 여가관련 서비스업	7	5.3	261,191	1.31	0.56	2.54	0.472
91	스포츠 및 오락관련 서비스업	17	14.6	675,572	1.16	0.69	1.81	0.530
95	개인 및 소비용품 수리업	9	5.6	258,988	1.62	0.78	2.92	0.148
95	개인 및 소비용품 수리업	70	65.2	2,123,213	1.07	0.84	1.34	0.556
99	국제 및 외국기관	6	5.1	152,730	1.19	0.47	2.40	0.675

전체업종분석에서 전체근로자 대비 표준화발병비가 높았던 ‘폐기물 수집, 운반 처리 원료재생업’을 포함하여 남성 및 여성 근로자 집단에서 백혈병 표준화발병비가 높았던 업종에서의 소분류 업종에 따른 입사시기별 백혈병의 표준화발병비를 추가로 분석하였다. 이 분석 역시 표준집단을 전체근로자 집단으로 하여 성, 입사 시 나이, 입사시기, 추적년도의 분포에 표준화 한 뒤 비교분석한 결과이다. 여성에서의 ‘환경정화 및 복원업’은 발병 건이 1건이었기 때문에 입사시기별로 추가로 분석하지 않았다.

입사시기별로 분석했을 때, 가장 표준화발병비의 크기가 큰 업종은 ‘하수, 폐수 및 분뇨 처리업’이었고 ‘담배 제조업’이 그 뒤를 이었다, 특히 ‘하수, 폐수 및 분뇨 처리업’에서는 2006-2010년 사이에 입사한 집단에서도 표준화발병비가 4.93 (95% CI 1.34-12.63)으로 매우 높았다. 그러나 발생자 규모가 전체 10건이 되지 않아 분석값에 대한 불확실성에 대한 고려도 필요했다. 한편, ‘폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업’에서는 1996-2000년 사이 입사한 근로자집단에서 백혈병에 대한 표준화발병비가 통계적으로 유의하게 높았으며, 2000년 이후로도 통계적으로 유의하지는 않으나 표준화발병비가 1.50(95% CI 0.69-2.84)로 여전히 높았다. 보건업의 경우 유의하지는 않았으나 최근 입사자에서 점차 표준화발병비가 증가하는 추세를 보였다.

이번 조사에서는 백혈병 표준화발병비의 크기 및 통계적 유의성, 발병사례수를 고려하여 ‘폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업’을 백혈병 발병에 대하여 추가적인 환경조사가 필요한 위험업종으로 선정하였다.

〈표 III-3〉 백혈병 표준화발병비가 높은 일부 업종에서의 입사시기별 하위분석

한국표준업종분류 중분류업종		입사시기	발생	기대 발병수	표준화 발병비	신뢰구간		p값
						하한	상한	
37	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	1995년 및 그 이전	0	0.5	0.00	0.00	7.38	1.000
		'96-'00년	2	2.0	1.01	0.12	3.66	0.736
		'01-'05년	3	1.5	2.03	0.42	5.94	0.400
		'06-'10년	4	0.8	4.93	1.34	12.63	0.003
		'11-'15년	0	0.2	0.00	0.00	19.95	0.464
86	보건업	1995년 및 그 이전	53	53.5	0.99	0.74	1.30	0.997
		'96-'00년	83	84.0	0.99	0.79	1.22	0.955
		'01-'05년	83	83.3	1.00	0.79	1.24	0.983
		'06-'10년	68	59.4	1.14	0.89	1.45	0.294
		'11-'15년	20	14.9	1.34	0.82	2.07	0.237
12	담배 제조업	1995년 및 그 이전	5	3.0	1.68	0.55	3.92	0.376
		'96-'00년	1	0.4	2.61	0.07	14.52	0.851
		'01-'05년	1	0.3	3.28	0.08	18.26	0.724
		'06-'10년	0	0.1	0.00	0.00	25.44	0.351
		'11-'15년	0	0.0	0.00	0.00	132.26	0.005
10	식료품 제조업	1995년 및 그 이전	85	62.7	1.36	1.08	1.68	0.006
		'96-'00년	46	42.0	1.09	0.80	1.46	0.591
		'01-'05년	29	31.5	0.92	0.62	1.32	0.720
		'06-'10년	14	16.6	0.84	0.46	1.41	0.601
		'11-'15년	3	4.0	0.75	0.15	2.18	0.796
38	폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업	1995년 및 그 이전	6	3.9	1.54	0.57	3.35	0.416
		'96-'00년	14	7.3	1.93	1.06	3.24	0.020
		'01-'05년	9	6.0	1.50	0.69	2.84	0.309
		'06-'10년	2	3.0	0.68	0.08	2.44	0.789
		'11-'15년	0	0.6	0.00	0.00	6.49	0.928
68	부동산업	1995년 및 그 이전	16	29.8	0.54	0.31	0.87	0.015
		'96-'00년	41	40.2	1.02	0.73	1.38	0.966
		'01-'05년	43	33.7	1.28	0.92	1.72	0.128
		'06-'10년	19	16.9	1.12	0.68	1.75	0.699
		'11-'15년	3	2.7	1.10	0.23	3.23	0.895

2. 능동적 역학조사 시범수행

1) 사전조사

(1) 폐기물 운반, 수집, 처리 및 원료재생업 현황

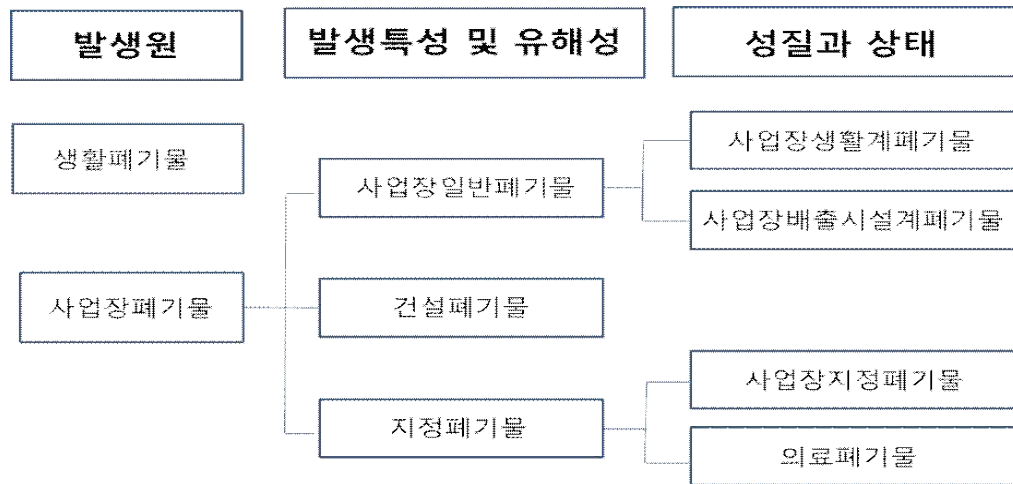
가) 폐기물의 정의 및 분류

폐기물은 폐기물관리법을 기본으로 하여 폐기물 처리와 관련되어 있는 폐기물처리시설 설치 촉진 및 주변지역 지원 등에 관한 법률, 건설폐기물법, 국가간이동법 및 재활용과 관련 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률, 전기전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률, 자원순환기본법 등의 법률에 의거 처리되고 있다. 폐기물이란 쓰레기, 연소재, 오니, 폐유, 폐산, 폐알칼리 및 동물의 사체 등으로서 사람의 생활이나 사업활동에 필요하지 아니하게 된 물질로 정의한다. 다른 사람에게 유용성이 있어 이를 무상 또는 저가로 매각하더라도 폐기물관리법상 적정처리가 필요한 물질은 모두 폐기물에 포함된다.

또한, 재활용이 가능하다고 하여 모두 폐기물에서 제외되는 것은 아니며 적절한 처리공정을 거치고 생산공정에 재투입 또는 외부로 반출되어 재활용이 되더라도 동일한 연속공정이 아니면 폐기물로 정의된다.

폐기물관리법령상 폐기물은 크게 생활폐기물, 사업장폐기물로 구분되며 사업장폐기물은 발생특성 및 유해성에 따라 사업장 일반, 건설폐기물, 지정폐기물, 의료폐기물로 세부 분류할 수 있고, 사업장 일반폐기물은 성질과 상태에 따라 사업장 생활계 및 배출시설계로 구분된다.

생활폐기물은 소극적 방식으로 규정하여 사업장 폐기물 외 모든 폐기물을 의미하며 주로 가정에서 발생하는 폐기물과 일련의 공사 또는 작업으로 발생하는 5톤 미만의 폐기물을 의미한다.



[그림 Ⅲ-3] 폐기물 분류 체계

사업장폐기물은 사업장에서 발생하는 폐기물을 대상으로 사업장에서 배출 시설의 설치 운영여부에 따라 사업장배출계폐기물로 세부 구분이 된다. 사업장배출계폐기물은 공공폐수처리시설, 공공하수처리시설, 분뇨처리시설 등 폐기물 처리시설을 통해서 발생하는 폐기물들을 의미한다.

건설폐기물은 건설산업기본법에 의거하여 건설공사로 인해 발생하는 5톤 이상의 폐기물을 의미한다.

지정폐기물은 폐기물관리법 제2조에 의거 사업장폐기물 중 폐유, 폐산, 폐알칼리 등 주변환경을 오염시킬수 있거나 의료폐기물 등 폐기물에 의해 인체에 위해를 줄 수 있는 해로운 물질로서 대통령령으로 정하는 폐기물을 의미한다. 의료폐기물은 보건·의료기관, 동물병원, 시험·검사기관 등에서 배출되는 폐기물 중 인체에 감염 등 위해를 줄수 있는 우려가 있는 폐기물과 인체조직 등 적출물, 실험동물의 사체 등 보건환경적으로 특별한 관리가 필요하다고 인정되는 폐기물을 의미한다.

나) 폐기물 처리 체계

생활폐기물, 사업장일반폐기물 및 지정폐기물 등은 폐기물의 종류에 따라 처리방법을 달리 규정하고 있다. 생활폐기물의 처리 책임자는 시장, 군수, 구청장 등 지자체에서 처리하며 조례로 정하여 폐기물처리업자 등에 대행이 가능하다. 배출되는 생활폐기물의 종류, 양 등에 따라 수수료를 차등징수 하고 있으며 종량제 봉투로 처리된다. 사업장폐기물처리는 배출사업자의 사업장폐기물 감량 의무 준수를 기본으로 사업장 스스로 처리하거나 처리업자들에게 위탁처리하고 있다. 지정폐기물의 처리는 배출사업자가 처리 전 처리계획을 확인하여 폐기물처리계획서, 분석결과서, 수탁확인서 등을 작성하여 위탁처리하고 있다. 위탁처리되는 폐기물은 모두 전자 인계 인수제도인 올바로 시스템에 입력하여 관리감독 하고 있다.

폐기물처리업은 폐기물을 수집·운반, 재활용 또는 처분을 업으로 하려는 자로 정의되며, 업종별로 영업내용을 달리하는데 크게 ① 폐기물 수집운반업, ② 폐기물 처분업, ③ 폐기물 재활용업 3가지로 나뉜다.

폐기물 수집운반업은 폐기물을 수집하여 재활용 또는 처분장소로 운반하거나 폐기물을 수출하기 위해 수집운반하는 모든 업을 총칭한다. 기본적으로 폐기물처분 및 재활용을 위해서는 사업장에서 폐기물을 수집운반이 선행되기 때문에 폐기물 처분업에서 기본적인 허가사항이며 폐기물 수집운반업의 허가만 보유하는 사업장이 있고, 처분 및 재활용업의 허가를 중복으로 가지고 있는 사업장도 있다.

폐기물 처분업은 크게 중간처분업, 최종처분업, 종합처분업으로 세부 구분이 되는데 중간처분업은 소각, 기계적(압축 파쇄 등), 화학적(고형화, 중화, 응집 등), 생물학적(호기성, 혐기성 등) 등의 방법을 통하여 중간처분하는 영업이 해당된다. 최종처분업은 매립 등으로 최종 처분하는 영업이고 폐기물의 종착지가 된다. 마지막 종합처분업은 중간처분과 최종처분을 함께 영업하는 것으로 예를 들면 소각은 중간처분업으로 분류되는데 그 이유가 소각을 하고 부산물로 나오는 소각재 자체가 다시 폐기물이 되기 때문에 소각재를 매립하여야 비로소 폐기물의 최종처분이 완료된 것이다. 따라서 소각을 중간처분업을 하는 사업장은 매립지를 보유하고 있어 최종처분을 함께 진행하는 곳이 있으나 대다수가 최종 처분업으로 다시 위탁 처리하고 있는 실정이다.

폐기물 재활용업은 중간 재활용업, 최종 재활용업, 종합 재활용업 3가지로 세부 분류되어 있는데 중간 재활용업은 중간 가공폐기물을 만드는 영업을 수행하며 최종 재활용업은 중간 가공 폐기물을 재활용하는 영업이다. 종합재활용업은 중간과 최종을 함께 수행하는 것으로 업종에 맞는 허가를 받아야 한다.

다) 폐기물 처리업체 현황

20년도 등록된 폐기물처리업체는 총 15,711개소이며, 수집·운반업체가 8,321개소로 53.0%, 종합재활용업이 4,774개소로 30.4% 차지하였다. 업종 자체의 특수성을 고려하여 폐기물 종류별 처리업체 산정 시 생활·사업장일반·건설폐기물 및 사업장지정·의료폐기물 처리업체간의 중복집계 되었다.

〈표 Ⅲ-4〉 우리나라 폐기물 처리업체 현황 (2020년 기준)

(단위: 개소)

구 분		총 계	생활폐기물	생활+사업장	사업장폐기물	건설폐기물	지정폐기물
수집운반업		8,321	1,945	485	3,297	1,844	750
처분업	중간	217	5	43	78	-	91
	최종	54	-	-	32	-	22
재활용업	중간	1,536	19	580	785	-	152
	최종	227	1	8	213	-	5
	종합	4,774	44	162	4,129	-	439
건설폐기물	중간 처리업	582	-	-	-	582	
총 계		15,711	2,014	1,278	8,534	2,426	1,459

(2) 작업환경측정현황 (2002-2021)

작업환경측정사업장 집계를 위해서 개별사업장 정의는 ‘사업장관리번호+사업장명+지역’로 하였다. 최근일수록 작업환경 측정 사업장의 규모는 점차 커지고 있으며 2009년 112개 사업장에서 2021년 734개소로 증가하였다. 그러나 환경부 폐기물처리업체 현황자료와 비교하면 2020년에 폐기물처리업체는 총 15,711개소로 이중 4.1%에 해당하는 693개소만이 작업환경측정을 수행하였다.

〈표 III-5〉 폐기물 유형별 처리업체 작업환경측정 현황 (소음제외)

(단위: 사업장 수, %)

년도	수집운반 처리업				원료재생업		전체
	지정 외	지정	건설	방사성	금속	비금속	
2002	14 (17.3)	59 (72.8)	8 (9.9)	-	-	-	81
2003	12 (11.7)	81 (78.6)	10 (9.7)	-	-	-	103
2004	5 (5.0)	66 (66.0)	29 (29.0)	-	-	-	100
2005	46 (33.1)	66 (47.5)	27 (19.4)	-	-	-	139
2006	32 (18.1)	112 (63.3)	33 (18.6)	-	-	-	177
2007	38 (17.9)	122 (57.5)	49 (23.1)	3 (1.4)	-	-	212
2008	59 (20.4)	158 (54.7)	70 (24.2)	2 (0.7)	-	-	289
2009	19 (17)	31 (27.7)	29 (25.9)	2 (1.8)	14 (12.5)	17 (15.2)	112
2010	53 (14.6)	95 (26.1)	121 (33.2)	-	38 (10.4)	57 (15.7)	364
2011	55 (13.8)	95 (23.8)	144 (36)	-	40 (10)	66 (16.5)	400
2012	78 (18.1)	89 (20.6)	135 (31.3)	-	58 (13.4)	72 (16.7)	432
2013	102 (21.3)	98 (20.4)	131 (27.3)	-	74 (15.4)	75 (15.6)	480
2014	115 (23.3)	98 (19.8)	138 (27.9)	1 (0.2)	77 (15.6)	65 (13.2)	494
2015	112 (22.9)	98 (20)	134 (27.3)	1 (0.2)	76 (15.5)	69 (14.1)	490
2016	123 (23.3)	93 (17.6)	161 (30.6)	1 (0.2)	75 (14.2)	74 (14)	527
2017	140 (25.9)	85 (15.7)	158 (29.2)	1 (0.2)	86 (15.9)	71 (13.1)	541
2018	162 (27.9)	97 (16.7)	171 (29.4)	1 (0.2)	82 (14.1)	68 (11.7)	581
2019	176 (27.1)	108 (16.6)	184 (28.4)	1 (0.2)	96 (14.8)	84 (12.9)	649
2020	188 (27.1)	128 (18.5)	190 (27.4)	1 (0.1)	103 (14.9)	83 (12)	693
2021	190 (25.9)	134 (18.3)	217 (29.6)	1 (0.1)	100 (13.6)	92 (12.5)	734
합계	1719 (22.6)	1913 (25.2)	2139 (28.2)	15 (0.2)	919 (12.1)	893 (11.8)	7598

작업환경측정을 수행한 폐기물 운반·수집업에서는 폐기물의 유형과 관계없이 기타광물성분진에 대한 측정규모가 가장 컸고 특히 건설폐기물의 경우 기타광물성분진의 측정규모가 전체 측정의 절반정도(49.8%)를 차지했고 그 외에도 분진류의 측정비율이 높았다. 운반·수집업 중 지정외 폐기물의 경우 기타광물성분진 외에 산 및 염기 물질등의 부식성폐기물 대한 측정비율이 높은 것을 확인할 수 있었다. 수산화나트륨과 암모니아, 염화수소를 측정한 지정외 폐기물 운반·수집업체는 각각 161개소(28.6%), 암모니아 95개소(16.9%), 염화수소 73개소(13.0%)였다. 한편, 지정폐기물 운반·수집업체에서는 수산화나트륨의 측정비율이 18.4%(74개소)로 높은 편이었으나, 이 외에 톨루엔(65개소, 15.3%), 크실렌(56개소, 13.2%), 에틸벤젠(51개소, 12.0%)과 같은 유기용제에 대한 측정 비율은 다른 운반·수집업 사업장과 비교하여 높았다.

〈표 III-6〉 폐기물 운반·수집업 중 폐기물 유형별 상위 10개 다빈도 측정물질 (2002-2021)

(단위: 사업장 수, %)

지정 폐기물 (N=424)		지정 외 폐기물 (N=563)		건설 폐기물 (N=201)	
기타광물성분진	159 (37.5)	기타광물성분진	264 (46.9)	기타광물성분진	100 (49.8)
수산화나트륨	78 (18.4)	수산화나트륨	161 (28.6)	규산(석영)	64 (31.8)
산화철분진과흙	77 (18.2)	황산(pH2.0이하)	119 (21.1)	규산염(포틀랜드시멘트)	39 (19.4)
망간및그무기화합물	75 (17.7)	산화철분진과흙	108 (19.2)	규산(크리스토틀라이트)	26 (12.9)
황산(pH2.0이하)	73 (17.2)	망간및그무기화합물	101 (17.9)	목재분진(적삼목외 기타 모든 종, 흡입성)	19 (9.5)
톨루엔	65 (15.3)	암모니아	95 (16.9)	기타분진	12 (6.0)
규산염(포틀랜드시멘트)	63 (14.9)	용접흙	87 (15.5)	기타분진 (유리규산1% 이하)	11 (5.5)
규산(석영)	60 (14.2)	염화수소	73 (13.0)	산화마그네슘	8 (4.0)
크실렌(오쏘, 메타, 파라 이성체)	56 (13.2)	기타분진 (유리규산1% 이하)	69 (12.3)	산화알루미늄	8 (4.0)
에틸벤젠	51 (12.0)	알루미늄및그화합물(가용성염)	67 (11.9)	산화철분진과흙	8 (4.0)

이러한 양상은 폐기물처리업에서도 유사한 양상을 보였다. 지정폐기물, 지정 외 폐기물과 건설폐기물 처리업에서는 기타광물성분진에 대한 측정비율이 전체 측정의 각각 26.1%(490개소), 39.1%(452개소), 57%(1,105개소)로 가장 높은 비율을 차지했다. 지정폐기물과 지정 외 폐기물에서의 수산화나트륨에 대한 측정비율도 각각 32.9%(490개소), 33.9%(392개소)로 측정비율이 유사했다. 톨루엔, 크실렌과 같은 폐유기용제에 대한 작업환경측정비율은 지정폐기물처리업에서 톨루엔이 22.0%(327개소), 크실렌은 14.0%(209개소)로 높았으나 부식성폐기물에 대한 측정비율은 폐기물의 유형과 상관없이 유사한 경향을 보였다. 환경부에서 정의한 지정폐기물에는 부식성 폐기물로 폐산과 폐알칼리가 대표적인 물질인데 폐산의 경우 pH가 2.0이하, 폐알칼리의 경우 pH가 12.5이상인 것으로 정의되며 여기에는 수산화칼륨 과 수산화나트륨이 포함된다. 폐기물처리업의 2002-2021의 작업환경측정결과를 보면 pH2.0이하의 황산에 대한 측정비율은 지정폐기물 처리업체가 16.5%(246개소), 지정 외 폐기물 처리업체 22.2%(257개소)로 수산화나트륨 등을 포함하여 유사한 비율을 차지하였다. 이는 지정 외 폐기물 처리업에서 산세처리용 등의 처리용 화학제품으로 사용된 물질인지, 폐산 수거에 대한 처리로 측정을 한 것인지에 대하여는 세부 현장조사가 필요하다. 원료재생업의 경우 비금속과 금속이나에 상관없이 기타광물성분진과 산화철분진(흙)의 작업환경측정비율이 공통적으로 높았으며, 비금속원료재생업의 경우 금속외의 기타분진에 대한 측정비율이 207개소(23.1%)로 높았고 금속 원료재생업의 경우 용접흙(13.7%, 126개소)과 함께 염화수소, 황산, 질산 등의 산성 물질에 대한 측정비율이 높은 경향을 보였다.

〈표 III-7〉 폐기물 처리업 사업장 중 폐기물 유형별 상위 10개 다빈도 측정물질 (2002-2021)

(단위: 사업장 수, %)

지정 폐기물 (N=1,489)		지정 외 폐기물 (N=1,156)		건설 폐기물 (N=1,938)	
수산화나트륨	490 (32.9)	기타광물성분진	452 (39.1)	기타광물성분진	1105 (57)
기타광물성분진	389 (26.1)	수산화나트륨	392 (33.9)	규산(석영)	474 (24.5)
톨루엔	327 (22.0)	산화철 분진과 흙	279 (24.1)	규산염(포틀랜드시멘트)	287 (14.8)
염화수소	318 (21.4)	망간 및 그 무기화합물	261 (22.6)	기타분진 (유리규산1% 이하)	157 (8.1)
아세톤	257 (17.3)	황산(pH2.00이하)	257 (22.2)	규산(크리스토파라이트)	142 (7.3)
황산 (pH2.00이하)	246 (16.5)	암모니아	211 (18.3)	산화철 분진과 흙	125 (6.4)
산화철분진과 흙	222 (14.9)	염화수소	204 (17.6)	석영	120 (6.2)
암모니아	215 (14.4)	용접흙	186 (16.1)	산화마그네슘	76 (3.9)
크실렌 (오쏘,메타,파라 이성체)	209 (14.0)	기타분진 (유리규산1% 이하)	165 (14.3)	산화알루미늄	71 (3.7)
질산	205 (13.8)	크롬과 그 무기화합물 (금속과 크롬3가화합물)	158 (13.7)	망간 및 그 무기화합물	60 (3.1)

〈표 III-8〉 원료재생업 사업장 중 폐기물 유형별 상위 10개 다빈도 측정물질 (2008-2021)

(단위: 사업장 수, %)

비금속 (N=898)		금속 (N=919)	
기타광물성분진	230 (25.8)	산화철분진과 흙	480 (52.2)
산화철분진과 흙	149 (16.7)	기타광물성분진	199 (21.7)
규산(석영)	119 (13.3)	망간 및 그 무기화합물	151 (16.4)
수산화나트륨	106 (11.9)	염화수소	126 (13.7)
기타분진 (유리규산1% 이하)	104 (11.6)	용접흙	126 (13.7)
기타분진	103 (11.5)	구리(분진 및 미스트)	118 (12.8)
망간 및 그 무기화합물	74 (8.3)	질산	116 (12.6)
이산화티타늄	73 (8.2)	황산(pH2.00이하)	107 (11.6)
산화알루미늄	59 (6.6)	이산화티타늄	90 (9.8)
납 및 그 무기화합물	55 (6.2)	톨루엔	87 (9.5)

2001-2021까지 백혈병 발병과 알려진 유해인자 즉 트리클로로에틸렌, 1,3-부타디엔, 벤젠, 포름알데히드, 스티렌에 대한 측정을 수행한 사업체의 규모는 <표 III-6>과 같다. 지정폐기물 처리업의 경우 전체 측정 사업장의 약 4.5~5%에서 트리클로로에틸렌(70개소, 4.7%), 벤젠(43개소, 5.0%), 스티렌(68개소, 4.6%)을 측정하였다. 한편 지정폐기물 운반수집업에서는 스티렌에 대한 측정을 수행한 사업체는 29개소(6.8%)였고 벤젠측정도 16개소(3.8%)에 서도 수행하였다. 건설폐기물의 경우 운반수집업 및 처리업 모두에서 백혈병 관련 유해인자에 대한 측정을 수행한 비율은 매우 낮았다.

〈표 III-9〉 백혈병 발병관련 발암물질 작업환경측정 현황 (2002-2021)

하위 업종 (단위: 사업장 수, %)	운반, 수집업			처리업				원료재생업	
	지정 (N=424)	지정외 (N=563)	건설 (N=201)	지정 (N=1,489)	지정외 (N=1,156)	건설 (N=1,938)	방사성 (N=15)	비금속 (N=898)	금속 (N=919)
트리클로로에틸렌	10 (2.4)	12 (2.1)	-	70 (4.7)	12 (1)	5 (0.3)	1 (6.7)	10 (1.1)	3 (0.3)
1,3-부타디엔	-	4 (0.7)	-	4 (0.3)	-	-	-	-	-
벤젠	16 (3.8)	20 (3.6)	-	74 (5.0)	24 (2.1)	1 (0.1)		1 (0.1)	12 (1.3)
포름알데히드	6 (1.4)	22 (3.9)	-	30 (2.0)	25 (2.2)	4 (0.2)	8 (53.3)	-	4 (0.4)
스티렌	29 (6.8)	21 (3.7)	-	68 (4.6)	25 (2.2)	1 (0.1)	-	23 (2.6)	7 (0.8)

1,3-부타디엔의 측정사업체 수가 너무 적었기 때문에 1,3-부타디엔을 제외하고 나머지 백혈병 발병관련유해인자인 트리클로로에틸렌, 벤젠, 포름알데히드, 스티렌에 대한 측정결과를 2002년부터 2021년까지 측정값의 분포를 요약하여 부록에 제시하였다.

