



시간에 따른 발암물질 노출수준 변화 평가(1)

OSHRI

산업재해예방
안전보건공단
산업안전보건연구원



연구보고서

시간에 따른 발암물질 노출수준 변화 평가(1)

박주현, 박동욱, 최상준, 고동희

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



제 출 문

산업안전보건연구원장 귀하

본 보고서를 “시간에 따른 발암물질 노출수준 변화 평가
(1)”의 최종 보고서로 제출합니다.

2023년 11월

연구진

연구기관 : 동국대학교 산학협력단
연구책임자 : 박주현 (교수, 동국대학교)
연구원 : 박동욱 (교수, 한국방송통신대학교)
연구원 : 최상준 (부교수, 가톨릭대학교)
연구원 : 고동희 (교수, 가톨릭관동대학교)
보조연구원 : 이재범 (대학원생, 동국대학교)
보조연구원 : 심우림 (대학원생, 동국대학교)
보조연구원 : 조영규 (대학원생, 동국대학교)

요약문

- 연구기간 : 2023년 5월 ~ 2023년 11월
- 핵심단어 : 작업환경측정, Joinpoint Regression, 노출평가
- 연구과제명 : 시간에 따른 발암물질 노출수준 변화 평가(1)

1. 연구배경

여러 산업현장, 특히 제조업에 근무하는 노동자의 경우 다양한 화학물질을 다루고 있고 그로 인해 직무와 관련된 유해물질에 지속적으로 노출되고 있다. 노동자를 대상으로 한 역학연구의 과학적 근거가 축적될수록 암을 유발하는 유해물질의 노출 기준치가 낮아지고 있으나 노출 관련 제도 개선이 발암물질 노출 수준의 변화에 미치는 영향에 대한 평가는 현재까지 이루어지지 않고 있다. 제도 개선의 영향을 평가하기 위해서는 먼저 특정 발암물질의 과거 노출 수준에 대한 정량적 추정과 더불어 연혁에 따른 해당 물질과 관련된 제도 개선의 정리가 필수적이다. 이를 위해 여러 유해인자 중에서도 국제암연구소(International agency of research on cancer, IARC)가 지정한 1급 발암물질을 대상으로 작업환경측정자료 분석을 통하여 정량적으로 시간에 따른 발암물질 노출 수준의 변화를 파악하는 것이 필요하다. 그 정량적 분석 결과를 바탕으로 노출 관련 제도 개선 시점과 노출 수준의 변화시점을 연계하여 제도개선의 효과에 대하여 산업/환경의학 전문가의 종합적인 검토가 필요하다.

2. 주요 연구내용

1) 작업환경측정자료의 전처리 과정

2002년부터 2022년까지의 작업환경 측정자료에서 벤젠, 포름알데히드, 석면을 분석 대상으로 하였다. 해당 기간 동안 변경된 표준산업분류와 공정을 정리하여 산업별, 공정별 결과를 생성할 수 있도록 하였으며, 탐색적 자료 분석을 통해 노출수준에 영향을 미칠 수 있는 요소들(예, 측정 시간 등)의 분포를 살펴본 후 노출 기준을 중심으로 하여 잠재적으로 이상치에 해당하는 자료를 전처리 작업으로 제거한 뒤 분석에 적합한 자료를 생성하였다.

2) Joinpoint Regression 모형의 개선

과거 노출 수준의 변화점을 찾기 위해 미국 국립암연구소(US NCI)가 개발한 Joinpoint Regression 모형을 불검출 자료의 특성을 반영하면서 평균뿐 아니라 분위수를 추정할 수 있는 모형으로 개선하였고, 모의실험을 통해 여러 상황에서 모형의 성능을 평가한 후 전처리된 작업환경측정자료에 적용을 하였다.

3) 발암물질의 과거 노출 추정 및 제도 개선에 의한 효과 분석

벤젠, 포름알데히드, 석면 각각의 전체 자료 뿐 아니라 각 유해물질이 주로 취급되는 산업소분류와 공정을 선별하여 Joinpoint Regression 모형을 적합해서 과거 노출 수준의 변화를 추정하였다. 추정에 앞서 자료 분석 기간인 2002년부터 2022년까지 벤젠, 포름알데히드, 석면의 연도별 불검출률은 각각 3.7%~96.4%, 3.0% ~36.4%, 0.0%~82.5%이고, 석면을 제외한 벤젠과 포름알데히드는 최근 연도에 가까울수록 불검출률이 높아지는 경향이 관측되었다. Joinpoint Regression 분석 결과로써, 벤젠, 포름알데히드, 석면 모두 높은 노출수준에 해당하는 95%분위수가 고용노동부 고시 노

출 기준보다 낮게 추정되는 것을 확인했다. 2009년 이후 사용이 전면 금지된 석면을 제외하고 벤젠과 포름알데히드는 전체 자료를 분석했을 때 2002년 이후 최근 연도까지 평균 노출수준 뿐 아니라 95%분위수 노출도 지속적으로 감소하는 것을 확인하였다. 또한, 두 물질 모두 노출 기준이 제도적으로 낮아진 연도이후 1~2년 내 노출 수준이 급격하게 변화하는 경향을 보였다. 특히, 벤젠은 비교적 최근인 2016년 하반기에 노동부 노출기준이 TWA 1ppm에서 0.5ppm으로 낮아졌고, Joinpoint Regression 분석 결과로써 2017년에 95%분위수의 감소율이 변경되었는데 2015년부터 2017년까지 매년 약 13%씩 감소하던 추세가 2017년부터 2019년까지 매년 약 57% 급격히 감소하는 추세로 변경되었다. 추세 변경으로 인해 2017년부터 벤젠의 2019년 95%분위값인 0.012ppm에 도달하는 데는 2년이 걸린 데 반해 기존의 감소율인 13%씩 감소를 하면 같은 노출수준에 도달하는데 12년(2029년)이 걸리므로 강화된 노출 기준의 효과로써 약 10년이 단축된 것을 확인하였다. 하지만, 벤젠의 노출기준이 2003년 7월에 TWA 10ppm에서 1ppm으로 변경된 것은 2003년까지의 자료 수의 부족으로 그 효과를 확인할 수 없었다. 포름알데히드의 경우 2007년을 기점으로 95%분위수의 감소 폭이 6.6%에서 24.8%로 크게 증가하였는데, 이는 2007년 6월에 TWA 1ppm에서 0.5ppm으로 변경된 영향으로 해석할 수 있다. 이러한 양적 분석 결과를 바탕으로 산업보건전문가와 직업환경전문가가 제도 개선 및 노출 수준 변화, 그리고 변화에 대한 가능한 이유 등을 종합적으로 고찰하였다.

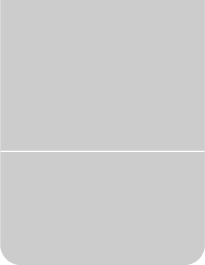
3. 연구 활용방안

발암물질의 제도 고시가 산업현장에 반영되어 실제적 개선 효과가 발생 할 때까지 걸리는 시간 및 노출 농도 감소를 분석하는 방법을 개발함으로써

추후 유사 유해화학물질들의 제도 개선 시 효과를 질적 및 정량적으로 평가할 수 있을 것으로 기대한다. 또한, 추정된 발암물질의 과거 노출수준을 이용해서 추후 직업적 노출로 인한 산업재해 판단의 과학적 근거 및 역학연구에 활용될 것으로 기대한다.

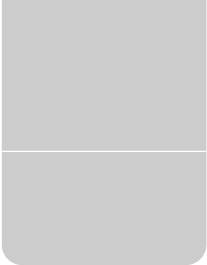
4. 연락처

- 연구책임자 : 동국대학교 통계학과 교수 박주현
- 연구상대역 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실 연구위원 윤민주
 - ☎ 032) 510-0756
 - E-mail : mjmj@kosha.or.kr



목 차

I. 서론	3
1. 연구배경 및 필요성	3
2. 연구목표	4
II. 연구내용 및 방법	7
1. 연구내용 및 범위	7
2. 연구추진체계	8
3. 연구방법	8
III. 결과	27
1. 작업환경실태조사	27
2. 작업환경측정자료의 전처리 과정	35



목 차

3. Joinpoint Regression 모형의 개선	57
4. 벤젠의 과거 노출 추정 및 제도 개선이 노출수준에 미치는 효과 분석 및 고찰	68
5. 포름알데히드의 과거 노출 추정 및 제도 개선이 노출수준에 미치는 효과 분석 및 고찰	111
6. 석면의 과거 노출 추정 및 제도 개선이 노출수준에 미치는 효과 분석 및 고찰	130
 IV. 결론 및 제언	167
 참고문헌	171
 Abstract	173

부록	176
[부록 1] 모의실험을 위한 R 코드 (추세변화점 1개인 경우)	176
[부록 2] 모의실험을 위한 R 코드 (추세변화점 1개, 절단점 1개인 경우)	179
[부록 3] 벤젠 기초통계	182
[부록 4] 포름알데히드 기초통계	229
[부록 5] 석면 기초통계	280

표 목차

〈표 I-1〉 고용노동부 “화학물질 및 물리적 인자의 노출기준” 별표 1	3
〈표 II-1〉 연구내용, 세부목표 및 범위 요약	7
〈표 II-2〉 한국표준산업분류의 변화(통계청 고시 제2017-13호)	10
〈표 II-3〉 납 작업환경측정자료의 연도별 한국산업분류 버전 및 매칭률 (최상준 등, 2022)	11
〈표 II-4〉 작업환경측정자료에서 연도별 유해화학물질코드의 변화 (최상준 등, 2022)	12
〈표 II-5〉 불검출자료 조건에 따른 데이터셋의 적정 분석 방법비교 결과(박주현 등, 2022)	15
〈표 II-6〉 벤젠 노출 기준 개정 연혁	21
〈표 II-7〉 자동차 산업 관련 석면 규제 제도의 변화(최상준 등, 2017)	22
〈표 III-1〉 작업환경실태조사 벤젠 취급 사업장의 산업중분류, 규모별 분포	29
〈표 III-2〉 작업환경실태조사 벤젠 취급 사업장의 산업중분류, 사용공정별 분포	30
〈표 III-3〉 벤젠을 사용하는 상위 5개 산업세세분류의 표본 분포	31
〈표 III-4〉 작업환경실태조사 포름알데히드 취급 사업장의 산업중분류, 규모별 분포	32

〈표 III-5〉 작업환경실태조사 포름알데히드 취급 사업장의 산업중분류, 사용공정별 분포	34
〈표 III-6〉 포름알데히드를 사용하는 상위 5개 산업세세분류의 표본 분포	35
〈표 III-7〉 요청 대상 물질	36
〈표 III-8〉 측정자료 요청 변수	37
〈표 III-9〉 연도(반기)별 자료 수	38
〈표 III-10〉 연도별 변수명	39
〈표 III-11〉 연도 및 유해물질코드별 자료 수	41
〈표 III-12〉 물질코드별 작업환경측정자료 내 물질명	43
〈표 III-13〉 주요물질별 상세물질명 자료 수	44
〈표 III-14〉 연도별 측정시간 변수(생성변수) 결측치 수	45
〈표 III-15〉 물질 및 연도별 노출기준값 개수	46
〈표 III-16〉 물질별 노출기준 범위 밖 자료의 수	47
〈표 III-17〉 산업분류코드 연계 과정의 연도별 결측치 수	50
〈표 III-18〉 산업분류코드 연계 후 물질별, 연도별 결측치 수	51
〈표 III-19〉 표준화 공정코드 및 공정명(SPC)	53
〈표 III-20〉 SPC 공정코드 매칭 결과	54
〈표 III-21〉 데이터 전처리 후 물질 및 연도별 자료 수	55
〈표 III-22〉 loess모형 적용 후 물질별, 연도별 불검출(LOD)값	56
〈표 III-23〉 추세변화점이 없는 경우의 모의실험 결과	61
〈표 III-24〉 추세변화점이 1개인 경우의 모의실험 결과	63

표 목차

〈표 Ⅲ-25〉 추세변화점이 2개인 경우의 연도별 추세변화점 선정 비율	65
〈표 Ⅲ-26〉 추세변화점이 1개, 절단점 1개인 경우 모의 실험 결과	67
〈표 Ⅲ-27〉 건축용 도로 내 휘발성유기화합물 함유 기준	76
〈표 Ⅲ-28〉 자동차보수용/도로표지, 보수용 도로 내 휘발성유기화합물 함유 기준	77
〈표 Ⅲ-29〉 공업용 도로 내 휘발성유기화합물 함유 기준	78
〈표 Ⅲ-30〉 벤젠 : 산업 전체 자료 및 불검출 자료수(ND)	83
〈표 Ⅲ-31〉 벤젠 : 산업 전체 기간별 변화율	86
〈표 Ⅲ-32〉 벤젠 : 산업 전체 기간별 변화율(2007년 제외)	87
〈표 Ⅲ-33〉 벤젠 : 석유정제품 제조업 자료 및 불검출 자료수(ND)	89
〈표 Ⅲ-34〉 벤젠 : 석유정제품 제조업 기간별 변화율	91
〈표 Ⅲ-35〉 벤젠 : 기초 화학물질 제조업 자료 및 불검출 자료수(ND)	92
〈표 Ⅲ-36〉 벤젠 : 기초 화학물질 제조업 기간별 변화율	94
〈표 Ⅲ-37〉 벤젠 : 기초 화학물질 제조업 기간별 변화율(2007년 제외)	95
〈표 Ⅲ-38〉 벤젠 : 인쇄 및 인쇄관련 산업 자료 및 불검출 자료수(ND)	96
〈표 Ⅲ-39〉 벤젠 : 인쇄 및 인쇄관련 산업 기간별 변화율	98
〈표 Ⅲ-40〉 벤젠 : 검사 공정 자료 및 불검출 자료수(ND)	99
〈표 Ⅲ-41〉 벤젠 : 검사 공정 기간별 변화율	101
〈표 Ⅲ-42〉 벤젠 : 도장 공정 자료 및 불검출 자료수(ND)	102
〈표 Ⅲ-43〉 벤젠 : 검사 공정 기간별 변화율	104
〈표 Ⅲ-44〉 세브란스산업보건센터의 연도별 벤젠 자료 수	105

〈표 Ⅲ-45〉 미국 ACGIH TLV 규제 내용	111
〈표 Ⅲ-46〉 포름알데히드 : 산업 전체 자료 및 불검출 자료수(ND)	114
〈표 Ⅲ-47〉 포름알데히드 : 산업 전체 기간별 변화율	116
〈표 Ⅲ-48〉 포름알데히드 : 산업 전체 기간별 변화율(2007년 제외)	117
〈표 Ⅲ-49〉 포름알데히드 : 병원업 자료 및 불검출 자료수(ND)	118
〈표 Ⅲ-50〉 포름알데히드 : 병원업 기간별 변화율	120
〈표 Ⅲ-51〉 포름알데히드 : 병원업 기간별 변화율(2007년 제외)	122
〈표 Ⅲ-52〉 포름알데히드 : 기타 화학제품 제조업 자료 및 불검출 자료수(ND)	122
〈표 Ⅲ-53〉 포름알데히드 : 기타 화학제품 제조업 기간별 변화율	125
〈표 Ⅲ-54〉 포름알데히드 : 검사 공정 자료 및 불검출 자료수(ND)	125
〈표 Ⅲ-55〉 포름알데히드 : 검사 공정 기간별 변화율	127
〈표 Ⅲ-56〉 연도별 공기 중 석면의 노출수준(피영규, 2016)	131
〈표 Ⅲ-57〉 석면 관련 관세청 품목 코드	134
〈표 Ⅲ-58〉 석면 관련 관세청 품목별 수입량(톤)	134
〈표 Ⅲ-59〉 우리나라 석면관련 금지 규제 이력	136
〈표 Ⅲ-60〉 건설기계관리법시행령 [별표 1] 건설기계의 범위	137
〈표 Ⅲ-61〉 우리나라 석면관련 허가 규제 이력	138
〈표 Ⅲ-62〉 석면허가업체(91~06)의 업종별 분포 (2007년 국정감사자료)	138
〈표 Ⅲ-63〉 폐석면 관련 규정	139

표 목차

〈표 III-64〉 한국산업안전보건공단 DB의 석면시멘트 제품 종류별 제조사 정보 요약	141
〈표 III-65〉 한국산업안전보건공단 DB의 석면마찰재, 조인트시트 제품 종류별 제조사 정보 요약	141
〈표 III-66〉 한국산업안전보건공단 DB의 석면방직제품 및 기타 제품 종류별 제조사 정보 요약	142
〈표 III-67〉 한국산업안전보건공단 석면 제품 DB의 용도별 제조년도 분포 ·	143
〈표 III-68〉 자동차 부품 관련 제품의 제조년도별 분포	144
〈표 III-69〉 우리나라 석면 노출기준 현황	145
〈표 III-70〉 석면 : 산업 전체 자료 및 불검출 자료수(ND)	147
〈표 III-71〉 석면 : 산업 전체 기간별 변화율	149
〈표 III-72〉 석면 : 기반 조성 및 축조관련 전문공사업 자료 및 불검출 자료수(ND)	150
〈표 III-73〉 석면 : 기반 조성 및 축조관련 전문공사업 기간별 변화율 ·	152
〈표 III-74〉 석면 : 토목 건설업 자료 및 불검출 자료수(ND)	153
〈표 III-75〉 석면 : 토목 건설업 전문공사업 기간별 변화율	155
〈표 III-76〉 석면 : 산업소분류 421과 412를 제외한 자료 및 불검출 자료수(ND)	156
〈표 III-77〉 석면 : 기타 기간별 변화율	158
〈표 III-78〉 석면 : 구조물 해체공사 공정 자료 및 불검출 자료수(ND) ·	159
〈표 III-79〉 석면 : 구조물 해체공사 공정 기간별 변화율	161

그림목차

[그림 II-1] 연구 추진체계	8
[그림 II-2] 작업환경측정자료를 분석용 자료로 가공하는 과정	9
[그림 II-3] 로그변환한 발암물질 노출수준(좌)과 원자료(우)의 추정 예시	17
[그림 II-4] 미국 국립암연구소의 Joinpoint trend analysis software	· 18
[그림 II-5] Joinpoint Regression Model 적합 과정	19
[그림 II-6] 제도 개선 시점과 노출 수준변화 시점의 분석 예시	24
[그림 III-1] 코드가 세분화된 경우 예시	49
[그림 III-2] 전처리 제거 기준 적용에 따른 자료 수 변화	55
[그림 III-3] 추세변화점 없는 경우, 표준편차가 2일 때와(왼쪽), 5일 때의(오른쪽) 가상자료 예시	61
[그림 III-4] 추세변화점 1개, 표준편차가 2일 때와(왼쪽), 5일 때의(오른쪽) 가상자료 예시	62
[그림 III-5] 추세변화점 2개, 표준편차가 2일 때와(왼쪽), 5일 때의(오른쪽) 가상자료 예시	64
[그림 III-6] 추세변화점과 절단점이 있는 경우, 표준편차가 2일 때와(왼쪽), 5일 때의(오른쪽) 가상자료 예시	66
[그림 III-7] 5년 단위(위), 1년 단위(아래)로 추정된 벤젠 노출수준 (박동욱 등, 2015)	69
[그림 III-8] 작업환경측정자료에서 시간에 따른 벤젠 노출수준의 변화 (최상준 등, 2022)	70

그림목차

[그림 Ⅲ-9] 벤젠의 생산과 사용 계통도	72
[그림 Ⅲ-10] 국내 벤젠 국내수요량과 생산량의 연도별 추이	72
[그림 Ⅲ-11] 자동차 원료(휘발유) 중 벤젠 함유량 기준 규제 변화	81
[그림 Ⅲ-12] 벤젠 : 산업 전체 연도별 상자그림 (불검출 값 제외)	84
[그림 Ⅲ-13] 벤젠 : 산업 전체 추세 분석 결과	85
[그림 Ⅲ-14] 벤젠 : 산업 전체 추세 분석 결과(2007년 제외)	87
[그림 Ⅲ-15] 벤젠 : 산업 전체 95%분위수 추세선 기반의 제도 효과 분석	88
[그림 Ⅲ-16] 벤젠 : 석유정제품 제조업 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)	90
[그림 Ⅲ-17] 벤젠 : 석유정제품 제조업 추세 분석 결과	91
[그림 Ⅲ-18] 벤젠 : 기초 화학물질 제조업 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)	93
[그림 Ⅲ-19] 벤젠 : 기초 화학물질 제조업 추세 분석 결과	94
[그림 Ⅲ-20] 벤젠 : 기초 화학물질 제조업 추세 분석 결과(2007년 제외)	95
[그림 Ⅲ-21] 벤젠 : 인쇄 및 인쇄관련 산업 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)	97
[그림 Ⅲ-22] 벤젠 : 인쇄 및 인쇄관련 산업 추세 분석 결과	98
[그림 Ⅲ-23] 벤젠 : 검사 공정 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)	100
[그림 Ⅲ-24] 벤젠 : 검사 공정 추세 분석 결과	101

[그림 Ⅲ-25] 벤젠 : 도장 공정 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)	103
[그림 Ⅲ-26] 벤젠 : 도장 공정 추세 분석 결과	104
[그림 Ⅲ-27] 주요 국가별 벤젠 직업성 노출기준 TWA와 STEL의 비교	108
[그림 Ⅲ-28] 포름알데히드 : 산업 전체 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)	115
[그림 Ⅲ-29] 포름알데히드 : 산업 전체 추세 분석 결과	116
[그림 Ⅲ-30] 포름알데히드 : 산업 전체 추세 분석 결과(2007년 제외)	117
[그림 Ⅲ-31] 포름알데히드 : 병원업 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)	119
[그림 Ⅲ-32] 포름알데히드 : 병원업 추세 분석 결과	120
[그림 Ⅲ-33] 포름알데히드 : 병원업 추세 분석 결과(2007년 제외)	121
[그림 Ⅲ-34] 포름알데히드 : 기타 화학제품 제조업 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)	123
[그림 Ⅲ-35] 포름알데히드 : 기타 화학제품 제조업 추세 분석 결과	124
[그림 Ⅲ-36] 포름알데히드 : 검사 공정 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)	126
[그림 Ⅲ-37] 포름알데히드 : 검사 공정 추세 분석 결과	127
[그림 Ⅲ-38] 석면의 연도별(1995년~2006년) 국내 노출수준(Park et al. 2008)	131
[그림 Ⅲ-39] 연도별 석면 생산 및 수입 현황(Choi et al. 1988)	133
[그림 Ⅲ-40] 연도별 인구 1인당 석면 소비량 추계	135

그림목차

[그림 Ⅲ-41] 한국산업안전보건공단 석면제품 Data sheet 예	140
[그림 Ⅲ-42] 국내 석면 규제 및 석면 제품 사용 이력 요약	145
[그림 Ⅲ-43] 석면 : 산업 전체 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)	148
[그림 Ⅲ-44] 석면 : 산업 전체 추세 분석 결과	149
[그림 Ⅲ-45] 석면 : 기반 조성 및 축조관련 전문 공사업 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)	151
[그림 Ⅲ-46] 석면 : 기반 조성 및 축조관련 전문공사업 추세 분석 결과	152
[그림 Ⅲ-47] 석면 : 토목 건설업 연도별 상자그림(불검출 자료 제외) ..	154
[그림 Ⅲ-48] 석면 : 토목 건설업 추세 분석 결과	155
[그림 Ⅲ-49] 석면 : 기타 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)	157
[그림 Ⅲ-50] 석면 : 기타 전체 추세 분석 결과	158
[그림 Ⅲ-51] 석면 : 구조물 해체공사 공정 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)	160
[그림 Ⅲ-52] 석면 : 구조물 해체공사 공정 전체 추세 분석 결과	161

I. 서론

.....

I. 서론

1. 연구배경 및 필요성

여러 산업현장, 특히 제조업에 근무하는 노동자의 경우 다양한 화학물질을 다루고 있고 그로 인해 직무와 관련된 유해물질에 지속적으로 노출되고 있다. 노동자를 대상으로 한 역학연구의 과학적 근거가 축적될수록 암을 유발하는 유해물질의 노출 기준치가 낮아지고 있고, 이에 따른 제도 개선 및 공학적 대책의 발전으로 인해 작업환경 내 발암물질 노출수준 역시 낮아지고 있는 추세이며, 국내의 경우 고용노동부 고시 제2020-48호의 별표 1로 <표 I-1>과 같이 화학물질의 노출 수준을 지정하여 고시하고 있다.

<표 I-1> 고용노동부 “화학물질 및 물리적 인자의 노출기준” 별표 1

<별표 1> 화학물질의 노출기준(개정 2018.7.30.)

일련 번호	유해물질의 명칭		화학식	노출기준				비고 (CAS번호 등)
	국문표기	영문표기		TWA		STEL		
				ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	
1	가솔린	Gasoline	-	300	-	500	-	[8006-61-9] 발암성 1B, (가솔린 증기의 직업 노출에 한정함), 생식세포 변이원성 1B
2	개미산	Formic acid	HCOOH	5	-	-	-	[64-18-6]
3	게르마늄 테트라하이드라이드	Germanium tetrahydride	GeH ₄	0.2	-	-	-	[7782-65-2]
4	고형 파라핀 흙	Paraffin wax fume	-	-	2	-	-	[8002-74-2]
5	곡물분진	Grain dust	-	-	4	-	-	-
6	곡물분진	Flour dust(Inhalable fraction)	-	-	0.5	-	-	흡입성
7	과산화벤조일	Benzoyl peroxide	(C ₆ H ₅ COO) ₂	-	5	-	-	[94-36-0]
8	과산화수소	Hydrogen peroxide	H ₂ O ₂	1	-	-	-	[7722-84-1] 발암성 2

이러한 현황과 다르게 노출 관련 제도 개선이 발암물질 노출 수준의 변화에 미치는 영향에 대한 평가는 현재까지 이루어지지 않고 있다. 제도 개

선의 영향을 평가하기 위해서는 먼저 특정 발암물질의 과거 노출 수준에 대한 정량적 추정과 더불어 연혁에 따른 해당 물질과 관련된 제도 개선의 정리가 필수적이다. 이를 위해 여러 유해인자 중에서도 국제암연구소(International agency of research on cancer, IARC)가 지정한 1급 발암물질로 우선 한정하여 산업안전보건연구원이 축적한 방대한 양의 작업환경측정자료 분석을 통하여 정량적으로 시간에 따른 발암물질 노출 수준의 변화를 파악하는 것이 필요하다. 그 정량적 분석 결과를 바탕으로 노출 관련 제도 개선 시점과 노출수준의 변화시점을 연계하여 제도 개선의 효과에 대하여 산업/환경의학 전문가의 종합적인 검토가 필요하다.

2. 연구목표

산업안전보건연구원이 과거부터 현재까지의 축적한 작업환경측정자료를 이용하여 시간에 따른 발암물질(벤젠, 포름알데히드, 석면) 노출 수준 변화를 평가하고자 한다. 또한 발암물질별로 고용노동부 고시를 참고하여 제도 개선 연혁을 검토하고, 제도 개선 시점과 노출수준의 변화시점을 비교하여 제도 개선의 효과를 고찰하고자 한다.

Ⅱ. 연구내용 및 방법



II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용 및 범위

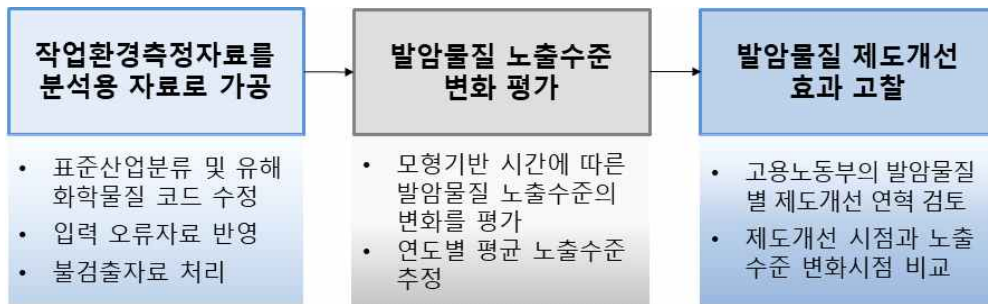
본 연구의 주요 내용과 세부목표 및 범위는 <표 II-1>과 같다.

〈표 II-1〉 연구내용, 세부목표 및 범위 요약

연구내용	세부 목표	범위 및 세부 내용
작업환경측정자료의 분석용 자료로 가공	- 표준산업분류 및 유해화학물질 코드 수정 - 입력오류자료 반영 - 불검출자료 처리	- 연도별로 다르게 적용된 표준산업분류 및 유해화학물질의 코드를 모두 동일하게 수정 - 발암물질 자료에 입력오류가 있을 경우 적절하게 처리하는 방안 검토 - 단순대체법, 최대우도방법, 베타대체법 등으로 LOD(검출한계)를 반영한 통계량 계산
발암물질 노출수준 변화 평가	통계모형을 기반으로 시간에 따른 발암물질 노출수준의 변화 분석	Joinpoint Regression을 이용한 발암물질 노출수준의 변화 분석
발암물질 제도 개선 효과 고찰	- 발암물질별 제도 개선 연혁 검토 - 제도 개선 시점과 노출수준 변화시점 비교 및 효과 고찰	- 고용노동부의 대상 발암물질 관련 개정 고시의 연혁을 검토 - 모형을 통한 제도 개선 시점과 노출수준 변화 시점 양적 분석 - 산업보건/직업환경의학 분야 전문가의 제도 개선 효과 질적 검토

2. 연구추진체계

본 연구는 앞서 소개한 연구내용 및 방법들을 효과적으로 추진하기 위해 1) 산업안전보건연구원에서 제공받은 작업환경측정자료를 분석에 이용할 수 있도록 가공하며, 2) 가공된 자료를 이용해 시간에 따른 발암물질 노출수준의 변화를 평가하고, 3) 발암물질의 제도 개선 시점과 노출수준의 변화 시점을 검토하여 제도 개선의 효과를 고찰하고자 하였다[그림 II-1].



[그림 II-1] 연구 추진체계

3. 연구방법

1) 작업환경측정자료의 분석용 자료로 가공

작업환경측정자료는 2002년부터 한국산업안전보건공단이 결과를 서면으로 제출받아 액세스(Microsoft Access)에 수기로 입력하여 전산화하였고, 2010년부터는 K2B라는 전산 시스템을 이용해 작업환경측정을 실시하는 기관들이 한국산업안전보건공단으로 결과를 직접 입력하여 보고하고 있다.

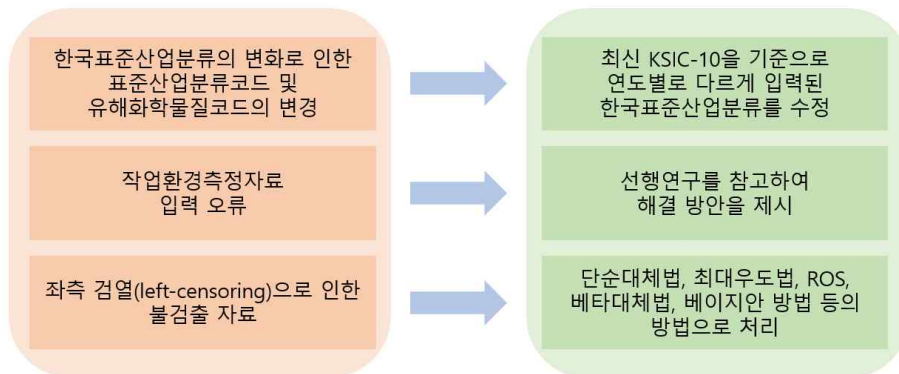
작업환경측정자료 데이터베이스(Work Environment Measurement Database, WEMD)를 바탕으로 지난 20년 동안의 시간적 추세를 분석하기 위해서는 먼저 자료 전처리(data preprocess)를 우선 적용하여 자료를 분석 목적에 적합한 형태로 만드는 작업이 필수이다. 본 연구진이 지난 유사 연구들에서 WEMD의 분석을 통해 얻은 경험을 바탕으로 전처리 과정에서 반드시 반영해야 하는 작업들은 다음과 같다.

가) 표준산업분류 및 분석 대상 유해화학물질의 최신 분류코드로의 변환

나) 입력오류 등으로 발생한 이상치 처리

다) 불검출(limit of detection, LOD) 자료 처리 및 분석 시 반영

작업환경측정자료를 분석에 적합한 자료로 가공하는 전 과정을 도식화한 것은 [그림 II-2]과 같다.



[그림 II-2] 작업환경측정자료를 분석용 자료로 가공하는 과정

(1) 표준산업분류 및 유해화학물질의 최신 분류코드로의 변환

표준산업분류코드의 연도별 변화는 <표 II-2>과 같다. 동일한 산업분류

일지라도 작업환경측정자료에서 연도별로 사용된 산업분류코드에 차이가 존재한다. “직무노출추정(Job-Exposure Matrix)을 위한 데이터 표준화(2)”(2022년)에서 납을 대상으로 작업환경측정자료에 입력된 표준산업분류의 변화를 보면, 2002-2008년에는 제8차 한국표준산업분류(KSIC-8)를 사용하였고, 2009-2016년에는 제9차 한국표준산업분류(KSIC-9)를, 2017년부터는 제10차 한국표준산업분류(KSIC-10)을 사용하였다〈표 II-3〉.

〈표 II-2〉 한국표준산업분류의 변화(통계청 고시 제2017-13호)

연도	제·개정 사항
1963. 3. 1.	광업·제조업 부문 제정
1964. 4. 1.	광업·제조업 이외 부문 제정
1965. 9. 8.	제1차 개정(경제기획원 고시 제20호)
1968. 2. 1.	제2차 개정(경제기획원 고시 제1호)
1970. 3. 13.	제3차 개정(경제기획원 고시 제1호)
1975. 12. 3.	제4차 개정(경제기획원 고시 제5호)
1984. 1. 26.	제5차 개정(경제기획원 고시 제71호)
1991. 9. 9.	제6차 개정(통계청 고시 제91-1호)
1998. 2. 18.	제7차 개정(통계청 고시 제1998-1호)
2000. 1. 7.	제8차 개정(통계청 고시 제2000-1호)
2007. 12. 28.	제9차 개정(통계청 고시 제2007-53호)
2017. 1. 13.	제10차 개정(통계청 고시 제2017-13호)

2009년과 2017년 자료의 경우, 작업환경측정자료에 입력하는 표준산업분류가 변경되는 시점이었기 때문에 2009년은 KSIC-8과 KSIC-9가, 2017년은 KSIC-9와 KSIC-10이 혼합하여 입력되었다.

〈표 II-3〉 납 작업환경측정자료의 연도별 한국산업분류 버전 및 매칭률 (최상준 등, 2022)

연도	데이터베이스	한국표준산업분류	매칭률
2002	MS ACCESS	KSIC-8	100% (14550/14550)
2003	MS ACCESS	KSIC-8	100% (19833/19833)
2004	MS ACCESS	KSIC-8	100% (11960/11961)
2005	MS ACCESS	KSIC-8	100% (10818/10818)
2006	MS ACCESS	KSIC-8	100% (28905/28905)
2007	MS ACCESS	KSIC-8	100% (36394/36395)
2008	MS ACCESS	KSIC-8	100% (36880/36990)
[2009]	HEMS	KSIC-8	46% (3143/6820)
2009	HEMS	KSIC-9	86% (5860/6820)
2010	HEMS	KSIC-9	98% (20596/21025)
2011	HEMS	KSIC-9	96% (23887/24739)
2012	HEMS/K2B	KSIC-9	98% (20596/21025)
2013	K2B	KSIC-9	100% (22985/22985)
2014	K2B	KSIC-9	100% (26103/26112)
2015	K2B	KSIC-9	100% (25656/25660)
2016	K2B	KSIC-9	100% (27707/27724)
2017	K2B	KSIC-9	98% (30706/31462)
[2017]	K2B	KSIC-10	94% (29422/31462)
2018	K2B	KSIC-10	100% (30485/30502)
2019	K2B	KSIC-10	100% (35081/35036)
2020	K2B	KSIC-10	100% (32919/32958)
2021	K2B	KSIC-10	100% (29615/29642)

〈표 II-3〉의 작업환경측정자료에 입력된 산업분류코드와 해당 한국표준산업분류의 매칭률을 보면 2009년과 2017년이 다른 연도에 비해 상대적으로 낮았다.

작업환경측정자료에 입력된 유해화학물질의 코드에서도 연도별 차이가 존재한다. 〈표 II-4〉를 살펴보면, 벤젠은 코드가 2002-2004년까지는 11208이었고, 2005년부터 21077로 변경되었다. 포름알데히드와 석면도

연도별 유해화학물질코드에 차이가 있다. 또한, 작업환경측정자료에 ‘벤젠 함유 고무풀’(11019)과 ‘벤젠함유 1% 이상 물질’(21078) 등 벤젠 관련 코드도 추가로 존재한다.

〈표 II-4〉 작업환경측정자료에서 연도별 유해화학물질코드의 변화 (최상준 등, 2022)

연도	작업환경측정자료 유해화학물질				
	베릴륨	벤젠	톨루엔	납	석탄분진
2002	11106	11208	12239	14001	23501
2003	11106	11208	12239	14001	23501
2004	11106	11208	12239	14001	23501
2005	12011	21077	21191	22005	51187
2006	12011	21077	21191	22005	51187
2007	12011	21077	21191	22005	51187
2008	12011	21077	21191	22005	51187
2009	12011	21077	21191	22005	51187
2010	12011	21077	21191	22005	51187
2011	12011	21077	21191	22005	51187
2012	12011	21077	21191	22005	51187
2013	12011	21077	21191	22005	51187
2014	12011	21077	21191	22005	51187
2015	12011	21077	21191	22005	51187
2016	12011	21077	21191	22005	51187
2017	12011	21077	21191	22005	51187
2018	12011	21077	21191	22005	51187
2019	12011	21077	21191	22005	51187
2020	12011	21077	21191	22005	51187
2021	12011	21077	21191	22005	51187

이에 따라 벤젠, 포름알데히드, 석면의 작업환경측정자료 분석 전에 전처리 과정으로 표준산업분류 및 분석 대상 유해화학물질의 최신 분류코드

로의 변환을 시행해서 추세 분석 시 산업분류나 분석 대상 유해화학물질의 오분류 발생을 방지하는 것이 필요하다.

(2) 작업환경측정자료 입력 오류 반영

“직무노출추정(Job-Exposure Matrix)을 위한 데이터 표준화(2)”(2022년)에서 납을 대상으로 작업환경측정자료를 검토한 결과, 공기 중 납 수치가 $1\text{mg}/\text{m}^3$ (노출 기준 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$)를 넘는 경우가 2006년에는 2,881건, 2007년 544건으로 다수 있었다. 반면, 2004, 2008, 2011, 2013-2021년에는 0건이었다. 2006년과 2007년 자료에 오류가 있을 가능성이 있으며 일부 작업환경측정기관에서 산업안전보건공단으로 서면으로 제출한 자료의 MS Access 입력 과정에서 오기입이 발생했을 것으로 예상된다.

작업환경측정자료 입력을 위해 측정기관에서 작업장의 노출 수준을 측정하기 위해 기본적으로 8시간 동안 측정을 하지만 작업장의 상황에 따라 더 짧은 시간동안 측정되는 경우가 발생하고, 이러한 단기간 측정 여부를 확인할 수 있는 시간 변수로 측정시작시간과 측정종료시간이 있다. 납의 경우, 2002~2004년 자료는 두 변수 모두 공란(NA)이었고, 2006~2007년에는 2,000개 이상, 2011년에는 1,000개 이상, 2010년과 2012년에는 500개 정도가 공란이었다. 2013년 K2B 도입 이후에는 공란이 없으며 2013년 이전 자료에 측정시간이 누락된 자료가 많았다.

이와 같은 문제들이 본 과제의 분석 대상 물질인 벤젠, 포름알데히드, 석면에도 발생할 수 있고, 본 연구에서는 벤젠, 포름알데히드, 석면을 대상으로 작업환경측정자료의 입력 오류가 있는 경우, 이를 선행연구를 참고하여 해결 방안을 제시하고, 분석에 반영하였다.

(3) 불검출자료 처리

측정자료는 일반적으로 불검출률이 높은 좌측 검열된 (left-censored) 자료의 특성을 가지고, 작업환경측정자료 분석에서는 이러한 불검출자료의 적절한 처리가 필요하다.

기존에 알려진 불검출 자료 처리 방법으로는 크게 불검출 자료를 특정 값으로 대체하는 대체법(LOD/2 또는 $LOD/\sqrt{2}$ 를 이용하는 단순대체법과 적률법을 바탕으로 하는 베타(β) 대체법)와 자료가 로그-정류분포를 따른다는 것을 가정하고 분석 시 반영하는 방법(최대우도법, 순위통계량 회귀분석, 베이지안방법)이 있다. 본 연구진이 최근 논문(박주현 등, 2022)으로 발표한 결과에 따르면, 다양한 모의실험을 통해 전체 자료의 수와 불검출률에 따라 최적의 분석 방법이 다르지만, 일반적으로 최대우도법(maximum likelihood estimation)와 베이지안 방법이 상대편향(relative bias)과 상대 제공근평균제곱오차(root mean square error, rMSE) 기준으로 여러 관심 모수들(기하평균, 95%분위수 등)의 안정적인 추정 결과를 생성하였다 (표 II-5).

이러한 불검출 자료 분석 방법은 다음에 설명할 Joinpoint Regression model 분석 시 추가적으로 반영하여 안정적이면서 편향이 적은 분석 결과를 생성하였다.

〈표 II-5〉 불검출자료 조건에 따른 데이터셋의 적정 분석 방법 비교 결과(박주현 등, 2022)

Parameter	Percent censored	Sample size			
		30	60	100	300
Relative bias < ±5%					
AM	10	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba
	40	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba
	70	M/BS/Ba	M/R/BS/Ba	M/R/BS/Ba	M/R/BS/Ba
	90		BS/Ba	BS/Ba	M/R/BS/Ba
GM	10	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba
	40	M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba
	70	BS/Ba	M/BS/Ba	M/R/BS/Ba	M/R/BS/Ba
	90		Ba	Ba	M/BS/Ba
GSD	10	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba
	40	M/R/BS/Ba	M/R/BS/Ba	M/R/BS/Ba	M/R/BS/Ba
	70	M/BS/Ba	M/R/BS/Ba	M/R/BS/Ba	M/R/BS/Ba
	90	M	M	M/Ba	M/R/BS/Ba
X95	10	M/R/BS/Ba	M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba
	40	M/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba
	70	M/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba
	90	S/M/BS	S/M/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba
Relative rMSE < 20%					
AM	10		M/R/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba
	40		M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba
	70		M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba
	90				M/R/BS/Ba
GM	10		S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba
	40		S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba
	70			M/Ba	M/R/BS/Ba
	90				
GSD	10	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba
	40	S/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba
	70			M/BS/Ba	M/R/BS/Ba
	90				M/BS/Ba
X95	10			M/R/BS/Ba	S/M/R/BS/Ba
	40			M/Ba	S/M/R/BS/Ba
	70			Ba	S/M/R/BS/Ba
	90				S/M/R/BS/Ba

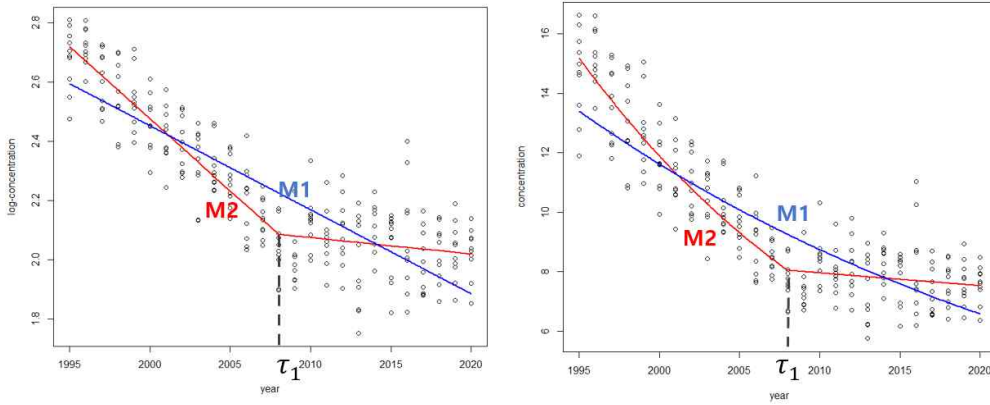
AM: arithmetic mean, GM: geometric mean, GSD: geometric standard deviation, X95: 95th percentile, rMSE: root mean square error, S: simple substitution, M: maximum likelihood estimator, R: regression on order statistics, BS: beta-substitution, Ba: Bayesian estimator, The bold text in grey background means <±1% for relative bias or <15% for relative rMSE.

2) 발암물질 노출수준 변화 평가

(1) Joinpoint Regression 분석을 이용한 시간에 따른 발암물질 노출수준 변화 분석

시간에 따른 발암물질 노출수준의 선형 추세 변화를 Joinpoint Regression 분석을 통해 파악할 수 있다. 여기서 Joinpoint란 발암물질의 노출수준의 선형 추세가 변화하는 시점이라고 할 수 있으며 일련의 모형 과정을 통해 Joinpoint의 위치와 개수를 추정하여 발암물질 노출수준이 변화하는 시점과 변화 수준을 파악할 수 있다.

[그림 II-3]는 Joinpoint(또는 기울기 변화 시점)이 1개일 때의 예제이다. 먼저 발암물질 노출수준의 선형 추세가 일정한 단순선형회귀모형(M1)을 적합하고 회귀 계수들을 MLE 방법으로 추정한다. 추가로 임의의 Joinpoint τ_1 (그림에서는 2008년으로 설정)을 반영한 모형(M2)를 적합하고 동일하게 MLE 방법으로 추정한다. 주어진 자료에 대해 M1과 M2 중 어떤 모형이 더 나은 적합도(goodness of fitness)를 보이는지 비교하기 위해 통계적 가설검정을 실시해서 M2 모형이 Joinpoint τ_1 에서 유의하게 직선의 기울기가 변화를 한 경우 M2 모형이 자료에 더 적합하고, Joinpoint τ_1 에서 노출 수준이 유의하게 변화하였다고 결론을 내린다. 여기서, 임의의 Joinpoint τ_1 는 Monte Carlo Permutation 방법을 통해 구한다.

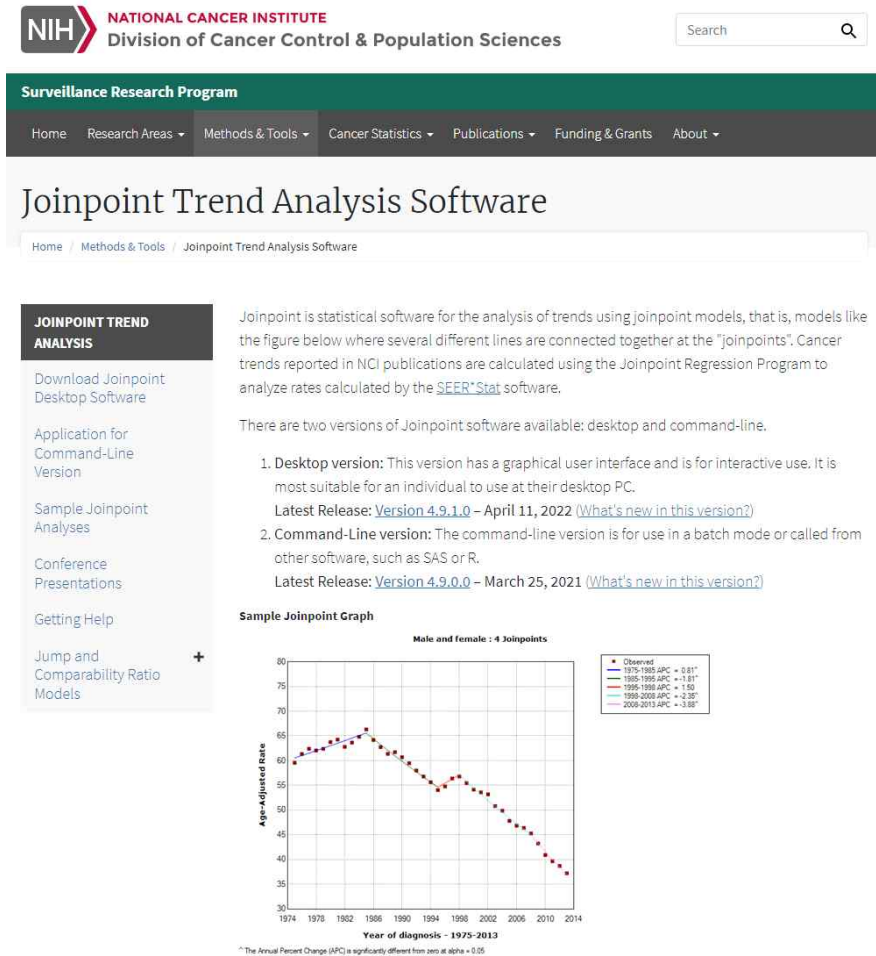


[그림 II-3] 로그변환한 발암물질 노출수준(좌)과 원자료(우)의 추정 예시

만약 k 개의 Joinpoint $\tau_1, \dots, \tau_k$ 가 존재한다고 가정할 경우, Joinpoint Regression 모형식은 아래와 같이 표현할 수 있고, 마찬가지로 Joinpoint가 없는 단순회귀모형(그림9에서 M1)과 비교한다(Gillis & Edwards, 2019).

$$y_i = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 x_i + \epsilon_i, & x_i < \tau_1 \\ \beta_0 + \beta_1 x_i + \delta_1 (x_i - \tau_1) + \epsilon_i, & \tau_1 \leq x_i < \tau_2 \\ \vdots & \vdots \\ \beta_0 + \beta_1 x_i + \delta_{k-1} (x_i - \tau_{k-1}) + \epsilon_i, & \tau_{k-1} \leq x_i < \tau_k \\ \beta_0 + \beta_1 x_i + \delta_k (x_i - \tau_k) + \epsilon_i, & \tau_k \leq x_i \end{cases}$$

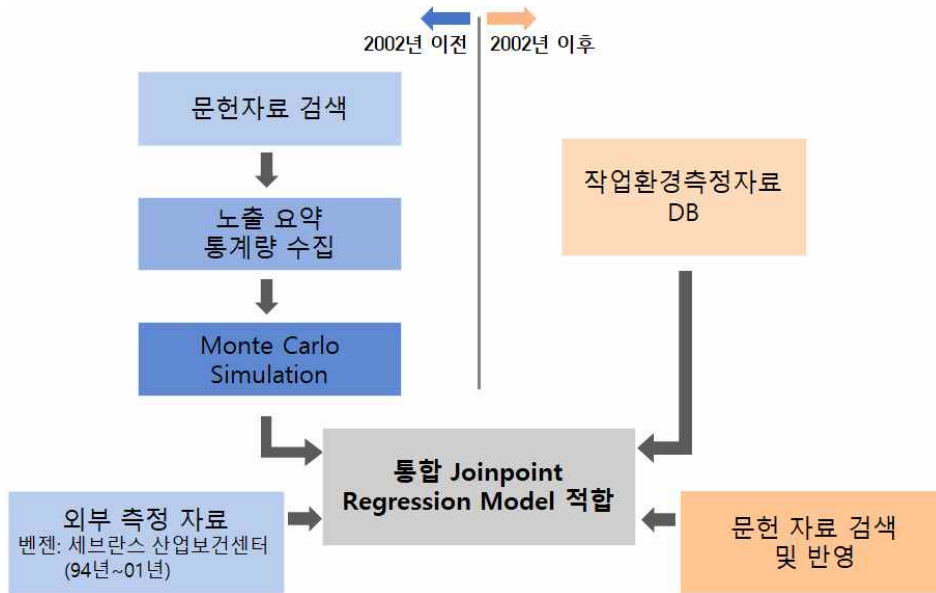
Joinpoint Regression 모형은 미국 국립암연구소(US National Cancer Institute)에서 개발한 프로그램 (<https://surveillance.cancer.gov/joinpoint/>)을 이용해서 적합할 수 있다. 또한, 이 프로그램은 통계프로그램인 R에서 불러와서 이용할 수 있으며 [그림 II-4]과 같이 기존 자료의 산점도에 추세선을 적용한 그래프로 표현할 수 있다.



[그림 11-4] 미국 국립암연구소의 Joinpoint trend analysis software

추가적으로 과거 발암물질 노출수준 평가를 보다 정확하게 하기 위해 작업환경측정자료가 수집되기 시작한 2002년 이전의 자료를 확보해서 작업환경측정자료와 같이 분석하는 것이 필요하다. 예를 들어, 석면의 경우 국내에서 2009년에 석면이 0.1% 초과하여 함유되어 있는 모든 제품을 금지하여 시간에 따른 전체적인 노출 수준을 파악하기 위해서는 2002년 이전의 자료 검토가 필수이다.

이를 위해 먼저 기존에 수행한 연구 논문들의 문헌 검토를 통해 벤젠과 석면의 과거 노출량의 요약 통계량을 수집하고, 작업환경측정자료와 통합해서 분석하는 방법을 고려한다. 통합 분석의 한 방법으로 2002년 이전의 과거 노출 요약 통계량이 최대우도통계량(maximum likelihood estimator, MLE)임을 감안해서 정규분포를 근사한 후, 몬테카를로(Monte Carlo) 추출법으로 자료를 생성하고, 2002년 이후는 작업환경측정자료와 관련 문헌 자료를 이용해서 Joinpoint Regression 모형을 적용할 수 있다[그림 II-5].



[그림 II-5] Joinpoint Regression Model 적합 과정

(2) 연도별 평균 노출수준 추정

본 과제에서는 Finnish Information System on Occupational Exposure (FINJEM)과 유사한 형태로 특정 기간의 벤젠, 석면, 포름알데히드의 평균(산술 및 기하) 노출 수준을 추정하였다. 이때, Joinpoint Regression 분석은 [그림 II-3]과 같이 Joinpoint에서 급격하게 평균 노

출 수준이 꺾일 수 있는 가능성이 있고, 자료가 부족한 특정 연도의 평균 값은 불안정하게 추정될 수 있기 때문에 FINJEM과 동일한 방법으로 3년 단위로 평균 노출 수준을 추정하였다. 추가로, 높은 수준의 노출 값을 반영하기 위해 95%분위수를 추정하고, 각 발암물질을 대상으로 산업소분류별 및 공정별로 통계량들을 산출하였다.

3) 발암물질 제도 개선 효과 고찰

(1) 발암물질별 제도 개선 연혁 검토

제도 개선 시점과 노출수준의 변화 시점을 비교하기 위해 먼저 발암물질별로 고용노동부에서 개정된 노출 기준의 변화를 먼저 확인해야 한다. 화학물질 및 물리적인자 노출 기준은 고용노동부에서 발표되고 있고, 최근에는 2013년(고용노동부 고시 제2013-38호), 2016년(고용노동부 고시 제2016-41호), 2018년(고용노동부 고시 제2018-24호, 제2018-62호), 2020년(고용노동부 고시 제2020-48호)에 개정되었다.

본 연구의 분석 대상 중 하나인 벤젠의 경우, 시간가중평균노출기준(8시간 가중평균, TWA)와 단시간노출기준(15분 가중평균, STEL)을 기준으로 하는 노출 기준이 2002년(2003년 7월 시행), 2007년(2008년 1월 시행), 2016년(2016년 8월 시행)에 개정되었다. 2003년 개정 시 기존 TWA 기준의 1/10 수준으로 낮아졌고, 그 후 현재 사용하는 2016년 개정 시에는 TWA 기준 0.5ppm, STEL 기준 2.5ppm으로 지속적으로 낮아지는 추세를 보였다<표 II-6>.

〈표 II-6〉 벤젠 노출 기준 개정 연혁

시행연월	노출 기준
2003년 6월까지	TWA 10ppm
2003년 7월 ~ 2007년 12월	TWA 1ppm (고용노동부 고시 제2002-2호)
2008년 1월 ~ 2016년 8월	TWA 1ppm, STEL 5ppm (고용노동부 고시 제2007-25호)
2016년 8월 ~ 현재	TWA 0.5ppm, STEL 2.5ppm (고용노동부 고시 제2016-41호)

석면의 경우, 1990년 이후 석면을 원료로 하는 제품의 제조 및 생산이 허가 대상으로 규정된 이후 2009년 석면이 0.1% 초과하여 함유되어 있는 모든 제품을 금지할 때까지 〈표 II-7〉과 같이 건설업과 자동차 산업을 중심으로 규제가 실시되었다. 석면의 경우 벤젠과 달리 노출 기준보다는 특정 용도에서 사용되는 제품의 석면 함유량을 중심으로 규제가 적용되었다.

본 연구에서는 벤젠, 석면, 포름알데히드의 제도 개선 시점을 조사할 예정이며, 이때 산안법 이외에 환경부 등 유관 부서의 관련 제도 변화도 종합적으로 검토하여 제도 개선 시점과 노출수준 변화 시점 비교 분석에 활용하였다.

〈표 II-7〉 자동차 산업 관련 석면 규제 제도의 변화(최상준 등, 2017)

Enforcement date	Content	Regulation*
1990.07.14	Permission of asbestos manufacturing	Enforcement decree of ISHA (Presidential decree No. 13053)
1997.05.16	Prohibition of the use of crocidolite and amosite asbestos	Enforcement decree of ISHA (Presidential decree No. 15372)
1999.06.08	Prohibition of the use of preparation containing crocidolite and amosite over 1 percentage	Enforcement decree of ISHA (Presidential decree No. 16388)
2003.01.01	Rejection of new registration of a motor vehicle (except for construction machine) has used asbestos in its brake system	Motor Vehicle Management Act (Act No.6730)
2003.07.01	Permission of dismantling and removal of building containing asbestos over 1 percentage	Enforcement decree of ISHA (Presidential decree No. 18043)
2003.07.01	Prohibition of the use of actinolite, anthophyllite, and tremolite asbestos	Enforcement decree of ISHA (Presidential decree No. 18043)
2005.10.20	Notification to local government on the dismantling of building containing asbestos over 1 percentage	Enforcement regulations of the Building Act (Ordinance of the Ministry of Construction and Transportation No. 475)
2007.01.01	Prohibition of the use of cement containing asbestos over 1 percentage and asbestos friction material for motor vehicle	Notice of MoEL (No. 2006-25)
2008.01.01	Prohibition of the use of extruded cement panel containing asbestos over 1 percentage	Notice of MoEL (No. 2006-25)
2008.01.01	Prohibition of the use of products containing asbestos over 0.1 percentage except for gasket and friction material	Notice of MoEL (No. 2007-26)
2009.01.01	Prohibition of the use of gasket and friction materials containing asbestos over 1 percentage	Notice of MoEL (No. 2007-26)

* ISHA: Industrial Safety and Health Act, MoEL: Ministry of Employment and Labor

(2) 제도 개선 시점과 노출수준 변화 시점 비교 및 고찰

고용노동부에서 발표하는 발암물질의 노출 기준치를 개선하는 고시가 시행되는 시점과 해당 고시가 반영되어 사업장에서 측정한 작업환경측정 자료의 노출 수준이 유의미하게 변화하는 시점을 비교하였다.

물질에 따라 노출 기준치를 낮추는 제도가 시행된 시점부터 발암물질의 측정농도가 실제적으로 감소하는 효과가 나타나는 데까지 걸리는 지연 시간(lag time)이 다를 수 있다.

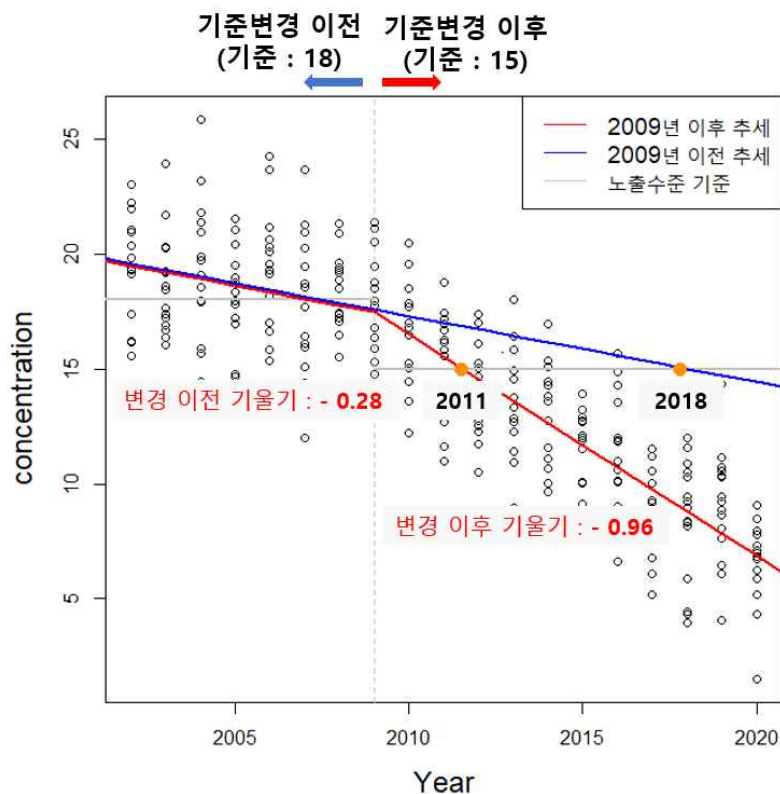
선행연구 결과를 살펴보면 특정 유해물질(예, 납 또는 벤젠)을 사용하는 전체 사업장을 대상으로 작업환경측정자료의 분석을 하면 산술평균, 기하평균, 95%분위수 등 어떤 통계량을 기준으로 해도 기준치를 넘지 않

는다. 이를 보완하기 위해 표준산업분류 소분류 기준으로 산업별로 제도 개선 시점이 실제적으로 노출수준 변화 시점에 미치는 효과를 확인하고, 종합적으로 특정 유해물질에 대한 제도 개선 효과를 평가하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 먼저 표준산업분류 소분류 기준으로 어떤 산업에서 발암물질 노출수준이 높은지를 작업환경측정자료의 탐색적 자료 분석을 통해 확인하는 작업을 수행하였다.

탐색적 자료 분석으로 특정 발암물질의 노출량이 높은 산업을 분류 후 산업별 시간에 따른 발암물질의 노출수준 변화와 고용노동부 고시를 통해 발암물질의 기준치가 낮아지는 시점을 그래프로 함께 나타내어 제도 개선 시점과 노출수준이 변화하는 시점을 시각적으로 반영하는 작업을 수행한다. 제도 개선 이전의 노출 수준의 추세선과 제도 개선 이후의 변경된 추세선의 차이를 Joinpoint Regression model로 분석하고, 변경된 추세선이 새로운 기준치와 만나는 시점까지를 실제 노출 수준의 변화까지 걸리는 시간으로 설정한다. 만약, 제도 개선 시점에 이미 평균 노출 수준이 기준치 이하인 경우에는 노출의 95%분위수를 대체 통계량으로 사용하였다. 이는 노출의 95%분위수가 기준치 이하이면 산술평균, 기하평균 모두 기준치보다 낮기 때문이다.

[그림 II-6]은 2009년에 노출 기준이 변경되었다는 것을 가정한 분석 예시이다. 2009년 전에는 노출기준이 18이었고, 2009년에 노출기준이 15로 변경되었다고 가정할 때, Joinpoint Regression Model을 이용하여 2009년 이전까지는 연평균 0.28 감소하는 것이 2009년 이후로는 연평균 0.96 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이 두 감소량의 차이인 $0.68(=0.96-0.28)$ 이 규제 기준의 변경으로 인한 효과이며, 이때 시간의 개념을 반영하여 특정기간(예, 10년)동안 누적 효과를 계산하는 방법을 고안하였다. 위 예제의 경우, 제도 개선이 실제 노출 수준의 변화까지 걸리는 기간은 2009년의 제도 개선으로 변경된 추세선(빨간색)이 새로운

기준치 15와 만나는 2011년까지의 기간이 되므로 1년이 됨. 이 값과 변경되기 전의 추세선(파란색)이 새로운 기준치 15와 만나는 2018년까지의 기간 7년과 비교한다.



[그림 II-6] 제도 개선 시점과 노출 수준변화 시점의 분석 예시

통계 모형을 이용한 정량적 분석을 바탕으로 본 연구진에 포함된 산업 보건 및 직업환경의학 분야의 전문가들이 제도 개선 시점 및 노출수준이 변화하는 시점이 얼마나 관련이 있고, 발암물질의 노출 수준의 변화가 의미 있는지 등을 심도 있게 종합적 분석을 실시하였다.

Ⅲ. 결과

.....

III. 결과

연구 결과는 다음의 순서로 정리하였다. 먼저, 작업환경측정자료의 보완자료로서 2019년 작업환경 실태조사를 분석하여 벤젠, 포름알데히드, 석면이 주로 사용되는 산업과 공정을 살펴보았다(1절). 분석에 앞서 2002년부터 2022년까지 작업환경측정자료에 대한 전처리 과정을 기술하였고(2절), 미 국립암연구소의 Joinpoint Regression 모형을 작업환경측정자료 분석에 맞도록 개선한 후 작업환경측정자료에 적합하기 전에 모의 실험을 통해 모형의 성능을 평가하였다(3절). 이후 각 발암물질별로(벤젠 4절, 포름알데히드 5절, 석면 6절) 과거 노출관련 국내외 선행연구, 노출 기준의 변화 및 제도 개선, 해당 물질의 작업환경측정자료에 Joinpoint Regression 모형 적합 결과, 그리고 제도 개선이 노출 수준에 미친 영향에 대한 고찰 순으로 결과를 제시하였다.

1. 작업환경실태조사

작업환경측정자료(2002년~2022년)와 문헌 자료(2002년 이전)를 이용하여 추세를 분석할 때 자료의 출처에 차이가 있으므로 분석에 제약점이 존재할 수 있다. 그리고 문헌 자료의 경우 특정 물질이 많이 사용되는 산업/공정을 중심으로 조사된 경우가 많으므로 전체 산업을 대표하지 못할 수 있다. 이에 벤젠, 석면, 포름알데히드가 많이 사용되는 산업의 파악이 우선 되어야 하며, 작업환경실태조사를 보충 자료로 사용하여 이 세 가지 물질이 사용되는 산업을 파악한 후 작업환경측정자료의 자료 수가 많은 산업/공정을 대상으로 분석하는 것이 필요하다.

2019년 기준 제조업 5인 이상 사업장 수는 141,151개, 5인 미만 사업장 수는 212,925개로 5인 미만 사업장이 제조업 사업장 중 60.1%를

차지하였고, 비제조업 사업장은 2,584,497개소가 있었다. 여기에서 제조업 5인 이상 사업장은 전수조사하였고, 제조업 5인 미만 사업장은 28,849개를 표본으로 추출하였으며, 비제조업은 10,000개 표본을 추출하였다. 작업환경실태조사 자료 중 작업환경측정조사 요청 대상 물질로 한정해서 추출한 결과 벤젠 729개, 포름알데히드 928개, 석면 1개, 총 1,658개의 자료가 추출되었다. 이 중 2019년 기준 사용이 전면 금지된 석면의 1개의 사업장을 제외한 나머지 벤젠과 포름알데히드의 결과를 살펴보았다.

1) 벤젠

2019년 작업환경실태조사에서 벤젠 취급 사업장의 표본 수는 729개이고, 제조업이 708개, 비제조업이 21개이다. 제조업 사업장 중 산업중분류 기준 ‘화학 물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외(20)’의 표본 수가 163개로 가장 많았고, ‘인쇄 및 기록매체 복제업(18)’이 130개로 그 다음으로 많았다. 사업장 규모로는 표본 추출한 5인 미만 사업장을 제외하면, 10~49인 사업장이 238개로 가장 많았고, 300인 이상 사업장도 145개로 많았다. 비제조업 사업장은 모든 산업중분류에서 표본 수가 5개 이하로, 벤젠을 주로 사용하는 산업분류를 선정하기에는 부족하였다<표 III-1>.

<표 III-2>는 벤젠을 사용하는 상위 5종류의 공정을 뽑아 사용공정, 산업중분류 별로 사업장 수를 나타낸 표이다. ‘도장도포’, ‘세척제거’, ‘기타 공정’, ‘실험/연구’, ‘혼합’ 공정에서 벤젠이 많이 사용되었고, 나열한 5개의 공정이 전체 벤젠을 사용한 사업장 중 78%를 차지하였다. 제조업에서 5개 공정에 해당하는 비율이 50% 미만인 산업중분류가 24개 중 4개로, 벤젠을 사용하는 공정이 주된 5개 공정에 집중되어있는 것으로 나타났다.

〈표 III-1〉 작업환경실태조사 벤젠 취급 사업장의 산업중분류, 규모별 분포

제조업/ 비제조업	산업중 분류	사업장 규모						전체
		5인 미만	5~9인	10~49인	50~99인	100~299인	300인 이상	
제조업	10	0	1	1	1	2	3	8
	11	0	0	1	0	0	0	1
	13	0	2	3	0	0	0	5
	14	2	7	17	0	0	0	26
	15	0	2	4	0	0	0	6
	16	1	1	0	0	1	0	3
	17	3	5	7	0	0	1	16
	18	40	44	45	1	0	0	130
	19	0	1	3	1	1	15	21
	20	10	7	19	22	16	89	163
	21	0	0	13	13	17	12	55
	22	2	9	27	6	3	4	51
	23	0	0	7	2	1	3	13
	24	0	1	9	2	1	1	14
	25	8	21	22	5	1	0	57
	26	0	0	1	1	0	2	4
	27	0	0	2	1	0	1	4
	28	2	1	6	2	0	1	12
	29	5	7	23	11	4	6	56
	30	0	1	17	5	5	4	32
	31	0	2	1	5	8	0	16
	32	0	1	2	0	0	0	3
	33	2	0	3	3	0	0	8
	34	0	2	1	1	0	0	4
	소계	75	115	234	82	60	142	708
비제조업	35	0	0	0	0	1	0	1
	38	0	0	1	0	0	0	1
	52	0	0	0	0	1	0	1
	58	1	0	0	0	0	0	1
	68	0	0	0	0	1	0	1
	71	0	1	0	0	0	0	1
	72	0	0	0	0	1	2	3
	86	0	0	0	0	1	1	2
	91	0	0	0	4	1	0	5
	95	1	1	3	0	0	0	5
	소계	2	2	4	4	6	3	21
전체		77	117	238	86	66	145	729

〈표 III-2〉 작업환경실태조사 벤젠 취급 사업장의 산업중분류, 사용공정별 분포

제조업/ 비제조업	산업중 분류	사용공정(상위 5종류)						
		도장도포	세척제거	기타공정	실험/연구	혼합	전체	비율
제조업	10	1	1	1	4	0	7	88%
	11	1	0	0	0	0	1	100%
	13	1	3	0	0	0	4	80%
	14	1	17	0	0	0	18	69%
	15	1	3	0	0	0	4	67%
	16	1	0	0	0	0	1	33%
	17	2	12	0	0	0	14	88%
	18	45	63	1	1	0	110	85%
	19	0	0	0	1	1	2	10%
	20	4	3	77	23	24	131	80%
	21	0	0	3	44	1	48	87%
	22	14	9	0	3	7	33	65%
	23	5	3	0	1	3	12	92%
	24	7	1	0	0	0	8	57%
	25	27	19	0	0	1	47	82%
	26	1	0	1	0	0	2	50%
	27	1	0	0	0	0	1	25%
	28	5	1	1	0	0	7	58%
	29	26	12	2	6	0	46	82%
	30	9	3	1	2	0	15	47%
	31	7	1	1	0	0	9	56%
	32	1	0	0	0	0	1	33%
	33	3	3	0	0	0	6	75%
	34	2	1	0	0	0	3	75%
	소계	165	155	88	85	37	530	75%
비제조업	35	1	0	0	0	0	1	100%
	38	0	0	0	1	0	1	100%
	52	0	0	0	0	0	0	0%
	58	0	1	0	0	0	1	100%
	68	0	0	1	0	0	1	100%
	71	0	0	0	1	0	1	100%
	72	0	0	0	1	0	1	33%
	86	1	0	0	0	0	1	50%
	91	1	0	1	0	0	2	40%
	95	3	1	0	0	0	4	80%
	소계	6	2	2	3	0	13	62%
전체		171	157	90	88	37	543	74%

〈표 III-3〉은 산업세세분류에서 벤젠을 가장 많이 사용하는 5개 종류를 나열한 것으로 ‘석유화학계 기초 화학 물질 제조업’(20111)이 78개로 가장 많았고, 같은 중분류인 ‘화학 물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외’(20)에 포함되는 ‘합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업’(20202)이 31개로 5순위에 들었다. ‘인쇄 및 기록매체 복제업’(18)에 포함되는 ‘경 인쇄업’(18111)과 ‘기타 인쇄업’(18119)이 각각 47개와 46개로 벤젠을 많이 사용하는 것으로 나타났다.

〈표 III-3〉 벤젠을 사용하는 상위 5개 산업세세분류의 표본 분포

표준산업분류코드	세세분류명	표본 수
20111	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	78
18111	경 인쇄업	47
18119	기타 인쇄업	46
21210	완제 의약품 제조업	42
20202	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	31

2) 포름알데히드

〈표 III-4〉 작업환경실태조사 포름알데히드 취급 사업장의 산업종분류, 규모별 분포

제조업/ 비제조업	산업종 분류	사업장 규모						
		5인 미만	5~9인	10~49인	50~99인	100~299인	300인 이상	전체
제조업	10	0	2	5	9	4	7	27
	11	0	0	3	1	4	4	12
	12	0	0	0	0	1	0	1
	13	0	4	15	1	0	1	21
	15	5	1	2	0	0	0	8
	16	1	1	7	2	5	0	16
	17	0	0	4	3	4	1	12
	18	0	0	5	0	10	0	15
	19	0	0	1	6	0	0	7
	20	6	16	59	24	40	15	160
	21	1	0	12	15	23	17	68
	22	0	4	17	8	8	3	40
	23	0	1	5	10	4	4	24
	24	1	2	4	7	0	0	14
	25	9	19	47	8	4	1	88
	26	0	3	15	5	8	39	70
	27	1	0	0	0	1	7	9
	28	0	1	6	0	1	0	8
	29	0	3	9	1	3	1	17
	30	0	0	2	11	7	8	28
	31	0	0	0	6	13	1	20
	32	0	3	4	0	3	1	11
	33	0	0	2	2	0	1	5
	소계	24	60	224	119	143	111	681
비제조업	42	0	0	1	0	0	0	1
	70	0	0	1	0	0	0	1
	71	0	1	0	0	0	0	1
	72	0	0	0	0	1	3	4
	86	1	1	11	29	64	130	236
	95	0	3	1	0	0	0	4
	소계	1	5	14	29	65	133	247
전체		25	65	238	148	208	244	928

〈표 III-4〉를 살펴보면 포름알데히드를 취급하는 사업장의 표본 수는 928개이고, 제조업이 681개, 비제조업이 247개이다. 제조업 사업장 중 ‘화학 물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외’(20)가 160개로 가장 많았고, ‘금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외(25)’은 88개로 그 다음으로 많았다. 사업장 규모로는 표본 추출한 5인 미만 사업장을 제외하면, 10인~49인 사업장이 224개로 가장 많았고, 100~299인 사업장이 143개로 많았다. 비제조업 사업장은 ‘보건업’(86)을 제외한 모든 산업중분류에서 표본 수가 5개 이하로, 비제조업 산업중분류 중 보건업(86)이 포름알데히드를 주로 사용하는 산업분류로 나타났다.

〈표 III-5〉는 포름알데히드를 가장 많이 사용하는 상위 5종류의 공정을 뽑아 사용공정, 산업중분류 별로 사업장 수를 나타낸 표이다. ‘실험/연구’, ‘도장도포’, ‘혼합’, ‘도금’, ‘검사’에서 포름알데히드가 가장 많이 사용되었고, 나열한 5개의 공정이 전체 포름알데히드를 사용한 사업장 중 64%를 차지하였다. 제조업에서 5개 공정에 해당하는 비율이 50% 미만인 산업중분류가 24개 중 8개로, 포름알데히드를 사용하는 공정은 상위 5개 공정에 집중되어있는 것으로 나타났다.

〈표 III-5〉 작업환경실태조사 포름알데히드 취급 사업장의 산업중분류, 사용공정별 분포

제조업/ 비제조업	산업중 분류	사용공정(상위 5종류)						
		실험/연구	도장도포	혼합	도금	검사	전체	비율
제조업	10	16	2	0	0	2	20	74%
	11	9	1	0	0	1	11	92%
	12	1	0	0	0	0	1	100%
	13	0	3	3	1	0	7	33%
	15	0	7	0	0	0	7	88%
	16	0	1	3	0	0	4	25%
	17	0	2	1	0	0	3	25%
	18	0	13	0	0	0	13	87%
	19	2	4	0	0	0	6	86%
	20	21	5	66	2	2	96	60%
	21	40	0	5	0	7	52	76%
	22	1	15	2	1	0	19	48%
	23	2	7	7	0	0	16	67%
	24	0	1	1	1	0	3	21%
	25	2	36	1	30	2	71	81%
	26	1	4	0	53	1	59	84%
	27	0	7	0	0	0	7	78%
	28	0	1	0	4	0	5	63%
	29	3	7	2	0	0	12	71%
	30	0	12	1	1	0	14	50%
	31	0	6	0	0	0	6	30%
	32	1	1	0	0	0	2	18%
	33	0	1	1	0	0	2	40%
	소계	99	136	93	93	15	436	64%
비제조업	42	0	0	0	0	0	0	0%
	70	0	0	0	0	0	0	0%
	71	1	0	0	0	0	1	100%
	72	1	0	0	0	2	3	75%
	86	125	0	0	0	39	164	69%
	95	0	3	0	0	0	3	75%
	소계	127	3	0	0	41	171	69%
전체		226	139	93	93	56	607	65%

〈표 III-6〉 포름알데히드를 사용하는 상위 5개 산업세세분류의 표본 분포

표준산업분류코드	세세분류명	표본 수
86102	일반병원	124
86101	종합병원	108
25922	도금업	44
21210	완제 의약품 제조업	42
20411	일반용 도료 및 관련제품 제조업	36

〈표 III-6〉은 산업세세분류에서 포름알데히드를 가장 많이 사용하는 5개 종류를 나열한 것으로 ‘일반병원’(86102)이 124개로 가장 많았고, 같은 중분류인 ‘보건업’(86)에 포함되는 ‘종합병원’(86101)이 108개로 두 번째로 많았다. 그 뒤로 ‘도금업’(25922)과 ‘완제 의약품 제조업’(21210), ‘일반용 도료 및 관련제품 제조업’(20411)이 포름알데히드를 많이 사용하는 산업세세분류이다.

2. 작업환경측정자료의 전처리 과정

1) 작업환경측정자료 추출

본 연구에서는 시간의 변화에 따른 발암물질의 노출 수준을 정량적으로 분석하기 위하여 작업환경측정자료를 추출하였다. 유해물질은 벤젠, 석면, 포름알데히드 3종을 선정하였고, 〈표 III-7〉의 요청대상물질의 유해물질 코드에 따라 해당 물질명에 벤젠, 석면, 포름알데히드가 포함되어있는 자료를 추출하였다. 대상 자료는 2002년부터 2023년까지의 자료이고, 요청 변수는 〈표 III-8〉과 같다.

