

발 간 등 록 번 호

NIER-GP2016-164

11-1480523-002803-01

비발암물질(NIER-비발암)의 위해성에 관한 자료 예시집(2017)

2017. 08

국립환경과학원
화학물질등록평가팀

본 예시집은 화평법 시행규칙, 국립환경과학원의 고시 및 지침에 따라 비발암물질을 등록하기 위하여 필요한 “위해성에 관한 자료”를 작성하는 업체에게 필요한 정보를 제공하기 위한 참고자료입니다.

따라서 본 예시집에서 제시하고 있는 서식, 목차나 표는 반드시 따라야 하는 규정이 아니므로 이미 작성하였거나 현재 작성중인 위해성에 관한 자료가 예시집과 다르다는 이유로 수정할 필요는 없습니다.

목 차

1. 위해성 관리대책의 요약

1.1 제조	1
1.2. 각종 액상류 및 첨가제와 균일하게 배합	2
1.3. 성형 공정 후 spread coating 등의 광택작업	3
1.4. 제품 생산 시 발포제로 시트를 가열, 부풀리는 공정	4

2. 화학물질의 식별 정보 및 물리적·화학적 특성 확인

2.1. 화학물질 식별정보	5
2.2. 확인된 불순물·부산물	5
2.3. 물리적·화학적 특성	5

3. 제조 및 확인된 용도

3.1. 제조	6
3.2. 제조·수입량	6
3.3. 확인된 용도	6
3.4. 사용하지 말아야 할 용도	7

4. 분류 및 표시

4.1. 분류 및 표시	7
--------------------	---

5. 물리적·화학적 위험성평가

5.1. 폭발성	10
5.2. 인화성	10
5.3. 산화성	10

6. 환경에 대한 유해성(분해성 및 농축성 등 거동)평가

6.1. 분해성	11
6.2. 환경분포	14
6.3. 생물농축성	14

7. 환경에 대한 유해성(생태영향)평가

7.1. 수생 환경영역(침전물 포함)	16
7.2. 육생환경영역	20
7.3. 하수처리시설의 미생물활성	22

8.1. 환경에 대한 유해성(생태영향) 및 분류표시에 대한 결론	23
---	----

8. 인체 건강에 대한 유해성평가

8.1. 독성 동태학(흡수, 대사, 분포 및 제거)	24
8.2. 급성독성	25
8.3. 자극성 · 부식성	26
8.4. 과민성	28
8.5. 반복투여독성	28
8.6. 변이원성	30
8.7. 생식독성	31
8.8. 발암성	34
8.9. 다른영향	35
8.10. 무영향수준도출	38

9. 잔류성 · 축적성 평가

9.1. 잔류성 · 축적성 / 고잔류성 · 고축적성 특성 평가	45
9.2. 배출특성 결정	47

10. 노출평가

10.1. 노출시나리오 1	49
10.2. 노출시나리오 2	58
10.3. 노출시나리오 3	67
10.4. 노출시나리오 4	77
10.5. 전체적인 노출	84

11. 안전성 확인

11.1. 노출시나리오 1	88
11.2. 노출시나리오 2	93
11.3. 노출시나리오 3	98
11.4. 노출시나리오 4	103
11.5. 전체적인 노출	107

1. 위해성 관리대책의 요약

'NIER-비발암'은

- 「화학물질관리법」상 유독물질에 해당.
- 「화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률」 기존물질, 유독물질, 등록대상기존화학물질에 해당.
- 잔류성·축적성 물질에 해당되지는 않으나, 독성물질에 해당.
- 특정 표적장기 독성(반복 노출), 생식독성, 수생 급성 및 만성 독성이 확인 됨.

작업자, 소비자 및 환경 위해성 관리는 노출시나리오의 활동 및 공정에서의 위해성 관리대책 수준에 따라 안전 관리를 수행해야 함.

1.1. 제조

- 환경: 「대기환경보전법」에 따라 기체제거용 습식 집진기를 설치하여야 하고, 분리막 장치와 공기 여과 집진기, 사이클론, 연소산화장치, 촉매산화장치, 흡착장치 바이오필터, 응축회수장치 등을 통해 물질을 배출하여야 함.
또한, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」에 따라 자연침전장치, 공기 부상장치, 막투과 장치 및 유수 분리장치, 화학적 처리(습식산화), 흡착장치, 이온교환장치, 열처리장치(산화식), 미생물 분해장치 시스템 등에 의한 처리를 수행해야 함.
- 작업자
 - PROC 1(실외에서의 밀폐공정): 밀폐시스템 내에서 물질의 처리. 야외에서 작업 수행. 보호 장갑 착용.
 - PROC 2(국소배기장치 없는 실외작업): 샘플링 작업이 가능한 밀폐시스템 내에서 물질의 처리. 야외에서 작업 수행. 호흡 보호구(효율 95% 이상) 및 보호 장갑 착용. 밀폐된 루프 등 노출을 최소화하기 위한 시스템 사용. 1시간 이상 작업수행 금지. 혼합물 조성 1% 미만.
 - PROC 2(국소배기장치 있는 실내작업): 샘플링 작업이 가능한 밀폐시스템 내에서 물질의 처리. 보호 장갑 착용. 1시간 이상 작업 수행 금지.
 - PROC 3(실외작업): 밀폐시스템 내에서 물질의 처리. 야외에서 작업 수행. 호흡

보호구(효율 95% 이상) 및 보호 장갑 착용.

- PROC 4(실내 샘플링 작업): 장비 수리 또는 유지보수 전에 낙수 및 세정 장치 사용. 호흡 보호구(효율 95% 이상) 및 보호 장갑 착용. 1시간 이상 작업 수행 금지.
- PROC 4(실외 합성공정): 밀폐된 라인을 통해 이송. 야외에서 작업 수행. 호흡 보호구(효율 95% 이상) 및 보호 장갑 착용. 4시간이상 작업수행 금지. 혼합물 조성 1% 미만.
- PROC 8b(실내 저장 또는 이송): 밀폐된 라인을 통해 이송. 작업공정 중 환기. 보호 장갑 착용. 4시간 이상 작업수행 금지.

1.2. 각종 액상류 및 첨가제와 균일하게 배합

- 환경: 「대기환경보전법」에 따라 기체제거용 습식 집진기를 설치하여야 하고, 분리막 장치와 공기 여과 집진기, 사이클론, 연소산화장치, 촉매산화장치, 흡착장치 바이오필터, 응축회수장치 등을 통해 물질을 배출하여야 함. 또한, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」에 따라 자연침전장치, 공기 부상장치, 막투과 장치 및 유수 분리장치, 화학적 처리(습식산화), 흡착장치, 이온교환장치, 열처리장치(산화식), 미생물 분해장치 시스템 등에 의한 처리를 수행해야 함.
- 작업자(열공정 포함)
 - PROC 3(국소배기 장치 없는 실내작업): 밀폐시스템 내에서 물질의 처리. 호흡 보호구(효율 95% 이상) 및 보호 장갑 착용. 1시간 이상 작업 수행 금지.
 - PROC 3(국소배기 장치 있는 실내작업): 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리. 보호 장갑 착용. 1시간 이상 작업 수행 금지.
 - PROC 8b(실외 저장 또는 이송): 밀폐된 라인을 통해 이송. 야외에서 작업 수행. de-coupling 전에 라인을 비움. 호흡 보호구(효율 95% 이상) 및 보호 장갑 착용. 1시간 이상 작업 수행 금지.
 - PROC 8b(실내 저장 또는 이송): 추출장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리. 고정형 저장시설로부터 이송. de-coupling 전에 라인을 비움. 호흡 보호구(효율 95% 이상) 및 보호 장갑 착용. 1시간 이상 작업 수행 금지.

- 작업자(열공정 미포함)

- PROC 3(실내작업): 밀폐시스템 내에서 물질의 처리. 밀폐된 루프 또는 다른 시스템을 통한 노출방지. 호흡 보호구(효율 95% 이상) 및 보호 장갑 착용. 1시간 이상 작업 수행 금지.
- PROC 3(국소배기장치 있는 실내 작업): 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리. 밀폐된 루프 또는 다른 시스템을 통한 노출방지. 보호 장갑 착용. 1시간 이상 작업 수행 금지.
- PROC 5(혼합과정): 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리. 호흡 보호구(효율 95% 이상) 및 보호 장갑 착용. 혼합물 조성 1% 미만.
- PROC 8b(이송, 실내작업, 국소배기장치 있음): 밀폐시스템 내에서 물질의 처리. 밀폐된 루프 또는 다른 시스템을 통한 노출방지. 호흡 보호구(효율 95% 이상) 및 보호 장갑 착용. 1시간 이상 작업 수행 금지. 혼합물 조성 1% 미만.
- PROC 8b(저장, 국소배기장치 있는 실내 작업): 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리. 밀폐된 루프 또는 다른 시스템을 통한 노출방지. 보호 장갑 착용. 1시간 이상 작업 수행 금지.

1.3. 성형 공정 후 spread coating 등의 광택작업

- 환경: 「대기환경보전법」에 따라 기체제거용 습식 집진기를 설치하여야 하고, 분리막 장치와 공기 여과 집진기, 사이클론, 연소산화장치, 촉매산화장치, 흡착장치 바이오필터, 응축회수장치 등을 통해 물질을 배출하여야 함.
또한, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」에 따라 자연침전장치, 공기 부상장치, 막투과 장치 및 유수 분리장치, 화학적 처리(습식산화), 흡착장치, 이온교환장치, 열처리장치(산화식), 미생물 분해장치 시스템 등에 의한 처리를 수행해야 함.
- 소비자: 노출빈도 1주 1회, 사용시간 10분, 노출시간 30분, 시간당 5회의 환기, 사용량 1 g 으로 제한.
- 작업자
 - PROC 6(건식혼합 광택작업, 국소배기 장치 있는 실내작업): 환기된 부스 또는 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리. 호흡 보호구(효율 95% 이상) 및 보호 장갑 착용. 4시간 이상 작업 수행 금지. 혼합물 조성 1% 미만.

- PROC 6(액체 제형의 광택작업, 국소배기 장치 있는 실내작업): 환기된 부스 또는 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리. 보호 장갑 착용. 4시간 이상 작업 수행 금지. 혼합물 조성 1% 미만.
- PROC 6(액체 제형의 광택작업, 국소배기장치 있는 실내작업): 환기된 부스 또는 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리. 호흡 보호구(효율 95% 이상) 및 보호 장갑 착용. 4시간 이상 작업 수행 금지. 혼합물 조성 1% 미만.
- PROC 7(스프레이 작업): 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리. 호흡 보호구(효율 95% 이상) 및 보호 장갑 착용. 15분 이상 작업 수행 금지. 혼합물 조성 1% 미만.
- PROC 13(담금): 환기된 부스 또는 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리. 호흡 보호구(효율 95% 이상) 및 보호 장갑 착용. 15분 이상 작업 수행 금지. 혼합물 조성 1% 미만. 완제품에서 물질은 25% 이상 함유 제한.

1.4. 발포제로서 시트를 가열, 부풀리는 공정

- 환경: 「대기환경보전법」에 따라 기체제거용 습식 집진기를 설치하여야 하고, 분리막 장치와 공기 여과 집진기, 사이클론, 연소산화장치, 촉매산화장치, 흡착장치 바이오필터, 응축회수장치 등을 통해 물질을 배출하여야 함.
또한, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」에 따라 자연침전장치, 공기 부상장치, 막투과 장치 및 유수 분리장치, 화학적 처리(습식산화), 흡착장치, 이온교환장치, 열처리장치(산화식), 미생물 분해장치 시스템 등에 의한 처리를 수행해야 함
- 작업자
 - PROC 12(주입): 환기된 부스 또는 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리. 호흡 보호구(효율 95% 이상) 및 보호 장갑 착용. 4시간 이상 작업 수행 금지.

2. 화학물질의 식별 정보 및 물리적·화학적 특성 확인

2.1. 화학물질 식별정보

[표 1] 화학물질 식별정보

화학물질명(일반명)	NIER-비발암
KE No.	KE-00001
CAS No.	000-00-0
IUPAC name	
분자식	$C_xH_yO_z$
분자량	XXX.XX
구조식	
순도(%)	99.6%

2.2. 확인된 불순물·부산물

확인된 것 없음

2.3. 물리적·화학적 특성

[표 2] 물리적·화학적 특성

특성	값	비고(출처, 근거 등)
물질의 상태	무색의 액체	Merck Index(2013)
녹는점/어는점	-55 °C ~ -50 °C	Merck Index(2013)
끓는점	374.15 °C	Merck Index(2013)
상대밀도	0.98 g/cm ³ (20 °C)	Merck Index(2013)
증기압	1.8×10E-5 ~ 3.4×10E-05 Pa (20~25 °C)	Merck Index(2013)
물용해도	1.3 mg/L (20 °C)	Merck Index(2013)
입도분석	-	고체가 아니므로 수행할 필요 없음
옥탄올/물 분배계수	logKow = 7.5 (20 °C)	Merck Index(2013)
점도	81 mPa·s (20 °C, 동점도)	Merck Index(2013)
해리상수	-	해리기(이온화 그룹) 없음
기타()		

3. 제조 및 확인된 용도

3.1. 제조·수입

‘NIER-비발암’은 제조 시 물질a와 물질b를 밀폐된 시스템 내에서 에스테르 반응을 통해 제조한다.

3.2. 제조·수입량

[표 3] 제조·수입량

연도	제조	수입
2015	1,200	500
2016	600	-
2017	1,000	-
2018	1,300	-
2019	700	-

3.3. 확인된 용도

[표 4] 산업용도

사용업체	양	용도분류	용도에 대한 구체적 설명
1	400톤	49	각종 액상류 및 첨가제와 균일하게 배합 (열 공정 포함/미포함)
2	200톤		
3	200톤		
4	300톤	47	성형 공정 후 spread coating 등의 광택작업
5	100톤		
6	5톤		
7	300톤	25	발포제로서 시트를 가열, 부풀리는 공정
8	100톤		

[표 5] 소비자용도

생산 또는 수입업체	양	용도분류	용도에 대한 구체적 설명
5	50톤	47 (제품범주 : 9a)	페인트 (페인트 사용으로 인한 소비자(일반인) 노출)

3.4. 사용하지 말아야 할 용도

- 「산업안전보건법」: 노출기준설정물질(TWA - 5 mg/m³, STEL - 10 mg/m³)
관리대상유해물질
- 「화학물질관리법」, 「화학물질 등록 및 평가에 관한 법률」: 유독물질
- 「품질 경영 및 공산품 안전 관리법」: 어린이용 공산품에 0.1%이상 초과 및
위해를 끼칠 것으로 확인된 경우 판매 금지
- 「식품위생법」: 식품용기·포장 사용 전면 금지

4. 분류 및 표시

4.1. 분류 및 표시

4.1.1. 분류

- 환경 유해성

[표 6] 환경 유해성 분류

유해성 항목	구분	근거
수생환경 유해성(급성)	구분 1	<i>Pimephales promelas</i> , LC ₅₀ : 0.33 mg/L
수생환경 유해성(만성)	구분 3	<i>Pimephales promelas</i> , 무영향관찰농도 (NOEC) : 0.202 mg/L

- 인체 건강 유해성

[표 7] 인체건강 유해성 분류

유해성 항목	구분	근거
생식독성	구분 1	태아, 생식능력에 손상(경구노출)
[특정 표적장기 독성(반복 노출)]	구분 1	매우 낮은 노출수준 (5 mg/kg(90일))에서 간, 갑상선에 중대한 독성영향이 관찰됨

4.1.2. 표시

- 유해화학물질 해당 여부
 - 유독물질 (00-1-000)
- 그림문자 및 신호어
 - 그림문자



- 신호어: 위험
- 유해·위험 문구(밑줄 부분은 유해성 분류 추가로 인한 문구임)
 - H360: 태아 또는 생식능력에 손상을 일으킬 수 있음.
 - H372: 장기간 또는 반복 노출되면 장기에 손상을 일으킬 수 있음.
 - H400: 수생생물에 매우 유독함.
 - H410: 장기적 영향에 의해 수생생물에 매우 유독함.
- 예방조치 문구(밑줄 부분은 유해성 분류 추가로 인한 문구임)
 - P201: 사용 전 취급 설명서를 확보하십시오.
 - P202: 모든 안전 예방조치 문구를 읽고 이해하기 전에는 취급하지 마시오.
 - P260: 분진·흙·가스·미스트·증기·스프레이를 흡입하지 마시오.
 - P264: 취급 후에는 손을 철저히 씻으시오.
 - P270: 이 제품을 사용할 때에는 먹거나, 마시거나 흡연하지 마시오.
 - P273: 환경으로 배출하지 마시오.
 - P280: 보호장갑·보호의·보안경·안면보호구를 착용하십시오.
 - P308+P313: 노출되거나 노출이 우려되면 의학적인 조치·조언을 구하십시오.
 - P314: 불편함을 느끼면 의학적인 조치·조언을 구하십시오.
 - P391: 누출물을 모으시오.
 - P405: 잠금장치가 있는 저장장소에 저장하십시오.
 - P501: (관련 법규에 명시된 내용에 따라) 내용물과 용기를 폐기하십시오.

4.1.3. 유해화학물질인 경우, 수정된 분류

[표 8] 수정 분류 결과

평가항목	구분		변경 사유
	현행	수정	
특정 표적장기 독성(반복 노출)	분류되지 않음	구분1	90일 경구시험결과 NOAEL= 3.7 mg/kg/day로 나타났으며, 장기별 영향으로는 장기별로는 간 크기의 증가 및 정소 무게 감소, 갑상선의 조직학적 변화가 관찰되었으며, 특히 간 및 갑상선을 부검한 결과 간 및 정소조직의 광범위한 괴사가 나타난 것을 확인하였다. 그러므로 특정 표적장기 독성을 구분 1로 분류하였다.

5. 물리적·화학적 위험성평가

5.1. 폭발성

「등록신청자료의 작성방법 및 유해성심사 방법 등에 관한 규정」(국립환경과학원 고시) [별표 2]의 시험항목별 시험면제조건(분자 내에 폭발성과 관련 있는 화학그룹이 없는 물질)에 해당한다.

5.2. 인화성

ASTM 3278 시험법에 따른 시험결과 인화점이 212℃(101.325 kPa, 비평형(밀폐식))인 것으로 확인되었으며, 「화학물질 분류 및 표시 등에 관한 규정」(국립환경과학원고시)에 따라 인화성 가스에 해당하지 않는다.

[표 9] 물리적·화학적 위험성평가 관련 연구 결과

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
ASTM 3278 비평형방법 (밀폐식)	인화점:212 °C @ 101.325 kPa	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Gwehartz W 1991

5.3. 산화성

「등록신청자료의 작성방법 및 유해성심사 방법 등에 관한 규정」(국립환경과학원고시) [별표 2]의 시험항목별 시험면제조건(가연성물질과 발열 반응 하지 않는 물질)에 해당한다.

6. 환경에 대한 유해성(분해성 및 농축성 등 거동)평가

6.1. 분해성

6.1.1. 이분해성

Diefenbach(1994)의 연구(OECD Guideline 301B)에 따르면, 28일 후 82% 분해되므로 이분해성 물질이다.

6.1.2. 본질적 분해성

Ziogou 등(1989)의 연구에 따르면, 혐기성 조건에서 32일 후 75%(4 mg/L, 37 °C, 하수 슬러지의 분해성)가 분해되므로 본질적 분해성 물질이다.

6.1.3. pH에 따른 가수분해

Robillard(2006)의 연구(OECD Guideline 111)에 따르면 pH 7, 8에서 통해 반감기가 각각 5.3년, 195일인 것을 확인하였다.

6.1.4. 분해산물의 확인

Johnson 등(1975)의 연구에 따르면, 하천 및 침전물과 유사한 시뮬레이션 환경상태에서 60%(1 mg/L, 28일 후)가 분해되었으며, 분해산물로 물질d(회수율 2%, TLC(Thin layer chromatography) 및 LSC(Liquid solid chromatography) 이용, ¹⁴C 회수율 분석)를 확인하였다.

6.1.5. 환경거동 및 동태에 대한 추가정보

Ying 등(2003)의 연구에 따르면, 활성슬러지에서 90%(1 mg/L, 56일, 호기성)가 분해하였다. Madsen 등(1999)의 연구에서는 호기성 상태에서 반감기가 각각 73일(토양, 1.6 mg/kg), 365일 이상(멸균 토양 및 슬러지, 1.6 mg/kg), 150일(토양 및 하수슬러지, 1.6 mg/kg)인 것을 확인하였으며, 혐기성 상태에서 반감기는 365일 이상(1.6 mg/kg)인 것을 확인하였다. Johnson 등(1975)의 연구에서는 수중 퇴적물의 호기성 상태에서 반감기가 25일(28일 후 60% 분해)인 것을 확인하였으며, 혐기성 상태에서는 분해되지 않는 것을 확인하였다. Subba-Rao 등(1982)의 연구에서는 부영양화된 지표수에서

반감기가 22~64일(40일 후 35~71%가 무기물화)인 것을 확인하였으며, 빈영양상태 지표수에서는 무기물화가 발생하지 않는 것을 확인하였다.

