

# 유해화학물질 배출량에 대한 산업리스크 산출

2018. 12.

KCGS



KCGS 연구보고서 2018-04

---

# 유해화학물질 배출량에 대한 산업리스크 산출

2018. 12.

**연구위원** 오 덕 교 deokkyo@cgs.or.kr

## KCGS 연구보고서

---

한국기업지배구조원(KCGS)은 국내 상장기업의 기업지배구조 개선, 환경 및 사회적 책임 경영 강화, 나아가 한국 자본시장의 선진화를 위하여 주요 모범규준과 한국 스톡어드십 코드 제·개정, ESG (Environment, Social responsibility and Governance) 평가 및 의결권행사 지원 등 서비스를 제공하며, 기업의 ESG 및 지속가능성과 관련한 주요 현안에 대하여 높은 수준의 연구 및 자문 활동을 수행하는 공익 추구 목적의 전문 연구기관입니다. KCGS 연구보고서는 매년 한국기업지배구조원에 의해 생산되는 전문적인 연구 성과물을 보다 폭넓은 독자층에게 제공하기 위해 기획한 온라인 발간물입니다. KCGS 연구보고서를 통해 기업 관계자, 학계 전문가, 기관투자자 및 정책 입안자 등에게 ESG 이슈와 관련한 시의적절하고 전문적인 분석 결과를 제공함과 동시에 일반 투자자의 이해를 도울 수 있는 유용한 정보를 제공하고자 합니다. 이를 계기로 ESG에 대한 기업, 투자자 및 기관의 관심과 논의가 활성화되고, 국내 상장기업의 ESG 수준과 자본시장 문화가 진일보할 수 있는 토대가 마련되기를 기대합니다.

KCGS 연구보고서 2018-04

### 유해화학물질 배출량에 대한 산업리스크 산출

**발행일** 2019년 4월 23일  
**저자** 오덕교  
**발행인** 조명현  
**발행처** 한국기업지배구조원  
**주소** 서울특별시 영등포구 여의나루로 76, 신관 9층  
**대표전화** 02-3775-3339 (Fax. 02-3775-2630)  
**홈페이지** [www.cgs.or.kr](http://www.cgs.or.kr) (E-mail. [cgsweb@cgs.or.kr](mailto:cgsweb@cgs.or.kr))

© 한국기업지배구조원. 2019.

---

KCGS 연구보고서는 저작권법에 의하여 보호를 받는 저작물이므로 무단 인용 및 복제를 하는 것은 법에 의해 금지되어 있습니다. 따라서 보고서 전체 또는 일부 내용을 공익적 또는 상업적 목적을 위해 복제하거나 활용하고자 할 경우 [cgsweb@cgs.or.kr](mailto:cgsweb@cgs.or.kr)를 통해 사전 승인을 요청하셔야 합니다. 개인적 목적으로 단순 인용하고자 할 경우에는 발행기관, 보고서명, 저자 등에 관한 출처 정보를 명확히 기재하여 주시기 바랍니다. KCGS 연구보고서는 [www.cgs.kr/publish/paper\\_list.jsp](http://www.cgs.kr/publish/paper_list.jsp)에서 다운로드받으실 수 있습니다. KCGS 연구보고서에 포함된 내용은 저자 개인의 입장과 의견이며 한국기업지배구조원의 공식 견해가 아님을 밝힙니다.

---

# 목 차

	요 약	7
I	배 경	16
II	산업리스크 사례	19
	1. IFC의 사회·환경적 위험	19
	2. 환경부의 EnVinance	22
III	유해화학물질 배출량 현황	23
IV	산업리스크 산출	29
	1. 단순배출량 산업리스크 산출	30
	2. 물질별 유해성계수를 이용한 산업리스크 산출	40
	3. 최종 산업리스크 산출	54
V	결 론	60
	참고문헌	62
	첨부자료	63

## 표 목차

표 1. 각 업종별 사회·환경적 위험 .....	20
표 2. EnVinance의 20개 업종 분류 .....	22
표 3. EnVinance의 환경성과 지표별 척도 .....	22
표 4. 그룹 I에 속하는 화학물질 20종 .....	23
표 5. 연도별 화학물질 배출량 현황 .....	24
표 6. 2014년 업종별 화학물질 평균 배출량 현황 .....	24
표 7. 2015년 업종별 화학물질 평균 배출량 현황 .....	25
표 8. 2016년 업종별 화학물질 평균 배출량 현황 .....	26
표 9. 분위 결정 Matrix .....	30
표 10. 업종별 그룹 I과 II의 총 배출량(2014~16년) .....	31
표 11. 방식에 따른 업종별 산업리스크 분위 현황 (총량) .....	33
표 12. 산출방식에 따른 분위별 업종 수 차이 (총량) .....	34
표 13. 분위 산출방식에 따른 분위 차이 (총량) .....	34
표 14. 업종별 유효 평균 배출량 .....	35
표 15. 방식에 따른 업종별 산업리스크 분위 현황 (유효평균) .....	37
표 16. 산출방식에 따른 분위별 업종 수 차이 (유효평균) .....	38
표 17. 분위 산출방식에 따른 분위 차이 (유효평균) .....	38
표 18. 총 배출량과 유효 평균 배출량의 분위기를 결합한 산업리스크 분위 산출 .....	39
표 19. 산출방식에 따른 화학물질 그룹별 산업리스크 분위 .....	40
표 20. 그룹별 분위 산출방식에 따른 분위 차이 .....	40
표 21. RSEI 모형 설명 .....	41

## 표 목차

표 22. 230종 PRTR 물질의 ITW 및 OTW .....	42
표 23. 업종별 총 가중배출량 (2014-16년) .....	45
표 24. 총 가중배출량 기준 분위 .....	48
표 25. 업종별 가중배출량의 유효 평균 (2014-16년) .....	49
표 26. 유효평균 가중배출량 기준 분위 .....	51
표 27. 총 배출량과 유효 평균 배출량의 분위기를 결합한 산업리스크 분위 산출 .....	53
표 28. 요인분석을 이용한 가중치 산출방법 설명 .....	54
표 29. 주성분분석을 통한 그룹 I 과 II의 가중치 계산 결과 .....	55
표 30. 주성분분석을 통한 가중치 계산 결과2 .....	55
표 31. 최종 산업리스크와 기준점수 .....	56
표 32. 최종 산출된 산업리스크 분위 .....	57
표 33. 산출방식별 분위별 업종 수 분포 .....	58
표 34. 두 방식의 산업리스크 분위에 대한 McNemar-Bowker 검정 결과 .....	59

## 그림 목차

그림 1. 배출량과 위험의 관계 .....	17
그림 2. 전자제품 업종의 Fact Sheet .....	21
그림 3. 그룹 I의 업종별 총 배출량, (유효)평균 (2014-16년) .....	28
그림 4. 그룹 II의 업종별 총 배출량, (유효)평균 (2014-16년) .....	28
그림 5. 화학물질 산업리스크의 구성 .....	29
그림 6. 총 가중 배출량 및 분위 결정(사분위방식) .....	47
그림 7. 업종별 유효평균 가중 배출량 및 분위 결정 .....	51
그림 8. 배출량에 따른 분위별 점수 분포 예시 .....	61



# 요 약

## 1. 배 경

- 환경성과를 포함한 모든 기업의 성과는 기업이 처한 상황에 따라 달라짐
  - 동일한 유해화학물질을 배출하더라도 배출량의 정도에 따라 위험도는 달라지며, 기업이 속한 산업에 따라 위험수준이 다르며, 산업 내에서도 기업에 따라 위험수준이 다름
- 산업리스크는 모든 평가모형에서 가장 기본적이며 필수적인 요소이며, 환경경영을 평가하는 기관에서는 대부분 산업리스크를 자체 설정하여 운용 중
  - 기업별 환경성을 평가하는 환경부의 EnVinance에서는 각 환경성과별로 산업리스크를 점수화하여 산출하여 산업별로 차등적용하고 있음
  - IFC(International Finance Center)는 산업별 사회·환경적 위험 수준을 발표함
  - 산업별로 산업의 특성에 맞게 문항들을 구성하여 평가하고 있는 평가모형 또한 산업리스크를 내재하고 있다고 볼 수 있음
- 본 연구에서는 유해화학물질 배출량에 대한 기업의 위험수준을 진단함에 있어 사전적으로 고려해야 하는 산업별 위험을 확인하기 위하여 산업리스크를 산출하여 보다 합리적인 기업의 위험수준을 평가하는데 기여하고자 함

## 2. 유해화학물질 배출량 현황

- 기업별 배출량을 업종(표준산업분류 중분류)별로 합산하여 총 배출량 산출
  - 최근 3년인 2014~16년 동안의 화학물질 배출량을 그룹 I과 II로 구분하여 배출량 합산

- 현행 제도상 그룹 I과 그룹 II로 구분하여 유해화학물질 배출량 정보공개 대상 사업장을 선정하고 있어 총 배출량을 그룹 I과 그룹 II로 구분하여 살펴보는 게 타당
- 2014~16년 동안 화학물질 배출량을 살펴본 결과, 그룹 I의 총 배출량은 감소세를 띠고 있으나 그룹 II의 총 배출량은 2015년에는 감소하였으나 2016년에 크게 증가함(2015년 대비 6.6% 증가)
- 반면에 그룹 I은 총 배출량 뿐만 아니라 평균 배출량 또한 감소세 보임

〈연도별 화학물질 배출량 현황〉

연도	사업장 수	총 배출량 (kg)	
		그룹 I	그룹 II
2014년	3,524	378,404	53,882,830
2015년	3,634	325,066	53,407,514
2016년	3,732	323,177	56,924,475
계	10,890	1,026,647	164,214,819

- (총량 분석) 2014~16년 동안 업종별 그룹 I과 그룹 II의 총 배출량을 계산한 결과, 그룹 I의 총 배출량이 가장 많은 업종은 ‘화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외’이고, 그룹 II의 총 배출량이 가장 많은 업종은 ‘기타 운송장비 제조업’으로 나타남
  - ‘화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외’의 그룹 I의 총 배출량은 491,706 kg(그룹 I 총 배출량의 49% 차지), ‘기타 운송장비 제조업’의 그룹 II의 총 배출량은 53,642,350 kg(그룹 II 총 배출량의 33% 차지)로 공통적으로 타 업종 대비 배출량이 현저히 높음
- (유효평균 분석) 2014~16년 동안 업종별 그룹 I과 그룹 II의 유효평균 배출량을 계산한 결과, 그룹 I에서는 ‘코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업’, 그룹 II에서는 ‘기타 운송장비 제조업’이 유효평균 배출량이 가장 높은 것으로 나타남
  - 전체 10,887 사업장 중에서 그룹 I에서는 1,617개 사업장, 그룹 II에서는 7,821개 사업장이 유효 사업장, 즉 최근 3년 동안 화학물질 배출량이 존재하는 사업장임
    - 그룹 I의 유효 사업장 수는 전체 사업장의 15% 수준으로, 일부 사업장만이 그룹 I에 해당하는 물질을 배출하고 있음
    - 그룹 II의 유효 사업장 수는 전체 사업장의 72% 수준으로, 그룹 I보다는 많은 사업장이 그룹 II 해당 물질을 배출하고 있음
  - 그룹 I에서는 ‘코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업’과 ‘펄프, 종이 및 종이제품 제조업’, ‘고

- 무제품 및 플라스틱제품 제조업, '창고 및 운송관련 서비스업', '화학물질 및 화학제품 제조업:의약품 제외'업종 순으로 유효평균 배출량이 높으며, 모두 1,000kg을 초과하고 있음
- 그룹 II에서는 '기타 운송장비 제조업', '의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업', '인쇄 및 기록매체 복제업', '펄프, 종이 및 종이제품 제조업', '가죽, 가방 및 신발 제조업'순으로 높은 유효평균 배출량을 보임
- 업종별 배출량의 합계와 평균 사이에서 순위 측면에서 괴리가 존재하며 향후 산업리스크 산출 시 합계와 평균을 모두 고려하여 산출할 필요가 있음
  - 2014~16년 동안의 업종별 화학물질 배출량 총량, 평균, 배출량이 0인 사업장을 제외한 유효 평균을 산출하여 비교한 결과, 업종별 총 배출량과 배출량 유효 평균 사이에서 괴리가 존재함

### 3. 산업리스크 산출

- 그룹 I 과 II에 대한 산업리스크와 가중 배출량에 대한 산업리스크를 각각 산출한 후, 이 둘을 가중평균하여 화학물질 산업리스크 산출
  - 한국 PRTR(Pollution Release, Transfer and Register)에서 추출한 2014~16년 동안 업종별로 그룹 I 과 II의 배출량 및 화학물질별 배출량을 이용하여 산업리스크 산출
    - 그룹 I 과 II에 대한 산업리스크는 각 그룹별로 산업리스크를 산출한 후 가중평균하여 산출함
    - 가중배출량은 물질별 배출량과 유해성계수를 곱하여 합산한 배출량
      - 유해성계수는 미국 EPA의 RSEI 모형에서 사용하고 있는 독성가중치 (toxicity weight)임
  - 마지막으로 사분위방식과 군집분석, 두 방식으로 산업리스크를 산출하여 비교하고자 함

#### 가. 단순배출량 산업리스크 산출

- 그룹 I 과 II에 대한 산업리스크를 가중평균하여 산업리스크 산출
  - 2014~16년 동안의 화학물질 배출량 이용

- 산업리스크는 업종별 배출량 총량과 유효평균을 이용하여 산출
- 산업리스크 분위 산출방법
  - 배출량 정보 공개대상이나 배출량이 0인 사업장은 5분위로 분류하여 실제로는 5개 분위로 구성됨
  - 총량과 유효평균 각각에 대하여 분위기를 나눈 후 아래 표를 이용하여 최종분위를 결정함
    - 분위가 낮을수록 위험이 높은 업종군으로, 1분위가 가장 위험이 높은 업종군이고 4분위가 가장 위험이 낮은 업종군이며, 5분위는 배출량이 0인 업종군임

〈분위 결정 Matrix〉

구분		유효 평균 기준				
		1	2	3	4	5
총량 기준	1	1	1	2	2	-
	2	1	2	2	3	-
	3	2	2	3	3	-
	4	2	3	3	4	-
	5	-	-	-	-	5

- 최종적으로 산출된 산업리스크에 대하여 총량 기준과 유효 평균 기준으로 산출한 산업리스크와 비교함
- (총 배출량과 유효 평균 배출량을 결합한 산업리스크 산출) 산업리스크 산출 결과, ‘펄프, 종이 및 종이제품 제조업’은 산출방식과 상관없이 그룹 I, II 모두에서 1분위에 속하는 고위험 업종으로 나타남

나. 물질별 유해성계수를 이용한 산업리스크 산출

- 미국 환경보호청(EPA: Environmental Protection Agency)에서 개발한 RSEI (Risk-Screening Environmental Indicators) 모형의 물질별 유해성계수(hazard coefficient)를 적용하여 업종별 유해성 점수 산출
- EPA는 총 709종 화학물질 중 625종에 대하여 ITW(Inhalation Toxicity Weight) 및 OTW(Oral Toxicity Weight)를 산출하여 공개
  - 대기 배출량에는 ITW를, 수계 배출량에는 OTW를 유해성계수로 적용하여 최종 가중 배출량 산출

- RSEI 모형의 ITW와 OTW를 적용하기 위하여 먼저 EPA 관리 물질과 우리나라 PRTR에서 관리 물질 415종을 비교하여 ITW와 OTW를 추출함
  - 화학물질명과 CAS 번호 등을 비교하여 동일 물질 여부를 확인하여 415종 중 230종에 대하여 ITW와 OTW를 추출하였음
    - ITW가 가장 높은 화학물질은 석면으로 165,000,000이고, OTW가 가장 높은 물질은 이산화 토륨으로 500,000,000임
    - ‘크롬 및 그 화합물’과 ‘코발트 및 그 화합물’의 ITW는 각각 43,000,000과 17,000,000임
- 산업리스크는 각 물질별 대기 또는 수계 배출량과 ITW 또는 OTW를 곱하여 업종별로 합산하여 업종별 가중배출량을 산출하고, 가중배출량을 토대로 최종 산업리스크 산출

#### 다. 최종 산업리스크 산출

- 최종 산업리스크를 산출하기 위하여, 그룹 I 과 II의 산업리스크 분위에 대한 가중치와 단순배출량기준 산업리스크 분위와 가중배출량기준 산업리스크 분위에 대한 가중치를 산출해야 함
- **(가중치 산출방법)** 요인분석(주성분 분석)을 통해 요인을 추출하여 가중치 산출
  - 요인분석은 서로 상관되어 있는 여러 항목들 사이의 복잡한 상관구조를 잠재적인 소수개 공통요인을 이용하여 설명하고자 할 때 사용되는 다변량기법으로, 일반적으로 고유값이 1이상일 때 유의미한 요인으로 판단할 수 있음
  - 산업리스크 분위기를 점수화하여 요인분석을 실시하고자 하며, 각 산업리스크 분위별 점수는 5분위는 100점, 4분위는 90점, 3분위는 80점, 2분위는 70점, 1분위는 60점으로 정함
- 두 산출방식별로 주성분분석 결과를 토대로 요인을 추출하여 그룹 I 과 II의 산업리스크 분위에 대한 가중치를 산출한 결과, 그룹 I의 산업리스크 점수( $R_{G1}$ )와 그룹 II의 산업리스크 점수( $R_{G2}$ )의 가중치는 각각 0.5로 동일하게 산출됨( $R_1 = .5 * R_{G1} + .5 * R_{G2}$ )
- 상기 주성분분석을 이용하여 단순배출량기준 산업리스크 점수( $R_1$ )와 가중배출량기준 산업리스크 점수( $R_2$ )에 대한 가중치를 산출한 결과, 두 산출방식 모두에서 각각 0.5로 산출됨( $R = .5 * R_1 + .5 * R_2$ )

- (최종 산업리스크 분위 산출) 앞의 수식에 의해 산출된 산업리스크 점수를 다시 분위로 환산하여 최종 산업리스크 분위기를 산출함
  - 최종 산업리스크 분위는 아래 표에 의해 산출

〈최종 산업리스크와 기준점수〉

구분		단순배출량기준				
		1	2	3	4	5
가중 배출량 기준	1	1 (60점)	1 (65점)	2 (70점)	2 (75점)	3 (80점)
	2	1 (65점)	2 (70점)	2 (75점)	3 (80점)	3 (85점)
	3	2 (70점)	2 (75점)	3 (80점)	3 (85점)	4 (90점)
	4	2 (75점)	3 (80점)	3 (85점)	4 (90점)	4 (95점)
	5	3 (80점)	3 (85점)	4 (90점)	4 (95점)	5 (100점)

※ 단순배출량 기준 산업리스크 산정시 그룹 I과 II의 분위기를 합칠 경우에도 본 표를 사용함

- 최종 산업리스크 분위 산출 결과, 군집분석 결과에서 1분위에 속한 업종 모두 사분위방식에 서도 1분위에 속함
  - ‘창고 및 운송관련 서비스업’만 유일하게 사분위방식에서는 1분위에 속했으나 군집분석에서는 2분위에 속함
  - ‘금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외’, ‘화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외’ 업종은 산출방식과 기준에 관계없이 1분위로 산출됨

## 〈최종 산출된 산업리스크 분위〉

업종	사분위방식			군집분석		
	단순 배출량	가중 배출량	종합	단순 배출량	가중 배출량	종합
1차 금속 제조업	2	1	1	2	1	1
가구 제조업	4	4	4	3	4	3
가죽, 가방 및 신발 제조업	1	2	1	1	2	1
개인 및 소비용품 수리업	5	5	5	5	5	5
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	1	1	1	1	2	1
금속 광업	3	4	3	3	4	3
금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	1	1	1	1	1	1
기타 개인 서비스업	4	5	4	4	5	4
기타 기계 및 장비 제조업	2	1	1	2	1	1
기타 운송장비 제조업	2	1	1	1	1	1
기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	5	5	5	5	5	5
기타 제품 제조업	3	1	2	2	2	2
담배 제조업	5	5	5	5	5	5
도매 및 상품중개업	2	4	3	2	4	3
목재 및 나무제품 제조업;가구제외	2	3	2	2	3	2
비금속 광물제품 제조업	2	2	2	2	2	2
산업용 기계 및 장비 수리업	5	5	5	5	5	5
석탄, 원유 및 천연가스 광업	4	5	4	4	5	4
섬유제품 제조업; 의복제외	3	2	2	3	2	2
수도사업	4	3	3	4	3	3
수상 운송업	5	5	5	5	5	5
식품업	2	3	2	2	2	2
육상 운송 및 파이프라인 운송업	5	5	5	5	5	5
음료 제조업	4	4	4	4	4	4
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	2	3	2	2	3	2
의료용 물질 및 의약품 제조업	2	3	2	2	3	2
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	3	4	3	3	3	3
인쇄 및 기록매체 복제업	2	2	2	2	2	2
자동차 및 트레일러 제조업	2	1	1	1	1	1
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	4	4	4	3	4	3
전기장비 제조업	2	2	2	2	2	2
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	2	1	1	2	1	1
창고 및 운송관련 서비스업	2	1	1	2	2	2
출판업	4	5	4	3	5	4
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	1	3	2	1	3	2
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	1	3	2	1	3	2
폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	3	2	2	2	2	2
하수, 폐수 및 분뇨 처리업	3	4	3	3	4	3
항공 운송업	5	5	5	5	5	5
화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	1	1	1	1	1	1

