

KCGS 연구보고서
2019-03

환경성과기반 업종별 환경리스크 산출

2020. 02.

KCGS 연구보고서 2019-03

환경성과기반 업종별 환경리스크 산출

2020. 02.

연구위원

오덕교

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 2019-03

환경성과기반 업종별 환경리스크 산출

발행일 2020년 2월 28일
저자 오덕교
발행인 신진영
발행처 한국기업지배구조원
주소 서울특별시 영등포구 여의나루로 76, 신관 9층
대표전화 02-3775-3339 (Fax. 02-3775-2630)
홈페이지 www.cgs.or.kr (E-mail. cgsweb@cgs.or.kr)

© 한국기업지배구조원. 2020.

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.kr을 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.jsp에서 다운로드 받으실 수 있습니다. KCGS 연구보고서에 포함된 내용은 저자 개인의 입장과 의견이며 한국기업지배구조원의 공식 견해가 아님을 밝힙니다.

목 차

	요약	1
I	배경	5
II	업종별 환경리스크 산출 및 공개 사례	7
	1. IFC의 사회환경적 위험	7
	2. 녹색기업 지정을 위한 환경경영 평가모형	9
III	데이터 수집	11
	1. 데이터 수집	11
	2. 가중배출량 산출	12
	3. 특정 대기유해물질 및 특정 수질유해물질	13
	4. 폐기물	15
IV	데이터 분석	18
	1. 산업별 환경리스크 산출방법	18
	2. 환경성과 현황	21
	3. 산업별 환경리스크 산출 결과	32
V	결론	44
	참고 문헌	46
	부록	49
	1. 녹색기업 지정을 위한 환경경영 평가모형	49
	2. 제9차 표준산업분류 중분류 코드 및 산업명	51
	3. 유해화학물질, 특정 대기/수질 유해물질의 ITW 및 OTW	53
	4. 환경성과별 주성분분석 결과 요약	59
	5. 환경리스크 산출방식별 정준판별분석 결과 요약	67

표 목차

표 1. 업종별 사회 및 환경적 위험	8
표 2. 환경부의 환경경영 평가모형 내 업종별 환경성과 적용 현황	9
표 3. 사용 데이터 출처 및 내용	11
표 4. 대기오염물질, 유해성 대기감시물질 및 특저 대기유해물질 현황	14
표 5. 수질오염물질과 특정 수질유해물질 현황	15
표 6. 지정폐기물 종류 (폐기물관리법 시행령 [별표 1])	16
표 7. 요인분석을 이용한 가중치 산출방법	20
표 8. 업종별 특정 대기유해물질 가중배출량 현황	22
표 9. 업종별 유해화학물질 가중배출량 현황	23
표 10. 업종별 에너지 사용량 현황	24
표 11. 업종별 온실가스 배출량 현황	26
표 12. 업종별 특정 수질유해물질 가중배출량 현황	28
표 13. 업종별 폐기물 발생량 현황	29
표 14. 업종별 폐수 방류량 및 유기물질 부하량 현황	31
표 15. Clustering 방식 및 Quartile 방식에서 요인분석에 의해 산출된 가중치	32
표 16. Clustering 방식에서 k-means 군집분석 결과 정리	33
표 17. 업종별 환경성과 데이터 유무 확인	34
표 18. Clustering과 Quartile을 이용한 업종별 환경리스크 산출 결과	36
표 19. Clustering과 Quartile 방식의 업종별 환경리스크 분위별 업종 수 비교	37
표 20. 정준판별분석 예측 결과 비교	39
표 21. 카이제곱 검정 결과	39
표 22. 산업별 환경성과 유무 (3분위 이상)	40

표 23. 본 연구의 리스크 분위와 IFC의 위험수준	41
표 24. 본 연구의 리스크 분위와 IFC의 위험 수준 비교	43

그림 목차

그림 1. 폐기물의 종류	16
그림 2. 환경 리스크 산출 개요	21

요약

1. 배경

- 본 연구는 정부에서 발표하고 있는 업종별 환경성과 데이터에 기반하여 보다 객관적인 업종별 환경 리스크를 산출하고자 함
 - 표준산업분류 중분류에 따른 업종별 환경 리스크를 환경부에서 공개하고 있는 업종별 환경성과 데이터를 이용하여 5단계 위험 수준으로 산출하여 살펴보고자 함

2. 데이터 수집

1) 데이터 수집

- 본 연구를 위해 수집된 데이터는 국가통계로 인정받은 산업별 정보로서, 개별기업에 대한 정보는 미포함
 - 유해화학물질, 대기유해물질, 수질유해물질, 폐수, 폐기물, 에너지, 온실가스에 대하여 최근 3개년 데이터 수집

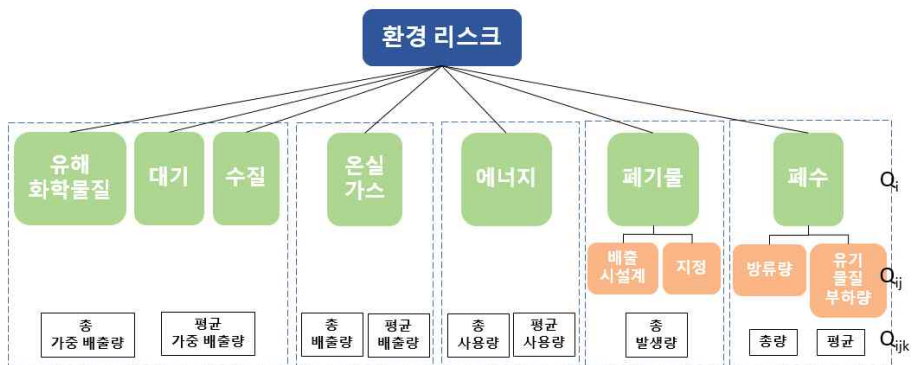
구분	데이터 출처	가용 데이터		
		개요	업종	사업장 수
유해 화학물질	PRTR(icis.me.go.kr)	- 총 415종 중 230종 추출 - 산업별로 물질별 배출량에 미국 EPA RSEI 모형의 ITW 및 OTW 적용, 가중 배출량 산출	표준산업분류 중분류	0
특정 대기 유해물질	PRTR(icis.me.go.kr)	- 총 35종 중 33종의 물질별 배출량 추출 - 산업별로 물질별 배출량에 미국 EPA RSEI 모형의 ITW 적용, 가중 배출량 산출	표준산업분류 중분류	0
특정 수질 유해물질	환경부 (산업폐수의 발생과 처리)	- 총 32종 중 29종의 물질별 배출량 추출 - 산업별로 물질별 배출량에 미국 EPA RSEI 모형의 OTW 적용, 가중 배출량 산출	표준산업분류 중분류	0
폐수	환경부 (산업폐수의 발생과 처리)	- 산업별 폐수 방류량 및 유기물질 부하량	표준산업분류 중분류	0

구분	데이터 출처	가용 데이터		
		개요	업종	사업장 수
폐기물	환경부 (전국 폐기물 발생 및 처리현황), (지정폐기물 발생 및 처리현황)	- 업종별 폐기물 발생량(생활폐기물 제외) - 배출시설계 폐기물발생량(건설폐기물 포함) - 사업장 지정폐기물 발생량(의료폐기물 포함)	표준산업분류 중분류 (일부는 대분류)	X
에너지	온실가스종합정보센터	- 사업장별 에너지 사용량	표준산업분류 중분류로 업종 재정리	O
온실가스	온실가스종합정보센터	- 사업장별 온실가스 배출량	표준산업분류 중분류로 업종 재정리	O
미세먼지 및 VOC	환경부 (대기오염물질 배출량 통계)	- 배출시설별 배출량 - 미세먼지(TSP)와 VOCs 배출량 사용 - 나머지는 대기오염물질과 중복 - 배출시설을 업종으로 구분하기 힘들	배출시설별 업종을 표준산업분류 중분류로 재정리	X

3. 데이터 분석

1) 업종별 환경리스크 산출방법

- 업종별 환경리스크는 각 환경성과별 리스크 분위를 산출한 후, 이를 합산하여 총 점수를 산출하고, 총 점수(TS)를 토대로 최종 리스크 분위(Q)를 산출하여 결정



- 단위가 상이한 환경성과들은 무차원 리스크 분위(5분위로 구성)를 통해 상호 비교
 - 리스크 분위는 1분위가 가장 높은 리스크를 의미하며, 5분위에 해당하는 업종은 데이터 부존재 또는 환경성과의 배출량 및 발생량이 매우 미미한 업종임
- 리스크 분위는 Percentile을 이용한 사분위(Quartile) 방식(이하 “Quartile”)과 군집 분석(Cluster analysis)(이하 “Clustering”)을 이용하여 산출 비교함

- Quartile은 각각 25%, 50%, 75%, 100% percentile 분위로 구성
- Clustering은 k-means 군집분석을 이용하여 4 리스크 분위 산출
- 총 배출량과 기업(또는 사업장)당 평균배출량은 로그(log) 치환된 값으로 각 리스크 분위 산출 후, 가중 평균하여 해당 환경성과의 업종별 리스크 분위 산출
- 가중치는 주성분분석(principal component analysis)을 이용하여 산출되며, 총 분산 대비 설명되는 분산의 비율이 95%이상 되도록 요인의 수 결정

2) 업종별 환경리스크 산출 결과

□ 두 방식의 업종별 환경리스크 산출결과 비교

Clustering과 Quartile을 이용한 업종별 환경리스크 산출 결과

Code	방식	A	B	C	D	E	F	G	TS	Q	Code	방식	A	B	C	D	E	F	G	TS	Q	Code	방식	A	B	C	D	E	F	G	TS	Q		
A01	1		4						4.9	5	C29	1		2	1	4	3		1	3	3	J63	1		4		4	4			4.6	5		
A01	2		4						4.9	5	C29	2		3	1	3	3		1	3	3	J63	2				4	4			4.7	5		
A02	1		4						4.9	5	C30	1		2	1	3	2		1	2.7	2	K64	1				3	3			4.5	5		
A02	2		4						4.9	5	C30	2		1	1	2	2		1	2.4	2	K64	2				2	3			4.3	5		
A03	1		4						4.9	5	C31	1		2	1	3	2		1	2.7	2	K65	1								5	5		
A03	2		4						4.9	5	C31	2		2	1	2	2		1	2.5	3	K65	2								5	5		
B05	1		1	3		3	4		3.6	4	C32	1		3	4	4			3	4	3.9	4	K66	1								5	5	
B05	2		1	3		2	4	4	3.5	4	C32	2		4	4	4			3	4	4.2	4	K66	2								5	5	
B06	1		3	3	4			4	3.9	4	C33	1			3	1			2	3.7	4	L68	1		4		4	3			4.4	5		
B06	2		3	3	4			4	4	4	C33	2		2	2	2			2	3.7	4	L68	2		4	4	4	4			4.6	5		
B07	1		3	3		3	4	3	3.9	4	D35	1		2	2	4	1	1	2	2.6	2	L69	1		4						4.9	5		
B07	2		3	3		2	4	4	3.7	4	D35	2		2	2	4	1	1	3	2.6	3	L69	2		4						4.9	5		
B08	1			3					4.7	5	D36	1		1	2	3	3	3	2	2.6	2	M70	1		4		4	3			4.4	5		
B08	2			3					4.7	5	D36	2		1	2	3	1	1	2	3	2	M70	2		4		4	4			4.6	5		
C10	1		2	3	2	3	2	1	3	2.4	2	E37	1		4	4	4	4		4.4	5	M71	1		4		3	3			4.3	4		
C10	2		2	2	3	2	2	2	4	2.5	2	E37	2		3	4	4	4		4.3	5	M71	2		4		4	2			4	4		
C11	1		2	3	4	4	3	1		3.3	3	E38	1		3	4	2	3	3	2	2	M72	1		4						4.9	5		
C11	2		2	3	4	3	3	2		3.2	3	E38	2		3	3	2	1	4	2	2	M72	2		4						4.9	5		
C12	1		3	4		3	4			4	4	E39	1		1	4				4.9	5	M73	1		4						4.9	5		
C12	2		3	4		3	3	4		3.9	4	E39	2		2	3				4.7	5	M73	2		4						4.9	5		
C13	1		2	2	1	4	3	2	2	2.3	2	F41	1		2		3	3		4	4	N74	1		4						4.9	5		
C13	2		2	2	3	3	3	2	3	2.6	3	F41	2		2		2	2		3.7	4	N74	2		4						4.9	5		
C14	1		2	3	3			2	3	3.1	3	F42	1		2					4.6	5	N75	1		4						4.9	5		
C14	2		2	3	4			2	4	3.5	4	F42	2		2					4.6	5	N75	2		4						4.9	5		
C15	1		4	3	1	4	4		2	3.3	3	G45	1		1	3				4.7	5	O84	1		4		3	2			4.2	4		
C15	2		4	4	2	4	4		2	3.5	4	G45	2		2	3				4.7	5	O84	2		4		1	1			3.7	4		
C16	1		4	3	2	4	3	3	3	3.3	3	G46	1		3	3	3	4	4	4	3.6	4	P85	1		3		4	3			4.3	4	
C16	2		4	3	3	3	2	4	3	3.1	3	G46	2		3	3	4	3	3	4	3.4	4	P85	2		3		3	3			4.2	4	
C17	1		1	2	2	3	2	1	3	2.1	2	G47	1		3		3	2		4	4	Q86	1		3	4		4	3	1		3.6	4	
C17	2		1	2	3	2	2	1	4	2.2	2	G47	2		2	3		1	1		3.6	4	Q86	2		4		4	4	1		4	4	
C18	1		4	3	1	4	4		2	3	3	H49	1		3	2	3	2	4		3.3	3	Q87	1		4		3	4			4.5	5	
C18	2		4	4	3	4	4	4	2	3.6	4	H49	2		3	3		2	2	3	3.3	4	Q87	2				3	3			4.4	5	
C19	1		1	2	2	1	1	2	3	1.7	1	H50	1		2		4	4		4.3	4	R90	1		4						4.9	5		
C19	2		1	2	3	1	1	2	3	1.9	2	H50	2		2	3		4	4		4.4	5	R90	2								5	5	
C20	1		2	1	1	2	1	1	1	1.3	1	H51	1		1	2	3	2		3.9	4	R91	1		4		3	4			4.5	5		
C20	2		2	1	1	1	1	1	1	1.1	1	H51	2		2	3	1	1		3.6	4	R91	2				3	3			4.4	5		
C21	1		2	2	2	4	3	1	3	2.4	2	H52	1		2	1	3	3		2	3	3	S94	1		4		3	4			4.5	5	
C21	2		3	2	3	3	3	1	3	2.7	3	H52	2		3	2	2	2		2	3	3	S94	2		4		3	3			4.3	5	
C22	1		3	2	1	3	2	2	2	2.3	2	I55	1		1	4		4	3		4.4	5	S95	1		4						4.9	5	
C22	2		4	2	2	2	2	3	2	2.4	2	I55	2		2			4	3		4.6	5	S95	2		4						4.9	5	
C23	1		2	2	1	2	1	2	2	1.7	1	I56	1		1	4					4.9	5	S96	1		2	4			3		4.2	4	
C23	2		3	1	2	1	1	3	2	1.9	2	I56	2		2						5	5	S96	2		3	4			3		4.3	5	
C24	1		2	1	1	2	1	1	1	1.4	1	J58	1		1	4					4.9	5	T97	1		1	4					4.9	5	
C24	2		1	1	1	1	1	2	1	1.1	1	J58	2		2						5	5	T97	2								5	5	
C25	1		3	2	1	4	3	2	1	2.4	2	J59	1		1	4			3	4		4.5	5	T98	1		4						4.9	5
C25	2		3	1	1	4	3	3	1	2.3	2	J59	2		2				3	3		4.4	5	T98	2								5	5
C26	1		1	1	1	2	1	1	2	1.4	1	J60	1		1	4		4	4			4.6	5	U99	1								5	5

Code	방식	A	B	C	D	E	F	G	TS	Q	Code	방식	A	B	C	D	E	F	G	TS	Q	Code	방식	A	B	C	D	E	F	G	TS	Q
	2	1	1	1	1	1	2	3	1.4	1		2				4	4			4.7	5		2								5	5
C27	1		4	3	4	4		3	4	4	J61	1		4		2	2			4	4	J62	1									
	2		4	4	4	4		4	4.3	5		2					1	1			3.9		4	2								
C28	1	3	2	1	4	3	2	2	2.4	2	J62	1		4		4	3			4.4	5	J62	1									
	2	3	2	2	3	3	2	3	2.6	3		2					4	3			4.6		5	2								

※ Code=KSIC 중분류, A=폐수, B=폐기물, C=유해화학물질, D=온실가스, E=에너지, F=수질, G=대기, 방식 1=clustering, 2=quartile, TS=종합점수, Q=최종 환경리스크 분위, 환경성과의 빈 칸은 5분위에 속함을 의미하며, 5분위는 데이터가 존재하지 않거나 배출량 및 발생량이 거의 없음을 의미함

- (최종 환경리스크 분위) Quartile 방식에서 n 분위에 속한 업종들이 Clustering에서는 (n-1) 또는 n 분위에 속하여 Clustering 방식이 더 엄격하게 분위 산출
- 유해화학물질의 경우, Quartile 방식에서는 1분위에 속한 7개 업종이 속한 반면에 Clustering에서는 15개 업종이 1분위에 해당
 - 15개 업종의 가중배출량이 타 업종 대비 현저히 높아 Clustering 방식 적용 필요
- Pearson 카이제곱 검정 결과, 쏠 환경성과에서 두 방식에 의해 산출된 환경리스크는 유의한 차이가 있음(p<.01)

4. 결론

- 국가 통계를 이용하여, 쏠 산업에 대하여 환경성과별 배출량(발생량, 사용량) 등 확인, 산업별 환경리스크 산출
 - 설문자의 주관이 개입되는 설문방식을 배제하고 객관적인 환경성과 데이터를 이용하여 산업별 환경리스크 산출
- Clustering이 빈도수 기준 균등할당 Quartile보다 분위 구분 측면에서 우월
 - 환경성과 데이터의 분포가 균일하지 않아 Clustering을 적용하는 게 더 효과적
 - 특히 유해화학물질, 온실가스, 에너지 등에서 상위 업종들의 배출량 또는 사용량이 현저히 높아 더 엄격하게 리스크 분위기를 산출하는 Clustering 기법 적용 필요
- 본 연구의 제한점은 아래와 같음
 - 용수 사용량에 대한 공개 정보가 없고, 폐기물 발생량 정보는 사업장 수 정보가 없음
 - 대기오염물질 발생량 통계는 업종별이 아니라 배출시설별로 집계되어 산업별 데이터를 추출하는 데 한계 존재
 - 환경성과별로 데이터 공개시기 상이하여 최근 3년 동안의 환경성과 데이터 이용