백혈병 발암물질 관련 유해인자에 대하여 고용노동부의 시간가중평균값 허용기준의 50%이상 초과 대상을 분류하여 기술 분석을 수행하였다. 트리클로로에틸렌, 벤젠, 1,3-부타디엔, 포름알데히드, 스티렌에 대한 허용기준은 <표>와 같다. 각 유해인자에 대하여 분류한 결과 2002년부터 2021년까지 작업환경측정을 수행한 사업장 중에서 1,3-부타디엔, 스티렌, 포름알데히드에 대해서는 고용노동부 허용기준의 50%를 초과한 사업장은 없었다.

〈표 III-10〉 백혈병 발병 관련 화학적 유해인자 노출 농도의 허용기준

백혈병 발병 관련 화학적 유해인자	시간가중평균값 (TWA)	단시간 노출값 (STEL)
	ppm	ppm
벤젠 (Benzene; 71-43-2)	0.5	2.5
1,3-부타디엔 (1,3-Butadiene; 106-99-0)	2	10
스티렌 (Styrene; 100-42-5)	20	40
트리클로로에틸렌 (Trichloroethylene; 79-01-6)	10	25
포름알데히드 (Formaldehyde; 50 -00-0)	0.3	

산업안전보건법 시행규칙 [별표 19]

트리클로로에틸렌의 경우 5개의 시료에서 허용기준의 50%를 초과하였는데, 모두 한 사업장에서 측정된 것으로 2008~2009년 상하반기에 걸쳐 높게 측정되었다. 2008-2009년 당시 사업장소재지로 폐기물처리업체현황 자료를 검토한 결과 해당 사업장은 2000년에 허가된 중간처리시설로 소각시설과 화학적 처리시설로 반응시설을 보유하고 있었다.



[그림 III-4] 트리클로로에틸렌 작업환경측정 최댓값의 추세(단위: ppm)

벤젠의 경우 허용기준의 50% 수준인 0.25ppm을 넘는 시료는 전체 911개 시료 중 15개 시료로 8개의 업체에서 높게 측정되었고 그 중 2개의 업체에서 9개의 시료를 차지하였다. 이 두 업체 중 한 곳은 폐유처리 및 재생을 하는 업체로 2009년 상반기(0.34ppm)와 2019년 하반기(0.40ppm, 0.39ppm)에 측정값이 50%수준을 초과하였다. 나머지 한 업체 또한 폐유 및 폐생유를 소각하는 정유업체로서 2007~2010년에 걸쳐 0.31~0.36ppm이었다. 한편 2014년에 0.54ppm으로 기준치를 넘는 측정값이 있었는데 이는 지정폐기물 처리업체 후처리 현장순회공정에서 0.54ppm이 측정되었다 <그림Ⅲ-5>.



[그림 Ⅲ-5] 벤젠 작업환경측정 최댓값의 추세(단위: ppm)

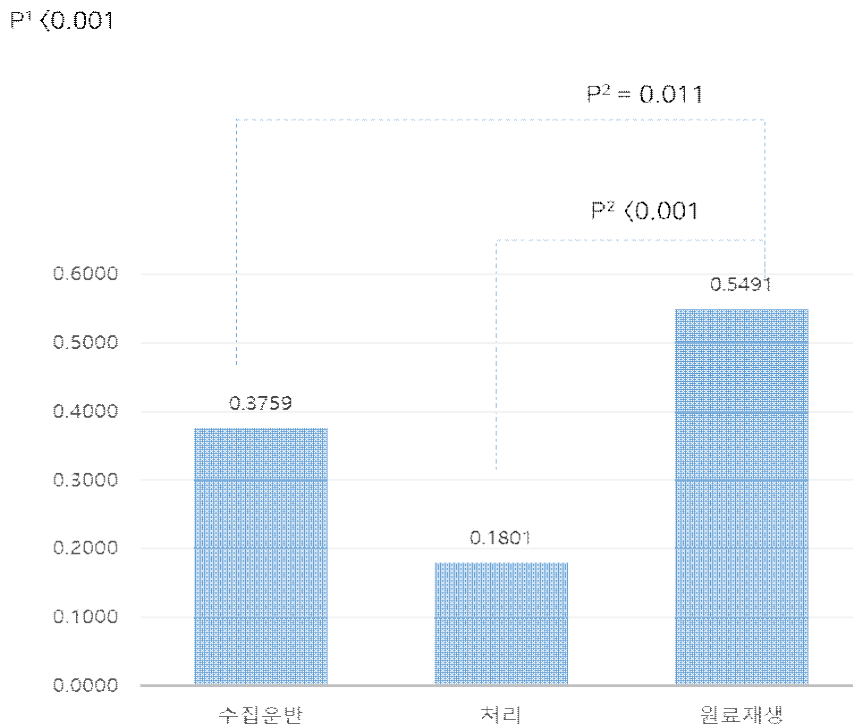
〈표 III-11〉 폐기물 운반·수집, 처리, 원료재생업에서의 스티렌 작업환경측정결과

년도	전체시료 (N)	검출시료 (N) [†]	시간가중평균농도 (단위: ppm) [†]									
			산술평균	표준편차	기하평균	중위수	최솟값	최댓값	백분위수			
									75	90	95	99
트리클로로에틸렌			‡ 검출시료의 최소 측정값(=1.00.E-06)의 1/2 값(=5.00.E-07)으로 '불검출' 및 '검출한계미만', '0'을 치환 후 분석									
수집운반	82	18	0.3759	1.4130	1.E-05	5.00.E-07	5.E-07	9.6493	5.E-07	0.2897	4.4431	
처리	271	48	0.1801	0.8355	5.E-06	5.00.E-07	5.E-07	5.7736	5.E-07	0.1688	0.5528	5.4256
재생	23	12	0.5491	0.9658	7.E-04	0.05270	0.0100	3.3381	0.9764	2.4955	3.3231	
전체	376	78	0.2454	1.0005	8.E-06	5.00.E-07	5.E-07	9.6493	5.E-07	0.3027	1.1080	5.4015
벤젠			‡ 검출시료의 최소 측정값 (=1.00.E-04)의 1/2 값 (=0.00005)으로 '불검출' 및 '검출한계미만', '0'을 치환 후 분석									
수집운반	303	38	0.01418	0.05577	0.00012	0.00005	0.00005	0.53840	0.00005	0.0218	0.1304	0.3812
처리	584	82	0.01840	0.06017	0.00014	0.00005	0.00005	0.44360	0.00005	0.0557	0.1613	0.3385
재생	24	2	0.01725	0.08311	0.00009	0.00005	0.00005	0.40740	0.00005	0.0027	0.3069	0.3069
전체	911	122	0.01697	0.05942	0.00013	0.00005	0.00005	0.53840	0.00005	0.0359	0.1462	0.3398
포름알데히드			‡ 검출시료의 최소 측정값(=1.00.E-06)의 1/2 값(=5.00.E-07)으로 '불검출' 및 '검출한계미만', '0'을 치환 후 분석									
수집운반	106	60	0.0072	0.0159	0.0001	0.0025	5.E-07	0.1381	0.0080	0.0162	0.0304	0.1319
처리	286	238	0.0120	0.0174	0.0014	0.0057	5.E-07	0.1080	0.0149	0.0358	0.0493	0.1055
재생	6	6	0.0093	0.0085	0.0066	0.0047	0.0032	0.0222	0.0189	0.0189	0.0189	0.0189
전체	398	304	0.0107	0.0170	0.0007	0.0050	5.E-07	0.1381	0.0126	0.0312	0.0476	0.1055
스티렌			‡ 검출시료의 최소 측정값(=0.001)의 1/2 값(=0.0005)으로 '불검출' 및 '검출한계미만', '0'을 치환 후 분석									
수집운반	248	16	0.0206	0.1051	0.0007	0.0005	0.0005	0.9674	0.0005	0.0005	0.1334	0.7801
처리	356	58	0.0603	0.3050	0.0013	0.0005	0.0005	4.7170	0.0005	0.0928	0.3633	1.3049
재생	73	6	0.0125	0.0493	0.0008	0.0005	0.0005	0.2940	0.0005	0.0005	0.1456	0.1456
전체	677	80	0.0406	0.2315	0.0010	0.0005	0.0005	4.7170	0.0005	0.0550	0.2037	0.8144

[†] 측정결과 '불검출' 및 '검출한계미만', '0'을 제외한 시료 수

〈표 III-11〉은 폐기물처리업체의 하위유형에 따른 백혈병 발병관련 유해인자의 측정농도를 분포로 요약한 자료이다. 산술평균을 기준으로 트리클로로에틸렌의 측정평균농도가 가장 높았던 업종은 원료재생업으로 $0.55(\pm 0.97)$ ppm으로 수집운반업 및 처리업이 각각 $0.38(\pm 1.41)$ ppm, $0.18(\pm 0.84)$ ppm과 비교하여 높은 경향을 보였다.

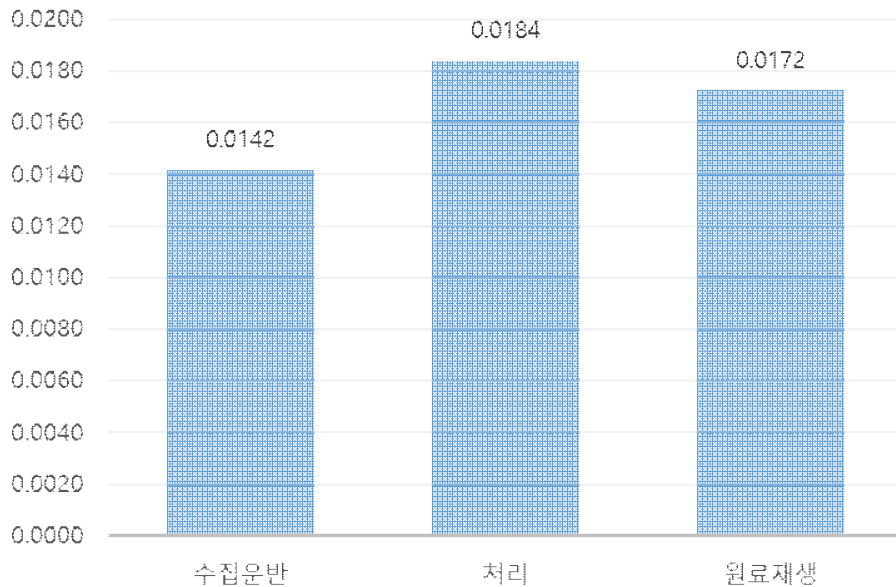
(단위: ppm)



[그림 III-6] 하위 업종별 트리클로로에틸렌 시간가중평균 비교

P^1 Kruskal wallis 검정, P^2 Bonferoni 사후검정

$P^1 = 0.598$



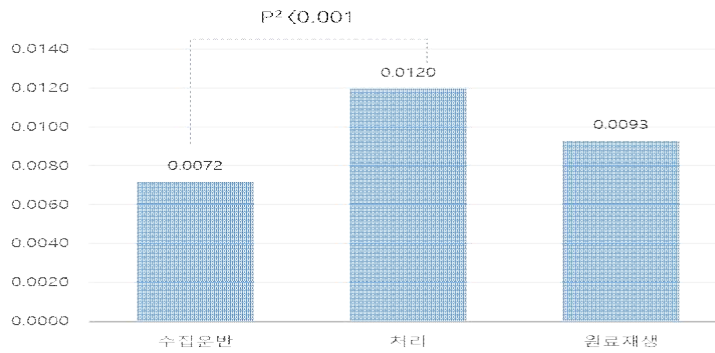
[그림 III-기] 하위 업종별 벤젠 시간가중평균 비교

P^1 Kruskal wallis 검정

벤젠의 경우 하위업종 분류에 따른 시간가중평균 농도의 차이를 보이지 않은 반면, 포름알데히드와 스티렌의 경우 폐기물 수집운반업(포름알데히드 0.007ppm; 스티렌 0.02ppm)과 비교하여 처리업(포름알데히드 0.06ppm; 스티렌 0.06ppm)에서 통계적으로 유의하게 농도가 높은 것을 확인할 수 있었다. (단위: ppm)

(단위: ppm)

$P^1 = 0.001$

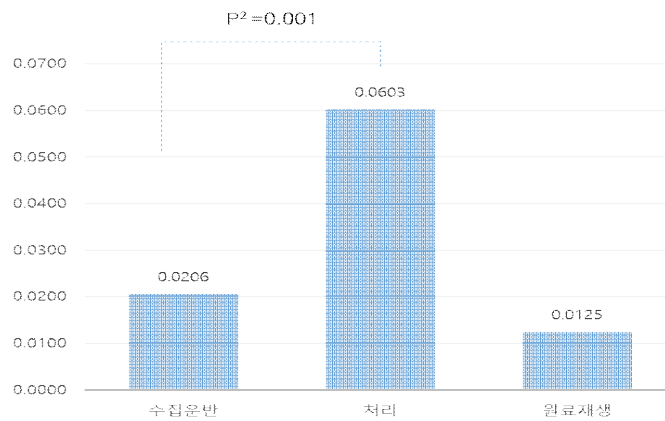


[그림 Ⅲ-8] 하위 업종별 포름알데히드 시간가중평균 비교

P^1 Kruskal wallis 검정, P^2 Bonferoni 사후검정

(단위: ppm)

$P^1 < 0.001$



[그림 Ⅲ-9] 하위 업종별 스티렌 시간가중평균 비교

P^1 Kruskal wallis 검정, P^2 Bonferoni 사후검정

(3) 선행역학조사 사례 검토

가) 근로자 역학조사 사례

안전보건공단 홈페이지에 게시되어 있는 직업병 재해사례에서 ‘폐기물’, ‘소각’으로 검색하였으며 관련 사례는 총 17건이었으며, 이 중 7건이 업무관련성 있음 또는 높은 것으로 평가되었다. 조혈기계암은 2건이 있었으나, 모두 업무관련성은 낮음으로 평가되었다. 두 사례 모두에서 작업환경에서의 벤젠 노출에 대한 가능성이 있다고 조사되었지만 근무기간 또는 입사 후 질환발병 시기까지의 기간이 짧아 업무관련성에 대한 근거가 부족하다고 평가된 사례였다.

사례1은 각종 혼합 폐합성수지로부터 석유류를 생산하는 업체의 폐플라스틱 유화공정에서 종사한 근로자로 350-500 ℃의 온도와 압력으로 고분자합성물질을 석유화학제품으로 액상화하는 원리를 이용한 작업이다. 당시 근로자는 폐플라스틱을 공급하여 열처리 후 재생유를 추출하여 정유하고 슬러지는 자루에 담아 폐기하는 작업을 수행하였다. 최정욱(1998)의 연구에서 혼합 폐플라스틱의 열분해에 의해 생성된 유화제품 중 벤젠 함유량이 8.21~17.96%로 개방공정의 경우 휘발성 유기용제의 특성상 벤젠 노출에 대한 위험성이 있다고 평가되었다.

〈표 Ⅲ-12〉 폐기물처리 및 소각 사례

번호	제목	심의년 도	업무 관련성에 대한 근거수준	공정
1	산업폐기물 재생 사업장의 은회수 공정에서 발생한 수은중독증 3례	2000	높음	반도체 슬러지에 함유된 은 추출
2	생활폐기물 분류작업 근로자에서 발생한 폐암	2001	없음	생활폐기물과 파지 분류작업
3	산업폐기물 소각작업에서 발생한 폐기종과 기관지천식	1999	있음	일반산업 및 특수산업폐기물 소각
4	폐기물 운반작업 근로자에서 발생한 기관지확장증	1998	낮음	폐기물 수집운반 차량 운전
5	폐기물 재생업체에서 수은에 노출되어 발생한 대퇴골두 무혈성괴사	2001	없음	반도체 슬러지에서 금과 은 추출
6	폐기물처리업체에서 근무하던 근무자에서 발생한 급성림프성백혈병 (사례1)	2002	낮음	페플라스틱 유화공정
7	폐기물 소각업을 하던 근로자에서 발생한 폐암	2002	낮음	폐기물 소각공정
8	영농 및 생활 폐기물 처리공에서 발생한 근위축성측삭경화증	2010	있음	영농폐기물 수거 및 처리
9	생활폐기물 수거업자에서 발생한 폐암	2011	낮음	생활폐기물 수거
10	폐기물처리작업자에서 발생한 근위축성측삭경화증	2011	높음	산업폐기물소각장 소각로 및 기타 설비 유지 보수작업
11	영농폐기물수거 작업자에서 발생한 근위축성측삭경화증	2012	높음	영농폐기물 수거 및 처리
12	폐기물 수거 차량 운전원에서 발생한 호지킨 림프종	2016	낮음	폐기물 수거차량 운전
13	폐목 소각작업을 하는 근로자에서 발생한 폐암	1999	낮음	폐목 소각
14	소각작업 근로자에서 발생한 급성림프성 백혈병 (사례2)	2001	낮음	폐기물 소각
15	소각 작업자에서 발생한 울혈성 심부전	2001	높음	폐기물 소각
16	목공 및 소각 근로자에서 발생한 만성폐쇄성폐질환	2004	낮음	폐기물 소각
17	소각장 관리 작업장에서 발생한 유육종증	2017	낮음	폐기물 소각장 시설유지보수

나) 집단역학조사 사례

산업안전보건연구원에서 2001년과 2002년에 수행한 폐기물처리 사업장을 대상으로 집단역학조사가 수행된바 있다. 2001년에는 폐기물재생사업장에서 발생한 급성 수은중독발생 사례로 근로자집단을 대상으로 혈중중금속 및 생물학적 노출지표 등의 검사를 수행하였다. 2002년 조사는 2001년 10월 무렵, 폐기물중간처리업체 근로자 5명에서 발생한 독성간염 발생으로 간성독성을 일으키는 유기용제(피리딘, 디메틸포름아미드, 디메틸아세트아미드, 메틸렌디 아민 등)를 중심으로 폐기물 중간처리업을 대상으로 조사를 수행하게 되었다. 이처럼 과거에 연구원에서 수행된 조사는 급성질환을 배경으로 한 실태 조사가 중심인 것을 확인할 수 있었다.

이번 사전조사 고찰에서는 사업장의 환경측정 및 공정을 상세 조사한 2002년에 17개소에 대한 역학조사 결과 보고서¹⁾를 정리하였다(전희경과 김은아, 2011). 17개소 업체 중 의료 폐기물(감염성 폐기물)을 취급하는 사업장의 경우, 공기 중 유기용제 노출수준을 측정하지 않았고, 곰팡이와 내독소만 측정하여 사례검토에서 제외시켰다. 또한, 폐기물에서 금과 은을 추출하는 재활용 공정도 제외시켰으며 총 13개소에 대하여 <표 III-13>와 같이 정리하였다.

작업환경측정은 유해인자별로 근로자 개인의 호흡 영역에서 실제 작업하는 동안 노출수준을 평가하였으며, 지역시료도 일부 측정하였다. 측정 대상 물질은 노말헥산, 염화메틸렌, Benzene, 아크릴로니트릴, 톨루엔 및 o-, m-, p-크실렌, 포름알데히드, 디메틸포름아미드였다. 공기 중 유기용제에 대한 측정 결과, 노말헥산은 기하평균이 0.1ppm(범위: 0-14.5ppm), 염화메틸렌은 기하평균이 0.1ppm(범위: 0-3.5ppm), Benzene은 기하평균이 0.04ppm(범위: 0-0.4ppm), 아크릴로니트릴은 기하평균이 0.6ppm(범위: 0.1-14.4ppm), 톨루엔은 기하평균이 0.5ppm(범위: 0-32.7ppm), Formaldehyde는 기하평균이 0.1ppm(범위: 0-0.4ppm), 디메틸포름아미드는 기하평균이 0ppm(범위:

1) 2002 폐기물 역학조사 보고서

0-3.8ppm)으로 전반적으로 노출기준 미만이나 아크릴로니트릴은 최고 측정값이 노출기준의 7배 초과하였다. 벤젠의 경우 폐드럼을 재생하는 사업장에서 마킹 공정에서 0.4ppm (현재 고용노동부 벤젠 노출기준: 0.5ppm)으로 가장 높았다.

〈표 Ⅲ-13〉 폐기물처리 사업장 13개소 조사사례 (산업안전보건연구원, 2002년)

사업 장명	업종	처리대상	처리공정
P-가	지정폐기물 중간 처리업	지정폐기물	소각
P-나	일반폐기물 중간 처리업	일반폐기물	소각
P-다	일반폐기물 중간 처리업	일반폐기물	소각
P-라	지정폐기물 중간 처리업, 일반폐기물 중간 및 최종 처리업	지정폐기물, 일반폐기물	소각 및 매립
P-마	일반·지정 폐기물 중간·최종 처리업	지정폐기물, 일반폐기물	소각 및 매립
P-바	지정폐기물 중간 처리업	지정폐기물	재활용
P-사	일반·지정 폐기물 중간 처리업	지정폐기물	재활용
P-아	지정폐기물 중간 처리업	지정폐기물	재활용
P-자	일반·지정 폐기물 중간·최종 처리업	지정폐기물, 일반폐기물	재활용, 매립
P-차	일반·지정 폐기물 중간·최종 처리업	지정폐기물, 일반폐기물	소각, 재활용, 매립
P-카	지정폐기물 중간 처리업	지정폐기물	재활용
P-타	일반·지정 폐기물 중간·최종 처리업	지정폐기물, 일반폐기물	소각, 매립
P-파	일반·지정 폐기물 중간 처리업, 지정 폐기물 최종 처리업	지정폐기물, 일반폐기물	소각, 매립

① 사업장 P-가

지정폐기물 중간처리업체로서 폐유와 폐유기용제를 고온 소각로에서 소각하여 처리한다. 수집·운반된 폐기물은 분리 → 보관 → 고온 소각로 → 공냉식 열교환기(I, II) → 수냉식 열교환기 → 원심력 집진장치 → 여과 집진장치 → 혼합기 → 통풍설비 → 재처리 설비 → 대기방출 등의 공정을 거쳐 처리된다. 작업환경측정의 경우 조정실에서 소각로를 운전하는 2명과 공무 담당자 1명을 대상으로 유기용제 및 특정 화학물질을 측정하였다.

작업환경측정 결과 노말렉산 0.1570-0.2672ppm, 염화메틸렌 0.1855-0.3337ppm, 벤젠 0.0841ppm 이하, 아크릴로니트릴 0.1824ppm 이하, m-크실렌 0.0063ppm 이하, 디메틸포름아미드 0.0917ppm 이하이고 톨루엔, p-크실렌 및 o-크실렌은 검출되지 않아 노출수준 평가 대상이었던 유기용제 및 특정 화학물질 9종 모두 노출기준 미만이었다.

〈표 Ⅲ-14〉 사업장 P-나의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준

작업	노출수준 (단위:ppm)								
	노말렉산	염화메틸렌	벤젠	아크릴로니트릴	톨루엔	p-크실렌	m-크실렌	o-크실렌	디메틸포름아미드
총괄 (소각로운전)	0.2672	0.2819	0.0075	ND	ND	ND	ND	ND	ND
공무	0.1570	0.1855	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
소각로 운전	0.1998	0.3337	0.0841	0.1824	ND	ND	0.0063	ND	0.0917
고용노동부 기준(ppm)	50	50	0.5	2	50	100	100	100	10

측정방법: 개인시료; ND= 검출한계미만(Not Detected)

② 사업장 P-나

일반폐기물 중간처리 및 수집운반업체로서 폐합성수지, 폐합성고무, 폐지, 폐목재 등을 스토커방식의 소각로에서 소각하여 처리한다. 수집·운반된 폐기물은 보관 → 1차 연소 → 2차 연소 → 폐열 보일러 → 원심력 집진장치 → 전기 집진장치 → 흡착탑 → 원심력 집진장치 → 대기방출 등의 공정을 거쳐 처리된다. 작업환경측정의 경우 현장에서 폐기물을 분류하고(고정 high-car 작업) 소각재를 처리하는 근로자 및 조정실에서 크레인 및 소각로를 운전하는 5명의 근로자를 대상으로 유기용제 및 특정 화학물질을 측정하였다.

작업환경측정 결과 노말헥산 0.2672ppm 이하, 벤젠 0.0327ppm 이하, p-크실렌 0.0014ppm 이하, m-크실렌 0.0120ppm 이하, o-크실렌 0.0043ppm 이하, 디메틸포름아미드 0.0437ppm 이하, 포름알데히드 0.0274-0.1611ppm 이었고 염화메틸렌, 아크릴로니트릴, 톨루엔은 검출되지 않아 노출수준 평가 대상이었던 유기용제 및 특정 화학물질 10종 모두 노출기준 미만이었다.

〈표 III-15〉 사업장 P-나의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준

작업	노출수준 (단위:ppm)									
	노말헥산	염화메틸렌	벤젠	아크릴로니트릴	톨루엔	p-크실렌	m-크실렌	o-크실렌	디메틸포름아미드	포름알데히드
공무	0.2672	ND	ND	ND	ND	0.0014	0.0120	0.0043	-	0.1611
폐기물 분류	0.0020	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.0472
소각재 처리	ND	ND	0.0327	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
크레인 및 소각로 운전	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.0274
크레인 및 소각로 운전	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0437	-
고용노동부 기준(ppm)	50	50	0.5	2	50	100	100	100	10	0.3

측정방법: 개인시료; ND= 검출한계미만(Not Detected)

③ 사업장 P-다

섬유, 일반 잡재류 등을 소각로에서 소각처리 한다. 수집·운반된 폐기물은 보관 → 일반폐기물 투입 → 소각로(회전식+계단식) → 원심력 집진장치 → Semi-Dry Scrubber(SDR) 중화 → 전기 집진장치 → 대기방출 등의 공정을 거쳐 처리된다. 작업환경측정의 경우 조정실에서 소각로 및 크레인을 운전하고 소각재를 처리하는 4명의 근로자를 대상으로 유기용제 및 특정 화학물질을 측정하였다. 9종 측정 대상물질 중 포름알데히드만 0.0353-0.0831ppm 수준으로 검출되었고 나머지는 모두 검출되지 않았다.

〈표 III-16〉 사업장 P-다의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준

작업	노출수준 (단위:ppm)								
	노말hexan	염화메틸렌	벤젠	아크릴로니트릴	톨루엔	p-크실렌	m-크실렌	o-크실렌	포름알데히드?
크레인 운전, 소각재 처리	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0763
폐기물 분류	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0389
소각로 운전(조정실)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0353
크레인 운전, 소각재 처리	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0831
연소실	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0371
고용노동부 기준(ppm)	50	50	0.5	2	50	100	100	100	0.3?