〈표 III-7〉 요청 대상 물질

물질code	물질명	물질명(영문)
11208	벤젠	Benzene
11111	석면(청+갈+백)	.
11007	청석면	Asbestos(Crocidolite)
11008	갈석면	Asbestos(amosite)
11108	백석면	Asbestos, Crysotile
11109	석면(기타형태)	Asbestos, Other forms
11306	포름알데히드	Formaldehyde
11019	벤젠함유고무품(중량비율5%이상)	.
21077	벤젠	Benzene
21078	벤젠물질을 중량비율1%이상함유한제재	.
51475	활석(석면포함)	Talc(containing asbestos fibers)
11007	악티노라이트석면 및 함유제제	Asbestos(Actinolite)
11008	악티노라이트석면물질을 함유한제제(함유된중량의비율이1%이하인것제외)	.
11009	안소필라이트석면 및 함유제제	Asbestos(ANTHOPHYLITE)
11010	안소필라이트석면물질을 함유한제제(함유된중량의비율이1%이하인것제외)	.
11011	트레모라이트석면 및 함유제제	Asbestos(TREMOLITE)
11012	트레모라이트석면물질을 함유한제제(함유된중량의비율이1%이하인것제외)	.
11015	청석면 및 함유제제	Asbestos(Crocidolite)
11016	청석면물질을 함유한제제(함유된중량의비율이1%이하인것제외)	.
11017	갈석면 및 함유제제	Asbestos(amosite)
11018	갈석면물질을 함유한제제(함유된중량의비율이1%이하인것제외)	.
12025	석면 및 함유물질	Asbestos(All forms)
21209	포름알데히드	Formaldehyde
21210	포름알데히드물질을 중량비율1%이상함유한제재	.

〈표 III-8〉 측정자료 요청 변수

변수명	데이터 타입	설명
WEM_YEAR	VARCHAR2 (4 Byte)	측정_년도
WEM_HT	VARCHAR2 (1 Byte)	측정_반기
INDDIS_NO	VARCHAR2 (11 Byte)	사업장산재번호
INDOPEN_NO	VARCHAR2 (11 Byte)	사업개시번호
INDDIS_NO_SEQ	NUMBER (5)	사업장산재번호_관리순번
WEM_RESULT_SEQ	NUMBER	측정결과_순번
DEPT_NM	VARCHAR2 (200 Byte)	부서명
PROCS_CD	VARCHAR2 (5 Byte)	공정코드
PROCS_NM	VARCHAR2 (200 Byte)	공정명
UNIT_WKRUM_NM	VARCHAR2 (200 Byte)	단위작업장소명
CHMCLS_CD	VARCHAR2 (5 Byte)	취급물질코드
CHMCLS_NM	VARCHAR2 (200 Byte)	취급물질명
CHMCLS_GROUP_CD	VARCHAR2 (5 Byte)	취급물질그룹코드
CHMCLS_GROUP_SEQ	NUMBER	취급물질그룹순번
LABRR_CD	VARCHAR2 (20 Byte)	근로자수
LABOR_CND	VARCHAR2 (20 Byte)	근로형태
LABOR_TIME	NUMBER	실근로시간
CHMCLS_EXPSR_TIME	NUMBER	유해인자발생시간
CHMCLS_EXPSR_CYCLE	VARCHAR2 (1 Byte)	유해인자발생주기
WEM_LC	VARCHAR2 (50 Byte)	측정위치
WEM_TIME_FROM	VARCHAR2 (4 Byte)	측정시간_시작
WEM_TIME_TO	VARCHAR2 (4 Byte)	측정시간_종료
WEM_CO	NUMBER	측정횟수
WEM_VALUE_AVRG_ETC	VARCHAR2 (1 Byte)	측정결과값_평균_기타
WEM_VALUE_AVRG	NUMBER	측정결과값_평균
WEM_VALUE_PREV_ETC	VARCHAR2 (1 Byte)	측정결과값_전회_기타
WEM_VALUE_PREV	NUMBER	측정결과값_전회
WEM_VALUE_NOW_ETC	VARCHAR2 (1 Byte)	측정결과값_금회_기타
WEM_VALUE_NOW	NUMBER	측정결과값_금회
EXPSR_STDR_VALUE	VARCHAR2 (20 Byte)	노출기준
EXPSR_STDR_SE	VARCHAR2 (1 Byte)	노출기준_구분
EXPSR_STDR_UNIT	VARCHAR2 (2 Byte)	노출기준_단위
WEN_EVL_RESULT	VARCHAR2 (1 Byte)	측정평가결과
ANALS_MTH	VARCHAR2 (4 Byte)	채취방법
WEM_MTH	VARCHAR2 (4 Byte)	분석방법
BIZ_MNG_LABOFFICE	VARCHAR2 (5 Byte)	사업장_관리노동관서코드
BIZ_ZIP	VARCHAR2 (6 Byte)	사업장_우편번호
BIZ_INDUTY	VARCHAR2 (5 Byte)	사업장_업종코드
BIZCND	VARCHAR2 (40 Byte)	사업장_업태
업종명		사업장_업종명
BIZ_LABRR_CO	NUMBER (5)	사업장_근로자수
BIZ_MAIN_PRODUCT	VARCHAR2 (200 Byte)	사업장_주생산품
HOS_CODE	VARCHAR2 (8 Byte)	측정기관코드
BIZ_MNG_AGENT	VARCHAR2 (3 Byte)	사업장_관리지도원코드

2) 원자료 데이터셋 및 변수명

작업환경 측정자료의 원자료는 연도(또는 반기)별로 데이터셋(data set)이 구성되어 있고, 데이터셋에 따라 변수명이 달랐기 때문에 분리되어있는 데이터셋을 통합하고, 변수명을 통일하였다. <표 III-9>는 원자료 데이터셋의 연도(반기)별 자료 수이다. 원자료 데이터셋들은 2002년과 2003, 2004년의 데이터셋은 상반기와 하반기로 나누어 존재하였고, 2005년부터 2008년까지의 자료는 1년 단위로 존재하였다. 이후 자료는 2009년부터 2012년까지 하나의 데이터셋, 2013년부터 2023년까지의 자료가 하나의 데이터셋으로 존재하였고, 총 475,181개의 자료가 존재하였다.

〈표 III-9〉 연도(반기)별 자료 수

연도(반기)	자료 수	
2002(상)	2002년 : 3,619	1,325
2002(하)		2,294
2003(상)	2003년 : 5,208	2,373
2003(하)		2,835
2004(상)	2004년 : 4,234	2,000
2004(하)		2,234
2005		11,828
2006		17,856
2007		25,522
2008		43,658
2009		3,789
2010		12,156
2011		13,775
2012		15,507
2013		18,279
2014		21,620
2015		24,344
2016		27,712
2017		31,124
2018		32,029
2019		33,854
2020		35,492
2021		37,794
2022		42,812
2023		12,969
합계		475,181

자료가 K2B(또는 HEMS)에 입력되기 이전인 2002년부터 2008년까지의 변수명은 2009년 이후의 변수명과 크게 차이가 있었고, 이에 따라 분석에 필요한 주요 변수들을 종합하였다. <표 III-10>은 연도(반기)별 데이터셋의 변수명을 나타낸 표이다. 2008년 이전의 변수명은 주로 한글이지만, 2009년 이후의 변수명은 변수를 의미하는 영어의 축약어 형태로 되어 있다. 본 연구는 <표 III-10>에서 나열한 변수와 그 변수들을 활용한 생성변수로 분석을 진행하였다.

<표 III-10> 연도별 변수명

2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009~2012	2013~2022
측정년도	측정년도	측정년도	측정년도	측정년도	측정년도	측정년도	MESURE_YR	MESURE_YR
반기	반기	반기	반기	반기	반기	반기	MESURE_HT_CMMN_CD	MESURE_HT_CMMN_CD
유해물질	유해물질	유해물질	유해인자	유해인자	유해인자	유해인자	TRTMNT_MTT_R_CD	TRTMNT_MTT_R_CD
c_유해물질_한글명_	c_유해물질_한글명_	c_유해물질_한글명_	유해인자명	BM_HNAME	유해인자명	유해인자명	MTTR_KORN_NM	MTTR_KORN_NM
업종	업종	업종	업종	업종	업종	업종	BPLC_INDUTY_CD	BPLC_INDUTY_CD
생산품1	생산품1	생산품1	주생산품	주생산품	주생산품	주생산품	BPLC_MAJR_PRODUCT_NM	BPLC_MAJR_PRODUCT_NM
금회8작업환산치	금회8작업환산치	금회8작업환산치(NO W)	금회8환산치	금회8환산치	금회8환산치	금회8환산치	NMSR_RESULT_VALUE	NMSR_RESULT_VALUE
금회1측정치	전반기:금회 후반기:금회 1측정치	금회1측정치	금회치	금회치	금회치	금회치	MESURE_RESULT_AVRG_VALUE	MESURE_RESULT_AVRG_VALUE
노출기준초과배수	노출기준초과배수	노출노동기준	노출기준	노출기준	노출기준	노출기준	EXPSR_CRTR_CVALUE	EXPSR_CRTR_CVALUE
공정	공정	공정	공정코드	공정코드	공정코드	공정코드	PROCS_CD	PROCS_CD
c_공정명_	c_공정명_	c_공정명_	공정명	공정명	공정명	공정명	PROCS_NM	PROCS_NM
단위작업장소	단위작업장소	단위작업장소	단위작업장소	단위작업장소	단위작업장소	단위작업장소	UNIT_JOB_PLACE_NM	UNIT_JOB_PLACE_NM
부서	부서	부서	부서명	부서명	부서명	부서명	DEPT_NM	DEPT_NM
단위	단위	단위	단위	단위	단위	단위	EXPSR_CRTR_UNIT_CVALUE	EXPSR_CRTR_UNIT_CVALUE
측정시작시간	측정시작시간	측정시작시간	측정시작시간	측정시작시간	측정시작시간	측정시작시간	MESURE_BGN_G_HR	MESURE_BGN_G_HR
측정종료시간	측정종료시간	측정종료시간	측정종료시간	측정종료시간	측정종료시간	측정종료시간	MESURE_HR_END_HR	MESURE_HR_END_HR
근로자수	근로자수	근로자수	mtst000. 근로자수	mtst000. 근로자수	mtst000. 근로자수	mtst000. 근로자수	BPLC_LABRR_CNT	BPLC_LABRR_CNT

본 연구에서는 분석을 진행하기 위한 노출측정값으로 2002년~2008년의 “금회8작업환산치” 또는 “금회8환산치”, 2009년~2022년의 “NMSR_RESULT_CVALUE” 또는 “NMSR_RESULT_VALUE” 변수를 사용하였다(이후부터는 금회TWA로 칭함). 노출기준은 2004년~2008년의 “노출농도기준” 또는 “노출기준”, 2009년~2022년의 “EXPSR_CRTR_CVALUE”를 사용하였고, 2002년과 2003년은 “노출기준 초과배수”를 이용해 노출기준을 구하여 분석에 활용하였다.

3) 유해물질 코드 및 유해물질명

유해물질은 <표 III-7>에 따라 유해물질 코드에 해당하는 유해물질명에 벤젠 또는 포름알데히드, 석면이 포함되어있는 자료를 추출하였다. <표 III-11>은 연도 및 유해물질코드별 자료의 분포를 나타낸 표이다. 11007을 제외한 모든 물질코드들은 2004년 이전과 2005년 이후를 기준으로 사용되는 시기가 나누어져 있었다. 그리고 11007은 2002년과 2003년에 유해물질명으로 “청석면”이 입력되어 있고, 2005년에는 “악티노라이트석면”로 입력되어 있었다. 석면에 해당하는 코드인 11008, 11009, 11010, 11016, 11017, 11018은 2005년에만 사용되었다.

〈표 III-11〉 연도 및 유해물질코드별 자료 수

코드	연도											
	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13
11007	5	20	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0
11008	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
11009	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
11010	0	0	0	114	0	0	0	0	0	0	0	0
11015	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
11016	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0
11017	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0
11018	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0
11019	0	0	0	240	1	0	0	0	0	0	0	0
11108	212	233	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11109	45	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11208	300	591	1,040	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11306	2,756	3,868	3,107	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12025	0	0	0	466	2,323	7,711	22,781	71	205	175	176	167
21077	0	0	0	3,932	2,757	4,714	7,234	1,367	3,629	4,086	4,607	5,293
21078	0	0	0	0	7	91	0	0	0	0	0	0
21209	0	0	0	6,963	12,580	12,983	13,365	2,345	8,317	9,513	10,721	12,802
23101	263	385	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23510	38	68	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51475	0	0	0	0	188	23	278	6	5	1	3	7
합계	3,619	5,208	4,234	11,828	17,856	25,522	43,658	3,789	12,156	13,775	15,507	18,279
코드	연도											
	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	합계	
11007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	
11008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
11009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
11010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	114	
11015	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	35	
11016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	
11017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	
11018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	
11019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	241	
11108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	445	
11109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	
11208	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,931	
11306	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,731	
12025	188	204	225	672	877	706	643	769	740	268	39,367	
21077	6,083	6,579	7,144	7,784	7,863	8,377	9,133	9,842	11,257	3,265	114,946	
21078	56	114	114	126	127	140	85	84	82	0	1,026	
21209	15,278	17,442	20,154	22,359	23,141	24,621	25,623	27,087	30,718	9,434	305,446	
23101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	733	
23510	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108	
51475	4	1	75	183	21	10	8	12	15	2	842	
합계	21,620	24,344	27,712	31,124	32,029	33,854	35,492	37,794	42,812	12,969	475,181	

〈표 III-12〉는 작업환경측정자료 내 존재하는 물질코드와 물질명 쌍을 나타낸 것이다. 각각의 물질코드마다 여러 개의 물질명이 포함되어있다. 물질코드 12025의 경우 “석면”, “석면(백석면크리소타일)”, “석면(모든 형태)” 등 다양한 형태로 물질명이 포함되어있다. 물질코드 21077의 “스티렌페닐에틸렌,비닐벤젠(제거)”와 물질코드 51475에 해당하는 “활석(석면 포함)”은 본 연구의 범위에서 벗어나기 때문에 추후 분석에서 제외하였다.

유해물질명은 “벤젠함유제제”, “석면(백석면크리소타일)”, “포름알데히드-비색계” 등 벤젠, 석면, 포름알데히드를 포함하지만 비교적 상세하게 존재하였으므로 각 주요 물질별로 분류하여 정리하였다. 〈표 III-13〉은 주요물질별 상세물질명 자료의 분포를 나타낸 표이다. 벤젠은 주로 “벤젠”으로 자료가 표기되었고, “벤젠물질을 중량비율 1%이상함유한제제”, “벤젠함유 고무풀”, “벤젠함유제제”, “Benzene”으로도 존재하였다. 포름알데히드는 대부분 “포름알데히드”로 표기되었고, 일부 “포름알데히드-비색계”, “HCHO”로 표기되었다. 석면은 “백석면”, “갈석면”, “석면” 등 가장 다양한 형태로 표기되었고, 활석만 제외하고 나머지는 모두 분석에 포함하였다.

〈표 III-12〉 물질코드별 작업환경측정자료 내 물질명

물질 code	물질명	물질명(영문)	자료 내 상세물질명
11007	청석면	Asbestos(Crocidolite)	청석면
	청석면	Asbestos(Crocidolite)	악티노라이트석면
	악티노라이트석면 및 함유제제	Asbestos(Actinolite)	청석면
	악티노라이트석면 및 함유제제	Asbestos(Actinolite)	악티노라이트석면
11008	악티노라이트석면물질을 함유한제제 (함유된중량의비율이1%이하인것제외)	NA	악티노라이트석면함유제제
	갈석면	Asbestos(amosite)	악티노라이트석면함유제제
11009	안소필라이트석면 및 함유제제	Asbestos(ANTHOPHYLITE)	안소필라이트석면
11010	안소필라이트석면물질을 함유한제제 (함유된중량의비율이1%이하인것제외)	NA	안소필라이트석면함유제제
11015	청석면 및 함유제제	Asbestos(Crocidolite)	청석면
	청석면 및 함유제제	Asbestos(Crocidolite)	청석면 및 함유제제
11016	청석면물질을 함유한제제 (함유된중량의비율이1%이하인것제외)	NA	청석면함유제제
11017	갈석면 및 함유제제	Asbestos(amosite)	갈석면
11018	갈석면물질을 함유한제제 (함유된중량의비율이1%이하인것제외)	NA	갈석면함유제제
11019	벤젠함유고무풀(중량비율5%이상)	NA	벤젠함유 고무풀
11108	백석면	Asbestos, Crysotile	백석면
11109	석면(기타형태)	Asbestos, Other forms	석면(기타형태)
11208	벤젠	Benzene	벤젠
11306	포름알데히드	Formaldehyde	포름알데히드
12025	석면 및 함유물질	Asbestos(All forms)	석면
	석면 및 함유물질	Asbestos(All forms)	석면[백석면크리소타일]
	석면 및 함유물질	Asbestos(All forms)	석면(모든 형태)
	석면 및 함유물질	Asbestos(All forms)	석면(기타형태)
	석면 및 함유물질	Asbestos(All forms)	석면기타형태
	석면 및 함유물질	Asbestos(All forms)	석면Cry-
	석면 및 함유물질	Asbestos(All forms)	석면크리소타일:백석
21077	벤젠	Benzene	석면(모든 형태)
	벤젠	Benzene	벤젠
	벤젠	Benzene	스티렌페닐에틸렌, 비닐벤젠(제거)
	벤젠	Benzene	Benzene
21078	벤젠물질을 중량비율1%이상함유한제제	NA	벤젠
	벤젠물질을 중량비율1%이상함유한제제	NA	벤젠함유제제
21209	포름알데히드	Formaldehyde	벤젠물질을 중량비율1%이상함유한제제
	포름알데히드	Formaldehyde	벤젠함유제제
	포름알데히드	Formaldehyde	HCHO
	포름알데히드	Formaldehyde	포름알데히드-비색계
	포름알데히드	Formaldehyde	로진열분해산물(포름알데히드)
23101	NA	NA	NA
	NA	NA	포름알데히드
23510	NA	NA	활석
51475	활석(석면포함)	Talc(containing asbestos fibers)	활석(석면포함)
	활석(석면포함)	Talc(containing asbestos fibers)	Talc(2008년에만 존재)

〈표 III-13〉 주요물질별 상세물질명 자료 수

상세물질명	물질명	벤젠	포름알데히드	석면	합계
Benzene		500	0	0	500
HCHO		0	260	0	260
Talc		0	0	198	198
갈석면		0	0	21	21
갈석면함유제재		0	0	37	37
로진열분해산물(포름알데히드)		0	4	0	4
백석면		0	0	445	445
벤젠		115,950	0	0	115,950
벤젠물질을 중량비율1%이상함유한제재		1,019	0	0	1,019
벤젠함유 고무품		241	0	0	241
벤젠함유제재		7	0	0	7
석면		0	0	33,195	33,195
석면(기타형태)		0	0	96	96
석면(모든 형태)		0	0	6,086	6,086
석면(모든형태)		0	0	26	26
석면[백석면크리소타일]		0	0	8	8
석면Cry-		0	0	16	16
석면기타형태		0	0	24	24
석면크리소타일:백석		0	0	4	4
스티렌페닐에틸렌,비닐벤젠		425	0	0	425
악티노라이트석면		0	0	16	16
악티노라이트석면함유제재		0	0	6	6
안소필라이트석면		0	0	8	8
안소필라이트석면함유제재		0	0	114	114
청석면		0	0	35	35
청석면 및 함유제재		0	0	25	25
청석면함유제재		0	0	15	15
포름알데히드		0	314,541	0	314,541
포름알데히드-비색계		0	30	0	30
활석		0	0	841	841
활석(석면포함)		0	0	644	644
NA		2	342	0	344
합계		118,144	315,177	41,860	475,181

4) 측정시간 및 일자

측정시간관련 변수로 측정시작시간과 측정종료시간이 존재하였다. 측정시간은 대부분 3자리 또는 4자리 숫자로 존재하였고, 24시간 기준으로 시간과 분을 두 자리씩 나누어 표현하는 형태였다(예: 930은 오전 9시

30분, 1750은 오후 5시 50분을 나타냄). 2002년부터 2004년까지는 측정시간 변수는 존재하였지만 모두 결측치이었다. 2006년에는 1 이하의 값이 존재하였는데, 이는 Excel이 시간변수를 잘못 취급해서 숫자값으로 표시한 결과로서 다시 시간변수로 표현하기 위해서는 1이하의 값에 24를 곱하여 해당하는 값으로 변환하였다(예: $0.666(=16/24)$ 은 16:00, $16/24+30/60/24=0.6875$ 는 16:30으로 변환).

측정시간은 측정종료시간에서 측정시작시간을 뺀 값으로 생성하였다. 하지만 측정시간이 음수인 자료도 존재하였고, 이는 오후에 측정을 시작하여 다음 날 완료된 것이 혼재되어 발생한 것으로 판단하였다. 이에 측정일자관련 변수를 살펴본 결과, 측정시작일자와 측정종료일자 변수가 있었지만 2008년 이전 자료에서는 측정시작일자만 있어서 정확한 시간변수를 생성할 수 없었다. <표 III-14>와 같이 연도별로 측정시간 변수를 생성하는 과정에서 결측치 값을 확인하였고, 특히 2012년 이전 자료들에서 결측치가 많았다. 측정시간은 노출측정값이 TWA인지 STEL인지를 판단하는 중요한 변수이나 측정시간에서 결측치를 제거하면 2003~2004년 자료가 모두 삭제되는 등 자료의 손실이 너무 크기 때문에 추후 분석에서 측정시간의 결측 여부를 기준으로 자료를 제거하지 않았다.

〈표 III-14〉 연도별 측정시간 변수(생성변수) 결측치 수

연도	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12
자료 수	3,619	5,208	4,234	11,828	17,856	25,522	43,658	3,789	12,156	13,775	15,507
결측치 수	3,619	5,208	4,234	95	5,650	3,468	180	1,078	2,947	3,505	976
연도	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23
자료 수	18,279	21,620	24,344	27,712	31,124	32,029	33,854	35,492	37,794	42,812	12,969
결측치 수	0	0	0	1	0	0	1	0	2	1	0

5) 노출기준

연도별로 노출기준 변수를 확인하였을 때, 2002년과 2003년은 노출기

준변수가 존재하지 않았고 노출기준초과배수 변수가 존재하였다. 이에 따라 금회TWA 값을 노출기준초과배수로 나누어 노출기준 변수를 생성하였다. 이 과정에서 노출기준초과배수가 0인 값 1,034개와 결측치인 2,043개는 노출기준에 결측치를 입력하였다. 노출기준은 연도별로 결측치 수가 자료 수에 비해 10%가 넘지 않았지만, 2003년 하반기에 총 자료 수 2,835개 자료 중 2,041개가 노출기준초과배수가 결측치여서 노출기준이 결측치로 입력되었다. 추가로 노출기준 값 중 일부는 문자값과 숫자값이 혼용으로 입력되어 있었고, 그 중 몇몇 경우는 “STEL”을 포함하고 있어서 이러한 자료는 추후 분석에서 제외하였다. 또한 “1,50” 등 확인 후 변환 가능한 값들은 수정 후 분석에 사용하였다.

〈표 III-15〉 물질 및 연도별 노출기준값 개수

연도	벤젠	포름알데히드	석면
2002	85	1317	227
2003	48	1143	140
2004	1(기준: 1)	1(기준: 1)	1(기준: 2)
2005	15	18	9
2006	47	132	55
2007	1(기준: 1)	1(기준: 1)	1(기준: 0.1)
2008	12	16	2
2009	4	9	4
2010	10	15	2
2011	9	19	4
2012	7	24	4
2013	10	29	3
2014	17	43	4
2015	13	30	3
2016	30	55	7
2017	28	38	9
2018	25	48	8
2019	28	55	7
2020	33	56	5
2021	30	49	5
2022	32	53	5
2023	17	41	3

대상 유해물질에 따라 고용노동부 고시 노출기준이 다르고 또한 측정 시간에 따라 보정을 하면 측정기관이 입력하는 노출기준값은 다를 수 있다. 하지만 <표 III-15>를 보면 2004년과 2007년의 노출기준은 물질별로 각각 하나씩만 존재하고, 입력된 값은 당시 고용노동부 고시 노출기준과 동일하였다. 이는 데이터가 수집되고 사후에 보정한 것으로 의심된다. 또한, 2002년과 2003년의 포름알데히드 노출기준값의 개수가 1,000개 이상인 것 역시 입력과정에서 다른 물질의 입력값을 포름알데히드로 잘못 입력했을 것으로 의심된다.

노출기준이 실제 고용노동부 고시 노출기준과 큰 차이가 존재하면, 실제 관측한 유해물질과 입력된 물질 종류가 다를 수 있기 때문에 연구진 회의를 통해 고용노동부 고시 노출기준의 50%보다 작거나 150%보다 큰 자료는 추후 분석에서 제거하였다. <표 III-16>은 유해물질별 연도에 따른 노출기준 범위 밖 자료의 수를 정리한 표이다.

<표 III-16> 물질별 노출기준 범위 밖 자료의 수

물질명	연도	노출기준값	전체 자료 수	범위* 밖 자료 수
벤젠	'02	10ppm	300	246
	'03~'04	10 또는 1ppm	1,631	520
	'05~'15	1ppm	50,790	1,278
	'15~'17	1 또는 0.5ppm	15,168	121
	'18~'23	0.5ppm	50,255	4,058
	합계		118,144	6,223
포름알데히드	'02~'06	1ppm	29,274	8,838
	'07~'08	1 또는 0.5ppm	26,348	7
	'09~'23	0.5ppm	259,555	27,989
	합계		315,177	36,834
석면	'02	2f/cc	563	298
	'03~'04	2 또는 0.1f/cc	836	397
	'05~'23	0.1f/cc	40,461	3,023
	합계		41,860	3,718

* 범위는 노출기준의 50%~150%이내를 의미함

연도 구분은 각 물질의 고용노동부 고시 노출기준 변화에 따라 구분한 것인데, 노출기준이 변경되면 그 다음 해까지는 기존 기준과 변경된 기준이 혼재할 수 있다는 것을 가정하였다. 벤젠은 약 2.6%의 자료가 노출기준 범위를 벗어났고, 포름알데히드는 약 9.8%가 범위를 벗어났다. 석면은 약 7.7%의 자료가 노출기준 범위를 벗어나 추후 분석에서 제외하였다.

6) 표준산업분류

표준산업분류는 2002년부터 2023년까지 총 3차례(8차, 9차, 10차) 분류코드가 변화되어 작업환경측정자료에 입력된 산업분류코드는 연도에 따라 다르다. 따라서 현행 표준산업분류인 10차 표준산업분류(KSIC-10)를 기준으로 이전 8차(KSIC-8), 9차(KSIC-9) 산업분류코드들을 연계하는 작업을 수행하였다. 이를 위해 통계청에서 제공한 8차-9차 연계표와 9차-10차 연계표를 활용하였다.

● 코드가 세분화된 경우 제일 첫 번째 것으로 할당

구 코드에서 신 코드를 연계될 때 세분화되는 경우 연계과정의 통일성을 위하여 세분화된 분류들 중 첫 번째 분류로 할당하였다. [그림 III-1]과 같이 8차의 “기타 자동차부품 제조업”(34309)은 9차의 “자동차용 동력전달장치 제조업”(30391)과 “그외 기타 자동차 부품 제조업”(30399)으로 세분화되었다. 따라서 8차의 “기타 자동차부품 제조업”(34309)의 경우 첫 번째 분류인 “자동차용 동력전달장치 제조업”(30391)로 연계하였다.

KSIC-8		KSIC-9	
코드	항목명	코드	항목명
34309	기타 자동차부품 제조업	30391	자동차용 동력전달장치 제조업
		30399	그외 기타 자동차 부품 제조업

[그림 III-1] 코드가 세분화된 경우 예시

- 분류코드가 4자리만 입력되어있는 경우 앞에 “0”을 추가

일부 산업분류코드는 4자리만 입력되어있는 경우가 존재하였다. 이는 엑셀에서 표준산업분류코드가 5자리로 구성된 코드로 인식하지 못하고 숫자로 인식해서 발생하는 혼한 현상이다. 이러한 경우 코드 앞에 “0”을 추가하여 8차, 9차, 10차 표준산업코드들과 비교하였고, “1152”는 8차 표준산업분류 중 “채소, 화폐 및 과일작물 시설 재배업”(01152)과 일치하였고, “1430”은 “축산 관련 서비스업”(01430)과 일치하였다.

- 구 코드를 신 코드로 할당

위의 과정을 거친 이후 통계청의 연계표를 이용하여 전 기간을 구 코드를 신 코드로 자동 할당하였다. 표준산업분류가 8차에서 9차로 변경된 것은 2007년이고, 9차에서 10차로 변경된 것은 2017년인 것을 고려하면 2008년까지 8차에서 연계한 산업분류의 결측치 수가 9차에서 연계한 산업분류 결측치 수보다 적은 것과 2017년부터 9차에서 연계한 산업분류의 결측치 수가 점점 늘어나는 것은 당연한 결과이다<표 III-17>. 하지만, 2009년부터 2012년까지는 최소 200개 이상의 관측치가 9차에서 연계했을 때 결측치로 된다는 것은 이 기간 8차와 9차 산업분류코드가 혼용되었을 것으로 예상할 수 있다. 자세히 자료를 살펴본 결과 다음의 경

우들을 확인하고 추가 작업으로 산업분류코드를 할당하였다.

〈표 III-17〉 산업분류코드 연계 과정의 연도별 결측치 수

구분	연도										
	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12
총 자료 수	3,619	5,208	4,234	11,828	17,856	25,522	43,658	3,789	12,156	13,775	15,507
8차에서 연계	0	10	1	4	4	6	35	3,068	10,420	12,007	13,760
9차에서 연계	3,166	4,497	3,801	10,250	15,677	22,479	39,975	336	534	315	239
구분	연도										
	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23
총 자료 수	18,279	21,620	24,344	27,712	31,124	32,029	33,854	35,492	37,794	42,812	12,965
8차에서 연계	16,151	19,100	21,512	24,288	27,409	28,169	29,911	31,149	32,678	37,329	11,549
9차에서 연계	7	2	20	34	523	722	826	947	947	1,139	398

- “85111”은 KSIC-8에서 “종합 병원”을 나타낸 코드이다. KSIC-9와 KSIC-10에는 “85111”이 존재하지 않지만, 2009년~2012년에도 작업 환경측정자료에 “85111”이 사용되었다. 2009년 이후 “85111”이 사용된 자료들의 산업분류명 변수를 살펴보면, “의료서비스”와 “의료”, “부속 병원”, “종합병원” 등 “종합 병원”과 관련 있다는 것을 확인하였다. “34309”도 KSIC-8에만 존재하는 코드이지만 2009년~2012년에도 사용되었다. 이처럼 KSIC-9로 개정된 이후에도 KSIC-8을 입력한 자료들이 존재하였기 때문에, 2009년부터 2012년까지 자료 중 KSIC-9에 할당되지 않는 자료들은 KSIC-8로 할당하였다.
- “41999”는 작업환경측정자료에 존재하였지만, KSIC-8과 KSIC-9, KSIC-10에 모두 존재하지 않는 코드였다. 하지만, 공단에서 “건설” 업종코드로 사용한다는 것을 확인하였기 때문에 KSIC-10의 소분류인 “토목 건설업”(412)로 할당하였다.
- 기본원칙상 2017년에는 KSIC-9를 할당하였지만, 2017년 중 표준산업분류코드가 개정되었기 때문에 작업환경측정자료에서 KSIC-10을 적

용하여 입력한 자료들이 존재하였다. 따라서, 2017년 자료 중 KSIC-9에 할당되지 않는 자료들은 KSIC-10에 할당하였다.

이러한 추가과정을 적용하여 산업분류코드를 할당한 전/후의 물질별 결측치 수를 <표 III-18>에 정리하였다. 벤젠과 석면은 2007년 이전에는 연계과정에서 결측치가 발생하지 않았지만, 포름알데히드는 2007년 이전에도 연계과정에서 결측치가 발생하였다. 벤젠과 석면은 2013년 이후 연계과정에서 결측치가 소수 발생하였고, 포름알데히드도 2016년, 2021년, 2023년에 각각 4개, 3개, 4개의 결측치가 발생하였다.

<표 III-18> 산업분류코드 연계 후 물질별, 연도별 결측치 수

연도	벤젠			포름알데히드			석면		
	자료 수	추가 작업 전	추가 작업 후	자료 수	추가 작업 전	추가 작업 후	자료 수	추가 작업 전	추가 작업 후
2002	300	0	0	2,756	0	0	563	0	0
2003	591	0	0	3,868	0	10	749	0	0
2004	1,040	0	0	3,107	0	1	87	0	0
2005	4,172	0	0	6,963	0	4	693	0	0
2006	2,765	0	0	12,580	0	4	2,511	0	0
2007	4,805	0	0	12,983	0	6	7,734	0	0
2008	7,234	0	7	13,365	0	28	23,059	0	0
2009	1,367	1	1	2,345	3	7	77	0	0
2010	3,629	5	5	8,317	44	48	210	0	0
2011	4,086	10	10	9,513	6	13	176	0	0
2012	4,607	11	11	10,721	43	50	179	0	0
2013	5,293	0	5	12,802	0	0	184	0	2
2014	6,139	0	0	15,278	0	0	203	0	2
2015	6,693	0	14	17,442	0	0	209	0	6
2016	7,258	0	15	20,154	0	4	300	0	15
2017	7,910	0	24	22,359	0	0	855	0	8
2018	7,990	0	9	23,141	0	0	898	0	4
2019	8,517	0	2	24,621	0	0	716	0	6
2020	9,218	0	4	25,623	0	0	651	0	6
2021	9,926	0	1	27,087	0	3	781	0	8
2022	11,339	0	0	30,718	0	0	755	0	2
2023	3,265	0	0	9,434	0	4	270	0	0
전체	118,144	27	108	315,177	96	182	41,860	0	59

본 연구에서는 표준산업의 세분류(4자리)나 세세분류(5자리)를 사용할 경우 연도별 각 산업분류의 자료 수가 너무 적고, 산업중분류(2자리)이상을 사용할 경우 각 산업별 특성을 반영하기 어렵다고 판단하여 소분류(3자리) 기준으로 분석을 진행하였다.

7) 금회 TWA

“금회 TWA”는 시간가중평균노출값으로 6시간동안 측정된 “금회측정치”을 8시간 기준으로 환산한 값이다. 작업환경측정자료에서 금회 TWA는 총 475,181개 자료 중 3,190개가 결측치로 존재하였고 금회 TWA가 결측치인 것 중 금회측정치가 존재하는 자료 1,225개를 금회측정치로 대체하였다. 금회 TWA 값들 중 “ND”, “Trace”, “불검” 등 불검출을 의미하는 문자는 모두 ND(불검출)로 변환하였고, 기타 의미를 알 수 없는 문자열과 음수로 입력된 값들은 모두 결측으로 처리하였다.

8) 공정코드 및 공정명

작업환경측정자료의 원자료에는 측정기관이 입력한 공정코드와 공정명 변수가 존재하지만, 표준산업분류와 마찬가지로 연도별로 입력된 공정코드가 다르고 또 입력된 공정코드의 상당수가 기타공정에 해당되기 때문에 그 활용도가 상당히 제한적이다. 이에 작업환경측정자료에 있는 공정관련 변수들(공정명, 단위작업장소, 부서명)의 정보를 기반으로 “직무노출추정(Job-Exposure Matrix)을 위한 데이터 표준화(2)”(2022년)의 표준화된 공정코드(SPC공정코드)를 새롭게 할당하여 분석에 활용하였다. 공정코드 할당에 사용한 표준화된 공정코드와 공정명은 <표 III-19>와 같다.

〈표 III-19〉 표준화 공정코드 및 공정명(SPC)

공정코드	공정명	공정코드	공정명	공정코드	공정명	공정코드	공정명
SPC001	준비/지원	SPC020	화학반응	SPC036_2	웨이퍼 가공	SPC053	조적공사
SPC002	주입	SPC021	분리	SPC036_21	포토	SPC054	석공사
SPC003	용해	SPC022	건조	SPC036_3	웨이퍼 조립	SPC055	철근·콘크리트공사
SPC004	주조	SPC023	분쇄	SPC037	폐기물처리	SPC056	구조물해체공사
SPC005	압연	SPC024	침지	SPC038	조경공사	SPC057	비계공사
SPC006	절단	SPC025	살균	SPC039	토공사	SPC058	상하수도설비공사
SPC007	단조	SPC026	저장	SPC040	포장공사	SPC059	철도·궤도공사
SPC008	연마	SPC027	포장	SPC041	보링·그라우팅공사	SPC060	철강구조물공사
SPC009	성형	SPC028	운반	SPC042	파일공사	SPC061	수중공사
SPC010	용접	SPC029	광업	SPC043	실내건축공사	SPC062	준설공사
SPC011	접착	SPC030	식품가공	SPC044	목재구조물공사	SPC063	송강기설치공사
SPC012	조립	SPC031	섬유가공	SPC045	창호공사	SPC064	식도설치공사
SPC013	열처리	SPC032	신발제조	SPC046	금속구조물공사	SPC065	기계설비공사
SPC014	도금	SPC032_1	로루	SPC047	온실설치공사	SPC066	가스시설공사
SPC015	도장	SPC033	인쇄	SPC048	지붕·판금공사	SPC067	난방공사
SPC016	표면처리	SPC034	종이/펠프 제조	SPC049	건축물조립공사	SPC068	시설물유지관리공사
SPC017	세척	SPC035	목재가공	SPC050	미장공사	SPC069	건강관리
SPC018	검사	SPC036	전기전자산업	SPC051	타일공사	SPC070	정비
SPC019	혼합	SPC036_1	웨이퍼 제조	SPC052	방수공사	SPC071	염색

표준화한 공정코드를 할당하는데 다음의 알고리즘(algorithm)을 적용하였다. 우선, 공정명, 단위작업장소, 부서명에 존재하는 단어들과 각 SPC공정코드의 특성을 나타내는 색인어의 일치도를 기반으로 점수를 부여하였다. 이때, 측정기관이 입력한 공정명은 단위작업장소나 부서명보다 공정에 대한 정보를 더 갖고 있을 것으로 가정하여 동일한 색인어가 일치하더라도 공정명에서 일치한 경우 더 높은 점수를 부여하였다. 구체적으로 측정기관이 입력한 공정명의 값이 SPC공정코드의 핵심색인어와 일치하면 2점, 추가색인어와 일치하면 1.5점을 부여하였고, 단위작업장소 또는 부서명의 값이 SPC공정코드의 핵심색인어와 일치하면 1점, 추가색인어와 일치하면 0.5점을 부여한 후 각 SPC공정별 일치점수를 합산하였다. 기본적으로 일치점수가 가장 높은 SPC공정코드를 할당하였고, 만약 여러 개의 SPC공정코드에서 최고점의 일치점수가 나타나는 경우에는 공정명에서의 일치점수가 더 높은 SPC공정코드를 할당하였다. 위의 과정을 거쳐 SPC 공정코드로 매칭한 결과는 〈표 III-20〉에 정리하였다.

〈표 III-20〉 SPC 공정코드 매칭 결과

공정코드	자료 수	공정코드	자료 수	공정코드	자료 수	공정코드	자료 수
SPC001	8,657	SPC020	7,809	SPC036_2	29	SPC053	97
SPC002	2,841	SPC021	2,040	SPC036_21	571	SPC054	144
SPC003	764	SPC022	682	SPC036_3	215	SPC055	50
SPC004	13,879	SPC023	222	SPC037	1,168	SPC056	22,856
SPC005	756	SPC024	1,740	SPC038	147	SPC057	312
SPC006	1,947	SPC025	1,053	SPC039	118	SPC058	51
SPC007	13	SPC026	2,963	SPC040	74	SPC059	120
SPC008	1,460	SPC027	2,397	SPC041	101	SPC060	107
SPC009	13,825	SPC028	5,225	SPC042	71	SPC061	30
SPC010	934	SPC029	44	SPC043	102	SPC062	9
SPC011	4,473	SPC030	2,801	SPC044	1,325	SPC065	623
SPC012	2,276	SPC031	797	SPC045	18	SPC068	231
SPC013	1,240	SPC032	40	SPC046	293	SPC069	34,950
SPC014	6,557	SPC032_1	14	SPC047	114	SPC070	5,070
SPC015	11,221	SPC033	3,334	SPC048	27	SPC071	692
SPC016	3,574	SPC034	55	SPC049	42		
SPC017	4,465	SPC035	664	SPC050	92		
SPC018	121,914	SPC036	1,715	SPC051	8		
SPC019	6,249	SPC036_1	73	SPC052	814		

9) 전처리 요약 및 비정상적인 자료 제거

지금까지 전처리 과정으로 탐색적 자료분석을 통해 작업환경측정자료에서 벤젠, 포름알데히드, 석면의 노출값 및 노출 기준, 그리고 분석에 필요한 변수들(표준산업분류 및 공정코드 등)를 새롭게 생성하고 그 분포를 살펴보았다. 특히, 2002년부터 2022년까지 작업환경측정자료 분석을 통한 세 발암물질의 노출량 추정이라는 분석 목표를 달성하는데 불필요한 자료들, 예를 들어 노출기준 등 몇몇 변수에서 관찰된 잠재적 이상치 등은 추후 분석 결과에 미치는 영향이 크기 때문에 분석에 앞서 제거를 하였다. [그림 III-2]와 같이 순차적으로 제거 조건을 적용한 후 최종적으로 남은 425,904개(벤젠 111,000개, 포름알데히드 278,138개, 석면 36,766개)를 분석에 사용하였고, 발암물질과 연도별 표본의 수는 〈표 III-21〉에 정리하였다.



[그림 III-2] 전처리 제거 기준 적용에 따른 자료 수 변화

〈표 III-21〉 데이터 전처리 후 물질 및 연도별 자료 수

연도	벤젠	포름알데히드	석면	합계
2002	54	1,083	91	1,228
2003	71	1,314	130	1,515
2004	1,040	3,107	-	4,147
2005	3,693	6,866	472	11,031
2006	2,192	7,964	536	10,692
2007	4,380	12,979	7,528	24,887
2008	6,940	13,352	22,212	42,504
2009	1,282	2,289	65	3,636
2010	3,491	7,997	202	11,690
2011	4,039	9,230	166	13,435
2012	4,586	10,492	160	15,238
2013	5,235	12,499	161	17,895
2014	6,095	14,991	185	21,271
2015	6,658	17,219	201	24,078
2016	7,218	19,087	217	26,522
2017	7,829	19,991	697	28,517
2018	7,786	20,559	884	29,229
2019	8,273	21,866	706	30,845
2020	9,089	23,008	643	32,740
2021	9,805	24,518	769	35,092
2022	11,244	27,727	741	39,712
합계	111,000	278,138	36,766	425,904

한편, 분석에 앞서 각 물질의 불검출값을 결정해야 하는데, 측정기관이 사용하는 기체종류와 성능에 따라 불검출값(limit of detection, LOD)값이 다를 것으로 예상된다. 이에 발암물질별로 하나의 LOD값을 설정하는 것보다는 분석전문가의 자문을 통해 각 물질별로 연도별 0이상의 값 중에서 하위 5%분위수를 추출하고, 연도별 LOD값이 급격하게 변하는 것을 피하기 위해 평활화(smoothing) 방법의 하나인 loess를 적용하여 최종 연도별 LOD값을 설정하였다<표 III-22>.

〈표 III-22〉 loess모형 적용 후 물질별, 연도별 불검출(LOD)값

연도	벤젠	포름알데히드	석면
2002	0.0058	0.00166	0.00473
2003	0.0056	0.00154	0.00418
2004	0.0053	0.00143	0.00362
2005	0.0051	0.00132	0.00311
2006	0.0048	0.00120	0.00257
2007	0.0046	0.00111	0.00207
2008	0.0044	0.00104	0.00163
2009	0.0042	0.00099	0.00119
2010	0.0039	0.00095	0.00094
2011	0.0037	0.00093	0.00087
2012	0.0036	0.00091	0.00079
2013	0.0033	0.00086	0.00068
2014	0.0032	0.00082	0.00063
2015	0.0031	0.00079	0.00062
2016	0.0031	0.00077	0.00068
2017	0.0031	0.00075	0.00077
2018	0.0031	0.00073	0.00084
2019	0.0031	0.00072	0.00092
2020	0.0031	0.00071	0.00100
2021	0.0031	0.00069	0.00109
2022	0.0031	0.00068	0.00118

3. Joinpoint Regression 모형의 개선

1) 모형 적용 시 고려할 사항

본 연구의 주요 분석 대상인 작업환경 측정자료에 미국 국립암연구소의 Joinpoint Regression 모형 프로그램을 적합하는데 몇 가지 제약 사항들이 있다. 첫째, 작업환경 측정자료에는 많은 불검출 자료가 존재하는데 기존의 프로그램에서는 불검출 자료를 반영하면서 분석하는 방법을 제시하지 않고 있다. 둘째, 기존의 프로그램은 평균을 중심으로 분석하였는데, 고노출군에 해당하는 95% 분위수값을 분석하는데 사용할 수 없는 문제점이 존재한다. 셋째, Joinpoint Regression 모형은 joinpoint에서 두 개의 회귀직선이 반드시 연결되어야 하는데, 석면과 같이 특정 연도에 완전 사용을 금지하는 경우, 변화 경향성을 제대로 반영하지 못하는 문제점이 존재한다.

첫 번째 문제를 해결하는 방법으로 생존분석의 모수적(parametric) 모형을 Joinpoint Regression 모형과 결합하였다. 불검출 자료의 특성은 생물통계 분야의 생존분석(survival analysis)의 왼쪽검열(left-censored) 개념과 일치하므로 생존분석의 모수적 모형에서 기존의 선형스플라인모형과 동일한 독립변수로 분석할 수 있다. 이때, 오차항의 분포는 산업보건 분야의 노출 분석에서 자주 사용되는 로그정규(log-normal)분포를 가정하였다. 이러한 모형을 구현하는 방법으로 통계프로그램 R의 survival package(Therneau, 2023)를 이용하였다.

두 번째 문제를 해결하는 방법으로 분위수 회귀(quantile Regression) 모형을 Joinpoint Regression 모형과 결합하였다. Joinpoint Regression 모형 및 다른 여타 회귀모형이 독립변수에 따른 종속변수 평

균의 변화를 모형으로 반영하지만, 분위수 회귀모형은 독립변수에 따른 종속변수의 특정 분위수 값의 변화를 모형으로 반영한다. 이러한 모형을 구현하는 방법으로 통계프로그램 R의 quantreg package(Koenker, 2023)를 이용하였다.

세 번째 문제를 해결하는 방법으로 생존분석의 모수적 모형이나 분위수 회귀모형에서 선형스플라인에 해당하는 독립변수 외 추정하는 회귀선이 각 knot에서 불연속(discontinuous)이 발생하도록 지시함수(indicator function)를 독립변수로 추가하였다.

미국 국립암연구소에서 고려한 Joinpoint Regression 모형은 본래 사망률과 같은 rate 함수를 분석하는 것이 목적이므로 연도별 추정치 1개와 그 표준오차(standard error)가 존재하고, Joinpoint Regression 모형에서 회귀직선이 변화하는 knot의 위치를 파악하기 위해 permutation test나 변형된 Bayesian Information Criterion(BIC) 등을 사용하였다. 하지만, 본 연구에서 분석하는 자료의 경우, 특정 연도에 다양한 사업장에서 측정된 노출값이 다수 존재하기 때문에 여러 연도에서 knot이 발생할 수 있는 모형을 고려한 후 모형 선택(model selection) 관점에서 최적의 모형을 찾을 수 있다. 본 연구에서도 BIC 기준으로 모형 선택을 수행하면서 동시에 미 국립암연구소에서 제안한 모형 적합 시 고려해야 할 사항들을 동일하게 적용하였다. 미 국립암연구소에서 제안하는 고려 사항들은 다음과 같다.

- Joinpoint Regression 분석에서 추세변화점의 최대 개수를 시점의 수에 따라 다르게 적용하기를 권장하였다. 미국 국립암연구소에서 배포한 Joinpoint Regression 프로그램의 기본 설정에서는 시점의 수가 17~21개일 때 추세변화점이 최대 3개로 설정되어 있다. 본 연구에서는 분석하는 기간이 2002년부터 2022년까지 연 단위로 총 21개

의 시점을 고려하므로 추세변화점을 최대 5개로 설정하였다.

- Joinpoint Regression 모형에서 추세는 직선으로 표현하기 때문에 직선을 그리는데 필요한 최소한의 점의 개수가 2개임을 고려해서 기간의 양쪽 끝 2점은 추세변화가 발생하지 않도록 설정한다.

2) 모의실험 결과

기존에 개발된 프로그램을 이용한 분석이 아닌 새롭게 방법을 개발하여 분석을 진행하는 상황이기 때문에 제안한 방법들이 제대로 적용되는지 확인하기 위해 먼저 모의실험을 통해 검증하였다. 추세변화점이 없는 상황, 1개인 상황, 2개인 상황, 그리고 추세변화점 1개와 절단점 1개가 있는 상황을 고려하였다. 각 상황에서 표본수는 30, 100, 또는 300개일 때를 고려하였고, 각 종속변수의 값이 회귀평균값을 중심으로 얼마나 퍼져 있는지에 따라 결과가 달라는지를 확인하기 위해 종속변수의 표준편차는 2와 5를 고려하였다. 불검출(LOD)률은 하위 0%, 20%, 50%와 80%일 때를 가정하여 불검출이 전혀 없는 상황부터 매우 높은 상황(80%)을 가정하였다. 모의실험 결과로 총 200번을 반복한 후의 결과를 정리하였다.

〈표 III-23〉~〈표 III-26〉의 knot은 추세변화점의 후보 연도를 나타낸다. 가상자료의 연도 범위는 작업환경측정자료와 같이 2002년에서 2022년이고 지정하였고 모의실험에서는 연도의 양쪽 경계에 가까운 '02~'05년, '19~'22년에는 변화가 없을 것이라고 가정하고 추세변화점 후보에서 제외하였다. '02년~'05년의 값은 그 시기에 추세가 0이 아닌 것으로 추정되는 비율을 나타내고, 이외의 칸의 값은 200번의 반복 모의실험 중 추세변화점으로 선정된 비율을 나타낸다.

(1) 추세변화점이 없는 경우

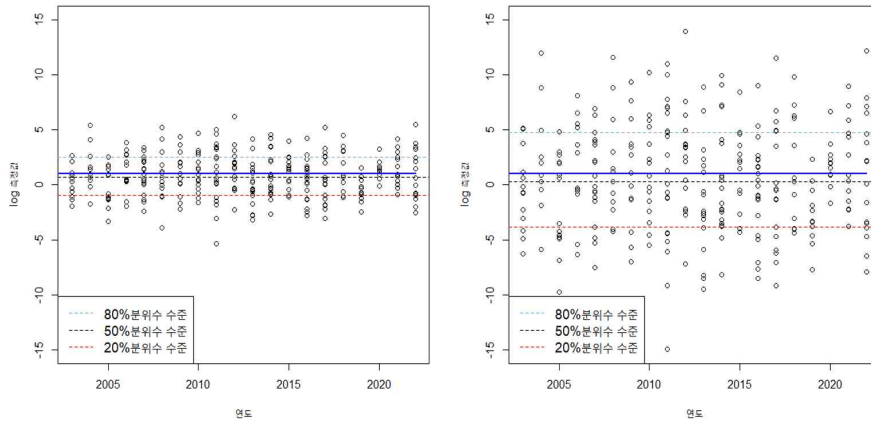
추세변화점이 없는 경우에는 아래와 같은 모형에서 가상자료를 추출

하였다.

$$y_i = 1 + \epsilon_i, \quad \epsilon_i \sim N(0, \sigma^2),$$

여기서 y_i 는 i 번째 노출 측정값의 log변환된 값이고 σ 는 종속자료 y_i 의 표준편차를 나타낸다.

[그림 III-3]은 위 모형에서 표본 크기 300일 때 생성되는 자료를 보여주는 예시이다. '02년부터 '22년까지 일정한 추세를 유지하는 상황을 가정하였기 때문에 전 기간에 걸쳐 20, 50, 80%분위수 또한 같게 유지되며 그 결과 특정 불검출률에 따라 검출되지 않는 자료의 수도 전 기간에 걸쳐 평균적으로 같다. 이러한 자료의 특성 때문에 <표 III-23>의 표본 수가 30개이면서 불검출률이 80% 그리고 표준편차가 5인 결과에서 각 연도에서 추세변화점(knot)으로 선정되는 비율이 0.19~0.29로 유사하게 나타났다. 이 결과를 해석하면 실제 변화가 발생한 연도가 없음에도 각 연도에서 변화가 발생했다고 잘못 찾아낼 가능성이 19%~29% 정도 된다는 의미이다. 하지만, 이러한 결과는 표본 수가 커질수록, 표준편차가 작아질수록, 그리고 불검출률이 낮아질수록 잘못 찾아낼 가능성이 낮아져서, 표본 수가 300개이면서 불검출률이 0% 그리고 표준편차가 2일 때는 비율이 7% 이하로 낮아진다.



[그림 III-3] 추세변화점 없는 경우, 표준편차가 2일 때와(왼쪽), 5일 때의(오른쪽) 가상자료 예시

〈표 III-23〉 추세변화점이 없는 경우의 모의실험 결과

표준 편차	표본수	knot LOD(%)	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18
2	30	0	0.23	0.20	0.24	0.25	0.21	0.21	0.20	0.22	0.21	0.18	0.16	0.26	0.17
		20	0.24	0.24	0.26	0.27	0.21	0.22	0.20	0.19	0.23	0.22	0.18	0.25	0.14
		50	0.25	0.26	0.27	0.24	0.21	0.24	0.23	0.21	0.18	0.17	0.18	0.24	0.21
		80	0.29	0.28	0.19	0.20	0.17	0.22	0.18	0.17	0.20	0.20	0.24	0.23	0.14
	100	0	0.12	0.10	0.12	0.09	0.13	0.11	0.06	0.09	0.11	0.10	0.10	0.06	0.07
		20	0.11	0.11	0.13	0.13	0.14	0.10	0.08	0.09	0.10	0.08	0.07	0.05	0.04
		50	0.12	0.15	0.12	0.15	0.15	0.14	0.10	0.13	0.13	0.12	0.10	0.07	0.06
		80	0.10	0.12	0.09	0.11	0.10	0.16	0.15	0.13	0.12	0.13	0.10	0.09	0.07
	300	0	0.03	0.03	0.03	0.05	0.07	0.05	0.07	0.06	0.04	0.02	0.03	0.04	0.03
		20	0.04	0.05	0.04	0.06	0.08	0.05	0.08	0.06	0.06	0.03	0.05	0.04	0.03
		50	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.05	0.09	0.09	0.05	0.04	0.04	0.05	0.03
		80	0.03	0.06	0.05	0.09	0.06	0.10	0.06	0.07	0.04	0.10	0.08	0.04	0.05
5	30	0	0.25	0.22	0.23	0.24	0.20	0.20	0.22	0.20	0.23	0.18	0.17	0.28	0.16
		20	0.22	0.25	0.24	0.24	0.21	0.24	0.22	0.21	0.24	0.21	0.18	0.27	0.16
		50	0.26	0.26	0.23	0.22	0.23	0.24	0.23	0.22	0.20	0.21	0.19	0.24	0.18
		80	0.28	0.29	0.20	0.23	0.20	0.19	0.18	0.19	0.20	0.19	0.21	0.22	0.19
	100	0	0.12	0.10	0.12	0.09	0.13	0.11	0.06	0.09	0.11	0.10	0.10	0.06	0.07
		20	0.11	0.10	0.13	0.13	0.14	0.09	0.07	0.10	0.10	0.08	0.07	0.05	0.04
		50	0.12	0.15	0.12	0.14	0.16	0.14	0.09	0.14	0.12	0.11	0.10	0.07	0.06
		80	0.11	0.12	0.10	0.10	0.09	0.14	0.14	0.15	0.11	0.12	0.08	0.11	0.08
	300	0	0.03	0.03	0.03	0.05	0.07	0.05	0.07	0.06	0.04	0.02	0.03	0.04	0.03
		20	0.04	0.05	0.04	0.06	0.08	0.05	0.08	0.06	0.06	0.03	0.05	0.04	0.03
		50	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.05	0.09	0.09	0.05	0.04	0.04	0.05	0.03
		80	0.03	0.06	0.05	0.09	0.06	0.10	0.06	0.07	0.04	0.10	0.07	0.04	0.05

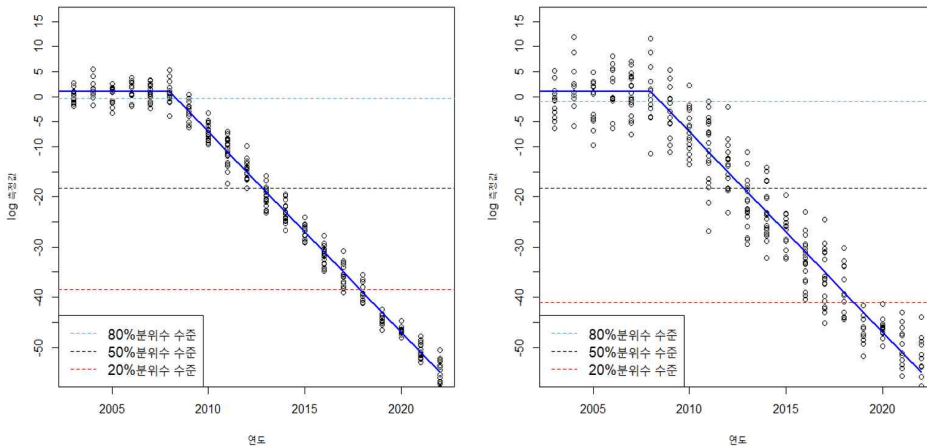
(2) 추세변화점이 1개인 경우

추세변화점이 1개인 경우에는 아래와 같은 모형에서 가상자료를 추출하였다.

$$y_i = 1 - 5(x_i - 2012)^+ + \epsilon_i, \quad \epsilon_i \sim N(0, \sigma^2),$$

$$(x_i - 2012)^+ = \begin{cases} x_i - 2012, & \text{if } x_i \geq 2012 \\ 0, & \text{if } x_i < 2012 \end{cases}$$

여기서 y_i 는 i 번째 노출 측정값을 로그변환한 값이고, x_i 는 i 번째 노출 측정값의 연도를 나타내며, σ 는 자료의 표준편차를 나타낸다 (이후 모든 모형에서 동일함).



[그림 III-4] 추세변화점 1개, 표준편차가 2일 때와(왼쪽), 5일 때의(오른쪽) 가상자료 예시

이 모형은 [그림 III-4]에서 확인할 수 있듯이, '02년부터 '12년까지 평균 노출측정값이 변하지 않고, '12년부터 평균 노출측정값이 감소하는 상황을 가정하고 있다. 불검출률을 20%로 가정할 때, 표준편차가 2인 경우

에는 '18년의 일부 측정값 그리고 '19년부터 모든 측정값이 20%분위수 이하지만, 표준편차가 5인 경우에는 '17년부터 상당수의 측정값이 20%분위수 이하였다. 이는 불검출이 크면서 동시에 표준편차가 큰 경우, 변화시점을 찾는데 불확실성이 커질 수 있음을 의미한다.

〈표 III-24〉를 살펴보면 모든 상황에서 '12년도를 추세변화점으로 선택한 비율이 다른 연도에 비해 높게 나타났다. 대체로 불검출률이 높을수록, 표본 수가 적을수록, 표준편차가 클수록 그 비율이 '12년 주변의 연도들에 분산되는 현상이 나타났다.

〈표 III-24〉 추세변화점이 1개인 경우의 모의실험 결과

표준 편차	표본수	knot LOD(%)	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18
2	30	0	0.22	0.20	0.24	0.23	0.21	0.28	0.48	0.35	0.29	0.23	0.19	0.21	0.24
		20	0.31	0.24	0.27	0.24	0.23	0.32	0.52	0.28	0.25	0.18	0.17	0.10	0.08
		50	0.32	0.28	0.31	0.32	0.28	0.26	0.47	0.13	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
		80	0.32	0.34	0.31	0.30	0.28	0.25	0.22	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
	100	0	0.10	0.09	0.10	0.07	0.14	0.11	0.89	0.14	0.10	0.08	0.07	0.06	0.07
		20	0.10	0.07	0.08	0.08	0.13	0.13	0.90	0.12	0.07	0.05	0.06	0.02	0.04
		50	0.10	0.11	0.12	0.09	0.11	0.16	0.87	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
		80	0.15	0.14	0.11	0.20	0.21	0.23	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300	0	0.03	0.01	0.03	0.03	0.04	0.04	0.99	0.06	0.05	0.03	0.06	0.03	0.04
		20	0.05	0.03	0.03	0.04	0.05	0.03	0.99	0.06	0.04	0.02	0.04	0.04	0.02
		50	0.04	0.03	0.04	0.05	0.05	0.04	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		80	0.04	0.03	0.05	0.06	0.08	0.11	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	30	0	0.27	0.22	0.23	0.28	0.24	0.29	0.35	0.29	0.27	0.22	0.19	0.23	0.22
		20	0.27	0.25	0.26	0.30	0.21	0.29	0.40	0.29	0.28	0.14	0.15	0.16	0.12
		50	0.29	0.29	0.26	0.30	0.29	0.36	0.36	0.21	0.08	0.02	0.01	0.00	0.00
		80	0.34	0.28	0.34	0.25	0.32	0.24	0.24	0.11	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
	100	0	0.11	0.11	0.12	0.11	0.18	0.22	0.50	0.22	0.19	0.12	0.08	0.06	0.10
		20	0.12	0.11	0.12	0.12	0.17	0.23	0.50	0.22	0.17	0.10	0.06	0.04	0.03
		50	0.14	0.14	0.13	0.11	0.17	0.23	0.47	0.21	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00
		80	0.18	0.14	0.09	0.21	0.20	0.23	0.39	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	300	0	0.04	0.03	0.05	0.09	0.12	0.11	0.78	0.19	0.07	0.05	0.06	0.04	0.05
		20	0.05	0.04	0.06	0.09	0.12	0.11	0.77	0.19	0.07	0.04	0.05	0.04	0.05
		50	0.04	0.04	0.07	0.10	0.11	0.11	0.77	0.12	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00
		80	0.04	0.03	0.07	0.09	0.10	0.16	0.66	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00

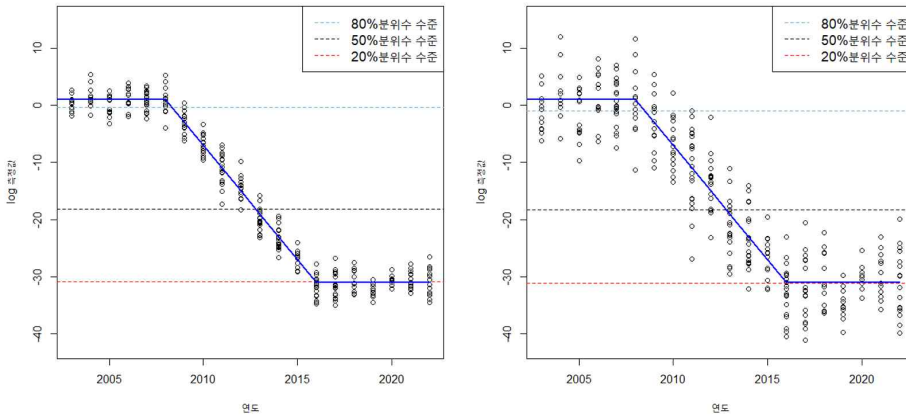
(3) 추세변화점이 2개인 경우

추세변화점이 2개인 경우에는 아래와 같은 모형에서 가상자료를 추출하였다.

$$y_i = 1 - 4(x_i - 2008)^+ + 4(x_i - 2016)^+ + \epsilon_i, \quad \epsilon_i \sim N(0, \sigma^2),$$

$$(x_i - a)^+ = \begin{cases} x_i - a, & \text{if } x_i \geq a \\ 0, & \text{if } x_i < a \end{cases}, a = 2008, 2016$$

이 모형은 [그림 III-5]에서 볼 수 있듯이 '02~'08년까지 평균 측정값이 변하지 않고, '08년부터 평균 노출측정값이 감소하다가 '16년부터 다시 평균 측정값이 일정하다고 가정한다. 불검출률이 50% 이상이면 두 번째 변화점인 '16년부터 모든 측정값이 50%분위수보다 작아 이 추세변화점을 찾을 가능성이 작을 것으로 예상하였다.



[그림 III-5] 추세변화점 2개, 표준편차가 2일 때와(왼쪽), 5일 때의(오른쪽) 가상자료 예시

〈표 III-25〉 추세변화점이 2개인 경우의 연도별 추세변화점 선정 비율

표준 편차	표본수	knot LOD(%)	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18
2	30	0	0.24	0.30	0.49	0.35	0.24	0.19	0.26	0.24	0.29	0.29	0.42	0.33	0.33
		20	0.29	0.32	0.48	0.33	0.22	0.21	0.25	0.26	0.27	0.19	0.38	0.32	0.32
		50	0.30	0.31	0.50	0.33	0.15	0.13	0.10	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01
		80	0.33	0.37	0.36	0.07	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	100	0	0.12	0.20	0.77	0.17	0.14	0.10	0.08	0.11	0.13	0.15	0.83	0.12	0.10
		20	0.12	0.20	0.76	0.18	0.16	0.11	0.09	0.15	0.13	0.15	0.73	0.17	0.17
		50	0.13	0.19	0.77	0.16	0.13	0.07	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
		80	0.17	0.23	0.68	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300	0	0.04	0.04	0.98	0.06	0.04	0.04	0.04	0.05	0.03	0.04	0.96	0.04	0.03
		20	0.04	0.04	0.98	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.93	0.08	0.05
		50	0.03	0.04	0.98	0.06	0.02	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		80	0.03	0.06	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	30	0	0.27	0.24	0.37	0.35	0.22	0.18	0.23	0.25	0.29	0.26	0.28	0.31	0.26
		20	0.30	0.30	0.34	0.34	0.27	0.23	0.26	0.27	0.29	0.25	0.28	0.27	0.24
		50	0.31	0.29	0.38	0.34	0.22	0.16	0.17	0.11	0.07	0.04	0.04	0.03	0.02
		80	0.38	0.33	0.36	0.18	0.07	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	100	0	0.18	0.28	0.50	0.17	0.15	0.16	0.10	0.15	0.17	0.22	0.47	0.18	0.17
		20	0.19	0.28	0.49	0.17	0.16	0.16	0.12	0.16	0.16	0.24	0.45	0.17	0.14
		50	0.20	0.26	0.46	0.19	0.13	0.10	0.08	0.07	0.04	0.04	0.06	0.04	0.05
		80	0.20	0.23	0.45	0.19	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300	0	0.11	0.17	0.68	0.20	0.11	0.07	0.07	0.09	0.07	0.14	0.74	0.12	0.08
		20	0.11	0.18	0.70	0.18	0.10	0.07	0.09	0.08	0.10	0.14	0.64	0.19	0.10
		50	0.11	0.18	0.70	0.19	0.09	0.07	0.08	0.04	0.05	0.06	0.09	0.06	0.05
		80	0.08	0.19	0.65	0.15	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

〈표 III-25〉를 살펴보면 모든 표본 수와 표준편차 설정 하에서 '08년도를 추세변화점으로 선정한 비율이 높고, 불검출률 0%, 20% 이하에서는 '16년도를 선정한 비율도 유사하게 나타났다. [그림 III-5]에서 예상한 것과 같이 불검출률이 50% 이상이면 두 번째 추세변화점인 '16년도를 추세변화점으로 선정하는 비율이 0.09 이하로 나타났다. 추세변화점이 1개 일 때와 마찬가지로 불검출률이 높을수록, 표본 수가 적을수록, 표준편차가 클수록 추세변화점으로 선정되는 비율이 '08년, '16년 주변의 연도들에 분산되는 현상이 나타났다.

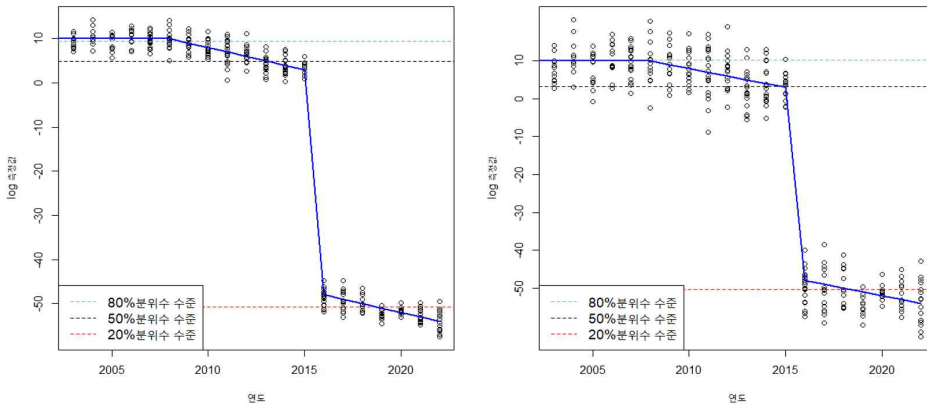
(4) 추세변화점과 절단점이 있는 경우(절단점 추정)

추세변화점이 1개, 절단점이 1개인 경우에는 아래와 같은 모형에서 가상자료를 추출하였다.

$$y_i = 1 - 5(x_i - 2008)^+ - 4I(x_i \geq 2016) + \epsilon_i, \quad \epsilon_i \sim N(0, \sigma^2),$$

$$(x_i - 2008)^+ = \begin{cases} x_i - 2008, & \text{if } x_i \geq 2008 \\ 0, & \text{if } x_i < 2008 \end{cases}, \quad I(x_i \geq 2016) = \begin{cases} 1, & \text{if } x_i \geq 2016 \\ 0, & \text{if } x_i < 2016 \end{cases}$$

이 모형은 [그림 III-6]에서 볼 수 있듯이 '08년까지 노출수준을 유지하다가 '08년부터 추세가 감소하고, '16년에 자료가 절단되어 불연속적으로 감소하는 경향을 보여준다. 표본의 수가 크지 않으면 추세가 조금 바뀐 '08년을 찾기 어렵고, 절단점인 '16년 이후의 노출측정값들이 대부분 50% 분위수보다 작으므로 불검출률 50% 이상인 경우에는 이 절단점('16년)을 찾기 어려울 것으로 예상하였다.



[그림 III-6] 추세변화점과 절단점이 있는 경우, 표준편차가 2일 때(왼쪽), 5일 때(오른쪽) 가상자료 예시

〈표 III-26〉을 살펴보면 추세변화점인 '08년을 찾는 비율은 0.15~0.53으로 대부분 낮게 나타났지만, 이는 [그림 III-6]에서 예상된 결과였다. '16년도로 가정한 절단점은 절단의 정도가 크기 때문에 불검출률이 20% 이하일 때는 추세변화점을 잘 발견하는 것(선정비율 0.60~0.97)을 확인할

수 있지만, 불검출률이 50% 이상일 때는 대부분 발견하지 못하였다. 추세변화점이 2개인 모의실험과 유사하게 추세변화점이나 절단점 근처 연도들의 선정비율이 비슷하게 높은 경우가 많은 것을 확인하였다.

〈표 III-26〉 추세변화점이 1개, 절단점 1개인 경우 모의 실험 결과

표준 편차	표본수	knot LOD(%)	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18
2	30	0	0.38	0.35	0.38	0.23	0.23	0.24	0.29	0.41	0.43	0.74	0.74	0.31	0.26
		20	0.37	0.42	0.40	0.22	0.24	0.31	0.35	0.38	0.27	0.68	0.66	0.27	0.26
		50	0.42	0.42	0.33	0.13	0.29	0.27	0.24	0.31	0.07	0.10	0.07	0.01	0.00
		80	0.51	0.48	0.34	0.14	0.19	0.10	0.07	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	100	0	0.25	0.26	0.34	0.18	0.22	0.19	0.10	0.13	0.32	0.94	0.91	0.19	0.11
		20	0.21	0.25	0.37	0.16	0.22	0.16	0.10	0.16	0.33	0.92	0.93	0.12	0.09
		50	0.28	0.33	0.28	0.10	0.25	0.19	0.20	0.23	0.06	0.08	0.04	0.00	0.00
		80	0.27	0.27	0.34	0.16	0.18	0.09	0.07	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	300	0	0.14	0.22	0.48	0.16	0.32	0.19	0.19	0.14	0.20	0.67	0.92	0.20	0.08
		20	0.15	0.21	0.53	0.23	0.20	0.12	0.08	0.08	0.27	0.88	0.97	0.09	0.03
		50	0.17	0.22	0.48	0.20	0.26	0.14	0.13	0.14	0.08	0.07	0.00	0.00	0.00
		80	0.17	0.21	0.43	0.19	0.22	0.14	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
5	30	0	0.41	0.38	0.29	0.17	0.22	0.27	0.33	0.37	0.35	0.63	0.79	0.35	0.22
		20	0.40	0.39	0.28	0.17	0.21	0.31	0.30	0.37	0.31	0.58	0.60	0.37	0.38
		50	0.31	0.46	0.29	0.12	0.32	0.24	0.32	0.36	0.06	0.22	0.19	0.05	0.00
		80	0.44	0.41	0.35	0.17	0.26	0.17	0.21	0.20	0.03	0.10	0.03	0.01	0.00
	100	0	0.17	0.23	0.22	0.12	0.16	0.16	0.13	0.14	0.03	0.88	0.92	0.20	0.11
		20	0.22	0.25	0.24	0.10	0.11	0.18	0.14	0.15	0.29	0.69	0.91	0.20	0.09
		50	0.16	0.26	0.15	0.09	0.16	0.24	0.18	0.25	0.13	0.27	0.32	0.00	0.00
		80	0.24	0.25	0.23	0.17	0.17	0.15	0.16	0.15	0.08	0.06	0.02	0.00	0.00
	300	0	0.15	0.19	0.30	0.18	0.19	0.10	0.10	0.09	0.18	0.91	0.97	0.07	0.04
		20	0.18	0.20	0.32	0.17	0.17	0.13	0.09	0.09	0.25	0.92	0.93	0.09	0.02
		50	0.16	0.19	0.25	0.17	0.13	0.13	0.14	0.10	0.22	0.75	0.09	0.00	0.00
		80	0.19	0.23	0.24	0.17	0.18	0.18	0.15	0.11	0.08	0.08	0.03	0.00	0.00

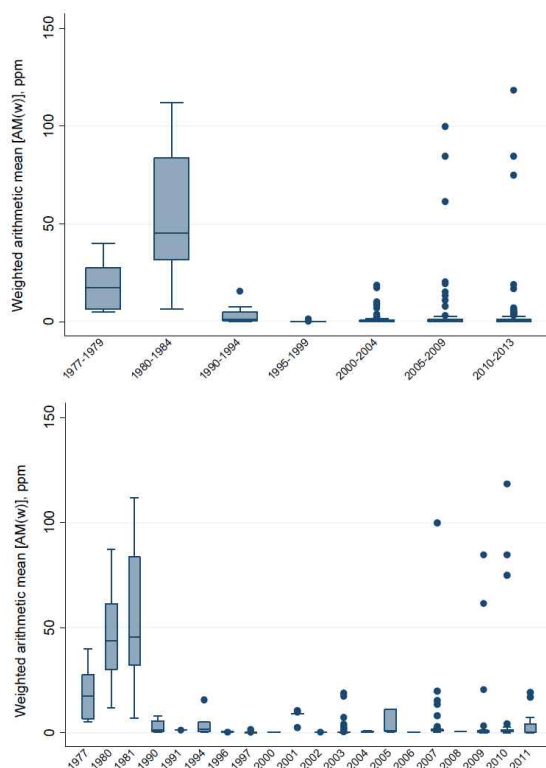
4. 벤젠의 과거 노출 추정 및 제도 개선이 노출수준에 미치는 효과 분석 및 고찰

1) 벤젠 노출 관련 선행 연구 및 국내 벤젠 생산 및 소비 양

(1) 국내 선행 연구

국내 연구로는 본 연구진이 참여한 산업안전보건연구원의 “벤젠의 과거 노출추정(Job-Exposure Matrices, JEM)연구”(2013년)가 있으며, 이 연구는 2002년~2011년까지의 작업환경측정자료를 분석하였고 연도별 노출 요약통계량 및 노출기준 초과율 등을 결과로 제시하였다. 해당 연구진은 추가로 작업환경측정자료가 없는 2002년 이전의 벤젠 노출은 문헌 검토를 통해 자료를 수집하여 1970년대부터 2011년까지의 벤젠 노출량 변화에 대한 논문을 게재하였다(Park et al., 2015).

주요 논문 결과로써, 벤젠의 노출수준은 산업 전반적으로 감소하는 형태를 보이며 1980년에서 1984년의 기간에서 50.4ppm(n=2,289)였던 벤젠 노출수준의 가중 산술평균은 1990년에서 1994년의 기간에 2.8ppm(n=294)으로 급격하게 떨어졌고, 1995년에서 1999년의 기간에서는 0.1ppm(n=294) 수준으로 감소하였다. 2005년에서 2009년의 기간에 4.3ppm(n=6,211), 2010년에서 2013년의 기간에서 4.5ppm(n=3,358)으로 추정되는 등 2000년대 이후에는 유의한 증가추세를 보이지 않았다[그림 III-7].

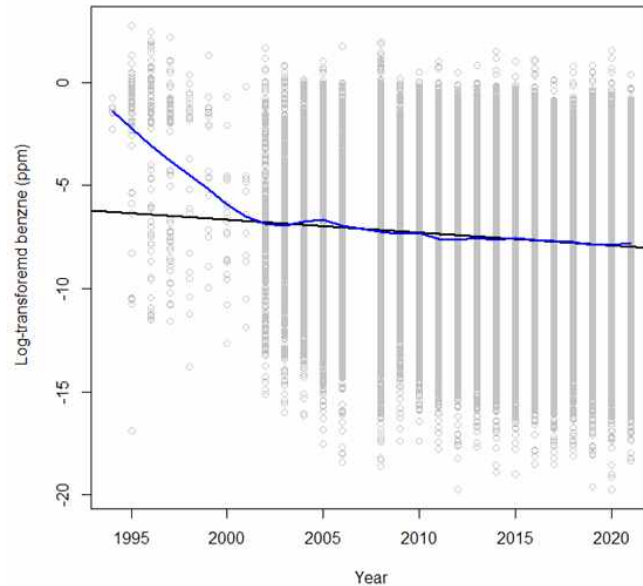


[그림 III-7] 5년 단위(위), 1년 단위(아래)로 추정된 벤젠 노출수준 (박동욱 등, 2015)

2011년 이후의 연구 결과로써, 본 연구진이 참여한 산업안전보건연구원의 “직무노출추정(Job-Exposure Matrix, JEM)을 위한 데이터 표준화(2)”(2022년)에서 1994-2001년까지는 세브란스산업보건센터의 벤젠 노출자료를, 2002년부터 2021년까지는 작업환경측정자료를 이용해서 연도별 노출량을 분석하였다.

주요 결과로써, 로그 변환한 벤젠 수치는 연간 약 6% 정도 감소하는 경향을 보였다[그림 III-8]. 이 외에 본 연구진이 수행한 연구(Choi et al. 2019)로써 석유 유래 제품(petroleum-derived products)에 포함된 벤젠 함유량의 시간에 따른 변화를 조사하였는데, 1974년부터 2012년까지

지 전년 대비 약 13%씩 감소하는 것으로 나타났다.



[그림 III -8] 작업환경측정자료에서 시간에 따른 벤젠 노출수준의 변화 (최상준 등, 2022)

(2) 국내 벤젠 생산 및 소비 양

벤젠은 석탄과 석유로부터 생산될 수 있으며, 석유화학산업의 기초 유분 중 하나로 사용되어 다양한 석유화학 제품 생산에 활용된다[그림 III -9].