- 두 산출방식간 분위 일치율을 살펴보면, 최종 산업리스크 분위에서는 93%를 보이고 있으며, 두 방식에 의해 산출된 산업리스크에 대하여 McNemar-Bowker 검정을 실시한 결과 두 방식의 최종 산업리스크는 유의한 차이가 없는 것으로 나타남
- 단순배출량과 가중배출량 모두를 이용하여 산업리스크를 산출하고자 하는 경우에는 두 방식 사이에 유의한 차이가 없어 산업리스크 산출이 상대적으로 용이한 사분위방식을 사용하는 게 타당

#### 4. 결 론

- 본 연구에서는 최근 3년 동안의 화학물질 배출량 정보에 근거하여 화학물질에 대한 산업리스크를 산출하였음
  - 먼저 기존의 설문에 따른 산업리스크 산출이 아니라 데이터 분석을 통한 산업리스크 산출이라는 점에서 의미가 있음
  - 단순배출량 산업리스크와 함께 유해성계수를 곱한 가중배출량 산업리스크를 가중평균하여 최종 산업리스크를 산출함
    - 배출량에 유해성계수를 곱한 가중배출량 산업리스크 산출을 통해 업종별로 유해 화학물질 배출의 상대적 크기를 확인할 수 있었으며, 이는 단순배출량 산업리스크에서는 확인할 수 없었던 부분임
      - 미국 EPA에서 개발한 RSEI모형의 ITW와 OTW를 유해성계수로 이용하여 각각 대기 배출량과 수계배출량에 곱하여 가중배출량을 산정함
    - 순위기반 사분위방식과 군집분석을 이용하여 산업리스크 분위기를 산출하였는데, 최종 산업리스크는 두 방식간 유의적 차이가 없는 것으로 나타남
- 이렇게 산출된 산업리스크는 향후 기업별 또는 사업장별로 화학물질 배출량에 따른 위험 또는 성과 측정시 활용될 수 있음
  - 본 연구에서의 산업리스크 분위별 점수를 분위별 (가중)배출량의 중간값 또는 평균으로 하여 상하한 점수를 정한 후 평균 이하일 경우 가점, 평균 이상일 경우 감점할 수 있을 것임



- 또는 산업리스크 분위별 점수를 분위별 최대 점수로 정하고 하한 점수를 정한 후, 배출량에 따라 배점을 할 수 있음
- 그러나 본 연구에서 미국의 RSEI 모형이 아직은 우리나라 PRTR 관리물질을 모두 포함하고 있지 않은 실정임
  - 미국의 환경보호청은 지속적으로 물질별 ITW와 OTW를 산출하여 공개하고 있으나 아직 모든 유해화학물질에 대해서는 완료되지 않은 상태이며, 또한 미국 PRTR와 우리나라 PRTR의 관리물질이 서로 상이함
  - 따라서 환경부에서는 PRTR의 관리물질, 대기오염물질, 수질오염물질 등에 대하여 ITW와 OTW를 자체 실험 및 연구를 통하여 마련할 필요가 있음

# I 배 경

- 환경성과를 포함한 모든 기업의 성과는 기업이 처한 상황에 따라 달라짐
  - 동일한 유해화학물질을 배출하더라도 배출량의 정도에 따라 위험도는 달라지며, 기업이 속한 산업에 따라 위험수준이 다르며, 산업 내에서도 기업에 따라 위험수준이 다름
  - 따라서 기업의 위험수준을 판단할 때 산업별 위험수준을 먼저 고려하는 게 바람직하며, 산업리스크는 기업의 위험수준을 판단함에 있어 기초자료가 됨
  
- 산업리스크는 모든 평가모형에서 가장 기본적이며 필수적인 요소이며, 환경경영을 평가하는 기관에서는 대부분 산업리스크를 자체 설정하여 운용하고 있음(대부분의 기관이 공개하고 있지는 않은 실정임)
  - 기업별 환경성을 평가하는 환경부의 EnVinance에서는 각 환경성과별로 산업리스크를 점수화하여 산출하여 산업별로 차등적용하고 있음
  - IFC(International Finance Center)는 산업별 사회·환경적 위험 수준을 발표함
  - 산업별로 산업의 특성에 맞게 문항들을 구성하여 평가하고 있는 평가모형 또한 산업리스크를 내재하고 있다고 볼 수 있음
    - 일부 평가기관에서는 산업별로 산업의 특성에 맞게 문항들을 구성하여 평가하고 있는데, 이 또한 산업리스크를 표면적으로 산출하지 않았으나 배점 또는 가중치로 산업별 상대적 중요도를 차등 적용하고 있기 때문에 평가모형 내에 산업리스크를 내재하고 있다고 할 수 있음
  
- 그러나 대부분의 산업리스크는 실제 데이터 분석을 통해 마련된 게 아니라 AHP, Delphi 등의 기법을 이용한 관련자 또는 전문가 설문으로 마련되었다는 문제점이 존재함
  - 두 방식의 상대적 우수성을 논하는 것은 어려우나 설문방식의 경우 설문자들의 설문결과가

얼마나 정합성(consistency)이 있는지에 따라 결과가 상이하게 나타날 수 있음

- 반면에 데이터 분석에 의한 산업리스크 산출의 경우에는 샘플 데이터의 대표성에 따라 결과가 다르게 나타날 가능성이 큼
- 유해화학물질 배출량 데이터는 단순 샘플이 아닌 모집단 데이터이기 때문에 데이터의 대표성은 이미 확보
  - 국가에서 정한 화학물질을 일정 수준 이상으로 취급하는 사업장은 의무적으로 배출량 정보를 제출해야 함
- 유해화학물질의 위험은 배출량에 비례하여 증가하며, 일반적으로 누적(정규)분포를 따름 (Cao et al., 2011)
  - 일정 수준 이상으로 유해화학물질을 배출하는 업종은 잠재적 위험이 높아 산업리스크가 높다고 할 수 있고, 반대로 일정 수준 이하로 유해화학물질을 배출하는 업종은 잠재적 위험이 낮아 산업리스크가 낮다고 할 수 있음
    - 이는 화학물질에 대한 노출(exposure)이 일정 수준 이상일 때 그에 따른 사망률(mortality)이 급격히 증가하는 것으로, 유해성이 높은 화학물질에 대한 노출이 많을수록 사망률의 증가율은 더 커지고 사망위험이 높아짐
    - 따라서 화학물질의 유해성을 고려한 가중 배출량을 분석할 필요가 있음

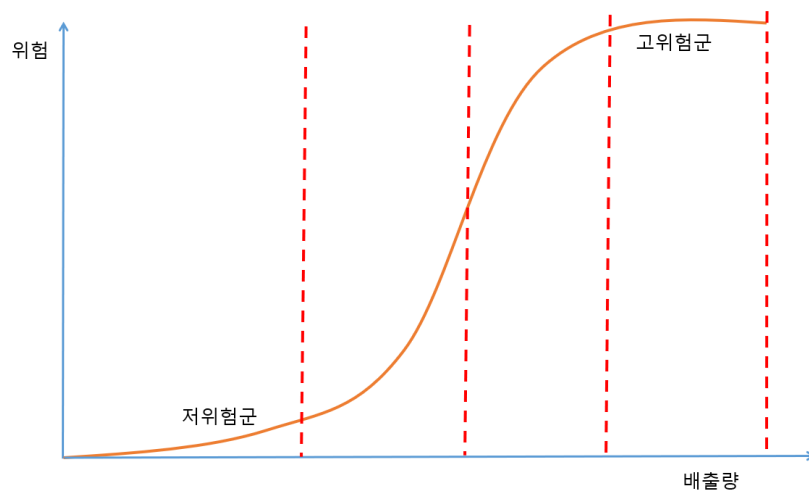


그림 1. 배출량과 위험의 관계

- 산업리스크 수준별로 업종을 분류하여 위험을 관리하는 게 상대적으로 더 효과적이며, 산업리스크가 높은 업종에 대한 관리활동을 체계적으로 강화한다면 보다 효율적인 위험관리가 될 수 있음
  
- 본 연구에서는 유해화학물질 배출량에 대한 기업의 위험수준을 진단함에 있어 사전적으로 고려해야 하는 산업별 위험을 확인하기 위하여 산업리스크를 산출하여 보다 합리적인 기업의 위험수준을 평가하는데 기여하고자 함

## II

## 산업리스크 사례

## 1. IFC의 사회·환경적 위험

- IFC와 세계은행(World Bank)의 환경, 보건, 안전 가이드라인(IFC/World Bank Environmental, Health, and Safety Guidelines)은 다양한 업종에서의 환경적 및 사회적 관리에 대한 가이드를 제시함
  - 업종별 환경 및 사회 가이드라인은 고객/투자위임자 및 금융기관이 환경 및 사회적 위험을 보다 잘 이해하고 관리하도록 지원하기 위하여 개발되었음
- IFC 산하 FIRST(Financial Institutions: Resources, Solutions and Tools) for Sustainability는 금융기관에게 업종별 사회·환경적 위험을 알리고자 총 30개 업종에 대해 사회·환경적 위험을 발표함
  - 위험은 H(high) / M(middle) / L(low) 3단계로 구분하고 있고, 종합 위험도가 'H'인 업종, 다시 말해서 사회·환경 위험이 높은 업종은 총 11개 업종으로, 시멘트 및 콘크리트, 화학·플라스틱 및 페인트, 전자제품, 에너지 공급, 철강 및 금속, 금속제품 및 기계, 광업 및 채굴업, 석유 및 가스, 제약, 재활용 및 폐기물 처리, 목재 제품임
    - 종합 위험도가 'M'인 업종, 즉 사회·환경 위험이 중간 정도인 업종은 총 18개 업종이고, 그 외 기업은 'L'로, 사회·환경 위험이 낮은 업종으로 분류함
  - 사회·환경적 위험요소들에 대하여 산업별 위험수준 또한 보여주고 있다는 점이 특징적임
    - IFC에서 고려한 사회·환경적 위험요소들은 에너지, 용수, 수질, 폐기물, 대기, 생태계, 보건/안전, 사고위험, 오염으로, 보건/안전, 사고위험, 오염은 사회적 위험요소로 간주할 수 있고, 에너지, 용수, 수질, 폐기물, 대기, 생태계는 환경적 위험요소로 볼 수 있음

- 위험수준을 세 단계로 분류하는 것으로 보아 전문가 설문을 통해 각 업종별 위험수준을 마련했을 것으로 추정

표 1. 각 업종별 사회·환경적 위험

업종	종합 위험도	에너지	용수	수질	폐기물	대기	생태계	보건/ 안전	사고 위험	오염
시멘트 및 콘크리트	H	H	L	L	M	H	M	H	M	M
화학, 플라스틱 및 페인트	H	M	M	H	H	H	M	H	H	H
전자제품	H	M	M	H	M	M	L	L	L	H
에너지 공급	H	H	H	M	M	H	M	M	M	M
철강 및 금속	H	H	M	M	H	H	L	H	M	H
금속제품 및 기계	H	M	M	H	H	M	L	M	M	H
광업 및 채굴업	H	M	M	H	M	M	H	H	H	H
석유 및 가스	H	H	M	H	M	M	H	M	H	H
제약	H	M	M	H	M	M	L	H	H	H
재활용 및 폐기물 처리	H	M	L	H	H	H	M	H	M	H
목재 제품	H	M	L	M	M	M	H	H	M	H
건설	M	L	L	L	M	M	M	H	L	M
농업	M	M	H	H	L	L	M	M	L	M
어업 및 사냥	M	L	L	M	L	L	H	H	L	L
식음료	M	L	H	M	L	M	M	L	L	L
산림	M	L	L	M	L	L	H	H	L	L
주차장 및 주유소	M	L	L	H	M	M	L	M	M	H
유리 및 세라믹 제품	M	H	M	M	M	M	L	H	M	L
건강 서비스	M	L	M	M	H	L	L	M	M	L
세탁 및 드라이클리닝	M	L	M	H	M	M	L	M	L	H
가죽 및 신발	M	L	M	H	M	L	L	M	L	H
축산	M	L	M	H	M	M	H	L	L	L
펄프 및 종이	M	H	M	H	M	M	L	M	M	M
정밀기구	M	M	M	H	M	M	L	L	L	H
인쇄	M	L	L	M	M	M	L	M	L	H
섬유 및 의복	M	M	M	H	M	M	L	M	M	H
관광 및 레저	M	M	H	M	M	L	H	L	L	L
운수	M	H	L	M	L	H	M	L	H	M
급수	M	L	H	L	L	L	L	M	M	L
저위험 산업	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L

출처 : <https://firstforsustainability.org/risk-management/risk-by-industry-sector/>

**ESAT Environmental and Social Assessment Tool**

Sector Fact Sheet



**Electronic Products**

High Risk Sector



Manufacture of electrical equipment and machinery linked to electrical devices.

For manufacture of mechanical machinery refer to the related 'Metal Products and Machinery' or 'Precision Instruments' sectors.

Related Sectors:

- Iron, Steel and other Metals
- Metal Products and Machinery
- Precision Instruments



**Production Processes**

The main components produced and processed in the electronic industry are resistors, capacitors, transistors, integrated circuits, diodes and coils. Finished electronics goods may also contain electrical components, such as transformers.

Industrial processes involved in the manufacture of the basic **electronic components** include metal cutting, metal degreasing, welding, riveting, bolting, gluing, polishing, lacquering, filling of condensers and transformers, etc. A wide range of metals, plastics and chemicals serve as raw materials in the production of electronic elements.

To manufacture **semiconductors**, an ultra-clean, dust-free working environment has to be established. The production process starts with growing silicon crystals and making ingots, which are then sliced and cleaned. This is followed by photolithography or etching techniques to imprint a pattern on the silicon wafer. Chemical developers then remove unnecessary coatings. After etching, rinsing and drying of the boards, dopants are added to increase electrical conductivity. Now the wafer surface can be coated in thin layers of metal. A final layer of oxide seals the circuit. After extensive testing the chips are mounted on a metal frame and connected to strips.

Many firms in the electronics sector supply circuit boards as semi-manufactured products. Assembling electronic components such as resistors, semiconductors, etc. on the raw printed circuit boards may involve large amounts of manual labor or highly automated technology.

Typical **finished goods** supplied by the electronics industry are televisions, radios, computers, pocket calculators, communications equipment, etc. Most electrical devices, vehicles and any kind of industrial equipment contains electronic components.

**Sustainability Issues**

High	Energy
High	Water Use
High	Emissions to Water
High	Waste
High	Emissions to Air
Low	Ecosystems
Low	Workplace Health & Safety
Low	Disaster Risk
High	Site Contamination

**Sector Rating**

- High risk issue
- Medium risk issue
- Low risk issue

**Risks & Opportunities**

- **Wastewater and liquid waste may contain toxic substances which present a risk to water quality.**  
Potential water pollutants are: Solutions and sludges from electroplating (containing heavy metals, cyanides, fluorides, etc.), chlorinated solvents used for degreasing, PCBs, paint sludge, acids and alkalis, photochemicals.
- **A contamination of property presents a risk to its value, to human health and to the environment.**  
Spills of liquids in production and disposal of liquid waste may contaminate buildings and the ground. This may present a risk to groundwater resources or to human health. Clean-up costs may be considerable. The market value of contaminated property may be impaired. Contaminations can be avoided by training of staff and technical measures.
- **The main risks to workers' health are: Noise, exposure to metal dust and fumes (e.g. from welding), heat and vapours from metal working fluids.**  
Training, adequate process and workflow design as well as state-of-the-art protective equipment keep these risks to the health and lives of workers to a minimum level.
- **Part of waste will be recyclable (recoverable metals), part of it may be hazardous.**  
Examples of (hazardous) waste that must be disposed of appropriately: Oil and grease, solvents and degreasing fluids, sludges from electroplating and wastewater treatment, insulating oil containing PCBs, dust from ventilation filters. Recycling and appropriate disposal of hazardous waste improve efficiency and minimize environmental impacts.

그림 2. 전자제품 업종의 Fact Sheet

출처 : <https://firstforsustainability.org/risk-management/risk-by-industry-sector/>

## 2. 환경부의 EnVinance

- 환경부의 EnVinance에서는 매년 기업이 정부에 제출한 환경성과 데이터를 기반으로 기업의 환경성을 평가하고 있으며, 환경성을 평가함에 있어 각 환경성과별로 산업리스크를 반영하고 있음
- 업종은 표준산업분류를 사용하지 않고, 자체적으로 정한 20개 업종 분류를 사용하고 있음
  - 표준산업분류 중분류에 기초하여 20개 업종으로 분류하고, 20개 업종에 대하여 환경성과별 산업리스크를 산출하여 적용하고 있음

표 2. EnVinance의 20개 업종 분류

건설	기타 제조	숙박 및 음식점	전기전자
고무플라스틱	도매 소매업	식음료	종이목재
광업	비금속광물	운수업	철강금속
기계	비제조서비스	유틸리티	화학
기타 운송장비	섬유	자동차	환경산업

- EnVinance에서 고려하고 있는 환경성과는 대기(온실가스 포함), 수질, 화학물질, 폐기물이며, 사분위로 나누어 점수를 차등 적용하고 있음
  - 대기는 특정 및 기타 대기오염물질 배출량과 온실가스 배출량, 수질은 특정 및 기타 수질오염물질 배출량, 화학물질은 그룹 I 과 II의 화학물질 배출량, 폐기물은 건설, 일반, 지정 폐기물의 발생량에 기초하여 산업리스크를 산출하여 반영하고 있음

표 3. EnVinance의 환경성과 지표별 척도

지표	척도	세부 분류
대기	대기오염물질 배출량	특정 / 기타
	온실가스 배출량	-
수질	수질오염물질 배출량	특정 / 기타
화학물질	화학물질 배출량	그룹 I / II
폐기물	폐기물 발생량	건설 / 일반 / 지정





## 유해화학물질 배출량 현황

- 기업별 배출량을 업종(표준산업분류 중분류)별로 합산하여 총 배출량 산출
  - 최근 3년인 2014~16년 동안의 화학물질 배출량을 그룹 I과 II로 구분하여 배출량 합산
    - 현행 제도상 그룹 I과 그룹 II로 구분하여 유해화학물질 배출량 정보공개 대상 사업장을 선정하고 있어 총 배출량을 그룹 I과 그룹 II로 구분하여 살펴보는 게 타당<sup>1)</sup>

표 4. 그룹 I에 속하는 화학물질 20종

번호	CAS No.	품명	번호	CAS No.	품명
1	000050-00-0	포름알데히드	11	000193-39-5	인데노[1,2,3-cd]피렌
2	000056-53-1	디에틸stil베스테롤	12	000298-81-7	8-메톡시-6,7-푸라노쿠마린
3	000071-43-2	벤젠	13	001332-21-4	석면
4	000075-01-4	염화 비닐	14	NA-(주1)	납 및 그 화합물
5	000075-21-8	산화 에틸렌	15	NA-(주2)	수은 및 그 화합물
6	000079-01-6	트리클로로에틸렌	16	NA-(주3)	니켈 및 그 화합물
7	000095-53-4	o-톨루이딘	17	NA-(주4)	비스 및 그 화합물
8	000101-14-4	3,3'-디클로로-4,4'-디아미노디페닐 메탄	18	NA-(주5)	베릴륨 및 그 화합물
9	000106-99-0	1,3-부타디엔	19	NA-(주6)	카드뮴 및 그 화합물
10	000107-30-2	클로로메틸 메틸 에테르	20	NA-(주7)	크롬 및 그 화합물

출처 : icis.me.go.kr

- 또한 아래 <표 5>에서 보듯이, 그룹 I과 II의 배출량이 차이가 커 총 배출량으로만 분석할 경우 그룹 II만을 분석한 경우와 거의 동일하게 나타나기 때문에 그룹 I과 II로 나누어 살펴보는 게 타당