[표 10] 분해성 관련 연구 결과

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
OECD Guideline 301 B 20.3 mg/L -온도: 20-22 °C -노출기간: 28일	-이분해성: 빠르게 생분해됨 -분해율: 82%(평균값)	신뢰도 1 주요자료 시험결과	Diefenbach 1994
OECD Guideline 301 F -노출기간: 28일	-이분해성: 부분적으로 생분해됨 -분해율: 58.7%(산소 소비)	신뢰도 2 참고자료 시험결과	Stasinakis A.S., Petalas A.V., Mamais D., Thomaidis N.S. 2008
협기성 슬러지 소화 시험(또는 슬러지 분해성 시험) - 'NIER-비발암' 4 mg/L -노출기간: 32일 -상태: 혐기성	-본질적 분해성: 생분해성 관찰됨 -분해율: 75%	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Ziogou K, Kirk PW, Lester JN 1989
OECD Guideline 111(pH에 따른 가수분해)	-가수분해 생성물: 물질c -가수분해 반감기: pH 7 (5.3년), pH 8 (195일)	신뢰도 <u>21</u> 주요자료 시험결과	Robillard, KA 2006
분해산물 확인 시험 -환경: 하천/침전물 -상태: 호기성 -농도: 1 mg/L, -온도: 22 °C -노출기간 및 방법: 30일 간 TLC 및 LSC 이용하여 14C의 회수량 분석	분해산물: 물질d(회수 ¹⁴ C의 2%) 분해율: 60%(28일)	신뢰도 2 참고자료 시험결과	Johnson B, Lulves W. 1975
호기성 하수처리 모의시험 (활성슬러지 유닛) -활성슬러지에 1 mg/L의 농도로 시험 -노출기간: 56일	환경거동 및 동태: 분해율: 90%(56일)	신뢰도 <u>21</u> 주요자료 시험결과	Ying GG, Kookana RS. 200 <u>03</u>
호기성 및 혐기성 전환시험 -환경: 토양 -토양:하수 슬러지(58:1 dw: dw) -살균토양(90.7%)+슬러지(9.3%) -1.6, 3.2, 9.9, 35.1 mg/kg-dry, 5, 10, 20 °C에서 측정	환경거동 및 동태: 반감기(DT ₅₀): -토양: 73일(20 °C, 호기성, 농도 1.6 mg/kg) -토양 및 하수 슬러지(58:1 dw:dw); 150일(20 °C,	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Madsen P.L., Thyme J.B., Henriksen K., Moldrup P and Rislev P. 1999

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
	호기성, 농도 1.6 mg/kg) $\geq 100 \leq 127$ 일(#2)(20 ℃, 호기성, 농도 1.6-35.1 mg/kg) -평균토양(90.7%)+슬러지(9.3 %); >365일(20 ℃, 혐기성, 농도 1.6 mg/kg) -토양 및 하수 슬러지(58:1 dw:dw); >365일(20 ℃, 혐기성, 농도 1.6 mg/kg)		
호기성 및 혐기성 전환시험 -환경: 수중 퇴적물 -해수/퇴적물에 1 mg/L의 농도로 시험(22 ℃) -30일간 TLC 및 LSC 측정	환경거동 및 동태: 분해율: -60%(28일 후, 호기성) 반감기(DT ₅₀): 25일 -0%(30일 후, 혐기성)	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Johnson B. and Lulves W. 1975
호기성 및 혐기성 전환시험 -환경: 지표수(부영양화된, 빈영양 상태) -0.02, 0.2, 2.0, 200 ug/l -교반 플라스크 이용 배양(암실, 29 ℃) -40일, 60일에 각각 용액 중의 잔류 방사능 측정	환경거동 및 동태: -부영양화된 지표수; 40일 후, 35~71%가 무기물화 됨(반감기 (DT ₅₀): 22~64일) -빈영양 상태 지표수; 60일 동안 무기물화 발생하지 않음.	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Subba-Rao R. V., Rubin H. E. and Alexander M. 1982

6.1.6. 분해성에 대한 요약 및 논의

분해성에 대한 연구로부터 이분해성(82%, 28일) 및 본질적 분해성(75%, 32일) 물질인 것을 확인하였다. pH 7, 8에서 각각 5.3년, 195일의 반감기를 확인하였으며, 하천 및 침전물과 유사한 시뮬레이션 환경에서 분해산물(물질d) 생성을 확인하였다. 활성슬러지 내 반감기는 0.5~2.6일, 토양 내 호기성 상태에 따른 반감기는 73일로 나타났으며, 토양 내 혐기성 상태에 따른 반감기는 365일 이상인 것을 확인하였다. 수중 퇴적물 내 호기성 상태에 따른 반감기는 25일, 부영양화된 지표수에서의 반감기는 22~64일인 것으로 확인하였다.

6.2. 환경분포

6.2.1. 흡착 및 탈착

OECD Guideline 106으로 수행한 Williams 등(1995)의 연구에서 흡착계수(Koc)가 482,000인 것을 확인하였다.

[표 11] 환경 분포 연구 결과

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
OECD Guideline 106	-흡착계수: Koc = 482,000 logKoc = 5.68	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Williams MD, Adams, WJ, Parkerton TF 1995

6.2.2. 환경분포에 대한 요약 및 논의

환경 분포에 대한 연구로부터 높은 Koc를(Koc = 482,000)확인하였고, 낮은 물용해도로 인해 토양에 강하게 흡착되는 물질인 것을 확인하였다.

6.3. 생물농축성

6.3.1. 수서 생물농축성

Pimephales promelas(잉어과)를 대상으로 시험을 수행한 Mayer 등(1973)을 통해 생물농축계수(BCF)가 1,380(56일, 유수식)인 것을 확인하였다.

6.3.2. 육상 생물농축성

Raphanus sativus(무)를 대상으로 시험을 수행한 Cai 등(2008)의 연구를 통해 BCF는 1(64일, 무의 뿌리와 새싹) 미만인 것을 확인하였다.

[표 12] 생물농축성 연구 결과

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
어류 생물농축성시험 -어종: <i>Pimephales promelas</i> -방식: 유수식 시험 -성장환경: 담수 -섭취기간: 56일 -정화기간: 28일	-생물농축계수(BCF) = 1,380 -제거: yes -DT ₅₀ = 7일	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Mayer FL, Sanders HO 1973
육상 생물농축시험 -식종: <i>Raphanus sativus</i> -생육기간: 64일	-생물농축계수(BCF) < 1	신뢰도 1 주요자료 시험결과	Cai Q.Y, Mo C.H., Wu Q.T and Zeng Q.Y. 2008

6.3.3. 생물농축성에 대한 요약 및 논의

생물농축성에 대한 연구를 통해 수서생물농축계수(BCF) 및 육상생물농축계수(BCF)는 각각 1,380, 및 1미만인 것을 확인하였다. 따라서 수서 및 육상 생물농축성 기준에 해당하지 않는다.

7. 환경에 대한 유해성(생태영향)평가

7.1. 수생 환경영역(침전물 포함)

7.1.1. 수생 환경영역

7.1.1.1. 독성 자료

7.1.1.1.1. 어류급성독성

Pimephales promelas(잉어과)를 대상으로 EPA 기준에 따라 시험을 수행한 Adams 등(1995)의 연구에서 LC₅₀이 각각 0.33 mg/L(96시간, 지수식), 0.67 mg/L(96시간, 유수식)인 것을 확인하였다.

7.1.1.1.2. 물벼룩급성독성

Daphnia magna(물벼룩)를 대상으로 OECD Guideline 202에 따라 시험을 수행한 Springborn 등(1984)의 연구에서 EC₅₀이 0.31 mg/L(48시간, 담수, 지수식)인 것을 확인하였다.

7.1.1.1.3. 담수조류 성장저해

Pseudokirchneriella subcapitata(녹조류)를 대상으로 OECD Guideline 201에 따라 시험을 수행한 Jonsson 등(2003)의 연구에서 EC₅₀이 0.173 mg/L(72시간)인 것을 확인하였다.

7.1.1.1.4. 어류만성 독성

Oncorhynchus mykiss(무지개송어)를 대상으로 시험을 수행한 DeFoe 등(1990)의 연구에서 무영향관찰농도(NOEC)는 0.202 mg/L(90일)인 것을 확인하였다.

7.1.1.1.5. 물벼룩만성독성

Daphnia magna(물벼룩)를 대상으로 OECD Guideline 211에 따라 시험을 수행한 Knowles 등(1987)의 연구에서 무영향관찰농도(NOEC)는 0.158 mg/L(21일, 유수식)인 것을 확인하였다.

[표 13] 수생환경 유해성 연구결과

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
어류(<i>Pimephales promelas</i>) 급성독성 시험 -시험법: US EPA-660/3-75-009 -방법: 지수식 및 유수식	-지수식 (96시간) LC ₅₀ = 0.33 mg/L(측정농도) -유수식 (96시간) LC ₅₀ = 0.67 mg/L(측정농도)	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Adams W.J., Biddinger G.R., Robillard K.A., Gorsuch J.W. 1995
어류(<i>Pimephales promelas</i> , <i>Oryzias latipes</i>) 급성독성 시험 -시험법: ASTM 1980: 2 organism tested Fathead minnow and medaka -환경: 담수 -방법: 유수식	- <i>Pimephales promelas</i> . (96시간) LC ₅₀ = 0.326 mg/L(측정농도) - <i>Oryzias latipes</i> . (96시간) LC ₅₀ = 0.67 mg/L(측정농도)	신뢰도 2 참고자료 시험결과	DeFoe DL, Holcombe GW, Hammermeister DE 1990
물벼룩(<i>Daphnia magna</i>) 급성독성 시험 -시험법: US EPA-n660/3-75-009 -환경: 담수 -방법: 지수식	- <i>Daphnia magna</i> (48시간) EC ₅₀ = 0.31 mg/L(측정농도)	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Springborn bionomics 1984
조류(<i>Pseudokirchnerella subcapitata</i>) 성장저해 시험 -시험법: OECD Guideline 201 -환경: 담수	- <i>Pseudokirchnerella subcapitata</i> (72시간) EC ₅₀ = 0.173mg/L(측정농도)	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Jonsson S. and Baun A. 2003
조류(<i>Pseudokirchnerella subcapitata</i>) 성장저해 시험 -시험법: OECD Guideline 201, EU Method C.3 -환경: 담수 -시험법: 지수식	- <i>Pseudokirchnerella subcapitata</i> (96시간) EC ₅₀ = 0.18 mg/L(측정농도)	신뢰도 2 참고자료 시험결과	Adams W.J., Biddinger G. R., Robillard K.A., Gorsuch J.W. 1995
어류(<i>Oncorhynchus mykiss</i>) 만성독성 시험(어류 배아 및 sac-fry단계에서의 치사시험) -환경: 담수	- <i>Oncorhynchus mykiss</i> (무영향관찰농도(NOEC), 90일) NOEC = 0.202 mg/L(측정농도)	신뢰도 2 주요자료 시험결과	DeFoe DL, Holcombe GW, Hammermeister DE 1990
어류(<i>Pimephales promelas</i>) 만성독성 시험 -시험법: EPA OPPTS 850.1500 -환경: 담수 -방법: 지수식	- <i>Pimephales promelas</i> (무영향관찰농도(NOEC), 90일) NOEC = 5 mg/L(측정농도)	신뢰도 2 참고자료 시험결과	Caunter JE, Williams TD, Shillabeer N 2004
물벼룩(<i>Daphnia magna</i>) 만성독성 시험 -시험법: OECD Guideline 211 -환경: 담수 -방법: 유수식	- <i>Daphnia magna</i> (무영향관찰농도(NOEC), 21일) NOEC = 0.158 mg/L(측정농도)	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Knowles C.O., Mckee M.J., Palawaski D.U. 1987

7.1.1.2. 수생 환경영역에 대한 요약 및 논의

수생 환경영역에 대한 연구로부터 어류, 물벼룩 급성독성 및 담수조류 성장저해의 LC₅₀, EC₅₀ 값이 각각 0.33 mg/L(96시간), 0.31 mg/L(48시간), 0.17 mg/L(72시간)인 것을 확인하였다. 어류만성독성 및 물벼룩 만성독성의 NOEC가 각각 0.202 mg/L(90일), 0.158 mg/L(21일)인 것을 확인하였다.

7.1.1.3. 예측무영향농도(PNEC) 계산

수생 환경영역의 예측무영향농도는 물벼룩 만성독성 시험의 무영향관찰농도(NOEC)가 가장 낮은 영향 농도 값을 가지므로 0.158 mg/L(21일)를 기준으로 계산하였다. 평가계수는 “화학물질의 위해성에 관한 자료 작성지침(2017, 국립환경과학원)”의 3장. 7절(환경에 대한 유해성(생태영향)) [표 10]을 참고하여 선정하였으며, 이용 가능한 독성자료의 수가 만성독성 값 2개에 해당하므로 평가계수 50을 적용하였다. 따라서, 수생 환경영역의 예측무영향농도는 선정된 독성 값 0.158 mg/L에 평가계수 50을 나누어 0.00316 mg/L로 도출하였다.

[표 14] 수생 환경 예측무영향농도(PNEC)

구분	값	평가계수	근거·비고
예측무영향농도(PNEC) _{aqua-freshwater} (mg/L)	0.00316 mg/L	50	물벼룩만성독성의 주요자료인 무영향관찰농도(NOEC)(21일) = 0.158 mg/L을 기준으로 계산

7.1.2. 침전물

7.1.2.1. 독성 자료

7.1.2.1.1. 저서생물 만성독성

Rana arvalis(무어개구리)의 알을 대상으로 시험을 수행한 Solyom 등(2001)의 연구에서 무영향관찰농도(NOEC)는 1,500 mg/kg(10 °C, 26일)인 것을 확인하였다.

[표 15] 저서생물 만성독성 연구결과

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
개구리(<i>Rana arvalis</i>) 만성독성 시험 - 시험법: 생물체의 알에 아세톤에 희석한 ‘NIER-비발암’ 노출시켜 5℃, 35일 또는 10℃, 26일 노출시킨 후 관찰 - 환경: 담수 - 방법: 지수식 - 설정농도: 300, 600, 1500 mg/kg	- <i>Rana arvalis</i> (무영향관찰농도(NOEC), 26일) NOEC = 1,500 mg/kg (설정농도) - <i>Rana arvalis</i> (무영향관찰농도(NOEC), 35일) NOEC = 1,500 mg/kg (설정농도)	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Solyom P, Remberger M and Viktor T. 2001
갈따구(<i>Chironomus riparius</i>) 만성독성 시험 - ASTM E1383-94 - 환경: 담수 - 방법: 지수식	무영향관찰농도(NOEC, 28일) NOEC = 10,000 mg/kg	신뢰도 2 참고자료 시험결과	Brown D, Thomson RS, Stewart KM, Croudace CP and Gillings E. 1996

7.1.2.2. 침전물에 대한 요약 및 논의

저서생물 만성독성에 대한 연구로부터 무영향관찰농도(NOEC)는 1,500 mg/kg인 것을 확인하였다.

7.1.2.3. 예측무영향농도(PNEC) 계산

저서생물 만성독성의 예측무영향농도는 개구리 만성독성 시험의 무영향관찰농도(NOEC)가 가장 낮은 영향 농도 값을 가지므로 1,500 mg/kg(26일)을 기준으로 계산하였다. 평가계수는 “화학물질의 위해성에 관한 자료 작성지침(2017, 국립환경과학원)”의 3장. 7절(환경에 대한 유해성(생태영향)) [표 11]을 참고하여 선정하였으며, 이용 가능한 독성자료의 수가 만성독성 값 2개에 해당하므로 평가계수로 50을 적용하였다. 따라서, 수생 환경영역의 예측무영향농도는 선정된 독성 값 1,500 mg/kg에 평가계수 50을 나누어 30 mg/kg로 도출하였다.

[표 16] 저서생물 예측무영향농도(PNEC)

구분	값	평가계수	근거·비고
예측무영향농도(PNEC) _{sediment} (mg/kg)	30 mg/kg dw	50	저서생물 만성독성 주요자료인 무영향관찰농도(NOEC)(26일)= 1,500 mg/kg을 기준으로 계산

7.2. 육생환경영역

7.2.1. 독성자료

7.2.1.1. 육생식물 급성독성

Brassica alba(백겨자), *Triticum aestivum*(보통밀), *Lepidum sativum*(큰다닥냉이)을 대상으로 OECD Guideline 208에 따라 시험을 수행한 Diefenbach(1998)의 연구에서 EC₅₀이 130 mg/kg(인공토양 조건)인 것을 확인하였다.

7.2.1.2. 육생무척추동물 급성독성

Eisenia fetida(줄지렁이)를 대상으로 OECD Guideline 207에 따라 시험을 수행한 Diefenbach(1998a)의 연구에서 EC₅₀이 1,000 mg/kg(7일, 인공토양 조건)인 것을 확인하였다.

7.2.1.3. 육생식물 만성독성

Zea mays(옥수수)를 대상으로 ISO 22030에 따라 시험을 수행한 Hoberg(2007)의 연구에서 무영향관찰농도(NOEC)는 130mg/kg(21일, 자연토양 조건)인 것을 확인하였다.

7.2.1.4. 육생무척추동물 만성독성

Enchytraeus sp.(화이트 워)를 대상으로 OECD Guideline 220에 따라 시험을 수행한 Moser(2007a)의 연구에서 무영향관찰농도(NOEC)는 100 mg/kg((28일, 인공토양 조건)인 것을 확인하였다.

[표 17] 육생 환경 유해성 연구결과

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
육생식물 급성독성 시험 -시험법: OECD Guideline 208 -생물종: 겨자(<i>Brassica alba</i>), 밀(<i>Triticum aestivum</i>), 냉이(<i>Lepidum sativum</i>) -노출: 급성노출 -토양: 인공토양	- <i>Brassica alba</i> , <i>Triticum aestivum</i> , <i>Lepidum sativum</i> EC ₅₀ = 130 mg/kg	신뢰도 1 주요자료 시험결과	Diefenbach R. 1998a
지렁이(<i>Eisenia fetida</i>) 급성독성 시험 -시험법: OECD Guideline 207 -노출: 단기노출독성 -토양: 인공토양	- <i>Eisenia fetida</i> (7일) EC ₅₀ = 1,000 mg/kg(설정농도)	신뢰도 1 주요자료 시험결과	Diefenbach R. 1998a
옥수수(<i>Zea mays</i>) 만성독성 시험 -시험법: ISO 22030 -노출: 장기노출독성 -토양: 자연토양	- <i>Zea mays</i> (무영향관찰농도(NOEC), 21일) NOEC = 130 mg/kg 설정농도)	신뢰도 1 주요자료 시험결과	Hoberg J 2007
지렁이(<i>Enchytraeus sp.</i>) 만성독성 시험 -시험법: OECD Guideline 220 -노출: 장기노출독성 -토양: 인공토양	- <i>Enchytraeus sp.</i> (무영향관찰농도(NOEC), 28일) NOEC = 100 mg/kg(설정농도)	신뢰도 1 주요자료 시험결과	Moser T, Egeler P 2007a

7.2.2. 육생 환경영역에 대한 요약 및 논의

육생 환경영역에 대한 연구로부터 육생식물 급성독성 및 육생 무척추동물 급성독성의 EC₅₀이 각각 130 mg/kg, 1,000 mg/kg(7일)인 것으로 확인하였으며, 육생식물 만성독성 및 육생 무척추동물 만성독성의 무영향관찰농도(NOEC)가 각각 130 mg/kg(21일), 100 mg/kg(28일)인 것을 확인하였다.

7.2.3. 예측무영향농도(PNEC) 계산

육생 환경영역의 예측무영향농도는 지렁이 만성독성 시험의 무영향관찰농도(NOEC)가 가장 낮은 영향 농도 값을 가지므로 100 mg/kg(28일)을 기준으로 계산하였다.

평가계수는 “화학물질의 위해성에 관한 자료 작성지침(2017, 국립환경과학원)”의 3장. 7절(환경에 대한 유해성(생태영향)) [표 11]을 참고하여 선정하였으며, 2 영양단계에 대한 생물종에 대해 장기독성시험의 무영향관찰농도(NOEC)이 존재하므로 평가계수로 50을 적용하였다. 따라서 육생 환경영역의 예측무영향농도는 선정된 독성 값 100 mg/kg에 평가계수 50을 나누어 2 mg/kg로 도출하였다.

[표 18] 육생환경 예측무영향농도(PNEC)

구분	값	평가계수	근거·비고
예측무영향농도(PNEC) _{soil} (mg/kg)	2 mg/kg dw	50	육생 무척추 동물 만성독성 주요 자료인 무영향관찰농도(NOEC) = 100 mg/kg을 기준으로 계산

7.3. 하수처리시설의 미생물활성

7.3.1. 독성자료

7.3.1.1. 활성슬러지 호흡저해

Diefenbach 등(1999)은 하수 활성슬러지를 대상으로 OECD Guideline 209에 따라 시험을 수행하였다. 무영향관찰농도(NOEC)는 유화제(TWEEN 80) 첨가 유무에 의해 각각 2,007 mg/L(3시간, 첨가제 유), 1,500 mg/L(3시간, 첨가제 무)인 것을 확인하였다.

[표 19] 하수처리시설의 미생물활성 연구결과

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
활성슬러지 호흡저해 시험(하수 처리시설의 미생물 활성) -시험법: OECD Guideline 209 -환경: 담수 -방법: 지수식	-유화제 무첨가 (무영향관찰 농도(NOEC), 3시간) NOEC = 1,500 mg/L (설정농도) -유화제 첨가 (무영향관찰농도(NOEC), 3시간) NOEC = 2,007 mg/L(설정농도)	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Diefenbach R. 1999

7.3.2. 하수처리시설의 미생물에 대한 요약 및 논의

하수처리시설의 미생물활성에 대한 연구로부터 무영향관찰농도(NOEC)는 1,500 mg/L(3시간)인 것을 확인하였다.

7.3.3. 예측무영향농도(PNEC) 계산

하수처리시설 미생물활성의 예측무영향농도는 무영향관찰농도(NOEC)가 1,500 mg/L인 것을 기준으로 계산하였다. 평가계수는 “화학물질의 위해성에 관한 자료 작성지침(2017, 국립환경과학원)”의 3장. 7절(환경에 대한 유해성(생태영향)) [표 11]을 참고하여 선정하였으며, 이용 가능한 독성 값에 무영향관찰농도(NOEC)를 사용하였으므로 평가계수로 10을 적용하였다. 따라서 하수처리시설 미생물활성의 예측무영향농도는 선정된 독성 값 1,500 mg/L에 평가계수 10을 나누어 150 mg/L로 도출하였다.

[표 20] 하수처리시설의 미생물활성 예측무영향농도(PNEC)

구분	값	평가계수	근거·비고
예측무영향농도(PNEC) _{stp} (mg/L)	150 mg/L dw	10	하수처리시설의 미생물활동 주요자료인 무영향관찰농도(NOEC)(3시간) = 1,500 mg/L를 기준으로 계산

7.4. 환경에 대한 유해성(생태영향) 및 분류표시에 관한 결론

「화학물질의 분류 및 표시 등에 관한 규정」(국립환경과학원고시)의 급성 수생환경 유해성 분류기준에 따라 어류급성독성 및 물벼룩 급성독성의 LC₅₀, EC₅₀이 각각 0.33 mg/L, 0.31 mg/L로 급성 수생환경 유해성 구분 1에 해당한다. 만성 수생환경 유해성 분류기준에 따라 빠르게 분해되는 물질로 어류만성 독성 및 물벼룩 만성독성의 무영향관찰농도(NOEC)가 각각 0.20 mg/L, 0.16 mg/L이므로 만성 수생환경 유해성 구분 3에 해당한다.

8. 인체 건강에 대한 유해성평가

8.1. 독성 동태학(흡수, 대사, 분포 및 제거)

Sprague Dawley(랫드)를 대상으로 시험을 수행한 Douglas(2010)의 연구에서 혈액 및 뇨의 체내 동태(경구, 48 시간)를 분석한 결과, 1차 대사산물로 물질e, 2차 대사산물로 물질h, 물질i가 검출되는 것을 확인하였다.