I 배경

- 본 연구는 정부에서 발표하고 있는 업종별 환경성과 데이터에 기반하여 보다 객관적인 업종별 환경리스크를 산출하고자 함
 - 주관적 개입을 최소화하기 위하여 객관적 데이터인 정부의 업종별 환경성과 데이터에 기초하여 산업별 환경리스크를 산출하고자 함
 - 대부분의 업종별 환경리스크는 설문방식(AHP, Delphi 등)을 이용하여 산출되어 설문자의 주관적 개입이 포함되어 있으며 이에 따라 비논리적일 가능성이 농후함
 - 보다 상세하게는, 이후 설명할 IFC의 업종별 사회·환경적 위험을 한국 실정에 맞게 환경성과 데이터를 이용하여 추정해 보고, 아울러 3단계 위험 수준을 5단계로 확대하여 살펴보고자 함

- IFC 산하기관인 FIRST for sustainability는 금융기관들로 하여금 업종별 사회 및 환경적 위험을 감안하는 금융서비스를 제공토록 하기 위하여 30개 업종에 대하여 사회 및 환경적 위험을 마련하여 발표함
 - 위험 수준은 3단계(H, M, L)로 구성되어 있으며, 종합 위험 수준이 H와 M인 업종 중심으로 9개 세부 지표별로 위험수준을 보여주고 있음

- 환경규제 대부분이 업종별로 적용되고 있는 관계로 환경리스크는 업종별로 살펴보는 게 타당함
 - 본 연구에서 고려되는 환경성과 중 특정 대기유해물질, 특정 수질유해물질, 유해화학물질, 폐수 등은 소관 법령에서 해당 업종을 정하여 규제함¹⁾

1) 해당 업종에 대하여 일정 규모 이상의 시설에 대하여 규제함

- 온실가스 배출량 및 에너지 사용량은 업종 구분 없이 3년 평균 온실가스 배출량 및 에너지 사용량이 일정 수준을 초과하는 사업장 또는 업체를 관리업체로 정하여 목표관리제 적용을 받고 매년 온실가스 배출량 및 에너지 사용량을 공개하도록 하고 있음(저탄소 녹색성장 기본법 시행령 제29조 제1항)²⁾
- 폐기물의 경우 사업장폐기물을 배출하는 사업자는 폐기물의 종류와 발생량 등을 지자체에 신고하여야 함(폐기물 관리법 제17조 제2항)

2) 50,000 tCO₂e 이상 온실가스 배출 및 200 TJ 이상 에너지 사용 업체 또는 15,000 tCO₂e 이상 온실가스 배출 및 80 TJ 이상 에너지 사용 사업장

II

업종별 환경리스크 산출 및 공개 사례

1. IFC의 사회·환경적 위험

- IFC 산하 FIRST(Financial Institutions: Resources, Solutions and Tools) for Sustainability는 금융기관들에게 업종별 사회 및 환경적 위험을 알리고 이를 금융업무에 참조하도록 하기 위하여 30개 업종에 대해 사회 및 환경적 위험을 발표함
 - 위험은 H / M / L로 구분하고 있고, 종합 위험도가 'H', 다시 말해서 사회 및 환경적 위험이 높다고 인정되는 업종은 총 11개 업종임(세부 내용은 <표 1> 참조)
 - 종합 위험도가 'M', 즉 사회 및 환경적 위험이 중간 정도로 판단되는 업종은 총 18개 업종이고, 그 외 기업은 'L'로, 사회 및 환경적 위험이 낮은 업종으로 분류하고 있음
 - 사회 및 환경적 위험요소들에 대하여 업종별 위험수준 또한 보여주고 있다는 점이 특징적임
 - 사회 및 환경적 위험을 도출하기 위하여 고려한 사회 및 환경적 요소들은 에너지, 용수, 수질, 폐기물, 대기, 생태계, 보건/안전, 사고위험, 오염임
 - 사회 및 환경적 위험 수준의 세부적인 산출과정은 공개하고 있지 않으나, 설문방식에서 많이 사용하는 3단계 위험수준을 사용하는 것으로 보아 전문가 설문을 통해 각 업종별 위험수준을 마련했을 것으로 추정

표 1. 업종별 사회 및 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/>, 오덕교(2018)

2. 녹색기업 지정을 위한 환경경영 평가모형

- 환경부의 이 평가모형은 업종별 환경리스크를 사용하지 않고 업종 분류에 따라 평가문항을 차등 적용하고 있음
 - 녹색경영체제에 관한 문항들은 제조업과 비제조업 구분 없이 대체로 공통적으로 적용되고 있으나, ‘자원 및 에너지’, ‘온실가스 및 환경오염’ 등의 환경성과 관련 문항들은 업종별로 차등 적용하고 있음(세부 내용은 <부록 1>을 참조하기 바람)
- 이 평가모형에서 고려하고 있는 10가지 환경성과 중에서, 제조업은 모든 환경성과를 적용하고, 비제조업은 선별적으로 일부 환경성과만을 적용함 (<표 2> 참조)
 - 비제조업 중 발전업에 대해서는 제조업과 동일하게 쉰 환경성과를 적용함
 - 유통업과 관광숙박업에 대해서는 10개 환경성과 중 용수 사용량, 폐기물 발생량, 에너지 사용량, 온실가스 배출량, 오존층 파괴물질 사용량, 수질오염물질 배출량, 유해화학물질 사용량만을 적용함
 - 금융업에 대해서는 폐기물 발생량, 에너지 사용량, 온실가스 배출량만을 적용하고, 건설업에 대해서는 에너지 사용량, 온실가스 배출량만을 적용함
 - 운송업의 경우 본사/지사과 정비소로 구분하여 환경성과를 차등 적용함
 - 운송업의 본사 및 지사에 대해서는 에너지 사용량, 온실가스 배출량, 대기오염물질 배출량만을 적용한 반면에, 운송업의 정비소에 대해서는 용수 사용량, 폐기물 발생량, 에너지 사용량, 오존층 파괴물질 사용량, 대기오염물질 배출량, 수질오염물질 배출량, 유해화학물질 사용량, 소음·진동·악취·VOCs 등의 환경성과를 평가함

표 2. 환경부의 환경경영 평가모형 내 업종별 환경성과 적용 현황

중항목	제조업							비제조업							
	일반	전기 전자	제지	플라스틱, 고무, 섬유	자동차, 기계	식품	석유, 화학, 금속	일반	발전	건설	유통	운송업 (본사/지사)	운송업 (정비소)	금융	관광 숙박
용수 사용현황	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
사업장 폐기물 발생현황	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
사업장(본사) 에너지 사용	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

II. 업종별 환경리스크 산출 및 공개 사례

중항목	제조업							비제조업							
	일반	전기 전자	제지	플라 스틱, 고무, 섬유	자동차, 기계	식료품	석유, 화학, 금속	일반	발전	건설	유통	운송업 (본사/지사)	운송업 (정비소)	금융	관광 숙박
현황															
사업장(본사) 온실가스 배출현황	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
오존층 파괴물질 사용현황	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0		0		0
대기오염물질 배출현황	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0		
수질오염물질 배출현황	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0		0		0
토양, 지하수관리현황	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
소음·진동·악취·VOCs 관리현황	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0		
사업장 내 유해화학물질 사용현황	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0		0		0

출처: 한국환경산업기술원 (2015)

III 데이터 수집

1. 데이터 수집

- 본 연구를 위해 수집된 데이터는 국가통계로 인정받은 산업별 정보로서, 개별기업에 대한 정보는 포함하고 있지 않음
- 수집 데이터의 상세 내역은 아래 <표 3>과 같음
- 유해화학물질, 대기유해물질, 수질유해물질, 폐수, 폐기물, 에너지, 온실가스에 대하여 최근 3개년 데이터를 수집함
 - 유해화학물질 및 특정 대기유해물질 데이터는 2014~16년에 대해 수집하였고, 그 외 에너지 사용량, 온실가스 배출량, 특정 수질유해물질, 폐기물, 폐수 데이터는 2015~17년에 대해 수집하였음
- 미세먼지 및 VOCs(Volatile Organic Chemicals)의 경우, 환경부가 매년 작성하고 있는 ‘대기오염물질 배출 통계’에 배출량이 공개되고 있으나 일부 배출시설에 대해서만 업종 분류(표준산업분류 중분류 이용)가 되어 있어 본 분석에서 사용하기에는 부적절하다고 판단되어 제외함

표 3. 사용 데이터 출처 및 내용

구분	데이터 출처	가용 데이터		
		개요	업종	사업장 수
유해 화학물질	PRTR(icis.me.go.kr)	- 총 415종 중 230종 추출 - 산업별로 물질별 배출량에 미국 EPA RSEI 모형의 ITW 및 OTW 적용, 가중 배출량 산출	표준산업분류 중분류	0
특정 대기 유해물질	PRTR(icis.me.go.kr)	- 총 35종 중 33종의 물질별 배출량 추출 - 산업별로 물질별 배출량에 미국 EPA RSEI 모형의 ITW 적용, 가중 배출량 산출	표준산업분류 중분류	0

구분	데이터 출처	가용 데이터		
		개요	업종	사업장 수
특정 수질 유해물질	환경부 (산업폐수의 발생과 처리)	- 총 32종 중 29종의 물질별 배출량 추출 - 산업별로 물질별 배출량에 미국 EPA RSEI 모형의 OTW 적용, 가중 배출량 산출	표준산업분류 중분류	0
폐수	환경부 (산업폐수의 발생과 처리)	- 산업별 폐수 방류량 및 유기물질 부하량	표준산업분류 중분류	0
폐기물	환경부 (전국 폐기물 발생 및 처리현황) (지정폐기물 발생 및 처리현황)	- 업종별 폐기물 발생량(생활폐기물 제외) - 배출시설계 폐기물발생량(건설폐기물 포함) - 사업장 지정폐기물 발생량(의료폐기물 포함)	표준산업분류 중분류 (일부는 대분류)	X
에너지	온실가스종합정보센터	- 사업장별 에너지 사용량	표준산업분류 중분류로 업종 재정리	0
온실가스	온실가스종합정보센터	- 사업장별 온실가스 배출량	표준산업분류 중분류로 업종 재정리	0
미세먼지 및 VOC	환경부 (대기오염물질 배출량 통계)	- 배출시설별 배출량 - 미세먼지(TSP)와 VOCs 배출량 사용 - 나머지물질은 대기오염물질과 중복 - 배출시설을 업종으로 구분하기 힘들	배출시설별 업 종을 표준산업 분류 중분류로 재정리	X

2. 가중배출량 산출

- 유해화학물질, 특정 대기유해물질, 특정 수질유해물질에 대해서는 미국 환경보호청 (EPA: Environmental Protection Agency)에서 개발한 RSEI (Risk-Screening Environmental Indicators) 모형에서 사용되고 있는 ITW(Inhalation Toxicity Weight)와 OTW(Oral Toxicity Weight)를 적용하여 산출되는 가중배출량을 적용하여 분석함
- 수질유해물질은 환경부의 산업폐수의 발생과 처리에서 공개하고 있는 배출량을 적용한 반면에 대기유해물질은 별도의 통계치가 공개되지 않고 있어 유해화학물질 배출량에서 해당 물질의 배출량을 추출하여 사용함
- 유해화학물질의 가중배출량은 대기로의 배출량에 ITW를 곱한 값과 수계로의 배출량에 OTW를 곱한 값을 합한 배출량을 의미함
- 특정 대기유해물질의 가중배출량은 대기로의 배출량에 ITW를 곱한 배출량이며, 특

정 수질유해물질의 가중배출량은 수계로의 배출량에 OTW를 곱한 배출량임

- 미국 EPA는 TRI(Toxics Release Inventory) 정보를 이용하여 기업들이 배출하는 화학물질의 유해성을 진단하기 위하여 RSEI(Risk-Screening Environmental Indicators) 모형 개발³⁾⁴⁾
 - RSEI 모형은 화학물질별 유해성계수(독성 가중치)와 배출량을 곱한 유해성 가중 배출량을 바탕으로 유해성 관련 점수를 산출하고, Surrogate dose에 독성가중치와 인구수를 곱하여 화학물질이 지역사회에 미치는 위험수준을 점수화함(EPA, 2018)
 - EPA는 총 709종 화학물질 중 625종에 대하여 ITW 및 OTW를 산출하여 공개
 - 나머지 화학물질에 대해서는 지속적인 실험을 통해 ITW와 OTW를 산출하여 공개할 예정
 - RSEI 모형의 ITW와 OTW를 적용하기 위하여 먼저 EPA 관리 물질과 우리나라 PRTR 관리 물질 415종을 비교하여 ITW와 OTW를 추출(세부 내용은 <부록 3> 참조)
 - 우리나라의 유해화학물질 415종의 화학물질명과 CAS 번호 등을 비교하여 동일 물질 여부를 확인하여 230종의 유해화학물질에 대하여 ITW와 OTW를 추출
 - 대기오염물질(64종) 및 특정 대기유해물질(35종)에 대해서도 화학물질명과 CAS 번호 등을 비교하여 확인한 결과 각각 53종과 33종의 ITW 추출
 - 수질오염물질(57종) 및 특정 수질유해물질(32종)에 대해서도 화학물질명과 CAS 번호 등을 비교하여 확인한 결과 각각 42종과 29종의 OTW 추출

3. 특정 대기유해물질 및 특정 수질유해물질

- 본 분석에서는 대기/수질 오염물질 대신 정부가 배출량을 보다 적극적으로 관리하고 있는 특정 대기/수질 유해물질을 사용함
 - 대기오염물질은 대기 중에 존재하는 물질 중 대기오염의 원인으로 인정된 가스·입자

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

4) 오덕교, “유해화학물질 배출량에 대한 산업리스크 산출”, KCGS 연구보고서 2018-04, 2018.12.

상물질을 의미함(대기환경보전법 제2조 제1호, 동법 시행규칙 [별표 1])

- 유해성 대기감시물질은 대기오염물질 중 사람의 건강이나 동식물의 생육(生育)에 위해를 끼칠 수 있어 지속적인 측정이나 감시·관찰 등이 필요하다고 인정된 물질(대기환경보전법 제2조 제1호의2, 동법 시행규칙 [별표 1의 2])
- 특정 대기유해물질은 유해성대기감시물질 중 저농도에서도 장기적인 섭취나 노출에 의하여 사람의 건강이나 동식물의 생육에 직접 또는 간접으로 위해를 끼칠 수 있어 대기 배출에 대한 관리가 필요하다고 인정된 물질(대기환경보전법 제2조 제9호, 동법 시행규칙 [별표 2])

표 4. 대기오염물질, 유해성 대기감시물질 및 특정 대기유해물질 현황

대기오염물질(64종)			
입자상 물질	황화수소	납 및 화합물	포름알데히드
브롬 및 화합물	황화메틸	크롬 및 화합물	아세트알데히드
알루미늄 및 화합물	이황화메틸	비스 및 화합물	벤지딘
바나듐 및 화합물	메르캅탄류	수은 및 화합물	1,3-부타디엔
망간 화합물	아민류	구리 및 화합물	다환 방향족 탄화수소류
철 및 화합물	사염화탄소	염소 및 화합물 (염소 및 염화수소)	에틸렌옥사이드
아연 및 화합물	이황화탄소	불소화물	디클로로메탄
셀렌 및 화합물	탄화수소	석면	테트라클로로에틸렌
안티몬 및 화합물	인 및 그 화합물	니켈 및 화합물	1,2-디클로로에탄
주석 및 화합물	붕소화합물	염화비닐	에틸벤젠
텔루륨 및 화합물	아닐린	다이옥신	트리클로로에틸렌
바륨 및 화합물	벤젠	페놀 및 화합물	아크릴로니트릴
일산화탄소	스틸렌	베릴륨 및 화합물	히드라진
암모니아	아크롤레인	프로필렌옥사이드	아세트산비닐
질소산화물	카드뮴 및 화합물	폴리염화비페닐	2-에틸헥실프탈레이트
황산화물	시아나물 (시아나화수소)	클로로포름	디메틸포름아미드

* 밑줄 친 물질은 유해성 대기감시물질(43종)을 의미하고, 음영 처리된 셀 내 굵은 글씨의 물질은 특정 대기유해물질(35종)을 의미함

- 수질오염물질은 수질오염의 요인이 되는 물질을 의미함(물환경보전법 제2조제7호, 동법 시행규칙 [별표 2])

- 특정 수질유해물질은 사람의 건강, 재산이나 동·식물의 생육(生育)에 직접 또는 간접으로 위해(危害)를 줄 우려가 있는 수질오염물질을 의미함(물환경보전법 제2조제8호, 동법 시행규칙 [별표 3])

표 5. 수질오염물질과 특정 수질유해물질 현황

수질오염물질(57종)			
구리와 화합물	아연과 화합물	펜타클로로페놀	1, 4-다이옥산
납과 화합물	염소 화합물	황과 화합물	디에틸헥실프탈레이트 (DEHP)
니켈과 화합물	유기물질	유기인 화합물	염화비닐
총 대장균군	유기용제류	6가크롬 화합물	아크릴로니트릴
망간과 화합물	유류(동·식물성 포함)	테트라클로로에틸렌	브로모포름
바륨 화합물	인 화합물	트리클로로에틸렌	퍼클로레이트
부유물질	주석과 화합물	폴리클로리네이티드 바이페닐	아크릴아미드
브롬 화합물	질소 화합물	벤젠	나프탈렌
비소와 화합물	철과 화합물	사염화탄소	폼알데하이드
산과 알칼리류	카드뮴과 화합물	디클로로메탄	에피클로로하이드린
색소	크롬과 화합물	1, 1-디클로로에틸렌	톨루엔
세제류	불소 화합물	1, 2-디클로로에탄	자일렌
셀레늄과 화합물	페놀류	클로로포름	스티렌57. 2-에틸헥실아디페이트 (스티렌, 2-에틸헥실아디페이트)
수은과 화합물	페놀	생태독성물질	안티몬
시안 화합물			

* 음영 처리된 셀 내 굵은 글씨의 물질은 특정 수질유해물질(32종)을 의미함

4. 폐기물

- 폐기물 발생량은 크게 두 종류의 폐기물로 나누어 발생량을 수집함
 - 사업장에서 발생하는 폐기물은 아래 <그림 1>과 같이 4 종류의 폐기물로 나눌 수 있으나, 업종별 사업장 생활계 폐기물 데이터는 공개되지 않은 실정임

- 현재 공개되고 있는 데이터는 사업장 배출시설계 폐기물, 건설폐기물, 지정폐기물, 의료폐기물임(지정폐기물의 종류에 대한 상세한 설명은 <표 6> 참조)
- 본 분석에서는 건설폐기물을 포함한 사업장 배출시설계 폐기물과 의료폐기물을 포함한 지정폐기물로 구분하여 발생량을 산출하여 분석함

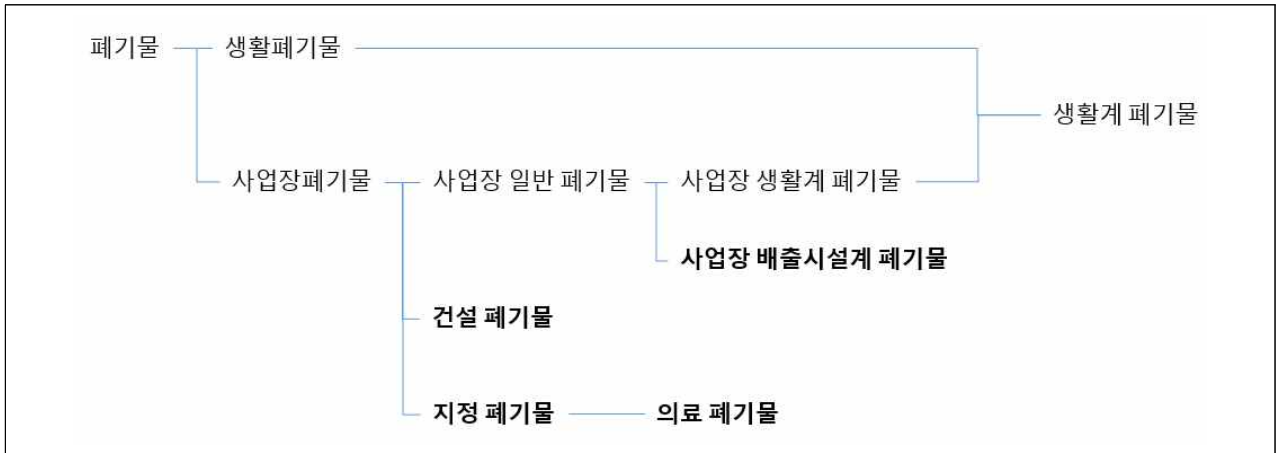


그림 1. 폐기물의 종류

출처: 환경부 · 한국환경공단, “2017년도 전국 폐기물 발생 및 처리현황”, 2018.