측정방법: 개인시료; ND= 검출한계미만(Not Detected)

④ 사업장 P-라

지정폐기물 중간처리업, 일반폐기물 중간 및 최종처리업으로 액상의 폐산 및 폐알칼리, 액상 및 고상의 폐유와 폐유기용제, 폐합성수지, 폐합성고무, 폐페인트 및 폐락카, 폐농약 등을 고온에서 소각처리 한다. 또한, 소각로에서 나오는 소각재는 자체 매립장에서 처리한다.

지정·일반폐기물 투입 → 소각로(회전식) → 1차 원심력 집진장치 → 2차 여과 집진장치 → 3차 가압습식 집진장치 → 4차 흡수장치(충전탑) → 대기방출의 공정을 거쳐 처리된다. 또한 지정·일반폐기물 투입 → 소각로(계단식) → 1차 원심력 집진장치 → 2차 흡수장치(충전탑) → 3차 세정 집진장치 → 4차 세정 집진장치 → 대기방출의 공정을 거친다. 두 소각로에서 나오는 소각재는 자체 매립장으로 운반하여 처리한다.

작업환경측정의 경우 조정실에서 소각로를 운전하는 근로자 4명과 크레인 운전자 3명 및 기타 작업 근로자 5명 등 총 12명을 대상으로 유기용제 및 특정 화학물질을 측정하였다. 측정된 유기용제 10종 모두 노출기준 미만이었지만 공정별로 소각로 공정에서는 소각로로 투입된 폐기물을 밀어 넣는 Pusher 투입 부의 지역시료에서 벤젠이 0.1094ppm 측정되었다. 안전관리 공정 종사자에서 포름알데히드 0.1989ppm이 검출되었다.

〈표 III-17〉 사업장 P-라의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준

작업	노출수준 (단위:ppm)									
	노말헥산	염화메틸렌	벤젠	아크릴로니트릴	톨루엔	p-크실렌	m-크실렌	o-크실렌	디메틸포름아미드	포름알데히드
소각로 (6호)운전	ND	ND	ND	ND	0.0134	ND	0.0012	ND	-	0.1103
소각로 (6호)운전	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0038	ND	ND	-
소각로 (5호)운전	ND	ND	ND	ND	0.0084	ND	0.0007	ND	0.0145	-
소각로 (5호)운전	ND	ND	ND	ND	0.3362	ND	0.0171	ND	-	0.0670
안전관리	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0070	-
폐기물(드럼) 분류/정리	0.0338	ND	ND	0.2877	ND	ND	ND	0.0312	0.1142	-
폐기물(드럼) 저장	ND	ND	ND	ND	0.0314	ND	0.0082	ND	ND	-
소각로 정비	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.0606
안전관리	ND	ND	ND	0.1355	0.0403	ND	0.0104	0.0046	-	0.1989
폐수처리	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
매립장 복토	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
폐기물 혼합	ND	0.0601	ND	0.2364	ND	ND	ND	0.0136	-	0.0762
소각로 (5호)투입부	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.0536
소각로(5호) pusher부	ND	ND	0.1094	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
고용노동부 기준(ppm)	50	50	0.5	2	50	100	100	100	10	0.3

측정방법: 개인시료; ND= 검출한계미만(Not Detected)

⑤ 사업장 P-마

일반·지정 폐기물 중간·최종 처리업으로 폐산 및 폐알칼리, 폐유, 폐유기용제, 폐합성수지, 폐합성고무, 폐페인트 및 폐락카, 폐농약, PCB 함유 폐기물, 오니 등을 소각처리 한다.

지정·일반폐기물 압축 및 파쇄 → 일반 소각로 → 원심력 집진장치 → 흡수장치(충전탑) → 대기 방출의 공정을 거쳐 처리된다. 고온 소각로의 경우 원심력 집진장치 → 건식 세정 집진장치 → 여과 집진장치 → 대기방출의 공정을 거쳐 처리된다.

작업환경측정의 경우 소각작업에 관여하는 중간처리 근로자 12명을 대상으로 유기용제 및 특정 화학물질을 측정하였다. 측정 결과, 노말헥산 0.3323ppm 이하, 염화메틸렌 3.5927ppm 이하, 벤젠 0.0291ppm 이하, 아크릴로니트릴 14.3868ppm 이하, 톨루엔 4.9771ppm 이하, p-크실렌 0.4666ppm 이하, m-크실렌 0.6024ppm 이하, o-크실렌 0.3350ppm 이하, 디메틸포름아미드 0.0185ppm 이하, 포름알데히드 0.1292ppm 이하로 노출수준 평가 대상이었던 유기용제 및 특정 화학물질 중 아크릴로니트릴은 노출기준을 최고 7배 초과하였고, 나머지 9종은 모두 노출기준 미만이었다.

〈표 Ⅲ-18〉 사업장 P-마의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준

작업공정	유해물질 노출수준 (ppm)									
	노말헥산	염화메틸렌	벤젠	아크릴로니트릴	톨루엔	p-크실렌	m-크실렌	o-크실렌	디메틸포름아미드	포름알데히드
소각 ^a	ND	0.0826	ND	ND	ND	0.0104	0.1181	ND	-	0.0524
	ND	0.1425	ND	ND	ND	ND	0.0235	ND	-	0.0669
	ND	0.1675	ND	ND	0.0107	ND	0.0778	ND	-	0.0645
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0256	ND	-	0.0487
	ND	0.0290	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
전처리 ^a	0.0074	1.1239	ND	ND	2.9370	0.2055	0.4936	0.1459	-	0.1292
	0.0081	0.2203	ND	ND	0.2631	ND	0.0217	ND	ND	-
	0.3323	0.0641	0.0291	ND	0.5292	0.0179	0.1690	ND	-	0.0469
	ND	0.0990	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND
	ND	0.0189	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
포크레인 운전 ^a	ND	0.0624	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
	ND	ND	ND	ND	1.5983	0.0509	0.1306	ND	0.0126	-
드럼 보관장 ^b	ND	0.0265	ND	ND	ND	0.0358	0.1664	0.0248	ND	-
	ND	ND	ND	ND	ND	0.0270	0.1544	0.0153	-	0.0481
파쇄기 ^b	0.1178	3.5927	ND	12.7227	4.1832	0.0383	ND	0.2710	0.0185	-
	0.1027	1.8269	ND	14.3868	4.9771	0.4666	0.0968	0.3350	-	0.0797
고온소각로 옆 ^b	0.0234	1.2086	ND	8.2209	2.0319	0.2312	0.6024	0.1720	-	ND
일반소각로 옆 ^b	ND	0.0644	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.0849
고용노동부 기준 (ppm)	50	50	0.5	2	50	100	100	100	10	0.3

a: 개인시료; b: 지역시료; ND: 검출한계 미만

⑥ 사업장 P-바

지정폐기물 중간처리업으로 액상 폐유(주로 폐윤활유)를 감압증류 및 이온 정제 방식으로 정제하여 재활용 방법으로 처리한다.

폐유 저장 → 유수분리 → 보일러(1차 증발/농축) → 1차 정제(증류) → 보일러(2차 증발/농축) → 2차 정제(증류) → 보일러(3차 증발/농축) → 3차 정제(감압증류)의 공정을 거친다.

작업환경측정의 경우 폐유 정제작업 관련 근로자 4명을 대상으로 유기용제 및 특정 화학물질을 측정하였다. 작업환경측정 결과, 노말헥산 1.0623ppm 이하, 염화메틸렌 0.0484ppm 이하, 톨루엔 0.2150ppm 이하, p-크실렌 0.0073ppm 이하, m-크실렌 0.0273ppm 이하, o-크실렌 0.0199ppm 이하이었고 벤젠, 아크릴로니트릴 및 디메틸포름아미드는 검출되지 않아 노출수준 평가 대상이었던 유기용제 및 특정화학물질 9종 모두 노출기준 미만이었다.

〈표 III-19〉 사업장 P-바의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준

작업	유해물질 노출수준 (ppm)								
	노말헥산	염화메틸렌	벤젠	아크릴로니트릴	톨루엔	p-크실렌	m-크실렌	o-크실렌	디메틸포름아미드
폐유 정제 ^a	0.7801	ND	ND	ND	0.0892	0.0073	0.0273	0.0137	ND
폐수 처리 ^a	0.2241	0.0484	ND	ND	ND	ND	ND	0.0068	ND
보일러 가동 ^a	0.2070	0.0159	ND	ND	0.0700	0.0047	ND	0.0199	ND
현장 총괄 ^a	1.0623	0.0422	ND	ND	0.2150	0.0061	ND	ND	ND
감압 정제장 ^b	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
이온 정제장 ^b	0.1741	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
고용노동부 기준(ppm)	50	50	0.5	2	50	100	100	100	10

a: 개인시료; b: 지역시료; ND: 검출한계 미만

⑦ 사업장 P-사

일반·지정 폐기물 중간처리업으로 페드럼을 재생한다. 폐유(페드럼)입고→폐유는 타업체 위탁처리→ 페드럼 외관검사 → 가열 → 스팀 세척 → 자동 진공흡착 → 내부 건조 및 탈취 → 누유 시험 → 외부 표면처리 → 분진 제거 → 도장 → 건조 → 냉각 건조 → 식별표시 → 최종검사 등을 거쳐 출하한다. 작업환경측정의 경우 페드럼 재생작업 관련 근로자 9명을 대상으로 유기용제 및 특정 화학물질을 측정하였다.

작업환경측정 결과, 노말헥산 2.9365ppm 이하, 염화메틸렌 1.7333ppm 이하, 벤젠 0.2955ppm 이하, 아크릴로니트릴 0.2074ppm 이하, 톨루엔 32.6908ppm 이하, p-크실렌 0.6096ppm 이하, o-크실렌 0.4879ppm 이하, 디메틸포름아미드 0.0722ppm 이하이었고, m-크실렌은 검출되지 않아 노출수준 평가 대상이었던 유기용제 및 특정 화학물질 9종 모두 노출기준 미만이었다. 그러나 도장 공정에서 벤젠 노출수준은 0.2955ppm으로 노출기준 대비 58% 수준이었으며, 도장공정 외에도 세척, 성형공정에 걸쳐 전반으로 벤젠 노출이 확인되었다.

〈표 III-20〉 사업장 P-사의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준

작업	유해물질 노출수준 (ppm)								
	노말헥산	염화메틸렌	벤젠	아크릴로니 트릴	톨루엔	p-크실렌	m-크실렌	o-크실렌	디메틸포름 아미드
세척 ^a	2.1090	0.0622	ND	ND	21.9192	ND	ND	ND	ND
도장 ^a	0.9332	0.5216	0.1418	0.2074	ND	ND	ND	ND	ND
드럼 세척 (외부) ^a	1.3010	0.0495	0.0115	ND	22.4783	ND	ND	ND	ND
세척 ^a	ND	0.0409	0.1118	ND	ND	ND	ND	ND	0.0312
드럼 성형 ^a	0.1237	1.7333	ND	ND	ND	ND	ND	0.0391	ND
용접 ^a	0.6842	0.2433	0.0142	ND	ND	0.6096	ND	0.4879	ND
드럼 투입 ^a	1.8863	0.0780	0.0204	ND	15.1543	ND	ND	0.0355	0.0126
도장 ^a	0.9992	ND	0.2955	ND	32.6908	ND	ND	ND	ND
드럼 성형 ^a	0.4870	0.0650	ND	ND	ND	ND	ND	0.0094	ND
몸통 성형기 입구 ^b	1.4204	0.6018	0.0129	ND	19.3299	0.1114	ND	0.0225	ND
체인 세척장 ^b	2.6483	0.1323	0.1277	ND	ND	0.6014	ND	0.0795	0.0722
분사 세척장 ^b	2.7384	0.0950	0.0491	ND	32.0903	ND	ND	0.0331	0.0145
유기용제 흡착기 ^b	2.9365	ND	0.0281	ND	15.0801	ND	ND	0.0144	ND
고용노동부 기준(ppm)	50	50	0.5	2	50	100	100	100	10

a: 개인시료; b: 지역시료; ND: 검출한계 미만

⑧ 사업장 P-아

지정폐기물 중간처리업으로 페드럼을 재생하고 있다. 수거한 페드럼은 선별→ 내용물을 진공으로 흡입 → 스팀(물) 및 톨루엔과 체인으로 세척→ 가열→ 건조 → 마킹 등을 거쳐 드럼을 생산하고, 페드럼의 내용물인 폐유는 보관하였다가 위탁 처리한다. 작업환경측정의 경우 현장 작업장 6명을 대상으로 유기용제 및 특정 화학물질을 측정하였다. 작업환경측정 결과, 노말헥산 14.5447ppm 이하, 염화메틸렌 2.0138ppm 이하, 벤젠 0.4154ppm 이하, 아크릴로니트릴 1.1088ppm 이하, 포름알데히드 0.0711ppm이었고 톨루엔, p-크실렌, m-크실렌, o-크실렌, 디메틸포름아미드는 검출되지 않아 노출수준 평가 대상이었던 유기용제 및 특정화학물질 10종 모두 노출기준 미만이었다. 그러나 드럼마킹공정에서 벤젠이 최대 0.4154ppm, 아크릴로니트릴이 1.1088ppm 측정되어 고용부 노출기준의 각각 80%, 55%수준으로 발암물질 노출수준이 높은 편 이었다.

〈표 III-21〉 사업장 P-아의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준

작업	유해물질 노출수준 (ppm)									
	노말헥산	염화메틸렌	벤젠	아크릴로니트릴	톨루엔	p-크실렌	m-크실렌	o-크실렌	디메틸포름아미드	포름알데히드
체인세척	14.5447	ND	0.2725	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
드럼마킹	0.0263	2.0138	0.4033	0.1468	ND	ND	ND	ND	ND	-
드럼마킹	0.0371	ND	0.4154	1.1088	ND	ND	ND	ND	ND	-
진공세척	0.0187	0.0197	0.0512	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
약품세척	ND	0.0525	0.0303	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
물 세척	0.0133	ND	0.0085	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.0711
고용노동부 기준(ppm)	50	50	0.5	2	50	100	100	100	10	0.3

측정방법: 개인시료; ND= 검출한계미만(Not Detected)

⑨ 사업장 P-자

일반·지정 폐기물 중간·최종 처리업(재활용)으로 폐유를 소각로에서 정제하여 재활용한다.

액상 폐기물 유수분리(고체 폐기물은 파쇄) → 소각로(계단식) → 원심력 집진장치 → 건식 세정 집진장치 → 여과 집진장치 → 대기 방출하는 공정을 거친다. 폐유(폐윤활유)는 여과 → 유수분리 → 증발 → 전처리 여과 → 원심분리 등 공정을 통해 정제하여 원료유를 생산한다. 작업환경측정의 경우 소각작업 및 폐유 정제작업에 관여하는 근로자 7명을 대상으로 유기용제 및 특정 화학물질을 측정하였다.

작업환경측정 결과, 노말헥산 0.0534ppm 이하, 염화메틸렌 2.2887ppm 이하, 벤젠 0.0196ppm 이하, 톨루엔 13.0694ppm 이하, p-크실렌 6.3031ppm 이하, m-크실렌 12.2313ppm 이하, o-크실렌 4.7133ppm 이하, 디메틸포름아미드 0.0606ppm 이하, Formaldehyde 0.2769ppm 이하이었고, 아크릴로니트릴은 검출되지 않아 노출수준 평가 대상이었던 유기용제 및 특정화학물질 10종 모두 노출기준 미만이었다.

〈표 III-22〉 사업장 P-자의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준

작업	유해물질 노출수준 (ppm)									
	노말헥산	염화메틸렌	벤젠	아크릴로니트릴	톨루엔	p-크실렌	m-크실렌	o-크실렌	디메틸포름아미드	포름알데히드
매립장관리 ^a	ND	0.0778	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
소각 ^a	ND	0.0656	ND	ND	ND	0.2841	0.7027	0.2202	-	0.0914
폐수처리 ^a	ND	ND	ND	ND	0.5092	0.0730	ND	ND	-	0.1443
정제 ^a	0.0015	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
소각팀장 ^a	ND	0.1168	ND	ND	ND	0.0577	0.1780	0.0355	-	0.1253
소각 ^a	ND	0.2105	ND	ND	1.1482	0.7945	1.7702	0.6155	-	0.1092
소각 ^a	0.0534	0.3423	ND	ND	0.7458	0.6468	1.3733	0.4949	-	0.0202
파쇄기 ^b	0.0529	0.2145	ND	ND	1.8136	1.2673	2.6833	0.9947	0.0606	-
정제유보관장 ^b	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
폐기물보관장 ^b	0.0080	2.2887	0.0196	ND	13.0694	6.3031	12.2313	4.7133	-	0.2769
보일러 옆 ^b	ND	0.0407	ND	ND	ND	0.3303	0.7894	0.2022	-	0.0119
고용노동부 기준(ppm)	50	50	0.5	2	50	100	100	100	10	0.3

a: 개인시료; b: 지역시료; ND: 검출한계 미만

⑩ 사업장 P-차

일반·지정 폐기물 최종처리업, 일반폐기물 중간처리업(소각), 지정폐기물 중간처리업(재활용)으로 폐유, 폐유기용제, 폐합성수지, 폐합성고무와 일반 폐기물은 소각처리 하고 정제 연료유로 재생이 가능한 폐유는 재활용한다. 건류식 소각로/ 화격자식 소각로 투입 → 원심력 집진장치 → 세정 집진장치(임펠라 스크러버) → 흡수장치(충전탑) → 대기방출의 공정을 거친다. 정제 연료유로 재생이 가능한 액상 폐유는 유수분리 → 증발(정제) → 응축하여 재생하고, 잔사유는 소각하여 매립한다. 작업환경측정의 경우 소각작업에 관여하는 근로자 7명을 대상으로 유기용제 및 특정 화학물질을 측정하였다.

작업환경측정 결과, 노말헥산 0.1313ppm 이하, 벤젠 0.0163ppm 이하, 아크릴로니트릴 0.1067ppm 이하, p-크실렌 0.0283ppm 이하, m-크실렌 0.1389ppm 이하, 디메틸포름아미드 3.7642ppm 이하, Formaldehyde 0.0878ppm 이하이었고 염화메틸렌, 톨루엔, o-크실렌은 검출되지 않아 노출수준 평가 대상이었던 유기용제 및 특정 화학물질 10종 모두 노출기준 미만이었다. 노출기준 미만이었으나 벤젠이 측정된 검출 시료는 지역시료로 드럼처리장에서 측정된 것으로, 사업장 P-차에서는 드럼처리장 지역시료에서 가난 광범위하게 유기용제가 측정되었으나 개인시료에서는 검출되지 않았다.

〈표 III-23〉 사업장 P-차의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준

작업	유해물질 노출수준 (ppm)									
	노말헥산	염화메틸렌	벤젠	아크릴로니트릴	톨루엔	p-크실렌	m-크실렌	o-크실렌	디메틸포름아미드	포름알데히드
드럼 처리 ^a	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
소각로 관리 ^a	0.0768	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.0878
파쇄 ^a	0.1313	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
소각 ^a	0.0393	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.0445
소각 ^a	0.0505	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.0802
소각 ^a	0.0527	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
소각 ^a	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
폐유 투입구 ^b	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
드럼처리장 ^b	ND	ND	0.0163	0.1067	ND	0.0283	0.1389	ND	3.7642	-
고용노동부 기준(ppm)	50	50	0.5	2	50	100	100	100	10	0.3

a: 개인시료; b: 지역시료; ND: 검출한계 미만

⑪ 사업장 P-카

지정폐기물 중간처리업으로 폐유기용제를 디메틸포름아미드 수용액으로 재생한다. 폐유기용제 저장 → 1차 농축 → 1차 증발(500torr, 90℃) → 2차 증발(150torr, 60)→ 2차 농축 → 정제(증류 및 분리) 등의 공정을 거쳐 99.9% 농도의 디메틸포름아미드로 재생한다. 작업환경측정의 경우 디메틸포름아미드 재생시설 운전자와 샘플 채취장에서 유기용제 및 특정 화학물질을 측정하였다. 작업환경측정 결과 톨루엔 0.3020ppm 이하이었고, 노말헥산, 염화메틸렌, Benzene, 아크릴로니트릴, p-크실렌, m-크실렌, o-크실렌, 디메틸포름아미드는 검출되지 않아 노출수준 평가 대상이었던 유기용제 및 특정화학물질 9종 모두 노출기준 미만이었다.

〈표 III-24〉 사업장 P-카의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준

작업	유해물질 노출수준 (ppm)								
	노말헥산	염화메틸렌	벤젠	아크릴로니트릴	톨루엔	p-크실렌	m-크실렌	o-크실렌	디메틸포름아미드
시설 운전 ^a	ND	ND	ND	ND	0.3020	ND	ND	ND	ND
샘플 채취장 ^b	ND	ND	ND	ND	0.2490	ND	ND	ND	ND
고용노동부 기준(ppm)	50	50	0.5	2	50	100	100	100	10

a: 개인시료; b: 지역시료; ND: 검출한계 미만

⑫ 사업장 P-타

일반·지정 폐기물 중간·최종 처리업으로 폐유, 폐산, 폐유기용제, 폐합성수지, 폐합성고무, 오니 폐유독물 등을 소각처리한다. 소각로(회전식) → 전기 집진장치 → 습식 세정장치 → SCR 촉매탑 → 대기 방출의 공정을 거친다. 탱크로리를 통해 입고되는 액상 폐기물은 파이프를 저장탱크에 저장하였다가 분사 소각하고, 드럼 상태로 입고되는 폐유와 폐유기용제는 압착기로 분리하여 분사소각 및 고상 폐기물과 혼합하여 크레인으로 소각로에 투입하여 소각한다. 작업환경측정의 경우 소각작업에 관여하는 소각운전팀과 전처리팀 근로자 9명을 대상으로 유기용제 및 특정 화학물질을 측정하였다. 작업환경측정 결과, 노말헥산 0.1033ppm 이하, 염화메틸렌 1.4609ppm 이하, 아크릴로니트릴 0.5782ppm 이하, 톨루엔 3.2571ppm 이하, p-크실렌 0.4462ppm 이하, m-크실렌 1.1295ppm 이하, o-크실렌 0.4097ppm 이하, 디메틸포름아미드 0.3421ppm 이하, Formaldehyde 0.1157ppm 이하 이었고 Benzene은 검출되지 않아 노출수준 평가 대상이었던 유기용제 및 특정화학물질 10종 모두 노출기준 미만이었다.

〈표 III-25〉 사업장 P-타의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준

작업	유해물질 노출수준 (ppm)									
	노말헥산	염화메틸렌	벤젠	아크릴로니트릴	톨루엔	p-크실렌	m-크실렌	o-크실렌	디메틸포름아미드	포름알데히드
소각/현장 ^a	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.3941	ND	ND	-
소각/운전 ^a	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.1157
소각/현장 ^a	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
소각/운전 ^a	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.0541
소각/투입 ^a	ND	0.1966	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.0379
전처리 ^a	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
전처리 ^a	0.1033	1.4082	ND	ND	0.4888	0.0821	0.2725	0.0759	0.0992	-
소각/투입 ^a	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.0526
전처리 ^a	0.0292	0.0384	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
전처리 파쇄장 ^b	0.0113	1.4609	ND	0.5782	3.2571	0.4462	1.1295	0.4097	0.3421	-
소각로 투입구 ^b	ND	0.0995	ND	ND	0.1067	0.2286	0.6099	0.1694	ND	-
소각로(1호기) 연소실입구 ^b	ND	0.0756	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND
고용노동부 기준(ppm)	50	50	0.5	2	50	100	100	100	10	0.3

a: 개인시료; b: 지역시료; ND: 검출한계 미만

⑬ 사업장 P-파

일반·지정 폐기물 중간 처리업, 지정 폐기물 최종처리업으로 폐유, 폐유기 용제, 폐합성수지, 폐합성고무, 폐농약, PCB함유 폐기물, 폐페인트, 폐락카로 소각 처리한다. 소각로(계단식) → 원심력 집진장치 → 건식 세정 분무탑 → 여과 집진장치 → 대기 방출의 공정과 소각로(회전식) → 습식 세정장치 → 대기 방출의 공정을 거친다. 드럼 상태로 입고되는 액상 폐기물은 압착기로 압착하여 고상 폐기물과 혼합하여 소각한다. 작업환경측정의 경우 소각작업 및 공무 담당 근로자 총 8명을 대상으로 유기용제 및 특정 화학물질을 측정하였다. 작업환경측정 결과, 노말헥산 0.0982ppm 이하, 염화메틸렌 0.1093ppm 이하, 톨루엔 2.2802ppm 이하, p-크실렌 0.6411ppm 이하, m-크실렌 1.4813ppm 이하, o-크실렌 0.4724ppm 이하, 디메틸포름아미드 0.0449ppm 이하, Formaldehyde 0.2004ppm 이하이었고 벤젠과 아크릴로니트릴은 검출되지 않아 노출수준 평가 대상이었던 유기용제 및 특정 화학물질 10종 모두 노출 기준 미만이었다.

〈표 III-26〉 사업장 P-파의 공기 중 유기용제 및 특정 화학물질 노출수준

작업	유해물질 노출수준 (ppm)									
	노말헥산	염화메틸렌	벤젠	아크릴로니트릴	톨루엔	p-크실렌	m-크실렌	o-크실렌	디메틸포름아미드	포름알데히드
소각재 처리 ^a	0.0206	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.1042
소각로 투입 ^a	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.0514
소각로 투입 ^a	0.0079	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.0782
소각로 투입 ^a	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1701	0.0116	-	0.0843
공무/전기 ^a	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0523	ND	-	0.0727
소각로 투입, 소각재 처리 ^a	0.0026	ND	ND	ND	ND	0.0360	0.1420	0.0152	-	0.2004
폐기물하차	0.0602	ND	ND	ND	ND	0.0010	0.0650	ND	0.0449	-
폐기물 하차	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
소각로 투입 ^b	0.0982	0.1093	ND	ND	2.2802	0.6411	1.4813	0.4724	-	0.0901
소각로 입구 ^b	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
드럼 파쇄장 ^b	ND	ND	ND	ND	ND	0.2063	0.5363	0.1402	-	0.1017
고용노동부 기준(ppm)	50	50	0.5	2	50	100	100	100	10	0.3

a: 개인시료; b: 지역시료; ND: 검출한계 미만

2) 능동적 역학조사 대상 사업장 선정

‘폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업’에서 추가 작업환경조사 대상 사업장을 선정하기 위해서 먼저 하위업종별 표준화발병비를 분석하였다. 분석 결과 발병규모가 작아지기는 하나, 폐기물처리업에서의 백혈병 표준화발병비가 2.16(95%CI 0.86-4.41) 가장 높은 것을 확인할 수 있었다.