[표 21] 독성동태 연구결과

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
랫드(<i>Sprague-Dawley</i>)의 대사산물 검출시험 -생물 수: 수컷(20마리) -노출경로: 경구 -노출농도: 0.3-2.87 mg/kg -방법: 투여 후 48시간동안 혈액, 뇨 관찰	-1차 대사산물: 물질e -2차 대사산물: 물질h, 물질i	신뢰도 1 주요자료 시험결과	Douglas 2010
-사람(남성(34, 47세))의 체내흡수율 시험 -노출: 경구투여(단회, 30 mg) -방법: 뇨 중 배출량 분석	-투여량의 25% 흡수	신뢰도 1 참고자료 시험결과	Schmid, Schlatter 1985
기니피그(<i>Cavia porcellus</i>)의 체내흡수율 시험 -노출: 경피 노출 -방법: 24시간 후 분석	-투여량의 1% 미만 흡수	신뢰도 2 참고자료 시험결과	Chu 1996
필리핀 원숭이(<i>Macaca fascicularis</i>)의 체내 분포 시험 -노출: 경구투여(21일, 500 mg/kg/day) -방법: ¹⁴ C- ‘NIER-비발암’ 양 분석	-24시간 이내 대부분 배출 -96시간 후 간장과 장에 투여량의 2% 미만으로 검출	신뢰도 2 참고자료 시험결과	Monsanto 1988

8.1.1. 독성동태에 대한 요약 및 논의

인체에 30 mg을 경구 투여한 경우 투여량의 25%가 흡수되었으며, *Cavia porcellus*(기니피그)에 경피 노출한 경우 약 1% 미만이 흡수되는 것을 확인하였다. Sprague-Dawley(랫드)에 경구 투여 후 혈액, 뇨 등에서 1차 대사산물로 물질e를, 2차 대사산물로 물질h, 물질i를 확인하였다. *Macaca fascicularis*(필리핀 원숭이)에 경구 투여한 경우 24시간 이내에 대부분 배출되는 것으로 확인하였다.

8.2. 급성독성

8.2.1. 급성경구독성

Fisher F344(랫드)를 대상으로 OECD Guideline 401에 따라 시험을 수행한 NTP(1982a)의 연구에서 LD₅₀이 4,000 mg/kg(단회 위장관 투여)인 것을 확인하였다.

8.2.2. 급성경피독성

Little White Russian(래빗)을 대상으로 OECD Guideline 402와 유사한 방법에 따라 시험을 수행한 Shaffer(1945)의 연구에서 LD₅₀이 19,800 mg/kg(경피 노출, 24시간)인 것을 확인하였다.

8.2.3. 급성흡입독성

Sprague-Dawley(랫드)를 대상으로 OECD Guideline 403에 따라 시험을 수행한 Greenough 등(1981)의 연구에서 LC₅₀이 15,620 mg/m³(흡입 노출, 4시간)인 것을 확인하였다.

[표 22] 급성독성 연구결과

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
랫드(Fischer 344)의 급성경구독성 시험 -시험법: OECD Guideline 401 -성별: 수컷/암컷 -노출: 경구(위장관)	-Fischer 344(LD ₅₀) LD ₅₀ = 4,000 mg/kg	신뢰도 1 주요자료 시험결과	NTP 1982a

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
랫드(Fischer 344) 급성경구독성 시험 -시험법: OECD Guideline 425 -성별: 암컷 -노출: 경구(위장관)	-Fischer 344(LD ₅₀) LD ₅₀ = 5,000 mg/kg	신뢰도 2 참고자료 시험결과	Berman E, Schlicht M, Moser VC 1995
래빗(Little White Russian) 급성경피독성 시험 -시험법: OECD Guideline 402와 유사한 방법 -노출농도: 100~30,000 mg/kg/day	-래빗(Little White Russian)(LD ₅₀) LD ₅₀ = 19,800 mg/kg	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Shaffer CB, Carpenter CP 1945
랫드(Sprague-Dawley) 급성흡입 독성 시험 -시험법: OECD Guideline 403 -성별: 수컷/암컷 -노출경로: 흡입 (에어로졸) -노출시간: 4시간	-Sprague-Dawley(LC ₅₀) LC ₅₀ = 15,620 mg/m ³	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Greenough RJ 1981a

8.2.4. 급성독성에 대한 요약 및 논의

급성독성에 대한 연구로부터 경구 및 경피 노출 시험의 LD₅₀이 각각 4,000 mg/kg, 19,800 mg/kg(24시간)인 것으로 확인하였으며, 흡입 노출 시험에서는 LC₅₀이 15,620 mg/m³(4시간)인 것으로 확인하였다.

급성독성에 대한 급성독성에 대한 영향은 없는 물질로 확인하였다.

8.3. 자극성·부식성

8.3.1. 피부 자극성/부식성

Little White Russian(래빗)을 대상으로 OECD Guideline 404에 따라 시험을 수행한 Murmann(1987a)의 연구에서 1, 24, 48, 72시간 간격으로 8일간 피부의 반응을 관찰(0.5 mL, 6 cm²의 면적으로 노출 후 4시간 뒤 제거)한 결과 약한 자극성을 관찰하였으며, 3마리의 평균 부종점수는 1, 1.33, 1인 것을 확인하였다.

8.3.2. 눈 자극성/부식성

Little White Russian(래빗)을 대상으로 OECD Guideline 405에 따라 시험을 수행한 Murmann(1987b)의 연구에서 0.1 ml를 3마리의 오른쪽 눈에 주입시켜 관찰한 결과 결막 부종, 각막 혼탁, 홍채의 병변 등은 나타나지 않았고, 모든 평균점수는 0점인 것을 확인하였다.

[표 23] 자극성 및 부식성 연구결과

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
래빗(Little White Russian) 피부 자극성/부식성 시험 -시험법: OECD Guideline 404 -생물수: 3마리 -성별: 암컷 -노출농도: 0.5 ml, 6 cm ² 노출 -방법: 4시간 노출 후 1, 24, 48, 72시간 간격으로 8일간 관찰	-래빗(Little White Russian) : 자극성 없음 -부종 점수 #1: 1점/4점 #2: 1.33점/4점 #3: 1점/4점	신뢰도 1 주요자료 시험결과	Murmann P 1987a
래빗(New Zealand White) 피부 자극성/부식성 시험 -시험법: EPA OPP 81-5 -성별: 암컷/수컷 -Coverage: occlusive	-래빗(New Zealand White): 자극성 없음 -홍반 점수 #1: 0.33점/4점 #2: 0.58점/4점 #3: 0.25점/4점	신뢰도 2 참고자료 시험결과	Greenough RJ 1981b
래빗(Little White Russian) 눈자극성/부식성 시험 -시험법: OECD Guideline 405 -생물수: 3마리 -성별: 암컷 -노출농도: 0.1 ml	-래빗(Little White Russian) : 자극성 없음 -각막 점수 #1: 0점/4점 #2: 0점/2점 -결막부종점수 #1: 0점/4점	신뢰도 1 주요자료 시험결과	Murmann P 1987b

8.3.3. 자극성 및 부식성에 대한 요약 및 논의

자극성/부식성에 대한 연구 결과 피부 및 눈 자극성 물질에 해당하지 않는다.

8.4. 과민성

8.4.1. 피부 과민성

Dunkin-Hartley(기니피그)를 대상으로 OECD Guideline 406에 따라 시험을 수행한 Greenough(1981d)의 연구에서 피부 과민성이 없음을 확인하였다.

[표 24] 피부 과민성 시험 연구에 대한 개요

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
기니피그(Dunkin-Hartley) 피부 자극성/과민성 시험 -시험법: OECD Guideline 406 -성별: 암컷 -생물수: 20마리 기니피그 maximisation test	-기니피그(Dunkin-Hartley): 과민성 없음 -양성반응의 수: 0마리/20마리(24시간 after chall.; dose: 50%) -양성반응의 수: 0마리/10마리(24시간 after chall.; dose: 50%)	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Greenough RJ 1981d

8.4.2. 피부 과민성에 대한 요약 및 논의

피부 과민성에 대한 연구 결과 피부 과민성이 없는 물질로 확인하였다.

8.5. 반복투여독성

8.5.1. 반복투여독성 (28일)

Fischer 344(랫드)를 대상으로 OECD Guideline 407에 따라 시험을 수행한 David 등(2000a)의 연구에서는 간 무게 증가 및 신장 세뇨관 세포의 미네랄화 등을 관찰하였으며, NOAEL은 전신 영향에 대해 500ppm(28.9 mg/kg/day, (수컷), 경구 투여, 28일)인 것을 확인하였다.

8.5.2. 반복투여독성 (90일)

Sprague-Dawley(랫드)를 대상으로 OECD Guideline 408에 따라 시험을 수행한 Poon 등(1997)의 연구에서는 간 크기의 증가, 갑상선의 조직학적 변화, 정소무게 감소 등을 관찰하였으며, NOAEL은 50 ppm(3.7 mg/kg · bw/day, 경구 노출, 90일)인 것을 확인하였다.

[표 25] 반복투여독성 연구결과

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
---------	----	----	------

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
랫드(Fischer 344)의 반복투여독성(28일) 시험 -시험법: OECD Guideline 407 -성별: 수컷/암컷 -노출경로: 경구(식이) -노출농도: 100, 500, 2,500, 125,000 ppm -실제섭취량(수컷): 0, 5.8, 28.9, 146.6, 789.0 mg/kg/day -실제섭취량(암컷): 0, 7.3, 36.1, 181.7, 938.5 mg/kg/day	-Fischer 344(NOAEI) NOAEL = 500 ppm (28.9 mg/kg, 36.1 mg/kg, M/F) -수컷 랫드의 간의 무게 증가, 신장 유두부와 신장 세뇨관 세포의 미세탈화	신뢰도 1 주요자료 시험결과	David RM, Moore MR, Finney DC 2000a David RM, Moore MR, Finney DC 2001
랫드(Wistar)의 반복투여독성(28일) -시험법: OECD Guideline 407 -성별: 수컷 -노출경로: 경구(위장관) -노출농도: 0, 60, 200, 600, 2,000 mg/kg/day -실제 섭취량: 0, 5, 18, 52, 182, 549 mg/kg/day -노출기간: 14일, 28일	-Wistar(NOAEI) NOAEL = 5 mg/kg/day -용량의 증가에 따른 간의 무게 증가	신뢰도 2 참고자료 시험결과	Jansen EHJM, van den Ham WA, Dormans JAMA, van Apeldoorn ME 1992
랫드(Sprague-Dawley)의 반복투여독성(90일) -시험법: OECD Guideline 408 -성별: 수컷/암컷 -노출경로: 경구(식이) 0, 5, 50, 500, 5,000 ppm -실제섭취량(수컷): 0.4, 3.7, 37.6, 375.2 mg/kg/day -실제섭취량(암컷): 0.4, 4.2, 42.2, 419.3 mg/kg/day -노출기간: 90일 (13주)	-Sprague-Dawley(NOAEI) NOAEL = 50 ppm (3.7 mg/kg · bw/day) -간의 크기 증가, 갑상선의 조직학적 변화 관찰, 정소 무게 감소	신뢰도 1 주요자료 시험결과	Poon R, Lecavalier P, Mueller R, Valli VE, Procter BB, Chu I 1997

8.5.3. 반복투여독성에 대한 요약 및 논의

「화학물질의 분류 및 표시 등에 관한 규정」(국립환경과학원고시)의 특정표적장기 독성 - 반복노출 유해성 분류기준에 따라 90일 경구시험결과 NOAEL= 3.7 mg/kg/day로 나타났으며, 장기별 영향으로는 장기별로는 간 크기의 증가 및 정소 무게 감소, 갑상선의 조직학적 변화가 관찰되었으며, 특히 간 및 갑상선을 부검한 결과 간 및 정소조직의 광범위한 괴사가 나타난 것을 확인하였다. 그러므로 특정 표적장기 독성을 구분 1로 분류하였다.

8.6. 변이원성

8.6.1. 복귀돌연변이

S. typhimurium (살모넬라 엔테리카, TA1535, TA1537, TA98, TA100)을 대상으로 OECD Guideline 471에 따라 시험을 수행한 Zeiger 등(1985)의 연구에서 대사 활성계 유무와 관계없이 음성결과를 확인하였다.

8.6.2. 포유류 배양세포를 이용하는 염색체이상

L5178Y 세포를 이용한 마우스의 림프종을 대상으로 OECD Guideline 473에 따라 시험을 수행한 Myhr 등(1985)의 연구에서 대사 활성계 유무와 관계없이 음성 결과를 확인하였다.

8.6.3. 시험동물을 이용하는 유전독성

Putman 등(1983)은 Fisher F344(랫드)를 대상으로 OECD Guideline 475에 따라 골수세포의 염색체 이상 시험을 실시하였다. 그 결과 음성(경구 투여)인 것을 확인하였다.

8.6.4. 추가 유전독성 (생식세포 유전독성 등)

Butterworth 등(1984)은 Fisher F344(랫드)를 대상으로 OECD Guideline 486에 따라 간세포 생체 내 비정기적 DNA 합성시험을 실시하였다. 그 결과 음성(경구 투여)인 것을 확인하였다.

[표 26] 유전독성 연구결과

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
<i>S. typhimurium</i> 를 이용한 복귀돌연변이 시험(TA1535, TA1537, TA98, TA100) -시험법: OECD Guideline 471 -대사활성계 유/무 -0, 100, 333, 1,000, 3,333, 10,000 ug/plate	- <i>S. typhimurium</i> 복귀돌연변이: 음성	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Zeiger, E., Haworth, S., Mortelmans, K 1985

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
포유류 배양세포(마우스의 림프종 L5178Y 세포)를 이용한 염색체이상 시험 -시험법: OECD Guideline 473 -125, 250, 500, 750, 1,000, 2,000, 3,000, 5,000 nL/mL	-마우스의 림프종 L5178Y 세포: 대사활성계 유무와 관계없이 음성 -세포독성: 관찰되지 않음	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Myhr B, Bowers L, Caspary WJ 1985 Ashby, J., Paton, D. 1985a
랫드(Fischer 344)를 이용한 골수세포 염색체 시험 -시험법: OECD Guideline 475 -노출경로: 경구(위장관) -0.5, 1.7, 5.0 mL/kg	-Fischer 344: 음성 -변이원성이 관찰되지 않음	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Putman DL, Moore WA, Schechtman LM 1983
랫드(Fischer 344)를 이용한 간세포 생체 내 비정기적 DNA 합성 시험(UDS Assay) -시험법: OECD Guideline 486 -성별: 수컷 -노출경로: 경구(위장관) -150, 500, 1,000 mg/kg	-Fischer 344: 음성 -독성: 1,000 mg/kg/day에서 간세포의 변형과 응집이 관찰	신뢰도 2 주요자료 시험결과	Butterworth BE, Bermudez E, Smith-Oliver T, Earle L 1984

8.6.5. 변이원성에 대한 요약 및 논의

변이원성에 대한 연구로부터 모든 생체 외 시험(*in vitro*) 및 생체 내 시험(*in vivo*) 시험에서 변이원성이 관찰되지 않는 것으로 확인하였다.

8.7. 생식독성

8.7.1. 생식 및 발달독성 스크리닝

Wistar 로 OECD Guideline 422에 따라 시험을 수행한 TNO(네덜란드 국영 응용과학기술 연구소, 1992)의 연구에서 NOAEC가 100 mg/L(P, F₁, 흡입 노출)인 것을 확인하였다.

8.7.2. 최기형성

Fisher F344(랫드)를 대상으로 OECD Guideline 414에 따라 시험을 수행한 Tyl(1988), Merkle(1988), BASF(1986)의 연구에서 NOAEL이 357 mg/kg/day(P, F₁, 경구 노출), 0.3 mg/L(P, F₁, 흡입 노출)인 것을 확인하였다.

8.7.3. 2세대 생식독성

Sprague-Dawley(랫드)를 대상으로 OECD Guideline 416에 따라 시험을 수행한 wolfe GW, Layton(2004)의 연구에서 F₁, F₂ 세대가 F₀ 세대보다 생식기(고환) 이상에 더 민감하였으며, 그 결과 NOAEL이 100 ppm(4.8 mg/kg, 경구 투여, F₀; 교배 73일 전부터 37일간, F₁; 성장 후 교배, F₂; 태어난 지 21일 째에 인지기능 평가)인 것을 확인하였다. F₂ 세대 새끼는 최고 농도에서 고환 무게 감소를 확인하였다.

[표 27] 생식독성 연구결과

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
랫드(Wistar)의 생식 및 발달독성 스크리닝 -시험법: OECD Guideline 422 -성별: 수컷/암컷 -노출경로: 흡입(에어로졸) -농도: 0, 1, 5, 30, 100 mg/L -기간(수컷): 6주(교미 전 2주, 교미기간 중 및 후 4주, 1일 6시간 노출) -기간(암컷): 교미기간과 임신기간, 분만 후 보육기간 전체(교미 전 2주, 교미기간 중 및 임신기간 22일, 분만 후 보육기간 13일, 1일 6시간 노출)	-Wistar(NOAEC(P)) NOAEC = 100 mg/L -최고농도에서 생식독성 영향이 관찰되지 않음 -Wistar(NOAEC(F1)) NOAEC = 100 mg/L -최고농도에서 체중, 발달독성에 대한 영향이 관찰되지 않음	신뢰도 2 주요자료 시험결과	TNO 1992
랫드(Fischer 344)의 최기형성 시험 -시험법: OECD Guideline 414 -노출경로: 경구(식이) -설정 식이(nominal diet): 0.5, 1.0, 1.5, 2% -무제한 식이: 357, 666, 856, 1,055 mg/kg/day	-Fischer 344(NOEL(P)) NOEL= 357 mg/kg/day (actual dose received) -Fischer 344(NOEL((F1)) NOEL= 357 mg/kg/day (actual dose received) -Fischer 344(NOEL, 기형발생) NOEL = 1055 mg/kg/day (actual dose received)	신뢰도 1 주요자료 시험결과	Tyl RW, Price CJ, Marr MC 1988
랫드(Wistar)의 최기형성 시험 흡입: 에어로졸(nose/head only) -시험법: OECD Guideline 414 -0, 0.01, 0.05, 0.3 mg/L -노출시간: 1일 6시간 노출	-Fischer 344(NOEL(P)) NOEL = 0.3 mg/L air -Fischer 344(NOEL((F1)): NOEL= 0.3 mg/L air	신뢰도 1 참고자료 시험결과	Merkle J, Klimisch HJ, Jäckh R 1988 BASF 1986

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
Rat(Sprague-Dawley)의 2세대 생식독성 시험 -시험법: OECD Guideline 416 -성별: 수컷/암컷 -노출경로: 경구(식이) -1.5 (2그룹), 10, 30, 100, 300, 1,000, 7,500, 10,000 (2그룹) ppm -F0 실제 섭취량: 0.12, 0.78, 2.4, 7.9, 23, 77, 592, 775 mg/kg/day -F1 실제 섭취량: 0.09, 0.48, 1.4, 4.9, 14, 48, 391, 543 mg/kg/day -F2 실제 섭취량: 0.1, 0.47, 1.4, 4.8, 14, 46, 359 mg/kg/day -사전교배: 81±10일(암수 동일)	-Sprague-Dawley(NOAE(F0, F1, F2)) NOAEL = 1000 ppm (14 mg/kg · bw/day), 남성 생식 기관 영향 -F1, F2 세대가 F0 세대보다 생식기(고환) 이상에 더 민감 NOAEL = 7500 ppm (48, 46 mg/kg, F1, F2 수컷), NOAEL = 10000 ppm (775 mg/kg, F0수컷)에서 정자 감소, 7500 ppm과 그 이상에서 생식력 장애 -태아 및 발달독성 NOAEL(F1, F2) = 100 ppm(4.8 mg/kg · bw)/day) -고환무게 감소: NOAEL = 7500 ppm (F1, F2 수컷), NOAEL = 10000 ppm (F0, F1, 수컷) -고환 정액운반 관형위축 NOAEL = 300 ppm (1/10 F1), 7500 ppm (all F1, F2), 10000 ppm (2/3 F0)	신뢰도 1 주요자료 시험결과	wolfe GW, Layton KA 2004

8.7.4. 생식독성에 대한 요약 및 논의

「화학물질의 분류 및 표시 등에 관한 규정」(국립환경과학원고시)의 생식독성 유해성 분류기준에 따라 NOAEL이 100 ppm(F₁, F₂, 4.8 mg/kg/day, 경구 투여)이므로 생식독성 유해성 구분 1에 해당한다.

8.8. 발암성

8.8.1. 동물에 대한 정보

8.8.1.1. 발암성: 경구

Fisher F344(랫드)를 대상으로 OECD Guideline 453에 따라 시험을 수행한 David(2000) 연구에서 간세포 선종(경구 투여)이 발생하는 것을 확인하였다.

8.8.1.2. 발암성: 경피

해당자료 없음

8.8.1.3. 발암성: 흡입

해당자료 없음

8.8.1.4. 기타

해당 자료 없음

[표 28] 발암성 연구결과

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
랫드(F344) -시험법: OECD Guideline 453 -성별: 수컷/암컷 -노출경로: 경구(식이) -수컷: 5.8, 28.9, 146.6, 780 mg/kg/day -암컷: 7.3, 36.1, 181.7, 938.5 mg/kg/day -노출기간:104주	발암성(경구) NOAEL = 수컷 28.9 mg/kg/day, 암컷 36.1 mg/kg/day 간세포 선종 발생 증가	신뢰도 1 주요자료 시험결과	David RM, Moore MR, Finney DC and Guest D 2000
랫드(F344) -시험법: OECD Guideline 451 -성별: 수컷/암컷 -노출경로: 경구(식이) -수컷: 0, 322, 674 mg/kg/day -암컷: 0, 394, 774 mg/kg/day -노출기간:104주	발암성(경구) 수컷 322, 674 mg/kg/day 농도에서, 암컷 394, 774 mg/kg/day 농도에서 간세포 선종 발생 증가	신뢰도 2 참고자료 시험결과	NTP 1982c

8.8.2. 인체에 대한 정보

IARC에 따르면 독일의 생산 공장에서 근로자의 사망률을 추적한 결과, 총 8명의 사상자가 발생하였으며 그 중 췌장암으로 인한 사망 1명, 유방암으로 인한 사망 1명의 정보를 확인하였다. 고환암과의 연관성 연구는 Hardell(1997) 등에 의해 연구되었으며, 플라스틱 작업에 직업적으로 노출된 사람과 고환암 사이에는 연관성이 없는 것으로 확인하였다.

8.8.3. 발암성에 대한 요약 및 논의

동물에서의 발암성 시험 결과 간세포 선종이 발생하는 것으로 확인하였다. IARC, ACGIH는 2B로 NTP는 Reasonably anticipated to be a human carcinogen(RAHC)로 분류되었으나, 인체 간암의 직접적 연관은 입증할 수 없다.

8.9. 다른 영향

8.9.1. 동물에 대한 정보

Fisher F344(랫드)를 대상으로 시험을 수행한 Moser 등(1995)의 연구에서 안검하수, 경직, 눈물, 저체온증 등을 관찰하였으며, NOAEL은 1,500 mg/kg(단회노출, 경구 투여)인 것으로 확인하였다.