1) 유해화학물질 배출량 정보공개 대상물질은 크게 그룹 I과 그룹 II로 나눌 수 있으며, 그룹 I은 20종의 화학물질로 구성되고 연간 총 취급량이 1톤 이상인 경우 배출량 조사대상이 되며, 그룹 II는 395종의 화학물질로 구성되며 연간 총 취급량이 10톤 이상인 경우 배출량 조사대상임(icis.me.go.kr)

- 2014~16년 동안 화학물질 배출량을 살펴본 결과, 그룹 I의 총 배출량은 감소세를 띠고 있으나 그룹 II의 총 배출량은 2015년에는 감소하였으나 2016년에 크게 증가함(2015년 대비 6.6% 증가)
- 반면에 그룹 I은 총 배출량 뿐만 아니라 기업당 평균 배출량 또한 감소세를 띠고 있음

표 5. 연도별 화학물질 배출량 현황

연도	사업장 수	총 배출량 (kg)	
		그룹 I	그룹 II
2014년	3,524	378,404	53,882,830
2015년	3,634	325,066	53,407,514
2016년	3,732	323,177	56,924,475
계	10,890	1,026,647	164,214,819

- 각 연도별로 살펴보면, 2014~16년 동안 그룹 I 물질의 총 배출량이 가장 많은 업종은 ‘화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외’ 업종이고, 그룹 II 물질의 총 배출량이 가장 많은 업종은 ‘기타 운송장비 제조업’임
- 2014~16년 화학물질 평균 배출량이 가장 높은 업종은 그룹 I 물질에서는 ‘코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업’, 그룹 II 물질에서는 ‘기타 운송장비 제조업’임
- ‘화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외’업종은 그룹 I 물질 총 배출량은 가장 많으나 평균 배출량은 낮게 나타나 사업장 수가 많기 때문으로 판단됨

표 6. 2014년 업종별 화학물질 평균 배출량 현황

업종 (가나다순 정렬, 비해당 업종 제외)	사업장 수	그룹 I (kg)		그룹 II (kg)	
		총량	평균	총량	평균
1차 금속 제조업	363	<b>53,981</b>	148.71	2,012,306	5,543.54
가구 제조업	9	-	-	14,843	1,649.22
가죽, 가방 및 신발 제조업	23	148	6.43	568,442	24,714.87
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	269	<b>53,419</b>	198.58	<b>7,071,900</b>	26,289.59
금속 광업	1	22	22.00	419	419.00
금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	307	13,965	45.49	1,752,168	5,707.39
기타 개인 서비스업	4	-	-	67	16.75
기타 기계 및 장비 제조업	78	996	12.77	376,091	4,821.68
기타 운송장비 제조업	66	1,769	26.80	<b>18,328,521</b>	<b>277,704.86</b>
기타 제품 제조업	23	415	18.04	310,901	13,517.43
담배 제조업	1	-	-	-	-

업종 (가나다순 정렬, 비 해당 업종 제외)	사업장 수	그룹 I (kg)		그룹 II (kg)	
		총량	평균	총량	평균
도매 및 상품중개업	1	61	61.00	7,024	7,024.00
목재 및 나무제품 제조업;가구제외	17	9,812	577.18	22,858	1,344.59
비금속 광물제품 제조업	130	7,160	55.08	343,616	2,643.20
석탄, 원유 및 천연가스 광업	4	-	-	496	124.00
섬유제품 제조업; 의복제외	253	1	0.00	1,216,548	4,808.49
수도사업	75	-	-	71,266	950.21
식료품 제조업	175	930	5.31	345,936	1,976.78
음료 제조업	53	-	-	15,281	288.32
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	15	227	15.13	493,507	32,900.47
의료용 물질 및 의약품 제조업	58	184	3.17	358,839	6,186.88
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	8	-	-	84,457	10,557.13
인쇄 및 기록매체 복제업	52	308	5.92	2,711,418	<b>52,142.65</b>
자동차 및 트레일러 제조업	239	3,183	13.32	5,493,707	22,986.22
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	71	-	-	239,506	3,373.32
전기장비 제조업	101	3,533	34.98	1,126,684	11,155.29
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	293	6,579	22.45	2,737,140	9,341.77
창고 및 운송관련 서비스업	4	5,069	<b>1,267.25</b>	78,244	19,561.00
출판업	4	-	-	9,333	2,333.25
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	19	29,035	<b>1,528.16</b>	741,652	39,034.32
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	122	3,115	25.53	2,435,379	19,962.12
폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	92	2,041	22.18	189,694	2,061.89
하수, 폐수 및 분뇨 처리업	26	-	-	239,152	9,198.15
화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	568	<b>182,451</b>	321.22	4,485,435	7,896.89

표 7. 2015년 업종별 화학물질 평균 배출량 현황

업종 (가나다순 정렬, 비 해당 업종 제외)	사업장 수	그룹 I (kg)		그룹 II (kg)	
		총량	평균	총량	평균
1차 금속 제조업	358	<b>38,863</b>	108.56	1,838,459	5,135.36
가구 제조업	9	-	-	8,529	947.67
가죽, 가방 및 신발 제조업	21	469	22.33	445,320	21,205.71
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	279	<b>39,451</b>	141.40	<b>7,537,229</b>	27,015.16
금속 광업	4	14	3.50	12,518	3,129.50
금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	306	16,851	55.07	1,471,802	4,809.81
기타 개인 서비스업	5	-	-	65	13.00
기타 기계 및 장비 제조업	87	2,828	32.51	416,956	4,792.60
기타 운송장비 제조업	66	1,428	21.64	<b>17,958,217</b>	<b>272,094.20</b>
기타 제품 제조업	18	8	0.44	245,139	13,618.83
담배 제조업	1	-	-	-	-

III. 유해화학물질 배출량 현황

업종 (가나다순 정렬, 비해당 업종 제외)	사업장 수	그룹 I (kg)		그룹 II (kg)	
		총량	평균	총량	평균
도매 및 상품중개업	1	61	61.00	6,932	6,932.00
목재 및 나무제품 제조업;가구제외	16	5,460	341.25	26,321	1,645.06
비금속 광물제품 제조업	122	5,383	44.12	364,612	2,988.62
석탄, 원유 및 천연가스 광업	4	-	-	468	117.00
섬유제품 제조업; 의복제외	255	103	0.40	1,109,054	4,349.23
수도사업	78	-	-	82,681	1,060.01
식료품 제조업	196	902	4.60	272,989	1,392.80
음료 제조업	56	-	-	57,190	1,021.25
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	13	244	18.77	576,941	44,380.08
의료용 물질 및 의약품 제조업	67	358	5.34	579,783	8,653.48
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	7	-	-	72,940	10,420.00
인쇄 및 기록매체 복제업	59	191	3.24	2,902,108	<b>49,188.27</b>
자동차 및 트레일러 제조업	262	3,045	11.62	4,889,833	18,663.48
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	78	-	-	303,407	3,889.83
전기장비 제조업	104	3,316	31.88	1,287,478	12,379.60
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	297	6,487	21.84	2,465,170	8,300.24
창고 및 운송관련 서비스업	8	4,425	<b>553.13</b>	264,552	33,069.00
출판업	3	-	-	9,141	3,047.00
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	20	26,976	<b>1,348.80</b>	567,454	28,372.70
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	127	6,221	48.98	2,641,534	20,799.48
폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	95	927	9.76	164,271	1,729.17
하수, 폐수 및 분뇨 처리업	30	-	-	21,573	719.10
화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	582	<b>161,055</b>	276.73	4,806,848	8,259.19

표 8. 2016년 업종별 화학물질 평균 배출량 현황

업종 (가나다순 정렬, 비해당 업종 제외)	사업장 수	그룹 I (kg)		그룹 II (kg)	
		총량	평균	총량	평균
1차 금속 제조업	378	<b>42,864</b>	113.40	1,871,869	4,952.03
가구 제조업	9	-	-	22,985	2,553.89
가죽, 가방 및 신발 제조업	22	1,108	50.36	420,168	19,098.55
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	280	21,822	77.94	<b>7,743,427</b>	27,655.10
금속 광업	5	17	3.40	20,746	4,149.20
금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	315	19,999	63.49	2,080,916	6,606.08
기타 개인 서비스업	5	-	-	1	0.20
기타 기계 및 장비 제조업	83	2,501	30.13	466,920	5,625.54
기타 운송장비 제조업	61	1,378	22.59	<b>17,355,612</b>	<b>284,518.23</b>
기타 제품 제조업	18	384	21.33	270,825	15,045.83
담배 제조업	1	-	-	-	-
도매 및 상품중개업	1	144	144.00	1,519	1,519.00

업종 (가나다순 정렬, 비해당 업종 제외)	사업장 수	그룹 I (kg)		그룹 II (kg)	
		총량	평균	총량	평균
목재 및 나무제품 제조업;가구제외	15	5,012	334.13	25,597	1,706.47
비금속 광물제품 제조업	124	6,043	48.73	335,426	2,705.05
석탄, 원유 및 천연가스 광업	4	-	-	537	134.25
섬유제품 제조업; 의복제외	249	-	-	1,128,636	4,532.67
수도사업	78	-	-	79,904	1,024.41
식품 제조업	209	762	3.65	289,857	1,386.88
음료 제조업	54	-	-	65,466	1,212.33
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	10	192	19.20	942,947	<b>94,294.70</b>
의료용 물질 및 의약품 제조업	73	450	6.16	595,809	8,161.77
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	9	-	-	172,439	19,159.89
인쇄 및 기록매체 복제업	56	168	3.00	3,455,514	61,705.61
자동차 및 트레일러 제조업	281	9,838	35.01	5,855,286	20,837.32
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	86	-	-	514,008	5,976.84
전기장비 제조업	112	4,598	41.05	1,227,135	10,956.56
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	299	13,275	44.40	2,446,018	8,180.66
창고 및 운송관련 서비스업	9	3,419	<b>379.89</b>	322,537	35,837.44
출판업	4	-	-	18,932	4,733.00
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	20	33,540	<b>1,677.00</b>	528,581	26,429.05
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	129	6,519	50.53	3,480,741	26,982.49
폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	103	944	9.17	151,693	1,472.75
하수, 폐수 및 분뇨 처리업	33	-	-	34,912	1,057.94
화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	597	<b>148,200</b>	248.24	4,997,512	8,371.04

□ 업종별 배출량의 합계와 평균 사이에서 순위 측면에서 괴리가 존재하며 향후 산업리스크 산출 시 합계와 평균을 모두 고려하여 산출할 필요가 있음

○ 2014~16년 동안의 업종별 화학물질 배출량 총량, 평균, 배출량이 0인 사업장을 제외한 유효 평균을 산출하여 비교한 결과, 업종별 총 배출량과 배출량 유효 평균 사이에서 괴리가 존재함을 알 수 있음

- 아래 <그림 3>과 <그림 4>는 총 배출량 순으로 정렬한 것으로, 평균 및 유효 평균에서 변동성이 존재하다는 것은 배출량 기준 분석과 (유효)평균 기준 분석 사이에 괴리가 발생할 수 있음을 의미함

- 다시 말해서, 총 배출량은 낮으나 평균 또는 유효평균이 상대적으로 높게 나타나는 현상이 발생함을 알 수 있음

○ 특히 그룹 II보다 그룹 I의 업종별 (유효)평균에서 순위의 변동성이 더 높게 나타남(아래 <그림 3> 참조)

- 또한 평균과 유효 평균 사이에서도 차이가 발생하고 있음을 알 수 있으며, 궁극적으로는 배출량이 없는 사업장을 제외한 유효 평균을 이용하여 산업리스크를 산출하는 게 배출량이 없는 사업장을 포함한 평균을 이용하는 것보다 더 효과적일 것으로 판단됨

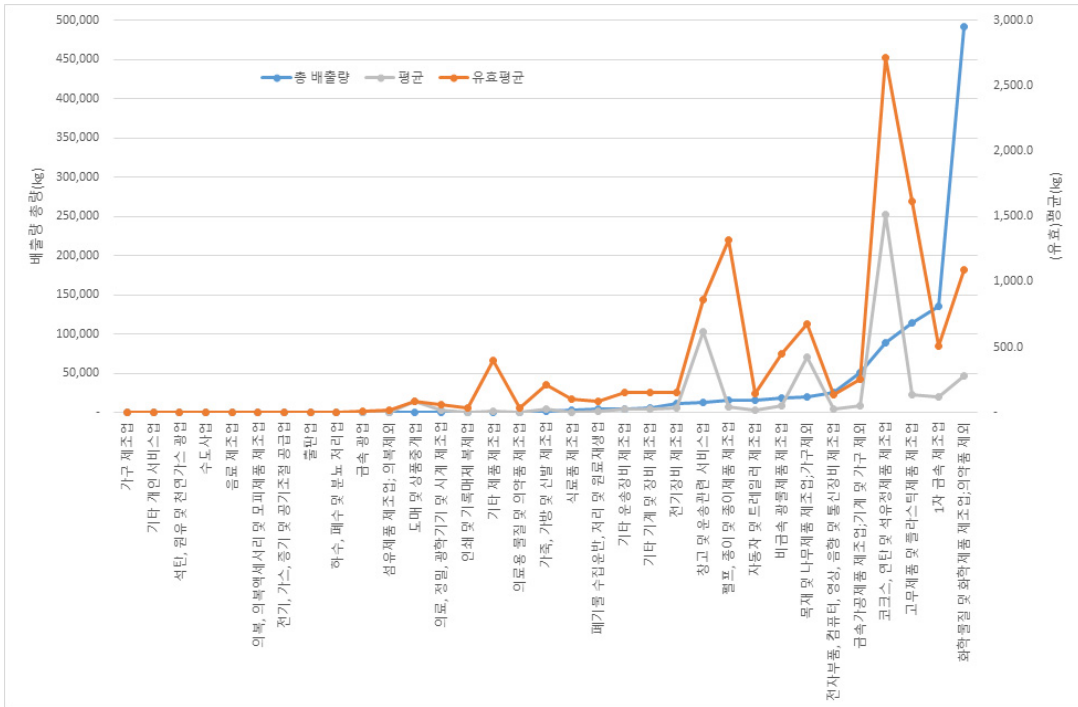


그림 3. 그룹 I의 업종별 총 배출량, (유효)평균 (2014-16년)

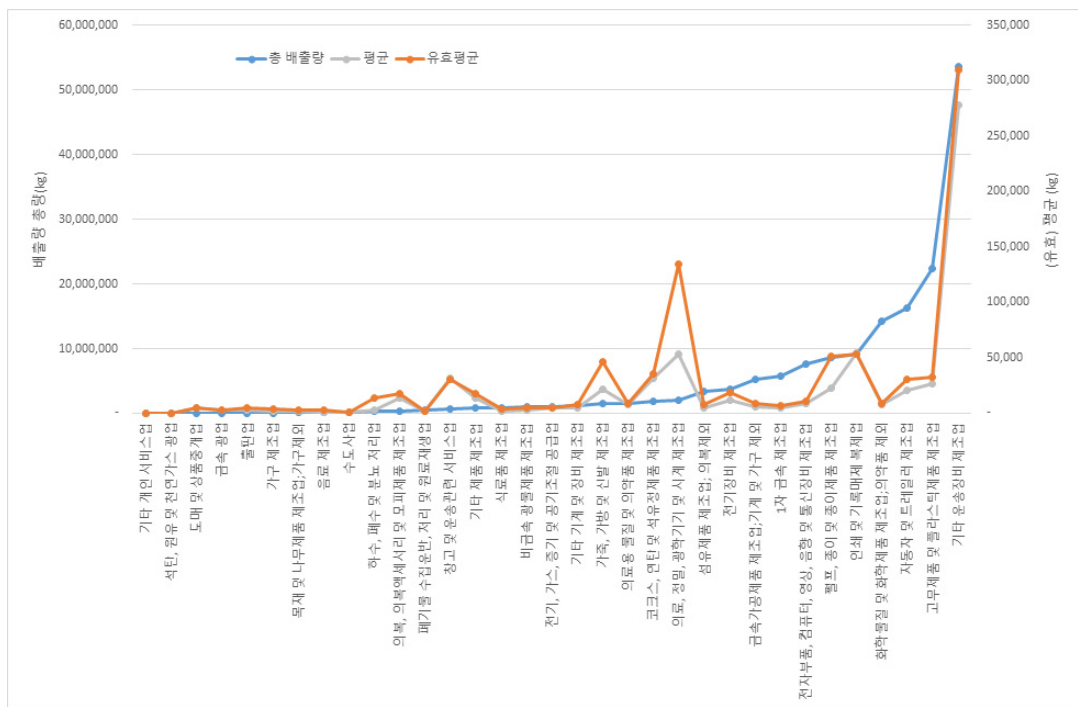


그림 4. 그룹 II의 업종별 총 배출량, (유효)평균 (2014-16년)

## IV

## 산업리스크 산출

- 그룹 I 과 II에 대한 산업리스크와 가중 배출량에 대한 산업리스크를 각각 산출한 후, 이 둘을 가중평균하여 화학물질 산업리스크 산출(〈그림 5〉 참조)
- 한국 PRTR(Pollution Release, Transfer and Register)<sup>2)</sup>에서 추출한 2014~16년 동안 업종별로 그룹 I 과 II의 배출량 및 화학물질별 배출량을 이용하여 산업리스크 산출
  - 그룹 I 과 II에 대한 산업리스크는 각 그룹별로 산업리스크를 산출한 후 가중평균하여 산출함
  - 가중배출량은 물질별 배출량과 물질별 유해성계수를 곱하여 합산한 배출량을 의미함
    - 유해성계수는 미국 EPA의 RSEI 모형에서 사용하고 있는 독성가중치 (toxicity weight)임

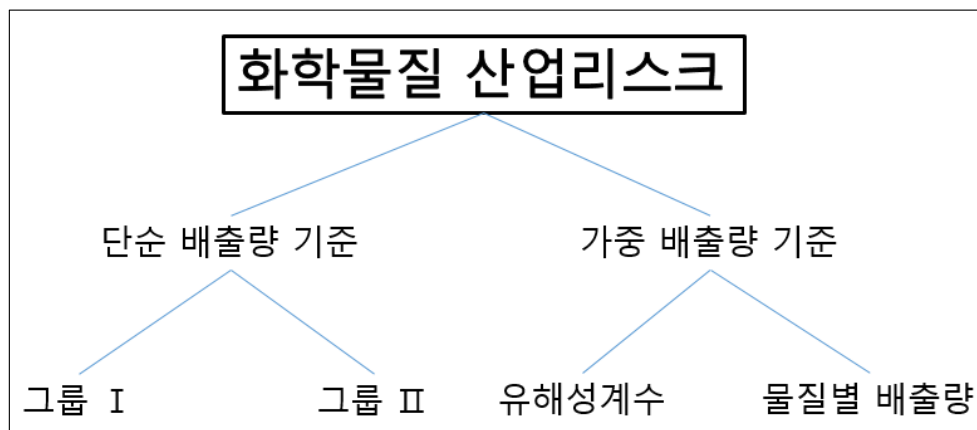


그림 5. 화학물질 산업리스크의 구성

- 두 방식으로 산업리스크를 산출하여 비교하고자 함
  - 사분위방식 : 사분위(quartile)를 이용하여 산업리스크를 산출하고자 하며, 사분위는 내림차순 순위(rank)에 기초하여 산출하되, 후순위 배출량과의 차이를 감안하여 결정함

2) icis@me.go.kr

- 군집분석 : 데이터의 분포에 대한 의존도가 상대적으로 강한 군집분석(k-means clustering)을 통하여 네 개의 분위로 나누어 앞의 순위기반의 사분위방식과 결과를 비교하고자 함

### 1. 단순배출량 산업리스크 산출

□ 그룹 I과 II에 대한 산업리스크를 가중평균하여 산업리스크 산출

- 2014~16년 동안의 화학물질 배출량 이용
- 산업리스크는 업종별 배출량 총량과 유효평균을 이용하여 산출
- 산업리스크 분위의 산출방법
  - 배출량 정보 공개대상이나 배출량이 0인 사업장은 5분위로 분류하여 실제로는 5개 분위로 구성됨
  - 총량과 유효평균 각각에 대하여 분위기를 나눈 후 아래 표를 이용하여 최종분위를 결정함
    - 분위가 낮을수록 위험이 높은 업종군으로, 1분위가 가장 위험이 높은 업종군이고, 4분위가 가장 위험이 낮은 업종군임
    - 5분위는 배출량이 0인 업종군으로, 정보 의무공개 대상이나 배출량이 0인 관계로 분석에서 제외되는 업종군임