표 6. 지정폐기물 종류(폐기물관리법 시행령 [별표 1])

대항목	중항목	소항목
1. 특정시설에서 발생하는 폐기물	가. 폐합성 고분자화합물	1) 폐합성 수지 2) 폐합성 고무
	나. 오니류	1) 폐수처리 오니 2) 공정 오니
	다. 폐농약	
2. 부식성 폐기물	가. 폐산	
	나. 폐알칼리	
3. 유해물질 함유 폐기물	가. 광재	
	나. 분진	
	다. 폐주물사 및 샌드블라스트 폐사	
	라. 폐내화물 및 재벌구이 전에 유약을 바른 도자기 조각	
	마. 소각재	
	바. 안정화 또는 고형화·고화 처리물	
	사. 폐촉매	
	아. 폐흡착제 및 폐흡수제	
자. 폐형광등의 파쇄물		

대항목	중항목	소항목
4. 폐유기용제	가. 할로겐족	
	나. 그 밖의 폐유기용제	
5. 폐페인트 및 페라커	가. 페인트 및 래커와 유기용제가 혼합된 것으로서 페인트 및 래커 제조업, 용적 5세제곱미터 이상 또는 동력 3마력 이상의 도장시설, 폐기물을 재활용하는 시설에서 발생하는 것	
	나. 페인트 보관용기에 남아 있는 페인트를 제거하기 위하여 유기용제와 혼합된 것	
	다. 폐페인트 용기	
6. 폐유		
7. 폐석면	가. 건조고형물의 함량을 기준으로 하여 석면이 1퍼센트 이상 함유된 제품·설비 등의 해체·제거 시 발생하는 것	
	나. 슬레이트 등 고형화된 석면 제품 등의 연마·절단·가공 공정에서 발생된 부스러기 및 연마·절단·가공 시설의 집진기에서 모아진 분진	
	다. 석면의 제거작업에 사용된 바닥비닐시트·방진마스크·작업복 등	
8. 폴리클로리네이티드비페닐 함유 폐기물	가. 액체상태의 것	
	나. 액체상태 외의 것	
9. 폐유독물질		
10. 의료폐기물		
11. 그 밖에 주변환경을 오염시킬 수 있는 유해한 물질로서 환경부장관이 정하여 고시하는 물질		

IV 데이터 분석

1. 산업별 환경리스크 산출방법

- 산업별 환경리스크는 각 환경성과별 리스크 분위를 산출한 후, 이를 합산하여 총 점수를 산출하고, 총 점수(TS)를 토대로 최종 리스크 분위(Q)를 산출하여 결정함

$$TS = \sum(\omega_i * Q_i)$$

$$Q_i = \sum(\omega_{ij} * Q_{ij}), Q_{ij} = \sum(\omega_{ijk} * Q_{ijk})$$

$$(1 \leq i \leq 7, 0 \leq j \leq 2, 1 \leq k \leq 2)$$

여기서, Q_i = 각 환경성과별 리스크 분위

Q_{ij} = 환경성과의 중간 환경성과별 리스크 분위(폐기물과 폐수만 해당)

Q_{ijk} = 각 환경성과별 또는 중간 환경성과별 총량 또는 평균에 대한 리스크 분위 (k=1(총량), 2(평균))

- 각 환경성과는 단위가 상이하기 때문에 하나의 단위로 통일시키기 위하여 무차원 (dimensionless) 리스크 분위를 통해 상호 비교가능토록 함
- 리스크 분위는 총 5분위로 구성
 - 리스크 분위는 1분위가 가장 높은 리스크를 의미하며, 5분위에 해당하는 업종은 환경성과에 대한 법적 규제를 받지 않아 데이터가 없거나 환경성과의 발생량 및 배출량이 극히 미미한 업종임

$$R_{Q1} > R_{Q2} > R_{Q3} > R_{Q4} > R_{Q5}$$

여기서 R = 환경 리스크, Q_i = i 번째 리스크 분위

- 리스크 분위는 Percentile을 이용한 사분위(Quartile) 방식(이하 “Quartile”)과 군집 분석(Cluster analysis)(이하 “Clustering”)을 이용하여 산출 비교함
 - Quartile은 각각 25%, 50%, 75%, 100% Percentile 이렇게 네 분위로 구성되며, 해당 데이터 내에서 높은 값 순으로 정렬하여 각각의 순위가 해당 percentile의 비율 이하이면 해당 percentile로 정해지는 방식임
 - Clustering은 k-means 군집분석을 이용하여 리스크 분위기를 산출하며, 각 군집의 중심(centroid)간 거리를 최대로 하고 군집 내 데이터와 중심간 거리를 최소로 하는 군집들을 산출함
 - 데이터의 분포가 일정 수준 균일하다면 두 방식에서 유사한 결과가 산출될 수 있으나, 데이터가 일부 구간에 집중되어 있다면 Quartile 방식은 산포도와 상관없이 분위 별로 균등하게 할당하지만 Clustering 방식은 데이터의 산포도에 따라 분위별 구성 수가 달라짐
 - 대부분의 데이터는 일부 구간에 집중되어 있는 양상을 띠고 있어 Clustering 방식이 더 합리적인 결과를 낳는 경우가 많음
 - 균등할당 Quartile 방식은 데이터 통제만 가능하다면 사용이 수월하기 때문에 정부 통계 산출 시에 많이 사용되고 있음
- 군집분석은 바이오인포매틱스, 의학, 사회과학, DBMS 등의 과학기술분야에서 다양하게 활용되고 있는 비지도 학습(unsupervised learning) 방법으로, k-means 군집분석은 가장 많이 활용되고 있는 기법 중의 하나임 (허명희·이용구, 2004; Ordonez, 2006; Boutsidis et al., 2009)
 - k-means 군집분석은 MacQueen이 1967년 제안한 비계층적 군집분석 방법으로, k개의 군집 중에서 가장 근접한 중심(평균)이 속한 군집으로 데이터를 분류하는 기법임 (Johnson&Wichern, 2002, p.694)
 - n개의 개체 $E_n = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 집합이 주어졌을 때, 이 알고리즘은 n개의 개체들을 각 군집 내 개체 간 거리를 최소로 하는 $k (\leq n)$ 개의 군집 $S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$ 로 분할하는 기법으로, 분석에서의 각 개체와 군집의 중심 간 거리는 유클리드제곱거리($D(x,y) = \sum (x_i - y_i)^2$)를 이용하여 아래의 목적함수를 최소화하는 방법으로 군집을 할당함 (MacQueen, 1967; Steinley, 2006; Tatiraju&Metha, 2008; 조홍준·안유

정·이주희·김영민, 2019)

$$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} (x_j - \mu_i)^2$$

- 총 배출량과 기업(또는 사업장)당 평균배출량은 로그(log) 치환된 값으로 각 리스크 분위를 산출한 후, 가중 평균하여 해당 환경성과의 업종별 리스크 분위를 산출함
- 가중치는 주성분분석(principal component analysis)을 이용하여 산출, 총 분산 대비 설명되는 분산의 비율이 95%이상인 되도록 요인의 수 결정
 - 요인분석은 서로 상관되어 있는 여러 항목들 사이의 복잡한 상관구조를 잠재적인 소수개 공통요인을 이용하여 설명하고자 할 때 사용되는 다변량기법으로,⁵⁾ 일반적으로 고유값이 1이상일 때 유의미한 요인으로 판단할 수 있음 (Johnson&Wichern, 2002, p. 429)
 - ① 배리맥스 회전(varimax rotation)⁶⁾
 - 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 7> 참조)

표 7. 요인분석을 이용한 가중치 산출방법

구분	F ₁		F ₂		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 두 주성분의 누적 설명 분산 비율이 95% 이상인 경우임
 * f1=f11+f12+f13+f14, f2=f21+f22+f23+f24

출처 : 한신대학교 (2006)

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

6) 요인의 수가 2 이하이면 배리맥스 회전이 이루어지지 않음 (한신대학교, 2006)

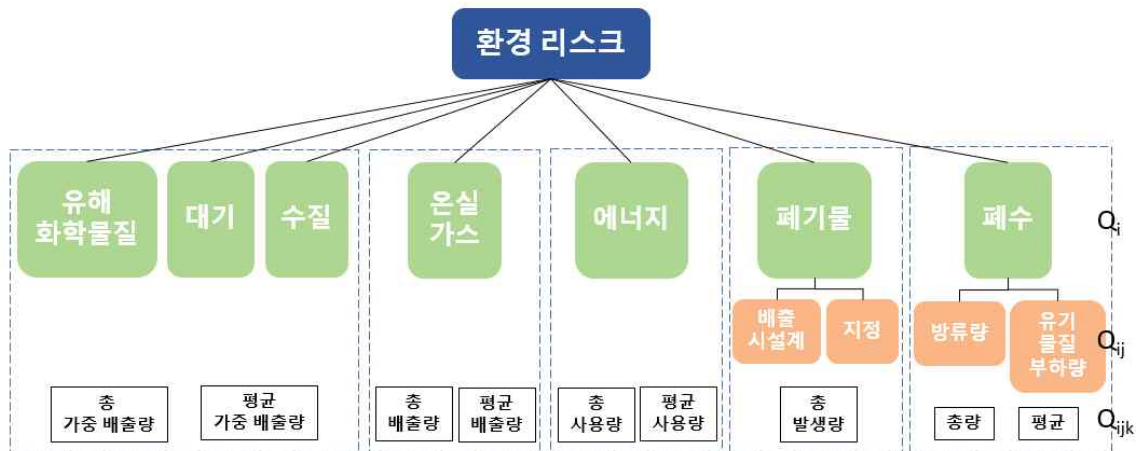


그림 2. 환경리스크 산출 개요

- 업종분류는 해당 국가통계 대부분이 제9차 한국표준산업분류를 사용하고 있어 비록 제10차 한국표준산업분류가 2017년 1월 13일 고시되었으나 제9차 한국표준산업분류를 사용함
 - 우리나라 환경규제가 표준산업분류 중분류를 기본으로 업종을 구분하고 있어 본 분석에서는 표준산업분류 중분류를 사용함(상세 내용은 <부록 2> 참조)

2. 환경성과 현황

- 먼저 특정 대기유해물질을 살펴보면, 2014~16년 동안 가중배출량 총량과 사업장 평균 가중 배출량이 가장 큰 업종은 C24(1차 금속 제조업)으로 나타남
- 업종별 가중배출량 총량은 C25(금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외), C20(코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업), C30(자동차 및 트레일러 제조업) 순으로 높음
- 업종별 사업장 평균 가중 배출량은 C33(기타 제품 제조업), C22(고무제품 및 플라스틱 제조업), H52(창고 및 운송관련 서비스업) 순으로 높음

표 8. 업종별 특정 대기유해물질 가중배출량 현황

코드	업종명	특정 대기유해물질(kg)	
		총량	평균
B06	금속 광업	1,219,000	287,500
C10	식료품 제조업	835,719,159	278,573,053
C13	섬유제품 제조업; 의복제외	2,750,830,118	878,721,150
C14	의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	51,880,050	8,646,675
C15	가죽, 가방 및 신발 제조업	52,718,000,000	1,115,491,667
C16	목재 및 나무제품 제조업; 가구제외	903,389,608	31,942,524
C17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	729,702,391	113,003,019
C18	인쇄 및 기록매체 복제업	18,009,299,870	1,550,739,957
C19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	2,668,587,730	102,586,786
C20	화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	266,470,660,904	2,435,165,973
C21	의료용 물질 및 의약품 제조업	1,564,996,976	101,752,376
C22	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	32,136,464,944	4,065,463,083
C23	비금속 광물제품 제조업	72,780,728,113	1,276,597,495
C24	1차 금속 제조업	1,378,105,706,296	6,785,071,454
C25	금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	375,702,410,367	1,603,341,471
C26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	15,638,613,373	1,042,475,801
C27	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	205,554,148	15,978,343
C28	전기장비 제조업	14,982,971,801	1,359,418,752
C29	기타 기계 및 장비 제조업	176,471,341,443	3,207,630,644
C30	자동차 및 트레일러 제조업	237,792,424,322	2,141,766,515
C31	기타 운송장비 제조업	151,135,345,818	3,457,028,188
C32	가구 제조업	626,987	208,996
C33	기타 제품 제조업	29,422,033,598	4,188,366,556
D36	수도사업	1,549,326,000	7,989,098
E38	폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	20,614,367,753	560,093,327
G46	도매 및 상품중개업	7,448,000	2,482,667
H52	창고 및 운송관련 서비스업	33,662,466,303	4,005,055,005

- 2014~16년 동안 업종별 유해화학물질 가중 배출량에서도 전술한 특정 대기유해물질 가중 배출량과 마찬가지로 C24(1차 금속 제조업)이 가중 배출량 총량 및 사업장 평균 가중 배출량 모두 가장 높음
- 업종별 가중배출량 총량은 C25(금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외), C20(코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업), C30(자동차 및 트레일러 제조업) 순으로 높음
- 업종별 사업장 평균 가중 배출량은 C26(전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비

제조업), C25(금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외), C20(코크스, 연탄 및 석유 정제품 제조업) 순으로 높음

표 9. 업종별 유해화학물질 가중배출량 현황

코드	업종명	유해화학물질(kg)	
		총량	평균
B05	석탄, 원유 및 천연가스 광업	-	-
B06	금속 광업	1,828,468	486,389
C10	식료품 제조업	845,744,621	278,758,071
C11	음료 제조업	18,314,117	351,724
C12	담배 제조업	-	-
C13	섬유제품 제조업; 의복제외	2,874,647,760	881,170,871
C14	의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	75,891,313	9,967,224
C15	가죽, 가방 및 신발 제조업	53,003,819,188	1,122,851,607
C16	목재 및 나무제품 제조업; 가구제외	949,058,089	36,914,863
C17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	840,878,861	143,741,971
C18	인쇄 및 기록매체 복제업	18,014,652,923	1,551,076,899
C19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	3,024,160,832	171,820,155
C20	화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	417,154,687,857	6,488,747,932
C21	의료용 물질 및 의약품 제조업	1,607,194,438	106,959,026
C22	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	34,046,273,533	4,190,411,110
C23	비금속 광물제품 제조업	73,030,669,145	1,291,089,189
C24	1차 금속 제조업	2,301,062,212,163	75,146,302,382
C25	금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	563,553,217,069	14,085,202,091
C26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	215,202,823,519	17,602,732,313
C27	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	208,899,001	16,789,286
C28	전기장비 제조업	20,427,044,280	1,569,422,254
C29	기타 기계 및 장비 제조업	176,674,735,680	3,216,014,238
C30	자동차 및 트레일러 제조업	239,519,990,273	2,171,854,864
C31	기타 운송장비 제조업	153,053,108,625	3,480,551,691
C32	가구 제조업	8,066,188	722,628
C33	기타 제품 제조업	29,429,120,221	4,190,175,479
D35	전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	47,298,733	520,109
D36	수도사업	1,549,987,808	8,201,720
E37	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	3,071,695	1,022,687
E38	폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	20,809,493,014	580,072,340
G46	도매 및 상품중개업	7,673,310	2,557,770
H49	육상 운송 및 파이프라인 운송업	-	-

코드	업종명	유해화학물질(kg)	
		총량	평균
H50	수상 운송업	-	-
H51	항공 운송업	-	-
H52	창고 및 운송관련 서비스업	33,700,846,795	4,011,884,174
J58	출판업	-	-
M73	기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	-	-
S95	수리업	-	-
S96	기타 개인 서비스업	-	-

* 위 표에서 “-”는 법적으로 유해화학물질 배출량 공개 대상 업종이나 공개된 배출량(또는 가중 배출량)이 0인 업종을 의미함

- 2015~17년 동안 업종별 에너지 사용량을 살펴보면, 사용량 총량은 D35(전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업)이 가장 높고, 사업장 평균 사용량에서는 C19(코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업)이 가장 높음
- 업종별 사용량 총량은 C24(1차 금속 제조업), C20(코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업), C19(코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업), C26(전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업) 순으로 높음
- 업종별 사업장 평균 에너지 사용량은 D35(전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업), J61(통신업) 순으로 높음

표 10. 업종별 에너지 사용량 현황

코드	업종명	에너지 사용량(TJ)	
		총량	평균
B05	석탄, 원유 및 천연가스 광업	2,062	412
B07	비금속광물 광업; 연료용 제외	5,750	442
C10	식료품 제조업	183,531	1,782
C11	음료 제조업	37,645	965
C12	담배 제조업	5,496	1,832
C13	섬유제품 제조업; 의복제외	51,458	903
C15	가죽, 가방 및 신발 제조업	1,809	362
C16	목재 및 나무제품 제조업; 가구제외	32,623	1,812
C17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	350,083	2,465
C18	인쇄 및 기록매체 복제업	1,242	414
C19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	1,473,989	70,190
C20	화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	2,783,630	8,410