벤젠 생산의 주요 공정은 크게 증질납사(HSR)를 수첨(Hydrogen treatment)시켜 탈황하고 개질(Reforming)하여 벤젠을 추출하는 증질납사 개질방법과 NCC(Naphtha Cracking Center) 공정에서 부생하는 분해가솔린(Pyrolysis Gasoline)을 추출, 정류하여 제조하는 분해 가솔린방법, 촉매를 사용하여 수소 환경하에서 톨루엔 중의 알킬기를 재분포시키는 MTPX(Mobil Toluene To Para-xylene) 공정으로 구분된다. 그 외에도 톨루엔을 원료로 벤젠과 자일렌을 생산하는

TD(Toluene Disproportionation)와 톨루엔을 원료로 벤젠을 생산하는 HDA(Hydrodealkylation) 공정이 존재한다.¹⁾

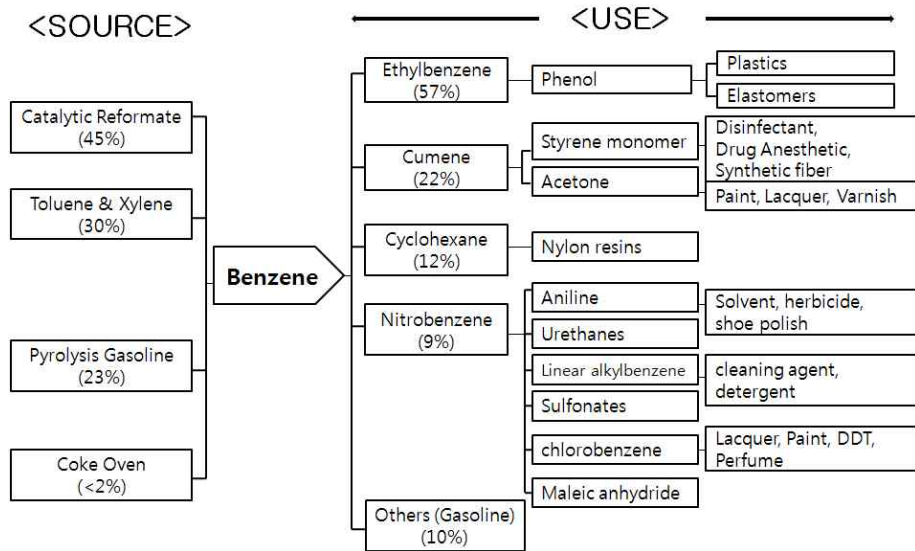
벤젠은 에틸 벤젠(ethyl benzene, 57.0%), 큐멘(cumene, 22.0%), 시클로헥산(cyclohexane, 12.0%), 니트로벤젠(nitrobenzene, 9.0%), 가솔린(gasoline) 등의 제조에 사용되며, SM(스티렌모노머), Phenol(페놀), CX(사이클로헥산), Aniline(아닐린), MA(무수말레 인산), AB(알킬벤젠) 등의 원료로 사용되고 플라스틱, 고무 등 다양한 제품에 함유될 수 있다. 한국석유화학협회의 보고에 따른 현재 벤젠을 제조하는 국내 기업은 10 곳(대한유화(울산), S-Oil(울산), 롯데케미칼(울산, 여수, 대산), SK지오센트릭(울산), 울산아로마틱스(울산), LG화학(여수, 대산), 여천NCC(여수), GS칼텍스(여수), 한화토탈(대산), 현대코스모(대산)이다.

1997년부터 2021년까지 한국석유화학협회에서 보고하고 있는 국내 벤젠 수요량과 생산량 추이를 보면 [그림 III-10]과 같이 모두 증가하고 있으며, 생산량의 경우 1997년 약 200만톤에서 2021년에는 428만톤으로 2배 이상 증가하였다.

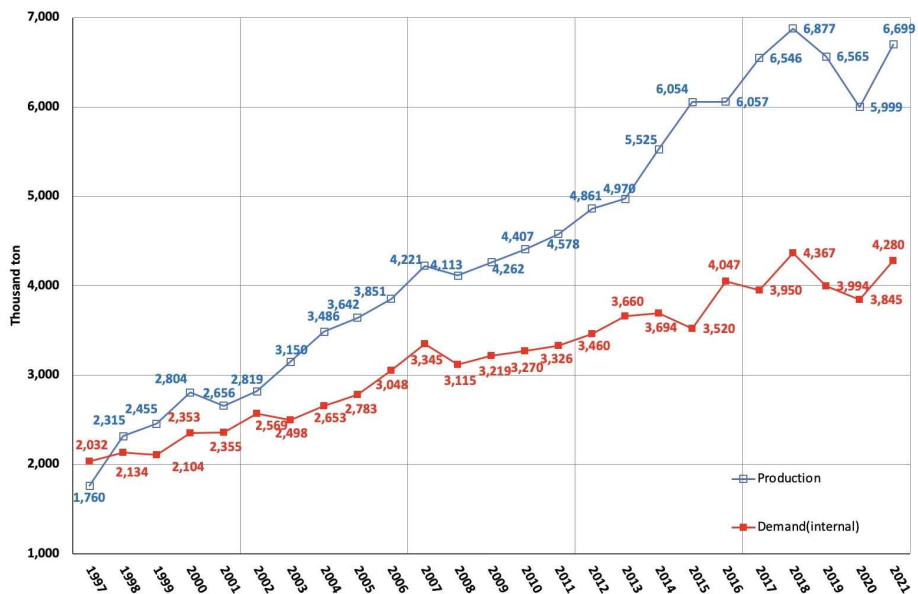
국내 벤젠 수요의 대부분은 스티렌모노머가 차지하고 있으며(2004년 기준 벤젠 수요의 76.0% 차지), 스티렌모노머 부문의 생산 부진으로 인해 2008년 이후 처음으로 벤젠 수요가 감소하였다(한국석유화학협회, 2012). 스티렌모노머의 경우 가전제품케이스 및 부품, 자동차 내·외장재, 건축자재, 완구 등의 용도로 쓰이는 폴리스티렌, ABS의 원료로 사용되고 있다.

1)

<https://www.kpia.or.kr/petrochemical-industry/product-info>



[그림 III-9] 벤젠의 생산과 사용 계통도



[그림 III-10] 국내 벤젠 국내수요량과 생산량의 연도별 추이

감소세를 보이는 스티렌모노머와 달리 벤젠의 다음 비중을 차지하는 페놀의 수요는 2004년 기준 4.0%를 보였으나, 2006년 기준 페놀의 수요가 10.0%를 넘어서며 증가하는 추세를 보였다(한국석유화학협회, 2012).

2) 벤젠 노출기준 변화 및 제도 개선

(1) 고용노동부 관리 기준

● 작업환경측정/특수건강진단

산업안전보건법에 의한 화학물질 관리 규제에 의해 벤젠은 작업환경측정과 특수건강진단 제도 초기부터 포함되어 관리되었다.

● 관리대상 유해물질 - 발암성 물질로 선정

1990년 처음 관리대상 물질이 제정되었을 때 벤젠도 관리대상 물질로 포함되었다. 이후 국내에서 사용하지 않는 마젠타, 오라 민 등 15종의 물질은 삭제하고, 독성 등이 커서 규제가 필요한 물질 76종을 추가하여 총 168종의 관리대상 유해물질을 선정하여 2003년 7월 12일 ‘산업보건기준에 관한 규칙’ 편의 관리대상 유해물질을 확대 시행 하였다(최상준 등, 2013).

또한, 관리대상 유해물질 중 “암을 유발하는 물질로 확인되었거나 의심되는 물질”을 ‘발암성 물질’로 정의하고 벤젠, 1,3-부타디엔, 사염화탄소, 포름알데히드, 니켈 및 불용성화합물, 삼산화안티몬 및 그 화합물, 카드뮴 및 그 화합물, 6가 크롬 및 그 화합물, 산화에틸렌 등 9종의 물질을 발암성 물질로 분류, 표시하였다. 이들 발암성 물질과 관련된 사업주의 의무 조치로는 ‘발암성물질의 취급일지 작성’ 및 ‘발암성물질은 근로자에게 알려야 한다’는 고지 규정, 그리고 단시간 작업 및 임시작업에 대한 예외 규정이 적용되지 않으며, 시설 및 설비기준에 대한 특례 조항도 적용되지 않도록 하

였다.

● 특별관리물질

Choi & Lim.(2010)은 산안법 내에서 규정하고 있는 노출기준과 관리대상 물질에서 발암성 물질로 지정된 목록을 비교해 본 결과 관리 대상 물질에는 카드뮴을 발암물질로 규정하고 있지만 노출기준에서는 발암성으로 분류하고 있지 않아 분류체계의 일관성이 없음을 문제를 제기한 바 있다. 이러한 문제의식을 기반으로 고용노동부에서는 2011년 3월 ‘화학물질 및 물리적 인자의 노출기준’ 고시를 개정하였다. 개정된 고시의 핵심 내용은 기존 A1, A2의 분류 기준을 GHS(Globally Harmonized System) 체계에 따른 1A(사람에게 충분한 발암성 증거가 있는 물질), 1B(시험동물에서 발암성 증거가 충분히 있거나, 시험동물과 사람 모두에서 제한된 발암성 증거가 있는 물질), 2(사람이나 동물에서 제한된 증거가 있지만, 구분1로 분류하기에는 증거가 충분하지 않은 물질)로 재분류하여 발암성 물질에 대한 정의와 분류기준을 명확히 하고 기존 발암성 물질을 58종에서 184종으로 확대 개정 제시하는 것이었다. 이후 2012년 3월에는 발암성 물질만 아니라 생식세포 변이원성과 생식독성 물질에 대해서도 GHS에 따라 1A, 1B, 2로 분류함으로써 CMR 물질(Carcinogenic, Mutagenic or Reproductive toxic agents)에 대한 정보제공을 강화하였다.

발암성 물질에 대한 정의와 분류기준을 통일화하고자 하는 노력은 화학물질 관리 체계에 대한 논의로 이어졌으며, 고용노동부에서는 2011년 3월 고용노동부 예규 제10호 ‘화학물질의 유해성·위험성 평가에 관한 규정’을 제정하여 발표하였다. 이 예규에는 화학물질 평가 실무위원회와 심의위원회의 조직적 틀을 토대로 화학물질의 유해성·위험성 평가 결과에 따라 관리수준을 결정할 수 있는 관리 틀을 제시하고 있다. 특히 CMR 물질에 대한 관리를 강화하기 위해 산업안전보건기준에 관한 규칙을 개정(2012년 3월 5일 시행, 고용 노동부령 제49호)하여 발암성 물질의 정의를 삭제하고 ‘특

별관리물질'이라는 용어 정의를 신설하여 발암성, 변이원성, 생식독성 물질 등을 포괄하여 규율할 수 있도록 근거를 마련하였다. 이때 벤젠도 '특별관리물질'로 재분류되었고, 노출기준 고시에서 발암성 1A, 생식세포변이원성 1B로 CMR 정보를 제공하였다.

(2) 환경부 관리 기준

● 유독물/대기오염물질/특정대기유해물질

벤젠은 유해화학물질관리법 시행규칙(1991. 2. 2. 시행, 총리령 제375호)에 의한 '유독물'로 지정되어 1991년부터 관리되어왔다. 또한, 대기환경보전법 시행규칙(1996. 9. 14. 시행, 환경부령 제24호) 전부개정에 따라 1996년부터 특정대기유해물질에 벤젠과 포름알데히드 등이 추가(석면은 초기부터 지정)되었다.

이후 환경부는 대기환경보전법 시행규칙을 개정하여 2020년부터 대기오염물질과 특정대기유해물질의 배출허용기준을 강화하였는데, 연간 10톤 이상 벤젠을 배출하는 사업장에 대해 기존 10ppm에서 5ppm으로 강화된 배출허용 기준을 적용하였다(2020. 1. 1. 시행, 환경부령 제817호).

● 도료(paint)의 휘발성유기화합물(VOC) 함유기준 규제

벤젠이 함유된 화학제품 중 대표적인 것이 도료(paint) 인데, 환경부는 2005년에 '수도권 대기환경개선에 관한 특별법 시행규칙'을 제정하고, '[별표 8] 도료에 대한 휘발성유기화합물의 함유기준(제39조관련)'을 신설하여 2005년 7월 1일부터 수도권지역의 대기관리권역에서 사용되는 도료 내 VOC 함유 기준을 규제하기 시작했다. 이후 2013년에 수도권에서 전국으로 확대 시행하면서 기존 수도권 특별법에 있던 규정을 삭제하고 '대기환경보전법 시행규칙(2013.5.24. 시행, 환경부령 제506호)'에 2013년부터 신설하여 이후 단계적으로 적용 도료의 종류를 확대하고 기준을 강화해 왔다.

〈표 III-27〉~〈표 III-29〉는 신설 당시부터 현재까지 변화되어 온 도료 내

VOC 함유기준을 용도별로 정리한 부분이다.

〈표 III-27〉 건축용 도료 내 휘발성유기화합물 함유 기준

용도분류	휘발성유기화합물 함유 가능 최대 기준(g/L)*				
	2005.07.01~2006.12.31.	2007.01.01~2009.12.31.	2010.01.01~2014.12.31.	2015.01.01~2019.12.31.	2020.01.01~
가. 건축용 도료					
1. 콘크리트·시멘트·몰탈용					
1) 수성무광	75	65	40	35	35
2) 수성광택	140	100	80	70	65
3) 수성하도(下塗)	50	40	30	30	30
4) 수성퍼티	50	40	40	40	40
5) 유성외부(불소계 제외)	550	500	500	450	410
6) 유성외부(불소계)	650	530	400	400	400
7) 유성내부	550	500	400	200	200
8) 유성하도	550	550	200	190	180
9) 유성퍼티	150	100	50	50	50
2. 일반철재용					
1) 상도(上塗)마감용(락카계 제외)	550	530	500	470	420
2) 상도마감용(락카계)	700	650	250	230	170
3) 하도방청용(락카계 제외)	500	500	480	440	420
4) 하도방청용(락카계)	700	650	250	230	170
3. 일반목재용					
1) 하도용(락카계 제외)	550	530	500		
수성				200	180
유성				450	420
2) 하도용(락카계)	700	650	600		
수성				200	180
유성				570	550
3) 상도용(락카계 제외)	550	530	500		
수성				200	180
유성				450	430
4) 상도용(락카계)	700	650	600		
수성				200	180
유성				570	530
5) 스테인	700	680			
수성			200	150	100
유성			400	300	300
4. 방수바닥재료					
1) 유성 상도	650	530			
유성 상도 1액형			500	480	460
유성 상도 2액형			500	480	400
2) 유성 중도(中塗)	230	150			
유성 중도(中塗) 1액형			120	100	80
유성 중도(中塗) 2액형			80	70	60
3) 유성 하도	700	600	600	550	480
4) 수성	50	40	40	35	35

용 도 분 류	휘발성유기화합물 함유 가능 최대 기준(g/L)*				
	2005.07.01~2006.12.31.	2007.01.01~2009.12.31.	2010.01.01~2014.12.31.	2015.01.01~2019.12.31.	2020.01.01~
5. 가정용도로					
1) 수성	75	65	40	35	35
2) 유성	500	400	400	300	100
6. 특수기능도로					
1) 발수제	800	780	100	100	100
2) 다채무늬도로	400	300	200	150	50
3) 투명도로			600	550	
수성					180
유성					530
7. 기타					
1) 수성					180
2) 유성					250

* 2005년~2013년: '수도권 대기환경개선에 관한 특별법'에 의해 수도권만 적용

2013년 5월 이후-현재: '대기환경보전법'에 의해 전국 적용

〈표 III-28〉 자동차보수용/도로표지, 보수용 도로 내 휘발성유기화합물 함유 기준

용 도 분 류	휘발성유기화합물 함유 가능 최대 기준(g/L)*				
	2005.07.01~2006.12.31.	2007.01.01~2009.12.31.	2010.01.01~2014.12.31.	2015.01.01~2019.12.31.	2020.01.01~
나. 자동차보수용 도로					
1. 워시프라이머	850	780	780	780	660
2. 프라이머/서페이서	650	580	580	540	420
3. 상도-single	650	580	500	450	420
4. 상도-basecoat	650	620	500	450	200
5. 상도-topcoat	650	620	500	450	420
6. 특수기능도로	900	840	840	800	680
7. 기타					250
다. 도로표지/포장용 도로					
1. 도로표지용 도로	550	450			
1) 수성			200	170	150
2) 유성			450	400	340
2. 도로포장용 도로					
1) 수성					150
2) 유성					340
3. 기타					
1) 수성					150
2) 유성					250

* 2005년~2013년: '수도권 대기환경개선에 관한 특별법'에 의해 수도권만 적용

2013년 5월 이후-현재: '대기환경보전법'에 의해 전국 적용

〈표 III-29〉 공업용 도료 내 휘발성유기화합물 함유 기준

용 도 분 류	휘발성유기화합물 함유 가능 최대 기준(g/L)*				
	2005.07.01~ 2006.12.31.	2007.01.01~ 2009.12.31.	2010.01.01~ 2014.12.31.	2015.01.01~ 2019.12.31.	2020.01.01 ~
라. 공업용 도료					
1) 선박용도료	.	.	.	.	.
가) 방오도료	.	.	.	500	450
나) 무독성방오도료	.	.	.	450	450
다) 방청도료(1액형)	.	.	.	550	500
라) 방청도료(2액형)	.	.	.	550	450
마) 마감도료(1액형)	.	.	.	500	450
바) 마감도료(2액형)	.	.	.	500	450
사) 발라스트(유니버설 프라이머)	.	.	.	400	320
아) 메인 프라이머(무기 징크프라이머)	.	.	.	600	550
자) 에칭 프라이머	.	.	.	.	750
차) 홀딩 프라이머	.	.	.	.	600
카) 바니쉬	.	.	.	.	550
타) 무기질 아연말 샵프라이머	.	.	.	.	750
2) 철구조물(강교용)/중방식 도료	.	.	.	.	.
가) 무기질 아연말 샵프라이머	.	.	.	750	730
나) 무기질 아연말 도료	.	.	.	.	.
1) 수성	.	.	.	50	50
2) 유성	.	.	.	650	630
다) 방청도료(1액형)	.	.	.	550	500
라) 방청도료(2액형)	.	.	.	550	450
마) 방청도료(수성)	.	.	.	80	80
바) 마감도료(1액형)	.	.	.	500	500
보수용	.	.	.	630	600
사) 마감도료(2액형)	.	.	.	530	470
아) 마감도료(수성)	.	.	.	150	150
자) 불소계 도료	.	.	.	580	520
3) 내열도료	.	.	.	.	650
4) 내화도료	.	.	.	.	500
5) 불연기자재용 도료	.	.	.	.	720
6) PCM 도료	.	.	.	.	.
(1) 고체(Solid)(안료함량 15% 이상)	.	.	.	.	800
(2) 고체(Solid) 외(안료함량 15% 미만)	.	.	.	.	880
7) 제관용 도료	.	.	.	.	.
(1) 2PC(내면)	.	.	.	.	300

용 도 분 류	휘발성유기화합물 함유 가능 최대 기준(g/L)*				
	2005.07.01~ 2006.12.31.	2007.01.01~ 2009.12.31.	2010.01.01~ 2014.12.31.	2015.01.01~ 2019.12.31.	2020.01.01 ~
(2) 2PC(외면)	-	-	-	-	500
(3) 3PC/DRD/기타	-	-	-	-	880
8) 기계 및 금속용 도료	-	-	-	-	-
(1) 수성	-	-	-	-	200
(2) 유성	-	-	-	-	750
(3) 특수기능도료	-	-	-	-	850
9) 목공용 도료	-	-	-	-	-
(1) 하도용(락카계 제외)	-	-	-	-	-
수성	-	-	-	-	180
유성	-	-	-	-	750
(2) 하도용(락카계)	-	-	-	-	-
수성	-	-	-	-	180
유성	-	-	-	-	750
(3) 상도용(락카계 제외)	-	-	-	-	-
수성	-	-	-	-	180
유성	-	-	-	-	720
(4) 상도용(락카계)	-	-	-	-	-
수성	-	-	-	-	180
유성	-	-	-	-	750
10) 전기·전자제품용(금속용) 도료	-	-	-	-	-
(1) 하도용(메탈)	-	-	-	-	750
(2) 하도용(유색)	-	-	-	-	750
(3) 하도용(투명)	-	-	-	-	750
(4) 상도용(메탈)	-	-	-	-	800
(5) 상도용(유색)	-	-	-	-	800
(6) 상도용(투명)	-	-	-	-	800
(7) 특수기능도료	-	-	-	-	850
11) 전기·전자제품용(플라스틱용) 도료	-	-	-	-	-
(1) 하도용(메탈)	-	-	-	-	850
(2) 하도용(유색)	-	-	-	-	850
(3) 하도용(투명)	-	-	-	-	850
(4) 상도용(메탈)	-	-	-	-	800
(5) 상도용(유색)	-	-	-	-	800
(6) 상도용(투명)	-	-	-	-	800
(7) 특수기능도료	-	-	-	-	850
12) 전기·전자제품용(기타소재용) 도료	-	-	-	-	890

용 도 분 류	휘발성유기화합물 함유 가능 최대 기준(g/L)*				
	2005.07.01~ 2006.12.31.	2007.01.01~ 2009.12.31.	2010.01.01~ 2014.12.31.	2015.01.01~ 2019.12.31.	2020.01.01 ~
13) 자동차(신차)용 도료	.	.	.	.	.
(1) CLEAR	.	.	.	.	650
(2) BASECOAT	.	.	.	.	.
수성	.	.	.	.	400
유성	.	.	.	.	800
(3) 중도용	.	.	.	.	.
수성	.	.	.	.	400
유성	.	.	.	.	650
(4) 전착용(전기 도장용)	.	.	.	.	100
14) 자동차 부품용 도료	.	.	.	.	.
(1) CLEAR	.	.	.	.	750
(2) BASECOAT	.	.	.	.	750
(3) 특수기능도료(고휘도/반사용)	.	.	.	.	850
(4) 프라이머	.	.	.	.	800
(5) 전착용(전기 도장용)	.	.	.	.	100
15) 기타	.	.	.	.	.
(1) 수성	.	.	.	.	200
(2) 유성	.	.	.	.	900

* 2005년-2013년: '수도권 대기환경개선에 관한 특별법'에 의해 수도권만 적용

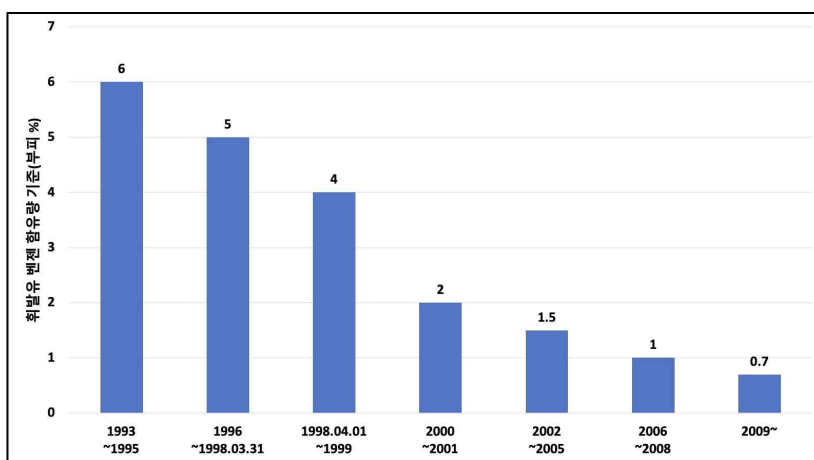
2013년 5월 이후-현재: '대기환경보전법'에 의해 전국 적용

2005년부터 신설된 도료 내 VOC 기준은 '건축용 도료'와 '자동차보수용 도료', '도로표지용' 도료에 대해서 규정하고 있고, '공업용 도료'에 대해서는 2015년부터 선박용과 철구조물 도료에 대한 기준이 추가되었고, 이후 내열, 내화, 목공 등 산업 전반으로 확대된 기준은 2020년부터 적용되도록 규정하고 있다.

초기에는 도료 내 유성/수성의 구분이 적었다가 점차 유성과 수성 도료로 구분하여 VOC 기준이 만들어졌고, 2010년부터 유성도료도 별도의 경화제 없이도 건조가 잘되는 도료(1액형)와 반드시 경화제를 혼합하여 도장해야 건조가 잘 되는 경우(2액형 도료)를 구분하여 기준이 제정되었다.

● 자동차 연료(휘발유)의 제조기준 규제

대기환경보전법 시행규칙이 처음 제정된 1991년 2월 2일 시행규칙 [별표 24] ‘자동차 연료 또는 첨가제의 제조기준’이 제정되었고, 자동차 연료 중 휘발유의 경우 벤젠 함유량(부피 %) 기준을 아래 [그림 III-11]과 같이 6% 이하로 하도록 규정하였다. 이후 6차례 개정되며 2009년부터 현재까지 최대 0.7% 이하로 규정하고 있다.



[그림 III-11] 자동차 원료(휘발유) 중 벤젠 함유량 기준 규제 변화

(3) 노출기준

벤젠의 직업적 노출기준은 고용노동부 노출기준 고시 제정 당시부터 2003년까지 8시간 평균(TWA) 10ppm이었으며, 이후 2003년부터 1ppm으로 10배 강화되었다. 이후 단시간 노출 관리를 위한 단시간노출 기준(STEL) 5ppm을 2008년부터 적용하도록 추가 제정되었고, 2016년부터 TWA 0.5ppm, STEL 2.5ppm으로 최종 개정되어 현재까지 적용되고 있다. 이상의 내용을 정리하면 다음과 같다.

- ~ 2003년 6월: 8시간가중평균(TWA) 10ppm

- 2003년 7월 ~ 2007년: TWA 1ppm
- 2008년 ~ 2016년 8월: TWA 1ppm, STEL 5ppm
- 2016년 8월 18일 ~ 현재: TWA 0.5 ppm, STEL 2.5ppm

3) 벤젠 Joinpoint Regression 분석 결과

벤젠은 작업환경측정자료 산업 전체 분석 뿐 아니라 자료 수가 가장 많은 상위 2개 산업소분류인 '석유정제품 제조업'(192)과 '기초 화학물질 제조업'(201)과 작업환경실태조사에서 가장 자료가 많은 소분류인 '인쇄 및 인쇄관련 산업'(181)으로 한정하는 분석을 실시하였다. 또한, 벤젠에서 가장 자료 수가 많은 공정은 '검사'(SPC018)이었고, '도장'(SPC015)에서 기준치 이상의 노출수준을 보이는 경우가 많다고 알려져 추가로 분석을 하였다.

각 분석을 진행하기 전에 적은 자료 수가 존재하는 연도에 의해 추세가 크게 변하는 것을 방지하기 위하여 연도별 중위수 자료 수의 10%보다 작은 연도는 분석에서 제외하였다. 예를 들어, 벤젠 석유정제품 제조업의 연도별 자료 수의 중위수가 860개이면, 10%인 86개 미만인 연도 2002년과 2003년은 분석에서 제외하였다. Joinpoint Regression 모형을 기반으로 분석하는 것과 별개로 전체 자료 및 각 산업소분류별(또는 공정별)로 벤젠의 노출 수준을 파악하기 위해 2002년부터 2022년까지 3년 간격으로 불검출 자료를 반영하는 베타-대체법(Ganser and Hewett, 2010)을 적용하여 산술평균, 기하평균, 95%분위수를 계산하였으며 그 결과는 [부록 3]에 정리하였다.

● 산업 전체

작업환경측정자료 내 벤젠의 자료 수는 총 111,000개로 2002년, 2003년에 54개, 71개로 매우 적었고, 2013년 이후 자료 수가 5,000개

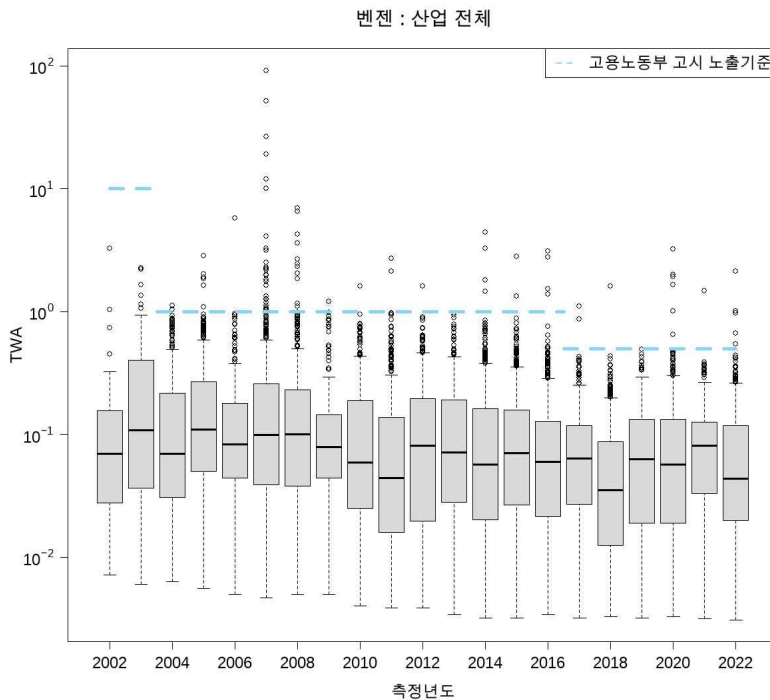
이상으로 많았다. 2002년과 2003년의 자료 수가 연도별 자료 수 중위수의 10%보다 작았기 때문에 2002년과 2003년은 분석에서 제외하였다. 불검출 비율은 2002, 2003년에 매우 낮았고, 2004년부터 70% 이상으로 매우 높게 나타나며 매년 증가하는 추세를 보였다<표 III-30>.

〈표 III-30〉 벤젠 : 산업 전체 자료 및 불검출 자료수(ND)

연도	총 자료 수	관측자료 수	불검출 자료 수	불검출률
2002	54	52	2	3.7%
2003	71	68	3	4.2%
2004	1,040	311	729	70.1%
2005	3,693	1,036	2,657	71.9%
2006	2,192	574	1,618	73.8%
2007	4,380	1,646	2,734	62.4%
2008	6,940	1,156	5,784	83.3%
2009	1,282	201	1,081	84.3%
2010	3,491	714	2,777	79.5%
2011	4,039	590	3,449	85.4%
2012	4,586	506	4,080	89.0%
2013	5,235	642	4,593	87.7%
2014	6,095	800	5,295	86.9%
2015	6,658	866	5,792	87.0%
2016	7,218	762	6,456	89.4%
2017	7,829	713	7,116	90.9%
2018	7,786	820	6,966	89.5%
2019	8,273	419	7,854	94.9%
2020	9,089	461	8,628	94.9%
2021	9,805	676	9,129	93.1%
2022	11,244	401	10,843	96.4%
합계	111,000	13,414	97,586	87.9%

불검출 자료를 제외하고 연도별 상자그림(boxplot)을 살펴보면 연도별 자료의 분포는 전체적으로 비슷한 모양을 띠고 있고, 중위수는 점차 감소하는 추세가 나타났다[그림 III-12]. 상자그림의 연도별 차이는 크지 않지만 2007년에 측정치 1 이상인 값이 다수 존재하였다. 전처리 과정에서

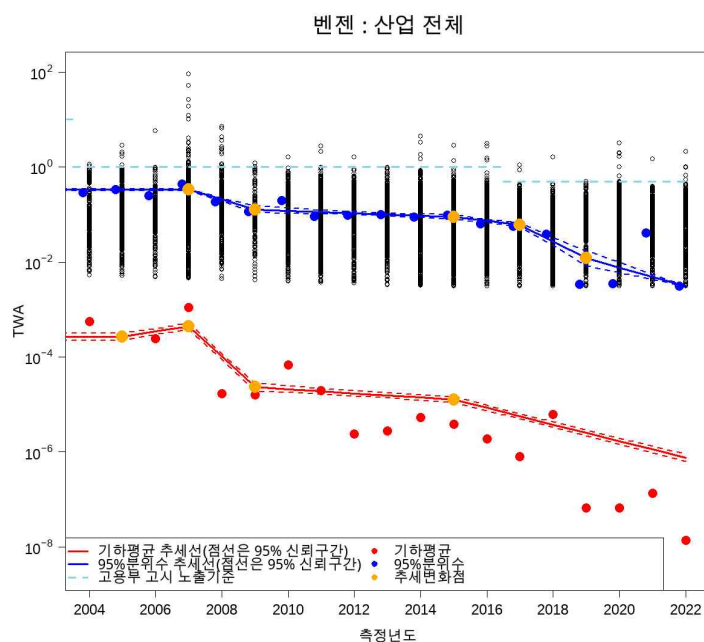
살펴본 것과 같이 작업환경측정자료의 노출기준값이 2007년에 모두 일괄적으로 1이 입력된 결과를 고려하면 2007년의 자료는 다른 연도의 자료와 상대적으로 다를 가능성이 있어 2007년을 포함한 분석과 2007년을 제외한 분석을 모두 진행하였다.



[그림 III-12] 벤젠 : 산업 전체 연도별 상자그림 (불검출 값 제외)

벤젠 산업 전체의 기하평균과 95%분위수의 추세를 Joinpoint Regression 모형으로 분석한 결과, 벤젠 산업 전체의 노출농도의 추세는 전체적으로 시간이 지남에 따라 감소하는 추세이다[그림 III-13]. 기하평균과 95%분위수의 추세선에서 각각 2007년에 꺾이는 모습을 보이는데, [그림 III-13]에서 확인한 바와 같이 2007년에 높은 값들이 다수 분포되어있는 것을 반영한 것으로 보인다. 2007년 이후 기하평균과 95%분위수

는 감소하는 모습을 보이고, 각각 2015년과 2017년에서 감소 폭이 증가하였다. 기하평균은 2009년부터 2015년까지 매년 9.6%씩 감소하다가 2015년을 기점으로 22년까지 33.1%씩 감소 폭이 증가하였다<표 III-31>. 95%분위수도 유사하게 2009년부터 2015년까지는 매년 6%씩 감소하다가, 2015년부터 2017년까지는 16.9%, 그리고 2017년부터 2019년까지는 55.6%로 감소 폭이 급격히 확대된 후에 2019년부터 2022년까지는 매년 36.4% 감소하는 경향을 보였다. [그림 III-13]과 <표 III-31>에서 기하평균과 95%분위수의 노출경향이 변하는 연도와 개수가 다른 이유는 Joinpoint Regression 모형이 자료를 기반으로 최적의 변화 시점과 개수를 선택하였기 때문이다.



[그림 III-13] 벤젠 : 산업 전체 추세 분석 결과

한편, [그림 III-13]에서 95%분위수의 추세선(파란선)은 연도별 추정치

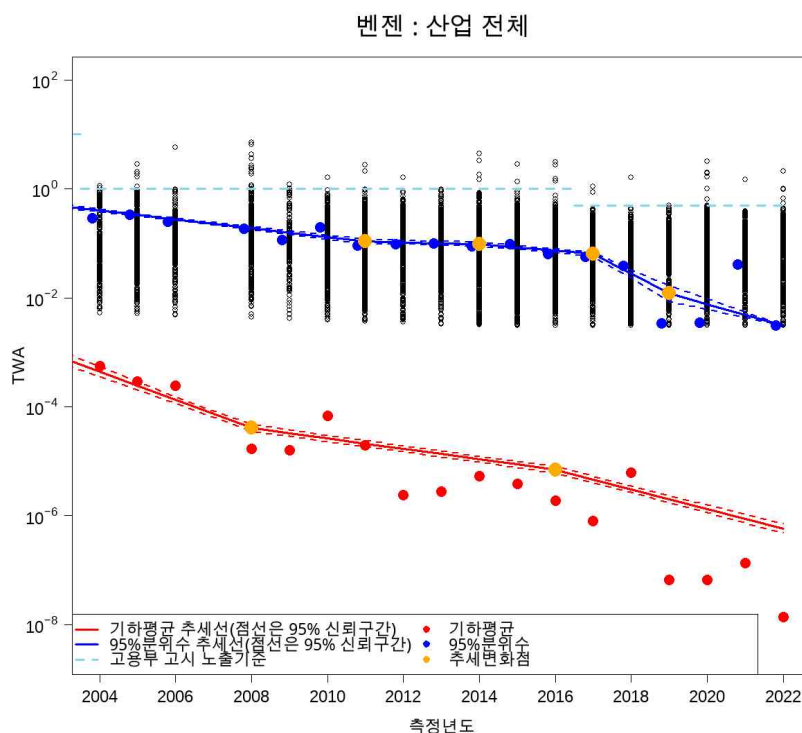
(파란점)를 잘 따라가는 반면 기하평균의 추세선(빨간선)은 연도별 추정치(빨간점)와 차이가 나는 이유는 <표 III-31>에서 확인한 바와 같이 연도별 불검출률이 점점 높아져 2011년 이후에는 불검출률이 85%이상이기 때문에 기하평균은 추정치의 불확실성이 크지만 95%분위수는 불검출률이 95%를 넘지 않는 한 상대적으로 안정적으로 추정되기 때문이다.

〈표 III-31〉 벤젠 : 산업 전체 기간별 변화율

기하 평균	기간	'04~'05	'05~'07	'07~'09	'09~'15	'15~'22	
	변화율(%)	0.0	29.9	-73.3	-9.6	-33.1	
95% 분위수	기간	'04~'07	'07~'09	'09~'15	'15~'17	'17~'19	'19~'22
	변화율(%)	0.0	-37.9	-6.0	-16.9	-55.6	-36.4

2007년의 자료가 다른 연도의 자료와 상대적으로 다를 가능성을 고려하여 2007년은 분석에서 제외하고 다시 Joinpoint Regression 모형을 적합했다. 전체적인 추세는 2007년을 포함한 결과와 비슷하지만, 기하평균과 95%분위수 모두 2007년 부근에서 부드럽게 감소하는 추세를 보였다[그림 III-14]. 기하평균은 2004년부터 2008년까지 매년 약 45%씩 감소하다가 2008년부터 2016년까지는 약 20%씩 감소하였고, 그 이후부터는 약 34%씩 감소하며 감소폭이 증가하였다. 95%분위수는 2004년부터 2017년까지 약 4%에서 17% 정도의 감소폭을 보이다가 2017년부터 2019년까지 매년 약 57%씩 감소하며 큰 감소폭을 보였다. 2019년부터 2022년까지는 매년 약 36%의 감소폭을 보였다<표 III-32>. 이를 고용노동부 고시 노출기준의 변화와 함께 해석하면 벤젠은 TWA 기준으로 2003년 6월에 10ppm에서 1ppm으로 기준이 낮아지고, 2016년 8월에 0.5ppm으로 낮아졌다. 2003년의 기준 변화는 자료 수 부족으로 2002년과 2003년을 분석에서 제외하여 그 효과를 확인할 수 없었지만, 2016년의 기준 변화는 기하평균의 경우 2015년을 기준으로, 95%분위수는 2017년을 기준으로 감소 폭이 더 커지는 것을 모형의 결과로 확인할 수

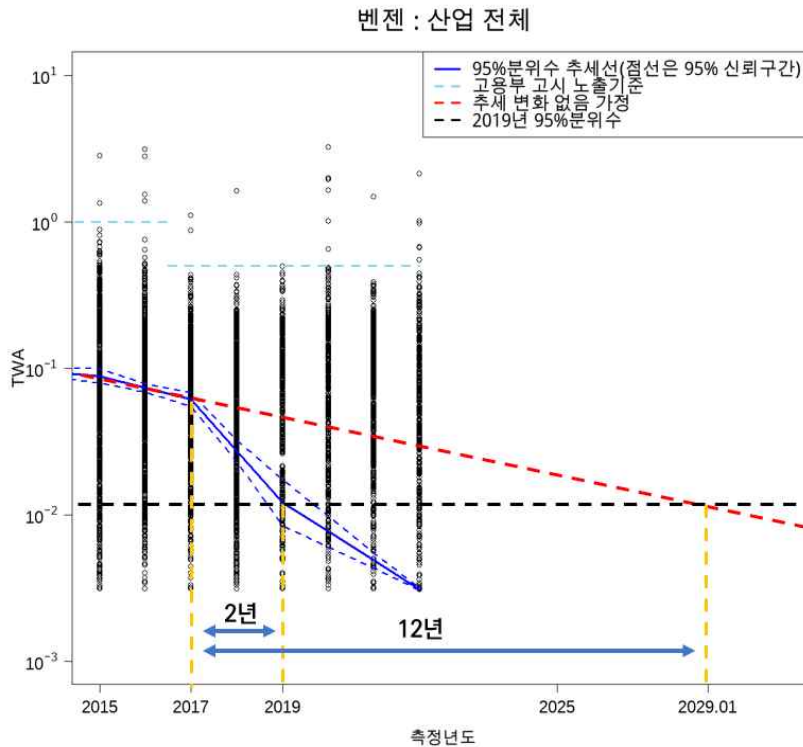
있었다. <표 III-25>의 모의실험 결과에서 확인한 것과 같이 Joinpoint Regression 모형은 불검출률이 높은 경우 실제 변화시점(2016년)을 포함하여 앞 뒤 ± 1 년을 변화점으로 찾을 가능성이 큰 것을 고려할 때 기하평균과 95%분위수 모두 2016년을 기점으로 감소 추세가 더 커졌다고 볼 수 있다.



[그림 III-14] 벤젠 : 산업 전체 추세 분석 결과(2007년 제외)

<표 III-32> 벤젠 : 산업 전체 기간별 변화율(2007년 제외)

기하 평균	기간	'04~'08	'08~'16	'16~'22		
	변화율(%)	-44.8	-19.8	-33.9		
95% 분위수	기간	'04~'11	'11~'14	'14~'17	'17~'19	'19~'22
	변화율(%)	-17.1	-3.6	-13.0	-56.5	-36.3



[그림 III-15] 벤젠 : 산업 전체 95%분위수 추세선 기반의 제도 효과 분석

제도의 변화가 벤젠의 노출농도에 미치는 효과를 정량적으로 보기 위해 95%분위수의 추세가 변화하는 2017년 중심으로 살펴보았다. 벤젠 산업 전체의 분석 결과에 따르면 95%분위수는 2017년 이전에는 매년 약 13%씩 감소하는 추세를 보였고, 2017년 이후에는 매년 약 57%씩 감소하는 추세가 나타나며 2019년 자료의 95%분위수값은 0.012였다. 만약 2017년 이후에도 이전처럼 매년 13%씩 감소하는 추세였다면 95%분위수의 추세선은 2029년이 되어야 0.012 수준에 도달하기 때문에 이는 2016년 8월의 노출 기준 변화 효과로써 약 10년 정도 기간이 단축되었다고 할 수 있다[그림 III-15].

● 석유정제품 제조업

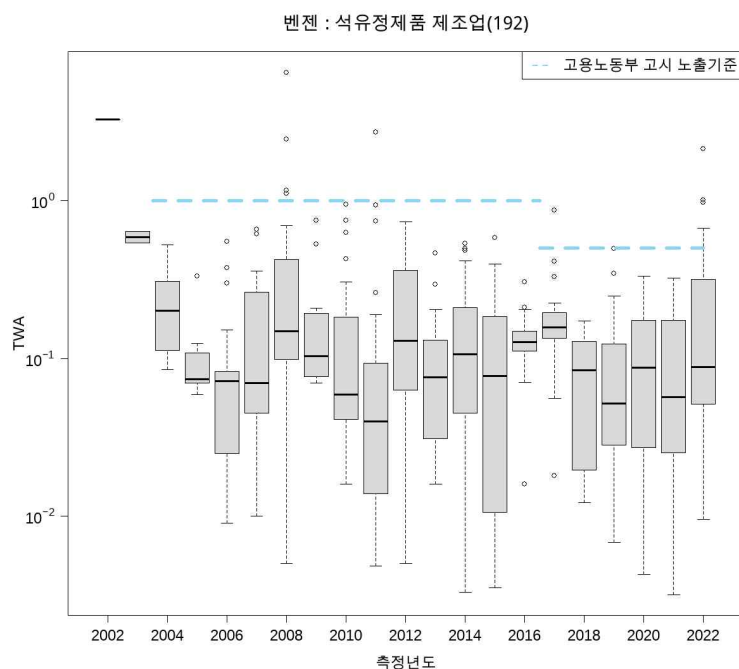
〈표 III-33〉 벤젠 : 석유정제품 제조업 자료 및 불검출 자료수(ND)

연도	총 자료 수	관측자료 수	불검출 자료 수	불검출률
2002	1	1	0	0.0%
2003	2	2	0	0.0%
2004	164	12	152	92.7%
2005	552	80	472	85.5%
2006	577	71	506	87.7%
2007	458	65	393	85.8%
2008	1,022	61	961	94.0%
2009	438	11	427	97.5%
2010	949	25	924	97.4%
2011	842	48	794	94.3%
2012	731	22	709	97.0%
2013	676	22	654	96.7%
2014	1,018	41	977	96.0%
2015	1,018	43	975	95.8%
2016	860	21	839	97.6%
2017	1,332	24	1,308	98.2%
2018	1,336	26	1,310	98.1%
2019	1,739	29	1,710	98.3%
2020	1,801	32	1,769	98.2%
2021	1,801	43	1,758	97.6%
2022	2,060	28	2,032	98.6%
합계	19,377	707	18,670	96.4%

작업환경측정자료 중 벤젠의 자료 수가 많았던 산업소분류인 ‘석유정제품 제조업’(192)으로 한정해서 동일한 분석을 실시하였다. 석유정제품 제조업의 자료 수는 벤젠 전체 자료와 마찬가지로 2002년과 2003년에 각각 1개, 2개로 매우 적었고, 2004년부터 150개 이상의 자료 수가 존재했다(표 III-33). 산업 전체에서와 마찬가지로 2002년과 2003년의 자료 수가 연도별 표본 수의 중위값의 10%보다 적어 다른 연도에 비해 자료 수가 상대적으로 적다고 판단하여 2002년과 2003년은 분석에서 제외하였다. 불검출률은 96.4%로 벤젠 전체보다 다소 높았고, 2004년 이후 대

부분의 연도에서 90% 이상으로 매우 높게 나타났다.

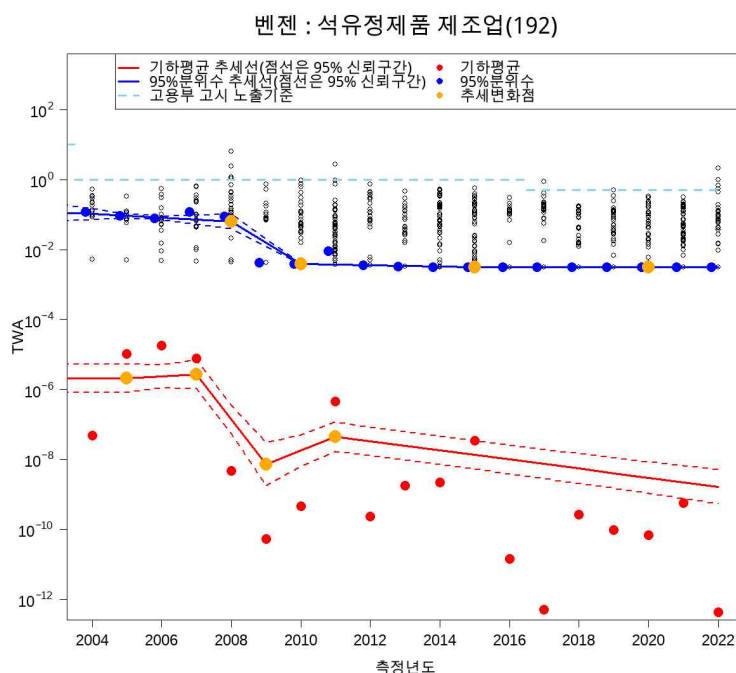
석유정제품 제조업에서 불검출 자료를 제외하였을 때 벤젠의 연도별 상자그림을 살펴보면 산업 전체에 비해 자료 수가 적고 모든 연도에서 불검출 자료를 제외한 자료의 수가 100개를 넘지 않기 때문에 연도별 상자그림의 차이가 크게 나타나고 중위수 기준으로 일정한 추세를 찾기 어려웠다[그림 III-16].



[그림 III-16] 벤젠 : 석유정제품 제조업 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)

분석 결과를 보면, 모든 기간에서 불검출률이 90% 이상으로 높고 자료 수가 적기 때문에 기하평균이 굉장히 낮게 추정된다. 심지어 2009년부터는 대부분의 연도에서 불검출률이 95%를 넘기 때문에 95%분위수는 LOD값과 동일하게 되고, 그로 인해 95%분위수 추세선이 LOD값들을 연

결한 선과 동일하게 된다[그림 III-17]. 기하평균은 2007년까지 비교적 평탄한 추세를 보이다가 2007년~2009년 구간에서 매년 약 95%씩 큰 폭으로 감소하는 추세를 보인 후, 2011년까지 매년 약 146%씩 증가하는 추세를 보이다가 다시 2011년 이후부터 매년 약 26%씩 감소하는 추세를 보였다<표 III-34>.



[그림 III-17] 벤젠 : 석유정제품 제조업 추세 분석 결과

<표 III-34> 벤젠 : 석유정제품 제조업 기간별 변화율

기하 평균	기간	'04~'05	'05~'07	'07~'09	'09~'11	'11~'22
	변화율(%)	0.0	14.6	-94.8	146.3	-25.9
95% 분위수	기간	'04~'08	'08~'10	'10~'15	'15~'20	'20~'22
	변화율(%)	-11.2	-75.3	-4.5	0.0	-0.4

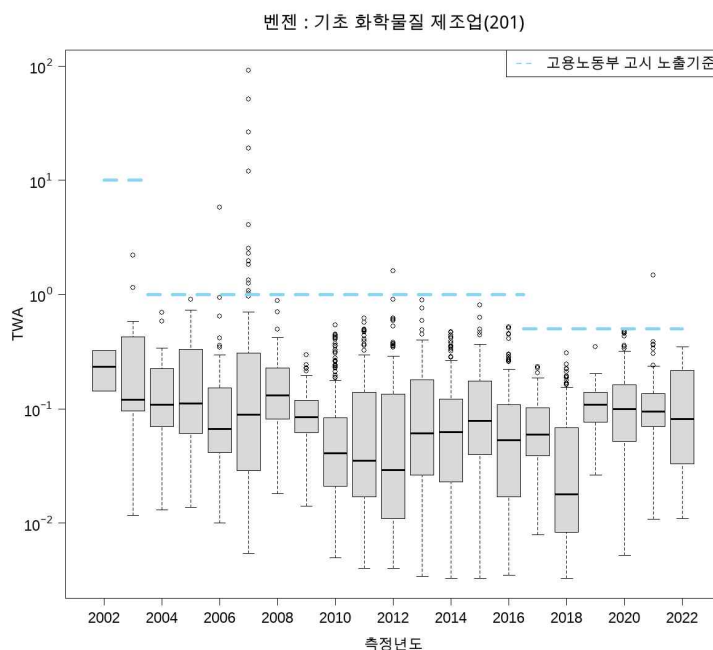
[그림 III-17]은 95%분위수를 추정하는 모형과 기하평균을 추정하는 모형의 차이를 보여주는 예이다. 연도별 불검출률이 95%를 상향에서는 95%분위수 추세선은 연도별 LOD값을 연결하는 선이 되는데 이는 분위수를 추정하는 모형이 준모수적 모형이기 때문에 나타나는 특징인데 반해 기하평균을 추정하는 모형은 모수적 모형으로 로그정규모형을 가정하기 때문에 기하평균의 추세선을 추정할 수 있지만 그 불확실성은 매우 크다. 정리하면, 연도별 불검출률이 95%가 넘는 기간에서는 기하평균과 95%분위수 추세선 모두 의미를 부여하면서 해석을 하는 것은 매우 조심해야 한다.

● 기초 화학물질 제조업

〈표 III-35〉 벤젠 : 기초 화학물질 제조업 자료 및 불검출 자료수(ND)

연도	총 자료 수	관측자료 수	불검출 자료 수	불검출률
2002	2	2	0	0.0%
2003	12	12	0	0.0%
2004	111	18	93	83.8%
2005	494	60	434	87.9%
2006	360	106	254	70.6%
2007	1,151	418	733	63.7%
2008	904	154	750	83.0%
2009	282	63	219	77.7%
2010	760	245	515	67.8%
2011	1,046	151	895	85.6%
2012	1,090	157	933	85.6%
2013	999	129	870	87.1%
2014	996	112	884	88.8%
2015	946	107	839	88.7%
2016	1,118	126	992	88.7%
2017	1,161	117	1,044	89.9%
2018	1,423	177	1,246	87.6%
2019	1,128	19	1,109	98.3%
2020	1,439	98	1,341	93.2%
2021	1,575	156	1,419	90.1%
2022	1,720	29	1,691	98.3%
합계	18,717	2,456	16,261	86.9%

작업환경측정자료에서 두 번째로 벤젠의 자료 수가 많은 산업소분류인 ‘기초 화학물질 제조업’(201)로 한정하여 모형을 적합하였다. 기초 화학물질 제조업의 자료 수는 석유정제품 제조업과 유사하게 2002년, 2003년에 매우 적고 2004년부터 100개 이상의 자료가 존재했다. 불검출률은 86.9%로 벤젠 전체와 유사하였고, 연도별 불검출률은 2004년 이후 대부분의 연도에서 80% 이상이고, 2022년에는 98.3%로 95%를 넘었다<표 III-35>. 2002년과 2003년은 자료 수가 연도별 자료 수의 중위값의 10%보다 작았기 때문에 분석에서 제외하였다.

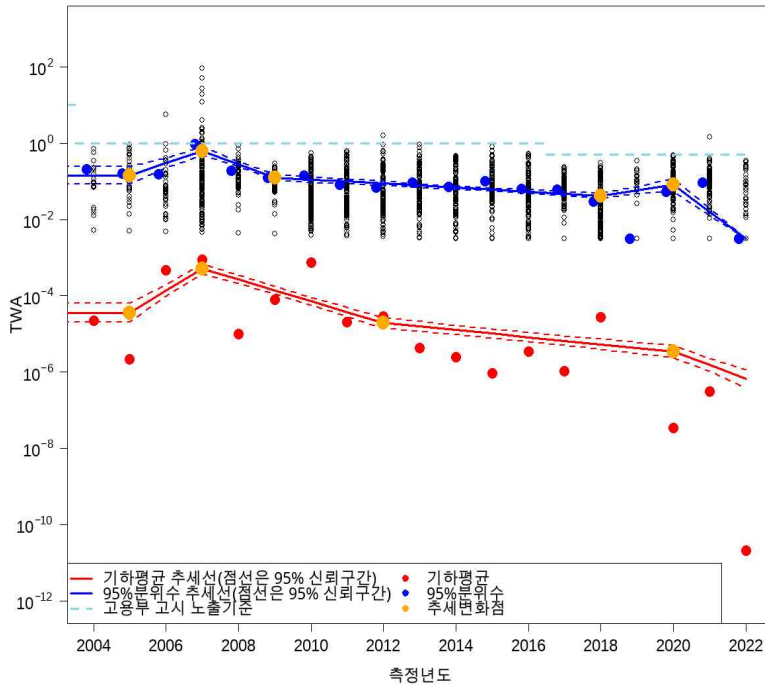


[그림 III-18] 벤젠 : 기초 화학물질 제조업 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)

기초 화학물질 제조업의 불검출 자료수를 제외한 연도별 상자그림을 살펴보면 연도별로 정도의 차이는 있지만, 전체적으로 감소하는 형태를 확인할 수 있다[그림 III-18]. 2007년은 다른 연도의 측정치들에 비해 관

측치가 높은 값들이 많아 산업 전체와 동일하게 2007년을 포함한 분석과 제외한 분석을 하였다.

벤젠 : 기초 화학물질 제조업(201)



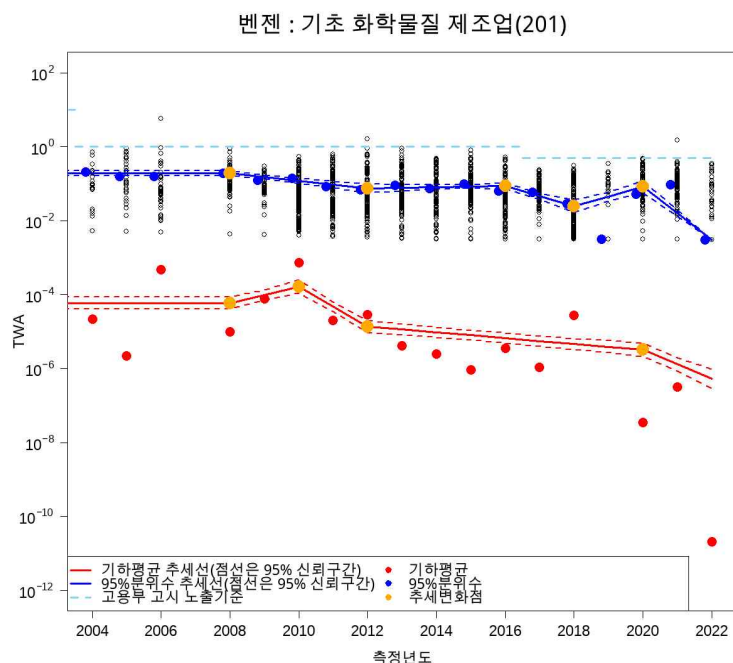
[그림 III-19] 벤젠 : 기초 화학물질 제조업 추세 분석 결과

〈표 III-36〉 벤젠 : 기초 화학물질 제조업 기간별 변화율

기하 평균	기간	'04~'05	'05~'07	'07~'12	'12~'20	'20~'22	
	변화율(%)	0.0	277.7	-48.2	-19.3	-56.2	
95% 분위수	기간	'04~'05	'05~'07	'07~'09	'09~'18	'18~'20	'20~'22
	변화율(%)	0.0	107.1	-54.8	11.5	39.0	-80.5

기하평균과 95%분위수는 2007년의 높은 측정값들 때문에 2007년까지는 증가하는 모습을 보이다 이후 꾸준히 감소하는 추세를 보였다[그림 III-19]. 95%분위수의 경우 2018년~2020년 기간에만 매년 39%씩 증가했을 뿐, 전체적으로 감소하는 추세를 보였다<표 III-36>.

95%분위수는 분석 기간에서 2007년을 제외했으므로 2004년~2018년까지 안정된 추세를 보여주지만, 2017년부터 측정값의 증감이 반복되며 추세가 출렁이는 모습을 보였다[그림 III-20]. 기하평균은 전체 기간에서 안정적으로 감소하는 추세를 보여주지만, 2010년 전후로 추세를 이탈하여 매년 67.9%씩 증가했다가 다시 71.2%씩 감소하는 경향이 나타났다<표 III-37>.



[그림 III-20] 벤젠 : 기초 화학물질 제조업 추세 분석 결과(2007년 제외)

<표 III-37> 벤젠 : 기초 화학물질 제조업 기간별 변화율(2007년 제외)

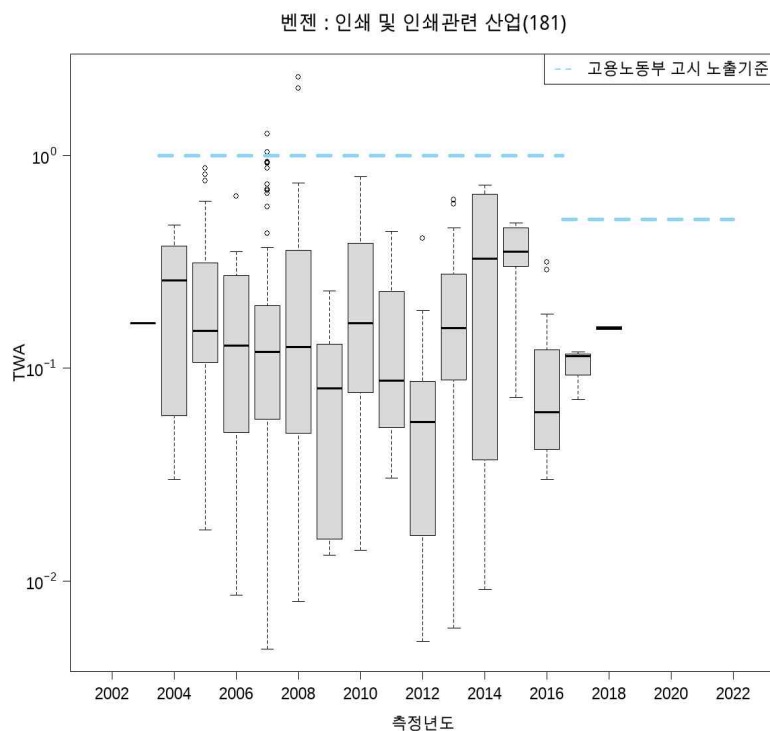
기하 평균	기간	'04~'08	'08~'10	'10~'12	'12~'20	'20~'22	
	변화율(%)	0.0	67.9	-71.2	-16.6	-59.1	
95% 분위수	기간	'04~'08	'08~'12	'12~'16	'16~'18	'18~'20	'20~'22
	변화율(%)	0.0	-20.5	3.6	-47.1	83.8	-80.6

● 인쇄 및 인쇄관련 산업

작업환경 실태조사 중 벤젠의 자료 수가 가장 많았던 산업소분류인 ‘인쇄 및 인쇄관련 산업’(181)으로 한정하여 분석을 하였다. 인쇄 및 인쇄관련 산업은 총 자료 수가 1,481개로 다른 산업에 비해 비교적 자료 수가 적고, 연도별 자료 수와 불검출률의 차이가 컸다. 2002년의 자료는 존재하지 않았고, 자료 수가 연도별로 편차가 컸다. 자료 수가 연도별 표본 수의 중위값의 10% 미만인 2003년은 분석에서 제외하고 진행하였다<표 III-38>. 인쇄 및 인쇄관련 산업의 불검출 자료를 제외한 연도별 상자그림을 살펴보면, 연도별 자료 수의 편차가 크기 때문에 중위수 기준으로 일정한 추세를 찾기 어렵다[그림 III-21].

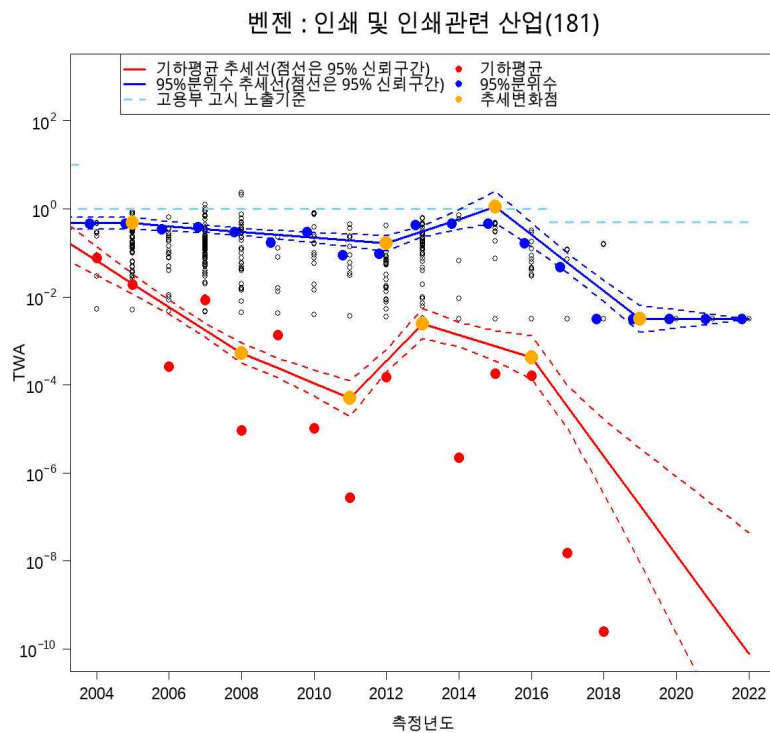
〈표 III-38〉 벤젠 : 인쇄 및 인쇄관련 산업 자료 및 불검출 자료수(ND)

연도	총 자료 수	관측자료 수	불검출 자료 수	불검출률
2002	0	0	0	-
2003	2	2	0	0.0%
2004	9	8	1	11.1%
2005	164	105	59	36.0%
2006	92	26	66	71.7%
2007	238	135	103	43.3%
2008	291	49	242	83.2%
2009	13	5	8	61.5%
2010	75	14	61	81.3%
2011	117	11	106	90.6%
2012	112	26	86	76.8%
2013	88	42	46	52.3%
2014	26	4	22	84.6%
2015	32	11	21	65.6%
2016	46	13	33	71.7%
2017	48	3	45	93.8%
2018	46	2	44	95.7%
2019	38	0	38	100.0%
2020	25	0	25	100.0%
2021	7	0	7	100.0%
2022	12	0	12	100.0%
합계	1,481	456	1,025	69.2%



[그림 III-21] 벤젠 : 인쇄 및 인쇄관련 산업 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)

이러한 경향은 모형을 적합한 결과에서도 유사하게 관측된다. 기하평균은 2013년 이전에는 급격히 증가(매년 609%씩 증가)하다 이후 감소(매년 44.5%씩 감소)하며 <표 III-39>, 95%분위수는 2015년을 기준으로 비슷한 경향을 보였다[그림 III-22].



[그림 III-22] 벤젠 : 인쇄 및 인쇄관련 산업 추세 분석 결과

〈표 III-39〉 벤젠 : 인쇄 및 인쇄관련 산업 기간별 변화율

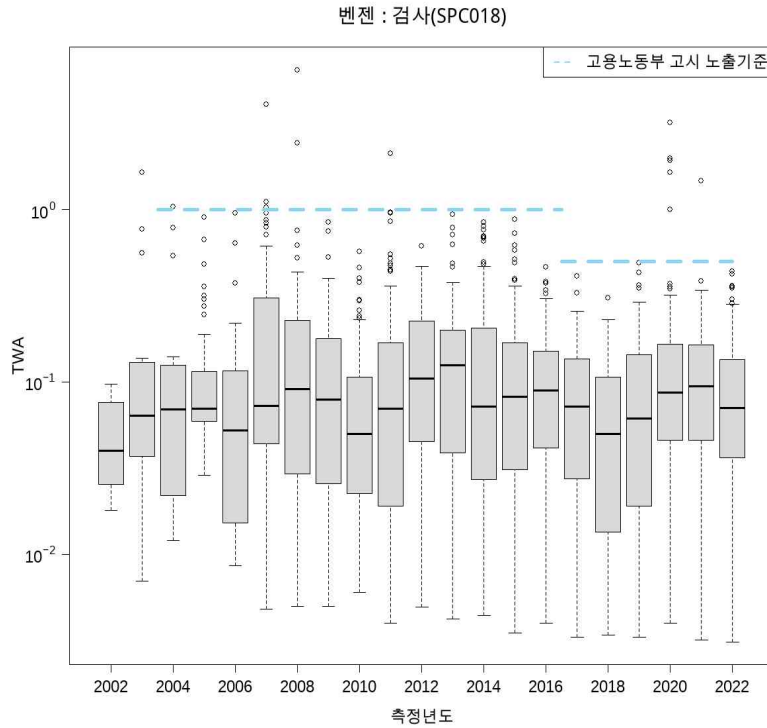
기하 평균	기간	'04~'08	'08~'11	'11~'13	'13~'16	'16~'22
	변화율(%)	-70.1	-54.6	608.6	-44.5	-92.5
95% 분위수	기간	'04~'05	'05~'12	'12~'15	'15~'19	'19~'22
	변화율(%)	0.0	-14.0	89.2	-77.0	0.1

● 검사 공정

작업환경측정자료에서 벤젠의 자료 수가 가장 많은 ‘검사’(SPC018)로 한정하여 분석하였다. 검사 공정의 총 자료 수는 33,646개이고 전체 자료 수와 불검출률은 벤젠 전체 자료와 유사하게 분포되어있다. 또한, 2002년과 2003년, 2004년의 자료 수는 연도별 자료 수 중위값의 10% 보다 작으므로 분석에서 제외하였다<표 III-40>. 불검출 자료를 제외한 상자그림을 보면 중위수가 미세하게 증가와 감소를 반복하며 평탄한 추세를 보이는 것이 확인된다[그림 III-23].

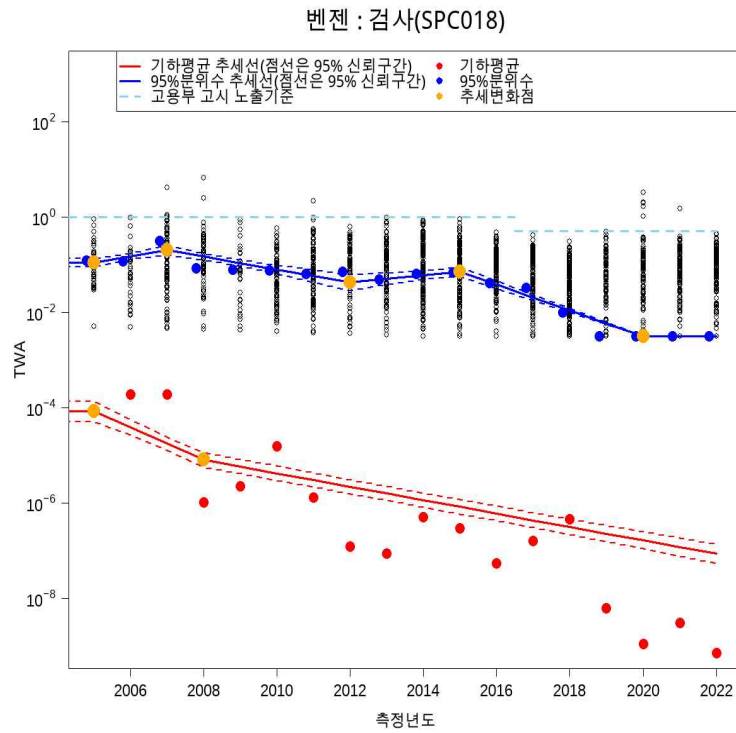
〈표 III-40〉 벤젠 : 검사 공정 자료 및 불검출 자료수(ND)

연도	총 자료 수	관측자료 수	불검출 자료 수	불검출률
2002	9	8	1	11.1%
2003	16	15	1	6.3%
2004	110	21	89	80.9%
2005	725	152	573	79.0%
2006	596	119	477	80.0%
2007	984	260	724	73.6%
2008	1,767	169	1,598	90.4%
2009	327	34	293	89.6%
2010	834	112	722	86.6%
2011	1,025	98	927	90.4%
2012	1,069	79	990	92.6%
2013	1,335	98	1,237	92.7%
2014	1,674	157	1,517	90.6%
2015	1,990	171	1,819	91.4%
2016	2,323	155	2,168	93.3%
2017	2,696	187	2,509	93.1%
2018	2,775	174	2,601	93.7%
2019	2,971	94	2,877	96.8%
2020	3,164	109	3,055	96.6%
2021	3,340	133	3,207	96.0%
2022	3,916	109	3,807	97.2%
합계	33,646	2,454	31,192	92.7%



[그림 III-23] 벤젠 : 검사 공정 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)

95%분위수 추세선은 증감을 반복하다가 2019년부터 불검출률이 95%를 넘어가므로 LOD값과 만나는 모습을 보였다[그림 III-24]. 기하평균은 2005년부터 꾸준히 감소하는 추세를 보이는데, 2008년까지 매년 54.1%씩 감소하다가 이후 매년 27.7%씩 감소하여 감소 폭이 줄어들었다<표 III-41>.



[그림 III-24] 벤젠 : 검사 공정 추세 분석 결과

〈표 III-41〉 벤젠 : 검사 공정 기간별 변화율

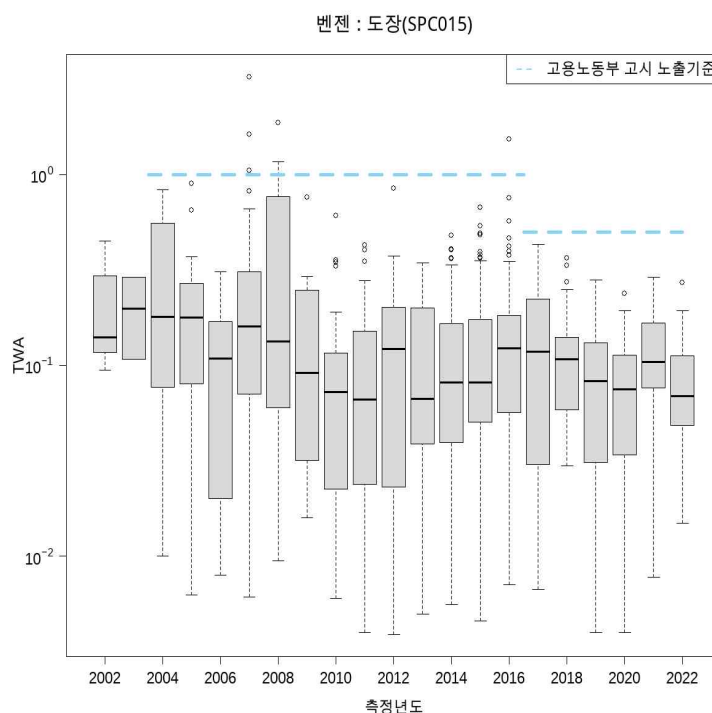
기하 평균	기간	'05~'08	'08~'22			
	변화율(%)	-54.1	-27.7			
95% 분위수	기간	'05~'07	'07~'12	'12~'15	'15~'20	'20~'22
	변화율(%)	34.5	-26.9	18.9	-46.3	-0.4

● 도장 공정

내부 연구회의를 통해 벤젠에 노출이 많이 되는 ‘도장’(SPC015)에 대한 추가 분석을 실시하였다. 도장 공정의 총 자료 수는 5,050개이고, 자료 수의 분포와 불검출률은 전체 벤젠 산업과 유사하였다. 불검출률은 81.2%로 벤젠 전체보다 조금 낮았고, 불검출율이 95%를 초과한 연도는 없었다. 특히, 연도별 불검출률은 2006년과 2007년에 각각 57.4%, 44.0%로 다른 연도보다 더 낮게 나타났다<표 III-42>. 2002년과 2003년은 연도별 자료 수 중위값의 10%보다 작아 분석에서 제외하였다.

〈표 III-42〉 벤젠 : 도장 공정 자료 및 불검출 자료수(ND)

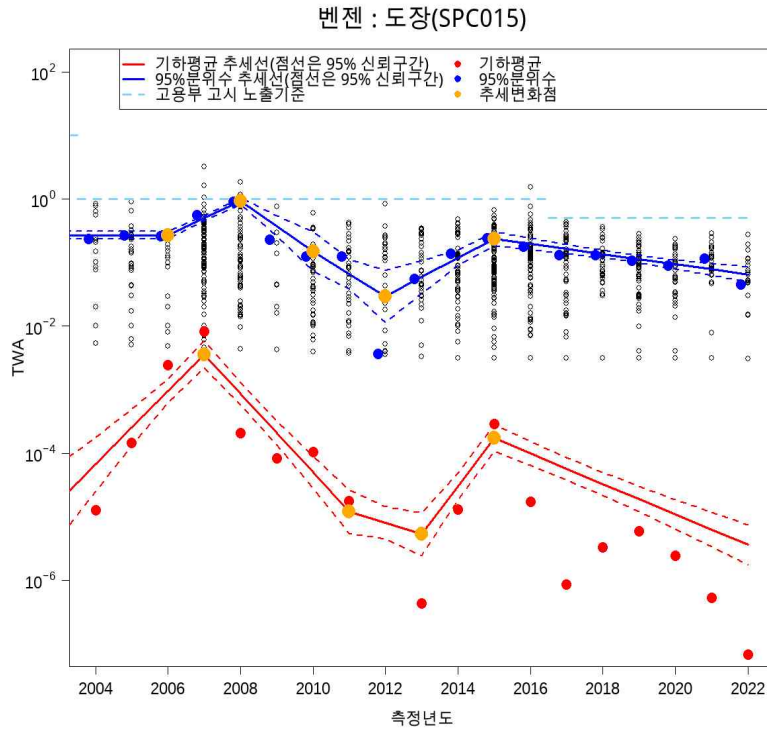
연도	총 자료 수	관측자료 수	불검출 자료 수	불검출률
2002	3	3	0	0.0%
2003	2	2	0	0.0%
2004	87	14	73	83.9%
2005	212	54	158	74.5%
2006	61	26	35	57.4%
2007	252	141	111	44.0%
2008	430	129	301	70.0%
2009	35	8	27	77.1%
2010	189	41	148	78.3%
2011	200	31	169	84.5%
2012	413	21	392	94.9%
2013	372	34	338	90.9%
2014	339	61	278	82.0%
2015	328	105	223	68.0%
2016	381	76	305	80.1%
2017	394	44	350	88.8%
2018	241	36	205	85.1%
2019	311	45	266	85.5%
2020	280	34	246	87.9%
2021	257	29	228	88.7%
2022	263	17	246	93.5%
합계	5,050	951	4,099	81.2%



[그림 III-25] 벤젠 : 도장 공정 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)

도장 공정의 불검출 자료를 제외한 연도별 상자그림을 보면, 중위수 기준으로 전체적으로 감소하는 추세를 보였다. 2006년은 주변 연도에 비해 상자그림이 낮게 나타났고, 2008년은 주변 연도에 비해 상자그림이 높게 나타났다[그림 III-24].

[그림 III-26]와 <표 III-43>을 살펴보면 기하평균은 2007년과 2015년을 기점으로 증가와 감소하는 경향이, 95%분위수는 2008년과 2015년에서 비슷한 경향이 관측되어 거의 유사하게 추세선이 움직이는 것을 확인할 수 있었다. 기하평균과 95%분위수 모두 전체적으로 감소하는 경향을 보였다.



[그림 III-26] 벤젠 : 도장 공정 추세 분석 결과

〈표 III-43〉 벤젠 : 검사 공정 기간별 변화율

기하 평균	기간	'04~'07	'07~'11	'11~'13	'13~'15	'15~'22	
	변화율(%)	276.9	-75.9	-33.7	470.9	-42.4	
95% 분위수	기간	'04~'06	'06~'08	'08~'10	'10~'12	'12~'15	'15~'22
	변화율(%)	0.0	85.3	-59.8	-55.7	100.1	-16.8

● 문헌자료 및 외부 자료를 추가한 분석

본 연구는 2002년부터 2022년까지의 작업환경측정자료를 이용한 벤젠의 정량적 분석을 주로 하지만, 2002년 이전의 벤젠 노출량 자료와 문헌자료를 이용하여 추가적으로 노출농도의 추세를 살펴보고자 계획하였다. 이에 1989년부터 2005년까지의 세브란스산업보건센터의 벤젠 노출자료를 확보하였으나 연도별 표본의 수<표 III-44>가 작업환경측정에서 벤젠의 연도별 자료 수<표 III-30>의 중위값(5,235개)의 10%보다 모두 작기 때문에 추가 분석을 할 수 없었다. 또한, 벤젠의 과거 노출의 선행 연구(Park et al. 2015)도 작업환경측정자료를 분석한 결과를 제시하였기 때문에 작업환경측정자료에 외부 자료를 추가한 분석은 실시하지 않았다.

〈표 III-44〉 세브란스산업보건센터의 연도별 벤젠 자료 수

연도	1989	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2002	2004	2005	합계
자료 수	2	2	123	70	6	49	25	4	5	15	4	3	308

4) 제도 개선이 노출 수준에 미친 영향에 대한 고찰

우리나라 산업안전보건법 벤젠 노출기준은 2003년부터 2016년까지 1ppm, 그리고 2016년 8월에 0.5ppm으로 개정되어 현재까지 유지되고 있다. 이 기준(0.5ppm)은 ACGIH가 1995년에 당시 벤젠 건강 영향만을 고려한 기준으로 개정한 수치다. 우리나라 노출기준은 미국 ACGIH가 권고한 기준(Threshold Limit Value, TLV 용어를 씀)을 따르게 되어 있다. 본 연구에서 2002년부터 우리나라 작업환경측정자료를 분석한 결과, 산술 및 기하평균 모두 0.5ppm보다 훨씬 낮은 결과를 보였다[부록 3]. Joinpoint Regression 자료 분석에서도 2002년 이후 대부분 낮아지고 추세를 보였다[그림 III-15]. 본 장에서는 벤젠 노출기준의 의미, 국가별 벤젠 노출 기준의 현황 등을 개괄적으로 비교하고 종합하여 우리나라 노

출기준의 개정 필요성을 고찰했다.