표 9. 분위 결정 Matrix

구분		유효 평균 기준				
		1	2	3	4	5
총량 기준	1	1	1	2	2	-
	2	1	2	2	3	-
	3	2	2	3	3	-
	4	2	3	3	4	-
	5	-	-	-	-	5

- 최종적으로 산출된 산업리스크에 대하여 총량 기준과 유효 평균 기준으로 산출한 산업리스크와 비교함

□ (총량 분석) 2014~16년 동안 업종별 그룹 I과 그룹 II의 총 배출량을 계산한 결과, 그룹



I의 총 배출량이 가장 많은 업종은 ‘화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외’이고, 그룹 II의 총 배출량이 가장 많은 업종은 ‘기타 운송장비 제조업’으로 나타남

- ‘화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외’의 그룹 I의 총 배출량은 491,706 kg(그룹 I 총 배출량의 49% 차지), ‘기타 운송장비 제조업’의 그룹 II의 총 배출량은 53,642,350 kg(그룹 II 총 배출량의 33% 차지)로 공통적으로 타 업종 대비 배출량이 현저히 높음
  - ‘화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외’에 속한 사업장 수는 총 1,747개로, 전체 업종에서 가장 많은 사업장 수를 보이고 있음
  - 담배 제조업은 그룹 I과 그룹 II의 배출량이 모두 0임

표 10. 업종별 그룹 I과 II의 총 배출량(2014~16년)

업종	N	총 배출량 (kg)	
		그룹 I	그룹 II
1차 금속 제조업	1,099	135,708	5,722,634
가구 제조업	27	-	46,357
가죽, 가방 및 신발 제조업	66	1,725	1,433,930
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	828	114,692	22,352,556
금속 광업	10	53	33,683
금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	928	50,815	5,304,886
기타 개인 서비스업	14	-	133
기타 기계 및 장비 제조업	248	6,325	1,259,967
기타 운송장비 제조업	193	4,575	<b>53,642,350</b>
기타 제품 제조업	59	807	826,865
담배 제조업	3	-	-
도매 및 상품중개업	3	266	15,475
목재 및 나무제품 제조업;가구제외	48	20,284	74,776
비금속 광물제품 제조업	376	18,586	1,043,654
석탄, 원유 및 천연가스 광업	12	-	1,501
섬유제품 제조업; 의복제외	757	104	3,454,238
수도사업	231	-	233,851
식품 제조업	580	2,594	908,782
음료 제조업	163	-	137,937
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	38	663	2,013,395
의료용 물질 및 의약품 제조업	198	992	1,534,431
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	24	-	329,836
인쇄 및 기록매체 복제업	167	667	9,069,040
자동차 및 트레일러 제조업	782	16,066	16,238,826

업종	N	총 배출량 (kg)	
		그룹 I	그룹 II
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	235	-	1,056,921
전기장비 제조업	317	11,447	3,641,297
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	889	26,341	7,648,328
창고 및 운송관련 서비스업	21	12,913	665,333
출판업	11	-	37,406
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	59	89,551	1,837,687
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	378	15,855	8,557,654
폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	290	3,912	505,658
하수, 폐수 및 분뇨 처리업	89	-	295,637
화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	1,747	<b>491,706</b>	14,289,795

- (사분위방식) 총 배출량을 기준으로 사분위를 구분해 보면, ‘1차 금속 제조업’, ‘고무제품 및 플라스틱제품 제조업’, ‘전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업’, ‘화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외’은 그룹 I 과 II 모두에서 1분위에 속함
  - 일부 업종에서는 업종별 특성에 따라 그룹 I 과 II의 분위가 서로 대조적으로 나타남
    - ‘기타 운송장비 제조업’은 그룹 I에서는 3분위, 그룹 II에서는 1분위에 속한 것으로 나타남
    - ‘인쇄 및 기록매체 복제업’은 그룹 I에서는 4분위, 그룹 II에서는 1분위에 속한 것으로 나타남
  - 5분위에 속한 업종의 수는 그룹 I에서는 10개 업종, 그룹 II에서는 1개 업종임
  - ‘담배 제조업’은 그룹 I 과 II 모두에서 모두 5분위에 속함
- (군집분석) 군집분석을 통해 네 개의 군집으로 분류한 결과, ‘1차 금속 제조업’, ‘고무제품 및 플라스틱제품 제조업’, ‘화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외’은 사분위방식과 동일하게 1분위에 속하는 것으로 나타남
  - 화학물질 그룹별로 분위 산출방식에 따라 최대 2분위의 차이가 발생
    - 그룹 II에서 ‘수도사업’ 업종은 사분위방식에서는 4분위로 나타났으나 군집분석 결과는 2분위로 산출됨
    - 이는 방식별로 분위별 업종 수가 다르게 산출되었기 때문이며, 사분위방식은 분위별 업종 수가 거의 동일하게 책정되는 반면에 군집분석에서는 데이터의 분포에 따라 분위 별 업종 수가 상이하게 나타남(〈표 12〉 참조)

표 11. 방식에 따른 업종별 산업리스크 분위 현황 (총량)

업종	사분위방식		군집분석	
	그룹 I	그룹 II	그룹 I	그룹 II
1차 금속 제조업	1	1	1	1
가구 제조업	5	4	5	3
가죽, 가방 및 신발 제조업	3	2	3	2
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	1	1	1	1
금속 광업	4	4	4	3
금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	1	2	1	1
기타 개인 서비스업	5	4	5	4
기타 기계 및 장비 제조업	3	2	2	2
기타 운송장비 제조업	3	1	2	1
기타 제품 제조업	4	3	3	2
담배 제조업	5	5	5	5
도매 및 상품중개업	4	4	3	3
목재 및 나무제품 제조업;가구제외	2	4	2	3
비금속 광물제품 제조업	2	3	2	2
석탄, 원유 및 천연가스 광업	5	4	5	4
섬유제품 제조업; 의복제외	4	2	4	1
수도사업	5	4	5	2
식료품 제조업	3	3	3	2
음료 제조업	5	4	5	3
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	4	2	3	2
의료용 물질 및 의약품 제조업	3	2	3	2
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	5	3	5	2
인쇄 및 기록매체 복제업	4	1	3	1
자동차 및 트레일러 제조업	2	1	2	1
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	5	3	5	2
전기장비 제조업	2	2	2	1
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	1	1	2	1
창고 및 운송관련 서비스업	2	3	2	2
출판업	5	4	5	3
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	1	2	1	2
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	2	1	2	1
폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	3	3	2	2
하수, 폐수 및 분뇨 처리업	5	3	5	2
화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	1	1	1	1

표 12. 산출방식에 따른 분위별 업종 수 차이 (총량)

분위	그룹 I		그룹 II	
	사분위	군집	사분위	군집
1	6	5	8	11
2	6	10	8	14
3	6	7	8	6
4	6	2	9	2
계	24	24	33	33

표 13. 분위 산출방식에 따른 분위 차이 (총량)

분위 차이*	그룹 I	그룹 II
0	26	16
+2	0	1
+1	7	17
-1	1	0
계	34	34

\* 분위 차이는 사분위방식의 분위에서 군집분석의 분위기를 뺀 값으로, (+)은 분위의 상승, (-)은 분위의 하락을 의미함

□ (유효평균 분석) 2014~16년 동안 업종별 그룹 I 과 그룹 II의 유효평균 배출량을 계산한 결과, 그룹 I에서는 ‘코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업’, 그룹 II에서는 ‘기타 운송장비 제조업’이 유효평균 배출량이 가장 높은 것으로 나타남

- 전체 10,887 사업장 중에서 그룹 I에서는 1,617개 사업장, 그룹 II에서는 7,821개 사업장이 유효 사업장, 즉 최근 3년 동안 화학물질 배출량이 존재하는 사업장임
  - 그룹 I의 유효 사업장 수는 전체 사업장의 15% 수준으로, 일부 사업장만이 그룹 I에 해당하는 물질을 배출하고 있음
  - 그룹 II의 유효 사업장 수는 전체 사업장의 72% 수준으로, 그룹 I보다는 많은 사업장이 그룹 II 해당 물질을 배출하고 있음
- 그룹 I에서는 ‘코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업’과 ‘펄프, 종이 및 종이제품 제조업’, ‘고무제품 및 플라스틱제품 제조업’, ‘창고 및 운송관련 서비스업’, ‘화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외’ 업종 순으로 유효평균 배출량이 높으며, 모두 1,000kg을 초과하고 있음
- 그룹 II에서는 ‘기타 운송장비 제조업’, ‘의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업’, ‘인쇄 및 기록매체 복제업’, ‘펄프, 종이 및 종이제품 제조업’, ‘가죽, 가방 및 신발 제조업’ 순으로 높은 유효평균 배출량을 보이고 있음
  - 담배 제조업은 그룹 I 과 II의 유효평균 배출량이 모두 0임

표 14. 업종별 유해 평균 배출량

업종	N	유해 N		유해평균 배출량 (kg)	
		그룹 I	그룹 II	그룹 I	그룹 II
1차 금속 제조업	1,099	273	818	497.1	6,995.9
가구 제조업	27	0	13	-	3,565.9
가죽, 가방 및 신발 제조업	66	10	31	172.5	46,255.8
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	828	61	689	1,880.2	32,442.0
금속 광업	10	5	10	10.6	3,368.3
금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	928	198	633	256.6	8,380.6
기타 개인 서비스업	14	0	6	-	22.2
기타 기계 및 장비 제조업	248	31	164	204.0	7,682.7
기타 운송장비 제조업	193	29	173	157.8	<b>310,071.4</b>
기타 제품 제조업	59	7	47	115.3	17,592.9
담배 제조업	3	0	0	-	-
도매 및 상품중개업	3	3	3	88.7	5,158.3
목재 및 나무제품 제조업;가구제외	48	31	28	654.3	2,670.6
비금속 광물제품 제조업	376	49	235	379.3	4,441.1
석탄, 원유 및 천연가스 광업	12	0	6	-	250.2
섬유제품 제조업; 의복제외	757	3	465	34.7	7,428.5
수도사업	231	0	177	-	1,321.2
식료품 제조업	580	4	226	648.5	4,021.2
음료 제조업	163	0	53	-	2,602.6
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	38	13	15	51.0	134,226.3
의료용 물질 및 의약품 제조업	198	17	167	58.4	9,188.2
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	24	0	19	-	17,359.8
인쇄 및 기록매체 복제업	167	13	169	51.3	53,663.0
자동차 및 트레일러 제조업	782	87	534	184.7	30,409.8
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	235	0	202	-	5,232.3
전기장비 제조업	317	73	193	156.8	18,866.8
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	889	182	715	144.7	10,697.0
창고 및 운송관련 서비스업	21	11	22	1,173.9	30,242.4
출판업	11	0	7	-	5,343.7
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	59	32	51	<b>2,798.5</b>	36,033.1
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	378	7	165	2,265.0	51,864.6
폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	290	42	216	93.1	2,341.0
하수, 폐수 및 분뇨 처리업	89	0	22	-	13,438.1
화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	1,747	436	1,547	1,127.8	9,237.1

- (사분위방식) 사분위로 구분해 보면, ‘가죽, 가방 및 신발 제조업’, ‘도매 및 상품중개업’, ‘펄프, 종이 및 종이제품 제조업’은 그룹 I과 그룹 II 모두에서 1분위에 속함
  - ‘전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업’은 총 배출량 분석에서는 그룹 I, II 모두 1분위였으나, 유효평균 배출량 분석에서는 그룹 I, II 모두 3분위로 나타남
  - 일부 업종에서는 업종별 특성에 따라 그룹 I과 그룹 II의 분위가 서로 대조적으로 나타남
    - ‘기타 운송장비 제조업’은 그룹 I에서는 4분위, 그룹 II에서는 1분위에 속한 것으로 나타남(총 배출량 분석에서는 그룹 I에서 3분위)
    - ‘인쇄 및 기록매체 복제업’은 총 배출량 분석과 동일하게 그룹 I에서는 4분위, 그룹 II에서는 1분위에 속한 것으로 나타남
    - ‘식료품 제조업’은 그룹 I에서는 1분위, 그룹 II에서는 4분위에 속한 것으로 나타남(총 배출량 분석에서는 그룹 I, II 모두 3분위)
  - 도매 및 상품중개업은 총 배출량은 낮아 총 배출량 기준 그룹 I, II 모두 4분위로 나타났으나 유효평균 배출량은 높아 그룹 I, II 모두 1분위로 나타남
    - 연도별로 1개 사업장만이 많은 화학물질을 배출함
  - 담배 제조업은 배출량이 없는 관계로 유효평균 분석에서도 그룹 I, II 모두 5분위임
- (군집분석) 군집분석을 통해 네 개의 군집으로 분류한 결과, 1분위에 속하는 업종 수가 3개로 크게 줄어들음
  - 사분위방식에서는 그룹 I과 II에서 1분위에 속한 업종 수가 각각 6개, 8개이었음
    - 군집분석에서는 데이터의 분포에 따라 각 군집별 업종 수가 결정되기 때문임(〈표 16〉참조)
  - 두 방식 모두에서 1분위에 속하는 업종은 없음
  - 화학물질 그룹별로 분위 산출방식에 따라 최대 1분위의 차이가 발생
    - 두 방식의 분위가 모두 동일한 업종은 그룹 I에서는 22개 업종, 그룹 II에서는 24개 업종으로 나타나, 각각 65%, 71%의 분위 일치율을 보임

표 15. 방식에 따른 업종별 산업리스크 분위 현황 (유효평균)

업종	사분위방식		군집분석	
	그룹 I	그룹 II	그룹 I	그룹 II
1차 금속 제조업	3	3	3	3
가구 제조업	5	2	5	2
가죽, 가방 및 신발 제조업	1	1	2	1
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	2	2	3	2
금속 광업	4	3	4	3
금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	2	2	3	2
기타 개인 서비스업	5	4	5	4
기타 기계 및 장비 제조업	4	3	3	2
기타 운송장비 제조업	4	1	3	1
기타 제품 제조업	2	3	3	3
담배 제조업	5	5	5	5
도매 및 상품중개업	1	1	2	2
목재 및 나무제품 제조업;가구제외	1	4	2	3
비금속 광물제품 제조업	3	4	3	3
석탄, 원유 및 천연가스 광업	5	4	5	4
섬유제품 제조업; 의복제외	4	4	4	3
수도사업	5	4	5	4
식료품 제조업	1	4	1	4
음료 제조업	5	4	5	4
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	3	1	3	2
의료용 물질 및 의약품 제조업	3	2	3	2
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	5	1	5	2
인쇄 및 기록매체 복제업	4	1	3	1
자동차 및 트레일러 제조업	4	2	3	2
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	5	4	5	3
전기장비 제조업	2	3	3	3
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	3	3	3	3
창고 및 운송관련 서비스업	2	1	3	2
출판업	5	2	5	2
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	1	2	1	2
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	1	1	1	2
폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	3	3	3	3
하수, 폐수 및 분뇨 처리업	5	2	5	2
화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	2	3	2	3

표 16. 산출방식에 따른 분위별 업종 수 차이 (유효평균)

분위	사분위방식		군집분석	
	그룹 I	그룹 II	그룹 I	그룹 II
1	6	8	3	3
2	6	8	4	14
3	6	8	15	11
4	6	9	2	5
5	10	1	10	1
계	34	34	34	34

표 17. 분위 산출방식에 따른 분위 차이 (유효평균)

분위 차이*	그룹 I	그룹 II
0	22	24
+1	3	5
-1	9	5
계	34	34

\* 분위 차이는 군집분석의 분위에서 사분위방식의 분위기를 뺀 값을 의미함

- 업종 내 다수의 사업장이 배출량이 없고 일부 사업장만이 많은 배출량을 보인 경우 총 배출량 기준 분위보다 유효평균 분위가 더 나타남
  - 유효 사업장 수가 전체 사업장 수에 근접해질수록 순위 또한 동일하게 산출될 확률이 높아짐
    - ‘기타 운송장비 제조업’은 그룹 II에서 유효 사업장 수가 전체 사업장 수의 90% 수준으로 총 배출량 분석과 동일하게 1분위에 속한 것으로 나타남
- 따라서 업종별 총 배출량과 유효평균 배출량 모두를 고려하여 산업리스크를 산출하는 게 바람직
  - 궁극적으로 총 배출량과 유효 평균 배출량이 모두 높은 업종은 산업리스크가 높고, 두 배출량 모두 낮은 업종은 산업리스크가 낮게 책정되도록 하여야 함
- (총 배출량과 유효 평균 배출량을 결합한 산업리스크 산출) 상기 두 방식별로 총량과 유효평균 분석 결과를 종합하여 <표 9>에 따라 산업리스크를 산출한 결과, ‘펄프, 종이 및 종이제품 제조업’은 산출방식과 상관없이 그룹 I, II 모두에서 1분위에 속하는 고위험 업종으로 나타남
  - ‘코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업’, ‘화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외’은 두 방식 모두에서 그룹 I에서는 1분위, 그룹 II에서는 2분위로 산업리스크가 산출됨



- ‘고무제품 및 플라스틱제품 제조업’ 또한 고위험 업종으로 볼 수 있으며, 사분위 방식에서는 그룹 I, II 모두에서 1분위, 군집분석 결과에서는 그룹 I에서는 2분위, II에서는 1분위로 나타남
- ‘자동차 및 트레일러 제조업’, ‘인쇄 및 기록매체 복제업’, ‘가죽, 가방 및 신발 제조업’은 그룹 II에서 산출방식 모두에서 1분위로 나타나 그룹 II의 고위험 업종으로 볼 수 있음

표 18. 총 배출량과 유효 평균 배출량의 분위를 결합한 산업리스크 분위 산출

업종	사분위방식		군집분석	
	그룹 I	그룹 II	그룹 I	그룹 II
1차 금속 제조업	2	2	2	2
가구 제조업	5	3	5	2
가죽, 가방 및 신발 제조업	2	1	2	1
<b>고무제품 및 플라스틱제품 제조업</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
금속 광업	4	3	4	3
금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	1	2	2	1
기타 개인 서비스업	5	4	5	4
기타 기계 및 장비 제조업	3	2	2	2
기타 운송장비 제조업	3	1	2	1
기타 제품 제조업	3	3	3	2
담배 제조업	5	5	5	5
도매 및 상품중개업	2	2	2	2
목재 및 나무제품 제조업; 가구제외	1	4	2	3
비금속 광물제품 제조업	2	3	2	2
석탄, 원유 및 천연가스 광업	5	4	5	4
섬유제품 제조업; 의복제외	4	3	4	2
수도사업	5	4	5	3
식료품 제조업	2	3	2	3
음료 제조업	5	4	5	3
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	3	1	3	2
의료용 물질 및 의약품 제조업	3	2	3	2
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	5	2	5	2
인쇄 및 기록매체 복제업	4	1	3	1
자동차 및 트레일러 제조업	3	1	2	1
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	5	3	5	2
전기장비 제조업	2	2	2	2
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	2	2	2	2
창고 및 운송관련 서비스업	2	2	2	2
출판업	5	3	5	2

업종	사분위방식		군집분석	
	그룹 I	그룹 II	그룹 I	그룹 II
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	1	2	1	2
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	1	1	1	1
폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	3	3	2	2
하수, 폐수 및 분뇨 처리업	5	2	5	2
화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	1	2	1	2

○ 화학물질 그룹별 산업리스크를 살펴보면, 공통적으로 2분위에 업종이 많이 분포하고 있음

표 19. 산출방식에 따른 화학물질 그룹별 산업리스크 분위

분위	사분위		군집분석	
	그룹 I	그룹 II	그룹 I	그룹 II
1	6	7	3	7
2	8	12	15	19
3	7	9	4	5
4	3	5	2	2
5	10	1	10	1
계	34	34	34	34

○ 산출방식별로 분위의 차이를 살펴보면, 그룹 I 보다 그룹 II에서 군집분석이 사분위방식보다 더 높은 분위를 산출하고 있음

- 반면에 분위가 하락한 경우는 1 업종밖에 없음

표 20. 그룹별 분위 산출방식에 따른 분위 차이

분위 차이*	그룹 I	그룹 II
0	26	22
+1	5	11
-1	3	1
계	34	34

\* 분위 차이는 군집분석의 분위에서 사분위방식의 분위를 뺀 값을 의미함

## 2. 물질별 유해성계수를 이용한 산업리스크 산출

□ 미국 환경보호청(EPA: Environmental Protection Agency)에서 개발한 RSEI (Risk-Screening Environmental Indicators) 모형의 물질별 유해성계수(hazard coefficient)를 적용하여 업종별 유해성 점수 산출

- 미국 EPA는 TRI(Toxics Release Inventory) 정보를 이용하여 기업들이 배출되는 화학물질의 유해성을 진단하기 위하여 RSEI(Risk-Screening Environmental Indicators) 모형 개발<sup>3)</sup>
- RSEI 모형은 화학물질별 유해성계수(독성 가중치)와 배출량을 곱한 유해성 가중 배출량을 바탕으로 유해성 관련 점수를 산출하고, Surrogate dose에 독성가중치와 인구 수를 곱하여 화학물질이 지역사회에 미치는 위험수준을 점수화함(EPA, 2018)

표 21. RSEI 모형 설명

RSEI 점수	설명
위험 관련 점수 (Risk-related results)	Surrogate dose x 독성 가중치 (Toxicity weight) x 인구 수
유해성 관련 점수 (Hazard-related results)	배출량 x 독성 가중치 (Toxicity weight)
배출량 관련 점수 (Pounds-related results)	TRI 배출량

출처 : EPA(2018, p. 7)

- EPA는 총 709종 화학물질 중 625종에 대하여 ITW(Inhalation Toxicity Weight) 및 OTW(Oral Toxicity Weight)를 산출하여 공개(화학물질별 ITW 및 OTW는 <첨부 1> 참조)
  - 나머지 화학물질에 대해서는 지속적인 실험을 통해 ITW와 OTW를 산출하여 공개할 예정
  - 대기 배출량에는 ITW를, 수계 배출량에는 OTW를 유해성계수로 적용하여 최종 가중 배출량 산출
- RSEI 모형의 ITW와 OTW를 적용하기 위하여 먼저 EPA 관리 물질과 우리나라 PRTR에서 관리 물질 415종을 비교하여 ITW와 OTW를 추출함
  - 화학물질명과 CAS 번호 등을 비교하여 동일 물질 여부를 확인하여 415종 중 230종에 대하여 ITW와 OTW를 추출하였으며, 확인된 물질의 ITW와 OTW는 아래 <표 22>와 같음
    - ITW가 가장 높은 화학물질은 석면으로 165,000,000이고, OTW가 가장 높은 물질은 이산화 토륨으로 500,000,000임
    - ‘크롬 및 그 화합물’과 ‘코발트 및 그 화합물’의 ITW는 각각 43,000,000과 17,000,000임

3) Environmental Protection Agency, EPA's Risk-Screening Environmental Indicators (RSEI) Methodology (RSEI Version 2.3.6), 2018.1.