[표 29] 기타 영향(동물) 연구결과

방법 및 조건	결과	비고	근거자료
랫드(Fischer 344)단회 급성경구노출 시험 -성별: 암컷 -생물수: 8마리 -노출경로: 경구(위장관) -단회노출량: 150, 500, 1,500, 5,000 mg/kg/day	-Fischer 344(NOAEL) = 1,500 mg/kg/day -8마리 중 2마리: 안검하수, 경직, 눈물, 저체온증	신뢰도 2 참고자료 시험결과	Moser VC, Cheek BM, MacPhail RC 1995 Moser VC, MacPhail RC, Gennings C 2003

8.9.2. 인체에 대한 정보

2005~2010년도 서울 외 9개 도시의 초등학생 2,425명을 대상으로 한 「어린이의 환경노출에 의한 건강영향조사」(국립환경과학원), 2006~2011년도 서울 외 2개 도시의 산모 및 출생아 2,720명을 대상으로 한 「환경과 산모 및 태아의 건강영향」(국립환경과학원), 2008~2010년도 서울시 노인 1,093명을 대상으로 한 「노령인구의 환경오염으로 인한 건강영향 실태조사」(국립환경과학원), 2008년도 전국 20세 이상 남녀 5,129명을 대상으로 한 「국민 인체 내 유해물질 실태조사」에서 인체 소변 내 대사물질을 통한 생체 모니터링 결과를 확인할 수 있었다. 대사체로 물질h, 물질i 및 물질j를 확인하였고, 기하평균으로 볼 때 물질h는 20~59세에서 11.9 ug/L로 가장 낮았으며, 8~19세에서 39.0 ug/L로 높게 나타났다. 물질i의 경우 20~59세에서 11.7 ug/L로 가장 낮았으며, 8~19세에서 33.2 ug/L로 높게 나타났다. 물질j의 경우 20~59세에서 21.6 ug/L로 가장 낮았으며, 60세 이상에서 35.6 ug/L로 높게 나타났다.

[표 30] 국내 연령별 뇨 시료 중 대사체 농도

연령군		물질h (ug/L)	물질i (ug/L)	물질j (ug/L)
1~7세	기하평균	18.4	12.4	N.A
	산술평균	34.4	28.5	N.A
	95백분위수	103.2	92.3	N.A
8~19세	기하평균	39.0	33.2	N.A
	산술평균	51.7	45.1	N.A
	95백분위수	132.4	110.1	N.A
20~59세	기하평균	11.9	11.7	21.6
	산술평균	22.1	20.9	26.1
	95백분위수	60.9	63.1	56.9
60세 이상	기하평균	23.2	15.1	35.6
	산술평균	36.7	22.9	48.7
	95백분위수	108.1	64.3	123.0
전체	기하평균	21.2	17.5	35.3
	산술평균	36.3	30.2	48.3
	95백분위수	108.9	91.4	122.2

N.A: Not Available

8.9.3. 다른 영향에 대한 요약 및 논의

다른 영향에 대한 동물 연구로부터 안검하수, 경직, 저체온증 등의 영향을 확인하였다. 인체에는 신경독성이나 면역독성에 대한 영향은 없는 것으로 알려져 있으며, 소변을 이용한 생체 모니터링 결과로 물질h, 물질i 및 물질j의 대사산물을 확인하였다.

8.10. 무영향수준 도출

8.10.1. 평가항목별 대표 독성 값

인체 건강에 대한 유해성평가 결과로부터 무영향수준 도출에 적용 가능한 용량기술자를 검토해 [표31]과 같이 선정하였다.

[표 31] 평가항목별 대표 독성 값

평가항목		관련영향	연구에 대한 기타 사항
급성독성	경구	LD ₅₀ = 4,000 mg/kg · bw/day	
	경피	LD ₅₀ = 19,800 mg/kg · bw/day	
	흡입	LC ₅₀ = 15,620 mg/m ³ in air	
자극성 및 부식성	피부	자극성 없음	
	눈	자극성 없음	
과민성	피부	과민성 없음	
유전독성	<i>in vitro</i>	음성	
	<i>in vivo</i>	음성	
반복투여독성	28일	NOAEL = 28.9 mg/kg/day	경구 노출
	90일	NOAEL = 3.7 mg/kg/day	경구 노출
생식독성	경구	NOAEL = 4.8 mg/kg/day	2세대 생식독성, 생식능력 저해
	경피	자료없음	
	흡입	자료없음	
발암성	경구	NOAEL = 28.9 mg/kg/day(수컷) NOAEL = 36.1 mg/kg/day(암컷)	비발암 물질(인체와의 관련성 없음)
	경피	자료없음	
	흡입	자료없음	

소비자(일반인) 및 작업자의 인체 건강에 대한 안전성 확인을 위하여, 확보한 주요 자료 중 가장 낮은 영향 농도를 가지는 반복투여독성(90일)의 경구 노출 NOAEL 3.7 mg/kg/day를 무영향수준 도출에 사용할 대표 용량기술자로 선정하였다.

8.10.2. 평가항목별 무영향수준 도출

선정된 용량기술자는 생체이용률, 경로별 외삽, 노출시간 등을 고려해 시작점을 보정 하였으며, 보정된 용량기술자의 모든 불확실성에 대한 평가계수를 적용하기 위해 소비자(일반인), 작업자 무영향수준 도출은 “화학물질의 위해성에 관한 자료 작성지침(2017, 국립환경과학원)” 3장. 8절(인체 건강에 대한 유해성) [표 14] EU의 불확실성 종류에 따른 평가계수와 [표 15] 상대성장 스케일링 인자를 참고하여 평가계수를 적용하였다. 평가계수는 Sprague-Dawley(랫드) 반복투여독성(90일) 시험 결과로부터 종간다양성 및 상대성장 스케일링 인자, 종내다양성, 노출기간을 고려하여 선정하였다. 적용된 평가계수에 대한 각각의 설명은 8.10.3 주요 건강 영향에 대한 무영향수준 결정에 기재하였다.

[표 32] 평가항목별 무영향수준

평가항목		보정된 용량 기술자	적용된 전체 평가 계수(AF)	평가항목별 무영향수준 (단위)
반복투여독성	28일	-	-	-
	90일	소비자(일반인)(경구) NOAEL = 3.7 mg/kg/day	200	0.0185 mg/kg bw/day ⁽¹⁻¹⁾
		소비자(일반인)(경피) NOAEL = 3.7 mg/kg/day	200	0.0185 mg/kg bw/day ⁽¹⁻²⁾
		소비자(일반인)(흡입) NOAEC = 1.6 mg/m ³	50	0.032 mg/m ³ ⁽¹⁻³⁾
		작업자(경피) NOAEL = 3.7 mg/kg/day	100	0.037 mg/kg bw/day ⁽²⁻¹⁾
		작업자(흡입) NOAEC = 3.26 mg/m ³	25	0.13 mg/m ³ ⁽²⁻²⁾

(1-1) 만성영향, 소비자(일반인) 경구노출에 대한 무영향수준 도출

(1-2) 만성영향, 소비자(일반인) 경피노출에 대한 무영향수준 도출

(1-3) 만성영향, 소비자(일반인) 흡입노출에 대한 무영향수준 도출

(2-1) 만성영향, 작업자 경피노출에 대한 무영향수준 도출

(2-2) 만성영향, 작업자 흡입노출에 대한 무영향수준 도출

8.10.3. 주요 건강 영향에 대한 무영향수준 결정

8.10.3.1. 소비자(일반인)에 대한 무영향수준 도출

소비자(일반인)에 대해 도출된 무영향수준은 아래와 같다.

[표 33] 소비자(일반인)에 대한 무영향수준

노출형태	노출경로	용량기술자	무영향수준	가장 민감한 평가항목
만성영향	경구	NOAEL : 3.7 mg/kg/day	0.0185 mg/kg/day	반복투여독성(90일)
	경피	NOAEL : 3.7 mg/kg/day	0.0185 mg/kg/day	반복투여독성(90일)
	흡입	NOAEL : 3.7 mg/kg/day	0.032 mg/m ³	반복투여독성(90일)

(1-1) 만성영향, 경구노출에 대한 무영향수준 도출

소비자(일반인)-만성영향, 경구노출에 대한 무영향수준 도출을 위해 Sprague-Dawley(랫드)를 이용한 반복투여독성 연구에서 관찰한 간, 갑상선, 정소 등의 영향에 대한 NOAEL 3.7 mg/kg/day(90일, 경구노출)을 대표 용량기술자로 선정하였으며, 시험동물과 인체 사이의 생체이용률(랫드의 경구 흡수율 50%, 인체 경구 노출에 대한 생체 이용률 50%)을 고려해 적절한 시작점으로 보정한 용량기술자는 3.7 mg/kg/day로 계산하였다. 보정된 용량기술자를 이용하여 불확실성에 대한 EU 평가계수를 적용한 결과 산출된 무영향수준은 0.0185 mg/kg/day이다.

[표 34] 소비자(일반인) 경구노출에 대한 무영향수준의 도출과정

구분		값
용량기술자 결정	용량기술자 선정	NOAEL = 3.7 mg/kg bw/day
	적절한 시작점으로 보정	<ul style="list-style-type: none"> 생체이용률 고려 50/50 - 랫드에서 경구 흡수율 50% - 인간의 경구 흡수율 50%
	보정된 용량기술자	$3.7 \times 50/50 = 3.7 \text{ mg/kg/day}$
평가계수 적용	종간 다양성	2.5×4
	종내 다양성	10
	노출기간(아만성 자료)	2
	전체 평가계수	$2.5 \times 4 \times 10 \times 2 = 200$
무영향수준의 도출		$3.7 \text{ mg/kg/day} / 200 = 0.0185 \text{ mg/kg/day}$

(1-2) 만성영향, 경피노출에 대한 무영향수준 도출

소비자(일반인)-만성영향, 경피노출에 대한 무영향수준 도출을 위해 Sprague-Dawley(랫드)를 이용한 반복투여독성 연구에서 관찰한 간, 갑상선, 정소 등의 영향에 대한 NOAEL 3.7 mg/kg/day(90일, 경구 노출)을 대표 용량기술자로 선정하였으며, 시험동물과 인체 사이의 생체이용률(랫드의 경구 흡수율 50%, 인체 피부 노출에 대한 생체이용률 50%)을 고려해 적절한 시작점으로 보정한 용량기술자는 3.7 mg/kg/day로 계산하였다. 보정된 용량기술자를 이용하여 불확실성에 대한 EU 평가계수를 적용한 결과 산출된 무영향수준은 0.0185 mg/kg/day이다.

[표 35] 소비자(일반인) 경피노출에 대한 무영향수준의 도출과정

구분		값
용량기술자 결정	용량기술자 선정	NOAEL = 3.7 mg/kg bw/day
	적절한 시작점으로 보정	<ul style="list-style-type: none"> • 생체이용률 고려 50/50 - 성인 랫드에서 경구 흡수율 50% - 인체 피부의 생체이용률 50%
	보정된 용량기술자	$3.7 \times 50/50 = 3.7 \text{ mg/kg/day}$
평가계수 적용	종간 다양성	2.5×4
	종내 다양성	10
	노출기간(아만성 자료)	2
	전체 평가계수	$2.5 \times 4 \times 10 \times 2 = 200$
무영향수준의 도출		$3.7 \text{ mg/kg/day} / 200 = 0.0185 \text{ mg/kg/day}$

(1-3) 만성영향, 흡입노출에 대한 무영향수준 도출

소비자(일반인)-만성영향, 흡입노출에 대한 무영향수준 도출을 위해 Sprague-Dawley(랫드)를 이용한 반복투여독성 연구에서 관찰한 간, 갑상선, 정소 등의 영향에 대한 NOAEL 3.7 mg/kg/day(90일, 경구 노출)을 대표 용량기술자로 선정하였으며, 경로별 외삽(소비자(일반인) 노출의 1일 지속시간에 상응하는 랫드의 24시간 노출 시 체중 1 kg 당 호흡량(1.15 m³/kg))을 적용하고, 시험동물과 인체 사이의 생체이용률(시험동물과 인간의 흡수율에 관한 시험데이터가 없고, 흡수율이 다르다고 가정할 경우 디폴트 값(랫드의 경구 흡수율 50%, 인체의 흡입에 의한 생체

이용률 100%) 활용)을 고려해 적절한 시작점으로 보정한 용량기술자는 1.6 mg/m^3 으로 계산하였다. 보정된 용량기술자를 이용하여 불확실성에 대한 EU 평가계수를 적용한 결과 산출된 무영향수준은 0.032 mg/m^3 이다.

[표 36] 소비자(일반인) 흡입노출에 대한 무영향수준의 도출과정

구분		값
용량기술자 결정	용량기술자 선정	NOAEL = 3.7 mg/kg bw/day
	적절한 시작점으로 보정	<ul style="list-style-type: none"> 생체이용률 고려 $50/100$ - 성인 랫드에서 경구 흡수율 50% - 인체 흡입에 대한 생체이용률 100%
		<ul style="list-style-type: none"> 경로별 외삽 - 랫드의 24시간 노출 시 체중 1 kg 당 호흡량(m^3/kg) $1.15 \text{ m}^3/\text{kg}$
	보정된 용량기술자	$3.7 \times 50/100 \times 1/1.15 = 1.6 \text{ mg/m}^3$
평가계수 적용	종간 다양성	2.5
	종내 다양성	10
	노출기간(아만성 자료)	2
	전체 평가계수	$2.5 \times 10 \times 2 = 50$
무영향수준의 도출		$1.6 \text{ mg/m}^3 / 50 = 0.032 \text{ mg/m}^3$

8.10.3.2. 작업자에 대한 무영향수준 도출

작업자에 대해 도출된 무영향수준은 아래와 같다.

[표 37] 작업자에 대한 무영향수준

노출형태	노출경로	용량기술자	무영향수준	가장 민감한 평가항목
만성영향	경피	NOAEL : 3.7 mg/kg/day	0.037 mg/kg/day	반복투여독성(90일)
	흡입	NOAEL : 3.7 mg/kg/day	0.13 mg/m^3	반복투여독성(90일)

(2-1) 만성영향, 경피노출에 대한 무영향수준 도출

작업자- 만성영향, 경피노출에 대한 무영향수준 도출을 위해 Sprague-Dawley 랫드를 이용한 반복투여독성 연구에서 관찰한 간, 갑상선, 정소 등의 영향에 대한 NOAEL 3.7 mg/kg/day(90일, 경구 노출)을 대표 용량기술자로 선정하였으며, 시험동물과 인체 사이의 생체이용률(시험동물과 인간의 흡수율이 같다고 가정(랫드의 경구 흡수율 50%, 인체 피부 노출에 대한 생체 이용률 50%))을 고려해 적절한 시작점으로 보정한 용량기술자는 3.7 mg/kg/day로 계산하였다. 보정된 용량기술자를 이용하여 불확실성에 대한 EU 평가계수를 적용한 결과 산출된 무영향수준은 0.037 mg/kg/day이다.

[표 38] 작업자 경피노출에 대한 무영향수준의 도출과정

구분		값
용량기술자 결정	용량기술자 선정	NOAEL = 3.7 mg/kg bw/day
	적절한 시작점으로 보정	<ul style="list-style-type: none"> • 생체이용률 고려 50/50 - 랫드의 흡수율 50% - 인체 피부의 생체이용률 50%
	보정된 용량기술자	$3.7 \times 50/50 = 3.7 \text{ mg/kg/day}$
평가계수 적용	종간 다양성	2.5×4
	종내 다양성	5
	노출기간(아만성 자료)	2
	전체 평가계수	$2.5 \times 4 \times 5 \times 2 = 100$
무영향수준의 도출		$3.7 \text{ mg/kg/day} / 100 = 0.037 \text{ mg/kg/day}$

(2-2) 만성영향, 흡입노출에 대한 무영향 수준 도출

작업자- 만성영향, 흡입노출에 대한 무영향수준 도출을 위해 Sprague-Dawley(랫드)를 이용한 반복투여독성 연구에서 관찰한 간, 갑상선, 정소 등의 영향에 대한 NOAEL 3.7 mg/kg/day(90일, 경구 노출)을 대표 용량기술자로 선정하였으며, 경로별 외삽(작업자 노출의 1일 지속시간에 상응하는 랫드의 8시간 노출 시 체중 1 kg 당 호흡량(0.38 m³/kg), 호흡률 차이(소비자(일반인)의 8시간 노출 지속 시 호흡량과 작업자가 8시간 동안 가벼운 활동을 할 때 표준 호흡량))을 적용하고, 시험동물과 인체

사이의 생체이용률(시험동물과 인간의 흡수율에 관한 시험데이터가 없고, 흡수율이 다르다고 가정할 경우 디폴트 값(랫드의 경구 흡수율 50%, 인체의 흡입에 의한 생체이용률 100%) 활용)을 고려해 적절한 시작점으로 보정한 용량기술자는 3.26 mg/m³으로 계산하였다. 보정된 용량기술자를 이용하여 불확실성에 대한 EU 평가계수를 적용한 결과 산출된 무영향수준은 0.13 mg/m³ 이다.

[표 39] 작업자 흡입노출에 대한 무영향수준의 도출과정

방법		값
용량기술자 결정	용량기술자 선정	NOAEL = 3.7 mg/kg bw/day
	적절한 시작점으로 보정	<ul style="list-style-type: none"> • 생체이용률 고려 50/100 - 성인 랫드에서 경구 흡수율 50% - 인체 흡입에 대한 생체이용률 100%
		<ul style="list-style-type: none"> • 경로별 외삽 - 랫드의 8시간 노출 시 체중 1 kg 당 호흡량(m³/kg) 0.38 m³/kg - 소비자(일반인)이 8시간 노출 지속 시 호흡량: 6.7 m³, 작업자가 8시간 동안 가벼운 활동을 할 때 표준 호흡량: 10 m³
	보정된 용량기술자	$3.7 \times 1/0.38 \times 50/100 \times 6.7/10 = 3.26 \text{ mg/m}^3$
평가계수 적용	종간 다양성	2.5
	종내다양성	5
	노출기간(아만성 자료)	2
	전체 평가계수	$2.5 \times 5 \times 2 = 25$
무영향수준의 도출		$3.26 \text{ mg/kg/m}^3 / 25 = 0.13 \text{ mg/m}^3$

9. 잔류성 · 축적성 평가

9.1. 잔류성 · 축적성 / 고잔류성 · 고축적성 특성 평가

9.1.1. 잔류성 평가

pH 7, 8에서 각각 5.3년, 195일의 반감기를 가지고 있으나, 해수, 민물, 토양에서의 반감기가 각각 25일, 22-64일(29 ℃), 73일이다. 호기성 하수처리 연구로부터 분해성 물질(90%, 56일 후)이며 이분해성(82 %, 29일 후) 및 본질적 분해성(75%, 32일 후) 물질이다.

[표 40] 잔류성 평가결과

평가기준			평가 결과
반감기	해수	> 60일(잔류성) > 60일(고잔류성)	Johnson 등(1975)의 연구에 따르면 반감기가 25일이므로 잔류성 없음
	민물	> 40일(잔류성) > 60일(고잔류성)	Subba-Rao 등(1982)의 연구에 따르면 반감기가 22-64일(29 ℃)이므로 잔류성 없음
	토양	> 120일(잔류성) > 180일(고잔류성)	Madsen 등(2003)의 연구에 따르면 반감기가 73일이므로 잔류성 없음
가수분해	1시간 이하의 반감기 가지는 물질: 가수분해 물질 평가 중요 (분해 잘됨). 1시간~14일 사이 반감기 가지는 물질: 모화합물과 가수분해 물질 둘다 평가(보통의 분해) 14일 이상 반감기 가지는 물질: 모 화합물만 평가(분해 안됨)		Robillard(2006)의 연구에 따르면 pH 7, 8에서 반감기가 각각 5.3년, 195일이므로 잔류성 있음
이분해성 시험	> 70% (빠르게 분해)		Diefenbach(1994)의 연구에 따르면 28일 후 82%가 분해하므로, 잔류성 없음
본질적 생분해성 시험	> 70% (빠르게 분해)		Ziogou 등(1989)의 연구에 따르면 32일 후 75%가 분해하므로, 잔류성 없음
호기성 하수처리 모의시험	> 90% (빠르게 분해)		Ying 등(2003)의 연구에 따르면 56일 후 90%가 분해하므로, 잔류성 없음

9.1.2. 축적성 평가

logKow는 7.5이며, 수서 생물농축계수(BCF) 및 육상 생물농축계수(BCF)가 각각 1,380과 1 미만이다.

[표 41] 축적성 평가결과

평가기준			평가결과
옥탄올-물 분배계수	4.7 < logKow < 7.6	축적성	logKow가 7.5이므로 축적성 있음
	5.2 < logKow < 7.1	고축적성	
생물농축계수 (BCF)	> 2,000 L/kg	축적성	수서 생물농축계수(BCF)가 1,380, 육상 생물농축계수(BCF)가 1 미만으로 축적성 및 고축적성 없음
	> 5,000 L/kg	고축적성	

9.1.3. 독성평가

환경유해성 연구로부터 어류급성독성의 LC₅₀, EC₅₀은 각각 0.33 mg/L(96시간), 0.31 mg/L(48시간), 0.173 mg/L(71시간)이며, 어류만성독성의 NOEC은 각각 0.202 mg/L(90일), 0.158 mg/L(21일)이므로 독성기준에 해당한다. 인체유해성 연구로부터 경구, 경피 및 흡입 급성독성의 LD₅₀, LC₅₀은 각각 4,000 mg/kg/day, 19,800mg/kg/day, 5,620 mg/kg/day이며, 피부 자극성이 확인되지 않았으므로 독성기준에 해당되지 않는다. 2세대 생식독성의 NOAEL은 4.8 mg/kg/day(F₁, F₂)이며 반복투여독성의 NOAEL은 3.7 mg/kg/day(90일)이므로 독성기준에 해당한다. 변이원성 결과 모두 음성이며 비발암성 물질이다.

[표 42] 독성평가 결과

평가기준				평가결과
환경유해성	급성독성		LC ₅₀ (96시간) < 1 mg/L	어류, 물벼룩 급성독성 및 담수조류 성장저해의 LC ₅₀ 및 EC ₅₀ 이 각각 0.33 mg/L, 0.31 mg/L, 0.173 mg/L이므로 독성기준에 해당됨
	만성독성		무영향관찰농도(NOEC) < 0.01 mg/L	어류 만성독성 및 물벼룩 만성독성의 무영향관찰농도(NOEC)가 각각 0.202 mg/L, 0.158 mg/L이므로 독성기준에 해당됨
인체유해성	급성	경구 독성	LD ₅₀ < 300 mg/kg	LD ₅₀ 이 4,000 mg/kg/이므로 독성 기준에 해당 안됨
		경피 독성	LD ₅₀ < 1,000 mg/kg	LD ₅₀ 이 19,800 mg/kg이므로 독성 기준에 해당 안됨

평가기준				평가결과
		흡입 독성	10 mg/L(증기)	LC ₅₀ 이 15,620 mg/m ³ (15.620 mg/L)이므로 독성 기준에 해당 안됨
		피부 자극성	피부에 3분 노출시킨 경우, 1시간 이내에 표피에서 진피까지 피사를 일으키는 물질	노출 4시간 후 자극성이 관찰되지 않았으므로 독성 기준에 해당 안됨
	C	발암성	두 종류 이상의 발암성 시험에서 암 유발 증거 또는 국제 암 연구센터 등 국제적인 전문기관에서 1급 및 2급 화학물질	동물시험 결과 간세포 선종이 발생하였으나, 인체의 간암 발생에 직접적인 연관이 없으므로 비발암성 물질임
	M	변이 원성	양성	<i>in vitro</i> 복귀돌연변이, <i>in vitro</i> 염색체 이상, <i>in vitro</i> 포유류유전자변이, <i>in vitro</i> 유전독성에서 모두 음성을 나타내므로 독성 기준에 해당 안됨
	R	생식 독성	인체 및 동물실험 연구에서 생식능력과 발생에 악영향을 준다는 충분한 증거가 있는 물질	NOAEL이 4.8 mg/kg/day(F ₁ , F ₂)로 독성 기준에 해당됨
	만성독성		NOAEL < 10 mg/kg/day	NOAEL이 3.7 mg/kg/day(90일)이므로 독성기준에 해당됨

9.1.4. 잔류성 · 축적성 / 고잔류성 · 고축적성 특성에 대한 요약 및 전체적 결론

이분해성(82%, 29일 후) 및 본질적 분해성(75%, 32일 후) 물질이다. logKow는 7.5이며 수서 생물농축계수(BCF) 및 육상 생물농축계수(BCF)가 각각 1,380과 1 미만이다. 급성 수생환경, 만성 수생환경, 생식독성 및 만성독성 결과 독성기준에 해당한다.