코드	업종명	에너지 사용량(TJ)	
		총량	평균
C21	의료용 물질 및 의약품 제조업	16,398	965
C22	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	112,475	2,295
C23	비금속 광물제품 제조업	975,593	4,782
C24	1차 금속 제조업	2,848,661	8,580
C25	금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	25,323	817
C26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	1,288,067	6,674
C27	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	636	318
C28	전기장비 제조업	32,012	970
C29	기타 기계 및 장비 제조업	46,447	968
C30	자동차 및 트레일러 제조업	301,662	1,764
C31	기타 운송장비 제조업	139,040	2,674
D35	전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	10,167,025	63,149
D36	수도사업	47,466	5,274
E37	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	5,466	304
E38	폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	21,534	336
F41	종합 건설업	38,175	1,818
G46	도매 및 상품중개업	3,236	1,079
G47	소매업; 자동차 제외	140,271	5,611
H49	육상 운송 및 파이프라인 운송업	243,230	1,994
H50	수상 운송업	7,151	550
H51	항공 운송업	79,042	3,764
H52	창고 및 운송관련 서비스업	24,439	2,444
I55	숙박업	24,801	800
J59	영상·오디오 기록물 제작 및 배급업	3,382	1,691
J60	방송업	1,883	377
J61	통신업	195,926	16,327
J62	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	10,581	882
J63	정보서비스업	4,849	539
K64	금융업	28,712	1,436
L68	부동산업	13,365	495
M70	연구개발업	11,596	504
M71	전문서비스업	12,628	3,157
O84	공공행정, 국방 및 사회보장 행정	386,941	2,706
P85	교육 서비스업	60,284	972
Q86	보건업	14,699	639
Q87	사회복지 서비스업	4,831	1,610
R91	스포츠 및 오락관련 서비스업	4,234	1,411
S94	협회 및 단체	5,247	1,749

- 2015~17년 동안 업종별 온실가스 배출량을 살펴보면, 배출량 총량과 사업장 평균 온실가스 배출량 모두 D35(전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업)이 가장 높음
- 업종별 배출량 총량은 C24(1차 금속 제조업), C23(비금속 광물제품 제조업), C20(코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업) 순으로 높음
- 업종별 사업장 평균 온실가스 배출량은 D35와 함께 C19(코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업)가 타 업종 대비 현저히 높음

표 11. 업종별 온실가스 배출량 현황

코드	업종명	온실가스 배출량(tCO ₂ e)	
		총량	평균
B05	석탄, 원유 및 천연가스 광업	591,217	118,243
B07	비금속광물 광업; 연료용 제외	1,761,287	135,484
C10	식료품 제조업	9,079,035	88,146
C11	음료 제조업	2,107,657	54,042
C12	담배 제조업	221,897	73,966
C13	섬유제품 제조업; 의복제외	2,633,520	46,202
C15	가죽, 가방 및 신발 제조업	78,454	15,691
C16	목재 및 나무제품 제조업; 가구제외	1,015,891	56,438
C17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	21,589,206	152,037
C18	인쇄 및 기록매체 복제업	83,051	27,684
C19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	92,647,204	4,411,772
C20	화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	152,915,196	461,979
C21	의료용 물질 및 의약품 제조업	820,783	48,281
C22	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	6,331,057	129,205
C23	비금속 광물제품 제조업	155,313,563	761,341
C24	1차 금속 제조업	330,670,724	995,996
C25	금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	1,236,154	39,876
C26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	80,941,547	419,386
C27	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	31,659	15,830
C28	전기장비 제조업	1,613,133	48,883
C29	기타 기계 및 장비 제조업	2,420,815	50,434
C30	자동차 및 트레일러 제조업	14,796,967	86,532
C31	기타 운송장비 제조업	7,853,577	151,030
D35	전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	820,152,508	5,094,115
D36	수도사업	2,315,312	257,257

코드	업종명	온실가스 배출량(tCO ₂ e)	
		총량	평균
E37	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	675,064	37,504
E38	폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	11,874,679	185,542
F41	종합 건설업	1,861,973	88,665
G46	도매 및 상품중개업	157,853	52,618
G47	소매업; 자동차 제외	6,966,491	278,660
H49	육상 운송 및 파이프라인 운송업	13,643,460	111,832
H50	수상 운송업	517,080	39,775
H51	항공 운송업	5,518,413	262,782
H52	창고 및 운송관련 서비스업	1,301,766	130,177
I55	숙박업	1,204,776	38,864
J59	영상·오디오 기록물 제작 및 배급업	168,786	84,393
J60	방송업	90,460	18,092
J61	통신업	9,547,877	795,656
J62	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	468,482	39,040
J63	정보서비스업	235,769	26,197
K64	금융업	1,847,075	92,354
L68	부동산업	651,179	24,118
M70	연구개발업	565,126	24,571
M71	전문서비스업	522,207	130,552
O84	공공행정, 국방 및 사회보장 행정	37,245,059	260,455
P85	교육 서비스업	2,806,872	45,272
Q86	보건업	677,050	29,437
Q87	사회복지 서비스업	237,472	79,157
R91	스포츠 및 오락관련 서비스업	213,810	71,270
S94	협회 및 단체	243,252	81,084

- 2015~17년 동안 특정 수질유해물질 가중배출량 총량은 C20(화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외)이 가장 높고 사업장 평균 가중배출량은 C14(의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업)으로 나타남
- 업종별 가중배출량 총량은 Q86(보건업), C26(전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신 장비 제조업), C14(의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업), C24(1차 금속 제조업) 순으로 높음
- 업종별 사업장 평균 가중배출량은 Q86(보건업), C20(화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외), C21(의료용 물질 및 의약품 제조업) 순으로 높음

표 12. 업종별 특정 수질유해물질 가중배출량 현황

코드	업종명	수질유해물질(kg)	
		총량	평균
B05	석탄, 원유 및 천연가스 광업	33	16
B06	금속 광업	760	430
B07	비금속광물 광업; 연료용 제외	242	85
C10	식품 제조업	224,839	4,447
C11	음료 제조업	80,350	5,769
C12	담배 제조업	256	43
C13	섬유제품 제조업; 의복제외	212,490	5,587
C14	의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	648,378	215,920
C16	목재 및 나무제품 제조업;가구제외	13	12
C17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	443,209	20,834
C18	인쇄 및 기록매체 복제업	3,110	13
C19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	175,703	28,015
C20	화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	19,188,392	126,214
C21	의료용 물질 및 의약품 제조업	316,743	99,990
C22	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	7,586	621
C23	비금속 광물제품 제조업	135,391	1,432
C24	1차 금속 제조업	613,529	6,657
C25	금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	60,054	692
C26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	1,105,264	8,374
C28	전기장비 제조업	73,859	8,755
C32	가구 제조업	5,874	4,057
D35	전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	17,122	1,718
D36	수도사업	59,053	2,178
E38	폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	326,322	14,091
G46	도매 및 상품중개업	185	85
H49	육상 운송 및 파이프라인 운송업	39,478	2,693
Q86	보건업	4,019,035	162,188
S96	기타 개인 서비스업	7,632	1,158

- 2014~16년 동안 업종별 폐기물 발생량을 살펴보면, 배출시설계 사업장 폐기물 발생량은 F(건설업)이 가장 높고, 지정 사업장 폐기물 발생량은 C24(1차 금속 제조업)이 가장 높은 것으로 나타남
- 배출시설계 사업장 폐기물 발생량 계산시 건설폐기물을 포함시킨 관계로 F(건설업)이 가장 높게 나옴

- 건설폐기물을 제외한 순수 배출시설계 사업장 폐기물 발생량으로는 C24(1차 금속 제조업), D(전기, 가스, 증기 및 수도사업), E(하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업) 순으로 높음
- 지정 사업장 폐기물 발생량은 C20(화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외), C26(전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업) 순으로 높음

표 13. 업종별 폐기물 발생량 현황

코드	업종명	폐기물(ton)	
		배출시설계	지정
A	농업, 임업 및 어업	1,573	-
B	광업	3,363	53
C10	식료품 제조업	18,613	113
C11	음료 제조업	2,283	14
C12	담배 제조업	103	9
C13	섬유제품 제조업; 의복제외	2,185	813
C14	의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	91	113
C15	가죽, 가방 및 신발 제조업	1,068	105
C16	목재 및 나무제품 제조업; 가구제외	2,537	13
C17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	19,476	335
C18	인쇄 및 기록매체 복제업	193	67
C19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	899	595
C20	화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	11,347	5,208
C21	의료용 물질 및 의약품 제조업	643	902
C22	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	4,159	799
C23	비금속 광물제품 제조업	17,997	1,020
C24	1차 금속 제조업	168,310	7,365
C25	금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	10,147	1,341
C26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	7,508	4,905
C27	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	216	13
C28	전기장비 제조업	914	505
C29	기타 기계 및 장비 제조업	1,469	352
C30	자동차 및 트레일러 제조업	3,328	1,229
C31	기타 운송장비 제조업	3,207	419
C32	가구 제조업	1,501	8
C33	기타 제품 제조업	10,774	169
D	전기, 가스, 증기 및 수도사업	92,072	469
E	하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업	76,364	-

코드	업종명	폐기물(ton)	
		배출시설계	지정
F	건설업	599,444	803
G	도매 및 소매업	2,270	194
H	운수업	881	410
I	숙박 및 음식점업	220	-
J	출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	128	-
K	금융 및 보험업	4	-
L	부동산업 및 임대업	360	-
M	전문, 과학 및 기술 서비스업	982	-
N	사업시설관리 및 사업지원 서비스업	1,335	-
O	공공행정, 국방 및 사회보장 행정	6,410	-
P	교육 서비스업	40	136
Q	보건업 및 사회복지 서비스업	265	-
R	예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	182	-
S	협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	1,275	-
T	가구 내 고용활동 및 달리 분류되지 않은 자가소비 생산활동	138	-

* 위 표에서 “-”는 공개된 발생량이 0인 업종을 의미함

- 2015~17년 동안 업종별 폐수 방류량 및 유기물질부하량을 살펴보면, 폐수 방류량 총량은 C26(전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업), 사업장 평균 폐수 방류량은 B05(석탄, 원유 및 천연가스 광업)이 가장 높고, 유기물질 부하량 총량은 C10(식품 제조업), 사업장 평균 유기물질 부하량은 C19(코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업)이 가장 높음
- 폐수 방류량 총량은 C13(섬유제품 제조업; 의복제외), C20(화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외), C17(펄프, 종이 및 종이제품 제조업) 순으로 높게 나타남
 - 사업장 평균 폐수 방류량은 C17(펄프, 종이 및 종이제품 제조업), C19(코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업), D35(전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업) 순으로 높은 것으로 확인됨
- 유기물질 부하량 총량은 C17(펄프, 종이 및 종이제품 제조업), C26(전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업), C13(섬유제품 제조업; 의복제외), C24(1차 금속 제조업) 순으로 높게 나타남
 - 사업장 평균 유기물질 부하량은 C17(펄프, 종이 및 종이제품 제조업), B05(석탄, 원유 및 천연가스 광업) 업종에서 높은 것으로 확인됨

표 14. 업종별 폐수 방류량 및 유기물질 부하량 현황

코드	업종명	폐수			
		폐수방류량		유기물질부하량	
		총량	평균	총량	평균
B05	석탄, 원유 및 천연가스 광업	168,781	1,489	759	5
B06	금속 광업	954	19	20	0
B07	비금속광물 광업; 연료용 제외	27,078	39	188	0
C10	식료품 제조업	843,142	67	9,288	1
C11	음료 제조업	269,568	220	1,003	1
C12	담배 제조업	7,389	325	15	1
C13	섬유제품 제조업; 의복제외	1,147,576	241	4,919	1
C14	의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	57,360	233	263	1
C15	가죽, 가방 및 신발 제조업	98	5	0	0
C16	목재 및 나무제품 제조업; 가구제외	3,568	11	21	0
C17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	1,040,963	985	5,701	5
C18	인쇄 및 기록매체 복제업	5,244	1	55	0
C19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	300,963	977	1,042	6
C20	화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	1,112,809	126	3,950	0
C21	의료용 물질 및 의약품 제조업	60,408	62	630	1
C22	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	48,433	11	381	0
C23	비금속 광물제품 제조업	410,182	39	1,611	0
C24	1차 금속 제조업	909,716	272	4,460	2
C25	금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	271,840	14	1,784	0
C26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	2,328,861	680	5,288	2
C28	전기장비 제조업	54,029	69	109	0
C32	가구 제조업	55,818	8	676	0
D35	전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	175,859	826	501	2
D36	수도사업	599,154	652	3,389	3
E38	폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	63,238	37	387	0
G46	도매 및 상품중개업	13,628	89	117	1
H49	육상 운송 및 파이프라인 운송업	391,483	7	3,895	0
Q86	보건업	49,413	18	364	0
S96	기타 개인 서비스업	59,741	49	735	1

3. 산업별 환경리스크 산출 결과

- Quartile 방식과 Clustering 방식에서 주성분분석을 통해 각각 산출된 가중치는 아래 <표 15>와 같음 (주성분분석 결과는 <부록 4> 참조)
 - 7개 환경성과 중 유해화학물질의 가중치가 두 방식에서 공통적으로 가장 높게 산출
 - Clustering에서는 온실가스의 가중치가 가장 낮으나(.132), Quartile에서는 특정 수질유해물질의 가중치가 가장 낮음(.138)
 - 두 방식 모두 폐기물과 폐수를 제외한 나머지 환경성과에서는 총량과 평균의 가중치가 대체로 0.5를 기준으로 비슷한 수치를 보이고 있음
 - 환경성과별로 총량과 평균의 가중치의 패턴이 서로 상이하게 나타나는 것은 주어진 데이터, 다시 말해서 환경성과의 각 분위 내 업종 수가 서로 상이하기 때문인 것으로 판단됨
 - 환경성과별로 분위 분포가 상이하어 요인분석에 의해 산출된 요인의 주성분의 고유치(eigenvalue)가 차별적으로 나타나 총 분산 대비 설명비율이 달라져 95% 설명비율을 맞추기 위하여 일부 또는 전체 주성분이 선별적으로 적용됨

표 15. Clustering 방식 및 Quartile 방식에서 요인분석에 의해 산출된 가중치

항목	구분	Quartile			Clustering		
		소항목 가중치	중항목 가중치	대항목 가중치	소항목 가중치	중항목 가중치	대항목 가중치
대기	총량	0.52		0.144	0.51		0.147
	평균	0.48			0.49		
온실가스	총량	0.52		0.143	0.46		0.132
	평균	0.48			0.54		
에너지	총량	0.54		0.14	0.53		0.146
	평균	0.46			0.47		
유해화학물질	총량	0.51		0.155	0.49		0.153
	평균	0.49			0.51		
수질	총량	0.5		0.138	0.48		0.141
	평균	0.5			0.52		
폐수	방류량	총량	0.5	0.139	0.62	0.51	0.142
		평균			0.4			0.38
	유기물질부하량	총량	0.5		0.58	0.49	
		평균			0.64			0.42
폐기물	배출시설계	총량		0.142	0.32		0.14
	지정	총량			0.58			0.68

- <표 16>의 k-means 군집분석 결과에서, 분위 내 동일한 업종 수를 할당하는 Quartile 방식에 비해 Clustering 방식에서는 분위 내 업종 수가 상이함을 알 수 있음
 - 특히 일부 환경성과에서는 환경리스크가 가장 높은 1분위에 상대적으로 많은 업종이 포함되어 있음

표 16. Clustering 방식에서 k-means 군집분석 결과 정리

구분		군집(분위) 중심 값 (업종 수)					
		1	2	3	4	5	
에너지	총량	6.362 (6)	5.279 (10)	4.405 (19)	3.506 (15)		
	평균	4.823 (2)	3.864 (7)	3.313 (18)	2.777 (23)		
온실가스	총량	8.281 (6)	7.046 (11)	6.056 (22)	5.137 (11)		
	평균	6.676 (2)	5.814 (5)	5.098 (22)	4.539 (21)		
유해 화학물질	총량	11.385 (9)	9.737 (13)	7.784 (4)	6.635 (4)		
	평균	9.587 (15)	8.200 (6)	6.886 (4)	5.764 (5)		
폐수	방류량	총량	3.688 (8)	2.950 (9)	2.361 (7)	1.385 (4)	
		평균	0.669 (4)	-0.068 (13)	-0.929 (10)	-1.778 (2)	
	유기물질 부하량	총량	5.809 (12)	4.807 (11)	3.651 (5)	1.991 (1)	
		평균	2.953 (6)	2.356 (6)	1.639 (10)	0.819 (7)	
대기	총량	11.490 (6)	10.447 (9)	8.891 (9)	6.252 (3)		
	평균	9.301 (16)	8.004 (5)	6.859 (4)	5.389 (2)		
폐기물	배출시설계	총량	4.735 (4)	3.285 (17)	2.157 (20)	0.625 (2)	
	지정	총량	3.281 (3)	2.334 (14)	1.564 (8)	0.575 (5)	
수질	총량	5.771 (12)	4.318 (10)	2.485 (4)	1.316 (2)		
	평균	5.161 (4)	3.937 (10)	3.061 (8)	1.482 (6)		
최종 분위	Clustering	1.509 (5)	2.463 (12)	3.147 (8)	3.959 (18)	4.717 (33)	
	Quartile	1.235 (3)	2.191 (9)	2.806 (9)	3.734 (19)	4.709 (36)	

* 환경성과(최종 분위)에 대한 k-means 군집분석 결과에서 군집 중심을 내림(올림)차순으로 정렬
 * 괄호 안의 값은 해당 군집(분위)의 업종 수를 의미함

□ 산업별 환경성과 데이터 유무 확인

- 산업별 환경성과 데이터의 유무에 대한 확인을 통하여 해당 산업이 환경성과 관련 법제의 적용을 받고 있는지를 알 수 있음
 - 다시 말해서, 해당 환경성과 데이터가 없는 산업은 그 환경성과에 대한 법제의 적용을 받지 않는 산업으로 간주할 수 있음
- 확인 결과, 폐기물은 U99(국제 및 외국기관)를 제외한 쏠 산업이 적용을 받고 있는 것으로 파악됨
- 특정 대기유해물질, 유해화학물질, 특정 수질유해물질, 폐수 데이터는 제조업 중심으로 적용을 받고 있고 비제조업 중 서비스업은 거의 적용을 받고 있지 않은 것으로 확인됨
 - S96(기타 개인 서비스업)에 포함되는 세탁업은 특정 수질유해물질, 폐기물, 폐수에 대한 데이터가 존재함
 - 비제조업 중 D36(수도사업), E38(폐기물 수집 운반, 처리 및 원료 재생업), G46(도매 및 상품중개업)은 모든 환경성과에 대한 데이터가 존재하는 것으로 확인되었으며, H52(창고 및 운송관련 서비스업)은 특정 수질유해물질과 폐수를 제외한 환경성과에서 데이터가 존재함