표 22. 230종 PRTR 물질의 ITW 및 OTW

No	물질명	ITW	OTW	No	물질명	ITW	OTW
1	포름알데히드	46,000	-	116	3,3'-디메틸베지딘	9,200,000	9,200,000
2	2,4-디니트로페놀	500	500	117	p-크레시딘	150,000	150,000
3	메클로로에타민	-	-	118	카테콜	9,000	9,000
4	우레탄	1,000,000	1,000,000	119	2,4-디니트로톨루엔	320,000	1,000
5	브로노폴	-	-	120	N,N-디메틸아닐린	500	500
6	트리클로르폰	500	500	121	말라티온	14	14
7	팜퍼	2,000	2,000	122	하이드로퀴논	60,000	60,000
8	니코틴	-	-	123	1,4-디옥산	18,000	100,000
9	펜티온	14,000	14,000	124	디메틸아민	-	-
10	사염화 탄소	21,000	70,000	125	메타아크릴로니트릴	5,000	10,000
11	파라티온	33,000	33,000	126	클로로프렌	1,100,000	50
12	1,1-디메틸히드라진	3,600,000	460,000	127	테트라클로로에틸렌	930	2,100
13	$\beta$ -프로피오락톤	-	-	128	디메틸디티오카르바미산 나트륨	-	-
14	p-디메틸아미노아조벤젠	4,600,000	4,600,000	129	o-페닐펜산나트륨	190	190
15	메틸히드라진	1,100,000	1,100,000	130	캡탄	1,200	1,200
16	아세트아미드	7,100	7,100	131	플펫	3,500	3,500
17	디메토에이트	450	450	132	쿠페론	230,000	220,000
18	아미트롤	680,000	680,000	133	티람	67	67
19	아닐린	5,700	5,700	134	4,4'-티오디아닐린	-	-
20	티오우레아	1,000,000	1,000,000	135	아크릴산 에틸	73	48,000
21	디클로르보스	7,000	7,700	136	에틸렌이민	-	-
22	카바릴	880	880	137	날레드	500	500
23	황산 디에틸	1,200,000	1,200,000	138	옥시디메톤-메틸	7,700	7,700
24	메틸 알코올	0.18	-	139	히드라진	18,000,000	3,000,000
25	2-프로판올	-	-	140	리누론	130	130
26	클로로포름	82,000	6,100	141	디아자논	5,000	5,000
27	헥사클로로에탄	14,000	40,000	142	아우라민	-	-
28	N,N-디메틸포름아미드	120	10	143	은 및 그 화합물	200	200
29	벤젠	28,000	55,000	144	디엔오시	7,300	2,900
30	1,1,1-트리클로로에탄	1	1	145	1,3-디클로로프로펜	14,000	100,000
31	브롬화 메틸	700	50	146	글리시돌	-	-
32	에틸렌	1	1	147	이소티오시안산 메틸	-	-
33	염화 메틸	640	1,300	148	브롬화 비닐	110,000	110,000
34	요오드화 메틸	290,000	290,000	149	2,6-디니트로톨루엔	680,000	680,000
35	시안화 수소	4,400	1,700	150	3,3'-디클로로벤지딘이염산염	-	-
36	염화 에틸	0	0	151	2,4-디아미노아니솔	24,000	24,000

No	물질명	ITW	OTW	No	물질명	ITW	OTW
37	염화 비닐	31,000	1,500,000	152	헥사메틸 포스포르아미드	-	-
38	아세트알데히드	7,900	7,900	153	1,3-프로판술포	2,500,000	2,500,000
39	디클로로메탄	36	2,000	154	산화 데카브로모디페닐	140	140
40	이황화 탄소	-	10	155	수산화 나트륨	-	-
41	산화 에틸렌	310,000	220,000	156	이산화 토륨	3,500	500,000,000
42	브로모디클로로메탄	62,000	62,000	157	크레졸(o-,m-,p-이성질체혼합물)	6	20
43	1,1-디클로로에텐	18	20	158	자일렌(o-,m-,p-이성질체혼합물)	35	-
44	포스겐	12,000	12,000	159	석면	165,000,000	-
45	니트로메탄	-	-	160	카보푸란	1,200	1,200
46	산화 프로필렌	13,000	240,000	161	메탈tert-부틸에테르	93	93
47	수산화 트리페닐주석	18,000,000	18,000,000	162	벤플루랄린	200	200
48	헥사클로로시클로펜타디엔	18,000	170	163	클로로타로닐	7,700	7,700
49	황산 디메틸	-	-	164	파라콰트 염류	220	220
50	포스포트리티오산S,S,S-트리부틸	84,000	84,000	165	직접염료블랙38	8,600,000	8,600,000
51	이소프렌	-	-	166	메티오캡	200	200
52	메틸 에틸 케톤	1	2	167	몰리에이트	4,900	4,900
53	트리클로로에틸렌	15,000	4,600	168	프로파지트	3,300	3,300
54	아크릴아미드	360,000	500,000	169	도딘	50	50
55	클로로아세트산	500	500	170	직접염료블루6	8,100,000	8,100,000
56	티오세미카바지드	-	-	171	플루오르화 솔퍼릴	36	36
57	2-니트로프로판	20,000	20,000	172	크로톤알데히드	190,000	190,000
58	알파린	3,300	3,300	173	산성염료레드114	-	-
59	디부틸 프탈레이트	10	10	174	알루미늄 및 그 화합물	700	-
60	부틸벤질 프탈레이트	-	-	175	납 및 그 화합물	23,000	18,000
61	2,6-디메틸아닐린	-	-	176	망간 및 그 화합물	12,000	7
62	2,4,6-트리클로로페놀	11,000	11,000	177	수은 및 그 화합물	12,000	10,000
63	디노셴	1,000	1,000	178	니켈 및 그 화합물	930,000	91
64	피크르산	3,500	17,000	179	안티몬 및 그 화합물	18,000	2,500
65	o-아니시딘	18,000	80,000	180	비소 및 그 화합물	15,000,000	1,500,000
66	나프탈렌	12,000	50	181	바륨 및 그 화합물	7,000	-
67	퀴놀린	3,000,000	3,000,000	182	베릴륨 및 그 화합물	8,600,000	500
68	3,3'-디클로로벤지딘	1,200,000	450,000	183	카드뮴 및 그 화합물	6,400,000	2,000
69	4-니트로비페닐	-	-	184	크롬 및 그 화합물	43,000,000	500,000
70	사프롤	-	-	185	코발트 및 그 화합물	17,000,000	-
71	2,4-디	200	200	186	구리 및 그 화합물	1,500	1,500
72	o-톨루이딘	180,000	240,000	187	바나듐 및 그 화합물	140	140

IV. 산업리스크 산출

No	물질명	ITW	OTW	No	물질명	ITW	OTW
73	2,4-디아미노톨루엔	3,900,000	3,200,000	188	아연 및 그 화합물	100	3
74	1,2,3-트리클로로프로판	12,000	30,000,000	189	플루오르화 수소	250	25
75	에틸렌티오우레아	46,000	60,000	190	암모니아(수산화암모늄 포함)	35	-
76	염화 벤조일	-	-	191	황산	3,500	0.02
77	니트로벤젠	140,000	500	192	질산	270	270
78	에틸벤젠	890	1,100	193	인	50,000	50,000
79	스티렌	4	-	194	브롬	2,100	2,100
80	염화 벤질	180,000	170,000	195	브롬산 칼륨	500,000	500,000
81	3,3'-디클로로-4,4'-디아미노디페닐메탄	1,500,000	100,000	196	셀레늄 및 그 화합물	180	200
82	4,4'-메틸렌비스(N,N-디메틸)벤젠아민	46,000	46,000	197	염소	23,000	10
83	4,4'-디이소시아나산디페닐메탄	5,800	5,800	198	황화 수소	1,800	1,800
84	4,4'-메틸렌디아닐린	1,600,000	1,600,000	199	포스핀	12,000	3,300
85	4,4'-디아미노디페닐에테르	140,000	140,000	200	발연 황산	3,500	0.02
86	디(2-에틸헥실)아디페이트	-	-	201	황산 히드라진	18,000,000	3,000,000
87	1,4-디클로로벤젠	3,900	2,400	202	레스메트린	56,000	56,000
88	p-클로로아닐린	110,000	110,000	203	마네브	60,000	60,000
89	1,4-벤조퀴논	-	-	204	직접염료브라운95	9,300,000	9,300,000
90	1,2-에폭시부탄	180	180	205	베노밀	240	240
91	에피클로로히드린	4,300	9,900	206	3,3'-디메톡시벤지딘이염산염	-	-
92	1,2-디브로모에탄	2,100,000	2,000,000	207	사산화 오스뮴	-	-
93	1,3-부타디엔	110,000	110,000	208	벤디오캡	800	800
94	아크롤레인	180,000	2,000	209	티오판에이트-메틸	12,000	12,000
95	염화 알릴	3,500	3,500	210	프로나미드	26,000	26,000
96	1,2-디클로로에탄	93,000	91,000	211	노닐페놀	-	-
97	아크릴로니트릴	240,000	540,000	212	페닐렌디아민(o-,m-,p-이성질체혼합물)	5	5
98	알릴 알코올	12,000	200	213	이소펜포스	2,000	2,000
99	2-프로판-1-올	500	500	214	디니트로톨루엔	-	-
100	클로로메틸 메틸 에테르	-	-	215	디아미노톨루엔	3,900,000	3,200,000
101	아세트산 비닐	18	-	216	디이소시아나산톨루엔	50,000	39,000
102	톨루엔	1	13	217	아지드화 나트륨	250	250
103	페놀	18	3	218	아세페이트	870	870
104	말로노니트릴	50,000	50,000	219	프로페탐포스	2,000	2,000
105	2-메톡시에탄올	180	200	220	술프로포스	330	330

No	물질명	ITW	OTW	No	물질명	ITW	OTW
106	n-헥산	-	17	221	황산2,4-디아미노아니솔	-	-
107	2-에톡시에탄올	18	3	222	디노캡	270	270
108	시클로헥산	1	1	223	프로페노포스	20,000	20,000
109	프로폭서	3,700	3,700	224	펜발러레이트	40	40
110	프로필렌	1	1	225	퍼메트린	9,600	9,600
111	클로렌드산	-	-	226	티오디캡	19,000	19,000
112	디코폴	2,500	2,500	227	싸이할로트린	1,000	1,000
113	테트라플루오로에틸렌	-	-	228	싸이플루트린	42	42
114	디(2-에틸헥실)프탈레이트	8,600	14,000	229	플루발린에이트	100	100
115	3,3'-디메톡시벤지딘	14,000	14,000	230	무기시안화합물	4,400	200

□ 산업리스크는 각 물질별 대기 또는 수계 배출량과 ITW 또는 OTW를 곱하여 업종별로 합산하여 업종별 가중배출량을 산출하고, 가중배출량을 토대로 최종 산업리스크 산출

- 각 업종별로 화학물질별 배출량은 PRTR에서 추출
- 산업리스크 산출 방식은 이전과 마찬가지로 총 배출량의 산업리스크 분위와 유효평균 배출량의 산업리스크 분위기를 결합하여 최종 산업리스크 분위 산출

□ **(총량 분석)** 2014~16년 동안 업종별 총 가중배출량을 계산한 결과, '1차 금속 제조업'이 가장 많은 가중배출량을 보이고 있고, '금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외', '화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외', '자동차 및 트레일러 제조업', '전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업'이 그 뒤를 따르고 있음

- 2014~16년 동안 '1차 금속 제조업'의 총 가중 배출량은 2,301,062,212,163 kg로 전체 가중배출량의 53%를 차지하고 있음
  - 총 가중 배출량 상위 3개 업종의 가중배출량은 전체 배출량의 75%를 차지하고 있으며, 물질별 총 배출량이 0인 업종은 10개로 나타남

표 23. 업종별 총 가중배출량 (2014-16년)

업종	평균 물질 수	총 가중배출량(kg)
1차 금속 제조업	73	2,301,062,212,163
가구 제조업	8	8,066,188
가죽, 가방 및 신발 제조업	10	53,003,819,188
개인 및 소비용품 수리업	-	-

IV. 산업리스크 산출

업종	평균 물질 수	총 가중배출량(kg)
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	71	34,046,273,533
금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	54	<b>563,553,217,069</b>
금속광업	6	1,828,468
기타 개인 서비스업	5	-
기타 기계 및 장비 제조업	33	176,674,735,680
기타 운송장비 제조업	28	153,053,108,625
기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	-	-
기타 제품 제조업	24	29,429,120,221
담배 제조업	1	-
도매 및 상품중개업	3	7,673,310
목재 및 나무제품 제조업;가구제외	11	949,058,089
비금속 광물제품 제조업	47	73,030,669,145
산업용 기계 및 장비 수리업	-	-
석탄, 원유 및 천연가스 광업	2	-
섬유제품 제조업; 의복제외	31	2,874,647,760
수도사업	13	1,549,987,808
수상 운송업	-	-
식료품 제조업	26	845,744,621
육상 운송 및 파이프라인 운송업	-	-
음료 제조업	8	18,314,117
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	15	208,899,001
의료용 물질 및 의약품 제조업	46	1,607,194,438
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	5	75,891,313
인쇄 및 기록매체 복제업	19	18,014,652,923
자동차 및 트레일러 제조업	46	239,519,990,273
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	13	47,298,733
전기장비 제조업	51	20,427,044,280
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	67	215,202,821,889
창고 및 운송관련 서비스업	27	33,700,846,795
출판업	2	-
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	50	3,024,160,832
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	25	840,878,861
폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	68	20,809,493,014
하수, 폐수 및 분뇨 처리업	9	3,071,695
항공 운송업	-	-
화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	215	417,154,687,617



- (사분위방식) 업종별 총 가중배출량에 따라 분위를 구분한 결과, ‘1차 금속 제조업’을 포함하여 ‘금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외’, ‘전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업’, ‘기타 기계 및 장비 제조업’, ‘기타 운송장비 제조업’, ‘자동차 및 트레일러 제조업’, ‘화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외’은 1분위에 속함
  - 30개 업종을 사분위로 나눔에 있어 분위별 업종 수가 일정치 않게 나타나 <그림 6>의 분포에 따라 2와 4분위 내 업종 수를 8개로 하고 1과 3분위 내 업종 수를 7개로 함
  - ‘코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업’과 ‘펄프, 종이 및 종이제품 제조업’은 그룹 I 및 II에 대한 산업리스크에서는 각각 1과 2분위, 모두 1분위였으나, 유해성계수를 가중한 배출량을 통해 살펴본 결과 3분위에 속하는 것으로 나타남
    - 이 두 업종은 배출량은 많으나 상대적으로 덜 유해한 화학물질을 배출한 것임<sup>4)</sup>

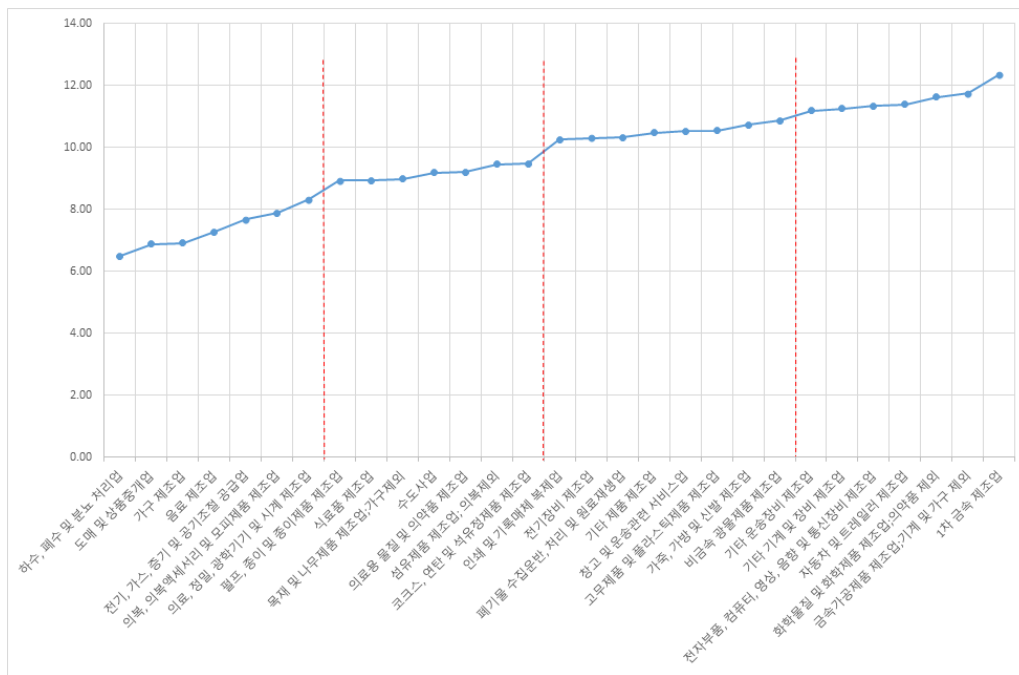


그림 6. 총 가중 배출량 및 분위 결정(사분위방식)

※ 상기 그래프는 업종별 총 가중 배출량을 로그 치환한 값임

- (군집분석) 군집분석을 통해 분위기를 구분한 결과, ‘의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업’을 제외한 나머지 업종의 분위가 모두 일치함

4) 유상욱과 배현희(2015)는 화학물질 및 화장품 제조업에 대하여 미국 RSEI 모형의 유해성계수를 이용하여 유해성점수를 산출하여 분석한 결과, 대기업들은 유해성 높은 화학물질의 배출량 저감보다는 총 화학물질 배출량 저감에 더 적극적임을 밝혔으며 이는 PRTR 제도의 궁극적인 목적이 유해화학물질로부터의 인체유해성 수준의 저감에 있음에도 불구하고, 현재 단순 배출량 총량 정보만을 공개하고 있기 때문이라고 지적함