〈표 III-27〉 폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료재생업의 백혈병 표준화발병비

한국표준업종분류 중분류업종	하위업종	발생	기대발 병자수	추적인 년	신뢰구간		추적인 년
					하한	상한	
38 폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업	381 폐기물 수집, 운반업	16	13.2	1.21	0.71	1.90	409561
	382 폐기물 처리업	6	2.8	2.18	0.86	4.41	99829
	383 해체, 선별 및 원료 재생업	9	4.7	1.92	0.92	3.45	155925

조사팀은 선행역학조사 결과 및 문헌고찰, 작업환경측정자료 검토를 통해서 단순 수집 운반 작업보다는 재활용처리공정에서 유해인자 노출에 의한 위험이 더 크다고 평가하였다. 폐기물처리 담당 지자체 실무자와의 면담을 통해 고용보험업종과 실제 폐기물 처리 관련 업무내용이 일치하지 않을 수 있다는 의견을 반영하여 환경부에서 발간하고 있는 폐기물처리업체 현황자료를 사업장별로 추가로 수집 조사하였다. 폐기물처리업체 현황목록 가운데, 폐기물 수집 운반 외에 폐기물 처리공정을 포함하고 있으면서 고용보험 대상업종(‘38’)으로 소멸되지 않은 사업장가운데, 1명 이상의 백혈병이 발생한 사업장을 추출한 결과 총 8곳의 사업장을 선정하였다.

〈표 III-28〉 폐기물업종 현장조사 대상 사업장 선정결과

연번	사업장 명	업종 코드*	유해 인자	수집운반			중간처분			재활용	근로자 수	현·퇴직 근로자 중 백혈병 발병여부
				생활 일반	건설	지정	건설	소각	지정			
1	A	38110	유기화합물, 금속	√	√						146	√
2	B	38120	유기화합물, 금속					√	√		40	√
3	C	38110	산화규소				√			√	16	√
4	D	38322	기타분진	√						√	478	√
5	E	38322	톨루엔, 메틸알콜							√	8	√
6	F	38120	광물성분진		√		√				25	√
7	G	38230	광물성분진		√	√	√			√	70	√
8	H	38230	-	√	√		√				35	√

※ 업종코드

- 38110: 지정 외 폐기물 수집, 운반업; 38120: 지정 폐기물 수집, 운반업; 38230: 건설폐기물 처리업; 38322: 비금속류 원료 재생업

3) 현장조사결과

(1) 사업장 현황 및 주요공정

① 사업장 A

사업장 A는 2022년 생활폐기물 수집 운반업을 수행하는 사업장으로 위생 및 유사서비스업(산재업종), 고용업종(지정 외 폐기물 수집운반업)으로 분류되어 있다. 주요 사업영역은 지자체에서 위탁받아 생활폐기물(종량제, 음식물, 재활용)을 수집 운반하고 있다. 현재 근로자수는 150명이 근무하고 있으며 차량은 종량제 폐기물 운반차량 18대, 음식물 폐기물 운반차량 17대, 재활용 폐기물 운반차량 13대로 총 48대를 운행 중에 있다.

〈표 III-29〉 사업장 A 현황 (2022년 기준)

구 분	내 용
산재업종	위생 및 유사서비스업(90102)
고용업종	지정 외 폐기물 수집, 운반업(38110)
폐기물 업종	폐기물 수집운반업
근로자수	150명
취급 폐기물	일반 생활폐기물, 음식물 폐기물, 재활용품
보유 시설	종량제 폐기물 운반차량: 18대 음식물 폐기물 운반차량: 17대 재활용 폐기물 운반차량: 13대
처리용량	종량제 폐기물: 10톤/차량/일 음식물 폐기물: 10톤/차량/일 재활용 폐기물: 3톤/차량/일
특이사항	- 지자체에서 위탁받아 생활폐기물 수집운반 사업장 - 과거 목재류 지정폐기물 중간 처분업 허가(2013~19) - 자체 차량 정비 시설 보유 - 과거 소각시설 보유

지자체에서 위탁받아 생활폐기물을 전문적으로 수집 운반만 수행하기 때문에 별도의 소각장 및 재활용 처리 시설은 갖춰져 있지 않다. 1조에 3명씩 오전 6시부터 15시까지 8시간 근무하며 주요 업무는 가정에서 배출하는 생활폐기물(종량제, 음식물 및 재활용)을 성상별로 수집하여 시에서 지정되어 있는 최종처분지(매립지)로 폐기물을 운반하고, 재활용품은 재활용을 할 수 있는 중간처분 사업장으로 운반하는 업무를 수행하고 있다. 단순 폐기물 운반 작업만 수행하기 때문에 백혈병과 관련된 알려진 유해인자 중 작업과정에서 노출될 위험요인은 찾을 수 없었다. 그러나 어떤 종류의 생활폐기물이 종량제 봉투에 들어있는지 모른다는 점에서 임의의 화학적, 생물학적 요인 노출의 위험이 있을 수 있으나 손으로 폐기물을 직접 옮기는 과정은 많지 않아서 노출수준은 낮은 것으로 평가하였다.



① 생활폐기물 수집 운반 차량

[그림 III-10] 사업장 A 현장 (계속)



② 운반차량 정비

[그림 Ⅲ-10] 사업장A 현장

사업장 보유 폐기물 전용 운반차량이 많기 때문에 도색 및 간단한 정비를 위한 정비시설을 자체 보유하고 있으며 정비 분야에는 도색, 정비, 차체, 전기 부분 전문가 4명이 따로 상주하고 있다. 정비 분야 종사자에서는 특수건강검진 및 작업환경측정을 수행하고 있다. 차량정비 및 부분도색 과정에서 도료나 세척제 등에 포함된 유기화합물이 노출 될 수 있기는 하나, 폐기물 처리 관련 종사자가 정비작업을 동시 수행하지 않았고 도장작업도 분리된 도장작업실에서 수행되었기 때문에 자동차 정비관련 위험요인 조사는 제외하였다.

② 사업장 B

사업장B는 2022년 기준 폐기물 중간처분업 (지정폐기물)으로 위생 및 유사서비스업 (산재업종), 고용업종 (지정 폐기물 수집, 운반업)으로 분류되어 있다. 설립 이후 현재까지 사업장 일반폐기물, 지정폐기물(폐유 등)을 처리하고 있으며, 근로자 수는 매년 40~44명 정도이다. 소각기는 3톤 1대, 2톤 1대로 총 2대를 24시간 가동하고 있고, 과거에는 폐수처리장도 운영하였으나 2021년부터 가동하지 않는다. 소각로 유지보수 작업의 경우 4개월에 1번씩 실시하고 1주일 정도 소요된다. 소각이 완료되면 소각재는 타 사업장 매립장으로 위탁처리하고 있다.

〈표 Ⅲ-30〉 B 사업장 현황 (2022년 기준)

구 분	내 용
산재업종	위생 및 유사서비스업(90102)
고용업종	지정 폐기물 수집, 운반업(38120)
폐기물 업종	폐기물 중간 처리업(소각)
근로자수	44명
취급 폐기물	- 사업장 일반 폐기물(폐합성수지, 폐합성섬유, 폐합성피혁, 유기성 및 무기성오니, 기타쓰레기) - 사업장 지정폐기물(폐유, 폐페인트, 폐유기용제, 타르피치유)
보유 시설	수집운반차량 3대, 소각기 2대(3톤/2톤)
처리용량	120톤(소각기 2대 24시간 가동)
특이사항	- 4개월에 1번씩 1주일 동안 소각기 유지보수 작업 실시 - 과거 폐수처리장을 운영하였으나 2021년부터 가동하지 않음

사업장B는 현장직과 사무직 사무실이 구분되어 있으며, 지정폐기물 보관장소, PIT장(일반폐기물과 지정폐기물이 혼합되어 소각로에 투입되는 폐기물 보관), 선별장(일반폐기물 선별), 소각로, 소각로통제실, 대기환경제어시설, 폐유탱크, 증발농축시설 및 현장 근로자들의 휴식공간 및 사무실로 구성되어 있다.



① 지정폐기물 및 사업장 일반폐기물 혼합장(PIT)

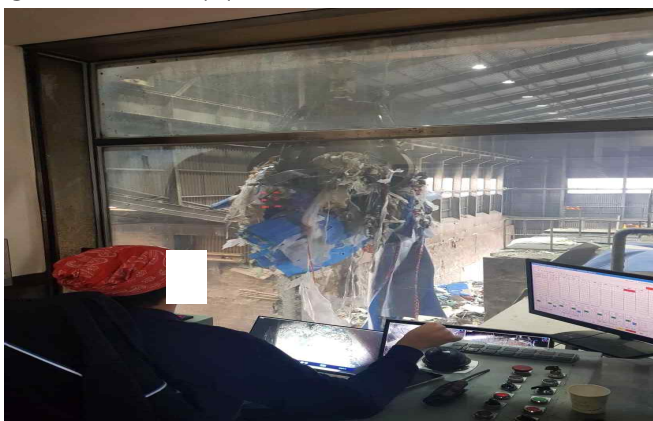


② 사업장 일반폐기물 선별장

[그림 Ⅲ-11] 사업장 B 현장 (계속)



③ SDR & 스크러버



④ 소각로 크레인 통제실(5층, 운전실)



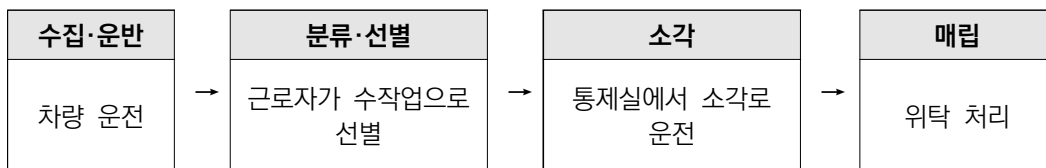
⑤ 소각재 보관

[그림 Ⅲ-11] 사업장 B 현장

가) 폐기물 처리 작업공정

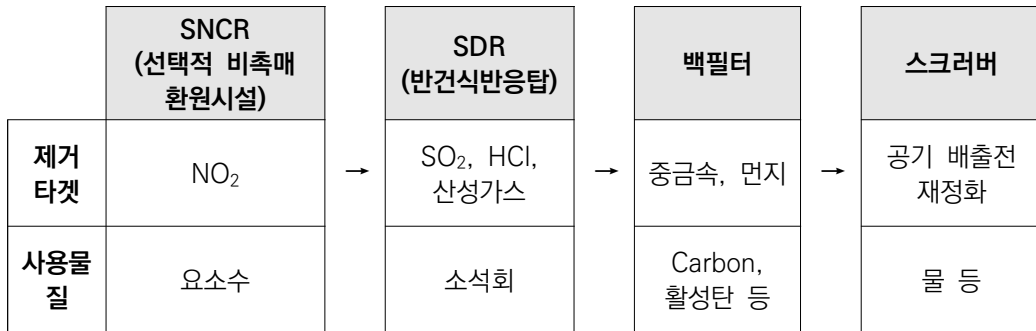
폐기물 수집·운반 차량이 폐기물을 수거해오면 폐기물 보관장소(사업장일반폐기물, 지정폐기물로 구분)에 보관하게 된다. 지정폐기물은 폐기물관리법 시행규칙 별표5(폐기물 수집·운반·보관·처리에 관한 구체적 기준 및 방법)에 따라 보관하고 있다. 이후 선별작업을 하게 되는데 지게차 및 포크레인으로 폐기물을 1차로 선별하고 2차 선별작업으로 근로자 4명이 고철 등 비가연성 폐기물을 선별하며, 작업시간은 3~4시간정도 걸린다. 고철은 선별하여 2차 처리업체로 판매하고 있다. 지정폐기물의 경우 차량을 통해 드럼통으로 운반되며 지정폐기물 보관소에 보관하고 있다가 플라스틱으로 되어 있는 드럼통의 경우 압착기로 압착하여 액상 내용물을 고상 폐기물과 혼합하여 소각장으로 투입되며, 철로 되어 있는 드럼통의 경우 포크레인으로 액체만 분리하여 선별장에 있는 사업장 일반폐기물에 섞어 소각로에 투입된다.

소각공정의 경우 별도의 통제실(실내)에서 조작하여 지정폐기물과 사업장일반폐기물 모두 소각로에 투입한다. 소각온도는 1100도 이상의 온도로 고온소각 되며, 하루에 120톤 정도 처리하고 있다. 소각공정의 경우 별도의 통제실(운전실, 실내)에서 근로자가 크레인 운전을 한다. 마지막 단계인 매립은 다른 매립장으로 위탁 처리하고 있다. 기타 작업으로는 정비지원팀에 2명의 근로자가 있으며, 고철 절단 작업과 용접 등을 수행하고 있다.



[그림 III-12] 사업장 B 생활·지정폐기물 중간처리 공정

추가로, 대기환경제어시설이 있는데 SNCR(Selective Non Catalytic Reduction process, 선택적 비촉매 환원시설)과 SDR(Semi Dry Reactor, 반건식반응탑)이 있었으며 제거하는 가스물질과 사용물질은 다음 표로 정리하였다.



[그림 Ⅲ-13] 사업장 B 대기환경제어시설

나) 과거 작업환경측정결과

B 사업장은 2002년 상반기부터 작업환경측정결과를 확인할 수 있었다. 2013년 하반기부터 정비지원팀이 용접공정으로 작업환경측정을 실시하였으나, 산화철분진과흡, 용접흠땀분진 등 모두 노출기준 미만으로 제외하였다. 단위작업장소는 크게 소각로, 수처리 (필터프레스), 선별공정이었으며 2004년 하반기부터 선별공정의 경우 폐유PIT장과 소각PIT장 (사업장 일반폐기물)로 나누어서 측정하였다. 증발농축시설은 폐수를 연소가스에 의해 직접 또는 간접적으로 가열해 증발·농축하는 작업으로, 2021년에 폐쇄되었다. 작업환경 측정유해인자는 폐유, 폐페인트, 폐유기용제 등에서 노출될 수 있는 물질로 혼합유기화합물, 메틸이소부틸케톤, 2-부틸알코올, 에틸벤젠, 크실렌, 톨루엔, 헥산(n-헥산), 디메틸포름아미드 등에 대하여 측정하였다.

2008년 상반기부터 2018년 하반기까지 모든 공정에서 측정한 유해인자에 대해 노출기준 미만이였다. 다만, 2018년 상반기에 통제실에서 메틸에틸케톤, 에틸벤젠, 혼합유기화합물, 아세톤, 초산에틸, 이소프로필알콜이 타 공정, 년도 별로 비교했을 때 측정값이 비교적 높은 것을 확인할 수 있었다.

〈표 III-31〉 통제실의 2008-2018년 작업환경측정 결과

단위 작업 장소	공정	유해인자	TWA (ppm)		비고		노출기준 대비 측정값 비율
			최대 측정값	노출 기준	최댓값 측정시기	측정시기	
통제실	소각로 투입	메틸에틸케톤	8.86	200	'18 (상)	'08(상) - '18(하)	4.4%
		에틸벤젠	3.157	100	'18 (상)	'08(상) - '18(하)	3.2%
		크실렌	1.685	100	'16 (상)	'08(상) - '18(하)	1.7%
		톨루엔	1.2575	50	'14 (하)	'08(상) - '18(하)	2.5%
		혼합유기화합물	0.34924	1	'18 (상)	'08(상) - '18(하)	34.9%
		디메틸포름아미드	불검출	10	-	'08(상) - '18(하)	.
		2-에톡시에탄올	불검출	5	-	'12(하) - '13(하)	.
		아세톤	7.414	500	'18 (상)	'12(하) - '18(하)	1.5%
		초산부틸	0.246	150	'16 (상)	'12(하) - '18(하)	0.2%
		초산에틸	5.094	400	'18 (상)	'12(하) - '18(하)	1.3%
		메틸이소부틸케톤	1.506	200	'14 (하)	'13(하) - '18(하)	0.8%
		이소프로필알콜	7.424	200	'18 (상)	'13(하) - '18(하)	3.7%
		헥산(n-헥산)	0.988	50	'18 (상)	'13(하) - '18(하)	2.0%
		시클로헥사논	0.14	25	'18 (상)	'13(하) - '18(하)	0.6%
		기타광물성분진	4.049	10	'17 (하)	'15(하) - '18(하)	40.5%

〈표 III-32〉 선별, 혼합공정의 2008-2018년 작업환경측정 결과

단위 작업 장소	공정	유해인자	TWA (ppm)		비고		노출기준 대비 측정값 비율
			최대 측정값	노출기 준	최댓값 측정시기	측정시기	
PIT장	선별/ 소각 혼용	메틸에틸케톤	1.6553	200	'13(하)	'08(상), '12(하) - '18(하)	0.8%
		메틸이소부틸케톤	0.996	50	'17 (상)	'08(상) - '18(하)	2.0%
		에틸벤젠	1.031	100	'18 (상)	'08(상) - '18(하)	1.0%
		이소프로필알콜	2.221	200	'18 (상)	'08(상), '12(하) - '18(하)	1.1%
		크실렌	5.929	100	'18 (하)	'08(상) - '18(하)	5.9%
		톨루엔	1.232	50	'17 (상)	'08(상) - '18(하)	2.5%
		헥산(n-헥산)	1.094	50	'17 (상)	'08(상) - '18(하)	2.2%
		혼합유기화합물	0.20847	1	'18 (하)	'08(상), '11(하) - '18(하)	20.8%
		디메틸포름아미드	불검출	10	-	'08(상) - '18(하)	-
		초산에틸	0.581	400	'17 (상)	'12(하) - '14(하), '16(상) - '18(하)	0.1%
		초산부틸	1.109	150	'17 (상)	'12(하) - '18(하)	0.7%
		시클로헥사논	0.16	25	'17 (상)	'12(하) - '18(하)	0.6%
		노말-부틸알콜	2.429	20	'18 (하)	'12(하) - '14(하), '16(상) - '18(하)	12.1%
		아세톤	0.436	100	'17 (상)	'12(하) - '18(하)	0.4%
선별	선별/ 소각 혼용	혼합유기화합물	0.1673	1	'12 (하)	'12(하) - '18(하)	16.7%
		2-에톡시에탄올	0.3867	5	'12 (하)	'12(하), '13(하)	7.7%
		톨루엔	4.347	50	'16 (상)	'12(하) - '18(하)	8.7%
		크실렌	4.207	100	'18 (상)	'12(하) - '18(하)	4.2%
		초산부틸	0.363	150	'18 (하)	'12(하) - '18(하)	0.2%
		이소프로필알콜	3.66	200	'18 (상)	'12(하) - '18(하)	1.8%
		에틸벤젠	2.827	100	'18 (상)	'12(하) - '18(하)	2.8%
		아세톤	1.858	100	'18 (상)	'12(하) - '18(하)	1.9%
		시클로헥사논	0.2418	25	'12 (하)	'12(하) - '18(하)	1.0%
		메틸이소부틸케톤	0.272	50	'16 (상)	'12(하) - '18(하)	0.5%
		메틸에틸케톤	10.082	200	'17 (하)	'12(하) - '18(하)	5.0%
		헥산 (n-헥산을 제외한 이성체)	0.1786	500	'12(하)	'12(하) - '18(하)	0.03%
		헥산 (n-헥산)	1.162	50	'18 (상)	'13(하) - '18(하)	2.3%
		디메틸포름아미드	불검출	10		'12(하) - '18(하)	
		초산에틸	4.351	400	'18 (상)	'12(하) - '14(하), '16(상) - '18(하)	1.1%
		노말-부틸알콜	0.64	20	'18 (하)	'12(하) - '14(하), '18(하)	3.2%

〈표 III-33〉 소각 및 폐수처리공정의 2008-2018년 작업환경측정 결과

단위 작업 장소	공정	유해인자	TWA (ppm)		비고		노출기준 대비 측정값 비율
			최대 측정값	노출 기준	최댓값 측정시기	측정시기	
소각로	소각 잔재물 처리	메틸에틸케톤	0.393	200	'15 (하)	'08(상) - '18(하)	0.2%
		메틸이소부틸케톤	불검출	50	-	'08(상), '14(하) - '15(하), '17(상) - '18(하)	-
		에틸벤젠	0.447	100	'15 (하)	'08(상) - '18(하)	0.4%
		이소프로필알콜	0.13	50	'15 (하)	'08(상), '14(하) - '16(상)	0.3%
		크실렌	1.082	100	'15 (하)	'08(상) - '18(하)	1.1%
		톨루엔	1.0504	50	'10 (하)	'08(상) - '18(하)	2.1%
		분진(3종)	2.11	10	'08 (상)	'08(상)	21.1%
		혼합유기화합물	0.0479	1	'15 (하)	'08(상), '11(하) - '18(하)	4.8%
		디메틸포름아미드	불검출	10	-	'08(상) - '18(하)	-
		기타광물성분진	7.092	10	'17 (하)	'09(하) - '11(하), '14(하) - '18(하)	70.9%
		기타분진(유리규 산1%이하)	0.9988	10	'12(하)	'12(하) - '13(하),	10.0%
		초산에틸	0.374	400	'15 (하)	'12(하) - '18(하)	0.1%
		초산부틸	0.125	150	'15 (하)	'12(하) - '18(하)	0.1%
		아세톤	0.555	500	'15 (하)	'12(하) - '18(하)	0.1%
폐수처 리장	폐수처 리장	수산화나트륨	0.0801		'11(하)	'08(상) - '12(하)	-
		염화수소	0.1269	1	'11(하)	'08(상) - '12(하)	12.7%
		황산	0.0483	0.2	'11(하)	'08(상) - '12(하)	24.2%
증발농 축시설	소각	혼합유기화합물	0.04636	1	'17 (하)	'15(하) - '18(하)	4.6%
		헥산(n-헥산)	불검출	50		'15(하) - '18(하)	-
		톨루엔	불검출	50		'15(하) - '18(하)	-
		크실렌	0.033	100	'15 (하)	'15(하) - '18(하)	0.0%
		초산에틸	0.046	400	'15 (하)	'15(하) - '18(하)	0.0%
		초산부틸	불검출	150		'15(하) - '18(하)	-
		이소프로필알콜	0.695	200	'17 (하)	'15(하) - '18(하)	0.3%
		에틸벤젠	0.017	100	'15 (하)	'15(하) - '18(하)	0.0%
		아세톤	0.046	500	'17 (하)	'15(하) - '18(하)	0.0%
		시클로헥산	불검출	25		'15(하) - '18(하)	-
		메틸이소부틸케톤	불검출	50		'15(하) - '18(하)	-
		메틸에틸케톤	0.218	200	'17 (하)	'15(하) - '18(하)	0.1%
		디메틸포름아미드	불검출	10		'15(하) - '18(하)	-
		노말-부틸알콜	0.834	20	'17 (하)	'15(하) - '18(하)	4.2%

③ 사업장 C

〈표 Ⅲ-34〉 C 사업장 현황 (2022년 기준)

구 분	내 용
산재업종	위생 및 유사서비스업(90102)
고용업종	지정 외 폐기물 수집, 운반업(38110)
폐기물 업종	폐기물 중간처리업 (건설폐기물)
근로자수	19명
허가 폐기물 종류	건설폐기물 (폐콘크리트, 아스콘 등)
보유 시설	수집운반차량 15대 (25.5톤 트럭)
처리용량	1,448톤/하루
특이사항	- 2021년에 소각로 폐쇄 - 실험실 있음

C 사업장은 2022년 기준 폐기물 수집운반업(건설폐기물)·폐기물중간처분업(건설폐기물)으로 1998년도 폐기물중간처분업으로 허가 받았으며, 이후 현재까지 건설폐기물만 처리하고 있다. 근로자수는 현장직과 관리직을 포함하여 19명이며, 현장직은 7명으로 포크레인 운전과 선별작업을 한다. 폐콘크리트, 아스콘이 주 폐기물이며 선별작업에서 나오는 생활폐기물의 경우 소각로에서 처리하였으나 2021년에 폐쇄하였으며 사무실과 야외 작업현장으로 나누어져 있다.

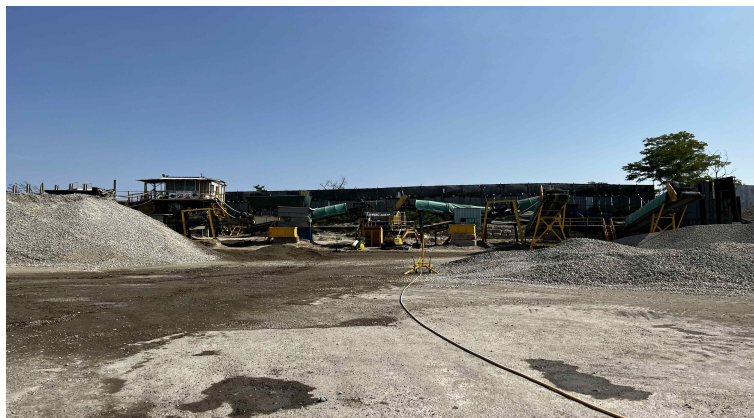


① 건설폐기물 운반

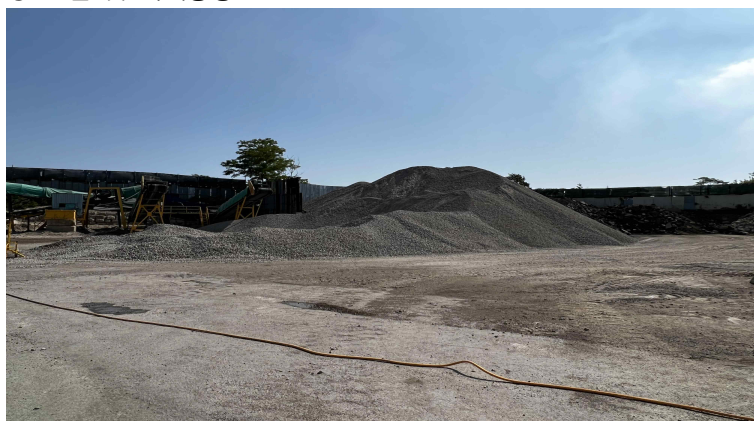


② 포크레인으로 1차 선별

[그림 Ⅲ-14] 사업장 C의 공정별 현장 (계속)



③ 선별 및 파쇄공정



④ 적재 및 보관

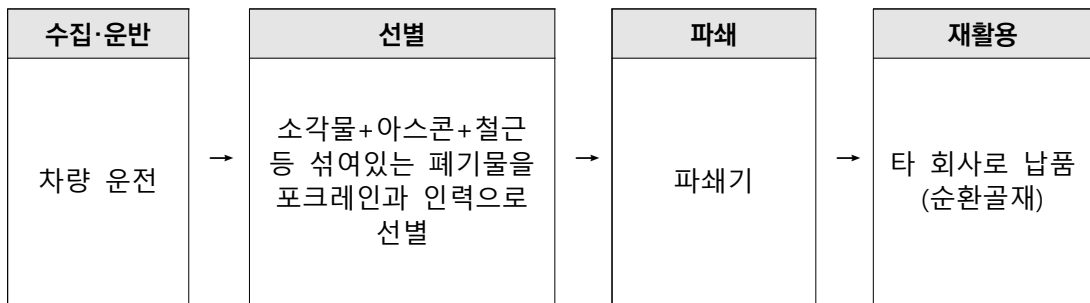


⑤ 소각용 폐기물 보관

[그림 Ⅲ-14] 사업장 C의 공정별 현장

가) 폐기물 처리 작업공정

먼저 건설폐기물을 수집하여 사업장에 적재한다. 선별작업이 필요 없는 폐기물(주로 아스콘)은 바로 파쇄설비로 투입되고, 생활폐기물, 철근(전자석으로 자동 분류) 등이 섞여 있는 폐기물은 포크레인으로 1차 분류 후 컨베이어에서 근로자들이 수작업으로 선별한다. 실험실에는 순환골재 규격에 맞는지 확인한다.