9.2. 배출 특성 결정

잔류성 · 축적성/고잔류성 · 고축적성 물질에 해당하지 않기 때문에 배출 특성은 고려하지 않는다.

10. 노출 평가

<노출시나리오 개요>

노출 시나리오	수량 (톤)	산업적/전문적 용도			소비자 용도	제품 범주	공정 범주	표준산업 분류 코드
		제조	혼합 (조제)	산업적 /전문적 사용				
노출 시나리오 1	1,000/ 년	○					PROC 1,2,3,4,8 b	20302
노출 시나리오 2	800/년		○				PROC 3,5,8b	20302
노출 시나리오 3	500/년		○	○	○	PC9a	PROC 6,7, 13	20302
노출 시나리오 4	400/년			○			PROC 12	20302

10.1. 노출시나리오 1: 제조

10.1.1. 노출시나리오 1의 개요

노출시나리오 1은 반응, 샘플링, 대량 운반 및 저장, 장비의 청소, 유지 및 보수 활동 등 해당물질 제조와 관련된 모든 산업 활동을 포함한다. 이러한 모든 활동은 주로 작업자 노출을 최소화하기 위한 밀폐된 전용 장비에서 이뤄진다.

10.1.1.1. 노출시나리오에 포함되는 활동 및 공정에 대한 기술

제목		노출시나리오1: 제조
용도확인		화학물질의 제조 / 화학물질 용도분류체계 55 (기타)
공정 범주		PROC 1 , PROC 2 , PROC 3, PROC 4, PROC 8b
제품 범주		해당없음
표준산업 분류코드		20302 (화학물질 및 화학제품 제조업)
환경	활동 및 공정 설명	ERC 1 공정시나리오: 제조(총 4개의 사업장) 총 사용량: 1,000 톤/년
	위해성 관리대책	- 배출시설: 기체제거용 습식 집진기 설치, 분리막 장치, 공기 여과 집진기, 사이클론, 연소 산화 장치, 촉매산화 장치, 흡착장치 바이오필터, 응축 회수 장치 등을 통해 물질이 배출되어야 함 - 처리시설: 자연침전장치, 공기부상장치, 막 투과 장치 및 유-수 분리장치, 화학적 처리(습식산화), 흡착장치, 이온교환장치, 열처리장치(산화식), 미생물 분해장치 시스템 등에 의한 처리를 수행해야 함
소비자	활동 및 공정 설명	해당사항 없음
	위해성 관리대책	해당사항 없음
작업자	활동 및 공정 설명	액체, 저휘발성, 작업시간은 1일 기준 8시간 따로 명시 되지 않는 경우 상온상태에서 작업 수행 산업위생 기본 규칙에 따라 작업 수행
	위해성 관리대책	- PROC 1, 2, 3, 4, 8b 작업자는 보호 장갑 착용 - PROC 1, 3 작업자는 밀폐시스템 내에서 물질 처리, 야외에서 작업수행 - PROC 2 국소배기장치 없는 공정의 작업자는 노출을 최소화하기 위한 시스템(밀폐된 루프 등) - PROC 3, 4 및 PROC 2의 실외 작업자는 효율 95% 이상 호흡 보호구 착용 - PROC 2 및 4의 실내 작업자는 1시간 이상 작업 금지 - PROC 4의 실외 작업자 및 PROC 8b의 작업자는 4시간 이상 작업 금지 - PROC 2의 국소배기장치 없는 작업자 및 PROC 4의 실외 작업자는 혼합물 조성 1% 미만의 물질 사용

이 시나리오에 대한 작업자와 관련된 공정 시나리오는 총 7개로 이에 따른 위해성 관리대책은 다음과 같다.

<작업자 노출시나리오와 관련된 운영 조건 및 위해성 관리대책>

물질 식별 정보	공정 시나리오	공정 범주	위해성 관리대책	해당 업체
노출 시나리오 1 -작업자1	일반노출, 실외작업, 국소배기 장치 없음	PROC 1	<ul style="list-style-type: none"> - 밀폐시스템 내에서 물질의 처리 - 야외에서 작업 수행 - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 	A,B,C,D
노출 시나리오 1 -작업자2	일반노출, 샘플링 작업 실외작업, 국소배기 장치 없음	PROC 2	<ul style="list-style-type: none"> - 샘플링 작업이 가능한 밀폐시스템 내에서 물질의 처리 - 야외에서 작업 수행 - 노출을 최소화하기 위한 시스템 사용(밀폐된 루프 등) - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 효율 95% 이상 호흡 보호구 착용 - 1시간 이상 작업 수행 금지 - 혼합물 조성 1% 미만 	A,B
노출 시나리오 1 -작업자 3	일반노출, 샘플링 작업, 실내작업, 국소배기 장치 있음	PROC 2	<ul style="list-style-type: none"> - 샘플링 작업이 가능한 밀폐시스템 내에서 물질의 처리 - 실내에서 작업 수행 - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 1시간 이상 작업 수행 금지 	C,D
노출 시나리오 1 -작업자 4	회분공정, 실외작업, 국소배기 장치 없음	PROC 3	<ul style="list-style-type: none"> - 밀폐시스템 내에서 물질의 처리 - 야외에서 작업 수행 - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 효율 95% 이상 호흡 보호구 착용 - 1시간 이상 작업 수행 금지 	A,B,C
노출 시나리오 1 -작업자5	회분공정, 샘플링 작업, 실내작업, 국소배기 장치 없음	PROC 4	<ul style="list-style-type: none"> - 장비 수리 또는 유지보수 전에 낙수 및 세정 장치 사용 - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 효율 95% 이상 호흡 보호구 착용 - 1시간 이상 작업 수행 금지 	D

물질 식별 정보	공정 시나리오	공정 범주	위해성 관리대책	해당 업체
노출 시나리오 1 -작업자6	합성공정, 샘플링 작업, 실외작업	PROC 4	<ul style="list-style-type: none"> - 밀폐된 라인을 통해 이송 - 야외에서 작업 수행 - 효율 95% 이상 호흡 보호구 착용 - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 4시간 이상 작업수행 금지 - 혼합물 조성 1% 미만 	A,B,C,D
노출 시나리오 1 -작업자7	저장 또는 이송, 전용 시설, 실내작업, 국소배기 장치 없음	PROC 8b	<ul style="list-style-type: none"> - 밀폐된 라인을 통해 이송 - 물질의 작업공정 중 환기 - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 4시간 이상 작업수행 금지 	A,B,C,D

10.1.2. 노출 예측

10.1.2.1. 환경 노출 개요

10.1.2.1.1. 환경 배출 예측

매체별 배출량은 배출 양상을 기준으로 총 4개의 사업장으로 나누어 산정하였다. ‘NIER-비발암’은 배출량 조사대상 물질로 업체별로 ‘16년 배출량 조사 결과를 확인하여 배출계수 산정에 적용하였다. 시나리오 1의 경우 대기 및 토양으로의 배출은 일어나지 않으므로, 수계 배출량만을 활용하여 평가를 수행하였다.

<환경 배출 정보>

구분	사업장 배출량(톤/년)			근거
	대기	수계	토양	
노출 시나리오 1-사업장A	0	0.006	0	‘16년 배출량 조사 결과
노출 시나리오 1-사업장B	0	0.009	0	‘16년 배출량 조사 결과
노출 시나리오 1-사업장C	0	0.002	0	‘16년 배출량 조사 결과
노출 시나리오 1-사업장D	0	0.002	0	‘16년 배출량 조사 결과

<환경 배출 계수>

구분	취급특성			사업장 배출계수		
	전체 (톤/년)	사업장 (톤/년)	조업일수	대기	수계	토양
노출 시나리오 1-사업장A	1,000	500	300	0	0.00001	0
노출 시나리오 1-사업장B		300	250	0	0.00003	0
노출 시나리오 1-사업장C		150	350	0	0.00001	0
노출 시나리오 1-사업장D		50	300	0	0.00004	0

사업장의 배출량 및 취급량을 알고 있을 경우, 비율 반영을 통한 배출계수 산정이 가능하며 산정수식은 아래와 같다.

$$\text{사업장 규모: 배출계수} = \text{배출량(톤/년)} \div \text{취급량(톤/년)}$$

<노출시나리오1 사업장 배출 계수 도출과정>

구분	사업장 배출계수		
	대기	수계	토양
노출 시나리오 1 -사업장A	0	$0.006(\text{톤/년}) \div 500(\text{톤/년}) = 0.00001$	0
노출 시나리오 1 -사업장B	0	$0.009(\text{톤/년}) \div 300(\text{톤/년}) = 0.00003$	0
노출 시나리오 1 -사업장C	0	$0.002(\text{톤/년}) \div 150(\text{톤/년}) = 0.00001$	0
노출 시나리오 1 -사업장D	0	$0.002(\text{톤/년}) \div 50(\text{톤/년}) = 0.00004$	0

10.1.2.1.2. 환경 노출 수준 예측

확인된 배출량 정보를 바탕으로 ‘한국형 다매체 동태모형’을 이용하여 도출한 사업장별 환경 중 예측농도는 다음과 같다.

<환경 중 예측 농도-사업장>

구분	대기(mg/m ³)	담수(mg/L)	침전물(mg/kg)	토양(mg/kg)		하수처리시설(mg/L)	근거
				농경지	목초지		
노출 시나리오 1 -사업장A	1.88E-09	8.91E-04	2.16E+00	8.92E-08	8.92E-08	1.08E-03	동태 모형
노출 시나리오 1 -사업장B	1.88E-09	1.60E-03	4.66E+00	8.92E-08	8.92E-08	2.34E-03	
노출 시나리오 1 -사업장C	1.88E-09	2.68E-04	5.55E-01	8.92E-08	8.92E-08	2.79E-04	
노출 시나리오 1 -사업장D	1.88E-09	3.57E-04	8.63E-01	8.92E-08	8.92E-08	4.33E-04	

10.1.2.2. 인체 노출

10.1.2.2.1. 환경을 통한 인체 간접 노출

환경을 통한 인체 간접 노출평가는 사업장 중 가장 많은 배출량을 지니는 사업장B의 배출량을 대표 값으로 지정하여 평가를 수행하였다. 해당물질은 비발암 물질이므로 비발암 평가에 국한하여 평가를 수행하였다.

10.1.2.2.1.1. 대기오염에 의한 인체 노출

대기 중 오염물질의 흡입 노출량은 「화학물질 위해성평가의 구체적 방법 등에 관한 규정」(국립환경과학원고시)에 제시된 수식을 활용하여 산정하였다. 대기 중 화학물질농도는 노출시나리오1-사업장B의 대기 환경 농도 예측 값을 사용하였으며, 호흡률, 노출기간, 흡수율, 체중 및 평균 노출 기간 등 수식 내 인자는 동 고시 [별표 5]에 제시된 인체 노출계수 자료를 적용하였다.

<대기 중 화학물질에 대한 흡입 노출량 산정>

(단위 : mg/kg/day)

구분	평가항목	사업장
노출 시나리오 1 -사업장B	일일평균노출량 (비발암평가)	4.19E-10

10.1.2.2.1.2. 토양오염에 의한 인체 노출

가. 경구

토양 중 오염물질의 경구 노출량은 「화학물질 위해성평가의 구체적 방법 등에 관한 규정」(국립환경과학원)에 제시된 수식을 활용하여 산정하였다. 토양 중 화학물질농도는 노출시나리오1-사업장B의 토양 환경 농도 예측 값을 사용하였고, 토양섭취량, 노출기간, 흡수율, 체중 및 평균 노출 기간 등 수식 내 인자는 동 고시 [별표 5]에 제시된 인체 노출계수 자료를 적용하였다.

<토양 중 화학물질에 대한 경구 노출량 산정>

(단위 : mg/kg/day)

구분	평가항목		사업장
노출 시나리오 1 -사업장B	일일평균 노출량 (비발암평가)	농경지	6.95E-14
		목초지	6.95E-14

나. 흡입

토양 중 오염물질의 흡입 노출은 일어나지 않으므로 평가를 수행하지 않았다.

다. 경피

토양 중 오염물질의 경피 노출량은 「토양오염 물질 위해성 평가지침」(환경부고시)에 제시된 수식을 활용하여 산정하였다. 토양 중 화학물질농도는 노출시나리오1-사업장B의 토양 환경 농도 예측 값을 사용하였고, 토양접촉체표면적, 토양-피부간 흡착계수, 피부흡수계수, 노출빈도, 노출기간 및 평균시간은 동 고시의 별지 제3호 및 제6호 서식을, 체중은 「위해성 평가의 구체적 방법 등에 관한 규정」(국립환경과학원고시)의 [별표 5]의 노출계수 자료를 적용하였다.

<토양 중 화학물질에 대한 경피 노출량 산정>

(단위 : mg/kg/day)

구분	평가항목		사업장
노출 시나리오 1 -사업장B	일일평균 노출량 (비발암평가)	농경지	3.98E-13
		목초지	3.98E-13

10.1.2.2.2. 소비자 노출

시나리오 1에 의한 소비자 노출은 일어나지 않는다.

10.1.2.2.3. 작업자 노출

해당물질로 인한 작업자 흡입 및 경피노출에 대한 예측 노출 농도는 ECETOC TRA를 이용하여 계산하였다.

<작업자에 대한 노출 농도>

구분	노출경로	예측 노출 농도		측정 노출 농도		설명/측정 자료의 출처	대푯값 사용 여부
		값	단위	값	단위		
노출 시나리오 1 -작업자1	흡입노출	1.14E-01	mg/m ³			ECETOC TRA	
	경피노출	1.71E-03	mg/kg bw/day				
노출 시나리오 1 -작업자2	흡입노출	1.14E-03	mg/m ³				
	경피노출	6.86E-03	mg/kg bw/day				
노출 시나리오 1 -작업자 3	흡입노출	6.51E-03	mg/m ³				
	경피노출	1.37E-02	mg/kg bw/day				
노출 시나리오 1 -작업자 4	흡입노출	1.14E-02	mg/m ³				
	경피노출	6.86E-03	mg/kg bw/day				
노출 시나리오 1 -작업자5	흡입노출	3.25E-03	mg/m ³				
	경피노출	6.86E-02	mg/kg bw/day				

구분	노출경로	예측 노출 농도		측정 노출 농도		설명/측정 자료의 출처	대푯값 사용 여부
		값	단위	값	단위		
노출 시나리오 1 -작업자6	흡입노출	3.42E-03	mg/m ³				
	경피노출	3.43E-02	mg/kg bw/day				
노출 시나리오 1 -작업자7	흡입노출	9.76E-02	mg/m ³				
	경피노출	6.86E-02	mg/kg bw/day				

10.2. 노출시나리오 2: 각종 액상류 및 첨가제와 균일하게 배합

10.2.1. 노출시나리오 2의 개요

시나리오 2는 재료 인수(material receipt), 조제, 반응, 대량 운반 및 저장뿐만 아니라, 장비 청소 및 유지 보수 활동 등 해당물질을 각종 액상류 및 첨가제와 균일하게 배합하는 것과 관련된 모든 산업 활동을 포함한다. 이러한 모든 활동은 주로 밀폐된 전용 장비 내에서 이뤄지며, 환경 배출범주 및 열공정 유무에 따라 세부 시나리오로 구분하였다.

10.2.1.1. 노출시나리오에 포함되는 활동 및 공정에 대한 기술

제목			<ul style="list-style-type: none"> - 노출시나리오2-1: 각종 액상류 및 첨가제와 균일하게 배합 (열 공정 포함) - 노출시나리오2-2: 각종 액상류 및 첨가제와 균일하게 배합 (열 공정 없음)
용도확인			화학물질의 혼합(조제) / 화학물질 용도분류체계 49 (안정제)
공정 범주			PROC 3, PROC 5, PROC 8b
제품 범주			-
표준산업 분류코드			20302 (화학물질 및 화학제품 제조업)
환경	활동 및 공정설명	노출 시나리오 2-1	ERC 3, ERC 5 공정시나리오: 혼합(배합) 총 사용량: 600 톤/년 (총 2개의 사업장)
		노출 시나리오 2-2	ERC 2, ERC 5 공정시나리오: 혼합(배합) 총 사용량: 200 톤/년 (총 1개의 사업장)
	위해성 관리대책		<ul style="list-style-type: none"> - 배출시설: 기체제거용 습식 집진기 설치, 분리막 장치, 공기 여과 집진기, 사이클론, 연소 산화 장치, 촉매산화 장치, 흡착장치 바이오필터, 응축 회수 장치 등을 통해 물질이 배출되어야 함 - 처리시설: 자연침전장치, 공기부상장치, 막 투과 장치 및 유-수 분리장치, 화학적 처리(습식산화), 흡착장치, 이온교환장치, 열처리장치(산화식), 미생물 분해장치 시스템 등에 의한 처리를 수행해야 함
소비자	활동 및 공정 설명		해당사항 없음
	위해성 관리대책		해당사항 없음
작업자	활동 및 공정설명	노출 시나리오 2-1	<ul style="list-style-type: none"> - 공정의 마무리 단계에서 물리적으로 고체 제형으로 분산 - 건식혼합 공정의 마무리 단계에서는 고분진성 - 작업시간은 1일 기준 8시간, 공정온도: 100-120 °C - 산업위생 기본 규칙에 따라 작업 수행

		노출 시나리오 2-2	<ul style="list-style-type: none"> - 액체, 저 휘발성, 작업시간은 1일 기준 8시간 - 따로 명시 되지 않는 경우를 상온상태에서 작업 수행 - 산업위생 기본 규칙에 따라 작업 수행
	위해성 관리대책	노출 시나리오 2-1	<ul style="list-style-type: none"> - PROC 3 및 PROC 8b의 작업자는 1시간 이상 작업 수행 금지 - PROC 8b 및 PROC 3의 실내 작업자는 효율 95% 이상의 호흡 보호구 착용 - PROC 3, PROC 8b 작업자는 보호 장갑 착용
		노출 시나리오 2-2	<ul style="list-style-type: none"> - PROC 3의 국소배기장치 없는 공정의 실내 작업자 및 PROC 8b 액체혼합의 회분 이송 공정 작업자는 밀폐 시스템 내에서 물질 처리 - PROC 3의 국소배기장치 있는 공정의 작업자 및 PROC 5 액체 혼합 저장 공정의 작업자는 추출장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질 처리 - PROC 3 작업자는 밀폐된 루프 또는 다른 시스템을 통한 노출의 방지 및 1시간 이상 작업 수행 금지, 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - PROC 5 및 PROC 8b의 이송 작업 공정의 작업자는 혼합물 조성 1% 미만 사용 - PROC 3의 국소배기장치 없는 공정의 실내 작업자 및 PROC 5(회분공정), PROC 8b의 이송 작업자는 효율 95% 이상의 호흡 보호구 착용

이 시나리오에 대한 작업자와 관련된 공정 시나리오는 총 9개로 이에 따른 위해성 관리대책은 다음과 같다.

<작업자 노출시나리오와 관련된 운영 조건 및 위해성 관리대책>

물질 식별 정보	공정 시나리오	공정 범주	위해성 관리대책	해당업체
노출 시나리오2-1 작업자 1	밀폐된 회분 공정, 실내작업	PROC 3	<ul style="list-style-type: none"> - 밀폐시스템 내에서 물질의 처리 - 고분진성 고체 - 높은 공정 온도로 인한 분진발생 - 효율 95% 이상 호흡 보호구 착용 - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 1시간 이상 작업 수행 금지 	A
노출 시나리오2-1 작업자 2	밀폐된 회분 공정, 샘플링 작업, 실내작업, 국소배기 장치 있음	PROC 3	<ul style="list-style-type: none"> - 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리 - 고분진성 고체 - 높은 공정 온도로 인한 분진발생 - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 1시간 이상 작업 수행 금지 	B

물질 식별 정보	공정 시나리오	공정 범주	위해성 관리대책	해당업체
노출 시나리오2-1 작업자 3	고체 혼합의 저장 또는 이송, 전용시설, 실외작업	PROC 8b	<ul style="list-style-type: none"> - 야외에서 작업 수행 - 밀폐된 라인을 통해 이송 - de-coupling 전에 라인을 비움 - 고분진성 고체 - 효율 95% 이상 호흡 보호구 착용 - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 1시간 이상 작업 수행 금지 	A
노출 시나리오2-1 작업자 4	고체 혼합의 저장 또는 이송, 전용시설, 실내작업, 국소배기 장치 있음	PROC 8b	<ul style="list-style-type: none"> - 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리 - de-coupling 전에 라인을 비움 - 고분진성 고체 - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 효율 95% 이상 호흡 보호구 착용 - 1시간 이상 작업 수행 금지 	B
노출 시나리오2-2 작업자 1	밀폐된 회분공정, 실내작업	PROC 3	<ul style="list-style-type: none"> - 밀폐시스템 내에서 물질의 처리 - 밀폐된 루프 또는 다른 시스템을 통한 노출의 방지 - 저 휘발성 액체 - 효율 95% 이상 호흡 보호구 착용 - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 1시간 이상 작업 수행 금지 	C
노출 시나리오2-2 작업자 2	밀폐된 회분공정, 실내작업, 국소배기 장치 있음	PROC 3	<ul style="list-style-type: none"> - 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리 - 밀폐된 루프 또는 다른 시스템을 통한 노출의 방지 - 저 휘발성 액체 - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 1시간 이상 작업 수행 금지 	C
노출 시나리오2-2 작업자 3	계속적인 또는 혼합 회분공정, 실내작업, 국소배기 장치 있음	PROC 5	<ul style="list-style-type: none"> - 추출장치가 있는 개방된 시스템 내에서 물질의 처리 - 저 휘발성 액체 - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 효율 95% 이상 호흡 보호구 착용 - 혼합물 조성 1% 미만 	C
노출 시나리오2-2 작업자 4	액체 혼합의 이송, 전용시설, 실내작업, 국소배기 장치 있음	PROC 8b	<ul style="list-style-type: none"> - 밀폐된 라인을 통해 이송 - 저 휘발성 액체 - 효율 95% 이상 호흡 보호구 착용 - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 1시간 이상 작업 수행 금지 - 혼합물 조성 1% 미만 	C

물질 식별 정보	공정 시나리오	공정 범주	위해성 관리대책	해당업체
노출 시나리오2-2 작업자 5	액체 혼합의 저장 전용시설, 실내작업, 국소배기 장치 있음	PROC 8b	<ul style="list-style-type: none"> - 밀폐된 고정시설 내에서 물질의 저장 - 저 휘발성 액체 - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 1시간 이상 작업 수행 금지 	C

10.2.2. 노출 예측

10.2.2.1. 환경 노출 개요

10.2.2.1.1. 환경 배출 예측

매체별 배출량은 배출 양상을 기준으로 총 2개의 사업장으로 나누어 산정하였다. ‘NIER-비발암’은 배출량 조사대상 물질로 업체별 ‘16년 배출량 조사 결과를 확인하여 배출계수 산정에 적용하였다. 시나리오 2의 경우 토양으로의 배출은 일어나지 않으므로, 대기 및 수계 배출량을 활용하여 평가를 수행하였다. 또한, 시나리오2-2는 공정 중 수처리나 열처리가 포함되지 않고, 대부분 실내 작업 공간 내에서 관련공정이 이뤄지므로 환경으로의 배출이 발생하지 않는다. 따라서, 노출시나리오 2에 대한 환경 노출예측은 2-1 세부시나리오에 국한하여 평가를 수행하였다.