표 24. 총 가중배출량 기준 분위

업종	사분위방식	군집분석
1차 금속 제조업	1	1
가구 제조업	4	4
가죽, 가방 및 신발 제조업	2	2
개인 및 소비용품 수리업	5	5
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	2	2
금속 가공제품 제조업;기계 및 가구제외	1	1
금속광업	4	4
기타 개인 서비스업	5	5
기타 기계 및 장비 제조업	1	1
기타 운송장비 제조업	1	1
기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	5	5
기타 제품 제조업	2	2
담배 제조업	5	5
도매 및 상품중개업	4	4
목재 및 나무 제품 제조업;가구 제외	3	3
비금속 광물제품 제조업	2	2
산업용 기계 및 장비 수리업	5	5
석탄, 원유 및 천연가스 광업	5	5
섬유제품 제조업;의복제외	3	3
수도사업	3	3
수상 운송업	5	5
식료품 제조업	3	3
육상 운송 및 파이프라인 운송업	5	5
음료 제조업	4	4
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	4	3
의료용 물질 및 의약품 제조업	3	3
의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	4	4
인쇄 및 기록매체 복제업	2	2
자동차 및 트레일러 제조업	1	1
전기,가스, 증기 및 공기조절 공급업	4	4
전기장비 제조업	2	2
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	1	1
창고 및 운송관련 서비스업	2	2
출판업	5	5
코크스, 연탄 및 석유 정제품 제조업	3	3
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	3	3
폐기물 수집운반, 처리 및 원료 재생업	2	2
하수, 폐수 및 분뇨 처리업	4	4

업종	사분위방식	군집분석
항공 운송업	5	5
화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	1	1

- (유효평균 분석) 2014~16년 동안 업종별 가중배출량의 유효평균<sup>5)</sup>을 계산한 결과, ‘1차 금속 제조업’이 가장 많은 평균 가중배출량을 보이고 있고, ‘금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외’, ‘전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업’이 그 뒤를 따르고 있음
- 2014~16년 동안 ‘1차 금속 제조업’의 유효평균 가중배출량은 75,146,302,382 kg로 가중배출량의 전체 유효평균(3,558,959,326 kg)보다 현저히 높음

표 25. 업종별 가중배출량의 유효 평균 (2014-16년)

업종	평균 물질 수	유효평균 가중 배출량(kg)
1차 금속 제조업	73	75,146,302,382
가구 제조업	8	722,628
가죽, 가방 및 신발 제조업	10	1,122,851,607
개인 및 소비용품 수리업	-	-
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	71	4,190,411,110
금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	54	14,085,202,091
금속광업	6	486,389
기타 개인 서비스업	5	-
기타 기계 및 장비 제조업	33	3,216,014,238
기타 운송장비 제조업	28	3,480,551,691
기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	-	-
기타 제품 제조업	24	4,190,175,479
담배 제조업	1	-
도매 및 상품중개업	3	2,557,770
목재 및 나무제품 제조업; 가구제외	11	36,914,863
비금속 광물제품 제조업	47	1,291,089,189
산업용 기계 및 장비 수리업	-	-
석탄, 원유 및 천연가스 광업	2	-
섬유제품 제조업; 의복제외	31	881,170,871
수도사업	13	8,201,720
수상 운송업	-	-
식료품 제조업	26	278,758,071
육상 운송 및 파이프라인 운송업	-	-
음료 제조업	8	351,724

5) 이 유효 평균은 물질별로 유효 평균 가중 배출량을 산출한 후 합산한 값임

업종	평균 물질 수	유효평균 가중 배출량(kg)
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	15	16,789,286
의료용 물질 및 의약품 제조업	46	106,959,026
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	5	9,967,224
인쇄 및 기록매체 복제업	19	1,551,076,899
자동차 및 트레일러 제조업	46	2,171,854,864
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	13	520,109
전기장비 제조업	51	1,569,422,254
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	67	<b>17,602,732,300</b>
창고 및 운송관련 서비스업	27	4,011,884,174
출판업	2	-
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	50	171,820,155
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	25	143,741,971
폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	68	580,072,340
하수, 폐수 및 분뇨 처리업	9	1,022,687
항공 운송업	-	-
화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	215	6,488,747,931

- (사분위방식) 총 가중배출량 분석과 동일한 분위별 업종 수를 적용하여 유효평균 가중배출량을 기준으로 분위기를 나누는 결과, '1차 금속 제조업'을 포함하여 '금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외', '전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업', '화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외', '고무제품 및 플라스틱제품 제조업', '기타 제품 제조업', '창고 및 운송관련 제조업'이 1분위에 속함
- '고무제품 및 플라스틱제품 제조업', '기타 제품 제조업', '창고 및 운송관련 제조업'은 총량 분석에서는 2분위였으나, 유효평균 분석에서는 1분위로 나타남

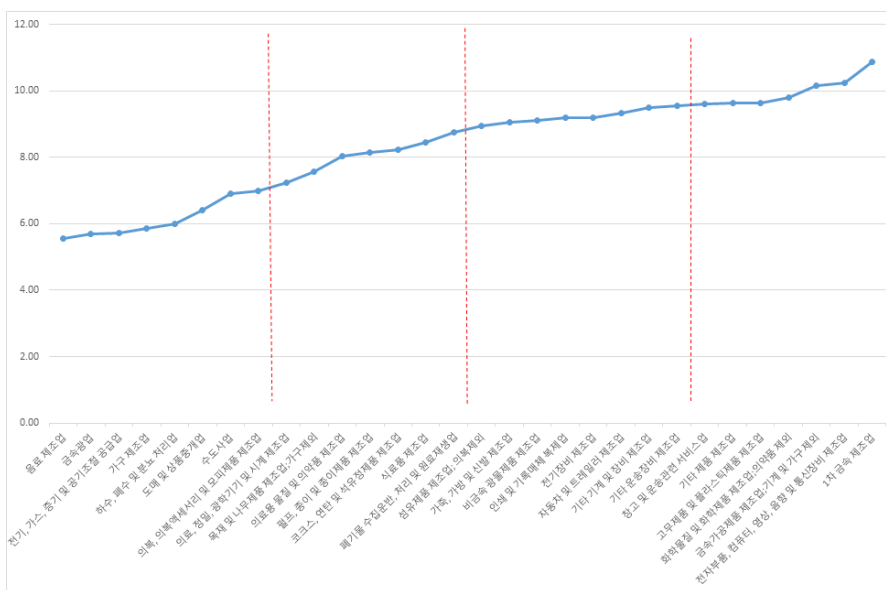


그림 7. 업종별 유효평균 가중 배출량 및 분위 결정

※ 상기 그래프는 업종별 총 가중 배출량을 로그 치환한 값임

- (군집분석) 군집분석을 통해 분위기를 구분한 결과, 총 40개 업종 중 32개 업종이 사분위방식의 분위와 일치함
  - 4개 업종이 1분위가 올라갔고, 다른 4개 업종은 1분위가 내려감

표 26. 유효평균 가중배출량 기준 분위

업종	사분위방식	군집분석
1차 금속 제조업	1	1
가구 제조업	4	4
가족, 가방 및 신발 제조업	2	2
개인 및 소비용품 수리업	5	5
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	1	2
금속 가공제품 제조업;기계 및 가구제외	1	1
금속광업	4	4
기타 개인 서비스업	5	5
기타 기계 및 장비 제조업	2	2
기타 운송장비 제조업	2	2
기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	5	5
기타 제품 제조업	1	2
담배 제조업	5	5
도매 및 상품중개업	4	4
목재 및 나무 제품 제조업;가구 제외	3	3
비금속 광물제품 제조업	2	2

업종	사분위방식	군집분석
산업용 기계 및 장비 수리업	5	5
석탄, 원유 및 천연가스 광업	5	5
섬유제품 제조업;의복제외	2	2
수도사업	4	3
수상 운송업	5	5
식료품 제조업	3	2
육상 운송 및 파이프라인 운송업	5	5
음료 제조업	4	4
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	3	3
의료용 물질 및 의약품 제조업	3	3
의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	4	3
인쇄 및 기록매체 복제업	2	2
자동차 및 트레일러 제조업	2	2
전기,가스, 증기 및 공기조절 공급업	4	4
전기장비 제조업	2	2
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	1	1
창고 및 운송관련 서비스업	1	2
출판업	5	5
코크스, 연탄 및 석유 정제품 제조업	3	3
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	3	3
폐기물 수집운반, 처리 및 원료 재생업	3	2
하수, 폐수 및 분뇨 처리업	4	4
항공 운송업	5	5
화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	1	2

□ (총 가중 배출량과 유효평균 가중배출량을 결합한 산업리스크 산출) 상기 두 분석의 결과를 종합하여 산업리스크를 산출한 결과, 총 40개 업종 중 35개 업종이 두 산출방식에서 동일한 분위를 갖는 것으로 나타남

- (사분위방식) 1분위에 속한 업종의 수가 기존의 7개에서 10개로 증가함
  - 2분위 업종 수는 8개에서 6개 업종으로 감소함
- (군집분석) 2분위에 속한 업종의 수가 기존의 8개에서 10개로 증가함
  - 1분위와 4분위의 업종 수가 감소함

표 27. 총 배출량과 유효 평균 배출량의 분위를 결합한 산업리스크 분위 산출

업종	사분위방식	군집분석
1차 금속 제조업	1	1
가구 제조업	4	4
가죽, 가방 및 신발 제조업	2	2
개인 및 소비용품 수리업	5	5
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	1	2
금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	4	4
금속광업	1	1
기타 개인 서비스업	5	5
기타 기계 및 장비 제조업	1	1
기타 운송장비 제조업	1	1
기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	5	5
기타 제품 제조업	1	2
담배 제조업	5	5
도매 및 상품중개업	4	4
목재 및 나무제품 제조업;가구제외	3	3
비금속 광물제품 제조업	2	2
산업용 기계 및 장비 수리업	5	5
석탄, 원유 및 천연가스 광업	5	5
섬유제품 제조업; 의복제외	2	2
수도사업	3	3
수상 운송업	5	5
식료품 제조업	3	2
육상 운송 및 파이프라인 운송업	5	5
음료 제조업	4	4
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	3	3
의료용 물질 및 의약품 제조업	3	3
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	4	3
인쇄 및 기록매체 복제업	2	2
자동차 및 트레일러 제조업	1	1
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	4	4
전기장비 제조업	2	2
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	1	1
창고 및 운송관련 서비스업	1	2
출판업	5	5
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	3	3
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	3	3
폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	2	2
하수, 폐수 및 분뇨 처리업	4	4
항공 운송업	5	5
화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	1	1

### 3. 최종 산업리스크 산출

- 최종 산업리스크를 산출하기 위하여, 그룹 I과 II의 산업리스크 분위에 대한 가중치와 단순배출량기준 산업리스크 분위와 가중배출량기준 산업리스크 분위에 대한 가중치를 산출해야 함
- (가중치 산출방법) 요인분석(주성분 분석)을 통해 요인을 추출하여 가중치를 산출하고자 함
  - 요인분석은 서로 상관되어 있는 여러 항목들 사이의 복잡한 상관구조를 잠재적인 소수개 공통요인을 이용하여 설명하고자 할 때 사용되는 다변량기법으로,<sup>6)</sup> 일반적으로 고유값이 1이상일 때 유의미한 요인으로 판단할 수 있음<sup>7)</sup>
    - ① 배리맥스 회전(varimax rotation)<sup>8)</sup>
    - ② 고유값이 1 이상인 요인에 대하여 산출된 요인 적재값(factor loadings)을 요인 적재값의 총합으로 나누어 변수에 대한 요인별 가중치 산출
    - ③ 산출된 요인별 가중치를 요인의 설명비율과 곱한 다음 전체 총합으로 나눔 (가중치 산출의 세부 수식은 아래 <표 28> 참조)

표 28. 요인분석을 이용한 가중치 산출방법 설명

구분	F <sub>1</sub>		F <sub>2</sub>		가중치
	요인 적재값	가중치	요인 적재값	가중값	
a	f11	W11 (=f11/f1)	f21	W21 (=f21/f2)	$\frac{[(W11*V1)+(W21*V2)]}{(V1+V2)}$
b	f12	W12 (=f12/f1)	f22	W22 (=f22/f2)	$\frac{[(W12*V1)+(W22*V2)]}{(V1+V2)}$
c	f13	W13 (=f13/f1)	f23	W23 (=f23/f2)	$\frac{[(W13*V1)+(W23*V2)]}{(V1+V2)}$
d	f14	W14 (=f14/f1)	f24	W24 (=f24/f2)	$\frac{[(W14*V1)+(W24*V2)]}{(V1+V2)}$
계	f1	1	f2	1	1
설명비율	V1		V2		

\* 네 변수와 고유값이 1 이상인 두 주성분 요인이 있는 경우임

\* f1=f11+f12+f13+f14, f2=f21+f22+f23+f24

출처 : 한신대학교 (2006)

6) 한신대학교, “기업 기술력평가 표준모형을 이용한 지수 개발”, 2006.2, pp. 15-16.(한국기술거래소 연구용역)

7) Richard A. Johnson, Dean W. Wichern, “Applied Multivariate Statistical Analysis”, 5<sup>th</sup> edition, Prentice Hall: NJ, 2002, p. 429.

8) 변수가 둘이기 때문에 요인 수의 최대값은 2가 되며, 요인의 수가 2이하이면 배리맥스 회전이 이루어지지 않기 때문에 본 연구에서는 배리맥스 회전은 실시하지 않음 (한신대학교, 2006)



- 산업리스크 분위기를 점수화하여 요인분석을 실시하고자 하며, 각 산업리스크 분위기별 점수는 아래와 같이 설정함

분위	배점
1	60
2	70
3	80
4	90
5	100

- 두 산출방식별로 주성분분석 결과를 토대로 요인을 추출하여 그룹 I 과 II의 산업리스크 분위에 대한 가중치를 산출한 결과, 그룹 I의 산업리스크 점수( $R_{G1}$ )와 그룹 II의 산업리스크 점수( $R_{G2}$ )의 가중치는 각각 0.5로 동일하게 산출됨
- 단순배출량 기준 산업리스크 점수( $R_1$ )는 산출방식에 상관없이 아래와 같은 수식에 의해 산출할 수 있음

$$R_1 = .5 * R_{G1} + .5 * R_{G2}$$

표 29. 주성분분석을 통한 그룹 I 과 II의 가중치 계산 결과

성분	고유값			요인 적재값		가중치 계산	
	합계	%분산	%누적	그룹 I	그룹 II	그룹 I	그룹 II
1	1.498 (1.454)	74.904 (72.968)	74.904 (72.968)	.865 (.853)	.865 (.853)	.5	.5
2	.502 (.502)	25.096 (27.302)	100				

\* 괄호 안의 값은 군집분석 결과에 대한 주성분분석 결과임

- 상기 주성분분석을 이용하여 단순배출량기준 산업리스크 점수( $R_1$ )와 가중배출량기준 산업리스크 점수( $R_2$ )에 대한 가중치를 산출한 결과, 두 산출방식 모두에서 각각 0.5로 산출됨

표 30. 주성분분석을 통한 가중치 계산 결과2

성분	고유값			요인 적재값		가중치 계산	
	합계	%분산	%누적	가중 배출량	단순 배출량	가중 배출량	단순 배출량
1	1.712 (1.632)	86.868 (81.577)	86.868 (81.577)	.932 (.903)	.932 (.903)	.5	.5
2	.288 (.368)	13.132 (18.423)	100				

\* 괄호 안의 값은 군집분석 결과에 대한 주성분분석 결과임

- 화학물질에 대한 최종 산업리스크 점수(R)는 산출방식에 상관없이 아래와 같은 수식에 의해 산출할 수 있음

$$R = .5 * R_1 + .5 * R_2$$

□ (최종 산업리스크 분위 산출) 앞의 수식에 의해 산출된 산업리스크 점수를 다시 분위로 환산하여 최종 산업리스크 분위기를 산출함

- 최종 산업리스크 분위 및 단순배출량기준 산업리스크 분위는 아래 <표 31>에 의해 산출
  - 최종 산업리스크는 단순배출량기준 산업리스크와 가중배출량기준 산업리스크의 평균 값으로, <표 9>의 분위 결정 matrix를 응용하여 기준점수를 산출함

표 31. 최종 산업리스크와 기준점수

구분		단순배출량기준				
		1	2	3	4	5
가중 배출량 기준	1	1 (60점)	1 (65점)	2 (70점)	2 (75점)	3 (80점)
	2	1 (65점)	2 (70점)	2 (75점)	3 (80점)	3 (85점)
	3	2 (70점)	2 (75점)	3 (80점)	3 (85점)	4 (90점)
	4	2 (75점)	3 (80점)	3 (85점)	4 (90점)	4 (95점)
	5	3 (80점)	3 (85점)	4 (90점)	4 (95점)	5 (100점)

※ 단순배출량 기준 산업리스크 산정시 그룹 I과 II의 분위기를 합칠 경우에도 본 표를 사용함

- 군집분석 결과에서 1분위에 속한 업종 모두 사분위방식에서도 1분위에 속함
  - ‘창고 및 운송관련 서비스업’만 유일하게 사분위방식에서는 1분위에 속했으나 군집분석에서는 2분위에 속함
  - ‘금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외’, ‘화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외’ 업종은 산출방식과 산출기준에 관계없이 1분위로 산출됨

표 32. 최종 산출된 산업리스크 분위

업종	사분위방식			군집분석		
	단순 배출량	가중 배출량	종합	단순 배출량	가중 배출량	종합
1차 금속 제조업	2	1	1	2	1	1
가구 제조업	4	4	4	3	4	3
가죽, 가방 및 신발 제조업	1	2	1	1	2	1
개인 및 소비용품 수리업	5	5	5	5	5	5
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	1	1	1	1	2	1
금속 광업	3	4	3	3	4	3
금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	1	1	1	1	1	1
기타 개인 서비스업	4	5	4	4	5	4
기타 기계 및 장비 제조업	2	1	1	2	1	1
기타 운송장비 제조업	2	1	1	1	1	1
기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	5	5	5	5	5	5
기타 제품 제조업	3	1	2	2	2	2
담배 제조업	5	5	5	5	5	5
도매 및 상품중개업	2	4	3	2	4	3
목재 및 나무제품 제조업;가구제외	2	3	2	2	3	2
비금속 광물제품 제조업	2	2	2	2	2	2
산업용 기계 및 장비 수리업	5	5	5	5	5	5
석탄, 원유 및 천연가스 광업	4	5	4	4	5	4
섬유제품 제조업; 의복제외	3	2	2	3	2	2
수도사업	4	3	3	4	3	3
수상 운송업	5	5	5	5	5	5
식료품 제조업	2	3	2	2	2	2
육상 운송 및 파이프라인 운송업	5	5	5	5	5	5
음료 제조업	4	4	4	4	4	4
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	2	3	2	2	3	2
의료용 물질 및 의약품 제조업	2	3	2	2	3	2
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	3	4	3	3	3	3
인쇄 및 기록매체 복제업	2	2	2	2	2	2
자동차 및 트레일러 제조업	2	1	1	1	1	1
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	4	4	4	3	4	3
전기장비 제조업	2	2	2	2	2	2
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	2	1	1	2	1	1
창고 및 운송관련 서비스업	2	1	1	2	2	2

업종	사분위방식			군집분석		
	단순 배출량	가중 배출량	종합	단순 배출량	가중 배출량	종합
출판업	4	5	4	3	5	4
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	1	3	2	1	3	2
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	1	3	2	1	3	2
폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	3	2	2	2	2	2
하수, 폐수 및 분뇨 처리업	3	4	3	3	4	3
항공 운송업	5	5	5	5	5	5
화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	1	1	1	1	1	1

- 두 산출방식간 분위 일치율을 살펴보면, 최종 산업리스크 분위에서는 93%를 보이고 있음
  - 단순배출량과 가중배출량에서는 각각 83%, 88%의 일치율을 보이고 있어 두 산출방식에 따른 분위들이 크게 다르지 않음을 알 수 있음

표 33. 산출방식별 분위별 업종 수 분포

산업리스크 분위	사분위방식			군집분석		
	단순 배출량	가중 배출량	종합	단순 배출량	가중 배출량	종합
1	6	10	10	8	7	9
2	14	6	12	14	10	13
3	6	7	5	7	7	7
4	7	7	6	4	6	4
5	7	10	7	7	10	7
계	40	40	40	40	40	40
일치율	83%	88%	93%	-	-	-

- 마지막으로 두 방식에 의해 산출된 산업리스크에 대하여 McNemar-Bowker 검정<sup>9)</sup>을 실시한 결과, 두 방식의 최종 산업리스크는 유의한 차이가 없는 것으로 나타남
  - 단순배출량기준 산업리스크에서는 두 방식이 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나( $\alpha=0.1$ ), 가중배출량기준 산업리스크에서는 총량에 따른 산업리스크에서만 유의한 차이가 있는 것으로 나타남( $\alpha=0.5$ ) (<표 34> 참조)
- 단순배출량만으로 산업리스크 산출 시에는 군집분석이 사분위방식보다 1분위에 속한 업종