[그림 III-15] C 사업장 건설폐기물 중간처리 공정

나) 과거 작업환경측정 결과

과거 작업환경측정은 2010년부터 실시하였다. 2010년에는 소각장이 있었으며, 아황산가스에 대하여 측정하였으나 이후에는 측정하지 않았다. 투입, 선별, 페이로더, 포크레인 등에서는 규산(석영, 크리스토파라이트, 트리디마이트), 규산염(포틀랜드시멘트)에 대하여 측정하였다. 규산(크리스토파라이트), 규산(트리디마이트)의 측정 결과는 불검출이었으며 규산염(포틀랜드시멘트)의 경우 2010년 선별공정에서 $1.53\text{mg}/\text{m}^3$ 로 가장 높았다.

〈표 III-35〉 C 사업장 과거 작업환경측정 결과

단위 작업장소	유해인자	년도/단위ppm						TWA 노출 기준	평가 결과
		2010	2011	2012	2013 2015	2017	2018		
선별	규산염 (포틀랜드시멘트)	1.53	-	-	-	0.12	-	10	미만
	규산염 (크리스토파라이트)	-	불검출				-	0.05	
	규산 (트리디마이트)	-	불검출			-	-	0.05	
	규산(석영)	-	0.0023	0.0026	불검출		-	0.05	
소각장	아황산가스	2	-	-		-	-	2	
페이로다	규산염 (포틀랜드시멘트)	-	-	-		0.36	-	10	
	규산염 (크리스토파라이트)	-	-	불검출			-	0.05	
	규산 (트리디마이트)	-	-	불검출		-	-	0.05	
	규산(석영)	-	-	0.0078	불검출		-	0.05	
투입	규산염 (크리스토파라이트)	-	-	-	-	불검출	-	0.05	
크랏샤밋 선별	규산염 (포틀랜드시멘트)	-	-	-	-	-	0.17	10	
	규산염 (크리스토파라이트)	-	-	-	-	불검출		0.05	
	규산(석영)	-	-	-	-	-	불검출	0.05	
포크레인	규산염 (포틀랜드시멘트)	-	-	-	-	0.08	0.17	10	
	규산염 (크리스토파라이트)	-	-	-	-	불검출		0.05	
	규산(석영)	-	-	-	-	불검출		0.05	

④ 사업장 D

〈표 III-36〉 D 사업장 현황(2022년 기준)

구 분	내 용
산재업종	기타각종제조업(22910)
고용업종	비금속류 원료 재생업(38322)
폐기물 업종	폐기물 중간재활용업(종이), 폐기물 수집·운반업(생활폐기물)
근로자수	40명
허가 폐기물 종류	종이
보유 시설	압축기 3대, 운반장비(로더 1대, 지게차 2대), 운반차량(5톤 4대, 9.5톤 3대, 2.5톤 3대)
처리용량	900톤/하루
특이사항	○○시 재활용품선별처리시설 위탁 운영

D 사업장은 2022년 기준 폐기물 중간 재활용업(종이)·폐기물 수집·운반업(생활폐기물)으로 허가 받았다. 관공서, 공공기관, 기업, 공장, 학교 등에서 종이를 수거하여 선별·압축 공정을 통해 주로 제지회사로 납품한다. 근로자는 크게 사무직, 현장직으로 나뉘며 현장직의 경우 로더, 지게차 운전자를 제외한 나머지 근로자들이 선별 및 압축기 관리를 한다. 공무원 2명 있으며 주로 용접작업을 한다.



① 종이 폐기물 운반·적재



② 선별과정

[그림 Ⅲ-16] 사업장 D 공정별 현장 (계속)



③ 압축·결속 공정

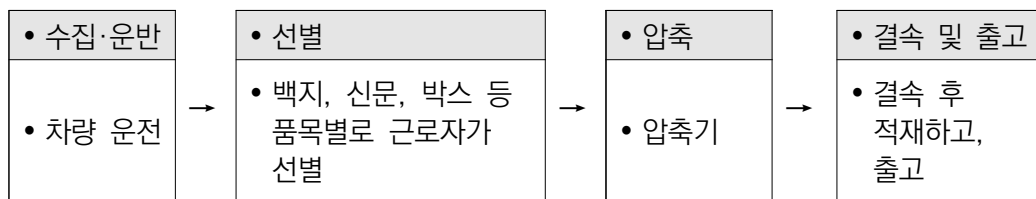


④ 적재 및 보관

[그림 III-16] (계속) 사업장 D 공정별 현장

가) 폐기물 처리 작업공정

D 사업장의 공정은 수집·운반해 온 종이 폐기물을 적재해 두면 근로자들이 야외공간에서 종이 품목별로 선별하였다. 종이재활용의 경우, 제지의 섬유질 파괴를 막기 위해 압축공정으로 중간처리를 한다. 출판사(인쇄업)에서 나오는 폐기물에서 부록 장난감, 비닐, 목재 등이 선별과정에서 선별하여 타 사업장 처리장으로 보낸다.



[그림 Ⅲ-17] D 사업장 폐지 중간재활용 공정

나) 과거 작업환경측정 결과

D 사업장은 2013년부터 작업환경측정을 실시하였으며, 유해인자는 소음과 기타분진이 있었고 모두 노출기준 미만이었다. 2003년 하반기부터 2016년 하반기까지는 소음만 측정하였다.

〈표 Ⅲ-37〉 사업장 D 과거 작업환경측정 결과

단위작업장 소	유해인자	년도/단위ppm				TWA 노출 기준	평가 결과
		2013 상반기	2013 하반기 ~2016 하반기	2017	2018		
압축	기타분진	0.7623	소음만 측정	-	-	10	미만
선별/압축/ 결속/출하	기타분진	-		0.1612	0.7296	10	

⑤ 사업장 E

〈표 III-38〉 사업장 E 현황 (2022년 기준)

구 분	내 용
산재업종	석유정제품제조업(21006)
고용업종	비금속류 원료 재생업(38322)
폐기물 업종	폐기물 중간 재활용업
근로자수	9명
허가 폐기물 종류	사업장 지정폐기물(폐유)
보유 시설	지정폐기물 운반 탱크로리 차량, 저장탱크 등
처리용량	90톤/1일
특이사항	2회/년 대정비를 실시하여, 배관에 쌓인 타르 등 스케일 제거 - 샘플 테스트를 위한 실험실이 있음(단시간 작업)

E 사업장은 2022년 기준 폐기물 수집운반업(사업장 지정폐기물)·중간 재활용업(폐유)으로 석유정제품제조업(산재업종), 고용업종(비금속류 원료 재생업)으로 분류되어 있다. 설립 이후 현재까지 처리하는 폐기물의 종류는 유사하다고 하였으며, 폐유는 주로 카센터에서 나오는 엔진오일이 90%, 일반 사업장에서 나오는 기어유 등이 10% 정도로 나뉜다.

E 사업장은 사무동과 옥외저장소, 폐유재활용공정설비, 컨트롤룸, 폐유 및 완제품 보관탱크, 실험실이 있다.



① 폐유 입고



② 폐유 재활용 공정설비

[그림 Ⅲ-18] 사업장 E 공정별 현장



③ 폐유·완제품 보관

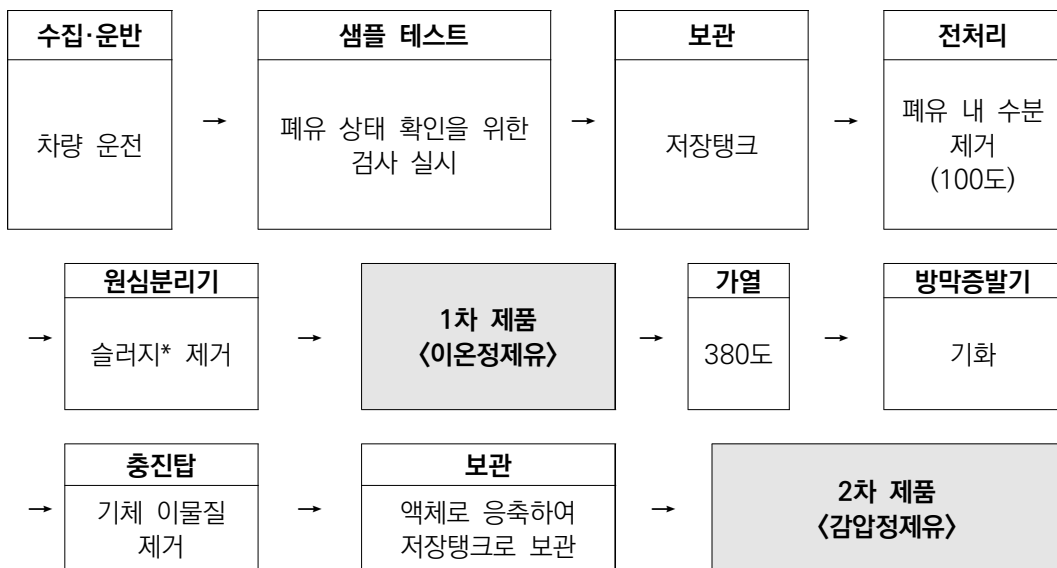


④ 폐유 샘플(실험실)

[그림 Ⅲ-18] (계속)사업장 E 공정별 현장

가) 폐기물 처리 작업공정

E 사업장은 지정폐기물 허가 차량으로 사업장에서 탱크로리 차량으로 폐유를 수거하여 운반해오면 원료를 저장탱크로 펌프 이송한다. 컨트롤룸 내에서는 설비가 가동되고 있는 상황을 모니터링한다. 작업자들은 주로 컨트롤룸 내에서 근무하고 있으며, 2조 2교대로 교대근무를 하고 있다. 실험실에서 샘플 상태를 확인하는데 주로 원심분리 방법을 이용하며, 수분테스트의 경우 톨루엔과 메틸알코올을 사용하지만 단시간 작업이다. 재활용이 가능한 샘플은 수분을 제거하는 전처리 과정을 거쳐 원심분리기에서 슬러지를 제거하면 1차 제품인 이온정제유가 완성된다. 이온정제유를 1차 제품으로 부르고 있으며, 2018년 중순부터 1차제품만 생산하고 있다. 이후 380도 정도에서 가열한 후 방막증발기에서 기화(액체->기체)시켜 충전탑에서 이물질 제거 후 다시 액체 상태로 응축(기체->액체)하면 감압정제유가 완성된다. 감압정제유를 2차 제품으로 부르고 있으며 산업체 보일러 원료로 사용되고 있다.



※ 슬러지는 소각장, 폐수는 폐수처리업체로 보냄

[그림 Ⅲ-19] 사업장 E 폐유 중간재활용 공정

나) 과거 작업환경측정 결과

E 사업장은 2005년부터 작업환경측정을 실시하였으며, 소음을 제외한 유해인자에 대하여 정리하였다. E 사업장의 경우 2009년부터 제조업으로 분류되어 있었고 2012년부터는 실험실이 임시작업으로 작업환경측정을 실시하지 않았으며 순회/점검 공정에서 소음인자만 있었다. 또한 pH조절용으로 사용하는 수산화나트륨이 있었으나, 탱크로리로 입고 된 후 배관을 통해 이동하므로 근로자들에게 노출되지 않아 작업환경측정에서 제외되었다.

〈표 III-39〉 사업장 E 과거 작업환경측정 결과

단위 작업 장소	유해인자	년도/단위ppm						TWA 노출기 준
		2005 상반기	2005 하반기	2007	2008	2010	2011	
기계 실	혼합유기화합물	0.013	0.157	-	-	-		1
	톨루엔	0.88	0.46	불검출	불검출			100
	크롬과그무기화합물 (금속과 크롬3가화합물)	불검출	불검출	-	-			0.5
	초산에틸	1.86	0.6	-	-			400
	산화철분진과흙	불검출	불검출	-	-			5
	분진(2종)	0.25	0.02	-	-			5
	망간및그무기화합물	불검출	불검출	-	-			1
	시클로헥사논	불검출	0.81	-	-			25
	니켈(가용성무기화합물)	불검출	불검출	-	-			1
외관 작업	혼합유기화합물	불검출	0.189	-	-	-		1
	톨루엔	-	0.46	불검출	-			100
	초산에틸	-	0.75	-	-			400
	시클로헥사논	-	0.84	-	-			25
실험 실	톨루엔	미 실시		불검출	불검출	불검출	불검출	100
	혼합유기화합물			-	-	불검출	불검출	1
	헥산			-	-	불검출	불검출	50

2012-2018 순회/점검 공정에서 소음만 측정

(2) 작업환경측정 및 벌크시료 분석

국제암연구소에서 백혈병에 대한 충분한 근거로 분류된 발암요인에는 벤젠, 포름알데히드, 전리방사선(엑스선, 감마선), 1,3-부타디엔 등이 있으며 제한적 근거로 스티렌 등이 발암 위험인자로 분류되고 있다 (표 1). 이에 따라 조사팀에서는 5개 사업장의 현장조사 이후 백혈병 발병 관련 유해인자인 벤젠, 트리클로로에틸렌, 포름알데히드, 스티렌의 노출위험이 있을 것으로 평가되는 사업장을 대상으로 작업환경을 측정하였다.

〈표 Ⅲ-40〉 백혈병 발병관련 요인 요약

발암요인	림프조혈계 질환	근거수준
벤젠	백혈병(급성 비림프구성)	충분
포름알데히드	백혈병(특히 골수성), 비인두암	충분
전리방사선(엑스선, 감마선)	백혈병(만성 림프구성 백혈병 제외)	충분
흡연	골수 (골수성 백혈병)	충분
Busulfan	백혈병(급성 골수성)	충분
Chlorambucil		충분
Cyclophosphamide		충분
Etoposide		제한
Etoposide+Cisplatin+Bleomycin		충분
Melphalan		충분
MOPP		충분
Semustine		충분
Treosulfan		충분
Mitoxantrone		제한
1,3-Butadiene	전체(all combined) 백혈병	충분
스티렌		제한
석유정제업		제한
고무제품제조업		충분
Nitrogen Mustard		제한
라돈-222 및 그 붕괴산물		제한
Chloramphenicol		제한
Diazinon		제한
요오드-131 및 그 붕괴산물		제한
Thiotepa		제한

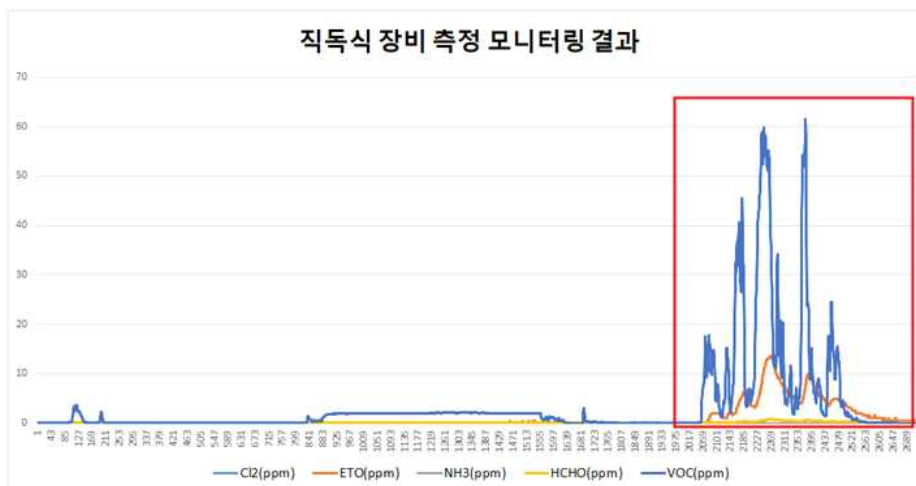
사업장 D는 과거부터 현재까지 폐지류의 물리적 파쇄 및 압축공정만 수행하였고, 사업장 A와 C는 과거에 폐기물 중간처리 과정에서 발생한 잔여 폐기물을 처리하는 소각공정을 운영하였으나 현재는 단순 운반수집 및 물리적 파쇄공정만 남아있는 상태였다. 따라서 백혈병과 관련된 유해인자에 대한 노출 평가를 위해 사업장 B와 E를 대상으로 측정을 계획하였다. 그러나 사업장 E에서는 작업환경 측정에 대한 협조를 얻지 못하여 대신 벌크시료 성분분석 수준에서 조사가 수행되었다.

가) 사업장 B 작업환경 측정결과

최종적으로 조사대상 1개소(사업장 B)에 대하여 작업환경측정을 실시하였으며, 현장조사 당시 공정별로 현장을 돌아다니면서 직독식 장비로 VOCs 등을 측정하였다. 사용한 장비는 Multie RAE pro로 Cl₂(ppm), ETO(ppm), NH₃(ppm), HCHO(ppm), VOC(ppb)를 1초마다 측정·기록하였으나 직독식 장비의 측정값은 부정확할 가능성이 있어 [그림 III-14]의 그래프에 따라 공정별로 노출 흐름을 파악하는 용도로 결과를 활용하였다. 액상 지정폐기물을 고체 폐기물에 섞은 PIT장에 가까울수록 높게 측정되었고 이는 액상 지정폐기물인 폐유기용제, 페페인트 등이 원인일 것이라고 추정하였다.

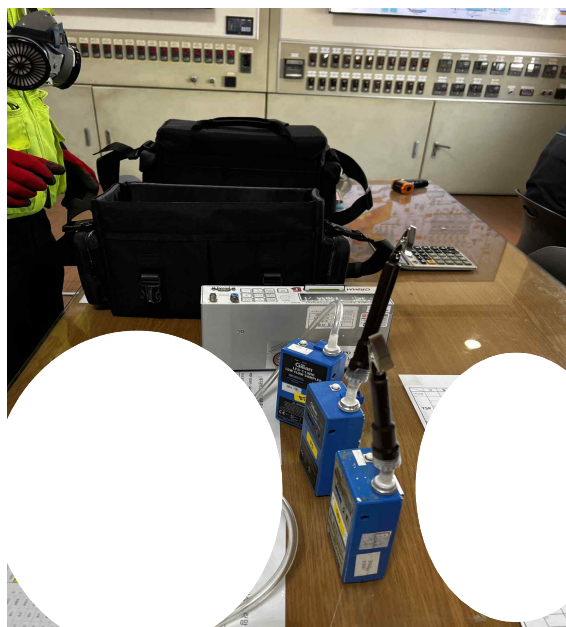
〈표 III-41〉 직독식 장비 측정결과

sensor	Cl ₂ (ppm)	ETO (ppm)	NH ₃ (ppm)	HCHO (ppm)	VOC (ppb)
measurement Gas	N/A	N/A	N/A	N/A	Isobutylene
min	0	0	0	0	0
average	0.1	1	0	0.11	3,330



[그림 III-20] 사업장 B의 직독식 장비 측정 모니터링 결과

위와 같은 현장 모니터링 결과 값에 따라 사업장 담당자와 협의하여 작업 환경측정 지점 및 인자, 측정방법을 선정하였다. 작업환경 및 업무관련성 평가팀의 계획은 모든 공정에서 백혈병과 연관성이 있는 벤젠, 포름알데히드, 1,3-부타디엔, 스티렌에 대하여 근로자의 수행업무에 따른 노출추정을 위하여 개별시료 측정을 수행하고자 하였다. 그러나 사업장과 협의결과 액상 지정 폐기물과 생활 폐기물이 섞여있는 PIT공정에서의 측정과 개인시료 측정은 협의가 되지 않아 최종적으로 선별공정과 통제실에서 지역시료로 측정하였다.



[그림 Ⅲ-21] 통제실 측정



[그림 Ⅲ-22] 선별공정 입구 측정

〈표 Ⅲ-42〉 측정 지점 및 공정 세부 설명

측정 지점	설 명	근무 시간	작업환경측정 인자 (2022년 상반기)
선별공정 입구	입고된 사업장폐기물을 1차로 지게차 및 크레인으로 분류하고 2차로 근로자들(3명)이 수작업으로 고철 등 비가연성 폐기물을 선별	3시간 정도 작업하며 약 오전1번, 오후1번 작업 (1조 1교대 8시간)	유기화합물, 크실렌, 톨루엔, 메소 이소부틸 케톤, 에틸벤젠, 노말헥산, 아세톤, 에틸아세테이트, 초산부틸, 시클로헥사논, 1-부틸 알코올, 이소프로필 알코올, 메틸에틸 케톤
운전실(통 제실)	액상 지정 폐기물과 사업장 폐기물이 섞인 폐기물을 소각로에 투입하는 크레인을 운전하는 공정	상시 작업 (4조 3교대 8시간)	유기화합물, 크실렌, 톨루엔, 메소 이소부틸 케톤, 에틸벤젠, 노말헥산, 아세톤, 에틸아세테이트, 초산부틸, 시클로헥사논, 1-부틸 알코올, 이소프로필 알코올, 메틸에틸 케톤, 기타광물성분진

선별장 입구에서는 벤젠, 스티렌은 검출한계 미만이었으며, 포름알데히드는 0.002~0.003ppm으로 측정되었다.

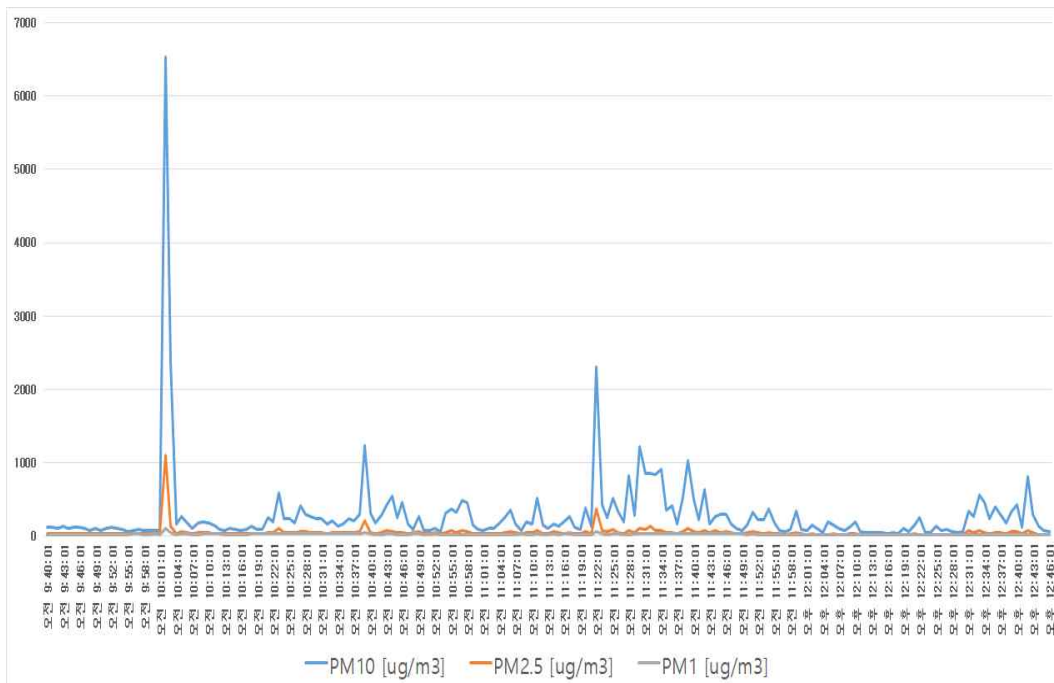
운전실에서 벤젠, 스티렌이 각 0.03ppm, 0.02ppm으로 측정되었고, 포름알데히드는 0.03ppm으로 측정되었다. 노출원은 액상 지정폐기물이라고 추정되며 통제실의 경우, control room에서 크레인을 운전하는 공정이었지만 소각로 상부층과 같은 높이였으며 소각로 정비 등을 목적으로 통행이 빈번하여 문이 열고 닫히면서 노출되었을 것이라고 추정된다.