표 17. 업종별 환경성과 데이터 유무 확인

Code	A	B	C	D	E	F	G	Code	A	B	C	D	E	F	G	Code	A	B	C	D	E	F	G	Code	A	B	C	D	E	F	G
A01		O						C22	O	O	O	O	O	O	O	G45		O						L69		O					
A02		O						C23	O	O	O	O	O	O	O	G46	O	O	O	O	O	O	O	M70		O		O	O		
A03		O						C24	O	O	O	O	O	O	O	G47		O		O	O			M71		O		O	O		
B05	O	O		O	O			C25	O	O	O	O	O	O	O	H49	O	O		O	O	O		M72		O					
B06	O	O	O			O	O	C26	O	O	O	O	O	O	O	H50		O		O	O			M73		O					
B07	O	O		O	O	O		C27		O	O	O	O		O	H51		O		O	O			N74		O					
B08		O						C28	O	O	O	O	O	O	O	H52		O	O	O	O		O	N75		O					
C10	O	O	O	O	O	O	O	C29		O	O	O	O		O	I55		O		O	O			O84		O		O	O		
C11	O	O	O	O	O	O		C30		O	O	O	O		O	I56		O						P85		O		O	O		
C12	O	O		O	O			C31		O	O	O	O		O	J58		O						Q86	O	O		O	O	O	
C13	O	O	O	O	O	O	O	C32	O	O	O			O	O	J59		O		O	O			Q87		O		O	O		
C14	O	O	O			O	O	C33		O	O				O	J60		O		O	O			R90		O					
C15	O	O	O	O	O	O	O	D35	O	O	O	O	O	O	O	J61		O		O	O			R91		O		O	O		
C16	O	O	O	O	O	O	O	D36	O	O	O	O	O	O	O	J62		O		O	O			S94		O		O	O		
C17	O	O	O	O	O	O	O	E37		O	O	O	O			J63		O		O	O			S95		O					
C18	O	O	O	O	O		O	E38	O	O	O	O	O	O	O	K64				O	O			S96	O	O					O
C19	O	O	O	O	O	O	O	E39		O						K65								T97		O					
C20	O	O	O	O	O	O	O	F41		O		O	O			K66								T98		O					
C21	O	O	O	O	O	O	O	F42		O						L68		O		O	O			U99							

※ Code=KSIC 중분류, A=폐수, B=폐기물, C=유해화학물질, D=온실가스, E=에너지, F=수질, G=대기

- 위의 <표 17>과 환경부의 평가모형 중 환경성과를 소개한 <표 2>를 비제조업을 중심으로 비교한 결과, 건설업, 관광숙박업에서 차이를 보임
 - 건설업의 경우, 환경부의 평가모형에서는 온실가스와 에너지만을 고려하고 있으나 실제로 다량의 건설폐기물을 발생시키고 있어 건설폐기물 발생량에 대한 평가도 이루어지는 게 타당해 보임⁷⁾
 - 관광숙박업에 대해서는, 환경부 평가모형에서는 폐기물, 에너지, 온실가스, 수질오염물질, 유해화학물질에 대해 평가하고 있으나 수질오염물질과 유해화학물질에 대한 국가통계 데이터가 존재하지 않음

□ Clustering을 이용한 리스크 분위 결정(<표 18> 참조)

- C20(화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외)과 C26(전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업)이 가장 높은 종합 환경리스크를 보이고 있으며, 제조업(C10~C33)이 상대적으로 비제조업보다 종합 환경리스크가 높음을 알 수 있음
 - 제조업의 종합 환경리스크는 1~4분위까지 분포되어 있으며, 1분위에는 5개 업종(C19(코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업), C20(화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외), C23(비금속 광물제품 제조업), C24(1차 금속 제조업), C26(전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업))이, 4분위에는 3개 업종(C12(담배 제조업), C27(의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업), C32(가구 제조업))이 존재함
 - D35(전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업), D36(수도사업), E38(폐기물 수집 운반, 처리 및 원료재생업)을 제외한 나머지 비제조업의 종합 환경리스크 분위는 3~5분위에 분포되어 있음

□ Quartile을 이용한 리스크 분위 결정(<표 18> 참조)

- C20(화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외), C24(1차 금속 제조업), C26(전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업)이 가장 높은 종합 환경리스크를 보임
 - 제조업 중 환경리스크 2분위에 속한 업종은 C10(식품 제조업), C17(펄프, 종이

7) IFC의 사회 및 환경적 위험수준에서도 건설업의 폐기물에 대한 위험 수준이 'M' 임

및 종이제품 제조업), C19(코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업), C22(고무제품 및 플라스틱제품 제조업), C23(비금속 광물제품 제조업), C25(금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외), C30(자동차 및 트레일러 제조업)임

- Clustering 방식에서와 유사하게, D35(전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업), D36(수도사업), E38(폐기물 수집 운반, 처리 및 원료재생업)을 제외한 나머지 비제조업의 종합 환경리스크 분위는 4~5 분위에 분포되어 있음

표 18. Clustering과 Quartile을 이용한 업종별 환경리스크 산출 결과

Code	방식	A	B	C	D	E	F	G	TS	Q	Code	방식	A	B	C	D	E	F	G	TS	Q	Code	방식	A	B	C	D	E	F	G	TS	Q
A01	1	5	4	5	5	5	5	5	4.9	5	C29	1	5	2	1	4	3	5	1	3	3	J63	1	5	4	5	4	4	5	5	4.6	5
	2	5	4	5	5	5	5	5	4.9	5		2	5	3	1	3	3	5	1	3	3		2	2	5	5	5	5	4	4	5	5	4.7	5
A02	1	5	4	5	5	5	5	5	4.9	5	C30	1	5	2	1	3	2	5	1	2.7	2	K64	1	5	5	5	3	3	5	5	4.5	5
	2	5	4	5	5	5	5	5	4.9	5		2	5	1	1	2	2	5	1	2.4	2		2	5	5	5	2	3	5	5	4.3	5
A03	1	5	4	5	5	5	5	5	4.9	5	C31	1	5	2	1	3	2	5	1	2.7	2	K65	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	2	5	4	5	5	5	5	5	4.9	5		2	5	2	1	2	2	5	1	2.5	3		2	5	5	5	5	5	5	5	5	5
B05	1	3	3	5	3	4	5	5	3.6	4	C32	1	3	4	4	5	5	3	4	3.9	4	K66	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	2	3	3	5	2	4	4	5	3.5	4		2	4	4	4	5	5	3	4	4.2	4		2	5	5	5	5	5	5	5	5	5
B06	1	3	3	4	5	5	4	4	3.9	4	C33	1	5	3	1	5	5	5	2	3.7	4	L68	1	5	4	5	4	3	5	5	4.4	5
	2	3	3	4	5	5	4	4	4	4		2	5	2	2	5	5	5	2	3.7	4		2	5	4	5	4	4	4	5	5	4.6	5
B07	1	3	3	5	3	4	3	5	3.9	4	D35	1	2	2	4	1	1	2	5	2.6	2	L69	1	5	4	5	5	5	5	5	4.9	5
	2	3	3	5	2	4	4	5	3.7	4		2	2	2	4	1	1	3	5	2.6	3		2	5	4	5	5	5	5	5	5	4.9	5
B08	1	5	3	5	5	5	5	5	4.7	5	D36	1	1	2	3	3	3	2	3	2.6	2	M70	1	5	4	5	4	3	5	5	4.4	5
	2	5	3	5	5	5	5	5	4.7	5		2	1	2	3	1	1	2	3	2	2		2	2	5	4	5	4	4	5	5	4.6	5
C10	1	2	3	2	3	2	1	3	2.4	2	E37	1	5	4	4	4	4	5	5	4.4	5	M71	1	5	4	5	3	3	5	5	4.3	4
	2	2	2	3	2	2	2	4	2.5	2		2	5	3	4	4	4	5	5	4.3	5		2	2	5	5	4	4	4	4	4	4
C11	1	2	3	4	4	3	1	5	3.3	3	E38	1	3	4	2	3	3	2	2	2.7	2	M72	1	5	4	5	5	5	5	5	4.9	5
	2	2	3	4	3	3	2	5	3.2	3		2	3	3	2	1	4	2	2	2.3	2		2	5	4	5	5	5	5	5	5	4.9	5
C12	1	3	4	5	3	4	5	5	4	4	E39	1	5	4	5	5	5	5	5	4.9	5	M73	1	5	4	5	5	5	5	5	4.9	5
	2	3	4	5	3	3	4	5	3.9	4		2	5	3	5	5	5	5	5	4.7	5		2	5	4	5	5	5	5	5	5	4.9	5
C13	1	2	2	1	4	3	2	2	2.3	2	F41	1	5	2	5	3	3	5	5	4	4	N74	1	5	4	5	5	5	5	5	4.9	5
	2	2	2	3	3	3	2	3	2.6	3		2	5	2	5	2	2	5	5	3.7	4		2	5	4	5	5	5	5	5	5	4.9	5
C14	1	2	3	3	5	5	2	3	3.1	3	F42	1	5	2	5	5	5	5	5	4.6	5	N75	1	5	4	5	5	5	5	5	4.9	5
	2	2	3	4	5	5	2	4	3.5	4		2	5	2	5	5	5	5	5	4.6	5		2	5	4	5	5	5	5	5	5	4.9	5
C15	1	4	3	1	4	4	5	2	3.3	3	G45	1	5	3	5	5	5	5	5	4.7	5	O84	1	5	4	5	3	2	5	5	4.2	4
	2	4	4	2	4	4	5	2	3.5	4		2	5	3	5	5	5	5	5	4.7	5		2	5	4	5	1	1	5	5	3.7	4
C16	1	4	3	2	4	3	3	3	3.3	3	G46	1	3	3	3	4	4	4	4	3.6	4	P85	1	5	3	5	4	3	5	5	4.3	4
	2	4	3	3	3	2	4	3	3.1	3		2	3	3	4	3	3	4	4	3.4	4		2	5	3	5	3	3	5	5	4.2	4
C17	1	1	2	2	3	2	1	3	2.1	2	G47	1	5	3	5	3	2	5	5	4	4	Q86	1	3	4	5	4	3	1	5	3.6	4
	2	1	2	3	2	2	1	4	2.2	2		2	5	3	5	1	1	5	5	3.6	4		2	4	5	4	4	1	5	4	4	4
C18	1	4	3	1	4	4	5	2	3	3	H49	1	3	2	5	3	2	4	5	3.3	3	Q87	1	5	4	5	3	4	5	5	4.5	5
	2	4	4	3	4	4	4	2	3.6	4		2	3	3	5	2	2	3	5	3.3	4		2	5	5	5	3	3	5	5	4.4	5
C19	1	1	2	2	1	1	2	3	1.7	1	H50	1	5	2	5	4	4	5	5	4.3	4	R90	1	5	4	5	5	5	5	5	4.9	5
	2	1	2	3	1	1	2	3	1.9	2		2	5	3	5	4	4	5	5	4.4	5		2	5	5	5	5	5	5	5	5	5
C20	1	2	1	1	2	1	1	1	1.3	1	H51	1	5	2	5	3	2	5	5	3.9	4	R91	1	5	4	5	3	4	5	5	4.5	5
	2	2	1	1	1	1	1	1	1.1	1		2	5	3	5	1	1	5	5	3.6	4		2	5	5	5	3	3	5	5	4.4	5
C21	1	2	2	2	4	3	1	3	2.4	2	H52	1	5	2	1	3	3	5	2	3	3	S94	1	5	4	5	3	4	5	5	4.5	5
	2	3	2	3	3	3	1	3	2.7	3		2	5	3	2	2	2	5	2	3	3		2	5	4	5	3	3	5	5	4.3	5
C22	1	3	2	1	3	2	2	2	2.3	2	I55	1	5	4	5	4	3	5	5	4.4	5	S95	1	5	4	5	5	5	5	5	4.9	5
	2	4	2	2	2	2	3	2	2.4	2		2	5	5	5	4	3	5	5	4.6	5		2	5	4	5	5	5	5	5	5	4.9	5
C23	1	2	2	1	2	1	2	2	1.7	1	I56	1	5	4	5	5	5	5	5	4.9	5	S96	1	2	4	5	5	5	3	5	4.2	4
	2	3	1	2	1	1	3	2	1.9	2		2	5	5	5	5	5	5	5	5	5		2	3	4	5	5	5	3	5	4.3	5

Code	방식	A	B	C	D	E	F	G	TS	Q	Code	방식	A	B	C	D	E	F	G	TS	Q	Code	방식	A	B	C	D	E	F	G	TS	Q					
C24	1	2	1	1	2	1	1	1	1.4	1	J58	1	5	4	5	5	5	5	5	4.9	5	T97	1	5	4	5	5	5	5	5	4.9	5					
	2	1	1	1	1	1	2	1	1.1	1		2	5	5	5	5	5	5	5	5	5		5	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5				
C25	1	3	2	1	4	3	2	1	2.4	2	J59	1	5	4	5	3	4	5	5	4.5	5	T98	1	5	4	5	5	5	5	5	4.9	5					
	2	3	1	1	4	3	3	1	2.3	2		2	5	5	5	3	3	5	5	4.4	5		2	5	5	5	5	5	5	5	5	5					
C26	1	1	1	1	2	1	1	2	1.4	1	J60	1	5	4	5	4	4	5	5	4.6	5	U99	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5					
	2	1	1	1	1	1	2	3	1.4	1		2	5	5	5	4	4	5	5	4.7	5		2	5	5	5	5	5	5	5	5	5					
C27	1	5	4	3	4	4	5	3	4	4	J61	1	5	4	5	2	2	5	5	4	4																
	2	5	4	4	4	4	5	4	4.3	5		2	5	5	5	1	1	5	5	3.9	4																
C28	1	3	2	1	4	3	2	2	2.4	2	J62	1	5	4	5	4	3	5	5	4.4	5																
	2	3	2	2	3	3	2	3	2.6	3		2	5	5	5	4	3	5	5	4.6	5																

※ Code=KSIC 중분류, A=폐수, B=폐기물, C=유해화학물질, D=온실가스, E=에너지, F=수질, G=대기, 방식 1=clustering, 2=quartile, TS=종합점수, Q=최종 환경리스크 순위, 환경성과의 빈 칸은 5분위에 속함을 의미하며, 5분위는 데이터가 존재하지 않거나 배출량 및 발생량이 거의 없음을 의미함

□ 두 방식의 업종별 환경리스크 산출결과 비교

- 최종 환경리스크 순위에서 Clustering 방식이 Quartile 방식보다 더 엄격하게 분위를 산출함을 알 수 있음
 - Quartile 방식에서의 n 분위에 속한 업종들이 Clustering에서는 (n-1) 또는 n 분위에 속하고 있음(아래 <표 19> 참조)
 - Quartile 방식에서 5분위에 속한 업종 중 3개 업종은 Clustering 방식에서는 4분위로 산출되었는데, 이는 가중치의 차이에 따른 TS 값이 상이하게 산출되어 3개 업종은 Clustering 방식에서 Quartile 방식에서보다 더 높게 산출되었기 때문임
- 유해화학물질의 경우, Quartile 방식에서는 1분위에 속한 7개 업종이 속한 반면에 Clustering에서는 15개 업종이 1분위에 해당되는 것으로 산출됨
 - 이는 상위 15개 업종의 가중배출량이 타 업종 대비 현저히 높기 때문으로 Clustering 방식 적용의 필요성을 역설하고 있음
- 반대로 온실가스 배출량의 경우, Quartile 방식에서는 균등할당으로 인하여 1분위에 속한 각각 12개 업종이 속한 반면에 Clustering에서는 단 2개 업종이 1분위에 해당되는 것으로 산출됨
 - 상위 2개 업종의 배출량이 타 업종 대비 현저히 높기 때문으로 이 또한 Clustering 방식 적용의 필요성을 역설하고 있음
 - 에너지 사용량 또한 비슷한 경우로, 균등할당에서는 11개 업종이 1분위에 속하나 Clustering에서는 6개 업종만이 1분위에 속함

표 19. Clustering과 Quartile방식의 환경성과별 환경리스크 분위별 업종 수 비교

〈폐수〉								〈폐기물〉							
		Clustering					전체			Clustering					전체
		1	2	3	4	5				1	2	3	4	5	
Quartile	1	5	1	0	0	0	6	Quartile	1	3	3	0	0	0	6
	2	0	6	0	0	0	6		2	0	11	2	0	0	13
	3	0	3	8	0	0	11		3	0	5	11	3	0	19
	4	0	0	3	3	0	6		4	0	0	2	18	0	20
	5	0	0	0	0	47	47		5	0	0	0	14	4	18
전체		5	10	11	3	47	76	전체		3	19	15	35	4	76

〈유해 화학물질〉								〈온실가스 배출량〉							
		Clustering					전체			Clustering					전체
		1	2	3	4	5				1	2	3	4	5	
Quartile	1	7	0	0	0	0	7	Quartile	1	2	5	5	0	0	12
	2	6	1	0	0	0	7		2	0	0	12	0	0	12
	3	2	5	1	0	0	8		3	0	0	5	8	0	13
	4	0	0	3	5	0	8		4	0	0	0	13	0	13
	5	0	0	0	0	46	46		5	0	0	0	0	26	26
전체		15	6	4	5	46	76	전체		2	5	22	21	26	76

〈에너지 사용량〉								〈특정 수질유해물질〉							
		Clustering					전체			Clustering					전체
		1	2	3	4	5				1	2	3	4	5	
Quartile	1	6	4	1	0	0	11	Quartile	1	3	2	0	0	0	5
	2	0	6	4	0	0	10		2	1	7	0	0	0	8
	3	0	0	10	6	0	16		3	0	2	6	0	0	8
	4	0	0	4	9	0	13		4	0	0	2	5	0	7
	5	0	0	0	0	26	26		5	0	0	0	0	48	48
전체		6	10	19	15	26	76	전체		4	11	8	5	48	76

〈특정 대기유해물질〉								〈최종 환경리스크 분위〉							
		Clustering					전체			Clustering					전체
		1	2	3	4	5				1	2	3	4	5	
Quartile	1	6	0	0	0	0	6	Quartile	1	3	0	0	0	0	3
	2	0	7	0	0	0	7		2	2	7	0	0	0	9
	3	0	3	4	0	0	7		3	0	5	4	0	0	9
	4	0	0	4	3	0	7		4	0	0	4	15	0	19
	5	0	0	0	0	49	49		5	0	0	0	3	33	36
전체		6	10	8	3	49	76	전체		5	12	8	18	33	76

○ 두 방식에 의해 산출된 업종별 환경리스크에 대해 정준판별분석을 실시하여 판별력 (hit ratio)을 살펴본 결과, Clustering 방식이 97.4%, Quartile 방식이 98.7%로 나타나 두 방식 모두 높은 판별력을 갖는 것으로 나타남(<표 20> 참조, 상세한 판별분석 결과는 <부록 5> 참조)

- 두 방식 모두 4분위에서만 예측이 빗나간 경우가 발생하였으며, Clustering 방식에서는 두 업종이, Quartile 방식에서는 한 업종이 예측시 원래의 분위 값과 차이가 있는 것으로 나타남

표 20. 정준판별분석 예측 결과 비교

케이스 군집 번호			예측 소속집단					전체
			1	2	3	4	5	
원래값	빈도	1	5 (3)	0	0	0	0	5 (3)
		2	0	12 (9)	0	0	0	12 (9)
		3	0	0	8 (9)	0	0	8 (9)
		4	0	0	1 (0)	16 (18)	1 (1)	18 (19)
		5	0	0	0	0	33 (36)	33 (36)

셀 내에 하나의 값만 있는 경우에는 두 방식 공통적으로 적용되는 값(업종 수)이며, 셀 내에 두 값이 있는 경우 괄호가 없는 값은 Clustering 방식에서의 해당 업종 수를 의미하며 괄호 안의 값은 Quartile 방식에서의 해당 업종 수를 의미함

- 각 환경성과 및 종합 환경리스크의 분위 분포에 대하여 Pearson 카이제곱 검정을 실시한 결과, 쉰 환경성에서 두 방식에 의해 산출된 환경리스크 분위의 분포는 유의한 차이가 있음(p<.01)