9) McNemar-Bowker 검정은 비교군간 명목척도의 불일치에 대한 유의성을 검정하는 통계기법으로, 대칭성 검정(symmetry test)이라고도 함(NCSS, 2018)

- 수가 많기 때문에 보다 더 엄격한 산업리스크 산출을 위해서는 군집분석을 이용하는 게 바람직
- 가중배출량만을 또는 단순배출량과 가중배출량 모두를 이용하여 산업리스크를 산출하고자 하는 경우에는 두 방식 사이에 유의한 차이가 없어 산업리스크 산출이 상대적으로 용이한 사분위방식을 사용하는 게 타당

표 34. 두 방식의 산업리스크 분위에 대한 McNemar-Bowker 검정 결과

구분		McNemar-Bowker 검정	
단순 배출량	그룹 I	유효평균	12.000***
		총량	8.000**
		결합	8.000**
	그룹 II	유효평균	10.000**
		총량	18.000***
		결합	10.000**
	종합		7.000*
가중 배출량	유효평균	1.000	
	총량	8.000**	
	결합 (종합)	5.000	
최종 산업리스크		3.000	

\*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 유의함을 의미함

# V 결 론

- 본 연구에서는 최근 3년 동안의 화학물질 배출량 정보에 근거하여 화학물질에 대한 산업리스크 크를 산출하였음
  - 먼저 기존의 설문에 따른 산업리스크 산출이 아니라 데이터 분석을 통한 산업리스크 산출이라는 점에서 의미가 있음
    - 사용된 데이터 또한 샘플링 데이터가 아니라 모집단 데이터라는 점에서 신뢰성 높음
  - 단순배출량 산업리스크와 함께 유해성계수를 곱한 가중배출량 산업리스크를 가중평균하여 최종 산업리스크를 산출함
    - 단순배출량과 가중배출량을 모두 고려하여 산업리스크를 산출한 것은 국내에서 첫 시도임
    - 배출량에 유해성계수를 곱한 가중배출량 산업리스크 산출을 통해 업종별로 유해 화학물질 배출의 상대적 크기를 확인할 수 있었으며, 이는 단순배출량 산업리스크에서는 확인할 수 없었던 부분임
      - 미국 EPA에서 개발한 RSEI모형의 ITW와 OTW를 유해성계수로 이용하여 각각 대기 배출량과 수계배출량에 곱하여 가중배출량을 산정함
    - 순위기반 사분위방식과 군집분석을 이용하여 산업리스크 분위기를 산출하였는데, 최종 산업리스크는 두 방식간 유의적 차이가 없는 것으로 나타남
- 이렇게 산출된 산업리스크는 향후 기업별 또는 사업장별로 화학물질 배출량에 따른 위험 또는 성과 측정시 활용될 수 있음
  - 본 연구에서의 산업리스크 분위기별 점수를 분위기별 (가중)배출량의 중간값 또는 평균으로 하여 상하한 점수를 정한 후 평균 이하일 경우 가점, 평균 이상일 경우 감점할 수 있을 것임

- 또는 산업리스크 분위별 점수를 분위별 최대 점수로 정하고 하한 점수를 정한 후, 배출량에 따라 배점을 할 수 있음

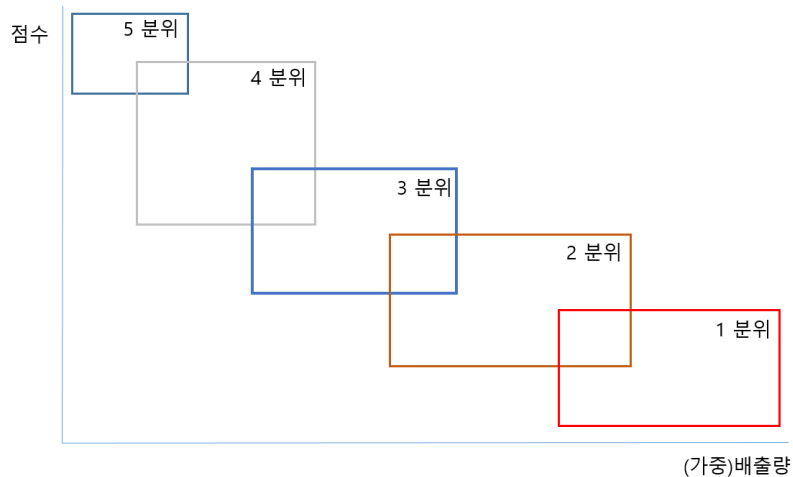


그림 8. 배출량에 따른 분위별 점수 분포 예시

- 그러나 본 연구에서 미국의 RSEI 모형이 아직은 우리나라 PRTR 관리물질을 모두 포함하고 있지 않은 실정임
  - 미국의 환경보호청은 지속적으로 물질별 ITW와 OTW를 산출하여 공개하고 있으나 아직 모든 유해화학물질에 대해서는 완료되지 않은 상태임
  - 또한 미국 PRTR와 우리나라 PRTR의 관리물질이 서로 상이함
  - 따라서 환경부에서는 PRTR의 관리물질, 대기오염물질, 수질오염물질 등에 대하여 ITW와 OTW를 자체 실험 및 연구를 통하여 마련할 필요가 있음

## 참고 문헌

### I 국내문헌

유상욱, 배현희 (2015), “환경정보 공개정책에 대한 기업의 전략적 행동-유해화학물질 배출량 정보공개를 중심으로”, 한국정책학회보 제24권 3호, 95-120.

한신대학교, “기업 기술력평가 표준모형을 이용한 지수 개발”, 2006.2, pp. 15-16. (한국기술거래소 연구용역)

### I 해외문헌

Aine Gormley, Edgar Black, "Green Leaves III: Guidelines for environmental risk assessment and management", UK Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra), 2011.11.

Environmental Protection Agency, "EPA's Risk-Screening Environmental Indicators (RSEI) Methodology (RSEI Version 2.3.6)", 2018. 1.

ICIS.me.go.kr

Jimmy Yu, Qiming Cao, Des Connell (2012), "An overall risk probability-based method for quantification of synergistic and antagonistic effects in health risk assessment for mixtures: theoretical concepts", Environmental Science and Pollution Research 19(7): pp. 2627-33.

NCSS, "Test for multiple correlated proportions (McNemar-Bowker test of symmetry)", PASS Documentation, 2018.

Richard A. Johnson, Dean W. Wichern, "Applied Multivariate Statistical Analysis", 5th edition, Prentice Hall: NJ, 2002, p. 429.

Tom Beer, Frank Ziolkowski, "Environmental assessment: An Australian perspective", Supervising Scientist Report No. 102, Supervising Scientist, 1995.



〈첨부 1〉 RSEI 모형의 화학물질별 ITW 및 OTW

No	CAS Number	Chemical	ITW	OTW
1	71751412	Abamectin	2500	2500
2	30560191	Acephate	870	870
3	75070	Acetaldehyde	7900	7900
4	60355	Acetamide	7100	7100
5	75058	Acetonitrile	58	58
6	98862	Acetophenone	10	10
7	53963	2-Acetylaminofluorene	460000	460000
8	62476599	Acifluorfen, sodium salt	13000	13000
9	10728	Acrolein	180000	2000
10	7961	Acrylamide	360000	500000
11	79107	Acrylic acid	3500	2
12	107131	Acrylonitrile	240000	540000
13	15972608	Alachlor	80000	80000
14	116063	Aldicarb	20000	20000
15	309002	Aldrin	18000000	17000000
16	107186	Allyl alcohol	12000	200
17	10751	Allyl chloride	3500	3500
18	107119	Allylamine	.	.
19	7429905	Aluminum (fume or dust)	700	1
20	1344281	Aluminum oxide (fibrous forms)	.	.
21	20859738	Aluminum phosphide	.	88
22	834128	Ametryn	14	14
23	82280	1-Amino-2-methyl-anthraquinone	.	.
24	117793	2-Aminoanthraquinone	34000	34000
25	60093	4-Aminoazobenzene	.	.
26	92671	4-Aminodiphenyl	.	.
27	33089611	Amitraz	5000	5000
28	61825	Amitrole	680000	680000
29	7664417	Ammonia	35	.
30	6484522	Ammonium nitrate (solution)	.	.
31	101053	Anilazine	2500	2500
32	62533	Aniline	5700	5700
33	9040	o-Anisidine	18000	80000
34	104949	p-Anisidine	.	.
35	134292	o-Anisidine hydrochloride	.	.
36	120127	Anthracene	3.3	3.3
37	7440360	Antimony and antimony compounds	18000	2500

No	CAS Number	Chemical	ITW	OTW
39	7440382	Arsenic and arsenic compounds	15000000	1500000
41	1332214	Asbestos (friable)	1.65E+08	.
42	1912249	Atrazine	56	56
43	492808	Auramine	.	.
44	7440393	Barium and barium compounds	7000	5
46	22781233	Bendiocarb	800	800
47	1861401	Benfluralin	200	200
48	17804352	Benomyl	240	240
49	98873	Benzal chloride	.	.
50	55210	Benzamide	.	.
51	71432	Benzene	28000	55000
52	92875	Benzidine	2.4E+08	2.3E+08
53	98077	Benzotrichloride	13000000	13000000
54	94360	Benzoyl peroxide	.	.
55	98884	Benzoyl chloride	.	.
56	100447	Benzyl chloride	180000	170000
57	7440417	Beryllium and beryllium compounds	8600000	500
59	82657043	Bifenthrin	250	250
60	92524	Biphenyl	800	800
61	108601	Bis(2-chloro-1-methethyl)ether	.	.
62	111911	Bis(2-chloroethoxy)methane	330	330
63	111444	Bis(2-chloroethyl)ether	1200000	1100000
64	542881	Bis(chloromethyl)ether	2.2E+08	2.2E+08
65	56359	Bis(tributyltin) oxide	3300	3300
66	10294345	Boron trichloride	.	.
67	7637072	Boron trifluoride	5000	5000
68	314409	Bromacil	10	10
69	53404196	Bromacil lithium salt	10	10
70	7726956	Bromine	2100	2100
71	35691657	1-Bromo-1-(bromomethyl)-1,3-propanedic arbonitrile	.	.
73	353593	Bromochlorodifluoromethane	.	.
74	75252	Bromoform (Tribromomethane)	3900	7900
75	74839	Bromomethane (Methyl bromide)	700	50
76	75638	Bromotrifluoromethane (Halon 1301)	.	.
77	1689845	Bromoxynil	10000	10000
78	1689992	Bromoxynil octanoate	67	67
79	357573	Brucine	.	.

No	CAS Number	Chemical	ITW	OTW
80	106990	1,3-Butadiene	110000	110000
81	1929733	2,4-D butoxyethyl ester	100	100
82	75650	tert-Butyl alcohol	10	10
83	141322	Butyl acrylate	3500	2
84	71363	n-Butyl alcohol	10	10
85	78922	sec-Butyl alcohol	0.12	10
86	94804	2,4-D butyl ester	.	.
87	106887	1,2-Butylene oxide	180	180
88	123728	Butyraldehyde	.	.
89	4680788	C.I. Acid Green 3	.	.
90	6459945	C.I. Acid Red 114	.	.
91	569642	C.I. Basic Green 4	.	.
92	989388	C.I. Basic Red 1	.	.
93	1937377	C.I. Direct Black 38	8600000	8600000
94	28407376	C.I. Direct Blue 218	.	.
95	2602462	C.I. Direct Blue 6	8100000	8100000
96	16071866	C.I. Direct Brown 95	9300000	9300000
97	2832408	C.I. Disperse Yellow 3	.	.
98	81889	C.I. Food Red 15	.	.
99	3761533	C.I. Food Red 5	.	.
100	3118976	C.I. Solvent Orange 7	.	.
101	842079	C.I. Solvent Yellow 14	.	.
102	97563	C.I. Solvent Yellow 3	.	.
103	128665	C.I. Vat Yellow 4	.	.
104	76142	CFC 114 (1,2-dichloro,1,1,2,2-tetrafluoroethane)	.	.
105	76153	CFC 115 (chloropentafluoroethane)	.	.
106	75694	CFC-11 (trichlorofluoromethane)	5	3.3
107	75718	CFC-12 (dichlorodifluoromethane)	5	5
108	7440439	Cadmium and cadmium compounds	6400000	2000
110	156627	Calcium cyanamide	4400	1000
111	13362	Captan	1200	1200
112	63252	Carbaryl	880	880
113	1563662	Carbofuran	1200	1200
114	75150	Carbon disulfide	5	10
115	56235	Carbon tetrachloride	21000	70000
116	463581	Carbonyl sulfide	21	21
117	5234684	Carboxin	130	130

No	CAS Number	Chemical	ITW	OTW
118	120809	Catechol	9000	9000
119	243912	Chinomethionat (6-methyl-1,3-dithiolo[4,5-b]quinox	34000	34000
120	133904	Chloramben	67	67
121	57749	Chlordane	360000	350000
122	115286	Chlorendic acid	.	.
123	90982324	Chlorimuron ethyl	50	50
124	7782505	Chlorine	23000	10
125	10049044	Chlorine dioxide	18000	33
126	2837890	2-Chloro-1,1,1,2-tetrafluoroethane	.	.
127	75887	2-Chloro-1,1,1-trifluoroethane	.	.
128	460355	3-Chloro-1,1,1-trifluoropropane (HCFC-253fb)	.	.
129	354256	1-Chloro-1,1,2,2-tetrafluoroethane	.	.
130	75683	1-Chloro-1,1-difluoroethane	0.07	0.07
131	563473	3-Chloro-2-methyl-1-propene	.	.
132	79118	Chloroacetic acid	500	500
133	532274	2-Chloroacetophenone	120000	120000
134	4080313	1-(3-chloroallyl)-3,5,7-triaza-1-azoniaadam antane	.	.
135	108907	Chlorobenzene	3.5	50
136	510156	Chlorobenzilate	280000	270000
137	2971382	2,4-D chlorocrotyl ester	.	.
138	75456	Chlorodifluoromethane (HCFC-22)	0.07	.
139	75003	Chloroethane (Ethyl chloride)	0.35	0.35
140	67663	Chloroform	82000	6100
141	74873	Chloromethane	640	1300
142	107302	Chloromethyl methyl ether	.	.
143	N084	Chlorophenols	120000	120000
144	76062	Chloropicrin	8800	8800
145	126998	Chloroprene	1100000	50
146	542767	3-Chloropropionitrile	.	.
147	63938103	Chlorotetrafluoroethane	.	.
148	1897456	Chlorothalonil	7700	7700
149	75729	Chlorotrifluoromethane	.	.
150	5598130	Chlorpyrifos methyl	1000	1000
151	64902723	Chlorsulfuron	50	50
152	7440473	Chromium and chromium compounds	43000000	500000

No	CAS Number	Chemical	ITW	OTW
154	7440484	Cobalt and cobalt compounds	17000000	.
156	7440508	Copper and copper compounds	1500	1500
158	8001589	Creosote, coal tar	.	.
159	120718	p-Cresidine	150000	150000
160	95487	o-Cresol	5.8	20
161	106445	p-Cresol	5.8	200
162	108394	m-Cresol	5.8	20
163	1319773	Cresol (mixed isomers)	5.8	20
164	4170303	Crotonaldehyde	190000	190000
165	98828	Cumene	8.8	10
166	80159	Cumene hydroperoxide	640	640
167	135206	Cupferron	230000	220000
168	21725462	Cyanazine	17000	17000
169	N106	Cyanide compounds	4400	200
170	1134232	Cycloate	200	200
171	110827	Cyclohexane	0.58	0.58
172	108930	Cyclohexanol	.	.
173	68359375	Cyfluthrin	42	42
174	68085858	Cyhalothrin	1000	1000
175	94757	2,4-D ((2,4-dichlorophenoxy)acetic acid)	200	200
176	94826	2,4-DB	33	33
177	120365	2,4-DP (Dichlorprop)	.	.
178	533744	Dazomet	290	290
179	53404607	Dazomet, sodium salt	290	290
180	1163195	Decabromodiphenyl ether	140	140
181	13684565	Desmedipham	25	25
182	117817	Di(2-ethylhexyl) phthalate	8600	14000
183	2303164	Diallate	61000	61000
184	61554	2,4-Diaminoanisole	24000	24000
185	39156417	2,4-Diaminoanisole sulfate	.	.
186	101804	4,4'-Diaminodiphenylether	140000	140000
187	95807	2,4-Diaminotoluene	3900000	3200000
188	25376458	Diaminotoluene (mixed isomers)	3900000	3200000
189	333415	Diazinon	5000	5000
190	334883	Diazomethane	.	.
191	132649	Dibenzofuran	.	.
192	96128	1,2-Dibromo-3-chloropropane (DBCP)	7100000	5000
193	106934	1,2-Dibromoethane	2100000	2000000

No	CAS Number	Chemical	ITW	OTW
194	124732	1,2-Dibromotetrafluoroethane	.	.
195	84742	Dibutyl phthalate	10	10
196	1918009	Dicamba	2.2	2.2
197	99309	Dichloran	400	400
198	422560	3,3-Dichloro-1,1,1,2,2-pentafluoropropane (HCFC-22)	.	.
199	422480	2,3-Dichloro-1,1,1,2,3-pentafluoropropane (HCFC-22)	.	.
200	128903219	2,2-Dichloro-1,1,1,3,3-pentafluoropropane (HCFC-22)	.	.
201	306832	2,2-Dichloro-1,1,1-trifluoroethane	.	.
202	507551	1,3-Dichloro-1,1,2,2,3-pentafluoropropane	.	.
203	422446	1,2-Dichloro-1,1,2,3,3-pentafluoropropane (HCFC-22)	.	.
204	136013791	1,3-Dichloro-1,1,2,3,3-pentafluoropropane (HCFC-22)	.	.
205	354234	1,2-Dichloro-1,1,2-trifluoroethane	.	.
206	90454185	Dichloro-1,1,2-trifluoroethane	.	.
207	431867	1,2-Dichloro-1,1,3,3,3-pentafluoropropane (HCFC-22)	.	.
208	1649087	1,2-Dichloro-1,1-difluoroethane	.	.
209	13474889	1,1-Dichloro-1,2,2,3,3-pentafluoropropane (HCFC-22)	.	.
210	812044	1,1-Dichloro-1,2,2-trifluoroethane (HCFC-123b)	.	.
211	111512562	1,1-Dichloro-1,2,3,3,3-pentafluoropropane (HCFC-22)	.	.
212	1717006	1,1-Dichloro-1-fluoroethane	.	.
213	764410	1,4-Dichloro-2-butene	9300000	9300000
214	95501	1,2-Dichlorobenzene	11	11
215	106467	1,4-Dichlorobenzene	3900	2400
216	541731	1,3-Dichlorobenzene	18	24000
217	25321226	Dichlorobenzene (mixed isomers)	18	24000
218	91941	3,3'-Dichlorobenzidine	1200000	450000
219	612839	3,3'-Dichlorobenzidine dihydrochloride	.	.
220	64969342	3,3'-Dichlorobenzidine sulfate	.	.
221	75274	Dichlorobromomethane	62000	62000
222	10762	1,2-Dichloroethane	93000	91000
223	540590	1,2-Dichloroethylene	110	110

No	CAS Number	Chemical	ITW	OTW
224	75434	Dichlorofluoromethane	.	.
225	7592	Dichloromethane	36	2000
226	127564925	Dichloropentafluoropropane	.	.
227	97234	Dichlorophene	.	.
228	120832	2,4-Dichlorophenol	330	330
229	78875	1,2-Dichloropropane	880	68000
230	78886	2,3-Dichloropropene	.	.
231	542756	1,3-Dichloropropylene	14000	100000
232	34077877	Dichlorotrifluoroethane	.	.
233	62737	Dichlorvos	7000	7700
234	51338273	Diclofop methyl	230000	230000
235	115322	Dicofol	2500	2500
236	77736	Dicyclopentadiene	18000	33
237	1464535	Diepoxybutane	.	.
238	111422	Diethanolamine	1200	710
239	38727558	Diethyl ethyl	.	.
240	64675	Diethyl sulfate	1200000	1200000
241	35367385	Diflubenzuron	50	50
242	101906	Diglycidyl resorcinol ether	.	.
243	94586	Dihydrosafrole	.	.
244	55290647	Dimethipin	46	46
245	60515	Dimethoate	450	450
246	119904	3,3'-Dimethoxybenzidine	14000	14000
247	20325400	3,3'-Dimethoxybenzidine dihydrochloride	.	.
248	111984099	3,3'-Dimethoxybenzidine hydrochloride	.	.
249	57147	1,1-Dimethyl Hydrazine	3600000	460000
250	2524030	Dimethyl chlorothiophosphate	.	.
251	131113	Dimethyl phthalate	.	.
252	77781	Dimethyl sulfate	.	.
253	124403	Dimethylamine	.	.
254	2300665	Dimethylamine dicamba	.	.
255	60117	4-Dimethylaminoazobenzene	4600000	4600000
256	121697	N,N-Dimethylaniline	500	500
257	119937	3,3'-Dimethylbenzidine	9200000	9200000
258	612828	3,3'-Dimethylbenzidine dihydrochloride	.	.
259	41766750	3,3'-Dimethylbenzidine dihydrofluoride	.	.
260	79447	Dimethylcarbanyl chloride	.	.
261	105679	2,4-Dimethylphenol	50	50