직업성 노출 기준(Occupational Exposure Limits, OEL)은 근로자 대부분이 공기 중 물질이나 인자의 노출에도 불구하고, 건강에 악영향을 받지 않는 농도 또는 강도를 의미한다. 노출기준을 설정하는 데는 기본적으로 질병 예방 기반 접근 방식(Health-based OEL Approach)과 위험 기반 접근 방식(Risk-based OEL Approach)이 있다.²⁾ 두 접근 방식 모두 근로자의 건강을 보호하는 것을 목표로 하지만, 건강 기반 접근 방식은 건강 위험을 예방하는 데만 중점을 두지만, 위험 기반 접근 방식은 건강 위험과 함께 경제적 및 기술적 타당성 같은 다른 고려 사항의 균형을 맞추는 방안이다. 전자는 주로 미국 산업위생전문가 협의회(ACGIH)의 노출기준(LV)과 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)의 노출기준(Recommended Exposure Limit, REL)이 있다. 위험 기반 접근 방식은 각 국가에서 건강보호 노출기준을 기반으로 경제적, 기술적 실행가능성 등을 종합적으로 고려하여 임의로 그대로 사용하거나 보정하여 사용한다.

벤젠 노출은 혈액 독성, 면역 독성, 유전 독성, 백혈병 등 질병 위험을 갖는 것은 잘 알려져 있다³⁾. 벤젠에 대한 노출기준은 기관은 물론 국가별로 매우 다양하다. 벤젠에 대한 규제 기관의 평가, 이용 가능한 과학적 정보, 경제적 및 기술적 타당성 등에 대한 고려 사항의 차이가 국가마다 다르기 때문이다. 또한, 논문 등 연구자 그리고 산업계 등에서 제안하는

2) North et al., Modes of action considerations in threshold expectations for health effects of benzene, Toxicology Letters, Volume 334, 1 November 2020, Pages 78-86

3) A Robert Schnatter et al., Derivation of an occupational exposure limit for benzene using epidemiological study quality assessment tools, Toxicol Lett

. 2020 Nov 1;334:117-144. doi: 10.1016/j.toxlet.2020.05.036. Epub 2020 Jun 1.

기준도 존재한다.

EHCA의 the Committee for Risk Assessment(RAC)⁴⁾는 벤젠이 간접적으로(즉, 직접적으로 DNA를 손상시키지 않는) 근로자에게 미치는 유전독성 영향에 근거한 임계값을 사용함으로써 새로운 직업적 노출 한도를 도출할 수 있다고 보고했다. 또한 RAC는 제안된 0.05ppm의 OEL이 백혈병 및 기타 건강 악영향으로부터 근로자를 보호할 수 있는 기준임을 주장했다.⁵⁾

업계 전문가로 구성된 과학 위원회는 2018년 RAC의 평가를 바탕으로 벤젠 독성에 관한 약 100건의 관련 연구를 면밀히 검토했다. 위원회는 만장일치로 아래와 같은 결론을 내렸다.⁶⁾

- 0.5ppm 이하에서는 암 위험이 낮지만 존재한다. 근로자가 하루 8시간씩 40년 동안 0.5ppm에 지속적으로 노출된다고 가정할 때, 암 위험은 보수적으로 만 명당 2명 미만인 것으로 추정했다. 이 위험 수준은 독일과 네덜란드에서 설정한 허용 가능한 직업적 위험 수준보다 훨씬 낮다. 최근 유럽연합 전체에 채택된 OEL은 이와 비슷하거나 더 높은 잔류 암 위험을 나타낸다.
- 0.25ppm 미만에서는 암 위험을 배제할 수 있다. 직업적 노출이 이

4) 유럽화학물질청(ECHA)은 유럽연합(EU) 내 화학물질에 대한 중앙 규제 기관이고 이 기관의 주요 구성 요소 중 하나는 위험 평가 위원회(RAC)이다

5) ECHA/PR/18/07.
<https://www.echa.europa.eu/-/committee-for-risk-assessment-recommends-an-occupational-exposure-limit-for-benzene#:~:text=RAC%20is%20of%20the%20opinion%20that%20a%20threshold,leukaemia%20as%20well%20as%20other%20adverse%20health%20effects.>

6) Cefic, the European Chemical Industry Council, Industry view for the revision of the benzene OEL
[https://www.aromaticsonline.eu/uploads/Modules/Publications/benzene-position-paper-apr19-rev2-\(002\).pdf](https://www.aromaticsonline.eu/uploads/Modules/Publications/benzene-position-paper-apr19-rev2-(002).pdf)

수준 이하로 낮아지면 더 이상 (암) 영향은 일어나지 않을 것으로 추정했다. 따라서 0.25ppm은 안전한 수준으로 간주할 수 있다. 본질적으로 노출을 더 낮추는 것은 추가적인 건강상의 이점을 가져다주지 않는 것으로 봤다.

	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Australia	1	3.2		
Austria	1	3.2	4	12.8
Belgium	1 (1)(2)	3.25 (1)(2)		
Canada - Ontario	0.5		2.5	
Canada - Québec	0.5 (1)		2.5 (1)(2)	
Denmark	0.5 (1)	1.6 (1)	1.0 (1)(2)	3.2 (1)(2)
European Union	0.2 (1)(2)	0.66 (1)(2)		
Finland	1 (1)	3.25 (1)		
France	1	3.25		
Germany (AGS)	0.6 (1)	1.9 (1)	4.8 (1)(3)	15.2 (1)(3)
	0.06 (2)	0.2 (2)		
Hungary				3
Ireland	1 (1)	3.25 (1)		
Israel	0.5	1.6	2.5 (1)	8 (1)
Italy	1 (1)	3.25 (1)		
Japan (MHLW)	1			
Japan (JSOH)	1 (1)(2)			
	0.1 (1)(3)			
Latvia	1 (1)	3.25 (1)		
New Zealand	0.05	0.16		
Norway	0.2 (1)	0.66 (1)		
People's Republic of China		6		10 (1)
Poland		1.6 (1)		
Romania	1	3.25		
Singapore	1	3.18		
South Africa	1 (1)		5 (1)(2)	
South Africa Mining	1	3		
South Korea	0.5 (1)		2.5 (1)(2)	
Spain	1 (1)	3.25 (1)		
Sweden	0.5	1.5	3 (1)	9 (1)
	0.2 (2)	0.66 (2)		
Switzerland	0.2	0.7		
The Netherlands		0.7 (1)		
Turkey	1	3.25		
USA - NIOSH	0.1		1 (1)	
USA - OSHA	1		5	
United Kingdom	1 (1)	3.25 (1)		

[그림 III-27] 주요 국가별 벤젠 직업성 노출기준 TWA와 STEL의 비교

[그림 III-27]은 국가별 벤젠 노출기준을 정리한 것이다. 국가별 만성노출기준인 TWA는 0.05 ppm(네덜란드)에서 1ppm까지 다양하다. 미국 OSHA(산업안전보건청)의 벤젠에 대한 허용 노출 한도(PEL)는 8시간 시간 가중 평균(TWA)으로 1ppm이며, 단기 노출 한도(STEL)는 15분 동안 5ppm이다. 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)의 건강중심 권장 노출 기준(REL)은 8시간 TWA로 0.1ppm이다. 유럽 연합의 기준은 8시간 TWA로 0.66mg/m³(약 0.2ppm)이다. 영국 보건안전청(HSE)에 따르면 벤젠의 장기 노출 한도(LTEL)는 8시간 TWA 기준 1ppm이며, 단기 노출 한도(STEL)는 15분 동안 5ppm이다. 캐나다 산업안전보건센터(CCOHS)의 벤젠의 노출 제한은 8시간 TWA 기준 0.5ppm이다.

Schnatter et al. 등⁷⁾은 77건의 유전독성 연구와 36건의 혈액 독성 연구를 평가하고 고찰하여 벤젠의 노출기준을 추정했다. 최저 및 부작용 없는 농도(LOAEC 및 무부작용 농도, Lowest and No- Adverse Effect Concentrations (LOAECs and NOAECs)는 최고 품질의 연구(즉, 상위 3분위수 또는 상위 절반에 속하는 연구)에서 도출되었다. 가장 낮은 혈액 독성 LOAEC는 2ppm(8시간 TWA)에 가까운 효과를 보였으며, 0.59ppm에서는 효과가 없었다. 유전독성의 경우, 연구 결과에서도 2ppm 근처에서 건강 영향을 보였으며 약 0.69ppm에서는 영향이 없는 것으로 나타났다. 문헌 고찰을 통해서 본 연구에서 제안한 벤젠 노출기준은 LOAEC가 2ppm(8시간 TWA), NOAEC는 0.5ppm(8시간 TWA)으로 추정했다. 말초혈액 골수에서의 무증상 효과를 고려한 노출기준은 0.25ppm(8시간 TWA)으로 제안했다.

7) A Robert Schnatter et al., Derivation of an occupational exposure limit for benzene using epidemiological study quality assessment tools, *Toxicol Lett*. 2020 Nov 1;334:117-144. doi: 10.1016/j.toxlet.2020.05.036. Epub 2020 Jun 1.

본 연구에서 고찰한 바와 같이 우리나라 벤젠의 TWA기준 0.5ppm은 다른 나라에 비해 엄격하지 않다. 최근의 연구 결과와 다른 나라의 벤젠 노출기준과 비교하면 0.5ppm은 절대적으로 벤젠의 발암성 등 건강영향을 예방할 수 있는 기준은 아니다. 몇 개 국가(스웨덴, 스위스, 노르웨이 등)의 벤젠 노출기준은 0.2ppm이다. 이 기준을 적용하더라도 우리나라 작업환경측정결과의 연도별 평균이 0.2ppm을 초과한 시기는 없었다. 특정 그룹인 연도별 노출농도의 95%분위수에서도 2008년부터는 모두 0.2ppm 이하로 나타났다. 그러나 작업환경측정결과가 일부 벤젠을 원료로 직접 취급하는 직종에서는 노출을 대변하지 못한다.

한편, 미국 ACGIH의 현재 노출기준은 0.5ppm으로 1994년 개정한 이래 업데이트되지 않았다. 올해(2023년) TLV-TWA 기준 0.02 ppm, TLV-STEL 기준 0.1 ppm으로 낮출 것을 제안한 상태(Notice of Intended Change, NIC)⁸⁾이다. 이 제안은 직업적 벤젠 노출로 인한 골수 손상을 줄이기 위한 것이다. 많은 연구들에서 ACGIH TLV 기준 아래 노출에서도 골수가 영향을 받는다고 보고한 것을 업데이트한 것이다⁹⁾. 이는 건강영향만을 고려한 가장 낮은 노출기준이지만 아직 제안된 상태이고, 기업 등 이해관계자에게 변경(NIC)이 최종 확정되기 전에 의견을 제시할 수 있는 기회가 제공되고 있는 것이다. 이 기준이 언제 ACGIH 노출기준으로 채택될지 언제까지 NIC로 남을지 또는 철회될지 아직 모르지만, ACGIH 제안된 노출기준을 우리나라 벤젠 측정결과에 대입하면 평균 농도는 대부분 이 기준을 넘는다.

일부 벤젠 원료 산업 또는 직종을 포함한 산업별, 직무별 벤젠 노출 특

8) 미국 정부 산업 위생사 협회(ACGIH)는 새로운 과학적 증거와 연구를 바탕으로 다양한 물질에 대한 노출기준(TLV)을 주기적으로 검토하고 업데이트한다.

9) ACGIH. (Year of Publication). Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

성을 조사하고 이에 따른 노출 기준 개정 필요성 등을 추가 연구할 것을 제안한다. 또한, ACGIH NIC 0.02ppm 개정 의도 근거 등도 종합적으로 검토할 것을 제안한다.

5. 포름알데히드의 과거 노출 추정 및 제도 개선이 노출수준에 미치는 효과 분석 및 고찰

1) 포름알데히드 노출기준 변화 및 제도 개선

(1) 해외 사업장 노출기준의 변화

〈표 III-45〉 미국 ACGIH TLV 규제 내용

기간	내용
1946-1947	MAC-TWA 10 ppm
1948-1962	TLV-TWA 5 ppm
1963-1971	TLV-CEILING, 5 ppm
1972-1984	TLV-CEILING, 2 ppm
1985-1991	TLV-TWA 1 ppm, TLV-STEL, 2 ppm
1992-2015	TLV-CEILING, 0.3 ppm
2016-현재	TLV-TWA 0.1 ppm (0.12 mg/m ³), TLV-CEILING, 0.3 ppm (0.37 mg/m ³)

미국 ACGIH TLV는 다음과 같이 연도에 따라 변화하였다(표 III-45). 미국 ACGIH에서는 포름알데히드의 강한 자극성을 고려하여 노출기준 상한을 0.3ppm으로 선정하였다. 하지만 이 농도 이하에서도 자극증상이 나타날 수 있음을 인정하여, ACGIH의 원칙인 ‘거의 모든 근로자들을 보호한다’는 원칙을 충족하지 못함을 설명하였다.

(2) 국내 사업장 노출기준의 변화

국내 사업장 노출기준은 1986년에 제정이 되었고, 미국 ACGIH 기준을 준용하였다. 이후 2-브로모프로판, 석면, 벤젠에 대한 노출 기준이 변경되었으나, 그 외 물질에 대한 전체적인 개정은 없었다.

2005년~2006년에 걸쳐 ‘화학물질 노출기준 개정 연구’가 시행되었고, 이를 반영하여 노동부에서는 126개 화학물질에 대한 노출기준을 개정하여 결과를 2007년~2008년에 발표하였다. 포름알데히드 노출기준은 기존 TWA 1ppm, STEL 2ppm에서 2007년 TWA 0.5ppm, STEL 1ppm으로 개정 고시되었다. 그 후, 2016년 8월에 TWA 0.3ppm으로 개정되면서 STEL 기준은 삭제되었다.

(3) 환경 노출에 대한 기준

국내 대기환경 기준에는 휘발성유기화학물질(VOCs) 중에서 벤젠만 1.5ppb로 정해져 있다.

환경부는 지하역사, 도서관, 의료기관, 찜질방, 대규모점포 등 ‘다중이용시설 등의 실내공기질관리법(현행 실내공기질관리법)’(2005)을 제정하였다. 다중이용시설의 유지기준은 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며 일본도 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 기준으로 하고 있다.

‘대기환경보전법’(2015)에서는 특정대기유해물질 배출시설에 대한 적용기준에 따르면 포름알데히드의 기준농도는 0.08ppm이 적용되었다.

2) 포름알데히드 Joinpoint Regression 분석 결과

포름알데히드는 작업환경측정자료를 이용해 산업 전체 분석 뿐 아니라 자료 수가 가장 많은 상위 2개 산업소분류인 병원업(861)과 기타 화학제품 제조업(204)을 분석하였다. 작업환경 실태조사에서 가장 자료 수가 많은 산업소분류도 작업환경측정자료와 동일하게 병원업이므로 작업환경 실태

태조사의 최다빈도 산업소분류 분석은 생략하였다. 또한, 가장 자료 수가 많은 공정인 검사 공정(SPC018)도 분석을 진행하였다.

Joinpoint Regression 모형을 기반으로 분석하는 것과 별개로 전체 및 각 산업소분류별(또는 공정별)로 포름알데히드의 노출 수준을 파악하기 위해 2002년부터 2022년까지 3년 간격으로 불검출 자료를 반영하는 베타-대체법(Ganser and Hewett, 2010)을 적용하여 산술평균, 기하평균, 95%분위수를 계산하였으며 그 결과는 [부록 4]에 정리하였다.

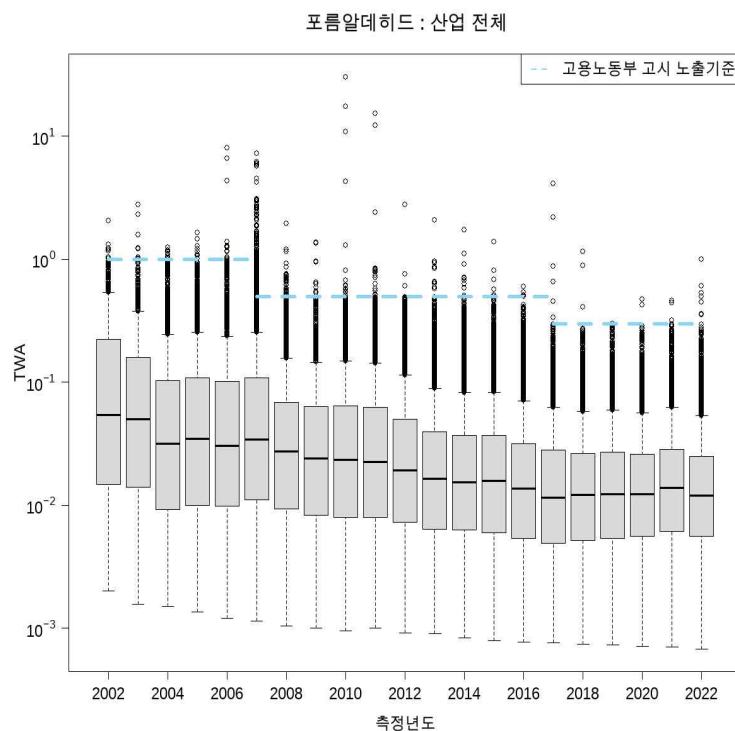
● 산업 전체

포름알데히드의 자료 수는 278,138개로 다른 물질들에 비해 가장 많았다. 연도별 자료 수는 2002년에 1,083개로 적었으나 시간에 지남에 따라 점차 증가하였고, 2022년에 27,727개까지 증가하였다. 불검출률은 28.0%로 벤젠에 비해서 적은 비율을 보였고 연도별 불검출률 최댓값도 36.4%였다<표 III-46>. 2002년은 연도별 자료 수의 중위수의 10% 값보다 작기 때문에 분석에서 제외하였다.

〈표 III-46〉 포름알데히드 : 산업 전체 자료 및 불검출 자료수(ND)

연도	총 자료 수	관측자료 수	불검출 자료 수	불검출률
2002	1,083	1,033	50	4.6%
2003	1,314	1,274	40	3.0%
2004	3,107	2,651	456	14.7%
2005	6,866	5,824	1,042	15.2%
2006	7,964	6,247	1,717	21.6%
2007	12,979	10,140	2,839	21.9%
2008	13,352	11,059	2,293	17.2%
2009	2,289	1,792	497	21.7%
2010	7,997	6,280	1,717	21.5%
2011	9,230	7,013	2,217	24.0%
2012	10,492	7,927	2,565	24.4%
2013	12,499	9,423	3,076	24.6%
2014	14,991	10,989	4,002	26.7%
2015	17,219	12,608	4,611	26.8%
2016	19,087	14,514	4,573	24.0%
2017	19,991	14,547	5,444	27.2%
2018	20,559	14,145	6,414	31.2%
2019	21,866	14,335	7,531	34.4%
2020	23,008	14,644	8,364	36.4%
2021	24,518	15,915	8,603	35.1%
2022	27,727	17,974	9,753	35.2%
합계	278,138	200,334	77,804	28.0%

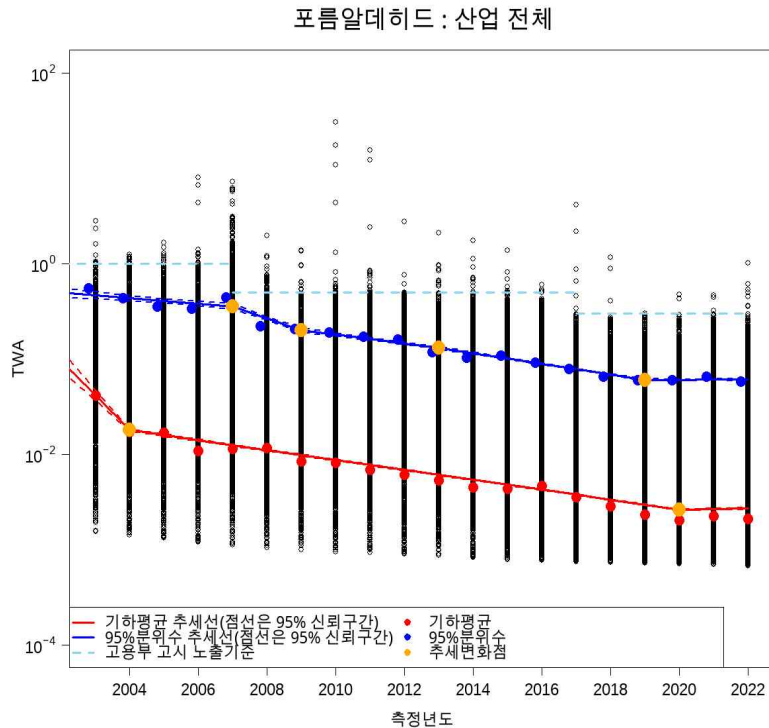
불검출 자료를 제외하고 연도별 상자그림(boxplot)을 살펴보면 연도별 자료의 분포는 전체적으로 비슷하지만, 대체로 과거일수록 중위수가 높고 Q1과 Q3의 간격(Inter Quartile Range, IQR)이 넓으며 최신 자료일수록 중위수가 낮아지고 IQR이 좁아지는 경향을 보인다[그림 III-28]. 다만, 2007년은 측정치가 높은 자료들이 다수 존재하고 전처리 과정에서 확인한 동일한 노출기준의 입력 등을 고려하여 2007년을 제외한 자료만으로도 분석을 진행하였다.



[그림 III-28] 포름알데히드 : 산업 전체 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)

포름알데히드 산업 전체의 기하평균과 95%분위수의 추세를 Joinpoint Regression 모형으로 분석한 결과, 노출농도의 추세는 전체적으로 시간이 지남에 따라 감소하는 추세이지만 기하평균은 2020년, 95%분위수는 2019년부터 평탄한 추세를 보였다[그림 III-29]. 95%분위수는 2003년부터 2019년까지 6.6%~24.8%의 감소 추세를 보였으며, 특히 2007년을 기점으로 감소 폭이 6.6%에서 24.8%로 크게 증가하였다<표 III-47>. 이를 고용노동부 고시 노출기준의 변화와 함께 해석을 하면 포름알데히드는 TWA 기준으로 2007년에 1ppm에서 0.5ppm으로 기준이 낮아졌다. 기하평균의 추세에서는 확인이 안 되지만, 95%분위수는 2007년을 기준으

로 감소 폭이 더 커지는 것을 모형의 결과로 확인할 수 있었다.



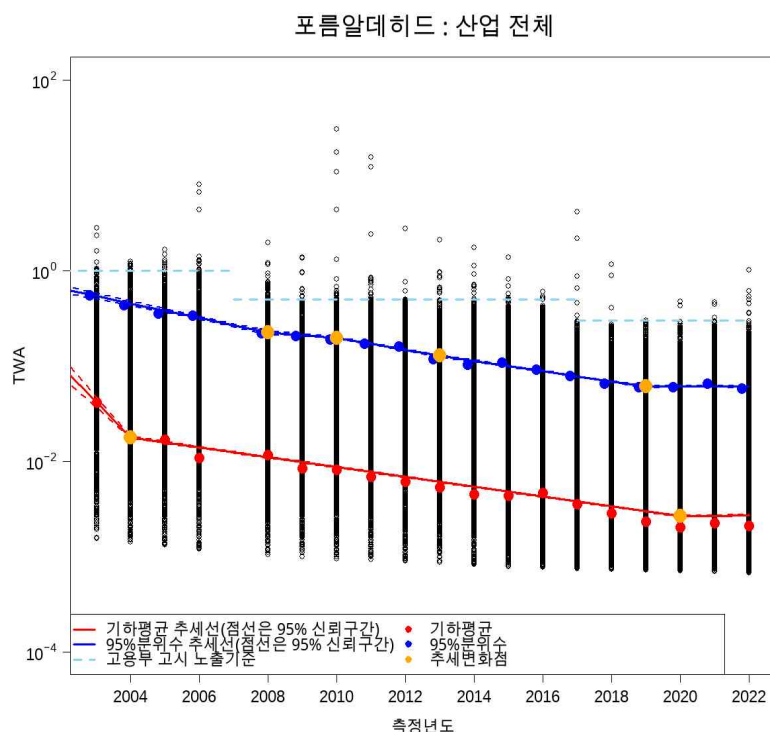
[그림 III-29] 포름알데히드 : 산업 전체 추세 분석 결과

〈표 III-47〉 포름알데히드 : 산업 전체 기간별 변화율

기하 평균	기간	'03~'04	'04~'20	'20~'22		
	변화율(%)	-56.6	-11.3	1.4		
95% 분위수	기간	'03~'07	'07~'09	'09~'13	'13~'19	'19~'22
	변화율(%)	-6.6	-24.8	-10.2	-12.1	0.3

2007년의 자료가 다른 연도의 자료와 상대적으로 다를 가능성을 고려하여 2007년은 분석에서 제외하고 다시 Joinpoint Regression 모형을 적합했다. 전체적인 추세는 2007년을 포함한 결과와 비슷하지만, 95%분

위수는 2007년이 분석에서 제외되면서 추세가 급격히 변하는 점 없이 꾸준히 매년 6.1~16.1% 정도 감소하는 추세를 보이다가 2019년 이후 평탄한 추세를 보였다.



[그림 III-30] 포름알데히드 : 산업 전체 추세 분석 결과(2007년 제외)

〈표 III-48〉 포름알데히드 : 산업 전체 기간별 변화율(2007년 제외)

기하 평균	기간	'03~'04	'04~'20	'20~'22		
	변화율(%)	-56.9	-11.2	1.3		
95% 분위수	기간	'03~'08	'08~'10	'10~'13	'13~'19	'19~'22
	변화율(%)	-16.1	-6.1	-13.5	-11.7	0.0

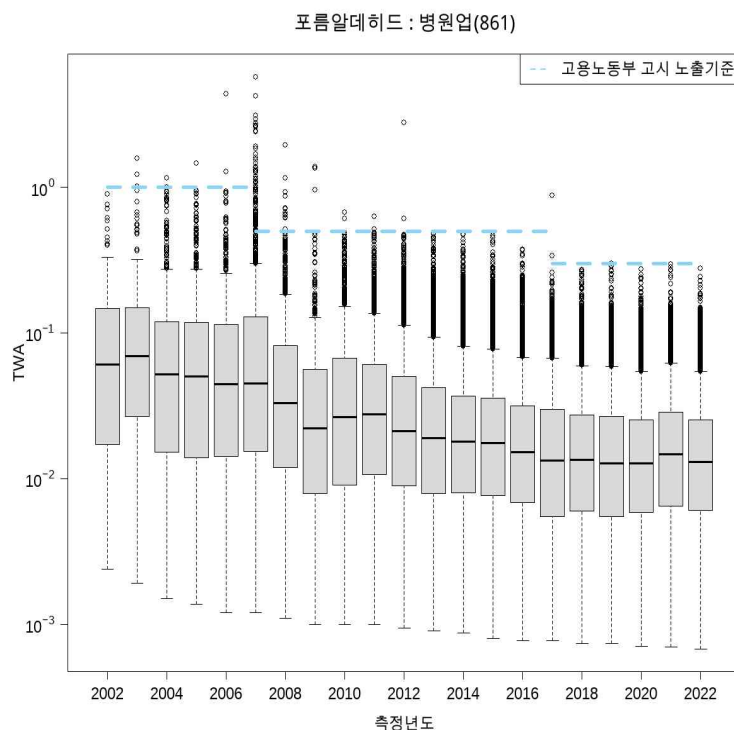
● 병원업

〈표 III-49〉 포름알데히드 : 병원업 자료 및 불검출 자료수(ND)

연도	총 자료 수	관측자료 수	불검출 자료 수	불검출률
2002	103	95	8	7.8%
2003	243	238	5	2.1%
2004	640	546	94	14.7%
2005	2,080	1,834	246	11.8%
2006	2,530	1,887	643	25.4%
2007	3,739	2,861	878	23.5%
2008	3,412	2,819	593	17.4%
2009	715	523	192	26.9%
2010	2,781	2,139	642	23.1%
2011	3,428	2,689	739	21.6%
2012	4,294	3,409	885	20.6%
2013	5,226	4,176	1,050	20.1%
2014	6,281	4,928	1,353	21.5%
2015	7,267	5,561	1,706	23.5%
2016	8,476	6,648	1,828	21.6%
2017	9,447	7,144	2,303	24.4%
2018	9,915	7,237	2,678	27.0%
2019	10,601	7,410	3,191	30.1%
2020	11,293	7,650	3,643	32.3%
2021	11,914	8,098	3,816	32.0%
2022	12,664	8,344	4,320	34.1%
합계	117,049	86,236	30,813	26.3%

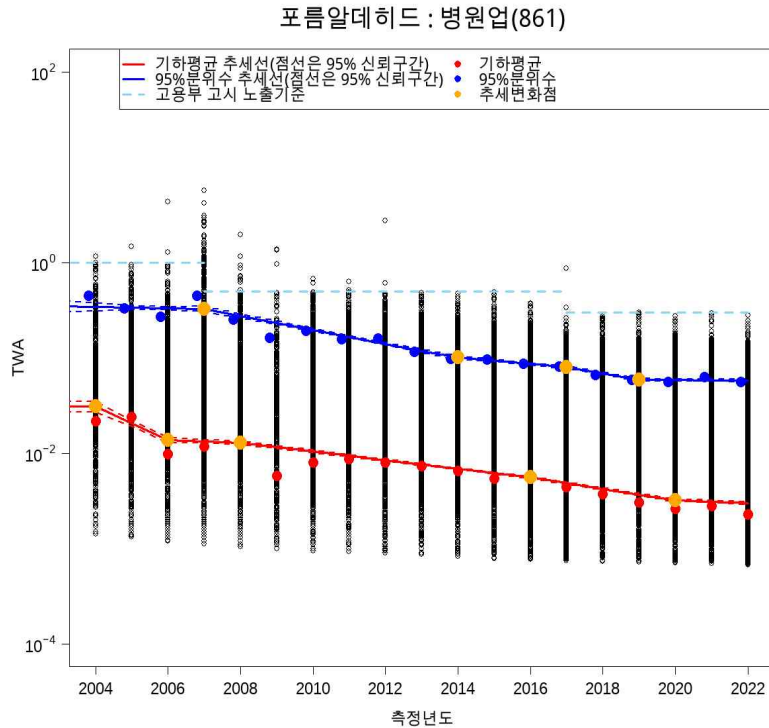
작업환경측정자료 및 작업환경실태조사 중 포름알데히드 자료 수가 가장 많았던 산업소분류인 ‘병원업’(861)으로 한정해서 동일한 분석을 실시하였다. 병원업의 총 자료 수는 117,049개이고, 연도별 자료 수는 2002년과 2003년, 2004년, 2009년에 1,000개 미만으로 비교적 적었고, 최근에 비교적 자료 수가 증가하여 2022년에는 12,664개의 자료가 존재하였다. 불검출률은 26.3%로 전체 포름알데히드 산업에 비해 적었고, 연도별 불검출률은 시간에 따라 증가하여 2003년 2.1%에서 2022년 34.1%까지 증가하였다〈표 III-49〉. 모형을 적합할 때 2002년과 2003년은 연도

별 자료 수의 중위수의 10%보다 작아서 분석에서 제외하였다.



[그림 III-31] 포름알데히드 : 병원업 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)

병원업에서 불검출 자료를 제외하였을 때 포름알데히드의 연도별 상자 그림을 살펴보면, 전체 포름알데히드 산업과 비슷하게 과거일수록 중위수가 높고, Q1과 Q3의 간격(Inter Quartile Range, IQR)이 넓은 것에 비해 시간이 지날수록 중위수가 낮아지고 IQR이 좁아지는 경향을 보인다 [그림 III-31]. 병원업도 2007년에 관측치가 큰 값들이 다수 존재하여 2007년을 제외한 분석을 추가로 진행하였다.



[그림 III-32] 포름알데히드 : 병원업 추세 분석 결과

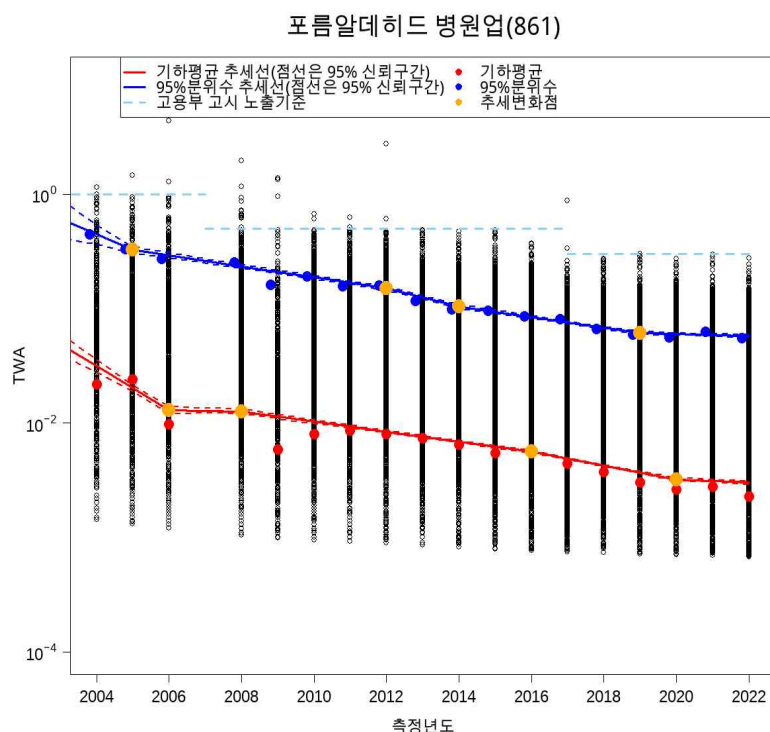
〈표 III-50〉 포름알데히드 : 병원업 기간별 변화율

기하 평균	기간	'04~'06	'06~'08	'08~'16	'16~'20	'20~'22
	변화율(%)	-33.1	-3.3	-9.9	-12.9	-3.2
95% 분위수	기간	'04~'07	'07~'14	'14~'17	'17~'19	'19~'22
	변화율(%)	-1.7	-15.5	-7.2	-14.4	-0.4

모형 기반의 분석 결과를 보면, 기하평균과 95%분위수 모두 지속적으로 감소하는 추세를 보였다[그림 III-32]. 기하평균은 2004년에서 2006년에 매년 약 33%씩 감소하였고, 2006년 이후에는 매년 약 3%에서 13%씩 감소하는 추세를 보였다. 95%분위수는 2007년까지 매년 약 2%씩 감소하며 비교적 평탄한 추세를 보이다가 2007년부터 2019년까지 약

7%에서 16%씩 감소하였고, 2020년부터 다시 평탄한 추세를 보였다<표 III-50>.

잠재적 이상치로 판단하여 2007년 자료를 분석에서 제거한 후 결과를 살펴보면, 전반적인 결과는 2007년을 포함한 분석과 큰 차이가 없었다 [그림 III-33]. 95%분위수는 2007년 자료를 제외하였기 때문에 2005년부터 2019년까지 지속적으로 매년 약 10%~17%씩 감소하는 추세를 보였다<표 III-51>.



[그림 III-33] 포름알데히드 : 병원업 추세 분석 결과(2007년 제외)

〈표 III-51〉 포름알데히드 : 병원업 기간별 변화율(2007년 제외)

기하 평균	기간	'04~'06	'06~'08	'08~'16	'16~'20	'20~'22
	변화율(%)	-35.8	-1.5	-9.6	-13.0	-3.1
95% 분위수	기간	'04~'05	'05~'12	'12~'14	'14~'19	'19~'22
	변화율(%)	-26.9	-10.4	-16.9	-10.0	-2.2

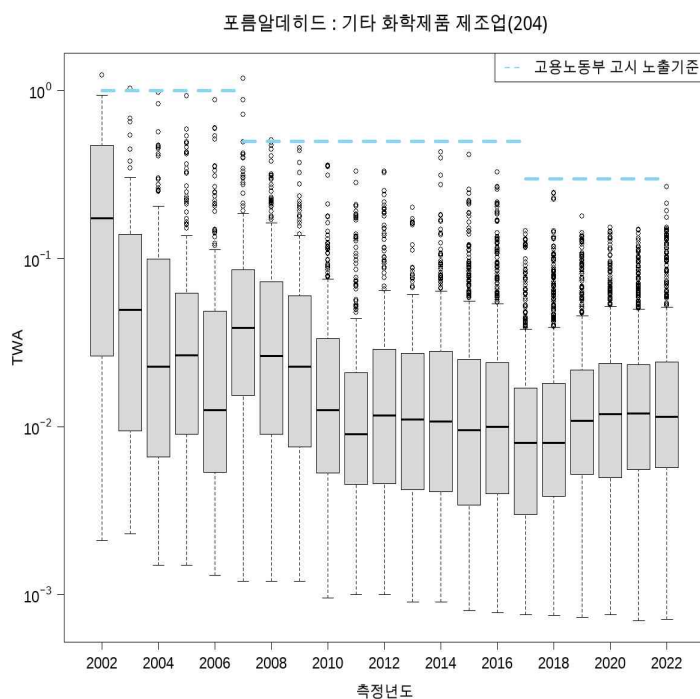
● 기타 화학제품 제조업

〈표 III-52〉 포름알데히드 : 기타 화학제품 제조업 자료 및 불검출 자료수(ND)

연도	총 자료 수	관측자료 수	불검출 자료 수	불검출률
2002	85	81	4	4.7%
2003	90	83	7	7.8%
2004	115	97	18	15.7%
2005	435	377	58	13.3%
2006	461	335	126	27.3%
2007	664	583	81	12.2%
2008	638	574	64	10.0%
2009	159	143	16	10.1%
2010	396	321	75	18.9%
2011	445	313	132	29.7%
2012	431	327	104	24.1%
2013	510	402	108	21.2%
2014	575	432	143	24.9%
2015	884	672	212	24.0%
2016	1,029	800	229	22.3%
2017	958	688	270	28.2%
2018	1,180	793	387	32.8%
2019	1,246	839	407	32.7%
2020	1,231	780	451	36.6%
2021	1,142	750	392	34.3%
2022	1,187	745	442	37.2%
합계	13,861	10,135	3,726	26.9%

작업환경 측정자료에서 포름알데히드 자료 수가 두 번째로 많은 산업

소분류인 ‘기타 화학제품 제조업’(204)로 한정하여 분석을 실시했다. 기타 화학제품 제조업의 자료 수는 13,861개로 병원업에 비하면 약 10% 수준으로 적었다. 연도별 자료 수는 시간이 지나면서 증가하는 추세였고, 2022년에는 1,187개가 존재하였다. 전체 기간 기타 화학제품 제조업의 불검출률은 26.9%였고 연도별 불검출률은 2002년 4.7%에서 시간이 지나면서 증가하며 2022년 37.2%였다<표 III-52>.

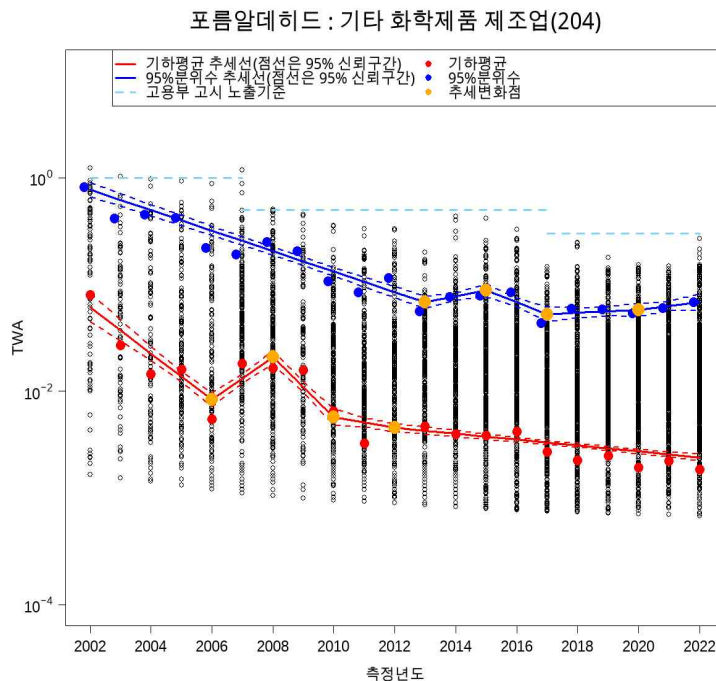


[그림 III-34] 포름알데히드 : 기타 화학제품 제조업 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)

기타 화학제품 제조업의 불검출 자료를 제외한 연도별 상자그림을 살펴보면, 연도별 중위수는 2002년부터 2006년까지 꾸준히 감소하다가 2007년에 갑작스럽게 증가하였고 그 이후 다시 천천히 감소하는 모습을

보인다[그림 III-34]. 기타 화학제품 제조업의 경우 2007년의 상자그림이 다른 연도의 상자그림과 큰 차이가 나지 않기 때문에 해당 연도를 제외하지 않고 분석을 진행하였다.

기하평균은 상자그림에서 확인하였듯이 2007년 근처에서 두 번의 추세 변화가 발생하였다[그림 III-35]. 추세 변화가 발생하는 기간 이후인 2010년부터는 기하평균은 매년 약 6~11%씩 감소하는 추세를 보였다. 95%분위수는 2013년까지 매년 약 20%씩 감소하는 추세를 보이다가 2015년을 기점으로 추세가 증가했다가 감소하는 경향을 보였다. 이후 2017년부터 약 3%~8%씩 증가하는 추세를 보였다<표 III-53>.



[그림 III-35] 포름알데히드 : 기타 화학제품 제조업 추세 분석 결과

〈표 III-53〉 포름알데히드 : 기타 화학제품 제조업 기간별 변화율

기하 평균	기간	'02~'06	'06~'08	'08~'10	'10~'12	'12~'22
	변화율(%)	39.3	58.2	-47.4	-11.0	-6.2
95% 분위수	기간	'02~'13	'13~'15	'15~'17	'17~'20	'20~'22
	변화율(%)	-19.8	13.6	-22.5	3.1	8.7

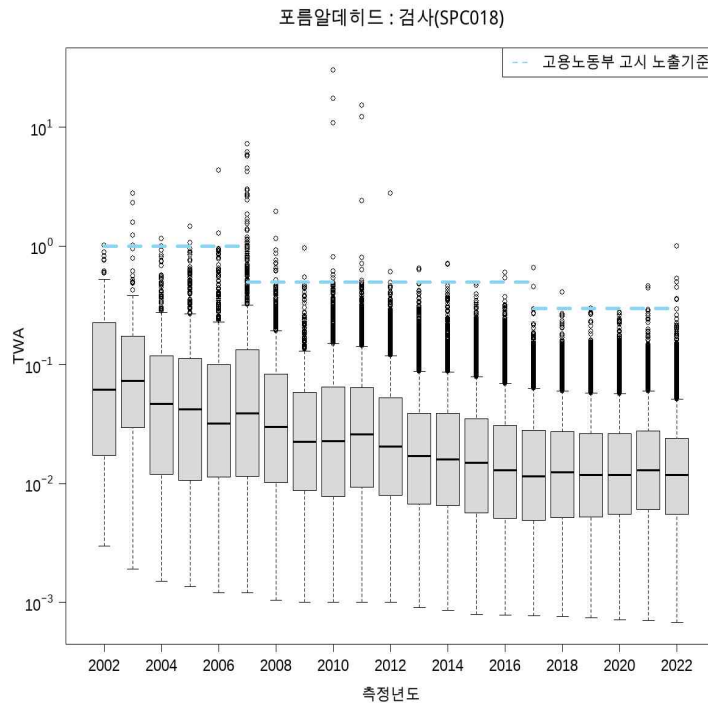
- 검사 공정

〈표 III-54〉 포름알데히드 : 검사 공정 자료 및 불검출 자료수(ND)

연도	총 자료 수	관측자료 수	불검출 자료 수	불검출률
2002	128	120	8	6.3%
2003	243	241	2	0.8%
2004	506	422	84	16.6%
2005	1,720	1,532	188	10.9%
2006	1,878	1,392	486	25.9%
2007	3,522	2,650	872	24.8%
2008	3,384	2,778	606	17.9%
2009	672	511	161	24.0%
2010	2,380	1,758	622	26.1%
2011	2,856	2,152	704	24.6%
2012	3,124	2,364	760	24.3%
2013	3,684	2,794	890	24.2%
2014	4,395	3,291	1,104	25.1%
2015	5,120	3,754	1,366	26.7%
2016	6,062	4,532	1,530	25.2%
2017	6,831	5,029	1,802	26.4%
2018	7,262	4,912	2,350	32.4%
2019	7,619	4,791	2,828	37.1%
2020	7,895	4,834	3,061	38.8%
2021	8,345	5,200	3,145	37.7%
2022	9,124	5,457	3,667	40.2%
합계	86,750	60,514	26,236	30.2%

작업환경측정자료에서 벤젠의 자료 수가 가장 많은 ‘검사’(SPC018)로 한정하여 분석을 하였다. 포름알데히드의 검사 공정의 총 자료 수는 86,750개이고, 연 자료 수는 2002년 128개에서 시작하여, 2009년에 감

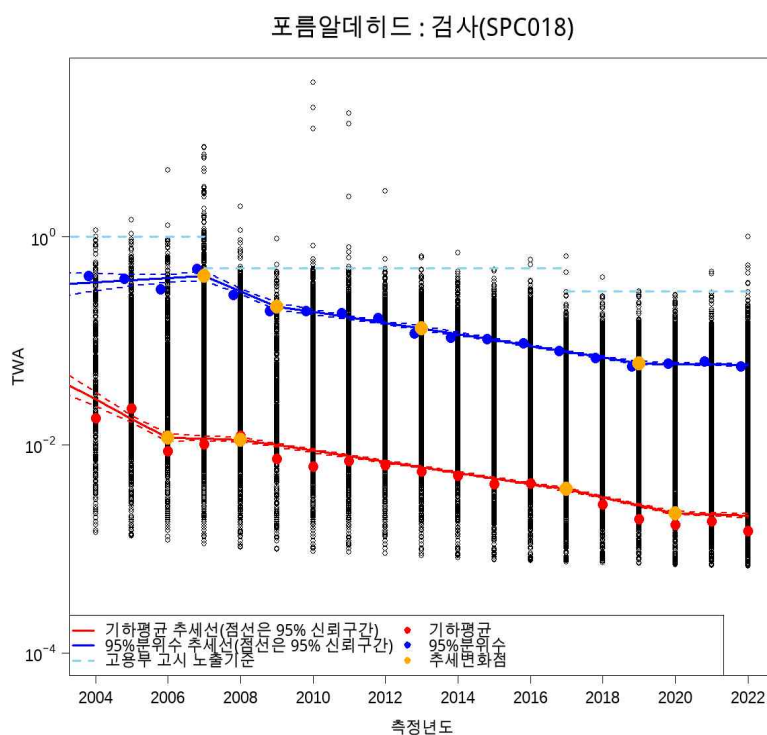
소한 것을 제외하면 꾸준히 증가해 2022년 자료 수는 9,124개였다. 전체 불검출률은 30.2%로 전체 포름알데히드 공정에 비해 다소 높았고, 연도별 불검출률은 시간이 지남에 따라 증가하여 2002년 6.3%에서 2022년 40.2%까지 증가하였다<표 III-54>. 2002년과 2003년은 해당 연도 자료 수가 연도별 자료 수의 중위값의 10%보다 작아서 분석에서 제외했다.



[그림 III-36] 포름알데히드 : 검사 공정 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)

불검출 자료를 제외한 상자그림을 보면, 검사 공정도 포름알데히드 전체 자료와 유사하게 과거 자료일수록 중위수가 높고 IQR이 넓지만, 최근 연도일수록 중위수가 낮아지고 IQR이 좁아지는 추세를 보였다[그림 III-36].

검사 공정(공정분류)의 절반 정도인 41,489개의 자료가 병원업(산업분류)의 자료이기 때문에 검사 공정의 분석결과와 병원업의 분석 결과는 상당히 유사했다. 기하평균과 95%분위수 모두 전체적으로 감소하는 추세를 보였고[그림 III-37], 95%분위수는 2007년까지 다소 증가하였다가 그 이후에는 꾸준히 감소하는 모습을 보였다<표 III-55>.



[그림 III-37] 포름알데히드 : 검사 공정 추세 분석 결과

<표 III-55> 포름알데히드 : 검사 공정 기간별 변화율

기하 평균	기간	'04~'06	'06~'08	'08~'17	'17~'20	'20~'22
	변화율(%)	-34.6	-2.1	-11.5	-16.2	-2.3
95% 분위수	기간	'04~'07	'07~'09	'09~'13	'13~'19	'19~'22
	변화율(%)	4.6	-28.6	-11.3	-12.2	-1.2

3) 제도 개선이 노출 수준에 미친 영향에 대한 고찰

● 포름알데히드 노출 기준의 변화

미국 ACGIH에서는 포름알데히드의 강한 자극성을 고려하여 노출기준 천장값 (CEILING)을 0.3ppm으로 선정하고 있다. 하지만 이 천장값 농도 이하에서도 자극증상이 나타날 수 있어, 0.3ppm 농도는 ACGIH의 원칙인 ‘거의 모든 근로자들을 보호한다’는 원칙은 충족하지 못하는 것으로 보고되고 있다.

국내 사업장 노출기준은 1986년에 제정이 되었고, 미국 ACGIH 기준을 준용하였다. 국내에서는 천장값이 2ppm에서 1988년 시간가중평균 1ppm으로 변경되었으며, 2002년에는 8시간 노출기준이 시간가중평균 노출기준 1ppm, 단시간노출기준 2ppm, 인체 발암의심물질로 관리되었다. 2005년~2006년에 걸쳐 ‘화학물질 노출기준 개정 연구’가 시행되었고, 이를 반영하여 노동부에서는 126개 화학물질에 대한 노출기준을 개정하여 결과를 2007년~2008년에 발표하였다. 포름알데히드 노출기준은 기존 TWA 1ppm, STEL 2ppm에서 2007년 6월 TWA 0.5ppm, STEL 1ppm 으로 개정 고시되었다. 고시의 적용은 2008년 1월이므로 이때부터 공식적으로 새로운 노출 기준이 설정되었다고 보는 것이 좋을 것 같다. 2016년 개정에서 시간가중평균 노출기준으로 0.3ppm으로 낮추고, 단시간 노출기준은 삭제되었으며, 인체영향으로 발암성 1A, 생식세포 변이원성 2가 표기되었다.

국내 대기환경 기준에는 휘발성유기화학물질(VOCs) 중에서 벤젠만 1.5ppb로 정해져 있다.

환경부는 지하역, 도서관, 의료기관, 찜질방, 대규모점포 등 ‘다중이용시설 등의 실내공기질관리법 (현행 실내공기질관리법)’(2005)을 제정하였다. 다중이용시설의 유지기준은 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며 일본도 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 기준

으로 하고 있다. ‘대기환경보전법’(2015)에서는 특정대기유해물질 배출시설에 대한 적용기준에서 포름알데히드는 기준농도 0.08ppm이 적용되었다.

● 작업환경측정자료의 시간에 따른 노출 수준의 변화

작업환경측정자료는 2002년 이후에 포름알데히드 노출 수준은 전체적으로 감소한 결과를 보였으며, 2020년경 이후에는 감소세가 뚜렷이 나타나지는 않았다[그림 III-29]. 포름알데히드 작업환경 노출 기준은 1988, 2002, 2007, 2016년에 걸쳐 지속적으로 감소했으며, 분석 결과도 이에 합당하게 나타난 것으로 판단된다.

병원업은 포름알데히드 노출이 다수 발생하는 대표적인 업종 중의 하나이다. 병원업도 전체 작업환경측정 자료와 비슷한 감소 경향을 보였다. 2002년 이후 급격한 감소 경향을 보이다가, 2020년경이 되면서 뚜렷한 감소를 나타내지는 않았다[그림 III-32]. 병원에서의 포름알데히드 노출은 조직검사, 병리판독 등에서 포르말린을 사용하기 때문에 발생한다. 병원에서도 화학물질노출 관리의 중요성이 부각되면서 포름알데히드에 대한 작업환경측정, 특수건강진단 시행이 증가한 것으로 보인다. 특히, 병원 인증평가에 화학물질관리가 점수화되어부터 들어가면서 화학물질 관리 관련 조치들이 강화된 것으로 판단된다. 예를 들어 수술실에서 조직을 고정할 때 포르말린을 사용하지 않는다면, 내시경실에서 포르말린 안전캡용기(용기 뚜껑을 닫을 때, 뚜껑에서 포르말린이 나옴)를 사용하는 등 노출 저감을 위한 노력, 환경/건강 관리 활동이 인증평가와 관련하여 지속되고 있다.

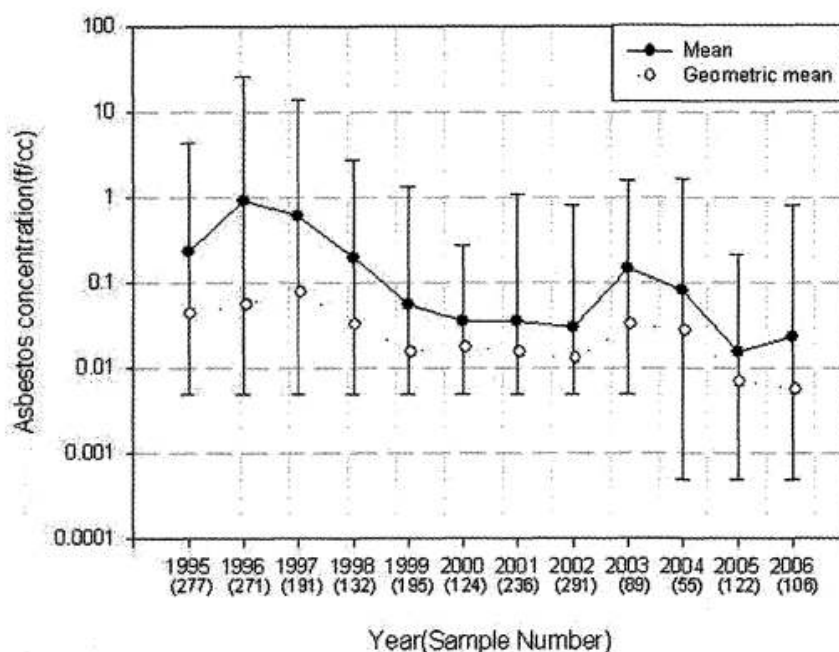
기타 화학물질 제조업에서도 일부 변동성을 보이나 포름알데히드 노출은 감소하는 경향을 보였다. 특히 95%분위수를 기준으로 보았을 때 2002년 이후의 급격한 감소와 2010년 후반부 이후에 큰 변화가 없는 결

과를 보였다 [그림 III-35]. 검사 공정은 대표적인 포르말린노출 공정이며, 검사 공정을 보았을 때 2002년 이후 지속적으로 포름알데히드 노출수준이 감소하는 경향을 보였다 [그림 III-37].

6. 석면의 과거 노출 추정 및 제도 개선이 노출수준에 미치는 효과 분석 및 고찰

1) 석면 노출 관련 선행 연구

국내 연구로는 본 연구진이 1995년부터 2006년까지 서울대에서 수집한 자료를 바탕으로 연도별 석면 노출량을 보고하였다(Park et al. 2007). 주요 결과로써, 1996년에는 평균 0.92f/cc였던 노출량이 1999년에는 0.06f/cc까지 지속적으로 감소하고 그 이후에도(2003년 제외) 노출기준치인 0.1f/cc이하로 유지되었다[그림 III-38]. 최근 연구로는 피영규(2016)가 지방고용노동관서 및 작업환경측정기관을 통해 확보한 전국 284개소 석면 취급사업장의 2000년~2005년까지 1,481건의 석면 가중 평균자료를 분석한 결과가 존재한다. 주요 결과로써, 2000년과 2001년에 석면 농도 큰 감소가 관측되며 2001년~2003년까지 약간의 감소 후 2003년 이후에는 거의 변화가 없는 경향을 나타내었다<표 III-56>. 그 외 본 연구진이 수행한 석면 JEM 구축 연구(Choi et al., 2017)에서는 1984~1996년은 문헌 자료, 1995~2006년은 서울대 자료, 2005~2008년은 작업환경측정자료를 종합하여 산업/업종별로 석면 노출량을 분석하였다.



[그림 III-38] 석면의 연도별(1995년~2006년) 국내 노출수준(Park et al. 2008)

〈표 III-56〉 연도별 공기 중 석면의 노출수준(피영규, 2016)

Year	N [*]	Mean($\bar{x}$) $\pm$ S.D. [†]	GM [‡] ($\bar{x}$)	Min($\bar{x}$)	Max($\bar{x}$)	ER1(%) [§]	ER2(%)	KOEL [¶] ($\bar{x}$)
2000	212	0.84 $\pm$ 0.13	0.03	0.011	0.94	0.0	27.8	2
2001	233	0.07 ^{ab} $\pm$ 0.13	0.03	0.004	1.07	0.0	17.6	2
2002	250	0.06 ^b $\pm$ 0.11	0.02	0.004	0.96	0.0	17.2	2
2003	291	0.03 ^c $\pm$ 0.057	0.02	0.001	0.55	1.4	9.6	2/0.1
2004	286	0.02 ^c $\pm$ 0.025	0.01	0.001	0.23	0.3	0.3	0.1
2005	209	0.03 ^c $\pm$ 0.078	0.01	0.001	0.84	2.9	2.9	0.1
Total	1,481	0.05 $\pm$ 0.10	0.02	0.001	1.07	0.7	12.0	

^{*} : Number of samples, [†] : S.D.: Standard Deviation [‡] : GM : Geometric Mean

[§] : Exceed Rate1(%) : (Number of samples over KOEL / Number of samples) $\times$ 100

^{||} Exceed Rate2(%) : (Number of samples over ACGIH TLV / Number of samples) $\times$ 100

[¶] : KOEL : Korean occupational exposure limit

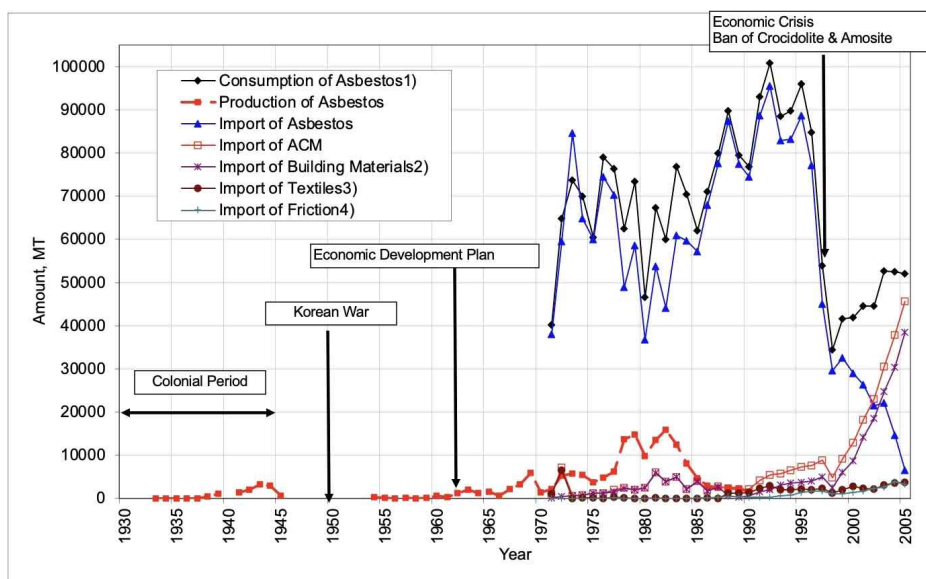
2) 석면 노출기준 변화 및 제도 개선

(1) 국내 석면 생산 및 소비 양

석면은 뛰어난 단열성, 내마모성, 인장력, 전기절연성 등의 성질과 함께 매우 경제적인 이유로 인해 슬레이트, 천장재 등 건축자재와 브레이크 라이닝, 브레이크 패드, 크러치 판 등 마찰재, 가스켓, 석면 방직제품 등 산업용뿐만 아니라 일반 생활 주거 공간에도 다량 사용되어 왔다.

우리나라는 1930년대 중반 전국에 걸쳐 석면광산이 개발되었고 이때 생산된 석면은 대부분 일본으로 수출되었다. 해방 당시 전국의 석면광산은 총 28개에 이르며 대표적인 백석면 광산인 충남 홍성지방의 광천광산이 1984년 폐광될 때까지 우리나라에서 생산된 석면의 총 생산량은 145,000톤으로 추정되며 대부분 백석면이었다(최정근 등, 1998). 1984년 이후 광맥의 빈약과 인건비 상승으로 생산은 중단되고 국내의 석면은 전량 수입에 의존해 왔다.

국내 석면수입 추이를 보면 1976년~1990년까지 연간 약 63,000톤의 석면을 수입하였고 1992년 약 95,000톤으로 최고치를 기록한 이후 지속적인 감소추세를 보였다. 그러나 [그림 III-39]에서 보듯이 석면(raw asbestos)의 수입량은 지속적으로 감소했지만, 석면시멘트제품과 석면섬유 제품과 같은 석면이 함유된 제품(ACM, asbestos containing material) 수입량은 증가추세를 보였다. 특히 석면시멘트제품은 급격히 증가하여 2004년에는 28,309톤을 수입하였다. 따라서 일반 건축물에 광범위하게 석면이 사용되었을 가능성이 높다.



- 1) Asbestos Production+Import-Export,
- 2) Asbestos slate, board, tile, papers, etc.
- 3) Asbestos yarn, thread, ropes, cords, packing, clothing etc.
- 4) Brake lining and pads etc.

[그림 III-39] 연도별 석면 생산 및 수입 현황(Choi et al. 1988)

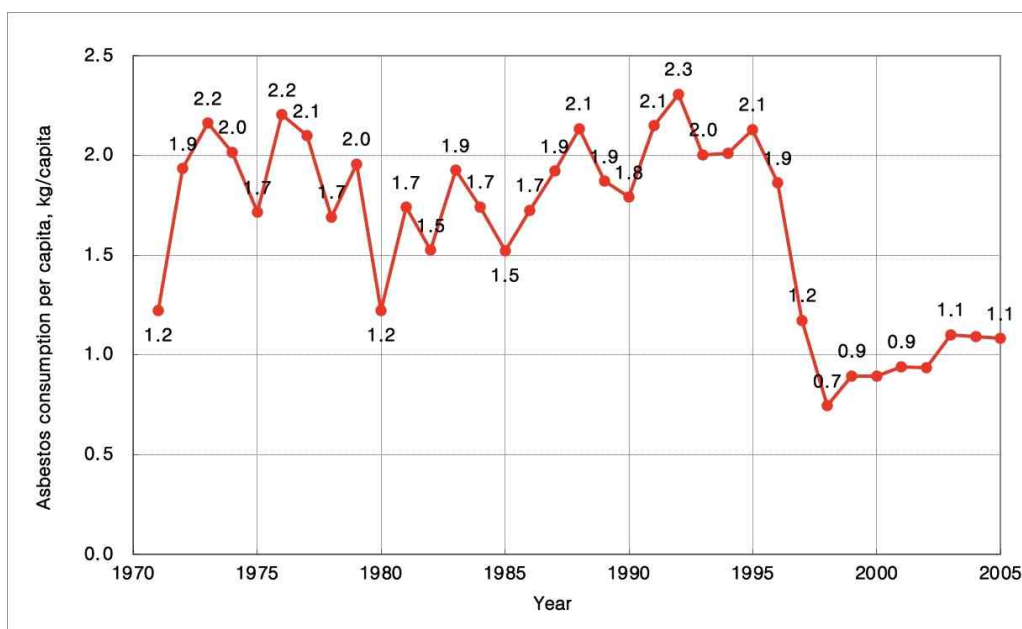
관세청의 석면 관련 품목 코드는 <표 III-57>과 같이 6811(시멘트 제품), 6812(방직제품), 6813(마찰재)인데, 6811과 6813은 석면이 아닌 제품도 포괄하고 있고, 6812는 모두 석면제품이라고 할 수 있다. 관세청에서 2005년 이후의 세 개 품목별 수입량을 검색한 결과 <표 III-58>과 같았으며, 순수 석면제품인 6812 제품의 경우 석면 수입, 사용이 완전 금지된 2009년 이후에도 소량이지만 수입되었고, 2015년부터 수입되지 않는 것을 확인할 수 있다. 연도별 인구 1인당 석면 소비량을 추계해 보면 [그림 III-40]과 같이 1996년까지 약 1인당 2kg의 석면을 소비하는 것으로 나타나며, 1997년 IMF 경제위기 시기에 급격히 감소하여 이전과 대비하여 절반 수준을 보여주었다.

〈표 III-57〉 석면 관련 관세청 품목 코드

품목 코드	품목명
6811	석면시멘트 제품 · 셀룰로오스파이버시멘트 제품이나 이와 유사한 것
6812	가공한 석면섬유, 석면을 기본 재료로 한 혼합물, 석면과 탄산마그네슘을 기본 재료로 한 혼합물, 그 혼합물들의 제품, 석면제품[예: 석면의 실 · 직물 · 의류 · 모자 · 신발 · 개스킷(gasket)](보강한 것인지에 상관없으며 제6811호와 제6813호의 물품은 제외한다)
6813	마찰 재료와 그 제품[예: 시트(sheet) · 롤 · 스트립(strip) · 세그먼트 · 디스크(disc) · 와셔(washer) · 패드](장착되지 않은 것으로서 브레이크용 · 클러치용이나 이와 유사한 용도의 석면 · 그 밖의 광물성 재료 · 셀룰로오스를 기본 재료로 한 것으로 한정하며, 직물이나 그 밖의 재료와 결합한 것인지에 상관없다)

〈표 III-58〉 석면 관련 관세청 품목별 수입량(톤)

연도	HS 품목번호		
	6811	6812	6813
2006	29243.5	3608.7	2183
2007	30060.2	2754.6	2724.6
2008	32644.2	2119.7	2720.7
2009	30437.3	995.4	1705.7
2010	31048.5	411.2	2181.9
2011	34419.5	37	1847.2
2012	35345.5	3.3	1776.1
2013	41365.5	3.2	1309.7
2014	40279.6	0.3	1296.3
2015	47032.2	0	1182.8
2016	63389.4	0	1238.1
2017	77029.2	0	1345.6



[그림 III-40] 연도별 인구 1인당 석면 소비량 추계

(2) 국내 석면 규제 이력

가) 석면 혹은 석면 함유 제품의 제조, 사용 금지

우리나라의 석면에 대한 제조, 생산, 사용 등에 대한 금지 규제는 <표 III-59>에서 보듯이 1997년 산업안전보건법 시행령에 따라 청석면과 갈석면을 최초로 금지 대상으로 지정하였다. 그 후 1999년에 청석면과 갈석면을 1% 초과 함유한 제제(혼합물)에 대한 금지로 확대되었다. 이후 각섬석 계열의 석면 종류 중 악티노라이트, 안소필라이트, 트레몰라이트도 2003년부터 금지 대상으로 지정되었다.

국내에서 가장 많이 사용되고 있던 백석면은 2003년부터 특정 용도를 중심으로 금지 규정이 시행되었다. 그 첫 규제는 자동차 제동장치였다.

2003년부터 자동차관리법에 따라 제동장치에 석면이 사용되었을 때 신규 자동차 등록을 할 수 없도록 규제한 것이다. 그러나 모든 자동차에 대해서 적용하는 것이 아니었다. 자동차관리법 제2조에서 정의하고 있는 자동차의 정의에서는 대통령령으로 정하는 것은 제외한다는 제외 규정이 있는데 제외 대상에 해당되는 차량은 건설기계, 농업기계, 군용 차량, 철도 차량 등은 제외되었다.

〈표 III-59〉 우리나라 석면관련 금지 규제 이력

시행일자	금지대상	관련법
1997.05.16.	청석면 및 갈석면	산업안전보건법 시행령 (대통령령 제15372호)
1999.06.08	청석면 및 갈석면이 중량 비율 1% 초과 함유 제제	산업안전보건법 시행령 (대통령령 제16388호)
2003.01.01.	제동장치에 석면을 사용한 자동차(건설기계 제외) 등록	자동차관리법 (법률 제6730호)
2003.07.01.	악티노라이트, 안소필라이트, 트레몰라이트	산업안전보건법 시행령 (대통령령 제18043호)
2005.07.08.	철도 차량 기초제동장치의 석면 포함 제품	철도안전법 (건설교통부령 제455호)
2007.01.01	석면시멘트(1% 초과) 제품, '자동차관리법'상 자동차용 석면마찰제품	노동부 고시 (제2006-25호)
2008.01.01	압출성형시멘트판(1%초과)	노동부 고시 (제2006-25호)
2008.01.01	석면함유제품(0.1% 초과)-석면개스킷, 마찰제 제외	노동부 고시 (제2007-26호)
2009.01.01	석면함유제품(0.1% 초과)-석면개스킷, 마찰제(자동차용 제외)	노동부 고시 (제2007-26호)
2009.05.13	석면이 1% 이상 함유된 탈크(talc, 14807-96-6)	환경부 고시 (제2009-76호)
대체품 개발시까지 유예	• 잠수함 및 미사일용 석면개스킷, • 미사일용 석면단열제, • 화학공업 설비용으로서 100도 이상 온도의 부식성유체를 취급하는 부분에 사용되는 입경 1400mm 이상의 석면조인트시트개스킷, • 화학공업 설비용으로 사용되는 입경 2300mm 이상의 석면조인트시트개스킷	노동부 고시 (제2007-26호)

건설기계관리법시행령 [별표 1]의 건설기계 범위를 보면 〈표 III-60〉과 같이 불도저, 굴삭기, 지게차, 덤프트럭 등 산업용 차량이 대부분 해

당하며, 이런 차량에는 2003년 이후에도 신규 차량 제작 시 석면 제동장치를 사용할 수 있었음을 알 수 있다.

2007년에는 석면 시멘트 제품과 자동차관리법상 자동차용 석면마찰제품의 사용이 금지되었고, 2008년에는 압출성형시멘트판 그리고 2009년부터 일부 대체품 개발 시까지 유예를 둔 특수용도 제품을 제외하고 석면이 0.1% 초과하여 함유된 모든 제품을 금지하였다. 또한, 2009년 5월에는 석면이 1% 이상 함유한 탈크도 수입, 사용 등을 금지하였다.

〈표 III-60〉 건설기계관리법시행령 [별표 1] 건설기계의 범위

1. 불도저	2. 굴삭기	3. 로더	4. 지게차	5. 스크레이퍼
6. 덤프트럭	7. 기중기	8. 모터그레이더	9. 롤러	10. 노상안정기
11. 콘크리트벙칭플랜트		12. 콘크리트피니셔		
13. 콘크리트살포기		14. 콘크리트믹서트럭		
15. 콘크리트펌프		16. 아스팔트믹싱플랜트		
17. 아스팔트피니셔		18. 아스팔트살포기		
19. 골재살포기		20. 쇄석기		
21. 공기압축기		22. 천공기		
23. 향타 및 향발기		24. 사리채취기		
25. 준설선		26. 특수건설기계		

나) 석면 관련 허가

우리나라는 1990년부터 산업안전보건법에 따라 석면을 원료로 하는 제품의 제조 및 생산을 허가 대상으로 규정하였었다(표 III-61).

〈표 III-61〉 우리나라 석면관련 허가 규제 이력

시행일자	허가 대상	관련법
1990.7.14.	석면 제조 생산	산업안전보건법 시행령 (대통령령 제13053호)
2003.7. 1.	석면 중량비율 1% 초과 설비 및 건축물 해체, 제거 허가	산업안전보건법 시행령 (대통령령 제18043호)
2005.10.20	건축물 철거, 멸실 신고서에 석면 함유 여부를 지 자체 신고	건축법 시행규칙 (건설교통부령 제475호)

2007년 국정감사 자료에 의하면 1991년부터 2006년까지 허가받은 업체는 총 81개였으며, 이 중 업종을 알 수 있는 77개 업체 중 브레이크라이닝 제조 및 자동차 부품제조 관련 업종이 44%로 가장 많은 분포를 나타내었다〈표 III-62〉.

2003년부터는 석면이 1% 초과 함유된 설비 및 건축물을 해체 또는 제거할 경우 허가를 받도록 규정하였고, 2005년부터는 건축법시행규칙을 개정하여 지방자치단체에 신고하는 ‘건축물철거, 멸실 신고서’에 석면 함유 유무를 기록하도록 규정하였다.

〈표 III-62〉 석면허가업체(91~06)의 업종별 분포 (2007년 국정감사자료)

업종	빈도	상대 빈도(%)
브레이크라이닝제조, 특수	23	29.87
섬유제품, 가스킷제조	15	19.48
자동차부품제조	11	14.29
화학, 고무, 플라스틱 제품제조	11	14.29
건축, 시멘트 제품 제조	7	9.09
전기, 절연제품제조	4	5.19
금속제품제조업	6	7.79
합계	77	100

다) 석면 관련 폐기물

폐기물관리법에 따라 폐석면을 특정폐기물로 지정하여 처리하도록 규정한 것은 1991년이였다<표 III-63>. 이후 1999년에 스레트와 같이 고형화되어 있어 비산될 우려가 없는 것은 제외하였지만, 2008년 이후 고형물이라 하더라도 석면이 1% 이상 함유된 제품, 설비 등의 해체, 제거 시 발생하는 모든 것은 지정폐기물로 처리하도록 규정하고 있다.

〈표 III-63〉 폐석면 관련 규정

시행일자	폐석면의 범위	관련법
1991. 09.26.	폐석면(석면 제조가공시, 공작물, 건축물 제거시 발생하는 것)을 특정폐기물로 지정	폐기물관리법 시행령(대통령령 제20946호)
1999. 08.09	스레트 등 고형화되어 있어 비산될 우려가 없는 것을 제외, 석면 제거 작업에 사용된 비닐시트, 방진마스크, 작업복 등 포함	폐기물관리법 시행령(대통령령 제16506호)
2008. 01.01	건조고형물의 함량 중 석면이 1% 이상 함유된 제품, 설비 등의 해체, 제거시 발생하는 것	폐기물관리법 시행령(대통령령 제20478호)

(3) 국내 석면 제품 생산 현황

우리나라의 석면 제조 및 소비 역사와 규제 이력을 요약해 보면 앞서 정리한 대로 석면은 1930년대부터 생산되기 시작하여 1992년 최대 약 10만 톤의 석면을 소비했고, 1997년 최초의 석면 관련 금지 규정인 청석면과 갈석면에 대한 제조 사용 금지 규정이 시행되었으며, 경제적 위기(IMF 구제금융)가 겹치면서 1997년 이후 석면의 소비량은 급감하게 된다. 우리나라에 사용된 석면은 90% 이상이 백석면이었으며, 자동차 제동장치에 석면 사용은 일반 승용, 승합차 신규 등록 차량에 대해 2003년부터

터 금지되기 시작했다. 그러나 산업용 차량의 제동장치에 대한 석면 사용 금지 규정은 2009년 모든 석면 제품에 대해 금지될 때까지 규정상 생산이 가능하였다.

국내 석면제품 생산 이력과 관련해서 한국산업안전보건공단에서는 석면 자료실 web site¹⁰⁾를 만들고 과거 제조, 유통되었던 석면 함유제품에 대한 데이터베이스를 제공하고 있다. 석면 함유제품에 대한 정보는 다음 그림과 같이 제품별 '석면함유 제품 Data Sheet'로 제공되고 있으며, 각 주요 항목별 정보를 엑셀 데이터 시트에 입력하여 현황을 분석하였다. 총 174개 제품에 대한 제품의 주요 종류별로 제조사를 요약하면 <표 III-64>~<표 III-66>과 같다.

석면함유 제품 Data Sheet

ID		국문소재명	제품식별번호
2-E-E1-상신브레이크-1		브레이크 라이닝	년도, 월, 일, 호기, 조별
			70 08 09 1 A
KS 규격번호	회 사 명	영문소재명	
KSL-4024	(주) 상신 브레이크	Break Lining	
생산지	생산 (년도)	구성재료	석면함유량(%)
국 내	1965년 ~ 2005년(제조년도)	백석면 합성수지 금속분말	10 ~ 20 (백석면)
국 외	— (수입년도)		
제품명		용 도	
(상신)라이닝		차량 제동장치	
주요 사용처(장소)			
트럭(화물용), 버스, 등			

[그림 III-41] 한국산업안전보건공단 석면제품 Data sheet 예

10) https://www.kosha.or.kr/kosha/business/asbestosWork_b.do

〈표 III-64〉 한국산업안전보건공단 DB의 석면시멘트 제품 종류별 제조사 정보 요약

대분류	중분류	소분류	제조사
1. 석면 시멘트 제품	A. 석면슬레이트	A1. 석면소골슬레이트	금강(KCC), 벽산
		A2. 석면대골슬레이트	금강, 벽산
		A3. 석면슬레이트	금강(1, 2, 3, 4)
		(부속제품)	벽산(1, 2, 3, 4)
	B. 석면시멘트판	B1. 석면시멘트판	금강, 벽산
		B2. 석면미장시멘트판	금강, 벽산
	C. 석면천정재	C1. 석면석고시멘트판	금강(1, 2), 벽산(1, 2)
		C2. 석면규산칼슘판	벽산(1, 2)
	D. 압출성형시멘트판	D1. 압출성형시멘트판	벽산(1, 2, 3), 주일(1, 2, 3, 4) 한건(1, 2, 3), 익성텍(1, 2, 3, 4)

〈표 III-65〉 한국산업안전보건공단 DB의 석면마찰재, 조인트시트 제품 종류별 제조사 정보 요약

대분류	중분류	소분류	제조사
2. 석면 마찰재	E. 석면브레이크 라이닝	E1. 석면브레이크 라이닝	상신브레이크, 산도브레이크, 산도산업, S&T브레이크, 홍성브레이크, 현대브레이크, 성진실업, 오엠코리아, 성은산업, 태경기계화학, 혁성, 세기실업, 대화브레이크, 한일브레이크 해동브레이크, 대양브레이크, 경한산업
	F. 석면브레이크 패드	F1. 석면브레이크 패드	상신브레이크, 산도브레이크, 산도산업, S&T브레이크, 홍성브레이크, 현대브레이크, 성진실업, 오엠코리아, 성은산업, 태경기계화학, 혁성, 세기실업, 대화브레이크, 한일브레이크 해동브레이크, 대양브레이크, 경한산업
	G. 석면클러치 라이닝&페이싱	G1. 석면클러치 라이닝	덕창기계
		G2. 석면클러치 페이싱	덕창기계
	H. 석면특수브레이크	H1. 석면철도특수브레이크	
		H2. 석면크레인 특수 브레이크	유진산업, 태성공업사, 삼신브레이크, 평화클러치, 대성산업사
		H3. 석면농기계 특수 브레이크	덕창기계, 삼성철산업, 태성공업사, 덕산기계, 대성산업사
		H4. 석면일반기계 특수 브레이크	유진산업, 삼성철산업, 태성공업사, 삼신브레이크, 평화클러치, 대성산업사
		H5. 석면전자브레이크 & 클러치 특수 브레이크	삼신브레이크, 평화클러치
		H6. 석면프레스 특수 브레이크	유진산업, 삼성철산업, 태성공업사, 삼신브레이크, 평화클러치, 대성산업사
3. 석면 조인트시트	I. 석면조인트 시트	I1. 석면조인트시트	동양정밀가스켓(1, 2), 태화카파셀(1, 2), 동양S&G(1, 2), 대영산업(1, 2), 제일E&S (1, 2), 한상산업(1, 2), 국제패킹(1, 2), 동양아스베스트공업(1, 2)

〈표 III-66〉 한국산업안전보건공단 DB의 석면방직제품 및 기타 제품 종류별 제조사 정보 요약

대분류	중분류	소분류	제조사
4. 석면 방직제품	J.석면가스켓	J1. 석면가스켓	동양정밀가스켓, 태화카파셀, 동양S&G, 대영산업, 제일E&S, 한상산업, 국제패킹, 동양아스베스트공업
	K.석면사	K1. 석면사	동양S&G, 대영산업, 제일E&S, 한일화학, 대흥물산, 합동상사, 한상석면, 삼우산업, 금영석면, 한일석면, 동양아스베스트공업
	L.석면로프	L1. 석면로프	동양S&G, 대영산업, 제일E&S, 한일화학, 대흥물산, 합동상사, 한상석면, 삼우산업, 금영석면, 한일석면, 동양아스베스트공업
	M.석면패킹	M1. 석면패킹	동양S&G, 대영산업, 제일E&S, 한일화학, 대흥물산, 합동상사, 한상석면, 삼우산업, 금영석면, 한일석면, 동양아스베스트공업
	N.석면테이프	N1. 석면테이프	동양S&G, 대영산업, 제일E&S, 한일화학, 대흥물산, 합동상사, 한상석면, 삼우산업, 금영석면, 한일석면, 동양아스베스트공업
	O.석면포	O1. 석면포	동양S&G, 대영산업, 제일E&S, 한일화학, 대흥물산, 합동상사, 한상석면, 삼우산업, 금영석면, 한일석면, 동양아스베스트공업
	P.석면장갑	P1. 석면장갑	동양S&G, 대영산업, 제일E&S, 한일화학, 대흥물산, 합동상사, 한상석면, 삼우산업, 금영석면, 한일석면, 동양아스베스트공업
5. 기타 석면제품	Q.석면정류자	Q1. 석면정류자	일진커뮤니티, 일진정류자
	R.산업용 석면단열재	R1. 산업용 석 면단열재	경안인터스트리(1, 2), 대영산업, 한상산업, 유영산업사

석면 제품의 용도를 크게 건축용, 사업장 설비, 자동차 부품으로 구분하여 제조 연도별로 제품 수를 비교해 보면 다음 표와 같이 건축용 제품은 1958년부터 2007년까지 생산되어 온 것을 알 수 있고, 자동차 부품에 사용된 석면제품은 1965년부터 2007년까지 생산된 것으로 파악된다(〈표 III-67〉).