〈표 III-43〉 B 사업장 작업환경측정 결과

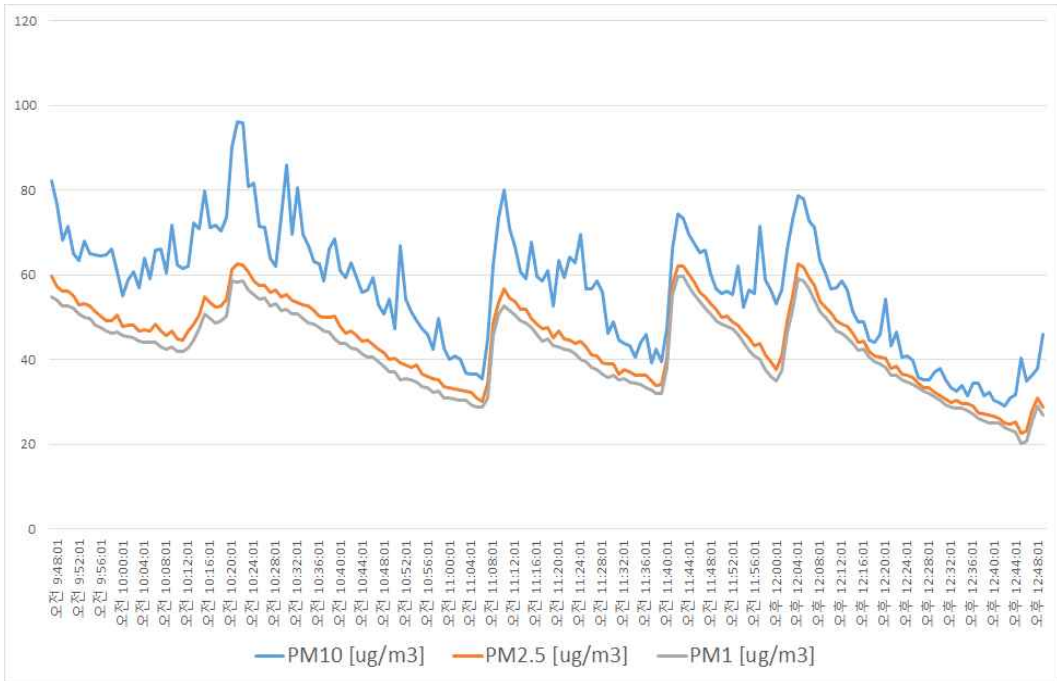
단위 공정	유해인자	시료수	측정결과	TWA 노출기준	평가결과
			(단위: ppm)		
선별	벤젠	2	N.D.	0.5	미만
	스티렌	2	N.D.	20	
	포름알데히드	2	0.002~0.003	0.3	
	1,3 부타디엔	2	N.D.	2	
운전실	벤젠	1	0.03	0.5	
	스티렌	1	0.02	20	
	포름알데히드	1	0.03	0.3	
	1,3 부타디엔	1	N.D.	2	

※ 검출한계(ug/sample): 벤젠 0.53, 스티렌 0.12, 1,3-부타디엔 0.54

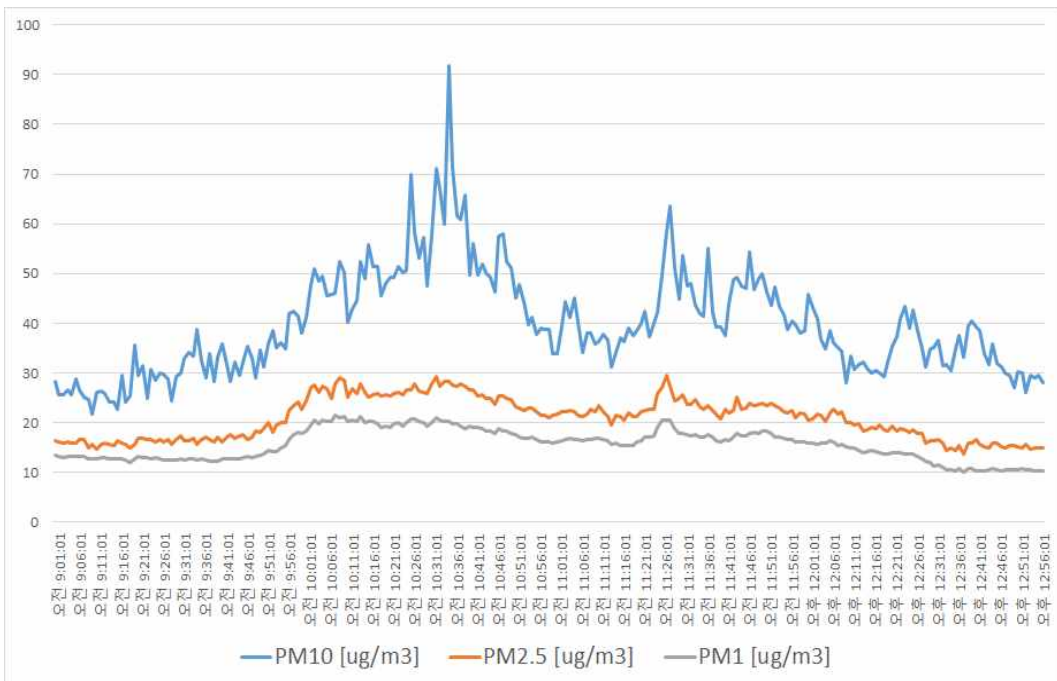
미세분진의 경우, 대조군으로 사무실을 선정하여 측정하였고 선별장과 운전실에서 측정하였다. 먼지 사이즈별 발생량을 보면 전체적으로 PM10의 농도가 높았고 선별공정에서 작업 시작할 때 급격하게 농도가 높아졌다. 사무실보다 운전실에서 PM10, PM2.5, PM1의 농도가 대체적으로 높았으나, 특이사항은 없었다.



[그림 Ⅲ-23] 선별장 분진 사이즈별 발생량(ug/m³)



[그림 Ⅲ-24] 운전실 분진 사이즈별 발생량($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



[그림 Ⅲ-25] 사무실분진 사이즈별 발생량($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

나) 사업장 E 벌크시료분석결과

조사대상 1개소는 폐유를 재활용하는 공정이었으며, 작업환경 및 업무관련성 평가팀은 현장조사 전 작업환경측정결과표에서 확인한 결과, 작업환경측정기관에서는 2012년 이후로 탱크로리 차량으로 폐유를 수거하여 운반하고, 원료를 저장탱크로 펌프 이송하여 근로자에게 노출될 가능성이 낮다고 판단하여 작업환경측정을 실시하지 않고 있었다.

수거된 원료의 경우 탱크로리로 배관을 통해 바로 입고되지만 시료 테스트 공정을 위해 별도의 실험실에서 원심분리, 시료분석 등의 업무를 수행할 때 근로자에게 노출될 수 있으며 폐유헌유를 수거하는 근로자에서도 노출될 가능성이 있다. 또한 면담을 통해 정제하여 재활용된 연료의 효율이 떨어질 때 쯤 대정비 작업을 수행한다는 사실을 확인할 수 있었고 대정비작업을 수행하는 과정에서도 노출될 수 있을 것이라 추측된다. 이러한 점에서 조사팀에서는 작업환경측정을 수행하고자 하였으나, 현장 조사에서 작업환경측정에 대한 사업장과의 협조가 되지 않았다. 하지만 폐기물 특성 상 어떤 성분이 있는지 알 수 없었기 때문에 백혈병과 연관성이 있는 벤젠, 포름알데히드, 스티렌 성분 유무를 확인하기 위하여 벌크시료 분석을 실시하였다.

벌크시료는 사업장에서 6월 17일, 6월 30일, 6월 23일, 6월 29일에 수거한 4개의 시료였고, 여러 자동차 정비소에서 배출한 액상 폐기물이 섞여있었다. 분석은 KOSHA GUIDE A-69-2019 등을 참조하였고, 벤젠, 스티렌은 CS₂용매를 사용하여 가스크로마토그래프-질량분석기 및 불꽃이온화검출기로 분석하였으며 포름알데히드는 Acetonitrile용매를 사용하여 액체크로마토그래프로 분석하였다. 그 결과, 스티렌은 모두 검출되지 않았으며, 포름알데히드벤젠 모두 0.1wt% 이하로 검출되었다.

〈표 III-44〉 사업장 E 폐유 벌크시료 분석 결과

시료명	물질명	분석항목	함유량	비고
A1	폐유	벤젠	0.1 wt% 이하	0.14ppm
		스티렌	N.D.	-
		포름알데히드	N.D.	
A2		벤젠	0.1 wt% 이하	0.16ppm
		스티렌	N.D.	-
		포름알데히드	N.D.	
A3		벤젠	0.1 wt% 이하	0.03ppm
		스티렌	N.D.	-
		포름알데히드	0.1 wt% 이하	221ppm
A4		벤젠	0.1 wt% 이하	0.07ppm
		스티렌	N.D.	-
		포름알데히드	0.1 wt% 이하	183ppm

IV. 고찰 및 제언

.....

IV. 고찰 및 제언

1. 사업장기반 질환 감시자료를 활용한 역학조사

1) 질환발병률 규모에 따른 분석단위 설계

이번 조사에서는 백혈병을 시범조사 대상 질환으로 하여 중분류 업종 수준에서 고위험 사업장 선정을 위한 위험도 분석을 수행하였다. 국립암센터의 암등록 통계에 따르면 우리나라 20세 이상 60세 미만 인구집단에서의 백혈병의 발병률은 2019년 기준 십만 명당 3.2-8.6명으로 연령에 따라 점차 높아지는 양상을 보인다. 5000명이상의 입사자에서 20년을 추적 관찰 한다면이라도 평균 발생률 수준에서 10명 미만의 질환발생이 예상되었다. 이번 역학조사 대상 업종으로 선정된 폐기물 수집·운반·처리업 및 원료재생업 역시 중분류 수준에서 표준화발병비는 1.54 (95% CI 1.06-2.14)로 유의하게 높았지만 소분류 수준의 하위분석에서는 폐기물처리업의 2.18(95% CI 0.86-4.41), 해체, 선별 및 원료재생업은 1.92(95% CI 0.92-3.45)위험도가 더 높아지나, 신뢰구간이 넓어져 통계적 유의성이 떨어지는 것을 확인할 수 있다.

소분류 업종을 단위로 분석을 수행할 경우 발생사례의 규모가 작아 근로자의 규모가 작은 사업장일수록 신뢰구간이 넓게 산출됨에 따라 고위험 업종 선정과정에서 제외될 수 있었기 때문에 중분류 수준에서 고위험 업종을 선정하였다. 백혈병과 비교하여 폐암, 위암, 간암 등 우리나라에서 상대적으로 발병률이 높다는 점에서 소분류 업종의 분석 후 고위험 업종을 선정하는 것도 가능할 것으로 생각된다.

2) 조사대상 사업장 선정 및 고용보험 업종 정보의 활용

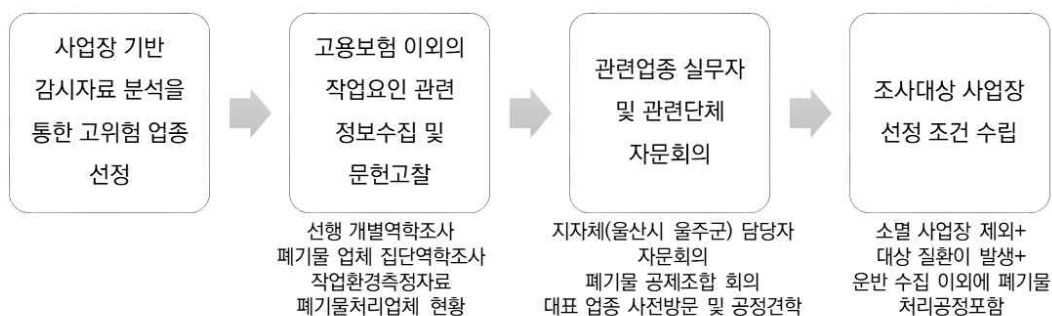
폐기물처리업의 역학 조사수행과정에서 사업장 현장의 작업공정과 고용보험의 업종분류가 일치하지 않는 경우가 상당히 흔한 것을 확인할 수 있었다. 이번 조사에서 벤젠이 검출되었던 지정폐기물 처리업체도 중간처리업체로서 소각처리를 수행하고 있었지만 고용보험 업종분류에서는 폐기물 운반·수집업으로 등록되어 있었다. 고용보험의 업종코드는 사업주가 근로자를 처음 고용하면서 고용보험 등록 시 업종정보를 입력하게 되는데, 사업주가 표준업종분류코드에 맞추어 신청·변경도 가능하지만 사업자등록 시 국세청에 입력된 국세청코드를 표준업종분류코드로 연계하여 입력하기도 한다. 고용보험은 산재보험과 달리 업종분류보다는 근로자의 규모에 따라 보험요율이 결정된다는 점에서 업종변경에 엄격한 기준이 있는 것이 아니고 업종 소분류 수준에서의 변경은 사업주의 의사에 따라 변경이 쉬운 편이다.

국세청 업종코드 입력 시 폐기물 운반, 수집, 처리 및 원료재생업 중에서 재생된 원료로 특정의 제품을 제조하는 경우에는 제조업으로, 폐지, 고철 등 재생용 재료를 수집만 하는 경우는 도매업으로 분류하는 것이 원칙으로 되어 있다. 이밖에 국세청 업종분류에 따라 기본적으로 경비율 등의 세금항목이 결정되는 항목에 영향을 받을 수도 있기 때문에 작업공정과 다르게 적용이 될 수도 있다. 또한 폐기물처리업체에 대한 환경부의 허가 및 신고 기준에 따라 처리업 운영을 위해서 기본적으로 운반·수집업 이상의 시설 및 장비를 갖추게 된다는 점에서 운반 수집업은 전체 폐기물 처리업의 가장 기본이 되는 업종코드로 사용될 수 있다. 이러한 점에서 고용보험의 업종 분류수준의 정보만으로 현장조사 사업장을 선정하는 것은 선택바이어스가 발생할 수 있으며, 규모가 작은 업종일수록 위험사업장을 놓치게 될 수 있다.

따라서 규모가 크지 않은 업종일수록, 비제조업 사업장일수록 고위험 사업장 선정을 위한 선별과정에서 고용보험의 소분류 수준보다는 중분류 단위에서 업종을 선별하여 고위험 사업장 선별의 민감도를 높일 필요가 있다. 고위험 업종 내에서 현장조사 대상 사업장을 선정하는 과정에서는 고용보험 이외

의 작업환경과 관련된 추가 자료원 및 관련 업종 전문가 자문을 통해 선정할 것을 제안하며, 사업장 선정 이전의 사전조사단계를 명확히 하여 조사대상 사업장의 조건을 수립하고 사업장 선정 절차가 조건에 맞춰 객관화 되어야 능동적 역학조사로서 사업체 방문조사의 근거를 갖출 수 있다.

이번 능동적 역학조사에서 관련업종의 상세정보를 파악하기 위해 사전에 2020년 기준 폐기물 처리업체현황 자료를 검토하였고 지자체의 폐기물 관리 담당자와의 자문회의를 통해 질환과 관련한 위험요인 노출을 중심으로 대상 사업장의 선정조건을 수립하였다. 조사팀은 선행 역학조사 및 문헌고찰을 통해 단순 수집 운반업만을 수행하는 업체라면 질환(백혈병)과 관련된 위험요인에 노출될 가능성은 높지 않을 것이라고 추정하였다. 그러나 지자체 담당자와의 회의를 통해 고용보험 업종분류가 사업체의 폐기물처리 수준에 대한 정보를 충분히 담지 못한다는 사실을 확인할 수 있었다. 이에 따라 사업장 선정 시 고용보험업종 분류 상 수집운반업으로 분류되어 있다하더라도 폐기물 처리업체현황에 중간 처리업으로 분류되어 있는 경우 처리업 사업장으로 취급하여 현장조사 사업장 대상목록에 포함하였다.



[그림 IV-1] 방문 조사대상 사업장선정을 위한 사전조사 단계

2. 폐기물 처리 및 원료재생업 역학조사 시범사업

1) 폐기물 처리업에서의 취급 물질성분 정보

지정폐기물을 배출하는 사업자는 폐기물관리법 제 17조에 따라 당해 지정폐기물을 처리하기 전에 폐기물 분석결과서를 제출하여 환경부장관에게 확인을 받아야 하는 의무가 있다. 그러나 폐기물 배출자가 분석결과서의 내용을 폐기물처리업체에게 제공할 의무가 있는 것은 아니며, 2018년부터 폐기물 유해성 정보자료를 제공하는 것으로 대신하고 있다.

현장답사 중 근로자 면담을 통해 폐기물처리업체와 배출 사업장과의 계약 관계에 따라 폐기물처리업체에서 배출자에게 분석결과서를 요구하기는 어려운 구조라고 응답하였다. 또한 지정폐기물의 분석결과서를 폐기물처리업체가 확인할 수 있다 하더라도 해당 분석결과서는 지정폐기물 여부를 확인하기 위한 항목 즉, 폐기물 처리방법을 중심으로 분석항목이 구성되었기 때문에 건강이나 발암의 위험성에 대한 정보는 포함하고 있지 않다. 폐기물 종류별로 지정폐기물을 결정하기 위한 분석항목은 다음과 같다.

〈표 IV-1〉 폐기물 종류별 검사항목

종류	분진, 소각잔재물	광재, 폐주물사, 폐사, 폐내화물, 도자기편류, 안정화 또는 고형화처리물, 폐촉매	오니류, 폐흙착제, 폐흙수제(준설토, 폐토사, 폐활성탄, 세륜슬러지)
검사항목	납, 구리, 비소, 수은, 카드뮴, 6가 크롬, 시안 (7항목)	납, 구리, 비소, 수은, 카드뮴, 6가 크롬, 시안, 기름성분 (8항목)	납, 구리, 비소, 수은, 카드뮴, 6가 크롬, 시안, 기름성분, 유기인, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌 (11항목)

비교적 금속물질에 대한 항목은 발암물질에 해당하는 납, 비소, 수은, 카드뮴, 6가 크롬 등이 포함되어 있는 반면 유기용제 부분에 대한 발암물질정보는 트리클로로에틸렌 및 퍼클로로에틸렌(테트라클로로에틸렌), 할로젠 17종이나 그 외의 용제이냐의 정보만을 포함한다. 때문에 배출자가 제공해주는 정보에 의존하여 폐기물처리업체는 폐기물에 대한 정보를 확인할 수밖에 없는 구조이다.

폐기물 유해성 정보자료는 일종의 폐기물 처리업체의 물질안전보건자료의 역할을 할 수 있다. [그림 IV-2]는 한국환경공단에서 유해성 정보자료로 제공되는 ‘그 밖의 유기용제’에 대한 서식정보 작성예시이다. 폐기물 처리과정에 필요한 화학적 물리적 특성에 대한 정보는 포함하고 있으나 해당물질에 대한 발암성이나 인체유해성, 노출기준 관리에 대한 정보를 포함하고 있지 않다. 환경부 입장에서는 폐기물의 처리방식과 환경적 영향력을 중심으로 정보를 제공하고 있기 때문에 당연한 것일 수 있다. 그러나 폐기물 처리업 종사자들의 건강관리 측면에서 발암성정보, 급성 및 만성독성정보, 산업안전보건법상 관리대상물질 여부에 대한 정보는 매우 중요하기 때문에 다부처간의 협력을 통하여 폐기물 정보 제공체계에 대한 제도 개선방안을 마련해야할 것이다.

■ 폐기물관리법 시행규칙 [별지 제14표의4서식]

폐기물 유해성 정보자료

확인필

※ 위쪽의 작성방법을 읽고 작성하시기 바라며, []에는 해당되는 곳에 ☒ 표시를 합니다. (제3쪽 중 제1쪽)

① 관리번호 5Y-2018-02(자체번호)		② 작성일(제출일) 2018.10.20			
제 공 자	③ 상호(명칭) XX케미칼	④ 사업자등록번호 214-88-XXXXX			
	⑤ 설명(대표자) 홍길동	⑥ 설명(담당자) 한석봉			
	⑦ 주소(사업장) 경기도 00시 00구 00(배출사업장기종으로 작성) (전화번호: 031-000-0000) (팩스번호: 031-000-0000)				
폐 기 물 유 해 성 정 보	⑧ 폐기물	폐기물 종류 그 밖의 폐유기용제 폐기물 분류번호 (04 - 02 - 00) [☒]탄질 폐기물 []혼합 폐기물			
	⑨ 포장형태	[]용기(재질:) []통박 [☒]차량직접적재 []기타()			
	⑩ 발생량(톤/년)	10ton/yr			
	⑪ 제조공정	혼합 → 보링(폐유기용제 배출) → 응고 → 건조 → 연마 → 검사 → 출고			
안 정 성 · 반 응 성	⑫ 유해특성	항목	조사 방법	유해특성 정보	비고
		특발성	[]분석 [☒]자르(MSDS)	원료 물질들의 MSDS를 참고로 작성	
		인화성	[]분석 [☒]자르(MSDS)	인화점 63℃	
		자연발화성	[]분석 []자르()	없음	
		급수성	[]분석 []자르()	없음	
		산화성	[]분석 [☒]자르(MSDS)	원료 물질들의 MSDS를 참고로 작성	
		부식성	[]분석 []자르()	없음	
		기타	[]분석 []자르()	없음	
⑬ 물리적· 화학적 성질	성상 및 색	액체, 무색	악취	방향족화합물 냄새	
	수분(%)	15.18	비중	0.95	
	수소이온농도(pH)	6.7	끓는점(℃)	153	
	녹는점(℃)	-6.5	발열량	17,200 kcal/kg	
	점도	0.502	시간에 따른 폐기물의 성상 등의 변화	없음	
	기타				

210mm×297mm[백상지(120g/㎡) 또는 백상지(80g/㎡)]

[그림 IV-2] 폐기물 유해성 정보자료 ‘그 밖의 유기용제’ 작성예시
출처: 한국환경공단

(제3쪽 중 제2쪽)

성분정보	항목	조사 방법	주요 성분	비고
	㉔ 유해물질 함유특성	[]분석 []자르()	자르없음	
	㉕ 유해물질 함량	[]분석 [√]자르(분할)	Pb : 2.47 mg/kg Cr : 1.25 mg/kg Zn : 74.47 mg/kg	
	㉖ 수분 등과 접촉 시 화재·폭발 또는 독성가스 발생 우려 성분	[]분석 []자르()	없음	
㉑ 취급 시 주의사항	안전대책	[√]마스크 [√]장갑 [√]보호안경 [√]기타(보호의)	저장 및 보관방법	- 용기는 용기가 잘 되는 곳에 단단히 밀폐하여 저장하시오. - 서늘한 곳에 보관하시오 - 빈 드럼통은 완전히 배수하고 적절히 락아 즉시 드럼 조절기에 피둘려 놓거나 적절히 배치하시오. - 휘발되지 않도록 밀폐할 용기에 보관하시오 - 흘러나올 우려가 없는 전용 탱크·용기에 보관하고 혼합이나 유출으로 생기는 위험이 없도록 수집, 보관한다.
㉒ 사고 발생시 방제 등 조치방법	이상조치	응급조치	- 피부에 접촉 시 즉시 오염된 의복을 벗기고 다량의 물과 비누로 오염물이 남아있지 않을 때까지 씻어낼 것 - 물질을 먹거나 흡입하였을 경우 구강대구강법으로 인공호흡을 하지 말고 적절한 호흡의료장비를 이용하시오	
		누출대책	- 흡수제를 사용하여 적절한 용기에 수거할 것. - 누출지역을 적어도 반경 50~100m 까지 차단시킬 것 - 누출물이 토양, 수계 또는 하수시설에 유입되지 않도록 할 것 - 모든 검화원을 제거 할 것	
		화재 시의 조치	- 이산화탄소 또는 건포분말 소화기로 소화 - 진화가 된 후에도 상당기간동안 물분무로 용기를 냉각시키고 가능한 멀리 떨어져서 부릴 것. - 용기의 출입을 피하고 바람을 등지고 설 것.	
	악취, 광비 및 방제요령		- 구조자는 적절한 보호구를 착용하시오. - 지역을 벗어나 안전거리를 유지하여 소화하시오 - 소화수의 처분을 위해 드럼을 파서 가루고 물질이 흘러지지 않게 하시오	
㉓ 특별 주의사항	- 고 인화성이브르 알, 스파크, 화염 등으로 화재·폭발 등에 주의 - 분해 시 생성되는 유해물질 : 자극 - 취급 또는 작업 시는 통풍이 잘 되는 후드에서 할 것 - 용기의 누설을 피하고 검화원으로부터 분리시킬 것			
㉔ 그 외의 정보	고 인화성이브르 알, 스파크, 화염 등으로 화재·폭발 등에 주의	폐기물 주요성상 : 크레졸, 나이트로벤젠, 이소부탄올, 페리딘 등	배출업종코드 : 20202 합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	

[그림 IV-2](계속) 폐기물 유해성 정보자료 ‘그 밖의 유기용제’ 작성예시

출처: 한국환경공단

2) 백혈병관련 작업환경관련 위험요인

제조업과 달리 취급하는 물질의 성분이 일정하지 않기 때문에 취급물질에 대한 작업환경측정이나 신체 표적기관을 대상으로 하는 특수건강진단 체계가 원활하게 작동되기 어렵다. 이번 조사과정에서 2020년 기준 폐기물처리업체는 총 15,711개소로 이중 4.1%에 해당하는 693개소만이 작업환경측정(소음 제외)을 수행한 것을 확인할 수 있었다. 폐기물 처리업체 조차 배출물질에 대한 성분파악이 되지 않는 상황에서 작업환경 및 보건관리기관에서는 더욱 관리대상 사업장의 취급 물질성분을 파악하기 어려운 구조이다. 2002-2021년 수행된 작업환경 측정결과에서는 주로 폐기물 처리기전에 따라 물리적 파쇄의 경우 광물성분진, 기타분진 등의 작업환경측정을, 세척에는 산 및 알칼리 등에 따른 취급물질을 측정하고 있었다.

폐기물 처리업체 5개소에 대하여 현장조사를 실시한 결과, 현재 작업공정에서 백혈병과 관련되어 있는 유해인자에 대한 노출 위험이 있는 사업장은 두 곳으로 폐유 및 폐유기용제와 관련한 액상 및 고상 처리업체가 공통적인 위험요인이었다. 그러나 5개 업체 중, 폐지재활용 공정업체와 정유제조업을 제외한 3개소에서 몇 년 전까지 중간처리 과정에서 발생한 잔재 폐기물을 일부 처리하는 소각공정을 포함하고 있었다. 현재는 지정폐기물 처리업체 1개소에서만 중간처리 소각장을 운영하고 있었고, 나머지 2개 업체(생화폐기물1개소, 건설폐기물 1개소)는 환경부의 기준강화에 따라 소각장 운영을 중단하였다고 하였다. 이 두 업체는 폐유기용제와 같은 지정폐기물 처리업은 아니었으나 성분을 확인할 수 없는 폐기물에 대한 소각처리과정에서 백혈병과 관련된 유해요인에 노출되었을 가능성 또한 배제할 수는 없었다.

박철용 등(2021)의 연구에 따르면 생활폐기물을 소각하는 3개소의 소각장에 대하여 지점별로 지역시료채취 방식으로 작업환경측정을 실시하였다. 각 소각장의 단위작업 장소별 벤젠, 톨루엔, 크실렌의 측정결과 일부 지점에서 톨루엔, 크실렌이 검출 되었고 벤젠은 검출되지 않았으며 대부분은 측정한계 미만으로 분석되었다.

한편, 산업안전보건연구원에서 2007년에 수행한 산업폐기물 소각장 근로자의 건강상태와 직업적 요인의 관련성 연구에서는 일부 백혈병과 관련된 위험요인의 노출을 확인할 수 있었다(구정완 등, 2007). 소각장 근무자의 유해물질 노출수준과 건강실태를 조사하였다. 20개 사업장을 대상으로 분진, 중금속(납, 수은, 카드뮴), 벤젠, 다환방향족 탄화수소류를 측정하였다. 그 중 벤젠이 검출된 사업장은 2개의 사업장이었다 <표 IV-2>.

<표 IV-2> 벤젠 노출 사업장 작업환경측정 결과

사업장	작업내용 및 측정지역	측정대상 인자	PPM	TLV
1	control room 내부(개방형)	Acetone	0.328	500
		N-Pentane	0.105	600
		2-Butanol	0.181	100
		Ethyl acetate	0.329	400
		Benzene	0.04	0.5
		TCE	0.139	10
		Heptane	0.082	400
		톨루엔	0.049	50
		2-Hexanone	0.011	5
		PCE	0.198	25
		크실렌	0.008	100
		Nonane	0.014	200
2	선별작업장 (포크레인-개방형)	Ethanol	0.667	1000
		Benzene	0.004	0.5

* TLV는 2022년 기준으로 작성

1985년 가동 시작한 유동층 소각로 운영 소각장에서 개방형 control room 작업자에 대한 노출평가의 경우 control room이 소각 대상 자재 입구와 같은 높이에 위치하였으며 시설 내부로 통하는 문으로 작업자의 통행이 빈번하고, 유해인자의 노출 원으로부터 밀폐된 공간이 아니었으며 환기 등이 제대로 이루어지지 않는 작업환경이었다. 또한 이곳에서의 다른 유해인자의 농도가 높게 측정되는 등 노출실태가 열악한 상황임을 고려하여 석유를 사용하여 소각하는 공정에서 BTEX가 작업장에 유입되어 노출되었을 가능성이 있다고 평가하였다. 또 다른 사업장의 경우 2006년 가동 시작한 스토커 소각로 운영 소각장에서 소각대상 자재 선별작업장에서 포크레인 운행 작업자에 대한 노출평가를 실시하였으며 해당 작업에 고정 작업자로서 포크레인의 배출가스 등 여러 가지 유기화합물 등에 노출된다고 유추할 수 있다고 평가하였다.