<환경 배출 정보>

구분	사업장 배출량(톤/년)			근거
	대기	수계	토양	
노출 시나리오2-1 사업장A	0.021	0.004	0	‘16년 배출량 조사 결과
노출 시나리오2-1 사업장B	0.0024	0.0002	0	‘16년 배출량 조사 결과

<환경 배출 계수>

구분	취급특성			사업장 배출계수		
	전체 (톤/년)	사업장 (톤/년)	조업 일수	대기	수계	토양
노출 시나리오2-1 사업장A	600	400	350	0.00005	0.00001	0
노출 시나리오2-1 사업장B		200	300	0.00001	0.000001	

사업장의 배출량 및 취급량을 알고 있을 경우, 비율 반영을 통한 배출계수 산정이 가능하며 산정수식은 아래와 같다.

$$\text{사업장 규모: 배출계수} = \text{배출량(톤/년)} \div \text{취급량(톤/년)}$$

<노출시나리오2 사업장 배출 계수 도출과정>

구분	사업장 배출계수		
	대기	수계	토양
노출 시나리오2-1 사업장A	$0.021(\text{톤/년}) \div 400(\text{톤/년}) = 0.00005$	$0.004(\text{톤/년}) \div 400(\text{톤/년}) = 0.00001$	0
노출 시나리오2-1 사업장B	$0.0024(\text{톤/년}) \div 200(\text{톤/년}) = 0.00001$	$0.0002(\text{톤/년}) \div 200(\text{톤/년}) = 0.000001$	0

10.2.2.1.2. 환경 노출 수준 예측

확인된 배출량 정보를 바탕으로 ‘한국형 다매체 동태모형’을 이용하여 도출한 사업장별 환경 중 예측농도는 다음과 같다.

<환경 중 예측 농도-사업장>

구분	대기(mg/m ³)	담수(mg/L)	침전물(mg/kg)	토양(mg/kg)		하수처리시설(mg/L)	근거
				농경지	목초지		
노출 시나리오2-1 사업장A	1.78E-05	7.13E-04	1.48E+00	4.26E-03	8.51E-03	7.43.E-04	동태모형
노출 시나리오2-1 사업장B	1.78.E-06	3.60E-05	7.47E-02	4.26E-04	8.51.E-04	3.71E-05	동태모형

10.2.2.2. 인체 노출

10.2.2.2.1. 환경을 통한 인체 간접 노출

환경을 통한 인체 간접 노출은 사업장 중 가장 많은 배출량을 지니는 노출시나리오2-1 사업장 A의 배출량을 대표값으로 지정하여 평가를 수행하였다. 해당물질은 비발암 물질이므로 비발암 평가에 국한하여 평가를 수행하였다.

10.2.2.2.1.1. 대기 중 화학물질에 의한 인체 노출

대기 중 오염물질의 흡입 노출량은 「화학물질 위해성평가의 구체적 방법 등에 관한 규정」(국립환경과학원고시)에 제시된 수식을 활용하여 산정하였다. 대기 중 화학물질농도는 노출시나리오2-1 사업장A의 대기 환경 농도 예측 값을 사용하였고, 호흡률, 노출기간, 흡수율, 체중 및 평균 노출 기간 등 수식 내 인자는 동 고시 [별표 5]에 제시된 인체 노출계수 자료를 적용하였다.

<대기 중 화학물질에 대한 흡입 노출량 산정>

(단위 : mg/kg/day)

구분	평가항목	사업장
노출 시나리오2-1 사업장A	일일평균노출량 (비발암평가)	3.96E-06

10.2.2.2.1.2. 토양오염에 의한 인체 노출

가. 경구

토양 중 오염물질의 경구 노출량은 국립환경과학원고시 「화학물질 위해성평가의 구체적 방법 등에 관한 규정」에 제시된 수식을 활용하여 산정하였다. 토양 중 화학물질농도는 노출시나리오2-1 사업장A의 토양 환경 농도 예측 값을 사용하였고, 토양섭취량, 노출기간, 흡수율, 체중 및 평균 노출 기간 등 수식 내 인자는 동 고시 [별표 5]에 제시된 인체 노출계수 자료를 적용하였다.

<토양 중 화학물질에 대한 경구 노출량 산정>

(단위 : mg/kg/day)

구분	평가항목		사업장
노출 시나리오2-1 사업장A	일일평균 노출량 (비발암평가)	농경지	3.32E-09
		목초지	6.63E-09

나. 흡입

토양 중 오염물질의 흡입 노출은 일어나지 않으므로 평가를 수행하지 않았다.

다. 경피

토양 중 오염물질의 경피 노출량은 「토양오염 물질 위해성 평가지침」(환경부고시)에 제시된 수식을 활용하여 산정하였다. 토양 중 화학물질농도는 노출시나리오2-1 사업장A의 토양 환경 농도 예측 값을 사용하였고, 토양접촉체표면적, 토양-피부간 흡착계수, 피부흡수계수, 노출빈도, 노출기간 및 평균시간은 동 고시의 별지 제3호 및 제6호 서식을, 체중은 「위해성 평가의 구체적 방법 등에 관한 규정」(국립환경과학원고시)의 [별표 5]의 노출계수 자료를 적용하였다.

<토양 중 화학물질에 대한 경피 노출량 산정>

(단위 : mg/kg/day)

구분	평가항목		사업장
노출 시나리오2-1 사업장A	일일평균 노출량 (비발암평가)	농경지	1.90E-08
		목초지	3.80E-08

10.2.2.2. 소비자 노출

이 시나리오에 의한 소비자 노출은 일어나지 않음.

10.2.2.3. 작업자 노출

해당물질로 인한 작업자 흡입 및 경피노출에 대한 예측 노출 농도는 ECETOC TRA를 이용하여 계산하였다.

<작업자에 대한 노출 농도>

구분	노출경로	예측 노출 농도		측정 노출 농도		설명/측정 자료의 출처	대portes 사용 여부
		값	단위	값	단위		
노출 시나리오2-1 작업자 1	흡입노출	6.00E-03	mg/m ³			ECETOC TRA	
	경피노출	2.06E-02	mg/kg bw/day				
노출 시나리오2-1 작업자 2	흡입노출	6.00E-02	mg/m ³				
	경피노출	2.06E-02	mg/kg bw/day				
노출 시나리오2-1 작업자 3	흡입노출	8.75E-02	mg/m ³				
	경피노출	2.74E-02	mg/kg bw/day				
노출 시나리오2-1 작업자 4	흡입노출	3.75E-02	mg/m ³				
	경피노출	2.74E-02	mg/kg bw/day				
노출 시나리오2-2 작업자1	흡입노출	9.76E-03	mg/m ³				
	경피노출	2.06E-02	mg/kg bw/day				
노출 시나리오2-2 작업자2	흡입노출	1.95E-02	mg/m ³				
	경피노출	2.06E-02	mg/kg bw/day				

구분	노출경로	예측 노출 농도		측정 노출 농도		설명/측정 자료의 출처	대포깃 사용 여부
		값	단위	값	단위		
노출 시나리오2-2 작업자 3	흡입노출	8.14E-04	mg/m ³				
	경피노출	6.86E-03	mg/kg bw/day				
노출 시나리오2-2 작업자 4	흡입노출	8.14E-05	mg/m ³				
	경피노출	3.43E-03	mg/kg bw/day				
노출 시나리오2-2 작업자 5	흡입노출	1.63E-02	mg/m ³				
	경피노출	3.43E-02	mg/kg bw/day				

10.3. 노출시나리오 3: 성형 공정 후 spread coating 등의 광택작업

10.3.1. 노출시나리오 3의 개요

시나리오 3은 성형공정(calendering 등) 후 spread coating 등의 광택작업 수행과 관련된 모든 산업적 활동을 포함한다.

10.3.1.1. 노출시나리오에 포함되는 활동 및 공정에 대한 기술

제목		노출시나리오3: 성형 공정 후 spread coating* 등의 광택작업
용도확인		화학물질의 혼합(조제) 및 산업적 사용, 소비자 사용 /화학물질 용도분류체계 47(연화제)
공정 범주		PROC 6, PROC 7, PROC 13
제품 범주		PC 9a
표준산업 분류코드		20302 (화학물질 및 화학제품 제조업)
환경	활동 및 공정설명	ERC 5 공정시나리오: 성형 및 spread coating (총 3개 사업장) 총 사용량: 500 톤/년
	위해성 관리대책	<ul style="list-style-type: none"> - 배출시설: 기체제거용 습식 집진기 설치, 분리막 장치, 공기 여과 집진기, 사이클론, 연소 산화 장치, 촉매산화 장치, 흡착장치 바이오필터, 응축 회수 장치 등 - 처리시설: 자연침전장치, 공기부상장치, 막 투과 장치 및 유-수 분리장치, 화학적 처리(습식산화), 흡착장치, 이온교환장치, 열처리장치(산화식), 미생물 분해장치 시스템 등에 의한 처리를 수행해야 함
소비자	활동 및 공정 설명	<p><플라스틱줄이 사용된 페인트의 소비자 사용> 일반적인 데이터: 액체, 증기압: 0.024 Pa, 체중: 64.2 kg</p> <p>흡입노출: 방 크기: 100 m³, 방 높이: 2.5 m, 물질의 중량분율: 10%, 흡수율: 100%, 호흡률: 36.4 m³(가벼운 운동 시)/일</p>
	위해성 관리대책	노출빈도: 1/주, 사용시간: 10분, 노출시간: 30분, 환기율: 5회/시간, 사용량 1 g
작업자	활동 및 공정설명	<ul style="list-style-type: none"> - 고분진성 고체 또는 저휘발성 액체 - 작업시간은 1일 기준 8시간 - 따로 명시 되지 않는 경우 상온상태에서 작업 수행 - 산업위생 기본 규칙에 따라 작업 수행

	위해성 관리대책	<ul style="list-style-type: none"> - PROC 6, 13의 작업자는 환기된 부스 또는 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질 처리 - PROC 7의 작업자는 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템내에서 물질 처리 - PROC 6, 7, 13의 작업자는 보호 장갑 및 효율 95% 이상의 호흡 보호구 착용, 혼합물 조성 1% 미만 - PROC6 작업자는 4시간 이상 작업 수행 금지 - PROC7 및 PROC13 작업자는 15분 이상 작업 수행 금지 - PROC 13은 완제품 내 물질 함유량(25% 이상) 제한
--	----------	--

* 코팅고무풀, 수성 라텍스, 도료 등을 종이나 포의 표면에 넓혀서 도포하는 습식도장법의 총칭

이 시나리오에 대한 작업자와 관련된 공정 시나리오는 총 5개로 이에 따른 위해성 관리대책은 다음과 같다.

<작업자 노출시나리오와 관련된 운영 조건 및 위해성 관리대책>

물질 식별 정보	공정 시나리오	공정 범주	위해성 관리대책	해당 업체
노출 시나리오 3 -작업자1	건식혼합 광택작업, 실내작업, 국소배기 장치 있음	PROC 6	<ul style="list-style-type: none"> - 환기된 부스 또는 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리 - 고분진성 고체 - 높은 공정 온도로 인한 분진발생 - 기본 작업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 효율 95% 이상 호흡 보호구 착용 - 4시간 이상 작업 수행 금지 - 혼합물 조성 1% 미만 	A
노출 시나리오 3 -작업자2	액체 제형의 광택작업, 실내작업, 국소배기 장치 있음	PROC 6	<ul style="list-style-type: none"> - 환기된 부스 또는 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리 - 저 휘발성 액체 - 기본 작업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 효율 95% 이상 호흡 보호구 착용 - 4시간 이상 작업 수행 금지 - 혼합물 조성 1% 미만 	B

물질 식별 정보	공정 시나리오	공정 범주	위해성 관리대책	해당 업체
노출 시나리오 3 -작업자3	액체 제형의 광택작업, 실내작업, 국소배기 장치 있음	PROC 6	<ul style="list-style-type: none"> - 환기된 부스 또는 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리 - 저 휘발성 액체 - 효율 95% 이상 호흡 보호구 착용 - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 4시간 이상 작업 수행 금지 - 혼합물 조성 1% 미만 	C
노출 시나리오 3 -작업자4	액체 제형의 산업적 스프레이 작업, 코팅제 이용 도포 작업, 실내작업, 국소배기 장치 있음	PROC 7	<ul style="list-style-type: none"> - 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리 - 저 휘발성 액체 - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 효율 95% 이상 호흡 보호구 착용 - 15분 이상 작업 수행 금지 - 혼합물 조성 1% 미만 	A
노출 시나리오 3 -작업자5	액체 제형의 담금, 부음, spread coating 작업, 실내작업, 국소배기 장치 있음	PROC 13	<ul style="list-style-type: none"> - 환기된 부스 또는 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리 - 저 휘발성 액체 - 완제품에서 물질은 25% 이상 함유 제한 - 기본 직업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 효율 95% 이상 호흡 보호구 착용 - 15분 이상 작업 수행 금지 - 혼합물 조성 1% 미만 	B,C

10.3.2. 노출 예측

10.3.2.1. 환경 노출 개요

10.3.2.1.1. 환경 배출 예측

매체별 배출량은 배출 양상을 기준으로 총 3개의 사업장으로 나누어 산정하였다. ‘NIER-비발암’은 배출량 조사대상 물질로 업체별로 ‘16년 배출량 조사 결과를 확인하여 배출계수 산정에 적용하였다. 시나리오 3의 경우 토양으로의 배출은 일어나지 않으므로, 대기 및 수계 배출량만을 활용하여 평가를 수행하였다.

<환경 배출 정보>

구분	사업장 배출량(톤/년)			근거
	대기	수계	토양	
노출 시나리오 3 -사업장A	0.037	0.018	0	‘16년 배출량 조사 결과
노출 시나리오 3 -사업장B	0.027	0.014	0	‘16년 배출량 조사 결과
노출 시나리오 3 -사업장C	0.007	0.004	0	‘16년 배출량 조사 결과

<환경 배출 계수>

구분	취급특성			사업장 배출계수		
	전체 (톤/년)	사업장 (톤/년)	조업일수	대기	수계	토양
노출 시나리오 3 -사업장A	500	300	300	0.0001	0.00006	0
노출 시나리오 3 -사업장B		150	200	0.0002	0.00009	0
노출 시나리오 3 -사업장C		50	250	0.0001	0.00008	0

사업장의 배출량 및 취급량을 알고 있을 경우, 비율 반영을 통한 배출계수 산정이 가능하며 산정수식은 아래와 같다.

$$\text{사업장 규모: 배출계수} = \text{배출량(톤/년)} \div \text{취급량(톤/년)}$$

<노출 시나리오3 사업장 배출 계수 도출과정>

구분	사업장 배출계수		
	대기	수계	토양
노출 시나리오 3 -사업장 A	$0.037(\text{톤/년}) \div 300(\text{톤/년}) = 0.0001$	$0.018(\text{톤/년}) \div 300(\text{톤/년}) = 0.00006$	0
노출 시나리오 3 -사업장 B	$0.027(\text{톤/년}) \div 150(\text{톤/년}) = 0.0002$	$0.014(\text{톤/년}) \div 150(\text{톤/년}) = 0.00009$	0
노출 시나리오 3 -사업장 C	$0.007(\text{톤/년}) \div 50(\text{톤/년}) = 0.0001$	$0.004(\text{톤/년}) \div 50(\text{톤/년}) = 0.00008$	0

10.3.2.1.2. 환경 노출 수준 예측

확인된 배출량 정보를 바탕으로 ‘한국형 다매체 동태모형’을 이용하여 도출한 사업장별 환경 중 예측농도는 다음과 같다.

<환경 중 예측 농도-사업장>

구분	대기(mg/m ³)	담수(mg/L)	침전물(mg/kg)	토양(mg/kg)		하수처리시설(mg/L)	근거
				농경지	목초지		
노출 시나리오 3 -사업장A	2.66E-05	3.21E-03	7.76E+00	6.39E-03	1.28E-0 ₂	3.90E-03	동태모형
노출 시나리오 3 -사업장B	2.66E-05	2.40E-03	8.73E+00	6.39E-03	1.28E-0 ₂	4.39E-03	동태모형
노출 시나리오 3 -사업장C	4.44.E-06	7.13E-04	2.07E+00	1.07E-03	2.13E-0 ₃	1.04E-03	동태모형

10.3.2.2. 인체 노출

10.3.2.2.1. 환경을 통한 인체 간접 노출

환경을 통한 인체 간접 노출은 사업장 중 가장 많은 배출량을 지니는 사업장A의 배출량을 대표 값으로 지정하여 평가를 수행하였다. 해당물질은 비발암 물질이므로 비발암 평가에 국한하여 평가를 수행하였다.

10.3.2.2.1.1. 대기오염에 의한 인체 노출

대기 중 화학물질에 의한 인체 흡입 노출량은 「화학물질 위해성평가의 구체적인 방법 등에 관한 규정」(국립환경과학원고시)에 제시된 수식을 활용하였다. 대기 중 화학물질농도는 노출시나리오3-사업장A의 대기 환경 농도 예측 값을 사용하였으며, 호흡률, 노출기간, 흡수율, 체중 및 평균 노출 기간 등 수식 내 인자는 동 고시 [별표 5]에 제시된 인체 노출계수 자료를 적용하였다.

<대기 중 화학물질에 대한 흡입 노출량 산정>

(단위 : mg/kg/day)

구분	평가항목	사업장
노출 시나리오 3 -사업장A	일일평균노출량 (비발암평가)	5.92E-06

10.3.2.2.1.2. 토양오염에 의한 인체 노출

가. 경구

토양 중 오염물질의 경구 노출량은 국립환경과학원고시 「화학물질 위해성평가의 구체적인 방법 등에 관한 규정」에 제시된 수식을 활용하여 산정하였다. 토양 중 화학물질농도는 노출시나리오3-사업장A의 토양 환경 농도 예측 값을 사용하였고, 토양섭취량, 노출기간, 흡수율, 체중 및 평균 노출 기간 등 수식 내 인자는 동 고시 [별표 5]에 제시된 인체 노출계수 자료를 적용하였다.

<토양 중 화학물질에 대한 경구 노출량 산정>

(단위 : mg/kg/day)

구분	평가항목		사업장
노출 시나리오 3 -사업장A	일일평균 노출량 (비발암평가)	농경지	4.98E-09
		목초지	9.97E-09

나. 흡입

토양 중 오염물질의 흡입 노출은 일어나지 않으므로 평가를 수행하지 않았다.

다. 경피

토양 중 오염물질의 경피 노출량은 「토양오염 물질 위해성 평가지침」(환경부 고시)에 제시된 수식을 활용하여 산정하였다. 토양 중 화학물질농도는 노출시나리오3-사업장A의 토양 환경 농도 예측 값을 사용하였고, 토양접촉체표면적, 토양-피부간 흡착계수, 피부흡수계수, 노출빈도, 노출기간 및 평균시간은 동 고시의 별지 제3호 및 제6호 서식을, 체중은 「위해성 평가의 구체적 방법 등에 관한 규정」(국립환경과학원고시)의 [별표 5]의 노출계수 자료를 적용하였다.

<토양 중 화학물질에 대한 경피 노출량 산정>

(단위 : mg/kg/day)

구분	평가항목		사업장
노출 시나리오 3 -사업장A	일일평균 노출량 (비발암평가)	농경지	2.85E-08
		목초지	5.72E-08

10.3.2.2.2. 소비자 노출

소비자들이 사용하는 페인트 속 화학물질에 의한 소비자 노출은 ConsExpo 모델을 사용하여 노출농도를 예측하였다. 페인트 사용으로 인한 노출은 흡입 노출만을 고려하였으며, 흡입노출에 대한 여러 가지 시나리오 중 증기노출에 의한 휘발 배출 시나리오를 선택하여 평가를 수행하였다.

상세 노출정보는 다음과 같다

※ ConsExpo 노출정보 입력변수 값

구분	입력변수	값	단위
일반노출정보	체중	64.2	kg
	사용 빈도	1	1/주
흡입노출정보	제품 사용 시간	10	min
	제품의 양	1	g
	노출 기간	30	min
	실내 부피	100	m ³
	실내 높이	2.5	m
	환기율	5	1/hr
	질량 생성 비율	1	g/sec
	호흡성 비율	100	%
	질량 비율(비휘발성 성분)	100	%
	중량 비율	10	%
	밀도(비휘발성 성분)	3	g/cm ³
	최대 입자 크기	50	μm
	흡입 cut-off 직경	10	μm
	흡수율	100	%
	호흡율	36.4(가벼운운동)	m ³ /day

<소비자에 대한 노출 농도>

구분	노출경로	예측 노출 농도		측정 노출 농도		설명/측정 자료의 출처	대포깃 사용여부
		값	단위	값	단위		
노출 시나리오 3 -소비자A	급성-경피 노출	-					
	급성-흡입 노출	-					
	급성-경구 노출	-					
	만성-경피 노출	-					
	만성-흡입 노출	0.00057	mg/kg/day			ConsExpo	
	만성-경구 노출	-					

10.3.2.2.3. 작업자 노출

해당물질로 인한 작업자 흡입 및 경피노출에 대한 예측 노출 농도는 ECETOC TRA를 이용하여 계산하였다..