〈표 Ⅲ-67〉 한국산업안전보건공단 석면 제품 DB의 용도별 제조년도 분포

제조년도	건축용 제품	사업장 설비 부품	자동차 부품	총합계
1958년 ~ 2003년	5	.	.	5
1960년 ~ 2004년	6	.	.	6
1965년 ~ 2004년	2	.	.	2
1965년 ~ 2005년	.	.	3	3
1966년 ~ 2000년	.	.	1	1
1966년 ~ 2005년	.	.	1	1
1970년 ~ 2000년	.	69	.	69
1970년 ~ 2005년	1	2	.	3
1970년 ~ 2006년	1	.	.	1
1970년 ~ 2007년	1	24	2	27
1974년 ~ 2003년	1	.	.	1
1975년 ~ 1999년	.	.	2	2
1975년 ~ 2000년	.	.	2	2
1975년 ~ 2003년	1	.	.	1
1975년 ~ 2005년	.	.	5	5
1975년 ~ 2006년	.	.	1	1
1976년 ~ 2006년	.	.	2	2
1976년 ~ 2007년	.	.	23	23
1978년 ~ 2003년	2	.	.	2
1980년 ~ 2000년	1	.	.	1
1980년 ~ 2007년	2	.	.	2
1982년 ~ 2006년	.	.	2	2
1985년 ~ 2005년	2	.	.	2
1990년 ~ 2000년	3	.	.	3
2004년 ~ 2007년	7	.	.	7
총합계	35	95	44	174

자동차 부품 관련 제품에 대해 세부 종류별 제조 연도 분포를 살펴보면 다음 표와 같이 특수브레이크 석면 제품이 가장 최근(2007년)까지 생산되었던 것을 확인할 수 있다〈표 Ⅲ-68〉.

〈표 III-68〉 자동차 부품 관련 제품의 제조년도별 분포

제조년도	브레이크 라이닝	브레이크 패드	정류자	클러치 라이닝/패이싱	특수 브레이크	총합계
1965년 ~ 2005년	3	.	.	.	.	3
1966년 ~ 2000년	1	.	.	.	.	1
1966년 ~ 2005년	1	.	.	.	.	1
1970년 ~ 2007년	.	.	2	.	.	2
1975년 ~ 1999년	.	2	.	.	.	2
1975년 ~ 2000년	1	1	.	.	.	2
1975년 ~ 2005년	5	.	.	.	.	5
1975년 ~ 2006년	1	.	.	.	.	1
1976년 ~ 2006년	.	.	.	2	.	2
1976년 ~ 2007년	.	.	.	.	23	23
1982년 ~ 2006년	2	.	.	.	.	2
총합계	14	3	2	2	23	44

(4) 국내 석면 노출기준 변화

사업장 근로자들의 석면 노출에 대한 직업적 노출기준은 2003년 6월 까지 백석면에 대해 '2 f/cc'로 설정되었고, 2003년 7월부터 모든 형태의 석면에 대해 '0.1 f/cc'로 강화되어 현재까지 유지되고 있다.

일반 대중에 대한 석면 노출 기준으로는 '다중이용시설 등의 실내공기 질관리법'에서 2004년부터 석면에 대하여 유지기준이 아닌 '권고기준'을 규정하고 있다. 다중이용시설이란 불특정다수인이 이용하는 시설로서, 지하역사, 지하도상가, 여객자동차터미널의 대합실, 공항의 여객터미널, 항만의 대합실, 도서관, 박물관 및 미술관, 의료기관, 실내주차장, 철도역사의 대합실, 국공립보육시설, 법인보육시설, 직장보육시설 및 민간보육시설, 기타 대통령령으로 정하는 시설(대규모의 점포·노인의료복지시설·목욕탕·장례식장 등)을 가리킨다. 이들 시설의 실내공기질과 관련하여 석면은 권고기준으로 '0.01개/cc' 이하로 설정되어 있다.

또한 '학교보건법' 제4조 제1항, 동법 시행규칙 별표 4의 2는 학교 교

사 안에서의 공기의 질에 대한 유지·관리기준을 규정하고 있는데, 석면을 단열재로 사용하는 학교의 경우 석면의 ‘유지기준’은 ‘0.01개/cc’ 이하다. 이상의 노출기준 현황을 정리하면 <표 III-69>와 같으며, 국내 석면 관련 규제 및 취급 제품의 생산 기간을 도표로 요약하면 [그림 III-42]와 같다.

〈표 III-69〉 우리나라 석면 노출기준 현황

시행일자	노출기준	적용대상	관련법
~2003.6.30.	2 f/cc (백석면)	석면 노출 사업장의 근로자	산업안전보건법 노출기준 (노동부 고시 제97-69호)
2003.7. 1.	0.1 f/cc (모든 형태의 석면)	석면 노출 사업장의 근로자	산업안전보건법 노출기준 (노동부 고시 제2002-2호)
2009.1. 1.	0.1 f/cc (모든 형태의 석면)	석면 노출 사업장의 근로자	산업안전보건법 허용기준 (법률 제8562호)
2004.5.30.	0.01 개/cc (석면)	다중이용시설	실내공기질법 시행규칙 (환경부령 제156호)
2006.1. 1.	0.01 개/cc (석면)	석면을 사용 한 학교	학교보건법 시행규칙 (교육인적자원부령 제866호)



OEL: Occupational exposure limit, PL: Permissible limit

[그림 III-42] 국내 석면 규제 및 석면 제품 사용 이력 요약

3) 석면 Joinpoint Regression 분석 결과

석면은 작업환경측정자료의 전체 산업 분석 뿐 아니라 자료 수가 가장 많은 상위 2개 산업소분류인 ‘기반 조성 및 축조관련 전문공사업’(421)과 ‘토목 건설업’(412)의 분석을 진행하였다. 석면의 자료 수는 대부분 2007년과 2008년에 집중되어 있지만, 이는 기반 조성 및 축조관련 전문공사업과 토목 건설업에 해당하기 때문에 이 2개의 산업소분류를 제외한 석면 자료의 분석도 진행하였다. 또한, 석면에서 가장 자료 수가 많은 공정인 ‘구조물 해체공사 공정’(SPC056)의 분석도 진행하였다.

Joinpoint Regression 모형을 기반으로 분석하는 것과 별개로 전체 및 각 산업소분류별(또는 공정별)로 벤젠의 노출 수준을 파악하기 위해 2002년부터 2022년까지 3년 간격으로 불검출 자료를 반영하는 베타-대체법(Ganser and Hewett, 2010)을 적용하여 산술평균, 기하평균, 95%분위수를 계산하였으며 그 결과는 [부록 5]에 정리하였다.

● 산업 전체

작업환경측정자료 내 석면의 총 자료 수는 36,766개이고, 2004년에는 자료가 존재하지 않았다. 연도별 자료 수는 전체적으로 1,000개 미만이지만 2007년과 2008년에는 각각 7,528개, 22,212개로 아주 많은 자료 수가 존재하였다. 불검출률은 2007년과 2008년에 87.2%와 91.6%로 높았고, 나머지 연도는 2002년과 2003년을 제외하면 36.1%에서 82.5%까지 다양하게 나타났다<표 III-70>.

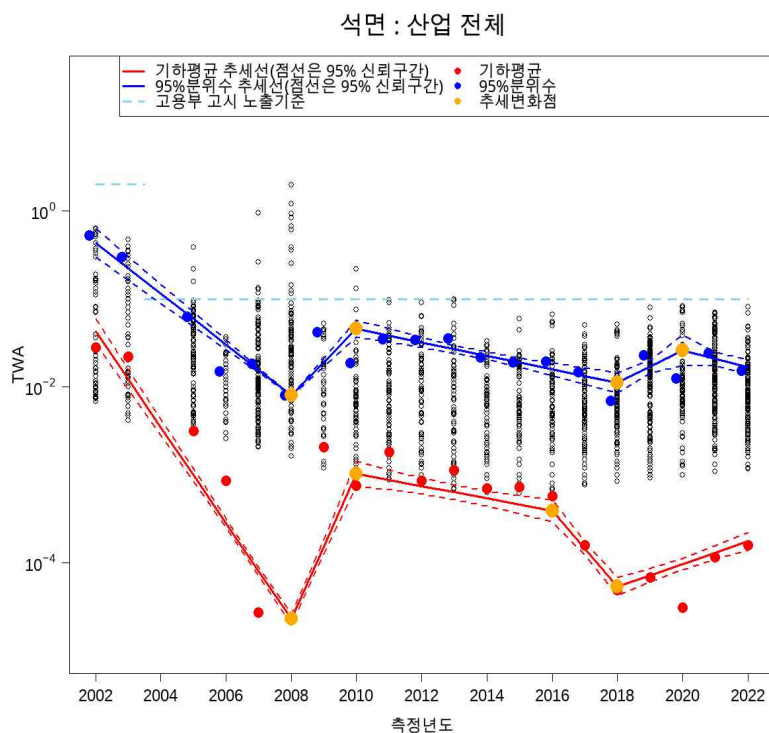
〈표 Ⅲ-70〉 석면 : 산업 전체 자료 및 불검출 자료수(ND)

연도	총 자료 수	관측자료 수	불검출 자료 수	불검출률
2002	91	91	0	0.0%
2003	130	123	7	5.4%
2004	0	0	0	-
2005	472	238	234	49.6%
2006	536	149	387	72.2%
2007	7,528	966	6,562	87.2%
2008	22,212	1,864	20,348	91.6%
2009	65	39	26	40.0%
2010	202	93	109	54.0%
2011	166	106	60	36.1%
2012	160	82	78	48.8%
2013	161	94	67	41.6%
2014	185	96	89	48.1%
2015	201	106	95	47.3%
2016	217	103	114	52.5%
2017	697	198	499	71.6%
2018	884	155	729	82.5%
2019	706	171	535	75.8%
2020	643	123	520	80.9%
2021	769	209	560	72.8%
2022	741	184	557	75.2%
합계	36,766	5,190	31,576	85.9%



[그림 III-43] 석면 : 산업 전체 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)

불검출 자료를 제외한 연도별 상자그림을 살펴보면, 다른 연도에 비해 2007년과 2008년에는 높은 측정치의 자료가 다수 존재하지만 2007년, 2008년의 자료가 전체 자료에서 대부분을 차지하므로 우선 분석에서 제외하지 않고 분석을 실시하였다[그림 III-43].



[그림 III-44] 석면 : 산업 전체 추세 분석 결과

〈표 III-71〉 석면 : 산업 전체 기간별 변화율

기하 평균	기간	'02~'08	'08~'10	'10~'16	'16~'18	'18~'22
	변화율(%)	-71.5	568.9	-14.8	-63.0	34.5
95% 분위수	기간	'02~'08	'08~'10	'10~'18	'18~'20	'20~'22
	변화율(%)	-48.6	139.0	-16.2	52.9	-18.3

석면은 2008년까지 기하평균과 95%분위수 모두 2020년까지 같은 추세를 보여주는데 지속적으로 감소/상승이 반복하는 경향을 보인다[그림 III-44]. 하지만, 2020년부터 기하평균은 지속적으로 매년 34.5%씩 증가하는데 반해 95%분위수는 매년 18.3% 감소하여 반대의 추세를 보여준다 <표 III-71>. 석면의 고용노동부 고시 노출기준은 2003년 7월에 2f/cc에

서 0.1f/cc로 낮아졌는데, 모형을 적합한 결과에서는 노출 기준 변화의 효과가 직접적으로 관찰되지 않는다. 그 이유는 2002년~2003년의 자료의 수가 상대적으로 적고, 2004년에는 자료가 전혀 없기 때문이다.

● 기반 조성 및 축조관련 전문공사업

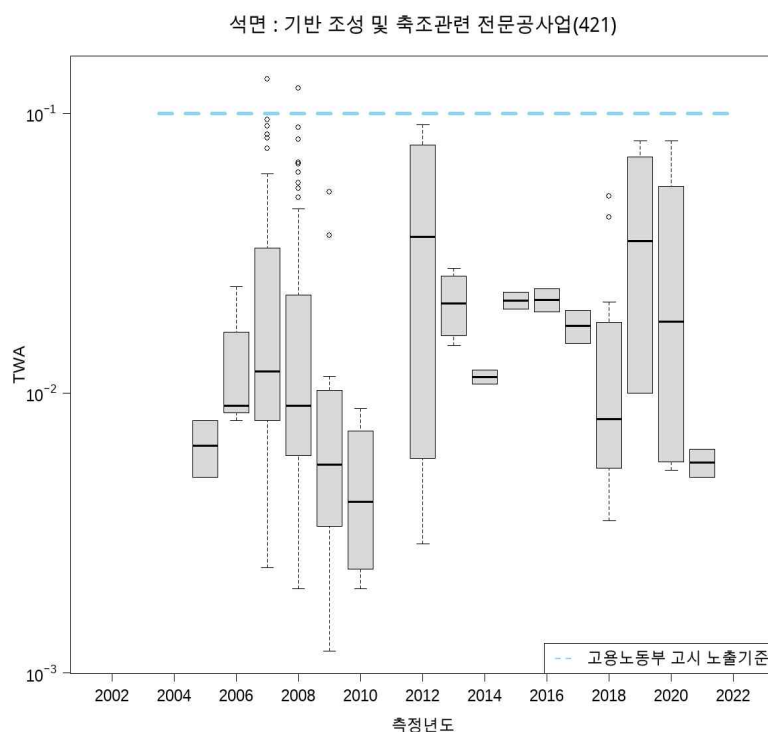
〈표 III-72〉 석면 : 기반 조성 및 축조관련 전문공사업 자료 및 불검출 자료수(ND)

연도	총 자료 수	관측자료 수	불검출 자료 수	불검출률
2002	0	0	0	-
2003	0	0	0	-
2004	0	0	0	-
2005	19	2	17	89.5%
2006	26	3	23	88.5%
2007	5,606	456	5,150	91.9%
2008	13,810	1,192	12,618	91.4%
2009	14	12	2	14.3%
2010	24	15	9	37.5%
2011	0	0	0	-
2012	4	4	0	0.0%
2013	4	4	0	0.0%
2014	2	2	0	0.0%
2015	2	2	0	0.0%
2016	2	2	0	0.0%
2017	17	2	15	88.2%
2018	19	13	6	31.6%
2019	19	4	15	78.9%
2020	11	4	7	63.6%
2021	9	2	7	77.8%
2022	8	0	8	100.0%
합계	19,596	1,719	17,877	91.2%

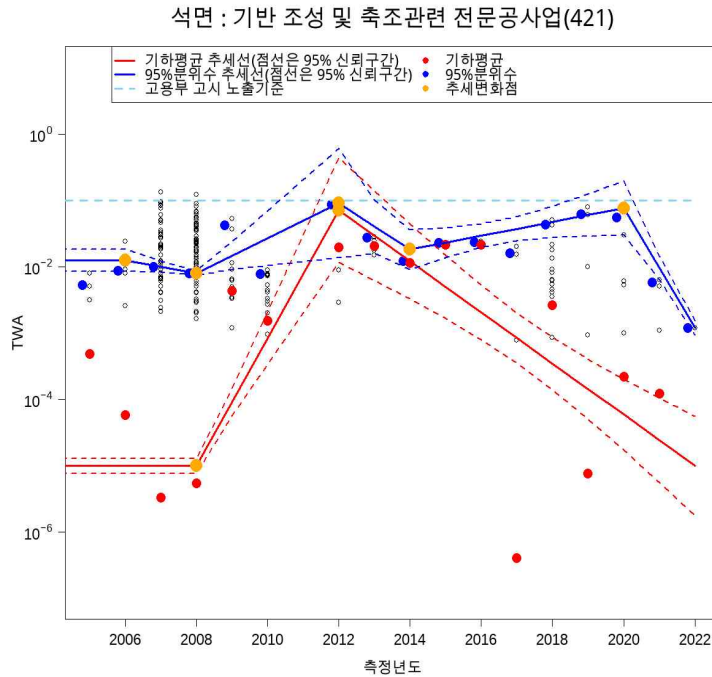
작업환경측정자료 중 석면의 자료 수가 가장 많은 산업소분류인 ‘기반 조성 및 축조관련 전문공사업’(421)으로 한정해서 동일한 분석을 실시하였다. 기반 조성 및 축조관련 전문공사업의 총 자료 수는 19,596개이고, 2002년과 2003년, 2004년, 2011년은 자료가 존재하지 않았다. 2007년

과 2008년의 자료 수가 각각 5,606개, 13,810개로 전체 자료의 99% 이상을 차지하였다<표 III-72>.

기반 조성 및 축조관련 전문 공사업에서 불검출 자료를 제외한 연도별 상자그림을 살펴보면, 상자그림의 모양이 상당히 다른 것을 확인할 수 있었다[그림 III-45]. 2007년과 2008년을 제외한 나머지 기간에서 불검출 자료를 제외한 연도별 자료의 수가 2~15개 정도로 매우 적은 수여서 모형을 적합하는 것이 어렵지만<표 III-72>, 결과 확인을 위해 특정 연도를 제외하지 않고 분석을 진행하였다.



[그림 III-45] 석면 : 기반 조성 및 축조관련 전문 공사업 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)



[그림 III-46] 석면 : 기반 조성 및 축조관련 전문공사업 추세 분석 결과

〈표 III-73〉 석면 : 기반 조성 및 축조관련 전문공사업 기간별 변화율

기하 평균	기간	'05~'08	'08~'12	'12~'22			
	변화율(%)	0.0	822.7	-58.9			
95% 분위수	기간	'05~'06	'06~'08	'08~'12	'12~'14	'14~'20	'20~'22
	변화율(%)	0.0	-20.0	83.8	-55.5	27.1	-87.6

분석 결과를 보면, 기하평균과 95%분위수 모두 2008년~2012년 기간 동안 증가한 후, 기하평균은 지속적으로 감소하지만 95%분위수는 감소/증가/감소하는 경향을 보였다[그림 III-46]. 특히, 기하평균은 2008년~2012년 기간동안 매년 823%씩 증가하였는데〈표 III-73〉, 2008년 이후로 자료의 수가 적기 때문에 이 추정치를 포함한 추세선의 95%신뢰구

간이 상당히 넓은 것을 확인할 수 있다[그림 III-46].

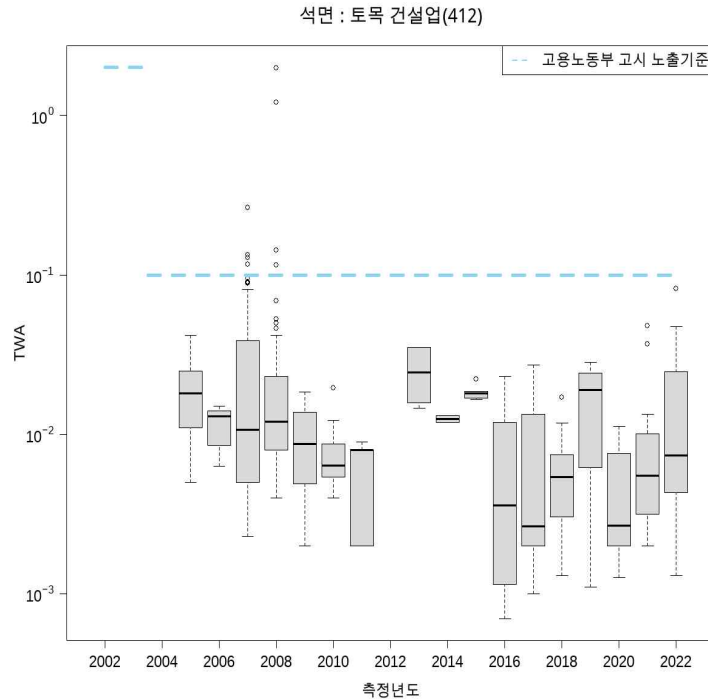
● 토목 건설업

〈표 III-74〉 석면 : 토목 건설업 자료 및 불검출 자료수(ND)

연도	총 자료 수	관측자료 수	불검출 자료 수	불검출률
2002	0	0	0	-
2003	0	0	0	-
2004	0	0	0	-
2005	36	17	19	52.8%
2006	38	11	27	71.1%
2007	1,479	352	1,127	76.2%
2008	8,063	554	7,509	93.1%
2009	6	6	0	0.0%
2010	32	16	16	50.0%
2011	9	9	0	0.0%
2012	6	0	6	100.0%
2013	6	6	0	0.0%
2014	17	2	15	88.2%
2015	28	6	22	78.6%
2016	29	19	10	34.5%
2017	22	18	4	18.2%
2018	35	12	23	65.7%
2019	42	11	31	73.8%
2020	33	5	28	84.8%
2021	28	16	12	42.9%
2022	40	26	14	35.0%
합계	9,949	1,086	8,863	89.1%

작업환경측정자료에서 두 번째로 석면 자료 수가 많은 ‘토목 건설업’(412)로 한정된 경우, 총 자료 수는 9,949개이고, 2002년과 2003년, 2004년은 자료가 존재하지 않았다. 2007년과 2008년에 자료 수가 각각 1,479개, 8,063개 존재하였고, 나머지 연도의 자료 수는 100개 미만이었다. 불검출률은 2007년에 76.2%, 2008년에 93.1%로 높게 나타났고 나머지 연도들은 자료 수가 적기 때문에 10%대에서 80%대까지 다양하

계 나타났다<표 III-74>.

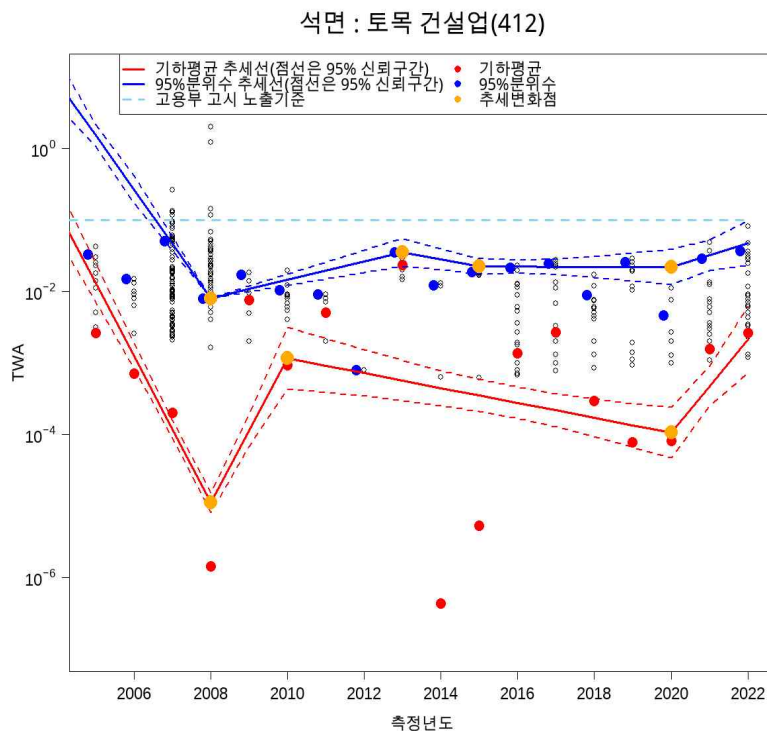


[그림 III-47] 석면 : 토목 건설업 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)

불검출 자료를 제외한 연도별 상자그림을 보면, 자료 수가 많은 2007년과 2008년에 0.1을 초과하는 값들이 있었고, 상자그림의 모양이 연도별로 많이 다른 것을 확인할 수 있다[그림 III-47]. 기반 조성 및 축조관련 전문공사업과 마찬가지로 자료의 수가 많지 않아 별도로 자료를 제거하지 않고 분석을 진행하였다.

기하평균과 95%분위수 모두 2005년부터 2008년까지 지속적으로 감소하는 경향을 보이며, 특히 95%분위수는 2005년과 2006년에 추세선이 고용노동부 고시 노출기준인 0.1f/cc를 초과한다[그림 III-48]. 하지만,

이 결과는 기하평균과 95%분위수 모두 자료 수가 많은 2007년과 2008년의 감소 추세가 자료 수가 상대적으로 적은 2005년까지 연장된 현상으로, 실제 2005년과 2006년의 95%분위수(파란점)은 노출기준선(하늘색선)보다 낮은 것을 확인할 수 있다. 2008년 이후 기하평균과 95%분위수 모두 증가와 감소를 반복하는 경향을 나타냈다<표 III-75>.



[그림 III-48] 석면 : 토목 건설업 추세 분석 결과

<표 III-75> 석면 : 토목 건설업 전문공사업 기간별 변화율

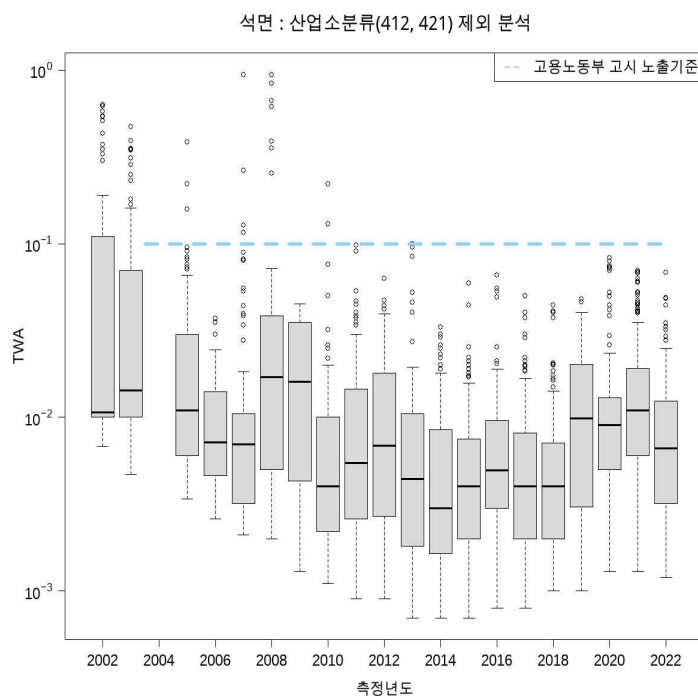
기하 평균	기간	'05~'08	'08~'10	'10~'20	'20~'22	
	변화율(%)	-90.5	922.9	21.3	347.9	
95% 분위수	기간	'05~'06	'06~'08	'08~'13	'13~'20	'20~'22
	변화율(%)	-82.6	34.5	-20.4	-0.5	47.3

● 기타 추가 분석(기반 조성 및 축조관련 전문공사업과 토목 건설업 제외)

앞서 기술한 것과 같이 2007년과 2008년에 자료의 대부분이 집중되어 있지만, 이는 기반 조성 및 축조관련 전문공사업과 토목 건설업에 해당하기 때문에 이 두 개의 산업소분류를 제외하고 추가 분석을 실시하였다. 그 결과, 전체 자료 수는 2007년과 2008년에 집중되지 않고 비교적 고르게 분포되어있다. 2004년은 자료가 존재하지 않고, 2002년은 91개, 2009년에는 45개로 자료 수가 상대적으로 적은데 반해 2018년은 총 자료 수가 830개로 가장 많았다. 해당 업종들의 전체 불검출률은 67.0%로 여전히 벤젠, 포름알데히드 대비 높게 나타났다<표 III-76>.

〈표 III-76〉 석면 : 산업소분류 421과 412를 제외한 자료 및 불검출 자료수(ND)

연도	총 자료 수	관측자료 수	불검출 자료 수	불검출률
2002	91	91	0	0.0%
2003	130	123	7	5.4%
2004	0	0	0	-
2005	417	219	198	47.5%
2006	472	135	337	71.4%
2007	443	158	285	64.3%
2008	339	118	221	65.2%
2009	45	21	24	53.3%
2010	146	62	84	57.5%
2011	157	97	60	38.2%
2012	150	78	72	48.0%
2013	151	84	67	44.4%
2014	166	92	74	44.6%
2015	171	98	73	42.7%
2016	186	82	104	55.9%
2017	658	178	480	72.9%
2018	830	130	700	84.3%
2019	645	156	489	75.8%
2020	599	114	485	81.0%
2021	732	191	541	73.9%
2022	693	158	535	77.2%
합계	7,221	2,385	4,836	67.0%



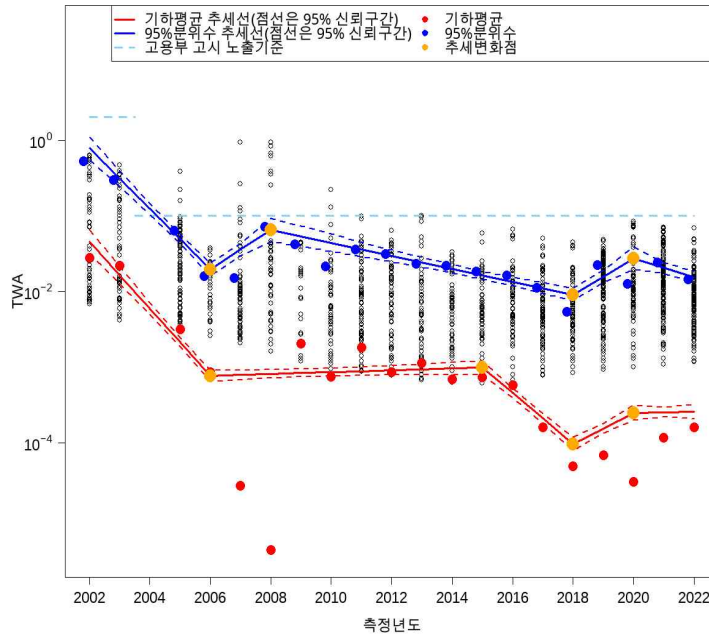
[그림 III-49] 석면 : 기타 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)

기반 조성 및 축조관련 전문공사업과 토목 건설업을 제외한 석면의 불검출 자료의 연도별 상자그림을 보면, 중위수 기준으로 2008년~2009년과 2019년~2022년을 제외하면 전체적으로 감소하는 경향을 보인다[그림 III-49]. 2009년은 석면의 사용이 전면 금지되기 시작한 연도인 것을 감안하여 2008년과 2009년을 분석에서 제외하지 않았다.

기하평균과 95%분위수 모두 전체적으로 감소하는 추세를 보였지만 부분적으로 추세가 바뀌는 구간이 존재하였다[그림 III-50]. 기하평균은 2002년부터 2006년까지 매년 64%씩 감소하다가 2006년부터 2015년까지 매년 2.8%가량 증가하는 추세로 거의 추세변화가 없었다<표 III-77>. 이후 2018년~2020년을 제외하고 전체적으로 감소하는 모습을 보였다.

95%분위수는 전체적으로 감소하였지만 2006년~2008년, 2018년~2020년 구간에서 다소 증가하는 모습을 보였다.

석면 : 산업소분류(412, 421) 제외 분석



[그림 III-50] 석면 : 기타 전체 추세 분석 결과

<표 III-77> 석면 : 기타 기간별 변화율

기하 평균	기간	'02~'06	'06~'15	'15~'18	'18~'20	'20~'22
	변화율(%)	-64.0	2.8	-53.9	60.7	1.8
95% 분위수	기간	'02~'06	'06~'08	'08~'18	'18~'20	'20~'22
	변화율(%)	-60.2	82.8	-17.9	73.9	-25.1

- 구조물 해체공사 공정

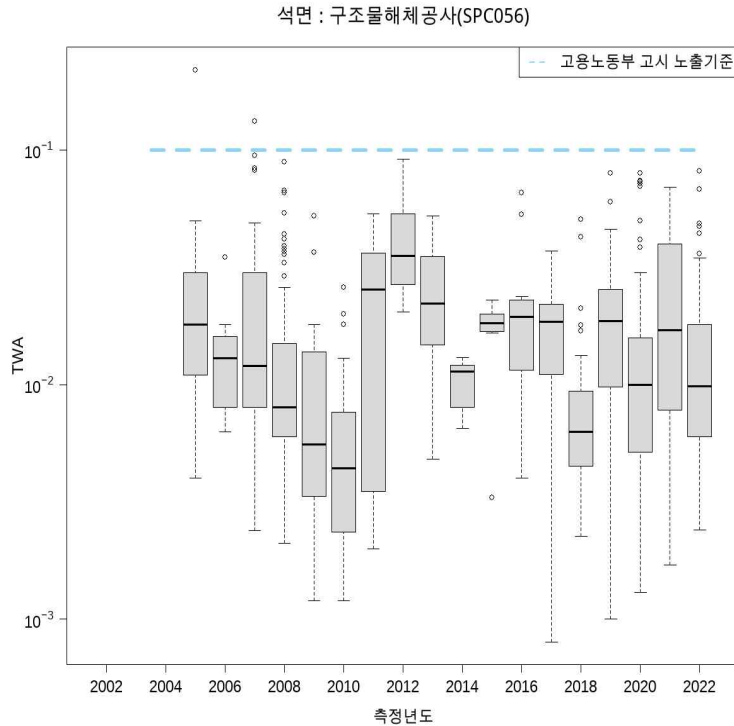
〈표 III-78〉 석면 : 구조물 해체공사 공정 자료 및 불검출 자료수(ND)

연도	총 자료 수	관측자료 수	불검출 자료 수	불검출률
2002	0	0	0	-
2003	0	0	0	-
2004	0	0	0	-
2005	65	24	41	63.1%
2006	252	45	207	82.1%
2007	3,110	400	2,710	87.1%
2008	18,822	975	17,847	94.8%
2009	18	16	2	11.1%
2010	42	27	15	35.7%
2011	16	16	0	0.0%
2012	8	8	0	0.0%
2013	14	14	0	0.0%
2014	6	6	0	0.0%
2015	9	9	0	0.0%
2016	13	13	0	0.0%
2017	38	17	21	55.3%
2018	43	29	14	32.6%
2019	91	70	21	23.1%
2020	75	63	12	16.0%
2021	100	85	15	15.0%
2022	96	58	38	39.6%
합계	22,818	1,875	20,943	91.8%

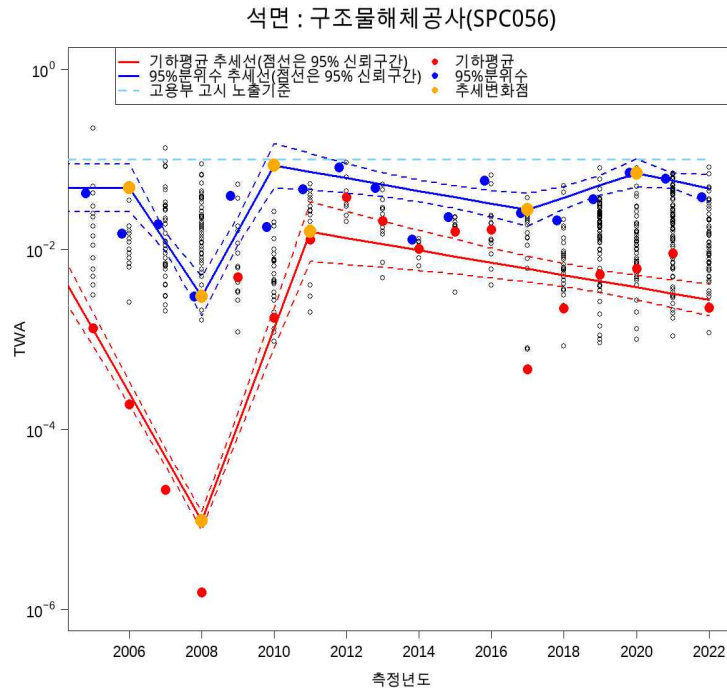
작업환경측정자료에서 자료 수가 가장 많은 공정인 ‘구조물 해체공사’(SPC056)로 한정하여 분석을 하였다. 구조물 해체공사도 석면 전체 자료와 마찬가지로 자료 수가 2007년과 2008년에 몰려 있다. 특히 2008년의 자료 수는 18,822개로 2007년의 자료 수 3,110개의 6배 정

도로 자료가 2008년에 몰려 있는 것을 확인할 수 있다. 2002년과 2003년, 2004년의 자료는 존재하지 않았고, 2011년부터 2016년은 불검출률이 0%이어서 다른 연도의 분포와는 차이가 있는 것으로 보인다<표 III-78>.

구조물 해체공사 공정의 불검출 자료를 제외한 연도별 상자그림을 보면, 중위수 기준으로 2010년까지는 감소하는 추세이나 2010년 이후에는 특정한 추세가 보이지 않는다[그림 III-51].



[그림 III-51] 석면 : 구조물 해체공사 공정 연도별 상자그림(불검출 자료 제외)



[그림 III-52] 석면 : 구조물 해체공사 공정 전체 추세 분석 결과

〈표 III-79〉 석면 : 구조물 해체공사 공정 기간별 변화율

기하 평균	기간	'02~'08	'08~'11	'11~'22			
	변화율(%)	-80.5	1076.0	-14.6			
95% 분위수	기간	'02~'06	'06~'08	'08~'10	'10~'17	'17~'20	'20~'22
	변화율(%)	0.0	-75.0	432.8	-15.0	36.9	-17.8

기하평균과 95%분위수의 추세선 모두 2008년을 기준으로 급격하게 변했다[그림 III-52]. 기하평균은 2011년부터 매년 약 15%씩 감소하는 추세를 보이지만, 95%분위수는 2010년 이후에 2017년과 2020년에서 추가로 추세가 바뀌었다<표 III-79>.

4) 제도 개선이 노출 수준에 미친 영향에 대한 고찰

우리나라의 연도별 석면 생산 및 수입 기록을 보면 1930년대부터 석면광산이 개발되었고, 1980년대 중반까지 생산되었으며, 이후 석면 소비량의 대부분은 수입에 의존하였다. 석면 수입 추이를 보면 1976년~1990년까지 연간 약 63,000톤의 석면을 수입하였고 1992년 약 95,000톤으로 최고치를 기록한 이후 감소추세를 보였다. 하지만 석면 원료의 수입량은 감소했으나, 석면함유 제품, 특히 석면시멘트제품은 증가하여 2004년에는 28,309톤을 수입하였다. 따라서 일반 건축물에 광범위하게 석면이 사용되었다고 볼 수 있으며, 이 시기에 석면 제품을 이용한 건설 작업 중 근로자들의 석면 노출 수준이 높았을 가능성이 있다. 최상준 등(Choi et al., 2017)이 국내 석면 관련 노출 문헌과 서울대학교 분석 데이터베이스, KOSHA 측정자료 등을 활용하여 1984년부터 2008년까지 표준직업 및 표준산업 코드 기반 직무노출매트릭스(Job-Exposure Matrix, JEM)를 구축한 바 있다. 이 연구 결과에서 1980년대 석면방직업 근로자들의 평균 석면 노출 수준은 7.48 f/cc(최대 14.90 f/cc)로 매우 높게 확인되고 있다. 또한, 석면 슬레이트 등 건설용 석제품 제조업의 근로자들은 1984년부터 1996년까지 최대 4.75 f/cc의 고노출 수준이 확인된다.

국내 석면 규제 제도 측면에서 살펴보면 2003년을 기점으로 가장 큰 변화가 있었다. 2003년 7월부터 백석면을 제외한 모든 석면(청석면, 갈석면, 악티노라이트, 안소필라이트, 트레몰라이트)의 사용이 금지되었고, 백석면에 대해서도 2003년부터 자동차관리법에 따라 제동장치에 석면이 사용된 경우 신규 자동차 등록을 할 수 없도록 규제하였다. 또한, 2003년 7월부터 석면이 함유된 설비 및 건축물을 해체, 제거할 경우 허가를 받도록 규정하였다. 석면 노출 근로자들의 직업적 노출기준도 2003년 7월부터 2 f/cc(백석면)에서 0.1 f/cc(모든 종류의 석면)로 대폭 강화하였다. 이러한 석면규제 이력을 고려할 때, 국내 석면 취급 근로자들의 노출

경향을 분석하기 위해서는 2003년을 기점으로 전, 후 농도 경향 분석이 필요하다. 그러나 본 연구에서 활용한 작업환경측정 DB는 2002년부터 2022년까지의 자료였으며, 2002년과 2003년 자료는 각각 91개, 130개로 전체 36,766개 중 0.6%에 불과하여 2003년 이전의 노출 수준을 고려한 변화 정도를 추정할 수 없었다.

2003년 가장 큰 석면 규제가 여러 분야에서 시행된 이후 모든 석면 제품에 대한 전면적인 사용금지가 시행된 2009년까지 기간에서는 단계적으로 석면 규제가 시행되었다. 2005년에는 철도차량에 대한 제동장치에 석면 포함 제품을 사용 금지하였고, 석면 시멘트 제품은 2007년부터, 압출성형시멘트판은 2008년부터 금지하였다. 신규, 기존 자동차를 구분하지 않고 자동차에 석면마찰제품 사용을 금지한 것은 2007년부터이다. 허가 규제와 관련해서는 2005년부터 건축법에 따라 건축물철거, 멸실 신고서에 석면 함유 여부를 지자체에 신고하도록 변경되었고, 2009년 8월부터 산업안전보건법에 따라 일정 규모 이상의 건축물이나 설비를 철거할 경우 석면조사기관에 의해 석면조사를 받도록 규정하였다. 따라서 2003년 이후 단계적으로 석면 규제가 강화되었고, 2009년 이후 전면 금지되었기 때문에 2003년 이후 석면 노출 근로자들은 대개 석면 제품 생산 및 가공 근로자들이기보다는 석면 함유 제품이 포함된 시설 및 건축물의 철거, 해체 근로자라고 할 수 있다.

석면 측정 DB의 자료 분포를 보면 위와 같은 규제 이력의 변화를 잘 반영한다고 할 수 있다. 2002년~2022년 중 2007년과 2008년에 각각 전체 자료의 21%, 60%를 차지할 정도로 측정자료가 집중되어 있었다. 산업별로 구분해 보면 ‘기반조성 및 축조관련 전문공사업’과 ‘토목 건설업’을 합친 자료수가 2007년과 2008년 전체 자료의 95%와 99%를 차지하였고 2002년부터 2022년까지 전체 자료 중 81%를 차지하고 있다. 작업공정을 중심으로 보면 ‘구조물해체공사’에 대한 자료가 각각 2007년과

2008년 전체 자료 중 41%, 85%를 차지하고 있고, 2002년부터 2022년까지 전체 자료 중에서는 62%를 차지하고 있다. 따라서 주로 건축물 혹은 시설 내 석면 해체와 관련된 측정 결과가 대부분이라고 할 수 있다. 이는 2009년 이후 석면 함유 시설에 대한 해체 시 석면조사를 의무화했고, 건축법에 따라 2005년부터 석면함유 여부를 신고하도록 하고 있으므로 이러한 규제변화의 영향에 따라 2007년과 2008년에 석면 조사가 광범위하게 확대되고 이에 따른 측정결과 보고도 집중되었다고 해석된다.

따라서 작업환경측정 DB를 활용한 연도별 석면 노출수준 경향 분석은 전체 측정자료의 대부분을 차지하는 건설 관련 산업 특히 ‘구조물해체공사’ 공정에 중심을 두고 해석하는 것이 적절하다고 판단된다. ‘구조물해체공사’의 경우 대부분 노출수준은 고용노동부 노출기준인 0.1 f/cc 이하였으며, 평균값은 2008년까지 81%씩 감소하다가 이후 2011년까지 증가하였다가 이후부터 매년 약 15%씩 감소하는 추세를 보였다. 이는 석면 조사 규정이 강화되고 조사 기관에 대한 전문교육 강화 등이 시행된 2009년 이후 점차 노출수준이 제도 시행 영향에 따라 감소하였다고 해석할 수 있다.

IV. 결론 및 제언



IV. 결론 및 제언

본 연구는 국제암연구소(IARC)가 1급 발암물질로 지정한 벤젠, 포름알데히드, 석면을 대상으로 각 물질의 과거 노출수준에 대한 정량적 평가와 노출 기준 관련 제도 개선이 노출수준의 변화에 미치는 영향을 종합적으로 평가하고자 하였다.

과거 노출수준의 정량적 평가를 위해 2002년부터 2022년까지의 작업환경 측정자료에서 벤젠, 포름알데히드, 석면을 분석 대상으로 하였다. 탐색적 자료 분석을 통해 노출수준에 영향을 미칠 수 있는 요소들(예, 측정 시간 등)의 분포를 살펴본 후 노출 기준을 중심으로 하여 잠재적으로 이상치에 해당하는 자료를 전처리 작업으로 제거한 뒤 분석에 적합한 자료를 생성하였다.

과거 노출 수준의 변화점을 찾기 위해 미국 국립암연구소(US NCI)가 개발한 Joinpoint Regression 모형을 불검출 자료의 특성을 반영하면서 평균뿐 아니라 분위수를 추정할 수 있는 모형으로 개선하였고, 모의실험을 통해 여러 상황에서 모형의 성능을 평가한 후 작업환경 측정자료에 적용을 하였다.

각 유해물질별로 전처리된 전체 자료 뿐 아니라 각 유해물질이 주로 취급되는 산업소분류와 공정을 선별하여 Joinpoint Regression 모형을 적용해서 과거 노출 수준의 변화를 추정하였다. 추정에 앞서 자료 분석 기간인 2002년부터 2022년까지 벤젠, 포름알데히드, 석면의 연도별 불검출률은 각각 3.7%~96.4%, 3.0% ~36.4%, 0.0%~82.5%이고, 석면을 제외한 벤젠과 포름알데히드는 최근 연도에 가까울수록 불검출률이 높아지는 경향이 관측되었다. Joinpoint Regression 분석 결과로써, 벤젠, 포름알데히드, 석면 모두 높은 노출수준에 해당하는 95%분위수가 고용노동부 고시 노출 기준보다 낮게 추정되는 것을 확인했다. 2009년 이후 사용이 전면 금지된

석면을 제외하고 벤젠과 포름알데히드는 전체 자료를 분석했을 때 2002년 이후 최근 연도까지 평균 노출 수준 뿐 아니라 95%분위수 노출도 지속적으로 감소하는 것을 확인하였다. 또한 두 물질 모두 노출 기준이 제도적으로 낮아진 연도이후 1~2년 내 노출 수준이 급격하게 변화하는 경향을 보였다. 특히, 벤젠은 비교적 최근인 2016년 하반기에 노동부 노출기준이 TWA 1ppm에서 0.5ppm으로 낮아졌고, Joinpoint Regression 분석 결과로써 2017년에 95%분위수의 감소율이 변경되었는데 2015년부터 2017년까지 매년 약 13%씩 감소하던 추세가 2017년부터 2019년까지 매년 약 57% 급격히 감소하는 추세로 변경되었다. 추세 변경으로 인해 2017년부터 벤젠의 2019년 95%분위값인 0.012ppm에 도달하는 데는 2년이 걸린 데 반해 기존의 감소율인 13%씩 감소를 하면 같은 노출수준에 도달하는데 12년(2029년)이 걸리므로 강화된 노출 기준의 효과로써 약 10년이 단축된 것을 확인하였다. 하지만, 벤젠의 노출기준이 2003년 7월에 TWA 10ppm에서 1ppm으로 변경된 것은 2003년까지의 자료 수의 부족으로 그 효과를 확인할 수 없었다. 포름알데히드의 경우 2007년을 기점으로 95%분위수의 감소 폭이 6.6%에서 24.8%로 크게 증가하였는데, 이는 2007년 6월에 TWA 1ppm에서 0.5ppm으로 변경된 영향으로 해석할 수 있다. 이러한 양적 분석 결과를 바탕으로 산업보건전문가와 직업환경전문가가 제도 개선 및 노출 수준 변화, 그리고 변화에 대한 가능한 이유 등을 종합적으로 고찰하였다.

본 연구의 결과는 크게 과거 누적 노출 수준 추정 및 제도 개선 효과의 정량적 평가 방법 제시 관점에서 의의가 있다. 1급 발암물질인 벤젠, 포름알데히드, 석면을 대상으로 산업소분류 및 공정별로 지난 20년간의 평균(산술 및 기하) 노출 수준과 높은 노출(95%분위수) 수준을 추정하였고, 이는 추후 직업적 노출로 인한 업무관련성 판단의 과학적 근거 및 역학연구에서 누적 노출 수준을 추정하는데 활용될 수 있을 것이다. 또한, 발암물질의 제도 고시가 산업현장에 반영되어 실제적 개선 효과가 발생할 때까지 걸리

는 시간 및 노출 농도 감소를 정량적으로 분석하는 방법을 처음 제안하였고, 추후 유사 유해화학물질들의 제도 개선 시 효과를 정량적으로 평가할 수 있는 과학적 기반을 마련하였다.

마지막으로 본 연구를 수행하면서 느낀 문제점 및 향후 연구에 대한 제언으로 마무리 짓고자 한다.

첫째, 작업환경 측정결과에 대한 자료 품질 관리 (Quality management)가 체계적으로 이루어져야 할 필요성이 있다. 작업환경측정 자료의 전처리 과정에서 확인한 바와 같이 특정 물질에 대해 측정기관이 입력하는 노출기준 값들이 측정 시간을 고려하더라도 고용노동부 노출 기준 값 대비 지나치게 높거나 낮은 값들이 포함되어있었다. 특정 연도(2004년과 2007년)에는 측정기관이 입력된 노출 기준값이 모두 일괄적으로 해당 연도의 고용노동부 노출 기준값과 같은 사례 등 과학적으로 설명하기 어려운 비정상적인 자료가 너무 많다. 이러한 비정상적인 자료는 특히 MS ACCESS에 수기로 입력한 2008년까지의 자료에서 많이 나타나 있다. 이런 경우 과거 자료에 대해 일관되며 체계적인 관리를 통해 작업환경측정자료를 이용하는 사람이 별도의 전처리를 하지 않아도 동일한 자료를 분석할 수 있도록 조치가 필요할 것으로 판단한다. 이러한 체계적 관리가 안 되는 상황이라면 자료의 공개를 안정적으로 측정자료가 관리된 기간으로 한정하는 것이 필요하다. 또한, 측정기관이 K2B 시스템에 작업환경측정 보고서를 탑재하는 단계에서 입력한 특정 물질의 노출값이나 노출 기준이 DB에 존재하는 기존 노출값들의 분포 및 고용노동부의 노출 기준과 비교해서 지나치게 낮거나 높으면 그 입력값이 정확한지 다시 한번 확인할 수 있게 하는 시스템의 개선이 필요하다고 판단된다.

둘째, 작업환경 측정조사 자체의 한계를 인식하고 보완/개선하는 작업이 필요하다. 현 작업환경 측정조사는 사업주가 측정 비용을 지불해서 측정기관이 측정을 하는 구조이다 보니 노출 기준을 초과하는 측정치가 의도적으

로 제어될 수 있는 구조적 한계를 갖고 있고, 그로 인해 측정값 대부분이 고시된 노출 기준보다 낮게 추정되는 경향이 나타날 수 밖에 없다. 또한, 조사 대상 기업을 표본추출하는 작업환경실태조사와 다르게 작업환경 측정 조사는 매년 약 70,000개의 사업장을 조사하지만 측정 사업장을 표본 추출하는 방식이 아니고 참여하는 사업장에서만 측정이 되는 구조이기 때문에 그 노출 자료를 분석한 결과를 전국 단위 대표 통계량으로 생성하지 못하는 한계점을 갖고 있다. 이를 위해 현 작업환경 측정조사와 별개로 수행되고 있는 신뢰성 평가 사업을 개선하여 작업환경실태조사와 유사하게 산업 구조를 반영한 표본추출을 해서 선별된 사업장을 측정하는 것이 필요하고, 노출값이 낮게 측정되는 문제점을 해결하기 위해서는 측정 과정에서 노출 기준이 초과하더라도 사업주를 처벌하지 않는 제도적 보완도 필요하다. 이를 통해 국가차원에서 특정 유해물질의 노출 수준을 지속적으로 감시(surveillance)하면서 보다 대표성있는 노출 통계량 작성을 할 수 있을 것으로 기대한다.

셋째, 본 연구에서 개발한 Joinpoint Regression 모형의 추가적인 개선 및 보완이 필요하다. Joinpoint Regression 모형은 여타 다른 통계 모형과 마찬가지로 표본의 수가 클수록 검정력(statistical power)이 높다. 즉, 자료가 많은 연도에서는 기하평균(또는 95%분위수)이 이전 연도에 비교해서 조금만 변해도 해당 연도를 변경점으로 찾을 가능성이 자료의 수가 적은 연도에 비해 높아진다. 이러한 문제는 특히 석면과 같이 2007년과 2008년에 석면 조사가 광범위하게 확대된 시기에는 다른 연도에 비해 자료의 수가 상대적으로 매우 높고, 그 결과로 2007년~2008년 주변에서 기하평균 및 95%분위수가 많이 변하는 것을 확인했다. 이러한 연도별 자료의 비대칭 구조에서 모형을 적합하고 의미 있는 결과를 도출하는 방법에 대한 추가적인 개선 및 보완이 필요하다.

참고문헌

- 박주현, 최상준, 고동희, et al. (2022). 불검출 자료를 포함한 작업환경측정 자료의 분석 방법 비교. 한국산업보건학회지, 32(1), 21-30.
- 최상준, 김신범 and 최영은. (2017). 자동차 제조 사업장 근로자들의 석면 취급 이력 추정. 한국산업보건학회지, 27(4), 423-432.
- 최상준, 박동욱, 박주현. et al. (2022). 직무노출추정(Job-Exposure Matrix)을 위한 데이터 표준화(2), 산업안전보건연구원, 최종보고서.
- 최상준, 임경채. (2010). 발암물질 분류 및 관리 체계 고찰. 대한안전경영과학회지, 12(3), 107-119.
- 최상준, 피영규, 김원. et al. (2013). 우리나라 산업안전보건법상 특별관리물질 규정에 대한 독일, 영국 및 일본과의 비교법적 고찰. 한국산업보건학회지, 23(2), 137-147.
- 피영규. (2016). 우리나라 석면함유제품 취급 사업장의 공기 중 석면 농도의 시간적 변화. 한국산업보건학회지, 26(4), 454-465.
- Choi JK, Paik DM, Paik NW. (1988). The Production, the use, the number of workers and exposure level of asbestos in Korea. Korean Ind Hyg Assoc J 8, 242-253 (in Korean), Import of ACM(1988~2005); 관세청 수출입 통계
- Choi, S., Kang, D., Choi, B. et al.(2017). Developing Asbestos Job Exposure Matrix Using Occupation and Industry Specific Exposure Data (1984-2008) in Republic of Korea. Safety and

health at work, 8(1), 105-115.
<https://doi.org/10.1016/j.shaw.2016.09.002>

Ganser H, Hewett P. An accurate substitution method for analyzing censored data. *J Occup Environ Hyg* 2010;7:233-244

Gillis, D., & Edwards, B. P. (2019). The utility of joinpoint regression for estimating population parameters given changes in population structure. *Heliyon*, 5(11), e02515.

Koenker. R. (2023). quantreg: Quantile Regression, <https://CRAN.R-project.org/package=quantreg>

Park, D., Choi, S., Paik, N. et al. (2008). Trends in occupational asbestos exposure and asbestos consumption over recent decades in Korea. *International journal of occupational and environmental health*, 14(1), 18-24.
<https://doi.org/10.1179/oeh.2008.14.1.18>

Park, D., Choi, S., Yoo, K. et al. (2015). Estimating Benzene Exposure Level over Time and by Industry Type through a Review of Literature on Korea. *Safety and health at work*, 6(3), 174-183. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2015.07.007>

Therneau. T. (2023). A Package for Survival Analysis in R, <https://CRAN.R-project.org/package=survival>



Abstract

Evaluation of Changes in Carcinogen Exposure Levels Over Time (1)

Objectives: This study aimed to comprehensively assess the quantitative evaluation of past exposure levels for the 1st group carcinogens designated by the International Agency for Research on Cancer (IARC), including benzene, formaldehyde, and asbestos. Additionally, it aimed to investigate the impact of exposure limit-related regulatory improvements on exposure levels over time.

Methods: Work environmental measurement data from 2002 to 2022 were analyzed for benzene, formaldehyde, and asbestos to quantitatively assess past exposure levels. Exploratory data analysis was conducted to examine the distribution of factors that could influence exposure levels (e.g., measurement duration). Potential outlier data were then removed through preprocessing, focusing on exposure limits, to create suitable data for analysis. To identify changes in past exposure levels, the Joinpoint Regression model developed by the U.S. National Cancer Institute was adapted to account for the characteristics of non-detectable data. The model was improved to estimate not only means but also percentiles of exposure levels over time. It was evaluated under various scenarios through simulation experiments before being applied to the work

environment measurement data. Occupational health professionals conducted a comprehensive assessment of the impact of regulatory improvements and changes in exposure limits based on the results of Joinpoint Regression analysis.

Results: The annual non-detection rates of benzene, formaldehyde, and asbestos from 2002 to 2022 were in the range of 3.7% to 96.4%, 3.0% to 36.4%, and 0.0% to 82.5%, respectively. Except for asbestos, both benzene and formaldehyde showed an increasing trend in non-detection rates, particularly in recent years. The Joinpoint Regression analysis revealed that the 95th percentile exposure levels for all three substances were estimated to be lower than the exposure limits set by the Ministry of Employment and Labor. Apart from asbestos, both benzene and formaldehyde exhibited a continuous decrease in average exposure levels and 95th percentile exposures from 2002 to recent years. Furthermore, they displayed a trend of rapid exposure level changes within 1–2 years following a reduction in exposure limits, especially in the case of benzene, which experienced a substantial decrease from 1ppm to 0.05 ppm in the latter half of 2016. This shift was reflected in a change in the rate of reduction of the 95th percentile in 2017, which shifted from an annual reduction of approximately 13% between 2015 and 2017 to a rapid decline of about 57% between 2017 and 2019. As a result of this trend change, it was observed that it took only 2 years, as opposed to the 12 years estimated under the previous reduction rate of 13%, to reach the 2019 95th percentile value of 0.012ppm. However, the effect of benzene's exposure-limit change

from 10ppm to 1ppm in July 2003 could not be verified due to insufficient data before 2003. As for formaldehyde, a significant increase in the reduction magnitude of the 95th percentile was observed from 6.6% to 24.8% around 2007. This was attributed to the change in exposure limits from 1ppm to 0.5ppm in June 2007. Industrial hygiene experts and occupational health professionals thoroughly discussed system improvements, changes in exposure levels, and potential reasons for these changes based on the quantitative analysis results.

Conclusion: This study provided a quantitative and qualitative assessment method for estimating past exposure levels and evaluating the effects of regulatory improvements for the 1st group carcinogens, including benzene, formaldehyde, and asbestos. Estimations were made for exposure levels based on industry classifications and processes over the past 20 years, both in terms of arithmetic and geometric means as well as high exposure levels (95th percentile). These estimates can serve as scientific evidence for determining work-relatedness in epidemiological studies and estimating cumulative exposure levels. Moreover, The study proposed a novel method for quantitatively analyzing the impact of regulatory improvements on exposure limits of carcinogens, thus establishing a scientific foundation for quantitatively evaluating the effects of regulatory enhancements on similar hazardous chemical substances in the future.

Keywords: Carcinogen Exposure Level, Joinpoint Regression, Work Environmental Measurement Data

부록

[부록 1] 모의실험을 위한 R code (추세절단점 1개인 경우)

```
rm(list=ls())
library(lsplines)
library(survival)
library(tramvs)

can.knots<-seq(3, 17, by=1)
n.rep<-200
ns<-30
p.LODs<-c(0, 0.2, 0.5, 0.8)
y.sd<-2

cnt.knots<-matrix(0, length(p.LODs), length(can.knots)+1)
cnt.knots2<-matrix(0, length(p.LODs), 2)
rownames(cnt.knots)<-paste("p", p.LODs*100, "pct", sep="")

for (j in 1:n.rep){
  set.seed(100+j)
  xs<-sort(sample.int(20, size=ns, replace=T))
  ys<-1-5*(xs>=10)*(xs-10)+rnorm(ns,sd=y.sd)

  Xs<-lspline(xs, knots=can.knots, marginal=T)
  dim(Xs)
  head(Xs)
  tail(Xs)
```

```

for (j2 in 1:length(p.LODs)){
  ### LOD problem incorporated in
  cut.ys<-quantile(exp(ys), prob=p.LODs[j2])
  status<-(exp(ys)>cut.ys)*1
  ys.str<-exp(ys)*(status==1)+cut.ys*(status==0)

  datas2<-data.frame(ys.str, status, Xs)
  ## BIC
  f.m<-step(survreg(Surv(ys.str, status, type='left')~., datas2,
    dist='lognormal', direction='both',
    control=survreg.control(list(maxitr=1000))),
    k=log(nrow(datas2)), trace=0)
  loc.knot<-as.numeric(substr(grep("X",
    dimnames(summary(f.m)$table)[[1]], value=T), 2, 3))

  loc1<-which(as.character(can.knots) %in% "6")+1      # due to
  xs
  loc2<-which(as.character(can.knots) %in% "14")+1      # due to
  xs

  cnt.knots[j2,loc.knot]<-cnt.knots[j2,loc.knot]+1
  cnt.knots2[j2,1]<-cnt.knots2[j2,1]+any(loc.knot      %in%
    (loc1-1):(loc1+1))
  #cnt.knots2[j2,2]<-cnt.knots2[j2,2]+any(loc.knot      %in%
    (loc2-1):(loc2+1))
}

```

```
}  
print(cnt.knots/n.rep)  
print(cnt.knots2/n.rep)  
  
proc.time()
```


[부록 2] 모의실험을 위한 R code (추세절단점 1개와 변화점 1개인 경우)

```
rm(list=ls())
library(lsplines)
library(survival)
library(tramvst)

can.knots<-seq(3, 17, by=1)
n.rep<-200
ns<-300
p.LODs<-c(0, 0.2, 0.5, 0.8)
y.sd<-2

cnt.knots<-matrix(0, length(p.LODs), length(can.knots)*2+1)
cnt.knots2<-matrix(0, length(p.LODs), 2)
rownames(cnt.knots)<-rownames(cnt.knots2)<-paste("p",
p.LODs*100 ,"pct", sep="")

for (j in 1:n.rep){
  set.seed(100+j)

  xs<-sort(sample.int(20, size=ns, replace=T))
  ys<-1-2*(xs>=6)*(xs<=6)-4*(xs>=14)+rnorm(ns, sd=y.sd)

  #Xs<-lspline(xs, knots=can.knots, marginal=T)
  tmp.Xs<-matrix(xs, ns, length(can.knots))>matrix(can.knots, ns,
length(can.knots), byrow=T)
```

```

Xs<-cbind(lsplines(xs, knots=can.knots, marginal=T), tmp.Xs)
colnames(Xs)<-gsub("\\.", "p", c("xs", paste("s", can.knots, sep=""),
paste("k", can.knots, sep="")))
dim(Xs)
head(Xs)
tail(Xs)

for (j2 in 1:length(p.LODs)){
### LOD problem incorporated in
cut.ys<-quantile(exp(ys), prob=p.LODs[j2])
status<-(exp(ys)>cut.ys)*1
ys.str<-exp(ys)*(status==1)+cut.ys*(status==0)

datas2<-data.frame(ys.str, status, Xs)

## BIC
f.m<-step(survreg(as.formula(form.f.m), datas2, dist='lognormal',
control=survreg.control(list(maxitr=1000))),
k=log(nrow(datas2)), trace=0, direction='both')

loc.knot<-(1:ncol(Xs))[colnames(Xs)%in%grep("(x|k|s)",
dimnames(summary(f.m)$table)[[1]], value=T)]

loc1<-which(as.character(can.knots) %in% "6")+1
loc2<-which(as.character(can.knots) %in% "14")+1

cnt.knots2[j2,1]<-cnt.knots2[j2,1]+any(loc.knot %in%

```

```

c((loc1-1):(loc1+1),(loc1+length(can.knots)-1):(loc1+length(can.kno
ts)+1)))
cnt.knots2[j2,2]<-cnt.knots2[j2,2]+any(loc.knot                %in%
c((loc2-1):(loc2+1),(loc2+length(can.knots)-1):(loc2+length(can.kno
ts)+1))))
}
}
colnames(cnt.knots)<-colnames(Xs)

```

```

print(cnt.knots/n.rep)
print(cnt.knots2/n.rep)

```

```

proc.time()

```

[부록 3] 벤젠 기초통계

[부록 3-1] 벤젠 연도별 기초통계

연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
'02~'04	1,165	431	734	0.07393	0.00142	0.14442
'05~'07	10,265	3,256	7,009	0.14539	0.00052	0.13051
'08~'10	11,713	2,071	9,642	0.03391	0.00003	0.01355
'11~'13	13,860	1,738	12,122	0.01643	0.00001	0.00381
'14~'16	19,971	2,428	17,543	0.01458	0.00000	0.00280
'17~'19	23,888	1,952	21,936	0.00642	0.00000	0.00096
'20~'22	30,138	1,538	28,600	0.00514	0.00000	0.00013

ND, 불검출; AM, 산술평균; GM, 기하평균

- 산업분류별(또는 공정별)로 특정 기간에 작업환경측정자료가 없는 경우 기초통계값을 생성하지 않음. 예를 들어, '작물 재배업'(011)의 경우 2002년부터 2010년까지의 벤젠 자료가 존재하지 않아 '02~'04, '05~'07, '08~'10년도의 통계값들이 생성되지 않음.

[부록 3-2] 벤젠 산업소분류 및 연도별 기초통계

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
011	작물 재배업	'11~'13	4	0	4	NA	NA	NA
011	작물 재배업	'14~'16	4	0	4	NA	NA	NA
011	작물 재배업	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
011	작물 재배업	'20~'22	7	0	7	NA	NA	NA
014	작물재배 및 축산 관련 서비스업	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
014	작물재배 및 축산 관련 서비스업	'20~'22	12	0	12	NA	NA	NA
020	임업	'14~'16	4	2	2	0.00793	0.00289	0.03066
020	임업	'20~'22	4	0	4	NA	NA	NA
052	원유 및 천연가스 채굴업	'17~'19	22	0	22	NA	NA	NA
052	원유 및 천연가스 채굴업	'20~'22	26	0	26	NA	NA	NA
080	광업 지원 서비스업	'05~'07	386	54	332	0.01358	0.00002	0.00745
080	광업 지원 서비스업	'08~'10	342	4	338	0.00176	0.00000	0.00000
080	광업 지원 서비스업	'11~'13	188	4	184	0.00220	0.00000	0.00000
101	도축, 육류 가공 및 저장 처리업	'08~'10	6	0	6	NA	NA	NA
101	도축, 육류 가공 및 저장 처리업	'11~'13	3	0	3	NA	NA	NA
102	수산물 가공 및 저장 처리업	'17~'19	2	1	1	0.00312	0.00311	0.00365
102	수산물 가공 및 저장 처리업	'20~'22	4	0	4	NA	NA	NA
103	과실, 채소 가공 및 저장 처리업	'08~'10	164	2	162	0.00184	0.00000	0.00000
104	동물성 및 식물성 유지 제조업	'02~'04	2	0	2	NA	NA	NA
104	동물성 및 식물성 유지 제조업	'05~'07	2	0	2	NA	NA	NA
104	동물성 및 식물성 유지 제조업	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
104	동물성 및 식물성 유지 제조업	'20~'22	12	0	12	NA	NA	NA

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
105	낙농제품 및 식용 빙과류 제조업	'05~'07	2	2	0	0.07400	0.07400	0.07400
105	낙농제품 및 식용 빙과류 제조업	'08~'10	6	0	6	NA	NA	NA
105	낙농제품 및 식용 빙과류 제조업	'11~'13	6	0	6	NA	NA	NA
105	낙농제품 및 식용 빙과류 제조업	'14~'16	19	2	17	0.00784	0.00000	0.00071
105	낙농제품 및 식용 빙과류 제조업	'17~'19	27	4	23	0.01699	0.00000	0.00207
105	낙농제품 및 식용 빙과류 제조업	'20~'22	11	0	11	NA	NA	NA
106	곡물 가공품, 전분 및 전분제품 제조업	'08~'10	5	0	5	NA	NA	NA
106	곡물 가공품, 전분 및 전분제품 제조업	'11~'13	10	3	7	0.10538	0.00006	0.02175
106	곡물 가공품, 전분 및 전분제품 제조업	'20~'22	32	1	31	0.00575	0.00000	0.00000
107	기타 식품 제조업	'02~'04	5	2	3	0.00768	0.00348	0.02888
107	기타 식품 제조업	'05~'07	40	8	32	0.13132	0.00000	0.00554
107	기타 식품 제조업	'08~'10	78	2	76	0.00362	0.00000	0.00000
107	기타 식품 제조업	'11~'13	96	9	87	0.02987	0.00000	0.00009
107	기타 식품 제조업	'14~'16	156	14	142	0.01812	0.00000	0.00037
107	기타 식품 제조업	'17~'19	182	11	171	0.00952	0.00000	0.00007
107	기타 식품 제조업	'20~'22	141	9	132	0.01197	0.00000	0.00003
108	동물용 사료 및 조제식품 제조업	'08~'10	12	0	12	NA	NA	NA
108	동물용 사료 및 조제식품 제조업	'11~'13	21	0	21	NA	NA	NA
108	동물용 사료 및 조제식품 제조업	'14~'16	6	0	6	NA	NA	NA
108	동물용 사료 및 조제식품 제조업	'17~'19	4	0	4	NA	NA	NA
111	알코올 음료 제조업	'11~'13	22	5	17	0.04981	0.00002	0.01163
111	알코올 음료 제조업	'14~'16	4	0	4	NA	NA	NA
132	식물 직조 및 식물제품 제조업	'02~'04	6	6	0	0.35090	0.16257	1.30295
132	식물 직조 및 식물제품 제조업	'05~'07	38	19	19	0.15536	0.00467	0.35047

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
132	직물 직조 및 직물제품 제조업	'08~'10	6	0	6	NA	NA	NA
132	직물 직조 및 직물제품 제조업	'11~'13	10	0	10	NA	NA	NA
134	섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업	'05~'07	9	3	6	0.01122	0.00227	0.04208
134	섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업	'08~'10	13	2	11	0.01252	0.00001	0.00428
134	섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업	'11~'13	9	3	6	0.12032	0.00020	0.04554
134	섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업	'14~'16	4	0	4	NA	NA	NA
139	기타 섬유제품 제조업	'05~'07	4	4	0	0.32756	0.09837	1.25358
139	기타 섬유제품 제조업	'08~'10	8	0	8	NA	NA	NA
139	기타 섬유제품 제조업	'11~'13	12	0	12	NA	NA	NA
139	기타 섬유제품 제조업	'14~'16	14	7	7	0.05700	0.00282	0.14701
139	기타 섬유제품 제조업	'17~'19	18	4	14	0.02945	0.00002	0.00877
139	기타 섬유제품 제조업	'20~'22	8	0	8	NA	NA	NA
141	봉제의복 제조업	'05~'07	1	1	0	0.10340	0.10340	NA
141	봉제의복 제조업	'14~'16	17	1	16	0.00206	0.00000	0.00032
141	봉제의복 제조업	'17~'19	8	2	6	0.01136	0.00016	0.01487
144	의복 액세서리 제조업	'11~'13	2	0	2	NA	NA	NA
151	가죽, 가방 및 유사 제품 제조업	'05~'07	52	8	44	0.03323	0.00000	0.00303
151	가죽, 가방 및 유사 제품 제조업	'08~'10	43	6	37	0.02946	0.00000	0.00188
151	가죽, 가방 및 유사 제품 제조업	'11~'13	6	1	5	0.04108	0.00000	0.00061
151	가죽, 가방 및 유사 제품 제조업	'17~'19	1	0	1	NA	NA	NA
152	신발 및 신발 부분품 제조업	'05~'07	20	2	18	0.18921	0.00000	0.00001
152	신발 및 신발 부분품 제조업	'08~'10	53	6	47	0.01164	0.00001	0.00436
152	신발 및 신발 부분품 제조업	'11~'13	73	8	65	0.00430	0.00002	0.00440
152	신발 및 신발 부분품 제조업	'14~'16	71	18	53	0.01664	0.00014	0.02176

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
152	신발 및 신발 부분품 제조업	'17~'19	18	4	14	0.01215	0.00014	0.01688
152	신발 및 신발 부분품 제조업	'20~'22	2	0	2	NA	NA	NA
161	제재 및 목재 가공업	'02~'04	1	1	0	0.01000	0.01000	0.01000
161	제재 및 목재 가공업	'08~'10	4	0	4	NA	NA	NA
161	제재 및 목재 가공업	'14~'16	9	5	4	0.16366	0.00448	0.30800
161	제재 및 목재 가공업	'17~'19	1	1	0	0.23487	0.23487	NA
162	나무제품 제조업	'02~'04	1	1	0	0.07720	0.07720	0.07720
162	나무제품 제조업	'05~'07	4	2	2	0.81690	0.00245	0.22867
162	나무제품 제조업	'08~'10	6	1	5	0.02223	0.00001	0.00190
162	나무제품 제조업	'11~'13	11	1	10	0.00946	0.00000	0.00023
162	나무제품 제조업	'14~'16	85	30	55	0.05406	0.00047	0.07259
162	나무제품 제조업	'17~'19	78	24	54	0.04350	0.00017	0.03980
162	나무제품 제조업	'20~'22	73	11	62	0.01277	0.00001	0.00354
171	펄프, 종이 및 판지 제조업	'02~'04	6	6	0	0.41455	0.16194	1.58725
171	펄프, 종이 및 판지 제조업	'05~'07	41	27	14	0.15190	0.01882	0.53700
171	펄프, 종이 및 판지 제조업	'08~'10	2	2	0	0.08000	0.08000	0.08000
171	펄프, 종이 및 판지 제조업	'11~'13	16	1	15	0.00141	0.00103	0.00384
171	펄프, 종이 및 판지 제조업	'14~'16	20	0	20	NA	NA	NA
171	펄프, 종이 및 판지 제조업	'17~'19	42	0	42	NA	NA	NA
171	펄프, 종이 및 판지 제조업	'20~'22	32	1	31	0.00156	0.00000	0.00002
172	골판지, 종이 상자 및 종이 용기 제조업	'05~'07	21	17	4	0.16460	0.05973	0.62578
172	골판지, 종이 상자 및 종이 용기 제조업	'08~'10	51	11	40	0.09672	0.00001	0.00951
172	골판지, 종이 상자 및 종이 용기 제조업	'11~'13	40	9	31	0.05209	0.00003	0.01670
172	골판지, 종이 상자 및 종이 용기 제조업	'14~'16	10	0	10	NA	NA	NA

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
172	골판지, 종이 상자 및 종이 용기 제조업	'20~'22	4	0	4	NA	NA	NA
179	기타 종이 및 판지 제품 제조업	'02~'04	3	3	0	0.16463	0.05941	0.63340
179	기타 종이 및 판지 제품 제조업	'05~'07	41	35	6	0.19908	0.08289	0.73515
179	기타 종이 및 판지 제품 제조업	'08~'10	36	21	15	0.23004	0.01060	0.60871
179	기타 종이 및 판지 제품 제조업	'11~'13	44	10	34	0.02774	0.00005	0.01575
179	기타 종이 및 판지 제품 제조업	'14~'16	28	3	25	0.00470	0.00001	0.00239
179	기타 종이 및 판지 제품 제조업	'17~'19	21	4	17	0.01899	0.00001	0.00560
179	기타 종이 및 판지 제품 제조업	'20~'22	24	2	22	0.00396	0.00000	0.00061
181	인쇄 및 인쇄관련 산업	'02~'04	11	10	1	0.20177	0.09008	0.74318
181	인쇄 및 인쇄관련 산업	'05~'07	494	266	228	0.10933	0.00693	0.32960
181	인쇄 및 인쇄관련 산업	'08~'10	379	68	311	0.05716	0.00001	0.01108
181	인쇄 및 인쇄관련 산업	'11~'13	317	79	238	0.03740	0.00010	0.02849
181	인쇄 및 인쇄관련 산업	'14~'16	104	28	76	0.06262	0.00007	0.02844
181	인쇄 및 인쇄관련 산업	'17~'19	132	5	127	0.00468	0.00000	0.00000
181	인쇄 및 인쇄관련 산업	'20~'22	44	0	44	NA	NA	NA
191	코크스 및 연탄 제조업	'11~'13	2	0	2	NA	NA	NA
191	코크스 및 연탄 제조업	'14~'16	43	1	42	0.00120	0.00000	0.00001
191	코크스 및 연탄 제조업	'17~'19	89	9	80	0.00702	0.00001	0.00402
191	코크스 및 연탄 제조업	'20~'22	150	14	136	0.01144	0.00000	0.00046
192	석유 정제품 제조업	'02~'04	167	15	152	0.04274	0.00000	0.00031
192	석유 정제품 제조업	'05~'07	1587	216	1371	0.01668	0.00001	0.00592
192	석유 정제품 제조업	'08~'10	2409	97	2312	0.01638	0.00000	0.00001
192	석유 정제품 제조업	'11~'13	2249	92	2157	0.00625	0.00000	0.00007
192	석유 정제품 제조업	'14~'16	2896	105	2791	0.00497	0.00000	0.00002

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
192	석유 정제품 제조업	'17~'19	4407	79	4328	0.00219	0.00000	0.00000
192	석유 정제품 제조업	'20~'22	5662	103	5559	0.00279	0.00000	0.00000
201	기초 화학물질 제조업	'02~'04	125	32	93	0.06950	0.00017	0.04937
201	기초 화학물질 제조업	'05~'07	2005	584	1421	0.48010	0.00031	0.17022
201	기초 화학물질 제조업	'08~'10	1946	462	1484	0.02713	0.00014	0.02914
201	기초 화학물질 제조업	'11~'13	3135	437	2698	0.01556	0.00001	0.00676
201	기초 화학물질 제조업	'14~'16	3060	345	2715	0.01247	0.00000	0.00198
201	기초 화학물질 제조업	'17~'19	3712	313	3399	0.00553	0.00000	0.00134
201	기초 화학물질 제조업	'20~'22	4734	283	4451	0.00748	0.00000	0.00007
202	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	'02~'04	16	8	8	0.08606	0.00495	0.23722
202	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	'05~'07	141	73	68	0.10728	0.00563	0.30325
202	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	'08~'10	152	40	112	0.02153	0.00033	0.03787
202	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	'11~'13	446	120	326	0.02570	0.00022	0.03505
202	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	'14~'16	905	221	684	0.01914	0.00013	0.02357
202	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	'17~'19	953	244	709	0.01802	0.00017	0.02546
202	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	'20~'22	1459	140	1319	0.01364	0.00000	0.00039
203	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	'02~'04	3	1	2	0.01096	0.00150	0.03085
203	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	'05~'07	40	6	34	0.05173	0.00000	0.00293
203	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	'08~'10	4	0	4	NA	NA	NA
203	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	'11~'13	20	3	17	0.01285	0.00005	0.01076
203	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	'14~'16	8	2	6	0.01254	0.00013	0.01362
203	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	'17~'19	282	86	196	0.02843	0.00023	0.03786
203	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	'20~'22	22	0	22	NA	NA	NA
204	기타 화학제품 제조업	'02~'04	47	34	13	0.20435	0.03440	0.76355