표 21. 카이제곱 검정 결과

구분	Pearson 카이제곱 통계량
폐수	204.980***
폐기물	122.072***
유해 화학물질	176.700***
온실가스 배출량	164.493***
에너지 사용량	159.525***
특정 수질유해물질	190.339***
특정 대기유해물질	214.971***
최종 환경리스크 분위	174.041***

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

- 앞에서 업종별 환경성과 데이터의 유무를 살펴보았는데, 전체적으로 비교할 때, 환경성과의 경중에 따라 살펴보는 게 바람직함
- 다시 말해서, 환경성과가 경미한 업종은 환경성과 분석에서 제외하는 게 보다 효율적일 수도 있음
 - Clustering을 이용한 환경리스크 산출 결과에서 3분위 이상인 업종만을 고려한 결과는 아래 <표 22>와 같음

표 22. 산업별 환경성과 유무 (3분위 이상)

코드	폐수	폐기물	화학물질	온실가스	에너지	수질	대기	코드	폐수	폐기물	화학물질	온실가스	에너지	수질	대기
A01	.	.	.	.	.	.	.	G45	.	0	.	.	.	.	.
A02	.	.	.	.	.	.	.	G46	0	0	0	.	.	.	.
A03	.	.	.	.	.	.	.	G47	.	0	.	0	0	.	.
B05	0	0	.	0	.	.	.	H49	0	0	.	0	0	.	.
B06	0	0	.	.	.	.	.	H50	.	0	.	.	.	.	.
B07	0	0	.	0	.	0	.	H51	.	0	.	0	0	.	.
B08	.	0	.	.	.	.	.	H52	.	0	0	0	0	.	0
C10	0	0	0	0	0	0	0	I55	.	.	.	.	0	.	.
C11	0	0	.	.	0	0	.	I56	.	.	.	.	.	.	.
C12	0	.	.	0	.	.	.	J58	.	.	.	.	.	.	.
C13	0	0	0	.	0	0	0	J59	.	.	.	0	.	.	.
C14	0	0	0	.	.	0	0	J60	.	.	.	.	.	.	.
C15	.	0	0	.	.	.	0	J61	.	.	.	0	0	.	.
C16	.	0	0	.	0	0	0	J62	.	.	.	.	0	.	.
C17	0	0	0	0	0	0	0	J63	.	.	.	.	.	.	.
C18	.	0	0	.	.	.	0	K64	.	.	.	0	0	.	.
C19	0	0	0	0	0	0	0	K65	.	.	.	.	.	.	.
C20	0	0	0	0	0	0	0	K66	.	.	.	.	.	.	.
C21	0	0	0	.	0	0	0	L68	.	.	.	.	0	.	.
C22	0	0	0	0	0	0	0	L69	.	.	.	.	.	.	.
C23	0	0	0	0	0	0	0	M70	.	.	.	.	0	.	.
C24	0	0	0	0	0	0	0	M71	.	.	.	0	0	.	.
C25	0	0	0	.	0	0	0	M72	.	.	.	.	.	.	.
C26	0	0	0	0	0	0	0	M73	.	.	.	.	.	.	.
C27	.	.	0	.	.	.	0	N74	.	.	.	.	.	.	.
C28	0	0	0	.	0	0	0	N75	.	.	.	.	.	.	.
C29	.	0	0	.	0	.	0	O84	.	.	.	0	0	.	.
C30	.	0	0	0	0	.	0	P85	.	0	.	.	0	.	.
C31	.	0	0	0	0	.	0	Q86	0	.	.	.	0	0	.
C32	0	.	.	.	.	0	.	Q87	.	.	.	0	.	.	.
C33	.	0	0	.	.	.	0	R90	.	.	.	.	.	.	.
D35	0	0	.	0	0	0	.	R91	.	.	.	0	.	.	.
D36	0	0	0	0	0	0	0	S94	.	.	.	0	.	.	.

코드	폐수	폐기물	화학 물질	온실 가스	에너지	수질	대기	코드	폐수	폐기물	화학 물질	온실 가스	에너지	수질	대기
E37	S95	.	.	.	.	.	.	.
E38	0	.	0	0	0	0	0	S96	0	.	.	.	.	0	.
E39	T97	.	.	.	.	.	.	.
F41	.	0	.	0	0	.	.	T98	.	.	.	.	.	.	.
F42	.	0	.	.	.	.	.	U99	.	.	.	.	.	.	.

○ <표 18>의 결과를 1과 2분위는 ‘H’, 3분위는 ‘M’, 4와 5분위는 ‘L’로 각각 변환하여 IFC의 업종별 사회 및 환경적 위험을 보여주고 있는 <표 1>에서 공통적으로 다루고 있는 환경성과(에너지, 수질, 폐기물, 대기)의 리스크 수준을 비교한 결과, 53~62%의 일치율을 보임(<표 1>의 업종을 표준산업분류 중분류와 매칭하여 분석)

- ‘수질’과 ‘대기’는 IFC의 위험수준이 더 높거나 동일하였으며, ‘에너지’와 ‘폐기물’에서는 본 연구의 위험수준이 더 높거나 동일한 것으로 나타남
- 카이제곱 검정으로 두 위험수준의 차이를 살펴본 결과, 네 가지 환경성과 모두에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타남(p<.05)(<표 24> 참조)
- 이러한 차이가 발생한 원인은 아래와 같음
 - 분석 데이터의 제약 : 본 연구에서 분석된 데이터는 국가가 산업별로 또는 기업 및 사업장별로 공개한 것으로, 일부 환경성과에서는 데이터의 공개가 이루어지지 않고 있는 실정→분석가능한 수준의 정보 공개 필요
 - 산업 특성의 차이 : 크게 동일 산업으로 분류되더라도 세부적으로 살펴보면 산업의 특성이 다를 가능성이 존재함(예를 들어 목재제조업의 경우 우리나라는 목재 제품 제조업 중심이나 외국은 벌목 및 판재 제조업 중심임)

표 23. 본 연구의 리스크 분위와 IFC의 위험 수준

코드	항목명	본 분석				IFC			
		에너지	수질	폐기물	대기	에너지	수질	폐기물	대기
A01	농업	L	L	L	L	M	H	L	L
A02	임업	L	L	L	L	L	M	L	L
A03	어업	L	L	L	L	L	M	L	L
B05	석탄, 원유 및 천연가스 광업	L	L	M	L	M	H	M	M
B06	금속 광업	L	L	M	L	M	H	M	M
B07	비금속광물 광업; 연료용 제외	L	M	M	L	M	H	M	M
B08	광업 지원 서비스업	L	L	M	L	M	H	M	M
C10	식품 제조업	H	H	M	M	L	M	L	M
C11	음료 제조업	M	H	M	L	L	M	L	M
C12	담배 제조업	L	L	L	L	L	M	L	M

코드	항목명	본 분석				IFC			
		에너지	수질	폐기물	대기	에너지	수질	폐기물	대기
C13	섬유제품 제조업; 의복제외	M	H	H	H	M	H	M	M
C14	의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	L	H	M	M	M	H	M	M
C15	가죽, 가방 및 신발 제조업	L	L	M	H	L	H	M	L
C16	목재 및 나무제품 제조업; 가구제외	M	M	M	M	M	M	M	M
C17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	H	H	H	M	H	H	M	M
C18	인쇄 및 기록매체 복제업	L	L	M	H	L	M	M	M
C19	코르크, 연탄 및 석유정제품 제조업	H	H	H	M	H	H	M	M
C20	화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	H	H	H	H	M	H	H	H
C21	의료용 물질 및 의약품 제조업	M	H	H	M	M	H	M	M
C22	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	H	H	H	H	M	H	H	H
C23	비금속 광물제품 제조업	H	H	H	H	H	L	M	H
C24	1차 금속 제조업	H	H	H	H	H	M	H	H
C25	금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	M	H	H	H	M	H	H	M
C26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	H	H	H	H	M	H	M	M
C27	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	L	L	L	M	M	H	M	M
C28	전기장비 제조업	M	H	H	H	M	H	M	M
C29	기타 기계 및 장비 제조업	M	L	H	H	M	H	H	M
C30	자동차 및 트레일러 제조업	H	L	H	H	M	H	H	M
C31	기타 운송장비 제조업	H	L	H	H	M	H	H	M
C32	가구 제조업	L	M	L	L	L	L	L	L
C33	기타 제품 제조업	L	L	M	H	L	L	L	L
D35	전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	H	H	H	L	H	M	M	H
D36	수도사업	M	H	H	M	L	L	L	L
E37	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	L	L	L	L	M	H	H	H
E38	폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	M	H	L	H	M	H	H	H
E39	환경 정화 및 복원업	L	L	L	L	M	H	H	H
F41	종합 건설업	M	L	H	L	L	L	M	M
F42	전문직별 공사업	L	L	H	L	L	L	M	M
G45	자동차 및 부품 판매업	L	L	M	L	L	L	L	L
G46	도매 및 상품중개업	L	L	M	L	L	L	L	L
G47	소매업; 자동차 제외	H	L	M	L	L	H	M	M
H49	육상운송 및 파이프라인 운송업	H	L	H	L	H	M	L	H
H50	수상 운송업	L	L	H	L	H	M	L	H
H51	항공 운송업	H	L	H	L	H	M	L	H
H52	창고 및 운송관련 서비스업	M	L	H	H	H	M	L	H
I55	숙박업	M	L	L	L	M	M	M	L
I56	음식점 및 주점업	L	L	L	L	M	M	M	L
J58	출판업	L	L	L	L	L	M	M	M
J59	영상·오디오 기록물 제작 및 배급업	L	L	L	L	L	M	M	M
J60	방송업	L	L	L	L	L	L	L	L
J61	통신업	H	L	L	L	L	L	L	L
J62	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	M	L	L	L	L	L	L	L
J63	정보서비스업	L	L	L	L	L	L	L	L
K64	금융업	M	L	L	L	L	L	L	L
K65	보험 및 연금업	L	L	L	L	L	L	L	L
K66	금융 및 보험 관련 서비스업	L	L	L	L	L	L	L	L
L68	부동산업	M	L	L	L	L	L	L	L
L69	임대업; 부동산 제외	L	L	L	L	L	L	L	L
M70	연구개발업	M	L	L	L	L	L	L	L
M71	전문서비스업	M	L	L	L	L	L	L	L
M72	건축기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업	L	L	L	L	L	L	L	L
M73	기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	L	L	L	L	L	L	L	L

코드	항목명	본 분석				IFC			
		에너지	수질	폐기물	대기	에너지	수질	폐기물	대기
N74	사업시설 관리 및 조경 서비스업	L	L	L	L	L	L	L	L
N75	사업지원 서비스업	L	L	L	L	L	L	L	L
O84	공공행정, 국방 및 사회보장 행정	H	L	L	L	L	L	L	L
P85	교육 서비스업	M	L	M	L	L	L	L	L
Q86	보건업	M	H	L	L	L	L	L	L
Q87	사회복지 서비스업	L	L	L	L	L	L	L	L
R90	창작, 예술 및 여가관련 서비스업	L	L	L	L	M	M	M	L
R91	스포츠 및 오락관련 서비스업	L	L	L	L	M	M	M	L
S94	협회 및 단체	L	L	L	L	L	L	L	L
S95	수리업	L	L	L	L	L	L	L	L
S96	기타 개인 서비스업	L	M	L	L	L	H	M	M
T97	가구내 고용활동	L	L	L	L	L	L	L	L
T98	달리 분류되지 않은 자가소비를 위한 가구의 재화 및 서비스 생산활동	L	L	L	L	L	L	L	L
U99	국제 및 외국기관	L	L	L	L	L	L	L	L

표 24. 본 연구의 리스크 분위와 IFC의 위험 수준 비교결과

구분	에너지	수질	폐기물	대기
본 연구의 리스크 분위가 IFC의 환경적 위험수준보다 낮음	14	28	11	18
본 연구의 리스크 분위가 IFC의 환경적 위험수준과 동일함	43	40	44	47
본 연구의 리스크 분위가 IFC의 환경적 위험수준보다 높음	19	8	21	11
카이제곱 통계량	22.114***	10.919**	21.361***	25.363***

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

V 결론

- 국가 통계를 이용하여, 쏠 산업에 대하여 환경성과별 배출량(발생량, 사용량) 등 확인 및 산업별 환경리스크 산출
 - 정부에서 정기적으로 공개 및 발간하고 있는 정보만을 사용하여 산업별 환경리스크 산출
 - 사용 데이터에 대한 객관성 및 공신력 확보
 - 향후 산업별 환경리스크의 지속적 업데이트 가능

- 국내에서 처음으로 환경성과 데이터에 기초한 산업별 환경리스크 산출 시도
 - 기존의 설문방식(AHP, Delphi 등)을 사용하지 않고 객관적인 환경성과 데이터를 이용하여 산업별 환경리스크를 산출함으로써 주관적 개입 최대한 배제
 - 아울러 최신 데이터를 이용한 최근 추세 반영이 상대적으로 용이

- Clustering이 빈도수 기준 균등할당 Quartile보다 분위 구분 측면에서 더 우월
 - 환경성과 데이터의 분포가 균일하지 않아 Clustering을 적용하는 게 더 합리적이며 더 효과적임
 - 특히 유해화학물질, 온실가스, 에너지 등의 환경성과에서 상위 업종들의 배출량 또는 사용량이 현저히 높은 것으로 나타나 상대적으로 더 엄격하게 분위 구분을 할 수 있는 Clustering 기법 적용의 필요성이 강조됨
 - 본 분석결과와 IFC의 사회 및 환경적 위험을 비교한 결과, ‘수질’과 ‘대기’는 IFC의 위험수준이 더 높거나 동일하였으며, ‘에너지’와 ‘폐기물’에서는 본 연구의 위험수준이 더 높거나 동일한 것으로 나타남

- 아울러 환경부의 환경경영평가모형과 비교한 결과, 건설업의 경우, 환경부의 평가모형에서는 온실가스와 에너지만을 고려하고 있으나 실제로 다량의 건설폐기물을 발생시키고 있어 건설폐기물 발생량에 대한 평가도 이루어지는 게 타당해 보임
 - 또한 관광숙박업에 대해서는, 환경부 평가모형에서는 폐기물, 에너지, 온실가스, 수질오염물질, 유해화학물질에 대해 평가하고 있으나 수질오염물질과 유해화학물질에 대한 국가통계 데이터가 존재하지 않음

□ 본 연구의 제한점은 아래와 같음

- 용수 사용량에 대한 공개 정보가 없어 본 분석에 포함하지 못했음
 - 향후 산업별 용수 사용량에 대한 국가 통계가 공개되면 포함 가능
- 폐기물 발생량 정보는 사업장 수 정보가 없어 사업장 평균 발생량을 산출하지 못하고 산업별 발생량 총량만 사용하였음
- 미세먼지, VOCs 등 대기오염물질 발생량 통계에서 명확한 업종 구분 필요
 - 일부는 업종 구분이 되어 있으나 일부는 배출시설로 되어 있어 산업별 데이터를 추출하는 데 한계가 있음
 - 따라서 배출시설과는 별도로 산업구분을 하는 게 분석에 용이함
- 환경성과별로 데이터 해당 년도가 각각 상이
 - 본 분석에서 최근 3년 동안의 환경성과 데이터를 이용하였으나, 환경성과별로 데이터 공개시점이 상이하야 연도 기준 데이터 매칭이 힘들
 - 보다 나은 분석을 위해서는 연도 기준 데이터 매칭을 통해 연도별 분석을 통해 최근 추세를 살펴보고 반영하는 게 필요함
- 보다 나은 분석을 위해서는 기업 및 사업장 단위의 환경성과 데이터에 대한 접근 필요
 - 본 분석에서 사용된 환경성과(유해화학물질 제외) 데이터는 기업 및 사업장 단위의 데이터를 업종별로 정리한 것으로 보다 세밀한 분석을 위해서는 기업 및 사업장 단위의 환경성과 데이터 필요
 - 정부는 환경성과 데이터를 공개하여 민간에서 적극 활용하고 참고하여 환경에 대한 인식을 보다 개선할 수 있도록 해야 함

참고 문헌

I 국내문헌

- 오덕교, “유해화학물질 배출량에 대한 산업리스크 산출”, KCGS 연구보고서 2018-04, 2018.12.
온실가스종합정보센터(www.gir.go.kr)
- 조홍준, 안유정, 이주희, 김영민(2019), “k-means를 이용한 토지 거래사례 선정범위 분석”,
한국데이터정보과학회지 30(3), 525-537.
- 한국기업지배구조원, “2018년 환경평가모형”, 2018.
- 한국환경산업기술원, “녹색기업 지정을 위한 녹색경영보고서 작성 가이드라인”, 2015.3.
- 한신대학교, “기업 기술력평가 표준모형을 이용한 지수 개발”, 2006.2, pp. 15-16.
- 허명희, 이용구 (2004), “K-평균 군집화의 재현성 평가 및 응용”, 응용통계연구 제17권 1호,
135-144.
- 화학물질 배출·이동량 정보(ICIS.me.go.kr)
- 환경부, “2011년 대기오염물질 배출량 통계(시군구별 배출원 소분류별, 연료별)”, 2013.
- 환경부, “2012년 대기오염물질 배출량 통계(시군구별 배출원 소분류별, 연료별)”, 2014.
- 환경부, “2013년 대기오염물질 배출량 통계(시군구별 배출원 소분류별, 연료별)”, 2015.
- 환경부, “2014년 대기오염물질 배출량 통계(시군구별 배출원 소분류별, 연료별)”, 2016.
- 환경부, “2015년 대기오염물질 배출량 통계(시군구별 배출원 소분류별, 연료별)”, 2017.
- 환경부, “2016년 대기오염물질 배출량 통계(시군구별 배출원 소분류별, 연료별)”, 2018.
- 환경부, 국립환경과학원, “2014 공장폐수의 발생과 처리”, 2014.
- 환경부, 국립환경과학원, “2015 산업폐수의 발생과 처리: 환경오염 배출업소 조사결과(2013년
12월말 기준)”, 2015.
- 환경부, 국립환경과학원, “2016 산업폐수의 발생과 처리: 환경오염 배출업소 조사결과(2014년
12월말 기준)”, 2016.
- 환경부, 국립환경과학원, “2017 산업폐수의 발생과 처리: 환경오염 배출업소 조사결과(2015년

- 12월말 기준)”, 2017.
- 환경부, 국립환경과학원, “2018 산업폐수의 발생과 처리: 환경오염 배출업소 조사결과(2016년 12월말 기준)”, 2018.
- 환경부, 국립환경과학원, “2019 산업폐수의 발생과 처리: 환경오염 배출업소 조사결과(2017년 기준)”, 2019.
- 환경부, 한국환경공단, “전국 폐기물 발생 및 처리현황(2012년도)”, 2013.
- 환경부, 한국환경공단, “전국 폐기물 발생 및 처리현황(2013년도)”, 2014.
- 환경부, 한국환경공단, “전국 폐기물 발생 및 처리현황(2014년도)”, 2015.
- 환경부, 한국환경공단, “전국 폐기물 발생 및 처리현황(2015년도)”, 2016.
- 환경부, 한국환경공단, “전국 폐기물 발생 및 처리현황(2016년도)”, 2017.
- 환경부, 한국환경공단, “전국 폐기물 발생 및 처리현황(2017년도)”, 2018.
- 환경부, 한국환경공단, “지정폐기물 발생 및 처리현황(2012년도)”, 2013.
- 환경부, 한국환경공단, “지정폐기물 발생 및 처리현황(2013년도)”, 2014.
- 환경부, 한국환경공단, “지정폐기물 발생 및 처리현황(2014년도)”, 2015.
- 환경부, 한국환경공단, “지정폐기물 발생 및 처리현황(2015년도)”, 2016.
- 환경부, 한국환경공단, “지정폐기물 발생 및 처리현황(2016년도)”, 2017.
- 환경부, 한국환경공단, “지정폐기물 발생 및 처리현황(2017년도)”, 2018.