〈표 IV-3〉 벤젠 노출 사업장 및 작업특성

사업장	허가 폐기물 종류	소각로 타입	소각로설비 가동년도	작업내용 및 측정지역	PPM	TLV
1	일반 산업폐기물, 건설폐기물(가연성)	유동층	1985	control room 내부(개방형)	0.04	1
2	일반 산업폐기물, 지정폐기물	스토커	2006	선별작업장 (포크레인-개방형)	0.004	1

이번 현장 조사를 통해 질환 관련 위험요인에 대한 노출가능성이 있을 것으로 평가된 사업장은 폐유 및 폐유기용제를 포함하는 액상폐기물과 액상폐기물이 담기 고상폐기물 처리작업이 있는 공정이었다. 액상 폐기물은 탱크로리나 드럼으로 입고되는데 드럼으로 입고된 폐기물은 전처리 과정에서 수작업으로 드럼 상부를 절단하거나, 포크레인으로 드럼을 파쇄한 후 드럼에 들어있는 내용물을 꺼내 드럼의 성상에 따라 일반폐기물 선별장 또는 PIT장으로 보관되었다. 이를 처리하는 작업자의 경우 작업장에 체류하는 혼합 유기용제 등에 노출될 위험성이 있다고 평가되었다.

작업환경 측정결과 선별장 입구에서는 포름알데히드만 0.002-0.003ppm 수준으로 측정되었고 소각로에 폐기물을 투입하는 운전실(통제실)에서 백혈병과 관련된 유해인자인 벤젠, 스티렌이 각각 0.03ppm, 0.02ppm으로 포름알데히드는 0.03ppm으로 측정되었다. 조사팀은 PIT장 (일반폐기물과 지정폐기물이 혼합되어 소각로에 투입되는 폐기물 보관) 및 PIT장 혼합작업 근로자에서의 노출수준이 높을 것이라 예상했으나 PIT장 및 혼합작업 근로자의 개별 측정은 수행할 수 없었다. 노출원은 액상 지정폐기물이라고 추정되며 통제실의 경우, control room에서 크레인을 운전하는 공정이었지만 소각로 상부 층과 같은 높이로 소각로 정비 등을 목적으로 통행이 빈번하여 문이 열고 닫히면서 노출되었을 것이라고 추정된다.

2002년 역학조사 및 2007년 산업폐기물 소각장 근로자의 건강상태와 직업적 요인의 관련성 연구 등의 결과와 비교했을 때 통제실에서의 노출 수준이나 액상폐기물에 의한 노출실태가 크게 변하지 않아보였다. 2002년 당시 폐기물 업체의 급성수은중독과 DMF에 의한 간독성 질환이 초점이 되었던 것은 사실이나, 당시에 측정한 폐유기용제 처리업체 중 페드럼 처리(범위 0.0085-0.4033ppm) 및 소각로 운전(범위 0.0841-0.1094ppm)에서 벤젠이 검출되었으나 이번 조사에서도 소각로 운전실에서 0.03ppm수준으로 측정되었다.

최근 미국의 산업위생협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists; ACGIH)에서 벤젠에 대한 8시간 시간 가중 평균 노출 임계값(TLV)인 0.025ppm, 15분 단기 노출 한도(STEL) 0.1ppm로 낮추어 제시하였다(ACGIH, 2022). 이 값은 낮은 노출수준에서도 골수에 독성효과가 발생할 수 있다는 근거를 바탕으로 제시되었지만 근거 연구는 태국의 정유업 및 주유소 근로자 집단에서 수행된 연구로 벤젠 0.025ppm 노출수준에서 발견된 말초혈액에서의 DNA손상 회복기전의 저하가 관찰되었다. (Ruchirawat et al, 2010; ECHA, 2018)에서는 인간을 대상으로 수행된 연구 중 말초혈액과 골수에 미치는 효과가 서로 다르다는 충분한 연구결과가 없다는 점에서 벤젠이 말초혈액에서 보이는 독성 효과를 골수에 미치는 영향으로까지 확대하여 노출수준을 적용하여 임계수준을 반영한 결과이다.

한편, 이번조사에서 벌크시료 분석을 수행한 조사대상 1개소는 폐유를 재 활용하는 공정이었으며, 작업환경 및 업무관련성 평가팀은 현장 조사 전 작업환경측정결과표에서 확인한 결과, 작업환경측정기관에서는 2012년 이후로 탱크로리 차량으로 폐유를 수거하여 운반하고, 원료를 저장탱크로 펌프 이송하여 근로자에게 노출될 가능성이 낮다고 판단하여 소음을 제외한 작업환경 측정을 실시하지 않고 있었다.

그러나 원료 및 부산물의 이동이 배관에 의한 완전 폐쇄형(closed type)으로 운영된다고 보기에 슬러지 배출구는 개방되어 있던 점들은 여전히 노출 위험이 있어보였다. 또한 시료 테스트 공정을 위해 별도의 실험실에서 원심분리, 시료분석 등의 업무를 수행할 때 근로자에게 노출될 수 있으며 폐유회유를 수거하는 근로자에서도 노출될 가능성이 있다. 이외에도 정제하여 재활용된 연료의 효율이 떨어지지 않도록 섯다운 및 대정비 작업을 수행한다는 사실을 확인할 수 있었다. 대기업의 정유 업체와 다르게 생산 규모가 줄어들면서 과거에는 외주업체에 맡겼다가 최근에는 직접 소속 근로자들이 섯다운 및 정비작업을 수행한다고 하여 이러한 섯다운 및 정 과정에서 발암물질을 포함한 폐유에 고농도로 노출될 가능성도 고려할 필요가 있다.

조사팀은 샘플링 등의 과정에서 폐유에 뒤섞인 불순물로 포함된 벤젠 노출 가능성을 완전히 배제할 수 없다고 평가하였다. 이를 위해 폐유시료에 대한 벌크시료의 정성분석을 수행하였고, 분석 결과 벤젠은 매우 낮은 수준이기는 했으나 4일에 걸쳐 수거한 모든 시료에서 검출되었고 4개의 시료 중 2개에서는 포름알데히드도 같이 검출되었다. 비록 벤젠의 함유량은 낮았으나 전체 시료에서 벤젠이 검출된 점, 씻다운 후 대정비 작업 및 샘플링 과정에서 노출될 수 있다는 점에서 작업자에게 호흡용 보호구, 불침투성 보호의, 보호장갑, 보호신발, 피부 도포제 등의 적절한 보호구를 지급하는 한편, 반드시 착용하도록 철저한 교육을 실시하고 보호구함을 비치하여 청결한 상태에서 관리하여야 한다. 또한 실험실에서의 국소배기장치 활용 및 특수건강진단과 적극적인 건강관리방안에 대한 조치가 필요할 것으로 보인다.

통상적으로 과거 노출을 추정할 때 현재의 노출수준은 과거보다 더 줄어들었을 것으로 전제하여 평가한다. 그러나 폐기물처리업 및 원료재생업 분야는 그동안 환경적 측면만이 강조되어 왔고 폐기물을 처리하는 내부 근로자의 노출관리는 상대적으로 소홀했던 것이 사실이다. 배출자가 위탁하는 폐기물에 대하여 환경에 앞서 폐기물 처리업체 근로자의 보건적 측면에서 관리되지 않는 이상 과거노출보다 현재 노출수준이 더 낮다는 추정의 원리를 적용하기 어려울 것으로 생각된다. 폐기물처리업체에서의 발암물질 노출 특성은 특정성분의 유해인자 노출에 대한 빈도와 강도를 논하기 어렵고 오히려 유해인자 자체의 출처와 성분이 매번 변동되며 취급 근로자가 예측할 수 없다는 것을 특징으로 하는 것이 정확한 표현일 수 있다. 노출물질에 대한 유해인자의 변동성이 크고 파악이 어려운 환경에서는 근로자의 개인보호구나 인식의 강화, 산업보건교육에 앞서 인체 독성여부와 상관없이 작업환경의 구조적 개선을 통한 유해인자의 노출차단이 질환의 예방이 원칙이 되어야 할 것으로 평가된다.

참고문헌

- ACGIH. BENZENE: notice of intended change. [Online]. Cincinnati, USA: The American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2022 (ACGIH). Available at: <https://www.acgih.org/benzene-notice-of-intended-change/>. (Accessed 11 November 2022.)
- Alder N, Fenty J, Warren F, Sutton AJ, Rushton L, Jones DR, Abrams KR. Meta-analysis of mortality and cancer incidence among workers in the synthetic rubber-producing industry. *American journal of epidemiology*, 164(5), 405-420, 2006
- Boniol M, Koechlin A, Boyle P. Meta-analysis of occupational exposures in the rubber manufacturing industry and risk of cancer. *International journal of epidemiology*, 46(6), 1940-1947, 2017
- ECHA(European Chemicals Agency), Committee for Risk Assessment(RAC): Opinion on Scientific Evaluation of Occupational Exposure Limits for Benzene. 2018 Available at: https://echa.europa.eu/documents/10162/13641/benzene_opinion_e9ed5-2aae-7b70-5226705358c7
- Jeon HG. & Kim EA. 직업성질환 역학조사 28-폐기물산업과 직업병. 월간 산업보건, 6-11, 2011
- Kim EA 직업성질환 역학조사 19-2000 년대 전반, 업종별 역학조사의 전성기. 월간산업보건, 18-23, 2011

- Miettinen J, Rantanen M, Seppa, K, & Miettinen MJ. Package ‘popEpi’, 2016.
- Polychronakis I, Dounias G, Makropoulos V, Riza E, Linos A. Work-related leukemia: a systematic review. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 8(1), 1-16, 2013.
- Ruchirawat M, Navasumrit P, Settachan D, Exposure to benzene in various susceptible populations: co-exposures to 1,3-butadiene and PAHs and implications for carcinogenic risk. *Chem Biol Interact*, 184, 67-76, 2010
- 구정완, 김용규, 김형렬 등, 산업폐기물 소각장 근로자의 건강상태와 직업적 용인의 관련성 연구, 산업안전보건연구원, 2007
- 김은아, 석유화학공단의 직업성암(6)-여수광양산단 작업환경평가 결과, 2012
- 박철용 등, 폐기물 소각장 근로자의 유해요인과 건강영향조사. 산업안전보건연구원. 2021
- 이경은, 이상길, 예신희, 전교연, 윤민주, 성정민, 빅데이터를 활용한 직업성 질환 코호트의 운영: 사업장기반감시자료(1), 산업안전보건연구원, 2021
- 최정욱, 혼합 폐플라스틱의 유동층 열분해, 고분자과학화 기술, 9(6), 473-478, 1998
- 폐기물 소각장 근로자의 유해요인과 건강영향조사. 산업안전보건연구원. 2021
- 환경부, 폐기물 재활용실적 및 업체현황, 2020
- 한국환경공단 (<https://www.allbaro.or.kr>)

Abstract

Epidemiologic investigation using the cohort of the employees registered in the national employment insurance system in the republic of Korea

Objectives

In order to strengthen the preventive function of epidemiological investigations and prepare the evidence for an occupational risk factor investigation system in the neglected fields, workplace cancer monitoring database was applied in the screening the high-risk of leukemia and performing an active epidemiological investigations.

Method

The indirect standardized ratios were calculated at the intermediate classification level of the Korean Standard Classification of Industries comparing the entire workers registered in the national employee insurance system under 30 at the time of joining. The type of industry in which the incidence of leukemia was statistically significantly higher than that of all workers was 'Waste Collection, Disposal and Materials recovery,' with a standardized incidence ratio of 1.81 (95% confidence interval, 1.06–2.14). In this industry, the risk of developing leukemia was particularly high in those who joined the company between 1996

and 2000. We extracted the companies still registered with '38' as industry classification in the national employment insurance system among the workplaces including waste treatment processes other than waste collection and transportation. A total of 8 companies were screened as a result of extracting workplaces having one or more leukemia incidences among the list of waste treatment companies reported by the Ministry of Environment.

Results

Interviews with workers and on-site surveys were conducted for 5 of the 8 selected workplace. Through the first field survey, the working environment and bulk samples were measured at two plants (A, B) that were evaluated to have a risk of disease-related exposure. Among the companies classified by hazardous waste collection and disposal, the work environment was measured where liquid waste including waste oil and waste organic solvents and solid waste containing liquid waste were treated.

In plant A, benzene and styrene, which are harmful factors associated with leukemia incidence, were measured at 0.03ppm and 0.02ppm, respectively, and formaldehyde at 0.03ppm in the operator's room (control room) where waste is injected into the incinerator. Only formaldehyde was detected at the level of 0.002–0.003ppm in the entrance of the sorting process. Liquid wastes were received in drums are either manually cut off the upper part of the drums in the pre-processing steps, or the drums are shredded with an excavator, then the contents in the drums were taken out and were stored at a general waste sorting site depending on the characteristics of the

drums. In the case of workers handling these types of waste, it was estimated that there would be a risk of being exposed to mixed organic solvents such as benzene, styrene remaining in the workplace.

In the plant B where recycled waste oil, the risk of exposure to benzene was concerned when treating reused oil (Figure 2). The compositions of benzene, styrene, and formaldehyde was analyzed after collecting 4 bulk samples. As a result, benzene was detected in all samples collected over 4 days at very low levels, and formaldehyde was also detected in 2 of 4 samples. It was evaluated that workers who performed tasks such as centrifugation and analysis in a separate laboratory for sample testing, and who collected waste lubricant might be exposed to these carcinogens. We assessed that it could also be exposed to the carcinogens in the process of performing major maintenance work when the efficiency of refined and recycled fuel decreased. On the other hand, two of the remaining three companies that did not measure the working environment and bulk samples were involved in an incineration process that partially treats residual waste generated in the intermediate treatment process until a few years ago. Therefore we considered that the exposure before removing incineration process at the workplaces where the carcinogenic risks could not be found in the workplace at the time of the investigation to carcinogens, might be related with the leukemia incidences among the workers.

Conclusion

We found out the vulnerability in the industry of 'Waste Collection, Disposal and Materials recovery' in terms of the difficulty in the application of the occupational health management system which had been developed and prepared focusing on the characteristic of the manufacturing industries. Unlike the manufacturing industry, the components of the substances handled are not constant and unpredictable in the waste processing industries. Therefore, it is difficult to measure the working environment for the substances handled nor perform the special health examination targeting the health effects based on the substances. According to the present policies, the entrepreneurs discharging hazardous wastes provide waste hazard information to waste processing companies, but the information is only composed of physicochemical characteristics of the wastes, environmental residues, and waste treatment methods, and did not provide information on health effects or carcinogenic risks. It is assessed that the waste hazard information data could take a role as a kind of material safety data sheet in the waste processing industry. Therefore, in addition to information on chemical and physical properties required for waste treatment, it is suggested to prepare a plan to include information on the carcinogenicity, human harm, and exposure standard management of the substance in the component.

Key words :

Industry of Waste Collection, Disposal and Materials recovery, Carcinogens, Leukemia, Epidemiologic investigation, occupational

부록

부록 1. 전체근로자 대비 중분류 업종별 백혈병 표준화발병비 (입사 시 나이 30 대 이하 코호트 기준)

한국표준업종분류(중분류)	성별	발생	기대 발병수	추적인년	표준화 발병비	신뢰구간		p값
						하한	상한	
01 농업	남	14	12.1	344659	1.16	0.65	1.87	0.587
02 임업	남	1	1.6	52669	0.62	0.09	4.43	0.638
03 어업	남	1	3.9	111566	0.26	0.01	1.12	0.172
05 석탄, 원유 및 천연가스 광업	남	3	4.2	110943	0.71	0.23	2.19	0.549
06 금속 광업	남	0	0.2	6254	0.00	0.00	Inf	1.000
07 비금속광물 광업; 연료용 제외	남	8	4.8	137195	1.66	0.83	3.32	0.151
08 광업 지원 서비스업	남	0	0.0	722	0.00	0.00	Inf	1.000
10 식료품 제조업	남	133	109.6	3273342	1.21	1.02	1.43	0.026
11 음료 제조업	남	26	28.7	811556	0.91	0.60	1.30	0.611
12 담배 제조업	남	7	3.3	89299	2.13	1.01	4.46	0.046
13 섬유제품 제조업; 의복 제외	남	74	94.8	2682468	0.78	0.62	0.97	0.033
14 의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	남	36	40.9	1157915	0.88	0.62	1.20	0.441
15 가죽, 가방 및 신발 제조업	남	28	23.8	657859	1.18	0.79	1.67	0.386
16 목재 및 나무제품 제조업; 가구 제외	남	14	17.7	528209	0.79	0.45	1.28	0.385
17 펄프, 종이 및 종이제품 제조업	남	49	42.9	1230417	1.14	0.85	1.49	0.348
18 인쇄 및 기록매체 복제업	남	36	39.9	1230569	0.90	0.64	1.23	0.533
19 코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	남	18	13.3	370286	1.36	0.82	2.08	0.197
20 화학 물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	남	144	148.0	4438007	0.97	0.82	1.14	0.742
21 의약품 물질 및 의약품 제조업	남	43	43.7	1361619	0.98	0.72	1.31	0.919
22 고무 및 플라스틱제품 제조업	남	93	109.6	3379890	0.85	0.69	1.03	0.113
23 비금속 광물제품 제조업	남	96	85.5	2455735	1.12	0.91	1.36	0.255
24 1차 금속 제조업	남	109	101.2	2878219	1.08	0.89	1.29	0.439
25 금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	남	174	152.1	4745142	1.14	0.98	1.32	0.076
26 전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	남	375	411.6	12488561	0.91	0.82	1.01	0.071
27 의료, 정밀, 광학 기기 및 시계 제조업	남	52	56.9	1829782	0.91	0.69	1.19	0.518
28 전기장비 제조업	남	145	153.7	4662149	0.94	0.80	1.11	0.483
29 기타 기계 및 장비 제조업	남	251	259.8	8160579	0.97	0.85	1.09	0.583
30 자동차 및 트레일러 제조업	남	285	309.9	8993332	0.92	0.82	1.03	0.158

한국표준업종분류(중분류)	성별	발생	기대 발병수	추적인년	표준화 발병비	신뢰구간		p값
						하한	상한	
31 기타 운송장비 제조업	남	97	99.7	3096134	0.97	0.79	1.18	0.785
32 가구 제조업	남	31	22.0	644701	1.41	0.97	1.97	0.056
33 기타 제품 제조업	남	28	32.9	1008946	0.85	0.57	1.20	0.389
34 산업용 기계 및 장비 수리업	남	9	9.5	323838	0.94	0.45	1.70	0.859
35 전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업	남	80	79.9	2242644	1.00	0.80	1.24	0.989
36 수도업	남	3	2.9	86923	1.02	0.33	3.17	0.972
37 하수, 폐수 및 분뇨 처리업	남	9	4.2	133311	2.14	1.11	4.11	0.022
38 폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업	남	28	17.2	529308	1.63	1.10	2.31	0.010
39 환경 정화 및 복원업	남	0	0.2	7325	0.00	0.00	Inf	1.000
41 종합 건설업	남	406	405.3	12500310	1.00	0.91	1.10	0.971
42 전문직별 공사업	남	15	18.4	536693	0.82	0.47	1.30	0.432
45 자동차 및 부품 판매업	남	38	40.2	1207489	0.95	0.68	1.28	0.733
46 도매 및 상품 중개업	남	403	376.7	12114235	1.07	0.97	1.18	0.175
47 소매업; 자동차 제외	남	151	152.0	5048040	0.99	0.84	1.16	0.936
49 육상 운송 및 파이프라인 운송업	남	237	238.0	6670054	1.00	0.87	1.13	0.947
50 수상 운송업	남	6	12.2	357208	0.49	0.19	0.99	0.081
51 항공 운송업	남	16	12.6	354101	1.27	0.75	2.00	0.332
52 창고 및 운송관련 서비스업	남	102	96.8	2989774	1.05	0.86	1.27	0.595
55 숙박업	남	36	39.0	1164287	0.92	0.65	1.26	0.629
56 음식점 및 주점업	남	56	51.7	1880274	1.08	0.82	1.39	0.551
58 출판업	남	175	197.1	6546212	0.89	0.76	1.03	0.116
59 영상·오디오 기록물 제작 및 배급업	남	9	11.1	379815	0.81	0.39	1.46	0.531
60 방송업	남	22	19.0	554988	1.16	0.74	1.72	0.484
61 우편 및 통신업	남	122	121.0	3288681	1.01	0.84	1.20	0.928
62 컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	남	20	19.8	729888	1.01	0.63	1.52	0.970
63 정보서비스업	남	13	21.9	729742	0.59	0.33	0.98	0.061
64 금융업	남	207	209.4	5885222	0.99	0.86	1.13	0.867
65 보험 및 연금업	남	66	63.0	1726362	1.05	0.81	1.32	0.709
66 금융 및 보험관련 서비스업	남	41	40.5	1196358	1.01	0.73	1.35	0.938
68 부동산업	남	71	89.9	2678238	0.79	0.62	0.99	0.047
70 연구개발업	남	35	36.1	1151952	0.97	0.68	1.33	0.860
71 전문 서비스업	남	103	102.2	3210043	1.01	0.83	1.22	0.934
72 건축 기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업	남	151	151.4	4863247	1.00	0.85	1.17	0.976
73 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	남	10	11.2	396624	0.90	0.45	1.57	0.728
74 사업시설 관리 및 조경 서비스업	남	43	47.6	1550207	0.90	0.66	1.20	0.508
75 사업 지원 서비스업	남	147	143.4	4929766	1.03	0.87	1.20	0.762

빅데이터를 활용한 코호트 운영: 사업장 기반 감시자료 (2)

한국표준업종분류(중분류)	성별	발생	기대 발병수	추적인년	표준화 발병비	신뢰구간		p값
						하한	상한	
76 임대업; 부동산 제외	남	9	7.6	248606	1.19	0.57	2.14	0.609
84 공공 행정, 국방 및 사회보장 행정	남	59	51.1	1518281	1.15	0.88	1.47	0.269
85 교육 서비스업	남	32	50.2	1683955	0.64	0.44	0.89	0.011
86 보건업	남	110	83.0	2673950	1.33	1.09	1.59	0.003
87 사회복지 서비스업	남	16	18.8	667439	0.85	0.50	1.34	0.521
90 창작, 예술 및 여가관련 서비스업	남	14	9.1	297153	1.53	0.86	2.48	0.111
91 스포츠 및 오락관련 서비스업	남	28	31.9	1032506	0.88	0.59	1.25	0.494
94 협회 및 단체	남	21	27.4	836135	0.77	0.48	1.14	0.221
95 개인 및 소비용품 수리업	남	70	65.2	2123213	1.07	0.84	1.34	0.556
96 기타 개인 서비스업	남	12	13.7	447250	0.87	0.47	1.47	0.641
97 가구 내 고용활동	남	0	0.0	1234	0.00	0.00	Inf	1.000
98 달리 분류되지 않은 자가 소비를 위한 가구의 재화 및 서비스 생산활동	남	0	0.0	45	0.00	0.00	Inf	1.000
99 국제 및 외국기관	남	6	5.1	152730	1.19	0.47	2.40	0.675
01 농업	여	5	2.2	92679	2.28	0.82	4.90	0.065
02 임업	여	0	0.5	24746	0.00	0.00	Inf	1.000
03 어업	여	1	0.6	26043	1.69	0.10	7.45	0.598
05 석탄, 원유 및 천연가스 광업	여	0	0.2	8637	0.00	0.00	Inf	1.000
06 금속 광업	여	0	0.0	1365	0.00	0.00	Inf	1.000
07 비금속광물 광업; 연료용 제외	여	0	0.6	24011	0.00	0.00	Inf	1.000
08 광업 지원 서비스업	여	0	0.0	523	0.00	0.00	Inf	1.000
10 식품품 제조업	여	44	51.5	2079202	0.85	0.63	1.13	0.298
11 음료 제조업	여	5	5.3	210799	0.95	0.34	2.04	0.910
12 담배 제조업	여	0	0.4	13972	0.00	0.00	Inf	1.000
13 섬유제품 제조업; 의복 제외	여	48	54.5	2014969	0.88	0.65	1.15	0.378
14 의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	여	51	51.6	1933386	0.99	0.74	1.28	0.931
15 가죽, 가방 및 신발 제조업	여	14	11.7	436790	1.20	0.67	1.94	0.503
16 목재 및 나무제품 제조업; 가구 제외	여	3	3.8	157069	0.80	0.20	2.07	0.696
17 펄프, 종이 및 종이제품 제조업	여	7	8.6	346279	0.81	0.35	1.57	0.581
18 인쇄 및 기록매체 복제업	여	10	11.7	530398	0.85	0.43	1.50	0.619
19 코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	여	3	1.3	57664	2.30	0.57	5.96	0.149
20 화학 물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	여	27	32.2	1400136	0.84	0.56	1.20	0.359
21 의약품 물질 및 의약품 제조업	여	9	15.3	655792	0.59	0.28	1.06	0.110