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
204	기타 화학제품 제조업	'05~'07	802	267	535	0.07613	0.00054	0.09528
204	기타 화학제품 제조업	'08~'10	922	158	764	0.05813	0.00000	0.00602
204	기타 화학제품 제조업	'11~'13	839	201	638	0.03604	0.00009	0.02657
204	기타 화학제품 제조업	'14~'16	1980	215	1765	0.01698	0.00000	0.00087
204	기타 화학제품 제조업	'17~'19	1827	104	1723	0.00489	0.00000	0.00033
204	기타 화학제품 제조업	'20~'22	2039	41	1998	0.00192	0.00000	0.00000
205	화학섬유 제조업	'02~'04	1	1	0	0.14000	0.14000	NA
205	화학섬유 제조업	'05~'07	6	6	0	0.07333	0.04703	0.23519
205	화학섬유 제조업	'08~'10	34	2	32	0.00480	0.00000	0.00018
205	화학섬유 제조업	'11~'13	16	0	16	NA	NA	NA
205	화학섬유 제조업	'14~'16	4	0	4	NA	NA	NA
205	화학섬유 제조업	'17~'19	4	0	4	NA	NA	NA
205	화학섬유 제조업	'20~'22	4	0	4	NA	NA	NA
211	기초 의약 물질 및 생물학적 제제 제조업	'02~'04	4	2	2	0.00875	0.00516	0.03050
211	기초 의약 물질 및 생물학적 제제 제조업	'05~'07	1	0	1	NA	NA	NA
211	기초 의약 물질 및 생물학적 제제 제조업	'08~'10	51	34	17	0.20722	0.02119	0.70316
211	기초 의약 물질 및 생물학적 제제 제조업	'11~'13	48	20	28	0.03518	0.00161	0.09358
211	기초 의약 물질 및 생물학적 제제 제조업	'14~'16	238	17	221	0.00987	0.00000	0.00040
211	기초 의약 물질 및 생물학적 제제 제조업	'17~'19	452	14	438	0.00197	0.00000	0.00011
211	기초 의약 물질 및 생물학적 제제 제조업	'20~'22	483	16	467	0.00241	0.00000	0.00002
212	의약품 제조업	'05~'07	80	49	31	0.13022	0.01308	0.44168
212	의약품 제조업	'08~'10	88	1	87	0.00178	0.00000	0.00000
212	의약품 제조업	'11~'13	229	26	203	0.02463	0.00000	0.00099
212	의약품 제조업	'14~'16	578	49	529	0.00973	0.00000	0.00054

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
213	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	'02~'04	3	2	1	0.04393	0.01080	0.15644
213	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	'05~'07	44	9	35	0.04700	0.00004	0.01872
213	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	'08~'10	65	18	47	0.06701	0.00012	0.03878
213	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	'11~'13	46	3	43	0.02361	0.00000	0.00005
213	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	'14~'16	80	7	73	0.00565	0.00000	0.00111
213	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	'17~'19	257	3	254	0.00091	0.00000	0.00000
213	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	'20~'22	314	5	309	0.00043	0.00000	0.00018
221	고무제품 제조업	'02~'04	9	3	6	0.00581	0.00303	0.02047
221	고무제품 제조업	'05~'07	31	3	28	0.01421	0.00000	0.00051
221	고무제품 제조업	'08~'10	71	1	70	0.00121	0.00000	0.00000
221	고무제품 제조업	'11~'13	136	20	116	0.03596	0.00000	0.00247
221	고무제품 제조업	'14~'16	155	20	135	0.03456	0.00000	0.00081
221	고무제품 제조업	'17~'19	42	10	32	0.02874	0.00006	0.01822
221	고무제품 제조업	'20~'22	32	4	28	0.01555	0.00000	0.00101
222	플라스틱 제품 제조업	'02~'04	22	22	0	0.43886	0.25210	1.44543
222	플라스틱 제품 제조업	'05~'07	338	225	113	0.11864	0.01764	0.43732
222	플라스틱 제품 제조업	'08~'10	120	40	80	0.04958	0.00051	0.07266
222	플라스틱 제품 제조업	'11~'13	93	49	44	0.11358	0.00466	0.29406
222	플라스틱 제품 제조업	'14~'16	203	95	108	0.06039	0.00222	0.15143
222	플라스틱 제품 제조업	'17~'19	190	31	159	0.02187	0.00000	0.00368
222	플라스틱 제품 제조업	'20~'22	137	24	113	0.02766	0.00001	0.00568
231	유리 및 유리제품 제조업	'02~'04	16	4	12	0.02769	0.00029	0.03596
231	유리 및 유리제품 제조업	'05~'07	29	9	20	0.00742	0.00137	0.02798
231	유리 및 유리제품 제조업	'08~'10	13	0	13	NA	NA	NA

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
231	유리 및 유리제품 제조업	'11~'13	5	1	4	0.04056	0.00001	0.00155
231	유리 및 유리제품 제조업	'14~'16	8	5	3	0.04392	0.00654	0.15410
231	유리 및 유리제품 제조업	'20~'22	6	0	6	NA	NA	NA
232	내화, 비내화 요업제품 제조업	'02~'04	5	5	0	0.05900	0.05186	0.12780
232	내화, 비내화 요업제품 제조업	'05~'07	26	10	16	0.01214	0.00230	0.04589
232	내화, 비내화 요업제품 제조업	'08~'10	2	2	0	0.04180	0.04165	0.05045
232	내화, 비내화 요업제품 제조업	'11~'13	22	14	8	0.02180	0.00636	0.08426
232	내화, 비내화 요업제품 제조업	'14~'16	12	0	12	NA	NA	NA
232	내화, 비내화 요업제품 제조업	'17~'19	16	8	8	0.03278	0.00291	0.10409
232	내화, 비내화 요업제품 제조업	'20~'22	8	0	8	NA	NA	NA
233	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	'02~'04	3	3	0	0.16500	0.13850	0.41799
233	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	'05~'07	24	19	5	0.10055	0.04301	0.37030
233	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	'08~'10	5	1	4	0.00338	0.00324	0.00543
233	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	'11~'13	1	0	1	NA	NA	NA
233	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	'14~'16	15	2	13	0.00432	0.00002	0.00366
233	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	'17~'19	36	3	33	0.00700	0.00000	0.00026
233	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	'20~'22	53	1	52	0.00124	0.00000	0.00000
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'02~'04	6	0	6	NA	NA	NA
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'05~'07	4	0	4	NA	NA	NA
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'08~'10	19	2	17	0.04508	0.00000	0.00040
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'11~'13	5	0	5	NA	NA	NA
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'14~'16	13	3	10	0.00505	0.00048	0.01616
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'17~'19	19	0	19	NA	NA	NA
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'20~'22	21	0	21	NA	NA	NA

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
241	1차 철강 제조업	'02~'04	29	14	15	0.02292	0.00479	0.08759
241	1차 철강 제조업	'05~'07	121	75	46	0.07243	0.01096	0.26731
241	1차 철강 제조업	'08~'10	235	72	163	0.02191	0.00079	0.05452
241	1차 철강 제조업	'11~'13	586	146	440	0.01123	0.00048	0.02970
241	1차 철강 제조업	'14~'16	1074	336	738	0.00827	0.00103	0.02955
241	1차 철강 제조업	'17~'19	1065	307	758	0.00607	0.00090	0.02237
241	1차 철강 제조업	'20~'22	1462	339	1123	0.00498	0.00054	0.01729
242	1차 비철금속 제조업	'02~'04	23	21	2	0.03264	0.02414	0.08793
242	1차 비철금속 제조업	'05~'07	13	9	4	0.18392	0.02609	0.65347
242	1차 비철금속 제조업	'08~'10	4	0	4	NA	NA	NA
242	1차 비철금속 제조업	'11~'13	5	3	2	0.10280	0.00611	0.23830
242	1차 비철금속 제조업	'14~'16	11	3	8	0.05896	0.00004	0.01493
242	1차 비철금속 제조업	'17~'19	10	0	10	NA	NA	NA
242	1차 비철금속 제조업	'20~'22	92	0	92	NA	NA	NA
243	금속 주조업	'05~'07	5	5	0	0.14000	0.09387	0.43977
243	금속 주조업	'11~'13	16	2	14	0.02619	0.00000	0.00050
243	금속 주조업	'14~'16	106	23	83	0.01815	0.00005	0.01357
243	금속 주조업	'17~'19	82	15	67	0.01404	0.00003	0.00982
243	금속 주조업	'20~'22	35	5	30	0.01352	0.00000	0.00247
251	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	'02~'04	6	2	4	0.02237	0.00093	0.04643
251	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	'05~'07	128	78	50	0.09255	0.01047	0.32335
251	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	'08~'10	311	286	25	0.06395	0.02948	0.22849
251	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	'11~'13	22	5	17	0.03164	0.00007	0.01958
251	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	'14~'16	216	61	155	0.04545	0.00012	0.03410

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
251	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	'17~'19	139	33	106	0.02993	0.00005	0.01784
251	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	'20~'22	73	21	52	0.02015	0.00024	0.03137
252	무기 및 총포탄 제조업	'11~'13	2	2	0	0.04910	0.04909	0.05146
252	무기 및 총포탄 제조업	'14~'16	3	0	3	NA	NA	NA
252	무기 및 총포탄 제조업	'17~'19	13	0	13	NA	NA	NA
252	무기 및 총포탄 제조업	'20~'22	44	0	44	NA	NA	NA
259	기타 금속 가공제품 제조업	'02~'04	45	34	11	0.10565	0.02615	0.40826
259	기타 금속 가공제품 제조업	'05~'07	244	121	123	0.08774	0.00449	0.24669
259	기타 금속 가공제품 제조업	'08~'10	124	36	88	0.04901	0.00034	0.05936
259	기타 금속 가공제품 제조업	'11~'13	119	37	82	0.04833	0.00031	0.05644
259	기타 금속 가공제품 제조업	'14~'16	364	102	262	0.05351	0.00011	0.03471
259	기타 금속 가공제품 제조업	'17~'19	299	54	245	0.02576	0.00001	0.00594
259	기타 금속 가공제품 제조업	'20~'22	240	44	196	0.02121	0.00001	0.00695
261	반도체 제조업	'05~'07	1	1	0	0.15600	0.15600	NA
261	반도체 제조업	'08~'10	7	0	7	NA	NA	NA
261	반도체 제조업	'11~'13	127	6	121	0.00193	0.00000	0.00033
261	반도체 제조업	'14~'16	198	2	196	0.00069	0.00000	0.00000
261	반도체 제조업	'17~'19	81	0	81	NA	NA	NA
261	반도체 제조업	'20~'22	38	3	35	0.00644	0.00000	0.00023
262	전자 부품 제조업	'02~'04	119	10	109	0.02079	0.00000	0.00034
262	전자 부품 제조업	'05~'07	94	71	23	0.28091	0.03417	0.99535
262	전자 부품 제조업	'08~'10	88	6	82	0.02789	0.00000	0.00002
262	전자 부품 제조업	'11~'13	284	21	263	0.01127	0.00000	0.00094
262	전자 부품 제조업	'14~'16	89	8	81	0.00509	0.00000	0.00184

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
262	전자 부품 제조업	'17~'19	154	6	148	0.00056	0.00004	0.00170
262	전자 부품 제조업	'20~'22	132	4	128	0.00250	0.00000	0.00001
264	통신 및 방송장비 제조업	'05~'07	25	18	7	0.09721	0.02656	0.37604
264	통신 및 방송장비 제조업	'08~'10	4	0	4	NA	NA	NA
264	통신 및 방송장비 제조업	'11~'13	1	0	1	NA	NA	NA
264	통신 및 방송장비 제조업	'14~'16	12	0	12	NA	NA	NA
264	통신 및 방송장비 제조업	'17~'19	32	0	32	NA	NA	NA
264	통신 및 방송장비 제조업	'20~'22	18	0	18	NA	NA	NA
265	영상 및 음향 기기 제조업	'02~'04	6	0	6	NA	NA	NA
265	영상 및 음향 기기 제조업	'05~'07	1	0	1	NA	NA	NA
265	영상 및 음향 기기 제조업	'08~'10	1	1	0	0.23720	0.23720	0.23720
265	영상 및 음향 기기 제조업	'11~'13	6	0	6	NA	NA	NA
265	영상 및 음향 기기 제조업	'14~'16	29	1	28	0.00069	0.00000	0.00036
265	영상 및 음향 기기 제조업	'17~'19	10	0	10	NA	NA	NA
265	영상 및 음향 기기 제조업	'20~'22	11	0	11	NA	NA	NA
266	마그네틱 및 광학 매체 제조업	'08~'10	2	0	2	NA	NA	NA
266	마그네틱 및 광학 매체 제조업	'17~'19	8	0	8	NA	NA	NA
266	마그네틱 및 광학 매체 제조업	'20~'22	2	0	2	NA	NA	NA
271	의료용 기기 제조업	'02~'04	1	1	0	0.27400	0.27400	NA
271	의료용 기기 제조업	'05~'07	6	0	6	NA	NA	NA
271	의료용 기기 제조업	'08~'10	50	35	15	0.04290	0.01160	0.16595
271	의료용 기기 제조업	'11~'13	10	2	8	0.00272	0.00066	0.01044
271	의료용 기기 제조업	'14~'16	3	0	3	NA	NA	NA
271	의료용 기기 제조업	'17~'19	4	0	4	NA	NA	NA

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
272	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	'08~'10	1	0	1	NA	NA	NA
272	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	'11~'13	8	0	8	NA	NA	NA
272	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	'14~'16	53	0	53	NA	NA	NA
272	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	'17~'19	26	0	26	NA	NA	NA
272	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	'20~'22	34	2	32	0.00764	0.00000	0.00002
281	전동기, 발전기 및 전기 변환 · 공급 · 제어 장치 제조업	'05~'07	13	7	6	0.04818	0.00589	0.16532
281	전동기, 발전기 및 전기 변환 · 공급 · 제어 장치 제조업	'08~'10	13	3	10	0.02772	0.00006	0.01474
281	전동기, 발전기 및 전기 변환 · 공급 · 제어 장치 제조업	'11~'13	11	5	6	0.08035	0.00180	0.14310
281	전동기, 발전기 및 전기 변환 · 공급 · 제어 장치 제조업	'14~'16	11	3	8	0.06404	0.00017	0.03632
281	전동기, 발전기 및 전기 변환 · 공급 · 제어 장치 제조업	'17~'19	34	5	29	0.01362	0.00001	0.00342
281	전동기, 발전기 및 전기 변환 · 공급 · 제어 장치 제조업	'20~'22	89	2	87	0.00202	0.00000	0.00000
282	일차전지 및 축전지 제조업	'17~'19	1	0	1	NA	NA	NA
282	일차전지 및 축전지 제조업	'20~'22	5	0	5	NA	NA	NA
283	절연선 및 케이블 제조업	'05~'07	3	3	0	0.03657	0.03604	0.05048
283	절연선 및 케이블 제조업	'08~'10	2	0	2	NA	NA	NA

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
283	절연선 및 케이블 제조업	'11~'13	8	0	8	NA	NA	NA
283	절연선 및 케이블 제조업	'14~'16	34	5	29	0.02496	0.00000	0.00159
283	절연선 및 케이블 제조업	'17~'19	16	1	15	0.00729	0.00000	0.00002
284	전구 및 조명장치 제조업	'05~'07	2	0	2	NA	NA	NA
284	전구 및 조명장치 제조업	'11~'13	9	0	9	NA	NA	NA
284	전구 및 조명장치 제조업	'14~'16	5	0	5	NA	NA	NA
284	전구 및 조명장치 제조업	'17~'19	1	0	1	NA	NA	NA
285	가정용 기기 제조업	'02~'04	1	1	0	0.06000	0.06000	NA
285	가정용 기기 제조업	'05~'07	58	19	39	0.02904	0.00133	0.07751
285	가정용 기기 제조업	'08~'10	19	5	14	0.04884	0.00008	0.02359
285	가정용 기기 제조업	'11~'13	15	3	12	0.04113	0.00001	0.00471
285	가정용 기기 제조업	'14~'16	6	3	3	0.06646	0.00212	0.12043
285	가정용 기기 제조업	'20~'22	14	2	12	0.01084	0.00001	0.00228
289	기타 전기장비 제조업	'02~'04	4	3	1	0.11337	0.02005	0.38613
289	기타 전기장비 제조업	'05~'07	17	10	7	0.11800	0.00913	0.36045
289	기타 전기장비 제조업	'08~'10	15	1	14	0.01565	0.00000	0.00002
289	기타 전기장비 제조업	'11~'13	5	0	5	NA	NA	NA
289	기타 전기장비 제조업	'14~'16	15	3	12	0.01566	0.00003	0.00795
289	기타 전기장비 제조업	'17~'19	59	14	45	0.01830	0.00008	0.01698
289	기타 전기장비 제조업	'20~'22	24	0	24	NA	NA	NA
291	일반 목적용 기계 제조업	'02~'04	10	10	0	0.04160	0.02771	0.12642
291	일반 목적용 기계 제조업	'05~'07	69	37	32	0.15962	0.00620	0.40339
291	일반 목적용 기계 제조업	'08~'10	48	23	25	0.11283	0.00328	0.25335
291	일반 목적용 기계 제조업	'11~'13	80	28	52	0.06674	0.00062	0.09250

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
291	일반 목적용 기계 제조업	'14~'16	218	45	173	0.02694	0.00002	0.01092
291	일반 목적용 기계 제조업	'17~'19	249	40	209	0.02014	0.00001	0.00609
291	일반 목적용 기계 제조업	'20~'22	109	12	97	0.01246	0.00000	0.00076
292	특수 목적용 기계 제조업	'02~'04	4	4	0	0.48250	0.37787	1.31431
292	특수 목적용 기계 제조업	'05~'07	79	50	29	0.13156	0.01615	0.46660
292	특수 목적용 기계 제조업	'08~'10	44	21	23	0.10770	0.00327	0.24520
292	특수 목적용 기계 제조업	'11~'13	43	10	33	0.03612	0.00007	0.02180
292	특수 목적용 기계 제조업	'14~'16	291	65	226	0.04407	0.00007	0.02463
292	특수 목적용 기계 제조업	'17~'19	153	24	129	0.01756	0.00000	0.00360
292	특수 목적용 기계 제조업	'20~'22	173	35	138	0.02492	0.00002	0.00952
301	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	'02~'04	4	3	1	0.04159	0.01734	0.15978
301	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	'05~'07	20	0	20	NA	NA	NA
301	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	'08~'10	54	9	45	0.04147	0.00001	0.00872
301	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	'11~'13	1,060	3	1,057	0.00047	0.00000	0.00000
301	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	'14~'16	517	9	508	0.00132	0.00000	0.00006
301	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	'17~'19	439	18	421	0.00227	0.00000	0.00026
301	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	'20~'22	238	11	227	0.00291	0.00000	0.00015
302	자동차 차체 및 트레일러 제조업	'05~'07	13	11	2	0.09093	0.03648	0.34191
302	자동차 차체 및 트레일러 제조업	'08~'10	8	5	3	0.13091	0.01172	0.39526
302	자동차 차체 및 트레일러 제조업	'11~'13	2	0	2	NA	NA	NA
302	자동차 차체 및 트레일러 제조업	'14~'16	25	7	18	0.03143	0.00013	0.02724
302	자동차 차체 및 트레일러 제조업	'17~'19	55	7	48	0.01084	0.00000	0.00271
302	자동차 차체 및 트레일러 제조업	'20~'22	19	1	18	0.00540	0.00000	0.00002
303	자동차 신품 부품 제조업	'02~'04	23	15	8	0.24242	0.02081	0.77334

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
303	자동차 신품 부품 제조업	'05~'07	665	184	481	0.08015	0.00015	0.05151
303	자동차 신품 부품 제조업	'08~'10	345	213	132	0.21236	0.01303	0.63338
303	자동차 신품 부품 제조업	'11~'13	300	76	224	0.05951	0.00006	0.02659
303	자동차 신품 부품 제조업	'14~'16	560	105	455	0.03551	0.00001	0.00725
303	자동차 신품 부품 제조업	'17~'19	362	27	335	0.00797	0.00000	0.00019
303	자동차 신품 부품 제조업	'20~'22	234	18	216	0.00767	0.00000	0.00034
311	선박 및 보트 건조업	'02~'04	7	3	4	0.14438	0.00139	0.14424
311	선박 및 보트 건조업	'05~'07	111	7	104	0.01580	0.00000	0.00011
311	선박 및 보트 건조업	'08~'10	325	45	280	0.00973	0.00004	0.00971
311	선박 및 보트 건조업	'11~'13	12	6	6	0.03797	0.00316	0.11623
311	선박 및 보트 건조업	'14~'16	25	3	22	0.01958	0.00000	0.00167
311	선박 및 보트 건조업	'17~'19	33	4	29	0.00214	0.00020	0.00709
311	선박 및 보트 건조업	'20~'22	51	1	50	0.00096	0.00077	0.00235
312	철도장비 제조업	'02~'04	3	0	3	NA	NA	NA
312	철도장비 제조업	'05~'07	2	2	0	0.92450	0.60099	3.38394
312	철도장비 제조업	'08~'10	85	6	79	0.08361	0.00000	0.00000
312	철도장비 제조업	'11~'13	12	4	8	0.07512	0.00023	0.04715
312	철도장비 제조업	'14~'16	2	0	2	NA	NA	NA
313	항공기, 우주선 및 부품 제조업	'05~'07	6	0	6	NA	NA	NA
313	항공기, 우주선 및 부품 제조업	'08~'10	4	0	4	NA	NA	NA
313	항공기, 우주선 및 부품 제조업	'11~'13	1	0	1	NA	NA	NA
313	항공기, 우주선 및 부품 제조업	'14~'16	14	1	13	0.00862	0.00000	0.00004
313	항공기, 우주선 및 부품 제조업	'17~'19	28	0	28	NA	NA	NA
313	항공기, 우주선 및 부품 제조업	'20~'22	22	0	22	NA	NA	NA

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
319	그 외 기타 운송장비 제조업	'02~'04	5	5	0	0.11344	0.09372	0.27840
319	그 외 기타 운송장비 제조업	'05~'07	147	36	111	0.07689	0.00007	0.03252
319	그 외 기타 운송장비 제조업	'08~'10	301	27	274	0.02314	0.00000	0.00033
319	그 외 기타 운송장비 제조업	'11~'13	376	10	366	0.00324	0.00000	0.00000
319	그 외 기타 운송장비 제조업	'14~'16	731	12	719	0.00242	0.00000	0.00000
319	그 외 기타 운송장비 제조업	'17~'19	198	1	197	0.00042	0.00000	0.00000
319	그 외 기타 운송장비 제조업	'20~'22	9	0	9	NA	NA	NA
320	가구 제조업	'05~'07	4	4	0	0.02000	0.02000	0.02000
320	가구 제조업	'08~'10	11	5	6	0.03163	0.00262	0.09602
320	가구 제조업	'11~'13	52	13	39	0.03375	0.00012	0.02890
320	가구 제조업	'14~'16	73	25	48	0.03557	0.00049	0.05875
320	가구 제조업	'17~'19	13	0	13	NA	NA	NA
331	귀금속 및 장신용품 제조업	'05~'07	1	1	0	0.13000	0.13000	NA
331	귀금속 및 장신용품 제조업	'08~'10	3	0	3	NA	NA	NA
331	귀금속 및 장신용품 제조업	'11~'13	2	0	2	NA	NA	NA
332	악기 제조업	'02~'04	40	23	17	0.15566	0.01041	0.46776
332	악기 제조업	'05~'07	94	8	86	0.01248	0.00000	0.00128
332	악기 제조업	'08~'10	70	0	70	NA	NA	NA
332	악기 제조업	'11~'13	32	0	32	NA	NA	NA
332	악기 제조업	'14~'16	7	0	7	NA	NA	NA
333	운동 및 경기용구 제조업	'05~'07	2	2	0	0.02000	0.02000	0.02000
333	운동 및 경기용구 제조업	'08~'10	5	4	1	0.05636	0.02350	0.21501
333	운동 및 경기용구 제조업	'11~'13	2	0	2	NA	NA	NA
333	운동 및 경기용구 제조업	'14~'16	4	3	1	0.07239	0.01172	0.23954

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
334	인형, 장난감 및 오락용품 제조업	'08~'10	1	0	1	NA	NA	NA
339	그 외 기타 제품 제조업	'05~'07	9	0	9	NA	NA	NA
339	그 외 기타 제품 제조업	'08~'10	20	2	18	0.02194	0.00000	0.00021
339	그 외 기타 제품 제조업	'11~'13	22	0	22	NA	NA	NA
339	그 외 기타 제품 제조업	'14~'16	41	23	18	0.01913	0.00443	0.07371
339	그 외 기타 제품 제조업	'17~'19	287	6	281	0.00255	0.00000	0.00000
339	그 외 기타 제품 제조업	'20~'22	167	4	163	0.00394	0.00000	0.00000
340	산업용 기계 및 장비 수리업	'02~'04	1	1	0	0.14780	0.14780	0.14780
340	산업용 기계 및 장비 수리업	'05~'07	39	8	31	0.01970	0.00008	0.01730
340	산업용 기계 및 장비 수리업	'08~'10	21	2	19	0.01802	0.00000	0.00022
340	산업용 기계 및 장비 수리업	'11~'13	42	0	42	NA	NA	NA
340	산업용 기계 및 장비 수리업	'14~'16	152	2	150	0.00450	0.00000	0.00000
340	산업용 기계 및 장비 수리업	'17~'19	163	1	162	0.00126	0.00000	0.00000
340	산업용 기계 및 장비 수리업	'20~'22	157	2	155	0.00170	0.00000	0.00000
351	전기업	'05~'07	52	9	43	0.00337	0.00111	0.01291
351	전기업	'08~'10	23	0	23	NA	NA	NA
351	전기업	'11~'13	24	0	24	NA	NA	NA
351	전기업	'14~'16	14	6	8	0.07975	0.00102	0.11278
351	전기업	'17~'19	155	2	153	0.00188	0.00000	0.00000
351	전기업	'20~'22	3,015	117	2,898	0.00355	0.00000	0.00001
352	연료용 가스 제조 및 배관공급업	'17~'19	14	0	14	NA	NA	NA
352	연료용 가스 제조 및 배관공급업	'20~'22	26	2	24	0.00339	0.00000	0.00106
353	증기, 냉·온수 및 공기 조절 공급업	'08~'10	12	0	12	NA	NA	NA
353	증기, 냉·온수 및 공기 조절 공급업	'11~'13	23	5	18	0.02628	0.00005	0.01371

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
360	수도업	'08~'10	6	0	6	NA	NA	NA
360	수도업	'11~'13	18	0	18	NA	NA	NA
360	수도업	'14~'16	28	2	26	0.01280	0.00000	0.00006
360	수도업	'17~'19	34	5	29	0.00843	0.00001	0.00379
360	수도업	'20~'22	48	0	48	NA	NA	NA
370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	'05~'07	32	4	28	0.04081	0.00000	0.00097
370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	'08~'10	69	0	69	NA	NA	NA
370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	'11~'13	2	0	2	NA	NA	NA
370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	'14~'16	7	0	7	NA	NA	NA
370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	'17~'19	26	0	26	NA	NA	NA
370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	'20~'22	24	0	24	NA	NA	NA
381	폐기물 수집, 운반업	'08~'10	12	1	11	0.00442	0.00000	0.00078
381	폐기물 수집, 운반업	'11~'13	63	1	62	0.00234	0.00000	0.00000
381	폐기물 수집, 운반업	'14~'16	94	18	76	0.01356	0.00007	0.01392
381	폐기물 수집, 운반업	'17~'19	78	15	63	0.03572	0.00001	0.00525
381	폐기물 수집, 운반업	'20~'22	88	4	84	0.00977	0.00000	0.00001
382	폐기물 처리업	'05~'07	20	8	12	0.10134	0.00109	0.13817
382	폐기물 처리업	'08~'10	73	13	60	0.03962	0.00001	0.00585
382	폐기물 처리업	'11~'13	83	20	63	0.02705	0.00008	0.02112
382	폐기물 처리업	'14~'16	84	14	70	0.01645	0.00001	0.00558
382	폐기물 처리업	'17~'19	117	8	109	0.00630	0.00000	0.00044
382	폐기물 처리업	'20~'22	168	21	147	0.01328	0.00000	0.00215
383	해체, 선별 및 원료 재생업	'02~'04	2	0	2	NA	NA	NA
383	해체, 선별 및 원료 재생업	'05~'07	26	10	16	0.05130	0.00126	0.10466

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
383	해체, 선별 및 원료 재생업	'08~'10	12	3	9	0.09533	0.00002	0.01171
383	해체, 선별 및 원료 재생업	'14~'16	3	0	3	NA	NA	NA
383	해체, 선별 및 원료 재생업	'17~'19	9	1	8	0.00140	0.00078	0.00476
383	해체, 선별 및 원료 재생업	'20~'22	20	2	18	0.00379	0.00000	0.00142
390	환경 정화 및 복원업	'02~'04	4	0	4	NA	NA	NA
390	환경 정화 및 복원업	'08~'10	6	0	6	NA	NA	NA
390	환경 정화 및 복원업	'14~'16	4	0	4	NA	NA	NA
390	환경 정화 및 복원업	'17~'19	23	3	20	0.00762	0.00000	0.00215
390	환경 정화 및 복원업	'20~'22	63	15	48	0.01003	0.00017	0.01791
411	건물 건설업	'05~'07	21	13	8	0.01956	0.00705	0.07442
411	건물 건설업	'08~'10	20	17	3	0.05516	0.01997	0.20984
411	건물 건설업	'14~'16	118	26	92	0.02200	0.00006	0.01725
411	건물 건설업	'17~'19	452	38	414	0.00589	0.00000	0.00075
411	건물 건설업	'20~'22	267	15	252	0.00345	0.00000	0.00029
412	토목 건설업	'05~'07	6	6	0	0.28267	0.17805	0.91784
412	토목 건설업	'08~'10	103	75	28	0.03087	0.01286	0.11364
412	토목 건설업	'11~'13	127	9	118	0.00485	0.00000	0.00053
412	토목 건설업	'14~'16	270	6	264	0.00111	0.00000	0.00001
412	토목 건설업	'17~'19	391	30	361	0.00450	0.00000	0.00079
412	토목 건설업	'20~'22	308	13	295	0.00327	0.00000	0.00004
421	기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	'05~'07	53	43	10	0.04168	0.01887	0.15034
421	기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	'08~'10	52	49	3	0.04786	0.02520	0.16329
421	기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	'11~'13	80	37	43	0.01534	0.00279	0.05801
421	기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	'14~'16	161	34	127	0.01257	0.00015	0.02001

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
421	기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	'17~'19	93	19	74	0.02213	0.00003	0.01047
421	기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	'20~'22	75	12	63	0.01027	0.00002	0.00695
422	건물설비 설치 공사업	'05~'07	2	0	2	NA	NA	NA
422	건물설비 설치 공사업	'11~'13	46	1	45	0.00270	0.00000	0.00000
422	건물설비 설치 공사업	'14~'16	287	2	285	0.00158	0.00000	0.00000
422	건물설비 설치 공사업	'17~'19	308	33	275	0.01379	0.00000	0.00097
422	건물설비 설치 공사업	'20~'22	266	28	238	0.00801	0.00000	0.00114
423	전기 및 통신 공사업	'11~'13	67	5	62	0.00531	0.00000	0.00034
423	전기 및 통신 공사업	'14~'16	111	4	107	0.00231	0.00000	0.00002
423	전기 및 통신 공사업	'17~'19	24	0	24	NA	NA	NA
423	전기 및 통신 공사업	'20~'22	227	0	227	NA	NA	NA
424	실내건축 및 건축마무리 공사업	'05~'07	25	19	6	0.07189	0.01816	0.27774
424	실내건축 및 건축마무리 공사업	'08~'10	8	0	8	NA	NA	NA
424	실내건축 및 건축마무리 공사업	'11~'13	30	0	30	NA	NA	NA
424	실내건축 및 건축마무리 공사업	'14~'16	14	2	12	0.01706	0.00000	0.00119
424	실내건축 및 건축마무리 공사업	'17~'19	199	0	199	NA	NA	NA
424	실내건축 및 건축마무리 공사업	'20~'22	117	0	117	NA	NA	NA
425	시설물 유지관리 공사업	'20~'22	8	0	8	NA	NA	NA
426	건설장비 운영업	'11~'13	1	0	1	NA	NA	NA
426	건설장비 운영업	'14~'16	3	0	3	NA	NA	NA
451	자동차 판매업	'05~'07	12	12	0	0.71733	0.71689	0.76145
451	자동차 판매업	'14~'16	2	0	2	NA	NA	NA
451	자동차 판매업	'17~'19	8	1	7	0.00244	0.00006	0.00409
452	자동차 부품 및 내장품 판매업	'05~'07	8	5	3	0.03826	0.00989	0.14705

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
452	자동차 부품 및 내장품 판매업	'08~'10	15	0	15	NA	NA	NA
452	자동차 부품 및 내장품 판매업	'11~'13	2	0	2	NA	NA	NA
452	자동차 부품 및 내장품 판매업	'14~'16	2	1	1	0.03621	0.00112	0.01597
461	상품 중개업	'14~'16	2	0	2	NA	NA	NA
462	산업용 농·축산물 및 동·식물 도매업	'11~'13	36	0	36	NA	NA	NA
462	산업용 농·축산물 및 동·식물 도매업	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
463	음·식료품 및 담배 도매업	'11~'13	2	0	2	NA	NA	NA
463	음·식료품 및 담배 도매업	'14~'16	10	0	10	NA	NA	NA
463	음·식료품 및 담배 도매업	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
463	음·식료품 및 담배 도매업	'20~'22	15	0	15	NA	NA	NA
464	생활용품 도매업	'05~'07	4	1	3	0.00785	0.00066	0.01982
464	생활용품 도매업	'08~'10	10	1	9	0.00773	0.00000	0.00067
464	생활용품 도매업	'11~'13	14	1	13	0.00986	0.00000	0.00005
464	생활용품 도매업	'14~'16	48	13	35	0.01796	0.00020	0.02637
464	생활용품 도매업	'17~'19	43	0	43	NA	NA	NA
464	생활용품 도매업	'20~'22	16	0	16	NA	NA	NA
465	기계장비 및 관련 물품 도매업	'02~'04	1	1	0	0.04870	0.04870	NA
465	기계장비 및 관련 물품 도매업	'05~'07	2	2	0	0.03205	0.03187	0.04045
465	기계장비 및 관련 물품 도매업	'08~'10	6	0	6	NA	NA	NA
465	기계장비 및 관련 물품 도매업	'11~'13	10	3	7	0.03927	0.00017	0.02876
465	기계장비 및 관련 물품 도매업	'14~'16	27	4	23	0.01293	0.00000	0.00272
465	기계장비 및 관련 물품 도매업	'17~'19	8	3	5	0.03679	0.00072	0.05685
465	기계장비 및 관련 물품 도매업	'20~'22	20	1	19	0.00569	0.00000	0.00001
466	건축 자재, 철물 및 난방장치 도매업	'05~'07	1	0	1	NA	NA	NA

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
466	건축 자재, 철물 및 난방장치 도매업	'14~'16	5	2	3	0.04363	0.00061	0.04543
466	건축 자재, 철물 및 난방장치 도매업	'17~'19	29	4	25	0.01290	0.00000	0.00175
466	건축 자재, 철물 및 난방장치 도매업	'20~'22	39	10	29	0.03144	0.00007	0.01986
467	기타 전문 도매업	'02~'04	5	3	2	0.41827	0.00873	0.55314
467	기타 전문 도매업	'05~'07	285	52	233	0.03068	0.00003	0.01336
467	기타 전문 도매업	'08~'10	210	12	198	0.01958	0.00000	0.00004
467	기타 전문 도매업	'11~'13	42	2	40	0.00136	0.00000	0.00054
467	기타 전문 도매업	'14~'16	32	3	29	0.01102	0.00000	0.00029
467	기타 전문 도매업	'17~'19	162	10	152	0.00631	0.00000	0.00012
467	기타 전문 도매업	'20~'22	89	1	88	0.00247	0.00000	0.00000
471	종합 소매업	'02~'04	3	3	0	0.26593	0.22428	0.66756
471	종합 소매업	'05~'07	2	2	0	0.03000	0.03000	0.03000
471	종합 소매업	'08~'10	3	0	3	NA	NA	NA
471	종합 소매업	'11~'13	10	0	10	NA	NA	NA
471	종합 소매업	'14~'16	27	0	27	NA	NA	NA
471	종합 소매업	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
471	종합 소매업	'20~'22	20	0	20	NA	NA	NA
472	음·식료품 및 담배 소매업	'14~'16	18	11	7	0.06441	0.00772	0.22259
473	가전제품 및 정보 통신장비 소매업	'08~'10	4	0	4	NA	NA	NA
475	기타 생활용품 소매업	'05~'07	20	17	3	0.17038	0.05787	0.65288
475	기타 생활용품 소매업	'11~'13	2	1	1	0.03383	0.00131	0.01917
477	연료 소매업	'02~'04	291	93	198	0.01906	0.00122	0.05759
477	연료 소매업	'05~'07	454	147	307	0.06033	0.00115	0.11750
477	연료 소매업	'08~'10	4	0	4	NA	NA	NA

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
477	연료 소매업	'11~'13	12	0	12	NA	NA	NA
477	연료 소매업	'14~'16	12	0	12	NA	NA	NA
477	연료 소매업	'20~'22	1	0	1	NA	NA	NA
478	기타 상품 전문 소매업	'14~'16	4	2	2	0.10281	0.00175	0.10186
478	기타 상품 전문 소매업	'17~'19	15	0	15	NA	NA	NA
478	기타 상품 전문 소매업	'20~'22	16	0	16	NA	NA	NA
479	무점포 소매업	'20~'22	6	0	6	NA	NA	NA
491	철도 운송업	'02~'04	1	0	1	NA	NA	NA
491	철도 운송업	'05~'07	31	2	29	0.00400	0.00000	0.00052
491	철도 운송업	'08~'10	17	0	17	NA	NA	NA
491	철도 운송업	'11~'13	53	4	49	0.00205	0.00003	0.00327
491	철도 운송업	'14~'16	4	1	3	0.00310	0.00082	0.01166
491	철도 운송업	'17~'19	4	2	2	0.05397	0.00179	0.08180
491	철도 운송업	'20~'22	6	0	6	NA	NA	NA
492	육상 여객 운송업	'05~'07	5	0	5	NA	NA	NA
492	육상 여객 운송업	'08~'10	21	4	17	0.01525	0.00004	0.00976
492	육상 여객 운송업	'11~'13	46	0	46	NA	NA	NA
492	육상 여객 운송업	'14~'16	42	2	40	0.05454	0.00000	0.00000
492	육상 여객 운송업	'17~'19	11	0	11	NA	NA	NA
493	도로 화물 운송업	'14~'16	4	2	2	0.10558	0.00138	0.08747
493	도로 화물 운송업	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
493	도로 화물 운송업	'20~'22	10	3	7	0.02735	0.00017	0.02436
495	파이프라인 운송업	'11~'13	6	0	6	NA	NA	NA
495	파이프라인 운송업	'14~'16	212	25	187	0.00677	0.00001	0.00269

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
495	파이프라인 운송업	'17~'19	210	21	189	0.00563	0.00000	0.00230
495	파이프라인 운송업	'20~'22	254	3	251	0.00060	0.00000	0.00000
501	해상 운송업	'14~'16	6	0	6	NA	NA	NA
501	해상 운송업	'17~'19	12	0	12	NA	NA	NA
501	해상 운송업	'20~'22	12	0	12	NA	NA	NA
502	내륙 수상 및 항만 내 운송업	'05~'07	4	2	2	0.11735	0.00224	0.12541
502	내륙 수상 및 항만 내 운송업	'08~'10	23	0	23	NA	NA	NA
502	내륙 수상 및 항만 내 운송업	'11~'13	28	3	25	0.00175	0.00022	0.00617
502	내륙 수상 및 항만 내 운송업	'14~'16	48	2	46	0.00346	0.00000	0.00003
502	내륙 수상 및 항만 내 운송업	'17~'19	116	5	111	0.00467	0.00000	0.00001
502	내륙 수상 및 항만 내 운송업	'20~'22	132	0	132	NA	NA	NA
511	항공 여객 운송업	'05~'07	4	1	3	0.02979	0.00009	0.00805
511	항공 여객 운송업	'08~'10	2	0	2	NA	NA	NA
511	항공 여객 운송업	'14~'16	1	0	1	NA	NA	NA
521	보관 및 창고업	'05~'07	227	65	162	0.05937	0.00023	0.05439
521	보관 및 창고업	'08~'10	404	15	389	0.00317	0.00000	0.00007
521	보관 및 창고업	'11~'13	81	9	72	0.01625	0.00000	0.00070
521	보관 및 창고업	'14~'16	134	31	103	0.02591	0.00008	0.02105
521	보관 및 창고업	'17~'19	143	12	131	0.00726	0.00000	0.00052
521	보관 및 창고업	'20~'22	125	4	121	0.00089	0.00000	0.00029
529	기타 운송관련 서비스업	'02~'04	2	2	0	0.08160	0.08151	0.09099
529	기타 운송관련 서비스업	'05~'07	15	6	9	0.05467	0.00160	0.11485
529	기타 운송관련 서비스업	'08~'10	136	13	123	0.06990	0.00000	0.00013
529	기타 운송관련 서비스업	'11~'13	19	4	15	0.01515	0.00008	0.01458

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
529	기타 운송관련 서비스업	'17~'19	53	0	53	NA	NA	NA
529	기타 운송관련 서비스업	'20~'22	58	1	57	0.00131	0.00000	0.00000
551	일반 및 생활 숙박시설 운영업	'08~'10	28	0	28	NA	NA	NA
551	일반 및 생활 숙박시설 운영업	'20~'22	2	0	2	NA	NA	NA
561	음식점업	'08~'10	6	0	6	NA	NA	NA
561	음식점업	'11~'13	12	0	12	NA	NA	NA
561	음식점업	'14~'16	12	0	12	NA	NA	NA
561	음식점업	'17~'19	8	0	8	NA	NA	NA
561	음식점업	'20~'22	20	0	20	NA	NA	NA
581	서적, 잡지 및 기타 인쇄물 출판업	'02~'04	24	7	17	0.00699	0.00224	0.02689
581	서적, 잡지 및 기타 인쇄물 출판업	'05~'07	28	13	15	0.07911	0.00333	0.20071
581	서적, 잡지 및 기타 인쇄물 출판업	'08~'10	17	5	12	0.06776	0.00013	0.03493
581	서적, 잡지 및 기타 인쇄물 출판업	'11~'13	48	21	27	0.05835	0.00183	0.13485
581	서적, 잡지 및 기타 인쇄물 출판업	'14~'16	45	6	39	0.01141	0.00000	0.00178
581	서적, 잡지 및 기타 인쇄물 출판업	'17~'19	14	0	14	NA	NA	NA
581	서적, 잡지 및 기타 인쇄물 출판업	'20~'22	18	0	18	NA	NA	NA
591	영화, 비디오물, 방송 프로그램 제작 및 배급업	'05~'07	3	0	3	NA	NA	NA
591	영화, 비디오물, 방송 프로그램 제작 및 배급업	'08~'10	3	0	3	NA	NA	NA
592	오디오물 출판 및 원판 녹음업	'05~'07	1	1	0	0.11510	0.11510	NA
612	전기 통신업	'08~'10	1	1	0	0.01010	0.01010	0.01010
612	전기 통신업	'11~'13	1	0	1	NA	NA	NA
612	전기 통신업	'14~'16	9	4	5	0.01799	0.00178	0.05679
612	전기 통신업	'17~'19	43	21	22	0.04760	0.00267	0.13534
612	전기 통신업	'20~'22	10	0	10	NA	NA	NA

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
620	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	'20~'22	8	0	8	NA	NA	NA
639	기타 정보 서비스업	'11~'13	21	1	20	0.00287	0.00000	0.00006
639	기타 정보 서비스업	'14~'16	26	0	26	NA	NA	NA
639	기타 정보 서비스업	'17~'19	66	0	66	NA	NA	NA
639	기타 정보 서비스업	'20~'22	15	0	15	NA	NA	NA
641	은행 및 저축기관	'20~'22	10	0	10	NA	NA	NA
649	기타 금융업	'05~'07	2	0	2	NA	NA	NA
681	부동산 임대 및 공급업	'02~'04	2	0	2	NA	NA	NA
681	부동산 임대 및 공급업	'11~'13	4	0	4	NA	NA	NA
681	부동산 임대 및 공급업	'14~'16	18	0	18	NA	NA	NA
681	부동산 임대 및 공급업	'17~'19	45	0	45	NA	NA	NA
681	부동산 임대 및 공급업	'20~'22	81	1	80	0.00086	0.00000	0.00000
682	부동산관련 서비스업	'17~'19	4	0	4	NA	NA	NA
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'02~'04	21	2	19	0.00873	0.00000	0.00232
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'05~'07	227	9	218	0.00558	0.00000	0.00004
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'08~'10	446	7	439	0.00461	0.00000	0.00000
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'11~'13	293	15	278	0.00334	0.00000	0.00076
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'14~'16	931	41	890	0.00508	0.00000	0.00005
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'17~'19	1141	35	1106	0.00309	0.00000	0.00001
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'20~'22	1087	25	1062	0.00256	0.00000	0.00000
702	인문 및 사회과학 연구개발업	'08~'10	5	0	5	NA	NA	NA
702	인문 및 사회과학 연구개발업	'14~'16	22	0	22	NA	NA	NA
702	인문 및 사회과학 연구개발업	'17~'19	108	0	108	NA	NA	NA
702	인문 및 사회과학 연구개발업	'20~'22	105	1	104	0.00120	0.00000	0.00000

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
715	회사 본부 및 경영 컨설팅 서비스업	'05~'07	42	6	36	0.04927	0.00001	0.00833
715	회사 본부 및 경영 컨설팅 서비스업	'08~'10	20	1	19	0.00542	0.00000	0.00003
715	회사 본부 및 경영 컨설팅 서비스업	'11~'13	3	0	3	NA	NA	NA
715	회사 본부 및 경영 컨설팅 서비스업	'14~'16	86	10	76	0.01174	0.00000	0.00094
715	회사 본부 및 경영 컨설팅 서비스업	'17~'19	60	2	58	0.00064	0.00001	0.00101
715	회사 본부 및 경영 컨설팅 서비스업	'20~'22	52	5	47	0.00216	0.00002	0.00283
716	기타 전문 서비스업	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
716	기타 전문 서비스업	'20~'22	98	0	98	NA	NA	NA
721	건축 기술, 엔지니어링 및 관련 기술 서비스업	'05~'07	2	0	2	NA	NA	NA
721	건축 기술, 엔지니어링 및 관련 기술 서비스업	'08~'10	7	0	7	NA	NA	NA
721	건축 기술, 엔지니어링 및 관련 기술 서비스업	'11~'13	18	0	18	NA	NA	NA
721	건축 기술, 엔지니어링 및 관련 기술 서비스업	'14~'16	42	2	40	0.00097	0.00000	0.00093
721	건축 기술, 엔지니어링 및 관련 기술 서비스업	'17~'19	117	3	114	0.00336	0.00000	0.00000
721	건축 기술, 엔지니어링 및 관련 기술 서비스업	'20~'22	407	4	403	0.00042	0.00000	0.00000
729	기타 과학기술 서비스업	'05~'07	38	6	32	0.03704	0.00001	0.00470
729	기타 과학기술 서비스업	'08~'10	117	13	104	0.00635	0.00001	0.00278
729	기타 과학기술 서비스업	'11~'13	241	8	233	0.00301	0.00000	0.00001
729	기타 과학기술 서비스업	'14~'16	371	9	362	0.00489	0.00000	0.00000
729	기타 과학기술 서비스업	'17~'19	482	45	437	0.00901	0.00000	0.00066
729	기타 과학기술 서비스업	'20~'22	596	12	584	0.00250	0.00000	0.00000
733	사진 촬영 및 처리업	'08~'10	2	0	2	NA	NA	NA
739	그 외 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	'05~'07	5	2	3	0.04190	0.00139	0.07192
739	그 외 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	'08~'10	2	0	2	NA	NA	NA
739	그 외 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	'11~'13	49	5	44	0.03334	0.00000	0.00037

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
739	그 외 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	'14~'16	123	8	115	0.00990	0.00000	0.00008
739	그 외 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	'17~'19	93	2	91	0.00058	0.00030	0.00197
739	그 외 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	'20~'22	96	0	96	NA	NA	NA
741	사업시설 유지·관리 서비스업	'05~'07	22	7	15	0.11122	0.00057	0.10552
741	사업시설 유지·관리 서비스업	'08~'10	9	0	9	NA	NA	NA
741	사업시설 유지·관리 서비스업	'11~'13	19	1	18	0.05116	0.00000	0.00000
741	사업시설 유지·관리 서비스업	'14~'16	10	0	10	NA	NA	NA
741	사업시설 유지·관리 서비스업	'17~'19	36	0	36	NA	NA	NA
741	사업시설 유지·관리 서비스업	'20~'22	169	0	169	NA	NA	NA
742	건물·산업설비 청소 및 방제 서비스업	'11~'13	6	0	6	NA	NA	NA
742	건물·산업설비 청소 및 방제 서비스업	'14~'16	12	0	12	NA	NA	NA
742	건물·산업설비 청소 및 방제 서비스업	'17~'19	32	0	32	NA	NA	NA
742	건물·산업설비 청소 및 방제 서비스업	'20~'22	21	2	19	0.00905	0.00000	0.00032
743	조경관리 및 유지 서비스업	'20~'22	4	0	4	NA	NA	NA
751	고용 알선 및 인력 공급업	'08~'10	58	0	58	NA	NA	NA
751	고용 알선 및 인력 공급업	'11~'13	110	0	110	NA	NA	NA
751	고용 알선 및 인력 공급업	'14~'16	9	1	8	0.03482	0.00000	0.00005
751	고용 알선 및 인력 공급업	'17~'19	6	0	6	NA	NA	NA
753	경비, 경호 및 탐정업	'14~'16	1	0	1	NA	NA	NA
753	경비, 경호 및 탐정업	'17~'19	1	0	1	NA	NA	NA
759	기타 사업 지원 서비스업	'11~'13	25	0	25	NA	NA	NA
759	기타 사업 지원 서비스업	'14~'16	28	3	25	0.01029	0.00000	0.00060
759	기타 사업 지원 서비스업	'17~'19	50	3	47	0.00482	0.00000	0.00008
759	기타 사업 지원 서비스업	'20~'22	40	0	40	NA	NA	NA

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
762	개인 및 가정용품 임대업	'05~'07	1	0	1	NA	NA	NA
763	산업용 기계 및 장비 임대업	'11~'13	3	0	3	NA	NA	NA
763	산업용 기계 및 장비 임대업	'14~'16	21	2	19	0.02402	0.00000	0.00011
763	산업용 기계 및 장비 임대업	'17~'19	30	0	30	NA	NA	NA
764	무형 재산권 임대업	'20~'22	6	0	6	NA	NA	NA
841	입법 및 일반 정부 행정	'05~'07	3	0	3	NA	NA	NA
841	입법 및 일반 정부 행정	'08~'10	10	0	10	NA	NA	NA
841	입법 및 일반 정부 행정	'11~'13	114	7	107	0.01729	0.00000	0.00002
841	입법 및 일반 정부 행정	'14~'16	73	9	64	0.04396	0.00000	0.00041
841	입법 및 일반 정부 행정	'17~'19	37	4	33	0.00722	0.00000	0.00207
841	입법 및 일반 정부 행정	'20~'22	106	1	105	0.00331	0.00000	0.00000
842	사회 및 산업정책 행정	'05~'07	4	0	4	NA	NA	NA
842	사회 및 산업정책 행정	'08~'10	6	0	6	NA	NA	NA
842	사회 및 산업정책 행정	'11~'13	13	0	13	NA	NA	NA
842	사회 및 산업정책 행정	'14~'16	78	0	78	NA	NA	NA
842	사회 및 산업정책 행정	'17~'19	150	15	135	0.00696	0.00000	0.00137
842	사회 및 산업정책 행정	'20~'22	144	9	135	0.00834	0.00000	0.00008
843	외무 및 국방 행정	'20~'22	10	0	10	NA	NA	NA
845	사회보장 행정	'05~'07	4	0	4	NA	NA	NA
852	중등 교육기관	'20~'22	140	0	140	NA	NA	NA
853	고등 교육기관	'08~'10	4	0	4	NA	NA	NA
853	고등 교육기관	'11~'13	3	0	3	NA	NA	NA
853	고등 교육기관	'14~'16	20	2	18	0.00229	0.00002	0.00268
853	고등 교육기관	'20~'22	73	0	73	NA	NA	NA

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
861	병원	'02~'04	4	2	2	0.55132	0.00141	0.13681
861	병원	'05~'07	79	17	62	0.01153	0.00032	0.02562
861	병원	'08~'10	159	13	146	0.06060	0.00000	0.00005
861	병원	'11~'13	140	13	127	0.02203	0.00000	0.00017
861	병원	'14~'16	135	7	128	0.00544	0.00000	0.00010
861	병원	'17~'19	150	2	148	0.00064	0.00000	0.00000
861	병원	'20~'22	144	2	142	0.00090	0.00000	0.00000
862	의원	'05~'07	1	0	1	NA	NA	NA
862	의원	'11~'13	8	0	8	NA	NA	NA
862	의원	'14~'16	54	3	51	0.01338	0.00000	0.00000
862	의원	'17~'19	47	0	47	NA	NA	NA
862	의원	'20~'22	60	0	60	NA	NA	NA
863	공중 보건 의료업	'05~'07	7	4	3	0.12100	0.00680	0.29892
863	공중 보건 의료업	'08~'10	9	0	9	NA	NA	NA
863	공중 보건 의료업	'14~'16	1	0	1	NA	NA	NA
863	공중 보건 의료업	'17~'19	15	1	14	0.00677	0.00000	0.00004
869	기타 보건업	'05~'07	11	1	10	0.05163	0.00000	0.00002
869	기타 보건업	'14~'16	77	5	72	0.00640	0.00000	0.00013
869	기타 보건업	'17~'19	113	5	108	0.00525	0.00000	0.00002
869	기타 보건업	'20~'22	104	9	95	0.00803	0.00000	0.00033
902	도서관, 사적지 및 유사 여가관련 서비스업	'20~'22	4	0	4	NA	NA	NA
911	스포츠 서비스업	'14~'16	3	0	3	NA	NA	NA
911	스포츠 서비스업	'17~'19	11	8	3	0.11093	0.02055	0.41246
911	스포츠 서비스업	'20~'22	20	6	14	0.02326	0.00023	0.03066

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
912	유원지 및 기타 오락관련 서비스업	'17~'19	1	0	1	NA	NA	NA
941	산업 및 전문가 단체	'14~'16	19	4	15	0.00467	0.00026	0.01279
941	산업 및 전문가 단체	'17~'19	23	1	22	0.00471	0.00000	0.00001
941	산업 및 전문가 단체	'20~'22	26	0	26	NA	NA	NA
949	기타 협회 및 단체	'11~'13	20	0	20	NA	NA	NA
949	기타 협회 및 단체	'14~'16	28	2	26	0.05311	0.00000	0.00000
949	기타 협회 및 단체	'17~'19	58	0	58	NA	NA	NA
949	기타 협회 및 단체	'20~'22	74	0	74	NA	NA	NA
951	컴퓨터 및 통신장비 수리업	'14~'16	4	3	1	2.29512	0.01782	1.31481
952	자동차 및 모터사이클 수리업	'02~'04	9	6	3	0.39916	0.02119	1.00631
952	자동차 및 모터사이클 수리업	'05~'07	113	59	54	0.05713	0.00562	0.19323
952	자동차 및 모터사이클 수리업	'08~'10	149	15	134	0.00944	0.00001	0.00312
952	자동차 및 모터사이클 수리업	'11~'13	229	29	200	0.01059	0.00001	0.00516
952	자동차 및 모터사이클 수리업	'14~'16	155	41	114	0.02343	0.00015	0.02721
952	자동차 및 모터사이클 수리업	'17~'19	83	18	65	0.02086	0.00004	0.01303
952	자동차 및 모터사이클 수리업	'20~'22	48	0	48	NA	NA	NA
969	그 외 기타 개인 서비스업	'02~'04	3	1	2	0.02475	0.00071	0.02567
969	그 외 기타 개인 서비스업	'05~'07	33	11	22	0.12812	0.00045	0.10324
969	그 외 기타 개인 서비스업	'08~'10	43	21	22	0.04673	0.00383	0.14927
969	그 외 기타 개인 서비스업	'11~'13	53	27	26	0.08008	0.00373	0.21491
969	그 외 기타 개인 서비스업	'14~'16	55	3	52	0.02205	0.00000	0.00000
969	그 외 기타 개인 서비스업	'17~'19	35	0	35	NA	NA	NA
969	그 외 기타 개인 서비스업	'20~'22	42	3	39	0.00755	0.00000	0.00009

ND, 불검출; AM, 산술평균; GM, 기하평균

[부록 3-3] 벤젠 공정 및 연도별 기초통계

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC001	준비/지원	'02~'04	22	13	9	0.09854	0.00995	0.32823
SPC001	준비/지원	'05~'07	297	129	168	1.01062	0.00247	0.73422
SPC001	준비/지원	'08~'10	524	100	424	0.03158	0.00003	0.01391
SPC001	준비/지원	'11~'13	784	99	685	0.01610	0.00000	0.00355
SPC001	준비/지원	'14~'16	967	91	876	0.00596	0.00000	0.00202
SPC001	준비/지원	'17~'19	1,323	92	1,231	0.00530	0.00000	0.00047
SPC001	준비/지원	'20~'22	1,606	81	1,525	0.00527	0.00000	0.00005
SPC002	주입	'02~'04	314	116	198	0.03809	0.00176	0.10354
SPC002	주입	'05~'07	586	228	358	0.08361	0.00177	0.16988
SPC002	주입	'08~'10	24	2	22	0.00580	0.00000	0.00073
SPC002	주입	'11~'13	63	9	54	0.03374	0.00000	0.00208
SPC002	주입	'14~'16	92	19	73	0.02945	0.00002	0.00997
SPC002	주입	'17~'19	79	12	67	0.01115	0.00001	0.00414
SPC002	주입	'20~'22	99	7	92	0.00844	0.00000	0.00012
SPC003	용해	'02~'04	4	0	4	NA	NA	NA
SPC003	용해	'05~'07	1	0	1	NA	NA	NA
SPC003	용해	'08~'10	1	1	0	0.05430	0.05430	0.05430
SPC003	용해	'11~'13	5	0	5	NA	NA	NA
SPC003	용해	'20~'22	63	2	61	0.00118	0.00000	0.00006
SPC004	주조	'02~'04	23	6	17	0.01026	0.00108	0.03458
SPC004	주조	'05~'07	54	25	29	0.05706	0.00324	0.16378
SPC004	주조	'08~'10	11	1	10	0.00776	0.00000	0.00052

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC004	주조	'11~'13	63	7	56	0.02270	0.00000	0.00047
SPC004	주조	'14~'16	141	29	112	0.01614	0.00004	0.01224
SPC004	주조	'17~'19	100	2	98	0.00032	0.00000	0.00048
SPC004	주조	'20~'22	79	11	68	0.01362	0.00000	0.00269
SPC005	압연	'02~'04	1	1	0	0.01000	0.01000	0.01000
SPC005	압연	'05~'07	27	19	8	0.06081	0.01733	0.23511
SPC005	압연	'08~'10	12	0	12	NA	NA	NA
SPC005	압연	'11~'13	24	1	23	0.00666	0.00000	0.00000
SPC005	압연	'14~'16	27	4	23	0.02338	0.00000	0.00264
SPC005	압연	'17~'19	26	6	20	0.00922	0.00014	0.01528
SPC005	압연	'20~'22	32	1	31	0.00319	0.00000	0.00000
SPC006	절단	'02~'04	3	3	0	0.67333	0.66214	0.94950
SPC006	절단	'05~'07	7	3	4	0.33883	0.00071	0.12990
SPC006	절단	'08~'10	6	0	6	NA	NA	NA
SPC006	절단	'11~'13	13	7	6	0.05737	0.00458	0.17422
SPC006	절단	'14~'16	20	0	20	NA	NA	NA
SPC006	절단	'17~'19	34	6	28	0.02542	0.00001	0.00428
SPC006	절단	'20~'22	14	1	13	0.00185	0.00000	0.00093
SPC007	단조	'05~'07	2	0	2	NA	NA	NA
SPC007	단조	'08~'10	6	0	6	NA	NA	NA
SPC008	연마	'02~'04	9	7	2	0.07970	0.02196	0.30777
SPC008	연마	'05~'07	18	11	7	0.10014	0.01095	0.33835
SPC008	연마	'08~'10	13	2	11	0.11771	0.00000	0.00035
SPC008	연마	'11~'13	12	2	10	0.02677	0.00000	0.00275

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC008	연마	'14~'16	22	2	20	0.01116	0.00000	0.00020
SPC008	연마	'17~'19	29	0	29	NA	NA	NA
SPC008	연마	'20~'22	33	2	31	0.01087	0.00000	0.00001
SPC009	성형	'02~'04	24	18	6	0.18572	0.03563	0.70251
SPC009	성형	'05~'07	615	223	392	0.76384	0.00090	0.37562
SPC009	성형	'08~'10	406	142	264	0.09746	0.00071	0.12308
SPC009	성형	'11~'13	712	138	574	0.03725	0.00002	0.01090
SPC009	성형	'14~'16	902	194	708	0.03000	0.00003	0.01361
SPC009	성형	'17~'19	592	86	506	0.01489	0.00001	0.00389
SPC009	성형	'20~'22	416	60	356	0.02052	0.00000	0.00272
SPC010	용접	'02~'04	8	2	6	0.00781	0.00109	0.02695
SPC010	용접	'05~'07	44	10	34	0.02562	0.00020	0.03181
SPC010	용접	'08~'10	33	2	31	0.00273	0.00000	0.00058
SPC010	용접	'11~'13	37	2	35	0.00279	0.00000	0.00018
SPC010	용접	'14~'16	23	2	21	0.01554	0.00000	0.00007
SPC010	용접	'17~'19	74	4	70	0.00377	0.00000	0.00012
SPC010	용접	'20~'22	272	13	259	0.00288	0.00000	0.00010
SPC011	접착	'02~'04	5	5	0	0.33732	0.17109	1.23062
SPC011	접착	'05~'07	85	39	46	0.07923	0.00331	0.20630
SPC011	접착	'08~'10	99	4	95	0.00122	0.00000	0.00083
SPC011	접착	'11~'13	112	25	87	0.05362	0.00004	0.01929
SPC011	접착	'14~'16	108	24	84	0.03516	0.00006	0.01973
SPC011	접착	'17~'19	50	1	49	0.00030	0.00000	0.00041
SPC011	접착	'20~'22	58	1	57	0.00096	0.00000	0.00000

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC012	조립	'02~'04	37	2	35	0.00399	0.00000	0.00033
SPC012	조립	'05~'07	89	10	79	0.01685	0.00000	0.00171
SPC012	조립	'08~'10	105	38	67	0.05563	0.00101	0.10454
SPC012	조립	'11~'13	138	1	137	0.00078	0.00000	0.00000
SPC012	조립	'14~'16	136	9	127	0.00458	0.00000	0.00131
SPC012	조립	'17~'19	123	13	110	0.01881	0.00000	0.00354
SPC012	조립	'20~'22	119	4	115	0.00335	0.00000	0.00000
SPC013	열처리	'02~'04	6	2	4	0.03745	0.00062	0.04735
SPC013	열처리	'05~'07	7	2	5	0.02488	0.00029	0.02792
SPC013	열처리	'08~'10	24	2	22	0.00657	0.00000	0.00058
SPC013	열처리	'11~'13	85	27	58	0.02277	0.00055	0.04793
SPC013	열처리	'14~'16	166	54	112	0.02415	0.00064	0.05346
SPC013	열처리	'17~'19	160	46	114	0.01407	0.00055	0.03601
SPC013	열처리	'20~'22	135	20	115	0.00636	0.00004	0.00759
SPC014	도금	'02~'04	2	2	0	0.55500	0.40915	1.85505
SPC014	도금	'05~'07	12	2	10	0.01292	0.00003	0.00631
SPC014	도금	'08~'10	2	0	2	NA	NA	NA
SPC014	도금	'11~'13	15	8	7	0.05209	0.00426	0.16089
SPC014	도금	'14~'16	21	4	17	0.13252	0.00000	0.00474
SPC014	도금	'17~'19	36	1	35	0.00376	0.00000	0.00000
SPC014	도금	'20~'22	49	0	49	NA	NA	NA
SPC015	도장	'02~'04	92	19	73	0.05464	0.00004	0.02105
SPC015	도장	'05~'07	525	221	304	0.10355	0.00200	0.20272
SPC015	도장	'08~'10	654	178	476	0.08592	0.00014	0.05096

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC015	도장	'11~'13	985	86	899	0.01122	0.00000	0.00085
SPC015	도장	'14~'16	1,048	242	806	0.03354	0.00005	0.01811
SPC015	도장	'17~'19	946	125	821	0.01542	0.00000	0.00236
SPC015	도장	'20~'22	800	80	720	0.00996	0.00000	0.00078
SPC016	표면처리	'02~'04	10	8	2	0.47408	0.09319	1.77448
SPC016	표면처리	'05~'07	194	111	83	0.11391	0.00934	0.36857
SPC016	표면처리	'08~'10	109	27	82	0.05826	0.00006	0.02534
SPC016	표면처리	'11~'13	149	22	127	0.02368	0.00000	0.00413
SPC016	표면처리	'14~'16	216	57	159	0.05946	0.00007	0.02903
SPC016	표면처리	'17~'19	109	20	89	0.01489	0.00003	0.00957
SPC016	표면처리	'20~'22	164	6	158	0.00321	0.00000	0.00001
SPC017	세척	'02~'04	12	8	4	0.12855	0.01631	0.44370
SPC017	세척	'05~'07	393	110	283	0.07813	0.00016	0.05238
SPC017	세척	'08~'10	318	78	240	0.05057	0.00009	0.03138
SPC017	세척	'11~'13	358	97	261	0.03528	0.00015	0.03459
SPC017	세척	'14~'16	567	99	468	0.04104	0.00001	0.00630
SPC017	세척	'17~'19	462	70	392	0.01454	0.00001	0.00494
SPC017	세척	'20~'22	641	45	596	0.00673	0.00000	0.00038
SPC018	검사	'02~'04	135	44	91	0.05701	0.00092	0.10244
SPC018	검사	'05~'07	2,305	531	1,774	0.04078	0.00014	0.03525
SPC018	검사	'08~'10	2,928	315	2,613	0.01959	0.00000	0.00295
SPC018	검사	'11~'13	3,429	275	3,154	0.01257	0.00000	0.00052
SPC018	검사	'14~'16	5,987	483	5,504	0.01043	0.00000	0.00042
SPC018	검사	'17~'19	8,442	455	7,987	0.00450	0.00000	0.00019

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC018	검사	'20~'22	10,420	351	10,069	0.00464	0.00000	0.00001
SPC019	혼합	'02~'04	29	15	14	0.16186	0.00599	0.39172
SPC019	혼합	'05~'07	170	77	93	0.10101	0.00279	0.22705
SPC019	혼합	'08~'10	176	47	129	0.05296	0.00011	0.03526
SPC019	혼합	'11~'13	130	29	101	0.04384	0.00003	0.01490
SPC019	혼합	'14~'16	294	44	250	0.01840	0.00001	0.00453
SPC019	혼합	'17~'19	322	40	282	0.00724	0.00001	0.00373
SPC019	혼합	'20~'22	293	12	281	0.00260	0.00000	0.00006
SPC020	화학반응	'02~'04	31	20	11	0.15498	0.01978	0.54940
SPC020	화학반응	'05~'07	198	95	103	0.08059	0.00387	0.22172
SPC020	화학반응	'08~'10	257	61	196	0.05292	0.00008	0.02966
SPC020	화학반응	'11~'13	282	50	232	0.02344	0.00004	0.01439
SPC020	화학반응	'14~'16	414	39	375	0.00904	0.00000	0.00147
SPC020	화학반응	'17~'19	634	56	578	0.00674	0.00000	0.00082
SPC020	화학반응	'20~'22	646	104	542	0.00877	0.00004	0.00913
SPC021	분리	'02~'04	34	15	19	0.03049	0.00344	0.10531
SPC021	분리	'05~'07	83	22	61	0.02283	0.00029	0.03641
SPC021	분리	'08~'10	55	13	42	0.02744	0.00013	0.02710
SPC021	분리	'11~'13	62	18	44	0.04442	0.00021	0.04345
SPC021	분리	'14~'16	108	17	91	0.01463	0.00001	0.00599
SPC021	분리	'17~'19	74	16	58	0.01172	0.00011	0.01634
SPC021	분리	'20~'22	86	11	75	0.01365	0.00000	0.00163
SPC022	건조	'05~'07	26	22	4	0.20204	0.07318	0.76731
SPC022	건조	'11~'13	3	0	3	NA	NA	NA

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC022	건조	'14~'16	59	2	57	0.00049	0.00003	0.00138
SPC022	건조	'17~'19	31	1	30	0.00217	0.00000	0.00001
SPC022	건조	'20~'22	175	105	70	0.00729	0.00414	0.02385
SPC023	분쇄	'05~'07	8	0	8	NA	NA	NA
SPC023	분쇄	'08~'10	14	2	12	0.06129	0.00000	0.00130
SPC023	분쇄	'14~'16	3	0	3	NA	NA	NA
SPC023	분쇄	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
SPC023	분쇄	'20~'22	1	0	1	NA	NA	NA
SPC024	침지	'05~'07	13	4	9	0.02715	0.00069	0.05246
SPC024	침지	'08~'10	16	0	16	NA	NA	NA
SPC024	침지	'11~'13	22	0	22	NA	NA	NA
SPC024	침지	'14~'16	9	6	3	0.04668	0.00836	0.17141
SPC024	침지	'17~'19	24	4	20	0.01662	0.00001	0.00341
SPC024	침지	'20~'22	16	2	14	0.00594	0.00001	0.00209
SPC025	살균	'05~'07	2	0	2	NA	NA	NA
SPC026	저장	'02~'04	15	7	8	0.30063	0.00295	0.37561
SPC026	저장	'05~'07	254	19	235	0.02284	0.00000	0.00016
SPC026	저장	'08~'10	896	7	889	0.00057	0.00000	0.00001
SPC026	저장	'11~'13	232	27	205	0.01785	0.00000	0.00258
SPC026	저장	'14~'16	214	12	202	0.00465	0.00000	0.00039
SPC026	저장	'17~'19	177	1	176	0.00046	0.00000	0.00000
SPC026	저장	'20~'22	152	13	139	0.00852	0.00000	0.00028
SPC027	포장	'02~'04	5	0	5	NA	NA	NA
SPC027	포장	'05~'07	53	13	40	0.01105	0.00062	0.03152

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC027	포장	'08~'10	66	9	57	0.02713	0.00000	0.00175
SPC027	포장	'11~'13	234	21	213	0.00858	0.00000	0.00161
SPC027	포장	'14~'16	265	32	233	0.01420	0.00000	0.00293
SPC027	포장	'17~'19	219	37	182	0.01266	0.00002	0.00724
SPC027	포장	'20~'22	301	12	289	0.00569	0.00000	0.00001
SPC028	운반	'02~'04	24	2	22	0.00267	0.00010	0.00633
SPC028	운반	'05~'07	951	101	850	0.01695	0.00000	0.00207
SPC028	운반	'08~'10	581	29	552	0.00512	0.00000	0.00022
SPC028	운반	'11~'13	592	41	551	0.00851	0.00000	0.00037
SPC028	운반	'14~'16	640	51	589	0.00946	0.00000	0.00040
SPC028	운반	'17~'19	626	32	594	0.00473	0.00000	0.00005
SPC028	운반	'20~'22	796	29	767	0.00379	0.00000	0.00003
SPC029	광업	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
SPC030	식품가공	'05~'07	13	2	11	0.01615	0.00001	0.00380
SPC030	식품가공	'08~'10	67	14	53	0.03392	0.00003	0.01245
SPC030	식품가공	'11~'13	47	2	45	0.00168	0.00000	0.00017
SPC030	식품가공	'14~'16	87	15	72	0.01205	0.00003	0.00840
SPC030	식품가공	'17~'19	94	0	94	NA	NA	NA
SPC030	식품가공	'20~'22	237	0	237	NA	NA	NA
SPC031	섬유가공	'02~'04	2	2	0	0.28000	0.22249	0.85609
SPC031	섬유가공	'05~'07	6	0	6	NA	NA	NA
SPC031	섬유가공	'08~'10	10	3	7	0.03091	0.00027	0.03351
SPC031	섬유가공	'11~'13	5	0	5	NA	NA	NA
SPC031	섬유가공	'14~'16	1	0	1	NA	NA	NA

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC031	섬유가공	'17~'19	8	0	8	NA	NA	NA
SPC032	신발제조	'11~'13	2	2	0	0.06655	0.06646	0.07488
SPC032	신발제조	'17~'19	14	0	14	NA	NA	NA
SPC032	신발제조	'20~'22	24	1	23	0.00058	0.00002	0.00143
SPC033	인쇄	'02~'04	58	36	22	0.09240	0.01262	0.33403
SPC033	인쇄	'05~'07	632	327	305	0.11272	0.00564	0.31552
SPC033	인쇄	'08~'10	476	86	390	0.07242	0.00001	0.00962
SPC033	인쇄	'11~'13	442	125	317	0.04301	0.00020	0.04349
SPC033	인쇄	'14~'16	138	44	94	0.11720	0.00024	0.07567
SPC033	인쇄	'17~'19	148	10	138	0.00694	0.00000	0.00016
SPC033	인쇄	'20~'22	82	2	80	0.00083	0.00000	0.00003
SPC034	종이/펄프 제조	'02~'04	13	13	0	0.34271	0.20800	1.10413
SPC034	종이/펄프 제조	'05~'07	1	1	0	0.13200	0.13200	NA
SPC034	종이/펄프 제조	'08~'10	2	0	2	NA	NA	NA
SPC034	종이/펄프 제조	'14~'16	8	0	8	NA	NA	NA
SPC034	종이/펄프 제조	'17~'19	11	0	11	NA	NA	NA
SPC034	종이/펄프 제조	'20~'22	6	0	6	NA	NA	NA
SPC035	목재가공	'02~'04	1	0	1	NA	NA	NA
SPC035	목재가공	'05~'07	8	4	4	0.04558	0.00433	0.14037
SPC035	목재가공	'14~'16	2	2	0	0.04095	0.04088	0.04665
SPC036	전기전자산업	'02~'04	26	5	21	0.00826	0.00031	0.01989
SPC036	전기전자산업	'05~'07	13	13	0	0.20542	0.20287	0.26562
SPC036	전기전자산업	'08~'10	23	12	11	0.19482	0.00508	0.40411
SPC036	전기전자산업	'11~'13	43	8	35	0.01212	0.00015	0.01867

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC036	전기전자산업	'14~'16	115	6	109	0.00200	0.00002	0.00289
SPC036	전기전자산업	'17~'19	223	12	211	0.00240	0.00000	0.00074
SPC036	전기전자산업	'20~'22	746	27	719	0.00339	0.00000	0.00001
SPC036_1	웨이퍼 제조	'02~'04	1	0	1	NA	NA	NA
SPC036_1	웨이퍼 제조	'14~'16	11	0	11	NA	NA	NA
SPC036_1	웨이퍼 제조	'17~'19	8	0	8	NA	NA	NA
SPC036_1	웨이퍼 제조	'20~'22	5	1	4	0.00883	0.00005	0.00525
SPC036_21	포토	'02~'04	1	0	1	NA	NA	NA
SPC036_21	포토	'05~'07	29	19	10	0.11229	0.01879	0.41773
SPC036_21	포토	'08~'10	16	6	10	0.16284	0.00043	0.10021
SPC036_21	포토	'11~'13	38	8	30	0.04417	0.00002	0.00960
SPC036_21	포토	'14~'16	27	4	23	0.00870	0.00002	0.00523
SPC036_21	포토	'17~'19	57	0	57	NA	NA	NA
SPC036_21	포토	'20~'22	64	0	64	NA	NA	NA
SPC036_3	웨이퍼 조립	'08~'10	3	0	3	NA	NA	NA
SPC036_3	웨이퍼 조립	'11~'13	21	0	21	NA	NA	NA
SPC036_3	웨이퍼 조립	'14~'16	19	0	19	NA	NA	NA
SPC036_3	웨이퍼 조립	'17~'19	3	0	3	NA	NA	NA
SPC036_3	웨이퍼 조립	'20~'22	4	0	4	NA	NA	NA
SPC037	폐기물처리	'05~'07	50	34	16	0.17890	0.01745	0.59982
SPC037	폐기물처리	'08~'10	72	6	66	0.00856	0.00000	0.00084
SPC037	폐기물처리	'11~'13	95	18	77	0.02518	0.00003	0.01281
SPC037	폐기물처리	'14~'16	156	11	145	0.00661	0.00000	0.00029
SPC037	폐기물처리	'17~'19	128	9	119	0.00946	0.00000	0.00029

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC037	폐기물처리	'20~'22	126	5	121	0.01155	0.00000	0.00000
SPC038	조경공사	'14~'16	8	0	8	NA	NA	NA
SPC038	조경공사	'17~'19	10	0	10	NA	NA	NA
SPC038	조경공사	'20~'22	57	0	57	NA	NA	NA
SPC039	토공사	'08~'10	1	0	1	NA	NA	NA
SPC039	토공사	'11~'13	2	0	2	NA	NA	NA
SPC039	토공사	'14~'16	7	0	7	NA	NA	NA
SPC039	토공사	'17~'19	12	0	12	NA	NA	NA
SPC039	토공사	'20~'22	34	7	27	0.00843	0.00008	0.01151
SPC040	포장공사	'05~'07	2	2	0	0.05260	0.05260	0.05260
SPC040	포장공사	'11~'13	2	0	2	NA	NA	NA
SPC040	포장공사	'17~'19	8	0	8	NA	NA	NA
SPC040	포장공사	'20~'22	16	0	16	NA	NA	NA
SPC041	보링·그라우팅공사	'17~'19	49	0	49	NA	NA	NA
SPC041	보링·그라우팅공사	'20~'22	4	3	1	0.04405	0.01195	0.16631
SPC042	파일공사	'08~'10	3	0	3	NA	NA	NA
SPC042	파일공사	'11~'13	2	0	2	NA	NA	NA
SPC042	파일공사	'17~'19	7	1	6	0.01254	0.00000	0.00100
SPC042	파일공사	'20~'22	7	3	4	0.02547	0.00138	0.06193
SPC043	실내건축공사	'11~'13	2	0	2	NA	NA	NA
SPC043	실내건축공사	'14~'16	1	0	1	NA	NA	NA
SPC044	목재구조물공사	'02~'04	6	6	0	0.02967	0.02912	0.04101
SPC044	목재구조물공사	'05~'07	1	0	1	NA	NA	NA
SPC044	목재구조물공사	'11~'13	4	0	4	NA	NA	NA

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC044	목재구조물공사	'14~'16	158	1	157	0.00095	0.00000	0.00000
SPC044	목재구조물공사	'17~'19	548	4	544	0.00137	0.00000	0.00000
SPC044	목재구조물공사	'20~'22	523	10	513	0.00734	0.00000	0.00000
SPC045	창호공사	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
SPC045	창호공사	'20~'22	2	0	2	NA	NA	NA
SPC046	금속구조물공사	'05~'07	32	6	26	0.06465	0.00001	0.00792
SPC046	금속구조물공사	'08~'10	15	0	15	NA	NA	NA
SPC046	금속구조물공사	'11~'13	48	3	45	0.01432	0.00000	0.00004
SPC046	금속구조물공사	'14~'16	66	4	62	0.00673	0.00000	0.00004
SPC046	금속구조물공사	'17~'19	68	5	63	0.01478	0.00000	0.00064
SPC046	금속구조물공사	'20~'22	49	3	46	0.00142	0.00000	0.00095
SPC047	온실설치공사	'14~'16	2	0	2	NA	NA	NA
SPC047	온실설치공사	'17~'19	4	0	4	NA	NA	NA
SPC047	온실설치공사	'20~'22	13	0	13	NA	NA	NA
SPC048	지붕·판금공사	'08~'10	4	0	4	NA	NA	NA
SPC048	지붕·판금공사	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
SPC049	건축물조립공사	'14~'16	2	0	2	NA	NA	NA
SPC050	미장공사	'17~'19	4	0	4	NA	NA	NA
SPC050	미장공사	'20~'22	4	0	4	NA	NA	NA
SPC052	방수공사	'14~'16	88	24	64	0.02062	0.00021	0.02996
SPC052	방수공사	'17~'19	571	37	534	0.00474	0.00000	0.00027
SPC052	방수공사	'20~'22	151	7	144	0.00262	0.00000	0.00008
SPC055	철근·콘크리트공사	'11~'13	2	0	2	NA	NA	NA
SPC055	철근·콘크리트공사	'20~'22	28	1	27	0.00183	0.00000	0.00003

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC056	구조물해체공사	'17~'19	7	1	6	0.00166	0.00100	0.00548
SPC056	구조물해체공사	'20~'22	27	0	27	NA	NA	NA
SPC057	비계공사	'14~'16	1	0	1	NA	NA	NA
SPC057	비계공사	'17~'19	29	2	27	0.01692	0.00000	0.00001
SPC057	비계공사	'20~'22	194	20	174	0.00968	0.00000	0.00083
SPC059	철도·궤도공사	'08~'10	2	0	2	NA	NA	NA
SPC060	철강구조물공사	'11~'13	1	0	1	NA	NA	NA
SPC060	철강구조물공사	'14~'16	20	1	19	0.01529	0.00000	0.00000
SPC060	철강구조물공사	'17~'19	8	0	8	NA	NA	NA
SPC060	철강구조물공사	'20~'22	1	0	1	NA	NA	NA
SPC062	준설공사	'11~'13	1	0	1	NA	NA	NA
SPC062	준설공사	'14~'16	4	2	2	0.35418	0.00073	0.07403
SPC062	준설공사	'17~'19	4	0	4	NA	NA	NA
SPC065	기계설비공사	'11~'13	2	0	2	NA	NA	NA
SPC065	기계설비공사	'14~'16	16	2	14	0.03281	0.00000	0.00025
SPC065	기계설비공사	'17~'19	97	7	90	0.01150	0.00000	0.00008
SPC065	기계설비공사	'20~'22	322	9	313	0.00364	0.00000	0.00000
SPC068	시설물유지관리공사	'08~'10	4	0	4	NA	NA	NA
SPC068	시설물유지관리공사	'11~'13	14	0	14	NA	NA	NA
SPC068	시설물유지관리공사	'14~'16	30	9	21	0.01468	0.00035	0.02976
SPC068	시설물유지관리공사	'17~'19	40	12	28	0.02672	0.00029	0.03870
SPC068	시설물유지관리공사	'20~'22	86	3	83	0.00412	0.00000	0.00000
SPC069	건강관리	'05~'07	7	0	7	NA	NA	NA
SPC069	건강관리	'08~'10	10	0	10	NA	NA	NA

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC069	건강관리	'14~'16	6	0	6	NA	NA	NA
SPC069	건강관리	'17~'19	23	0	23	NA	NA	NA
SPC070	정비	'02~'04	35	2	33	0.07312	0.00000	0.00000
SPC070	정비	'05~'07	156	66	90	0.08143	0.00224	0.18264
SPC070	정비	'08~'10	376	225	151	0.03657	0.00708	0.13945
SPC070	정비	'11~'13	467	52	415	0.00746	0.00003	0.00650
SPC070	정비	'14~'16	790	145	645	0.00791	0.00017	0.01607
SPC070	정비	'17~'19	845	192	653	0.01012	0.00025	0.02186
SPC070	정비	'20~'22	1,475	65	1,410	0.00239	0.00000	0.00045
SPC071	염색	'05~'07	1	1	0	10.00000	10.00000	10.00000
SPC071	염색	'08~'10	4	1	3	0.20016	0.00000	0.00075
SPC071	염색	'11~'13	4	1	3	0.00326	0.00326	0.00347
SPC071	염색	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA

ND, 불검출; AM, 산술평균; GM, 기하평균

[부록 4] 포름알데히드 기초통계

- 산업분류별(또는 공정별)로 특정 기간에 작업환경측정자료가 없는 경우 기초통계값을 생성하지 않음. 예를 들어, '작물 재배업'(011)의 경우 2002년부터 2010년까지의 포름알데히드 자료가 존재하지 않아 '02~'04, '05~'07, '08~'10년도의 통계값들이 생성되지 않음.