I 해외문헌

- Boutsidis, Christos, Michael W. Mahoney, Petros Drineas (2009), “Unsupervised feature Selection for the k-means Clustering problem”, NIPS’09: Proceedings of the 22nd International Conference on Neural Information Processing Systems (December 2009), pp. 153-161.
- Environmental Protection Agency, “EPA’s Risk-Screening Environmental Indicators (RSEI) Methodology (RSEI Version 2.3.6)”, 2018. 1.
- Johnson, Richard A., Dean W. Wichern, “Applied Multivariate Statistical Analysis”, 5th edition,

Prentice Hall: NJ, 2002.

MacQueen J. B. (1967), “Some methods for classification and analysis of multivariate observations” , Proceedings of 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, pp. 281-297.

Ordonez, Carlos (2006), “Integrating k-means clustering with a relational DBMS using SQL” , Transactions on Knowledge and Data Engineering(IEEE) 18(2), pp. 188-201.

Steinley, Douglas (2006), “k-means clustering: a half century synthesis” , British Journal of Mathematical and Statistical Psychology 59, pp. 1-34.

Tatiraju, Suman, Avi Metha (2008), “Image segmentation using k-means clustering, EM and normalized cuts” , University of California Irvine.

〈부록 1〉 녹색기업 지정을 위한 환경경영 평가모형

대항목	중항목	제조업 일반	전기 전자	제지	플라스틱, 고무, 섬유	자동차, 기계	식료품	석유, 화학, 금속	비 제조업 일반	발전업	건설업	유통업	운송업 (본사/ 지사)	운송업 (정비소)	금융업	관광 숙박업
녹색 경영 체제 구축 현황	전사적 녹색경영 비전 수립 및 경영자 의지	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	녹색경영 추진조직 및 책임과 권한	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	녹색경영 인식확산 및 교육훈련	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
	조직 내 효과적인 의사소통 시스템 구축, 운영	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
	녹색경영 활동 측정, 모니터링 및 조치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	내부 심사 및 시정 조치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	경영자 검토 및 시행	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
녹색 경영 목표 수립 및 기 업간 협력	녹색경영 목표 및 계획 수립	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	녹색경영 투자계획	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
	녹색경영 실천을 위한 기업간 협력	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0
자원 및 에 너지	투입 및 배출물질에 대한 물질수지 관리 활동	0	0	0	0	0	0	0		0						
	용수사용 현황 및 절감 활동	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0		0		0
	사업장 폐기물 발생 현황 및 저감활동	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0		0	0	0
	폐기물 처리, 회수 및 자원순환 활동		0	0		0	0					0				
	사업장(본사) 에너지 사용 현황 및 절감활동	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	제품 에너지효율 향상 활동		0			0										
	사업장 신재생에너지 적용 활동	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0		0		
	제품 신재생에너지 적용 활동					0										
온실 가스 및 환 경 오염	사업장(본사) 온실가스 배출 현황 및 저감활동	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
	제품 온실가스 배출 현황 및 저감활동		0	0	0	0	0	0								
	실내 환경오염물질 저감활동								0			0				0
	오존층 파괴물질 사용현황	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0		0		0
	환경오염 모니터링 시스템 구축	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0		0		

대항목	중항목	제조업 일반	전기 전자	제지	플라스틱, 고무, 섬유	자동차, 기계	식료품	석유, 화학, 금속	비 제조업 일반	발전업	건설업	유통업	운송업 (본사/ 지사)	운송업 (정비소)	금융업	관광 숙박업
	사업활동 주변 환경영 향분석 및 생태계환경 의 친환경적 관리	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	대기오염물질 배출 현황 및 저감활동	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0		
	자동차 배기가스 저 감 활동					0										
	수질오염물질 배출 현황 및 저감활동	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0		0		0
	토양, 지하수 관리현 황 및 오염방지 활동	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	소음·진동·악 취·VOCs 관리현 황 및 저감활동	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0		
	사업장 내 유해화학 물질 사용현황 및 절 감활동	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0		0		0
	제품 내 유해물질 미 함유 및 대체 활동		0	0	0	0	0	0								
녹색 제품 및 서비스	녹색제품·서비스 개발 절차 및 마케팅	0	0	0	0	0	0	0	0			0				
	내부 녹색구매 규정 및 방침	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0
	친환경건축물 설계										0					
	녹색금융 기반 구축														0	
	녹색금융 지원 및 환 경리스크 관리													0		
환경 정보 공개 및 이해 관계자 대 응	녹색경영정보 공개	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
	환경법규 준수	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
	제품 서비스 공급과 사용에 관계된 법률 준수	0	0	0	0	0	0	0				0				
	지역사회 환경보전 활동 지원 및 협력	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
	사회적 약자 금융지원														0	

출처: 한국환경산업기술원 (2015)

〈부록 2〉 제9차 표준산업분류 중분류 코드 및 산업명

산업분류코드	산업명
A01	농업
A02	임업
A03	어업
B05	석탄, 원유 및 천연가스 광업
B06	금속 광업
B07	비금속광물 광업; 연료용 제외
B08	광업 지원 서비스업
C10	식품 제조업
C11	음료 제조업
C12	담배 제조업
C13	섬유제품 제조업; 의복제외
C14	의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업
C15	가죽, 가방 및 신발 제조업
C16	목재 및 나무제품 제조업; 가구제외
C17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업
C18	인쇄 및 기록매체 복제업
C19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업
C20	화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외
C21	의료용 물질 및 의약품 제조업
C22	고무제품 및 플라스틱제품 제조업
C23	비금속 광물제품 제조업
C24	1차 금속 제조업
C25	금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외
C26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업
C27	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업
C28	전기장비 제조업
C29	기타 기계 및 장비 제조업
C30	자동차 및 트레일러 제조업
C31	기타 운송장비 제조업
C32	가구 제조업
C33	기타 제품 제조업
D35	전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업
D36	수도사업
E37	하수, 폐수 및 분뇨 처리업
E38	폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업
E39	환경 정화 및 복원업
F41	종합 건설업
F42	전문직별 공사업

산업분류코드	산업명
G45	자동차 및 부품 판매업
G46	도매 및 상품중개업
G47	소매업; 자동차 제외
H49	육상운송 및 파이프라인 운송업
H50	수상 운송업
H51	항공 운송업
H52	창고 및 운송관련 서비스업
I55	숙박업
I56	음식점 및 주점업
J58	출판업
J59	영상·오디오 기록물 제작 및 배급업
J60	방송업
J61	통신업
J62	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업
J63	정보서비스업
K64	금융업
K65	보험 및 연금업
K66	금융 및 보험 관련 서비스업
L68	부동산업
L69	임대업; 부동산 제외
M70	연구개발업
M71	전문서비스업
M72	건축기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업
M73	기타 전문, 과학 및 기술 서비스업
N74	사업시설 관리 및 조경 서비스업
N75	사업지원 서비스업
O84	공공행정, 국방 및 사회보장 행정
P85	교육 서비스업
Q86	보건업
Q87	사회복지 서비스업
R90	창작, 예술 및 여가관련 서비스업
R91	스포츠 및 오락관련 서비스업
S94	협회 및 단체
S95	수리업
S96	기타 개인 서비스업
T97	가구내 고용활동
T98	달리 분류되지 않은 자가소비를 위한 가구의 재화 및 서비스 생산활동
U99	국제 및 외국기관

<부록 3> 유해화학물질, 특정 대기/수질 유해물질의 ITW 및 OTW

No.	물질명	ITW	OTW	유해 화학 물질 (1=해당)	대기 오염 물질 (1=해당)	수질 오염 물질 (1=해당)	특정 대기 유해 물질 (1=해당)	특정 수질 유해 물질 (1=해당)
1	다이옥신	1400000000	1400000000	-	1	-	1	-
2	벤지딘	240000000	230000000	-	1	-	1	-
3	석면	165000000.	0	1	1	-	1	-
4	크롬및그화합물	43000000	500000	1	1	1	1	-
5	수산화 트리페닐주석	18000000	18000000	1	-	-	-	-
6	히드라진	18000000	3000000	1	1	-	1	-
7	황산 히드라진	18000000	3000000	1	-	-	-	-
8	코발트 및 그 화합물	17000000	0.00	1	-	-	-	-
9	비소 및 그 화합물	15000000	1500000	1	1	1	1	1
10	직접염료 브라운 95	9300000	9300000	1	-	-	-	-
11	3,3'-디메틸베지딘	9200000	9200000	1	-	-	-	-
12	직접염료 블랙 38	8600000	8600000	1	-	-	-	-
13	베릴륨 및 그 화합물	8600000	500	1	1	-	1	-
14	직접염료 블루 6	8100000	8100000	1	-	-	-	-
15	카드뮴 및 그 화합물	6400000	2000	1	1	1	1	1
16	p-디메틸아미노아조벤젠	4600000	4600000	1	-	-	-	-
17	2,4-디아미노톨루엔	3900000	3200000	1	-	-	-	-
18	디아미노톨루엔	3900000	3200000	1	-	-	-	-
19	1,1-디메틸히드라진	3600000	460000	1	-	-	-	-
20	퀴놀린	3000000	3000000	1	-	-	-	-
21	1,3-프로판 술통	2500000	2500000	1	-	-	-	-
22	1,2-디브로모에탄	2100000	2000000	1	-	-	-	-
23	4,4'-메틸렌디아닐린	1600000	1600000	1	-	-	-	-
24	3,3'-디클로로-4,4'-디아미노 디페닐 메탄	1500000	100000	1	-	-	-	-
25	황산 디에틸	1200000	1200000	1	-	-	-	-
26	3,3'-디클로로벤지딘	1200000	450000	1	-	-	-	-
27	메틸히드라진	1100000	1100000	1	-	-	-	-
28	클로로프렌	1100000	50	1	-	-	-	-
29	우레탄	1000000	1000000	1	-	-	-	-
30	티오우레아	1000000	1000000	1	-	-	-	-
31	니켈 및 그 화합물	930000	91	1	1	1	1	-
32	아미트롤	680000	680000	1	-	-	-	-
33	2,6-디니트로톨루엔	680000	680000	1	-	-	-	-
34	브롬산 칼륨	500000	500000	1	-	-	-	-
35	아크릴아미드	360000	500000	1	-	1	-	1
36	폴리클로리네이티드 비페닐	360000	2000000	-	1	1	-	1
37	2,4-디니트로톨루엔	320000	1000	1	-	-	-	-
38	산화 에틸렌	310000	220000	1	-	-	1	-
39	요오드화 메틸	290000	290000	1	-	-	-	-
40	아크릴로니트릴	240000	540000	1	1	1	1	1
41	쿠페론	230000	220000	1	-	-	-	-

No.	물질명	ITW	OTW	유해 화학 물질 (1=해당)	대기 오염 물질 (1=해당)	수질 오염 물질 (1=해당)	특정 대기 유해 물질 (1=해당)	특정 수질 유해 물질 (1=해당)
42	크로톤알데히드	190000	190000	1	-	-	-	-
43	o-톨루이딘	180000	240000	1	-	-	-	-
44	염화 벤질	180000	170000	1	-	-	-	-
45	아크롤레인	180000	2000	1	1	-	-	-
46	p-크레시딘	150000	150000	1	-	-	-	-
47	니트로벤젠	140000	500	1	-	-	-	-
48	4,4'-디아미노디페닐 에테르	140000	140000	1	-	-	-	-
49	p-클로로아닐린	110000	110000	1	-	-	-	-
50	1,3-부타디엔	110000	110000.	1	1	-	1	-
51	브롬화 비닐	110000	110000	1	-	-	-	-
52	1,2-디클로로에탄	93000	91000	1	1	1	1	1
53	포스포트리티오산 S,S,S-트리 부틸	84000	84000	1	-	-	-	-
54	클로로포름	82000	6100	1	1	1	1	-
55	브로모디클로로메탄	62000	62000	1	-	-	-	-
56	하이드로퀴논	60000	60000	1	-	-	-	-
57	마넨브	60000	60000	1	-	-	-	-
58	레스메트린	56000	56000	1	-	-	-	-
59	말로노니트릴	50000	50000	1	-	-	-	-
60	인	50000	50000	1	1	1	-	1
61	다이소사이안 톨루엔(2,4-,2,6-,혼합 이성질체 혼합물)	50000	39000	1	-	-	-	-
62	포름알데히드	46000	5	1	1	1	1	1
63	에틸렌티오우레아	46000	60000	1	-	-	-	-
64	4,4'-메틸렌 비스(N,N-디메 틸) 벤젠아민	46000	46000	1	-	-	-	-
65	파라티온	33000	33000	1	-	-	-	-
66	염화 비닐	31000	1500000	1	1	1	1	1
67	벤젠	28000	55000	1	1	1	1	1
68	프로나미드	26000	26000	1	-	-	-	-
69	2,4-디아미노아니솔	24000	24000	1	-	-	-	-
70	납 및 그 화합물	23000	18000	1	1	1	1	1
71	염소	23000	10	1	1	1	1	-
72	사염화 탄소	21000	70000	1	1	1	1	1
73	2-니트로프로판	20000	20000	1	-	-	-	-
74	프로페노포스	20000	20000	1	-	-	-	-
75	티오디캡	19000	19000	1	-	-	-	-
76	헥사클로로시클로펜타디엔	18000	170	1	-	-	-	-
77	o-아니시딘	18000	80000	1	-	-	-	-
78	1,4-디옥산	18000	100000	1	-	1	-	1
79	안티몬 및 그 화합물	18000	2500	1	1	1	-	1
80	펜타클로로페놀	18000	400000	-	-	1	-	1
81	트리클로로에틸렌	15000	4600	1	1	1	1	1
82	펜티온	14000	14000	1	-	-	-	-
83	헥사클로로에탄	14000	40000	1	-	-	-	-

No.	물질명	ITW	OTW	유해 화학 물질 (1=해당)	대기 오염 물질 (1=해당)	수질 오염 물질 (1=해당)	특정 대기 유해 물질 (1=해당)	특정 수질 유해 물질 (1=해당)
84	3,3'-디메톡시벤지딘	14000	14000	1	-	-	-	-
85	1,3-디클로로프로펜	14000	100000	1	-	-	-	-
86	산화 프로필렌	13000	240000	1	1	-	1	-
87	포스겐	12000	12000	1	-	-	-	-
88	나프탈렌	12000	50	1	-	1	-	1
89	1,2,3-트리클로로프로판	12000	30000000	1	-	-	-	-
90	알릴 알코올	12000	200	1	-	-	-	-
91	망간 및 그 화합물	12000	7.10	1	1	1	-	-
92	수은 및 그 화합물	12000	10000	1	1	1	1	1
93	포스핀	12000	3300	1	-	-	-	-
94	티오판에이트-메틸	12000	12000	1	-	-	-	-
95	2,4,6-트리클로로페놀	11000	11000	1	-	-	-	-
96	퍼메트린	9600	9600	1	-	-	-	-
97	카테콜	9000	9000	1	-	-	-	-
98	디(2-에틸헥실) 프탈레이트	8600	14000	1	1	1	-	1
99	아세트알데히드	7900	7900	1	1	-	1	-
100	옥시디메톤-메틸	7700	7700	1	-	-	-	-
101	클로로타로닐	7700	7700	1	-	-	-	-
102	디엔오시	7300	2900	1	-	-	-	-
103	아세트아미드	7100	7100	1	-	-	-	-
104	디클로르보스	7000	7700	1	-	-	-	-
105	바륨 및 그 화합물	7000	5	1	1	1	-	-
106	4,4'-디이소시아산 디페닐메탄	5800	5800.00	1	-	-	-	-
107	아닐린	5700	5700	1	1	-	1	-
108	메타아크릴로니트릴	5000	10000	1	-	-	-	-
109	디아아지논	5000	5000	1	-	-	-	-
110	몰린에이트	4900	4900	1	-	-	-	-
111	시아나화 수소	4400	1700	1	-	-	1	-
112	무기시아나화합물	4400	200	1	1	1	-	1
113	에피클로로히드린	4300	9900	1	-	1	-	1
114	1,4-디클로로벤젠	3900	2400	1	-	-	-	-
115	브로모포름	3900	7900	-	-	1	-	1
116	프로폭서	3700	3700	1	-	-	-	-
117	피크르산	3500	17000	1	-	-	-	-
118	염화 알릴	3500	3500	1	-	-	-	-
119	플랫	3500	3500	1	-	-	-	-
120	이산화 토륨	3500	50000000	1	-	-	-	-
121	황산	3500	0.02	1	1	-	-	-
122	발연 황산	3500	0.02	1	-	-	-	-
123	알파린	3300	3300	1	-	-	-	-
124	프로파지트	3300	3300	1	-	-	-	-
125	디코폴	2500	2500	1	-	-	-	-
126	브롬	2100	2100	1	1	1	-	-
127	팜퍼	2000	2000	1	-	-	-	-