<작업자에 대한 노출 농도>

구분	노출경로	예측 노출 농도		측정 노출 농도		설명/측정 자료의 출처	대포값 사용여 부
		값	단위	값	단위		
노출 시나리오 3 -작업자1	흡입노출	7.50E-03	mg/m ³			ECETOC TRA	
	경피노출	1.37E-02	mg/kg bw/day				
노출 시나리오 3 -작업자2	흡입노출	9.76E-03	mg/m ³				
	경피노출	1.37E-02	mg/kg bw/day				
노출 시나리오 3 -작업자3	흡입노출	4.88E-04	mg/m ³				
	경피노출	1.37E-02	mg/kg bw/day				
노출 시나리오 3 -작업자4	흡입노출	4.07E-02	mg/m ³				
	경피노출	1.07E-02	mg/kg bw/day				
노출 시나리오 3 -작업자5	흡입노출	8.14E-05	mg/m ³				
	경피노출	6.86E-03	mg/kg bw/day				

10.4. 노출시나리오 4: 발포제로서 시트를 가열, 부풀리는 공정

10.4.1. 노출시나리오4의 개요

이 시나리오는 제품 생산 시 발포제로서 시트를 가열, 부풀리는 공정과 관련된 모든 산업적 활동을 포함한다.

10.4.1.1. 노출시나리오에 포함되는 활동 및 공정에 대한 기술

제목		노출시나리오4: 발포제로서 시트를 가열, 부풀리는 공정
용도확인		화학제품의 산업적 사용 /화학물질 용도분류체계 25(발포제,기포제)
공정 범주		PROC 12
제품 범주		해당사항 없음
표준산업 분류코드		20302 (화학물질 및 화학제품 제조업)
환경	활동 및 공정설명	ERC 5 공정시나리오: 발포제 주입(총 2개 사업장) 총 사용량: 400 톤/년
	위해성 관리대책	- 배출장치: 기체제거용 습식 집진기 설치, 분리막 장치, 공기 여과 집진기, 사이클론, 연소 산화 장치, 촉매산화 장치, 흡착장치 바이오필터, 응축 회수 장치 등 - 처리장치: 자연침전장치, 공기부상장치, 막 투과 장치 및 유-수 분리장치, 화학적 처리(습식산화), 흡착장치, 이온교환장치, 열처리장치(산화식), 미생물 분해장치 시스템 등에 의한 처리를 수행해야 함
소비자	활동 및 공정 설명	해당사항 없음
	위해성 관리대책	해당사항 없음
작업자	활동 및 공정설명	- 저 휘발성 액체 - 작업시간은 1일 기준 8시간 - 따로 명시 되지 않는 경우 상온상태에서 작업수행 - 산업위생 기본 규칙에 따라 작업 수행
	위해성 관리대책	- PROC 12 작업자는 환기된 부스 또는 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질 처리 및 4시간 이상 작업 금지 - 호흡기보호구 효율을 95% 이상으로 착용, 보호 장갑 착용

이 시나리오에 대한 작업자와 관련된 공정 범주는 총 1 개로 이에 따른 위해성 관리대책은 다음과 같다.

〈작업자 노출시나리오와 관련된 운영 조건 및 위해성 관리대책〉

물질 식별 정보	공정 시나리오	공정 범주	위해성 관리대책	해당 업체
노출 시나리오 4 -작업자1	액체 제형의 발포제 주입 가열, 실내작업, 국소배기장치 있음	PROC 12	<ul style="list-style-type: none"> - 환기된 부스 또는 추출 장치가 있는 밀폐된 시스템 내에서 물질의 처리 - 기본 작업 훈련과 함께 보호 장갑 착용 - 효율 95% 이상 호흡 보호구 착용 - 4시간 이상 작업 수행 금지 	A,B

10.4.2. 노출 예측

10.4.2.1. 환경 노출 개요

10.4.2.1.1. 환경 배출 예측

매체별 배출량은 배출 양상을 기준으로 총 2개의 사업장으로 나누어 산정하였다. ‘NIER-비발암’은 배출량 조사대상 물질로 업체별로 ‘16년 배출량 조사 결과를 확인하여 배출계수 산정에 적용하였다. 시나리오 4의 경우 대기 및 토양으로의 배출은 일어나지 않으므로, 대기 및 수계 배출량만을 활용하여 평가를 수행하였다.

<환경 배출 정보>

구분	사업장 배출량(톤/년)			근거
	대기	수계	토양	
노출 시나리오 4-사업장A	0.037	0.018	0	‘16년 배출량 조사 결과
노출 시나리오 4-사업장B	0.018	0.009	0	‘16년 배출량 조사 결과

<환경 배출 계수>

구분	취급특성			사업장 배출계수		
	전체 (톤/년)	사업장 (톤/년)	조업 일수	대기	수계	토양
노출 시나리오 4-사업장A	400	300	300	0.0001	0.00006	0
노출 시나리오 4-사업장B		100	200	0.0002	0.00009	0

사업장의 배출량 및 취급량을 알고 있을 경우, 비율 반영을 통한 배출계수 산정이 가능하며 산정수식은 아래와 같다.

$$\text{사업장 규모: 배출계수} = \text{배출량(톤/년)} \div \text{취급량(톤/년)}$$

<노출시나리오4 사업장 배출 계수 도출과정>

구분	사업장 배출계수		
	대기	수계	토양
노출 시나리오 4 -사업장A	$0.037(\text{톤/년}) \div 300(\text{톤/년}) = 0.0001$	$0.018(\text{톤/년}) \div 300(\text{톤/년}) = 0.00006$	0
노출 시나리오 4 -사업장B	$0.018(\text{톤/년}) \div 100(\text{톤/년}) = 0.0002$	$0.009(\text{톤/년}) \div 100(\text{톤/년}) = 0.00009$	0

10.4.2.1.2. 환경 노출 수준 예측

확인된 배출량 정보를 바탕으로 ‘한국형 다매체 동태모형’을 이용하여 도출한 사업장별 환경 중 예측농도는 다음과 같다.

<환경 중 예측 농도-사업장>

구분	대기(mg/m ³)	담수(mg/L)	침전물(mg/kg)	토양(mg/kg)		하수처리시설(mg/L)	근거
				농경지	목초지		
노출 시나리오 4 -사업장A	2.66E-05	3.21E-03	7.76E+00	6.39E-03	1.28E-02	3.90E-03	동태모형
노출 시나리오 4 -사업장B	1.78E-05	1.60E-03	5.82E+00	4.26E-03	8.51E-03	2.93E-03	동태모형

10.4.2.2. 인체 노출

10.4.2.2.1. 환경을 통한 인체 간접 노출

환경을 통한 인체 간접 노출은 사업장 중 가장 많은 배출량을 지니는 사업장A의 배출량을 대표값으로 지정하여 평가를 수행하였다. 해당물질은 비발암 물질이므로 비발암 평가에 국한하여 평가를 수행하였다.

10.4.2.2.1.1. 대기오염에 의한 인체 노출

대기 중 화학물질에 의한 인체 흡입 노출량은 「화학물질 위해성평가의 구체적인 방법 등에 관한 규정」(국립환경과학원고시)에 제시된 수식을 활용하여 산정하였다. 대기 중 화학물질농도는 노출시나리오4-사업장A의 대기 환경 농도 예측 값을 사용하였으며, 호흡률, 노출기간, 흡수율, 체중 및 평균 노출 기간 등 수식 내 인자는 동 고시 [별표 5]에 제시된 인체 노출계수 자료를 적용하였다.

<대기 중 화학물질에 대한 흡입 노출량 산정>

(단위 : mg/kg/day)

구분	평가항목	사업장
노출 시나리오 4 -사업장A	일일평균노출량 (비발암평가)	5.92E-06

10.4.2.2.1.2. 토양오염에 의한 인체 노출

가. 경구

토양 중 오염물질의 경구 노출량은 「화학물질 위해성평가의 구체적인 방법 등에 관한 규정」(국립환경과학원고시)에 제시된 수식을 활용하여 산정하였다. 토양 중 화학물질농도는 노출시나리오4-사업장A의 토양 환경 농도 예측 값을 사용하였고, 토양 섭취량, 노출기간, 흡수율, 체중 및 평균 노출 기간 등 수식 내 인자는 동 고시 [별표 5]에 제시된 인체 노출계수 자료를 적용하였다.

<토양 중 화학물질에 대한 경구 노출량 산정>

(단위 : mg/kg/day)

구분	평가항목		사업장
노출 시나리오 4 -사업장A	일일평균 노출량 (비발암평가)	농경지	4.98E-09
		목초지	9.97E-09

나. 흡입

토양 중 오염물질의 흡입 노출은 일어나지 않으므로 평가를 수행하지 않았다.

다. 경피

토양 중 오염물질의 경피 노출량은 「토양오염 물질 위해성 평가지침」(환경부고시)에 제시된 수식을 활용하여 산정하였다. 토양 중 화학물질농도는 노출시나리오4-사업장 A의 토양 환경 농도 예측 값을 사용하였고, 토양접촉체표면적, 토양-피부간 흡착 계수, 피부흡수계수, 노출빈도, 노출기간 및 평균시간은 동 고시의 별지 제3호 및 제6호 서식을, 체중은 「위해성 평가의 구체적 방법 등에 관한 규정」(국립환경과학원 고시)의 [별표 5]의 노출계수 자료를 적용하였다.

<토양 중 화학물질에 대한 경피 노출량 산정>

(단위 : mg/kg/day)

구분	평가항목		사업장
노출 시나리오 4 -사업장A	일일평균 노출량 (비발암평가)	농경지	2.85E-08
		목초지	5.72E-08

10.4.2.2.2. 소비자 노출

이 시나리오에서는 소비자 노출이 일어나지 않으므로 노출 예측이 수행되지 않았다.

10.4.2.2.3. 작업자 노출

해당물질로 인한 작업자 흡입 및 경피노출에 대한 예측 노출 농도는 ECETOC TRA를 이용하여 계산하였다.

<작업자에 대한 노출 농도>

구분	노출경로	예측 노출 농도		측정 노출 농도		설명/측정 자료의 출처	대푯값 사용여 부
		값	단위	값	단위		
노출 시나리오 4 -작업자1	흡입노출	2.93E-02	mg/m ³			ECETOC TRA	
	경피노출	1.71E-02	mg/kg bw/day				

10.5. 전체적인 노출

10.5.1. 환경 노출

10.5.1.1. 환경 배출 예측

전국 단위의 매체별 배출량을 예측하기 위해서 전체 사업장의 배출량을 합산하여, 전국 배출량을 산정하였다. 전체 사업장에 대한 매체별 배출계수를 산정하기 위해 해당 물질의 총 취급량과 전체 사업장의 배출량 정보를 활용하였다. 해당물질의 경우 토양으로의 배출은 일어나지 않으므로 수행하지 않았다.

<환경 배출 정보>

구분	전국 배출량(톤/년)		
	대기	수계	토양
전체 사업장	0.15	0.09	0

매체별 전국 배출량을 산정하기 위해 물질을 취급하는 모든 사업장에 대한 배출량을 합산한다.

이 물질에 대한 전체 사업장의 대기 배출량:

$$0.15 (\text{톤/년}) = 0.021 (\text{노출시나리오2 사업장 A}) + 0.0024 (\text{노출시나리오2 사업장 B}) \\ + 0.037 (\text{노출시나리오3 사업장 A}) + 0.027 (\text{노출시나리오3 사업장 B}) \\ + 0.007 (\text{노출시나리오3 사업장 C}) + 0.037 (\text{노출시나리오4 사업장 A}) \\ + 0.018 (\text{노출시나리오4 사업장 B})$$

이 물질에 대한 전국 사업장의 수계 배출량:

$$0.09 (\text{톤/년}) = 0.006 (\text{노출시나리오1 사업장 A}) + 0.009 (\text{노출시나리오1 사업장 B}) \\ + 0.002 (\text{노출시나리오1 사업장 C}) + 0.002 (\text{노출시나리오1 사업장 D}) \\ + 0.004 (\text{노출시나리오2 사업장 A}) + 0.0002 (\text{노출시나리오2 사업장 B}) \\ + 0.018 (\text{노출시나리오3 사업장 A}) + 0.014 (\text{노출시나리오3 사업장 B}) \\ + 0.004 (\text{노출시나리오3 사업장 C}) + 0.018 (\text{노출시나리오4 사업장 A}) \\ + 0.009 (\text{노출시나리오4 사업장 B})$$

<환경 배출 계수>

구분	취급특성	전국 배출계수		
	전체(톤/년)	대기	수계	토양
전체 사업장	2,700	0.00006	0.00003	0

확인된 전체사업장의 총 배출량과 전체사업장 취급량을 활용하여 배출계수를 구하며, 다음 산정식을 이용하여 산정하였다.

$$\text{배출계수} = \text{전체 사업장 배출량(톤/년)} \div \text{전체 사업장 취급량(톤/년)}$$

<전체 사업장 배출 계수 도출과정>

구분	전국 배출계수		
	대기	수계	토양
전체 사업장	$0.15(\text{톤/년}) \div 2700(\text{톤/년}) = 0.00006$	$0.09(\text{톤/년}) \div 2700(\text{톤/년}) = 0.00003$	0

10.5.1.2. 환경 노출 수준 예측

확인된 배출량 정보를 바탕으로 ‘한국형 다매체 동태모형’을 이용하여 도출한 전국 환경 중 예측농도는 다음과 같다.

<환경 중 예측 농도-전국>

구분	전국 농도					근거
	대기(mg/m³)	담수(mg/L)	토양 (mg/kg)			
			자연지	농경지	도시산업용지	
전체 사업장	1.88E-09	4.05-07	8.92E-08	7.33E-08	1.07E-07	동태모형

10.5.2. 인체 노출

10.5.2.1. 환경을 통한 인체 간접 노출

전체 사업장에 대한 전국 규모의 환경을 통한 매체별 인체간접 노출량은 다음과 같다.

10.5.2.1.1. 대기오염에 의한 인체 노출

대기 중 오염물질의 흡입 노출량은 「화학물질 위해성평가의 구체적 방법 등에 관한 규정」(국립환경과학원고시)에 제시된 수식을 활용하여 산정하였다. 대기 중 화학물질농도는 전국 규모의 대기 환경 농도 예측 값을 사용하였고, 호흡률, 노출기간, 흡수율, 체중 및 평균 노출 기간 등 수식 내 인자는 동 고시 [별표 5]에 제시된 인체 노출계수 자료를 적용하였다.

<대기 중 화학물질에 대한 흡입 노출량 산정>

(단위 : mg/kg/day)

구분	평가항목	전국적
전체 사업장	일일평균노출량 (비발암평가)	4.19E-10

10.5.2.1.2. 토양오염에 의한 인체 노출

가. 경구

토양 중 오염물질의 경구 노출량은 「화학물질 위해성평가의 구체적 방법 등에 관한 규정」(국립환경과학원고시)에 제시된 수식을 활용하여 산정하였다. 토양 중 화학물질 농도는 전국 규모의 토양 환경 농도 예측 값을 사용하였고, 토양섭취량, 노출기간, 흡수율, 체중 및 평균 노출 기간 등 수식 내 인자는 동 고시 [별표 5]에 제시된 인체 노출계수 자료를 적용하였다.

<토양 중 화학물질에 대한 경구 노출량 산정>

(단위 : mg/kg/day)

구분	평가항목		전국
전체 사업장	일일평균 노출량 (비발암평가)	자연지	6.95E-14
		농경지	5.71E-14
		도시산업용지	8.33E-14

나. 흡입

토양 중 오염물질의 흡입 노출은 일어나지 않으므로 평가를 수행하지 않았다.

다. 경피

토양 중 오염물질의 경피 노출량은 환경부 고시 「토양오염 물질 위해성 평가 지침」에 제시된 수식을 활용하여 산정하였다. 토양 중 화학물질농도는 전국규모의 토양 환경 농도 예측 값을 사용하였고, 토양접촉체표면적, 토양-피부간 흡착계수, 피부흡수계수, 노출빈도, 노출기간 및 평균시간은 동 고시의 별지 제3호 및 제6호 서식을, 체중은 「위해성 평가의 구체적 방법 등에 관한 규정」(국립환경과학원고시)의 [별표 5]의 노출계수 자료를 적용하였다.

<토양 중 화학물질에 대한 경피 노출량 산정>

(단위 : mg/kg/day)

구분	평가항목		전국
전체 사업장	일일평균 노출량 (비발암평가)	자연지	3.98E-13
		농경지	3.27E-13
		도시산업용지	4.78E-13

11. 안전성 확인

환경 매체에 대한 안전성확인을 위해 담수 영역은 [표 14] 수생 환경영역의 예측무영향농도, 침전물 영역은 [표 18] 저서생물 만성독성 예측무영향농도, 토양 영역은 [표 20] 육생 환경영역의 예측무영향농도, 하수처리설비 평가를 위해서는 [표 17] 하수처리시설의 미생물활동 예측무영향농도를 참고하였다. 대기는 예측무영향농도값을 도출하지 않으므로, 안전성 확인을 생략하였다.

또한, 소비자와 작업자에 대한 안전성확인을 위해서는 [표 31] 평가항목별 무영향수준/최소영향수준을 참고하였다.

11.1. 노출 시나리오 1: 제조

환경매체에 대해 수행된 유해성평가 및 노출평가 결과를 이용하여 안전성 확인 과정을 수행하였다.

11.1.1. 환경

안전성확인을 수행한 결과 모든 사업장의 전 환경영역에서 위해도 결정비(예측농도(PEC)/예측무영향농도(PNEC))가 1이하로 위해성관리가 충분히 되고 있는 것을 확인하였다.

<환경에 대한 안전성 확인>

매체	구분	예측농도(PEC)	예측무영향농도(PNEC)	예측농도(PEC)/ 예측무영향농도(PNEC)	논의
담수 (mg/L)	노출시나리오 1-사업장A	8.91E-04	3.16E-03	2.82E-01	
	노출시나리오 1-사업장B	1.60E-03	3.16E-03	5.06E-01	
	노출시나리오 1-사업장C	2.68E-04	3.16E-03	8.48E-02	
	노출시나리오 1-사업장D	3.57E-04	3.16E-03	1.13E-01	
침전물 (mg/kg)	노출시나리오 1-사업장A	2.16E+00	3.00E+01	7.2E-02	
	노출시나리오 1-사업장B	4.66E+00	3.00E+01	1.55E-01	
	노출시나리오 1-사업장C	5.55E-01	3.00E+01	1.8E-02	
	노출시나리오 1-사업장D	8.63E+00	3.00E+01	2.87E-01	

토양 (mg/kg)	노출시나리오 1-사업장A	8.92E-08	2.00E+00	4.46E-08	
	노출시나리오 1-사업장B	8.92E-08	2.00E+00	4.46E-08	
	노출시나리오 1-사업장C	8.92E-08	2.00E+00	4.46E-08	
	노출시나리오 1-사업장D	8.92E-08	2.00E+00	4.46E-08	
하수처리 설비 (mg/L)	노출시나리오 1-사업장A	1.08E-03	1.50E+02	7.20E-06	
	노출시나리오 1-사업장B	2.34E-03	1.50E+02	1.56E-05	
	노출시나리오 1-사업장C	2.79E-04	1.50E+02	1.86E-06	
	노출시나리오 1-사업장D	4.33E-04	1.50E+02	2.89E-06	

* 예측농도(PEC) : Predicted Environmental Concentration, 환경 중 예측 농도

11.1.2. 인체 건강

11.1.2.1. 환경을 통한 인체 간접 노출

11.1.2.1.1. 비발암 위험도

11.1.2.1.1.1. 대기

대기 중 흡입 노출로 인한 비발암 위험도 결정비는 한국형 다매체 동태모형에서 얻은 예측농도(PEC) 및 일일평균노출량, 무영향수준, 호흡률, 체중을 고려하여 산정하였다. 대기를 통한 인체 간접 노출 위험도 확인결과, 사업장 규모에서의 비발암 위험도 결정비는 1이하로 위해 우려가 없는 것을 확인하였다.

<대기 중 흡입 노출로 인한 비발암 위험도>

구분	예측농도(PEC)(mg/m ³)	노출량(mg/kg/day)	위해도 결정비*
노출 시나리오 1-사업장B	1.88E-09	4.19E-10	5.88E-08

* 위험도 결정비 = 노출량 (mg/kg/day) ÷ [무영향수준 0.032 mg/m³ × 호흡률 14.3 m³/day ÷ 체중 64.2 kg]

11.1.2.1.1.2. 토양

가. 경구

토양 중 경구 노출로 인한 비발암 위험도 결정비는 한국형 다매체 동태모형에서 얻은 예측농도(PEC) 및 일일평균노출량, 무영향수준을 고려하여 산정하였다.

토양(경구)을 통한 인체 간접 노출 안전성 확인결과, 사업장 규모에서의 비발암 위험도 결정비는 1이하로 위해 우려가 없는 것을 확인하였다.

<토양 중 경구 노출로 인한 비발암 위험도>

구분		예측농도(PEC)(mg/kg)	노출량(mg/kg/day)	위해도 결정비*
노출 시나리오 1 -사업장B	농경지	8.92E-08	6.95E-14	3.76E-12
	목초지	8.92E-08	6.95E-14	3.76E-12

* 위험도 결정비 = 노출량 (mg/kg/day) ÷ [무영향수준 0.032 mg/m³ × 호흡률 14.3 m³/day ÷ 체중 64.2 kg]

나. 경피

토양 중 경피 노출로 인한 비발암 위험도 결정비는 한국형 다매체 동태모형에서 얻은 예측농도(PEC) 및 일일평균노출량, 무영향수준을 고려하여 산정하였다.

토양(경피)을 통한 인체 간접 노출 안전성 확인결과, 사업장 규모에서의 비발암 위험도 결정비는 1이하로 위해 우려가 없는 것을 확인하였다.

<토양 중 경피 노출로 인한 비발암 위험도>

구분		예측농도(PEC)(mg/kg)	노출량(mg/kg/day)	유해지수*
노출 시나리오 1 -사업장B	농경지	8.92E-08	3.98E-13	2.15E-11
	목초지	8.92E-08	3.98E-13	2.15E-11

* 위험도 결정비 = 노출량 (mg/kg/day) ÷ 무영향수준 0.0185 mg/kg/day

11.1.2.2. 소비자

해당사항 없음

11.1.2.3. 작업자

작업자 노출에 대한 안전성확인을 수행하였으며, 노출에 대한 위해도 결정비 값은 다음과 같다. 모든 노출시나리오에서 흡입 및 경피 노출에 대한 위해도 결정비 값이 1이하로 위해도가 충분히 통제되고 있다고 할 수 있다.