[부록 4-1] 포름알데히드 연도별 기초통계

연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
'02~'04	5,504	4,958	546	0.11185	0.02580	0.43165
'05~'07	27,809	22,211	5,598	0.08743	0.01243	0.32021
'08~'10	23,638	19,131	4,507	0.04991	0.00998	0.19092
'11~'13	32,221	24,363	7,858	0.03367	0.00596	0.12722
'14~'16	51,297	38,111	13,186	0.02322	0.00449	0.08855
'17~'19	62,416	43,027	19,389	0.01561	0.00286	0.05922
'20~'22	75,253	48,533	26,720	0.01420	0.00212	0.05242

ND, 불검출; AM, 산술평균; GM, 기하평균

[부록 4-2] 포름알데히드 산업소분류 및 연도별 기초통계

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
011	작물 재배업	'11~'13	3	3	0	0.01460	0.00919	3.67273
011	작물 재배업	'14~'16	16	10	6	0.03255	0.00540	10.44752
011	작물 재배업	'17~'19	15	9	6	0.01088	0.00291	6.44959
011	작물 재배업	'20~'22	24	12	12	0.00692	0.00166	5.60603
012	축산업	'11~'13	20	20	0	0.14162	0.05447	4.15275
012	축산업	'14~'16	43	43	0	0.05965	0.01892	5.87503
012	축산업	'17~'19	102	83	19	0.01983	0.00554	6.06772
012	축산업	'20~'22	110	52	58	0.01166	0.00214	7.61006
014	작물재배 및 축산 관련 서비스업	'08~'10	3	1	2	0.00758	0.00170	9.11388
014	작물재배 및 축산 관련 서비스업	'11~'13	14	10	4	0.01844	0.00738	6.60568
014	작물재배 및 축산 관련 서비스업	'14~'16	8	8	0	0.01156	0.00606	3.83832
014	작물재배 및 축산 관련 서비스업	'17~'19	227	184	43	0.02532	0.00938	6.11999
014	작물재배 및 축산 관련 서비스업	'20~'22	16	12	4	0.00505	0.00284	3.87224
020	임업	'08~'10	3	3	0	0.00787	0.00630	2.45112
020	임업	'11~'13	7	6	1	0.05186	0.01706	7.22177
020	임업	'14~'16	5	5	0	0.01764	0.01727	1.26765
020	임업	'20~'22	8	4	4	0.01485	0.00280	9.98936
032	양식어업 및 어업관련 서비스업	'14~'16	10	7	3	0.01850	0.00419	7.41896
032	양식어업 및 어업관련 서비스업	'17~'19	12	10	2	0.01398	0.00418	5.24960
032	양식어업 및 어업관련 서비스업	'20~'22	20	12	8	0.01088	0.00282	6.98700
062	비철금속 광업	'05~'07	8	8	0	0.18475	0.16183	1.74037
062	비철금속 광업	'08~'10	16	16	0	0.19038	0.18296	1.34121

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
062	비철금속 광업	'14~'16	6	4	2	0.01105	0.00441	6.79288
062	비철금속 광업	'17~'19	12	9	3	0.01764	0.00655	6.65076
062	비철금속 광업	'20~'22	12	12	0	0.02073	0.01281	3.03982
071	토사석 광업	'05~'07	39	39	0	0.32224	0.29232	1.59712
072	기타 비금속광물 광업	'02~'04	11	11	0	0.24831	0.05189	7.26603
072	기타 비금속광물 광업	'05~'07	2	0	2	0.00056	0.00056	1.00000
072	기타 비금속광물 광업	'20~'22	4	4	0	0.02443	0.01561	3.59135
101	도축, 육류 가공 및 저장 처리업	'08~'10	6	6	0	0.01810	0.01348	2.38506
101	도축, 육류 가공 및 저장 처리업	'11~'13	6	6	0	0.05803	0.03435	3.76839
101	도축, 육류 가공 및 저장 처리업	'14~'16	4	1	3	0.00054	0.00049	1.61315
101	도축, 육류 가공 및 저장 처리업	'17~'19	12	10	2	0.03639	0.00935	7.88350
101	도축, 육류 가공 및 저장 처리업	'20~'22	2	1	1	0.00473	0.00180	9.93087
102	수산물 가공 및 저장 처리업	'05~'07	4	4	0	0.00910	0.00452	4.62045
102	수산물 가공 및 저장 처리업	'08~'10	11	11	0	0.03317	0.03022	1.58590
102	수산물 가공 및 저장 처리업	'11~'13	4	3	1	0.05138	0.01492	12.28982
102	수산물 가공 및 저장 처리업	'14~'16	9	7	2	0.01477	0.00578	6.01777
102	수산물 가공 및 저장 처리업	'17~'19	11	10	1	0.00608	0.00395	3.04777
102	수산물 가공 및 저장 처리업	'20~'22	26	16	10	0.01664	0.00358	7.95165
103	과실, 채소 가공 및 저장 처리업	'05~'07	24	19	5	0.04942	0.01022	7.10082
103	과실, 채소 가공 및 저장 처리업	'08~'10	18	14	4	0.08893	0.01744	10.40677
103	과실, 채소 가공 및 저장 처리업	'11~'13	31	28	3	0.02123	0.00917	4.40520
103	과실, 채소 가공 및 저장 처리업	'14~'16	51	33	18	0.01363	0.00301	6.10829
103	과실, 채소 가공 및 저장 처리업	'17~'19	42	28	14	0.00987	0.00303	5.67814
103	과실, 채소 가공 및 저장 처리업	'20~'22	24	13	11	0.00495	0.00165	5.00755

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
104	동물성 및 식물성 유지 제조업	'08~'10	3	2	1	0.01076	0.00419	7.40364
104	동물성 및 식물성 유지 제조업	'11~'13	9	8	1	0.05732	0.02261	6.38247
104	동물성 및 식물성 유지 제조업	'14~'16	8	8	0	0.02378	0.01876	2.37794
104	동물성 및 식물성 유지 제조업	'17~'19	21	8	13	0.00742	0.00125	5.57433
104	동물성 및 식물성 유지 제조업	'20~'22	24	4	20	0.00329	0.00059	3.74833
105	낙농제품 및 식용 빙과류 제조업	'14~'16	18	13	5	0.02270	0.00469	6.58540
105	낙농제품 및 식용 빙과류 제조업	'17~'19	31	17	14	0.00409	0.00146	4.36091
105	낙농제품 및 식용 빙과류 제조업	'20~'22	40	10	30	0.00251	0.00077	4.04594
106	곡물 가공품, 전분 및 전분제품 제조업	'05~'07	9	4	5	0.00299	0.00173	3.21122
106	곡물 가공품, 전분 및 전분제품 제조업	'08~'10	6	6	0	0.00708	0.00564	2.36858
106	곡물 가공품, 전분 및 전분제품 제조업	'11~'13	15	15	0	0.01289	0.00927	2.39550
106	곡물 가공품, 전분 및 전분제품 제조업	'14~'16	15	14	1	0.01562	0.00569	5.14807
106	곡물 가공품, 전분 및 전분제품 제조업	'20~'22	16	16	0	0.00423	0.00346	1.94917
107	기타 식품 제조업	'02~'04	10	9	1	0.03739	0.01755	4.56775
107	기타 식품 제조업	'05~'07	98	84	14	0.14394	0.02941	10.78682
107	기타 식품 제조업	'08~'10	51	36	15	0.00880	0.00348	4.57807
107	기타 식품 제조업	'11~'13	102	65	37	0.01569	0.00372	6.34026
107	기타 식품 제조업	'14~'16	276	228	48	0.01752	0.00556	5.36319
107	기타 식품 제조업	'17~'19	437	282	155	0.01108	0.00256	5.90017
107	기타 식품 제조업	'20~'22	351	200	151	0.01555	0.00303	7.92166
108	동물용 사료 및 조제식품 제조업	'02~'04	7	7	0	0.13032	0.11288	1.87560
108	동물용 사료 및 조제식품 제조업	'05~'07	7	7	0	0.13667	0.02663	12.54538
108	동물용 사료 및 조제식품 제조업	'08~'10	2	2	0	0.02585	0.02463	1.55807
108	동물용 사료 및 조제식품 제조업	'14~'16	11	11	0	0.01679	0.00747	3.88139

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
108	동물용 사료 및 조제식품 제조업	'17~'19	4	4	0	0.03060	0.02359	2.38665
108	동물용 사료 및 조제식품 제조업	'20~'22	11	6	5	0.00177	0.00079	2.94223
111	알코올 음료 제조업	'02~'04	8	8	0	0.04055	0.02950	2.47675
111	알코올 음료 제조업	'05~'07	73	46	27	0.03301	0.00446	7.77570
111	알코올 음료 제조업	'08~'10	25	25	0	0.03092	0.01209	3.97761
111	알코올 음료 제조업	'11~'13	10	8	2	0.01053	0.00334	5.12410
111	알코올 음료 제조업	'14~'16	66	60	6	0.01683	0.00740	4.12427
111	알코올 음료 제조업	'17~'19	75	44	31	0.00983	0.00241	6.15900
111	알코올 음료 제조업	'20~'22	49	32	17	0.00951	0.00345	6.02703
112	비알코올 음료 및 얼음 제조업	'05~'07	8	6	2	0.01209	0.00598	4.85471
112	비알코올 음료 및 얼음 제조업	'08~'10	42	36	6	0.03182	0.01301	5.34250
112	비알코올 음료 및 얼음 제조업	'11~'13	72	66	6	0.02277	0.01388	3.61709
112	비알코올 음료 및 얼음 제조업	'14~'16	114	100	14	0.02128	0.00829	4.93956
112	비알코올 음료 및 얼음 제조업	'17~'19	62	46	16	0.01330	0.00551	5.63887
112	비알코올 음료 및 얼음 제조업	'20~'22	66	47	19	0.01640	0.00478	6.83644
120	담배 제조업	'05~'07	3	3	0	0.01673	0.01013	3.28423
120	담배 제조업	'08~'10	2	0	2	0.00052	0.00052	1.00000
120	담배 제조업	'17~'19	8	0	8	0.00037	0.00037	1.01186
131	방적 및 가공사 제조업	'02~'04	23	19	4	0.16148	0.02562	12.63051
131	방적 및 가공사 제조업	'05~'07	63	51	12	0.20373	0.02200	15.13873
131	방적 및 가공사 제조업	'08~'10	27	13	14	0.06572	0.00719	17.26827
131	방적 및 가공사 제조업	'11~'13	41	26	15	0.02165	0.00448	7.81959
131	방적 및 가공사 제조업	'14~'16	12	7	5	0.04937	0.00696	13.90600
131	방적 및 가공사 제조업	'17~'19	11	10	1	0.05313	0.03061	5.19844

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
132	식물 직조 및 식물제품 제조업	'02~'04	111	106	5	0.09503	0.01893	5.72818
132	식물 직조 및 식물제품 제조업	'05~'07	230	180	50	0.07265	0.01241	8.25325
132	식물 직조 및 식물제품 제조업	'08~'10	111	96	15	0.02589	0.01346	4.69165
132	식물 직조 및 식물제품 제조업	'11~'13	140	106	34	0.01024	0.00404	4.53984
132	식물 직조 및 식물제품 제조업	'14~'16	88	80	8	0.01978	0.00696	4.42925
132	식물 직조 및 식물제품 제조업	'17~'19	43	23	20	0.00387	0.00145	4.33433
132	식물 직조 및 식물제품 제조업	'20~'22	38	14	24	0.01071	0.00145	7.19905
133	편조 원단 제조업	'02~'04	1	1	0	0.02180	0.02180	1.00000
134	섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업	'02~'04	141	115	26	0.09305	0.01939	8.25025
134	섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업	'05~'07	784	550	234	0.07275	0.01128	10.48101
134	섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업	'08~'10	337	285	52	0.03173	0.00880	5.69613
134	섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업	'11~'13	212	110	102	0.01394	0.00229	6.47194
134	섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업	'14~'16	285	139	146	0.01093	0.00191	6.44677
134	섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업	'17~'19	153	72	81	0.01059	0.00174	6.44587
134	섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업	'20~'22	85	37	48	0.01303	0.00176	7.89341
139	기타 섬유제품 제조업	'02~'04	144	120	24	0.08225	0.01417	7.69806
139	기타 섬유제품 제조업	'05~'07	401	326	75	0.05201	0.01041	6.68292
139	기타 섬유제품 제조업	'08~'10	320	293	27	0.06878	0.02518	5.16365
139	기타 섬유제품 제조업	'11~'13	248	216	32	0.04066	0.01082	5.92042
139	기타 섬유제품 제조업	'14~'16	220	152	68	0.01942	0.00461	7.03352
139	기타 섬유제품 제조업	'17~'19	227	152	75	0.01121	0.00316	5.77242
139	기타 섬유제품 제조업	'20~'22	245	181	64	0.01572	0.00457	6.32615
141	봉제의복 제조업	'08~'10	2	2	0	0.00200	0.00200	1.00000
141	봉제의복 제조업	'11~'13	3	1	2	0.00873	0.00170	10.34643

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
142	모피제품 제조업	'02~'04	10	7	3	0.00649	0.00361	3.45962
142	모피제품 제조업	'05~'07	49	41	8	0.02083	0.00731	4.35824
142	모피제품 제조업	'08~'10	12	10	2	0.06775	0.01815	9.45002
142	모피제품 제조업	'11~'13	4	4	0	0.00960	0.00762	2.23209
142	모피제품 제조업	'14~'16	2	0	2	0.00038	0.00038	1.00000
142	모피제품 제조업	'17~'19	6	2	4	0.00078	0.00060	2.14761
142	모피제품 제조업	'20~'22	12	7	5	0.00821	0.00162	5.79786
144	의복 액세서리 제조업	'02~'04	5	5	0	0.06686	0.05298	2.01179
144	의복 액세서리 제조업	'05~'07	11	11	0	0.02520	0.01250	4.57443
144	의복 액세서리 제조업	'08~'10	1	1	0	0.15260	0.15260	1.00000
144	의복 액세서리 제조업	'17~'19	10	4	6	0.00971	0.00188	8.27994
151	가죽, 가방 및 유사 제품 제조업	'02~'04	8	6	2	0.05272	0.01105	9.13197
151	가죽, 가방 및 유사 제품 제조업	'05~'07	35	30	5	0.07265	0.01761	6.79112
151	가죽, 가방 및 유사 제품 제조업	'08~'10	11	11	0	0.02842	0.01506	3.94164
151	가죽, 가방 및 유사 제품 제조업	'11~'13	12	10	2	0.02375	0.00573	6.67110
151	가죽, 가방 및 유사 제품 제조업	'14~'16	20	19	1	0.03142	0.01829	3.79125
151	가죽, 가방 및 유사 제품 제조업	'17~'19	19	15	4	0.03345	0.01167	7.37489
151	가죽, 가방 및 유사 제품 제조업	'20~'22	31	16	15	0.00916	0.00210	6.79260
152	신발 및 신발 부분품 제조업	'11~'13	6	4	2	0.00709	0.00358	5.17526
152	신발 및 신발 부분품 제조업	'14~'16	15	13	2	0.03220	0.01336	5.83844
152	신발 및 신발 부분품 제조업	'17~'19	43	40	3	0.03416	0.01345	4.38256
152	신발 및 신발 부분품 제조업	'20~'22	6	5	1	0.00976	0.00617	4.24992
161	제재 및 목재 가공업	'02~'04	46	42	4	0.14383	0.06496	5.94497
161	제재 및 목재 가공업	'05~'07	123	113	10	0.06131	0.02415	5.22504

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
161	제재 및 목재 가공업	'08~'10	89	81	8	0.05881	0.02541	5.61277
161	제재 및 목재 가공업	'11~'13	149	122	27	0.06553	0.01436	8.87772
161	제재 및 목재 가공업	'14~'16	165	124	41	0.03687	0.00776	8.86056
161	제재 및 목재 가공업	'17~'19	230	160	70	0.01948	0.00546	7.23901
161	제재 및 목재 가공업	'20~'22	345	224	121	0.02576	0.00563	9.03292
162	나무제품 제조업	'02~'04	479	467	12	0.27077	0.11935	5.11580
162	나무제품 제조업	'05~'07	1,654	1,461	193	0.26963	0.05155	9.75712
162	나무제품 제조업	'08~'10	1,098	1,015	83	0.11146	0.04125	6.28286
162	나무제품 제조업	'11~'13	945	858	87	0.10966	0.03895	7.04993
162	나무제품 제조업	'14~'16	961	775	186	0.08143	0.01766	9.91746
162	나무제품 제조업	'17~'19	625	487	138	0.03480	0.00869	7.99313
162	나무제품 제조업	'20~'22	784	638	146	0.03674	0.01237	7.15311
163	코르크 및 조물 제품 제조업	'05~'07	32	32	0	0.01886	0.01365	2.46175
171	펄프, 종이 및 판지 제조업	'02~'04	47	43	4	0.23852	0.04571	9.79341
171	펄프, 종이 및 판지 제조업	'05~'07	152	126	26	0.07201	0.01658	7.59519
171	펄프, 종이 및 판지 제조업	'08~'10	95	78	17	0.02698	0.01014	5.57199
171	펄프, 종이 및 판지 제조업	'11~'13	114	90	24	0.05773	0.01064	8.76385
171	펄프, 종이 및 판지 제조업	'14~'16	128	111	17	0.05626	0.01357	7.41452
171	펄프, 종이 및 판지 제조업	'17~'19	158	116	42	0.03822	0.00823	9.41894
171	펄프, 종이 및 판지 제조업	'20~'22	148	91	57	0.03779	0.00429	10.26510
172	골판지, 종이 상자 및 종이 용기 제조업	'02~'04	39	27	12	0.00932	0.00425	4.16569
172	골판지, 종이 상자 및 종이 용기 제조업	'05~'07	155	117	38	0.00955	0.00394	3.94995
172	골판지, 종이 상자 및 종이 용기 제조업	'08~'10	56	46	10	0.01728	0.00560	5.00309
172	골판지, 종이 상자 및 종이 용기 제조업	'11~'13	22	8	14	0.00296	0.00112	3.77025

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
172	골판지, 종이 상자 및 종이 용기 제조업	'14~'16	22	17	5	0.01047	0.00441	4.91472
172	골판지, 종이 상자 및 종이 용기 제조업	'17~'19	18	16	2	0.00914	0.00615	3.36040
172	골판지, 종이 상자 및 종이 용기 제조업	'20~'22	4	4	0	0.00285	0.00242	2.01705
179	기타 종이 및 판지 제품 제조업	'02~'04	44	36	8	0.05194	0.01049	6.71973
179	기타 종이 및 판지 제품 제조업	'05~'07	175	154	21	0.07971	0.01445	8.03765
179	기타 종이 및 판지 제품 제조업	'08~'10	61	50	11	0.05833	0.01168	7.95889
179	기타 종이 및 판지 제품 제조업	'11~'13	32	17	15	0.02177	0.00335	8.77498
179	기타 종이 및 판지 제품 제조업	'14~'16	82	65	17	0.03619	0.00764	7.86147
179	기타 종이 및 판지 제품 제조업	'17~'19	70	54	16	0.02222	0.00674	7.02875
179	기타 종이 및 판지 제품 제조업	'20~'22	79	60	19	0.01790	0.00475	6.44709
181	인쇄 및 인쇄관련 산업	'02~'04	23	22	1	0.03895	0.01954	4.05919
181	인쇄 및 인쇄관련 산업	'05~'07	173	147	26	0.02496	0.00930	4.68682
181	인쇄 및 인쇄관련 산업	'08~'10	154	131	23	0.01700	0.00692	4.27273
181	인쇄 및 인쇄관련 산업	'11~'13	87	58	29	0.01447	0.00386	6.15372
181	인쇄 및 인쇄관련 산업	'14~'16	180	134	46	0.01555	0.00526	5.62100
181	인쇄 및 인쇄관련 산업	'17~'19	186	125	61	0.01682	0.00421	6.77093
181	인쇄 및 인쇄관련 산업	'20~'22	224	165	59	0.01490	0.00480	5.93764
182	기록매체 복제업	'05~'07	6	6	0	0.60740	0.29212	5.66003
182	기록매체 복제업	'17~'19	4	2	2	0.00191	0.00109	3.67202
182	기록매체 복제업	'20~'22	2	1	1	0.00058	0.00053	1.77958
191	코크스 및 연탄 제조업	'05~'07	1	1	0	0.00690	0.00690	1.00000
191	코크스 및 연탄 제조업	'08~'10	1	1	0	0.00630	0.00630	1.00000
192	석유 정제품 제조업	'02~'04	22	22	0	0.02557	0.01843	2.34774
192	석유 정제품 제조업	'05~'07	355	273	82	0.04448	0.00998	7.07729

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
192	석유 정제품 제조업	'08~'10	242	205	37	0.05458	0.01712	7.02501
192	석유 정제품 제조업	'11~'13	244	215	29	0.04808	0.01589	6.28973
192	석유 정제품 제조업	'14~'16	265	178	87	0.02496	0.00499	8.07102
192	석유 정제품 제조업	'17~'19	182	104	78	0.01010	0.00244	6.23436
192	석유 정제품 제조업	'20~'22	79	46	33	0.00919	0.00235	6.05822
201	기초 화학물질 제조업	'02~'04	160	152	8	0.09518	0.02463	5.79570
201	기초 화학물질 제조업	'05~'07	722	605	117	0.08519	0.01743	7.89267
201	기초 화학물질 제조업	'08~'10	483	401	82	0.05195	0.01304	7.01902
201	기초 화학물질 제조업	'11~'13	719	536	183	0.03028	0.00668	7.27660
201	기초 화학물질 제조업	'14~'16	961	593	368	0.02055	0.00364	7.66247
201	기초 화학물질 제조업	'17~'19	1,040	632	408	0.01228	0.00269	6.35697
201	기초 화학물질 제조업	'20~'22	1,166	593	573	0.00984	0.00181	6.39525
202	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	'02~'04	178	166	12	0.11813	0.03926	5.90217
202	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	'05~'07	525	461	64	0.10596	0.02501	7.45102
202	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	'08~'10	499	419	80	0.06833	0.01804	7.52212
202	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	'11~'13	682	527	155	0.03958	0.00924	7.73551
202	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	'14~'16	1,098	849	249	0.02872	0.00643	7.18200
202	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	'17~'19	775	482	293	0.01578	0.00336	7.21964
202	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	'20~'22	1,389	752	637	0.01221	0.00236	7.08797
203	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	'02~'04	10	9	1	0.05795	0.01787	5.12008
203	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	'05~'07	36	26	10	0.02854	0.00814	6.99963
203	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	'08~'10	9	9	0	0.00697	0.00453	2.65829
203	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	'11~'13	25	22	3	0.02004	0.00800	4.84642
203	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	'14~'16	40	30	10	0.00499	0.00250	3.59824

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
203	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	'17~'19	349	235	114	0.01683	0.00450	6.96992
203	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	'20~'22	16	8	8	0.00238	0.00112	3.55768
204	기타 화학제품 제조업	'02~'04	290	261	29	0.14488	0.03080	8.18777
204	기타 화학제품 제조업	'05~'07	1,560	1,295	265	0.05880	0.01376	7.03453
204	기타 화학제품 제조업	'08~'10	1,193	1,038	155	0.04577	0.01268	6.16871
204	기타 화학제품 제조업	'11~'13	1,386	1,042	344	0.01849	0.00490	5.81751
204	기타 화학제품 제조업	'14~'16	2,488	1,904	584	0.01818	0.00467	6.03483
204	기타 화학제품 제조업	'17~'19	3,384	2,320	1,064	0.01216	0.00332	5.84242
204	기타 화학제품 제조업	'20~'22	3,560	2,275	1,285	0.01364	0.00322	6.76384
205	화학섬유 제조업	'02~'04	38	34	4	0.02414	0.00714	4.00168
205	화학섬유 제조업	'05~'07	21	14	7	0.00678	0.00273	3.89581
205	화학섬유 제조업	'08~'10	30	16	14	0.03406	0.00394	10.11188
205	화학섬유 제조업	'11~'13	43	19	24	0.01330	0.00234	7.45446
205	화학섬유 제조업	'14~'16	24	17	7	0.02011	0.00370	7.20748
205	화학섬유 제조업	'17~'19	97	59	38	0.01546	0.00325	7.12709
205	화학섬유 제조업	'20~'22	97	57	40	0.01244	0.00255	6.85493
211	기초 의약 물질 및 생물학적 제제 제조업	'02~'04	2	2	0	0.00875	0.00827	1.61291
211	기초 의약 물질 및 생물학적 제제 제조업	'05~'07	6	6	0	0.05972	0.01226	7.64147
211	기초 의약 물질 및 생물학적 제제 제조업	'08~'10	28	21	7	0.02869	0.01050	7.04549
211	기초 의약 물질 및 생물학적 제제 제조업	'11~'13	76	41	35	0.01359	0.00240	6.51753
211	기초 의약 물질 및 생물학적 제제 제조업	'14~'16	373	242	131	0.01910	0.00447	7.49585
211	기초 의약 물질 및 생물학적 제제 제조업	'17~'19	564	294	270	0.00696	0.00183	5.45051
211	기초 의약 물질 및 생물학적 제제 제조업	'20~'22	795	437	358	0.00704	0.00192	5.55564
212	의약품 제조업	'02~'04	14	14	0	0.02391	0.01834	2.25730

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
212	의약품 제조업	'05~'07	345	246	99	0.04676	0.00580	7.38783
212	의약품 제조업	'08~'10	269	216	53	0.04126	0.00921	6.77057
212	의약품 제조업	'11~'13	310	185	125	0.01330	0.00310	6.08749
212	의약품 제조업	'14~'16	770	493	277	0.01268	0.00292	5.97872
212	의약품 제조업	'17~'19	1,483	920	563	0.00966	0.00260	5.75587
212	의약품 제조업	'20~'22	1,952	1,119	833	0.00861	0.00235	6.02636
213	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	'02~'04	7	7	0	0.28828	0.15442	3.92754
213	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	'05~'07	13	7	6	0.00381	0.00172	3.42081
213	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	'08~'10	41	40	1	0.05176	0.02216	4.28114
213	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	'11~'13	73	43	30	0.01402	0.00259	6.29953
213	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	'14~'16	184	96	88	0.00926	0.00196	5.88942
213	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	'17~'19	342	196	146	0.00886	0.00213	5.73069
213	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	'20~'22	433	231	202	0.01061	0.00204	6.47683
221	고무제품 제조업	'02~'04	11	10	1	0.13183	0.02426	8.13114
221	고무제품 제조업	'05~'07	171	134	37	0.03395	0.00813	5.79294
221	고무제품 제조업	'08~'10	276	175	101	0.01246	0.00346	5.55765
221	고무제품 제조업	'11~'13	280	202	78	0.01813	0.00439	5.79230
221	고무제품 제조업	'14~'16	338	204	134	0.00785	0.00186	4.71602
221	고무제품 제조업	'17~'19	428	222	206	0.00397	0.00145	4.22597
221	고무제품 제조업	'20~'22	448	321	127	0.00507	0.00202	3.87876
222	플라스틱 제품 제조업	'02~'04	51	49	2	0.05869	0.02136	5.08615
222	플라스틱 제품 제조업	'05~'07	491	398	93	0.08571	0.01265	8.71796
222	플라스틱 제품 제조업	'08~'10	249	231	18	0.09517	0.03035	6.29726
222	플라스틱 제품 제조업	'11~'13	397	257	140	0.05109	0.00702	10.60082

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
222	플라스틱 제품 제조업	'14~'16	933	752	181	0.03451	0.00849	7.10990
222	플라스틱 제품 제조업	'17~'19	670	511	159	0.03084	0.00719	7.46325
222	플라스틱 제품 제조업	'20~'22	815	617	198	0.02143	0.00562	6.64506
231	유리 및 유리제품 제조업	'02~'04	23	22	1	0.15742	0.03519	5.79733
231	유리 및 유리제품 제조업	'05~'07	168	151	17	0.02626	0.01252	4.21498
231	유리 및 유리제품 제조업	'08~'10	131	123	8	0.05335	0.02848	4.43333
231	유리 및 유리제품 제조업	'11~'13	126	101	25	0.04291	0.01492	7.13054
231	유리 및 유리제품 제조업	'14~'16	132	100	32	0.02225	0.00598	6.73858
231	유리 및 유리제품 제조업	'17~'19	56	39	17	0.01000	0.00368	5.47396
231	유리 및 유리제품 제조업	'20~'22	87	62	25	0.01547	0.00467	6.39449
232	내화, 비내화 요업제품 제조업	'02~'04	1	0	1	0.00072	0.00072	1.00000
232	내화, 비내화 요업제품 제조업	'05~'07	42	32	10	0.12916	0.03873	11.70069
232	내화, 비내화 요업제품 제조업	'08~'10	44	34	10	0.08462	0.02055	10.44092
232	내화, 비내화 요업제품 제조업	'11~'13	44	41	3	0.09547	0.04932	5.18096
232	내화, 비내화 요업제품 제조업	'14~'16	75	51	24	0.03219	0.00599	9.00074
232	내화, 비내화 요업제품 제조업	'17~'19	125	101	24	0.04809	0.01780	7.68021
232	내화, 비내화 요업제품 제조업	'20~'22	180	134	46	0.04010	0.00982	9.80035
233	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	'02~'04	16	16	0	0.09536	0.04768	3.53436
233	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	'05~'07	55	40	15	0.04871	0.00710	7.71117
233	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	'08~'10	13	13	0	0.05348	0.02416	4.32479
233	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	'11~'13	8	8	0	0.00700	0.00594	1.89524
233	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	'14~'16	36	27	9	0.04512	0.00777	9.40423
233	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	'17~'19	10	6	4	0.00494	0.00189	4.98763
233	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	'20~'22	23	7	16	0.01150	0.00110	7.76108

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'02~'04	39	34	5	0.19620	0.03841	9.34442
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'05~'07	202	176	26	0.18171	0.05412	8.44505
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'08~'10	185	177	8	0.07668	0.03632	4.57795
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'11~'13	244	232	12	0.06960	0.03177	4.87374
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'14~'16	253	221	32	0.05616	0.01727	7.39864
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'17~'19	331	246	85	0.02521	0.00665	7.42630
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'20~'22	309	238	71	0.01970	0.00532	6.60040
241	1차 철강 제조업	'02~'04	14	14	0	0.08179	0.03514	4.76693
241	1차 철강 제조업	'05~'07	173	121	52	0.03735	0.00809	7.53281
241	1차 철강 제조업	'08~'10	341	151	190	0.01721	0.00246	7.28386
241	1차 철강 제조업	'11~'13	360	262	98	0.02504	0.00604	7.04902
241	1차 철강 제조업	'14~'16	403	277	126	0.02690	0.00539	7.99124
241	1차 철강 제조업	'17~'19	405	239	166	0.01322	0.00282	6.88037
241	1차 철강 제조업	'20~'22	356	214	142	0.01236	0.00280	6.73032
242	1차 비철금속 제조업	'02~'04	25	25	0	0.01812	0.00899	2.88306
242	1차 비철금속 제조업	'05~'07	17	13	4	0.04720	0.00544	8.88020
242	1차 비철금속 제조업	'08~'10	85	75	10	0.02407	0.00821	4.59953
242	1차 비철금속 제조업	'11~'13	98	71	27	0.01656	0.00477	5.49917
242	1차 비철금속 제조업	'14~'16	64	49	15	0.04548	0.00845	8.28091
242	1차 비철금속 제조업	'17~'19	82	62	20	0.01818	0.00499	6.39185
242	1차 비철금속 제조업	'20~'22	124	61	63	0.01106	0.00174	6.61533
243	금속 주조업	'02~'04	268	230	38	0.07446	0.01855	6.88660
243	금속 주조업	'05~'07	1,187	1,002	185	0.04921	0.01372	6.09000
243	금속 주조업	'08~'10	997	824	173	0.03411	0.01119	6.00517

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
243	금속 주조업	'11~'13	1,205	794	411	0.02484	0.00457	7.71178
243	금속 주조업	'14~'16	1,355	923	432	0.02066	0.00456	7.24293
243	금속 주조업	'17~'19	899	540	359	0.01816	0.00348	7.94833
243	금속 주조업	'20~'22	964	630	334	0.01600	0.00354	7.24693
251	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	'02~'04	21	20	1	0.07026	0.02145	4.74036
251	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	'05~'07	44	33	11	0.04390	0.01072	7.43674
251	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	'08~'10	27	21	6	0.01467	0.00577	4.86635
251	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	'11~'13	23	20	3	0.03367	0.01413	5.67013
251	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	'14~'16	43	35	8	0.01202	0.00503	4.79942
251	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	'17~'19	30	20	10	0.00659	0.00226	4.85295
251	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	'20~'22	30	18	12	0.00587	0.00201	5.18801
252	무기 및 총포탄 제조업	'14~'16	8	2	6	0.00087	0.00060	2.27783
252	무기 및 총포탄 제조업	'17~'19	2	2	0	0.00266	0.00264	1.19932
252	무기 및 총포탄 제조업	'20~'22	12	1	11	0.00051	0.00041	1.72071
259	기타 금속 가공제품 제조업	'02~'04	160	146	14	0.04453	0.01833	4.50664
259	기타 금속 가공제품 제조업	'05~'07	644	518	126	0.05852	0.01314	7.45976
259	기타 금속 가공제품 제조업	'08~'10	517	449	68	0.06917	0.01861	6.94947
259	기타 금속 가공제품 제조업	'11~'13	531	374	157	0.04204	0.00767	9.08026
259	기타 금속 가공제품 제조업	'14~'16	858	575	283	0.03169	0.00568	8.98607
259	기타 금속 가공제품 제조업	'17~'19	573	376	197	0.02182	0.00447	8.03421
259	기타 금속 가공제품 제조업	'20~'22	663	477	186	0.02385	0.00574	7.69715
261	반도체 제조업	'02~'04	8	8	0	0.05969	0.03705	2.66379
261	반도체 제조업	'05~'07	81	69	12	0.05791	0.01738	6.47622
261	반도체 제조업	'08~'10	89	59	30	0.01001	0.00307	5.13412

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
261	반도체 제조업	'11~'13	528	108	420	0.00127	0.00067	2.39197
261	반도체 제조업	'14~'16	752	259	493	0.00358	0.00097	3.96565
261	반도체 제조업	'17~'19	639	308	331	0.00388	0.00109	3.86575
261	반도체 제조업	'20~'22	842	437	405	0.00335	0.00106	3.72937
262	전자 부품 제조업	'02~'04	338	294	44	0.09881	0.02368	7.09621
262	전자 부품 제조업	'05~'07	1,438	1,224	214	0.06757	0.01581	6.77238
262	전자 부품 제조업	'08~'10	1,618	1,458	160	0.04013	0.01450	5.17222
262	전자 부품 제조업	'11~'13	1,456	1,148	308	0.02365	0.00635	5.97925
262	전자 부품 제조업	'14~'16	1,636	1,089	547	0.01705	0.00397	6.74232
262	전자 부품 제조업	'17~'19	595	341	254	0.01209	0.00270	6.63925
262	전자 부품 제조업	'20~'22	614	320	294	0.00756	0.00179	5.71167
264	통신 및 방송장비 제조업	'02~'04	1	1	0	0.00270	0.00270	1.00000
264	통신 및 방송장비 제조업	'08~'10	9	9	0	0.01371	0.00600	3.89407
264	통신 및 방송장비 제조업	'11~'13	27	24	3	0.07254	0.02159	8.02816
264	통신 및 방송장비 제조업	'14~'16	37	33	4	0.07260	0.02902	6.69426
264	통신 및 방송장비 제조업	'17~'19	10	10	0	0.00912	0.00699	2.27047
264	통신 및 방송장비 제조업	'20~'22	8	5	3	0.02242	0.00471	10.22016
265	영상 및 음향 기기 제조업	'05~'07	39	39	0	0.08549	0.05172	2.75554
265	영상 및 음향 기기 제조업	'08~'10	45	44	1	0.05932	0.02900	4.05130
265	영상 및 음향 기기 제조업	'11~'13	48	41	7	0.06098	0.01261	7.56060
265	영상 및 음향 기기 제조업	'14~'16	49	27	22	0.02793	0.00367	9.24094
265	영상 및 음향 기기 제조업	'17~'19	100	51	49	0.00908	0.00187	6.59121
265	영상 및 음향 기기 제조업	'20~'22	158	82	76	0.00997	0.00234	7.01326
266	마그네틱 및 광학 매체 제조업	'11~'13	10	10	0	0.01030	0.00913	1.70798

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
266	마그네틱 및 광학 매체 제조업	'14~'16	6	5	1	0.01473	0.00517	5.14310
271	의료용 기기 제조업	'02~'04	4	4	0	0.02330	0.00719	5.60930
271	의료용 기기 제조업	'05~'07	10	0	10	0.00064	0.00064	1.07501
271	의료용 기기 제조업	'08~'10	24	10	14	0.03598	0.00267	10.38227
271	의료용 기기 제조업	'11~'13	50	32	18	0.04592	0.00710	11.09729
271	의료용 기기 제조업	'14~'16	73	59	14	0.02934	0.00710	6.74517
271	의료용 기기 제조업	'17~'19	101	73	28	0.01667	0.00408	6.35379
271	의료용 기기 제조업	'20~'22	161	129	32	0.03434	0.01074	7.20008
272	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	'02~'04	1	1	0	0.05420	0.05420	1.00000
272	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	'05~'07	15	13	2	0.06603	0.02239	6.72113
272	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	'08~'10	20	20	0	0.03077	0.01070	4.34899
272	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	'11~'13	20	8	12	0.02109	0.00189	7.95014
272	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	'14~'16	33	19	14	0.00907	0.00256	6.23618
272	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	'17~'19	66	52	14	0.01683	0.00674	5.41995
272	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	'20~'22	82	58	24	0.01699	0.00519	7.16325
273	사진장비 및 광학 기기 제조업	'11~'13	2	2	0	0.01810	0.01042	5.08364
273	사진장비 및 광학 기기 제조업	'17~'19	27	23	4	0.01627	0.00771	4.68699
273	사진장비 및 광학 기기 제조업	'20~'22	51	38	13	0.03720	0.01057	9.16017

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
274	시계 및 시계 부품 제조업	'02~'04	6	5	1	0.01945	0.01234	4.21448
281	전동기, 발전기 및 전기 변환·공급·제어 장치 제조업	'02~'04	8	8	0	0.14163	0.06495	5.08851
281	전동기, 발전기 및 전기 변환·공급·제어 장치 제조업	'05~'07	54	46	8	0.02012	0.00927	4.45943
281	전동기, 발전기 및 전기 변환·공급·제어 장치 제조업	'08~'10	13	11	2	0.01007	0.00635	3.48899
281	전동기, 발전기 및 전기 변환·공급·제어 장치 제조업	'11~'13	23	17	6	0.00600	0.00337	3.79905
281	전동기, 발전기 및 전기 변환·공급·제어 장치 제조업	'14~'16	115	59	56	0.00866	0.00190	5.68758
281	전동기, 발전기 및 전기 변환·공급·제어 장치 제조업	'17~'19	89	66	23	0.01292	0.00427	5.61557
281	전동기, 발전기 및 전기 변환·공급·제어 장치 제조업	'20~'22	60	46	14	0.02661	0.00522	7.43400
282	일차전지 및 축전지 제조업	'14~'16	10	10	0	0.05600	0.03359	3.65721
282	일차전지 및 축전지 제조업	'17~'19	12	11	1	0.03553	0.01877	4.81702
282	일차전지 및 축전지 제조업	'20~'22	17	8	9	0.01318	0.00217	8.90685
283	절연선 및 케이블 제조업	'02~'04	29	18	11	0.03145	0.00509	6.71562
283	절연선 및 케이블 제조업	'05~'07	143	79	64	0.05965	0.00395	8.90027
283	절연선 및 케이블 제조업	'08~'10	28	18	10	0.01878	0.00509	6.92697
283	절연선 및 케이블 제조업	'11~'13	19	11	8	0.02752	0.00433	8.87752
283	절연선 및 케이블 제조업	'14~'16	27	19	8	0.01769	0.00548	6.76758
283	절연선 및 케이블 제조업	'17~'19	19	15	4	0.01846	0.00769	5.84875
283	절연선 및 케이블 제조업	'20~'22	15	14	1	0.01314	0.00961	2.94992

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
291	일반 목적용 기계 제조업	'02~'04	176	168	8	0.08691	0.02509	5.55465
291	일반 목적용 기계 제조업	'05~'07	834	546	288	0.06484	0.00828	10.10698
291	일반 목적용 기계 제조업	'08~'10	653	458	195	0.02472	0.00611	6.85432
291	일반 목적용 기계 제조업	'11~'13	407	307	100	0.01880	0.00504	5.86409
291	일반 목적용 기계 제조업	'14~'16	605	403	202	0.01497	0.00350	6.51785
291	일반 목적용 기계 제조업	'17~'19	568	300	268	0.01211	0.00230	6.96736
291	일반 목적용 기계 제조업	'20~'22	453	279	174	0.01824	0.00380	8.10818
292	특수 목적용 기계 제조업	'02~'04	139	126	13	0.09637	0.02714	6.17256
292	특수 목적용 기계 제조업	'05~'07	381	298	83	0.06468	0.01317	7.86141
292	특수 목적용 기계 제조업	'08~'10	286	179	107	0.01864	0.00421	6.77668
292	특수 목적용 기계 제조업	'11~'13	219	170	49	0.03502	0.00757	7.21037
292	특수 목적용 기계 제조업	'14~'16	315	230	85	0.01876	0.00499	6.38676
292	특수 목적용 기계 제조업	'17~'19	405	269	136	0.01881	0.00445	7.53384
292	특수 목적용 기계 제조업	'20~'22	487	341	146	0.02708	0.00648	8.56505
301	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	'02~'04	21	18	3	0.07086	0.02340	6.83511
301	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	'05~'07	311	224	87	0.07406	0.00578	7.34697
301	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	'08~'10	574	477	97	0.01428	0.00508	4.56540
301	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	'11~'13	1,323	1,171	152	0.02511	0.01000	4.75721
301	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	'14~'16	2,023	1,679	344	0.02411	0.00814	5.68649
301	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	'17~'19	1,399	870	529	0.00897	0.00265	5.54953
301	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	'20~'22	1,068	705	363	0.01057	0.00333	5.86438
302	자동차 차체 및 트레일러 제조업	'02~'04	2	2	0	0.12390	0.08452	3.73282
302	자동차 차체 및 트레일러 제조업	'05~'07	3	3	0	0.02083	0.01693	2.42042
302	자동차 차체 및 트레일러 제조업	'11~'13	25	14	11	0.01197	0.00349	6.78376

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
302	자동차 차체 및 트레일러 제조업	'14~'16	5	4	1	0.00944	0.00439	4.87845
303	자동차 신품 부품 제조업	'02~'04	307	282	25	0.06211	0.01874	5.28837
303	자동차 신품 부품 제조업	'05~'07	2,035	1,625	410	0.07791	0.01115	7.61017
303	자동차 신품 부품 제조업	'08~'10	868	668	200	0.03758	0.00912	7.41940
303	자동차 신품 부품 제조업	'11~'13	982	686	296	0.02270	0.00481	6.67214
303	자동차 신품 부품 제조업	'14~'16	1,138	806	332	0.02189	0.00497	7.06645
303	자동차 신품 부품 제조업	'17~'19	603	399	204	0.02033	0.00404	7.86994
303	자동차 신품 부품 제조업	'20~'22	543	328	215	0.01403	0.00266	6.91621
304	자동차 재제조 부품 제조업	'17~'19	8	2	6	0.00100	0.00060	2.59593
304	자동차 재제조 부품 제조업	'20~'22	24	6	18	0.00373	0.00074	4.50463
311	선박 및 보트 건조업	'02~'04	8	8	0	0.06166	0.03992	2.96903
311	선박 및 보트 건조업	'05~'07	163	152	11	0.11405	0.05321	5.06472
311	선박 및 보트 건조업	'08~'10	336	278	58	0.03697	0.01269	6.46601
311	선박 및 보트 건조업	'11~'13	240	35	205	0.00347	0.00069	3.29518
311	선박 및 보트 건조업	'14~'16	299	94	205	0.00807	0.00098	4.83905
311	선박 및 보트 건조업	'17~'19	169	38	131	0.00605	0.00078	4.77878
311	선박 및 보트 건조업	'20~'22	100	44	56	0.00598	0.00120	5.22985
312	철도장비 제조업	'14~'16	3	0	3	0.00039	0.00039	1.01569
312	철도장비 제조업	'17~'19	8	5	3	0.00192	0.00105	3.12825
312	철도장비 제조업	'20~'22	6	2	4	0.00155	0.00073	3.42584
313	항공기, 우주선 및 부품 제조업	'05~'07	14	0	14	0.00060	0.00060	1.00000
313	항공기, 우주선 및 부품 제조업	'08~'10	14	0	14	0.00049	0.00049	1.05111
313	항공기, 우주선 및 부품 제조업	'11~'13	6	0	6	0.00043	0.00043	1.00000
313	항공기, 우주선 및 부품 제조업	'14~'16	44	0	44	0.00040	0.00039	1.02824

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
313	항공기, 우주선 및 부품 제조업	'17~'19	82	29	53	0.00295	0.00087	3.75343
313	항공기, 우주선 및 부품 제조업	'20~'22	142	24	118	0.00146	0.00051	2.63641
319	그 외 기타 운송장비 제조업	'02~'04	152	142	10	0.19731	0.05748	7.17195
319	그 외 기타 운송장비 제조업	'05~'07	514	431	83	0.14915	0.02359	8.78148
319	그 외 기타 운송장비 제조업	'08~'10	468	429	39	0.04199	0.01601	4.78778
319	그 외 기타 운송장비 제조업	'11~'13	434	355	79	0.04027	0.00621	7.33080
319	그 외 기타 운송장비 제조업	'14~'16	878	681	197	0.01727	0.00378	5.42019
319	그 외 기타 운송장비 제조업	'17~'19	272	233	39	0.03584	0.00538	4.69136
320	가구 제조업	'02~'04	9	9	0	0.47557	0.18200	6.84440
320	가구 제조업	'05~'07	76	73	3	0.10780	0.04052	4.59361
320	가구 제조업	'08~'10	142	117	25	0.05472	0.01445	7.50287
320	가구 제조업	'11~'13	202	142	60	0.02965	0.00724	7.92522
320	가구 제조업	'14~'16	152	114	38	0.03052	0.00710	7.31281
320	가구 제조업	'17~'19	140	94	46	0.01995	0.00468	7.62059
320	가구 제조업	'20~'22	155	104	51	0.02079	0.00465	7.90161
331	귀금속 및 장신용품 제조업	'02~'04	1	1	0	0.01266	0.01266	1.00000
331	귀금속 및 장신용품 제조업	'05~'07	4	4	0	0.05620	0.02660	4.87050
332	악기 제조업	'02~'04	411	352	59	0.07566	0.01593	7.21373
332	악기 제조업	'05~'07	92	83	9	0.11623	0.03422	7.01143
332	악기 제조업	'08~'10	14	11	3	0.01417	0.00529	5.26694
332	악기 제조업	'11~'13	18	8	10	0.00669	0.00126	4.53440
332	악기 제조업	'14~'16	10	3	7	0.00309	0.00099	4.39480
333	운동 및 경기용구 제조업	'02~'04	1	1	0	0.00773	0.00773	1.00000
333	운동 및 경기용구 제조업	'08~'10	3	0	3	0.00047	0.00047	1.00000

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
333	운동 및 경기용구 제조업	'11~'13	8	3	5	0.00271	0.00107	3.65294
334	인형, 장난감 및 오락용품 제조업	'11~'13	2	0	2	0.00043	0.00043	1.00000
339	그 외 기타 제품 제조업	'02~'04	10	6	4	0.05250	0.01133	11.46904
339	그 외 기타 제품 제조업	'05~'07	92	75	17	0.13011	0.02531	9.72656
339	그 외 기타 제품 제조업	'08~'10	51	50	1	0.11849	0.06849	3.80850
339	그 외 기타 제품 제조업	'11~'13	26	21	5	0.07019	0.01755	9.74448
339	그 외 기타 제품 제조업	'14~'16	28	28	0	0.04786	0.01984	4.80096
339	그 외 기타 제품 제조업	'17~'19	272	175	97	0.01479	0.00332	6.71390
339	그 외 기타 제품 제조업	'20~'22	525	163	362	0.00868	0.00108	6.09528
340	산업용 기계 및 장비 수리업	'20~'22	108	62	46	0.01020	0.00224	6.46136
351	전기업	'02~'04	7	4	3	0.01922	0.00623	7.68857
351	전기업	'05~'07	27	24	3	0.02627	0.01038	4.81787
351	전기업	'08~'10	19	17	2	0.01299	0.00838	3.22525
351	전기업	'11~'13	18	18	0	0.01278	0.01080	1.77053
351	전기업	'14~'16	20	17	3	0.00937	0.00413	4.27410
351	전기업	'17~'19	9	8	1	0.00546	0.00332	3.28705
351	전기업	'20~'22	21	13	8	0.00487	0.00184	4.81008
352	연료용 가스 제조 및 배관공급업	'14~'16	6	4	2	0.00961	0.00390	6.36093
352	연료용 가스 제조 및 배관공급업	'17~'19	16	7	9	0.00314	0.00129	4.39861
353	증기, 냉·온수 및 공기 조절 공급업	'05~'07	4	3	1	0.01139	0.00563	5.44429
353	증기, 냉·온수 및 공기 조절 공급업	'08~'10	4	3	1	0.00358	0.00239	3.21680
353	증기, 냉·온수 및 공기 조절 공급업	'11~'13	1	1	0	0.00480	0.00480	1.00000
353	증기, 냉·온수 및 공기 조절 공급업	'14~'16	6	3	3	0.02342	0.00379	12.76992
353	증기, 냉·온수 및 공기 조절 공급업	'17~'19	6	5	1	0.00763	0.00416	4.20501

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
353	증기, 냉·온수 및 공기 조절 공급업	'20~'22	6	4	2	0.00374	0.00180	4.46032
360	수도업	'11~'13	2	0	2	0.00047	0.00047	1.00000
360	수도업	'14~'16	5	3	2	0.00392	0.00203	4.61555
360	수도업	'17~'19	31	11	20	0.00368	0.00092	4.22036
360	수도업	'20~'22	58	21	37	0.00505	0.00105	5.09120
370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	'02~'04	6	5	1	0.02692	0.01092	6.05778
370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	'05~'07	26	26	0	0.02196	0.01635	2.26783
370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	'08~'10	12	12	0	0.03983	0.02448	3.01291
370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	'11~'13	4	0	4	0.00045	0.00045	1.00000
370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	'14~'16	14	10	4	0.00492	0.00274	3.86226
370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	'17~'19	20	12	8	0.01067	0.00278	6.39448
370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	'20~'22	4	1	3	0.00090	0.00056	2.76731
381	폐기물 수집, 운반업	'02~'04	1	1	0	0.13810	0.13810	1.00000
381	폐기물 수집, 운반업	'05~'07	2	0	2	0.00056	0.00056	1.00000
381	폐기물 수집, 운반업	'08~'10	6	6	0	0.00653	0.00544	1.96003
381	폐기물 수집, 운반업	'11~'13	22	6	16	0.00136	0.00077	2.60305
381	폐기물 수집, 운반업	'14~'16	27	16	11	0.00827	0.00284	5.62214
381	폐기물 수집, 운반업	'17~'19	24	17	7	0.00927	0.00369	5.16081
381	폐기물 수집, 운반업	'20~'22	24	15	9	0.01544	0.00231	6.84893
382	폐기물 처리업	'05~'07	23	20	3	0.01397	0.00774	3.67589
382	폐기물 처리업	'08~'10	24	24	0	0.00621	0.00457	2.30322
382	폐기물 처리업	'11~'13	32	20	12	0.00692	0.00280	4.82955
382	폐기물 처리업	'14~'16	37	30	7	0.00681	0.00324	3.86982
382	폐기물 처리업	'17~'19	47	38	9	0.01136	0.00448	4.85298

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
382	폐기물 처리업	'20~'22	115	66	49	0.00779	0.00216	5.87346
383	해체, 선별 및 원료 재생업	'02~'04	1	1	0	0.05740	0.05740	1.00000
383	해체, 선별 및 원료 재생업	'05~'07	10	4	6	0.01324	0.00179	6.87262
383	해체, 선별 및 원료 재생업	'08~'10	1	1	0	0.00900	0.00900	1.00000
383	해체, 선별 및 원료 재생업	'14~'16	1	1	0	0.02220	0.02220	1.00000
383	해체, 선별 및 원료 재생업	'17~'19	2	2	0	0.01175	0.01007	2.23716
383	해체, 선별 및 원료 재생업	'20~'22	5	1	4	0.00099	0.00054	2.87470
390	환경 정화 및 복원업	'02~'04	1	0	1	0.00072	0.00072	1.00000
390	환경 정화 및 복원업	'05~'07	6	4	2	0.05670	0.01355	12.23528
390	환경 정화 및 복원업	'08~'10	4	4	0	0.19285	0.16264	2.00032
411	건물 건설업	'02~'04	15	12	3	0.00328	0.00264	2.14701
411	건물 건설업	'05~'07	13	12	1	0.01160	0.00741	3.06117
411	건물 건설업	'08~'10	14	14	0	0.01206	0.00856	2.41674
411	건물 건설업	'11~'13	30	28	2	0.01024	0.00630	2.97462
411	건물 건설업	'14~'16	7	7	0	0.02003	0.01518	2.09700
411	건물 건설업	'17~'19	10	4	6	0.00749	0.00129	6.11126
411	건물 건설업	'20~'22	16	6	10	0.00468	0.00122	5.67064
412	토목 건설업	'02~'04	15	15	0	0.07241	0.01917	4.87801
412	토목 건설업	'05~'07	66	57	9	0.07456	0.01996	7.46827
412	토목 건설업	'08~'10	127	36	91	0.00198	0.00091	2.74293
412	토목 건설업	'11~'13	59	25	34	0.00385	0.00127	3.87936
412	토목 건설업	'14~'16	62	33	29	0.01194	0.00193	6.08552
412	토목 건설업	'17~'19	42	33	9	0.00979	0.00387	4.75017
412	토목 건설업	'20~'22	47	36	11	0.01453	0.00603	5.70209

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
421	기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	'05~'07	16	4	12	0.00148	0.00094	2.43890
421	기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	'14~'16	13	4	9	0.00102	0.00060	2.26775
421	기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	'17~'19	19	7	12	0.00225	0.00093	3.73790
421	기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	'20~'22	38	17	21	0.01312	0.00181	7.73408
422	건물설비 설치 공사업	'02~'04	10	10	0	0.03810	0.02599	2.40316
422	건물설비 설치 공사업	'05~'07	25	19	6	0.00551	0.00328	3.06924
422	건물설비 설치 공사업	'08~'10	2	2	0	0.02545	0.00965	9.95498
422	건물설비 설치 공사업	'14~'16	203	144	59	0.00357	0.00173	3.17830
422	건물설비 설치 공사업	'17~'19	115	68	47	0.00461	0.00186	4.32473
422	건물설비 설치 공사업	'20~'22	24	12	12	0.00876	0.00152	5.46784
424	실내건축 및 건축마무리 공사업	'02~'04	3	3	0	0.42117	0.05910	13.94615
424	실내건축 및 건축마무리 공사업	'05~'07	17	11	6	0.05797	0.01190	11.72841
424	실내건축 및 건축마무리 공사업	'08~'10	3	3	0	0.07610	0.02537	13.17170
424	실내건축 및 건축마무리 공사업	'11~'13	7	5	2	0.01075	0.00342	6.49163
424	실내건축 및 건축마무리 공사업	'14~'16	1	1	0	0.00600	0.00600	1.00000
424	실내건축 및 건축마무리 공사업	'17~'19	42	22	20	0.00633	0.00204	5.58698
424	실내건축 및 건축마무리 공사업	'20~'22	234	79	155	0.00421	0.00110	5.20527
451	자동차 판매업	'05~'07	102	76	26	0.05620	0.00966	9.02509
452	자동차 부품 및 내장품 판매업	'05~'07	24	24	0	0.02121	0.01720	2.14670
452	자동차 부품 및 내장품 판매업	'08~'10	32	24	8	0.00283	0.00186	2.69322
452	자동차 부품 및 내장품 판매업	'11~'13	154	127	27	0.01221	0.00437	4.28489
452	자동차 부품 및 내장품 판매업	'14~'16	118	59	59	0.00214	0.00111	3.09693
452	자동차 부품 및 내장품 판매업	'17~'19	12	5	7	0.00582	0.00152	6.17281
452	자동차 부품 및 내장품 판매업	'20~'22	10	5	5	0.00225	0.00092	3.46261

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
461	상품 중개업	'17~'19	4	3	1	0.00609	0.00279	5.48521
461	상품 중개업	'20~'22	14	7	7	0.00284	0.00128	4.06107
462	산업용 농·축산물 및 동·식물 도매업	'14~'16	6	6	0	0.00555	0.00371	2.57272
462	산업용 농·축산물 및 동·식물 도매업	'17~'19	8	5	3	0.00601	0.00187	5.82831
462	산업용 농·축산물 및 동·식물 도매업	'20~'22	16	6	10	0.00905	0.00150	7.65163
463	음·식료품 및 담배 도매업	'02~'04	2	2	0	0.01375	0.00970	3.49760
463	음·식료품 및 담배 도매업	'05~'07	4	4	0	0.00963	0.00901	1.52995
463	음·식료품 및 담배 도매업	'08~'10	7	3	4	0.01130	0.00214	7.49497
463	음·식료품 및 담배 도매업	'11~'13	3	2	1	0.01419	0.00583	9.01500
463	음·식료품 및 담배 도매업	'14~'16	33	32	1	0.01634	0.00940	3.43959
463	음·식료품 및 담배 도매업	'17~'19	48	39	9	0.00490	0.00273	3.37345
463	음·식료품 및 담배 도매업	'20~'22	69	36	33	0.00581	0.00151	5.32614
464	생활용품 도매업	'05~'07	8	4	4	0.00329	0.00198	3.23163
464	생활용품 도매업	'08~'10	4	4	0	0.02525	0.01981	2.31358
464	생활용품 도매업	'11~'13	16	15	1	0.00566	0.00405	2.59964
464	생활용품 도매업	'14~'16	35	32	3	0.00902	0.00466	3.48711
464	생활용품 도매업	'17~'19	55	42	13	0.01048	0.00402	5.06761
464	생활용품 도매업	'20~'22	73	53	20	0.02227	0.00515	7.45239
465	기계장비 및 관련 물품 도매업	'02~'04	1	1	0	0.00670	0.00670	1.00000
465	기계장비 및 관련 물품 도매업	'05~'07	9	2	7	0.00169	0.00084	2.63379
465	기계장비 및 관련 물품 도매업	'08~'10	20	3	17	0.00070	0.00060	1.63586
465	기계장비 및 관련 물품 도매업	'11~'13	9	1	8	0.00082	0.00058	1.98492
465	기계장비 및 관련 물품 도매업	'14~'16	10	10	0	0.00812	0.00611	2.31581
465	기계장비 및 관련 물품 도매업	'17~'19	30	27	3	0.01377	0.00902	3.45465

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
465	기계장비 및 관련 물품 도매업	'20~'22	39	28	11	0.01087	0.00419	5.55497
466	건축 자재, 철물 및 난방장치 도매업	'02~'04	10	10	0	0.06206	0.04648	2.41076
466	건축 자재, 철물 및 난방장치 도매업	'08~'10	2	2	0	0.01855	0.01490	2.63997
466	건축 자재, 철물 및 난방장치 도매업	'11~'13	4	4	0	0.00875	0.00807	1.64213
466	건축 자재, 철물 및 난방장치 도매업	'14~'16	32	28	4	0.01402	0.00457	4.81043
466	건축 자재, 철물 및 난방장치 도매업	'17~'19	26	16	10	0.02221	0.00471	9.50699
466	건축 자재, 철물 및 난방장치 도매업	'20~'22	22	13	9	0.02361	0.00387	9.92795
467	기타 전문 도매업	'02~'04	16	16	0	0.02399	0.00845	4.53165
467	기타 전문 도매업	'05~'07	43	40	3	0.04187	0.01572	5.34752
467	기타 전문 도매업	'08~'10	43	32	11	0.03073	0.00899	7.15808
467	기타 전문 도매업	'11~'13	35	35	0	0.01171	0.00866	2.16094
467	기타 전문 도매업	'14~'16	67	47	20	0.00731	0.00265	4.53356
467	기타 전문 도매업	'17~'19	137	84	53	0.01176	0.00259	6.15022
467	기타 전문 도매업	'20~'22	111	58	53	0.00536	0.00153	5.01084
468	상품 종합 도매업	'02~'04	5	5	0	0.05564	0.01491	5.02229
468	상품 종합 도매업	'05~'07	8	8	0	0.02061	0.01408	2.75145
468	상품 종합 도매업	'17~'19	17	10	7	0.01243	0.00273	7.50547
468	상품 종합 도매업	'20~'22	19	10	9	0.01712	0.00265	8.44647
471	종합 소매업	'02~'04	1	1	0	0.01770	0.01770	1.00000
471	종합 소매업	'14~'16	2	1	1	0.00399	0.00171	8.25135
472	음·식료품 및 담배 소매업	'14~'16	18	18	0	0.02013	0.01630	2.19893
472	음·식료품 및 담배 소매업	'20~'22	2	0	2	0.00034	0.00034	1.00000
473	가전제품 및 정보 통신장비 소매업	'08~'10	4	4	0	0.00159	0.00156	1.27140
474	섬유, 의복, 신발 및 가죽제품 소매업	'02~'04	2	2	0	0.04670	0.03752	2.63766

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
474	섬유, 의복, 신발 및 가죽제품 소매업	'08~'10	2	0	2	0.00049	0.00049	1.00000
474	섬유, 의복, 신발 및 가죽제품 소매업	'17~'19	3	3	0	0.02393	0.02089	1.93380
474	섬유, 의복, 신발 및 가죽제품 소매업	'20~'22	6	6	0	0.01732	0.01452	2.11136
475	기타 생활용품 소매업	'05~'07	2	2	0	0.08900	0.08844	1.17301
475	기타 생활용품 소매업	'08~'10	2	2	0	0.05350	0.05150	1.48159
476	문화, 오락 및 여가 용품 소매업	'02~'04	1	1	0	0.10060	0.10060	1.00000
477	연료 소매업	'02~'04	3	2	1	0.08741	0.02304	20.21695
478	기타 상품 전문 소매업	'02~'04	4	4	0	0.11805	0.09741	2.15117
478	기타 상품 전문 소매업	'05~'07	6	5	1	0.00703	0.00384	3.68005
478	기타 상품 전문 소매업	'08~'10	24	13	11	0.01418	0.00325	6.51921
478	기타 상품 전문 소매업	'11~'13	4	3	1	0.00202	0.00164	2.35506
478	기타 상품 전문 소매업	'20~'22	8	6	2	0.00561	0.00268	4.60617
479	무점포 소매업	'20~'22	6	3	3	0.00274	0.00099	4.23004
491	철도 운송업	'05~'07	5	5	0	0.01590	0.01550	1.30204
491	철도 운송업	'11~'13	6	4	2	0.00521	0.00212	4.52497
491	철도 운송업	'17~'19	2	1	1	0.00193	0.00113	4.92263
492	육상 여객 운송업	'02~'04	2	1	1	0.00703	0.00309	7.91636
492	육상 여객 운송업	'05~'07	50	37	13	0.02549	0.00771	6.15142
492	육상 여객 운송업	'14~'16	10	5	5	0.12454	0.00748	25.67126
492	육상 여객 운송업	'17~'19	29	4	25	0.00578	0.00069	5.07779
492	육상 여객 운송업	'20~'22	39	23	16	0.03431	0.00592	11.80615
511	항공 여객 운송업	'02~'04	1	1	0	0.01100	0.01100	1.00000
511	항공 여객 운송업	'11~'13	9	9	0	0.00350	0.00290	1.79483
511	항공 여객 운송업	'14~'16	18	16	2	0.00852	0.00503	3.59866

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
511	항공 여객 운송업	'17~'19	4	4	0	0.01398	0.01219	1.77119
511	항공 여객 운송업	'20~'22	4	2	2	0.01222	0.00286	11.70327
521	보관 및 창고업	'17~'19	4	0	4	0.00036	0.00036	1.00000
529	기타 운송관련 서비스업	'02~'04	4	1	3	0.00096	0.00089	1.54112
529	기타 운송관련 서비스업	'08~'10	4	1	3	0.08225	0.00243	26.28839
529	기타 운송관련 서비스업	'17~'19	2	0	2	0.00036	0.00036	1.00000
529	기타 운송관련 서비스업	'20~'22	14	7	7	0.00412	0.00161	5.04172
551	일반 및 생활 숙박시설 운영업	'05~'07	21	20	1	0.08174	0.05575	3.57602
551	일반 및 생활 숙박시설 운영업	'08~'10	31	30	1	0.03824	0.02543	3.01686
551	일반 및 생활 숙박시설 운영업	'14~'16	10	10	0	0.01098	0.00685	3.10834
559	기타 숙박업	'17~'19	10	8	2	0.00800	0.00334	4.22468
559	기타 숙박업	'20~'22	3	2	1	0.00168	0.00109	3.24101
561	음식점업	'08~'10	6	6	0	0.01613	0.01359	2.15222
561	음식점업	'11~'13	12	7	5	0.00751	0.00224	5.34263
561	음식점업	'14~'16	18	15	3	0.00449	0.00243	3.31316
561	음식점업	'17~'19	7	7	0	0.01329	0.00969	2.36522
561	음식점업	'20~'22	15	9	6	0.01010	0.00344	7.13505
581	서적, 잡지 및 기타 인쇄물 출판업	'02~'04	11	9	2	0.05257	0.02505	6.31915
581	서적, 잡지 및 기타 인쇄물 출판업	'05~'07	58	44	14	0.02207	0.00455	4.63551
581	서적, 잡지 및 기타 인쇄물 출판업	'08~'10	39	32	7	0.04458	0.01047	6.58106
581	서적, 잡지 및 기타 인쇄물 출판업	'11~'13	23	17	6	0.01646	0.00534	6.03819
581	서적, 잡지 및 기타 인쇄물 출판업	'14~'16	14	7	7	0.00619	0.00164	5.22334
581	서적, 잡지 및 기타 인쇄물 출판업	'17~'19	2	1	1	0.00606	0.00208	11.59780
582	소프트웨어 개발 및 공급업	'17~'19	19	15	4	0.00718	0.00384	4.04436

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
582	소프트웨어 개발 및 공급업	'20~'22	37	18	19	0.01320	0.00198	7.80636
592	오디오물 출판 및 원판 녹음업	'05~'07	1	1	0	0.01180	0.01180	1.00000
612	전기 통신업	'05~'07	1	1	0	0.13811	0.13811	1.00000
639	기타 정보 서비스업	'05~'07	8	5	3	0.05985	0.01056	12.71517
639	기타 정보 서비스업	'08~'10	13	9	4	0.06979	0.00734	11.22576
639	기타 정보 서비스업	'11~'13	18	9	9	0.00451	0.00166	4.49263
639	기타 정보 서비스업	'14~'16	25	3	22	0.00137	0.00058	2.70056
639	기타 정보 서비스업	'17~'19	62	22	40	0.00849	0.00120	6.04935
639	기타 정보 서비스업	'20~'22	43	11	32	0.00318	0.00074	4.07708
649	기타 금융업	'20~'22	3	0	3	0.00034	0.00034	1.00000
661	금융 지원 서비스업	'17~'19	2	1	1	0.00189	0.00113	4.74809
681	부동산 임대 및 공급업	'08~'10	4	3	1	0.01866	0.00550	8.98076
681	부동산 임대 및 공급업	'11~'13	2	2	0	0.00405	0.00360	2.00884
681	부동산 임대 및 공급업	'14~'16	26	24	2	0.00677	0.00462	2.81834
681	부동산 임대 및 공급업	'17~'19	78	56	22	0.00964	0.00385	5.21064
681	부동산 임대 및 공급업	'20~'22	140	79	61	0.00854	0.00225	6.16035
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'02~'04	15	14	1	0.08119	0.01130	8.03436
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'05~'07	75	72	3	0.07528	0.03818	4.21289
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'08~'10	527	416	111	0.02653	0.00671	5.67083
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'11~'13	918	643	275	0.02158	0.00522	6.77887
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'14~'16	2,214	1,533	681	0.01590	0.00354	6.24027
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'17~'19	3,416	2,223	1,193	0.01081	0.00292	5.87843
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'20~'22	4,975	2,754	2,221	0.01014	0.00227	6.52546
702	인문 및 사회과학 연구개발업	'05~'07	8	5	3	0.00333	0.00190	3.26406

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
702	인문 및 사회과학 연구개발업	'11~'13	6	6	0	0.04865	0.02115	5.23302
702	인문 및 사회과학 연구개발업	'14~'16	102	89	13	0.01327	0.00502	4.18183
702	인문 및 사회과학 연구개발업	'17~'19	446	367	79	0.01763	0.00679	5.62079
702	인문 및 사회과학 연구개발업	'20~'22	804	587	217	0.00985	0.00349	5.14711
713	광고업	'20~'22	2	2	0	0.02850	0.02723	1.53658
715	회사 본부 및 경영 컨설팅 서비스업	'08~'10	3	3	0	0.01443	0.01086	2.43207
715	회사 본부 및 경영 컨설팅 서비스업	'11~'13	13	13	0	0.03072	0.01991	2.57931
715	회사 본부 및 경영 컨설팅 서비스업	'14~'16	133	96	37	0.00906	0.00360	4.87744
715	회사 본부 및 경영 컨설팅 서비스업	'17~'19	111	71	40	0.00762	0.00255	5.16280
715	회사 본부 및 경영 컨설팅 서비스업	'20~'22	92	63	29	0.00964	0.00315	5.54707
716	기타 전문 서비스업	'17~'19	16	12	4	0.01379	0.00410	6.93931
716	기타 전문 서비스업	'20~'22	8	5	3	0.00701	0.00226	5.75498
721	건축 기술, 엔지니어링 및 관련 기술 서비스업	'08~'10	5	3	2	0.02745	0.00732	12.16852
721	건축 기술, 엔지니어링 및 관련 기술 서비스업	'11~'13	8	4	4	0.02560	0.00226	10.75594
721	건축 기술, 엔지니어링 및 관련 기술 서비스업	'14~'16	20	19	1	0.02066	0.00945	4.10758
721	건축 기술, 엔지니어링 및 관련 기술 서비스업	'17~'19	57	34	23	0.00985	0.00152	4.79173
721	건축 기술, 엔지니어링 및 관련 기술 서비스업	'20~'22	199	115	84	0.01446	0.00284	7.34766
729	기타 과학기술 서비스업	'05~'07	4	4	0	0.08472	0.06139	3.15723
729	기타 과학기술 서비스업	'08~'10	16	9	7	0.06298	0.00800	14.93245
729	기타 과학기술 서비스업	'11~'13	51	36	15	0.01284	0.00421	5.56356
729	기타 과학기술 서비스업	'14~'16	167	130	37	0.00965	0.00381	4.46418
729	기타 과학기술 서비스업	'17~'19	415	268	147	0.01223	0.00308	6.10483
729	기타 과학기술 서비스업	'20~'22	766	456	310	0.01162	0.00291	6.85511
733	사진 촬영 및 처리업	'02~'04	8	8	0	0.02432	0.01218	3.48235

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
733	사진 촬영 및 처리업	'05~'07	35	17	18	0.00619	0.00239	4.42682
733	사진 촬영 및 처리업	'08~'10	10	10	0	0.07962	0.07220	1.62265
739	그 외 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	'08~'10	14	0	14	0.00047	0.00047	1.00000
739	그 외 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	'11~'13	36	17	19	0.01278	0.00201	6.44821
739	그 외 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	'14~'16	295	264	31	0.02035	0.00640	5.40981
739	그 외 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	'17~'19	429	283	146	0.00894	0.00271	5.32031
739	그 외 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	'20~'22	522	321	201	0.00975	0.00272	6.05834
741	사업시설 유지·관리 서비스업	'05~'07	26	22	4	0.01298	0.00744	3.67212
741	사업시설 유지·관리 서비스업	'08~'10	7	4	3	0.00261	0.00163	3.12901
741	사업시설 유지·관리 서비스업	'11~'13	4	4	0	0.04703	0.04276	1.74652
741	사업시설 유지·관리 서비스업	'14~'16	20	19	1	0.03059	0.01053	4.27891
741	사업시설 유지·관리 서비스업	'17~'19	115	71	44	0.00659	0.00221	4.88795
741	사업시설 유지·관리 서비스업	'20~'22	57	37	20	0.00922	0.00330	5.90865
742	건물·산업설비 청소 및 방제 서비스업	'14~'16	2	0	2	0.00038	0.00038	1.00000
742	건물·산업설비 청소 및 방제 서비스업	'17~'19	8	3	5	0.00353	0.00109	4.95153
742	건물·산업설비 청소 및 방제 서비스업	'20~'22	32	13	19	0.00589	0.00134	5.85219
753	경비, 경호 및 탐정업	'14~'16	1	0	1	0.00039	0.00039	1.00000
759	기타 사업 지원 서비스업	'02~'04	2	2	0	0.01870	0.01850	1.22830
759	기타 사업 지원 서비스업	'08~'10	40	39	1	0.03776	0.01164	4.10206
759	기타 사업 지원 서비스업	'11~'13	75	51	24	0.02839	0.00523	7.18055
759	기타 사업 지원 서비스업	'14~'16	42	36	6	0.02309	0.01039	4.59326
759	기타 사업 지원 서비스업	'17~'19	171	146	25	0.01282	0.00619	4.39214
759	기타 사업 지원 서비스업	'20~'22	162	100	62	0.00880	0.00275	5.89822
763	산업용 기계 및 장비 임대업	'11~'13	4	4	0	0.01775	0.01351	2.41033