No.	물질명	ITW	OTW	유해 화학 물질 (1=해당)	대기 오염 물질 (1=해당)	수질 오염 물질 (1=해당)	특정 대기 유해 물질 (1=해당)	특정 수질 유해 물질 (1=해당)
128	이소펜포스	2000	2000	1	-	-	-	-
129	프로페탐포스	2000	2000	1	-	-	-	-
130	황화 수소	1800	1800	1	1	-	-	-
131	구리 및 그 화합물	1500	1500	1	1	1	-	1
132	캡탄	1200	1200	1	-	-	-	-
133	카보푸란	1200	1200	1	-	-	-	-
134	디노셉	1000	1000	1	-	-	-	-
135	싸이할로트린	1000	1000	1	-	-	-	-
136	테트라클로로에틸렌	930	2100	1	1	1	1	1
137	에틸벤젠	890	1100	1	1	-	1	-
138	카바릴	880	880	1	-	-	-	-
139	아세페이트	870	870	1	-	-	-	-
140	벤디오캡	800	800	1	-	-	-	-
141	브롬화 메틸	700	50	1	-	-	-	-
142	알루미늄 및 그 화합물	700	1	1	1	-	-	-
143	염화 메틸	640	1300	1	-	-	-	-
144	2,4-디니트로페놀	500	500	1	-	-	-	-
145	트리클로르폰	500	500	1	-	-	-	-
146	클로로아세트산	500	500	1	-	-	-	-
147	2-프로판-1-올	500	500	1	-	-	-	-
148	N,N-디메틸아닐린	500	500	1	-	-	-	-
149	날레드	500	500	1	-	-	-	-
150	디메토에이트	450	450	1	-	-	-	-
151	술프로포스	330	330	1	-	-	-	-
152	질산	270	270	1	1	1	-	-
153	디노캡	270	270	1	-	-	-	-
154	플루오르화 수소	250	25	1	-	-	-	-
155	아지드화 나트륨	250	250	1	-	-	-	-
156	베노밀	240	240	1	-	-	-	-
157	파라콰트 염류	220	220	1	-	-	-	-
158	2,4-디	200	200	1	-	-	-	-
159	은 및 그 화합물	200	200	1	-	-	-	-
160	벤플루랄린	200	200	1	-	-	-	-
161	메티오캡	200	200	1	-	-	-	-
162	o-페닐펜산 나트륨	190	190	1	-	-	-	-
163	1,2-에폭시부탄	180	180	1	-	-	-	-
164	2-메톡시에탄올	180	200	1	-	-	-	-
165	셀레늄 및 그 화합물	180	200	1	-	1	-	1
166	산화 데카브로모디페닐	140	140	1	-	-	-	-
167	바나듐 및 그 화합물	140	140	1	1	-	-	-
168	리누론	130	130	1	-	-	-	-
169	N,N-디메틸포름아미드	120	10	1	1	-	-	-
170	아연 및 그 화합물	100	3.3	1	1	1	-	-
171	플루발린에이트	100	100	1	-	-	-	-

No.	물질명	ITW	OTW	유해 화학 물질 (1=해당)	대기 오염 물질 (1=해당)	수질 오염 물질 (1=해당)	특정 대기 유해 물질 (1=해당)	특정 수질 유해 물질 (1=해당)
172	메틸 tert-부틸 에테르	93	93	1	-	-	-	-
173	아크릴산 에틸	73	48000	1	-	-	-	-
174	티람	67	67	1	-	-	-	-
175	도딘	50	50	1	-	-	-	-
176	싸이플루트린	42	42	1	-	-	-	-
177	펜발러레이트	40	40	1	-	-	-	-
178	디클로로메탄	36	2000	1	1	1	1	1
179	플루오르화 솔퍼릴	36	36	1	-	-	-	-
180	자일렌(o-,m-,p- 이성질체 혼합물)	35	5	1	-	1	-	-
181	암모니아	35	0	1	1	-	-	-
182	1,1-디클로로에텐	18	20	1	-	-	-	-
183	아세트산 비닐	18	1	1	1	-	-	-
184	페놀	18	3.3	1	1	1	1	1
185	2-에톡시에탄올	18	2.5	1	-	-	-	-
186	말라티온	14	14	1	-	-	-	-
187	디부틸 프탈레이트	10	10	1	-	-	-	-
188	크레졸(o-,m-,p- 이성질체 혼합물)	5.8	20	1	-	-	-	-
189	페닐렌디아민(o-,m-,p-이성 질체 혼합물)	5.3	5.3	1	-	-	-	-
190	이황화 탄소	5	10	1	1	-	-	-
191	n-헥산	5	17	1	-	-	-	-
192	스티렌	3.5	5	1	1	1	1	1
193	프로필렌	1.2	1.2	1	-	-	-	-
194	1,1,1-트리클로로에탄	0.7	0.5	1	-	-	-	-
195	메틸 에틸 케톤	0.7	1.7	1	-	-	-	-
196	톨루엔	0.7	13	1	-	1	-	-
197	시클로헥산	0.58	0.58	1	-	-	-	-
198	에틸렌	0.56	0.56	1	-	-	-	-
199	염화 에틸	0.35	0.35	1	-	-	-	-
200	메틸 알코올	0.18	1	1	-	-	-	-
201	메클로르에타민	0	0	1	-	-	-	-
202	브로노플	0	0	1	-	-	-	-
203	니코틴	0	0	1	-	-	-	-
204	β -프로피오락톤	0	0	1	-	-	-	-
205	2-프로판올	0	0	1	-	-	-	-
206	니트로메탄	0	0	1	-	-	-	-
207	황산 디메틸	0	0	1	-	-	-	-
208	이소프렌	0	0	1	-	-	-	-
209	티오세미카바지드	0	0	1	-	-	-	-
210	부틸벤질 프탈레이트	0	0	1	-	-	-	-
211	2,6-디메틸아닐린	0	0	1	-	-	-	-
212	4-니트로비페닐	0	0	1	-	-	-	-
213	사프롤	0	0	1	-	-	-	-
214	염화 벤조일	0	0	1	-	-	-	-

No.	물질명	ITW	OTW	유해 화학 물질 (1=해당)	대기 오염 물질 (1=해당)	수질 오염 물질 (1=해당)	특정 대기 유해 물질 (1=해당)	특정 수질 유해 물질 (1=해당)
215	디(2-에틸헥실) 아디페이트	0	0	1	-	1	-	1
216	1,4-벤조퀴논	0	0	1	-	-	-	-
217	클로로메틸 메틸 에테르	0	0	1	-	-	-	-
218	클로렌드산	0	0	1	-	-	-	-
219	테트라플루오로에틸렌	0	0	1	-	-	-	-
220	디메틸아민	0	0	1	-	-	-	-
221	디메틸디티오키르밤산 나트륨	0	0	1	-	-	-	-
222	4,4'-티오디아닐린	0	0	1	-	-	-	-
223	에틸렌이민	0	0	1	-	-	-	-
224	아우라민	0	0	1	-	-	-	-
225	글리시돌	0	0	1	-	-	-	-
226	이소티오시아산 메틸	0	0	1	-	-	-	-
227	3,3'-디클로로벤지딘 이염산염	0	0	1	-	-	-	-
228	헥사메틸 포스포르아미드	0	0	1	-	-	-	-
229	수산화 나트륨	0	0	1	-	-	-	-
230	산성염료 레드 114	0	0	1	-	-	-	-
231	3,3'-디메톡시벤지딘 이염산염	0	0	1	-	-	-	-
232	사산화 오스뮴	0	0	1	-	-	-	-
233	노닐페놀	0	0	1	-	-	-	-
234	디니트로톨루엔	0	0	1	-	-	-	-
235	황산 2,4-디아미노아니솔	0	0	1	-	-	-	-
236	황화 메틸	-	-	-	1	-	-	-
237	이황화 메틸	-	-	-	1	-	1	-
238	일산화 탄소	-	-	-	1	-	-	-
239	주석 및 그 화합물	-	-	-	1	1	-	-
240	붕소 및 그 화합물	-	-	-	1	-	-	-
241	염화 수소	-	-	-	-	-	1	-
242	황	-	-	-	-	1	-	-

출처 : 오덕교 (2018)

〈부록 4〉 환경성과별 주성분분석 결과 요약

1. 환경성과별 가중치 산출을 위한 주성분분석 결과

1-1. Clustering

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값			회전 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	4.366	62.371	62.371	4.366	62.371	62.371	2.098	29.966	29.966
2	1.102	15.738	78.109	1.102	15.738	78.109	1.923	27.465	57.430
3	.957	13.665	91.774	.957	13.665	91.774	1.903	27.186	84.617
4	.347	4.964	96.738	.347	4.964	96.738	.840	12.005	96.622
5	.143	2.043	98.781	.143	2.043	98.781	.106	1.519	98.141
6	.061	.878	99.660	.061	.878	99.660	.106	1.511	99.652
7	.024	.340	100.000	.024	.340	100.000	.024	.348	100.000

회전된 성분행렬^a

구분	성분						
	1	2	3	4	5	6	7
폐수	.191	.241	.902	.190	.231	-.039	.006
폐기물	.422	.328	.271	.800	.004	.013	.001
유해화학물질	.917	.192	.259	.204	.012	.019	.116
온실가스	.127	.951	.181	.131	.040	-.168	.001
에너지	.263	.873	.210	.227	-.046	.268	.002
수질	.280	.157	.911	.119	-.220	.058	-.002
대기	.937	.171	.202	.201	-.017	.011	-.105

요인추출방법: 주성분분석.

회전 방법: Kaiser 정규화가 있는 베리맥스.

1-2. Quartile

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값			회전 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	4.277	61.099	61.099	4.277	61.099	61.099	2.090	29.857	29.857
2	1.138	16.255	77.355	1.138	16.255	77.355	1.992	28.454	58.310
3	1.020	14.569	91.924	1.020	14.569	91.924	1.875	26.780	85.090
4	.339	4.843	96.767	.339	4.843	96.767	.806	11.508	96.598
5	.135	1.935	98.701	.135	1.935	98.701	.146	2.087	98.685
6	.064	.912	99.613	.064	.912	99.613	.064	.913	99.598
7	.027	.387	100.000	.027	.387	100.000	.028	.402	100.000

회전된 성분행렬^a

구분	성분						
	1	2	3	4	5	6	7
폐수	.169	.247	.872	.223	.317	.006	.002
폐기물	.451	.277	.316	.787	.018	.000	.002
유해화학물질	.906	.217	.246	.232	.010	-.013	.131
온실가스	.176	.932	.221	.133	.025	.182	-.003
에너지	.204	.940	.147	.148	.003	-.175	.008
수질	.238	.155	.927	.122	-.211	.000	.004
대기	.953	.172	.154	.167	.003	.010	-.104

요인추출방법: 주성분분석.
회전 방법: Kaiser 정규화가 있는 베리맥스.

2. 수질

2-1. Clustering

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	1.809	90.435	90.435	1.809	90.435	90.435
2	.191	9.565	100.000	.191	9.565	100.000

성분행렬^a

구분	성분	
	1	2
총량	.951	-.309
평균	.951	.309

요인추출 방법: 주성분 분석.
a. 추출된 2 성분

2-2. Quartile

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	1.914	95.714	95.714	1.914	95.714	95.714
2	.086	4.286	100.000	.086	4.286	100.000

성분행렬^a

구분	성분	
	1	2
총량	.978	-.207
평균	.978	.207

요인추출 방법: 주성분 분석.
a. 추출된 2 성분

3. 유해화학물질

3-1. Clustering

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	1.870	93.509	93.509	1.870	93.509	93.509
2	.130	6.491	100.000	.130	6.491	100.000

성분행렬^a

구분	성분	
	1	2
총량	.967	-.255
평균	.967	.255

요인추출 방법: 주성분 분석.
a. 추출된 2 성분

3-2. Quartile

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	1.866	93.310	93.310	1.866	93.310	93.310
2	.134	6.690	100.000	.134	6.690	100.000

성분행렬^a

구분	성분	
	1	2
총량	.966	.259
평균	.966	-.259

요인추출 방법: 주성분 분석.
a. 추출된 2 성분

4. 폐기물

4-1. Clustering

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	1.325	66.272	66.272	1.325	66.272	66.272
2	.675	33.728	100.000	.675	33.728	100.000

성분행렬^a

구분	성분	
	1	2
배출시설계	.814	-.581
지정	.814	.581

요인추출 방법: 주성분 분석.
a. 추출된 2 성분

4-2. Quartile

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	1.535	76.738	76.738	1.535	76.738	76.738
2	.465	23.262	100.000	.465	23.262	100.000

성분행렬^a

	성분	
	1	2
배출시설계	.876	-.482
지정	.876	.482

요인추출 방법: 주성분 분석.
a. 추출된 2 성분

5. 폐수

5-1. Clustering

5-1-1. 폐수 방류량

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	1.432	71.592	71.592	1.432	71.592	71.592
2	.568	28.408	100.000	.568	28.408	100.000

성분행렬^a

구분	성분	
	1	2
총량	.846	.533
평균	.846	-.533

요인추출 방법: 주성분 분석.
a. 추출된 2 성분

5-1-2. 유기물질 부하량

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	1.559	77.941	77.941	1.559	77.941	77.941
2	.441	22.059	100.000	.441	22.059	100.000

성분행렬^a

구분	성분	
	1	2
총량	.883	.470
평균	.883	-.470

요인추출 방법: 주성분 분석.
a. 추출된 2 성분

5-1-3. 폐수 방류량 + 유기물질 부하량

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	1.874	93.723	93.723	1.874	93.723	93.723
2	.126	6.277	100.000	.126	6.277	100.000

성분행렬^a

구분	성분	
	1	2
방류량	.968	.251
부하량	.968	-.251

요인추출 방법: 주성분 분석.

a. 추출된 2 성분

5-2. Quartile

5-2-1. 폐수 방류량

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	1.489	74.443	74.443	1.489	74.443	74.443
2	.511	25.557	100.000	.511	25.557	100.000

성분행렬^a

구분	성분	
	1	2
총량	.863	.506
평균	.863	-.506

요인추출 방법: 주성분 분석.

a. 추출된 2 성분

5-2-2. 유기물질 부하량

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	1.408	70.408	70.408	1.408	70.408	70.408
2	.592	29.592	100.000	.592	29.592	100.000

성분행렬^a

구분	성분	
	1	2
총량	.839	-.544
평균	.839	.544

요인추출 방법: 주성분 분석.

a. 추출된 2 성분

5-2-3. 폐수 방류량 + 유기물질 부하량

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	1.939	96.967	96.967	1.939	96.967	96.967
2	.061	3.033	100.000	.061	3.033	100.000

성분행렬^a

구분	성분	
	1	2
방류량	.985	-.174
부하량	.985	.174

요인추출 방법: 주성분 분석.
a. 추출된 2 성분

6. 대기

6-1. Clustering

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	1.833	91.664	91.664	1.833	91.664	91.664
2	.167	8.336	100.000	.167	8.336	100.000

성분행렬^a

구분	성분	
	1	2
총량	.957	.289
평균	.957	-.289

요인추출 방법: 주성분 분석.
a. 추출된 2 성분

6-2. Quartile

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	1.816	90.816	90.816	1.816	90.816	90.816
2	.184	9.184	100.000	.184	9.184	100.000

성분행렬^a

구분	성분	
	1	2
총량	.953	.303
평균	.953	-.303

요인추출 방법: 주성분 분석.
a. 추출된 2 성분

7. 에너지

7-1. Clustering

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	1.723	86.136	86.136	1.723	86.136	86.136
2	.277	13.864	100.000	.277	13.864	100.000

성분행렬^a

구분	성분	
	1	2
총량	.928	.372
평균	.928	-.372

요인추출 방법: 주성분 분석.
a. 추출된 2 성분

7-2. Quartile

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	1.706	85.324	85.324	1.706	85.324	85.324
2	.294	14.676	100.000	.294	14.676	100.000

성분행렬^a

구분	성분	
	1	2
총량	.924	.383
평균	.924	-.383

요인추출 방법: 주성분 분석.
a. 추출된 2 성분

8. 온실가스

8-1. Clustering

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	1.696	84.781	84.781	1.696	84.781	84.781
2	.304	15.219	100.000	.304	15.219	100.000

성분행렬^a

구분	성분	
	1	2
총량	.921	-.390
평균	.921	.390

요인추출 방법: 주성분 분석.
a. 추출된 2 성분

8-2. Quartile

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	1.792	89.587	89.587	1.792	89.587	89.587
2	.208	10.413	100.000	.208	10.413	100.000

성분행렬^a

구분	성분	
	1	2
총량	.947	.323
평균	.947	-.323

요인추출 방법: 주성분 분석.
 a. 추출된 2 성분

〈부록 5〉 환경리스크 산출방식별 정준판별분석 결과 요약

1. Clustering 방식

고유값

함수	고유값	분산의 %	누적 %	정준 상관
1	26.922 ^a	98.9	98.9	.982
2	.271 ^a	1.0	99.9	.462
3	.029 ^a	.1	100.0	.168
4	.011 ^a	.0	100.0	.102

a. 첫 번째 4 정준 판별함수가 분석에 사용되었습니다.

Wilks의 람다

함수의 검정	Wilks의 람다	카이제곱	자유도	유의확률
1에서 4	.027	248.997	28	.000
2에서 4	.756	19.267	18	.376
3에서 4	.962	2.703	10	.988
4	.990	.723	4	.949

표준화 정준 판별함수 계수

구분	함수			
	1	2	3	4
폐수	.790	.319	-.833	-1.153
폐기물	.428	.098	.752	-.227
유해화학물질	.301	-1.485	1.020	-.152
온실가스	.262	.579	.969	.923
에너지	.809	-.048	-1.073	-.386
수질	.478	-.032	.626	.824
대기	.909	1.069	-1.383	.414

함수의 집단중심점

케이스 군집 번호	함수			
	1	2	3	4
1	-11.275	-.825	-.075	-.248
2	-6.616	.324	.255	.088
3	-3.159	1.006	-.334	.003
4	.743	-.590	-.114	.115
5	4.475	.085	.062	-.058

표준화하지 않은 정준 판별함수가 집단 평균에 대해 계산되었습니다.

분류결과^a

케이스 군집 번호		예측 소속집단					전체	
		1	2	3	4	5		
원래값	빈도	1	5 (100%)	0	0	0	0	5
		2	0	12 (100%)	0	0	0	12
		3	0	0	8 (100%)	0	0	8
		4	0	0	1 (5.6%)	16 (88.9%)	1 (5.6%)	18
		5	0	0	0	0	33 (100%)	33

a. 원래의 집단 케이스 중 97.4%이(가) 올바르게 분류되었습니다.

2. Quartile 방식

고유값				
함수	고유값	분산의 %	누적 %	정준 상관
1	22.087 ^a	98.4	98.4	.978
2	.317 ^a	1.4	99.8	.491
3	.025 ^a	.1	99.9	.156
4	.013 ^a	.1	100.0	.114

a. 첫 번째 4 정준 판별함수가 분석에 사용되었습니다.

Wilks의 람다				
함수의 검정	Wilks의 람다	카이제곱	자유도	유의확률
1에서 4	.032	238.202	28	.000
2에서 4	.731	21.593	18	.251
3에서 4	.963	2.598	10	.989
4	.987	.903	4	.924

구분	표준화 정준 판별함수 계수			
	함수			
	1	2	3	4
폐수	.350	.212	-1.109	-.357
폐기물	.352	.244	.364	-.271
유해화학물질	1.162	-2.093	-.569	.073
온실가스	.435	.807	.338	-.439
에너지	.646	-.414	-.404	1.145
수질	.744	.083	.690	.028
대기	-.054	1.994	.812	-.085

케이스 군집 번호	함수의 집단중심점			
	함수			
	1	2	3	4
1	-11.452	.713	.605	.080
2	-7.018	-.260	-.211	.189
3	-4.627	.709	-.149	-.215
4	-.006	-.835	.058	-.078
5	3.869	.269	.009	.041

표준화하지 않은 정준 판별함수가 집단 평균에 대해 계산되었습니다.

케이스 군집 번호		분류결과 ^a					전체	
		예측 소속집단						
		1	2	3	4	5		
원래값	빈도	1	3 (100%)	0	0	0	0	3
		2	0	9 (100%)	0	0	0	9
		3	0	0	9 (100%)	0	0	9
		4	0	0	0	18 (94.7%)	1 (5.3%)	19
		5	0	0	0	0	36 (100%)	36

a. 원래의 집단 케이스 중 98.7%이(가) 올바르게 분류되었습니다.