<작업자에 대한 안전성 확인>

구분	노출경로	노출농도	독성 평가항목 /주요 영향	무영향수준	위해도 결정비	해당업체
노출 시나리오 1 -작업자1	흡입 (mg/m ³)	1.14E-01	반복투여독성	1.30E-01	8.77E-01	A,B,C,D
	경피 (mg/kg bw/day)	1.71E-03	반복투여독성	3.70E-02	4.62E-02	
노출 시나리오 1 -작업자2	흡입 (mg/m ³)	1.14E-03	반복투여독성	1.30E-01	8.77E-03	A,B
	경피 (mg/kg bw/day)	6.86E-03	반복투여독성	3.70E-02	1.85E-01	
노출 시나리오 1 -작업자 3	흡입 (mg/m ³)	6.51E-03	반복투여독성	1.30E-01	5.01E-02	C,D
	경피 (mg/kg bw/day)	1.37E-02	반복투여독성	3.70E-02	3.70E-01	
노출 시나리오 1 -작업자 4	흡입 (mg/m ³)	1.14E-02	반복투여독성	1.30E-01	8.77E-02	A,B,C
	경피 (mg/kg bw/day)	6.86E-03	반복투여독성	3.70E-02	1.85E-01	
노출 시나리오 1 -작업자5	흡입 (mg/m ³)	3.25E-03	반복투여독성	1.30E-01	2.50E-02	D
	경피 (mg/kg bw/day)	6.86E-03	반복투여독성	3.70E-02	1.85E-01	
노출 시나리오 1 -작업자6	흡입 (mg/m ³)	3.42E-03	반복투여독성	1.30E-01	2.63E-02	A,B,C,D
	경피 (mg/kg bw/day)	3.43E-02	반복투여독성	3.70E-02	9.27E-01	
노출 시나리오 1 -작업자7	흡입 (mg/m ³)	9.76E-02	반복투여독성	1.30E-01	7.51E-01	A,B,C,D
	경피 (mg/kg bw/day)	6.86E-03	반복투여독성	3.70E-02	1.85E-01	

11.2. 노출 시나리오 2: 각종 액상류 및 첨가제와 균일하게 배합

11.2.1. 환경

안전성확인을 수행한 결과 모든 사업장의 전 환경영역에서 위해도 결정비(예측농도(PEC)/예측무영향농도(PNEC))가 1이하로 위해성관리가 충분히 되고 있는 것을 확인하였다.

<환경에 대한 안전성 확인>

매체	구분	예측농도(PEC)	예측무영향 농도(PNEC)	예측농도(PEC) /예측무영향농 도(PNEC)	논의
담수 (mg/L)	노출시나리오 2-1 사업장A	7.13E-04	3.16E-03	2.26E-01	
	노출시나리오2-1 사업장B	3.60E-05	3.16E-03	1.14E-02	
침전물 (mg/kg)	노출시나리오2-1 사업장A	1.48E+00	3.00E+01	4.93E-02	
	노출시나리오2-1 사업장B	7.47E-02	3.00E+01	2.49E-03	
토양 (mg/kg)	노출시나리오2-1 사업장A	4.26E-03	2.00E+00	2.13E-03	
	노출시나리오2-1 사업장B	4.26E-04	2.00E+00	2.13E-04	
하수처리설비 (mg/L)	노출시나리오2-1 사업장A	7.43E-04	1.50E+02	4.95E-06	
	노출시나리오2-1 사업장B	3.71E-05	1.50E+02	2.47E-07	

11.2.2. 인체 건강

11.2.2.1. 환경을 통한 인체 간접 노출

11.2.2.1.1. 비발암 위험도

11.2.2.1.1.1. 대기

대기 중 흡입 노출로 인한 비발암 위험도 결정비는 한국형 다매체 동태모형에서 얻은 예측농도(PEC) 및 일일평균노출량, 무영향수준, 호흡률, 체중을 고려하여 산정하였다. 대기를 통한 인체 간접 노출 안전성 확인결과, 사업장 규모에서의 비발암 위험도 결정비는 1이하로 위해 우려가 없는 것을 확인하였다.

<대기 중 흡입 노출로 인한 비발암 위험도>

구분	예측농도(PEC)(kg/m ³)	노출량(mg/kg/day)	위해도 결정비*
노출 시나리오 2-1 사업장A	1.78E-05	3.96E-06	5.56E-04

* 위험도 결정비 = 노출량 (mg/kg/day) ÷ [무영향수준 0.032 mg/m³ × 호흡률 14.3 m³/day ÷ 체중 64.2 kg]

11.2.2.1.1.2. 토양

가. 경구

토양 중 경구 노출로 인한 비발암 위험도는 한국형 다매체 동태모형에서 얻은 예측농도(PEC) 및 일일평균노출량, 무영향수준을 고려하여 산정하였다.

토양(경구)을 통한 인체 간접 노출 안전성 확인결과, 사업장 규모에서의 비발암 위험도 결정비는 1이하로 위해 우려가 없는 것을 확인하였다

<토양 중 경구 노출로 인한 비발암 위험도>

구분		예측농도(PEC)(mg/kg)	노출량(mg/kg/day)	위해도 결정비*
노출 시나리오2-1 사업장A	농경지	4.26E-03	3.22E-09	1.74E-07
	목초지	8.51E-03	6.63E-09	3.58E-07

* 위험도 결정비 = 노출량 (mg/kg/day) ÷ 무영향수준 0.0185 mg/kg/day

나. 경피

토양 중 경피 노출로 인한 비발암 위험도는 한국형 다매체 동태모형에서 얻은 예측농도(PEC) 및 일일평균노출량, 무영향수준을 고려하여 산정하였다.

토양(경피)을 통한 인체 간접 노출 안전성 확인결과, 사업장 규모에서의 비발암 위험도 결정비는 1이하로 위해 우려가 없는 것을 확인하였다.

<토양 중 경피 노출로 인한 비발암 위험도>

구분		예측농도(PEC)(mg/kg)	노출량(mg/kg/day)	위해도 결정비*
노출 시나리오2-1 사업장A	농경지	4.26E-03	1.90E-09	1.03E-07
	목초지	8.51E-03	3.80E-08	2.05E-06

* 위험도 결정비 = 노출량 (mg/kg/day) ÷ 무영향수준 0.0185 mg/kg/day

11.2.2.2. 소비자

해당사항 없음

11.2.2.3. 작업자

작업자 노출에 대한 안전성확인을 수행하였으며, 일어나는 노출에 대한 위해도 결정비 값은 다음과 같다. 모든 노출시나리오에서 흡입 및 경피 노출에 대한 위해도 결정비 값이 1이하로 위해도가 충분히 통제되고 있다고 할 수 있다.

<작업자에 대한 안전성 확인>

구분	노출경로	노출농도	독성 평가항목 /주요 영향	무영향 수준	위해도 결정비	해당업체
노출 시나리오2-1 작업자 1	흡입 (mg/m ³)	6.00E-03	반복투여독성	1.30E-01	4.62E-02	A
	경피 (mg/kg bw/day)	2.06E-02	반복투여독성	3.70E-02	5.57E-01	
노출 시나리오2-1 작업자 2	흡입 (mg/m ³)	6.00E-02	반복투여독성	1.30E-01	4.62E-01	B
	경피 (mg/kg bw/day)	2.06E-02	반복투여독성	3.70E-02	5.57E-01	
노출 시나리오2-1 작업자 3	흡입 (mg/m ³)	8.75E-02	반복투여독성	1.30E-01	6.73E-01	A
	경피 (mg/kg bw/day)	2.74E-02	반복투여독성	3.70E-02	7.41E-01	
노출 시나리오2-1 작업자 4	흡입 (mg/m ³)	3.75E-02	반복투여독성	1.30E-01	2.88E-01	B
	경피 (mg/kg bw/day)	2.74E-02	반복투여독성	3.70E-02	7.41E-01	
노출 시나리오2-2 작업자1	흡입 (mg/m ³)	9.76E-03	반복투여독성	1.30E-01	7.51E-02	C
	경피 (mg/kg bw/day)	2.06E-02	반복투여독성	3.70E-02	5.57E-01	
노출 시나리오2-2 작업자2	흡입 (mg/m ³)	1.95E-02	반복투여독성	1.30E-01	1.50E-01	C
	경피 (mg/kg bw/day)	2.06E-02	반복투여독성	3.70E-02	5.57E-01	

노출 시나리오2-2 작업자 3	흡입 (mg/m ³)	8.14E-04	반복투여독성	1.30E-01	6.26E-03	C
	경피 (mg/kg bw/day)	6.86E-03	반복투여독성	3.70E-02	1.85E-01	
노출 시나리오2-2 작업자 4	흡입 (mg/m ³)	8.14E-05	반복투여독성	1.30E-01	6.26E-04	C
	경피 (mg/kg bw/day)	3.43E-03	반복투여독성	3.70E-02	9.27E-02	
노출 시나리오2-2 작업자 5	흡입 (mg/m ³)	1.63E-02	반복투여독성	1.30E-01	1.25E-01	C
	경피 (mg/kg bw/day)	3.43E-02	반복투여독성	3.70E-02	9.27E-01	

11.3. 노출 시나리오 3: 성형 공정 후 spread coating 등의 광택작업

11.3.1. 환경

안전성확인을 수행한 결과 모든 사업장의 전 환경영역에서 위해도 결정비(예측농도(PEC)/예측무영향농도(PNEC))가 1이하로 위해성관리가 충분히 되고 있는 것을 확인하였다.

<환경에 대한 안전성 확인>

매체	구분	예측농도(PEC)	예측무영향농도(PNEC)	예측농도(PEC) /예측무영향농도(PNEC)	논의
담수 (mg/L)	노출 시나리오 3-사업장A	3.21E-04	3.16E-03	1.02E-01	
	노출 시나리오 3-사업장B	2.40E-03	3.16E-03	7.59E-01	
	노출 시나리오 3-사업장C	7.13E-04	3.16E-03	2.26E-01	
침전물 (mg/kg)	노출 시나리오 3-사업장A	7.76E+00	3.00E+01	2.58E-01	
	노출 시나리오 3-사업장B	8.73E+00	3.00E+01	2.91E-01	
	노출 시나리오 3-사업장C	2.07E+00	3.00E+01	6.90E-02	
토양 (mg/kg)	노출 시나리오 3-사업장A	6.39E-03	2.00E+00	3.19E-03	
	노출 시나리오 3-사업장B	6.39E-03	2.00E+00	3.19E-03	
	노출 시나리오 3-사업장C	1.07E-03	2.00E+00	5.35E-04	
하수처리설비 (mg/L)	노출 시나리오 3-사업장A	3.90E-03	1.50E+02	2.60E-05	
	노출 시나리오 3-사업장B	4.39E-03	1.50E+02	2.93E-05	
	노출 시나리오 3-사업장C	1.04E-03	1.50E+02	6.93E-06	

11.3.2. 인체 건강

11.3.2.1. 환경을 통한 인체 간접 노출

11.3.2.1.1. 비발암 위험도

11.3.2.1.1.1. 대기

대기 중 흡입 노출로 인한 비발암 위험도 결정비는 한국형 다매체 동태모형에서 얻은 예측농도(PEC) 및 일일평균노출량, 무영향수준, 호흡률, 체중을 고려하여 산정하였다. 대기를 통한 인체 간접 노출 안전성 확인결과, 사업장 규모에서의 비발암 위험도 결정비는 1이하로 위해 우려가 없는 것을 확인하였다.

<대기 중 흡입 노출로 인한 비발암 위험도>

구분	예측농도(PEC)(mg/m ³)	노출량(mg/kg/day)	위해도 결정비*
노출 시나리오 3 -사업장A	2.66E-05	5.92E-06	8.31E-04

* 위험도 결정비 = 노출량 (mg/kg/day) ÷ [무영향수준 0.032 mg/m³ × 호흡률 14.3 m³/day ÷ 체중 64.2 kg]

11.3.2.1.1.2. 토양

가. 경구

토양 중 경구 노출로 인한 비발암 위험도는 한국형 다매체 동태모형에서 얻은 예측농도(PEC) 및 일일평균노출량, 무영향수준을 고려하여 산정하였다.

토양(경구)을 통한 인체 간접 노출 안전성 확인결과, 사업장 규모에서의 비발암 위험도 결정비는 1이하로 위해 우려가 없는 것을 확인하였다.

<토양 중 경구 노출로 인한 비발암 위험도>

구분		예측농도(PEC)(mg/kg)	노출량(mg/kg/day)	위해도 결정비*
노출 시나리오 3 -사업장A	농경지	6.39E-03	4.98E-09	2.69E-07
	목초지	1.28E-02	9.97E-09	5.39E-07

* 위험도 결정비 = 노출량 (mg/kg/day) ÷ 무영향수준 0.0185 mg/kg/day

나. 경피

토양 중 경피 노출로 인한 비발암 위해도 결정비는 한국형 다매체 동태모형에서 얻은 예측농도(PEC) 및 일일평균노출량, 무영향수준을 고려하여 산정하였다.

토양(경피)을 통한 인체 간접 노출 안전성 확인결과, 사업장 규모에서의 비발암 위해도 결정비는 1이하로 위해 우려가 없는 것을 확인하였다.

<토양 중 경피 노출로 인한 비발암 위해도>

구분		예측농도(PEC)(mg/kg)	노출량(mg/kg/day)	위해도 결정비*
노출 시나리오 3 -사업장A	농경지	6.39E-03	2.85E-08	1.54E-06
	목초지	1.28E-02	5.72E-08	3.09E-06

* 위해도 결정비 = 노출량 (mg/kg/day) ÷ 무영향수준 0.0185 mg/kg/day

11.3.2.2. 소비자

ConsExpo 모델을 사용하여 소비자들이 사용하는 페인트 속 화학물질에 의한 안전성 확인 결과, 흡입 노출에 의한 위해도 결정비 값이 1이하로 소비자제품(페인트)에 대한 위해관리가 충분히 이뤄지고 있는 것을 확인하였다.

<소비자에 대한 안전성 확인>

구분	노출구분	노출경로	노출농도	독성 평가항목 /주요 영향	무영향수준	위해도 결정비
노출 시나리오 3	급성	경피 (mg/kg)	해당없음			
		흡입 (mg/kg)	해당없음			
		경구	해당없음			
	만성	경피 (mg/kg bw/day)	해당없음			
		흡입 (mg/m ³)	0.00057	반복투여독성	0.032	0.018
		경구	해당없음			

11.3.2.3. 작업자

작업자 노출에 대한 안전성확인을 수행하였으며, 노출에 대한 위해도 결정비 값은 다음과 같다. 모든 노출시나리오에서 흡입 및 경피 노출에 대한 위해도 결정비 값이 1이하로 위해도가 충분히 통제되고 있다고 할 수 있다.

<작업자에 대한 안전성 확인>

구분	노출경로	노출농도	독성 평가항목 /주요 영향	무영향수 준	위해도 결정비	해당 업체
노출 시나리오 3 -작업자1	흡입 (mg/m ³)	7.50E-03	반복투여독성	1.30E-01	5.77E-02	A
	경피 (mg/kg bw/day)	1.37E-02	반복투여독성	3.70E-02	3.70E-01	
노출 시나리오 3 -작업자2	흡입 (mg/m ³)	9.76E-03	반복투여독성	1.30E-01	7.51E-02	B
	경피 (mg/kg bw/day)	1.37E-02	반복투여독성	3.70E-02	3.70E-01	
노출 시나리오 3 -작업자3	흡입 (mg/m ³)	4.88E-04	반복투여독성	1.30E-01	3.75E-03	C
	경피 (mg/kg bw/day)	1.37E-02	반복투여독성	3.70E-02	3.70E-01	
노출 시나리오 3 -작업자4	흡입 (mg/m ³)	4.07E-02	반복투여독성	1.30E-01	3.13E-01	A
	경피 (mg/kg bw/day)	1.07E-02	반복투여독성	3.70E-02	2.89E-01	
노출 시나리오 3 -작업자5	흡입 (mg/m ³)	8.14E-05	반복투여독성	1.30E-01	6.26E-04	B,C
	경피 (mg/kg bw/day)	6.86E-03	반복투여독성	3.70E-02	1.85E-01	

11.4. 노출 시나리오 4: 발포제로서 시트를 가열, 부풀리는 공정

11.4.1. 환경

안정성확인을 수행한 결과 모든 사업장의 전 환경영역에서 예측농도(PEC)/예측무영향농도(PNEC)이 1이하로 위해성관리가 충분히 되고 있는 것을 확인하였다.

<환경에 대한 안전성 확인>

매체	구분	예측농도(PEC)	예측무영향농도(PNEC)	예측농도(PEC) /예측무영향농도(PNEC)	논의
담수 (mg/L)	노출 시나리오 4-사업장A	3.21E-04	3.16E-03	1.02E-01	
	노출 시나리오 4-사업장B	1.60E-03	3.16E-03	5.06E-01	
침전물 (mg/kg)	노출 시나리오 4-사업장A	7.76E+00	3.00E+01	2.58E-01	
	노출 시나리오 4-사업장B	5.82E+00	3.00E+01	1.94E-01	
토양 (mg/kg)	노출 시나리오 4-사업장A	6.39E-03	2.00E+00	3.19E-03	
	노출 시나리오 4-사업장B	4.26E-03	2.00E+00	2.13E-03	
하수처리설비 (mg/L)	노출 시나리오 4-사업장A	3.90E-03	1.50E+02	2.60E-05	
	노출 시나리오 4-사업장B	2.93E-03	1.50E+02	1.95E-05	

11.4.2. 인체 건강

11.4.2.1. 환경을 통한 인체 간접 노출

11.4.2.1.1. 비발암 위험도

11.4.2.1.1.1. 대기

대기 중 흡입 노출로 인한 비발암 위험도 결정비는 한국형 다매체 동태모형에서 얻은 예측농도(PEC) 및 일일평균노출량, 무영향수준, 호흡률, 체중을 고려하여 산정하였다. 대기를 통한 인체 간접 노출 안전성 확인결과, 사업장 규모에서의 비발암 위험도 결정비는 1이하로 위해 우려가 없는 것을 확인하였다.

<대기 중 흡입 노출로 인한 비발암 위험도>

구분	예측농도(PEC)(mg/m ³)	노출량(mg/kg/day)	위해도 결정비*
노출 시나리오 4 -사업장A	2.66E-05	5.92E-06	8.31E-04

* 위험도 결정비 = 노출량 (mg/kg/day) ÷ [무영향수준 0.032 mg/m³ × 호흡률 14.3 m³/day ÷ 체중 64.2 kg]

11.4.2.1.1.2. 토양

가. 경구

토양 중 경구 노출로 인한 비발암 위험도는 한국형 다매체 동태모형에서 얻은 예측농도(PEC) 및 일일평균노출량, 무영향수준을 고려하여 산정하였다.

토양(경구)을 통한 인체 간접 노출 안전성 확인결과, 사업장 규모에서의 비발암 위험도는 1이하로 위해 우려가 없는 것을 확인하였다.

<토양 중 경구 노출로 인한 비발암 위험도>

구분		예측농도(PEC)(mg/kg)	노출량(mg/kg/day)	위해도 결정비*
노출 시나리오 4 -사업장A	농경지	6.19E-03	4.98E-09	2.69E-07
	목초지	1.26E-02	9.97E-09	5.39E-07

* 위험도 결정비 = 노출량 (mg/kg/day) ÷ 무영향수준 0.0185 mg/kg/day

나. 경피

토양 중 경피 노출로 인한 비발암 위험도는 한국형 다매체 동태모형에서 얻은 예측농도(PEC) 및 일일평균노출량, 무영향수준을 고려하여 산정하였다.

토양(경피)을 통한 인체 간접 노출 안전성 확인결과, 사업장 규모에서의 비발암 위험도 결정비는 1이하로 위해 우려가 없는 것을 확인하였다.

<토양 중 경피 노출로 인한 비발암 위험도>

구분		예측농도(PEC)(mg/kg)	노출량((mg/kg/day)	위해도 결정비*
노출 시나리오 4 -사업장A	농경지	6.19E-03	2.85E-08	1.54E-06
	목초지	1.26E-02	5.72E-08	3.09E-06

* 위험도 결정비 = 노출량 (mg/kg/day) ÷ 무영향수준 0.0185 mg/kg/day

11.4.2.2. 소비자

해당사항 없음

11.4.2.3. 작업자

작업자 노출에 대한 안전성확인을 수행하였으며, 일어나는 노출에 대한 위해도 결정비 값은 다음과 같다. 모든 경로의 위해도 결정비 값이 1이하로 실험실 시약 사용에 의한 위해관리가 충분히 이뤄지고 있는 것으로 판단된다.

<작업자에 대한 안전성 확인>

구분	노출경로	노출농도	독성 평가항목 /주요 영향	무영향수준	위해도 결정비	해당업체
노출 시나리오 4 -작업자 1	흡입 (mg/m ³)	2.93E-02	반복투여독성	1.30E-01	2.25E-01	A,B
	경피 (mg/kg bw/day)	1.71E-02	반복투여독성	3.70E-02	4.62E-01	

11.5. 전체적인 노출

11.5.1. 환경

전국규모의 환경에 대한 안전성을 확인하기 위해, 모든 노출시나리오에 해당되는 사업장들의 환경 중 예측농도를 계산하였고 모든 환경영역에서 예측농도(PEC)/예측무영향농도(PNEC)이 1이하로 위해 우려가 없는 것으로 확인하였다.

<환경에 대한 안전성 확인>

매체		예측농도(PEC)	예측무영향농도(PNEC)	예측농도(PEC)/ 예측무영향농도(PNEC)	논의
대기 (mg/m ³)		1.88E-09	-	-	대기는 예측무영향농도(PNEC)값 도출을 하지 않으므로, 안전성 평가 생략
담수 (mg/L)		4.05E-07	3.16E-03	1.28E-04	
토양 (mg/kg)	자연지	8.92E-08	2.00E+00	4.46E-08	
	농경지	7.33E-08	2.00E+00	3.67E-08	
	도시산업용지	1.07E-07	2.00E+00	5.35E-08	

11.5.2. 인체 건강

11.5.2.1. 환경을 통한 인체 간접 노출

11.5.2.1.1.1. 대기

전국 규모의 대기 중 흡입 노출로 인한 비발암 위험도는 1이하로 위해 우려가 없는 것으로 확인하였다.

<대기 중 흡입 노출로 인한 비발암 위험도>

예측농도(PEC)(mg/m ³)	노출량(mg/kg/day)	위해도 결정비*
1.88E-09	4.19E-10	5.88E-08

* 위험도 결정비 = 노출량 (mg/kg/day) ÷ [무영향수준 0.032 mg/m³ × 호흡률 14.3 m³/day ÷ 체중 64.2 kg]

11.5.2.1.1.2. 토양

가. 경구

전국 규모에서 토양 중 경구 노출로 인한 비발암 위험도 결정비는 모두 1이하로 위해 우려가 없는 것을 확인하였다.

<토양 중 경구 노출로 인한 비발암 위험도>

구분		예측농도(PEC)(mg/kg)	노출량(mg/kg/day)	위해도 결정비*
전국	자연지	8.92E-08	6.95E-14	3.76E-12
	농경지	7.33E-08	5.71E-14	3.09E-12
	도시산업용지	1.07E-07	8.33E-14	4.50E-12

* 위험도 결정비 = 노출량 (mg/kg/day) ÷ 무영향수준 0.0185 mg/kg/day

나. 경피

전국 규모에서 토양 중 경피 노출로 인한 비발암 위험도 결정비는 모두 1이하로 위해 우려가 없는 것을 확인하였다.

<토양 중 경피 노출로 인한 비발암 위험도>

구분		예측농도(PEC)(mg/kg)	노출량(mg/kg/day)	위해도 결정비*
전국	자연지	8.92E-08	3.98E-13	2.15E-11
	농경지	7.33E-08	3.27E-13	1.77E-11
	도시산업용지	1.07E-07	4.78E-13	2.58E-11

* 위험도 결정비 = 노출량 (mg/kg/day) ÷ 무영향수준 0.0185 mg/kg/day