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
763	산업용 기계 및 장비 임대업	'14~'16	15	14	1	0.01964	0.00882	4.36790
763	산업용 기계 및 장비 임대업	'17~'19	41	25	16	0.01146	0.00255	6.30822
763	산업용 기계 및 장비 임대업	'20~'22	43	7	36	0.00387	0.00065	4.47979
841	입법 및 일반 정부 행정	'05~'07	15	15	0	0.02262	0.01880	1.80823
841	입법 및 일반 정부 행정	'08~'10	24	24	0	0.01897	0.01110	3.03138
841	입법 및 일반 정부 행정	'11~'13	100	87	13	0.00913	0.00499	3.47517
841	입법 및 일반 정부 행정	'14~'16	134	123	11	0.01639	0.00576	4.11594
841	입법 및 일반 정부 행정	'17~'19	214	149	65	0.00882	0.00309	5.01668
841	입법 및 일반 정부 행정	'20~'22	2,043	1,725	318	0.01408	0.00615	4.55782
842	사회 및 산업정책 행정	'05~'07	14	14	0	0.03509	0.00613	4.74557
842	사회 및 산업정책 행정	'08~'10	39	34	5	0.02376	0.00967	5.02366
842	사회 및 산업정책 행정	'11~'13	94	54	40	0.04430	0.00488	10.77079
842	사회 및 산업정책 행정	'14~'16	206	137	69	0.01824	0.00418	6.87380
842	사회 및 산업정책 행정	'17~'19	185	145	40	0.01209	0.00427	5.19078
842	사회 및 산업정책 행정	'20~'22	400	285	115	0.01314	0.00345	6.21888
843	외무 및 국방 행정	'20~'22	1	0	1	0.00034	0.00034	1.00000
845	사회보장 행정	'05~'07	1	0	1	0.00056	0.00056	1.00000
852	중등 교육기관	'20~'22	143	69	74	0.00503	0.00127	4.75868
853	고등 교육기관	'08~'10	14	13	1	0.07183	0.01989	7.22423
853	고등 교육기관	'11~'13	30	30	0	0.07728	0.05104	2.50836
853	고등 교육기관	'14~'16	51	35	16	0.04176	0.00633	10.27403
853	고등 교육기관	'17~'19	33	29	4	0.02015	0.01143	4.23860
853	고등 교육기관	'20~'22	139	24	115	0.00608	0.00065	4.62397
854	특수학교, 외국인학교 및 대안학교	'05~'07	1	1	0	0.01180	0.01180	1.00000

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
854	특수학교, 외국인학교 및 대안학교	'08~'10	2	2	0	0.03775	0.01842	6.69926
856	기타 교육기관	'17~'19	2	2	0	0.00100	0.00099	1.15246
856	기타 교육기관	'20~'22	2	1	1	0.00242	0.00124	6.21761
857	교육 지원 서비스업	'20~'22	1	0	1	0.00034	0.00034	1.00000
861	병원	'02~'04	986	879	107	0.10661	0.03129	6.58983
861	병원	'05~'07	8,349	6,582	1,767	0.09038	0.01687	8.89728
861	병원	'08~'10	6,908	5,481	1,427	0.05067	0.01192	7.66060
861	병원	'11~'13	12,948	10,274	2,674	0.03392	0.00932	6.79481
861	병원	'14~'16	22,024	17,137	4,887	0.02332	0.00689	6.39495
861	병원	'17~'19	29,963	21,791	8,172	0.01668	0.00475	6.37301
861	병원	'20~'22	35,871	24,092	11,779	0.01443	0.00381	6.73955
862	의원	'05~'07	13	11	2	0.03976	0.01641	5.48989
862	의원	'08~'10	68	63	5	0.08974	0.02629	6.15593
862	의원	'11~'13	477	372	105	0.05418	0.01227	8.73119
862	의원	'14~'16	1,278	1,022	256	0.03337	0.00944	6.98264
862	의원	'17~'19	2,425	1,788	637	0.01853	0.00542	6.58326
862	의원	'20~'22	2,814	2,029	785	0.02554	0.00633	7.87120
863	공중 보건 의료업	'02~'04	22	21	1	0.15558	0.06554	5.38401
863	공중 보건 의료업	'05~'07	670	488	182	0.05743	0.00861	8.55782
863	공중 보건 의료업	'08~'10	1,196	933	263	0.10216	0.01072	8.23953
863	공중 보건 의료업	'11~'13	816	544	272	0.07478	0.00667	9.30585
863	공중 보건 의료업	'14~'16	643	348	295	0.01701	0.00288	7.71556
863	공중 보건 의료업	'17~'19	1,118	625	493	0.01789	0.00330	8.47659
863	공중 보건 의료업	'20~'22	923	473	450	0.01596	0.00261	8.52914

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
869	기타 보건업	'02~'04	48	45	3	0.30994	0.06666	9.16001
869	기타 보건업	'05~'07	371	216	155	0.05575	0.00528	9.70010
869	기타 보건업	'08~'10	656	503	153	0.05386	0.01134	8.33837
869	기타 보건업	'11~'13	639	527	112	0.03722	0.01124	6.53903
869	기타 보건업	'14~'16	972	853	119	0.03847	0.01442	5.84614
869	기타 보건업	'17~'19	1,624	1,141	483	0.02065	0.00500	7.34852
869	기타 보건업	'20~'22	1,563	1,059	504	0.01588	0.00416	6.87897
871	거주 복지시설 운영업	'08~'10	10	2	8	0.00074	0.00065	1.60335
871	거주 복지시설 운영업	'11~'13	11	4	7	0.00357	0.00121	4.32731
871	거주 복지시설 운영업	'14~'16	22	18	4	0.02179	0.00597	6.40558
871	거주 복지시설 운영업	'17~'19	10	9	1	0.01982	0.00602	5.31575
872	비거주 복지시설 운영업	'20~'22	18	0	18	0.00034	0.00034	1.01448
902	도서관, 사적지 및 유사 여가관련 서비스업	'14~'16	6	6	0	0.00450	0.00353	2.34159
902	도서관, 사적지 및 유사 여가관련 서비스업	'17~'19	22	16	6	0.00485	0.00220	3.83576
902	도서관, 사적지 및 유사 여가관련 서비스업	'20~'22	44	20	24	0.00778	0.00176	6.60205
911	스포츠 서비스업	'08~'10	2	1	1	0.00159	0.00113	3.42186
911	스포츠 서비스업	'11~'13	4	3	1	0.00721	0.00393	4.75966
911	스포츠 서비스업	'14~'16	8	8	0	0.01144	0.00621	3.54871
911	스포츠 서비스업	'17~'19	11	7	4	0.01474	0.00463	7.95348
911	스포츠 서비스업	'20~'22	12	4	8	0.00500	0.00109	5.91568
912	유원지 및 기타 오락관련 서비스업	'14~'16	12	9	3	0.00812	0.00385	4.81384
912	유원지 및 기타 오락관련 서비스업	'17~'19	2	2	0	0.00963	0.00962	1.00516
912	유원지 및 기타 오락관련 서비스업	'20~'22	12	6	6	0.00775	0.00182	6.82276
941	산업 및 전문가 단체	'14~'16	6	4	2	0.00627	0.00307	5.08615

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
941	산업 및 전문가 단체	'17~'19	45	22	23	0.00458	0.00156	4.78941
941	산업 및 전문가 단체	'20~'22	73	52	21	0.00913	0.00299	5.00415
949	기타 협회 및 단체	'11~'13	52	38	14	0.01084	0.00273	4.38799
949	기타 협회 및 단체	'14~'16	56	30	26	0.00238	0.00132	3.18590
949	기타 협회 및 단체	'17~'19	125	93	32	0.00596	0.00242	4.05445
949	기타 협회 및 단체	'20~'22	73	40	33	0.01381	0.00286	7.80072
952	자동차 및 모터사이클 수리업	'02~'04	62	49	13	0.00383	0.00263	2.42832
952	자동차 및 모터사이클 수리업	'05~'07	57	37	20	0.06581	0.00622	9.22586
952	자동차 및 모터사이클 수리업	'11~'13	70	53	17	0.01499	0.00505	5.41888
952	자동차 및 모터사이클 수리업	'14~'16	98	67	31	0.01242	0.00321	5.59200
952	자동차 및 모터사이클 수리업	'17~'19	54	34	20	0.00919	0.00239	5.65046
952	자동차 및 모터사이클 수리업	'20~'22	63	33	30	0.00748	0.00185	5.87241
969	그 외 기타 개인 서비스업	'02~'04	38	36	2	0.04884	0.02706	3.80041
969	그 외 기타 개인 서비스업	'05~'07	55	41	14	0.02949	0.00920	6.46491
969	그 외 기타 개인 서비스업	'08~'10	8	4	4	0.00849	0.00268	6.54408
969	그 외 기타 개인 서비스업	'11~'13	54	48	6	0.01585	0.00696	3.99572
969	그 외 기타 개인 서비스업	'14~'16	86	64	22	0.00928	0.00290	4.64527
969	그 외 기타 개인 서비스업	'17~'19	75	49	26	0.00943	0.00271	5.34526
969	그 외 기타 개인 서비스업	'20~'22	115	66	49	0.01381	0.00336	7.79050

ND, 불검출; AM, 산술평균; GM, 기하평균

[부록 4-3] 포름알데히드 공정 및 연도별 기초통계

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC001	준비/지원	'02~'04	72	59	13	0.04866	0.01100	0.18744
SPC001	준비/지원	'05~'07	235	189	46	0.11293	0.01173	0.38780
SPC001	준비/지원	'08~'10	205	181	24	0.02952	0.00861	0.11389
SPC001	준비/지원	'11~'13	281	210	71	0.03411	0.00563	0.12766
SPC001	준비/지원	'14~'16	443	302	141	0.01283	0.00270	0.04925
SPC001	준비/지원	'17~'19	632	406	226	0.00987	0.00198	0.03774
SPC001	준비/지원	'20~'22	907	561	346	0.00778	0.00150	0.02965
SPC002	주입	'02~'04	128	125	3	0.08882	0.02593	0.34274
SPC002	주입	'05~'07	165	140	25	0.04200	0.01215	0.16213
SPC002	주입	'08~'10	172	141	31	0.02384	0.00692	0.09201
SPC002	주입	'11~'13	207	166	41	0.03444	0.00785	0.13279
SPC002	주입	'14~'16	268	167	101	0.01528	0.00190	0.05452
SPC002	주입	'17~'19	274	128	146	0.00875	0.00056	0.02636
SPC002	주입	'20~'22	298	207	91	0.01844	0.00296	0.06873
SPC003	용해	'02~'04	17	14	3	0.06945	0.01462	0.26456
SPC003	용해	'05~'07	47	27	20	0.18086	0.00225	0.28165
SPC003	용해	'08~'10	12	12	0	0.03801	0.02137	0.12816
SPC003	용해	'11~'13	80	71	9	0.05466	0.01535	0.21124
SPC003	용해	'14~'16	124	93	31	0.02409	0.00512	0.09249
SPC003	용해	'17~'19	120	80	40	0.01654	0.00244	0.06079
SPC003	용해	'20~'22	216	108	108	0.01383	0.00069	0.03852
SPC004	주조	'02~'04	573	512	61	0.07208	0.01873	0.27883

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC004	주조	'05~'07	2,806	2,274	532	0.05294	0.01064	0.20260
SPC004	주조	'08~'10	2,303	1,766	537	0.03057	0.00657	0.11754
SPC004	주조	'11~'13	2,109	1,351	758	0.01913	0.00248	0.06891
SPC004	주조	'14~'16	2,245	1,476	769	0.02260	0.00272	0.08022
SPC004	주조	'17~'19	1,638	965	673	0.01850	0.00159	0.06080
SPC004	주조	'20~'22	1,731	1,113	618	0.01959	0.00224	0.06882
SPC005	압연	'02~'04	16	16	0	0.06484	0.02608	0.24305
SPC005	압연	'05~'07	30	13	17	0.05242	0.00048	0.06867
SPC005	압연	'08~'10	47	37	10	0.01326	0.00387	0.05122
SPC005	압연	'11~'13	102	76	26	0.01755	0.00424	0.06781
SPC005	압연	'14~'16	169	142	27	0.01902	0.00594	0.07310
SPC005	압연	'17~'19	101	78	23	0.01430	0.00395	0.05529
SPC005	압연	'20~'22	74	62	12	0.02019	0.00683	0.07709
SPC006	절단	'02~'04	159	134	25	0.16082	0.03049	0.61155
SPC006	절단	'05~'07	150	99	51	0.14472	0.00723	0.40269
SPC006	절단	'08~'10	91	66	25	0.03570	0.00695	0.13602
SPC006	절단	'11~'13	99	72	27	0.04379	0.00578	0.15769
SPC006	절단	'14~'16	73	55	18	0.02641	0.00465	0.09947
SPC006	절단	'17~'19	339	218	121	0.01412	0.00218	0.05236
SPC006	절단	'20~'22	874	488	386	0.01540	0.00121	0.04941
SPC007	단조	'02~'04	5	5	0	0.01450	0.00923	0.04733
SPC008	연마	'02~'04	54	50	4	0.10578	0.02325	0.40660
SPC008	연마	'05~'07	305	224	81	0.05924	0.00685	0.20839
SPC008	연마	'08~'10	306	240	66	0.04751	0.00740	0.17637

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC008	연마	'11~'13	113	98	15	0.08944	0.02010	0.34453
SPC008	연마	'14~'16	135	104	31	0.05585	0.00866	0.20696
SPC008	연마	'17~'19	184	136	48	0.01528	0.00390	0.05912
SPC008	연마	'20~'22	161	123	38	0.02403	0.00550	0.09266
SPC009	성형	'02~'04	556	499	57	0.09637	0.01824	0.36669
SPC009	성형	'05~'07	2,032	1,490	542	0.05869	0.00684	0.20704
SPC009	성형	'08~'10	1,360	1,034	326	0.04332	0.00797	0.16437
SPC009	성형	'11~'13	1,398	1,030	368	0.03989	0.00590	0.14700
SPC009	성형	'14~'16	1,533	1,109	424	0.02673	0.00420	0.09942
SPC009	성형	'17~'19	1,249	865	384	0.02081	0.00336	0.07773
SPC009	성형	'20~'22	1,621	1,108	513	0.01749	0.00287	0.06544
SPC010	용접	'02~'04	43	37	6	0.20112	0.02965	0.73547
SPC010	용접	'05~'07	40	22	18	0.09582	0.00184	0.17979
SPC010	용접	'08~'10	18	17	1	0.01175	0.00525	0.04293
SPC010	용접	'11~'13	40	27	13	0.03181	0.00298	0.10521
SPC010	용접	'14~'16	69	52	17	0.02292	0.00530	0.08838
SPC010	용접	'17~'19	99	45	54	0.00949	0.00047	0.02627
SPC010	용접	'20~'22	108	58	50	0.01139	0.00095	0.03689
SPC011	접착	'02~'04	315	291	24	0.17706	0.04825	0.68457
SPC011	접착	'05~'07	1,023	842	181	0.16534	0.02124	0.59455
SPC011	접착	'08~'10	650	579	71	0.08637	0.02584	0.33273
SPC011	접착	'11~'13	552	441	111	0.06434	0.00998	0.23880
SPC011	접착	'14~'16	582	434	148	0.05995	0.00698	0.21135
SPC011	접착	'17~'19	485	347	138	0.03228	0.00436	0.11710

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC011	접착	'20~'22	347	256	91	0.02804	0.00490	0.10572
SPC012	조립	'02~'04	21	17	4	0.03694	0.00795	0.14127
SPC012	조립	'05~'07	26	22	4	0.05810	0.01558	0.22474
SPC012	조립	'08~'10	52	25	27	0.01716	0.00079	0.04579
SPC012	조립	'11~'13	64	56	8	0.01093	0.00567	0.03751
SPC012	조립	'14~'16	410	347	63	0.01162	0.00536	0.04150
SPC012	조립	'17~'19	541	307	234	0.00574	0.00115	0.02196
SPC012	조립	'20~'22	398	250	148	0.00783	0.00173	0.03014
SPC013	열처리	'02~'04	86	78	8	0.02964	0.00928	0.11395
SPC013	열처리	'05~'07	34	30	4	0.06726	0.01331	0.25588
SPC013	열처리	'08~'10	42	29	13	0.01800	0.00424	0.06942
SPC013	열처리	'11~'13	126	105	21	0.00785	0.00431	0.02615
SPC013	열처리	'14~'16	129	90	39	0.00552	0.00196	0.02093
SPC013	열처리	'17~'19	111	53	58	0.00814	0.00061	0.02564
SPC013	열처리	'20~'22	104	57	47	0.00916	0.00101	0.03180
SPC014	도금	'02~'04	246	221	25	0.07719	0.01984	0.29856
SPC014	도금	'05~'07	1,130	985	145	0.05379	0.01390	0.20805
SPC014	도금	'08~'10	1,327	1,183	144	0.04814	0.01451	0.18538
SPC014	도금	'11~'13	1,303	1,013	290	0.03013	0.00601	0.11522
SPC014	도금	'14~'16	1,311	865	446	0.02499	0.00296	0.08848
SPC014	도금	'17~'19	395	229	166	0.01638	0.00141	0.05376
SPC014	도금	'20~'22	432	266	166	0.01353	0.00170	0.04840
SPC015	도장	'02~'04	120	112	8	0.09872	0.02374	0.38138
SPC015	도장	'05~'07	320	272	48	0.15147	0.01864	0.53972

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC015	도장	'08~'10	356	268	88	0.03462	0.00724	0.13283
SPC015	도장	'11~'13	998	807	191	0.02869	0.00815	0.11081
SPC015	도장	'14~'16	1,778	1,376	402	0.02461	0.00590	0.09509
SPC015	도장	'17~'19	1,336	885	451	0.01384	0.00233	0.05200
SPC015	도장	'20~'22	1,190	825	365	0.01655	0.00304	0.06278
SPC016	표면처리	'02~'04	107	94	13	0.09499	0.02070	0.36526
SPC016	표면처리	'05~'07	425	375	50	0.05829	0.01396	0.22521
SPC016	표면처리	'08~'10	194	168	26	0.05238	0.01403	0.20259
SPC016	표면처리	'11~'13	432	360	72	0.03668	0.00842	0.14151
SPC016	표면처리	'14~'16	618	462	156	0.02700	0.00462	0.10159
SPC016	표면처리	'17~'19	435	302	133	0.01852	0.00308	0.06941
SPC016	표면처리	'20~'22	392	260	132	0.01657	0.00250	0.06123
SPC017	세척	'02~'04	35	29	6	0.07160	0.01354	0.27109
SPC017	세척	'05~'07	195	134	61	0.27906	0.00813	0.64090
SPC017	세척	'08~'10	147	91	56	0.01759	0.00230	0.06329
SPC017	세척	'11~'13	193	120	73	0.01838	0.00214	0.06473
SPC017	세척	'14~'16	266	164	102	0.01085	0.00172	0.04039
SPC017	세척	'17~'19	324	214	110	0.03163	0.00212	0.09686
SPC017	세척	'20~'22	357	220	137	0.01397	0.00171	0.04971
SPC018	검사	'02~'04	877	783	94	0.11897	0.02989	0.46010
SPC018	검사	'05~'07	7,120	5,574	1,546	0.09980	0.01198	0.35428
SPC018	검사	'08~'10	6,436	5,047	1,389	0.06040	0.00901	0.22298
SPC018	검사	'11~'13	9,664	7,310	2,354	0.03698	0.00622	0.13888
SPC018	검사	'14~'16	15,577	11,577	4,000	0.02282	0.00445	0.08711

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC018	검사	'17~'19	21,712	14,732	6,980	0.01536	0.00268	0.05794
SPC018	검사	'20~'22	25,364	15,491	9,873	0.01345	0.00167	0.04803
SPC019	혼합	'02~'04	255	231	24	0.13774	0.02836	0.52787
SPC019	혼합	'05~'07	718	606	112	0.09050	0.01599	0.34180
SPC019	혼합	'08~'10	574	502	72	0.05898	0.01523	0.22816
SPC019	혼합	'11~'13	637	473	164	0.03934	0.00564	0.14422
SPC019	혼합	'14~'16	962	732	230	0.02711	0.00485	0.10255
SPC019	혼합	'17~'19	801	555	246	0.01599	0.00292	0.06060
SPC019	혼합	'20~'22	804	527	277	0.01723	0.00241	0.06290
SPC020	화학반응	'02~'04	214	200	14	0.15052	0.04121	0.58195
SPC020	화학반응	'05~'07	926	784	142	0.09847	0.01798	0.37332
SPC020	화학반응	'08~'10	743	672	71	0.06866	0.01920	0.26527
SPC020	화학반응	'11~'13	789	609	180	0.03806	0.00621	0.14231
SPC020	화학반응	'14~'16	886	653	233	0.02766	0.00420	0.10236
SPC020	화학반응	'17~'19	688	447	241	0.01645	0.00231	0.06008
SPC020	화학반응	'20~'22	768	461	307	0.01760	0.00163	0.05887
SPC021	분리	'02~'04	125	112	13	0.09651	0.02758	0.37273
SPC021	분리	'05~'07	147	120	27	0.07762	0.01867	0.29990
SPC021	분리	'08~'10	261	209	52	0.01962	0.00578	0.07567
SPC021	분리	'11~'13	207	136	71	0.01666	0.00246	0.06132
SPC021	분리	'14~'16	227	130	97	0.01137	0.00120	0.03917
SPC021	분리	'17~'19	241	124	117	0.00629	0.00081	0.02261
SPC021	분리	'20~'22	253	194	59	0.00857	0.00268	0.03291
SPC022	건조	'02~'04	17	15	2	0.06430	0.01509	0.24722

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC022	건조	'05~'07	59	53	6	0.15625	0.03413	0.60045
SPC022	건조	'08~'10	29	23	6	0.03276	0.00888	0.12673
SPC022	건조	'11~'13	64	47	17	0.03688	0.00551	0.13552
SPC022	건조	'14~'16	86	60	26	0.02769	0.00400	0.10130
SPC022	건조	'17~'19	68	46	22	0.01724	0.00263	0.06357
SPC022	건조	'20~'22	59	48	11	0.03091	0.00851	0.11951
SPC023	분쇄	'02~'04	10	10	0	0.06562	0.01189	0.24239
SPC023	분쇄	'05~'07	12	8	4	0.04417	0.00403	0.13918
SPC023	분쇄	'08~'10	5	5	0	0.09000	0.05773	0.29231
SPC023	분쇄	'11~'13	14	12	2	0.04622	0.01619	0.17698
SPC023	분쇄	'14~'16	5	4	1	0.03734	0.00719	0.13415
SPC023	분쇄	'17~'19	13	6	7	0.02850	0.00034	0.03863
SPC023	분쇄	'20~'22	13	8	5	0.03781	0.00202	0.09985
SPC024	침지	'02~'04	95	90	5	0.16291	0.04136	0.63002
SPC024	침지	'05~'07	358	329	29	0.10948	0.03086	0.42291
SPC024	침지	'08~'10	231	203	28	0.08127	0.02312	0.31387
SPC024	침지	'11~'13	218	183	35	0.07350	0.01237	0.27574
SPC024	침지	'14~'16	295	237	58	0.04303	0.00896	0.16505
SPC024	침지	'17~'19	226	148	78	0.02331	0.00257	0.08108
SPC024	침지	'20~'22	217	148	69	0.03228	0.00344	0.11149
SPC025	살균	'05~'07	43	37	6	0.05294	0.01219	0.20396
SPC025	살균	'08~'10	85	70	15	0.02939	0.00877	0.11330
SPC025	살균	'11~'13	150	110	40	0.03659	0.00605	0.13690
SPC025	살균	'14~'16	167	117	50	0.01717	0.00347	0.06567

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC025	살균	'17~'19	281	188	93	0.01198	0.00240	0.04579
SPC025	살균	'20~'22	325	231	94	0.01497	0.00337	0.05768
SPC026	저장	'02~'04	25	17	8	0.05587	0.00675	0.19497
SPC026	저장	'05~'07	15	13	2	0.24826	0.04338	0.92112
SPC026	저장	'08~'10	48	34	14	0.02420	0.00556	0.09323
SPC026	저장	'11~'13	98	85	13	0.02211	0.00770	0.08405
SPC026	저장	'14~'16	166	150	16	0.02827	0.01237	0.10267
SPC026	저장	'17~'19	241	213	28	0.01994	0.00900	0.07175
SPC026	저장	'20~'22	208	168	40	0.01417	0.00605	0.05179
SPC027	포장	'02~'04	18	15	3	0.01024	0.00427	0.03803
SPC027	포장	'05~'07	86	54	32	0.02388	0.00254	0.08210
SPC027	포장	'08~'10	196	173	23	0.03462	0.01085	0.13298
SPC027	포장	'11~'13	227	143	84	0.03083	0.00276	0.10212
SPC027	포장	'14~'16	272	182	90	0.01301	0.00231	0.04915
SPC027	포장	'17~'19	86	49	37	0.00944	0.00117	0.03358
SPC027	포장	'20~'22	159	77	82	0.01150	0.00059	0.03230
SPC028	운반	'02~'04	29	24	5	0.07020	0.02245	0.26996
SPC028	운반	'05~'07	39	32	7	0.01960	0.00710	0.07427
SPC028	운반	'08~'10	58	45	13	0.02512	0.00604	0.09700
SPC028	운반	'11~'13	122	79	43	0.02601	0.00279	0.08982
SPC028	운반	'14~'16	170	133	37	0.02115	0.00459	0.08134
SPC028	운반	'17~'19	210	155	55	0.01369	0.00333	0.05291
SPC028	운반	'20~'22	212	130	82	0.00759	0.00134	0.02863
SPC029	광업	'20~'22	2	0	2	NA	NA	NA

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC030	식품가공	'02~'04	6	6	0	0.02178	0.01591	0.06235
SPC030	식품가공	'05~'07	14	14	0	0.23483	0.06628	0.90833
SPC030	식품가공	'08~'10	25	16	9	0.07269	0.00323	0.18718
SPC030	식품가공	'11~'13	54	42	12	0.03063	0.00839	0.11847
SPC030	식품가공	'14~'16	112	79	33	0.01394	0.00322	0.05379
SPC030	식품가공	'17~'19	197	111	86	0.00862	0.00115	0.03117
SPC030	식품가공	'20~'22	1,838	1,627	211	0.01446	0.00680	0.05129
SPC031	섬유가공	'02~'04	76	72	4	0.14216	0.02829	0.54255
SPC031	섬유가공	'05~'07	264	152	112	0.06787	0.00227	0.16461
SPC031	섬유가공	'08~'10	110	102	8	0.05489	0.01563	0.21204
SPC031	섬유가공	'11~'13	93	68	25	0.02838	0.00467	0.10601
SPC031	섬유가공	'14~'16	97	66	31	0.01999	0.00318	0.07427
SPC031	섬유가공	'17~'19	57	33	24	0.01441	0.00132	0.04763
SPC031	섬유가공	'20~'22	62	41	21	0.02220	0.00300	0.08011
SPC032_1	로루	'11~'13	4	4	0	0.01043	0.01030	0.01371
SPC032_1	로루	'14~'16	2	1	1	0.00326	0.00056	0.00759
SPC032_1	로루	'20~'22	8	6	2	0.01365	0.00315	0.05190
SPC033	인쇄	'02~'04	33	25	8	0.03306	0.00828	0.12774
SPC033	인쇄	'05~'07	234	194	40	0.01893	0.00672	0.07175
SPC033	인쇄	'08~'10	204	180	24	0.02748	0.01057	0.10279
SPC033	인쇄	'11~'13	152	116	36	0.04098	0.00654	0.15253
SPC033	인쇄	'14~'16	271	210	61	0.02263	0.00530	0.08735
SPC033	인쇄	'17~'19	218	174	44	0.01621	0.00572	0.06149
SPC033	인쇄	'20~'22	246	192	54	0.01723	0.00486	0.06657

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC034	종이/펄프 제조	'02~'04	4	2	2	0.05863	0.00059	0.04055
SPC034	종이/펄프 제조	'05~'07	6	6	0	0.15047	0.13632	0.29767
SPC034	종이/펄프 제조	'08~'10	4	4	0	0.01440	0.01414	0.02014
SPC035	목재가공	'02~'04	62	58	4	0.28752	0.10690	1.08395
SPC035	목재가공	'05~'07	120	113	7	0.24893	0.09880	0.92597
SPC035	목재가공	'08~'10	105	101	4	0.13400	0.06001	0.48382
SPC035	목재가공	'11~'13	139	126	13	0.11190	0.03536	0.42968
SPC035	목재가공	'14~'16	127	121	6	0.08949	0.04218	0.31781
SPC035	목재가공	'17~'19	42	36	6	0.02755	0.01062	0.10336
SPC035	목재가공	'20~'22	56	54	2	0.03574	0.02073	0.11602
SPC036	전기전자산업	'02~'04	10	8	2	0.03968	0.00970	0.15231
SPC036	전기전자산업	'05~'07	30	28	2	0.04473	0.02045	0.16144
SPC036	전기전자산업	'08~'10	18	16	2	0.01670	0.00536	0.06431
SPC036	전기전자산업	'11~'13	56	27	29	0.00614	0.00078	0.02190
SPC036	전기전자산업	'14~'16	78	40	38	0.00729	0.00085	0.02559
SPC036	전기전자산업	'17~'19	101	50	51	0.00573	0.00071	0.02036
SPC036	전기전자산업	'20~'22	119	80	39	0.00846	0.00206	0.03268
SPC036_1	웨이퍼 제조	'14~'16	8	3	5	0.00079	0.00061	0.00211
SPC036_1	웨이퍼 제조	'17~'19	11	9	2	0.00754	0.00375	0.02684
SPC036_1	웨이퍼 제조	'20~'22	29	28	1	0.01081	0.00717	0.03224
SPC036_2	웨이퍼 가공	'05~'07	8	0	8	NA	NA	NA
SPC036_2	웨이퍼 가공	'11~'13	2	2	0	0.00250	0.00245	0.00384
SPC036_2	웨이퍼 가공	'14~'16	19	9	10	0.01026	0.00061	0.02885
SPC036_21	포토	'02~'04	4	4	0	0.01885	0.01327	0.05793

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC036_21	포토	'05~'07	56	52	4	0.03810	0.01460	0.14295
SPC036_21	포토	'08~'10	42	28	14	0.02567	0.00396	0.09459
SPC036_21	포토	'11~'13	9	1	8	0.00046	0.00003	0.00123
SPC036_21	포토	'14~'16	47	20	27	0.01046	0.00041	0.02627
SPC036_21	포토	'17~'19	51	25	26	0.00967	0.00067	0.02948
SPC036_21	포토	'20~'22	126	49	77	0.00339	0.00034	0.01154
SPC036_3	웨이퍼 조립	'05~'07	16	6	10	0.00195	0.00066	0.00747
SPC036_3	웨이퍼 조립	'08~'10	21	14	7	0.01676	0.00388	0.06447
SPC036_3	웨이퍼 조립	'11~'13	16	5	11	0.01022	0.00011	0.01375
SPC036_3	웨이퍼 조립	'14~'16	20	7	13	0.00654	0.00021	0.01469
SPC036_3	웨이퍼 조립	'17~'19	30	4	26	0.00250	0.00000	0.00064
SPC036_3	웨이퍼 조립	'20~'22	62	28	34	0.01000	0.00043	0.02616
SPC037	폐기물처리	'02~'04	9	8	1	0.05259	0.02143	0.19841
SPC037	폐기물처리	'05~'07	29	25	4	0.04408	0.01275	0.17036
SPC037	폐기물처리	'08~'10	27	23	4	0.02868	0.00852	0.11076
SPC037	폐기물처리	'11~'13	26	21	5	0.02595	0.00714	0.10037
SPC037	폐기물처리	'14~'16	43	31	12	0.01393	0.00308	0.05355
SPC037	폐기물처리	'17~'19	89	56	33	0.00581	0.00156	0.02246
SPC037	폐기물처리	'20~'22	102	68	34	0.00544	0.00163	0.02095
SPC038	조경공사	'05~'07	2	2	0	0.00672	0.00672	0.00672
SPC038	조경공사	'20~'22	2	0	2	NA	NA	NA
SPC039	토공사	'17~'19	2	2	0	0.03300	0.02265	0.11698
SPC040	포장공사	'02~'04	1	1	0	0.03990	0.03990	NA
SPC040	포장공사	'17~'19	15	12	3	0.02255	0.00463	0.08556

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC040	포장공사	'20~'22	30	22	8	0.03129	0.00608	0.11873
SPC041	보링·그라우팅공사	'14~'16	7	6	1	0.00279	0.00191	0.00843
SPC041	보링·그라우팅공사	'17~'19	33	12	21	0.00274	0.00022	0.00865
SPC041	보링·그라우팅공사	'20~'22	4	1	3	0.00372	0.00002	0.00138
SPC042	파일공사	'08~'10	3	3	0	0.03377	0.01945	0.12249
SPC042	파일공사	'11~'13	6	6	0	0.06233	0.04213	0.19195
SPC042	파일공사	'14~'16	5	4	1	0.04631	0.00768	0.16007
SPC042	파일공사	'17~'19	14	10	4	0.01096	0.00309	0.04241
SPC042	파일공사	'20~'22	24	14	10	0.00571	0.00115	0.02171
SPC043	실내건축공사	'05~'07	6	6	0	0.02170	0.02098	0.03324
SPC043	실내건축공사	'08~'10	5	5	0	0.02367	0.02284	0.03703
SPC043	실내건축공사	'11~'13	9	6	3	0.02631	0.00340	0.08980
SPC043	실내건축공사	'14~'16	12	10	2	0.00912	0.00458	0.03230
SPC043	실내건축공사	'17~'19	23	17	6	0.01139	0.00339	0.04399
SPC043	실내건축공사	'20~'22	26	14	12	0.01177	0.00094	0.03694
SPC044	목재구조물공사	'02~'04	3	3	0	0.22563	0.08286	0.86935
SPC044	목재구조물공사	'17~'19	17	8	9	0.00856	0.00050	0.02378
SPC044	목재구조물공사	'20~'22	18	8	10	0.00223	0.00051	0.00856
SPC045	창호공사	'11~'13	6	4	2	0.01817	0.00251	0.06091
SPC045	창호공사	'20~'22	8	2	6	0.00342	0.00002	0.00276
SPC046	금속구조물공사	'02~'04	3	2	1	0.04686	0.00296	0.08463
SPC046	금속구조물공사	'05~'07	6	6	0	0.01028	0.00999	0.01536
SPC046	금속구조물공사	'14~'16	2	2	0	0.03695	0.03511	0.07015
SPC046	금속구조물공사	'17~'19	4	0	4	NA	NA	NA

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC047	온실설치공사	'14~'16	17	13	4	0.00985	0.00338	0.03776
SPC047	온실설치공사	'17~'19	27	22	5	0.01790	0.00381	0.06850
SPC047	온실설치공사	'20~'22	51	21	30	0.01328	0.00023	0.02429
SPC048	지붕 · 판금공사	'14~'16	11	11	0	0.04168	0.03005	0.11740
SPC048	지붕 · 판금공사	'20~'22	4	0	4	NA	NA	NA
SPC049	건축물조립공사	'02~'04	2	0	2	NA	NA	NA
SPC049	건축물조립공사	'11~'13	8	7	1	0.00627	0.00427	0.01889
SPC049	건축물조립공사	'14~'16	30	27	3	0.01618	0.00628	0.06074
SPC050	미장공사	'05~'07	34	31	3	0.04373	0.01930	0.15928
SPC050	미장공사	'08~'10	40	40	0	0.04469	0.02878	0.13583
SPC050	미장공사	'17~'19	4	2	2	0.01716	0.00038	0.02004
SPC050	미장공사	'20~'22	6	3	3	0.01872	0.00046	0.02972
SPC051	타일공사	'11~'13	2	2	0	0.01765	0.01679	0.03334
SPC051	타일공사	'14~'16	2	0	2	NA	NA	NA
SPC051	타일공사	'20~'22	4	2	2	0.00473	0.00051	0.01335
SPC052	방수공사	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
SPC052	방수공사	'20~'22	2	2	0	0.01350	0.01194	0.03345
SPC053	조적공사	'02~'04	2	2	0	0.11810	0.11691	0.16108
SPC053	조적공사	'08~'10	1	1	0	0.00160	0.00160	0.00160
SPC053	조적공사	'11~'13	20	19	1	0.03187	0.02061	0.09741
SPC053	조적공사	'14~'16	26	26	0	0.02113	0.01629	0.05402
SPC053	조적공사	'17~'19	24	18	6	0.01213	0.00386	0.04669
SPC053	조적공사	'20~'22	24	15	9	0.00704	0.00163	0.02710
SPC054	석공사	'08~'10	4	4	0	0.00330	0.00330	0.00330

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC054	석공사	'14~'16	2	2	0	0.01550	0.01543	0.01924
SPC055	철근·콘크리트공사	'20~'22	4	0	4	NA	NA	NA
SPC056	구조물해체공사	'20~'22	4	3	1	0.00198	0.00123	0.00672
SPC057	비계공사	'11~'13	8	7	1	0.03750	0.01251	0.14480
SPC057	비계공사	'14~'16	3	3	0	0.06246	0.03286	0.23379
SPC057	비계공사	'20~'22	6	6	0	0.00562	0.00471	0.01326
SPC058	상하수도설비공사	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
SPC058	상하수도설비공사	'20~'22	1	0	1	NA	NA	NA
SPC059	철도·궤도공사	'08~'10	40	40	0	0.07503	0.06599	0.15296
SPC059	철도·궤도공사	'11~'13	2	2	0	0.01344	0.01220	0.03084
SPC059	철도·궤도공사	'17~'19	10	1	9	0.00489	0.00000	0.00001
SPC059	철도·궤도공사	'20~'22	13	6	7	0.01544	0.00036	0.02882
SPC060	철강구조물공사	'05~'07	18	16	2	0.06779	0.01806	0.26211
SPC060	철강구조물공사	'08~'10	11	6	5	0.02625	0.00131	0.06627
SPC060	철강구조물공사	'11~'13	8	7	1	0.01918	0.00641	0.07406
SPC060	철강구조물공사	'14~'16	15	9	6	0.00983	0.00141	0.03519
SPC060	철강구조물공사	'17~'19	13	10	3	0.01613	0.00424	0.06229
SPC060	철강구조물공사	'20~'22	12	9	3	0.00666	0.00261	0.02518
SPC061	수중공사	'20~'22	4	2	2	0.00926	0.00042	0.01691
SPC065	기계설비공사	'08~'10	6	6	0	0.03403	0.01794	0.12126
SPC065	기계설비공사	'11~'13	18	16	2	0.04862	0.01667	0.18626
SPC065	기계설비공사	'14~'16	14	12	2	0.03740	0.01279	0.14356
SPC065	기계설비공사	'17~'19	44	25	19	0.00591	0.00113	0.02243
SPC065	기계설비공사	'20~'22	45	13	32	0.00524	0.00012	0.01064

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC068	시설물유지관리공사	'14~'16	8	7	1	0.01309	0.00422	0.05061
SPC068	시설물유지관리공사	'17~'19	10	1	9	0.00069	0.00000	0.00041
SPC068	시설물유지관리공사	'20~'22	16	12	4	0.01886	0.00372	0.07126
SPC069	건강관리	'02~'04	143	133	10	0.09478	0.03501	0.35717
SPC069	건강관리	'05~'07	1,967	1,673	294	0.07244	0.01880	0.28022
SPC069	건강관리	'08~'10	2,170	1,708	462	0.03983	0.00876	0.15336
SPC069	건강관리	'11~'13	3,603	2,801	802	0.02843	0.00669	0.10981
SPC069	건강관리	'14~'16	6,667	5,158	1,509	0.02117	0.00533	0.08187
SPC069	건강관리	'17~'19	9,263	6,913	2,350	0.01534	0.00390	0.05933
SPC069	건강관리	'20~'22	11,016	7,566	3,450	0.01372	0.00275	0.05248
SPC070	정비	'02~'04	10	5	5	0.06308	0.00119	0.10130
SPC070	정비	'05~'07	58	42	16	0.07882	0.00630	0.25111
SPC070	정비	'08~'10	80	47	33	0.01349	0.00192	0.04921
SPC070	정비	'11~'13	109	60	49	0.01057	0.00127	0.03737
SPC070	정비	'14~'16	159	92	67	0.01221	0.00135	0.04250
SPC070	정비	'17~'19	129	39	90	0.00413	0.00010	0.00883
SPC070	정비	'20~'22	175	48	127	0.00385	0.00006	0.00671
SPC071	염색	'02~'04	23	20	3	0.11483	0.02398	0.43819
SPC071	염색	'05~'07	303	202	101	0.05808	0.00526	0.19306
SPC071	염색	'08~'10	75	37	38	0.01994	0.00094	0.05413
SPC071	염색	'11~'13	74	33	41	0.01244	0.00054	0.03265
SPC071	염색	'14~'16	67	50	17	0.03058	0.00550	0.11544
SPC071	염색	'17~'19	81	64	17	0.03119	0.00760	0.12053
SPC071	염색	'20~'22	58	36	22	0.01580	0.00172	0.05450

ND, 불검출; AM, 산술평균; GM, 기하평균

[부록 5] 석면 기초통계

- 산업분류별(또는 공정별)로 특정 기간에 작업환경측정자료가 없는 경우 기초통계값을 생성하지 않음. 예를 들어, '토사석 광업'(071)의 경우 2002년부터 2010년까지의 석면 자료가 존재하지 않아 '02~'04, '05~'07, '08~'10년도의 통계값들이 생성되지 않음.

[부록 5-1] 석면 연도별 기초통계

연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
'02~'04	221	214	7	0.06975	0.02425	0.26507
'05~'07	8,536	1,353	7,183	0.00424	0.00006	0.00754
'08~'10	22,479	1,996	20,483	0.00204	0.00001	0.00154
'11~'13	487	282	205	0.00740	0.00126	0.02780
'14~'16	603	305	298	0.00419	0.00067	0.01562
'17~'19	2,287	524	1,763	0.00225	0.00008	0.00560
'20~'22	2,153	516	1,637	0.00336	0.00009	0.00754

ND, 불검출; AM, 산술평균; GM, 기하평균

[부록 5-2] 석면 산업소분류 및 연도별 기초통계

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
071	토사석 광업	'11~'13	2	2	0	0.04910	0.04900	0.05690
071	토사석 광업	'17~'19	6	6	0	0.00783	0.00764	0.01133
072	기타 비금속광물 광업	'11~'13	52	52	0	0.01500	0.01320	0.03049
072	기타 비금속광물 광업	'14~'16	29	29	0	0.01934	0.01859	0.02978
101	도축, 육류 가공 및 저장 처리업	'05~'07	2	1	1	0.01878	0.00127	0.01895
103	과실, 채소 가공 및 저장 처리업	'05~'07	4	4	0	0.01575	0.01041	0.05106
103	과실, 채소 가공 및 저장 처리업	'08~'10	8	6	2	0.01444	0.00613	0.05420
132	식물 직조 및 식물제품 제조업	'02~'04	2	2	0	0.31900	0.31718	0.40440
144	의복 액세서리 제조업	'20~'22	3	3	0	0.00200	0.00200	0.00200
152	신발 및 신발 부분품 제조업	'08~'10	6	6	0	0.02583	0.02314	0.05275
171	펄프, 종이 및 판지 제조업	'08~'10	2	0	2	NA	NA	NA
179	기타 종이 및 판지 제품 제조업	'02~'04	4	4	0	0.03250	0.01778	0.11710
179	기타 종이 및 판지 제품 제조업	'08~'10	4	0	4	NA	NA	NA
192	석유 정제품 제조업	'02~'04	4	4	0	0.01025	0.00951	0.01933
192	석유 정제품 제조업	'17~'19	36	36	0	0.00550	0.00331	0.01754
192	석유 정제품 제조업	'20~'22	13	10	3	0.00639	0.00347	0.02189
201	기초 화학물질 제조업	'02~'04	4	3	1	0.02795	0.01282	0.10591
201	기초 화학물질 제조업	'05~'07	6	0	6	NA	NA	NA
201	기초 화학물질 제조업	'17~'19	534	64	470	0.00048	0.00006	0.00175
201	기초 화학물질 제조업	'20~'22	429	6	423	0.00018	0.00000	0.00000
202	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	'11~'13	2	2	0	0.00310	0.00302	0.00501
202	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	'17~'19	436	0	436	NA	NA	NA

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
202	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	'20~'22	409	0	409	NA	NA	NA
203	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	'08~'10	1	1	0	0.01160	0.01160	NA
203	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	'17~'19	170	8	162	0.00025	0.00000	0.00019
203	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	'20~'22	8	0	8	NA	NA	NA
204	기타 화학제품 제조업	'02~'04	4	4	0	0.01000	0.01000	0.01000
204	기타 화학제품 제조업	'05~'07	3	2	1	0.05362	0.00644	0.14128
204	기타 화학제품 제조업	'08~'10	9	6	3	0.53986	0.01132	0.89222
204	기타 화학제품 제조업	'17~'19	1	0	1	NA	NA	NA
212	의약품 제조업	'08~'10	11	2	9	0.00268	0.00002	0.00271
212	의약품 제조업	'11~'13	1	1	0	0.09800	0.09800	0.09800
213	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	'08~'10	7	0	7	NA	NA	NA
213	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	'14~'16	6	4	2	0.00292	0.00125	0.01104
213	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	'17~'19	6	2	4	0.00077	0.00050	0.00244
231	유리 및 유리제품 제조업	'05~'07	5	4	1	0.00567	0.00480	0.01333
232	내화, 비내화 요업제품 제조업	'02~'04	9	9	0	0.06444	0.03449	0.22436
232	내화, 비내화 요업제품 제조업	'05~'07	24	2	22	0.00372	0.00000	0.00022
232	내화, 비내화 요업제품 제조업	'17~'19	12	0	12	NA	NA	NA
233	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	'05~'07	12	10	2	0.03275	0.01698	0.11460
233	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	'17~'19	10	2	8	0.00087	0.00016	0.00321
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'02~'04	27	24	3	0.02014	0.01219	0.06410
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'05~'07	94	54	40	0.01519	0.00337	0.05848
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'08~'10	48	27	21	0.02315	0.00202	0.07539
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'11~'13	4	4	0	0.00375	0.00372	0.00468
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'17~'19	67	21	46	0.00164	0.00028	0.00612

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
239	기타 비금속 광물제품 제조업	'20~'22	102	63	39	0.00479	0.00184	0.01795
241	1차 철강 제조업	'08~'10	6	0	6	NA	NA	NA
241	1차 철강 제조업	'11~'13	49	27	22	0.00193	0.00093	0.00682
241	1차 철강 제조업	'14~'16	96	35	61	0.00139	0.00031	0.00535
241	1차 철강 제조업	'17~'19	72	24	48	0.00151	0.00036	0.00584
241	1차 철강 제조업	'20~'22	70	12	58	0.00124	0.00005	0.00323
242	1차 비철금속 제조업	'17~'19	4	4	0	0.00195	0.00182	0.00359
251	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	'17~'19	9	1	8	0.00493	0.00000	0.00004
259	기타 금속 가공제품 제조업	'02~'04	3	3	0	0.00933	0.00928	0.01141
259	기타 금속 가공제품 제조업	'05~'07	61	19	42	0.00296	0.00141	0.01049
259	기타 금속 가공제품 제조업	'08~'10	18	4	14	0.00112	0.00089	0.00272
259	기타 금속 가공제품 제조업	'11~'13	12	11	1	0.00202	0.00187	0.00362
259	기타 금속 가공제품 제조업	'14~'16	12	9	3	0.00134	0.00102	0.00350
259	기타 금속 가공제품 제조업	'17~'19	8	0	8	NA	NA	NA
262	전자 부품 제조업	'02~'04	2	2	0	0.01100	0.00980	0.02672
262	전자 부품 제조업	'05~'07	28	17	11	0.00447	0.00370	0.01030
262	전자 부품 제조업	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
262	전자 부품 제조업	'20~'22	10	0	10	NA	NA	NA
272	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	'02~'04	2	2	0	0.01000	0.01000	0.01000
272	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	'05~'07	4	0	4	NA	NA	NA
272	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
272	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	'20~'22	10	0	10	NA	NA	NA
281	전동기, 발전기 및 전기 변환·공급·제어 장치 제조업	'05~'07	6	2	4	0.00426	0.00062	0.01453
281	전동기, 발전기 및 전기 변환·공급·제어 장치 제조업	'17~'19	3	0	3	NA	NA	NA
281	전동기, 발전기 및 전기 변환·공급·제어 장치 제조업	'20~'22	20	0	20	NA	NA	NA
283	절연선 및 케이블 제조업	'14~'16	2	0	2	NA	NA	NA
284	전구 및 조명장치 제조업	'05~'07	15	9	6	0.02051	0.00505	0.07903
284	전구 및 조명장치 제조업	'08~'10	12	0	12	NA	NA	NA
289	기타 전기장비 제조업	'02~'04	13	13	0	0.11952	0.04739	0.45035
289	기타 전기장비 제조업	'17~'19	20	0	20	NA	NA	NA
291	일반 목적용 기계 제조업	'02~'04	13	13	0	0.01583	0.01182	0.04270
291	일반 목적용 기계 제조업	'05~'07	22	12	10	0.00856	0.00246	0.03311
291	일반 목적용 기계 제조업	'08~'10	14	12	2	0.04842	0.00707	0.17350
291	일반 목적용 기계 제조업	'17~'19	38	0	38	NA	NA	NA
292	특수 목적용 기계 제조업	'05~'07	32	16	16	0.00598	0.00309	0.02064
292	특수 목적용 기계 제조업	'11~'13	2	0	2	NA	NA	NA
292	특수 목적용 기계 제조업	'17~'19	12	1	11	0.00035	0.00001	0.00077
292	특수 목적용 기계 제조업	'20~'22	73	0	73	NA	NA	NA
301	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	'05~'07	1	0	1	NA	NA	NA
301	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	'08~'10	4	2	2	0.00172	0.00162	0.00302
301	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	'11~'13	2	2	0	0.00380	0.00345	0.00874
303	자동차 부품 제조업	'02~'04	105	102	3	0.08653	0.03258	0.32516

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
303	자동차 신품 부품 제조업	'05~'07	277	175	102	0.01014	0.00414	0.03746
303	자동차 신품 부품 제조업	'08~'10	28	22	6	0.06562	0.01050	0.24231
303	자동차 신품 부품 제조업	'11~'13	2	2	0	0.06000	0.04472	0.19834
303	자동차 신품 부품 제조업	'17~'19	1	1	0	0.03000	0.03000	NA
311	선박 및 보트 건조업	'02~'04	4	4	0	0.01953	0.01854	0.03359
311	선박 및 보트 건조업	'05~'07	18	11	7	0.07786	0.00644	0.24340
311	선박 및 보트 건조업	'08~'10	10	2	8	0.12304	0.00000	0.00025
319	그 외 기타 운송장비 제조업	'05~'07	7	0	7	NA	NA	NA
340	산업용 기계 및 장비 수리업	'08~'10	6	6	0	0.03283	0.03170	0.05075
340	산업용 기계 및 장비 수리업	'20~'22	3	0	3	NA	NA	NA
351	전기업	'05~'07	24	7	17	0.00309	0.00205	0.00921
351	전기업	'08~'10	10	6	4	0.00641	0.00220	0.02468
351	전기업	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
351	전기업	'20~'22	77	35	42	0.00534	0.00083	0.01974
352	연료용 가스 제조 및 배관공급업	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
360	수도업	'05~'07	5	5	0	0.06600	0.02655	0.25294
370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	'05~'07	6	6	0	0.00817	0.00786	0.01282
370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	'08~'10	16	0	16	NA	NA	NA
370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	'11~'13	24	11	13	0.00720	0.00052	0.02188
370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	'14~'16	36	26	10	0.00296	0.00165	0.00982
370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	'17~'19	13	3	10	0.00120	0.00008	0.00338
381	폐기물 수집, 운반업	'05~'07	213	30	183	0.00200	0.00010	0.00557
381	폐기물 수집, 운반업	'08~'10	24	18	6	0.00718	0.00312	0.02634
381	폐기물 수집, 운반업	'11~'13	40	26	14	0.00361	0.00142	0.01351

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
381	폐기물 수집, 운반업	'14~'16	47	29	18	0.00673	0.00131	0.02560
381	폐기물 수집, 운반업	'17~'19	68	50	18	0.00812	0.00313	0.03041
381	폐기물 수집, 운반업	'20~'22	87	42	45	0.00438	0.00099	0.01686
382	폐기물 처리업	'05~'07	4	0	4	NA	NA	NA
382	폐기물 처리업	'08~'10	53	29	24	0.00604	0.00139	0.02328
382	폐기물 처리업	'11~'13	119	79	40	0.00892	0.00203	0.03438
382	폐기물 처리업	'14~'16	118	74	44	0.00466	0.00126	0.01804
382	폐기물 처리업	'17~'19	126	62	64	0.00239	0.00082	0.00912
382	폐기물 처리업	'20~'22	133	40	93	0.00176	0.00034	0.00672
383	해체, 선별 및 원료 재생업	'02~'04	2	2	0	0.01250	0.01191	0.02341
383	해체, 선별 및 원료 재생업	'05~'07	4	4	0	0.01350	0.01338	0.01720
383	해체, 선별 및 원료 재생업	'08~'10	8	4	4	0.00915	0.00146	0.03261
390	환경 정화 및 복원업	'02~'04	2	2	0	0.01000	0.01000	0.01000
390	환경 정화 및 복원업	'05~'07	54	5	49	0.00197	0.00001	0.00173
390	환경 정화 및 복원업	'08~'10	48	0	48	NA	NA	NA
411	건물 건설업	'05~'07	98	52	46	0.00590	0.00272	0.02112
411	건물 건설업	'08~'10	34	4	30	0.00126	0.00004	0.00300
411	건물 건설업	'11~'13	4	0	4	NA	NA	NA
411	건물 건설업	'14~'16	2	2	0	0.05950	0.05914	0.07586
411	건물 건설업	'17~'19	111	92	19	0.01410	0.00624	0.05108
411	건물 건설업	'20~'22	208	160	48	0.01518	0.00558	0.05722
412	토목 건설업	'05~'07	1,553	380	1,173	0.00720	0.00022	0.01704
412	토목 건설업	'08~'10	8,101	576	7,525	0.00160	0.00000	0.00076
412	토목 건설업	'11~'13	21	15	6	0.00982	0.00287	0.03796

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
412	토목 건설업	'14~'16	74	27	47	0.00377	0.00020	0.01070
412	토목 건설업	'17~'19	99	41	58	0.00408	0.00051	0.01453
412	토목 건설업	'20~'22	101	47	54	0.00599	0.00086	0.02189
421	기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	'05~'07	5,651	461	5,190	0.00224	0.00000	0.00128
421	기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	'08~'10	13,848	1,219	12,629	0.00151	0.00001	0.00143
421	기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	'11~'13	8	8	0	0.03139	0.02004	0.09943
421	기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	'14~'16	6	6	0	0.01818	0.01740	0.02942
421	기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	'17~'19	55	19	36	0.00713	0.00016	0.01461
421	기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	'20~'22	28	6	22	0.00483	0.00004	0.00602
422	건물설비 설치 공사업	'05~'07	7	7	0	0.11214	0.09722	0.24536
422	건물설비 설치 공사업	'08~'10	12	12	0	0.03283	0.03170	0.04983
422	건물설비 설치 공사업	'17~'19	72	0	72	NA	NA	NA
422	건물설비 설치 공사업	'20~'22	91	0	91	NA	NA	NA
424	실내건축 및 건축마무리 공사업	'05~'07	3	0	3	NA	NA	NA
424	실내건축 및 건축마무리 공사업	'20~'22	4	0	4	NA	NA	NA
425	시설물 유지관리 공사업	'17~'19	3	3	0	0.03453	0.03434	0.04235
425	시설물 유지관리 공사업	'20~'22	6	6	0	0.07571	0.07560	0.08347
451	자동차 판매업	'05~'07	32	12	20	0.00307	0.00177	0.01004
452	자동차 부품 및 내장품 판매업	'02~'04	5	5	0	0.42600	0.38161	0.87970
461	상품 중개업	'17~'19	2	2	0	0.01500	0.01414	0.02962
465	기계장비 및 관련 물품 도매업	'17~'19	6	0	6	NA	NA	NA
465	기계장비 및 관련 물품 도매업	'20~'22	10	0	10	NA	NA	NA
466	건축 자재, 철물 및 난방장치 도매업	'14~'16	5	5	0	0.00900	0.00889	0.01186
466	건축 자재, 철물 및 난방장치 도매업	'17~'19	5	5	0	0.00980	0.00964	0.01343

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
467	기타 전문 도매업	'05~'07	2	0	2	NA	NA	NA
472	음·식료품 및 담배 소매업	'02~'04	1	1	0	0.00760	0.00760	NA
479	무점포 소매업	'14~'16	2	0	2	NA	NA	NA
491	철도 운송업	'05~'07	81	10	71	0.00117	0.00025	0.00450
491	철도 운송업	'08~'10	34	3	31	0.00074	0.00001	0.00126
492	육상 여객 운송업	'05~'07	6	4	2	0.00524	0.00423	0.01319
492	육상 여객 운송업	'11~'13	18	0	18	NA	NA	NA
492	육상 여객 운송업	'14~'16	8	1	7	0.00047	0.00002	0.00099
492	육상 여객 운송업	'17~'19	5	3	2	0.01828	0.00129	0.04584
493	도로 화물 운송업	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
493	도로 화물 운송업	'20~'22	10	0	10	NA	NA	NA
502	내륙 수상 및 항만 내 운송업	'05~'07	2	0	2	NA	NA	NA
502	내륙 수상 및 항만 내 운송업	'20~'22	4	4	0	0.00270	0.00255	0.00476
529	기타 운송관련 서비스업	'02~'04	6	6	0	0.01037	0.01021	0.01400
529	기타 운송관련 서비스업	'05~'07	16	4	12	0.00260	0.00105	0.00975
529	기타 운송관련 서비스업	'08~'10	38	0	38	NA	NA	NA
529	기타 운송관련 서비스업	'11~'13	2	0	2	NA	NA	NA
529	기타 운송관련 서비스업	'17~'19	10	0	10	NA	NA	NA
612	전기 통신업	'17~'19	31	0	31	NA	NA	NA
639	기타 정보 서비스업	'17~'19	2	2	0	0.00300	0.00283	0.00592
681	부동산 임대 및 공급업	'11~'13	1	1	0	0.00100	0.00100	0.00100
682	부동산관련 서비스업	'02~'04	2	2	0	0.01000	0.01000	0.01000
682	부동산관련 서비스업	'05~'07	8	4	4	0.00260	0.00206	0.00661
682	부동산관련 서비스업	'14~'16	6	6	0	0.00407	0.00399	0.00562

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
682	부동산관련 서비스업	'17~'19	14	10	4	0.00209	0.00142	0.00615
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'05~'07	3	0	3	NA	NA	NA
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'08~'10	11	7	4	0.00439	0.00207	0.01595
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'11~'13	22	1	21	0.00035	0.00030	0.00080
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'14~'16	18	13	5	0.00644	0.00186	0.02491
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'17~'19	21	7	14	0.00085	0.00064	0.00220
701	자연과학 및 공학 연구개발업	'20~'22	27	9	18	0.00170	0.00048	0.00658
702	인문 및 사회과학 연구개발업	'14~'16	2	0	2	NA	NA	NA
715	회사 본부 및 경영 컨설팅 서비스업	'14~'16	1	1	0	0.00200	0.00200	0.00200
715	회사 본부 및 경영 컨설팅 서비스업	'17~'19	8	2	6	0.00074	0.00068	0.00135
715	회사 본부 및 경영 컨설팅 서비스업	'20~'22	6	0	6	NA	NA	NA
716	기타 전문 서비스업	'14~'16	2	0	2	NA	NA	NA
716	기타 전문 서비스업	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
721	건축 기술, 엔지니어링 및 관련 기술 서비스업	'08~'10	6	3	3	0.00804	0.00082	0.02446
721	건축 기술, 엔지니어링 및 관련 기술 서비스업	'11~'13	11	10	1	0.00880	0.00232	0.03395
721	건축 기술, 엔지니어링 및 관련 기술 서비스업	'14~'16	31	21	10	0.00166	0.00111	0.00492
721	건축 기술, 엔지니어링 및 관련 기술 서비스업	'17~'19	36	6	30	0.00050	0.00027	0.00171
721	건축 기술, 엔지니어링 및 관련 기술 서비스업	'20~'22	38	16	22	0.00377	0.00069	0.01424
729	기타 과학기술 서비스업	'08~'10	8	5	3	0.00280	0.00139	0.01006
729	기타 과학기술 서비스업	'11~'13	36	8	28	0.00115	0.00008	0.00354
729	기타 과학기술 서비스업	'14~'16	53	7	46	0.00044	0.00005	0.00152
729	기타 과학기술 서비스업	'17~'19	93	10	83	0.00061	0.00001	0.00129
729	기타 과학기술 서비스업	'20~'22	92	49	43	0.00674	0.00132	0.02568
739	그 외 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	'08~'10	6	0	6	NA	NA	NA

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
739	그 외 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	'11~'13	4	0	4	NA	NA	NA
739	그 외 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	'14~'16	5	0	5	NA	NA	NA
739	그 외 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	'17~'19	2	2	0	0.00710	0.00557	0.02208
739	그 외 기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	'20~'22	9	3	6	0.00721	0.00015	0.01168
741	사업시설 유지·관리 서비스업	'05~'07	8	0	8	NA	NA	NA
742	건물·산업설비 청소 및 방제 서비스업	'17~'19	10	8	2	0.00365	0.00260	0.01047
742	건물·산업설비 청소 및 방제 서비스업	'20~'22	20	3	17	0.00543	0.00000	0.00088
753	경비, 경호 및 탐정업	'17~'19	1	0	1	NA	NA	NA
759	기타 사업 지원 서비스업	'11~'13	4	3	1	0.00182	0.00139	0.00515
759	기타 사업 지원 서비스업	'14~'16	1	0	1	NA	NA	NA
759	기타 사업 지원 서비스업	'17~'19	1	0	1	NA	NA	NA
759	기타 사업 지원 서비스업	'20~'22	6	0	6	NA	NA	NA
763	산업용 기계 및 장비 임대업	'05~'07	3	0	3	NA	NA	NA
841	입법 및 일반 정부 행정	'11~'13	4	0	4	NA	NA	NA
842	사회 및 산업정책 행정	'05~'07	4	2	2	0.47011	0.00030	0.03728
842	사회 및 산업정책 행정	'08~'10	2	2	0	0.01700	0.01697	0.01943
842	사회 및 산업정책 행정	'11~'13	4	0	4	NA	NA	NA
842	사회 및 산업정책 행정	'14~'16	2	0	2	NA	NA	NA
842	사회 및 산업정책 행정	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
842	사회 및 산업정책 행정	'20~'22	10	0	10	NA	NA	NA
843	외무 및 국방 행정	'20~'22	8	0	8	NA	NA	NA
856	기타 교육기관	'14~'16	2	2	0	0.00500	0.00490	0.00768
861	병원	'05~'07	34	1	33	0.00066	0.00036	0.00222
861	병원	'08~'10	10	4	6	0.00195	0.00103	0.00681

분류코드	산업분류명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
861	병원	'11~'13	7	2	5	0.00798	0.00003	0.00431
861	병원	'14~'16	10	0	10	NA	NA	NA
863	공중 보건 의료업	'08~'10	2	2	0	0.00285	0.00272	0.00528
863	공중 보건 의료업	'11~'13	6	4	2	0.00254	0.00139	0.00890
863	공중 보건 의료업	'14~'16	2	2	0	0.00100	0.00100	0.00100
869	기타 보건업	'11~'13	9	1	8	0.00050	0.00001	0.00085
869	기타 보건업	'14~'16	17	3	14	0.00107	0.00002	0.00204
869	기타 보건업	'17~'19	13	10	3	0.00899	0.00237	0.03471
869	기타 보건업	'20~'22	9	2	7	0.00244	0.00006	0.00431
872	비거주 복지시설 운영업	'11~'13	4	4	0	0.00438	0.00345	0.01179
872	비거주 복지시설 운영업	'14~'16	2	2	0	0.00710	0.00703	0.00967
872	비거주 복지시설 운영업	'20~'22	4	0	4	NA	NA	NA
952	자동차 및 모터사이클 수리업	'02~'04	7	7	0	0.01006	0.00989	0.01364
952	자동차 및 모터사이클 수리업	'05~'07	90	17	73	0.00174	0.00105	0.00550
952	자동차 및 모터사이클 수리업	'08~'10	11	3	8	0.03211	0.00007	0.01533
952	자동차 및 모터사이클 수리업	'11~'13	4	4	0	0.06493	0.05989	0.12508
952	자동차 및 모터사이클 수리업	'17~'19	19	17	2	0.02267	0.01359	0.07299
969	그 외 기타 개인 서비스업	'05~'07	4	4	0	0.01575	0.01041	0.05106
969	그 외 기타 개인 서비스업	'08~'10	3	3	0	0.00333	0.00317	0.00581
969	그 외 기타 개인 서비스업	'11~'13	7	2	5	0.00087	0.00028	0.00338
969	그 외 기타 개인 서비스업	'14~'16	6	1	5	0.00043	0.00008	0.00156
969	그 외 기타 개인 서비스업	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
969	그 외 기타 개인 서비스업	'20~'22	15	0	15	NA	NA	NA

ND, 불검출; AM, 산술평균; GM, 기하평균

[부록 5-3] 석면 공정 및 연도별 기초통계

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC001	준비/지원	'02~'04	2	2	0	0.01000	0.01000	0.01000
SPC001	준비/지원	'05~'07	9	4	5	0.00251	0.00204	0.00613
SPC001	준비/지원	'08~'10	8	8	0	0.00920	0.00496	0.03205
SPC001	준비/지원	'11~'13	4	4	0	0.00590	0.00412	0.01828
SPC001	준비/지원	'14~'16	12	10	2	0.00351	0.00234	0.01056
SPC001	준비/지원	'17~'19	196	22	174	0.00046	0.00004	0.00148
SPC001	준비/지원	'20~'22	128	28	100	0.00222	0.00007	0.00521
SPC002	주입	'02~'04	3	3	0	0.01000	0.01000	0.01000
SPC002	주입	'05~'07	12	12	0	0.03258	0.01937	0.10654
SPC002	주입	'08~'10	2	2	0	0.00170	0.00167	0.00249
SPC002	주입	'11~'13	8	4	4	0.01153	0.00059	0.02815
SPC002	주입	'14~'16	4	4	0	0.00493	0.00397	0.01286
SPC002	주입	'17~'19	13	0	13	NA	NA	NA
SPC002	주입	'20~'22	30	20	10	0.00419	0.00196	0.01504
SPC003	용해	'02~'04	2	2	0	0.01405	0.01403	0.01586
SPC003	용해	'05~'07	33	15	18	0.00361	0.00233	0.01099
SPC003	용해	'14~'16	4	0	4	NA	NA	NA
SPC003	용해	'17~'19	12	0	12	NA	NA	NA
SPC003	용해	'20~'22	23	4	19	0.00106	0.00008	0.00326
SPC004	주조	'05~'07	1	0	1	NA	NA	NA
SPC004	주조	'08~'10	2	0	2	NA	NA	NA
SPC005	압연	'11~'13	12	3	9	0.00103	0.00010	0.00330

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC005	압연	'14~'16	18	18	0	0.00347	0.00271	0.00878
SPC005	압연	'17~'19	38	4	34	0.00037	0.00022	0.00122
SPC006	절단	'02~'04	11	10	1	0.02119	0.01160	0.07260
SPC006	절단	'05~'07	46	10	36	0.00630	0.00025	0.01588
SPC006	절단	'14~'16	2	2	0	0.00525	0.00521	0.00690
SPC006	절단	'17~'19	6	2	4	0.00203	0.00024	0.00651
SPC008	연마	'02~'04	19	19	0	0.20130	0.08740	0.74033
SPC008	연마	'05~'07	41	35	6	0.01861	0.00913	0.06542
SPC008	연마	'08~'10	2	0	2	NA	NA	NA
SPC008	연마	'11~'13	2	2	0	0.08985	0.08966	0.10412
SPC008	연마	'17~'19	2	2	0	0.02500	0.02449	0.03840
SPC009	성형	'02~'04	86	82	4	0.07090	0.02237	0.27237
SPC009	성형	'05~'07	202	102	100	0.00841	0.00242	0.03247
SPC009	성형	'08~'10	34	24	10	0.01001	0.00396	0.03741
SPC009	성형	'11~'13	1	0	1	NA	NA	NA
SPC009	성형	'14~'16	10	0	10	NA	NA	NA
SPC009	성형	'17~'19	40	0	40	NA	NA	NA
SPC009	성형	'20~'22	36	0	36	NA	NA	NA
SPC010	용접	'05~'07	4	4	0	0.01420	0.00977	0.04456
SPC010	용접	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
SPC010	용접	'20~'22	20	0	20	NA	NA	NA
SPC011	접착	'02~'04	2	2	0	0.03000	0.02828	0.05925
SPC012	조립	'05~'07	8	3	5	0.00242	0.00140	0.00817
SPC012	조립	'14~'16	4	0	4	NA	NA	NA

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC012	조립	'17~'19	1	0	1	NA	NA	NA
SPC012	조립	'20~'22	4	0	4	NA	NA	NA
SPC013	열처리	'05~'07	25	15	10	0.00677	0.00358	0.02321
SPC014	도금	'08~'10	276	0	276	NA	NA	NA
SPC015	도장	'02~'04	2	2	0	0.01000	0.01000	0.01000
SPC015	도장	'08~'10	12	4	8	0.13174	0.00003	0.01739
SPC015	도장	'11~'13	4	4	0	0.05000	0.04229	0.12003
SPC015	도장	'17~'19	30	22	8	0.01500	0.00422	0.05802
SPC015	도장	'20~'22	25	0	25	NA	NA	NA
SPC016	표면처리	'08~'10	4	0	4	NA	NA	NA
SPC016	표면처리	'17~'19	16	0	16	NA	NA	NA
SPC017	세척	'02~'04	2	1	1	0.01905	0.00268	0.03772
SPC017	세척	'05~'07	108	4	104	0.00048	0.00001	0.00102
SPC017	세척	'08~'10	19	7	12	0.00326	0.00067	0.01239
SPC017	세척	'11~'13	4	2	2	0.00410	0.00063	0.01331
SPC017	세척	'14~'16	10	4	6	0.00075	0.00048	0.00236
SPC017	세척	'17~'19	35	10	25	0.00495	0.00009	0.00923
SPC017	세척	'20~'22	19	3	16	0.01249	0.00000	0.00039
SPC018	검사	'02~'04	5	5	0	0.02740	0.01912	0.08316
SPC018	검사	'05~'07	242	168	74	0.01840	0.00495	0.07116
SPC018	검사	'08~'10	387	94	293	0.02788	0.00007	0.01988
SPC018	검사	'11~'13	147	43	104	0.00150	0.00025	0.00560
SPC018	검사	'14~'16	146	56	90	0.00174	0.00035	0.00666
SPC018	검사	'17~'19	276	57	219	0.00175	0.00011	0.00525

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC018	검사	'20~'22	315	71	244	0.00254	0.00009	0.00627
SPC019	혼합	'02~'04	29	28	1	0.09961	0.03949	0.37247
SPC019	혼합	'05~'07	31	18	13	0.01126	0.00322	0.04353
SPC019	혼합	'08~'10	16	11	5	0.04441	0.00441	0.14562
SPC019	혼합	'11~'13	6	3	3	0.00858	0.00059	0.02240
SPC019	혼합	'14~'16	2	2	0	0.00300	0.00300	0.00300
SPC020	화학반응	'02~'04	1	1	0	0.01000	0.01000	0.01000
SPC020	화학반응	'05~'07	2	0	2	NA	NA	NA
SPC020	화학반응	'14~'16	2	2	0	0.00150	0.00141	0.00296
SPC020	화학반응	'17~'19	222	0	222	NA	NA	NA
SPC020	화학반응	'20~'22	106	2	104	0.00011	0.00000	0.00009
SPC021	분리	'02~'04	2	2	0	0.00935	0.00934	0.01043
SPC021	분리	'05~'07	1	0	1	NA	NA	NA
SPC021	분리	'11~'13	13	11	2	0.01221	0.00578	0.04406
SPC021	분리	'14~'16	35	14	21	0.00426	0.00028	0.01264
SPC021	분리	'17~'19	24	8	16	0.00284	0.00023	0.00895
SPC021	분리	'20~'22	2	0	2	NA	NA	NA
SPC022	건조	'17~'19	6	2	4	0.00080	0.00051	0.00261
SPC023	분쇄	'05~'07	14	12	2	0.00804	0.00635	0.02010
SPC023	분쇄	'08~'10	13	0	13	NA	NA	NA
SPC023	분쇄	'11~'13	36	23	13	0.00693	0.00178	0.02681
SPC023	분쇄	'14~'16	24	9	15	0.00548	0.00017	0.01225
SPC023	분쇄	'17~'19	21	13	8	0.00365	0.00151	0.01357
SPC023	분쇄	'20~'22	14	2	12	0.00071	0.00009	0.00248

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC026	저장	'05~'07	185	0	185	NA	NA	NA
SPC026	저장	'08~'10	4	0	4	NA	NA	NA
SPC026	저장	'11~'13	10	10	0	0.01117	0.01004	0.02211
SPC026	저장	'14~'16	6	6	0	0.01700	0.01569	0.03175
SPC026	저장	'17~'19	17	4	13	0.00154	0.00008	0.00412
SPC027	포장	'17~'19	121	8	113	0.00031	0.00000	0.00053
SPC027	포장	'20~'22	89	0	89	NA	NA	NA
SPC028	운반	'02~'04	9	9	0	0.04011	0.02964	0.11088
SPC028	운반	'05~'07	93	64	29	0.01083	0.00449	0.03994
SPC028	운반	'08~'10	21	3	18	0.00277	0.00011	0.00683
SPC028	운반	'11~'13	9	9	0	0.01337	0.00474	0.05135
SPC028	운반	'17~'19	20	10	10	0.00204	0.00084	0.00760
SPC028	운반	'20~'22	23	6	17	0.00173	0.00021	0.00605
SPC029	광업	'11~'13	10	10	0	0.01768	0.01607	0.03391
SPC029	광업	'17~'19	12	0	12	NA	NA	NA
SPC029	광업	'20~'22	18	0	18	NA	NA	NA
SPC030	식품가공	'05~'07	2	2	0	0.00820	0.00820	0.00820
SPC030	식품가공	'08~'10	5	4	1	0.00735	0.00387	0.02646
SPC030	식품가공	'11~'13	1	0	1	NA	NA	NA
SPC030	식품가공	'20~'22	2	2	0	0.00250	0.00245	0.00384
SPC031	섬유가공	'05~'07	6	2	4	0.00429	0.00062	0.01458
SPC035	목재가공	'14~'16	2	0	2	NA	NA	NA
SPC036	전기전자산업	'05~'07	41	6	35	0.00555	0.00009	0.00975
SPC036	전기전자산업	'08~'10	8	0	8	NA	NA	NA

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC036	전기전자산업	'14~'16	1	0	1	NA	NA	NA
SPC036	전기전자산업	'17~'19	16	2	14	0.00062	0.00059	0.00100
SPC036	전기전자산업	'20~'22	48	5	43	0.00064	0.00002	0.00139
SPC036_21	포토	'05~'07	2	2	0	0.00400	0.00400	0.00400
SPC036_21	포토	'11~'13	2	0	2	NA	NA	NA
SPC037	폐기물처리	'08~'10	2	2	0	0.00500	0.00490	0.00768
SPC037	폐기물처리	'11~'13	18	16	2	0.00793	0.00523	0.02393
SPC037	폐기물처리	'14~'16	29	23	6	0.00413	0.00249	0.01320
SPC037	폐기물처리	'17~'19	72	34	38	0.00219	0.00075	0.00834
SPC037	폐기물처리	'20~'22	95	38	57	0.00269	0.00064	0.01038
SPC038	조경공사	'05~'07	18	0	18	NA	NA	NA
SPC038	조경공사	'08~'10	50	0	50	NA	NA	NA
SPC039	토공사	'05~'07	11	0	11	NA	NA	NA
SPC039	토공사	'08~'10	1	1	0	0.00130	0.00130	NA
SPC039	토공사	'11~'13	8	3	5	0.00081	0.00056	0.00243
SPC039	토공사	'14~'16	13	8	5	0.00097	0.00079	0.00237
SPC039	토공사	'17~'19	15	9	6	0.00322	0.00124	0.01215
SPC039	토공사	'20~'22	12	2	10	0.00120	0.00004	0.00255
SPC041	보링 · 그라우팅공사	'17~'19	1	0	1	NA	NA	NA
SPC041	보링 · 그라우팅공사	'20~'22	3	0	3	NA	NA	NA
SPC043	실내건축공사	'05~'07	18	0	18	NA	NA	NA
SPC044	목재구조물공사	'17~'19	34	34	0	0.00435	0.00294	0.01276
SPC044	목재구조물공사	'20~'22	13	10	3	0.00639	0.00347	0.02189
SPC048	지붕 · 판금공사	'05~'07	6	0	6	NA	NA	NA

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC054	석공사	'08~'10	138	0	138	NA	NA	NA
SPC055	철근·콘크리트공사	'20~'22	16	2	14	0.00265	0.00000	0.00060
SPC056	구조물해체공사	'05~'07	3,427	469	2,958	0.00352	0.00003	0.00480
SPC056	구조물해체공사	'08~'10	18,882	1,018	17,864	0.00076	0.00000	0.00057
SPC056	구조물해체공사	'11~'13	38	38	0	0.02745	0.01916	0.07801
SPC056	구조물해체공사	'14~'16	28	28	0	0.01794	0.01459	0.04251
SPC056	구조물해체공사	'17~'19	172	116	56	0.01135	0.00277	0.04385
SPC056	구조물해체공사	'20~'22	271	206	65	0.01483	0.00515	0.05637
SPC057	비계공사	'17~'19	2	0	2	NA	NA	NA
SPC057	비계공사	'20~'22	69	0	69	NA	NA	NA
SPC058	상하수도설비공사	'08~'10	48	0	48	NA	NA	NA
SPC059	철도·궤도공사	'05~'07	53	34	19	0.03451	0.00696	0.13176
SPC061	수중공사	'20~'22	26	6	20	0.00230	0.00008	0.00545
SPC065	기계설비공사	'08~'10	8	4	4	0.00915	0.00146	0.03261
SPC065	기계설비공사	'17~'19	12	0	12	NA	NA	NA
SPC065	기계설비공사	'20~'22	39	2	37	0.00129	0.00000	0.00002
SPC068	시설물유지관리공사	'17~'19	11	0	11	NA	NA	NA
SPC068	시설물유지관리공사	'20~'22	12	0	12	NA	NA	NA
SPC069	건강관리	'05~'07	75	60	15	0.01470	0.00639	0.05358
SPC070	정비	'02~'04	1	1	0	0.00760	0.00760	NA
SPC070	정비	'05~'07	6	1	5	0.00169	0.00070	0.00641
SPC070	정비	'08~'10	34	2	32	0.00037	0.00004	0.00130
SPC070	정비	'11~'13	6	4	2	0.00163	0.00126	0.00437
SPC070	정비	'14~'16	8	5	3	0.00142	0.00091	0.00450

공정코드	공정명	연도	자료 수	관측값 수	ND 수	AM	GM	95%분위수
SPC070	정비	'17~'19	135	6	129	0.00016	0.00001	0.00048
SPC070	정비	'20~'22	16	0	16	NA	NA	NA

ND, 불검출; AM, 산술평균; GM, 기하평균

연구진

연구기관 : 동국대학교 산학협력단

연구책임자 : 박주현 (교수, 동국대학교)

연구원 : 박동욱 (교수, 한국방송통신대학교)

연구원 : 최상준 (부교수, 가톨릭대학교)

연구원 : 고동희 (교수, 가톨릭관동대학교)

연구보조원 : 이재범 (대학원생, 동국대학교)

연구보조원 : 심우림 (대학원생, 동국대학교)

연구보조원 : 조영규 (대학원생, 동국대학교)

연구기간

2023. 5. 1. ~ 2023. 11. 30.

본 연구는 산업안전보건연구원의 2023년도 위탁연구 용역사업에 의한 것임

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

산업안전보건연구원장

시간에 따른 발암물질 노출수준 변화평가(1)
(2023-산업안전보건연구원-694)

발 행 일 : 2023년 11월 30일

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 김은아

연구책임자 : 동국대학교 교수 박주현

발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전 화 : 032-510-0756

팩 스 : 032-510-0759

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

I S B N : 979-11-92782-87-4

공공안심글꼴 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체

시간에 따른 발암물질 노출수준 변화 평가(1)