No	CAS Number	Chemical	ITW	OTW
263	534521	4,6-Dinitro-o-cresol	7300	2900
264	99650	m-Dinitrobenzene	10000	10000
265	528290	o-Dinitrobenzene	2500	2500
266	100254	p-Dinitrobenzene	10000	10000
267	88857	Dinitrobutyl phenol (Dinoseb)	1000	1000
268	51285	2,4-Dinitrophenol	500	500
269	121142	2,4-Dinitrotoluene	320000	1000
270	606202	2,6-Dinitrotoluene	680000	680000
271	25321146	Dinitrotoluene (mixed isomers)	.	.
272	39300453	Dinocap	270	270
273	123911	Dioxane	18000	100000
274	957517	Diphenamid	33	33
275	122394	Diphenylamine	33	33
276	122667	1,2-Diphenylhydrazine	790000	800000
277	2164070	Dipotassium endothall	140	140
278	136458	Dipropyl isocinchomeronate	8	8
279	138932	Disodium cyanodithioimidocarbonate	.	.
280	541537	2,4-Dithiobiuret	.	.
281	330541	Diuron	19000	19000
282	2439103	Dodine	50	50
283	106898	Epichlorohydrin	4300	9900
284	13194484	Ethoprop	28000	28000
285	110805	2-Ethoxyethanol	18	2.5
286	140885	Ethyl acrylate	73	48000
287	541413	Ethyl chloroformate	.	.
288	759944	Ethyl dipropylthiocarbamate	40	40
289	53404378	2,4-D 2-ethyl-4-methylpentyl ester	.	.
290	100414	Ethylbenzene	890	1100
291	74851	Ethylene	0.56	0.56
292	107211	Ethylene glycol	8.8	0.5
293	75218	Ethylene oxide	310000	220000
294	96457	Ethylene thiourea	46000	60000
295	N171	Ethylenebisdithiocarbamic acid, salts and esters	250	250
296	151564	Ethyleneimine (Aziridine)	.	.
297	1928434	2,4-D 2-ethylhexyl ester	100	100
298	75343	Ethylidene dichloride	570	5
299	52857	Famphur	2000	2000



No	CAS Number	Chemical	ITW	OTW
300	60168889	Fenarimol	500	500
301	1335686	Fenbutatin oxide (Vendex)	59	59
302	66441234	Fenoxaprop ethyl	400	400
303	72490018	Fenoxycarb	13	13
304	39515418	Fenpropathrin	40	40
305	55389	Fenthion	14000	14000
306	51630581	Fenvalerate	40	40
307	14484641	Ferbam	67	67
308	69806504	Fluazifop butyl	100	100
309	2164172	Fluometuron	1800	1800
310	7782414	Fluorine	17	17
311	51218	Fluorouracil (5-fluorouracil)	.	.
312	69409945	Fluvalinate	100	100
313	13373	Folpet	3500	3500
314	72178020	Fomesafen	19000	19000
315	50000	Formaldehyde	46000	5
316	64186	Formic acid	0.5	0.5
317	76131	Freon 113	5	0.033
318	N230	Glycol ethers	180	180
319	76448	Heptachlor	4600000	4500000
320	87683	Hexachloro-1,3-butadiene	7900	7800
321	118741	Hexachlorobenzene	1600000	1600000
322	77474	Hexachlorocyclopentadiene	18000	170
323	67721	Hexachloroethane	14000	40000
324	1335871	Hexachloronaphthalene	.	.
325	70304	Hexachlorophene	3300	3300
326	680319	Hexamethylphosphoramide	.	.
327	51235042	Hexazinone	20	20
328	67485294	Hydramethylnon	3300	3300
329	30212	Hydrazine	18000000	3000000
330	10034932	Hydrazine sulfate	18000000	3000000
331	7647010	Hydrochloric acid	180	180
332	74908	Hydrogen cyanide	4400	1700
333	7664393	Hydrogen fluoride	250	25
334	123319	Hydroquinone	60000	60000
335	35554440	Imazalil	61000	61000
336	55406536	3-Iodo-2-propynyl butylcarbamate	14	14
337	13463406	Iron pentacarbonyl	.	.

No	CAS Number	Chemical	ITW	OTW
338	78842	Isobutyraldehyde	100	.
339	465736	Isodrin	.	.
340	25311711	Isofenphos	2000	2000
341	67630	Isopropyl alcohol	.	.
342	94111	2,4-D isopropyl ester	.	.
343	80057	4,4'-Isopropylidenediphenol	20	20
344	120581	Isosafrole	.	.
345	77501634	Lactofen	120000	120000
346	7439921	Lead and lead compounds	23000	18000
348	58899	Lindane	110000	110000
349	330552	Linuron	130	130
350	554132	Lithium carbonate	.	.
351	121755	Malathion	14	14
352	108316	Maleic anhydride	5000	10
353	109773	Malononitrile	50000	50000
354	12427382	Maneb	60000	60000
355	7439965	Manganese and manganese compounds	12000	7.1
357	93652	Mecoprop	1000	1000
358	149304	2-Mercaptobenzothiazole	1.5	1.5
359	7439976	Mercury and mercury compounds	12000	10000
361	150505	Merphos	33000	33000
362	126987	Methacrylonitrile	5000	10000
363	137428	Metham sodium	200000	200000
364	67561	Methanol	0.18	1
365	20354261	Methazole	.	.
366	2032657	Methiocarb	200	200
367	94746	Methoxone (MCPA)	230	230
368	3653483	Methoxone sodium salt	.	.
369	72435	Methoxychlor	200	200
370	109864	2-Methoxyethanol	180	200
371	96333	Methyl acrylate	180	33
372	79221	Methyl chlorocarbonate	.	.
373	78933	Methyl ethyl ketone	0.7	1.7
374	60344	Methyl hydrazine	1100000	1100000
375	74884	Methyl iodide	290000	290000
376	108101	Methyl isobutyl ketone	1.2	13
377	624839	Methyl isocyanate	3500	3500
378	556616	Methyl isothiocyanate	.	.

No	CAS Number	Chemical	ITW	OTW
379	80626	Methyl methacrylate	5	0.71
380	298000	Methyl parathion	5000	5000
381	163444	Methyl tert-butyl ether	93	93
382	74953	Methylene bromide	100	100
383	101144	4,4'-Methylenebis(2-chloroaniline)	1500000	100000
384	101611	4,4'-Methylenebis(N,N-dimethylbenzenamine)	46000	46000
385	101779	4,4'-Methylenedianiline	1600000	1600000
386	75865	2-Methylactonitrile	350	330
387	109068	2-Methylpyridine	.	.
388	9006422	Metiram	250	250
389	21087649	Metribuzin	77	77
390	7786347	Mevinphos	4000	4000
391	90948	Michlers Ketone	89000	86000
392	2212671	Molinate	4900	4900
393	1313275	Molybdenum trioxide	15000	380
394	150685	Monuron	.	.
395	505602	Mustard gas	.	.
396	88671890	Myclobutanil	40	40
397	68122	N,N-Dimethylformamide	120	10
398	872504	N-methyl-2-pyrrolidone	.	.
399	924425	N-methylolacrylamide	.	.
400	142596	Nabam	.	.
401	300765	Naled	500	500
402	91203	Naphthalene	12000	50
403	91598	beta-Naphthylamine	.	.
404	134327	alpha-Naphthylamine	.	.
405	7440020	Nickel and nickel compounds	930000	91
407	N503	Nicotine and salts	.	.
408	1929824	Nitrapyrin	43000	43000
409	N511	Nitrate compounds	0.63	0.63
410	7697372	Nitric acid	270	270
411	139139	Nitrilotriacetic acid	20000	20000
412	99592	5-Nitro-o-anisidine	46000	46000
413	99558	5-Nitro-o-toluidine	3300	3300
414	98953	Nitrobenzene	140000	500
415	92933	4-Nitrobiphenyl	.	.
416	1836755	Nitrofen	.	.
417	51752	Nitrogen mustard	.	.

No	CAS Number	Chemical	ITW	OTW
418	55630	Nitroglycerin	2100000	2100000
419	88755	2-Nitrophenol	.	.
420	100027	4-Nitrophenol	760	400
421	79469	2-Nitropropane	20000	20000
422	759739	N-Nitroso-N-ethylurea	1.4E+08	1.4E+08
423	684935	N-Nitroso-N-methylurea	.	.
424	924163	N-Nitrosodi-n-butylamine	5700000	5400000
425	621647	N-Nitrosodi-n-propylamine	7100000	7000000
426	55185	N-Nitrosodiethylamine	1.5E+08	1.5E+08
427	62759	N-Nitrosodimethylamine	50000000	51000000
428	86306	N-Nitrosodiphenylamine	4900	4900
429	156105	p-Nitrosodiphenylamine	2300	2300
430	4549400	N-Nitrosomethylvinylamine	.	.
431	59892	N-Nitrosomorpholine	6800000	6800000
432	16543558	N-Nitrosornicotine	.	.
433	100754	N-Nitrosopiperidine	9600000	9600000
434	27314132	Norflurazon	67	67
435	2234131	Octachloronaphthalene	.	.
436	19044883	Oryzalin	780	780
437	20816120	Osmium tetroxide	.	.
438	301122	Oxydemeton methyl	7700	7700
439	19666309	Oxadiazon	71000	71000
440	42874033	Oxyfluorfen	7300	7300
441	10028156	Ozone	19	19
442	123637	Paraldehyde	.	.
443	1910425	Paraquat dichloride	220	220
444	56382	Parathion	33000	33000
445	1114712	Pebulate	140	140
446	40487421	Pendimethalin	10	10
447	76017	Pentachloroethane	.	.
448	87865	Pentachlorophenol	18000	400000
449	57330	Pentobarbital sodium	.	.
450	79210	Peroxyacetic acid	4500	4500
451	594423	Perchloromethyl mercaptan	.	.
452	52645531	Permethrin	9600	9600
453	85018	Phenanthrene	.	.
454	108952	Phenol	18	3.3
455	26002802	Phenothrin	.	.

No	CAS Number	Chemical	ITW	OTW
456	106503	p-Phenylenediamine	5.3	5.3
457	615281	1,2-Phenylenediamine dihydrochloride	.	.
458	624180	1,4-Phenylenediamine dihydrochloride	.	.
459	95545	1,2-Phenylenediamine	47000	47000
460	108452	1,3-Phenylenediamine	170	170
461	90437	2-Phenylphenol	190	190
462	57410	Phenytoin	.	.
463	75445	Phosgene	12000	12000
464	7803512	Phosphine	12000	3300
466	7723140	Phosphorus (yellow or white)	50000	50000
467	85449	Phthalic anhydride	180	0.5
468	1918021	Picloram	5	5
469	88891	Picric acid	3500	17000
470	51036	Piperonyl butoxide	.	.
471	29232937	Pirimiphos methyl	5000	5000
472	N575	Polybrominated biphenyls (PBBs)	8900000	8900000
473	N583	Polychlorinated alkanes	.	.
474	1336363	Polychlorinated biphenyls (PCBs)	360000	2000000
475	137417	Potassium N-methyldithiocarbamate	.	.
476	7758012	Potassium bromate	500000	500000
477	128030	Potassium dimethyldithiocarbamate	.	.
478	4119887	Profenofos	20000	20000
479	7287196	Prometryn	25	25
480	23950585	Pronamide	26000	26000
481	1918167	Propachlor	20	20
482	1120714	Propane sultone	2500000	2500000
483	709988	Propanil	110	110
484	2312358	Propargite	3300	3300
485	107197	Propargyl alcohol	500	500
486	31218834	Propetamphos	2000	2000
487	60207901	Propiconazole	10	10
488	57578	beta-Propiolactone	.	.
489	123386	Propionaldehyde	440	440
490	114261	Propoxur	3700	3700
491	11571	Propylene (Propene)	1.2	1.2
492	1320189	2,4-D, propylene glycol butyl ether ester	.	.
493	75569	Propylene oxide	13000	240000
494	75558	Propyleneimine	1.5E+08	1.5E+08

No	CAS Number	Chemical	ITW	OTW
495	110861	Pyridine	1000	1000
496	91225	Quinoline	3000000	3000000
497	106514	Quinone	.	.
498	82688	Quintozene	26000	26000
499	76578148	Quizalofop-ethyl	110	110
500	10453868	Resmethrin	56000	56000
501	78488	S,S,S-tributyltrithiophosphate	84000	84000
502	8172	Saccharin (manufacturing)	.	.
503	94597	Safrole	.	.
504	7782492	Selenium and selenium compounds	180	200
506	74051802	Sethoxydim	7.1	7.1
507	7440224	Silver and silver compounds	200	200
509	122349	Simazine	12000	12000
510	26628228	Sodium azide	250	250
511	1982690	Sodium dicamba	2.2	2.2
512	12841	Sodium dimethyldithiocarbamate	.	.
513	62748	Sodium fluoroacetate	50000	50000
514	7632000	Sodium nitrite	10	10
515	132274	Sodium o-phenylphenoxide	190	190
516	131522	Sodium pentachlorophenate	.	.
517	2702729	2,4-D sodium salt	.	.
518	N746	Strychnine and salts	3300	3300
519	100425	Styrene	3.5	5
520	96093	Styrene oxide	580	580
521	7664939	Sulfuric acid	3500	0.02
522	2699798	Sulfuryl fluoride (Vikane)	36	36
523	35400432	Sulprofos	330	330
524	34014181	Tebuthiuron	14	14
525	3383968	Temephos	2000	2000
526	5902512	Terbacil	77	77
527	354143	1,1,2,2-Tetrachloro-1-fluoroethane (HCFC-121)	.	.
528	354110	1,1,1,2-Tetrachloro-2-fluoroethane (HCFC-121a)	.	.
529	79345	1,1,2,2-Tetrachloroethane	210000	200000
530	630206	1,1,1,2-Tetrachloroethane	2600	2600
531	127184	Tetrachloroethylene (Perchloroethylene)	930	2100
532	961115	Tetrachlorvinphos	180	180

No	CAS Number	Chemical	ITW	OTW
533	64755	Tetracycline hydrochloride	.	.
534	7696120	Tetramethrin	.	.
535	7440280	Thallium and thallium compounds	14000	14000
537	148798	Thiabendazole	12000	12000
538	62555	Thioacetamide	6100000	6100000
539	28249776	Thiobencarb	100	100
540	139651	4,4'-Thiodianiline	.	.
541	59669260	Thiodicarb	19000	19000
542	23564069	Thiophanate ethyl	.	.
543	2356458	Thiophanate-methyl	12000	12000
544	79196	Thiosemicarbazide	.	.
545	62566	Thiourea	1000000	1000000
546	137268	Thiram	67	67
547	1314201	Thorium dioxide	3500	5E+08
548	7550450	Titanium tetrachloride	35000	35000
549	108883	Toluene	0.7	13
550	584849	Toluene-2,4-diisocyanate	50000	39000
551	91087	Toluene-2,6-diisocyanate	50000	39000
552	26471625	Toluenediisocyanate	50000	39000
553	95534	o-Toluidine	180000	240000
554	636215	o-Toluidine hydrochloride	180000	180000
555	8001352	Toxaphene	1100000	1100000
556	43121433	Triadimefon	29	29
557	2303175	Triallate	7200	7200
558	68768	Triaziquone	.	.
559	101200480	Tribenuron methyl	130	130
560	1983104	Tributyltin fluoride	.	.
561	2155706	Tributyltin methacrylate	.	.
562	52686	Trichlorfon	500	500
563	76028	Trichloroacetyl chloride	.	.
564	120821	1,2,4-Trichlorobenzene	18	100
565	71556	1,1,1-Trichloroethane	0.7	0.5
566	79005	1,1,2-Trichloroethane	5700	5700
567	7916	Trichloroethylene	15000	4600
568	8862	2,4,6-Trichlorophenol	11000	11000
569	95954	2,4,5-Trichlorophenol	10	10
570	96184	1,2,3-Trichloropropane	12000	30000000
571	57213691	Triclopyr triethylammonium salt	.	.

No	CAS Number	Chemical	ITW	OTW
572	121448	Triethylamine	500	500
573	1582098	Trifluralin	770	770
574	26644462	Triforine	40	40
575	95636	1,2,4-Trimethylbenzene	580	2000
576	2655154	2,3,5-trimethylphenyl methylcarbamate	.	.
577	639587	Triphenyltin chloride	.	.
578	76879	Triphenyltin hydroxide	18000000	18000000
579	126727	Tris(2,3-dibromopropyl) phosphate	.	.
580	72571	Trypan blue	.	.
581	51796	Urethane (Ethyl carbamate)	1000000	1000000
582	7440622	Vanadium and vanadium compounds	140	140
583	50471448	Vinclozolin	83	83
584	10854	Vinyl acetate	18	1
585	593602	Vinyl bromide	110000	110000
586	7514	Vinyl chloride	31000	1500000
587	75354	Vinylidene chloride (1,1-dichloroethylene)	18	20
588	N874	Warfarin and salts	3300	3300
589	95476	o-Xylene	35	5
590	106423	p-Xylene	35	5
591	108383	m-Xylene	35	5
592	1330207	Xylene (mixed isomers)	35	5
593	87627	2,6-Xylidine	.	.
594	7440666	Zinc and zinc compounds	100	3.3
596	12122677	Zineb	20	20
597	319846	alpha-Hexachlorocyclohexane	6400000	6300000
598	28057489	D-trans-allethrin (D-trans-chrysanthemic acid of D)	.	.
599	110543	n-Hexane	5	17
600	95692	p-Chloro-o-toluidine	280000	580000
601	106478	p-Chloroaniline	110000	110000
602	104121	p-Chlorophenyl isocyanate	.	.
603	100016	p-Nitroaniline	.	.
604	10061026	trans-1,3-Dichloropropene	.	.
605	110576	trans-1,4-Dichloro-2-butene	.	.
606	101688	4,4'-Diphenylmethane diisocyanate	5800	5800
607	7783202	Ammonium sulfate	.	.
608	N120	Diisocyanates	350000	350000
609	N590	Polycyclic aromatic compounds	710000	1300000



No	CAS Number	Chemical	ITW	OTW
610	191242	Benzo(g,h,i)perylene	20000	20000
611	29082744	Octachlorostyrene	.	.
612	608935	Pentachlorobenzene	1300	1300
613	79947	Tetrabromobisphenol-A (TBBPA)	.	.
614	N150	Dioxin and dioxin-like compounds	1.4E+09	1.4E+09
615	81492	1-Amino-2,4-dibromoanthraquinone	.	.
616	3296900	2,2-Bis(Bromomethyl)-1,3-propanediol	.	.
617	110009	Furan	1000	1000
618	556525	Glycidol	.	.
619	78795	Isoprene	.	.
620	93152	Methyleugenol	.	.
621	91236	o-Nitroanisole	.	.
622	75525	Nitromethane	.	.
623	77098	Phenolphthalein	.	.
624	116143	Tetrafluoroethylene	.	.
625	509148	Tetranitromethane	.	.
626	75025	Vinyl fluoride	.	.
627	778364	Hydrogen sulfide	1800	1800
628	88722	o-Nitrotoluene	.	.
629	N530	Nonylphenol	.	.
630	106945	1-Bromopropane	.	.
700	100210	Terephthalic acid	.	.
701	103231	Bis(2-ethylhexyl) adipate	.	.
702	117840	n-Dioctyl phthalate	.	.
703	1310732	Sodium hydroxide (solution)	.	.
704	52517	Bronopol	.	.
705	576261	2,6-Dimethylphenol	.	.
706	67641	Acetone	.	.
707	7664382	Phosphoric acid	.	.
708	84662	Diethyl phthalate	.	.
709	85687	Butyl benzyl phthalate	.	.

출처 : EPA(2018)