한국표준업종분류(중분류)	성별	발생	기대 발병수	추적인년	표준화 발병비	신뢰구간		p값
						하한	상한	
22 고무 및 플라스틱제품 제조업	여	30	23.3	993014	1.29	0.88	1.81	0.165
23 비금속 광물제품 제조업	여	7	12.8	531811	0.55	0.23	1.05	0.109
24 1차 금속 제조업	여	7	8.1	341095	0.86	0.37	1.67	0.701
25 금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	여	10	24.2	1075538	0.41	0.21	0.72	0.005
26 전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	여	168	187.6	7442172	0.90	0.77	1.04	0.152
27 의료, 정밀, 광학 기기 및 시계 제조업	여	17	16.7	734570	1.02	0.61	1.58	0.944
28 전기장비 제조업	여	41	39.4	1592876	1.04	0.75	1.39	0.801
29 기타 기계 및 장비 제조업	여	23	31.0	1415659	0.74	0.48	1.09	0.152
30 자동차 및 트레일러 제조업	여	28	33.0	1320979	0.85	0.57	1.20	0.384
31 기타 운송장비 제조업	여	8	7.4	333624	1.08	0.49	2.01	0.828
32 가구 제조업	여	5	4.3	169341	1.17	0.42	2.51	0.730
33 기타 제품 제조업	여	16	12.2	509782	1.31	0.77	2.07	0.274
34 산업용 기계 및 장비 수리업	여	1	0.9	43493	1.09	0.06	4.81	0.929
35 전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업	여	2	7.0	291421	0.28	0.05	0.88	0.075
36 수도업	여	0	0.4	14989	0.00	0.00	Inf	1.000
37 하수, 폐수 및 분뇨 처리업	여	0	0.8	34312	0.00	0.00	Inf	1.000
38 폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업	여	3	3.0	136007	1.00	0.25	2.58	0.993
39 환경 정화 및 복원업	여	1	0.1	2907	16.40	2.31	116.44	0.005
41 종합 건설업	여	80	67.5	3171140	1.19	0.94	1.47	0.127
42 전문직별 공사업	여	1	2.3	97013	0.43	0.02	1.90	0.401
45 자동차 및 부품 판매업	여	7	5.6	257617	1.24	0.53	2.41	0.563
46 도매 및 상품 중개업	여	140	164.9	7739733	0.85	0.72	1.00	0.053
47 소매업; 자동차 제외	여	97	98.7	4609015	0.98	0.80	1.19	0.868
49 육상 운송 및 파이프라인 운송업	여	18	14.6	597419	1.23	0.75	1.89	0.374
50 수상 운송업	여	2	2.4	105577	0.84	0.14	2.59	0.805
51 항공 운송업	여	8	8.7	364424	0.92	0.42	1.71	0.806
52 창고 및 운송관련 서비스업	여	27	28.9	1364934	0.94	0.63	1.33	0.729
55 숙박업	여	13	19.0	765366	0.68	0.38	1.13	0.172
56 음식점 및 주점업	여	28	42.8	1964500	0.65	0.44	0.93	0.024
58 출판업	여	48	60.9	2930623	0.79	0.59	1.03	0.100
59 영상·오디오 기록물 제작 및 배급업	여	1	4.4	233534	0.23	0.01	0.99	0.137
60 방송업	여	6	4.7	205238	1.28	0.51	2.60	0.540
61 우편 및 통신업	여	28	26.7	954594	1.05	0.71	1.49	0.796
62 컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	여	10	5.3	284259	1.88	0.94	3.30	0.046
63 정보서비스업	여	11	13.6	689331	0.81	0.42	1.39	0.484

빅데이터를 활용한 코호트 운영: 사업장 기반 감시자료 (2)

한국표준업종분류(중분류)	성별	발생	기대 발병수	추적인년	표준화 발병비	신뢰구간		p값
						하한	상한	
64 금융업	여	131	122.4	5000274	1.07	0.90	1.26	0.439
65 보험 및 연금업	여	28	37.7	1452564	0.74	0.50	1.05	0.115
66 금융 및 보험관련 서비스업	여	20	19.7	869960	1.01	0.63	1.52	0.954
68 부동산업	여	51	33.9	1478177	1.51	1.13	1.96	0.003
70 연구개발업	여	10	10.0	515795	1.00	0.50	1.76	0.997
71 전문 서비스업	여	64	66.9	3299906	0.96	0.74	1.21	0.722
72 건축 기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업	여	36	30.9	1510678	1.16	0.82	1.59	0.363
73 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	여	9	7.3	393846	1.24	0.59	2.23	0.523
74 사업시설 관리 및 조경 서비스업	여	15	13.7	604240	1.10	0.63	1.75	0.720
75 사업 지원 서비스업	여	97	115.8	5929158	0.84	0.68	1.02	0.081
76 임대업; 부동산 제외	여	2	1.9	91340	1.06	0.18	3.28	0.931
84 공공 행정, 국방 및 사회보장 행정	여	26	22.2	1023717	1.17	0.78	1.68	0.415
85 교육 서비스업	여	95	99.2	4725916	0.96	0.78	1.16	0.677
86 보건업	여	197	228.4	10983971	0.86	0.75	0.99	0.038
87 사회복지 서비스업	여	106	89.9	4779105	1.18	0.97	1.42	0.091
90 창작, 예술 및 여가관련 서비스업	여	7	5.3	261191	1.31	0.56	2.54	0.472
91 스포츠 및 오락관련 서비스업	여	17	14.6	675572	1.16	0.69	1.81	0.530
94 협회 및 단체	여	17	20.5	942279	0.83	0.50	1.29	0.446
95 개인 및 소비용품 수리업	여	9	5.6	258988	1.62	0.78	2.92	0.148
96 기타 개인 서비스업	여	13	13.6	649563	0.96	0.53	1.58	0.875
97 가구 내 고용활동	여	0	0.1	3787	0.00	0.00	Inf	1.000
98 달리 분류되지 않은 자가 소비를 위한 가구의 재화 및 서비스 생산활동	여	0	0.0	48	0.00	0.00	Inf	1.000
99 국제 및 외국기관	여	1	1.6	68492	0.62	0.04	2.73	0.634
01 농업	전체	19	14.3	437338	1.33	0.82	2.02	0.215
02 임업	전체	1	2.1	77415	0.47	0.03	2.07	0.452
03 어업	전체	2	4.5	137609	0.44	0.07	1.37	0.251
05 석탄, 원유 및 천연가스 광업	전체	3	4.5	119580	0.67	0.17	1.74	0.491
06 금속 광업	전체	0	0.3	7619	0.00	0.00	Inf	1.000
07 비금속광물 광업; 연료용 제외	전체	8	5.4	161206	1.48	0.68	2.76	0.264
08 광업 지원 서비스업	전체	0	0.0	1245	0.00	0.00	Inf	1.000
10 식료품 제조업	전체	177	161.1	5352544	1.10	0.94	1.27	0.211
11 음료 제조업	전체	31	34.0	1022355	0.91	0.63	1.27	0.608
12 담배 제조업	전체	7	3.7	103271	1.90	0.82	3.67	0.089
13 섬유제품 제조업; 의복 제외	전체	122	149.3	4697437	0.82	0.68	0.97	0.026
14 의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	전체	87	92.6	3091301	0.94	0.76	1.15	0.564

한국표준업종분류(중분류)	성별	발생	기대 발병수	추적인년	표준화 발병비	신뢰구간		p값
						하한	상한	
15 가죽, 가방 및 신발 제조업	전체	42	35.5	1094649	1.18	0.86	1.58	0.274
16 목재 및 나무제품 제조업; 가구 제외	전체	17	21.4	685278	0.79	0.47	1.23	0.341
17 펄프, 종이 및 종이제품 제조업	전체	56	51.5	1576696	1.09	0.83	1.40	0.529
18 인쇄 및 기록매체 복제업	전체	46	51.6	1760967	0.89	0.66	1.17	0.433
19 코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	전체	21	14.6	427950	1.44	0.91	2.15	0.095
20 화학 물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	전체	171	180.2	5838143	0.95	0.81	1.10	0.493
21 의료용 물질 및 의약품 제조업	전체	52	59.0	2017411	0.88	0.66	1.14	0.363
22 고무 및 플라스틱제품 제조업	전체	123	132.9	4372904	0.93	0.77	1.10	0.391
23 비금속 광물제품 제조업	전체	103	98.3	2987546	1.05	0.86	1.26	0.636
24 1차 금속 제조업	전체	116	109.3	3219314	1.06	0.88	1.27	0.522
25 금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	전체	184	176.3	5820680	1.04	0.90	1.20	0.564
26 전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	전체	543	599.3	19930733	0.91	0.83	0.98	0.022
27 의료, 정밀, 공학 기기 및 시계 제조업	전체	69	73.6	2564352	0.94	0.73	1.18	0.593
28 전기장비 제조업	전체	186	193.1	6255025	0.96	0.83	1.11	0.608
29 기타 기계 및 장비 제조업	전체	274	290.9	9576238	0.94	0.83	1.06	0.323
30 자동차 및 트레일러 제조업	전체	313	342.9	10314311	0.91	0.82	1.02	0.107
31 기타 운송장비 제조업	전체	105	107.1	3429758	0.98	0.80	1.18	0.837
32 가구 제조업	전체	36	26.3	814042	1.37	0.97	1.87	0.059
33 기타 제품 제조업	전체	44	45.1	1518728	0.98	0.71	1.29	0.867
34 산업용 기계 및 장비 수리업	전체	10	10.5	367331	0.96	0.48	1.68	0.886
35 전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업	전체	82	86.9	2534065	0.94	0.75	1.16	0.597
36 수도업	전체	3	3.3	101912	0.90	0.22	2.34	0.859
37 하수, 폐수 및 분뇨 처리업	전체	9	5.0	167623	1.81	0.87	3.26	0.075
38 폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업	전체	31	20.2	665315	1.54	1.06	2.14	0.017
39 환경 정화 및 복원업	전체	1	0.3	10232	3.76	0.21	16.53	0.186
41 종합 건설업	전체	486	472.7	15671450	1.03	0.94	1.12	0.542
42 전문직별 공사업	전체	16	20.7	633706	0.77	0.45	1.22	0.304
45 자동차 및 부품 판매업	전체	45	45.8	1465106	0.98	0.72	1.30	0.907
46 도매 및 상품 중개업	전체	543	541.6	19853968	1.00	0.92	1.09	0.950
47 소매업; 자동차 제외	전체	248	250.6	9657055	0.99	0.87	1.12	0.867
49 육상 운송 및 파이프라인 운송업	전체	255	252.6	7267473	1.01	0.89	1.14	0.881
50 수상 운송업	전체	8	14.6	462785	0.55	0.25	1.02	0.088

빅데이터를 활용한 코호트 운영: 사업장 기반 감시자료 (2)

한국표준업종분류(중분류)		성별	발생	기대 발병수	추적인년	표준화 발병비	신뢰구간		p값
							하한	상한	
51	항공 운송업	전체	24	21.3	718525	1.13	0.73	1.64	0.556
52	창고 및 운송관련 서비스업	전체	129	125.6	4354708	1.03	0.86	1.21	0.764
55	숙박업	전체	49	58.0	1929653	0.84	0.63	1.10	0.238
56	음식점 및 주점업	전체	84	94.6	3844774	0.89	0.71	1.09	0.278
58	출판업	전체	223	258.0	9476835	0.86	0.76	0.98	0.030
59	영상·오디오 기록물 제작 및 배급업	전체	10	15.5	613349	0.64	0.32	1.13	0.165
60	방송업	전체	28	23.6	760226	1.19	0.80	1.68	0.368
61	우편 및 통신업	전체	150	147.7	4243275	1.02	0.86	1.19	0.848
62	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	전체	30	25.2	1014147	1.19	0.82	1.67	0.334
63	정보서비스업	전체	24	35.4	1419073	0.68	0.44	0.99	0.056
64	금융업	전체	338	331.9	10885496	1.02	0.91	1.13	0.736
65	보험 및 연금업	전체	94	100.7	3178926	0.93	0.76	1.13	0.502
66	금융 및 보험관련 서비스업	전체	61	60.3	2066318	1.01	0.78	1.29	0.923
68	부동산업	전체	122	123.7	4156415	0.99	0.82	1.17	0.875
70	연구개발업	전체	45	46.0	1667747	0.98	0.72	1.29	0.877
71	전문 서비스업	전체	167	169.1	6509949	0.99	0.85	1.15	0.873
72	건축 기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업	전체	187	182.3	6373925	1.03	0.89	1.18	0.728
73	기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	전체	19	18.4	790470	1.03	0.63	1.57	0.895
74	사업시설 관리 및 조경 서비스업	전체	58	61.2	2154447	0.95	0.72	1.21	0.679
75	사업 지원 서비스업	전체	244	259.2	10858924	0.94	0.83	1.06	0.346
76	임대업; 부동산 제외	전체	11	9.5	339946	1.16	0.60	1.99	0.619
84	공공 행정, 국방 및 사회보장 행정	전체	85	73.3	2541998	1.16	0.93	1.42	0.170
85	교육 서비스업	전체	127	149.3	6409871	0.85	0.71	1.01	0.068
86	보건업	전체	307	311.4	13657921	0.99	0.88	1.10	0.802
87	사회복지 서비스업	전체	122	108.7	5446544	1.12	0.93	1.33	0.204
90	창작, 예술 및 여가관련 서비스업	전체	21	14.5	558344	1.45	0.92	2.16	0.088
91	스포츠 및 오락관련 서비스업	전체	45	46.5	1708078	0.97	0.71	1.28	0.830
94	협회 및 단체	전체	38	47.9	1778414	0.79	0.57	1.07	0.154
95	개인 및 소비용품 수리업	전체	79	70.8	2382201	1.12	0.89	1.38	0.330
96	기타 개인 서비스업	전체	25	27.3	1096813	0.92	0.60	1.32	0.659
97	가구 내 고용활동	전체	0	0.1	5021	0.00	0.00	Inf	1.000
98	달리 분류되지 않은 자가 소비를 위한 가구의 재화 및 서비스 생산활동	전체	0	0.0	93	0.00	0.00	Inf	1.000
99	국제 및 외국기관	전체	7	6.7	221222	1.05	0.45	2.03	0.897

〈부록 2-1〉 폐기물 운반·수집, 처리, 원료재생업에서의 트리클로로에틸렌 작업환경측정결과

년도	전체시료 (N) [†]	검출시 료 (N) [†]	시간가중평균농도 (단위: ppm)									
			산술평균	표준편차	기하평균	중위수	최솟값	최댓값	백분위수			
									75	90	95	99
2002	1	1	0.163		0.163	0.1626	0.163	0.163	0.1626	0.1626	0.1626	0.1626
2003	2	2	5.000	0.000	5.000	5.0000	5.000	5.000	5.0000	5.0000	5.0000	5.0000
2004	3	3	0.102	0.176	7.E-05	1.E-06	1.E-06	0.305	1.E-06	1.E-06	1.E-06	1.E-06
2005	9	2	0.031	0.061	8.E-06	5.E-07	5.E-07	0.142	0.0668	0.0668	0.0668	0.0668
2006	9	2	0.002	0.005	5.E-06	5.E-07	5.E-07	0.014	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040
2007	16	4	0.199	0.629	1.E-05	5.E-07	5.E-07	2.524	0.0236	0.9891	0.9891	0.9891
2008	58	13	0.410	1.411	1.E-05	5.E-07	5.E-07	5.774	5.E-07	0.4288	5.3145	5.3145
2009	18	5	1.327	2.754	3.E-05	5.E-07	5.E-07	9.649	1.1749	5.3604	5.3604	5.3604
2010	40	14	0.275	0.643	6.E-05	5.E-07	5.E-07	2.776	0.1394	1.0314	2.5246	2.5246
2011	31	5	0.248	0.822	5.E-06	5.E-07	5.E-07	3.338	5.E-07	0.4020	3.2932	3.2932
2012	19	3	0.097	0.314	4.E-06	5.E-07	5.E-07	1.344	5.E-07	0.3670	0.3670	0.3670
2013	20	4	0.024	0.070	5.E-06	5.E-07	5.E-07	0.302	5.E-07	0.1024	0.2921	0.2921
2014	15	6	0.060	0.090	7.E-05	5.E-07	5.E-07	0.295	0.0919	0.2205	0.2205	0.2205
2015	15	4	0.039	0.069	1.E-05	5.E-07	5.E-07	0.189	0.1190	0.1610	0.1610	0.1610
2016	21	4	0.090	0.266	6.E-06	5.E-07	5.E-07	1.182	5.E-07	0.3132	1.0969	1.0969
2017	21	3	0.090	0.227	4.E-06	5.E-07	5.E-07	0.684	5.E-07	0.6138	0.6777	0.6777
2018	16	2	0.258	0.810	3.E-06	5.E-07	5.E-07	3.161	5.E-07	1.6208	1.6208	1.6208
2019	16	0	5.E-07	0.000	5.E-07	5.E-07	5.E-07	5.E-07	5.E-07	5.E-07	5.E-07	5.E-07
2020	22	0	5.E-07	0.000	5.E-07	5.E-07	5.E-07	5.E-07	5.E-07	5.E-07	5.E-07	5.E-07
2021	24	1	0.012	0.057	9.E-07	5.E-07	5.E-07	0.277	5.E-07	5.E-07	0.2078	0.2078
전체	376	78	0.245	1.001	8.E-06	5.E-07	5.E-07	9.649	5.E-07	0.3027	1.1080	5.4015

[†] 측정결과 ‘불검출’ 및 ‘검출한계미만’, ‘0’을 제외한 시료 수

[†] 검출시료의 최소 측정값(=0.000001)의 1/2 값(=5.00.E-07)으로 ‘불검출’ 및 ‘검출한계미만’, ‘0’을 치환 후 분석

〈부록 2-2〉 폐기물 운반·수집, 처리, 원료재생업에서의 벤젠 작업환경측정결과

년도	전체시료 (N) [†]	검출시료 (N) [†]	시간가중평균농도 (단위: ppm)									
			산술평균	표준편차	기하평균	중위수	최솟값	최댓값	백분위수			
									75	90	95	99
2003	3	0	0.00005	0.00000	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005
2005	13	1	0.01312	0.04714	0.00009	0.00005	0.00005	0.17000	0.00005	0.10202	0.10202	0.10202
2006	15	4	0.03915	0.06844	0.00042	0.00005	0.00005	0.17000	0.11038	0.17000	0.17000	0.17000
2007	17	8	0.07909	0.14686	0.00080	0.00005	0.00005	0.36000	0.15550	0.36000	0.36000	0.36000
2008	77	2	0.00888	0.05443	0.00006	0.00005	0.00005	0.34000	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005
2009	28	1	0.01213	0.06390	0.00007	0.00005	0.00005	0.33820	0.00005	0.00005	0.18603	0.18603
2010	53	14	0.04384	0.10414	0.00033	0.00005	0.00005	0.44360	0.00080	0.21378	0.35105	0.35105
2011	41	8	0.01433	0.03505	0.00020	0.00005	0.00005	0.14600	0.00005	0.07052	0.12131	0.12131
2012	54	8	0.01780	0.04419	0.00016	0.00005	0.00005	0.16010	0.00005	0.09800	0.14798	0.14798
2013	53	5	0.01567	0.05870	0.00010	0.00005	0.00005	0.28990	0.00005	0.01400	0.21516	0.21516
2014	61	11	0.01830	0.07399	0.00017	0.00005	0.00005	0.53840	0.00005	0.02581	0.12942	0.12942
2015	56	11	0.01126	0.03596	0.00018	0.00005	0.00005	0.22180	0.00005	0.03918	0.10310	0.10310
2016	64	11	0.01383	0.04021	0.00017	0.00005	0.00005	0.21210	0.00005	0.04460	0.12528	0.12528
2017	71	5	0.00708	0.03407	0.00008	0.00005	0.00005	0.20420	0.00005	0.00005	0.04342	0.04342
2018	64	7	0.01079	0.04204	0.00011	0.00005	0.00005	0.20910	0.00005	0.01235	0.14658	0.14658
2019	69	12	0.03370	0.08339	0.00021	0.00005	0.00005	0.39500	0.00005	0.15800	0.19455	0.19455
2020	80	3	0.00412	0.02436	0.00007	0.00005	0.00005	0.18290	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005
2021	92	11	0.01247	0.04269	0.00012	0.00005	0.00005	0.21560	0.00005	0.02159	0.14376	0.14376
전체	911	122	0.01697	0.05942	0.00013	0.00005	0.00005	0.53840	0.00005	0.03592	0.14616	0.33978

[†] 측정결과 ‘불검출’ 및 ‘검출한계미만’, ‘0’을 제외한 시료 수

[‡] 검출시료의 최소 측정값 (=1.00.E-04)의 1/2 값 (=0.00005)으로 ‘불검출’ 및 ‘검출한계미만’, ‘0’을 치환 후 분석

〈부록 2-3〉 폐기물 운반·수집, 처리, 원료재생업에서의 포름알데히드 작업환경측정결과

년도	전체시료 (N) [†]	검출시료 (N) [†]	시간가중평균농도 (단위: ppm)									
			산술평균	표준편차	기하평균	중위수	최솟값	최댓값	백분위수			
									75	90	95	99
2002	4	4	0.0381	0.02039	0.0304	0.0478	0.0076	0.0493	0.0493	0.0493	0.0493	0.0493
2003	3	3	0.0308	0.01918	0.0254	0.0349	0.0099	0.0476	0.0349	0.0349	0.0349	0.0349
2004	5	5	0.0410	0.05938	0.0027	0.0044	1.E-06	0.1381	0.0983	0.0983	0.0983	0.0983
2005	11	11	0.0198	0.02596	0.0123	0.0072	0.0050	0.0938	0.0210	0.0813	0.0813	0.0813
2006	16	16	0.0231	0.01232	0.0203	0.0173	0.0108	0.0420	0.0374	0.0420	0.0420	0.0420
2007	20	17	0.0109	0.01374	0.0017	0.0044	5.E-07	0.0515	0.0158	0.0329	0.0506	0.0506
2008	30	30	0.0186	0.02868	0.0077	0.0061	0.0011	0.1055	0.0165	0.0524	0.1055	0.1055
2010	6	6	0.0103	0.00739	0.0071	0.0110	0.0010	0.0210	0.0158	0.0158	0.0158	0.0158
2011	6	6	0.0100	0.00390	0.0093	0.0100	0.0050	0.0150	0.0135	0.0135	0.0135	0.0135
2012	20	10	0.0048	0.00801	4.E-05	5.E-07	5.E-07	0.0295	0.0104	0.0157	0.0288	0.0288
2013	24	12	0.0019	0.00270	4.E-05	0.0004	5.E-07	0.0097	0.0029	0.0064	0.0090	0.0090
2014	27	20	0.0087	0.01041	0.0006	0.0043	5.E-07	0.0375	0.0159	0.0245	0.0331	0.0331
2015	19	18	0.0070	0.00524	0.0033	0.0061	5.E-07	0.0167	0.0122	0.0140	0.0140	0.0140
2016	23	13	0.0061	0.01096	0.0001	0.0029	5.E-07	0.0500	0.0076	0.0181	0.0444	0.0444
2017	25	23	0.0170	0.02401	0.0039	0.0078	5.E-07	0.1080	0.0187	0.0496	0.0912	0.0912
2018	28	22	0.0110	0.01455	0.0010	0.0049	5.E-07	0.0566	0.0165	0.0328	0.0487	0.0487
2019	36	27	0.0078	0.01093	0.0006	0.0055	5.E-07	0.0497	0.0087	0.0200	0.0426	0.0426
2020	39	26	0.0074	0.01041	0.0003	0.0025	5.E-07	0.0421	0.0120	0.0238	0.0375	0.0375
2021	56	35	0.0064	0.01046	0.0002	0.0021	5.E-07	0.0488	0.0075	0.0247	0.0324	0.0324
전체	398	304	0.0107	0.01697	0.0007	0.0050	5.E-07	0.1381	0.0126	0.0312	0.0476	0.1055

[†] 측정결과 '불검출' 및 '검출한계미만', '0'을 제외한 시료 수

[†] 검출시료의 최소 측정값(=1.00.E-06)의 1/2 값(=5.00.E-07)으로 '불검출' 및 '검출한계미만', '0'을 치환 후 분석

〈부록 2-4〉 폐기물 운반·수집, 처리, 원료재생업에서의 스티렌 작업환경측정결과

년도	전체시료 (N) [†]	검출시료 (N) [†]	시간가중평균농도 (단위: ppm)									
			산술평균	표준편차	기하평균	중위수	최솟값	최댓값	백분위수			
									75	90	95	99
2005	20	2	0.0928	0.4013	0.0009	0.0005	0.0005	1.7970	0.0005	0.0448	1.7096	1.7096
2006	19	1	0.2487	1.0820	0.0008	0.0005	0.0005	4.7170	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
2007	23	2	0.0005	0.0001	0.0005	0.0005	0.0005	0.0010	0.0005	0.0008	0.0010	0.0010
2008	29	12	0.0577	0.1099	0.0046	0.0005	0.0005	0.4870	0.0758	0.1153	0.4210	0.4210
2009	8	4	0.0762	0.1044	0.0078	0.0184	0.0005	0.2801	0.1538	0.1538	0.1538	0.1538
2010	25	5	0.0710	0.3123	0.0014	0.0005	0.0005	1.5669	0.0005	0.0692	1.1208	1.1208
2011	24	4	0.0449	0.1231	0.0013	0.0005	0.0005	0.5074	0.0005	0.2605	0.4541	0.4541
2012	26	1	0.0117	0.0570	0.0006	0.0005	0.0005	0.2909	0.0005	0.0005	0.1893	0.1893
2013	37	3	0.0078	0.0304	0.0007	0.0005	0.0005	0.1761	0.0005	0.0099	0.0606	0.0606
2014	37	3	0.0230	0.0967	0.0008	0.0005	0.0005	0.5653	0.0005	0.0246	0.1893	0.1893
2015	37	2	0.0097	0.0393	0.0007	0.0005	0.0005	0.1815	0.0005	0.0005	0.1634	0.1634
2016	48	3	0.0229	0.1021	0.0007	0.0005	0.0005	0.6419	0.0005	0.0005	0.2244	0.2244
2017	54	5	0.0519	0.1797	0.0009	0.0005	0.0005	0.9129	0.0005	0.1038	0.5572	0.5572
2018	59	6	0.0285	0.1324	0.0009	0.0005	0.0005	0.9674	0.0005	0.0476	0.2092	0.2092
2019	71	13	0.0457	0.1214	0.0015	0.0005	0.0005	0.5904	0.0005	0.1616	0.3858	0.3858
2020	72	8	0.0529	0.1837	0.0010	0.0005	0.0005	1.1072	0.0005	0.0692	0.5681	0.5681
2021	88	6	0.0150	0.0876	0.0007	0.0005	0.0005	0.7866	0.0005	0.0005	0.0667	0.0667
전체	677	80	0.0406	0.2315	0.0010	0.0005	0.0005	4.7170	0.0005	0.0550	0.2037	0.8144

[†] 측정결과 '불검출' 및 '검출한계미만', '0'을 제외한 시료 수

[†] 검출시료의 최소 측정값(=0.001)의 1/2 값(=0.0005)으로 '불검출' 및 '검출한계미만', '0'을 치환 후 분석

연구진

연구기관 : 산업안전보건연구원

연구책임자 : 이 경 은 (선임연구위원, 중부권역학조사팀)

연구원 : 최준혁 (과장, 역학조사부)

연구원 : 김유진 (대리, 역학조사부)

연구원 : 예신희 (팀장, 중부권역학조사팀)

연구원 : 전교연 (과장, 중부권역학조사팀)

연구원 : 윤민주 (과장, 중부권역학조사팀)

연구기간

2022. 02. 24. ~ 2022. 12. 31.

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며,
우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

빅데이터를 활용한 코호트 운영: 사업장 기반 감시자료 (2)
(2022-산업안전보건연구원-807)

발 행 일 : 2022년 12월 31일

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 김은아

연구책임자 : 직업건강연구실 역학조사부중부권역학조사팀 이경은

발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전 화 : 032-510-0753

팩 스 : 032-510-0759

Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>

I S B N : 979-11-92782-42-3

공공안심글꼴 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체